

資料2

泊発電所3号炉

標準応答スペクトルを考慮した地震動評価について

(令和4年5月13日審査会合における指摘事項に対する検討方針)

令和4年5月27日
北海道電力株式会社

令和4年5月13日審査会合における指摘事項

○令和4年5月13日審査会合における指摘事項を以下に示す。

①標準応答スペクトルを考慮した地震動のうち、観測記録の位相を用いた模擬地震波については、模擬地震波の検討にあたっての考慮すべき観測記録の有無の説明が不明確であるため、以下のような整理を行い、考慮すべき観測記録の有無の判断も含め再整理を行うこと。

- 北海道の西部の範囲まで拡大して収集した地震記録については、敷地において標準応答スペクトルを考慮する地震動の検討に用いる記録として適切なものがあるのか、分析、考察を行うこと。
例えば、地震記録の選定過程、敷地と各KiK-net観測点との地盤条件(構成地質も含む)の類似性、観測記録の地震波の継続時間に係る特徴(地震規模に対しての主要動の長短等の特徴を含む)等
- 観測記録に特異な位相が無いことについては、フーリエ位相スペクトルやフーリエ振幅スペクトル等も示し説明すること。
- 大深度地震観測記録の観測状況も含めて整理すること。
- 上記検討を行い、観測記録の位相を用いた模擬地震波の検討にあたって、考慮すべき観測記録の有無の判断に係る説明を明確化した上で、検討に用いる観測記録として、2014年7月8日胆振地方の地震(M5.6)SBSH08喜茂別の記録を選定することが適切なのか説明すること。

②泊発電所3号炉に係る次回審査会合では、本日のコメントに対しての検討方針を説明すること。

指摘事項に対する検討方針

○令和4年5月13日審査会合における指摘事項①に対する検討方針を以下に示す。

No.	指摘事項	検討方針
1	北海道の西部の範囲まで拡大して収集した地震記録については、敷地において標準応答スペクトルを考慮する地震動の検討に用いる記録として適切なものがあるのか、分析、考察を行うこと。	<ul style="list-style-type: none"> ○北海道の西部の範囲まで拡大して収集した地震記録も含めた地震記録について、収集・選定条件を示したうえで、その収集・選定過程を明示する。 ○なお、検討に用いる記録として採用するにあたっては、これまでの検討に加え、観測記録の地震波の継続時間に係る特徴の分析、敷地と各KiK-net観測点との地盤条件の比較(観測点以浅の速度構造や構成地質の比較)等を踏まえ、採用の有無を判断する。 ○具体的には、KiK-net観測点の柱状図等を用いて、観測点以浅の速度構造、構成地質を敷地の地盤モデルと比較し、その類似性を確認する。
2	観測記録に特異な位相が無いことについては、フーリエ位相スペクトルやフーリエ振幅スペクトル等も示し説明すること。	<ul style="list-style-type: none"> ○収集した観測記録から検討に用いる記録の有無を判断するための検討として、これまでの検討に加え、収集したKiK-net観測点の地中観測記録のフーリエ位相スペクトル、フーリエ振幅スペクトル等を評価し、観測記録に特異な位相が無いことについて確認する。
3	大深度地震観測記録の観測状況も含めて整理すること。	<ul style="list-style-type: none"> ○観測記録の収集にあたっては、敷地の標高-1170m、標高-500m等で実施している大深度地震観測の設置概要およびこれまで得られている大深度地震観測記録を示したうえで、観測記録の収集過程を明確にする。
4	上記検討を行い、観測記録の位相を用いた模擬地震波の検討にあたって、考慮すべき観測記録の有無の判断に係る説明を明確化した上で、検討に用いる観測記録として、2014年7月8日胆振地方の地震(M5.6)SBSH08喜茂別の記録を選定することが適切なのか説明すること。	<ul style="list-style-type: none"> ○No.1～No.3の検討結果を踏まえ、標準応答スペクトルを考慮した地震動の検討に用いる記録の有無を判断する。

