資料1-1

志賀原子力発電所2号炉 地下構造評価について (コメント回答)

2025年4月11日 北陸電力株式会社



Copyright 2025 Hokuriku Electric Power Co., Inc. All Rights Reserved.

余白

○ 当社は、地下構造評価について、第1199回審査会合(2023年10月20日)で説明を行った。

○ 本日は、上記審査会合におけるコメントの回答について説明する。

○ また, 2024年1月1日に令和6年能登半島地震(以下,「2024年能登半島地震」という)が発生し, 地震観測記録や震源 データ, 知見を新たに取得したこと, さらに, 2024年8月2日に地震調査研究推進本部により「日本海側の海域活断層 の長期評価−兵庫県北方沖~新潟県上越地方沖−(令和6年8月版)」が公表されたことを踏まえ, これら知見等を 拡充した検討結果[※]についても併せて説明する。

○ 当資料の冒頭において, 今回とりまとめた資料の概要を以下の項目ごとに整理した。

I. 「地下構造評価」の資料の全体構成(P.5)

II. 2024年能登半島地震の知見等の概要及び当社評価への反映(P.6~10)

Ⅲ. 地下構造評価(P.11~27)

IV. 地震発生層の設定(P.28~36)

V. コメント回答の概要(P.38~46)

※ 2024年11月末までの地震観測記録及び震源データ,並びに, 2025年3月21日までに確認した地震調査研究推進本部や各種学会等において公表された知見を反映。

I.「地下構造評価」の資料の全体構成		5
Ⅱ.2024年能登半島地震の知見等の概要		
及び当社評価への反映		6
Ⅲ. 地下構造評価		11
Ⅳ. 地震発生層の設定		28
V. コメント回答の概要		38
はじめに		47
1. 地下構造の成層性及び均質性の評価		53
1.1 地質・地質構造の調査による地下構造の検討		59
1.1.1 敷地周辺の地質・地質構造		61
1.1.2 敷地近傍の地質・地質構造		65
1.1.3 敷地の地質・地質構造		67
1.1.4 原子炉設置位置付近の速度構造等(EL-200m以浅)		80
1.1.5 原子炉設置位置付近の速度構造等(地震基盤以浅)		99
1.1.6 原子炉設置位置付近の減衰構造(地震基盤以浅)		112
1.1.7 解放基盤表面の設定		113
1.2 物理探査による地下構造の検討		119
1.2.1 重力探査		121
1.2.2 地震波トモグラフィー		123
1.2.3 屈折法地震探査		125
1.2.4 微動アレー探査		129
1.2.5 反射法地震探査・VSP探査		131
1.2.6 広域微動探査		133
1.2.7 単点微動探査		136
1.2.8 地震基盤の設定		140
1.3 観測記録による地下構造の検討	*	144
1.3.1 鉛直アレー地震観測記録(深度別)を用いた検討		147
1.3.2 鉛直アレー地震観測記録(到来方向別)を用いた検討		151
1.3.3 水平アレー地震観測記録(地表)(到来方向別)を用いた検討		154
1.3.4 水平アレー地震観測記録(地中)(到来方向別)を用いた検討		159
1.3.5 原子炉建屋基礎版上の地震観測記録を用いた検討		162
2. 地下構造モデルの設定		168
3. 地下構造モデルの妥当性確認		182
3.1 地盤増幅特性の妥当性確認 地震観測記録の旅	充	185
3.1.1 地震動シミュレーションによる地盤増幅特性の検討	• • • • • •	187
3.1.2 逆解析による地盤増幅特性の検討		192

3.2 減衰構造の妥当性確認
3.2.1 地震波干渉法を用いた減衰の検討
3.2.2 岩石コアを用いた減衰の検討 地震想測記録の拡充
3.2.3 S波直達上昇波を用いた減衰の検討
3.3 速度構造の妥当性確認
地震発生層の設定・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
4.1 敷地周辺の地震発生層上端深さ及び下端深さの設定

目

次

3.3 速度構造の妥当性確認		217
4. 地震発生層の設定		225
4.1 敷地周辺の地震発生層上端深さ及び下端深さの設定		229
4.1.1 地震の震源分布による検討	の孤允	232
4.1.2 速度構造による検討		237
4.1.3 コンラッド面深さによる検討		242
4.1.4 キュリー点深度による検討		247
4.2 2007年能登半島地震及び2024年能登半島地震		
の震源断層上端深さの設定		250
4.2.1 2007年能登半島地震に係る知見による検討 1000000000000000000000000000000000000	·	254
4.2.2 2024年能登半島地震に係る知見による検討		261
4.3 地震調査研究推進本部の主要活断層帯等の		
地震発生層上端深さ及び下端深さの設定		268
4.3.1 地震調査研究推進本部の主要活断層帯に係る知見		
による検討 知見の拡	充	272
4.3.2 地震調査研究推進本部の海域活断層に係る知見		
による検討		281
参考文献		284
巻末資料		289

・地震観測記録や震源データ、知見の拡充を行った項目(4.2.2項、4.3.2項は新設)
 ※ 第1199回審査会合におけるコメントの対応を行った項目はP.38~40参照

203

205

209

213

.....

....

....

....

I.「地下構造評価」の資料の全体構成

○「地下構造評価」の資料は、下記の通り「本資料」、「補足資料」及び「データ集」の3階層に区分し、とりまとめた。



Ⅱ.2024年能登半島地震の知見等の概要及び当社評価への反映 -2024年能登半島地震の概要-

〇 地震調査研究推進本部「令和6年能登半島地震の評価」(2024年2月9日)によると、「1月1日16時10分に石川県能登地方の深さ約15kmでマグニ チュード(M)7.6の地震が発生した。この地震により石川県輪島市や志賀町(しかまち)で最大震度7を観測したほか、能登地方の広い範囲で震度 6強や6弱の揺れを観測し、被害を伴った。M7.6の地震の前後にも規模の大きな地震が発生し強い揺れが長く続いた。また、石川県では長周期 地震動階級4を観測した。この地震の発震機構は北西-南東方向に圧力軸を持つ逆断層型で、地殻内で発生した地震である」とされ、また「震 源断層は、北東-南西に延びる150km程度の主として南東傾斜の逆断層」とされている。

○ また,地震調査研究推進本部「2024年8月の地震活動の評価」(2024年9月10日)によると、「M7.6の地震の震源断層は、地震後の地震活動の分 布や地震波の解析によると、北東−南西に延びる150km程度(門前断層帯門前沖区間の東部~能登半島北岸断層帯~富山トラフ西縁断層の 南西部)であると推定される」とされている。



Ⅱ.2024年能登半島地震の知見等の概要及び当社評価への反映 -地震調査研究推進本部や各種学会等において公表された知見の反映(1/2)-

○ 地震調査研究推進本部や各種学会等において公表された2024年能登半島地震の知見[※]のうち本資料に反映した知見について, 地震活動の 分布に係る知見の概要を下記に, 活断層の長期評価に係る知見の概要を次頁に示す。

※ 知見収集の対象とした主な報告会等の一覧については、巻末資料参照。

本資料に反映した地震活動の分布に係る知見の概要

	検討手法	文献	知見の概要	関連する 評価項目	記載箇所
地	地震活動の	高橋ほか(2024)	 ・2024年能登半島地震の震源断層周辺の<u>陸域において臨時地震観測(30箇</u> <u>所)</u>を実施し、<u>陸域における余震分布を再決定</u>しており、再決定した震源の深 さは約3~12km(定常地震観測(10箇所)の記録も使用)。 	地震発生層の設定	4.2.2項(1)
	分布	地震調査研究推進本部(2024a)	 ・2024年能登半島地震の震源断層のうち能登半島北東沖の<u>海域において海底地震計による臨時地震観測(26箇所)</u>を実施し、<u>海域における余震分布を再決定</u>している(陸域における地震観測(4箇所)の記録も使用)。 	地震発生層の設定	4.2.2項(2)



敷地周辺で発生した2024年能登半島地震について、震源断層周辺における臨時地震観測による詳細な知見を整理し、地震発生層上端深さに係る検討に反映した。

> 具体的には, 2024年能登半島地震の震源断層上端深さは3kmと判断し, 敷地周辺の地震発生層上端深さと整合していることを確認した。

Ⅱ.2024年能登半島地震の知見等の概要及び当社評価への反映 -地震調査研究推進本部や各種学会等において公表された知見の反映(2/2)-



- ▶ 震源として考慮する活断層に対応する地震調査研究推進本部により評価された海域活断層の下端深さ[※]の設定値を,地震発生層下端深さの 設定に反映した。
- ▶ 具体的には、上越沖断層帯(当社による断層名:TB5・TB6・JO1・JO2・JO3)の地震発生層下端深さを18kmから20kmに変更した。

8

[※]日本海側の海域活断層の長期評価においては断層の上端深さについても記載されているが、反射断面の浅部(海底直下)において変位が認められていることを踏まえ、原則として0kmとされている。一方で、当社の地震発生 層上端深さ及び下端深さの検討において、地震発生層の上端深さについては、地震の震源分布及び速度構造による検討結果を踏まえて設定することとしていることから、ここでは断層の下端深さのみを対象とした。

Ⅱ.2024年能登半島地震の知見等の概要及び当社評価への反映 -2024年能登半島地震等の地震観測記録及び震源データの反映(1/2)-

〇 2024年能登半島地震の地震活動は、地震調査研究推進本部の「2025年2月の地震活動の評価」によると、「地震の発生数は増減を繰り返しながら大局的に緩やかに減少してきているが、M7.6の地震後の地震活動域の西端の石川県西方沖で、2024年11月26日にM6.6の地震(最大震度5弱)が発生し、2月中に震度1以上を観測した地震が25回(このうち、石川県西方沖のM6.6の地震活動域で18回)発生するなど活発な状態が続いている」とされている。(下図参照)



- 2024年能登半島地震等を踏まえた地下構造評価及び地震発生層の設定に係る各種の検討や評価は,至近で発生した2024年11月26日石 川県西方沖の地震(M6.6)を含む2024年11月末までの地震観測記録及び震源データを反映する。(反映状況は次頁参照)
- なお、各種の検討や評価にあたっては、2023年12月末までのデータ、2024年1月末までのデータ及び2024年11月末までのデータを用いた場合の検討結果を比較し、顕著な違いがないことを確認している。

Ⅱ.2024年能登半島地震の知見等の概要及び当社評価への反映 -2024年能登半島地震等の地震観測記録及び震源データの反映(2/2)-

〇 2024年能登半島地震, 2024年11月26日石川県西方沖の地震(M6.6)等の地震観測記録及び震源データの反映状況を下表に示す。

		地震観測記録・震源データ を用いる検討項目	①第1199回審査会合資料(2023年10月20日) に用いたデータ	22024年能登半島地震等のデータの本資料への反映について			
地下	1.3.1	鉛直アレー地震観測記録 (深度別)を用いた検討	1999年9月~2023年5月 のデータ	①に加え,2024年能登半島地震本震及び 2024年11月26日石川県西方沖の地震(M6.6)を含む, 2024年11月末までのデータを反映			
 構造 の 成	1.3.2	鉛直アレー地震観測記録 (到来方向別)を用いた検討	1999年9月~2023年5月 のデータ	1.3.1項と同じ			
 	1.3.3	水平アレー地震観測記録(地表) (到来方向別)を用いた検討	2016年1月~2018年2月 2020年10月~2023年2月 のデータ	1.3.1項と同じ			
 均質性の評価	1.3.4	水平アレー地震観測記録(地中) (到来方向別)を用いた検討	2004年10月~2023年5月 のデータ	1.3.1項と同じ			
	1.3.5	原子炉建屋基礎版上の 地震観測記録を用いた検討	2004年10月~2023年5月 のデータ	1.3.1項と同じ			
地下事	3.1.1	地震動シミュレーションによる 地盤増幅特性の検討	2019年7月~2023年5月 のデータ	①に加え, 2024年7月 ^{※1} までのデータを反映			
·構造モデ	3.1.2	逆解析による地盤増幅特性の検討	2019年7月~2023年5月 のデータ	3.1.1項と同じ			
ルの妥当性な	3.2.1	地震波干渉法を用いた減衰の検討	1999年9月~2018年9月 のデータ	ー (本検討は、EL-200m~EL+19.5mの減衰に係る検討であるが、 ①の期間を対象とした解析に用いるデータは、十分なデータ数を確保できていると考える。)			
認	3.2.3	S波直達上昇波を用いた減衰の検討	2019年7月~2023年5月 のデータ	①に加え, 2024年7月 ^{※2} までのデータを反映			
地震発生層の	4.1.1	地震の震源分布による検討	1997年10月~2022年3月 のデータ	①に加え、2024年能登半島地震本震及び 2024年11月26日石川県西方沖の地震(M6.6)を含む、 2024年11月末までのデータを反映			

※1 本検討は、大深度地震観測記録を用いた地震基盤〜解放基盤表面の地盤増幅特性に係る検討であるが、地震観測装置の不具合により2024年7月7日以降は大深度地震観測記録が得られていないことから、2024年7月6日まで のデータを反映した。なお、2024年能登半島地震本震及び2024年11月26日石川県西方沖の地震(M6.6)については、地震観測装置の不具合により大深度地震観測記録が得られていないものの、敷地のEL-200m以浅において大 きな加速度を記録した地震であることを踏まえ、EL-200m〜解放基盤表面の地盤増幅特性が安全側に設定されていることを確認するため、検討の対象とした。

※2 本検討は、大深度地震観測記録を用いた地震基盤~EL-200mの減衰に係る検討であるが、地震観測装置の不具合により2024年7月7日以降は大深度地震観測記録が得られていないことから、2024年7月6日までのデータを反映 した。

Ⅲ.地下構造評価 -評価のフロー-

- 〇 地下構造評価は、「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」別記2(以下、「解釈別記2」という)及び「敷地内及び敷地周辺の地質・地質構造調査に係る審査ガイド」(以下、「審査ガイド」という)の記載事項を踏まえ、下記の流れで評価を行う。
 - まず、「①解放基盤表面の位置」、「②敷地及び敷地周辺における地層の傾斜、断層及び褶曲構造等の地質構造」、「③地震基盤の位置及び形状」、「③岩相・岩質の不均一性」及び「⑤地震波速度構造等の地下構造及び地盤の減衰特性」を把握するため、敷地及び敷地周辺の調査を実施する。調査については、地域特性及び既往文献の調査、既存データの収集・分析、地震観測記録の分析、地質調査、ボーリング調査並びに二次元又は三次元の物理探査等を組み合わせて実施する。また、上記①~⑤を把握した結果を踏まえ、敷地及び敷地周辺の地下構造が地震波の伝播特性に与える影響を検討し、地下構造が成層かつ均質と認められるか評価を行う。(1章で説明)
 - つぎに、地下構造が成層かつ均質と認められる場合は、調査により把握した敷地の地質・地質構造、地震波速度構造等の地下構造及び地盤の減衰特性を踏まえ、一次元の地下構造モデルを設定する。なお、地下構造が成層かつ均質と認められない場合は、別途、三次元的な地下構造により検討を行う。(2章で説明)
 - さらに、申請時以降に得られた知見や大深度地震観測記録等を用いた検討を実施し、地下構造モデルが適切に設定されていることを確認する。(3章で説明)
- 上記の内容を踏まえた地下構造評価のフローを下図に示す。



 著しい高低差がなく、ほぼ水平で相当な拡がりを持って想定される 自由表面であり、せん断波速度がおおむね700m/s以上の硬質地 盤であって、著しい風化を受けていない位置に設定すること (①解放基盤表面の位置)

【敷地地盤の地下構造及び地震波の伝播特性の評価】

- 敷地及び敷地周辺の調査については、地域特性及び既往文献の 調査、既存データの収集・分析、地震観測記録の分析、地質調査、 ボーリング調査並びに二次元又は三次元の物理探査等を適切な 手順との組合せで実施すること
- 敷地及び敷地周辺の地下構造(深部・浅部地盤構造)が地震波の 伝播特性に与える影響を検討するため、
 <u>
 の敷地及び敷地周辺にお</u> <u>
 ける地層の傾斜、断層及び褶曲構造等の地質構造を評価するとと</u> もに、<u>
 る地震基盤の位置及び形状</u>、<u>
 の岩相・岩質の不均一性並び</u> に<u>
 の地震速速度構造等の地下構造及び地盤の減衰特性</u>を評価す ること

解釈別記2の記載事項

1章 地下構造の成層性及び均質性の評価



地下構造評価のフロー

Ⅲ. 地下構造評価 - 敷地及び敷地周辺の調査の概要-

- 前頁に示す ①~⑤を把握するための敷地及び敷地周辺の調査については、比較的長周期領域を対象とした「広域地下構造調査(概査)」及び 比較的短周期領域を対象とした「敷地近傍地下構造調査(精査)」のそれぞれについて、地域特性及び既往文献の調査、既存データの収集・分析、地震観測記録の分析、地質調査、ボーリング調査並びに二次元又は三次元の物理探査等を組み合わせて実施する。
- 〇「広域地下構造調査(概査)」は敷地から半径30km程度以内の範囲,「敷地近傍地下構造調査(精査)」は敷地から半径5km程度以内の範囲を 対象として調査を行う。具体的な調査の手法及び範囲を下図に,調査の手法等の概要を次頁~次々頁に示す。
- また,これら調査による地下構造の成層性及び均質性の評価の検討内容をP.15に示す。



敷地及び敷地周辺の調査の手法及び範囲

※「 正. 地下構造評価」における各調査は、 地震動評価の3要素のうち『サイト特性』または『伝播経路特性』に対応し(詳細は次頁~次々頁)、

「IV. 地震発生層の設定」における各調査は、地震動評価の3要素のうち『震源特性』に対応する(詳細はP.29)。

【調査の目的と各調査の対象及び手法(1/2)】

: 地質・地質構造の調査による地下構造の検討
 : 物理探査による地下構造の検討
 : 観測記録による地下構造の検討

調査の日的		対象				手法※			司我你能									
	詞直の日前	水平方[水平方向		種別		内容	の3要素	記載面別									
	初长共和主子									地質・地質構造を確認する。	サイト特性	1.1.3項						
0	解放基盤表面 の位置 の把握	敷地		EL-200m程度以浅	Ø	浅層ボーリング調査	PS検層に基づくS波速度構造を確認する。	サイト特性	1.1.4項									
					k	単点微動探査	S波速度構造を確認する。	サイト特性	1.1.4項									
	敷地及び敷地周辺の 地層の傾斜,断層及び 褶曲構造等の地質構造 の把握				a	地表地質調査	地質・地質構造を確認する。	サイト特性										
		敷地及び敷地周辺の	敷地周辺		敷地周辺		敷地周辺		敷地周辺		敷地周辺		地表付近	b	文献調査	地質・地質構造を確認する。	サイト特性	1.1.1~ 1.1.2項
0					©	音波探査	地質・地質構造を確認する。	サイト特性										
		の把握	敷地		EL-200m程度以浅	g	浅層ボーリング調査	地質・地質構造を確認する。	サイト特性	1.1.3項								
					77.4-12		地震基盤以浅	h	大深度ボーリング調査	地質・地質構造を確認する。	サイト特性	1.1.5項						
		邮	ᇔᆉᄟᇊᄁ	**** ㅋ ㄲ	載地国辺	数 地 用 辺	圣神世惠	۹	重力探査	ブーゲー異常を確認する。	サイト特性	1.2.1項						
		51	(18)6) 22	地辰奉金	đ	屈折法地震探查	P波速度構造を確認する。	サイト特性	1.2.3項									
	地震基盤	敷地	近傍	地震基盤	Û	微動アレー探査	S波速度構造を確認する。	サイト特性	1.2.4項									
3	の 位置及び形状 の把握				h	大深度ボーリング調査	PS検層に基づくS波速度構造を確認する。	サイト特性	1.1.5項									
		敷地	敷地	敷地	地震基盤	í	反射法地震探查·VSP探查	反射断面を確認する。	サイト特性	1.2.5項								
						単点微動探査	地下の速度構造が反映されている微動H/Vスペクトル比 を敷地の複数の観測点で比較する。	サイト特性	1.2.7項									

※ 赤字の調査内容は、地質・地質構造の審査において説明済みの内容

調査の目的		対象				手法*			司我做所	
			水平方向	深さ方向	種別		内容	の3要素	記載固別	
					a	地表地質調査	地質・地質構造を確認する。	サイト特性		
	岩石•岩雪		敷地周辺	敷地周辺	地表付近	Ø	文献調査	地質・地質構造を確認する。	サイト特性	1.1.1~ 1.1.2項
3	の不均一性 の把握				C	音波探査	地質・地質構造を確認する。	サイト特性		
			敷地	EL-200m程度以浅	Ø	浅層ボーリング調査	地質・地質構造を確認する。	サイト特性	1.1.3項	
				地震基盤以浅	h	大深度ボーリング調査	地質・地質構造を確認する。	サイト特性	1.1.5項	
				地震基盤	đ	屈折法地震探査	P波速度構造を確認する。	サイト特性	1.2.3項	
	地震波速度構造等 の地下構造及び 地盤の減衰特性		敷地周辺		b	文献調査	屈折法地震探査に基づくP波速度構造を確認する。	伝播経路特性	1.2.3項	
				敷地周辺	地震基盤より深部	٩	文献調査	地震波トモグラフィーに基づくP波速度構造・S波速度構造 を確認する。	伝播経路特性	1.2.2項
					F	広域微動探査	地下の速度構造が反映されている広域微動観測記録に 基づき複数の観測点ペアで評価した群速度を比較する。	伝播経路特性	1.2.6項	
			敷地近傍	地震基盤	(j)	微動アレー探査	S波速度構造を確認する。	サイト特性	1.2.4項	
6				EL-200m程度以浅	g	浅層ボーリング調査	PS検層に基づくP波速度構造・S波速度構造、密度試験に 基づく密度構造及びQ値測定に基づく減衰構造を確認す る。	サイト特性	1.1.4項, 1.1.6項	
	の把握	の把握			ⓑ	大深度ボーリング調査	PS検層に基づくP波速度構造・S波速度構造、密度検層に 基づく密度構造及びQ値測定に基づく減衰構造を確認す る。	サイト特性	1.1.5~ 1.1.6項	
			敷地	地震其般以浅	0	水平アレー地震観測	観測点間の応答スペクトル比を確認し, 地震波の到来方 向ごとに比較する。	サイト特性	1.3.3~ 1.3.4項	
					地辰荃螢以戊	0	鉛直アレー地震観測	自由地盤地震観測点の深度別応答スペクトルを確認する。 観測点間の応答スペクトル比を確認し、地震波の到来方 向ごとに比較する。	サイト特性	1.3.1~ 1.3.2項
							n	原子炉建屋基礎版上地震観測	原子炉建屋基礎版上における加速度時刻歴波形及び応 答スペクトルを1号と2号で比較する。	サイト特性

【調査の目的と各調査の対象及び手法(2/2)】

□: 地質・地質構造の調査による地下構造の検討
 □: 物理探査による地下構造の検討
 □: 観測記録による地下構造の検討

Г

※ 赤字の調査内容は、地質・地質構造の審査において説明済みの内容

Ⅲ. 地下構造評価 -地下構造の成層性及び均質性の評価の検討内容-

地質・地質構造の調査による地下構造の検討(1.1節)

コメントNo.1, 3の回答

観測記録による地下構造の検討(1.3節)



【検討内容】

物理探査による地下構造の検討(1.2節)

Ⅲ. 地下構造評価 -評価結果(1章 地下構造の成層性及び均質性の評価:1.1節 地質・地質構造の調査による地下構造の検討(1/5))-

1.1 地質・地質構造の調査による地下構造の検討

1.1.1 敷地周辺の地質・地質構造 一敷地を中心とした半径30km範囲-

- > 陸域の地質は、新第三紀以降の地層が基盤である花崗岩類を直接覆っている。
- 敷地を含む邑知潟平野北側では、大きな褶曲構造は認められない。
- 海域の地質は、北部海域は、笹波沿岸及び前ノ瀬・長平礁周辺の顕著なD層の隆起で特徴づけられる。南部海域は、南西方向に広がる堆積盆地と、厚く堆積するC層及びB 層で特徴づけられる。

1.1.2 敷地近傍の地質・地質構造 一敷地を中心とした半径5km範囲一

- > 海岸に沿って広く分布する新第三紀の岩稲階の別所岳安山岩類は,敷地北方で緩く東に傾斜する凝灰岩を挟む。
- ▶ 敷地近傍に分布する新第三紀の地層の傾斜は,概ね水平ないし10°程度を示している。
- ▶ 中位段丘堆積層は、ほぼ水平または海側方向に非常に緩く傾斜して分布する。
- ▶ 海岸に露出する新第三紀の岩稲階の別所岳安山岩類は海域のD₂層に対比され, D₂層は沖合い方向に徐々に深度を増す。その上部には水深20m以浅の汀線部を除き, C 層, B層, A層が分布し, A層及びB層は海底面とほぼ平行して堆積している。



敷地周辺陸域の地質分布図 (1.1.1項)

敷地近傍の地質分布図 (1.1.2項)

Ⅲ. 地下構造評価 -評価結果(1章 地下構造の成層性及び均質性の評価:1.1節 地質・地質構造の調査による地下構造の検討(2/5))-

<u>1.1.3 敷地の地質・地質構造</u>

- ▶ 敷地の地質は、新第三紀の岩稲階の別所岳安山岩類と、これを覆う第四紀の堆積物からなる。
- > 別所岳安山岩類は、敷地に広く分布しており、安山岩を主体とし、凝灰角礫岩を挟在する。
- > 原子炉設置位置付近の地質は、別所岳安山岩類の安山岩(均質)、安山岩(角礫質)及び凝灰角礫岩からなる。
- ▶ 2号原子炉建屋底盤の岩盤にはほとんど変質部は認められず,主に (Ba)級, (Bb)級の岩級区分を示す安山岩が広く分布している。



Ⅲ. 地下構造評価 -評価結果(1章 地下構造の成層性及び均質性の評価:1.1節 地質・地質構造の調査による地下構造の検討(3/5))-

コメントNo.5の回答



- ▶ 浅層ボーリング調査の結果,原子炉設置位置付近のEL-200m以浅の速度構造は,概ね水平な層構造を呈すものの,周囲と異なる速度特性を示す範囲として,第3'速度層 及び第4'速度層が認められる。
- > 微動H/Vスペクトル比を用いた逆解析による検討の結果,原子炉設置位置周辺の第3速度層上面はEL-10m以浅に位置しており,顕著な不整形はみられない。
- 周囲と異なる速度特性を示す範囲として第3'速度層及び第4'速度層が認められることから、二次元FEMモデルを用いた地震動シミュレーションによる検討を実施して、第3' 速度層及び第4'速度層が地震動へ与える影響を確認した結果、第3'速度層または第4'速度層をモデル化した二次元FEMモデル及び第3'速度層または第4'速度層をモデ ル化しない二次元FEMモデルを用いた地震動シミュレーションによる応答に顕著な違いはみられない。また、観測記録を用いた検討(1.3.2~1.3.3項、1.3.5項)の結果によれば、 敷地の地震基盤以浅に地震動へ影響を及ぼすような特異な速度構造はないと考えられる。これらより、第3'速度層及び第4'速度層は、地震動へ与える影響は小さいものと 考えられる。



Ⅲ. 地下構造評価 -評価結果(1章 地下構造の成層性及び均質性の評価:1.1節 地質・地質構造の調査による地下構造の検討(4/5))-

コメントNo.4の回答



コメントNo.3の回答



(1.1.3項)

地質・地質構造の調査による地下構造の検討の結果,敷地周辺の地質は,新第三紀以降の地層が基盤である花崗岩類を直接覆っており,敷地を含む邑知 潟平野北側では,大きな褶曲構造は認められない。また,敷地の地震基盤以浅の地質は凝灰角礫岩を狭在するものの安山岩を主体とした新第三紀の岩稲 階の別所岳安山岩類が広く分布しており,速度構造は概ね水平な層構造を呈していること,局所的に周囲と異なる速度特性を示す第3'速度層及び第4'速度 層並びに大深度ボーリング2孔間で認められた花崗岩上面の高度差が解放基盤表面の地震動へ与える影響が小さいことから,敷地の地震基盤以浅の地下 構造は成層かつ均質と評価できることを確認した。

▶ また, 敷地の解放基盤表面は, S波速度が1.5km/sである第3速度層において著しい風化を受けていないと判断されるEL-10mの位置に設定した。

20

1.2 物理探査による地下構造の検討

<u>1.2.1 重力探査</u>

敷地近傍(敷地から半径5km範囲)の重力異常値はほぼ一定であり、高重力異常域と低重力異常域との境界は明瞭ではなく、敷地近傍には地震基盤の形状の急激な変化を 示唆する顕著な線状の重力異常急変部は認められないことから、敷地近傍の地震基盤に顕著な不整形はないものと考えられる。

<u>1.2.2 地震波トモグラフィー</u>

▶ 敷地から10km程度の範囲においては、深さ5km程度以深の速度構造に顕著な不整形はみられない。

1.2.3 屈折法地震探查

▶ 敷地周辺(敷地から南東方向に約13kmの範囲)の地震基盤は深さ1km程度であり、概ね水平に分布している。また、敷地から10km程度の範囲において、地震基盤より深部の 速度構造に顕著な不整形はみられない。

1.2.4 微動アレー探査

▶ 敷地近傍の地震基盤は深さ1km程度であり、概ね水平に分布している。



Ⅲ. 地下構造評価 -評価結果(1章 地下構造の成層性及び均質性の評価:1.2節 物理探査による地下構造の検討(2/2))-

コメントNo.3, 7の回答

1.2.5 反射法地震探查·VSP探查

▶ 敷地の地震基盤は深さ1km程度であり,概ね水平に分布している。

<u>1.2.6 広域微動探査</u>

敷地周辺の地震基盤より深部の速度構造を反映していると考えられる周期帯において、群速度はいずれも同様の分散性を示すことから、敷地周辺の地震基盤より深部の速度構造に、顕著な不整形はないものと考えられる。

1.2.7 単点微動探査

敷地の地震基盤の位置を反映していると考えられる周期2秒程度において、各観測点の微動H/Vスペクトル比に顕著な違いはないことから、敷地の地震基盤の形状に顕著な 不整形はないものと考えられる。また、水平アレー地震観測記録を用いた検討(1.3.3~1.3.4項)の結果によれば、敷地の地震基盤以浅(地震基盤の形状を含む)に地震動へ 影響を及ぼすような特異な速度構造はないと考えられることと整合的である。

1.2.8 地震基盤の設定

▶ 敷地の地震基盤は、「基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド」の記載事項及び敷地地盤の特徴を踏まえ、S波速度が3km/s程度以上であるEL-1.19kmの位置に設定した。



| 値できることを確認した。また,地震基盤より深部の地下構造については,顕者な小整形はないものと評価できることから,成層かつ均質と 確認した。 | また、熱地の地震基盤は、の波速度が0...../ 現度以上でたるに、140、の位置に認定した

▶ また,敷地の地震基盤は,S波速度が3km/s程度以上であるEL-1.19kmの位置に設定した。

Ⅲ. 地下構造評価 -評価結果(1章 地下構造の成層性及び均質性の評価:1.3節 観測記録による地下構造の検討(1/3))-



Ⅲ. 地下構造評価 -評価結果(1章 地下構造の成層性及び均質性の評価:1.3節 観測記録による地下構造の検討(2/3))-

コメントNo.8, 9, 10の回答 地震観測記録の拡充

1.3.2 鉛直アレー地震観測記録(到来方向別)を用いた検討

▶ 自由地盤EL-200mに対する自由地盤EL-10mの応答スペクトル比に地震波の到来方向による顕著な違いはないことから,自由地盤地震観測点周辺のEL-10m~EL-200mに, 地震動へ影響を及ぼすような特異な速度構造はないと考えられる。

1.3.2項について、地震観測記録を拡充した検討結果は、地震観測記録を拡充する前の検討結果と顕著な違いがないことを確認。

紫字は第1199回審査会合以降に追加した箇所



(1.3.2項)

(1.3.2項)

10

10

10

Ⅲ. 地下構造評価 -評価結果(1章 地下構造の成層性及び均質性の評価:1.3節 観測記録による地下構造の検討(3/3))-

コメントNo.8, 9の回答 地震観測記録の拡充



以上の通り、1.1~1.3節の検討より、敷地の地下構造は成層かつ均質と評価できることを確認した。

<u>地下構造モデルの設定</u>

- ▶ 一次元の地下構造モデルは,敷地における地盤調査(浅層ボーリング調査,大深度ボーリング調査及び微動アレー探査)の結果に基づき設定。
- ▶ また,これら地盤調査の範囲より深部については文献に基づき設定。
- ▶ 1.3.1項の鉛直アレー地震観測記録(深度別)を用いた検討において確認された敷地地盤の振動特性が地下構造モデルに適切に反映されていることを確認。

紫字は第1199回審査会合以降に追加した箇所

			設	定した地下構造モデ	゛ル			_
解放基盤表面	標高EL	層厚 (m)	S波速度 Vs (km/s)	P波速度 Vp (km/s)	密度 <i>ρ</i> (t/m ³)	減衰定数 h (%)	Q値	
•	-10m-	98.9	1.50	3.19	2.37	3.000	16.67	
	-108.9m	91.1	1.96	3.96	2.38	3.000	16.67	-
	-200m-	790	2.14	3.92	2.34	1.500	33.33	i
地震基盤 ▽	-990m	200	1.56	3.26	2.41	1.000	50	
	-1.19Km	600	3.16	5.29	2.67	0.250	200	, ,
	-1./9Km	1,210	3.3	5.4	2.7	0.250	200	
	-SKM	2,500	3.5	5.6	2.7	0.250	200	
	-5.5Km	12,500	3.6	6.3	2.7	0.185	270	
	-18km-	10,000	3.9	6.8	2.8	0.125	400	
	-28km	∞	4.4	7.6	3.1	0.100	500	

EL-100m~EL-10mにおいて応答が増幅する周期帯
 EL-1298m~EL-200mにおいて応答が増幅する周期帯





設定した地下構造モデルの伝達関数

:浅層ボーリング調査結果に基づき設定

:大深度ボーリング調査結果に基づき設定

:浅層ボーリング調査結果及び大深度ボーリング調査結果に対して安全側に設定 :微動アレー探査結果に基づき設定

※統計的グリーン関数法及び理論的手法に用いる範囲を表の右側に示す。

コメントNo.11の回答 地震観測記録の拡充



<u>3.1 地盤増幅特性の妥当性確認</u>

3.1.1 地震動シミュレーションによる地盤増幅特性の検討

公直アレー地震観測記録を用いて、設定した地下構造モデルによる地震動シミュレーションを行い、シミュレーション解析結果と観測記録を比較した結果、シミュレーション解析結果は観測記録に対して同程度あるいは大きいことから、地震基盤~解放基盤表面の地盤増幅特性は安全側に設定されていると考えられる。

3.1.2 逆解析による地盤増幅特性の検討

公直アレー地震観測記録を用いた逆解析により推定した地下構造モデルと設定した地下 構造モデルによる地盤増幅率を比較した結果,逆解析により推定した地下構造モデルの 地盤増幅率を上回ることから,地震基盤~解放基盤表面の地盤増幅特性は安全側に設 定されていると考えられる。

3.2 減衰構造の妥当性確認

3.2.1 地震波干渉法を用いた減衰の検討

▶ 地震波干渉法を敷地の鉛直アレー地震観測記録に適用することにより推定したQ値は,設定した地下構造モデルのQ値を下回ることから,EL-10m~EL-200mの減衰構造は安全側に設定されていると考えられる。

<u>3.2.2 岩石コアを用いた減衰の検討</u>

▶ 敷地で実施したボーリング調査により得られた岩石コアを用いて超音波試験により推定したQ値は、設定した地下構造モデルのQ値を下回ることから、EL-200m~EL-990mの減衰構造は安全側に設定されていると考えられる。

3.2.3 S波直達上昇波を用いた減衰の検討

▶ 鉛直アレー地震観測記録のS波直達上昇波を用いて推定したQ値は,設定した地下構造 モデルのQ値を下回ることから,EL-200m~EL-1.19kmの減衰構造は安全側に設定されて いると考えられる。

3.3 速度構造の妥当性確認

- ▶ 微動アレー探査により得られた位相速度と設定した地下構造モデルの理論位相速度は調 和的であることから, EL-1.19km以浅の速度構造は適切に設定されていると考えられる。
- 敷地周辺の微動観測記録により得られた群速度と設定した地下構造モデルの理論群速度 は調和的であることから、地震基盤より深部の速度構造は適切に設定されていると考えられる。
- 申請時以降に得られた知見において評価された速度構造と設定した地下構造モデルの速 度構造は地震基盤より深部において調和的であることから、地震基盤より深部の速度構 造は適切に設定されていると考えられる。

3.1.1項, 3.1.2項及び3.2.3項について, 地震観測記録を拡充した検討結果は, 地震観測記録を拡充する前の検討結果と顕著な違いがないことを確認。

地下構造モデルの地盤増幅特性,減衰構造及び速度構造は適切に設定されており、地下構造モデル全体としての妥当性を確認した。 (追加検討の結果は申請時の検討内容と整合的であり、申請時において設定した地下構造モデルに変更はない)

	設定した地下構造モデル								
解放基盤表面	標高EL	層厚 (m)	S波速度 Vs (km/s)	P波速度 Vp (km/s)	密度 <i>ρ</i> (t/m³)	減衰定数 h (%)	Q値		
	-10m-	98.9	1.50	3.19	2.37	3.000	16.67		
	-108.9m-	91.1	1.96	3.96	2.38	3.000	16.67		
地震基盤	-200m-	790	2.14	3.92	2.34	1.500	33.33		
∇	-990m-	200	1.56	3.26	2.41	1.000	50		
1.1.0 - 1.0	-1.19km-	600	3.16	5.29	2.67	0.250	200		
	-1./9km	1,210	3.3	5.4	2.7	0.250	200		
	-3km-	2,500	3.5	5.6	2.7	0.250	200		
	-5.5km	12,500	3.6	6.3	2.7	0.185	270		
	-10km	10,000	3.9	6.8	2.8	0.125	400		
	-28km	00	4.4	7.6	3.1	0.100	500		
	·31	節で確認する	い筋囲						

:3.3節で確認する範囲 設定した地下構造モデルにおいて妥当性を確認した範囲

:3.2節で確認する範囲

(3章)



(3.1.1項)

27

紫字は第1199回審査会合以降に追加した箇所

Ⅳ. 地震発生層の設定 --設定のフロー-

- 地震発生層は、審査ガイドの記載事項を踏まえ、下記の流れで設定を行う。
 - まず,敷地周辺の「①地震の震源分布」、「②キュリー点深度」及び「③速度構造データ等」を把握し、敷地周辺の地震発生層上端深さ及び下端深さを設定する。(4.1節で説明)
 - つぎに、敷地周辺の「分大地震の余震の精密調査による観測点直下及びその周辺の精度の良い震源の深さ」(以下、「大地震の余震の深さ」 という)を把握し、大地震^{*}の震源断層上端深さを設定する。(4.2節で説明)
 - また、「地震調査研究推進本部により評価された主要活断層帯及び海域活断層」(以下、「地震調査研究推進本部の主要活断層帯等」という)の知見を踏まえ、敷地周辺断層の地震発生層上端深さ及び下端深さを設定する。(「①地震の震源分布」及び「③速度構造データ等」に関連、4.3節で説明)
- 上記の内容を踏まえた地震発生層の設定のフローを下図に示す。

※ 敷地周辺の大地震として、2007年能登半島地震及び2024年能登半島地震を対象とした。



地震発生層の設定のフロー

○ 前頁に示す●~●を把握するための検討の手法等の概要を下表に示す。また, 地震発生層の設定のフローに基づく検討内容を次頁に示す。

	検討の日始	対象			地震動評価	記載箇所		
192107日13		水平方向	深さ方向	種別内容		の3要素	記載面別	
0	地震の震源分布 の把握		上端深さ 下端深さ	気象庁「地震月報(カ タログ編)」または防 災科学技術研究所 「Hinet検測値デー タ」の震源データに基 づく検討	D10%及びD90%を検討する。	震源特性	4.1.1項	
				文献調査	D10%及びD90%を確認する。	震源特性	4.1.1項	
0	キュリー点深度 の把握		下端深さ	文献調査	キュリー点深度分布図から、D90%と相関があるキュリー点 深度を確認する。	震源特性	4.1.4項	
	速度構造データ等 の把握	5データ等 把握		文献調査	速度構造断面から、P波速度が5.8km/sの層の上端深さを 確認する。	震源特性	4.1.2項	
€			上端深さ	群速度に基づく検討	敷地周辺の微動観測記録による群速度と敷地の地下構造 モデルによる理論群速度を比較することで、P波速度が 5.8km/sの層の上端深さを検討する。	震源特性	4.1.2項	
			下端深さ	文献調査	コンラッド面深さの図から、コンラッド面深さを確認する。	震源特性	4.1.3項	

【敷地周辺の地震発生層上端深さ及び下端深さの検討の目的と各検討の対象及び手法】

【2007年能登半島地震及び2024年能登半島地震の震源断層上端深さの検討の目的,対象及び手法】

	検討の日的	対象			地震動評価	記載策正	
検討の日的		水平方向	深さ方向	種別	内容	の3要素	記載固別
4	大地震の 余 震の深さ の把握	敷地周辺	上端深さ	文献調査	敷地周辺で発生した2007年能登半島地震及び2024年能 登半島地震について、当該地震の震源断層上端深さに係 る知見を整理し、当該地震の震源断層上端深さを総合的 に検討する。	震源特性	4.2.1~ 4.2.2項

【地震調査研究推進本部の主要活断層帯等の地震発生層上端深さ及び下端深さの検討の目的、対象及び手法】

検討の日始	対象			地震動評価	司封符記				
検討の目的	水平方向	深さ方向	種別 内容		種別 内容 の3要		の3要素	記載固所	
 ● 地震調査研究推進 本部の主要活断層 ・ 帯等の知見 の把握 	敷地周辺	上端深さ 下端深さ	文献調査	震源として考慮する活断層のうち地震調査研究推進本部 により評価された主要活断層帯及び海域活断層を対象に、 地震調査研究推進本部の知見における地震発生層上端 深さ及び下端深さの設定値を整理する。特に、敷地から半 径75km程度の範囲の主要活断層帯及び海域活断層につ いては、地震の震源分布、キュリー点深度、速度構造了一	震源特性	4.3.1~ 4.3.2項			
				ジャートはの快討結果との全合性を確認のうえ,各断層の上 端深さ及び下端深さを検討する。			2		

【検討内容】

4.1節 敷地周辺の地震発生層上端深さ及び下端深さの設定

下記の検討に基づき、敷地周辺の地震発生層上端深さ及び下端深さを設定。

4.1.1~4.1.4項 敷地周辺の地震の震源分布,速度構造,コンラッド面深さ及びキュリー点深度による検討

- ・ 地震の震源分布による検討(4.1.1項)では、気象庁の震源データに基づく検討及び文献調査を実施。気象庁の震源 データに基づく検討では、敷地周辺(敷地周辺と標高が大きく異なる高標高地域が含まれない範囲として、敷地から半 径75kmの範囲)におけるD10%及びD90%を検討。文献調査では、文献に示されている敷地周辺におけるD10%及びD90% を確認。
- 速度構造による検討(4.1.2項)では、文献調査及び群速度に基づく検討を実施。文献調査では、文献の速度構造断面から、敷地周辺のP波速度が5.8km/sの層の上端深さを確認。群速度に基づく検討では、敷地周辺の微動観測記録による群速度と敷地の地下構造モデルによる理論群速度を比較することで、敷地周辺のP波速度が5.8km/sの層の上端深さを検討。
- コンラッド面深さによる検討(4.1.3項)では、文献によるコンラッド面深さの図から、敷地周辺におけるコンラッド面深さを 確認。
- キュリー点深度による検討(4.1.4項)では、文献によるキュリー点深度分布図から、敷地周辺におけるD90%と相関があるキュリー点深度を確認。

4.2節 2007年能登半島地震及び2024年能登半島地震の 震源断層上端深さの設定

下記の検討に基づき、2007年能登半島地震及び2024年能登半島地震の震源断層上端深さを設定。

4.2.1~4.2.2項 2007年能登半島地震及び2024年能登半島地震に係る知見による検討

 敷地周辺で発生した2007年能登半島地震及び2024年能登半島地震について、当該地震の震源断層における臨時地 震観測等の詳細な知見を整理し、当該地震の震源断層上端深さを総合的に検討。

4.3節 地震調査研究推進本部の主要活断層帯等の 地震発生層上端深さ及び下端深さの設定

下記の検討に基づき、地震調査研究推進本部の主要活断層帯等の地震発生層上端深さ及び下端深さを設定。

4.3.1~4.3.2項 地震調査研究推進本部の主要活断層帯及び海域活断層に係る知見による検討



地震の震央分布図(1997年10月~2024年11月)



▶ 敷地周辺の地震発生層上端深さ及び下端深さは、敷地周辺の地震の震源分布、速度構造、コンラッド面深さ及びキュリー点深度による検討(4.1.1~4.1.4項)の結果を踏まえ、上端深さを3km、下端深さを18kmと設定する。

知見の拡充



- ▶ 4.1節において設定した敷地周辺の地震発生層上端深さ(3km)より震源断層上端深さが浅い2007年能登半島地震については、4.2.1項の検討結果を踏まえ、同地震の震源断層 である笹波沖断層帯(東部)の上端深さを2kmと設定する。
- ▶ また, 2024年8月2日に地震調査研究推進本部により公表された「日本海側の海域活断層の長期評価−兵庫県北方沖~新潟県上越地方沖−(令和6年8月版)」(地震調査研究) 推進本部(2024b))において笹波沖断層帯(東部)と同じ門前断層帯として評価されている笹波沖断層帯(西部),並びに2007年能登半島地震の震源断層から分岐している| 32 可能性のある海士岬沖断層帯についても、上端深さを2kmと設定する。

コメントNo.14. 15の回答



全国地震動予測地図については、最新の2020年版には、断層モデル上端深さ及び下端深さは記載されているものの、地震発生層 上端深さ及び下端深さは記載されていないことから、2020年版に加え2014年版も参照することとした。また、本検討における全国地 震動予測地図の知見による地震発生層上端深さ及び下端深さの設定値については、それぞれ「2020年版の断層モデル上端深さと 2014年版の地震発生層上端深さを比較して浅い方」及び「2020年版の断層モデル下端深さと2014年版の地震発生層下端深さを比 較して深い方」とすることとした。

『調査研究推進本部の主要沽断層帯の概略位置図(4.3.1項)	

138.0

▲:志賀原子力発電所

137.0°

136.0°

地震

0 25 50 75 km

の国語の	断層名 (()内は当社による断層名)	(A) 地震調査研究推進本部 の知見における設定値		(B) 地震の震源分布		(C) 地盤構造		(D) 検討結果	
利用		上端深さ	下端深さ	上端深さ	下端深さ	上端深さ	下端深さ	上端深さ	下端深さ
Ă ≝罪	邑知潟断層帯(邑知潟南縁断層帯)	<u>2km</u>	18km	4.7km	*	3kmより深い	*	2km	18km
も通知	砺波平野断層帯**(砺波平野断層帯(西部)・(東部))・呉羽山断層帯	4km	<u>20km</u>	*	16.8km	*	18km程度	4km	20km
「ある」	森本·富樫断層帯	4km	18km	*	*	*	*	4km	18km
	魚津断層帯	3km	18km	*	*	*	*	3km	18km
	牛首断層帯	2km	18km	*	*	*	*	2km	18km
	跡津川断層帯	2km	18km	*	*	*	*	2km	18km
	庄川断層帯(御母衣断層)	2km	16km	*	*	*	*	2km	16km
	福井平野東縁断層帯※2	2km	18km	*	*	*	*	2km	18km
	糸魚川-静岡構造線断層帯(糸魚川-静岡構造線活断層系)	4km	17km	*	*	*	*	4km	17km

地震調査研究推進本部の主要活断層帯に係る知見による検討(4.3.1項)

※1 砺波平野断層帯は, 砺波平野断層帯西部と砺波平野断層帯東部からなる。 ※2 福井平野東緑断層帯は, 福井平野東緑断層帯主部と福井平野東緑断層帯西部からなる。

Ⅳ. 地震発生層の設定 -評価結果(4章 地震発生層の設定: 4.3節地震調査研究推進本部の主要活断層帯等の地震発生層上端深さ及び下端深さの設定(2/3))-



1 /1-1	上図中の番号	断層名	(A)	(B)検討結果	
活断層		(()内は当社による断層名)	地震調査研究推進本部(2024b) における断層の下端深さ	下端深さ	
第位	10	羽咋沖東断層(羽咋沖東撓曲)	15km	15km	
囲の	11	羽咋沖西断層(羽咋沖西撓曲)	15km	15km	
9 観	12	内灘沖断層(KZ4)	15km	15km	
75km程度	13	海士岬沖東断層(海士岬沖断層帯)	15km	15km	
	14-1~2	門前断層帯(笹波沖断層帯(東部)・(西部))	15km	15km	
准径	15	沖ノ瀬東方断層(前ノ瀬東方断層帯)	15km	15km	
から	16-1~3	能登半島北岸断層帯(猿山沖セグメント,輪島沖セグメント,珠洲沖セグメント,禄剛セグメント)	15km	15km	
敷地	17	輪島はるか沖断層(猿山岬北方沖断層)	15km	15km	
•	20-1~2,21	七尾湾東方断層帯(富山湾西側海域断層(南部)·(北部)) 飯田海脚南縁断層(TB3)	15km	15km	
	8-1~2	ゲンタツ瀬・大グリ南東縁断層帯(FU1・FU2・FU3)	15km	15km	
	9	加佐ノ岬沖断層(KZ6)	15km	15km	
	18	能登半島北方沖断層*	15km	15km	
	19-1~2	舳倉島近海断層帯(NT1)	15km	15km	
	22	富山トラフ西緑断層(NT2・NT3)	15km	15km	
	23-1~3	上越沖斷層帯(TB5·TB6·JO1·JO2·JO3)	15~20km	15 ~ 20km	

* 地震調査研究推進本部(2024b)を踏まえ新たに震源として考慮する活断層とした海域活断層

Ⅳ. 地震発生層の設定 -評価結果(4章 地震発生層の設定: 4.3節地震調査研究推進本部の主要活断層帯等の地震発生層上端深さ及び下端深さの設定(3/3))-

4.3 地震調査研究推進本部の主要活断層帯等の地震発生層上端深さ及び下端深さの設定(続き)

地震調査研究推進本部の主要活断層帯等に係る知見による地震発生層上端深さ及び下端深さの検討 結果を下記に示す。

主要活断層帯に係る知見による検討(4.3.1項)

断層名	検討結果			設定した地震発生層	
(()内は当社による断層名)	上端深さ	下端深さ		上端深さ	下端深さ
邑知潟断層帯(邑知潟南縁断層帯)	2km	18km	1	2km	18km
砺波平野断層帯※1(砺波平野断層帯(西部)・(東部))・呉羽山断層帯	4km	20km		3km ^{‰3}	20km
森本・富樫断層帯	4km	18km	Ľ	3km ^{‰3}	18km
魚津断層帯	3km	18km		3km	18km
牛首断層帯	2km	18km		2km	18km
跡津川断層帯	2km	18km	/	2km	18km
庄川断層帯(御母衣断層)	2km	16km		2km	18km ^{%3}
福井平野東縁断層帯※2	2km	18km		2km	18km
糸魚川-静岡構造線断層帯(糸魚川-静岡構造線活断層系)	4km	17km		3km ^{%3}	18km ^{%3}

※1 砺波平野断層帯は、砺波平野断層帯西部と砺波平野断層帯東部からなる。

※2 福井平野東縁断層帯は、福井平野東縁断層帯主部と福井平野東縁断層帯西部

からなる。

海域活断層に係る知見による検討(4.3.2項)

