

北海道電力株式会社

泊 発 電 所

敷地地盤の振動特性について

平成25年7月31日
北海道電力株式会社

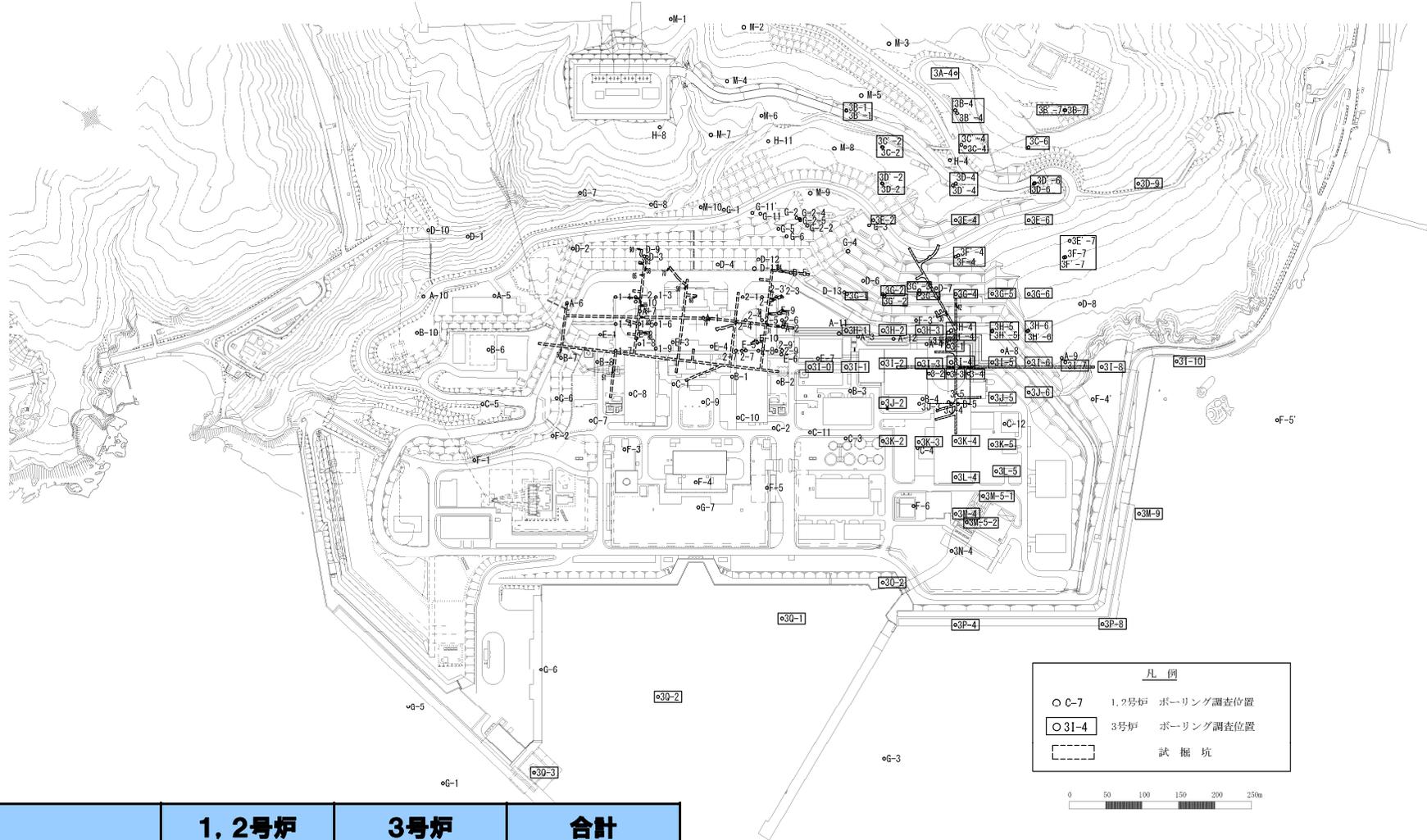
- 1. 地下構造に関する調査結果**
- 2. 地震観測記録を用いた検討**
- 3. まとめ**

- 敷地の地下構造を把握するため、敷地及び敷地周辺においてボーリング調査、弾性波探査等を実施している。
- ・敷地内において標高－250m程度までは、ボーリング調査等を密に実施しており、詳細に地質構造、速度構造等を把握
- ・敷地内において深層ボーリング調査を実施しており、標高－620mまでの速度構造を把握
- ・敷地を含む敷地周辺において弾性波探査を実施しており、地震基盤相当までの速度構造を把握