観測記録の位相を用いた模擬地震波に関する基本方針

- 観測記録の位相を用いた模擬地震波の検討にあたり、泊発電所における敷地地盤の振動特性に起因する特徴を適切に反映させることが必要と考え、検討に用いる観測記録としては、敷地近傍で発生した内陸地殻内地震の敷地で得られた観測記録を用いることが適切である。
- しかしながら、敷地において、近傍で発生した内陸地殻内地震の観測記録が得られていないことを踏まえ、より幅広く観測記録を収集するとの観点から、地盤条件の類似性の確認を後段で行うこととして敷地周辺の観測点における観測記録に収集対象を拡大する。
- 対象を拡大して収集した観測記録について、その観測記録の特異な位相特徴の有無を確認し、震源近傍の観測記録で、かつ、地盤状況が敷地地盤と同様と見做せる観測点と判断できる場合には、その観測記録を用いた模擬地震波の検討を行う。

観測位相を用いた模擬地震波の検討フロー

○観測位相を用いた模擬地震波の検討フローを以下に示す。

【① 観測記録の収集】

- 敷地において観測された記録から標準応答スペクトルを考慮した地震動の検討に用いる記録を収集した結果、収集条件に適合する観測記録が無かった。
- 収集条件(地震規模や収集対象範囲)を拡大し、敷地周辺および北海道西部における他機関の観測記録を対象として記録を収集した結果、4地震8記録の観測記録を収集した。

前回会合における指摘事項を踏まえ、左記の収集結果に対して、以下の整理を実施する。

- ・地震記録の収集・選定条件を示したうえで、その収集・選定過程を明示する。
- ・敷地の標高-1170m, 標高-500m等で実施している大深度地震観測の設置概要およびこれまで得られている大深度地震観測記録もあわせて示す。

【② 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】

○収集した観測記録について、以下の観点で模擬地震波の検討にあたって考慮すべき観測記録に選定するか総合的に判断

- ・特異な位相特徴(パルス波, 振幅の大きい後続波等)を有しているか否か
- ・地震規模, 観測レベル(最大加速度, SN比)が適切な記録か否か
- ・地盤状況が敷地地盤と同様と見做せる観測点の記録か否か

前回会合における指摘事項を踏まえ、左記の各判断項目に対して、以下の追加検討を実施する。

- ・観測記録のフーリエ位相スペクトル, フーリエ振幅スペクトル等により特異な振幅, 位相の有無を確認
- ・観測記録の継続時間に係る特徴(地震規模に対する主要動の長短等)に関する考察
- ・観測点以浅の速度構造や構成地質等を総合的に比較し、敷地と他機関の観測点との地盤条件の類似性を確認

【③ 観測記録の位相を用いた模擬地震波の検討】

○②の選定結果を踏まえて、考慮すべき観測記録が選定された場合、模擬地震波の検討を実施する。

① 観測記録の収集

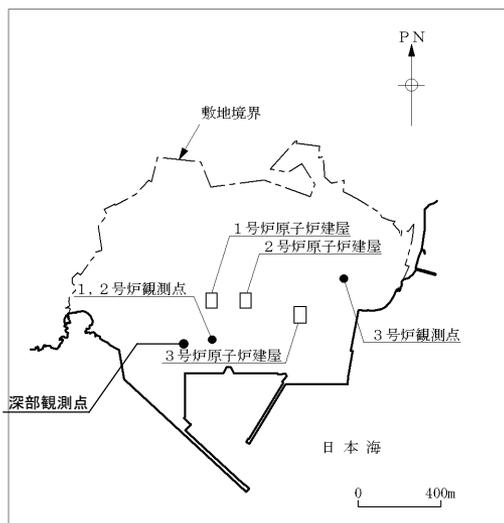
観測記録を用いた模擬地震波の検討に用いる観測記録の収集

- これまでの検討においては、敷地において観測された記録から標準応答スペクトルを考慮した地震動の検討に用いる記録を収集した結果、収集条件に適合する観測記録が無いことを確認している。
- また、収集条件(地震規模または収集対象範囲)を拡大して敷地周辺および北海道西部における他機関の観測記録を対象として記録を収集した結果、4地震8記録の観測記録を収集した。

