

浜岡原子力発電所 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動について

資料1-2

2021年7月16日

基準地震動Ssの策定の全体像及び本資料における説明箇所



敷地ごとに震源を特定して策定する地震動に係る資料一覧

資料	内容
本資料	1 敷地周辺の地震発生状況 2 敷地における地震動の増幅特性 3 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動
補足説明資料①	敷地における地震動の増幅特性に係る補足説明 (地震観測、地下構造調査、解析検討、地震波の伝播経路、地下構造モデルの設定等)
補足説明資料②	 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動のうち地震動の顕著な増幅を考慮しない地震動評価に係る補足説明 ・検討用地震の震源モデルの設定 ・各震源モデルの応答スペクトルに基づく地震動評価結果 ・各震源モデルの断層モデルを用いた手法による地震動評価結果 ・応答スペクトルに基づく地震動評価結果と断層モデルを用いた手法による地震動評価結果との比較
補足説明資料③	敷地ごとに震源を特定して策定する地震動のうち地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価に係る補足説明 ・補足説明資料②と同じ(各震源モデルの増幅係数(応答スペクトル)の補足説明を含む)
補足説明資料④	敷地ごとに震源を特定して策定する地震動に係るその他の補足説明 (例:内陸地殻内地震の地震発生層の設定、震源モデル設定のための調査・ケーススタディ等)

これまでの報告事項と該当審査会合

·····································	審査会合		
2 敷地における地震動の増幅特性			
敷地における地盤増幅特性と地震動評価への反映方法	第128回・第164回・第176回・第194回審査会合で報告 (第194回審査会合で概ね妥当と評価)		
地震動の顕著な増幅を考慮しない領域と地震動の顕著な増幅を考慮する領域の設定	第532回審査会合で報告 (第532回審査会合で概ね妥当と評価)		
3 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動			
3.1 地震動の顕著な増幅を考慮しない地震動評価			
内陸地殻内地震の地震動評価(地震動の顕著な増幅を考慮しない)	第499回・第570回・第624回・第671回審査会合で報告 (第671回審査会合で概ね妥当と評価)		
プレート間地震の地震動評価(地震動の顕著な増幅を考慮しない)	第246回・第284回・第685回・第745回・第802回・第841回審査会合で報告 (第841回審査会合で概ね妥当と評価)		
海洋プレート内地震の地震動評価(地震動の顕著な増幅を考慮しない)	第253回・第318回・第482回・第532回審査会合で報告 (第532回審査会合で概ね妥当と評価)		
3.2 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価			
内陸地殻内地震の地震動評価(地震動の顕著な増幅を考慮)	第499回・第882回・第940回審査会合で報告		
プレート間地震の地震動評価(地震動の顕著な増幅を考慮)	第246回・第882回・第940回審査会合で報告		
海洋プレート内地震の地震動評価(地震動の顕著な増幅を考慮)	第253回・第318回・第482回・第532回・第882回・第940回審査会合で報告		

目次

1 敷地周辺の地震発生状況	•••••p.15~
2 敷地における地震動の増幅特性	
2.1 敷地における地盤増幅特性	•••••p.25~
2.1.1 敷地における観測・調査	•••••p.28~
2.1.2 地震観測記録の分析	•••••p.32~
2.1.3 地下構造調査及び解析検討	•••••p.52~
2.1.4 まとめ	•••••p.89~
2.2 敷地における地盤増幅特性の地震動評価への反映方法	•
2.2.1 解放基盤表面の設定	•••••p.94~
2.2.2 地震動評価への反映方法	•••••p.100~
3 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動	
3.1 地震動の顕著な増幅を考慮しない地震動評価	
3.1.1 内陸地殻内地震の地震動評価(地震動の顕著な増幅を考慮しない)	•••••p.121~
3.1.2 プレート間地震の地震動評価(地震動の顕著な増幅を考慮しない)	•••••p.174~
3.1.3 海洋プレート内地震の地震動評価(地震動の顕著な増幅を考慮しない)	•••••p.230~
3.1.4 まとめ(地震動の顕著な増幅を考慮しない)	·····p.272~
3.2 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価	ľ
3.2.1 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価の方針	•••••p.276~
3.2.2 内陸地殻内地震の地震動評価(地震動の顕著な増幅を考慮)	•••••p.289~
3.2.3 プレート間地震の地震動評価(地震動の顕著な増幅を考慮)	•••••p.321~
3.2.4 海洋プレート内地震の地震動評価(地震動の顕著な増幅を考慮)	•••••p.373~
3.2.5 まとめ(地震動の顕著な増幅を考慮)	•••••p.410~

敷地ごとに震源を特定して策定する地震動(地震動の顕著な増幅を考慮しない)の概要



敷地の近くにあることを踏まえ、A-17断層による地震で考慮。

敷地ごとに震源を特定して策定する地震動(地震動の顕著な増幅を考慮しない)の概要



敷地ごとに震源を特定して策定する地震動(地震動の顕著な増幅を考慮)の概要



敷地ごとに震源を特定して策定する地震動(地震動の顕著な増幅を考慮)の概要



敷地ごとに震源を特定して策定する地震動のうち内陸地殻内地震の地震動評価(地震動の顕著な増幅を考慮しない) ・○は考慮している震源モデル、-は考慮していない震源モデルを表す				
検討用地震	検討ケース	申請時(2014.2.14)	審査反映	
	基本震源モデル	○M6.6 ・ 強震動予測レシピ ・ アスペリティを敷地の近い位置に設定 ・ 地震発生層断層上端深さ10km ・ 破壊開始点2カ所	○M7.4 ^{※2} ・ 強震動予測レシピ ・ アスペリティを敷地の近い位置に設定 ・ 地震発生層断層上端深さ10km→5km ・ 破壊開始点2カ所→4カ所	
	アスペリティの応力降下量の不確かさ	0	0	
御前崎海脚西部の断層帯による地震	地震発生層の不確かさ	○ (地震発生層断層上端深さ6km)	基本震源モデルで考慮 (地震発生層断層上端深さ5km)	
	破壊伝播速度の不確かさ	_	0	
	断層傾斜角の不確かさ	_	0	
	アスペリティの数の不確かさ	_	0	
	基本震源モデル	OM7.7	_	
遠州断層系※1	アスペリティの応力降下量の不確かさ	0	_	
	地震発生層の不確かさ	〇 (地震発生層断層上端深さ6km)	_	
	基本震源モデル	_	○M7.2 ^{※3} ・ 強震動予測レシピ ・ アスペリティを敷地の近い位置に設定 ・ 地震発生層断層上端深さ5km ・ 破壊開始点3カ所	
	アスペリティの応力降下量の不確かさ	_	0	
A-17断層による地震 ^{※1}	破壊伝播速度の不確かさ	_	0	
	断層傾斜角の不確かさ	_	0	
	アスペリティの応力降下量と破壊伝播速度の不確かさの組合せ	_	0	
	アスペリティの応力降下量と断層傾斜角の不確かさの組合せ	_	0	
	破壊伝播速度と断層傾斜角の不確かさの組合せ	_	0	

※1 内陸地殻内地震(地震動の顕著な増幅を考慮しない)の検討用地震は、審査反映の結果、御前崎海脚西部の断層帯による地震と遠州断層系による地震から、御前崎海脚西部の断層帯による地震とA-17断層による地震に変更。