断層名	検討結果		設定した地震発生層
(()内は当社による断層名)	下端深さ		下端深さ
羽咋沖東断層(羽咋沖東撓曲)	15km		18km ^{%3}
羽咋沖西断層(羽咋沖西撓曲)	15km	1	18km ^{%3}
内灘沖断層(KZ4)	15km	1	18km ^{%3}
海士岬沖東断層(海士岬沖断層帯)	15km	ĺ	18km ^{%3}
門前断層帯(笹波沖断層帯(東部)・(西部))	15km		18km ^{‰3}
沖ノ瀬東方断層(前ノ瀬東方断層帯)	15km		18km ^{%3}
能登半島北岸断層帯(猿山沖セグメント、輪島沖セグメント、珠洲沖セグメント、禄剛セグメント)	15km		18km ^{%3}
輪島はるか沖断層(猿山岬北方沖断層)	15km	1	18km ^{%3}
七尾湾東方断層帯(富山湾西側海域断層(南部)・(北部)) 飯田海脚南縁断層(твз)	15km	1	18km ^{%3}
ゲンタツ瀬・大グリ南東縁断層帯(FU1・FU2・FU3)	15km	1	18km ^{‰3}
加佐ノ岬沖断層(KZ6)	15km	1	18km ^{‰3}
能登半島北方沖断層*	15km	1	18km ^{‰3}
舳倉島近海断層帯(NT1)	15km		18km ^{‰3}
富山トラフ西縁断層(NT2・NT3)	15km	1	18km ^{‰3}
上越沖断層帯(TB5・TB6・JO1・JO2・JO3)	15~20km	1	20km

* 地震調査研究推進本部(2024b)を踏まえ新たに震源として考慮する活断層とした海 域活断層

※3 安全側に、上端深さを3kmまたは下端深さを18kmと設定



地震調査研究推進本部の主要活断層帯の概略位置図

▲:志賀原子力発電所



▶ 4.1節の検討結果(P.31)を踏まえ、上端深さが3kmより浅い断層及び下端 深さが18kmより深い断層は、地震調査研究推進本部により評価された値 を上端深さ及び下端深さとして設定し、上端深さが3kmより深い断層及び 下端深さが18kmより浅い断層は、安全側に、それぞれ上端深さを3km、 下端深さを18kmと設定する。

Ⅳ. 地震発生層の設定 -評価結果(4章 地震発生層の設定:まとめ)-

コメントNo.16の回答



断層名 上端深さ下端深さ
 敷
 (1) 福祉
 (1) 福祉</th 3 km 18 km 3 km 18 km 3 km 18 km 3 km 18 km (4) 富来川南岸断層 18 km 3 km (5) 酒見断層 3 km 18 km (6) 眉支山第2断層 3 km 18 km (7) 能登島半の浦断層帯 18 km 2 km (8) 海士 岬 沖 断 層 帯 2 km 18 km <u>笹波沖断層帯(東部</u> 笹波沖断層帯(西部 2 km 18 km <u>(10-1)猿山沖セグメント</u> 3 km 18 km (10-2) 輪島沖セグメント 3 km 18 km (10-3) 珠 || 沖 セグメント 3 km 18 km (10-4) 禄剛セグメント (11)NT2・NT3 3 km 18 km 18 km 3 km 3 km 18 km (12) 富来川断層 3 km 18 km (13) 羽咋沖東撓曲 3 km 18 km (14) 羽咋沖西撓曲 敷 2 km 18 km (15) 邑知潟南縁断層帯 地 18 km (16) 森本・富樫断層帯 3 km 18 km 3 km (17) 前ノ瀬東方断層帯 周 18 km 3 km (18) 沖ノ瀬断層 辺 3 km 18 km (19-1) 能都断層帯 (20-1) 富山湾西側海域断層(南部) (20-2) 富山湾西側海域断層(北部) (20-3) TB3 3 km 18 km 3 km 18 km 3 km 18 km 3 km 20 km (21-1) 砺波平野断層帯(西部) 18 km 3 km (22) 猿山岬北方沖断層 3 km 20 km (23) 砺波平野断層帯(東部) (24) 呉羽山断層帯 (25-1) KZ3 (25-2) KZ4 (26) KZ6 (27 1) FU1 3 km 20 km 3 km 18 km 3 km 3 km 18 km 18 km (27-1) FU1 18 km 3 km (27-2) FU2 (27-3) FU3 (28) KZ5 3 km 18 km 3 km 18 km 3 km 18 km 2 km 18 km (29) 牛首断層帯 (30) <u>能登半島北方沖断層</u> 3 km 18 km 18 km 2 km (31) 跡津川断層帯 ^{うおづ} 魚津断層帯 3 km 18 km (32) 20 km 20 km 20 km 20 km 20 km (33-1) TB (33-2) TB (33-3) J0 3 km 3 km 3 km (33–4) J02 (33–5) J03 3 km 3 km (34) 御母衣断層 (35) NT1 2 km 18 km 3 km 18 km 2 km 18 km (36) 福井平野東縁断層帯 3 km 18 km (37-1) 糸魚川 静岡構造線活動 系(北部) (37-2) 糸魚川一静岡構造線活断 (37-3) 糸魚川一静岡構造線活断 (37-3) 糸魚川一静岡構造線活断 (37-4) 糸魚川一静岡構造線活断 3 <u>km</u> 18 km 18 km 18 km 系(中北部 (山太) 3 km 36 系(南部 3 km 「上端深さを3kmかつ下端深さを18kmと設定する断層」以外の断層

(18),(30)の断層は、地震調査研究推進本部(2024b)を踏まえ新たに震源として考慮する活断層とした海域活断層
余白

Ⅴ. コメント回答の概要 --覧表-(1/3)

○ 今回説明するコメント回答の概要を示す。

No.		区分	コメント	回答概要	記載頁
1	地下構造評価 地震発生層の設定	資料構成	各種の検討に際しては、検討方針を示したうえで、検 討・評価を行い、その結果を踏まえた内容を結論に記載 すること。	 各検討の冒頭に検討方針を示した。また、各検討の結論は、検討方針と対応するように記載した。 	P.58,P.60,P.117~ 118,P.120,P.142~ 143,P.145,P.166~ 167,P.184,P.186, P.204,P.218,P.222 ~223
2	地下構造評価 地震発生層の設定	資料構成	地震動評価の3要素(震源特性・伝播特性・増幅特性) の観点から、各種の調査・検討がどの要素と対応してい るのか分かるように資料に記載すること。	 各種の調査・検討と地震動評価の3要素の関係を記載した。 	P.55~57, P.227, P.231, P.252, P.270
3	地下構造評価	資料構成	解放基盤表面及び地震基盤の設定は、地下構造モデ ルの設定の前提となることから、解放基盤表面の設定 については、1.1節の地質・地質構造の調査において説 明すること。また、地震基盤の設定についても、解放基 盤表面の設定と同様に、項目立てして、1章で説明する こと。	・解放基盤表面及び地震基盤の設定を項目立てし、解放基盤表面の設定については、「1.1.7 解放 基盤表面の設定」に、地震基盤の設定については、「1.2.8 地震基盤の設定」に記載した。	P.113~116, P.140~141
4	地下構造評価	敷地の地質・地質構造	大深度ボーリング2孔(D-8.6孔及びK-13.6孔)の花崗岩 上面の高度差が約180mであるとの調査結果を踏まえ、 花崗岩上面の形状を考察したうえで、高度差が地震動 ヘ与える影響について検討すること。	 【花崗岩上面の形状の考察について】 約460m離隔している2孔の大深度ボーリング(D-8.6孔及びK-13.6孔)の調査結果において、花崗岩上面に約180mの高度差が認められることから、この花崗岩上面の形状について、以下の通り考察した。 大深度ボーリング、重力探査及び反射法地震探査・VSP探査の結果から、敷地には花崗岩上面に変位を与えるような断層は推定されない。 敷地の花崗岩は長期間にわたり、侵食作用を受けており、敷地周辺には敷地と同様の花崗岩上面の凹凸形状が認められる。 以上のことから、2孔の大深度ボーリングで認められた花崗岩上面の高度差は、局所的な断層変位ではなく、侵食作用による凹凸形状であると判断した。 【高度差が地震動へ与える影響について】 K-13.6孔とD-8.6孔において花崗岩上面の高度差約180mが認められることから、二次元FEMモデルを用いた地震動シミュレーションによる検討の結果も踏まえ、花崗岩上面の高度差の影響を検討した。 地震動シミュレーションによる検討の結果も踏まえ、花崗岩上面の高度差の影響を検討した。 地震動シミュレーションによる検討の結果も踏まえ、花崗岩上面の高度差の影響を検討した。 ・地震動シミュレーションによる検討の結果も踏まえ、花崗岩上面の高度差をモデル化した二次元FEMモデルと花崗岩上面の高度差をモデル化しない二次元FEMモデルとと応調かミュレーションによる検討の結果、応答スペクトルに顕著な違いはみられない。 また、観測記録を用いた検討(1.33~13.5項)の結果によれば、敷地の地震基盤以浅に地震動へ影響を及ぼすような特異な速度構造はないと考えられる。 ・以上のことから、花崗岩上面の高度差が地震動へ与える影響は小さいものと考えられる。 	P.102~111
5	地下構造評価	敷地の地質・地質構造	第3'速度層・第4'速度層の影響検討について、地震動シ ミュレーションの検討結果に、地震観測記録を用いた検 討結果も含めて、総合的に検討を行う方針を示したうえ で、地震動へ与える影響の有無を示すこと。	 ・検討方針として、地震動シミュレーションによる検討に加え、地震観測記録を用いた検討を含めて総合的に行うことを示した。 ・二次元FEMモデルを用いた地震動シミュレーションによる検討結果(第3'速度層または第4'速度層をモデル化したに二次元FEMモデル化したこ次元FEMモデル化したい二次元FEMモデルによる応答に顕著な違いはみられないこと)及び1.3節において実施した観測記録を用いた検討結果(敷地の地震基盤以浅に地震動へ影響を及ぼすような特異な速度構造はないと考えられること)より、第3'速度層及び第4'速度層は、地震動へ与える影響は小さいものと考えられる。 	P.90~98

No.	No. 区分		コメント	回答概要	記載頁
6	地下構造評価	地震波トモグラフィー	Matsubara et al.(2022)の速度構造による地下構造の成 層性及び均質性の検討においては、1-1'断面及び2-2' 断面以外の断面も確認すること。	 1-1' 断面(東西断面)及び2-2' 断面(南北断面)に加え,北東一南西方向及び北西一南東方向の 断面を追加し,敷地から10km程度の範囲においては、深さ5km程度以深の速度構造に顕著な不 整形がないことを確認した。 	P.123~124, P.238
7	地下構造評価	単点微動探査 観測記録による 地下構造の検討	敷地の単点微動探査と水平アレー地震観測による検討 結果の整合性について記載すること。	・単点微動探査による検討結果(周期2秒程度において、各観測点の微動H/Vスペクトル比に顕著な違いはないことから、敷地の地震基盤の形状に、顕著な不整形はないものと考えられること)と、水平アレー地震観測記録を用いた検討結果(敷地の地震基盤以浅の速度構造(地震基盤の形状を含む)に地震動へ影響を及ぼすような特異な速度構造はないものと考えらえること)は整合的であることを確認した。	P.136, P.138~139
8	地下構造評価	観測記録による 地下構造の検討	地震観測記録を用いた到来方向の検討について、到来 方向を東西南北の4方位で検討しているが、方位を適切 に区分して検討すること。また、検討に用いる地震数が 少なくなる場合は、検討精度を確保できる範囲で用いる 地震の拡充を検討すること。	 ・観測記録を用いた到来方向の検討について、到来方向を8方位で検討するとともに、検討に用いる地震を拡充した。また、応答スペクトル比の図の縦軸を0.1~10に適正化した。 ・検討の結果、「1.3.2 鉛直アレー地震観測記録(到来方向別)を用いた検討」、「1.3.3 水平アレー地 震観測記録(地表)(到来方向別)を用いた検討」及び「1.3.4 水平アレー地震観測記録(地中)(到 来方向別)を用いた検討」のいずれの検討についても、地震波の到来方向による顕著な違いはな 	P.152~153, P.155~158, P 160~161
9	地下構造評価	観測記録による 地下構造の検討	地震観測記録を用いた到来方向の検討について、応答 スペクトル比がわかりやすくなるように、応答スペクトル 比の図の縦軸を適正化すること。	いことを確認した。	1.100 101
10	地下構造評価	観測記録による 地下構造の検討	深度別の応答スペクトルにおいて,周期0.2秒程度より 短周期側では,岩盤中においてはほとんど増幅がみら れないとしているが,例えばEW方向の周期0.2秒から0.5 秒で増幅がみられること等の特徴について,地震動に 与える影響を考察すること。	 ・検討に用いたいずれの地震についても、NS方向及びEW方向の周期0.2~0.7秒程度,並びにUD 方向の周期0.1~0.3秒程度では、EL-100m~EL-10mにおいて応答が増幅する傾向にあり、NS方 向及びEW方向の周期0.7秒程度より長周期側,並びにUD方向の周期1~4秒程度では、EL- 1298m~EL-200mにおいて応答が増幅する傾向にあり、増幅傾向がみられる周期帯に顕著な違 いはないことから、これらの増幅は敷地地盤固有の振動特性によるものと考えられる。 ・この敷地地盤の振動特性が地下構造モデルに適切に反映されていることを確認するため、設定した地下構造モデルの増幅がみられた観測点間の伝達関数(EL-100m/EL-100m及びEL-200m/EL- 1298m)を確認した結果、深度別応答スペクトルで増幅がみられた周期帯については、設定した地 下構造モデルの伝達関数においても1を上回るピークがみられ、敷地地盤の振動特性が地下構造 モデルに適切に反映されていることを確認した。 	P.149, P.181, 補足資料P.25~52
11	地下構造評価	観測記録による 地下構造の検討	地下構造モデルの地盤増幅特性の妥当性確認につい て, 地震観測記録を直接用いた検討を行うこと。	 設定した地下構造モデルの地盤増幅特性が安全側に設定されていることを確認するため、敷地の鉛直アレー地震観測記録を用いて、設定した地下構造モデルによる地震動シミュレーションを行い、シミュレーション解析結果と観測記録を比較した。地震動シミュレーションは、設定した地下構造モデルのEL-1298mに観測記録を入力し、解放基盤表面を設定した位置(EL-10m)の地震動を評価した。 シミュレーション解析結果と観測記録を比較した結果、検討に用いたいずれの地震についても、シミュレーション解析結果は観測記録に対して同程度あるいは大きいことから、設定した地下構造モデルは安全側に設定されていると考えられる。 	P.187~191

No.	No. 区分		コメント	回答概要	記載頁
12	地震発生層の設定	2007年能登半島地震に係 る知見による検討	能登半島周辺の地震の震源深さ分布について、断面図 にプロットした2007年能登半島地震の震源域の平面的 な範囲を確認するため、図中の矢視方向の直角方向か らの深さ分布も示すこと。また、能登半島周辺のD10%・ D90%について、2007年能登半島地震の震源域の震源 データを除いたD10%・D90%を示すこと。	 第1199回審査会合で示した矢視方向の直角方向からの深さ分布を追加した。同審査会合で示した矢視方向からの断面図と同様、2007年能登半島地震の震源域の震源深さが周囲に比べて浅い傾向であることを確認した。 また、能登半島周辺のD10%・D90%について、2007年能登半島地震の震源域の震源データを除いたD10%・D90%を示した。 	P.259~260
13	地震発生層の設定	2007年能登半島地震に係 る知見による検討	2007年能登半島地震発生日前後の震源深さ分布図に ついて、2007年能登半島地震の震源域の震源が,発生 日前に比べて発生日後に浅くなっている。他の断層でも 同様なことが起きるのか検討すること。	 ・能登半島周辺の地震の震源深さ分布において、2007年能登半島地震の震源域の震源深さが周辺に比べて浅い傾向は、当該地震発生日より前においても認められることを確認した。 	P.260
14	地震発生層の設定	地震調査研究推進本部の 主要活断層帯に係る 知見による検討	邑知潟断層帯の地震発生層上端深さ及び砺波平野断 層帯・呉羽山断層帯の地震発生層下端深さについて、 地震調査研究推進本部の評価(邑知潟断層帯は2020, 砺波平野断層帯・呉羽山断層帯は2004)を踏まえても、 設定した地震発生層3~18kmが妥当であるか科学的に 説明すること。	 ・ 邑知潟断層帯の地震発生層上端深さに係る知見を整理した結果、邑知潟断層帯の地震発生層 上端深さは2~4.7kmと考えられるが、地震調査研究推進本部(2020,2014)を重視し、邑知潟断層 帯の地震発生層上端深さは2kmと判断した。 ・ 砺波平野断層帯・呉羽山断層帯の地震発生層下端深さに係る知見を整理した結果、砺波平野断 層帯・呉羽山断層帯の地震発生層下端深さは16.8~20kmと考えられるが、地震調査研究推進本 部(2004)を重視し、砺波平野断層帯・呉羽山断層帯の地震発生層下端深さは20kmと判断した。 	P.273, P.276, P.279
15	地震発生層の設定	地震調査研究推進本部の 主要活断層帯に係る 知見による検討	邑知潟断層帯のD10%の検討に際しては、邑知潟断層 帯と関連のない2007年能登半島地震等の震源データの 影響がないよう、適切な範囲で再検討すること。	 ・ 邑知潟断層帯のD10%及びD90%の検討では、邑知潟断層帯と関連のない2007年能登半島地震及び2024年能登半島地震の震源データの影響が含まれない範囲で設定した。 ・ また、砺波平野断層帯・呉羽山断層帯のD10%及びD90%の検討範囲についても同様に、砺波平野断層帯・呉羽山断層帯と関連のない跡津川断層帯周辺の震源データの影響が含まれない範囲で設定した。 	P.274, P.277
16	地震発生層の設定	地震発生層の設定	敷地周辺において設定した地震発生層(上端深さ3km・ 下端深さ18km)と異なる地震発生層を設定する断層に ついては、その断層名及び地震発生層の設定値を明示 すること。	・震源として考慮する活断層のうち敷地周辺において設定した地震発生層(上端深さ3km・下端深さ 18km)と異なる地震発生層を設定する断層の断層名及び地震発生層の設定値を明示した。	P.283

コメントNo.4の回答



コメントNo.4の回答





コメントNo.11の回答

コメントNo.11	【回答の概要】(P.187~191)
地下構造モデルの地盤増幅特性の妥当性確	〇設定した地下構造モデルの地盤増幅特性が安全側に設定されていることを確認するため、敷地の鉛直アレー地震観測記録を用いて、
認について、地震観測記録を直接用いた検討	設定した地下構造モデルによる地震動シミュレーションを行い、シミュレーション解析結果と観測記録を比較した。地震動シミュレーショ
を行うこと。	ンは,設定した地下構造モデルのEL-1298mに観測記録を入力し,解放基盤表面を設定した位置(EL-10m)の地震動を評価した。
	〇シミュレーション解析結果と観測記録を比較した結果,検討に用いたいずれの地震についても,シミュレーション解析結果は観測記録
	に対して同程度あるいは大きいことから、設定した地下構造モデルは安全側に設定されていると考えられる。



コメントNo.14の回答

コメントNo.14	【 回答の概要】 (P.273, P.276, P.279)
邑知潟断層帯の地震発生層上端深さ及び砺波平野断層帯・呉羽山断 層帯の地震発生層下端深さについて、地震調査研究推進本部の評価 (邑知潟断層帯は2002)、砺平野断層帯・呉羽山断層帯は2004)を踏ま	〇邑知潟断層帯の地震発生層上端深さに係る知見を整理した結果,邑知潟断層帯の地震発生層上端深さは 2~4.7kmと考えられるが,地震調査研究推進本部(2020,2014)を重視し,邑知潟断層帯の地震発生層上端 深さは2kmと判断した。
えても、設定した地震発生層3~18kmか妥当であるか科学的に説明すること。	〇砺波平野断層帯・呉羽山断層帯の地震発生層下端深さに係る知見を整理した結果、砺波平野断層帯・呉羽 山断層帯の地震発生層下端深さは16.8~20kmと考えられるが、地震調査研究推進本部(2004)を重視し、砺 波平野断層帯・呉羽山断層帯の地震発生層下端深さは20kmと判断した。

邑知潟断層帯の地震発生層上端深さに係る知見に基づく検討結果

対象断層帯	知見	知見の概要	上端深さ				
	地震調査研究推進本部 (2020, 2014)	 ・全国地震動予測地図2020年版によれば、断層モデル上端深さは<u>微小地震の発生</u>と<u>地震基盤深さ</u>を参考に2kmと設定されている。 	2km				
邑知潟断層帯	当社による 気象庁の震源データに 基づく検討	・1997年10月から2024年11月までの気象庁の震源データによる邑知潟断層帯周辺のD10%は、4.7kmとなる。	4.7km				
	lidaka et al.(2008)	 中部日本を横断する測線において、屈折法地震探査を実施し、邑知潟断層帯周辺のP波速度構造断面を評価している。 P波速度構造断面によると、P波速度が5.8km/sの層の上端深さは3kmよりも深い。 	3kmより深い				
	邑知潟断層帯の地震発生層上端深さ <u>2km</u>						
 と 日知潟断層 が, 地震調査 	と 邑知潟断層帯の地震発生層上端深さに係る知見を整理した結果、邑知潟断層帯の地震発生層上端深さは2~4.7kmと考えられるが、地震調査研究推進本部(2020, 2014)を重視し、 邑知潟断層帯の地震発生層上端深さは2kmと判断する。						

砺波平野断層帯・呉羽山断層帯の地震発生層下端深さに係る知見に基づく検討結果

対象断層帯	知見	知見の概要	下端深さ			
	地震調査研究推進本部 (2004)	 ・ 強震動評価によれば、 (数小地震の深さ分布及び地盤構造の評価結果から、地震発生層を深さ4~20kmと設定している。 	20km			
砺波平野断層帯 ·呉羽山断層帯	当社による 気象庁の震源データに 基づく検討	• 1997年10月から2024年11月までの気象庁の震源データによる砺波平野断層帯・呉 羽山断層帯周辺の <u>D90%は、16.8km</u> となる。	16.8km			
	lidaka et al.(2003)	 中部日本を横断する測線において、<u>屈折法地震探査を実施</u>し、砺波平野断層帯・ 呉羽山断層帯周辺のP波速度構造断面を評価している。 P波速度構造断面によると、コンラッド面深さは18km程度である。 	18km程度			
	断層帯・呉羽山断層帯の地震発生層下端深さ	<u>20km</u>				
砺波平野断層帯・呉羽山断層帯の地震発生層下端深さに係る知見を整理した結果、砺波平野断層帯・呉羽山断層帯の地震発生 層下端深さは16.8~20kmと考えられるが、地震調査研究推進本部(2004)を重視し、 砺波平野断層帯・呉羽山断層帯の地震発生 層下端深さは20kmと判断する。						

コメントNo.16の回答

コメントNo.16

敷地周辺において設定した地震発生層(上端深さ3km・下端深さ18km)と異なる地震発生層を設定する断層については、その断層名及び地震発生層の設定値を明示すること。

【回答の概要】(P.283)

○ 震源として考慮する活断層のうち敷地周辺において設定した地震発生層(上端深さ3km・下端深さ18km)と異なる地 震発生層を設定する断層の断層名及び地震発生層の設定値を明示した。



敷地周辺の断層の分布 (震源として考慮する活断層を表示) (18), (30)の断層は, 地震調査研究推進本部(2024b)を踏まえ新たに震源として考慮する活断層とした海域活断層

	断届名	ト提売さ	下提深さ	
動		<u>エュニュホマ</u> 3 km	<u>19年7月</u> 18 km	
地		3 km	18 km	
近		2 km	10 km	
1伤	(3) 春盤島沖断層	3 KIII		
	(4) 富来川南岸断層	3 KM	18 KM	
	(5) 酒見断層	3 km	18 km	
	(6) 眉丈山第2断層	3 km	18 km	
	(7) 能登島半の浦断層帯	3 km	18 km	
	(8) 海士岬沖断層帯	2 km	18 km	
	(9-1) 笹波沖断層帯(東部)	2 km	18 km	
	(9-2) 笹波沖断層帯(西部)	2 km	18 km	
	(10-1) 猿山沖セグメント	3 km	18 km	
	(10-2) 輪島沖セグメント	3 km	18 km	
	(10-3) 珠洲沖セグメント	3 km	18 km	
	(10-4) 禄剛セグメント	3 km	18 km	
	(11) NT2 • NT3	3 km	18 km	
	(12) 富来川断層	3 km	18 km	
	(13) 羽咋沖東撓曲	3 km	18 km	
畫作	(14) 羽咋沖西捧曲	3 km	18 km	
敫	(15) 吕知潟南緑新層帯	2 km	18 km	
地		3 km	18 km	
		3 km	18 km	
周		3 km	10 km	
辺	(18) 沖ノ瀬断層	0 km	10 Kill	
	(19-1) 能都断層帯 とやまわん にしがわ かいいき	3 KM	18 KM	
		3 km	18 km	
	(20-2) 畠山湾四側海域断層(北部) (20-3) TB3	<u>3 km</u>	18 km	
	(21-1) 砺波平野新層帯 (西部)	3 km	20 km	
	(22) 法山岬北方油断属	3 km	18 km	
		3 km	20 km	
		3 km	20 km	
	(24) 吴羽山町厝市 (25-1) KZ3	3 km	18 km	
	(25-2) KZ4	3 km	18 km	
	(26) K26 (27–1) FII1	3 km	18 Km 18 km	
	(27-2) FU2	3 km	18 km	
	(27–3) FU3	3 km	18 km	
		2 km	10 Kill 18 km	
1	<u>(23) 午自断増売</u> のとはんとう ほっぽうおき	2 1	10 1	
	(30) 能登半島北方沖断層	зкт	ISKM	
	(31) 跡津川断層帯	2 km	18 km	
1	(32) 魚津断層帯	3 km	18 km	
	(33–1) TB5 (33–2) TB6	3 km	20 km	
	(33-3) J01	3 km	20 km	
	(33-4) J02	3 km	20 km	
	(33-5) JU3	3 Km	20 km	
1	(34) 御母衣断層 (35) NT1	2 Km	10 KM	
1		2 km	18 km	
	(30) 作用井平野来称町間市	3 km	18 km	
1	(37-2)糸魚川一静岡構造線活断層系(北部)	3 km	18 km	
1	(37-3)糸魚川一静岡構造線活断層系(中南部)	3 km	18 km	46
1	(3/-4)糸角川一静岡構造銀活新層系(南部)	∣ 3 km	∣ 18 km	-10

「上端深さを3kmかつ下端深さを18kmと設定する断層」以外の断層

○ ここでは,解釈別記2及び審査ガイドの記載事項を整理したうえで,地下構造評価及び地震発生層の設 定のフローを項目ごとに示す。

- i. 地下構造評価(P.48~50)
- ii. 地震発生層の設定(P.51~52)
- なお,当資料の地下構造評価において設定する地下構造モデルは,「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」及び「震源を特定せず策定する地震動」の両者の評価で用いる。

i(1)地下構造評価に係る解釈別記2の記載事項の整理

○ 地下構造評価にあたり,解釈別記2の記載事項を整理した。

【解釈別記2】(地下構造評価に係る部分の抜粋※)

第4条(地震による損傷の防止)

- 5 第4条第3項に規定する「基準地震動」は、最新の科学的・技術的知見を踏まえ、敷地及び敷地周辺の地質・地質構造、地盤構造並びに地震活動性等の地震学及び地震工学的見地から想定することが適切なものとし、次の方針により策定すること。
- 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」及び「震源を特定せず策定する地震動」について、解放基盤表面における水平方向及び鉛直方向の地震動としてそれぞれ策定すること。

上記の「解放基盤表面」とは、基準地震動を策定するために、<u>基盤面上の表層及び構造物が無いものとして仮想的に設定する自由表面であって、著しい高低差がなく、ほぼ水平で相当な拡がりを</u> 持って想定される基盤の表面をいう。ここでいう上記の「基盤」とは、おおむねせん断波速度Vs=700m/s以上の硬質地盤であって、著しい風化を受けていないものとする。

- 四 基準地震動の策定に当たっての調査については、目的に応じた調査手法を選定するとともに、調査手法の適用条件及び精度等に配慮することによって、調査結果の信頼性と精度を確保すること。 また、上記の「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」及び「震源を特定せず策定する地震動」の地震動評価においては、適用する評価手法に必要となる特性データに留意の上、地震波の伝 播特性に係る次に示す事項を考慮すること。
 - ① <u>敷地及び敷地周辺の地下構造(深部・浅部地盤構造)が地震波の伝播特性に与える影響を検討するため、敷地及び敷地周辺における地層の傾斜、断層及び褶曲構造等の地質構造を評価 するとともに、地震基盤の位置及び形状、岩相・岩質の不均一性並びに地震波速度構造等の地下構造及び地盤の減衰特性を評価すること。</u>なお、評価の過程において、地下構造が成層か つ均質と認められる場合を除き、三次元的な地下構造により検討すること。
 - ② 上記①の評価の実施に当たって必要な<u>敷地及び敷地周辺の調査については、地域特性及び既往文献の調査、既存データの収集・分析、地震観測記録の分析、地質調査、ボーリング調査</u> 並びに二次元又は三次元の物理探査等を適切な手順と組合せで実施すること。

※ 下線は、下表の記載事項に対応する箇所として当社で追記



解釈別記2の記載事項の整理

項目	記載事項
解放基盤表面の設定	 著しい高低差がなく、ほぼ水平で相当な拡がりを持って想定される自由表面であり、せん断波速度がおおむね700m/s以上の硬質地盤であって、著しい風化を受けていない位置に設定すること(以下、「①解放基盤表面の位置」という)
敷地地盤の地下構造及び 地震波の伝播特性の評価	 敷地及び敷地周辺の調査については、地域特性及び既往文献の調査、既存データの収集・分析、地震観測記録の分析、地質調査、ボーリング調査並びに二次元又は 三次元の物理探査等を適切な手順との組合せで実施すること 敷地及び敷地周辺の地下構造(深部・浅部地盤構造)が地震波の伝播特性に与える影響を検討するため、2<u>敷地及び敷地周辺における地層の傾斜、断層及び褶曲構</u> 造等の地質構造を評価するとともに、 ①地震基盤の位置及び形状、 ①岩相・岩質の不均一性並びに ①地震波速度構造等の地下構造及び地盤の減衰特性を評価する こと (1~⑤は把握すべき事項)

i.(2) 地下構造評価に係る審査ガイドの記載事項の整理

○ 地下構造評価にあたり,審査ガイドの記載事項を整理した。

【審査ガイド】(地下構造評価に係る部分の抜粋※1)

5. 地震動評価のための地下構造調査

5.1 調査方針

- (1) 地下構造(地盤構造, 地盤物性)の性状は敷地ごとに異なるため, 地震動評価のための地下構造モデル作成に必要な地下構造調査に際しては, それぞれの敷地における適切な調査・手法が適用されていることを確認する。
- (2) 地下構造調査により,敷地及び敷地周辺における地層の傾斜,断層及び褶曲構造等の地質構造を把握するとともに,地震基盤・解放基盤の位置や形状,地下構造の三次元不整形性,岩相・岩 質の不均一性,地震波速度構造等の地下構造及び地盤の減衰特性が適切に把握できていることを確認する。
- (3) 敷地及び敷地周辺の調査については、地域特性、既往文献の調査、既存データの収集・分析、地震観測記録の分析、地質調査、ボーリング調査及び二次元又は三次元の物理探査等を適切な 手順と組合せで実施されていることを確認する。
- (4) 地震動評価の過程において、地下構造が成層かつ均質と認められる場合を除き、三次元的な地下構造により検討されていることを、「基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド」により確認 する。

5.2 地下構造調査

- 5.2.1 広域地下構造調査(概査)
- (1) <u>比較的長周期領域における地震波の伝播特性に大きな影響を与える</u>, 地震発生層を含む地震基盤から解放基盤までの地下構造モデルを作成するための広域地下構造調査(概査)が, 適切に 行われていることを確認する。
- (2) 広域地下構造調査(概査)として,ボーリング及び物理検層,反射法・屈折法地震探査,電磁気探査,重力探査,微動アレイ探査及び水平アレイ地震動観測等による調査・探査・観測を適切な範囲及び数量で実施していることを確認する。
- (3) <u>震源から対象サイトの地震基盤までの地震波の伝播経路特性に影響を与える地殻構造調査として、弾性波探査や地震動観測等を適切な範囲及び数量で実施していることを確認する。</u>
- 5.2.2 敷地近傍地下構造調査(精査)
- (1) 比較的短周期領域における地震波の伝播特性に影響を与える、地震基盤から地表面までの地下構造モデルを作成するための敷地近傍地下構造調査(精査)が、適切に行われていることを確認する。
- (2) <u>敷地周辺における地層の傾斜, 断層及び褶曲構造等の地質構造・地下構造を把握するため, ボーリング調査に加えて地震基盤相当に達する大深度ボーリング, 物理検層, 高密度な弾性波探</u> 査, 重力探査, 微動アレイ探査等による調査・探査, 鉛直アレイ地震動観測及び水平アレイ地震動観測等を適切な範囲及び数量で実施していることを確認する。

※1 下線は、下表の記載事項に対応する箇所として当社で追記



審査ガイドの記載事項の整理※2

項目	記載事項				
敷地地盤の地下構造及び	広域地下構造調査 (概査)	 比較的長周期領域における地震波の伝播特性に大きな影響を与える、地震発生層を含む地震基盤から解放基盤までの地下構造モデル を作成するための広域地下構造調査(概査)を、適切に行うこと ボーリング及び物理検層、反射法・屈折法地震探査、電磁気探査、重力探査、微動アレイ探査及び水平アレイ地震動観測等による調査・ 探査・観測を適切な範囲及び数量で実施すること 震源から対象サイトの地震基盤までの地震波の伝播経路特性に影響を与える地殻構造調査として、弾性波探査や地震動観測等を適切 な範囲及び数量で実施すること 			
地震波の近面特圧の計画	敷地近傍地下構造調査 (精査)	 比較的短周期領域における地震波の伝播特性に影響を与える, 地震基盤から地表面までの地下構造モデルを作成するための敷地近傍 地下構造調査(精査)を, 適切に行うこと 敷地周辺における地層の傾斜, 断層及び褶曲構造等の地質構造・地下構造を把握するため, ボーリング調査に加えて地震基盤相当に 達する大深度ボーリング, 物理検層, 高密度な弾性波探査, 重力探査, 微動アレイ探査等による調査・探査, 鉛直アレイ地震動観測及び 水平アレイ地震動観測等を適切な範囲及び数量で実施すること 			

※2 解釈別記2の記載事項と重複している事項は除いて整理

i.(3) 地下構造評価のフロー

- 〇 地下構造評価は、解釈別記2及び審査ガイドの記載事項を踏まえ、下記の流れで評価を行う。
 - まず、「①解放基盤表面の位置」、「②敷地及び敷地周辺における地層の傾斜、断層及び褶曲構造等の地質構造」、「③地震基盤の位置及び形状」、「③岩相・岩質の不均一性」及び「⑤地震波速度構造等の地下構造及び地盤の減衰特性」を把握するため、敷地及び敷地周辺の調査を実施する。調査については、地域特性及び既往文献の調査、既存データの収集・分析、地震観測記録の分析、地質調査、ボーリング調査並びに二次元又は三次元の物理探査等を組み合わせて実施する。また、上記①~⑤を把握した結果を踏まえ、敷地及び敷地周辺の地下構造が地震波の伝播特性に与える影響を検討し、地下構造が成層かつ均質と認められるか評価を行う。(1章で説明)
 - つぎに、地下構造が成層かつ均質と認められる場合は、調査により把握した敷地の地質・地質構造、地震波速度構造等の地下構造及び地盤の減衰特性を踏まえ、一次元の地下構造モデルを設定する。なお、地下構造が成層かつ均質と認められない場合は、別途、三次元的な地下構造により検討を行う。(2章で説明)
 - さらに、申請時以降に得られた知見や大深度地震観測記録等を用いた検討を実施し、地下構造モデルが適切に設定されていることを確認する。(3章で説明)
- 上記の内容を踏まえた地下構造評価のフローを下図に示す。



3章 地下構造モデルの妥当性確認

申請時以降に得られた知見や大深度地震観測記録等を用いた検討を実施し, 地下構造モデルが適切に設定されていることを確認

地下構造評価のフロー

ii.(1) 地震発生層の設定に係る審査ガイドの記載事項の整理

○ 地震発生層の設定にあたり、審査ガイドの記載事項を整理した。

【審査ガイド】(地震発生層の設定に係る部分の抜粋)※



※下線は、下表の記載事項に対応する箇所として当社で追記



項目	記載事項
地震発生層の設定	 ・地震発生層の浅さ限界・深さ限界は、敷地周辺で発生した<u>①地震の震源分布・2キュリー点深度</u>・会速度構造デー <u>2等</u>を参考に設定すること ・地震発生層の浅さ限界を設定する際には、周辺地域やテクトニクス的背景が類似の地域における <u>①大地震の余震</u> <u>の深さ</u>を参考とすること (①~ ♀」は把握すべき事項)

第1199回審査会合 資料1 P.26 再掲 ii.(2) 地震発生層の設定のフロー

- 地震発生層は、審査ガイドの記載事項を踏まえ、下記の流れで設定を行う。
 ・まず、敷地周辺の「●地震の震源分布」、「≥キュリー点深度」及び「≤速度構造データ等」を把握し、敷地周辺の地震発生層上端深さ及び下端深さを設定する。(4.1節で説明)
 ・つぎに、敷地周辺の「④大地震(2007年能登半島地震及び2024年能登半島地震)の余震の深さ」を把握し、2007年能登半島地震及び2024年 能登半島地震の震源断層上端深さを設定する。(4.2節で説明)
 ・また、「地震調査研究推進本部の主要活断層帯等」の知見を踏まえ、敷地周辺断層の地震発生層上端深さ及び下端深さを設定する。(「●地 震の震源分布」及び「≤)速度構造データ等」に関連、4.3節で説明)
- 上記の内容を踏まえた地震発生層の設定のフローを下図に示す。



地震発生層の設定のフロー

1. 地下構造の成層性及び均質性の評価

1.地下構造の成層性及び均質性の評価 (1)地下構造の成層性及び均質性の評価方法

 ○ 1章では、下図の地下構造評価のフローに基づき、「①解放基盤表面の位置」、「②敷地及び敷地周辺における地層の傾斜、断層及び褶曲構造 等の地質構造」、「③地震基盤の位置及び形状」、「④岩相・岩質の不均一性」及び「⑤地震波速度構造等の地下構造及び地盤の減衰特性」を 把握するため、敷地及び敷地周辺の調査を実施する。調査については、地域特性及び既往文献の調査、既存データの収集・分析、地震観測記 録の分析、地質調査、ボーリング調査並びに二次元又は三次元の物理探査等を組み合わせて実施する。また、上記①~⑤を把握した結果を 踏まえ、敷地及び敷地周辺の地下構造が地震波の伝播特性に与える影響を検討し、地下構造が成層かつ均質と認められるか評価を行う。
 ○ 敷地及び敷地周辺の調査の手法等の概要を次頁に示す。なお、敷地及び敷地周辺の調査は、「地質・地質構造の調査による地下構造の検討」(1.1節)、「物理探査による地下構造の検討」(1.2節)及び「観測記録による地下構造の検討」(1.3節)に分類して、説明する。



地下構造評価のフロー

1.地下構造の成層性及び均質性の評価 (2)敷地及び敷地周辺の調査の概要

紫字は第1199回審査会合以降に追加した箇所

- 前頁に示す①~⑤を把握するための敷地及び敷地周辺の調査については、比較的長周期領域を対象とした「広域地下構造調査(概査)」及び 比較的短周期領域を対象とした「敷地近傍地下構造調査(精査)」のそれぞれについて、地域特性及び既往文献の調査、既存データの収集・分 析、地震観測記録の分析、地質調査、ボーリング調査並びに二次元又は三次元の物理探査等を組み合わせて実施する。
- 〇「広域地下構造調査(概査)」は敷地から半径30km程度以内の範囲、「敷地近傍地下構造調査(精査)」は敷地から半径5km程度以内の範囲を 対象として調査を行う。具体的な調査の手法及び範囲を下図に、調査の手法等の概要を次頁~次々頁に示す。
- また,これら調査による地下構造の成層性及び均質性の評価の検討内容をP.58に示す。



敷地及び敷地周辺の調査の手法及び範囲

※「1. 地下構造の成層性及び均質性の評価」における各調査は、地震動評価の3要素のうち『サイト特性』または『伝播経路特性』に対応し(詳細は次頁~次々頁)、 「4. 地震発生層の設定」における各調査は、地震動評価の3要素のうち『震源特性』に対応する(詳細はP.227)。

紫字は第1199回審査会合以降に追加した箇所

【調査の目的と各調査の対象及び手法(1/2)】

: 地質・地質構造の調査による地下構造の検討
 : 物理探査による地下構造の検討
 : 観測記録による地下構造の検討

調査の目的		対象 水平方向 深さ方向			手法※			和我做死			
				深さ方向	種別		内容	の3要素	記載面別		
							地質・地質構造を確認する。	サイト特性	1.1.3項		
0	解放基盤表面 の位置 の把握	敷地		EL-200m程度以浅	ø	浅層ボーリング調査	PS検層に基づくS波速度構造を確認する。	サイト特性	1.1.4項		
					k	単点微動探査	S波速度構造を確認する。	サイト特性	1.1.4項		
					a	地表地質調査	地質・地質構造を確認する。	サイト特性			
	敷地及び敷地周辺の 地層の傾斜, 断層及び 褶曲構造等の地質構造 の把握	敷地及び敷地周辺の	敷地周辺	敷地周辺	周辺 地表付近	地表付近	b	文献調査	地質・地質構造を確認する。	サイト特性	1.1.1~ 1.1.2項
0					C	音波探査	地質・地質構造を確認する。	サイト特性			
		載中	動 + 地	載抽	EL-200m程度以浅	ø	浅層ボーリング調査	地質・地質構造を確認する。	サイト特性	1.1.3項	
		,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,		地震基盤以浅	þ	大深度ボーリング調査	地質・地質構造を確認する。	サイト特性	1.1.5項		
		載	抽画罚	地震其般	e	重力探査	ブーゲー異常を確認する。	サイト特性	1.2.1項		
		77	C + C / D / 22	地反坐曲	đ	屈折法地震探査	P波速度構造を確認する。	サイト特性	1.2.3項		
	地震基盤	敷地	近傍	地震基盤	Û	微動アレー探査	S波速度構造を確認する。	サイト特性	1.2.4項		
8	の 位置及ひ形状 の把握				ħ	大深度ボーリング調査	PS検層に基づくS波速度構造を確認する。	サイト特性	1.1.5項		
		敷地		地震基盤	Ó	反射法地震探查·VSP探查	反射断面を確認する。	サイト特性	1.2.5項		
					ĸ	単点微動探査	地下の速度構造が反映されている微動H/Vスペクトル比 を敷地の複数の観測点で比較する。	サイト特性	1.2.7項		

※ 赤字の調査内容は、地質・地質構造の審査において説明済みの内容

紫字は第1199回審査会合以降に追加した箇所

□:地質・地質構造の調査による地下構造の検討

:物理探査による地下構造の検討
:観測記録による地下構造の検討

調査の目的		対象			手法*						
		水平方向		深さ方向		種別	内容	の3要素	記載箇所		
3			敷地周辺	地表付近	a	地表地質調査	地質・地質構造を確認する。	サイト特性			
	岩相・岩質 の不均一性 の把握				b	文献調査	地質・地質構造を確認する。	サイト特性	1.1.1~ 1.1.2項		
					©	音波探査	地質・地質構造を確認する。	サイト特性			
			敷地	EL-200m程度以浅	Ø	浅層ボーリング調査	地質・地質構造を確認する。	サイト特性	1.1.3項		
				地震基盤以浅	h	大深度ボーリング調査	地質・地質構造を確認する。	サイト特性	1.1.5項		
				地震基盤	đ	屈折法地震探查	P波速度構造を確認する。	サイト特性	1.2.3項		
	地震波速度構造等 の地下構造及び 地盤の減衰特性 の把握		敷地周辺	地震基盤より深部	b	文献調査	屈折法地震探査に基づくP波速度構造を確認する。	伝播経路特性	1.2.3項		
					ø	文献調査	地震波トモグラフィーに基づくP波速度構造・S波速度構造 を確認する。	伝播経路特性	1.2.2項		
					Ð	広域微動探査	地下の速度構造が反映されている広域微動観測記録に 基づき複数の観測点ペアで評価した群速度を比較する。	伝播経路特性	1.2.6項		
			敷地近傍	地震基盤	Û	微動アレー探査	S波速度構造を確認する。	サイト特性	1.2.4項		
6				EL-200m程度以浅	g	浅層ボーリング調査	PS検層に基づくP波速度構造・S波速度構造、密度試験に 基づく密度構造及びQ値測定に基づく減衰構造を確認す る。	サイト特性	1.1.4項, 1.1.6項		
					ħ	大深度ボーリング調査	PS検層に基づくP波速度構造・S波速度構造、密度検層に 基づく密度構造及びQ値測定に基づく減衰構造を確認す る。	サイト特性	1.1.5~ 1.1.6項		
			敷地	地震基盤以浅	m	水平アレー地震観測	観測点間の応答スペクトル比を確認し, 地震波の到来方 向ごとに比較する。	サイト特性	1.3.3~ 1.3.4項		
					1	鉛直アレー地震観測	自由地盤地震観測点の深度別応答スペクトルを確認する。 観測点間の応答スペクトル比を確認し、地震波の到来方 向ごとに比較する。	サイト特性	1.3.1~ 1.3.2項		
									n	原子炉建屋基礎版上地震観測	原子炉建屋基礎版上における加速度時刻歴波形及び応 答スペクトルを1号と2号で比較する。

【調査の目的と各調査の対象及び手法(2/2)】

※ 赤字の調査内容は、地質・地質構造の審査において説明済みの内容

1. 地下構造の成層性及び均質性の評価 (4) 地下構造の成層性及び均質性の評価の検討内容

地質・地質構造の調査による地下構造の検討(1.1節)

地震基盤以浅の地下構造の成層性及び均質性を評価するため、 地震基盤の位置及び形状, 地震基盤より深部の地下構造の成層 敷地の鉛直アレー地震観測記録により敷地地盤の増幅特性を把 「敷地及び敷地周辺における地層の傾斜、断層及び褶曲構造等 性及び均質性を評価するため、「地震基盤の位置及び形状」、「地 握する(1.3.1項)とともに、地震基盤以浅の地下構造の成層性及び 検討 検討方針 の地質構造」、「岩相・岩質の不均一性」並びに「敷地の地震基盤 震基盤より深部の速度構造」に関する物理探査による検討を実施 均質性を評価するため、敷地内の複数地点で得られた地震観測 以浅の速度構造、減衰特性」に関する地質・地質構造の調査によ する(1.2.1~1.2.7項)。 記録を比較、検討する(1.3.2~1.3.5項)。 方針 方針 また、これらの検討結果を踏まえ、敷地の地震基盤を設定する る検討を実施する(1.1.1~1.1.6項)。 また、これらの検討結果を踏まえ、敷地の解放基盤表面を設定す (1.2.8項)。 る(1.1.7項)。 1.3.1 鉛直アレー地震観測記録(深度別)を用いた検討 1.2.1 重力探査 1.1.1 敷地周辺の地質・地質構造 ● 敷地周辺の地震基盤の形状を把握するため、敷地周辺の • 敷地の増幅特性(地震基盤~解放基盤表面)を把握するため 敷地周辺の地層の傾斜、断層及び褶曲構造等の地質構造、 ブーゲー異常図及び水平一次微分図を確認。 自由地盤地震観測点における深度別(EL+19.5m, EL-10m, 並びに岩相・岩質の不均一性を把握するため、 地表地質調査 1.2.2 地震波トモグラフィー EL-100m, EL-200m, EL-1298m)の応答スペクトルより増幅傾 等の地質調査結果から地質・地質構造を確認。 ● 敷地周辺の地震基盤より深部(深さ5km程度以深)の速度構 向を確認。 1.1.2 敷地近傍の地質・地質構造 造を把握するため、地震波トモグラフィーに基づくP波速度構 1.3.2 鉛直アレー地震観測記録(到来方向別)を用いた検討 敷地近傍の地層の傾斜,断層及び褶曲構造等の地質構造, 造及びS波速度構造を確認。 ● 敷地のEL-200m~解放基盤表面を対象に特異な速度構造の 並びに岩相・岩質の不均一性を把握するため、 地表地質調査 有無を確認するため,自由地盤地震観測点における応答スペ 1.2.3 屈折法地震探查 等の地質調査結果から地質・地質構造を確認。 ● 敷地周辺の地震基盤の位置及び形状、並びに地震基盤より クトル比(EL-10m/EL-200m)を地震波の到来方向ごとに比 1.1.3 敷地の地質・地質構造 深部の速度構造を把握するため, 文献及び当社による屈折 較。 法地震探査に基づくP波速度構造を確認。 1.3.3 水平アレー地震観測記録(地表)(到来方向別)を用いた検討 敷地の地層の傾斜,断層及び褶曲構造等の地質構造,並び ● 敷地の地震基盤以浅を対象に特異な速度構造の有無を確認 1.2.4 微動アレー探査 に岩相・岩質の不均一性を把握するため、ボーリング調査等 敷地近傍の地震基盤の位置及び形状を把握するため、微動 するため、水平アレー地震観測点(地表)間の応答スペクトル の地盤調査結果から地質・地質構造を確認。 アレー探査に基づくS波速度構造を確認し、地震基盤に相当 比を地震波の到来方向ごとに比較。 1.1.4 原子炉設置位置付近の速度構造等(EL-200m以浅) 1.3.4 水平アレー地震観測記録(地中)(到来方向別)を用いた検討 する層の上面の深さを複数の地点で比較。 ● 原子炉設置位置付近のEL-200m以浅の速度構造を把握する 1.2.5 反射法地震探查 · VSP探查 ● 敷地の地震基盤~EL-200mを対象に特異な速度構造の有無 ため、26孔の浅層ボーリングで実施したPS検層結果を確認。 敷地の地震基盤の位置及び形状を把握するため、大深度 を確認するため、EL-200mの地震観測点間の応答スペクトル 原子炉設置位置周辺の第3速度層上面の形状を把握するた 比(自由地盤EL-200m/2号原子炉建屋直下EL-200m)を地 ボーリング孔を用いたVSP探査及び海陸連続で測線を配置し め、敷地の複数の観測点で、微動H/Vスペクトル比を用いた た反射法地震探査に基づく反射断面を確認。 震波の到来方向ごとに比較。 逆解析により第3速度層上面の標高を推定。 1.3.5 原子炉建屋基礎版上の地震観測記録を用いた検討 1.2.6 広域微動探査 敷地周辺の地震基盤より深部の速度構造を把握するため、地 ● 敷地の地震基盤以浅を対象に特異な速度構造の有無を確認 周囲と異なる速度特性を示す範囲(第3'速度層及び第4'速度 下の速度構造が反映されている広域微動観測記録に基づき するため、1号原子炉建屋基礎版上及び2号原子炉建屋基礎 層)が地震動へ与える影響を把握するため、二次元FEMモデ 複数の観測点ペアで評価した群速度を比較。 版上での加速度時刻歴波形及び応答スペクトルを比較。 ルを用いた地震動シミュレーション等による検討を実施。 1.2.7 単点微動探査 1.1.5 原子炉設置位置付近の速度構造等(地震基盤以浅) 敷地の地震基盤の形状を把握するため、地下の速度構造が ● 原子炉設置位置付近の地震基盤以浅の地質,速度構造を把 反映されている微動H/Vスペクトル比を敷地の複数の観測点 握するため、2孔で実施した大深度ボーリング調査結果を確認。 で比較。また、水平アレー地震観測記録を用いた検討結果と 大深度ボーリング2孔における花崗岩上面の高度差が地震動 の整合性を確認。 ヘ与える影響を把握するため、二次元FEMモデルを用いた地 1.2.8 地震基盤の設定 震動シミュレーション等による検討を実施。 敷地の地震基盤は、「基準地震動及び耐震設計方針に係る」 審査ガイド」の記載事項及び敷地地盤の特徴を踏まえて設定。 1.1.6 原子炉設置位置付近の減衰構造(地震基盤以浅) ● 原子炉設置位置付近の減衰特性を把握するため、2孔で実施 したQ値測定結果を確認。 1.1.7 解放基盤表面の設定 ・ 敷地の解放基盤表面は、解釈別記2の記載事項及び敷地地 盤の特徴を踏まえて設定。 P.59~118 P.119~143