1. 地下構造に関する調査結果

1.1 敷地内調査結果

敷地調査位置図

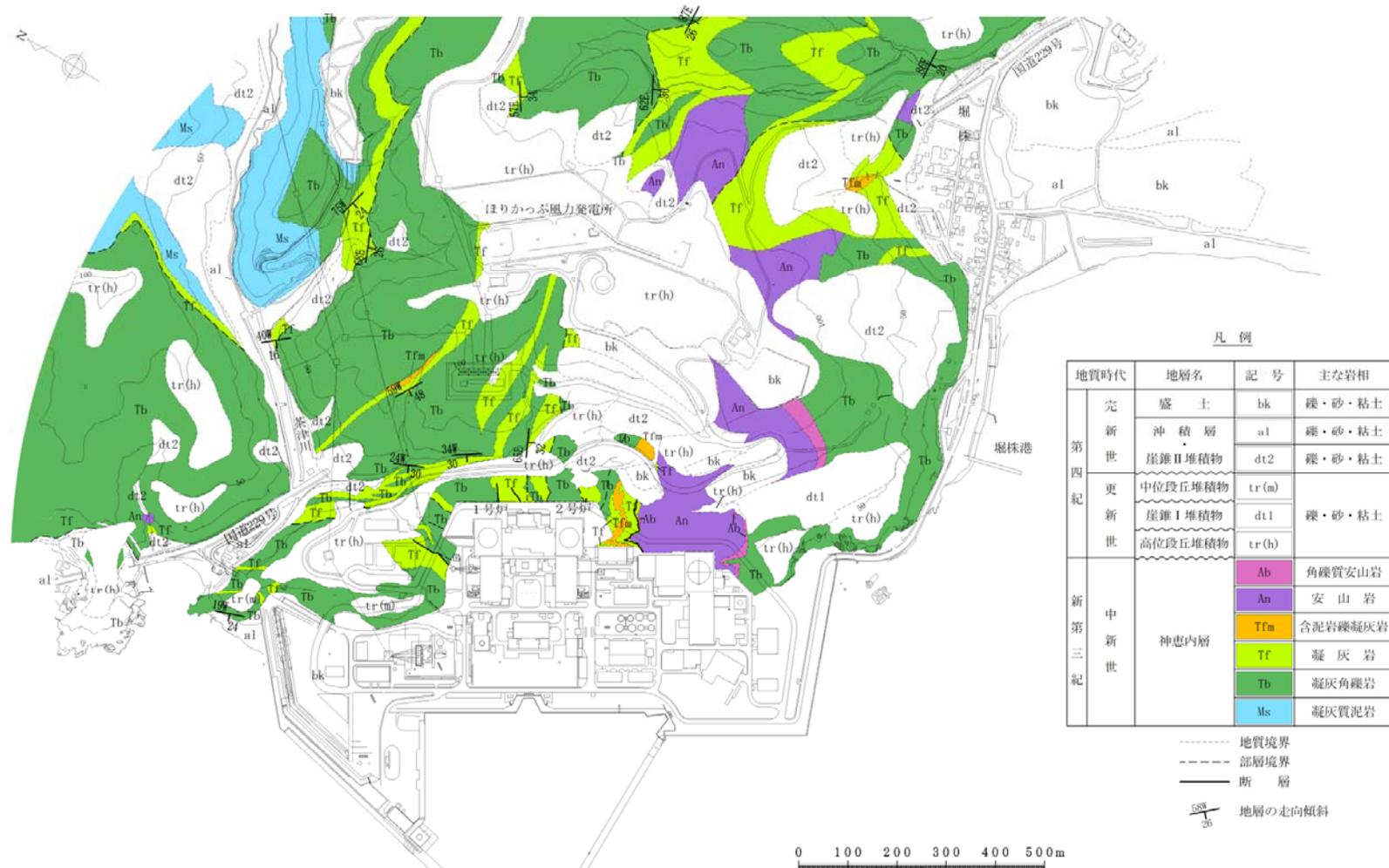


	1, 2号炉	3号炉	合計
ボーリング調査	146本 延長16500m	68本 延長12130m	214本 延長28630m
試掘坑調査	延長1610m	延長576m	延長2186m