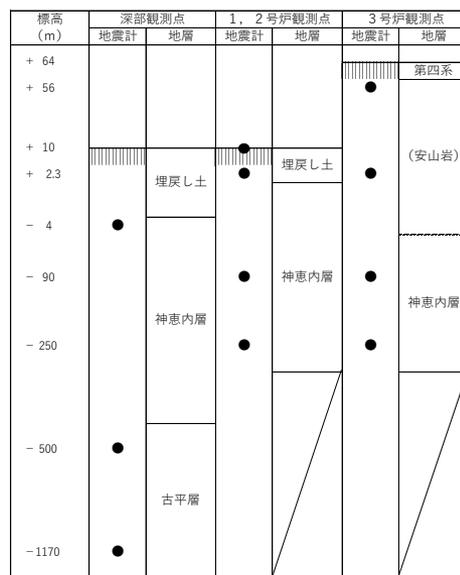
【追加検討】

- 令和4年5月13日審査会合における指摘事項を踏まえ、地震記録の収集・選定条件を示したうえで、その収集・選定過程を明示する。
- また、敷地の標高-1170m、標高-500m等で実施している大深度地震観測の設置概要およびこれまで得られている大深度地震観測記録もあわせて示す。

泊発電所における地震観測点(深部観測点を含む)



配置図



地震計の設置レベル

【1・2号炉および3号炉観測点】

- ・1・2号炉観測点および3号炉観測点は、配置図に示した位置において観測を実施している。
- ・1・2号炉観測点は、1988年から観測を開始している。
- ・3号炉観測点は、1997年から観測を開始している。

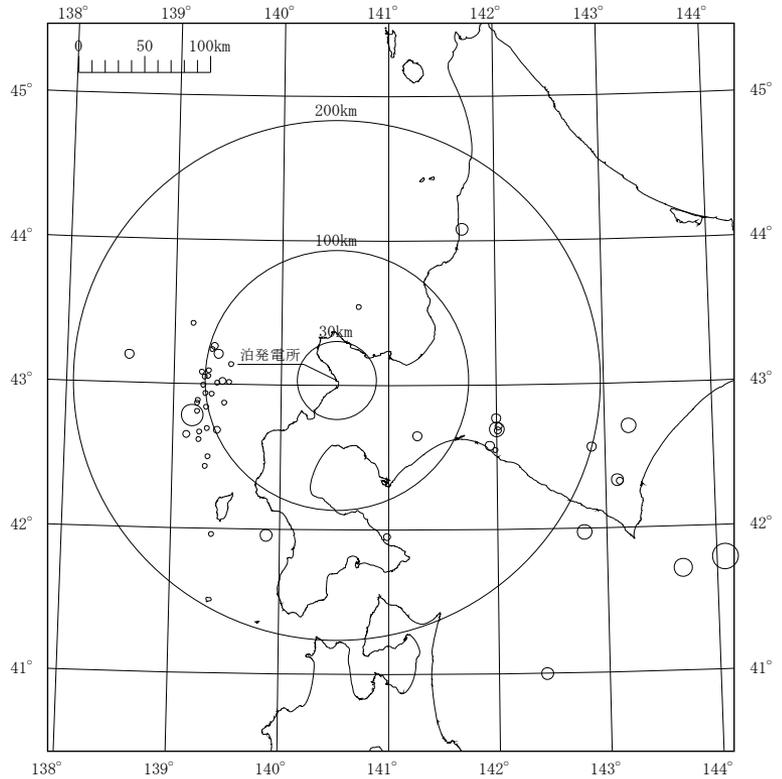
【深部観測点】

- ・深部観測点は、1号炉原子炉建屋側の海側において、標高-1170m、標高-500m、地表付近の3点において、観測を実施している。
- ・深部観測点は、2021年3月から観測を開始しており、これまで5地震の観測記録が得られている。