紫字は第1199回審査会合以降に追加した箇所

観測記録による地下構造の検討(1.3節)

P.167

1.1~1.3節の検討の結果を踏まえ、地下構造の成層性及び均質性を評価

【検討内容】

物理探査による地下構造の検討(1.2節)

P.144~166

1.1 地質・地質構造の調査による地下構造の検討

1.1 地質・地質構造の調査による地下構造の検討 検討方針

- 地震基盤以浅の地下構造の成層性及び均質性を評価するため、「敷地及び敷地周辺における地層の傾斜、断層及び褶曲構造等の地質構造」、「岩相・岩質の不均一性」並びに「敷地の地震基盤以浅の速度構造、減衰特性」に関する地質・地質構造の調査による検討を実施する(1.1.1~ 1.1.6項)。
- また, これらの検討結果を踏まえ, 敷地の解放基盤表面を設定する(1.1.7項)。

調査項日		翻支卡油	調査の日始	対象		手法 [※]		地震動評価	=+ 4m== 00
調査項日		調査力法	調査の日的	水平方向	深さ方向	種別	内容	の3要素	計 細況明
1.1.1	敷地周辺の地質・地質構 造	敷地周辺の地層の傾斜, 断層及び褶曲構造等 の地質構造, 並びに岩相・岩質の不均一性を把 握するため, 地表地質調査等の地質調査結果 から地質・地質構造を確認する。	 ○敷地及び敷地周辺の地層の傾斜,断層及び褶曲構造等の地質構造 並びに ◆岩相・岩質の不均一性の把握 	敷地周辺 (半径30km)	地表付近	⑧地表地質調査 動文献調査 ⓒ音波探査	地質・地質構造を確認する。	サイト特性	P.61~64
1.1.2	敷地近傍の地質・地質構 造	敷地近傍の地層の傾斜, 断層及び褶曲構造等 の地質構造, 並びに岩相・岩質の不均一性を把 握するため, 地表地質調査等の地質調査結果 から地質・地質構造を確認する。	 ○敷地及び敷地周辺の地層の傾斜,断層及び褶曲構造等の地質構造並びに ○岩相・岩質の不均一性の把握 	敷地近傍 (半径5km)	地表付近	⑧地表地質調査 〕文献調査 ⓒ音波探査	地質・地質構造を確認する。	サイト特性	P.65~66
1.1.3	敷地の地質・地質構造	敷地の地層の傾斜、断層及び褶曲構造等の地 質構造,並びに岩相・岩質の不均一性を把握す るため,ボーリング調査等の地盤調査結果から 地質・地質構造を確認する。	●解放基盤表面の位置 並びに ②敷地及び敷地周辺の地層 の傾斜,断層及び褶曲構造 等の地質構造 並びに ③岩相・岩質の不均一性 の把握	敷地	EL-200m程度 以浅	⑧浅層ボーリング調査	地質・地質構造を確認する	サイト特性	P.67~79
		原子炉設置位置付近のEL-200m以浅の速度構 造を把握するため、26孔の浅層ボーリングで実 施したPS検層結果を確認する。	●解放基盤表面の位置 並びに ⑤地震波速度構造等の地下 構造及び地盤の減衰特性 の把握	敷地	EL-200m程度 以浅	⑧浅層ボーリング調査	PS検層に基づくP波速度 構造・S波速度構造及び密 度試験に基づく密度構造 を確認する。	サイト特性	P.80~83
1.1.4	原子炉設置位置付近の速 度構造等 (EL-200m以浅)	原子炉設置位置周辺の第3速度層上面の形状 を把握するため、敷地の複数の観測点で、微動 H/Vスペクトル比を用いた逆解析により第3速度 層上面の標高を推定する。	●解放基盤表面の位置 並びに ⑤地震波速度構造等の地下 構造及び地盤の減衰特性 の把握	敷地	EL-200m程度 以浅	⑥単点微動探査	S波速度構造を確認する。	サイト特性	P.88~89
		周囲と異なる速度特性を示す範囲(第3'速度層 及び第4'速度層)が地震動へ与える影響を検 討するため、二次元FEMモデルを用いた地震動 シミュレーション等による検討を実施する。	3地震波速度構造等の地下構造及び地盤の減衰特性の把握	敷地	EL-200m程度 以浅	-	-	サイト特性	P.90~98
	盾之右設置位置付近の油	原子炉設置位置付近の地震基盤以浅の地質, 速度構造を把握するため,2孔で実施した大深 度ボーリング調査結果を確認する。	・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・	敷地	地震基盤以浅	⑥大深度ボーリング調査	PS検層に基づくS波速度 構造及び密度検層に基づ く密度構造を確認する。	サイト特性	P.99~101
1.1.5	度構造等(地震基盤以浅)	大深度ボーリング2孔における花崗岩上面の高 度差が地震動へ与える影響を検討するため、ニ 次元FEMモデルを用いた地震動シミュレーショ ン等による検討を実施する。	 ・地震波速度構造等の地下構造及び地盤の減衰特性の把握 	敷地	地震基盤以浅	-	-	サイト特性	P.102~111
1.1.6	原子炉設置位置付近の減 衰構造(地震基盤以浅)	原子炉設置位置付近の減衰特性を把握するた め、2孔で実施したQ値測定結果を確認する。	5地震波速度構造等の地下 構造及び地盤の減衰特性 の把握	敷地	地震基盤以浅	⑧浅層ボーリング調査	Q値測定に基づく減衰構造 を確認する。	サイト特性	P.112

※ 青字の調査内容は、地質・地質構造の審査において説明済みの内容

:地質・地質構造の調査による地下構造の検討

1.1.1 敷地周辺の地質・地質構造 敷地を中心とした半径30km範囲(陸域) (1/2)

二穴シルト岩層・

中田凝灰岩層

中波泥岩層·

上棚泥岩層·

- 敷地周辺の地層の傾斜、断層及び褶曲構造等の地質構造、並びに岩相・岩質の不均一性を把握するため、地表地質調査等の地 質調査結果から地質・地質構造(敷地周辺の地質・地質構造で説明済み)を確認した。
- 敷地周辺陸域の地質は、新第三紀以降の地層が基盤である花崗岩類を直接覆っている。花崗岩の露岩域は、高爪山、眉丈山南 東縁,石動山及び宝達山周辺に限定されている。
- 敷地を含む邑知潟平野北側では、大きな褶曲構造は認められない。邑知潟平野南側では、NNE-SSW方向及びNE-SW方向を示す 褶曲とE-W方向を示す褶曲が認められる。



【地質断面図】



^{1.1.1 敷地周辺の地質・地質構造} 敷地を中心とした半径30km範囲(海域) (1/2)

【敷地前面調查海域 海底地質図】

OA層は、水深約140m以浅の大陸棚のほとんどの海域に分布する。

OB層は、海士岬以北の海域の一部を除くほぼ全域に分布しており、水深約140m以浅ではA層に覆われている。

OC層は、海士岬以北の海域の一部を除くほぼ全域に分布しており、ほとんどが上位層に覆われている。

OD層は、ほぼ全域に分布するが安右エ門礁、前ノ瀬及び長平礁付近等を除き、上位層に覆われている。



(音波探査により取得したデータをもとに当社作成)



^{1.1.1 敷地周辺の地質・地質構造} 敷地を中心とした半径30km範囲(海域) (2/2)

【敷地前面調查海域 海底地質断面図】

○北部海域は、笹波沿岸及び前ノ瀬・長平礁周辺の顕著なD層の隆起で特徴づけられる。
 笹波沿岸の隆起帯の西方及び南西方に小規模なD層の隆起が認められ、前ノ瀬・長平礁周辺の隆起帯の東方にも小規模なD層の隆起が認められる。これら小隆起帯の北西縁及び西縁の地層は急傾斜している。
 ○南部海域は、南西方向に広がる堆積盆地と、厚く堆積するC層及びB層で特徴づけられる。
 C層及びB層中にはN-S方向に伸びる2条の褶曲が認められ、これらの褶曲は東翼が急傾斜している。

<u>No.3測線(北部海域)</u>



No.9測線(南部海域)



^{1.1.2 敷地近傍の地質・地質構造} **敷地を中心とした半径5km範囲(1/2)** 【敷地周辺の地質・地質構造で説明済み】 第1193回審査会合 資料3-1 P.35 一部修正

- 敷地近傍の地層の傾斜, 断層及び褶曲構造等の地質構造, 並びに岩相・岩質の不均一性を把握するため, 地表地質調査等の地質調査結果 から地質・地質構造を確認した。
- 〇 海岸に沿って広く分布する新第三紀の岩稲階の別所岳安山岩類は,敷地北方で緩く東に傾斜する凝灰岩を挟む。岩稲階を不整合に覆う草木 互層,浜田泥岩層,赤浦砂岩層及び出雲石灰質砂岩層(非石灰質部)は,海岸より東方で,別所岳安山岩類上面の凹地を埋積しており,大局 的には北から南に向かって順次新しい地層が分布する。これらの地層の傾斜は,概ね水平ないし10°程度を示している。
- 中位段丘堆積層は、ほぼ水平または海側方向に非常に緩く傾斜して分布する。
- 海岸に露出する新第三紀の岩稲階の別所岳安山岩類は海域のD₂層に対比され, D₂層は沖合い方向に徐々に深度を増す。その上部には水深 20m以浅の汀線部を除き, C層, B層, A層が分布し, A層及びB層は海底面とほぼ平行して堆積している。





1.1.2 敷地近傍の地質・地質構造 敷地を中心とした半径5km範囲 (2/2)

【地質断面図】



地質断面図

○ 敷地の地層の傾斜, 断層及び褶曲構造等の地質構造, 並びに岩相・岩質の不均一性を把握するため, ボーリング調査等の地盤調 査結果から地質・地質構造を確認した。調査位置を下図に示す。



○ 敷地の地質は、新第三紀の岩稲階の別所岳安山岩類と、これを覆う第四紀の堆積物からなる。 ○ 別所岳安山岩類は,敷地に広く分布しており,安山岩を主体とし,凝灰角礫岩を挟在する。 ○ 第四紀の堆積物は、段丘堆積層、崖錐堆積層及び沖積層からなる。



68

【地質断面図】





例

記号

b

主要構成地質 碟,砂,粘土

凡

地層名

盛土

敷地の地質断面図

○ 原子炉設置位置付近の地質は,別所岳安山岩類の安山岩(均質),安山岩(角礫質)及び凝灰角礫岩からなる。



1.1.3 敷地の地質·地質構造 原子炉設置位置付近(2/9)

【敷地の別所岳安山岩類の産状】

〇敷地に分布する別所岳安山岩類は,安山岩と凝灰角礫岩からなる。安山岩は岩相により,安山岩(均質)と安山岩(角礫質)に区分され る。3岩種の産状は以下の通り。

岩種	産状			
安山岩(均質)	岩相が比較的均質な安山岩質溶岩。暗灰色を呈し, 緻密で堅硬である。節理は 比較的多く認められる。岩石組織は一様である。			
安山岩(角礫質)	角礫状を呈する安山岩質溶岩。暗灰色ないし赤褐色を呈し、安山岩の大小の礫 を含む。基質は比較的堅硬である。また、節理も少なく塊状であり、礫と基質の 境界は不明瞭な場合が多い。			
凝灰角礫岩	節理が少なく塊状で、色調の異なる安山岩質の小礫から中礫を含み、礫と基質 の境界は明瞭であり密着している。また、堆積構造が認められる場合がある。			





岩石試験一覧表※

		岩 種		安山岩	(均 質)	安 山 岩 (角礫質)	凝灰角礫岩
		岩 級 区 分		A a	Ва	Вb	Вb
	試 験 個 数			21	123	317	151
		密度	平均值	2.71	2.68	2.27	2.28
		(g/cm ³)	標準偏差	0.06	0.05	0.09	0.08
	ļ	吸 水 率	平均值	1.12	1.34	12.58	12.14
物		(%)	標準偏差	0.58	0.56	2.45	2.92
	;	有効間隙率	平均值	2.98	3.53	25.28	24.62
		(%)	標準偏差	1.41	1.37	3.61	4.40
理		試 験 個	数	21	123	317	151
		P波速度	平均值	5.65	5.53	3. 79	3.77
	超	(km/s)	標準偏差	0.23	0.25	0.41	0.42
試	音	S波速度	平均值	3.06	2.98	1.90	1.89
	波	(km/s)	標準偏差	0.10	0.18	0.23	0.22
	速	動弹性係数	平均值	65.1	61.9	21.8	21.8
験	度	$(\times 10^{3}\mathrm{N/mm^{2}})$		(66.4)	(63.1)	(22.2)	(22.2)
	測	$(\times 10^4 \rm kg/cm^2)$	標準偏差	4.9	7.5	5.7	5.5
	定			(5.0)	(7.6)	(5.8)	(5.6)
		動ポアソン比	平均 値	0.29	0.29	0.33	0.33
		動なフラクル	標準偏差	0.02	0.02	0.02	0.02
		試験個	数	21	123	317	151
		一軸圧縮強度	平 均 値	156.2	147.9	14.9	16.4
	_	(N/mm^2)	1.1.2	(1, 593)	(1, 508)	(152)	(167)
力	南山	(kg/cm^2)	標準偏差	34.9	33.8	6.1	6.4
	T144			(356)	(345)	(62)	(65)
	始	静弹性係数	亚均值	59.6	57.3	12.0	12.3
学	718	$(\times 10^{3}\mathrm{N}/\mathrm{mm}^{2})$	1.157 165	(60.8) (58.4)	(12.2)	(12.5)	
	武	$(\times 10^4 \rm kg/cm^2)$	博淮信主	7.4	8.5	5.5	4.8
	颗		DA NIG ZL	(7.5)	(8.7)	(5.6)	(4.9)
試		静ポアソン比	平均值	0.25	0.25	0.25	0.24
			標準偏差	0.02	0.03	0.06	0.07
	引	試 験 個	数	4	33	65	42
験	張	引 張 強 度	平 均 値	10.8	9.8	1.5	1.7
		(N/mm^2)	IE	(110)	(100)	(15)	(17)
	武	(kg/cm^2)	標進偏差	_	2.6	0.6	0.6
	験		1/1/ MRI 282		(26)	(6)	(6)

※敷地全域のボーリングコア等による3岩種の平均物性値〔志賀 原子力発電所 原子炉設置変更許可申請書(2号原子炉の増 設)参照]

・別所岳安山岩類の3岩種のうち、安山岩(均質)は他 の2岩種に比べて硬質である(岩石試験一覧表)

安山岩(均質)

安山岩(角礫質)

凝灰角礫岩

1.1.3 敷地の地質・地質構造 原子炉設置位置付近 (3/9)

【7-7'断面】


1.1.3 敷地の地質・地質構造 原子炉設置位置付近 (4/9)

【9-9'断面】



地質鉛直断面図(9-9'断面)

1.1.3 敷地の地質・地質構造 原子炉設置位置付近 (5/9)

【11-11'断面】



地質鉛直断面図(11-11'断面)

74

1.1.3 敷地の地質・地質構造 原子炉設置位置付近 (6/9)

【E-E'断面】



地質鉛直断面図(E-E'断面)

1.1.3 敷地の地質・地質構造 原子炉設置位置付近 (7/9)

【R-R'断面】



地質鉛直断面図(R-R'断面)

1.1.3 敷地の地質・地質構造 原子炉設置位置付近 (8/9)

【I-I'断面】



地質鉛直断面図(I-I'断面)

【K-K'断面】



地質鉛直断面図(K-K'断面)

○ 2号原子炉建屋底盤の岩盤にはほとんど変質部は認められず,主に Ba 級, Bb 級の岩級区分を示す安山岩が広く分布している。



○ 原子炉設置位置付近のEL-200m以浅の速度構造を把握するため、下図に示す26孔の浅層ボーリングで実施したPS検層結果(ダウンホール法)を確認した。





- 原子炉設置位置付近の東西方向(R-R'断面)の速度層区分は、PS検層実施孔で得られた弾性波速度(Vp, Vs)を踏まえ、埋土速度層及び第 1速度層から第4速度層に区分し、第3速度層中において周囲と異なる速度特性(周囲に比べて速度が大きい)を示す範囲を第3'速度層とした。 なお、第3'速度層は、第3速度層中に局所的に厚く分布する安山岩(均質)と対応関係が認められる(P.84)。
- 速度層境界は、各孔で得られた速度層境界標高をなめらかに結んだ。

○ 浅層ボーリングPS検層結果によれば、原子炉設置位置付近の東西方向(R−R'断面)の速度構造は、概ね水平な層構造を呈す。



- 原子炉設置位置付近の東西方向(I−I'断面)の速度層区分は、PS検層実施孔で得られた弾性波速度(Vp, Vs)を踏まえ、第1速度層から第4速 度層に区分し、第4速度層中において周囲と異なる速度特性(周囲に比べて速度が小さい)を示す範囲を第4'速度層とした。なお、第4'速度層は、 第4速度層中に局所的に厚く分布する凝灰角礫岩と対応関係が認められる(P.85)。
- 速度層境界は、各孔で得られた速度層境界標高をなめらかに結んだ。

○ 浅層ボーリングPS検層結果によれば、原子炉設置位置付近の東西方向(I−I'断面)の速度構造は、概ね水平な層構造を呈す。



- 原子炉設置位置付近の南北方向(9-9'断面)の速度層区分は、PS検層実施孔で得られた弾性波速度(Vp, Vs)を踏まえ、埋土速度層及び第 2速度層から第4速度層に区分し、第3速度層中において周囲と異なる速度特性(周囲に比べて速度が大きい)を示す範囲を第3'速度層とした。 なお、第3'速度層は、第3速度層中に局所的に厚く分布する安山岩(均質)と対応関係が認められる(P.86)。
- 速度層境界は、各孔で得られた速度層境界標高をなめらかに結んだ。

○ 浅層ボーリングPS検層結果によれば,原子炉設置位置付近の南北方向(9-9'断面)の速度構造は,概ね水平な層構造を呈す。



▶ 浅層ボーリングPS検層結果(R断面, I断面, 9断面)によれば, 原子炉設置位置付近のEL-200m以浅の速度構造は, 概ね水平な層構造を呈すものの, 周囲と異なる速度特性を示す範囲として, 第3' 速度層及び第4' 速度層が認められる。 【速度層断面図と地質断面図の重ね合わせ(R-R'断面)】



【速度層断面図と地質断面図の重ね合わせ(I-I'断面)】



地質断面図は現地形

【速度層断面図と地質断面図の重ね合わせ(9-9'断面)】



【EL-200m以浅の各速度層の弾性波速度及び密度の算出方法】

■ 弾性波速度(Vp. Vs)

ボーリングA

L3 t3

上図における第3速度層の弾性波速度の算出例

L1 + L2 + L3 + L4

 $V = \frac{L1 + L2}{t1 + t2 + t3 + t4}$

L1 t1

L2 t2

- i

各速度層の弾性波速度(Vp.Vs)は、各速度層の全 層厚を全伝播時間で割ることにより算出している。

■ 密度(*o*)

各速度層の密度 (ρ) は、埋土・第1・第2速度層は全層を1区間 とし、第3・第4・第3'・第4'速度層は深度方向に概ね20mを 1区間として細分化し、地質の密度と区間毎の地質の分布割合をも とに算出している。

各速度層の弾性波速度
$$V = \frac{\sum L_i}{\sum t_i}$$

L_i:速度層の層厚 ここに. t,: 速度層の伝播時間

ボーリングC

 $L4 \mid t4$

ボーリングB

第1速度層

第2速度層

第3速度層

第4速度層



ρ'_i:1区間の平均密度 ここに, n: 区間数 *ℓ*_i: 1区間における地質毎の長さ ρ_{地質}:地質毎の密度(右表) L: 1区間の長さ





密度*1 岩級 地質 O 区分 (t/m²) 安山岩(均質) [Ba] 2.68 安山岩(角礫質) 2.27 [Bb] 凝灰角礫岩 2.28 [Ca] 安山岩(均質) 2.38 安山岩(角礫質) 2.16 [Cb] 凝灰角礫岩 2.13 安山岩(均質) [Da] 1.53 安山岩(角礫質) 1.51 [Db] 1.51*2 凝灰角礫岩 表土 1.75 埋土 2.20

地質毎の密度

Ж1 敷地で実施した試験結果に基づ き設定 ※2 分布範囲が小さく試験を実施し

ていない凝灰角礫岩[Db級]につ いては. 凝灰角礫岩[Bb級]及び [Cb級]と安山岩(角礫質)[Bb 級]及び[Cb級]の密度値がそれ ぞれ同程度であることを踏まえ, 安山岩(角礫質)[Db級]と同一 の値としている。



1.1.4 原子炉設置位置付近の速度構造等(EL-200m以浅) 第3速度層上面形状の検討 一検討方法一

- 原子炉設置位置周辺においてS波速度が0.7km/s程度以上の硬質地盤である第3速度層(Vs=1.5km/s)上面の形状を把握するため、敷地の複数の観測点で、地下の速度構造が反映されている単点微動観測記録に基づくH/Vスペクトル比(以下、「微動H/Vスペクトル比」という)を用いた逆解析により、第3速度層上面の標高を推定した。なお、逆解析は、1層目を第2速度層(Vs=0.6km/s)、基盤層を第3速度層とした2層構造を仮定して、各観測点の理論H/Vスペクトル比が微動H/Vスペクトル比に周期0.1~1秒でフィッティングする1層目の層厚を探索することで実施した。
- 微動観測は敷地の232地点[※](約50m間隔)において, 2014年1月13日~23日の期間の中で実施した。微動観測点配置図及び微動計の仕様を下記に 示す。



項目		仕様
地震計	名称	LE-3D/5S 改
	製造会社	レナーツ社(独)
	成分	3成分(水平動2成分·上下動1成分)
	固有周期	5/7秒切り替え式
	電圧	DC12V
	出力感度	4V/kine
	センサー形式	速度型
収録装置	名称	LS-8000
	製造会社	白山工業
	チャンネル数	3
	分解能	24bit
	サンプリング周波数	100Hz
	電源	DC6~16V
周波数範囲(周波数帯域)		0.14~50Hz

微動計の仕様

○ 微動H/Vスペクトル比を用いた逆解析により推定した各観測点の第3速度層上面の標高を下図に示す。



微動H/Vスペクトル比を用いた逆解析により推定した第3速度層上面の標高※2

※1 微動H/Vスペクトル比の周期0.1~1秒に明瞭なピークがみられない観測点については、逆解析の対象外とした。 ※2 各観測点の微動H/Vスペクトル比と逆解析結果の比較は、<u>**データ集1 P.165~172</u>。**</u>

> 微動H/Vスペクトル比を用いた逆解析の検討結果を踏まえると、原子炉設置位置周辺の第3速度層上面はEL-10m以浅に位置しており、顕著な不整形はみられない。

1.1.4 原子炉設置位置付近の速度構造等(EL-200m以浅) 第3' 速度層・第4' 速度層の影響検討 - 検討方法-

- 原子炉設置位置付近のEL-200m以浅の速度構造は概ね水平な層構造を呈すものの,周囲と異なる速度特性を示す範囲として,第3'速度層及び第4'速度層が認められることから,二次元FEMモデルを用いた地震動シミュレーションによる検討を実施するとともに,1.3節の観測記録を用いた検討の結果も踏まえ,第3'速度層及び第4'速度層が地震動へ与える影響を検討した。
- 地震動シミュレーションによる検討は、第3'速度層または第4'速度層をモデル化した二次元FEMモデル^{※1}と第3'速度層または第4'速度層をモデル化しない二次元FEMモデル^{※1}にそれぞれ地震波を入力し、第3速度層が概ね水平に拡がっているEL−10mにおける応答スペクトル^{※2}を比較することで行った。
- 広帯域で第3'速度層及び第4'速度層の影響を確認するため、検討に用いる地震波は申請時の基準地震動Ss-1とした。また地震波の入射方向については敷地近傍の福浦断層等の断層面の位置を考慮し、鉛直入射及び斜め入射(±30°)した場合の検討を行った。検討のイメージと速度層の地盤物性を下記に示す。
- なお, 第3' 速度層は原子炉設置位置付近の速度構造のR-R' 断面及び9-9' 断面の両断面にみられるが, 第3' 速度層の大きさ及び位置に大きな違いはないことから, ここではR-R' 断面を代表として検討を行った。









※1 二次元FEMモデルの側面及び底面への波動の逸散を考慮するため、側面はエネルギー伝達境界を設定し、側面境界以遠は、水平成層地盤として仮定する。また、底面は粘性境界を設定し、底面物性 は第4速度層の地盤物性を用いる。なお、各層の減衰は、3.1.2項の逆解析による地盤増幅特性の検討において推定した減衰定数を用いる。

※2 建屋・構築物への応答に及ぼす影響を確認する観点から応答スペクトルを用いて検討する。なお,第3'速度層の影響検討(鉛直入射)のケースについて,フーリエスペクトルを用いて検討した結果を参考 に補足資料P.5に示す。

1.1.4 原子炉設置位置付近の速度構造等(EL-200m以浅)

-50-

-100

-150-

-200

漂高 EL(m)

第3' 速度層・第4' 速度層の影響検討 ーニ次元FEMモデルを用いた地震動シミュレーションによる検討結果(第3' 速度層・鉛直入射)ー

コメントNo.5の回答

- : 第3' 速度層をモデル化した二次元FEMモデル - : 第3' 速度層をモデル化しない二次元FEMモデル

○ 第3' 速度層をモデル化した二次元FEMモデルと第3' 速度層をモデル化しない二次元FEMモデルに鉛直入射した場合のEL-10mに おける各評価地点の応答スペクトルを比較した結果, いずれの周期についても顕著な違いはみられない。

500 500 500 500 cm/s,h=5%) (%2=4's/ X=+180.0m X=-300.0m X=-90.0m pSv(cm/s,h=5%) X=+16.5m 100 100 100 100 pSv(cm pSv(pSv 10 0.1 0.2 10 0.1 0.2 10 0.1 0.2 10 0.1 0.2 05 10 20 5.0 0.5 1.0 2.0 5.0 0.5 1.0 2.0 5.0 0.5 1.0 2.0 5.0 Period(s) Period(s) Period(s) Period(s) 500 500 500 500 (cm/s,h=5%) pSv(cm/s,h=5%) pSv(cm/s,h=5%) X=+31.2m X=-270.0m X=-76.0m X=+210.0m /s,h=5% 100 100 100 100 Sv(cr Sq 10 0.1 10 0.1 10 0.1 ¹⁰0.1 0.5 1.0 2.0 5.0 0.2 0.5 1.0 2.0 5.0 0.2 0.5 1.0 2.0 0.5 1.0 2.0 5.0 0.2 5.0 0.2 Period(s) Period(s) Period(s) Period(s) -2号原子炉建屋直下 100. 150. 200. 西 -300. 500 500 500 500 果 300 1/s,h=5%) -250. -200. -150. -100. -50. 250. 0 cm/s.h=5%) X=-240.0m X=-48.7m X=+33.7m X=+240.0m /s,h=5 100 100 100 100 pSv(cm . . . 10 L Ś 10 0.1 0.2 10 0.1 10 第3速度層 0.5 1.0 2.0 5.0 0.2 0.5 1.0 2.0 5.0 0.2 0.5 1.0 2.0 5.0 0.1 0.2 0.5 1.0 2.0 5.0 第3' 速度層 Period(s) Period(s) Period(s) Period(s) 500 500 500 500 (cm/s,h=5%) (%)==2%) X=-210.0m X=-46.2m X=+60.0m X=+270.0m =h,s/n pSv(cm/s,h= 100 100 100 100 第4速度層 pSv(pSv SQ 10 0.1 0.2 10 0.1 0.2 10 10 0.1 0.2 0.5 1.0 2.0 5.0 0.5 1.0 2.0 5.0 0.5 1.0 2.0 5.0 0.1 0.2 0.5 1.0 2.0 5.0 Period(s) Period(s) Period(s) Period(s) 500 500 500 500 ●:評価地点 pSv(cm/s,h=5%) X=-180.0m m/s.h=5%) X=-30.5m pSv(cm/s,h=5%) X=+90.0m X=+300.0m j= 100 100 100 100 鉛直入射 Ś pSv 10 0.1 0.2 10 0.1 0.2 10 0.1 0.2 10 0.5 1.0 2.0 5.0 0.5 1.0 2.0 5.0 0.5 1.0 2.0 5.0 0.1 0.2 0.5 1.0 2.0 5.0 第3' 速度層をモデル化した二次元FEMモデル Period(s) Period(s) Period(s) Period(s) 500 500 500 n/s,h=5%) X=-150.0m X=-16.5m n/s.h=5%) X=+120.0m pSv(cm/s.h= 100 100 100 pSv(cm pSv 10 0.1 0.2 10 _____ 10 0.1 0.2 0.5 1.0 2.0 0.2 0.5 1.0 2.0 5.0 5.0 0.5 1.0 2.0 5.0 Period(s) Period(s) Period(s) 500 500 500 cm/s,h=5%) (cm/s,h=5%) pSv(cm/s,h=5%) X=-120.0m X=0.0m X=+150.0m 100 100 100 pSv(pSv 10 0.1 10 0.1 0.2 ¹⁰0.1 0.2 05 10 20 5.0 05 10 20 50 0.2 0.5 1.0 2.0 5.0 Period(s) Pariod(e) Pariod(e) 各評価地点の応答スペクトル(鉛直入射)

票高 EL(m)

第3'速度層・第4'速度層の影響検討 ーニ次元FEMモデルを用いた地震動シミュレーションによる検討結果(第3'速度層・斜め入射(+30°))ー

コメントNo.5の回答

:第3'速度層をモデル化した二次元FEMモデル

○ 第3'速度層をモデル化した二次元FEMモデルと第3'速度層をモデル化しない二次元FEMモデルに斜め入射(+30°)した場合の EL-10mにおける各評価地点の応答スペクトルを比較した結果,鉛直入射の場合と同様,いずれの周期についても顕著な違いはみ られない。

--:第3'速度層をモデル化しない二次元FEMモデル 500 500 (cm/s,h=5%) n/s,h=5%) X=-300.0m X=-90.0m cm/s,h=5%) X=+16.5m X=+180.0m 100 100 100 100 pSv(cm pSv(pSv(pSv 10 L 0.1 10 0.1 10 0.1 10 0.1 0.2 1.0 2.0 5.0 0.2 0.5 1.0 2.0 5.0 05 10 20 5.0 0.5 1.0 2.0 5.0 02 05 Period(s Period(s Period(s) Period(s) 500 500 500 500 n/s,h=5%) X=-270.0m X=-76.0m X=+31.2m X=+210.0m 100 100 100 100 Sv(cn SV 10 L S 10 0.1 0.2 0.5 1.0 2.0 5.0 0.2 0.5 1.0 2.0 5.0 0.2 0.5 1.0 2.0 0.5 1.0 2.0 5.0 5.0 0.2 Period(s) Period(s) Period(s) Period(s) -2号原子炉建屋直下 100. 150. 200. 西 -300. 500 500 500 500 果 300 n/s.h=5%) -250. -200. -150. -100. -50. 250. cm/s,h=5%) X=-240.0m X=-48.7m X=+33.7m X=+240.0m cm/s,h=5 100 100 100 100 . . . 00 000 Ś So Ś 10 L 10 L 10 _____ 10 第3速度層 0.2 0.5 1.0 2.0 5.0 0.2 0.5 1.0 2.0 5.0 0.2 0.5 1.0 2.0 5.0 0.2 0.5 1.0 2.0 5.0 -50-第3' 速度層 Period(s) Period(s) Period(s) Period(s) 500 500 500 pSv(cm/s,h=5%) cm/s,h=5%) X=-210.0m X=-46.2m X=+60.0m X=+270.0m -100 cm/s,h= oSv(cm/s,h= 100 100 100 100 第4速度層 pSv pSv -150-10 L 0.1 10 L 0.1 10 _____ 10 0.1 0.2 0.2 0.5 1.0 2.0 5.0 0.2 0.5 1.0 2.0 5.0 0.5 1.0 2.0 5.0 0.2 0.5 1.0 2.0 5.0 Period(s) Period(s) Period(s) Period(s) -200 500 500 500 500 (s,h=5%) (%) ●:評価地点 X=+300.0m X=-180.0m X=-30.5m X=+90.0m +30度入射/ 100 100 100 100 pSv(cm pSv pSv pSv 10 L 0.1 10 L 0.1 10 10 0.1 0.2 0.5 1.0 2.0 5.0 0.2 0.5 1.0 2.0 5.0 0.5 1.0 2.0 0.5 1.0 2.0 0.2 5.0 01 02 50 第3' 速度層をモデル化した二次元FEMモデル Period(s) Period(s) Period(s) Period(s) 500 500 500 (s.h=5%) (%;h=5%) X=-150.0m X=-16.5m X=+120.0m 100 100 100 Sv(cm pSv(cn pSv(cr ¹⁰0.1 ¹⁰0.1 10 0.1 0.5 1.0 2.0 0.2 0.5 1.0 2.0 0.2 5.0 5.0 0.2 0.5 1.0 2.0 5.0 Period(s) Period(s) Pariod(e) 500 500 500 (cm/s,h=5%) X=-120.0m (cm/s,h=5%) oSv(cm/s,h=5%) X=0.0m X=+150.0m 100 100 100 pSv(pSv(10 10 ¹⁰0.1 0.2 0.5 1.0 2.0 5.0 0.2 0.5 1.0 2.0 5.0 0.2 0.5 1.0 2.0 5.0 Period(s) Period(s) Period(e) 各評価地点の応答スペクトル(斜め入射(+30°))

票高 EL(m)

第3'速度層・第4'速度層の影響検討 ーニ次元FEMモデルを用いた地震動シミュレーションによる検討結果(第3'速度層・斜め入射(-30°))ー

コメントNo.5の回答

:第3'速度層をモデル化した二次元FEMモデル

○ 第3'速度層をモデル化した二次元FEMモデルと第3'速度層をモデル化しない二次元FEMモデルに斜め入射(-30°)した場合の EL-10mにおける各評価地点の応答スペクトルを比較した結果,鉛直入射の場合と同様,いずれの周期についても顕著な違いはみ られない。

--:第3'速度層をモデル化しない二次元FEMモデル 500 500 500 /s,h=5%) oSv(cm/s,h=5%) X=-300.0m pSv(cm/s,h=5%) X=-90.0m pSv(cm/s,h=5%) X=+16.5m X=+180.0m 100 100 100 100 pSv(10 0.1 10 0.1 10 L 0.1 10 0.1 0.2 2.0 0.2 0.5 1.0 2.0 5.0 0.5 1.0 2.0 5.0 0.5 1.0 2.0 5.0 0.2 05 10 5.0 0.2 Period(s Period(s) Period(s) Period(s) 500 500 500 n/s,h=5%) (s,h=5%) (sh=5%) X=-270.0m X=-76.0m X=+31.2m X=+210.0m 100 100 100 100 Sulon Sv(cr Sc 10 -0.1 ¹⁰0.1 10 0.1 0.2 ¹⁰0.1 0.2 0.5 1.0 2.0 0.2 0.5 1.0 2.0 50 0.5 1.0 2.0 0.5 1.0 2.0 5.0 50 50 0.2 Period(s) Period(s) Period(s) Period(s) -2号原子炉建屋直下 100. 150. 200. 西 -300. 500 500 500 500 果 300 (%)=2%) -250. -200. -150. -100. -50. 0 250. (cm/s,h=5%) X=-240.0m X=-48.7m X=+33.7m X=+240.0m /s,h= 100 100 100 100 . . . 00 000 SV 10 0.1 10 L 0.1 10 0.1 第3速度層 0.2 05 10 20 5.0 02 0.5 1.0 2.0 5.0 0.2 0.5 1.0 2.0 5.0 0.2 0.5 1.0 2.0 5.0 -50-第3' 速度層 Period(s) Period(s) Period(s) Period(s) 500 500 500 500 pSv(cm/s,h=5%) cm/s,h=5%) X=-210.0m X=-46.2m X=+60.0m X=+270.0m -100 oSv(cm/s,h= 100 n/s,h= 100 100 100 第4速度層 pSv pSv -150-¹⁰0.1 10 10 .1 0.2 10 0.1 0.2 0.5 1.0 2.0 5.0 0.2 0.5 1.0 2.0 5.0 0.5 1.0 2.0 5.0 0.2 0.5 1.0 2.0 5.0 Period(s) Period(s) Period(s) Period(s) -200 500 500 500 500 (s,h=5%) ●:評価地点 X=+90.0m X=+300.0m X=-180.0m X=-30.5m /s.h=5 -30度入射 100 100 100 100 pSv(cm pSv pSv SV 10 L 10 0.1 10 0.1 0.2 10 0.1 0.2 0.5 1.0 2.0 5.0 0.2 0.5 1.0 2.0 5.0 0.5 1.0 2.0 5.0 0.5 1.0 2.0 0.2 50 第3'速度層をモデル化した二次元FEMモデル Period(s) Period(s) Period(s) Period(s) 500 500 500 1/s,h=5%) n/s,h=5%) X=-150.0m X=-16.5m X=+120.0m 100 100 100 Sv(cm pSv(cn ŝ 10 0.1 ¹⁰0.1 10 0.1 0.5 1.0 2.0 0.2 0.5 1.0 2.0 5.0 0.2 5.0 0.2 0.5 1.0 2.0 Period(s) Period(s) Period(s) 500 500 500 (cm/s,h=5%) pSv(cm/s,h=5%) X=+150.0m oSv(cm/s,h=5%) X=-120.0m X=0.0m 100 100 100 SV/ 10 ¹⁰0.1 10 0.2 0.5 1.0 2.0 5.0 0.2 0.5 1.0 2.0 5.0 0.2 0.5 1.0 2.0 5.0 Period(s) Period(s) Period(s) 各評価地点の応答スペクトル(斜め入射(-30°))

1.1.4 原子炉設置位置付近の速度構造等(EL-200m以浅)

第3' 速度層・第4' 速度層の影響検討 ーニ次元FEMモデルを用いた地震動シミュレーションによる検討結果(第4' 速度層・鉛直入射)ー

コメントNo.5の回答

○ 第4' 速度層をモデル化した二次元FEMモデルと第4' 速度層をモデル化しない二次元FEMモデルに鉛直入射した場合のEL-10mに おける各評価地点の応答スペクトルを比較した結果, いずれの周期についても顕著な違いはみられない。



第3'速度層・第4'速度層の影響検討 ーニ次元FEMモデルを用いた地震動シミュレーションによる検討結果(第4'速度層・斜め入射(+30°))ー

コメントNo.5の回答

○ 第4' 速度層をモデル化した二次元FEMモデルと第4' 速度層をモデル化しない二次元FEMモデルに斜め入射(+30°)した場合の EL-10mにおける各評価地点の応答スペクトルを比較した結果, 鉛直入射の場合と同様, いずれの周期についても顕著な違いはみ られない。



1.1.4 原子炉設置位置付近の速度構造等(EL-200m以浅)

第3'速度層・第4'速度層の影響検討 ーニ次元FEMモデルを用いた地震動シミュレーションによる検討結果(第4'速度層・斜め入射(-30°))ー

コメントNo.5の回答

○ 第4' 速度層をモデル化した二次元FEMモデルと第4' 速度層をモデル化しない二次元FEMモデルに斜め入射(-30°)した場合の EL-10mにおける各評価地点の応答スペクトルを比較した結果, 鉛直入射の場合と同様, いずれの周期についても顕著な違いはみ られない。



1.1.4 原子炉設置位置付近の速度構造等(EL-200m以浅)

第3' 速度層・第4' 速度層の影響検討 ー観測記録を用いた検討結果(1.3節) -

コメントNo.5の回答

- 第3' 速度層・第4' 速度層が地震動へ与える影響を検討するため, 1.3節において実施した観測記録を用いた検討結果を確認した。
- 敷地のEL-200m~解放基盤表面を対象とした鉛直アレー地震観測記録(到来方向別)を用いた検討結果(1.3.2項)によれば、自由地盤EL-200mに対する自由地盤EL-10mの応答スペクトル比に地震波の到来方向による顕著な違いはないことから、自由地盤地震観測点周辺のEL-10m~EL-200mに、地震動へ影響を及ぼすような特異な速度構造はないと考えられる。
- 〇 敷地の地震基盤以浅を対象とした水平アレー地震観測記録(地表)(到来方向別)を用いた検討結果(1.3.3項)によれば、各観測点間の応答スペクトル比の周期0.5秒以上において地震波の到来方向による顕著な違いはないことから、観測点1~4周辺の地震基盤以浅(表層地盤を除く)に、地震動へ影響を及ぼすような特異な速度構造はないと考えられる※。
- 〇 敷地の地震基盤以浅を対象とした原子炉建屋基礎版上の地震観測記録を用いた検討結果(1.3.5項)によれば、1号及び2号の加速度時刻歴波形及び応答スペクトルに顕著な違いはないことから、1号原子炉建屋周辺及び2号原子炉建屋周辺の地震基盤以浅に、地震動へ影響を及ぼすような特異な速度構造はないと考えられる。
- ※ 第3' 速度層が位置するEL-100m以浅及び第4' 速度層が位置するEL-200m以浅の敷地地盤の1次卓越周期は、P.196に示す速度構造を用いて1/4波長則に基づき算定するとそれぞれ0.4秒程度及び0.6秒程 度となる。したがって、水平アレー地震観測記録(地表)(到来方向別)を用いた検討(検討対象周期帯:周期0.5秒以上)については、検討対象周期帯の範囲外となる第3' 速度層の影響検討を対象外とした。



1.1.4 原子炉設置位置付近の速度構造等(EL-200m以浅) 第3'速度層・第4'速度層の影響検討 一検討結果一

ニ次元FEMモデルを用いた地震動シミュレーションによる検討結果

○ 二次元FEMモデルを用いた地震動シミュレーションによる検討結果によれば、第3'速度層または第4'速度層をモデル化した二次元FEMモデル及び第3'速度層または第4'速度層をモデル化しない二次元FEMモデルによる応答に顕著な違いはみられない。

1.3節において実施した観測記録を用いた検討結果

 観測記録を用いた検討(1.3.2~1.3.3項, 1.3.5項) の結果によれば、敷地の地震基盤以浅に地震動 へ影響を及ぼすような特異な速度構造はないと 考えられる。



二次元FEMモデルを用いた地震動シミュレーションによる検討結果(第3'速度層または第4'速度層をモデル化した二次元FEMモデル及び第3'速度層または第4'速度層をモデル化しない二次元FEMモデルによる応答に顕著な違いはみられないこと)及び1.3節において実施した観測記録を用いた検討結果(敷地の地震基盤以浅に地震動へ影響を及ぼすような特異な速度構造はないと考えられること)より,第3'速度層及び第4'速度層は,地震動へ与える影響は小さいものと考えられる。

○ 原子炉設置位置付近の地震基盤以浅の地質,速度構造を把握するため、下図に示す2孔で実施した大深度ボーリング調査結果(PS検層[※]及び密度検層)を確認した。



調査位置図

1.1.5 原子炉設置位置付近の速度構造等(地震基盤以浅) 地質,弾性波速度及び密度の調査結果 -D-8.6孔-

○ 地質は、下位から先第三紀の花崗岩、古第三紀の楡原階(砂岩と頁岩の互層、礫岩)、新第三紀の岩稲階(安山岩、凝灰角礫岩)からなる。

- PS検層結果による花崗岩上面標高はEL-1,190mであり(補足資料P.7~10), P波速度及びS波速度は, 花崗岩以浅では4km/s及び2km/s程度, 花崗岩以深では5km/s及び3km/s程度を示す。
- 密度検層結果によれば、密度は、浅部区間を除き概ね2~3t/m³の範囲を示す。



大深度ボーリング(D-8.6孔)の調査位置図

- 大深度ボーリング(D-8.6孔)は、4区間(EL-1.175.68m~EL-1.183.68m、EL-1.275.68m~ EL-1,280.78m, EL-1,375.68m~EL-1,380.78m, EL-1,475.98m~EL-1,489.08m)でスポット コアリングによるコア採取を行い、それ以外の区間はカッティングス観察(深度20m間隔) を行った。コア写真, 柱状図, カッティングス写真はデータ集1 P.129~137。
- 右の柱状概要図は、PS検層結果により地質境界標高を決定し、コア観察、カッティングス • 観察により地質を判定した。なお、PS検層結果による花崗岩上面標高EL-1,190mはコア 観察による花崗岩上面標高EL-1,181.73mと概ね整合する。PS検層(ダウンホール法)の 走時曲線はデータ集1 P.128。



1.1.5 原子炉設置位置付近の速度構造等(地震基盤以浅) 地質,弾性波速度及び密度の調査結果 -K-13.6孔-

○ 地質は、下位から古第三紀の楡原階(砂岩と頁岩の互層,礫岩)、新第三紀の岩稲階(安山岩,凝灰角礫岩)からなる。また、花崗岩は、カッティングス観察に よれば、EL-1,370m以深に認められる(<u>補足資料P.11~12</u>)。

○ PS検層結果によれば、P波速度及びS波速度は、4km/s及び2km/s程度を示す。

○ 密度検層結果によれば、密度は、概ね2~3t/m³の範囲を示す。



大深度ボーリング調査結果(D-8.6孔, K-13.6孔)によれば、原子炉設置位置付近の地震基盤以浅の地質は、下位から先第三紀の花崗岩、古第三紀の楡原階 (砂岩と頁岩の互層、礫岩)、新第三紀の岩稲階(安山岩、凝灰角礫岩)からなり、花崗岩以浅におけるP波速度及びS波速度はそれぞれ4km/s及び2km/s程度、 花崗岩以深におけるP波速度及びS波速度はそれぞれ5km/s及び3km/s程度であり、密度は概ね2~3t/m³の範囲を示す。

▶ なお,地下構造モデルの設定においては、より深部まで物性を把握できているD-8.6孔の調査結果(PS検層(ダウンホール法)による速度値及び密度検層による密度値)に基づき設定した。(詳細はP.172参照)

1.1.5 原子炉設置位置付近の速度構造等(地震基盤以浅)

地質,弾性波速度及び密度の調査結果 - 花崗岩上面の形状の考察(1/3)-

コメントNo.4の回答

- 約460m離隔している2孔の大深度ボーリング(D-8.6孔及びK-13.6孔)の調査結果において、花崗岩上面に約180mの高度差が認められることから、この花崗岩上面の形状について、 以下の通り考察した。
- 大深度ボーリング,重力探査及び反射法地震探査・VSP探査の結果から,敷地には花崗岩上面に変位を与えるような断層は推定されない。
 ・大深度ボーリングK-13.6孔のコア観察の結果,花崗岩上面に変位を与えるような規模の断層は認められない(左下図,<u>データ集1 P.19~123</u>)。
 ・重力探査の結果,敷地近傍に顕著な線状の重力異常急変部は認められず,断層等による基盤標高の急激な変化は推定されない(次頁左図)。
 ・反射法地震探査・VSP探査の結果,花崗岩上面に相当する反射面は連続しており,敷地の花崗岩上面に変位を与える断層は認められない(次頁右下図の①)。

○ 敷地の花崗岩は長期間(1億年以上)にわたり, 侵食作用を受けており, 敷地周辺には敷地と同様の花崗岩上面の凹凸形状が認められる。
 ・敷地の花崗岩(約1.9~1.4億年前)は, 楡原階の堆積岩(約2500万年前)や, 岩稲階の別所岳安山岩類(約2200~1500万年前)に覆われており, 上位層が堆積するまでの間の長期間(1億年以上)にわたり, 侵食作用を受けていたと推定される(右下図)。
 ・敷地から海域にかけて連続して測線を配置した反射法地震探査・VSP探査の結果, 花崗岩上面に相当する反射面に約200mの高度差が認められる(次頁右下図の②)。
 ・敷地周辺には, 同様の花崗岩上面の凹凸形状が認められる(次々頁)。

○ 以上のことから、2孔の大深度ボーリングで認められた花崗岩上面の高度差は、局所的な断層変位ではなく、侵食作用による凹凸形状であると判断した。



地質系統対比表(絈野(1993)を編集,一部加筆)

断面図

1.1.5 原子炉設置位置付近の速度構造等(地震基盤以浅) 地質,弾性波速度及び密度の調査結果 - 花崗岩上面の形状の考察(2/3)-

コメントNo.4の回答



1.1.5 原子炉設置位置付近の速度構造等(地震基盤以浅) 地質,弾性波速度及び密度の調査結果 一花崗岩上面の形状の考察(3/3)-



富来川断層北端付近の地質図



コメントNo.4の回答

1.1.5 原子炉設置位置付近の速度構造等(地震基盤以浅) 花崗岩上面の形状の影響検討 -検討方法-

- K-13.6孔とD-8.6孔において花崗岩上面の高度差約180mが認められることから、二次元FEMモデルを用いた地震動シミュレーションによる検討を実施するとともに、1.3節の観測記録を用いた検討の結果も踏まえ、花崗岩上面の高度差が地震動へ与える影響を検討した。
- 地震動シミュレーションによる検討は、花崗岩上面の高度差をモデル化した二次元FEMモデル^{※1}と花崗岩上面の高度差をモデル化しない二次元FEMモデル^{※1}にそれぞれ地震波を入力し、第3速度層が概ね水平に拡がっているEL-10mにおける応答スペクトル^{※2}を比較することで行った。 二次元FEMモデルは、K-13.6孔とD-8.6孔を通る断面を対象とし、花崗岩上面の高度差は、P.102~104の考察を踏まえ、K-13.6孔とD-8.6孔の花崗岩上面を滑らかに接続するようにモデル化した。(検討の対象とした断面の位置を次頁に示す)
- 広帯域で花崗岩上面の高度差の影響を確認するため、検討に用いる地震波は申請時の基準地震動Ss-1とした。また地震波の入射方向については敷地近傍の福浦断層等の断層面の位置を考慮し、鉛直入射及び斜め入射(±30°)した場合の検討を行った。検討のイメージと速度層の地盤物性を下記に示す。



コメントNo.4の回答



花崗岩上面の高度差をモデル化した 二次元FEMモデル



検討の対象とした断面の位置

1.1.5 原子炉設置位置付近の速度構造等(地震基盤以浅)

花崗岩上面の形状の影響検討 ーニ次元FEMモデルを用いた地震動シミュレーションによる検討結果(鉛直入射)ー

コメントNo.4の回答

 ○ 花崗岩上面の高度差をモデル化した二次元FEMモデルと花崗岩上面の高度差をモデル化しない二次元FEMモデルに鉛直入射した 場合のEL-10mにおける各評価地点の応答スペクトルを比較した結果,いずれの周期についても顕著な違いはみられない*。

* 顕著な違いはみられないものの,一部の評価地点の短周期側において,「花崗岩上面の高度差をモデル化しない二次元FEMモデル」による結果(黒線)が「花崗岩上面の高度差をモデル化した二次元 FEMモデル」による結果(赤線)をやや上回る傾向がみられる。この傾向については,敷地の地下構造を「花崗岩上面の高度差をモデル化しない二次元FEMモデル」で示す水平成層構造として評価するこ とにより,反映できるものと考える。

