



中部電力

## 浜岡原子力発電所

# 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価について (コメント回答)

2020年12月22日

# 本日の報告内容

## 【敷地における地震動の増幅特性】

- 地震観測記録及び地下構造調査結果に基づき、敷地における地震動の増幅特性を分析。
- 5号炉周辺の観測点において、地震動の顕著な増幅は、①特定の到来方向（N30E～N70E）の地震波のみに、②短周期の特定の周期帯（フーリエスペクトルの周期0.2～0.5秒）では見られるが、その他の地震波到来方向では見られない。
- 1～4号炉周辺の観測点において、地震動の顕著な増幅は、いずれの地震波到来方向でも見られない。

## 【敷地における地震動評価】

- 敷地における地震動の増幅特性を踏まえ、「地震動の顕著な増幅を考慮しない地震動評価」と「地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価」を実施することとし、観測点毎の地震動の顕著な増幅の有無（地震観測記録の分析）に基づき、S波低速度層の分布及び影響範囲（地下構造調査結果の分析）も踏まえて、「地震動の顕著な増幅を考慮しない領域」（1～4号炉周辺）と「地震動の顕著な増幅を考慮する領域」（5号炉周辺）とを設定する（第532回審査会合資料1～2参照）。
- 「地震動の顕著な増幅を考慮しない地震動評価」は、敷地全体（「地震動の顕著な増幅を考慮しない領域」及び「地震動の顕著な増幅を考慮する領域」）を対象とする。
- 「地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価」は、2009年駿河湾の地震の地震波到来方向付近（N30E～N70E）で地震動の顕著な増幅が見られる「地震動の顕著な増幅を考慮する領域」（5号炉周辺）を対象とする。

浜岡原子力発電所

地震動の顕著な増幅を考慮しない領域（1～4号炉周辺）

地震動の顕著な増幅を考慮する領域（5号炉周辺）

地震動の顕著な増幅を考慮しない地震動評価

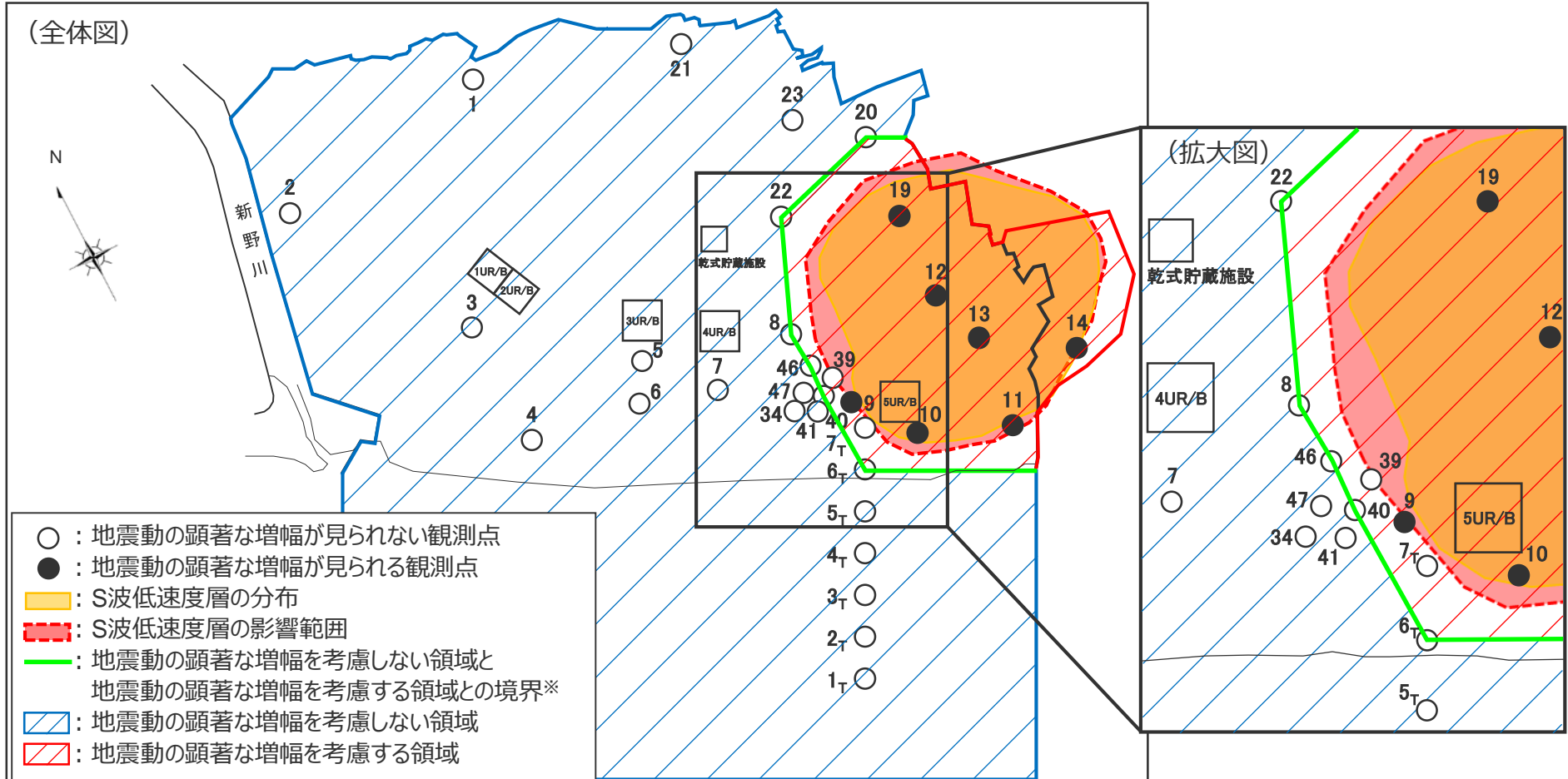
地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価  
（地震動の顕著な増幅が見られる地震波到来方向付近  
（N30E～N70E）に震源断層が位置する地震）

本日の主な報告事項（コメント回答）

- 第882回審査会合の資料では、これまでの報告内容も含めて、内陸地殻内地震、プレート間地震及び海洋プレート内地震について、一連の内容を整理して「地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価」を報告。

# 地震動の顕著な増幅を考慮しない領域と地震動の顕著な増幅を考慮する領域の設定

○観測点毎の地震動の顕著な増幅の有無（地震観測記録の分析）に基づき、S波低速度層の分布及び影響範囲（地下構造調査結果の分析）も踏まえて、地震動の顕著な増幅を考慮しない領域と地震動の顕著な増幅を考慮する領域を設定。



※ 「地震動の顕著な増幅を考慮しない領域と地震動の顕著な増幅を考慮する領域との境界」は、主に地震動の顕著な増幅が見られない観測点に基づき設定することとし、当該境界により設定される地震動の顕著な増幅を考慮する領域が、地震動の顕著な増幅が見られる観測点及びS波低速度層の分布・影響範囲を包絡することを確認。

# これまでの報告事項と本日の報告事項との関係

## 敷地における地震動の増幅特性

第128回・第164回・第176回・第194回審査会合で報告

敷地における地盤増幅特性と地震動評価への反映方法

第532回審査会合で報告

地震動の顕著な増幅を考慮しない領域と地震動の顕著な増幅を考慮する領域の設定

第882回審査会合  
の主な報告事項  
(これまでの報告事項を  
含めて一連の内容  
として報告)

## 地震動の顕著な増幅を考慮しない地震動評価

第499回・第570回・第624回・第671回審査会合で報告

内陸地殻内地震

- ・基本震源モデル
- ・不確かさを考慮した震源モデル
- ・地震動評価

第246回・第284回・第685回・第745回・第802回・第841回審査会合で報告

プレート間地震

- ・基本震源モデル
- ・不確かさを考慮した震源モデル
- ・地震動評価

第253回・第318回・第482回・第532回審査会合で報告

海洋プレート内地震

- ・基本震源モデル
- ・不確かさを考慮した震源モデル
- ・地震動評価

## 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価

第499回・第882回審査会合で報告

内陸地殻内地震

- ・基本震源モデル
- ・不確かさを考慮した震源モデル
- ・地震動評価

第246回・第882回審査会合で報告

プレート間地震

- ・基本震源モデル
- ・不確かさを考慮した震源モデル
- ・地震動評価

第253回・第318回・第482回・第532回・第882回審査会合で報告

海洋プレート内地震

- ・基本震源モデル
- ・不確かさを考慮した震源モデル
- ・地震動評価

本日の主な報告事項  
(コメント回答)

# 本資料の説明内容

- 第882回審査会合において、これまでの審査会合で概ね了解いただいている「敷地における地震動の増幅特性」、「地震動の顕著な増幅を考慮しない地震動評価」及び「海洋プレート内地震の地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価」の内容も踏まえ、各地震タイプ（内陸地殻内地震、プレート間地震、海洋プレート内地震）の「地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価」について報告し、地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価の結果の妥当性の説明等に関するコメント（No.1コメント及びNo.2コメント）をいただいた。また、第841回審査会合コメントを踏まえて実施した御前崎海脚西部の断層帯の断層傾斜角の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）に関する検討について、プレート間地震と連動した場合の地震動評価の追加検討を求められた（No.3コメント）。
- 本資料では、コメント回答として、地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価の結果の妥当性の確認と御前崎海脚西部の断層帯の断層傾斜角の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）に関する追加検討について報告する。
  - 1 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価の結果の妥当性の確認について（No.1コメント及びNo.2コメントの回答）
    - 1.1 敷地における地震動の増幅特性に関する地震観測記録の分析結果等
    - 1.2 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価
    - 1.3 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価の結果の妥当性の確認
  - 2 御前崎海脚西部の断層帯の断層傾斜角の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）に関する追加検討（プレート間地震と連動した場合の地震動評価）（No.3コメントの回答）

## 2020年7月31日 第882回審査会合コメント及び回答概要一覧

No.	コメント	回答概要	ページ
1	断層モデルを用いた手法及び応答スペクトルに基づく手法の地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価の結果について、実際に敷地で観測された増幅特性を踏まえ、その妥当性を説明すること。	「敷地における地震動の増幅特性」の審査で報告した地震観測記録の分析結果等を改めて示し、地震動の顕著な増幅の地震動評価への反映方法や保守的な評価の考え方を地震観測記録の分析結果との関係を整理して説明する。そのうえで、断層モデルを用いた手法及び応答スペクトルに基づく手法の地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価の結果の妥当性について、2009年駿河湾の地震（本震）における敷地の観測記録により確認した地震動の顕著な増幅の特性が地震動評価結果に反映されていること、地震観測記録の分析結果に対し地震動の顕著な増幅が保守的に考慮された地震動評価結果となっていることを説明する。	p.7～
2	応答スペクトルに基づく手法の地震動の顕著な増幅の反映に用いる水平動の応答スペクトル比において、断層モデルを用いた手法による地震動評価結果のNS方向とEW方向の平均を用いていることについて、どちらか一方が明らかに大きい場合は過小評価のおそれがあることから、それぞれの方向の応答スペクトル比を示すとともに、地震動評価への反映方法について考え方を整理して説明すること。	応答スペクトルに基づく手法の地震動の顕著な増幅の反映に用いる水平動の応答スペクトル比について、NS方向とEW方向の平均を用いる考え方を整理して説明するとともに、断層モデルを用いた手法による地震動評価結果のNS方向とEW方向の応答スペクトル比に大きな違いがないことを示す。	p.7～
3	御前崎海脚西部の断層帯の断層傾斜角の不確かさを考慮した震源モデルに係る強震動予測レシピにあるアスペリティ面積比22%及び平均応力降下量3.1MPaで設定した震源モデルの地震動の顕著な増幅を考慮した地震動評価における検討について、内陸地殻内地震単体での検討に加えて、プレート間地震との連動を考慮した地震動評価結果まで示すこと。	御前崎海脚西部の断層帯の断層傾斜角の不確かさを考慮した震源モデルに係る強震動予測レシピにあるアスペリティ面積比22%及び平均応力降下量3.1MPaで設定した震源モデルの地震動の顕著な増幅を考慮した地震動評価における検討について、プレート間地震との連動を考慮した地震動評価結果を示す。	p.200～

# 目次

---

- 1 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価の結果の妥当性の確認について ……p.7～  
（No.1コメント及びNo.2コメントの回答）
  - 1.1 敷地における地震動の増幅特性に関する地震観測記録の分析結果等 ……p.10～
  - 1.2 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価 ……p.41～
  - 1.3 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価の結果の妥当性の確認 ……p.131～
  
- 2 御前崎海脚西部の断層帯の断層傾斜角の不確かさを考慮した震源モデル ……p.200～  
（地震動の顕著な増幅を考慮）に関する追加検討（プレート間地震と連動した  
場合の地震動評価）（No.3コメントの回答）

・各地震タイプ（内陸地殻内地震、プレート間地震、海洋プレート内地震）の検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価の詳細（震源モデル、震源断層パラメータ、地震動評価結果等）は、第882回審査会合資料1-2 参照。

# 1

地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価の結果の妥当性の確認について（No.1コメント及びNo.2コメントの回答）

---



# 2020年7月31日 第882回審査会合コメント及び回答概要一覧

No.	コメント	回答概要	ページ
1	断層モデルを用いた手法及び応答スペクトルに基づく手法の地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価の結果について、実際に敷地で観測された増幅特性を踏まえ、その妥当性を説明すること。	「敷地における地震動の増幅特性」の審査で報告した地震観測記録の分析結果等を改めて示し、地震動の顕著な増幅の地震動評価への反映方法や保守的な評価の考え方を地震観測記録の分析結果との関係を整理して説明する。そのうえで、断層モデルを用いた手法及び応答スペクトルに基づく手法の地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価の結果の妥当性について、2009年駿河湾の地震（本震）における敷地の観測記録により確認した地震動の顕著な増幅の特性が地震動評価結果に反映されていること、地震観測記録の分析結果に対し地震動の顕著な増幅が保守的に考慮された地震動評価結果となっていることを説明する。	p.7～
2	応答スペクトルに基づく手法の地震動の顕著な増幅の反映に用いる水平動の応答スペクトル比において、断層モデルを用いた手法による地震動評価結果のNS方向とEW方向の平均を用いていることについて、どちらか一方が明らかに大きい場合は過小評価のおそれがあることから、それぞれの方向の応答スペクトル比を示すとともに、地震動評価への反映方法について考え方を整理して説明すること。	応答スペクトルに基づく手法の地震動の顕著な増幅の反映に用いる水平動の応答スペクトル比について、NS方向とEW方向の平均を用いる考え方を整理して説明するとともに、断層モデルを用いた手法による地震動評価結果のNS方向とEW方向の応答スペクトル比に大きな違いがないことを示す。	p.7～
3	御前崎海脚西部の断層帯の断層傾斜角の不確かさを考慮した震源モデルに係る強震動予測レシピにあるアスペリティ面積比22%及び平均応力降下量3.1MPaで設定した震源モデルの地震動の顕著な増幅を考慮した地震動評価における検討について、内陸地殻内地震単体での検討に加えて、プレート間地震との連動を考慮した地震動評価結果まで示すこと。	御前崎海脚西部の断層帯の断層傾斜角の不確かさを考慮した震源モデルに係る強震動予測レシピにあるアスペリティ面積比22%及び平均応力降下量3.1MPaで設定した震源モデルの地震動の顕著な増幅を考慮した地震動評価における検討について、プレート間地震との連動を考慮した地震動評価結果を示す。	p.200～

# 目次と主な説明内容

## 【1.1 敷地における地震動の増幅特性に関する地震観測記録の分析結果等】

- 「敷地における地震動の増幅特性」の審査で報告した地震観測記録の分析結果等を改めて示す。

## 【1.2 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価】

### 【1.2.1 地震動の顕著な増幅の地震動評価への反映方法】

- 上記1.1の地震観測記録の分析結果との関係を踏まえて、断層モデルを用いた手法による地震動評価及び応答スペクトルに基づく地震動評価への地震動の顕著な増幅の反映方法を説明する。
- その際、強震動生成域（アスペリティ）に着目して地震動の顕著な増幅を考慮する考え方や反映方法の妥当性を確認した波形合成結果による2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現検討による反映方法の検証についても説明する。

### 【1.2.2 各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の震源モデルの設定及び地震動評価結果】

- 各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の震源モデルの設定及び地震動評価結果を再掲し、上記1.1の地震観測記録の分析結果との関係を踏まえて、地震動の顕著な増幅の保守的な評価を説明する。
- その際、応答スペクトルに基づく手法の地震動の顕著な増幅の反映に用いる水平動の応答スペクトル比について、断層モデルを用いた手法による地震動評価結果のNS方向とEW方向の応答スペクトル比に大きな違いはないことも示す。

## 【1.3 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価の結果の妥当性の確認】

### 【1.3.1 地震動評価結果に反映された地震動の顕著な増幅の分析】

- 検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の断層モデルを用いた手法による地震動評価の結果について、まず、「2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現検討と同じ増幅係数を乗じる強震動生成域（アスペリティ）の小断層のみによる地震動（波形合成結果）」の影響を確認した結果を示す。また、地震動の顕著な増幅が見られる地震波到来方向（N30E～N70E）に位置する背景領域の小断層の影響を確認した結果を示す。
- その上で、上記の「増幅係数を乗じる強震動生成域（アスペリティ）の小断層のみによる地震動（波形合成結果）」について、2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現検討で確認した地震動の顕著な増幅と同じ特性が反映されていることを示す。

### 【1.3.2 地震動評価結果に考慮された保守性の確認】

- 各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の断層モデルを用いた手法による地震動評価及び応答スペクトルに基づく地震動評価について、敷地近傍は地震動の顕著な増幅が見られないなどの地震観測記録の分析結果に沿った場合の地震動評価結果との比較を行い、地震観測記録の分析結果に対し地震動の顕著な増幅が保守的に考慮された地震動評価結果となっていることを示す。

# 1.1 敷地における地震動の増幅特性に関する 地震観測記録の分析結果等

---

## 地震観測及び地下構造調査

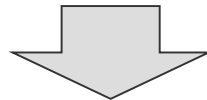
- 2009年8月11日に発生した駿河湾の地震において、浜岡原子力発電所5号炉周辺の観測記録が他号炉に比べ大きかった。
- このような地震動の増幅に影響を及ぼす地下構造の不整形性や地盤増幅特性等を検討するため、浜岡原子力発電所では、以下に示す地震観測及び地下構造調査を実施している。

### <地震観測>

- ・各号炉周辺における鉛直アレイ観測
- ・敷地全体を対象とした多点連続地震観測
- ・海底試掘トンネルにおける連続地震観測

### <地下構造調査>

- ・敷地周辺の地下構造調査（深部からやや浅部の地盤を対象）  
：屈折法地震探査、反射法地震探査、大深度ボーリング調査・物理検層
- ・敷地近傍の地下構造調査（浅部地盤を対象）  
：オフセットVSP探査、バイケーブル探査、反射法地震探査、ボーリング調査・物理検層



- 地震観測記録及び地下構造調査結果の分析を行い、2009年駿河湾の地震において5号炉周辺の観測記録が他号炉に比べ大きかった主要因（5号炉周辺の増幅要因）や地盤増幅特性等を把握し、敷地における地震動の増幅特性及びそれを踏まえた地震動評価への反映方法について検討する。

# 敷地における地震動の地盤増幅特性に関する地震観測記録の分析結果等（概要）

## 【地震観測】

### 2009年駿河湾の地震の分析（鉛直アレイ観測）（p.17～21）

- 5号炉周辺観測点で見られた地震動の顕著な増幅は、時刻歴波形ではS波主要動部のみに見られ、フーリエスペクトルでは周期0.2～0.5秒付近の狭帯域のみに、応答スペクトルでは周期0.5秒以下の短周期側のみに見られ、これ以外の周期帯には見られない。

### 他の地震も含めた分析（鉛直アレイ観測、多点連続観測、海底試掘トンネル観測）（p.22～32）

- 5号炉周辺観測点において、地震動の顕著な増幅は、2009年駿河湾の地震の到来方向（N30E～N70E）の地震波のみに見られ、その他の地震波到来方向では見られない。
- 地震動の顕著な増幅が見られた到来方向（N30E～N70E）の地震波でも、増幅の程度は一様ではなく、地震波の入射角が鉛直に近づく敷地近傍の地震ほど顕著な増幅は見られない傾向がある。このうち、2009年駿河湾の地震（本震）は増幅の程度が最も大きく信頼性が高い記録が得られた地震である。

- 地震観測記録の分析結果から、**5号炉周辺の増幅要因**は、5号炉周辺から2009年駿河湾の地震の地震波到来方向にかけて**局所的に分布する、深さ数百mの浅部地盤のS波速度が低下した不均質構造**と考えられる。

## 【地下構造調査及び解析検討】

### 地下構造調査（p.33～36）

- 速度構造調査により、5号炉から2009年駿河湾の地震の到来方向にかけて**深さ数百mの浅部に局所的に分布するS波低速度層を確認。**

### 解析検討（p.37～39）

- **S波低速度層を含む三次元地下構造モデルを用いた解析検討**により、地震観測記録の特徴と整合する結果が得られることを確認。
- 増幅メカニズムは、S波低速度層による波面の屈曲により地震波が干渉して増幅するフォーカシング現象と考えられる。

整合的

## 【5号炉周辺の増幅要因と敷地における地震動の増幅特性】

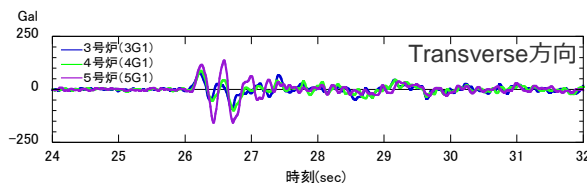
- 地震観測記録の分析結果、並びにそれと整合する地下構造調査及び解析検討から、**5号炉周辺の増幅要因**は、5号炉から2009年駿河湾の地震の地震波到来方向である北東方向にかけて**局所的に分布する深さ数百mの浅部地盤のS波低速度層**であり、その増幅メカニズムは、S波低速度層による波面の屈曲により地震波が干渉して増幅するフォーカシング現象と考えられる。
- **敷地における地震動の増幅特性**は、**S波低速度層による影響の有無によって地震動の増幅特性が異なる**ことにより、特定の地震波到来方向（N30E～N70E）付近のみ地震動の顕著な増幅が見られる観測点と、いずれの地震波到来方向でも地震動の顕著な増幅が見られない観測点とに分かれる。

# No.1,2コメント回答<1.1 敷地における地震動の増幅特性に関する地震観測記録の分析結果等> 地震観測記録の分析（概要）

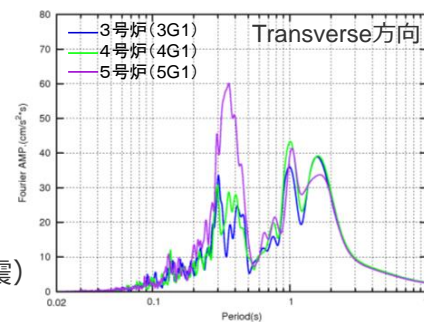
## 2009年駿河湾の地震の分析（鉛直アレイ観測）（p.17～21）

- 5号炉周辺観測点で見られた地震動の顕著な増幅は、時刻歴波形ではS波主要動部のみに見られ、フーリエスペクトルでは周期0.2～0.5秒付近の狭帯域のみに、応答スペクトルでは周期0.5秒以下の短周期側のみに見られ、これ以外の周期帯には見られない。

<2009年駿河湾の地震（本震）の加速度時刻歴波形>

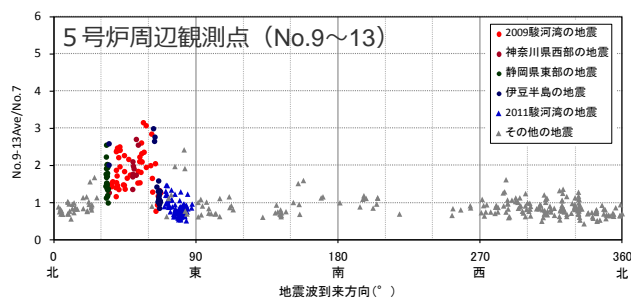


<2009年駿河湾の地震（本震）の加速度フーリエスペクトル>

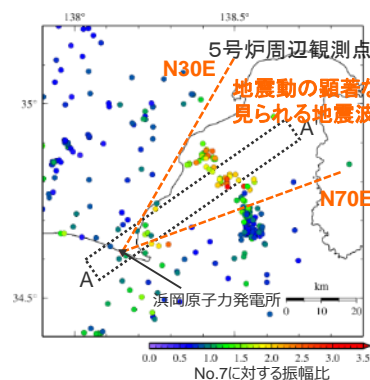


## 他の地震も含めた分析（鉛直アレイ観測、多点連続観測、海底試掘トンネル観測）（p.22～32）

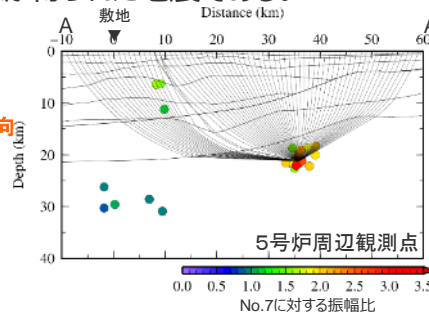
- 5号炉周辺観測点において、地震動の顕著な増幅は、2009年駿河湾の地震の到来方向（N30E～N70E、「増幅方向」と称す。）の地震波のみに見られ、その他の地震波到来方向では見られない。
- 「増幅方向」の地震波でも、増幅の程度は一樣ではなく、地震波の入射角が鉛直に近づく敷地近傍の地震ほど顕著な増幅は見られない傾向がある。このうち、2009年駿河湾の地震（本震）は増幅の程度が最も大きく信頼性が高い記録が得られた地震である。



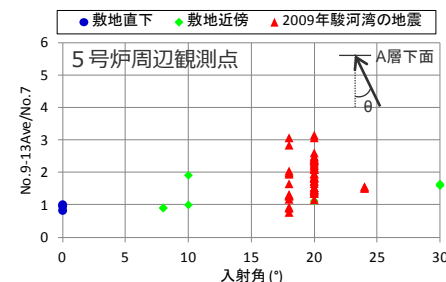
<各地震の振幅比と地震波到来方向との関係>  
(No.7基準) (水平平均)



<5号炉周辺観測点における各地震の振幅比の震央分布図（No.7基準）>



<振幅比の断面図（A-A'断面）>



<入射角毎の振幅比>  
(N30E～N70E方向+敷地直下の地震)

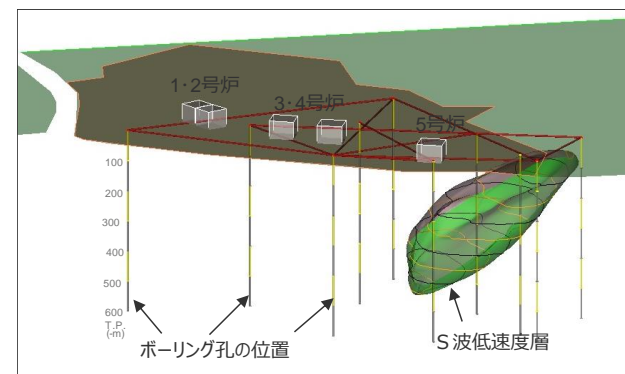
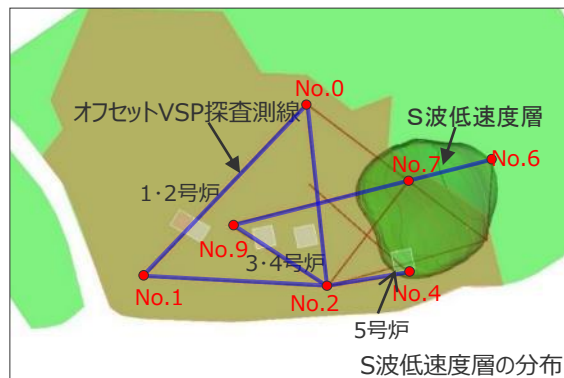
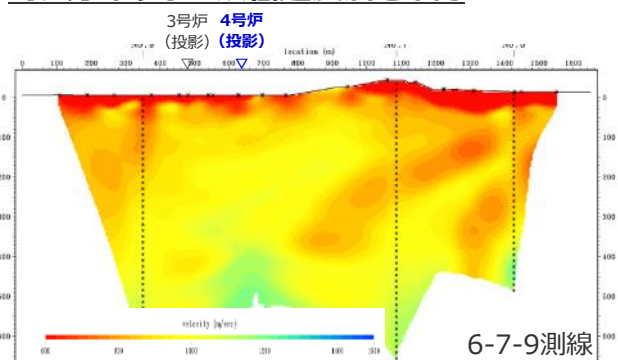
※ 浅部三次元地下構造モデルの底面に相当するA層下面への入射角について、各断面の地震クラスター毎にレイトレーシングを行い評価。

- 地震観測記録の分析結果から、5号炉周辺の増幅要因は、5号炉周辺から2009年駿河湾の地震の地震波到来方向にかけて局所的に分布する、深さ数百mの浅部地盤のS波速度が低下した不均質構造であると考えられる。

# No.1,2コメント回答<1.1 敷地における地震動の増幅特性に関する地震観測記録の分析結果等> 地下構造調査及び解析検討（概要）

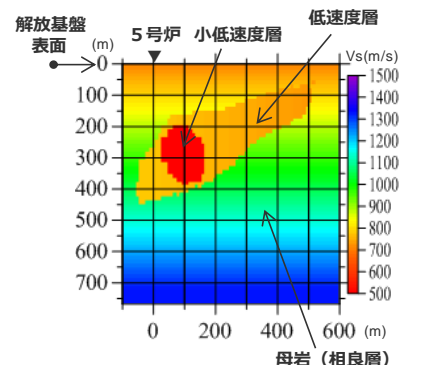
## 地下構造調査（p.33～36）

○速度構造調査（複数のオフセットVSP調査等）により、5号炉から2009年駿河湾の地震の到来方向（北東方向）にかけて深さ数百mの浅部に局所的に分布するS波低速度層を確認。

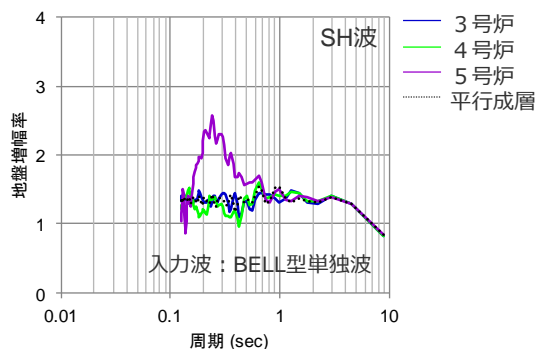


## 解析検討（p.37～39）

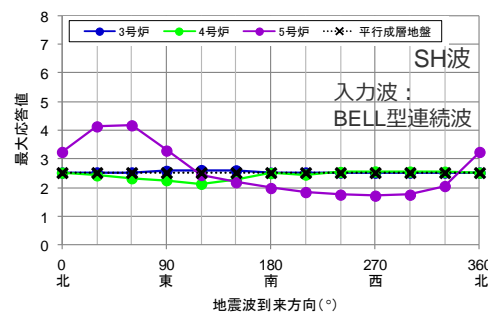
○局所的に分布するS波低速度層を含む三次元地下構造モデルを用いた解析検討により、地震観測記録の特徴と整合する結果が得られることを確認。  
○増幅メカニズムは、S波低速度層による波面の屈曲により地震波が干渉して増幅するフォーカシング現象と考えられる。



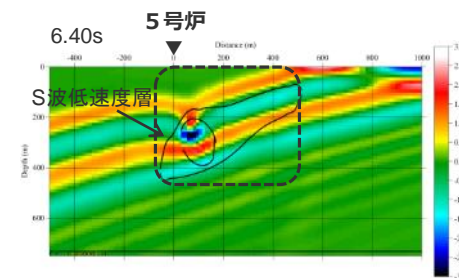
<三次元地下構造モデル>



<地盤増幅率>



<応答波形の最大値分布>

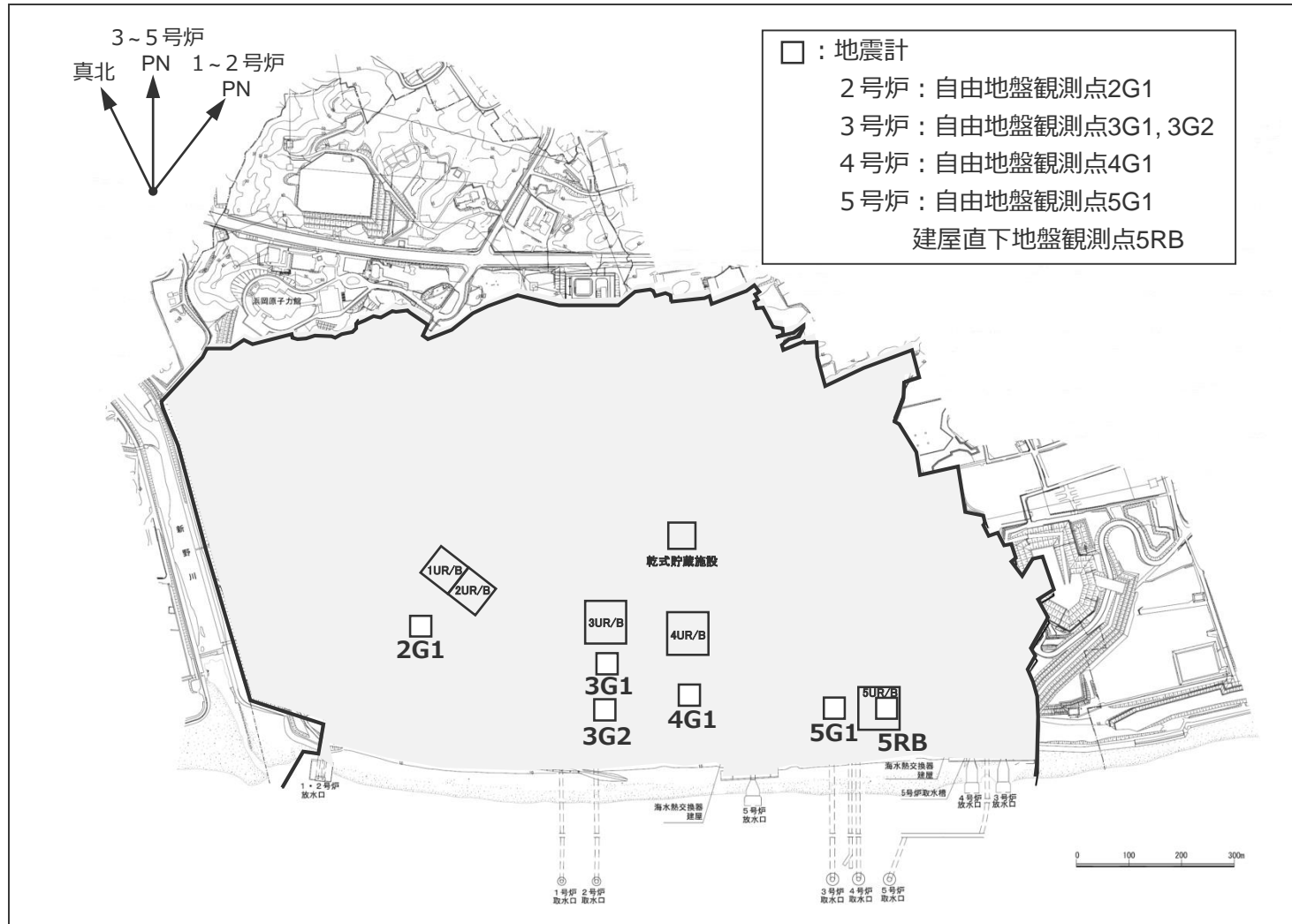


<スナップショット>

# 敷地における地震動の増幅特性

(鉛直アレイ観測 (地震計の配置))

○敷地では、各号炉周辺において鉛直アレイ観測 (サーボ型加速度計) を自由地盤及び建屋直下地盤で行っている。





## 敷地における地震動の増幅特性

(鉛直アレイ観測 (鉛直アレイ観測点の柱状図) )

○:地震計設置位置

標高 T.P.(m)	2G1		3G1, 3G2		4G1		5G1		5RB	
	地震計	地層	地震計	地層	地震計	地層	地震計	地層	地震計	地層
+8.0							▽G.L.			
+6.0	▽G.L.		▽G.L.		▽G.L.			砂, 砂礫		原子炉建屋
+4.0	○ G.L.-2m	砂, 砂礫	○ G.L.-2m	砂, 砂礫		砂, 砂礫	○ G.L.-2m			▽基礎スラブ底面
-11.5										
-14.0 <sup>※1</sup>										
-19.0			○ G.L.-25m		○ G.L.-20m		○ G.L.-22m		○ G.L.-22m	
-34.0		砂岩 泥岩 互層	○ G.L.-40m	砂岩 泥岩 互層		砂岩 泥岩 互層		砂岩 泥岩 互層		砂岩 泥岩 互層
-92.0			○ G.L.-100m		○ G.L.-100m		○ G.L.-100m		○ G.L.-100m	
-94.0										

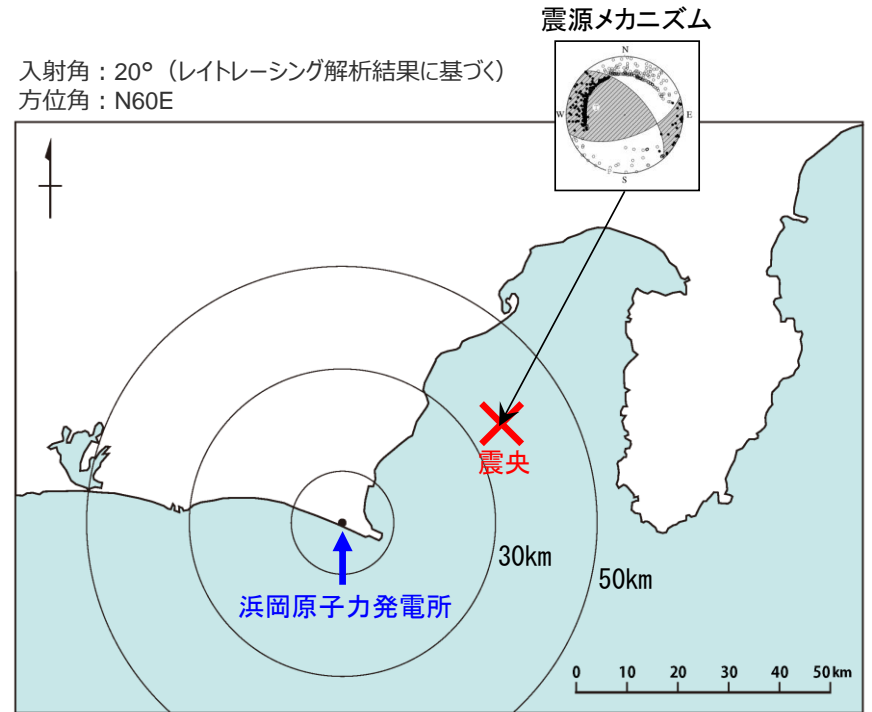
※1:解放基盤表面 (T.P.-14.0m)

# 敷地における地震動の増幅特性

## (2009年駿河湾の地震 (本震) の概要)

○2009年8月11日に発生した駿河湾の地震において、浜岡原子力発電所 5号炉周辺の観測記録が他号炉に比べ大きかった。2009年駿河湾の地震 (本震) の概要 (気象庁HPによる) は以下のとおり。

- ・発生日時：2009年8月11日5時7分
- ・地震諸元
  - 地震規模：マグニチュード6.5
  - 震央位置：北緯34度47.1分，東経138度29.9分
  - 震源深さ：23km
  - 発震機構：横ずれ成分を持つ逆断層  
(圧力軸は北北東－南南西方向)
- ・浜岡原子力発電所との距離
  - 震央距離：37.0km
  - 震源距離：43.5km
- ・各地の震度
  - 震度6弱：伊豆市、焼津市、牧之原市、御前崎市
  - 震度5強：東伊豆町、松崎町、西伊豆町、伊豆の国市、富士宮市、静岡駿河区、静岡葵区、静岡清水区、袋井市、菊川市
  - 震度5弱：泰阜村、下田市、河津町、南伊豆町、函南町、沼津市、長泉町、島田市、藤枝市、吉田町、磐田市、掛川市

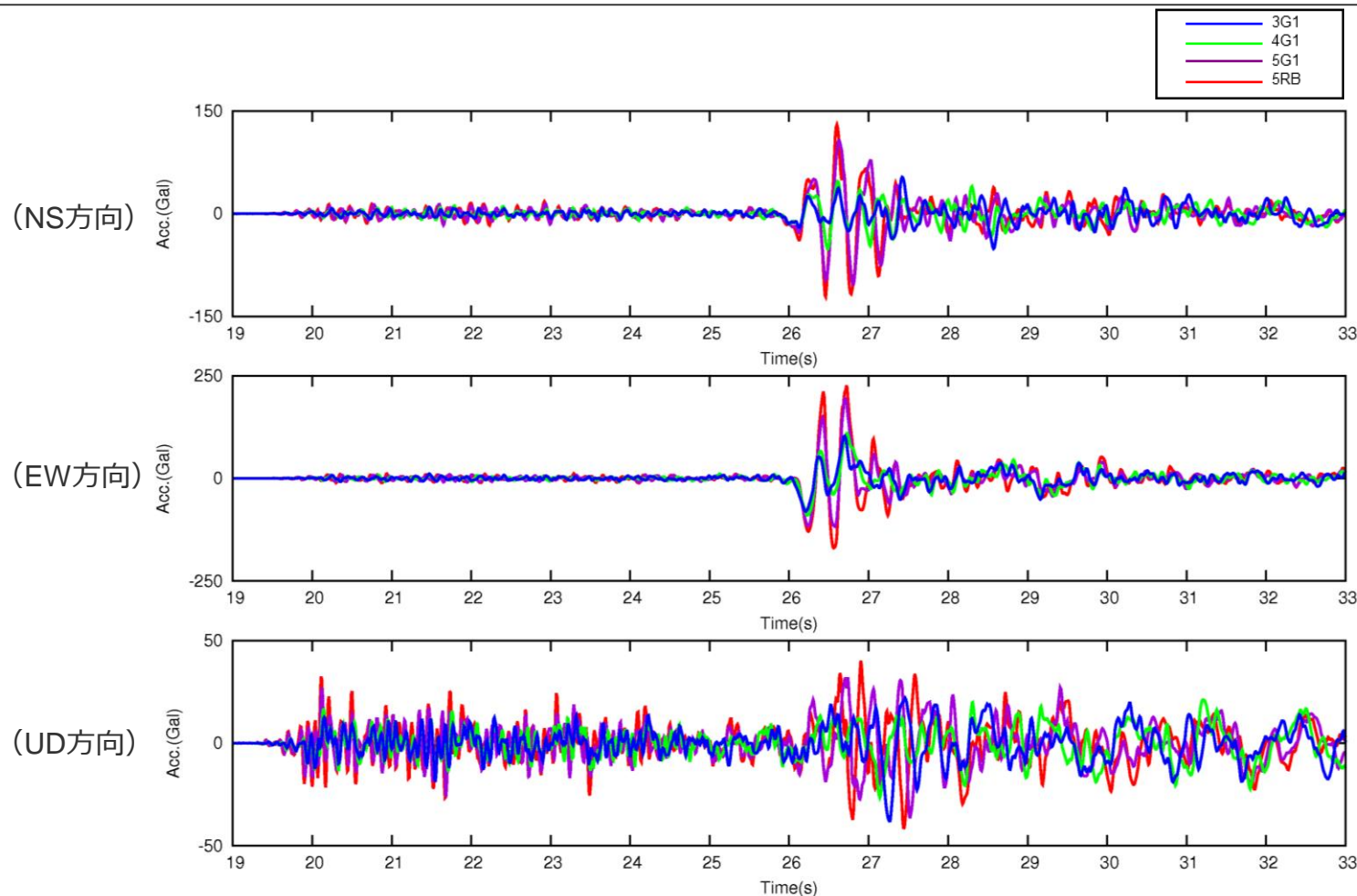


<2009年駿河湾の地震 (本震) の震央位置及び震源メカニズム>

# 敷地における地震動の増幅特性

## (2009年駿河湾の地震 (本震) の加速度時刻歴波形)

○ 5号炉周辺の顕著な増幅はS波主要動部のみに見られ、このS波主要動部では、若干の位相遅れを伴い、一波目より二波目以降でより増幅が大きい。

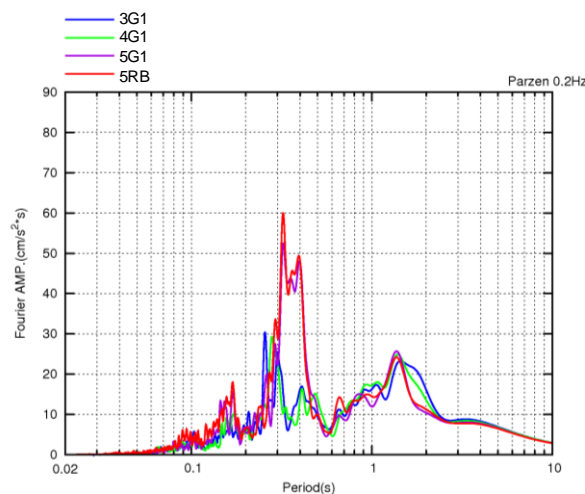


<2009年駿河湾の地震 (本震) の加速度時刻歴波形>  
(3G1, 4G1, 5G1, 5RB (G.L.-100m)、3~5号炉PN基準)

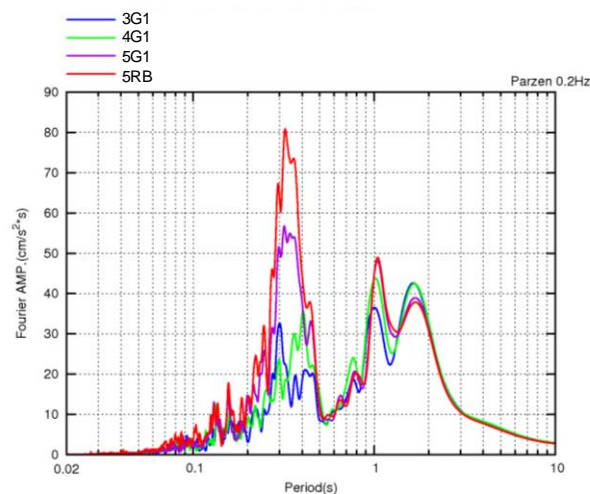
# 敷地における地震動の増幅特性

## (2009年駿河湾の地震 (本震) の加速度フーリエスペクトル)

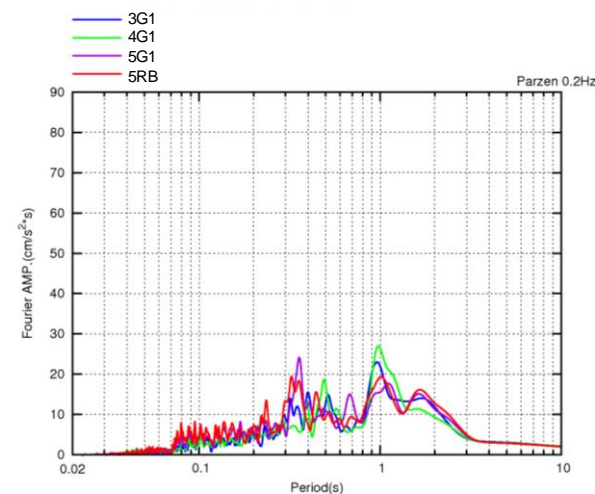
○ 5号炉周辺の顕著な増幅は、周期0.2~0.5秒付近の狭帯域に見られ、これ以外の周期帯には見られない。



(NS方向)



(EW方向)



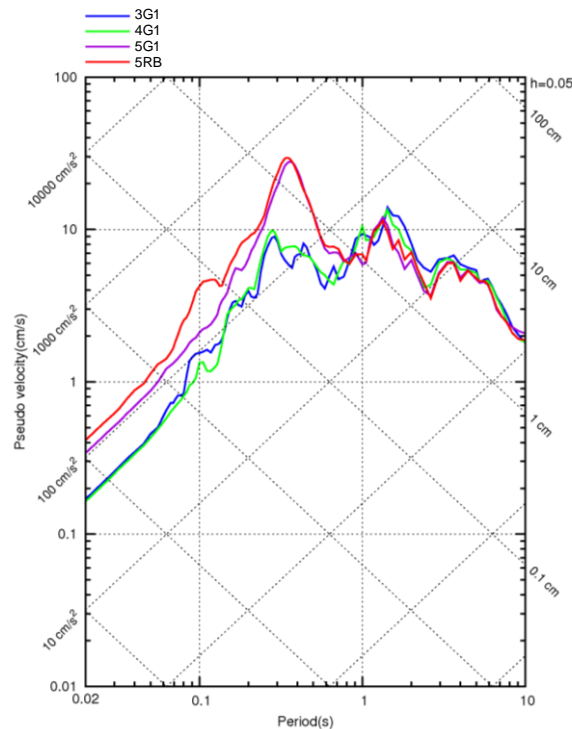
(UD方向)

<2009年駿河湾の地震 (本震) の加速度フーリエスペクトル>  
(3G1, 4G1, 5G1, 5RB (G.L.-100m)、3~5号炉PN基準)

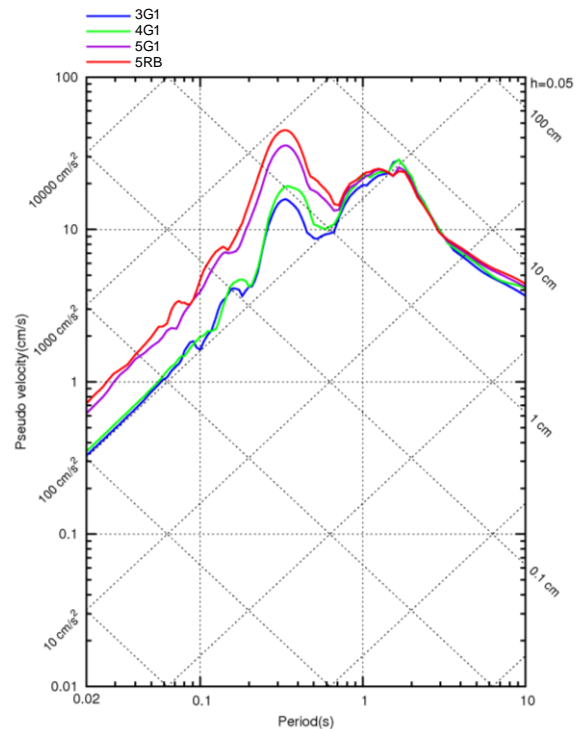
# 敷地における地震動の増幅特性

## (2009年駿河湾の地震 (本震) の応答スペクトル)

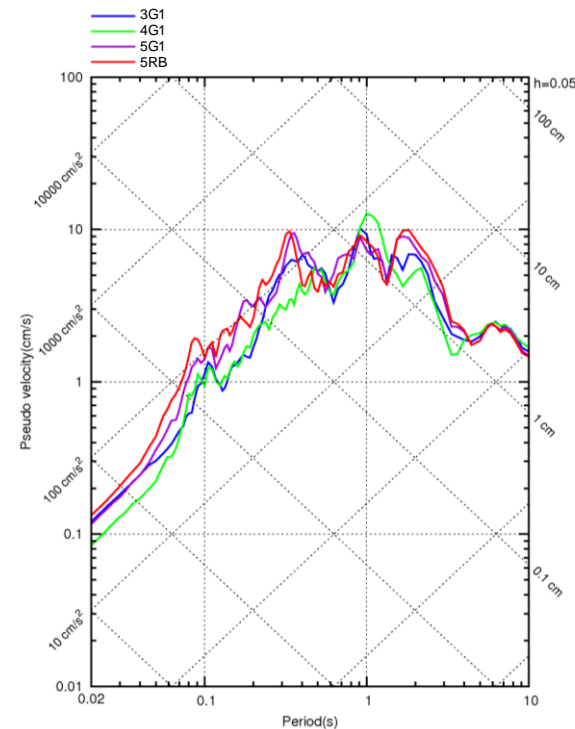
○ 5号炉周辺の顕著な増幅は、周期0.5秒以下の短周期側に見られ、周期0.5秒以上には見られない。



(NS方向)



(EW方向)



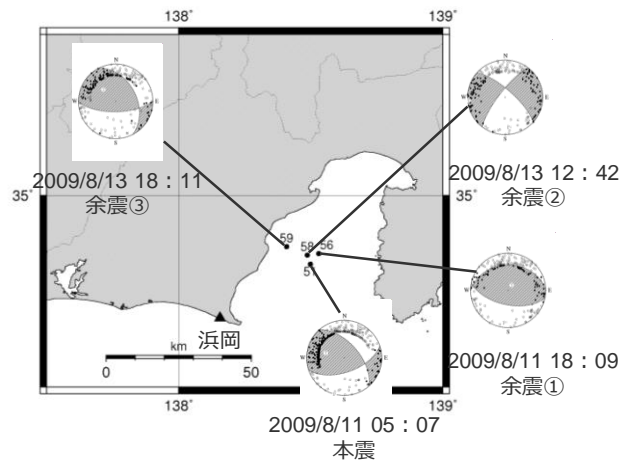
(UD方向)

<2009年駿河湾の地震 (本震) の応答スペクトル>  
(3G1, 4G1, 5G1, 5RB (G.L.-100m) 、3~5号炉PN基準)

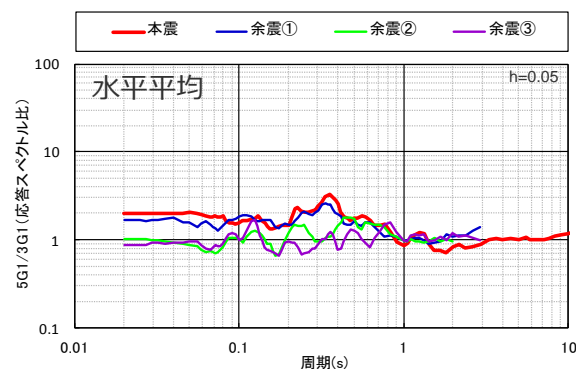
# 敷地における地震動の増幅特性

(2009年駿河湾の地震 (本震及び余震) の応答スペクトル比 (はぎとり波) )

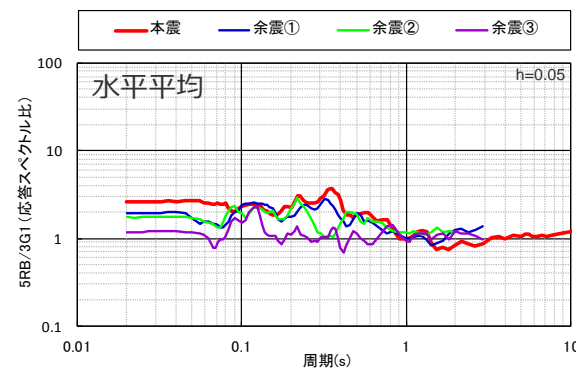
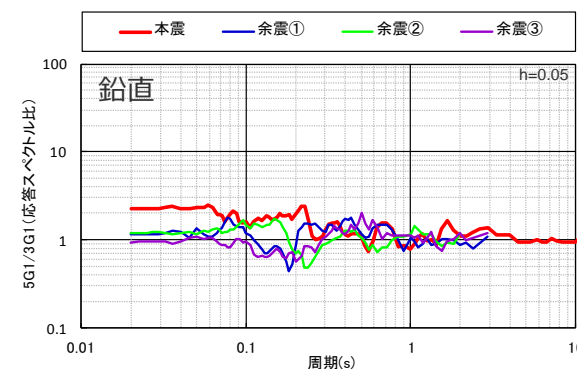
○2009年駿河湾の地震の本震及び3つの余震について、3号炉 (3G1) に対する5号炉 (5G1,5RB) の応答スペクトル比 (はぎとり波) によると、本震の震源位置からやや離れた余震③を除き、本震及び余震①・余震②では5号炉周辺の顕著な増幅が見られており、応答スペクトル比の比率は本震が最も大きい。



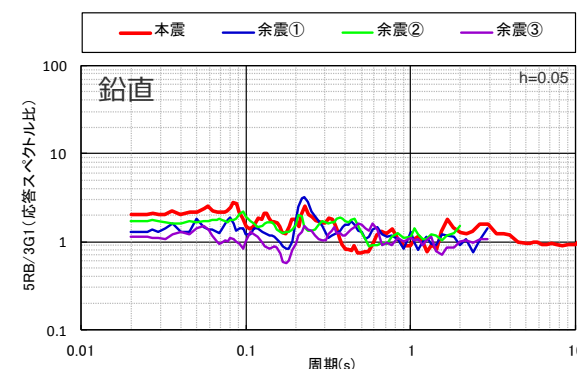
<2009年駿河湾の地震の本震及び余震の震央位置・震源メカニズム>  
(震央位置・震源メカニズムは気象庁HPによる)



(3G1に対する5G1の応答スペクトル比)



(3G1に対する5RBの応答スペクトル比)

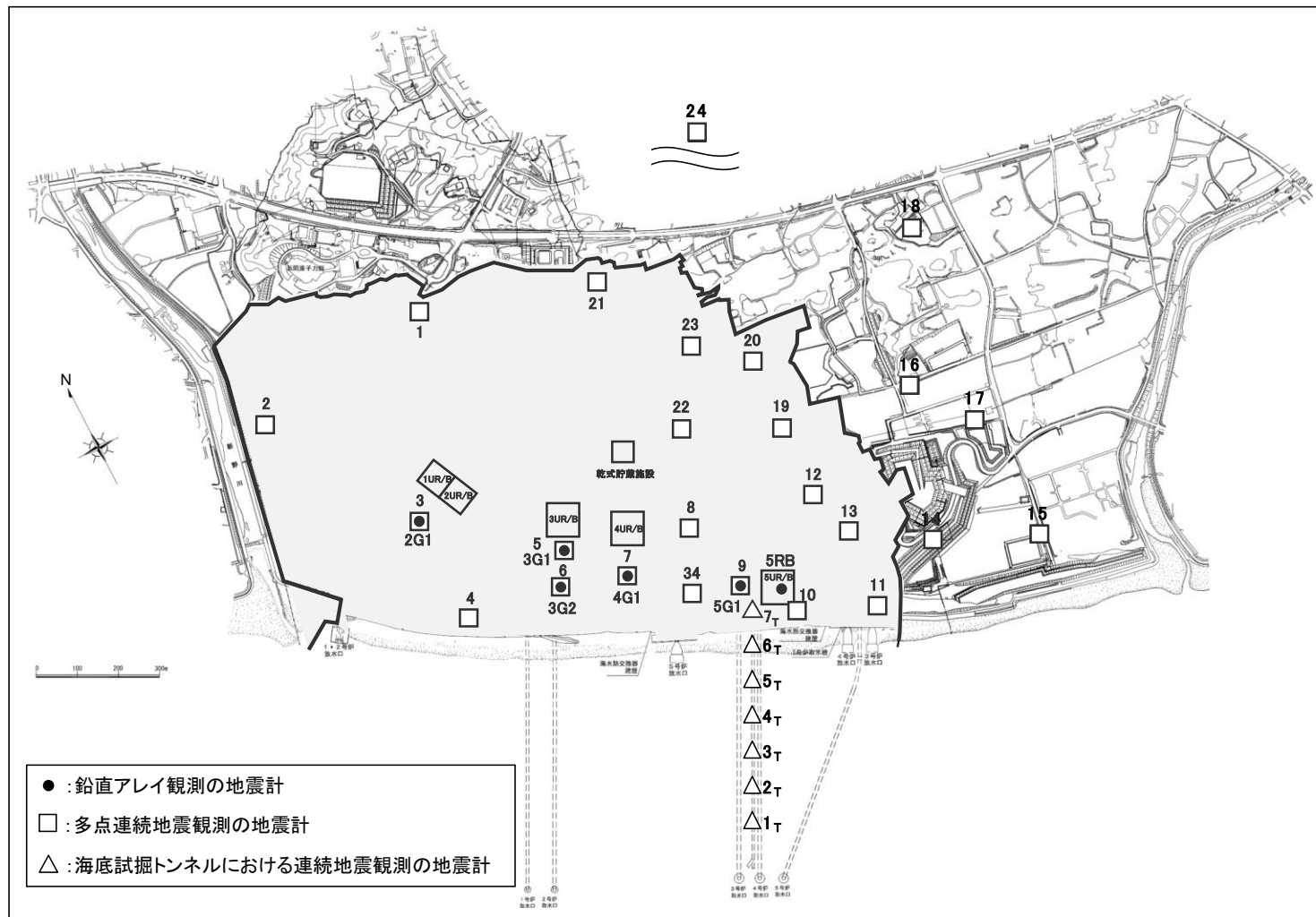


<3号炉 (3G1) に対する5号炉 (5G1,5RB) の応答スペクトル比>  
(観測記録 : はぎとり波)

# 敷地における地震動の増幅特性

## (地震観測の概要)

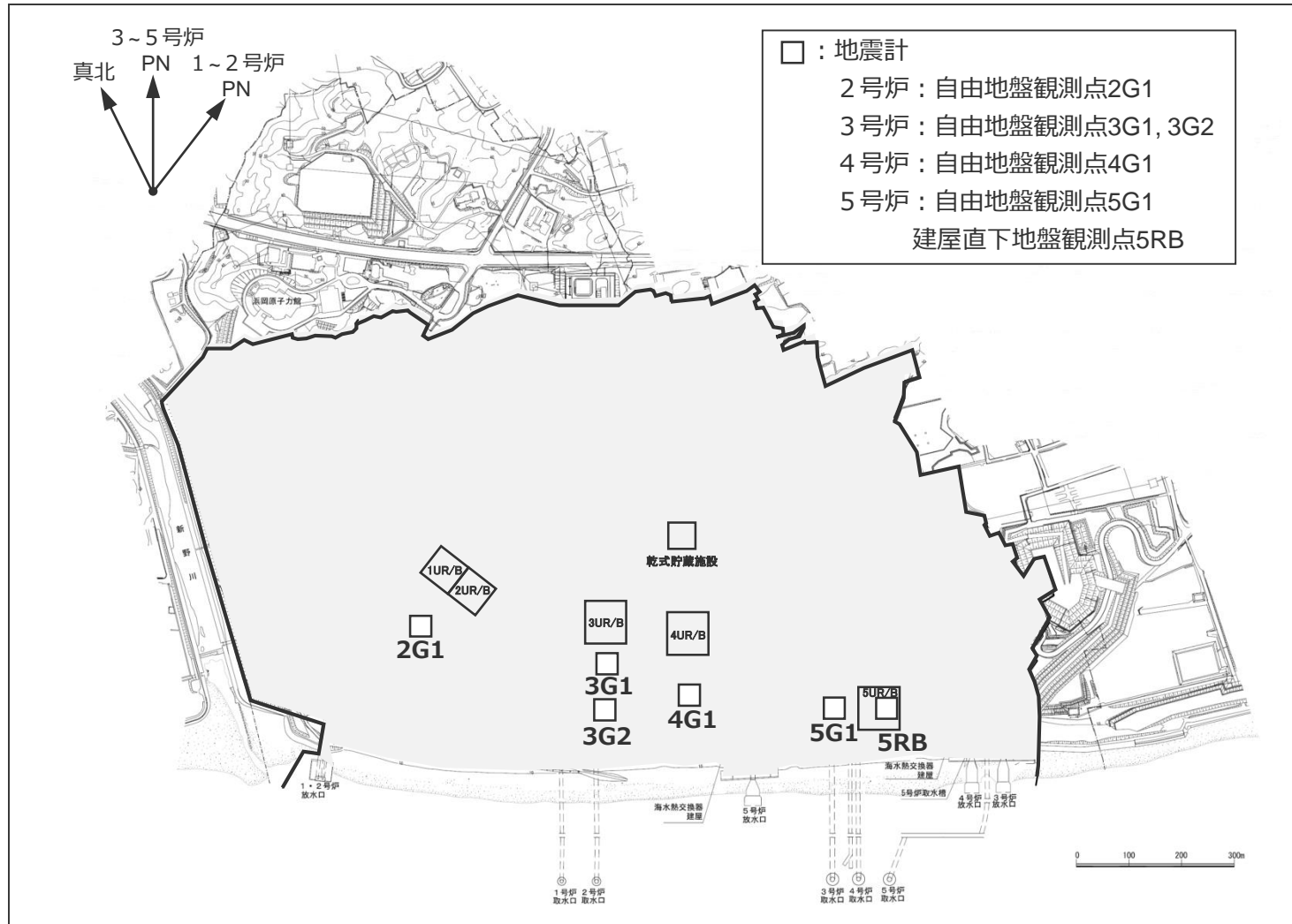
○浜岡原子力発電所では、各号炉周辺における鉛直アレイ観測、敷地全体を対象とした多点連続地震観測及び海底試掘トンネルにおける連続地震観測を行っている。



# 敷地における地震動の増幅特性

(鉛直アレイ観測 (地震計の配置))

○敷地では、各号炉周辺において鉛直アレイ観測 (サーボ型加速度計) を自由地盤及び建屋直下地盤で行っている。





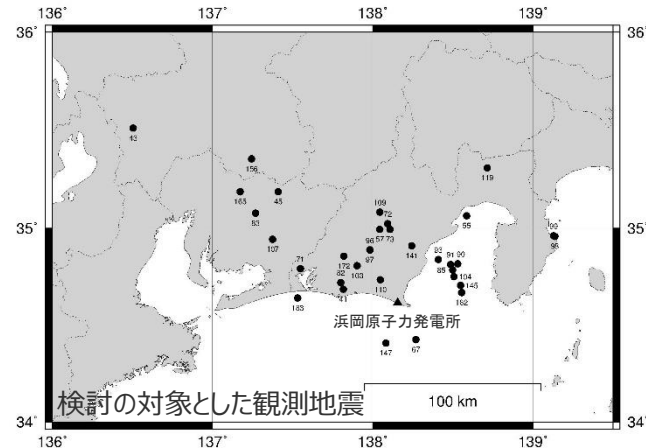
# 敷地における地震動の増幅特性

(鉛直アレイ観測 (3~5号炉の観測点における地震波到来方向毎の地盤増幅特性))

○地震波到来方向毎の地盤増幅特性を検討するため、3号炉(3G1)を基準として、4号炉(4G1)、5号炉(5G1, 5RB)の最大加速度比、周期別SI値比を算定。

⇒ 3号炉(3G1)に対する4号炉(4G1)の比率は、いずれの地震波到来方向も1程度である。

⇒ 3号炉(3G1)に対する5号炉(5G1, 5RB)の比率は、2009年駿河湾の地震の地震波到来方向付近では大きいが、それ以外の地震波到来方向では1程度である。

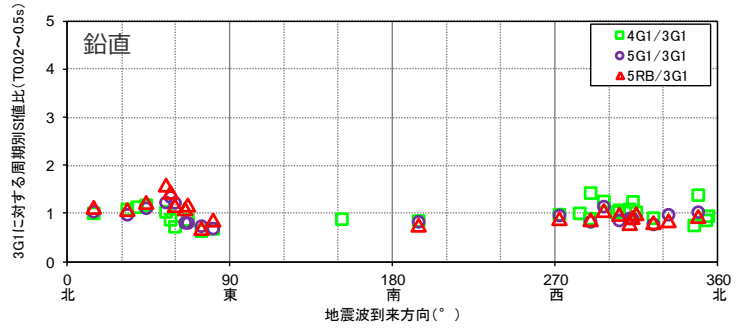
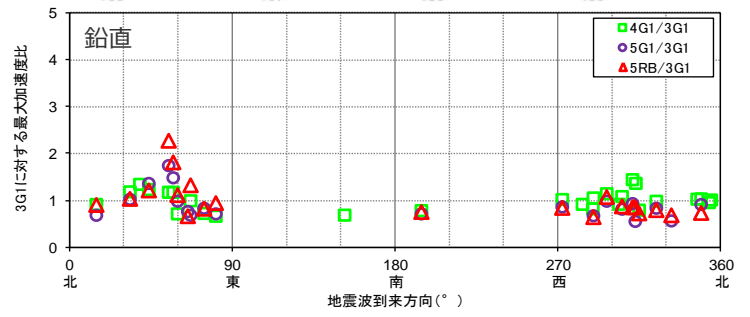
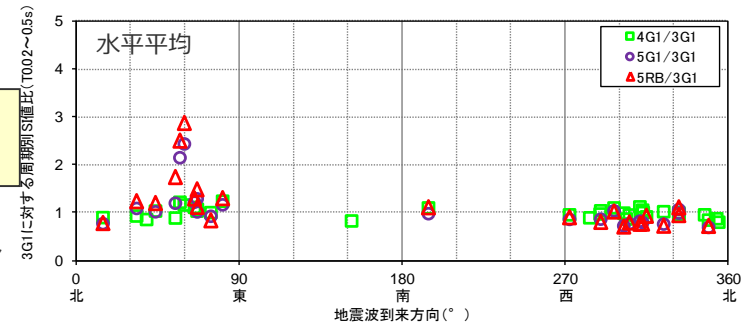
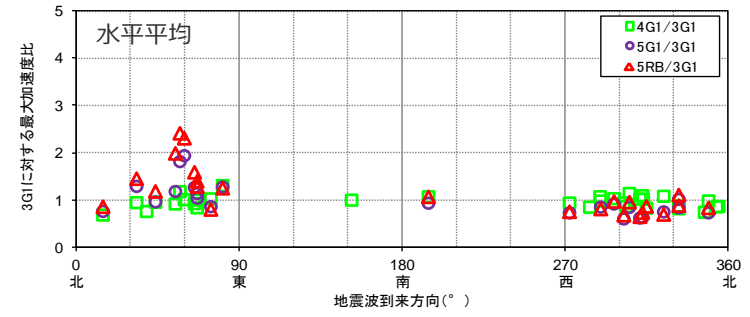


最大加速度比



周期別SI値比  
(周期0.02~0.5秒※)

※2009年駿河湾の地震の応答スペクトルにおいて5号炉周辺の顕著な増幅が見られた周期帯



<地震波到来方向毎の最大加速度比、周期別SI値比(4G1/3G1, 5G1/3G1, 5RB/3G1(G.L.-100m)) >  
(検討対象記録の観測期間1992年7月21日~2013年8月3日)

# 敷地における地震動の増幅特性

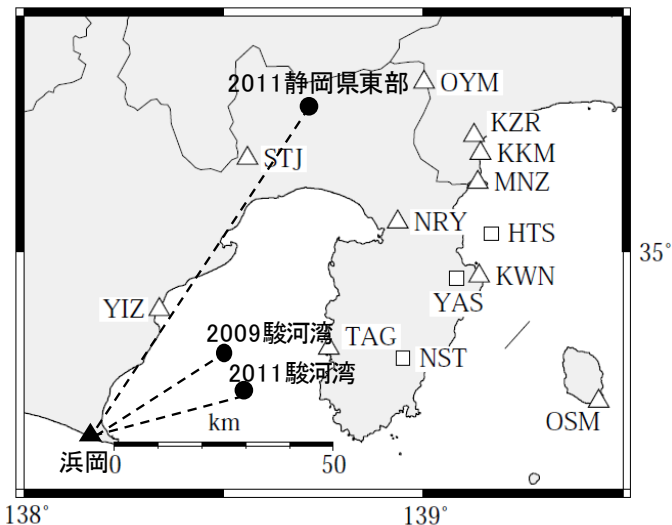
(鉛直アレイ観測 (周辺観測点の地盤増幅特性との関係) )

○鉛直アレイ観測点と周辺観測点の地盤増幅特性の関係を検討するため、比較的規模が大きい地震を対象として、露頭岩盤上強震観測システム (RK-net) 観測点及び鉛直アレイ観測点について、地震観測記録と Noda et al.(2002) による応答スペクトルの比を算出。

⇒ **2009年駿河湾の地震 (本震)** では、**5号炉 (5G1, 5RB) の応答スペクトル比はRK-net観測点の平均レベルより顕著に大きく、3号炉 (3G1)、4号炉 (4G1) の応答スペクトル比はRK-net観測点の平均レベルと同程度**である。

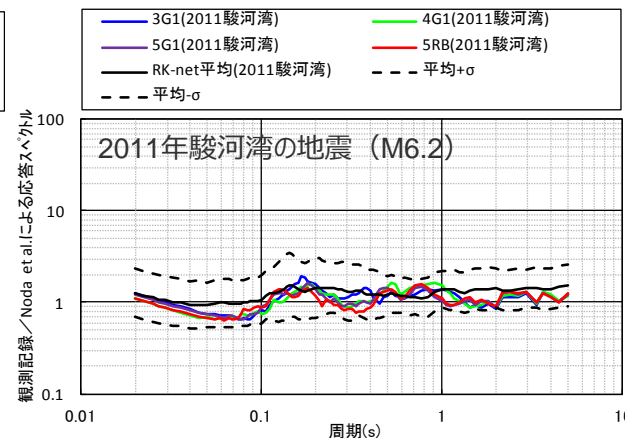
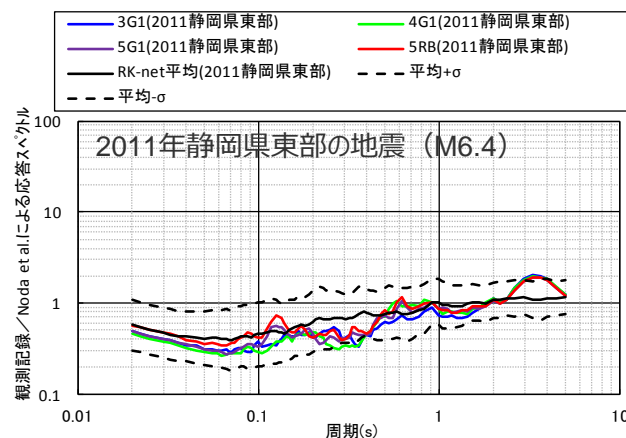
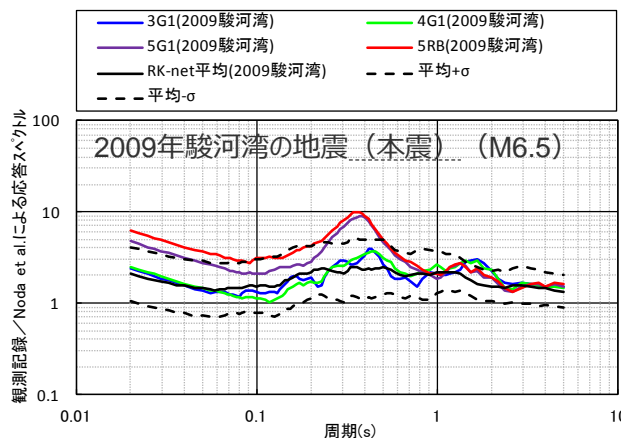
⇒ **2011年静岡県東部の地震及び2011年駿河湾の地震** では、**3号炉 (3G1)、4号炉 (4G1)、5号炉 (5G1, 5RB) の応答スペクトル比はいずれもRK-net観測点の平均レベルと同程度**である。

・RK-net観測点については露頭岩盤上の観測記録を、鉛直アレイ観測点については推定したはざりり波を検討に用いる。



△ : RK-net観測点 □ : RK-net観測点 (地中)

<RK-net観測点及び検討の対象とした観測地震>

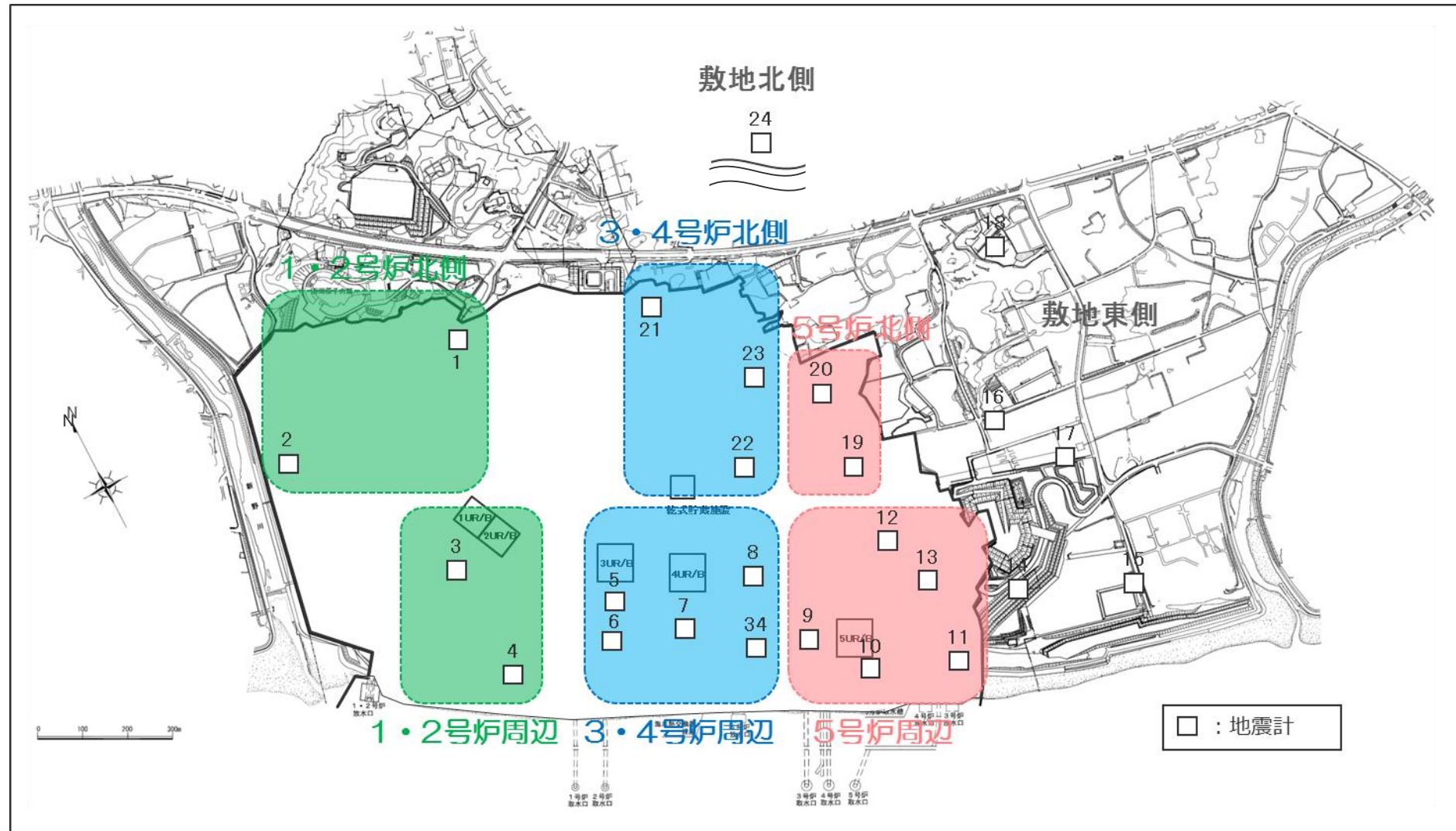


<地震観測記録とNoda et al.(2002)による応答スペクトルの比 (水平平均) >

# 敷地における地震動の増幅特性

(多点連続観測 (地震計の配置))

○敷地では、地表に地震計 (2Hz速度計) を多数設置し、連続地震観測を行っている。



# 敷地における地震動の増幅特性

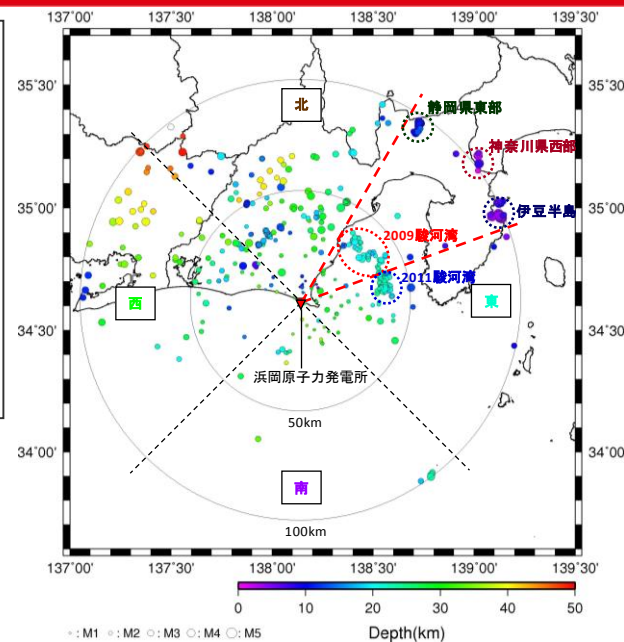
(多点連続地震観測 (敷地全体における地震波到来方向毎の地盤増幅特性))

○地震波到来方向毎の地盤増幅特性を検討するため、地震波到来方向毎に地震をグルーピングして、各観測点の振幅比 (No.7基準) を算出。

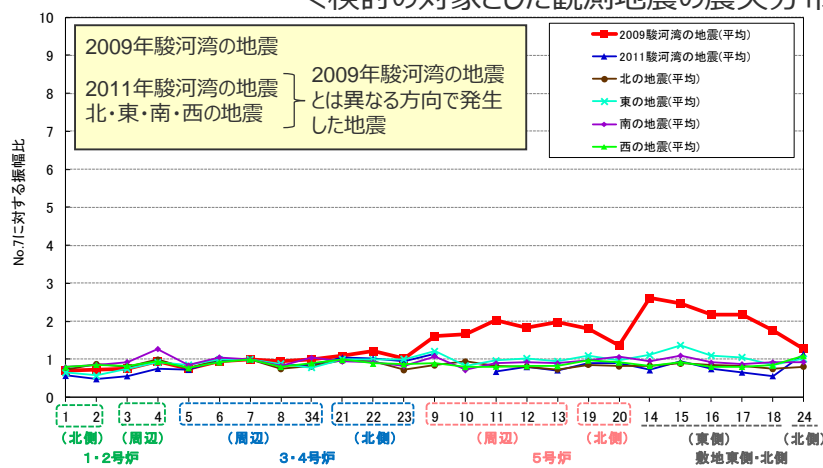
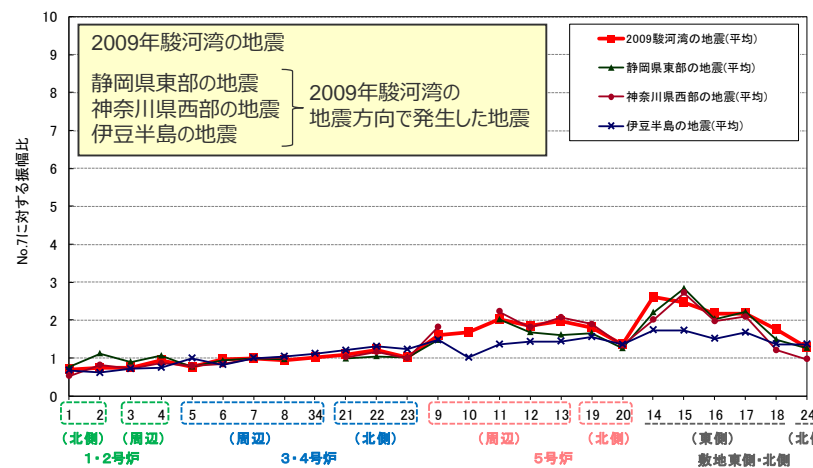
⇒ 5号炉周辺及び敷地東側の観測点では、2009年駿河湾の地震のグループ及びその遠方で発生した地震のグループの振幅比は大きいですが、その他の地震のグループの振幅比は1程度であり、振幅比が最も大きい地震のグループは2009年駿河湾の地震のグループである。

⇒ 1～4号炉周辺を含むその他の観測点では、いずれの地震のグループにおいても振幅比が1程度である。

- ・自然地震のフーリエスペクトル比、微動アレイ探査の分散曲線及びボーリングデータを用いて表層地盤を推定し、地表で得られた観測記録からはざと波を推定する。
- ・推定したざと波について、No.7に対する各観測点の振幅比を算出し、地震波到来方向毎の地盤増幅特性を検討する。
- ・振幅比の算出は、ざと波に対し2009年駿河湾の地震で5号炉周辺の顕著な増幅が見られた周期0.2～0.5秒のバンドパスフィルターを施し、時刻歴波形のS波主要動部付近の最大値 (水平2方向の平均値) を対象とする。



<検討の対象とした観測地震の震央分布>



<各地震グループにおける各観測点の振幅比 (No.7基準) (水平平均) > (観測期間2009年9月20日～2014年7月26日)

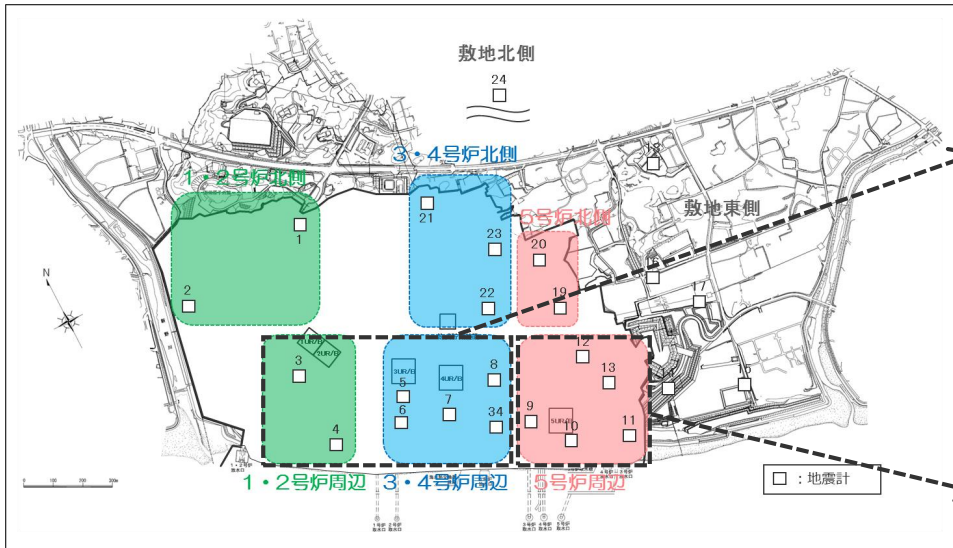
# 敷地における地震動の増幅特性

(多点連続地震観測 (敷地全体における地震波到来方向毎の地盤増幅特性) )

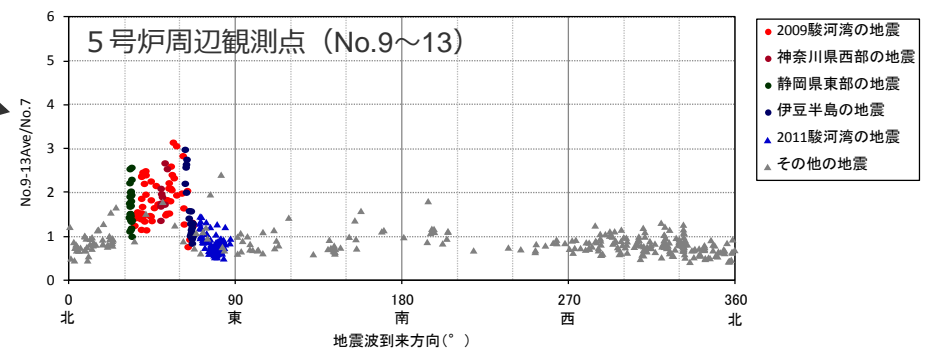
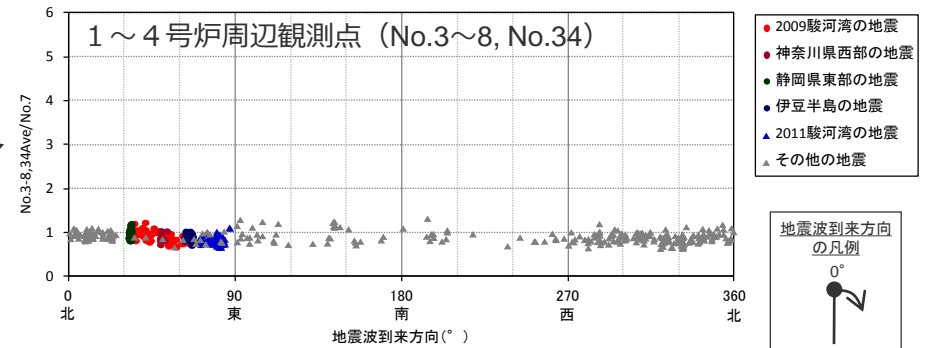
○振幅比が大きい地震のグループが確認された観測点として5号炉周辺 (No.9~No.13) を、いずれの地震のグループにおいても振幅比が1程度であった観測点として1~4号炉周辺 (No.3~No.8, No.34) をそれぞれグルーピングして、地震波到来方向毎に各地震の振幅比 (No.7基準) を算出。

⇒ **5号炉周辺では、2009年駿河湾の地震を含むN30E~N70Eの地震波到来方向の地震では振幅比が大きい、その他の地震波到来方向の地震では振幅比が1程度**である。

⇒ **1~4号炉周辺では、2009年駿河湾の地震の地震波到来方向を含め、いずれの地震波到来方向の地震も振幅比は1程度**である。



<多点連続地震観測の地震計配置>

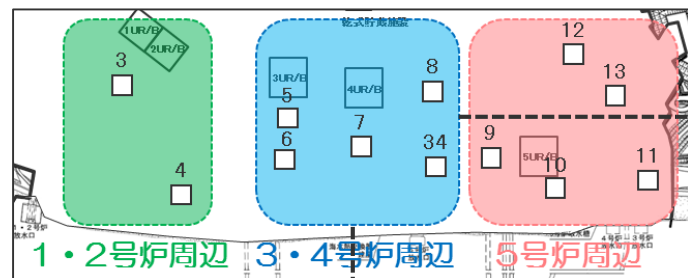


<各地震の振幅比 (No.7基準) と地震波到来方向との関係>  
(水平平均) (観測期間2009年9月20日~2014年7月26日)

# 敷地における地震動の増幅特性

(多点連続地震観測 (3、4号炉周辺の地盤増幅特性))

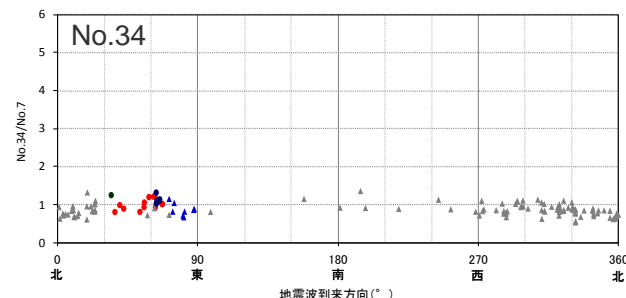
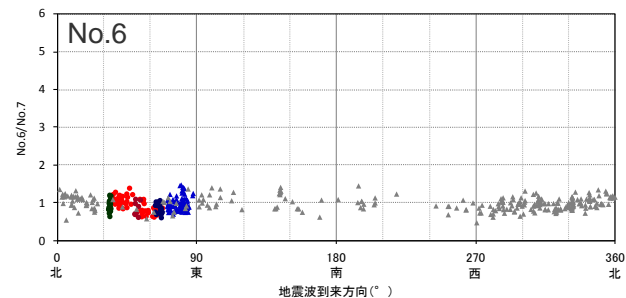
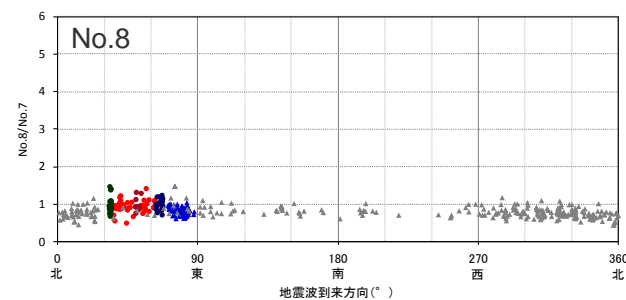
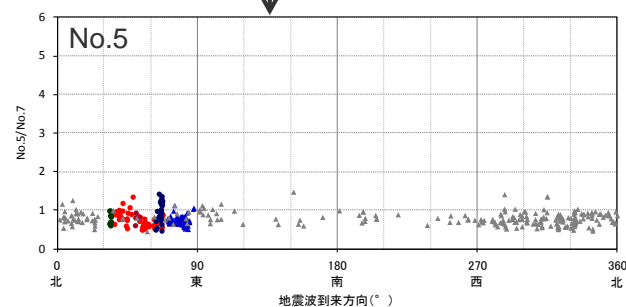
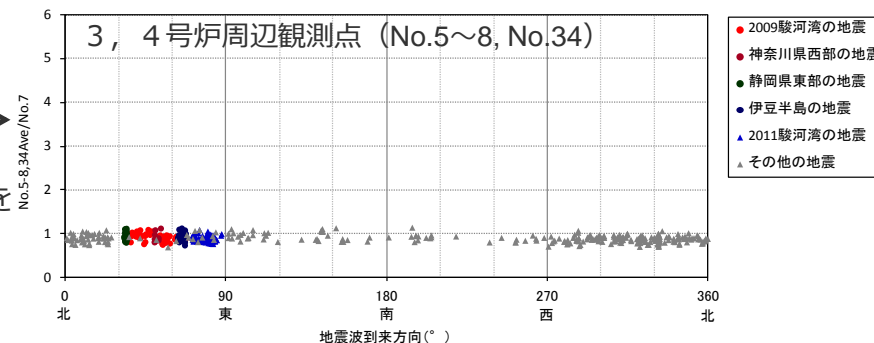
○ 3, 4号炉周辺の観測点 (No.5~No.8, No.34) をグルーピングした場合の各地震の振幅比 (No.7基準) についても、いずれの地震波到来方向の地震でも振幅比は1程度である。また、3, 4号炉周辺の観測点それぞれの各地震の振幅比 (No.7基準) についても、若干のばらつきはあるものの、いずれの地震波到来方向の地震でも振幅比は1程度である。



多点連続地震観測における地震計の配置

3, 4号炉周辺の各観測点

3, 4号炉  
周辺の観測点を  
グルーピング

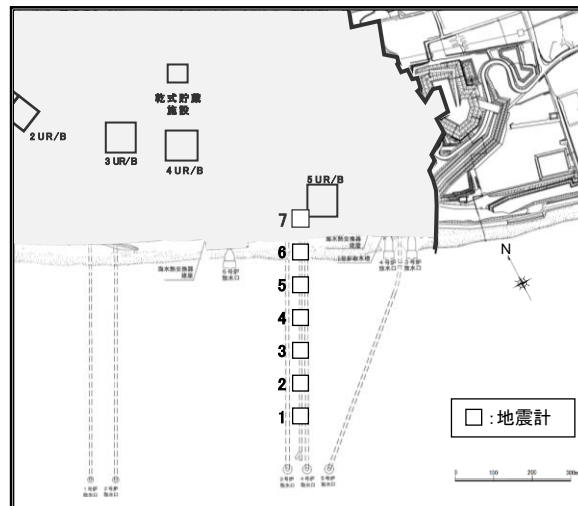


<各地震の振幅比 (No.7基準) と地震波到来方向との関係 (水平平均) > (観測期間2009年9月20日~2014年7月26日)

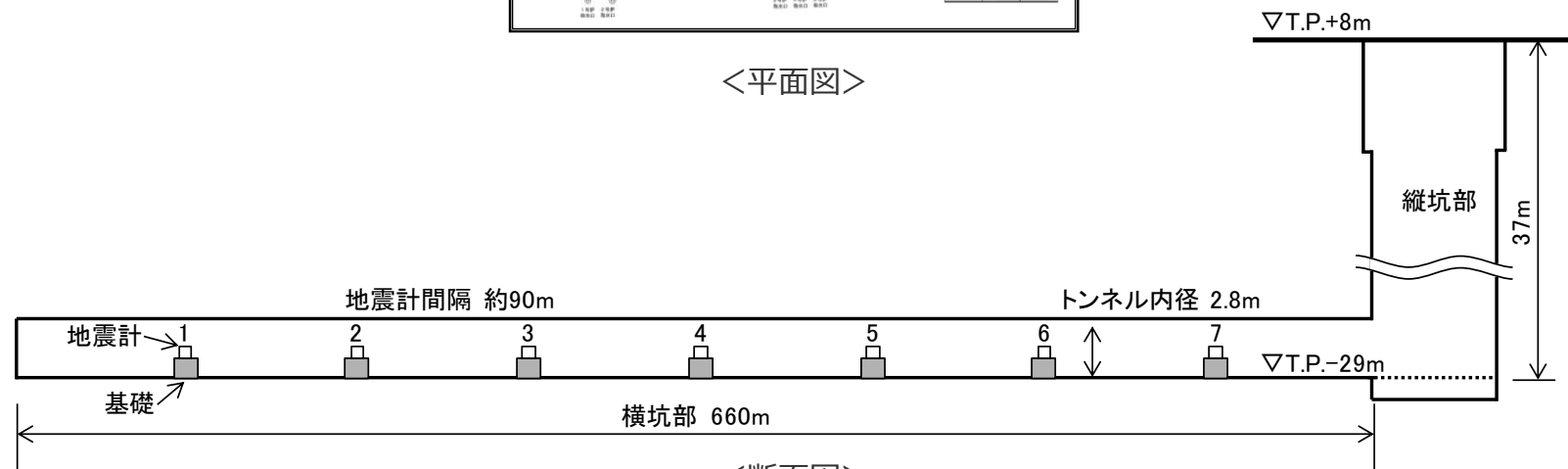
# 敷地における地震動の増幅特性

(海底試掘トンネルにおける連続地震観測 (地震計の配置))

- 敷地では、5号炉周辺から海側沖合方向に延びる海底試掘トンネルにおいて、連続地震観測を行っている。
- 海底試掘トンネルはS波速度が700m/s以上の岩盤部に位置しており、そのトンネル内に地震計（過減衰型加速度計）を約90m間隔で7箇所（No.1～No.7）設置している。



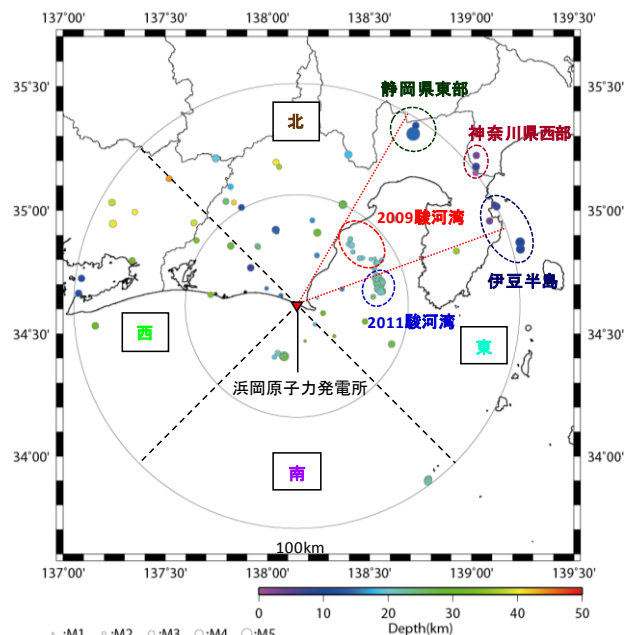
<平面図>



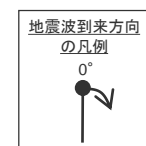
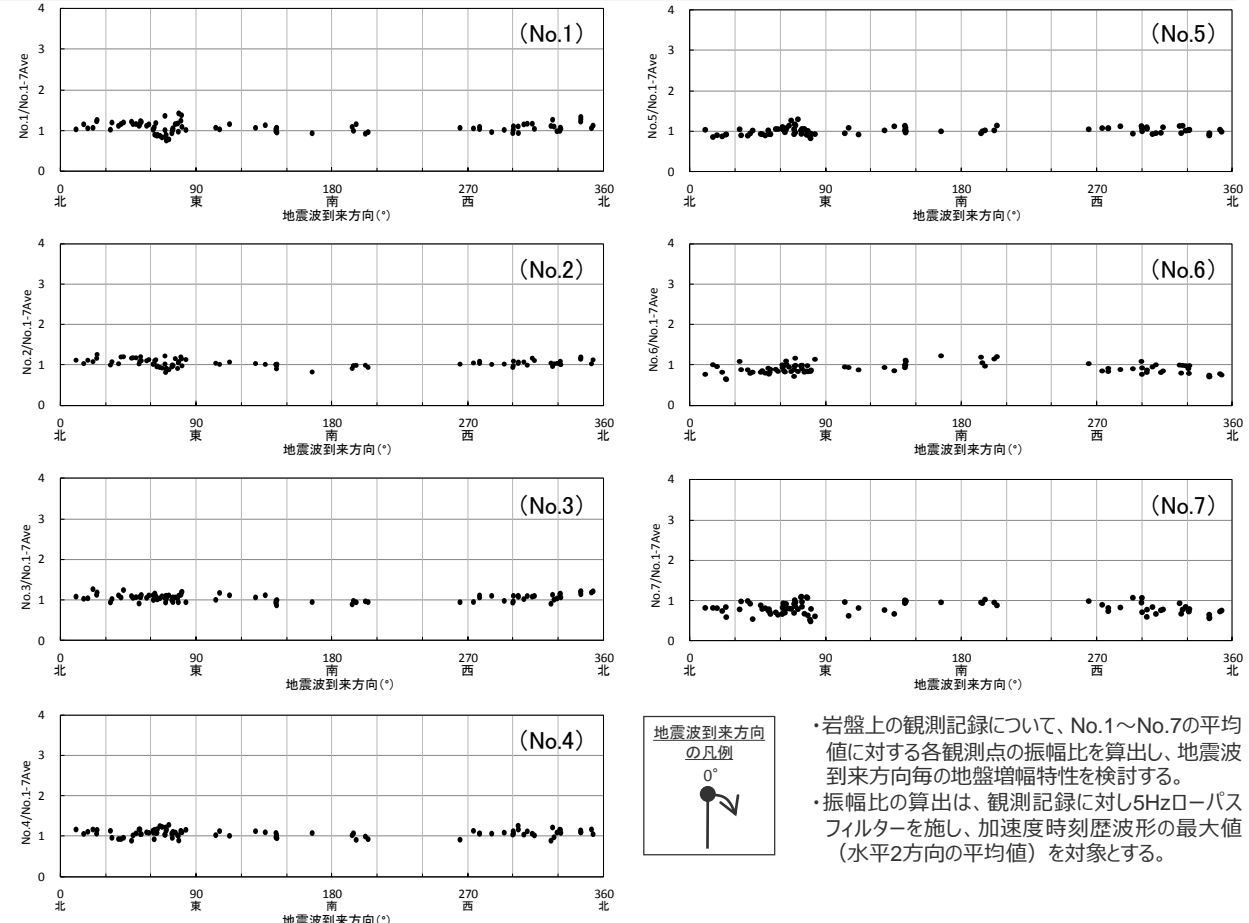
<断面図>

# 敷地における地震動の増幅特性

(海底試掘トンネルにおける連続地震観測 (海域部における地震波到来方向毎の地盤増幅特性))

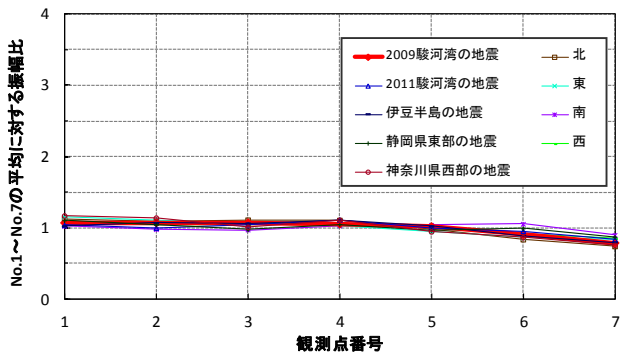


○地震波到来方向毎の地盤増幅特性を検討するため、前述の「多点連続地震観測」と同様、No.1～No.7の平均値に対する各観測点の振幅比を算出。  
⇒2009年駿河湾の地震の地震波到来方向を含めて各観測点の振幅比は1程度である。



- ・岩盤上の観測記録について、No.1～No.7の平均値に対する各観測点の振幅比を算出し、地震波到来方向毎の地盤増幅特性を検討する。
- ・振幅比の算出は、観測記録に対し5Hzローパスフィルターを施し、加速度時刻歴波形の最大値(水平2方向の平均値)を対象とする。

<検討の対象とした観測地震の震央分布>



<各地震グループにおける各観測点の振幅比 (水平平均)>

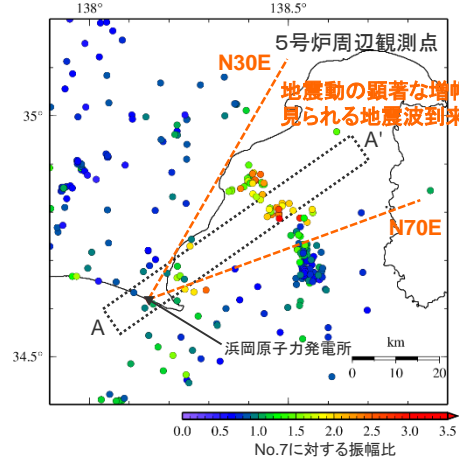
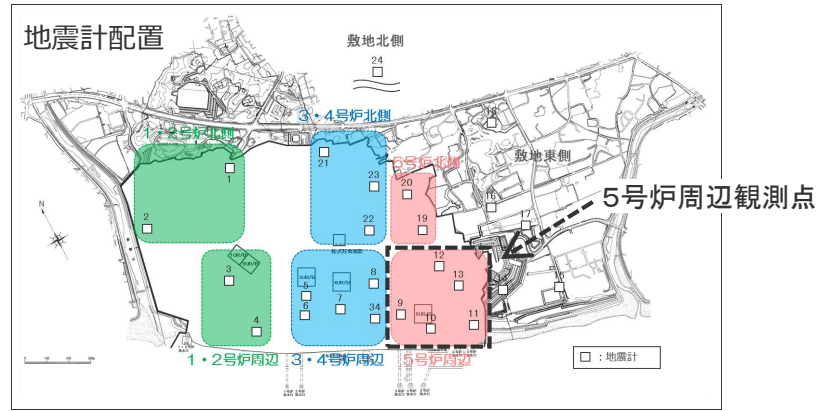
<各地震の振幅比と地震波到来方向との関係 (水平平均) (観測期間2010年12月5日～2012年10月8日)>



# 敷地における地震動の増幅特性

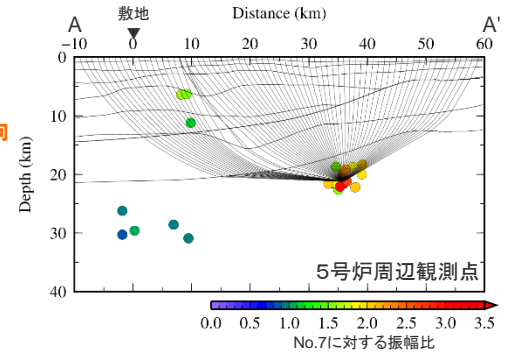
(地震観測記録の分析及び三次元地下構造モデルによる解析検討)

## 地震観測記録の分析 (多点連続地震観測)

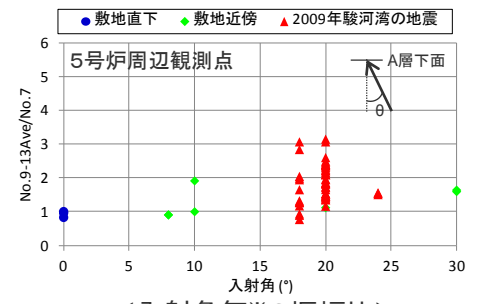


< 5号炉周辺観測点における各地震の振幅比の震央分布図 (No.7基準) >

※浅部三次元地下構造モデルの底面に相当するA層下面への入射角について、各断面の地震クラスター毎にレイトレーシングを行い評価。



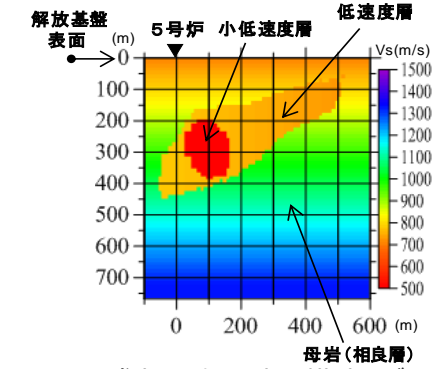
<振幅比の断面図 (A-A'断面)>



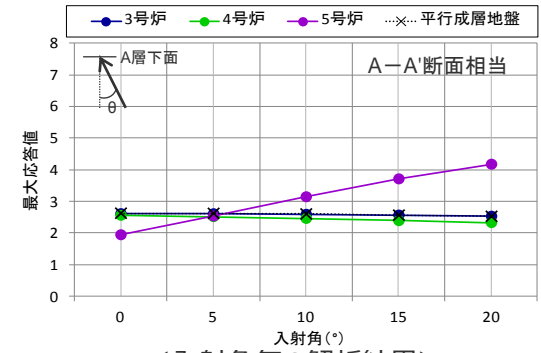
<入射角毎の振幅比>  
(N30E~N70E方向+敷地直下の地震)

- 前述のとおり、5号炉周辺観測点において、地震動の顕著な増幅は2009年駿河湾の地震の地震波到来方向付近 (N30E~N70E) にのみ見られる。
- ただし、地震観測記録の分析及び三次元地下構造モデルによる解析検討によると、地震波の入射角が鉛直下方に近づくほど、地震動の顕著な増幅は見られない傾向がある。

## 三次元地下構造モデルによる解析検討



<浅部三次元地下構造モデル>

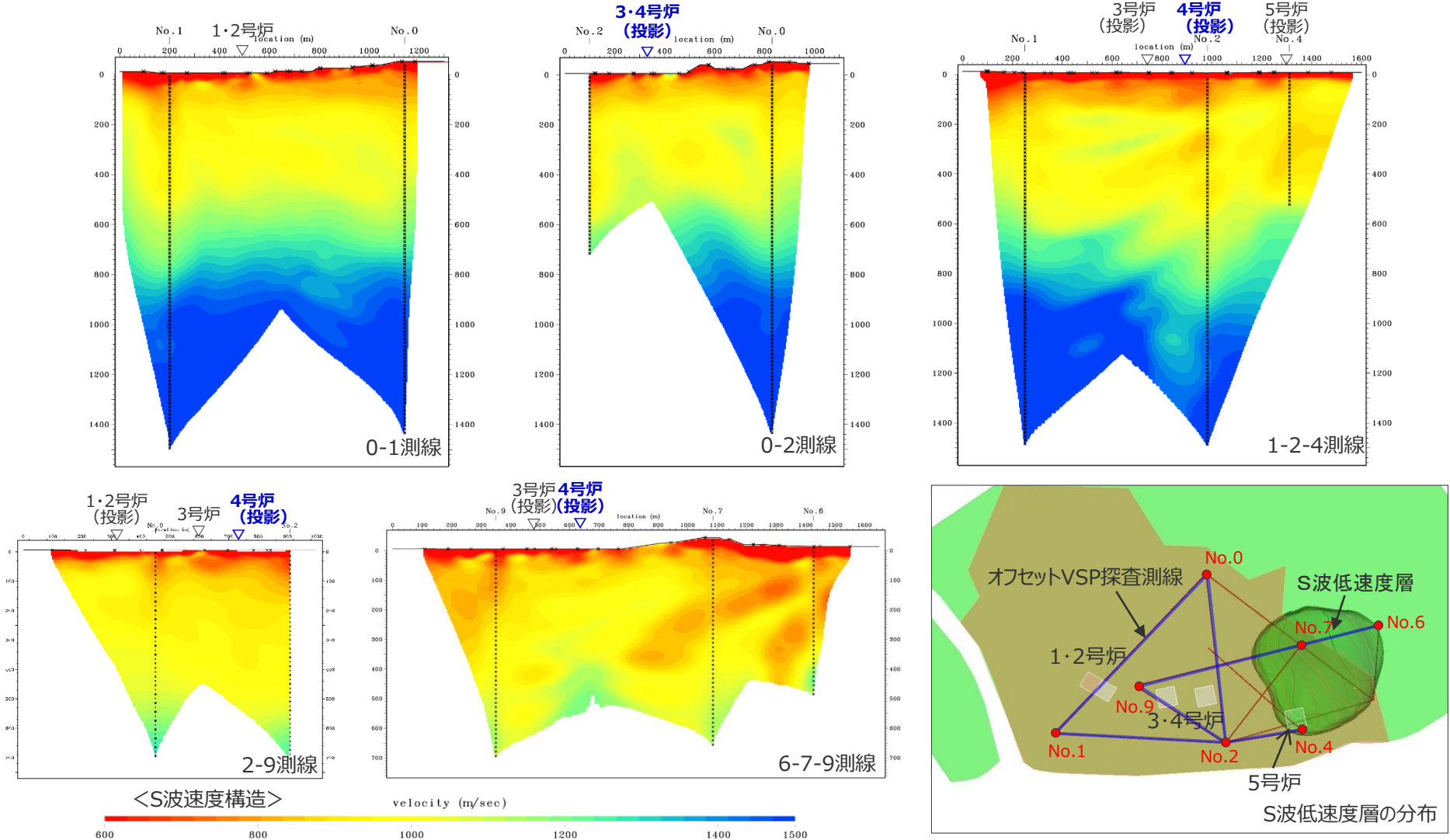


<入射角毎の解析結果>  
(入力波: BELL型連続波 (SH波)、入射方向: N60E方向)

# 敷地における地震動の増幅特性

(敷地近傍 (浅部) の地下構造 (4号炉周辺の地下構造調査結果))