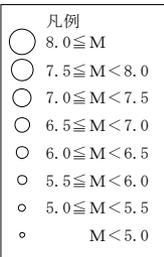
① 観測記録の収集

泊発電所(1・2号炉, 3号炉観測点)における観測記録の収集・選定

No.	地名または地震名	年月日	震央位置		震源深さ (km)	M	震央距離 (km)	最大加速度(Gal) 1,2号炉観測点 (標高+2.3m)		最大加速度(Gal) 3号炉観測点 (標高+2.3m)	
			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	5	-	-
2	1993年北海道南西沖地震	1993/07/12 22:17:11	42.782	139.180	35	7.8	113	49	54	-	-
3	積丹半島北西沖	1993/07/12 23:01:49	43.135	139.533	37	4.7	81	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	1993/07/13 03:10:55	42.665	139.245	22	4.7	112	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	-	-
7	北海道南西沖	1993/07/13 03:25:56	42.887	139.232	20	4.8	106	2	2	-	-
8	北海道南西沖	1993/07/13 04:50:06	42.838	139.310	0	4.3	101	1	1	-	-
9	積丹半島北西沖	1993/07/13 05:54:40	43.093	139.327	6	4.5	97	1	1	-	-
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	43.012	139.517	28	4.1	81	1	2	-	-
12	北海道南西沖	1993/07/13 10:16:49	42.872	139.475	1	4.4	87	1	1	-	-
13	北海道南西沖	1993/07/13 14:32:52	42.613	139.240	24	4.2	114	1	1	-	-
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	-	-
15	北海道南西沖	1993/07/13 21:36:25	42.683	139.412	0	5.2	98	3	5	-	-
16	北海道南西沖	1993/07/14 00:25:18	42.865	139.223	29	4.7	107	1	2	-	-
17	北海道南西沖	1993/07/14 17:18:27	42.933	139.300	32	4.4	100	1	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	-	-
19	積丹半島北西沖	1993/07/15 02:34:17	43.055	139.323	31	3.7	97	1	1	-	-
20	北海道南西沖	1993/07/15 11:01:26	42.430	139.308	29	4.7	119	1	1	-	-
21	積丹半島北西沖	1993/07/15 11:47:29	43.082	139.263	32	4.3	102	2	4	-	-
22	積丹半島北西沖	1993/07/15 12:12:42	43.262	139.380	31	5.0	95	1	1	-	-
23	積丹半島北西沖	1993/07/16 04:36:10	43.238	139.355	36	4.3	97	1	1	-	-
24	北海道南西沖	1993/07/16 04:37:36	42.647	139.128	16	5.3	121	1	1	-	-
25	積丹半島北西沖	1993/07/16 21:55:02	43.008	139.405	38	3.8	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	1	-	-
27	北海道南西沖	1993/07/25 03:46:54	42.498	139.330	35	4.6	114	1	1	-	-
28	1993年北海道南西沖地震最大余震	1993/08/08 04:42:43	41.958	139.882	24	6.3	131	7	5	-	-
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	-	-
30	1999年積丹半島北西沖	1999/03/15 18:44:54	43.416	139.177	28	4.5	116	2	1	0.5	0.2
31	根室半島沖	2000/01/28 23:21:08	43.008	146.744	59	7.0	508	2	1	1	1
32	青森県東方沖	2001/08/14 05:11:24	40.996	142.437	38	6.4	277	1	1	-	-
33	宮城県沖	2003/05/26 18:24:33	38.821	141.651	72	7.1	478	1	1	-	-
34	2003年十勝沖地震	2003/09/26 04:50:07	41.779	144.079	45	8.0	325	7	8	9	8
35	十勝沖	2003/09/26 06:08:01	41.710	143.892	21	7.1	300	3	3	3	3
36	十勝支庁南部	2004/06/11 03:12:10	42.322	143.131	48	5.2	229	1	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	1	2	1	1
40	釧路沖	2005/01/18 23:09:06	42.876	145.007	50	6.4	367	1	1	1	1
41	宮城県沖	2005/08/16 11:46:25	38.150	142.278	42	7.2	563	1	1	-	-
42	北海道西方沖	2005/12/13 06:01:37	43.209	139.414	29	5.5	91	-	-	1	2
43	北海道南西沖	2010/03/30 10:02:51	43.192	138.578	25	5.8	158	2	3	1	1
44	東北地方太平洋沖地震	2011/03/11 14:46:18	38.104	142.861	24	9.0	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	-	1	1	1
47	宮城県沖	2011/04/07 23:32:43	38.204	141.920	66	7.2	550	-	-	1	1
48	三陸沖	2011/07/10 09:57:07	38.032	143.507	34	7.3	611	0.4	0.3	-	-
49	十勝地方南部	2012/08/25 23:16:17	42.328	143.111	49	6.1	227	1	1	1	1
50	三陸沖	2012/12/07 17:18:30	38.020	143.867	49	7.3	625	-	-	1	1
51	十勝地方南部	2013/02/02 23:17:36	42.702	143.227	102	6.5	225	1	1	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	1	2
53	浦河沖	2016/01/14 12:25:33	41.970	142.800	52	6.7	222	1	2	2	1
54	内浦湾	2016/06/16 14:21:28	41.948	140.987	11	5.3	127	-	-	0.5	0.4
55	北海道西方沖	2016/12/08 19:58:55	43.543	140.720	11	4.5	59	-	-	0.5	0.3
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	7	7	5	8
57	胆振地方中東部	2018/09/06 03:20:11	42.578	141.942	31	5.5	127	-	-	0.4	0.4
58	胆振地方中東部	2018/09/06 06:11:30	42.682	142.012	36	5.4	129	-	-	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	1	2	0.3	0.4
61	胆振地方中東部	2019/02/21 21:22:40	42.765	142.003	33	5.8	125	1	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
63	胆振地方中東部	2021/01/27 14:06:52	42.710	142.020	128	5.4	128	-	-	0.2	0.2
64	福島県沖	2021/02/13 23:07:51	37.728	141.698	55	7.3	598	-	-	1	1