──:花崗岩上面の高度差をモデル化した二次元FEMモデル
──:花崗岩上面の高度差をモデル化しない二次元FEMモデル





各評価地点の応答スペクトル(鉛直入射)

1.1.5 原子炉設置位置付近の速度構造等(地震基盤以浅)

花崗岩上面の形状の影響検討 ーニ次元FEMモデルを用いた地震動シミュレーションによる検討結果(斜め入射(+30°))ー

コメントNo.4の回答

- 花崗岩上面の高度差をモデル化した二次元FEMモデルと花崗岩上面の高度差をモデル化しない二次元FEMモデルに斜め入射 (+30°)した場合のEL-10mにおける各評価地点の応答スペクトルを比較した結果,鉛直入射の場合と同様,いずれの周期につい ても顕著な違いはみられない*。
- * 顕著な違いはみられないものの, 一部の評価地点の短周期側において,「花崗岩上面の高度差をモデル化しない二次元FEMモデル」による結果(黒線)が「花崗岩上面の高度差をモデル化した二次元 FEMモデル」による結果(赤線)をやや上回る傾向がみられる。この傾向については, 敷地の地下構造を「花崗岩上面の高度差をモデル化しない二次元FEMモデル」で示す水平成層構造として評価するこ とにより, 反映できるものと考える。 -------:花崗岩上面の高度差をモデル化した二次元FEMモデル



各評価地点の応答スペクトル(斜め入射(+30°))
1.1.5 原子炉設置位置付近の速度構造等(地震基盤以浅) 花崗岩上面の形状の影響検討 ーニ次元FEMモデルを用いた地震動シミュレーションによる検討結果(斜め入射(-30°))ー

コメントNo.4の回答

 ○ 花崗岩上面の高度差をモデル化した二次元FEMモデルと花崗岩上面の高度差をモデル化しない二次元FEMモデルに斜め入射 (-30°)した場合のEL-10mにおける各評価地点の応答スペクトルを比較した結果,鉛直入射の場合と同様,いずれの周期につい ても顕著な違いはみられない。



二次元FEMモデルを用いた地震動シミュレーションによる検討結果によれば、各評価地点の応答スペクトルに顕著な違いはみられ ない。 1.1.5 原子炉設置位置付近の速度構造等(地震基盤以浅)

花崗岩上面の高度差の影響検討 ー観測記録を用いた検討結果(1.3節)ー

コメントNo.4の回答

- 花崗岩上面の高度差が地震動へ与える影響を検討するため, 1.3節において実施した観測記録を用いた検討結果を確認した。
- 〇 敷地の地震基盤以浅を対象とした水平アレー地震観測記録(地表)(到来方向別)を用いた検討結果(1.3.3項)によれば、各観測点間の応答スペクトル比の周期0.5秒以上において地震波の到来方向による顕著な違いはないことから、観測点1~4周辺の地震基盤以浅(表層地盤を除く)に、地震動へ影響を及ぼすような特異な速度構造はないと考えられる。
- 敷地の地震基盤~EL-200mを対象とした水平アレー地震観測記録(地中)(到来方向別)を用いた検討結果(1.3.4項)によれば、2号原子炉建 屋直下EL-200mに対する自由地盤EL-200mの応答スペクトル比に地震波の到来方向による顕著な違いはなく、概ね1程度であることから、2号 原子炉建屋直下地震観測点周辺と自由地盤地震観測点周辺のEL-200m~地震基盤に、地震動へ影響を及ぼすような特異な速度構造はない と考えられる。
- 〇 敷地の地震基盤以浅を対象とした原子炉建屋基礎版上の地震観測記録を用いた検討結果(1.3.5項)によれば、1号及び2号の加速度時刻歴波 形及び応答スペクトルに顕著な違いはないことから、1号原子炉建屋周辺及び2号原子炉建屋周辺の地震基盤以浅に、地震動へ影響を及ぼす ような特異な速度構造はないと考えられる。



ニ次元FEMモデルを用いた地震動シミュレーションによる検討結果

○ 二次元FEMモデルを用いた地震動シミュレーションによる検討結果によれば,花崗岩上面の高度差をモデル化した二次元FEMモデルと花崗岩上面の高度差をモデル化しない二次元FEMモデルの応答に顕著な違いはみられない。

1.3節において実施した観測記録を用いた検討結果

〇 観測記録を用いた検討(1.3.3~1.3.5項)の結果に よれば、敷地の地震基盤以浅に地震動へ影響を 及ぼすような特異な速度構造はないと考えられ る。



二次元FEMモデルを用いた地震動シミュレーションによる検討結果(花崗岩上面の高度差をモデル化した二次元FEMモデルと花崗 岩上面の高度差をモデル化しない二次元FEMモデルの応答に顕著な違いはみられないこと)及び1.3節において実施した観測記録 を用いた検討結果(敷地の地震基盤以浅に地震動へ影響を及ぼすような特異な速度構造はないと考えられること)より,敷地の花 崗岩上面の高度差は,地震動へ与える影響は小さいものと考えられる。 ○ 原子炉設置位置付近の減衰特性を把握するため,下図に示す2孔で実施したQ値測定結果を確認した。

O 最大振幅法によるQ値の測定結果を下表に示す。



調査 位置	層区分	標高EL (m)	卓越 周波数 ^(Hz)	Q值
	1 (第3速度層)	1 ~ -97	24	10.4
R-9 ∔ Ľ	2 (第4速度層)	-97 ~ -301	25	8.9
	1 (第3速度層)	-4 ~ -110	32	8.1
D-8.6孔	2 (第4速度層)	-110 ~ -160	26	7.6
	3	-160 ~ -990	27	27.4
	4	-990 ~ -1190	22	47.0

最大振幅法によるQ値測定結果

調査位置図

▶ Q値測定結果によれば、原子炉設置位置付近のQ値は、比較的浅部(R-9孔のEL-301m以浅及びD-8.6孔のEL-160m以浅)については10程度、また、 それより深部については、深さ方向に大きくなる傾向がみられる。 ○ 敷地の解放基盤表面は,解釈別記2の記載事項及び敷地地盤の特徴を踏まえて設定する。

■解放基盤表面の設定に係る解釈別記2の記載事項

著しい高低差がなく、ほぼ水平で相当な拡がりを持って想定される自由表面であり、せん断波速度がおおむね700m/s以上の硬質地盤であって、著しい風化を受けていない位置に設定すること

■敷地地盤の特徴

- 敷地の地質・地質構造は,安山岩(均質),安山岩(角礫質)及び凝灰角礫岩からなる新第三紀の岩稲階の別所岳安山岩類が広く分 布し,ほぼ水平な構造と判断される。(詳細は1.1.3項(P.67~78)参照)
- 敷地のEL-200m以浅の速度構造は、第1速度層から第4速度層に分類され、概ね水平な層構造を呈す。また第3速度層以深は、S 波速度が1.5km/s以上の硬質地盤であり、第3速度層上面はEL-10m以浅に位置する。(詳細は1.1.4項参照)
- 原子炉設置位置(EL-4.7m)の岩盤にはほとんど変質部は認められず,主に (Ba) 級, (Bb) 級の岩級区分を示す安山岩が広く分布していることから,著しい風化を受けていないと判断される。(詳細は1.1.3項(P.79)参照)



敷地地盤は、安山岩を主体とした別所岳安山岩類が広く分布し、ほぼ水平で相当な拡がりをもっており、S波速度が1.5km/sである 第3速度層において著しい風化を受けていないと判断されるEL-10mの位置を解放基盤表面として設定する。(設定した解放基盤表 面の位置は次頁以降の速度構造及び密度構造断面参照)

^{1.1.7 解放基盤表面の設定} 解放基盤表面の設定(2/4)

○ EL-200m以浅の速度構造及び密度構造断面(R-R'断面)に設定した解放基盤表面の位置(EL-10m)を示す。



^{1.1.7 解放基盤表面の設定} 解放基盤表面の設定(3/4)

○ EL-200m以浅の速度構造及び密度構造断面(I-I'断面)に設定した解放基盤表面の位置(EL-10m)を示す。



^{1.1.7 解放基盤表面の設定} 解放基盤表面の設定(4/4)

コメントNo.3の回答

○ EL-200m以浅の速度構造及び密度構造断面(9-9'断面)に設定した解放基盤表面の位置(EL-10m)を示す。



1.1 地質・地質構造の調査による地下構造の検討 まとめ

- 〇 地震基盤以浅の地下構造の成層性及び均質性を評価するため、「敷地及び敷地周辺における地層の傾斜、断層及び褶曲構造等の地質構造」、「岩相・岩質の不均一性」並びに「敷地の地震基盤以浅の速度構造、減衰特性」に関する地質・地質構造の調査による検討を実施した(1.1.1~1.1.6項)。検討結果を下記に示す。
- また, これらの検討結果を踏まえ, 敷地の解放基盤表面を設定した(1.1.7項)。
- 1.1.1 敷地周辺の地質・地質構造 一敷地を中心とした半径30km範囲-
 - 〇 敷地周辺の地層の傾斜, 断層及び褶曲構造等の地質構造, 並びに岩相・岩質の不均一性を把握するため, 地表地質調査等の地質調査結果から地質・ 地質構造を確認した。
 - ▶ 敷地周辺陸域の地質は、新第三紀以降の地層が基盤である花崗岩類を直接覆っている。
 - ▶ 敷地を含む邑知潟平野北側では、大きな褶曲構造は認められない。
 - 敷地周辺海域の地質は、北部海域は、笹波沿岸及び前ノ瀬・長平礁周辺の顕著なD層の隆起で特徴づけられる。南部海域は、南西方向に広がる堆積盆 地と、厚く堆積するC層及びB層で特徴づけられる。
- 1.1.2 敷地近傍の地質・地質構造 一敷地を中心とした半径5km範囲-
 - 〇 敷地近傍の地層の傾斜,断層及び褶曲構造等の地質構造,並びに岩相・岩質の不均一性を把握するため,地表地質調査等の地質調査結果から地質・ 地質構造を確認した。
 - ▶ 海岸に沿って広く分布する新第三紀の岩稲階の別所岳安山岩類は,敷地北方で緩く東に傾斜する凝灰岩を挟む。
 - > 敷地近傍に分布する新第三紀の地層の傾斜は、概ね水平ないし10°程度を示している。
 - ▶ 中位段丘堆積層は、ほぼ水平または海側方向に非常に緩く傾斜して分布する。
 - ▶ 海岸に露出する新第三紀の岩稲階の別所岳安山岩類は海域のD₂層に対比され, D₂層は沖合い方向に徐々に深度を増す。その上部には水深20m以浅の 汀線部を除き, C層, B層, A層が分布し, A層及びB層は海底面とほぼ平行して堆積している。

1.1.3 敷地の地質・地質構造

- 〇 敷地の地層の傾斜, 断層及び褶曲構造等の地質構造, 並びに岩相・岩質の不均一性を把握するため, ボーリング調査等の地盤調査結果から地質・地質構造を確認した。
- > 敷地の地質は、新第三紀の岩稲階の別所岳安山岩類と、これを覆う第四紀の堆積物からなる。
- > 別所岳安山岩類は,敷地に広く分布しており,安山岩を主体とし,凝灰角礫岩を挟在する。
- ▶ 原子炉設置位置付近の地質は、別所岳安山岩類の安山岩(均質)、安山岩(角礫質)及び凝灰角礫岩からなる。
- ▶ 2号原子炉建屋底盤の岩盤にはほとんど変質部は認められず,主に(Ba)級, (Bb)級の岩級区分を示す安山岩が広く分布している。

1.1.4 原子炉設置位置付近の速度構造等(EL-200m以浅)

- 原子炉設置位置付近のEL-200m以浅の速度構造を把握するため、26孔の浅層ボーリングで実施したPS検層結果を確認した。
- ▶ 原子炉設置位置付近のEL-200m以浅の速度構造は、概ね水平な層構造を呈すものの、周囲と異なる速度特性を示す範囲として、第3'速度層及び第4'速度層が認められる。
- > 微動H/Vスペクトル比を用いた逆解析による検討の結果,原子炉設置位置周辺の第3速度層上面はEL-10m以浅に位置しており,顕著な不整形はみられない。
- 周囲と異なる速度特性を示す範囲として第3'速度層及び第4'速度層が認められることから、二次元FEMモデルを用いた地震動シミュレーションによる検討 を実施して、第3'速度層及び第4'速度層が地震動へ与える影響を確認した結果、第3'速度層または第4'速度層をモデル化した二次元FEMモデル及び第 3'速度層または第4'速度層をモデル化しない二次元FEMモデルを用いた地震動シミュレーションによる応答に顕著な違いはみられない。また、観測記録 を用いた検討(1.3.2~1.3.3項、1.3.5項)の結果によれば、敷地の地震基盤以浅に地震動へ影響を及ぼすような特異な速度構造はないと考えられる。これら より、第3'速度層及び第4'速度層は、地震動へ与える影響は小さいものと考えられる。

1.1.5 原子炉設置位置付近の速度構造等(地震基盤以浅)

- 〇 原子炉設置位置付近の地震基盤以浅の地質,速度構造を把握するため,2孔で実施した大深度ボーリング調査結果を確認した。
- 原子炉設置位置付近の地震基盤以浅の地質は、下位から先第三紀の花崗岩、古第三紀の楡原階(砂岩と頁岩の互層、礫岩)、新第三紀の岩稲階(安山 岩、凝灰角礫岩)からなり、花崗岩以浅におけるP波速度及びS波速度はそれぞれ4km/s及び2km/s程度、花崗岩以深におけるP波速度及びS波速度はそれぞれ5km/s及び3km/s程度であり、密度は概ね2~3t/m³の範囲を示す。
- 大深度ボーリング2孔(D-8.6孔, K-13.6孔)の花崗岩上面に約180mの高度差が認められることから、二次元FEMモデルを用いた地震動シミュレーションによる検討を実施して、花崗岩上面の高度差が地震動へ与える影響を確認した結果、花崗岩上面の高度差をモデル化した二次元FEMモデル及び花崗岩上面の高度差をモデル化しない二次元FEMモデルを用いた地震動シミュレーションによる応答に顕著な違いはみられない。また、観測記録を用いた検討(1.3.3~1.3.5項)の結果によれば、敷地の地震基盤以浅に地震動へ影響を及ぼすような特異な速度構造はないと考えられる。これらより、敷地の花崗岩上面の高度差は、地震動へ与える影響は小さいものと考えられる。

1.1.6 原子炉設置位置付近の減衰構造(地震基盤以浅)

- 〇 原子炉設置位置付近の減衰特性を把握するため、2孔で実施したQ値測定結果を確認した。
- ▶ 原子炉設置位置付近のQ値は、比較的浅部(R-9孔のEL-301m以浅及びD-8.6孔のEL-160m以浅)については10程度、また、それより深部については、深 さ方向に大きくなる傾向がみられる。

1.1.7 解放基盤表面の設定

- ▶ 敷地の解放基盤表面は,解釈別記2の記載事項及び敷地地盤の特徴を踏まえ,S波速度が1.5km/sである第3速度層において著しい風化を受けていない と判断されるEL-10mの位置に設定した。
- 地質・地質構造の調査による地下構造の検討の結果,敷地周辺の地質は、新第三紀以降の地層が基盤である花崗岩類を直接 覆っており、敷地を含む邑知潟平野北側では、大きな褶曲構造は認められない。また、敷地の地震基盤以浅の地質は凝灰角礫岩 を狭在するものの安山岩を主体とした新第三紀の岩稲階の別所岳安山岩類が広く分布しており、速度構造は概ね水平な層構造を 呈していること、局所的に周囲と異なる速度特性を示す第3'速度層及び第4'速度層並びに大深度ボーリング2孔間で認められた花 崗岩上面の高度差が解放基盤表面の地震動へ与える影響が小さいことから、敷地の地震基盤以浅の地下構造は成層かつ均質と 評価できることを確認した。
- ▶ また,敷地の解放基盤表面は,S波速度が1.5km/sである第3速度層において著しい風化を受けていないと判断されるEL-10mの位置に設定した。

1.2 物理探査による地下構造の検討

○ 地震基盤の位置及び形状, 地震基盤より深部の地下構造の成層性及び均質性を評価するため,「地震基盤の位置及び形状」,「地震基盤より深部の速度構造」に関する物理探査による検討を実施する(1.2.1~1.2.7項)。
 ○ 本は、これ、の検討結果を踏ます。動地の地震基盤を認定する(1.2.0項)

O また, これらの検討結果を踏まえ, 敷地の地震基盤を設定する(1.2.8項)。

		調本の日始	対象		手法*		地震動評価	글 옷 상 때 글 쓰 마다	
	調査項目	調査力法	調査の日的	水平方向	深さ方向	種別	内容	の3要素	計細況明
1.2.1	重力探査	敷地周辺の地震基盤の形状を把握するため、 敷地周辺のブーゲー異常図及び水平一次微分 図を確認する。	③地震基盤の位置及び形状の把握	敷地周辺	地震基盤	④重力探査	ブーゲー異常を確認する。	サイト特性	P.121~122
1.2.2	地震波トモグラフィー	敷地周辺の地震基盤より深部(深さ5km程度以 深)の速度構造を把握するため、地震波トモグ ラフィーに基づくP波速度構造及びS波速度構造 を確認する。	⑤地震波速度構造等の地下 構造及び地盤の減衰特性 の把握	敷地周辺	地震基盤より 深部	⑥ 文献調査	地震波トモグラフィーに基 づくP波速度構造・S波速 度構造を確認する。	伝播経路 特性	P.123~124
		敷地周辺の地震基盤の位置及び形状、並びに	❸地震基盤の位置及び形状 並びに	敷地周辺	地震基盤	创屈折法地震探査	P波速度構造を確認する。	サイト特性	P.125, P.128
1.2.3	屈折法地震探査	地震基盤より深部の速度構造を把握するため、 文献及び当社による屈折法地震探査に基づくP 波速度構造を確認する。			地震基盤より 深部	ⓑ 文献調査	屈折法地震探査に基づくP 波速度構造を確認する。	伝播経路 特性	P.125~127
1.2.4	微動アレー探査	敷地近傍の地震基盤の位置及び形状を把握す るため、微動アレー探査に基づくS波速度構造 を確認し、地震基盤に相当する層の上面の深さ を複数の地点で比較する。	 ③地震基盤の位置及び形状 並びに ⑤地震波速度構造等の地下 構造及び地盤の減衰特性 の把握 	敷地近傍	地震基盤	①微動アレー探査	S波速度構造を確認する。	サイト特性	P.129~130
1.2.5	反射法地震探査・VSP探 査	敷地の地震基盤の位置及び形状を把握するため、大深度ボーリング孔を用いたVSP探査及び 海陸連続で測線を配置した反射法地震探査に 基づく反射断面を確認する。	③地震基盤の位置及び形状の把握	敷地	地震基盤	①反射法地震探査・VSP探 査	反射断面を確認する。	サイト特性	P.131~132
1.2.6	広域微動探査	敷地周辺の地震基盤より深部の速度構造を把 握するため、地下の速度構造が反映されている 広域微動観測記録に基づき複数の観測点ペア で評価した群速度を比較する。	 地震波速度構造等の地下 構造及び地盤の減衰特性 の把握 	敷地周辺	地震基盤より 深部	①広域微動探査	地下の速度構造が反映されている広域微動観測記録に基づき複数の観測点ペアで評価した群速度を 比較する。	伝播経路 特性	P.133~135
1.2.7	単点微動探査	敷地の地震基盤の形状を把握するため,地下 の速度構造が反映されている微動H/Vスペクト ル比を敷地の複数の観測点で比較する。また, 水平アレー地震観測記録を用いた検討結果と の整合性を確認する。	❸地震基盤の位置及び形状の把握	敷地	地震基盤	⑥単点微動探査	地下の速度構造が反映さ れている微動H/Vスペクト ル比を敷地の複数の観測 点で比較する。	サイト特性	P.136~139

:物理探査による地下構造の検討

※ 青字の調査内容は、地質・地質構造の審査において説明済みの内容

1.2.1 重力探査

- 能登半島では地震基盤である花崗岩を新第三紀以降の地層が直接覆っており(P.61~62), これらの密度差により, 重力異常値は地震基盤の形状を反映していると考えられることから, 敷地周辺の地震基盤の形状を把握するため, 敷地周辺のブーゲー異常図及び水平一次微分図を確認した。
- 敷地周辺陸域については, 稠密な調査を実施し, 重力異常図を作成した。周辺に対して高い重力異常を示すのは, 高爪山周辺, 石動山周辺及び宝達山周辺, 低い重力異常を示 すのは, 輪島市南部, 羽咋市北部及び邑知潟平野南西部である。
- 規模が大きく直線的に連続する重力異常急変部は、NE-SW方向を示す邑知潟平野の北西縁及び南東縁、石動山と氷見平野との境界及び宝達山地と砺波平野との境界と、E-W 方向を示す宝達山北部及び南部に認められる。
- ブーゲー異常図及び水平ー次微分図から,敷地の位置する能登半島中部には規模が大きく直線的に連続する重力異常急変部は認められない。



1.2.1 重力探査

(2) 敷地近傍の重力異常(ブーゲー異常図)

〇敷地近傍(敷地から半径5km範囲)の重力異常値はほぼ一定であり、高重力異常域と低重力異常域との境界は明瞭ではなく、敷地近傍には地震基盤の形状の急激な変化を示唆す る顕著な線状の重力異常急変部は認められない。



敷地近傍には地震基盤の形状の急激な変化を示唆する顕著な線状の重力異常急変部は認められないことから、敷地近傍の地震基盤に顕著な不整形はないものと考えられる。

1.2.2 地震波トモグラフィー (1)ナクテナ・ナーンナ	第1199回審査会合 資料1 P.78 一部修正
(1) 快討力法	コメントNo.6の回答

- 敷地周辺の地震基盤より深部(深さ5km程度以深[※])の速度構造を把握するため, 地震波トモグラフィーに基づくP波速度構造及びS波速度構造 を確認した。
- Matsubara et al.(2022)は,防災科学技術研究所のHi−netやS−netのデータ等を含む地震波トモグラフィーにより,日本海と太平洋を含む日本列 島周辺の3次元速度構造を評価している。
- O また、防災科学技術研究所は、Matsubara et al.(2022)による3次元速度構造から、地図上で深さや位置を任意に指定して、速度構造断面を表示することが可能なソフトウェアを公開している。(https://www.hinet.bosai.go.jp/topics/sokudo_kozo/software.php?LANG=ja)

○ P波速度構造及びS波速度構造の確認は、防災科学技術研究所によるソフトウェアを用い、Matsubara et al.(2022)による敷地周辺の速度構造 断面を確認することで実施した。



Matsubara et al.(2022)による深さごとの速度構造マップ(P波速度)

Matsubara et al.(2022)より抜粋

※ 深さ5km程度以浅については,敷地周辺における屈折法地震探査による検討結果(P.127)及び微動アレー探査による検討結果(P.130)において詳細な速度構造を把握できて いることから,ここでは深さ5km程度以深を対象とした。



 Matsubara et al.(2022)による敷地周辺の速度構造断面より,敷地から10km程度の範囲においては,深さ5km程度以深の速度構造に顕著な不 整形はみられない。

1.2.3 J (1)	^{囲折法地震探査})検討方法	資料 ⁻
С) 敷地周辺の地震基盤の位置及び形状, 並びに地震基盤より深部の速度構造を把握するため, 文献及び当社による屈折法地震	探
	」 Licz フィ 放送及構造を確認した。) lidaka et al (2003)及7Nidaka et al (2008)は 中部日本を構断する測線において 屈折法地震探査を実施L 動地周辺のP波速	庻
	構造新面を評価している。	J <u>×</u>
C)また,当社は,敷地から南東方向に約13kmの測線において,屈折法地震探査を実施し,深さ3km以浅のP波速度構造を推定して	い
	තං	



1.2.3 屈折法地震探查

(2) Iidaka et al.(2003)による検討結果

○ Iidaka et al.(2003)による調査測線図及びP波速度構造断面を下図に示す。 ○ この断面によると,敷地周辺において,地震基盤に相当すると考えられるP波速度が5.3~5.8km/sの層が広く分布し,この層より深部については,上から,P波速度が6.0~6.4km/s,6.6~6.8km/s,7.6~7.9km/sの層が概ね水平に分布している。

<調査諸元>

•調査測線:261.6km, 観測点:391箇所(平均観測点間隔:669m)

•爆薬量:(J1~J5)500kg,(T6)100kg



1.2.3 屈折法地震探查

(3) Iidaka et al. (2008)による検討結果



<調査諸元> •調査測線:170km, 観測点:1108箇所(平均観測点間隔:153m)

• 爆薬量:(北端·南端)500kg,(北端·南端以外)300kg



Iidaka et al.(2008)による調査測線図及びP波速度構造断面

Iidaka et al.(2008)に一部加筆

1.2.3 ^{屈折法地震探査} (4)当社による検討結果

紫字は第1199回審査会合以降に追加した箇所

- 〇 当社による屈折法地震探査は,敷地から南東方向に約13kmの測線において,1985年11月24日に実施した。調査測線図,観測装置の仕様,走時曲線及び爆破点間のP波速度構造断面を下記に示す。
- 敷地周辺において、地震基盤に相当すると考えられるP波速度5.2~5.7km/sの層上面はEL-1km程度の位置にあり、概ね水平に分布している。
 - <調査諸元>



▶ 「Iidaka et al.(2003)による検討結果」,「Iidaka et al.(2008)による検討結果」及び「当社による検討結果」より, 敷地周辺の地震基盤は深さ1km程度であり, 概ね水平に分布している。また, 敷地から10km程度の範囲において, 地震基盤より深部の速度構造に顕著な不整形はみられない。

- 敷地近傍の地震基盤の位置及び形状を把握するため, 微動アレー探査に基づくS波速度構造を確認し, 地震基盤に相当する層の 上面の深さを複数の地点で比較した。
- 〇 微動アレー探査のための微動観測は,敷地を対象としたAアレーでは半径50~1000mの6種類,敷地の周辺を対象としたB~Gアレーでは半径80~640mの4種類とし,原則としてアレーの中心点1箇所及びその円周上で正三角形となる3箇所に微動計を設置し,2007年11月26日及び27日並びに2008年7月26日から8月1日の期間の中で実施した。微動アレー探査地点及び微動計の仕様を下記に示す。



2	
2	
S	
1	
Mrony.	Aアレー ^{※1}
UN	─── 半径 = 50m
1	—— 半径 = 100m
11-15	—— 半径 = 150m
1200	—— 半径 = 300m
	—— 半径 = 500m
Por l	—— 半径 = 1000m
SITTLE STR	B~Gアレー ^{※2}
) < 4	—— 半径 = 80m
S	—— 半径 = 160m
11000	—— 半径 = 320m
+1-1	—— 半径 = 640m
3	

微動計の仕様

		項目	仕様
	地震計	名称	LE-3D/5S 改
		製造会社	レナーツ社(独)
		成分	3成分(水平動2成分·上下動1成分)
		固有周期	5/7秒切り替え式
		電圧	DC12V
		出力感度	4V/kine
		センサー形式	速度型
	収録装置	名称	LS-8000SH
		製造会社	白山工業
n		チャンネル数	3
		分解能	16bit
		サンプリング周波数	100Hz
		電源	DC6~9V
	周波数範囲(周波数帯域)		0.14~50Hz

※1 Aアレーの半径 = 1000mについては、三角形の頂点のうち 1箇所が海上となるため、円の中心と反対側に設置する変 形アレーを適用した。

※2 C, Gアレーの半径 = 640mについては、半径 = 640mの円 周上での設置が困難であったため、三角形一辺の長さが 640mとなる中心点なしのアレーを適用した。

微動アレー探査地点



▶ 微動アレー探査に基づく各地点のS波速度構造より,敷地近傍の地震基盤は深さ1km程度であり,概ね水平に分布している。

130

1.2.5 反射法地震探查·VSP探查 (1)検討方法

○ 敷地の地震基盤の位置及び形状を把握するため,大深度ボーリング孔を用いたVSP探査及び海陸連続で測線を配置した反射法地震探査(2016年) に基づく反射断面を確認した。



調査位置図(石川県, 1997に一部加筆)

_	探査仕様					
		発振源	仕様	発振間隔	受振間隔	
	陸域	大型バイブレータ	・18t×2台 ・起振マス:2.3t, 2.6t(最大荷重18t) ・発振周波数:10−70Hz	50m	25m(地表) 15m(孔内)	
	海域	エアガン	•480cu.in.	25m	25m	



・敷地内には上記の測線以外に、福浦断層の調査を目的とした反射法地震探査(A測線)が通過しているが、
 同探査記録では、地震基盤(花崗岩上面)の形状は確認できない(詳細はデータ集1 P.143~145)。

〇 反射断面*を下図に示す。

○ 探査の結果,花崗岩上面(地震基盤)に相当する反射面は深さ1km程度の位置にあり, EL -1100~-1300mの範囲で概ね水平に分布している。

*マイグレーション処理後の時間断面から深度変換を行い作成。(マイグレーション処理前後の時間断面は補足資料P.15~16参照)



▶ 反射法地震探査・VSP探査に基づく反射断面より、敷地の地震基盤は深さ1km程度であり、概ね水平に分布している。

1.2.6 広域微動探查 (1)検討方法

- ・敷地周辺の地震基盤より深部の速度構造を把握するため、地下の速度構造が反映されている広域微動観測記録に基づき複数の 観測点ペアで評価した群速度を比較した。
- 微動観測は敷地内外の5地点において、2014年6月26日から順次実施している。微動観測点配置図及び観測開始日並びに微動計の仕様を下記に示す。

○ 群速度は,敷地周辺の地震基盤より深部の速度構造を把握する観点から,観測点の一方が敷地となっている観測点ペア及び観測 点間に敷地が含まれている観測点ペアのうち観測点間距離が比較的長い観測点ペア(4組)で評価した。



観測開始日

観測点1,2,3	2014年6月26日
観測点4	2015年2月10日
観測点5	2017年1月18日

微動計の仕様

項目	仕様	
地震計	3成分加速度計(ミツトヨ製JEP-6A3)	
データロガー	LS-8000(白山工業製)	
電源供給	バッテリー	
データ収録	連続観測(100Hzサンプリング) GPSによる時刻校正	

微動観測点配置図

1.2.6 広域微動探査 (2) 地震波干渉法の原理及び群速度の評価方法



- ② グリーン関数の狭帯域フィルタ処理から、周期ごとのフィルター波形とそのエンベロープ(包絡線)を評価
- ③ 観測点間距離をエンベロープの最大値時刻で除し、周期ごとの群速度を評価

※相互相関関数の評価結果は、データ集1 P.149~157。

○ 微動観測記録により得られた群速度(右下図)は,敷地周辺の地震基盤より深部の速度構造を反映していると考えられる周期2秒 程度より長周期側[※]において,いずれも同様の分散性を示す。





微動観測点配置図

※ 群速度における周期2秒程度より長周期側が,敷地周辺の地震基盤より深部の速度構造を反映していると考えられることについては,補足資料P.18参照。

微動観測記録により得られた群速度は、周期2秒程度より長周期側において、いずれも同様の分散性を示すことから、敷地周辺の 地震基盤より深部の速度構造に、顕著な不整形はないものと考えられる。

1.2.7 単点微動探査 (1)検討方法

第1199回審査会合 資料1 P.94 一部修正 コメントNo.7の回答

紫字は第1199回審査会合以降に追加した箇所

- 敷地の地震基盤の形状を把握するため、微動H/Vスペクトル比を敷地の複数の観測点で比較するとともに、1.3節において実施した 水平アレー地震観測記録を用いた検討結果との整合性を確認する。
- 微動観測は敷地の232地点※(約50m間隔)において,2014年1月13日~23日の期間の中で実施した。微動観測点配置図及び微動 計の仕様を下記に示す。(P.88再掲)



微動計の仕様

項目		仕様
	名称	LE-3D/5S 改
	製造会社	レナーツ社(独)
	成分	3成分(水平動2成分·上下動1成分)
地震計	固有周期	5/7秒切り替え式
	電圧	DC12V
	出力感度	4V/kine
	センサー形式	速度型
	名称	LS-8000
	製造会社	白山工業
旧色壮罕	チャンネル数	3
収球表直	分解能	24bit
	サンプリング周波数	100Hz
	電源	DC6~16V
周波数範囲(周波数帯域)		0.14~50Hz

※ 微動観測点は, 敷地において約50m間隔に設置することを基本としているが, 施設の設置状況や工事状況等を考慮して配置した。

(2) 単点微動探査による検討結果 一地震基盤の形状ー

〇 各観測点の微動H/Vスペクトル比を比較した結果を下図に示す。
 〇 周期1秒程度より短周期側は観測点により変動がみられる^{※1}が,敷地の地震基盤の位置を反映していると考えられる周期2秒程度
 ^{※2}において,各観測点の微動H/Vスペクトル比に顕著な違いはない。



※1 微動H/Vスペクトル比における周期1秒程度より短周期側において、観測点により変動がみられることについての分析は、補足資料P.20参照。 ※2 微動H/Vスペクトル比における周期2秒程度が、敷地の地震基盤の位置を反映していると考えられることについては、補足資料P.21参照。

単点微動探査による検討結果によれば、周期2秒程度において、各観測点の微動H/Vスペクトル比に顕著な違いはないことから、 敷地の地震基盤の形状に顕著な不整形はないものと考えられる。 (3) 観測記録を用いた検討結果(1.3節)

コメントNo.7の回答

- 1.3節において実施した水平アレー地震観測記録を用いた検討結果を確認した。
- 敷地の地震基盤以浅を対象とした水平アレー地震観測記録(地表)(到来方向別)を用いた検討結果(1.3.3項)によれば、各観測点間の応答スペクトル比の周期0.5秒以上において地震波の到来方向による顕著な違いはないことから、観測点1~4周辺の地震基盤以浅(表層地盤を除く)に、地震動へ影響を及ぼすような特異な速度構造はないと考えられる。
- 敷地の地震基盤~EL-200mを対象とした水平アレー地震観測記録(地中)(到来方向別)を用いた検討結果(1.3.4項)によれば、2号 原子炉建屋直下EL-200mに対する自由地盤EL-200mの応答スペクトル比に地震波の到来方向による顕著な違いはなく、概ね1程 度であることから、2号原子炉建屋直下地震観測点周辺と自由地盤地震観測点周辺のEL-200m~地震基盤に、地震動へ影響を及 ぼすような特異な速度構造はないと考えられる。



水平アレー地震観測記録を用いた検討(1.3.3~1.3.4項)の結果によれば、敷地の地震基盤以浅(地震基盤の形状を含む)に地震動 へ影響を及ぼすような特異な速度構造はないと考えられる。

○ 単点微動探査による検討結果と1.3節において実施した水平アレー地震観測記録を用いた検討結果について整合性を確認する。

単点微動探査による検討結果

〇 単点微動探査による検討結果によれば、周期2 秒程度において、各観測点の微動H/Vスペクトル 比に顕著な違いはみられないことから、敷地の地 震基盤の形状に顕著な不整形はないものと考え られる。



1.3節において実施した水平アレー地震観測記録を用いた検討結果

〇 水平アレー地震観測記録を用いた検討(1.3.3~ 1.3.4項)の結果によれば、敷地の地震基盤以浅 (地震基盤の形状を含む)に地震動へ影響を及 ぼすような特異な速度構造はないと考えられる。



単点微動探査による検討結果(周期2秒程度において,各観測点の微動H/Vスペクトル比に顕著な違いはみられないことから,敷 地の地震基盤の形状に顕著な不整形はないものと考えられること)は、1.3節において実施した水平アレー地震観測記録を用いた 検討結果(敷地の地震基盤以浅(地震基盤の形状を含む)に地震動へ影響を及ぼすような特異な速度構造はないと考えられること)と整合的である。

1.2.8 地震基盤の設定 地震基盤の設定(1/2)

○ 敷地の地震基盤は、「基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド」の記載事項及び敷地地盤の特徴を踏まえて設定する。

■「基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド」の記載事項

「地震基盤」とは、せん断波速度Vs=3000m/s 程度以上の地層をいう。

■敷地地盤の特徴

- 【1.1節 地質・地質構造の調査による地下構造の検討】
- 大深度ボーリング調査結果(D-8.6孔, K-13.6孔)によれば、原子炉設置位置付近の地震基盤以浅の地質は、下位から先第三紀の花崗岩、古第三紀の楡原階(砂岩と頁岩の互層,礫岩)、新第三紀の岩稲階(安山岩,凝灰角礫岩)からなり、花崗岩以浅におけるP波速度及びS波速度はそれぞれ4km/s及び2km/s 程度、花崗岩以深におけるP波速度及びS波速度はそれぞれ5km/s及び3km/s程度であり、密度は概ね2~3t/m³の範囲を示す。(詳細は1.1.5項(P.99~101) 参照)
- また,大深度ボーリング2孔(D-8.6孔, K-13.6孔)の花崗岩上面に約180mの高度差が認められることから,二次元FEMモデルを用いた地震動シミュレーションによる検討を実施して,花崗岩上面の高度差が地震動へ与える影響を確認した結果,花崗岩上面の高度差をモデル化した二次元FEMモデル及び花崗岩上面の高度差をモデル化しない二次元FEMモデルを用いた地震動シミュレーションによる応答に顕著な違いはみられない。また,観測記録を用いた検討(1.3.3 ~1.3.5項)の結果によれば,敷地の地震基盤以浅に地震動へ影響を及ぼすような特異な速度構造はないと考えられる。これらより,敷地の花崗岩上面の高度差は,地震動へ与える影響は小さいものと考えられる。(詳細は1.1.5項(P.102~111)参照)

【1.2節物理探査による地下構造の検討】

- 〇 敷地周辺における重力探査の検討結果によれば、敷地近傍(敷地から半径5km範囲)の重力異常値はほぼ一定であり、高重力異常域と低重力異常域との境 界は明瞭ではなく、敷地近傍には地震基盤の形状の急激な変化を示唆する顕著な線状の重力異常急変部は認められないことから、敷地近傍の地震基盤に 顕著な不整形はないものと考えられる。(詳細は1.2.1項参照)
- 敷地周辺における屈折法地震探査の検討結果によれば、敷地周辺の地震基盤は深さ1km程度であり、概ね水平に分布している。(詳細は1.2.3項参照)
- 〇 敷地近傍における微動アレー探査の検討結果によれば、敷地近傍の地震基盤は深さ1km程度であり、概ね水平に分布している。(詳細は1.2.4項参照)
- 〇 敷地における反射法地震探査・VSP探査の検討結果によれば,敷地の地震基盤は深さ1km程度であり,概ね水平に分布している。(詳細は1.2.5項参照)
- 敷地における単点微動探査の検討結果によれば、敷地の地震基盤の位置を反映していると考えられる周期2秒程度において、各観測点の微動H/Vスペクト ル比に顕著な違いはないことから、敷地の地震基盤の形状に顕著な不整形はないものと考えられる。(詳細は1.2.7項参照)



以上の1.1節の地質・地質構造の調査による地下構造の検討及び1.2節の物理探査による地下構造の検討の結果から、敷地の地震基盤は水平で評価できることを確認した。

1.2.8 地震基盤の設定 地震基盤の設定(2/2)

■地震基盤の設定

○ 大深度ボーリング調査結果(D-8.6孔)のPS検層結果によれば, EL-1.19km以深でS波速度が3km/s程度以上となることから, 地震基盤はEL-1.19kmである。 ○ また, 地震基盤をEL-1.19kmとした場合の理論位相速度は, 敷地における微動アレー探査により得られた位相速度と調和的である。



▶ 以上により,敷地の地震基盤はEL-1.19kmの位置に設定した。

○ 地震基盤の位置及び形状, 地震基盤より深部の地下構造の成層性及び均質性を評価するため,「地震基盤の位置及び形状」,「地震基盤より深部の速度構造」に関する物理探査による検討を実施した(1.2.1~1.2.7項)。検討結果を下記に示す。
 ○ また, これらの検討結果を踏まえ, 敷地の地震基盤を設定した(1.2.8項)。

1.2.1 重力探査

- 敷地周辺の地震基盤の形状を把握するため,敷地周辺のブーゲー異常図及び水平一次微分図を確認した。
- 敷地近傍(敷地から半径5km範囲)の重力異常値はほぼ一定であり、高重力異常域と低重力異常域との境界は明瞭ではなく、 敷地近傍には地震基盤の形状の急激な変化を示唆する顕著な線状の重力異常急変部は認められないことから、敷地近傍の地 震基盤に顕著な不整形はないものと考えられる。

1.2.2 地震波トモグラフィー

- 敷地周辺の地震基盤より深部(深さ5km程度以深)の速度構造を把握するため, 地震波トモグラフィーに基づくP波速度構造及び S波速度構造を確認した。
- ▶ 敷地から10km程度の範囲においては、深さ5km程度以深の速度構造に顕著な不整形はみられない。

1.2.3 屈折法地震探查

- 敷地周辺の地震基盤の位置及び形状,並びに地震基盤より深部の速度構造を把握するため, Iidaka et al. (2003), Iidaka et al. (2008)及び当社による屈折法地震探査に基づくP波速度構造を確認した。
- 敷地周辺の地震基盤は深さ1km程度であり、概ね水平に分布している。また、敷地から10km程度の範囲において、地震基盤より深部の速度構造に顕著な不整形はみられない。

1.2.4 微動アレー探査

- 敷地近傍の地震基盤の位置及び形状を把握するため, 微動アレー探査に基づくS波速度構造を確認し, 地震基盤に相当する層の上面の深さを複数の地点で比較した。
- ▶ 敷地近傍の地震基盤は深さ1km程度であり、概ね水平に分布している。

1.2.5 反射法地震探查 · VSP探查

- 敷地の地震基盤の位置及び形状を把握するため,大深度ボーリング孔を用いたVSP探査及び海陸連続で測線を配置した反射 法地震探査に基づく反射断面を確認した。
- ▶ 敷地の地震基盤は深さ1km程度であり、概ね水平に分布している。

1.2.6 広域微動探査

- 敷地周辺の地震基盤より深部の速度構造を把握するため,地下の速度構造が反映されている広域微動観測記録に基づき複数 の観測点ペアで評価した群速度を比較した。
- 敷地周辺の地震基盤より深部の速度構造を反映していると考えられる周期2秒程度より長周期側において、いずれも同様の分散性を示すことから、敷地周辺の地震基盤より深部の速度構造に、顕著な不整形はないものと考えられる。

1.2.7 単点微動探査

- 敷地の地震基盤の形状を把握するため、微動H/Vスペクトル比を敷地の複数の観測点で比較した。
- 敷地の地震基盤の位置を反映していると考えられる周期2秒程度において、各観測点の微動H/Vスペクトル比に顕著な違いはないことから、敷地の地震基盤の形状に顕著な不整形はないものと考えられる。また、水平アレー地震観測記録を用いた検討(1.3.3~1.3.4項)の結果によれば敷地の地震基盤以浅(地震基盤の形状を含む)に地震動へ影響を及ぼすような特異な速度構造はないと考えられることと整合的である。

1.2.8 地震基盤の設定

- 敷地の地震基盤は、「基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド」の記載事項及び敷地地盤の特徴を踏まえ、S波速度が 3km/s程度以上となるEL-1.19kmの位置に設定した。
- 物理探査による地下構造の検討の結果,敷地周辺の地震基盤は,深さ1km程度であり概ね水平に分布している結果が得られていることから,概ね水平で評価できることを確認した。また,地震基盤より深部の地下構造については,顕著な不整形はないものと評価できることから,成層かつ均質と評価できることを確認した。
- ▶ また,敷地の地震基盤は,S波速度が3km/s程度以上であるEL-1.19kmの位置に設定した。

1.3 観測記録による地下構造の検討
○ 敷地の鉛直アレー地震観測記録により敷地地盤の増幅特性を把握する(1.3.1項)とともに, 地震基盤以浅の地下構造の成層性及 び均質性を評価するため, 敷地内の複数地点で得られた地震観測記録を比較, 検討する(1.3.2~1.3.5項)。

:観測記録による地下構造の検討

調査項目		甜太姬西	調本の日的	対	象	手	法	地震動評価	ᆕᆇᇲ┉ᆕ兴ᇚ
		詞直佩女	前直の日内	水平方向	深さ方向	種別	内容	の3要素	a于 孙田 a元 9月
1.3.1	鉛直アレー地震観測記録 (深度別)を用いた検討	敷地の増幅特性(地震基盤~解放基盤表面)を 把握するため、自由地盤地震観測点における 深度別(EL+19.5m, EL-10m, EL-100m, EL- 200m, EL-1298m)の応答スペクトルより増幅傾 向を確認する。	●地震波速度構造等の地下 構造及び地盤の減衰特性 の把握	敷地	地震基盤以浅 (地震基盤~解放 基盤表面)	①鉛直アレー地震観測	自由地盤地震観測点の深 度別応答スペクトルを確認 する。	サイト特性	P.147~150
1.3.2	鉛直アレー地震観測記録 ? (到来方向別)を用いた検 討	敷地のEL-200m~解放基盤表面を対象に特異 な速度構造の有無を確認するため、自由地盤 地震観測点における応答スペクトル比(EL-10m /EL-200m)を地震波の到来方向ごとに比較す る。	●地震波速度構造等の地下 構造及び地盤の減衰特性 の把握	敷地	地震基盤以浅 (EL-200m~解放 基盤表面)	①鉛直アレー地震観測	観測点間の応答スペクト ル比を確認し, 地震波の 到来方向ごとに比較する。	サイト特性	P.151~153
1.3.3	水平アレー地震観測記録 3 (地表)(到来方向別)を用 いた検討	敷地の地震基盤以浅を対象に特異な速度構造 の有無を確認するため、水平アレー地震観測点 (地表)間の応答スペクトル比を地震波の到来 方向ごとに比較する。	 ・・・ ・・ ・ ・・ ・ ・・ ・ ・ ・ ・・ ・ ・ ・・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ <l< td=""><td>敷地</td><td>地震基盤以浅 (地震基盤~解放 基盤表面)</td><td>⑩水平アレー地震観測</td><td>観測点間の応答スペクト ル比を確認し, 地震波の 到来方向ごとに比較する。</td><td>サイト特性</td><td>P.154~158</td></l<>	敷地	地震基盤以浅 (地震基盤~解放 基盤表面)	⑩水平アレー地震観測	観測点間の応答スペクト ル比を確認し, 地震波の 到来方向ごとに比較する。	サイト特性	P.154~158
1.3.4	水平アレー地震観測記録 ↓ (地中)(到来方向別)を用 いた検討	敷地の地震基盤〜EL-200mを対象に特異な速 度構造の有無を確認するため、EL-200mの地 震観測点間の応答スペクトル比(自由地盤EL- 200m/2号原子炉建屋直下EL-200m)を地震波 の到来方向ごとに比較する。	●地震波速度構造等の地下 構造及び地盤の減衰特性 の把握	敷地	地震基盤以浅 (地震基盤~EL- 200m)	⑪水平アレー地震観測	観測点間の応答スペクト ル比を確認し, 地震波の 到来方向ごとに比較する。	サイト特性	P.159~161
1.3.5	原子炉建屋基礎版上の地 震観測記録を用いた検討	敷地の地震基盤以浅を対象に特異な速度構造 の有無を確認するため、1号原子炉建屋基礎版 上及び2号原子炉建屋基礎版上での加速度時 刻歴波形及び応答スペクトルを比較する。	 地震波速度構造等の地下 構造及び地盤の減衰特性 の把握 	敷地	地震基盤以浅 (地震基盤~原子 炉建屋基礎版)	①原子炉建屋基礎版上地 震観測	原子炉建屋基礎版上にお ける加速度時刻歴波形及 び応答スペクトルを1号と2 号で比較する。	サイト特性	P.162~165

※ 上記検討に用いた地震観測データの概要一覧は補足資料P.23参照

1.3 潅	見測記録による地下構造の検討
敷	地地盤における主な地震観測点

○ 敷地地盤における主な地震観測点の位置を下記に示す。

○ 鉛直アレー地震観測点については、自由地盤地震観測点において、1999年9月よりEL+19.5m~EL-200mで観測を実施しており、2019年7月より その深部の大深度地震観測点(EL-1298m)で観測を実施している(大深度地震観測点(EL-1298m)については、地震観測装置の不具合により 2024年7月に観測停止※)。また、2号原子炉建屋直下地震観測点において、2004年10月よりEL-6.2m~EL-200mで観測を実施している。 ○ 水平アレー地震観測点については、敷地地盤の地表4地点において、2016年1月~2018年2月に観測を実施し、2020年10月より観測を再開して いる。



1.3.1 鉛直アレー地震観測記録(深度別)を用いた検討		第1199回審査会合 資料1 P.103 一部修正
	赤字は2024年能登半島地震による地震	電測記録拡充に伴い変更した箇所
		地震観測記録の拡充
○ 敷地地盤の増幅特性(地震基盤~解放	 自由地盤地震観測点における深度別(EL-	-19.5m, EL-10m,

EL-100m, EL-200m, EL-1298m)の応答スペクトルより増幅傾向を確認する。

○ 検討に用いた主な観測地震(No.1~28)の諸元を下表に、震央分布図を次頁に示す。No.1~4の地震は、2014年の設置変更許可申請書に記載している主な観測地震で、No.5~28の地震※は、EL-1298mの大深度地震観測を開始した2019年7月以降に観測された主な観測地震(敷地から100km以内において発生したM5以上の地震)である。



▲:地震観測点

主な観測地震の諸元*

	震源情報									
No.	日付	時刻	北緯 (°)	東経 (°)	深さ (km)	м	震央距離 (km)			
1	2000/06/07	06:16	36.8265	135.5630	21.30	6.2	106.9			
2	2004/10/23	17:56	37.2925	138.8672	13.08	6.8	191.8			
3	2007/03/25	09:41	37.2207	136.6860	10.70	6.9	18.1			
4	2007/07/16	10:13	37.5568	138.6095	16.75	6.8	175.8			
5	2020/03/13	02:18	37.2797	136.8245	12.33	5.5	25.8			
6	2021/09/16	18:42	37.5053	137.3008	13.12	5.1	70.9			
7	2022/06/19	15:08	37.5153	137.2763	13.14	5.4	70.1			
8	2022/06/20	10:31	37.5220	137.3220	13.86	5.0	73.5			
9	2023/05/05	14:42	37.5390	137.3045	12.14	6.5	73.8			
10	2023/05/05	14:53	37.5257	137.2218	12.81	5.0	67.7			
11	2023/05/05	21:58	37.5263	137.2355	13.70	5.9	68.6			
12	2024/01/01	16:06	37.5105	137.2463	11.79	5.5	67.9			
13	2024/01/01	16:10	37.4962	137.2705	15.86	7.6	68.3			
14	2024/01/01	16:12	37.1550	136.6583	9.23	5.7	12.1			
15	2024/01/01	16:18	37.1985	136.8197	11.29	6.1	17.4			
16	2024/01/01	16:39	37.5497	137.4418	13.08	5.2	83.4			
17	2024/01/01	16:42	37.4475	137.1913	11.59	5.0	59.5			
18	2024/01/01	16:56	37.2622	136.8567	13.78	5.8	25.2			
19	2024/01/01	17:07	37.1102	136.6108	0.41	5.3	11.7			
20	2024/01/01	18:03	37.5928	137.4077	13.64	5.5	84.4			
21	2024/01/01	18:08	37.5783	137.3827	13.53	5.8	81.7			
22	2024/01/02	10:17	37.2220	136.7225	10.21	5.6	17.9			
23	2024/01/03	10:54	37.3735	136.8728	12.84	5.6	37.0			
24	2024/01/06	05:26	37.2172	136.8325	12.06	5.4	19.7			
25	2024/06/03	06:31	37.4675	137.3030	13.78	6.0	68.2			
26	2024/06/03	06:40	37.4640	137.3475	13.74	5.0	71.0			
27	2024/11/26	22:47	37.0087	136.3975	7.46	6.6	29.9			
28	2024/11/26	22:48	37.0050	136.4303	3.09	5.0	27.1			

