資料２

中部電力

浜岡原子力発電所の基準地震動について

中部電力株式会社

2024年1月12日

浜岡原子力発電所の基準地震動（概要）

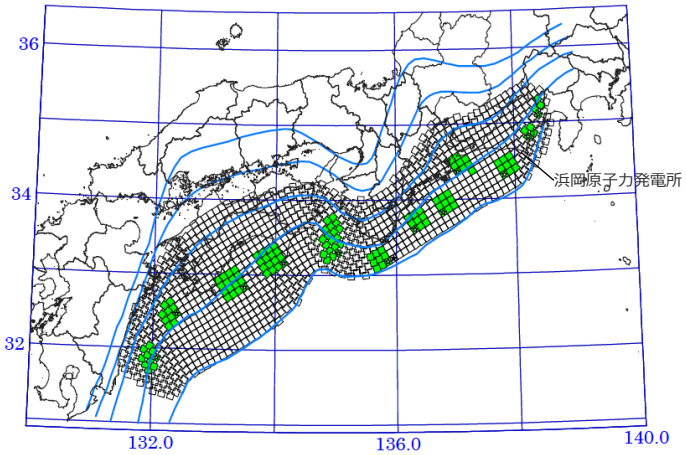
○**内閣府(2012)による南海トラフの最大クラスのプレート間地震の断層モデルに基づき地震動評価**を行い基準地震動を策定。
○**2009年駿河湾の地震において５号機周辺で見られた地震動の顕著な増幅を考慮**した基準地震動も策定。

地震動の顕著な増幅が見られない

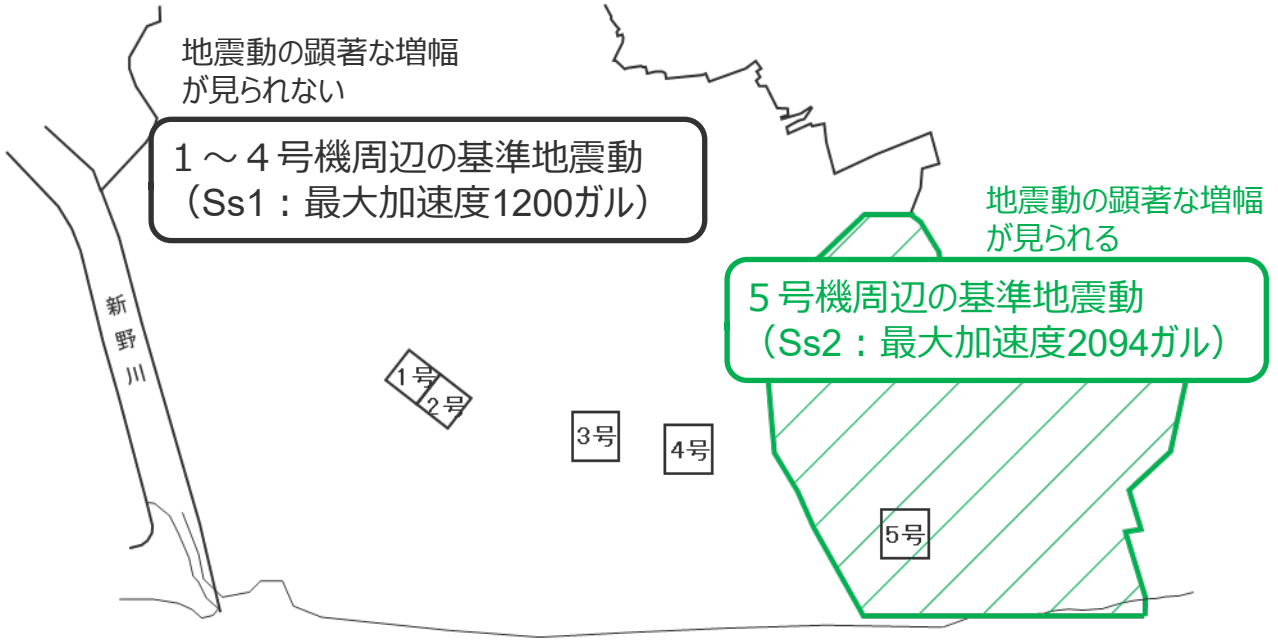
○ **１～４号機周辺の基準地震動Ss1**
：25波（最大加速度1200ガル）
・応答スペクトルに基づく手法による基準地震動Ss1-D（1200ガル）
・断層モデルを用いた手法による基準地震動Ss1-1～Ss1-23（1173ガル）
・震源を特定せず策定する地震動による基準地震動Ss1-N（1034ガル）

地震動の顕著な増幅が見られる

○ **５号機周辺の基準地震動Ss2**
：24波（最大加速度2094ガル）
・応答スペクトルに基づく手法による基準地震動Ss2-D（2000ガル）
・断層モデルを用いた手法による基準地震動Ss2-1～Ss2-22（2094ガル）
・震源を特定せず策定する地震動による基準地震動Ss2-N（1766ガル）



＜内閣府モデル（最大クラスの地震）＞
（内閣府(2012)に敷地位置を加筆）



＜浜岡原子力発電所の基準地震動＞

・内閣府(2012)：内閣府「南海トラフの巨大地震モデル検討会」(2012)

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

目次

1　基準地震動の策定の概要

2　プレート間地震等の地震動評価と基準地震動

2.1　プレート間地震の地震動評価

2.2　その他の地震の地震動評価

2.3　基準地震動Ss1の策定

3　駿河湾地震における５号機増幅を踏まえた地震動評価と基準地震動

3.1　地震動の顕著な増幅の分析と考慮方法

3.2　地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価

3.3　基準地震動Ss2の策定

4　まとめ

補足

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

目次

1 基準地震動の策定の概要

2 プレート間地震等の地震動評価と基準地震動

2.1 プレート間地震の地震動評価

2.2 その他の地震の地震動評価

2.3 基準地震動Ss1の策定

3 駿河湾地震における５号機増幅を踏まえた地震動評価と基準地震動

3.1 地震動の顕著な増幅の分析と考慮方法

3.2 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価

3.3 基準地震動Ss2の策定

4 まとめ

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<1　基準地震動の策定の概要>

基準地震動の策定

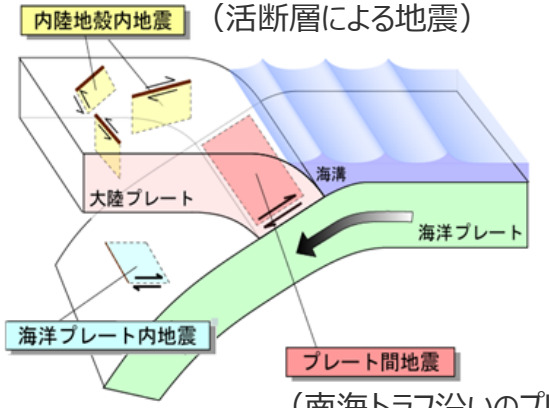
（「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」、「震源を特定せず策定する地震動」）

○ 基準地震動は、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」としてプレート間地震による地震動等を検討し、「震源を特定せず策定する地震動」も検討して策定。

敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

○敷地周辺で発生する**プレート間地震、内陸地殻内地震（活断層による地震）、海洋プレート内地震**を調査し、それぞれ敷地に影響の大きいものを**検討用地震**として選定。

○検討用地震ごとに、**応答スペクトルに基づく手法**と**断層モデルを用いた手法**により**地震動評価**を実施。（次ページ参照）

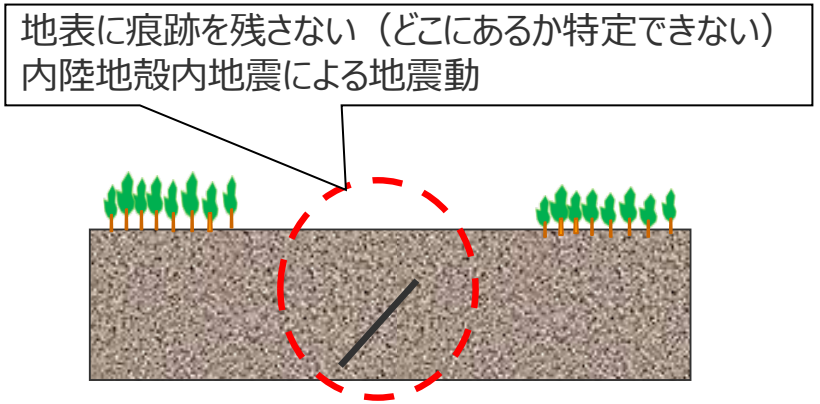


（南海トラフ沿いのプレート間地震）

震源を特定せず策定する地震動

○敷地近傍において発生する可能性のある内陸地殻内地震の全てを事前に評価しうるとは言い切れないとの観点から、**地表に痕跡を残さない内陸地殻内地震による地震動**を評価。

○全国共通で、**標準応答スペクトル**及び**2004年北海道留萌支庁南部の地震の基盤地震動**に基づく評価を実施。



Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<1　基準地震動の策定の概要>

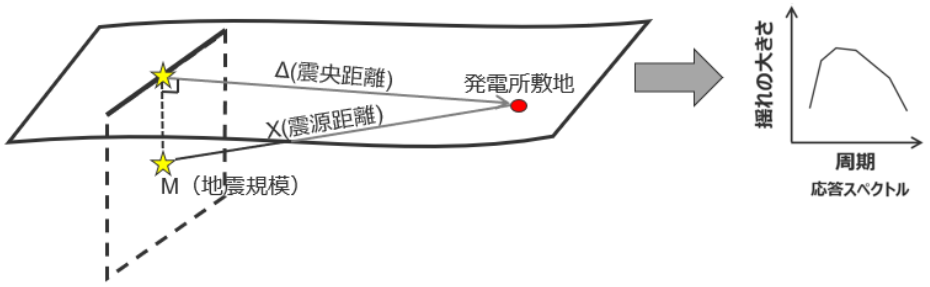
基準地震動の策定

（応答スペクトルに基づく手法、断層モデルを用いた手法）

応答スペクトルに基づく手法

○地震観測記録に基づく経験式により、地震規模と震源距離から、評価地点における**地震動の応答スペクトルを評価**。

○浜岡原子力発電所の地震動評価では、岩盤における観測記録に基づき提案された式で、解放基盤表面における水平方向及び鉛直方向の地震動の応答スペクトルを評価することができるNoda et al.(2002)の方法を採用。

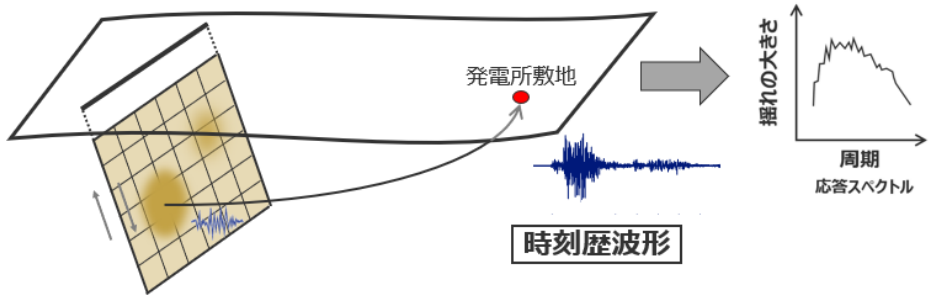


<応答スペクトルに基づく地震動評価>

断層モデルを用いた手法

○震源断層モデルを用いて、断層の破壊過程を考慮し、評価地点の**地震動の時刻歴波形を評価**。応答スペクトルは、時刻歴波形から算定。

○浜岡原子力発電所の地震動評価では、地下構造モデルの妥当性を確認した統計的グリーン関数法（短周期領域）と波数積分法（長周期領域）によるハイブリッド合成法を採用。



<断層モデルを用いた手法による地震動評価>

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

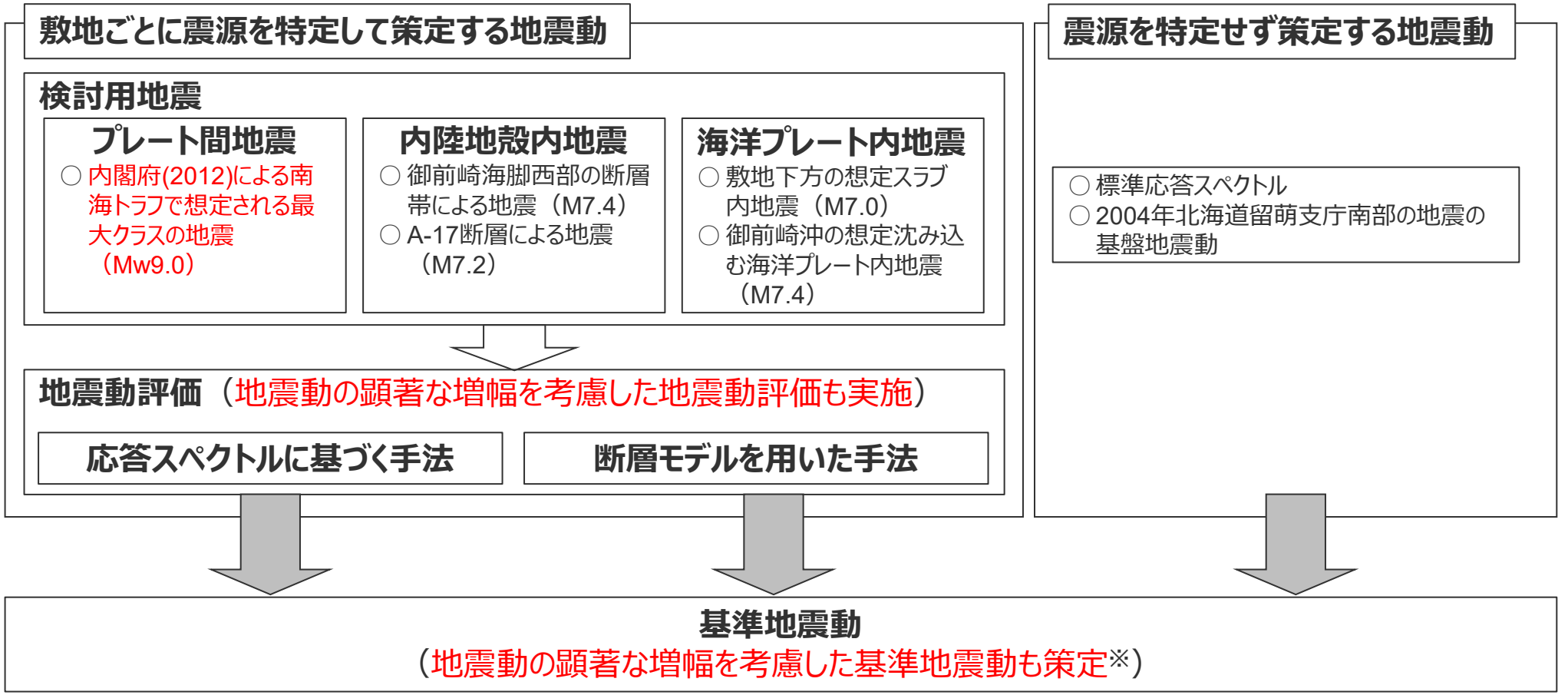
<1　基準地震動の策定の概要>

浜岡原子力発電所の基準地震動の概要

（浜岡原子力発電所の基準地震動の特徴と策定フロー）

○敷地の地震動に影響が大きい地震はプレート間地震であり、**内閣府(2012)による南海トラフの最大クラスのプレート間地震の断層モデルを考慮して地震動評価**を行い基準地震動を策定。

○**2009年駿河湾の地震において５号機周辺で見られた地震動の顕著な増幅を考慮**した基準地震動も策定。



※　地震動の顕著な増幅が見られない１～４号機周辺で用いる基準地震動をSs1、地震動の顕著な増幅が見られる５号機周辺で用いる基準地震動をSs2として策定

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<1　基準地震動の策定の概要>

浜岡原子力発電所の基準地震動の概要

（１～４号機周辺の基準地震動Ss1、５号機周辺の基準地震動Ss2）

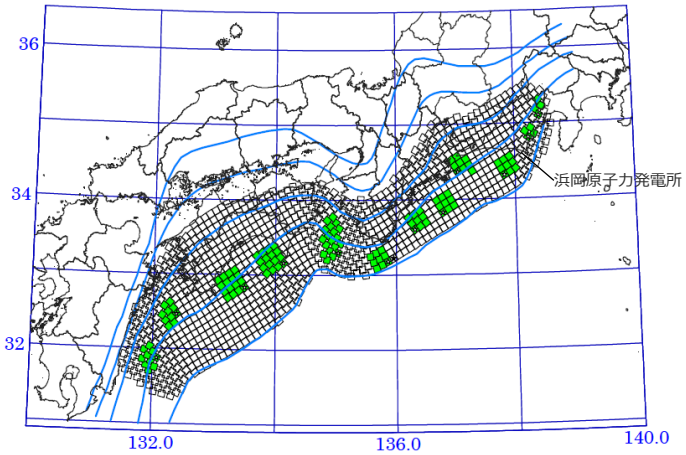
○**内閣府(2012)による南海トラフの最大クラスのプレート間地震の断層モデルに基づき地震動評価**を行い基準地震動を策定。
○**2009年駿河湾の地震において５号機周辺で見られた地震動の顕著な増幅を考慮**した基準地震動も策定。

地震動の顕著な増幅が見られない

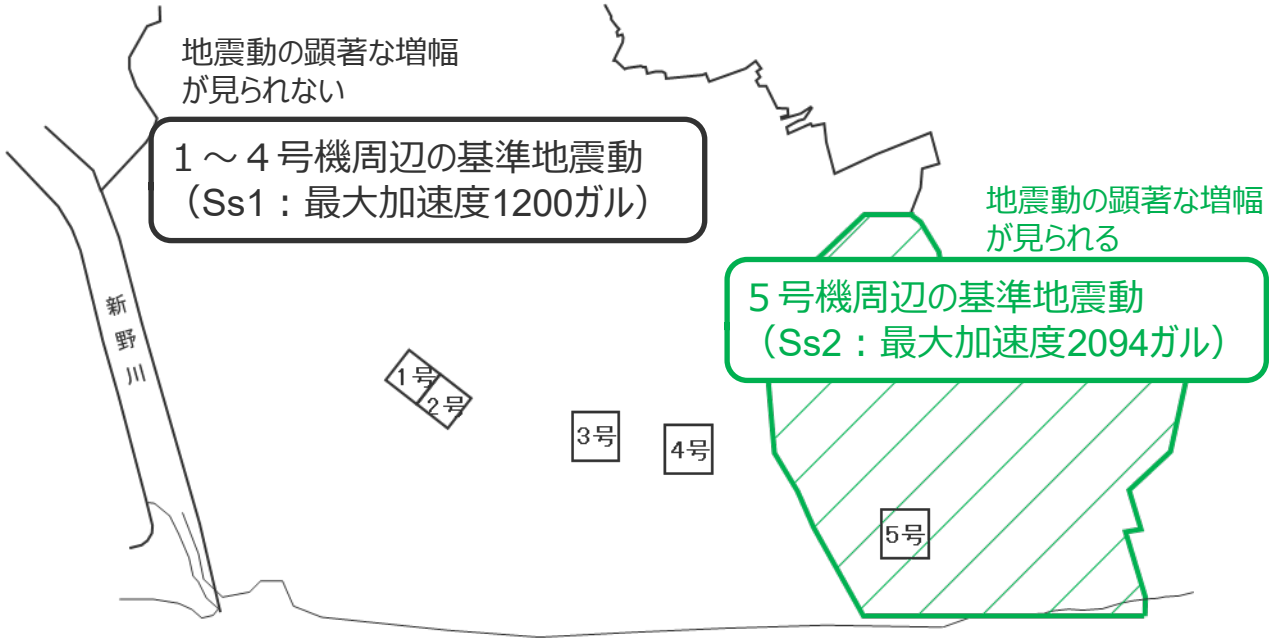
○１～４号機周辺の基準地震動Ss1
：25波（最大加速度1200ガル）
・応答スペクトルに基づく手法による基準地震動Ss1-D（1200ガル）
・断層モデルを用いた手法による基準地震動Ss1-1～Ss1-23（1173ガル）
・震源を特定せず策定する地震動による基準地震動Ss1-N （1034ガル）

地震動の顕著な増幅が見られる

○５号機周辺の基準地震動Ss2
：24波（最大加速度2094ガル）
・応答スペクトルに基づき手法による基準地震動Ss2-D （2000ガル）
・断層モデルを用いた手法による基準地震動Ss2-1～Ss2-22 （2094ガル）
・震源を特定せず策定する地震動による基準地震動Ss2-N （1766ガル）



＜内閣府モデル（最大クラスの地震）＞
（内閣府(2012)に敷地位置を加筆）



＜浜岡原子力発電所の基準地震動＞

・内閣府(2012)：内閣府「南海トラフの巨大地震モデル検討会」(2012)

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

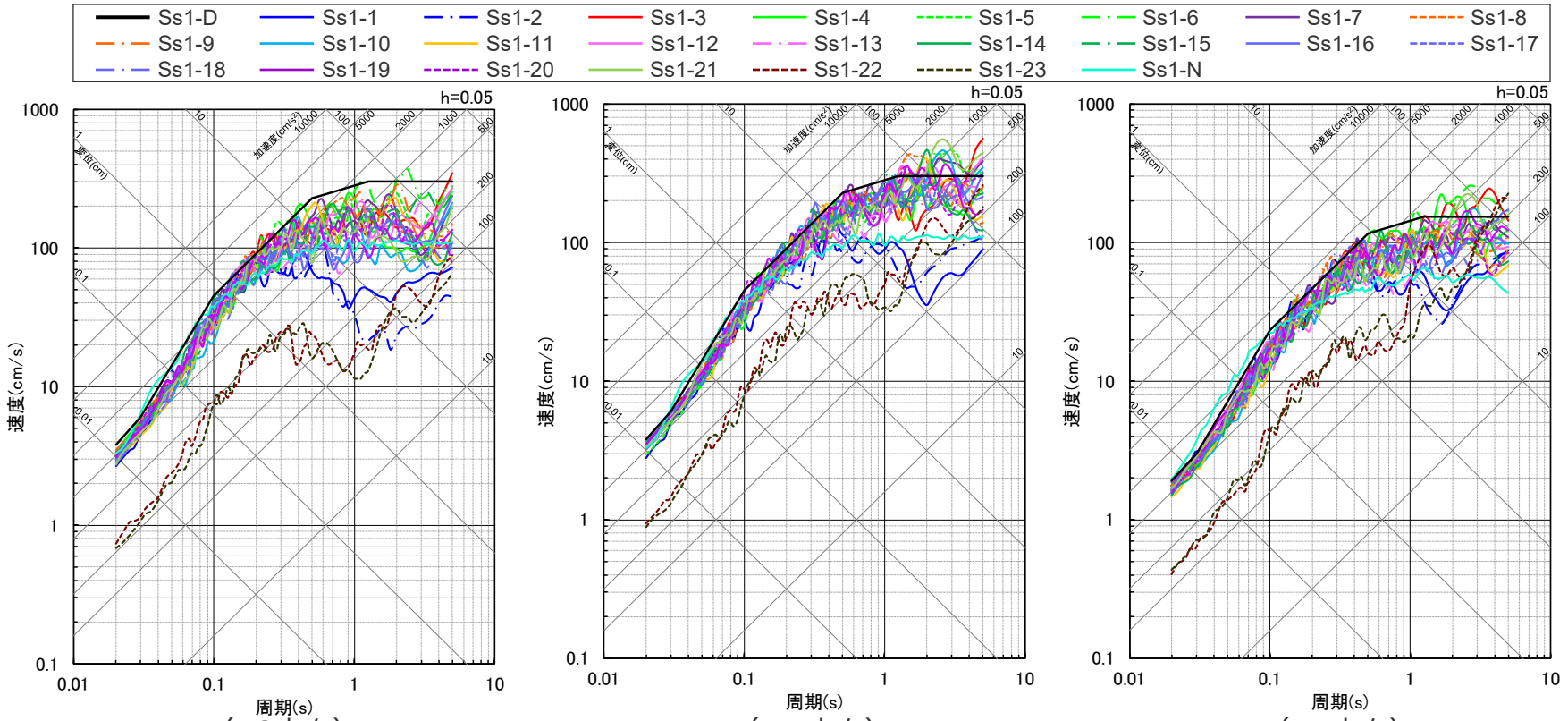
<1　基準地震動の策定の概要>

浜岡原子力発電所の基準地震動の概要
（１～４号機周辺の基準地震動Ss1）

○地震動の顕著な増幅が見られない１～４号機周辺の基準地震動Ss1は25波を策定（最大加速度1200ガル）。

・応答スペクトルに基づく手法による基準地震動Ss1-D（1200ガル）
・断層モデルを用いた手法による基準地震動Ss1-1～Ss1-23（1173ガル）
・震源を特定せず策定する地震動による基準地震動Ss1-N（1034ガル）

・Ss1-1, Ss1-2　：内陸地殻内地震
・Ss1-3～Ss1-21　：プレート間地震
・Ss1-22, Ss1-23　：海洋プレート内地震
・Ss1-N　：標準応答スペクトルに基づく地震動



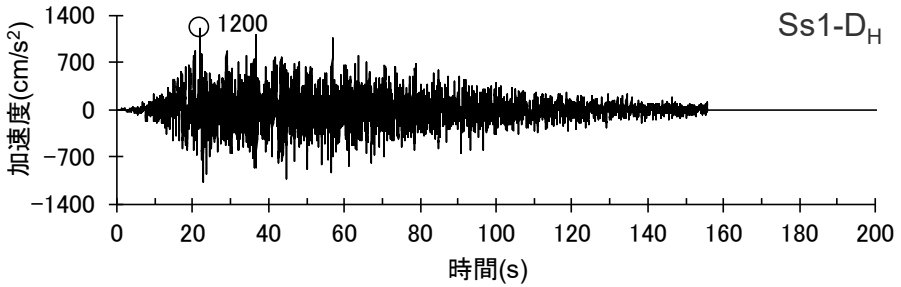
（NS方向）　（EW方向）　（UD方向）

＜基準地震動Ss1（Ss1-D、Ss1-1～Ss1-23、Ss1-N）（応答スペクトル）＞

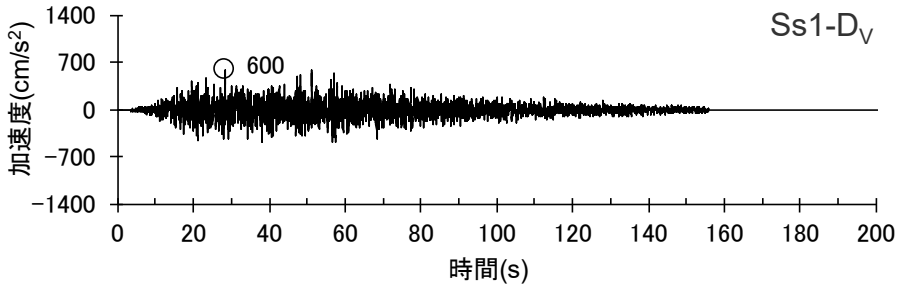
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<1　基準地震動の策定の概要>

浜岡原子力発電所の基準地震動の概要
（１～４号機周辺の基準地震動Ss1）

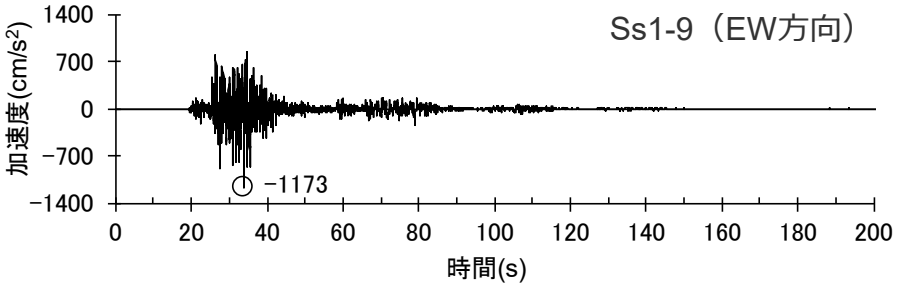


（水平動）

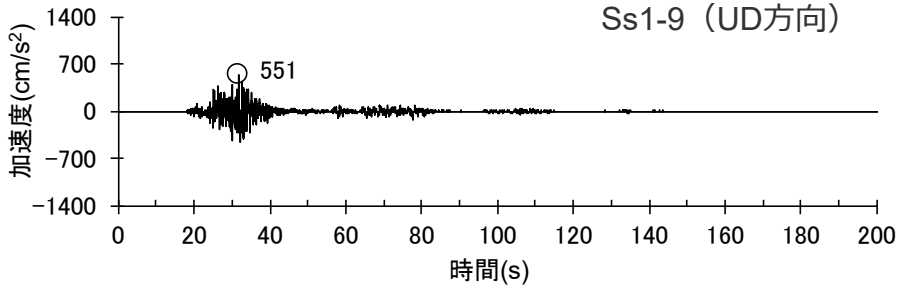


（鉛直動）

＜応答スペクトルに基づく手法による基準地震動の加速度時刻歴波形（Ss1-D）＞



（水平動（EW方向））



（鉛直動（UD方向））

＜断層モデルを用いた手法による基準地震動の加速度時刻歴波形の例（Ss1-9（プレート間地震）、最大加速度が最も大きいケース）＞

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<1　基準地震動の策定の概要>

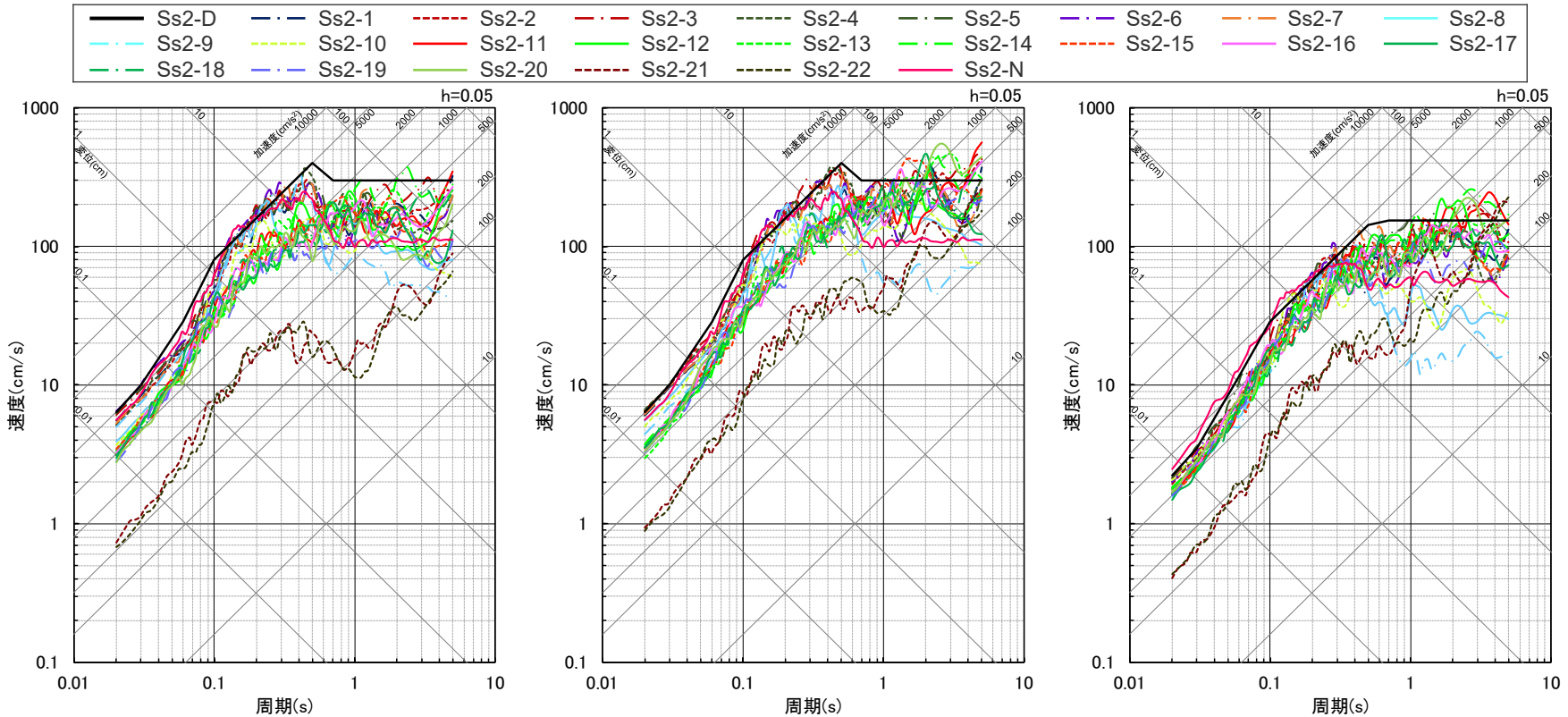
浜岡原子力発電所の基準地震動の概要
（５号機周辺の基準地震動Ss2）

○地震動の顕著な増幅が見られる５号機周辺の基準地震動Ss2※は24波を策定（最大加速度2094ガル）。

※　基準地震動Ss2には地震動の顕著な増幅を考慮しない場合も考慮（p.66,67参照）

・応答スペクトルに基づく手法による基準地震動Ss2-D （2000ガル）
・断層モデルを用いた手法による基準地震動Ss2-1～Ss2-22 （2094ガル）
・震源を特定せず策定する地震動による基準地震動Ss2-N （1766ガル）

・Ss2-1～Ss2-7　：プレート間地震（地震動の顕著な増幅を考慮）
・Ss2-8～Ss2-10　：海洋プレート内地震（地震動の顕著な増幅を考慮）
・Ss2-11～Ss2-20 ：プレート間地震
・Ss2-21, Ss2-22　：海洋プレート内地震
・Ss2-N　：標準応答スペクトルに基づく地震動（地震動の顕著な増幅を考慮）



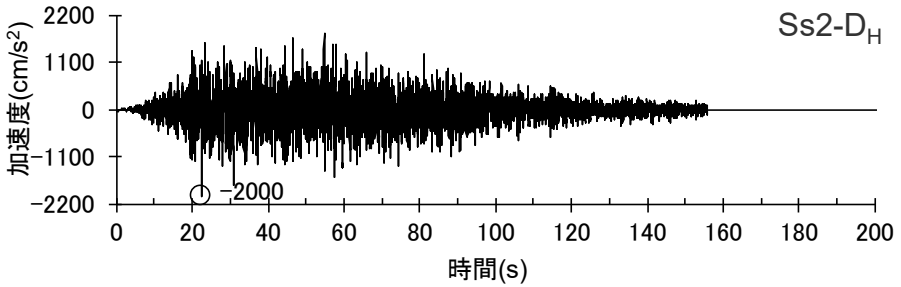
（NS方向）　（EW方向）　（UD方向）

<基準地震動Ss2（Ss2-D、Ss2-1～Ss2-22、Ss2-N）（応答スペクトル）>

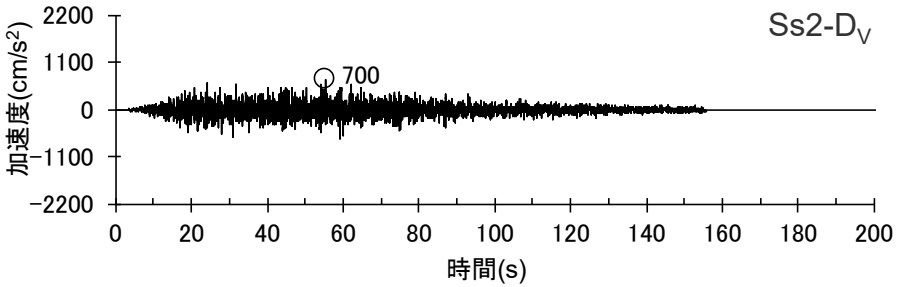
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<1　基準地震動の策定の概要>

浜岡原子力発電所の基準地震動の概要
（５号機周辺の基準地震動Ss2）

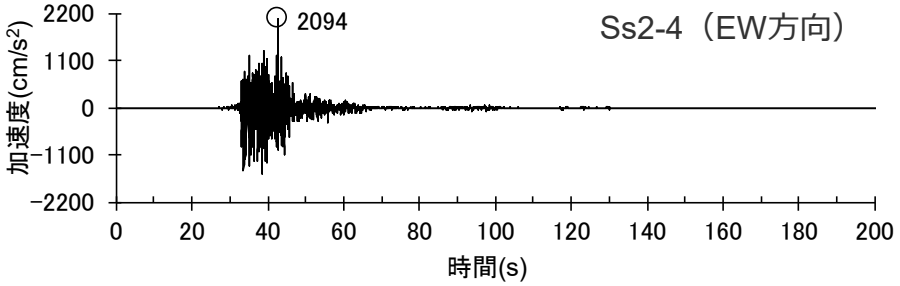


（水平動）

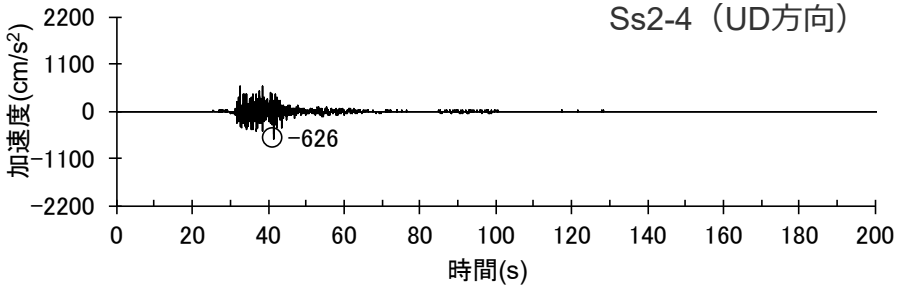


（鉛直動）

＜応答スペクトルに基づく手法による基準地震動の加速度時刻歴波形（Ss2-D）＞



（水平動（EW方向））



（鉛直動（UD方向））

＜断層モデルを用いた手法による基準地震動の加速度時刻歴波形の例（Ss2-4（プレート間地震）、最大加速度が最も大きいケース）＞

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

目次

1 基準地震動の策定の概要

2 プレート間地震等の地震動評価と基準地震動

2.1 プレート間地震の地震動評価

2.2 その他の地震の地震動評価

2.3 基準地震動Ss1の策定

3 駿河湾地震における５号機増幅を踏まえた地震動評価と基準地震動

3.1 地震動の顕著な増幅の分析と考慮方法

3.2 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価

3.3 基準地震動Ss2の策定

4 まとめ

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<2　プレート間地震等の地震動評価と基準地震動>

基準地震動Ss1の策定フロー

敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

検討用地震

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）

内陸地殻内地震
- ○ 御前崎海脚西部の断層帯による地震（M7.4）
- ○ A-17断層による地震（M7.2）

海洋プレート内地震
- ○ 敷地下方の想定スラブ内地震（M7.0）
- ○ 御前崎沖の想定沈み込む海洋プレート内地震（M7.4）

地震動評価

応答スペクトルに基づく手法

断層モデルを用いた手法

震源を特定せず策定する地震動

- ○ 標準応答スペクトル
- ○ 2004年北海道留萌支庁南部の地震の基盤地震動

基準地震動Ss1

（地震動の顕著な増幅が見られない１～４号機周辺の基準地震動）

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

目次

1 基準地震動の策定の概要

2 プレート間地震等の地震動評価と基準地震動

2.1 プレート間地震の地震動評価

2.2 その他の地震の地震動評価

2.3 基準地震動Ss1の策定

3 駿河湾地震における５号機増幅を踏まえた地震動評価と基準地震動

3.1 地震動の顕著な増幅の分析と考慮方法

3.2 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価

3.3 基準地震動Ss2の策定

4 まとめ

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<2.1　プレート間地震の地震動評価>

プレート間地震の地震動評価

敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

検討用地震

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）

内陸地殻内地震
○ 御前崎海脚西部の断層帯による地震（M7.4）
○ A-17断層による地震（M7.2）

海洋プレート内地震
○ 敷地下方の想定スラブ内地震（M7.0）
○ 御前崎沖の想定沈み込む海洋プレート内地震（M7.4）

地震動評価

応答スペクトルに基づく手法

断層モデルを用いた手法

震源を特定せず策定する地震動

○ 標準応答スペクトル
○ 2004年北海道留萌支庁南部の地震の基盤地震動

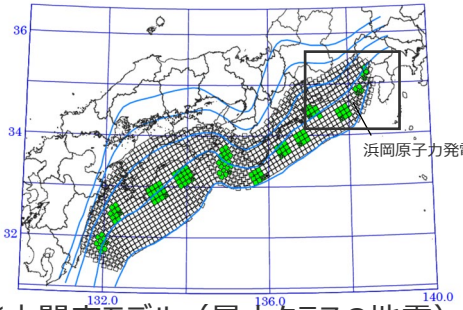
基準地震動Ss1
（地震動の顕著な増幅が見られない１～４号機周辺の基準地震動）

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<2.1　プレート間地震の地震動評価>

プレート間地震の地震動評価の概要

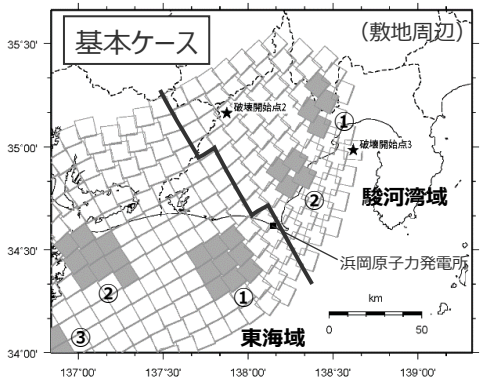
【検討用地震】
○内閣府(2012)による南海トラフで想定される最大クラスの地震（Mw9.0）

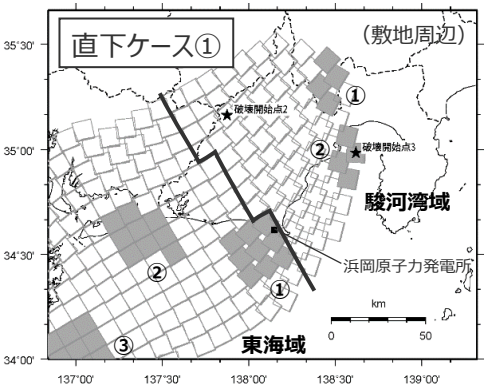


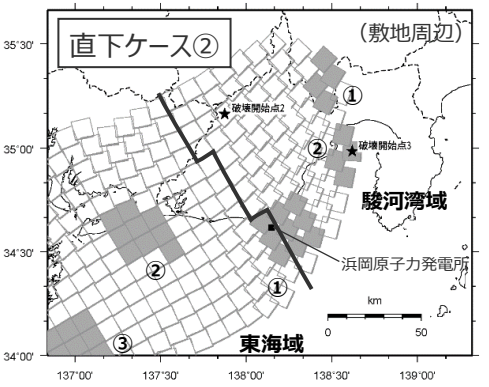
＜内閣府モデル（最大クラスの地震）＞
（内閣府(2012)に敷地位置を加筆）

【震源モデル】
○内閣府(2012)による最大クラスの地震の強震断層モデル（基本ケース）に基づき、基本震源モデル（基本ケース）を設定。

○不確かさを考慮した震源モデルとして、**敷地の地震動に及ぼす影響が大きい強震動生成域を敷地直下に配置したケース**（直下ケース①、直下ケース②）を考慮。また、地震規模の不確かさを考慮したケースや活断層との連動ケースも考慮。







【地震動評価】

応答スペクトルに基づく手法

断層モデルを用いた手法

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<2.1　プレート間地震の地震動評価>

プレート間地震の検討用地震

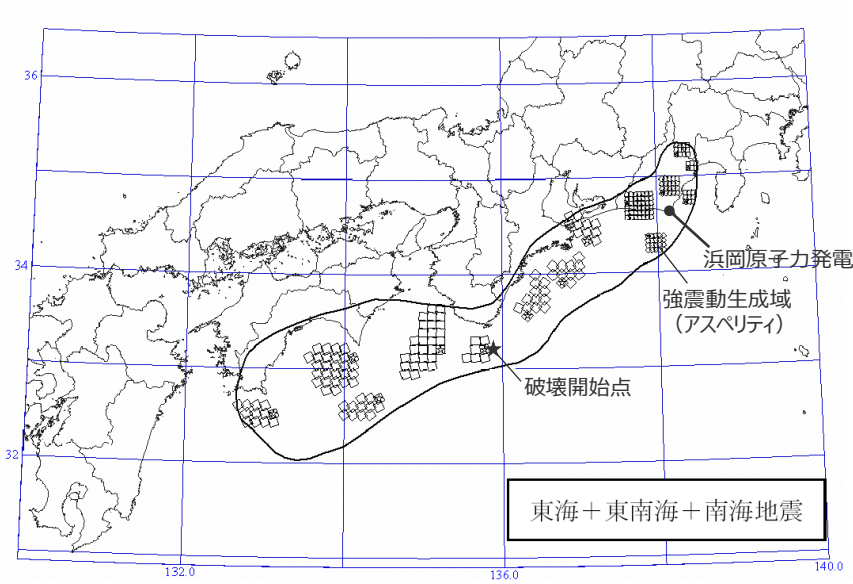
（中央防災会議モデル（既往地震）と内閣府モデル（最大クラスの地震））

○**中央防災会議(2003)による想定東海・東南海・南海地震の強震断層モデル（Mw8.7）**は、南海トラフで発生した過去地震（宝永地震、安政東海地震、安政南海地震、東南海地震、南海地震）の震度分布との比較検討等を踏まえ設定されている。

○**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の強震断層モデル（Mw9.0）**は、震源域の拡がりについて、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ている。

⇒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）を検討用地震として選定。

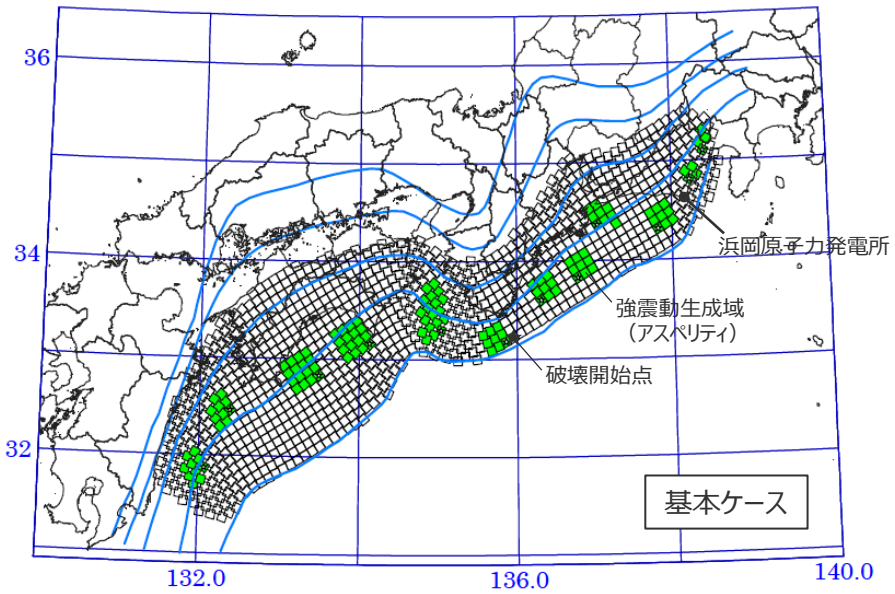
面積：約6.1万km^2 、モーメントマグニチュードMw：8.7



＜中央防災会議モデル（既往地震）＞
（中央防災会議(2003)に敷地位置、図の説明
（強震動生成域（アスペリティ）、破壊開始点）を加筆）

・中央防災会議(2003)：中央防災会議「東南海、南海地震等に関する専門調査会」(2003)

面積：約11万km^2、モーメントマグニチュードMw：9.0



＜内閣府モデル（最大クラスの地震）＞
（内閣府(2012)に敷地位置、図の説明
（強震動生成域（アスペリティ）、破壊開始点）を加筆）

・内閣府(2012)：内閣府「南海トラフの巨大地震モデル検討会」(2012)

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

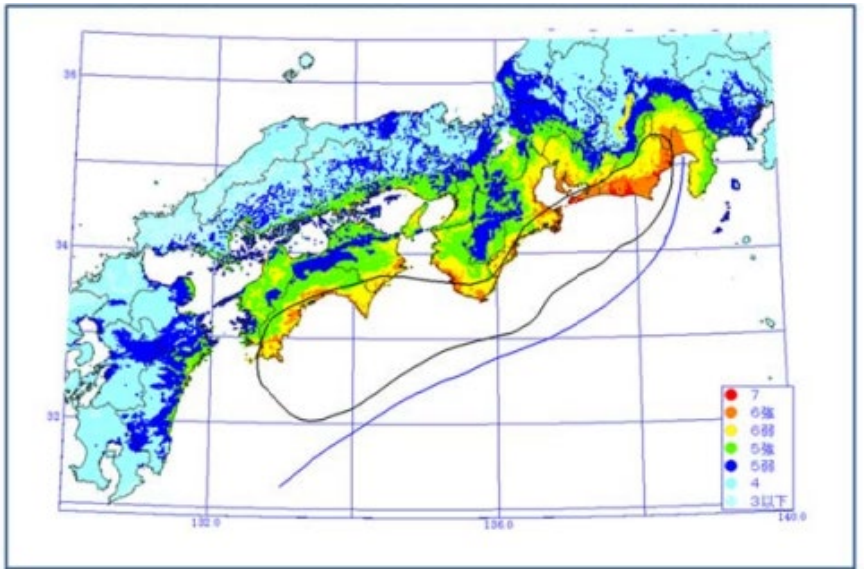
<2.1　プレート間地震の地震動評価>

プレート間地震の検討用地震

（中央防災会議モデル（既往地震）と内閣府モデル（最大クラスの地震））

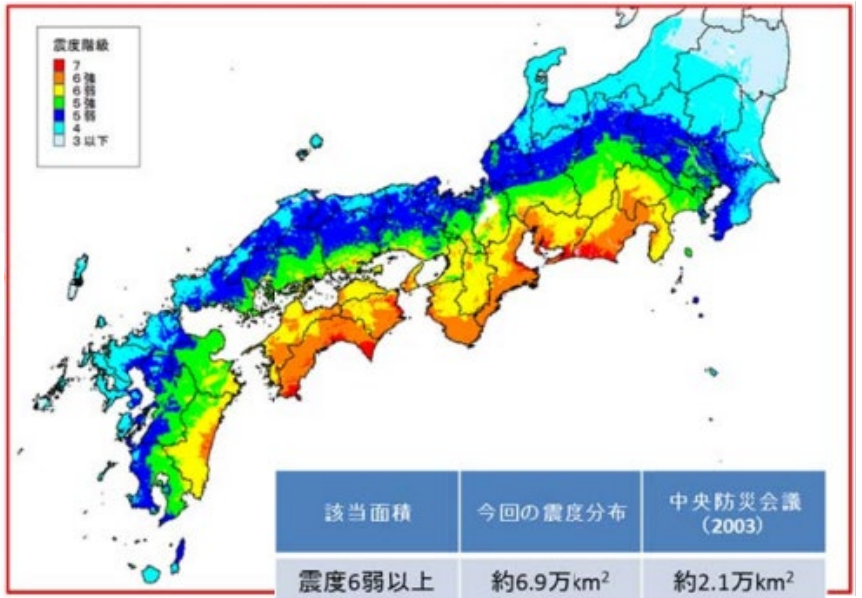
○内閣府モデル（最大クラスの地震）の震度分布は、中央防災会議モデル（既往地震）と比べて、震度６弱以上の範囲が大きい。
○地震動評価への影響が大きい強震動生成域の応力降下量について、内閣府モデル（最大クラスの地震）の34～46MPa程度は、東北地方太平洋沖地震の平均値24MPa程度より大きく、中央防災会議モデル（既往地震）の21～25MPa程度と比べても大きい。

モーメントマグニチュードMw：8.7
強震動生成域の応力降下量： 21～25MPa程度



中央防災会議モデル（既往地震）

モーメントマグニチュードMw：9.0
強震動生成域の応力降下量： 34～46MPa程度



該当面積	今回の震度分布	中央防災会議（2003）
震度6弱以上	約6.9万km²	約2.1万km²
震度6強以上	約2.8万km²	約0.5万km²
震度7	約0.7万km²	約0.03万km²