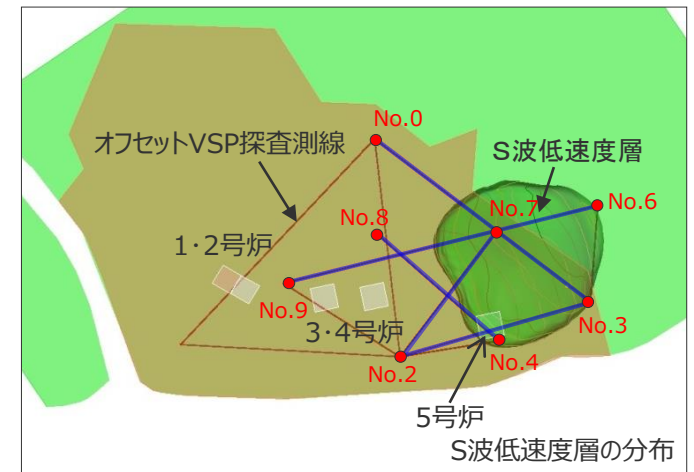
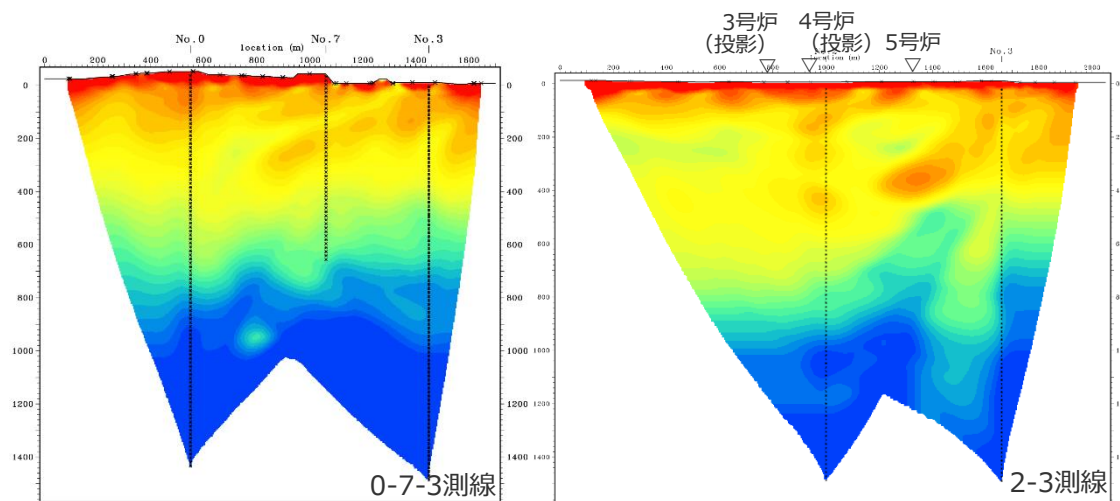
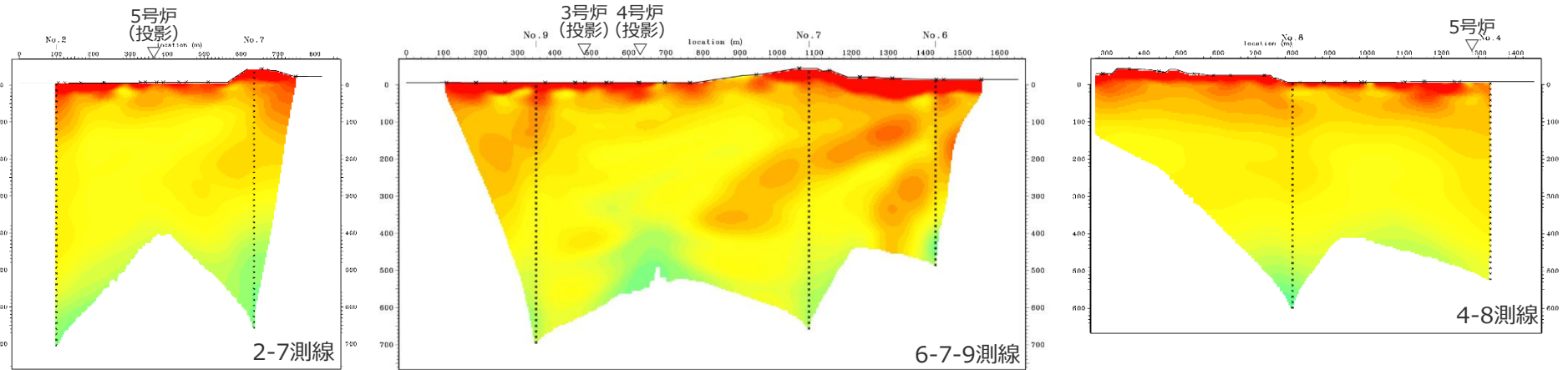
○ 4号炉周辺のオフセットVSP探査結果によると、**4号炉周辺ではS波低速度層が確認されず**、概ね深度方向に漸増する構造となっている。



# 敷地における地震動の増幅特性

(敷地近傍 (浅部) の地下構造 (5号炉周辺の地下構造調査結果))

○ 5号炉周辺のオフセットVSP探査結果によると、**5号炉周辺ではS波低速度層が確認される。**



<S波速度構造>

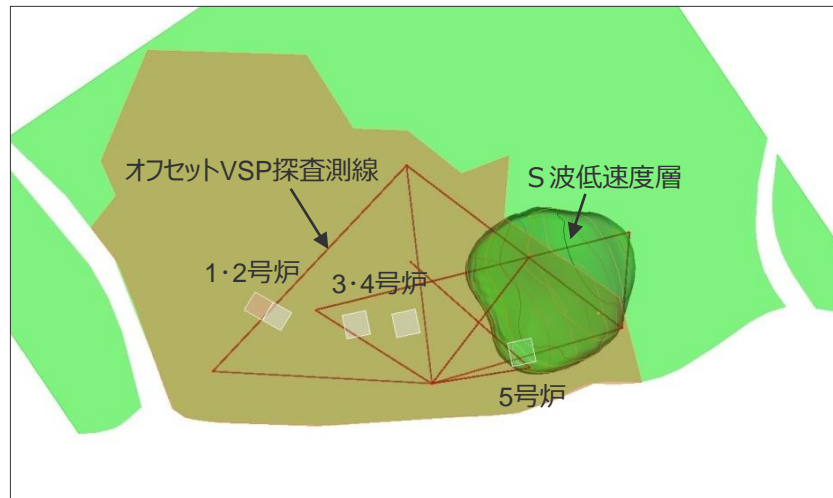
velocity (m/sec)



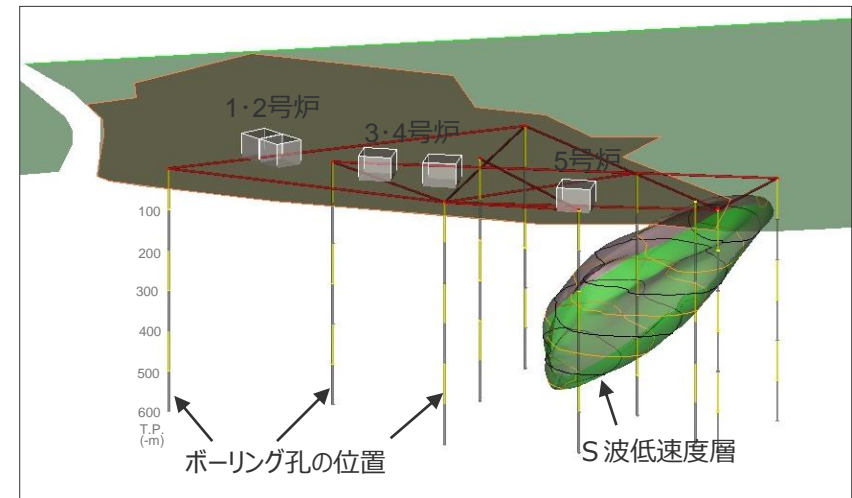
## 敷地における地震動の増幅特性

(敷地近傍 (浅部) の地下構造 (S波低速度層の分布) )

- 敷地近傍の複数の速度構造調査結果によると、**S波低速度層は5号炉周辺より東側に分布し、1, 2号炉周辺及び3, 4号炉周辺や海側には分布していない。**
- この調査結果に基づき敷地近傍の地質・地質構造を参考に推定したS波低速度層の分布図によると、S波低速度層は5号炉から2009年駿河湾の地震の到来方向である北東方向にかけて、深さ数百mの浅部に局所的に分布していると考えられる。



平面分布図

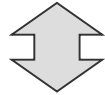
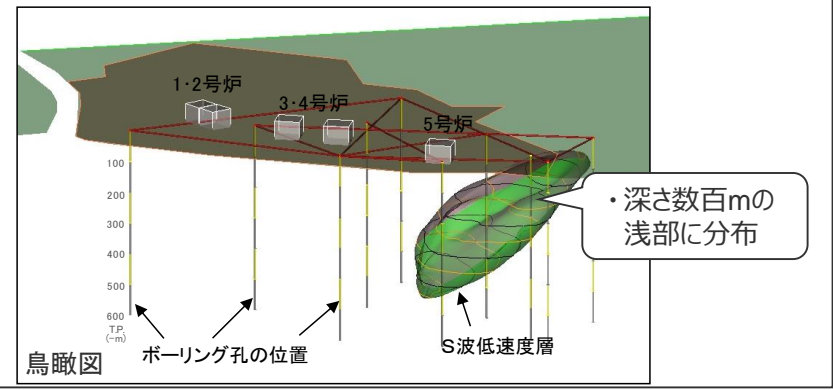
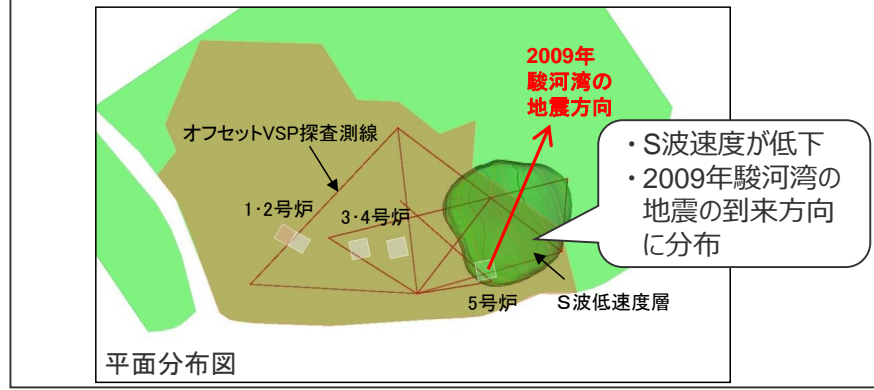


鳥瞰図

# 敷地における地震動の増幅特性

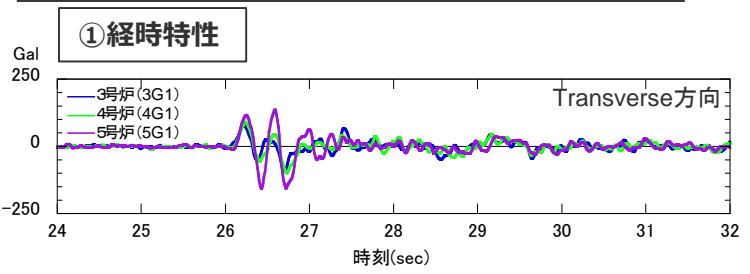
(5号炉周辺の増幅要因の推定)

## 速度構造調査結果等に基づくS波低速度層の特徴

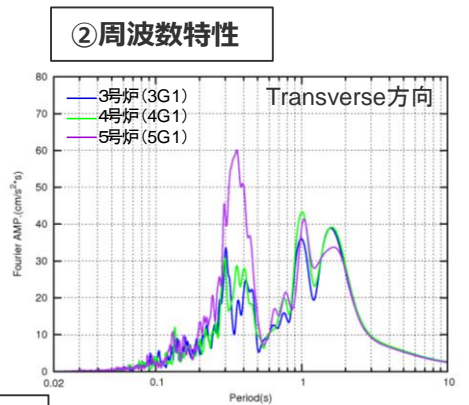


「速度構造調査結果等に基づくS波低速度層の特徴」は、「地震観測記録に基づく5号炉周辺の増幅要因の考察」と整合していることから、S波低速度層が5号炉周辺の増幅要因であると推定される。

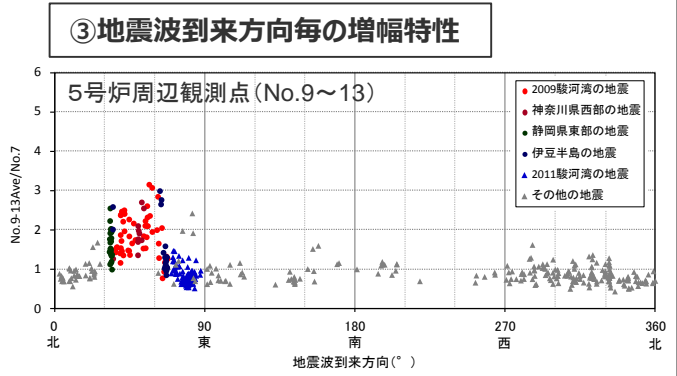
## 地震観測記録に基づく5号炉周辺の増幅要因の考察



<2009年駿河湾の地震(本震)の加速度時刻歴波形>



<2009年駿河湾の地震(本震)の加速度フーリエスペクトル>



<各地震の振幅比と地震波到来方向との関係>  
(No.7基準) (水平平均)

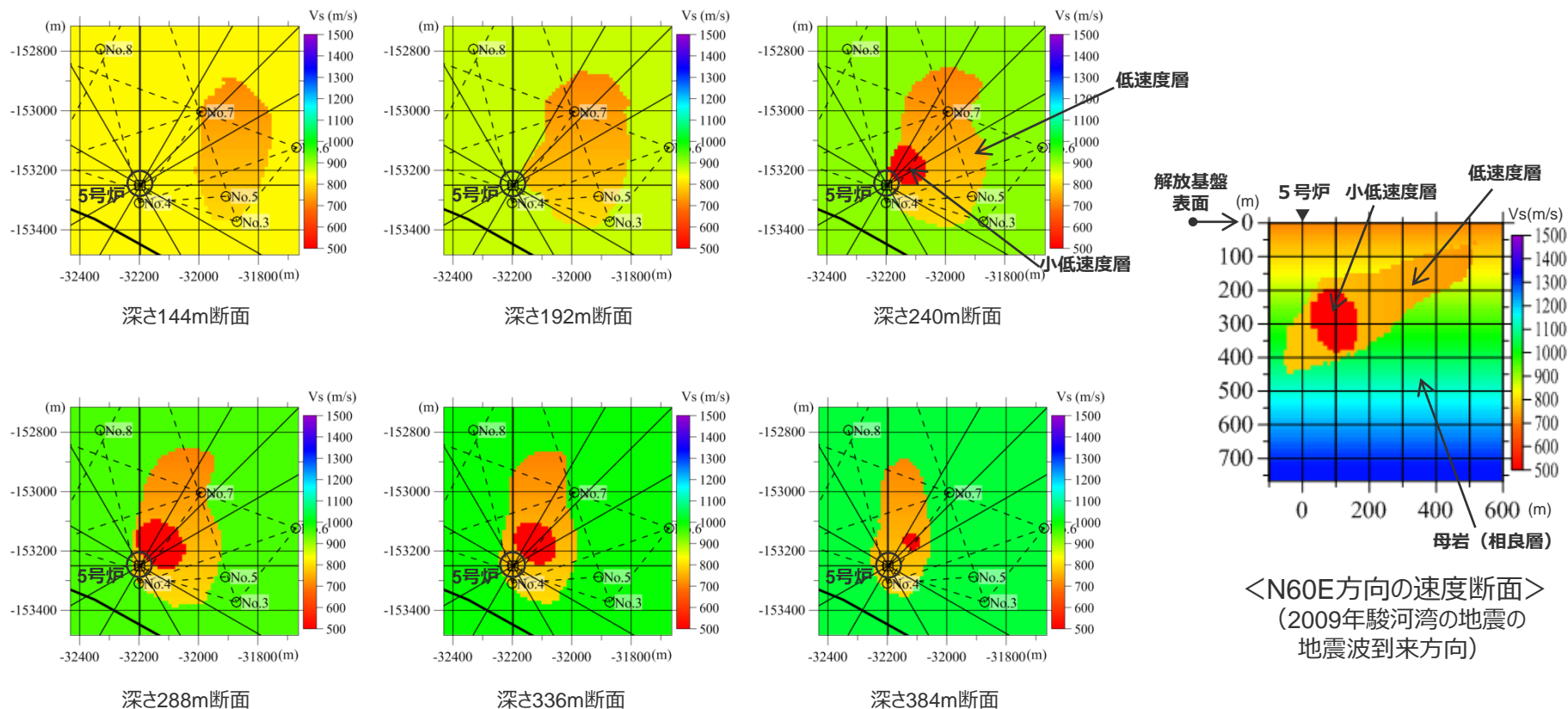
・経時特性より、S波速度が低下した不均質構造。  
・周波数特性、地震波到来方向毎の増幅特性より、深さ数百mの浅部地盤の不均質構造であり、5号炉周辺から2009年駿河湾の地震の地震波到来方向にかけて局所的に分布。

# 敷地における地震動の増幅特性

(敷地近傍 (浅部) の地下構造 (浅部三次元地下構造モデル) )

○低速度層、小低速度層※、母岩 (相良層) から成る浅部三次元地下構造モデル (チューニングモデル) は、基本的に地下構造調査結果に基づき設定し、小低速度層は地震観測記録の特徴を説明できるよう、その形状をチューニングして低速度層の内部に設定する。

※オフセットVSP探查結果によると、低速度層の内部が濃淡のある不均質な速度構造の集合体であることを踏まえ、低速度層の内部には更に速度が低い構造 (小低速度層) をモデル化する。



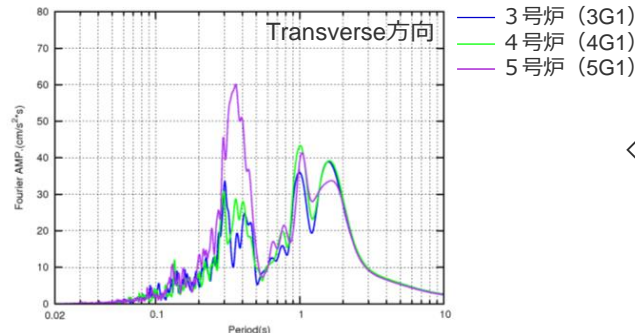
<深さ毎の速度断面>

# 敷地における地震動の増幅特性

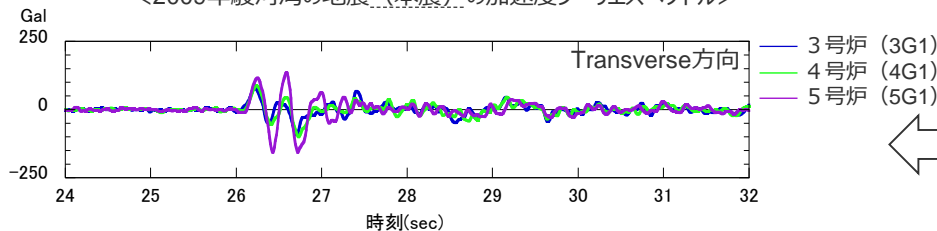
(敷地近傍 (浅部) の地下構造 (浅部三次元地下構造モデルを用いた観測記録の再現検討) )

○周波数特性、経時特性、地震波到来方向毎の増幅特性について、浅部三次元地下構造モデルを用いた解析結果は地震観測記録の特徴と概ね整合しており、5号炉周辺の増幅要因として、当該モデルは妥当であると考えられる。

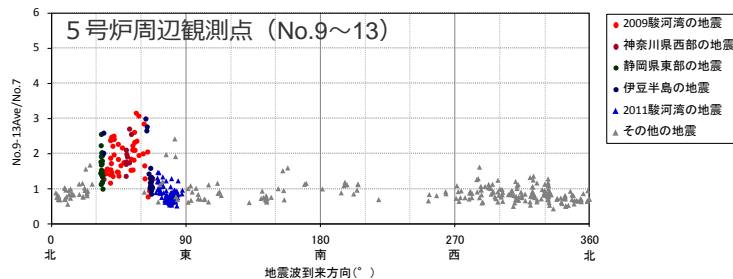
## 地震観測記録



<2009年駿河湾の地震...(本震)...の加速度フーリエスペクトル>

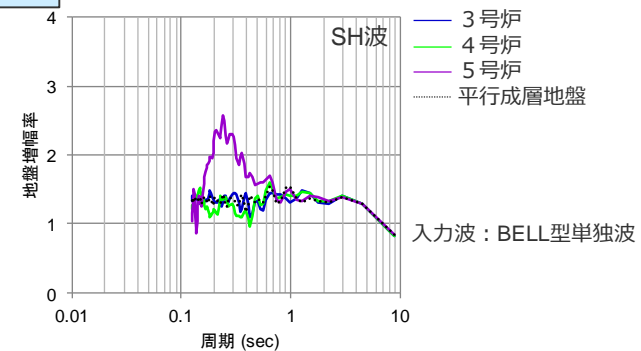


<2009年駿河湾の地震...(本震)...の加速度時刻歴波形>

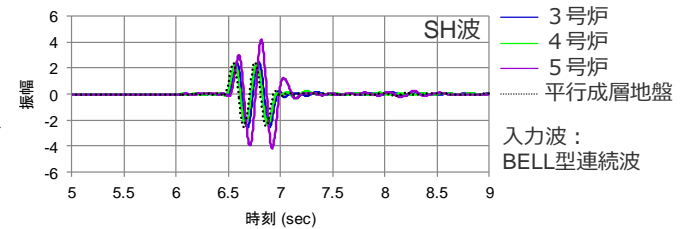


<地震波到来方向毎の振幅比 (No.7基準) >

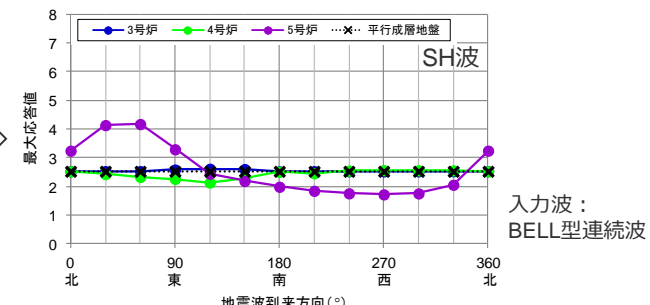
## 解析結果



<3~5号炉位置の地盤増幅率 (入射: 2009年駿河湾の地震方向) >



<3~5号炉位置の応答波形 (入射: 2009年駿河湾の地震方向) >



<3~5号炉位置の応答波形の最大値分布 (入射: 各方向) >

周波数特性

経時特性

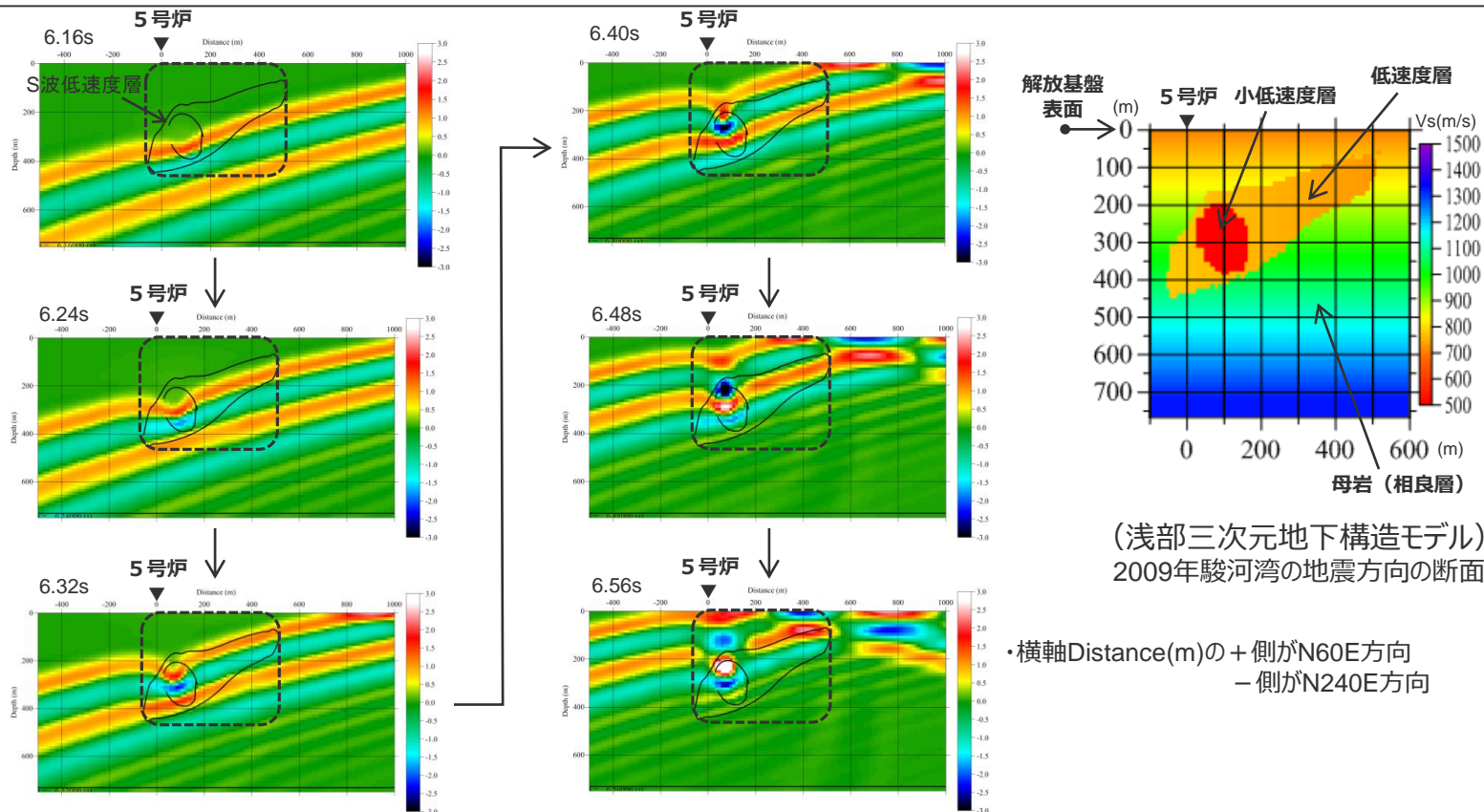
地震波到来方向  
毎の増幅特性

# 敷地における地震動の増幅特性

## (5号炉周辺の地震波の増幅メカニズム)

- S波低速度層による5号炉周辺の地震波の増幅メカニズムについて、低速度層、小低速度層、相良層（母岩）の伝播速度が異なることにより、地震波の波面が凹形状に屈曲し、これにより地震波が干渉して増幅するフォーカシング現象と考えられる。
- 地震波の増幅メカニズムがこの波面の凹形状の屈曲に起因するため、**S波低速度層が影響を及ぼす範囲は、5号炉周辺等のS波低速度層の上部付近に限られる。**

⇒ 5号炉周辺の下方にはS波低速度層が確認されており、一部の方向で**5号炉周辺はS波低速度層による影響を受けるが**、5号炉から離れた4号炉周辺の下方にはS波低速度層が確認されていないことから、**4号炉周辺はS波低速度層による影響を受けない**と考えられる。



(浅部三次元地下構造モデル  
2009年駿河湾の地震方向の断面

・横軸Distance(m)の+側がN60E方向  
-側がN240E方向

<浅部三次元地下構造モデルを用いた解析結果に基づくスナップショット（5号炉から2009年駿河湾の地震方向の断面）>  
(入力波：BELL型連続波、入射方向：2009年駿河湾の地震方向、入射角：20°)



# 敷地における地震動の地盤増幅特性に関する地震観測記録の分析結果等（まとめ）

## 【地震観測】

### 2009年駿河湾の地震の分析（鉛直アレイ観測）（p.17～21）

- 5号炉周辺観測点で見られた地震動の顕著な増幅は、時刻歴波形ではS波主要動部のみに見られ、フーリエスペクトルでは周期0.2～0.5秒付近の狭帯域のみに、応答スペクトルでは周期0.5秒以下の短周期側のみに見られ、これ以外の周期帯には見られない。

### 他の地震も含めた分析（鉛直アレイ観測、多点連続観測、海底試掘トンネル観測）（p.22～32）

- 5号炉周辺観測点において、地震動の顕著な増幅は、2009年駿河湾の地震の到来方向（N30E～N70E）の地震波のみに見られ、その他の地震波到来方向では見られない。
- 地震動の顕著な増幅が見られた到来方向（N30E～N70E）の地震波でも、増幅の程度は一様ではなく、地震波の入射角が鉛直に近づく敷地近傍の地震ほど顕著な増幅は見られない傾向がある。このうち、2009年駿河湾の地震（本震）は増幅の程度が最も大きく信頼性が高い記録が得られた地震である。

- 地震観測記録の分析結果から、**5号炉周辺の増幅要因**は、5号炉周辺から2009年駿河湾の地震の地震波到来方向にかけて**局所的に分布する、深さ数百mの浅部地盤のS波速度が低下した不均質構造**と考えられる。

## 【地下構造調査及び解析検討】

### 地下構造調査（p.33～36）

- 速度構造調査により、5号炉から2009年駿河湾の地震の到来方向にかけて**深さ数百mの浅部に局所的に分布するS波低速度層を確認。**

### 解析検討（p.37～39）

- **S波低速度層を含む三次元地下構造モデルを用いた解析検討**により、地震観測記録の特徴と整合する結果が得られることを確認。
- 増幅メカニズムは、S波低速度層による波面の屈曲により地震波が干渉して増幅するフォーカシング現象と考えられる。

整合的

## 【5号炉周辺の増幅要因と敷地における地震動の増幅特性】

- 地震観測記録の分析結果、並びにそれと整合する地下構造調査及び解析検討から、**5号炉周辺の増幅要因**は、5号炉から2009年駿河湾の地震の地震波到来方向である北東方向にかけて**局所的に分布する深さ数百mの浅部地盤のS波低速度層**であり、その増幅メカニズムは、S波低速度層による波面の屈曲により地震波が干渉して増幅するフォーカシング現象と考えられる。
- **敷地における地震動の増幅特性**は、**S波低速度層による影響の有無によって地震動の増幅特性が異なる**ことにより、特定の地震波到来方向（N30E～N70E）付近のみ地震動の顕著な増幅が見られる観測点と、いずれの地震波到来方向でも地震動の顕著な増幅が見られない観測点とに分かれる。

# 1.2 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価

---

# 地震観測記録の分析結果等と地震動の顕著な増幅の地震動評価

## 【地震観測記録の分析結果で確認された地震動の顕著な増幅の特性（敷地固有の地盤増幅特性）】

- 5号炉周辺観測点で見られた地震動の顕著な増幅は、時刻歴波形ではS波主要動部のみに見られ、フーリエスペクトルでは周期0.2～0.5秒付近の狭帯域のみに、応答スペクトルでは周期0.5秒以下の短周期側のみで見られ、これ以外の周期帯には見られない。
- 5号炉周辺観測点において、地震動の顕著な増幅は、2009年駿河湾の地震の到来方向（N30E～N70E）の地震波のみに見られ、その他の地震波到来方向では見られない。
- 地震動の顕著な増幅が見られた到来方向（N30E～N70E）の地震波でも、増幅の程度は一様ではなく、地震波の入射角が鉛直に近づく敷地近傍の地震ほど顕著な増幅は見られない傾向がある。このうち、2009年駿河湾の地震（本震）は増幅の程度が最も大きく信頼性が高い記録が得られた地震である。

## 【地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価（方針）】

- 地震観測記録の分析結果で確認された地震動の顕著な増幅の特性を的確に反映するため、この敷地固有の地盤増幅特性を詳細に考慮できる断層モデルを用いた手法を重視し、2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現検討により検証した方法（「増幅方向」※に位置する強震動生成域（アスペリティ）の各小断層からの地震動（グリーン関数）に増幅係数を乗じる方法）を用いて、地震動の顕著な増幅を反映する。応答ペクトルに基づく手法は、断層モデルを用いた手法による地震動評価結果を用いて応答スペクトルに与える影響を求めて反映する。
- 各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価は、断層モデルを用いた手法において、地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域（アスペリティ）の小断層の範囲・増幅の程度を地震観測記録の分析結果に対し保守的に設定することにより、保守的な地震動評価を行う。応答スペクトルに基づく手法は、断層モデルを用いた手法による保守的な地震動評価結果を反映することにより、保守的な地震動評価を行う。

項目	地震観測記録の分析結果等	2009年駿河湾の地震（本震）の再現検討	基準地震動の策定に係る保守的な評価
地震動の顕著な増幅の範囲（震源位置）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・特定の到来方向（N30E～N70E、「増幅方向」）の地震波のみ顕著な増幅が見られる。</li> <li>・「増幅方向」でも地震波の入射角が鉛直に近づく敷地近傍は顕著な増幅が見られない。</li> </ul>	<p>—</p> <p>（震源断層面が「増幅方向」の範囲内に位置するため強震動生成域の小断層のグリーン関数の全てに増幅係数を考慮）</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・強震動生成域（アスペリティ）を「増幅方向」の敷地近傍に配置したうえで、地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域（アスペリティ）の小断層の範囲を、地震観測記録の分析結果における「増幅方向」より広くし、敷地近傍も含めて設定（保守的な評価）</li> </ul>
地震動の顕著な増幅の程度（特性）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・特定の短周期の周期帯（フーリエスペクトルの周期0.2～0.5秒）で地震動の顕著な増幅が見られる。</li> <li>・「増幅方向」でも増幅の程度は一様でなく、2009年駿河湾の地震（本震）は最も大きい。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・強震動生成域の小断層のグリーン関数に周期0.2～0.5秒のみ増幅させる増幅係数を乗じる方法を採用</li> <li>・増幅係数における増幅の程度は、その程度が最も大きい2009年駿河湾の地震（本震）を対象に、増幅を考慮するグリーン関数の波形合成結果の5号炉記録の再現性を確認して設定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・左記と同じ強震動生成域（アスペリティ）の小断層のグリーン関数に増幅係数を乗じる方法（背景領域に増幅係数は考慮せず）を採用</li> <li>・増幅係数は、左記と同じ増幅の程度が最も大きい2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現性を確認したものを地震動の顕著な増幅を考慮する小断層の全てに一律適用（保守的な評価）</li> </ul>

※「地震動の顕著な増幅が見られる地震波到来方向（N30E～N70E）」について、以降、「増幅方向」と省略して記載する箇所あり。

## 1.2.1 地震動の顕著な増幅の地震動評価への反映方法

---

## 地震動の顕著な増幅の地震動評価への反映方法（方針）

### 【地震観測記録の分析結果で確認された地震動の顕著な増幅の特性（敷地固有の地盤増幅特性）】

- 5号炉周辺観測点で見られた地震動の顕著な増幅は、時刻歴波形ではS波主要動部のみに見られ、フーリエスペクトルでは周期0.2～0.5秒付近の狭帯域のみに、応答スペクトルでは周期0.5秒以下の短周期側のみに見られ、これ以外の周期帯には見られない。
- 5号炉周辺観測点において、地震動の顕著な増幅は、2009年駿河湾の地震の到来方向（N30E～N70E）の地震波のみに見られ、その他の地震波到来方向では見られない。
- 地震動の顕著な増幅が見られた到来方向（N30E～N70E）の地震波でも、増幅の程度は一様ではなく、地震波の入射角が鉛直に近づく敷地近傍の地震ほど顕著な増幅は見られない傾向がある。このうち、2009年駿河湾の地震（本震）は増幅の程度が最も大きく信頼性が高い記録が得られた地震である。

### 【地震動評価手法の特徴】

#### 【応答スペクトルに基づく手法の特徴】

- 応答スペクトルに基づく手法は、基本的には、地震規模や震源距離といった巨視的なパラメータにより、震源断層全体による敷地の地震動を評価する手法である。

#### 【断層モデルを用いた手法の特徴】

- 断層モデルを用いた手法は、震源断層を複数の小断層に分割し、小断層毎に震源特性、伝播経路特性、地盤増幅特性を考慮して敷地に到来する地震波（グリーン関数）を算定し、それらの地震波（グリーン関数）を敷地への到来時刻を考慮して足し合わせることで震源断層全体による敷地の地震動を評価する手法である。

### 【地震動の顕著な増幅の地震動評価への反映方法（方針）】

- 検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価は、地震観測記録に基づき確認された地震動の顕著な増幅の特性を的確に反映するため、震源断層を小断層に分割し、小断層毎に敷地に到来する地震動を詳細に考慮できる断層モデルを用いた手法を重視する。
- 断層モデルを用いた手法については、2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現検討により検証した方法（「増幅方向」に位置する強震動生成域（アスペリティ）の各小断層からの地震動（グリーン関数）に増幅係数を乗じる方法）を用い、地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域（アスペリティ）の小断層の範囲・増幅の程度を**地震観測記録の分析結果に対し保守的に設定**することにより、**保守的な地震動評価**を行う。
- 応答スペクトルに基づく手法については、3つの地震タイプ（内陸地殻内地震、プレート間地震、海洋プレート内地震）の各検討用地震と震源断層面の広がりや地震波の到来方向が同様と見なせ、各検討用地震に応じた敷地固有の地盤増幅特性が反映された観測記録が得られないことから、『断層モデルを用いた手法による保守的な地震動評価結果を用いて応答スペクトルに与える影響を求めて反映する方法』により保守的な地震動評価を行う。

## 断層モデルを用いた手法による地震動評価への地震動の顕著な増幅の反映方法

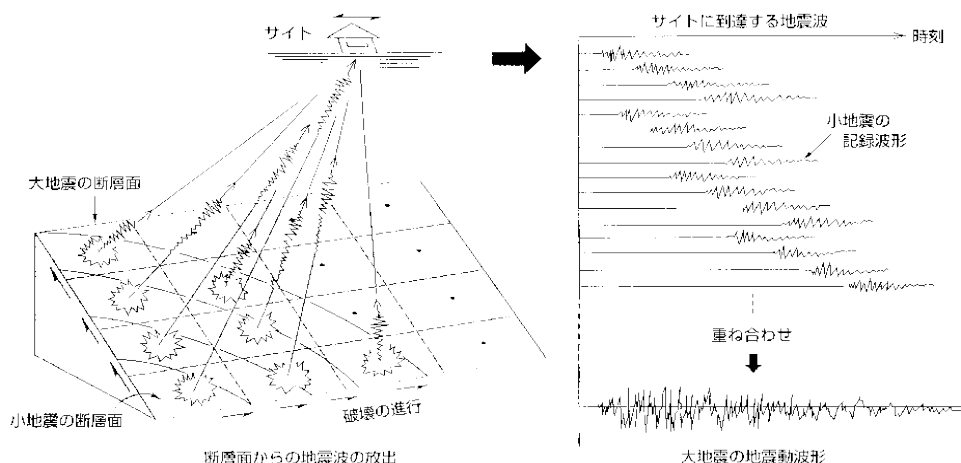
(大地震の地震動を用いた分析・評価の考え方等と地震動の顕著な増幅の反映方法(方針))

### 【大地震の地震動を用いた分析・評価の考え方】

○ 大地震の地震動を用いた震源の破壊過程等の分析では、一般に、大地震の震源断層を小断層に分割し、各小断層から発生し地下構造を通して敷地に到来する地震動を考え、この小断層による地震動を敷地への地震動の到達時刻の違いを考慮して重ね合わせた地震動が大地震における敷地の地震動になるとの考え方が用いられており、この考え方で地震動の予測評価が行われている。

### 【特性化震源モデルの短周期地震動の考え方】

○ 地震動評価で用いる特性化震源モデルは、強震動生成域(アスペリティ)と背景領域とから構成され、実際の大地震の分析や強震動予測レシピ(2017)等に基づく地震動評価では、背景領域からの地震動の短周期への影響は強震動生成域(アスペリティ)に比べて小さいとして検討し、震源断層全体の短周期の地震動レベルを強震動生成域(アスペリティ)からの地震動のみで評価する考え方により行われている。【詳細は次頁参照】

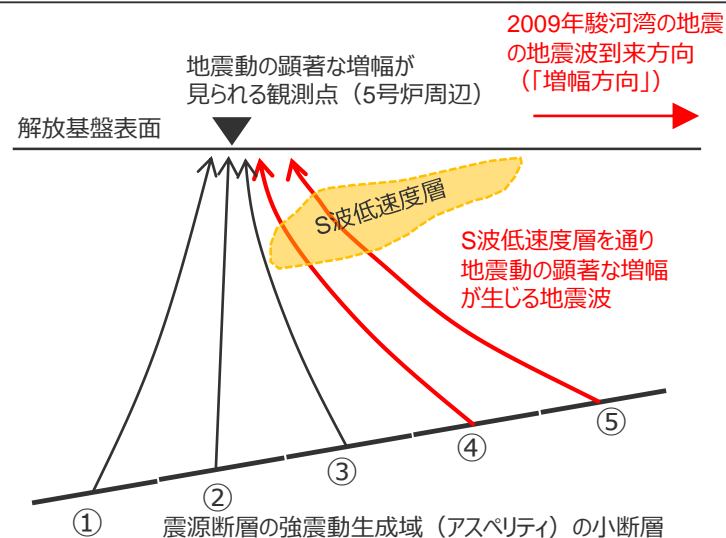


<大地震と小地震の地震動>  
(電力土木技術協会HPによる)

### 【地震動の顕著な増幅の地震動評価への反映方法(方針)】

○ 以上の考え方を踏まると、『「地震動の顕著な増幅は、特定の到来方向(N30E~N70E)の地震波のみに、短周期の特定の周期帯(フーリエスペクトルの周期0.2~0.5秒)では見られるが、その他の地震波到来方向では見られない」と地震観測記録の分析結果に基づき確認された地震動の顕著な増幅の特性』から、検討用地震(地震動の顕著な増幅を考慮)の地震動は、震源断層のうち「増幅方向」に位置する強震動生成域(アスペリティ)の小断層の面積が広い地震ほど、S波低速度層を通り地震動の顕著な増幅が生じる小断層からの地震動が多く、地震動レベルが大きくなると考えられる。

○ そこで、検討用地震(地震動の顕著な増幅を考慮)の地震動評価は、地震観測記録に基づき確認された地震動の顕著な増幅の特性を的確に反映するため、震源断層を小断層に分割し、小断層毎に敷地に到来する地震動を詳細に考慮できる断層モデルを用いた手法を重視することとし、地震動の顕著な増幅は『「増幅方向」に位置する強震動生成域(アスペリティ)の各小断層からの地震動(グリーン関数)に増幅係数を乗じる方法』により反映する。



## 断層モデルを用いた手法による地震動評価への地震動の顕著な増幅の反映方法 (特性化震源モデルの短周期地震動の考え方)

### 【特性化震源モデルの短周期レベル】

- 地震動評価で用いる特性化震源モデルは、強震動生成域（アスペリティ）と背景領域とから構成され、壇・他(2001)や入倉・他(2002)によれば、震源断層全体の短周期の地震動の大きさを表す短周期レベルAは、それぞれの領域の短周期レベル（ $A_a$ 、 $A_b$ ）により、下記の式①で表される。

$$\text{短周期レベル} : A = (A_a^2 + A_b^2)^{1/2} \quad \dots\dots \text{式①} : \text{壇・他(2001)、入倉・他(2002)}$$

ここで、 $A_a$  : 強震動生成域（アスペリティ）の短周期レベル、 $A_b$  : 背景領域の短周期レベル

### 【強震動予測レシピにおける短周期レベル】

- 強震動予測レシピ(2017)では、壇・他(2001)による下記の式②を用いて、震源断層全体の短周期レベルAを強震動生成域（アスペリティ）のみで設定し、そのうえで背景領域も設定して短周期の地震動を計算し付加している。

$$\text{短周期レベル} : A = 4\pi \cdot r \cdot \Delta\sigma_a \cdot \beta^2 \quad \dots\dots \text{式②} : \text{強震動予測レシピ(2017)}$$

ここで、 $r$  : 強震動生成域（アスペリティ）の等価半径、 $\Delta\sigma_a$  : 強震動生成域（アスペリティ）の応力降下量、 $\beta$  : S波速度

- 震源断層全体の短周期レベルAを強震動生成域（アスペリティ）のみで設定していることに関し、入倉・他(2002)は、強震動予測レシピについて、背景領域からの加速度地震動はアスペリティ部に比べて無視できるほど小さいとして検討しており、背景領域からの加速度地震動の寄与を無視すると、上記式②（同論文の(10)式に相当）によりアスペリティの応力降下量を推定できるとしている。
- また、実際の大地震の強震動の分析では、背景領域を設けず強震動生成域（アスペリティ）のみの震源モデルを用いて、背景領域からの影響も含まれる観測記録の短周期の地震動を再現できるよう、強震動生成域（アスペリティ）のパラメータ推定が行われ、上記の式②を用いて震源断層全体の短周期レベルAが分析されている（佐藤(2010)、佐藤(2012)等）。



- 以上のとおり、特性化震源モデルを用いた地震動評価は、背景領域からの地震動の短周期への影響は強震動生成域（アスペリティ）に比べて小さいとして検討し、震源断層全体の**短周期の地震動レベルを強震動生成域（アスペリティ）からの地震動のみで評価する考え方**により行われている。
- そこで、検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価では、地震動の顕著な増幅は短周期の特定の周期帯（フーリエスペクトルの周期0.2～0.5秒）で見られることを踏まえ、断層モデルを用いた手法による地震動評価への地震動の顕著な増幅の反映について、**短周期の地震動への影響が支配的な強震動生成域（アスペリティ）の小断層からの地震動に着目して保守的な評価**を行うこととする。

# 断層モデルを用いた手法による地震動評価への地震動の顕著な増幅の反映方法 (方針)

## 【地震観測記録の分析結果（地震動の顕著な増幅の特性）】

- 地震動の顕著な増幅は、特定の到来方向（N30E～N70E）の地震波のみに、短周期の特定の周期帯（フーリエスペクトルの周期0.2～0.5秒）では見られるが、その他の地震波到来方向では見られない。

## 【特性化震源モデルの短周期地震動の考え方】

- 短周期の地震動レベルを強震動生成域（アスペリティ）からの地震動のみで評価（背景領域は、強震動生成域（アスペリティ）のみで震源断層全体の短周期レベルを説明できるように評価したものに付加）。

## 【地震動評価への地震動の顕著な増幅の反映方法】

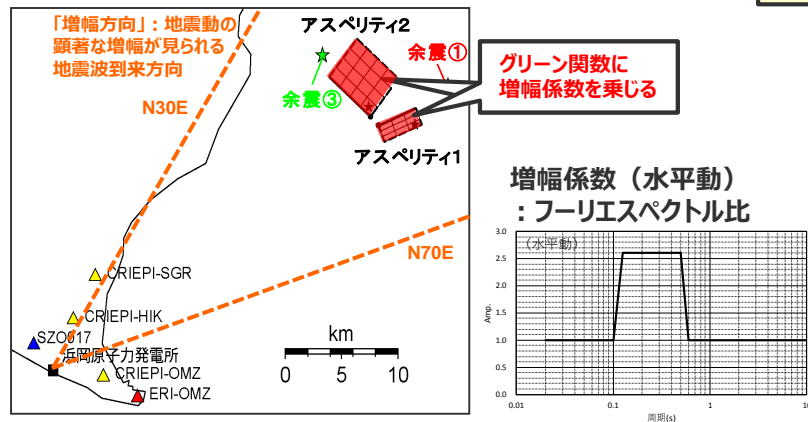
- 地震動の顕著な増幅が見られた短周期の地震動への影響が支配的な強震動生成域（アスペリティ）に着目し、短周期の地震動評価に一般的に用いられる統計的グリーン関数法において、『**増幅方向**』に位置する強震動生成域（アスペリティ）の各小断層からの地震動（グリーン関数）に増幅係数を乗じる方法』を用いることとし、2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現検討による検証を行ったうえで、検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価を行う。

## 【2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現検討】

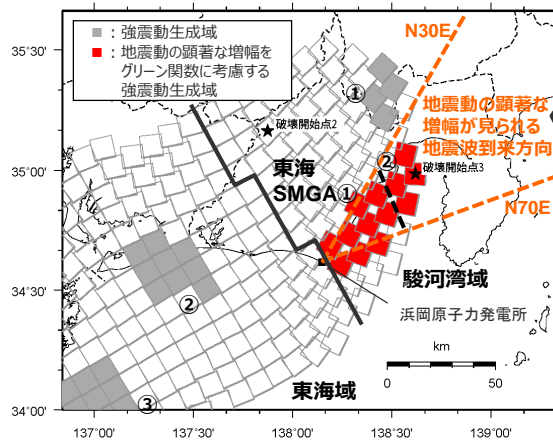
- 背景領域のない強震動生成域（アスペリティ）のみの震源モデルを用いて、強震動生成域（アスペリティ）の小断層のグリーン関数に増幅係数を乗じる方法で、地震動の顕著な増幅が見られた観測点（5号炉周辺）の観測記録を概ね再現できることを確認する。

## 【検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価】

- 『**増幅方向**』の敷地近傍に強震動生成域（アスペリティ）を配置したうえで、『**増幅方向**』に位置する強震動生成域（アスペリティ）の小断層のグリーン関数のみに増幅係数を乗じる方法』で地震動評価を行う。
- その際、『**増幅方向**』の敷地近傍に配置した強震動生成域（アスペリティ）について、増幅係数を乗じる小断層の範囲・増幅の程度を地震観測記録の分析結果に対し保守的に設定することにより、保守的な地震動評価を行う。



<2009年駿河湾の地震（本震）の震源モデル>

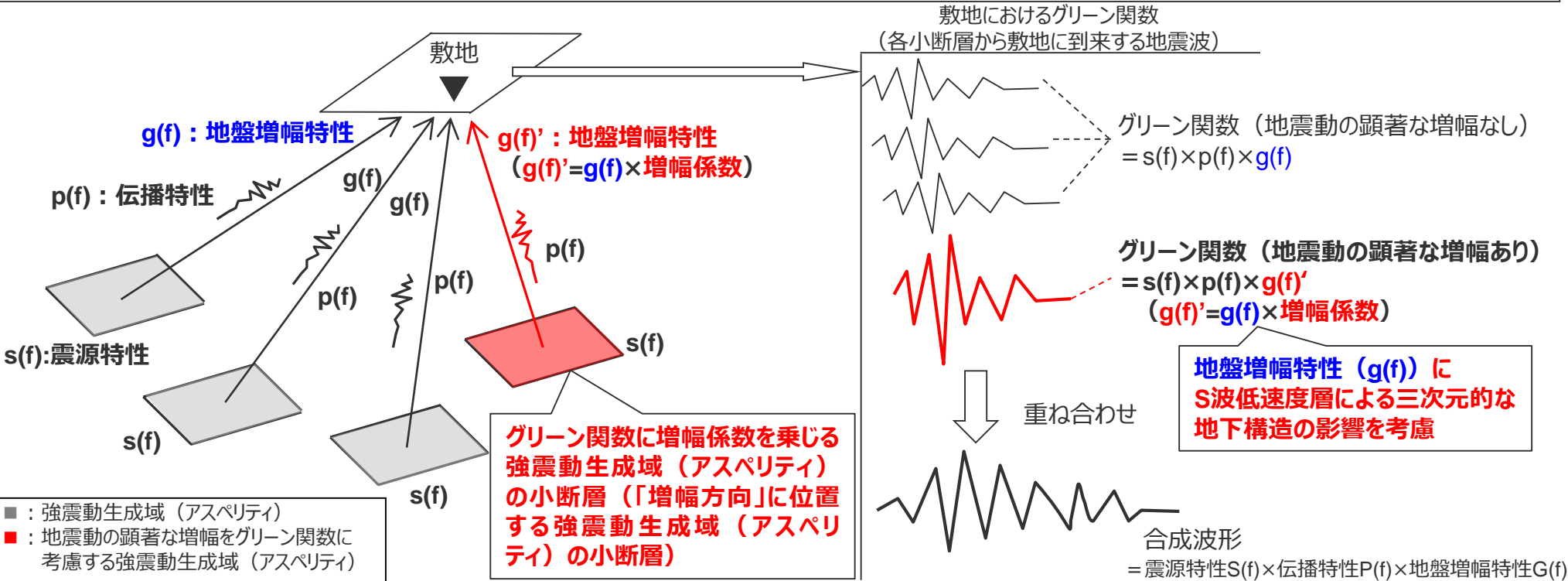


増幅係数を乗じる強震動生成域（アスペリティ）を「増幅方向」の敷地近傍に配置したうえで保守的な評価を行うため、「増幅方向」に位置する背景領域は、敷地から離れており地震動評価結果に及ぼす影響は「増幅方向」の敷地近傍に配置した強震動生成域（アスペリティ）に比べて小さいと考えられる。（→念のため、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じた場合のパラメータスタディを行う。）



# 断層モデルを用いた手法による地震動評価への地震動の顕著な増幅の反映方法 (概要)

- 前述のとおり、検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価は、地震観測記録に基づき確認された地震動の顕著な増幅の特性を的確に反映するため、震源断層を小断層に分割し、小断層毎に敷地に到来する地震動を詳細に考慮できる断層モデルを用いた手法を重視する。
- 断層モデルを用いた手法では、地震動の顕著な増幅は、「増幅方向」に位置する強震動生成域（アスペリティ）の各小断層からの地震動（グリーン関数）に増幅係数（次ページ参照）を乗じることで、短周期の地震動評価に一般的に用いられる統計的グリーン関数法により、地震動の顕著な増幅の特性を反映した地震動評価を行う。このようにグリーン関数（震源特性 $s(f)$ ×伝播特性 $p(f)$ ×地盤増幅特性 $g(f)$ ）に増幅係数を乗じる方法は、一次元地下構造モデルによる地盤増幅特性（ $g(f)$ ）を補正して、S波低速度層による三次元的な地下構造の影響を考慮することに相当する（ $g(f)' = g(f) \times$ 増幅係数）。
- グリーン関数に乘じる増幅係数については、増幅の程度が最も大きい2009年駿河湾の地震（本震）を参考に、その再現検討を踏まえて設定し、グリーン関数に増幅係数を乗じる強震動生成域（アスペリティ）の小断層については、「増幅方向」を踏まえ保守的に設定する。
- 2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現検討では、増幅係数の合理性も含め、本反映方法（強震動生成域（アスペリティ）の各小断層のグリーン関数に増幅係数を乗じる方法）による地震動評価結果（波形合成結果）と地震動の顕著な増幅が見られた観測点（5号炉）の観測記録との比較により検証を行う。

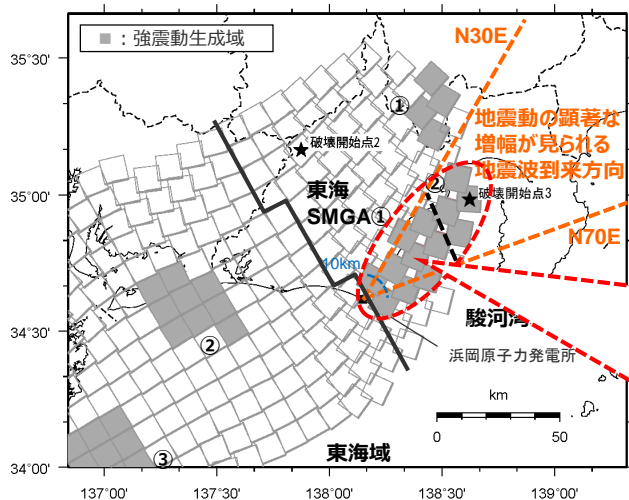


<断層モデルを用いた手法による地震動評価（統計的グリーン関数法）における地震動の顕著な増幅の反映方法の概要>

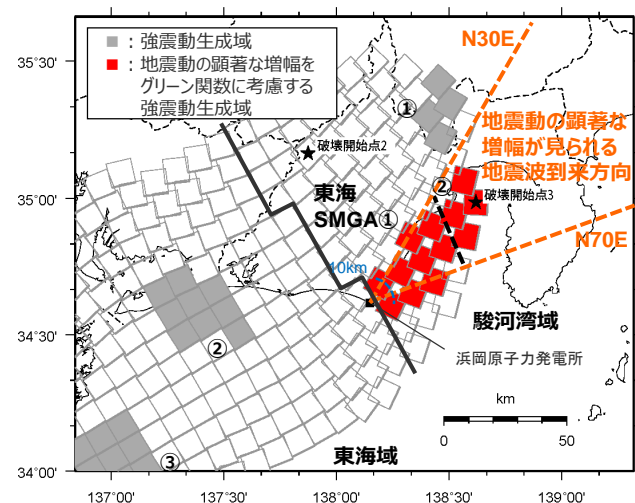
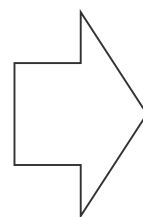
## 断層モデルを用いた手法による地震動評価への地震動の顕著な増幅の反映方法

( (参考) 本資料における震源モデルのモデル図の表現の解説)

- 5号炉周辺の増幅要因は、深さ数百mの浅部地盤に局所的に分布するS波低速度層であり、これによる三次元的な地下構造の影響としての地震動の顕著な増幅を、断層モデルを用いた手法による地震動評価に反映する方法として、グリーン関数（震源特性  $s(f)$  × 伝播特性  $p(f)$  × 地盤増幅特性  $g(f)$ ）に増幅係数を乗じる。この方法は、一次元地下構造モデルによる地盤増幅特性  $(g(f))$  を補正して、S波低速度層による三次元的な地下構造の影響を考慮することに相当する  $(g(f))' = g(f) \times \text{増幅係数}$ 。
- 本資料の各震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）のモデル図においては、地震動の顕著な増幅を考慮する（グリーン関数に増幅係数を乗じる）強震動生成域（アスペリティ）の小断層を、赤色で塗りつぶして表現する。
- これは、便宜的に小断層を赤色で塗りつぶすことで表現しているものであって、震源特性において地震動の顕著な増幅を考慮することを表しているものではなく、上記のとおり、「増幅方向」に位置する小断層から生じた地震波がS波低速度層を伝播することで生じる地震動の顕著な増幅を、地盤増幅特性において考慮することを表している。



震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）の強震動生成域の小断層のうち、グリーン関数（震源特性  $s(f)$  × 伝播特性  $p(f)$  × 地盤増幅特性  $g(f)$ ）に増幅係数を乗じることで、一次元地下構造モデルによる地盤増幅特性  $(g(f))$  を補正して、S波低速度層による三次元的な地下構造の影響を考慮する小断層



(震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）と地震動の顕著な増幅を考慮する小断層の設定)

(本資料における表現)

# 断層モデルを用いた手法による地震動評価への地震動の顕著な増幅の反映方法 (グリーン関数に乗じる増幅係数)

- 増幅を考慮する周期帯は、2009年駿河湾の地震（本震）で5号炉周辺の顕著な増幅が見られた周期帯0.2～0.5秒を参考としてより広帯域に設定する。
- 増幅を考慮する程度は、2009年駿河湾の地震（本震）におけるはぎとり波の加速度フーリエスペクトル比（5G1/3G1, 5RB/3G1）及び周期別SI値比（周期0.02～0.5秒）を参考として設定する。
- 2009年駿河湾の地震（本震）は増幅の程度が最も大きく、信頼性の高い記録が得られた地震である。

<2009年駿河湾の地震（本震）における周期別SI値比※1>  
(周期0.02～0.5秒※2)

	NS	EW	UD
4G1/3G1	0.93	1.08	0.72
5G1/3G1	2.40	1.97	1.42
5RB/3G1	2.47	2.50	1.38

※1 構造物の応答に関連する指標であり、下記により定義される。

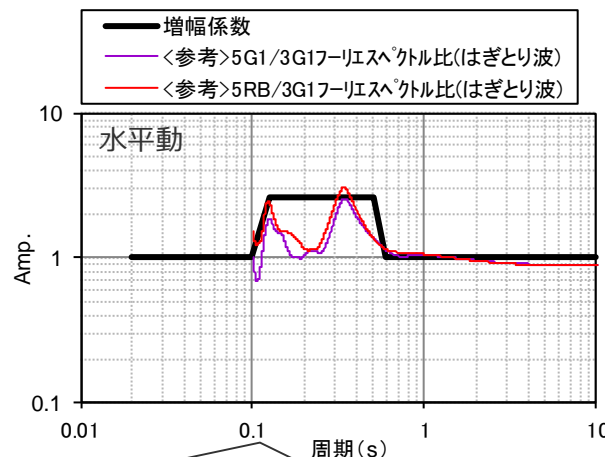
$$\text{周期別SI値} = \int_{T_1}^{T_2} S_v(T, h) dT$$

ここで、 $S_v$ ：擬似速度応答スペクトル  
T：周期  
h：減衰定数（5%とする）

※2 2009年駿河湾の地震（本震）の応答スペクトルにおいて5号炉周辺の顕著な増幅が見られた周期帯。

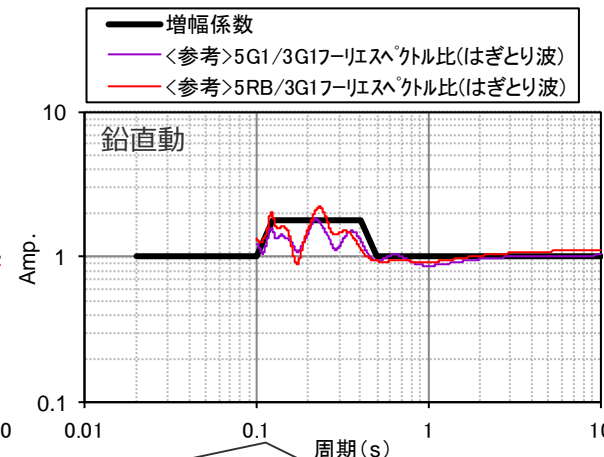
<グリーン関数に乗じる増幅係数>

周期(s)	水平動	周期(s)	鉛直動
0.02	1	0.02	1
0.1	1	0.1	1
0.125	2.6	0.125	1.8
0.5	2.6	0.4	1.8
0.6	1	0.5	1
10	1	10	1



増幅係数及びフーリエスペクトル比の積分値に基づき、以下の比率を算出（周期0.1～0.6秒）。

- ・増幅係数 / (5G1/3G1フーリエスペクトル比) = 1.58
- ・増幅係数 / (5RB/3G1フーリエスペクトル比) = 1.39

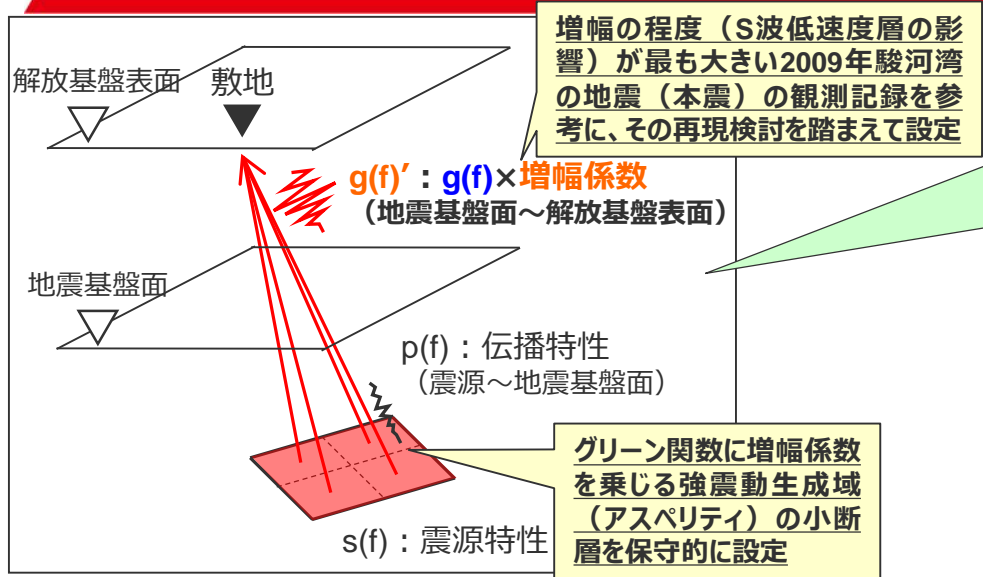


増幅係数及びフーリエスペクトル比の積分値に基づき、以下の比率を算出（周期0.1～0.5秒）。

- ・増幅係数 / (5G1/3G1フーリエスペクトル比) = 1.28
- ・増幅係数 / (5RB/3G1フーリエスペクトル比) = 1.20

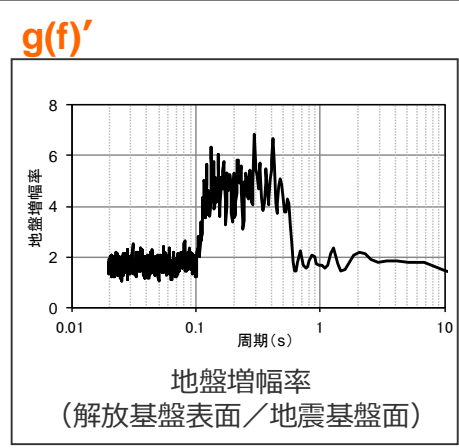
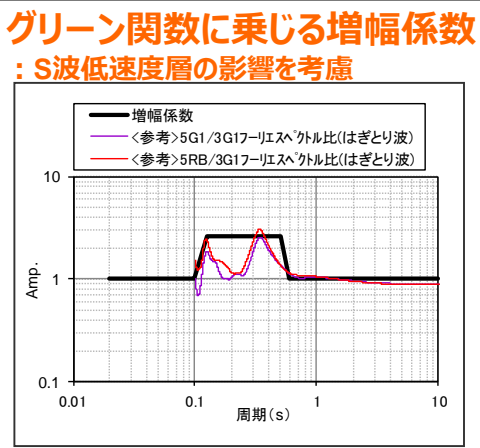
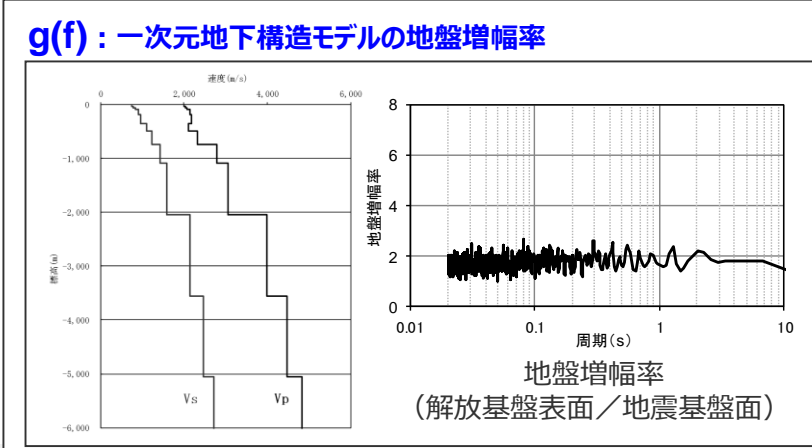
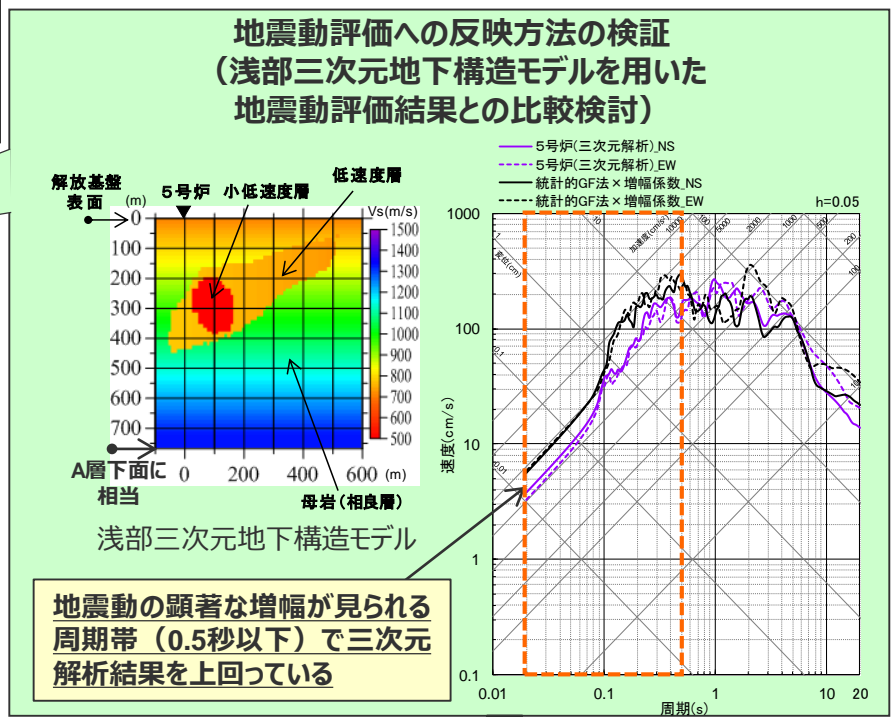
<グリーン関数に乗じる増幅係数>

# 断層モデルを用いた手法による地震動評価への地震動の顕著な増幅の反映方法 (増幅係数を乗じることによる地盤増幅特性の補正)



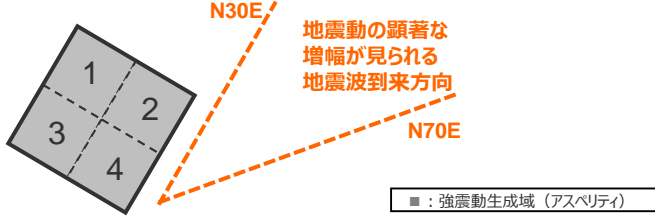

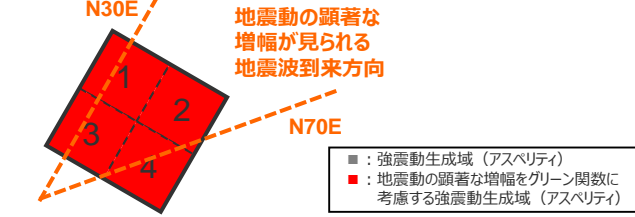
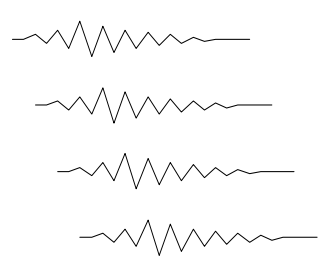
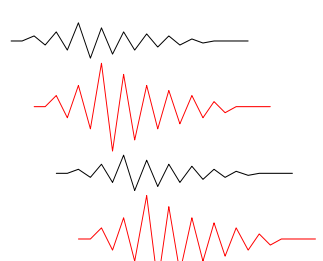
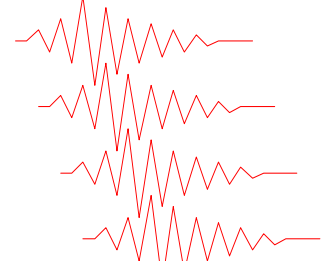

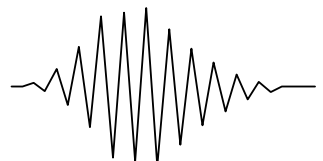
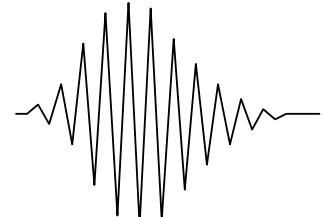
敷地におけるグリーン関数  
 $= s(f) \times p(f) \times g(f)' \quad (g(f) \times \text{増幅係数})$

$g(f)'$  : S波低速度層の影響を考慮した地盤増幅特性



# 断層モデルを用いた手法による地震動評価への地震動の顕著な増幅の反映方法 (合成波形における地盤増幅特性)

- 強震動生成域（アスペリティ）の小断層から敷地に到来する地震波（グリーン関数）に考慮する地盤増幅特性 $g(f)$ と増幅係数とを共通とし、地震動の顕著な増幅が見られる地震波到来方向（N30E～N70E）に短周期の地震動に支配的な強震動生成域（アスペリティ）の小断層が位置する割合が異なるケースA、B、Cを考えてみると、ケース毎に地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域（アスペリティ）の小断層の数が異なることにより、これらを足し合せて作成される合成波形（敷地における地震動）の地震動レベルが結果的に異なる。
- これは、合成波形（敷地における地震動）の地震動レベルが、強震動生成域（アスペリティ）の小断層が地震動の顕著な増幅が見られる地震波到来方向（N30E～N70E）に位置する割合がケースにより異なることによって、地盤増幅特性（ $G(f)$ ）が異なることに相当する。

<p>ケースA (すべての強震動生成域（アスペリティ）の小断層に地震動の顕著な増幅の考慮なし)</p>	<p>ケースB (強震動生成域（アスペリティ）の一部の小断層に地震動の顕著な増幅を考慮)</p>	<p>ケースC (すべての強震動生成域（アスペリティ）の小断層に地震動の顕著な増幅を考慮)</p>
 <p>地震動の顕著な増幅が見られる地震波到来方向</p> <p>■ : 強震動生成域（アスペリティ）</p>	 <p>地震動の顕著な増幅が見られる地震波到来方向</p> <p>■ : 強震動生成域（アスペリティ） ■ : 地震動の顕著な増幅をグリーン関数に考慮する強震動生成域（アスペリティ）</p>	 <p>地震動の顕著な増幅が見られる地震波到来方向</p> <p>■ : 強震動生成域（アスペリティ） ■ : 地震動の顕著な増幅をグリーン関数に考慮する強震動生成域（アスペリティ）</p>
<p>小断層1のグリーン関数 <math>=s(f) \times p(f) \times g(f)</math></p> <p>小断層2のグリーン関数 <math>=s(f) \times p(f) \times g(f)</math></p> <p>小断層3のグリーン関数 <math>=s(f) \times p(f) \times g(f)</math></p> <p>小断層4のグリーン関数 <math>=s(f) \times p(f) \times g(f)</math></p> 	<p>小断層1のグリーン関数 <math>=s(f) \times p(f) \times g(f)</math></p> <p>小断層2のグリーン関数 <math>=s(f) \times p(f) \times g(f)'</math></p> <p>小断層3のグリーン関数 <math>=s(f) \times p(f) \times g(f)</math></p> <p>小断層4のグリーン関数 <math>=s(f) \times p(f) \times g(f)'</math> <math>g(f)' = g(f) \times \text{増幅係数}</math></p> 	<p>小断層1のグリーン関数 <math>=s(f) \times p(f) \times g(f)'</math></p> <p>小断層2のグリーン関数 <math>=s(f) \times p(f) \times g(f)'</math></p> <p>小断層3のグリーン関数 <math>=s(f) \times p(f) \times g(f)'</math></p> <p>小断層4のグリーン関数 <math>=s(f) \times p(f) \times g(f)'</math> <math>g(f)' = g(f) \times \text{増幅係数}</math></p> 
<p>合成波形 <math>=S(f) \times P(f) \times G_A(f)</math></p>  <p>合成波形における地盤増幅特性<math>G(f)</math> : 小</p>	<p>合成波形 <math>=S(f) \times P(f) \times G_B(f)</math></p>  <p>合成波形における地盤増幅特性<math>G(f)</math> : 中</p>	<p>合成波形 <math>=S(f) \times P(f) \times G_C(f)</math></p>  <p>合成波形における地盤増幅特性<math>G(f)</math> : 大</p>

---

余白

# 断層モデルを用いた手法による地震動評価への地震動の顕著な増幅の反映方法

(検証 (2009年駿河湾の地震 (本震) の観測記録の再現検討 (概要) ) )

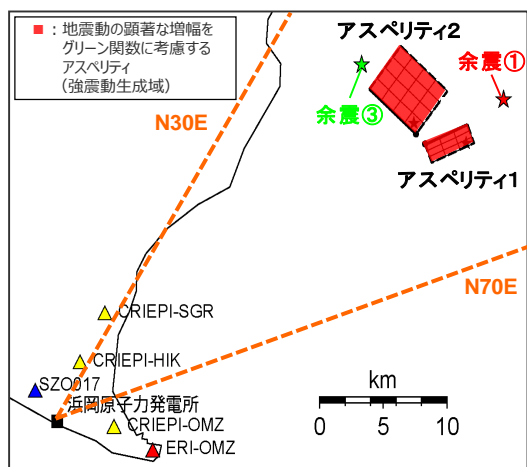
## 【断層モデルを用いた手法による地震動評価への地震動の顕著な増幅の反映方法の検証

(統計的グリーン関数法による2009年駿河湾の地震 (本震) の観測記録の再現検討) (第194回審査会合で説明)

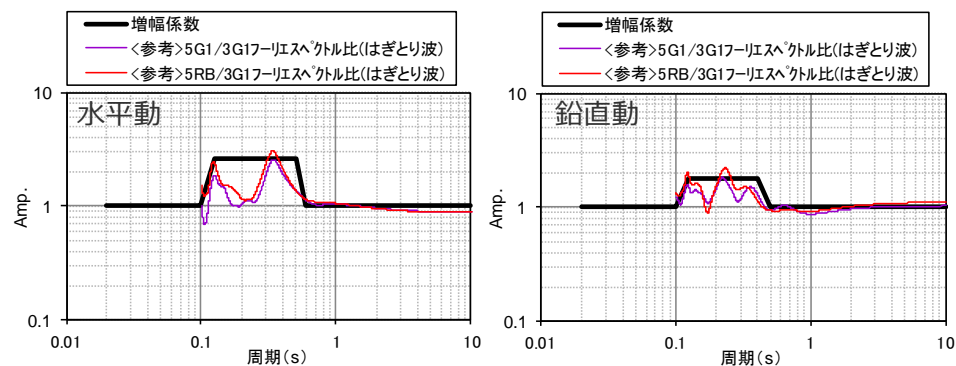
- 振幅レベルが大きく、信頼性の高い記録が得られている2009年駿河湾の地震 (本震) を対象として、強震動生成域のみの震源モデルを用いて、一次元地下構造モデルを用いた統計的グリーン関数法による地震動の顕著な増幅を考慮しない地震動評価を行い、波形合成結果での比較により、地震動の顕著な増幅が見られなかった観測点 (3G1、4G1) の観測記録との比較を行った。
- また、地震動評価への地震動の顕著な増幅の反映方法の検証として、本反映方法 (強震動生成域 (アスペリティ) の各小断層のグリーン関数に増幅係数を乗じる方法) を用いて統計的グリーン関数法による地震動評価を行い、波形合成結果での比較により、地震動の顕著な増幅が見られた観測点 (5G1、5RB) の観測記録との比較を行った。
- なお、各検討用地震 (地震動の顕著な増幅を考慮) の地震動評価に当たっては、地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域 (アスペリティ) の小断層の範囲・増幅の程度を**地震観測記録の分析結果に対し保守的に設定**して断層モデルを用いた手法による**保守的な地震動評価**を行う。

	面積	地震モーメント	応力降下量
アスペリティ 1 (南部)	13.0km <sup>2</sup>	6.80×10 <sup>17</sup> Nm	35.7MPa
アスペリティ 2 (北部)	23.0km <sup>2</sup>	1.20×10 <sup>18</sup> Nm	27.5MPa

周期(s)	水平動	周期(s)	鉛直動
0.02	1	0.02	1
0.1	1	0.1	1
0.125	2.6	0.125	1.8
0.5	2.6	0.4	1.8
0.6	1	0.5	1
10	1	10	1



<2009年駿河湾の地震 (本震) の震源モデル>



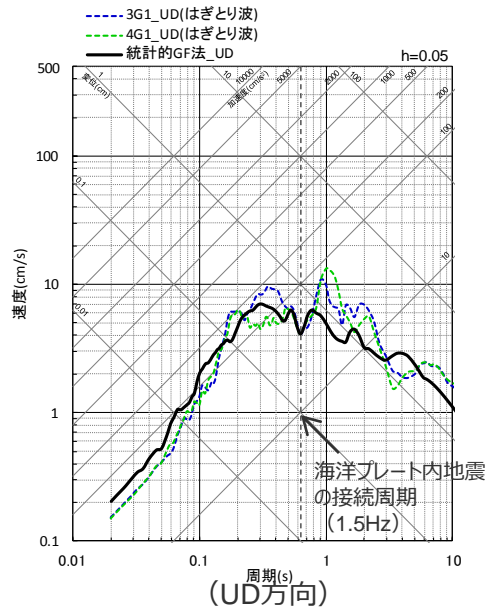
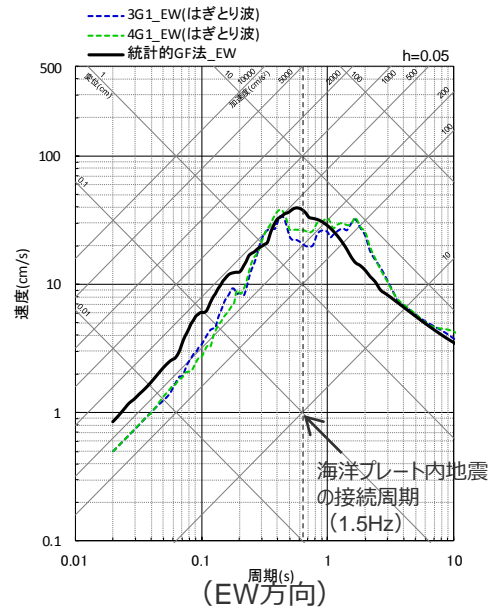
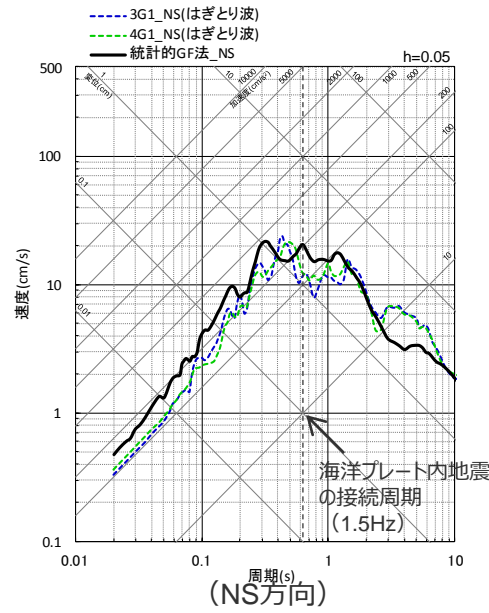
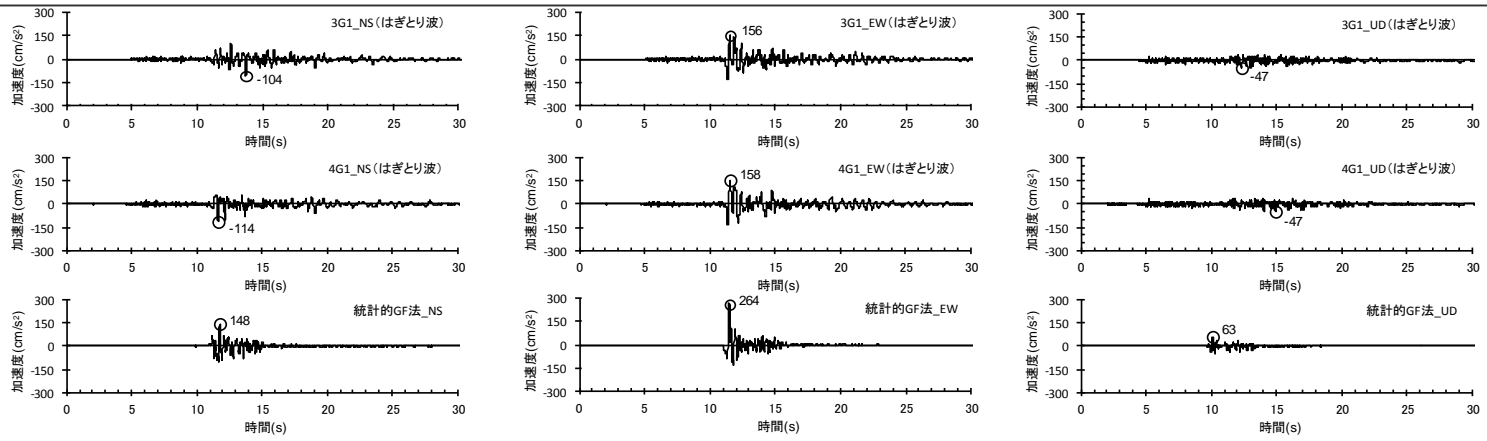
<グリーン関数に乗じる増幅係数>

No.1,2コメント回答<1.2.1 地震動の顕著な増幅の地震動評価への反映方法>

断層モデルを用いた手法による地震動評価への地震動の顕著な増幅の反映方法

(検証 (2009年駿河湾の地震 (本震) の再現検討結果と3号炉 (3G1) 、4号炉 (4G1) の観測記録 (はぎとり波) との比較) )

○統計的グリーン関数法による2009年駿河湾の地震 (本震) の地震動の顕著な増幅を考慮しない地震動評価結果は、その評価対象周期 (短周期) で3号炉 (3G1) 、4号炉 (4G1) の観測記録 (はぎとり波) を概ね再現している。



<2009年駿河湾の地震 (本震) の地震動の顕著な増幅を考慮しない地震動評価結果と3号炉 (3G1) 、4号炉 (4G1) の観測記録 (はぎとり波) との比較>

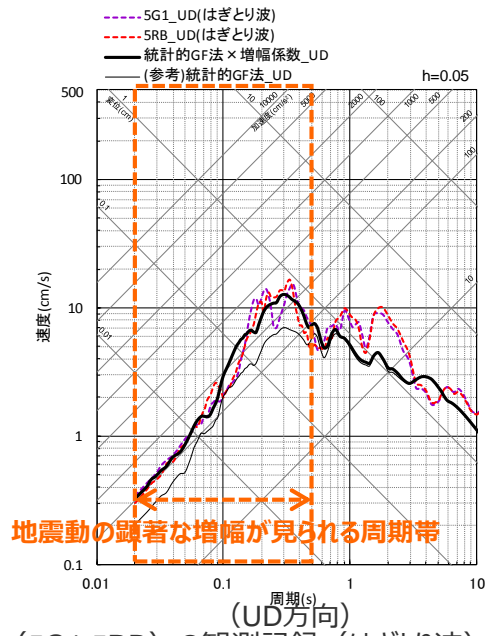
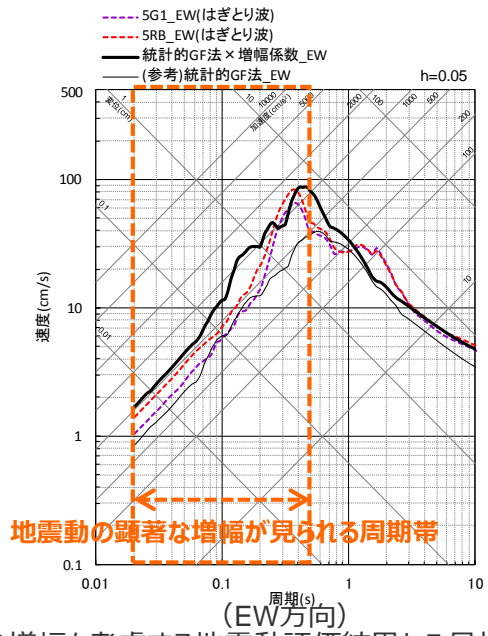
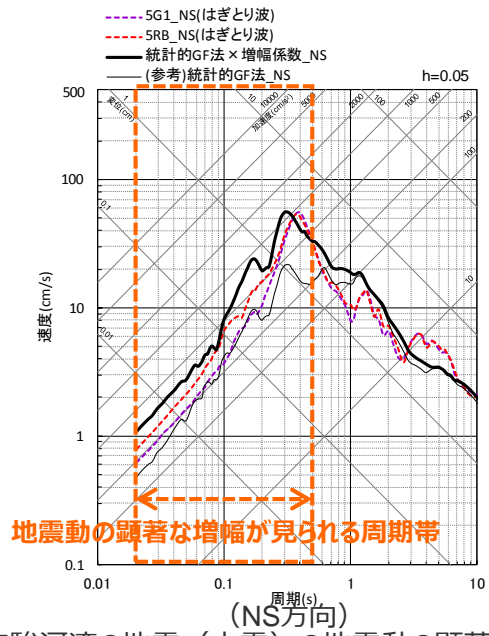
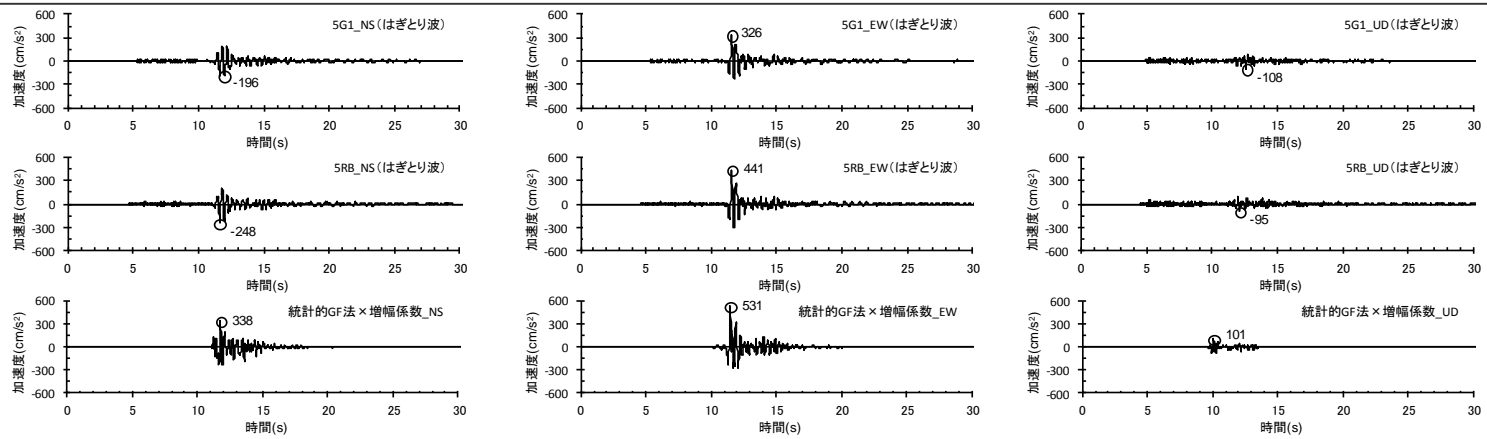


No.1,2コメント回答<1.2.1 地震動の顕著な増幅の地震動評価への反映方法>

断層モデルを用いた手法による地震動評価への地震動の顕著な増幅の反映方法

(検証 (2009年駿河湾の地震 (本震) の再現検討結果と5号炉 (5G1, 5RB) の観測記録 (はぎとり波) との比較) )

○本反映方法を用いた統計的グリーン関数法による2009年駿河湾の地震 (本震) の地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価結果は、地震動の顕著な増幅が見られる周期帯 (0.5秒以下) で5号炉 (5G1, 5RB) の観測記録 (はぎとり波) を概ね再現している。



<2009年駿河湾の地震 (本震) の地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価結果と5号炉 (5G1,5RB) の観測記録 (はぎとり波) との比較>

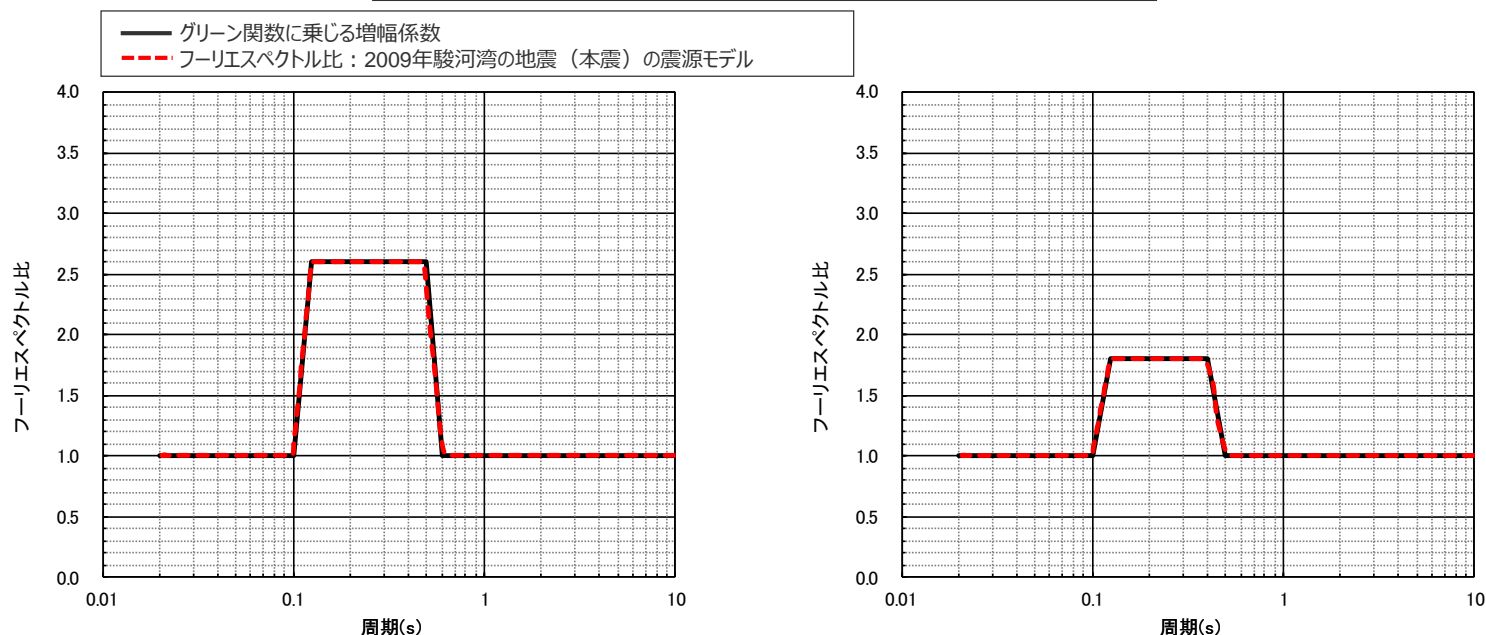
# 断層モデルを用いた手法による地震動評価への地震動の顕著な増幅の反映方法 (検証 (2009年駿河湾の地震 (本震) の再現検討におけるフーリエスペクトル比の分析))

○統計的グリーン関数法による2009年駿河湾の地震 (本震) の観測記録の再現検討における、増幅係数を乗じない地震動の顕著な増幅を考慮しない地震動評価結果と増幅係数を乗じる地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価結果を用いて、波形合成結果のフーリエスペクトル比 (地震動の顕著な増幅を考慮する場合 / 地震動の顕著な増幅を考慮しない場合) を分析した。

⇒2009年駿河湾の地震 (本震) の観測記録の再現検討における波形合成結果のフーリエスペクトル比 (地震動の顕著な増幅を考慮する場合 / 地震動の顕著な増幅を考慮しない場合) は、各小断層のグリーン関数に乗じた増幅係数と同じとなっている。

フーリエスペクトル比を算出

$$\frac{\text{地震動の顕著な増幅を考慮する場合のフーリエスペクトル}^{\ast}}{\text{地震動の顕著な増幅を考慮しない場合のフーリエスペクトル}^{\ast}}$$



(水平動<sup>※</sup>)

(鉛直動)

<「各小断層のグリーン関数に乗じる増幅係数」と「波形合成結果のフーリエスペクトル比」の比較>

(2009年駿河湾の地震 (本震) の震源モデル)

※ 水平動はNS方向とEW方向の平均。

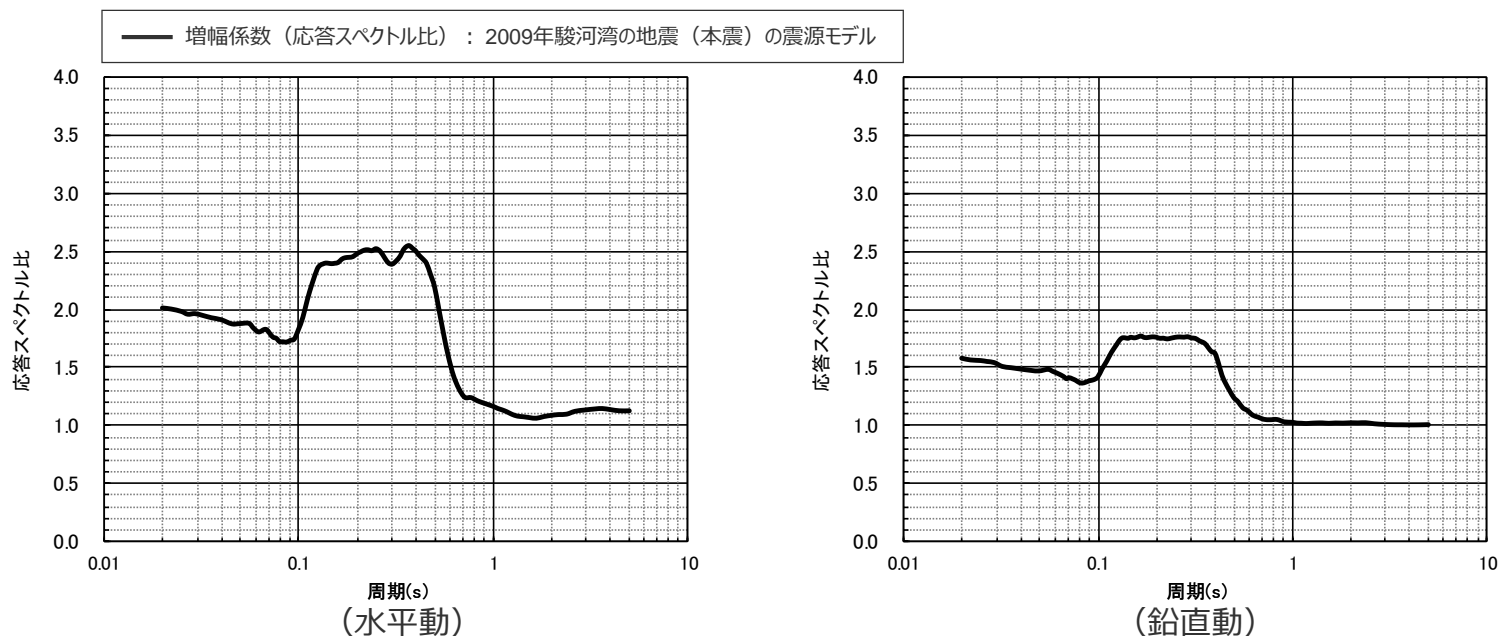
## 断層モデルを用いた手法による地震動評価への地震動の顕著な増幅の反映方法

(検証 (2009年駿河湾の地震 (本震) の再現検討における応答スペクトル比の分析) )

- 2009年駿河湾の地震 (本震) の観測記録の再現検討における波形合成結果のフーリエスペクトル比の分析と同様に、応答スペクトル比 (地震動の顕著な増幅を考慮する場合/地震動の顕著な増幅を考慮しない場合) を分析した結果は下図のとおり。
- なお、ある周期の応答スペクトルの値は、当該周期を固有周期に持つ1質点系の最大応答値であり、当該周期の地震動のエネルギー (≒フーリエスペクトル振幅) だけでなく、それ以外の周期成分の地震波のエネルギーの影響も受ける。そのため、地震動の顕著な増幅が見られた周期0.3秒付近の倍率を見ると、地震動の顕著な増幅をする周期成分の地震波だけでなく、地震動の顕著な増幅をしない周期成分の地震波の影響も受けていることにより、応答スペクトル比はフーリエスペクトル比と比べてやや小さい。

応答スペクトル比を算出

地震動の顕著な増幅を考慮する場合の応答スペクトル※  
地震動の顕著な増幅を考慮しない場合の応答スペクトル※



<応答スペクトル比 (地震動の顕著な増幅を考慮する場合/地震動の顕著な増幅を考慮しない場合) >  
(2009年駿河湾の地震 (本震) の震源モデル)

※ 水水平動はNS方向とEW方向の平均。

# 応答スペクトルに基づく地震動評価への地震動の顕著な増幅の反映方法 (方針)

## 【応答スペクトルに基づく手法の概要】

- 応答スペクトルに基づく手法は、地震規模や震源距離といった巨視的パラメータにより震源断層全体の地震動を評価する手法である。
- 応答スペクトルに基づく手法では、検討用地震と震源特性、伝播経路特性、地盤増幅特性が同様と見なせる地震の観測記録が得られている場合、その観測記録を用いて、検討用地震と同様の震源特性、伝播経路特性、地盤増幅特性を反映した地震動評価を行うことができる。
- その際、三次元的な地下構造の影響により地震動の顕著な増幅が見られるサイトでは、震源断層面の広がりや地震波到来方向の違いによって地盤増幅特性が異なることから、各検討用地震に応じた敷地固有の地盤増幅特性（地震動の顕著な増幅特性）を適切に反映するためには、各検討用地震と震源断層面の広がりや地震波到来方向が同様と見なせる観測記録を用いる必要がある。

## 【浜岡原子力発電所の観測記録】

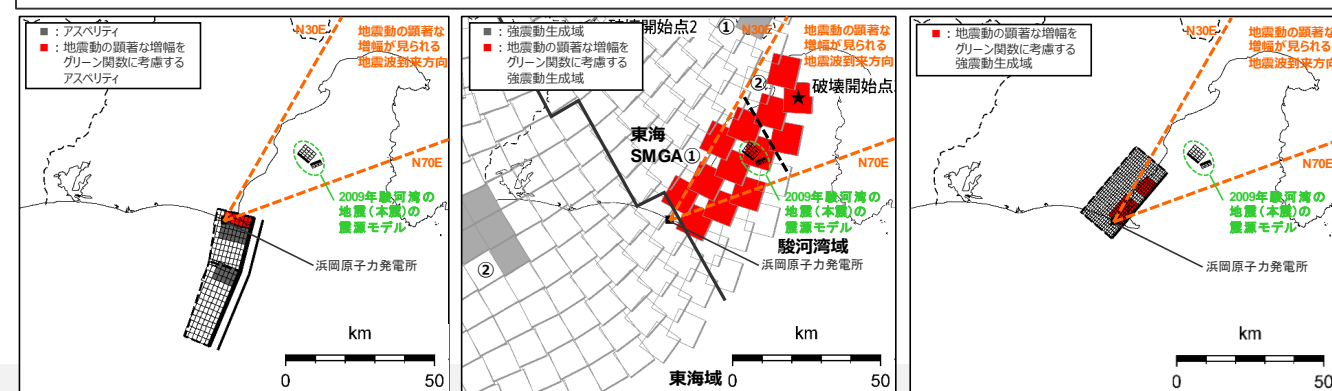
- 浜岡原子力発電所の検討用地震には、内陸地殻内地震、プレート間地震、海洋プレート内地震の3つの地震タイプがあり、敷地への影響が最も大きい地震タイプはプレート間地震である。敷地における観測地震に関し、3つの地震タイプの各検討用地震と震源断層面の広がりや地震波の到来方向が同様と見なせ、**各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）**に応じた敷地固有の地盤増幅特性が適切に反映された観測記録は得られていない。

## 【断層モデルを用いた手法による地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価結果】

- 断層モデルを用いた手法は、震源断層を小断層に分割し、小断層毎に敷地に到来する地震動を詳細に考慮できるため、各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の震源断層面の広がりや地震波到来方向の違いに応じて、地震観測記録に基づき確認された地震動の顕著な増幅の特性を的確に反映できること、当該反映方法の妥当性は2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現検討により検証されていることから、この地震動評価結果には、**各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）**に応じた敷地固有の地盤増幅特性が適切に反映されている。

## 【応答スペクトルに基づく地震動評価への地震動の顕著な増幅の反映方法】

- 地震タイプ共通の地震動の顕著な増幅の反映方法として、各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）に応じた敷地固有の地盤増幅特性が適切に反映された『断層モデルを用いた手法による地震動評価結果を用いて応答スペクトルに与える影響を求めて反映する方法』により応答スペクトルに基づく地震動評価を行うこととし、各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）に応じた敷地固有の地盤増幅特性が震源断層全体の地震動の応答スペクトルに与える影響を反映する。
- 検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価にあたっては、断層モデルを用いた手法による地震動評価に保守性を考慮することで、応答スペクトルに基づく地震動評価にも保守性を考慮する。



内陸地殻内地震（御前崎海脚西部の断層帯による地震）

プレート間地震（南海トラフ沿いの巨大地震）

海洋プレート内地震（敷地直下の想定スラブ内地震）

# 応答スペクトルに基づく地震動評価への地震動の顕著な増幅の反映方法

## (概要)

### 【応答スペクトルに基づく地震動評価への地震動の顕著な増幅の反映方法】

- 前述のとおり、地震タイプ共通の地震動の顕著な増幅の反映方法として、『各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）に応じた敷地固有の地盤増幅特性が適切に反映された断層モデルを用いた手法による地震動評価結果を用いて応答スペクトルに与える影響を求めて反映する方法』により応答スペクトルに基づく地震動評価を行うこととし、各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）に応じた敷地固有の地盤増幅特性が震源断層全体の地震動の応答スペクトルに与える影響を適切に反映する。
- 各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）に応じた敷地固有の地盤増幅特性が震源断層全体の地震動の応答スペクトルに与える影響として、断層モデルを用いた手法による地震動評価結果を用いて増幅係数（応答スペクトル比＝地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価結果／地震動の顕著な増幅を考慮しない地震動評価結果）を求めることで反映する。
- 増幅係数（応答スペクトル比）の算出にあたって、「本反映手法により地震動の顕著な増幅を反映した断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の応答スペクトル比（地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価結果／地震動の顕著な増幅を考慮しない地震動評価結果）」はNS方向とEW方向で同程度となること（後述参照）、応答スペクトルに基づく手法は震源断層全体の地震動を評価する手法であり、Noda et al.(2002)の方法等を含めて一般に距離減衰式を作成する際には水平動はNS方向の観測記録とEW方向の観測記録とを区別せずに回帰分析が行われていることから、断層モデルを用いた手法による地震動評価結果を用いて求める増幅係数（応答スペクトル比）は各破壊開始点の平均、水平動についてはNS方向とEW方向の平均を用いる。
- 検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の応答スペクトルに基づく地震動評価は本反映方法により行うこととし、断層モデルを用いた手法による地震動評価に保守性を考慮することで、応答スペクトルに基づく地震動評価にも保守性を考慮する。

### 【応答スペクトルに基づく地震動評価への地震動の顕著な増幅の反映方法の検証（2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現検討）】

- 断層モデルを用いた手法の検証と同様、2009年駿河湾の地震（本震）を対象に、断層モデルを用いた手法による地震動評価結果を用いて応答スペクトルに与える影響として増幅係数（応答スペクトル比）を求めて反映する方法により、応答スペクトルに基づく地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価を行い、地震動の顕著な増幅が見られた観測点（5G1、5RB）の観測記録の応答スペクトルを概ね再現していることを確認する。

### 【観測記録に基づくNoda et al.(2002)の補正係数を用いた地震動評価との比較（海洋プレート内地震の検討用地震）】

- 海洋プレート内地震の検討用地震（敷地下方の想定スラブ内地震）は、2009年駿河湾の地震（本震）とは地震タイプが同じではあるが、震源断層面の広がりや震源位置（敷地から40km程度遠方）が異なることから、2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録は、検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）に応じた敷地固有の地盤増幅特性が反映された観測記録ではないが、検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の断層モデルを用いた手法による地震動評価に当たり、保守的に敷地近傍を含めて全ての強震動生成域に地震動の顕著な増幅を考慮することを踏まえて、観測記録から算出したNoda et al.(2002)の方法の補正係数を用いた応答スペクトルに基づく地震動評価結果と本反映方法による地震動評価結果との比較確認を行う。

# 応答スペクトルに基づく地震動評価への地震動の顕著な増幅の反映方法

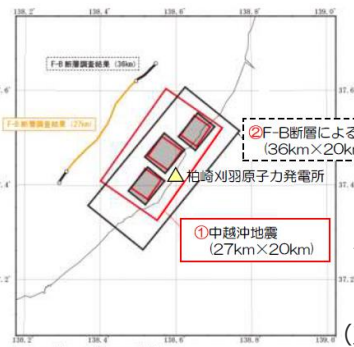
## (先行サイトと浜岡サイトとの比較)

### 【応答スペクトルに基づく地震動評価（三次元的な地下構造の影響により地震動の顕著な増幅が見られる場合）】

- 水平成層地盤と見なせるサイトでは、震源特性、伝播経路特性、地盤増幅特性が同様の地震と見なせる同じ地震タイプの敷地の観測記録を用いて検討用地震の地震動評価が行われている。一方、三次元的な地下構造の影響により地震動の顕著な増幅が見られるサイトでは、震源断層面の広がりや地震波到来方向の違いによって地盤増幅特性が異なることから、各検討用地震に応じた敷地固有の地盤増幅特性（地震動の顕著な増幅特性）を適切に反映するためには、各検討用地震と震源断層面の広がりや地震波到来方向が同様と見なせる観測記録を用いる必要がある。

### 【先行サイトの事例（検討用地震と同じ震源断層で発生した規模が近い地震の観測記録が得られている場合の事例）】

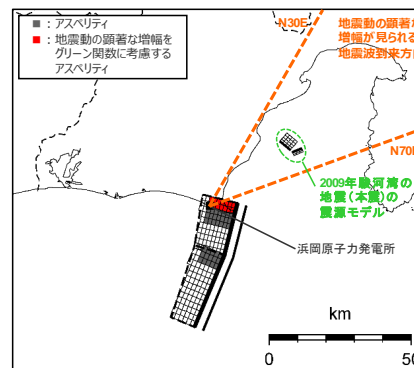
- 三次元的な地下構造（古い褶曲構造及び深部地盤における不整形性）の影響により地震動の顕著な増幅が見られる先行事例として、検討用地震と同じ震源断層で発生した規模が近い地震の観測記録を用いてNoda et al.(2002)の方法の補正係数を算定し、地震動の顕著な増幅を考慮した地震動評価が行われている。
- この場合、震源断層の広がりや地震波到来方向は観測地震と検討用地震で同様と見なせ、観測記録には検討用地震に応じた敷地固有の地盤増幅特性が適切に反映されている。
- また、震源特性に関し、地震タイプが同じだけでなく、同じ震源断層で発生した規模が近い地震であることから、観測記録には震源の破壊過程の影響も含めて検討用地震固有の震源特性が詳細に反映されている。



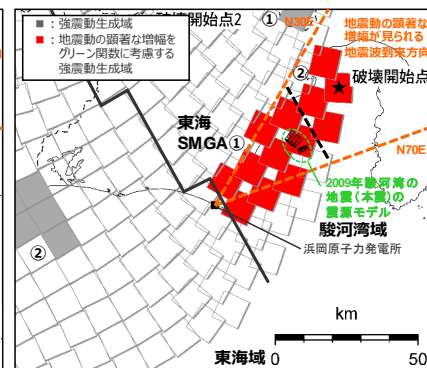
<先行サイトの検討用地震の評価事例（内陸地殻内地震）>  
(東京電力HD(2016)による)

### 【浜岡原子力発電所の場合（検討用地震と同じ震源断層で発生した地震の観測記録が得られていない）】

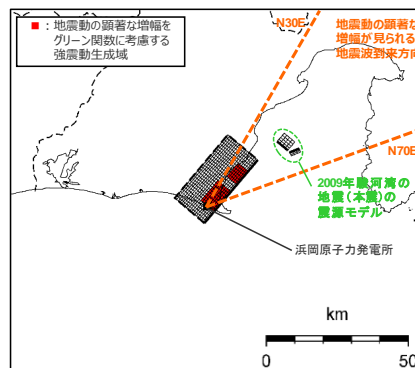
- 浜岡原子力発電所では、三次元的な地下構造（局所的に分布する浅部地盤のS波低速度層）の影響により、特定の到来方向（N30E～N70E）の地震波のみに、短周期の特定の周期帯（フーリエスペクトルの周期0.2～0.5秒）で地震動の顕著な増幅が見られ（先行サイトの地盤増幅特性と異なる）、敷地において、3つの地震タイプの各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）と震源断層面の広がりや地震波到来方向が同様と見なせ、各検討用地震に応じた敷地固有の地盤増幅特性が反映された観測記録は得られていない。
- そこで、地震タイプ共通の地震動の顕著な増幅の反映方法として、『検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の震源断層面の広がりや地震波到来方向の違いに応じて敷地固有の地盤増幅特性が適切に反映された断層モデルを用いた手法による地震動評価結果を用いて応答スペクトルに与える影響を求めて反映する方法』により応答スペクトルに基づく地震動評価を行う。
- ただし、海洋プレート内地震の検討用地震（敷地下方の想定スラブ内地震）は2009年駿河湾の地震（本震）とは地震タイプが同じではあるが、同じ震源断層で発生した地震ではなく、震源断層面の広がりや震源位置、震源の破壊過程の影響が異なることから、2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録は検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）に応じた敷地固有の地盤増幅特性が反映された観測記録ではないが、検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の断層モデルを用いた手法による地震動評価に当たり、保守的に敷地近傍を含めて全ての強震動生成域に地震動の顕著な増幅を考慮することを踏まえて、観測記録から算出したNoda et al.(2002)の方法の補正係数を用いた応答スペクトルに基づく地震動評価結果と本反映方法による地震動評価結果との比較確認を行う。



内陸地殻内地震（御前崎海溝西部の断層帯による地震）



プレート間地震（南海トラフ沿いの巨大地震）



海洋プレート内地震（敷地直下の想定スラブ内地震）

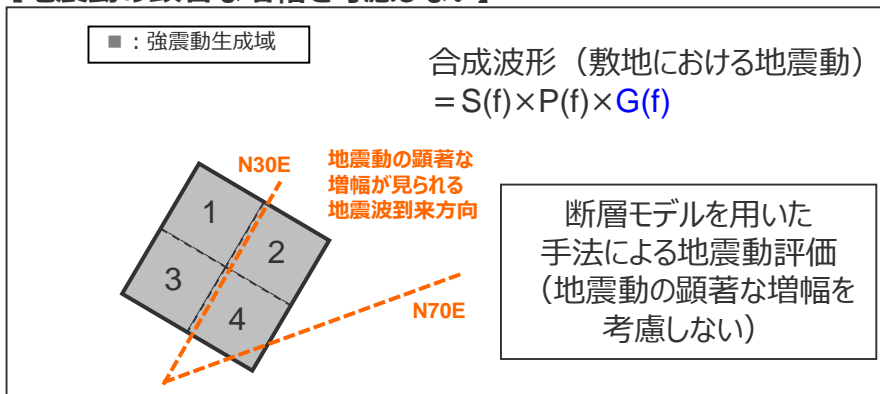
<浜岡サイトの検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の評価事例（内陸地殻内地震、プレート間地震、海洋プレート内地震）>

# 応答スペクトルに基づく地震動評価への地震動の顕著な増幅の反映方法

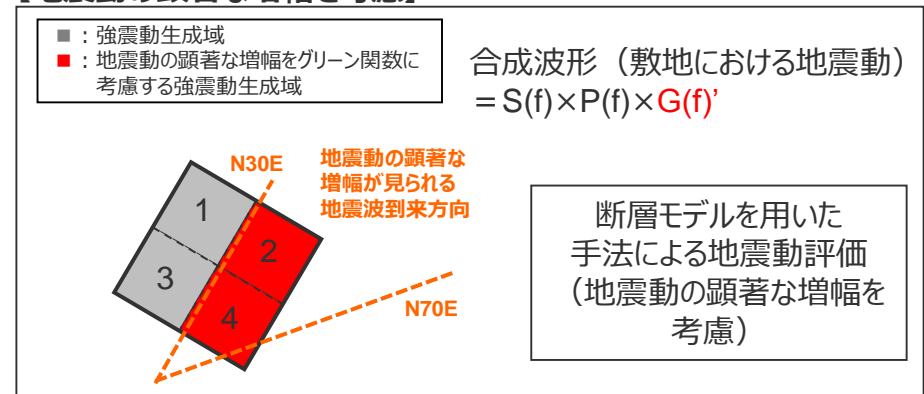
## (概要)