* 気象庁「地震月報(カタログ編)」または防災科学技術研究所「Hi-net検測値データ」に基づく

1.3.1 鉛直アレー地震観測記録(深度別)を用いた検討

(1)検討方針(2/2)

地震観測記録の拡充

○ 検討に用いた主な観測地震(No.1~28)の震央分布図を下図に示す。



主な観測地震の震央分布図

1.3.1 鉛直アレー地震観測記録(深度別)を用いた検討

(2)自由地盤地震観測点における主な観測地震 - 深度別の応答スペクトル(1/2)-

コメントNo.10の回答 地震観測記録の拡充

- 敷地地盤の増幅特性を把握するため,自由地盤地震観測点における主な観測地震(No.1~28)について,深度別の応答スペクトルを確認する。
- No.1~28の地震のうち,自由地盤地震観測点の全深度で観測記録が得られた地震のうち最も大きな加速度を記録したNo.22(2024/01/02 10:17 石川県能登地方の地震)の検討結果を下図に示す。(その他の地震も含めた全地震の検討結果については補足資料P.25~52に示す。また,参考に, No.22の深度別のフーリエスペクトル及び伝達関数を補足資料P.53~54に示す。)
- 下図の深度別の応答スペクトルによると、NS方向及びEW方向の周期0.2秒程度より短周期側、並びにUD方向の周期0.1秒程度より短周期側では、表層地盤 (EL-10m~EL+19.5m)において応答が大きく増幅する傾向にあるが、岩盤中(EL-1298m~EL-10m)においてはほとんど増幅がみられない。また、NS方向及びEW方向の周期0.2~0.7秒程度、並びにUD方向の周期0.1~0.3秒程度では、EL-100m~EL-10mにおいて応答が増幅する傾向にあり、NS方向及びEW方向の周期0.7秒程度より長周期側、並びにUD方向の周期1~4秒程度では、EL-1298m~EL-200mにおいて応答が増幅する傾向にある。



1.3.1 鉛直アレー地震観測記録(深度別)を用いた検討

(2)自由地盤地震観測点における主な観測地震 - 深度別の応答スペクトル(2/2)-

コメントNo.10の回答 地震観測記録の拡充

○ 前頁において深度別の応答スペクトルに見られた増幅の傾向(NS方向及びEW方向の周期0.2~0.7秒程度,並びにUD方向の周期0.1~0.3秒程度では,EL-100m~EL-10mにおいて応答が増幅する傾向,NS方向及びEW方向の周期0.7秒程度より長周期側,並びにUD方向の周期1~4秒程度では,EL-1298m~EL-200mにおいて応答が増幅する傾向)が,その他の地震についてもみられるか確認するため,No.1~28の全地震を対象としてEL-100m~EL-10m間及びEL-1298m~EL-200m間の応答スペクトル比を確認した。

○ No.1~28のいずれの地震についても、増幅傾向がみられる周期帯に顕著な違いはない。



 No.1~28のいずれの地震についても、増幅傾向がみられる周期帯に顕著な違いはないことから、これらの増幅は敷地地盤固有の振動特性によるものであり、 自由地盤地震観測点周辺の地震基盤以浅に、地震動へ影響を及ぼすような特異な速度構造はないと考えられる。
 なお、地下構造モデルの設定にあたっては、この振動特性が地下構造モデルに適切に反映されていることを確認する。(確認した結果はP.181参照)

150

○ 敷地のEL-200m~解放基盤表面を対象に特異な速度構造の有無を確認するため,自由地盤地震観測点における応答スペクトル 比(EL-10m/EL-200m)を地震波の到来方向ごとに比較する。





1.3.2 鉛直アレー地震観測記録(到来方向別)を用いた検討 (2)検討の対象とした地震 第1199回審査会合 資料1 P.126 一部修正

コメントNo.8の回答

地震観測記録の拡充

○ 検討の対象は、1999年9月~2024年11月に自由地盤EL-200mと自由地盤EL-10mで同時に観測された地震のうち、2地点のNS成分、EW成分、 UD成分の最大加速度が全て0.5cm/s²以上を記録し、観測記録の信頼周期上限が5秒程度以上である449地震とした。検討の対象とした地震の 震央分布図を下図に示す。



検討の対象とした地震の震央分布図

1.3.2 鉛直アレー地震観測記録(到来方向別)を用いた検討 (3)検討結果

第1199回審査会合 資料1 P.128 一部修正

コメントNo.8.9の回答

テット10.0,507回合

地震観測記録の拡充

○ 自由地盤EL-200mに対する自由地盤EL-10mの応答スペクトル比を地震波の到来方向ごとに比較した結果,応答スペクトル比に地震波の到来方向による顕著な違いはない。



自由地盤EL-200mに対する自由地盤EL-10mの応答スペクトル比に地震波の到来方向による顕著な違いはないことから、自由地盤地震観測点 周辺のEL-10m~EL-200mに、地震動へ影響を及ぼすような特異な速度構造はないと考えられる。

(1)検討方法

- 敷地の地震基盤以浅を対象に特異な速度構造の有無を確認するため,水平アレー地震観測点(地表)間の応答スペクトル比^{※1}(観測点1に対する観測点2~4の比^{※2})を地震波の到来方向ごとに比較する。
- 各観測点付近の表層地盤のS波速度構造^{※3}と水平方向の地盤増幅率^{※4}を右下図に示す。

〇 地盤増幅率をみると、周期0.5秒未満の短周期側では、各観測点の増幅特性が異なっており、応答スペクトル比にはS波速度1000m/s未満となる表層地盤の速度構造の違いによる影響が含まれると考えられることから、本検討では周期0.5秒以上の長周期側を対象とした、表層地盤より深部の速度構造について確認した。



- ※1 地震基盤においては、観測点位置によらず同様の揺れであると考えられることから、観測点間の応答スペクトル比は、地震基盤以浅の速度構造の違いが反映されているものと考える。
- ※2 基準とする観測点については、第1199回審査会合資料(2023年10月20日)においては観測点4としていたが、2024年11月26日石川県西方沖の地震(M6.6)を含む2024年11月19日~2024年11月30日に観測された地震について、地震 観測装置の不具合により観測点4の地震観測記録が得られなかったことから、検討の対象とした全地震の観測記録が得られている観測点1に変更した。なお、観測点4を基準とする観測点とした場合の2024年11月18日までの地震観 測記録を用いた検討結果(補足資料P.61~64)においても、観測点1を基準とする観測点とした場合の検討結果(P.156~158)と同様に、検討対象とした周期帯(周期0.5秒以上)において、応答スペクトル比に地震波の到来方向によ る顕著な違いはないことを確認している。
- ※3 半径数m程度の三角形アレー等を複数配置した微動アレー探査により推定した。
- ※4 表層地盤のS波速度構造より、最下層に対する地表(GL±0m)の地盤増幅率を算定した。

第1199回審査会合 資料1

P.116 一部修正

コメントNo.8の回答

地震観測記録の拡充

○ 検討の対象は, 2016年1月~2018年2月及び2020年10月~2024年11月30日に観測された地震のうち, SN 比が大きい461地震とした。検討の対象とした。検討の対象とした。検討の対象とした。検討の対象とした。検討の対象とした。検討の対象とした。検討の対象とした。検討の対象とした。検討の対象とした。検討の対象とした。検討の対象とした。検討の対象とした。検討の対象とした。検討の対象とした。検討の対象とした。検討の対象とした。検討の対象とした。

赤字は2024年能登半島地震による地震観測記録拡充に伴い変更した箇所



到来方向	地震数
<mark>O</mark> 1	187個
O 2	80個
<mark>O</mark> 3	12個
<mark>O</mark> 4	17個
<mark>O</mark> 5	14個
<mark>O</mark> 6	52個
<mark>O</mark> 7	35個
0 8	64個
全方向	461個

※ 検討の対象とした地震の諸元はデータ集3 P.5~9。

検討の対象とした地震の震央分布図

1.3.3 水平アレー地震観測記録(地表)(到来方向別)を用いた検討 (3) 検討結果 一観測点2/観測点1-

第1199回審査会合 資料1 P.118 一部修正

コメントNo.8,9の回答

地震観測記録の拡充

○ 観測点1に対する観測点2の応答スペクトル比の平均値を地震波の到来方向ごとに比較した結果,検討対象とした周期帯(周期0.5秒以上)にお いて、応答スペクトル比に地震波の到来方向による顕著な違いはない。



応答スペクトル比(観測点2/観測点1)の地震波の到来方向ごとの比較

1.3.3 水平アレー地震観測記録(地表)(到来方向別)を用いた検討

(3) 検討結果 一観測点3/観測点1-

第1199回審査会合 資料1 P.119 一部修正

コメントNo.8,9の回答

地震観測記録の拡充

○ 観測点1に対する観測点3の応答スペクトル比についても, 観測点1に対する観測点2の応答スペクトル比と同様, 検討対象とした周期帯(周期 0.5秒以上)において、応答スペクトル比に地震波の到来方向による顕著な違いはない。



1.3.3 水平アレー地震観測記録(地表)(到来方向別)を用いた検討 (2) 12 = + 42 = 目 ____ 毎日 3日 占 1 / 毎日 3日 占 1 ___

(3) 検討結果 一観測点4/観測点1-

第1199回審査会合 資料1 P.120 一部修正

コメントNo.8.9の回答

地震観測記録の拡充

○ 観測点1に対する観測点4の応答スペクトル比についても、観測点1に対する観測点2の応答スペクトル比と同様、検討対象とした周期帯(周期0.5秒以上)にお いて、応答スペクトル比に地震波の到来方向による顕著な違いはない。



各観測点間の応答スペクトル比の周期0.5秒以上において地震波の到来方向による顕著な違いはないことから、観測点1~4周辺の地震基盤以浅(表層地盤 を除く)に、地震動へ影響を及ぼすような特異な速度構造はないと考えられる。 15

○ 敷地の地震基盤~EL-200mを対象に特異な速度構造の有無を確認するため、EL-200mの地震観測点間の応答スペクトル比(自由 地盤EL-200m/2号原子炉建屋直下EL-200m)※を地震波の到来方向ごとに比較する。



※ 地震基盤においては, 観測点位置によらず同様の揺れであると考えられることから, 観測点間の応答スペクトル比は, 地震基盤以浅の速度構造の違いが反映されているものと考える。

第1199回審査会合 資料1 P.122 一部修正

コメントNo.8の回答

地震観測記録の拡充

○ 検討の対象は、2004年10月~2024年11月に2号原子炉建屋直下EL-200mと自由地盤EL-200mで同時に観測された地震のうち、2地点のNS成分、EW成分、 UD成分の最大加速度が全て0.5cm/s²以上を記録し、観測記録の信頼周期上限が5秒程度以上である267地震とした。検討の対象とした地震の震央分布図を 下図に示す。



紫字は第1199回審査会合以降に修正した箇所 赤字は2024年能登半島地震による地震観測記録拡充に伴い変更した箇所

到来方向	地震数
<mark>O</mark> 1	89個
O 2	31個
<mark>O</mark> 3	5個
<mark>O</mark> 4	6個
<mark>O</mark> 5	2個
<mark>O</mark> 6	12個
<mark>O</mark> 7	34個
0 8	88個
全方向	267個

検討の対象とした地震の震央分布図

1.3.4 水平アレー地震観測記録(地中)(到来方向別)を用いた検討 (3)検討結果

 \geq

第1199回審査会合 資料1

P.124 一部修正

コメントNo.8,9の回答

地震観測記録の拡充

○ 2号原子炉建屋直下EL-200mに対する自由地盤EL-200mの応答スペクトル比を地震波の到来方向ごとに比較した結果,応答スペクトル比に地震波の到来方向による顕著な違いはなく,概ね1程度である。



161

○ 敷地の地震基盤以浅を対象に特異な速度構造の有無を確認するため、1号原子炉建屋基礎版上及び2号原子炉建屋基礎版上での加速度時刻歴波形及び応答スペクトルを比較する。
 ○ 検討に用いる1号及び2号原子炉建屋基礎版上の地震計の設置位置を下図に示す。



検討に用いる1号及び2号原子炉建屋基礎版上の地震計設置位置

※ 断面図の地震計設置位置は、平面図に示される地震計設置位置を当該断面に投影して示す。

※ 2007年3月25日能登半島地震本震(M6.9)については、検討に用いた地震計のうち1号原子炉建屋基礎版上の地震計の不具合により、観測記録が得られていないこ とから、バックアップ用地震計により得られた観測記録を用いた。

1.3.5 原子炉建屋基礎版上の地震観測記録を用いた検討 (2)検討の対象とした地震 一地震の諸元一

地震観測記録の拡充

○ 検討の対象とした地震の諸元を下表に示す。

○ 検討の対象は, 2004年10月~2024年11月に1号と2号で同時に観測された地震のうち, 最大加速度10cm/s²程度[※]以上を記録し, 観測記録の信頼周期上限が5秒程度以上である25地震とした。

※ 2024年能登半島地震の発生前は,最大加速度を10cm/s²以上とすると,検討の対象とする地震数が少ないことから,最大加速度が10cm/s²をわずかに下回るもの(No.4.5.8)も検討の対象としたが,2024年 能登半島地震の発生後は,最大加速度が10cm/s²以上となる記録が拡充されたことから,最大加速度が10cm/s²以上のものを検討の対象とした(2024/11/26 22:48 石川県西方沖の地震(M5.0)等,最大加 速度が10cm/s²未満の地震は検討対象外)。

赤字は2024年能登半島地震による地震観測記録拡充に伴い変更した箇所

			震源情	青報			— 1 ap.+"	原子炉建屋基礎版上最大加速度(cm/s ²)					
No.	D /±	n+ +u	北緯	東経	深さ		震央距離		1号			2号	
	日何	時刻	(°)	(°)	(km)	М	(KIII)	NS	EW	UD	NS	EW	UD
1	2007/03/25	09:41	37.2207	136.6860	10.70	6.9	18.1	163.2	239.4	150.8	179.4	254.2	204.2
2	2007/06/11	03:45	37.2442	136.6547	7.29	5.0	21.3	34.9	30.4	18.1	36.2	33.2	17.4
3	2007/06/22	03:34	36.8780	136.6677	7.50	4.6	21.0	20.2	24.8	10.6	22.1	26.5	13.0
4	2007/07/16	10:13	37.5568	138.6095	16.75	6.8	175.8	5.9	5.9	2.9	6.1	7.2	3.9
5	2008/01/26	04:33	37.3188	136.7733	11.30	4.8	28.9	9.3	6.9	4.5	7.5	8.2	5.0
6	2020/03/13	02:18	37.2797	136.8245	12.33	5.5	25.8	29.2	19.6	16.4	31.7	21.5	16.9
7	2023/05/05	14:42	37.5390	137.3045	12.14	6.5	73.8	18.4	20.8	14.0	24.1	17.6	11.9
8	2023/05/05	21:58	37.5263	137.2355	13.70	5.9	68.6	10.3	12.1	7.9	11.2	12.3	9.7
9	2024/01/01	16:10	37.4962	137.2705	15.86	7.6	68.3	349.0	310.1	265.4	324.7	375.4	259.7
10	2024/01/01	16:12	37.1550	136.6583	9.23	5.7	12.1	122.7	111.8	60.3	109.7	133.9	80.2
11	2024/01/01	16:18	37.1985	136.8197	11.29	6.1	17.4	48.1	52.6	62.4	61.9	54.3	32.3
12	2024/01/01	16:56	37.2622	136.8567	13.78	5.8	25.2	53.3	39.4	35.3	58.9	41.3	22.7
13	2024/01/01	17:07	37.1102	136.6108	0.41	5.3	11.7	12.1	14.5	14.6	14.2	14.3	12.8
14	2024/01/01	18:39	37.1067	136.6473	6.26	4.8	8.7	42.9	39.3	27.3	46.2	39.9	28.3
15	2024/01/02	04:42	37.2572	136.6767	12.17	4.9	22.2	24.3	15.9	11.8	26.5	17.3	10.9
16	2024/01/02	10:17	37.2220	136.7225	10.21	5.6	17.9	32.6	35.0	20.7	49.1	32.2	20.1
17	2024/01/02	17:13	37.1393	136.6333	5.84	4.6	12.0	12.5	13.3	11.2	14.6	14.1	10.3
18	2024/01/03	07:04	37.0708	136.7350	6.58	2.9	1.3	13.0	29.0	13.1	11.0	36.4	14.1
19	2024/01/05	00:04	37.1868	136.8327	12.00	4.4	16.9	12.6	11.1	13.7	12.1	11.7	11.8
20	2024/01/06	05:26	37.2172	136.8325	12.06	5.4	19.7	26.8	45.4	34.4	35.2	42.5	26.5
21	2024/01/06	23:20	37.1717	136.6453	4.62	4.3	14.3	12.2	20.4	14.5	13.8	21.3	17.8
22	2024/01/07	15:26	37.2122	136.7193	10.80	4.5	16.8	19.6	14.2	12.6	15.6	17.3	11.5
23	2024/01/07	21:38	37.1795	136.8145	11.70	4.7	15.3	26.3	17.8	12.1	25.2	19.7	21.8
24	2024/06/03	06:31	37.4675	137.3030	13.78	6.0	68.2	18.7	12.5	11.0	16.2	10.1	11.9
25	2024/11/26	22:47	37.0087	136.3975	7.46	6.6	29.9	29.5	35.0	30.6	38.9	37.1	29.4

検討の対象とした地震の諸元*

* 気象庁「地震月報(カタログ編)」または防災科学技術研究所「Hi-net検測値データ」に基づく

1.3.5 原子炉建屋基礎版上の地震観測記録を用いた検討

(2)検討の対象とした地震 一震央分布図ー

○ 検討の対象とした地震の震央分布図を下図に示す。

136° 137° 138° 139° 150 km 200 km 38° 38° \oplus 100 km o No.4 (2007年新潟県中越沖地震) No.8 No.7 50 km - No.9 (2024年能登半島地震) € No.24 No.5 No.16 No.6 No.15 No.1 No.2 No.1(2007年能登半島地震) No.11 No.22-No.19 No.21 No.23 No.TO. No.17 37° 37° No.18 No.25 No.14 1 志賀原子力発電所 No.3 Ι 1 rear. 1 ι, 137° 138 25 50 75 100 km

検討の対象とした地震の震央分布図

地震観測記録の拡充

164

(3) 検討結果



○ No.1~25の地震について、1号及び2号原子炉建屋基礎版上における加速度時刻歴波形及び応答スペクトルを比較した結果、1号と2号に顕著な違いはない。



No.1~25の地震について、加速度時刻歴波形及び応答スペクトルに顕著な違いはないことから、1号原子炉建屋周辺及び2号原子炉建屋 周辺の地震基盤以浅に、地震動へ影響を及ぼすような特異な速度構造はないと考えられる。

地震観測記録の拡充

○ 敷地の鉛直アレー地震観測記録により敷地地盤の増幅特性を把握する(1.3.1項)とともに、地震基盤以浅の地下構造の成層性及び均質性を評価するため、敷地内の複数地点で得られた地震観測記録を比較、検討した(1.3.2~1.3.5項)。検討結果を下記に示す。

1.3.1 鉛直アレー地震観測記録(深度別)を用いた検討

- 敷地の増幅特性(地震基盤~解放基盤表面)を把握するため、自由地盤地震観測点における深度別(EL+19.5m, EL-10m, EL-100m, EL-200m, EL-1298m)の応答スペクトルより増幅傾向を確認した。
- いずれの地震についても、増幅傾向がみられる周期帯に顕著な違いはないことから、これらの増幅は敷地地盤固有の振動特性によるものであり、自由地盤地震観測点周辺の地震基盤以浅に、地震動へ影響を及ぼすような特異な速度構造はないと考えられる。

1.3.2 鉛直アレー地震観測記録(到来方向別)を用いた検討

- 敷地のEL-200m~解放基盤表面を対象に特異な速度構造の有無を確認するため、自由地盤地震観測点における応答スペクトル比(EL-10m/EL-200m)を地震波の到来方向ごとに比較した。
- ▶ 自由地盤EL-200mに対する自由地盤EL-10mの応答スペクトル比に地震波の到来方向による顕著な違いはないことから、自由地盤地震観 測点周辺のEL-10m~EL-200mに、地震動へ影響を及ぼすような特異な速度構造はないと考えられる。

1.3.3 水平アレー地震観測記録(地表)(到来方向別)を用いた検討

- 敷地の地震基盤以浅を対象に特異な速度構造の有無を確認するため,水平アレー地震観測点(地表)間の応答スペクトル比を地震波の到 来方向ごとに比較した。
- 各観測点間の応答スペクトル比の周期0.5秒以上において地震波の到来方向による顕著な違いはないことから、観測点1~4周辺の地震基盤以浅(表層地盤を除く)に、地震動へ影響を及ぼすような特異な速度構造はないと考えられる。

1.3.4 水平アレー地震観測記録(地中)(到来方向別)を用いた検討

- 敷地の地震基盤~EL-200mを対象に特異な速度構造の有無を確認するため、EL-200mの地震観測点間の応答スペクトル比(自由地盤EL-200m/2号原子炉建屋直下EL-200m)を地震波の到来方向ごとに比較した。
- ▶ 2号原子炉建屋直下EL-200mに対する自由地盤EL-200mの応答スペクトル比に地震波の到来方向による顕著な違いはなく、概ね1程度であることから、2号原子炉建屋直下地震観測点周辺と自由地盤地震観測点周辺のEL-200m~地震基盤に、地震動へ影響を及ぼすような特異な速度構造はないと考えられる。

1.3.5 原子炉建屋基礎版上の地震観測記録を用いた検討

- 敷地の地震基盤以浅を対象に特異な速度構造の有無を確認するため,1号原子炉建屋基礎版上及び2号原子炉建屋基礎版上での加速度 時刻歴波形及び応答スペクトルを比較した。
- 加速度時刻歴波形及び応答スペクトルに顕著な違いはないことから、1号原子炉建屋周辺及び2号原子炉建屋周辺の地震基盤以浅に、地震動へ影響を及ぼすような特異な速度構造はないと考えられる。

観測記録による地下構造の検討の結果,敷地の地震基盤以浅に地震動へ影響を及ぼすような特異な速度構造はないと考えられることから,地震基盤以浅の地下構造は成層かつ均質と評価できることを確認した。

○「①解放基盤表面の位置」,「②敷地及び敷地周辺における地層の傾斜,断層及び褶曲構造等の地質構造」,「③地震基盤の位置 及び形状」,「④岩相・岩質の不均一性」及び「⑤地震波速度構造等の地下構造及び地盤の減衰特性」を把握するため,敷地及び 敷地周辺の調査を実施した。また,上記①~⑤を把握した結果を踏まえ,敷地及び敷地周辺の地下構造が地震波の伝播特性に与 える影響を検討した。検討結果を下記に示す。

1.1 地質・地質構造の調査による地下構造の検討

- 地質・地質構造の調査による地下構造の検討の結果,敷地周辺の地質は,新第三紀以降の地層が基盤である花崗岩類を直接 覆っており,敷地を含む邑知潟平野北側では,大きな褶曲構造は認められない。また,敷地の地震基盤以浅の地質は凝灰角礫 岩を狭在するものの安山岩を主体とした新第三紀の岩稲階の別所岳安山岩類が広く分布しており,速度構造は概ね水平な層 構造を呈していること,局所的に周囲と異なる速度特性を示す第3'速度層及び第4'速度層並びに大深度ボーリング2孔間で認 められた花崗岩上面の高度差が解放基盤表面の地震動へ与える影響が小さいことから,敷地の地震基盤以浅の地下構造は成 層かつ均質と評価できることを確認した。
- ▶ また,敷地の解放基盤表面は,S波速度が1.5km/sである第3速度層において著しい風化を受けていないと判断されるEL-10mの 位置に設定した。

1.2 物理探査による地下構造の検討

- 物理探査による地下構造の検討の結果,敷地周辺の地震基盤は,深さ1km程度であり概ね水平に分布している結果が得られていることから,概ね水平で評価できることを確認した。また,地震基盤より深部の地下構造については,顕著な不整形はないものと評価できることから,成層かつ均質と評価できることを確認した。
- ▶ また,敷地の地震基盤は,S波速度が3km/s程度以上であるEL-1.19kmの位置に設定した。

1.3 観測記録による地下構造の検討

- 観測記録による地下構造の検討の結果,敷地の地震基盤以浅に地震動へ影響を及ぼすような特異な速度構造はないと考えられることから,地震基盤以浅の地下構造は成層かつ均質と評価できることを確認した。
- 以上の通り,地質・地質構造の調査による地下構造の検討(1.1節),物理探査による地下構造の検討(1.2節)及び観測記録による 地下構造の検討(1.3節)より,敷地の地下構造は成層かつ均質と評価できることを確認した。
- ▶ また,敷地の解放基盤表面は,S波速度が1.5km/sである第3速度層において著しい風化を受けていないと判断されるEL-10mの位置に,敷地の地震基盤は,S波速度が3km/s程度以上であるEL-1.19kmの位置に設定した。

地下構造モデルの設定 (1)地下構造モデルの設定方法

- 1章の地下構造の成層性及び均質性の評価により,敷地の地下構造は成層かつ均質と評価した。
- 〇 2章では、下図の地下構造評価のフローに基づき、「敷地近傍地下構造調査(精査)」及び「広域地下構造調査(概査)」により把握した敷地の地質・地質構造、地震波速度構造等の地下構造及び地盤の減衰特性を踏まえ、一次元の地下構造モデルを設定する。
- 地下構造モデルの設定に用いた敷地における調査の種別及び範囲,並びに地下構造モデルの設定手順を次頁に示す。



地下構造評価のフロー

(2) 敷地における調査の種別及び範囲,並びに地下構造モデルの設定手順



- 敷地の地下構造は成層かつ均質と評価できることから,鉛直アレー地震観測を実施している自由地盤位置(P.146に示す自由地盤地震観測 点)において一次元の地下構造モデルを設定する。
- 一次元の地下構造モデルは, 左下図に示す敷地における地盤調査(浅層ボーリング調査, 大深度ボーリング調査及び微動アレー探査)の結果 に基づき設定する。また, これら地盤調査の範囲より深部については文献に基づき設定する。
- 敷地における調査結果を踏まえた地下構造モデルの設定手順を右下図に示す。

S波速度 · P波速度	密度	減衰		S波速度·P波速度	密度	減衰
浅層ボーリング調査 (P.81~83)	浅層ボーリング調査 (P.81~83)	浅層ボーリング 112ング	(解放基盤表面) ▼EL-200m	【設定手順①】 EL-200m以浅は浅層ボーリング調査結果が多数 き評価した速度構造及び密度構造は、EL-200m 信頼性が高いと考えられることから、この速度構 基づき設定	ぬあり, これらに基づ 以浅の物性値として 靖造及び密度構造に	【設定手順③】 Fl -1 19km以浅は
大深度ボーリング調査 (P.100~101)	大深度ボーリング調査 (P.100~101)	調査 ガーリング調査(P. 112	▼EL_301m モデル設定 ▼EL-1.19km	【設定手順②】 EL-200mからEL-1.5kmは大深度ボーリング調査 認できていることから、この調査結果に基づき影 PS検層(ダウンホール法)による速度値及び密加 に基づき設定)	5により直接物性を確 定(D-8.6孔における 度検層による密度値	浅層ボーリング調 査結果及び大深 度ボーリング調査 結果によりQ値を 確認しており、こ のQ値に対して安 全側に設定
			(地震基盤) ▼EL-1.5km			
微動アレー探査 (P.130)	文献調査	文献 調査	▼EL-3km [※]	【設定手順⑤】 設定手順④までに設定したS波速度構造を 拘束条件として微動アレー探査結果に基づ き設定	【 <u>設定手順⑥】</u> 文献に基づき設定	
文献調査				【 <u>設定手順④】</u> EL-3kmより深部は文献に基づき設定		

敷地における調査の種別及び範囲(深度方向)

地下構造モデルの設定手順

(3)設定手順① EL-200m以浅のS波速度, P波速度及び密度

○ 自由地盤位置の速度構造及び密度構造を左上表に示す。

- 左上表の層区分の標高は,自由地盤位置の鉛直アレー地震計の設置に際して別途実施したボーリング調査による層区分(左下表)を踏まえて 設定した。また,左上表の速度及び密度は,P.116に示す速度構造及び密度構造断面における自由地盤位置の速度及び密度を示す。
- なお,原子炉設置位置付近の速度構造等の調査結果(P.81~83, P.100)において,EL-200mに速度及び密度の明瞭な境界はみられないが, 左上表に示す速度構造及び密度構造は,EL-200m以浅の多数の浅層ボーリング調査結果に基づくものであり,物性値として信頼性が高いと考えられることから,地下構造モデルのEL-200m以浅のS波速度,P波速度及び密度は,左上表に示す速度構造及び密度構造に基づき設定し, EL-200mに層境界を設定した。

自由地盤位置の速度構造及び密度構造

層区分	標高EL ^{※1}	Vs ^{%2} (km∕s)	Vp ^{‰2} (km∕s)	密度 ^{※2} (t/m³)
埋土速度層	+21m ~ +17.1m	0.25	0.79	2.20
第2速度層	+17.1m ~ -4.9m	0.60	1.37	1.97
第3速度層	-4.9m ~ -108.9m	1.50	3.19	2.37
第4速度層	−108.9m ~ −200m	1.96	3.96	2.38

- ※1: 自由地盤位置の鉛直アレー地震計(EL+19.5m, -10m, -100m, -200m)の 設置に際して別途実施したボーリング調査による層区分(下表)を踏まえて 設定した。
- ※2: P.116に示す速度構造及び密度構造断面における自由地盤位置の速度及 び密度を示す。

設定した地下構造モデル

標高EL	層厚 (m)	S波速度 Vs (km/s)	P波速度 Vp (km/s)	密度 <i>ρ</i> (t/m ³)	減衰定数 h (%)	Q值	解放基盤表面
-10m-	98.9	1.50	3.19	2.37	3.000	16.67	
-108.9m	91.1	1.96	3.96	2.38	3.000	16.67	
-200m	790	2.14	3.92	2.34	1.500	33.33	地震基盤
- 990m	200	1.56	3.26	2.41	1.000	50	∇
-1.19km	600	3.16	5.29	2.67	0.250	200	
-1.79km	1,210	3.3	5.4	2.7	0.250	200	
- Skill	2,500	3.5	5.6	2.7	0.250	200	
-1.9km	12,500	3.6	6.3	2.7	0.185	270	
- 10km	10,000	3.9	6.8	2.8	0.125	400	
Zokm	∞	4.4	7.6	3.1	0.100	500	

:浅層ボーリング調査結果に基づき設定した範囲

自由地盤位置の鉛直アレー地震計の設置に際して 実施したボーリング調査による層区分

層区分標高EL

	100 Per
埋土速度層	+21m ~ +17.1m
第2速度層	+17.1m ~ −4.9m
第3速度層	-4.9m ~ -108.9m
第4速度層	−108.9m ~ −200m

(4)設定手順② EL-200mからEL-1.5kmのS波速度, P波速度及び密度

第1199回審査会合 資料1 P.148 一部修正

172

○ EL-200mからEL-1.5kmのS波速度,P波速度及び密度は、大深度ボーリング調査により直接物性を確認できていることから、当該深度の地下構造モデルのS波速度,P波速度及び密度はこの調査結果に基づき設定した。大深度ボーリング調査は2孔(K-13.6孔及びD-8.6孔)で実施しているが、2孔の物性値(S波速度,P波速度及び密度)は同程度の値を示す(P.100~101)ことから、自由地盤位置において、より深部まで物性を把握できているD-8.6孔の調査結果(PS検層(ダウンホール法)による速度値及び密度検層による密度値)に基づき設定した。なお、D-8.6孔のEL-200m以浅の速度構造は、EL-160mに層境界がみられるが、これを境界として、速度値に顕著な違いはなく、また、設定した地下構造モデルの速度構造とも整合的である。



大深度ボーリング調査結果(D-8.6孔)による層区分毎の速度(ダウンホール法)及び密度

層区分	標高EL	Vs (km∕s)	Vp (km∕s)	密度 (t/m³)
1 (第3速度層)	-4m ~ -110m	1.55	3.55	1.87*
2 (第4速度層)	-110m ~ -160m	2.00	3.69	1.85*
3	-160m ~ -990m	2.14	3.92	2.34
4	-990m ~ -1190m	1.56	3.26	2.41
5	-1190m ~ -1290m	3.16	5.29	2.67

※ 掘削径が大きく、測定ツールが十分に孔壁と密着できなかったため、 信頼性が低い区間

設定した地下構造モデル

標高EL	層厚 (m)	S波速度 Vs (km/s)	P波速度 Vp (km/s)	密度 <i>ρ</i> (t/m ³)	減衰定数 h (%)	Q值
-10m-	98.9	1.50	3.19	2.37	3.000	16.67
-108.9m	91.1	1.96	3.96	2.38	3.000	16.67
-200m	790	2.14	3.92	2.34	1.500	33.33
-990m-	200	1.56	3.26	2.41	1.000	50
-1.19km	600	3.16	5.29	2.67	0.250	200
-1./9km	1,210	3.3	5.4	2.7	0.250	200
-3km	2,500	3.5	5.6	2.7	0.250	200
-5.5km-	12,500	3.6	6.3	2.7	0.185	270
- 1 8 km	10,000	3.9	6.8	2.8	0.125	400
-28km	8	4.4	7.6	3.1	0.100	500

_____:大深度ボーリング調査結果に基づき設定した範囲 ★ FL -1 19km~FL -1 5kmの物性値をFL -1 5km~-1 79kmの区間

★ EL-1.19km~EL-1.5kmの物性値をEL-1.5km~-1.79kmの区間まで適用できることに ついては、設定手順⑤において確認

(5)設定手順③ EL-1.19km以浅の減衰

- EL-1.19km以浅の減衰は、浅層ボーリング調査結果及び大深度ボーリング調査結果によりQ値を確認しており、当該深度の地下構造モデルのQ値は、この調査結果に対して安全側に設定した。
- 浅層ボーリング調査(R-9孔)及び大深度ボーリング調査(D-8.6孔)によるQ値測定結果(P.112)を下表に示す。
- C R-9孔とD-8.6孔の層区分1及び層区分2はそれぞれ第3速度層及び第4層速度層に対応するものとし、EL-10m~EL-108.9mのQ値 は層区分1のQ値測定結果を、EL-108.9m~EL-200mのQ値は層区分2のQ値測定結果を上回るように設定した。またEL-200m~ EL-990mのQ値はD-8.6孔の層区分3のQ値測定結果を、EL-990m~EL-1.19kmのQ値はD-8.6孔の層区分4のQ値測定結果を上回 るように設定した。

最大振幅法によるQ値測定結果

調査位置	層区分	標高EL (m)	卓越周波数 (Hz)	Q值
	1 (第3速度層)	1 ~ -97	24	10.4
K-941	2 (第4速度層)	-97 ~ -301 -4 ~ -110	25	8.9
D-8.67L	1 (第3速度層)	-4 ~ -110	32	8.1
	2 (第4速度層)	-110 ~ -160	26	7.6
	3	-160 ~ -990	27	27.4
	4	-990 ~ -1190	22	47.0

設定した地下構造モデル

標高EL	層厚 (m)	S波速度 Vs (km/s)	P波速度 Vp (km/s)	密度 <i>ρ</i> (t/m ³)	減衰定数 h (%)	Q值
-100 0m	98.9	1.50	3.19	2.37	3.000	16.67
-108.9m	91.1	1.96	3.96	2.38	3.000	16.67
-200m	790	2.14	3.92	2.34	1.500	33.33
-1 10km	200	1.56	3.26	2.41	1.000	50
-1.70km	600	3.16	5.29	2.67	0.250	200
-1./9km	1,210	3.3	5.4	2.7	0.250	200
-5.5km	2,500	3.5	5.6	2.7	0.250	200
-1.0km	12,500	3.6	6.3	2.7	0.185	270
	10,000	3.9	6.8	2.8	0.125	400
-zokm	8	4.4	7.6	3.1	0.100	500

:浅層ボーリング調査結果及び大深度ボーリング調査結果に対して安全側に設定した範囲 Q値は、Q=1/2hの関係式より算出した。(調査結果を上回るQ値になるように減衰定数hを設定)

^{2. 地下構造モデルの設定} (6)設定手順④ EL-3km以深のS波速度及びP波速度(1/3)

○ 地下構造モデルのEL-3kmより深部の速度構造は文献に基づき設定した。

 ・ 敷地周辺においては, Iidaka et al.(2003)(P.126)及びIidaka et al.(2008)(P.127)により詳細なP波速度構造が求められている。Iidaka et al.(2003) は, Iidaka et al.(2008)と比較して調査測線が長く、深さ40kmまでの大局的なP波速度構造が求められている。一方で、Iidaka et al.(2008)は、 Iidaka et al.(2003)と比較して調査測線が短いが、敷地の近くにおいては深さ5km程度以浅についてより詳細なP波速度構造が求められている。

 このことを踏まえ、深さ5km程度以深についてはIidaka et al.(2003)、深さ5km程度以浅についてはIidaka et al.(2008)に基づき設定した。



174

(6)設定手順④ EL-3km以深のS波速度及びP波速度(2/3)

- Iidaka et al.(2003)による敷地周辺の深さ5km程度以深のP波速度構造に基づき、地下構造モデルのEL-5.5km以深のP波速度構造 を設定した。
- また,設定したP波速度に対応するS波速度は、地殻構造の平均的なVs-Vp関係(Vs=Vp/√3)に基づき設定した。



Iidaka et al.(2003)に一部加筆

標高EL	層厚 (m)	S波速度 Vs (km/s)	P波速度 Vp (km/s)	密度 <i>ρ</i> (t/m ³)	減衰定数 h (%)	Q值
-108.0m	98.9	1.50	3.19	2.37	3.000	16.67
-106.90	91.1	1.96	3.96	2.38	3.000	16.67
-200m-	790	2.14	3.92	2.34	1.500	33.33
-990m	200	1.56	3.26	2.41	1.000	50
-1.19km	600	3.16	5.29	2.67	0.250	200
-1./9km	1,210	3.3	5.4	2.7	0.250	200
-3km	2,500	3.5	5.6	2.7	0.250	200
-5.5km	12,500	3.6	6.3	2.7	0.185	270
- 1 8 km	10,000	3.9	6.8	2.8	0.125	400
-28km	œ	4.4	7.6	3.1	0.100	500

設定した地下構造モデル

____:Iidaka et al.(2003)に基づき設定した範囲

(6)設定手順④ EL-3km以深のS波速度及びP波速度(3/3)

- Iidaka et al.(2008)によるP波速度構造に基づき,地下構造モデルのEL-5.5kmからEL-3kmまでのP波速度構造を設定した。
- Iidaka et al.(2008)による敷地の近くにおけるP波速度構造をみると、深さ5.5kmから3kmの範囲において深さ方向の速度の変化は比較的緩やかであることから、 深さ5.5km~3kmをひとつの層として設定することとし、この層のP波速度は深さ3km程度におけるP波速度値(5.6km/s)とした。
- また,設定したP波速度に対応するS波速度については,設定したP波速度(5.6km/s)が大深度ボーリング調査(D-8.6孔)におけるサスペンション法のVs-Vp 関係のデータ(左下図中赤丸)の範囲内であることから,敷地の特性をより反映させるため,このVs-Vp関係のデータの直線近似(左下図中青線)に基づき 設定した。





大深度ボーリング調査(D-8.6孔)における サスペンション法のVs-Vp関係

設定した地下構造モデル

標高EL	層厚 (m)	S波速度 Vs (km/s)	P波速度 Vp (km/s)	密度 <i>ρ</i> (t/m ³)	減衰定数 h (%)	Q值		
-10m-	98.9	1.50	3.19	2.37	3.000	16.67		
-108.9m	91.1	1.96	3.96	2.38	3.000	16.67		
-200m	790	2.14	3.92	2.34	1.500	33.33		
-990m	200	1.56	3.26	2.41	1.000	50		
-1.19km	600	3.16	5.29	2.67	0.250	200		
-1./9km	1,210	3.3	5.4	2.7	0.250	200		
-3km	2,500	3.5	5.6	2.7	0.250	200		
-5.5km	12,500	3.6	6.3	2.7	0.185	270		
-18km	10,000	3.9	6.8	2.8	0.125	400		
-28km	∞	4.4	7.6	3.1	0.100	500		
: Iidak	:lidaka et al.(2008)に基づき設定した範囲							

:大深度ボーリング調査結果によるVs-Vp関係に基づき設定した範囲

(7)設定手順⑤ EL-1.19kmからEL-3kmのS波速度及びP波速度(1/2)

第1199回審査会合 資	料1
P.153 一部修正	

- 地下構造モデルのEL-1.19kmからEL-3kmのS波速度構造は、設定手順④までに設定したS波速度構造を拘束条件として微動アレー探査結果に基づき設定した。
 S波速度構造の同定解析は、敷地における微動アレー探査(A地点)により得られた分散曲線に整合する理論分散曲線を与える速
- し S版速度構造の向定解析は、 敷地における破動アレー探査(A地点)により待られた方散曲線に塗合する理論方散曲線を与える速 度構造を非線形最小二乗法※により同定した。なお、同定解析にあたっては、層厚と速度のトレードオフを避けるため、No.6層のS波 速度は、No.5層及びNo.7層のS波速度の概ね中間の値となる3.3km/sと固定し、層厚を探索した。
- 微動アレー探査地点,探査により得られた観測分散曲線及び微動アレー探査に基づく設定範囲を下記に示す。
- ※ 非線形最小二乗法の概要を補足資料P.96に示す。



微動アレー探査地点(A地点)

(7)設定手順(5) EL-1.19kmからEL-3kmのS波速度及びP波速度(2/2)

○ EL-1.19kmからEL-3kmの層厚の探索結果を下記に示す。

- 地下構造モデルのEL-1.19kmからEL-3kmのS波速度構造(No.5層及びNo.6層の境界(EL-1.79km)及びS波速度(3.3km/s))は、こ の同定解析の結果に基づき設定した。
- また,設定したS波速度に対応するP波速度については,設定したS波速度(3.3km/s)が大深度ボーリング調査(D-8.6孔)における サスペンション法のVs-Vp関係のデータ(左下図中赤丸)の範囲内であることから、敷地の特性をより反映させるため、このVs-Vp 関係のデータの直線近似(左下図中青線)に基づき設定した。



標高EL	No.	層厚 (m)	S波速度 Vs (km/s)				
-109.0m	1	98.9	1.50				
-200m	2	91.1	1.96				
-200m	3	790	2.14				
-1100m-	4	200	1.56				
-1700m-	5	600	3.16				
-2000m	6	1,210	3.3				
-3000m	7	8	3.5				
微動アレー探査に其づく設定範囲(結里)							

微動アレー探査に基づく設定範囲(結果)

赤字:探索結果

設定した地下構造モデル

減衰定数

h (%)

3.000

3.000

1.500

1.000

0.250

0.250

0.250

0.185

0.125

0.100

Q値

16.67

16.67

33.33

50

200

200

200

270

400

500

関係のデータ	標高EL	層厚 (m)	S波速度 Vs (km/s)	P波速度 Vp (km/s)	密度 <i>ρ</i> (t/m ³)	減す
	-10m-	98.9	1.50	3.19	2.37	3
	-108.9m	91.1	1.96	3.96	2.38	3
	-200m	790	2.14	3.92	2.34	1
	-990m	200	1.56	3.26	2.41	1
	-1.79km	600	3.16	5.29	2.67	0
	- 1.79km	1,210	3.3	5.4	2.7	0
	-Skm	2,500	3.5	5.6	2.7	0
	-1.9km	12,500	3.6	6.3	2.7	0
7		10,000	3.9	6.8	2.8	0
	-28KM	∞	4.4	7.6	3.1	0
における 関係	:微動 :大深	アレー探査結 度ボーリング	果に基づき設定 調査結果による	Eした範囲 VsーVp関係に	 基づき設定し†	こ範囲



Vp(km/s) 大深度ボーリング調査(D-8.6孔) サスペンション法のVs-Vp関

5

6

0.5

178

地下構造モデルの設定 (8)設定手順⑥ EL-1.79km以深の密度及びEL-1.19km以深の減衰

- 地下構造モデルのEL-1.79km以深の密度及びEL-1.19km以深の減衰は文献に基づき設定した。
- 〇 岩田・関口(2002)は、震源近傍で得られている強震記録と測地データをもとに、2000年鳥取県西部地震の詳細な断層破壊過程及びその震源 モデルに基づく震源域強震動を推定し、推定された強震動分布には破壊伝播速度の空間変化等の破壊過程の複雑な要素が強く影響している こと等を報告している。岩田・関口(2002)で用いられている地下構造モデル(左上表)は、京都大学防災研究所地震予知センター鳥取地震観測 所が震源決定に用いている速度構造を参考とした1次元モデルであり、2000年鳥取県西部地震の震源過程解析及び震源域強震動シミュレー ションに用いられており、シミュレーション波形は観測記録とよく対応することが確認されている。
- EL-1.79km以深の密度及びEL-1.19km以深の減衰は、設定した地下構造モデルの速度に概ね対応する岩田・関口(2002)で用いられている地 下構造モデル(左上表)の速度の層の密度及びQ_s値に基づき設定した。なお、EL-1.79km~EL-5.5kmの密度は、一般的に深部ほど密度が大き くなることを踏まえ、EL-1.19km~EL-1.79kmの密度2.67t/m³を下回らないよう設定した。
- なお, 岩田・関口(2002)で用いられている地下構造モデル(左上表)の減衰及び密度は, Horikawa(2008)に示される地下構造モデル(京都大学 防災研究所による北陸地方の震源決定において採用されている深部の地下構造モデル, 左下表)とも整合的である。

Top depth of the layer	Vp	Vs	p	Qp	Qs
(km)	(km/s)	(km/s)	(g/cm ³)	-	
0	5.5	3.18	2.6	400	200
2.	6.1	3.53	2.7	550	270
16.	6.7	3.87 .	2.8	800	400
38.	7.8	4.51	3.1	1000	500
-			1	· · ·	

京都大学防災研究所地震予知センター鳥取地震観測所 が震源決定に用いている速度構造を参考とした1次元モデル

岩田・関口(2002)より抜粋

京都大学防災研究所による北陸地方の震源決定において 採用されている深部の地下構造モデル

Н	Vn	Ve	0	0 n	0 c
11	v p	v 5	ρ	QP	23
$4-H_{\rm S}$	5.5	3.2	2.6	400	200
20	6.1	3.53	2.7	600	300
16	6.65	3.84	2.8	800	400
∞	8.0	4.62	3.2	1000	500

H: Thickness (km), V_P : *P*-wave velocity (km/s), V_S : *S*-wave velocity (km/s), ρ : Density (g/cm³), H_S : Net thickness of a sedimentary part (km). Horikawa(2008)より抜粋

設定した地下構造モデル

標高EL	層厚 (m)	S波速度 Vs (km/s)	P波速度 Vp (km/s)	密度 <i>ρ</i> (t/m ³)	減衰定数 h (%)	Q值
-10m-	98.9	1.50	3.19	2.37	3.000	16.67
-108.9m	91.1	1.96	3.96	2.38	3.000	16.67
-200m-	790	2.14	3.92	2.34	1.500	33.33
-990m	200	1.56	3.26	2.41	1.000	50
-1.19km	600	3.16	5.29	2.67	0.250	200
-1./9km	1,210	3.3	5.4	2.7	0.250	200
-3km	2,500	3.5	5.6	2.7	0.250	200
-5.5Km	12,500	3.6	6.3	2.7	0.185	270
- 1 0KM	10,000	3.9	6.8	2.8	0.125	400
-20KM	∞	4.4	7.6	3.1	0.100	500

:岩田・関口(2002)に基づき設定した範囲

※ 減衰定数hは、h=1/2Qの関係式より算出した。

(9)地下構造モデルの設定結果(1/2)

第1199回審査会合 資料1 P.156 再掲

▶ 敷地の地下構造モデルは、下表の通り、敷地における地盤調査の結果及び文献に基づき一次元の地下構造モデルとして設定した。

解放基盤表面	標高EL	層厚 (m)	S波速度 Vs (km/s)	P波速度 Vp (km/s)	密度 <i>ρ</i> (t/m ³)	減衰定数 h (%)	Q値	
地震基盤	100 0m	98.9	1.50	3.19	2.37	3.000	16.67	
	-108.9m	91.1	1.96	3.96	2.38	3.000	16.67	計的
	-200m	790	2.14	3.92	2.34	1.500	33.33	IJ I
	-990m	200	1.56	3.26	2.41	1.000	50	ン 関 数
	-1.70km	600	3.16	5.29	2.67	0.250	200	法理
	-1./9Km	1,210	3.3	5.4	2.7	0.250	200	
	-5.5km	2,500	3.5	5.6	2.7	0.250	200	
	-1.0km	12,500	3.6	6.3	2.7	0.185	270	
		10,000	3.9	6.8	2.8	0.125	400	
	-20KM	œ	4.4	7.6	3.1	0.100	500	

設定した地下構造モデル

____:浅層ボーリング調査結果に基づき設定

:微動アレー探査結果に基づき設定
2. 地下構造モデルの設定

(9) 地下構造モデルの設定結果(2/2)

EL-100m~EL-10mにおいて応答が増幅する周期帯

- 1.3.1項の鉛直アレー地震観測記録(深度別)を用いた検討において確認された敷地地盤の振動特性が地下構造モデルに適切に反映されてい ることを確認するため、深度別応答スペクトルで増幅がみられた観測点間について、設定した地下構造モデルの伝達関数(EL-10m/EL-100m 及びEL-200m/EL-1298m)を確認した。
- 深度別応答スペクトルで増幅がみられた周期帯については、設定した地下構造モデルの伝達関数においても1を上回るピークがみられる。



▶ 1.3.1項の鉛直アレー地震観測記録(深度別)を用いた検討において確認された敷地地盤の振動特性が地下構造モデルに適切に反映されてい ることを確認した。

3. 地下構造モデルの妥当性確認

地下構造モデルの妥当性確認 (1)地下構造モデルの妥当性確認の方法

- 2章では、「敷地近傍地下構造調査(精査)」及び「広域地下構造調査(概査)」により把握した敷地の地質・地質構造、地震波速度構造等の地下 構造及び地盤の減衰特性を踏まえ、一次元の地下構造モデルを設定した。
- 3章では、下図の地下構造評価のフローに基づき、申請時以降に得られた知見や大深度地震観測記録等を用いた検討を実施し、地下構造モデルが適切に設定されていることを確認する。
- 地下構造モデルの妥当性確認の手法等の概要を次頁に示す。



地下構造評価のフロー

3. 地下構造モデルの妥当性確認 (2) 地下構造モデルの妥当性確認の手法等の概要

○ 設定した地下構造モデルの妥当性確認においては

- 設定した地下構造モデルの地震基盤から解放基盤表面までの地盤増幅特性を対象として、鉛直アレー地震観測記録を用いた地震動シミュレーション等に よる地盤増幅特性と比較し、安全側に設定されていること(3.1節で確認)
- 設定した地下構造モデルのEL-1.19km以浅の減衰構造を対象として、設定根拠としているボーリング調査結果(Q値測定結果)以外の検討結果(鉛直ア レー地震観測記録や岩石コアを用いた検討結果)と比較し、安全側に設定されていること(3.2節で確認)
- 設定した地下構造モデルの速度構造を対象として、敷地及び敷地周辺で実施した物理探査結果や申請時以降に得られた知見と比較し、適切に設定され ていること(3.3節で確認)