内閣府モデル（最大クラスの地震）

＜中央防災会議モデル（既往地震）と内閣府モデル（最大クラスの地震）の震度分布＞（内閣府(2012)）

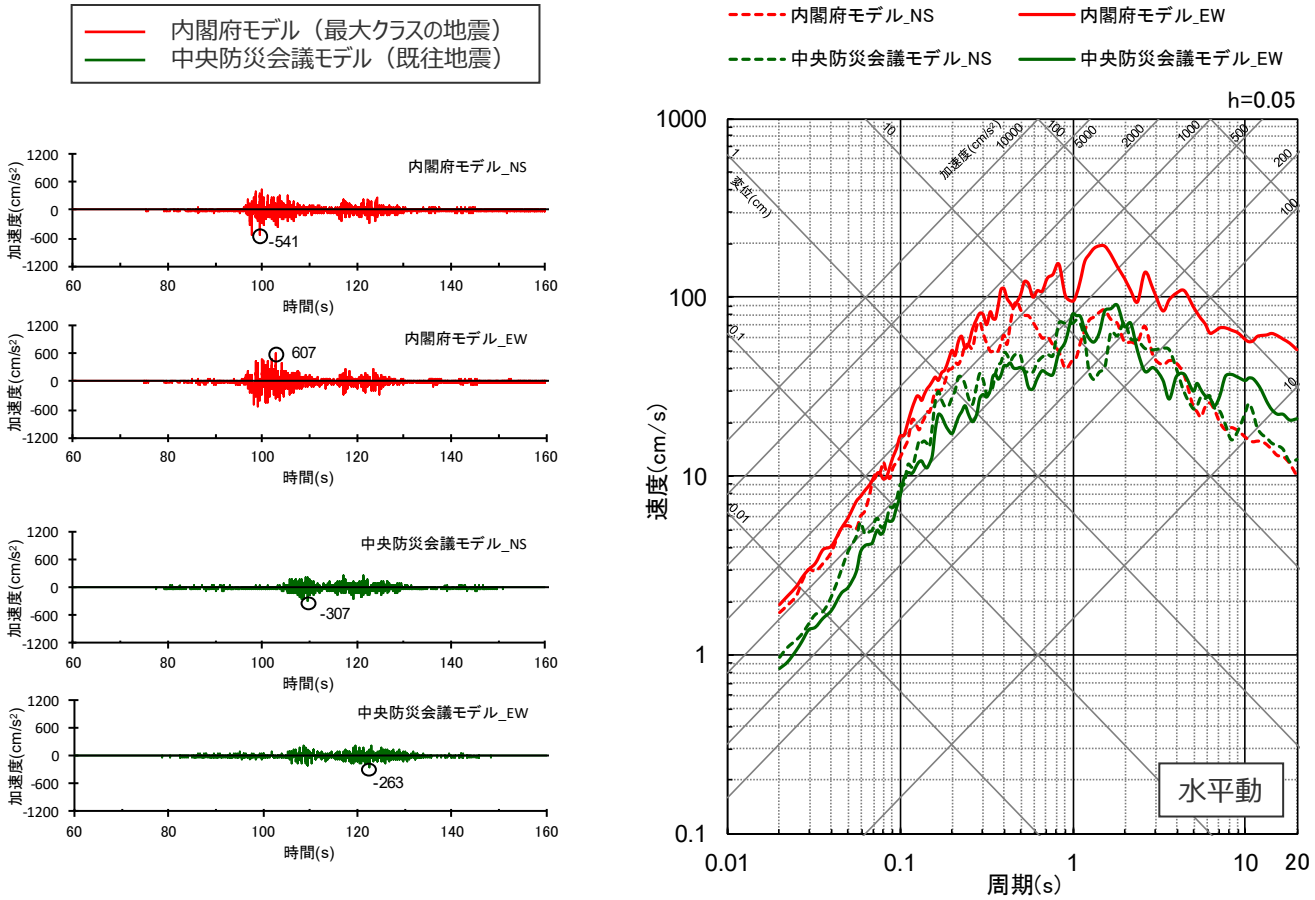
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<2.1　プレート間地震の地震動評価>

プレート間地震の検討用地震

（中央防災会議モデル（既往地震）と内閣府モデル（最大クラスの地震））

○浜岡原子力発電所について、内閣府モデル（最大クラスの地震）及び中央防災会議モデル（既往地震）の地震動評価結果（統計的グリーン関数法）を比較した結果、内閣府モデル（最大クラスの地震）の方が大きいことを確認。



＜地震動評価結果の比較（左図：加速度時刻歴波形、右図：応答スペクトル）＞

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

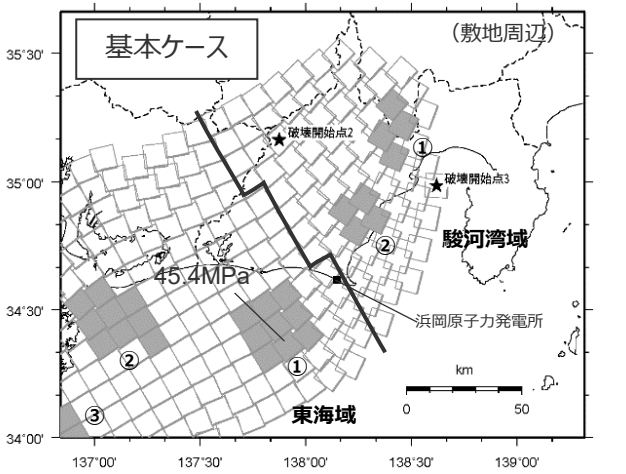
<2.1　プレート間地震の地震動評価>

プレート間地震の震源モデル

○基本震源モデルは、内閣府(2012)による強震断層モデル（Mw9.0）のうち、過去の地震における強震動生成域の概ねの位置を踏まえて設定された基本ケースを用いた。

○不確かさを考慮した震源モデルは、**敷地の地震動に及ぼす影響が大きい強震動生成域を敷地直下に配置したケース**（直下ケース①、直下ケース②）を考慮。また、地震規模の不確かさを考慮したケースや活断層との連動ケースも考慮。

基本震源モデル

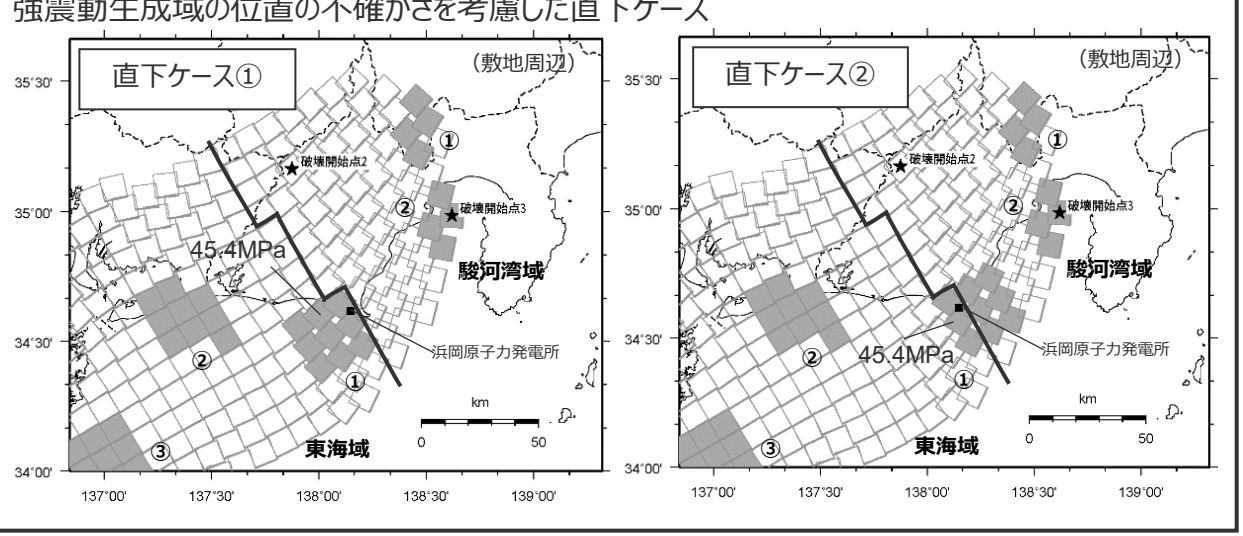


・地震規模：震源領域の拡がりについて南海トラフで想定される最大クラスの地震として設定。
・強震動生成域の応力降下量：34～46MPa（東北地方太平洋沖地震：平均24MPa程度）
・破壊開始点：破壊が敷地に向かうよう複数設定。
⇒ 地震規模、強震動生成域の応力降下量、破壊開始点の不確かさを予め考慮。

不確かさの考慮

不確かさを考慮した震源モデル

強震動生成域の位置の不確かさを考慮した直下ケース



その他、直下ケースに対し、地震規模の不確かさを考慮したケースや活断層との連動ケースも考慮

・震源モデルの詳細は補足①（p.74～）参照。

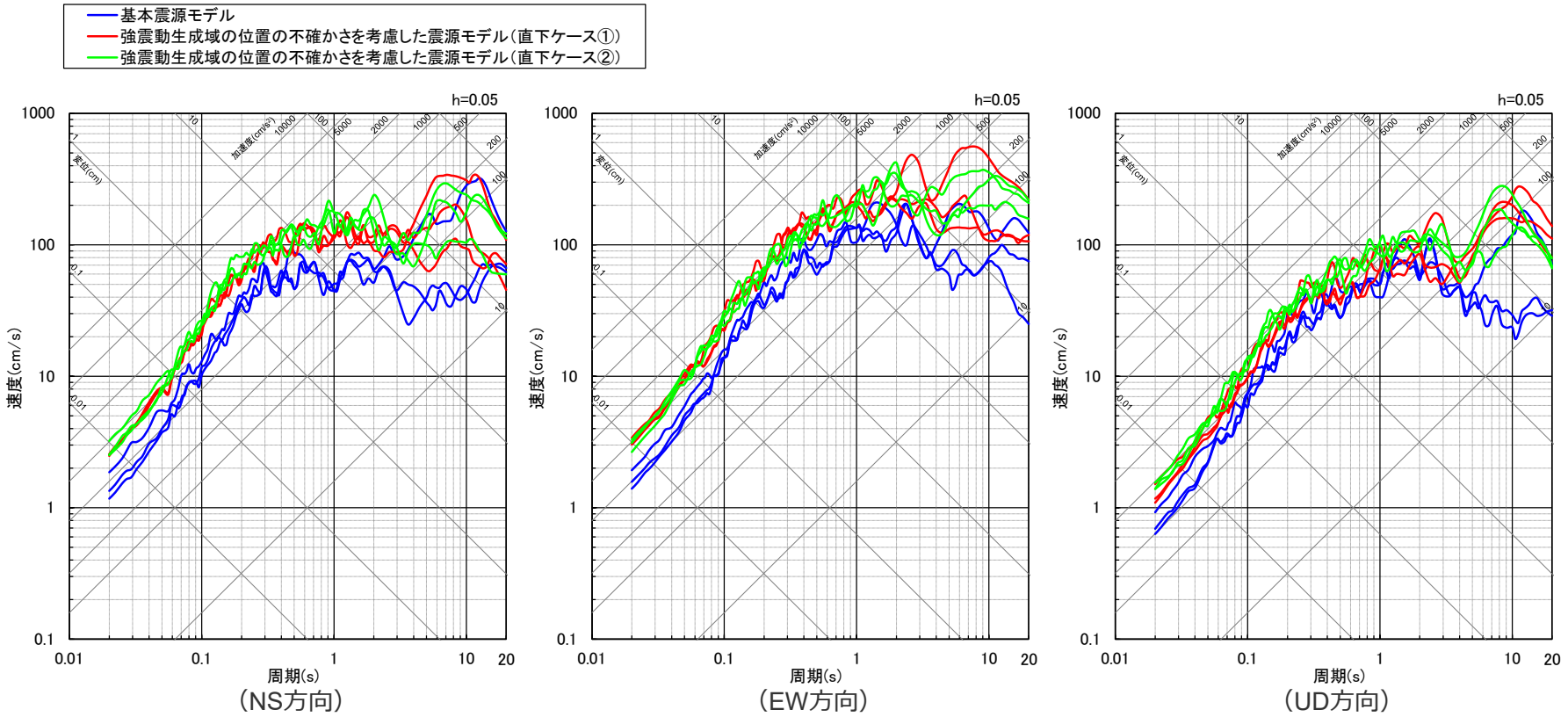
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<2.1　プレート間地震の地震動評価>

プレート間地震の震源モデル

（強震動生成域の位置の不確かさを考慮した直下ケース）

○断層モデルを用いた手法による地震動評価の結果、基本震源モデルに対し、強震動生成域の位置の不確かさを考慮した直下ケース（直下ケース①、直下ケース②）の方が大きい地震動レベルとなっている。



＜断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（応答スペクトル）＞

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

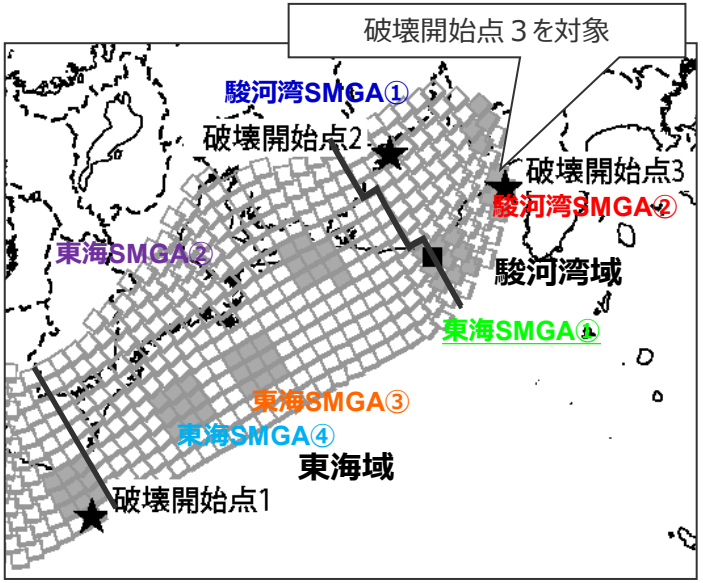
<2.1　プレート間地震の地震動評価>

プレート間地震の震源モデル

（強震動生成域の位置の不確かさを考慮した直下ケース）

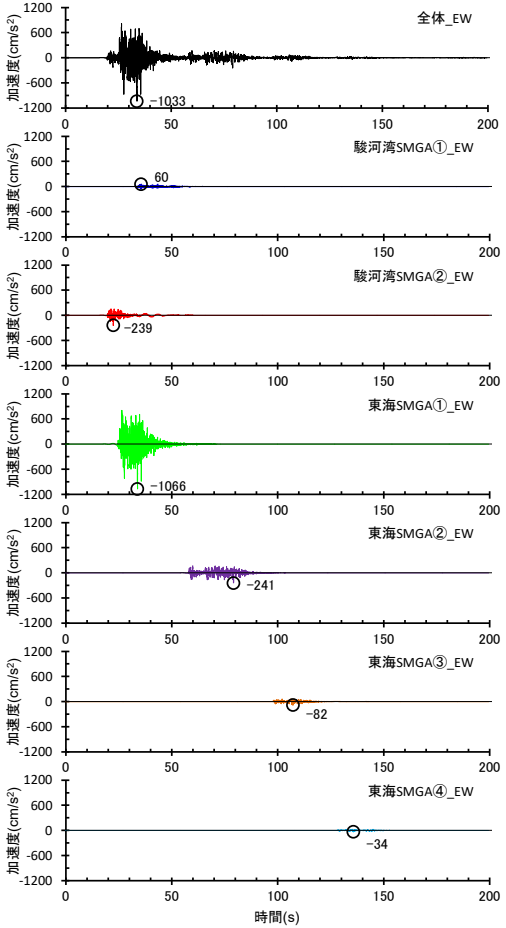
○直下ケースについて各強震動生成域による地震動を分析し※、敷地に最も近い**敷地直下の東海SMGA①**が、敷地の地震動への影響が最も大きく、震源モデル全体の地震動評価結果に対し支配的な強震動生成域であることを確認。

※　各強震動生成域による地震動をそれぞれ断層モデルを用いた手法により評価して分析。

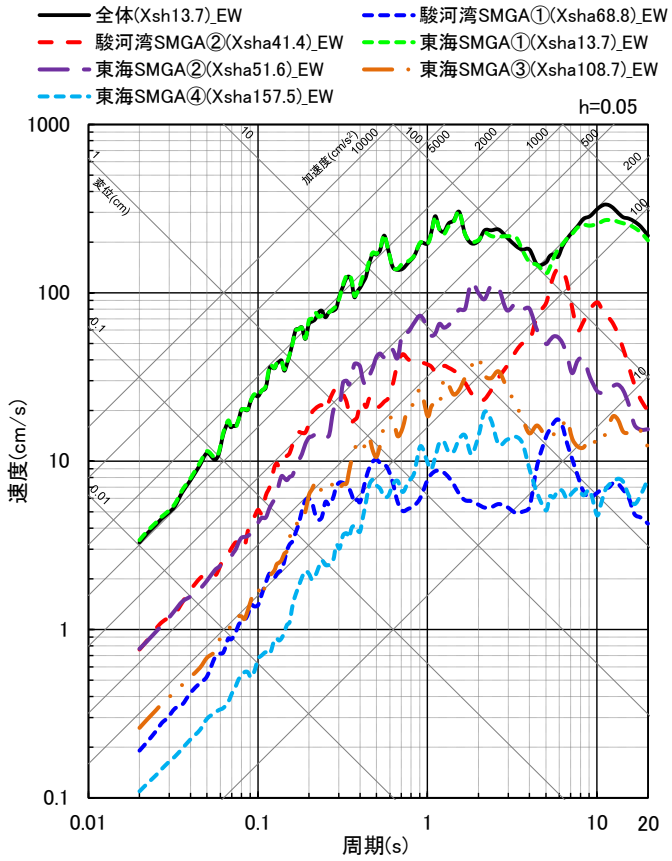


＜震源モデル（直下ケース②）＞

・SMGA：強震動生成域（Strong Motion Generation Area）の略



（時刻歴波形の比較（EW方向））



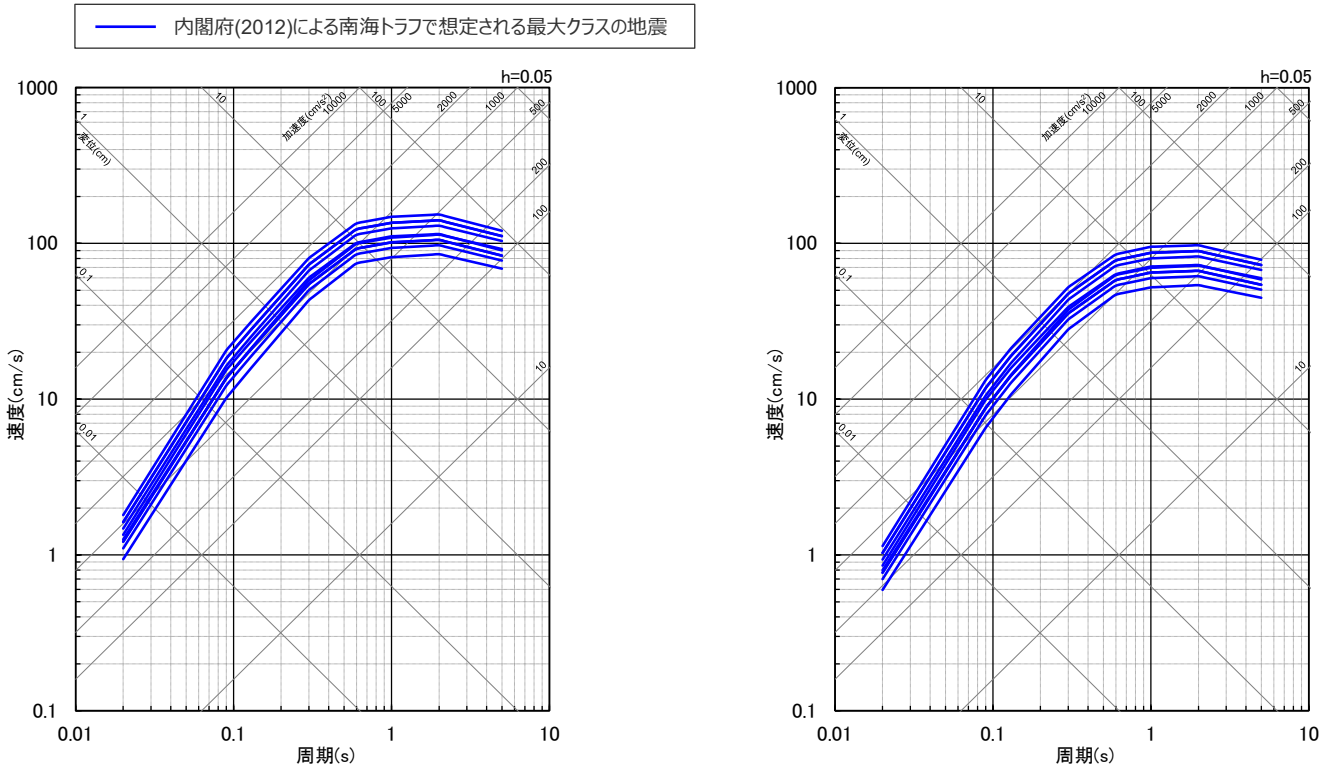
（応答スペクトルの比較（EW方向））

＜震源モデル全体と各強震動生成域との地震動評価結果の比較＞

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<2.1　プレート間地震の地震動評価>

プレート間地震の地震動評価結果
（応答スペクトルに基づく地震動評価結果）



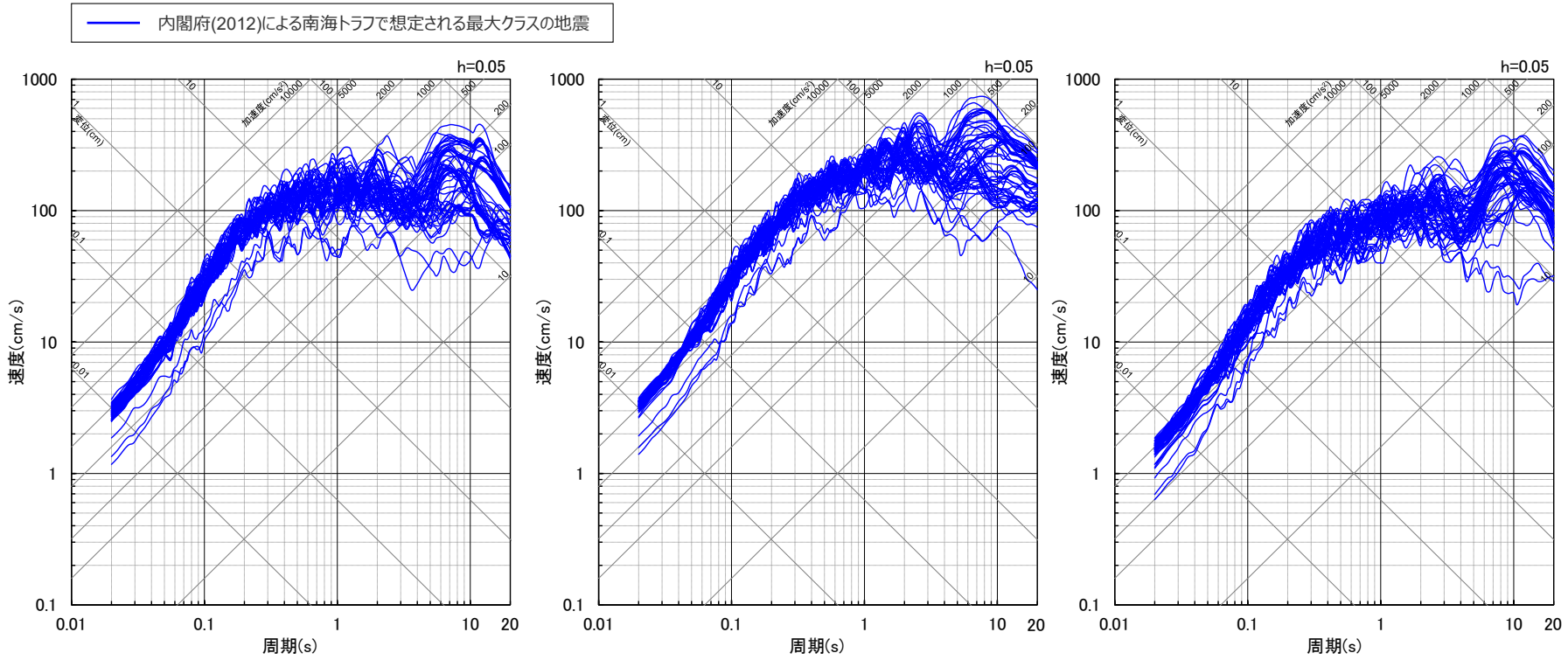
<応答スペクトルに基づく地震動評価結果>

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<2.1　プレート間地震の地震動評価>

プレート間地震の地震動評価結果

（断層モデルを用いた手法による地震動評価結果）



（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（応答スペクトル）＞

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

目次

1 基準地震動の策定の概要

2 プレート間地震等の地震動評価と基準地震動

2.1 プレート間地震の地震動評価

2.2 その他の地震の地震動評価

2.3 基準地震動Ss1の策定

3 駿河湾地震における５号機増幅を踏まえた地震動評価と基準地震動

3.1 地震動の顕著な増幅の分析と考慮方法

3.2 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価

3.3 基準地震動Ss2の策定

4 まとめ

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<2.2　その他の地震の地震動評価>

内陸地殻内地震の地震動評価

敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

検討用地震

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）

内陸地殻内地震
○ 御前崎海脚西部の断層帯による地震（M7.4）
○ A-17断層による地震（M7.2）

海洋プレート内地震
○ 敷地下方の想定スラブ内地震（M7.0）
○ 御前崎沖の想定沈み込む海洋プレート内地震（M7.4）

地震動評価

応答スペクトルに基づく手法

断層モデルを用いた手法

震源を特定せず策定する地震動

○ 標準応答スペクトル
○ 2004年北海道留萌支庁南部の地震の基盤地震動

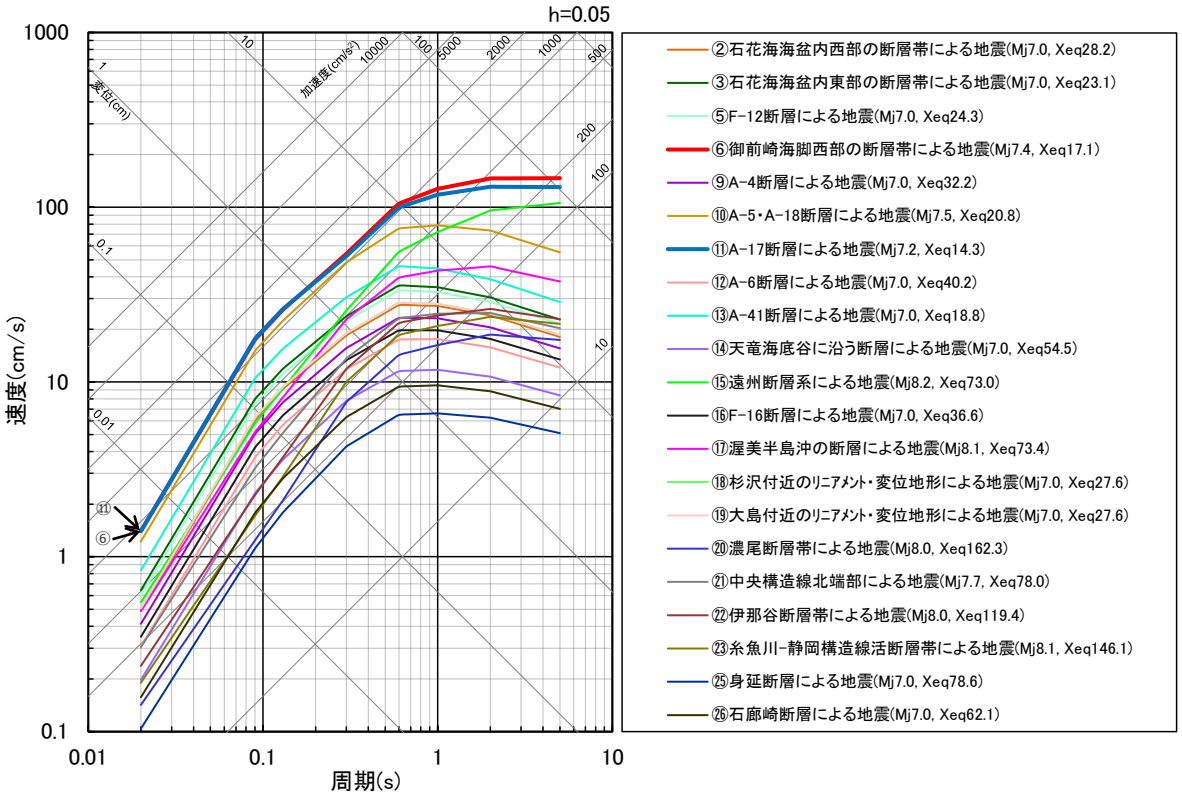
基準地震動Ss1
（地震動の顕著な増幅が見られない 1～４号機周辺の基準地震動）

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

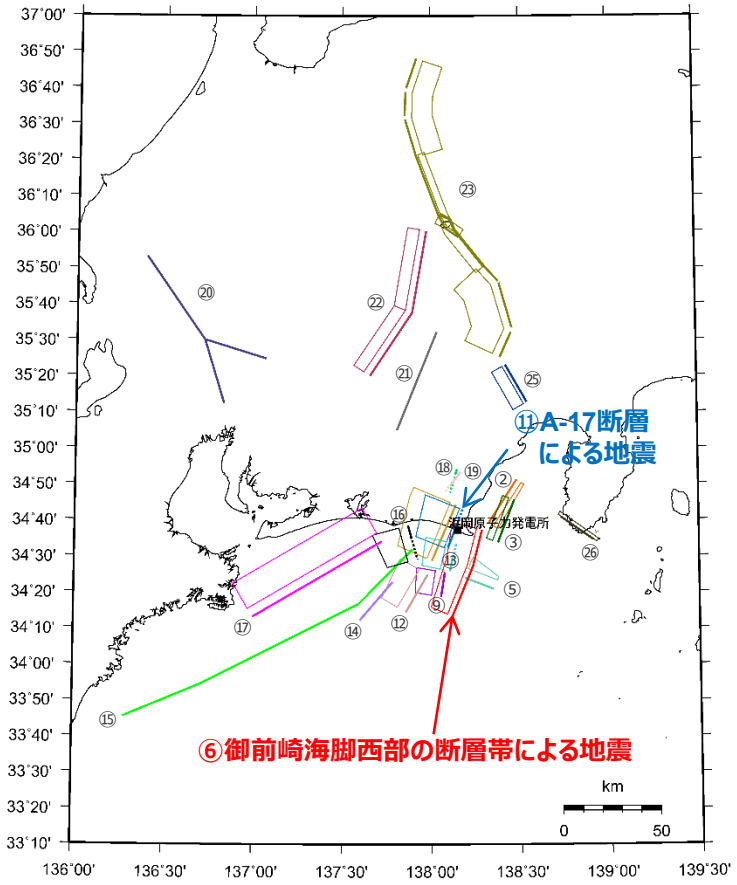
<2.2　その他の地震の地震動評価>

内陸地殻内地震の検討用地震
（御前崎海脚西部の断層帯による地震、A-17断層による地震）

○敷地周辺の活断層を調査し、Noda et al.(2002)の方法による応答スペクトルの比較により、敷地の地震動への影響が大きい
「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」を検討用地震として選定。



<Noda et al.(2002)の方法による応答スペクトルの比較>
（内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層による地震）



<活断層の位置図>

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<2.2　その他の地震の地震動評価>

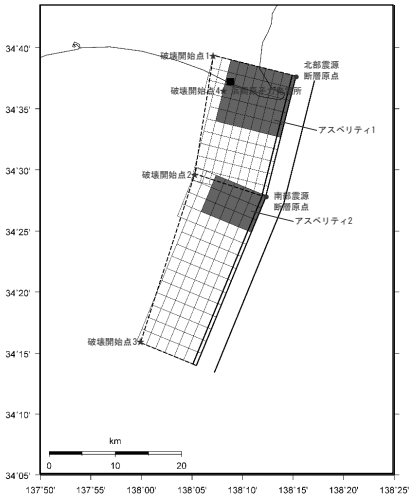
内陸地殻内地震の震源モデル
（御前崎海脚西部の断層帯による地震、A-17断層による地震）

○内陸地殻内地震の震源モデルは、**地質調査結果及び強震動予測レシピ(2020)※に基づき設定。**

※「震源断層を特定した地震の強震動予測手法 (「レシピ」)」（地震調査研究推進本部(2020)）

御前崎海脚西部の断層帯による地震

基本震源モデル

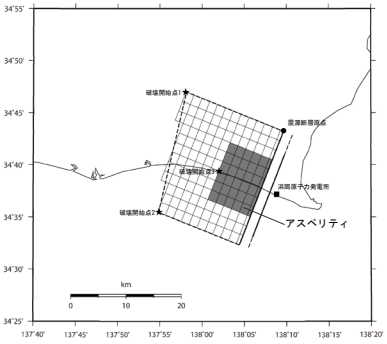


・地震規模：M7.4
・断層傾斜角：深さ6km以浅が60°、深さ6km以深が35°の逆断層
・地震発生層：上端深さは5km、下端深さはプレート境界面
・アスペリティの応力降下量：13.05MPa

アスペリティの応力降下量、断層傾斜角、破壊伝播速度、アスペリティの数の不確かさを考慮

A-17断層による地震

基本震源モデル



・地震規模：M7.2
・断層傾斜角：深さ6km以浅が60°、深さ6km以深が35°の逆断層
・地震発生層：上端深さは5km、下端深さはプレート境界面
・アスペリティの応力降下量：13.72MPa

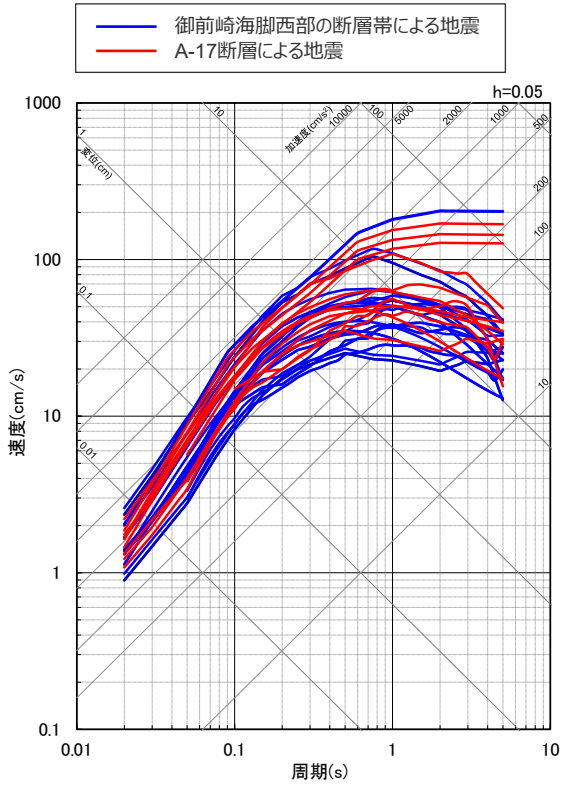
アスペリティの応力降下量、断層傾斜角、破壊伝播速度の不確かさを考慮

・震源モデルの詳細は補足①（p.74～）参照。

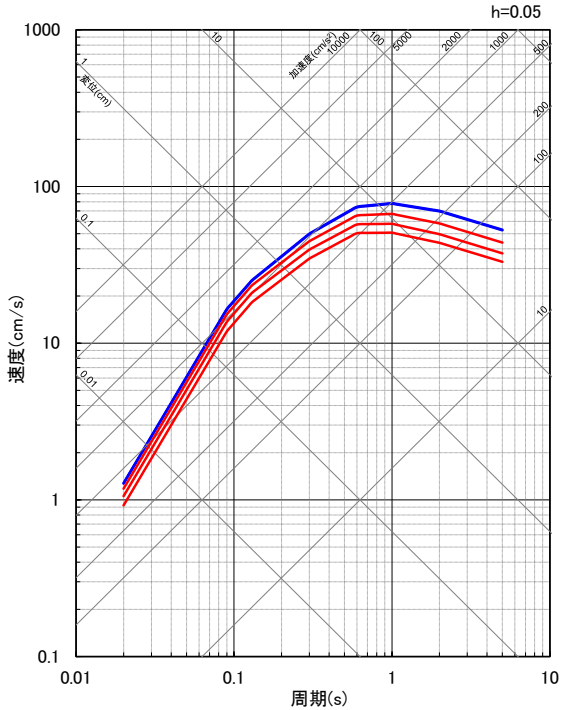
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<2.2　その他の地震の地震動評価>

内陸地殻内地震の地震動評価結果
（応答スペクトルに基づく地震動評価結果）



（水平動）



（鉛直動）

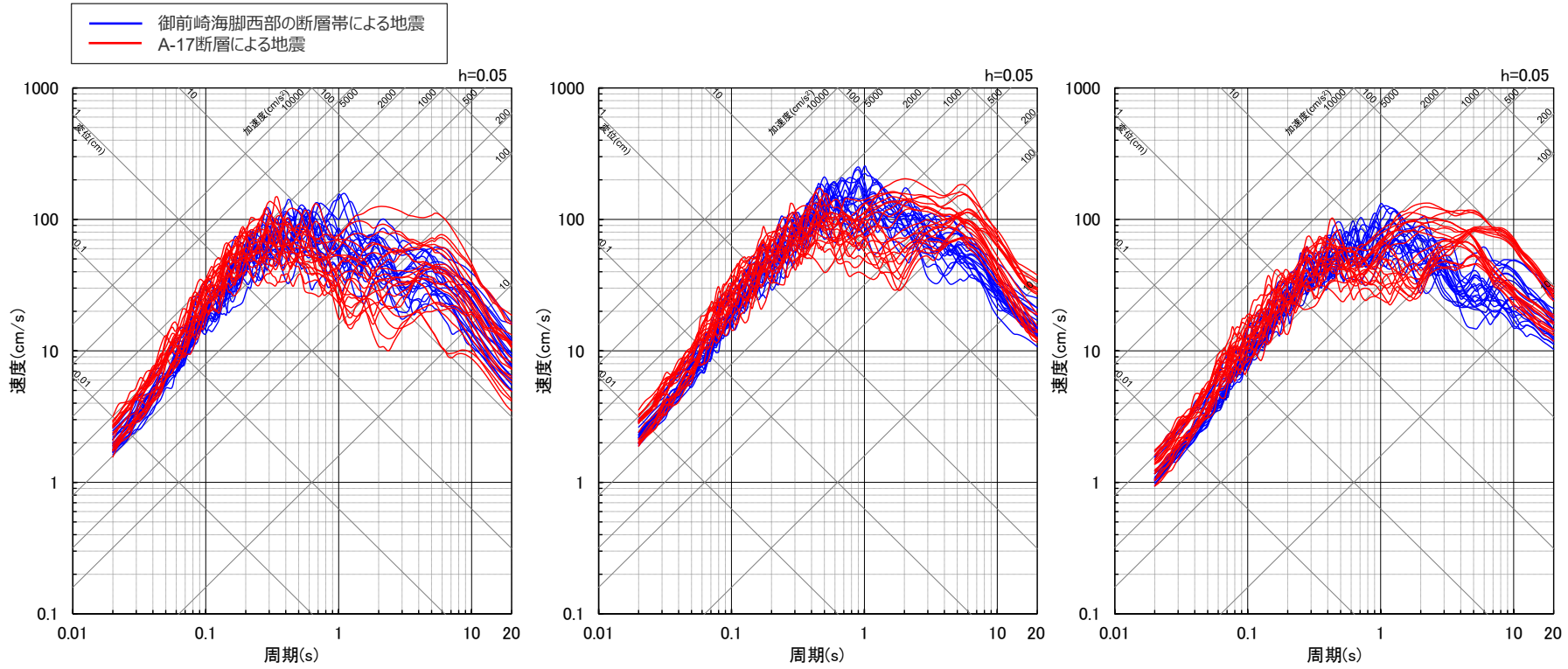
<応答スペクトルに基づく地震動評価結果>

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<2.2　その他の地震の地震動評価>

内陸地殻内地震の地震動評価結果

（断層モデルを用いた手法による地震動評価結果）



（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（応答スペクトル）＞

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<2.2　その他の地震の地震動評価>

海洋プレート内地震の地震動評価

敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

検討用地震

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）

内陸地殻内地震
○ 御前崎海脚西部の断層帯による地震（M7.4）
○ A-17断層による地震（M7.2）

海洋プレート内地震
○ 敷地下方の想定スラブ内地震（M7.0）
○ 御前崎沖の想定沈み込む海洋プレート内地震（M7.4）

地震動評価

応答スペクトルに基づく手法

断層モデルを用いた手法

震源を特定せず策定する地震動

○ 標準応答スペクトル
○ 2004年北海道留萌支庁南部の地震の基盤地震動

基準地震動Ss1
（地震動の顕著な増幅が見られない１～４号機周辺の基準地震動）

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<2.2　その他の地震の地震動評価>

海洋プレート内地震の検討用地震及び震源モデル
（敷地下方の想定スラブ内地震、御前崎沖の想定沈み込む海洋プレート内地震）

【検討用地震】

○沈み込んだ浅い海洋プレート内地震「**敷地下方の想定スラブ内地震（M7.0※1）**」を想定し、検討用地震として選定。

○また、長周期の地震動への影響が大きいトラフ軸付近の沈み込む海洋プレート内地震「**御前崎沖の想定沈み込む海洋プレート内地震（M7.4※2）**」を想定し、長周期に着目した検討用地震として選定。

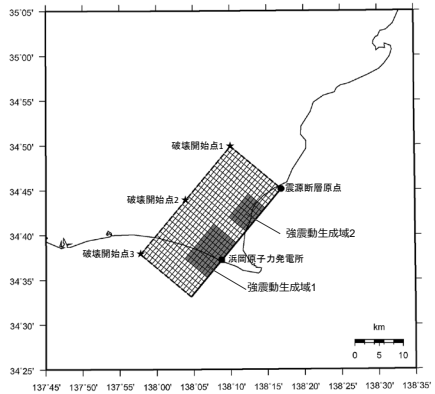
※1　フィリピン海プレート（領域１：南海トラフ沿い）で発生した沈み込んだ海洋プレート内地震の最大規模等を踏まえて、M7.0を用いる。
※2　フィリピン海プレート（領域１：南海トラフ沿い）で沈み込む海洋プレート内地震の最大の値にあたる2004年紀伊半島南東沖の地震のM7.4を用いる。

【震源モデル】

○敷地下方の想定スラブ内地震は、**2009年駿河湾の地震の震源モデルに基づき設定。**

○御前崎沖の想定沈み込む海洋プレート内地震は、**2004年紀伊半島南東沖の地震の震源モデルに基づき設定。**

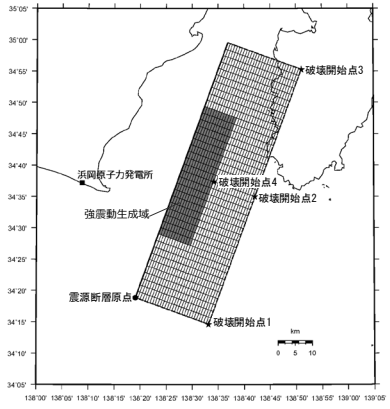
敷地下方の想定スラブ内地震の基本震源モデル



・地震規模：M7.0
・断層面の位置：敷地下方
・震源深さ：23km
・断層傾斜角：45°の逆断層
・強震動生成域の応力降下量：30.71MPa

短周期レベル、強震動生成域の数、断層傾斜角、地震規模、震源深さの不確かさを考慮

御前崎沖の想定沈み込む海洋プレート内地震の基本震源モデル



（長周期に着目した検討用地震）
・地震規模：M7.4
・断層面の位置：トラフ軸沿いの敷地に最も近い位置
・震源深さ：6km
・断層傾斜角：40°の逆断層
・強震動生成域の応力降下量：15.55MPa

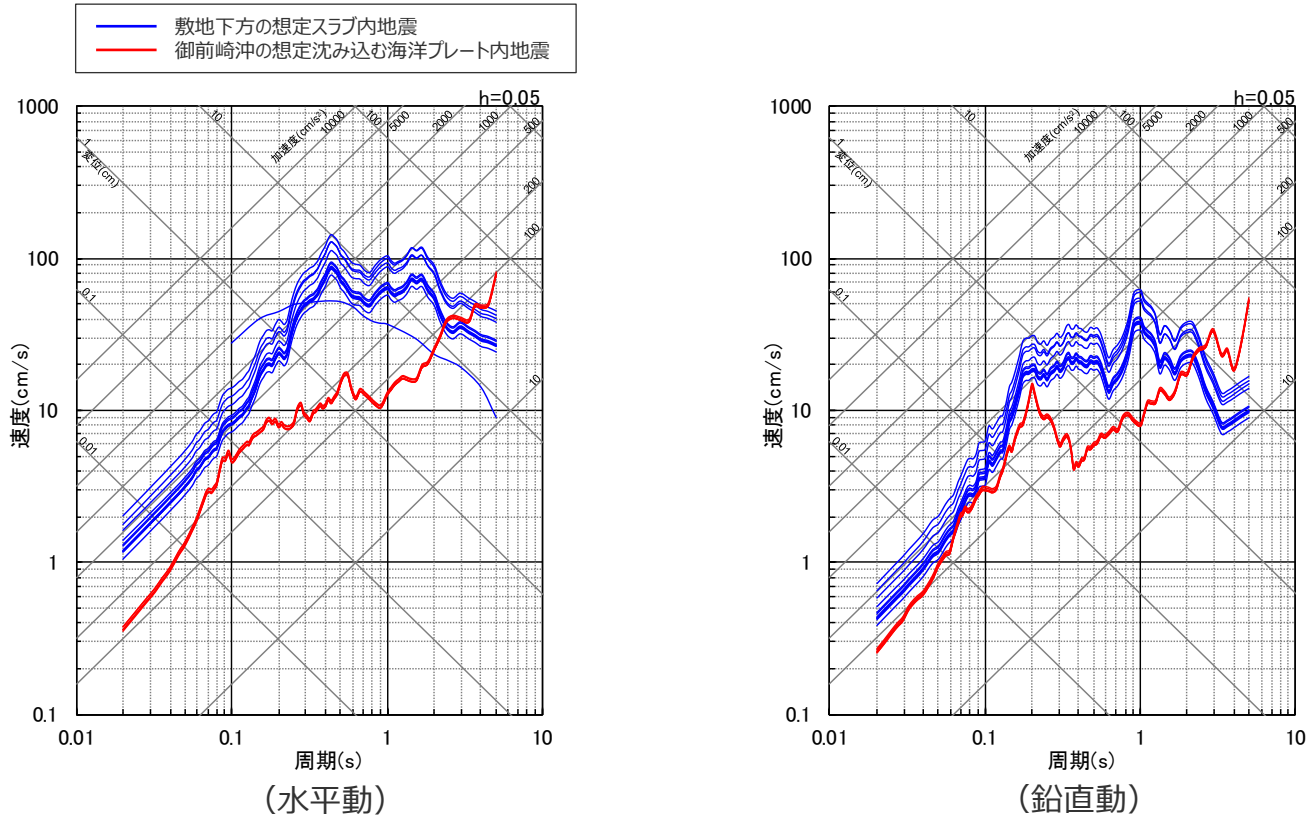
長周期に着目し、破壊伝播速度、断層傾斜角の不確かさを考慮

・震源モデルの詳細は補足①（p.74～）参照。

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<2.2　その他の地震の地震動評価>

海洋プレート内地震の地震動評価結果
（応答スペクトルに基づく地震動評価結果）



（水平動）　　（鉛直動）

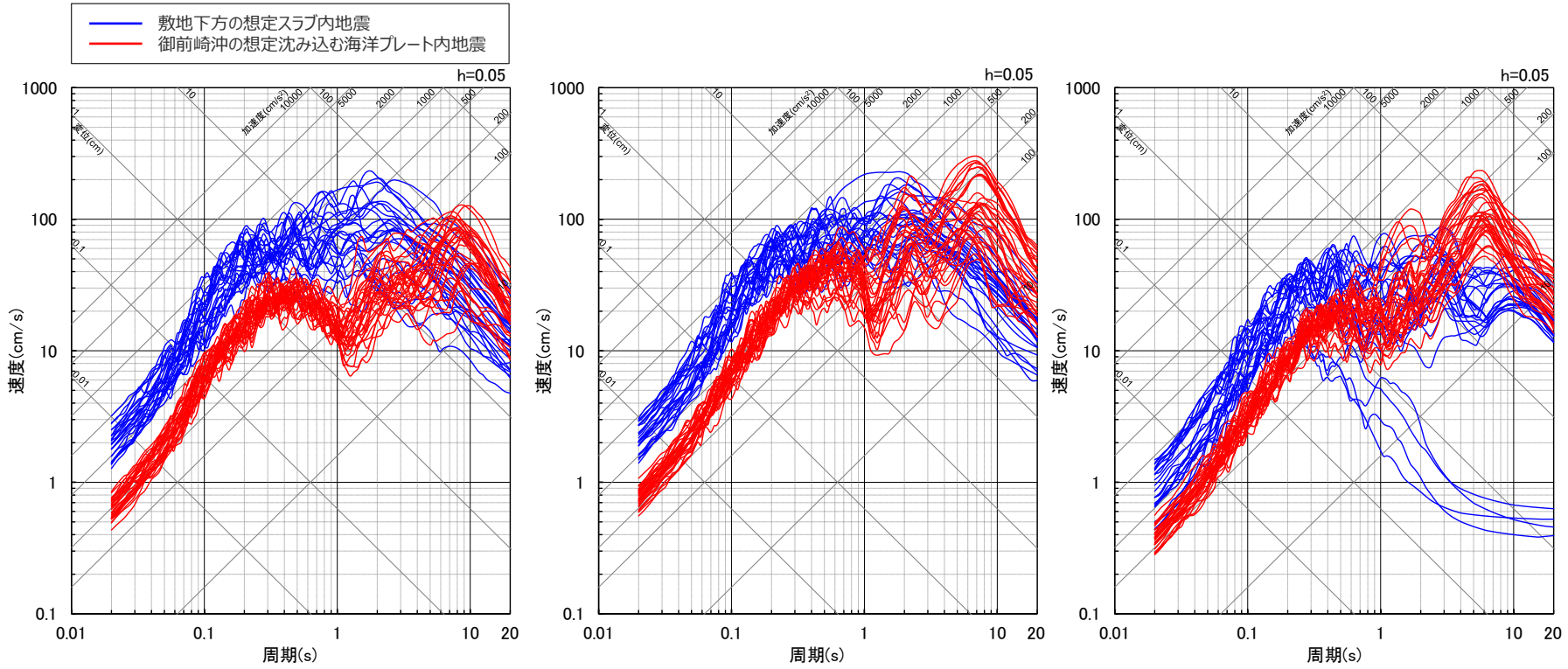
<応答スペクトルに基づく地震動評価結果>

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<2.2　その他の地震の地震動評価>

海洋プレート内地震の地震動評価結果

（断層モデルを用いた手法による地震動評価結果）



（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（応答スペクトル）＞

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<2.2　その他の地震の地震動評価>

震源を特定せず策定する地震動の地震動評価

敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

検討用地震

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）

内陸地殻内地震
○ 御前崎海脚西部の断層帯による地震（M7.4）
○ A-17断層による地震（M7.2）

海洋プレート内地震
○ 敷地下方の想定スラブ内地震（M7.0）
○ 御前崎沖の想定沈み込む海洋プレート内地震（M7.4）

地震動評価

応答スペクトルに基づく手法

断層モデルを用いた手法

震源を特定せず策定する地震動

○ 標準応答スペクトル
○ 2004年北海道留萌支庁南部の地震の基盤地震動

基準地震動Ss1
（地震動の顕著な増幅が見られない１～４号機周辺の基準地震動）

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<2.2　その他の地震の地震動評価>

震源を特定せず策定する地震動の地震動評価

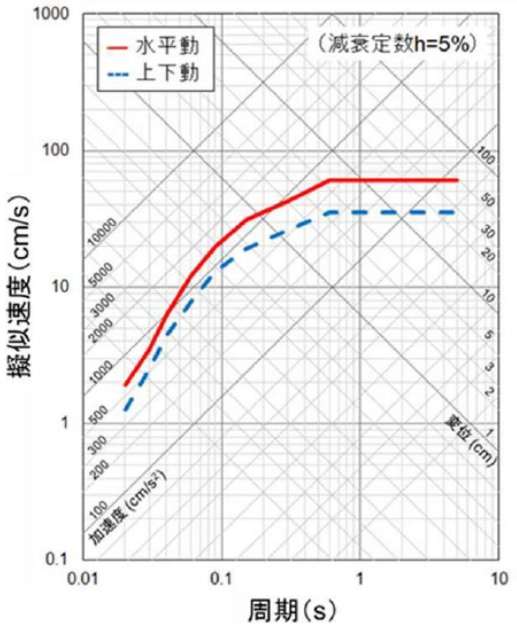
○全国共通で、**標準応答スペクトル**及び**2004年北海道留萌支庁南部の地震の基盤地震動**に基づく評価を実施。

標準応答スペクトルに基づく地震動

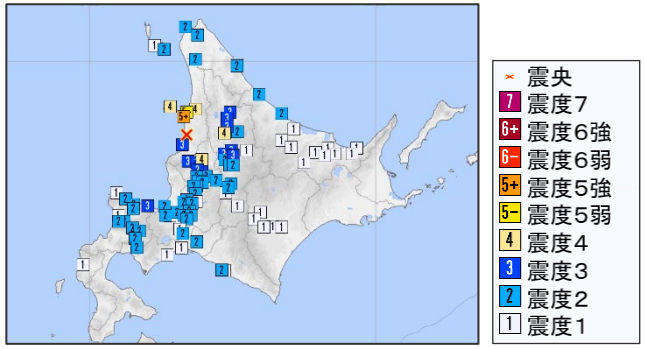
○地表に痕跡を残さず予め震源を特定できない地震と考えられるMw6.5程度未満の地震における震源近傍の多数の地震観測記録に基づき策定された標準的な応答スペクトルに基づき地震動を評価。