- 応答スペクトルに基づく地震動評価は、3つの地震タイプ（内陸地殻内地震、プレート間地震、海洋プレート内地震）の各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）と震源断層面の広がりや地震波の到来方向が同様と見なせ、各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）に応じた敷地固有の地盤増幅特性が反映された観測記録が得られていないことを踏まえ、地震タイプ共通の地震動の顕著な増幅の反映方法として、『各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）に応じた敷地固有の地盤増幅特性が適切に反映された断層モデルを用いた手法による地震動評価結果を用いて応答スペクトルに与える影響（地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価結果／地震動の顕著な増幅を考慮しない地震動評価結果）を求めて反映する方法』により応答スペクトルに基づく地震動評価を行うこととし、各検討地震（地震動の顕著な増幅を考慮）に応じた敷地固有の地盤増幅特性が震源断層全体の地震動の応答スペクトルに与える影響を反映する。
- 具体的には、検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の震源モデル毎に、上記の影響を求めるため、地震動の顕著な増幅を考慮する場合と考慮しない場合について、断層モデルを用いた手法による地震動評価を行い、これらの結果による増幅係数（応答スペクトル比：「地震動の顕著な増幅を考慮する場合の平均応答スペクトル（各破壊開始点の平均）」／「地震動の顕著な増幅を考慮しない場合の平均応答スペクトル（各破壊開始点の平均）」※）を水平動・鉛直動それぞれで算出し、応答スペクトルに基づく地震動評価結果（地震動の顕著な増幅を考慮しない）に乗じる。

### 【地震動の顕著な増幅を考慮しない】



### 【地震動の顕著な増幅を考慮】



増幅係数（応答スペクトル比）を算出

$$\frac{\text{地震動の顕著な増幅を考慮する場合の平均応答スペクトル（各破壊開始点の平均）} \times}{\text{地震動の顕著な増幅を考慮しない場合の平均応答スペクトル（各破壊開始点の平均）} \times}$$

応答スペクトルに基づく地震動評価（地震動の顕著な増幅を考慮）

$$= \text{応答スペクトルに基づく地震動評価結果（地震動の顕著な増幅を考慮しない）} \times \text{増幅係数（応答スペクトル比）}$$

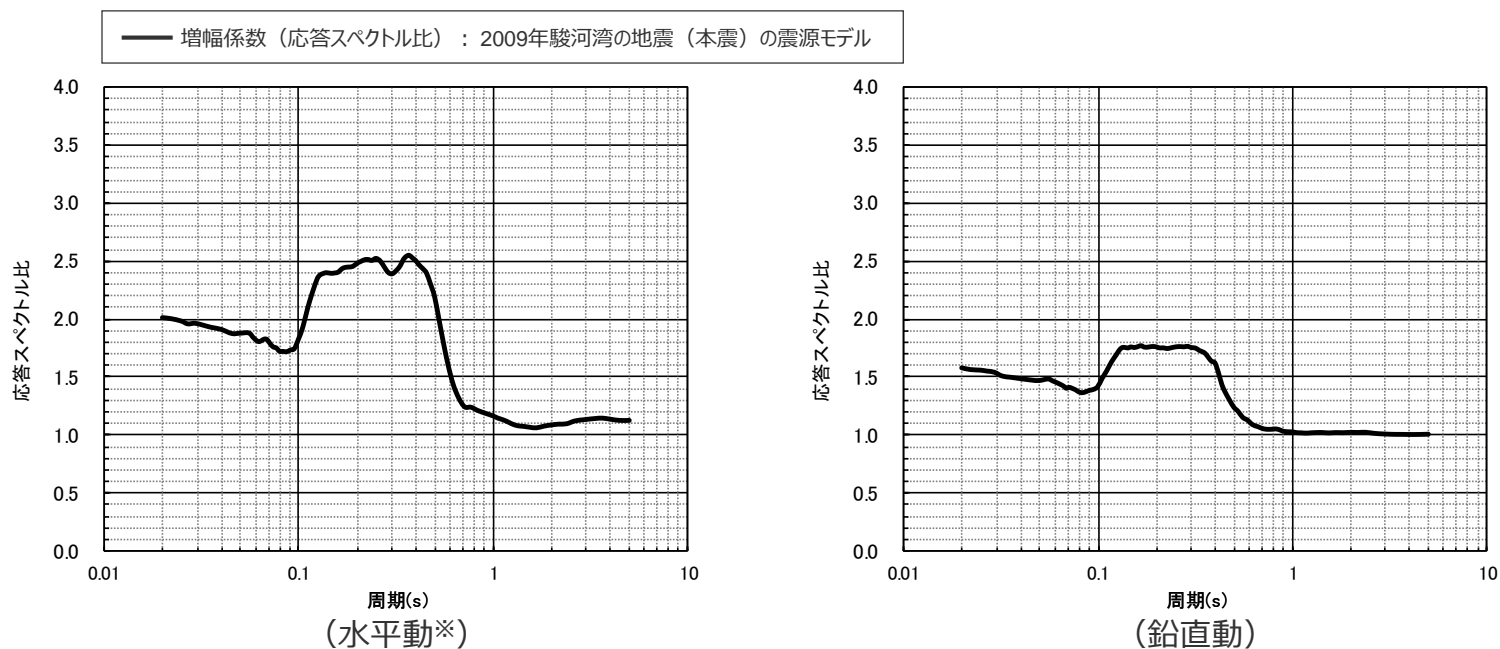
※ 増幅係数（応答スペクトル比）の算出にあたって、「本反映手法により地震動の顕著な増幅を反映した断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の応答スペクトル比（地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価結果／地震動の顕著な増幅を考慮しない地震動評価結果）」はNS方向とEW方向で同程度となること（後述参照）、応答スペクトルに基づく手法は震源断層全体の地震動を評価する手法であり、Noda et al.(2002)の方法等を含めて一般に距離減衰式を作成する際には水平動はNS方向とEW方向の観測記録とを区別せずに回帰分析が行われていることから、断層モデルを用いた手法による地震動評価結果を用いて求める増幅係数（応答スペクトル比）は各破壊開始点の平均、水平動についてはNS方向とEW方向の平均を用いる。

# 応答スペクトルに基づく地震動評価への地震動の顕著な増幅の反映方法

(検証 (2009年駿河湾の地震 (本震) の観測記録との比較 (概要) ) )

## 【応答スペクトルに基づく地震動評価への地震動の顕著な増幅の反映方法の検証 (2009年駿河湾の地震 (本震) の観測記録の再現検討)】

- 断層モデルを用いた手法の検証と同様、2009年駿河湾の地震 (本震) を対象に、断層モデルを用いた手法による地震動評価結果を用いて応答スペクトルに与える影響として増幅係数 (応答スペクトル比) を求めて反映する方法により、応答スペクトルに基づく地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価を行い、地震動の顕著な増幅が見られた観測点 (5G1、5RB) の観測記録との比較を行った。
- 増幅係数 (応答スペクトル比) は、統計的グリーン関数法による2009年駿河湾の地震 (本震) の観測記録の再現検討における、一次元地下構造モデルを用いた「地震動の顕著な増幅を考慮しない地震動評価結果」と、強震動生成域の各小断層のグリーン関数に増幅係数を乗じる方法による「地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価結果」を用いて算出した。
- 増幅係数 (応答スペクトル比) を乗じる応答スペクトルに基づく地震動の顕著な増幅を考慮しない地震動評価結果は、2009年駿河湾の地震 (本震) の地震動の顕著な増幅が見られなかった観測点 (3G1、4G1) の観測記録に基づく補正係数を用いてNoda et al.(2002)の方法により求めた。



<増幅係数 (応答スペクトル比) (地震動の顕著な増幅を考慮する場合 / 地震動の顕著な増幅を考慮しない場合) >  
(2009年駿河湾の地震 (本震) の震源モデル)

※ 水平動はNS方向とEW方向の平均。

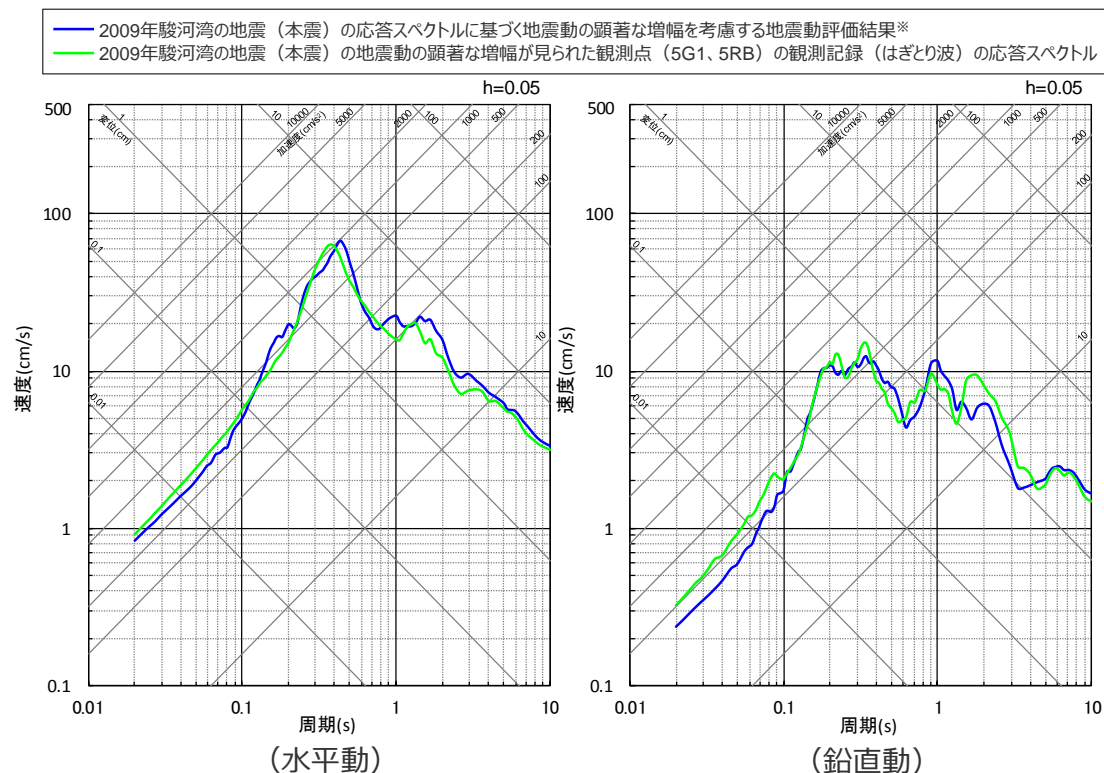


# 応答スペクトルに基づく地震動評価への地震動の顕著な増幅の反映方法

(検証 (応答スペクトルに基づく地震動の顕著な増幅を考慮した地震動評価結果と観測記録との比較))

## 【応答スペクトルに基づく地震動評価への地震動の顕著な増幅の反映方法の検証 (2009年駿河湾の地震 (本震) の観測記録の再現検討)】

- 本反映方法を用いた2009年駿河湾の地震 (本震) の応答スペクトルに基づく地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価結果は、地震動の顕著な増幅が見られた観測点 (5G1、5RB) の観測記録 (はざとり波) の応答スペクトルを概ね再現している。
- なお、各検討用地震 (地震動の顕著な増幅を考慮) の地震動評価に当たっては、地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域 (アスペリティ) の小断層の範囲・増幅の程度を**地震観測記録の分析結果に対し保守的に設定**して断層モデルを用いた手法による**保守的な地震動評価**を行い、その保守的な断層モデルを用いた手法による地震動評価結果を反映することにより、応答スペクトルに基づく手法についても保守的な地震動評価を行う。



※ 2009年駿河湾の地震 (本震) の地震動の顕著な増幅が見られなかった観測点 (3G1、4G1) の観測記録 (はざとり波) の応答スペクトルに、断層モデルを用いた手法による地震動評価結果に基づく増幅係数 (応答スペクトル比) を乗じて算出。

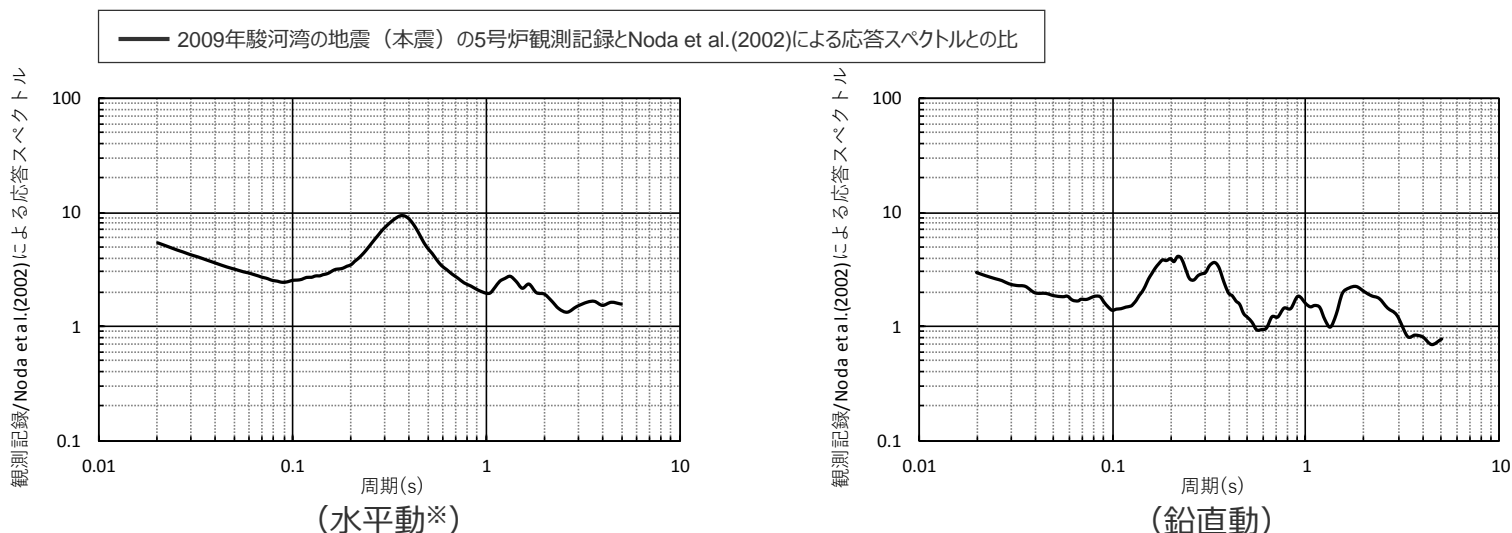
<2009年駿河湾の地震 (本震) の応答スペクトルに基づく地震動の顕著な増幅を考慮した地震動評価結果と地震動の顕著な増幅が見られた観測点 (5G1、5RB) の観測記録 (はざとり波) の応答スペクトルとの比較>

# 応答スペクトルに基づく地震動評価への地震動の顕著な増幅の反映方法

(確認 (本反映方法の地震動評価と観測記録に基づくNoda et al.(2002)の補正係数を用いた地震動評価との比較) )

## 【本反映方法の地震動評価と観測記録に基づくNoda et al.(2002)の補正係数を用いた地震動評価との比較】

- 検討用地震 (地震動の顕著な増幅を考慮) における3つの地震タイプのうち、海洋プレート内地震については、地震動の顕著な増幅が見られた地震として、2009年駿河湾の地震 (本震) (M6.5) の観測記録が敷地で得られており、Noda et al.(2002)の方法の適用範囲内である。
- 一方、海洋プレート内地震の検討用地震 (敷地下方の想定スラブ内地震 (M7.0、M7.4) ) は保守的に敷地下方に想定しており、敷地から40km程度離れた位置で発生した2009年駿河湾の地震 (本震) とは震源断層面の広がりや震源位置が異なることから、地震波の到来方向や入射角によって地震動の顕著な増幅特性が異なる等の敷地固有の地盤増幅特性を踏まえると、2009年駿河湾の地震 (本震) の観測記録は、海洋プレート内地震の検討用地震 (地震動の顕著な増幅を考慮) に応じた敷地固有の地盤増幅特性が反映された観測記録ではない。
- ただし、海洋プレート内地震の検討用地震 (地震動の顕著な増幅を考慮) における断層モデルを用いた手法による地震動評価では、保守的に敷地近傍を含めて全ての強震動生成域に地震動の顕著な増幅を考慮していることを踏まえて、検討用地震 (地震動の顕著な増幅を考慮) の震源モデルのうち、2009年駿河湾の地震 (本震) と地震規模が異なるMj7.0とMj7.4の震源モデルを代表として、観測記録から算出したNoda et al.(2002)の方法の補正係数を用いた応答スペクトルに基づく地震動評価結果と本反映方法による地震動評価結果との比較を行い、2009年駿河湾の地震 (本震) の観測記録の再現検討と同様、両者の地震動レベルが概ね同程度となることを確認する。



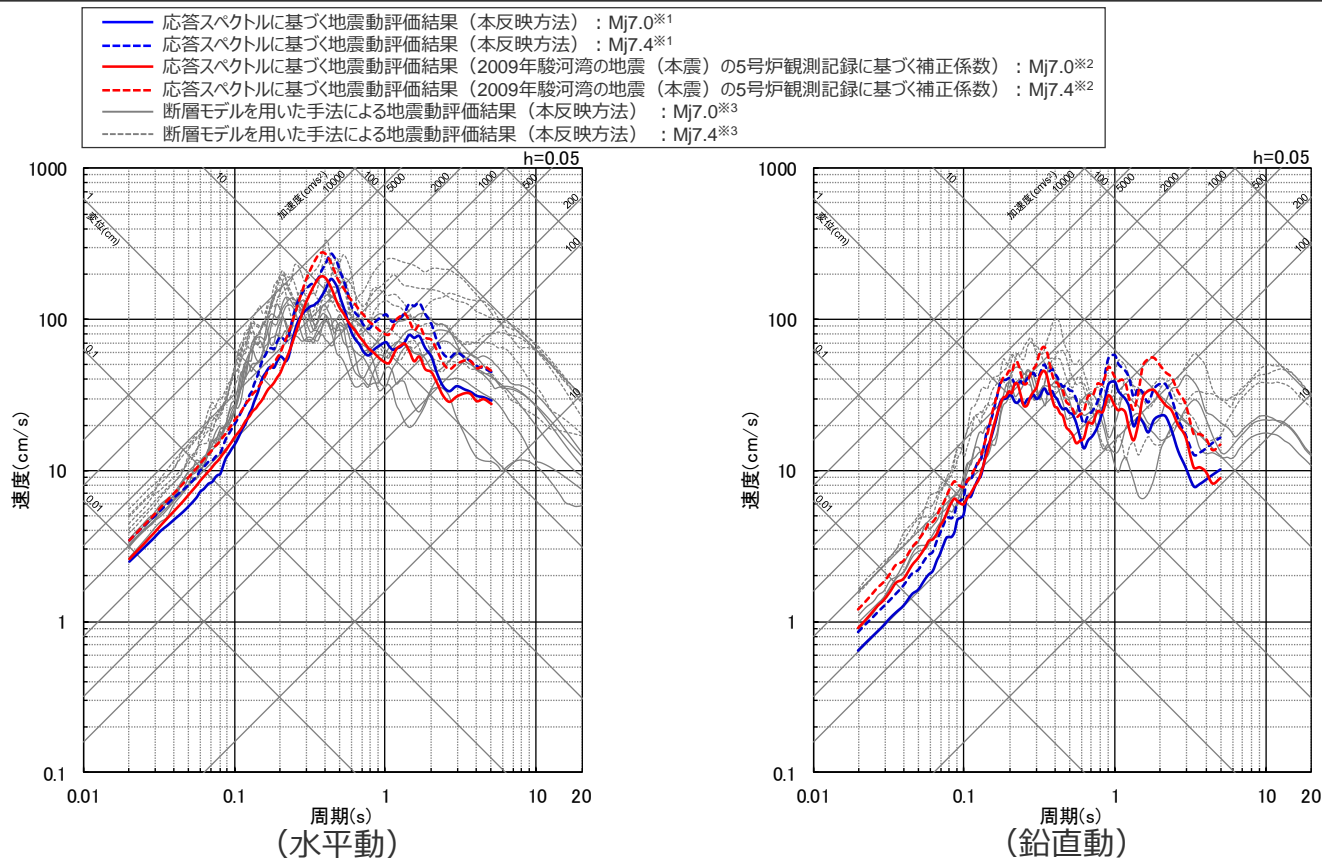
<補正係数 : 2009年駿河湾の地震 (本震) の5号炉観測記録 / Noda et al.(2002)による応答スペクトル>

※ 水平動はNS方向とEW方向の平均。

# 応答スペクトルに基づく地震動評価への地震動の顕著な増幅の反映方法

(確認 (本反映方法の地震動評価と観測記録に基づくNoda et al.(2002)の補正係数を用いた地震動評価との比較) )

- 海洋プレート内地震の検討用地震 (敷地直下の想定スラブ内地震) のMj7.0とMj7.4の震源モデルにおける地震動評価結果の比較結果は下図のとおり。
- 本反映方法により地震動の顕著な増幅を考慮した応答スペクトルに基づく地震動評価結果は、2009年駿河湾の地震 (本震) の5号炉観測記録に基づき算出した補正係数を用いた地震動評価結果と地震動レベルが概ね同程度である。この比較からも、本反映方法により、地震観測記録の分析結果で確認した地震動の顕著な増幅の特性が反映された評価を行うことができることを確認した。
- また、地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価において重視する断層モデルを用いた手法による地震動評価結果は、2009年駿河湾の地震 (本震) の5号炉観測記録に基づき算出した補正係数を用いた地震動評価結果と地震動レベルが概ね同程度であり、短周期側では大きめの結果となっている。



- ※1 地震動の顕著な増幅を、断層モデルを用いた手法による地震動評価結果を用いて増幅係数 (応答スペクトル比) を求めて反映する方法
- ※2 2009年駿河湾の地震 (本震) の5号炉観測記録に基づき算出した補正係数を用いたNoda et al.(2002)の方法
- ※3 地震動の顕著な増幅を、「増幅方向」に位置する強震動生成域 (アスペリティ) の各小断層からの地震動 (グリーン関数) に増幅係数 (フーリエスペクトル比) を乗じることで反映する統計的グリーン関数法

<応答スペクトルの比較 (海洋プレート内地震の検討用地震 (地震動の顕著な増幅を考慮) の震源モデル) >  
(Mj7.0の震源モデル (基本震源モデル) 及びMj7.4の震源モデル (地震規模の不確かさを考慮した震源モデル) )

## 地震動の顕著な増幅の地震動評価への反映方法（まとめ）

### 【地震観測記録の分析結果で確認された地震動の顕著な増幅の特性（敷地固有の地盤増幅特性）】再掲

- 5号炉周辺観測点で見られた地震動の顕著な増幅は、時刻歴波形ではS波主要動部のみに見られ、フーリエスペクトルでは周期0.2～0.5秒付近の狭帯域のみに、応答スペクトルでは周期0.5秒以下の短周期側のみに見られ、これ以外の周期帯には見られない。
- 5号炉周辺観測点において、地震動の顕著な増幅は、2009年駿河湾の地震の到来方向（N30E～N70E）の地震波のみに見られ、その他の地震波到来方向では見られない。
- 地震動の顕著な増幅が見られた到来方向（N30E～N70E）の地震波でも、増幅の程度は一樣ではなく、地震波の入射角が鉛直に近づく敷地近傍の地震ほど顕著な増幅は見られない傾向がある。このうち、2009年駿河湾の地震（本震）は増幅の程度が最も大きく信頼性が高い記録が得られた地震である。

### 【地震動の顕著な増幅の地震動評価への反映方法（方針）】再掲

- 地震観測記録の分析結果で確認された地震動の顕著な増幅の特性を的確に反映するため、この敷地固有の地盤増幅特性を詳細に考慮できる断層モデルを用いた手法を重視し、2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現検討により検証した方法（「増幅方向」に位置する強震動生成域（アスペリティ）の各小断層からの地震動（グリーン関数）に増幅係数を乗じる方法）を用いて、地震動の顕著な増幅を反映する。応答スペクトルに基づく手法は、断層モデルを用いた手法による地震動評価結果を用いて応答スペクトルに与える影響を求めて反映する。

### 【地震の顕著な増幅の地震動評価への反映方法の検証（2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現検討）】

- 断層モデルを用いた手法について、地震動の顕著な増幅の地震動評価への反映方法の検証として、振幅レベルが大きく、信頼性の高い記録が得られている2009年駿河湾の地震（本震）を対象として、強震動生成域のみの震源モデルに基づき、強震動生成域（アスペリティ）の各小断層のグリーン関数に増幅係数を乗じる方法を用いて統計的グリーン関数法による地震動評価を行い、その波形合成結果との比較により、敷地における地震動の顕著な増幅が見られた観測点（5G1、5RB）の観測記録が概ね再現されることを確認した。
- また、応答スペクトルを用いた手法についても、断層モデルを用いた手法と同様に、2009年駿河湾の地震（本震）を対象として、断層モデルを用いた手法による地震動評価結果を用いて応答スペクトルに与える影響として増幅係数（応答スペクトル比）を求めて反映する方法により、応答スペクトルに基づく地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価を行い、敷地における地震動の顕著な増幅が見られた観測点（5G1、5RB）の観測記録が概ね再現されることを確認した。

### 【各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価（方針）】

- 各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価は、断層モデルを用いた手法において、地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域（アスペリティ）の小断層の範囲・増幅の程度を地震観測記録の分析結果に対し保守的に設定することにより、保守的な地震動評価を行う。応答スペクトルに基づく手法は、断層モデルを用いた手法による保守的な地震動評価結果を反映することにより、保守的な地震動評価を行う。

---

余白

## 1.2.2 各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の震源モデルの設定 及び地震動評価結果

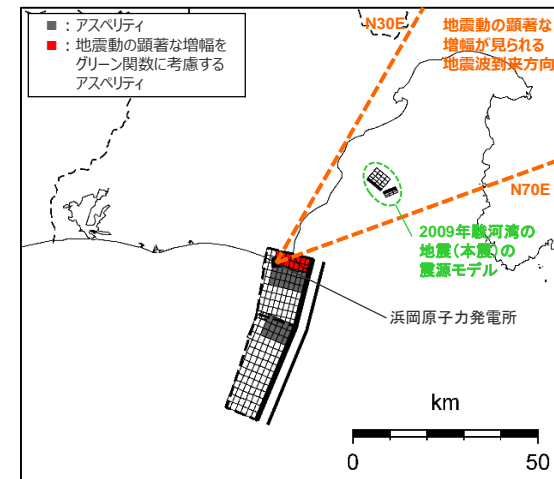
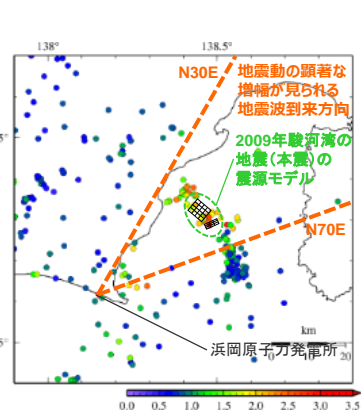
---

# 各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価（方針）

## 【各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価（方針）】

○各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価は、断層モデルを用いた手法において、地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域（アスペリティ）の小断層の範囲・増幅の程度を地震観測記録の分析結果に対し保守的に設定することにより、保守的な地震動評価を行う。応答スペクトルに基づく手法は、断層モデルを用いた手法による保守的な地震動評価結果を反映することにより、保守的な地震動評価を行う。

項目	地震観測記録の分析結果等	2009年駿河湾の地震（本震）の再現検討	基準地震動の策定に係る保守的な評価
地震動の顕著な増幅の範囲（震源位置）	<ul style="list-style-type: none"> <li>特定の到来方向（N30E～N70E、「増幅方向」）の地震波のみ顕著な増幅が見られる。</li> <li>「増幅方向」でも地震波の入射角が鉛直に近づく敷地近傍は顕著な増幅が見られない。</li> </ul>	<p>—</p> <p>（震源断層面が「増幅方向」の範囲内に位置するため強震動生成域の小断層のグリーン関数の全てに増幅係数を考慮）</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>強震動生成域（アスペリティ）を「増幅方向」の敷地近傍に配置したうえで、地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域（アスペリティ）の小断層の範囲を、地震観測記録の分析結果における「増幅方向」より広くし、敷地近傍も含めて設定（保守的な評価）</li> </ul>
地震動の顕著な増幅の程度（特性）	<ul style="list-style-type: none"> <li>特定の短周期の周期帯（フーリエスペクトルの周期0.2～0.5秒）で地震動の顕著な増幅が見られる。</li> <li>「増幅方向」でも増幅の程度は一樣でなく、2009年駿河湾の地震（本震）は最も大きい。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>強震動生成域の小断層のグリーン関数に周期0.2～0.5秒のみ増幅させる増幅係数を乗じる方法を採用</li> <li>増幅係数における増幅の程度は、その程度が最も大きい2009年駿河湾の地震（本震）を対象に、増幅を考慮するグリーン関数の波形合成結果の5号炉記録の再現性を確認して設定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>左記と同じ強震動生成域（アスペリティ）の小断層のグリーン関数に増幅係数を乗じる方法（背景領域に増幅係数は考慮せず）を採用</li> <li>増幅係数は、左記と同じ増幅の程度が最も大きい2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現性を確認したものを地震動の顕著な増幅を考慮する小断層の全てに一律適用（保守的な評価）</li> </ul>



inland crustal earthquake (御前崎海脚西部の断層帯による地震)

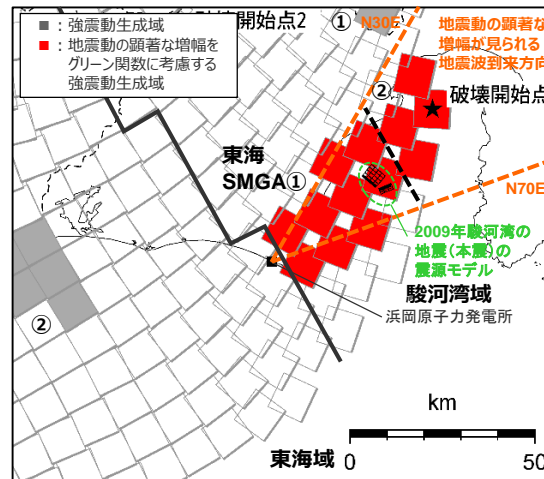
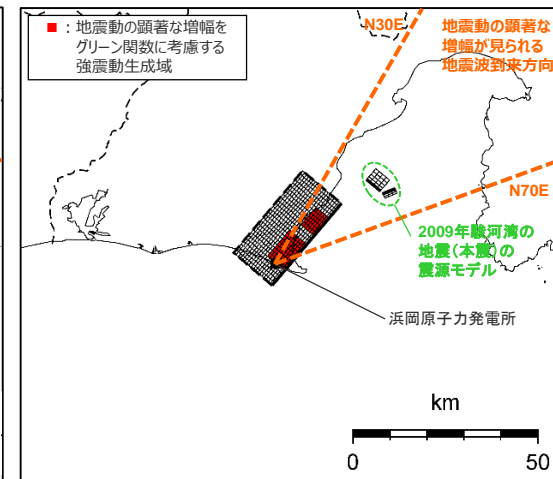


plate interface earthquake (南海トラフ沿いの巨大地震)



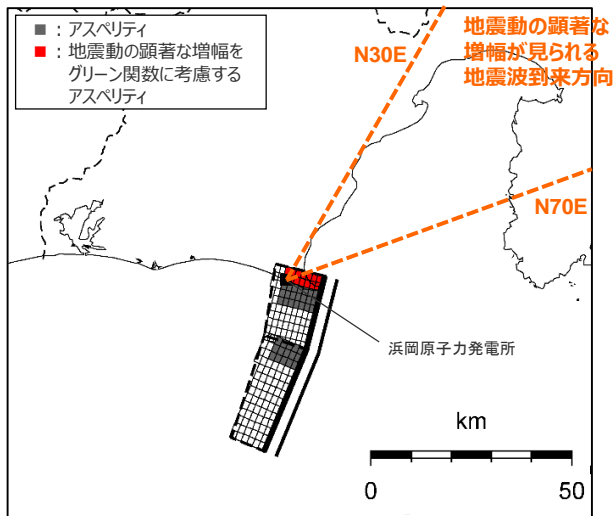
oceanic plate intraslab earthquake (敷地直下の想定スラブ内地震)

# 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価の方針

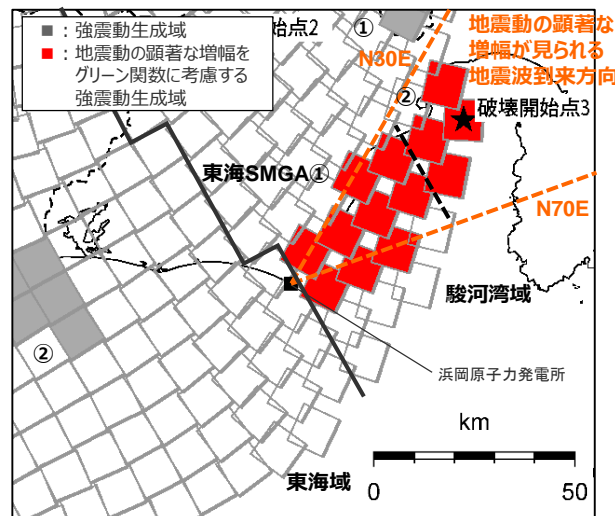
（地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域（アスペリティ）の小断層の範囲の設定）

## 【地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域（アスペリティ）の小断層の範囲の設定】

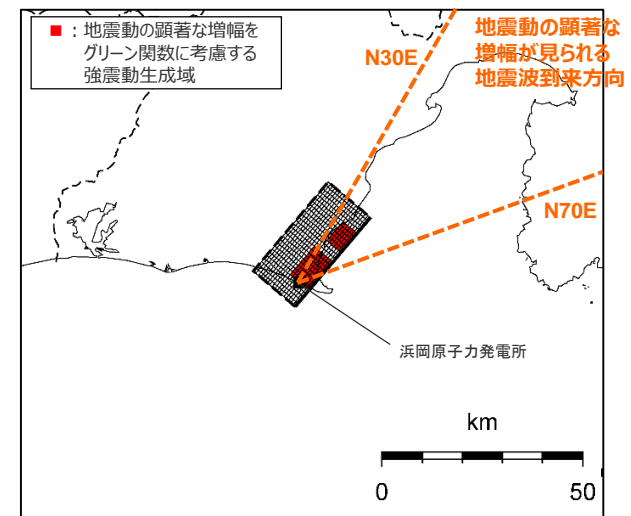
- 地震動の顕著な増幅は、地震動の顕著な増幅が見られる地震波到来方向（N30E～N70E）にある強震動生成域（アスペリティ）の小断層のグリーン関数に考慮する。
- その際、敷地における地震動の増幅特性の分析の結果、地震波の入射角が鉛直下方に近づく敷地近傍は、地震動の顕著な増幅が見られない傾向があるものの、地震動に与える影響が大きいことを重視し、保守的な評価となるよう、敷地近傍を含めて地震動の顕著な増幅が見られる地震波到来方向（N30E～N70E）にある強震動生成域（アスペリティ）の小断層に地震動の顕著な増幅を考慮するとともに、敷地近傍において地震動の顕著な増幅を考慮する小断層の範囲が地震動の顕著な増幅が見られる地震波到来方向（N30E～N70E）より広い設定とする。



（内陸地殻内地震（基本震源モデル（御前崎海脚西部の断層帯による地震）））



（プレート間地震（強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル））



（海洋プレート内地震（基本震源モデル（敷地下方の想定スラブ内地震）））

<各地震タイプの強震動生成域（アスペリティ）の位置の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）>

・黒字の丸数字はプレート間地震の強震動生成域のNo.を表す。  
 ・---: 東海SMGA①と駿河湾SMGA②の境界を表す。



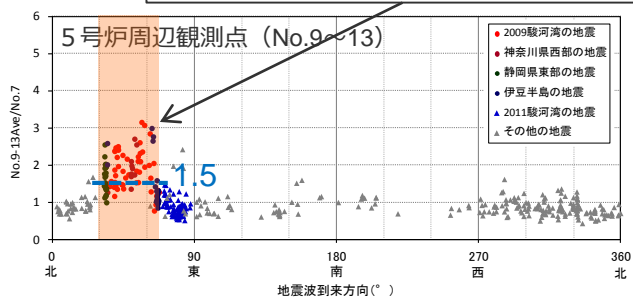
# 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価の方針

（強震動生成域（アスペリティ）の小断層のグリーン関数に乗じる増幅係数の増幅の程度）

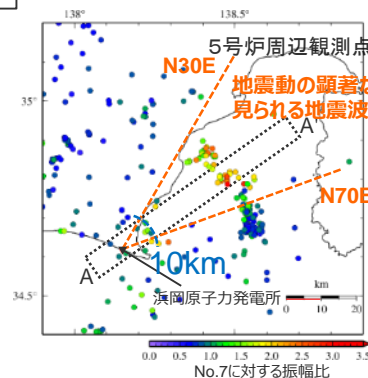
## 【強震動生成域（アスペリティ）の小断層のグリーン関数に乗じる増幅係数の増幅の程度の設定】

- 地震動の顕著な増幅は特定の地震波到来方向（N30E～N70E）から敷地に到達する地震波で見られるが、その**増幅の程度は一様ではなくばらつきがある**。敷地における多点連続観測記録の分析結果によると、敷地近傍（敷地から半径10km程度以内）で発生した地震の振幅比（地震動の顕著な増幅が見られる観測点／地震動の顕著な増幅が見られない観測点）の平均は1であり（水平動）、**地震波の入射角が鉛直に近づく敷地近傍の地震ほど顕著な増幅は見られない**傾向がある。また、「増幅方向」において、**敷地から半径100km程度で発生した地震（敷地近傍を除く）の振幅比の平均は1.5**となっている。
- その中で、**2009年駿河湾の地震（本震）は、増幅の程度が最も大きく、信頼性が高い記録が得られた地震**であることから、検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価にあたっては、保守的な評価となるよう、2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現性を確認した増幅係数（水平で2.6倍、鉛直で1.8倍）を**地震動の顕著な増幅を考慮する小断層の全てに一律適用**する。

増幅方向において敷地から半径100km程度で発生した地震（増幅が見られない敷地近傍（敷地から半径10km程度以内）を除く）の振幅比の平均=1.5

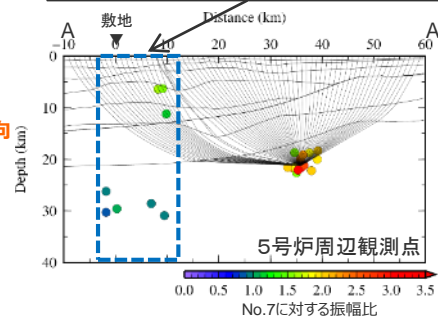


<各地震の振幅比と地震波到来方向との関係> (No.7基準) (水平平均)

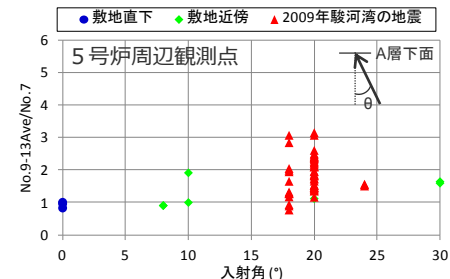


<5号炉周辺観測点における各地震の振幅比の震央分布図（No.7基準）（多点連続地震観測）>

増幅方向の敷地近傍（敷地から半径10km程度以内）では増幅が見られない



<振幅比の断面図（A-A'断面）>



<入射角毎\*の振幅比> (N30E～N70E方向+敷地直下の地震)

\* 浅部三次元地下構造モデルの底面に相当するA層下面への入射角について、各断面の地震クラスター毎にレイトレーシングを行い評価。

# 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価の方針

## （震源モデルの設定）

### 【震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）の設定の方針】

- 「地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価」において、検討用地震の基本震源モデル及び不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）は、基本的には、「地震動の顕著な増幅を考慮しない地震動評価」における基本震源モデル及び不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）と同じとする。ただし、断層位置及び強震動生成域（アスペリティ）の位置が偶発的な不確かさに分類される場合は、地震動の顕著な増幅が見られる地震波到来方向（N30E～N70E）を踏まえて、より保守的な評価となるよう、断層位置及び強震動生成域（アスペリティ）の位置を設定する。



### 内陸地殻内地震の地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価の概要（検討用地震：御前崎海脚西部の断層帯による地震）

- 断層位置は認識論的な不確かさに分類され、アスペリティの位置は偶発的な不確かさに分類される。
- これらを踏まえ、基本震源モデル及び不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）は、基本震源モデル及び不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）において敷地近傍のアスペリティが地震動の顕著な増幅が見られる地震波到来方向（N30E～N70E）に位置しているため、これと同じとし、アスペリティの一部に地震動の顕著な増幅を考慮して地震動評価を行う。

### プレート間地震の地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価の概要

#### （検討用地震：内閣府(2012)による南海トラフで想定される最大クラスの地震（Mw9.0、内閣府モデル（最大クラスの地震）））

- 断層位置は認識論的な不確かさに分類され、強震動生成域の位置は、基本的には認識論的な不確かさに分類されるが、偶発的な不確かさの要素も有している。
- これらを踏まえ、基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）は、基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）と同じとし、地震動の顕著な増幅が見られる地震波到来方向（N30E～N70E）に位置する強震動生成域の一部に地震動の顕著な増幅を考慮して地震動評価を行う。
- 強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）は、強震動生成域の位置が偶発的な不確かさの要素も有していることも踏まえ、より保守的な評価となるよう、敷地近傍を含めて地震動の顕著な増幅が見られる地震波到来方向（N30E～N70E）に強震動生成域が位置する震源モデルを新たに設定して、地震動評価を行う。

### 海洋プレート内地震の地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価の概要（検討用地震：敷地下方の想定スラブ内地震）

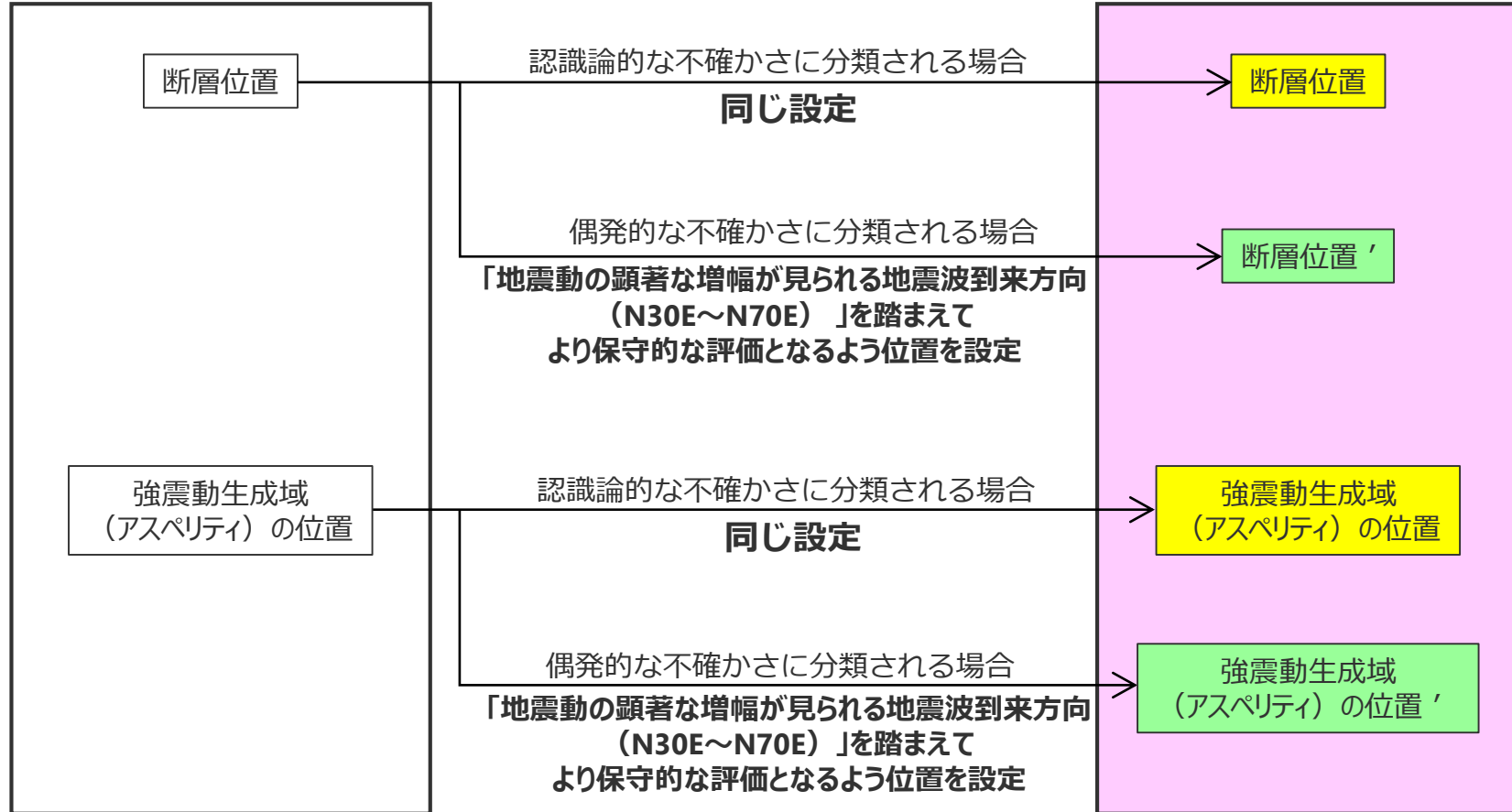
- 断層位置及び強震動生成域の位置は偶発的な不確かさに分類される。
- これを踏まえ、基本震源モデル及び不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）は、より保守的な評価となるよう、基本震源モデル及び不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）の震源断層を移動させて、敷地近傍を含めて地震動の顕著な増幅が見られる地震波到来方向（N30E～N70E）に強震動生成域が位置するよう震源モデルを新たに設定して、地震動評価を行う。

# 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価の方針

（震源モデルの設定）

基本震源モデル及び不確かさを考慮した  
震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）

基本震源モデル及び不確かさを考慮した  
震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）



■ : 認識論的な不確かさに分類されるもの    ■ : 偶発的な不確かさに分類されるもの

No.1,2コメント回答<1.2.2 各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の震源モデルの設定及び地震動評価結果>  
**地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価の方針**  
 （震源モデルの設定）

<震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）と震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）との関係>

■：認識論的な不確かさに分類されるもの ■：偶発的な不確かさに分類されるもの

地震タイプ (検討用地震)	断層パラメータ	分類	基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮)	不確かさを考慮した震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮)
内陸地殻内地震 (御前崎海脚西部の断層帯 による地震)	断層位置	認識論的な 不確かさ	震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮 しない）と同じ	同左
	アスペリティの 位置	偶発的な 不確かさ	「地震動の顕著な増幅が見られる地震波到 来方向（N30E～N70E）」を踏まえてより 保守的な評価となるよう位置を設定 ⇒ただし、震源モデル（地震動の顕著な増 幅を考慮しない）のアスペリティが地震動 の顕著な増幅が見られる地震波到来方 向に位置（N30E～N70E）しているた め、変更なし	同左
プレート間地震※ (内閣府(2012)による南海 トラフで想定される最大クラスの 地震（Mw9.0、内閣府モデル （最大クラスの地震））)	断層位置	認識論的な 不確かさ	震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮 しない）と同じ	同左
	強震動生成域の 位置	基本的には認識論的な 不確かさ 偶発的な不確かさの 要素も有する	基本的には認識論的不確かさに分類される ため、基本震源モデル（地震動の顕著な増 幅を考慮しない）と同じ	強震動生成域の位置が偶発的な 不確かさの要素も有しているため、 「地震動の顕著な増幅が見られる 地震波到来方向（N30E～ N70E）」を踏まえてより保守的な 評価となるよう位置を設定
海洋プレート内地震 (敷地下方の想定スラブ内 地震)	断層位置	偶発的な 不確かさ	「地震動の顕著な増幅が見られる地震波到 来方向（N30E～N70E）」を踏まえてより 保守的な評価となるよう位置を設定	同左
	強震動生成域の 位置	偶発的な 不確かさ		

※分岐断層の強震動励起特性に係る不確かさで用いるプレート間地震に伴う分岐断層の震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）の設定については、第882回審査会合資料1:1 p.105～参照。

No.1,2コメント回答<1.2.2 各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の震源モデルの設定及び地震動評価結果>  
**地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価の方針（内陸地殻内地震）**  
 （検討用地震の選定及び震源モデルの設定）

**検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）**

○ 検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮しない）とした「御前崎海脚西部の断層帯による地震」及び「A-17断層による地震」のうち「御前崎海脚西部の断層帯による地震」は、震源断層が地震動の顕著な増幅が見られる地震波到来方向（N30E～N70E）に位置することを踏まえ、検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）としても選定。

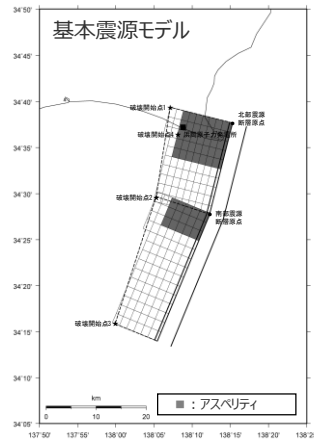
**基本震源モデル及び不確かさを考慮した震源モデル  
 （地震動の顕著な増幅を考慮しない）**

**【断層位置】**

○ 活断層調査結果等に基づき設定。

**【アスペリティの位置】**

○ 敷地に近い位置に設定。



認識論的な不確かさに分類

**同じ設定**

偶発的な不確かさに分類

「地震動の顕著な増幅が見られる地震波到来方向（N30E～N70E）」を踏まえてより保守的な評価となるよう位置を設定

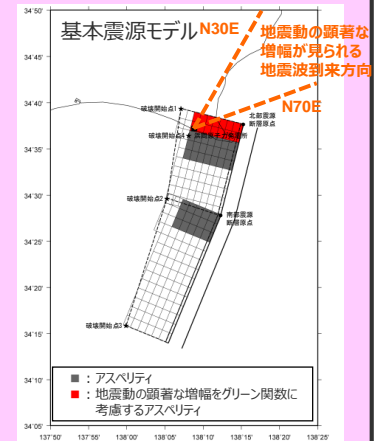
**基本震源モデル及び不確かさを考慮した震源モデル  
 （地震動の顕著な増幅を考慮）**

**【断層位置】**

○ 同左。

**【アスペリティの位置】**

○ 同左。  
 （敷地近傍のアスペリティが、地震動の顕著な増幅が見られる地震波到来方向（N30E～N70E）に位置しているため。）



: 認識論的な不確かさに分類されるもの     : 偶発的な不確かさに分類されるもの

# No.1,2コメント回答<1.2.2 各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の震源モデルの設定及び地震動評価結果> 基本震源モデルの設定（内陸地殻内地震）

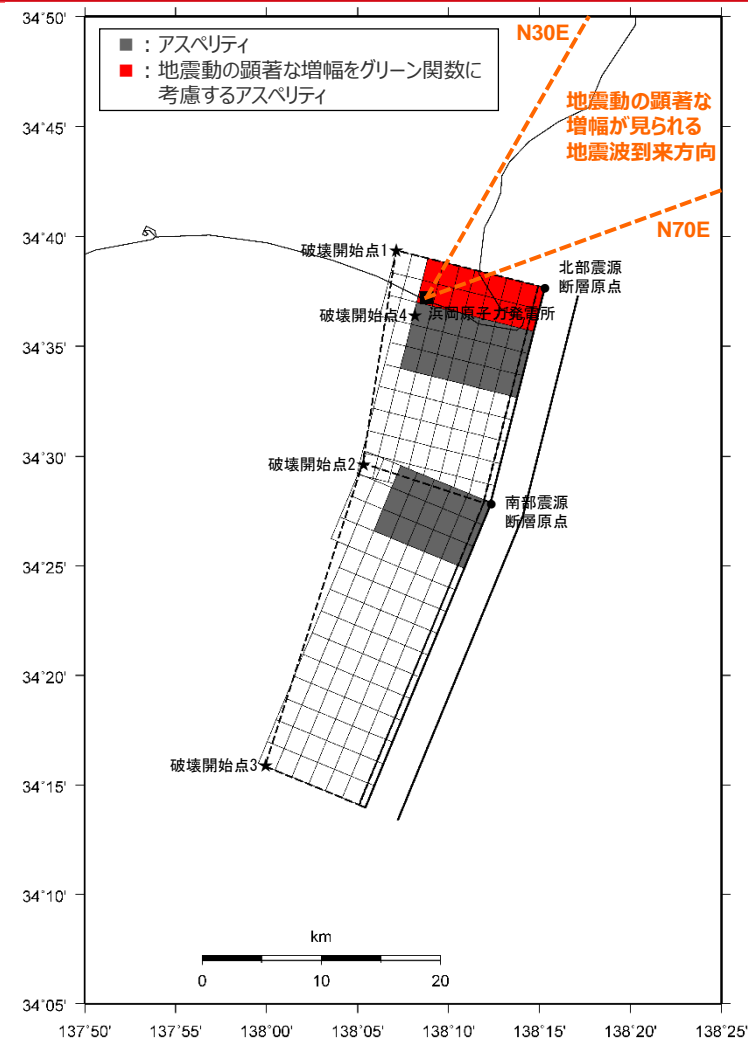
- 基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）の設定方針及び震源断層パラメータは、基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）と同じとする。

## 【設定方針】

- 「御前崎海脚西部の断層帯による地震」の基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）は、地質調査結果及び強震動予測レシピ(2017)に基づき設定する。

## 【震源断層パラメータ】

- 震源断層長さ
  - ・地質調査結果、断層傾斜角及び地震発生層上端深さとの関係を踏まえ、震源断層長さを46.5kmとして設定。
- 断層面の位置
  - ・地質調査結果に基づき設定。
- 地震発生層
  - ・上端深さは5km、下端深さはプレート境界面（内閣府(2012)による）として設定。
- 断層タイプ・断層傾斜角
  - ・地質調査結果に基づき、断層タイプは西傾斜の逆断層とし、断層傾斜角は深さ6km以浅を60°、深さ6km以深を35°として設定。
- アスペリティの数
  - ・強震動予測レシピ(2017)に基づき、アスペリティは各セグメントに1つとして設定。
- アスペリティの位置
  - ・アスペリティは敷地に近い位置に設定。
  - ⇒パラメータスタディでアスペリティの深さの代表性を確認。
- アスペリティの応力降下量
  - ・強震動予測レシピ(2017)に基づき設定。
- 破壊伝播速度
  - ・強震動予測レシピ(2017)に基づき設定。
- 破壊開始点
  - ・強震動予測レシピ(2017)に基づき、破壊の伝播方向が敷地へ向かうよう複数設定。



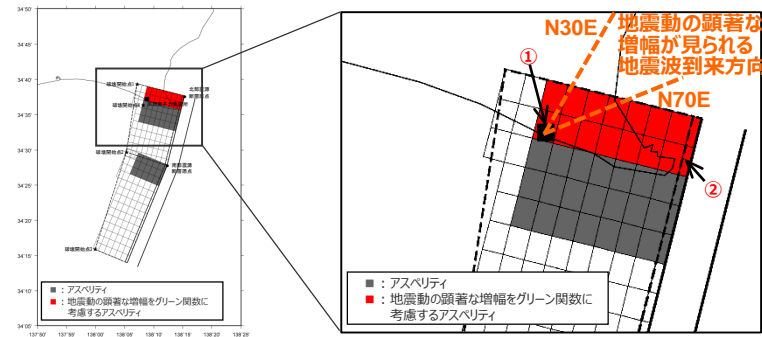
<基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）  
（御前崎海脚西部の断層帯による地震）>

・震源モデル図及び震源断層パラメータの詳細は、第882回審査会合資料1-2 p.3,4参照。

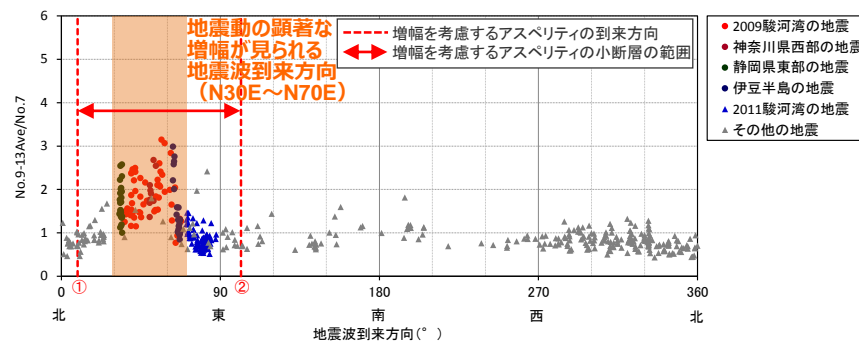
# 基本震源モデルの設定（内陸地殻内地震）

（地震動の顕著な増幅を考慮するアスペリティの小断層の範囲の設定）

○地震動の顕著な増幅を考慮するアスペリティの小断層（■で示す小断層）の範囲については、地震動の顕著な増幅が見られる地震波到来方向（N30E～N70E）より広く、保守的な設定となっている。



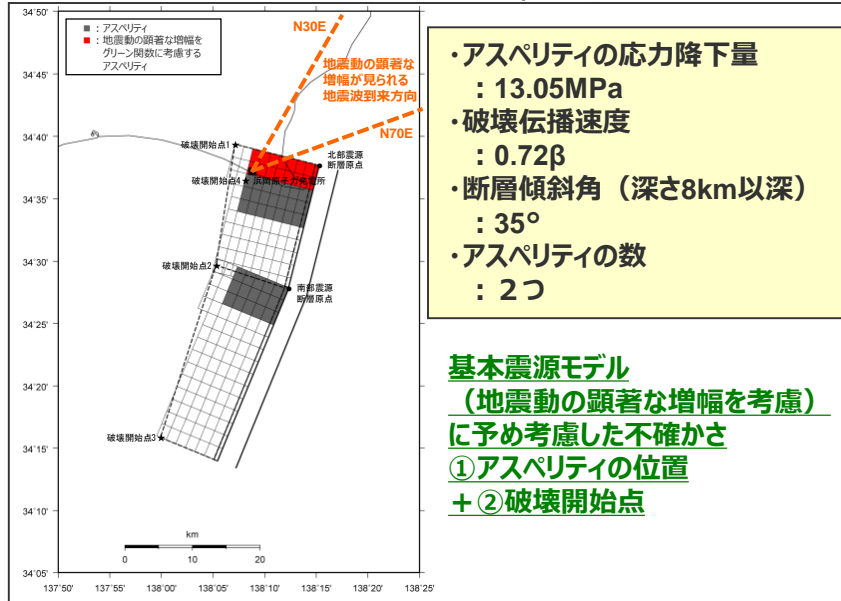
震源モデル図（全体） 震源モデル図（アスペリティ拡大）



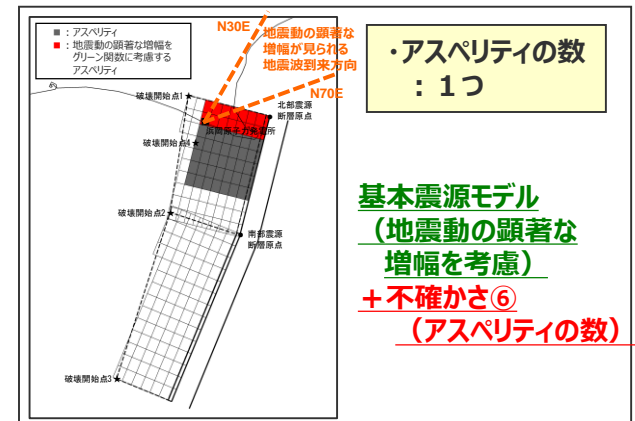
5号炉周辺観測点における各地震の地震波到来方向毎の振幅比（No.7基準）とアスペリティの小断層の地震波到来方向との関係

No.1,2コメント回答<1.2.2 各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の震源モデルの設定及び地震動評価結果>  
 不確かさを考慮した震源モデルの設定（内陸地殻内地震）  
 （震源モデル一覧）

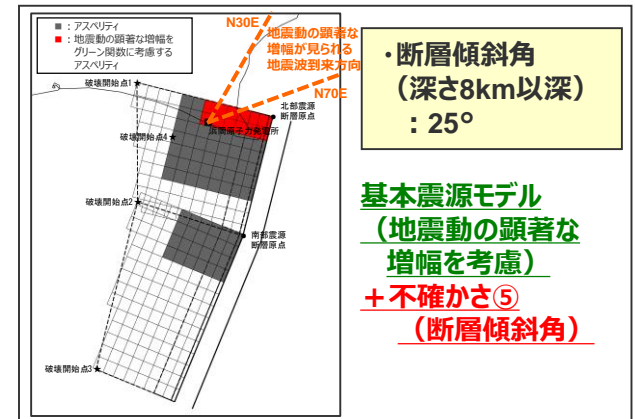
基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）



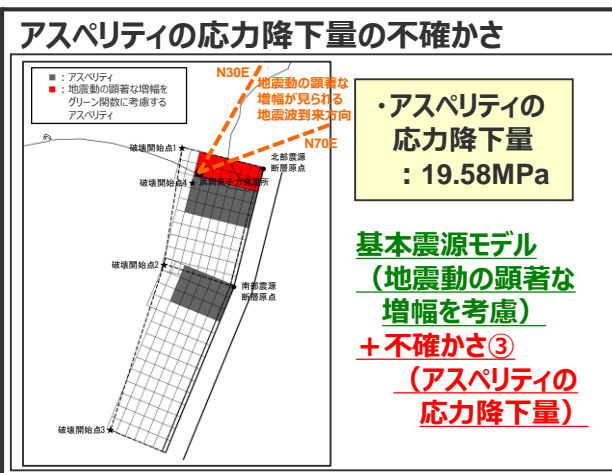
アスペリティの数の不確かさ



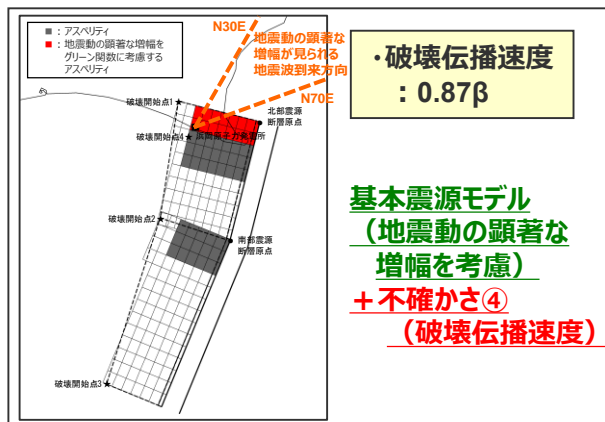
断層傾斜角の不確かさ



不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）



破壊伝播速度の不確かさ

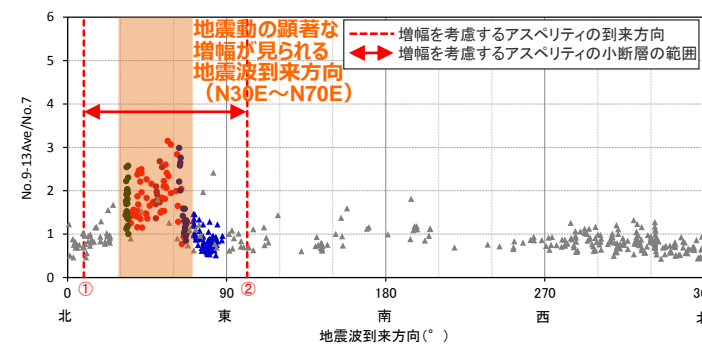
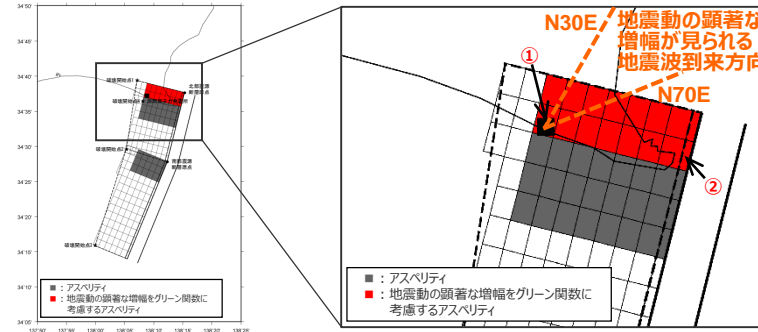




# 不確かさを考慮した震源モデルの設定（内陸地殻内地震）

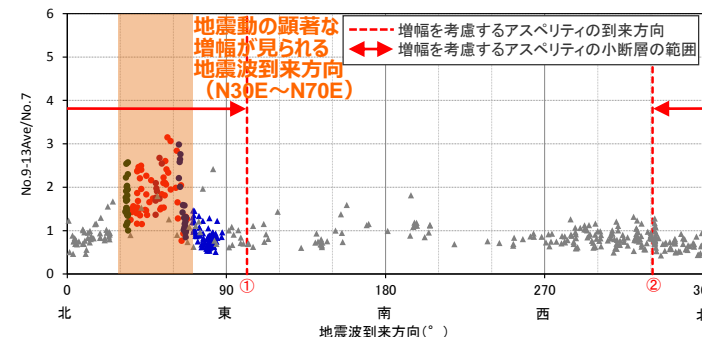
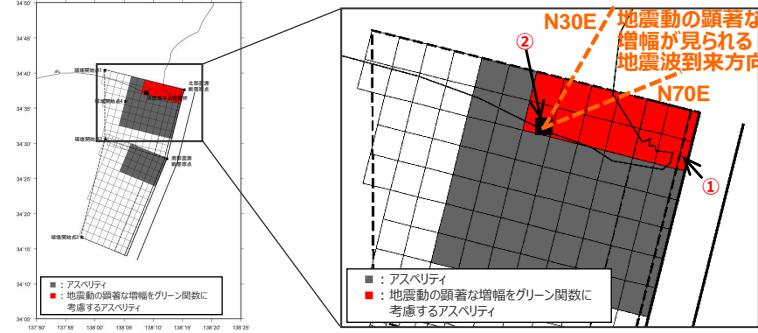
（地震動の顕著な増幅を考慮するアスペリティの小断層の範囲の設定）

○地震動の顕著な増幅を考慮するアスペリティの小断層（■で示す小断層）の範囲については、地震動の顕著な増幅が見られる地震波到来方向（N30E～N70E）より広く、保守的な設定となっている。



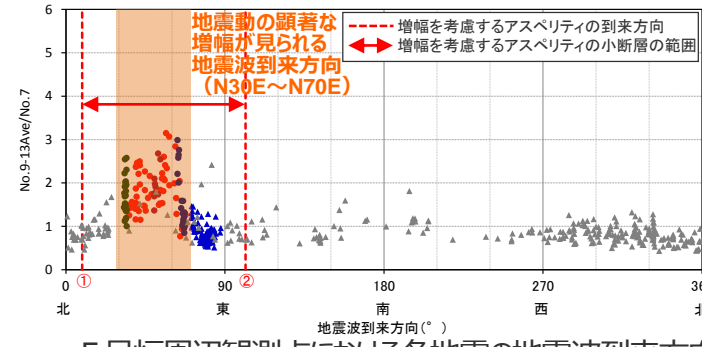
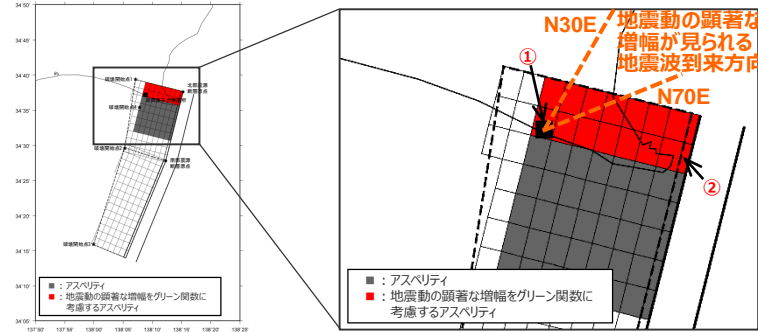
- 2009駿河湾の地震
- 神奈川県西部の地震
- 静岡県東部の地震
- 伊豆半島の地震
- ▲ 2011駿河湾の地震
- ▲ その他の地震

アスペリティの応力降下量の不確かさを考慮した震源モデル、破壊伝播速度の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）



- 2009駿河湾の地震
- 神奈川県西部の地震
- 静岡県東部の地震
- 伊豆半島の地震
- ▲ 2011駿河湾の地震
- ▲ その他の地震

断層傾斜角の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）



- 2009駿河湾の地震
- 神奈川県西部の地震
- 静岡県東部の地震
- 伊豆半島の地震
- ▲ 2011駿河湾の地震
- ▲ その他の地震

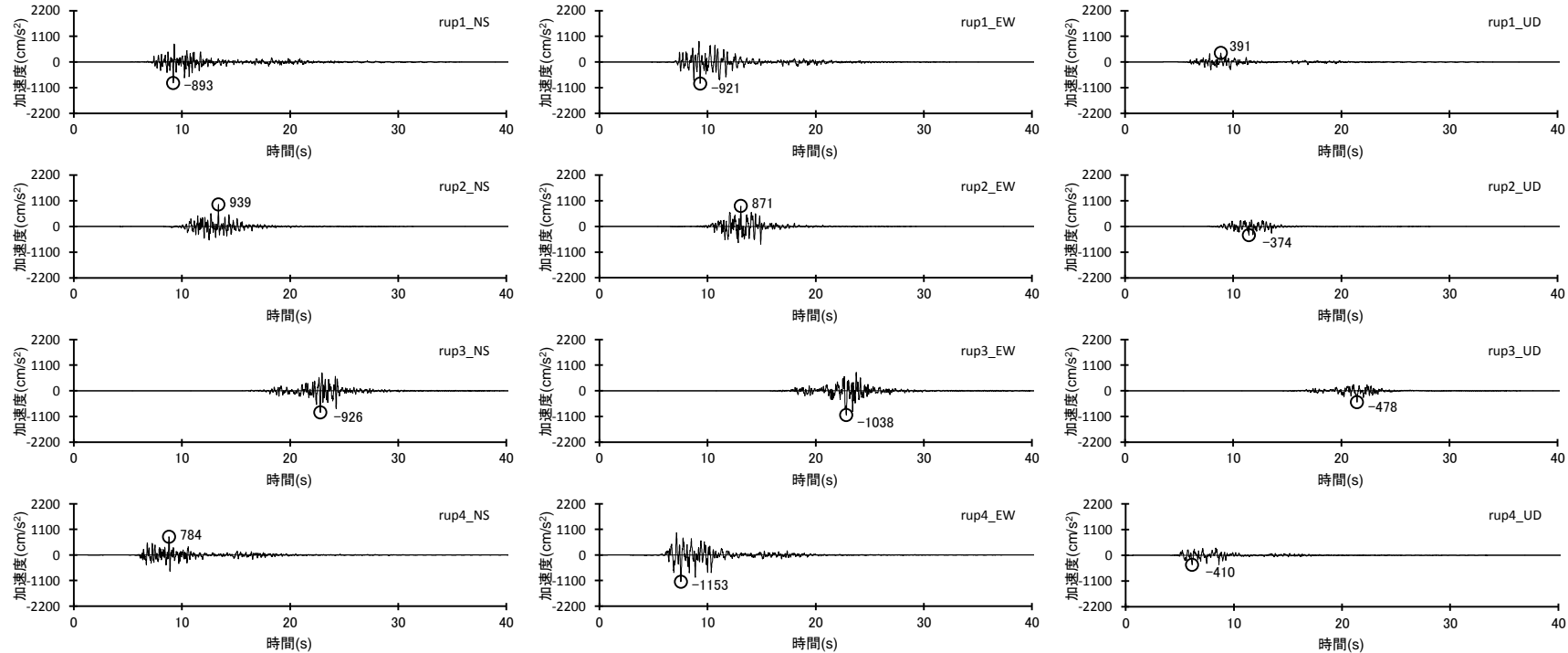
アスペリティの数の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）

震源モデル図（全体） 震源モデル図（アスペリティ拡大）

5号炉周辺観測点における各地震の地震波到来方向毎の振幅比（No.7基準）とアスペリティの小断層の地震波到来方向との関係

No.1,2コメント回答<1.2.2 各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の震源モデルの設定及び地震動評価結果>  
**断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（内陸地殻内地震）**

（加速度時刻歴波形（御前崎海脚西部の断層帯による地震））

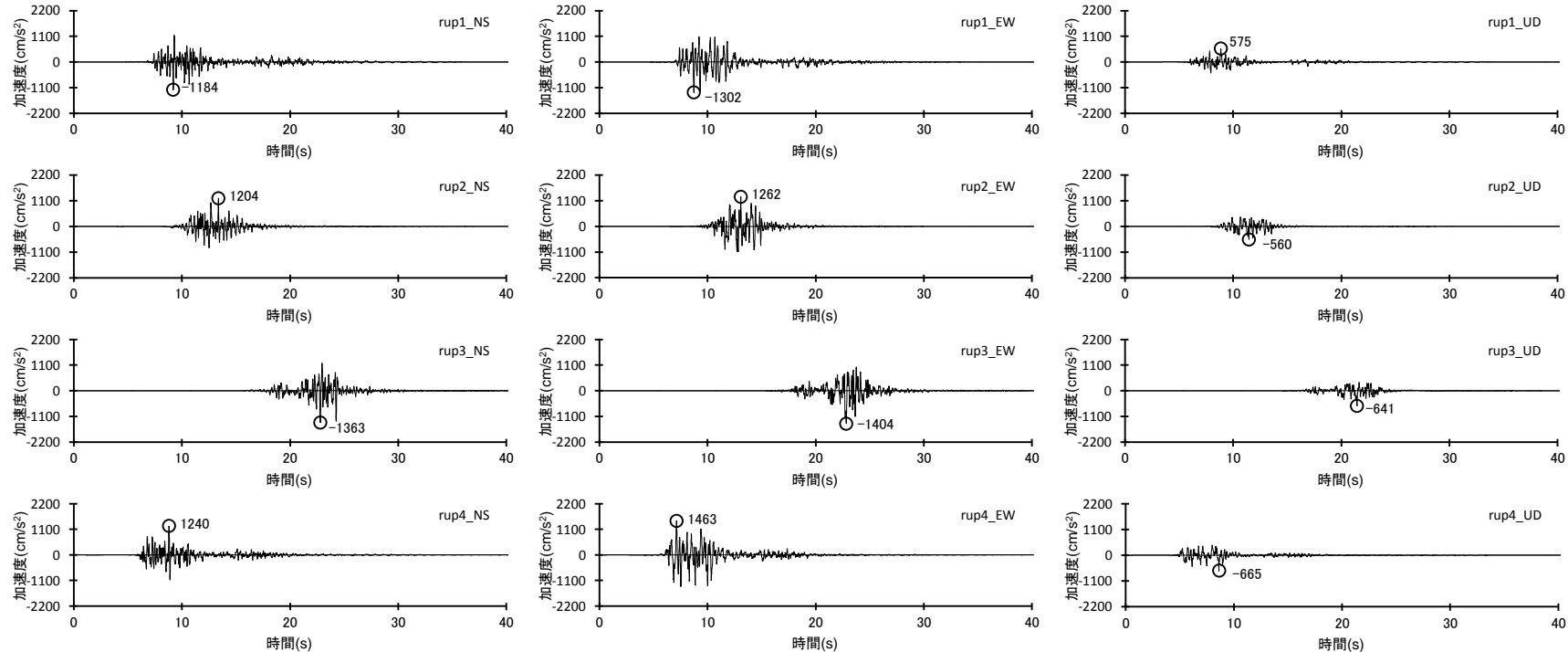


（基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）（御前崎海脚西部の断層帯による地震））  
 <断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（加速度時刻歴波形）>

・速度時刻歴波形は、第882回審査会合資料1.2 p.65参照。

No.1,2コメント回答<1.2.2 各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の震源モデルの設定及び地震動評価結果>  
**断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（内陸地殻内地震）**

（加速度時刻歴波形（御前崎海脚西部の断層帯による地震））

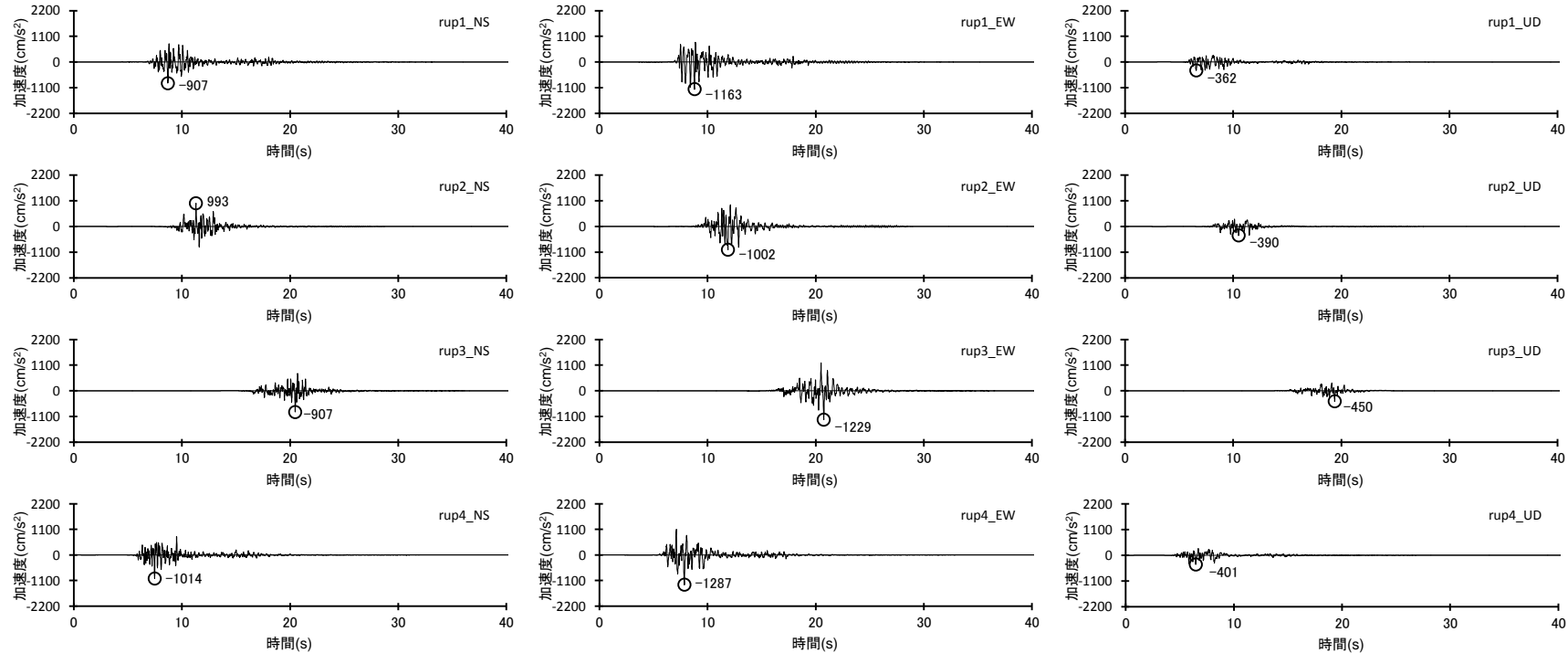


（アスペリティの応力降下量の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）（御前崎海脚西部の断層帯による地震））  
 <断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（加速度時刻歴波形）>

・速度時刻歴波形は、第882回審査会合資料1.2 p.68参照。

No.1,2コメント回答<1.2.2 各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の震源モデルの設定及び地震動評価結果>  
断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（内陸地殻内地震）

（加速度時刻歴波形（御前崎海脚西部の断層帯による地震））

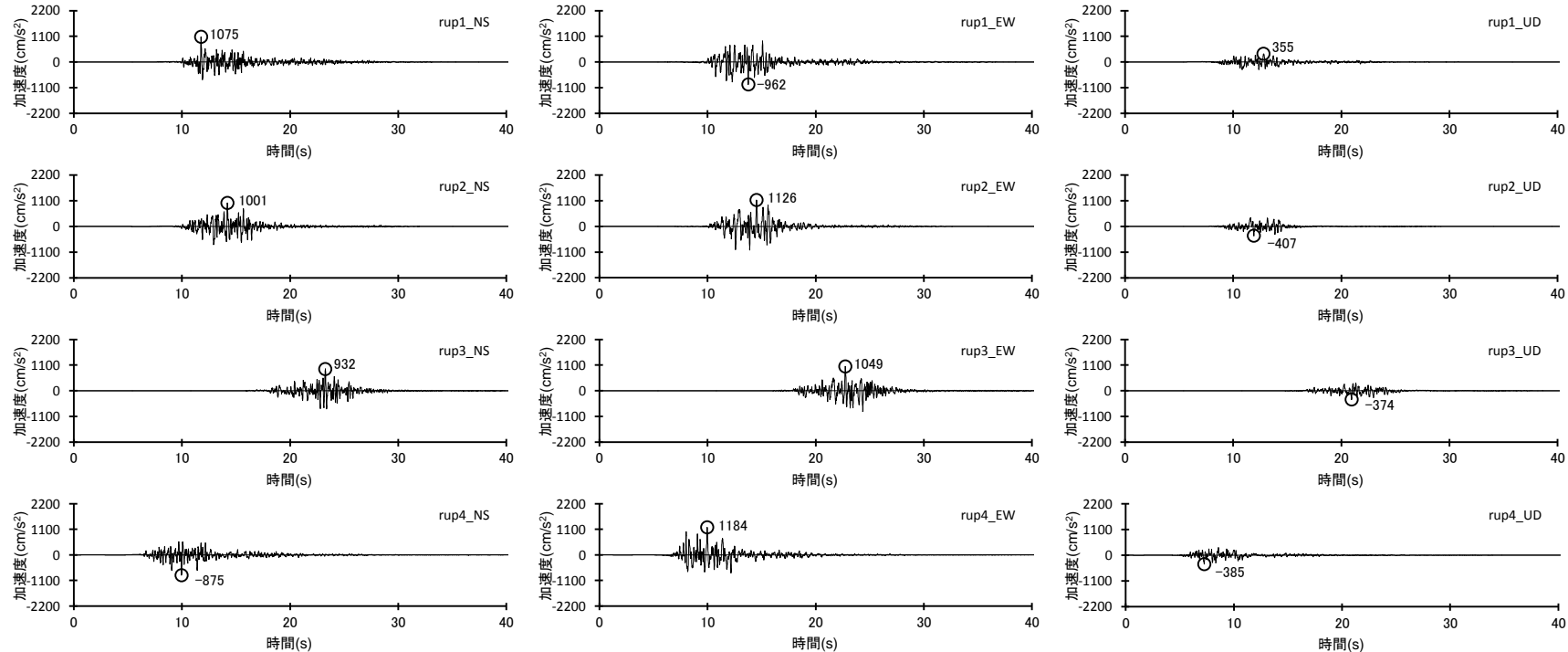


（破壊伝播速度の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）（御前崎海脚西部の断層帯による地震））  
<断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（加速度時刻歴波形）>

・速度時刻歴波形は、第882回審査会合資料1-2 p.71参照。

# No.1,2コメント回答<1.2.2 各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の震源モデルの設定及び地震動評価結果> 断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（内陸地殻内地震）

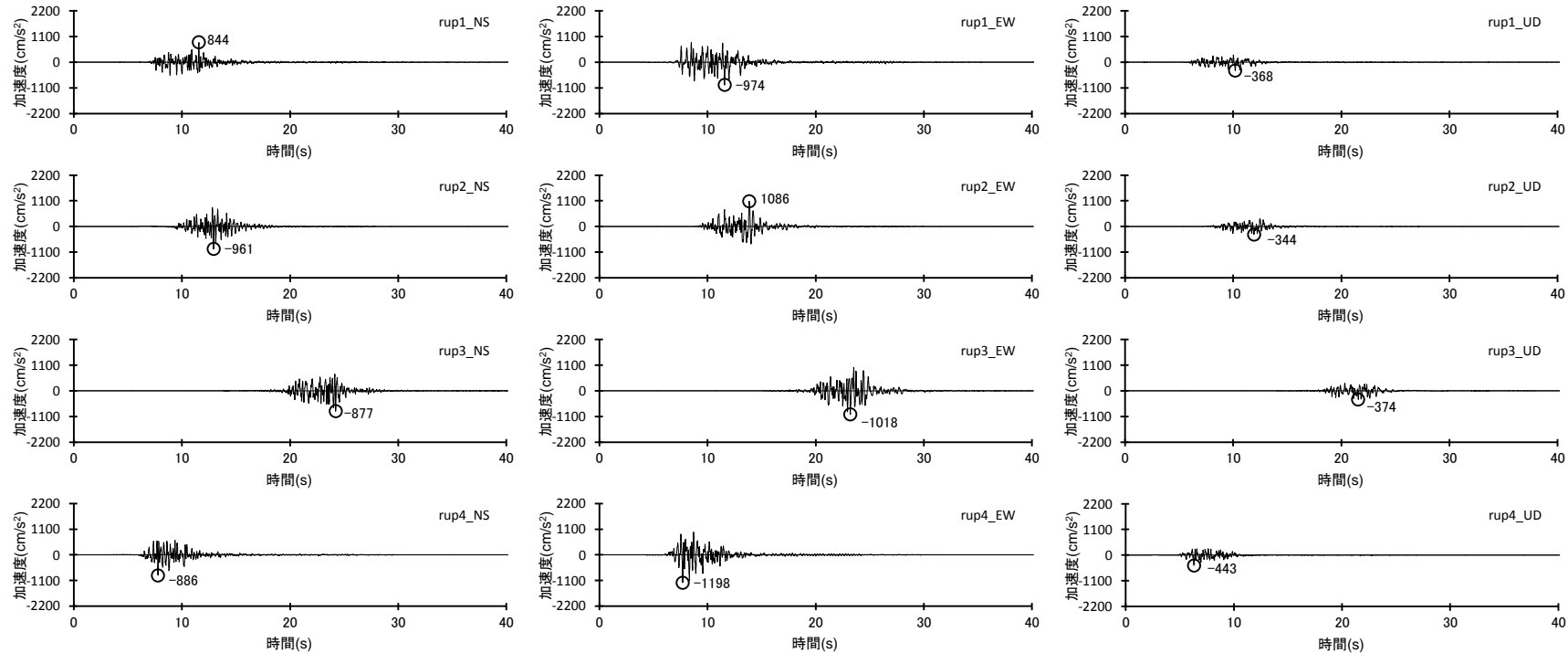
（加速度時刻歴波形（御前崎海脚西部の断層帯による地震））



（断層傾斜角の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）（御前崎海脚西部の断層帯による地震））  
<断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（加速度時刻歴波形）>

・速度時刻歴波形は、第882回審査会合資料1-2 p.74参照。

（加速度時刻歴波形（御前崎海脚西部の断層帯による地震））



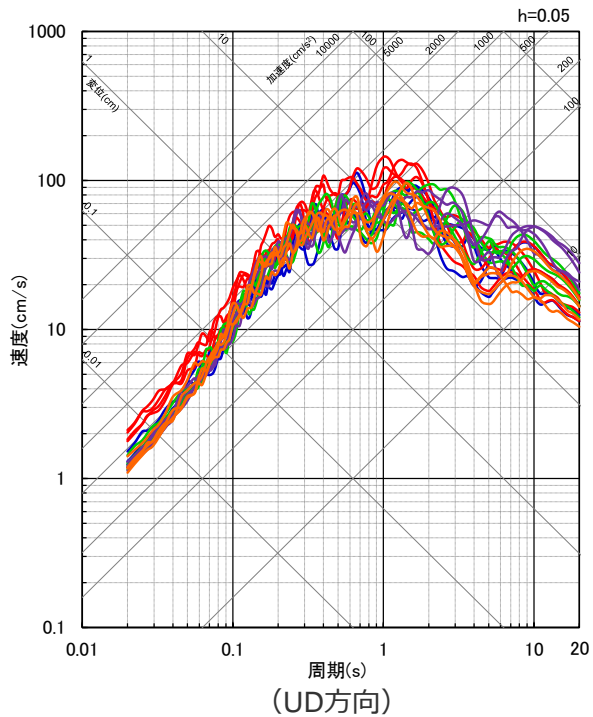
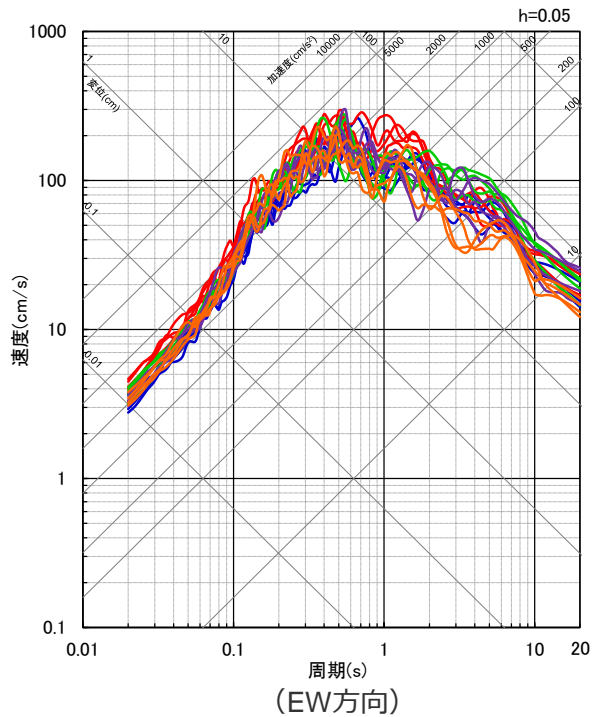
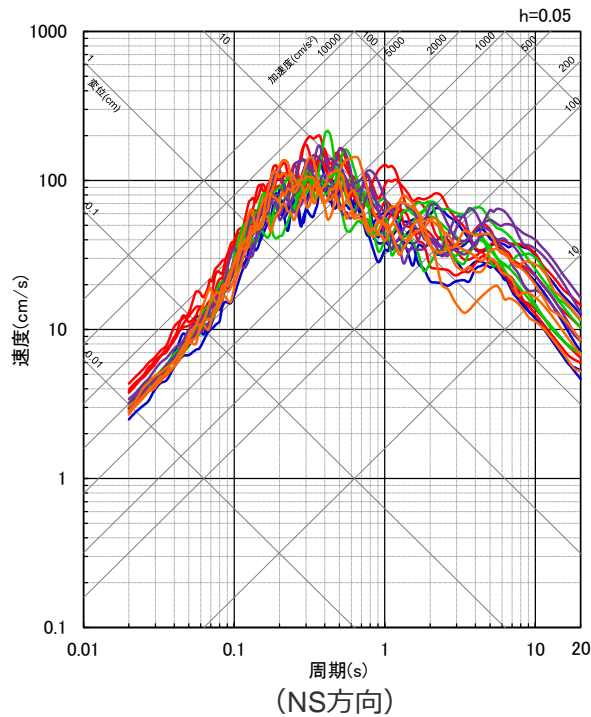
（アスペリティの数の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）（御前崎海脚西部の断層帯による地震））  
 <断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（加速度時刻歴波形）>

・速度時刻歴波形は、第882回審査会合資料1-2 p.77参照。

No.1,2コメント回答 <1.2.2 各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の震源モデルの設定及び地震動評価結果>  
**断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（内陸地殻内地震）**

（応答スペクトル（全ての震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）（御前崎海脚西部の断層帯による地震）））

- 基本震源モデル(地震動の顕著な増幅を考慮)
- アスベリティの応力降下量の不確かさを考慮した震源モデル(地震動の顕著な増幅を考慮)
- 破壊伝播速度の不確かさを考慮した震源モデル(地震動の顕著な増幅を考慮)
- 断層傾斜角の不確かさを考慮した震源モデル(地震動の顕著な増幅を考慮)
- アスベリティの数の不確かさを考慮した震源モデル(地震動の顕著な増幅を考慮)



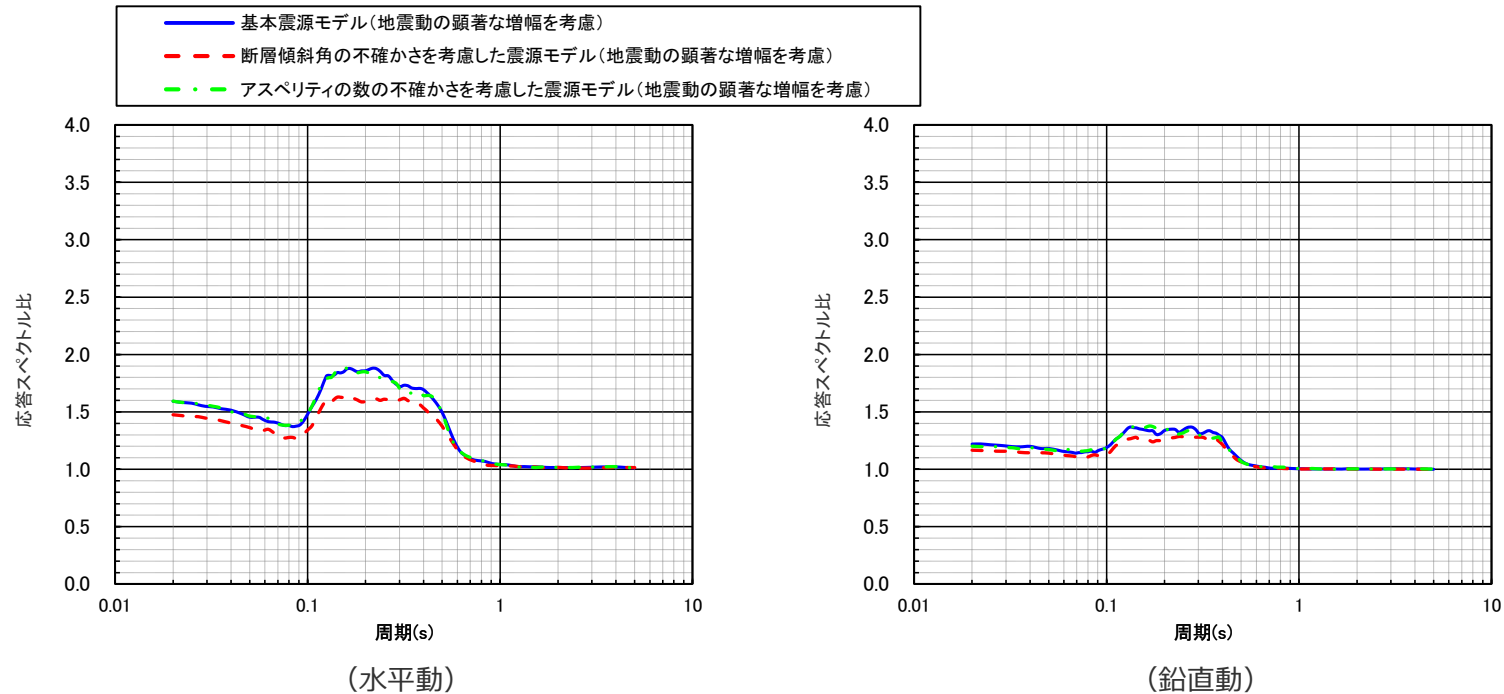
<断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（応答スペクトル）>  
 （全ての震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）（内陸地殻内地震（御前崎海脚西部の断層帯による地震）））

・各震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）の応答スペクトルは、第882回審査会合資料1-2 p.66,69,72,75,78参照。

（応答スペクトルに基づく地震動評価における地震動の顕著な増幅の反映）

増幅係数（応答スペクトル比）を算出

$$\frac{\text{地震動の顕著な増幅を考慮する場合の平均応答スペクトル（各破壊開始点の平均）}^*}{\text{地震動の顕著な増幅を考慮しない場合の平均応答スペクトル（各破壊開始点の平均）}^*}$$



<地震動の顕著な増幅の反映のために用いる増幅係数（応答スペクトル比）（内陸地殻内地震（御前崎海脚西部の断層帯による地震））>

・各震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）の増幅係数（応答スペクトル比）算出の詳細は、第882回審査会合資料1-2 p.44~参照。

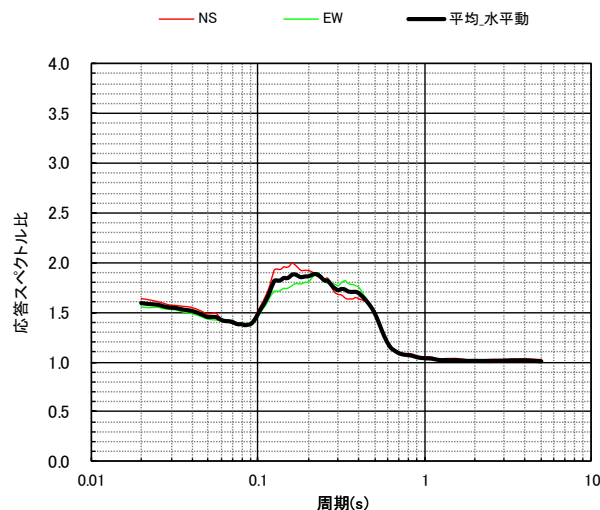
※ 水平動はNS方向とEW方向の平均。



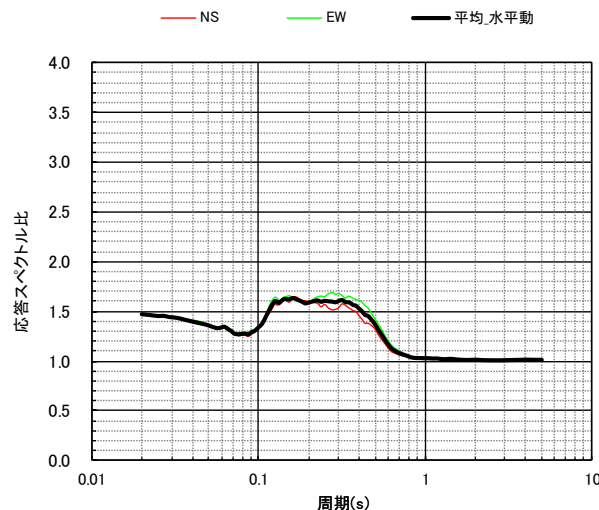
## 応答スペクトルに基づく地震動評価（内陸地殻内地震）

（応答スペクトルに基づく地震動評価における地震動の顕著な増幅の反映）

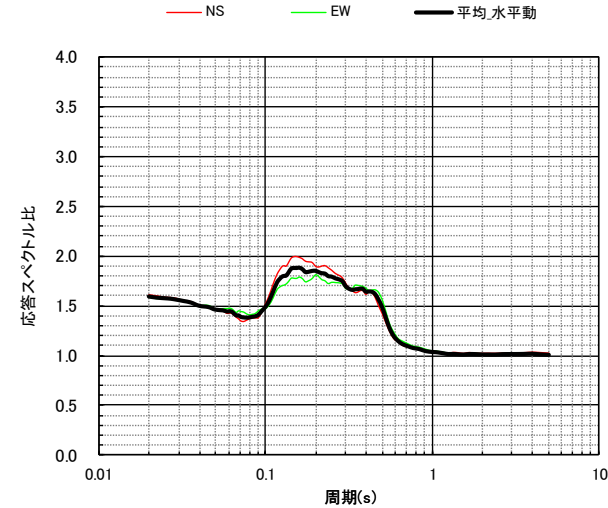
- 内陸地殻内地震の基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）、断層傾斜角の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）、アスペリティの数の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）について、NS方向とEW方向の増幅係数（応答スペクトル比）は同程度となっている。



（基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮））



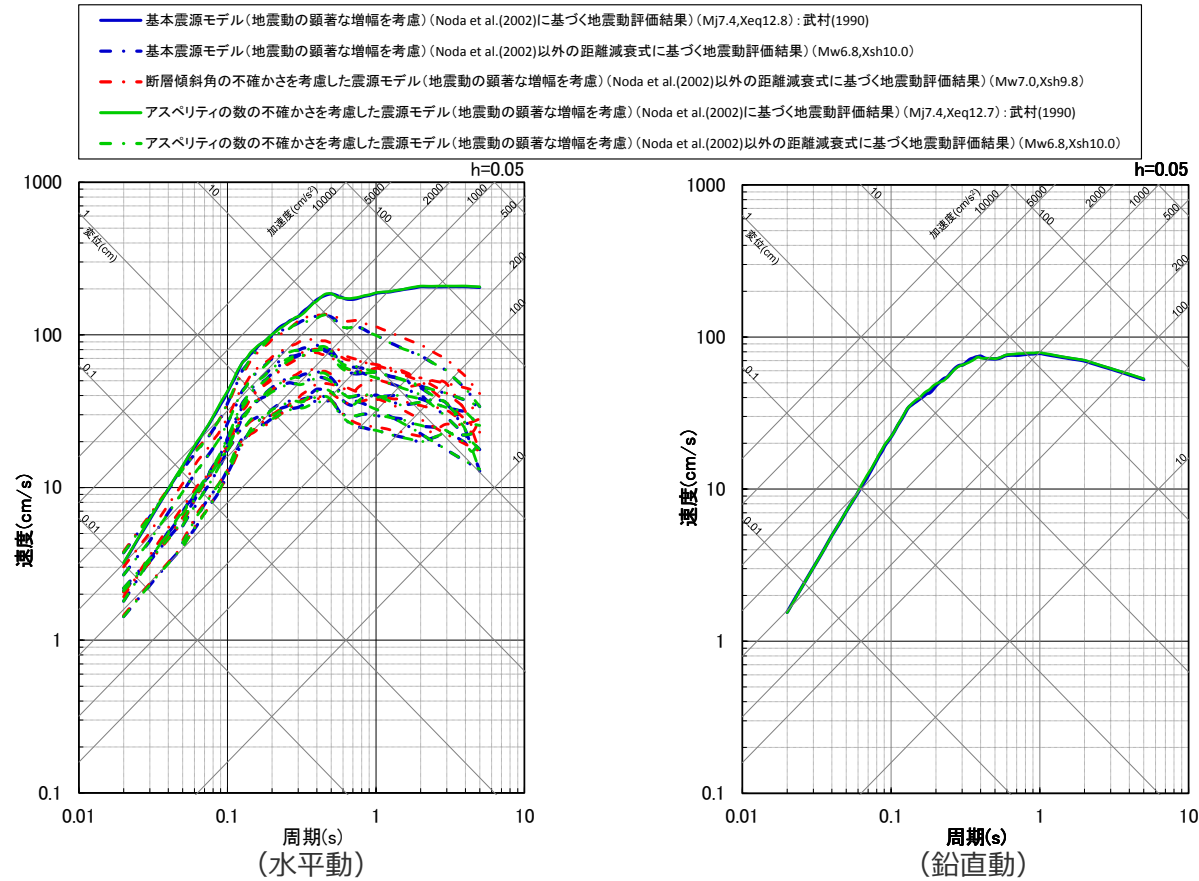
（断層傾斜角の不確かさを考慮した震源モデル  
（地震動の顕著な増幅を考慮））



（アスペリティの数の不確かさを考慮した震源モデル  
（地震動の顕著な増幅を考慮））

<NS方向、EW方向と水平方向の増幅係数（応答スペクトル比）の比較（内陸地殻内地震）>

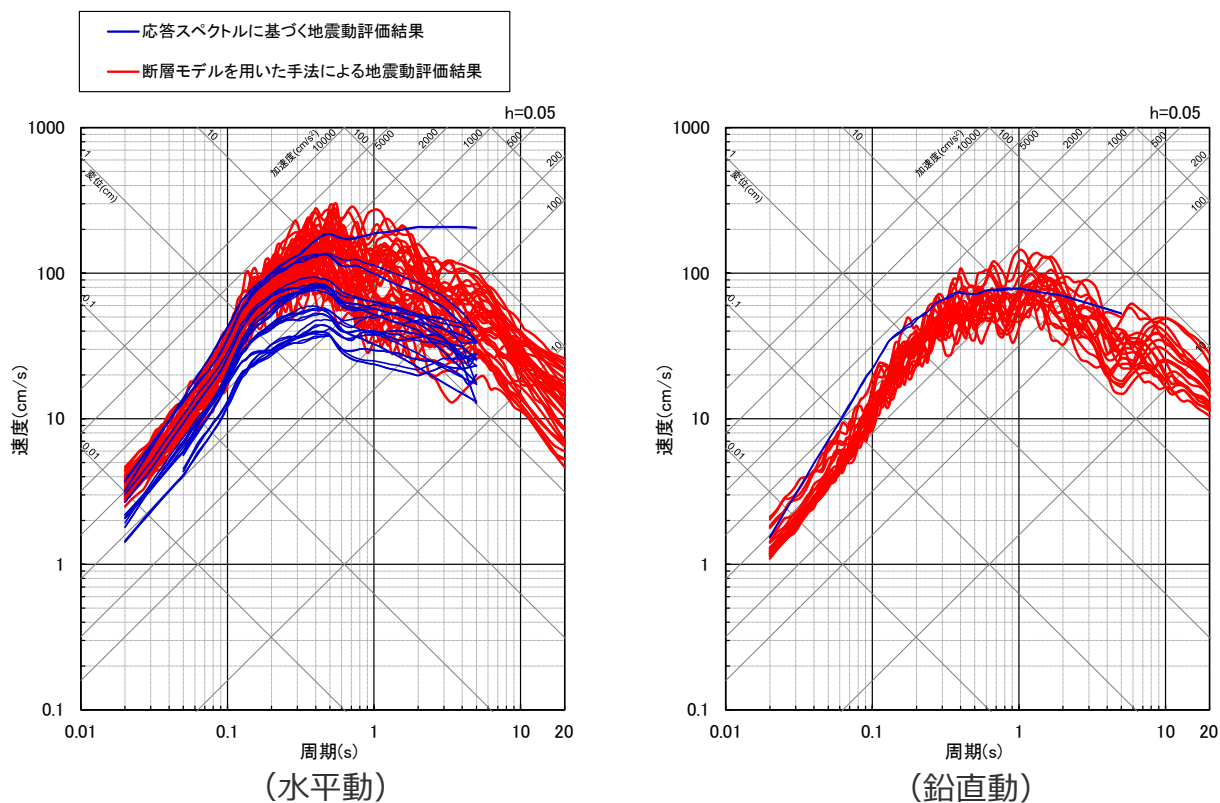
No.1,2コメント回答<1.2.2 各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の震源モデルの設定及び地震動評価結果>  
 応答スペクトルに基づく地震動評価結果（内陸地殻内地震）  
 （全ての震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮））



- ・ アスペリティの応力降下量の不確かさ、破壊伝播速度の不確かさによる影響の確認については、断層モデルを用いた手法による地震動評価を重視する。
- ・ Noda et al.(2002)以外の距離減衰式とは、Kanno et al.(2006)、Zhao et al.(2006)、内山・翠川(2006)、片岡・他(2006)、Abrahamson et al.(2014)、Boore et al.(2014)、Campbell and Bozorgnia(2014)、Chiou and Youngs(2014)及びIdriss(2014)をいう。
- ・ 武村(1990)：震源断層面積から地震モーメントを介し武村(1990)でMjを設定。
- ・ Xeqは、等価震源距離 (km) を、Xshは、断層最短距離 (km) を表す。
- ・ 各震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価結果は、第882回審査会合資料1-2 p.49~参照。

<応答スペクトルに基づく地震動評価結果>  
 （全ての震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）...内陸地殻内地震（御前崎海脚西部の断層帯による地震）...）

No.1,2コメント回答<1.2.2 各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の震源モデルの設定及び地震動評価結果>  
 応答スペクトルに基づく地震動評価結果と断層モデルを用いた手法による地震動評価結果との比較  
 （内陸地殻内地震）（応答スペクトル（全ての震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）（御前崎海脚西部の断層帯による地震）））



<応答スペクトルに基づく地震動評価結果と断層モデルを用いた手法による地震動評価結果との比較（応答スペクトル）>  
 （全ての震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）...（内陸地殻内地震（御前崎海脚西部の断層帯による地震））...）

---

余白

# No.1,2コメント回答<1.2.2 各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の震源モデルの設定及び地震動評価結果> 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価の方針（プレート間地震） （検討用地震の選定及び震源モデルの設定）

## 検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）

○ 検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮しない）とした「内閣府(2012)による南海トラフで想定される最大クラスの地震（Mw9.0、内閣府モデル（最大クラスの地震）」は、震源断層が地震動の顕著な増幅が見られる地震波到来方向（N30E～N70E）に位置することを踏まえ、検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）としても選定。

## 基本震源モデル及び不確かさを考慮した震源モデル （地震動の顕著な増幅を考慮しない）

### 【断層位置（プレート境界面）】

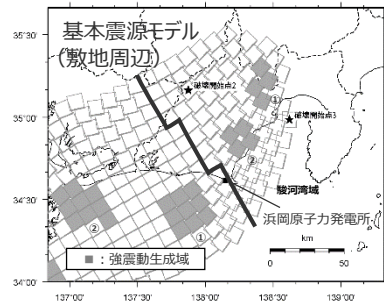
○ 地下構造調査結果等に基づき設定された内閣府(2012)によるプレート境界面。

### 【強震動生成域の位置（基本震源モデル）】

○ 内閣府(2012)に基づき、過去の地震の震度分布との比較・検討により、強震動生成域の位置等の妥当性が検証された中央防災会議(2003b)による強震断層モデルに基づき設定

### 【強震動生成域の位置（不確かさを考慮した震源モデル）】

○ 敷地直下に設定。



認識論的な不確かさに分類

同じ設定

基本的には認識論的な不確かさに分類

同じ設定

偶発的な不確かさの要素も有する

「地震動の顕著な増幅が見られる地震波到来方向（N30E～N70E）」を踏まえてより保守的な評価となるよう位置を設定

## 基本震源モデル及び不確かさを考慮した震源モデル （地震動の顕著な増幅を考慮）

### 【断層位置】

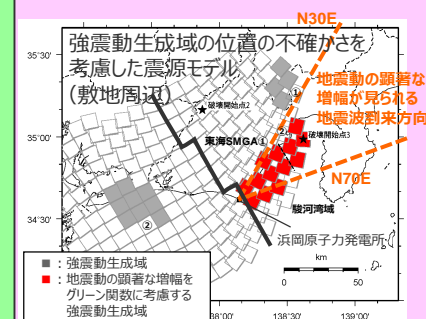
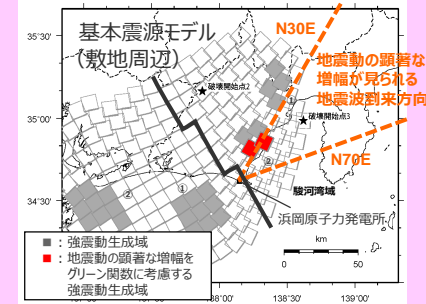
○ 同左。

### 【強震動生成域の位置（基本震源モデル）】

○ 同左。

### 【強震動生成域の位置（不確かさを考慮した震源モデル）】

○ 敷地近傍を含めて地震動の顕著な増幅が見られる地震波到来方向（N30E～N70E）に強震動生成域が位置するよう、強震動生成域を設定。



■ : 認識論的な不確かさに分類されるもの  
■ : 偶発的な不確かさに分類されるもの

・ 分岐断層の強震動励起特性に係る不確かさで用いるプレート間地震に伴う分岐断層の代表断層の選定及び震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）の設定については、第882回審査会合資料1-1 p.105～参照。

・ 黒字の丸数字はプレート間地震の強震動生成域のNo.を表す。  
・ - - - : 東海SMGA①と駿河湾SMGA②の境界を表す。  
・ 下線 ( ) は、一部修正箇所を示す。

# No.1,2コメント回答<1.2.2 各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の震源モデルの設定及び地震動評価結果> 基本震源モデルの設定（プレート間地震）

○ 基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）の設定方針及び震源断層パラメータは、基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）と同じとする。

## 【設定方針】

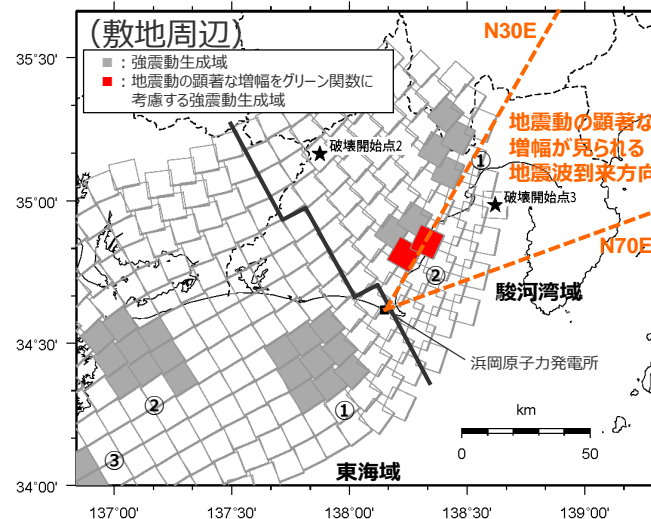
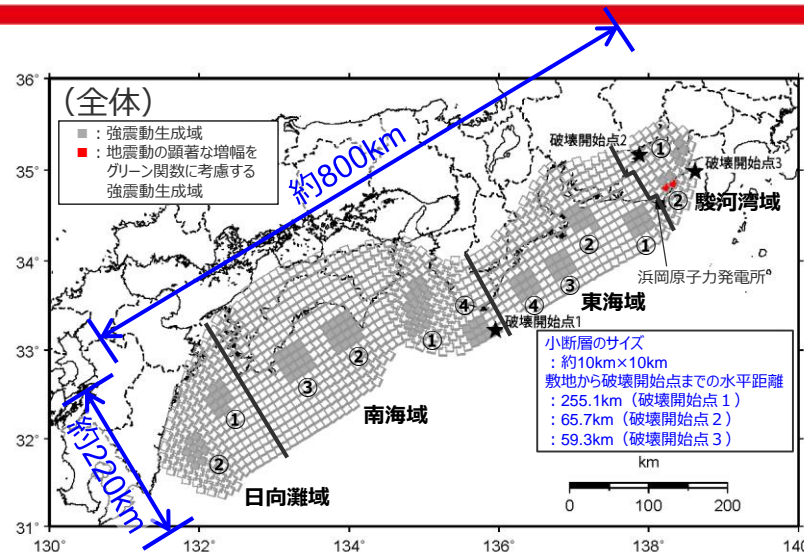
○ 内閣府(2012)により、南海トラフで想定される最大クラスの地震として設定された強震断層モデル（内閣府モデル（最大クラスの地震））※1に基づき、破壊開始点を追加※2して設定。

## 【震源断層パラメータ】

- 地震規模
  - ・内閣府(2012)に基づき、南海トラフで想定される最大クラスの地震としてMw9.0として設定。
- 断層位置・震源深さ・断層傾斜角（プレート境界面）
  - ・地下構造調査結果等に基づき設定された内閣府(2012)によるプレート境界面。
- 強震動生成域の数・位置
  - ・内閣府(2012)に基づき、過去の地震の震度分布との比較・検討により、強震動生成域の位置等の妥当性が検証された中央防災会議(2003b)による強震断層モデル（中央防災会議モデル（既往地震））に基づき設定。
- 強震動生成域の応力降下量
  - ・内閣府(2012)に基づき、34～46MPa程度として設定。
- 破壊伝播速度
  - ・内閣府(2012)に基づき、 $V_r=0.72V_s$ （ $V_s$ ：S波速度）として設定。
- 破壊開始点
  - ・破壊の伝播方向が敷地へ向かうよう複数設定。

