資料1-6

泊発電所3号炉 基準地震動の策定について 補足説明資料

令和7年1月31日 北海道電力株式会社



1. 敷地周辺の活断層の分布 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	4 5
 2. 敷地地盤の振動特性 (1) 敷地及び敷地周辺の地質・地質構造の調査 (2) 地震観測記録を用いた検討 (3) 地震動評価に用いる地下構造モデルの妥当性確認 	14 15 20 31
3. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	33
(1)検討用地震の地震動評価 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	34
4. 震源を特定せず策定する地震動 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	148
(1)2004年北海道留萌支庁南部地震 ····································	149
(2)標準応答スペクトルを考慮した地震動 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	161
(3)2000年鳥取県西部地震 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	208
(4)2008年岩手·宮城内陸地震 ····································	214
5. 基準地震動の策定 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	317
(1)断層モデルを用いた手法による基準地震動 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	318
(2)一関東評価用地震動 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	341
参考文献 ••••••••••••••••••••••••••••••••••••	344

資料一覧表

1. 敷地周辺の活断層の分布

(1)活断層評価	
尻別川断層	5
黒松内低地帯の断層	6
神威海脚西側の断層	7
F _D -1断層〜岩内堆北方の断層	8
F _s -10断層~岩内堆東撓曲~岩内堆南方背斜	9~10
寿都海底谷の断層	11
後志海山東方の断層~F _B -2断層	12
F _B -3断層	13

2. 敷地地盤の振動特性

(1)敷地及び敷地周辺の地質・地質構造の調査	
PS検層結果	15~19
(2)地震観測記録を用いた検討	
地震観測	20~22
地震観測記録	23~30
(3)地震動評価に用いる地下構造モデル	
敷地全体モデルの3号炉地盤への適用性確認	31~32

3. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

(1)検討用地震の地震動評価	
応答スペクトルに基づく地震動評価手法について	34
断層モデルを用いた手法による地震動評価手法について	35~36
尻別川断層による地震	37~51
F _s -10断層~岩内堆東撓曲~岩内堆南方背斜による地震	52~73
積丹半島北西沖の断層による地震	74~104
後志海山東方の断層~F _B -2断層による地震	105~147

4. 震源を特定せず策定する地震動

(1)2004年北海道留萌支庁南部地震	
観測記録と加藤ほか(2004)の比較	149~151
佐藤ほか(2013)	152~153
基盤地震動評価	154~160
(2)標準応答スペクトルを考慮した地震動	
観測記録の収集	161~172
模擬地震波の検討にあたって考慮すべき観測記録の選定	173~207
(3) 2000年鳥取県西部地震	
2000年鳥取県西部地震震源域との地域差の検討	208~213
(4)2008年岩手・宮城内陸地震	
2008年岩手・宮城内陸地震震源域との地域差の検討	214~225
2008年岩手・宮城内陸地震に関する知見	226~229
地震観測記録の収集	230~237
地震観測記録の分析・評価	238~297
震源を特定せず策定する地震動に反映する地震動	298
【参考】令和4年10月21日審査会合における検討内容	299~316

5. 基準地震動の策定

(1)断層モデルを用いた手法による基準地震動	
検討用地震ごとの地震動の特徴	318~326
地震動レベルの確認	327~340
(2)一関東評価用地震動	
一関東評価用地震動の設定	341~343

1. 敷地周辺の活断層の分布

1. 敷地周辺の活断層の分布(1)活断層評価 尻別川断層

一部加筆修正(H25.9.11審査会合資料)

尻別川断層

- ○尻別川断層は、Mf1段丘面等に変位地形が認められる ことから、中期更新世以降の活動は認められるものの、 最新活動時期については明確ではないことから、後期 更新世以降の活動を考慮する。
- ○断層長さについては、北端を、磯谷層及び尻別川層の 急傾斜構造や後期更新世以降の活動を考慮する活構 造が認められず、海上音波探査の測線aまで、南端を、 尻別川層、鮎川層及びMf1段丘堆積物に変位・変形が 認められないツバメの沢川沿いの反射法地震探査測線 までの約16kmと評価する※。
- ※尻別川断層の北端については、断層等が伏在される可能性が考慮される範囲(区分V)の北方延長方向に位置していることと、文献に示された断層長さ(約10km~約12km)を踏まえ、II層及びIII層がより広範囲に分布している状況が認められる、測線aを北端として断層長さを約16kmと評価している。



1. 敷地周辺の活断層の分布(1)活断層評価 黒松内低地帯の断層

一部加筆修正(H27.10.9審査会合資料)





一部加筆修正(H27.10.9審査会合資料)



1. 敷地周辺の活断層の分布(1)活断層評価

F_D-1断層~岩内堆北方の断層

一部加筆修正(H27.10.9審査会合資料)

F_D-1断層~岩内堆北方の断層



渐新世

始新世

紀 晩新世

先第三紀



後期更新世以降の活動を考慮する断層 向斜軸 34 国际(省大岩) 背斜軸

「新世以降の活動を考慮する断層及び褶曲

8

敷地前面海域の断層位置図



F_S-10断層~岩内堆東撓曲~岩内堆南方背斜

一部加筆修正(H25.9.11審査会合資料)





F_s-10断層~岩内堆東撓曲~岩内堆南方背斜

一部加筆修正(H27.10.9審査会合資料)

F_s-10断層~岩内堆東撓曲~岩内堆南方背斜

【敷地前面海域で連動を考慮するF_s-10断層(F_s-10及びf1),岩内堆東撓曲及び岩内堆南方背斜の北端に関する検討結果】 〇f1断層北方の地質・地質構造について検討した結果,測線KEM1~3の地質構造については中期更新世以降の活動が認められない。 〇敷地前面海域で連動を考慮するF_s-10断層(F_s-10及びf1),岩内堆東撓曲及び岩内堆南方背斜の北端については,f1断層北方の測 線KEM3と評価する。

【敷地前面海域で連動を考慮するF_S-10断層(F_S-10及びf1), 岩内堆東撓曲及び岩内堆南方背斜の南端に関する検討結果】 〇岩内堆南方背斜南方の地質・地質構造について検討した結果, 測線EW9以南の地質構造については中期更新世以降の活動が認めら れない。



○敷地前面海域で連動を考慮するF_s-10断層(F_s-10及びf1),岩内堆東撓曲及び岩内堆南方背斜の長さは,F_s-10断層(f1断層)北方の測線KEM-3から,岩内堆南方背斜南方の測線EW9までの約98kmと評価する。
 ○なお,F_s-10断層(F_s-10及びf1)は,敷地前面海域の最北部に位置する断層であり,岩内堆南方背斜は,敷地前面海域の最南部に位置する断層である。これらの断層を連動の対象として評価することで,敷地前面海域の断層における連動としては最も断層長さが大きいものとなる。

1. 敷地周辺の活断層の分布(1)活断層評価 寿都海底谷の断層



一部加筆修正(R6.7.19審査会合資料)

後志海山東方の断層~F_B-2断層

○後志海山東方の断層及びF _B -2断層の特徴は、下表のとおり整理される。					
・A防層の整理結果					
76 8	後志海山夏	F _B -2断層			
現日	後志海山東方の断層1	後志海山東方の断層2	F _B −2断層		
断層の走向	概ね	概aN−S			
断層の傾斜方向	Ţ	 東			
断層長さ	約34km	約11km	約101km		
断層の位置する地形	後志海山の東側に 位置する 地形の高まりの西側	後志海山の東側に 位置する 地形の高まりの東側	奥尻海嶺の海底地形の高まりと その東側の後志舟状海盆の 平坦部との地形変換点付近		
重力異常との 対応関係	上盤が下盤側に比べ 相対的に低重力異常域に対応	上盤側と下盤側で明瞭な 重力異常の差が 認められない箇所に対応	上盤側が下盤側に比べ 相対的に高重力異常域に対応		