1. 地下構造に関する調査結果

1.1 敷地内調査結果

敷地地質平面図

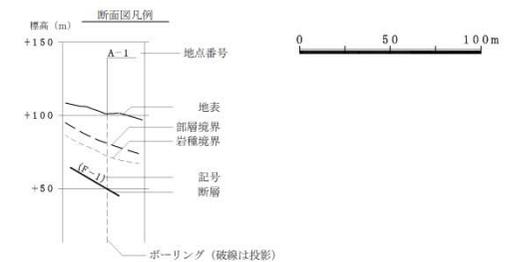
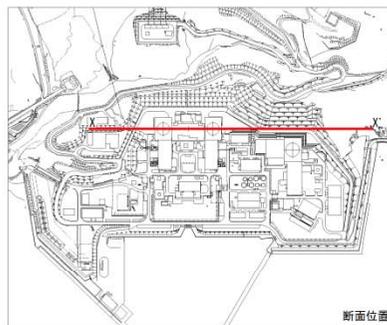
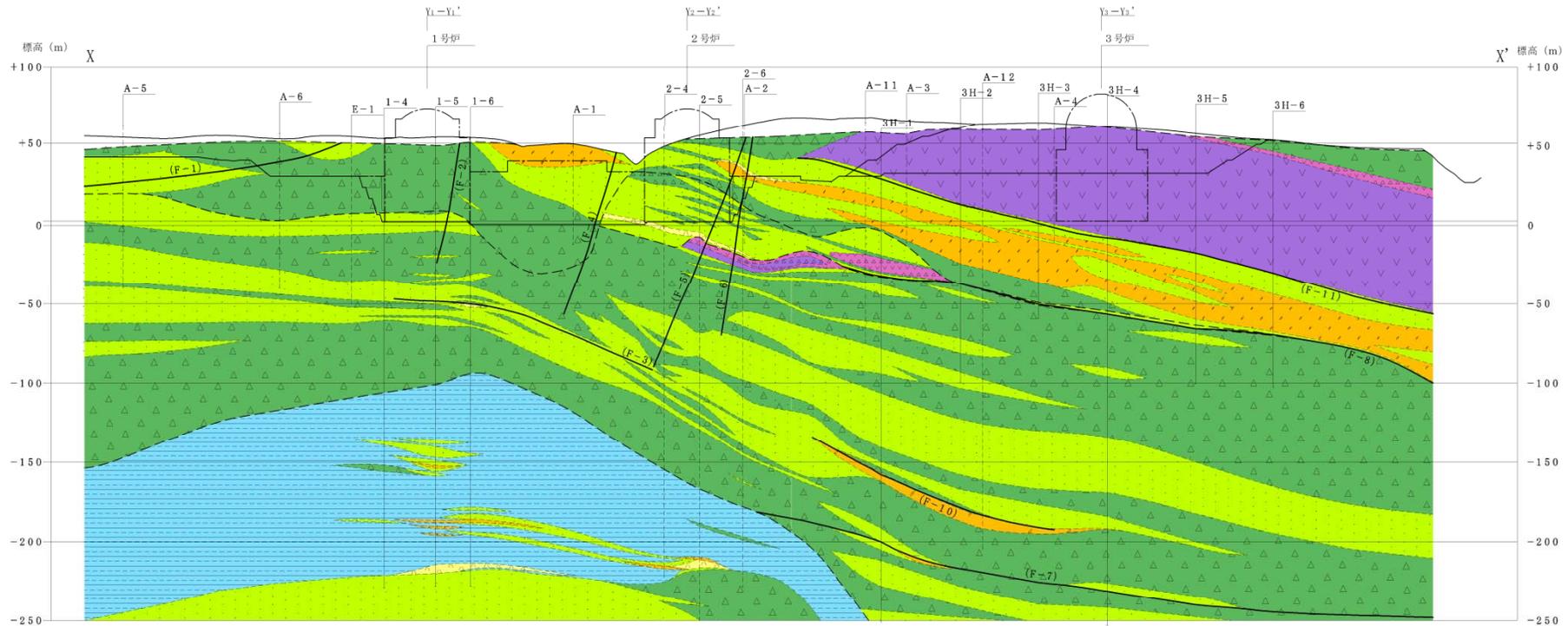


- 敷地の地質は、主として新第三系中新統の神恵内層からなり、主に凝灰角礫岩及び凝灰岩等が分布している。
- 以降に示すとおり、敷地の基盤をなす神恵内層の地質構造は、大局的にみるとほぼ海岸線に平行するNW-SEの走向で、SWへ15°～50°程度で傾斜する同斜構造をなしており、傾斜方向は1号、2号及び3号炉心を通る海山方向と概ね一致する。