※2 活断層長さが、当初申請時の40.2kmから46.9kmに変更。

※3 短い活断層に該当するため、震源断層長さが震源断層幅と同等となるように、震源断層面を走向方向に拡張して設定。

あいして、 教地ごとに震源を特定して策定する地震動のうちプレート間地震の地震動評価(地震動の顕著な増幅を考慮しない) ・○は考慮している震源モデル、-は考慮していない震源モデルを表す				
検討用地震	検討ケース	申請時(2014.2.14)	審査反映	
	基本震源モデル (基本ケース)	○Mw9.0 ・ 内閣府モデル(最大クラスの地震) ・ 破壊開始点3カ所	○Mw9.0 ・ 内閣府モデル(最大クラスの地震) ・ 破壊開始点3カ所	
	強震動生成域の応力降下量の不確かさ	基本震源モデルで考慮	基本震源モデルで考慮	
	強震動生成域の位置の不確かさ	0	0	
	プレート間地震(基本震源モデル)と分岐断層との連動ケース	0	-	
内閣府(2012)による第海トラノで想定 される最大クラスの地震(内閣府モデ ル(最大クラスの地震))	プレート間地震(基本震源モデル)と内陸地殻内地震の震源 として考慮する活断層※1との連動ケース	0	_	
	プレート間地震(強震動生成域の位置の不確かさ)と地震規 模の不確かさの組合せ	_	0	
	プレート間地震(強震動生成域の位置の不確かさ)と分岐断 層との連動ケース(不確かさの組合せ)	_	0	
	プレート間地震(強震動生成域の位置の不確かさ)と内陸地 殻内地震の震源として考慮する活断層*2との連動ケース(不 確かさの組合せ)	_	0	

※1 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)。

※2 御前崎海脚西部の断層帯による地震の各不確かさを考慮した震源モデル(地震動の顕著な増幅を考慮しない)、A-17断層による地震の各不確かさの組合せを考慮した震源モデル(地震動の顕著な増幅を考慮しない)。

検討用地震	検討ケース	申請時(2014.2.14)の評価	審査反映		
	基本震源モデル	○M7.0 ・ 2009年駿河湾の地震(本震)の震源特性を 反映 ・ 強震動生成域を敷地下方に設定 ・ 破壊開始点3カ所	○M7.0 ・ 2009年駿河湾の地震(本震)の震源特性を 反映 ・ 強震動生成域を敷地下方に設定 ・ 破壊開始点3カ所		
	短周期レベルの不確かさ	0	○*		
敷地下方の想定スラブ内地震	強震動生成域の数の不確かさ	0	○*		
	断層傾斜角の不確かさ	0	○*		
	地震規模の不確かさ	-	○*		
	震源深さの不確かさ	-	○*		
	断層位置の不確かさ	_	0		

※ 断層位置の不確かさを考慮した震源モデル(地震動の顕著な増幅を考慮しない)に対し、基本震源モデル(地震動の顕著な増幅を考慮しない)と同様の各不確かさを考慮。

敷地ごとに震源を特定して策定する地震動のうち内陸地殻内地震の地震動評価(地震動の顕著な増幅を考慮)

○は考慮している震源モデル、-は考慮していない震源モデルを表す。

検討用地震	検討ケース	申請時(2014.2.14)	審査反映
	基本震源モデル	_	○M7.4 ・ 強震動予測レシピ ・ 地震発生層断層上端深さ5km ・ 破壊開始点4カ所
 御前崎海脚西部の断層帯による地震*1	アスペリティの応力降下量の不確かさ	_	0
	破壊伝播速度の不確かさ	_	0
	断層傾斜角の不確かさ	_	0
	アスペリティの数の不確かさ	_	0

※1 活断層長さの変更(当初申請時より北側に延伸)に伴い、震源断層面が地震動の顕著な増幅が見られる地震波到来方向(N30E~N70E)に含まれることになったため、地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価の対象として 追加。

敷地ごとに震源を特定して策定する地震動のうちプレート間地震の地震動評価(地震動の顕著な増幅を考慮)

・○は考慮している震源モデル、-は考慮していない震源モデルを表す。

検討用地震	検討ケース	申請時(2014.2.14)	審査反映
	基本震源モデル (基本ケース)	- Mw9.0 ・ 内閣府モデル(最大クラスの地震) ・ 破壊開始点3カ所	○Mw9.0 ・内閣府モデル(最大クラスの地震) ・破壊開始点3カ所
	強震動生成域の応力降下量の不確かさ	基本震源モデルで考慮	基本震源モデルで考慮
内閣府(2012)による南海トラフで想定	強震動生成域の位置の不確かさ	○ (増幅方向に強震動生成域を設定)	○ (増幅方向に強震動生成域を設定)
される最大クラスの地震(内閣府モテル(最大クラスの地震))	プレート間地震(強震動生成域の位置の不確かさ)と地震規 模の不確かさの組合せ	_	0
	プレート間地震(強震動生成域の位置の不確かさ)と分岐断 層との連動ケース(不確かさの組合せ)	_	0
	プレート間地震(強震動生成域の位置の不確かさ)と内陸地 殻内地震の震源として考慮する活断層※2との連動ケース(不 確かさの組合せ)	_	0

※2 御前崎海脚西部の断層帯による地震の各不確かさを考慮した震源モデル(地震動の顕著な増幅を考慮)。

クーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーー					
検討用地震	検討ケース	申請時(2014.2.14)	審査反映		
	基本震源モデル	- M7.0 • 2009年駿河湾の地震(本震)の震源特性を 反映 • 増幅方向に強震動生成域が位置する よう断層位置を設定 • 破壊開始点3カ所	○M7.0 • 2009年駿河湾の地震(本震)の震源特性を 反映 • 増幅方向に強震動生成域が位置する よう断層位置を設定 • 破壊開始点3カ所		
敷地下方の想定スラブ内地震	短周期レベルの不確かさ	0	0		
	強震動生成域の数の不確かさ	_	0		
	断層傾斜角の不確かさ	_	0		
	地震規模の不確かさ	_	0		
	震源深さの不確かさ	_	0		



1 敷地周辺の地震発生状況	•••••p.15~
2 敷地における地震動の増幅特性	
2.1 敷地における地盤増幅特性	••••p.25~
2.1.1 敷地における観測・調査	•••••p.28~
2.1.2 地震観測記録の分析	•••••p.32~
2.1.3 地下構造調査及び解析検討	•••••p.52~
2.1.4 まとめ	••••p.89~
2.2 敷地における地盤増幅特性の地震動評価への反映方法	
2.2.1 解放基盤表面の設定	•••••p.94~
2.2.2 地震動評価への反映方法	•••••p.100~
3 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動	
3.1 地震動の顕著な増幅を考慮しない地震動評価	
3.1.1 内陸地殻内地震の地震動評価(地震動の顕著な増幅を考慮しない)	•••••p.121~
3.1.2 プレート間地震の地震動評価(地震動の顕著な増幅を考慮しない)	•••••p.174~
3.1.3 海洋プレート内地震の地震動評価(地震動の顕著な増幅を考慮しない)	•••••p.230~
3.1.4 まとめ(地震動の顕著な増幅を考慮しない)	•••••p.272~
3.2 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価	
3.2.1 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価の方針	•••••p.276~
3.2.2 内陸地殻内地震の地震動評価(地震動の顕著な増幅を考慮)	••••p.289~
3.2.3 プレート間地震の地震動評価(地震動の顕著な増幅を考慮)	•••••p.321~
3.2.4 海洋プレート内地震の地震動評価(地震動の顕著な増幅を考慮)	••••p.373~
3.2.5 まとめ(地震動の顕著な増幅を考慮)	•••••p.410~

<1 敷地周辺の地震発生状況> 敷地周辺の地震発生様式

○浜岡原子力発電所が位置する中部地方の地震活動について、海洋プレート(フィリピン海プレート)と陸のプレート (ユーラシアプレート)の境界で発生するプレート間地震の他、海洋プレート内で発生する地震、陸域及び海域の 浅いところで発生する内陸地殻内地震が発生している。



<1 敷地周辺の地震発生状況> 敷地周辺の地震活動 (M3.0以上の地震の震央分布)

○敷地周辺の地震活動は比較的希薄であるが、2004年紀伊半島南東沖の地震<u>(本震M7.4)</u>、2009年駿河湾の地震<u>(本震</u> <u>M6.5)</u>及び2011年駿河湾の地震<u>(M6.2)</u>に伴う地震活動が見られる。 ○太平洋プレートの沈み込みに伴って形成された火山フロントに沿って、伊豆・小笠原諸島では火山活動に伴う地震群が見られる。