地下構造モデルの妥当性確認の手法等の概要

解放基盤表面

標高EL

を確認することにより、地下構造モデル全体としての妥当性を確認する。

〇 各項目の妥当性確認の手法等の概要を下図に示す。

3.1 地盤増幅特性の妥当性確認

設定した地下構造モデルの地震基盤から解放基盤表面までの地盤増幅特性が安全側に 設定されていることを確認するため、以下を実施する。

- 敷地の鉛直アレー地震観測記録を用いて、設定した地下構造モデルによる地震動シミュ レーションを行い、シミュレーション解析結果と観測記録を比較する。(3.1.1項)
- 敷地の鉛直アレー地震観測記録を用いた逆解析により推定した地下構造モデルと設定 した地下構造モデルの地震基盤に対する解放基盤表面の地盤増幅率を比較する。 (3.1.2項)

3.2 減衰構造の妥当性確認

設定した地下構造モデルのEL-1.19km以浅の減衰構造はボーリング調査結果に対して安 全側に設定している。ここでは、地下構造モデルの減衰構造が安全側に設定されていること を確認するため、以下を実施する。

- 地震波干渉法を敷地の鉛直アレー地震観測記録に適用することにより減衰を推定し、設 定した地下構造モデルの減衰と比較する。(3.2.1項)
- 敷地で実施したボーリング調査により得られた岩石コアを用いて超音波試験により減衰 を推定し、設定した地下構造モデルの減衰と比較する。(3.2.2項)
- 敷地の鉛直アレー地震観測記録のS波直達上昇波を用いて減衰を推定し、設定した地 下構造モデルの減衰と比較する。(3.2.3項)

3.3 速度構造の妥当性確認

設定した地下構造モデルのEL-3kmより浅部の速度構造は敷地における地盤調査(浅層 ボーリング調査、大深度ボーリング調査及び微動アレー探査)の結果に基づき設定し、また EL-3km以深の速度構造は文献に基づき設定している。ここでは、地下構造モデルの速度構 造が適切に設定されていることを確認するため、以下を実施する。

- 敷地における微動アレー探査により得られた位相速度と設定した地下構造モデルに基 づく位相速度を比較する。(3.3節(1))
- 敷地周辺の微動観測記録により得られた群速度と設定した地下構造モデルに基づく群 速度を比較する。(3.3節(2))
- 申請時以降に得られた知見において評価された敷地における速度構造と設定した地下 構造モデルの速度構造を比較する。(3.3節(3))

(m) (km/s) . (km∕s) (%) (t/m^{3}) ∇ -10m-98.9 1.50 3.19 2.37 3.000 16.67 -108.9m-1.96 3.96 3.000 16.67 91.1 2.38 -200m-地震基盤 790 2.14 3.92 2.34 1.500 33.33 -990m- ∇ 200 1.56 3.26 2.41 1.000 50 -1.19km-3.16 5.29 2.67 0.250 200 600 -1.79km-3.3 2.7 0.250 200 5.4 1.210 -3km-2.500 3.5 5.6 2.7 0.250 200 -5.5km-270 12,500 3.6 6.3 2.7 0.185 -18km-10,000 3.9 6.8 2.8 0.125 400 -28km-4.4 ∞ 7.6 3.1 0.100 500 ____:3.1節で確認する範囲 :3.2節で確認する範囲 :3.3節で確認する範囲

S波速度

Vs

層厚

※ 左記地下構造モデルの妥当性確認における検討に用いた地震観測データの概要一覧は 補足資料P.98参照

設定した地下構造モデル P波速度

Vp

密度

ρ

減衰定数

Q値

第1199回審杳会合 資料1 P.159 一部修正

コメントNo.1の回答

3.1 地盤増幅特性の妥当性確認

^{3.1 地盤増幅特性の妥当性確認} 地盤増幅特性の妥当性確認の方針

コメントNo.1の回答



186

- 設定した地下構造モデルの地震基盤~解放基盤表面の地盤増幅特性が安全側に設定されていることを確認するため,敷地の自由地盤地震観測点における鉛直アレー地震観測記録を用いて,設定した地下構造モデルによる地震動シミュレーションを行い,シミュレーション解析結果と観測記録を比較した。
- 地震動シミュレーションは、設定した地下構造モデルのEL-1298mに観測記録を入力し、解放基盤表面を設定した位置(EL-10m)の 地震動を評価した。



検討の概要

3.1.1 地震動シミュレーションによる地盤増幅特性の検討 (2)検討の対象とした地震 コメントNo.11の回答 地震観測記録の拡充 ○ 検討の対象とした地震の諸元及び震央分布図を下記に示す。 ○ 検討の対象は、2019年7月~2024年7月に自由地盤地震観測点におけるEL-1298mとEL-10mで同時に観測された地震のうち、敷地から100km 以内において発生したM5以上の11地震とした。 ○ なお,2024年能登半島地震本震及び2024年11月26日石川県西方沖の地震(M6.6)については,地震観測装置の不具合によりEL-1298mの観 測記録が得られていないものの、敷地において大きな加速度を記録した地震であることを踏まえ、EL-200m~解放基盤表面の地盤増幅特性が 安全側に設定されていることを確認するため、検討の対象とした。2024年能登半島地震本震及び2024年11月26日石川県西方沖の地震(M6.6) の地震動シミュレーションは、設定した地下構造モデルのEL-200mに観測記録を入力し、解放基盤表面を設定した位置(EL-10m)の地震動を 評価した。 赤字は2024年能登半島地震による地震観測記録拡充に伴い変更,追加した箇所 ▲:地震観測点 △:検討に用いた地震観測点 136.0° 136.5° 137.0° 137.5° 38.0° 38. 0° GL(EL+21m) GL(EL+21m) 100 km _____ ∇EL+19.5m VEL-10m_ .VEL-10m \oplus ▼EL-100m .∇EL-100m No.6 No.7 No.5 No.4 50 km 37.5° 37. 5° No.2 /No.3/ No.11 ▼EL-200m 2024年能登半月 No.10 No.9 0-No.1 No 8 志賀原子力発電所 _∇EL-1298r **▽EL-1298** 37 0° 37.0° 2024年能登半島地震本震及び No.1~11の地震の検討 2024年11月26日石川県西方沖の地震(M6.6) 2024年11月26日石川県西方沖の地震(M6.6)の検討 自由地盤地震観測点 検討の対象とした地震の諸元* 震源情報 震央距離 No. 北緯 東経 深さ 日付 時刻 м (km) (°) (°) (km) 2020/03/13 02:18 37.2797 136.8245 12.33 5.5 25.8 36.5° 36.5° 2021/09/16 18:42 37.5053 137.3008 13.12 5.1 70.9 2022/06/19 37.5153 137.2763 13.14 5.4 70.1 15:08 2022/06/20 10:31 37.5220 137.3220 13.86 5.0 73.5 2023/05/05 14:42 37.5390 137.3045 12.14 6.5 73.8 2023/05/05 37.5257 137.2218 12.81 5.0 67.7 14:53 37.5263 137.2355 13.70 5.9 68.6 2023/05/05 21.58 2024/01/02 37.2220 136.7225 10.21 17.9 10:17 5.6 2024/01/03 10:54 37.3735 136.8728 12.84 5.6 37.0 136.0° 136.5 137.0 137.5 10 2024/06/03 06:31 37.4675 137.3030 13.78 6.0 68.2 11 2024/06/03 06.40 37 4640 137 3475 1374 5.0 71.0 0 10 20 30 40 50 km 2024年能登半島地震本震 2024/01/01 16:10 37.4962 137.2705 15.86 7.6 68.3 石川県西方沖の地震 2024/11/26 22:47 37.0087 136.3975 7.46 6.6 29.9 検討の対象とした地震の震央分布図 188 * 気象庁「地震月報(カタログ編)」または防災科学技術研究所「Hi-net検測値データ」に基づく

○ No.1~6の地震のシミュレーション解析結果と観測記録を比較した結果を下図に示す。



コメントNo.11の回答 地震観測記録の拡充

○ No.7~11の地震のシミュレーション解析結果と観測記録を比較した結果を下図に示す。



シミュレーション解析結果と観測記録の応答スペクトルの比較

(h=0.05

10 0.01

10 0.01

0.1

Period(s) EW方向

No.10(2024/06/03 06:31 石川県能登地方の地震)

1

1

^{Period(s)} NS方向

0.1

Period(s) EW方向

No.8(2024/01/02 10:17 石川県能登地方の地震)

1

100

10

Pseudo velocity(cm/s) 1.0

0.01

100

10

Pseudo velocity(cm/s) 1.0

0.01

0.01

0.1 1

Period(s) NS方向

0.01 0.1 (h=0.05)

10 0.01

10 0.01

0.1

0.1 1

Period(s) UD方向

1

Period(s) UD方向

(h=0.05

10

10

ー:観測記録 ------:シミュレーション解析結果

コメントNo.11の回答 地震観測記録の拡充

○ 2024年能登半島地震本震及び2024年石川県西方沖の地震(M6.6)のシミュレーション解析結果と観測記録を比較した結果を下図に示す。
 ○ No.1~11の地震,並びに,2024年能登半島地震本震及び2024年11月26日石川県西方沖の地震(M6.6)のいずれの地震についても、シミュレーション解析結果は、観測記録に対して同程度あるいは大きい。なお、一部周期帯で同程度となることについては、3.1.2項(逆解析による地盤増幅特性の検討)を踏まえると、浅部地盤が含まれない解放基盤表面以深の設定した地下構造モデルの地盤増幅率は、観測記録に基づき逆解析により推定した地下構造モデルの地盤増幅率を全周期帯で上回ることから、解放基盤表面以浅の浅部地盤の影響であると考えられる。



※ EL-1298mの観測記録が得られていないことから、地震動シミュレー ションは、設定した地下構造モデルのEL-200mに観測記録を入力し、 解放基盤表面を設定した位置(EL-10m)の地震動を評価した。



------:観測記録 -------:シミュレーション解析結果

シミュレーション解析結果は観測記録に対して同程度あるいは大きいことから、設定した地下構造モデルの地震基盤~解放基盤表面の地盤増幅特性は安全側に設定されていると考えられる。

〇 設定した地下構造モデルの地震基盤~解放基盤表面の地盤増幅特性が安全側に設定されていることを確認するため,敷地の鉛 直アレー地震観測記録を用いた逆解析により推定した地下構造モデルと設定した地下構造モデルの地盤増幅率を比較した。 〇 逆解析は,自由地盤地震観測点における鉛直アレー地震観測点間の伝達関数を対象として,遺伝的アルゴリズム※により行った。

※ 遺伝的アルゴリズムの概要を補足資料P.100に示す。

紫字は第1199回審査会合以降に追加した箇所

▲:地震観測点



 3.1.2 逆解析による地盤増幅特性の検討
 第1199回審査会合 資料1

 (2)検討の対象とした地震(1/2)
 ア.163 一部修正

 赤字は2024年能登半島地震による地震観測記録拡充に伴い変更、追加した箇所

 地震観測記録拡充に伴い変更、追加した箇所

- 2019年7月~2024年7月に自由地盤地震観測点における各観測点(EL-1298m, EL-200m, EL-100m, EL-10m及びEL+19.5m)で同時に観測された地震のうち敷地から100km以内において発生したM5以上の11地震の諸元及び震央分布図を下記に示す。
- 〇 検討の対象は、第1199回審査会合資料(2023年10月20日)において、2019年7月~2023年5月に自由地盤地震観測点における各観測点で同時に観測された地震のうち、敷地から 100km以内において発生したM5以上の7地震(下記のNo.1~7の地震)とした。検討の対象とした7地震の平均伝達関数を次頁に示す。
- 〇 なお、第1199回審査会合(2023年10月20日)以降も含む2019年7月~2024年7月に自由地盤地震観測点における各観測点で同時に観測された地震のうち、敷地から100km以内において発生したM5以上の11地震(下記のNo.1~11の地震)の平均伝達関数は、検討の対象とした7地震の平均伝達関数と顕著な違いはみられないことを確認した(次頁参照)ことから、本検討は、上述の7地震を対象とした逆解析で代表させることができるものと判断した(7地震を対象とした検討をP.195~198に示す)。
- また、2024年能登半島地震本震及び2024年11月26日石川県西方沖の地震(M6.6)については、地震観測装置の不具合によりEL-1298mの観測記録が得られていないものの、敷地において大きな加速度を記録した地震であることを踏まえ、EL-200m~解放基盤表面の地盤増幅特性が安全側に設定されていることを確認するため、検討の対象とした。なお、2024年能登半島地震本震の伝達関数は、その他の地震の平均伝達関数と違いがみられる(次頁参照)ことから、2024年能登半島地震本震を対象とした逆解析は、上述の7地震を対象とした逆解析とは別に、自由地盤地震観測点のEL-200m以浅における鉛直アレー地震観測点間の伝達関数を対象として行った(2024年能登半島地震本震を対象とした検討をP.199~202に示す)。また、2024年11月26日石川県西方沖の地震(M6.6)の伝達関数は、検討の対象としたご解析は、上述の7地震を対象とした逆解析で代表させることができるものと判断した。



3.1.2 逆解析による地盤増幅特性の検討
 (2)検討の対象とした地震(2/2)

- 検討の対象とした7地震(No.1~7の地震)の平均伝達関数を下図に示す。また、併せて、11地震(No.1~11の地震)、2024年能登半島地震本震^{*1}及び2024年11月26日石川県西方沖の地震(M6.6)^{*1}の伝達関数を示す。
- 11地震(No.1~11の地震)の平均伝達関数及び2024年11月26日石川県西方沖の地震(M6.6)の伝達関数は,検討の対象とした7地 震(No.1~7の地震)の平均伝達関数と顕著な違いはみられない。
- 2024年能登半島地震本震の伝達関数は、水平方向については、EL-10m以深の伝達関数に顕著な違いはみられないが、EL+19.5m を分子とする伝達関数において、高振動数側の振幅が小さくなっており、これは表層地盤の非線形化の影響と考えられる。鉛直方 向については、例えば、EL+19.5m/EL-10mの伝達関数の5~10Hz程度において、細かな違いはみられるものの、水平方向ほどの 違いはみられない。



伝達関数

※1 2024年能登半島地震本震及び2024年11月26日石川県西方沖の地震(M6.6)については、地震観測装置の不具合により大深度地震観測点(EL-1298m)の観測記録が得られていないことから、EL-200m以浅の伝達関数を対象とした。

※2 No.1~11の地震及び2024年11月26日石川県西方沖の地震(M6.6)はTransverse方向, 2024年能登半島地震本震はNS方向及びEW方向の平均の伝達関数を示す。

地震観測記録の拡充

観測記録(No.1~7の7地震平均) 観測記録(No.1~11の11地震平均) ○ No.1~7の7地震を対象とした検討の探索範囲を下表に示す。

○ EL-200m以浅の層厚,密度及び速度(EL-4.9m以浅を除く)は自由地盤位置における速度構造及び密度構造(P.171参照)に基づき, またEL-200m以深の層厚,密度及び速度はD-8.6孔における大深度ボーリング調査結果(P.172参照)に基づき設定した。EL-4.9m 以深の減衰定数の下限値(h_{min})はQ値測定結果(P.173参照)に基づき設定した。

			密度	S波速度	P波速度	減衰定数 h(f)					
標高EL No.	No.	層厚 (m)	層厚 ρ (m) ρ	Vs	Vp	水平			鉛直		
121.0m			(t/m³)	(m/s)	(m/s)	h _{min}	h ₀	α	h _{min}	h ₀	α
+21.0m	1	1.5	0.00	105 - 500	100 - 1500	0.0250			0.0250		
+19.5m	2	2.4	2.20	$125 \sim 500$	198~1580	~	0.01~1	0~2	~	0.01~1	0~2
+17.1m	3	22	1.97	300~1200	685 ~ 2740	0.1000			0.1000		
-4.9m	4	5.1									
-10m	5	90	2.37	1500	3190	0.0500	0.01~1		0.0500	0.01~2	0~2
-100m	6	8.9						0~2			
-108.9m	7	91.1	2.38	1960	3960						
-200m -	8	790	2.34	2140	3920	0.0182			0.0182		
-990m	9	200	2.41	1560	3260		0.01 1	0 0		0.01 1	0 0
-1190m 10	10	108			5000	0.0106	0.01~1	0~2	0.0106	0.01~1	0~2
-1298m	11	8	2.67	3160	5290						
	標高EL +21.0m +19.5m +17.1m -4.9m -10m -100m -108.9m -200m -108.9m -1190m -1190m -1298m	標高EL No. +21.0m 1 +19.5m 2 +17.1m 2 +17.1m 3 -4.9m 4 -10m 4 -10m 5 -100m 6 -108.9m 7 -200m 8 -990m 9 -1190m 9 -1190m 10 -1298m 11	標高ELNo.層厚 (m) $+21.0m$ 11.5 $+19.5m$ 22.4 $+19.5m$ 22.4 $+17.1m$ 322 $-4.9m$ 45.1 $-10m$ 590 $-100m$ 68.9 $-108.9m$ 791.1 $-200m$ 8790 $-990m$ 9200 $-1190m$ 10108 $-1298m$ 11 ∞	標高EL No. 層厚 (m) 密度 ρ (t/m ³) +21.0m 1 1.5 +19.5m 2 2.4 +19.5m 2 2.4 +17.1m 3 22 -4.9m 4 5.1 -10m 5 90 -10m 6 8.9 -108.9m 7 91.1 2.38 -200m 8 790 2.34 -990m 9 200 2.41 -1190m 10 108 2.67		標高ELNo.層厚 (m)密度 ρ (t/m³)S波速度 Vs (m/s)P波速度 Vp (m/s)+21.0m11.5 2.20 $125 \sim 500$ $198 \sim 1580$ +19.5m22.4 2.20 $125 \sim 500$ $198 \sim 1580$ +17.1m322 1.97 $300 \sim 1200$ $685 \sim 2740$ -4.9m4 5.1 2.37 1500 3190 -10m590 2.37 1500 3190 -100m6 8.9 $-108.9m$ 7 91.1 2.38 1960 3960 -200m8790 2.34 2140 3920 -990m9 200 2.41 1560 3260 -1190m10 108 2.67 3160 5290	$\begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	$ \begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	$ \begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	$ \begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	$ \begin{array}{ c c c c c c c c c c } \hline R & R & R & R & R & R & R & R & R & R$

探索範囲

 $h(f)=h_0 \times f^{-\alpha} (t t t U, h_{\min} \leq h(f) \leq 1)$

▲ :検討に用いた地震観測点

〇 探索結果(逆解析により推定した地下構造モデル)を下表に示す。 〇 観測記録に基づく伝達関数と逆解析により推定した地下構造モデルによる理論伝達関数を比較した結果を次頁に示す。

探索結果(逆解析により推定した地下構造モデル)

				密度	S 波速度	P波速度	減衰定数 h(f)					
	標高EL	No.	層厚 (m)	ρ	Vs	Vp	Vp 水平					
▽ 地表	+21.0~			(t∕m³)	(m/s)	(m/s)	h _{min}	h ₀	α	h _{min}	h ₀	α
	+21.0m	1	1.5	0.00	0.67	007						
	+19.5m	2	2.4	2.20	207	297	0.0365	0.553	1.118	0.0537	0.507	0.644
▽ 解放基盤表面	+17.1m	3	22	1.97	980	1429						
	-4.9m	4	5.1									
	-10m 5	90	2.37	1500	3190	0.0500	0.404	1 1 7 7	0.0500	1 707	1.040	
	-100m	6	8.9				0.0500	0.464	1.177	0.0500	1./6/	1.343
	-108.9m	7	91.1	2.38	1960	3960						
	-200m	8	790	2.34	2140	3920	0.0182			0.0182		
▽ 地震基盤	-990m	9	200	2.41	1560	3260		0.040	1.0.40		0.400	1.005
	-1190m	10	108	0.07	0100	5000	0.0106	0.042	1.948	0.0106	0.108	1.225
	-1298m	11	8	2.67	3160	5290						

 $h(f)=h_0 \times f^{-\alpha} (f t t t t), h_{\min} \leq h(f) \leq 1$

▲ :検討に用いた地震観測点

観測記録(7地震平均)

○ 逆解析により推定した地下構造モデルによる理論伝達関数は観測記録に基づく伝達関数と整合的であることから、逆解析により推定した地下構造モデルは適切に求められているものと考えられる。(拘束条件としたパラメータ(層厚,密度,並びにEL-4.9m以深の速度及び減衰定数の下限値(h_{min}))についても適切に設定されているものと考えられる。)



伝達関数

○ 逆解析により推定した地下構造モデルと設定した地下構造モデルの地震基盤に対する解放基盤表面の地盤増幅率を比較した結果を下図に示す。
 ○ 設定した地下構造モデル(EL-1.19km以浅の減衰をボーリング調査結果による値に対して安全側に設定(詳細はP.173参照))の地盤増幅率は、逆解析により推定した地下構造モデルの地盤増幅率を上回る。



▶ 設定した地下構造モデルの地震基盤~解放基盤表面の地盤増幅率は、逆解析により推定した地下構造モデルの地盤増幅率を上回ることから、 設定した地下構造モデルの地震基盤~解放基盤表面の地盤増幅特性は安全側に設定されていると考えられる。

2024年能登半島地震による地震観測記録拡充に伴い追加した項目

地震観測記録の拡充

○ 2024年能登半島地震本震を対象とした検討の探索範囲を下表に示す。

○ EL-200m以浅の層厚,密度及び速度(EL-4.9m以浅を除く)は自由地盤位置における速度構造及び密度構造(P.171参照)に基づき, またEL-200m以深の密度及び速度はD-8.6孔における大深度ボーリング調査結果(P.172参照)に基づき設定した。EL-4.9m以深の 減衰定数の下限値(hmin)はQ値測定結果(P.173参照)に基づき設定した。

				密度	5波速度	P波速度		減衰定数 h(f)						
	標高EL	No.	層厚 (m)	ρ	Vs	Vp	水平 鉛直							
_	+21.0			(t/m³)	(m/s)	(m/s)	h _{min}	h ₀	α	h _{min}	h ₀	α		
	+21.0m	1	1.5	2 20	125 - 500	109 - 1590	0.0250			0.0250				
	+17.1m	2	2.4	2.20	125~500	198~1980	~	0.01~1	0~2	~	0.01~1	0~2		
	-1.0m	3	22	1.97	300~1200	685 ~ 2740	0.1000			0.1000				
▽ 解放基盤表面	-4.9m	4	5.1											
	-10m 5	5	90	2.37	1500 3190									
	-108.0m	6	8.9				0.0500	0.01~1	0~2	0.0500	0.01~1	0~2		
	-108.9m	7	91.1	2.38	1960	3960								
	-200m	8	8	2.34	2140	3920								
	$h(f) = h_0 \times f^{-\alpha} (t - t^{-\beta})$	$h \leq h(f)$)≤1)											

探索範囲

:探索するパラメータ

:検討に用いた地震観測点

3.1.2.2 2024年能登半島地震本震を対象とした検討 (2)逆解析結果(1/2)

2024年能登半島地震による地震観測記録拡充に伴い追加した項目

地震観測記録の拡充

○ 探索結果(逆解析により推定した地下構造モデル)を下表に示す。
 ○ 観測記録に基づく伝達関数と逆解析により推定した地下構造モデルによる理論伝達関数を比較した結果を次頁に示す。

探索結果(逆解析により推定した地下構造モデル)

				密度	S波速度	P波速度			減衰定	数		
	標高EL	No.	層厚 (m)	ρ	Vs	Vp		水平			鉛直	
▽ 地表	+21.0			(t∕m³)	(m/s)	(m/s)	h _{min}	h ₀	α	h _{min}	h ₀	α
	+21.011	1	1.5	2.20	266	067						
	+19.5m	2	2.4	2.20	200	207	0.0432	0.229	0.505	0.0627	0.494	0.625
	+17.1m	3	22	1.97	649	1041						
▽ 解放基盤表面	-4.9m	4	5.1									
• • • • • • • • • • • • • • • • • • • •	-10m	5	90	2.37	1500	3190						
	-100m	6	8.9				0.0500	0.166	0.378	0.0500	0.386	0.522
	-108.9m	7	91.1	2.38	1960	3960						
	-200m 🖌	8	8	2.34	2140	3920						

h(f)=h₀×f^{-α} (*t*=*t*≤L, h_{min}≤h(f)≤1)

:探索したパラメータ

▲ :検討に用いた地震観測点

3.1.2.2 2024年能登半島地震本震を対象とした検討 (2) 逆解析結果(2/2)

2024年能登半島地震による地震観測記録拡充に伴い追加した項目

観測記録(2024年能登半島地震本震)

地震観測記録の拡充

○ 逆解析により推定した地下構造モデルによる理論伝達関数は観測記録に基づく伝達関数と整合的であることから, 逆解析により推 定した地下構造モデルは適切に求められているものと考えられる。(拘束条件としたパラメータ(層厚, 密度, 並びにEL-4.9m以深の 速度及び減衰定数の下限値(hmin))についても適切に設定されているものと考えられる。)







3.1.2.2 2024年能登半島地震本震を対象とした検討(3)検討結果

2024年能登半島地震による地震観測記録拡充に伴い追加した項目

地震観測記録の拡充

- 逆解析により推定した地下構造モデルと設定した地下構造モデルのEL-200mに対する解放基盤表面の地盤増幅率を比較した結果を下図に示す。また、2024年能登半島地震本震以外のNo.1~7の7地震を対象とした逆解析により推定した地下構造モデル(P.196)の地盤増幅率も参考として併せて示す。
- 設定した地下構造モデル(EL-1.19km以浅の減衰をボーリング調査結果による値に対して安全側に設定(詳細はP.173参照))の地盤増幅率は、逆解 析により推定した地下構造モデルの地盤増幅率を上回る。



設定した地下構造モデルのEL-200m~解放基盤表面の地盤増幅率は、逆解析により推定した地下構造モデルの地盤増幅率を-設定した地下構造モデルのEL-200m~解放基盤表面の地盤増幅特性は安全側に設定されていると考えられる。

202

3.2 減衰構造の妥当性確認

^{3.2} 減衰構造の妥当性確認 減衰構造の妥当性確認の方針

コメントNo.1の回答

- 設定した地下構造モデルのEL-1.19km以浅の減衰構造はボーリング調査結果に対して安全側に設定している。ここでは、地下構造モデルの減衰構造が安全 側に設定されていることを確認するため、以下を実施する。
 - 地震波干渉法を敷地の鉛直アレー地震観測記録に適用することにより減衰を推定し、設定した地下構造モデルの減衰と比較する。(3.2.1項)
 - 敷地で実施したボーリング調査により得られた岩石コアを用いて超音波試験により減衰を推定し、設定した地下構造モデルの減衰と比較する。(3.2.2項)
 - ・ 敷地の鉛直アレー地震観測記録のS波直達上昇波を用いて減衰を推定し,設定した地下構造モデルの減衰と比較する。(3.2.3項)



Q値

16.67

16.67

33.33

50

200

200

200

270

400

500

○ 設定した地下構造モデルのEL-10m~EL-200mの減衰構造が安全側に設定されていることを確認するため, Fukushima et al.(2016) に倣い, 地震波干渉法を敷地の鉛直アレー地震観測記録に適用することにより減衰を推定し, 設定した地下構造モデルの減衰と 比較した。

○ Fukushima et al.(2016)は、地震波干渉法を用いて、鉛直アレー地震観測点における地表及び地中地震観測点間の減衰を推定する手法を提案しており、本手法をKiK-netの地震観測記録に適用することにより16観測点におけるQs⁻¹を推定し、推定されたQs⁻¹は、周波数の増加とともに2~3Hz程度までは減少するが、それ以上の周波数ではほぼ一定になるとしている。





○ 減衰の推定方法の概要を以下に示す。

1. 地表の地震観測記録に対して地中の地震観測記録をデコンボリューションすることにより入射波と反射波を分離する。デコンボリューション波 形のフーリエスペクトルW_eは下式により求める。

$$W_{\varepsilon}(\omega) = \frac{u_b(\omega) \ u_s^*(\omega)}{|u_s(\omega)|^2 + \varepsilon} \tag{1}$$

 $\begin{pmatrix}
 u_b: 地中記録のフーリエスペクトル
 u_s: 地表記録のフーリエスペクトル
 <math>
 \varepsilon: 地表記録のパワースペクトル(平均)の1%
 \omega: 角周波数$

 S_{xy} :入射波と反射波のクロススペクトル

 S_{xx} :入射波のパワースペクトル

 τ' :地震観測点間のS波往復走時

*は共役複素数を示す。

:周波数

2. 解析に用いる地震観測記録について平均したデコンボリューション波形※において分離された入射波に対する反射波の伝達関数Hを評価する。

(3)

$$H(f) = \frac{S_{xy}(f)}{S_{xx}(f)}$$
(2)

3. 伝達関数からQ値を推定する。

$$Q_S^{-1}(f) = -\frac{\ln[H(f)]}{\pi f \tau'}$$

Surface 20s Borehole 4 Deconvolution (Borehole/Surface) Deconvolution -5 0 5 Lag Time (s)

Fukushima et al.(2016)に示される地表と地中で得られた 観測波形とデコンボリューション波形





地震観測記録数による平均デコンボリューション波形の違い

※ Fukushima et al.(2016)は、検討の対象とした地震それぞれのデコンボリューション波形から伝達関数を評価し、これらの伝達関数の平均に基づき減衰を推定している。本検討においては、本手法 がデコンボリューション波形を用いて減衰を推定する方法であることから、ノイズを低減し、信号成分が明瞭な精度のよいデコンボリューション波形とするため、また、ウィンドウの切り取り等の影響 を少なくするため、解析に用いる地震観測記録の平均デコンボリューション波形から伝達関数を評価し、減衰を推定した(右図より、多数の地震観測記録を用いることで、ノイズが低減され、信号成 分が明瞭になる様子がみられる)。

206

3.2.1 地震波干渉法を用いた減衰の検討 (3)検討の対象とした地震 〇 検討対象区間は,地震観測記録が多数得られている自由地盤地震観測点におけるEL+19.5m~EL-200mとした。 〇 検討の対象とした地震の震央分布図を右下図に示す。検討の対象は,1999年9月~2018年9月に自由地盤地震観測点における

○ 検討の対象とした地震の震央分布図を右下図に示す。検討の対象は、1999年9月~2018年9月に自田地盤地震観測点における EL+19.5mとEL-200mで同時に観測された地震のうち、EL+19.5mで最大加速度1cm/s²程度以上が観測された地震を基本とし、表面 波が卓越している地震等は除外した286地震とした[※]。



※ デコンボリューション波形が全地震のデコンボリューション波形の平均と相関が低い地震は,解析の安定性を向上させるため解析の対象から除外した。解析に用いた地震は121地震であり、本手法の原論 文であるFukushima et al. (2016)において用いられた地震数と同程度以上の地震数であることから,解析に用いる地震数としては十分であると考える。検討に用いた地震の諸元及び評価したデコンボリュ ーション波形を補足資料P.102~106に示す。

- O 推定したQ値[※]は、設定した地下構造モデルのQ値を下回り、検討対象区間(EL+19.5m~EL-200m)と概ね対応する区間におけるR-9孔及びD-8.6孔のQ値測定結果(7.6~10.4)とも調和的である。なお、高周波数範囲(4.7~12.6Hz)でQ値がほぼ一定となる傾向は、Fukushima et al. (2016)とも調和的である。
- ※ 本検討のQ値の推定誤差を確認するため、20地震の地震観測記録を用いることでデコンボリューション波形の信号成分が概ね明瞭となる(前々頁右図)ことを踏まえ、解析に用いた121地震のデータセットから20地震のサブセットを 120セット作成し、サブセット毎の平均デコンボリューション波形に基づく伝達関数の平均及び標準偏差により求めたQ値を下図に併せて示す。



推定したQ値と設定した地下構造モデルのQ値の比較

標高EL	層厚 (m)	S波速度 Vs (km/s)	P波速度 Vp (km/s)	密度 <i>ρ</i> (t/m ³)	減衰定数 h (%)	Q值
-10m	98.9	1.50	3.19	2.37	3.000	16.67
-108.9m	91.1	1.96	3.96	2.38	3.000	16.67
-200m	790	2.14	3.92	2.34	1.500	33.33
-990m	200	1.56	3.26	2.41	1.000	50
-1.19km	600	3.16	5.29	2.67	0.250	200
-1./9km	1,210	3.3	5.4	2.7	0.250	200
-3km	2,500	3.5	5.6	2.7	0.250	200
-3.5km	12,500	3.6	6.3	2.7	0.185	270
- 10Km	10,000	3.9	6.8	2.8	0.125	400
-20Km	8	4.4	7.6	3.1	0.100	500

設定した地下構造モデル

:妥当性を確認した範囲

▶ 推定したQ値が設定した地下構造モデルのQ値を下回ることから、設定した地下構造モデルのEL-10m~EL-200mの減衰構造は安全側に設定 されていると考えられる。

3.2.2 岩石コアを用いた減衰の検討 (1)検討方法	第1199回審査会合 資料1 P.180 再掲
○ 設定した地下構造モデルのEL-200m~EL-990mの減衰構造が安全側に認 倣い、敷地で実施したボーリング調査により得られた岩石コアを用いて超っ のば高しは乾した	殳定されていることを確認するため,佐藤・岡田(2012)に 音波試験により減衰を推定し,設定した地下構造モデル
 の減衰と比較した。 ○ 佐藤・岡田(2012)は、超音波試験による岩石コアの減衰測定の適用性を検 記録により評価された減衰の差異について考察している、超音波試験によ 	検討するとともに、測定された減衰と鉛直アレー地震観測

記録により評価された減衰の差異について考察している。超音波試験による岩石コアの減衰測定の適用性の検討については、代 表的な測定方法であるパルスライズタイム法とスペクトル比法の2つの方法について行い、ほぼ同様の評価結果が得られることを 示している。また、測定された減衰と鉛直アレー地震観測記録により評価された減衰の比較を行い、鉛直アレー地震観測記録により評価された減衰定数は、岩石コアから測定された減衰定数に対し、0.02程度大きく、鉛直アレー地震観測記録により評価された減 衰に含まれる付加効果の存在を示している。



- 本検討における減衰の推定方法は、佐藤・岡田(2012)において適用性が確認されているパルスライズタイム法を用いた。減衰の推定方法の概要を以下に示す。
- パルスライズタイム法は、減衰性媒質を透過する波動のパルス幅が透過時間及び媒質のQ値により拡大する現象に基づき、複 雑な後続の波を使用しないで、透過波の初動パルスの時間幅(ライズタイム)のみを利用して減衰を推定する方法である。
- Gladwin and Stacey(1974)は、均質な岩盤とみなせるようなトンネル等での屋外実験から、透過波初動パルスのライズタイム *t* とQ値について、以下のような実験式を得ている。

T	$ $ $ au_0$:入射波初動パルスのライズタイム
$\tau = \tau_0 + c \frac{\tau}{c}$	T:伝播時間
Q	C:比例係数

ſ

- 佐藤・岡田(2012)によると、パルスライズタイム法の適用において、比例係数Cは、実験の測定条件に応じて決定する必要があるとされていることから、今回用いる岩石コアの大きさ及び性状(S波速度及び想定されるQ値)を考慮して、佐藤・岡田(2012)と同様な数値シミュレーションにより決定した(C=0.553)。また、上式のうち、透過波初動パルスのライズタイムで、入射波初動パルスのライズタイムで、入射波初動パルスのライズタイムで、ひかん、しているので、
- なお,透過波初動パルスのライズタイム での評価においては, Hatherly(1986)に基づき,初動パルスの最大値の時間と最大の 傾きを示す時間の差をライズタイムと定義した。また入射波初動パルスのライズタイム で。は、Q値が150,000のアルミニウムを 用いた超音波試験により得られた透過波初動パルスのライズタイムとした。



○ ボーリング孔(M-14孔)において採取した以下の区間の岩石コアを用いた。



ボーリング孔(M-14孔)の配置図

検討に用いた岩石コアの岩種及び区間

コア	山毛	区間						
No.	石性	深度(m)	標高EL(m)					
1	安山岩(均質)	284.20 ~ 284.55	-250.12 ~ -250.47					
2	安山岩(均質)	400.50 ~ 400.75	-366.42 ~ -366.67					
3	安山岩(均質)	402.45 ~ 402.70	-368.37 ~ -368.62					
4	安山岩(角礫質)	435.73 ~ 436.00	-401.65 ~ -401.92					











岩石コアの写真(M-14孔)

紫字は第1199回審査会合以降に追加した箇所

○ 推定したQ値(平均値)は30程度であり、設定した地下構造モデルのQ値を下回る。

○ なお、佐藤・岡田(2012)による減衰の付加効果を踏まえると、今回検討した範囲における実際の地盤のQ値は、推定したQ値よりもさらに小さい ものと考えられる*1。

※1 本検討により推定した減衰定数(1.8%)に、仮に佐藤・岡田(2012)に示される減衰の付加効果(2%)(P.209)を踏まえると、実地盤の減衰定数は3.8%となる。設定した地下構造モデルの減衰定数(1.5%)は、 本検討により推定した減衰定数(1.8%)より小さいが、減衰の付加効果を踏まえると、実地盤の減衰定数に対してさらに小さいものと考えられる。

コア No.	岩種	区間 標高EL(m)	入射波初動パルス のライズタイム _{て 0} (μ s)	透過波初動パルス のライズタイム て (µ s)	伝播時間 T (μ s)	Q值	減衰定数 ^{※2} h ^(%)
1	安山岩(均質)	-250.12 ~ -250.47		2.257	37.30	42.7	1.2
2	安山岩(均質)	-366.42 ~ -366.67		2.531	37.82	27.6	1.8
3	安山岩(均質)	-368.37 ~ -368.62	1.774	2.595	36.24	24.4	2.0
4	安山岩(角礫質)	-401.65 ~ -401.92		2.715	41.86	24.5	2.0
		29.8	1.8				
		8.7	0.4				

減衰の推定結果

※2 減衰定数hは、h=1/2Qの関係式より算出した。

設定した地下構造モデル

P波速度 密度 減衰定数 S波速度 層厚 標高EL Q値 Vs Vp ρ h (m) (t/m³) (km/s) (km/s) (%) -10m-98.9 1.50 3.19 2.37 3.000 16.67 -108.9m 91.1 16.67 1.96 3.96 2.38 3.000 -200m 790 2.14 3.92 2.34 1.500 33.33 -990m-200 1.56 1.000 3.26 2.41 50 -1.19km 600 3.16 5.29 2.67 0.250 200 -1.79km-1,210 3.3 5.4 2.7 0.250 200 -3km 2.500 2.7 0.250 200 3.5 5.6 -5.5km-12,500 3.6 6.3 2.7 0.185 270 -18km-10,000 3.9 6.8 2.8 0.125 400 -28km 4.4 7.6 3.1 0.100 500 ∞

□:妥当性を確認した範囲

▶ 推定したQ値が設定した地下構造モデルのQ値を下回ることから、設定した地下構造モデルのEL-200m~EL-990mの減衰構造は安全側に設定 されていると考えられる。

212

 ○ 設定した地下構造モデルのEL-200m~EL-1.19kmの減衰構造が安全側に設定されていることを確認するため、佐藤(2012)に倣い、 敷地の鉛直アレー地震観測記録のS波直達上昇波を用いて減衰を推定し、設定した地下構造モデルの減衰と比較した。
 ○ 佐藤(2012)は、地表に近い岩盤の減衰について、鉛直アレー地震観測記録により評価された減衰と岩石コアの超音波試験により 測定された減衰を比較し、岩石コアの超音波試験により測定された減衰が相対的に小さくなる要因として、顕著な亀裂や不均質が 存在しなかったことが考えられるとし、鉛直アレー地震観測記録により評価された減衰は亀裂や不均質によって付加的な減衰効果 が発生していると推察している。また、鉛直アレー地震観測記録を用いた減衰の評価については、S波重複反射波のスペクトル比 及びS波直達上昇波のスペクトル比のそれぞれを用いた方法について行われ、高周波数側で両者が対応することを示している。



第1199回審査会合 資料1 P.185 一部修正

○ 減衰の推定方法の概要を以下に示す。

- 佐藤(2012)によると、S波直達上昇波を用いた減衰の推定方法は、地震観測点間を上昇するS波直達波のスペクトル比を用いる方法で、反射波等の影響を受けにくい岩盤における地震観測記録を用いる場合に有効な方法であるとされている。
- 減衰の推定は、佐藤(2012)に倣い、鉛直アレー地震観測点における2つの観測点間のS波直達上昇波のスペクトル比A/A₀(A は上部地震計のフーリエスペクトル、A₀は下部地震計のフーリエスペクトル)を算定し、下式のスペクトル低減モデルをフィッティ ングすることにより行った。なお、本検討では、平均的な減衰を推定するため、検討の対象とした地震の平均スペクトル比を用い た。



3.2.3 S波直達上昇波を用いた減衰の検討 (3)検討の対象とした地震

No.

地震観測記録の拡充

○ 検討対象区間は、反射波の影響が小さい自由地盤地震観測点におけるEL-200m~EL-1298mとした。 ○ 検討の対象とした地震の諸元及び震央分布図を下記に示す。検討の対象は、2019年7月~2024年7月に自由地盤地震観測点にお けるEL-1298mとEL-200mで同時に観測された地震のうち、敷地から100km以内において発生したM5以上の11地震とした。

赤字は2024年能登半島地震による地震観測記録拡充に伴い変更した箇所



215

第1199回審査会合 資料1 P.187 一部修正

地震観測記録の拡充

Q値

16.67

16.67

33.33

50

200

200

200

270

400

500

- 推定したQ値は27.29^{※1}であり,設定した地下構造モデルのQ値を下回る。
- 推定したQ値27.29は、検討対象区間(EL-200m~EL-1298m)と概ね対応するD-8.6孔のEL-160m~EL-990mの区間のQ値測定結果27.4とも調 和的である。
- ※1 地震観測記録を拡充した検討結果は、地震観測記録を拡充する前の検討結果(No.1~7の地震を対象とした場合の推定したQ値は26.81)と顕著な違いがないことを確認。また、本検討のQ値の推定誤差を確認するため、検討の対象 とした11地震について個別に推定したQ値の平均及び標準偏差は、それぞれ27.08及び4.78である。 紫字は第1199回審査会合以降に追加した箇所



Time(s) 検討に用いた波形例 (赤線区間はS波直達上昇波として解析に用いた区間^{※2})

※2 S波直達上昇波として解析に用いる区間は、自由地盤地震観測点の EL+19.5mの地震観測記録で各深度の地震観測記録をデコンボリューション した波形により、入射波と反射波を分離したフェーズから確認した反射波の 到達時間を踏まえて設定



▶ 推定したQ値が設定した地下構造モデルのQ値を下回ることから、設定した地下構造モデルのEL-200m~EL-1.19kmの減衰構造は安全側に設定されていると考えられる。
3.3 速度構造の妥当性確認

^{3.3 速度構造の妥当性確認} 速度構造の妥当性確認の方針

- 設定した地下構造モデルのEL-3kmより浅部の速度構造は敷地における地盤調査(浅層ボーリング調査,大深度ボーリング調査及び微動アレー探査)の結果に基づき設定し、またEL-3km以深の速度構造は文献に基づき設定している。ここでは、地下構造モデルの速度構造が適切に設定されていることを確認するため、以下を実施する。
 - 敷地における微動アレー探査により得られた位相速度と設定した地下構造モデルに基づく理論位相速度を比較する。(3.3節(1))
 - ・敷地周辺の微動観測記録により得られた群速度と設定した地下構造モデルに基づく理論群速度を比較する。(3.3節(2))
 - 申請時以降に得られた知見において評価された敷地における速度構造と設定した地下構造モデルの速度構造を比較する。(3.3節(3))



3.3 速度構造の妥当性確認 (1) 位相速度を用いた速度構造の検討

○ 設定した地下構造モデルのEL-1.19kmからEL-3kmの速度構造は敷地の微動アレー探査結果に基づき設定している(詳細は2章設 定手順⑤参照)。ここではボーリング調査の結果に基づき設定した地下構造モデルのEL-1.19km以浅の速度構造が適切に設定さ れていることを確認するため、微動アレー探査により得られた位相速度と設定した地下構造モデルの理論位相速度を比較した。 ○ 設定した地下構造モデルに基づく理論位相速度は、EL-1.19km以浅の速度構造を反映していると考えられる周期2秒程度より短周 期側※において、微動アレー探査により得られた位相速度と調和的である。

※ P.141に示す理論分散曲線より、地震基盤(EL-1.19km)の位置が位相速度へ与える周期帯は周期2秒程度であると考えられることから、EL-1.19km以浅の速度構造の影響は周期2秒程度より短周期側に おいて表れるものと考えられる。

:観測

1

:理論(設定した地下構造モデルに基づく)

2

周期(s)

3



微動アレー探査地点(A地点)

微動アレー探査により得られた位相速度と調和的であることから、設定した地下構造モデルのEL-1.19km以浅の速度構造は適切に \geq 設定されていると考えられる。

^{3.3 速度構造の妥当性確認} (2)群速度を用いた速度構造の検討

 ○ 設定した地下構造モデルの地震基盤より深部の速度構造は敷地の微動アレー探査結果及び文献に基づき設定している(詳細は2 章設定手順④~⑤参照)。ここでは設定した地下構造モデルの地震基盤より深部の速度構造が適切に設定されていることを確認 するため、敷地周辺の微動観測記録により得られた群速度と設定した地下構造モデルの理論群速度を比較した。
 ○ 部ウトカ地工構造モデルに基づく理論群は広いというによります。

○ 設定した地下構造モデルに基づく理論群速度は、地震基盤より深部の速度構造を反映していると考えられる周期2秒程度より長周期側[※]において、微動観測記録により得られた群速度と調和的である。



微動観測点配置図

※ 群速度における周期2秒程度より長周期側が,敷地周辺の地震基盤より深部の速度構造を反映していると考えられることについては,補足資料P.18参照。

微動観測記録により得られた群速度と調和的であることから、設定した地下構造モデルの地震基盤より深部の速度構造は適切に 設定されていると考えられる。

^{3.3 速度構造の妥当性確認} (3)知見を用いた速度構造の検討

- 設定した地下構造モデルの地震基盤より深部の速度構造が適切に設定されていることを確認するため、申請時以降に得られた知見 (Matsubara et al.(2022)(1.2.2項参照))において評価された敷地における速度構造と設定した地下構造モデルの速度構造を比較した。
 ○ Matsubara et al.(2020)において評価された敷地における速度構造に設定した地下構造モデルの速度構造を比較した。
- Matsubara et al.(2022)により評価された敷地における地震基盤より深部の速度構造は,設定した地下構造モデルの地震基盤より深部の速度 構造と調和的である。



※Matsubara et al.(2022)の初期速度構造モデルは、防災科学技術研究所のHi-netルーチン処理で使用されている1次元速度構造が採用されている。

Matsubara et al.(2022)により評価された敷地における地震基盤より深部の速度構造と調和的であることから、設定した地下構造モデルの地震 基盤より深部の速度構造は適切に設定されていると考えられる。

- 地下構造モデル全体として妥当性を確認するため、下記について確認を行った。
 - ・設定した地下構造モデルの地震基盤から解放基盤表面までの地盤増幅特性を対象として,鉛直アレー地震観測記録を用いた地震動シミュレーション等による地盤増幅特性と比較し,安全側に設定されていること
 - ・設定した地下構造モデルのEL-1.19km以浅の減衰構造を対象として、設定根拠としているボーリング調査結果(Q値測定結果)以外の検討結果(鉛直アレー地震観測記録や岩石コアを用いた検討結果)と比較し、安全側に設定されていること
 - ・設定した地下構造モデルの速度構造を対象として、敷地及び敷地周辺で実施した物理探査結果や申請時以降に得られた知見と比較し、適切に設定されていること

3.1 地盤増幅特性の妥当性確認

3.1.1 地震動シミュレーションによる地盤増幅特性の検討

- 設定した地下構造モデルの地震基盤~解放基盤表面の地盤増幅特性が安全側に設定されていることを確認するため,敷地の鉛直アレー 地震観測記録を用いて,設定した地下構造モデルによる地震動シミュレーションを行い,シミュレーション解析結果と観測記録を比較した。
- シミュレーション解析結果は観測記録に対して同程度あるいは大きいことから、設定した地下構造モデルの地震基盤~解放基盤表面の地盤増幅特性は安全側に設定されていると考えられる。

3.1.2 逆解析による地盤増幅特性の検討

- 設定した地下構造モデルの地震基盤~解放基盤表面の地盤増幅特性が安全側に設定されていることを確認するため,敷地の鉛直アレー 地震観測記録を用いた逆解析により推定した地下構造モデルと設定した地下構造モデルの地盤増幅率を比較した。
- 設定した地下構造モデルの地盤増幅率は、逆解析により推定した地下構造モデルの地盤増幅率を上回ることから、設定した地下構造モデルの地震基盤~解放基盤表面の地盤増幅特性は安全側に設定されていると考えられる。

3.2 減衰構造の妥当性確認

3.2.1 地震波干渉法を用いた減衰の検討

- 設定した地下構造モデルのEL-10m~EL-200mの減衰構造が安全側に設定されていることを確認するため、Fukushima et al.(2016)に倣い、 地震波干渉法を敷地の鉛直アレー地震観測記録に適用することにより減衰を推定し、設定した地下構造モデルの減衰と比較した。
- ▶ 推定したQ値が設定した地下構造モデルのQ値を下回ることから,設定した地下構造モデルのEL-10m~EL-200mの減衰構造は安全側に設定されていると考えられる。

3.2.2 岩石コアを用いた減衰の検討

- 設定した地下構造モデルのEL-200m~EL-990mの減衰構造が安全側に設定されていることを確認するため、佐藤・岡田(2012)に倣い、敷 地で実施したボーリング調査により得られた岩石コアを用いて超音波試験により減衰を推定し、設定した地下構造モデルの減衰と比較した。
- ▶ 推定したQ値が設定した地下構造モデルのQ値を下回ることから,設定した地下構造モデルのEL-200m~EL-990mの減衰構造は安全側に 設定されていると考えられる。

3.2.3 S波直達上昇波を用いた減衰の検討

- 設定した地下構造モデルのEL-200m~EL-1.19kmの減衰構造が安全側に設定されていることを確認するため、佐藤(2012)に倣い、敷地の 鉛直アレー地震観測記録のS波直達上昇波を用いて減衰を推定し、設定した地下構造モデルの減衰と比較した。
- ▶ 推定したQ値が設定した地下構造モデルのQ値を下回ることから,設定した地下構造モデルのEL-200m~EL-1.19kmの減衰構造は安全側に設定されていると考えられる。

3.3 速度構造の妥当性確認

(1) 位相速度を用いた速度構造の検討

- 設定した地下構造モデルのEL-1.19km以浅の速度構造が適切に設定されていることを確認するため、微動アレー探査により得られた位相 速度と設定した地下構造モデルの理論位相速度を比較した。
- ▶ 設定した地下構造モデルに基づく理論位相速度は、EL-1.19km以浅の速度構造を反映していると考えられる周期2秒程度より短周期側において、微動アレー探査により得られた位相速度と調和的であることから、設定した地下構造モデルのEL-1.19km以浅の速度構造は適切に設定されていると考えられる。

(2) 群速度を用いた速度構造の検討

- 設定した地下構造モデルの地震基盤より深部の速度構造が適切に設定されていることを確認するため,敷地周辺の微動観測記録により得られた群速度と設定した地下構造モデルの理論群速度を比較した。
- 設定した地下構造モデルに基づく理論群速度は、地震基盤より深部の速度構造を反映していると考えられる周期2秒程度より長周期側において、微動観測記録により得られた群速度と調和的であることから、設定した地下構造モデルの地震基盤より深部の速度構造は適切に設定されていると考えられる。