1. 地下構造に関する調査結果

1.1 敷地内調査結果

敷地鉛直地質断面図(1号及び2号炉X-X'断面)

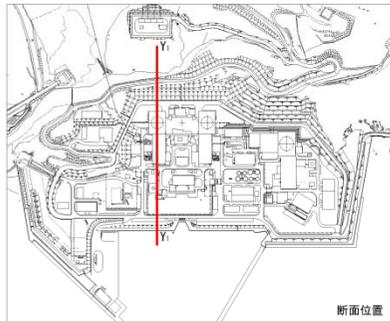
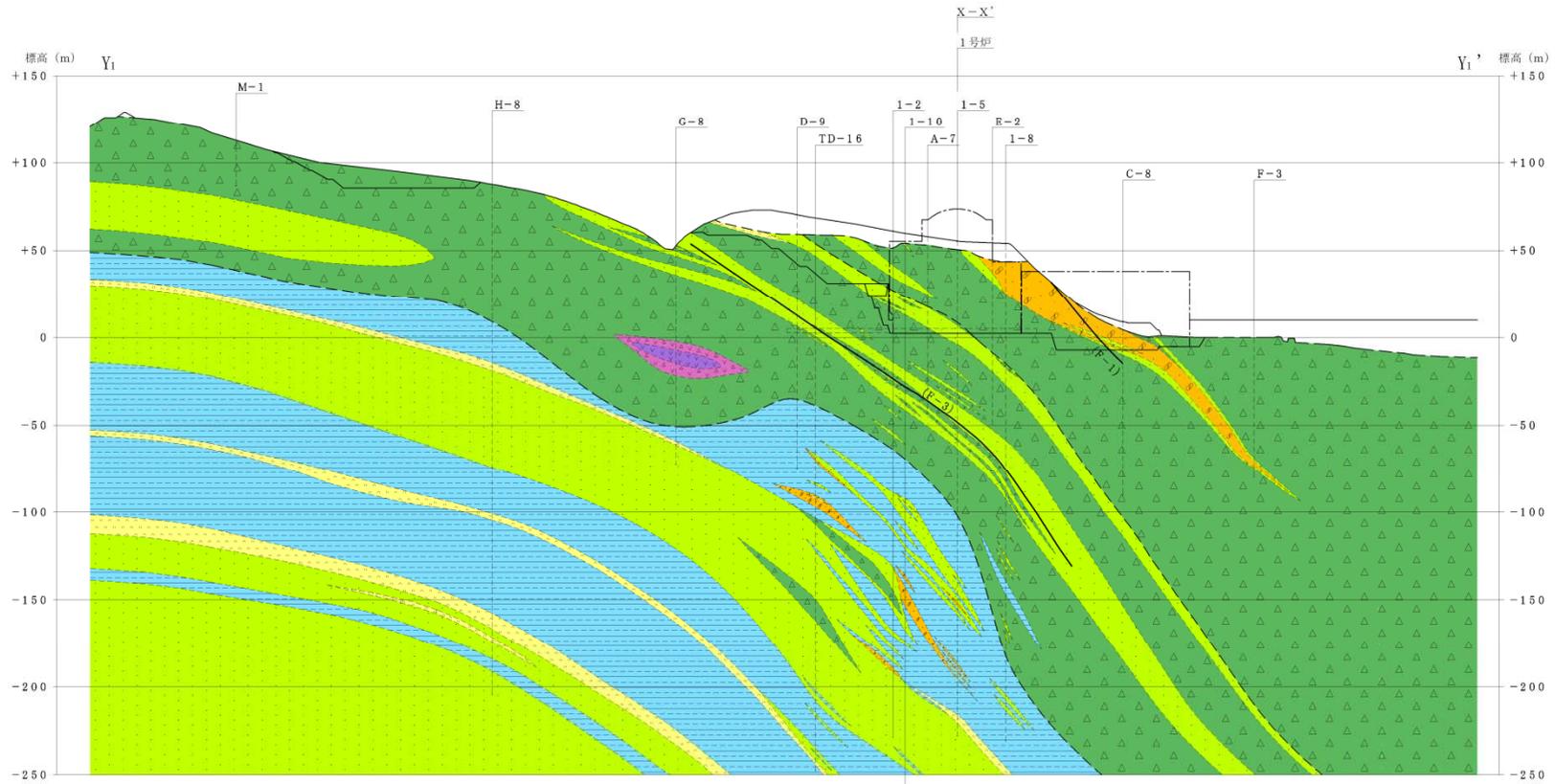