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

・震央分布図を更新。 ・下線 (.....) は、一部修正箇所を示す。 17

第253回

資料2-3 p.15一部修正

<1 敷地周辺の地震発生状況> 敷地周辺の地震活動 (M3.0未満の地震の震央分布)

第253回 資料2-3 p.16一部修正

○深さ20km以浅と以深では、震央分布が異なり、特に陸側ではその傾向が顕著である。例えば、静岡県西部から愛知県にかけて、 深さ20km以浅の地震活動は低調であるのに対し、深さ20km以深の地震活動は活発である。



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

・震央分布図を更新。 ・下線(____)は、一部修正箇所を示す。 18

<1 敷地周辺の地震発生状況> 敷地周辺の地震活動 (M3.0未満の地震の震源鉛直分布)

・下線()は、一部修正箇所を示す。

○フィリピン海プレートの沈み込みに沿った地震活動が見られる。 ○敷地周辺では、深さ10km以浅の地震活動がほとんど見られない。



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

<1 敷地周辺の地震発生状況> 被害地震

 ○ 日本被害地震総覧(2013)等*1の文献及びM-ム図*2によると、敷地周辺の震度が5弱(震度V)程度以上であったと考えられる被害地震として、内陸地 設内地震には1891年濃尾地震(M8.0)、プレート間地震には南海トラフで発生した地震(1096年永長地震(M8.3)*3、1498年明応地震(M8.3)、 1605年慶長地震(M7.9)*3、1707年宝永地震(M8.6)、1854年安政東海地震(M8.4)、1855年遠州灘の地震(M7.3)、1944年東南海地震 (M7.9))や相模トラフで発生した地震(1703年元禄地震(M8.1)*3、1923年関東大地震(M7.9))、海洋プレート内地震には1589年駿河・遠 江の地震(M6.7)*3、1857年駿河の地震(M6.25)*3、2009年駿河湾の地震(M6.5)があり、その多くはプレート間地震である。



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

[・]下線(.....)は、一部修正箇所を示す。 20 ・震央分布図を更新。

<1 敷地周辺の地震発生状況> 被害地震 (M-Δ図に基づく)

○日本被害地震総覧(2013)等*1の文献において敷地周辺の震度が示されていない主な被害地震の敷地における震度は、M-ム図*2による。
 ○M-ム図*2によると、南海トラフで発生したプレート間地震である1096年永長地震(M8.3)、1605年慶長地震(M7.9)、相模トラフで発生したプレート間地震である1703年元禄地震(M8.1)、海洋プレート内地震である1589年駿河・遠江の地震(M6.7)、1857年駿河の地震(M
 6.25)が、震度が5弱(震度V)程度以上であった被害地震と評価される。



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

<1 敷地周辺の地震発生状況> 活断層の分布状況

○敷地から概ね半径30km以内について、文献調査、変動地形調査、地表地質調査、音波探査記録の分析等に基づき活断層を評価した。
 ○半径約30~100kmについて、地震調査委員会が長期評価を行っている主要活断層帯や過去に規模の大きな地震が発生した活断層等を評価した。
 濃尾断層帯は敷地からの距離が100kmを超える断層帯であるが、1891年濃尾地震(M8.0)に対応するものとして評価した。
 なお、その他の活断層は、地震規模と敷地からの距離との関係から、敷地への影響が小さいと評価(p.125参照)。



No		活断層の名称	活断層長さ(km)	対応する断層の名称
	1	根古屋海脚東縁・石花海堆東縁 の断層帯	62.6	根古屋海脚東縁の断層帯(A-31,A-26,S-18,A-27)、石花海堆 東縁の断層帯(北部セグメント)(F-35,A-28,A-29,S-17,A-10)、 石花海堆東縁の断層帯(南部セグメント)(F-28,A-1,F-19,F- 27)
	2	石花海海盆内西部の断層帯	26.4	F-17,F-26,F-32,F-33,A-9,S-1,S-16
	3	石花海海盆内東部の断層帯	23.4	F-1,F-2,F-3,F-4,F-18,F-34,A-11,A-12,F-36,F-37,S-22
	4	御前崎海脚東部の断層帯・牧ノ原南稜の断層	86.3	御前崎海脚東部の断層帯(北部セグメント(F-6,F-7, F-8, F-5, F- 39,F-40, F-41, F-44,A-32, A-33, A-30,A-38)、南部セグメント (F-29,F-30, A-21, A-22,A-34, A-35, S-9))、牧ノ原南稜の断 層
F	(5)	F-12断層	16.0	F-12,F-24
申或のチ	6	御前崎海脚西部の断層帯	46.9	A-13, A-19, A-3, F-9, A-20, S-3, F-14, F-23,F-22, F-21, 御前崎 堆南縁の断層、F-20, F-43, F-45, F-46, F-47, A-36, S-21, 及び 御前崎台地~御前崎南方沖の褶曲群
	\bigcirc	東海断層系	167.1	東海断層系、御前崎堆南縁の断層、F-14
5月1日1月1日1日1月1日1日1日1日1日1日1日1日1日1日1日1日1日1日	8	小台場断層系	109.5	小台場断層系
当	9	A-4断層	12.1	A-4,S-12,活断層研究会(1991)の背斜構造
	10	A-5・A-18断層	31.0	A-5,S-11,S-10,A-18グループ
	(11)	A-17断層	15. 7	A-17グループ
	(12)	A-6断層	22.4	A-6,活断層研究会(1991)の背斜構造
	13	A-41断層	7.0	A-41
	(14)	天竜海底谷に沿う断層	26.1	天竜海底谷に沿う断層
	(15)	遠州断層系	173.7	遠州断層系、A-7,A-8,S-4,S-13,S-14,S-15
	(16)	F-16断層	7.1	F-16
	17	渥美半島沖の断層	76.8	荒井・他(2006)の渥美半島沖断層群に関連する断層、 鈴木(2010)等の遠州灘撓曲帯
	(18)	杉沢付近のリニアメント・変位地形	2.6	杉沢付近のリニアメント・変位地形
	(19)	大島付近のリニアメント・変位地形	8.7	大島付近のリニアメント・変位地形
	20	濃尾断層帯	約76※1	濃尾断層帯
圥	21)	中央構造線北端部	54	中央構造線北端部
至或の舌断室	22	伊那谷断層帯	約79※1	伊那谷断層帯
	23	糸魚川 – 静岡構造線活断層帯	約158※1	糸魚川 – 静岡構造線活断層帯
	24)	富士川河口断層帯	約26以上※1	富士川河口断層帯
	25	身延断層	約20※1	身延断層
	26	石廊崎断層	約20※1	石廊崎断層
i	27	深溝断層	約22※2	深溝断層
	28	北伊豆断層帯	約32※1	北伊豆断層帯
	29	稲取断層帯	約23※1	稲取断層帯

※1:地震調査委員会の長期評価に基づく。

※2:産業技術総合研究所活断層データベースに基づく。

<1 敷地周辺の地震発生状況> 活断層の分布状況 (プレート間地震に伴う分岐断層の選定)



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、大陸棚、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.
・下線(.....)は、一部修正箇所を示す。 23



○富士川河口断層帯について、地震調査委員会(2010b)では、駿河トラフで発生する海溝型地震と連動して同時に活動すると推定されており、内閣府(2012)の「南海トラフの巨大地震モデル検討会」では、この知見を踏まえて、富士川河口断層帯の領域も含めた新たなプレート間地震の想定震源域が設定されている。
 ○以上のことから、富士川河口断層帯については、「南海トラフの巨大地震モデル検討会」による強震断層モデルを用いたプレート間地震の地震動評価で代表する。