※1：内閣府(2012)により南海トラフで想定される最大クラスの地震として設定された強震断層モデル（基本ケース）。

※2：内閣府(2012)により設定されている紀伊半島の南の破壊開始点（破壊開始点1）に加え、敷地の北西方向及び北東方向にそれぞれ破壊開始点2及び破壊開始点3を新たに設定。



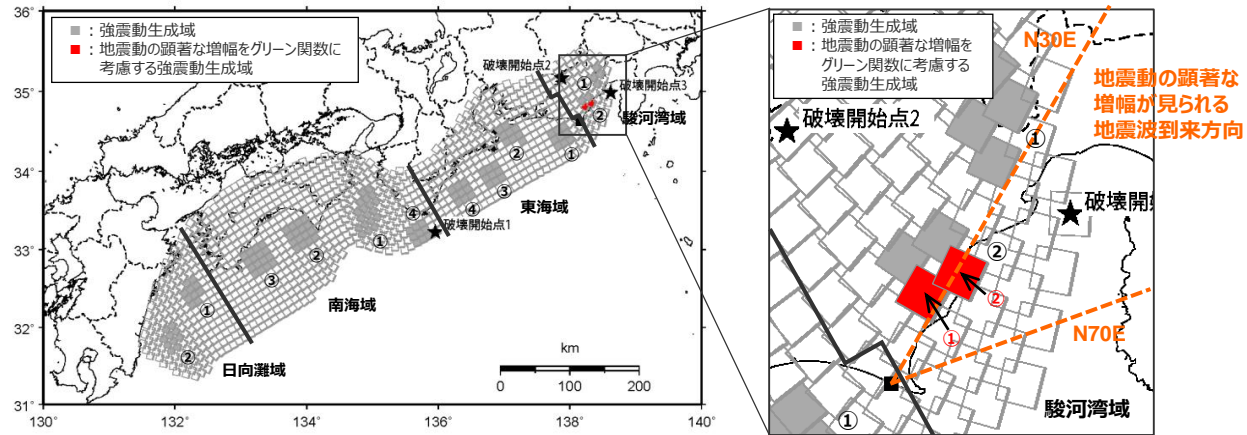
<基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）  
（南海トラフ最大クラス地震モデル（基本ケース））>

・震源断層パラメータの詳細は、第882回審査会合資料1-2 p.92,93参照。

# 基本震源モデルの設定（プレート間地震）

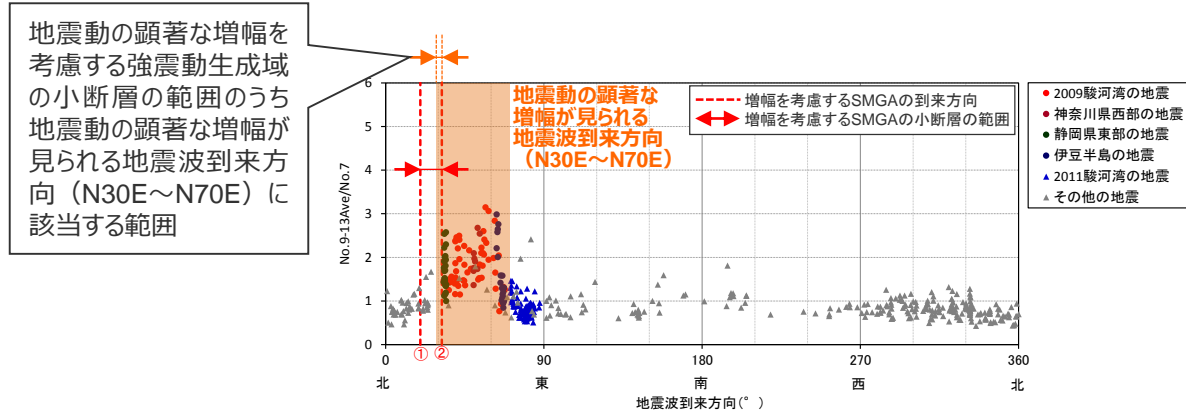
（地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域の小断層の範囲の設定）

○地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域の小断層（■で示す小断層）の範囲は、地震動の顕著な増幅が見られる地震波到来方向（N30E～N70E）より広く、保守的な設定となっている。



震源モデル図（全体）

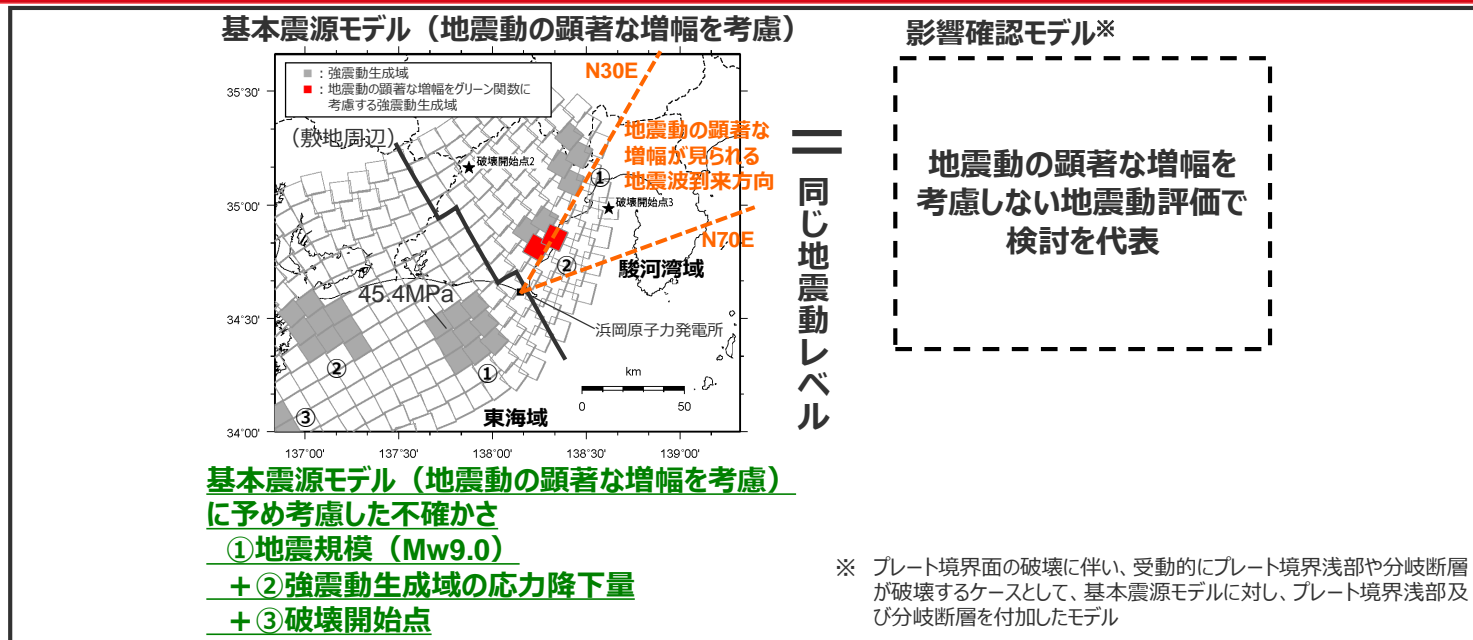
震源モデル図（SMGA拡大）



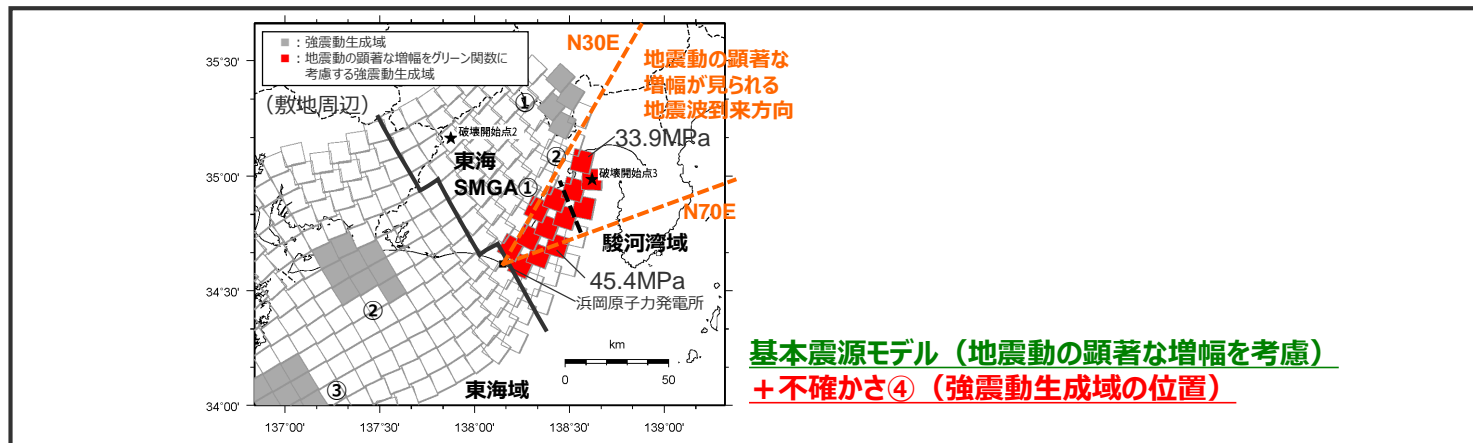
5号炉周辺観測点における各地震の地震波到来方向毎の振幅比（No.7基準）と強震動生成域の小断層の地震波到来方向との関係

・黒字の丸数字はプレート間地震の強震動生成域のNo.を表す。  
・赤字の丸数字は地震波到来方向を確認する強震動生成域の小断層のNo.を表す。

No.1,2コメント回答<1.2.2 各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の震源モデルの設定及び地震動評価結果>  
**不確かさを考慮した震源モデルの設定（プレート間地震）**  
 （震源モデル一覧①）



**強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）（不確かさの考慮におけるベースモデル）**



次ページに続く

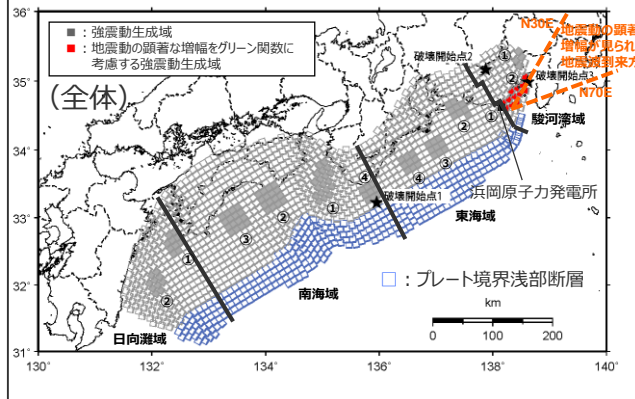
・黒字の丸数字はプレート間地震の強震動生成域のNo.を表す。  
 ・---: 東海SMGA①と駿河湾SMGA②の境界を表す。  
 ・下線 ( ) は、一部修正箇所を示す。



# No.1,2コメント回答<1.2.2 各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の震源モデルの設定及び地震動評価結果> 不確かさを考慮した震源モデルの設定（プレート間地震） （震源モデル一覧②）

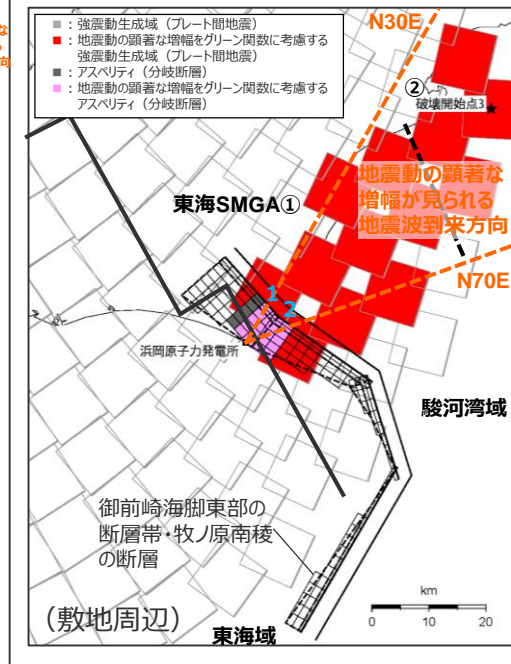
## 不確かさの組合せを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）

### 強震動生成域の位置と地震規模の不確かさの組合せの考慮



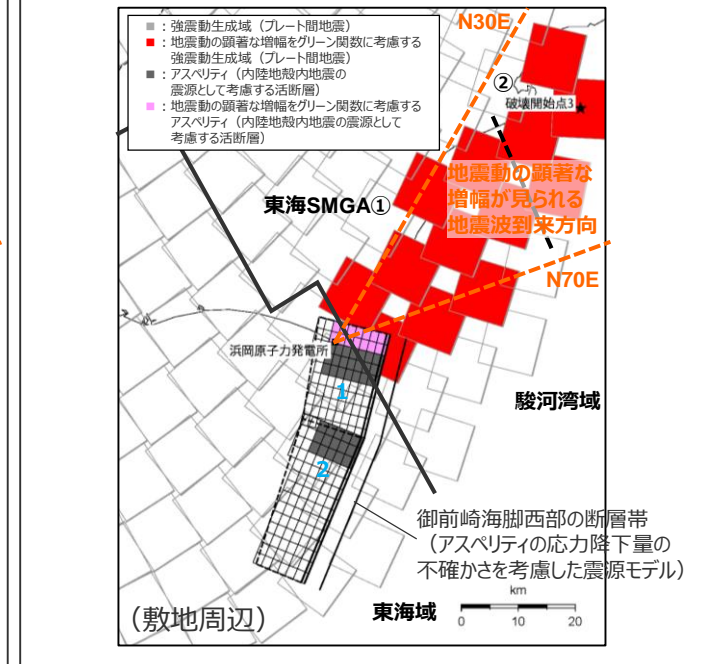
**基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）**  
 +不確かさ④（強震動生成域の位置）  
 +不確かさ⑤（地震規模（Mw9.1））

### 強震動生成域の位置と分岐断層の強震動励起特性に係る不確かさの組合せの考慮



**基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）**  
 +不確かさ④（強震動生成域の位置）  
 +不確かさ⑥  
 （分岐断層の強震動励起特性）※1

### 強震動生成域の位置と内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層への破壊伝播に係る不確かさの組合せの考慮



**基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）**  
 +不確かさ④（強震動生成域の位置）  
 +不確かさ⑦（内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層への破壊伝播）※2

※1 強震動予測レシビ(2017)を参考に強震動生成域（アスペリティ）を有するモデルとして、強震動励起特性が内陸地殻内地震と同程度になるよう震源モデルを設定する。

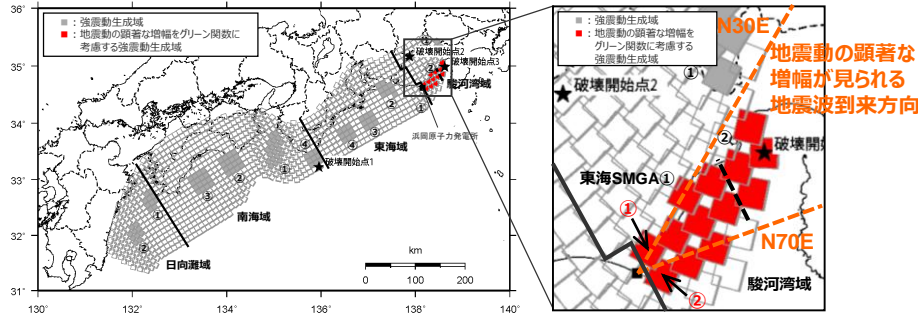
※2 内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層（御前崎海脚西部の断層帯）の震源モデル及び震源断層パラメータは、内陸地殻内地震の地震動評価において各不確かさを考慮していることを踏まえ、保守的な評価となるよう、不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）（御前崎海脚西部の断層帯による地震）を用いる。

・ 黒字の丸数字はプレート間地震の強震動生成域のNo.、水色字の数字は分岐断層又は内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層のアスペリティのNo.を表す。  
 ・ ---：東海SMGA①と駿河湾SMGA②の境界を表す。

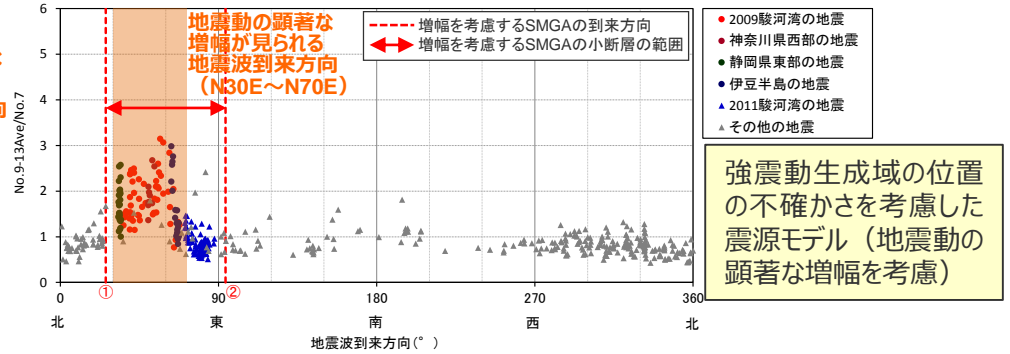
・ 各震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）の震源モデル図及び震源断層パラメータの詳細は、第882回審査会合資料1-2 p.97~参照。

No.1,2コメント回答 <1.2.2 各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の震源モデルの設定及び地震動評価結果>  
 不確かさ及び不確かさの組合せを考慮した震源モデルの設定（プレート間地震）  
 （地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域の小断層の範囲の設定）

○地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域の小断層（■で示す小断層）の範囲については、地震動の顕著な増幅が見られる地震波到来方向（N30E～N70E）より広く、保守的な設定となっている。

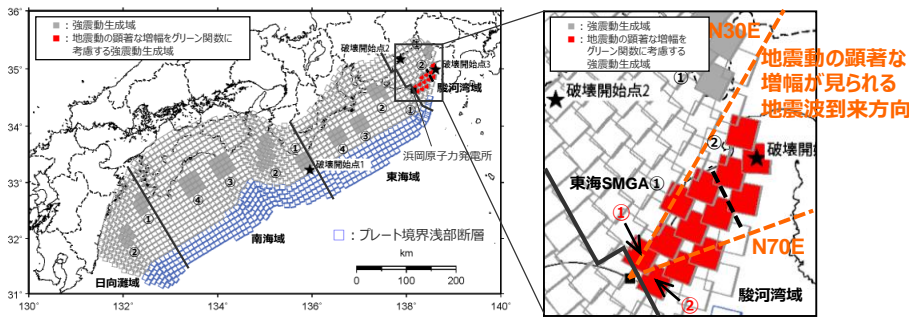


震源モデル図（全体） 震源モデル図（SMGA拡大）

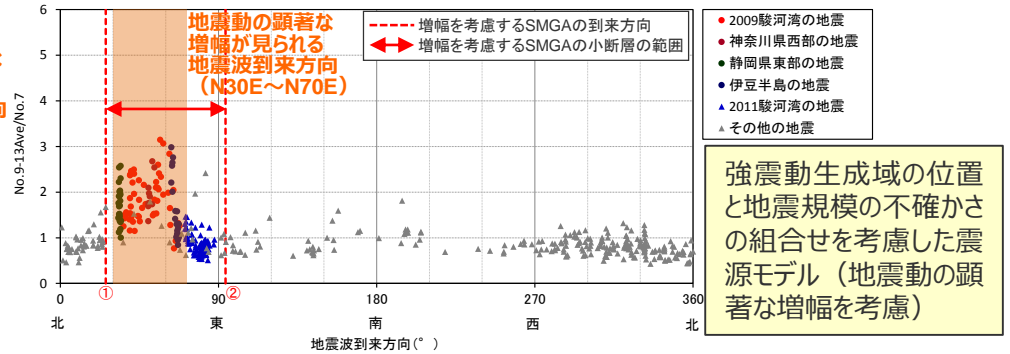


強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）

5号炉周辺観測点における各地震の地震波到来方向毎の振幅比（No.7基準）と強震動生成域の小断層の地震波到来方向との関係



震源モデル図（全体） 震源モデル図（SMGA拡大）

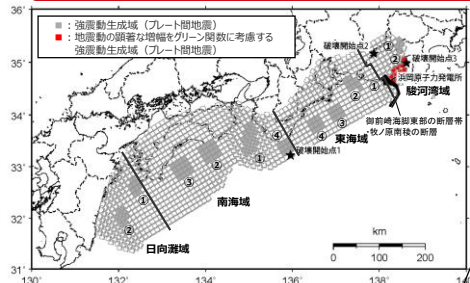


強震動生成域の位置と地震規模の不確かさの組合せを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）

5号炉周辺観測点における各地震の地震波到来方向毎の振幅比（No.7基準）と強震動生成域の小断層の地震波到来方向との関係

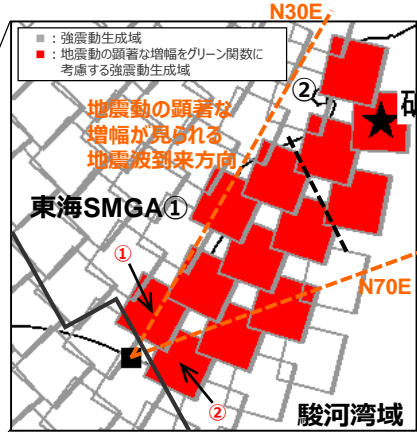
- ・黒字の丸数字はプレート間地震の強震動生成域のNo.を表す。
- ・赤字の丸数字は地震波到来方向を確認する強震動生成域の小断層のNo.を表す。
- ・-----：東海SMGA①と駿河湾SMGA②の境界を表す。

No.1,2コメント回答 <1.2.2 各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の震源モデルの設定及び地震動評価結果>  
 不確かさ及び不確かさの組合せを考慮した震源モデルの設定（プレート間地震）  
 （地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域の小断層の範囲の設定）

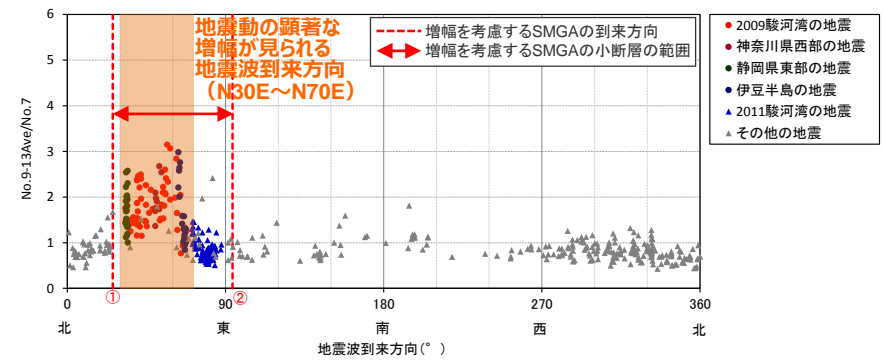


（全体）

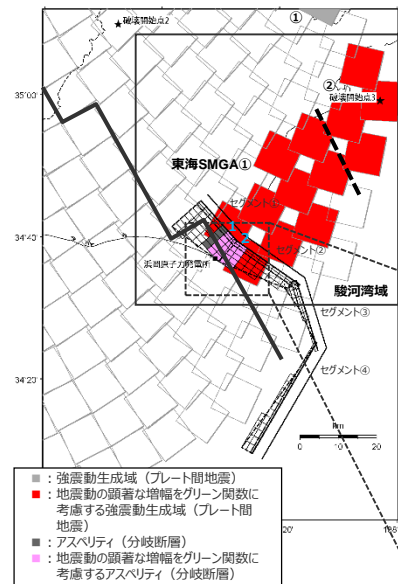
○地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域及びアスペリティの小断層（■で示す小断層）の範囲については、地震動の顕著な増幅が見られる地震波到来方向（N30E～N70E）より広く、保守的な設定となっている。



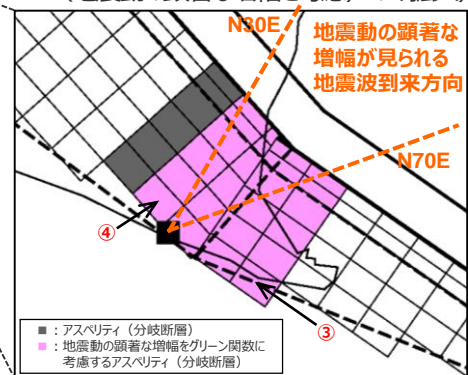
（プレート間地震の強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）のみ拡大）



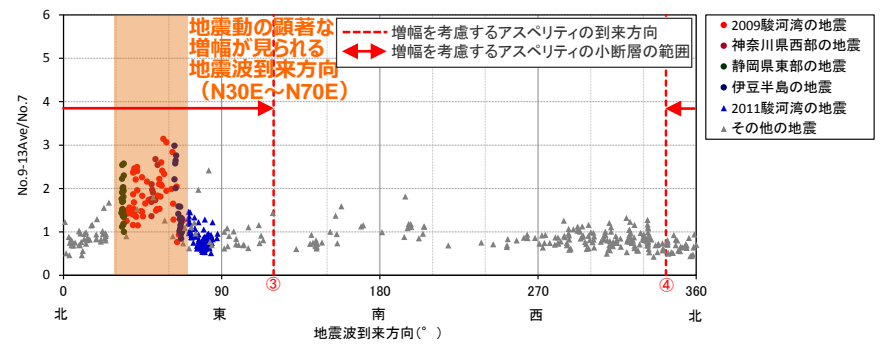
（プレート間地震の強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮））



（敷地周辺）



（御前崎海脚東部の断層帯・牧ノ原南稜の断層の震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）のみ拡大）



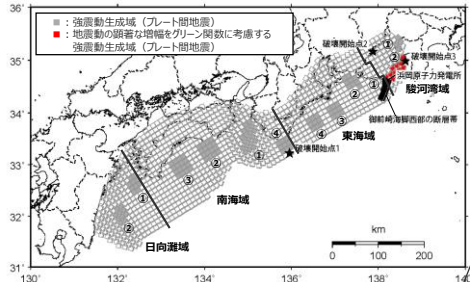
（御前崎海脚東部の断層帯・牧ノ原南稜の断層の震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮））

震源モデル図

5号戸周辺観測点における各地震の地震波到来方向毎の振幅比（No.7基準）と強震動生成域及びアスペリティの小断層の地震波到来方向との関係

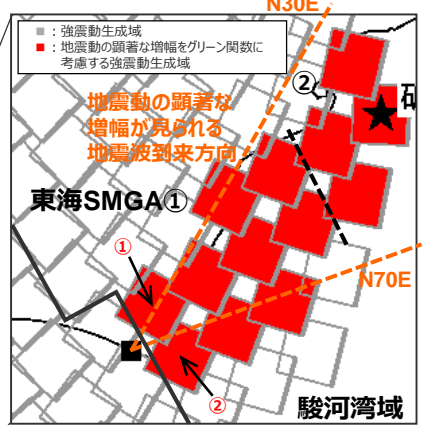
・黒字の丸数字はプレート間地震の強震動生成域のNo.、水色字の数字は分岐断層のアスペリティのNo.を表す。  
 ・赤字の丸数字は地震波到来方向を確認する強震動生成域（プレート間地震）又はアスペリティ（分岐断層）の小断層のNo.を表す。  
 ・-----: 東海SMGA①と駿河湾SMGA②の境界を表す。

No.1,2コメント回答 <1.2.2 各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の震源モデルの設定及び地震動評価結果>  
 不確かさ及び不確かさの組合せを考慮した震源モデルの設定（プレート間地震）  
 （地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域の小断層の範囲の設定）

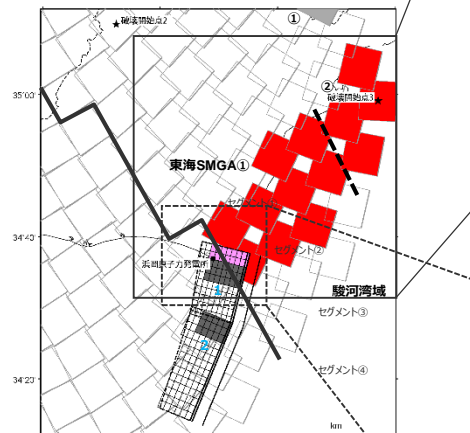


(全体)

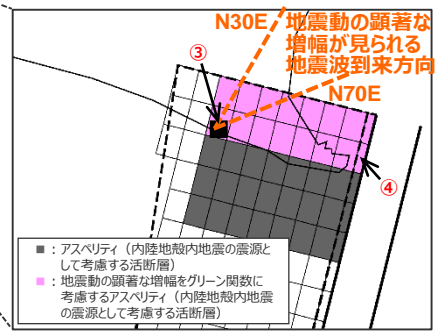
○地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域及びアスペリティの小断層（■で示す小断層）の範囲については、地震動の顕著な増幅が見られる地震波到来方向（N30E～N70E）より広く、保守的な設定となっている。



(プレート間地震の強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮)のみ拡大)

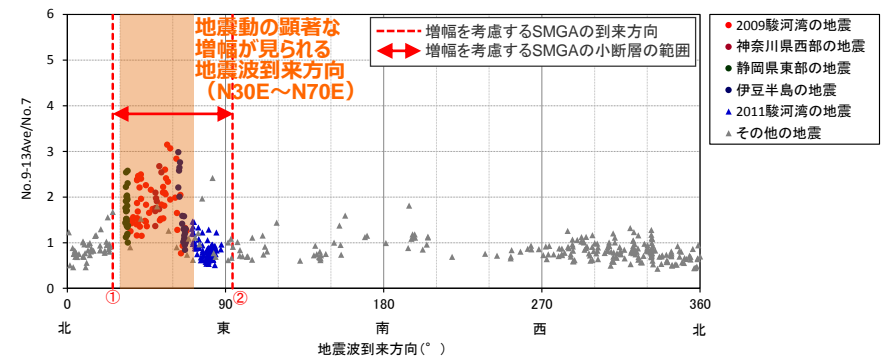


(敷地周辺)

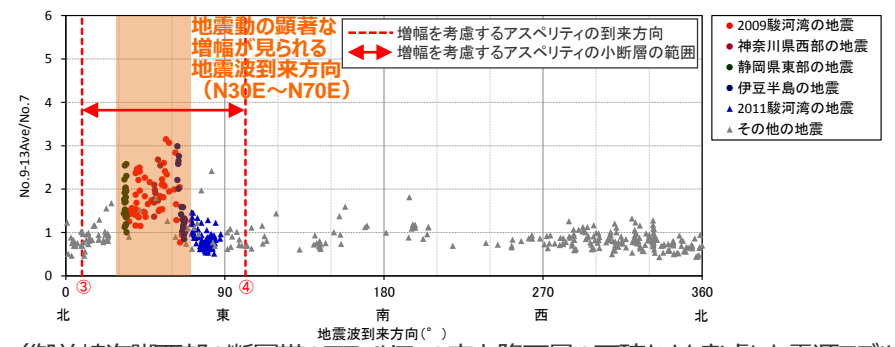


(御前崎海脚西部の断層帯のアスペリティの応力降下量の不確かさを考慮した震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮)のみ拡大)

震源モデル図



(プレート間地震の強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮))

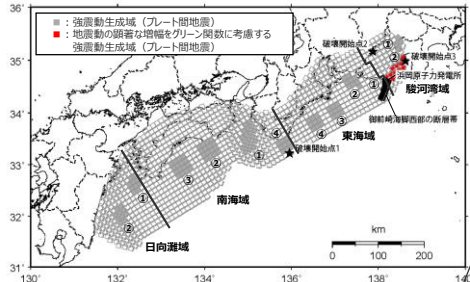


(御前崎海脚西部の断層帯のアスペリティの応力降下量の不確かさを考慮した震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮))

5号炉周辺観測点における各地震の地震波到来方向毎の振幅比 (No.7基準) と強震動生成域及びアスペリティの小断層の地震波到来方向との関係

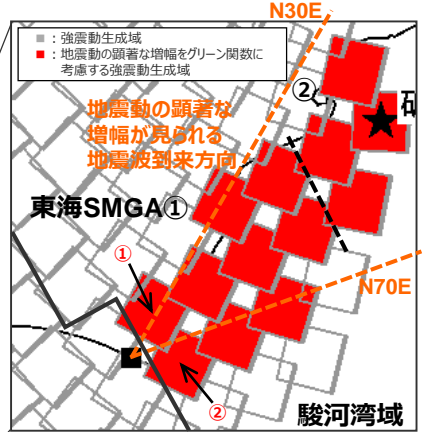
・黒字の丸数字はプレート間地震の強震動生成域のNo.、水色の数字は内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層のアスペリティのNo.を表す。  
 ・赤字の丸数字は地震波到来方向を確認する強震動生成域（プレート間地震）又はアスペリティ（内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層）の小断層のNo.を表す。  
 ・-----：東海SMGA①と駿河湾SMGA②の境界を表す。

No.1,2コメント回答 <1.2.2 各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の震源モデルの設定及び地震動評価結果>  
 不確かさ及び不確かさの組合せを考慮した震源モデルの設定（プレート間地震）  
 （地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域の小断層の範囲の設定）

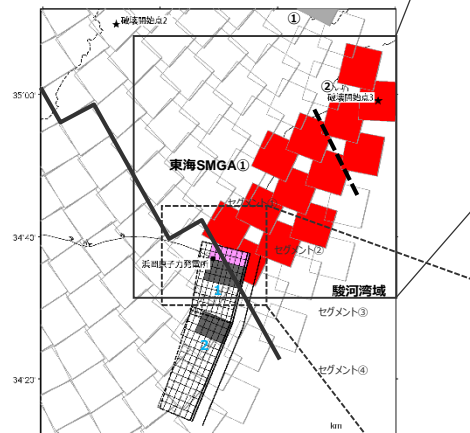


(全体)

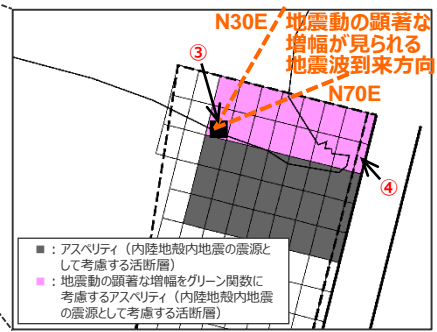
○地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域及びアスペリティの小断層（■で示す小断層）の範囲については、地震動の顕著な増幅が見られる地震波到来方向（N30E～N70E）より広く、保守的な設定となっている。



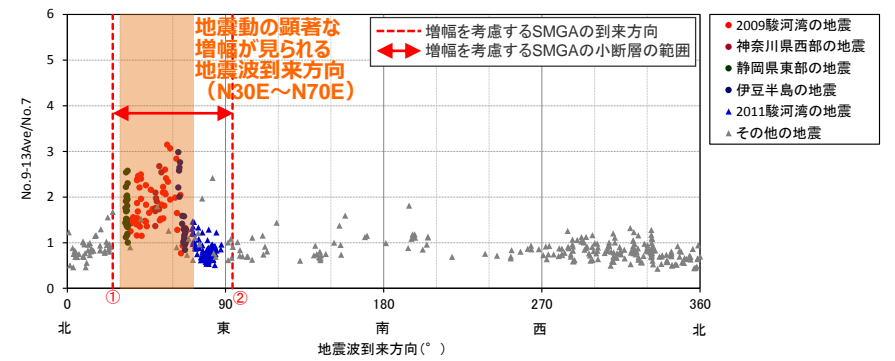
(プレート間地震の強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮)のみ拡大)



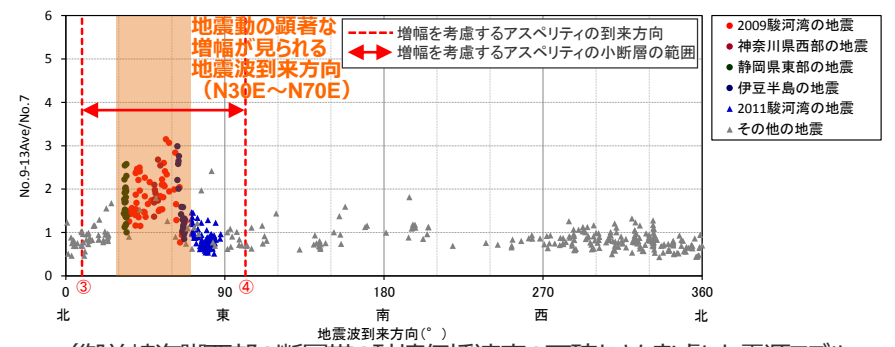
(敷地周辺)



(御前崎海脚西部の断層帯の破壊伝播速度の不確かさを考慮した震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮)のみ拡大)  
 震源モデル図



(プレート間地震の強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮))

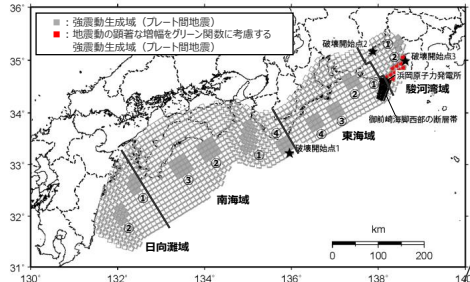


(御前崎海脚西部の断層帯の破壊伝播速度の不確かさを考慮した震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮))

5号炉周辺観測点における各地震の地震波到来方向毎の振幅比 (No.7基準) と強震動生成域及びアスペリティの小断層の地震波到来方向との関係

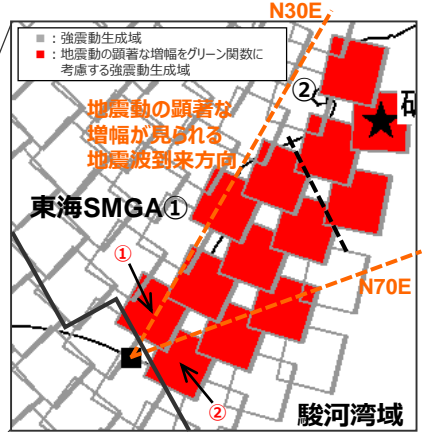
・黒字の丸数字はプレート間地震の強震動生成域のNo.、水色の数字は内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層のアスペリティのNo.を表す。  
 ・赤字の丸数字は地震波到来方向を確認する強震動生成域（プレート間地震）又はアスペリティ（内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層）の小断層のNo.を表す。  
 ・-----：東海SMGA①と駿河湾SMGA②の境界を表す。

No.1,2コメント回答 <1.2.2 各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の震源モデルの設定及び地震動評価結果>  
 不確かさ及び不確かさの組合せを考慮した震源モデルの設定（プレート間地震）  
 （地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域の小断層の範囲の設定）

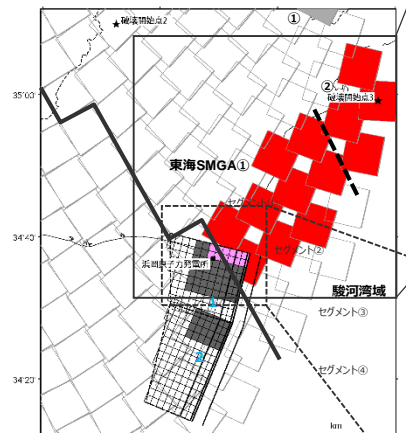


(全体)

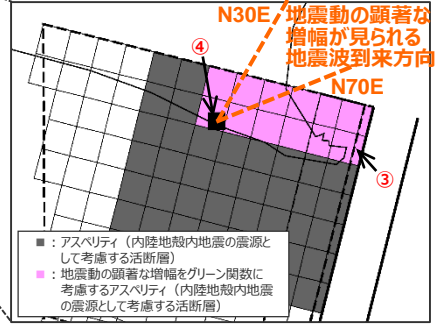
○地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域及びアスペリティの小断層（■で示す小断層）の範囲については、地震動の顕著な増幅が見られる地震波到来方向（N30E～N70E）より広く、保守的な設定となっている。



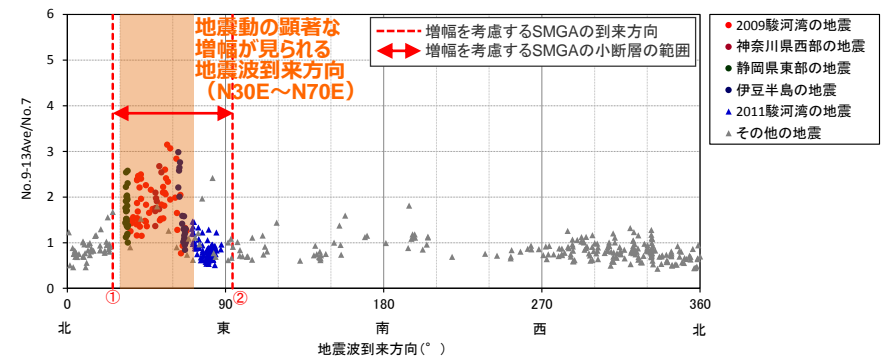
（プレート間地震の強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）のみ拡大）



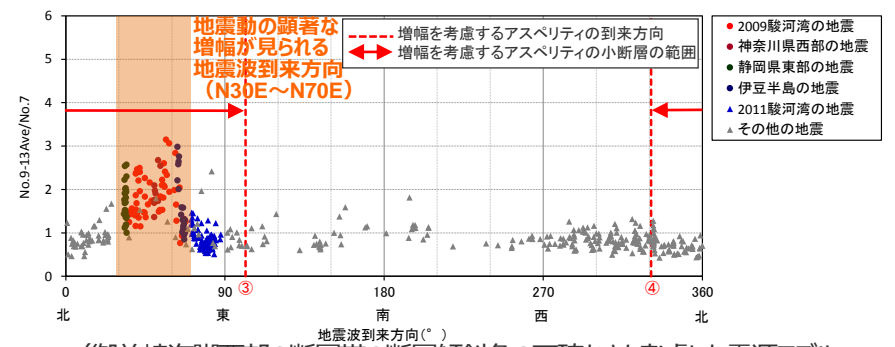
(敷地周辺)



（御前崎海嶺西部の断層帯の断層傾斜角の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）のみ拡大）  
 震源モデル図



（プレート間地震の強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮））

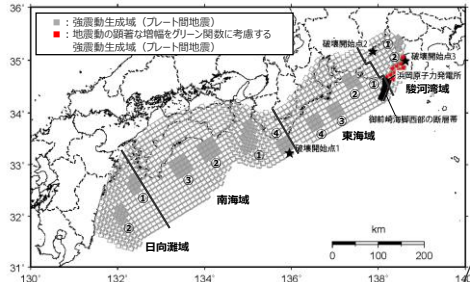


（御前崎海嶺西部の断層帯の断層傾斜角の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮））

5号炉周辺観測点における各地震の地震波到来方向毎の振幅比（No.7基準）と強震動生成域及びアスペリティの小断層の地震波到来方向との関係

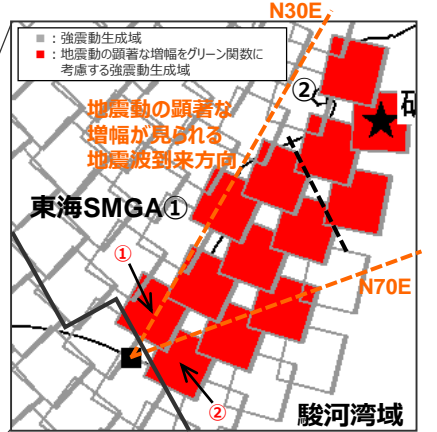
・黒字の丸数字はプレート間地震の強震動生成域のNo.、水色の数字は内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層のアスペリティのNo.を表す。  
 ・赤字の丸数字は地震波到来方向を確認する強震動生成域（プレート間地震）又はアスペリティ（内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層）の小断層のNo.を表す。  
 ・-----：東海SMGA①と駿河湾SMGA②の境界を表す。

# No.1,2コメント回答 <1.2.2 各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の震源モデルの設定及び地震動評価結果> 不確かさ及び不確かさの組合せを考慮した震源モデルの設定（プレート間地震） （地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域の小断層の範囲の設定）

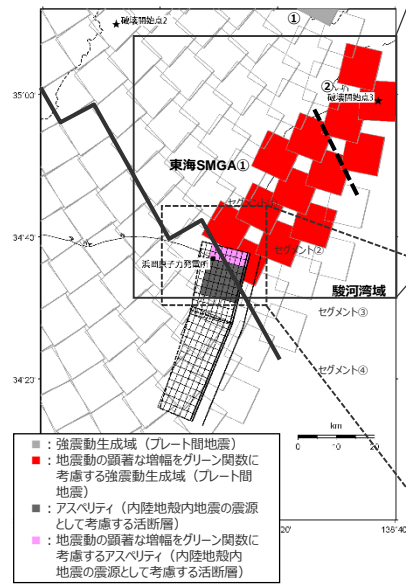


(全体)

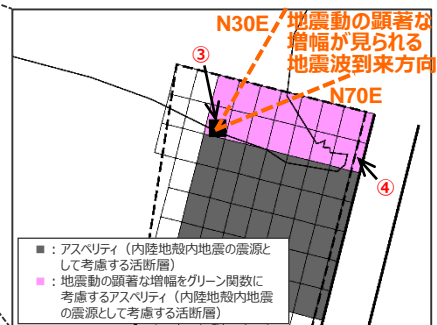
○地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域及びアスペリティの小断層（■で示す小断層）の範囲については、地震動の顕著な増幅が見られる地震波到来方向（N30E～N70E）より広く、保守的な設定となっている。



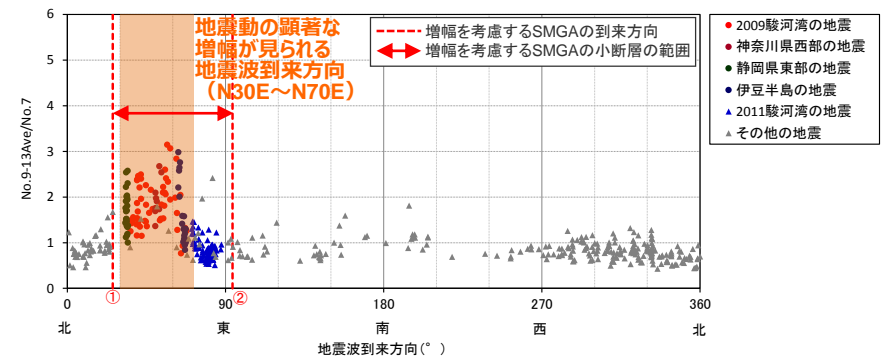
(プレート間地震の強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮)のみ拡大)



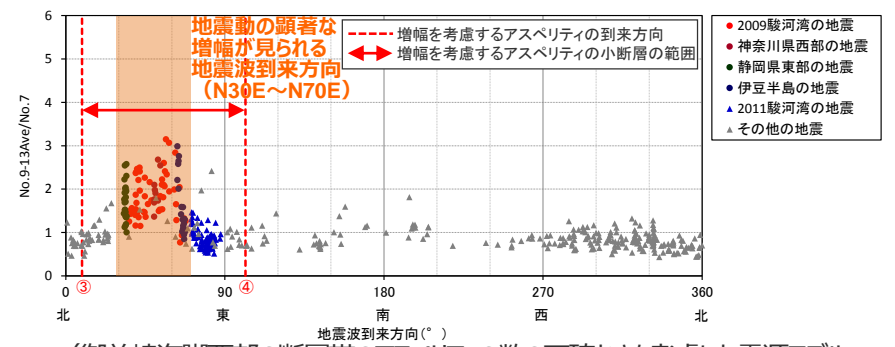
(敷地周辺)



(御前崎海脚西部の断層帯のアスペリティの数の不確かさを考慮した震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮)のみ拡大)  
震源モデル図



(プレート間地震の強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮))



(御前崎海脚西部の断層帯のアスペリティの数の不確かさを考慮した震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮))

5号戸周辺観測点における各地震の地震波到来方向毎の振幅比 (No.7基準) と強震動生成域及びアスペリティの小断層の地震波到来方向との関係

・黒字の丸数字はプレート間地震の強震動生成域のNo.を表す。  
・赤字の丸数字は地震波到来方向を確認する強震動生成域（プレート間地震）又はアスペリティ（内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層）の小断層のNo.を表す。  
・-----: 東海SMGA①と駿河湾SMGA②の境界を表す。

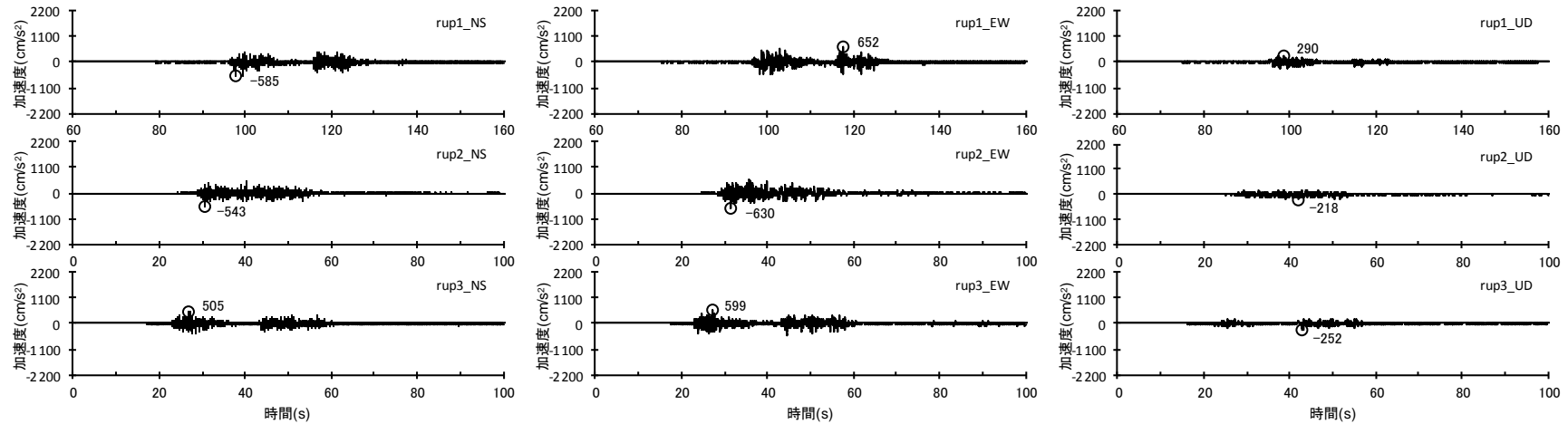
---

余白

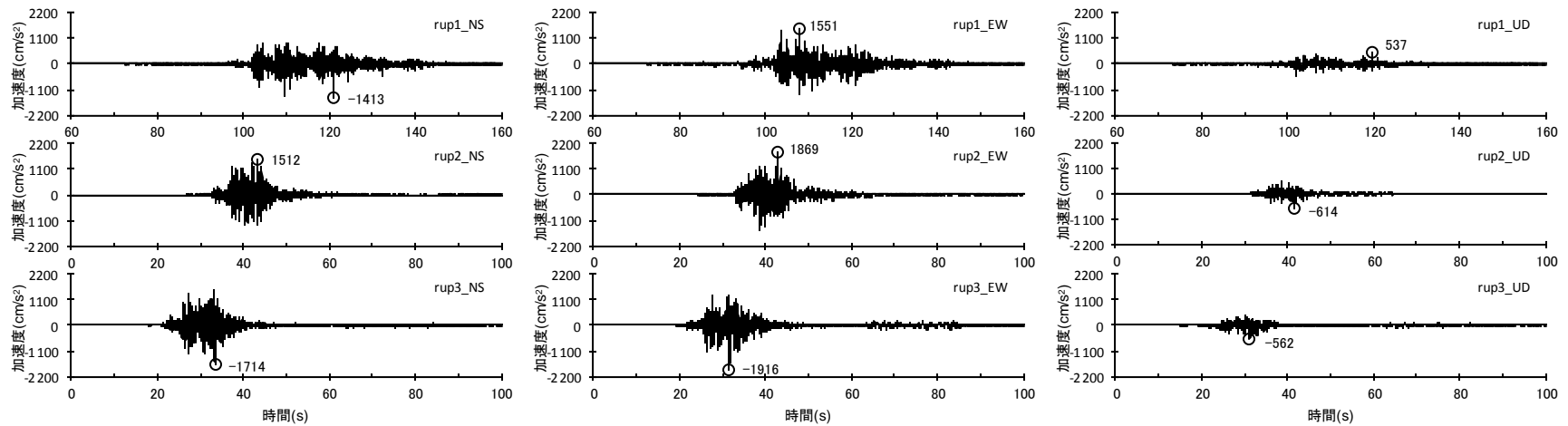


# 断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（プレート間地震）

（加速度時刻歴波形）



（基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮））

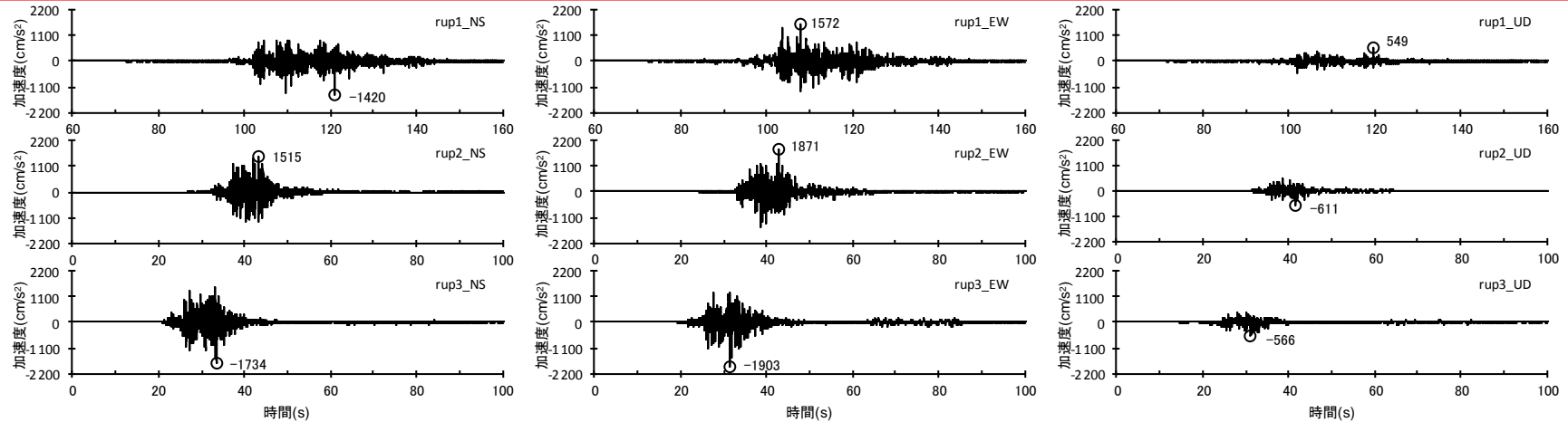


（強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮））

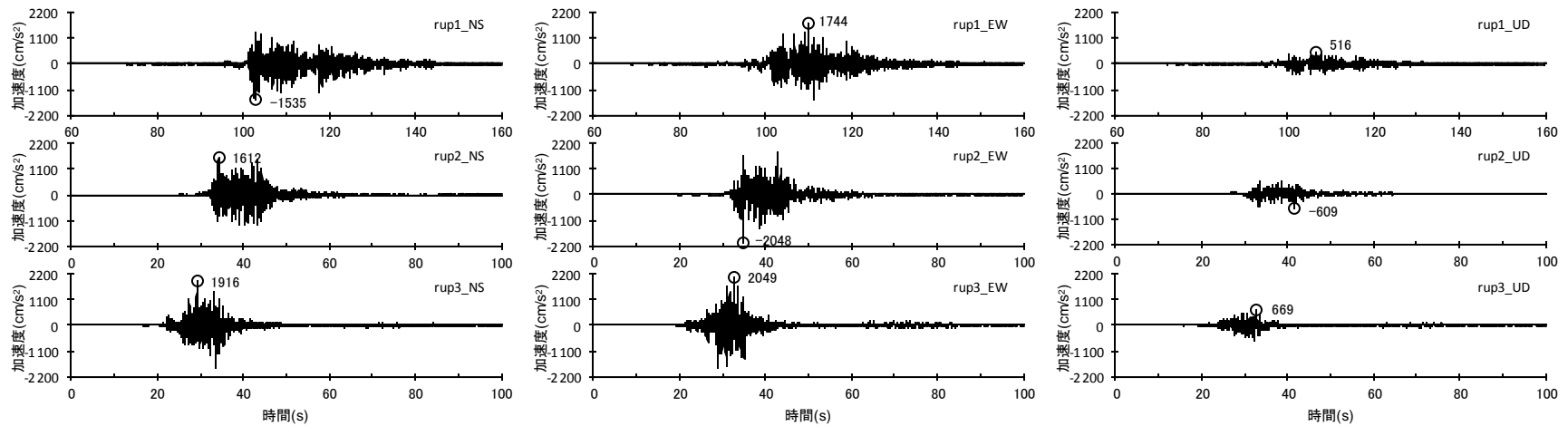
<断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（加速度時刻歴波形）>

・速度時刻歴波形は、第882回審査会資料1-2 p.147,149参照。

（加速度時刻歴波形）



（強震動生成域の位置と地震規模の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮））

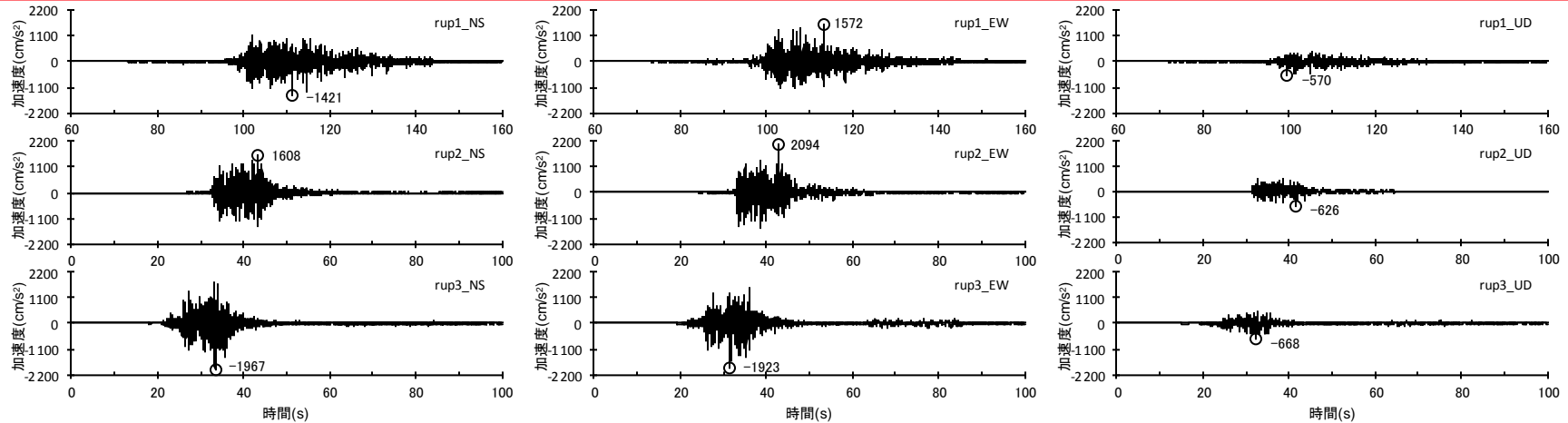


（強震動生成域の位置と分岐断層の強震動励起特性に係る不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮））

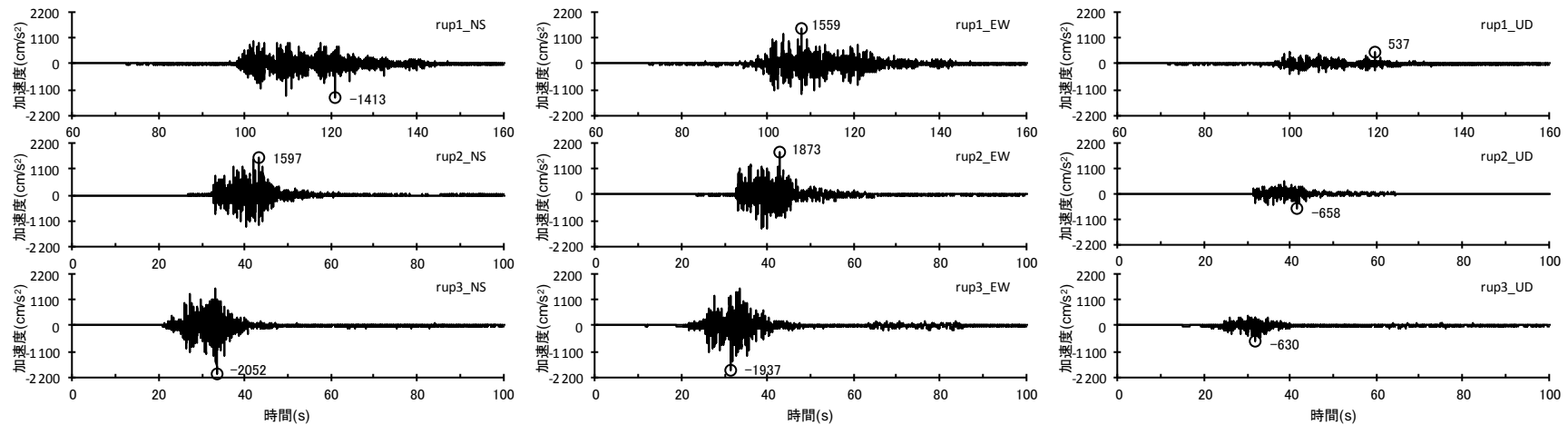
<断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（加速度時刻歴波形）>

・速度時刻歴波形は、第882回審査会資料1-2 p.151,153参照。

（加速度時刻歴波形）



（強震動生成域の位置と内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層（御前崎海脚西部の断層帯（アスペリティの応力降下量の不確かさを考慮した震源モデル））への破壊伝播に係る不確かさの組合せを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮））

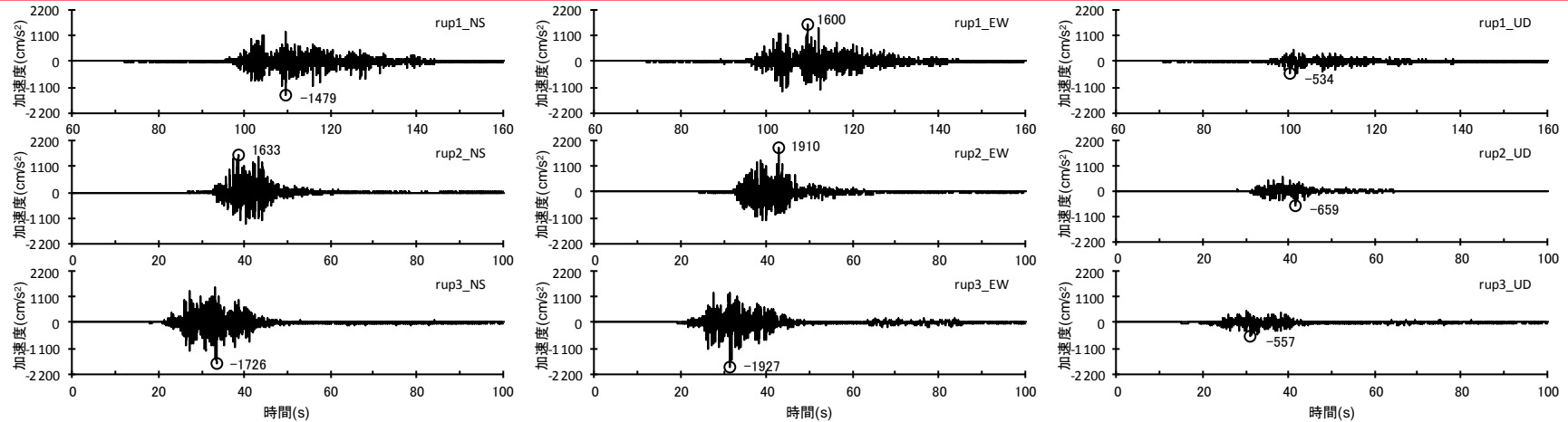


（強震動生成域の位置と内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層（御前崎海脚西部の断層帯（破壊伝播速度の不確かさを考慮した震源モデル））への破壊伝播に係る不確かさの組合せを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮））

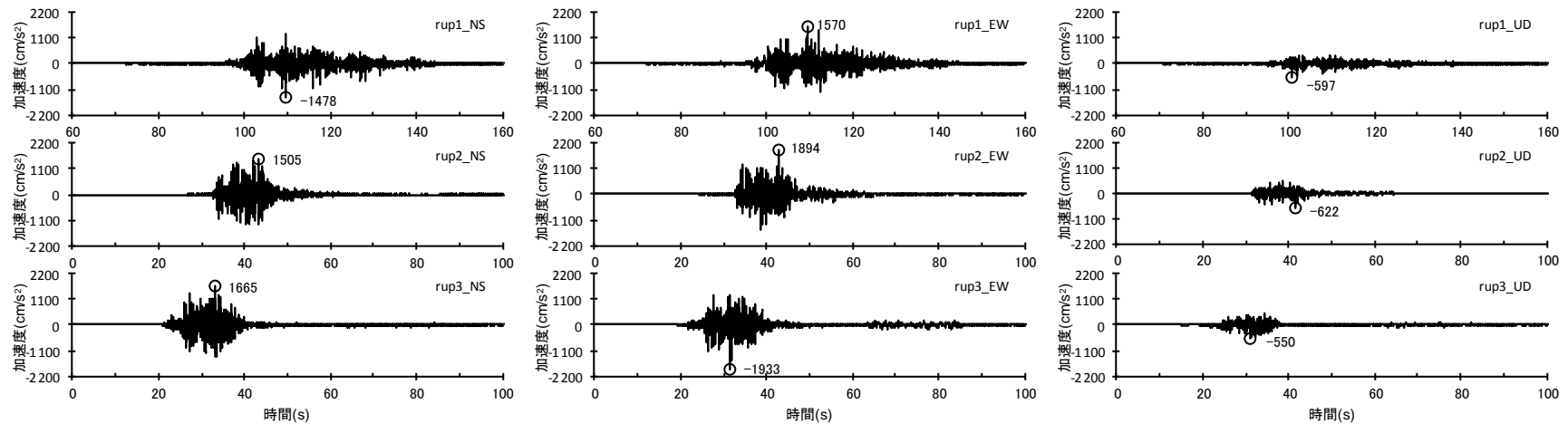
<断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（加速度時刻歴波形）>

・速度時刻歴波形は、第882回審査会資料1-2 p.155,157参照。

（加速度時刻歴波形）



（強震動生成域の位置と内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層（御前崎海脚西部の断層帯（断層傾斜角の不確かさを考慮した震源モデル））への破壊伝播に係る不確かさの組合せを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮））



（強震動生成域の位置と内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層（御前崎海脚西部の断層帯（アスペリティの数の不確かさを考慮した震源モデル））への破壊伝播に係る不確かさの組合せを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮））

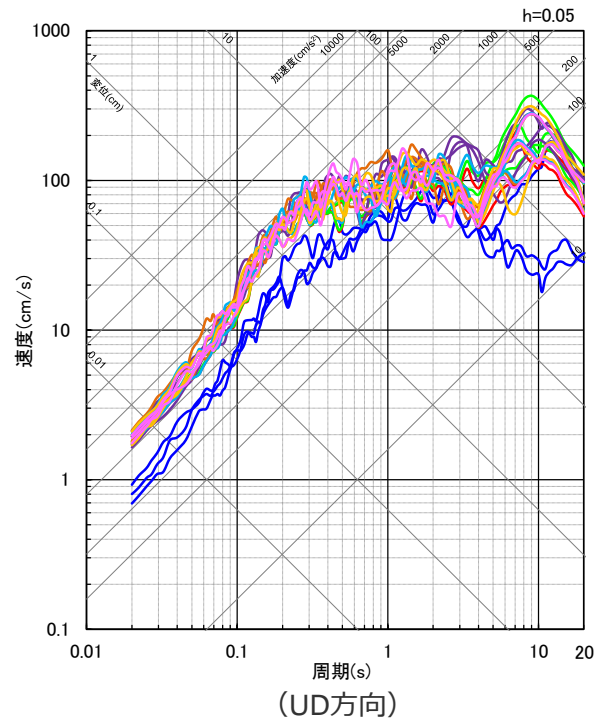
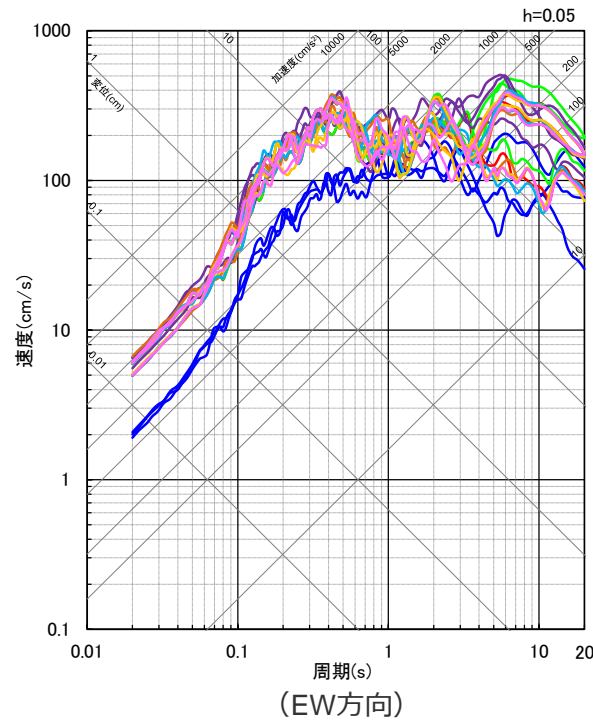
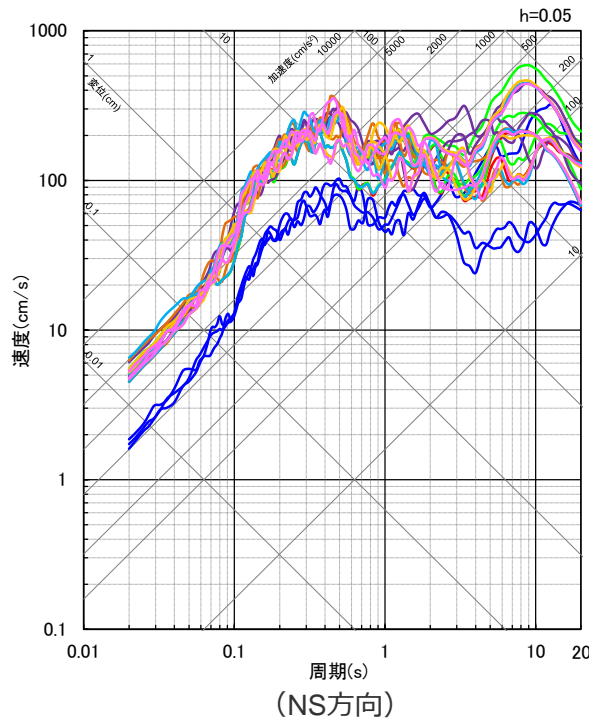
<断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（加速度時刻歴波形）>

・速度時刻歴波形は、第882回審査会資料1-2 p.159,161参照。

# 断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（プレート間地震）

（応答スペクトル（全ての震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）））

- 基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）
- 強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）
- 強震動生成域の位置と地震規模の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）
- 強震動生成域の位置と分岐断層の強震動励起特性に係るの不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）
- 強震動生成域の位置と内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層（御前崎海脚西部の断層帯（アスペリティの応力降下量の不確かさを考慮した震源モデル）への破壊伝播に係るの不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）
- 強震動生成域の位置と内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層（御前崎海脚西部の断層帯（破壊伝播速度の不確かさを考慮した震源モデル）への破壊伝播に係るの不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）
- 強震動生成域の位置と内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層（御前崎海脚西部の断層帯（断層傾斜角の不確かさを考慮した震源モデル）への破壊伝播に係るの不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）
- 強震動生成域の位置と内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層（御前崎海脚西部の断層帯（アスペリティの数の不確かさを考慮した震源モデル）への破壊伝播に係るの不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）



<断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（応答スペクトル）>  
（全ての震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）（プレート間地震））

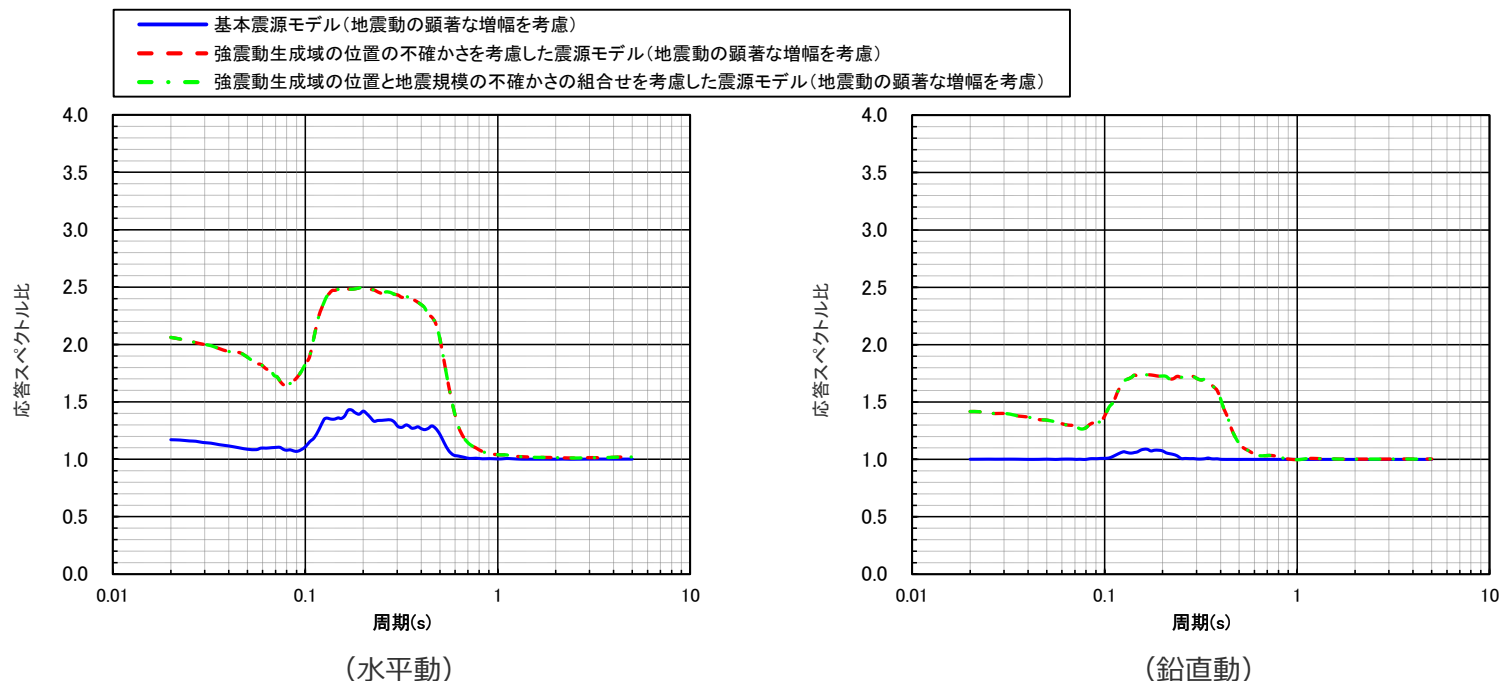
・各震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）の応答スペクトルは、第882回審査会合資料1-2 p.148,150,152,154,156,158,160,162参照。

# 応答スペクトルに基づく地震動評価（プレート間地震）

（応答スペクトルに基づく地震動評価における地震動の顕著な増幅の反映）

増幅係数（応答スペクトル比）を算出

$$\frac{\text{地震動の顕著な増幅を考慮する場合の平均応答スペクトル（各破壊開始点の平均）※}}{\text{地震動の顕著な増幅を考慮しない場合の平均応答スペクトル（各破壊開始点の平均）※}}$$



<地震動の顕著な増幅の反映のために用いる増幅係数（応答スペクトル比）（プレート間地震）>

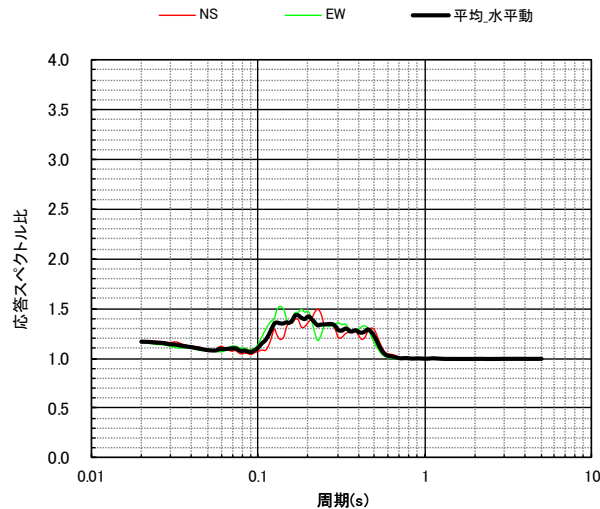
・各震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）の増幅係数（応答スペクトル比）算出の詳細は、第882回審査会合資料1-2 p.125~参照。

※ 水平動はNS方向とEW方向の平均。

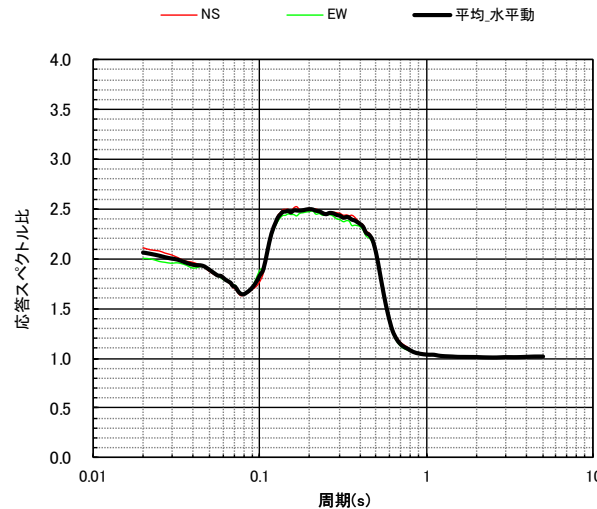
## 応答スペクトルに基づく地震動評価（プレート間地震）

（応答スペクトルに基づく地震動評価における地震動の顕著な増幅の反映）

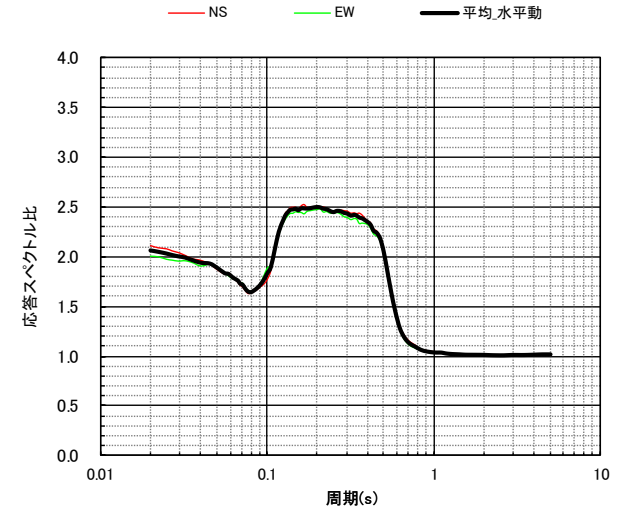
- プレート間地震の基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）、強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）、強震動生成域の位置と地震規模の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）について、NS方向とEW方向の増幅係数（応答スペクトル比）は同程度となっている。



（基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮））



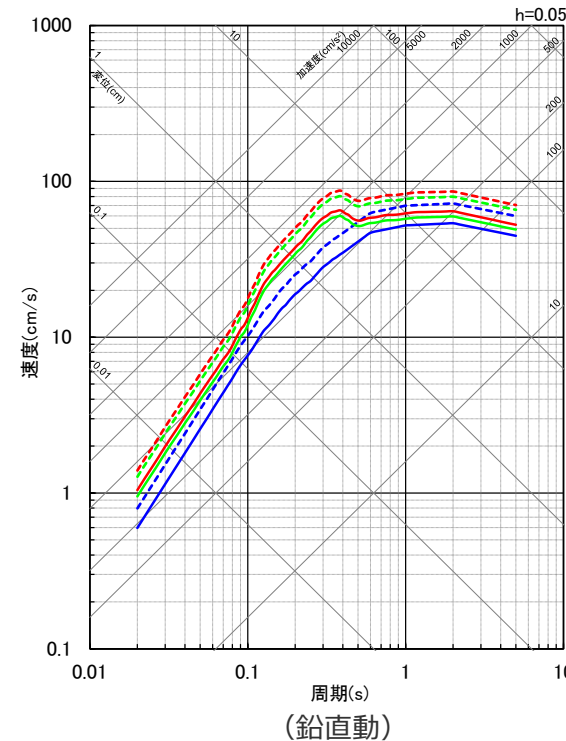
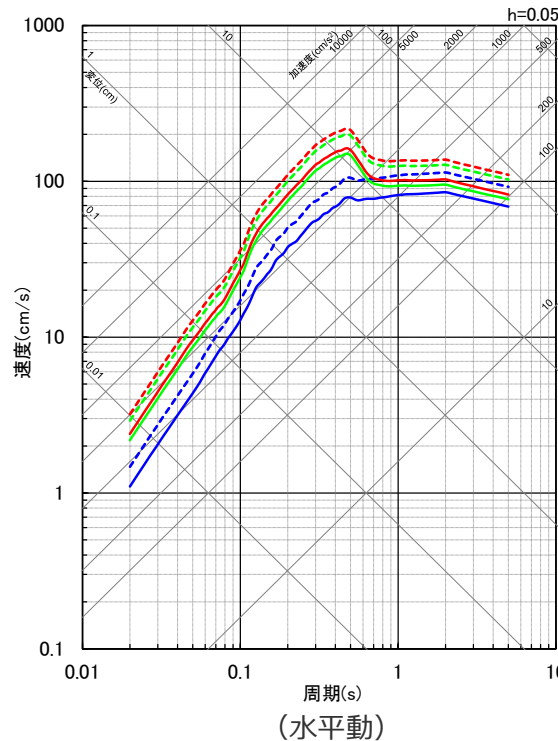
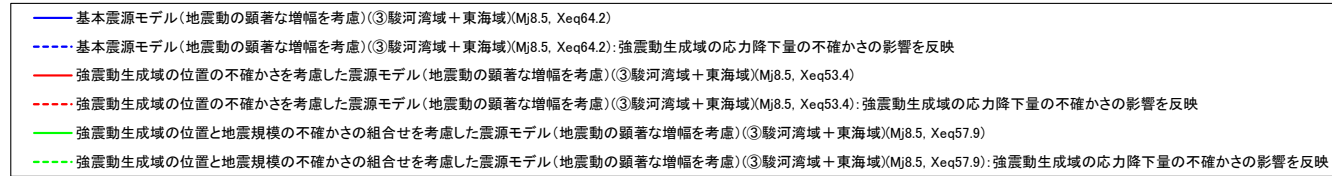
（強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮））



（強震動生成域の位置と地震規模の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮））

<NS方向、EW方向と水平方向の増幅係数（応答スペクトル比）の比較（プレート間地震）>

No.1,2コメント回答<1.2.2 各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の震源モデルの設定及び地震動評価結果>  
 応答スペクトルに基づく地震動評価結果（プレート間地震）  
 （全ての震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮））



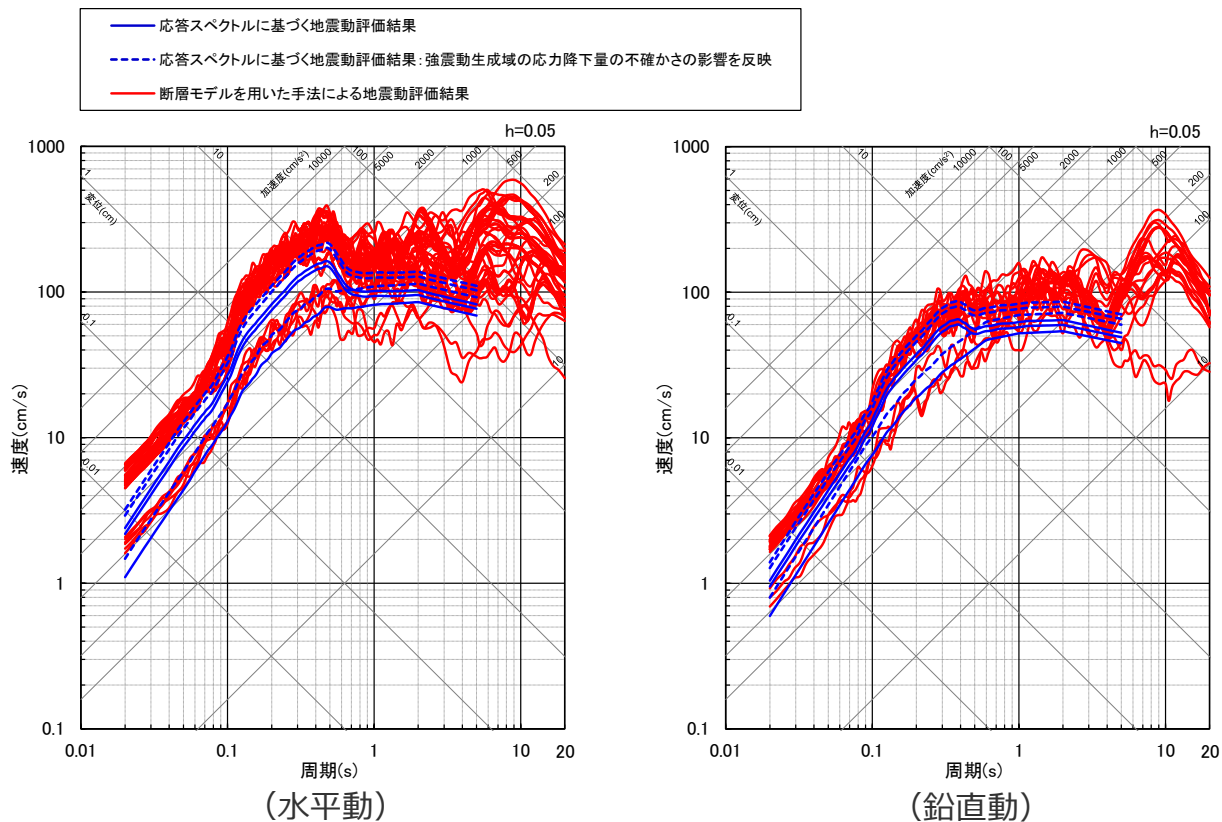
・各震源モデルの地震動評価結果として採用した（地震動レベルが最も大きい）領域区分「③駿河湾域+東海域」。

- ・破壊開始点の不確かさ、強震動生成域の位置と分岐断層の強震動励起特性に係る不確かさの組合せ、強震動生成域の位置と内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層への破壊伝播に係る不確かさの組合せは、断層モデルを用いた手法による地震動評価を重視する。
- ・Xeqは、等価震源距離（km）を表す。
- ・各震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価結果は、第882回審査会合資料1-2 p.129~参照。

<応答スペクトル（Noda et al.(2002)）に基づく地震動評価結果（プレート間地震）>



No.1,2コメント回答<1.2.2 各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の震源モデルの設定及び地震動評価結果>  
 応答スペクトルに基づく地震動評価結果と断層モデルを用いた手法による地震動評価結果との比較  
 （プレート間地震）（応答スペクトル（全ての震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）））



<応答スペクトルに基づく地震動評価結果と断層モデルを用いた手法による地震動評価結果との比較（応答スペクトル）>  
 （全ての震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）（プレート間地震））

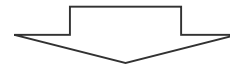
---

余白

No.1,2コメント回答<1.2.2 各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の震源モデルの設定及び地震動評価結果>  
**地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価の方針（海洋プレート内地震）**  
 （検討用地震の選定及び震源モデルの設定）

**検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）**

- 検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮しない）とした「敷地下方の想定スラブ内地震」の震源断層を地震動の顕著な増幅が見られる地震波到来方向（N30E～N70E）に移動させて、検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）としても選定。



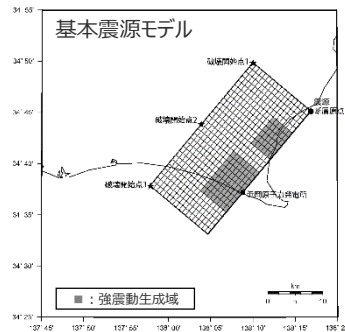
**基本震源モデル及び不確かさを考慮した震源モデル  
 （地震動の顕著な増幅を考慮しない）**

**【断層位置】**

- 敷地下方に設定。

**【強震動生成域の位置】**

- 震源断層の上端に設定。



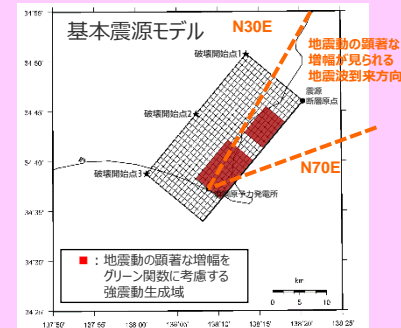
偶発的な不確かさに分類

「地震動の顕著な増幅が見られる地震波到来方向（N30E～N70E）」を踏まえてより保守的な評価となるよう位置を設定

**基本震源モデル及び不確かさを考慮した震源モデル  
 （地震動の顕著な増幅を考慮）**

**【断層位置及び強震動生成域の位置】**

- 敷地近傍を含めて地震動の顕著な増幅が見られる地震波到来方向（N30E～N70E）にかけて強震動生成域が位置するよう、断層位置を移動させて設定。



: 認識論的な不確かさに分類されるもの     : 偶発的な不確かさに分類されるもの

# No.1,2コメント回答<1.2.2 各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の震源モデルの設定及び地震動評価結果> 基本震源モデルの設定（海洋プレート内地震）

- 基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）の設定方針及び震源断層パラメータは、基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）と同じとする。

## 【設定方針】

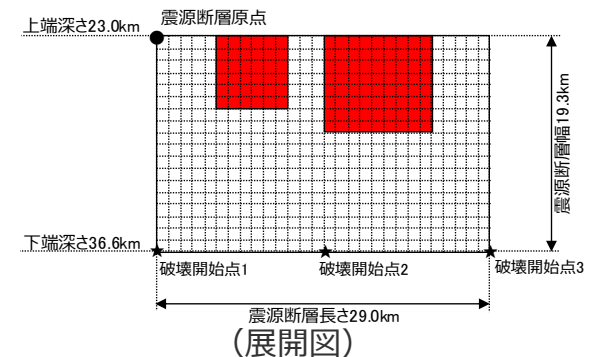
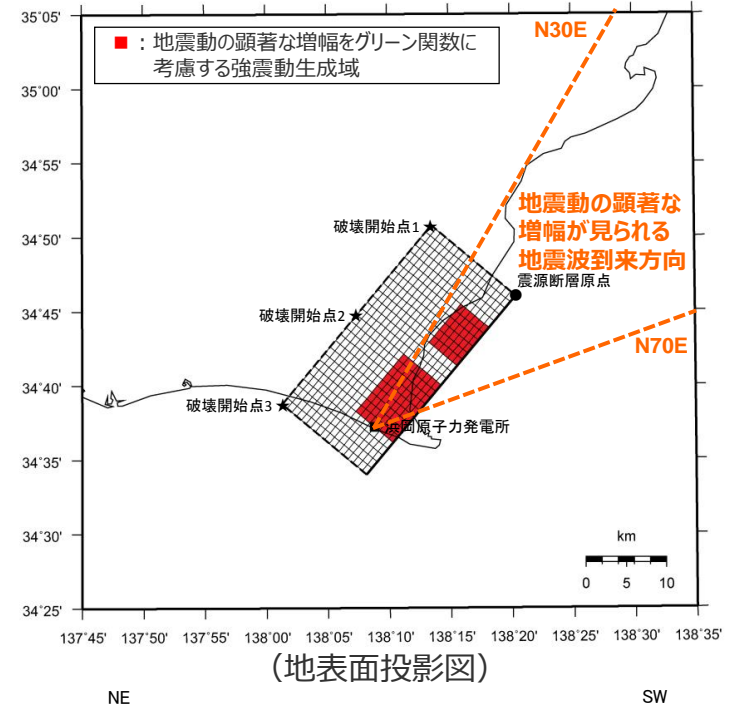
- 「敷地下方の想定スラブ内地震」の基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）の設定には、地震モーメントのスケールを考慮して、2009年駿河湾の地震（敷地への影響が最も大きかった最大規模の地震）の震源特性を反映する。

## 【震源断層パラメータ】

- 地震規模
  - ・地震規模は、フィリピン海プレートで発生した沈み込んだ海洋プレート内地震の最大規模等※1を踏まえて、M7.0として設定。
- 断層位置
  - ・断層位置は、安全評価上、敷地下方に想定。
- 震源深さ
  - ・2009年駿河湾の地震の知見に基づき23kmとして設定。
- 震源断層面積
  - ・地震モーメントから震源断層面積を算定。
- 傾斜角
  - ・2009年駿河湾の地震の知見に基づき45°の逆断層として設定。
- 強震動生成域の数・位置
  - ・2009年駿河湾の地震の知見に基づき、強震動生成域の数は2つ※2（面積比は2009年駿河湾の地震の知見に基づき2：1）とし、面積が大きい方の強震動生成域を敷地直下で震源断層の上端に設定。
- 破壊開始点
  - ・破壊の伝播方向が敷地へ向かうよう複数設定。

※1: 地震規模については、フィリピン海プレート（領域1：南海トラフ沿い）で発生した沈み込んだ海洋プレート内地震の最大規模、当該プレートと特徴が類似した海洋プレートで発生した地震の最大規模や地震発生層の地域性を考慮した地震規模の想定を踏まえて、M7.0を用いる。

※2: 強震動生成域の数について、2009年駿河湾の地震（M6.5）の他、2001年芸予地震（M6.7）、2003年宮城県沖の地震（M7.1）、2011年宮城県沖の地震（M7.1）においても、2つ以上設定されている（Asano et al.(2004), Harada et al.(2012)）。



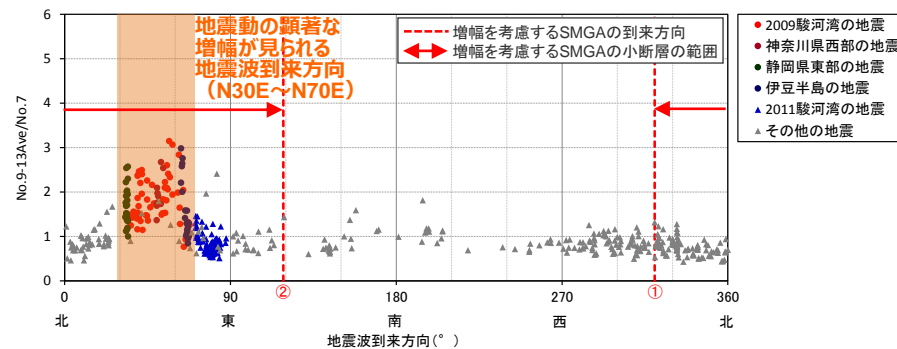
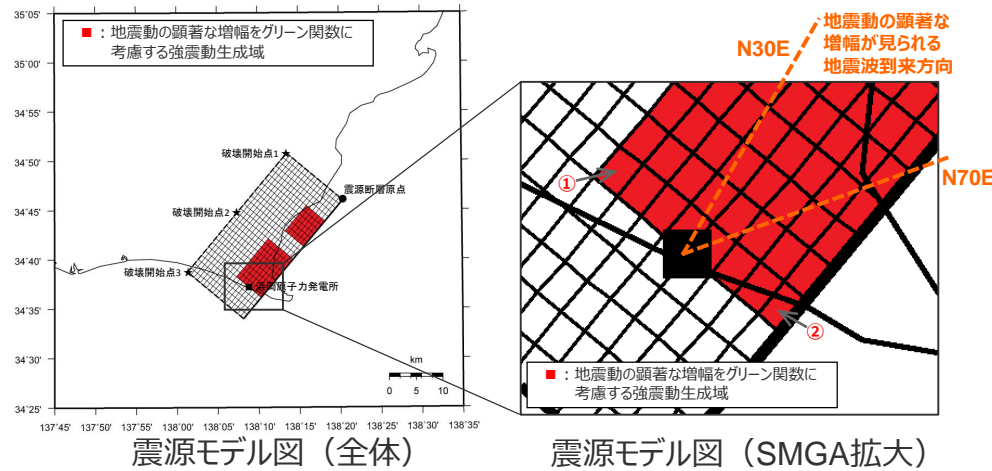
<基本震源モデル（敷地下方の想定スラブ内地震）  
（地震動の顕著な増幅を考慮）>

・下線 ( ) は、一部修正箇所を示す。

# 基本震源モデルの設定（海洋プレート内地震）

（地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域の小断層の範囲の設定）

○地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域の小断層（■で示す小断層）の範囲については、地震動の顕著な増幅が見られる地震波到来方向（N30E～N70E）より広く、保守的な設定となっている。

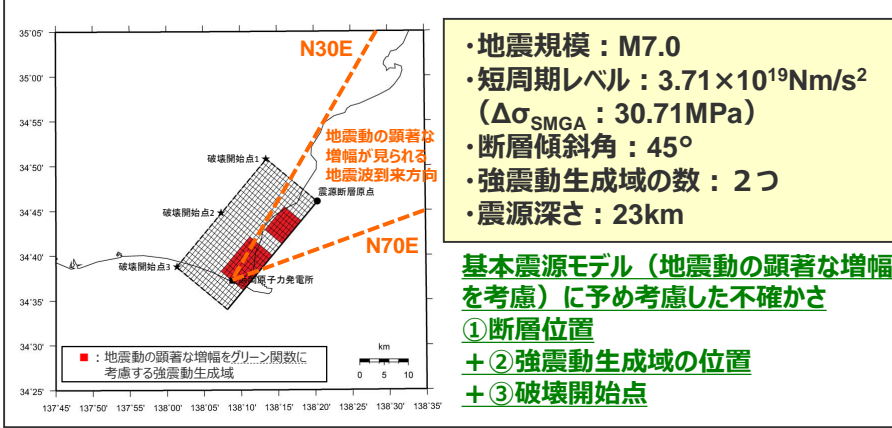


5号炉周辺観測点における各地震の地震波到来方向毎の振幅比（No.7基準）と強震動生成域の小断層の地震波到来方向との関係

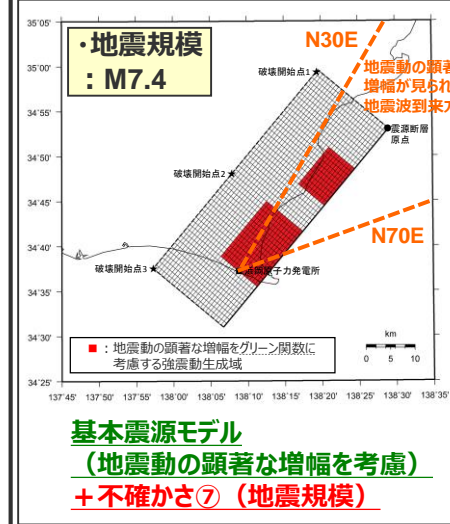
# 不確かさを考慮した震源モデルの設定（海洋プレート内地震）

## （震源モデル一覧）

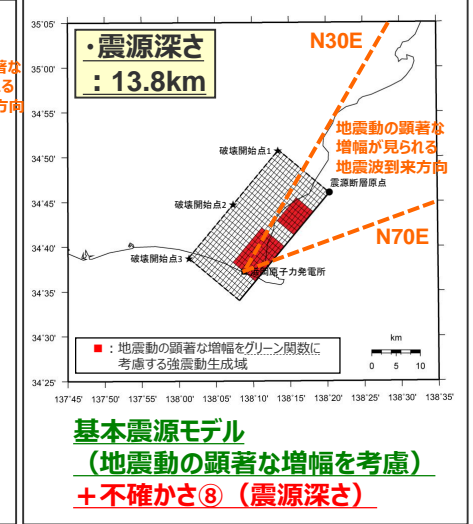
### 基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）



### 地震規模の不確かさ

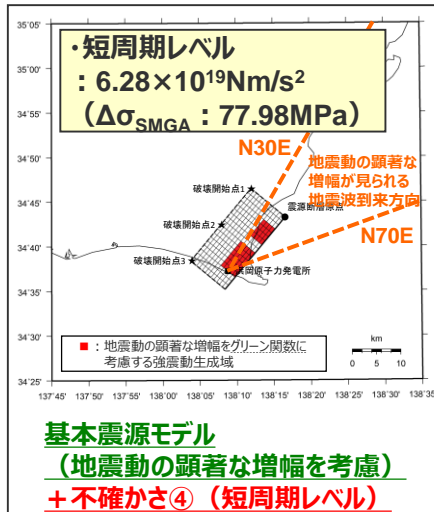


### 震源深さの不確かさ

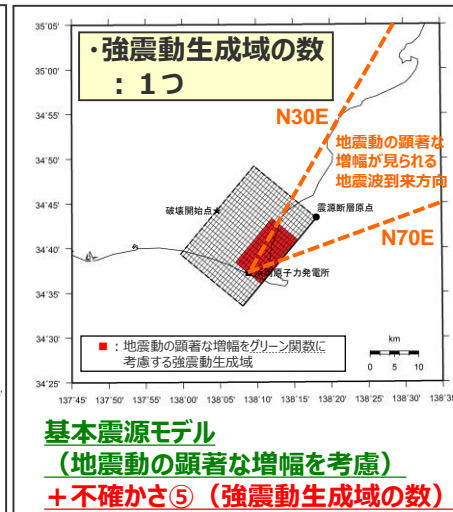


### 不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）

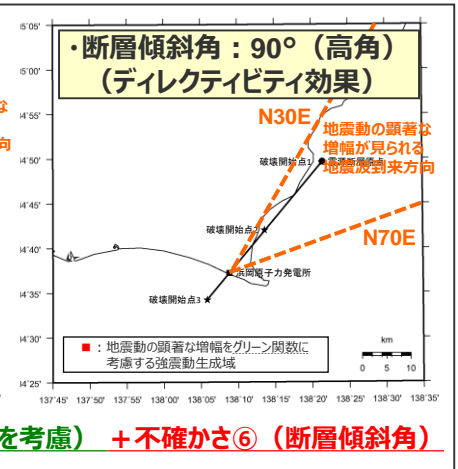
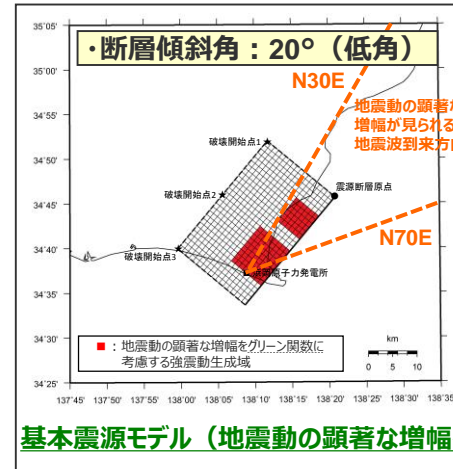
### 短周期レベルの不確かさ



### 強震動生成域の数の不確かさ



### 断層傾斜角の不確かさ

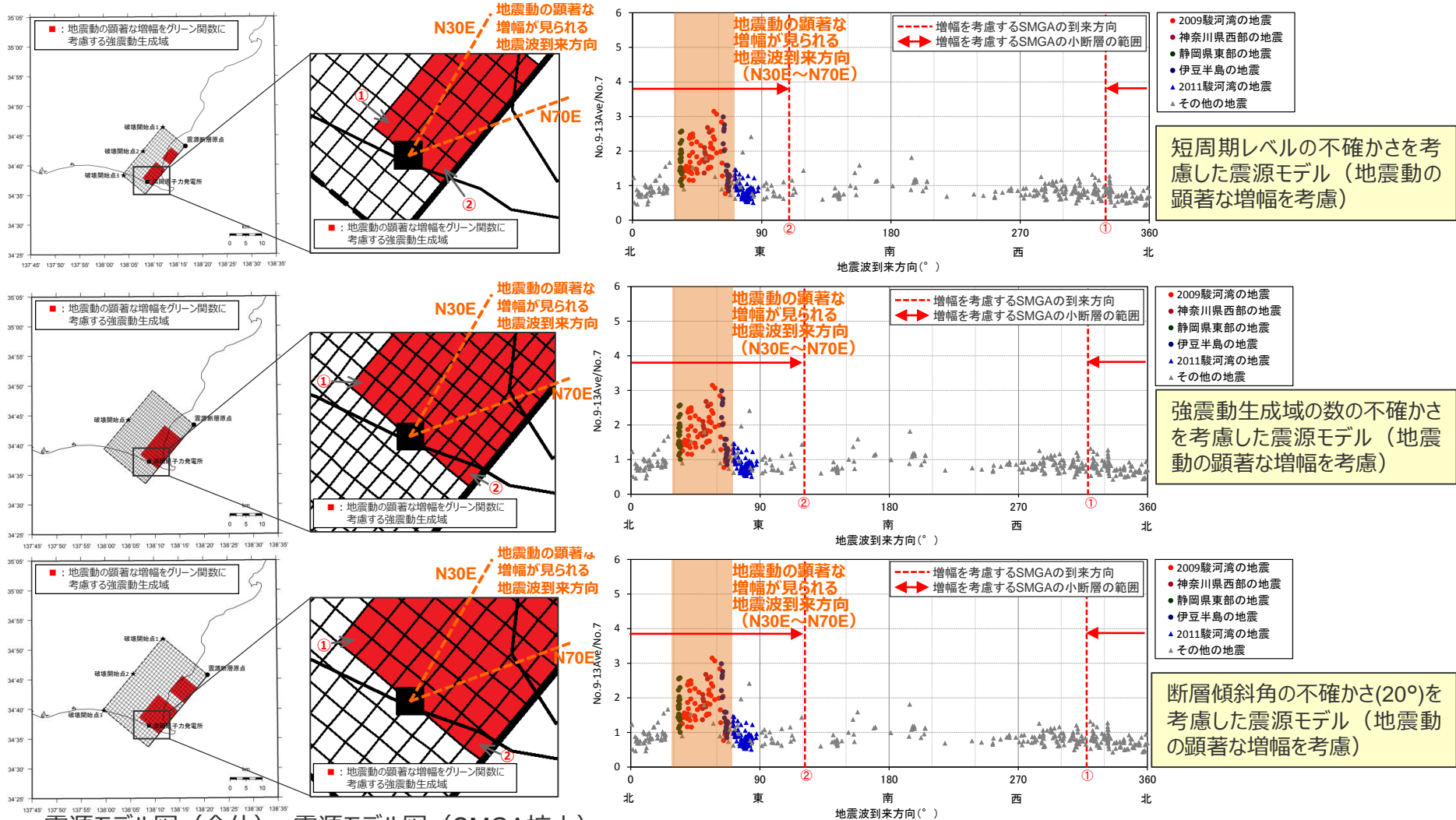


不確かさの考慮の考え方は地震動の顕著な増幅を考慮しない地震動評価と同じ

# 不確かさを考慮した震源モデルの設定（海洋プレート内地震）

（地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域の小断層の範囲の設定）

○ 地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域の小断層（■で示す小断層）の範囲については、地震動の顕著な増幅が見られる地震波到来方向（N30E～N70E）より広く、保守的な設定となっている。



短周期レベルの不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）

強震動生成域の数の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）

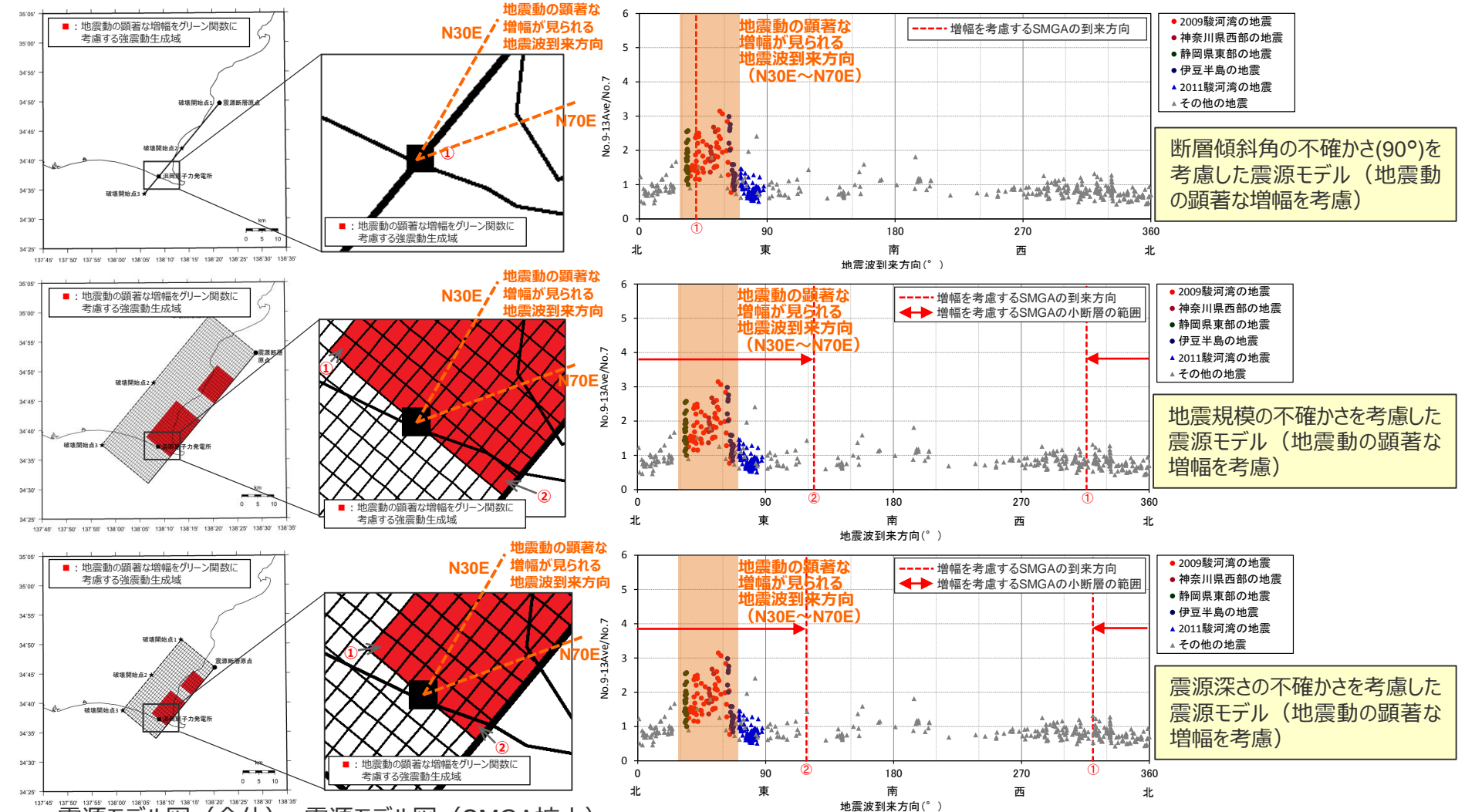
断層傾斜角の不確かさ(20°)を考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）

震源モデル図（全体） 震源モデル図（SMGA拡大）

5号炉周辺観測点における各地震の地震波到来方向毎の振幅比（No.7基準）と強震動生成域の小断層の地震波到来方向との関係

（地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域の小断層の範囲の設定）

○ 地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域の小断層（■で示す小断層）の範囲については、地震動の顕著な増幅が見られる地震波到来方向（N30E～N70E）より広く、保守的な設定となっている。



断層傾斜角の不確かさ(90°)を考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）

地震規模の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）

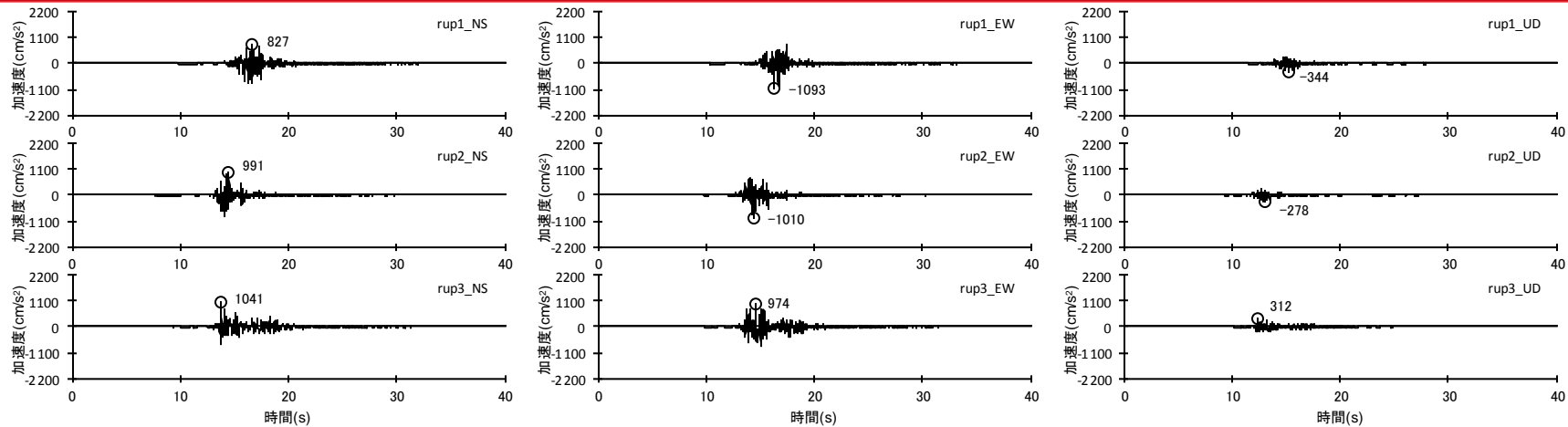
震源深さの不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）