●3号炉側の地盤上部には安山岩が分布している。

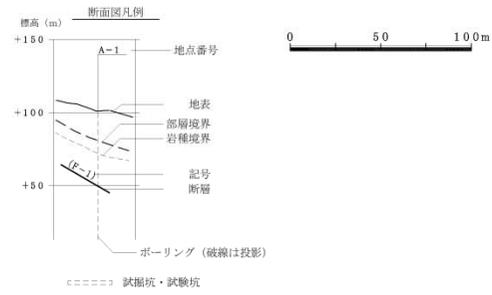
1. 地下構造に関する調査結果

1.1 敷地内調査結果

敷地鉛直地質断面図(1号炉 Y_{1C}-Y_{1C'} 断面)

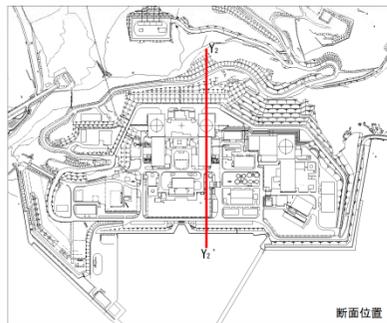
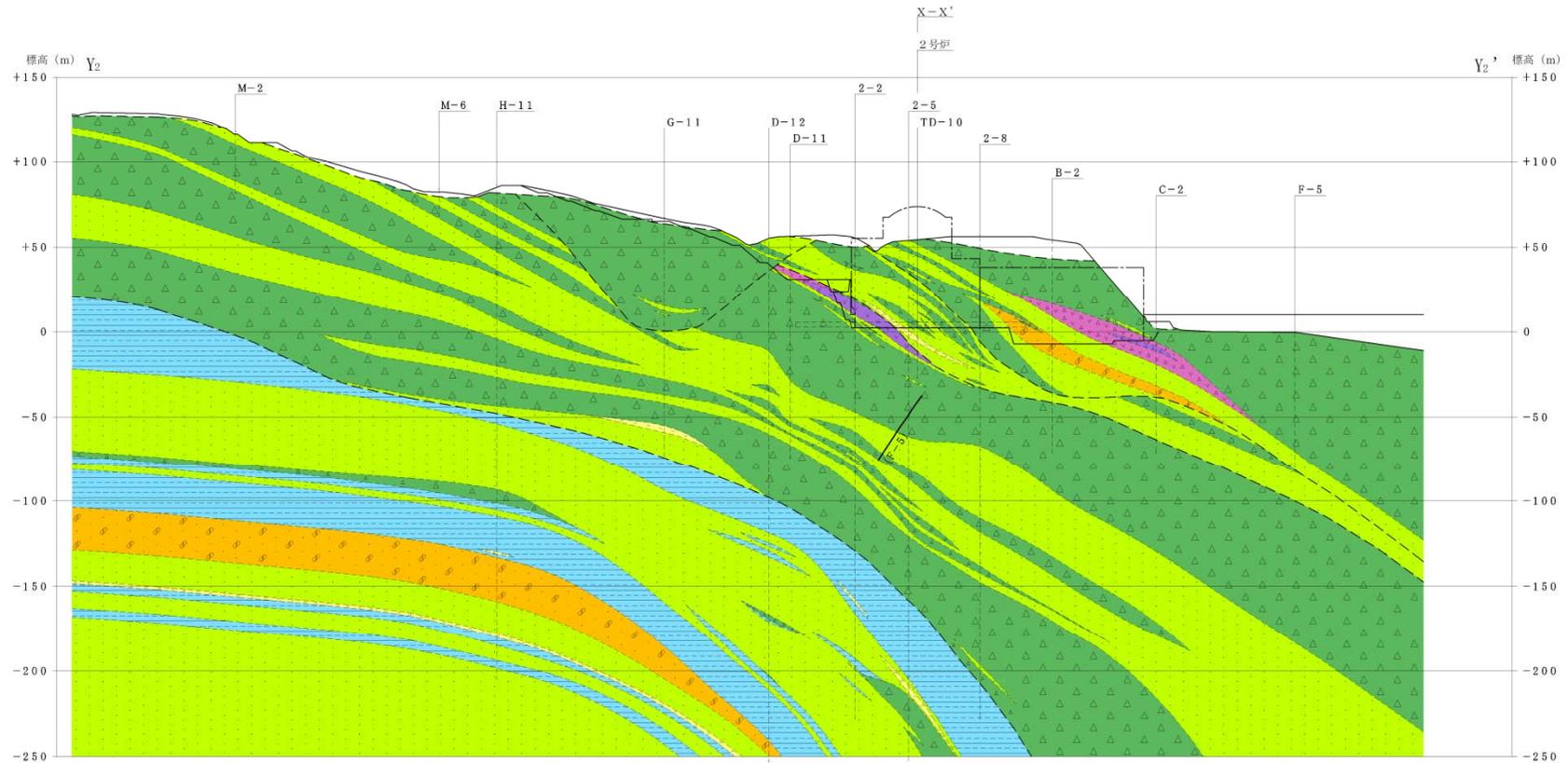