- ○後志海山東方の断層及びF_B-2断層には、以下の相違点等が認められるが、これらの断層は、いずれも走向が概ねN-S走向であることに加え、当社は、後志海山東方の断層を評価するための音波探査記録を有していないことを踏まえると、これらの断層の連動の可能性は否定できないことから、安全評価上、これらの断層の連動を考慮し、「後志海山東方の断層~ F_B-2断層」を震源として考慮する活断層として評価する。
 - ・岡村 (2023) においては、後志海山東方の断層1、後志海山東方の断層2及び奥尻海嶺 東縁に示されている断層 (F_B-2 断層に相当) は別個の断層として示されており、当社によ る検討結果においても同様に、別個の断層であると考えられる
 - ・後志海山東方の断層とF_B-2断層は、断層の傾斜方向が異なる
 - ・後志海山東方の断層1,後志海山東方の断層2及びF_B-2断層は,断層の位置する地形 が異なる
 - ・後志海山東方の断層1,後志海山東方の断層2及びF_B-2断層は,重力異常との対応関 係が異なる
- ○「後志海山東方の断層~F_B-2断層」の断層長さは、後志海山東方の断層2の北方の測線 172-2から、F_B-2断層南方の測線3B-8までの約124kmと評価する。



(B海域及びE海域)

3B-2

C-11

1. 敷地周辺の活断層の分布(1)活断層評価

F_B-3断層

一部加筆修正(H27.10.9審査会合資料)



敷地周辺海域の断層位置図 (B海域及びE海域)

2. 敷地地盤の振動特性

2. 敷地地盤の振動特性 (1)敷地及び敷地周辺の地質・地質構造の調査 PS検層結果

1,2号炉地盤物性值

○火砕岩類A級~E級のP波速度及びS波速度は、ボーリング孔を利用したPS検層結果から設定している。

PS検層位置図



火砕岩類A級~E級の物性値

2. 敷地地盤の振動特性 (1)敷地及び敷地周辺の地質・地質構造の調査

一部加筆修正(R6.12.13審査会合資料)

3号炉地盤物性值

○安山岩A」級~A_V級及び火砕岩類A級~E級のP波速度及びS波速度は、ボーリング孔を利用したPS検層結果から設定している。



PS検層結果

安山岩A」級~A_V級及び火砕岩類A級~E級の物性値

岩種	岩盤 分類	密度: ρ (g/cm ³)	P波速度: Vp (km/s)	S波速度: Vs (km/s)	
	A _I 級	2.67	3.8	1.8	
中	A _Ⅱ 級	2.64	3.5	1.7	
Ш.	A _Ⅲ 級	2.62	2.9	1.4	
石	A _Ⅳ 級	2.43	1.5	0.73	
	A _∨ 級	1.80	0.79	0.31	
	A級	2.20	3.0	1.4	
火	B級	2.19	2.7	1.3	
砕 岩	C級	2.01	2.5	1.2	
類	D級	1.81	2.4	1.1	
	E級	1.64	1.2	0.51	

2. 敷地地盤の振動特性 (1)敷地及び敷地周辺の地質・地質構造の調査 PS検層結果

一部加筆修正(H25.7.31審査会合資料)

1号原子炉建屋PS検層

○1号原子炉建屋位置において、ボーリング孔を利用したPS検層により、標高-620mまでの速度構造を把握している。
○ボーリング孔を利用したPS検層は、ダウンホール法(地表発振-孔内受振)により実施している。



2. 敷地地盤の振動特性 (1)敷地及び敷地周辺の地質・地質構造の調査

PS検層結果

再揭(H25.7.31審査会合資料)

1号原子炉建屋PS検層結果(走時曲線)





2. 敷地地盤の振動特性 (1)敷地及び敷地周辺の地質・地質構造の調査 PS検層結果

1,2号炉基礎地盤弾性波速度

○1,2号炉基礎地盤の弾性波速度は、試掘孔内で実施した弾性波試験により得られたS波速度、P波速度とその区間距離から荷重平均 により平均値として算出する。



20

2. 敷地地盤の振動特性 地震観測

地震観測点



○泊発電所における地震観測は、上図の1、2号炉観測点及び3号炉観測点で実施している。

○地震観測記録を用いた検討は、PN-PS方向、PE-PW方向に基づいて実施している。

2. 敷地地盤の振動特性 地震観測

(2) 地震観測記録を用いた検討

観測地震の諸元

一部加筆修正(H25.7.31審査会合資料)

最大加速度(Gal) 最大加速度(Gal) 震源深さ 震央位置 震央距離 No. 地名または地震名 年月日 М 1号機(標高+2.3m) 3号機(標高+2.3m) (km) (km) 北緯 東経 NS EW NS EW 1 1993年釧路沖地震 1993/01/15 20:06:07 42.920 144.353 101 7.5 313 11 -地震である。 49 54 2 1993年北海道南西沖地震 1993/07/12 22:17:11 42.782 139.180 35 7.8 112 -37 4.7 1993/07/12 23:01:49 43.135 81 3 積丹半島北西沖 139.533 1 2 -4 積丹半島北西沖 1993/07/12 23:04:24 43.022 139.457 35 5.4 86 5 11 --5 北海道南西沖 22 4.7 112 1993/07/13 03:10:55 42.665 139.245 1 1 _ 6 北海道南西沖 1993/07/13 03:17:20 42.930 139.360 32 4.8 95 1 1 -42 887 20 4.8 106 2 2 7 北海道南西沖 1993/07/13 03:25:56 139 232 -0 4.3 101 1 1 8 北海道南西沖 1993/07/13 04:50:06 42.838 139.310 1993/07/13 05:54:40 43.093 6 4.5 9 積丹半島北西沖 139.327 97 _ 10 北海道南西沖 1993/07/13 06:46:52 42.692 139.320 26 4.4 105 1 -1 11 積丹半島北西沖 1993/07/13 07:34:15 28 4.1 43.012 139.517 81 1 12 北海道南西沖 1993/07/13 10:16:49 139.475 1 4.4 87 1 --42.872 1 13 北海道南西沖 1993/07/13 14:32:52 42.613 139.240 24 4.2 114 14 北海道南西沖 1993/07/13 16:48:53 41.958 139.375 30 3.8 152 0.2 0.2 -1993/07/13 21:36:25 42.683 139.412 0 5.2 98 15 北海道南西沖 3 5 29 4.7 107 16 北海道南西沖 1993/07/14 00:25:18 42.865 139.223 1 --17 北海道南西沖 1993/07/14 17:18:27 42.933 139.300 32 4.4 100 1 18 積丹半島北西沖 1993/07/14 17:21:41 43.048 139.287 22 3.9 100 1 -1 -1993/07/15 02:34:17 31 3.7 97 19 積丹半島北西沖 43.055 139.323 29 4.7 119 1 20 北海道南西沖 1993/07/15 11:01:26 42.430 139.308 1 -_ 32 4.3 2 4 21 積丹半島北西沖 1993/07/15 11:47:29 43.082 139.263 102 -22 積丹半島北西沖 1993/07/15 12:12:42 43.262 139.380 31 5.0 95 1 1 --36 4.3 97 23 積丹半島北西沖 1993/07/16 04:36:10 43.238 139.355 1 1 16 5.3 121 24 北海道南西沖 139.128 -1993/07/16 04:37:36 42.647 1 38 3.8 25 積丹半島北西沖 1993/07/16 21:55:02 43.008 139.405 90 2 4 26 北海道南西沖 1993/07/24 02:22:40 42.990 139.278 27 3.6 101 1 -27 北海道南西沖 1993/07/25 03:46:54 42.498 139.330 35 4.6 114 1 41.958 24 6.3 131 7 5 28 1993年北海道南西沖地震最大余震 1993/08/08 04:42:43 139.882 _ 29 1994年北海道東方沖地震 1994/10/04 22:22:56 43.375 147.673 28 8.2 583 4 5 -2 30 1999年積丹半島北西沖 28 4.5 0.5 0.2 1999/03/15 18:44:54 43 416 139 177 116 1 31 根室半島沖 59 7.0 508 2 2000/01/28 23:21:08 43.008 146.744 1 1 38 6.4 32 青森県東方沖 2001/08/14 05:11:24 40.996 142.437 277 72 7.1 478 33 宮城県沖 2003/05/26 18:24:33 38.821 141.651 1 45 8.0 34 2003年十勝沖地震 2003/09/26 04:50:07 41.779 144.079 325 8 8 Q 35 十勝沖 2003/09/26 06:08:01 41.710 143.692 21 7.1 300 3 3 3 3 36 十勝支庁南部 42.322 143.131 48 5.2 229 2004/06/11 03:12:10 1 37 釧路沖 2004/11/29 03:32:14 42.946 145.276 48 7.1 388 4 6 38 根室半島南東沖 2004/12/06 23:15:11 42.848 145.343 46 6.9 395 6 4 39 留萌支庁南部 2004/12/14 14:56:10 44.077 141.700 9 6.1 150 2 1 1 40 釧路沖 2005/01/18 23:09:06 42.876 145.007 50 6.4 367 1 1 42 7.2 41 宮城県沖 2005/08/16 11:46:25 38,150 142.278 563 1 1 42 北海道西方沖 139.414 29 5.5 91 2005/12/13 06:01:37 43.209 43 北海道南西沖 2010/03/30 10:02:51 43.192 138.578 25 5.8 158 1 44 東北地方太平洋沖地震 24 9.0 2011/03/11 14:46:18 38 104 142.861 583 3 2 2 2 45 岩手県沖 2011/03/11 15:06:10 39.045 142.398 29 6.5 471 1 1 1 1 46 岩手県沖地震 2011/06/23 06:50:50 39.948 142.591 36 6.9 384 66 7.2 47 室城県沖 2011/04/07 23:32:43 38.204 141.920 550 1 1 34 7.3 0.4 0.3 48 三陸沖 2011/07/10 09:57:07 38.032 143.507 611 49 6.1 227 49 十勝地方南部 2012/08/25 23:16:17 42.328 143.111 1 1 1 50 三陸沖 2012/12/07 17:18:30 38.020 143.867 49 7.3 625 1 51 十勝地方南部 102 6.5 225 1 2013/02/02 23:17:36 42.702 143.227 1 1 52 胆振地方中東部 2014/07/08 18:05:24 42.648 141.267 3 5.6 75 2 2 2 53 浦河沖 2016/01/14 12:25:33 41 970 142.800 52 6.7 222 1 2 2 1 11 5.3 127 0.5 0.4 54 内浦湾 2016/06/16 14:21:28 41.948 140.987 --11 4.5 0.5 0.3 55 北海道西方沖 2016/12/08 19:58:55 43 543 140.720 59 --56 平成30年北海道胆振東部地震 2018/09/06 03:07:59 42.690 142.007 37 6.7 128 5 8 31 5.5 127 0.4 0.4 57 胆振地方中東部 2018/09/06 03:20:11 42.578 141.942 --2018/09/06 06:11:30 142.012 36 5.4 129 --58 胆振地方中東部 42.682 1 1 59 日高地方西部 2018/09/30 17:54:04 42.548 141.988 37 4.9 132 --0.4 0.4 60 北海道南西沖 2018/11/12 10:44:52 42.810 139.223 33 4.4 108 0.3 0.4 42.765 142.003 33 5.8 125 61 胆振地方中東部 2019/02/21 21:22:40 2 1 2 62 十勝地方南部 2019/04/28 02:24:47 42.560 142.878 102 5.6 201 1 1 1 1 128 5.4 128 --0.2 0.2 63 胆振地方中東部 2021/01/27 14:06:52 42710 142.020 64 福島県沖 55 7.3 2021/02/13 23:07:51 37.728 141.698 598 --1 1 65 福島県沖 2022/03/16 23:36:33 37.697 141.622 57 7.4 600 1 1 9 66 後志地方西部 2022/11/24 02:25:21 42.883 140.582 3.1 18 --0.4 0.5 67 後志地方西部 42.713 13 4.3 39 2022/12/15 13:30:42 140.320 1 1 68 苫小牧沖 2023/06/11 18:54:45 42.558 141.915 136 6.2 126