震源モデル図（全体） 震源モデル図（SMGA拡大）

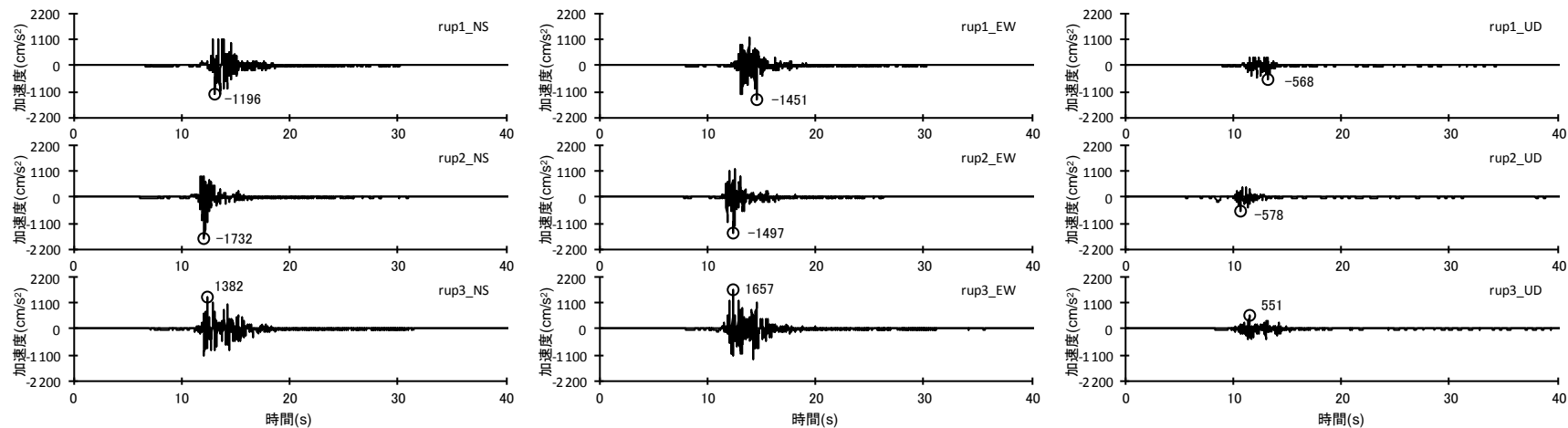
5号炉周辺観測点における各地震の地震波到来方向毎の振幅比（No.7基準）と強震動生成域の小断層の地震波到来方向との関係



（加速度時刻歴波形）



（基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮））

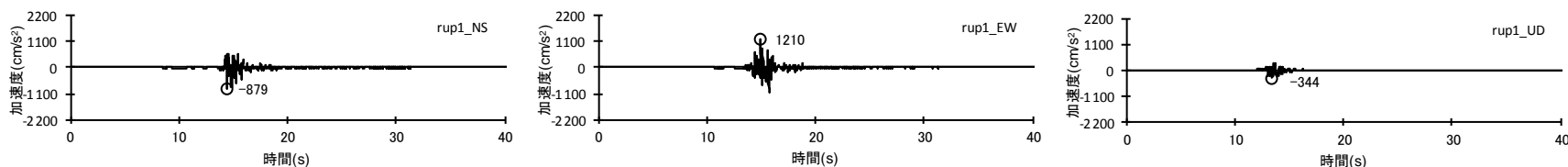


（短周期レベルの不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮））

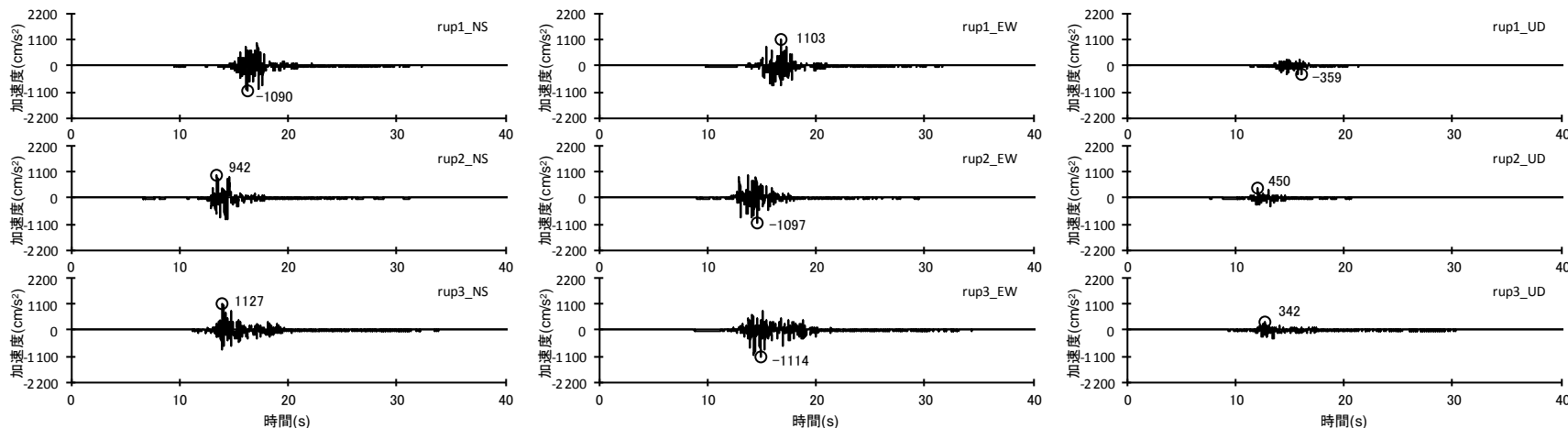
<断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（加速度時刻歴波形）>

・速度時刻歴波形は、第882回審査会資料1-2 p.227,229参照。

No.1,2コメント回答<1.2.2 各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の震源モデルの設定及び地震動評価結果>  
 断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（海洋プレート内地震）  
 （加速度時刻歴波形）



（強震動生成域の数の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮））

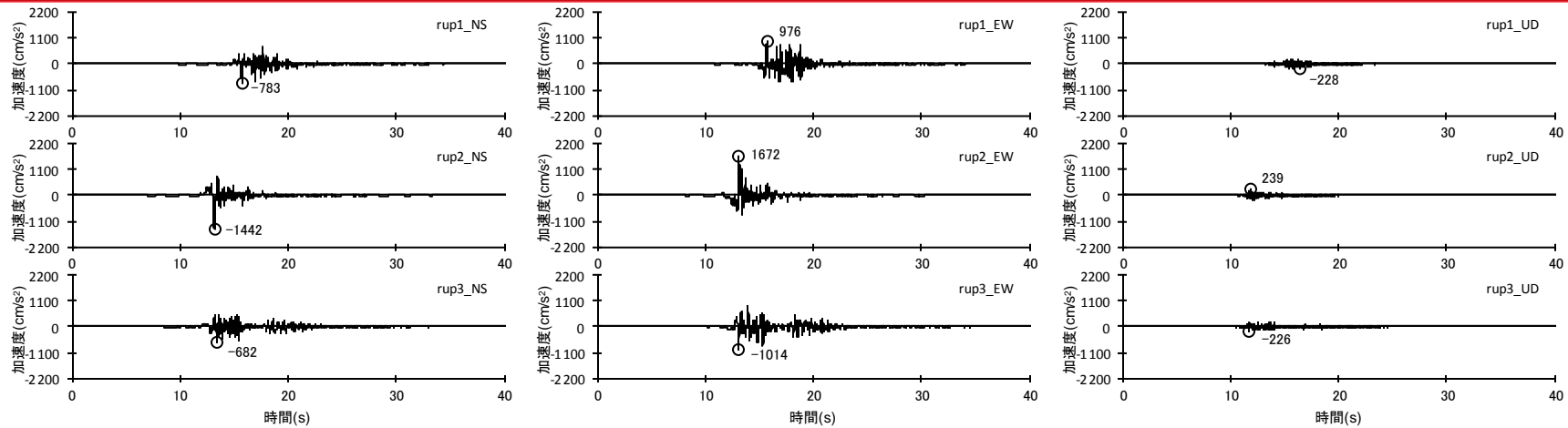


（断層傾斜角の不確かさ（20°）を考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮））

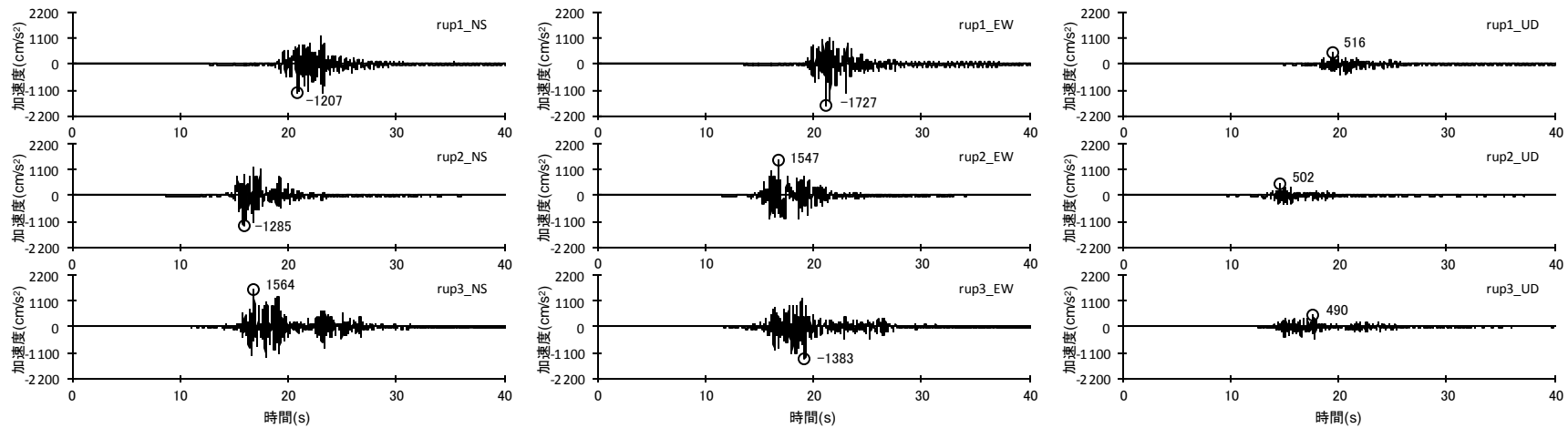
<断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（加速度時刻歴波形）>

・速度時刻歴波形は、第882回審査会資料1-2 p.231,233参照。

（加速度時刻歴波形）



（断層傾斜角の不確かさ（90°）を考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮））

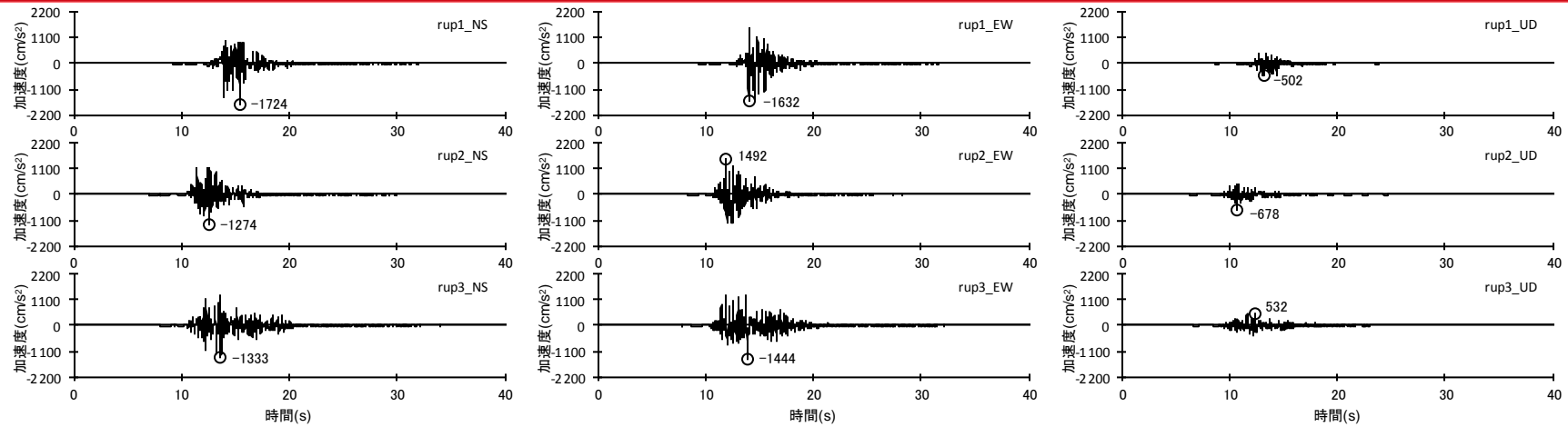


（地震規模の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮））

<断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（加速度時刻歴波形）>

・速度時刻歴波形は、第882回審査会資料1-2 p.235,237参照。

（加速度時刻歴波形）



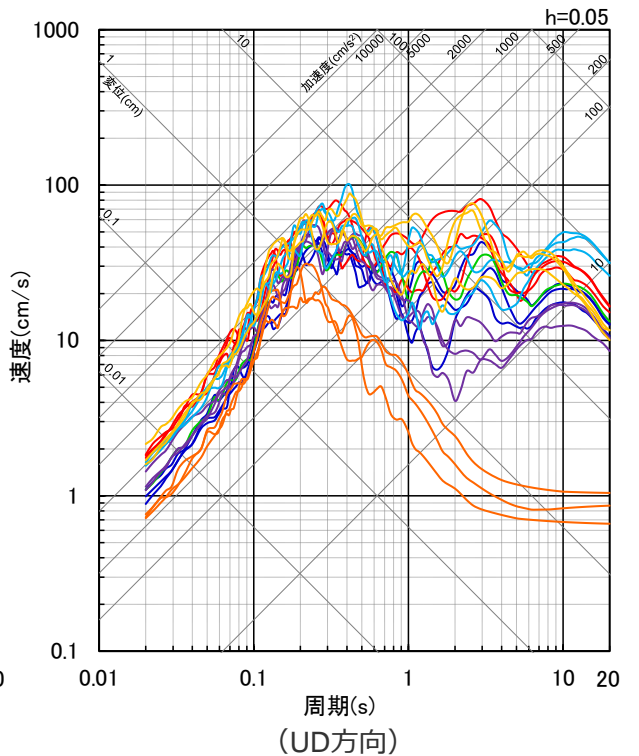
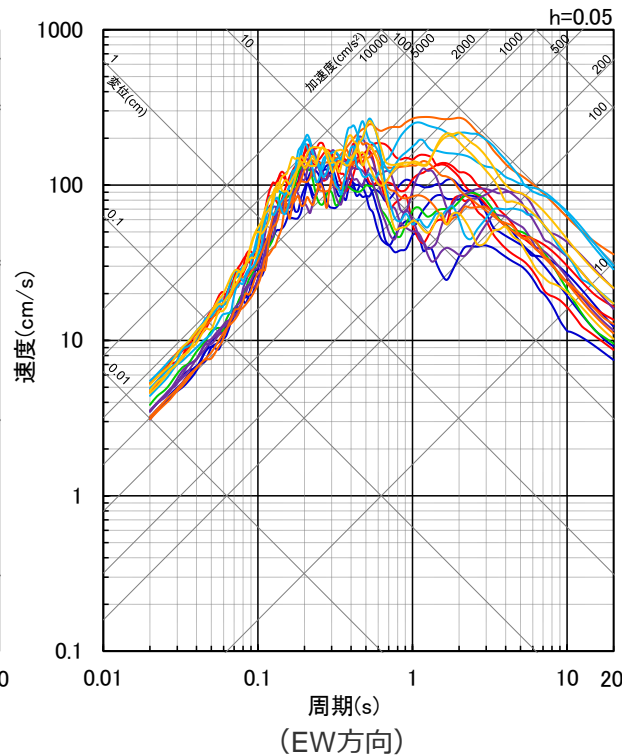
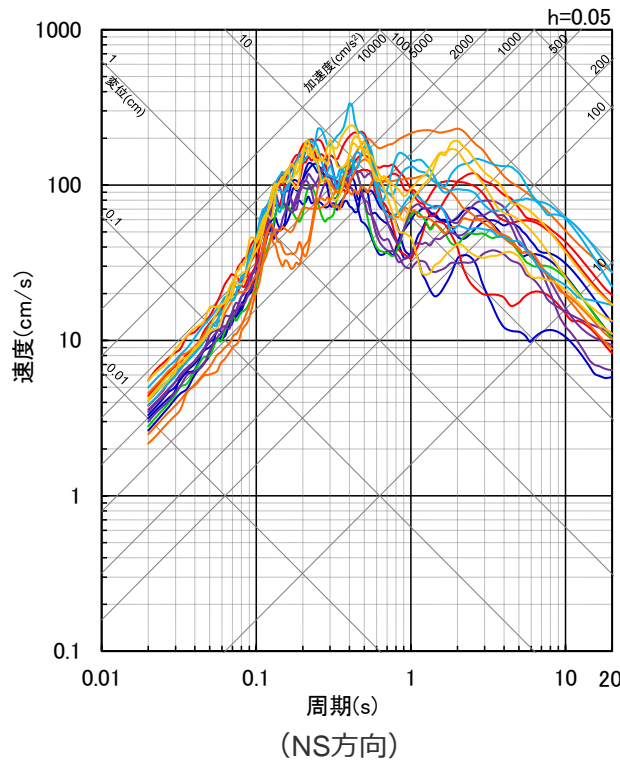
（震源深さの不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮））

<断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（加速度時刻歴波形）>

・速度時刻歴波形は、第882回審査会合資料1-2 p.239参照。

No.1,2コメント回答<1.2.2 各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の震源モデルの設定及び地震動評価結果>  
 断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（海洋プレート内地震）  
 （応答スペクトル（全ての震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）））

- 基本震源モデル(地震動の顕著な増幅を考慮)
- 強震動生成域の数の不確かさを考慮した震源モデル(地震動の顕著な増幅を考慮)
- 断層傾斜角の不確かさ(90°)を考慮した震源モデル(地震動の顕著な増幅を考慮)
- 震源深さの不確かさを考慮した震源モデル(地震動の顕著な増幅を考慮)
- 短周期レベルの不確かさを考慮した震源モデル(地震動の顕著な増幅を考慮)
- 断層傾斜角の不確かさ(20°)を考慮した震源モデル(地震動の顕著な増幅を考慮)
- 地震規模の不確かさを考慮した震源モデル(地震動の顕著な増幅を考慮)



<断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（応答スペクトル）>  
 （全ての震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）（海洋プレート内地震））

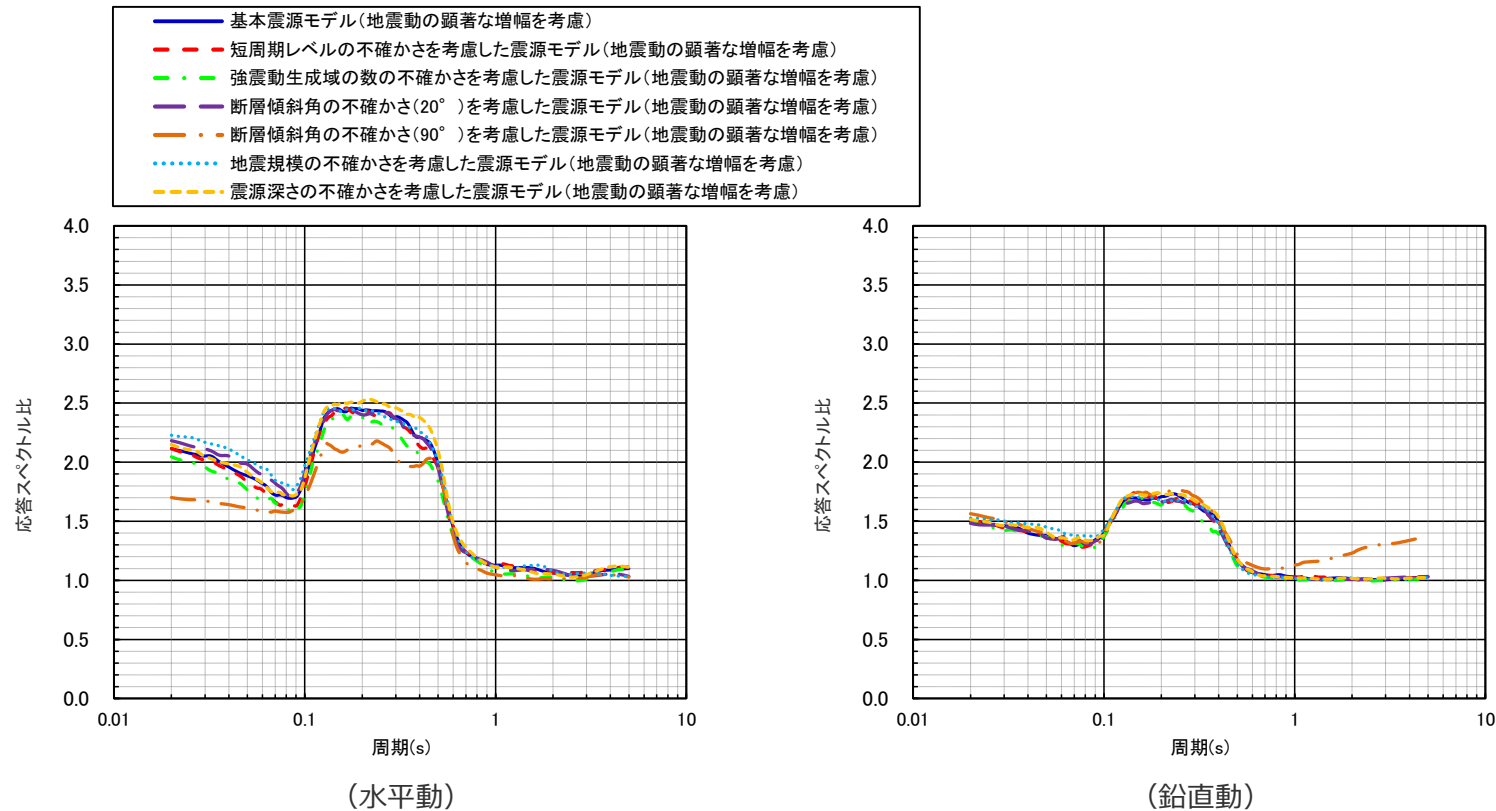
・各震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）の応答スペクトルは、第882回審査会合資料1-2 p.228,230,231,234,236,238,240参照。

# 応答スペクトルに基づく地震動評価（海洋プレート内地震）

（応答スペクトルに基づく地震動評価における地震動の顕著な増幅の反映）

増幅係数（応答スペクトル比）を算出

$$\frac{\text{地震動の顕著な増幅を考慮する場合の平均応答スペクトル（各破壊開始点の平均）※}}{\text{地震動の顕著な増幅を考慮しない場合の平均応答スペクトル（各破壊開始点の平均）※}}$$



<地震動の顕著な増幅の反映のために用いる増幅係数（応答スペクトル比）...（海洋プレート内地震）>

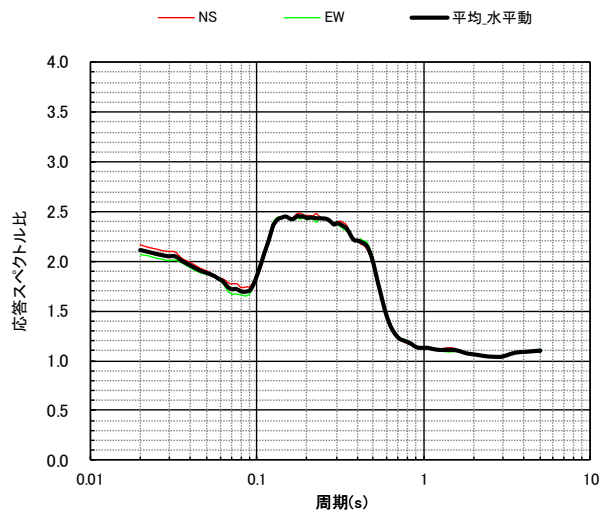
・各震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）の増幅係数（応答スペクトル比）算出の詳細は、第882回審査会合資料1-2 p.206~参照。

※ 水平動はNS方向とEW方向の平均。

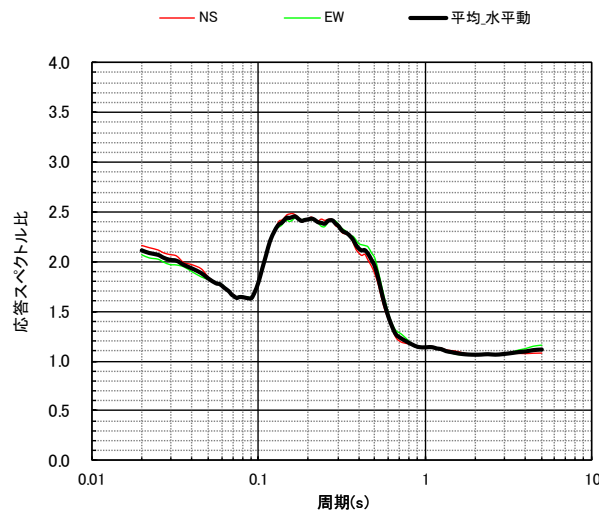
## 応答スペクトルに基づく地震動評価（海洋プレート内地震）

（応答スペクトルに基づく地震動評価における地震動の顕著な増幅の反映）

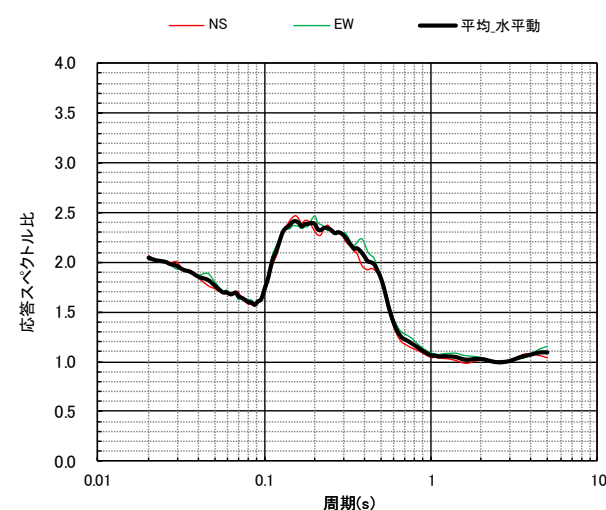
- 海洋プレート内地震の基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）、短周期レベルの不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）、強震動生成域の数の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）について、NS方向とEW方向の増幅係数（応答スペクトル比）は同程度となっている。



（基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮））



（短周期レベルの不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮））



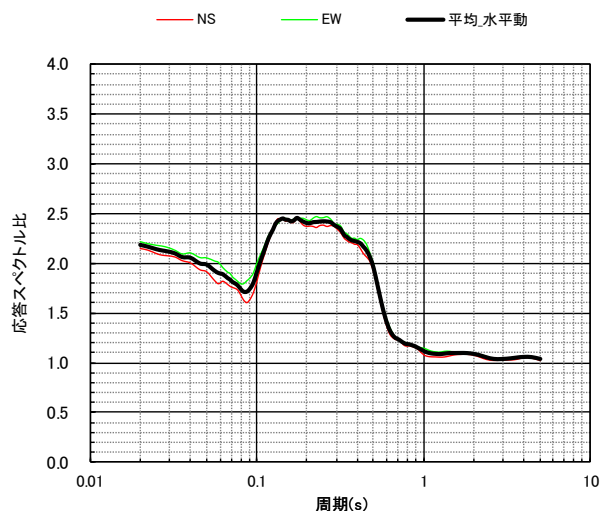
（強震動生成域の数の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮））

<NS方向、EW方向と水平方向の増幅係数（応答スペクトル比）の比較（海洋プレート内地震）>

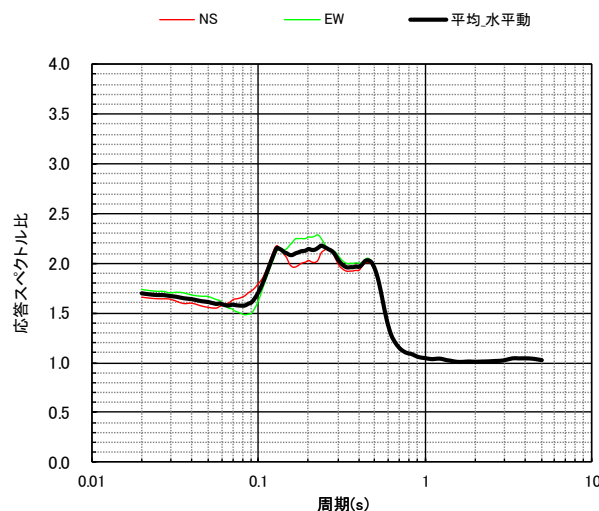
## 応答スペクトルに基づく地震動評価（海洋プレート内地震）

（応答スペクトルに基づく地震動評価における地震動の顕著な増幅の反映）

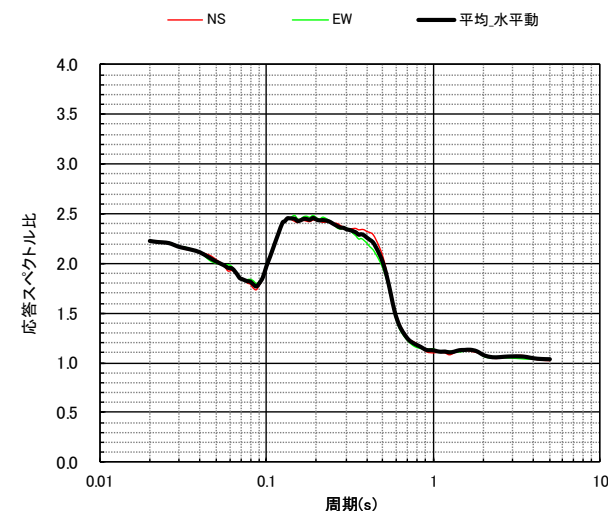
- 海洋プレート内地震の断層傾斜角の不確かさ（20°）を考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）、断層傾斜角の不確かさ（90°）を考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）、地震規模の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）について、NS方向とEW方向の増幅係数（応答スペクトル比）は同程度となっている。



（断層傾斜角の不確かさ（20°）を考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮））



（断層傾斜角の不確かさ（90°）を考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮））



（地震規模の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮））

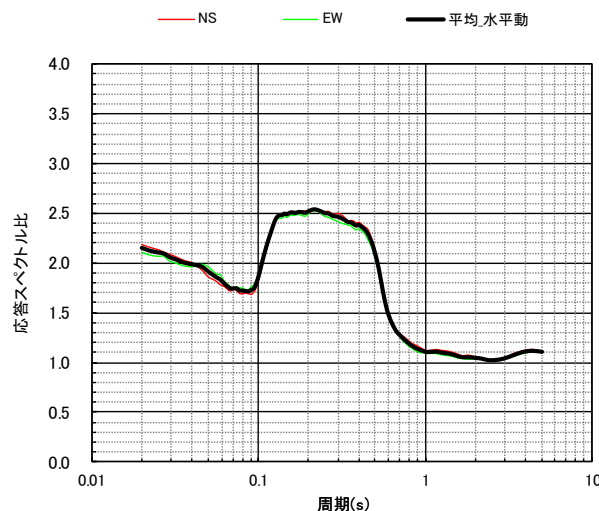
<NS方向、EW方向と水平方向の増幅係数（応答スペクトル比）の比較（海洋プレート内地震）>



## 応答スペクトルに基づく地震動評価（海洋プレート内地震）

（応答スペクトルに基づく地震動評価における地震動の顕著な増幅の反映）

- 海洋プレート内地震の震源深さの不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）について、NS方向とEW方向の増幅係数（応答スペクトル比）は同程度となっている。



（震源深さの不確かさを考慮した震源モデル  
（地震動の顕著な増幅を考慮））

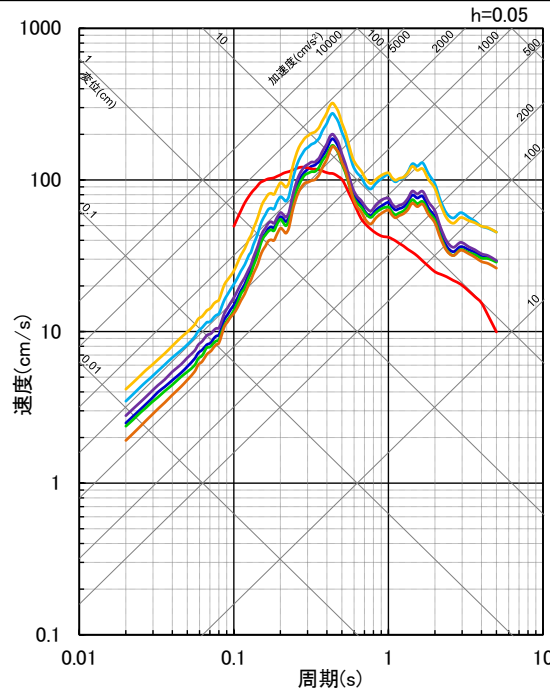
<NS方向、EW方向と水平方向の増幅係数（応答スペクトル比）の比較（海洋プレート内地震）>



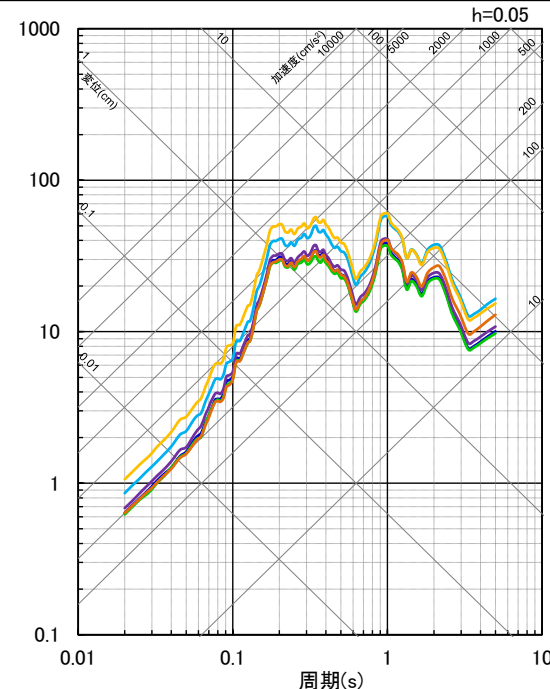
- 以上より、NS方向とEW方向の増幅係数（応答スペクトル比）は同程度であることを確認した。
- 応答スペクトルに基づく手法は、前述のとおり、地震規模や震源距離といった巨視的パラメータにより、敷地における平均的な地震動を評価する手法であること、水平動については、方向性を持たず、平均的な地震動レベルを算出するものであることから、水平動の増幅係数（応答スペクトル比）としてNS方向とEW方向の平均を用いることは適切であると考えられる。

No.1,2コメント回答<1.2.2 各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の震源モデルの設定及び地震動評価結果>  
 応答スペクトルに基づく地震動評価結果（海洋プレート内地震）  
 （全ての震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮））

- 基本震源モデル(地震動の顕著な増幅を考慮)(Noda et al.(2002)に基づく地震動評価結果)(Mj7.0, Xeq28.7)
- 短周期レベルの不確かさを考慮した震源モデル(地震動の顕著な増幅を考慮)(片岡・他(2006)で短周期レベルを入力値とする方法による地震動評価結果)(Mw6.9, Xsh23.0)
- 強震動生成域の数の不確かさを考慮したモデル(地震動の顕著な増幅を考慮)(Noda et al.(2002)に基づく地震動評価結果)(Mj7.0, Xeq29.0)
- 断層傾斜角の不確かさ(20°)を考慮したモデル(地震動の顕著な増幅を考慮)(Noda et al.(2002)に基づく地震動評価結果)(Mj7.0, Xeq27.0)
- 断層傾斜角の不確かさ(90°)を考慮したモデル(地震動の顕著な増幅を考慮)(Noda et al.(2002)に基づく地震動評価結果)(Mj7.0, Xeq29.7)
- 地震規模の不確かさを考慮した震源モデル(地震動の顕著な増幅を考慮)(Noda et al.(2002)に基づく地震動評価結果)(Mj7.4, Xeq32.3)
- 震源深さの不確かさを考慮した震源モデル(地震動の顕著な増幅を考慮)(Noda et al.(2002)に基づく地震動評価結果)(Mj7.0, Xeq19.7)



(水平動)



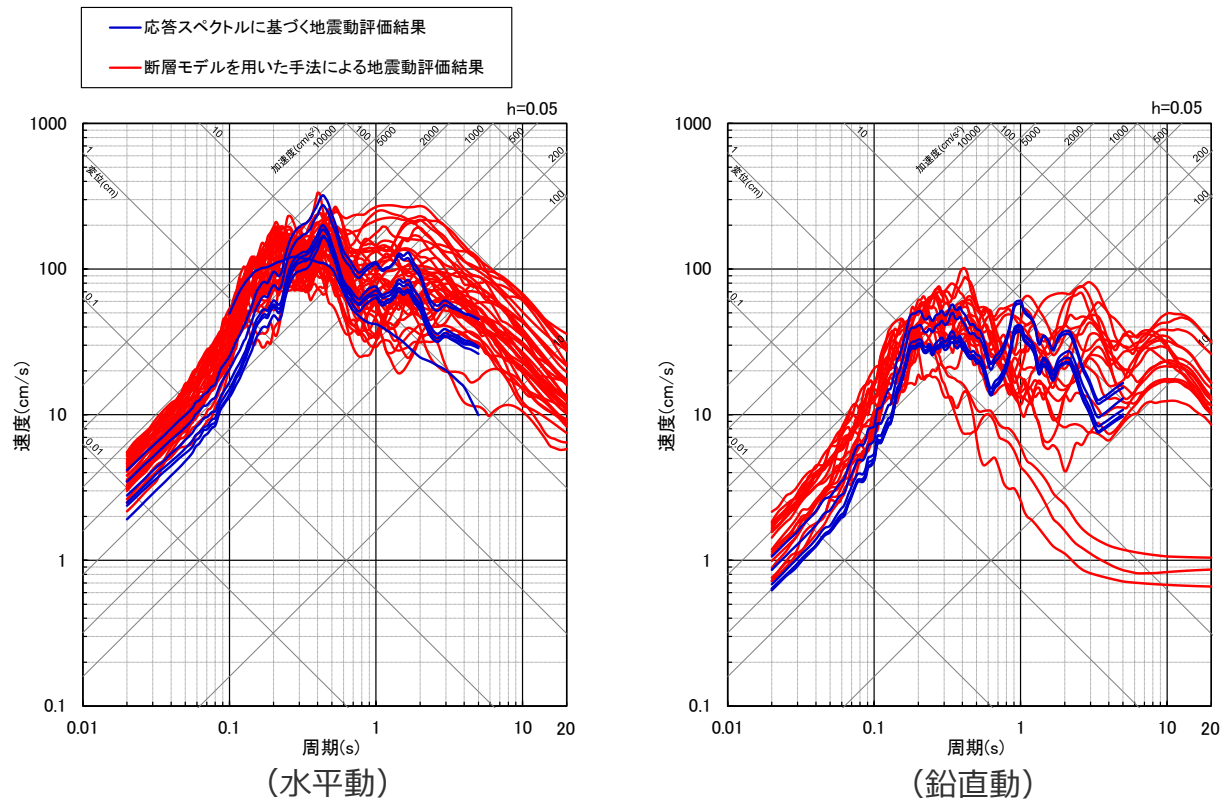
(鉛直動)

・Noda et al.(2002)に基づき2009年駿河湾の地震の観測記録を用いて補正。

<応答スペクトルに基づく地震動評価結果>  
 （全ての震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）（海洋プレート内地震））

- ・Xeqは、等価震源距離 (km)、Xshは、断層最短距離 (km) を表す。
- ・各震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価結果は、第882回審査会合資料1.2 p.215-参照。

No.1,2コメント回答<1.2.2 各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の震源モデルの設定及び地震動評価結果>  
 応答スペクトルに基づく地震動評価結果と断層モデルを用いた手法による地震動評価結果との比較（海洋プレート内地震）  
 （応答スペクトル（全ての震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）））



<応答スペクトルに基づく地震動評価結果と断層モデルを用いた手法による地震動評価結果との比較（応答スペクトル）>  
 （全ての震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）（海洋プレート内地震））

# 1.3

## 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価の結果の 妥当性の確認

---

# 概要

## 【1.2 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価】

- 地震観測記録の分析結果で確認された地震動の顕著な増幅の特性を的確に反映するため、この敷地固有の地盤増幅特性を詳細に考慮できる**断層モデルを用いた手法を重視し、2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現検討により検証した方法**（増幅方向に位置する強震動生成域の各小断層からの地震動（グリーン関数）に増幅係数を乗じる方法）を用いて、地震動の顕著な増幅を反映する。応答ベクトルに基づく手法は、断層モデルを用いた手法による地震動評価結果を用いて応答スペクトルに与える影響を求めて反映する。
- 各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価は、断層モデルを用いた手法において、地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域（アスペリティ）の小断層の範囲・増幅の程度を**地震観測記録の分析結果に対し保守的に設定**することにより、**保守的な地震動評価**を行う。応答スペクトルに基づく手法は、断層モデルを用いた手法による保守的な地震動評価結果を反映することにより、保守的な地震動評価を行う。

項目	地震観測記録の分析結果等	2009年駿河湾の地震（本震）の再現検討	基準地震動の策定に係る保守的な評価
地震動の顕著な増幅の範囲（震源位置）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・特定の到来方向（N30E～N70E、「増幅方向」）の地震波のみ顕著な増幅が見られる。</li> <li>・「増幅方向」でも地震波の入射角が鉛直に近く敷地近傍は顕著な増幅が見られない。</li> </ul>	<p>—</p> <p>（震源断層面が「増幅方向」の範囲内に位置するため強震動生成域の小断層のグリーン関数の全てに増幅係数を考慮）</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・強震動生成域（アスペリティ）を「増幅方向」の敷地近傍に配置したうえで、地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域（アスペリティ）の小断層の範囲を、地震観測記録の分析結果における<b>「増幅方向」より広くし、敷地近傍も含めて設定</b>（保守的な評価）</li> </ul>
地震動の顕著な増幅の程度（特性）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・特定の短周期の周期帯（フーリエスペクトルの周期0.2～0.5秒）で地震動の顕著な増幅が見られる。</li> <li>・「増幅方向」でも増幅の程度は一様でなく、2009年駿河湾の地震（本震）は最も大きい。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・<b>強震動生成域の小断層のグリーン関数に周期0.2～0.5秒のみ増幅させる増幅係数を乗じる方法</b>を採用</li> <li>・増幅係数における増幅の程度は、その程度が最も大きい2009年駿河湾の地震（本震）を対象に、増幅を考慮するグリーン関数の波形合成結果の5号炉記録の再現性を確認して設定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・左記と同じ<b>強震動生成域（アスペリティ）の小断層のグリーン関数に増幅係数を乗じる方法</b>（背景領域に増幅係数は考慮せず）を採用</li> <li>・増幅係数は、左記と同じ<b>増幅の程度が最も大きい2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現性を確認したものを地震動の顕著な増幅を考慮する小断層の全てに一律適用</b>（保守的な評価）</li> </ul>

## 【1.3 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価の結果の妥当性の確認】

### 【1.3.1 地震動評価結果に反映された地震動の顕著な増幅の分析】

- 検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の断層モデルを用いた手法による地震動評価の結果について、まず、「**2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現検討と同じ増幅係数を乗じる強震動生成域（アスペリティ）の小断層のみによる地震動（波形合成結果）**」の影響を確認する。また、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層の影響を確認する。
- その上で、上記の「増幅係数を乗じる強震動生成域（アスペリティ）の小断層のみによる地震動（波形合成結果）」について、**2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現検討で確認した地震動の顕著な増幅と同じ特性が反映されていることを確認する。**

### 【1.3.2 地震動評価結果に考慮された保守性の確認】

- 各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の断層モデルを用いた手法による地震動評価及び応答スペクトルに基づく地震動評価について、敷地近傍は地震動の顕著な増幅が見られないなどの地震観測記録の分析結果に沿った場合の地震動評価結果との比較を行い、地震観測記録の分析結果に対し地震動の顕著な増幅が保守的に考慮された地震動評価結果となっていることを確認する。

# 1.3.1 地震動評価結果に反映された地震動の顕著な増幅の分析

---

# 検討概要

## 【2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現検討】

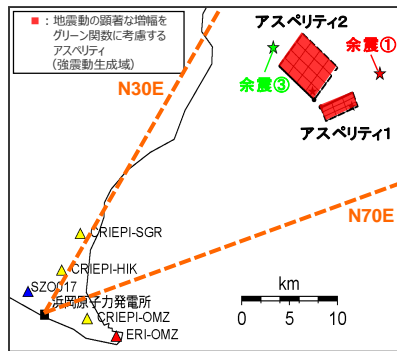
○ 2009年駿河湾の地震（本震）を対象として、強震動生成域のみの震源モデルに基づき、強震動生成域（アスペリティ）の各小断層のグリーン関数に増幅係数を乗じる方法を用いて統計的グリーン関数法による地震動評価を行い、波形合成結果との比較により、地震動の顕著な増幅が見られた観測点（5G1、5RB）の観測記録の再現検討を行い、断層モデルを用いた手法における地震動の顕著な増幅の反映方法の検証を行った。

## 【検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価】

○ 検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価は、地震観測記録に基づき確認された地震動の顕著な増幅の特性を的確に反映するため、断層モデルを用いた手法を重視することとし、2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現検討により検証した方法を用いて、地震動評価に地震動の顕著な増幅を反映した。応答スペクトルに基づく手法については、断層モデルを用いた手法による地震動評価結果を用いて応答スペクトルに与える影響を求めて反映した。

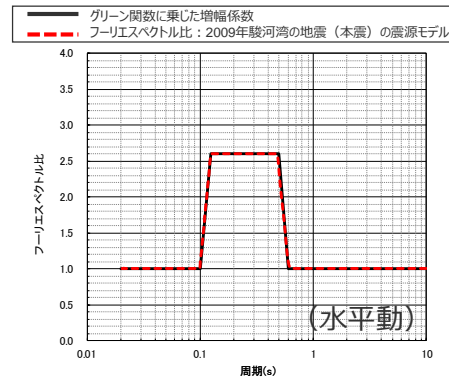
## 【1.3.1 地震動評価結果に反映された地震動の顕著な増幅の分析】

- 各地震タイプ（内陸地殻内地震、プレート間地震、海洋プレート内地震）の検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の断層モデルを用いた手法による地震動評価の結果について、まず、「2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現検討と同じ増幅係数を乗じる強震動生成域（アスペリティ）の小断層のみによる地震動（波形合成結果）」の影響を確認する。また、「増幅方向」に背景領域が位置するプレート間地震及び海洋プレート内地震の検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）について、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層のグリーン関数にも増幅係数を乗じた場合のパラメータスタディを行い、その影響を確認する。
- その上で、上記の「2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現検討と同じ増幅係数を乗じる強震動生成域（アスペリティ）の小断層のみによる地震動（波形合成結果）」について、フーリエスペクトル比（地震動の顕著な増幅を考慮する場合／地震動の顕著な増幅を考慮しない場合）を算出し、2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現検討で確認した地震動の顕著な増幅と同じ特性が反映されていることを確認する。なお、参考として前回の第882回審査会合で提示したフーリエスペクトル比との違いについても分析する。

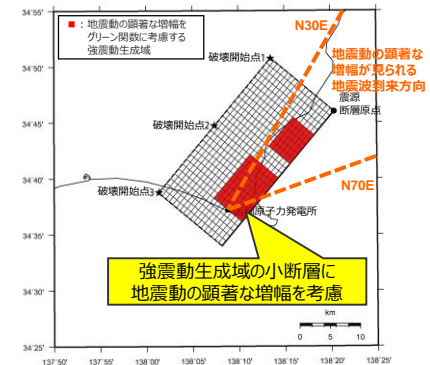


（震源モデル）

<2009年駿河湾の地震（本震）の震源モデルとフーリエスペクトル比>



（フーリエスペクトル比）



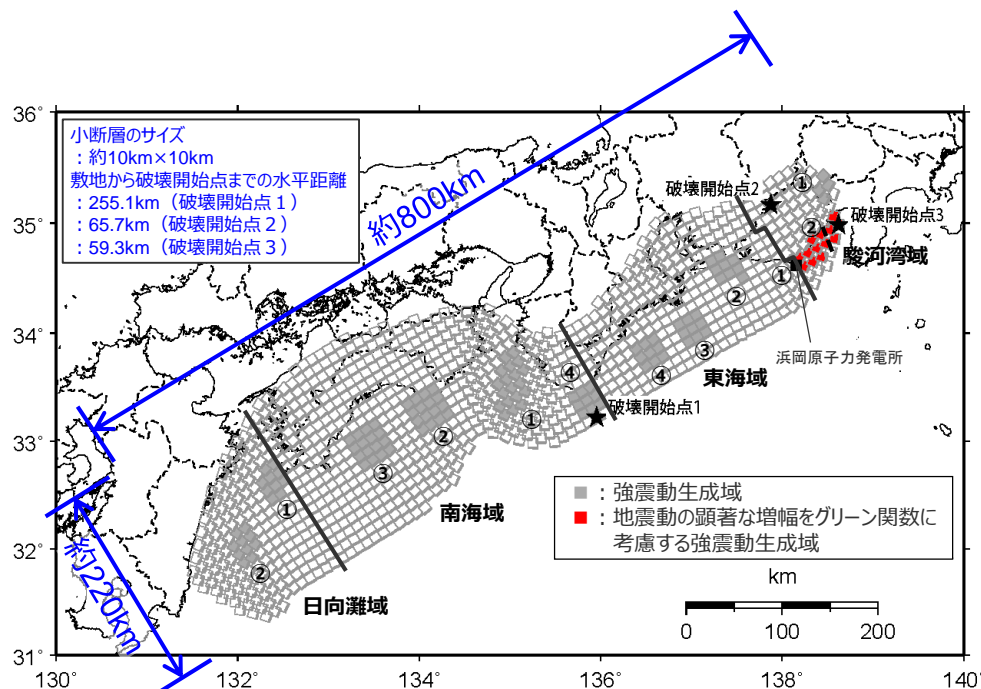
<検討用地震の震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）の例（海洋プレート内地震の基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮））>

# プレート間地震の強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮)

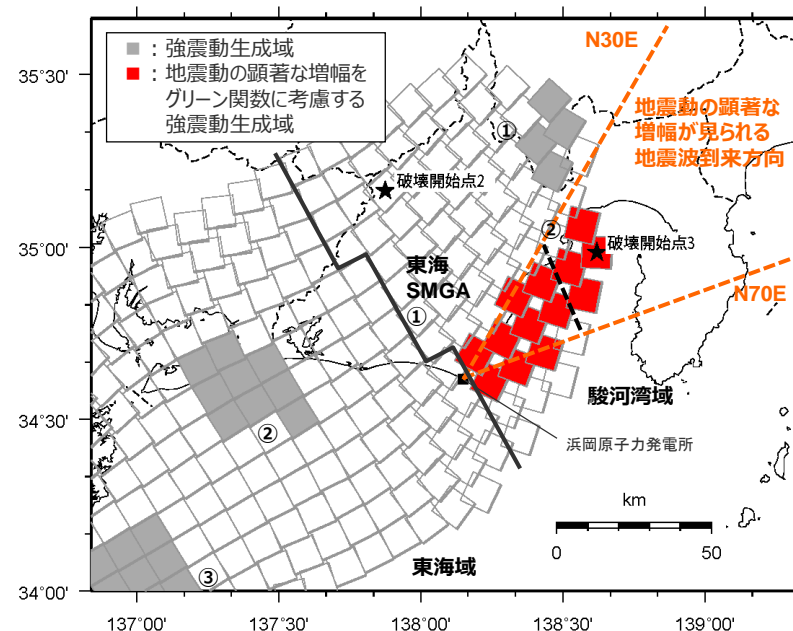
## 【プレート間地震の検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価結果に反映された地震動の顕著な増幅の分析】

○プレート間地震では、不確かさの組合せを考慮するベースモデルである強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）として、敷地近傍を含めて地震動の顕著な増幅が見られる地震波到来方向（N30E～N70E）に強震動生成域が位置するよう震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）を新たに設定したうえで、地震動の顕著な増幅が見られる地震波到来方向（N30E～N70E）にある強震動生成域の小断層のグリーン関数に、2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現検討で検証した増幅係数を乗じることで地震動の顕著な増幅を考慮した断層モデルを用いた手法による地震動評価を実施している。

⇒プレート間地震について、強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）を代表として、増幅係数を乗じる強震動生成域の小断層のみによる地震動（波形合成結果）を求め、地震動評価結果に反映された地震動の顕著な増幅の分析を行う。



(全体)



(敷地周辺)

<プレート間地震の強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）>



# プレート間地震の強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮)

<プレート間地震の強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル(地震動の顕著な増幅を考慮)の震源断層パラメータ>

全体	面積(km <sup>2</sup> )	110150			
	平均応力降下量(MPa)	2.3			
各セグメント	平均すべり量(m)	7.6			
	地震モーメント(Nm)	3.4E+22			
	Mw	9.0			
	短周期レベル(Nm/s <sup>2</sup> )	5.09E+20			
	セグメント名	日向灘域	南海域	東海域	駿河湾域
	面積(km <sup>2</sup> )	19053	53790	29419	7888
地震モーメント(Nm)	4.3E+21	2.0E+22	8.3E+21	1.1E+21	
Mw	8.4	8.8	8.5	8.0	
強震動生成域 SMGA①	面積(km <sup>2</sup> )	1014	1958	913	448
	応力パラメータ(MPa)	34.6	46.4	45.4	33.9
	平均すべり量(m)	11.0	20.5	13.7	7.2
	地震モーメント(Nm)	4.6E+20	1.6E+21	5.1E+20	1.3E+20
	Mw	7.7	8.1	7.7	7.3
強震動生成域 SMGA②	面積(km <sup>2</sup> )	1023	1616	915	431
	応力パラメータ(MPa)	34.6	46.4	45.4	33.9
	平均すべり量(m)	11.1	18.7	13.7	7.0
	地震モーメント(Nm)	4.7E+20	1.2E+21	5.2E+20	1.2E+20
	Mw	7.7	8.0	7.7	7.3
強震動生成域 SMGA③	面積(km <sup>2</sup> )		1612	913	
	応力パラメータ(MPa)		46.4	45.4	
	平均すべり量(m)		18.6	13.7	
	地震モーメント(Nm)		1.2E+21	5.1E+20	
	Mw		8.0	7.7	
強震動生成域 SMGA④	面積(km <sup>2</sup> )		932	918	
	応力パラメータ(MPa)		46.4	45.4	
	平均すべり量(m)		14.2	13.8	
	地震モーメント(Nm)		5.4E+20	5.2E+20	
	Mw		7.8	7.7	

背景領域	セグメント名	日向灘域	南海域	東海域	駿河湾域
	面積(km <sup>2</sup> )	17017	47673	25760	7009
	応力パラメータ(MPa)	3.7	3.7	3.7	3.7
	平均すべり量(m)	4.9	8.1	5.9	3.1
	地震モーメント(Nm)	3.4E+21	1.6E+22	6.2E+21	8.9E+20
	Mw	8.3	8.7	8.5	7.9
その他	破壊伝播速度(km/s)	2.7			
	fmax(Hz)	6.0			
	剛性率(Nm <sup>2</sup> )	4.1E+10			

○震源断層パラメータの設定は内閣府(2012)による。設定方法は以下のとおり。

<各セグメントの地震モーメントM<sub>0</sub>>

$$M_0 = 16 / (7\pi^{3/2}) \cdot \Delta\sigma \cdot S^{3/2}$$

( $\Delta\sigma$ : 平均応力降下量(4MPa), S: 震源断層面積)

<平均変位量D>

$$M_0 = \mu DS$$

( $\mu$ : 剛性率(pVs<sup>2</sup>),  $\rho$ : 密度(2.8g/cm<sup>3</sup>), Vs: S波速度(3.82km/s)  
(内閣府(2012)による))

<強震動生成域の面積Saと個数>

: 強震動生成域は各セグメントの震源断層面積の10%程度とし、セグメント内の地形的な構造単位に2個配置する。

<強震動生成域全体の地震モーメントM<sub>0a</sub>>

$$M_{0a} = \mu Da Sa$$

(Da = 2D)

<各強震動生成域の地震モーメントM<sub>0ai</sub>、変位量Dai、応力降下量 $\Delta\sigma_{ai}$ >

$$M_{0ai} = M_{0a} \cdot Sai^{3/2} / (\sum Sai^{3/2}) \quad (i: i番目の強震動生成域を表す)$$

$$\Delta\sigma_{ai} = (7\pi^{3/2}) / 16 \cdot M_{0ai} / Sai^{3/2}$$

$$Dai = M_{0ai} / (\mu Sai)$$

<破壊伝播速度>

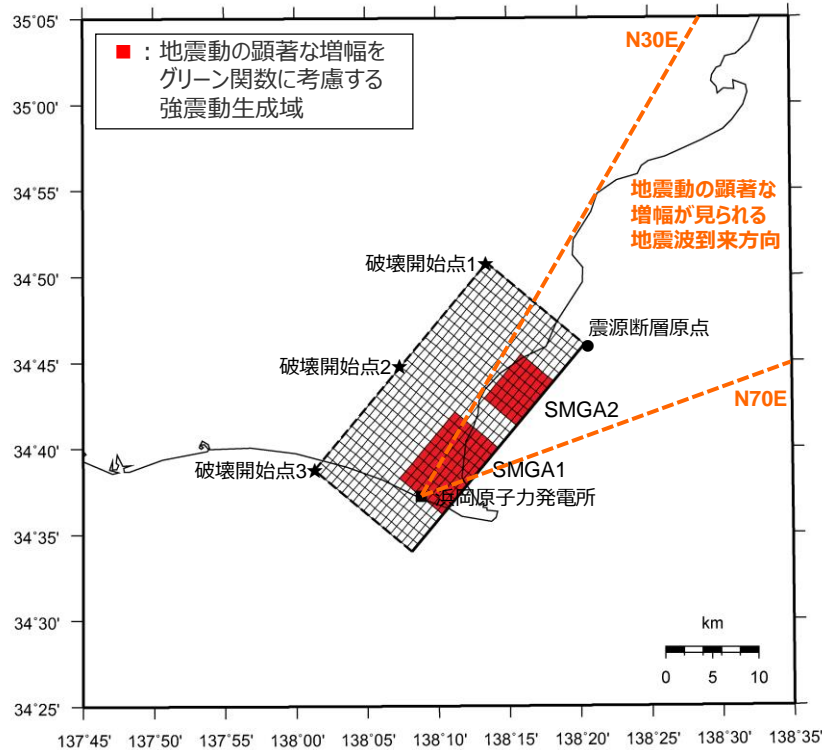
$$Vr = 0.72Vs$$

# 海洋プレート内地震の基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）

## 【海洋プレート内地震の検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価結果に反映された地震動の顕著な増幅の分析】

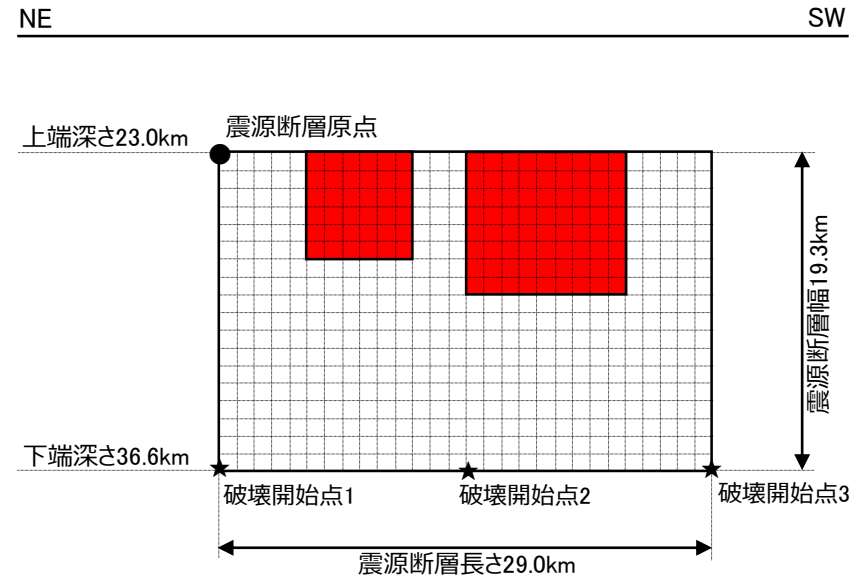
○海洋プレート内地震の検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価では、震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）の震源断層を移動させて、敷地近傍を含めて地震動の顕著な増幅が見られる地震波到来方向（N30E～N70E）に強震動生成域が位置するよう震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）を新たに設定したうえで、地震動の顕著な増幅が見られる地震波到来方向（N30E～N70E）にある強震動生成域の小断層のグリーン関数に2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現検討で検証した増幅係数を考慮して断層モデルを用いた手法による地震動評価を実施。

⇒海洋プレート内地震について、基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）を代表として、増幅係数を乗じる強震動生成域の小断層のみによる地震動（波形合成結果）を求め、地震動評価結果に反映された地震動の顕著な増幅の分析を行う。



(地表面投影図)

<海洋プレート内地震の基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）>



(展開図)

No.1,2コメント回答<1.3.1 地震動評価結果に反映された地震動の顕著な増幅の分析>

# 海洋プレート内地震の基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）

## <海洋プレート内地震の基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）の震源断層パラメータ>

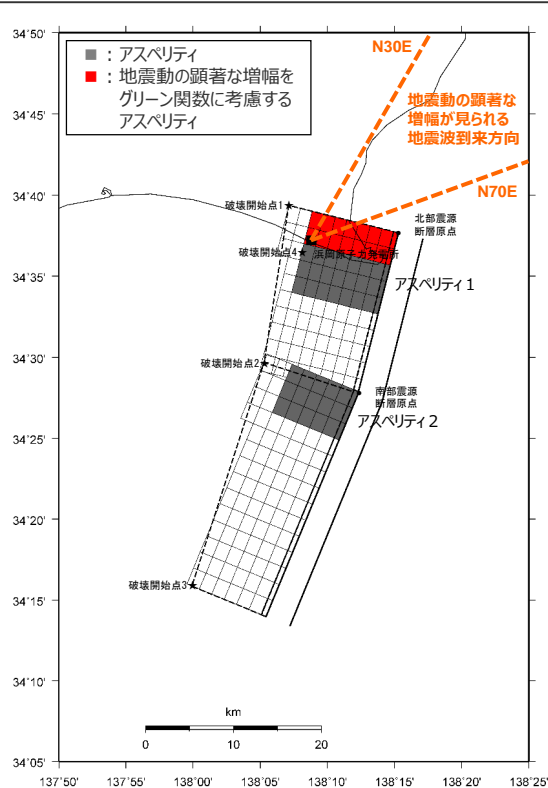
震源断層パラメータ	設定方法	設定結果	震源断層パラメータ	設定方法	設定結果	
震源断層原点	敷地下方に設定	北緯34.766785度 東経138.339557度	強震動生成域	地震モーメント	2009年駿河湾の地震の $M_0$ - $M_{0SMGA}$ 関係及びスケーリング則による	1.06E+19 Nm
走向	プレートの沈み込み方向に直交	220 °		面積	2009年駿河湾の地震の $M_0$ - $S_{SMGA}$ 関係及びスケーリング則による	114.3 km <sup>2</sup>
傾斜角	2009年駿河湾の地震の知見に基づき設定	45 °		平均すべり量	$D_{SMGA} = M_{0SMGA} / (\mu S_{SMGA})$	2.05 m
すべり角	DC型	90 °		応力降下量	$\Delta\sigma_{SMGA} = A / (4\pi r_{SMGA} \beta^2), r_{SMGA} = (S_{SMGA} / \pi)^{0.5}$	30.71 MPa
震源断層長さ	$L = (S/6)^{0.5} \times 3$	29.0 km	強震動生成域1	面積	$S_{SMGA1} = S_{SMGA} \times (2/3)$	76.2 km <sup>2</sup>
震源断層幅	$W = (S/6)^{0.5} \times 2$	19.3 km		地震モーメント	$M_{0SMGA1} = M_{0SMGA} \times S_{SMGA1}^{1.5} / (S_{SMGA1}^{1.5} + S_{SMGA2}^{1.5})$	7.85E+18 Nm
震源断層面積	$S = M_0 / (\mu D)$	559.8 km <sup>2</sup>		平均すべり量	$D_{SMGA1} = M_{0SMGA1} / (\mu \cdot S_{SMGA1})$	2.27 m
震源断層上端深さ	2009年駿河湾の地震の知見に基づき設定	23 km	応力降下量	$\Delta\sigma_{SMGA1} = \Delta\sigma_{SMGA}$	30.71 MPa	
地震モーメント	2009年駿河湾の地震(鈴木・他(2009)の $M_0 = 4.6 \times 10^{18}$ Nm)の32 <sup>0.5</sup> 倍	2.60E+19 Nm	強震動生成域2	面積	$S_{SMGA2} = S_{SMGA} \times (1/3)$	38.1 km <sup>2</sup>
モーメントマグニチュード	$M_w = (\log M_0 - 9.1) / 1.5$	6.9		地震モーメント	$M_{0SMGA2} = M_{0SMGA} \times S_{SMGA2}^{1.5} / (S_{SMGA1}^{1.5} + S_{SMGA2}^{1.5})$	2.78E+18 Nm
気象庁マグニチュード	$M_j$ : フィリピン海プレート(領域1)におけるスラブ内地震の最大規模等を踏まえ設定	7.0		平均すべり量	$D_{SMGA2} = M_{0SMGA2} / (\mu \cdot S_{SMGA2})$	1.61 m
剛性率	$\mu = \rho \beta^2$ ( $\beta$ : 3.99 km/s, $\rho$ : 2.85 g/cm <sup>3</sup> (地下構造調査結果等に基づく一次元地下構造モデルによる))	4.54E+10 N/m <sup>2</sup>		応力降下量	$\Delta\sigma_{SMGA2} = \Delta\sigma_{SMGA}$	30.71 MPa
平均すべり量	$D = D_{SMGA} / \gamma_D, \gamma_D = 2.0$	1.02 m	背景領域	地震モーメント	$M_{0back} = M_0 - M_{0SMGA}$	1.54E+19 Nm
平均応力降下量	$\Delta\sigma = (7/16) \cdot M_0 / (S/m)^{1.5}$	4.79 MPa		面積	$S_{back} = S - S_{SMGA}$	445.5 km <sup>2</sup>
破壊伝播速度	$V_r$ : 2009年駿河湾の地震の特性化震源モデルによる	3.4 km/s		平均すべり量	$D_{back} = M_{0back} / (\mu S_{back})$	0.76 m
短周期レベル	2009年駿河湾の地震の $M_0$ - $A$ 関係及びスケーリング則による	3.71E+19 Nm/s <sup>2</sup>		実効応力	$\sigma_{back} = (D_{back} / W_{back}) / (D_{SMGA} / W_{SMGA}) \Delta\sigma_{SMGA1}$ $W_{SMGA} = (\pi)^{0.5} r_{SMGA} \Sigma \gamma_i^3, W_{back} = W, \gamma_i = r_{SMGA} / r_{SMGA}, r_{SMGA} = (S_{SMGA} / \pi)^{0.5}$	4.66 MPa
$f_{max}$	中央防災会議(2004)による	6.0 Hz				

# 内陸地殻内地震の基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）

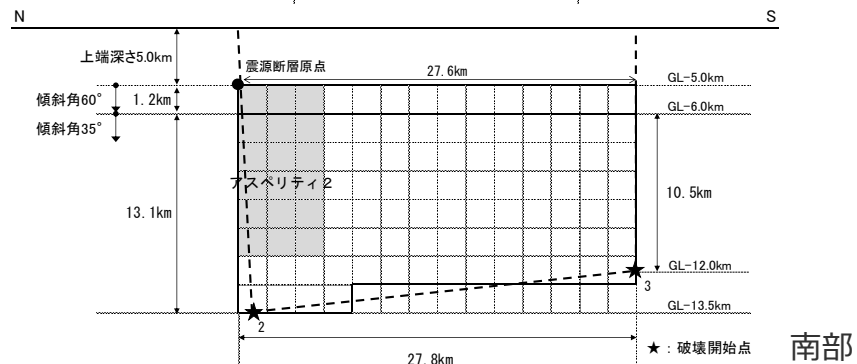
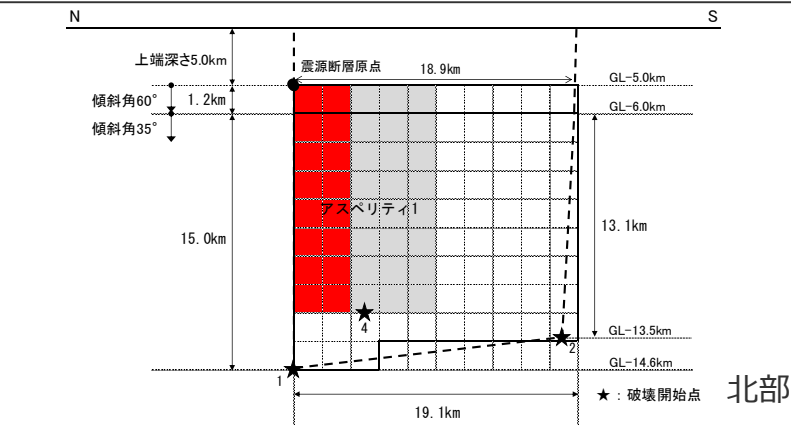
## 【内陸地殻内地震の検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価結果に反映された地震動の顕著な増幅の分析】

○内陸地殻内地震の検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価では、震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）は、震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）において敷地近傍のアスぺリティが地震動の顕著な増幅が見られる地震波到来方向（N30E～N70E）に位置しているため、これと同じとし、地震動の顕著な増幅が見られる地震波到来方向（N30E～N70E）にあるアスぺリティの一部の小断層のグリーン関数に2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現検討で検証した増幅係数を考慮して断層モデルを用いた手法による地震動評価を実施。

⇒内陸地殻内地震について、基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）を代表として、増幅係数を乗じるアスぺリティの小断層のみによる地震動（波形合成結果）を求め、地震動評価結果に反映された地震動の顕著な増幅の分析を行う。



(地表面投影図)



(展開図)

<内陸地殻内地震の基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）（御前崎海脚西部の断層帯による地震）>

No.1,2コメント回答<1.3.1 地震動評価結果に反映された地震動の顕著な増幅の分析>

# 内陸地殻内地震の基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）

<内陸地殻内地震の基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）の震源断層パラメータ（御前崎海脚西部の断層帯による地震）>

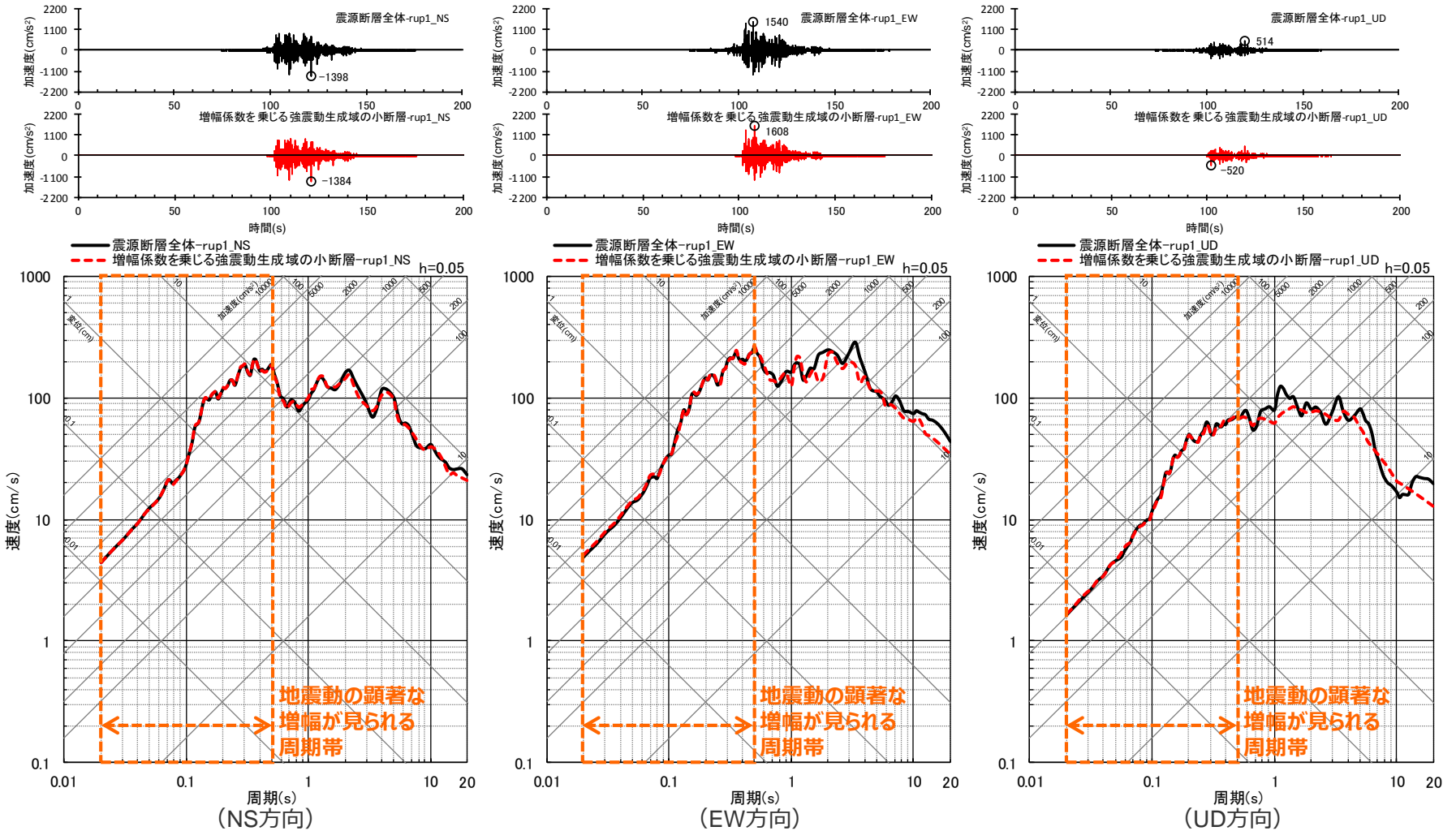
震源断層パラメータ		設定方法	単位	設定値
震源断層原点 (北端)	北部	北緯(世界測地系)	-	34.62800°
		東経(世界測地系)	-	138.25486°
	南部	北緯(世界測地系)	-	34.46467°
		東経(世界測地系)	-	138.20581°
走向	北部	地質調査結果による	-	194.1°NE
	南部	同上	-	202.4°NE
断層傾斜角	GL-6km以浅	同上	°	60
	GL-6km以深	同上	°	35
ずれの種類	同上	-	-	逆断層
震源断層上端深さ		地震発生層の検討結果による	km	5.0
震源断層下端深さ	北部	同上	km	13.5~14.6
	南部	同上	km	12.0~13.5
活断層長さ	北部	$L_{0,1}$ :地質調査結果による	km	19.1
	南部	$L_{0,2}$ :同上	km	27.8
震源断層長さ	北部	$L_{s,1}$ :地質調査結果、断層傾斜角及び地震発生層上端深さとの関係による	km	18.9
	南部	$L_{s,2}$ :同上	km	27.6
震源断層幅	北部(GL-6km以浅)	地質調査結果、断層傾斜角及び地震発生層上端深さとの関係による	km	1.2
	北部(GL-6km以深)	地質調査結果、断層傾斜角及び地震発生層下端深さとの関係による	km	13.1~15.0
	南部(GL-6km以浅)	地質調査結果、断層傾斜角及び地震発生層上端深さとの関係による	km	1.2
	南部(GL-6km以深)	地質調査結果、断層傾斜角及び地震発生層下端深さとの関係による	km	10.5~13.1
震源断層面積	北部	$S_1$ :震源断層長さ及び震源断層幅による	km <sup>2</sup>	281.51
	南部	$S_2$ :同上	km <sup>2</sup>	353.63
震源断層面積		$S=S_1+S_2$	km <sup>2</sup>	635.14
等価半径		$R=(S/\pi)^{0.5}$	km	14.22
地震モーメント		$M_0=\{S/(4.24\times 10^{-11})\}^{2.0}/10^7$ (入倉・三宅(2001))	Nm	2.24E+19

震源断層パラメータ		設定方法	単位	設定値
気象庁マグニチュード		$M_I=(\log(L_{0,1}+L_{0,2})+2.9)/0.6$ (松田(1975))	-	7.6
		$M_J=(\log M_0-10.72)/1.17$ (武村(1990))	-	7.4
モーメントマグニチュード		$M_w=(\log M_0-9.1)/1.5$ (Kanamori(1977))	-	6.8
剛性率		$\mu=\rho\beta^2\beta$ :3.54km/s, $\rho$ :2.76g/cm <sup>3</sup> (地下構造調査結果等に基づく一次元地下構造モデルによる)	N/m <sup>2</sup>	3.46E+10
平均すべり量		$D=M_0/(\mu S)$	m	1.02
平均応力降下量		$\Delta\sigma=(7/16)(M_0/R^3)$	MPa	3.42
短周期レベル		$A=2.46\times 10^{10}(M_0\times 10^7)^{1/3}$ (堀・他(2001))	Nm/s <sup>2</sup>	1.49E+19
破壊伝播速度		$Vr=0.72\beta$ (Geller(1976))	km/s	2.55
$f_{max}$		中央防災会議(2004)による	Hz	6.0
アスベリティ全体	等価半径	$r_a=(7\pi M_0\beta^2)/(4AR)$	km	7.27
	面積	$S_a=\pi r_a^2$	km <sup>2</sup>	166.20
	平均すべり量	$D_a=2D$	m	2.043
	地震モーメント	$M_{0a}=\mu S_a D_a$	Nm	1.17E+19
	応力降下量	$\Delta\sigma_a=(7/16)M_0/(r_a^2 R)$	MPa	13.05
アスベリティ1	面積	$S_{a1}=(2/3)\times S_a$	km <sup>2</sup>	110.80
	地震モーメント	$M_{0a1}=M_{0a}\times S_{a1}^{1.5}/(S_{a1}^{1.5}+S_{a2}^{1.5})$	Nm	8.68E+18
	平均すべり量	$D_{a1}=M_{0a1}/(\mu S_{a1})$	m	2.264
アスベリティ2	面積	$S_{a2}=(1/3)\times S_a$	km <sup>2</sup>	55.40
	地震モーメント	$M_{0a2}=M_{0a}\times S_{a2}^{1.5}/(S_{a1}^{1.5}+S_{a2}^{1.5})$	Nm	3.07E+18
	平均すべり量	$D_{a2}=M_{0a2}/(\mu S_{a2})$	m	1.601
背景領域	面積	$S_b=S-S_a$	km <sup>2</sup>	468.94
	地震モーメント	$M_{0b}=M_0-M_{0a}$	Nm	1.07E+19
	平均すべり量	$D_b=M_{0b}/(\mu S_b)$	m	0.659
	実効応力	$\sigma_b=0.2\Delta\sigma_a$	MPa	2.61

# 地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域の小断層による影響

(プレート間地震の強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮))

- プレート間地震の強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) について、増幅係数を乗じる強震動生成域 (駿河湾SMGA②と東海SMGA①) の小断層による地震動レベルは、地震動の顕著な増幅が見られる周期帯 (周期0.5秒程度以下) において、震源断層全体と同程度である。



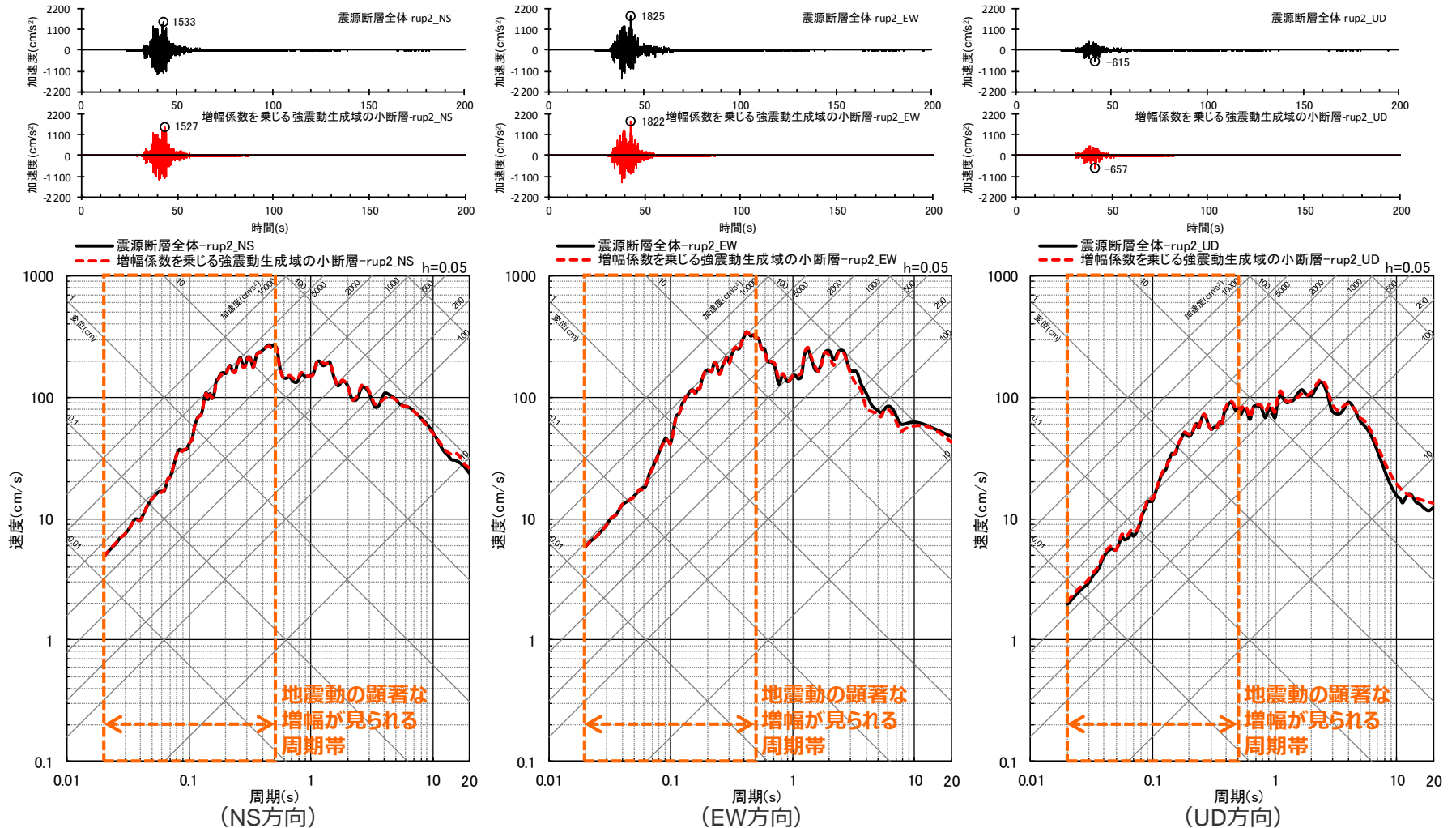
<断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の比較

(プレート間地震の強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) (破壊開始点1)) >

# 地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域の小断層による影響

(プレート間地震の強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮))

- プレート間地震の強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) について、増幅係数を乗じる強震動生成域 (駿河湾SMGA②と東海SMGA①) の小断層による地震動レベルは、地震動の顕著な増幅が見られる周期帯 (周期0.5秒程度以下) において、震源断層全体と同程度である。



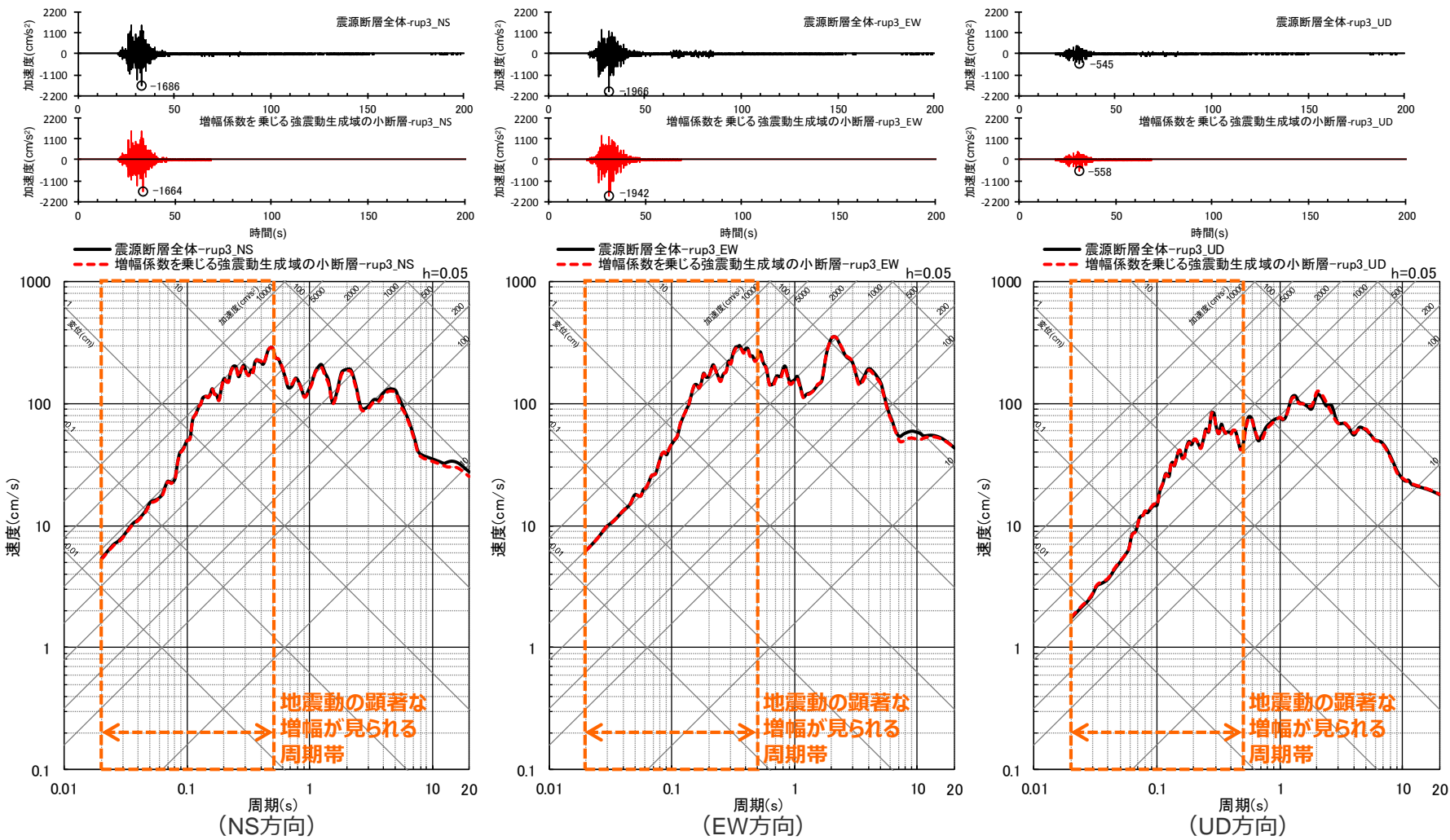
<断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の比較

(プレート間地震の強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) (破壊開始点2)) >

# 地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域の小断層による影響

(プレート間地震の強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮))

- プレート間地震の強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) について、増幅係数を乗じる強震動生成域 (駿河湾SMGA②と東海SMGA①) の小断層による地震動レベルは、地震動の顕著な増幅が見られる周期帯 (周期0.5秒程度以下) において、震源断層全体と同程度である。



<断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の比較

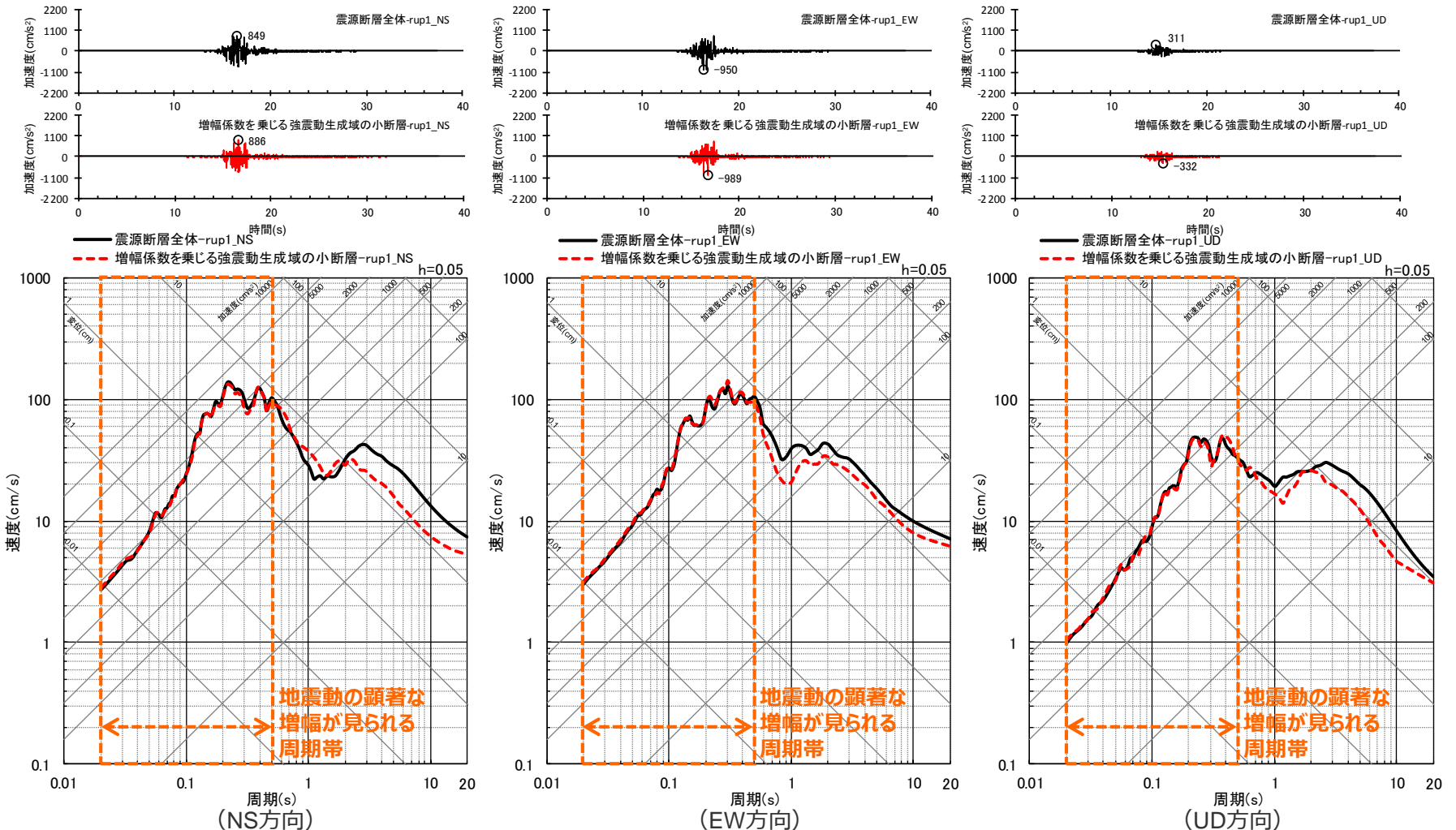
(プレート間地震の強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) (破壊開始点3)) >



# 地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域の小断層による影響

(海洋プレート内地震の基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮))

○ 海洋プレート内地震の基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) について、増幅係数を乗じる強震動生成域 (SMGA1とSMGA2) の小断層による地震動レベルは、地震動の顕著な増幅が見られる周期帯 (周期0.5秒程度以下) において震源断層全体と同程度である。

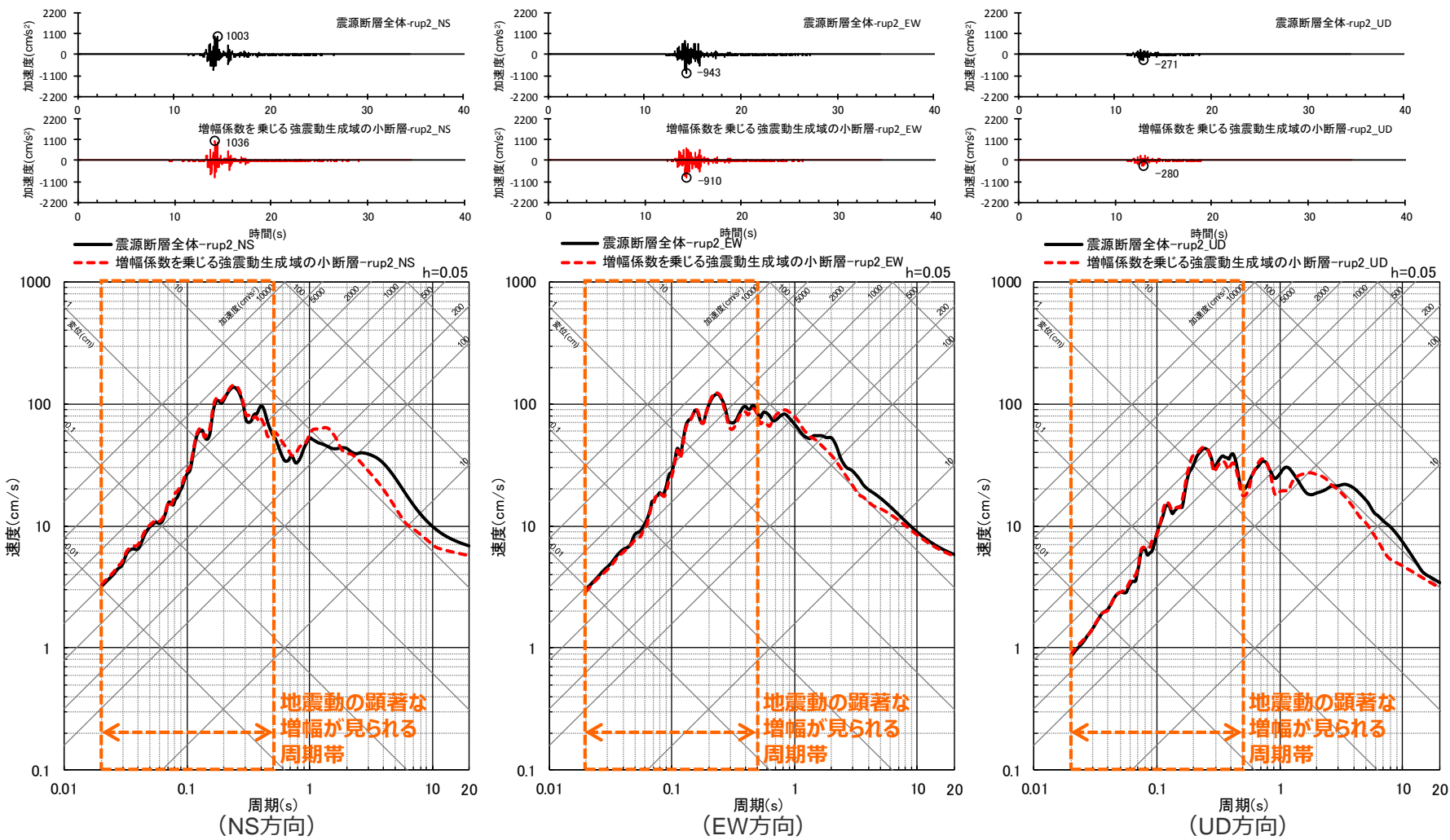


<断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の比較 (海洋プレート内地震の基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) (破壊開始点1)) >

# 地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域の小断層による影響

(海洋プレート内地震の基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮))

○ 海洋プレート内地震の基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) について、増幅係数を乗じる強震動生成域 (SMGA1とSMGA2) の小断層による地震動レベルは、地震動の顕著な増幅が見られる周期帯 (周期0.5秒程度以下) において震源断層全体と同程度である。



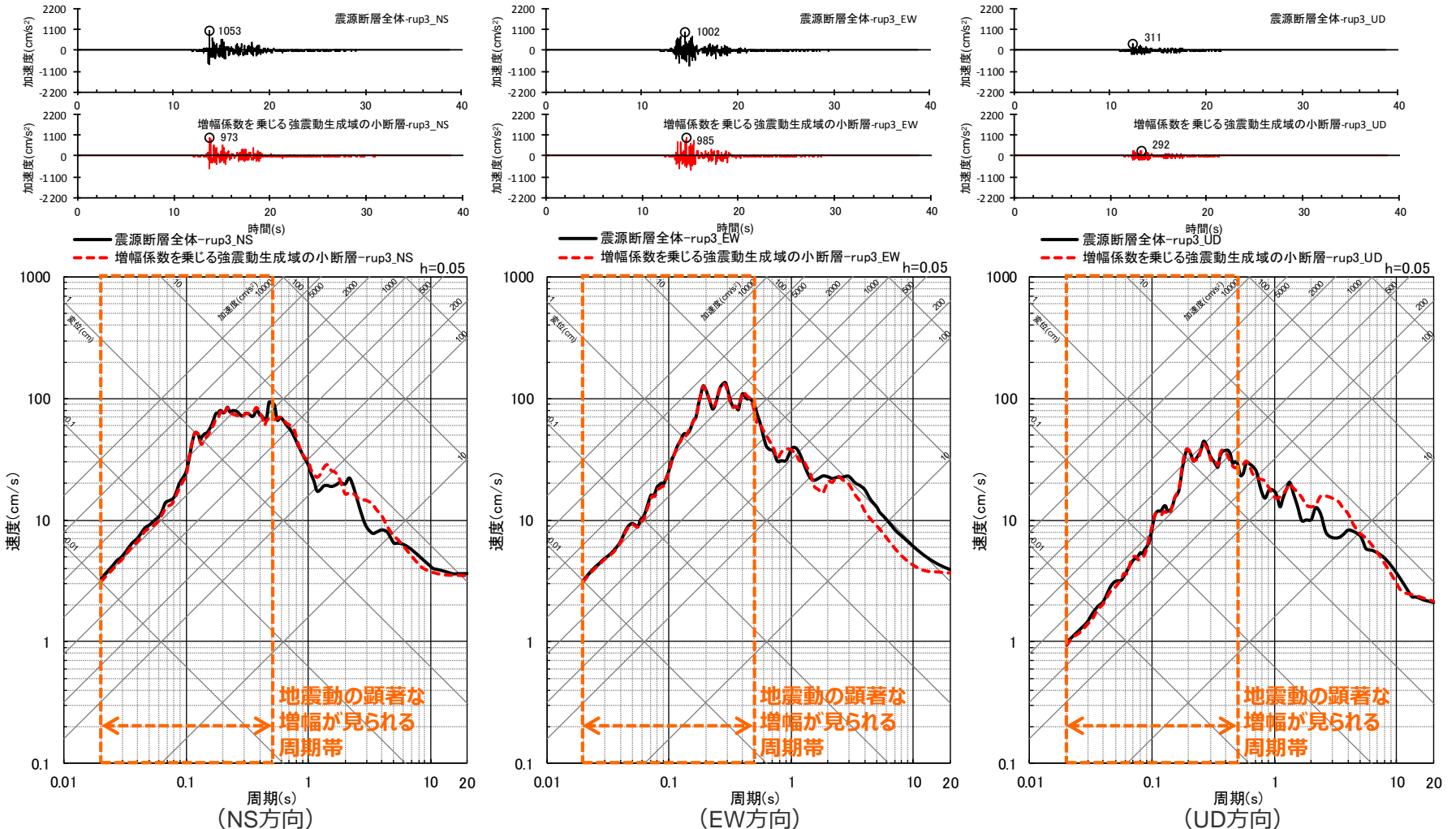
<断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の比較 (海洋プレート内地震の基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) (破壊開始点2)) >

・ 統計的グリーン関数法による。

# 地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域の小断層による影響

(海洋プレート内地震の基本震源モデル(地震動の顕著な増幅を考慮))

○ 海洋プレート内地震の基本震源モデル(地震動の顕著な増幅を考慮)について、増幅係数を乗じる強震動生成域(SMGA1とSMGA2)の小断層による地震動レベルは、地震動の顕著な増幅が見られる周期帯(周期0.5秒程度以下)において震源断層全体と同程度である。

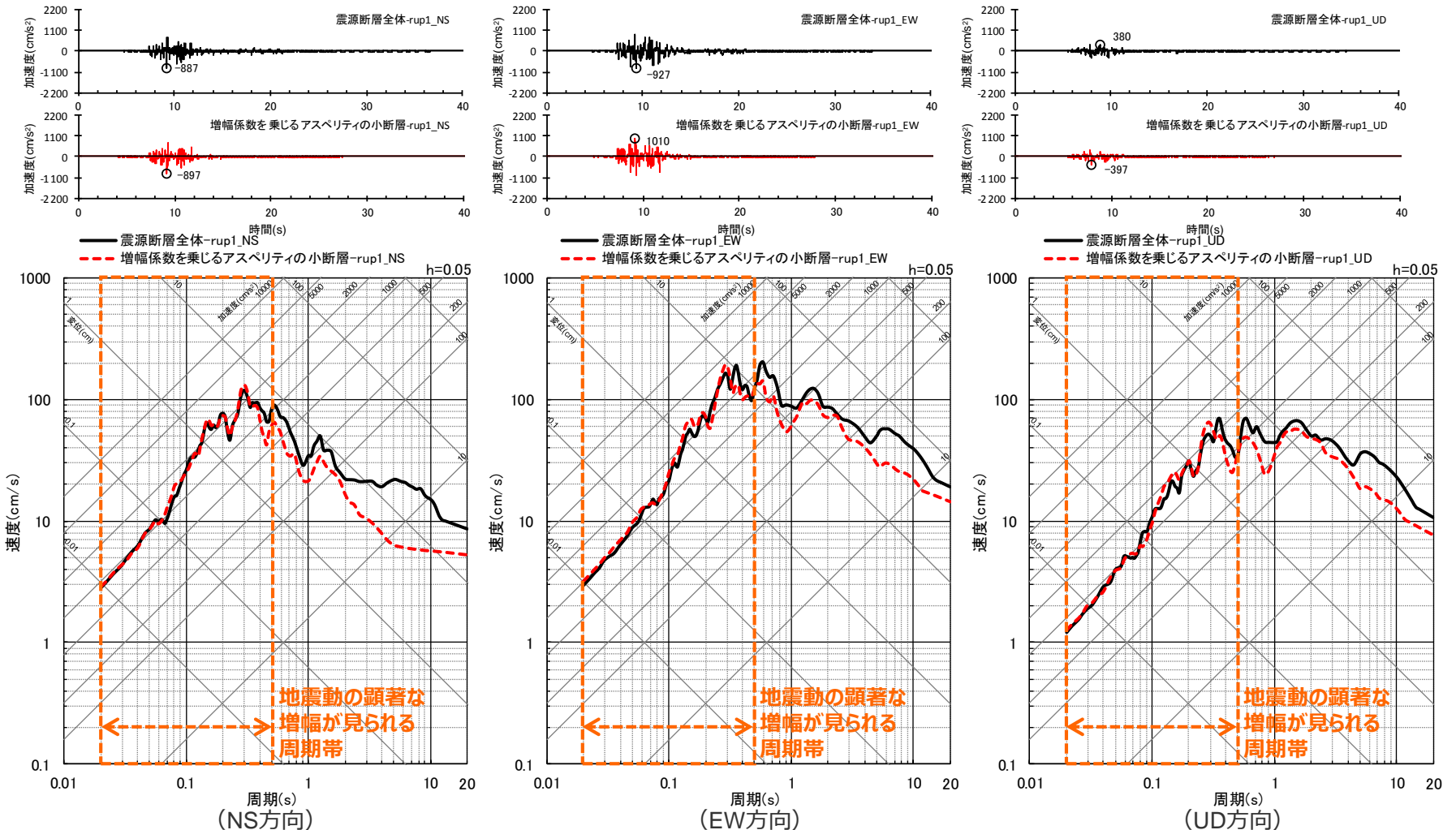


<断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の比較(海洋プレート内地震の基本震源モデル(地震動の顕著な増幅を考慮)(破壊開始点3))>

# 地震動の顕著な増幅を考慮するアスペリティの小断層による影響

(内陸地殻内地震の基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮))

○内陸地殻内地震の基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) (破壊開始点1) について、増幅係数を乗じるアスペリティ (アスペリティ1の一部) の小断層による地震動レベルは、地震動の顕著な増幅が見られる周期帯 (周期0.5秒程度以下) において震源断層全体と同程度である。

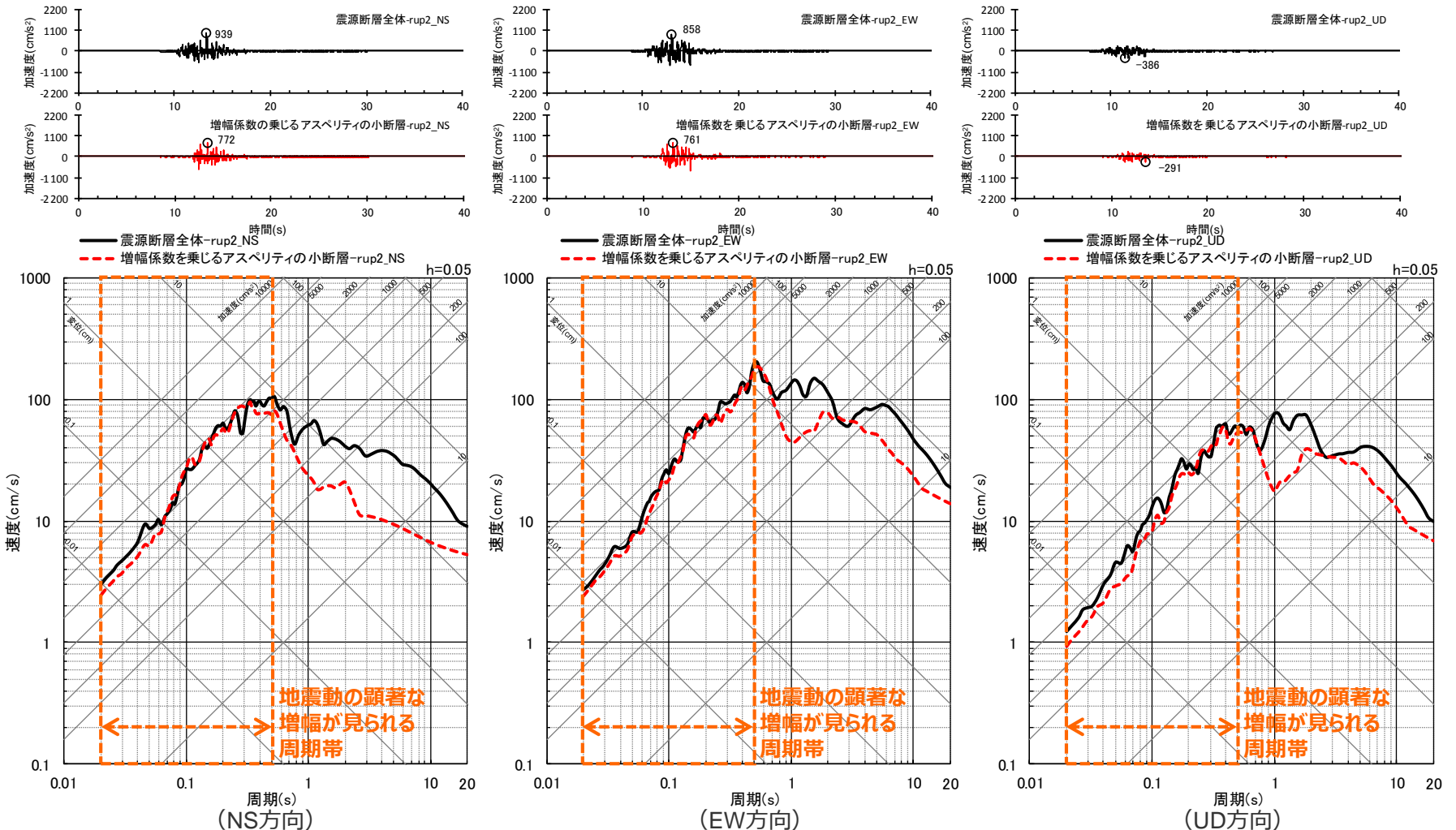


<断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の比較 (内陸地殻内地震の基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) (破壊開始点1)) >

# 地震動の顕著な増幅を考慮するアスペリティの小断層による影響

(内陸地殻内地震の基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮))

○内陸地殻内地震の基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) (破壊開始点2) について、増幅係数を乗じるアスペリティ (アスペリティ1の一部) の小断層による地震動レベルは、地震動の顕著な増幅が見られる周期帯 (周期0.5秒程度以下) において震源断層全体と比べやや小さい。

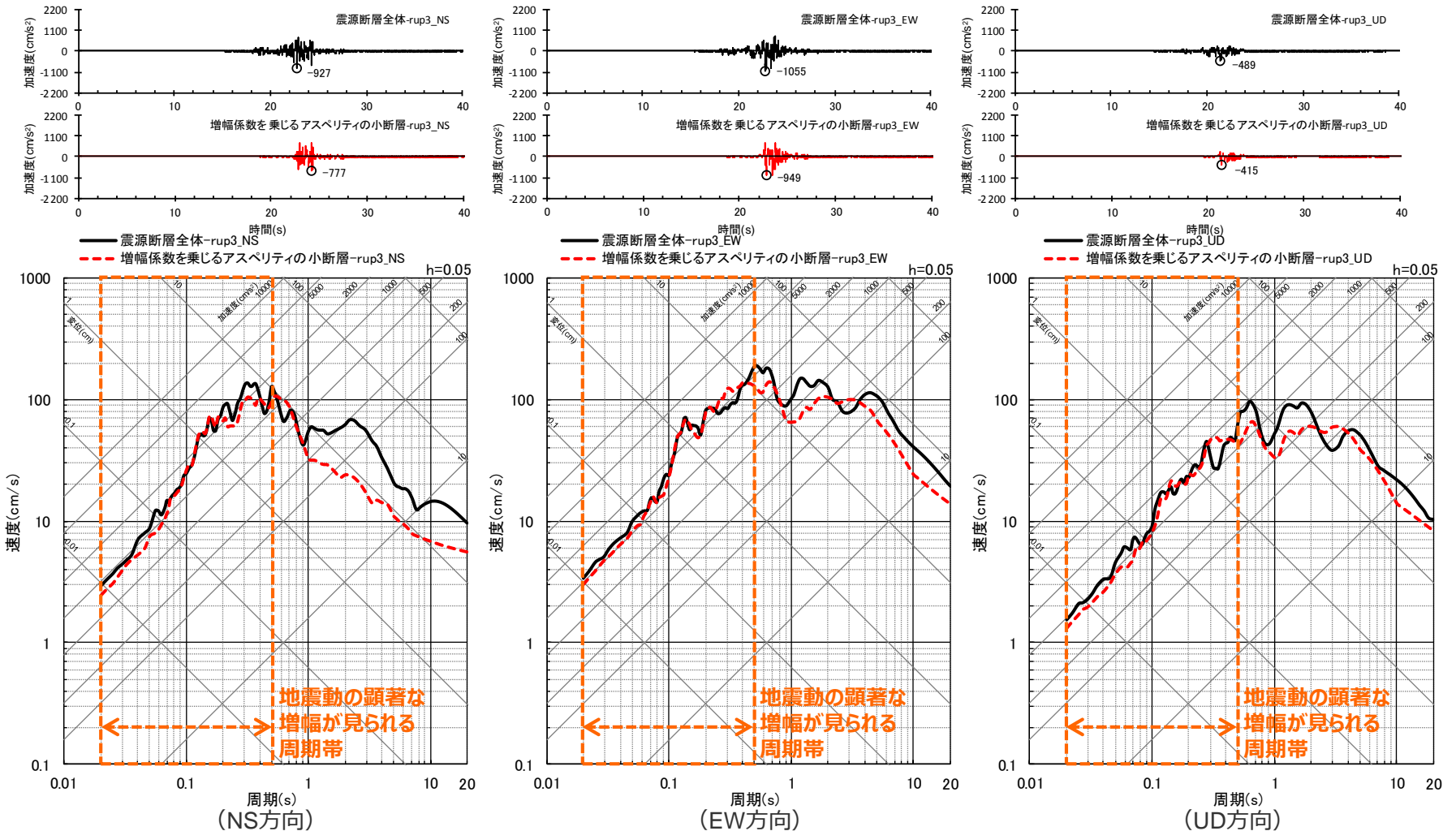


<断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の比較 (内陸地殻内地震の基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) (破壊開始点2)) >

# 地震動の顕著な増幅を考慮するアスペリティの小断層による影響

(内陸地殻内地震の基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮))

○内陸地殻内地震の基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) (破壊開始点3) について、増幅係数を乗じるアスペリティ (アスペリティ1の一部) の小断層による地震動レベルは、地震動の顕著な増幅が見られる周期帯 (周期0.5秒程度以下) において震源断層全体と比べやや小さい。

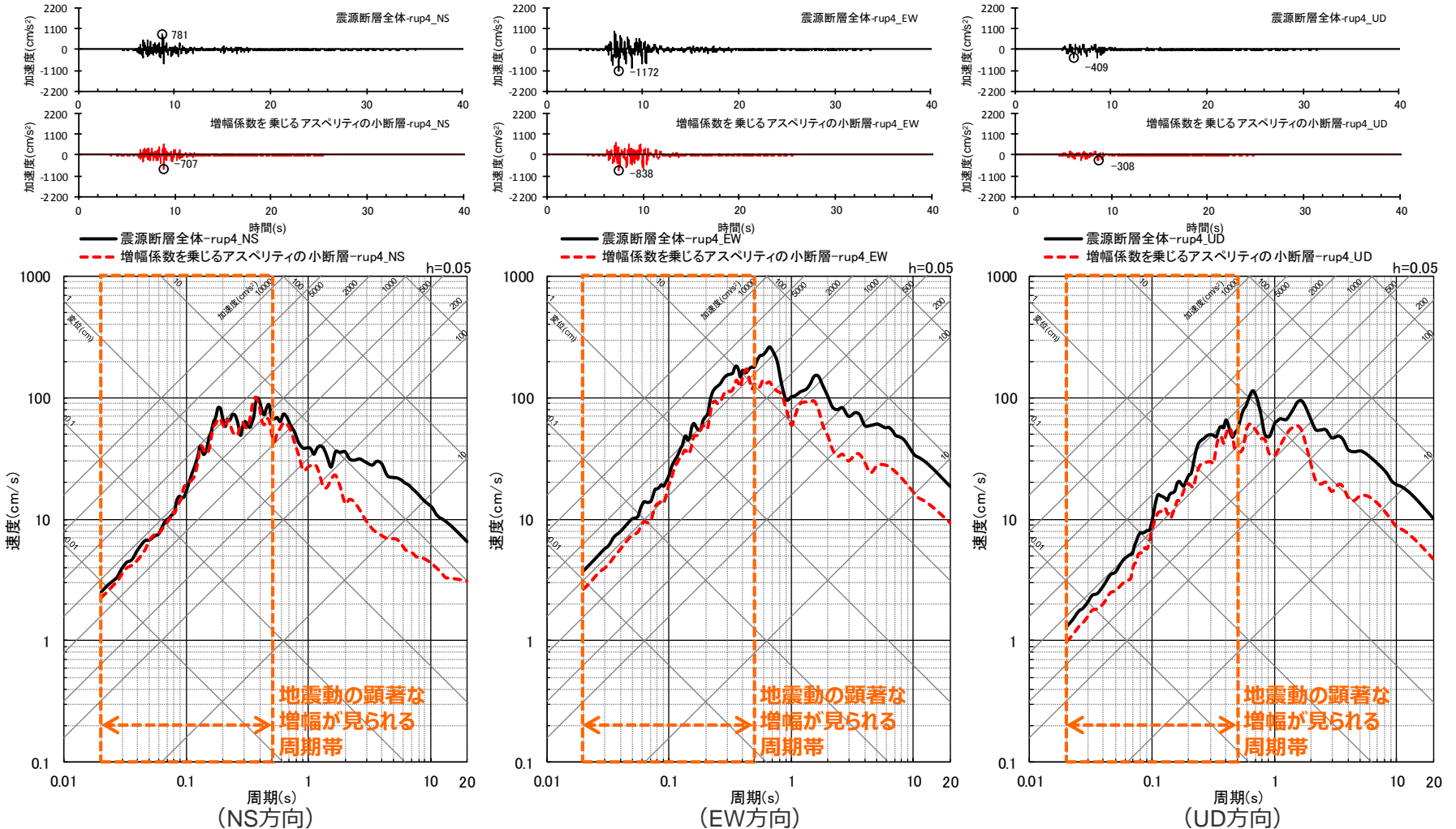


<断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の比較 (内陸地殻内地震の基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) (破壊開始点3)) >