- 岩種区分凡例
- 礫・砂・粘土
 - 角礫質安山岩
 - 安山岩
 - 含泥岩礫凝灰岩
 - 軽石凝灰岩
 - 凝灰岩
 - 凝灰角礫岩
 - 凝灰質泥岩



1. 地下構造に関する調査結果 1.1 敷地内調査結果

敷地鉛直地質断面図(2号炉Y_{2C}-Y_{2C}'断面)



- 岩種区分凡例
- 礫・砂・粘土
 - 角礫質安山岩
 - 安山岩
 - 含泥岩凝灰岩
 - 軽石凝灰岩
 - 凝灰岩
 - 凝灰角礫岩
 - 凝灰質泥岩

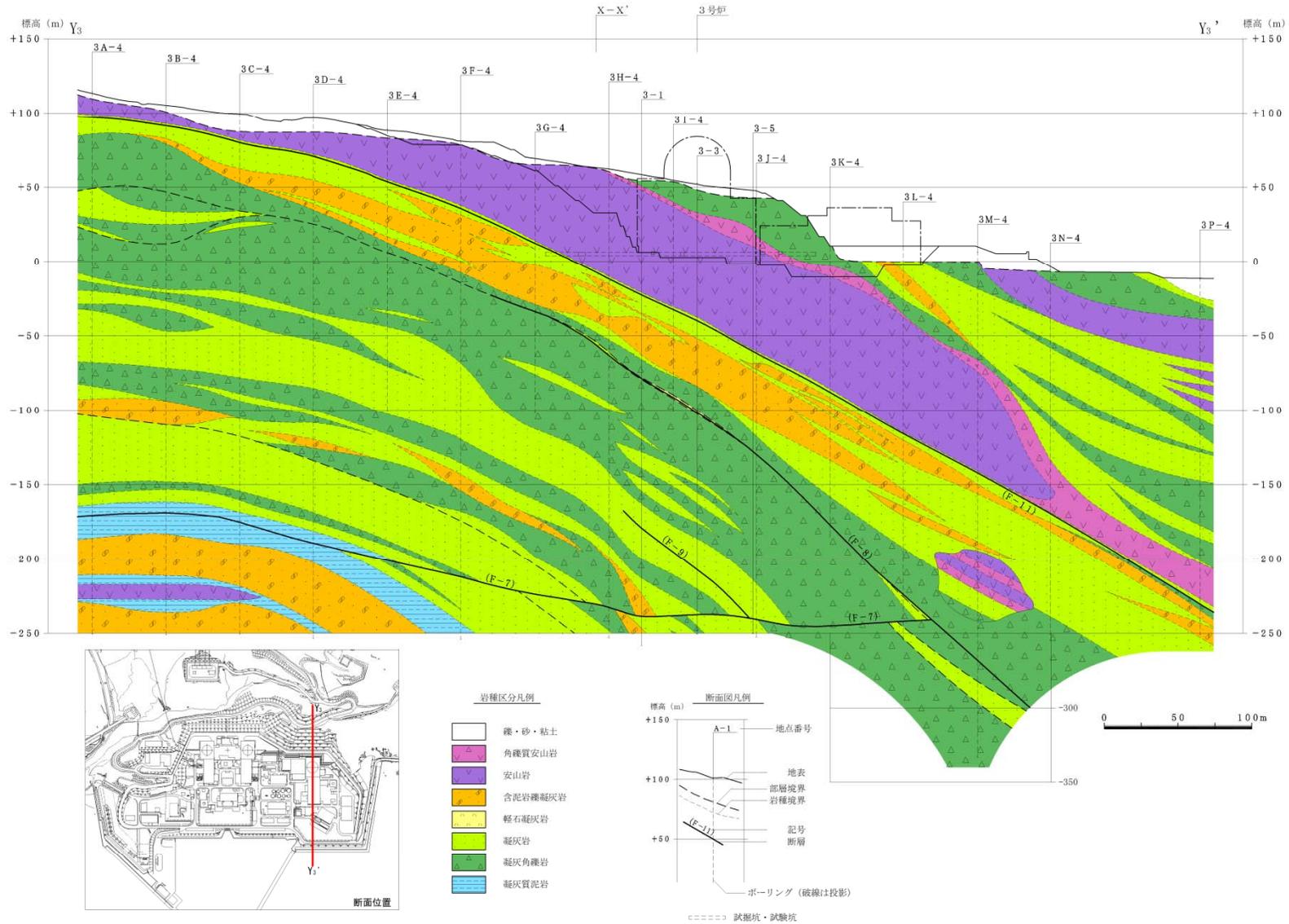
- 断面図凡例
- 地点番号
 - 地表
 - 部層境界
 - 岩種境界
 - 記号断面
 - ボーリング (破線は投影)
 - 試験坑・試験坑