第841回

資料1-2 p.32一部修正

目次

1 敷地周辺の地震発生状況	••••p.15~
2 敷地における地震動の増幅特性	
2.1 敷地における地盤増幅特性	•••••p.25~
2.1.1 敷地における観測・調査	•••••p.28~
2.1.2 地震観測記録の分析	•••••p.32~
2.1.3 地下構造調査及び解析検討	•••••p.52~
2.1.4 まとめ	••••p.89~
2.2 敷地における地盤増幅特性の地震動評価への反映方法	
2.2.1 解放基盤表面の設定	•••••p.94~
2.2.2 地震動評価への反映方法	•••••p.100~
3 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動	
3.1 地震動の顕著な増幅を考慮しない地震動評価	
3.1.1 内陸地殻内地震の地震動評価(地震動の顕著な増幅を考慮しない)	•••••p.121~
3.1.2 プレート間地震の地震動評価(地震動の顕著な増幅を考慮しない)	•••••p.174~
3.1.3 海洋プレート内地震の地震動評価(地震動の顕著な増幅を考慮しない)	••••p.230~
3.1.4 まとめ(地震動の顕著な増幅を考慮しない)	•••••p.272~
3.2 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価	
3.2.1 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価の方針	•••••p.276~
3.2.2 内陸地殻内地震の地震動評価(地震動の顕著な増幅を考慮)	•••••p.289~
3.2.3 プレート間地震の地震動評価(地震動の顕著な増幅を考慮)	•••••p.321~
3.2.4 海洋プレート内地震の地震動評価(地震動の顕著な増幅を考慮)	•••••p.373~
3.2.5 まとめ(地震動の顕著な増幅を考慮)	•••••p.410~

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

○このような地震動の増幅に影響を及ぼす地下構造の不整形性や地盤増幅特性等を検討するため、浜岡原子力 発電所では、以下に示す地震観測及び地下構造調査を実施している。

<地震観測>

・鉛直アレイ観測

・敷地全体を対象とした多点連続地震観測

・海底試掘トンネルにおける連続地震観測

<地下構造調査>

・敷地周辺の地下構造調査(深部からやや浅部の地盤を対象)

:屈折法地震探査、反射法地震探査、大深度ボーリング調査・物理検層

・敷地近傍の地下構造調査(浅部地盤を対象)

:オフセットVSP探査、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



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

<2.1 敷地における地盤増幅特性>2009年駿河湾の地震

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



目次

1 敷地周辺の地震発生状況	•••••p.15~
2 敷地における地震動の増幅特性	
2.1 敷地における地盤増幅特性	•••••p.25~
2.1.1 敷地における観測・調査	•••••p.28~
2.1.2 地震観測記録の分析	•••••p.32~
2.1.3 地下構造調査及び解析検討	•••••p.52~
2.1.4 まとめ	•••••p.89~
2.2 敷地における地盤増幅特性の地震動評価への反映方法	
2.2.1 解放基盤表面の設定	•••••p.94~
2.2.2 地震動評価への反映方法	•••••p.100~
3 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動	
3.1 地震動の顕著な増幅を考慮しない地震動評価	
3.1.1 内陸地殻内地震の地震動評価(地震動の顕著な増幅を考慮しない)	•••••p.121~
3.1.2 プレート間地震の地震動評価(地震動の顕著な増幅を考慮しない)	•••••p.174~
3.1.3 海洋プレート内地震の地震動評価(地震動の顕著な増幅を考慮しない)	•••••p.230~
3.1.4 まとめ(地震動の顕著な増幅を考慮しない)	•••••p.272~
3.2 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価	-
3.2.1 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価の方針	•••••p.276~
3.2.2 内陸地殻内地震の地震動評価(地震動の顕著な増幅を考慮)	••••p.289~
3.2.3 プレート間地震の地震動評価(地震動の顕著な増幅を考慮)	•••••p.321~
3.2.4 海洋プレート内地震の地震動評価(地震動の顕著な増幅を考慮)	••••p.373~
3.2.5 まとめ(地震動の顕著な増幅を考慮)	•••••p.410~

<2.1.1 敷地における観測・調査> 敷地における地震観測

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

・下線(…)は、一部修正箇所を示す。
 ・敷地図を変更。
 ・大深度観測点を追加。

<2.1.1 敷地における観測・調査> 敷地における地下構造調査 (敷地周辺(深部からやや浅部))

第164回 資料2 p.7一部修正

○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。





(国土地理院1:25,000地形図に各号炉位置、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>



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

・箱書き「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くなった要因を受け、」を削除。 ・下線(____)は、一部修正箇所を示す。

・屈折法地震探査測線図、反射法地震探査測線図を分けて提示、図の配置を変更。

<2.1.1 敷地における観測・調査> 敷地における地下構造調査 (敷地近傍(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。



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

第164回 資料2 p.24一部修正

[・]箱書き「地震観測記録に基づく5号炉周辺の増幅要因の考察を踏まえて、」を削除。 31・下線 (.....)は、一部修正箇所を示す。

目次

1 敷地周辺の地震発生状況	•••••p.15~
2 敷地における地震動の増幅特性	
2.1 敷地における地盤増幅特性	••••p.25~
2.1.1 敷地における観測・調査	••••p.28~
2.1.2 地震観測記録の分析	•••••p.32~
2.1.3 地下構造調査及び解析検討	•••••p.52~
2.1.4 まとめ	••••p.89~
2.2 敷地における地盤増幅特性の地震動評価への反映方法	
2.2.1 解放基盤表面の設定	••••p.94~
2.2.2 地震動評価への反映方法	••••p.100~
3 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動	
3.1 地震動の顕著な増幅を考慮しない地震動評価	
3.1.1 内陸地殻内地震の地震動評価(地震動の顕著な増幅を考慮しない)	•••••p.121~
3.1.2 プレート間地震の地震動評価(地震動の顕著な増幅を考慮しない)	•••••p.174~
3.1.3 海洋プレート内地震の地震動評価(地震動の顕著な増幅を考慮しない)	·····p.230~
3.1.4 まとめ(地震動の顕著な増幅を考慮しない)	•••••p.272~
3.2 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価	-
3.2.1 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価の方針	•••••p.276~
3.2.2 内陸地殻内地震の地震動評価(地震動の顕著な増幅を考慮)	••••p.289~
3.2.3 プレート間地震の地震動評価(地震動の顕著な増幅を考慮)	•••••p.321~
3.2.4 海洋プレート内地震の地震動評価(地震動の顕著な増幅を考慮)	•••••p.373~
3.2.5 まとめ(地震動の顕著な増幅を考慮)	•••••p.410~

<2.1.2 地震観測記録の分析> 各号炉周辺における鉛直アレイ観測 (地震計の配置)





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

・各観測点の鉛直方向における配置図を追加。

<2.1.2 地震観測記録の分析> 各号炉周辺における鉛直アレイ観測 (2009年駿河湾の地震(本震)の加速度時刻歴波形)

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



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

第940回 資料2 p.18再掲



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



<2009年駿河湾の地震(本震)の加速度フーリエスペクトル> (3G1, 4G1, 5G1, 5RB(G.L.-100m)、3~5号炉PN基準) 第940回

資料2 p.19再揭
<2.1.2 地震観測記録の分析> 各号炉周辺における鉛直アレイ観測 (2009年駿河湾の地震(本震)の応答スペクトル)

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



<2009年駿河湾の地震(本震)の応答スペクトル> (3G1, 4G1, 5G1, 5RB(G.L.-100m)、3~5号炉PN基準) 第940回

資料2 p.20再揭



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



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

第940回 資料2 p.21一部修正

<2.1.2 地震観測記録の分析> 各号炉周辺における鉛直アレイ観測 (3~5号炉の観測点における地震波到来方向毎の地盤増幅特性)

第940回 資料2 p.24一部修正



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

<2.1.2 地震観測記録の分析> 各号炉周辺における鉛直アレイ観測 (周辺観測点の地盤増幅特性との関係)