2004年北海道留萌支庁南部の地震の基盤地震動に基づく地震動

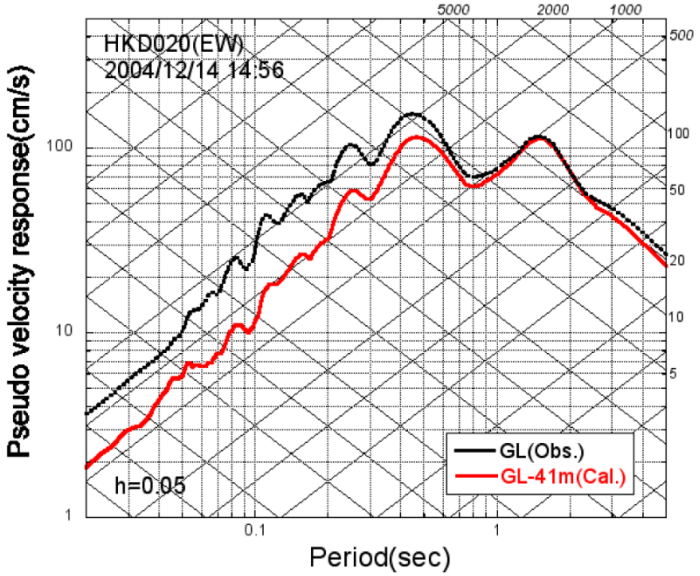
○活断層が特定されていなかった場所で発生した2004年北海道留萌支庁南部の地震（Mw5.7）のK-NET HKD020（港町）観測点の観測記録に基づき地震動を評価。



<標準応答スペクトル>
（原子力規制委員会(2023)による）



<2004年北海道留萌支庁南部の地震の震度分布図>
（気象庁震度データベースによる）

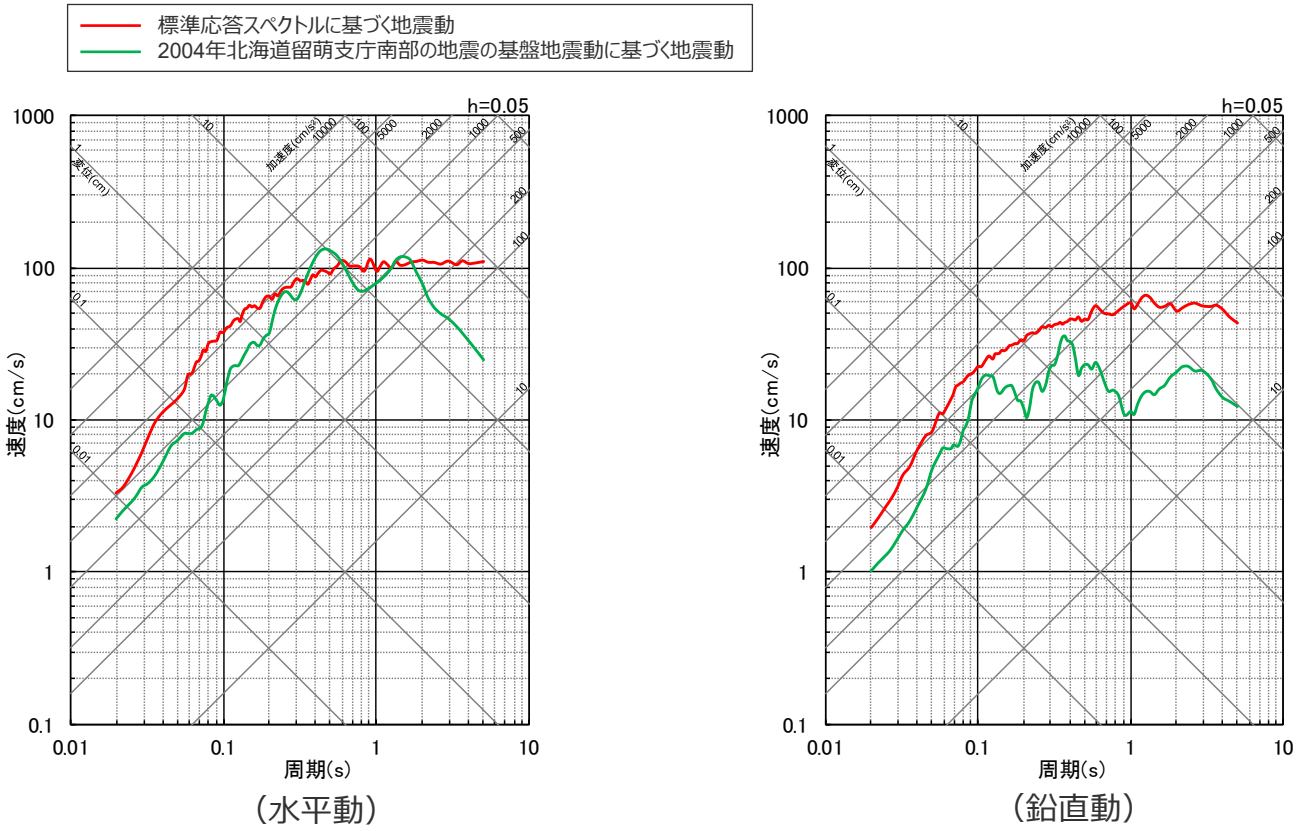


<2004年北海道留萌支庁南部の地震の基盤地震動>
（佐藤・他(2013)による）

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<2.2　その他の地震の地震動評価>

震源を特定せず策定する地震動の地震動評価結果



<地震動評価結果（応答スペクトル）>

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

目次

1 基準地震動の策定の概要

2 プレート間地震等の地震動評価と基準地震動

2.1 プレート間地震の地震動評価

2.2 その他の地震の地震動評価

2.3 基準地震動Ss1の策定

3 駿河湾地震における５号機増幅を踏まえた地震動評価と基準地震動

3.1 地震動の顕著な増幅の分析と考慮方法

3.2 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価

3.3 基準地震動Ss2の策定

4 まとめ

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<2.3　基準地震動Ss1の策定>

基準地震動Ss1の策定

敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

検討用地震

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）

内陸地殻内地震
○ 御前崎海脚西部の断層帯による地震（M7.4）
○ A-17断層による地震（M7.2）

海洋プレート内地震
○ 敷地下方の想定スラブ内地震（M7.0）
○ 御前崎沖の想定沈み込む海洋プレート内地震（M7.4）

地震動評価

応答スペクトルに基づく手法

断層モデルを用いた手法

震源を特定せず策定する地震動

○ 標準応答スペクトル
○ 2004年北海道留萌支庁南部の地震の基盤地震動

基準地震動Ss1

（地震動の顕著な増幅が見られない 1～４号機周辺の基準地震動）

応答スペクトルに基づく手法による基準地震動

断層モデルを用いた手法による基準地震動

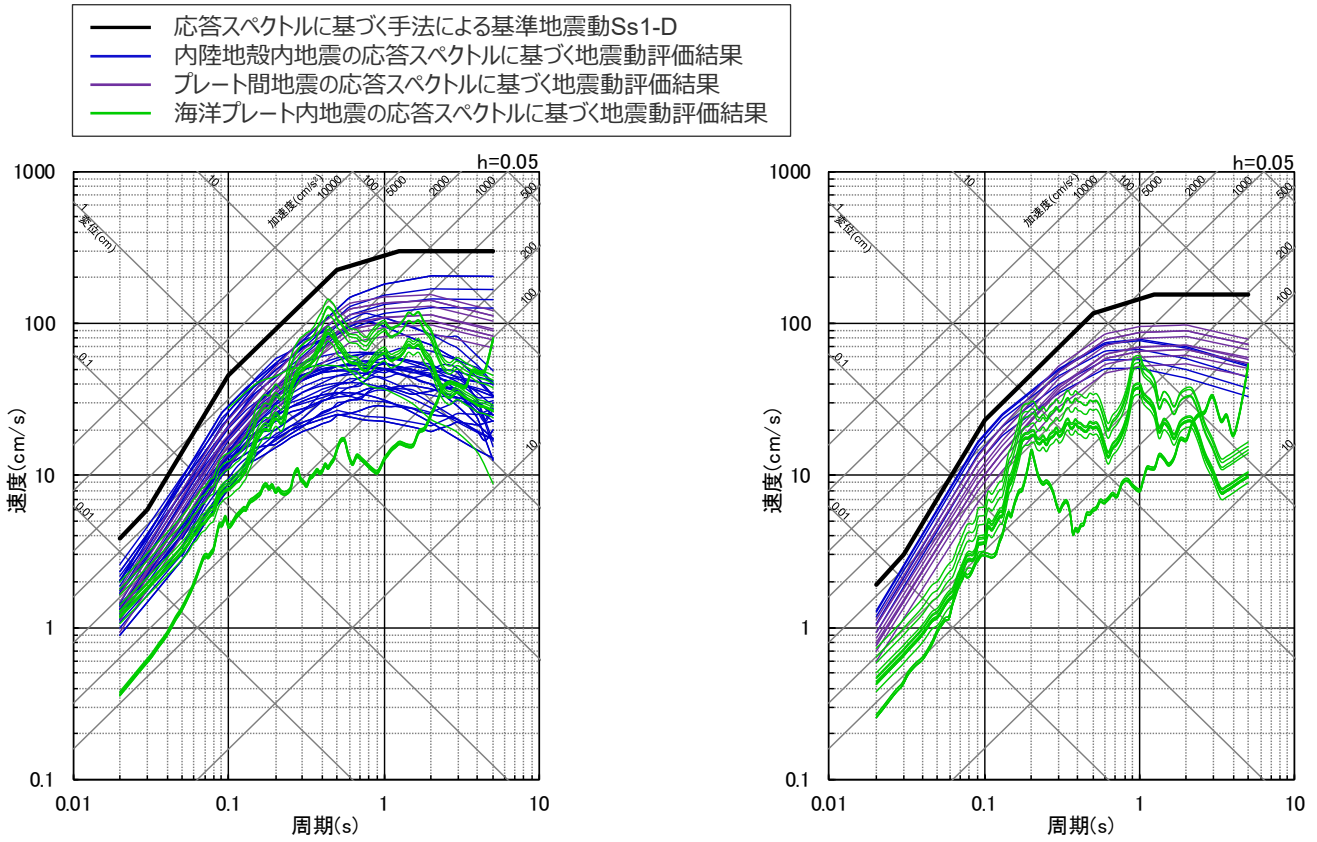
震源を特定せず策定する地震動による基準地震動

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<2.3　基準地震動Ss1の策定>

応答スペクトルに基づく手法による基準地震動Ss1-D

○応答スペクトルに基づく手法による基準地震動Ss1-Dの設計用応答スペクトルは、応答スペクトルに基づく地震動評価結果を包絡するよう設定。



（水平動）　　（鉛直動）

<応答スペクトルに基づく手法による基準地震動Ss1-D（応答スペクトル）>

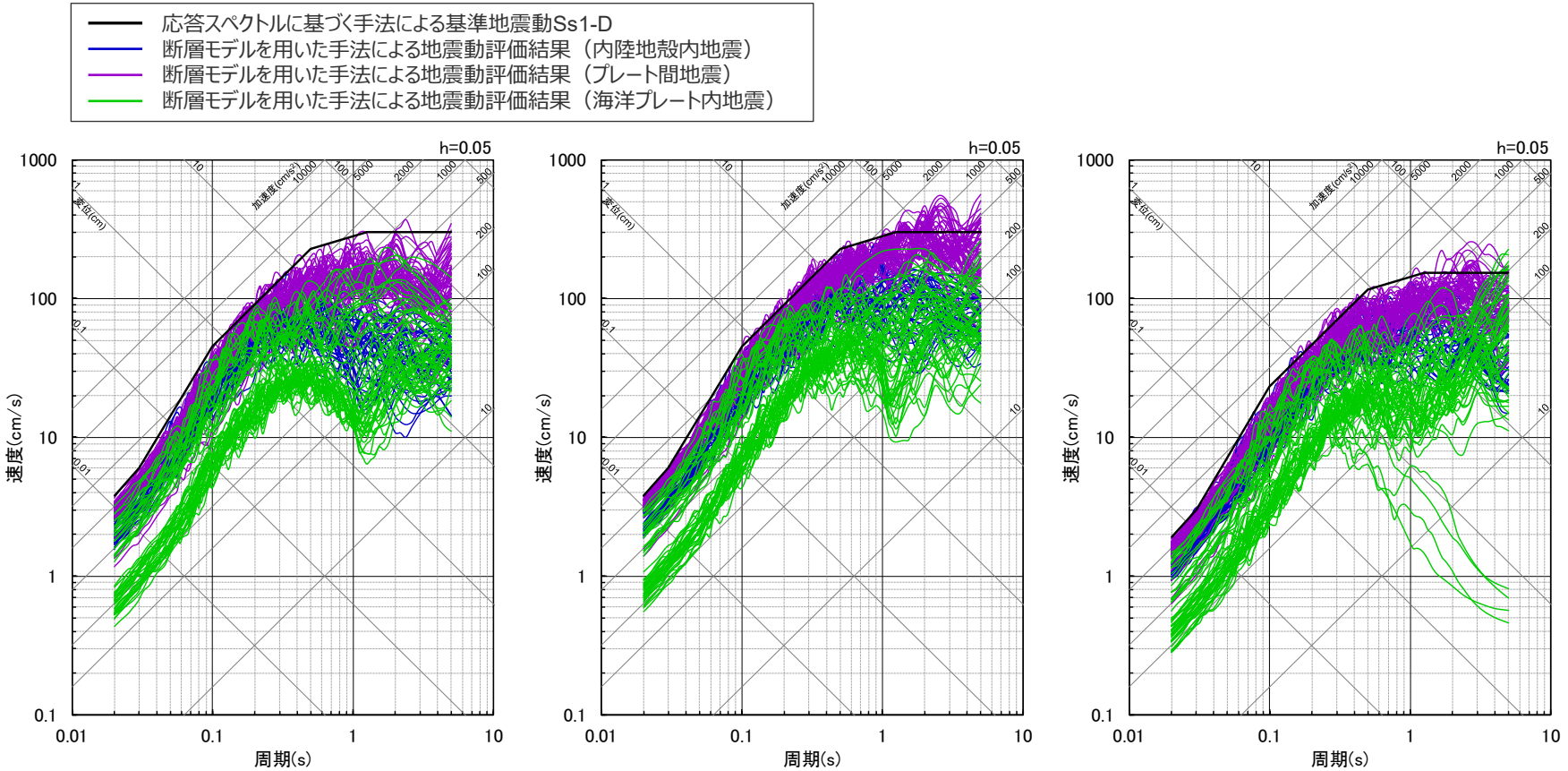
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<2.3　基準地震動Ss1の策定>

断層モデルを用いた手法による基準地震動Ss1

（断層モデルを用いた手法による地震動評価結果とSs1-Dとの比較）

○断層モデルを用いた手法による基準地震動Ss1は、断層モデルを用いた手法による地震動評価結果から、Ss1-Dとの比較を踏まえて策定。



（NS方向）　（EW方向）　（UD方向）

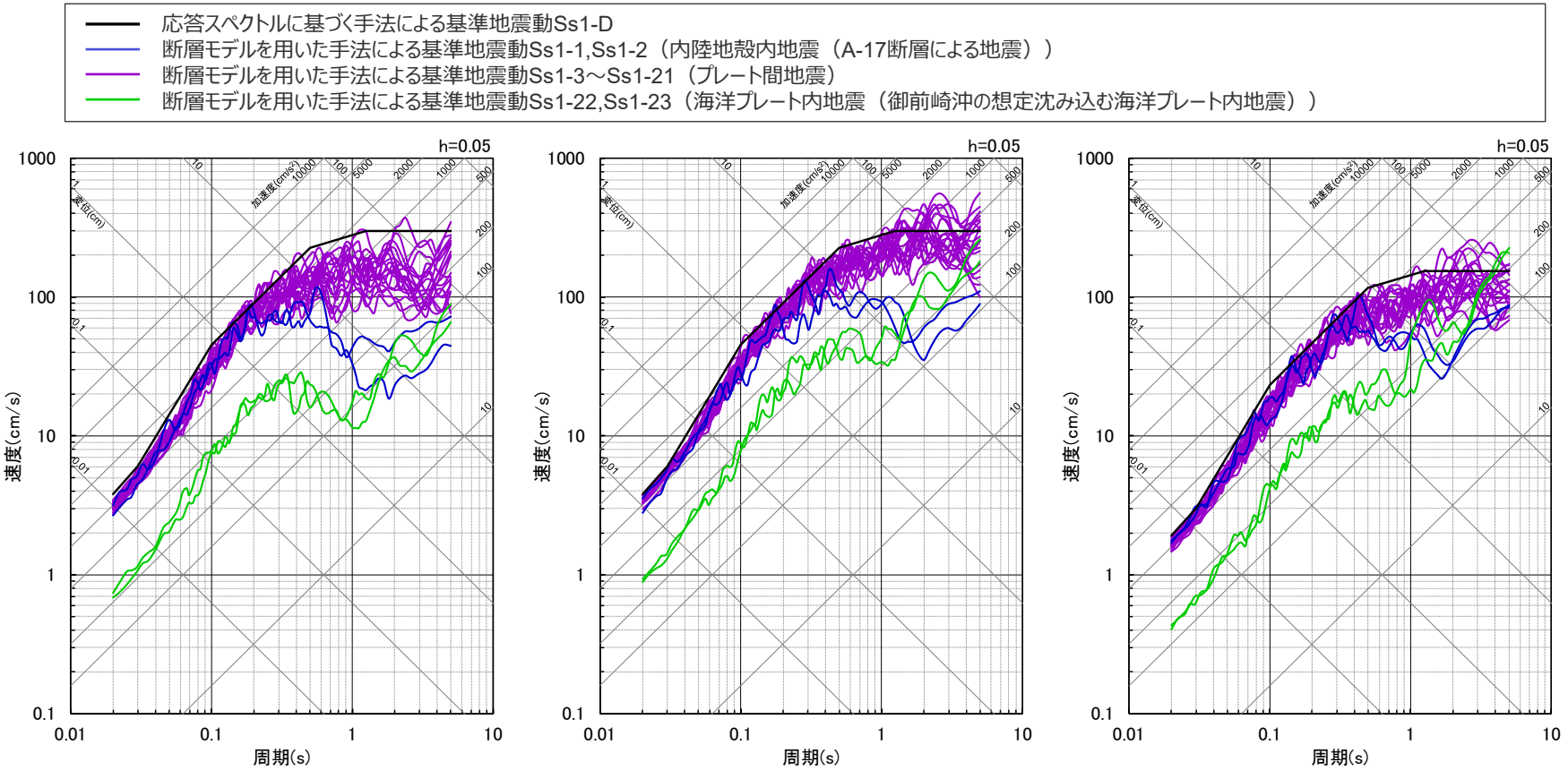
＜断層モデルを用いた手法による地震動評価結果とSs1-Dとの比較（応答スペクトル）＞

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<2.3　基準地震動Ss1の策定>

断層モデルを用いた手法による基準地震動Ss1-1～Ss1-23

○断層モデルを用いた手法による地震動評価結果において、Ss1-Dを上回るケースのうち、Ss1-Dを上回る周期で最大の応答スペクトルとなる地震動（23ケース）を、断層モデルを用いた手法による基準地震動Ss1（Ss1-1～Ss1-23）として設定。



（NS方向）　（EW方向）　（UD方向）

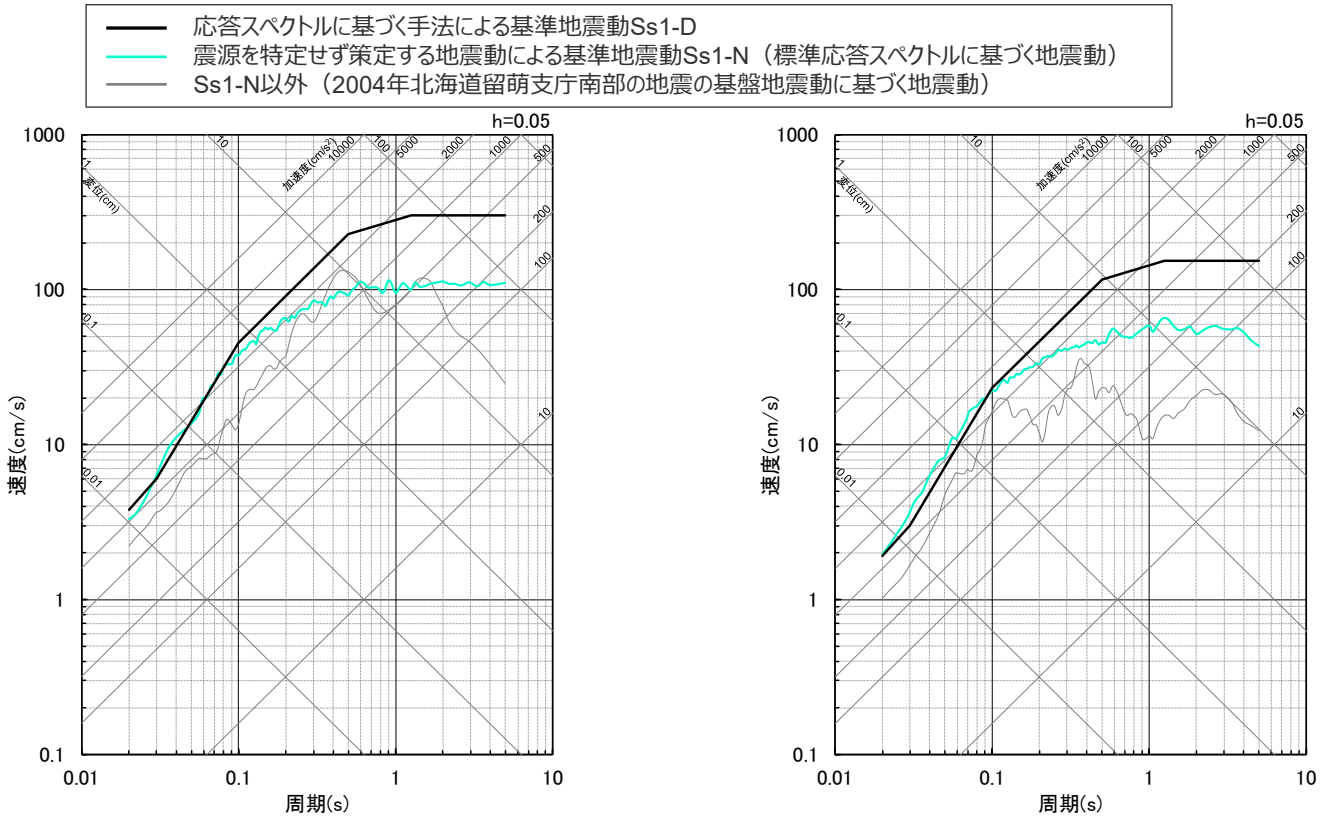
<断層モデルを用いた手法による基準地震動Ss1（Ss1-1～Ss1-23）（応答スペクトル）>

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<2.3　基準地震動Ss1の策定>

震源を特定せず策定する地震動による基準地震動Ss1-N

○震源を特定せず策定する地震動の評価結果のうち、Ss1-Dを上回る標準応答スペクトルに基づく地震動（1ケース）を、震源を特定せず策定する地震動による基準地震動Ss1-Nとして設定。



（水平動）　（鉛直動）

<震源を特定せず策定する地震動による基準地震動Ss1（Ss1-N）（応答スペクトル）>

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<2.3　基準地震動Ss1の策定>

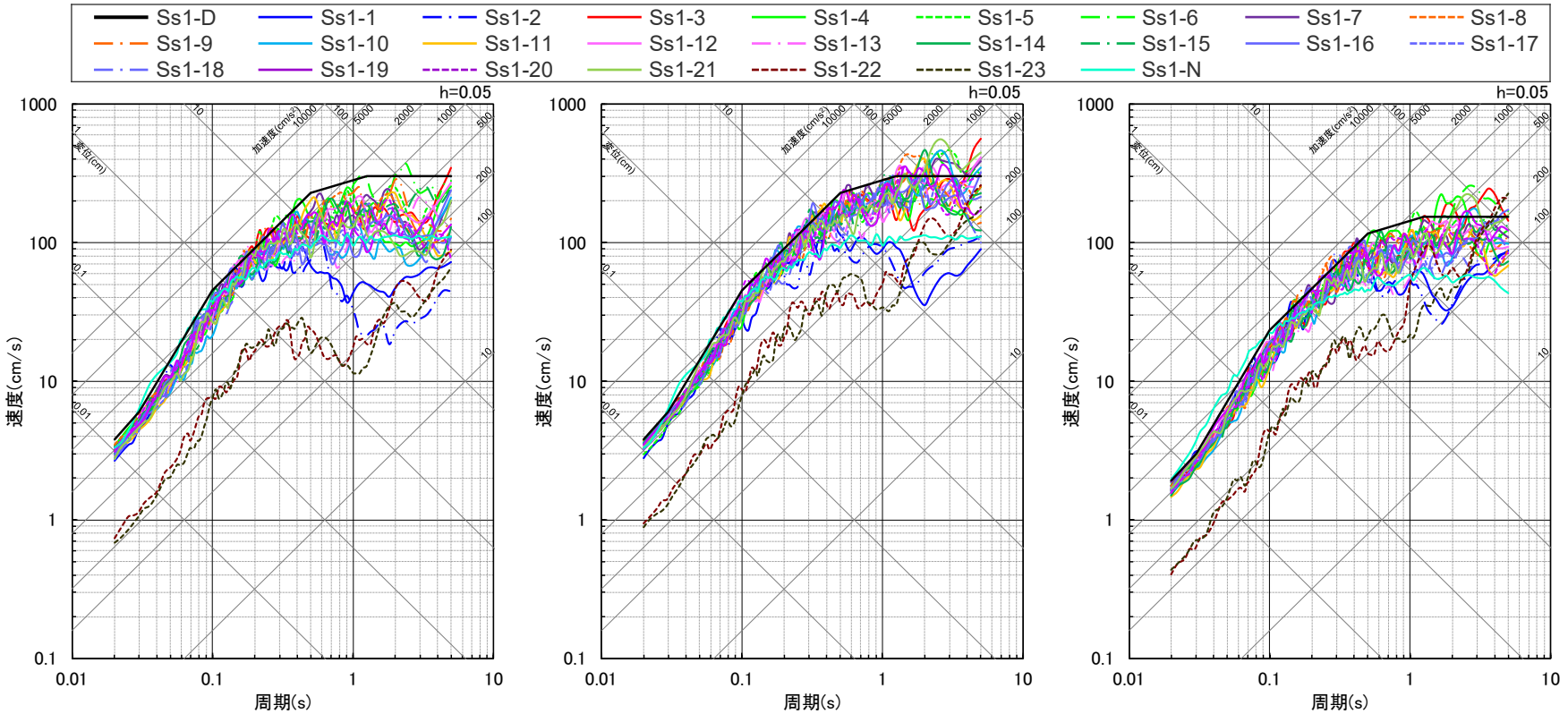
基準地震動Ss1（Ss1-D、Ss1-1～Ss1-23、Ss1-N）

p.8再掲

○地震動の顕著な増幅が見られない１～４号機周辺の基準地震動Ss1は25波を策定（最大加速度1200ガル）。

・応答スペクトルに基づく手法による基準地震動Ss1-D（1200ガル）
・断層モデルを用いた手法による基準地震動Ss1-1～Ss1-23（1173ガル）
・震源を特定せず策定する地震動による基準地震動Ss1-N（1034ガル）

・Ss1-1, Ss1-2　：内陸地殻内地震
・Ss1-3～Ss1-21　：プレート間地震
・Ss1-22, Ss1-23　：海洋プレート内地震
・Ss1-N　：標準応答スペクトルに基づく地震動



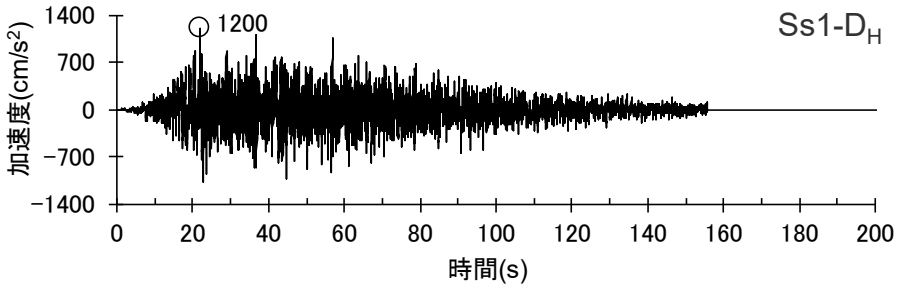
（NS方向）　（EW方向）　（UD方向）

<基準地震動Ss1（Ss1-D、Ss1-1～Ss1-23、Ss1-N）（応答スペクトル）>

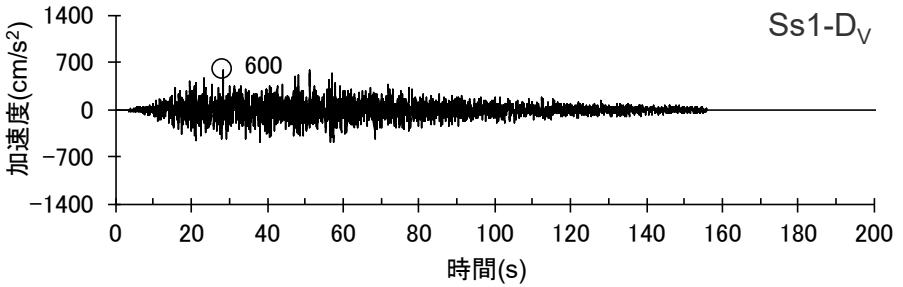
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

基準地震動Ss1（Ss1-D、Ss1-1～Ss1-23、Ss1-N）

p.9再掲



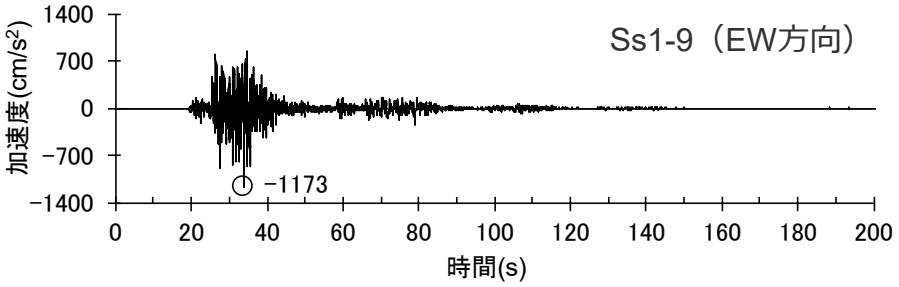
（水平動）



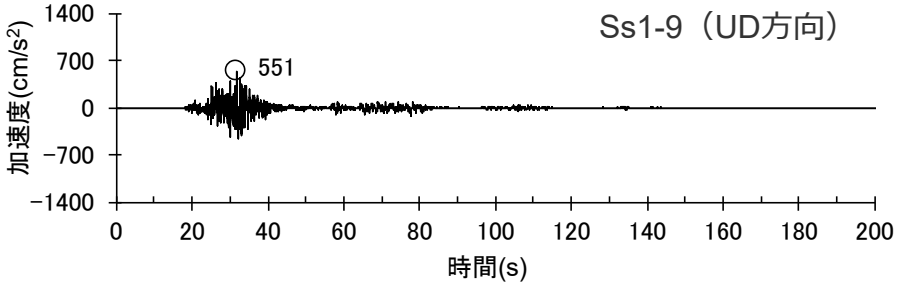
（鉛直動）

＜応答スペクトルに基づく手法による基準地震動の加速度時刻歴波形（Ss1-D）＞

・応答スペクトルに基づく手法による基準地震動の設計用模擬地震動の作成については補足⑤（p.125,126）参照。



（水平動（EW方向）



（鉛直動（UD方向））

＜断層モデルを用いた手法による基準地震動の加速度時刻歴波形の例（Ss1-9（プレート間地震）、最大加速度が最も大きいケース）＞

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

目次

1 基準地震動の策定の概要

2 プレート間地震等の地震動評価と基準地震動

2.1 プレート間地震の地震動評価

2.2 その他の地震の地震動評価

2.3 基準地震動Ss1の策定

3 駿河湾地震における５号機増幅を踏まえた地震動評価と基準地震動

3.1 地震動の顕著な増幅の分析と考慮方法

3.2 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価

3.3 基準地震動Ss2の策定

4 まとめ

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<3.1　地震動の顕著な増幅の分析と考慮方法>

地震動の顕著な増幅の分析及び考慮方法（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号機周辺の観測記録が他号機に比べ大きかった。**
○地震観測記録の分析及び地下構造調査を行い、それらの結果の分析に基づき、2009年駿河湾の地震における**５号機周辺の増幅要因を分析**するとともに、**敷地における地震動の増幅特性を把握**。

＜地震観測記録の分析＞

- 敷地において、鉛直アレイ観測に加え、敷地全体を対象とした多点連続地震観測を実施。
- 敷地の地震観測記録に基づき、**地震波到来方向ごとに地震動の顕著な増幅の有無を確認。**

＜地下構造調査＞

- ボーリング調査・物理検層、屈折法地震探査、反射法地震探査、オフセットVSP探査、ベイケーブル探査を実施。
- 地下構造調査結果に基づき、敷地の地震動を顕著に増幅させるような**地下構造の不整形性の有無の確認。**

地震動の顕著な増幅を考慮した地震動評価・基準地震動Ss2の策定

・地震観測記録の分析及び地下構造調査の詳細は補足②（p.95～）参照。

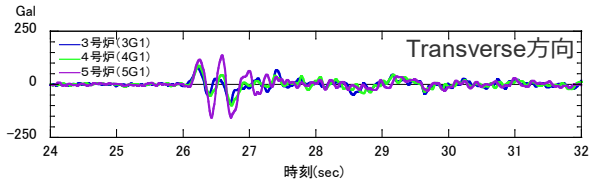
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<3.1　地震動の顕著な増幅の分析と考慮方法>

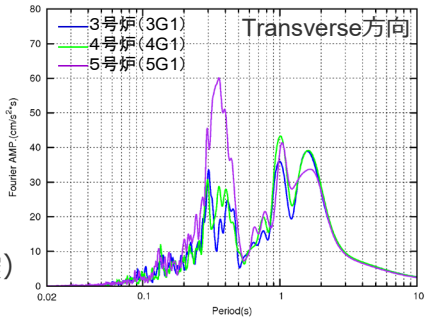
地震動の顕著な増幅の分析
（地震観測記録の分析結果）

2009年駿河湾の地震の分析

○ 5号機周辺の地震動の顕著な増幅は、時刻歴波形のS波主要動部で、**短周期（フーリエスペクトルで周期0.2～0.5秒付近）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>

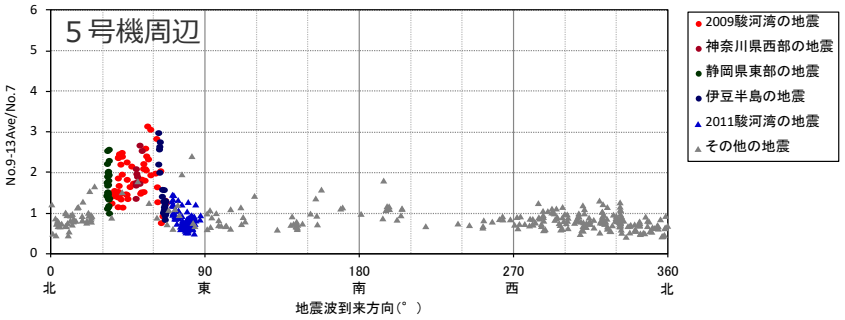


<2009年駿河湾の地震（本震）の加速度フーリエスペクトル>

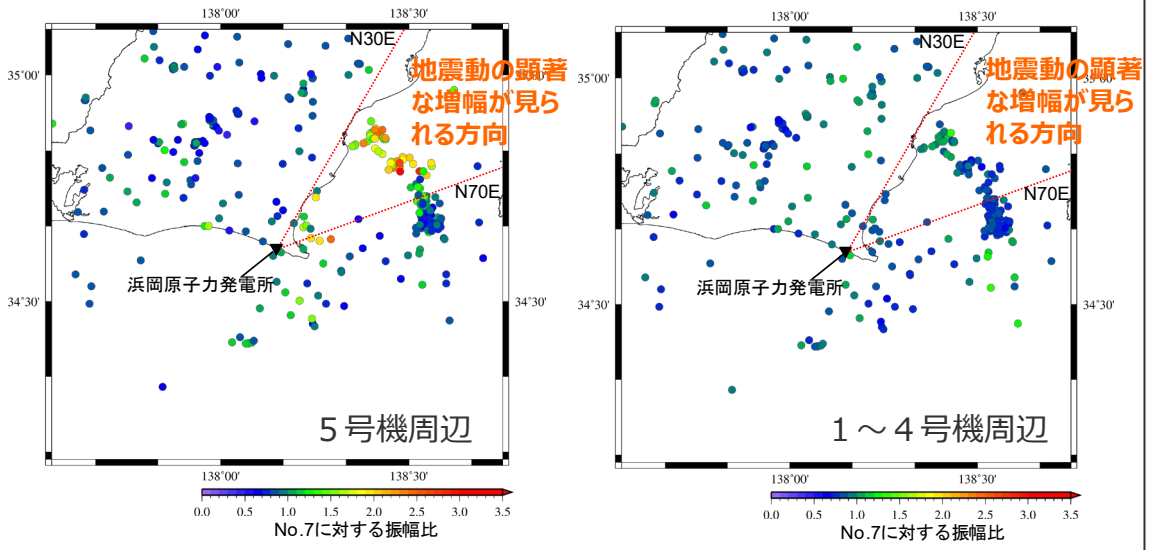
他の地震も含めた分析（多点連続地震観測の分析等により、地震波到来方向ごとに地震動の顕著な増幅の有無を確認）

○ 5号機周辺　　：**特定の方向（北東）で地震動に顕著な増幅が見られる**が、他の方向では顕著な増幅は見られない。

○ 1～4号機周辺：いずれの地震波到来方向でも顕著な増幅が見られない。



<各地震の振幅比と地震波到来方向との関係>



<各地震の振幅比の震央分布図>

・地震観測記録の分析及び地下構造調査の詳細は補足②（p.95～）参照。

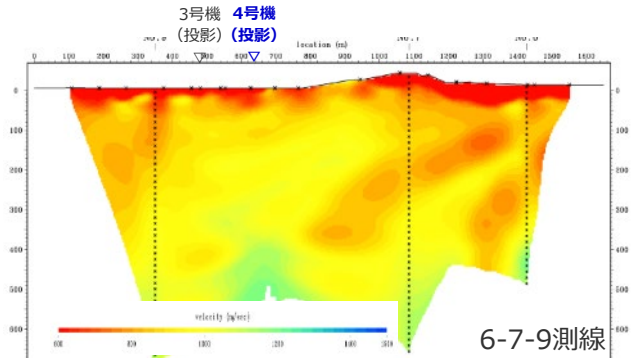
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<3.1　地震動の顕著な増幅の分析と考慮方法>

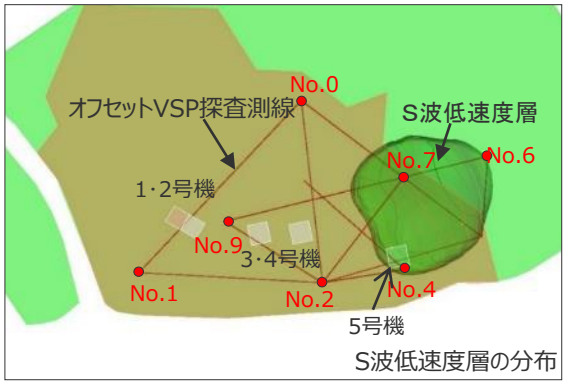
地震動の顕著な増幅の分析
（地下構造調査結果及び解析検討結果）

地下構造調査

○ 速度構造調査（複数のオフセットVSP探査等）により、５号機から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**。また、この**S波低速度層の他に地震動を顕著に増幅させるような地下構造の不整形性が無い**ことを確認。



6-7-9測線

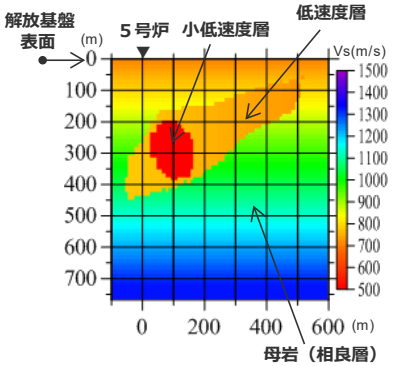


S波低速度層の分布

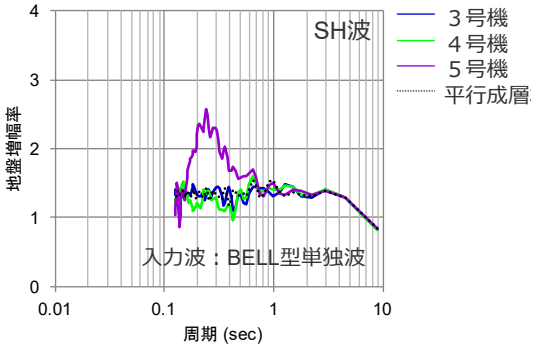
解析検討

○ **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。**

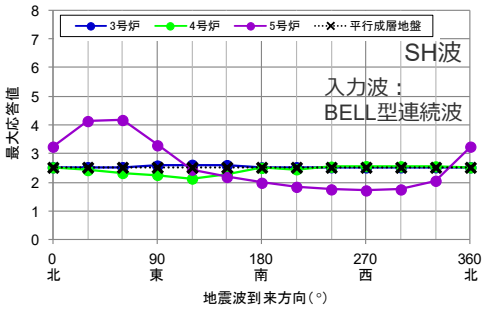
○ 増幅メカニズムは、S波低速度層による波面の屈曲により地震波が干渉して増幅するフォーカシング現象と分析。



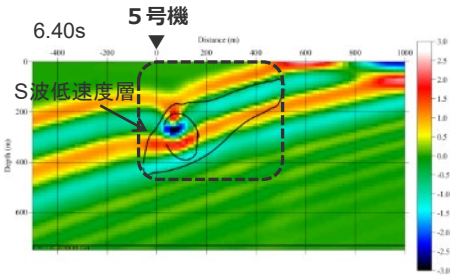
<三次元地下構造モデル>



<地盤増幅率>



<応答波形の最大値分布>



<スナップショット>

・地震観測記録の分析及び地下構造調査の詳細は補足②（p.95～）参照。

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<3.1　地震動の顕著な増幅の分析と考慮方法>

地震動の顕著な増幅の考慮方法
（５号機増幅要因と地震動の顕著な増幅の考慮）

【５号機増幅要因】

○５号機周辺の増幅要因：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（地下構造の不整形性）**と分析。

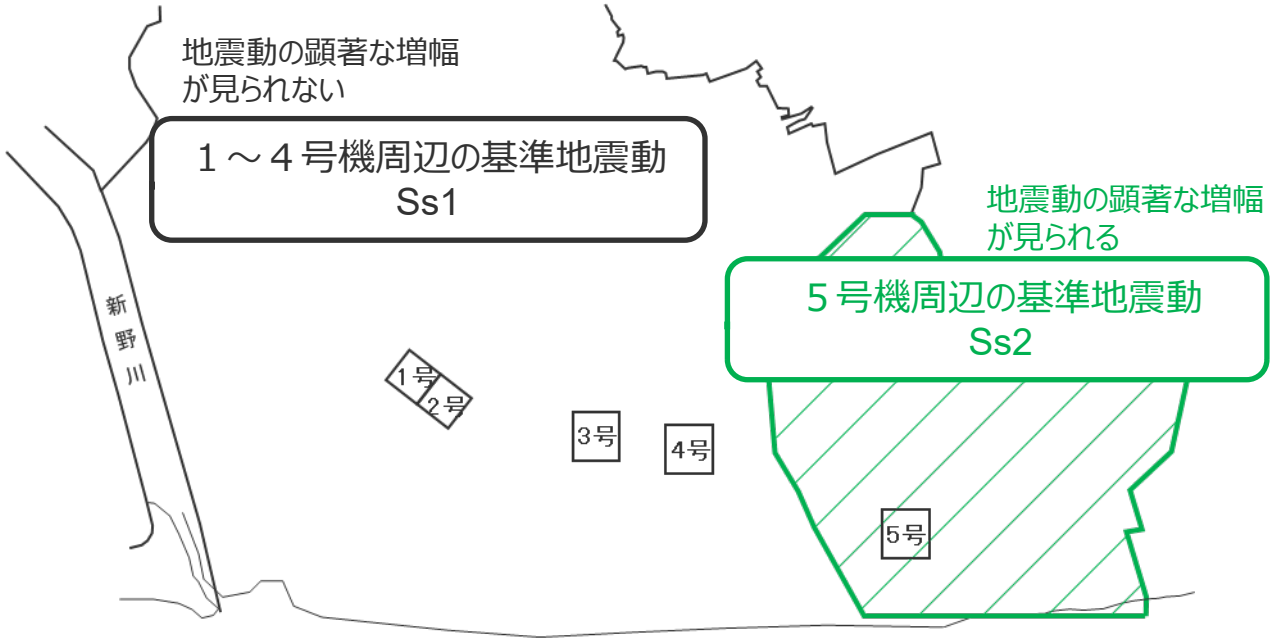
○また、この**S波低速度層の他に地震動を顕著に増幅させるような地下構造の不整形性が無い**ことを確認。

【地震動の顕著な増幅の考慮】

○５号機周辺を対象に、**特定の方向（北東）の地震動で短周期が顕著に増幅**することを考慮した地震動評価を行い、**地震動の顕著な増幅を考慮した基準地震動Ss2**も策定。

・Ss1：地震動の顕著な増幅が見られない１～４号機周辺の基準地震動

・Ss2：地震動の顕著な増幅が見られる５号機周辺の基準地震動



<浜岡原子力発電所の基準地震動>

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<3.1　地震動の顕著な増幅の分析と考慮方法>

地震動の顕著な増幅の考慮方法

（地震動評価における地震動の顕著な増幅の考慮方法）

【地震動評価における地震動の顕著な増幅の考慮方法】

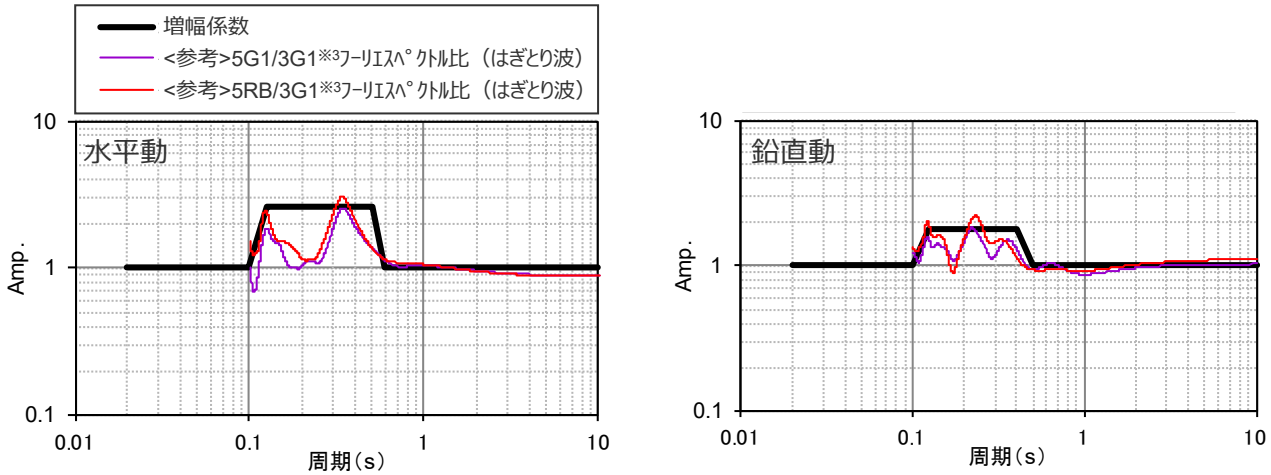
○５号機周辺を対象に、**特定の方向（北東）の地震動で短周期が顕著に増幅することを考慮**した地震動評価を行う。

○**地震動の顕著な増幅の考慮**は、震源断層を小断層に分割して地震動評価を行う「断層モデルを用いた手法」において、小断層からの地震動に**増幅係数を乗じる方法**※1**で地震動評価に反映**する（応答スペクトルに基づく地震動評価は、断層モデルを用いた手法による増幅ありと増幅なし※2の地震動評価結果の応答スペクトル比を反映して行う）。

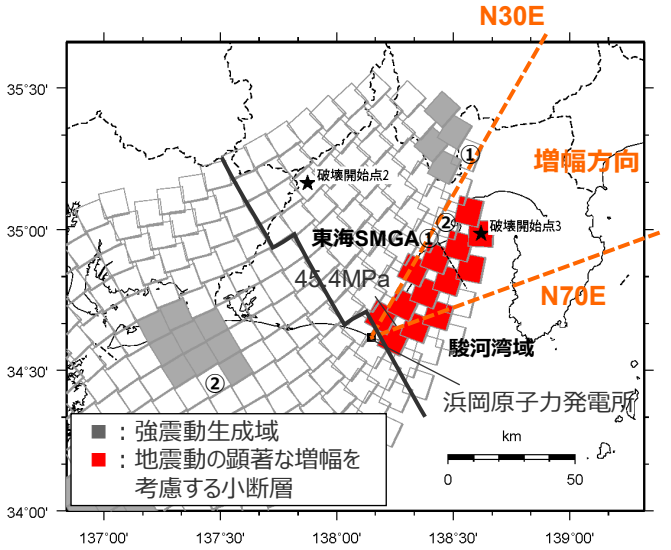
○**増幅係数**は、2009年駿河湾の地震における**観測記録に基づいて設定。地震動の顕著な増幅が見られる特定の方向（「増幅方向」）に位置する強震動生成域の小断層からの地震動に増幅係数を乗じる。**

※1　増幅係数を乗じる方法及びその検証（2009年駿河湾の地震における５号機の観測記録の再現検討）については補足③（p.119～121）参照

※2　増幅あり：地震動の顕著な増幅を考慮する、増幅なし：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する地震動評価に用いる増幅係数（フーリエスペクトル比）＞



＜強震動生成域が「増幅方向」に位置するよう設定した震源モデルの例（プレート間地震）＞

※3　3G1、5G1・5RB：３号機、５号機の鉛直アレイ観測の地震計（地震計の配置はp.98参照）

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

目次

1 基準地震動の策定の概要

2 プレート間地震等の地震動評価と基準地震動

2.1 プレート間地震の地震動評価

2.2 その他の地震の地震動評価

2.3 基準地震動Ss1の策定

3 駿河湾地震における５号機増幅を踏まえた地震動評価と基準地震動

3.1 地震動の顕著な増幅の分析と考慮方法

3.2 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価

3.3 基準地震動Ss2の策定

4 まとめ

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<3.2 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価>

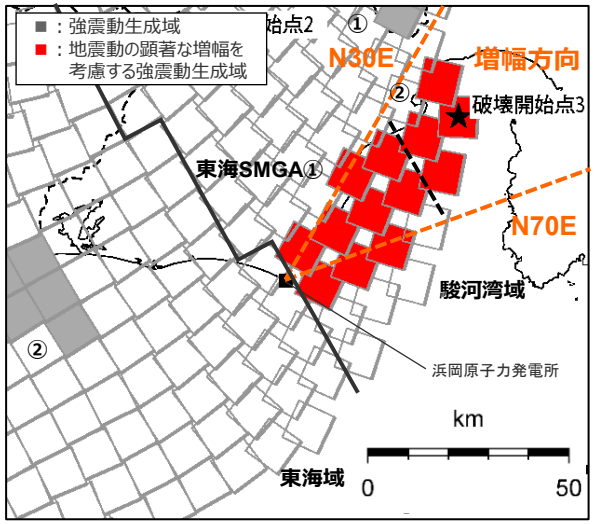
地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価（概要）

○地震動の顕著な増幅が見られる方向（「増幅方向」）に震源断層が位置する**南海トラフ沿いの最大クラスの地震**、**御前崎海脚西部の断層帯による地震**及び**敷地直下の想定スラブ内地震**について**地震動の顕著な増幅を考慮**※。

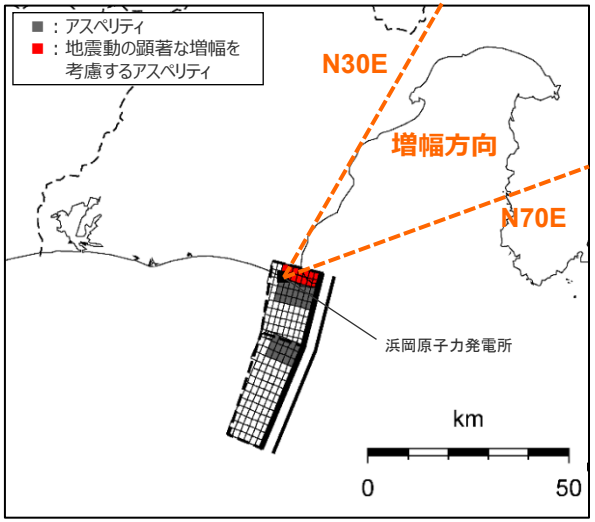
○これらの地震について、**「増幅方向」に位置する強震動生成域の小断層からの地震動に増幅係数を乗じる。**その際、**調査等で特定できない場合は、強震動生成域が「増幅方向」に位置するよう震源モデルを設定。**

○地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価における不確かさの考え方は、地震動の顕著な増幅を考慮しない地震動評価と同様。

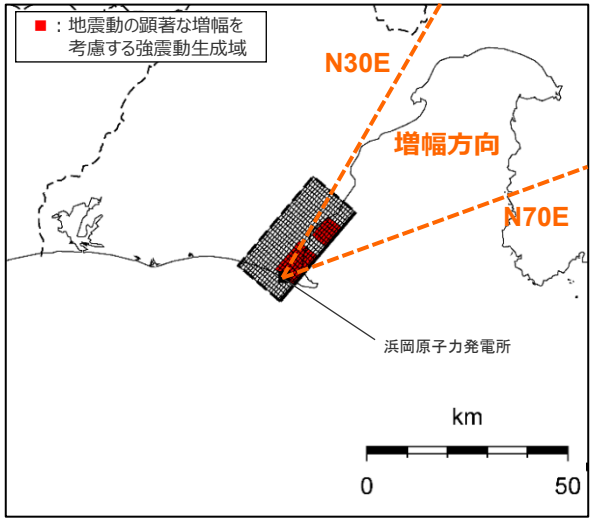
※「A-17断層による地震」は震源断層が「増幅方向」に位置しないため検討対象外とした。また、「御前崎沖の想定沈み込む海洋プレート内地震」については、長周期帯に着目して検討用地震としており、地震動の顕著な増幅が見られる短周期において地震動レベルが大きい「敷地下方の想定スラブ内地震」で代表させた。