○これまでに泊発電所において観測された地震は,68

○泊発電所で観測された地震のうち. 最大加速度を観 測した地震は、1993年北海道南西沖地震である。

1923年~2012年 気象庁地震カタログ 2013年以降 気象庁ホームページ

2. 敷地地盤の振動特性 (2) 地震観測記録を用いた検討 地震観測

一部加筆修正(H25.7.31審査会合資料)

観測地震の震央分布図



2. 敷地地盤の振動特性 地震観測記録

23

観測地震の諸元

○泊発電所で観測された主要な地震である1993年北海道南西沖地震及びその余震について、諸元及び観測記録を以降に示す。

	No. 年月日	震央位置		深さ	マグニ	震央	地 名
No.		東経 (°)	北緯 (゜)	(km)	チュード M	距離 (km)	(地震名)
2	1993. 7.12	139.180°	42.782°	35	7.8	113	北海道南西沖 (1993年北海道南西沖地震)
4	1993. 7.12	139.457°	43.022°	35	5.4	86	北海道南西沖 (1993年北海道南西沖地震・余震)
28	1993. 8. 8	139.882°	41.958°	24	6.3	131	北海道南西沖 (1993年北海道南西沖地震・最大余震)



※ 1,2号炉観測点で観測 ※ 地震の諸元は気象庁地震カタログ

2. 敷地地盤の振動特性 (2) **地震観測記録**

1993年北海道南西沖地震 観測記録の時刻歴波形(標高+2.3m)



2. 敷地地盤の振動特性 (2) 地震観測記録を用いた検討 地震観測記録

再揭(H25.7.31審査会合資料)

1993年北海道南西沖地震·余震 観測記録の時刻歴波形(標高+2.3m)



2. 敷地地盤の振動特性 (2) 地震 地震観測記録

1993年北海道南西沖地震·最大余震 観測記録の時刻歴波形(標高+2.3m)



2. 敷地

27

2. 敷地地盤の振動特性 (2) 地震観測記録を用いた検討 地震観測記録

再揭(H25.7.31審査会合資料)



— 1993年北海道南西沖地震(M7.8, Δ=113km)
 — 1993年北海道南西沖地震・余震(M5.4, Δ=86km)
 — 1993年北海道南西沖地震・最大余震(M6.3, Δ=131km)

○1993年北海道南西沖地震の本震及び最大余震は 長周期成分が多く含まれている。

2. 敷地地盤の振動特性 (2) 地震観測記録を用いた検討 地震観測記録

再揭(H25.7.31審査会合資料)

深度別の観測記録の応答スペクトル 1993年北海道南西沖地震(M7.8, $\Delta = 113$ km)



1993年北海道南西沖地震(M7.8, Δ=113km) — 標高-250m — 標高 -90m — 標高 +2.3m — 標高 +10m

○NS方向及びEW方向は、概ね同様の増幅の傾向を示している。

2. 敷地地盤の振動特性 (2) 地震観測記録を用いた検討 地震観測記録

再揭(H25.7.31審査会合資料)

深度別の観測記録の応答スペクトル 1993年北海道南西沖地震・余震(M5.4, Δ = 86km)



1993年北海道南西沖地震・余震(M5.4, △=86km) — 標高-250m — 標高 -90m — 標高 +2.3m

標高 +10m

○1993年北海道南西沖地震の観測記録と概ね同様の増幅の 傾向を示している。

<u>29</u>

(2)地震観測記録を用いた検討

2. 敷地地盤の振動特性 **地震観測記録**

再揭(H25.7.31審査会合資料)

深度別の観測記録の応答スペクトル 1993年北海道南西沖地震・最大余震(M6.3, $\Delta = 131$ km)



1993年北海道南西沖地震・最大余震(M6.3, △=131km)
一 標高-250m
一 標高 -90m
一 標高 +2.3m
一 標高 +10m

○1993年北海道南西沖地震の観測記録と概ね同様の増幅の 傾向を示している。

2. 敷地地盤の振動特性 (3) 地震動評価に用いる地下構造モデルの妥当性確認

敷地全体モデルの3号炉地盤への適用性確認

一部加筆修正(H26.3.12審査会合資料)

31

敷地全体モデルの3号炉地盤への適用性確認

○地震動評価に用いる地下構造モデル(敷地全体モデル)について、3号原子炉建屋を通る海山断面の2次元地盤モデル(海山断面) と3号炉地盤における最大傾斜方向を考慮した2次元地盤モデル(最大傾斜断面[※])の伝達関数と比較し、敷地全体モデルの3号炉 地盤への適用性を確認する。