- ⇒ 2009年駿河湾の地震(本震M6.5)では、5号炉(5G1, 5RB)の応 答スペクトル比はRK-net観測点の平均レベルより顕著に大きく、3号炉 (3G1)、4号炉(4G1)の応答スペクトル比はRK-net観測点の平 均レベルと同程度である。
- ⇒ 2011年静岡県東部の地震(M6.4)及び2011年駿河湾の地震 (M6.2)では、3号炉(3G1)、4号炉(4G1)、5号炉(5G1, 5RB)の応答スペクトル比はいずれもRK-net観測点の平均レベルと同 程度である。

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



<RK-net観測点及び検討の対象とした観測地震>



<2.1.2 地震観測記録の分析> 敷地全体を対象とした多点連続地震観測 (敷地全体における地震波到来方向毎の地盤増幅特性の分析)

○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> (観測分析期間:2009年9月20日~2014年7月26日)

・各観測点におけるはぎとり解析のための表層地盤の推定は、補足説明資料①-02参照。

・追加観測による4号炉周辺と5号炉周辺の間の領域の地盤増幅特性の分析は、p.44-及び補足説明資料①-13参照。

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

・下線 (_____) は、一部修正箇所を示す。
 ・敷地図を変更。
 40

第940回 資料2 p.26一部修正

<2.1.2 地震観測記録の分析> 敷地全体を対象とした多点連続地震観測 (敷地全体における地震波到来方向毎の地盤増幅特性の分析)



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

<2.1.2 地震観測記録の分析> 敷地全体を対象とした多点連続地震観測 (敷地全体における地震波到来方向毎の地盤増幅特性の分析)

- ○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号炉周辺(No.9~No.13)を、いずれの地震のグループに おいても振幅比が1程度であった観測点として1~4号炉周辺(No.3~No.8, No.34)をそれぞれグルーピングして、 地震波到来方向毎に各地震の振幅比(No.7基準)を算出。
- ⇒5号炉周辺では、2009年駿河湾の地震を含むN30E~N70Eの地震波到来方向の地震では振幅比が大きいが、その他の地震波到来方向の地震では振幅比が1程度である。
- ⇒1~4号炉周辺では、2009年駿河湾の地震の地震波到来方向を含め、いずれの地震波到来方向の地震も振幅 比は1程度である。



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

第940回

資料2 p.28一部修正

 [・]下線(……)は、一部修正箇所を示す。
 ・敷地図を変更。

<2.1.2 地震観測記録の分析> 敷地全体を対象とした多点連続地震観測 (各地震の振幅比(No.7基準)と震央位置との関係)

35°3(

35"(

34°30



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

第128回 資料1 p.26,138合体

<2.1.2 地震観測記録の分析> 敷地全体を対象とした多点連続地震観測 (追加観測による4号炉周辺と5号炉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号炉周辺と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号炉周辺の間において、追加観測点を5箇所設置し、地盤増幅特性を分析する。



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

・下線(_____)は、一部修正箇所を示す。
 ・敷地図を変更し、全体図に観測点(No,39~41,46,47)追加。
 ・観測点配置図(拡大図)の観測点の表示方法を変更(○→□)。

第532回

資料1-2 p.23一部修正



(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))

・下線(____)は、一部修正箇所を示す。
 ・敷地図を変更。
 ・観測点配置図の観測点の表示方法を変更(○→□)。

45

<2.1.2 地震観測記録の分析> 海底試掘トンネルにおける連続地震観測 (地震計の配置)

○敷地の5号炉周辺から海側沖合方向に延びる海底試掘トンネルにおいて連続地震観測を行い、地盤増幅特性を分析する。
 ○海底試掘トンネルはS波速度が700m/s以上の岩盤部に位置しており、そのトンネル内に地震計(過減衰型加速度計)を約90m間隔で7箇所(No.1_T~No.7_T)設置した。



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

第940回 資料2 p.30一部修正

<2.1.2 地震観測記録の分析> 海底試掘トンネルにおける連続地震観測 (海域部における地震波到来方向毎の地盤増幅特性)



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

第940回

資料2 p.31一部修正

<2.1.2 地震観測記録の分析> 海底試掘トンネルにおける連続地震観測 (陸域観測点の地盤増幅特性との関係)

○海底試掘トンネルについては、地震波到来方向毎の地盤増幅特性を検討し、地震動の顕著な増幅が見られないことを確認している。(なお、この結果は後述するベ イケーブル探査及び海域オフセットVSP探査において、5号炉周辺の増幅要因であるS波低速度層が海側に認められないことと整合している。)

○海底試掘トンネル観測点(G.L.-37m)について、陸域観測点の地盤増幅特性との関係を検討し、海底試掘トンネルで地震動の顕著な増幅が見られないことを確認する。観測記録の分析方法は以下のとおり。

【陸域観測点】

・検討対象とする陸域観測点は、地震動の顕著な増幅が見られない観測点である鉛直アレイ観測点3G1(G.L.-25m)及び大深度観測点(G.L.-30m)とする。 いずれの観測点も、海底試掘トンネル観測点と同様、S波速度が700m/s以上の岩盤部に位置する。

【分析方法】

・陸域観測点に対する海底試掘トンネル各観測点の振幅比として、地震波到来方向毎に各地震の振幅比を算出する。

なお、海底試掘トンネル観測点と陸域観測点では設置状況(設置深さ、土被り状況、S波速度等)が異なるため、分析にあたっては、地震波到来方向毎に振幅比の傾向が一定であることを確認する。



・下線()は、一部修正箇所を示す。

敷地図を変更。

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

・鉛直アレイ観測点・大深度観測点の鉛直方向における配置図及び海底試掘トンネル観測点の断面図を追加。

<2.1.2 地震観測記録の分析> 海底試掘トンネルにおける連続地震観測

(陸域観測点の地盤増幅特性との関係(鉛直アレイ3G1観測点における地震観測記録を用いた分析))



第532回 資料1-2 p.27一部修正

<2.1.2 地震観測記録の分析> 海底試掘トンネルにおける連続地震観測 (陸域観測点の地盤増幅特性との関係(大深度観測点における地震観測記録を用いた分析))

○大深度観測点(G.L.-30m)について、海底試掘トンネル観測点と共通して観測された記録を抽出し、振幅比を算出した。
 ⇒設置状況が異なること等から若干のばらつきはあるが、2009年駿河湾の地震の到来方向を含めて、いずれの地震波到来方向でも、振幅比は一定である。



<2.1.2 地震観測記録の分析> 地震観測記録に基づく5号炉周辺の増幅要因の考察

○2009年駿河湾の地震における5号炉周辺の増幅要因について、地震観測記録に基づく考察は以下のとおり。

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



第164回

資料2 p.23一部修正

目次

1 敷地周辺の地震発生状況	•••••p.15~
2 敷地における地震動の増幅特性	
2.1 敷地における地盤増幅特性	•••••p.25~
2.1.1 敷地における観測・調査	•••••p.28~
2.1.2 地震観測記録の分析	•••••p.32~
2.1.3 地下構造調査及び解析検討	•••••p.52~
2.1.4 まとめ	•••••p.89~
2.2 敷地における地盤増幅特性の地震動評価への反映方法	
2.2.1 解放基盤表面の設定	•••••p.94~
2.2.2 地震動評価への反映方法	•••••p.100~
3 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動	
3.1 地震動の顕著な増幅を考慮しない地震動評価	
3.1.1 内陸地殻内地震の地震動評価(地震動の顕著な増幅を考慮しない)	•••••p.121~
3.1.2 プレート間地震の地震動評価(地震動の顕著な増幅を考慮しない)	•••••p.174~
3.1.3 海洋プレート内地震の地震動評価(地震動の顕著な増幅を考慮しない)	•••••p.230~
3.1.4 まとめ(地震動の顕著な増幅を考慮しない)	•••••p.272~
3.2 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価	
3.2.1 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価の方針	•••••p.276~
3.2.2 内陸地殻内地震の地震動評価(地震動の顕著な増幅を考慮)	•••••p.289~
3.2.3 プレート間地震の地震動評価(地震動の顕著な増幅を考慮)	•••••p.321~
3.2.4 海洋プレート内地震の地震動評価(地震動の顕著な増幅を考慮)	•••••p.373~
3.2.5 まとめ(地震動の顕著な増幅を考慮)	•••••p.410~