# 地震動の顕著な増幅を考慮するアスペリティの小断層による影響

(内陸地殻内地震の基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮))

○内陸地殻内地震の基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) (破壊開始点4) について、増幅係数を乗じるアスペリティ (アスペリティ1の一部) の小断層による地震動レベルは、地震動の顕著な増幅が見られる周期帯 (周期0.5秒程度以下) において震源断層全体と比べやや小さい。



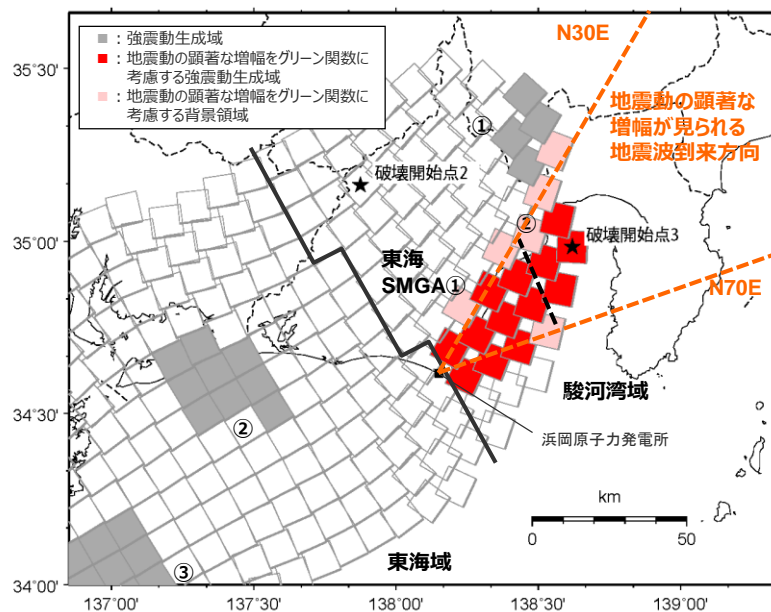
<断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の比較 (内陸地殻内地震の基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) (破壊開始点4)) >

# 「増幅方向」に位置する背景領域の小断層による影響の確認

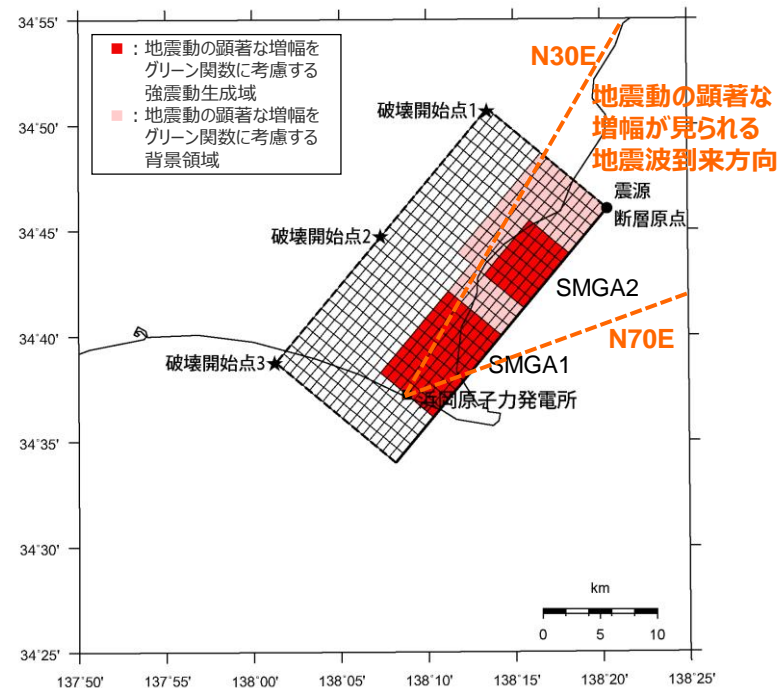
(検討概要)

## 【「増幅方向」に位置する背景領域の小断層による影響の確認】

- 特性化震源モデルを用いた地震動評価は、背景領域からの地震動の短周期への影響は強震動生成域（アスペリティ）に比べて小さいとして検討し、震源断層全体の短周期の地震動レベルを強震動生成域（アスペリティ）からの地震動のみで評価する考え方により行われていることを踏まえ、断層モデルを用いた手法による地震動の顕著な増幅を考慮した地震動評価では、地震動の顕著な増幅が見られた短周期の地震動に及ぼす影響が支配的な強震動生成域（アスペリティ）に着目し、短周期の地震動評価に一般的に用いられる統計的グリーン関数法において、「増幅方向」の敷地近傍に強震動生成域（アスペリティ）を保守的に配置したうえで、「増幅方向」に位置する強震動生成域（アスペリティ）からの地震動のみに顕著な増幅を反映する方法（強震動生成域（アスペリティ）の小断層のグリーン関数に増幅係数を乗じる方法）を用いている。
- 増幅係数を乗じる強震動生成域（アスペリティ）を保守的に「増幅方向」の敷地近傍に配置したうえで評価を行うため、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層は敷地から離れることとなり、その影響は小さく、「増幅方向」の敷地近傍に配置した強震動生成域（アスペリティ）による影響が支配的であると考えられるが、ここでは、「増幅方向」に背景領域の小断層が位置するプレート間地震及び海洋プレート内地震の検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）を対象に、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層のグリーン関数にも増幅係数を乗じた場合のパラメータスタディを行って影響確認を行う。



<プレート間地震>



<海洋プレート内地震>

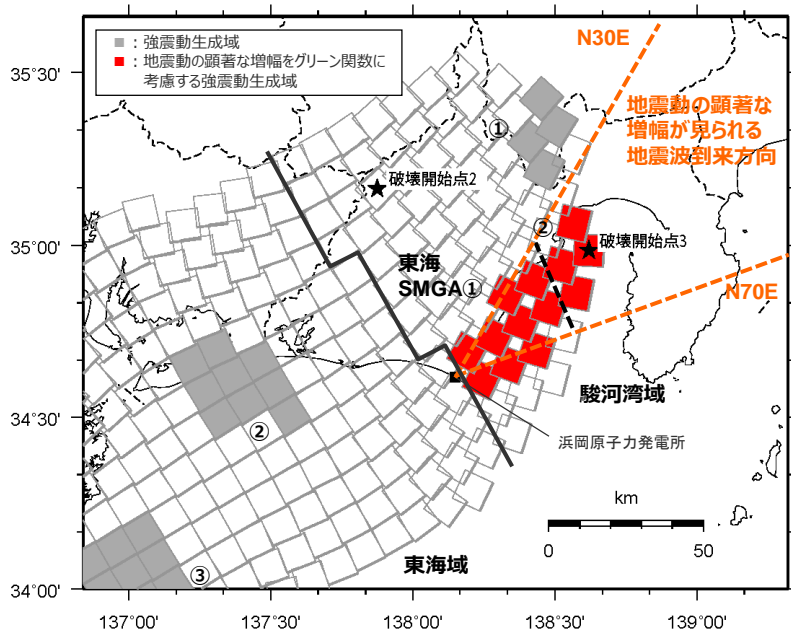
・黒字の丸数字はプレート間地震の強震動生成域のNo.を表す。  
 ・---: 東海SMGA①と駿河湾SMGA②の境界を表す。



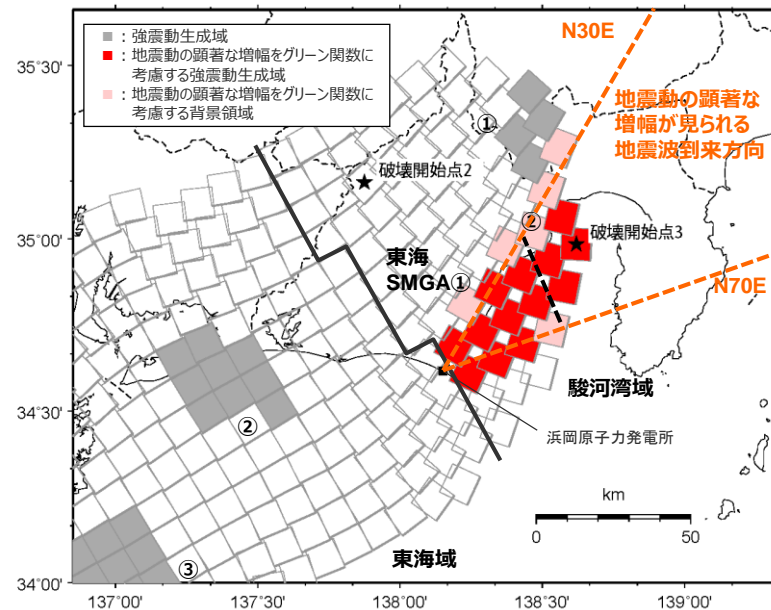
# 「増幅方向」に位置する背景領域の小断層による影響の確認

(プレート間地震の強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮))

○プレート間地震の強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) について、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層による影響を確認するため、「増幅方向」の敷地近傍に配置した強震動生成域 (駿河湾SMGA②及び東海SMGA①) に加え、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる場合の統計的グリーン法による地震動評価を行い、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層には増幅係数を乗じない場合との比較を行う。



<「増幅方向」に位置する背景領域の小断層には増幅係数を乗じない場合の地震動評価>

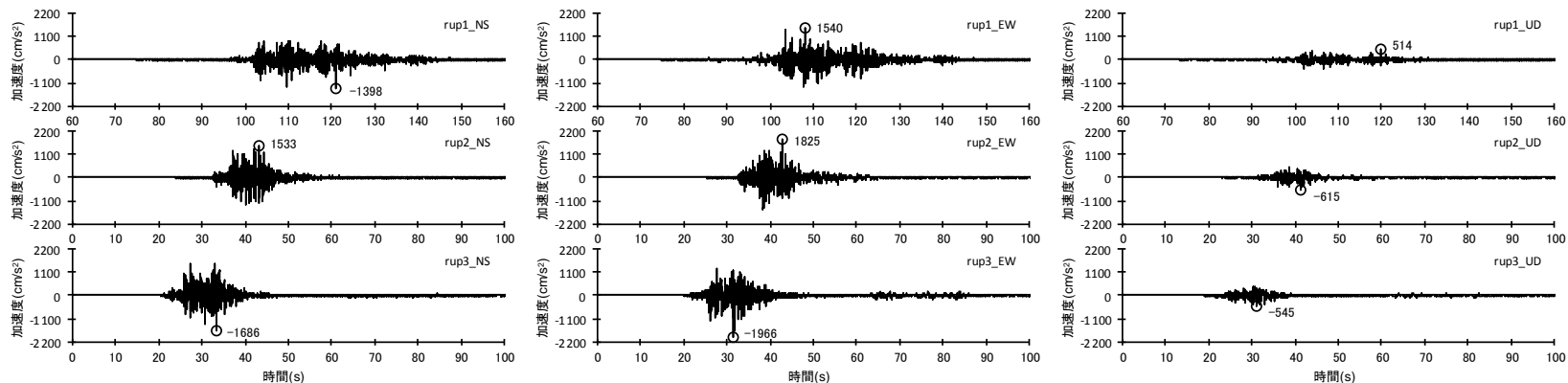


<「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる場合の地震動評価>

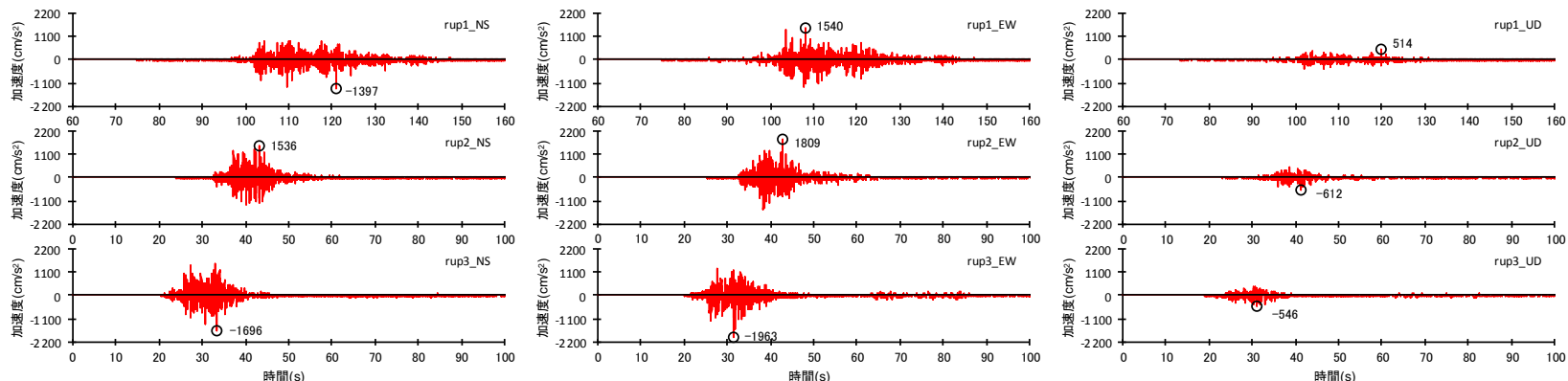
・黒字の丸数字はプレート間地震の強震動生成域のNo.を表す。  
 ・---: 東海SMGA①と駿河湾SMGA②の境界を表す。

# 「増幅方向」に位置する背景領域の小断層による影響の確認

(プレート間地震の強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮))



(「増幅方向」に位置する背景領域の小断層には増幅係数を乗じない場合の地震動評価)



(「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる場合の地震動評価)

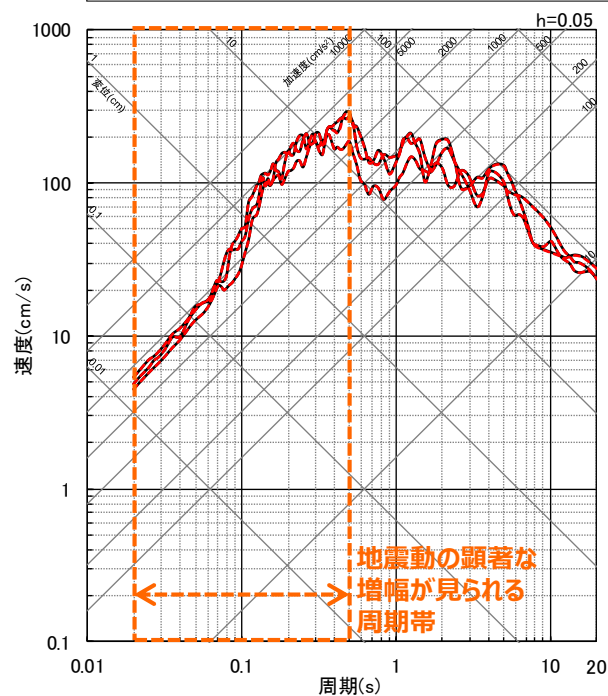
<断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の比較 (加速度時刻歴波形) 、破壊開始点1~3>

# 「増幅方向」に位置する背景領域の小断層による影響の確認

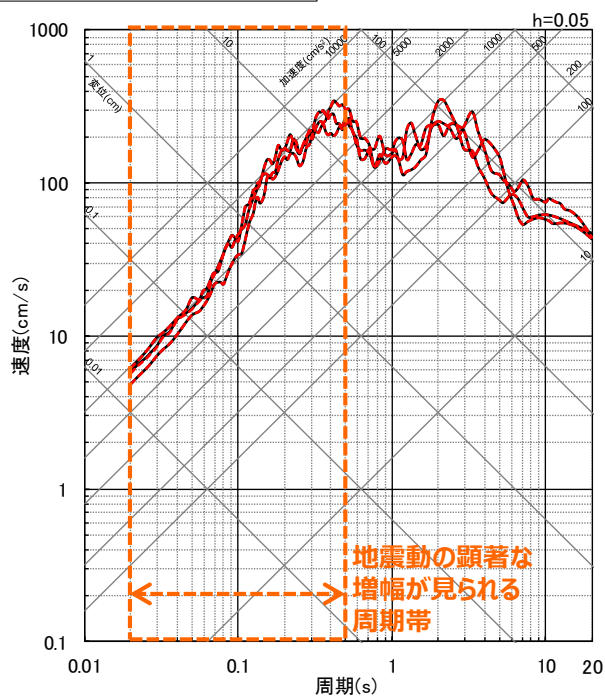
(プレート間地震の強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮))

○プレート間地震の強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) について、「増幅方向」の敷地近傍に配置した強震動生成域 (駿河湾SMGA①及び東海SMGA①) に加え、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる場合の地震動レベルは、地震動の顕著な増幅が見られる周期帯 (周期0.5秒以下) において、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層には増幅係数を乗じない場合と同程度であり、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層による影響は小さく、「増幅方向」の敷地近傍に配置した強震動生成域 (駿河湾SMGA①及び東海SMGA①) による影響が支配的であることを確認した。

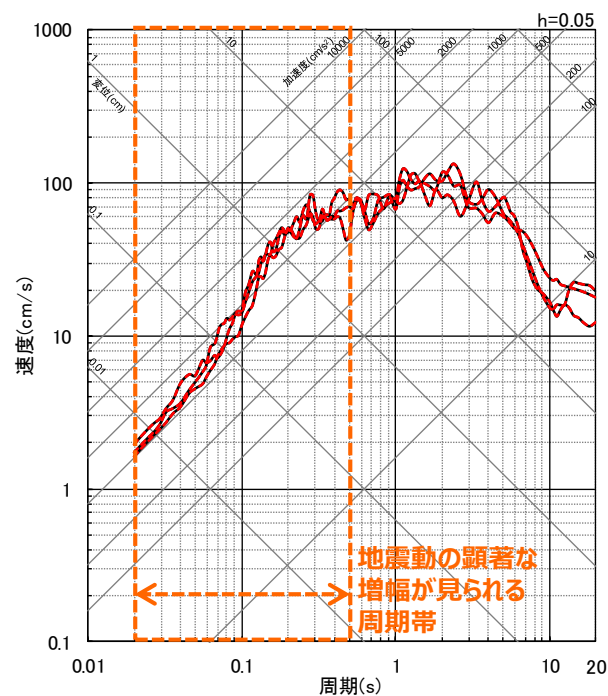
--- 「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる場合の地震動評価  
 — 「増幅方向」に位置する背景領域の小断層には増幅係数を乗じない場合の地震動評価



(NS方向)



(EW方向)



(UD方向)

<断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の比較 (応答スペクトル)、破壊開始点1~3>

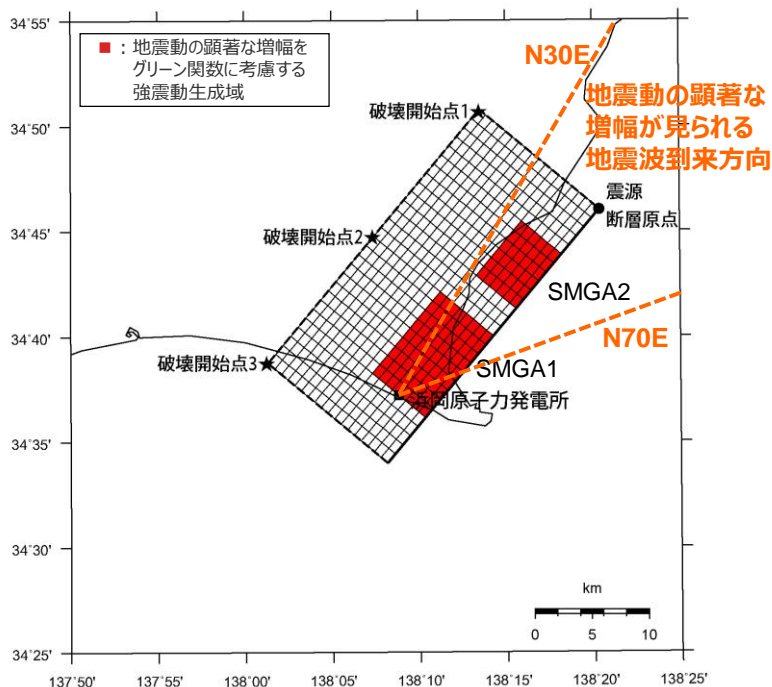
---

余白

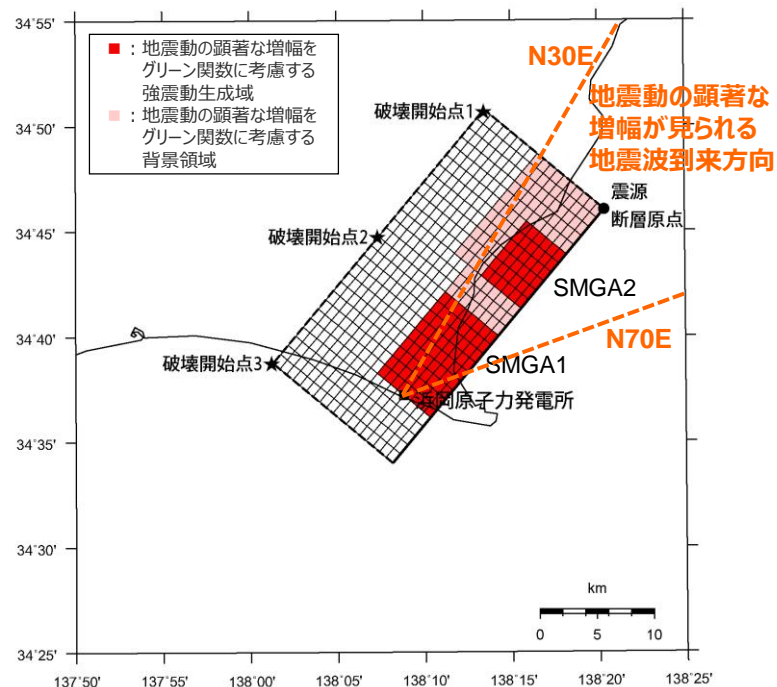
# 「増幅方向」に位置する背景領域の小断層による影響の確認

(海洋プレート内地震の基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮))

○海洋プレート内地震の基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) について、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層による影響を確認するため、「増幅方向」の敷地近傍に配置した強震動生成域に加え、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる場合の統計的グリーン法による地震動評価を行い、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層には増幅係数を乗じない場合との比較を行う。

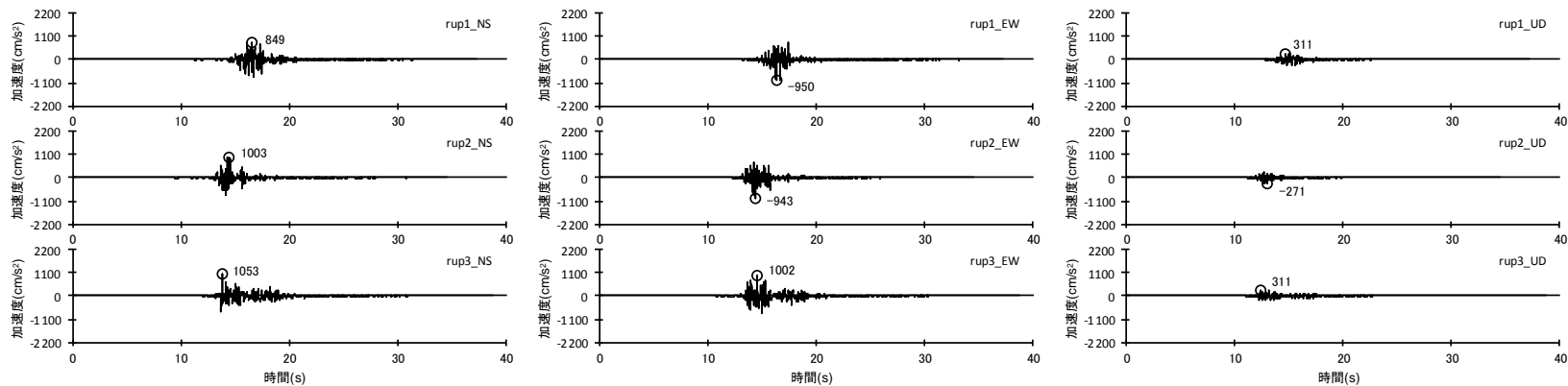


<「増幅方向」に位置する背景領域の小断層には増幅係数を乗じない場合の地震動評価>

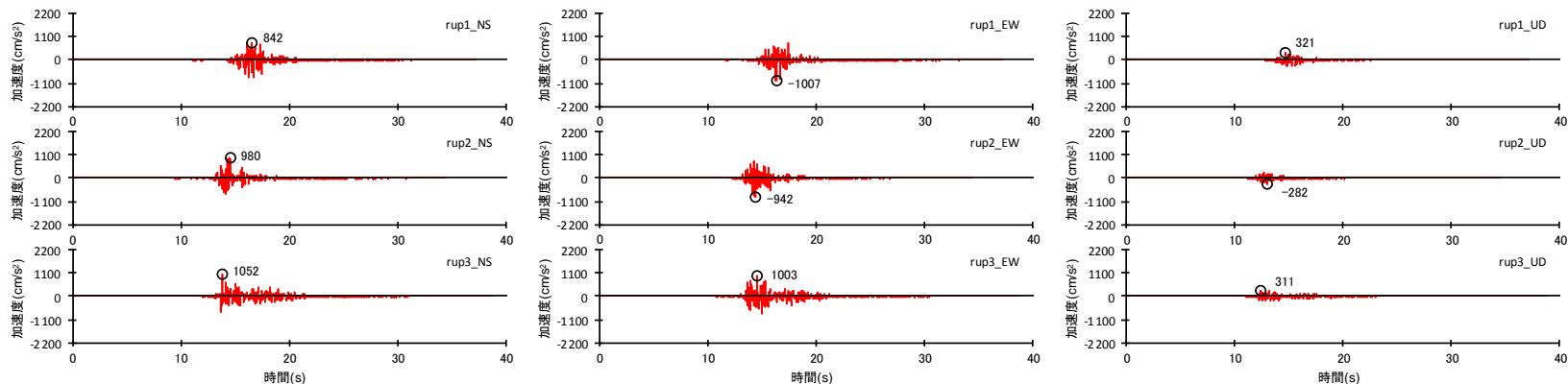


<「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる場合の地震動評価>

# 「増幅方向」に位置する背景領域の小断層による影響の確認 (海洋プレート内地震の基本震源モデル(地震動の顕著な増幅を考慮))



(「増幅方向」に位置する背景領域の小断層には増幅係数を乗じない場合の地震動評価)



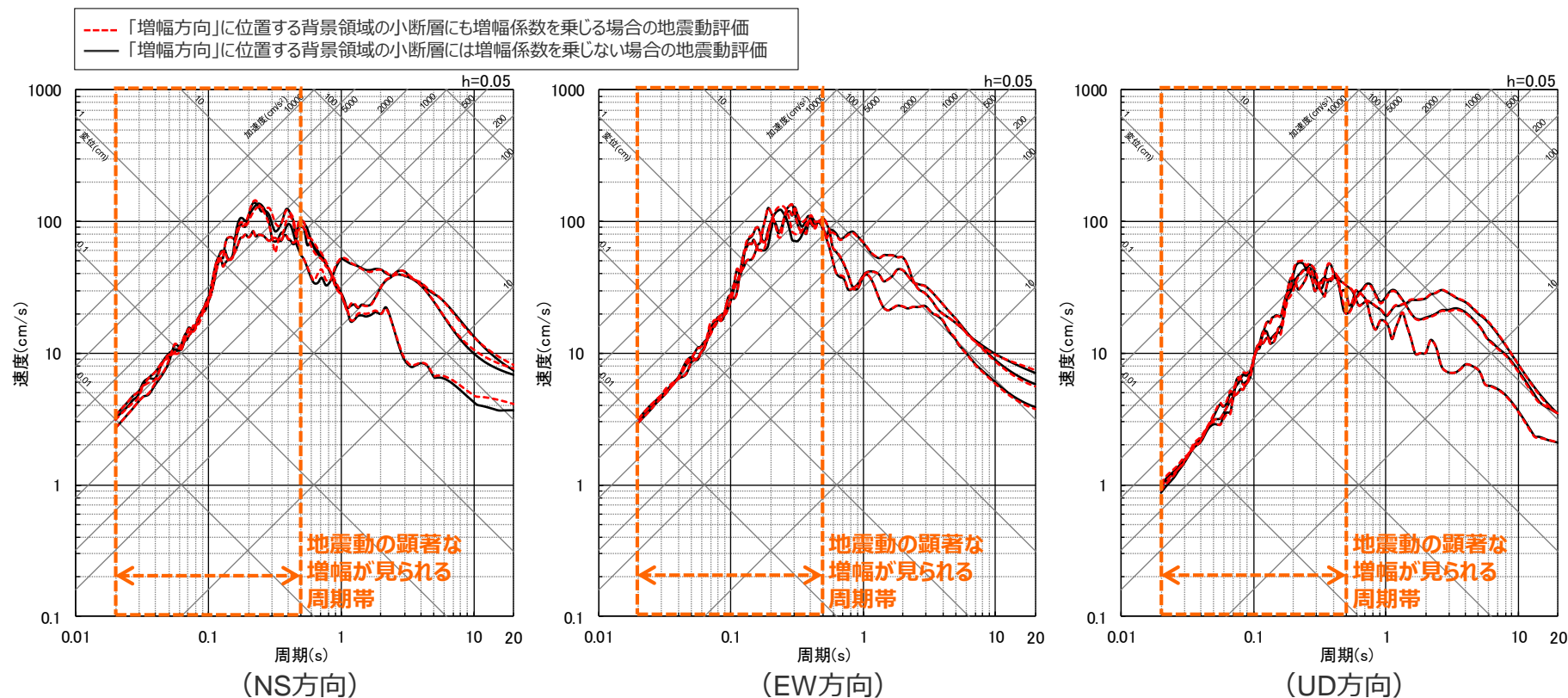
(「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる場合の地震動評価)

<断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の比較(加速度時刻歴波形)、破壊開始点1~3>

# 「増幅方向」に位置する背景領域の小断層による影響の確認

(海洋プレート内地震の基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮))

○海洋プレート内地震の基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) について、「増幅方向」の敷地近傍に配置した強震動生成域 (SMGA1及びSMGA2) に加え、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層にも増幅係数を乗じる場合の地震動レベルは、地震動の顕著な増幅が見られる周期帯 (周期0.5秒以下) において、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層には増幅係数を乗じない場合と同程度であり、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層による影響は小さく、「増幅方向」の敷地近傍に配置した強震動生成域 (SMGA1及びSMGA2) による影響が支配的であることを確認した。



<断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の比較 (応答スペクトル)、破壊開始点1~3>

## 「増幅方向」に位置する背景領域の小断層による影響の確認 (小括)

### 【「増幅方向」に位置する背景領域の小断層による影響の確認 (p.151再掲)】

- 特性化震源モデルを用いた地震動評価では、背景領域からの地震動の短周期への影響は強震動生成域（アスペリティ）に比べて小さいとして検討し、震源断層全体の**短周期の地震動レベルを強震動生成域（アスペリティ）からの地震動のみで評価する考え方**により行われていることを踏まえ、断層モデルを用いた手法による地震動の顕著な増幅を考慮した地震動評価では、地震動の顕著な増幅が見られた短周期の地震動に及ぼす影響が支配的な強震動生成域（アスペリティ）に着目し、短周期の地震動評価に一般的に用いられる統計的グリーン関数法において、**「増幅方向」の敷地近傍に強震動生成域（アスペリティ）を保守的に配置したうえで、「増幅方向」に位置する強震動生成域（アスペリティ）からの地震動にのみ顕著な増幅を反映する方法**（強震動生成域（アスペリティ）の小断層のグリーン関数に増幅係数を乗じる方法）を用いている。
- 増幅係数を乗じる強震動生成域（アスペリティ）を保守的に「増幅方向」の敷地近傍に配置したうえで評価を行うため、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層は敷地から離れることとなり、その影響は小さく、「増幅方向」の敷地近傍に配置した強震動生成域（アスペリティ）による影響が支配的であると考えられるが、ここでは、「増幅方向」に背景領域の小断層が位置するプレート間地震及び海洋プレート内地震の検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）を対象に、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層のグリーン関数にも増幅係数を乗じた場合のパラメータスタディを行って影響確認を行う。

- プレート間地震及び海洋プレート内地震の検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動の顕著な増幅が見られる周期帯（周期0.5秒程度以下）の地震動評価結果について、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層による影響は小さく、「増幅方向」の敷地近傍に配置した強震動生成域による影響が支配的であることを確認した。



---

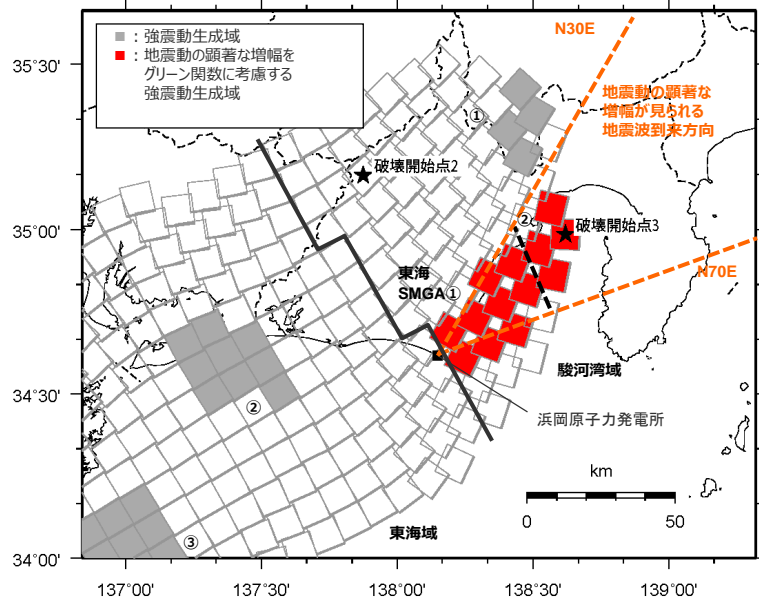
余白

# 地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域（アスペリティ）の小断層による波形のフーリエスペクトル比（検討概要）

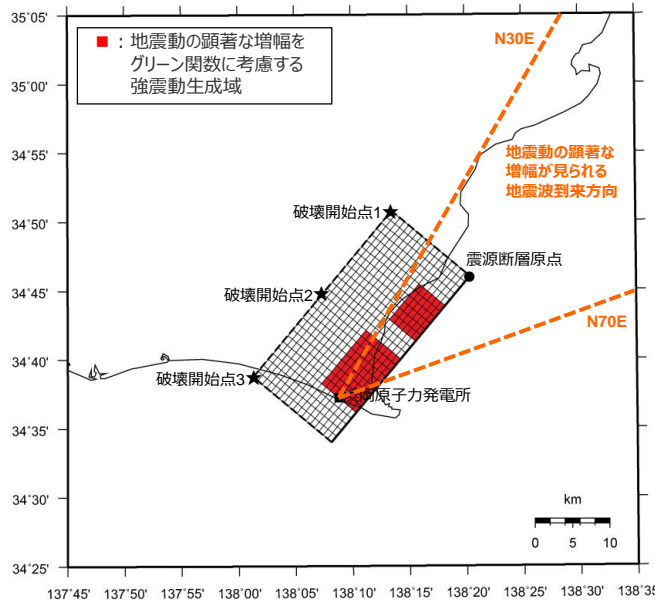
○ 各地震タイプ（内陸地殻内地震、プレート間地震、海洋プレート内地震）の検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の断層モデルを用いた手法による地震動評価について、『2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現検討と同じ増幅係数を乗じる強震動生成域（アスペリティ）の小断層のみによる地震動（波形合成結果）のフーリエスペクトル比（地震動の顕著な増幅を考慮する場合／地震動の顕著な増幅を考慮しない場合）』を算出することで地震動評価結果に反映された地震動の顕著な増幅を分析し、**2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現検討で確認した地震動の顕著な増幅と同じ特性が反映されていることを確認**する。なお、参考として前回の第882回審査会合で提示したフーリエスペクトル比との違いについても分析する。

## フーリエスペクトル比を算出

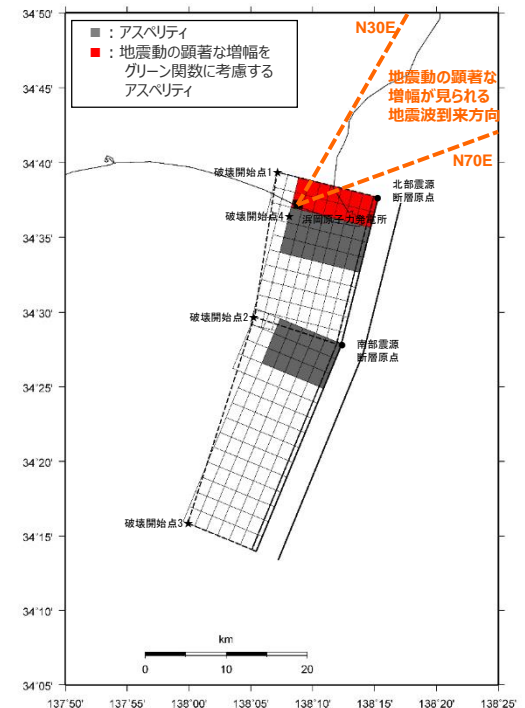
増幅係数を乗じる強震動生成域（アスペリティ）のフーリエスペクトル※  
 増幅係数を乗じる強震動生成域（アスペリティ）の増幅係数を乗じない場合のフーリエスペクトル※



（プレート間地震の強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮））



（海洋プレート内地震の基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮））

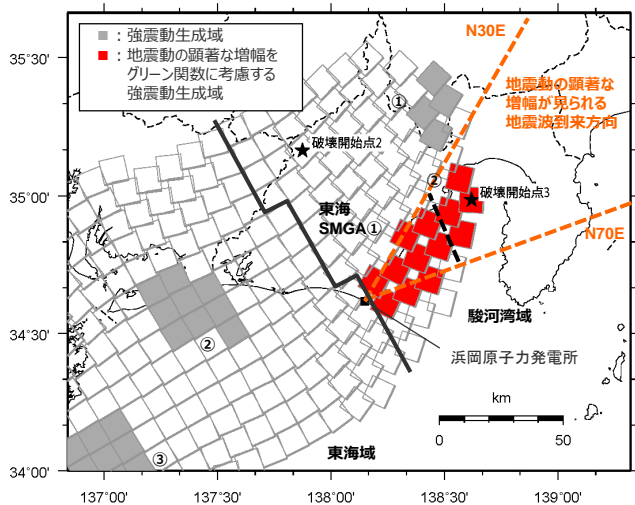


（内陸地殻内地震の基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮））

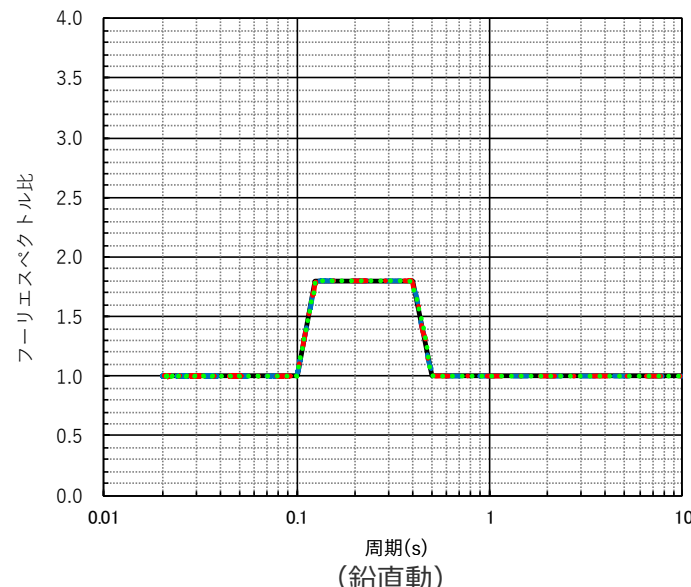
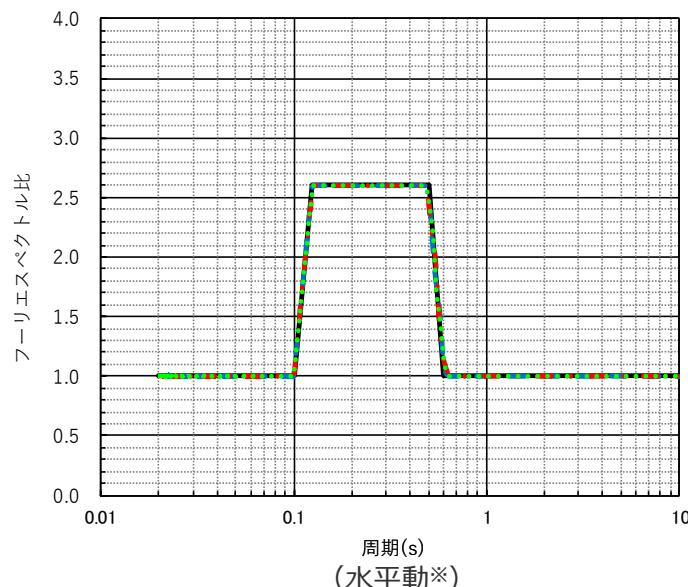
地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域（アスペリティ）の小断層による波形のフーリエスペクトル比（プレート間地震の強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮））

○プレート間地震の強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）について、増幅係数を乗じる強震動生成域（駿河湾SMGA②と東海SMGA①）の小断層のみによる地震動（波形合成結果）のフーリエスペクトル比（地震動の顕著な増幅を考慮する場合／地震動の顕著な増幅を考慮しない場合）を算出した結果は、2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現検討におけるフーリエスペクトル比と同じ（グリーン関数に乗じる増幅係数と同じ）となっている。

— 2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現検討におけるフーリエスペクトル比（グリーン関数に乗じる増幅係数）  
 - - フーリエスペクトル比：増幅係数を乗じる強震動生成域（駿河湾SMGA②と東海SMGA①）の小断層-rup1  
 - . - . フーリエスペクトル比：増幅係数を乗じる強震動生成域（駿河湾SMGA②と東海SMGA①）の小断層-rup2  
 - . . . . フーリエスペクトル比：増幅係数を乗じる強震動生成域（駿河湾SMGA②と東海SMGA①）の小断層-rup3



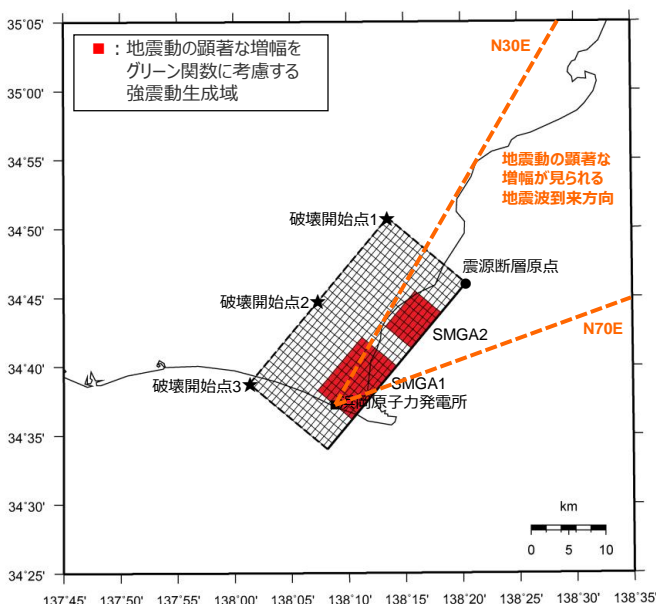
(敷地周辺)



<「2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現検討におけるフーリエスペクトル比（グリーン関数に乗じる増幅係数）」と「増幅係数を乗じる強震動生成域の小断層による地震動（波形合成結果）のフーリエスペクトル比」の比較>  
 （プレート間地震の強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮））

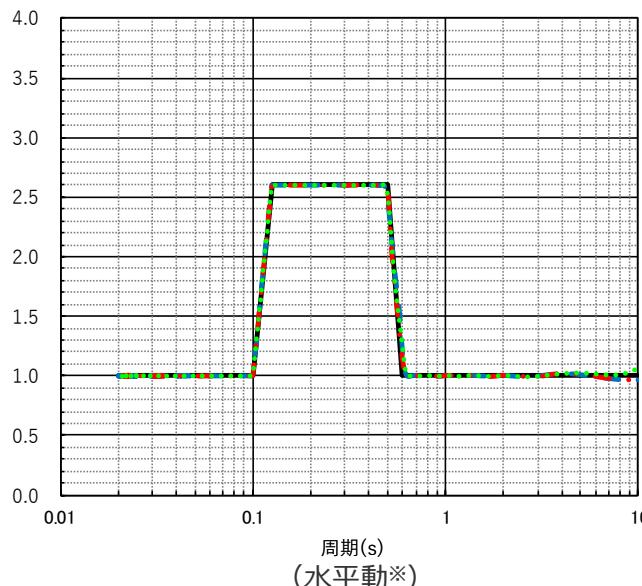
No.1,2コメント回答<1.3.1 地震動評価結果に反映された地震動の顕著な増幅の分析>  
 地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域（アスペリティ）の小断層による波形のフーリエスペクトル比  
 （海洋プレート内地震の基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮））

○海洋プレート内地震の基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）について、増幅係数を乗じる強震動生成域（SMGA1とSMGA2）の小断層のみによる地震動（波形合成結果）のフーリエスペクトル比（地震動の顕著な増幅を考慮する場合／地震動の顕著な増幅を考慮しない場合）を算出した結果は、2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現検討におけるフーリエスペクトル比と同じ（グリーン関数に乗じる増幅係数と同じ）となっている。

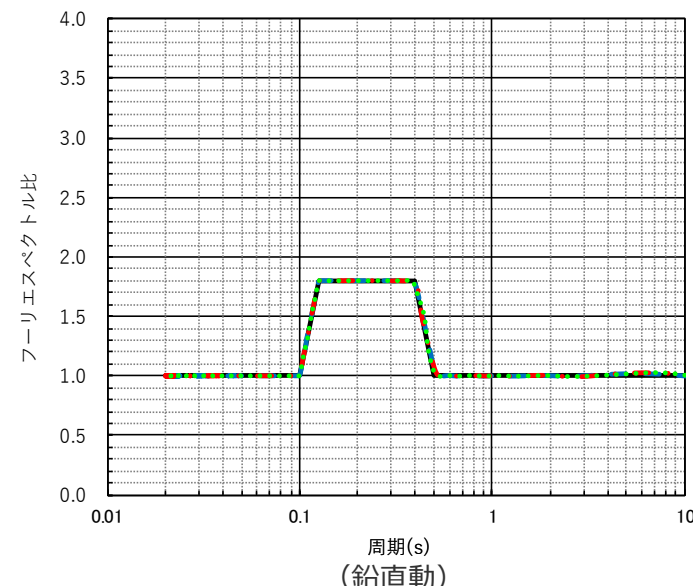


（地表面投影図）

— 2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現検討におけるフーリエスペクトル比（グリーン関数に乗じる増幅係数）  
 - - フーリエスペクトル比：増幅係数を乗じる強震動生成域（SMGA1とSMGA2）の小断層-rup1  
 - · - フーリエスペクトル比：増幅係数を乗じる強震動生成域（SMGA1とSMGA2）の小断層-rup2  
 ····· フーリエスペクトル比：増幅係数を乗じる強震動生成域（SMGA1とSMGA2）の小断層-rup3



周期(s)  
 （水平動※）



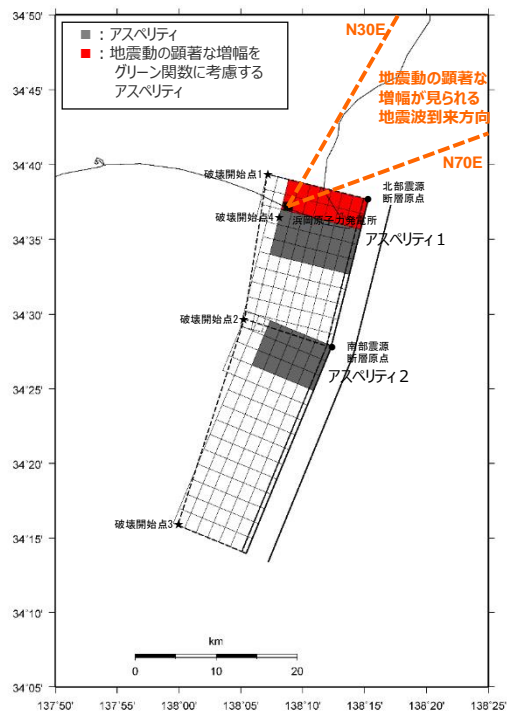
周期(s)  
 （鉛直動）

<「2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現検討におけるフーリエスペクトル比（グリーン関数に乗じる増幅係数）」と  
 「増幅係数を乗じる強震動生成域の小断層による地震動（波形合成結果）のフーリエスペクトル比」の比較>  
 （海洋プレート内地震の基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮））

※ 水平動はNS方向とEW方向の平均。

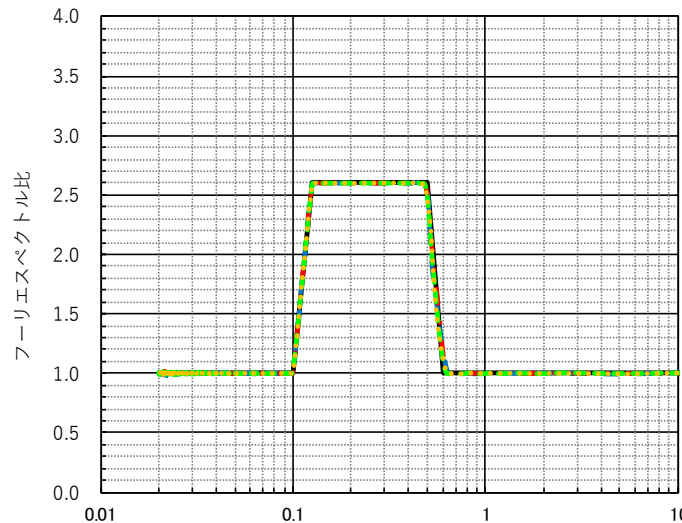
No.1,2コメント回答<1.3.1 地震動評価結果に反映された地震動の顕著な増幅の分析>  
 地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域（アスペリティ）の小断層による波形のフーリエスペクトル比  
 （内陸地殻内地震の基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮））

○ 内陸地殻内地震の基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）について、増幅係数を乗じるアスペリティ（アスペリティ1の一部）の小断層のみによる地震動（波形合成結果）のフーリエスペクトル比（地震動の顕著な増幅を考慮する場合／地震動の顕著な増幅を考慮しない場合）を算出した結果は、2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現検討におけるフーリエスペクトル比と同じ（グリーン関数に乗じる増幅係数と同じ）となっている。

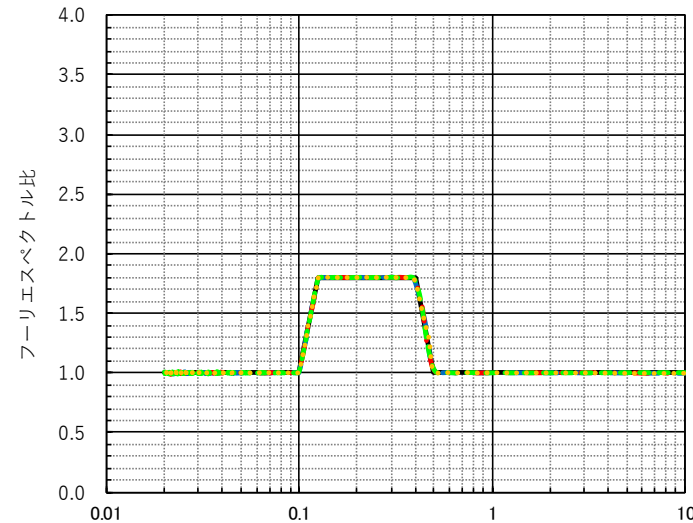


（地表面投影図）

— 2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現検討におけるフーリエスペクトル比（グリーン関数に乗じる増幅係数）  
 - - フーリエスペクトル比：増幅係数を乗じるアスペリティ（アスペリティ1の一部）の小断層-rup1  
 - . - . フーリエスペクトル比：増幅係数を乗じるアスペリティ（アスペリティ1の一部）の小断層-rup2  
 - - - フーリエスペクトル比：増幅係数を乗じるアスペリティ（アスペリティ1の一部）の小断層-rup3  
 . . . . . フーリエスペクトル比：増幅係数を乗じるアスペリティ（アスペリティ1の一部）の小断層-rup4



（水平動※）



（鉛直動）

<「2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現検討におけるフーリエスペクトル比（グリーン関数に乗じる増幅係数）」と  
 「増幅係数を乗じるアスペリティの小断層による地震動（波形合成結果）のフーリエスペクトル比」の比較>  
 （内陸地殻内地震の基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮））

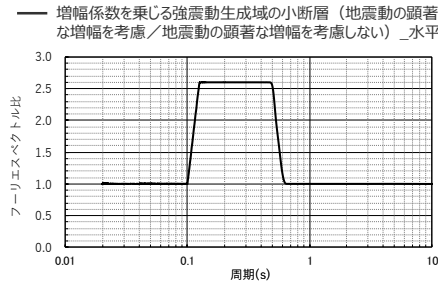
○ 以上より、各地震タイプ（内陸地殻内地震、プレート間地震、海洋プレート内地震）の検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価結果について、増幅係数を乗じる強震動生成域（アスペリティ）の小断層のみによる地震動（波形合成結果）を分析し、2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現検討で確認した地震動の顕著な増幅と同じ特性が反映されていることを確認した。

※ 水平動はNS方向とEW方向の平均。

## (参考) 第882回審査会合に提示したフーリエスペクトル比との違いの分析

### 【本資料で提示したフーリエスペクトル比】

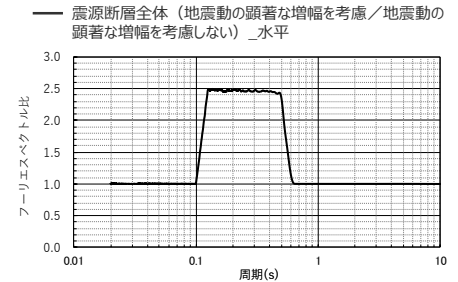
- 本資料で提示したフーリエスペクトル比（地震動の顕著な増幅を考慮する場合／地震動の顕著な増幅を考慮しない場合）は、「増幅方向」に位置し増幅係数を乗じる強震動生成域（アスペリティ）の地震動（波形合成結果）のフーリエスペクトル比であり、それが2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現検討におけるフーリエスペクトル比と同じ（グリーン関数に乗じる増幅係数と同じ）となっていることを示した。



＜フーリエスペクトル比（プレート間地震の強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（水平動）の例）＞

### 【第882回審査会合に提示したフーリエスペクトル比】

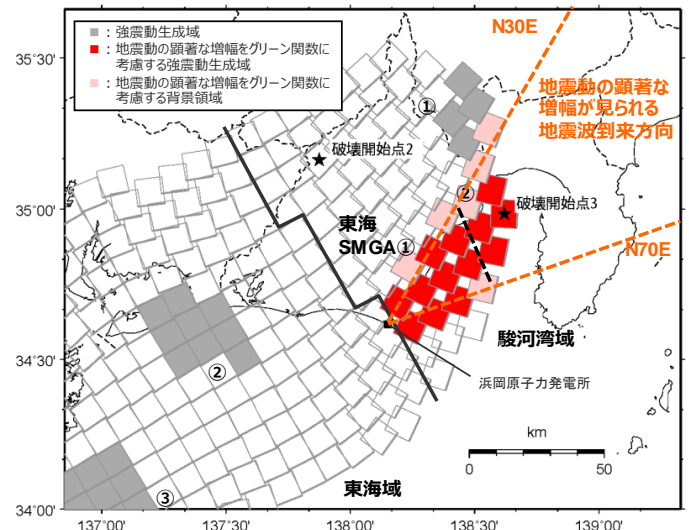
- 第882回審査会合に提示したフーリエスペクトル比（地震動の顕著な増幅を考慮する場合／地震動の顕著な増幅を考慮しない場合）は、震源断層全体の地震動（波形合成結果）のフーリエスペクトル比を示したものである。
- 震源断層全体の地震動（波形合成結果）は、「増幅方向」に位置し増幅係数を乗じた強震動生成域（アスペリティ）の地震動（波形合成結果）に加え、それ以外の増幅係数を乗じない領域（増幅係数を乗じない「増幅方向」に位置する背景領域、増幅係数を乗じない「増幅方向」以外の強震動生成域（アスペリティ）及び背景領域）の地震動（波形合成結果）を足し合わせたものである。



＜フーリエスペクトル比（プレート間地震の強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（水平動）の例）＞

### 【第882回審査会合で提示したフーリエスペクトル比との違いの分析】

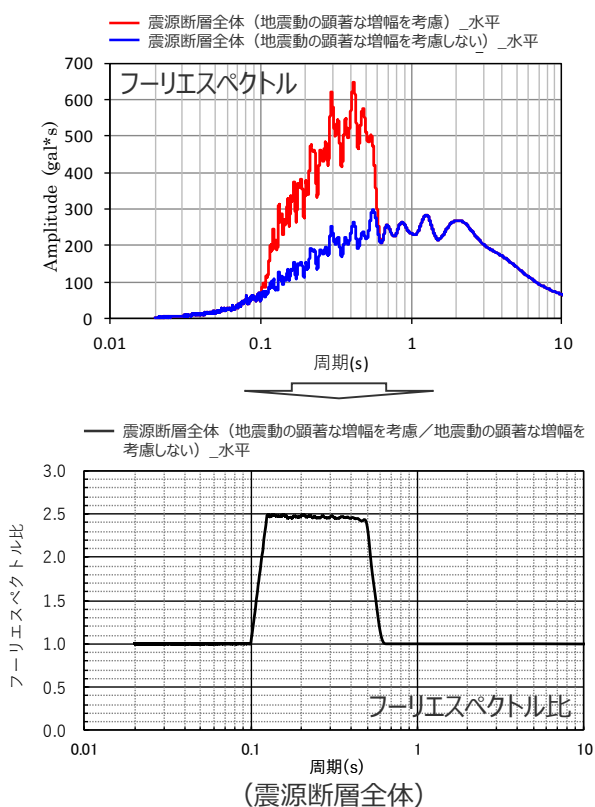
- 第882回審査会合に提示した震源断層全体のフーリエスペクトル比が、強震動生成域（アスペリティ）の小断層のグリーン関数に乗じる増幅係数よりやや小さいことは、**増幅係数を乗じない領域（増幅係数を乗じない「増幅方向」に位置する背景領域、増幅係数を乗じない「増幅方向」以外の強震動生成域（アスペリティ）及び背景領域）の地震動による影響**である。
- 増幅係数を乗じない領域のうち「増幅方向」に位置する背景領域の小断層については、増幅係数を乗じる強震動生成域（アスペリティ）を「増幅方向」の敷地近傍に配置したうえで保守的な評価を行うことから、当該小断層は敷地から離れることとなり、前述のとおり地震動評価結果に及ぼす影響は小さい。
- また、増幅係数を乗じない領域のうち「増幅方向」以外の強震動生成域（アスペリティ）及び背景領域の小断層については、地震観測記録の分析結果を踏まえ、増幅係数をそのグリーン関数に乗じない。
- 更に、震源断層全体の地震動について、増幅係数を乗じる強震動生成域（アスペリティ）の地震動に、上記の増幅係数を乗じない領域の地震動が付加されることによってフーリエスペクトルが大きくなっていることを確認している（後述参照）。
- 以上より、第882回審査会合で提示したフーリエスペクトル比を踏まえても、**本反映方法により地震観測記録の分析結果に基づき地震動の顕著な増幅が地震動評価に適切に反映されている。**



＜検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の震源モデルと地震動の顕著な増幅を考慮する領域（プレート間地震の例）＞

# (参考) 第882回審査会合に提示したフーリエスペクトル比との違いの分析 (プレート間地震)

- 第882回審査会合に提示した震源断層全体の地震動のフーリエスペクトル比（地震動の顕著な増幅を考慮する場合／地震動の顕著な増幅を考慮しない場合）が、グリーン関数に乗じる増幅係数よりやや小さいことは、**地震動の顕著な増幅を考慮しない領域による影響**であり、増幅係数に乗じる強震動生成域（アスペリティ）の地震動（波形合成結果）のフーリエスペクトル比が2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現検討におけるフーリエスペクトル比と同じ（グリーン関数に乗じる増幅係数と同じ）となっていることを確認している。
- なお、震源断層全体の地震動のフーリエスペクトルは、増幅係数に乗じる強震動生成域の地震動に対し、増幅係数に乗じない領域の地震動が足されることによって大きくなっていることも確認した。



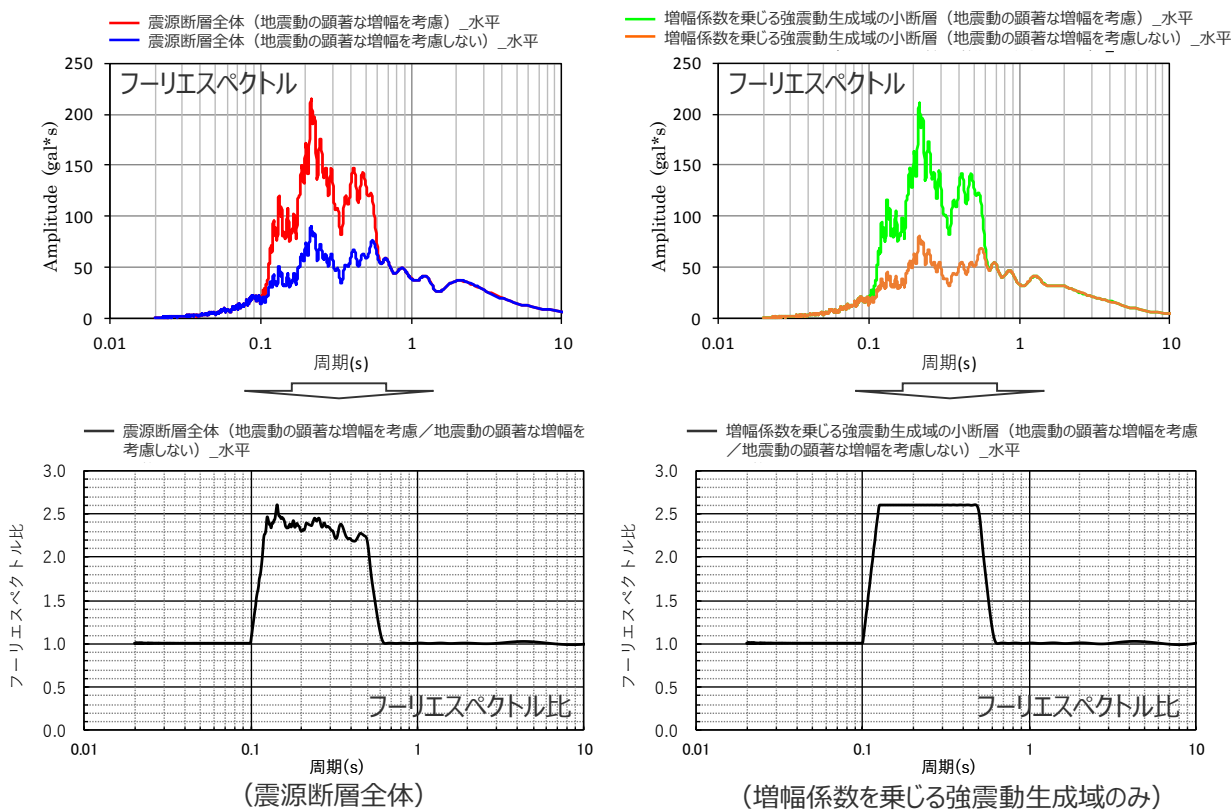
<震源断層全体の地震動と増幅係数に乗じる強震動生成域の地震動のフーリエスペクトル比\* >  
(地震動の顕著な増幅を考慮する場合)

<地震動の顕著な増幅を考慮する場合と考慮しない場合のフーリエスペクトル及びフーリエスペクトル比\* >

\*プレート間地震の強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）、水平動の例

# (参考) 第882回審査会合に提示したフーリエスペクトル比との違いの分析 (海洋プレート内地震)

- 第882回審査会合に提示した震源断層全体の地震動のフーリエスペクトル比（地震動の顕著な増幅を考慮する場合／地震動の顕著な増幅を考慮しない場合）が、グリーン関数に乗じる増幅係数よりやや小さいことは、**地震動の顕著な増幅を考慮しない領域による影響**であり、増幅係数に乗じる強震動生成域（アスペリティ）の地震動（波形合成結果）のフーリエスペクトル比が2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現検討におけるフーリエスペクトル比と同じ（グリーン関数に乗じる増幅係数と同じ）となっていることを確認している。
- なお、震源断層全体の地震動のフーリエスペクトルは、増幅係数に乗じる強震動生成域の地震動に対し、増幅係数に乗じない領域の地震動が足されることによって大きくなっていることも確認した。



<震源断層全体の地震動と増幅係数に乗じる強震動生成域の地震動のフーリエスペクトル比※>  
(地震動の顕著な増幅を考慮する場合)

<地震動の顕著な増幅を考慮する場合と考慮しない場合のフーリエスペクトル及びフーリエスペクトル比※>

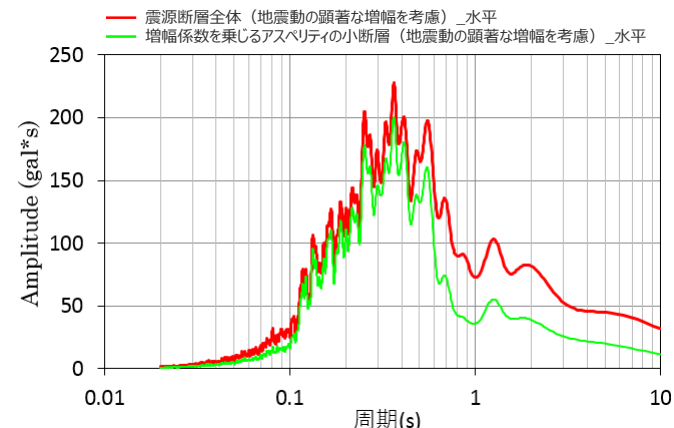
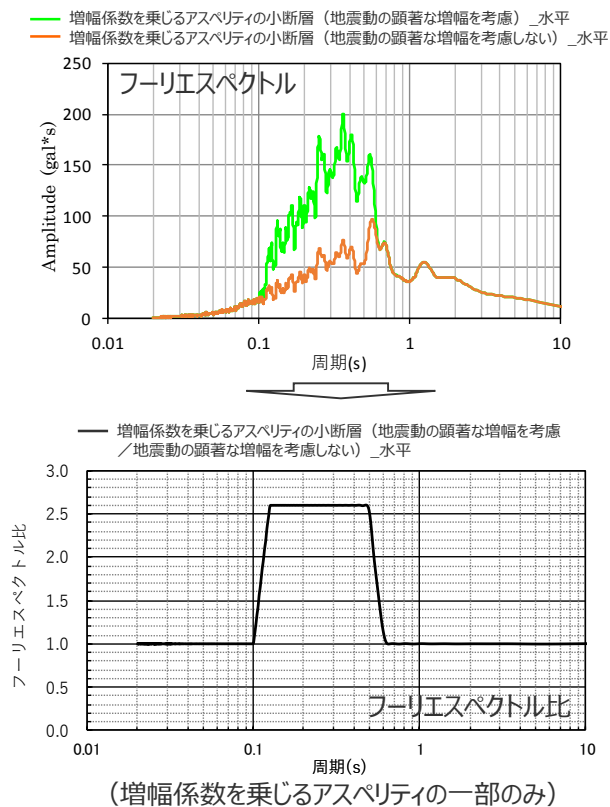
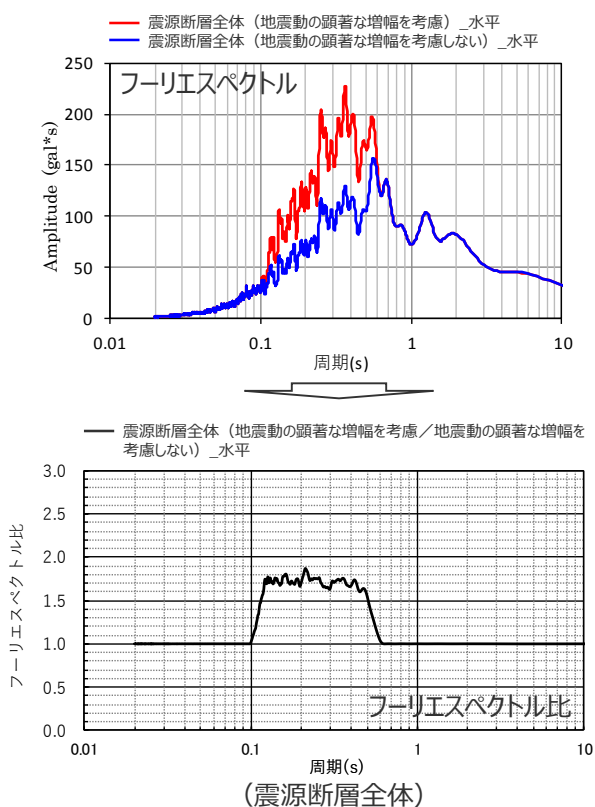
※海洋プレート内地震の基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）、水平動の例



# (参考) 第882回審査会合に提示したフーリエスペクトル比との違いの分析

## (内陸地殻内地震)

- 第882回審査会合に提示した震源断層全体の地震動のフーリエスペクトル比（地震動の顕著な増幅を考慮する場合／地震動の顕著な増幅を考慮しない場合）が、グリーン関数に乗じる増幅係数よりやや小さいことは、**地震動の顕著な増幅を考慮しない領域による影響**であり、増幅係数に乗じる強震動生成域（アスペリティ）の地震動（波形合成結果）のフーリエスペクトル比が2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現検討におけるフーリエスペクトル比と同じ（グリーン関数に乗じる増幅係数と同じ）となっていることを確認している。
- なお、震源断層全体の地震動のフーリエスペクトルは、増幅係数に乗じるアスペリティの一部の地震動に対し、増幅係数に乗じない領域の地震動が足されることによって大きくなっていることも確認した。



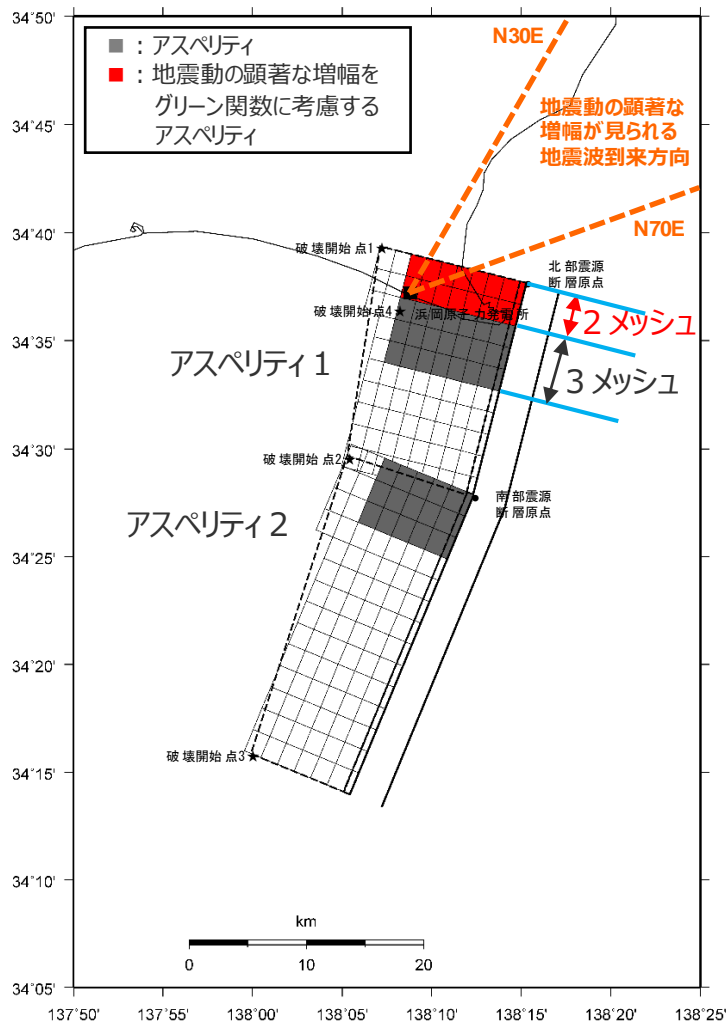
<震源断層全体の地震動と増幅係数に乗じるアスペリティの一部の地震動のフーリエスペクトル\* >  
(地震動の顕著な増幅を考慮する場合)

<地震動の顕著な増幅を考慮する場合と考慮しない場合のフーリエスペクトル及びフーリエスペクトル比\* >

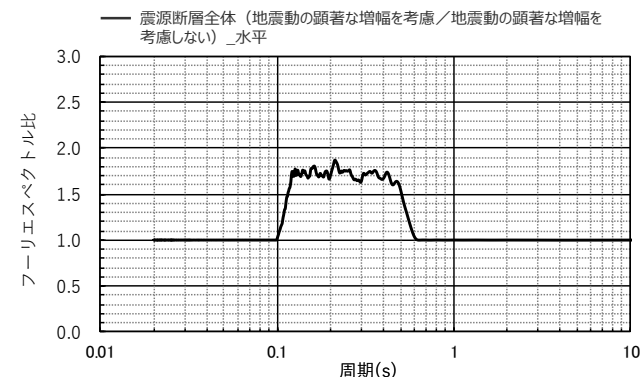
※内陸地殻内地震の基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）、水平動の例

# (参考) 第882回審査会合に提示したフーリエスペクトル比との違いの分析

## (内陸地殻内地震)



○ 内陸地殻内地震（御前崎海脚西部の断層帯による地震）の震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）では、「増幅方向」に位置し増幅係数を乗じるアスペリティの小断層が、敷地の地震動に及ぼす影響が最も大きい敷地近傍のアスペリティ1の一部であることから、震源断層全体の地震動のフーリエスペクトル比は、グリーン関数に乗じる増幅係数2.6倍（周期0.125～0.5秒）より小さく1.8倍程度である。



○ これに関し、以下の簡易な分析をした。

- ① 敷地近傍のアスペリティ1のうち、増幅係数を乗じる領域の面積は4割（2/5メッシュ）であること、短周期の地震動レベルAはアスペリティの面積の1/2乗に比例することを踏まえると、地震動の顕著な増幅を考慮しない場合の短周期の地震動レベルは、増幅係数を乗じる領域からの地震動が「 $0.4^{1/2}$ 」の時、増幅係数を乗じない領域からの地震動は「 $0.6^{1/2}$ 」と考えられる。
- ② 以下では、簡単のため、敷地近傍のアスペリティ1以外の領域からの地震動の影響は無視できる程度に小さいと考えられることから、「アスペリティ1の増幅係数を乗じる領域からの地震動」のレベルが $A_1 = 「0.4^{1/2}」$ の時、それ以外の領域の地震動レベルが $A_2 = 「0.6^{1/2}」$ と仮定して検討する。
- ③ 「アスペリティ1の増幅係数を乗じる領域の地震動」とそれ以外の地震動を時刻歴波形で足し合わせると、ランダム波形の足し合わせとなり、短周期の地震動のレベルは2乗和平方根で計算されることから、地震動の顕著な増幅を考慮しない場合、地震動の顕著な増幅を考慮する場合（「アスペリティ1の増幅係数を乗じる領域の地震動」のみ2.6倍した場合）について、全体の短周期の地震動レベルは次のとおりとなる。

$$\text{地震動の顕著な増幅を考慮しない場合} : \sqrt{((A_1)^2 + (A_2)^2)} = \sqrt{((0.4^{1/2})^2 + (0.6^{1/2})^2)} = 1.0$$

$$\text{地震動の顕著な増幅を考慮する場合} : \sqrt{((A_1 \times 2.6)^2 + (A_2)^2)} = \sqrt{((0.4^{1/2} \times 2.6)^2 + (0.6^{1/2})^2)} \doteq 1.8$$

- ④ 以上の簡易の分析の結果、短周期の地震動レベルについて、地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価結果と考慮しない地震動評価結果との比は、1.8倍程度と推定される。

○ 内陸地殻内地震（御前崎海脚西部の断層帯による地震）の震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価結果に反映されている地震動の顕著な増幅は妥当なものと考えられる。

<内陸地殻内地震の基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）（御前崎海脚西部の断層帯による地震）>

## 地震動評価結果に反映された地震動の顕著な増幅の分析（まとめ）

### 【2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現検討】

○2009年駿河湾の地震（本震）を対象として、強震動生成域のみの震源モデルに基づき、強震動生成域（アスペリティ）の各小断層のグリーン関数に増幅係数を乗じる方法を用いて統計的グリーン関数法による地震動評価を行い、波形合成結果との比較により、地震動の顕著な増幅が見られた観測点（5G1、5RB）の観測記録の再現検討を行い、断層モデルを用いた手法における地震動の顕著な増幅の反映方法の検証を行った。

### 【検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価】

○検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価は、地震観測記録に基づき確認された地震動の顕著な増幅の特性を的確に反映するため、断層モデルを用いた手法を重視することとし、2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現検討により検証した方法を用いて、地震動評価に地震動の顕著な増幅を反映した。応答スペクトルに基づく手法については、断層モデルを用いた手法による地震動評価結果を用いて応答スペクトルに与える影響を求めて反映した。

### 【1.3.1 地震動評価結果に反映された地震動の顕著な増幅の分析】

○各地震タイプ（内陸地殻内地震、プレート間地震、海洋プレート内地震）の検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の断層モデルを用いた手法による地震動評価の結果について、まず、「**2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現検討と同じ増幅係数を乗じる強震動生成域（アスペリティ）の小断層のみによる地震動（波形合成結果）**」の影響を確認する。また、「増幅方向」に背景領域が位置するプレート間地震及び海洋プレート内地震の検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）について、「**増幅方向**」に位置する背景領域の小断層のグリーン関数にも増幅係数を乗じた場合のパラメータスタディを行い、その影響を確認する。

⇒地震動の顕著な増幅が見られる周期帯（周期0.5秒程度以下）の地震動評価結果について、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層による影響は小さく、「増幅方向」の敷地近傍に配置した強震動生成域による影響が支配的であることを確認した。

○その上で、上記の「2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現検討と同じ増幅係数を乗じる強震動生成域（アスペリティ）の小断層のみによる地震動（波形合成結果）」について、フーリエスペクトル比（地震動の顕著な増幅を考慮する場合／地震動の顕著な増幅を考慮しない場合）を算出し、**2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現検討で確認した地震動の顕著な増幅と同じ特性が反映されていることを確認**する。なお、参考として前回の第882回審査会合で提示したフーリエスペクトル比との違いについても分析する。

⇒2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現検討で確認した地震動の顕著な増幅と同じ特性が反映されていることを確認した。

## 1.3.2 地震動評価結果に考慮された保守性の確認

---

# 検討概要

## 【検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価】

○ 各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価は、断層モデルを用いた手法において、地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域（アスペリティ）の小断層の範囲・増幅の程度を**地震観測記録の分析結果に対し保守的に設定**することにより、**保守的な地震動評価**を行う。応答スペクトルに基づく手法は、断層モデルを用いた手法による保守的な地震動評価結果を反映することにより、保守的な地震動評価を行う。

## 【1.3.2 地震動評価結果に考慮された保守性の確認】

○ 各地震タイプ（内陸地殻内地震、プレート間地震、海洋プレート内地震）の検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の断層モデルを用いた手法による地震動評価及び応答スペクトルに基づく地震動評価について、敷地近傍は地震動の顕著な増幅が見られないなどの地震観測記録の分析結果に沿った場合の地震動評価を行い、地震観測記録の分析結果に対し保守的に行った地震動評価の結果に考慮された保守性を分析する。なお、比較のため、増幅の程度は保守的な評価と同じ設定したケースについても地震動評価を行った。

ケース①：地震動の顕著な増幅の範囲・増幅の程度を地震観測記録の分析結果に沿って設定

ケース②：地震動の顕著な増幅の範囲を地震観測記録の分析結果に沿って設定し、増幅の程度は保守的な評価と同じ設定

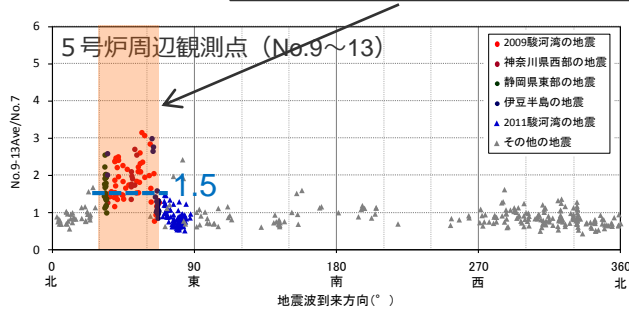
項目	地震観測記録の分析結果等	地震観測記録の分析結果に沿った評価（ケース①）	地震観測記録の分析結果に沿った評価（ケース②）	比較	基準地震動の策定に係る保守的な評価
地震動の顕著な増幅の範囲（震源位置）	<ul style="list-style-type: none"> <li>特定の到来方向（N30E～N70E、「増幅方向」）の地震波のみ顕著な増幅が見られる。</li> <li>「増幅方向」でも地震波の入射角が鉛直に近づく敷地近傍は顕著な増幅が見られない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>強震動生成域（アスペリティ）を「増幅方向」の敷地近傍に配置したうえで、地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域（アスペリティ）の小断層の範囲を、地震観測記録の分析結果における「<b>増幅方向と同程度とし、敷地近傍を含めずに設定</b>」（地震観測記録の分析結果に沿った評価）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>強震動生成域（アスペリティ）を「増幅方向」の敷地近傍に配置したうえで、地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域（アスペリティ）の小断層の範囲を、地震観測記録の分析結果における「<b>増幅方向と同程度とし、敷地近傍を含めずに設定</b>」（地震観測記録の分析結果に沿った評価）</li> </ul>		
地震動の顕著な増幅の程度（特性）	<ul style="list-style-type: none"> <li>特定の短周期の周期帯（フーリエスペクトルの周期0.2～0.5秒）で地震動の顕著な増幅が見られる。</li> <li>「増幅方向」でも増幅の程度は一樣でなく、2009年駿河湾の地震（本震）は最も大きい。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>強震動生成域（アスペリティ）の小断層のグリーン関数に増幅係数を乗じる方法を採用（背景領域に増幅係数は考慮せず）</li> <li>増幅係数は、<b>増幅の程度を「増幅方向」の地震の観測記録の平均値にして地震動の顕著な増幅を考慮する小断層の全てに適用</b>（地震観測記録の分析結果に沿った評価）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>強震動生成域（アスペリティ）の小断層のグリーン関数に増幅係数を乗じる方法を採用（背景領域に増幅係数は考慮せず）</li> <li>増幅係数は、<b>増幅の程度が最も大きい2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現性を確認したものを地震動の顕著な増幅を考慮する小断層の全てに適用</b>（保守的な評価）</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>強震動生成域（アスペリティ）の小断層のグリーン関数に増幅係数を乗じる方法を採用（背景領域に増幅係数は考慮せず）</li> <li>増幅係数は、<b>増幅の程度が最も大きい2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現性を確認したものを地震動の顕著な増幅を考慮する小断層の全てに適用</b>（保守的な評価）</li> </ul>

# 地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価の設定

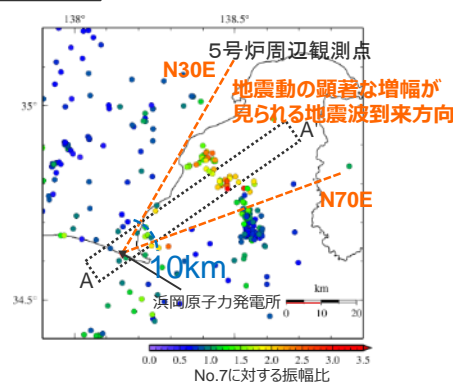
## 地震観測記録の分析結果

- 5号炉周辺観測点において、地震動の顕著な増幅は、2009年駿河湾の地震の到来方向（N30E～N70E）の地震波のみに見られ、その他の地震波到来方向では見られない。
- 地震動の顕著な増幅が見られる地震波到来方向（N30E～N70E）の地震波でも、増幅の程度は一樣ではなく、地震波の入射角が鉛直に近づく敷地近傍の地震ほど顕著な増幅は見られない傾向がある。このうち、2009年駿河湾の地震（本震）は増幅の程度が最も大きく信頼性が高い記録が得られた地震である。

増幅方向において敷地から半径100km程度で発生した地震（増幅が見られない敷地近傍（敷地から半径10km程度以内）を除く）の振幅比の平均=1.5

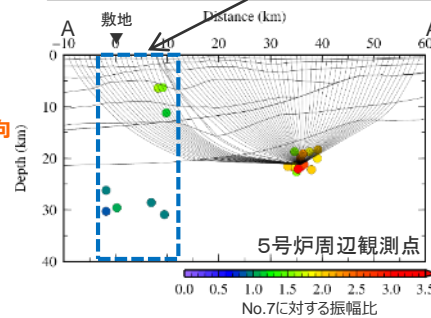


<各地震の振幅比と地震波到来方向との関係>  
(No.7基準) (水平平均)

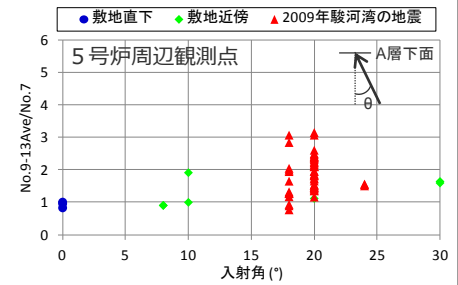


<5号炉周辺観測点における各地震の振幅比の震央分布図 (No.7基準) (多点連続地震観測)>

増幅方向の敷地近傍（敷地から半径10km程度以内）では増幅が見られない



<振幅比の断面図 (A-A'断面)>



<入射角毎の振幅比>  
(N30E～N70E方向+敷地直下の地震)

※ 浅部三次元地下構造モデルの底面に相当するA層下面への入射角について、各断面の地震クラスター毎にレイトレーシングを行い評価。

## 【地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価の設定】

- 地震観測記録の分析結果に沿った設定方法（地震動の顕著な増幅を考慮する小断層の範囲及び増幅の程度）は以下のとおり。
- この地震観測記録の分析結果に沿った設定に関し、敷地への影響が最も大きいプレート間地震の地震動評価を対象に、地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価結果と前述のS波低速度層を含む三次元地下構造モデルを用いた差分法による地震動評価結果を比較する。

### 地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域（アスぺリティ）の小断層の範囲

- 地震動の顕著な増幅は、敷地における地震観測記録の分析結果において地震動の顕著な増幅が見られる地震波到来方向（N30E～N70E）に位置する強震動生成域（アスぺリティ）の小断層のみに考慮し、地震動の顕著な増幅が見られない敷地近傍（敷地から半径10km以内）の小断層には考慮しない。

### 地震動の顕著な増幅を考慮する増幅の程度（次ページ参照）

- 地震観測記録の分析結果に沿った平均的な増幅係数は、多点連続地震観測の分析結果である5号炉周辺観測点の振幅比（No.7基準）に基づき、地震動の顕著な増幅が見られる地震波到来方向（N30E～N70E）で発生した地震（敷地から半径100km程度までの範囲の地震を対象（敷地近傍（敷地から半径10kmまで）の地震を除く））の平均値（振幅比1.5）を参考として設定する。

# 地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価の設定

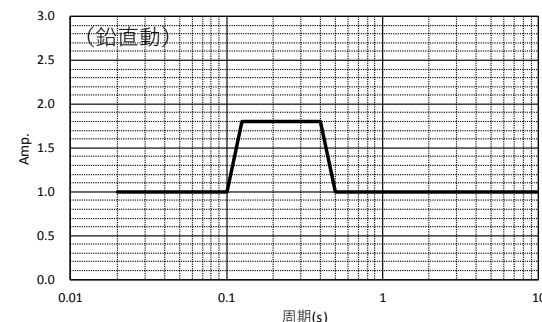
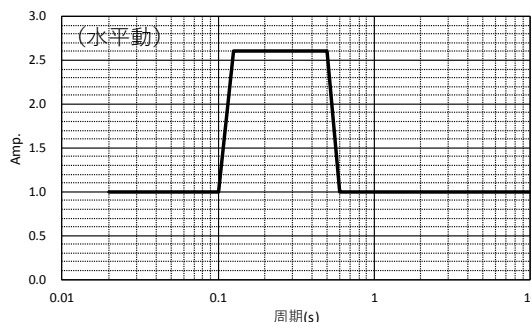
(グリーン関数に乗じる増幅係数)

## グリーン関数に乗じる増幅係数

○地震観測記録の分析結果に沿った平均的な増幅係数は、多点連続地震観測の分析結果である5号炉周辺観測点の振幅比(No.7基準)に基づき、地震動の顕著な増幅が見られる地震波到来方向(N30E~N70E)で発生した地震(敷地から半径100km程度までの範囲の地震を対象(敷地近傍(敷地から半径10kmまで)の地震を除く))の平均値(振幅比1.5)を参考として下図表のとおり設定する。

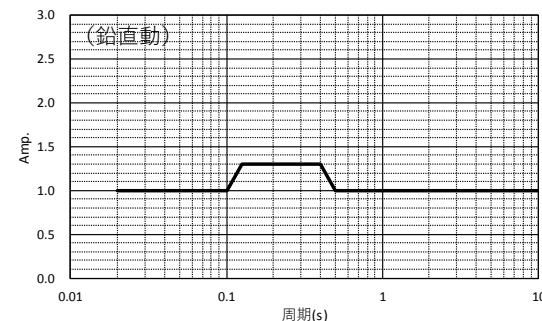
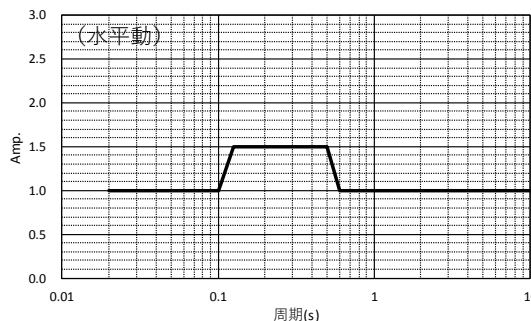
・鉛直動の増幅係数は、前述のとおり地震観測記録の分析結果を踏まえた保守的な地震動評価に用いる増幅係数の水平・鉛直比から設定する。

周期(s)	水平動	周期(s)	鉛直動
0.02	1	0.02	1
0.1	1	0.1	1
0.125	2.6	0.125	1.8
0.5	2.6	0.4	1.8
0.6	1	0.5	1
10	1	10	1



(地震観測記録の分析結果を踏まえた保守的な地震動評価に用いる増幅係数(地震動の顕著な増幅を考慮する小断層の全てに乗じる))

周期(s)	水平動	周期(s)	鉛直動
0.02	1	0.02	1
0.1	1	0.1	1
0.125	1.5	0.125	1.3
0.5	1.5	0.4	1.3
0.6	1	0.5	1
10	1	10	1

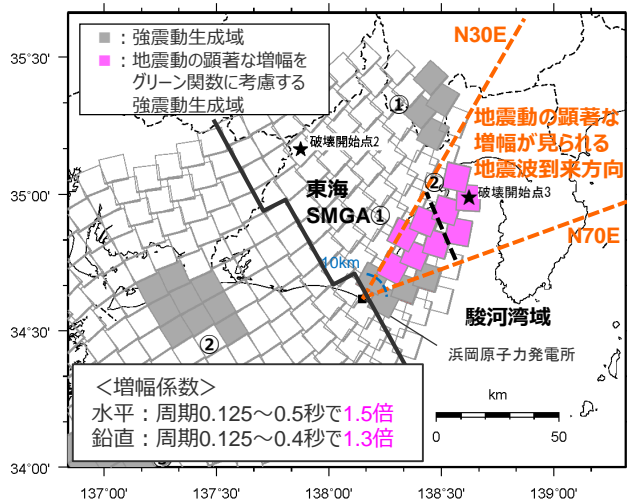


(地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価に用いる増幅係数(地震動の顕著な増幅が見られる地震波到来方向(N30E~N70E)に位置する敷地から10km以遠の地震動の顕著な増幅を考慮する小断層に乗じる))

<グリーン関数に乗じる増幅係数の比較>

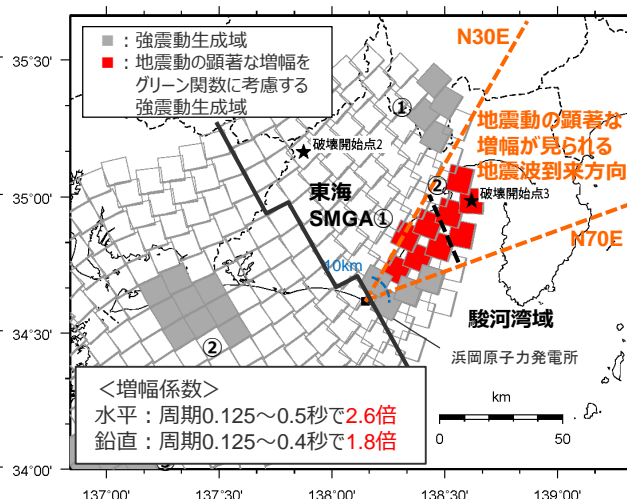
# 地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価結果との比較 (プレート間地震)

- プレート間地震について、強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）を代表に、地震観測記録の分析結果に沿った場合の地震動評価として、ケース①（増幅方向及び増幅の程度を地震観測記録の分析結果に沿って設定）及びケース②（増幅方向のみ地震観測記録の分析結果に沿って設定し、増幅の程度は地震観測記録の分析結果を踏まえて保守的に設定）の地震動評価を行い、地震観測記録の分析結果に対し保守的に行った地震動評価の結果に考慮された保守性を確認する。
- また、プレート間地震は敷地への影響が最も大きい検討用地震であることから、強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）を代表に、地震動の顕著な増幅の要因であるS波低速度層を含む三次元地下構造モデルを用いた差分法による地震動評価を行い【第194回審査会合報告内容を再掲】、地震観測記録の分析結果に対し保守的に行った地震動評価の結果に考慮された保守性を確認する。
- なお、地震動の顕著な増幅の要因であるS波低速度層を含む三次元地下構造モデルは地震観測記録の特徴を概ね再現可能な解析モデルであり、当該モデルを用いた差分法による地震動評価結果には、S波低速度層による三次元的な影響がそのまま反映されていることから、この差分法による地震動評価結果と地震観測記録の分析結果に沿って設定した上記ケース①の地震動評価結果が同程度となることを確認する。



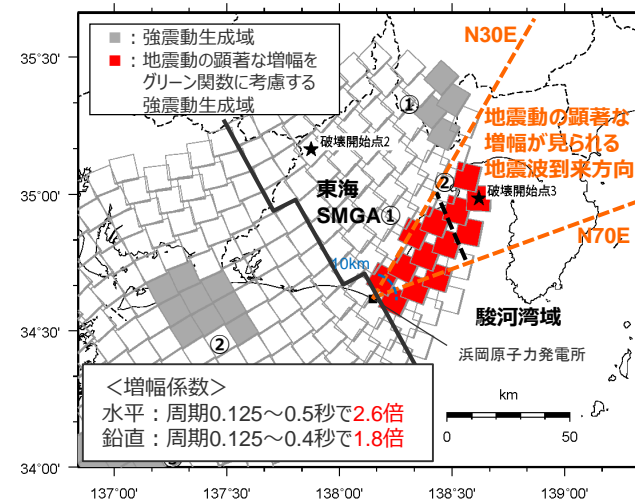
(敷地周辺)

<地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価（ケース①）>



(敷地周辺)

<地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価（ケース②）>



(敷地周辺)

<強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）>  
(基準地震動の策定に係る保守的な評価)

・黒字の丸数字はプレート間地震の強震動生成域のNo.を表す。  
 ・---：東海SMGA①と駿河湾SMGA②の境界を表す。



# 地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価結果との比較 (プレート間地震)

<プレート間地震の強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル(地震動の顕著な増幅を考慮) (基準地震動の策定に係る保守的な評価)の震源断層パラメータ>

全体	面積(km <sup>2</sup> )	110150			
	平均応力降下量(MPa)	2.3			
	平均すべり量(m)	7.6			
	地震モーメント(Nm)	3.4E+22			
	Mw	9.0			
	短周期レベル(Nm/s <sup>2</sup> )	5.09E+20			
各セグメント	セグメント名	日向灘域	南海域	東海域	駿河湾域
	面積(km <sup>2</sup> )	19053	53790	29419	7888
	地震モーメント(Nm)	4.3E+21	2.0E+22	8.3E+21	1.1E+21
	Mw	8.4	8.8	8.5	8.0
	強震動生成域 SMGA①	面積(km <sup>2</sup> )	1014	1958	913
強震動生成域 SMGA②	応力パラメータ(MPa)	34.6	46.4	45.4	33.9
	平均すべり量(m)	11.0	20.5	13.7	7.2
	地震モーメント(Nm)	4.6E+20	1.6E+21	5.1E+20	1.3E+20
	Mw	7.7	8.1	7.7	7.3
	強震動生成域 SMGA③	面積(km <sup>2</sup> )	1023	1616	915
応力パラメータ(MPa)		34.6	46.4	45.4	33.9
平均すべり量(m)		11.1	18.7	13.7	7.0
地震モーメント(Nm)		4.7E+20	1.2E+21	5.2E+20	1.2E+20
Mw		7.7	8.0	7.7	7.3
強震動生成域 SMGA④	面積(km <sup>2</sup> )		1612	913	
	応力パラメータ(MPa)		46.4	45.4	
	平均すべり量(m)		18.6	13.7	
	地震モーメント(Nm)		1.2E+21	5.1E+20	
	Mw		8.0	7.7	
強震動生成域 SMGA⑤	面積(km <sup>2</sup> )		932	918	
	応力パラメータ(MPa)		46.4	45.4	
	平均すべり量(m)		14.2	13.8	
	地震モーメント(Nm)		5.4E+20	5.2E+20	
	Mw		7.8	7.7	

セグメント名	日向灘域	南海域	東海域	駿河湾域	
背景領域	面積(km <sup>2</sup> )	17017	47673	25760	7009
	応力パラメータ(MPa)	3.7	3.7	3.7	3.7
	平均すべり量(m)	4.9	8.1	5.9	3.1
	地震モーメント(Nm)	3.4E+21	1.6E+22	6.2E+21	8.9E+20
	Mw	8.3	8.7	8.5	7.9
その他	破壊伝播速度(km/s)	2.7			
	fmax(Hz)	6.0			
	剛性率(Nm <sup>2</sup> )	4.1E+10			

○震源断層パラメータの設定は内閣府(2012)による。設定方法は以下のとおり。

<各セグメントの地震モーメントM<sub>0</sub>>

$$M_0 = 16 / (7\pi^{3/2}) \cdot \Delta\sigma \cdot S^{3/2}$$

( $\Delta\sigma$ : 平均応力降下量(4MPa), S: 震源断層面積)

<平均変位量D>

$$M_0 = \mu DS$$

( $\mu$ : 剛性率(pVs<sup>2</sup>), p: 密度(2.8g/cm<sup>3</sup>), Vs: S波速度(3.82km/s)  
(内閣府(2012)による))

<強震動生成域の面積S<sub>a</sub>と個数>

: 強震動生成域は各セグメントの震源断層面積の10%程度とし、セグメント内の地形的な構造単位に2個配置する。

<強震動生成域全体の地震モーメントM<sub>0a</sub>>

$$M_{0a} = \mu D_a S_a$$

(D<sub>a</sub> = 2D)

<各強震動生成域の地震モーメントM<sub>0ai</sub>、変位量D<sub>ai</sub>、応力降下量 $\Delta\sigma_{ai}$ >

$$M_{0ai} = M_{0a} \cdot S_{ai}^{3/2} / (\sum S_{ai}^{3/2}) \quad (i: i番目の強震動生成域を表す)$$

$$\Delta\sigma_{ai} = (7\pi^{3/2}) / 16 \cdot M_{0ai} / S_{ai}^{3/2}$$

$$D_{ai} = M_{0ai} / (\mu S_{ai})$$

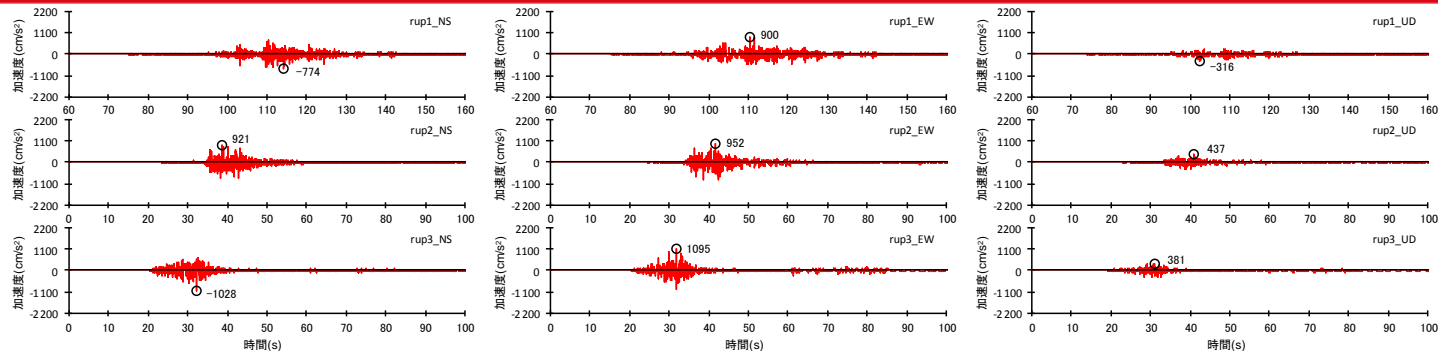
<破壊伝播速度>

$$V_r = 0.72 V_s$$

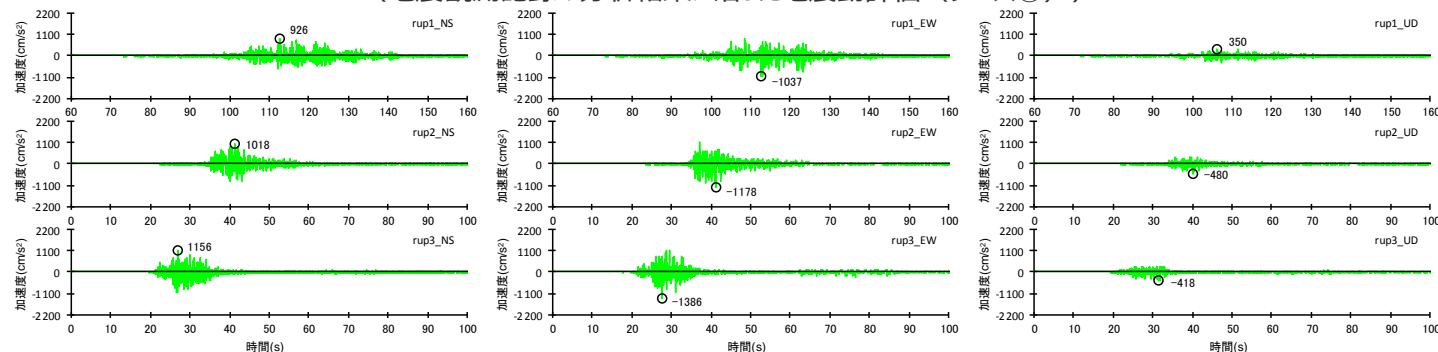
・ケース①及びケース②の震源断層パラメータは、強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル(地震動の顕著な増幅を考慮)と同じである。下線( )は、一部修正箇所を示す。

# 地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価結果との比較

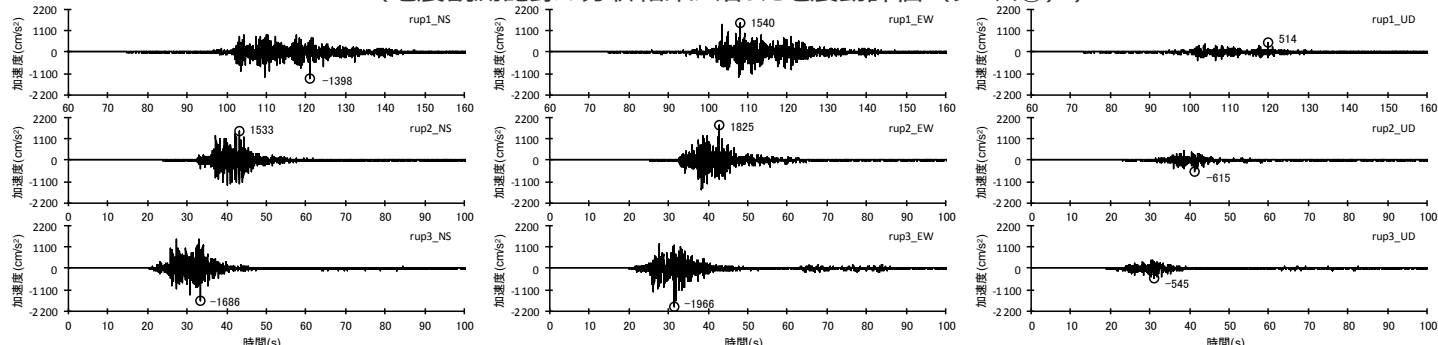
(断層モデルを用いた手法による地震動評価結果 (プレート間地震))



(地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価 (ケース①))



(地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価 (ケース②))



(強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) (基準地震動の策定に係る保守的な評価))

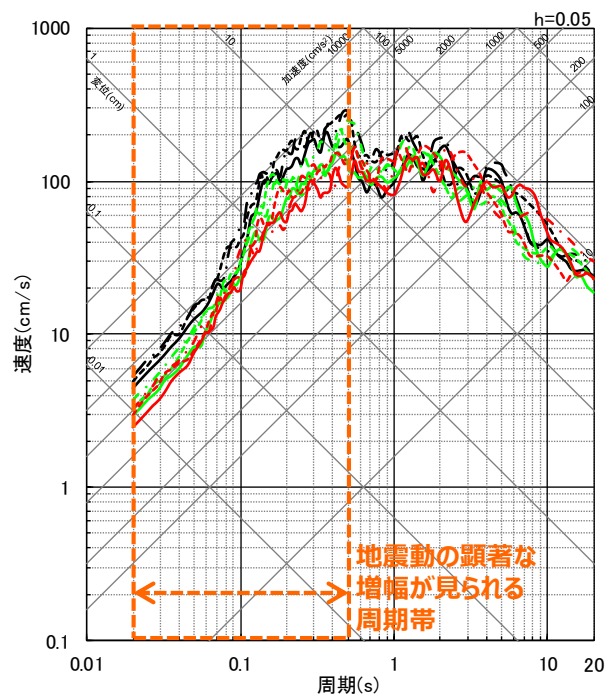
<断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の比較 (加速度時刻歴波形)、破壊開始点1~3>

# 地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価結果との比較

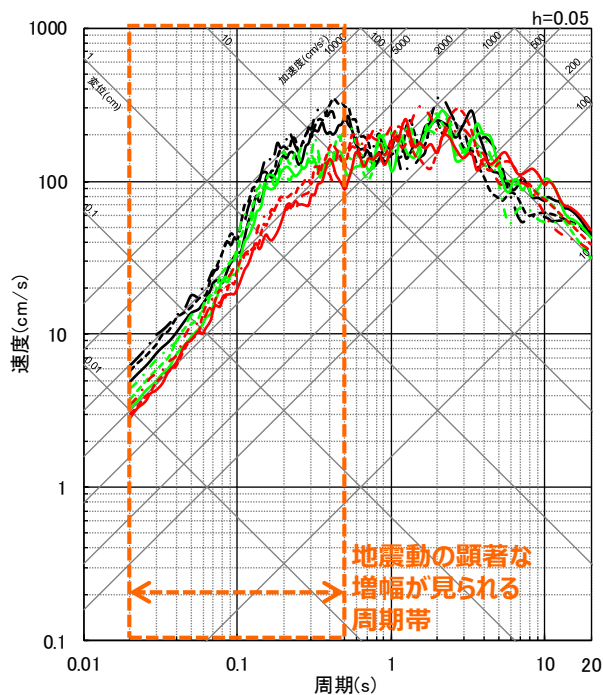
(断層モデルを用いた手法による地震動評価結果 (プレート間地震))

○プレート間地震について、増幅範囲及び増幅の程度を地震観測記録を踏まえて保守的に設定している強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) の断層モデルを用いた手法による地震動評価結果は、地震動の顕著な増幅が見られる周期帯 (周期0.5秒以下) において、地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価 (ケース①、ケース②) よりも大きく保守的なものとなっている。

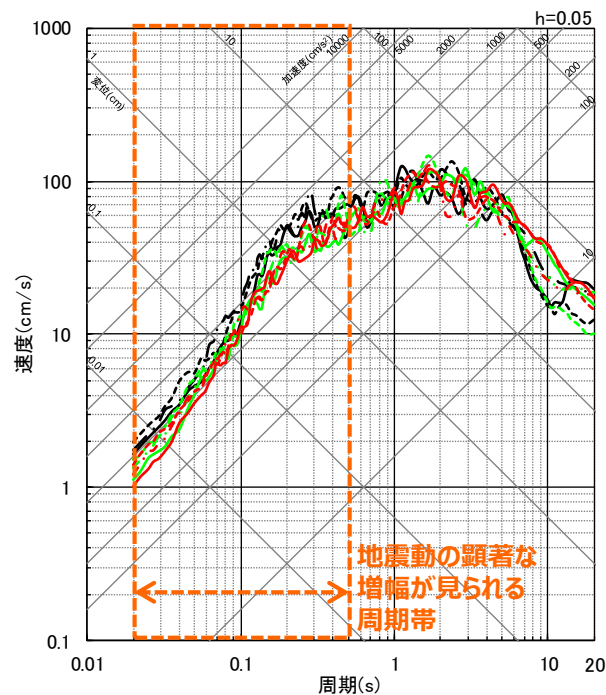
— 地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価 (ケース①)  
 — 地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価 (ケース②)  
 — 強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) (基準地震動の策定に係る保守的な評価)



(NS方向)



(EW方向)



(UD方向)

<断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の比較 (応答スペクトル)、破壊開始点1~3>

# 地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価結果との比較

(三次元差分法による地震動評価結果との比較 (第194回審査会合で説明))

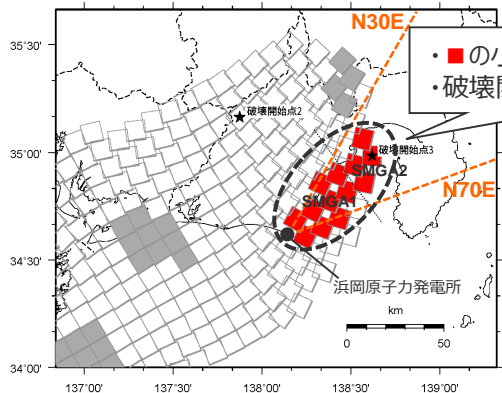
## 【浅部三次元地下構造モデルを用いた地震動評価結果との比較検討 (第194回審査会合で説明)】

○ **本反映方法 (グリーン関数に増幅係数を乗じる統計的グリーン関数法、増幅係数を保守的に一律設定)** について、敷地に及ぼす影響が大きいプレート間地震を対象に、地震動の顕著な増幅の要因であるS波低速度層を含む**三次元地下構造モデルを用いた差分法による地震動評価との比較**を行った。

### 対象震源 (プレート間地震)

	面積	地震モーメント	応力降下量
SMGA1	913km <sup>2</sup>	5.1×10 <sup>20</sup> Nm	45.4MPa
SMGA2	431km <sup>2</sup>	1.2×10 <sup>20</sup> Nm	33.9MPa

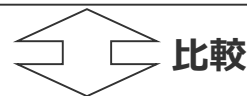
- : 強震動生成域
- : 地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域



<地震動の顕著な増幅を反映した震源モデル>

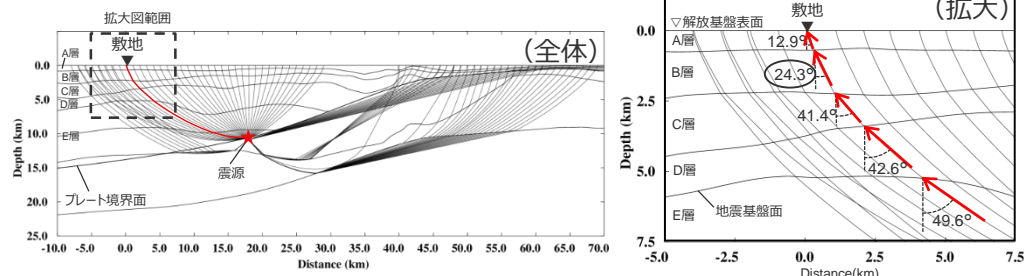
## 本反映方法を用いた地震動評価

統計的グリーン関数法において算定するグリーン関数 (解放基盤表面) に増幅係数を乗じることで、地震動の顕著な増幅を地震動評価へ反映。



## 浅部三次元地下構造モデルを用いた地震動評価

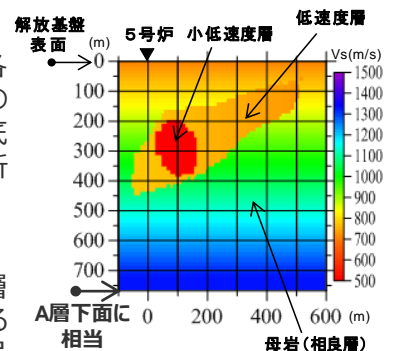
①各小断層 (13個) からA層下面 (浅部三次元地下構造モデルの底面に相当) へ到達する地震波の入射角をそれぞれ算出。



<小断層のレイトレーシング例 (左図: 全体、右図: 拡大)>

②統計的グリーン関数法を用いて、A層下面における各小断層 (13個) のグリーン関数を算出し、上記①の入射角を考慮して、浅部三次元地下構造モデルの底面へそれぞれ入射し、三次元有限差分法による解析を実施。