泊発電所における観測記録の震央分布図



① 観測記録の収集

泊発電所(1・2号炉, 3号炉観測点)における観測記録の収集・選定

- 1・2号炉観測点および3号炉観測点において、64地震の観測記録が得られている。
- それらの記録について、下記の収集条件に適合する観測記録はない。
- なお、敷地から最も近い位置で発生した地震は、震央距離約60kmの海域で発生した地震(M4.5)となる。

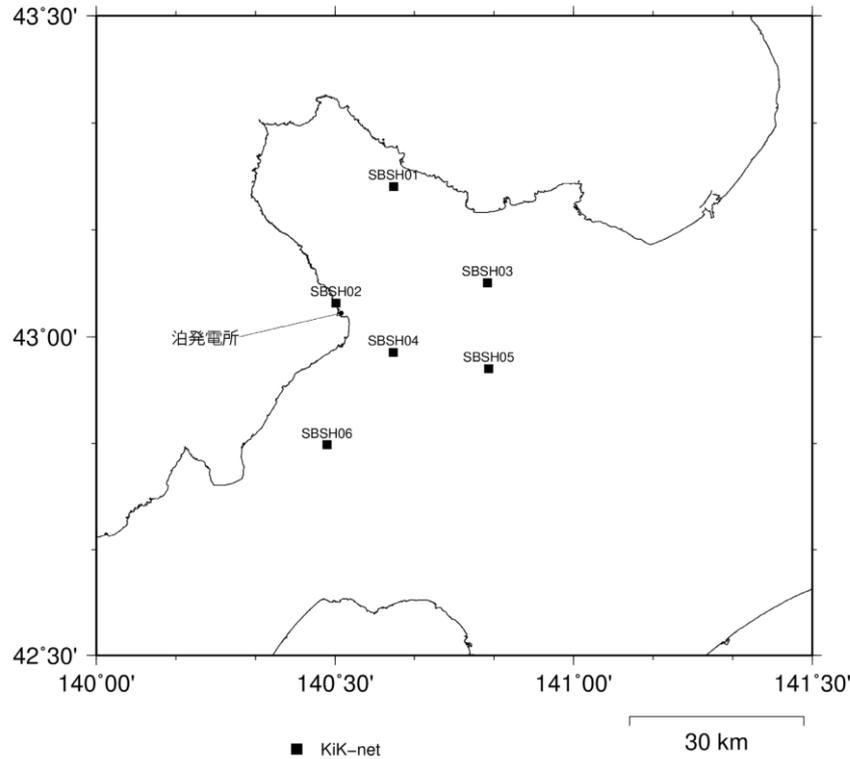
	収集条件
観測記録の 収集条件	・全国共通に考慮すべき地震動で想定される地震規模を踏まえ、M5.0以上の地震
	・震源近傍を想定すると震央距離10km程度以内が対象となるが、観測記録の収集数を増やすため、震央距離30km以内で発生した地震
	・内陸地殻内地震として、震源深さ30km以内の地震