<2.1.3 地下構造調査及び解析検討> 地下構造調査に係る検討概要

<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 号炉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。



<2.1.3 地下構造調査及び解析検討> 敷地周辺の地下構造(深部からやや浅部) (敷地周辺の調査位置図)

○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。





(国土地理院1:25,000地形図に各号炉位置、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>



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

・箱書き「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くなった要因を受け、」を削除。 ・下線(____)は、一部修正箇所を示す。

・屈折法地震探査測線図、反射法地震探査測線図を分けて提示、図の配置を変更。

<2.1.3 地下構造調査及び解析検討> 敷地周辺の地下構造(深部からやや浅部) (敷地周辺の速度構造)

○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。

・海域発振-海域・陸域受振、陸域発振-陸域受振のデータを用い、海陸統合のトモグラフィックインバージョン解析とフォワードモデリングによる走時解析を実施。



・下線(____)は、一部修正箇所を示す。 55

<2.1.3 地下構造調査及び解析検討> 敷地周辺の地下構造(深部からやや浅部) (敷地周辺の地質構造)





<2.1.3地下構造調査及び解析検討> 敷地周辺の地下構造(深部からやや浅部) (反射法地震探査結果)



<2.1.3地下構造調査及び解析検討> 敷地周辺の地下構造(深部からやや浅部) (敷地の地質構造)



※2:海域についてはA層(完新統)を除いて記載した。

○敷地の基盤を構成する相良層群相良層は砂岩・泥岩互層として 一様に分布し、2号炉と3号炉の間には北北東 – 南南西に軸を 持つ向斜構造(比木向斜)が認められる。





<敷地の地質図、地質断面図>

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

第194回 資料1 p.7一部修正

<2.1.3地下構造調査及び解析検討> 敷地周辺の地下構造(深部からやや浅部) (向斜構造と速度構造との関係)

 ○深度1500mのボーリング孔(No.0~3)及び深度600~700mのボーリング孔(No.8、9)を用いたダウンホール型PS検層結果によると、P波、S波速度は深度方向に 概ね漸増し、各調査地点の同じ深度における速度値は同程度であり、地質構造として認められる向斜構造と対応していない。
 ○また、S波低速度層付近に位置するNo.7孔のPS検層結果によると、P波、S波速度は深度方向に概ね漸増する構造となっており、S波低速度層に対応する深度でS波 速度の低下が認められる。



59

第194回

資料1 p.8一部修正

<2.1.3 地下構造調査及び解析検討> 敷地周辺の地下構造(深部からやや浅部) (向斜構造と速度構造との関係)

深度における速度値は同程度であり、地質構造として認められる向斜構造と対応していない。

○ 3 ~ 5 号炉のボーリング孔を用いた標高-300mまでのダウンホール型PS検層結果においても、P波、S波速度は深度方向に漸増し、各調査地点の同じ

⇒敷地の地質構造として認められる向斜構造は速度構造と対応しておらず、地震動の顕著な増幅に影響を及ぼすものではない。



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

・下線(……)は、一部修正箇所を示す。 60

第194回 資料1 p.9[—]部修正

<目的>

○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を踏まえ、 敷地周辺における地震基盤面及びそれ以浅の速度構造が地震動の増幅に影響を及ぼすか検討する。



・深部地下構造モデルの設定及び解析検討に係る補足説明は、補足説明資料①-08参照。



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

・下線(____)は、一部修正箇所を示す。 ・測線i位置図を変更。

62

<2.1.3 地下構造調査及び解析検討> 敷地周辺の地下構造(深部からやや浅部) (敷地周辺の深部三次元地下構造モデルの作成)

 ○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。



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

第194回

資料1 p.10一部修正

 [・]下線(____)は、一部修正箇所を示す。
 ・探査測線図を変更。

<2.1.3 地下構造調査及び解析検討> 敷地周辺の地下構造(深部からやや浅部) (深部三次元地下構造モデルを用いた解析検討)



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

・下線(____)は、一部修正箇所を示す。 64

第194回

資料1 p.11一部修正

<2.1.3 地下構造調査及び解析検討> 敷地近傍の地下構造(浅部) (敷地近傍の地下構造調査(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。



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

[・]箱書き「地震観測記録に基づく5号炉周辺の増幅要因の考察を踏まえて、」を削除。 65 ・下線 (____) は、一部修正箇所を示す。

<2.1.3地下構造調査及び解析検討> 敷地近傍の地下構造(浅部) (オフセットVSP探査によるS波速度構造(6-7-9測線))

○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.

上固所を示9。 66

・位置図を修正。

第164回

資料2 p.28一部修正

<2.1.3地下構造調査及び解析検討> S波低速度層の考え方について

【S波低速度層の考え方】

○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不均質構造をS波低速度層とする。

※周囲に比べて2~3割程度の速度低下を目安とする。



<2.1.3 地下構造調査及び解析検討> 敷地近傍の地下構造(浅部) (4号炉周辺の地下構造調査結果)

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



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

<2.1.3 地下構造調査及び解析検討> 敷地近傍の地下構造(浅部) (5号炉周辺の地下構造調査結果)





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

<2.1.3 地下構造調査及び解析検討> 敷地近傍の地下構造(浅部) (S波低速度層の分布(立体図))



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

[・]位置図を修正。

<2.1.3地下構造調査及び解析検討> 敷地近傍の地下構造(浅部) (S波低速度層の分布)

第940回 資料2 p.35一部修正

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





<鳥瞰図>

<u><平面分布図></u>

・S波低速度層の地質的特徴については、補足説明資料①-07参照。
<2.1.3地下構造調査及び解析検討> 敷地近傍の地下構造(浅部)

(速度構造調査結果等及び地震観測記録に基づく5号炉周辺の増幅要因の推定)



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



<目的>

- ○地下構造調査結果及び地震観測記録に基づく検討により、2009年駿河湾の地震における浜岡原子力発電所 5号炉周辺の増幅要因はS波低速度層※であると推定される。
- ※ S波低速度層は5号炉から北東方向にかけて、深さ数百mの浅部に局所的に分布しており、その内部は、濃淡のある不均質な速度構造の集合体と考えられる。

○S波低速度層が地震動の増幅に影響を及ぼすか検討し、5号炉周辺の増幅要因の検証を行う。

<浅部三次元地下構造モデルの作成>

○敷地近傍の浅部地盤を対象として実施した地下構造調査(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・物理検層等)の結果に基づき、S波低速度層を含む敷地近傍の浅部三次元地下構造モ デルを作成する。



<三次元有限差分法による解析検討>

○作成した浅部三次元地下構造モデルを用いて、三次元有限差分法により、3~5号炉位置の地盤増幅特性に 係る解析検討を行い、地震観測記録の特徴との関係について検討する。

・浅部地下構造モデルの設定及び解析検討に係る補足説明は、補足説明資料①-09参照。

<2.1.3 地下構造調査及び解析検討> 敷地近傍の地下構造(浅部) (敷地近傍の浅部三次元地下構造モデルの作成)

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

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



く深さ毎の速度断面>

・オフセットVSP探査結果(フルウェーブ解析)の詳細は、補足説明資料①-06参照。

・浅部地下構造モデルの物性値の設定、小低速度層に関するパラメータスタディによる浅部三次元地下構造モデル(チューニングモデル)の妥当性確認は、補足説明資料①-09参照。