○なお、適用性の確認にあたっては、各モデル下端に対する地表面の伝達関数(2E/2E)を比較検討する。

表土

1.81

0.3

0.73

50

※最大傾斜断面は,3号炉地盤の傾斜を考慮し,海山断面+25度断面とする。



32

2. 敷地地盤の振動特性 (3) 地震動評価に用いる地下構造モデルの妥当性確認

敷地全体モデルの3号炉地盤への適用性確認

一部加筆修正(H26.3.12審査会合資料)

比較検討結果



各地盤モデルによる伝達関数



3. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

3. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動 (1)検討用地震の地震動評価 応答スペクトルに基づく地震動評価手法について

震源近傍における破壊伝播効果(NFRD効果)に関する知見

○大野ほか(1998)においては、震源近傍における観測記録に基づき、NFRD効果の卓越範囲を検討している。
 ○また、日本電気協会(2021)において、大野ほか(1998)に基づき、地震のメカニズムごとに分析したNFRD効果の卓越範囲は、以下のように設定されている。



地震のメカニズムごとに分析したNFRD効果の卓越範囲(日本電気協会(2021))

※日本電気協会(2021):原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG 4601-2021から抜粋

3. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動 (1)検討用地震の地震動評価 断層モデルを用いた手法による地震動評価手法について

再揭(R3.10.22審查会合資料)

断層モデルを用いた手法について(放射係数及びマッチングフィルタ)

○放射係数は、Kamae and Irikura(1992)及び香川(2004)を参考に、以下のとおり設定している。
 0.5Hz以下:Aki and Richards(1980)により、要素断層とサイトの位置関係及びすべり方向により算定
 5.0Hz以上:Boore and Boatwright(1984)による等方的な値
 0.5~5Hz:両対数軸上で直線補間



○ハイブリッド合成時のフィルタは、遷移周期帯で相補的に低減するマッチングフィルタを用いる。



3. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動 (1)検討用地震の地震動評価 断層モデルを用いた手法による地震動評価手法について

再揭(R3.10.22審査会合資料)

断層モデルを用いた手法について(代表波の選定)

○統計的グリーン関数法による地震動評価においては,要素地震の位相の乱数を変えて21通りの波形合成を行い,21波の応答スペクトルの平均値との残差が最小となるものを代表波として選定する。例として,尻別川断層による地震(基本震源モデル)の代表波の選定について以下に示す。


尻別川断層による地震

再揭(R3.10.22審査会合資料)

応答スペクトルに基づく地震動評価に用いる地震規模の評価

(孤立した短い活断層に用いる地震規模の評価)

○地震調査委員会「レシピ」(2020)及び入倉・三宅(2001)では、地震モーメントM₀=7.5×10¹⁸N・mを閾値として、これ以上のM₀となる地震を断層幅が飽和する地震(断層破壊が地震発生層全体に拡がり、地表地震断層が現れる地震)としている。 ○M₀=7.5×10¹⁸N・mに相当する断層面積は368km²となる。



図 8 震源特性化の手続き-その1:巨視的断層パラメータの設定. Step 1 は断層長さ L を定義, Step 2 は断層長さ L と断層幅 W の関係(太点線), Step 3 は 断層面積(S=LW)と地震モーメント M₀の関係(太点線)を与える.この結果,シナリオ 地震の地震モーメントが与えられる.

断層面積と地震モーメントM₀との関係(入倉・三宅(2001)に加筆)

○断層面積368km²となる断層長さは19.2km(断層長さ=断層幅を仮定)となり、松田(1975)による地震規模Mは7.0である。
 ○地震モーメントM₀=7.5×10¹⁸N・mでの武村(1990)による地震規模Mは7.0である。
 ⇒孤立した短い活断層の地震規模は、M7.0程度と考えられる。

孤立した短い活断層による地震の規模

地震動評価ケース	地震	断層	断層長さ	地震規模M		
	(N•m)	回槓 (km ²)	(=町増唱) (km)	松田式*1	武村式*2	
M ₀ =7.5×10 ¹⁸ N•mの場合	7.5×10 ¹⁸	368	19.2	7.0	7.0	

※1:松田(1975)による断層長さと地震規模Mの関係式により算定

※2:武村(1990)による地震モーメントと地震規模Mの関係式により算定

尻別川断層による地震

再揭(R3.10.22審査会合資料)

応答スペクトルに基づく地震動評価に用いる地震規模の評価

(孤立した短い活断層に用いる地震規模の評価)

○武村(1998)では、地殻内地震の性質として地震規模と地表断層の出現との関係を大局的に把握するため、地震規模Mと地表断層との関連性がある地震の発生率Pを整理しており、M≦6.5の地震とM≧6.8の地震では様子が異なるとしている。
 ○武村(1998)によると、地震規模M7.2以上の地震は、全ての地震において地表断層との関連性が認められる。
 ○孤立した短い活断層に相当する、地表断層としてその全容を表すまでには至っていない地震(震源の規模が推定できない地震)は、地震規模Mが6.8~7.2程度と考えられ、地震調査委員会「レシピ」(2020)及び入倉・三宅(2001)から想定される孤立した短い活断層の地震規模と同程度である。



尻別川断層による地震

再揭(R3.10.22審査会合資料)

応答スペクトルに基づく地震動評価に用いる地震規模の評価

(孤立した短い活断層に用いる地震規模の評価)

○地震調査委員会「レシピ」(2020)及び入倉・三宅(2001),武村(1998)を踏まえると,孤立した短い活断層の地震規模は,M6.8~ 7.2程度と考えられる。

【基本震源モデル】

○基本震源モデル(L=W=22.6km)による地震規模は, 松田(1975)による地震規模がM7.1, 武村(1990)による地震規模がM7.2で あり, 孤立した短い活断層の地震規模(M6.8~7.2程度)と同程度となっている。

【不確かさ考慮モデル】

- ○不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角)(L=W=32.0km)による地震規模は,松田(1975)による地震規模がM7.3,武村(1990)による地震規模がM7.7である。
- ○松田(1975)による地震規模Mは,孤立した短い活断層の地震規模(M6.8~7.2程度)と比較して同程度となっているが,武村 (1990)による地震規模Mは,孤立した短い活断層の地震規模や松田(1975)による地震規模Mから大きく乖離しており,孤立した 短い活断層の地震規模として適切に求められていないと考えられる。

地震動評価ケース	地震	断層	断層長さ	地震規模M				
	(N•m)	回槓 (km ²)	(=断増唱) (km)	松田式*1	武村式*2			
M ₀ =7.5×10 ¹⁸ N・mの場合	7.5×10 ¹⁸	368	19.2	7.0	7.0			
基本震源モデル	1.45×10 ¹⁹	510.8	22.6	7.1	7.2			
不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角)	5.83×10 ¹⁹	1024.0	32.0	7.3	7.7			

孤立した短い活断層による地震の規模

※1:松田(1975)による断層長さと地震規模Mの関係式により算定

※2:武村(1990)による地震モーメントと地震規模Mの関係式により算定

尻別川断層による地震

再揭(R3.10.22審査会合資料)

応答スペクトルに基づく地震動評価に用いる地震規模の評価

(孤立した短い活断層に用いる地震規模の評価)

○不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角)(L=W=32.0km)による地震規模が孤立した短い活断層の地震規模として適切に求められてい ないと考えられる。

- ▶ 断層幅は地震発生層を飽和した震源断層を考慮して設定しており、微小地震分布等を総合的に判断して想定される地震発生層 下端深さ15kmを安全側に18kmとして、基本震源モデルにおいてM₀=7.5×10¹⁸N・mを上回るように設定している。
- ▶ 不確かさ考慮モデルにおいては、地震発生層下端深さが15kmでもM₀=2.54×10¹⁹N・mとなり、M₀=7.5×10¹⁸N・mを上回るが、 地震発生層下端を基本震源モデルで設定した18kmをそのまま採用している。



○地震発生層下端深さ15kmによる地震発生層厚さ13kmと仮定し、断層の傾斜角を30°(L=W=26.0km)として地震規模を評価すると、松田(1975)による地震規模はM7.2、武村(1990)による地震規模はM7.4となる。
 ⇒地震発生層厚さを13kmとして地震規模を評価すると、やや大きめではあるものの、孤立した短い活断層の地震規模と整合する傾向