- 深部観測点の観測記録についても、同様の整理を実施する。

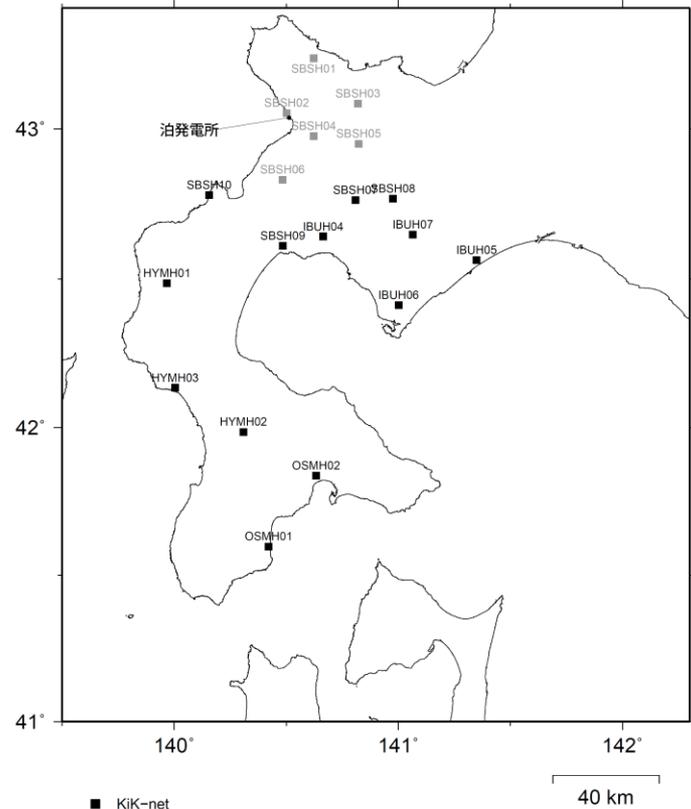
① 観測記録の収集

敷地周辺および北海道西部における他機関の観測記録の収集・選定

- 敷地において観測された記録から標準応答スペクトルを考慮した地震動の検討に用いる記録を収集した結果、収集条件に適合する観測記録が無いことから、断層タイプの整合性、地質条件等を踏まえて、北海道西部まで対象範囲を拡大している。
- 収集条件(地震規模または収集対象範囲)を拡大した敷地周辺および北海道西部における他機関の観測点として、19観測点を選定している。
- 19観測点の観測記録を対象として記録を収集した結果、4地震8記録の観測記録を収集した。
- 収集した観測記録の収集過程を観測点毎に整理する。



泊発電所から半径30km以内のKiK-net観測点



北海道西部に位置するKiK-net観測点

② 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

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

- 観測記録の位相を用いた模擬地震波の検討にあたって、以下の検討を踏まえ、考慮すべき観測記録の有無を判断している。
- ・ 収集した観測記録について、時刻歴波形の形状よりパルス波や振幅の大きい後続波などの有無等から特異な位相特徴がないことを確認
 - ・ 地震観測記録の位相特性には観測点の振動特性に起因する特徴が反映されていることから、地盤状況が敷地地盤と同様と見做せる観測点の記録を用いる
 - ・ 地震規模、観測レベル(最大加速度、SN比)、地震計設置位置のS波速度等により選定

【追加検討】

- 令和4年5月13日審査会合における指摘事項を踏まえ、収集した4地震8記録を対象に観測記録のフーリエ位相スペクトル、フーリエ振幅スペクトル等により特異な振幅、位相の有無を確認する。
- 更に、収集した4地震8記録を対象に観測記録の継続時間に係る特徴(地震規模に対する主要動の長短等)に関して考察する。
- また、収集した4地震8記録(6観測点)を対象に敷地との地盤条件(観測点以浅の速度構造や構成地質等)を総合的に比較し、敷地と他機関の観測点との地盤条件の類似性を確認し、これまでの検討も踏まえ、考慮すべき観測記録の有無を判断する。

敷地周辺のKiK-net観測点における観測記録

No	地震発生時刻	震央地名	地震規模(M)	震源深さ(km)	観測点名	震央距離(km)	地中S波速度Vs (m/s)	観測記録の最大加速度(Gal)
1	2001/11/27 13:28:31	後志地方	3.8	1	SBSH03 赤井川	18	730	3
					SBSH05 倶知安	19	1,730	3
2	2010/08/14 09:11:00	後志地方	2.5	4	SBSH05 倶知安	26	1,730	0.4
3	2017/08/13 19:40:18	後志地方	3.5	2	SBSH03 赤井川	14	730	2
					SBSH04 共和	28	1,810	0.5

北海道西部のKiK-net観測点における観測記録

No	地震発生時刻	震央地名	地震規模(M)	震源深さ(km)	観測点名	震央距離(km)	地中S波速度Vs (m/s)	観測記録の最大加速度(Gal)
1	2014/07/08 18:05:24	胆振地方	5.6	3	IBUH05 白老	12	790	217
					IBUH07 大滝	17	1,330	68
					SBSH08 喜茂別	27	1,430	18