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

第940回

資料2 p.37一部修正

<2.1.3 地下構造調査及び解析検討> **敷地近傍の地下構造(浅部)** (浅部三次元地下構造モデルを用いた解析検討結果(地震観測記録の特徴との比較(周波数特性)))

 ○地震観測記録として2009年駿河湾(本震)の地震の加速度フーリエスペクトルと、浅部三次元地下構造モデルを用いた解析結果として入 射方向N60E(2009年駿河湾の地震の地震波到来方向に相当)とした3~5号炉位置の地盤増幅率を示す。
○地震観測記録の特徴として、5号炉周辺の顕著な増幅は周期0.2~0.5秒付近の狭帯域に見られ、解析結果においても、5号炉位置では 周期0.2~0.5秒付近で増幅しており、両者は概ね整合している。



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

・解析諸元の詳細は、補足説明資料①-09参照。 75
・下線())は、一部修正箇所を示す。 75

<2.1.3地下構造調査及び解析検討> 敷地近傍の地下構造(浅部)

(浅部三次元地下構造モデルを用いた解析検討結果(地震観測記録の特徴との比較(経時特性)))

- 地震観測記録として2009年駿河湾の地震(本震)の加速度時刻歴波形と、浅部三次元地下構造モデルを用いた解析結果として入射方向 N60E(2009年駿河湾の地震(本震)の地震波到来方向に相当)とした3~5号炉位置の応答波形を示す。
- 地震観測記録の特徴として、水平動では、S波主要動部で5号炉周辺の顕著な増幅が見られ、若干の位相遅れを伴うととともに、一波目より 二波目以降でより増幅が大きい。また、鉛直動の位相特性はランダムになっている。
- ○解析結果において、5号炉位置では水平動でやや位相遅れを伴い、一波目より二波目以降でより増幅が大きい。また、鉛直動の位相特性はランダムになっており、地震観測記録の特徴と概ね整合している。



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

・解析諸元の詳細は、補足説明資料①-09参照。
・下線())は、一部修正箇所を示す。

76

第164回 資料2 p.73一部修正

<2.1.3 地下構造調査及び解析検討> <u>第164回</u> 資料2 p.74-部修正 (浅部三次元地下構造モデルを用いた解析検討結果(地震観測記録の特徴との比較(地震波到来方向)))

○ 多点連続地震観測の分析結果として5号炉周辺観測点における各地震の振幅比(No.7基準)と地震波到来方向との関係と、浅部三次元地下構造モデルを用いた解析結果としてNOE~N330Eで入射方向を30°刻みとした3~5号炉位置の応答波形の最大値分布を示す。
○ 地震観測記録の特徴として、5号炉周辺では、2009年駿河湾の地震の地震波到来方向(N30E~N70E)で顕著な増幅が見られるが、その他の方向では同様の増幅は見られず、増幅がやや小さい傾向が見られる。
○ 解析結果において、5号炉位置ではN30E~N60E付近で最大応答値が最も大きく、その他の方向では同様の増幅が見られず、増幅がやや

⇒ 以上の検討によると、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いることから、5 号炉周辺の増 幅要因はS波低速度層であると評価した。

小さい傾向が見られており、地震観測記録の特徴と概ね整合している。



<2.1.3 地下構造調査及び解析検討> 敷地近傍の地下構造(浅部)





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

・解析諸元の詳細は、補足説明資料①-09参照。 78 ・下線(___)は、一部修正箇所を示す。 78

第940回

資料2 p.38一部修正

<2.1.3地下構造調査及び解析検討> 敷地近傍の地下構造(浅部) (浅部三次元地下構造モデルを用いた入射角、入射方向に関する解析検討の結果)



第194回

資料1 p.17再揭

<2.1.3 地下構造調査及び解析検討> 敷地近傍の地下構造(浅部)

(地震波の入射角が鉛直下方に近い地震の地震観測記録の分析及び解析検討の結果)



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

第940回 資料2 p.32一部修正

<2.1.3 地下構造調査及び解析検討> 敷地近傍の地下構造(浅部) (4号炉周辺への低速度層の影響検討)



<2.1.3 地下構造調査及び解析検討> 地震波の伝播経路の検討 (4号炉に到達する波線の検討(概要))



<2.1.3地下構造調査及び解析検討> 地震波の伝播経路の検討 (4号炉に到達する波線の検討結果)

○ 4 号炉に到達する観測地震及びプレート境界面の震源の波線について、上方へ伝播するにつれて鉛直下方に近づいており、地震基盤面 以浅では概ね同様の伝播経路となっている。



<2.1.3地下構造調査及び解析検討> 地震波の伝播経路の検討 (4号炉に到達する波線の検討結果(入射角))



<2.1.3地下構造調査及び解析検討> 地震波の伝播経路の検討 (4号炉に到達する波線とS波低速度層との関係)

○ <u>4 号炉に到達する観測地震及びプレート境界面の震源の波線</u>について、前述のとおり、上方へ伝播するにつれて鉛直下方に近づいており、 <u>S波低速度層を伝播しない</u>。



第194回

資料1 p.35一部修正

<2.1.3地下構造調査及び解析検討> 5号炉周辺の地震波の増幅メカニズム (浅部三次元地下構造モデルを用いた三次元有限差分法による解析結果(スナップショット)の分析)

○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。



<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)> (入力波: BELL型連続波、入射方向: N60E方向、入射角: 20°)

○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号炉周辺の地震動の増幅メカニズムと分析した。



第128回

資料1 p.118一部修正

<2.1.3地下構造調査及び解析検討> 5号炉周辺の地震波の増幅メカニズムとS波低速度層の影響範囲

- 第194回 資料1 p.35 第940回 資料2 p.39 合体
- S波低速度層による5号炉周辺の地震波の増幅メカニズムについて、低速度層、小低速度層、相良層(母岩)の伝播速度が異なることにより、 地震波の波面が凹形状に屈曲し、これにより地震波が干渉して増幅するフォーカシング現象と分析される。
- 地震波の増幅メカニズムがこの波面の凹形状の屈曲に起因するため、S波低速度層が影響を及ぼす範囲は、5号炉周辺等のS波低速度層の 上部付近に限られる。
- ⇒5号炉周辺の下方にはS波低速度層が確認されており、一部の方向で5号炉周辺はS波低速度層による影響を受けるが、5号炉から離れた4号炉周辺の下方にはS波低速度層が確認されていないことから、4号炉周辺はS波低速度層による影響を受けないと評価した。



目次

1 敷地周辺の地震発生状況	•••••p.15~
2 敷地における地震動の増幅特性	
2.1 敷地における地盤増幅特性	•••••p.25~
2.1.1 敷地における観測・調査	•••••p.28~
2.1.2 地震観測記録の分析	••••p.32~
2.1.3 地下構造調査及び解析検討	•••••p.52~
2.1.4 まとめ	•••••p.89~
2.2 敷地における地盤増幅特性の地震動評価への反映方法	
2.2.1 解放基盤表面の設定	••••p.94~
2.2.2 地震動評価への反映方法	••••p.100~
3 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動	
3.1 地震動の顕著な増幅を考慮しない地震動評価	
3.1.1 内陸地殻内地震の地震動評価(地震動の顕著な増幅を考慮しない)	•••••p.121~
3.1.2 プレート間地震の地震動評価(地震動の顕著な増幅を考慮しない)	•••••p.174~
3.1.3 海洋プレート内地震の地震動評価(地震動の顕著な増幅を考慮しない)	•••••p.230~
3.1.4 まとめ(地震動の顕著な増幅を考慮しない)	•••••p.272~
3.2 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価	
3.2.1 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価の方針	•••••p.276~
3.2.2 内陸地殻内地震の地震動評価(地震動の顕著な増幅を考慮)	•••••p.289~
3.2.3 プレート間地震の地震動評価(地震動の顕著な増幅を考慮)	•••••p.321~
3.2.4 海洋プレート内地震の地震動評価(地震動の顕著な増幅を考慮)	•••••p.373~
3.2.5 まとめ(地震動の顕著な増幅を考慮)	•••••p.410~