にある。



○不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角)(L=W=32.0km)による地震規模M7.7は、断層幅の設定に用いている地震発生層を大きく設定 していることが影響していると考えられる。



○不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角)(L=W=32.0km)による地震規模Mは,孤立した短い活断層の地震規模や松田(1975)による 地震規模M及び断層幅を見直した地震規模から大きく乖離しており,孤立した短い活断層の地震規模としては採用しない。

3. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動 尻別川断層による地震

(1)検討用地震の地震動評価

一部加筆修正(R3.10.22審査会合資料)

応答スペクトルに基づく地震動評価結果

	コントロールポイント _p S _v (cm/s)							
	T _A (s)	T _B (s)	T _C (s)	T _D (s)	T _E (s)	T _F (s)	T _G (s)	T _H (s)
	0.02	0.09	0.13	0.30	0.60	1.00	2.00	5.00
基本震源モデル 水平方向	0.62	7.44	11.06	19.95	28.66	26.74	21.98	16.37
不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角) 水平方向	0.54	6.33	9.50	17.81	25.93	24.56	20.63	15.56
基本震源モデル 鉛直方向	0.38	4.52	6.75	12.83	17.92	17.52	15.39	12.00
不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角) 鉛直方向	0.33	3.85	5.80	11.46	16.21	16.09	14.45	11.41





応答スペクトル図(鉛直方向)

※ 基本モデル(M7.2, Xeq=28km)の評価結果は, 不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角)(M7.3, Xeq=34km)の評価結果を包絡していることから, 基本モデルの評価結果で代表させる。

基本震源モデル



3. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動 尻別川断層による地震

一部加筆修正(R3.10.22審査会合資料)

断層モデルを用いた手法について(応力降下量の不確かさ考慮モデルの計算方法)

○断層モデルを用いた手法による地震動評価において、応力降下量の不確かさ考慮モデルでは、基本震源モデルから地震モーメントを変えずに短周期レベル及び応力降下量を1.5倍することで、短周期領域のフーリエスペクトルが基本震源モデルの1.5倍となるように地震動評価を行う。
 ○例として、尻別川断層による地震の基本震源モデルに対する応力降下量の不確かさ考慮モデルのフーリエスペクトル比について以下に示す。





3. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動 (1)検討用地震の地震動評価

再揭(R3.10.22審查会合資料)



尻別川断層による地震

再揭(R3.10.22審查会合資料)



3. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動 (1)検討用地震の地震動評価 尻別川断層による地震

断層モデルを用いた手法による地震動評価結果(基本震源モデル) 応答スペクトル





3. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動 尻別川断層による地震

再揭(R3.10.22審査会合資料)



3. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動 (1)検討用地震の地震動評価 尻別川断層による地震



3. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動 (1)検討用地震の地震動評価 尻別川断層による地震

断層モデルを用いた手法による地震動評価結果(不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角)) 応答スペクトル





3. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動 (1)検討用地震 尻別川断層による地震



3. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動 (1)検討用地震の地震動評価 尻別川断層による地震

再揭(R3.10.22審查会合資料)



3. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

51

(1) 検討用地震の地震動評価

尻別川断層による地震

断層モデルを用いた手法による地震動評価結果(不確かさ考慮モデル(応力降下量)) 応答スペクトル





※ハイブリッド合成法における接続周期:1秒

3. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動 (1)検討用地震の地震動評価 F_s-10断層~岩内堆東撓曲~岩内堆南方背斜による地震

一部加筆修正(R3.10.22審查会合資料)

応答スペクトルに基づく地震動評価結果

	コントロールポイント _p S _v (cm/s)							
	T _A (s)	T _B (s)	T _C (s)	T _D (s)	T _E (s)	T _F (s)	T _G (s)	T _H (s)
	0.02	0.09	0.13	0.30	0.60	1.00	2.00	5.00
基本震源モデル 水平方向	0.98	11.01	16.68	36.33	56.90	58.50	54.76	42.33
不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角)水平方向	1.02	11.39	17.33	38.23	60.25	61.86	58.03	45.11
基本震源モデル 鉛直方向	0.60	6.69	10.18	23.37	35.57	38.32	38.36	31.04
不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角) 鉛直方向	0.63	6.92	10.58	24.60	37.66	40.52	40.65	33.07



F_s-10断層~岩内堆東撓曲~岩内堆南方背斜による地震

断層モデルを用いた手法について(応力降下量の不確かさ考慮モデルの計算方法)

○断層モデルを用いた手法による地震動評価において、応力降下量の不確かさ考慮モデルでは、基本震源モデルから地震モーメントを変えずに短周期レベル及び応力降下量を1.5倍することで、短周期領域のフーリエスペクトルが基本震源モデルの1.5倍となるように地震動評価を行う。
 ○例として、F_s-10断層〜岩内堆東撓曲〜岩内堆南方背斜による地震の基本震源モデルに対する応力降下量の不確かさ考慮モデルのフーリエスペクトル比について以下に示す。







F_s-10断層~岩内堆東撓曲~岩内堆南方背斜による地震 (不確かさ考慮モデル(応力降下量),破壊開始点1)



F_s-10断層~岩内堆東撓曲~岩内堆南方背斜による地震 フーリエスペクトル比 (不確かさ考慮モデル(応力降下量)/基本震源モデル)

F_s-10断層~岩内堆東撓曲~岩内堆南方背斜による地震

再揭(R3.10.22審查会合資料)



F_s-10断層~岩内堆東撓曲~岩内堆南方背斜による地震

再揭(R3.10.22審査会合資料)



F_s-10断層~岩内堆東撓曲~岩内堆南方背斜による地震

再揭(R3.10.22審查会合資料)



F_s-10断層~岩内堆東撓曲~岩内堆南方背斜による地震

再揭(R3.10.22審查会合資料)



再揭(R3.10.22審查会合資料)

断層モデルを用いた手法による地震動評価結果(基本震源モデル) 応答スペクトル





※ハイブリッド合成法における接続周期:1秒

3. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動 (1)検討用地震の地震動評価

F_s-10断層~岩内堆東撓曲~岩内堆南方背斜による地震

再揭(R3.10.22審查会合資料)



3. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動 (1)検討用地震の地震動評価

F_s-10断層~岩内堆東撓曲~岩内堆南方背斜による地震

再揭(R3.10.22審查会合資料)



3. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動 (1)検討用地震の地震動評価

F_s-10断層~岩内堆東撓曲~岩内堆南方背斜による地震

再揭(R3.10.22審査会合資料)



F_s-10断層~岩内堆東撓曲~岩内堆南方背斜による地震

再揭(R3.10.22審査会合資料)



3. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動 (1)検討用地震の地震動評価 F_s-10断層~岩内堆東撓曲~岩内堆南方背斜による地震

断層モデルを用いた手法による地震動評価結果(不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角)) 応答スペクトル





3. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動 (1)検討用地震の地震動評価

F_s-10断層~岩内堆東撓曲~岩内堆南方背斜による地震

再揭(R3.10.22審査会合資料)



3. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動 (1)検討用地震の地震動評価

F_s-10断層~岩内堆東撓曲~岩内堆南方背斜による地震

再揭(R3.10.22審査会合資料)



3. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動 (1)検討用地震の地震動評価

F_s-10断層~岩内堆東撓曲~岩内堆南方背斜による地震

再揭(R3.10.22審查会合資料)



3. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動 (1)検討用地震の地震動評価

F_s-10断層~岩内堆東撓曲~岩内堆南方背斜による地震

再揭(R3.10.22審査会合資料)



3. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動 (1)検討用地震の地震動評価 F_s-10断層~岩内堆東撓曲~岩内堆南方背斜による地震

再揭(R3.10.22審查会合資料)

断層モデルを用いた手法による地震動評価結果(不確かさ考慮モデル(応力降下量)) 応答スペクトル



※ハイブリッド合成法における接続周期:1秒

3. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動 (1)検討用地震の地震動評価

F_s-10断層~岩内堆東撓曲~岩内堆南方背斜による地震

再揭(R3.10.22審查会合資料)



3. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動 (1)検討用地震の地震動評価

F_s-10断層~岩内堆東撓曲~岩内堆南方背斜による地震

再揭(R3.10.22審查会合資料)



3. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動 (1)検討用地震の地震動評価

F_s-10断層~岩内堆東撓曲~岩内堆南方背斜による地震

再揭(R3.10.22審查会合資料)



F_s-10断層~岩内堆東撓曲~岩内堆南方背斜による地震

再揭(R3.10.22審查会合資料)


3. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動 (1)検討用地震の地震動評価 F_s-10断層~岩内堆東撓曲~岩内堆南方背斜による地震

再揭(R3.10.22審查会合資料)

断層モデルを用いた手法による地震動評価結果(不確かさ考慮モデル(破壊伝播速度)) 応答スペクトル





3. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動 積丹半島北西沖の断層による地震

一部加筆修正(R3.10.22審査会合資料)

応答スペクトルに基づく地震動評価結果

			コントロールポイント pSv(cm/s)							
		T _A (s)	T _B (s)	T _c (s)	T _D (s)	T _E (s)	T _F (s)	T _G (s)	T _H (s)	
		0.02	0.09	0.13	0.30	0.60	1.00	2.00	5.00	
走向0°ケース, 走向20°ケース	基本震源モデル 水平方向	0.89	10.84	15.94	28.07	40.20	37.35	30.37	22.35	
	不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角) 水平方向	1.27	15.60	22.88	40.34	57.89	54.77	44.82	32.83	
	基本震源モデル 鉛直方向	0.54	6.59	9.73	18.06	25.13	24.47	21.27	16.39	
	不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角) 鉛直方向	0.78	9.48	13.97	25.95	36.19	35.88	31.40	24.07	
走向40°ケース	基本震源モデル 水平方向	0.80	9.68	14.26	25.26	36.27	33.65	27.44	20.24	
	不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角) 水平方向	1.04	12.70	18.68	33.33	60.19	67.06	69.19	68.66	
	基本震源モデル 鉛直方向	0.49	5.89	8.71	16.25	22.67	22.04	19.22	14.84	
	不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角) 鉛直方向	0.64	7.72	11.40	21.44	30.03	29.68	26.13	20.14	

※応答スペクトルに基づく地震動評価結果は走向0°ケースと走向20°ケースで同一 ※走向40°ケース 不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角)はNFRD効果を考慮 3. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動 積丹半島北西沖の断層による地震

> ○走向40°ケース ・・・・・ 基本震源モデル

(1) 検討用地震の地震動評価

一部加筆修正(R3.10.22審查会合資料)



応答スペクトルに基づく地震動評価結果

※応答スペクトルに基づく地震動評価結果は走向0°ケースと走向20°ケースで同一 ※走向40°ケース 不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角)はNFRD効果を考慮

・・・・・ 不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角)

3. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動 (1)検討用地震の地震動評価 積 月半島北西沖の断層による地震

断層モデルを用いた手法について(応力降下量の不確かさ考慮モデルの計算方法)

○断層モデルを用いた手法による地震動評価において、応力降下量の不確かさ考慮モデルでは、基本震源モデルから地震モーメントを変えずに短周期レベル及び応力降下量を1.5倍することで、短周期領域のフーリエスペクトルが基本震源モデルの1.5倍となるように地震動評価を行う。
○例として、積丹半島北西沖の断層による地震(走向0°ケース)の基本震源モデルに対する応力降下量の不確かさ考慮モデルのフーリエスペクトル比について以下に示す。







3. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動 (1)検討用地震の地震動評価





(s) 20 0 (s) 0 0 -20

-40

AEF (cm/s) 0 VEF (cm/s)

-40

AEL (cm/s) VEL (cm/s) VEL (cm/s)

-40

AEF (cm/s) VEF (cm/s)

-40

Time (s)

NS方向

3. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動 (1)検討用地震の地震動評価

積丹半島北西沖の断層による地震



-40



-40

Time (s)

UD方向

3. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動 (1)検討用地震の地震動評価

積丹半島北西沖の断層による地震

再揭(R3.10.22審查会合資料)

走向O[®] ケース 断層モデルを用いた手法による地震動評価結果 (基本震源モデル)応答スペクトル





※ハイブリッド合成法における接続周期:1秒

積丹半島北西沖の断層による地震





Time (s)

EW方向

81

Time (s)

NS方向

81

80

80

80

80

Time (s)

UD方向

3. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動 (1)検討用地震の地震動評価

積丹半島北西沖の断層による地震

走向O[°]ケース 断層モデルを用いた手法による地震動評価結果 (不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角)) 応答スペクトル



[※]ハイブリッド合成法における接続周期:1秒







Time (s)

EW方向

Time (s)

UD方向

Time (s)

NS方向

3. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動 (1)検討用地震の地震動評価

積丹半島北西沖の断層による地震

走向O[°] ケース 断層モデルを用いた手法による地震動評価結果 (不確かさ考慮モデル(応力降下量)) 応答スペクトル



[※]ハイブリッド合成法における接続周期:1秒



3. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動 (1)検討用地震の地震動評価







3. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動 (1)検討用地震の地震動評価





3. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動 (1)検討用地震の地震動評価

積丹半島北西沖の断層による地震

再揭(R3.10.22審査会合資料)

走向20°ケース 断層モデルを用いた手法による地震動評価結果 (基本震源モデル)応答スペクトル



地震動評価結果 --- 走向20°ケース,基本震源モデル,破壊開始点1 --- 走向20°ケース,基本震源モデル,破壊開始点2 --- 走向20°ケース,基本震源モデル,破壊開始点3 --- 走向20°ケース,基本震源モデル,破壊開始点4

※ハイブリッド合成法における接続周期:1秒

3. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動 (1)検討用地震の地震動評価

積丹半島北西沖の断層による地震





3. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動 (1)検討用地震の地震動評価

積丹半島北西沖の断層による地震

再揭(R3.10.22審査会合資料)

走向20°ケース 断層モデルを用いた手法による地震動評価結果 (不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角)) 応答スペクトル



[※]ハイブリッド合成法における接続周期:1秒



Time (s)

EW方向

Time (s)

NS方向

Time (s)

UD方向



3. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動 (1)検討用地震の地震動評価

積丹半島北西沖の断層による地震

再揭(R3.10.22審査会合資料)

走向20°ケース 断層モデルを用いた手法による地震動評価結果 (不確かさ考慮モデル(応力降下量)) 応答スペクトル



※ハイブリッド合成法における接続周期:1秒



3. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動 (1)検討用地震の地震動評価







3. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動 (1)検討用地震の地震動評価





再揭(R3.10.22審查会合資料)

走向40°ケース 断層モデルを用いた手法による地震動評価結果 (基本震源モデル)応答スペクトル











Time (s) UD方向



積丹半島北西沖の断層による地震

再揭(R3.10.22審查会合資料)

走向40°ケース 断層モデルを用いた手法による地震動評価結果 (不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角)) 応答スペクトル



※ハイブリッド合成法における接続周期:1秒







3. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動 (1)検討用地震の地震動評価

再揭(R3.10.22審査会合資料)



積丹半島北西沖の断層による地震





※ハイブリッド合成法における接続周期:1秒

3. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動 積丹半島北西沖の断層による地震

(1) 検討用地震の地震動評価

一部加筆修正(R3.10.22審査会合資料)

地震動評価結果(走向による地震動評価結果の比較)



3. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動 (1)検討用地震の地震動評価 後志海山東方の断層~F_B-2断層による地震

再揭(R6.11.22審査会合資料)

応答スペクトルに基づく地震動評価結果



※ 基本モデル(M8.3, Xeq=92km)の評価結果は, 不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角)(M8.3, Xeq=92km)の評価結果と等しいことから, 基本モデルの評価結果で代表させる。

3. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動 (1)検討用地震の地震動評価 後志海山東方の断層~F_B-2断層による地震

一部加筆修正(R6.11.22審査会合資料)

断層モデルを用いた手法について(応力降下量の不確かさ考慮モデルの計算方法)

○断層モデルを用いた手法による地震動評価において、応力降下量の不確かさ考慮モデルでは、基本震源モデルから地震モーメントを変えずに短周期レベル及び応力降下量を1.5倍することで、短周期領域のフーリエスペクトルが基本震源モデルの1.5倍となるように地震動評価を行う。
○例として、後志海山東方の断層~F_B−2断層による地震の基本震源モデルに対する応力降下量の不確かさ考慮モデルのフーリエスペクトル比を以下に示す。