プレート間地震
（南海トラフ沿いの最大クラスの地震）



内陸地殻内地震
（御前崎海脚西部の断層帯による地震）



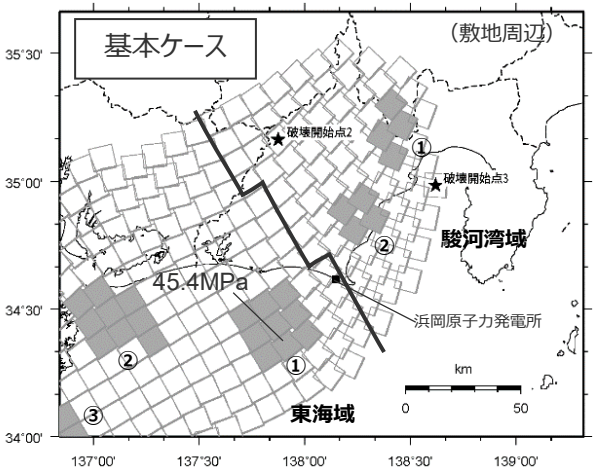
海洋プレート内地震
（敷地直下の想定スラブ内地震）

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

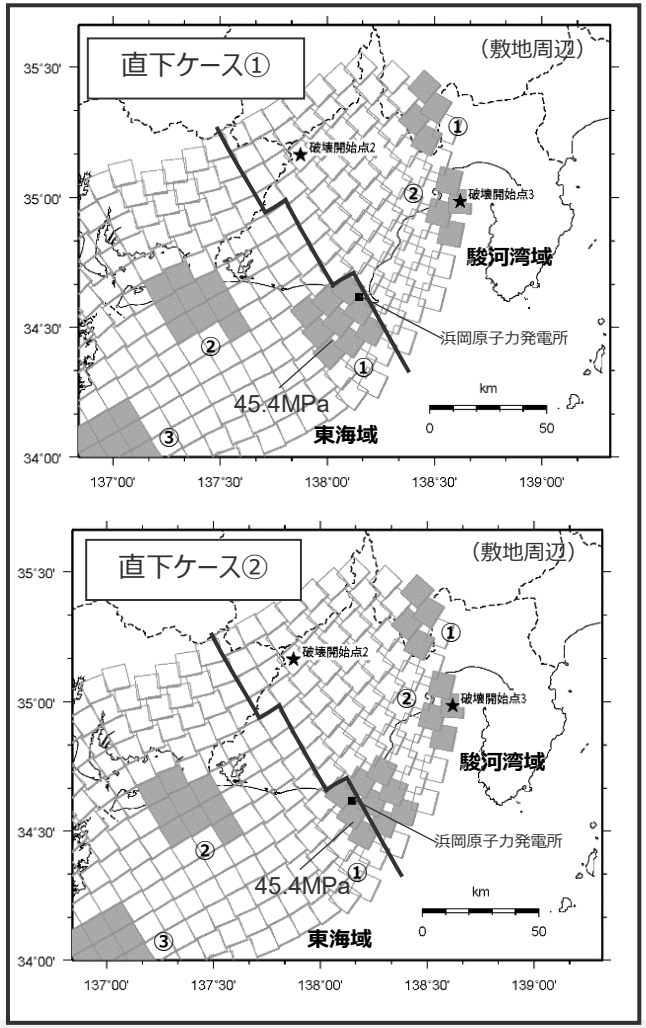
<3.2 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価>

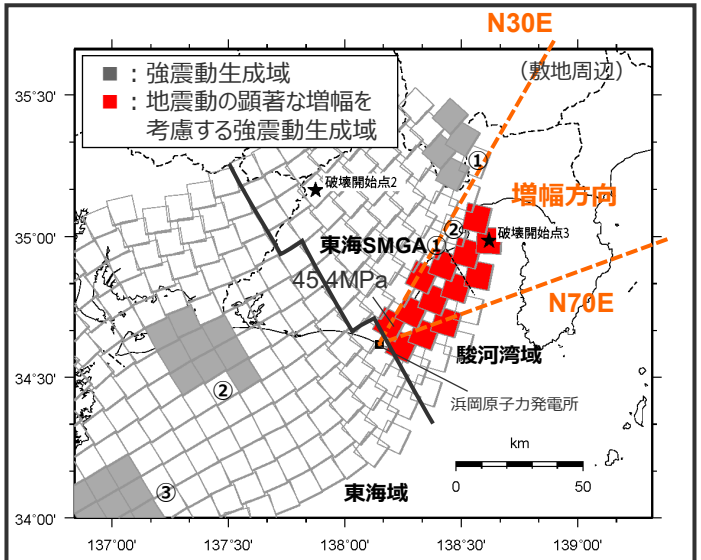
地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価
（プレート間地震の震源モデル）

基本震源モデル → 強震動生成域を敷地下方に設定 → **強震動生成域の位置の不確かさを考慮** → 強震動生成域を「増幅方向」に集約 → **地震動の顕著な増幅を考慮**



強震動生成域の位置は、過去の地震における概ねの位置を踏まえて設定





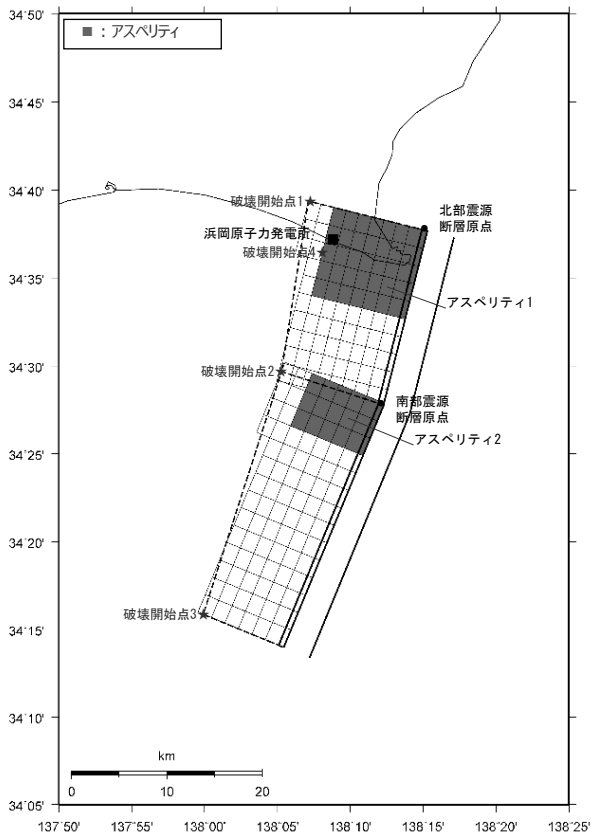
- **調査で強震動生成域の位置を特定できないことから、強震動生成域が「増幅方向」に位置するよう集約して設定したうえで、増幅係数を用いて地震動の顕著な増幅を考慮。**
- その際、応力降下量が45.4MPaと大きい東海SMGA①を敷地の近くに配置。

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<3.2 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価>

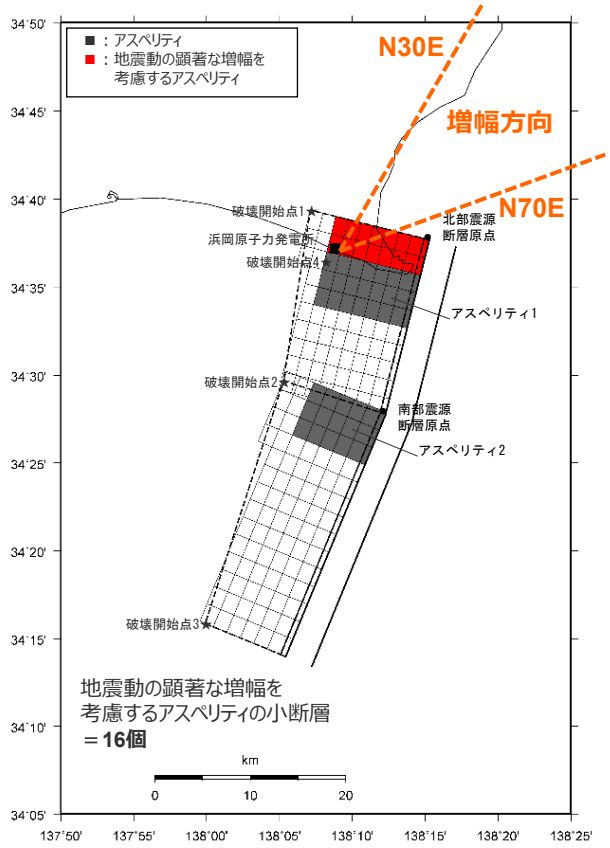
地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価

（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）



<基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）>

調査で断層の位置を特定していることから、当該位置で「増幅方向」に位置するアスペリティからの地震動に対し、増幅係数を用いて地震動の顕著な増幅を考慮



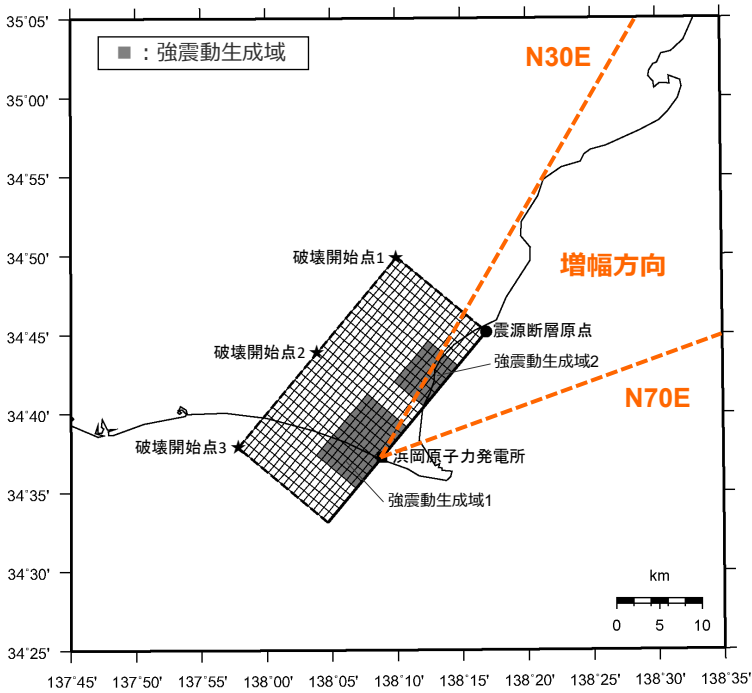
<基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）>

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<3.2 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価>

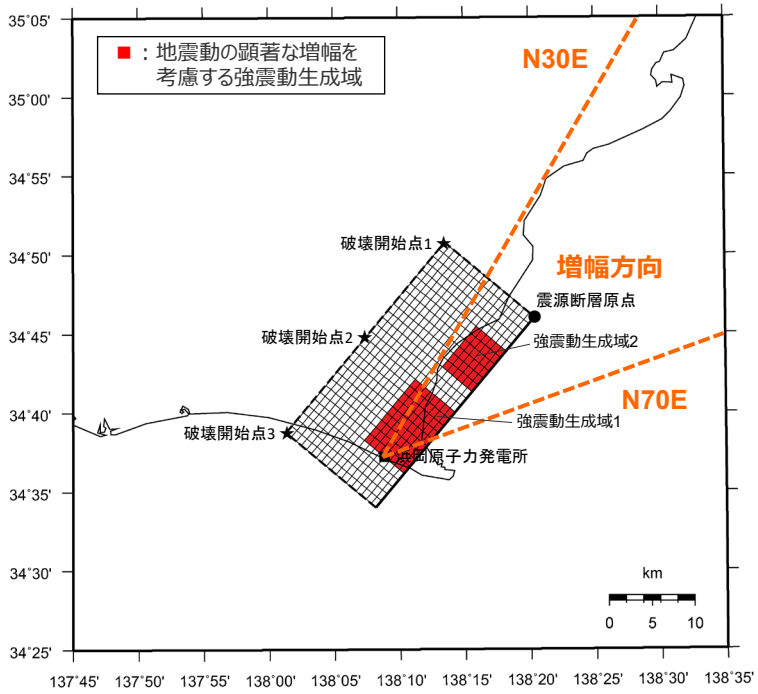
地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価

（海洋プレート内地震（敷地下方の想定スラブ内地震）の震源モデル）



＜基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）＞

調査で断層の位置を特定できないことから、強震動生成域が「増幅方向」に位置するよう震源モデルを設定したうえで、増幅係数を用いて地震動の顕著な増幅を考慮

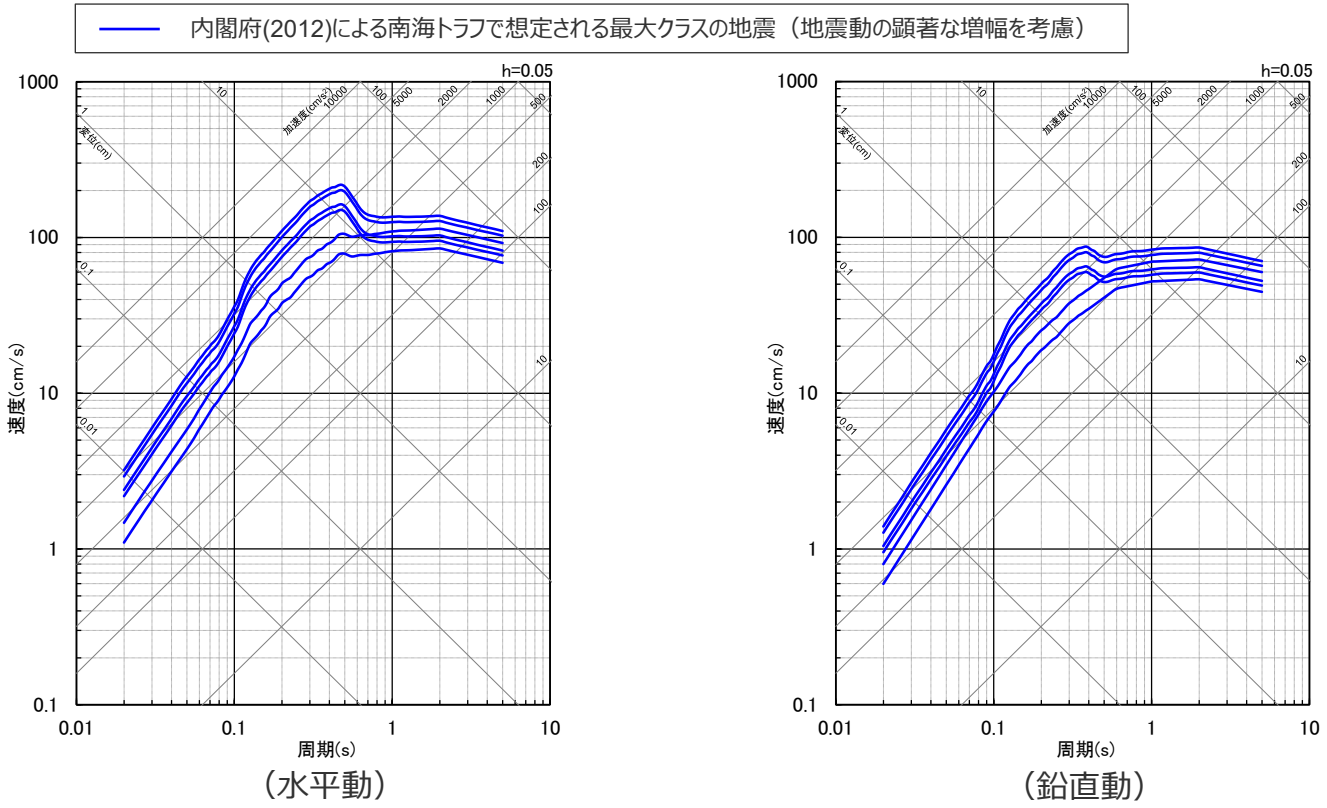


＜基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）＞

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<3.2 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を考慮する地震動評価結果
（プレート間地震の地震動評価結果：応答スペクトルに基づく手法）



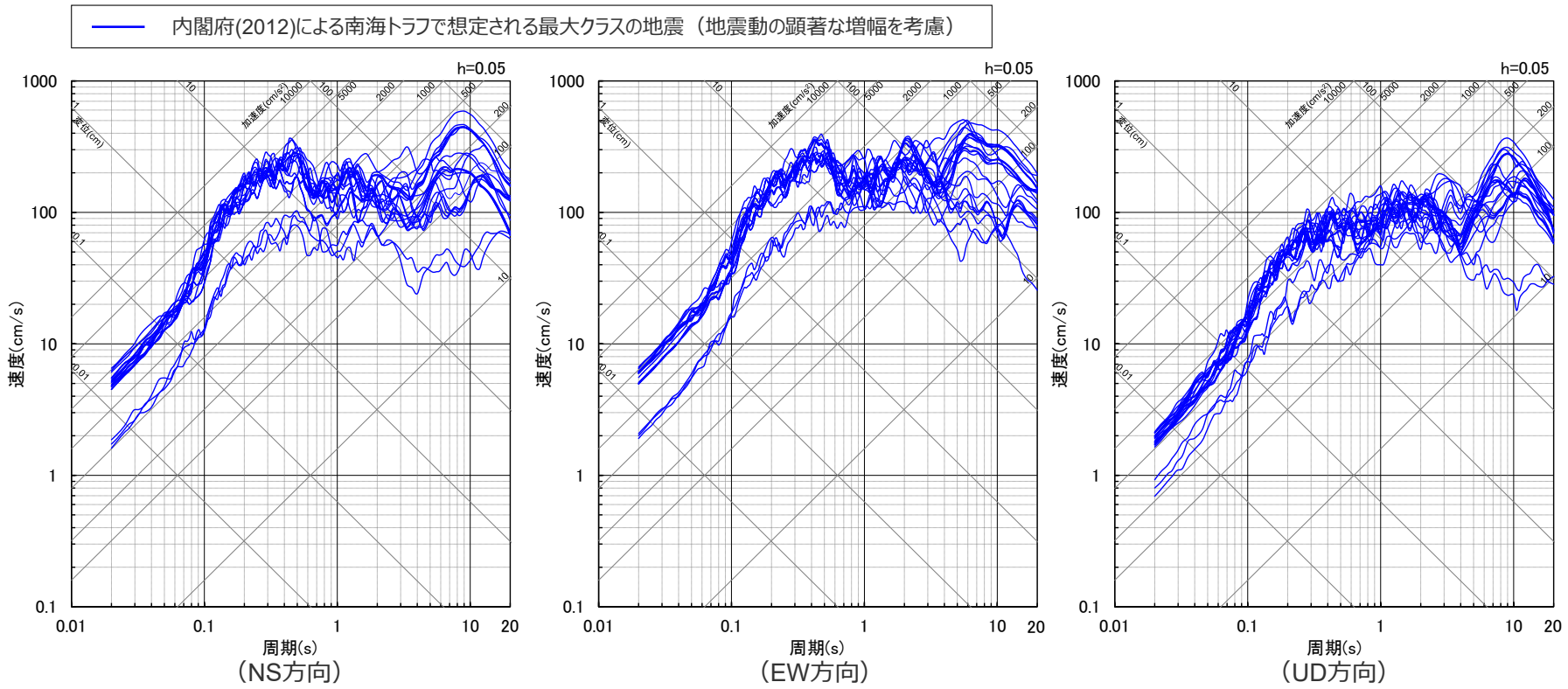
（水平動）　（鉛直動）

<応答スペクトルに基づく地震動評価結果>

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<3.2 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を考慮する地震動評価結果
（プレート間地震の地震動評価結果：断層モデルを用いた手法）



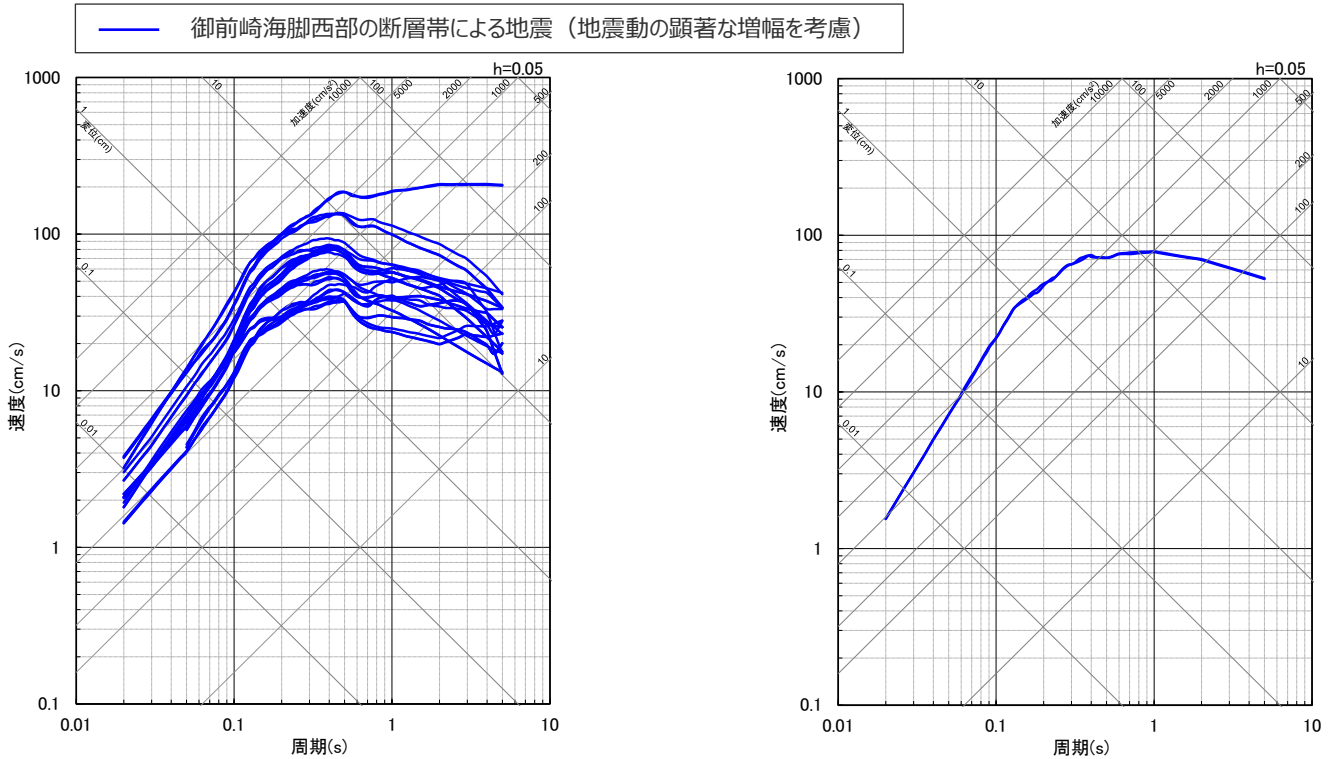
＜断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（応答スペクトル）＞

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<3.2 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を考慮する地震動評価結果

（内陸地殻内地震の地震動評価結果：応答スペクトルに基づく手法）



（水平動）　　（鉛直動）

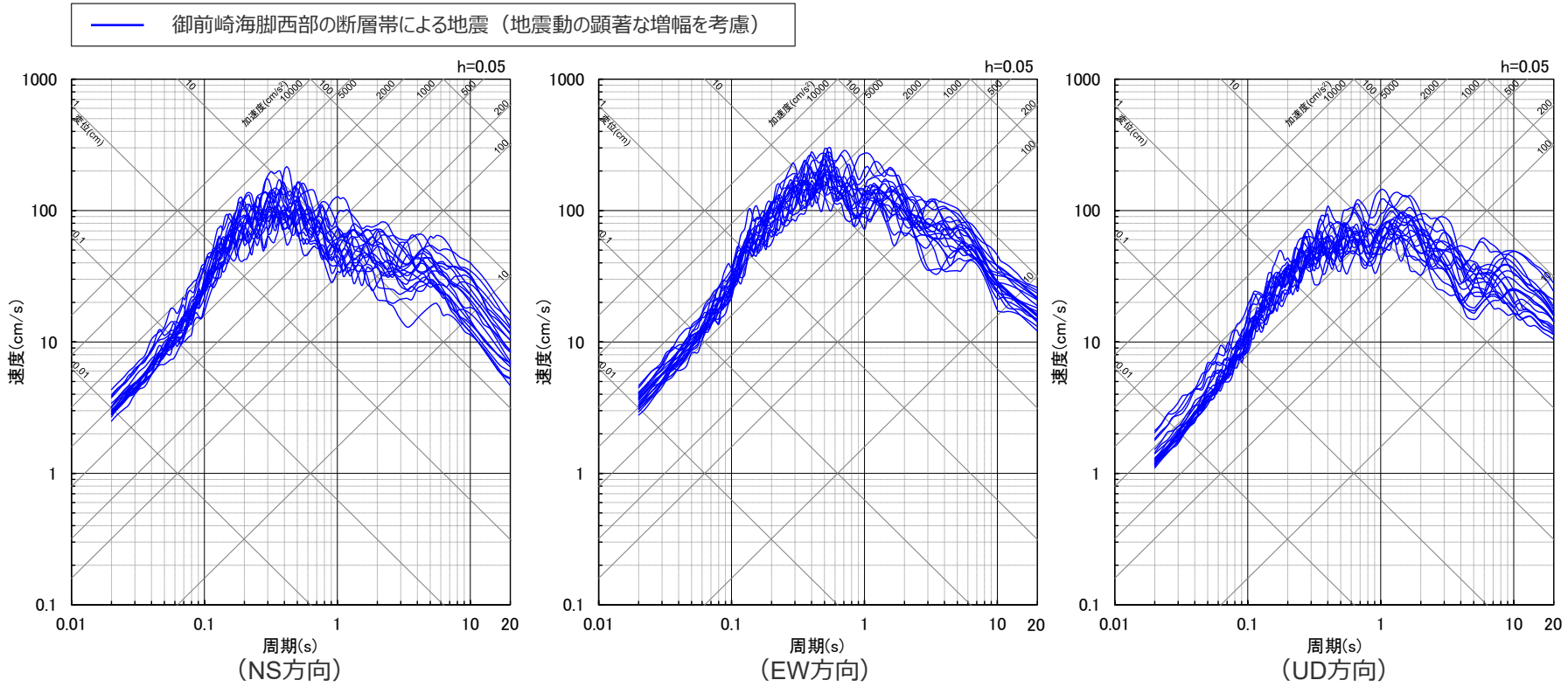
<応答スペクトルに基づく地震動評価結果>

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<3.2 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を考慮する地震動評価結果

（内陸地殻内地震の地震動評価結果：断層モデルを用いた手法）



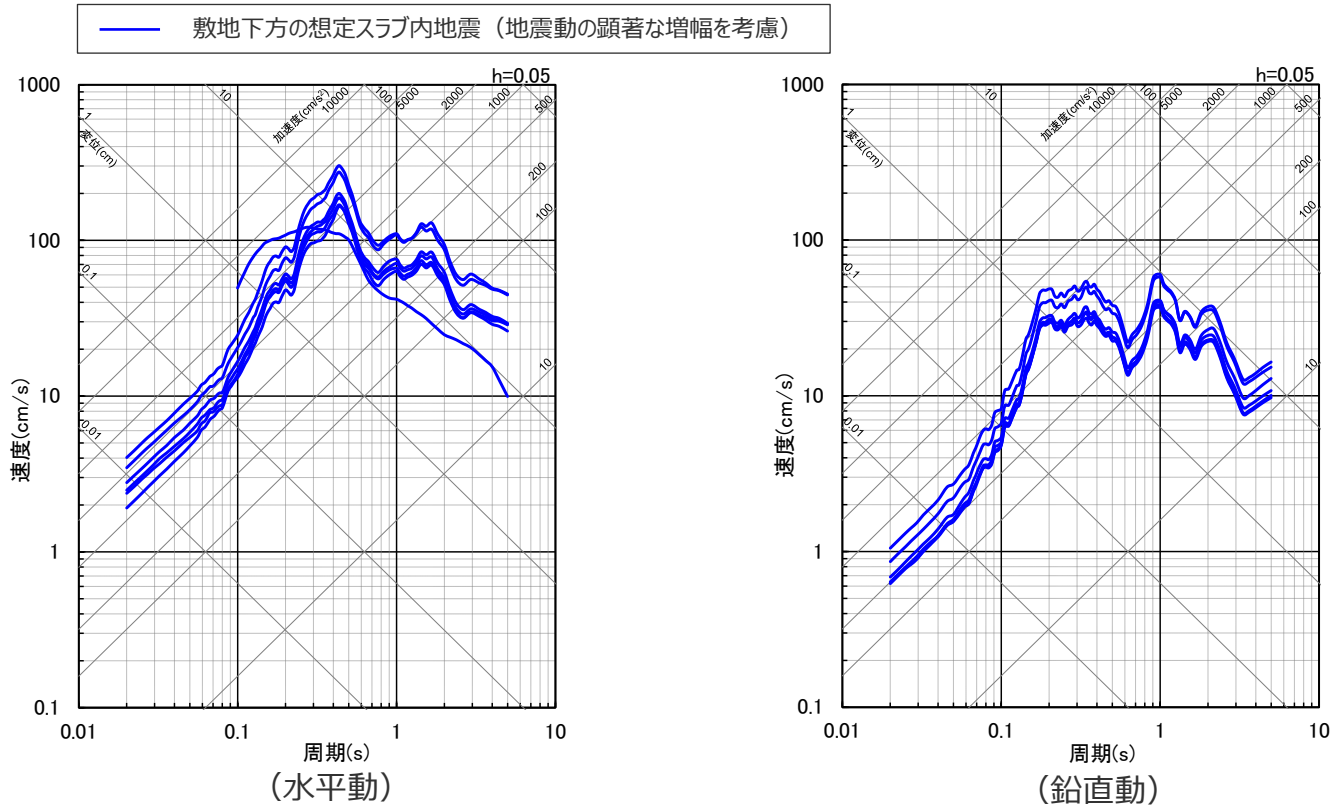
＜断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（応答スペクトル）＞

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<3.2 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を考慮する地震動評価結果

（海洋プレート内地震の地震動評価結果：応答スペクトルに基づく手法）



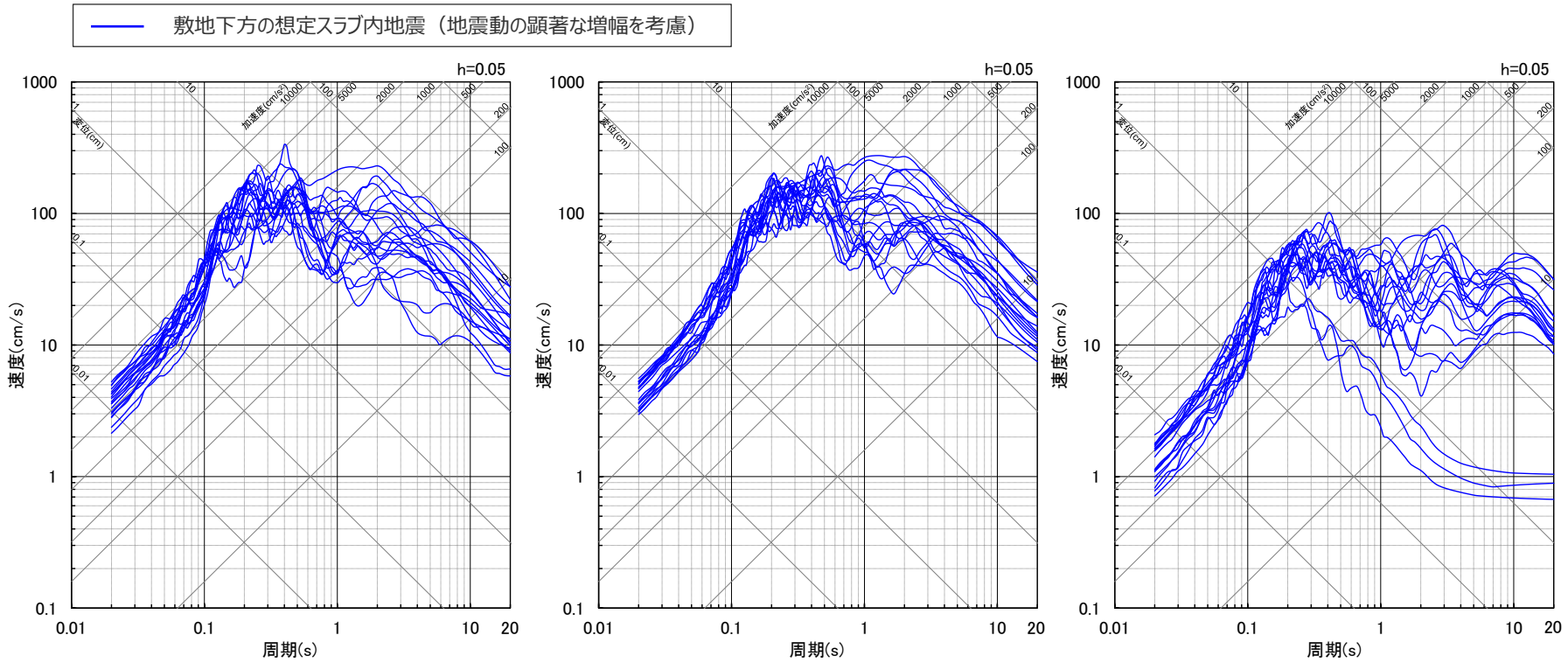
<応答スペクトルに基づく地震動評価結果>

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<3.2 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を考慮する地震動評価結果

（海洋プレート内地震の地震動評価結果：断層モデルを用いた手法）



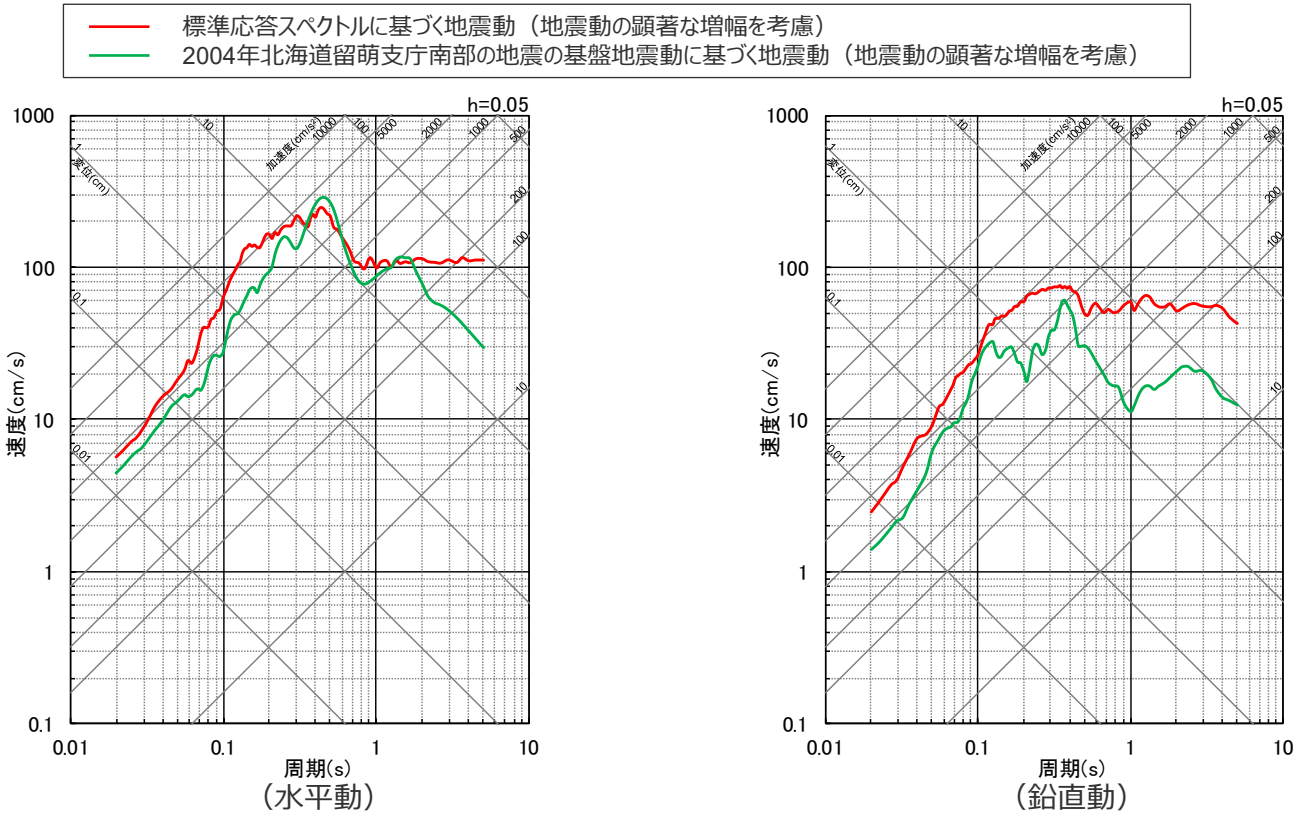
（NS方向）　（EW方向）　（UD方向）

＜断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（応答スペクトル）＞

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<3.2 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を考慮する地震動評価結果
（震源を特定せず策定する地震動の評価結果）



＜地震動評価（応答スペクトル）＞

※ 震源を特定せず策定する地震動では、「増幅方向」にあたる範囲を検討できないことから、顕著な増幅を考慮しない評価結果に増幅係数を乗じる評価を実施。

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

目次

1 基準地震動の策定の概要

2 プレート間地震等の地震動評価と基準地震動

2.1 プレート間地震の地震動評価

2.2 その他の地震の地震動評価

2.3 基準地震動Ss1の策定

3 駿河湾地震における５号機増幅を踏まえた地震動評価と基準地震動

3.1 地震動の顕著な増幅の分析と考慮方法

3.2 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価

3.3 基準地震動Ss2の策定

4 まとめ

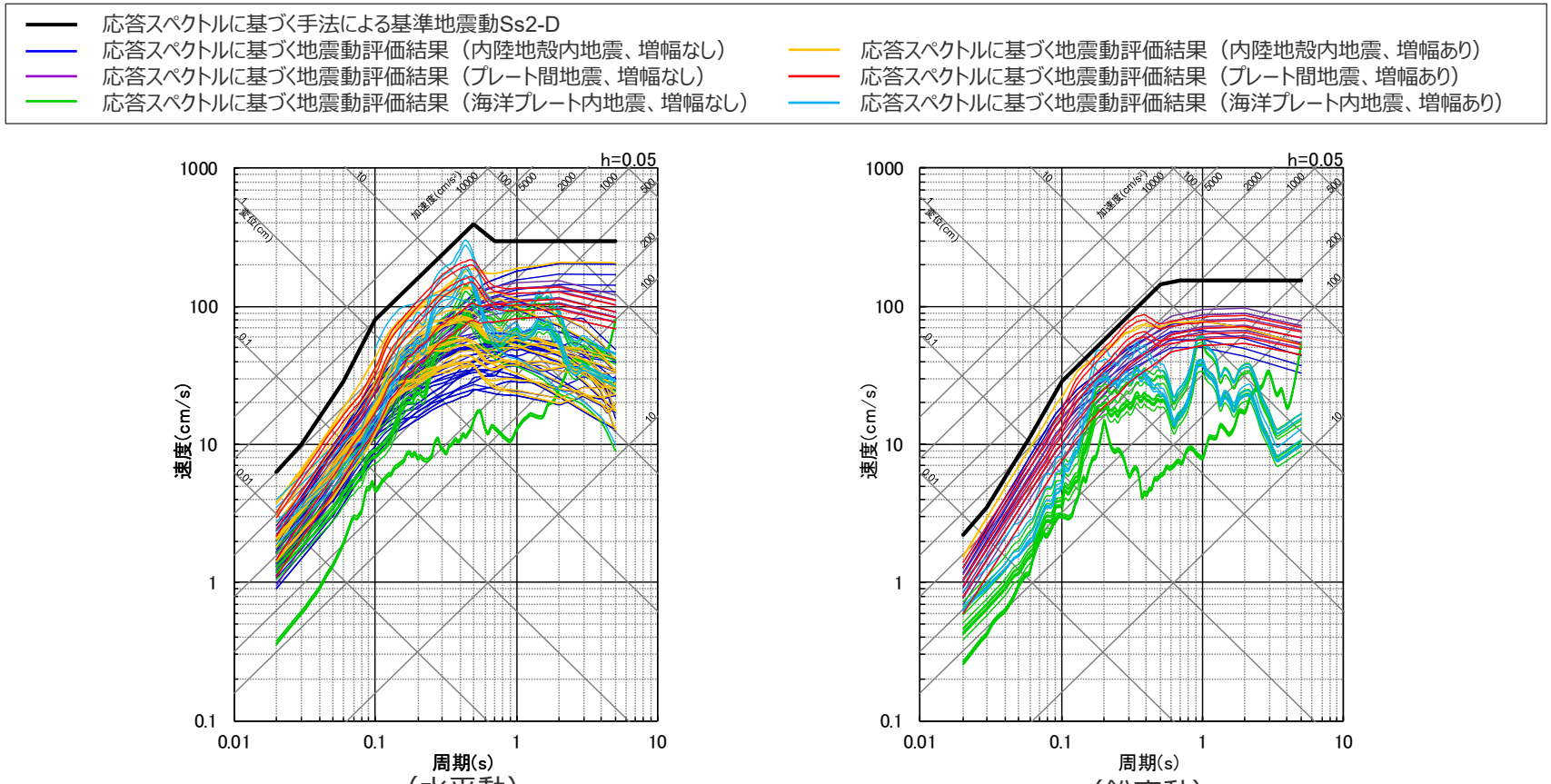
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<3.3 基準地震動Ss2の策定>

応答スペクトルに基づく手法による基準地震動Ss2-D

○応答スペクトルに基づく手法による基準地震動Ss2-Dの設計用応答スペクトルは、応答スペクトルに基づく地震動評価結果（増幅なし、増幅あり）※を包絡するよう設定。

※ 増幅なし：地震動の顕著な増幅を考慮しない、増幅あり：地震動の顕著な増幅を考慮する



<応答スペクトルに基づく手法による基準地震動Ss2-D（応答スペクトル）>

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

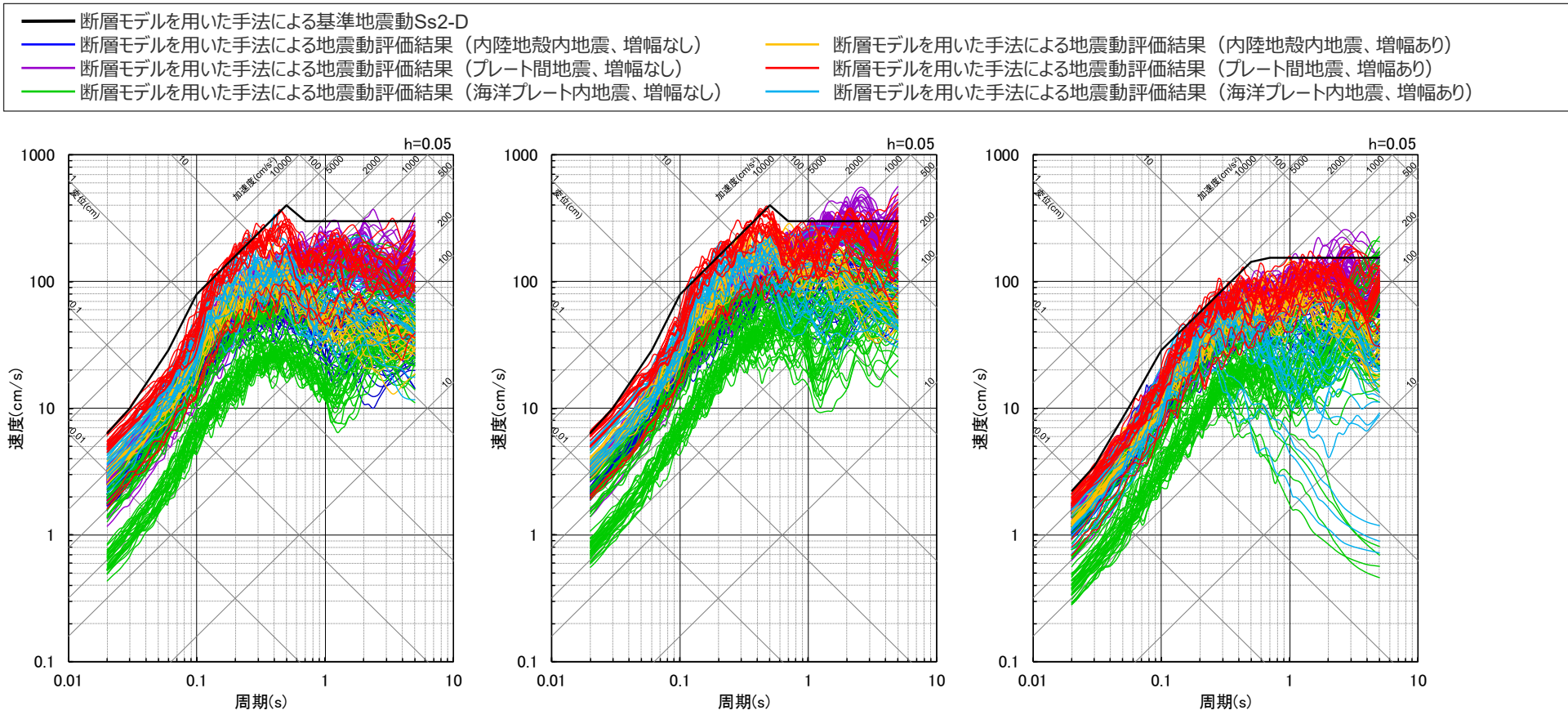
<3.3 基準地震動Ss2の策定>

断層モデルを用いた手法による基準地震動Ss2

（断層モデルを用いた手法による地震動評価結果とSs2-Dとの比較）

○断層モデルを用いた手法による基準地震動Ss2は、断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（増幅なし、増幅あり）※から、Ss2-Dとの比較を踏まえて策定。

※ 増幅なし：地震動の顕著な増幅を考慮しない、増幅あり：地震動の顕著な増幅を考慮する



（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とSs2-Dとの比較（応答スペクトル）＞

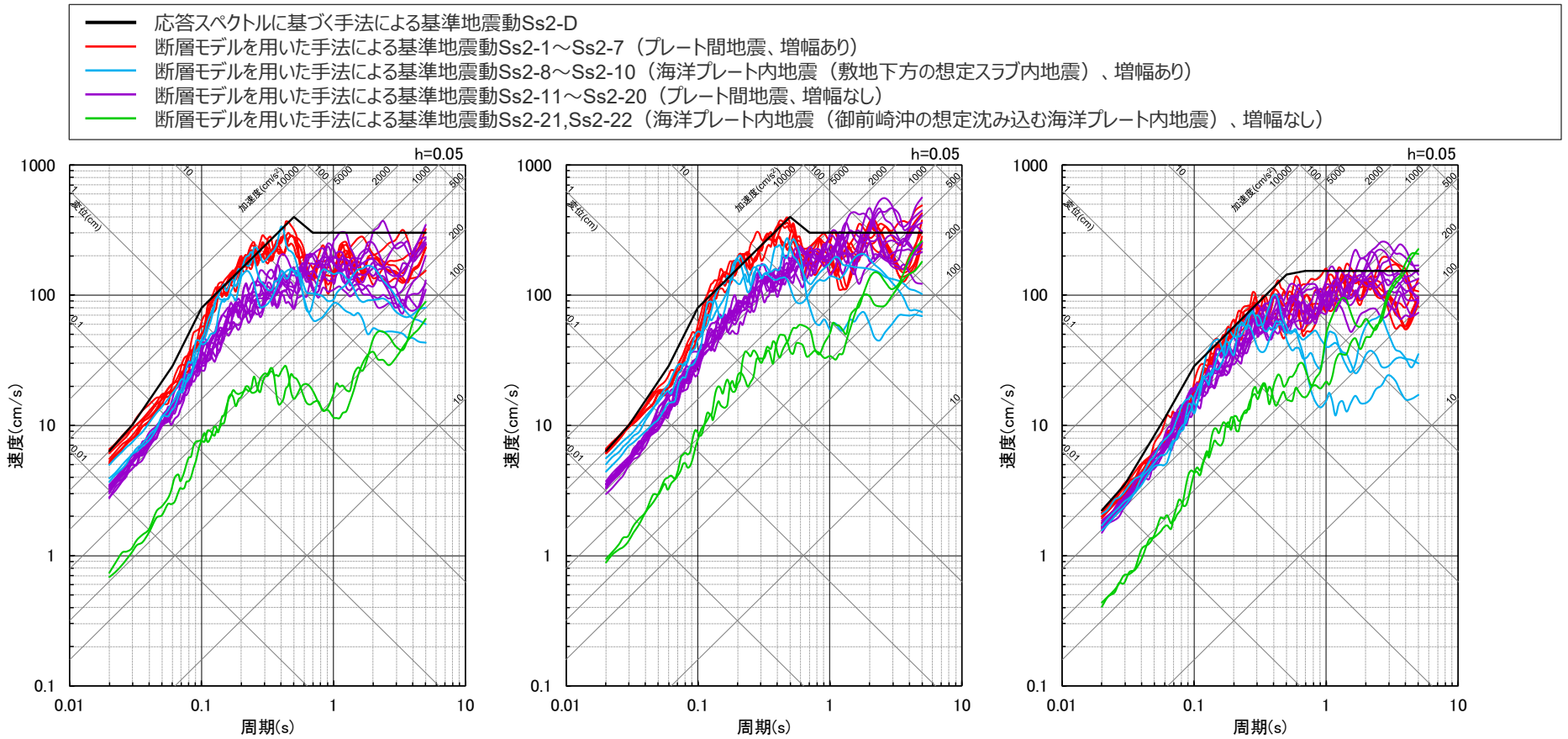
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<3.3 基準地震動Ss2の策定>

断層モデルを用いた手法による基準地震動Ss2-1～Ss2-22

○ 断層モデルを用いた手法による地震動評価結果（増幅なし、増幅あり）※において、Ss2-Dを上回るケースのうち、Ss2-Dを上回る周期で最大の応答スペクトルとなる地震動（22ケース）を、断層モデルを用いた手法による基準地震動Ss2（Ss2-1～Ss2-22）として設定。

※ 増幅なし：地震動の顕著な増幅を考慮しない、増幅あり：地震動の顕著な増幅を考慮する



（NS方向）　（EW方向）　（UD方向）

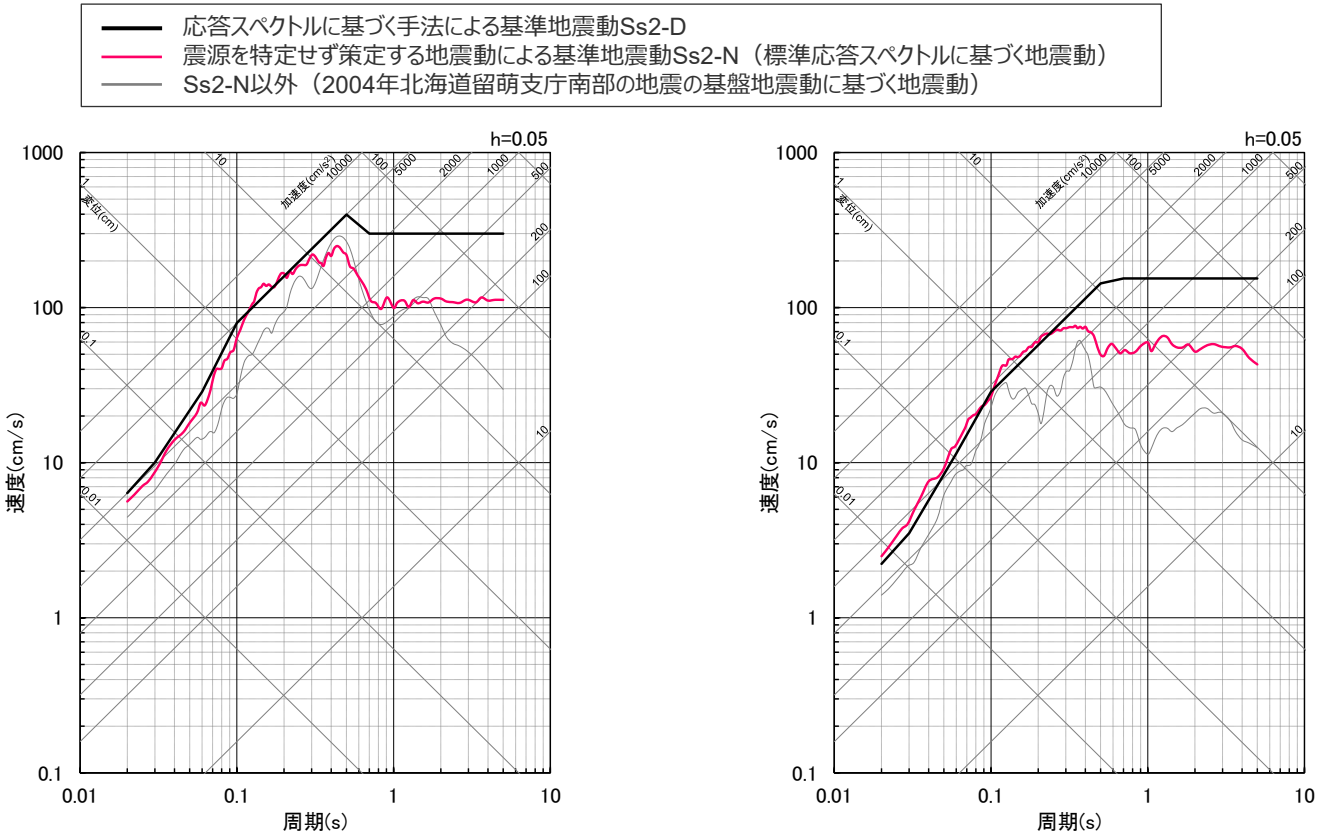
<断層モデルを用いた手法による基準地震動Ss2（Ss2-1～Ss2-22）（応答スペクトル）>