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 号炉周辺観測点において、地震動の顕著な増幅は、2009年駿河湾の地震の到来方向(N30E~N70E、「増幅方向」と称す。)の地震波のみに見 られ、その他の地震波到来方向では見られない。

○「増幅方向」の地震波でも、<u>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</u>がある。この うち、2009年駿河湾の地震(本震)は増幅の程度が最も大きく信頼性が高い記録が得られた地震である。



○ 地震観測記録の分析結果から、5号炉周辺の増幅要因は、5号炉周辺から2009年駿河湾の地震の地震波到来方向にかけて局所的に分布する、 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。

<2.1.4 まとめ> 5号周辺の増幅要因の分析 (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調査等)により、5号炉から2009年駿河湾の地震の到来方向(北東方向)にかけて深さ数百mの浅部に局所 的に分布するS波低速度層を確認。 3号炉 4号炉 location (m) No.0 オフセットVSP探査測線 S波低速度層 No.6 1·2号炉 4号炉 50 No.1 No.2 5号炉 T.P. S波低速度層 ボーリング孔の位置 6-7-9測線 S波低速度層の分布

・地下構造調査に係る補足説明は、補足説明資料①-04~07参照。

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。



・解析検討に係る補足説明は、補足説明資料①-08~10参照。

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

・下線(……)は、一部修正箇所を示す。 91 ・各項目の該当ページの記載を削除。 91



[5号炉周辺の増幅要因と敷地における地震動の増幅特性]

○ 地震観測記録の分析結果、並びにそれと整合する地下構造調査及び解析検討から、5号炉周辺の増幅要因は、5号炉から2009年駿河湾の地震の地震波到来方向である北東方向にかけて局所的に分布する深さ数百mの浅部地盤のS波低速度層であり、その増幅メカニズムは、S波低速度層による波面の屈曲により地震波が干渉して増幅するフォーカシング現象と分析。

○ <u>敷地における地震動の増幅特性</u>は、 S波低速度層による影響の有無によって地震動の増幅特性が異なる</u>ことにより、特定の地震波到来方向(N30E~ N70E)付近のみ地震動の顕著な増幅が見られる観測点と、いずれの地震波到来方向でも地震動の顕著な増幅が見られない観測点とに分かれる。

<2.1.4 まとめ> 敷地における地盤増幅特性

(4号炉周辺等の地盤増幅特性と5号炉周辺等の地盤増幅特性)

 下線()は、一部修正箇所を示す。 ・「地震観測」と「地下構造」の配置を入替え。



目次

1 敷地周辺の地震発生状況	••••p.15~
2 敷地における地震動の増幅特性	
2.1 敷地における地盤増幅特性	•••••p.25~
2.1.1 敷地における観測・調査	•••••p.28~
2.1.2 地震観測記録の分析	•••••p.32~
2.1.3 地下構造調査及び解析検討	••••p.52~
2.1.4 まとめ	••••p.89~
2.2 敷地における地盤増幅特性の地震動評価への反映方法	-
2.2.1 解放基盤表面の設定	•••••p.94~
2.2.2 地震動評価への反映方法	•••••p.100~
3 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動	
3.1 地震動の顕著な増幅を考慮しない地震動評価	
3.1.1 内陸地殻内地震の地震動評価(地震動の顕著な増幅を考慮しない)	•••••p.121~
3.1.2 プレート間地震の地震動評価(地震動の顕著な増幅を考慮しない)	•••••p.174~
3.1.3 海洋プレート内地震の地震動評価(地震動の顕著な増幅を考慮しない)	•••••p.230~
3.1.4 まとめ(地震動の顕著な増幅を考慮しない)	•••••p.272~
3.2 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価	
3.2.1 地震動の顕著な増幅を考慮する地震動評価の方針	•••••p.276~
3.2.2 内陸地殻内地震の地震動評価(地震動の顕著な増幅を考慮)	••••p.289~
3.2.3 プレート間地震の地震動評価(地震動の顕著な増幅を考慮)	•••••p.321~
3.2.4 海洋プレート内地震の地震動評価(地震動の顕著な増幅を考慮)	•••••p.373~
3.2.5 まとめ(地震動の顕著な増幅を考慮)	•••••p.410~

<2.2.1 解放基盤表面の設定> 解放基盤表面の設定>

○敷地の基盤を構成する相良層は、火成岩の貫入や他の地層との不整合は認められず、砂岩・泥岩互層として一様に分布している。
○3,4,5号炉で実施したPS検層の結果において、原子炉建屋基礎底面付近に相当する標高-14m以深でS波速度が700m/s以上となっており、このS波速度が700m/s以上となる基盤は敷地内の複数箇所で実施したPS検層結果によると著しい高低差がなくほぼ水平に拡がりをもって分布している。また、標高-14m以深の基盤面は、掘削時の岩盤検査等により、著しい風化を受けていないことを確認している。

⇒以上より、標高-14mを解放基盤表面に設定することは妥当である。



○敷地では高密度な地下構造調査及び地震観測を実施しており、その分析によって、解放基盤表面以深において、5号炉周辺の 地震動の増幅に影響を及ぼすS波低速度層を把握し、その影響を含めて、敷地における解放基盤表面相当深さの詳細な地盤増 幅特性を把握している。

○解放基盤表面相当深さの詳細な地盤増幅特性を踏まえて、後述の「2.2.2 地震動評価への反映方法」に示すとおり、解放基盤 表面において、地震観測記録の再現性等を確認し(地震動の顕著な増幅が見られない観測点:p.108~、地震動の顕著な増幅 が見られる観測点:p.115~)、敷地における地震動の増幅特性を地震動評価へ適切に反映できることを確認している。



○以上を踏まえ、標高-14mの位置に解放基盤表面を設定する。

<2.2.1 解放基盤表面の設定> 敷地の基盤を構成する相良層



○敷地の基盤を構成する相良層は、火成岩の貫入や他の地層との 不整合は認められず、砂岩・泥岩互層として一様に分布している。





<2.2.1 解放基盤表面の設定> S波速度等

○3,4,5号炉で実施したPS検層の結果において、原子炉建屋基礎底面付近に相当する標高-14m以深でS波速度が700m/s以上となっており、 このS波速度が700m/s以上となる基盤は敷地内の複数箇所で実施したPS検層結果(次ページ参照)によると著しい高低差がなくほぼ水平に 拡がりをもって分布している。また、標高-14m以深の基盤面は、掘削時の岩盤検査等により、著しい風化を受けていないことを確認している。



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

<2.2.1 解放基盤表面の設定> S波速度等

○3,4,5号炉で実施したPS検層の結果において、原子炉建屋基礎底面付近に相当する 標高-14m以深でS波速度が700m/s以上となっており、このS波速度が700m/s以上となる 基盤は敷地内の複数箇所で実施したPS検層結果によると著しい高低差がなくほぼ水平に 拡がりをもって分布している。





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

<2.2.1 解放基盤表面の設定> 解放基盤表面相当深さの地盤増幅特性の把握

○ 敷地では高密度な地下構造調査及び地震観測を実施しており、その分析によって、解放基盤表面以深において、5 号炉 周辺の地震動の増幅に影響を及ぼすS波低速度層を把握し、その影響を含めて、敷地における解放基盤表面相当深さ の詳細な地盤増幅特性を把握している。

【敷地における解放基盤表面相当深さの地盤増幅特性】

- ・5号炉周辺観測点について、2009年駿河湾の地震の地震波到来方向付近(N30E~N70E)では顕著な増幅が見られるが、その他の地震波到来方向では 顕著な増幅は見られず、周辺観測点の地盤増幅特性と同様である。
- ・1~4号炉周辺観測点について、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でも顕著な増幅は見られず、周辺観測点の地 盤増幅特性と同様である。



第194回

資料1 p.42一部修正