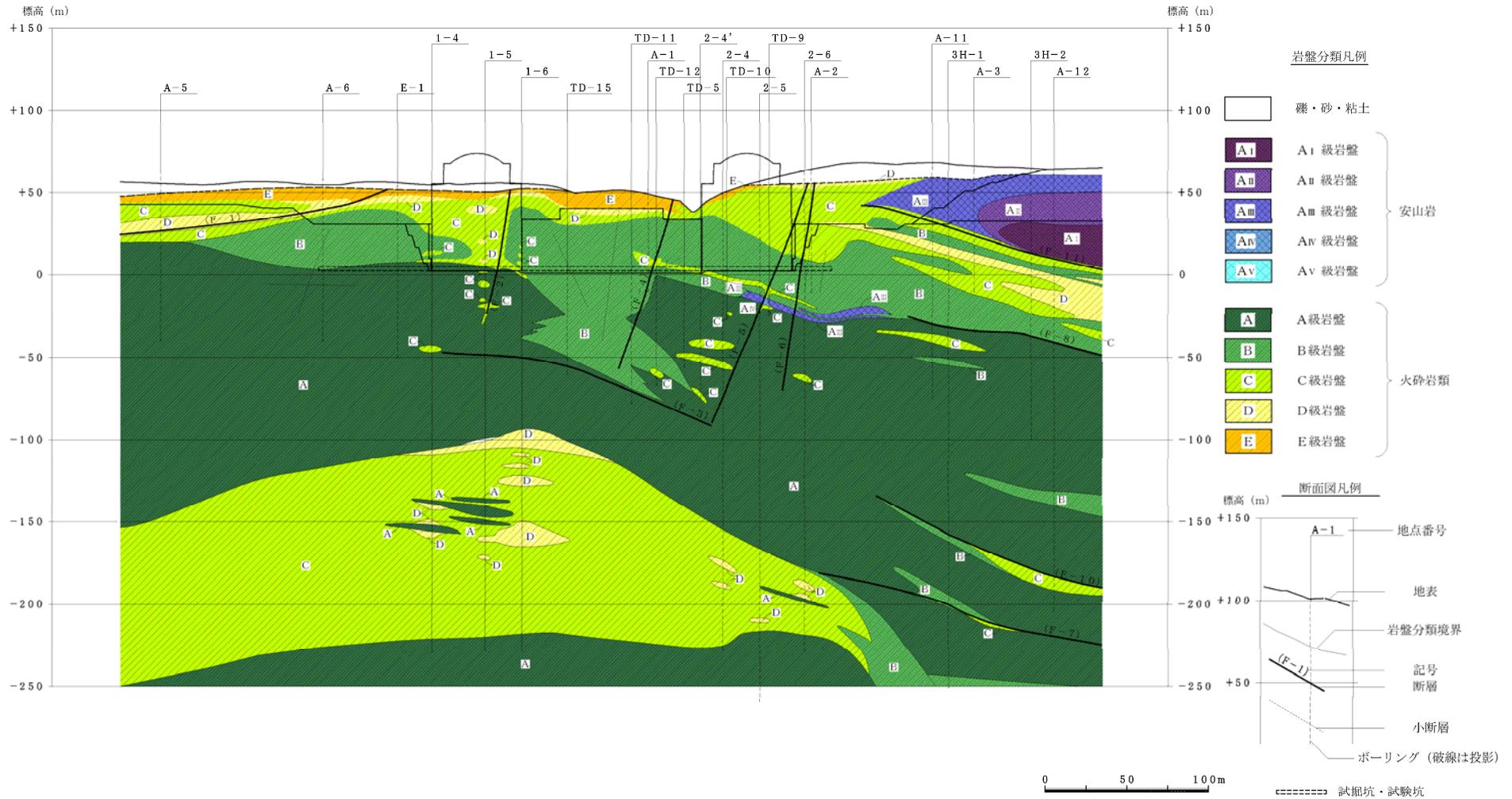
1. 地下構造に関する調査結果

1.1 敷地内調査結果