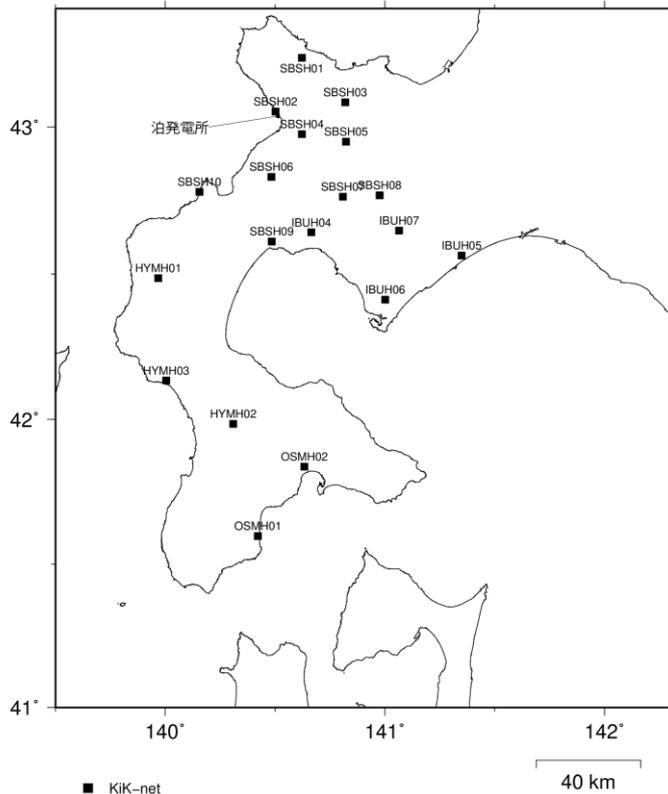
② 模擬地震波の検討にあたって考慮すべき観測記録の選定

特異な位相特徴の確認

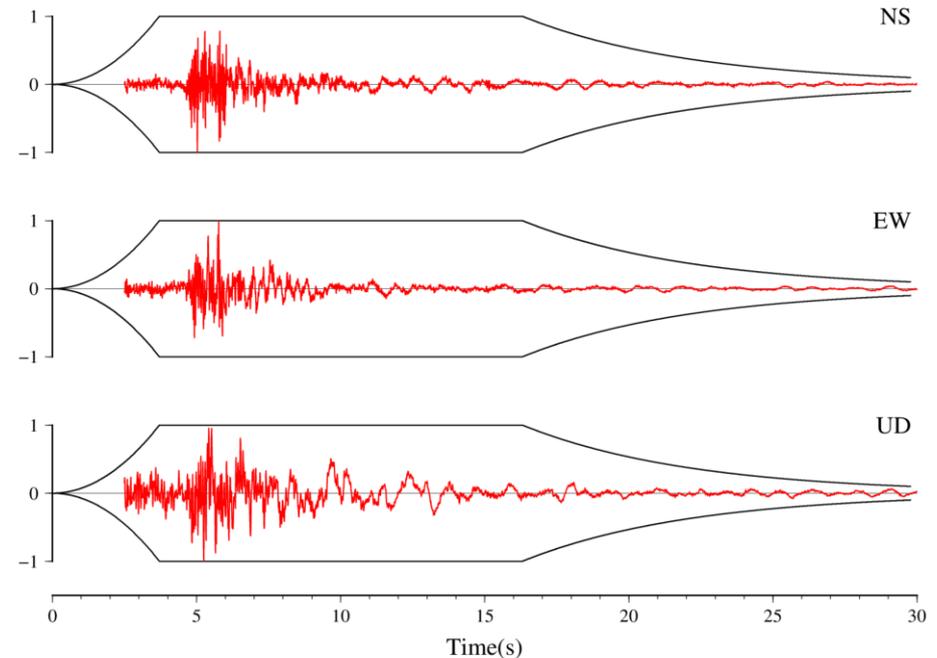
- 例として、下記にKiK-net喜茂別で観測された2014/7/8胆振地方の地震(M5.6)の観測記録を示す。
- 時刻歴波形による特異な形状の波形がないことを確認している。
 - ・ パルス波や振幅の大きい後続波などの特徴的な形状の波形はみられない
 - ・ Noda et al. (2002) に基づき「M7.0-Xeq10km」から設定した強震部の継続時間よりも有意に短い