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<3.3 基準地震動Ss2の策定>

震源を特定せず策定する地震動による基準地震動Ss2-N

○震源を特定せず策定する地震動の評価結果（地震動の顕著な増幅を考慮）のうち、Ss2-Dを上回る標準応答スペクトルに基づく地震動（1ケース）を、震源を特定せず策定する地震動による基準地震動Ss2-Nとして設定。



（水平動）　（鉛直動）

<震源を特定せず策定する地震動による基準地震動Ss2（Ss2-N）（応答スペクトル）>

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<3.3 基準地震動Ss2の策定>

基準地震動Ss2（Ss2-D、Ss2-1～Ss2-22、Ss2-N）

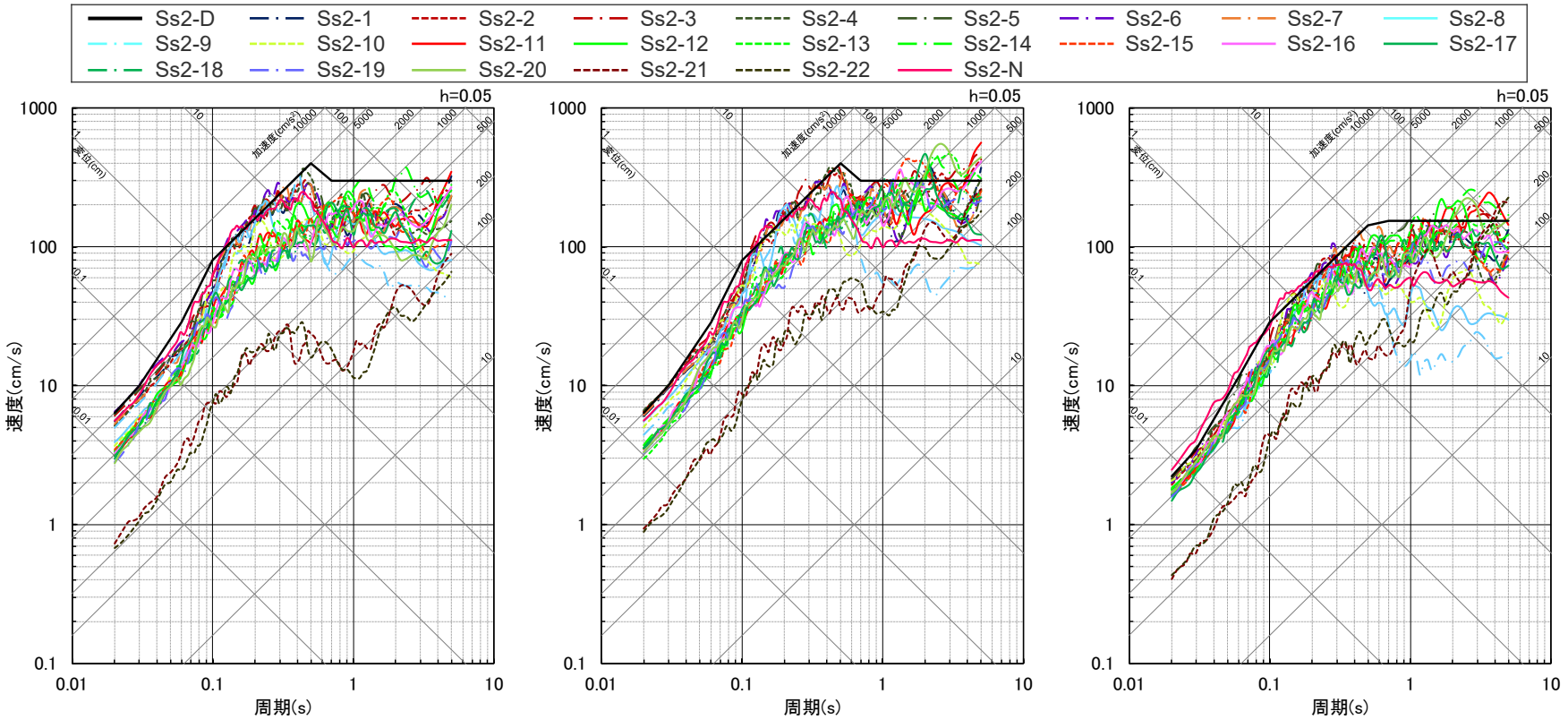
p.10再掲

○地震動の顕著な増幅が見られる５号機周辺の基準地震動Ss2※は24波を策定（最大加速度2094ガル）。

※ 基準地震動Ss2には地震動の顕著な増幅を考慮しない場合も考慮（p.66,67参照）

・応答スペクトルに基づく手法による基準地震動Ss2-D （2000ガル）
・断層モデルを用いた手法による基準地震動Ss2-1～Ss2-22 （2094ガル）
・震源を特定せず策定する地震動による基準地震動Ss2-N （1766ガル）

・Ss2-1～Ss2-7 ：プレート間地震（地震動の顕著な増幅を考慮）
・Ss2-8～Ss2-10 ：海洋プレート内地震（地震動の顕著な増幅を考慮）
・Ss2-11～Ss2-20 ：プレート間地震
・Ss2-21, Ss2-22 ：海洋プレート内地震
・Ss2-N ：標準応答スペクトルに基づく地震動（地震動の顕著な増幅を考慮）



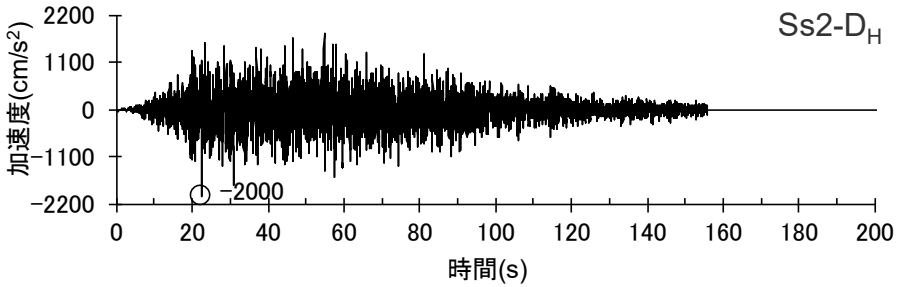
（NS方向） （EW方向） （UD方向）

<基準地震動Ss2（Ss2-D、Ss2-1～Ss2-22、Ss2-N）（応答スペクトル）>

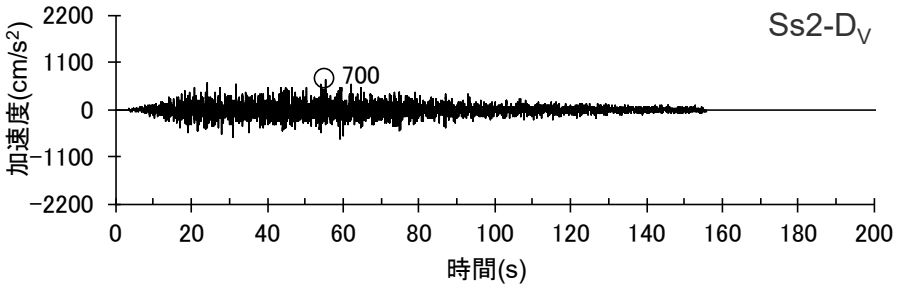
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

基準地震動Ss2（Ss2-D、Ss2-1～Ss2-22、Ss2-N）

p.11再掲



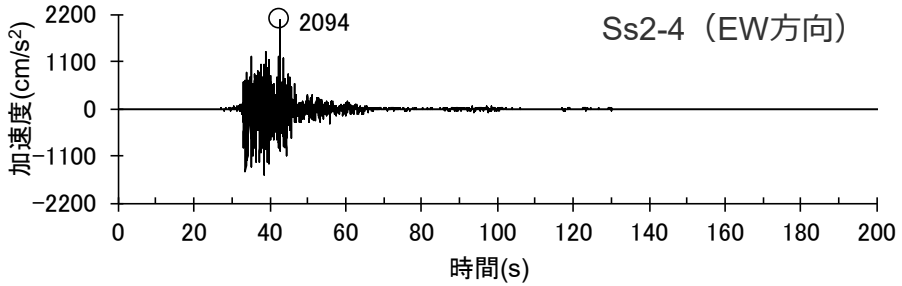
（水平動）



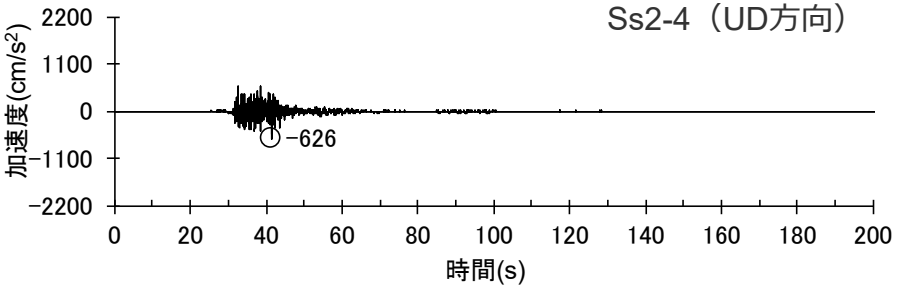
（鉛直動）

＜応答スペクトルに基づく手法による基準地震動の加速度時刻歴波形（Ss2-D）＞

・応答スペクトルに基づく手法による基準地震動の設計用模擬地震動の作成については補足④（p.125,126）参照



（水平動（EW方向））



（鉛直動（UD方向））

＜断層モデルを用いた手法による基準地震動の加速度時刻歴波形の例（Ss2-4（プレート間地震）、最大加速度が最も大きいケース）＞

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

目次

1 基準地震動の策定の概要

2 プレート間地震等の地震動評価と基準地震動

2.1 プレート間地震の地震動評価

2.2 その他の地震の地震動評価

2.3 基準地震動Ss1の策定

3 駿河湾地震における５号機増幅を踏まえた地震動評価と基準地震動

3.1 地震動の顕著な増幅の分析と考慮方法

3.2 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価

3.3 基準地震動Ss2の策定

4 まとめ

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<4　まとめ>

浜岡原子力発電所の基準地震動（まとめ）

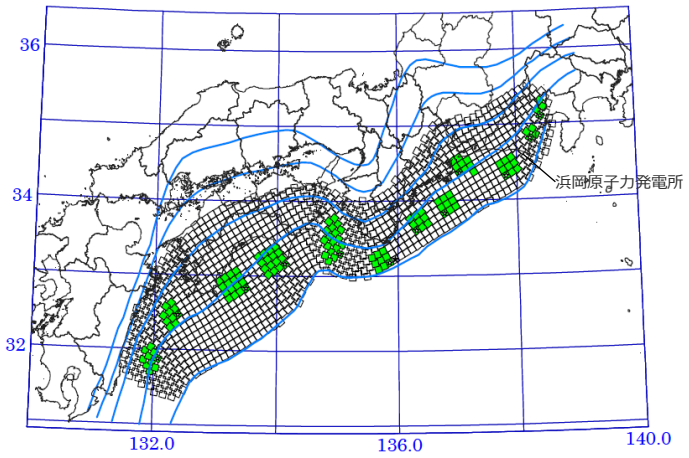
○**内閣府(2012)による南海トラフの最大クラスのプレート間地震の断層モデルに基づき地震動評価**を行い基準地震動を策定。
○**2009年駿河湾の地震において５号機周辺で見られた地震動の顕著な増幅を考慮**した基準地震動も策定。

地震動の顕著な増幅が見られない

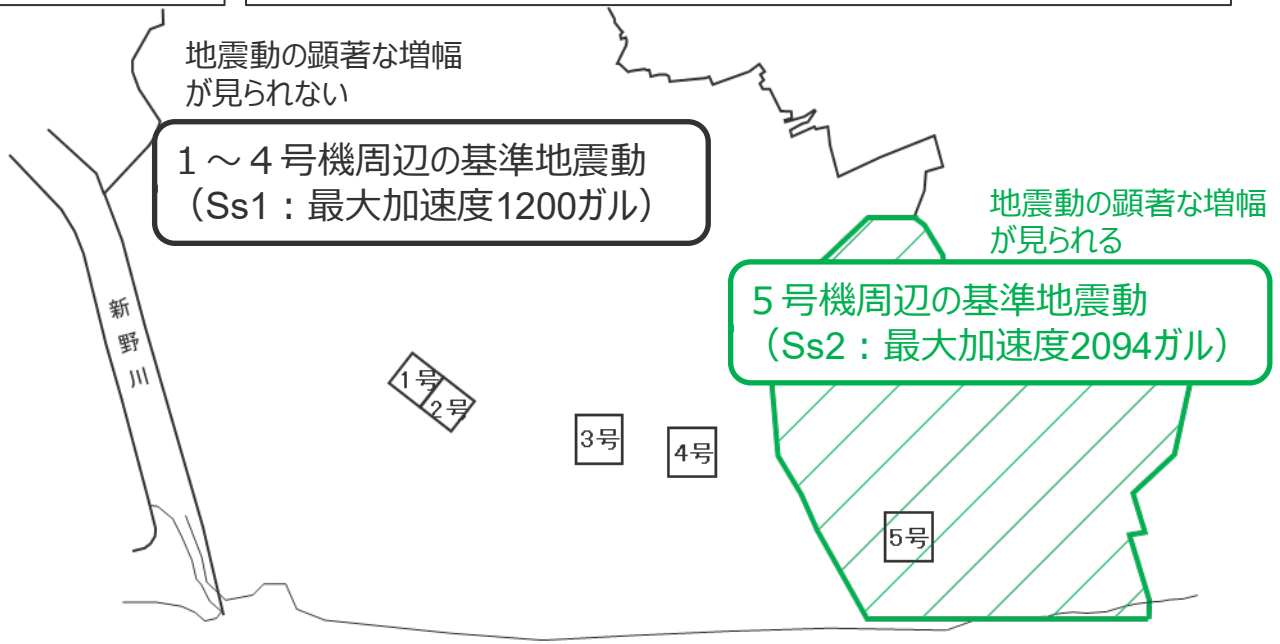
○ **１～４号機周辺の基準地震動Ss1**
：25波（最大加速度1200ガル）
・応答スペクトルに基づき手法による基準地震動Ss1-D（1200ガル）
・断層モデルを用いた手法による基準地震動Ss1-1～Ss1-23（1173ガル）
・震源を特定せず策定する地震動による基準地震動Ss1-N（1034ガル）

地震動の顕著な増幅が見られる

○ **５号機周辺の基準地震動Ss2**
：24波（最大加速度2094ガル）
・応答スペクトルに基づき手法による基準地震動Ss2-D（2000ガル）
・断層モデルを用いた手法による基準地震動Ss2-1～Ss2-22（2094ガル）
・震源を特定せず策定する地震動による基準地震動Ss2-N（1766ガル）



<内閣府モデル（最大クラスの地震）>
（内閣府(2012)に敷地位置を加筆）



<浜岡原子力発電所の基準地震動>

⇒今後、策定した基準地震動に基づき耐震評価を進めてまいります。

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

目次

補足

①震源モデル
②敷地における地盤増幅特性の分析
③地震動評価に用いる地下構造モデル及びその検証
④地震動の顕著な増幅の考慮方法及びその検証
⑤応答スペクトルに基づく手法による基準地震動（設計用模擬地震動の作成）

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

補足　①震源モデル

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<補足　①震源モデル>

プレート間地震の震源モデル（基本震源モデル）

【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。

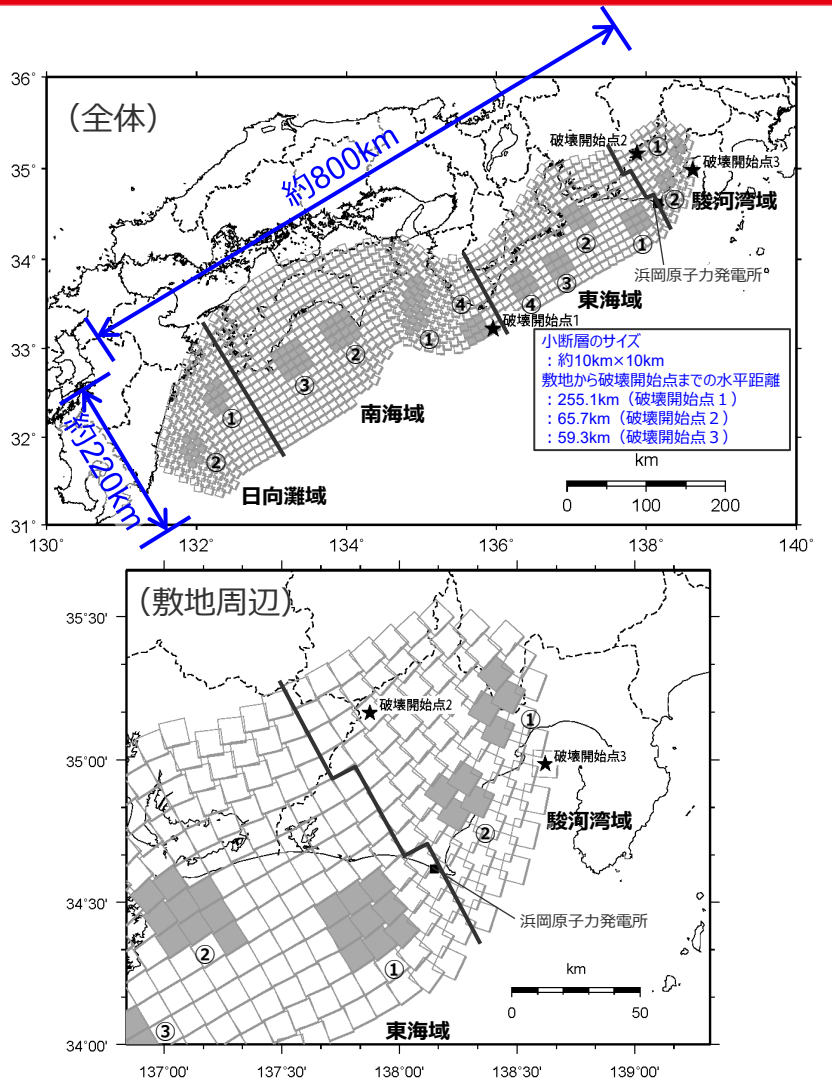
○ 強震動生成域の数・位置
・内閣府(2012)に基づき、過去の地震の震度分布との比較・検討により、強震動生成域の位置等の妥当性が検証された中央防災会議(2003)による強震断層モデル（中央防災会議モデル（既往地震））に基づき設定。

○ 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、Vr=0.72Vs（Vs：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しない）（南海トラフ最大クラス地震モデル（基本ケース））＞

・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。

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<補足　①震源モデル>

プレート間地震の震源モデル（パラメータ表）

<基本震源モデル（南海トラフ最大クラス地震モデル（基本ケース））　（地震動の顕著な増幅を考慮しない）の震源断層パラメータ>

全体	面積(km^2)	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^2)	5.08E+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^2)	19053	53790	29419	7888
	地震モーメント(Nm)	4.3E+21	2.0E+22	8.3E+21	1.2E+21
	Mw	8.4	8.8	8.5	8.0
強震動生成域SMGA①	面積(km^2)	1018	1953	910	438
	応力パラメータ(MPa)	34.5	46.4	45.4	34.4
	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^2)	1029	1615	914	415
	応力パラメータ(MPa)	34.5	46.4	45.4	34.4
	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	5.1E+20	1.2E+20
	Mw	7.7	8.0	7.7	7.3
強震動生成域SMGA③	面積(km^2)		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^2)		929	924	
	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	

・強震動生成域の短周期レベルは、壇・他(2001)による関係式（$A=4\pi r_a \Delta\sigma_a \beta^2$）に基づく。

	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^2)	17006	47682	25758	7034
	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	9.0E+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^2)	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_0>
：$M_0=16/(7\pi^{3/2})\cdot\Delta\sigma\cdot S^{3/2}$
（$\Delta\sigma$：平均応力降下量(4MPa), S：震源断層面積）

<平均変位量D>
：$M_0=\mu DS$
（μ：剛性率(ρVs^2), ρ：密度($2.8g/cm^3$), Vs（β）：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_0a>
：$M_0a=\mu DaSa$
（Da＝2D）

<各強震動生成域の地震モーメントM_0ai、変位量Dai、応力降下量$\Delta\sigma ai$※>
：$M_0ai=M_0a\cdot Sai^{3/2}/(\sum Sai^{3/2})$　　（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

※ 当該モデルの強震動生成域の応力降下量は34～46MPa程度であり、内閣府(2012)によると、地震調査委員会(2009)の手順による場合は40MPaとなり、多少のばらつきはあるものの、両者は概ね同程度としている。

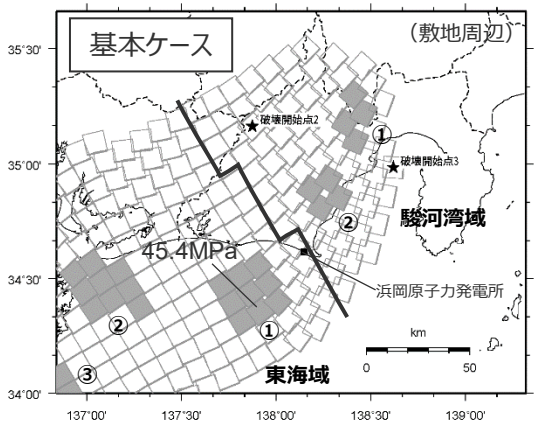
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<補足　①震源モデル>

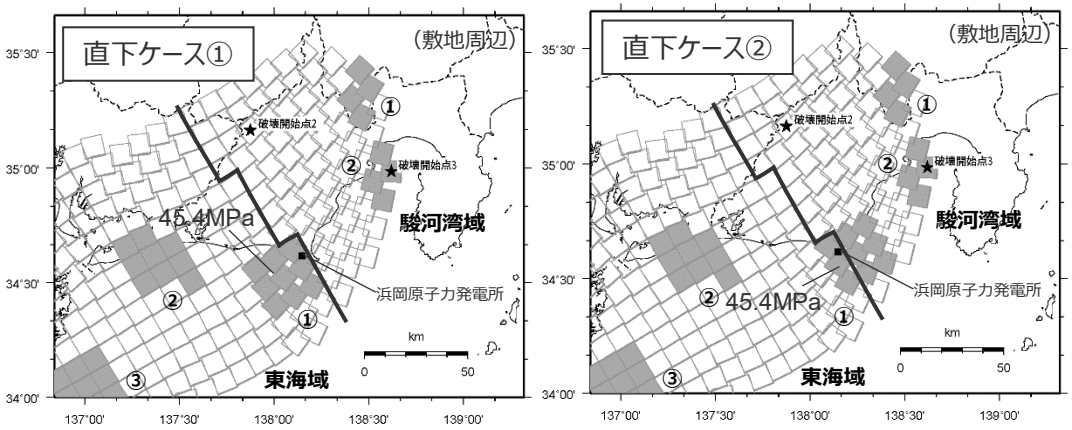
プレート間地震の震源モデル
（プレート間地震の各ケースの震源モデル）

・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。

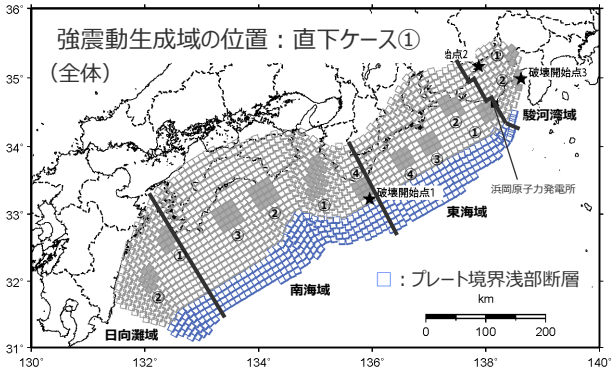
基本震源モデル



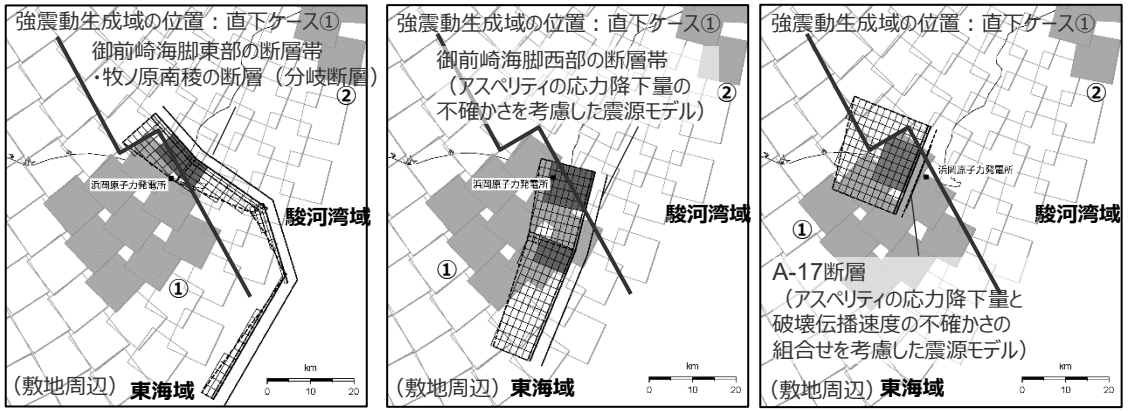
強震動生成域の位置の不確かさを考慮したケース（直下ケース）



地震規模の不確かさを考慮したケース
（震源断層を浅部にも広げてMw9.1を考慮）



活断層との連動を考慮したケース
（南海トラフの特徴である分岐断層及び内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層を考慮）



・分岐断層について内陸地殻内地震と同程度の強震動を励起する強震動生成域を設定

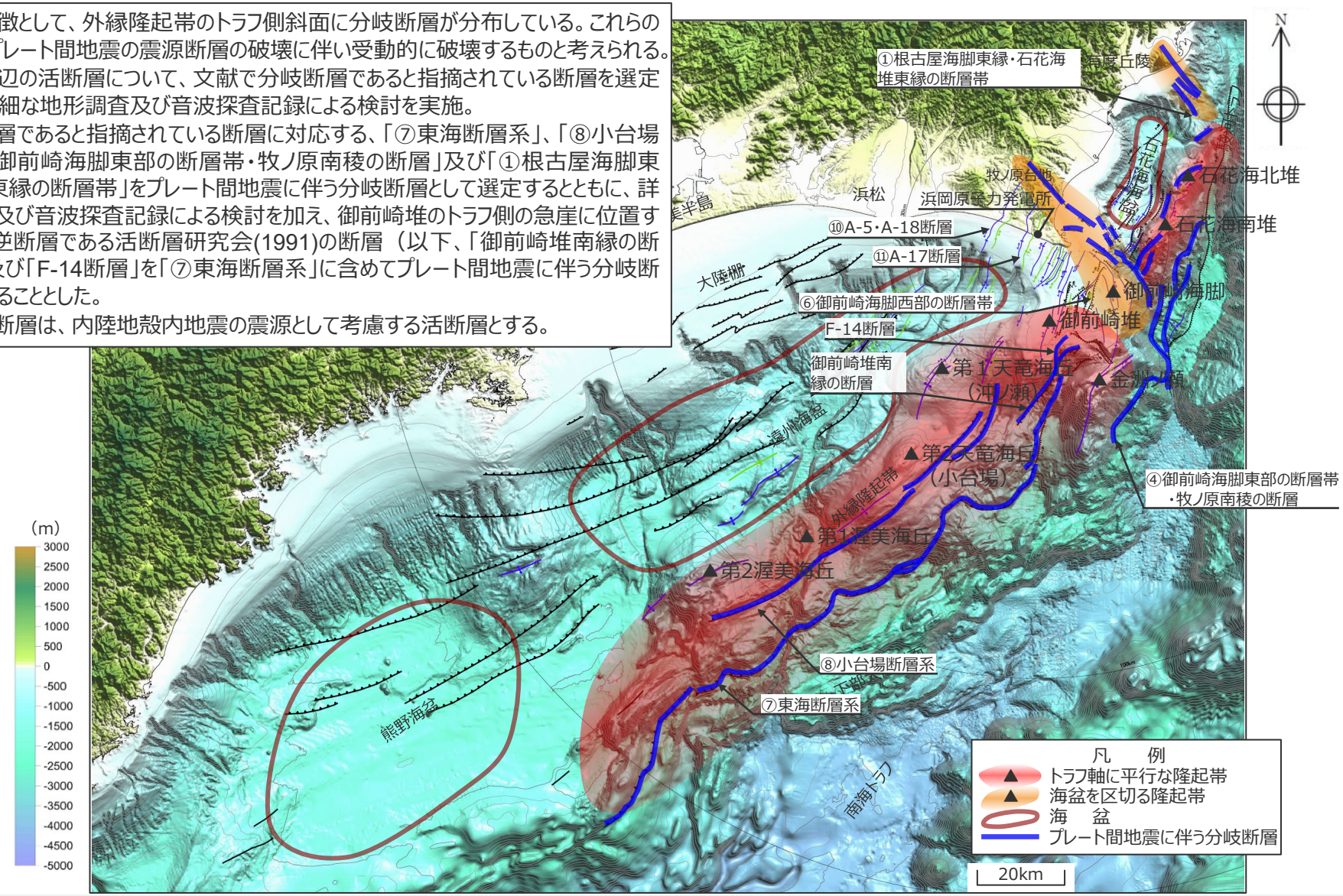
・直下ケース②についても同様に、地震規模の不確かさを考慮したケース及び活断層との連動を考慮したケースの地震動評価を実施。

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<補足　①震源モデル>

プレート間地震の震源モデル
（分岐断層）

○ 南海トラフの特徴として、外縁隆起帯のトラフ側斜面に分岐断層が分布している。これらの分岐断層は、プレート間地震の震源断層の破壊に伴い受動的に破壊するものと考えられる。
○ そこで、敷地周辺の活断層について、文献で分岐断層であると指摘されている断層を選定するとともに、詳細な地形調査及び音波探査記録による検討を実施。
○ 文献で分岐断層であると指摘されている断層に対応する、「⑦東海断層系」、「⑧小台場断層系」、「④御前崎海脚東部の断層帯・牧ノ原南稜の断層」及び「①根古屋海脚東縁・石花海堆東縁の断層帯」をプレート間地震に伴う分岐断層として選定するとともに、詳細な地形調査及び音波探査記録による検討を加え、御前崎堆のトラフ側の急崖に位置する陸側傾斜の逆断層である活断層研究会(1991)の断層（以下、「御前崎堆南縁の断層」という。）及び「F-14断層」を「⑦東海断層系」に含めてプレート間地震に伴う分岐断層として評価することとした。
○ 上記以外の活断層は、内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層とする。



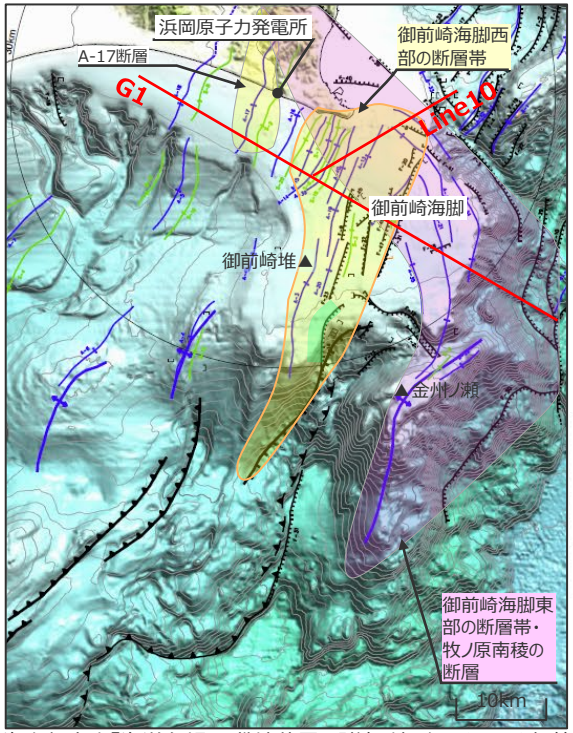
海上保安庁『海洋台帳』に敷地位置、凡例に示す地形、図の説明（駿河トラフ、南海トラフ、下部大陸斜面、浜松、有度丘陵、牧ノ原台地）、スケールを加筆

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

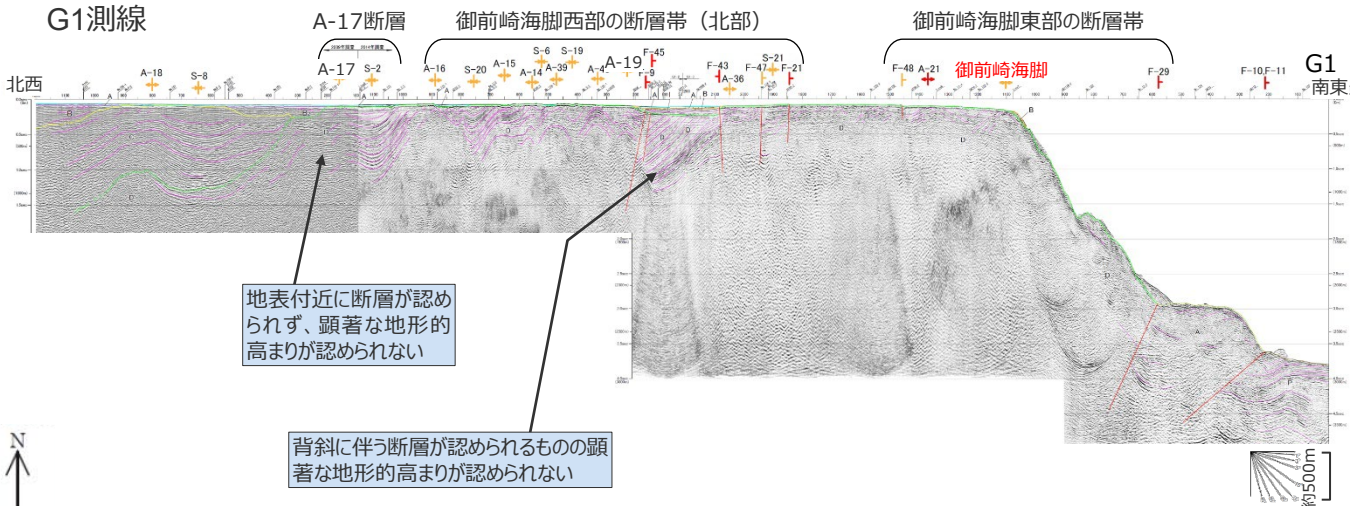
<補足　①震源モデル>

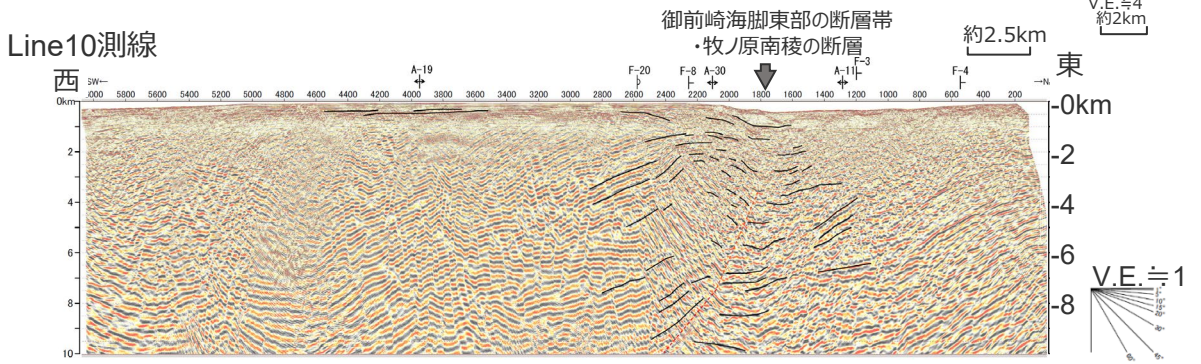
プレート間地震の震源モデル
（分岐断層）

○詳細な地形調査及び音波探査記録による検討として、分岐断層との関連が考えられる外縁隆起帯等の顕著な地形的高まりのトラフ側の急崖との関係を検討。
○A-17断層及び御前崎海脚西部の断層帯については、断層付近に顕著な地形的高まりと急崖が認められない一方で、分岐断層として評価する御前崎海脚東部の断層帯については、断層付近に顕著な地形的高まりと急崖が認められる。



海上保安庁『海洋台帳』に敷地位置、測線、地形、スケールを加筆





Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<補足　①震源モデル>

内陸地殻内地震の震源モデル

（御前崎海脚西部の断層帯による地震の基本震源モデル）

【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しない）は、地質調査結果及び強震動予測レシピ(2020)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。

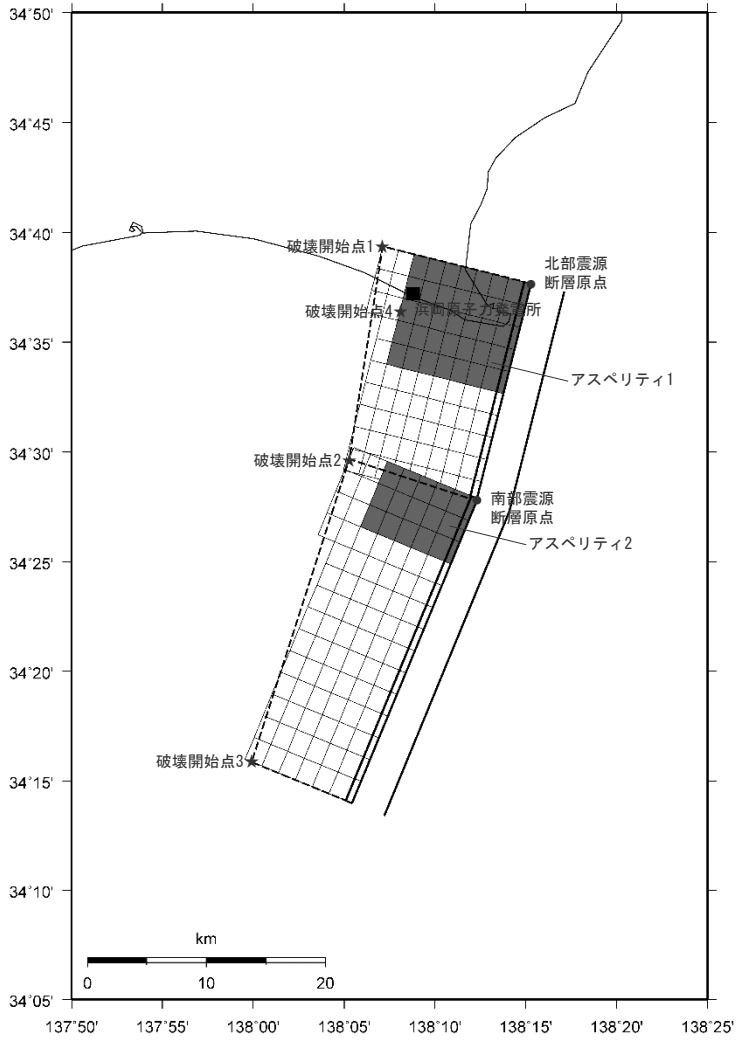
○ アスペリティの数
- 強震動予測レシピ(2020)に基づき、アスペリティは各セグメントに1つとして設定。

○ 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。

○ アスペリティの応力降下量
- 強震動予測レシピ(2020)に基づき設定。

○ 破壊伝播速度
- 強震動予測レシピ(2020)に基づき設定。

○ 破壊開始点
- 強震動予測レシピ(2020)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（御前崎海脚西部の断層帯による地震）＞

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<補足　①震源モデル>

内陸地殻内地震の震源モデル
（御前崎海脚西部の断層帯による地震のパラメータ表）

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

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	$L_{0\text{-}1}$:地質調査結果による	km	19.1
		南部	$L_{0\text{-}2}$:同上	km	27.8
震源断層長さ		北部	$L_{5\text{-}1}$: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	$L_{5\text{-}2}$: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^2	281.51
		南部	S_2:同上	km^2	353.63
震源断層面積			$S=S_1+S_2$	km^2	635.14
等価半径			$R=(S/\pi)^{0.5}$	km	14.22
地震モーメント			$M_0=\{S/(4.24\times10^{-11})\}^{2.0}/10^7$（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		$M_J=(\log(L_{0\text{-}1}+L_{0\text{-}2})+2.9)/0.6$（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		$\mu=\rho\beta^2$（β：3.54km/s, ρ：2.76g/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^2	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		$A=2.46\times10^{10}\times(M_0\times10^7)^{1/3}$（壇・他(2001)）	Nm/s^2	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
アスペリティ全体	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^2	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	$\Delta\sigma_a=(7/16)M_0/(r_a^2R)$	MPa	13.05
アスペリティ1	面積	$S_{a1}=(2/3)\times S_a$	km^2	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
	応力降下量	$\Delta\sigma_{a1}=\Delta\sigma_a$	MPa	13.05
アスペリティ2	面積	$S_{a2}=(1/3)\times S_a$	km^2	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
	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^2	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

・アスペリティの短周期レベルは、壇・他(2001)による関係式（$A=4\pi r_a\Delta\sigma_a\beta^2$）に基づく。

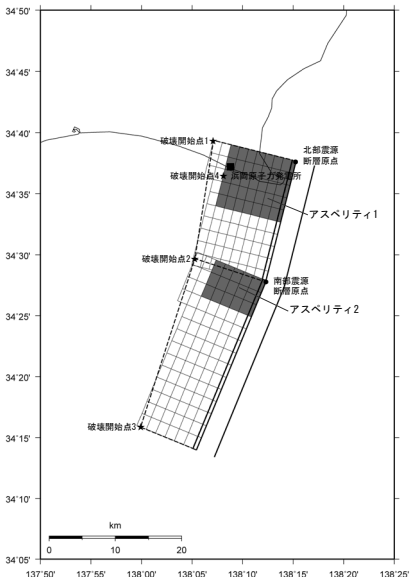
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<補足　①震源モデル>

内陸地殻内地震の震源モデル

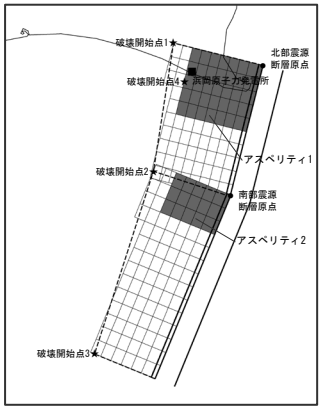
（御前崎海脚西部の断層帯による地震の各ケースの震源モデル）

基本震源モデル



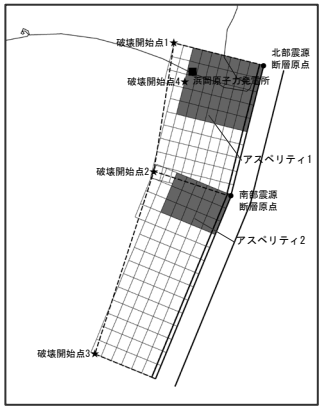
・アスペリティの応力降下量：13.05MPa
・破壊伝播速度：0.72β
・断層傾斜角（深さ6km以深）：35°
・地震規模：M7.4 （武村(1990)）

アスペリティの応力降下量の不確かさ



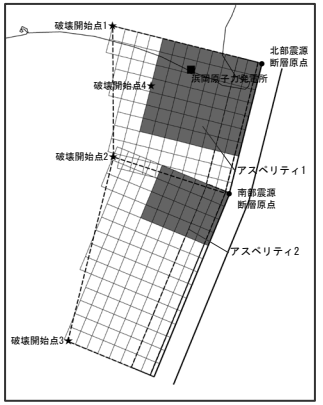
・アスペリティの応力降下量：19.58MPa

破壊伝播速度の不確かさ



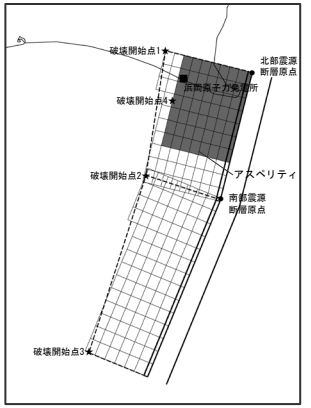
・破壊伝播速度：0.87β

断層傾斜角の不確かさ



・断層傾斜角（深さ8km以深）：25°
・地震規模：M7.6 （武村(1990)）

アスペリティの数の不確かさ



・アスペリティの数：１つ

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<補足　①震源モデル>

内陸地殻内地震の震源モデル
（A-17断層による地震の基本震源モデル）

【設定方針】

○「A-17断層による地震」の基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）は、地質調査結果及び強震動予測レシピ(2020)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、震源断層幅（平均）と同等となるように震源断層長さを21.7kmとして設定。

○ 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・断層面の位置
- 断層タイプは、東西圧縮場において背斜構造ができるように逆断層とし、傾斜方向は付加体の構造や周辺にある御前崎海脚西部の断層帯を参考に西傾斜として想定。
- 断層面の位置は、背斜構造の分布範囲のうち敷地に最も近い位置に想定。

○ 断層傾斜角
- 強震動予測レシピ(2020)に基づき、周辺にある御前崎海脚西部の断層帯を参考に、深さ6km以浅は60°、深さ6km以深は35°として設定。

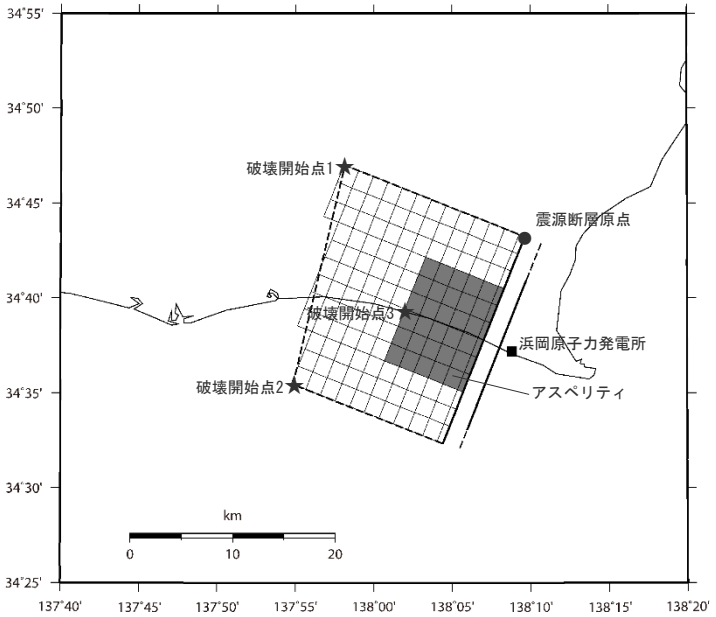
○ アスペリティの数
- 強震動予測レシピ(2020)に基づき、アスペリティは1つとして設定。

○ 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。

○ アスペリティの応力降下量
- 強震動予測レシピ(2020)に基づき設定。

○ 破壊伝播速度
- 強震動予測レシピ(2020)に基づき設定。

○ 破壊開始点
- 強震動予測レシピ(2020)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（A-17断層による地震）※＞

※　深さ約2kmの調査範囲においては地下深部に連続する断層は認められないことから、断層面は深さ2km以深に想定。

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<補足　①震源モデル>

内陸地殻内地震の震源モデル
（A-17断層による地震のパラメータ表）

<基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）（A-17断層による地震）の震源断層パラメータ>

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)	北緯（世界測地系）	震源断層長さの設定方針による	-	34.72078°
	東経（世界測地系）	同上	-	138.16059°
走向		地質調査結果による	-	201.7°NE
断層傾斜角	GL-6km以浅	周辺にある同タイプの断層から推定して設定	°	60
	GL-6km以深	同上	°	35
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		地震発生層の検討結果による	km	5.0
震源断層下端深さ（拡張後）		同上	km	16.6～18.8
活断層長さ（拡張後）		L_0:震源断層長さ（拡張後）による	km	21.7
震源断層長さ（拡張後）		L_5:地質調査結果、断層傾斜角、地震発生層上端深さ及び震源断層幅との関係による	km	21.7
震源断層幅（拡張後）	GL-6km以浅	地質調査結果、断層傾斜角及び震源断層上端深さ及び震源断層長さとの関係による	km	1.2
	GL-6km以深	地質調査結果、断層傾斜角及び震源断層下端深さ及び震源断層長さとの関係による	km	18.5～22.4
震源断層面積		S:震源断層長さ及び震源断層幅による	km^2	469.81
等価半径		$R=(S/\pi)^{0.5}$	km	12.23
地震モーメント		$M_0=\{S/(4.24\times10^{-11})\}^{2.0}/10^7$（入倉・三宅(2001)）	Nm	1.23E+19
気象庁マグニチュード		$M_J=(\log(L_0)+2.9)/0.6$（松田(1975)）	-	7.1
		$M_J=(\log M_0-10.72)/1.17$（武村(1990)）	-	7.2
モーメントマグニチュード		$M_w=(\log M_0-9.1)/1.5$（Kanamori(1977)）	-	6.7
剛性率		$\mu=\rho\beta^2$（β:3.54km/s, ρ:2.76g/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^2	3.46E+10
平均すべり量		$D=M_0/(\mu S)$	m	0.76
平均応力降下量		$\Delta\sigma=(7/16)(M_0/R^3)$	MPa	2.94
短周期レベル		$A=2.46\times10^{10}\times(M_0\times10^7)^{1/3}$（壇・他(2001)）	Nm/s^2	1.22E+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

震源断層パラメータ		設定方法	単位	設定値
アスペリティ	等価半径	$r_a=(7\pi M_0\beta^2)/(4AR)$	km	5.66
	面積	$S_a=\pi r_a^2$	km^2	100.55
	平均すべり量	$D_a=2D$	m	1.511
	地震モーメント	$M_{0a}=\mu S_a D_a$	Nm	5.26E+18
	応力降下量	$\Delta\sigma_a=(7/16)M_0/(r_a^2R)$	MPa	13.72
背景領域	面積	$S_b=S-S_a$	km^2	369.26
	地震モーメント	$M_{0b}=M_0-M_{0a}$	Nm	7.02E+18
	平均すべり量	$D_b=M_{0b}/(\mu S_b)$	m	0.550
	実効応力	$\sigma_b=0.2\Delta\sigma_a$	MPa	2.74

・アスペリティの短周期レベルは、壇・他(2001)による関係式（$A=4\pi r_a\Delta\sigma_a\beta^2$）に基づく。

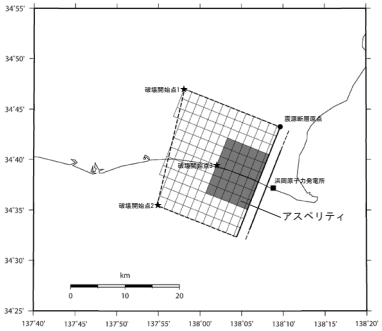
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<補足　①震源モデル>

内陸地殻内地震の震源モデル

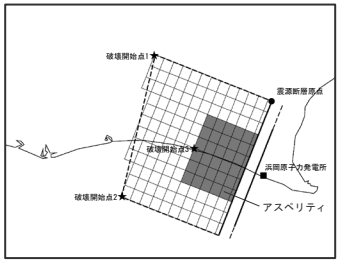
（A-17断層による地震の各ケースの震源モデル）

基本震源モデル



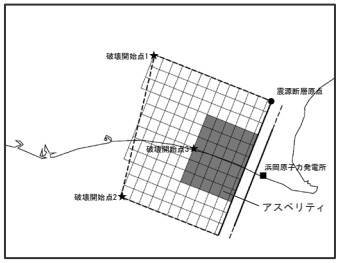
・アスペリティの応力降下量：13.72MPa
・破壊伝播速度：0.72β
・断層傾斜角（深さ6km以深）：35°
・地震規模：M7.2（武村(1990)）

アスペリティの応力降下量の不確かさ



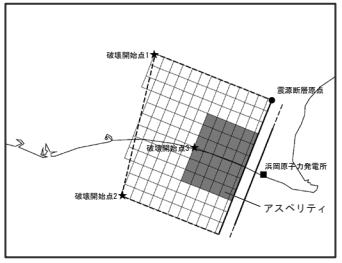
・アスペリティの応力降下量：20.59MPa

アスペリティの応力降下量と破壊伝播速度の不確かさ



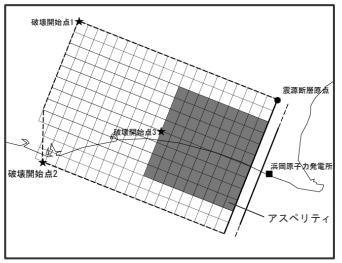
・アスペリティの応力降下量：20.59MPa
・破壊伝播速度：0.87β

破壊伝播速度の不確かさ



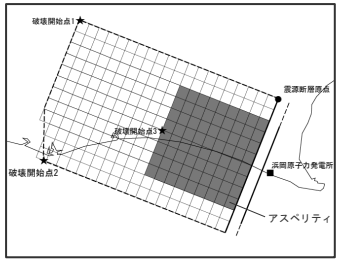
・破壊伝播速度：0.87β

アスペリティの応力降下量と断層傾斜角の不確かさ



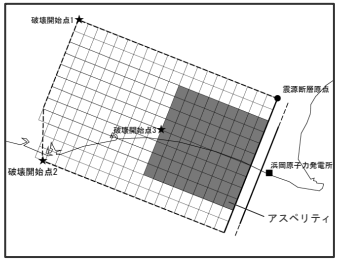
・アスペリティの応力降下量：19.00MPa
・断層傾斜角：25°

断層傾斜角の不確かさ



・断層傾斜角：25°
・地震規模：M7.5（武村(1990)）

破壊伝播速度と断層傾斜角の不確かさ



・断層傾斜角：25°
・破壊伝播速度：0.87β
・地震規模：M7.5（武村(1990)）

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<補足　①震源モデル>

海洋プレート内地震の震源モデル
（敷地下方の想定スラブ内地震の基本震源モデル）

【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しない）の設定は、地震モーメントのスケーリングを考慮して、2009年駿河湾の地震（本震）（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（短周期レベルは強震動予測レシピ(2020)より保守的な設定）。