107

3. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動 (1)検討用地震の地震動評価 後志海山東方の断層~F_B-2断層による地震



再揭(R6.11.22審査会合資料)

断層モデルを用いた手法による地震動評価結果(ハイブリッド合成法) (基本震源モデル)加速度波形






NS方向



断層モデルを用いた手法による地震動評価結果(ハイブリッド合成法) (基本震源モデル)速度波形



3. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動 (1)検討用地震の地震動評価 後志海山東方の断層~F_B-2断層による地震

再揭(R6.11.22審查会合資料)

断層モデルを用いた手法による地震動評価結果(ハイブリッド合成法) (基本震源モデル)応答スペクトル



※ハイブリッド合成法における接続周期:2.5秒 (統計的グリーン関数法による地震動評価結果と波数積分法による地震動評価結果を踏まえて,接続周期を2.5秒とした)

112















断層モデルを用いた手法による地震動評価結果(ハイブリッド合成法) (不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角))速度波形



3. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動 (1)検討用地震の地震動評価 後志海山東方の断層~F_B-2断層による地震

再揭(R6.11.22審查会合資料)





[※]ハイブリッド合成法における接続周期:2.5秒

(統計的グリーン関数法による地震動評価結果と波数積分法による地震動評価結果を踏まえて,接続周期を2.5秒とした)

117



118















3. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動 (1)検討用地震の地震動評価 後志海山東方の断層~F_B-2断層による地震

再揭(R6.11.22審查会合資料)

断層モデルを用いた手法による地震動評価結果(ハイブリッド合成法) (不確かさ考慮モデル(応力降下量))応答スペクトル



(統計的グリーン関数法による地震動評価結果と波数積分法による地震動評価結果を踏まえて,接続周期を2.5秒とした)















再揭(R6.11.22審査会合資料)







断層モデルを用いた手法による地震動評価結果(ハイブリッド合成法) (不確かさ考慮モデル(破壊伝播速度))速度波形



3. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動 (1)検討用地震の地震動評価 後志海山東方の断層~F_B-2断層による地震

再揭(R6.11.22審查会合資料)

断層モデルを用いた手法による地震動評価結果(ハイブリッド合成法) (不確かさ考慮モデル(破壊伝播速度))応答スペクトル



[※]ハイブリッド合成法における接続周期:2.5秒

(統計的グリーン関数法による地震動評価結果と波数積分法による地震動評価結果を踏まえて,接続周期を2.5秒とした)

3. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動 (1)検討用地震の地震動評価 後志海山東方の断層~F_B-2断層による地震

断層モデルを用いた手法について(応力降下量の不確かさ考慮モデルの計算方法)

○断層モデルを用いた手法による地震動評価において、応力降下量の不確かさ考慮モデルでは、基本震源モデルから地震モーメントを変えずに短周期レベル及び応力降下量を1.5倍することで、短周期領域のフーリエスペクトルが基本震源モデルの1.5倍となるように地震動評価を行う。
○例として、後志海山東方の断層~F_B−2断層による地震(経験的グリーン関数法)の基本震源モデルに対する応力降下量の不確かさ考慮モデルのフーリエスペクトル比を以下に示す。







NS方向



UD方向











NS方向

EW方向

UD方向







3. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動 (1)検討用地震の地震動評価 後志海山東方の断層~F_B-2断層による地震

再揭(R6.11.22審査会合資料)

断層モデルを用いた手法による地震動評価結果(経験的グリーン関数法) (基本震源モデル)応答スペクトル

















25

0

50

25

0

ц ц -25

-50

50

25 0

-25

-50

50

25 0

(cm/s)

₫-25

-50

0

0

VEL (cm/s)

0

(cm/s)

0

(cm/s)

3. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動 (1)検討用地震の地震動評価 後志海山東方の断層~F_B-2断層による地震 再揭(R6.11.22審查会合資料) 断層モデルを用いた手法による地震動評価結果(経験的グリーン関数法) (不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角))速度波形 後志海山東方の断層~F_B-2断層による地震(不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角),破壊開始点1)(経験的グリーン関数法) -EW方向 Max=22cm/s -UD方向 Max=14cm/s 50 50 (cm/s) ŝ 25 25 (cm/ Khi Manan w 0 0 ЧĒГ ᄫ -25 -50 -50 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 20 30 n 10 80 100 110 120 130 0 10 20 30 40 50 70 80 90 110 120 130 40 50 100 Time (s) Time (s) Time (s) NS方向 EW方向 UD方向 後志海山東方の断層~F_B-2断層による地震(不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角),破壊開始点2)(経験的グリーン関数法) -NS方向 Max=18cm/s -EW方向 Max=24cm/s -UD方向 Max=13cm/s 50 50 (cm/s) (cm/s) 25 25 0 0 咀 Щ -25 -25 -50 -50 10 20 30 40 50 70 80 90 100 110 120 130 20 30 90 100 110 120 130 20 80 60 10 50 70 80 0 10 30 40 50 70 90 100 110 120 130 Time (s) Time (s) Time (s) NS方向 EW方向 UD方向 後志海山東方の断層~F₈-2断層による地震(不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角).破壊開始点3)(経験的グリーン関数法) -NS方向 Max=23cm/s -EW方向 Max=31cm/s -UD方向 Max=15cm/s 50 50 (cm/s) VEL (cm/s) 25 25 0 0 Ä -25 -25 -50 -50 20 30 40 50 80 90 100 110 120 130 10 60 70 100 110 120 130 10 20 30 80 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 Time (s) Time (s) Time (s) NS方向 EW方向 UD方向 後志海山東方の断層~F_B-2断層による地震(不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角),破壊開始点4)(経験的グリーン関数法) -NS方向 Max=18cm/s ·EW方向 Max=24cm/s -UD方向 Max=14cm/s 50 50 (cm/s) (cm/s) 25 25 MANN MANNA AMA 0 Muint Mark Mark 0 Ř Ä -25 -25 -50 -50 10 20 30 80 90 100 110 120 130 20 40 50 60 70 10 20 30 50 80 90 100 110 120 130 10 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 40 60 70 Time (s) Time (s) Time (s) UD方向

NS方向

EW方向



断層モデルを用いた手法による地震動評価結果(経験的グリーン関数法) (不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角))速度波形





3. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動 (1)検討用地震の地震動評価 後志海山東方の断層~F_B-2断層による地震

再揭(R6.11.22審查会合資料)

137

断層モデルを用いた手法による地震動評価結果(経験的グリーン関数法) (不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角))応答スペクトル



不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角)破壊開始点6

不確かさ考慮モデル(断層の傾斜角)。破壊開始点5



ACC (Gal) 0 200 -200

-400

0 10

20 30

Time (s)

NS方向

再揭(R6.11.22審査会合資料)

















断層モデルを用いた手法による地震動評価結果(経験的グリーン関数法) (不確かさ考慮モデル(応力降下量))加速度波形





0

50

NEL (cm/s) VI (cm/s) VI

-50

50

NEL (cm/s) VEL (cm/s

-50

50

25

0

₫-25

-50

0

(cm/s)

0

0

NET (50 25 0 (m) 25 0 -25 -50



NS方向

EW方向



NS方向

再揭(R6.11.22審査会合資料)

UD方向

断層モデルを用いた手法による地震動評価結果(経験的グリーン関数法) (不確かさ考慮モデル(応力降下量))速度波形



EW方向

3. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動 (1)検討用地震の地震動評価 後志海山東方の断層~F_B-2断層による地震

再揭(R6.11.22審查会合資料)

断層モデルを用いた手法による地震動評価結果(経験的グリーン関数法) (不確かさ考慮モデル(応力降下量))応答スペクトル













NS方向


再揭(R6.11.22審査会合資料)



NS方向

EW方向

UD方向

145



-50

0 10 20 30 40 50 60 70 80 再揭(R6.11.22審查会合資料)

80 90

Time (s)

UD方向

100 110 120 130

断層モデルを用いた手法による地震動評価結果(経験的グリーン関数法) (不確かさ考慮モデル(破壊伝播速度))速度波形



60 70 80

Time (s)