【追加検討】

- 追加の検討として、観測記録のフーリエ位相スペクトル、フーリエ振幅スペクトル等により特異な振幅、位相の有無を確認する。
- 他の観測記録についても、同様の検討を行う。



2014/7/8胆振地方の地震(M5.6)SBSH08喜茂別の観測記録



— Noda et al. (2002) の振幅包絡線(M7.0-Xeq10km)
 — KiK-net喜茂別の観測記録の時刻歴波形(最大振幅を1に基準化)

② 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

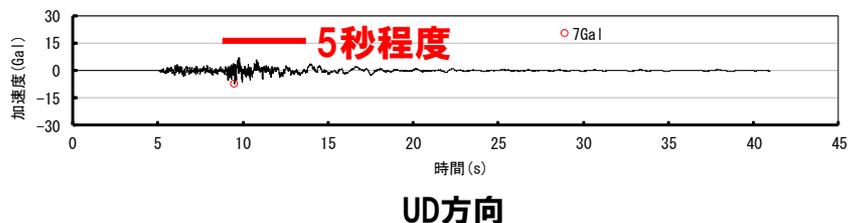
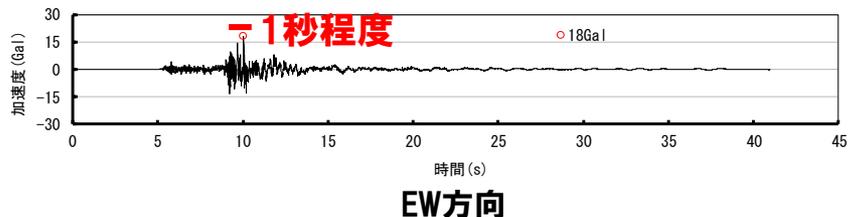
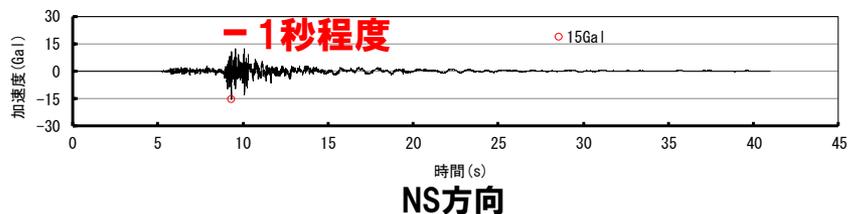
観測記録に関する考察

- 収集した4地震8記録を対象に地震規模、観測レベル(最大加速度, SN比)に関する検討を実施している。
- 収集した8つの観測記録のうち、地震規模の小さい2001/11/27後志地方の地震(M3.8)、2010/8/14後志地方の地震(M2.5)および2017/8/13後志地方の地震(M3.5)の観測記録は、観測された最大加速度が小さく、SN比が小さいことを確認している。

【追加検討】

- 上記の検討に加え、観測記録の継続時間に係る特徴(地震規模に対する主要動の長短等)に関して考察する。
- 具体的には、収集した8つの観測記録について、比較的振幅の大きい波(最大加速度値の0.5倍以上の振幅)の継続時間を評価し、地震規模に対する比較的振幅の大きい波の継続時間の長短等について考察する。

2014/7/8胆振地方の地震(M5.6)SBSH08喜茂別の観測記録



検討対象とする観測記録(地震規模、観測レベルに関する検討)

No	地震発生時刻	震央地名	地震規模 (M)	観測点名	観測記録の最大加速度 (Gal)	S N比	
1	2001/11/27 13:28:31	後志地方	3.8	小	SBSH03 赤井川	3	小
					SBSH05 倶知安	3	小
2	2010/08/14 09:11:00	後志地方	2.5	小	SBSH05 倶知安	0.4	小
					SBSH03 赤井川	2	小
3	2017/08/13 19:40:18	後志地方	3.5	小	SBSH04 共和	0.5	小
					IBUH05 白老	217	適切
4	2014/07/08 18:05:24	胆振地方	5.6	適切	IBUH07 大滝	68	適切
					SBSH08 喜茂別	18	適切