(3) 知見を用いた速度構造の検討

- 設定した地下構造モデルの地震基盤より深部の速度構造が適切に設定されていることを確認するため、申請時以降に得られた知見 (Matsubara et al.(2022))において評価された敷地における速度構造と設定した地下構造モデルの速度構造を比較した。
- Matsubara et al.(2022)により評価された敷地における地震基盤より深部の速度構造と調和的であることから、設定した地下構造モデルの地 震基盤より深部の速度構造は適切に設定されていると考えられる。

地震基盤から解放基盤表面までの地盤増幅特性は安全側に設定されていること、EL-1.19km以浅の減衰構造は安全側に設定されていること、 及び速度構造は適切に設定されていることを確認することにより、地下構造モデル全体としての妥当性を確認した。 余白

4. 地震発生層の設定

4. 地震発生層の設定
 (1)地震発生層の設定のフロー

- 地震発生層は、審査ガイドの記載事項を踏まえ、下記の流れで設定を行う。
 - ・ まず, 敷地周辺の「①地震の震源分布」,「2キュリー点深度」及び「
 ・ まず, 敷地周辺の「①地震の震源分布」,「2キュリー点深度」及び「
 ・ まず, 敷地周辺の地震発生層上端深さ及び下端深さを設定する。(4.1節で説明)
 - つぎに、敷地周辺の「公大地震(2007年能登半島地震及び2024年能登半島地震)の余震の深さ」を把握し、2007年能登半島地震及び2024年 能登半島地震の震源断層上端深さを設定する。(4.2節で説明)
 - また、「地震調査研究推進本部の主要活断層帯等」の知見を踏まえ、敷地周辺断層の地震発生層上端深さ及び下端深さを設定する。(「●地震の震源分布」及び「
 ●速度構造データ等」に関連、4.3節で説明)
- 上記の内容を踏まえた地震発生層の設定のフローを下図に示す。



地震発生層の設定のフロー

4. 地震発生層の設定 (2)検討の手法等の概要

○ 前頁に示す ● ~ ● を把握するための検討の手法等の概要を下表に示す。また、 地震発生層の設定のフローに基づく検討内容を次頁に示す。

検討の目的		対象			地震動評価	司封英武	
		水平方向	深さ方向	種別	内容	の3要素	記載固別
0	地震の震源分布 の把握		上端深さ 下端深さ	気象庁「地震月報(カ タログ編)」または防 災科学技術研究所 「Hi-net検測値デー タ」の震源データに基 づく検討	D10%及びD90%を検討する。	震源特性	4.1.1項
				文献調査	D10%及びD90%を確認する。	震源特性	4.1.1項
0	キュリー点深度 の把握	敷地周辺	下端深さ	文献調査	キュリー点深度分布図から、D90%と相関があるキュリー点 深度を確認する。	震源特性	4.1.4項
				文献調査	速度構造断面から、P波速度が5.8km/sの層の上端深さを 確認する。	震源特性	4.1.2項
€	速度構造データ等 の把握	上端深さ	群速度に基づく検討	敷地周辺の微動観測記録による群速度と敷地の地下構造 モデルによる理論群速度を比較することで、P波速度が 5.8km/sの層の上端深さを検討する。	震源特性	4.1.2項	
			下端深さ	文献調査	コンラッド面深さの図から、コンラッド面深さを確認する。	震源特性	4.1.3項

【敷地周辺の地震発生層上端深さ及び下端深さの検討の目的と各検討の対象及び手法】

【2007年能登半島地震及び2024年能登半島地震の震源断層上端深さの検討の目的,対象及び手法】

冷計の日始		対	家		手法		司封体武
	検討の日的	水平方向	深さ方向	種別	内容	の3要素	記載値所
4	大地震の 余 震の深さ の把握	敷地周辺	上端深さ	文献調査	敷地周辺で発生した2007年能登半島地震及び2024年能 登半島地震について、当該地震の震源断層上端深さに係 る知見を整理し、当該地震の震源断層上端深さを総合的 に検討する。	震源特性	4.2.1~ 4.2.2項

【地震調査研究推進本部の主要活断層帯等の地震発生層上端深さ及び下端深さの検討の目的、対象及び手法】

	検討の日始	対論	家		手法	地震動評価	夏動評価 司載策 武	
	検討の日的	水平方向	方向 深さ方向 種別 内容 の3		の3要素	記載固所		
0	地震調査研究推進 本部の主要活断層 帯等の知見 の把握	敷地周辺	上端深さ 下端深さ	文献調査	震源として考慮する活断層のうち地震調査研究推進本部 により評価された主要活断層帯及び海域活断層を対象に、 地震調査研究推進本部の知見における地震発生層上端 深さ及び下端深さの設定値を整理する。特に、敷地から半 径75km程度の範囲の主要活断層帯及び海域活断層につ いては、地震の震源分布、キュリー点深度、速度構造デー	震源特性	記載箇所 4.3.1~ 4.3.2項	
					タ寺に係る検討結果との登台性を確認のつえ, 各断層の上 端深さ及び下端深さを検討する。			22

【検討内容】

4.1節 敷地周辺の地震発生層上端深さ及び下端深さの設定

下記の検討に基づき、敷地周辺の地震発生層上端深さ及び下端深さを設定。

4.1.1~4.1.4項 敷地周辺の地震の震源分布,速度構造,コンラッド面深さ及びキュリー点深度による検討

- ・ 地震の震源分布による検討(4.1.1項)では、気象庁の震源データに基づく検討及び文献調査を実施。気象庁の震源 データに基づく検討では、敷地周辺(敷地周辺と標高が大きく異なる高標高地域が含まれない範囲として、敷地から半 径75kmの範囲)におけるD10%及びD90%を検討。文献調査では、文献に示されている敷地周辺におけるD10%及びD90% を確認。
- ・ 速度構造による検討(4.1.2項)では、文献調査及び群速度に基づく検討を実施。文献調査では、文献の速度構造断面から、敷地周辺のP波速度が5.8km/sの層の上端深さを確認。群速度に基づく検討では、敷地周辺の微動観測記録による群速度と敷地の地下構造モデルによる理論群速度を比較することで、敷地周辺のP波速度が5.8km/sの層の上端深さを検討。
- コンラッド面深さによる検討(4.1.3項)では、文献によるコンラッド面深さの図から、敷地周辺におけるコンラッド面深さを 確認。
- キュリー点深度による検討(4.1.4項)では、文献によるキュリー点深度分布図から、敷地周辺におけるD90%と相関があるキュリー点深度を確認。

 -2.32~248

4.2節 2007年能登半島地震及び2024年能登半島地震の 震源断層上端深さの設定

下記の検討に基づき、2007年能登半島地震及び2024年能登半島地震の震源断層上端深さを設定。

4.2.1~4.2.2項 2007年能登半島地震及び2024年能登半島地震に係る知見による検討

 敷地周辺で発生した2007年能登半島地震及び2024年能登半島地震について、当該地震の震源断層における臨時地 震観測等の詳細な知見を整理し、当該地震の震源断層上端深さを総合的に検討。

4.3節 地震調査研究推進本部の主要活断層帯等の 地震発生層上端深さ及び下端深さの設定

下記の検討に基づき、地震調査研究推進本部の主要活断層帯等の地震発生層上端深さ及び下端深さを設定。

4.3.1~4.3.2項 地震調査研究推進本部の主要活断層帯及び海域活断層に係る知見による検討



地震の震央分布図(1997年10月~2024年11月)

4.1 敷地周辺の地震発生層上端深さ及び下端深さの設定

- 4.1節では,敷地周辺の「●地震の震源分布」、「2キュリー点深度」及び「3速度構造データ等」を把握し,敷地周辺の地震発生層上端深さ及び下端深さを設定する。
- 敷地周辺の地震発生層上端深さ及び下端深さを設定するための検討の手法等の概要を次頁に示す。



地震発生層の設定のフロー

○ 検討の目的と各検討の対象及び手法を下表に示す。

検討の目的		対象			地震動評価	記載笛話	
		水平方向	深さ方向	種別	内容	の3要素	記載固別
0	地震の震源分布 の把握		上端深さ 下端深さ	気象庁「地震月報(カ タログ編)」または防 災科学技術研究所 「Hinet検測値デー タ」の震源データに基 づく検討	D10%及びD90%を検討する。	地震動評価 の3要素 記載箇所 震源特性 4.1.1項 震源特性 4.1.1項 震源特性 4.1.4項 震源特性 4.1.2項 震源特性 4.1.2項	
				文献調査	D10%及びD90%を確認する。	震源特性	4.1.1項
0	キュリー点深度 の把握	敷地周辺	下端深さ	文献調査	キュリー点深度分布図から、D90%と相関があるキュリー点 深度を確認する。	震源特性	4.1.4項
			上端深さ	文献調査	速度構造断面から、P波速度が5.8km/sの層の上端深さを 確認する。	震源特性	4.1.2項
€	速度構造データ等 の把握			群速度に基づく検討	敷地周辺の微動観測記録による群速度と敷地の地下構造 モデルによる理論群速度を比較することで、P波速度が 5.8km/sの層の上端深さを検討する。	震源特性	4.1.2項
			下端深さ	文献調査	コンラッド面深さの図から、コンラッド面深さを確認する。	震源特性	4.1.3項

【検討の目的と各検討の対象及び手法】

- 敷地周辺の地震発生層上端深さ及び下端深さを検討するため, 地震の震源分布による検討を実施した。
- 下表に示す既往の知見によると、地震数を浅い方から積算して10%及び90%になる深さ(D10%及びD90%)は、地震発生層上端深さ及び下端深さの目安になり得る。
- 地震の震源分布による検討では、気象庁の震源データに基づく検討及び文献調査により行った。
- 気象庁の震源データに基づく検討では、敷地周辺におけるD10%及びD90%を求めた。
- 文献調査では、文献に示されている敷地周辺におけるD10%及びD90%を確認した。

地震発生層とD10%及びD90%に係る既往の知見

知見	知見の概要
伊藤•中村(1998)	D10%(地震数を浅い方から積算して10%になる深さ)は地震の上 限ともいうべきものであるとしている。
伊藤(2002)	地震数を浅い方から積算して, 10%, 90%になる深さは地震の上限 と下限の目安として用いることができるとしている。
原子力安全基盤機構(2004)	D10%は地震発生層上限, D90%は地震発生層下限に対応する としている。
地震調査研究推進本部(2020)	地震発生層下限および断層モデル上端の深さは微小地震の深さ 分布から決めることができるとしている。

4.1.1 地震の震源分布による検討

(2)気象庁の震源データに基づく検討(1/3)

第1199回審査会合 資料1

豊源データの拡充

- 〇 敷地周辺のD10%及びD90%の検討にあたり、1997年10月~2024年11月の震源データ※(震源深さ30km以浅)を用いて、能登半島周辺(敷地から半径100km程度の範囲)の広域的な地震の震央分布を確認した。
- 能登半島周辺の地震の震央分布図を,主な地震の震源とあわせて下図に示す。

○ 敷地から半径25km範囲の北方向に2007年能登半島地震,敷地から半径50km範囲の西方向に2024年11月26日石川県西方沖の地震(M6.6),敷地から半径75km範囲の北東方向に2024年能登半島地震,敷地から半径100km範囲の北東方向に1993年能登半島沖の地震がみられる。

○ 能登半島周辺では広範囲に地震が分布しており,特に能登半島北岸に沿ってN50°Eの走向で集中してみられる。(震央分布と地質・地質構造の対応は補足資料P.110参照)

※ 気象庁「地震月報(カタログ編)」または防災科学技術研究所「Hi-net検測値データ」に基づく

▲:志賀原子力発電所 ☆:1993年能登半島沖の地震の震源 ☆:2007年能登半島地震の震源 ★:2024年能登半島地震の震源 ★:2024年11月26日石川県西方沖の地震(M6.6)の震源 136.0° 137.0 138.0° 9°5 9°5 C9 38.0 38. 0° 100 skn $7.0 \le M \le 8.0$ 6.0≦M<7.0 75 km $5.0 \le M < 6.0$ 39% 4.0≦M<5.0 ີ 50ຶ km $3.0 \le M < 4.0$ $2.0 \le M < 3.0$ 1.0≦M<2.0 M<1.0 37. 0° 37.0° 36.0 36. 0° 137.0 136.0 138 0 50 75 100 km 25 地震の震央分布図 (1997年10月~2024年11月)

4.1.1 地震の震源分布による検討 (2)気象庁の震源データに基づく検討(2/3)



地震の分布(1997年10月~2024年11月)

^{* 1993}年能登半島沖の地震の震源深さについては、気象庁「地震月報(カタログ編)」によると24.8kmとやや深いが、釜田・武村(1999)によると、等価な点震源を仮定した時の震源深さは10km程度が妥当であり、本地震が通常の内陸地殻内地震と同様に上部地殻で発生したことを示しているとされている。

4.1.1 地震の震源分布による検討 (2)気象庁の震源データに基づく検討(3/3)

- 1997年10月から2024年11月までの気象庁の震源データ^{※1} (震源深さ30km以浅)を用いた敷地周辺(敷地から半径75kmの範囲)のD10%及びD90%は、 それぞれ5.8km及び13.9kmとなる。
- なお、上記のデータのうち陸域におけるM2以上の震源データを用いた敷地周辺(敷地から半径75kmの範囲)のD10%及びD90%は、それぞれ5.2km及び 13.1kmとなり、上記の結果と顕著な違いはない。(地震の分布図は補足資料P.112)



> 気象庁の震源データに基づく検討によれば、敷地周辺の地震発生層上端深さ及び下端深さは、それぞれ5.8km及び13.9kmであると考えられる。 235

4.1.1 地震の震源分布による検討 (3)原子力安全基盤機構(2004)に基づく検討

- 原子力安全基盤機構(2004)は、全国を15の地震域に区分し地殻内地震の地震発生層上端深さ及び下端深さの検討を行い、それ ぞれの地震域におけるD10%及びD90%を示している。
- これによると,敷地が位置する地震域では,D10%及びD90%はそれぞれ3.2km及び10.7kmとされている。



原子力安全基盤機構(2004)によるD10%及びD90%

原子力安全基盤機構(2004)に一部加筆

▶ 原子力安全基盤機構(2004)に基づく検討によれば,敷地周辺の地震発生層上端深さ及び下端深さは,それぞれ3.2km及び10.7km であると考えられる。

- 敷地周辺の地震発生層上端深さを検討するため,速度構造による検討を実施した。
- 下表に示す既往の知見によると、P波速度が5.8~6.4km/sの層の上端深さは地震発生層上端深さの目安となり得る。
- 速度構造による検討では、文献調査及び群速度に基づく検討により行った。
- 〇 文献調査では、文献の速度構造断面から、敷地周辺のP波速度が5.8km/sの層の上端深さを確認した。
- 群速度に基づく検討では,敷地周辺の微動観測記録による群速度と敷地の地下構造モデルによる理論群速度を比較することで, 敷地周辺のP波速度が5.8km/sの層の上端深さを検討した。

知見	知見の概要
入倉·三宅(2001)	微小地震の浅さ限界はP波速度5.8~5.9km/sの層の上限と良い 相関がある。
吉井・伊藤(2001)	近畿地方北部で行われた人工地震探査のデータをもとに,波線 追跡法による解析から,詳細な速度構造モデルを得ることができ た。得られた速度構造モデルと,地震活動の深さ断面とを比較し てみると,地震発生層の上限は速度構造が6km/sとなるところに おおむねー致していることが分かった。
廣瀬・伊藤(2006)	浅い地殻内で発生する微小地震は, P波速度が5.8~6.4km/sの 層に集中しており, その上下には地震波速度境界が存在する。
伊藤ほか(2007)	近畿地方北部で発生する陸域の浅い地震活動は、地震波速度 が5.8~6.3km/sの層に集中して発生する。これは、近畿北部の 他の測線の結果や、東海~中部地方の結果とも調和的である。
伊藤(2008)	地殻内の上限については、Sholz(1998)の考えでは安定すべり領域として解釈できる。表層付近は堆積層など物性的に違った層があるのが一般的であり、温度の効果だけでなく、圧力の効果も大きい。したがって、物性との関連がより重要になる。いわゆるP波速度が約6.0km/sとなる層で地震が発生し始める。

微小地震とP波速度構造に係る既往の知見

4.1.2 速度構造による検討 (2) Matsubara et al.(2022)に基づく検討 第1199回審査会合 資料1 P.217 一部修正 コメントNo.6の回答

- Matsubara et al.(2022)(1.2.2項参照)による敷地周辺の浅部(5km程度以浅)のP波速度構造断面を確認した[※]。P波速度が5.8km/sの層の上端 深さは、敷地周辺においては4km程度以深に位置している。
- なお, 1.2.2項の地震波トモグラフィーによる検討結果の通り, ③一③'断面における敷地から10km程度の範囲においては, 深さ5km程度以深の 速度構造は概ね水平な層構造を呈している。
- ※ Matsubara et al.(2022)の分解能は、深さ0~10kmにおいて深さ方向に5kmとされているが、本検討では、広域的な速度構造を確認する観点から、敷地周辺の浅部(5km程度以浅)について確認した。 また、気象庁の震源データに基づく検討(4.1.1項(2))において、能登半島周辺では、概ねN50°Eの走向で地震の集中がみられたことを踏まえて、N50°Eに直交する断面について確認した。



> Matsubara et al.(2022)に基づく検討によれば、敷地周辺の地震発生層上端深さは、4km程度以深であると考えられる。

4.1.2 速度構造による検討 (3) Iidaka et al.(2008)に基づく検討

○ Iidaka et al.(2008)(P.127)のP波速度構造断面によると、P波速度が5.8km/sの層の上端深さは、敷地周辺においては3kmよりも深いところに位置している。



Iidaka et al.(2008)に一部加筆

4.1.2 速度構造による検討 (4)日本海地震・津波調査プロジェクト(2015)に基づく検討



日本海地震・津波調査プロジェクト(2015)に示される調査測線図及びP波速度構造断面

日本海地震・津波調査プロジェクト(2015)に一部加筆

240

▶ 日本海地震・津波調査プロジェクト(2015)に基づく検討によれば、敷地周辺の地震発生層上端深さは、3kmより深いと考えられる。

4.1.2 速度構造による検討 (5) 群速度に基づく検討

- 〇 敷地周辺の微動観測記録により得られた群速度(P.135)と敷地において設定した地下 構造モデル(P.180)による理論群速度を比較し、敷地周辺におけるP波速度5.8km/sの 層の上端深さを検討する。
- まず,敷地において設定した地下構造モデル(左下表)によれば,EL-3kmにP波速度 5.6km/sの層の上端深さがあること,地震基盤(EL-1.19km)以深でP波速度が徐々に増 大していることを踏まえると,P波速度5.8km/sの層の上端深さは,敷地においてはEL-3kmよりも深いと考えられる。
- 〇 つぎに,群速度の比較(右下図)によれば,敷地周辺の微動観測記録により得られた群 速度(色丸)は,敷地において設定した地下構造モデルによる理論群速度(黒破線)に 対してやや小さいものの同程度であることから,敷地周辺では同様な速度構造が広がっ ているものと考えられる。
- 以上により、敷地周辺におけるP波速度5.8km/sの層の上端深さは、EL-3kmより深いと 考えられる。



微動観測点配置図



設定した地下構造モデル



:観測点1-観測点2ペアの群速度

0

設定した地下構造モデルによる理論群速度の比較

▶ 群速度に基づく検討によれば、敷地周辺の地震発生層上端深さは、3kmより深いと考えられる。

さは地震発生層下端深さの目安になり得る。

- 敷地周辺の地震発生層下端深さを検討するため、上部地殻と下部地殻の境界であるコンラッド面深さによる検討を実施した。
 長谷川(1991)では、内陸地殻内地震は上部地殻で発生し、下部地殻ではほとんど発生しないとされていることから、コンラッド面深
- コンラッド面深さによる検討では、文献によるコンラッド面深さの図から、敷地周辺におけるコンラッド面深さを確認した。



4.1.3 コンラッド面深さによる検討 (2) Zhao et al.(1994)に基づく検討

第1199回審査会合 資料1 P.222 再掲

○ Zhao et al.(1994)によるコンラッド面深さによると,敷地周辺では14km程度とされている。



Zhao et al.(1994)に一部加筆

※ 実線は深度コンターを, 破線は推定した深度の標準誤差を示す。外側の破線は標準誤差が2km以内, 内側の破線は標準誤差が1km以内の領域を囲んでいる。

➢ Zhao et al.(1994)に基づく検討によれば、地震発生層下端深さは、敷地周辺では14km程度であると考えられる。

4.1.3 コンラッド面深さによる検討 (3) 河野ほか(2009)に基づく検討

第1199回審査会合 資料1 P.223 再掲

○ 河野ほか(2009)は,重力異常データを用いて日本列島周辺の三次元的地殻構造を推定している。
 ○ 河野ほか(2009)によるコンラッド面深さによると,敷地周辺では12km程度とされている。



河野ほか(2009)に一部加筆

※ 灰色箇所は10kmより浅い領域を示す。

▶ 河野ほか(2009)に基づく検討によれば、地震発生層下端深さは、敷地周辺では12km程度であると考えられる。

4.1.3 コンラッド面深さによる検討 (4) Katsumata(2010)に基づく検討

○ Katsumata(2010)は、地震波トモグラフィーにより日本列島の地殻構造を推定している。
 ○ Katsumata(2010)によるコンラッド面深さによると、敷地周辺では18km程度とされている。



▶ Katsumata(2010)に基づく検討によれば、地震発生層下端深さは、敷地周辺では18km程度であると考えられる。

4.1.3 コンラッド面深さによる検討 (5) lidaka et al.(2003)に基づく検討

第1199回審査会合 資料1 P.225 一部修正

 ○ Iidaka et al.(2003)(P.126)によると、上部地殻の下部のP波速度は6.0~6.4km/s、下部地殻のP波速度は6.6~6.8km/sとされ、上部 地殻と下部地殻の境界であるコンラッド面深さは、敷地周辺では18km程度である。



▶ Iidaka et al. (2003)に基づく検討によれば、地震発生層下端深さは、敷地周辺では18km程度であると考えられる。

- 敷地周辺の地震発生層下端深さを検討するため、キュリー点深度による検討を実施した。
- Tanaka and Ishikawa(2005)は、D90%とキュリー点深度の間には相関があるとしている。また、伊藤(2002)はD90%が地震の下限の 目安として用いることができるとしていること等から、キュリー点深度は地震発生層の下端深さの目安になり得る。
- キュリー点深度による検討では、文献によるキュリー点深度分布図から、敷地周辺におけるD90%と相関があるキュリー点深度を確認した。



4.1.4 キュリー点深度による検討 (2)大久保(1984)に基づく検討

第1199回審査会合 資料1 P.227 再掲

○ 大久保(1984)による日本列島のキュリー点深度分布図によると,敷地周辺では9~10km程度であり,D90%は9~10km程度となる。



> 大久保(1984)に基づく検討によれば、地震発生層下端深さは、敷地周辺では9~10km程度であると考えられる。

○ 4.1.1~4.1.4項で検討した敷地周辺の地震発生層上端深さ及び下端深さの検討結果を下表に示す。

4.1.1~4.1.4項で検討した敷地周辺の地震発生層上端深さ及び下端深さの検討結果

	検討項目	上端深さ	下端深さ	
地雷の電源八左	気象庁の震源データ [D10%, D90%]	5.8km	13.9km	
地長の長源分布	原子力安全基盤機構(2004)[D10%, D90%]	3.2km	10.7km	
	Matsubara et al.(2022)	4km程度以深	*	
	lidaka et al.(2008)	3kmより深い	*	
还这件但	日本海地震・津波調査プロジェクト(2015)	3kmより深い	*	
	群速度	3kmより深い	*	
	Zhao et al.(1994)	*	14km程度	
ったいいまでいた	河野ほか(2009)	*	12km程度	
コンフット面深さ	Katsumata (2010)	*	18km程度	
	lidaka et al.(2003)	*	18km程度	
キュリー点深度	大久保(1984)	*	9~10km程度	
	設定した地震発生層	<u>3km</u>	<u>18km</u>	

*:検討対象外

▶ 敷地周辺の地震発生層上端深さ及び下端深さは、敷地周辺の地震の震源分布、速度構造、コンラッド面深さ及びキュリー点深度による検討(4.1.1~4.1.4項)の結果を踏まえ、上端深さを3km、下端深さを18kmと設定する。

4.2 2007年能登半島地震及び2024年能登半島地震の震源断層上端深さの設定

4.2 2007年能登半島地震及び2024年能登半島地震の震源断層上端深さの設定

(1) 2007年能登半島地震及び2024年能登半島地震の震源断層上端深さの設定の方法

第1199回審査会合 資料1 P.211 一部修正

- 4.2節では,敷地周辺の「④大地震(2007年能登半島地震及び2024年能登半島地震)の余震の深さ」を把握し,2007年能登半島地震及び2024 年能登半島地震の震源断層上端深さを設定する。
- 2007年能登半島地震及び2024年能登半島地震の震源断層上端深さを把握するための検討の手法等の概要を次頁に示す。



地震発生層の設定のフロー

O 検討の目的,対象及び手法を下表に示す。

승리고모생		対象	 	手法		地震動評価	
	検討の日的	水平方向	深さ方向	種別	内容	の3要素	記載固所
4	大地震の 余 震の深さ の把握	敷地周辺	上端深さ	文献調査	敷地周辺で発生した2007年能登半島地震及び2024年能 登半島地震について、当該地震の震源断層上端深さに係 る知見を整理し、当該地震の震源断層上端深さを総合的 に検討する。	震源特性	4.2.1~ 4.2.2項

【検討の目的,対象及び手法】
第1199回審査会合 資料1 P.239 一部修正

- 敷地周辺で発生した2007年能登半島地震及び2024年能登半島地震について、当該地震の震源断層上端深さを詳細に検討するため、当該地 震に係る知見を確認した。
- 確認する知見は, 震源断層周辺における臨時地震観測等の調査データに基づく震源断層上端深さに係る知見とした。
- 当該地震の震源断層上端深さは、各知見による震源断層上端深さ及び評価に用いたデータを整理し、総合的に検討した。



地震の震央分布図[※] (1997年10月~2024年11月)

4.2.1 2007年能登半島地震に係る知見による検討 (1) 佐藤ほか(2007a, 2007b)に基づく検討

- 佐藤ほか(2007a)は、2007年能登半島地震の震源断層周辺において二船式の交互発震による反射法地震探査を実施し、測線Aにおいて深さ4~6km程度まで震源断層をイメージングすることに成功している。また、反射法地震探査から求めた震源断層と陸域及び海域の臨時地震観測網による余震分布(Sakai et al.(2008)(次頁参照)及びYamada et al.(2008)(次々頁参照))を対応させることで、深さ2~10km程度まで断層傾斜角が60°であるとしている。
- 佐藤ほか(2007b)は、臨時地震観測網による余震分布、反射法地震探査を組み合わせて、統合的に2007年能登半島地震の震源 断層の形状を求めるとともに、地質構造との対応から中新世に正断層として形成された既存の南傾斜の高角(約60°)断層が右横 ずれ成分を持った逆断層運動を行うことによって発生したとしている。



余震分布と反射法地震探査から推定される震源断層の形状 (等高線間隔は深さ方向に1km)

佐藤ほか(2007b)より抜粋



(測線から幅1km以内の震源をプロット。余震分布はSakai et al.(2008)とYamada et al.(2008), 反射 断面は佐藤ほか(2007a)に基づく。また三角形は井上ほか(2007)に基づく活断層の痕跡を示す。)

佐藤ほか(2007b)より抜粋

4.2.1 2007年能登半島地震に係る知見による検討 (2) Sakai et al. (2008) に基づく検討

○ Sakai et al.(2008)は、2007年能登半島地震の正確な余震分布を決定するため、地震発生の半日後から震源断層周辺の陸域において高密度 な臨時地震観測(88箇所)を実施し、余震分布を決定している。

○ 本震周辺の余震は、高角(60°)で南東方向に傾斜し、深さ2~13kmの範囲に分布しているとしている。



3月25日~4月18日の陸域の地震記録を用いて決定された余震分布

(a):臨時地震観測以後(3月25日~4月18日)の陸域の地震記録を用いて決定された余震分布,

- (b):(a)の長方形内を南西からみた鉛直断面,
- (c):(a)の長方形内を南東からみた鉛直断面,
- (d):気象庁一元化震源カタログによる余震を南西からみた鉛直断面,
- (e):気象庁一元化震源カタログによる余震を南東からみた鉛直断面,
 - ☆:本震, ☆:最大余震, ➡:臨時地震観測点,▲:常設地震観測点 震源決定の精度は震源の色で示されている。

Sakai et al.(2008)より抜粋



臨時地震観測以後と以前の余震分布

(a):臨時地震観測以後(3月25日~4月18日)の陸域の地震記録を用いて決定された余震分布,
(b):(a)の北東-南西方向に長辺をもつ長方形内を南西からみた鉛直断面,
(d):臨時地震観測以前(3月25日9~17時)に発生した地震を再決定した余震分布,
(e):(d)の北東-南西方向に長辺をもつ長方形内を南西からみた鉛直断面,

★:本震, ◆:前兆現象, ○:前震, +:臨時地震観測点, ▲:常設地震観測点,
 F14・F15:活断層(片川ほか(2005)), Fa・Fb:地質断層(北陸地方土木地質図編纂委員会(1990))

Sakai et al.(2008)より抜粋

4.2.1 2007年能登半島地震に係る知見による検討 (3) Yamada et al. (2008) に基づく検討

- Yamada et al.(2008)は、2007年能登半島地震の震源断層周辺の海域における余震活動を調査するため、2007年4月6日から5月8日まで海底 地震計による臨時地震観測(10箇所)を実施し、海域における余震分布を決定している(陸域における地震観測(4箇所)の記録も使用)。余震 は主に本震の南西側で発生し、その震源深さについて、東側は2~10km程度であり、西側は2~5kmに限定されているとしている。また、海域に おける臨時地震観測の範囲においては、北側のクラスターを除き、深さ2kmより浅い余震はほとんどなく、また深さ15kmより深い余震はみられな かったとしている。
- また, 地震観測網の空間的な範囲の観点から, 海域と陸域の臨時地震観測網はそれぞれ海域と陸域の震源分布に対してよりよく決定できるとし, 海域の臨時地震観測網により決定した震源分布と陸域の臨時地震観測網により決定された震源分布(Sakai et al.(2008))を統合し, 海域の最大余震より北東側における震源深さの範囲は2~13kmとし, 高角(約60°)で南東方向に傾斜しているとしている。





陸域における臨時地震観測網により決定された震源分布と統合した震源分布 (上段:震源分布,下段:上段の図中矩形内の深さ分布(円の大きさはマグニチュードに対応)) ◆は地震観測点,F14~F16:活断層(片川ほか(2005)),Fg:活断層(岡村(2008)), ☆:本震,★:陸域の最大余震,★:海域の最大余震, ▼:海底の活断層位置(片川ほか(2005)),▼:海底の活断層位置(岡村(2008))

Yamada et al.(2008)より抜粋

4.2.1 2007年能登半島地震に係る知見による検討 (4)地域地盤環境研究所(2011)に基づく検討

- 地域地盤環境研究所(2011)は,近年発生した被害地震を対象に,臨時地震観測網で高精度に決定された余震分布や臨時地震観 測網と同時期・同一領域の気象庁一元化震源の余震分布からD10%を求めている。
- この検討結果より、2007年能登半島地震の震源断層周辺について、臨時地震観測網によるD10%は深さ1.86km、気象庁一元化震源によるD10%は3.14kmとされ、気象庁一元化震源による余震分布は、臨時地震観測網における余震分布よりも深くなる傾向であることが示された。



※ 臨時地震観測網による余震分布と気象庁ー元化震源データによる余震分布のデータ期間は同じ(余震分布のデータ期間:2007年3月25日22時41分~4月18日10時27分)。 ※ 図中の赤星は震源を示す。

_	【本知見に対する当社の分析】	
	[本知見において用いられた余震データ] ・ データの期間及び余震分布の形状から陸域の臨時地震観測網による余震分布(Sakai et al.(2008))と考えられる。	1
	 [余震分布の精度] Sakai et al.(2008)に示される余震分布(P.255の左図)によれば、海の最大余震以西において震源が浅くなる傾向が認められるが、海の最大余震以東における本震周辺の震源と比較して震源 精度は低い。 Yamada et al.(2008)は、陸域の臨時地震観測網は陸域の震源分布に対して、海域の臨時地震観測網は海域の震源分布に対してよりよく決定できるとしている。また、海域の臨時地震観測網に 決定した最大余震以西の海域においては深さ2kmより浅い余震はほとんどないとしている(P.256)。 	i決定 こより
; ; ; ;_	[分析結果] ・ 本知見に示されるD10%は,海の最大余震以西における震源決定精度の低いデータの影響により,2kmより浅くなっているものと考えられる。	257

○ 2007年能登半島地震の震源断層上端深さに係る知見,評価に用いたデータ及び検討結果を下表に示す。

			評価に用いたデータ			
知見	知見の概要	震源断層の	余震	余震データ		
		上端深ら	陸域の 臨時地震観測網	海域の 臨時地震観測網	データ	
佐藤ほか(2007a,2007b)	 ・ <u>反射法地震探査により深さ4~6km程度まで震源断層をイメージング</u>しており、陸域及び海域の臨時地震観測網による余震分布(Sakai et al.(2008)及びYamada et al.(2008))を対応させることで、深さ2~10km程度まで断層傾斜角が60°であるとしている。 ・また、余震分布や反射法地震探査、地質構造との対応から既存の高角(約60°)断層が右横ずれ成分を持った逆断層運動を行うことによって発生したとしている。 	2km [知見の記載内容 から当社が整理 [※]]	〇 (2007年3月25日 ~4月18日) ※Sakai et al.(2008)	〇 (2007年4月6日 ~5月8日) ※Yamada et al.(2008)	Ο	
Sakai et al.(2008)	 ・震源断層周辺の<u>陸域において高密度な臨時</u> <u>地震観測(88箇所)</u>を実施し,<u>余震分布を決定</u>している。 	2km	〇 (2007年3月25日 ~4月18日)	—	_	
 ・震源断層周辺の<u>海域において海底</u> よる臨時地震観測(10箇所)を実施 おける<u>余震分布を決定</u>している(陸 地震観測(4箇所)の記録も使用)。 ・また,決定した震源分布と陸域の歴 測網により決定された震源分布(S (2008))を統合している。 		2km	〇 (2007年3月25日 ~4月18日) ※Sakai et al.(2008)	〇 (2007年4月6日 ~5月8日)	_	
地域地盤環境研究所(2011)	 <u>臨時地震観測網による余震分布</u>から<u>D10%</u>を 求めている。 	1.86km	〇 (2007年3月25日 ~4月18日)	—		
2007年能登半,	島地震の震源断層上端深さ	<u>2km</u>	※「深さ2~10km程度まで断層傾斜角が60°である」こと及び「高角(約60°) 断層が逆断層運動を行うことによって発生した」ことを踏まえ、深さ2km以深 の断層が逆断層運動したと整理した。			

2007年能登半島地震の震源断層上端深さに係る知見による検討結果

▶ 2007年能登半島地震の震源断層上端深さに係る知見を整理した結果,佐藤ほか(2007a, 2007b)は,陸域・海域の余震データ及び反射法地震 探査データを組み合わせて震源断層の形状を求めており,最も重視すべき知見と考え,2007年能登半島地震の震源断層上端深さを2kmと判断 する。 4.2.1 2007年能登半島地震に係る知見による検討 (6)気象庁の震源データに基づく検討(1/2)

コメントNo.12の回答

- 前頁の検討結果より、2007年能登半島地震の震源断層上端深さ(2km)は4.1節で設定した敷地周辺の地震発生層上端深さ(3km)より浅いことから、ここでは、気象庁の震源データにおいても同様の傾向がみられるか定量的に確認するため、1997年10月から2023年12月までの気象庁の震源データ^{※1}(震源深さ30km以浅)を用いて、D10%及びD90%により検討を行った。
- D10%及びD90%による検討においては、同地震のD10%及びD90%を求める範囲を左図の橙色長方形の範囲とし、この範囲のD10%及びD90%と、敷地周辺 (敷地から半径75kmの範囲^{※2}から橙色長方形の範囲を除く範囲)のD10%及びD90%を比較した。

○ 2007年能登半島地震のD10%及びD90%はそれぞれ2.8km及び11.0km,敷地周辺のD10%及びD90%はそれぞれ9.0km及び14.5kmとなり、2007年能登半島 地震の震源深さは周辺に比べて浅い傾向が認められる。



地震の震央分布図(1997年10月~2023年12月)

(1997年10月~2023年12月,敷地から半径75kmの範囲^{※2})

※1 気象庁「地震月報(カタログ編)」または防災科学技術研究所「Hi-net検測値データ」に基づく

※2 敷地周辺の地震の震源深さの傾向を適切に評価するため、敷地周辺と標高が大きく異なる高標高地域(山岳地域)が含まれない範囲として、敷地から半径75kmの範囲とした。

4.2.1 2007年能登半島地震に係る知見による検討 (6)気象庁の震源データに基づく検討(2/2)

コメントNo.12,13の回答

- 2007年能登半島地震発生日より前においても、同地震の震源深さが浅いことを定量的に確認するため、2007年能登半島地震発生日より前(1997年10 月から2007年3月24日)の気象庁の震源データ※1 (震源深さ30km以浅)を用いて、前頁と同様にD10%及びD90%により検討を行った。求めたD10%及び D90%を右上図に示す。
- 2007年能登半島地震のD10%及びD90%はそれぞれ2.2km及び12.4km, 敷地周辺のD10%及びD90%はそれぞれ5.9km及び17.0kmとなり, 2007年能登半 島地震発生日より前においても、2007年能登半島地震の震源深さは周辺に比べて浅い傾向が認められる。



※2 敷地周辺の地震の震源深さの傾向を適切に評価するため、敷地周辺と標高が大きく異なる高標高地域(山岳地域)が含まれない範囲として、敷地から半径75kmの範囲とした。

260

4.2.2 2024年能登半島地震に係る知見による検討 (1) 高橋ほか(2024)に基づく検討(1/3)

〇 高橋ほか(2024)は、2024年能登半島地震の詳細な余震分布の把握を目的として、2024年4月22日から7月2日にかけて震源断層周辺の陸域において臨時地震観測(30箇所)を実施し、精密な余震分布を再決定している(定常地震観測(10箇所)の記録も使用。また震源決定において、速度構造はJMA2001を使用。)。再決定した地震の震央分布を下図に、震源深さ分布(詳細)を次頁に、敷地に比較的近いA1~A12の震源深さ分布(詳細)の拡大図を次々頁に示す。

- 髙橋ほか(2024)によると、再決定した震源の深さは約3~12kmとされている。
- なお,高橋ほか(2024)の上限深さ約3kmは,4.1節において設定した敷地周辺の地震発生層上端深さ(3km)とも整合的であるが,A6~A8においては、地震の震源深さがやや浅い傾向がみられる。このA6~A8は、周辺に比べて浅い傾向が認められ、当社が上端深さを2kmと設定した2007年能登半島地震の震源の近傍に位置する。



知見の拡充



------::4.1節において設定した敷地周辺の地震発生層上端深さ(3km)

再決定した地震の震源深さ分布(詳細) (2024年4月22日~7月2日)

高橋ほか(2024)のデータを基に電力中央研究所が作成した図に一部加筆

知見の拡充

------: :4.1節において設定した敷地周辺の地震発生層上端深さ(3km)



再決定した地震の震源深さ分布(詳細)(A1~A12の拡大) (2024年4月22日~7月2日) 高橋ほか(2024)のデータを基に電力中央研究所が作成した図に一部加筆 4.2.2 2024年能登半島地震に係る知見による検討 (2) 地震調査研究推進本部(2024a)に基づく検討(1/2)

- 地震調査研究推進本部(2024a)は、東京大学ほかによる能登半島北東沖を対象とした、海底地震計を用いた臨時地震観測(26箇所)に基づく DD法により再決定(陸域の地震観測(4箇所)の記録も使用)した震源データ(2024年1月24日~2月22日)を報告している(下図参照,地震の 震源深さ分布(詳細)を次頁に示す)。
- この報告によると, 震央分布は, 地震調査研究推進本部の評価対象の海域活断層に沿うように分布し, 震源深さ分布は, 深さ約18kmまでの 範囲内に分布し、また北東側に向かって深い地震が増える傾向がみられるとしている。
- なお, 下図より, 陸域周辺の地震の震源深さが比較的浅い傾向がみられるが, 陸域周辺は地震観測網の端部または外側であることから, 陸 域周辺の地震の震源深さについては、より精度が高いと考えられる陸域における臨時地震観測等に基づく髙橋ほか(2024)を重視する。
- 次頁に示す地震の震源深さ分布(詳細)によると、2024年能登半島地震の震源断層(海域)の上端深さは、4.1節において設定した敷地周辺の 地震発生層上端深さ(3km)と概ね整合している。



264



(3) 検討結果

○ 2024年能登半島地震の震源断層上端深さに係る知見,評価に用いたデータ及び検討結果を下表に示す。

2024年能登半島地震の震源断層上端深さに係る知見による検討結果

			評価に用いたデータ	
知見	知見の概要	震源断層の	余震	データ
		上端深さ	陸域の 臨時地震観測網	海域の 臨時地震観測網
髙橋ほか(2024)	 ・震源断層周辺の<u>陸域において臨時地震観 測(30箇所)</u>を実施し,<u>陸域における余震分</u> <u>布を再決定</u>している(定常地震観測(10箇 所)の記録も使用)。 	(陸域) 3km	〇 (2024年4月22日 ~7月2日)	—
地震調査研究推進本部(2024a)	 ・震源断層のうち能登半島北東沖の<u>海域に おいて海底地震計による臨時地震観測(26 箇所)</u>を実施し,<u>海域における余震分布を再</u> <u>決定</u>している(陸域における地震観測(4箇 所)の記録も使用)。 	(海域) 3km ^{[知見の記載内容} から当社が読み取り]	_	〇 (2024年1月24日 ~2月22日)
2024年能登半島地	震の震源断層上端深さ	<u>3km</u>		

▶ 2024年能登半島地震の震源断層上端深さに係る知見を整理した結果,高橋ほか(2024)及び地震調査研究推進本部(2024a)は,2024年能登半島地震の震源断層における臨時地震観測により詳細な震源分布を求めており、これらの知見を踏まえて、2024年能登半島地震の震源断層上端深さを3kmと判断する。

○ 4.2.1~4.2.2項で検討した2007年能登半島地震及び2024年能登半島地震の震源断層上端深さの検討結果を下記に示す。

2007年能登半島地震に係る知見による検討(4.2.1項)

	上端深さ	_	
2007年能登半島地震 に係る知見	佐藤ほか(2007a, b) [反射法地震探査, 余震分布]	2km	
	Sakai et al.(2008) [余震分布(陸域)]	2km	
	Yamada et al.(2008) [余震分布(海域)]	2km	笹箱
	地域地盤環境研究所(2011) [D10%]	1.86km	
	2km		

断層名 (当社による断層名)	設定した地震発生層 上端深さ
笹波沖断層帯(東部)	2km
笹波沖断層帯(西部)	2km
海士岬沖断層帯	2km

2024年能登半島地震に係る知見による検討(4.2.2項)

	上端深さ		
2024年能登半島地震	髙橋ほか(2024)[余震分布(陸域)]		3km
に係る知見	地震調査研究推進本部(2024a)[余震分布(海域)]	(海域)	3km
	3km	ı	



- ▶ 4.1節において設定した敷地周辺の地震発生層上端深さ(3km)より震源断層上端深さが浅い2007年能登半島地震については、4.2.1項の検討結果を踏まえ、同地震の震源断層である笹波沖断層帯(東部)の上端深さを2kmと設定する。
- ▶ また,2024年8月2日に地震調査研究推進本部により公表された「日本海側の海域活断層の長期評価-兵庫県北方沖~新潟県上越地方沖-(令和6年8月版)」(地震調査研究推進本部(2024b))において笹波沖断層帯(東部)と同じ門前断層帯として評価されている笹波沖断層帯(西部),並びに2007年能登半島地震の震源断層から分岐している可能性のある海士岬沖断層帯についても、上端深さを2kmと設定する。

267

4.3 地震調査研究推進本部の主要活断層帯等の 地震発生層上端深さ及び下端深さの設定

4.3 地震調査研究推進本部の主要活断層帯等の地震発生層上端深さ及び下端深さの設定

(1) 地震調査研究推進本部の主要活断層帯等の地震発生層上端深さ及び下端深さの設定の方法

第1199回審査会合 資料1 P.211 一部修正

- 4.3節では、「●地震の震源分布」及び「●速度構造データ等」を踏まえた敷地周辺の「地震調査研究推進本部の主要活断層帯等」に係る知見を把握し、各断層の地震発生層上端深さ及び下端深さを設定する。
 た地振し、の「単常調査研究推進法部の会帯に影響ないになるに見た地場合なたはのを認定する」
- 敷地周辺の「地震調査研究推進本部の主要活断層帯等」に係る知見を把握するための検討の手法等の概要を次頁に示す。



地震発生層の設定のフロー

○ 検討の目的,対象及び手法を下表に示す。

	検討の日始	対象			地震動評価	記載箇所	
検討の日的		水平方向	深さ方向	種別	種別内容		
0	地震調査研究推進 本部の主要活断層 帯等の知見 の把握	敷地周辺	上端深さ 下端深さ	文献調査	震源として考慮する活断層のうち地震調査研究推進本部 により評価された主要活断層帯及び海域活断層を対象に, 地震調査研究推進本部の知見における地震発生層上端 深さ及び下端深さの設定値を整理する。特に,敷地から半 径75km程度の範囲の主要活断層帯及び海域活断層につ いては,地震の震源分布,キュリー点深度,速度構造デー 夕等に係る検討結果との整合性を確認のうえ,各断層の上 端深さ及び下端深さを検討する。	震源特性	4.3.1~ 4.3.2項

知見の拡充

- 〇 ここでは、震源として考慮する活断層のうち地震調査研究推進本部により評価された主要活断層帯を対象に、地震調査研究推進本部の知見における 地震発生層上端深さ及び下端深さの設定値を整理する。また、震源として考慮する活断層のうち2024年8月2日に地震調査研究推進本部により公表された「日本海側の海域活断層の長期評価ー兵庫県北方沖~新潟県上越地方沖ー(令和6年8月版)」(地震調査研究推進本部(2024b))における海域 活断層も対象に、断層の下端深さを整理する※。
- 〇 特に,敷地から半径75km程度の範囲の主要活断層帯及び海域活断層については,4.1節で設定した敷地周辺の地震発生層上端深さ及び下端深さ (下表)との整合性を確認し,4.1節で設定した敷地周辺の地震発生層上端深さ及び下端深さの範囲から外れる断層帯については,当該断層帯周辺に おける最新の地震の震源分布(気象庁の震源データ)や地盤構造に係る詳細な知見についても整理し,総合的に検討する。

※ 地震調査研究推進本部(2024b)には断層の上端深さについても記載されているが、反射断面の浅部(海底直下)において変位が認められていることを踏まえ、原則として0kmとされている。一方で、本節の地震発生層上端深さ及び下端 深さの検討において、地震発生層の上端深さについては、地震の震源分布及び速度構造による検討結果を踏まえて設定することとしていることから、ここでは断層の下端深さのみを対象とした。

検討項目 上端深さ 下端深さ 地震の震源分布 気象庁の震源データ[D10%,D90%] 5.8km 13.9km 加電の震源分布 原子力安全基盤機構(2004) [D10%,D90%] 3.2km 10.7km 原子力安全基盤機構(2004) [D10%,D90%] 3.2km 10.7km 進度 4km程度以深 * 指はねa et al.(2022) 4km程度以深 * 1daka et al.(2008) 3kmより深い * 日本海地震・津波調査プロジェクト(2015) 3kmより深い * 予定 7 * * 日本海地震・津波調査プロジェクト(2015) 3kmより深い * 予定 7 * * 日本海地震・津波調査プロジェクト(2015) 3kmより深い * * プラッジが面深さ 7 * * * プシラッジで面深さ 「わの et al.(1994) * * * プシラッジで面深さ 「おんの et al.(2003) * * * 「はAka et al.(2003) * * * * キュリーム系生 大久保(1984) * * * チュリーム系生 18km 18km * <t< th=""><th></th><th colspan="7"></th></t<>								
地震の震源分布気象庁の震源データ [D10%, D90%]5.8km13.9km原子力安全基盤機構 (2004) [D10%, D90%]3.2km10.7km水Matsubara et al.(2022)4km程度以深*idaka et al.(2008)3kmより深い*日本海地震・津波調査プロジェクト (2015)3kmより深い*非速度3kmより深い*アチョンラッド面深を2hao et al.(1994)*14km程度河野ほか (2009)*12km程度にはaka et al.(2003)*18km程度キュリー点深度大久保 (1984)*9~10km程度設定した地震発生層3km3km18km		検討項目	上端深さ	下端深さ				
地震の展源分布 原子力安全基盤機構(2004) [D10%, D90%] 3.2km 10.7km 康康構造 Matsubara et al.(2022) 4km程度以深 * idaka et al.(2008) 3kmより深い * 日本海地震・津波調査プロジェクト(2015) 3kmより深い * 群速度 3kmより深い * コンラッド面深さ Zhao et al.(1994) * 14km程度 河野ほか(2009) * 12km程度 Katsumata(2010) * 18km程度 キュリー点深度 大久保(1984) * 9~10km程度 設定した地震発生層 3km 18km 18km	此言の言語八方	気象庁の震源データ[D10%,D90%]	5.8km	13.9km				
 速度構造Matsubara et al.(2022)4km程度以深*idaka et al.(2008)3kmより深い*日本海地震・津波調査プロジェクト(2015)3kmより深い*群速度3kmより深い*プ野ほか(2009)*14km程度バロワロクションラッド面深さKatsumata(2010)*ドatsumata(2010)*18km程度ドロカー点深度大久保(1984)*シェレー点深度3km18km程度シェレーに地震発生層3km18km	地長の長源分布	原子力安全基盤機構(2004)[D10%, D90%]	3.2km	10.7km				
速度構造Idaka et al.(2008)3kmより深い*日本海地震・津波調査プロジェクト(2015)3kmより深い*群速度3kmより深い*アンラッド面深さZhao et al.(1994)*14km程度河野ほか(2009)*12km程度Katsumata(2010)*18km程度Idaka et al.(2003)*18km程度キュリー点深度大久保(1984)*9~10km程度設定した地震発生層3km18km		Matsubara et al.(2022)	4km程度以深	*				
速度構造 日本海地震・津波調査プロジェクト(2015) 3kmより深い * 群速度 3kmより深い * プリンラッド面深さ Zhao et al.(1994) * 14km程度 河野ほか(2009) * 12km程度 Katsumata(2010) * 18km程度 Iidaka et al.(2003) * 18km程度 キュリー点深度 大久保(1984) * 9~10km程度	***	lidaka et al.(2008)	3kmより深い	*				
群速度3kmより深い*コンラッド面深さZhao et al.(1994)*14km程度河野ほか(2009)*12km程度Katsumata(2010)*18km程度Idaka et al.(2003)*18km程度キュリー点深度大久保(1984)*9~10km程度設定した地震発生層3km18km	还反快迎	日本海地震・津波調査プロジェクト(2015)	3kmより深い	*				
コンラッド面深さZhao et al.(1994)*14km程度河野ほか(2009)*12km程度Katsumata(2010)*18km程度lidaka et al.(2003)*18km程度キュリー点深度大久保(1984)*9~10km程度設定した地震発生層3km18km		群速度	3kmより深い	*				
コンラッド面深さ 河野ほか(2009) * 12km程度 Katsumata(2010) * 18km程度 idaka et al.(2003) * 18km程度 キュリー点深度 大久保(1984) * 9~10km程度 設定した地震発生層 3km 18km		Zhao et al.(1994)	*	14km程度				
コンラット面深さ Katsumata(2010) * 18km程度 Iidaka et al.(2003) * 18km程度 キュリー点深度 大久保(1984) * 9~10km程度 設定した地震発生層 3km 18km		河野ほか(2009)	*	12km程度				
Iidaka et al.(2003) * 18km程度 キュリー点深度 大久保(1984) * 9~10km程度 設定した地震発生層 3km 18km	コンフット面深さ	Katsumata (2010)	*	18km程度				
キュリー点深度 大久保(1984) * 9~10km程度 設定した地震発生層 3km 18km		lidaka et al.(2003)	*	18km程度				
設定した地震発生層 <u>3km</u> <u>18km</u>	キュリー点深度	大久保(1984)	*	9~10km程度				
		設定した地震発生層	<u>3km</u>	<u>18km</u>				