EW方向

40 50 0

-25

-50

0

10 20

30 40 50 60 70

茰

90 100 110 120 130

0

-25

-50

0

10 20 30

Ř

90 100 110 120 130

Time (s)

NS方向



147

3. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動 (1)検討用地震の地震動評価 後志海山東方の断層~F_B-2断層による地震

再揭(R6.11.22審査会合資料)

断層モデルを用いた手法による地震動評価結果(経験的グリーン関数法) (不確かさ考慮モデル(破壊伝播速度))応答スペクトル



→ 不確かさ考慮モデル(破壊伝播速度),破壊開始点3 → 不確かさ考慮モデル(破壊伝播速度),破壊開始点5

- 不確かさ考慮モデル(破壊伝播速度)破壊開始点6

147

4. 震源を特定せず策定する地震動

149

4. 震源を特定せず策定する地震動 (1)2004年北海道留萌支庁南部地震 観測記録と加藤ほか(2004)の比較

一部加筆修正(R4.10.21審査会合資料)

2004年北海道留萌支庁南部地震の観測記録

○K-NET観測点の観測記録のうち、HKD020観測点では、加藤ほか(2004)の応答スペクトルを大きく上回る。また、HKD024観測点の観測記録は、HKD020観測点のEW成分に包絡される。なお、HKD021観測点の観測記録は、加藤ほか(2004)の応答スペクトルに包絡される。



K-NET各観測点による応答スペクトルと加藤ほか(2004)による応答スペクトルの比較

4. 震源を特定せず策定する地震動 (1) 2004年北海道留萌支庁南部地震 観測記録と加藤ほか(2004)の比較

再揭(R4.10.21審査会合資料)

2004年北海道留萌支庁南部地震の観測記録

○KiK-net観測点の地表観測記録は、すべて加藤ほか(2004)の応答スペクトルに包絡される。



- --- 加藤ほか(2004)(Vp=2.0km/s)
- 一加藤ほか(2004)(Vp=4.2km/s)
- RMIH05(X=12.5km)_UD
- RMIH04(X=22.8km) UD



KiK-net各観測点による応答スペクトル(地表)と加藤ほか(2004)による応答スペクトルの比較

4. 震源を特定せず策定する地震動 (1)2004年北海道留萌支庁南部地震 観測記録と加藤ほか(2004)の比較

再揭(R4.10.21審査会合資料)

2004年北海道留萌支庁南部地震の観測記録

○KiK-net観測点の地中観測記録(地中×2)は、すべて加藤ほか(2004)の応答スペクトルに包絡される。



KiK-net各観測点による応答スペクトル(地中×2)と加藤ほか(2004)による応答スペクトルの比較

4. 震源を特定せず策定する地震動 (1)2004年北海道留萌支庁南部地震 佐藤ほか(2013)

再揭(R4.10.21審査会合資料)

佐藤ほか(2013)による知見

○等価線形解析により、地表観測記録(EW成分)から深さ41mでの基盤地震動を評価した。 ○はぎとり結果は、最大加速度が585Galとなっており、地表観測記録の約1/2となった。



4. 震源を特定せず策定する地震動 (1)2004年北海道留萌支庁南部地震 佐藤ほか(2013)

再揭(R4.10.21審查会合資料)

佐藤ほか(2013)による知見

○鉛直方向については、体積弾性率一定を仮定した1次元波動論による線形解析により、深さ41mでの基盤地震動を評価。
○はぎとり結果は、最大加速度が296Galとなっている。



2004年留萌地震時のP波速度と減衰定数

4. 震源を特定せず策定する地震動 (1)2004年北海道留萌支庁南部地震 基盤地震動評価

再揭(R4.10.21審査会合資料)

① GL-41mまで非線形性を考慮した基盤地震動評価

○GL-41mまで非線形性を考慮した基盤地震動の最大加速度は、561Galとなっており、佐藤ほか(2013)による 基盤地震動(585Gal)と比較してやや小さく評価された。



4. 震源を特定せず策定する地震動 (1)2004年北海道留萌支庁南部地震 基盤地震動評価

再揭(R4.10.21審査会合資料)

① GL-41mまで非線形性を考慮した基盤地震動評価

○GL-41mまで非線形性を考慮した基盤地震動評価に用いた収束物性値による伝達関数は、佐藤ほか(2013)の物性値による伝達関数と比較して、深部の減衰定数が1%から5%程度になったことにより、10Hzより高振動数側で小さくなっている。
○本震時のH/Vスペクトルと伝達関数の比較では、GL-41mまで非線形性を考慮した基盤地震動評価に用いた収束物性値による伝達関数は高振動数での落ち込みが大きく、佐藤ほか(2013)の伝達関数の方が本震時の

H/Vスペクトルの特徴をよく再現しているものと考えられる。



収束物性値による伝達関数とH/Vスペクトルとの比較

4. 震源を特定せず策定する地震動 (1)2004年北海道留萌支庁南部地震 基盤地震動評価

再揭(R4.10.21審査会合資料)

② 減衰定数の不確かさを考慮した基盤地震動評価

○佐藤ほか(2013)の地盤モデルをもとに、GL-6m以深を減衰定数3%として基盤地震動を評価した結果、最大加速度は609Galとなり、佐藤ほか(2013)による基盤地震動(585Gal)と比較してやや大きく評価された。また、応答スペクトルは、佐藤ほか(2013)による応答スペクトルとほぼ同程度となっている。



擬似速度応答スペクトルの比較

加速度時刻歴波形の比較

4. 震源を特定せず策定する地震動 (1)2004年北海道留萌支庁南部地震 基盤地震動評価

再揭(R4.10.21審查会合資料)

② 減衰定数の不確かさを考慮した基盤地震動評価

○収束物性値による伝達関数は,佐藤ほか(2013)の物性値による伝達関数と同様に,本震時のH/Vスペクトルの特徴をよく再現しているものと考えられる。



収束物性値による伝達関数とH/Vスペクトルとの比較

4. 震源を特定せず策定する地震動 (1)2004年北海道留萌支庁南部地震

基盤地震動評価

_____ 再揭(R4.10.21審査会合資料)

③ 鉛直方向の基盤地震動の再評価

 ○佐藤ほか(2013)において、付録として事例紹介していた鉛直方向の基盤地震動の評価結果は、物理探査学会 (2013.10)時点でのモデルに基づいていたが、表層部分のPS検層結果について笹谷ほか(2008)の位相速度 と差異がみられたことから、最表層に重点をおいた再測定を物理探査学会発表後に実施。
○再測定の結果、表層の6m以浅のP波速度は、佐藤ほか(2013)において鉛直方向の基盤地震動を評価した時 のモデルとは異なっていたため、P波速度を再設定した地盤モデルを用いて基盤地震動を再評価した。
※S波速度は、再測定の結果、佐藤ほか(2013)における地盤モデルとほぼ同様のため変更していない。



4. 震源を特定せず策定する地震動 (1)2004年北海道留萌支庁南部地震 基盤地震動評価

再揭(R4.10.21審査会合資料)

③ 鉛直方向の基盤地震動の再評価

○再測定結果を用いて体積弾性率一定として基盤地震動を評価した結果,最大加速度は306Galであり,従来の 評価結果(296Gal)と比較してやや大きく評価された。



4. 震源を特定せず策定する地震動 (1)2004年北海道留萌支庁南部地震

基盤地震動評価

再揭(R4.10.21審査会合資料)

④ GL-6mまでポアソン比一定とした鉛直方向の基盤地震動の評価

○佐藤ほか(2013)及び表層地盤のPS検層の再測定結果を踏まえた鉛直方向の基盤地震動評価は、体積弾性 率一定として評価しているが、地下水位の状況を踏まえ、GL-6mまでポアソン比一定、GL-6m以深を体積弾性 率一定とした場合の鉛直方向の基盤地震動を評価した。

- ○体積弾性率一定とした場合と比較して、ポアソン比一定とした場合、S波速度の低下に伴ってP波速度も低下するため、最大加速度は小さくなっている。
- ○その結果,最大加速度は262Galとなり,体積弾性率一定と仮定した結果(306Gal)は保守的な結果となっている。