【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を踏まえて、M7.0として設定。

○ 断層位置
- 断層位置は、敷地下方に想定。

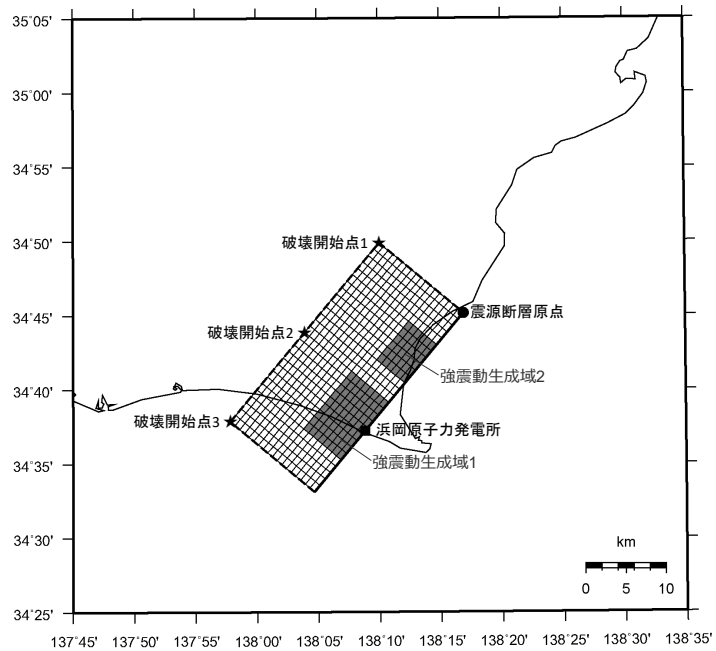
○ 震源深さ
- 2009年駿河湾の地震（本震）の知見に基づき23kmとして設定。

○ 震源断層面積
- 地震モーメントから震源断層面積を算定。

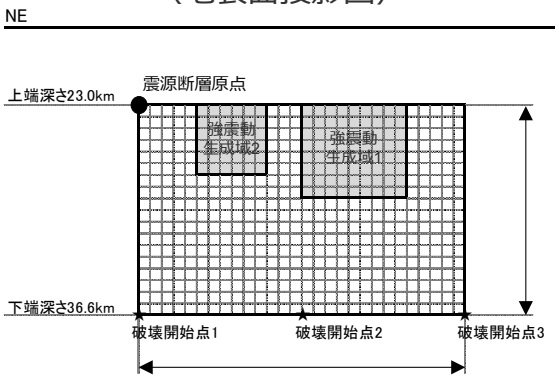
○ 傾斜角
- 2009年駿河湾の地震（本震）の知見に基づき45°の逆断層として設定。

○ 強震動生成域の数・位置
- 2009年駿河湾の地震（本震）の知見に基づき、強震動生成域の数は２つ（面積比は2009年駿河湾の地震（本震）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。



（地表面投影図）



（展開図）

＜基本震源モデル（敷地下方の想定スラブ内地震）＞

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<補足　①震源モデル>

海洋プレート内地震の震源モデル
（敷地下方の想定スラブ内地震のパラメータ表）

＜基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）（敷地下方の想定スラブ内地震）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
震源断層原点	敷地下方に設定	北緯34.752250度 東経138.281426度
走向	プレートの沈み込み方向に直交	220 °
傾斜角	2009年駿河湾の地震の知見に基づき設定	45 °
すべり角	DC型	90 °
震源断層長さ	$L=(S/6)^{0.5}\times3$	29.0 km
震源断層幅	$W=(S/6)^{0.5}\times2$	19.3 km
震源断層面積	$S=M_0/(\mu D)$	559.8 km^2
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
地震モーメント	2009年駿河湾の地震（鈴木・他(2009)の$M_0=4.6\times10^{18}$Nm）の$32^{0.5}$倍	2.60E+19 Nm
モーメントマグニチュード	$M_w=(\log M_0-9.1)/1.5$	6.9
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
剛性率	$\mu=\rho\beta^2$（β：3.99km/s, ρ：2.85g/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））	4.54E+10 N/m^2
平均すべり量	$D=D_{SMGA}/\gamma_D$，$\gamma_D=2.0$	1.02 m
平均応力降下量	$\Delta\sigma=(7/16)\cdot Mo/(S/\pi)^{1.5}$	4.79 MPa
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
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^2
f_{max}	中央防災会議(2004)による	6.0 Hz

震源断層パラメータ		設定方法	設定結果
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
	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^2
	平均すべり量	$D_{SMGA}=M_{0SMGA}/(\mu S_{SMGA})$	2.05 m
	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
強震動生成域1	面積	$S_{SMGA1}=S_{SMGA}\times(2/3)$	76.2 km^2
	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
	平均すべり量	$D_{SMGA1}=M_{0SMGA1}/(\mu\cdot S_{SMGA1})$	2.27 m
	応力降下量	$\Delta\sigma_{SMGA1}=\Delta\sigma_{SMGA}$	30.71 MPa
強震動生成域2	面積	$S_{SMGA2}=S_{SMGA}\times(1/3)$	38.1 km^2
	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
	平均すべり量	$D_{SMGA2}=M_{0SMGA2}/(\mu\cdot S_{SMGA2})$	1.61 m
	応力降下量	$\Delta\sigma_{SMGA2}=\Delta\sigma_{SMGA}$	30.71 MPa
背景領域	地震モーメント	$M_{0back}=M_0-M_{0SMGA}$	1.54E+19 Nm
	面積	$S_{back}=S-S_{SMGA}$	445.5 km^2
	平均すべり量	$D_{back}=M_{0back}/(\mu S_{back})$	0.76 m
	実効応力	$\sigma_{back}=(D_{back}/W_{back})/(D_{SMGA}/W_{SMGA})\,\Delta\sigma_{SMGA}$, $W_{SMGA}=(\pi)^{0.5}r_{SMGA}\Sigma\gamma_i^3$, $W_{back}=W$, $\gamma_i=r_{SMGAi}/r_{SMGA}$, $r_{SMGAi}=(S_{SMGAi}/\pi)^{0.5}$	4.66 MPa

・震源断層パラメータ表中の2009年駿河湾の地震は本震。
・強震動生成域の短周期レベルは、壇・他(2001)による関係式（$A=4\pi r_{SMGA}\Delta\sigma_{SMGA}\beta^2$）に基づく。

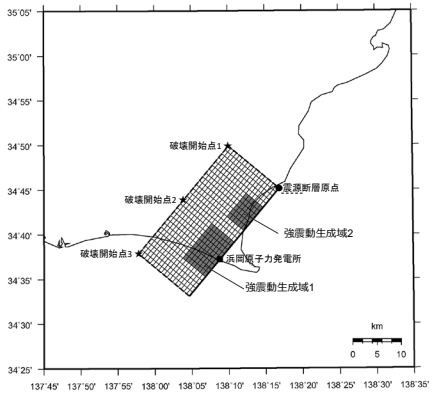
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<補足　①震源モデル>

海洋プレート内地震の震源モデル

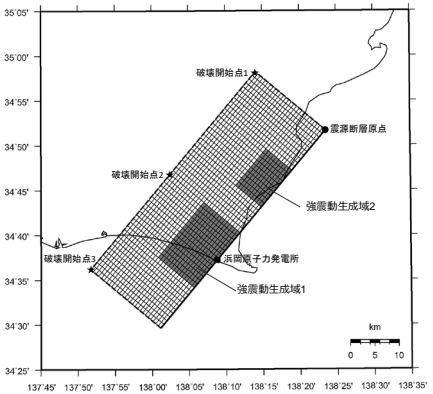
（敷地下方の想定スラブ内地震の各ケースの震源モデル）

基本震源モデル



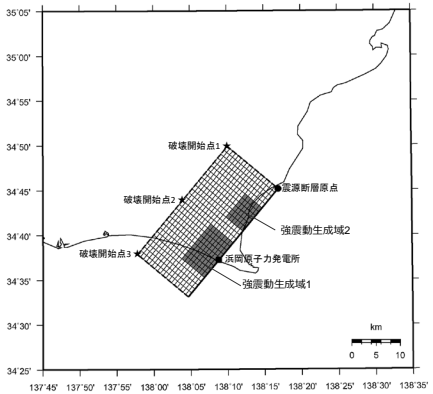
・地震規模：M7.0
・断層傾斜角：45°
・震源深さ：23km
・短周期レベル：3.71×10^{19}Nm/s^2
（$\Delta\sigma_{SMGA}$：30.71MPa）

地震規模の不確かさ



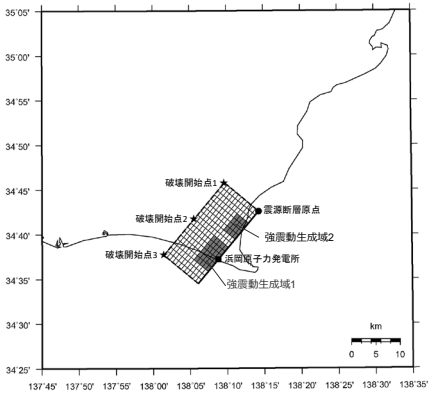
・地震規模：M7.4

震源深さの不確かさ



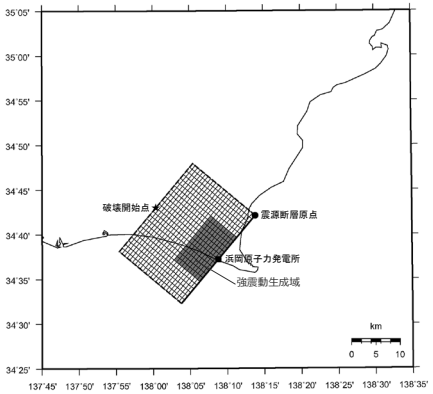
・震源深さ：13.8km

短周期レベルの不確かさ



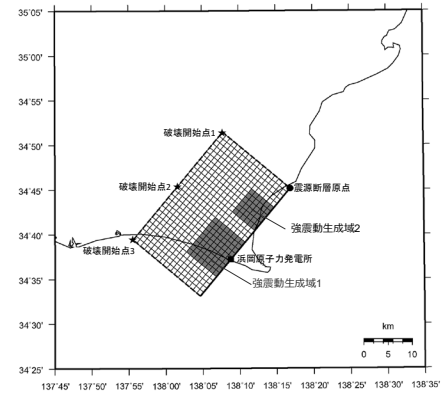
・短周期レベル：6.28×10^{19}Nm/s^2
（$\Delta\sigma_{SMGA}$：77.98MPa）

強震動生成域の数の不確かさ

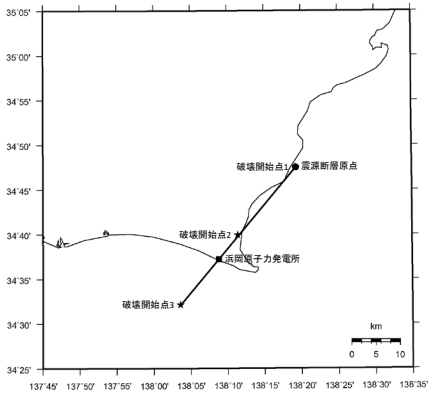


・強震動生成域の数： 1つ

断層傾斜角の不確かさ



・断層傾斜角：20°（低角）



・断層傾斜角：90°（高角）

・断層位置について２つの強震動生成域の地震波が同時に敷地に到達するように断層を配置したケースについても地震動評価を実施。

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<補足　①震源モデル>

海洋プレート内地震の震源モデル
（御前崎沖の想定沈み込む海洋プレート内地震の基本震源モデル）

【設定方針】

○「御前崎沖の想定沈み込む海洋プレート内地震」は、長周期帯に着目する検討用地震として断層モデルを用いた手法による地震動評価を重視することとし、基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）の設定は、Park and Mori(2005)によるすべり分布等を参考として、2004年紀伊半島南東沖の地震（本震M7.4）（敷地への影響が最も大きかった最大規模の沈み込む海洋プレート内地震）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む海洋プレート内地震の最大規模を踏まえて、M7.4※1として設定。断層モデルを用いた手法で用いる地震規模は、Park and Mori(2005)に基づき他の知見より保守的な値を設定（Mw7.5（M_0=2.1×10^{20}Nm））。※2

○ 震源断層位置・上端深さ
- 断層位置は、トラフ軸沿いの敷地に最も近い位置に想定。断層上端深さは2004年紀伊半島南東沖の地震の余震分布及びPark and Mori(2005)を踏まえ、深さ6kmのプレート境界面に設定。

○ 震源断層長さ・幅
- Park and Mori(2005)のすべり分布に基づき設定。

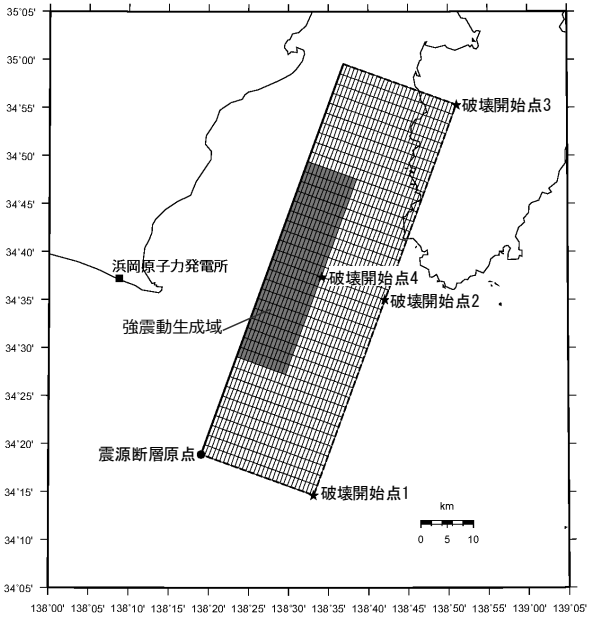
○ 傾斜角
- Park and Mori(2005)に基づき40°の逆断層として設定。

○ 強震動生成域の数・形状・位置
- Park and Mori(2005)のすべり分布に基づき、強震動生成域の面積を設定し、数は１つ、形状は長方形※3として、震源断層の上端に設定。

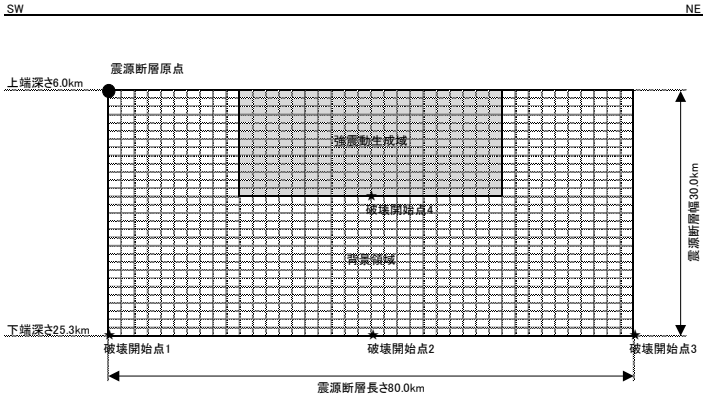
○強震動生成域の応力降下量
- 壇・他(2001)によるM_0-A関係に基づき設定※3。

○ 破壊伝播速度
- Park and Mori(2005)に基づきVr=2.0km/sで設定。

○ 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。



（地表面投影図）



（展開図）
＜基本震源モデル（御前崎沖の想定沈み込む海洋プレート内地震）＞

※1　気象庁マグニチュード。

※2　地震規模について、フィリピン海プレート（領域１（南海トラフ沿い））で発生した沈み込む海洋プレート内地震の最大規模の他、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調査結果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、M7.4を用いる。また、断層モデルを用いた手法による地震動評価に用いる地震規模について、2004年紀伊半島南東沖の地震（本震）の地震規模はMw7.4（M_0=約1.7×10^{20}Nm）～Mw7.5（M_0=約2.1×10^{20}Nm）と推定されていることを踏まえ保守的な値（Mw7.5（M_0=2.1×10^{20}Nm））を設定。

※3　芝・佐藤(2007)や池田(2005)により、2004年紀伊半島南東沖の地震（本震）の短周期レベルは、壇・他(2001)によるM_0-A関係と同程度と分析されている。

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<補足　①震源モデル>

海洋プレート内地震の震源モデル

（御前崎沖の想定沈み込む海洋プレート内地震のパラメータ表）

<基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮しない）　（御前崎沖の想定沈み込む海洋プレート内地震）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
震源断層原点	内閣府(2012)における駿河湾域のトラフ軸沿いに震源断層を配置	北緯34.3150度 東経138.3176度
走向	トラフ軸沿いに震源断層を配置	20 °
傾斜角	Park and Mori(2005)による	40 °
すべり角	Park and Mori(2005)による	94 °
震源断層長さ	L:Park and Mori(2005)による	80.0 km
震源断層幅	W:Park and Mori(2005)による	30.0 km
震源断層面積	$S=L\times W$	2400.0 km^2
等価半径	$R=(S/\pi)^{0.5}$	27.6 km
震源断層上端深さ	2004年紀伊半島南東沖の地震の余震分布及びPark and Mori(2005)による	6 km
地震モーメント	M_0:Park and Mori(2005)による	2.10E+20 Nm
モーメントマグニチュード	$M_w=(\log M_0-9.1)/1.5$	7.5
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）における沈み込む海洋プレート内地震の最大規模等を踏まえ設定	7.4
剛性率	$\mu=\rho\beta^2$（β：3.54km/s, ρ：2.76g/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））	3.46E+10 N/m^2
平均すべり量	$D=M_0/(\mu S)$	2.53 m
平均応力降下量	$\Delta\sigma=(7/16)(M_0/R^3)$	4.35 MPa
破壊伝播速度	Park and Mori(2005)による	2.00 km/s
短周期レベル	$A=2.46\cdot10^{10}\cdot(M_0\cdot10^7)^{1/3}$(壇・他(2001))	3.15E+19 Nm/s^2
f_{max}	中央防災会議(2004)による	6.0 Hz

震源断層パラメータ		設定方法	設定結果
強震動生成域	等価半径	$r_{SMGA}=(S_{SMGA}/\pi)^{0.5}$	12.87 km
	地震モーメント	$M_{0SMGA}=\mu S_{SMGA} D_{SMGA}$	9.10E+19 Nm
	面積	S_{SMGA}:Park and Mori(2005)による	520.0 km^2
	平均すべり量	$D_{SMGA}=2D$	5.06 m
	応力降下量	$\Delta\sigma_{SMGA}=A/(4\pi\beta^2)(\pi/S_{SMGA})^{0.5}$	15.55 MPa
背景領域	地震モーメント	$M_{0back}=M_0-M_{0SMGA}$	1.19E+20 Nm
	面積	$S_{back}=S-S_{SMGA}$	1880.0 km^2
	平均すべり量	$D_{back}=M_{0back}/(\mu S_{back})$	1.83 m
	実効応力	$\sigma_{back}=(D_{back}/W_{back})/(D_{SMGA}/W_{SMGA})\,\Delta\sigma_{SMGA}$, $W_{SMGA}=1.0\times13$, $W_{back}=W$	2.44 MPa

・強震動生成域の短周期レベルは、壇・他(2001)による関係式（$A=4\pi r_{SMGA}\Delta\sigma_{SMGA}\beta^2$）に基づく。

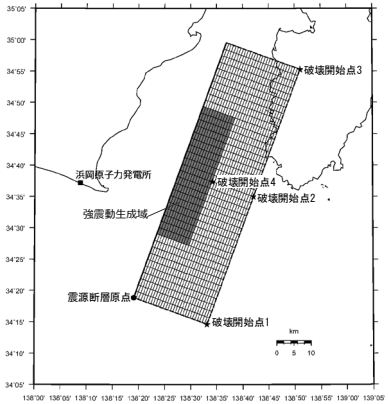
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<補足　①震源モデル>

海洋プレート内地震の震源モデル

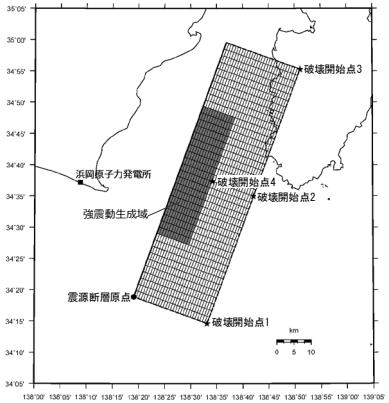
（御前崎沖の想定沈み込む海洋プレート内地震の各ケースの震源モデル）

基本震源モデル



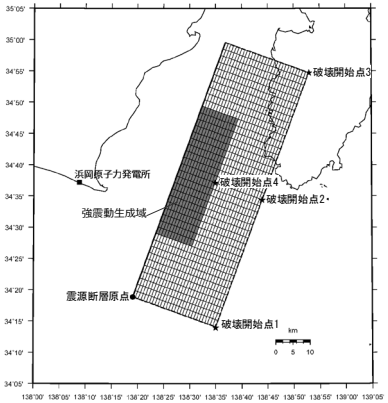
・地震規模：M7.4
・破壊伝播速度：2.0km/s
・断層傾斜角：40°

破壊伝播速度の不確かさ



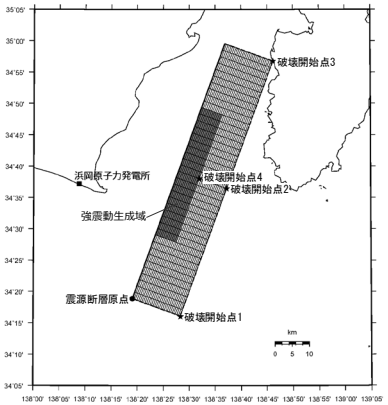
・破壊伝播速度：2.55km/s

断層傾斜角の不確かさ①



・断層傾斜角：低角（30°）

断層傾斜角の不確かさ②



・断層傾斜角：高角（60°）

・震源断層をやや南方に移動して配置し、強震動生成域の形状を正方形としたケースについても同様に地震動評価を実施。

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

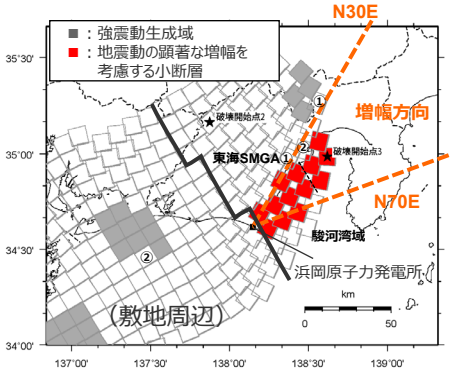
<補足　①震源モデル>

プレート間地震の震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）

（プレート間地震の各ケースの震源モデル）

強震動生成域の位置の不確かさを考慮したケース（直下ケース）

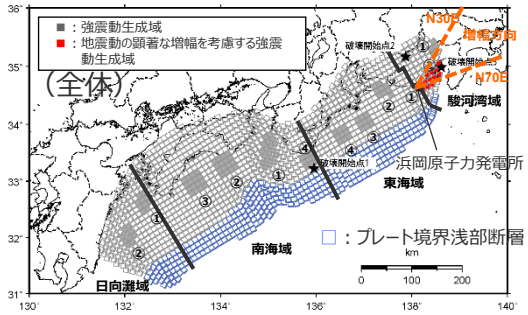
・黒字の丸数字はプレート間地震の強震動生成域のNo.を表す。



・調査で強震動生成域の位置を特定できないことから、強震動生成域が「増幅方向」に位置するよう集約して設定したうえで、増幅係数を用いて地震動の顕著な増幅を考慮。
・その際、応力降下量が45.4MPaと大きい東海SMGA①を敷地の近くに配置。

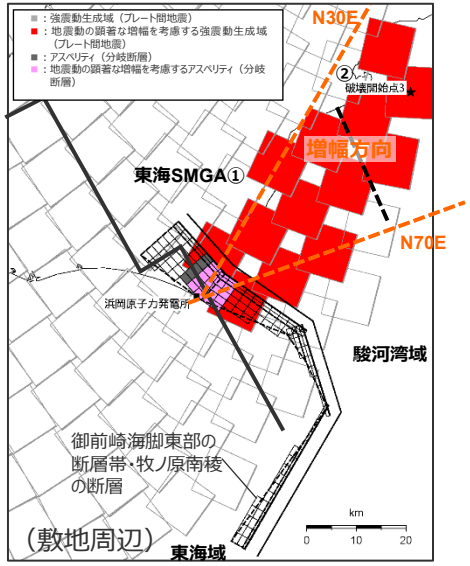
地震規模の不確かさを考慮したケース

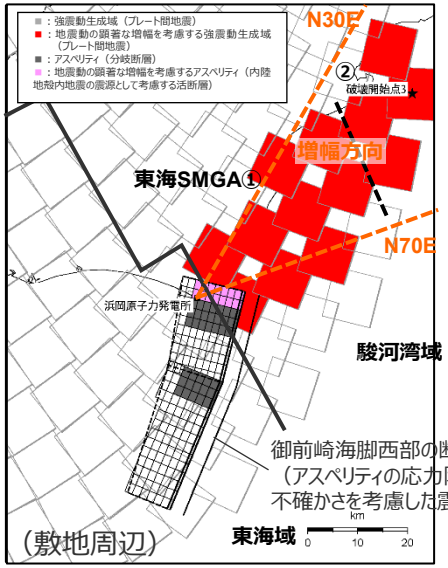
（震源断層を浅部にも広げてMw9.1を考慮）



活断層との連動を考慮したケース

（南海トラフの特徴である分岐断層及び内陸地殻内地震の震源として考慮する活断層を考慮）





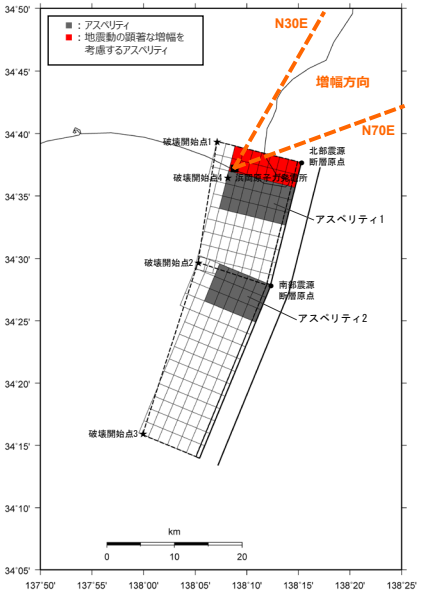
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<補足　①震源モデル>

内陸地殻内地震の震源モデル（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の各ケースの震源モデル）

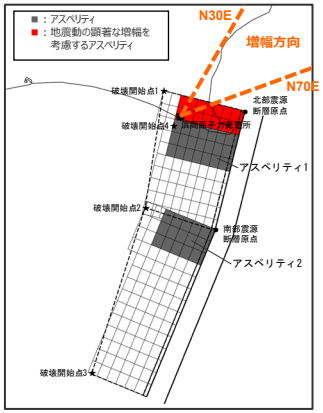
基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）



・アスペリティの応力降下量：13.05MPa
・破壊伝播速度：0.72β
・断層傾斜角（深さ6km以深）：35°
・地震規模：M7.4 （武村(1990)）

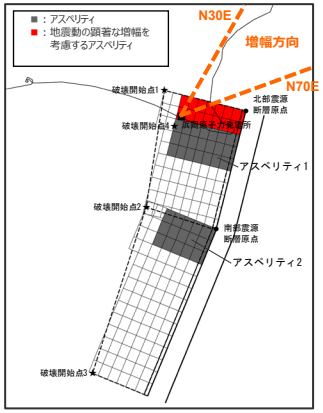
調査で断層の位置を特定していることから、当該位置で「増幅方向」に位置するアスペリティからの地震動に対し、増幅係数を用いて地震動の顕著な増幅を考慮

アスペリティの応力降下量の不確かさ



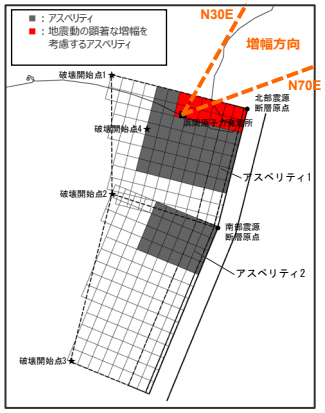
・アスペリティの応力降下量：19.58MPa

破壊伝播速度の不確かさ



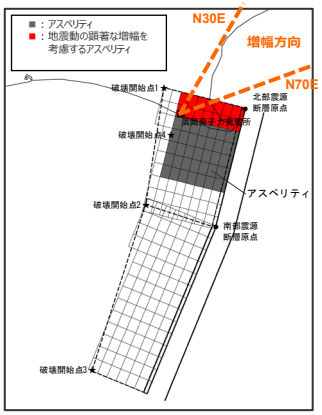
・破壊伝播速度：0.87β

断層傾斜角の不確かさ



・断層傾斜角（深さ8km以深）：25°

アスペリティの数の不確かさ



・アスペリティの数：１つ

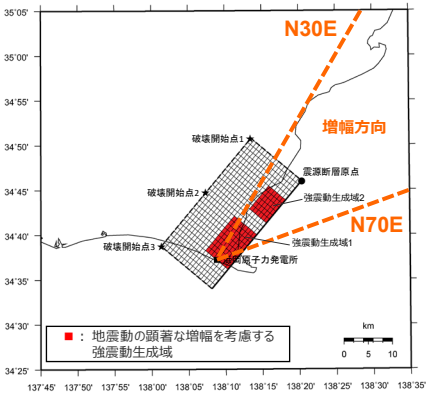
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<補足　①震源モデル>

海洋プレート内地震の震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）

（敷地下方の想定スラブ内地震の各ケースの震源モデル）

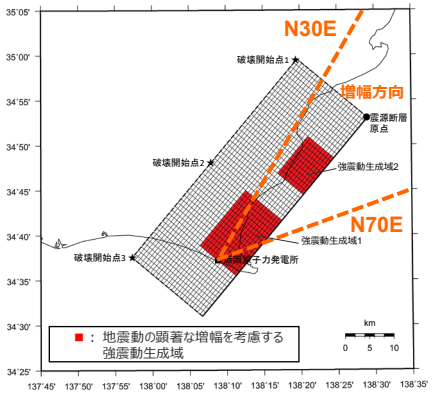
基本震源モデル（地震動の顕著な増幅を考慮）



・地震規模：M7.0
・断層傾斜角：45°
・震源深さ：23km
・短周期レベル：3.71×10^{19}Nm/s^2
（$\Delta\sigma_{SMGA}$：30.71MPa）

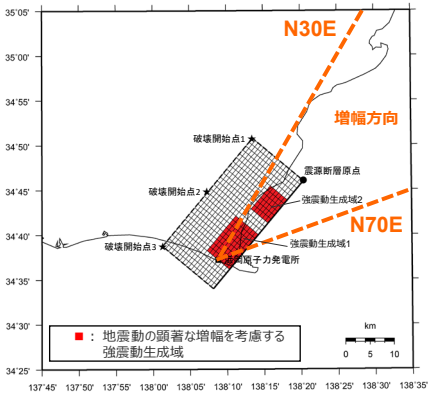
調査で断層の位置を特定できないことから、強震動生成域が「増幅方向」に位置するよう震源モデルを設定したうえで、増幅係数を用いて地震動の顕著な増幅を考慮

地震規模の不確かさ



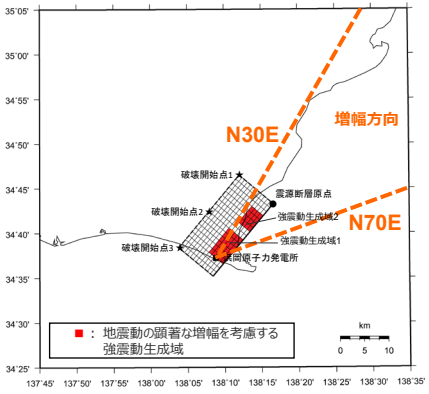
・地震規模：M7.4

震源深さの不確かさ



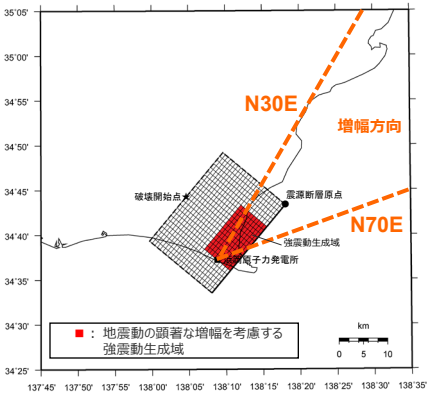
・震源深さ：13.8km

短周期レベルの不確かさ



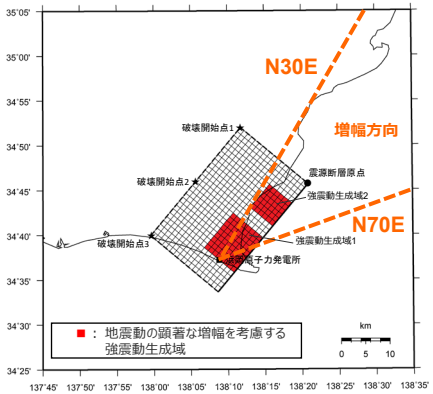
・短周期レベル：6.28×10^{19}Nm/s^2
（$\Delta\sigma_{SMGA}$：77.98MPa）

強震動生成域の数の不確かさ

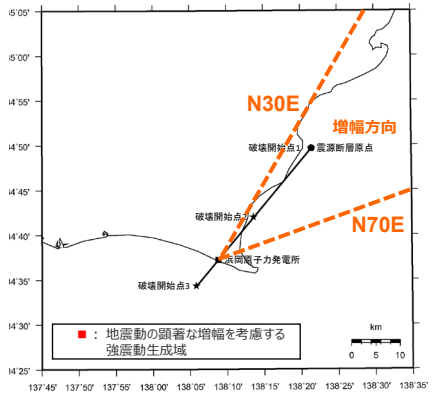


・強震動生成域の数：１つ

断層傾斜角の不確かさ



・断層傾斜角：20°（低角）



・断層傾斜角：90°（高角）

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

補足　②敷地における地盤増幅特性の分析

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<補足　②敷地における地盤増幅特性の分析>

地震動の顕著な増幅の分析

○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号機周辺の観測記録が他号機に比べ大きかった。

○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＞　　目的：地盤増幅特性の検討に資する調査

・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＞　目的：地下構造の不整形性の検討に資する調査

・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、ベイケーブル探査、反射法地震探査、ボーリング調査・物理検層

○2009年駿河湾の地震において５号機周辺の観測記録が他号機に比べ大きかった主要因（５号機周辺の増幅要因）を分析し、敷地における地震動の増幅特性及び地震動の顕著な増幅の考慮方法について検討する。

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<補足　②敷地における地盤増幅特性の分析>

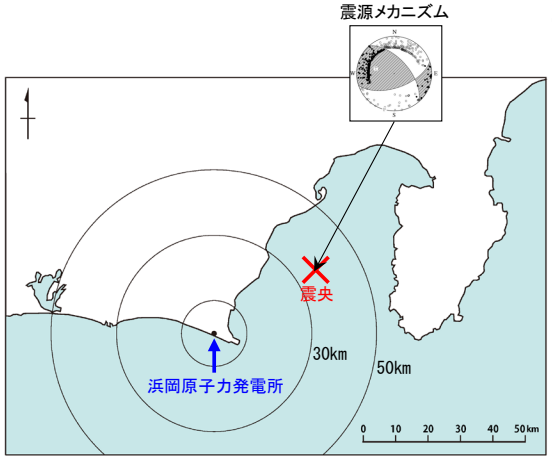
地震動の顕著な増幅の分析

（2009年駿河湾の地震の概要と浜岡原子力発電所で得られた観測記録）

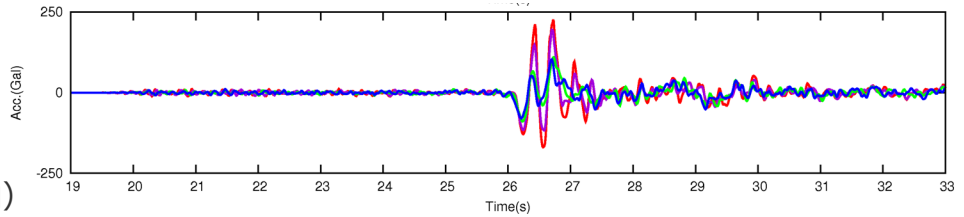
○2009年8月11日に発生した駿河湾の地震において、浜岡原子力発電所５号機周辺の観測記録が他号機に比べ大きかった。

・発生日時：2009年8月11日5時7分
・地震諸元
　地震規模：M6.5
　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

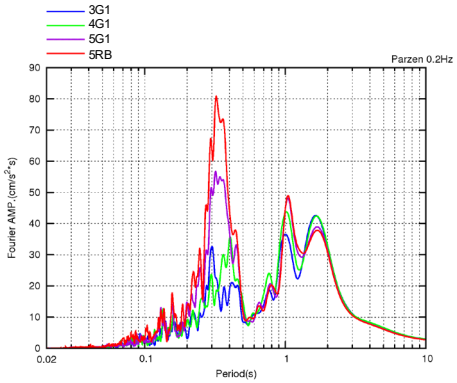
（気象庁HPによる）



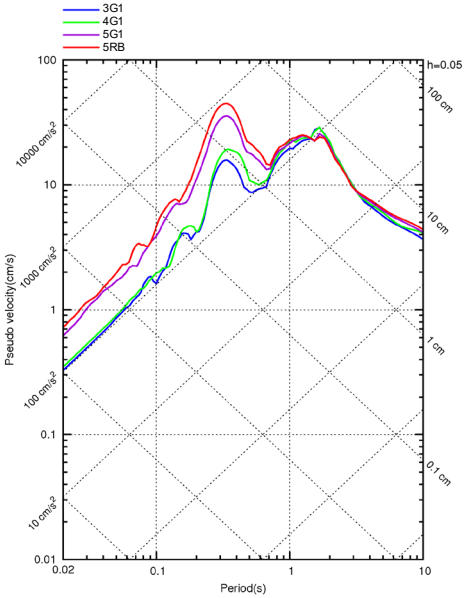
＜2009年駿河湾の地震（本震）の震央位置及び震源メカニズム＞



（加速度時刻歴波形（EW方向））



（フーリエスペクトル（EW方向））



（応答スペクトル（EW方向））

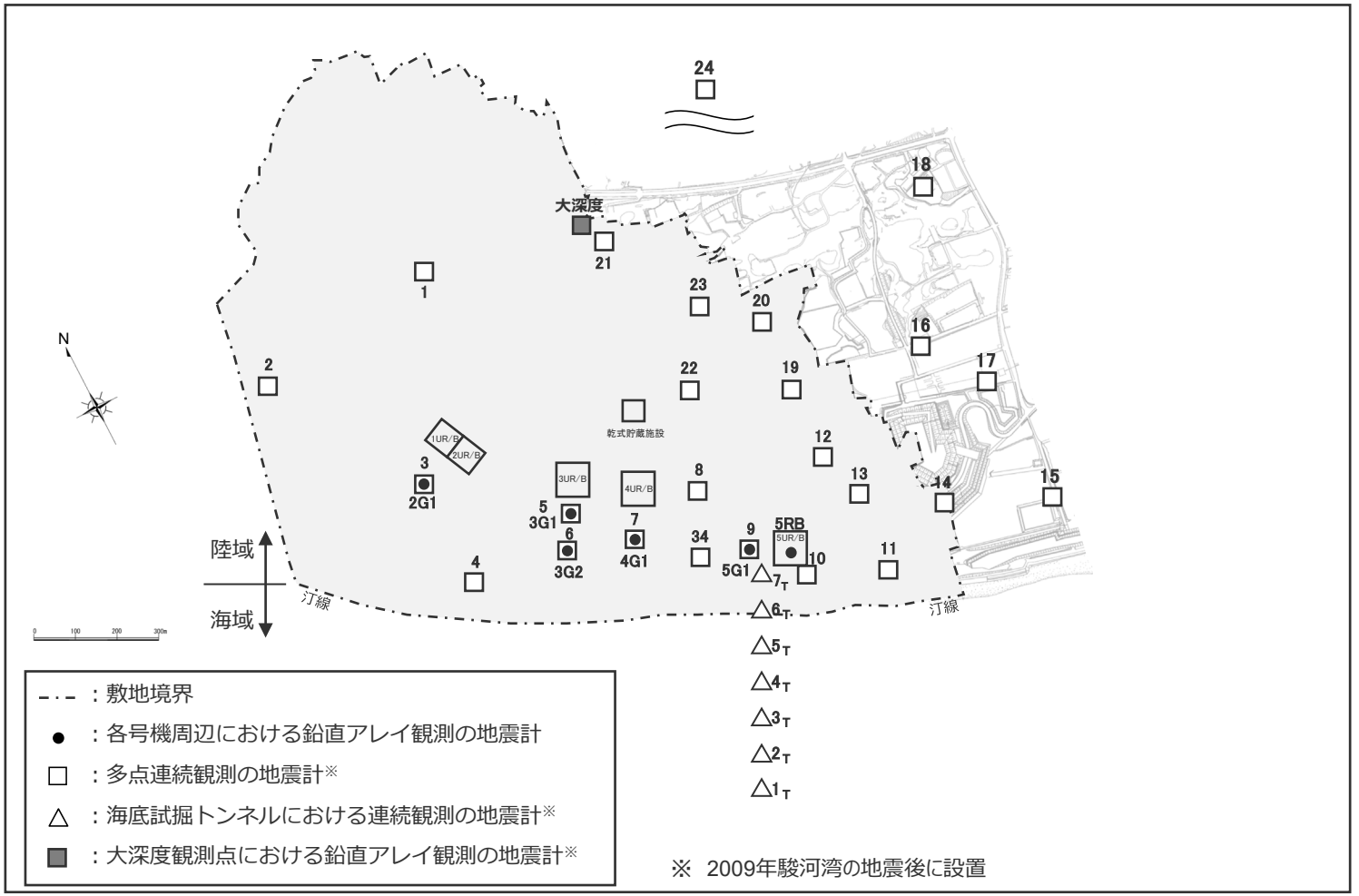
＜2009年駿河湾の地震（本震）の観測記録＞
（3G1, 4G1, 5G1, 5RB（G.L.-100m）、３～５号機PN基準）

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<補足　②敷地における地盤増幅特性の分析>

地震動の顕著な増幅の分析
（敷地における地震観測）

○浜岡原子力発電所では、各号機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。また、大深度観測点における鉛直アレイ観測も行っている。



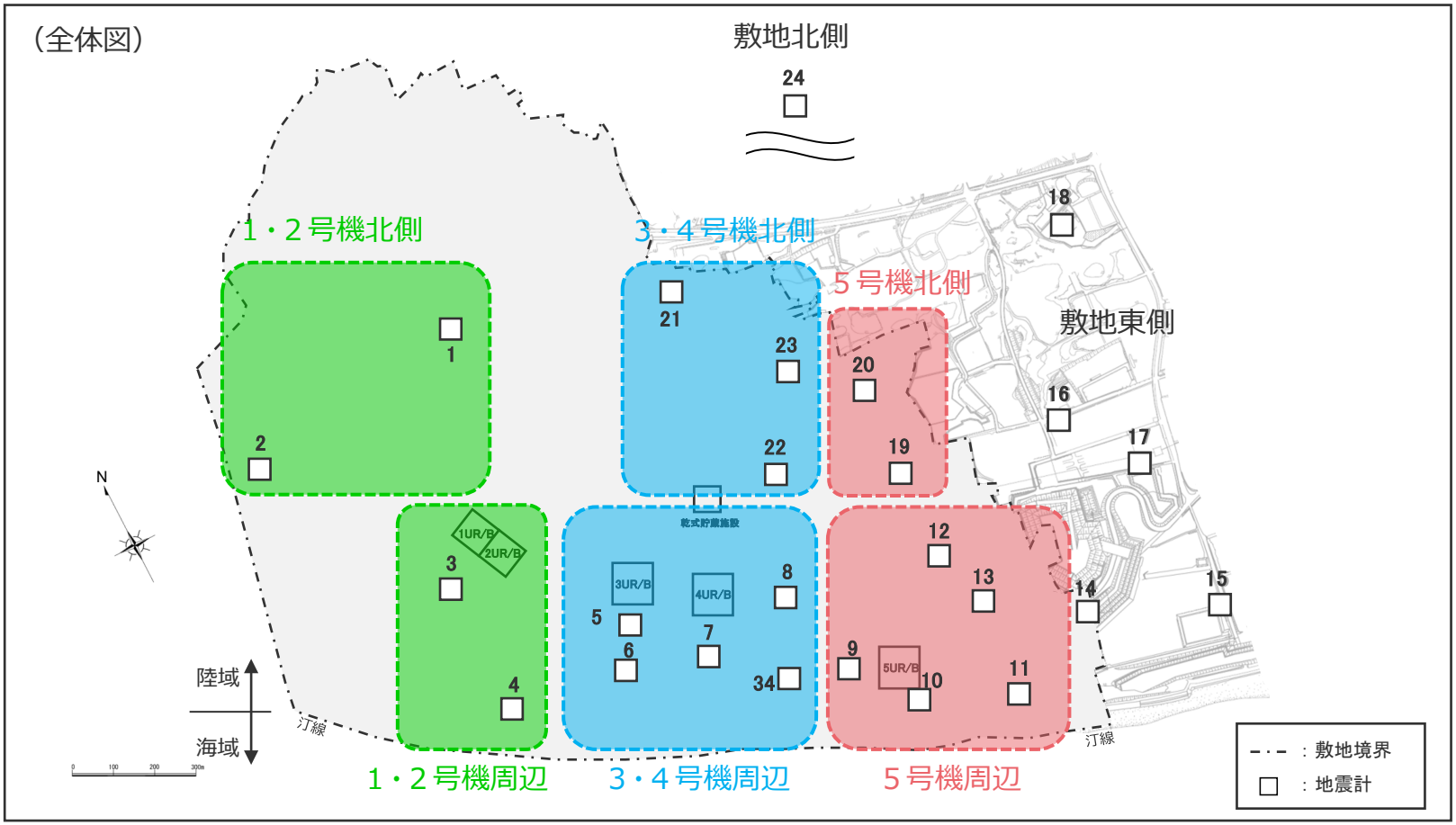
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<補足　②敷地における地盤増幅特性の分析>

地震動の顕著な増幅の分析

（敷地全体における地震波到来方向毎の地盤増幅特性の分析）

○敷地の地表に地震計（2Hz速度計）を多数設置して連続地震観測を行い、地盤増幅特性を分析する。



<多点連続地震観測の地震計配置>

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<補足　②敷地における地盤増幅特性の分析>

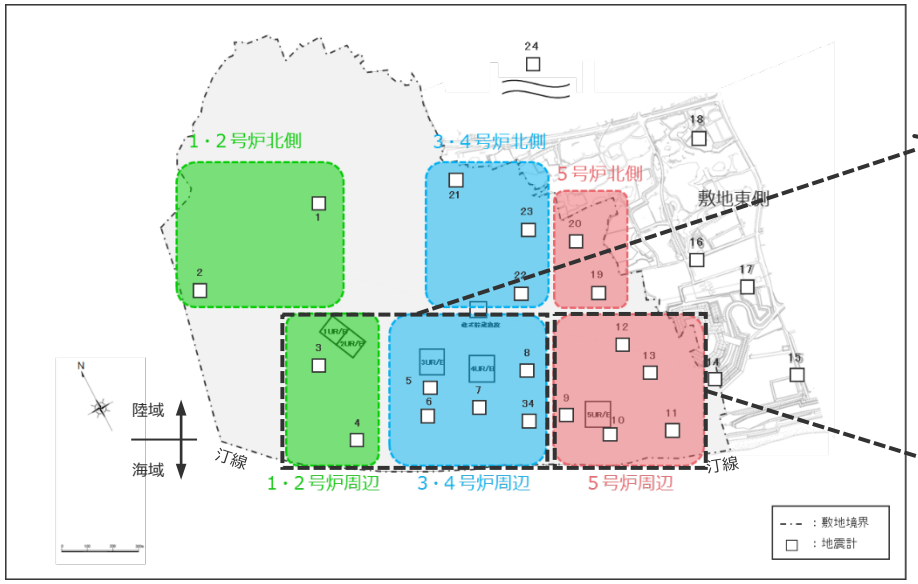
地震動の顕著な増幅の分析

（敷地全体における地震波到来方向毎の地盤増幅特性の分析）

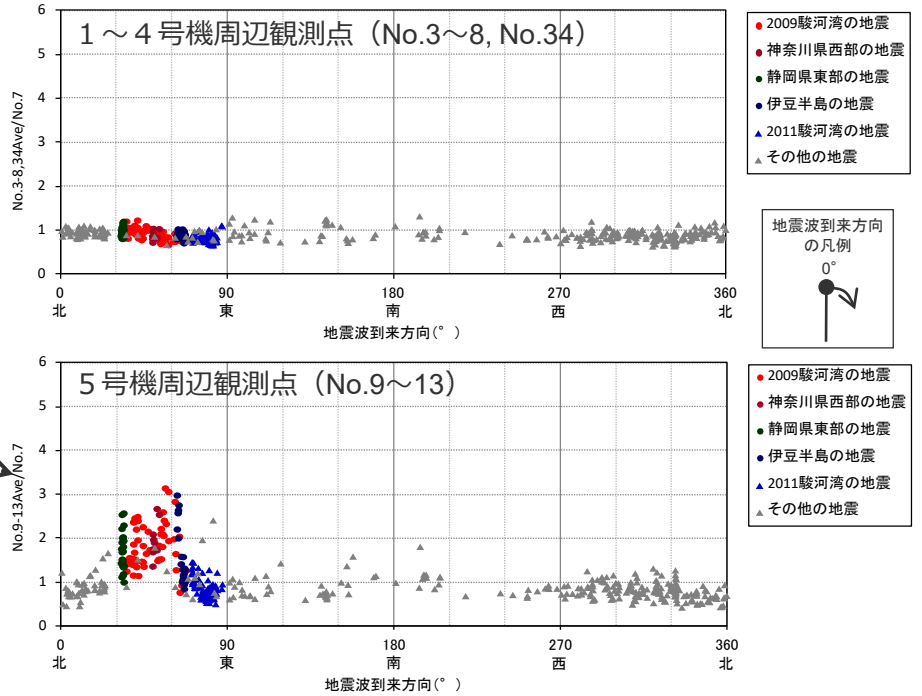
○振幅比が大きい地震のグループが確認された観測点として５号機周辺（No.9～No.13）を、いずれの地震のグループにおいても振幅比が１程度であった観測点として１～４号機周辺（No.3～No.8，No.34）をそれぞれグルーピングして、地震波到来方向毎に各地震の振幅比（No.7基準）を算出。

⇒５号機周辺では、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が、その他の地震波到来方向の地震では振幅比が１程度。

⇒１～４号機周辺では、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。



<多点連続地震観測の地震計配置>



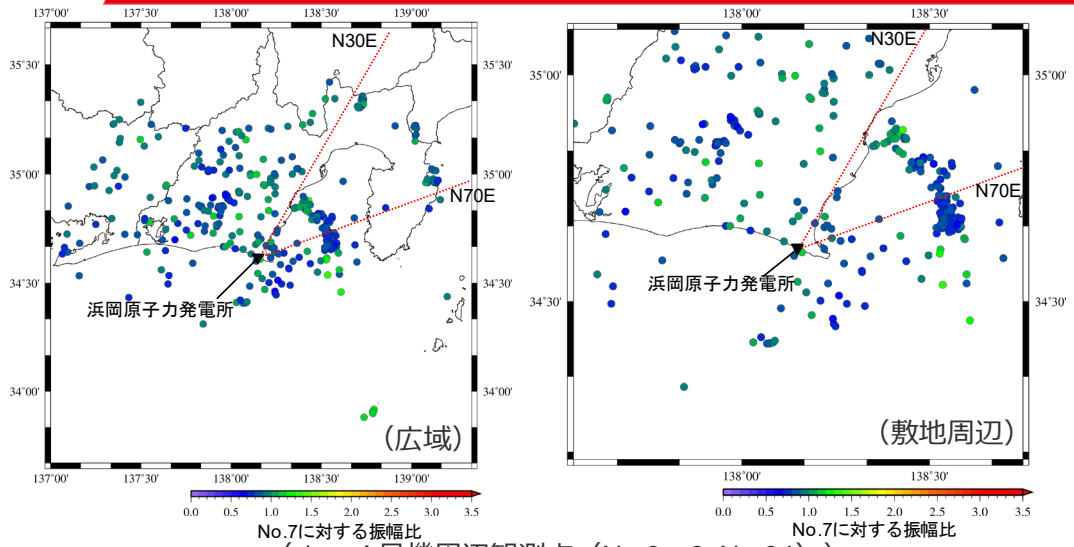
<各地震の振幅比（No.7基準）と地震波到来方向との関係（水平平均）>
（観測分析期間：2009年9月20日～2014年7月26日）