敷地周辺の地震発生層上端深さ及び下端深さの検討結果(再掲)

*:検討対象外

第1199回審杳会合 資料1 P.228 一部修正

(1) 地震調査研究推進本部の主要活断層帯に係る知見における地震発生層の検討

- 〇 震源として考慮する活断層のうち地震調査研究推進本部により評価された主要活断層帯について、地震調査研究推進本部の知見における地震発生層上端 深さ及び下端深さの設定値を整理した結果を下表に示す。なお、地震調査研究推進本部の知見は強震動評価の報告書とし、強震動評価が実施されていない 場合は全国地震動予測地図とした^{※1}。
- 全国地震動予測地図については、最新の2020年版には、断層モデル上端深さ及び下端深さは記載されているものの、地震発生層上端深さ及び下端深さは 記載されていないことから、2020年版に加え2014年版も参照することとした。また、本検討における全国地震動予測地図の知見による地震発生層上端深さ及 び下端深さの設定値については、それぞれ「2020年版の断層モデル上端深さと2014年版の地震発生層上端深さを比較して浅い方」及び「2020年版の断層モ デル下端深さと2014年版の地震発生層下端深さを比較して深い方」とすることとした。
- 〇 特に、敷地から半径75km程度の範囲の主要活断層帯については、4.1節で設定した敷地周辺の地震発生層上端深さ及び下端深さとの整合性を確認した結果 「邑知潟断層帯」の上端深さ(2km)及び「砺波平野断層帯・呉羽山断層帯」の下端深さ(20km)は、それぞれ、4.1節で設定した上端深さ(3km)及び下端深さ (18km)の範囲から外れることから、これら断層帯については、断層帯周辺における最新の地震の震源分布(気象庁の震源データ)や地盤構造に係る詳細な 知見についても整理し、総合的に検討する。
- 〇 本資料では、4.1節で設定した上端深さ(3km)及び下端深さ(18km)の範囲から外れる「邑知潟断層帯」及び「砺波平野断層帯・呉羽山断層帯」の検討につい て次百以降に示し、その他の断層帯も含めた主要活断層帯の検討については補足資料P.114~123に示す。

136.0°

137 0°

138 0°

139 0°

※1 強震動評価の震源断層モデルは、詳細な検討のもとに設定されたものとされていることから、強震動評価の報告書がある場合はこれを重視することとした。

	断層名	断層名		40 B	75km 砺波平野断層帯西部
6	(()内は当社による断層名)	上端深さ	下端深さ	찌兂	邑知潟断層帯、
度の範囲	邑知潟断層帯 (邑知潟南縁断層帯)	<u>2km</u>	18km	全国地震動予測地図(地震調査研究推進本部(2020, 2014))	37.0°
径75km程 帯	砺波平野断層帯 ^{※2} (砺波平野断層帯(西部)・(東部)) ・呉羽山断層帯	4km	<u>20km</u>	強震動評価(地震調査研究推進本部(2004))	森本·富樫断層帯 福井平野東緑断層帯主部 横造線断層帯
ありの手援を追りませる	森本·富樫断層帯	4km	18km	強震動評価(地震調査研究推進本部(2003))	福井平野東稼町僧帝西部
▶	魚津断層帯	3km	18km	全国地震動予測地図(地震調査研究推進本部(2020, 2014))	36. 0° 36. 1°
	牛首断層帯	2km	18km	全国地震動予測地図(地震調査研究推進本部(2020, 2014))	
	跡津川断層帯	2km	18km	全国地震動予測地図(地震調査研究推進本部(2020, 2014))	
	庄川断層帯 (御母衣断層)	2km	16km	全国地震動予測地図(地震調査研究推進本部(2020, 2014))	
	福井平野東縁断層帯※3	2km	18km	全国地震動予測地図(地震調査研究推進本部(2020, 2014))	$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$
	糸魚川-静岡構造線 断層帯 (糸魚川-静岡構造線 活断層系)	4km	17km	強震動評価(地震調査研究推進本部(2002))	<u> ▲ :志賀原子力発電所</u> 地震調査研究推進本部の主要活断層帯の概略位置図
				<u> </u>	'

地震調査研究推進本部の主要活断層帯に係る知見による 地震発生層上端深さ及び下端深さの設定値

※2 砺波平野断層帯は、砺波平野断層帯西部と砺波平野断層帯東部からなる。

※3 福井平野東緑断層帯は、福井平野東緑断層帯主部と福井平野東緑断層帯西部からなる。

4.3.1 地震調査研究推進本部の主要活断層帯に係る知見による検討 ①邑知潟断層帯に係る知見に基づく検討 一地震調査研究推進本部(2020, 2014)ー

第1199回審杳会合 資料1 P.229 一部修正 コメントNo.14の回答

紫字は第1199回審査会合以降に修正した箇所

〇 地震調査研究推進本部の全国地震動予測地図2020年版によれば、断層モデル上端深さ及び下端深さは、それぞれ2km及び11kmとされている。 また、全国地震動予測地図2014年版によれば、地震発生層上端深さ及び下端深さは、それぞれ2km及び18kmとされている。

○ 「2020年版の断層モデル上端深さと2014年版の地震発生層上端深さを比較して浅い方」の上端深さ及び「2020年版の断層モデル下端深さと 2014年版の地震発生層下端深さを比較して深い方」の下端深さは、それぞれ2km及び18kmとなる。



<全国地震動予測地図2020年版>

<全国地震動予測地図2014年版> 断層面の諸元の設定

- 5.3.1 活断層で発生する地震
- 5.3.1.1 主要活断層帯で発生する固有地震

④断層面の諸元の設定

v) 断層上端深さは、強震動評価用の深部地盤モデルにおける地震基盤の深さを参考に、 断層下端深さは、微小地震の震源深さに基づく地震発生層の下限深さを参考にそれ ぞれ設定





地震調査研究推進本部(2020)による断層モデル深さ 及び地震調査研究推進本部(2014)による地震発生層深さ

邑知潟断層帯の上端深さ(2km)は、4.1節で設定した敷地周辺の上端深さ(3km)の範囲から外れることから、邑知潟断層帯周辺における最新の地震の 震源分布(気象庁の震源データ)及び地盤構造に係る詳細な知見(lidaka et al.(2008))についても整理する(次頁以降参照)。

273

①邑知潟断層帯に係る知見に基づく検討 - 気象庁の震源データに基づく検討-

第1199回審査会合 資料1 P.230 一部修正 コメントNo.15の回答

○ 1997年10月から2024年11月までの震源データ^{※1} (震源深さ30km以浅)を用いて、邑知潟断層帯周辺の地震の震源分布を確認した。
 ○ 地震の深さ分布図によると、地震の震源は概ね深さ0~20kmに分布しており、検討範囲^{※2}のD10%及びD90%は、それぞれ4.7km及び14.7kmとなる。

※1 気象庁「地震月報(カタログ編)」または防災科学技術研究所「Hi-net検測値データ」に基づく



地震の分布(1997年10月~2024年11月)

※2 D10%及びD90%の検討範囲は、地震調査研究推進本部による森本・富樫断層帯の地震を想定した強震動評価における微小地震分布の検討範囲を参考に、邑知潟断層帯と関連のない2024年能登半 島地震の震源データの影響が含まれない範囲で設定した。 紫字は第1199回審査会合以降に修正、追加した箇所

①邑知潟断層帯に係る知見に基づく検討 — lidaka et al. (2008) —

第1199回審査会合 資料1 P.231 一部修正

○ Iidaka et al.(2008)(P.127)のP波速度構造断面によると、邑知潟断層帯周辺の地表付近においてP波速度が周辺に比べて大きい傾向が認められるものの、P波速度が5.8km/sの層の上端深さは3kmよりも深いところに位置している。



Iidaka et al.(2008)による調査測線図及びP波速度構造断面

Iidaka et al.(2008)に一部加筆

②砺波平野断層帯・呉羽山断層帯に係る知見に基づく検討 -地震調査研究推進本部(2004)-

第1199回審査会合 資料1 P.232 再掲 コメントNo.14の回答

○ 地震調査研究推進本部の砺波平野断層帯・呉羽山断層帯の地震を想定した強震動評価(2004年3月)によれば、微小地震の深さ分布及び地盤構造の評価結果から、地震発生層を深さ4~20kmと設定している。

		断 層 帯		砺波平野断層帯東部		砺波平野断層帯西部	呉羽山断層帯	
		(ケース)		アスペリティ1つ	アスペリティ2つ	_		単位
		断層総面積	S		552	572	660	[km ²]
		地震モーメント	MO	1	7E+19	1.8E+19	2. 4E+19	[Nm]
		地震規模	Mw		6.8		6.9	
		短周期レベル	Α	1. 4E+19		1.4E+19	1.5E+19	$[Nm/s^2]$
日加		基準点の位置		(北端)~(1	(北端)~(屈曲点)~(南端)		(延長北端) ~ (南端)	
걙 的		基準点の北緯		36° 39′ ~36	° 29′ ~36° 24′	36° 45′ ∼36° 31′	36° 50′ ∼36° 35′	
震		基準点の東経		137°02′~13	6° 55′ ∼136° 56′	136° 57′ ~136° 50′	137° 19′ ~137° 08′	
ぷり		走向	strike	(主)高清水断層N30°E	: (副)城端-上梨断層N20°W	N22° W	N30° E	
竹件		傾斜角	dip	É)	E) 45° E	45° W	45° W	
1		平均滑り量	D		95	98	114	[cm]
		滑り方向		東側隆	起の逆断層	西側隆起の逆断層	西側隆起の逆断層	
		地震発生層深さ	dep		4~20	4~20	4~20	[km]
		断層面の長さ	L	地表30km(高清水断層	22km:城端-上梨断層8km)	地表約26km	地表約30km	[km]
		断層面の幅	層面の幅 W 22.6				22.6	[km]
[断層面積	S		552	572	660	[km2]
		地震モーメント	M0a	7. 4E+18	4.9E+18	8. 1E+18	1.2E+19	[Nm]
	77	面積	Sa	120	80	127	162	[km ²]
	ヘリティ	平均滑り量	Da	190	190	197	227	[cm]
	-1	静的応力降下量	Δσa	15	15	15	14	[MPa]
微		短周期レベル	Α	1.4E+19	1.4E+19	1.4E+19	1.5E+19	$[Nm/s^2]$
視的		地震モーメント	MOa	-	2. 5E+18	-	-	[Nm]
的雪	72	面積	Sa	-	40	-	-	[km ²]
辰	ベリ ティ	平均滑り量	Da	-	190	-	-	[cm]
<i>"</i> 特	-2	静的応力降下量	Δσa	-	15	-	-	[MPa]
性		短周期レベル	A	-	1.4E+19	-	-	$[Nm/s^2]$
	背	地震モーメント	MOb	9.6E+18	9.6E+18	1.0E+19	1.2E+19	[Nm]
	景	面積	Sb	432	432	445	498	[km ²]
	領	平均滑り量	Db	69	69	70	77	[cm]
1	域	実効応力	Σσb	2.6	2.6	2.7	2.8	[MPa]
そ		アスペリティー位置			南	南	南	
の		アスペリティー深さ			中	中	中	
他		破壊開始点の深さ			中下	中下	中下	
0		破壊様式			同心円上			
展		破壊伝播速度			2.5 (β=3.46の72%)			[km/s]
ぷり		Fmax			6			[Hz]
竹性		震源時間関数		- 中村・宮武 (2000)による				

震源パラメーター覧

地震調査研究推進本部(2004)に一部加筆

・ 砺波平野断層帯・呉羽山断層帯の下端深さ(<u>20km</u>)は、 4.1節で設定した敷地周辺の下端深さ(<u>18km</u>)の範囲から外れることから、砺波平野断層帯・呉羽山断層帯周辺における 最新の地震の震源分布(気象庁の震源データ)及び地盤構造に係る詳細な知見(lidaka et al.(2003))についても整理する(次頁以降参照)。

4.3.1 地震調査研究推進本部の主要活断層帯に係る知見による検討 ②砺波平野断層帯・呉羽山断層帯に係る知見に基づく検討 一気象庁の震源データに基づく検討 -

第1199回審査会合 資料1 P.233 一部修正 コメントNo.15の回答

- 1997年10月から2024年11月までの震源データ^{※1} (震源深さ30km以浅)を用いて,砺波平野断層帯・呉羽山断層帯周辺の地震の震源分布を確認した。
- 地震の深さ分布図によると、地震の震源は概ね深さ0~20kmに分布しており、検討範囲^{※2}のD10%及びD90%は、それぞれ7.2km及び16.8kmとなる。



※2 D10%及びD90%の検討範囲は、地震調査研究推進本部による森本・富樫断層帯の地震を想定した強震動評価における微小地震分布の検討範囲を参考に、砺波平野断層帯・呉羽山断層帯と関連の ない跡津川断層帯周辺の震源データの影響が含まれない範囲で設定した。

4.3.1 地震調査研究推進本部の主要活断層帯に係る知見による検討 ②砺波平野断層帯・呉羽山断層帯に係る知見に基づく検討 — Iidaka et al.(2003) —

第1199回審査会合 資料1 P.234 一部修正

 ○ Iidaka et al.(2003)(P.126)によると、上部地殻の下部のP波速度は6.0~6.4km/s、下部地殻のP波速度は6.6~6.8km/sとされ、上部地殻と下部 地殻の境界であるコンラッド面深さは、砺波平野断層帯・呉羽山断層帯周辺では18km程度である。



•調査測線:261.6km, 観測点:391箇所(平均観測点間隔:669m)

•爆薬量:(J1~J5)500kg,(T6)100kg



4.3.1 地震調査研究推進本部の主要活断層帯に係る知見による検討 (2)検討結果(1/2)

○ 4.1節で設定した上端深さ及び下端深さの範囲から外れた邑知潟断層帯の地震発生層上端深さ並びに砺波平野断層帯・呉羽山断層帯の地震 発生層下端深さに係る知見,評価に用いたデータ及び検討結果を下表に示す。

	4 - 2			評価に用いたデータ			
对家断僧带	知見	知見の概要	上端深さ	地盤構造データ	震源データ		
	地震調査研究推進本部 (2020, 2014)	・全国地震動予測地図2020年版によれば、断層モデル上端深さは <u>微小地震の発生</u> と <u>地震基盤深さ</u> を参考に <u>2km</u> と設定されている。 ^{※1}	2km	〇 [地震基盤深さを参考 としている ^{※2}]	0 [2020年以前の震源データ を使用している]		
邑知潟断層帯	当社による 気象庁の震源データに 基づく検討	• 1997年10月から2024年11月までの気象庁の震源データによる邑知潟断層帯周辺のD10%は、4.7kmとなる。	4.7km	_	〇 [1997年10月~2024年11月 の最新の震源データ により評価している]		
	Iidaka et al.(2008)	 ・中部日本を横断する測線において、屈折法地震探査を実施し、邑知潟断層帯周辺のP波速度構造断面を評価している。 ・P波速度構造断面によると、P波速度が5.8km/sの層の上端深さは3kmよりも深い。 	3kmより深い	〇 [断層帯周辺における 詳細なP波速度構造断面 を評価している]	_		
		※1 地震調査研究推進本部((2014)とも上端深さは2k 版を記載	(2020), 地震調査研究推進本部 (mとされており, ここでは2020年				
 > 邑知潟断原 と考えられ する。 	層 帯の地震発生層上 るが, 地震調査研究	※2 地震発生層上端深さの目 P波速度構造に係る既往 の層とされており(4.1.2(Vs-Vp関係によれば、Vs 地震動発測地図2020年崩 地震基盤(Vs=3km/s程度 定値が浅くなっている。	 1安となる速度層は、微小地震さの知見によると、Vp=6km/s程度 1)参照)、地殻構造の平均的が				

邑知潟断層帯の地震発生層上端深さに係る知見に基づく検討結果

ᆋᅀᄣᄝᄈ			一一 世 "雪上	評価に用いたデータ		
对 豕断僧帝	知見		「「「「深さ」	地盤構造データ	震源データ	
	地震調査研究推進本部 (2004)	 ・強震動評価によれば、<u>微小地震の深さ分布</u>及び<u>地盤構造の評価結果</u>から、<u>地震発</u> 生層を深さ4~20kmと設定している。 	20km	0	〇 [2004年以前の震源データ を使用している]	
砺波平野断層帯 •呉羽山断層帯	当社による 気象庁の震源データに 基づく検討	 ・1997年10月から2024年11月までの気象庁の震源データによる砺波平野断層帯・呉羽山断層帯周辺の<u>D90%は、16.8km</u>となる。 	16.8km	_	〇 [1997年10月~2024年11月 の最新の震源データ により評価している]	
	lidaka et al.(2003)	 中部日本を横断する測線において、<u>屈折法地震探査を実施</u>し、砺波平野断層帯・ 呉羽山断層帯周辺の<u>P波速度構造断面を評価</u>している。 P波速度構造断面によると、コンラッド面深さは18km程度である。 	18km程度	 〇 「断層帯周辺における 詳細なP波速度構造断面 を評価している〕 	_	
砺波平野断層帯・呉羽山断層帯の地震発生層下端深さ <u>20km</u>						
▶ 砺波平野断層帯・呉羽山断層帯の地震発生層下端深さに係る知見を整理した結果,砺波平野断層帯・呉羽山断層帯の地震発生層下端深さは16.8~20kmと考えられるが,地震調査研究推進本部(2004)を重視し, 価波平野断層帯・呉						
<u>羽山断層帯の地震発生層下端深さは20kmと判断する。</u>						

砺波平野断層帯・呉羽山断層帯の地震発生層下端深さに係る知見に基づく検討結果

(2)検討結果(2/2)

○ 震源として考慮する活断層のうち地震調査研究推進本部により評価された主要活断層帯の地震発生層上端深さ及び下端深さの検討結果を下表に示す。



地震調査研究推進本部の主要活断層帯に係る知見による検討

 ◆ 敷地から半径75km程度の範囲の ◆ 主要活断層帯 「 「 」 」 	断層名 (()内は当社による断層名)	(A) 地震調査研究推進本部 の知見における設定値		(B) 地震の震源分布		(C) 地盤構造		(D) 検討結果	
		上端深さ	下端深さ	上端深さ	下端深さ	上端深さ	下端深さ	上端深さ	下端深さ
	邑知潟断層帯(邑知潟南縁断層帯)	<u>2km</u>	18km	4.7km	*	3kmより深い	*	2km	18km
	砺波平野断層带**(砺波平野断層带(西部)·(東部))·呉羽山断層帯	4km	<u>20km</u>	*	16.8km	*	18km程度	4km	20km
	森本·富樫断層帯	4km	18km	*	*	*	*	4km	18km
	魚津断層帯	3km	18km	*	*	*	*	3km	18km
	牛首断層帯	2km	18km	*	*	*	*	2km	18km
	跡津川断層帯		18km	*	*	*	*	2km	18km
	庄川断層帯(御母衣断層)	2km	16km	*	*	*	*	2km	16km
	福井平野東縁断層帯※2	2km	18km	*	*	*	*	2km	18km
	糸魚川-静岡構造線断層帯(糸魚川-静岡構造線活断層系)	4km	17km	*	*	*	*	4km	17km

※1 砺波平野断層帯は, 砺波平野断層帯西部と砺波平野断層帯東部からなる。 ※2 福井平野東縁断層帯は, 福井平野東縁断層帯主部と福井平野東縁断層帯西部からなる。

*:検討対象外

4.3.2 地震調査研究推進本部の海域活断層に係る知見による検討 (1) 地震調査研究推進本部の海域活断層に係る知見における地震発生層の検討

知見の拡充

○ 震源として考慮する活断層のうち地震調査研究推進本部により評価された海域活断層について、地震調査研究推進本部(2024b)における断層の下 端深さを整理した結果を下表に示す(地震調査研究推進本部(2024b)により評価された海域活断層の特性を補足資料P.124に示す)。

○ 特に,敷地から半径75km程度の範囲の海域活断層について,4.1節で設定した敷地周辺の地震発生層下端深さとの整合性を確認した結果,いずれの 活断層についても,敷地周辺の地震発生層下端深さ(<u>18km</u>)の範囲に含まれることを確認した。

地震調査研究推進本部(2024b)による断層の下端深さ

右図中の	断層名	検討結果	
番号	(()内は当社による断層名)	下端深さ	38°N
10	羽咋沖東断層(羽咋沖東撓曲)	15km	
11	羽咋沖西断層(羽咋沖西撓曲)	15km	
12	内灘沖断層(KZ4)	15km	1
13	海士岬沖東断層(海士岬沖断層帯)	15km	1
14-1~2	門前断層帯(笹波沖断層帯(東部)・(西部))	15km	1
15	沖ノ瀬東方断層(前ノ瀬東方断層帯)	15km	1
16-1~3	能登半島北岸断層帯(猿山沖セグメント,輪島沖セグメント, 珠洲沖セグメント,禄剛セグメント)	15km	
17	輪島はるか沖断層(猿山岬北方沖断層)	15km	1
20-1~2,21	七尾湾東方断層帯(富山湾西側海域断層(南部)·(北部)) 飯田海脚南縁断層(TB3)	15km	
8-1~2	ゲンタツ瀬・大グリ南東縁断層帯(FU1・FU2・FU3)	15km	
9	加佐ノ岬沖断層(KZ6)	15km	36°N
18	能登半島北方沖断層※	15km	50 1
19-1~2	舳倉島近海断層帯(NT1)	15km	1
22	富山トラフ西縁断層(NT2・NT3)	15km	
23-1~3	上越沖断層帯(TB5・TB6・JO1・JO2・JO3)	15 ~ 20km	
	右図中の 番号 10 11 12 13 14-1~2 15 16-1~3 17 20-1~2.21 8-1~2 9 18 19-1~2 22 23-1~3	右図中の 番号断層名 (()内は当社による断層名)10羽咋沖東断層(羽咋沖東撓曲)11羽咋沖西断層(羽咋沖東撓曲)11羽咋沖西断層(羽咋沖西撓曲)12内灘沖断層(KZ4)13海士岬沖東断層(海土岬沖断層帯)14-1~2門前断層帯(笹波沖断層帯(東部)・(西部))15沖ノ瀨東方断層常(猿山沖セグメント,輪島沖セグメント, 、線測沖セグメント, 緑剛セグメント)16-1~3能登半島北岸断層帯(富山湾西側海域断層(南部)・(北部)) 飯田海脚南緑断層(TB3)20-1~2.21七尾湾東方断層常(富山湾西側海域断層(TB3)8-1~2ゲンタツ瀬・大グリ南東緑断層常(FU1・FU2・FU3)9加佐ノ岬沖断層(KZ6)18能登半島北方沖断層*19-1~2舳倉島近海断層常(NT1)22富山トラフ西緑断層(NT2-NT3)23-1~3上越沖断層帯(TB5・TB6・J01・J02・J03)	右図中の 番号 検討結果 (()肉は当社による断層名) 検討結果 10 羽咋沖東断層(羽咋沖東撓曲) 15km 11 羽咋沖西断層(羽咋沖西撓曲) 15km 11 羽咋沖西断層(羽咋沖西撓曲) 15km 12 内灘沖断層(KZ4) 15km 13 海士岬沖東断層(海士岬沖断層帯) 15km 14-1~2 門前断層帯(笹波沖断層帯(東部)・(西部)) 15km 15 沖ノ瀬東方断層(前ノ瀬東方断層帯) 15km 16-1~3 能登半島北岸断層帯(猿山沖セグメント, 輪島沖セグメント, 15km 17 輪島はるか沖断層(猿山岬北方沖断層) 15km 20-1~2.21 七尾湾東方断層帯(富山湾西側海域断層(雨部)・(北部)) 15km 20-1~2.21 七尾湾東方断層帯(富山湾西側海域断層(FLI)・FU2・FU3) 15km 8 千屋湾東方断層帯(ELI)等加湾和海域断層帯(FLI)・FU2・FU3) 15km 13 能登半島北方が断層(KZ6) 15km 13 能登半島北方が断層*(NT1) 15km 18 能登半島北方が断層*(NT1) 15km 19 加佐ノ岬沖断層*(NT1) 15km 12 富山下ラブ西線断層帯(NT1) 15km 13 北位ノψ沖断層*(NT2・NT3) 15km 14 北倉島近海断層*(TB5・TB6・JO1・JO2・JO3) 15×20km

→ 敷地から半径 75km程度の範囲の海域活断層

※ 地震調査研究推進本部(2024b)を踏まえ新たに震源として考慮する活断層とした海域活断層

▲:志賀原子力発電所



地震調査研究推進本部(2024b)に一部加筆

4.3 地震調査研究推進本部の主要活断層帯等の地震発生層上端深さ及び下端深さの設定 まとめ

○ 地震調査研究推進本部の主要活断層帯等に係る知見による地震発生層上端深 さ及び下端深さの検討結果を下記に示す。

主要活断層帯に係る知見による検討(4.3.1項)

断層名	検討結果			設定した地震発生層	
(()内は当社による断層名)	上端深さ	下端深さ		上端深さ	下端深さ
邑知潟断層帯(邑知潟南縁断層帯)	2km	18km		2km	18km
砺波平野断層帯※1(砺波平野断層帯(西部)・(東部))・呉羽山断層帯	4km	20km		3km ^{‰3}	20km
森本・富樫断層帯	4km	18km	l.	3km ^{‰₃}	18km
魚津断層帯	3km	18km		3km	18km
牛首断層帯	2km	18km		2km	18km
跡津川断層帯	2km	18km	/	2km	18km
庄川断層帯(御母衣断層)	2km	16km		2km	18km ^{%3}
福井平野東縁断層帯※2	2km	18km		2km	18km
糸魚川-静岡構造線断層帯(糸魚川-静岡構造線活断層系)	4km	17km		3km ^{%3}	18km ^{%3}

※1 砺波平野断層帯は、砺波平野断層帯西部と砺波平野断層帯東部からなる。

※2 福井平野東縁断層帯は,福井平野東縁断層帯主部と福井平野東縁断層帯西部 からなる。

海域活断層に係る知見による検討(4.3.2項)

断層名	検討結果		設定した地震発生層
(()内は当社による断層名)	下端深さ		下端深さ
羽咋沖東断層(羽咋沖東撓曲)	15km		18km ^{%3}
羽咋沖西断層(羽咋沖西撓曲)	15km		18km ^{%3}
内灘沖断層(KZ4)	15km		18km ^{%3}
海士岬沖東断層(海士岬沖断層帯)	15km		18km ^{%3}
門前断層帯(笹波沖断層帯(東部)・(西部))	15km		18km ^{%3}
沖ノ瀬東方断層(前ノ瀬東方断層帯)	15km		18km ^{%3}
能登半島北岸断層帯(猿山沖セグメント、輪島沖セグメント、珠洲沖セグメント、禄剛セグメント)	15km		18km ^{%3}
輪島はるか沖断層(猿山岬北方沖断層)	15km	1	18km ^{%3}
七尾湾東方断層帯(富山湾西側海域断層(南部)・(北部)) 飯田海脚南縁断層(твз)	15km	1	18km ^{%3}
ゲンタツ瀬・大グリ南東縁断層帯(FU1・FU2・FU3)	15km	1	18km ^{%3}
加佐ノ岬沖断層(KZ6)	15km	1	18km ^{‰3}
能登半島北方沖断層*	15km		18km ^{%3}
舳倉島近海断層帯(NT1)	15km		18km ^{%3}
富山トラフ西縁断層(NT2・NT3)	15km	1	18km ^{%3}
上越沖断層帯(TB5・TB6・J01・J02・J03)	15~20km	1	20km
		-	

* 地震調査研究推進本部(2024b)を踏まえ新たに震源として考慮する活断層とした海 域活断層

※3 安全側に、上端深さを3kmまたは下端深さを18kmと設定



地震調査研究推進本部の主要活断層帯の概略位置図



▶ 4.1節の検討結果(P.249)を踏まえ、上端深さが3kmより浅い断層及び下 端深さが18kmより深い断層は、地震調査研究推進本部により評価された 値を上端深さ及び下端深さとして設定し、上端深さが3kmより深い断層及 び下端深さが18kmより浅い断層は、安全側に、それぞれ上端深さを3km、 下端深さを18kmと設定する。

4. 地震発生層の設定 キレ お		
		コメントNo.16の回答
	断層名	上端深さ下端深さ
▶ 敷地周辺の地震の震源分布,速度構造,コンラッド面深さ及びキュリー点深度による検討結果を踏まえ,敷地周辺	<u> 教</u> (1) 福浦断層	3 km 18 km
の地震発生層上端深さを3km, 下端深さを18kmと設定。(4.1節)	1 地 近(2)兜岩沖断層	3 km 18 km
▶ 2007年能登半島地震及び2024年能登半島地震の震源断層上端深さに係る知見による検討結果を踏まえ、笹波沖	G (3) 碁盤島沖断層	3 km 18 km
断層帯(東部), 笹波沖断層帯(西部)及び海士岬沖断層帯の上端深さを2kmと設定。(4.2節)	(4) 富来川南岸断層	3 km 18 km
▶ 地震調査研究推進本部の主要活断層帯等の地震発生層上端深さ及び下端深さに係る検討結果を踏まえ、上端深	(5) 酒見 断層	3 km 18 km
さが3kmより浅い断層及び下端深さが18kmより深い断層は、地震調査研究推進本部により評価された値を上端深	(6) 眉丈山第2断層	3 km 18 km
さ及び下端深さとして設定。(4.3節)	(7) 能登島半の浦断層帯	3 km 18 km
▶ 震源として考慮する活断層の地震発生層上端深さ及び下端深さを右表に示す。	(8) 海尘 师沪断層带	2 km 18 km
	(9-1) 笹波沖断層帯(東部)	2 km 18 km
	(9 ⁻ 2) 世次//町暦帝(四部) ^{さるやまは} (10-1) 法は油力 グノント	3 km 18 km
Φ	(10-1) <u>彼山冲センケント</u> $\frac{\delta U \xi \delta \xi}{\delta U \xi \delta \xi}$ (10-2) 絵色油セグメント	3 km 18 km
\mathbf{k}	(10-2) #1回/F ビグノンド すずが (10-3) 株洲油セグメント	3 km 18 km
(35)	(10-4)	3 km 18 km
(30)	(11) NT2 • NT3	3 km 18 km
	(12) 富莱川断層	3 km 18 km
(22)	(13) 羽咋护東撓曲	3 km 18 km
a and a a a a a a a a a a a a a a a a a	<u>敷</u> (14) 羽咋种西撓曲	3 km 18 km
is the second seco	(15) 邕知潟南縁断層帯	2 km 18 km
(17) (10-3) (20-3) (20-3)	地 (16) 森本・富樫断層帯	3 km 18 km
(19)	周 (17)前ノ瀬東方断層帯	3 km 18 km
(10) (5) (12) (20-2) (20-2)	(18) 沖ブ瀬断層	3 km 18 km
	(19-1) 能都断層帯 とやまわなにしがわかいいき	3 km 18 km
(9-2) (2) 我電預	(20-1) 富山湾西側海域断層(南部) (20-2) 宮山湾西側海域断層(北部)	3 km 18 km
₹ ⁴ (14) ← (20-1)	(20-2) 當山湾西側海域剧層(北部) (20-3) TB3	3 km 18 km
	(21-1) 砺波平野断層帯(西部)	3 km 20 km
A A A A A A A A A A A A A A A A A A A	(22) 猿山岬北方沖断層	3 km 18 km
	(23) 砺波平野断層帯(東部)	3 km 20 km
	(24) 以初山断層带	3 km 20 km
The second se	(25-1) KZ3 (25-2) KZ4	<u>3 km 18 km</u> 3 km 18 km
and the second sec	(26) KZ6 (27–1) EU1	3 km 18 km
	(27-2) FU2	<u>3 km 18 km</u>
at 11	(27-3) FU3 (28) K75	<u>3 km 18 km</u> 3 km 18 km
37-2)	(29) 牛首断層帯	2 km 18 km
	0とはんとうほうぼうだき (30) 能祭半阜北古油新聞	3 km 18 km
		2 km 18 km
(37-3)	(32) (32) (32) (32) (32) (32)	3 km 18 km
0 20m	(32-1) TB5	3 km 20 km
	(33-2) IB6 (33-3) J01	3 km 20 km
XX	(33-4) J02	3 km 20 km
	(33-5) JU3 海底海 (34) 湖岛大艇國	2 km 18 km
ーー上端深さを3kmかつト端深さを18kmと設定する断層	(35) NT1	3 km 18 km
	(36) 福井平野東緣断層帯	2 km 18 km
	(37-1) 糸魚川一静岡構造線活断層系(北部)	3 km 18 km
(震源として考慮する活断層を表示)	(37-3)糸魚川一静岡構造線活断層系(中北部) (37-3)糸魚川一静岡構造線活断層系(中南部)	3 km 18 km 000
(18), (30)の断層は, 地震調査研究推進本部(2024b)を踏まえ新たに震源として考慮する活断層とした海域活断層	(37-4)糸魚川一静岡構造線活断層系(南部)	<u>3 km 18 km</u> 283
	してはぞうんびのからしたほどうん100のと認定する	

(37-4)糸魚川一静岡構造線活断層系(南部) 3 km 18 km 「上端深さを3kmかつ下端深さを18kmと設定する断層」以外の断層

参考文献

【和文】

- 石川県(1997):1:33,000漁場環境図「富来・志賀・羽咋海域」、石川県
- 石田聡史・宮本慎也・吉田進(2018):志賀原子力発電所前面海域における海底重力探査の概要,電力土木2018年11月号, 398,110-114
- 伊藤潔(2002):地設内地震発生層,月刊地球,号外No.38,114-121
- ・ 伊藤潔(2008): 近畿地方の地震発生層と活断層および地下構造: 日本応用地質学会関西支部平成20年度特別講演会
- 伊藤潔・中村修一(1998):西南日本内帯における地震発生層の厚さ変化と内陸大地震,京都大学防災研究所年報,第41号, B-1, P.27-35
- ・ 伊藤潔・廣瀬一聖・澁谷拓郎・片尾浩・梅田康弘・佐藤比呂志・平田直・伊藤谷生・阿部進・川中卓・井川猛(2007):近畿地方 における地殻および上部マントルの構造と地震活動,京都大学防災研究所年報第50号B,平成19年4月,275-288
- 入倉孝次郎・三宅弘恵(2001):シナリオ地震の強震動予測,地学雑誌,110(6),849-875
- ・岩田知孝・関口春子(2002):2000年鳥取県西部地震の震源過程と震源域強震動,月刊地球/号外, No.38, 182-188
- ・ 大久保泰邦(1984):全国のキュリー点解析結果,地質ニュース,362号,12-17
- ・ 絈野義夫(1993):石川県地質誌新版・石川県地質図(10万分の1)説明書,石川県・北陸地質研究所
- ・ 釜田正毅・武村雅之(1999): 近地で観測されたレーリー波から推定した1993年能登半島沖地震の震源深さ、震源メカニズムと 能登半島周辺の地下構造、地震第2輯、第52巻、255-270
- ・原子力安全基盤機構(2004):地震記録データベースSANDELのデータ整備と地震発生上下限層深さの評価に関する報告書, JNES/SAE04-017
- 河野芳輝・島谷理香・寺島秀樹(2009):重力異常から推定される日本列島周辺の三次元地殻構造,地震第2輯,第61巻特集号, S247-S254
- 国土地理院(2006):</http://vldb.gsi.go.jp/sokuchi/gravity/grv_serach/gravity.pl>(参照2006-12-21)
- 佐藤浩章(2012):地震動評価のための地表に近い岩盤における減衰の測定とそのモデル化,物理探査,第65巻,1&2号, 37-51

佐藤浩章・岡田哲実(2012):地震観測記録に基づく地震動の減衰特性(その5) – 実岩盤における減衰付加効果の解明のための岩石コア減衰測定一,電力中央研究所報告

- ・ 佐藤比呂志・阿部進・斉藤秀雄・加藤直子・伊藤谷生・川中卓(2007a):二船式による2007年能登半島地震震源域の反射法 地震探査,東京大学地震研究所彙報,第82号,275-299
- ・佐藤比呂志・岩崎貴哉・金沢敏彦・宮崎真一・加藤直子・酒井慎一・山田知朗・宮内崇裕・伊藤谷生・平田直(2007b):反射法 地震探査・余震観測・地殻変動から見た2007年能登半島地震の特徴について,東京大学地震研究所彙報,第82号,369-379
- ・澤田明宏・平松良浩・小林航・浜田昌明(2021):重力異常解析による眉丈山第2断層の断層構造の推定,日本地球惑星科学 連合2021年大会, SSS10-P05
- ・ 産業技術総合研究所地質調査総合センター(2013):日本重力データベースDVD版,数値地質図P-2,産業技術総合研究所 地質調査総合センター
- ・ 地震調査研究推進本部(2002):糸魚川-静岡構造線断層帯(北部、中部)の地震を想定した強震動評価
- ・ 地震調査研究推進本部(2003):森本・富樫断層帯の地震を想定した強震動評価
- ・ 地震調査研究推進本部(2004): 砺波平野断層帯・呉羽山断層帯の地震を想定した強震動評価
- · 地震調査研究推進本部(2014):全国地震動予測地図2014年版
- · 地震調査研究推進本部(2020):全国地震動予測地図2020年版
- ・地震調査研究推進本部(2024a):2024年8月の地震活動の評価
- ・ 地震調査研究推進本部(2024b):日本海側の海域活断層の長期評価―兵庫県北方沖~新潟県上越地方沖―(令和6年8月版)
- ・地震調査研究推進本部(2024c):令和6年能登半島地震の評価
- ・地震調査研究推進本部(2025a):2025年2月の地震活動の評価
- ・地震調査研究推進本部(2025b):「令和6年能登半島地震」に関する「地震調査委員長見解」
- ・高橋秀暢・青柳恭平・木村治夫(2024): 稠密地震観測に基づく2024年能登半島地震の余震分布, 日本地震学会2024年度秋季
 大会, S22P-01
- ・地域地盤環境研究所(2011):震源を特定せず策定する地震動に関する計算業務 報告書

- ・日本海地震・津波調査プロジェクト(2015):平成26年度「日本海地震・津波調査プロジェクト」成果報告書
- 長谷川昭(1991):微小地震活動の時空特性, 地震第2輯, 第44巻特集号, 329-340
- ・廣瀬一聖, 伊藤潔(2006): 広角反射法および屈折法解析による近畿地方の地殻構造の推定, 京都大学防災研究所年報 第49号B, 307-321
- 本多亮・澤田明宏・古瀬慶博・工藤健・田中俊行・平松良浩(2012):金沢大学重力データベースの公表,測地学会誌, 58,4,153-160
- ・吉井弘治・伊藤潔(2001):近畿地方北部の地震波速度構造と地震発生層,地球惑星科学連合学会2001年合同大会, Sz-P006

【英文】

- Fukushima, R., H. Nakahara, and T. Nishimura (2016) : Estimating S-Wave Attenuation in Sediments by Deconvolution
 Analysis of KiK-net Borehole Seismograms, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 106, No. 2, 552–559
- Gladwin M. T. and F. D. Stacey(1974): Anelastic Degradation of Acoustic Pulses in Rock, Phys. Earth Planet. Int., 8, 332-336
- Hatherly, P. J. (1986) : Attenuation measurements on shallow seismic refraction data, Geophysics, 51, 250-254
- Hiramatsu, Y., Sawada, A., Kobayashi, W., Ishida, S., Hamada, M.(2019): Gravity gradient tensor analysis to an active fault: a case study at the Togi-gawa Nangan fault, Noto Peninsula, central Japan. Earth, Planets and Space, 71:107,8
- Horikawa, H.(2008): Characterization of the 2007 Noto Hanto, Japan, earthquake, Earth Planets Space, 60, 1017–1022
- Iidaka,T., T.Iwasaki, E.Kurashimo, A.Kato, F.Yamazaki, H.Katao, and The Research Group for the 2007 Atotsugawa Fault Seismic Expedition (2008): Fine seismic structure around the Atotsugawa fault revealed by seismic refraction and reflection experiments, The 7th General Assembly of Asian Seismological Commission and The 2008 Fall meeting of Seismological Society of Japan, B41-05
- Iidaka,T.,T.Iwasaki,T.Takeda,T.Moriya,I.Kumakawa,E.Kurashimo, T.Kawamura,F.Yamazaki,K.Koike,and G.Aoki(2003)
 : Configuration of subducting Philippine Sea plate and crustal structure in the central Japan region,GEOPHYSICAL
 RESEARCH LETTERS, VOL.30,NO.5, 23–1–23–4
- Katsumata, A.(2010) : Depth of the Moho discontinuity beneath the Japanese islands estimated by traveltime analysis, JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL.115, B04303
- Matsubara, M., T. Ishiyama, T. No, K. Uehira, M. Mochizuki, T. Kanazawa, N. Takahashi, and S. Kamiya(2022): Seismic velocity structure along the Sea of Japan with large events derived from seismic tomography for whole Japanese Islands including reflection survey data and NIED MOWLAS Hi-net and S-net data, Earth, Planets and Space, 74, 171

- Riga, E., F. Hollender, Z. Roumelioti, P.-Y. Bard, and K. Pitilakis (2019) : Assessing the Applicability of Deconvolution of Borehole Records for Determining Near-Surface Shear-Wave Attenuation, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 109, No. 2, 621–635
- Sakai,S., A. Kato, T. Iidaka, T. Iwasaki, E. Kurashimo, T. Igarashi, N. Hirata, T. Kanazawa, and the group for the joint aftershock observation of the 2007 Noto Hanto Earthquake (2008) : Highly resolved distribution of aftershocks of the 2007 Noto Hanto Earthquake by a dense seismic observation, Earth Planets Space, 60, 83–88
- Shapiro, N. M. and M.Campillo(2004): Emergence of broadband Rayleigh waves from correlations of the ambient seismic noise, GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, VOL.31, L07614
- Tanaka,A. and Y.Ishikawa(2005) : Crustal thermal regime inferred from magnetic anomaly data and its relationship to seismogenic layer thickness : The Japanese islands case study,Physics of the Earth and Planetary Interiors,152,257–266
- The Gravity Research Group in Southwest Japan (2001): Gravity measurements and database in southwest Japan,
 Gravity Database of Southwest Japan (CD-ROM), Bull. Nagoya University Museum, Special Rep., No.9
- Wapenaar, K.(2004): Retrieving the Elastodynamic Green's Function of an Arbitrary Inhomogeneous Medium by Cross Correlation, PHYSICAL REVIEW LETTERS, 93, 254301
- Yamada, T., K. Mochizuki, M. Shinohara, T. Kanazawa, A. Kuwano, K. Nakahigashi, R. Hino, K. Uehira, T. Yagi, N. Takeda, and S. Hashimoto(2008): Aftershock observation of the NotoHanto earthquake in 2007 using ocean bottom seismometers, Earth Planets Space, 60, 1005–1010
- Yamamoto, A., Shichi, R., Kudo, T.(2011): Gravity database of Japan (CD-ROM), Earth Watch Safety Net Research Center, Chubu Univ., Special Publication, No.1
- Zhao,D.,A.Hasegawa,and H.Kanamori(1994) : Deep structure of Japan subduction zone as derived from local, regional,and teleseismic events, Journal of Geophysical Research,Vol.99, No.B11,22313-22329
巻末資料(1/2)

O 知見収集の対象とした主な報告会等の一覧を以降に示す。

	知	見収集の対象とした	こ主な報告	会等の一覧(1/2)
学会·研究機関等	報告会等	時期		学会·研究機関等
	令和6年能登半島地震の評価	2024年1月2日		
	令和6年能登半島地震の評価	2024年1月15日		日本建築学会
	令和6年能登半島地震の評価	2024年2月9日		
	2024年1月の地震活動の評価	2024年2月9日		日本原子力学会
	2024年2月の地震活動の評価	2024年3月11日		日本免震構造協会
地震調査研究推進本部	2024年3月の地震活動の評価	2024年4月9日		日本ジオパーク学術支援
	2024年4月の地震活動の評価	2024年5月13日		台
	2024年5月の地震活動の評価	2024年6月11日		
	2024年6月の地震活動の評価	2024年7月9日		日本地理学会
	日本海側の海域活断層の長期評価 一兵庫県北方沖〜新潟県上越地方沖一(令和6年8月版)	2024年8月2日		
	2024年7月の地震活動の評価	2024年8月9日		日本第四紀学会
	2024年8月の地震活動の評価	2024年9月10日		
	2024年9月の地震活動の評価	2024年10月9日		
	2024年10月の地震活動の評価	2024年11月12日		日本地質学会
	2024年11月の地震活動の評価	2024年12月10日		
	2024年12月の地震活動の評価	2025年1月15日		
	「令和6年能登半島地震」に関する「地震調査委員長見解」	2025年1月15日		日本沽断層字会
	2025年1月の地震活動の評価	2025年2月12日		日本日然災害学会
	2025年2月の地震活動の評価	2025年3月11日		
	第242回地震予知連絡会	2024年2月29日		日本心用地質字会
地震予知連絡会	第243回地震予知連絡会	2024年5月22日		
	第244回地震予知連絡会	2024年8月29日		11.00 114.0
	第245回地震予知連絡会	2024年11月18日		地盤工字会
	第246回地震予知連絡会	2025年2月27日		
	緊急報告会「令和6年能登半島地震の概要とメカニズム」	2024年1月19日		
防災学術連携体	令和6年能登半島地震1ヶ月報告会	2024年1月31日		物理探査学会
	令和6年能登半島地震3ヶ月報告会	2024年3月25日		
	令和6年能登半島地震7ヶ月報告会	2024年7月30日		
	阪神・淡路大震災30年、社会と科学の新たな関係	2025年1月7日		展中地雪研究会
日本地球惑星科学連合	2024年大会	2024年5月26~31日		正文地展明元云
	オンライン談話会-2024年能登半島地震-	2024年2月2日		東北大学
	オンライン談話会-2024年能登半島地震-	2024年2月8日		
日本地震学会	オンライン談話会-2024年能登半島地震-	2024年2月15日		
	オンライン談話会-2024年能登半島地震-	2024年2月28日		東京大学
	2024年度秋季大会	2024年10月21~23日		
日本地震工学会	第18回年次大会	2024年12月4~5日		
	阪神・淡路大震災から30年 一地震工学の再定義と今後のアジェンダー	2025年1月24日		名古屋大学
	令和6年能登半島地震(M7.6)に関する速報会	2024年1月9日		
土木学会	令和6年能登半島地震津波に関する調査報告会	2024年1月27日		
	第49回海洋開発シンポジウム	2024年6月24~26日		京都大学
	第79回年次学術講演会	2024年9月5~6日		
	第44回地震工学研究発表会	2024年9月10~11日		
	第71回海岸工学講演会	2024年11月6~8日	i i	※上記の主た報告会等の

学会·研究機関等	報告会等	時期	
口士建筑学会	日本建築学会大会[関東]	2024年8月27~30日	
口平建未于云	第52回地盤震動シンポジウム	2024年11月29日	
口太百乙力受会	2024年春の年会	2024年3月26~28日	
口本原于刀手去	2024年秋の年会	2024年9月11~13日	
日本免震構造協会	令和6年能登半島地震免震建物調査報告会	2024年4月4日	
日本ジオパーク学術支援連合	「令和6年能登半島地震緊急オンライン学習会」	2024年1月28日	
	春季学術大会 緊急シンポジウム「令和6年能登半島地震」	2024年3月19~21日	
口大地理学会	「地理学は能登半島地震をどのように捉えるか」	2024年8月30日	
口本地理于云	2024年秋季学術大会	2024年9月14~16日	
	2025年春季学術大会	2025年3月19~21日	
口太笨而幻觉会	令和6年能登半島地震に関するシンポジウム	2024年7月7日	
口本弟四礼子云	2024年大会	2024年8月29日~9月2日	
	関東支部2024年度講演会	2024年4月20日	
口士地度尚会	令和6年能登半島地震による地殻変動と地盤災害	2024年5月12日	
口平地貝子云	中部支部2024年支部年会	2024年6月22~23日	
	第131年学術大会	2024年9月8~10日	
日本活断層学会	2024年度秋季学術大会	2024年11月2~4日	
日本自然災害学会	第43回日本自然災害学会学術講演会	2024年9月19~20日	
日本堆積学会	日本堆積学会2024年大会	2024年4月20~22日	
日本応用地質学会	中部支部 令和6年度講演会	2024年5月22日	
	震災速報会	2024年2月19日	
	第59回地盤工学研究発表会	2024年7月23~26日	
地盤工学会	地盤工学会と富山県との災害協定に基づく研修会	2024年8月28日	
	2024年度地盤工学に関わる実務者報告会:石川地区	2024年9月13日	
	第64回地盤工学シンポジウム	2024年11月26日	
	第150回学術講演会	2024年6月4~6日	
物埋探宜字会	第151回学術講演会	2024年12月4~6日	
写真測量学会	令和6年度年次学術講演会	2024年5月23~24日	
東京地学協会	特別講演会2024	2024年6月15日	
歴史地震研究会	第41回歴史地震研究会	2024年9月13~15日	
	令和6年能登半島地震に関する速報会	2024年1月9日	
東北大学	令和6年能登半島地震に関する報告会	2024年5月8日	
	令和6年能登半島地震ワークショップ	2024年3月12日	
	2024年公開講義	2024年8月6日	
東京大学	能登の海底で何が起こったのか?学術研究船「白鳳丸」による 緊急調査航海でわかったこと	2024年12月21日	
	海と地球のシンポジウム	2025年3月12~13日	
冬士屋士受	2023年度年次報告会	2024年3月21日	
10座八子	第12回減災連携研究センターシンポジウム	2024年6月21日	
	報告会「令和6年能登半島地震災害を理解する」	2024年1月28日	
	令和5年度 京都大学防災研究所 研究発表講演会	2024年2月21~22日	
京都大学	地震リスク評価高度化研究分野 成果報告会	2024年3月21~22日	
	第61回自然災害科学総合シンポジウム	2024年9月21日	
	令和6年度 京都大学防災研究所 研究発表講演会	2025年2月20~21日	

※上記の主な報告会等のほか,各機関のホームページ等で発表される情報や論文についても収集を行っている。

巻末資料(2/2)

知見収集の対象とした主な報告会等の一覧(2/2)

学会·研究機関等	報告会等	時期
産業技術総合研究所	第340回活断層・地震研究セミナー「2024年(今和6年)能登半 島地震で石川県珠洲市若山町の若山川沿いに出現した地表 変状の特徴」	2024年11月22日
	第348回活断層・地震研究セミナー「2024年能登半島地震の特 異な破壊過程と広域地質災害」	2025年2月28日
防災科学技術研究所	令和5年度 第4回 災害レジリエンス共創研究会 「令和6年能登半島地震」報告会	2024年3月5日
海上保安庁	令和6年度海洋情報部研究成果発表会	2025年1月30日
国土地理院	第187回国土地理院地理地殻活動研究センター談話会	2025年2月21日
応用地質(株)	OY0フェア2024	2024年7月30日

※上記の主な報告会等のほか、各機関のホームページ等で発表される情報や論文 についても収集を行っている。 余白