③このように評価した解放基盤表面における各小断層 (13個) のグリーン関数 (三次元有限差分法による各解析結果) を足し合わせることで、3~5号炉位置の地震動を評価。

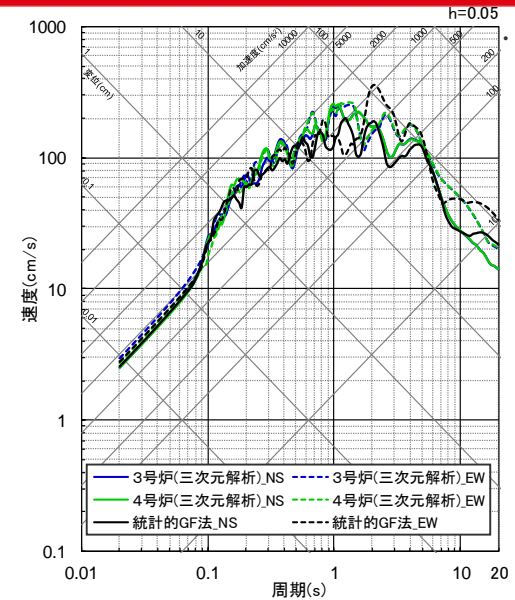
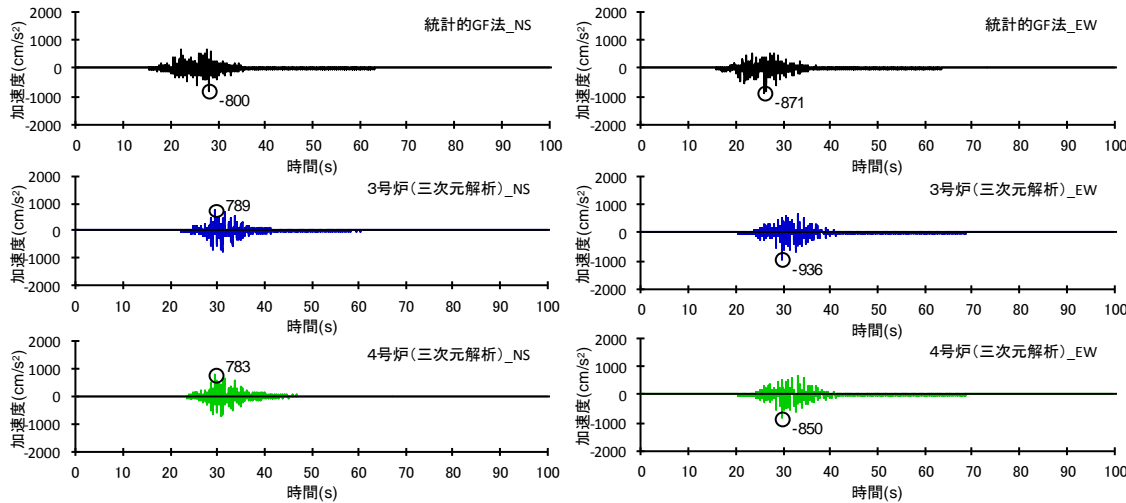


<浅部三次元地下構造モデル>

# 地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価結果との比較

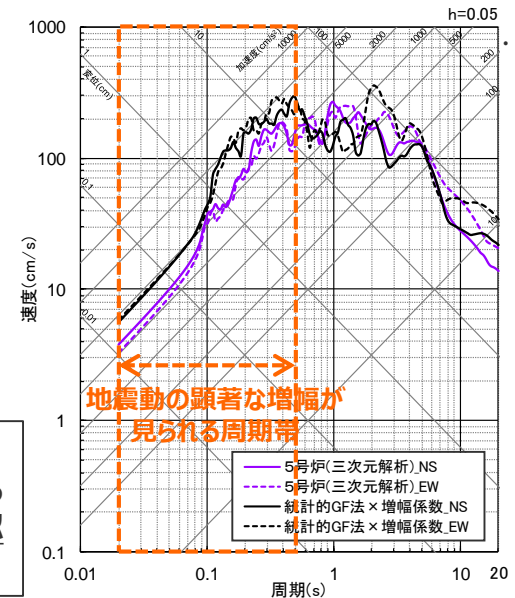
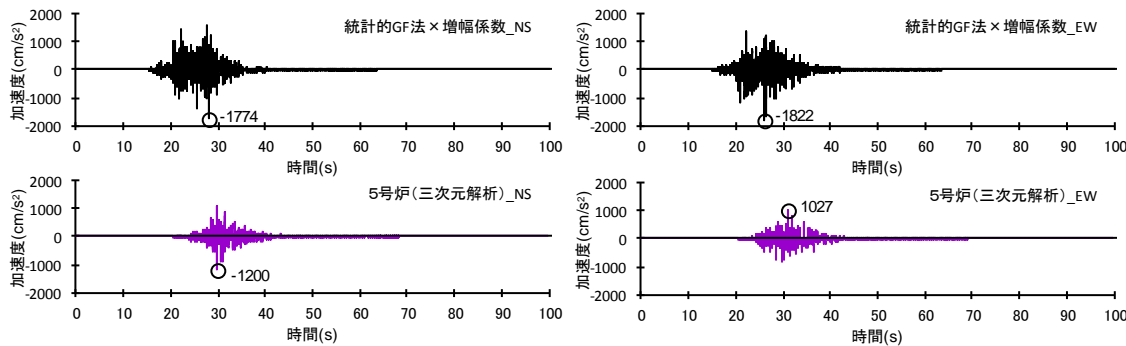
(三次元差分法による地震動評価結果との比較 (第194回審査会合で説明))

## “統計的GF法”と“3, 4号炉 (三次元解析)”との比較



・解析対象周波数の上限は10Hzとし、解析波形には10Hzローパスフィルターを施す。

## “統計的GF法×増幅係数”と“5号炉 (三次元解析)”との比較



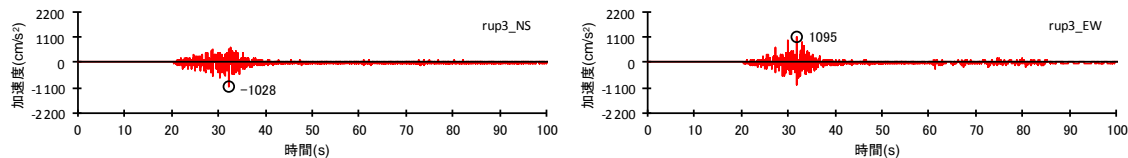
・解析対象周波数の上限は10Hzとし、解析波形には10Hzローパスフィルターを施す。

○ 本反映方法 (グリーン関数に増幅係数を乗じる統計的グリーン関数法) による地震動評価結果は、S波低速度層による影響を受けない3, 4号炉では三次元解析と同程度であり、S波低速度層による影響を受ける5号炉では地震動の顕著な増幅が見られる周期帯で三次元解析より大きいことを確認した。

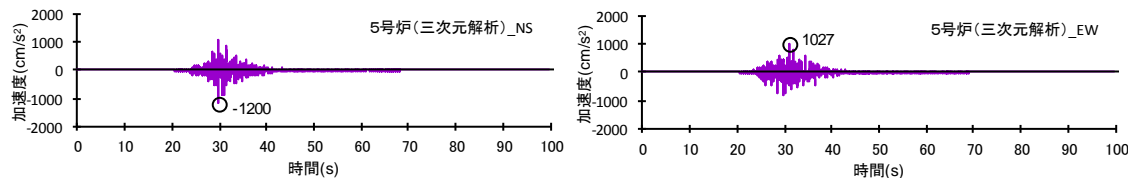
# 地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価結果との比較

(地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価結果と三次元差分法による地震動評価結果との比較)

- 地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価（ケース①）の断層モデルを用いた手法による地震動評価結果と前述のS波低速度層を含む三次元地下構造モデルを用いた差分法による地震動評価結果を比較した結果、両者の地震動レベルは概ね整合している。
- 地震動の顕著な増幅の要因であるS波低速度層を含む三次元地下構造モデルは観測記録の特徴を概ね再現可能な解析モデルであり、当該モデルを用いた差分法による地震動評価結果には、S波低速度層による三次元的な影響がそのまま反映されていることから、当該地震動評価結果と地震動レベルが同程度となっているケース①は地震観測記録の分析結果に沿った設定として合理的なものと考えられる。

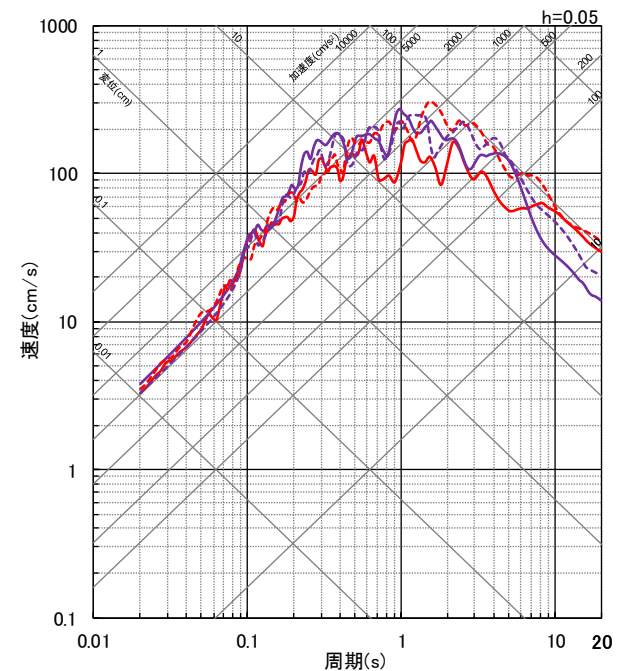
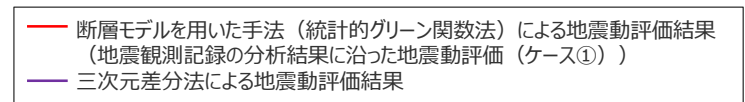


(断層モデルを用いた手法（統計的グリーン関数法）による  
（地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価（ケース①））)



(三次元差分法による)

(加速度時刻歴波形)



(応答スペクトル)

<断層モデルを用いた手法（統計的グリーン関数法）による地震動評価結果と三次元差分法による地震動評価結果との比較>

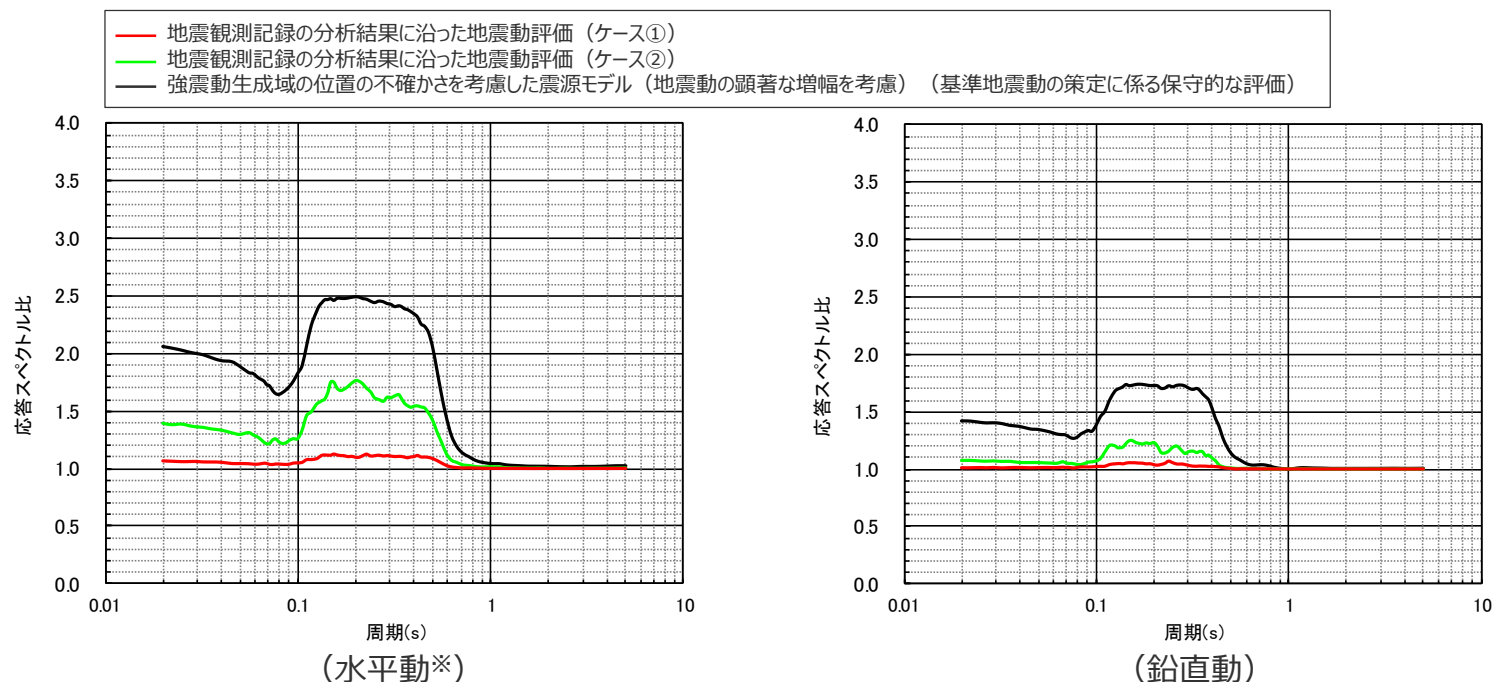
---

余白

## 地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価結果との比較

(応答スペクトルに基づく地震動評価に用いる増幅係数 (応答スペクトル比) (プレート間地震))

- プレート間地震について、増幅範囲及び増幅の程度を地震観測記録の分析結果に対し保守的に設定した強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) の応答スペクトルに基づく地震動評価に用いる増幅係数 (応答スペクトル比) は、下図のとおり。



<応答スペクトルに基づく地震動評価への地震動の顕著な増幅の反映のために用いる増幅係数 (応答スペクトル比) の比較>

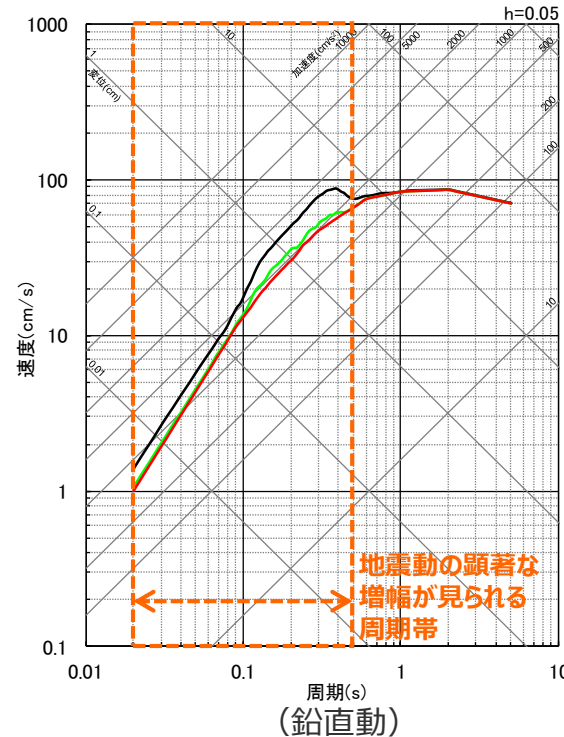
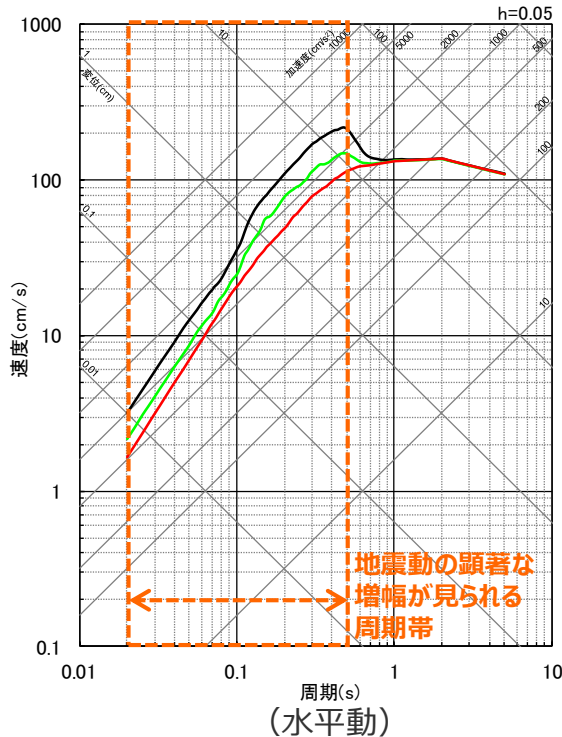


# 地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価結果との比較

(応答スペクトルに基づく地震動評価 (プレート間地震) )

○プレート間地震について、増幅範囲及び増幅の程度を地震観測記録の分析結果に対し保守的に設定した強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) の応答スペクトルに基づく地震動評価結果は、地震動の顕著な増幅が見られる周期帯 (周期0.5秒以下) において、地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価 (ケース①、ケース②) よりも大きく保守的なものとなっている。

— 地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価 (ケース①) (③駿河湾域+東海域) : 強震動生成域の応力降下量の不確かさの影響を反映  
 — 地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価 (ケース②) (③駿河湾域+東海域) : 強震動生成域の応力降下量の不確かさの影響を反映  
 — 強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル (③駿河湾域+東海域) (地震動の顕著な増幅を考慮) : 強震動生成域の応力降下量の不確かさの影響を反映 (基準地震動の策定に係る保守的な評価)



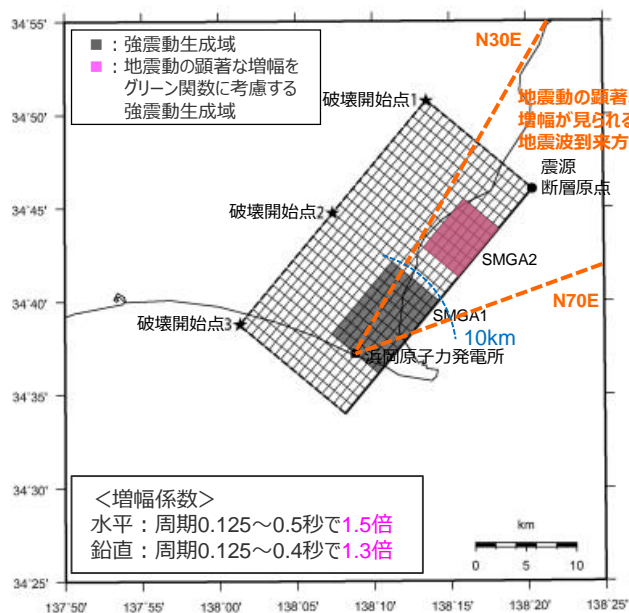
・各震源モデルの地震動評価結果として採用した (地震動レベルが最も大きい) 領域区分「③駿河湾域+東海域」。

<応答スペクトルに基づく地震動評価結果の比較、破壊開始点1~3※>

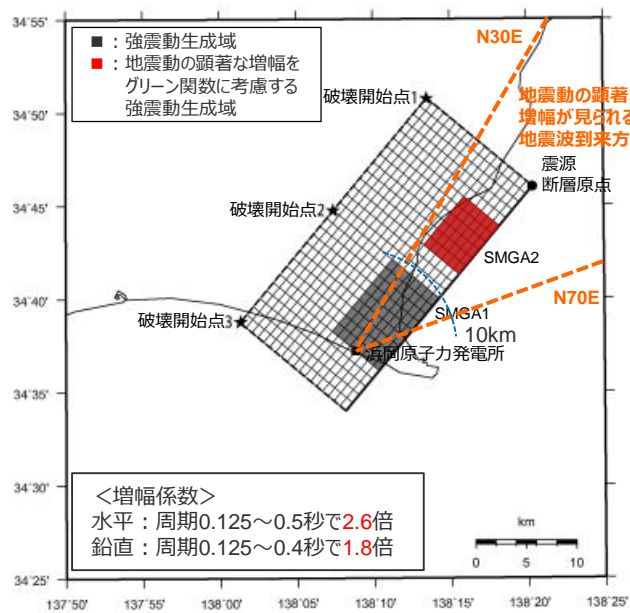
※強震動生成域の応力降下量の不確かさの影響を反映した結果を代表で示す。

# 地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価結果との比較 (海洋プレート内地震)

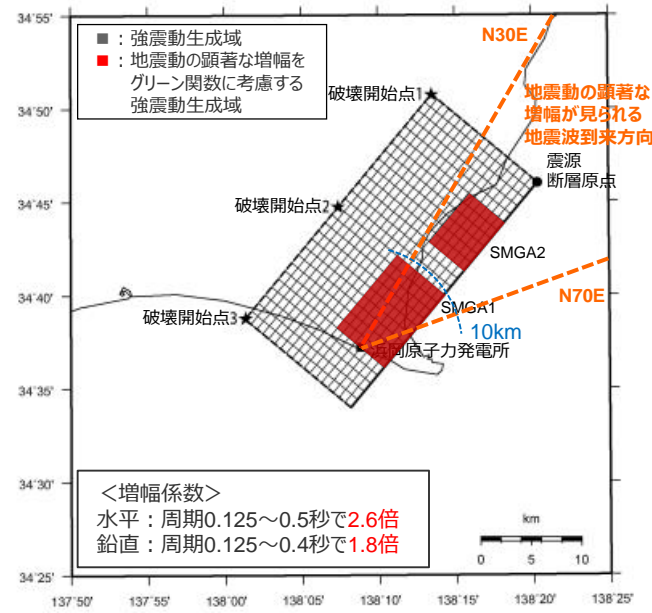
○海洋プレート内地震について、基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）を代表に、地震観測記録の分析結果に沿った場合の地震動評価として、ケース①（増幅方向及び増幅の程度を地震観測記録の分析結果に沿って設定）及びケース②（増幅方向のみ地震観測記録の分析結果に沿って設定し、増幅の程度は地震観測記録の分析結果を踏まえて保守的に設定）の地震動評価を行い、地震観測記録の分析結果に対し保守的に行った地震動評価の結果に考慮された保守性を確認する。



<地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価 (ケース①)>



<地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価 (ケース②)>



<基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）（基準地震動の策定に係る保守的な評価）>

# 地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価結果との比較 (海洋プレート内地震)

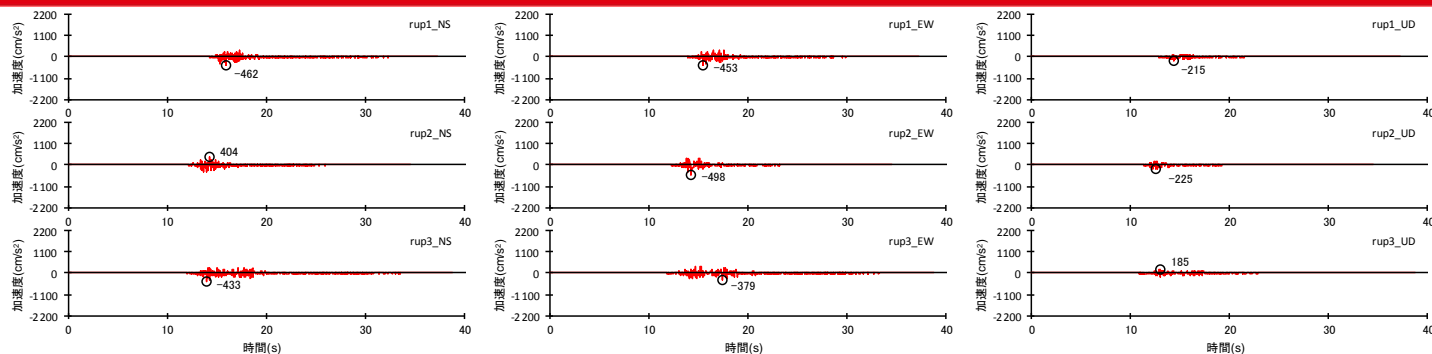
## <海洋プレート内地震の基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）（基準地震動の策定に係る保守的な評価）の震源断層パラメータ>

震源断層パラメータ	設定方法	設定結果	震源断層パラメータ	設定方法	設定結果	
震源断層原点	敷地下方に設定	北緯34.766785度 東経138.339557度	強震動生成域	地震モーメント	2009年駿河湾の地震の $M_0$ - $M_{0SMGA}$ 関係及びスケーリング則による	1.06E+19 Nm
走向	プレートの沈み込み方向に直交	220 °		面積	2009年駿河湾の地震の $M_0$ - $S_{SMGA}$ 関係及びスケーリング則による	114.3 km <sup>2</sup>
傾斜角	2009年駿河湾の地震の知見に基づき設定	45 °		平均すべり量	$D_{SMGA} = M_{0SMGA} / (\mu S_{SMGA})$	2.05 m
すべり角	DC型	90 °		応力降下量	$\Delta\sigma_{SMGA} = A / (4\pi r_{SMGA} \beta^2), r_{SMGA} = (S_{SMGA} / \pi)^{0.5}$	30.71 MPa
震源断層長さ	$L = (S/6)^{0.5} \times 3$	29.0 km	強震動生成域1	面積	$S_{SMGA1} = S_{SMGA} \times (2/3)$	76.2 km <sup>2</sup>
震源断層幅	$W = (S/6)^{0.5} \times 2$	19.3 km		地震モーメント	$M_{0SMGA1} = M_{0SMGA} \times S_{SMGA1}^{1.5} / (S_{SMGA1}^{1.5} + S_{SMGA2}^{1.5})$	7.85E+18 Nm
震源断層面積	$S = M_0 / (\mu D)$	559.8 km <sup>2</sup>		平均すべり量	$D_{SMGA1} = M_{0SMGA1} / (\mu \cdot S_{SMGA1})$	2.27 m
震源断層上端深さ	2009年駿河湾の地震の知見に基づき設定	23 km	応力降下量	$\Delta\sigma_{SMGA1} = \Delta\sigma_{SMGA}$	30.71 MPa	
地震モーメント	2009年駿河湾の地震（鈴木・他(2009)の $M_0 = 4.6 \times 10^{18}$ Nm)の32 <sup>0.5</sup> 倍	2.60E+19 Nm	強震動生成域2	面積	$S_{SMGA2} = S_{SMGA} \times (1/3)$	38.1 km <sup>2</sup>
モーメントマグニチュード	$M_w = (\log M_0 - 9.1) / 1.5$	6.9		地震モーメント	$M_{0SMGA2} = M_{0SMGA} \times S_{SMGA2}^{1.5} / (S_{SMGA1}^{1.5} + S_{SMGA2}^{1.5})$	2.78E+18 Nm
気象庁マグニチュード	$M_j$ : フィリピン海プレート(領域1)におけるスラブ内地震の最大規模等を踏まえ設定	7.0		平均すべり量	$D_{SMGA2} = M_{0SMGA2} / (\mu \cdot S_{SMGA2})$	1.61 m
剛性率	$\mu = \rho \beta^2$ ( $\beta$ : 3.99 km/s, $\rho$ : 2.85 g/cm <sup>3</sup> (地下構造調査結果等に基づく一次元地下構造モデルによる))	4.54E+10 N/m <sup>2</sup>		応力降下量	$\Delta\sigma_{SMGA2} = \Delta\sigma_{SMGA}$	30.71 MPa
平均すべり量	$D = D_{SMGA} / \gamma_D, \gamma_D = 2.0$	1.02 m	背景領域	地震モーメント	$M_{0back} = M_0 - M_{0SMGA}$	1.54E+19 Nm
平均応力降下量	$\Delta\sigma = (7/16) \cdot M_0 / (S/m)^{1.5}$	4.79 MPa		面積	$S_{back} = S - S_{SMGA}$	445.5 km <sup>2</sup>
破壊伝播速度	$V_f$ : 2009年駿河湾の地震の特性化震源モデルによる	3.4 km/s		平均すべり量	$D_{back} = M_{0back} / (\mu S_{back})$	0.76 m
短周期レベル	2009年駿河湾の地震の $M_0$ - $A$ 関係及びスケーリング則による	3.71E+19 Nm/s <sup>2</sup>		実効応力	$\sigma_{back} = (D_{back} / W_{back}) / (D_{SMGA} / W_{SMGA}) \Delta\sigma_{SMGA1}$ $W_{SMGA} = (\pi)^{0.5} r_{SMGA}^3 \gamma_i^3, W_{back} = W, \gamma_i = r_{SMGA} / r_{SMGA}, r_{SMGA} = (S_{SMGA} / \pi)^{0.5}$	4.66 MPa
$f_{max}$	中央防災会議(2004)による	6.0 Hz				

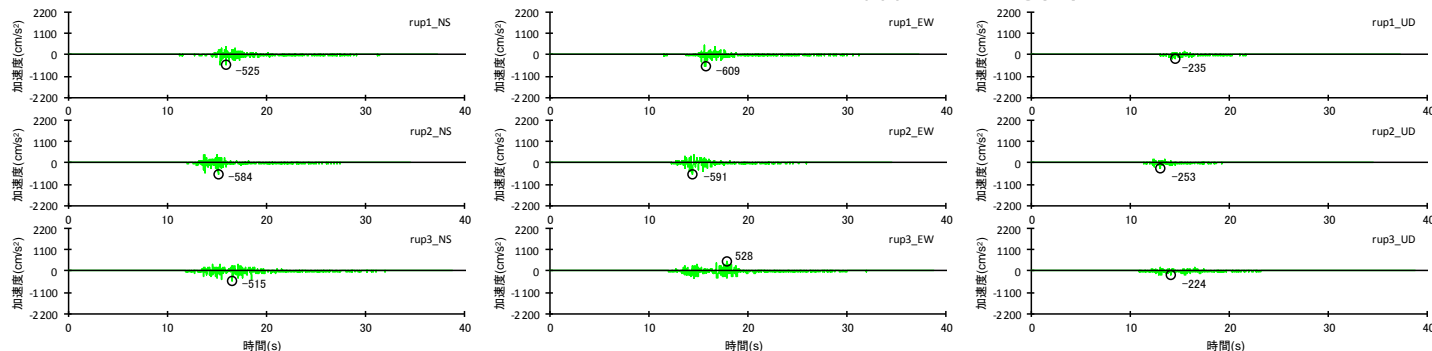
・ケース①及びケース②の震源断層パラメータは、基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）と同じである。

# 地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価結果との比較

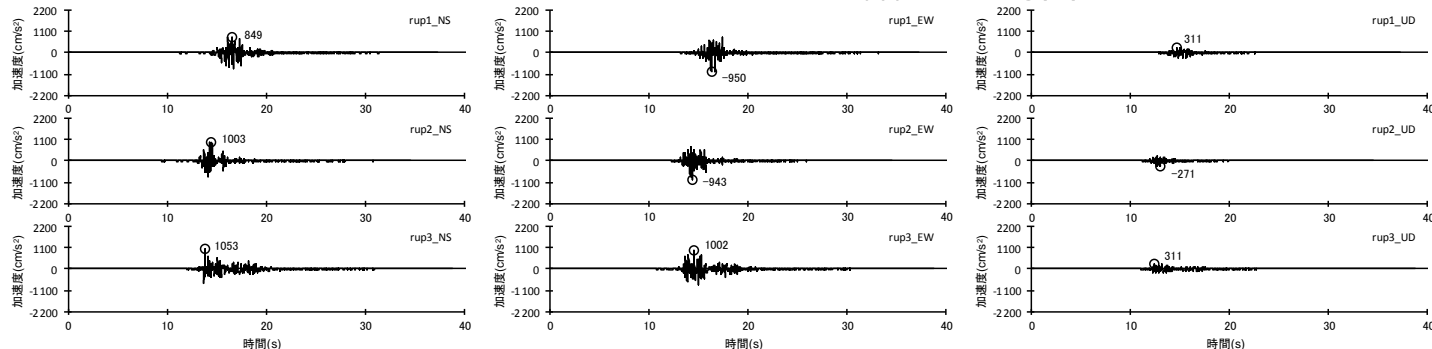
(断層モデルを用いた手法による地震動評価結果 (海洋プレート内地震) )



(地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価 (ケース①) )



(地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価 (ケース②) )



(基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) (基準地震動の策定に係る保守的な評価) )

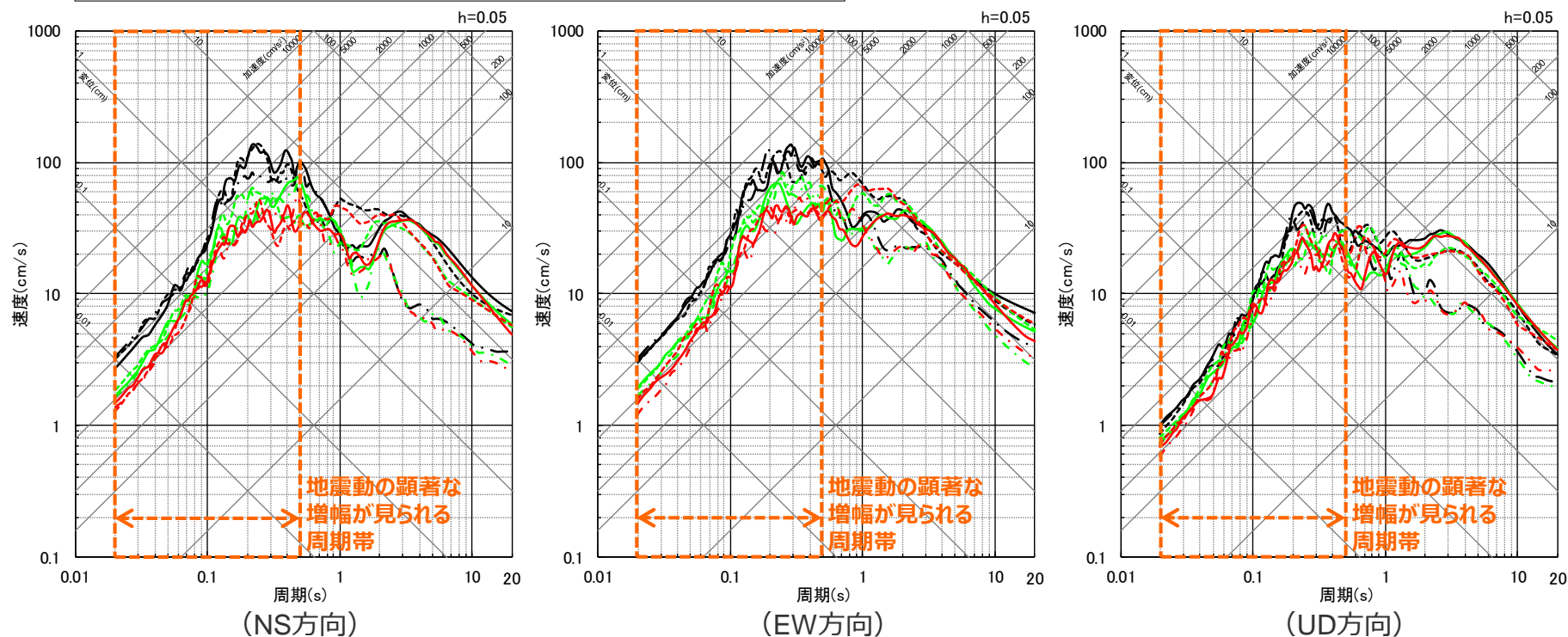
<断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の比較 (加速度時刻歴波形) 、破壊開始点1~3>

# 地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価結果との比較

(断層モデルを用いた手法による地震動評価結果 (海洋プレート内地震) )

○海洋プレート内地震について、増幅範囲及び増幅の程度を地震観測記録の分析結果に対し保守的に設定した基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) の断層モデルを用いた手法による地震動評価結果は、地震動の顕著な増幅が見られる周期帯 (周期0.5秒以下) において、地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価 (ケース①、ケース②) よりも大きく保守的なものとなっている。

— 地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価 (ケース①)  
 — 地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価 (ケース②)  
 — 基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) (基準地震動の策定に係る保守的な評価)

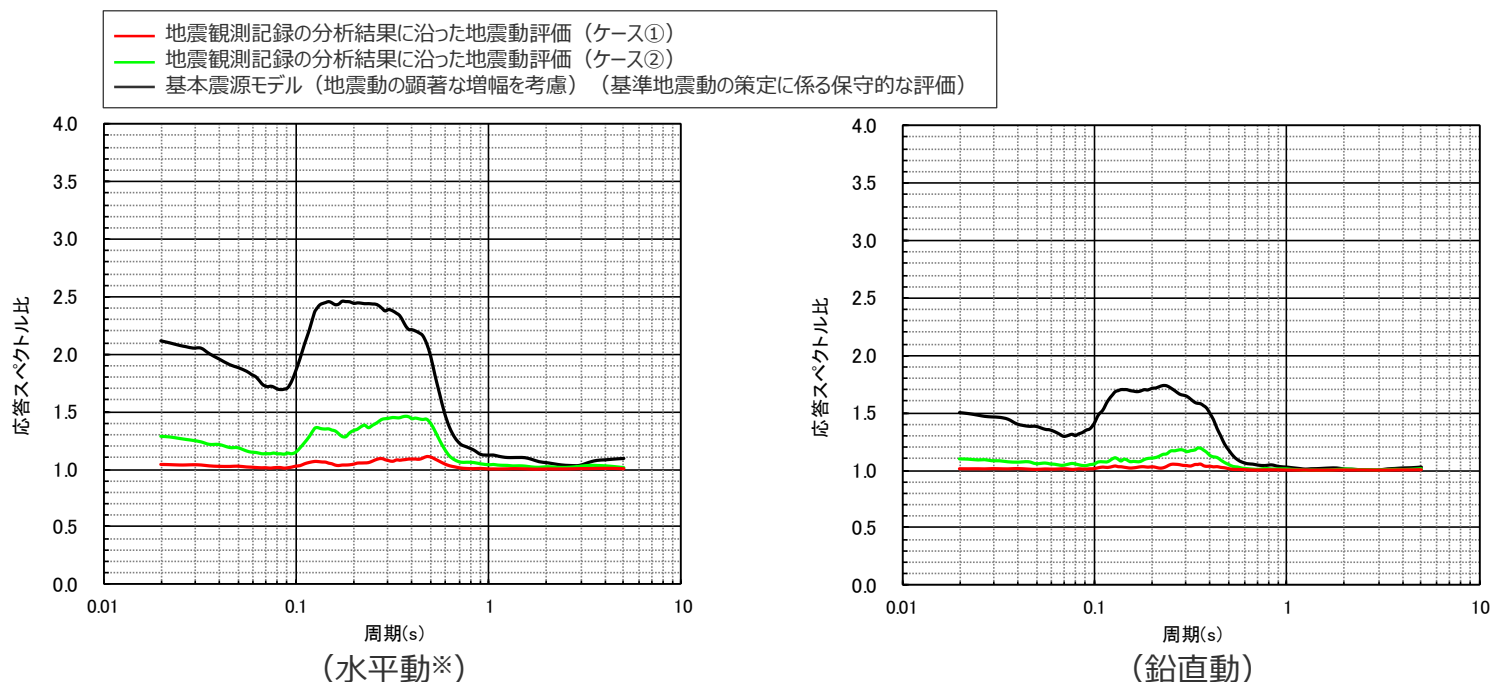


<断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の比較 (応答スペクトル) 、破壊開始点1~3>

## 地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価結果との比較

(応答スペクトルに基づく地震動評価に用いる増幅係数 (応答スペクトル比) (海洋プレート内地震))

- 海洋プレート内地震について、増幅範囲及び増幅の程度を地震観測記録の分析結果に対し保守的に設定した基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) の応答スペクトルに基づく地震動評価に用いる増幅係数 (応答スペクトル比) は、下図のとおり。

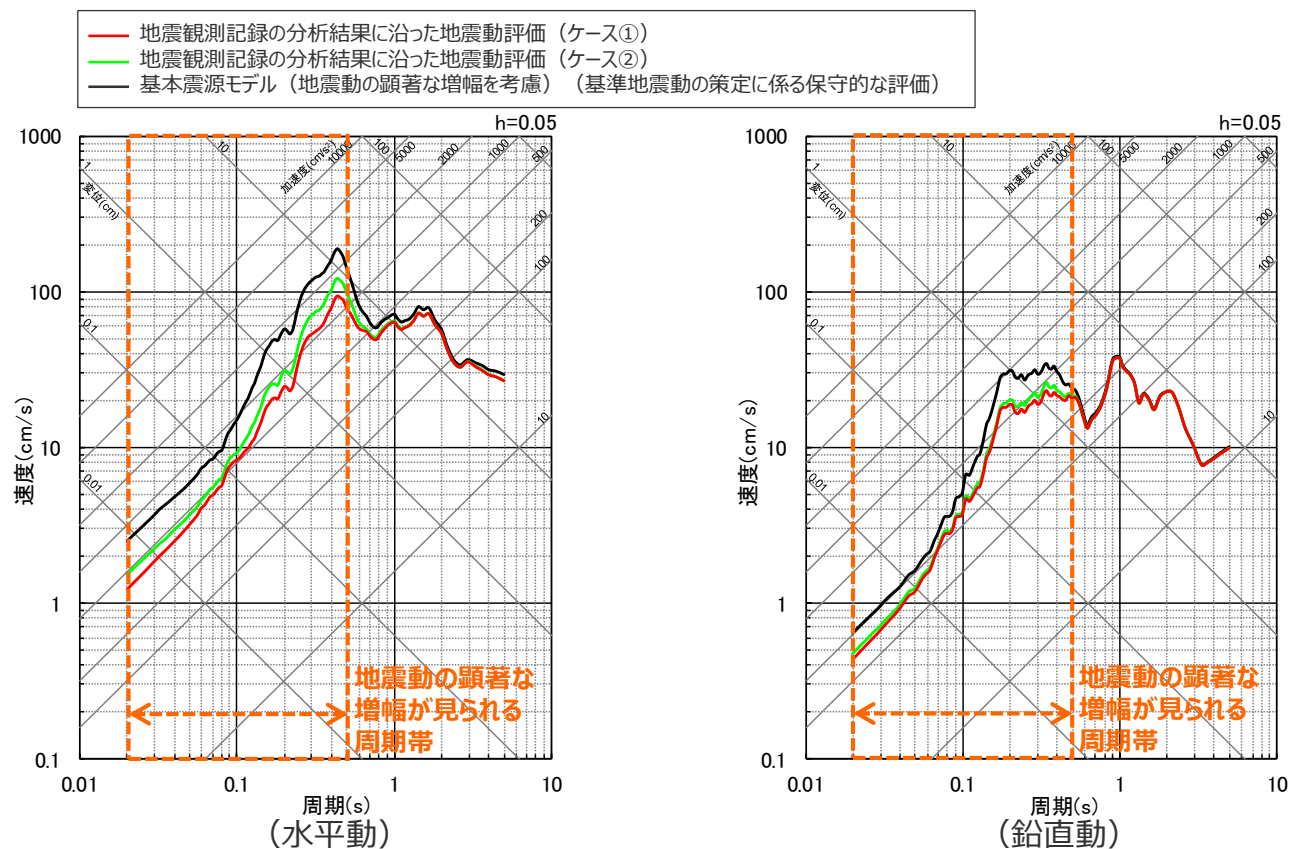


<応答スペクトルに基づく地震動評価への地震動の顕著な増幅の反映のために用いる増幅係数 (応答スペクトル比) の比較>

# 地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価結果との比較

(応答スペクトルに基づく地震動評価結果 (海洋プレート内地震))

- 海洋プレート内地震について、増幅範囲及び増幅の程度を地震観測記録の分析結果に対し保守的に設定した基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) の応答スペクトルに基づく地震動評価結果は、地震動の顕著な増幅が見られる周期帯 (周期0.5秒以下) において、地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価 (ケース①、ケース②) よりも大きく保守的なものとなっている。

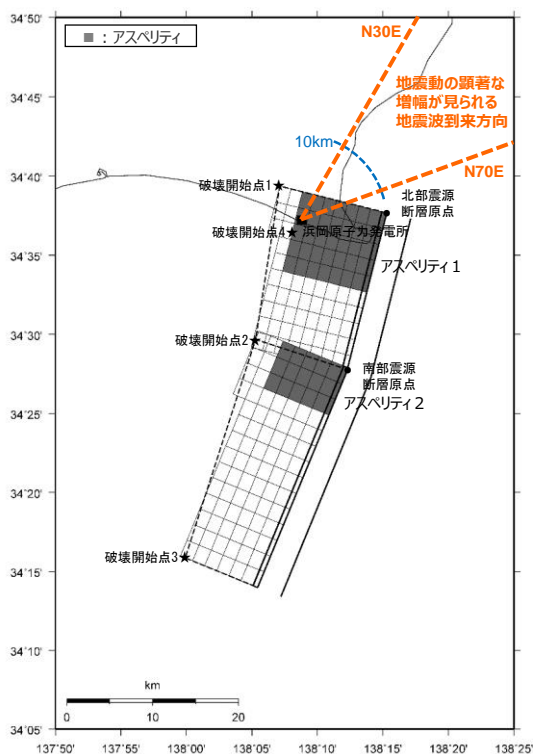


<応答スペクトルに基づく地震動評価結果の比較>

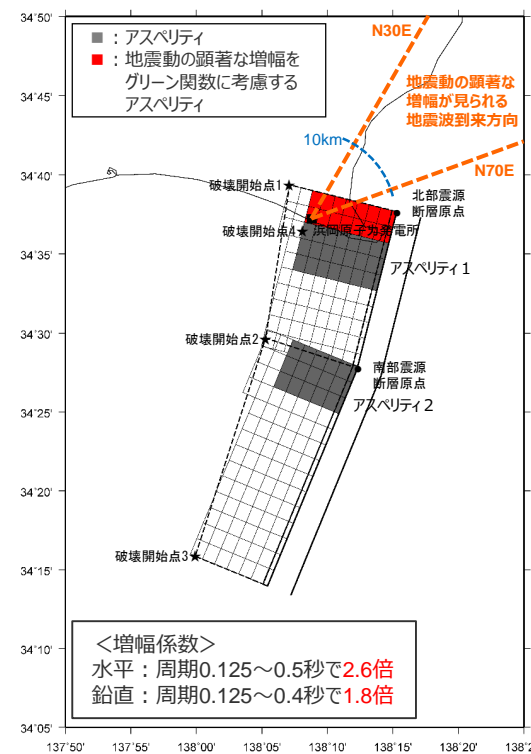
# 地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価結果との比較

(内陸地殻内地震)

- 内陸地殻内地震について、基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）を代表に、地震観測記録の分析結果に沿った場合の地震動評価を行い、地震観測記録の分析結果に対し保守的に行った地震動評価の結果に考慮された保守性を確認する。
- なお、内陸地殻内地震（御前崎海脚西部の断層帯による地震）の震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）では、地震動の顕著な増幅を考慮するアスペリティの小断層がすべて敷地近傍（敷地から半径10km以内）に位置するため、地震観測記録の分析結果に沿った場合の地震動評価は、地震動の顕著な増幅を考慮しない地震動評価と同じとなる。



<地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価（ケース①、ケース②）※>



<基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）>  
(基準地震動の策定に係る保守的な評価)

※地震観測記録の分析結果に沿った場合の地震動評価（ケース①、ケース②）は、地震動の顕著な増幅を考慮しない地震動評価と同じ。



# 地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価結果との比較

## (内陸地殻内地震)

<内陸地殻内地震の基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）（基準地震動の策定に係る保守的な評価）の震源断層パラメータ（御前崎海脚西部の断層帯による地震）>

震源断層パラメータ		設定方法	単位	設定値
震源断層原点(北端)	北部	北緯(世界測地系)	-	34.62800°
		東経(世界測地系)	-	138.25486°
	南部	北緯(世界測地系)	-	34.46467°
		東経(世界測地系)	-	138.20581°
走向	北部	地質調査結果による	-	194.1°NE
	南部	同上	-	202.4°NE
断層傾斜角	GL-6km以浅	同上	°	60
	GL-6km以深	同上	°	35
ずれの種類	同上	-	-	逆断層
震源断層上端深さ	地質調査結果、断層傾斜角及び地震発生層上端深さとの関係による	同上	km	5.0
震源断層下端深さ	北部	同上	km	13.5~14.6
	南部	同上	km	12.0~13.5
活断層長さ	北部	$L_{0.1}$ :地質調査結果による	km	19.1
	南部	$L_{0.2}$ :同上	km	27.8
震源断層長さ	北部	$L_{S.1}$ :地質調査結果、断層傾斜角及び地震発生層上端深さとの関係による	km	18.9
	南部	$L_{S.2}$ :同上	km	27.6
震源断層幅	北部(GL-6km以浅)	地質調査結果、断層傾斜角及び地震発生層上端深さとの関係による	km	1.2
	北部(GL-6km以深)	地質調査結果、断層傾斜角及び地震発生層上端深さとの関係による	km	13.1~15.0
	南部(GL-6km以浅)	地質調査結果、断層傾斜角及び地震発生層上端深さとの関係による	km	1.2
	南部(GL-6km以深)	地質調査結果、断層傾斜角及び地震発生層上端深さとの関係による	km	10.5~13.1
震源断層面積	北部	$S_1$ :震源断層長さ及び震源断層幅による	km <sup>2</sup>	281.51
	南部	$S_2$ :同上	km <sup>2</sup>	353.63
震源断層面積	$S=S_1+S_2$	-	km <sup>2</sup>	635.14
等価半径	$R=(S/\pi)^{0.5}$	-	km	14.22
地震モーメント	$M_0=\{S/(4.24 \times 10^{-11})\}^{2.0} / 10^7$ (入倉・三宅(2001))	-	Nm	2.24E+19

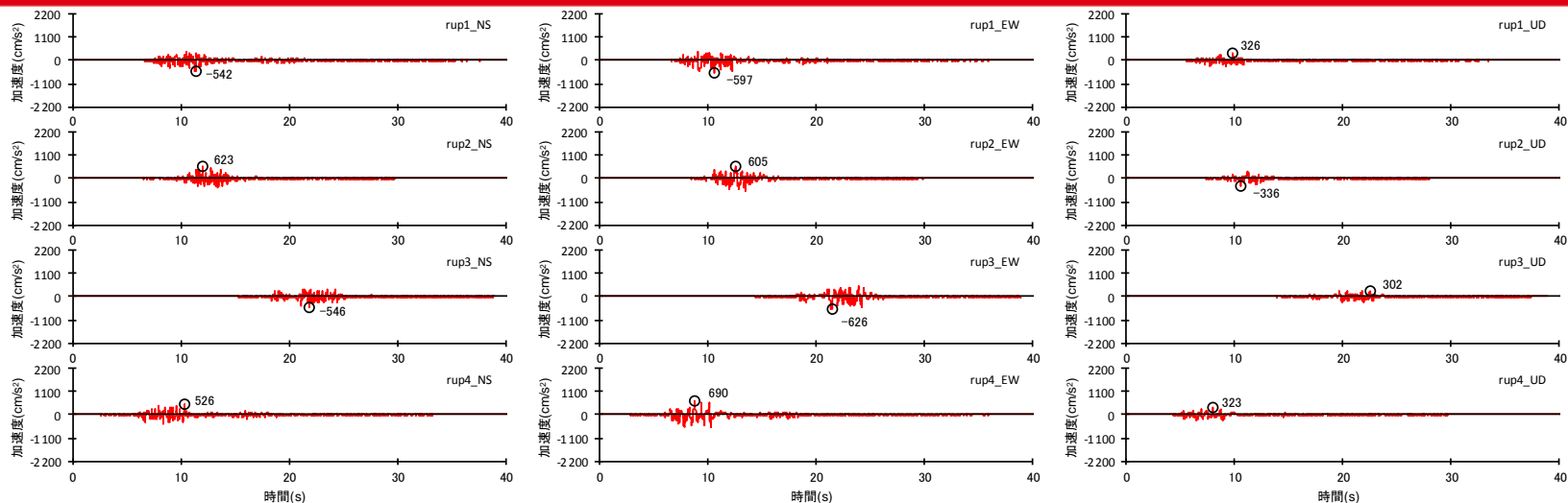
震源断層パラメータ		設定方法	単位	設定値
気象庁マグニチュード		$M_J=(\log(L_{0.1}+L_{0.2})+2.9)/0.6$ (松田(1975))	-	7.6
		$M_J=(\log M_0-10.72)/1.17$ (武村(1990))	-	7.4
モーメントマグニチュード		$M_w=(\log M_0-9.1)/1.5$ (Kanamori(1977))	-	6.8
剛性率		$\mu=\rho\beta^2$ ( $\beta:3.54\text{km/s}$ , $\rho:2.76\text{g/cm}^3$ (地下構造調査結果等に基づく一次元地下構造モデルによる))	N/m <sup>2</sup>	3.46E+10
平均すべり量		$D=M_J/(\mu S)$	m	1.02
平均応力降下量		$\Delta\sigma=(7/16)(M_J/R^3)$	MPa	3.42
短周期レベル		$A=2.46 \times 10^{10} \times (M_0 \times 10^{10})^{1/3}$ (堀・他(2001))	Nm/s <sup>2</sup>	1.49E+19
破壊伝播速度		$Vr=0.72\beta$ (Geller(1976))	km/s	2.55
$f_{max}$		中央防災会議(2004)による	Hz	6.0
アスベリティ全体	等価半径	$r_a=(\pi M_0 \rho \beta^2)/(4AR)$	km	7.27
	面積	$S_a=\pi r_a^2$	km <sup>2</sup>	166.20
	平均すべり量	$D_a=2D$	m	2.043
	地震モーメント	$M_{0a}=\mu S_a D_a$	Nm	1.17E+19
アスベリティ1	応力降下量	$\Delta\sigma_a=(7/16)M_J/(r_a^2 R)$	MPa	13.05
	面積	$S_{a1}=(2/3) \times S_a$	km <sup>2</sup>	110.80
	地震モーメント	$M_{0a1}=M_{0a} \times S_{a1}^{1.5}/(S_{a1}^{1.5}+S_{a2}^{1.5})$	Nm	8.68E+18
アスベリティ2	平均すべり量	$D_{a1}=M_{0a1}/(\mu S_{a1})$	m	2.264
	応力降下量	$\Delta\sigma_{a1}=\Delta\sigma_a$	MPa	13.05
	面積	$S_{a2}=(1/3) \times S_a$	km <sup>2</sup>	55.40
アスベリティ2	地震モーメント	$M_{0a2}=M_{0a} \times S_{a2}^{1.5}/(S_{a1}^{1.5}+S_{a2}^{1.5})$	Nm	3.07E+18
	平均すべり量	$D_{a2}=M_{0a2}/(\mu S_{a2})$	m	1.601
	応力降下量	$\Delta\sigma_{a2}=\Delta\sigma_a$	MPa	13.05
背景領域	面積	$S_b=S-S_a$	km <sup>2</sup>	468.94
	地震モーメント	$M_{0b}=M_0-M_{0a}$	Nm	1.07E+19
	平均すべり量	$D_b=M_{0b}/(\mu S_b)$	m	0.659
	実効応力	$\sigma_b=0.2\Delta\sigma_a$	MPa	2.61

・ケース①及びケース②\*の震源断層パラメータは、基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）と同じである。

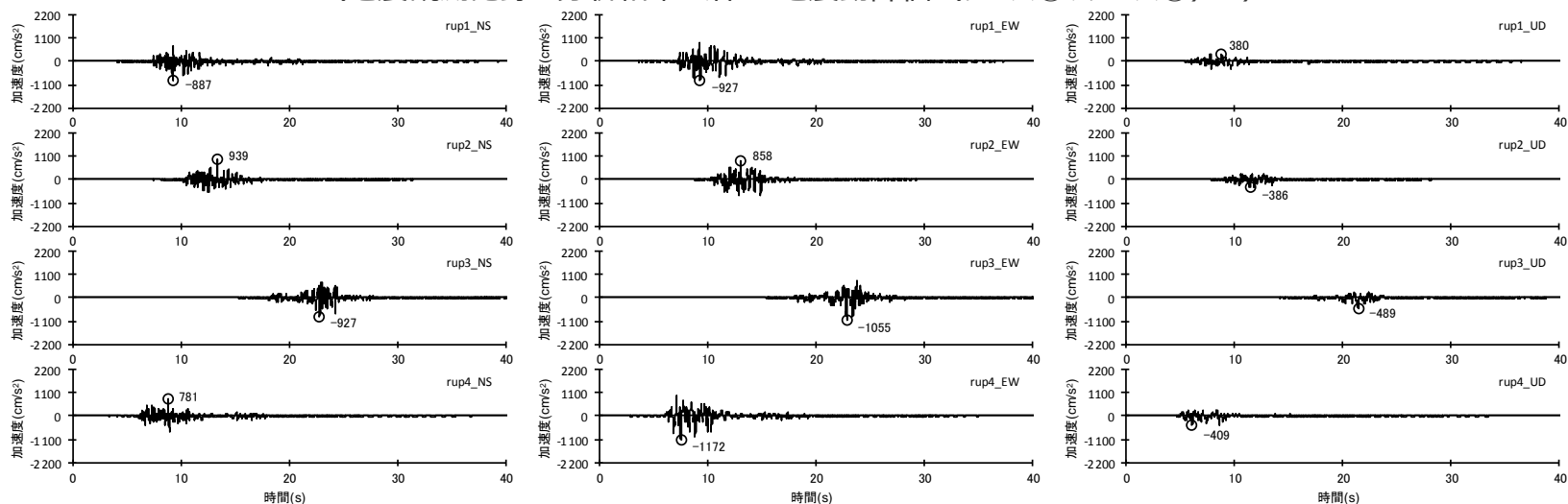
※地震観測記録の分析結果に沿った場合の地震動評価（ケース①、ケース②）は、地震動の顕著な増幅を考慮しない地震動評価と同じ。

# 地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価結果との比較

(断層モデルを用いた手法による地震動評価結果 (内陸地殻内地震))



(地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価 (ケース①、ケース②) ※)



(基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) (基準地震動の策定に係る保守的な評価))

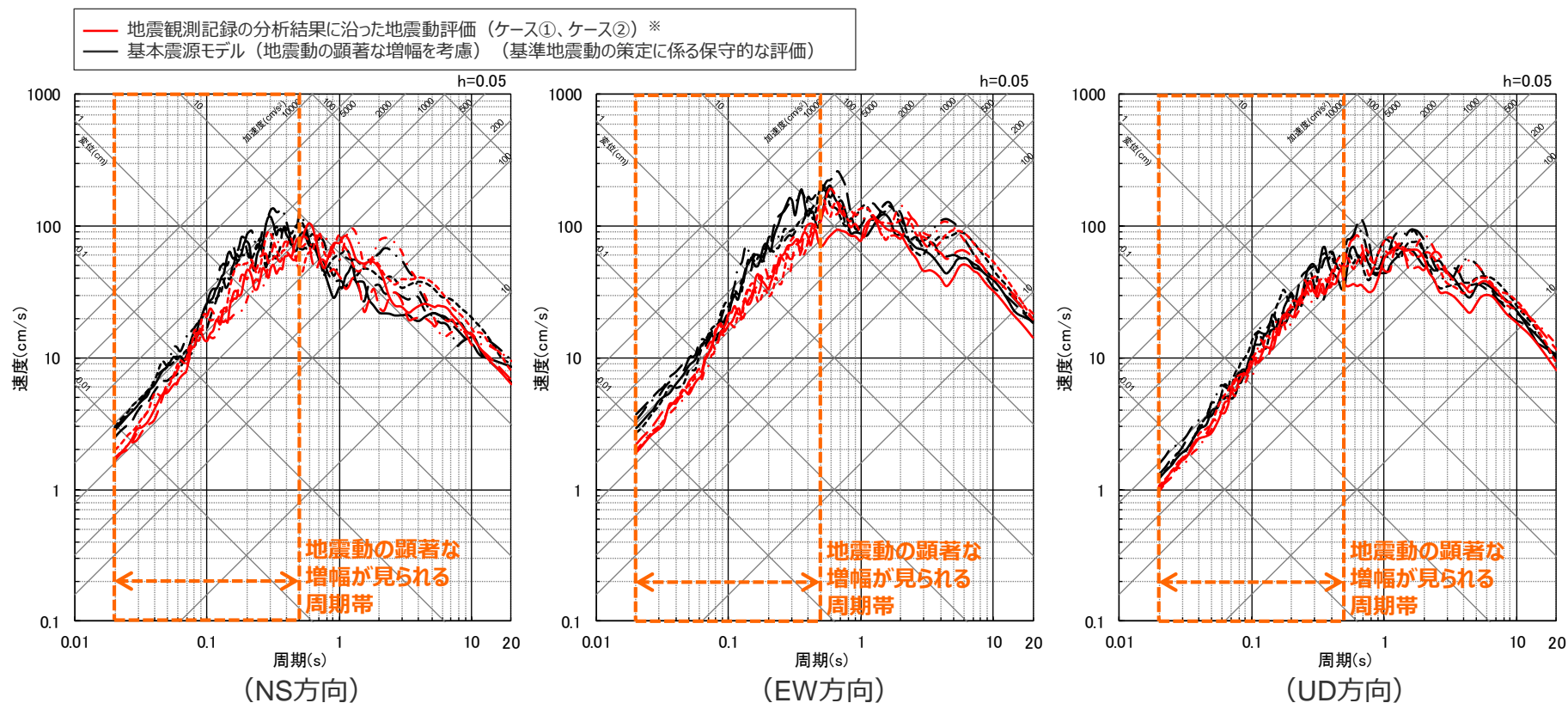
<断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の比較 (加速度時刻歴波形)、破壊開始点1~4 >

※地震観測記録の分析結果に沿った場合の地震動評価 (ケース①、ケース②) は、地震動の顕著な増幅を考慮しない地震動評価と同じ。

# 地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価結果との比較

(断層モデルを用いた手法による地震動評価結果 (内陸地殻内地震))

○内陸地殻内地震について、増幅範囲及び増幅の程度を地震観測記録の分析結果に対し保守的に設定した基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) の断層モデルを用いた手法による地震動評価結果は、地震動の顕著な増幅が見られる周期帯 (周期0.5秒以下) において、地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価 (ケース①、ケース②) ※よりも大きく保守的なものとなっている。



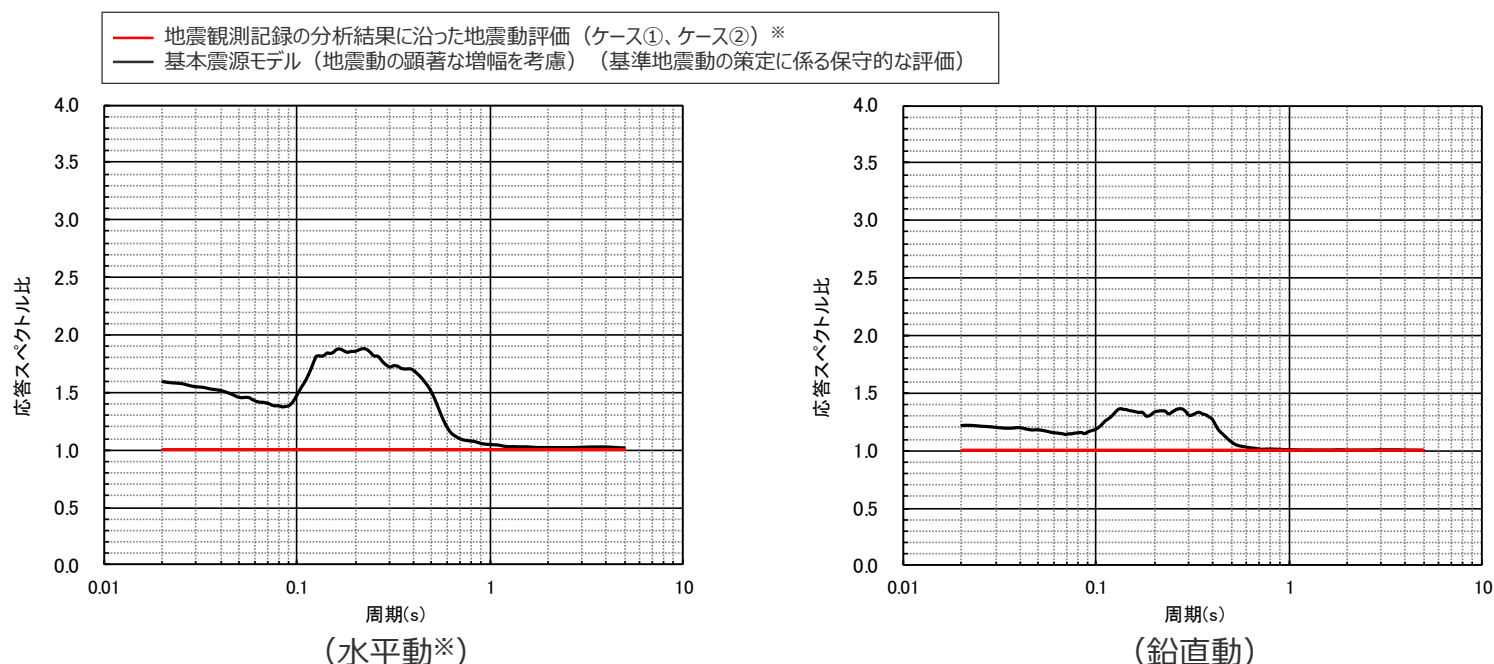
<断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の比較 (応答スペクトル)、破壊開始点1~4>

※地震観測記録の分析結果に沿った場合の地震動評価 (ケース①、ケース②) は、地震動の顕著な増幅を考慮しない地震動評価と同じ。

## 地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価結果との比較

(応答スペクトルに基づく地震動評価に用いる増幅係数 (応答スペクトル比) (内陸地殻内地震) )

○内陸地殻内地震について、増幅範囲及び増幅の程度を地震観測記録の分析結果に対し保守的に設定した基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) の応答スペクトルに基づく地震動評価に用いる増幅係数 (応答スペクトル比) は、下図のとおり。



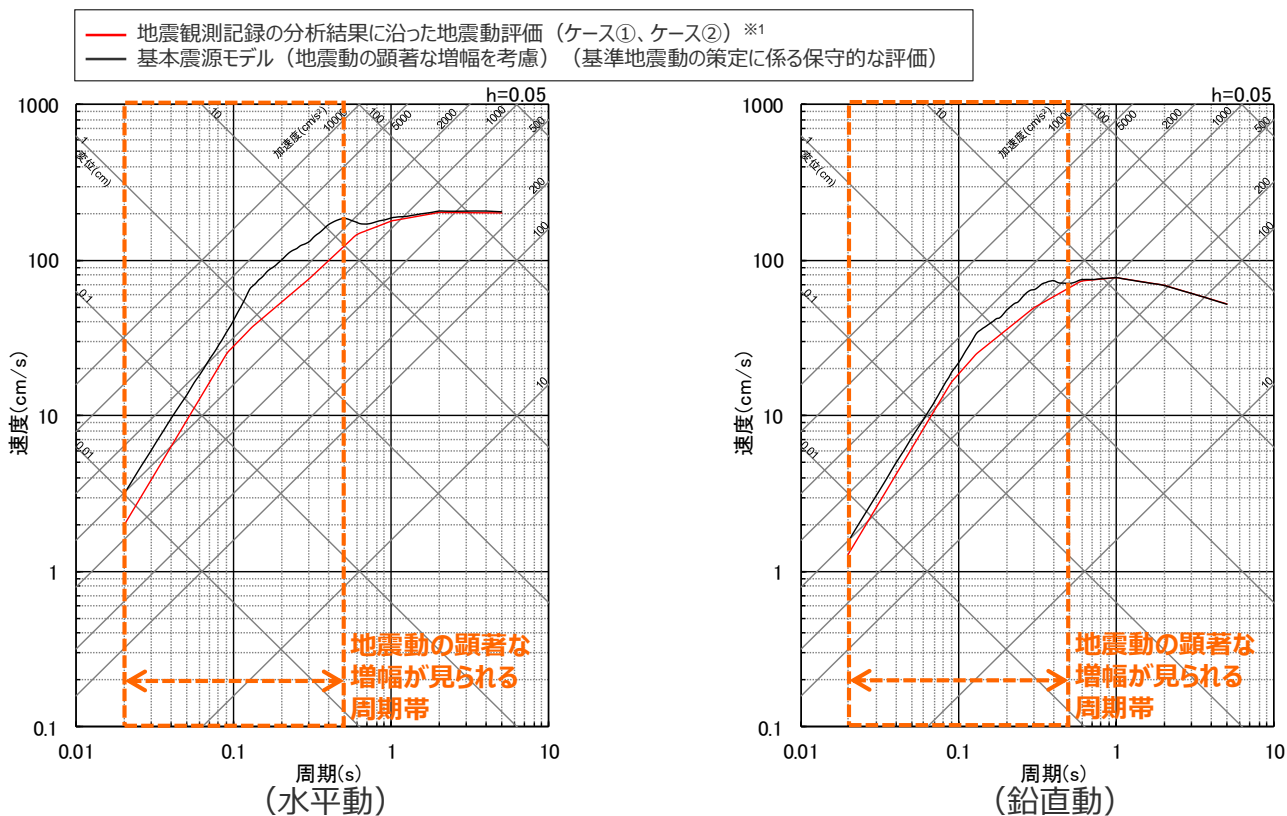
<応答スペクトルに基づく地震動評価への地震動の顕著な増幅の反映のために用いる増幅係数 (応答スペクトル比) の比較>

※地震観測記録の分析結果に沿った場合の地震動評価 (ケース①、ケース②) は、地震動の顕著な増幅を考慮しない地震動評価と同じ。

# 地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価結果との比較

(応答スペクトルに基づく地震動評価結果 (内陸地殻内地震))

- 内陸地殻内地震について、増幅範囲及び増幅の程度を地震観測記録の分析結果に対し保守的に設定した基本震源モデル (地震動の顕著な増幅を考慮) の応答スペクトルに基づく地震動評価結果は、地震動の顕著な増幅が見られる周期帯 (周期0.5秒以下) において、地震観測記録の分析結果に沿った地震動評価 (ケース①、ケース②) ※1よりも大きく、保守的なものとなっている。



<応答スペクトルに基づく地震動評価結果の比較※2>

- ※1 地震観測記録の分析結果に沿った場合の地震動評価 (ケース①、ケース②) は、地震動の顕著な増幅を考慮しない地震動評価と同じ。
- ※2 武村(1990)により地震規模を算出した場合の評価結果を例示。

- 以上より、いずれの検討用地震 (地震動の顕著な増幅を考慮) も、保守的に行った検討用地震 (地震動の顕著な増幅を考慮) の地震動評価結果は、地震観測記録の分析結果に沿った場合の地震動評価結果より大きくなっており、地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域 (アスペリティ) の小断層の範囲・増幅の程度を保守的に設定することにより、地震観測記録の分析結果に対し保守的な地震動評価結果となっていることを確認した。

## 1.3.2 地震動評価結果に考慮された保守性の確認（まとめ）

### 【検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価】

○ 各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価は、断層モデルを用いた手法において、地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域（アスペリティ）の小断層の範囲・増幅の程度を**地震観測記録の分析結果に対し保守的に設定**することにより、**保守的な地震動評価**を行う。応答スペクトルに基づく手法は、断層モデルを用いた手法による保守的な地震動評価結果を反映することにより、保守的な地震動評価を行う。

### 【1.3.2 地震動評価結果に考慮された保守性の確認】

○ 各地震タイプ（内陸地殻内地震、プレート間地震、海洋プレート内地震）の検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の断層モデルを用いた手法による地震動評価及び応答スペクトルに基づく地震動評価について、敷地近傍は地震動の顕著な増幅が見られないなどの地震観測記録の分析結果に沿った場合の地震動評価を行い、地震観測記録の分析結果に対し保守的に行った地震動評価の結果に考慮された保守性を分析する。

→ **その結果、いずれの検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）も、保守的に行った検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価結果は、地震観測記録の分析結果に沿った場合の地震動評価結果より大きくなっており、地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域（アスペリティ）の小断層の範囲・増幅の程度を保守的に設定することにより、地震観測記録の分析結果に対し保守的な地震動評価結果となっていることを確認した。**

項目	地震観測記録の分析結果等	地震観測記録の分析結果に沿った評価（ケース①）	地震観測記録の分析結果に沿った評価（ケース②）	比較	基準地震動の策定に係る保守的な評価
地震動の顕著な増幅の範囲（震源位置）	<ul style="list-style-type: none"> <li>特定の到来方向（N30E～N70E、「増幅方向」）の地震波のみ顕著な増幅が見られる。</li> <li>「増幅方向」でも地震波の入射角が鉛直に近づく敷地近傍は顕著な増幅が見られない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>強震動生成域（アスペリティ）を「増幅方向」の敷地近傍に配置したうえで、地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域（アスペリティ）の小断層の範囲を、地震観測記録の分析結果における「<b>増幅方向」と同程度とし、敷地近傍を含めずに設定</b>（地震観測記録の分析結果に沿った評価）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>強震動生成域（アスペリティ）を「増幅方向」の敷地近傍に配置したうえで、地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域（アスペリティ）の小断層の範囲を、地震観測記録の分析結果における「<b>増幅方向」と同程度とし、敷地近傍を含めずに設定</b>（地震観測記録の分析結果に沿った評価）</li> </ul>	比較	<ul style="list-style-type: none"> <li>強震動生成域（アスペリティ）を「増幅方向」の敷地近傍に配置したうえで、地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域（アスペリティ）の小断層の範囲を、地震観測記録の分析結果における「<b>増幅方向</b>」より<b>広くし、敷地近傍も含めて設定</b>（保守的な評価）</li> </ul>
地震動の顕著な増幅の程度（特性）	<ul style="list-style-type: none"> <li>特定の短周期の周期帯（フーリエスペクトルの周期0.2～0.5秒）で地震動の顕著な増幅が見られる</li> <li>「増幅方向」でも増幅の程度は一樣でなく、2009年駿河湾の地震（本震）は最も大きい。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>強震動生成域（アスペリティ）の小断層のグリーン関数に増幅係数を乗じる方法を採用（背景領域に増幅係数は考慮せず）</li> <li>増幅係数は、<b>増幅の程度を「増幅方向」の地震の観測記録の平均値にして地震動の顕著な増幅を考慮する小断層の全てに適用</b>（地震観測記録の分析結果に沿った評価）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>強震動生成域（アスペリティ）の小断層のグリーン関数に増幅係数を乗じる方法を採用（背景領域に増幅係数は考慮せず）</li> <li>増幅係数は、<b>増幅の程度が最も大きい2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現性を確認したものを地震動の顕著な増幅を考慮する小断層の全てに適用</b>（保守的な評価）</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>強震動生成域（アスペリティ）の小断層のグリーン関数に増幅係数を乗じる方法を採用（背景領域に増幅係数は考慮せず）</li> <li>増幅係数は、<b>増幅の程度が最も大きい2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現性を確認したものを地震動の顕著な増幅を考慮する小断層の全てに適用</b>（保守的な評価）</li> </ul>

# 地震動の顕著な増幅の地震動評価の結果の妥当性の確認（まとめ）

## 【1.2 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価】

- 地震観測記録の分析結果で確認された地震動の顕著な増幅の特性を的確に反映するため、この敷地固有の地盤増幅特性を詳細に考慮できる**断層モデルを用いた手法を重視し、2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現検討により検証した方法**（増幅方向に位置する強震動生成域の各小断層からの地震動（グリーン関数）に増幅係数を乗じる方法）を用いて、地震動の顕著な増幅を反映する。応答ペクトルに基づく手法は、断層モデルを用いた手法による地震動評価結果を用いて応答スペクトルに与える影響を求めて反映する。
- 各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の地震動評価は、断層モデルを用いた手法において、地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域（アスペリティ）の小断層の範囲・増幅の程度を**地震観測記録の分析結果に対し保守的に設定**することにより、**保守的な地震動評価**を行う。応答スペクトルに基づく手法は、断層モデルを用いた手法による保守的な地震動評価結果を反映することにより、保守的な地震動評価を行う。

項目	地震観測記録の分析結果等	2009年駿河湾の地震（本震）の再現検討	基準地震動の策定に係る保守的な評価
地震動の顕著な増幅の範囲（震源位置）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・特定の到来方向（N30E～N70E、「増幅方向」）の地震波のみ顕著な増幅が見られる。</li> <li>・「増幅方向」でも地震波の入射角が鉛直に近づく敷地近傍は顕著な増幅が見られない。</li> </ul>	<p>—</p> <p>（震源断層面が「増幅方向」の範囲内に位置するため強震動生成域の小断層のグリーン関数の全てに増幅係数を考慮）</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・強震動生成域（アスペリティ）を「増幅方向」の敷地近傍に配置したうえで、地震動の顕著な増幅を考慮する強震動生成域（アスペリティ）の小断層の範囲を、地震観測記録の分析結果における<b>「増幅方向」より広くし、敷地近傍も含めて設定</b>（保守的な評価）</li> </ul>
地震動の顕著な増幅の程度（特性）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・特定の短周期の周期帯（フーリエスペクトルの周期0.2～0.5秒）で地震動の顕著な増幅が見られる。</li> <li>・「増幅方向」でも増幅の程度は一様でなく、2009年駿河湾の地震（本震）は最も大きい。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・<b>強震動生成域の小断層のグリーン関数に周期0.2～0.5秒のみ増幅させる増幅係数を乗じる方法</b>を採用</li> <li>・増幅係数における増幅の程度は、その程度が最も大きい2009年駿河湾の地震（本震）を対象に、増幅を考慮するグリーン関数の波形合成結果の5号炉記録の再現性を確認して設定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・左記と同じ<b>強震動生成域（アスペリティ）の小断層のグリーン関数に増幅係数を乗じる方法</b>（背景領域に増幅係数は考慮せず）を採用</li> <li>・増幅係数は、左記と同じ<b>増幅の程度が最も大きい2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現性を確認したものを地震動の顕著な増幅を考慮する小断層の全てに一律適用</b>（保守的な評価）</li> </ul>

## 【1.3 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価結果の妥当性の確認】

### 【1.3.1 地震動評価結果に反映された地震動の顕著な増幅の分析】

- 検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の断層モデルを用いた手法による地震動評価の結果について、まず、「**2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現検討と同じ増幅係数を乗じる強震動生成域（アスペリティ）の小断層のみによる地震動（波形合成結果）**」の影響を確認する。また、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層の影響を確認する。⇒**地震動の顕著な増幅が見られる周期帯（周期0.5秒程度以下）の地震動評価結果について、「増幅方向」に位置する背景領域の小断層の影響は小さく、「増幅方向」の敷地近傍に配置した強震動生成域による影響が支配的であることを確認した。**
- その上で、上記の「増幅係数を乗じる強震動生成域（アスペリティ）の小断層のみによる地震動（波形合成結果）」について、**2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現検討で確認した地震動の顕著な増幅と同じ特性が反映されていることを確認する。**⇒**2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録の再現検討で確認した地震動の顕著な増幅と同じ特性が反映されていることを確認した。**

### 【1.3.2 地震動評価結果に考慮された保守性の確認】

- 各検討用地震（地震動の顕著な増幅を考慮）の断層モデルを用いた手法による地震動評価及び応答スペクトルに基づく地震動評価について、敷地近傍は地震動の顕著な増幅が見られないなどの地震観測記録の分析結果に沿った場合の地震動評価結果との比較を行い、地震観測記録の分析結果に対し地震動の顕著な増幅が保守的に考慮された地震動評価結果となっていることを確認する。⇒**地震観測記録の分析結果に対し保守的な地震動評価結果となっていることを確認した。**

---

余白



# 2

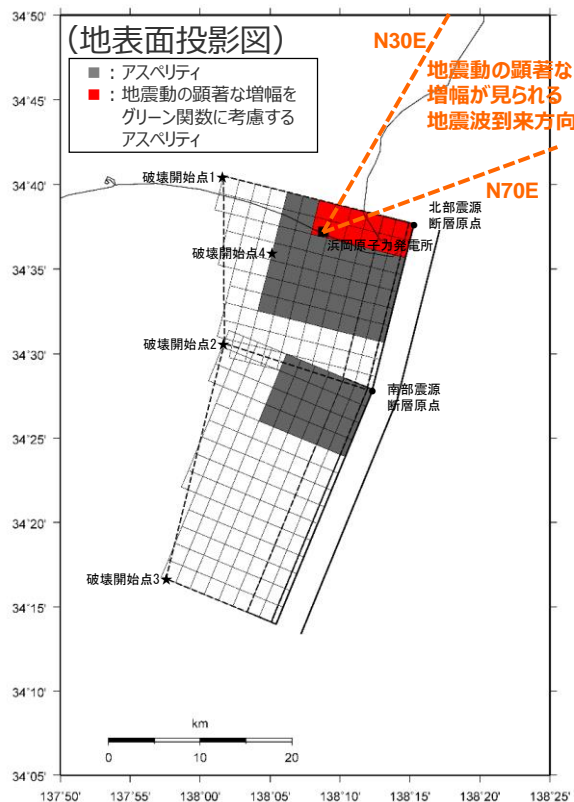
御前崎海脚西部の断層帯の断層傾斜角の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）に関する追加検討（プレート間地震と連動した場合の地震動評価）（No.3コメントの回答）

# 2020年7月31日 第882回審査会合コメント及び回答概要一覧

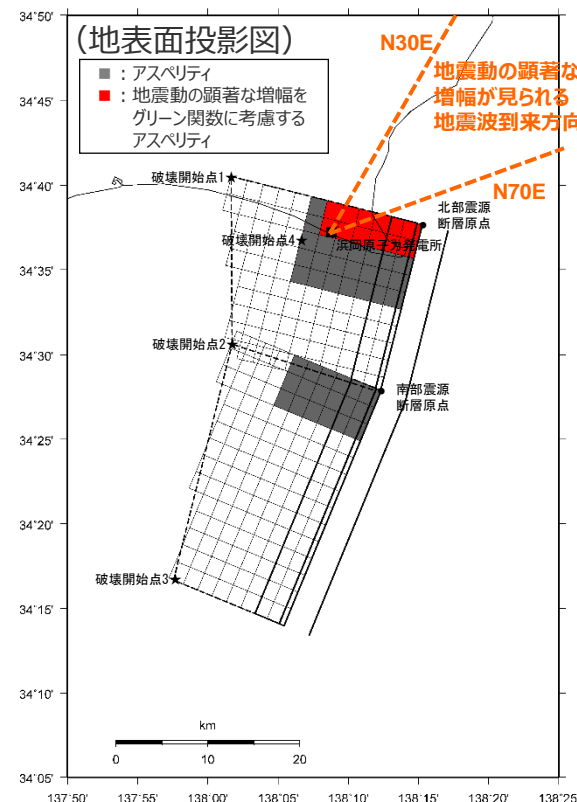
No.	コメント	回答概要	ページ
1	断層モデルを用いた手法及び応答スペクトルに基づく手法の地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価の結果について、実際に敷地で観測された増幅特性を踏まえ、その妥当性を説明すること。	「敷地における地震動の増幅特性」の審査で報告した地震観測記録の分析結果等を改めて示し、地震動の顕著な増幅の地震動評価への反映方法や保守的な評価の考え方を地震観測記録の分析結果との関係を整理して説明する。そのうえで、断層モデルを用いた手法及び応答スペクトルに基づく手法の地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価の結果の妥当性について、2009年駿河湾の地震（本震）における敷地の観測記録により確認した地震動の顕著な増幅の特性が地震動評価結果に反映されていること、地震観測記録の分析結果に対し地震動の顕著な増幅が保守的に考慮された地震動評価結果となっていることを説明する。	p.7～
2	応答スペクトルに基づく手法の地震動の顕著な増幅の反映に用いる水平動の応答スペクトル比において、断層モデルを用いた手法による地震動評価結果のNS方向とEW方向の平均を用いていることについて、どちらか一方が明らかに大きい場合は過小評価のおそれがあることから、それぞれの方向の応答スペクトル比を示すとともに、地震動評価への反映方法について考え方を整理して説明すること。	応答スペクトルに基づく手法の地震動の顕著な増幅の反映に用いる水平動の応答スペクトル比について、NS方向とEW方向の平均を用いる考え方を整理して説明するとともに、断層モデルを用いた手法による地震動評価結果のNS方向とEW方向の応答スペクトル比に大きな違いがないことを示す。	p.7～
3	御前崎海脚西部の断層帯の断層傾斜角の不確かさを考慮した震源モデルに係る強震動予測レシピにあるアスペリティ面積比22%及び平均応力降下量3.1MPaで設定した震源モデルの地震動の顕著な増幅を考慮した地震動評価における検討について、内陸地殻内地震単体での検討に加えて、プレート間地震との連動を考慮した地震動評価結果まで示すこと。	御前崎海脚西部の断層帯の断層傾斜角の不確かさを考慮した震源モデルに係る強震動予測レシピにあるアスペリティ面積比22%及び平均応力降下量3.1MPaで設定した震源モデルの地震動の顕著な増幅を考慮した地震動評価における検討について、プレート間地震との連動を考慮した地震動評価結果を示す。	p.200～

## （再掲）内陸地殻内地震としての検討

○第802回及び第841回審査会合コメント（御前崎海脚西部の断層帯の断層傾斜角の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない・地震動の顕著な増幅を考慮）について、アスペリティ面積比が32%程度と少し大きいことから、念のため、強震動予測レシピにあるアスペリティ面積比22%及び平均応力降下量3.1MPaで設定した震源モデルについて確認すること。）を踏まえ、当該方法で震源モデルを設定し、採用している震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）との統計的グリーン関数法による地震動評価結果の比較を行った。



（採用している震源モデル）

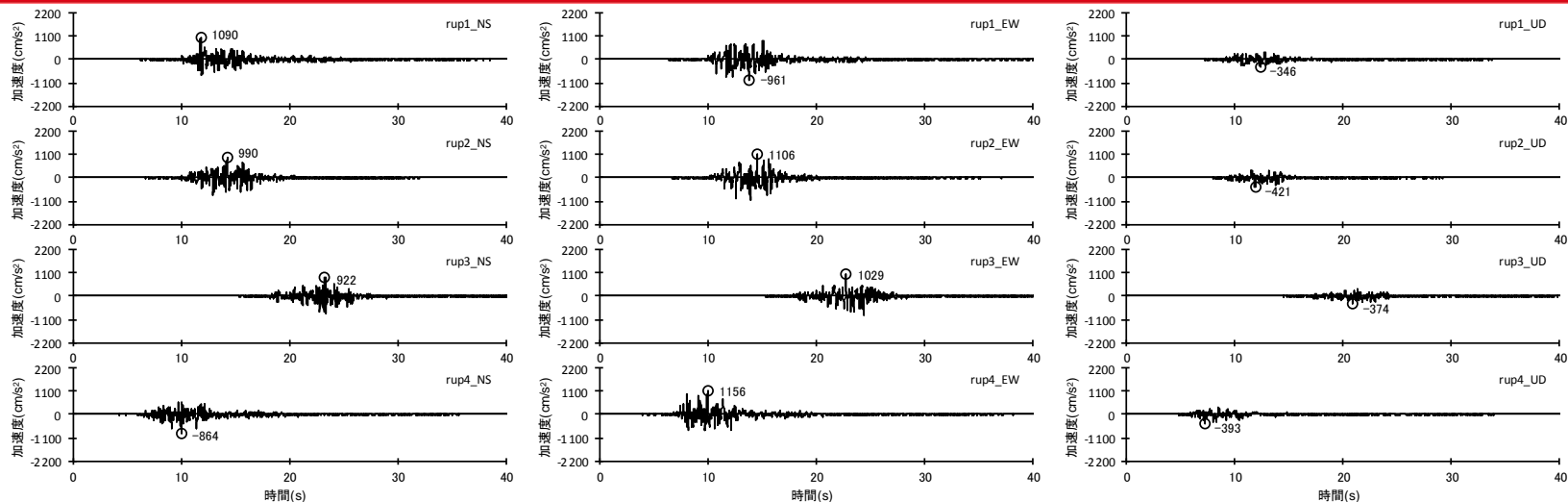


（アスペリティ面積比22%、平均応力降下量3.1MPaで設定した震源モデル）

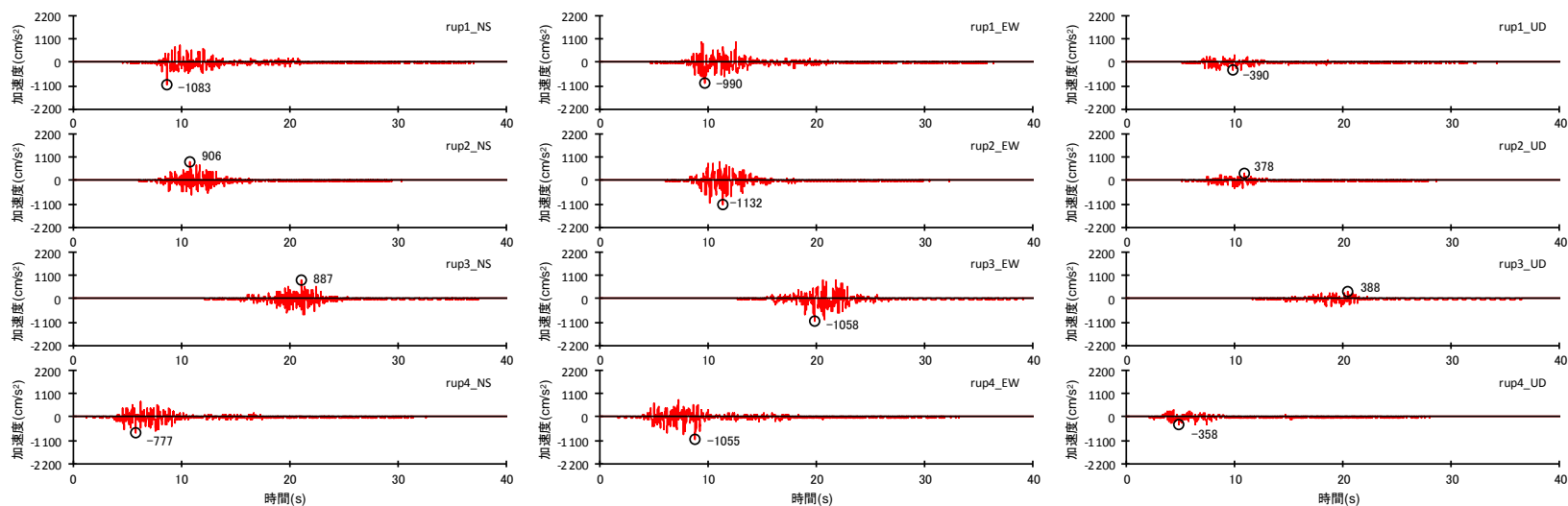
<断層傾斜角の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）（御前崎海脚西部の断層帯による地震）の比較>

・御前崎海脚西部の地震の断層傾斜角の不確かさを考慮した震源モデル（アスペリティ面積比22%、平均応力降下量3.1MPaで設定）（地震動の顕著な増幅を考慮しない）のアスペリティの形状に係る検討の詳細は、第841回審査会合資料1-2補足説明資料⑦の参照。

## （再掲）内陸地殻内地震としての検討



（採用している震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮））

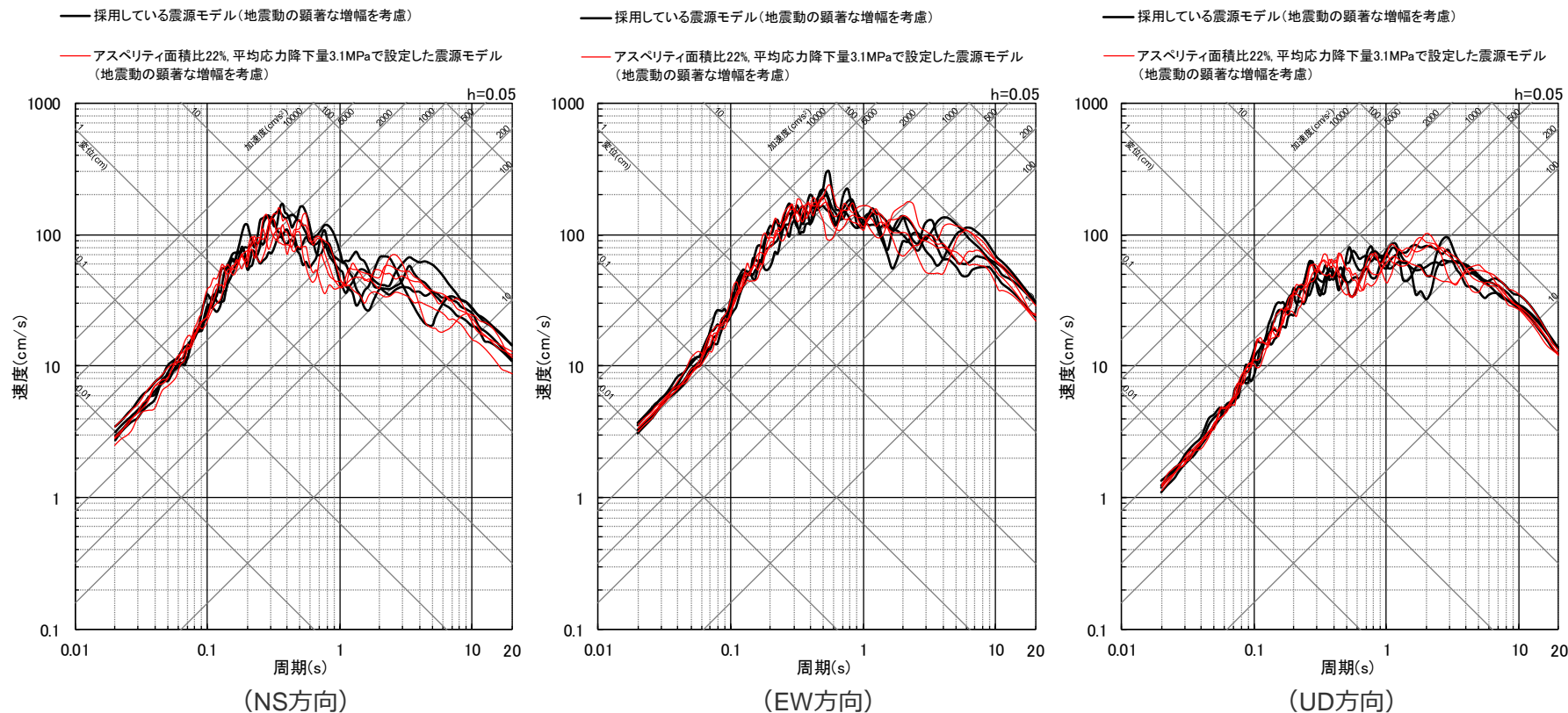


（アスぺリティ面積比22%、平均応力降下量3.1MPaで設定した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮））

<断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の比較（加速度時刻歴波形）>

## （再掲）内陸地殻内地震としての検討

○ 採用している震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）とアスペリティ面積比22%、平均応力降下量3.1MPaで設定した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）の統計的グリーン関数法による地震動評価結果の比較から、両者の地震動レベルは同程度となっていることを確認した。



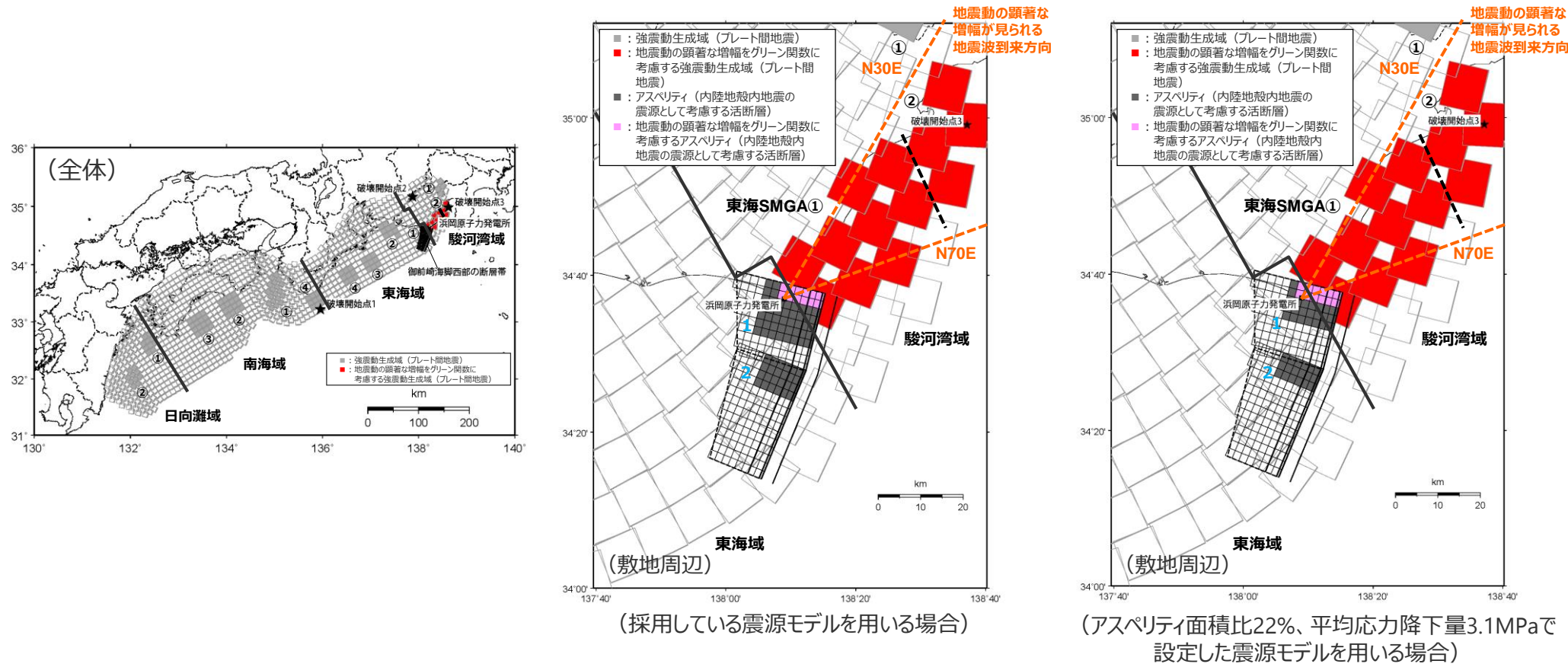
<断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の比較（応答スペクトル）>

（採用している震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）、アスペリティ面積比22%、平均応力降下量3.1MPaで設定した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）、破壊開始点1～4）

○ 両モデルは、強震動予測レシピ(2017)に記載された異なる2つの方法に基づき設定した震源モデルであり、上記のとおり両者の地震動レベルは同程度である。以上より、採用している震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）の妥当性を確認した。

## プレート間地震の強震動生成域の位置と内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層への破壊伝播の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）による検討

○第882回審査会コメントを踏まえ、御前崎海脚西部の断層帯の断層傾斜角の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）として、アスペリティ面積比22%、平均応力降下量3.1MPaで設定した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）を用いる場合のプレート間地震の「強震動生成域の位置と内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層との不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）」を設定し、採用している震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）を用いる場合との統計的グリーン関数法による地震動評価結果の比較を行った。



<プレート間地震の強震動生成域の位置と内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層（御前崎海脚西部の断層帯（断層傾斜角の不確かさを考慮した震源モデル）との不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）の比較>

# プレート間地震の強震動生成域の位置と内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層への破壊伝播の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）による検討

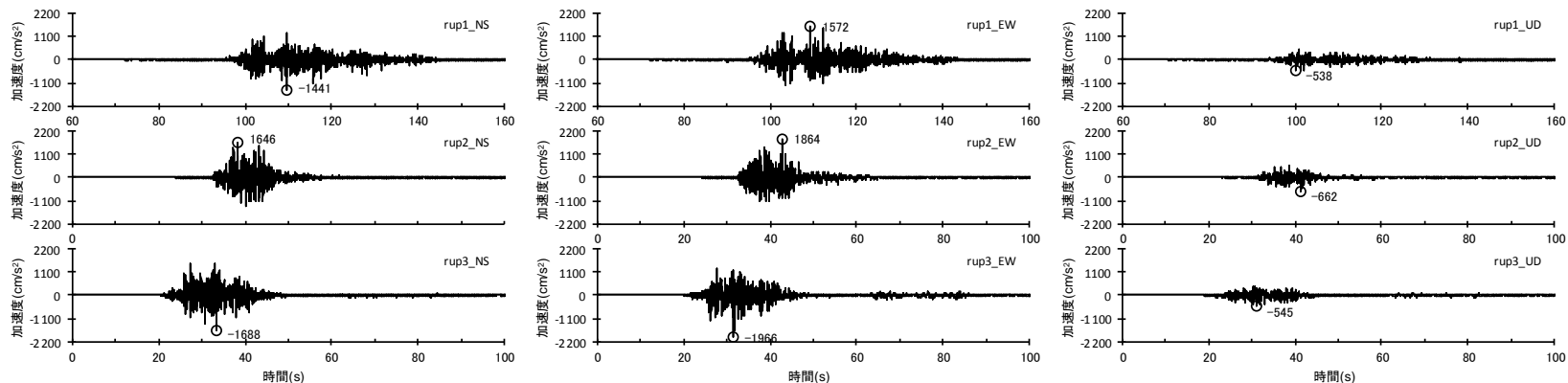
<断層傾斜角の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）の震源断層パラメータ（御前崎海脚西部の断層帯による地震）（アスペリティ面積比22%、平均応力降下量3.1MPaで設定）>

震源断層パラメータ		設定方法	単位	設定値	
震源断層原点(北端)	北部	北緯(世界測地系)	地質調査結果、断層傾斜角及び地震発生層上端深さとの関係による	-	34.62800°
		東経(世界測地系)	同上	-	138.25486°
	南部	北緯(世界測地系)	同上	-	34.46467°
		東経(世界測地系)	同上	-	138.20581°
走向	北部	地質調査結果による	-	194.1°NE	
	南部	同上	-	202.4°NE	
断層傾斜角	GL-6km以浅	同上	°	60	
	GL-6km~GL-8km	同上	°	35	
	GL-8km以深	不確かさの検討結果による	°	25	
ずれの種類	地質調査結果による	-	-	逆断層	
震源断層上端深さ	地質調査結果による	km	-	5.0	
震源断層下端深さ	北部	同上	km	14.3~16.4	
	南部	同上	km	12.5~14.3	
活断層長さ	北部	$L_{0.1}$ :地質調査結果による	km	19.1	
	南部	$L_{0.2}$ :同上	km	27.8	
震源断層長さ	北部	$L_{S.1}$ :地質調査結果、断層傾斜角及び地震発生層上端深さとの関係による	km	18.9	
	南部	$L_{S.2}$ :同上	km	27.6	
震源断層幅	北部(GL-6km以浅)	地質調査結果、断層傾斜角及び地震発生層上端深さとの関係による	km	1.2	
	北部(GL-6km~GL-8km)	地質調査結果、断層傾斜角による	km	3.5	
	北部(GL-8km以深)	地質調査結果、断層傾斜角及び地震発生層下端深さとの関係による	km	15.0~19.9	
	南部(GL-6km以浅)	地質調査結果、断層傾斜角及び地震発生層上端深さとの関係による	km	1.2	
	南部(GL-6km~GL-8km)	地質調査結果、断層傾斜角による	km	3.5	
南部(GL-8km以深)	地質調査結果、断層傾斜角及び地震発生層下端深さとの関係による	km	10.7~15.0		
震源断層面積	北部	$S_1$ :震源断層長さ及び震源断層幅による	km <sup>2</sup>	403.69	
	南部	$S_2$ :同上	km <sup>2</sup>	474.52	
震源断層面積	$S=S_1+S_2$	km <sup>2</sup>	-	878.21	
等価半径	$R=(S/\pi)^{0.5}$	km	-	16.72	
地震モーメント	$M_0=[S(4.24 \times 10^{-11})]^{2.0}/10^7$ (入倉・三宅(2001))	Nm	-	4.29E+19	

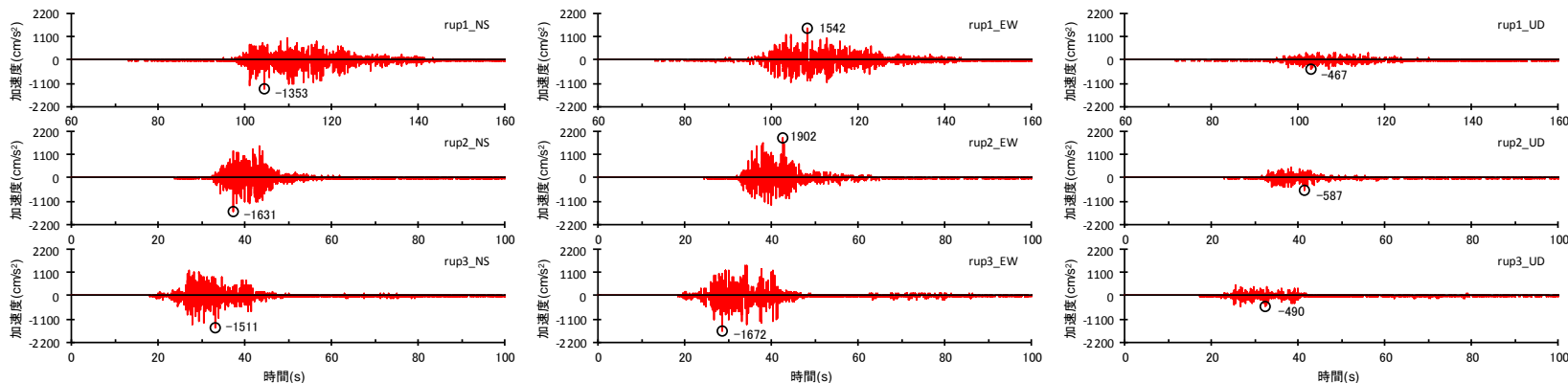
震源断層パラメータ		設定方法	単位	設定値
気象庁マグニチュード		$M_j=(\log(L_{0.1}+L_{0.2})+2.9)/0.6$ (松田(1975))	-	7.6
		$M_j=(\log M_0-10.72)/1.17$ (武村(1990))	-	7.6
モーメントマグニチュード		$M_w=(\log M_0-9.1)/1.5$ (Kanamori(1977))	-	7.0
剛性率		$\mu=\rho\beta^2$ ( $\beta:3.54\text{km/s}$ , $\rho:2.76\text{g/cm}^3$ (地下構造調査結果等に基づく一次元地下構造モデルによる))	N/m <sup>2</sup>	3.46E+10
平均すべり量		$D=M_0/(\mu S)$	m	1.41
平均応力降下量		$\Delta\sigma$ (Fuji and Matsuura(2000))	MPa	3.10
短周期レベル		$A=4\pi r_a \Delta\sigma \beta^2$ (アスペリティ全体) (壇・他(2001)) <sup>※</sup>	Nm/s <sup>2</sup>	1.74E+19
破壊伝播速度		$Vr=0.72\beta$ (Geller(1976))	km/s	2.55
$f_{max}$		中央防災会議(2004)による	Hz	6.0
アスペリティ全体	等価半径	$r_a=(S_a/\pi)^{0.5}$	km	7.84
	面積	$S_a=0.22S$	km <sup>2</sup>	193.21
	平均すべり量	$D_a=2D$	m	2.825
	地震モーメント	$M_{0a}=\mu S_a D_a$	Nm	1.89E+19
アスペリティ1	応力降下量	$\Delta\sigma_a=\Delta\sigma \times (S/S_a)$	MPa	14.09
	面積	$S_{a1}=(2/3) \times S_a$	km <sup>2</sup>	128.80
	地震モーメント	$M_{0a1}=M_{0a} \times S_{a1}^{1.5}/(S_{a1}^{1.5}+S_{a2}^{1.5})$	Nm	1.39E+19
	平均すべり量	$D_{a1}=M_{0a1}/(\mu S_{a1})$	m	3.130
アスペリティ2	応力降下量	$\Delta\sigma_{a1}=\Delta\sigma_a$	MPa	14.09
	面積	$S_{a2}=(1/3) \times S_a$	km <sup>2</sup>	64.40
	地震モーメント	$M_{0a2}=M_{0a} \times S_{a2}^{1.5}/(S_{a1}^{1.5}+S_{a2}^{1.5})$	Nm	4.93E+18
	平均すべり量	$D_{a2}=M_{0a2}/(\mu S_{a2})$	m	2.214
背景領域	応力降下量	$\Delta\sigma_{a2}=\Delta\sigma_a$	MPa	14.09
	面積	$S_b=S-S_a$	km <sup>2</sup>	685.00
	地震モーメント	$M_{0b}=M_0-M_{0a}$	Nm	2.40E+19
	平均すべり量	$D_b=M_{0b}/(\mu S_b)$	m	1.014
実効応力	$\sigma_b=0.2\Delta\sigma_a$	MPa	2.82	

※アスペリティ面積比及び平均応力降下量を固定しているため、壇・他(2001)による関係式 ( $A=4\pi r_a \Delta\sigma \beta^2$ ) によりアスペリティの面積 ( $=\pi r_a^2$ ) 及びアスペリティの応力降下量 ( $\Delta\sigma_a$ ) から算出。

# プレート間地震の強震動生成域の位置と内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層への破壊伝播の不確かさの組合せを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）による検討



（採用している震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）を用いた場合）



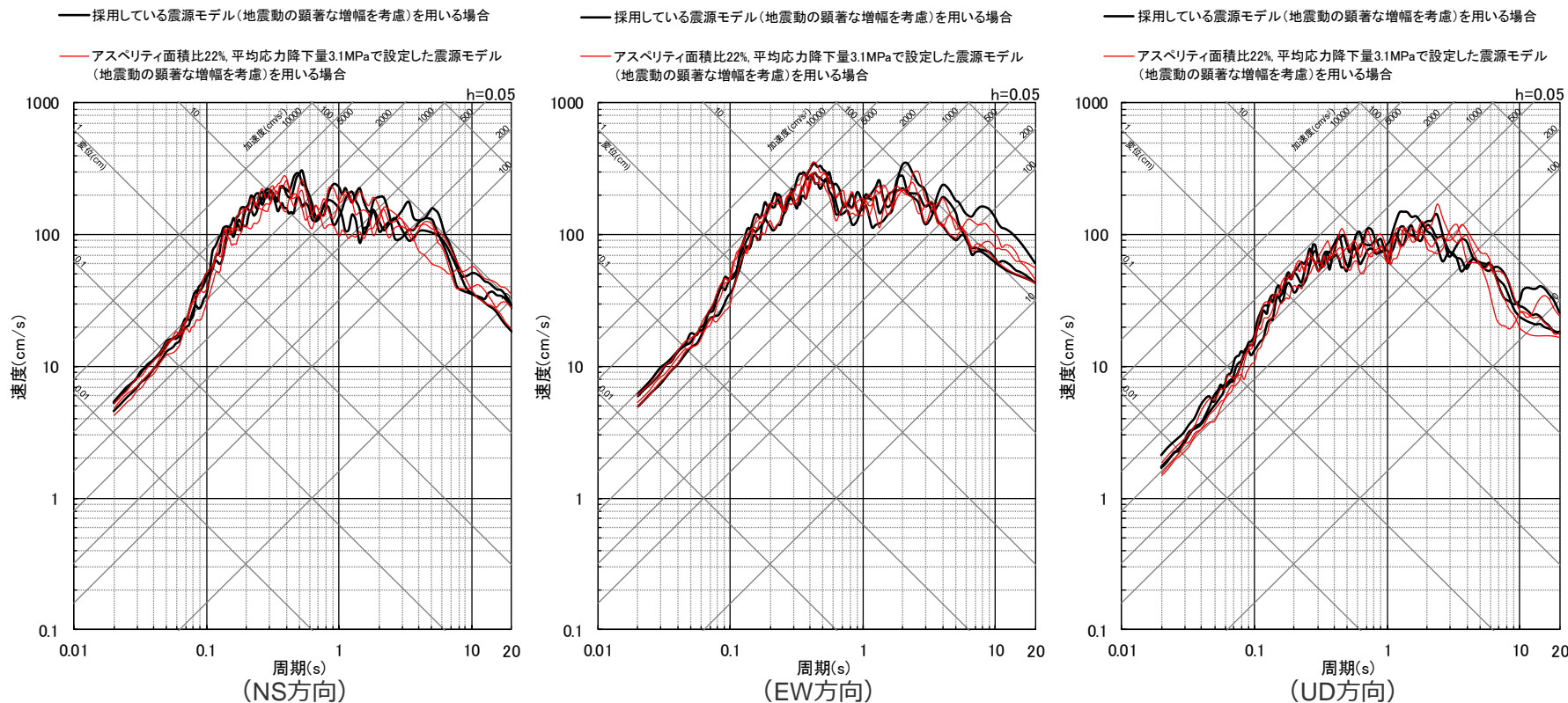
（アスペリティ面積比22%、平均応力降下量3.1MPaで設定した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）を用いた場合）

<断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の比較（加速度時刻歴波形）>



# プレート間地震の強震動生成域の位置と内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層への破壊伝播の不確かさを考慮した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）による検討

○ 採用している震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）を用いた場合とアスペリティ面積比22%、平均応力降下量3.1MPaで設定した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）を用いた場合の統計的グリーン関数法による地震動評価結果の比較から、両者の地震動レベルは同程度となっていることを確認した。



<断層モデルを用いた手法による地震動評価結果の比較（応答スペクトル）>

（採用している震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）を用いた場合、アスペリティ面積比22%、平均応力降下量3.1MPaで設定した震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）を用いた場合、破壊開始点1～3）

○ プレート間地震との連動ケースにおける両モデルは、内陸地殻内地震単独での検討と同様、強震動予測レシピ(2017)に記載された異なる2つの方法に基づき設定した震源モデルであり、上記のとおり両者の地震動レベルは同程度である。以上より、内陸地殻内地震単独としての地震動評価及びプレート間地震との連動ケースとしての地震動評価の両方から、採用している震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）の妥当性を確認した。

# 敷地における地震動の増幅特性

## 地震動の顕著な増幅の地震動評価への反映 参考文献（1）

### [和文]

- 入倉孝次郎, 三宅弘恵, 岩田知孝, 釜江克宏, 川辺秀憲(2002)「強震動予測のための修正レシピとその検証」『第11回日本地震工学シンポジウム論文集』, pp.567-572。
- 気象庁HP (<http://www.jma.go.jp/jma/index.html>)。
- 佐藤智美(2010)「逆断層と横ずれ断層の違いを考慮した日本の地殻内地震の短周期レベルのスケーリング則」『日本建築学会構造系論文集』第75巻, 第651号, pp.923-932。
- 佐藤智美(2012)「経験的グリーン関数法に基づく2011年東北地方太平洋沖地震の震源モデル-プレート境界地震の短周期レベルに着目して-」『日本建築学会構造系論文集』第77巻, 第675号, pp.695-704。
- 強震動予測レシピ(2017)『震源断層を特定した地震の強震動予測手法（「レシピ」）』平成29年（2017年）4月。
- 壇一男, 渡辺基史, 佐藤俊明, 石井透(2001)「断層の非一様すべり破壊モデルから算定される短周期レベルと半経験的波形合成法による強震動予測のための震源断層のモデル化」『日本建築学会構造系論文集』第66巻, 第545号, pp.51-62, 2001年7月。
- 電力土木技術協会HP ([http://www.jepoc.or.jp/tecinfo/library.php?\\_w=Library&\\_x=detail&library\\_id=20](http://www.jepoc.or.jp/tecinfo/library.php?_w=Library&_x=detail&library_id=20))。
- 東京電力ホールディングス株式会社(2016)『（原子力発電所）資料4-3-1 柏崎刈羽原子力発電所 6号炉及び7号炉 基準地震動の策定について』平成28年9月30日 (<https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/11297219/www.nsr.go.jp/data/000165352.pdf>)。

### [英文]

- Noda, S., K. Yashiro, K. Takahashi, M. Takemura, S. Ohno, M. Tohdo, and T. Watanabe(2002), "RESPONSE SPECTRA FOR DESIGN PURPOSE OF STIFF STRUCTURES ON ROCK SITES", The OECD-NEA Workshop on the Relations between Seismological Data and Seismic Engineering Analyses, Oct.16-18, Istanbul.