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

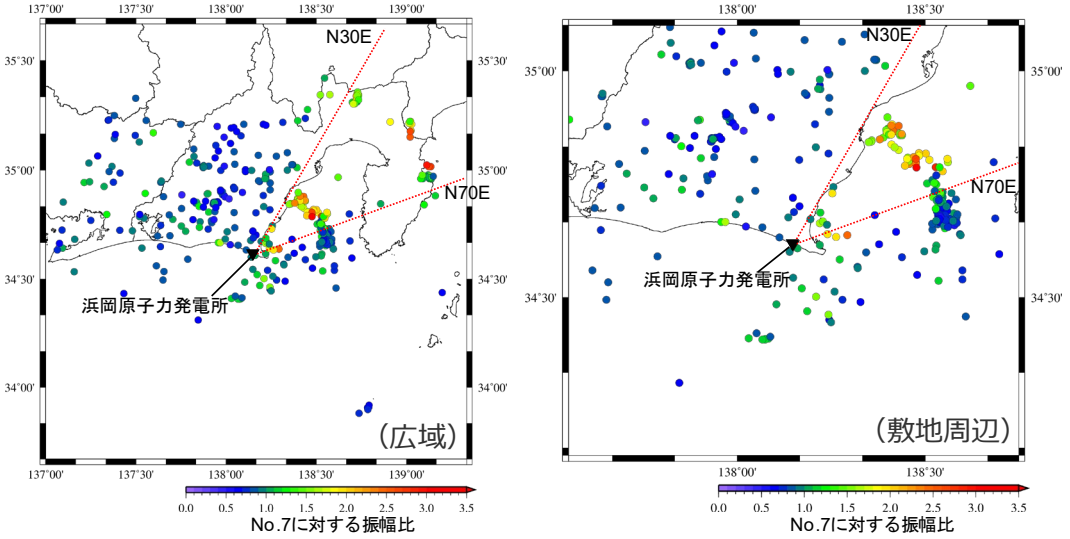
<補足　②敷地における地盤増幅特性の分析>

地震動の顕著な増幅の分析

（敷地全体における地震波到来方向毎の地盤増幅特性の分析）

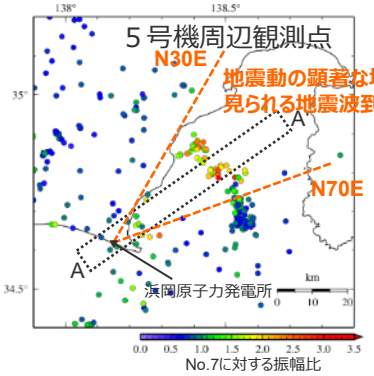


（１～４号機周辺観測点（No.3～8, No.34））

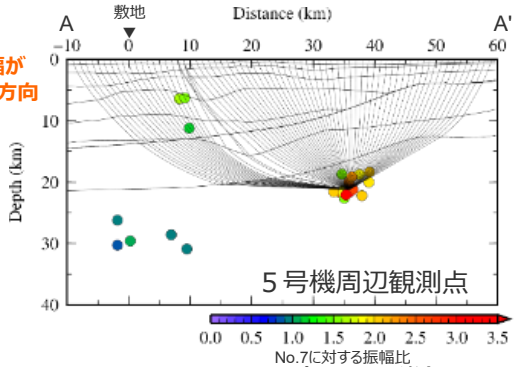


（５号機周辺観測点（No.9～13））

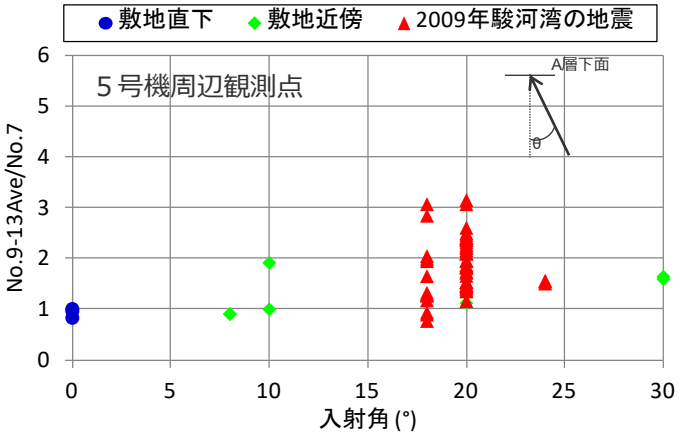
<各地震の振幅比（No.7基準）の震央分布図>



<各地震の振幅比（No.7基準）の震央分布図>



<振幅比（No.7基準）の断面図（A－A'断面）>



<入射角毎の振幅比（No.7基準）>

（N30E～N70E方向＋敷地直下の地震）

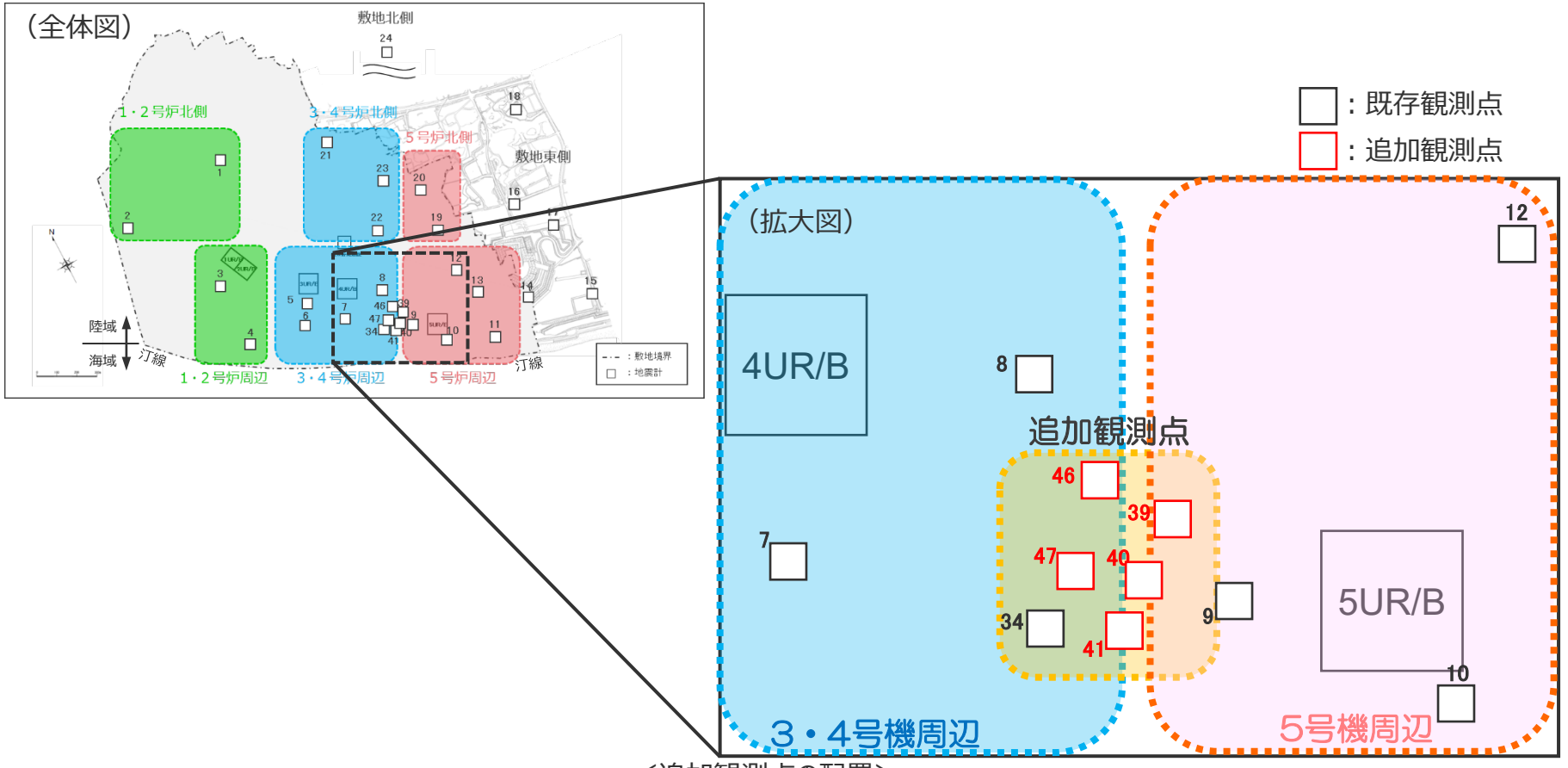
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<補足　②敷地における地盤増幅特性の分析>

地震動の顕著な増幅の分析

（追加観測による４号機周辺と５号機周辺の間の領域の地盤増幅特性の分析）

○いずれの地震波到来方向の地震も振幅比が１程度である４号機周辺と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振幅比が大きい５号機周辺の間において、追加観測点を５箇所設置し、地盤増幅特性を分析する。



<追加観測点の配置>
（観測分析期間：2013年7月1日～2017年3月30日）

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<補足　②敷地における地盤増幅特性の分析>

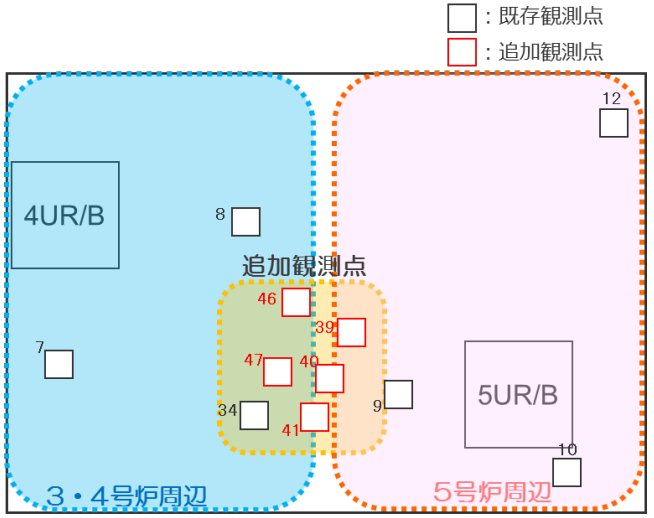
地震動の顕著な増幅の分析

（追加観測による４号機周辺と５号機周辺の間の領域の地盤増幅特性の分析）

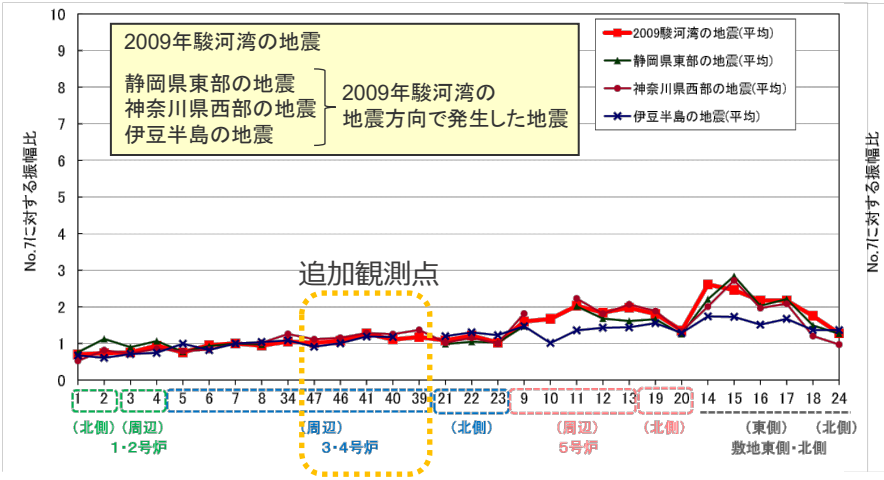
○地震波到来方向毎に地震をグルーピングして、追加観測点の振幅比（No.7基準）を算出。

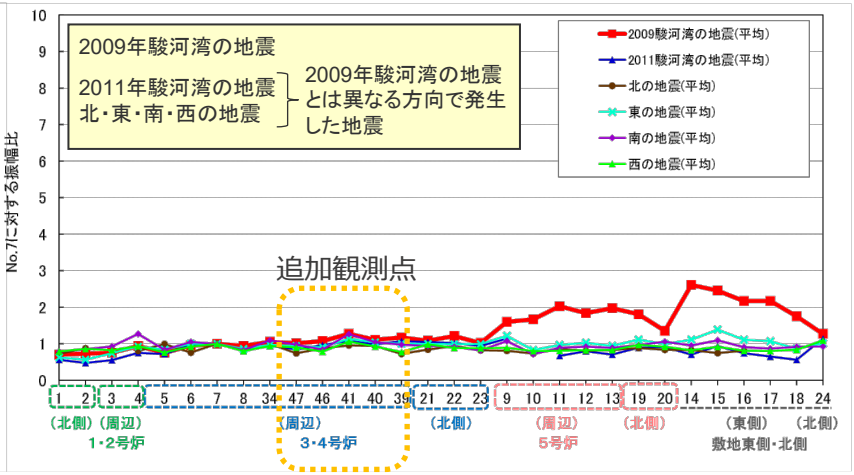
⇒追加観測点では、１～４号機周辺を含むその他の観測点と同様、いずれの地震のグループにおいても振幅比が１程度であり、地震動の顕著な増幅は見られない。

・自然地震のフーリエスペクトル比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ぎとり波を推定する。
・推定したはぎとり波について、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、はぎとり波に対し2009年駿河湾の地震で５号機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。



<追加観測点の配置>





<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）>
（観測分析期間：2009年9月20日～2014年7月26日（既存観測点）、2013年7月1日～2017年3月30日（追加観測点））

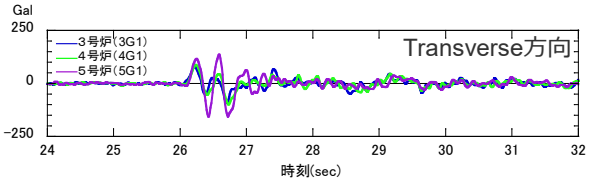
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<補足　②敷地における地盤増幅特性の分析>

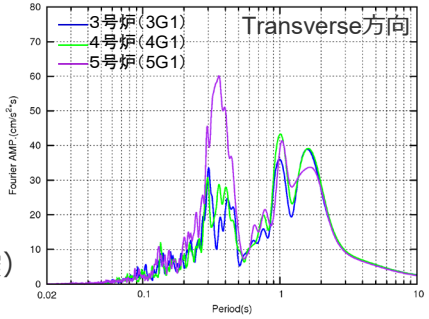
地震動の顕著な増幅の分析
（地震観測記録の分析結果）

2009年駿河湾の地震の分析（鉛直アレイ観測）

○ 5号機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>

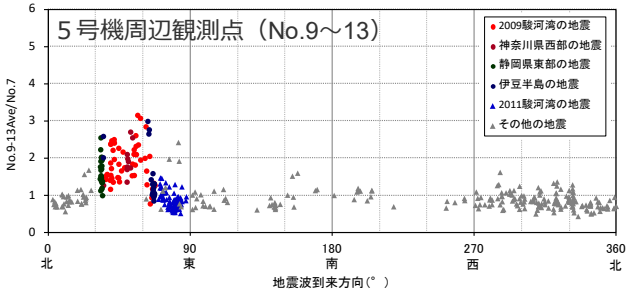


<2009年駿河湾の地震（本震）の加速度フーリエスペクトル>

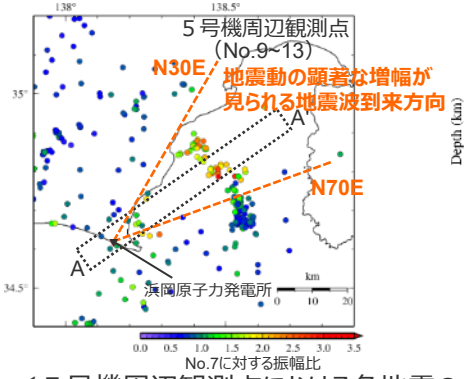
他の地震も含めた分析（鉛直アレイ観測、多点連続観測、海底試掘トンネル観測）

○ 5号機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。

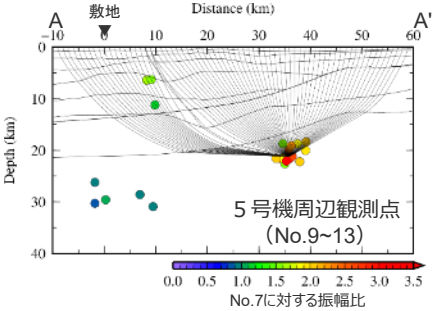
○「増幅方向」の地震波でも、増幅の程度は一様ではなく、地震波の入射角が鉛直に近づく敷地近傍の地震ほど顕著な増幅は見られない傾向がある。このうち、2009年駿河湾の地震（本震）は増幅の程度が最も大きく信頼性が高い記録が得られた地震である。



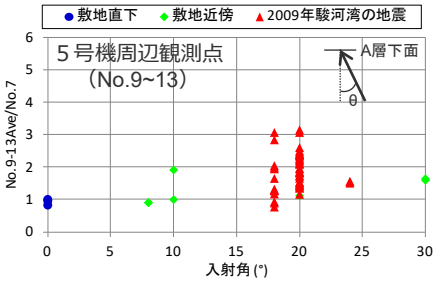
<各地震の振幅比（No.7基準）と地震波到来方向との関係（水平平均）>



<5号機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号機周辺の増幅要因**は、5号機周辺から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、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。

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<補足　②敷地における地盤増幅特性の分析>

地震動の顕著な増幅の分析
（地下構造調査）

＜目的＞
○敷地周辺及び敷地近傍の地下構造が地震動の増幅に影響を及ぼすか検討し、５号機周辺の増幅要因及び敷地における地盤増幅特性を把握する。

敷地周辺の地下構造（深部からやや浅部）

2007年新潟県中越沖地震時に柏崎刈羽原子力発電所において観測された地震動が大きかった要因として、震源特性の影響の他、地盤増幅特性として、深部からやや浅部の地盤に確認された古い褶曲構造による影響及び深部地盤に確認された地震基盤面の不整形性による影響が挙げられている。

敷地周辺の地下構造調査（深部からやや浅部）
- ・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

⇒地震基盤面以浅の速度構造を確認

敷地周辺の深部三次元地下構造モデルの作成及び解析検討

⇒地震基盤面及びそれ以浅の速度構造（褶曲構造を含む）は地震動の増幅に影響を及ぼさないことを確認

敷地近傍の地下構造（浅部）

2009年駿河湾の地震における浜岡原子力発電所５号機周辺の増幅要因について、地震観測記録に基づく考察によると、S波速度が低下し、浅部地盤において５号機周辺から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した不均質構造であると考えられる。

敷地近傍の地下構造調査（浅部）
- ・オフセットVSP探査
- ・ベイケーブル探査
- ・反射法地震探査
- ・ボーリング調査・物理検層

⇒敷地東側にS波低速度層を確認

地震観測記録に基づく考察と整合していることから、**S波低速度層を５号機周辺の増幅要因と推定**

敷地近傍の浅部三次元地下構造モデルの作成及び解析検討（５号機周辺の増幅要因の検証）

⇒５号機周辺の増幅要因がS波低速度層であることを確認

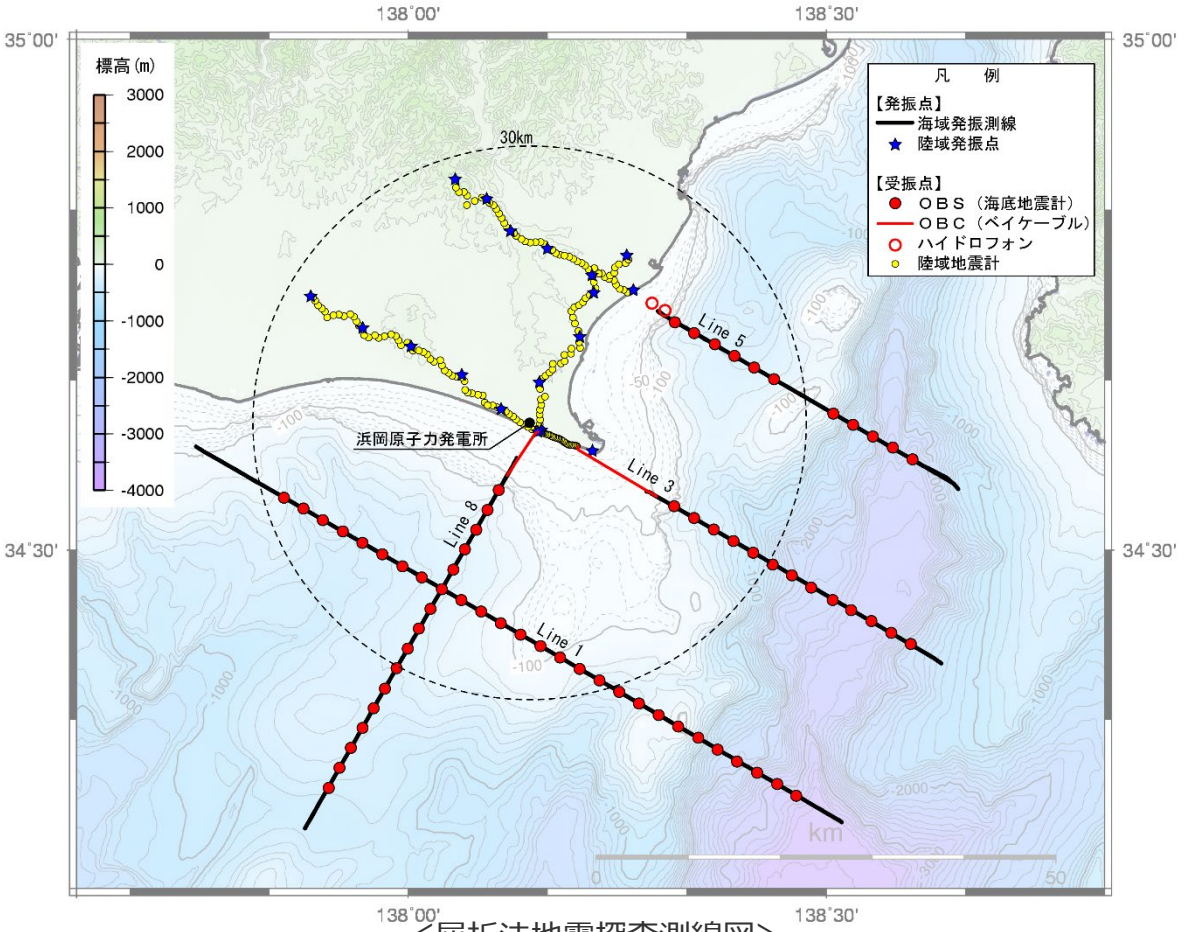
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<補足　②敷地における地盤増幅特性の分析>

地震動の顕著な増幅の分析

（敷地における地下構造調査（敷地周辺（深部からやや浅部））

○浜岡原子力発電所では、敷地周辺の深部からやや浅部の地盤の速度構造の把握を目的に、速度構造調査として屈折法地震探査を実施するとともに、地質構造調査として大深度ボーリング調査・物理検層、反射法地震探査を実施している。

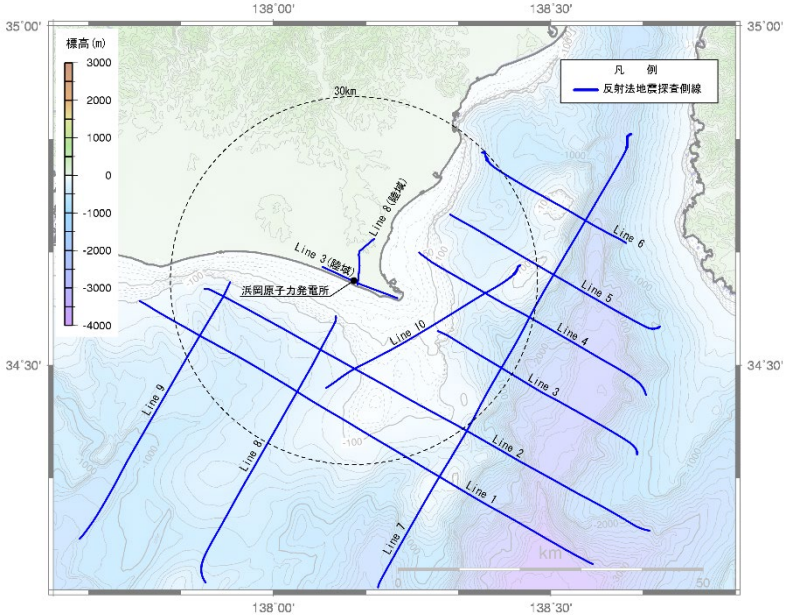


<屈折法地震探査測線図>



（国土地理院1:25,000地形図に各号機位置、敷地周辺で実施した地下構造調査の位置を加筆）

<大深度ボーリング調査・物理検層位置図>



<反射法地震探査測線図>

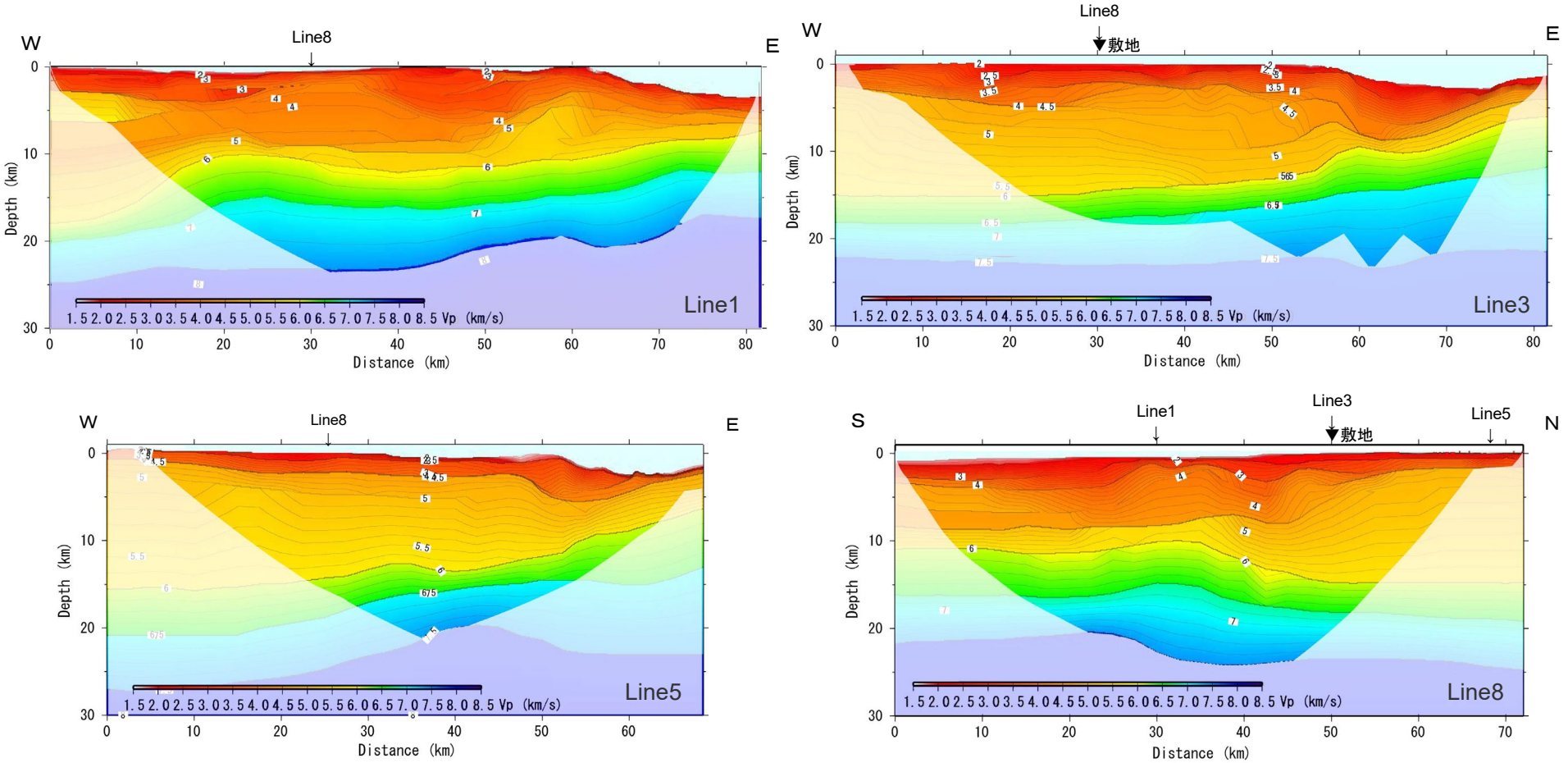
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<補足　②敷地における地盤増幅特性の分析>

地震動の顕著な増幅の分析

（敷地における地下構造調査（敷地周辺（深部からやや浅部））：速度構造）

○速度構造調査として実施した海陸統合の屈折法地震探査により、敷地周辺の深部からやや浅部のP波速度構造を把握している。



<屈折法地震探査（海陸統合）の各測線（Line1, 3, 5, 8）のP波速度構造>

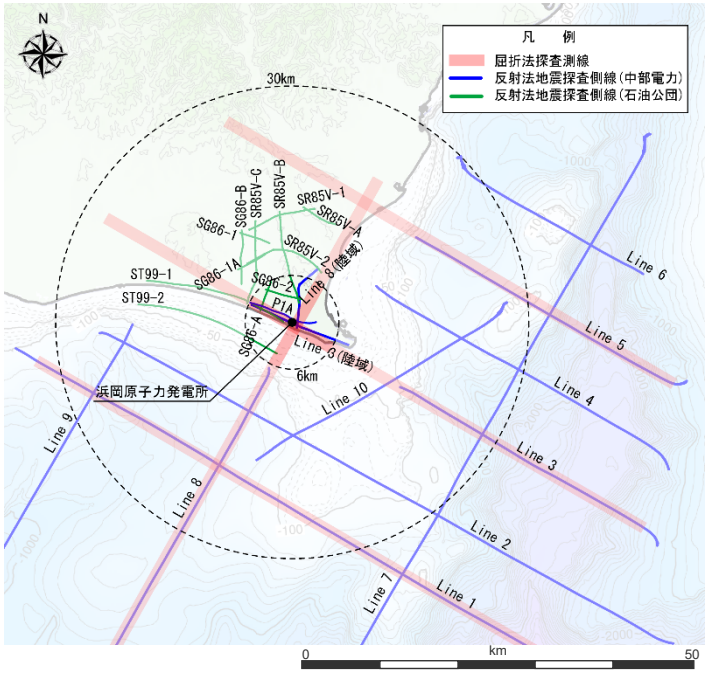
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<補足　②敷地における地盤増幅特性の分析>

地震動の顕著な増幅の分析

（敷地における地下構造調査（敷地周辺（深部からやや浅部））：三次元地下構造モデル）

○敷地周辺の深部からやや浅部を対象とした地下構造調査（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、既往調査等）の結果に基づき、敷地周辺の地震基盤以浅の深部三次元地下構造モデルを作成。

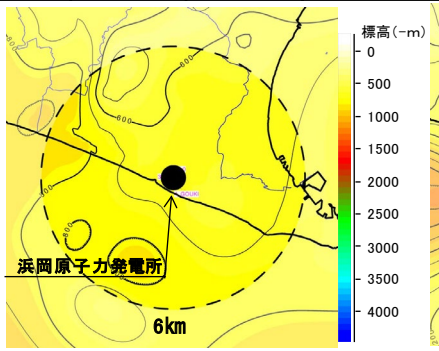


<敷地周辺の地下構造調査>

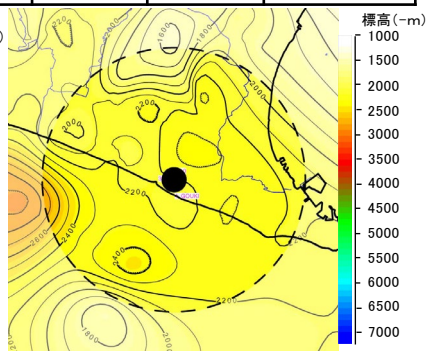
深部三次元地下構造モデルの作成

<各層の物性値>

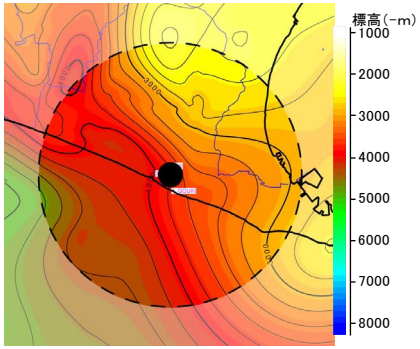
層区分	上面			下面		
	Vs (m/s)	Vp (m/s)	密度 (g/cm³)	Vs (m/s)	Vp (m/s)	密度 (g/cm³)
A層	700	2000	2.07	1330	2560	2.21
B層	1330	2560	2.21	1580	3180	2.33
C層	2130	3990	2.46	2200	4080	2.48
D層	2350	4310	2.51	2560	4610	2.56
E層	2620	4700	2.57	3230	5600	2.68



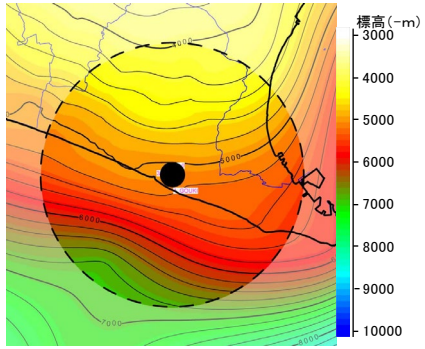
A層下面



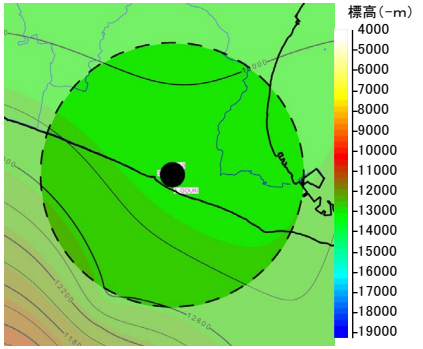
B層下面



C層下面



D層下面



E層下面

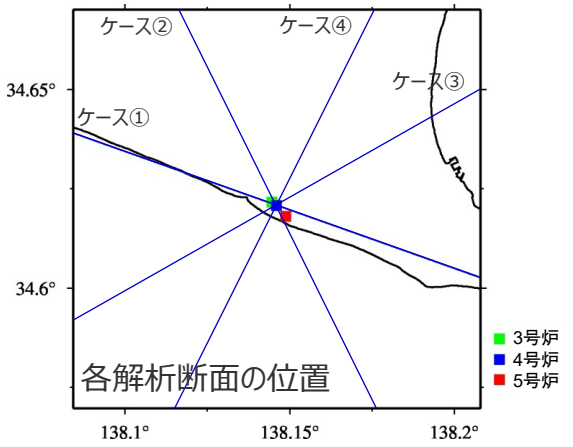
<各層境界のコンター>

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

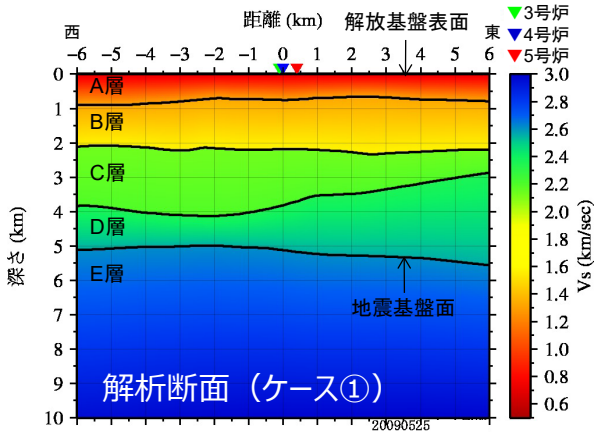
<補足　②敷地における地盤増幅特性の分析>

地震動の顕著な増幅の分析

（敷地における地下構造調査（敷地周辺（深部からやや浅部））：三次元地下構造モデルを用いた解析検討）

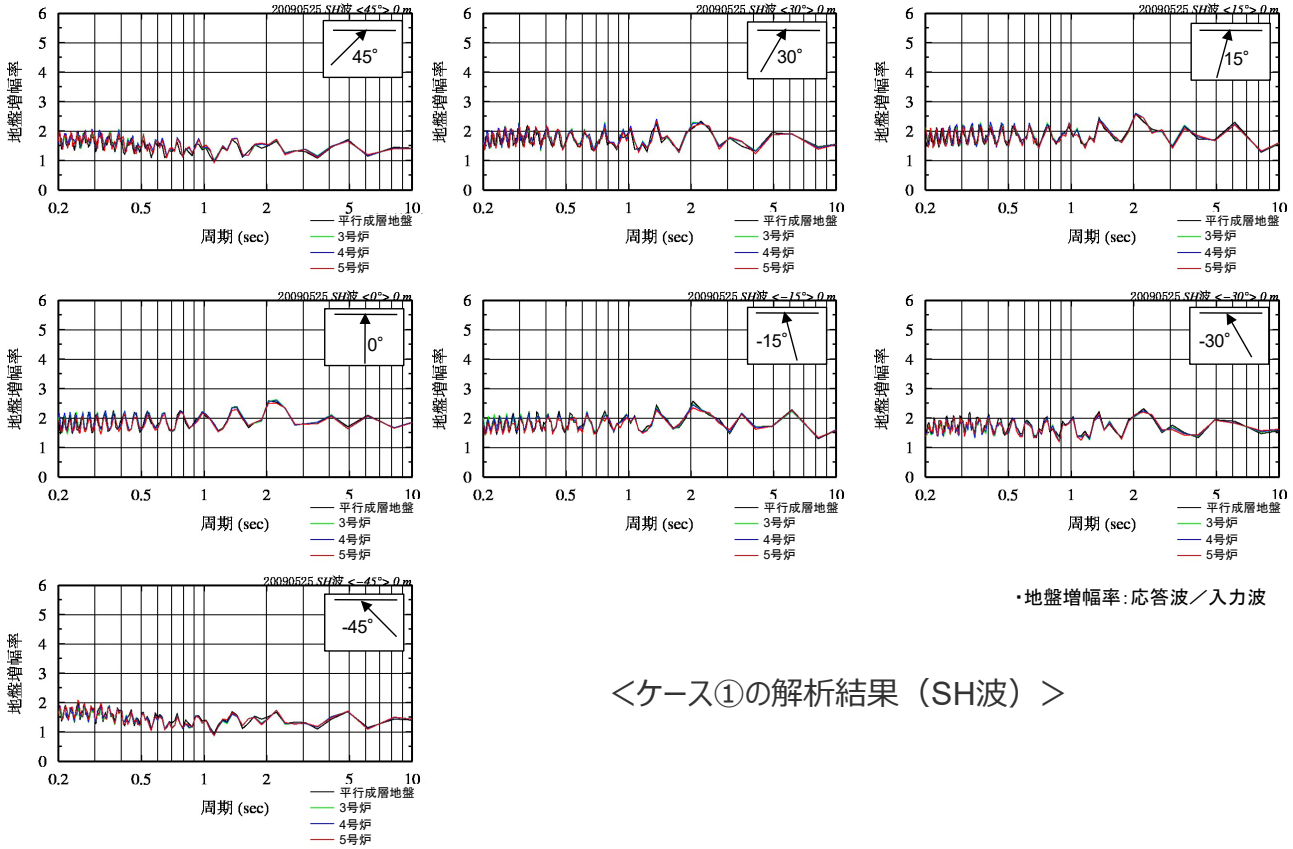


解析断面（ケース①）の解析例



○作成した深部三次元地下構造モデルの代表的な４方向を解析断面として、二次元有限差分法により、３～５号機位置の地盤増幅特性に係る解析検討を行った結果、**３～５号機位置の地盤増幅率は、いずれの入射角においても平行成層地盤の地盤増幅率と同程度**である。

⇒敷地周辺における地震基盤面及びそれ以浅の速度構造は、地震動の顕著な増幅に影響を及ぼすものではない。



・地盤増幅率：応答波／入力波

<ケース①の解析結果（SH波）>

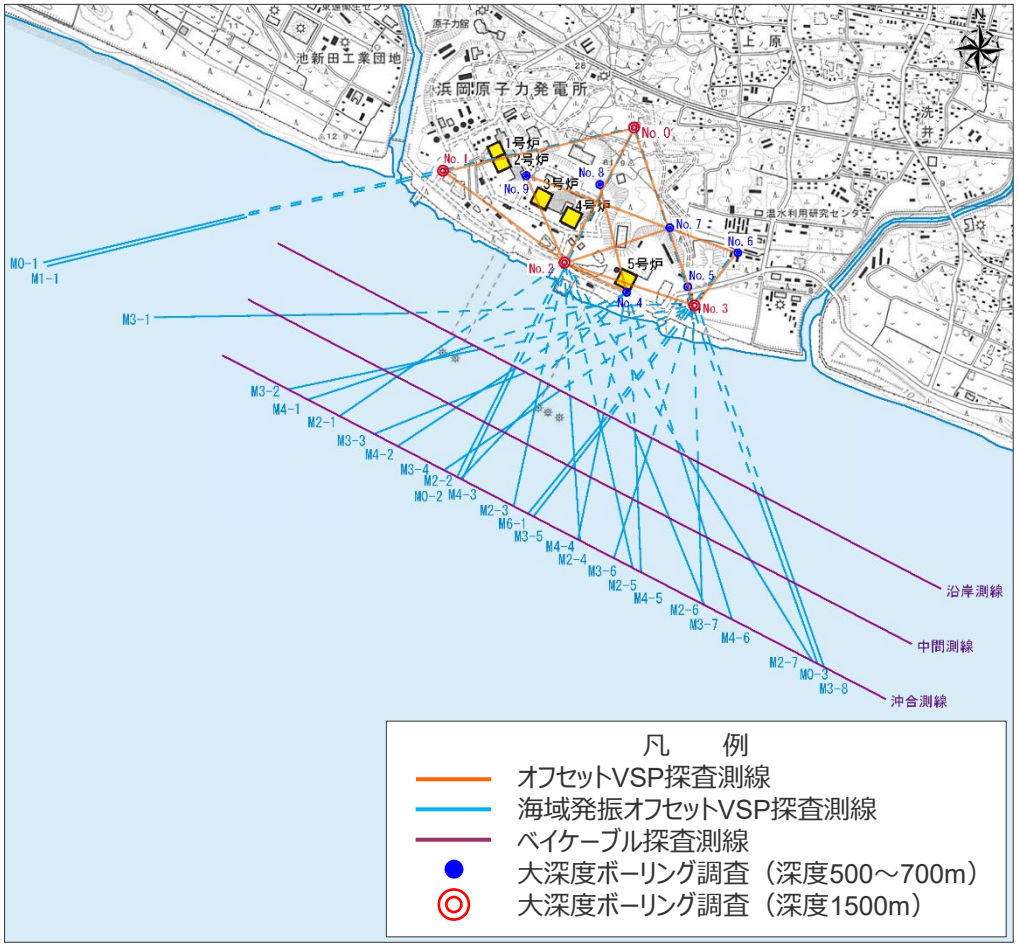
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

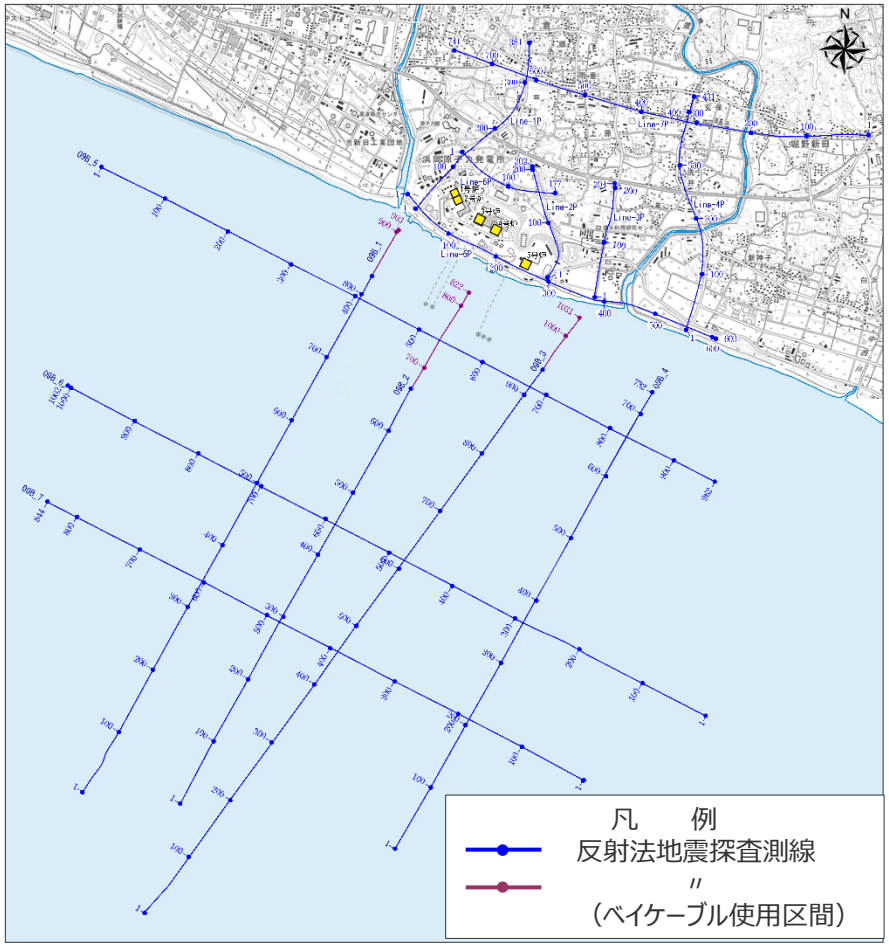
<補足　②敷地における地盤増幅特性の分析>

地震動の顕著な増幅の分析

（敷地における地下構造調査（敷地周辺（浅部））

○浜岡原子力発電所では、敷地近傍の浅部地盤のS波速度構造の把握を目的に、速度構造調査として複数の測線でオフセットVSP探査、海域発振オフセットVSP探査、ベイケーブル探査を実施し、地質構造調査として反射法地震探査、ボーリング調査・物理検層を実施している。





（国土地理院1:25,000地形図に各号炉位置及び敷地近傍で実施した地下構造調査の位置を加筆）

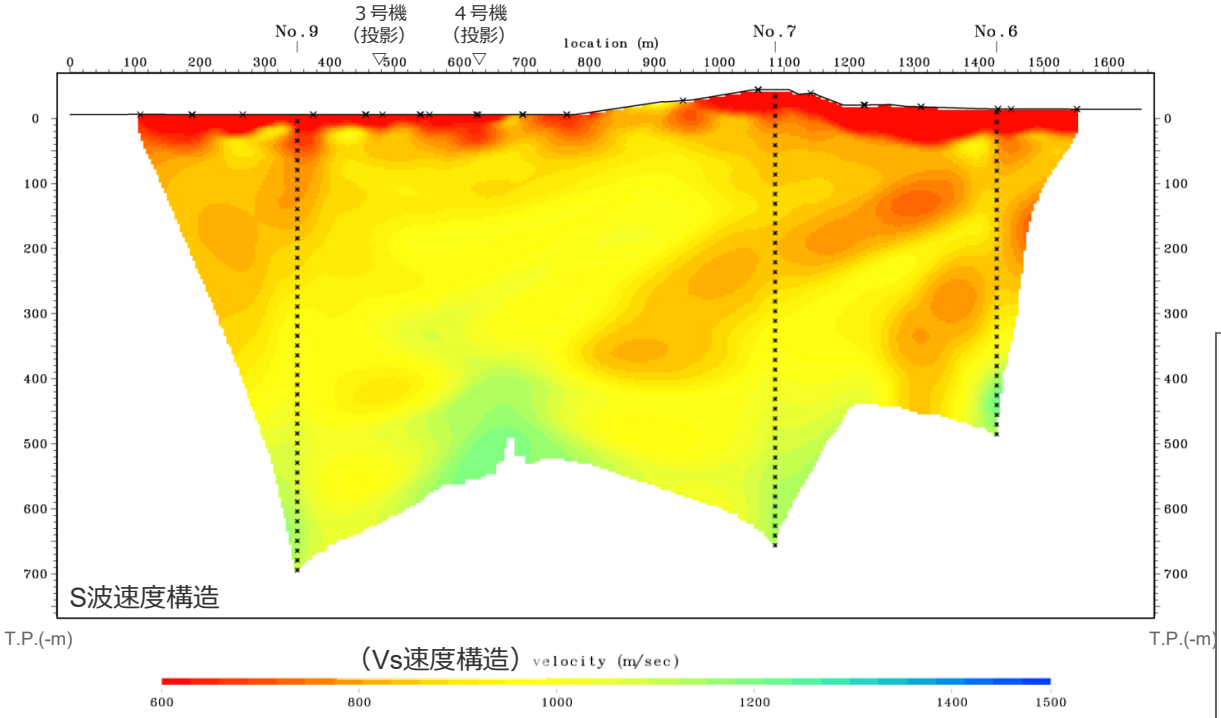
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

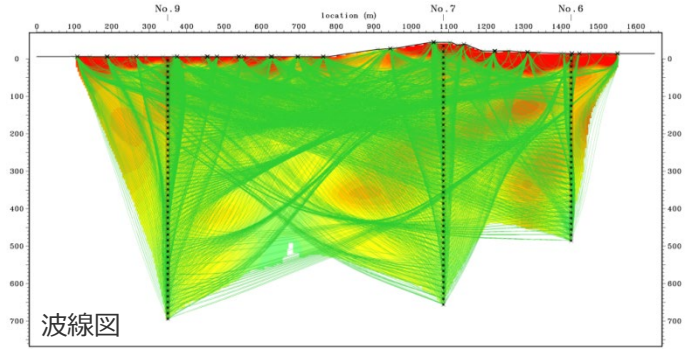
<補足　②敷地における地盤増幅特性の分析>

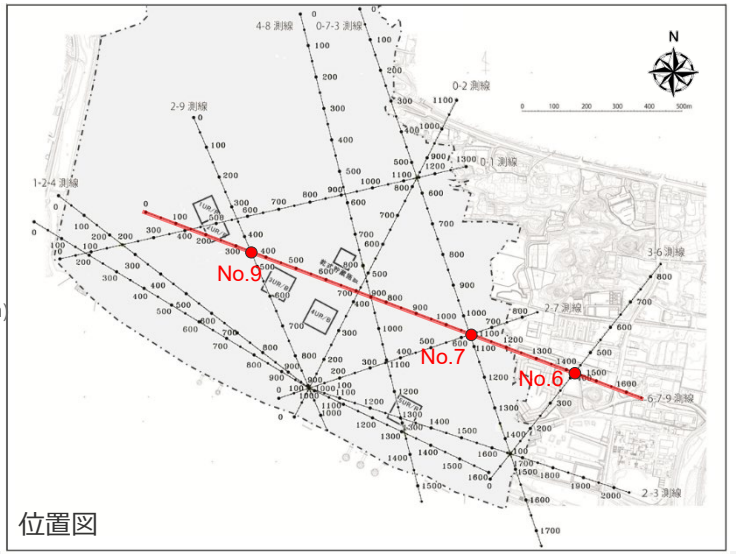
地震動の顕著な増幅の分析

（敷地における地下構造調査（敷地周辺（浅部））：オフセットVSP調査結果）

○No.6孔、No.7孔及びNo.9孔を利用し、オフセットVSP（Multi-Well,multi-offset/Walkaway VSP）で収録したS波の初動データを用い、初動トモグラフィックインバージョン解析によりS波速度構造を検討。
○敷地中央部を東西方向に位置する6-7-9測線のS波初動トモグラフィックインバージョン解析結果によると、No.6孔からNo.7孔の西側にかけての深度100～400m付近に周囲に比べて顕著にS波速度が低下した構造が確認され、その西側は深度方向に漸増している。