# 内陸地殻内地震の地震動評価 参考文献 (1)

## [和文]

- ・ 芦寿一郎, 岡村行信, 倉本真一, 徳山英一(1999)『南海トラフとその陸側斜面の地質構造 – 付加プリズム・前弧海盆の構造発達 –』地質調査所, 地質ニュース, 第541号, pp.17-24。
- ・ 荒井晃作, 岡村行信, 池原研, 芦寿一郎, 徐垣, 木下正高(2006)「浜松沖前弧斜面上部に発達する活断層とテクトニクス」『地質学雑誌』第112巻, 第12号, pp.749-759。
- ・ 伊藤潔, 中村修一(1998)「西南日本内帯における地震発生層の厚さの変化と内陸大地震」『京都大学防災研究所年報』第41号, B-1, 平成10年4月, pp.27-35。
- ・ 伊藤潔, 廣瀬一聖, 澁谷拓郎, 片尾浩, 梅田康弘, 佐藤比呂志, 平田直, 伊藤谷生, 阿部進, 川中卓, 井川猛(2007)「近畿地方における地殻および上部マントルの構造と地震活動」『京都大学防災研究所年報』第50号B, 平成19年4月, pp.275-288。
- ・ 伊藤潔(2008)「近畿地方の地震発生層と活断層および地下構造」『日本応用地質学会関西支部平成20年度特別講演会』。
- ・ 入江紀嘉, 壇一男, 生玉真也, 入倉孝次郎(2010)「地中震源断層と地表地震断層の断層パラメータ間の経験的関係を拘束条件とした動力学的断層破壊モデルの構築」『日本建築学会構造系論文集』第75巻, 第657号, pp.1965-1974。
- ・ 入倉孝次郎, 香川敬生, 関口春子(1997)「経験的グリーン関数を用いた強震動予測方法の改良」『日本地震学会講演予稿集 1997年度秋季大会』No.2, B25。
- ・ 入倉孝次郎, 三宅弘恵(2001)「シナリオ地震の強震動予測」『地学雑誌』Vol.110, No.6, pp.849-875。
- ・ 岩崎貴哉, 佐藤比呂志(2009)「陸域制御震源地震探査から明らかになりつつある島弧地殻・上部マントル構造」『地震 第2輯』第61巻特集号, pp.S165-S176。
- ・ 上野寛, 畠山信一, 明田川保, 舟崎淳, 浜田信生(2002)「気象庁の震源決定方法の改善 – 浅部速度構造と重み関数の改良 –」『験震時報』第65巻, pp.123-134。
- ・ 宇佐美龍夫, 石井寿, 今村隆正, 武村雅之, 松浦律子(2013)『日本被害地震総覧599 – 2012』東京大学出版会。
- ・ 内山泰生, 翠川三郎(2006)「震源深さの影響を考慮した工学的基盤における応答スペクトルの距離減衰式」『日本建築学会構造系論文集』第71巻, 第606号, pp.81-88。
- ・ 宇津徳治, 嶋悦三, 吉井敏尅, 山科健一郎編(2001)『地震の事典[第2版]』朝倉書店。
- ・ 小田切聡子, 島崎邦彦(2001)「歴史地震と起震断層との対応」『地震 第2輯』第54巻, pp.47-61。
- ・ 小原一成(2017)「新学術領域研究「スロー地震学」 – 地震現象の統一的理解をめざして –」『日本地球惑星科学連合ニュースレター』Vol.13, No.4, p.5-7。
- ・ 海上保安庁『海洋台帳』 (<http://www.kaiyoudaichou.go.jp/>)。
- ・ 貝塚爽平(1984)『南部フォッサマグナに関連する地形とその成立過程』第四紀研究, 23(2), pp.55-70。
- ・ 香川敬生(2004)「ハイブリッド合成法に用いる統計的グリーン関数法の長周期帯域への拡張」『日本地震工学会論文集』第4巻, 第2号, pp.21-32。
- ・ 垣見俊弘, 松田時彦, 相田勇, 衣笠善博(2003)「日本列島と周辺海域の地震地体構造区分」『地震 第2輯』第55巻, 第4号, pp.389-406。
- ・ 片岡正次郎, 佐藤智美, 松本俊輔, 日下部毅明(2006)「短周期レベルをパラメータとした地震動強さの距離減衰式」『土木学会論文集A』Vol.62, No.4, pp.740-757。
- ・ 勝又護, 徳永規一(1971)「震度IVの範囲と地震の規模および震度と加速度の対応」『験震時報』第36巻, 第3,4号, pp.89-96。
- ・ 活断層研究会(1991)『[新編] 日本の活断層 分布図と資料』東京大学出版会。
- ・ 加藤研一, 宮腰勝義, 武村雅之, 井上大榮, 上田圭一, 壇一男(2004)「震源を事前に特定できない内陸地殻内地震による地震動レベル – 地質学的調査による地震の分類と強震観測記録に基づく上限レベルの検討 –」『日本地震工学会論文集』第4巻, 第4号, pp.46-86。
- ・ 気象研究所(2005)「地震発生過程の詳細なモデリングによる東海地震発生の推定精度向上に関する研究」『気象研究所技術報告』第46号。
- ・ 気象庁『地震・火山月報 (カタログ編)』。
- ・ 気象庁, 消防庁(2009)『震度に関する検討会報告書』平成21年3月。

## 内陸地殻内地震の地震動評価 参考文献（2）

- ・気象庁(2015)『地震・火山月報（防災編）』平成27年9月。
- ・木村学, 木下正高(2009)『付加体と巨大地震発生帯－南海地震の解明に向けて』東京大学出版会。
- ・木村学, 大木勇人(2013)『図解プレートテクトニクス入門 なぜ動くのか？原理から学ぶ地球のからくり』講談社。
- ・強震動予測レシピ(2017)『震源断層を特定した地震の強震動予測手法（「レシピ」）』平成29年（2017年）4月。
- ・倉橋奨, 入倉孝次郎(2017)「2011年東北地方太平洋沖地震における強震動生成域からの長周期地震動」『日本地震工学会論文集』第17巻, 第2号, p.2-1-2-22。
- ・原子力安全基盤機構(2004)『平成15年度 地震記録データベースSANDELのデータ整備と地震発生上下限深さの評価に関する報告書』平成16年8月。
- ・原子力安全基盤機構(2007)『平成18年度 原子力施設等の耐震性評価技術に関する試験及び調査 地震動に関する支配要因調査に係る報告書』平成19年7月。
- ・小出良幸(2012)『島弧－海溝系における付加体の地質学的位置づけと構成について』札幌学院大学人文学会紀要第92号, pp.1-23。
- ・桜井操, 佐藤任弘(1983)『東海沖のOuter Ridgeの地質構造』水路部研究報告, 第18号, 昭和58年3月, pp.25-35。
- ・佐藤浩章, 芝良昭, 東貞成, 功刀卓, 前田宜浩, 藤原広行(2013)「物理探査・室内試験に基づく2004年留萌支庁南部の地震によるK-NET港町観測点（HKD020）の基盤地震動とサイト特性評価」『電力中央研究所報告』研究報告: N13007, 平成25年12月。
- ・佐藤良輔(1989)『日本の地震断層パラメータ・ハンドブック』鹿島出版会。
- ・産業技術総合研究所『活断層データベース』（[https://gbank.gsj.jp/activefault/index\\_gmap.html](https://gbank.gsj.jp/activefault/index_gmap.html)）。
- ・産業技術総合研究所『日本列島の地質と構造』（<https://www.gsj.jp/geology/geology-japan/geology-japan/index.html>）。
- ・地震調査委員会(1999)『日本の地震活動－被害地震から見た地域別の特徴－ 追補版』平成11年4月1日。
- ・地震調査委員会(2005a)『北伊豆断層帯の長期評価について』平成17年2月9日。
- ・地震調査委員会(2005b)『濃尾断層帯の長期評価について』平成17年1月12日。
- ・地震調査委員会(2007)『伊那谷断層帯の長期評価の一部改訂について』平成19年10月15日。
- ・地震調査委員会(2009)『全国地震動予測地図』平成21年7月21日。
- ・地震調査委員会(2010)『富士川河口断層帯の長期評価の一部改訂について』平成22年10月20日。
- ・地震調査委員会(2013)『南海トラフの地震活動の長期評価（第二版）』平成25年10月1日。
- ・地震調査委員会(2014)『高感度地震観測データの処理方法の改善に関する報告書』平成26年2月12日。
- ・地震調査委員会(2015a)『糸魚川－静岡構造線断層帯の長期評価（第二版）』平成27年4月24日。
- ・地震調査委員会(2015b)『稲取断層帯の長期評価』平成27年4月24日。
- ・地震調査委員会(2015c)『石廊崎断層の長期評価』平成27年4月24日。
- ・地震調査委員会(2015d)『身延断層の長期評価』平成27年4月24日。
- ・地震調査委員会(2016)『全国地震動予測地図 2016年版』平成28年6月10日。
- ・地震調査委員会(2017)『全国地震動予測地図 2017年版』平成29年4月27日。
- ・芝良昭, 佐藤浩章, 栗山雅之(2010)「岩盤上観測記録に基づく2009年駿河湾の地震の強震動特性と震源過程」『電力中央研究所報告』研究報告: N09008, 平成22年4月。
- ・島崎邦彦(1980)「完新世海成段丘の隆起とプレート内およびプレート間地震」『月刊地球』Vol.2, No.1, pp.17-24。

# 内陸地殻内地震の地震動評価 参考文献 (3)

- ・ 杉山雄一, 寒川旭, 下川浩一, 水野清秀(1988)『御前崎地域の地質』地域地質研究報告, 5万分の1地質図幅, 東京(8)第108号, 地質調査所。
- ・ 杉山雄一(1989)『島弧における帯状構造の屈曲とプレートの斜め沈み込み 第1部 - 西南日本外帯沖の屈曲構造とプレート境界地震 -』地質調査所月報, 第40巻, 第10号, pp.533-541。
- ・ 杉山雄一(1990)「駿河湾～遠州灘地域のサイスモテクトニクス」『地震 第2輯』第43巻, pp.439-442。
- ・ 鈴木康弘(2010)「東海～四国沖の陸棚外縁活撓曲の再発見」『科学』Vol.80, No.8, pp.779-781。
- ・ 武村雅之(1990)「日本列島およびその周辺地域に起こる浅発地震のマグニチュードと地震モーメントの関係」『地震 第2輯』第43巻, pp.257-265。
- ・ 谷岡勇市郎, 岩崎伸一(2006)「津波波形インバージョンによる2004年スマトラ地震の震源過程解析」『月刊地球』号外, No.56, pp.19-24。
- ・ 壇一男, 渡辺基史, 佐藤俊明, 石井透(2001)「断層の非一様すべり破壊モデルから算定される短周期レベルと半経験的波形合成法による強震動予測のための震源断層のモデル化」『日本建築学会構造系論文集』第66巻, 第545号, pp.51-62, 2001年7月。
- ・ 壇一男, 具典淑, 入江紀嘉, アルズペイマサマン, 石井やよい(2011)「長大横ずれ断層による内陸地震の平均動的応力降下量の推定と強震動予測のためのアスペリティモデルの設定方法への応用」『日本建築学会構造系論文集』第76巻, 第670号, pp.2041-2050。
- ・ 中央防災会議(2001a)「東海地震に関する専門調査会 (第8回) 説明資料」平成13年9月21日。
- ・ 中央防災会議(2001b)『東海地震に関する専門調査会 (第11回) とりまとめ資料 (本文)』平成13年12月11日。『東海地震に関する専門調査会 (第11回) とりまとめ資料 (図表編)』平成13年12月11日。『東海地震に関する専門調査会報告』東海地震に関する専門調査会, 平成13年12月11日。
- ・ 中央防災会議(2001c)『東海地震に関する専門調査会報告』東海地震に関する専門調査会, 平成13年12月11日。
- ・ 中央防災会議(2003b)『東南海, 南海地震等に関する専門調査会 (第16回) 東南海, 南海地震に関する報告 (案)』平成15年12月16日。『東南海, 南海地震等に関する専門調査会 (第16回) 東南海, 南海地震に関する報告 (案) 図表集』平成15年12月16日。『東南海, 南海地震等に関する専門調査会 (第16回) 東南海, 南海地震の強震動と津波の高さ (案)』平成15年12月16日。『東南海, 南海地震等に関する専門調査会 (第16回) 東南海, 南海地震の強震動と津波の高さ (案) 図表集』平成15年12月16日。
- ・ 中央防災会議(2004)『首都直下地震対策専門調査会 (第12回) 地震ワーキンググループ報告書』平成16年11月17日。『首都直下地震対策専門調査会 (第12回) 地震ワーキンググループ報告書 (図表集)』平成16年11月17日。
- ・ 郡司嘉宣, 上田和枝(2001)「貞享3年8月6日(1686年10月3日)の遠江三河地震による遠州横須賀城の被害 (総特集 古地震の研究)」『月刊地球』Vol.23, No.2, pp.127-137。
- ・ 東海沖海底活断層研究会(1999)『東海沖の海底活断層』東京大学出版会。
- ・ 東海・東南海・南海地震の連動性評価プロジェクト(2009)「サブプロジェクト 1 の研究成果の活用および地域研究会の開催」『連動性を考慮した地震動・津波予測及び地震・津波被害予測研究 平成20年度報告書』。
- ・ 東京大学地震研究所(2007)『東南海・南海地震等海溝型地震に関する調査研究 平成18年度成果報告書』 (<http://www.eri.u-Tokyo.ac.jp/nankai/H18seikaHP/H18seikaHP.htm>) 。
- ・ 東京大学地震研究所(2008)『東南海・南海地震等海溝型地震に関する調査研究 平成19年度成果報告書』 (<http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/nankai/H19seikamokuji.html>) 。
- ・ 東京電力株式会社(2009a)「資料第 1 - 1 号 耐専スペクトルの概要(1999年時点の内容)」『原子力安全委員会 「応答スペクトルに基づく地震動評価」に関する専門家との意見交換会』平成21年5月22日。

# 内陸地殻内地震の地震動評価 参考文献（４）

- 東京電力株式会社(2009b)「資料第1-2号 耐専スペクトルの適用性検討(内陸地殻内地震を対象とした追加検討内容)」『原子力安全委員会「応答スペクトルに基づく地震動評価」に関する専門家との意見交換会』平成21年5月22日。
- 徳山英一, 平朝彦, 倉本真一, 山本富士夫(1998)「東海沖海底の変動地形(小特集 島弧・日本列島の新しい理解)」『科学』Vol.68, No.1, pp.56-57。
- 徳山英一, 本座栄一, 木村政昭, 倉本真一, 芦寿一郎, 岡村行信, 荒戸裕之, 伊藤康人, 徐垣, 日野亮太, 野原壯, 阿部寛信, 坂井眞一, 向山建二郎(2001)「日本周辺海域の中新世最末期以降の構造発達史付図 日本周辺海域の第四紀地質構造図」『海洋調査技術』第13巻, 第1号, 海洋調査技術学会。
- 内閣府(2012)『南海トラフの巨大地震モデル検討会中間とりまとめ』南海トラフの巨大地震モデル検討会, 平成23年12月27日。『南海トラフの巨大地震による震度分布・津波高について(第一次報告)』南海トラフの巨大地震モデル検討会, 平成24年3月31日。『南海トラフの巨大地震モデル検討会(第二次報告) 強震断層モデル編 - 強震断層モデルと震度分布について -』南海トラフの巨大地震モデル検討会, 平成24年8月29日。
- 内閣府(2013)『首都直下のM7クラスの地震および相模トラフ沿いのM8クラスの地震等の震源断層モデルと震度分布・津波高等に関する報告書』首都直下地震モデル検討会, 平成25年12月。『首都直下のM7クラスの地震および相模トラフ沿いのM8クラスの地震等の震源断層モデルと震度分布・津波高等に関する報告書(図表集)』首都直下地震モデル検討会, 平成25年12月。
- 仲西理子, 小平秀一, 朴進午, 金田義行(2003)「南海トラフの海溝型巨大地震破壊域とバックストップ分布との関係」『月刊地球』号外, No.41, pp.126-134。
- 中村亮一, 島崎邦彦(2008)「講演要旨」歴史地震の地震タイプの分類について」『歴史地震』第23号, p.146。
- 中村洋光, 宮武隆(2000)「断層近傍強震動シミュレーションのための滑り速度時間関数の近似式」『地震 第2輯』第53巻, pp.1-9。
- 新色隆二, 山中浩明(2013)「表層地盤の3次元的影響を考慮した2003年宮城県北部地震の震源域における地震動のシミュレーション」『物理探査』, 第66巻, 第3号, pp.139-152。
- 日本地質学会(2006)『日本地方地質誌(4) 中部地方』。
- 東日本大震災合同調査報告書編集委員会(2014)『東日本大震災合同調査報告 共通編1 地震・地震動』公益社団法人 日本地震工学会。
- 廣瀬一聖, 伊藤潔(2006)「広角反射法および屈折法解析による近畿地方の地殻構造の推定」『京都大学防災研究所年報』第49号B, pp.307-321。
- 弘瀬冬樹, 中島淳一, 長谷川昭(2007)「Double-Difference Tomography法における西南日本の3次元地震波速度構造およびフィリピン海プレートの形状の推定」『地震 第2輯』第60巻, pp.1-20。
- 防災科学技術研究所(2010)「沈み込むプレート境界の浅部から深部にいたる3つの異なる「スロー地震」の連動現象の発見」『平成22年12月10日 プレス発表資料』。
- 防災科学技術研究所(2016)「1-2 日本周辺における浅部超低周波地震活動(2015年5月~10月)」『地震予知連絡会会報』第95巻。
- 松田時彦(1975)「活断層から発生する地震の規模と周期について」『地震 第2輯』第28巻, 第3号, pp.269-283。
- 宮腰研, P. Anatoly, 長郁夫(2005)「すべりの時空間的不均質性のモデル化」『地震災害軽減のための強震動予測マスターモデルに関する研究第3回シンポジウム論文集』 pp.11-16, 平成17年3月。
- 村松郁栄(1969)「震度分布と地震のマグニチュードとの関係」『岐阜大学教育学部研究報告』自然科学, 第4巻, 第3号, pp.168-176。
- 茂木昭夫(1977)『日本近海海底地形誌 - 海底俯瞰図集』東京大学出版会。
- 文部科学省(2014)『地球深部探査船「ちきゅう」による南海トラフ地震発生帯掘削計画の進め方に関する提言について』科学技術・学術審議会海洋開発分科会。

# 内陸地殻内地震の地震動評価 参考文献 (5)

[英文]

- Abrahamson, N., and W. Silva(2008), "Summary of the Abrahamson and Silva NGA Ground-Motion Relations", Earthquake Spectra, Vol.24, No.1, pp.67-97.
- Abrahamson, N. A., W. J. Silva, and R. Kamai(2014), "Summary of the ASK14 ground motion relation for active crustal regions", Earthquake Spectra, Vol.30, No.3, pp.1025-1055.
- Aki, K., and P. G. Richards(1980), "Quantitative seismology, Theory and Methods", Volume II, W. H. Freeman and Company, San Francisco, pp.803-805.
- Asano, K., T. Iwata, and K. Irikura(2005), "Estimation of Source Process and Strong Ground Motion Simulation of the 2002 Denali, Alaska, Earthquake", Bulletin of the Seismological Society of America, Vol.95, No.5, pp.1701-1715, October 2005.
- Ammon, C. J., C. Ji, H.-K. Thio, D. Robinson, S. Ni, V. Hjorleifsdottir, H. Kanamori, T. Lay, S. Das, D. Helmberger, G. Ichinose, J. Polet, and D. Wald(2005), "Rupture Process of the 2004 Sumatra-Andaman Earthquake", SCIENCE, Vol.308, pp.1133-1139.
- Baba, T., P. R. Cummins, T. Hori, and Y. Kaneda(2006), "High precision slip distribution of the 1944 Tonankai earthquake inferred from tsunami waveforms:Possible slip on a splay fault", Tectonophysics, 426, pp.119-134.
- Barrientos, S. E., and S. N. Ward(1990), "The 1960 Chile earthquake: inversion for slip distribution from surface deformation", Geophys. J. Int. 103, pp.589-598.
- BOORE, D. M.(1983), "STOCHASTIC SIMULATION OF HIGH – FREQUENCY GROUND MOTIONS BASED ON SEISMOLOGICAL MODELS OF THE RADIATED SPECTRA", Bulletin of the Seismological Society of America, Vol.73, No.6, pp.1865-1894.
- BOORE, D. M. and J. BOATWRIGHT(1984), "AVERAGE BODY-WAVE RADIATION COEFFICIENTS", Bulletin of the Seismological Society of America, Vol.74, No.5, pp. 1615-1621.
- Boore, D. M., and G. M. Atkinson(2008), "Ground-motion prediction equations for the average horizontal component of PGA, PGV, and 5%-damped PSA at spectral periods between 0.01 s and 10.0 s", Earthquake Spectra, Vol.24, No.1, pp.99-138.
- Boore, D. M., J. P. Stewart, E. Seyhan, and G. M. Atkinson(2013), "NGA-West2 Equations for Predicting Response Spectral Accelerations for Shallow Crustal Earthquakes", PEER Report 2013/05, Pacific Earthquake Engineering Research Center Headquarters, University of California, Berkeley.
- Boore, D. M., J. P. Stewart, E. Seyhan, and G. M. Atkinson(2014), "NGA-West2 equations for predicting PGA, PGV, and 5% damped PSA for shallow crustal earthquakes", Earthquake Spectra, Vol.30, No.3, pp.1057-1085.
- Bouchon, M., M-P Bouin, H. Karabulut, M. N. Toksöz, M. Dietrich, A. J. Rosakis(2001), "How Fast is Rupture during an Earthquake ? New Insights from the 1999 Turkey Earthquakes", Geophysical Research Letters, Vol.28, No.14, pp.2723-2726.
- Bouchon, M., M. N. Toksöz, H. Karabulut, M.-P. Bouin, M. Dietrich, M. Aktar, and M. Edie(2002), "Space and Time Evolution of Rupture and Faulting during the 1999 Izmit (Turkey) Earthquake", Bulletin of the Seismological Society of America, 92, 1, pp.256-266, February 2002.
- Bouchon, M. and M. Vallee(2003), "Observation of Long Supershear Rupture During the Magnitude 8.1 Kunlunshan Earthquake", SCIENCE, VOL301, pp.824-826, 8 AUGUST 2003. "
- Brune, J. N.(1970), "Tectonic stress and the spectra of seismic shear waves from earthquakes", Journal of Geophysical Research, Vol.75, No.26, pp.4997-5009.

# 内陸地殻内地震の地震動評価 参考文献 (6)

- Campbell, K. W., and Y. Bozorgnia(2008), “NGA ground motion model for the geometric mean horizontal component of PGA, PGV, and 5% damped linear elastic response spectra for periods ranging from 0.01 to 10 s”, *Earthquake Spectra* Vol.24, No.1, pp.139-171.
- Campbell, K. W., and Y. Bozorgnia(2014), “NGA-West2 ground motion model for the average horizontal components of PGA, PGV, and 5% damped linear acceleration response spectra”, *Earthquake Spectra*, Vol.30, No.3, pp.1087-1115.
- Chiou, B. S.-J., and R. R. Youngs(2008), “An NGA model for the average horizontal component of peak ground motion and response spectra”, *Earthquake Spectra*, Vol.24, No.1, pp.173-215.
- Chiou, B. S.-J., and R. R. Youngs(2014), “Update of the Chiou and Youngs NGA model for the average horizontal component of peak ground motion and response spectra”, *Earthquake Spectra*, Vol.30, No.3, pp.1117-1153.
- Clift, P., and P. Vannucchi(2004), “Controls on tectonic accretion versus erosion in subduction zones: Implications for the origin and recycling of the continental crust”, *Rev. Geophys.*, 42, RG2001.
- Contreras-Reyes, E., E. R. Flueh, and I. Grevemeyer(2010), “Tectonic control on sediment accretion and subduction off south central Chile: Implications for coseismic rupture processes of the 1960 and 2010 megathrust earthquakes”, *TECTONICS*, Vol.29, TC6018.
- Ellsworth, W. L., M. Celebi, J. R. Evans, E. G. Jensen, R. Kayen, M. C. Metz, D. J. Nyman, J. W. Roddick, P. Spudich, and C. D. Stephens(2004), “Near-Field Ground Motion of the 2002 Denali Fault, Alaska, Earthquake Recorded at Pump Station 10”, *Earthquake Spectra*, Vol.20, No.3, pp.597-615.
- FUJII, Y., and M. MATSU'URA(2000), “Regional Difference in Scaling Laws for Large Earthquakes and its Tectonic Implication”, *Pure Appl. Geophys.*, Vol.157, pp.2283-2302.
- Fujii, Y., and K. Satake(2007), “Tsunami Source of the 2004 Sumatra–Andaman Earthquake Inferred from Tide Gauge and Satellite Data”, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol.97, No.1A, pp.S192-S207.
- Fujii, Y., and K. Satake(2013), “Slip Distribution and Seismic Moment of the 2010 and 1960 Chilean Earthquakes Inferred from Tsunami Waveforms and Coastal Geodetic Data”, *Pure Appl. Geophys.*, 170, pp.1493-1509.
- GARDNER, G. H. F., L. W. GARDNER, and A. R. GREGORY(1974), “FORMATION VELOCITY AND DENSITY – THE DIAGNOSTIC BASICS FOR STRATIGRAPHIC TRAPS”, *GEOPHYSICS*, Vol.39, No.6, pp.770-780.
- GELLER, R. J. (1976), “SCALING RELATIONS FOR EARTHQUAKE SOURCE PARAMETERS AND MAGNITUDES”, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol.66, No.5, pp.1501-1523.
- Gregor, N., N. A. Abrahamson, G. M. Atkinson, D. M. Boore, Y.Bozorgnia, K. W. Campbell, B. S.-J. Chiou, I. M. Idriss, R. Kamai, E. Seyhan, W. Silva, J. P. Stewart, and R. Youngs(2014), “Comparison of NGA-West2 GMPEs”, *Earthquake Spectra*, Vol.30, No.3, pp.1179-1197.
- Hamada, Y., A. Sakaguchi, W. Tanikawa, A. Yamaguchi, J. Kamed, and G. Kimura(2015), “Estimation of slip rate and fault displacement during shallow earthquake rupture in the Nankai subduction zone”, *Earth, Planets and Space*, 67:39.
- Hayes, G. P., E. Bergman, K. L. Johnson, H. M. Benz, L. Brown, and A. S. Meltzer(2013), “Seismotectonic framework of the 2010 February 27 *M*<sub>w</sub> 8.8 Maule, Chile earthquake sequence”, *Geophysical Journal International*, Vol.195, Issue2, pp.1034-1051.
- Haeussler, P. J., P. A. Armstrong, L. M. Liberty, K. M. Ferguson, S. P. Finn, J. C. Arkle, and T. L. Pratt(2015), “Focused exhumation along megathrust splay faults in Prince William Sound, Alaska”, *Quaternary Science Reviews*, 113, 2015, pp.8-22.
- Heuret, A., S. Lallemand, F. Funicello, C. Piromallo, and C. Faccenna(2011), “Physical characteristics of subduction interface type seismogenic zones revisited”, *Geochem. Geophys. Geosyst.*, 12, Q01004.



# 内陸地殻内地震の地震動評価 参考文献 (7)

- Hirose, F., J. Nakajima, and A. Hasegawa(2008), "Three-dimensional seismic velocity structure and configuration of the Philippine Sea slab in southwestern Japan estimated by double-difference tomography", JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL.113, B09315.
- Hisada, Y.(1994), "An Efficient Method for Computing Green's Functions for a Layered Half-Space with Sources and Receivers at Close Depths", Bulletin of the Seismological Society of America, Vol.84, No.5, pp.1456-1472.
- Hoechner, A., A. Y. Babeyko, and S. V. Sobolev(2008), "Enhanced GPS inversion technique applied to the 2004 Sumatra earthquake and tsunami", GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, Vol.35, L08310.
- Holdahl, S. R., and J. Sauber(1994), "Coseismic Slip in the 1964 Prince William Sound Earthquake:A New Geodetic Inversion", Pure and Applied Geophysics, Vol. 142, No.1, pp.55-82.
- Ichinose, G., P. Somerville, H. K. Thio, R. Graves, and D. O'Connell(2007), "Rupture process of the 1964 Prince William Sound, Alaska, earthquake from the combined inversion of seismic, tsunami, and geodetic data", JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL.112, B07306.
- Ide, S., K. Shiomi, K. Mochizuki, T. Tonegawa, and G. Kimura(2010), "Split Philippine Sea plate beneath Japan", GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, VOL.37, L21304.
- Idriss, I. M.(2008), "An NGA empirical model for estimating the horizontal spectral values generated by shallow crustal earthquakes", Earthquake Spectra, Vol.24, No.1, pp.217-242.
- Idriss, I. M.(2014), "An NGA-West2 empirical model for estimating the horizontal spectral values generated by shallow crustal earthquakes", Earthquake Spectra, Vol.30, No.3, pp.1155-1177.
- Irie, K., K. Dan, S. Ikutama, and K. Irikura(2010), "Improvement of Kinematic Fault Models for Predicting Strong Motions by Dynamic Rupturing Simulation-Evaluation of Proportionality Constant between Stress Drop and Seismic Moment in Strike-slip Inland Earthquakes", First Kashiwazaki International Symposium on Seismic Safety of Nuclear Installations, Session A AV-16.
- Irikura, K., K. Miyakoshi, K. Kamae, K. Yoshida, K. Somei, S. Kurahashi, and H. Miyake(2017), "Applicability of source scaling relations for crustal earthquakes to estimation of the ground motions of the 2016 Kumamoto earthquake", Earth, Planets and Space, 69:10.
- Ito, K.(1999), "Seismogenic layer, reflective lower crust, surface heat flow and large inland earthquakes", Tectonophysics, 306, pp.423-433.
- Ito, T., Y. Kojima, S. Koraira, H. Sato, Y. Kaneda, T. Iwasaki, E. Kurashimo, N. Tsumura, A. Fujiwara, T. Miyauchi, N. Hirata, S. Harder, K. Miller, A. Murata, S. Yamakita, M. Onishi, S. Abe, T. Sato, and T. Ikawa(2008), "Crustal structure of southwest Japan, revealed by the integrated experiment Southwest Japan 2002", Tectonophysics(in press as of 2008).
- Ito, Y., and K. Obara(2006a), "Dynamic deformation of the accretionary prism excites very low frequency earthquakes", GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, VOL.33, L02311.
- Ito, Y., and K. Obara(2006b), "Very low frequency earthquakes within accretionary prisms are very low stress-drop earthquakes", GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, VOL.33, L09302.
- Johnson, J. M., K. Satake, S. R. Holdahl, and J. Sauber(1996), "The 1964 Prince William Sound earthquake: Joint inversion of tsunami and geodetic data", JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, Vol.101, No. B1, pp.523-532.
- Kamae, K., and K. Irikura(1992), "Prediction of site-specific strong ground motion using semi-empirical methods", Earthquake Engineering, Tenth World Conference, pp.801-806.
- Kanamori, H.(1977), "The Energy Release in Great Earthquakes", JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL.82, No.20, pp.2981-2987.

## 内陸地殻内地震の地震動評価 参考文献 (8)

- Kanno, T., A. Narita, N. Morikawa, H. Fujiwara, and Y. Fukushima(2006), “A New Attenuation Relation for Strong Ground Motion in Japan Based on Recorded Data”, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol.96, No.3, pp.879-897.
- Katsumata, A.(2010), “Depth of the Moho discontinuity beneath the Japanese islands estimated by travelttime analysis”, JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL. 115, B04303.
- Kikuchi, M., M. Nakamura, and K. Yoshikawa(2003), ”Source rupture processes of the 1944 Tonankai earthquake and the 1945 Mikawa earthquake derived from low-gain seismograms”, Earth Planets Space, 55, pp.159-172.
- Kiser, E., and M. Ishii(2011), “The 2010 Mw 8.8 Chile earthquake: Triggering on multiple segments and frequency - dependent rupture behavior”, GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, VOL.38, L07301.
- Kodaira, S., E. Kurashimo, J.-O. Park, N. Takahashi, A. Nakanishi, S. Miura, T. Iwasaki, N. Hirata, K. Ito, and Y. Kaneda(2002), “Structural factors controlling the rupture process of a megathrust earthquake at the Nankai trough seismogenic zone”, Geophys. J. Int., 149, pp.815-835.
- Kodaira, S., T. Iidaka, A. Kato, J.-O. Park, T. Iwasaki, and Y. Kaneda(2004), “High Pore Fluid Pressure May Cause Silent Slip in the Nankai Trough”, SCIENCE, Vol.304, pp.1295-1298.
- Koper, K. D., A. R. Hutko, T. Lay, and O. Sufri(2012), “Imaging short-period seismic radiation from the 27 February 2010 Chile (Mw8.8) earthquake by back-projection of P, PP, and PKIKP waves”, JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL.117, B02308.
- Kurahashi, S., and K. Irikura(2013), “Short-Period Source Model of the 2011 Mw 9.0 Off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake”, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol.103, pp.1373-1393.
- Kurashimo, E., N. Hirata, and T. Iwasaki(2003), “Physical properties of the top of the subducting Philippine sea plate beneath the SW Japan arc by AVO analysis”, Abstr:10<sup>th</sup> Int. Symp., Deep Seismic Profiling of the Continents and Their Margins, p.83.
- Lay, T., C. J. Ammon, H. Kanamori, K. D. Koper, O. Sufri, and A. R. Hutko(2010), “Teleseismic inversion for rupture process of the 27 February 2010 Chile (Mw 8.8) earthquake”, GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, VOL.37, L13301.
- Lay, T., H. Kanamori, C. J. Ammon, K. D. Koper, A. R. Hutko, L. Ye, H. Yue, and T. M. Rushing(2012), “Depth-varying rupture properties of subduction zone megathrust faults”, JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL.117, B04311.
- Lin, J.-Y., X. L. Pichon, C. Rangin, J.-C. Sibuet, and T. Maury(2009), “Spatial aftershock distribution of the 26 December 2004 great Sumatra-Andaman earthquake in the northern Sumatra area”, Geochemistry Geophysics Geosystems, Vol.10, No.5.
- Moore, G. F., N. L. Bangs, A. Taira, S. Kuramoto, E. Pangborn, and H. J. Tobin(2007), “Three-Dimensional Splay Fault Geometry and Implications for Tsunami Generation”, Science, Vol.318, pp.1128-1131.
- Murotani, S., S. Matsushima, T. Azuma, K. Irikura, and S. Kitagawa(2015), “Scaling relations of source parameters of earthquakes occurring on inland crustal mega-fault systems”, Pure and Applied Geophysics, 172, pp.1371-1381.
- Nakanishi, A., H. Shiobara, R. Hino, S. Kodaira, T. Kanazawa, and H. Shimamura(1998), “Detailed subduction structure across the eastern Nankai Trough obtained from ocean bottom seismographic profiles”, JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL.103, NO.B11, pp.27,151-27,168.
- Nakanishi, A., H. Shiobara, R. Hino, K. Mochizuki, T. Sato, J. Kasahara, N. Takahashi, K. Suyehiro, H. Tokuyama, J. Segawa, M. Shinohara, and H. Shimamura(2002a), “Deep crustal structure of the eastern Nankai Trough and Zenisu Ridge by dense airgun–OBS seismic profiling”, Marine Geology, Vol.187, pp.47-62.

# 内陸地殻内地震の地震動評価 参考文献 (9)

- Nakanishi, A., N. Takahashi, J.-O. Park, S. Miura, S. Kodaira, Y. Kaneda, N. Hirata, T. Iwasaki, and M. Nakamura(2002b), "Crustal structure across the coseismic rupture zone of the 1944 Tonankai earthquake, the central Nankai Trough seismogenic zone", JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL.107, NO.B1, 2007.
- Nakanishi, A., S. Kodaira, S. Miura, A. Ito, T. Sato, J.-O. Park, Y. Kido, and Y. Kaneda(2008), "Detailed structural image around splay-fault branching in the Nankai subduction seismogenic zone: Results from a high-density ocean bottom seismic survey", JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL.113, B03105.
- Noda, S., K. Yashiro, K. Takahashi, M. Takemura, S. Ohno, M. Tohdo, and T. Watanabe(2002), "RESPONSE SPECTRA FOR DESIGN PURPOSE OF STIFF STRUCTURES ON ROCK SITES", The OECD-NEA Workshop on the Relations between Seismological Data and Seismic Engineering Analyses, Oct.16-18, Istanbul.
- Obana, K., S. Kodaira, and Y. Kaneda(2004), "Microseismicity around rupture area of the 1944 Tonankai earthquake from ocean bottom seismograph observations", Earth and Planetary Science Letters 222, pp.561-572.
- Obara, K., T. Matsuzawa, S. Tanaka, T. Kimura, and T. Maeda(2011), "Migration properties of non - volcanic tremor in Shikoku, southwest Japan", GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, VOL.38, L09311.
- Park, J.-O., G. F. Moore, T. Tsuru, S. Kodaira, and Y. Kaneda(2003), "A subducted oceanic ridge influencing the Nankai megathrust earthquake rupture", Earth Planet. Sci. Lett., 217, pp.77-84.
- Plafker, G.(1965), "Tectonic Deformation Associated with the 1964 Alaska Earthquake", Science, Vol.148, No.3678, pp.1675-1687.
- Pulido, N., Y. Yagi, H. Kumagai, and N. Nishimura(2011), "Rupture process and coseismic deformations of the 27 February 2010 Maule earthquake, Chile", Earth Planets Space, 63, pp.955-959.
- Ruff, L., and H. Kanamori(1980), "Seismicity and the subduction process", Phys. Earth Planet. Inter., 23, pp.240-252.
- Rhie, J., D. Dreger, R. Burgmann, and B. Romanowicz(2007), "Slip of the 2004 Sumatra-Andaman Earthquake from Joint Inversion of Long-Period Global Seismic Waveforms and GPS Static Offsets", Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 97, No. 1A, pp. S115-S127.
- Sagiya, T., and W. Thatcher(1999), "Coseismic slip resolution along a plate boundary megathrust:The Nankai Trough, southwest Japan", JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, Vol.104, No. B1, pp.1111-1129.
- Sakaguchi, A., F. Chester, D. Curewitz, O. Fabbri, D. Goldsby, G. Kimura, C.-F. Li, Y. Masaki, E. J. Sreaton, A. Tsutsumi, K. Ujiie, and A. Yamaguchi(2011), "Seismic slip propagation to the updip end of plate boundary subduction interface faults: Vitrinite reflectance geothermometry on Integrated Ocean Drilling Program NanTro SEIZE cores", Geology, Vol.39, No.4, pp.395-398.
- Satake, K., Y. Fujii, T. Harada, and Y. Namegaya(2013), "Time and Space Distribution of Coseismic Slip of the 2011 Tohoku Earthquake as Inferred from Tsunami Waveform Data", Bulletin of the Seismological Society of America, Vol.103, No.2B, pp.1473-1492.
- Sekiguchi, H., and T. Iwata(2002), "Rupture Process of the 1999 Kocaeli, Turkey, Earthquake Estimated from Strong-Motion Waveforms", Bulletin of the Seismological Society of America, Vol.92, No.1, pp.300-311.
- Sholz, C. H.(1998), "Earthquake and friction laws", Nature, Vol.391, pp.37-42.
- Sibuet, J.-C., C. Rangin, X. L. Pichon, S. Singh, A. Cattaneo, D. Graindorge, F. Klingelhoefer, J.-Y. Lin, J. Malod, and T. Maury, J.-L. Schneider, N. Sultan, M. Umer, and H. Yamaguchi(2007), "26th December 2004 Great Sumatra-Andaman Earthquake: co-seismic and post-seismic motions in northern Sumatra", Earth and Planetary Science Letters, Vol. 263, pp.88-103.

# 内陸地殻内地震の地震動評価 参考文献 (10)

- Somerville, P., K. Irikura, R. Graves, S. Sawada, D. Wald, N. Abrahamson, Y. Iwasaki, T. Kagawa, N. Smith, and A. Kowada(1999), "Characterizing Crustal Earthquake Slip Models for the Prediction of Strong Ground Motion", *Seismological Research Letters*, Vol.70, No.1, pp.59-80.
- Song, S. G., G. C. Beroza, and P. Segall(2008), "A Unified Source Model for the 1906 San Francisco Earthquake", *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 98, No. 2, pp.1-10.
- Tanaka, A., and Y. Ishikawa(2005), "Crustal thermal regime inferred from magnetic anomaly data and its relationship to seismogenic layer thickness: The Japanese islands case study", *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 152, pp.257-266.
- Vigny, C., A. Socquet, S. Peyrat, J.-C. Ruegg, M. Métois, R. Madariaga, S. Morvan, M. Lancieri, R. Lacassin, J. Campos, D. Carrizo, M. Bejar-Pizarro, S. Barrientos, R. Armijo, C. Aranda, M.-C. Valderas-Bermejo, I. Ortega, F. Bondoux, S. Baize, H. Lyon-Caen, A. Pavez, J. P. Vilotte, M. Bevis, B. Brooks, R. Smalley, H. Parra, J.-C. Baez, M. Blanco, S. Cimbaro, and E. Kendrick(2011), "The 2010  $M_w$  8.8 Maule Megathrust Earthquake of Central Chile, Monitored by GPS", *SCIENCE VOL.332*, pp.1417-1421.
- Wang, D., and J. Mori(2011), "Frequency - dependent energy radiation and fault coupling for the 2010  $M_w$ 8.8 Maule, Chile, and 2011  $M_w$ 9.0 Tohoku, Japan, earthquakes", *GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS*, VOL. 38, L22308.
- Wang, D., and J. Mori(2012), "The 2010 Qinghai, China, Earthquake: A Moderate Earthquake with Supershear Rupture", *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol.102, No.1, pp.301-308.
- Yokota, Y., K. Koketsu, Y. Fujii, K. Satake, S. Sakai, M. Shinohara, and T. Kanazawa(2011), "Joint inversion of strong motion, teleseismic, geodetic, and tsunami datasets for the rupture process of the 2011 Tohoku earthquake", *GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS*, VOL.38, L00G21.
- Yoshida, Y., H. Ueno, D. Muto, and S. Aoki(2011), "Source process of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake with the combination of teleseismic and strong motion data", *Earth Planets Space*, 63, pp.565-569.
- Yoshimoto, M., and Y. Yamanaka(2014), "Teleseismic inversion of the 2004 Sumatra-Andaman earthquake rupture process using complete Green's functions", *Earth, Planets and Space* 2014, 66:152.
- Yue, H., T. Lay, J. T. Freymueller, K. Ding, L. Rivera, N. A. Ruppert, and K. D. Koper(2013), "Supershear rupture of the 5 January 2013 Craig, Alaska ( $M_w$  7.5) earthquake", *Journal of Geophysical Research*, Vol.118, pp.5903-5919.
- Yue, H., T. Lay, L. Rivera, C. An, C. Vigny, X. Tong, and J. C. B. Soto(2014), "Localized fault slip to the trench in the 2010 Maule, Chile  $M_w$  = 8.8 earthquake from joint inversion of high-rate GPS, teleseismic body waves, InSAR, campaign GPS, and tsunami observations", *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, Vol.119, pp.7786-7804.
- Zhang, H., and C. H. Thurber(2003), "Double-Difference Tomography: The Method and Its Application to the Hayward Fault, California", *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol.93, No.5, pp.1875-1889.
- Zhao, D., A. Hasegawa, and H. Kanamori(1994), "Deep structure of Japan subduction zone as derived from local, regional, and teleseismic events", *JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH*, Vol.99, No.B11, pp.22313-22329.
- Zhao, J. X., J. Zhang, A. Asano, Y. Ohno, T. Oouchi, T. Takahashi, H. Ogawa, K. Irikura, H. K. Thio, P. G. Somerville, Y. Fukushima, and Y. Fukushima(2006), "Attenuation Relations of Strong Ground Motion in Japan Using Site Classification Based on Predominant Period", *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol.96, No.3, pp.898-913.

# プレート間地震の地震動評価 参考文献 (1)

[和文]

- ・入倉孝次郎, 香川敬生, 関口春子(1997)「経験的グリーン関数を用いた強震動予測方法の改良」『日本地震学会講演予稿集 1997年度秋季大会』No.2, B25。
- ・入倉孝次郎, 三宅弘恵(2001)「シナリオ地震の強震動予測」『地学雑誌』Vol.110, No.6, pp.849-875。
- ・内山泰生, 翠川三郎(2006)「震源深さの影響を考慮した工学的基盤における応答スペクトルの距離減衰式」『日本建築学会構造系論文集』第606号, pp.81-88。
- ・宇佐美龍夫, 石井寿, 今村隆正, 武村雅之, 松浦律子(2013)『日本被害地震総覧599-2012』東京大学出版会。
- ・宇津徳治(1999)『地震活動総説』東京大学出版会。
- ・宇津徳治, 嶋悦三, 吉井敏尅, 山科健一郎編(2001)『地震の事典[第2版]』朝倉書店。
- ・岡村行信(1990)「四国沖の海底地質構造と西南日本外帯の第四紀地殻変動」『地質学雑誌』第96巻, 第3号, pp.223-237。
- ・小原一成(2017)「新学術領域研究「スロー地震学」-地震現象の統一的理解をめざして」『日本地球惑星科学連合ニュースレター』Vol.13, No.4, p.5-7。
- ・海上保安庁『海洋台帳』 (<http://www.kaiyoudaichou.go.jp/>) 。
- ・香川敬生(2004)「ハイブリッド合成法に用いる統計的グリーン関数法の長周期帯域への拡張」『日本地震工学会論文集』第4巻, 第2号, pp.21-32。
- ・片岡正次郎, 佐藤 智美, 松本俊輔, 日下部毅明(2006)「短周期レベルをパラメータとした地震動強さの距離減衰式」『土木学会論文集』Vol.62, No.4, pp.740-757。
- ・活断層研究会(1991)『[新編] 日本の活断層 分布図と資料』東京大学出版会。
- ・勝又護, 徳永規一(1971)「震度Ⅳの範囲と地震の規模および震度と加速度の対応」『験震時報』第36巻, 第3,4号, pp.89-96。
- ・釜江克宏(1996)「1946年南海地震のシミュレーション」『日本建築学会第24回地盤震動シンポジウム』pp. 81-90。
- ・釜江克宏・川辺秀憲(2004)「2003年十勝沖地震(M8.0)の震源のモデル化と強震動予測レシピの検証」『日本建築学会大会学術講演梗概集』構造Ⅱ, pp. 519-520。
- ・川辺秀憲, 釜江克宏, 上林宏敏(2011)「2011年東北地方太平洋沖地震の震源モデル」『日本地震学会講演予稿集2011年度秋季大会』B22-05, p.61。
- ・川辺秀憲, 釜江克宏(2013)「2011年東北地方太平洋沖地震の震源のモデル化」『日本地震工学会論文集』第13巻, 第2号(特集号), pp.75-87。
- ・神田克久, 武村雅之, 宇佐美龍夫(2004)「震度インバージョン解析による南海トラフ巨大地震の短周期地震波発生域」『地震 第2輯』第57巻, pp.153-170。
- ・気象庁『震度データベース』 (<http://www.data.jma.go.jp/svd/eqdb/data/shindo/>)
- ・気象庁, 消防庁(2009)『震度に関する検討会報告書』平成21年3月。
- ・気象庁(2012a)『平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震調査報告 第Ⅰ編』気象庁技術報告, 第133号。
- ・気象庁(2012b)『地震・火山月報(カタログ編)』。
- ・木村学, 大木勇人(2013)『図解プレートテクトニクス入門 なぜ動くのか? 原理から学ぶ地球のからくり』講談社。
- ・木村学, 木下正高(2009)『付加体と巨大地震発生帯-南海地震の解明に向けて』東京大学出版会。
- ・強震動予測レシピ(2017)『震源断層を特定した地震の強震動予測手法(「レシピ」)』平成29年(2017年)4月。
- ・倉橋奨, 入倉孝次郎(2017)「2011年東北地方太平洋沖地震における強震動生成域からの長周期地震動」『日本地震工学会論文集』第17巻, 第2号, pp.2-1-2-22。
- ・原子力安全基盤機構(2007)『平成18年度 原子力施設等の耐震性評価技術に関する試験及び調査 地震動に関する支配要因調査に係る報告書』平成19年7月。
- ・小出良幸(2012)『島弧-海溝系における付加体の地質学的位置づけと構成について』札幌学院大学人文学会紀要第92号, pp.1-23。
- ・佐藤智美, 川瀬博, 佐藤俊明(1994)「表層地盤の影響を取り除いた工学的基礎波の統計的スペクトル特性 仙台地域のボアホールで観測された多数の中小地震記録を用いた解析」『日本建築学会構造系論文集』第462号, pp.79-89。

# プレート間地震の地震動評価 参考文献（2）

- ・佐藤智美(2010)「逆断層と横ずれ断層の違いを考慮した日本の地殻内地震の短周期レベルのスケーリング則」『日本建築学会構造系論文集』第75巻, 第651号, pp.923-932。
- ・佐藤智美(2012)「経験的グリーン関数法に基づく2011年東北地方太平洋沖地震の震源モデル-プレート境界地震の短周期レベルに着目して-」『日本建築学会構造系論文集』第77巻, 第675号, pp.695-704。
- ・佐藤智美(2013)「東北地方のアウトサイズ地震, スラブ内地震, プレート境界地震の短周期レベルと $f_{max}$ 及び距離減衰特性」『日本建築学会構造系論文集』第78巻, 第689号, pp.1227-1236。
- ・佐藤良輔(1989)『日本の地震断層パラメーター・ハンドブック』鹿島出版会。
- ・地震調査委員会(2004a)『2003年十勝沖地震の観測記録を利用した強震動予測手法の検証』平成16年12月20日。
- ・地震調査委員会(2004b)『三陸沖北部の地震を想定した強震動評価』平成16年5月21日。
- ・地震調査委員会(2005)『日向灘の地震を想定した強震動評価』平成17年9月26日。
- ・地震調査委員会(2009)『全国地震動予測地図』平成21年7月21日。
- ・地震調査委員会(2013)『南海トラフの地震活動の長期評価(第二版)について』平成25年10月1日訂正。
- ・地震調査委員会(2017)『全国地震動予測地図 2017年版』平成29年4月27日。
- ・芝良昭, 佐藤浩章, 栗山雅之(2010)「岩盤上観測記録に基づく2009年駿河湾の地震の強震動特性と震源過程」『電力中央研究所報告』研究報告:N09008, 平成22年4月。
- ・芝良昭, 野口科子, 佐藤浩章, 栗山雅之, 東貞成(2012)「強震記録のインバージョン解析に基づく2011年東北地方太平洋沖地震の震源過程」『電力中央研究所報告』研究報告:N11058, 平成24年5月。
- ・杉山雄一(1989)「島弧における帯状構造の屈曲とプレートの斜め沈み込み 第1部 -西南日本外帯沖の屈曲構造とプレート境界地震-」『地質調査所月報』第40巻, 第10号, pp.533-541。
- ・鈴木亘, 青井真, 関口春子『近地強震記録を用いた2011年03月11日東北地方太平洋沖地震の震源インバージョン解析(2011/08/12改訂版)』([http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/topics/TohokuTaiheiyo\\_20110311/inversion/](http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/topics/TohokuTaiheiyo_20110311/inversion/))。
- ・武村雅之(1990)「日本列島およびその周辺地域に起こる浅発地震のマグニチュードと地震モーメントの関係」『地震 第2輯』第43巻, pp.257-265。
- ・武村雅之, 神田克久(2006)「11-2 震度データのインバージョン解析による過去の東海・南海地震の短周期地震波発生域」『地震予知連絡会会報』第76巻。
- ・谷岡勇市郎, 岩崎伸一(2006)「津波波形インバージョンによる2004年スマトラ地震の震源過程解析」『月刊地球』号外, No.56, pp.19-24。
- ・壇一男, 渡辺基史, 佐藤俊明, 宮腰淳一, 佐藤智美(2000)「統計的グリーン関数法による1923年関東地震( $M_{JMA}$ 7.9)の広域強震動評価」『日本建築学会構造系論文集』第530号, pp.53-62。
- ・壇一男, 渡辺基史, 佐藤俊明, 石井透(2001)「断層の非一様すべり破壊モデルから算定される短周期レベルと半経験的波形合成法による強震動予測のための震源断層のモデル化」『日本建築学会構造系論文集』第545号, pp.51-62, 2001年7月。
- ・中央防災会議(2001a)『東海地震に関する専門調査会(第8回)説明資料』平成13年9月21日。
- ・中央防災会議(2001b)『東海地震に関する専門調査会(第11回)とりまとめ資料(本文)』平成13年12月11日。『東海地震に関する専門調査会(第11回)とりまとめ資料(図表編)』平成13年12月11日。『東海地震に関する専門調査会報告』東海地震に関する専門調査会, 平成13年12月11日。
- ・中央防災会議(2003a)『東海地震対策専門調査会報告』平成15年5月29日。

# プレート間地震の地震動評価 参考文献 (3)

- 中央防災会議(2003b)『東南海, 南海地震等に関する専門調査会 (第16回) 東南海, 南海地震に関する報告 (案)』平成15年12月16日。『東南海, 南海地震等に関する専門調査会 (第16回) 東南海, 南海地震に関する報告 (案) 図表集』平成15年12月16日。『東南海, 南海地震等に関する専門調査会 (第16回) 東南海, 南海地震の強震動と津波の高さ (案)』平成15年12月16日。『東南海, 南海地震等に関する専門調査会 (第16回) 東南海, 南海地震の強震動と津波の高さ (案) 図表集』平成15年12月16日。
- 中央防災会議(2004)『首都直下地震対策専門調査会 (第12回) 地震ワーキンググループ報告書』平成16年11月17日。『首都直下地震対策専門調査会 (第12回) 地震ワーキンググループ報告書 (図表集)』平成16年11月17日。
- 中央防災会議(2005)『日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に関する専門調査会 第10回 強震動及び津波高さの推計について』平成17年6月22日。『日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に関する専門調査会 第10回 強震動及び津波高さの推計について (図表集)』平成17年6月22日。
- 中央防災会議(2011)『東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会報告』東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会, 平成23年9月28日。
- 鶴来雅人, 香川敬生, 岡崎敦, 羽田浩二, 入倉孝次郎(2006)「強震動予測のための高域遮断フィルターに関する研究 - 1995年兵庫県南部地震の観測記録に基づく検討 -」『日本地震工学会論文集』第6巻, 第4号, pp.94-112。
- 東京電力株式会社(2009a)「資料第1 - 1号 耐専スペクトルの概要(1999年時点の内容)」『原子力安全委員会「応答スペクトルに基づく地震動評価」に関する専門家との意見交換会』平成21年5月22日。
- 東京電力株式会社(2009b)「資料第1 - 2号 耐専スペクトルの適用性検討(内陸地殻内地震を対象とした追加検討内容)」『原子力安全委員会「応答スペクトルに基づく地震動評価」に関する専門家との意見交換会』平成21年5月22日。
- 内閣府(2012)『南海トラフの巨大地震モデル検討会中間とりまとめ』南海トラフの巨大地震モデル検討会, 平成23年12月27日。『南海トラフの巨大地震による震度分布・津波高について (第一次報告)』南海トラフの巨大地震モデル検討会, 平成24年3月31日。『南海トラフの巨大地震モデル検討会 (第二次報告) 強震断層モデル編 - 強震断層モデルと震度分布について -』南海トラフの巨大地震モデル検討会, 平成24年8月29日。
- 内閣府(2013)『首都直下のM7クラスの地震および相模トラフ沿いのM8クラスの地震等の震源断層モデルと震度分布・津波高等に関する報告書』首都直下地震モデル検討会, 平成25年12月。『首都直下のM7クラスの地震および相模トラフ沿いのM8クラスの地震等の震源断層モデルと震度分布・津波高等に関する報告書 (図表集)』首都直下地震モデル検討会, 平成25年12月。
- 内閣府(2015)『南海トラフ沿いの巨大地震による長周期地震動に関する報告』南海トラフの巨大地震モデル検討会, 首都直下地震モデル検討会, 平成27年12月。『南海トラフ沿いの巨大地震による長周期地震動に関する報告 (図表集)』南海トラフの巨大地震モデル検討会, 首都直下地震モデル検討会, 平成27年12月。
- 中村亮一(2012)「プレート境界地震の応力降下量の深さ依存性の検討」『日本地震工学会・大会 - 2012梗概集』pp.78-79。
- 中村洋光, 宮武隆(2000)「断層近傍強震動シミュレーションのための滑り速度時間関数の近似式」『地震 第2輯』第53巻, pp.1-9。
- 新色隆二, 山中浩明(2013)「表層地盤の3次元的影響を考慮した2003年宮城県北部地震の震源域における地震動のシミュレーション」『物理探査』第66巻, 第3号, pp.139-152。
- 日本地質学会(2006)『日本地方地質誌 (4) 中部地方』。
- 東日本大震災合同調査報告書編集委員会(2014)『東日本大震災合同調査報告 共通編1 地震・地震動』公益社団法人 日本地震工学会。
- 久田嘉章(2001)「震源近傍の強震動 - 改正基準法の設計用入力地震動は妥当か? -」『日本建築学会第29回地盤震動シンポジウム』pp.99-110。
- 久田嘉章(2002)「k-2モデルによる強震動評価」『月刊地球』号外, No.37, pp.179-186。
- 防災科学技術研究所(2010)「沈み込むプレート境界の浅部から深部にいたる3つの異なる「スロー地震」の連動現象の発見」『2010年12月10日 プレス発表資料』。

# プレート間地震の地震動評価 参考文献（４）

- 防災科学技術研究所(2016)「1 - 2 日本周辺における浅部超低周波地震活動（2015年5月～10月）」『地震予知連絡会会報』第95巻。
- 松田時彦(1975)「活断層から発生する地震の規模と周期について」『地震 第2輯』第28巻, 第3号, pp.269-283。
- 村松郁栄(1969)「震度分布と地震のマグニチュードとの関係」『岐阜大学教育学部研究報告』自然科学, 第4巻, 第3号, pp.168-176。
- 諸井孝文, 広谷浄, 石川和也, 水谷浩之, 引間和人, 川里健, 生玉真也, 釜田正毅(2013)「標準的な強震動レシビに基づく東北地方太平洋沖巨大地震の強震動の再現」『日本地震工学会・大会 - 2013 梗概集』pp.381-382。
- 八木勇治(2004)『2004年新潟中越地震とスマトラ沖巨大地震の震源で何が起こったのか?』B R I - H 1 6 講演会テキスト (<http://www.kenken.go.jp/japanese/research/lecture/h16/txt/05-1.pdf>)。



# プレート間地震の地震動評価 参考文献 (5)

[英文]

- Aki, K., and P. G. Richards(1980), "Quantitative seismology, Theory and Methods", Volume II, W. H. Freeman and Company, San Francisco, pp.803-805.
- Ammon, C. J., C. Ji, H.-K. Thio, D. Robinson, S. Ni, V. Hjorleifsdottir, H. Kanamori, T. Lay, S. Das, D. Helmberger, G. Ichinose, J. Polet, and D. Wald(2005), "Rupture Process of the 2004 Sumatra-Andaman Earthquake", SCIENCE, Vol.308, pp.1133-1139.
- Asano, K., and T. Iwata(2012), "Source model for strong ground motion generation in the frequency range 0.1-10Hz during the 2011 Tohoku earthquake", Earth Planets Space, Vol.64, pp.1111-1123.
- Asano, K.(2018), "Source Modeling of an Mw 5.9 Earthquake in the Nankai Trough, Southwest Japan, Using Offshore and Onshore Strong-Motion Waveform Records", Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 108, No. 3A, pp. 1231–1239.
- Baba, T., P. R. Cummins, T. Hori, and Y. Kaneda(2006), "High precision slip distribution of the 1944 Tonankai earthquake inferred from tsunami waveforms:Possible slip on a splay fault", Tectonophysics, 426, pp.119-134.
- BOORE, D. M.(1983), "STOCHASTIC SIMULATION OF HIGH – FREQUENCY GROUND MOTIONS BASED ON SEISMOLOGICAL MODELS OF THE RADIATED SPECTRA", Bulletin of the Seismological Society of America, Vol.73, No.6, pp.1865-1894.
- BOORE, D. M. and J. BOATWRIGHT(1984), "AVERAGE BODY-WAVE RADIATION COEFFICIENTS", Bulletin of the Seismological Society of America, Vol.74, No.5, pp. 1615-1621.
- Brune, J. N.(1970), "Tectonic stress and the spectra of seismic shear waves from earthquakes", Journal of Geophysical Research, Vol.75, No.26, pp.4997-5009.
- Campillo, M., J. C. Gariel, K. Aki, and F. J. Sánchez-Sesma(1989), "Destructive strong ground motion in Mexico city: Source, path, and site effects during great 1985 Michoacán earthquake", Bulletin of the Seismological Society of America, Vol.79, No. 6, pp.1718-1735.
- Dan, K., and T. Sato(1999), "A Semi-empirical Method for Simulating Strong Ground Motions Based on Variable-Slip Rupture Models for Large Earthquakes", Bulletin of the Seismological Society of America, Vol.89, No.1, pp.36-53.
- Delouis, B., J-M. Nocquet, and M. Vallée(2010), "Slip distribution of the February 27, 2010 Mw = 8.8 Maule Earthquake, central Chile, from static and high - rate GPS, InSAR, and broadband teleseismic data", Geophysical Research Letters, Vol. 37, L17305.
- FUJII, Y., M. MATSU'URA(2000), "Regional Difference in Scaling Laws for Large Earthquakes and its Tectonic Implication", Pure Appl. Geophys., Vol.157, pp.2283-2302.
- Fujii, Y., and K. Satake(2007), "Tsunami Source of the 2004 Sumatra–Andaman Earthquake Inferred from Tide Gauge and Satellite Data", Bulletin of the Seismological Society of America, Vol.97, No.1A, pp.S192-S207.
- Fujii, Y., and K. Satake(2013), "Slip Distribution and Seismic Moment of the 2010 and 1960 Chilean Earthquakes Inferred from Tsunami Waveforms and Coastal Geodetic Data", Pure Appl. Geophys, 170, pp.1493-1509.
- GARDNER, G. H. F., L. W. GARDNER, and A. R. GREGORY(1974), "FORMATION VELOCITY AND DENSITY – THE DIAGNOSTIC BASICS FOR STRATIGRAPHIC TRAPS", GEOPHYSICS, Vol.39, No.6, pp.770-780.
- GELLER, R. J.(1976), "SCALING RELATIONS FOR EARTHQUAKE SOURCE PARAMETERS AND MAGNITUDES", Bulletin of the Seismological Society of America, Vol.66, No.5,pp.1501-1523.
- Guilbert, J., J. Vergoz, E. Schissel, A. Roueff, and Y. Cansi(2005), "Use of hydroacoustic and seismic arrays to observe rupture propagation and source extent of the Mw = 9.0 Sumatra earthquake ", GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, VOL. 32, L15310.

# プレート間地震の地震動評価 参考文献 (6)

- Hamada, Y., A. Sakaguchi, W. Tanikawa, A. Yamaguchi, J. Kamed, and G. Kimura(2015), "Estimation of slip rate and fault displacement during shallow earthquake rupture in the Nankai subduction zone", Earth, Planets and Space, 67:39.
- Hayes, G. P. (2011), "Rapid source characterization of the 2011 Mw 9.0 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake", Earth Planets Space, 63, pp.529–534.
- Hayes, G. P., E. Bergman, K. L. Johnson, H. M. Benz, L. Brown, and A. S. Meltzer(2013), "Seismotectonic framework of the 2010 February 27/Mw 8.8 Maule, Chile earthquake sequence", Geophysical Journal International.
- Hisada, Y. (1994), "An Efficient Method for Computing Green's Functions for a Layered Half-Space with Sources and Receivers at Close Depths", Bulletin of the Seismological Society of America, Vol.84, No.5, pp.1456-1472.
- Hisada, Y. (2000), "A hybrid method for predicting strong ground motions at broad-frequencies near M8 earthquakes in subduction zones", 12th World Conference on Earthquake Engineering, CD-ROM.
- Hoechner, A., A. Y. Babeyko, and S. V. Sobolev(2008), "Enhanced GPS inversion technique applied to the 2004 Sumatra earthquake and tsunami", GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, Vol.35, L08310.
- Holdahl, S. R., and J. Sauber(1994), "Coseismic Slip in the 1964 Prince William Sound Earthquake:A New Geodetic Inversion", Pure Appl. Geophys, Vol. 142, No.1, pp.55-82.
- Honda, R., Y. Yukutake, H. Ito, M. Harada, T. Aketagawa, A. Yoshida, S. Sakai, S. Nakagawa, N. Hirata, K. Obara, and H. Kimura(2011), "A complex rupture image of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake revealed by the MeSO-net", Earth Planets Space, Vol.63, pp.583–588.
- Ichinose, G., P. Somerville, H. K. Thio, R. Graves, and D. O'Connell(2007), "Rupture process of the 1964 Prince William Sound, Alaska, earthquake from the combined inversion of seismic, tsunami, and geodetic data", JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL.112, B07306.
- Ito, Y., and K. Obara(2006a), "Dynamic deformation of the accretionary prism excites very low frequency earthquakes", GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, VOL.33, L02311.
- Ito, Y., and K. Obara(2006b), "Very low frequency earthquakes within accretionary prisms are very low stress-drop earthquakes", GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, VOL.33, L09302.
- Kamae, K., and K. Irikura(1992), "Prediction of site-specific strong ground motion using semi-empirical methods", Earthquake Engineering, Tenth World Conference, pp.801-806.
- Kamae, K., and H. Kawabe(2004), "Source model composed of asperities for the 2003 Tokachi-oki, Japan, earthquake ( $M_{JMA}=8.0$ ) estimated by the empirical Green's function method", Earth Planets Space, Vol.56, pp.323–327.
- Kamae, K.(2006), "Source modeling of the 2005 off-shore Miyagi prefecture, Japan, earthquake( $M_{JMA}=7.2$ ) using the empirical Green's function method", Earth Planets Space, Vol.58, pp.1561–1566.
- Kanamori, H.(1977), "The Energy Release in Great Earthquakes", JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL.82, No.20, pp.2981-2987.
- Kanno, T., A. Narita, N. Morikawa, H. Fujiwara, and Y. Fukushima(2006), "A new attenuation relation for strong ground motion in Japan based on recorded data", Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 96, No. 3, pp. 879–897.
- Kiser, E., and M. Ishii(2011), "The 2010 Mw 8.8 Chile earthquake: Triggering on multiple segments and frequency - dependent rupture behavior", GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, VOL.38, L07301.

# プレート間地震の地震動評価 参考文献 (7)

- Koketsu, K.(2012), "SEISMOLOGICAL AND GEODETIC ASPECTS OF THE 2011 TOHOKU EARTHQUAKE AND GREAT EAST JAPAN EARTHQUAKE DISASTER", Proceedings of the International Symposium on Engineering Lessons Learned from the 2011 Great East Japan Earthquake, March 1-4, 2012, Tokyo, Japan.
- Koper, K. D., A. R. Hutko, T. Lay, and O. Sufri(2012), "Imaging short-period seismic radiation from the 27 February 2010 Chile ( $M_w$ 8.8) earthquake by back-projection of P, PP, and PKIKP waves", JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL.117, B02308.
- Kurahashi, S., and K. Irikura(2011), "Source model for generating strong ground motions during the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake", Earth Planets Space, Vol.63, pp.571-576.
- Kurahashi, S. and K. Irikura(2013), "Short-Period Source Model of the 2011 Mw 9.0 Off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake", Bulletin of the Seismological Society of America, Vol.103, pp.1373-1393.
- Lay, T., C. J. Ammon, H. Kanamori, K. D. Koper, O. Sufri, and A. R. Hutko(2010), "Teleseismic inversion for rupture process of the 27 February 2010 Chile ( $M_w$  8.8) earthquake", GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, VOL. 37, L13301.
- Lay, T., C. J. Ammon, H. Kanamori, L. Xue, and M. J. Kim(2011), "Possible large near-trench slip during the 2011 Mw 9.0 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake", Earth Planets Space, Vol.63, pp.687-692.
- Lay, T., H. Kanamori, C. J. Ammon, K. D. Koper, A. R. Hutko, L. Ye, H. Yue, and T. M. Rushing(2012), "Depth-varying rupture properties of subduction zone megathrust faults", JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, Vol.117, B04311.
- Mendoza. C., and S. H. Hartzell(1989), "Slip Distribution of the 19 September 1985 Michoacan, Mexico, Earthquake: Near-source and Teleseismic Constraints", Bulletin of the Seismological Society of America, Vol.79, No.3, pp.655-669.
- Mendoza. C., S. Hartzell, and T. Monfret (1994), "Wide-band analysis of the 3 March 1985 Central Chile earthquake—overall source process and rupture history", Bulletin of the Seismological Society of America, Vol.84, No.2, pp.269-283.
- Moore, G. F., N. L. Bangs, A. Taira, S. Kuramoto, E. Pangborn, and H. J. Tobin(2007), "Three-Dimensional Splay Fault Geometry and Implications for Tsunami Generation", Science 16 Nov. 2007, Vol.318, Issue 5853, pp.1128-1131.
- Noda, S., K. Yashiro, K. Takahashi, M. Takemura, S. Ohno, M. Tohdo, and T. Watanabe(2002), "RESPONSE SPECTRA FOR DESIGN PURPOSE OF STIFF STRUCTURES ON ROCK SITES", The OECD-NEA Workshop on the Relations between Seismological Data and Seismic Engineering Analyses, Oct.16-18, Istanbul.
- Obana, K., S. Kodaira, and Y. Kaneda(2004), "Microseismicity around rupture area of the 1944 Tonankai earthquake from ocean bottom seismograph observations", Earth and Planetary Science Letters 222, pp.561-572.
- Obara, K., T. Matsuzawa, S. Tanaka, T. Kimura, and T. Maeda(2011), "Migration properties of non - volcanic tremor in Shikoku, southwest Japan", GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, VOL.38, L09311.
- Plafker, G.(1965), "Tectonic Deformation Associated with the 1964 Alaska Earthquake", Science, Vol.148, No.3678, pp.1675-1687.
- Pulido, N., Y. Yagi, H. Kumagai, and N. Nishimura(2011), "Rupture process and coseismic deformations of the 27 February 2010 Maule earthquake, Chile", Earth Planets Space, Vol.63, pp.955-959.
- PULIDO, N., T. SEKIGUCHI, G. SHOJI, J. ALBA, F. LAZARES, and T. SAITO, "Earthquake Source Process and Strong Ground Motions of the 2010 Chile Mega-Earthquake", 1996～2010年間に国内外で生じた主要地震による被害報告書 ([http://www.jsce.or.jp/library/eq\\_repo/Vol3/13/20100227chile\\_report1.pdf](http://www.jsce.or.jp/library/eq_repo/Vol3/13/20100227chile_report1.pdf)) 。

# プレート間地震の地震動評価 参考文献 (8)

- Pulido, N., Y. Yagi, H. Kumagai, and N. Nishimura(2011), "Rupture process and coseismic deformations of the 27 February 2010 Maule earthquake, Chile", *Earth Planets Space*, 63, pp.955-959.
- Rhie, J., D. Dreger, R. Burgmann, and B. Romanowicz(2007), "Slip of the 2004 Sumatra-Andaman Earthquake from Joint Inversion of Long-Period Global Seismic Waveforms and GPS Static Offsets", *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 97, No. 1A, pp. S115-S127.
- Ruiz, S., R. Madariaga, M. Astroza, G. R. Saragoni, M. Lancieri, C. Vigny, and J. Campos (2012), "Short-Period Rupture Process of the 2010 Mw 8.8 Maule Earthquake in Chile", *Earthquake Spectra*, Vol.28, No.S1, pp.S1-S18.
- Sakaguchi, A., F. Chester, D. Curewitz, O. Fabbri, D. Goldsby, G. Kimura, C.-F. Li, Y. Masaki, E. J. Screaton, A. Tsutsumi, K. Ujiie, and A. Yamaguchi(2011), "Seismic slip propagation to the updip end of plate boundary subduction interface faults: Vitrinite reflectance geothermometry on Integrated Ocean Drilling Program NanTro SEIZE cores", *Geology*, Vol.39, No.4, pp.395-398.
- Satoh, T., H. Kawase, and T. Sato(1997), "Statistical Spectral Model of Earthquakes in the Eastern Tohoku District, Japan, Based on the Surface and Borehole Records Observed in Sendai ", *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 87, No. 2, pp. 446-462.
- Shao, G., X. Li, C. Ji, and T. Maeda(2011), "Focal mechanism and slip history of the 2011 Mw 9.1 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake, constrained with teleseismic body and surface waves", *Earth Planets Space*, Vol.63, pp.559-564.
- Somerville, P., K. Irikura, R. Graves, S. Sawada, D. Wald, N. Abrahamson, Y. Iwasaki, T. Kagawa, N. Smith, and A. Kowada(1999), "Characterizing Crustal Earthquake Slip Models for the Prediction of Strong Ground Motion", *Seismological Research Letters*, Vol.70, No.1, pp.59-80.
- Suzuki, W., and T. Iwata(2007), "Source model of the 2005 Miyagi-Oki, Japan, earthquake estimated from broadband strong motions", *Earth Planets Space*, Vol.59, pp.1155-1171.
- Valle ´e, M.(2007), "Rupture properties of the giant Sumatra earthquake imaged by empirical green's function analysis", *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol.97, No.1A, pp.S103-S114.
- Vigny, C., A. Socquet, S. Peyrat, J.-C. Ruedg, M. Métois, R. Madariaga, S. Morvan, M. Lancieri, R. Lacassin, J. Campos, D. Carrizo, M. Bejar-Pizarro, S. Barrientos, R. Armijo, C. Aranda, M.-C. Valderas-Bermejo, I. Ortega, F. Bondoux, S. Baize, H. Lyon-Caen, A. Pavez, J. P. Vilotte, M. Bevis, B. Brooks, R. Smalley, H. Parra, J.-C. Baez, M. Blanco, S. Cimbaro, and E. Kendrick(2011), "The 2010 Mw 8.8 Maule Megathrust Earthquake of Central Chile, Monitored by GPS", *SCIENCE* VOL.332, pp.1417-1421.
- Wallace, L. M., E. Araki, D. Saffer, X. Wang, A. Roesner, A. Kopf, A. Nakanishi, W. Power, R. Kobayashi, C. Kinoshita, S. Toczko, T. Kimura, Y. Machida, and S. Carr(2016), "Near-field observations of an offshore Mw 6.0 earthquake from an integrated seafloor and subseafloor monitoring network at the Nankai Trough, southwest Japan", *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, Vol.121, pp.8338-8351.
- Wang, D., and J. Mori(2011), "Frequency - dependent energy radiation and fault coupling for the 2010 Mw8.8 Maule, Chile, and 2011 Mw9.0 Tohoku, Japan, earthquakes", *GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS*, VOL. 38, L22308.
- Yokota, Y., K. Koketsu, Y. Fujii, K. Satake, S. Sakai, M. Shinohara, and T. Kanazawa(2011), " Joint inversion of strong motion, teleseismic, geodetic, and tsunami datasets for the rupture process of the 2011 Tohoku earthquake ", *GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS*, VOL. 38, L00G21.
- Yoshida,K., K. Miyakoshi, and K. Irikura(2011), "Source process of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake inferred from waveform inversion with long-period strong-motion records", *Earth Planets Space*, Vol.63, pp.577-582.
- Yoshida, Y., H. Ueno, D. Muto, and S. Aoki(2011), "Source process of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake with the combination of teleseismic and strong motion data", *Earth Planets Space*, 63, pp.565-569.

# プレート間地震の地震動評価 参考文献 (9)

- Yoshimoto, M., and Y. Yamanaka(2014), "Teleseismic inversion of the 2004 Sumatra-Andaman earthquake rupture process using complete Green's functions", Earth, Planets and Space 2014, 66:152.
- Yue, H., T. Lay, L. Rivera, C. An, C. Vigny, X. Tong, and J. C. B. Soto(2014), "Localized fault slip to the trench in the 2010 Maule, Chile Mw = 8.8 earthquake from joint inversion of high-rate GPS, teleseismic body waves, InSAR, campaign GPS, and tsunami observations", Journal of Geophysical Research: Solid Earth, Vol.119, pp.7786-7804.
- Zhao, J. X., J. Zhang, A. Asano, Y. Ohno, T. Oouchi, T. Takahashi, H. Ogawa, K. Irikura, H. K. Thio, P. G. Somerville, Y. Fukushima, and Y. Fukushima(2006), "Attenuation Relations of Strong Ground Motion in Japan Using Site Classification Based on Predominant Period", Bulletin of the Seismological Society of America, 96, pp.898 -913.

# 海洋プレート内地震の地震動評価 参考文献（1）

## [和文]

- 新井 健介, 壇 一男, 石井 透, 花村 正樹, 藤原 広行, 森川 信之(2015)「強震動予測のためのスラブ内地震の断層パラメータ設定方法の提案」『日本建築学会構造系論文集』Vol. 80, No.716, pp.1537-1547。
- 浅野公之, 岩田知孝, 入倉孝次郎(2004)「2003年5月26日に宮城県沖で発生したスラブ内地震の震源モデルと強震動シミュレーション」『地震 第2輯』第57巻, pp.171-185。
- 浅野公之, 岩田知孝(2010)「経験的グリーン関数法による2009年8月11日駿河湾の地震 ( $M_{JMA}6.5$ ) の震源モデルの推定と強震動シミュレーション」『北海道大学地球物理学研究報告』No.73, pp.137-147。
- 碓京子(1991)「伊豆・小笠原弧,西七島海嶺 - 複合古島弧の可能性 - 」『地学雑誌』100(4), pp.475-486。
- 池田孝, 加藤研一, 武村雅之(2002)「2001年芸予地震の高振動数成分の励起特性」『第11回日本地震工学シンポジウム梗概集』pp.119-124。
- 池田孝, 武村雅之, 加藤研一(2002)「強震記録に基づく北海道周辺のやや深発地震の高振動数成分の励起特性」『日本建築学会構造系論文集』第560号, pp.67-73, 2002年10月。
- 池田孝, 武村雅之(2003)「2003年5月26日宮城県沖の地震の高振動数成分の励起特性 - 過去に発生した北海道・東北地方のやや深発地震との比較 - 」『日本地震工学学会・大会 - 2003梗概集』pp.特108-109。
- 池田孝, 武村雅之, 加藤研一(2003)「強震記録に基づく東北地方周辺のやや深発地震の高振動数成分の励起特性」『日本建築学会構造系論文集』第572号, pp.39-46, 2003年10月。
- 池田孝, 武村雅之, 加藤研一(2004)「強震記録に基づくフィリピン海プレート内で発生するスラブ内地震の高振動数成分の励起特性 - 北海道・東北地方のスラブ内地震との比較 - 」『日本建築学会構造系論文集』第586号, pp.53-61, 2004年12月。
- 池田孝(2005)「2004年紀伊半島南東沖の地震における高振動数成分の励起特性 - 他の地域で発生した大規模スラブ内地震との比較 - 」『日本建築学会大会学術講演梗概集』pp.107-108, 2005年9月。
- 池田孝(2010)「観測記録に基づいたスラブ内地震の短周期レベル」『北海道大学地球物理学研究報告』No.73, pp.71-85。
- 池田孝(2010)「2009年8月に駿河湾で発生したスラブ内地震の高振動数成分の励起特性」『第13回日本地震工学シンポジウム梗概集』pp.289-296。
- 今村明恒(1913)「明治四十四年ノ喜界島地震」『震災予防調査会報告』77, pp.88-102。
- 岩田知孝, 浅野公之(2010)「強震動予測のためのスラブ内地震の特性化震源モデルの構築」『北海道大学地球物理学研究報告』73, pp.129-135。
- 岩本健吾, 後藤和彦(2013)「1911年に喜界島近海で発生した巨大地震(M8.0)に伴う津波の聞き取り調査」『日本地球惑星科学連合2003年大会予稿集』SSS31-P37 (<http://www2.jpgu.org/meeting/2013DVD/2013/html/start.html>) 。
- 入倉孝次郎, 香川敬生, 関口春子(1997)「経験的グリーン関数を用いた強震動予測方法の改良」『日本地震学会講演予稿集 1997年度秋季大会』No.2, B25。
- 上野寛, 迫田浩司, 吉田康宏(2009)「近地強震波形を用いた駿河湾の地震 (平成21年8月11日 ;  $M_j6.5$ ) の震源過程解析」『日本地震学会講演予稿集 2009年度秋季大会』P1-19, p.160。
- 宇佐美龍夫(2010)『わが国の歴史地震の震度分布・等震度線図 (改訂版)』社団法人日本電気協会。
- 宇佐美龍夫, 石井寿, 今村隆正, 武村雅之, 松浦律子(2013)『日本被害地震総覧599 - 2012』東京大学出版会。
- 内山泰生, 翠川三郎(2006)「震源深さの影響を考慮した工学的基盤における応答スペクトルの距離減衰式」『日本建築学会構造系論文集』第606号, pp.81-88。
- 宇津徳治(1979)「1 2 . 1885年~1925年の日本の地震活動—M6以上の地震および被害地震の再調査—」『地震研究所彙報』Vol.54, pp.253-308。

# 海洋プレート内地震の地震動評価 参考文献 (2)

- 宇津徳治(1982)「日本付近のM6.0以上の地震および被害地震の表：1885～1980年」『地震研究所彙報』57, pp.401-463。
- 宇津徳治, 嶋悦三, 吉井敏克, 山科健一郎編(2001)『地震の事典[第2版]』朝倉書店。
- 大森房吉(1911)「明治四十四六月十五日北部琉球の激震」『気象集誌』30, pp.282-285。
- 沖野郷子(1999)『Evolution of the backarc basins in the Philippine (Abstract\_要旨)』 (<http://hdl.handle.net/2433/182468>)。
- 海洋研究開発機構(2007)『伊豆・小笠原海域における地殻生成に関する新しい発見～我が国の大陸棚延伸に関する科学的根拠～』プレスリリース ([https://www.jamstec.go.jp/j/about/press\\_release/20071101/](https://www.jamstec.go.jp/j/about/press_release/20071101/))。
- 海洋研究開発機構『地殻構造探査データベースサイト』 ([http://www.jamstec.go.jp/jamstec-j/IFREE\\_center/](http://www.jamstec.go.jp/jamstec-j/IFREE_center/))。
- 海洋研究開発機構, 電力中央研究所(2011)「地震を引き起こす要因となる断層潤滑効果を岩石摩擦実験で確認 - 大地震発生プロセスの解明へ前進 - 」プレスリリース ([http://www.jamstec.go.jp/j/about/press\\_release/20110412\\_2/](http://www.jamstec.go.jp/j/about/press_release/20110412_2/))。
- 海洋研究開発機構「地殻構造」『東海、東南海、南海地震連動性評価研究』 (<https://www.jamstec.go.jp/donet/j/rendou/kouzou.html>)。
- 香川敬生(2004)「ハイブリッド合成法に用いる統計的グリーン関数法の長周期帯域への拡張」『日本地震工学会論文集』第4巻, 第2号, pp.21-32。
- 笠原順三, 鳥海光弘, 河村雄行 (2003)『地震発生と水-地球と水のダイナミクス-』東京大学出版会。
- 加藤愛太郎, 酒井慎一, 金沢敏彦, 岩崎貴哉(2009)「2009年8月11日駿河湾地震はフィリピン海スラブ内で発生したのか?」『日本地震学会講演予稿集 2009年度秋季大会』P1-04, p.152。
- 片岡正次郎, 佐藤智美, 松本俊輔, 日下部毅明(2006)「短周期レベルをパラメータとした地震動強さの距離減衰式」『土木学会論文集』Vol.62, No.4, pp.740-757。
- 勝又護, 徳永規一(1971)「震度Ⅳの範囲と地震の規模および震度と加速度の対応」『験震時報』第36巻, 第3,4号, pp.1-8。
- 川辺秀憲, 上林宏敏, 釜江克宏(2009)「2009年駿河湾の地震 (Mj6.5) の震源のモデル化」『日本地震学会講演予稿集 2009年度秋季大会』A11-09, p.7。
- 神田克久, 武村雅之(2013)「南海トラフ沿いの沈み込むスラブ内で発生した歴史地震の震度による地震規模推定」『歴史地震』第28号, pp.35-48。
- 神田克久, 武村雅之, 高橋利昌, 浅野彰洋, 大内泰志, 川崎真治, 宇佐美龍夫(2008)「豊後水道近傍で発生した歴史的被害地震の地震規模」『地震 第2輯』第60巻, 第4号, pp.225-242, 2008年3月。
- 気象庁 沖縄気象台(2007)「10 - 2 沖縄地方とその周辺の地震活動 (2006年11月～2007年4月)」『地震予知連絡会会報』国土地理院, 第78巻。
- 気象庁, 消防庁(2009)『震度に関する検討会報告書』平成21年3月。
- 気象庁(2012)「2011年8月1日の駿河湾の地震 (M6.2) について」『地震予知連絡会会報』6-2, pp.264-269。
- 気象庁(2013)『地震・火山月報 (カタログ編)』平成25年3月。
- 気象庁(2015)『平成27年5月30日20時34分頃の小笠原諸島西方沖の地震について』 (<http://www.jma.go.jp/jma/press/1505/30b/kaisetsu201505302230.pdf>)。
- 気象庁『地震・火山月報 (防災編)』。
- 気象庁『震度データベース』 (<http://www.data.jma.go.jp/svd/eqdb/data/shindo/index.php>)。
- 気象庁『8月11日駿河湾の地震 (DD法)』 ([http://www.jishin.go.jp/main/chousa/09sep\\_suruga-wan/p03.htm](http://www.jishin.go.jp/main/chousa/09sep_suruga-wan/p03.htm))。
- 気象庁地震予知情報課(2001)「8 - 2 「平成13年(2001年)芸予地震」(2001年3月24日M6.7)」『地震予知連絡会会報』66, pp472-479。
- 気象庁気象研究所地震火山研究部弘瀬冬樹 (<http://www.mri-jma.go.jp/Dep/sv/2ken/fhirose/index.html>)。
- 木村学(2002)『プレート収束帯のテクトニクス学』東京大学出版会, p.75。

# 海洋プレート内地震の地震動評価 参考文献 (3)

- 倉橋奨, 入倉孝次郎, 宮腰研(2009)「近地強震記録を用いた2009年駿河湾を震源とする地震の震源モデルの構築と強震動シミュレーション」『日本地震工学会・大会－2009梗概集』pp.216-217。
- 倉橋奨, 入倉孝次郎(2017)「2011年東北地方太平洋沖地震における強震動生成域からの長周期地震動」『日本地震工学会論文集』第17巻, 第2号, pp.2-1-2-22。
- 原子力安全基盤機構(2007)『平成18年度 原子力施設等の耐震性評価技術に関する試験及び調査 地震動に関する支配要因調査に係る報告書』平成19年7月。
- 国土地理院(2008)「7月16日 京都府沖の深発地震」『地震予知連絡会会報』第79巻, pp.538。
- 後藤和彦, 八木原寛, 平野舟一郎, 森脇健(2008)「喜界島-奄美大島域に発生した地震の震源再決定」『日本地球惑星科学連合2008年大会予稿集』P143-P012 (<http://www2.jpgu.org/meeting/2008/index.htm>)。
- 後藤和彦(2013)「1911年に喜界島近海で発生した巨大地震の震源位置の再評価」『地震 第2輯』第65巻, pp. 231-242。
- 笹谷努, 森川信之, 前田宜浩(2006)「スラブ内地震の震源特性」『北海道大学地球物理学研究報告』No.69, pp.123-134。
- 佐藤智美(2010)「スペクトルインバージョンと経験的グリーン関数法に基づく2009年駿河湾の地震の震源モデルの推定」『日本建築学会構造系論文集』第75巻, 第658号, pp.2153-2162。
- 佐藤良輔, 阿部勝征, 岡田義光, 島崎邦彦, 鈴木保典(1989)『日本の地震断層のパラメータ・ハンドブック』鹿島出版会。
- 地震調査委員会(2008)『全国を概観した地震動予測地図 2008年版』平成20年4月24日。
- 地震調査委員会(2009)『全国地震動予測地図』平成21年7月21日。
- 地震調査委員会(2013)『南海トラフの地震活動の長期評価(第二版)について』。
- 地震調査委員会(2014)『全国地震動予測地図 2014年版 ～全国の地震動ハザードを概観して～』平成26年12月19日。
- 地震調査委員会(2017)『全国地震動予測地図 2017年版』平成29年4月27日。
- 地震調査研究推進本部「九州・パラオ海嶺」『用語集』 ([http://www.jishin.go.jp/main/herpnews/series/2013/aug/yogo08/yogo\\_08.html](http://www.jishin.go.jp/main/herpnews/series/2013/aug/yogo08/yogo_08.html))。
- 地震調査研究推進本部「プレートテクトニクス」『用語集』 (<http://www.jishin.go.jp/main/yogo/e.htm#plate>)。
- 芝良昭, 佐藤浩章(2007)「紀伊半島沖で発生する地震群の震源特性および伝播経路特性の解明」『電力中央研究所報告』研究報告: N07007, 平成19年10月。
- 芝良昭, 佐藤浩章, 栗山雅之(2010)「岩盤上観測記録に基づく2009年駿河湾の地震の強震動特性と震源過程」『電力中央研究所報告』研究報告: N09008, 平成22年4月。
- 芝良昭, 野口科子(2014)「広帯域地震動を規定する震源パラメータの統計的特性—震源インバージョン解析に基づく検討—」『電力中央研究所報告研究報告』N11054。
- 鈴木亘, 青井真, 関口春子(2009)「近地強震記録による2009年8月11日駿河湾の地震の震源過程」『日本地震学会講演予稿集 2009年度秋季大会』A11-06, p.5。
- 関口春子・岩田知孝(2002)「2001年芸予地震の破壊過程と強震動」『月刊地球』号外38, pp. 239-246。
- 瀬野徹三(2001)『続プレートテクトニクスの基礎』朝倉書店。
- 瀬野徹三(2005)「世界のプレート運動」『地学雑誌』114(3), pp.350-366。
- 高木圭介, 青池寛, 小山真人(1993)「15～10Ma前後の伊豆・小笠原弧北端部で何が起こったか」『地学雑誌』102(3), pp.252-263。
- 高橋成実(1997)「地震探査による海洋における地殻構造の解明—伊豆小笠原島弧を例にして—」『構造地質研究会誌』第42号, pp.31-40。
- 高橋成美, 小平秀一, 佐藤壮, 山下幹也, 海宝由佳, 三浦誠一, 野徹雄, 瀧澤薫, 野口直人, 下村典夫, 金田義行(2015)「伊豆・小笠原島弧の速度構造」『地学雑誌』124(5), pp.813-827。



# 海洋プレート内地震の地震動評価 参考文献 (4)

- 高橋正樹(2000)『島弧・マグマ・テクトニクス』東京大学出版会。
- 巽好幸(2011)『地球の中心で何が起きているのか 地殻変動のダイナミズムと謎』幻冬社新書。
- 田中喜年, 飯塚正城, 河原木一, 道順茂, 加藤正治, 阿部則幸, 松本正純(2008)「九州・パラオ海嶺 (KPr 1, KPr 2, SPr 1 0) 及び南大東海盆 - 大東海嶺 - 九州・パラオ海嶺横断測線 (DAr 5) における精密地殻構造調査」『海洋情報部技報』Vol. 26, pp.85-99。
- 壇一男, 渡辺基史, 佐藤俊明, 石井透(2001)「断層の非一様すべり破壊モデルから算定される短周期レベルと半経験的波形合成法による強震動予測のための震源断層のモデル化」『日本建築学会構造系論文集』第545号, pp.51-62, 2001年7月。
- 壇一男, 武藤尊彦, 宮腰淳, 渡辺基史(2006)「スラブ内地震による強震動を予測するための特性化震源モデルの設定方法」『日本建築学会構造系論文集』第600号, pp.35-42。
- 平朝彦, 末広潔, 廣井美邦, 巽好幸, 高橋正樹, 小屋口剛博, 嶋本利彦(2010)『新装版地球惑星科学8 地殻の形成』岩波書店。
- 地域地盤環境研究所(2010)『平成21年8月11日駿河湾の地震時に浜岡原子力発電所で観測された地震動の分析業務 報告書』平成22年3月。
- 中央防災会議(2001a)『東海地震に関する専門調査会 (第8回) 説明資料』平成13年9月21日。
- 中央防災会議(2004)『首都直下地震対策専門調査会 (第12回) 地震ワーキンググループ報告書』平成16年11月17日。
- 都司嘉宣(1997)「1995年奄美大島近海地震による地震および津波被害について」『地学雑誌』106(4), pp.486-502。
- 東海・東南海・南海地震の連動性評価プロジェクト(2009)「サブプロジェクト 1 の研究成果の活用および地域研究会の開催」『連動性を考慮した地震動・津波予測及び地震・津波被害予測研究 平成20年度報告書』。
- 東京大学地震研究所『2009年8月11日 駿河湾の地震』 ([http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/topics/200908\\_Tokai/](http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/topics/200908_Tokai/)) 。
- 東京電力株式会社(2009a)「資料第 1 - 1 号 耐専スペクトルの概要(1999年時点の内容)」『原子力安全委員会「応答スペクトルに基づく地震動評価」に関する専門家との意見交換会』平成21年5月22日。
- 東京電力株式会社(2009b)「資料第 1 - 2 号 耐専スペクトルの適用性検討(内陸地殻内地震を対象とした追加検討内容)」『原子力安全委員会「応答スペクトルに基づく地震動評価」に関する専門家との意見交換会』平成21年5月22日。
- 徳山英一, 本座栄一, 木村政昭, 倉本真一, 芦寿一郎, 岡村行信, 荒戸裕之, 伊藤康人, 徐垣, 日野亮太, 野原壯, 阿部寛信, 坂井眞一, 向山建二郎(2001)「日本周辺海域の中新世最末期以降の構造発達史付図 日本周辺海域の第四紀地質構造図」『海洋調査技術』第13巻, 第1号, 海洋調査技術学会。
- 内閣府(2011)『第 3 回会合南海トラフの巨大地震モデル検討会資料 (金田委員提供資料) 』(平成23年10月25日), 南海トラフの巨大地震モデル検討会。
- 内閣府(2012)『南海トラフの巨大地震モデル検討会 (第二次報告) 強震断層モデル編—強震断層モデルと震度分布について—』(平成24年8月29日) 南海トラフの巨大地震モデル検討会。
- 中田高, 徳山英一, 隈元崇, 渡辺満久, 鈴木康弘, 後藤秀昭, 西澤あずさ, 松浦律子(2013)「南海トラフ南方の銭洲断層と1498年明応地震」『日本地球惑星科学連合 2013 年大会予稿集』SSS35-05 (<http://www2.jpgu.org/meeting/2013DVD/2013/html/start.html>) 。
- 長宗留男(1987)「九州 - 琉球列島における稍深発地震とテクトニクス」『地震 第2輯』第40巻, pp.417-423。
- 新色隆二, 山中浩明(2013)「表層地盤の 3 次元的影响を考慮した2003年宮城県北部地震の震源域における地震動のシミュレーション」『物理探査』第66巻, 第3号, pp.139-152。
- 羽鳥徳太郎(1985)「九州東部沿岸における歴史津波の現地調査 - 1662年寛文・1769年明和日向灘および1707年宝永・1854年安政南海道津波 - 」『地震研究所彙報』Vol. 60, pp.439-459。

# 海洋プレート内地震の地震動評価 参考文献（5）

- 長谷川昭, 海野徳仁, 高木章雄, 鈴木貞臣, 本谷義信, 亀谷悟, 田中和夫, 澤田義博(1983)「北海道および東北地方における微小地震の震源分布－広域の験震データの併合処理－」『地震 第2輯』第36巻, pp.129-150。
- 長谷川昭, 中島淳一, 内田直希, 広瀬冬樹, 北佐枝子, 松澤暢(2010)「日本列島下のスラブの三次元構造と地震活動」『地学雑誌』119(2), pp.190-204。
- 久田嘉章(2002)「k-2モデルによる強震動評価」『月刊地球』号外, No.37, pp.179-186。
- 平田大二, 山下浩之, 川手新一(2008)「伊豆・小笠原弧北端部、箱根火山周辺の地形・地質テクトニクス」『神奈川博調査研報（自然）』13, pp.1-12。
- 弘瀬冬樹, 中島淳一, 長谷川昭(2007)「Double-Difference Tomography法における西南日本の3次元地震波速度構造およびフィリピン海プレートの形状の推定」『地震 第2輯』第60巻, pp.1-20。
- 防災科学技術研究所「AQUAシステムメカニズム解カタログ」『Hi-net好感度地震観測網』（[http://www.hinet.bosai.go.jp/AQUA/aqua\\_catalogue.php?LANG=ja](http://www.hinet.bosai.go.jp/AQUA/aqua_catalogue.php?LANG=ja)）。
- 防災科学技術研究所「地震のメカニズム情報 月別リスト」『F-net広帯域地震観測網』（<http://www.fnet.bosai.go.jp/event/joho.php?LANG=ja>）。
- 防災科学技術研究所『Topics 2001年 静岡県中部の地震活動』（<http://www.hinet.bosai.go.jp/topics/shizuoka010403/>）。
- 防災科学技術研究所『Topics 2009年8月11日駿河湾の地震』（<http://www.hinet.bosai.go.jp/topics/suruga-bay090811/>）。
- 松浦律子, 中村操, 茅野一郎, 唐鎌郁夫(2003)「震度分布にもとづく江戸時代の4 地震の震源域と規模の再検討（概報）： 1662 年日向灘・1769 年日向・豊後・1847 年善光寺地震・1861 年宮城の4地震について」『歴史地震』第 19 号, pp.53-61。
- 松崎伸一, 大野裕記, 池田倫治, 福島美光(2003)「震源分布からみた伊予灘周辺フィリピン海プレートの形状および地震特性」『地震第2輯』第56巻, pp.267-279。
- 村松郁栄(1969)「震度分布と地震のマグニチュードとの関係」『岐阜大学教育学部研究報告』自然科学, 第4巻, 第3号, pp.168-176。
- 森川信之, 笹谷努, 藤原広行(2002)「経験的グリーン関数法によるスラブ内地震の震源モデルの構築」『第11回日本地震工学シンポジウム』pp.133-138。
- 横田裕輔, 瀬藤一起, 三宅弘恵, 塚越大, 石瀬素子, 坂上実(2009)「2009年駿河湾の地震の強震動と震源過程」『日本地震学会講演予稿集 2009年度秋季大会』A11-08, p.6。
- 渡辺偉夫(1998)『日本被害津波総覧（第2版）』東京大学出版会。

# 海洋プレート内地震の地震動評価 参考文献 (6)

[英文]

- Aki, K., and P. G. Richards(1980), "Quantitative seismology, Theory and Methods", Volume II, W. H. Freeman and Company, San Francisco, pp.803-805.
- Alaska Earthquake Information Center "THE SEQUENCE OF STRONG INTRASLAB EVENTS IN KODIAK ISLAND, ALASKA, IN 1999-2001".
- Asano, K., T. Iwata, and K. Irikura(2003), "Source characteristics of shallow intraslab earthquakes derived from strong-motion simulations", Earth Planets Space, 55, e5-e8.
- ASANO, K., T. IWATA, and K. IRIKURA(2004), "CHARACTERIZATION OF SOURCE MODELS OF SHALLOW INTRASLAB EARTHQUAKES USING STRONG MOTION DATA", 13th World Conference on Earthquake Engineering Vancouver, B.C., Canada, August 1-6, 2004, Paper No.835.
- Argus, D. F., R. G. Gordon, M. B. Heflin, C. Ma, R. J. Eanes, P. Willis, W. R. Peltier, and S. E. Owen(2010), "The angular velocities of the plates and the velocity of Earth's centre from space geodesy", Geophysical Journal International, Volume 180, Issue 3, pp.913–960, February 2010.
- BOORE, D. M. (1983), "STOCHASTIC SIMULATION OF HIGH – FREQUENCY GROUND MOTIONS BASED ON SEISMOLOGICAL MODELS OF THE RADIATED SPECTRA", Bulletin of the Seismological Society of America, Vol.73, No.6, pp.1865-1894.
- BOORE, D. M. and J. BOATWRIGHT(1984), "AVERAGE BODY-WAVE RADIATION COEFFICIENTS", Bulletin of the Seismological Society of America, Vol.74, No.5, pp. 1615-1621.
- Braitenberg, C., S. Wienecke, and Y. Wang(2006), " Basement structures from satellite-derived gravity field: South China Sea ridge", JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL.111, B05407.
- BRIAIS, A., P. ATRIATA, and N. A. APPONNIER(1993), "Updated Interpretation of Magnetic Anomalies and Seafloor Spreading Stages in the South China Sea: Implications for the Tertiary Tectonic of Southeast Asia", JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL. 98, NO. B4, pp.6299-6328.
- BYERLEE, J.(1978 ), "Friction of Rocks", Pageoph, Vol. 116 (1978), Birkhauser Verlag, pp.615-626.
- Chang, C. P., J. Angelier, C. Y. Huang(2000), "Origin and evolution of a mélangé: the active plate boundary and suture zone of the Longitudinal Valley, Taiwan ", Tectonophysics, 325, pp.43–62.
- Cascadia Region Earthquake Workgroup(2008)"Cascadia Deep Earthquakes".
- Central Meteorological Observatory(1952), "The Catalogue of Major Earthquakes which occurred in Japan(1885-1950)", Seism. Bull. Cent. Meteor. Observatory, For the year 1950, pp.99-183.
- Cullen, A., P. Reemst, G. Henstra, S. Gozzard, and Aor. Ray(2010), "Rifting of the South China Sea: new perspectives", Petroleum Geoscience, Vol. 16, pp. 273-282.
- DeMets, C., R. G. Gordon, and D. F. Argus(2010), "Geologically current plate motions", Geophysical Journal International, Volume 181, Issue 1, April 2010.
- FUJII, Y. and M. MATSUURA(2000), "Regional Difference in Scaling Laws for Large Earthquakes and its Tectonic Implication", Pure Appl. Geophys, Vol.157, pp.2283-2302.
- GARDNER, G. H. F., L. W. GARDNER, and A. R. GREGORY(1974), "FORMATION VELOCITY AND DENSITY – THE DIAGNOSTIC BASICS FOR STRATIGRAPHIC TRAPS", GEOPHYSICS, Vol.39, No. 6, pp.770-780.
- GAO Xiang, ZHANG Jian, SUN Yu-Jun, WU Shi-Guo(2012), " A SIMULATION STUDY ON THE THERMAL STRUCTURE OF MANILA TRENCH SUBDUCTION ZONE ", CHINESE JOURNAL OF GEOPHYSICS Vol.55, No.1, pp: 3545.

# 海洋プレート内地震の地震動評価 参考文献 (7)

- GELLER, R. J. (1976), "SCALING RELATIONS FOR EARTHQUAKE SOURCE PARAMETERS AND MAGNITUDES", Bulletin of the Seismological Society of America, Vol.66, No.5, pp.1501-1523.
- Gutenberg, B. and C. F. Richter(1954), Seismicity of the Earth and Associated Phenomena 2<sup>nd</sup> Ed, Princeton Univ. Press, Princeton, N. J., pp.310.
- Harada, S., K. Kamae, H. Kawabe, and H. Uebayashi(2012), "Source modeling of the off Miyagi Intraslab Earthquake ( $M_{JMA} = 7.1$ ) occurred on April 7", 15th World Conference on Earthquake Engineering.
- Heuret, A., and S. Lallemand(2005), "Plate motions, slab dynamics and back-arc deformation", Physics of the Earth and Planetary Interiors, 149, pp.31-51.
- Hisada, Y.(1994), "An Efficient Method for Computing Green's Functions for a Layered Half-Space with Sources and Receivers at Close Depths", Bulletin of the Seismological Society of America, Vol.84, No.5, pp.1456-1472.
- Housner, G.W.(1952), "Spectrum Intensity of Strong Motion Earthquakes", Proceedings of 1952 Symposium on Earthquake and Blast Effects on Structures, Earthquake Engineering Research Institute, pp.72-88.
- Hsu, S. K., Y.C. Yeh, W. B. Doo, and C. H. Tsai(2005), "New bathymetry and magnetic lineations identifications in the northernmost South China Sea and their tectonic implications", Marine Geophysical Researches, Springer, pp. 29-44.
- Ichinose, G. A., H. K. Thio, and P. G. Somerville(2004), " Rupture process and near-source shaking of the 1965 Seattle-Tacoma and 2001 Nisqually, intraslab earthquakes ", GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, VOL. 31, L10604.
- Ichinose, G. A., H. K. Thio, and P. G. Somerville(2006), " Moment Tensor and Rupture Model for the 1949 Olympia, Washington, Earthquake and Scaling Relations for Cascadia and Global Intraslab Earthquakes ", Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 96, No. 3, pp. 1029-1037.
- Kakehi, Y. (2004), "Analysis of the 2001 Geiyo, Japan, earthquake using high-density strong ground motion data: Detailed rupture process of a slab earthquake in a medium with a large velocity contrast", Journal of Geophysical Research, Vol. 109, B08306.
- Kamae, K., and K. Irikura(1992), "Prediction of site-specific strong ground motion using semi-empirical methods", Earthquake Engineering, Tenth World Conference, pp.801-806.
- Kanno, T., A. Narita, N. Morikawa, H. Fujiwara, and Y. Fukushima(2006), "A New Attenuation Relation for Strong Ground Motion in Japan Based on Recorded Data", Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 96, No. 3, pp. 879-897.
- Kawasumi, H.(1951), "Measure of Earthquake Danger and Expectancy of Maximum Intensity Throughout Japan as Inferred from the Seismic Activity in Historical Times", Bull. Earthq. Res. Inst., 29, pp.469-482.
- Kodaira, S., A. Nakanishi, J-O Park, A. Ito, T Tsuru, and Y. Kaneda(2003) "Cyclic ridge subduction at an inter-plate locked zone off central Japan", FRONTIER RESEARCH ON EARTH EVOLUTION, VOL. 1, pp.139-144.
- Kodaira, S., T. Iidaka, A. Kato, J. Park, T. Iwasaki, and Y. Kaneda(2004), " High Pore Fluid Pressure May Cause Silent Slip in the Nankai Trough", Science, Vol.304, pp 1295-1298.
- Kodaira, S., T. Sato, N. Takahashi, A. Ito, Y. Tamura, Y. Tatsumi, and Y. Kaneda(2007) " Seismological evidence for variable growth of crust along the Izu intraoceanic arc", JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL. 112, B05104.
- Kodaira, S., T. Sato, N. Takahashi, M. Yamashita, T. No, and Y. Kaneda(2008), "Seismic imaging of a possible paleoarc in the Izu-Bonin intraoceanic arc and its implications for arc evolution processes", Geochemistry Geophysics Geosystems, Vol.9, No.10.

# 海洋プレート内地震の地震動評価 参考文献 (8)

- Lallemand, S., A. Heuret, and D. Boutelier(2005), "On the relationships between slab dip, back-arc stress, upper plate absolute motion, and crustal nature in subduction zones", *Geochemistry Geophysics Geosystems*, Volume 6, Number 9.
- LANGSTON, C. A., AND D. E. BLUM(1977), "THE APRIL 29, 1965, PUGET SOUND EARTHQUAKE AND THE CRUSTAL AND UPPER MANTLE STRUCTURE OF WESTERN WASHINGTON", *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol.67, No.3, pp.693-711.
- Li, J. B., W. W. Ding, Z. Y. Wu, J. Zhang, and Z. C. Dong(2012), "The propagation of seafloor spreading in the southwestern subbasin, South China Sea", *Chinese Science Bulletin*, Vol.57, No.24, pp.3182-3191.
- Li, Q, P. Wang , Q. Zhao, L. Shao , G. Zhong, J. Tian , X. Cheng, Z. Jian, and X. Su(2006), "A 33 Ma lithostratigraphic record of tectonic and paleoceanographic evolution of the South China Sea", *Marine Geology* 230, pp.217-235.
- MATSUZAKI, S., A. PITARKA, N. COLLINS, R. GRAVES, and Y. FUKUSHIMA(2010), "A Characteristic Rupture Model for the 2001 Geiyo, Japan Earthquake", *Pure and Applied Geophysics*, Published online: 24 April 2010.
- Miyoshi, T., T. Saito, and K. Shiomi(2012), "Waveguide effects within the Philippine Sea slab beneath southwest Japan inferred from guided *SP converted waves* ", *Geophysical Journal International* , 189, pp.1075-1084.
- Mohamed, F. A. , and D. Zhao(2007), " Deep structure of the Japan subduction zone ", *Physics of the Earth and Planetary Interiors* 162, pp.32–52.
- Morikawa, N., and T. Sasatani(2004), "Source models of two large intraslab earthquakes from broadband strong ground motions", *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 94, No. 3, pp. 803-817.
- Muller, R. D., W. R. Roest, J. Y. Royer, L. M. Gahagan, and J. G. Sclater (1997), "Digital isochrons of the world's ocean floor", *Journal of Geophysical Research* 102, pp.3211-3214.
- Noda, S., K. Yashiro, K. Takahashi, M. Takemura, S. Ohno, M. Tohdo, and T. Watanabe(2002), "RESPONSE SPECTRA FOR DESIGN PURPOSE OF STIFF STRUCTURES ON ROCK SITES", *The OECD-NEA Workshop on the Relations between Seismological Data and Seismic Engineering Analysis*, Oct.16-18, Istanbul.
- Obana, K., S. Kodaira, and Y. Kaneda(2004), "Microseismicity around rupture area of the 1944 Tonankai earthquake from ocean bottom seismograph observations", *Earth and Planetary Science Letters* 222, pp.561-572.
- Okino, K., Y. Shimakawa, and S. Nagaoka(1994), "Evolution of the Shikoku Basin", *J. Geomag Geoelectr.*,46, pp.463-479.
- Park, S., and J. Mori(2005), "The 2004 sequence of triggered earthquakes off the Kii peninsula, Japan", *Earth Planets Space*, Vol.57, pp.315-320.
- Pulido, N. (2003), " SEISMOTECTONICS OF THE NORTHERN ANDES (COLOMBIA) AND THE DEVELOPMENT OF SEISMIC NETWORKS", *Bulletin of the International Institute of Seismology and Earthquake Engineering*, 2003 Special Edition, p69-76.
- Ruff, L. and H. Kanamori(1980), "Seismicity and the subduction process", *Phys. Earth Planet. Inter.*, 23, 240-252, 1980.
- Harada, S., K. Kamae, H. Kawabe, and H. Uebayashi(2012), "Source modeling of the off Miyagi Intraslab Earthquake(MJMA = 7.1) occurred on April 7, 2011", *15 WCEE LISBOA 2012*.
- Seno, T. and M. Yoshida(2004), "Where and why do large shallow intraslab earthquakes occur?", *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 141, pp.183–206.
- Seno, T., D. Zhao, Y. Kobayashi, M. Nakamura (2001), "Dehydration in serpentinized slab mantle: Seismic evidence from southwest Japan ", *Earth Planets Space*, 53, pp.861-871.

# 海洋プレート内地震の地震動評価 参考文献 (9)

- SHIONO, K., T. MIKUMO, and Y. ISHIKAWA(1980), "TECTONICS OF THE KYUSHU-RYUKYU ARC AS EVIDENCED FROM SEISMICITY AND FOCAL MECHANISM OF SHALLOW TO INTERMEDIATE-DEPTH EARTHQUAKES" J. Phys. Earth, 28, pp.17-43.
- Scholz, C.H., P. Molnar, and T. Johnson(1972), "Detailed studies of frictional sliding of granite and implications for the earthquake mechanism", J.Geophys. Res., 77, pp.6392-6406.
- Takahashi.H, H.Amano, K.Hirata, H.Kinoshita, S.Lallemant, H.Tokuyama, F.Yamamoto, A.Taira, and K.Suyehiro(2002), "Faults configuration around the eastern Nankai trough deduced by multichannel seismic profiling", Marine Geology, Vol.187, pp.31-46.
- Takahashi,N., S. Kodaira, Y. Tatsumi, M. Yamashita, T. Sato, Y. Kaiho, S. Miura, T. No, K. Takizawa, and Y. Kaneda(2009), " Structural variations of arc crusts and rifted margins in the southern Izu-Ogasawara arc-back arc system", Geochemistry Geophysics Geosystems, Vol.10, No.9.
- Takeo, M., S. Ide, and Y. Yoshida(1993), "The 1993 Kuroshio-Oki, Japan, earthquake: A high stress-drop event in a subducting slab", Vol. 20, No. 23, pp. 2607-2610.
- UNAVCO "Plate Motion Calculator" (<http://www.unavco.org/software/geodetic-utilities/plate-motion-calculator/plate-motion-calculator.html>).
- USGS"Posters By Region", Earthquake Hazards Program(<http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eqarchives/poster/byregion.php>).
- Wada, I., S. Mazzotti, and K. Wang(2010), " Intraslab Stresses in the Cascadia Subduction Zone from Inversion of Earthquake Focal Mechanisms ", Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 100, No. 5A, pp. 2002-2013.
- Wang. Z., D. Zhao, J. Wang, and H. Kao(2006), "Tomographic evidence for the Eurasian lithosphere subducting beneath south Taiwan", GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, VOL. 33, L18306.
- Xu, J., and Y. Kono(2002), " Geometry of slab, intraslab stress field and its tectonic implication in the Nankai trough, Japan", Earth Planets Space, 54, pp.733-742.
- Zhang, H., and C. H. Thurber(2003), "Double-Difference Tomography: The Method and Its Application to the Hayward Fault, California", Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 93, No. 5, pp. 1875-1889.
- Zhao, J. X., J. Zhang, A. Asano, Y. Ohno, T. Oouchi, T. Takahashi, H. Ogawa, K. Irikura, H. K. Thio, P. G. Somerville, Y. Fukushima and Y.Fukushima(2006), "Attenuation Relations of Strong Ground Motion in Japan Using Site Classification Based on Predominant Period", Bulletin of the Seismological Society of America, Vol.96, No.3, pp. 898-913.
- Zhao, D. (2009), "Multiscale seismic tomography and mantle dynamics", Gondwana Research, 15, pp297-323.

---

余白



中部電力