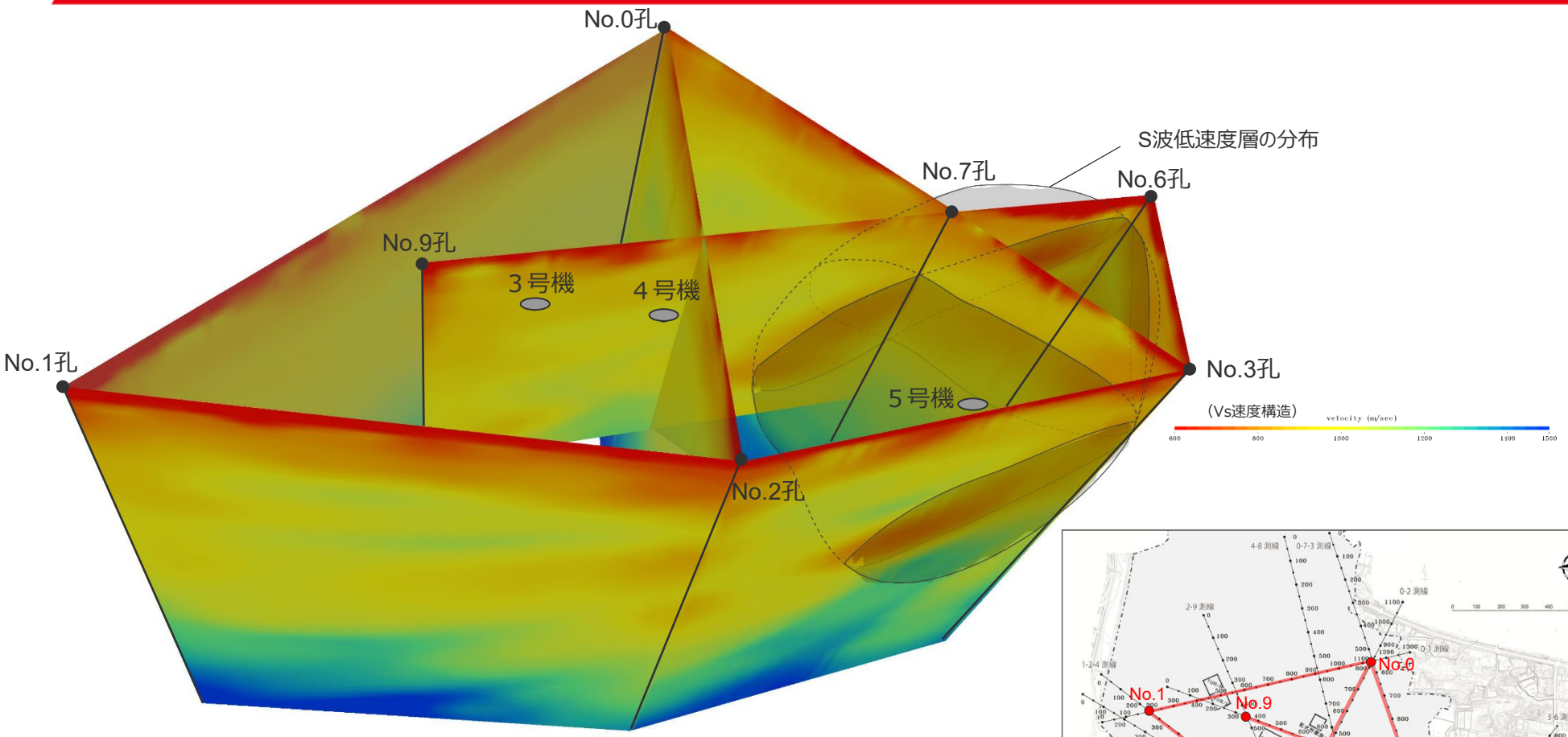


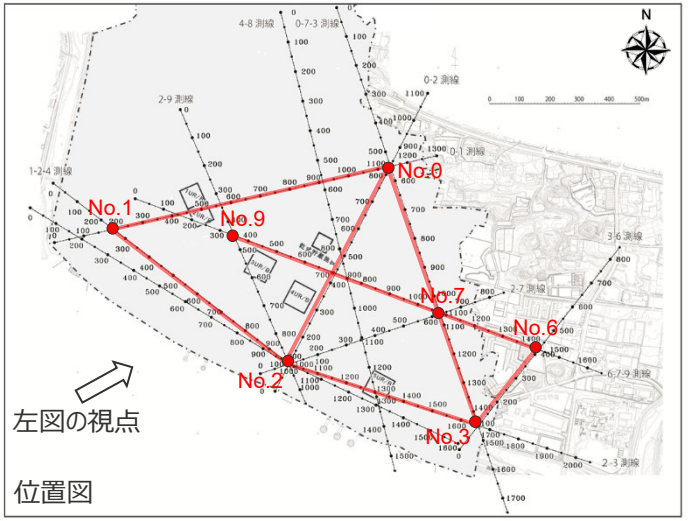
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<補足　②敷地における地盤増幅特性の分析>

地震動の顕著な増幅の分析

（敷地における地下構造調査（敷地周辺（浅部））：オフセットVSP調査結果）





○敷地東側では、深度100～400m付近にかけて、複数の測線でS波速度が700～800m/s程度に低下し、三次元的な拡がりや連続性を有するS波低速度層が確認される。
○敷地東側以外に、周囲に比べてS波速度が顕著に低下し、三次元的な拡がりや連続性を有するS波低速度層は確認されない。

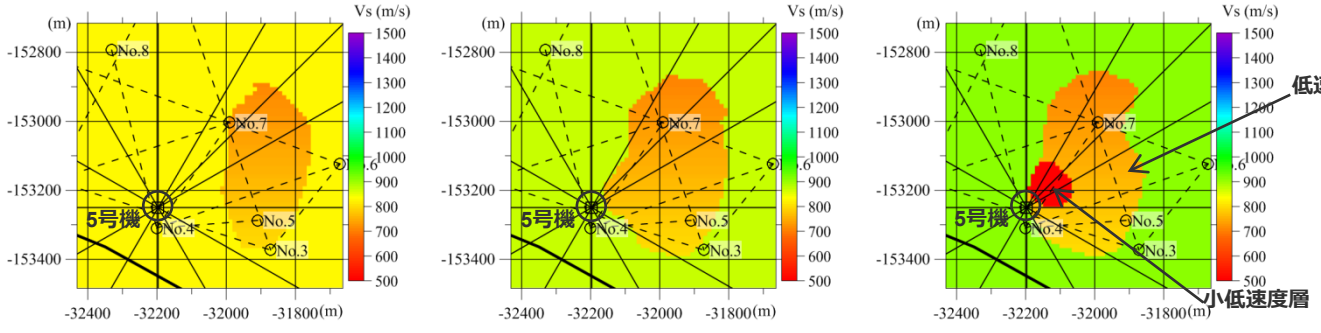
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<補足　②敷地における地盤増幅特性の分析>

地震動の顕著な増幅の分析

（敷地における地下構造調査（敷地周辺（浅部））：三次元地下構造モデル）

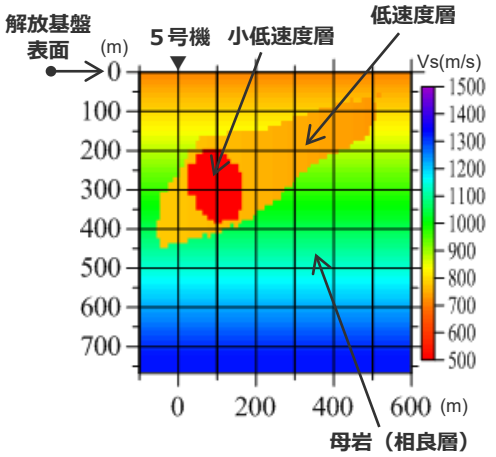
○低速度層、小低速度層、母岩（相良層）から成る浅部三次元地下構造モデル（チューニングモデル）は、基本的に地下構造調査結果に基づき設定し、小低速度層は地震観測記録の特徴を説明できるよう、その形状をチューニングして低速度層の内部に設定する。



深さ144m断面　深さ192m断面　深さ240m断面

深さ288m断面　深さ336m断面　深さ384m断面

＜深さ毎の速度断面＞



＜N60E方向の速度断面＞
（2009年駿河湾の地震の地震波到来方向）

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

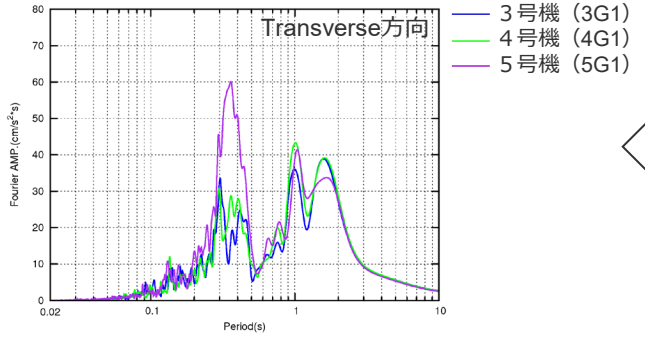
<補足　②敷地における地盤増幅特性の分析>

地震動の顕著な増幅の分析

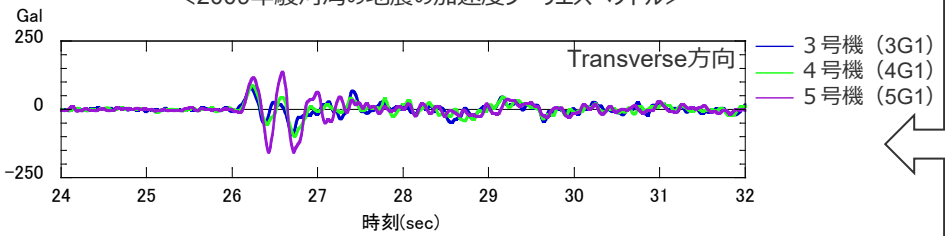
（敷地における地下構造調査（敷地周辺（浅部））：三次元地下構造モデルを用いた解析検討）

○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号機周辺の増幅要因として、当該モデルは妥当であることを確認した。

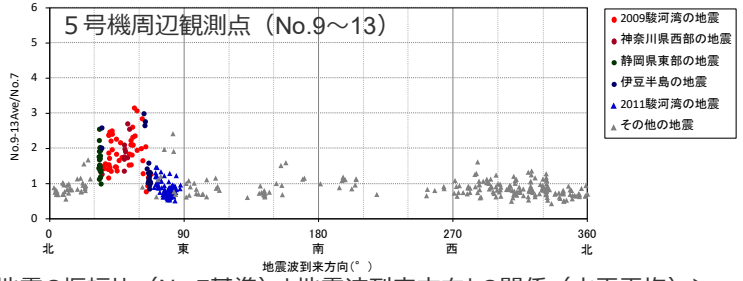
地震観測記録



<2009年駿河湾の地震の加速度フーリエスペクトル>



<2009年駿河湾の地震の加速度時刻歴波形>



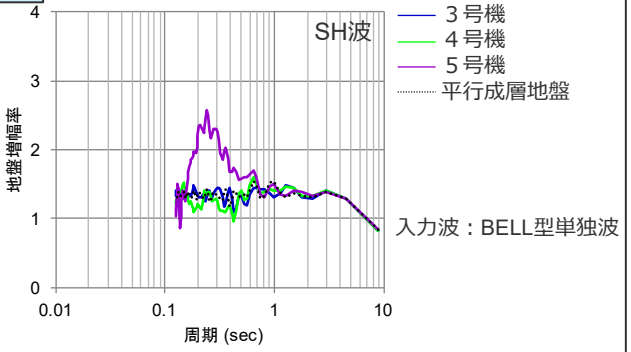
<各地震の振幅比（No.7基準）と地震波到来方向との関係（水平平均）>

周波数特性

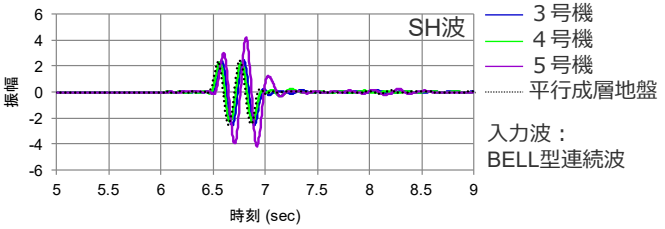
経時特性

地震波到来方向毎の増幅特性

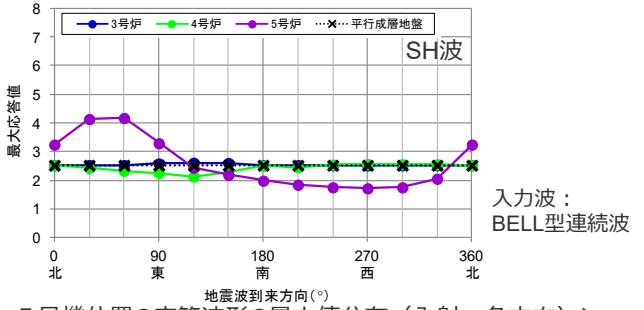
解析結果



<３～５号機位置の地盤増幅率（入射：2009年駿河湾の地震方向）>



<３～５号機位置の応答波形（入射：2009年駿河湾の地震方向）>



<３～５号機位置の応答波形の最大値分布（入射：各方向）>

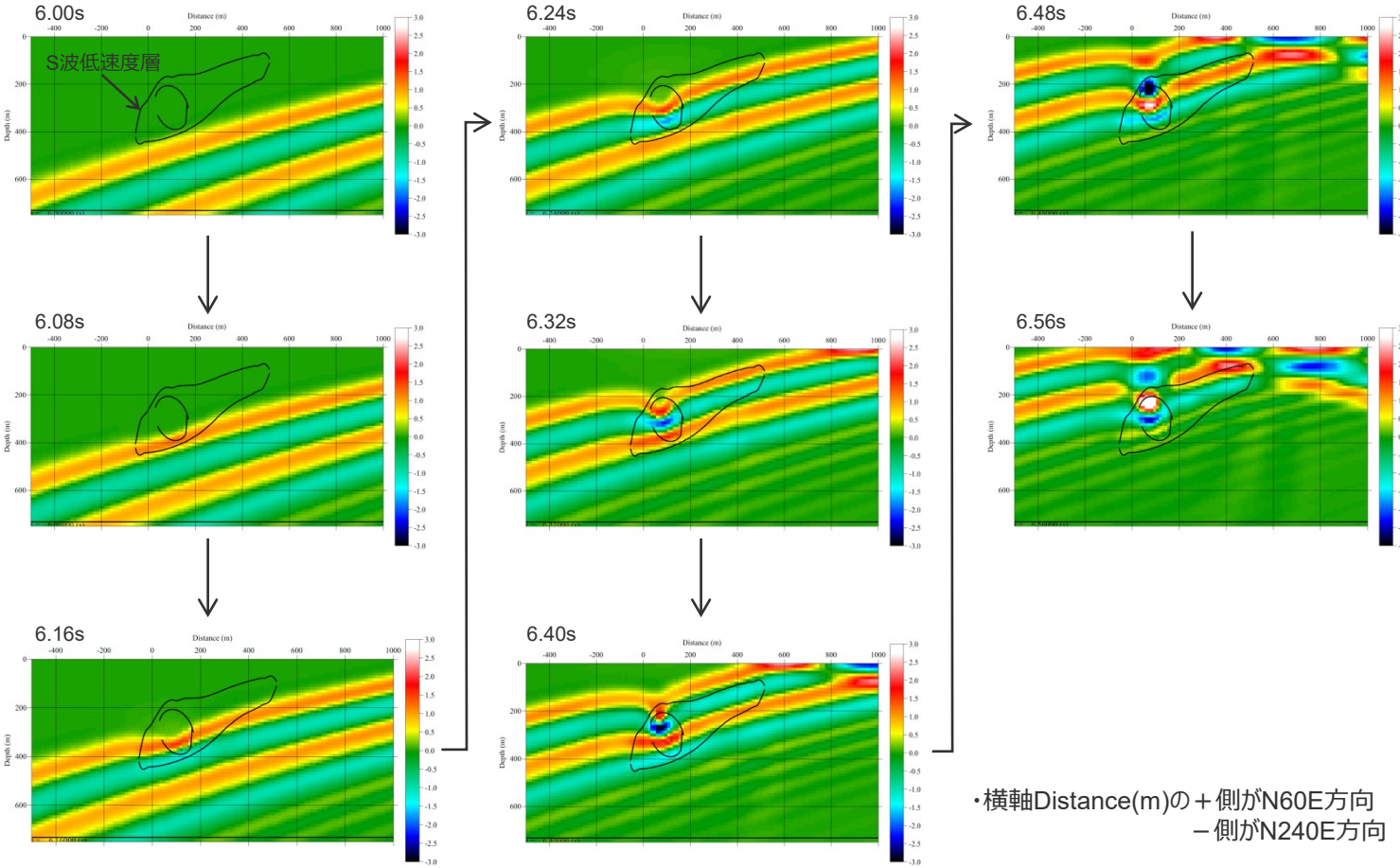
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<補足　②敷地における地盤増幅特性の分析>

地震動の顕著な増幅の分析

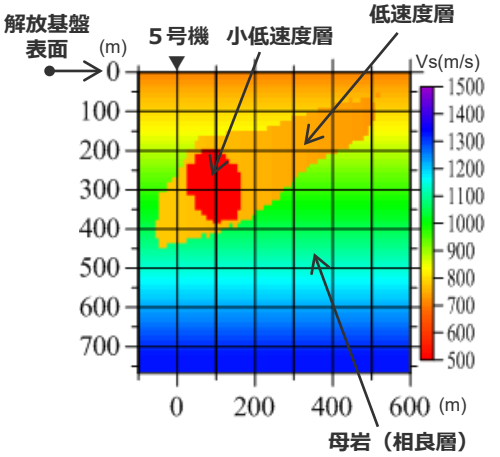
（敷地における地下構造調査（敷地周辺（浅部））：三次元地下構造モデルを用いた解析検討）

○三次元有限差分法による解析結果の時間断面毎のスナップショットによると、下方から伝播する平行な波面が低速度層・小低速度層を通過すると、下に凹形状に屈曲していき、それとともに一部の振幅が大きくなっている。



・横軸Distance(m)の＋側がN60E方向
　－側がN240E方向

<三次元有限差分法による解析結果の時間断面毎のスナップショット（N60E方向断面、0.08秒刻み）>



<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）

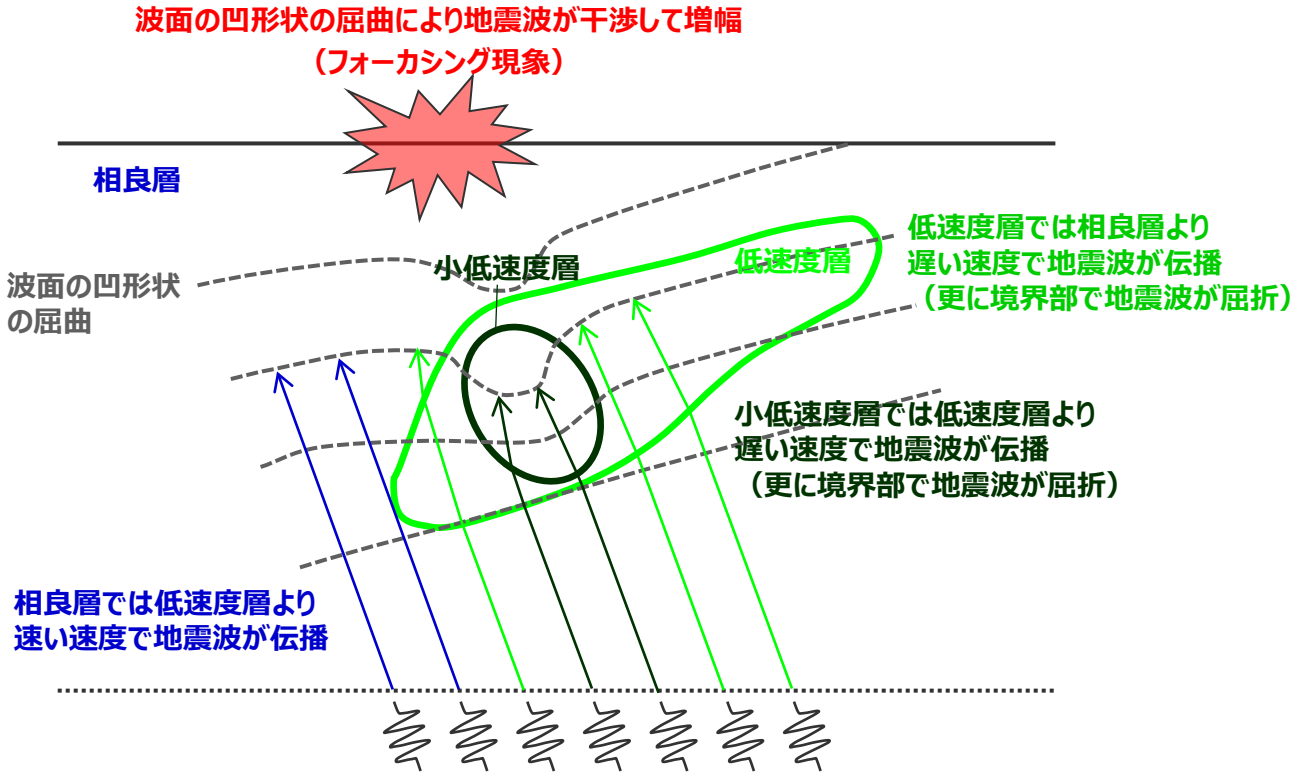
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<補足　②敷地における地盤増幅特性の分析>

地震動の顕著な増幅の分析

（５号機周辺の地震波の増幅メカニズムの考察）

○下方から伝播する地震波は、低速度層、小低速度層それぞれの境界部で屈折するとともに、それぞれの層内の伝播速度が異なることにより、その波面が凹形状に屈曲する。この波面の凹形状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が５号機周辺の地震動の増幅メカニズムと分析した。



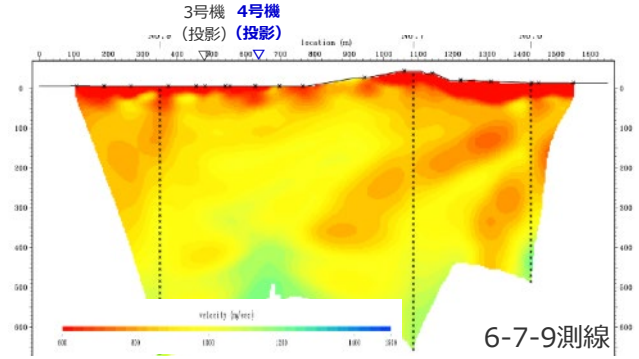
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

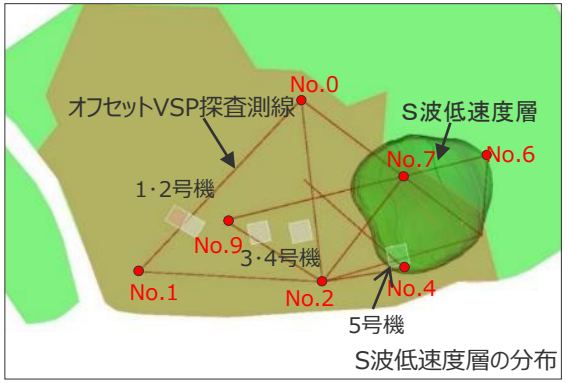
<補足　②敷地における地盤増幅特性の分析>

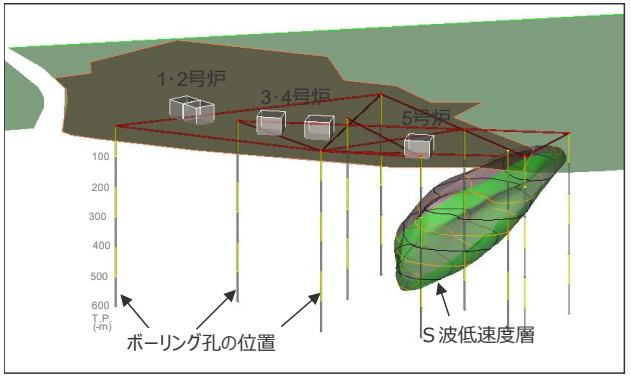
地震動の顕著な増幅の分析
（地下構造調査結果及び解析検討結果）

地下構造調査

○ 速度構造調査（複数のオフセットVSP探査等）により、５号機から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。**



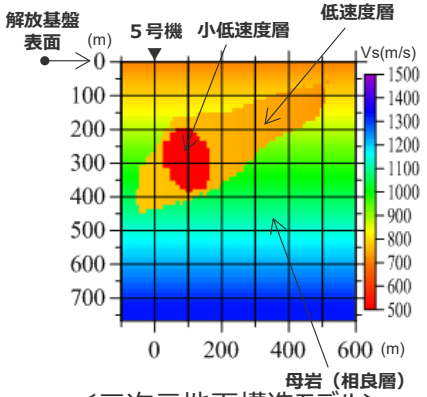




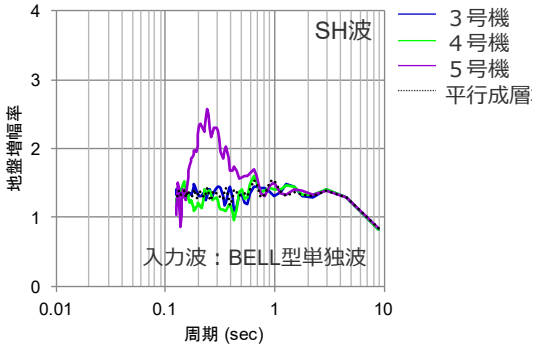
解析検討

○ 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。

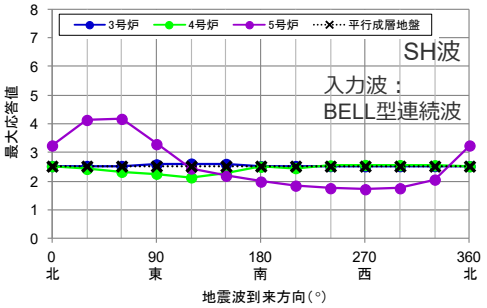
○ 増幅メカニズムは、S波低速度層による波面の屈曲により地震波が干渉して増幅するフォーカシング現象と分析。



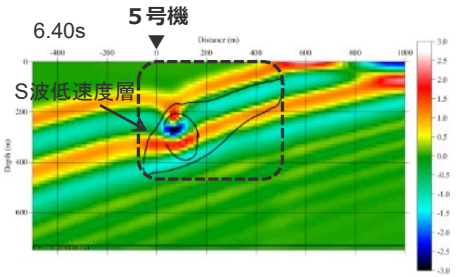
<三次元地下構造モデル>



<地盤増幅率>



<応答波形の最大値分布>



<スナップショット>

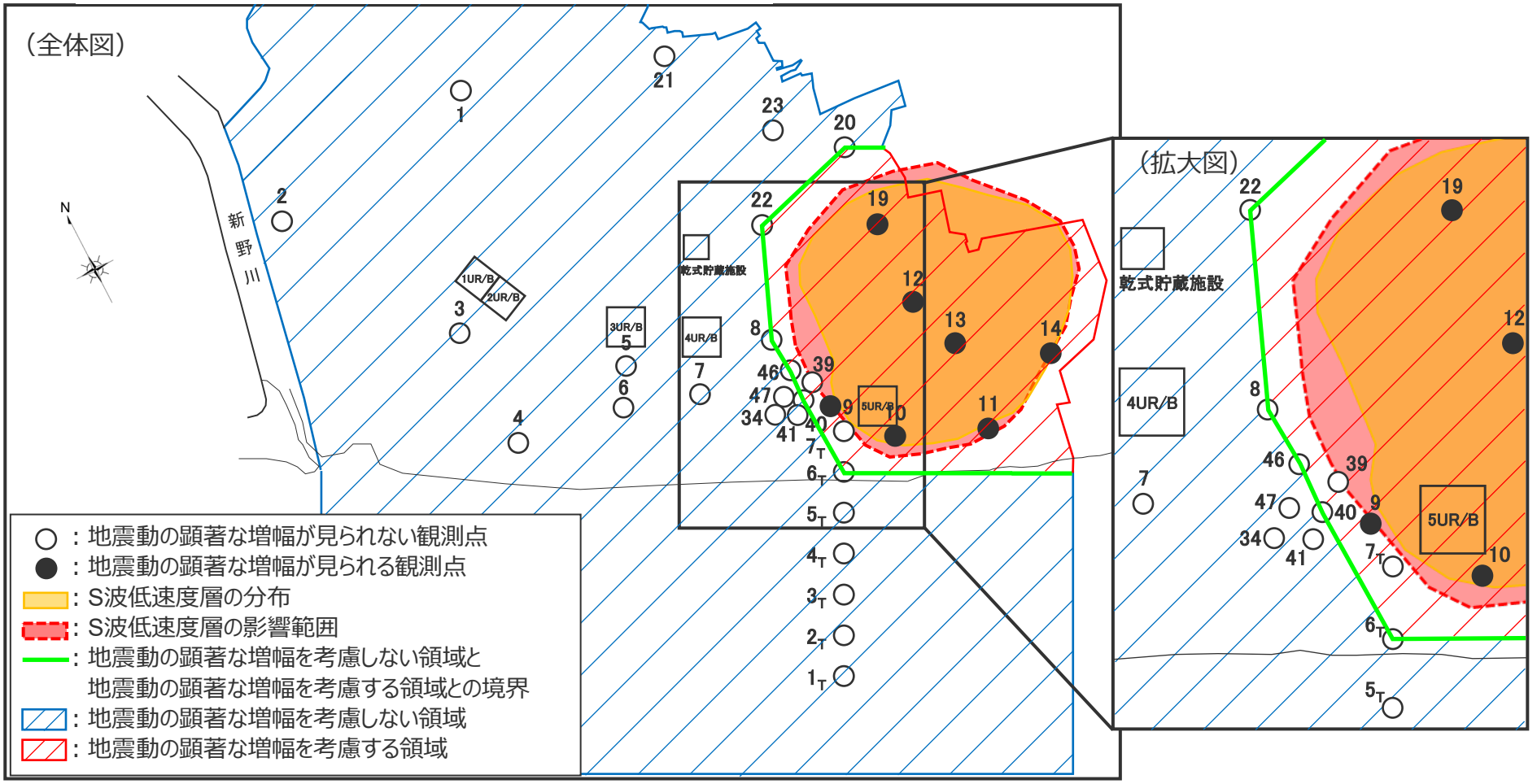
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<補足　②敷地における地盤増幅特性の分析>

地震動の顕著な増幅の分析

（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解析に基づく影響範囲（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。



Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

補足　③地震動評価に用いる地下構造モデル及びその検証

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<補足　③地震動評価に用いる地下構造モデル及びその検証>

断層モデルを用いた手法による地震動評価に用いる地下構造モデル

○断層モデルを用いた手法による地震動評価に用いる地下構造モデルは、地下構造調査等に基づき設定し、敷地の観測記録の再現検討等を踏まえてその妥当性を確認する（次ページ参照）。

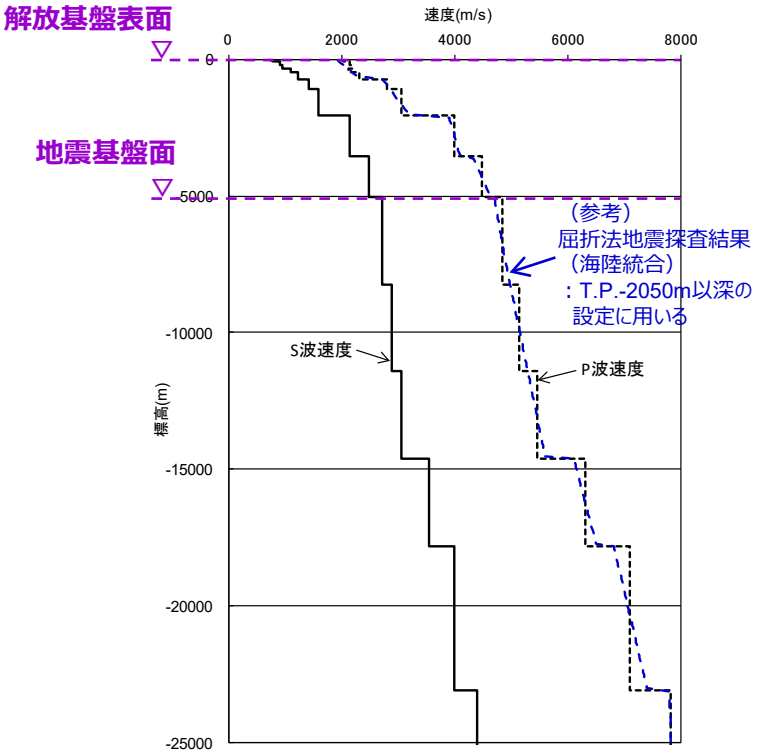
解放基盤表面

統計的グリーン関数法で用いる地下構造（地震基盤以浅）

地震基盤面

波数積分法で用いる地下構造（全層）

層	標高 (m)	Vs (m/s)	Vp (m/s)	ρ (g/cm^3)	SGF法	波数積分法	
					Qs,Qp	Qs	Qp
1	-14	740	2000	2.07	$100f^{0.7}$	74	148
2	-32	790	2030	2.08	$100f^{0.7}$	79	158
3	-62	830	2070	2.09	$100f^{0.7}$	83	166
4	-92	910	2140	2.11	$100f^{0.7}$	91	182
5	-192	960	2180	2.12	$100f^{0.7}$	96	192
6	-354	1100	2110	2.10	$100f^{0.7}$	110	220
7	-493	1230	2320	2.15	$100f^{0.7}$	123	246
8	-739	1420	2790	2.25	$100f^{0.7}$	142	284
9	-1094	1590	3060	2.31	$100f^{0.7}$	159	318
10	-2050	2150	3990	2.46	$100f^{0.7}$	215	430
11	-3550	2470	4470	2.53	$100f^{0.7}$	247	494
12	-5050	2720	4830	2.58	-	272	544
13	-8240	2880	5130	2.62	-	288	576
14	-11400	3060	5450	2.66	-	306	612
15	-14600	3540	6300	2.76	-	354	708
16	-17800	3990	7100	2.85	-	399	798
17	-23100	4390	7810	2.91	-	439	878



<速度構造>

・T.P.-14m～T.P.-2050mでは、S波速度及びP波速度の両方が得られる浅部及び大深度ボーリング調査のPS検層結果（ダウンホール法）に基づき、S波速度及びP波速度を設定する。

・T.P.-2050m以深について、P波速度は屈折法地震探査結果（海陸統合）に基づき設定し、S波速度は、T.P.-5050m以浅では各調査結果に基づき算定したVp－Vs関係式（Vs=0.68Vp-580(m/s)）を、T.P.-5050m以深ではObana et al.(2004)によるVp-Vs関係式（Vp/Vs=1.78）を用いて、P波速度から推定する。

<Q値（地盤減衰特性）>

・統計的グリーン関数法（短周期の地震動評価）：$100f^{0.7}$、波数積分法（長周期の地震動評価）：Qs=Vs/10、Qp=2Qs

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

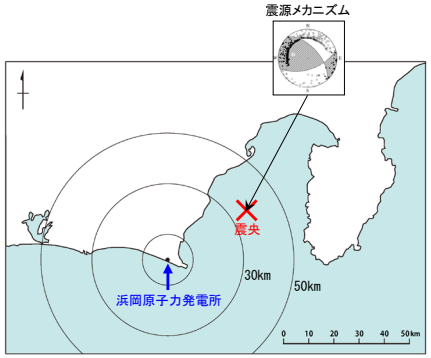
<補足　③地震動評価に用いる地下構造モデル及びその検証>

断層モデルを用いた手法による地震動評価で用いる地下構造モデル

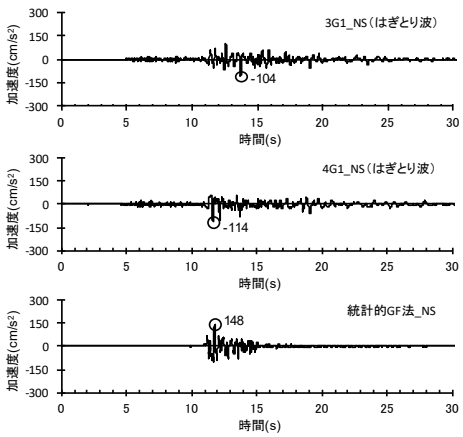
（地下構造モデルを用いた2009年駿河湾の地震における３、４号機の観測記録の再現検討）

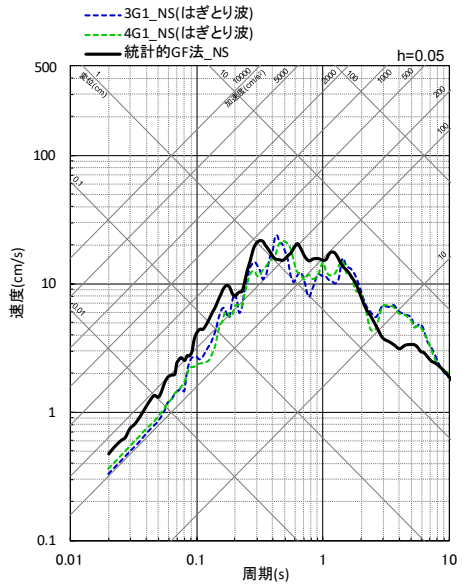
○振幅レベルが大きく、信頼性の高い記録が得られている2009年駿河湾の地震を対象として、この地震の震源モデルに基づき、**地下構造モデルを用いて**、統計的グリーン関数法による地震動評価を実施。

→統計的グリーン関数法による地震動評価結果は、その評価対象周期（短周期）で、**地震動の顕著な増幅が見られなかった３、４号機の観測記録を概ね再現。**

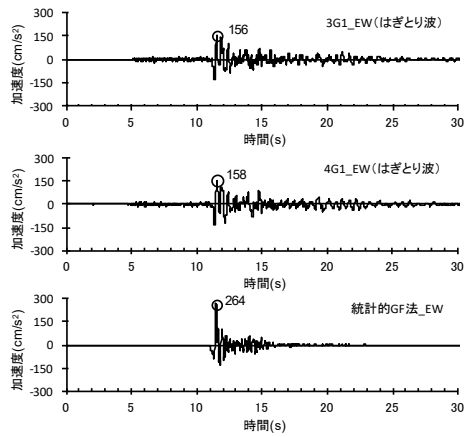


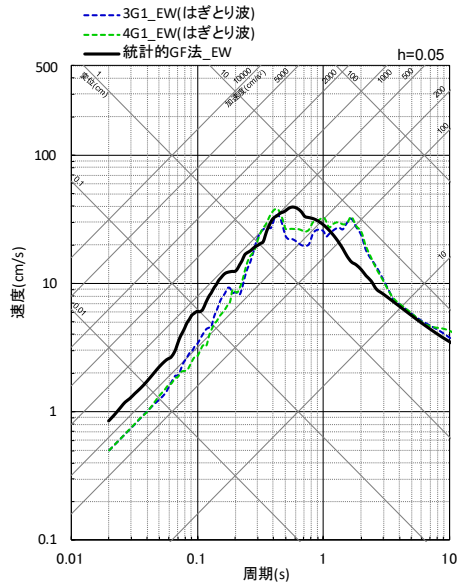
<2009年駿河湾の地震の震央位置及び震源メカニズム>



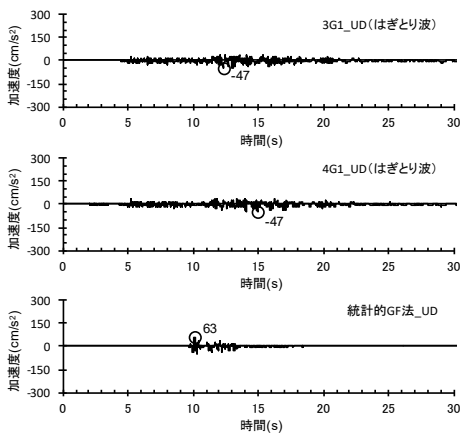


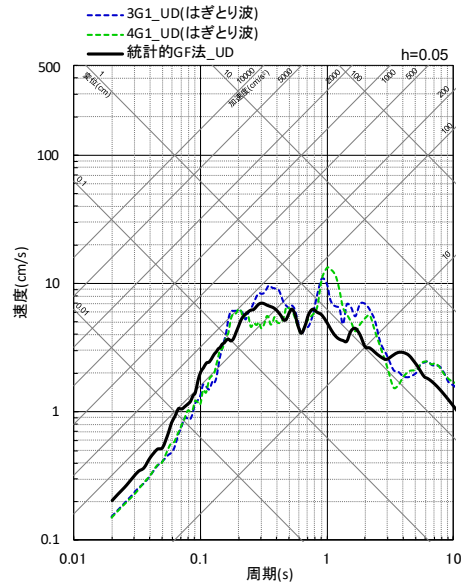
（NS方向）





（EW方向）





（UD方向）

<2009年駿河湾の地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号機（3G1）、４号機（4G1）の観測記録（はぎとり波）との比較>
（上図：加速度時刻歴波形、下図：応答スペクトル）

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

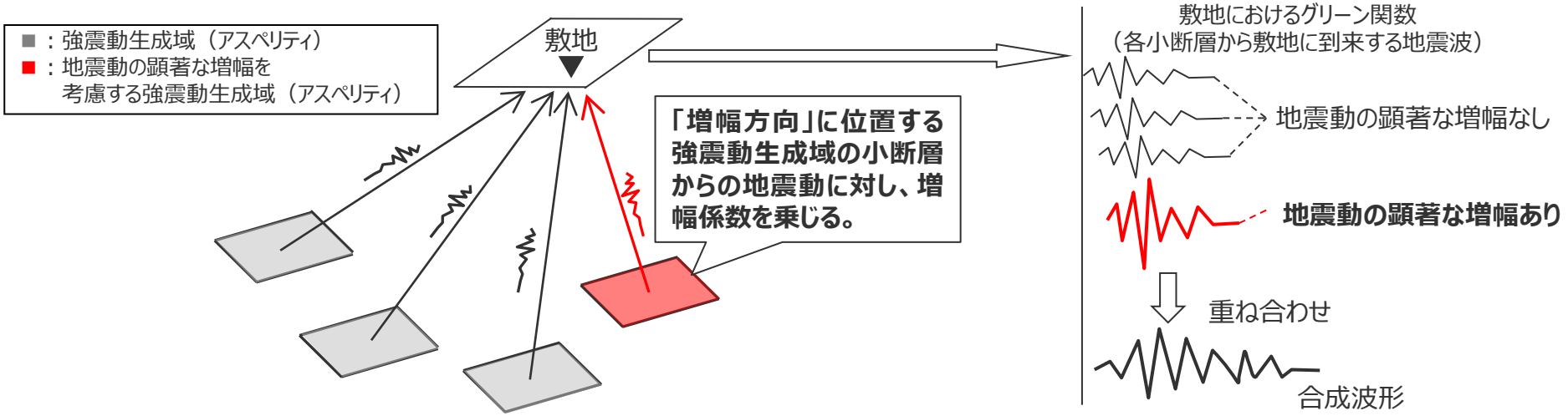
補足　④地震動の顕著な増幅の考慮方法及びその検証

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

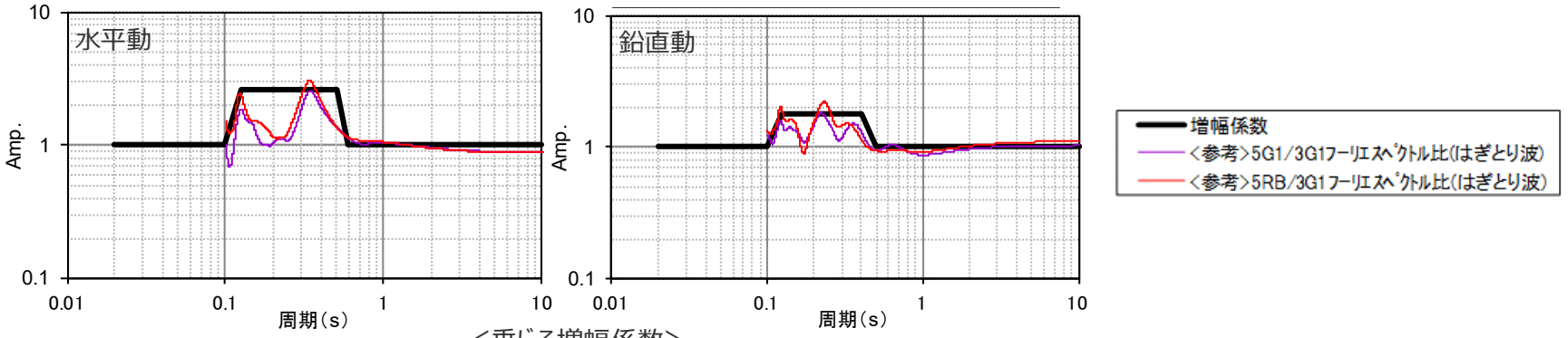
<補足　④地震動の顕著な増幅の考慮方法及びその検証>

地震動の顕著な増幅の地震動評価への考慮方法
（増幅係数を用いる方法）

○地震動の顕著な増幅は、断層モデルを用いた手法において、増幅係数を乗じることで地震動評価に反映する。
○増幅係数は、2009年駿河湾の地震における観測記録に基づいて設定。この増幅係数を乗じる方法により、2009年駿河湾の地震における５号機の観測記録が概ね再現できることを確認している（次ページ参照）。
○増幅係数は、地震動の顕著な増幅が見られる特定の方向（「増幅方向」）に位置する強震動生成域の小断層からの地震動に乗じる。



<断層モデルを用いた手法による地震動評価における地震動の顕著な増幅の反映方法の概要>



<乗じる増幅係数>

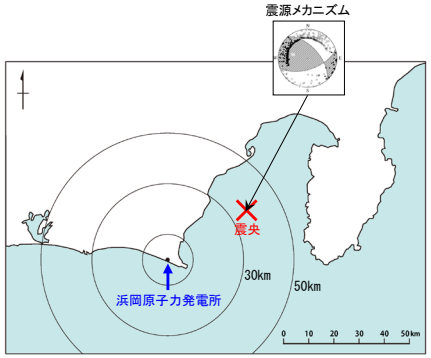
Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

<補足　④地震動の顕著な増幅の考慮方法及びその検証>

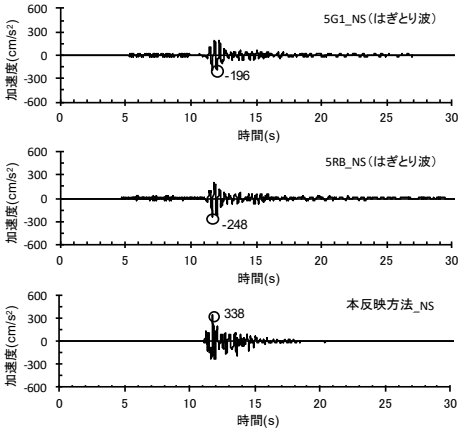
地震動の顕著な増幅の地震動評価への考慮方法の検証

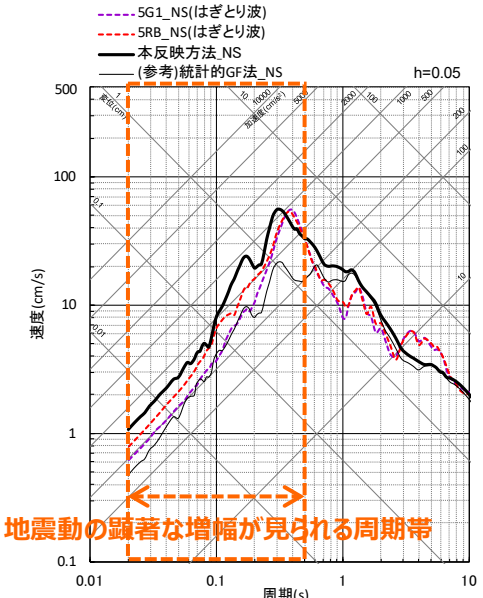
（増幅係数を用いる方法による2009年駿河湾の地震における５号機の観測記録の再現検討）

○2009年駿河湾の地震を対象として、**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実施。
→統計的グリーン関数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（0.5秒以下）で、**地震動の顕著な増幅が見られた５号機の観測記録を概ね再現。**

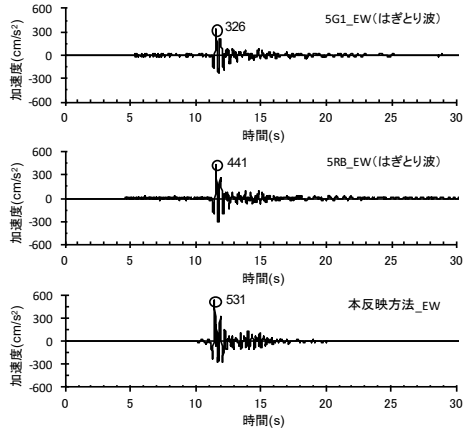


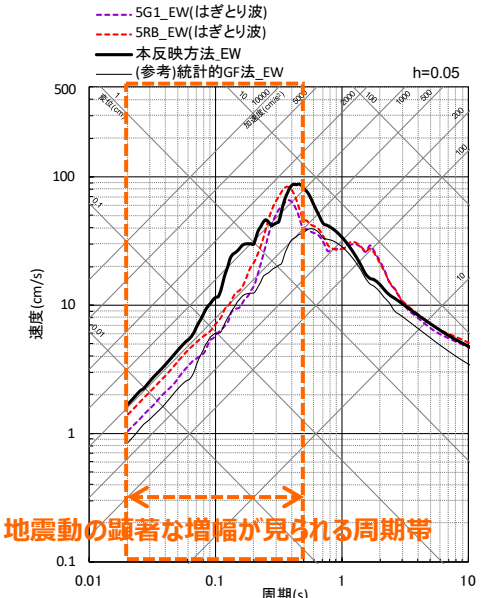
<2009年駿河湾の地震の震央位置及び震源メカニズム>



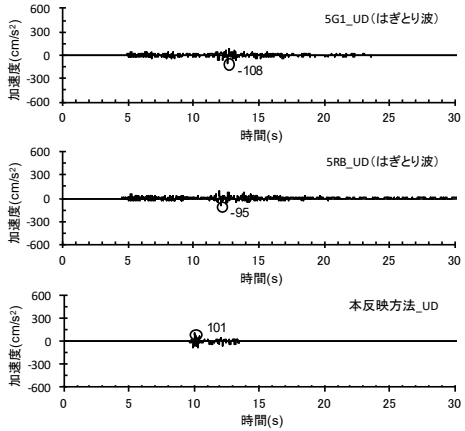


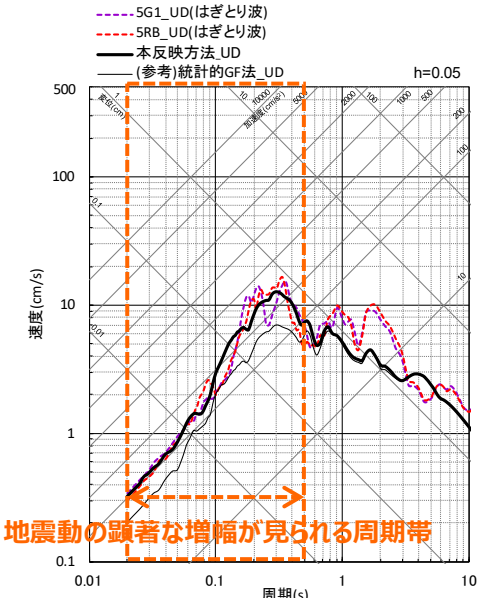
（NS方向）





（EW方向）





（UD方向）

<2009年駿河湾の地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号機（5G1,5RB）の観測記録（はぎとり波）との比較>
（上図：加速度時刻歴波形、下図：応答スペクトル）

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

補足　⑤応答スペクトルに基づく手法による基準地震動
（設計用模擬地震動の作成）

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.

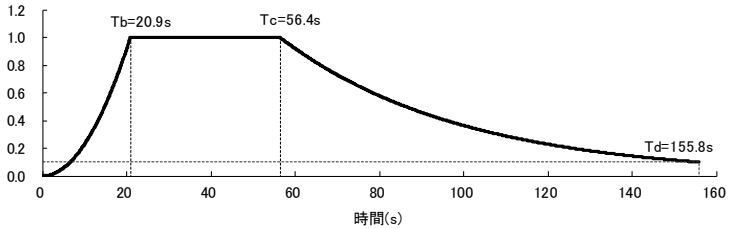
<補足　⑤応答スペクトルに基づく手法による基準地震動（設計用模擬地震動の作成）>

設計用模擬地震動の作成

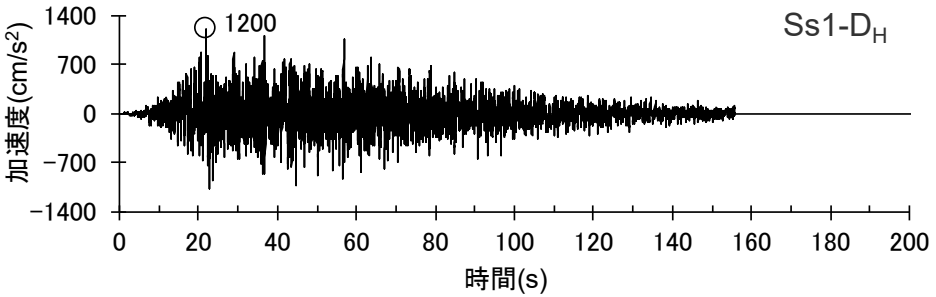
○応答スペクトルに基づく手法による基準地震動Ss1-D及びSs2-Dの設計用応答スペクトルに適合する模擬地震動は、振幅包絡線をNoda et al.(2002)の方法に基づき設定し、一様乱数の位相を用いた方法で作成。

$$E(T)=\begin{cases}(T/T_b)^2 & (0<T\leq T_b)\\ 1.0 & (T_b<T\leq T_c)\\ e^{\frac{\ln 0.1}{T_d-T_c}(T-T_c)} & (T_c<T\leq T_d)\end{cases}$$

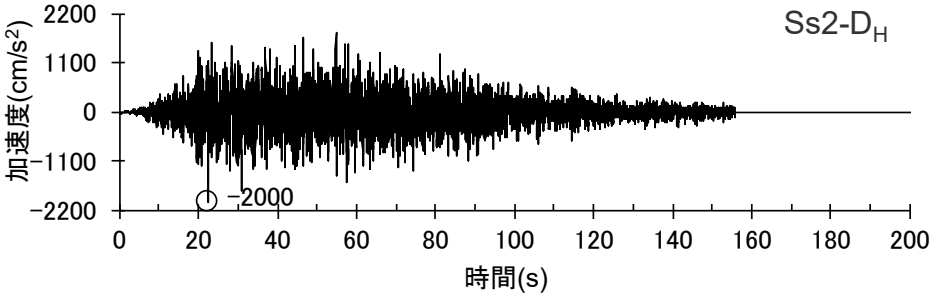
$$T_b = 10^{0.5M-2.93}$$
$$T_c - T_b = 10^{0.3M-1.0}$$
$$T_d - T_c = 10^{0.17M+0.54\log X_{eq}-0.6}$$
$$M = 8.5,\ X_{eq} = 136.2$$



<Noda et al.(2002)の方法に基づく振幅包絡線の経時変化>



（水平動）



（水平動）

<応答スペクトルに基づく手法による基準地震動Ss1-D、Ss2-Dの加速度時刻歴波形>

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.



中部電力

Copyright © Chubu Electric Power Co., Inc. All rights reserved.