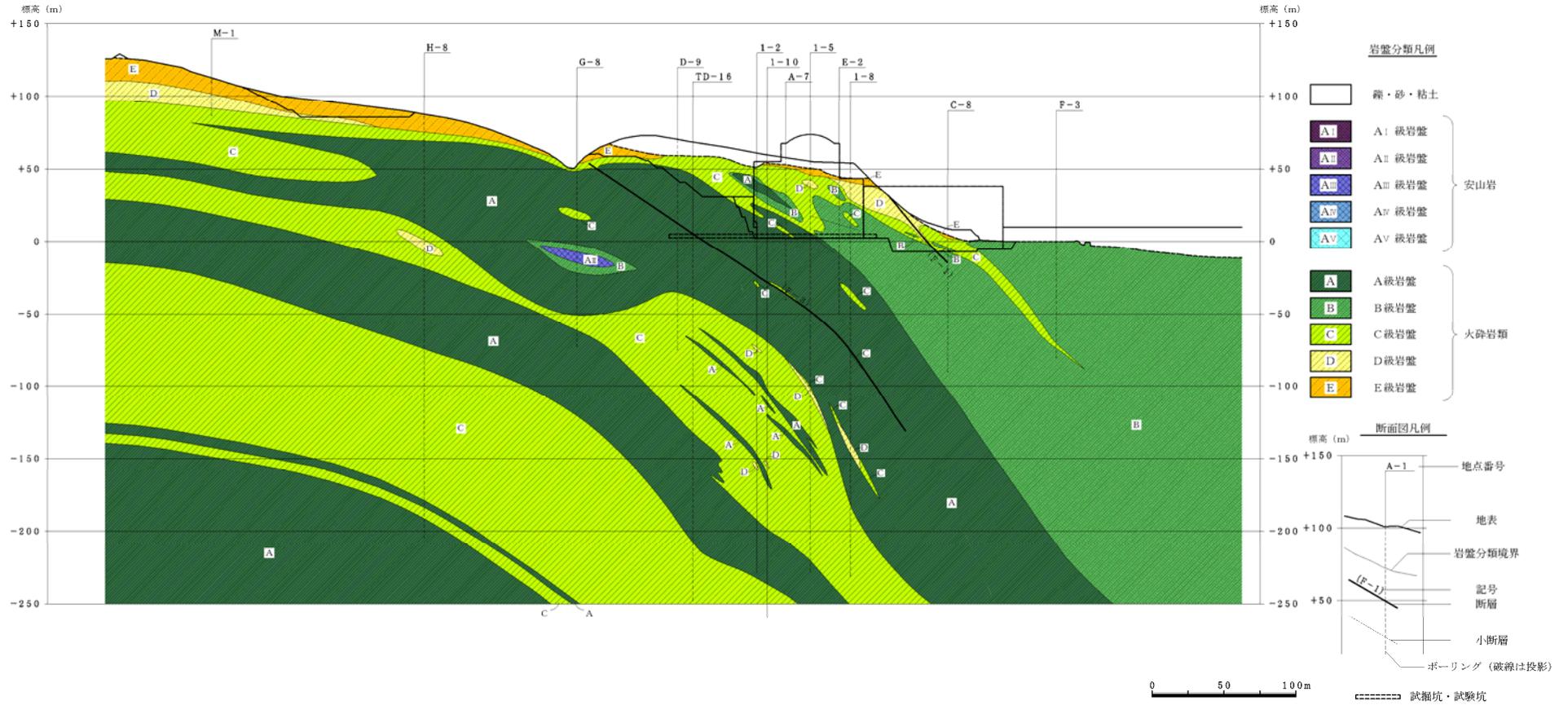
敷地鉛直地質断面図(3号炉Y-Y'断面)



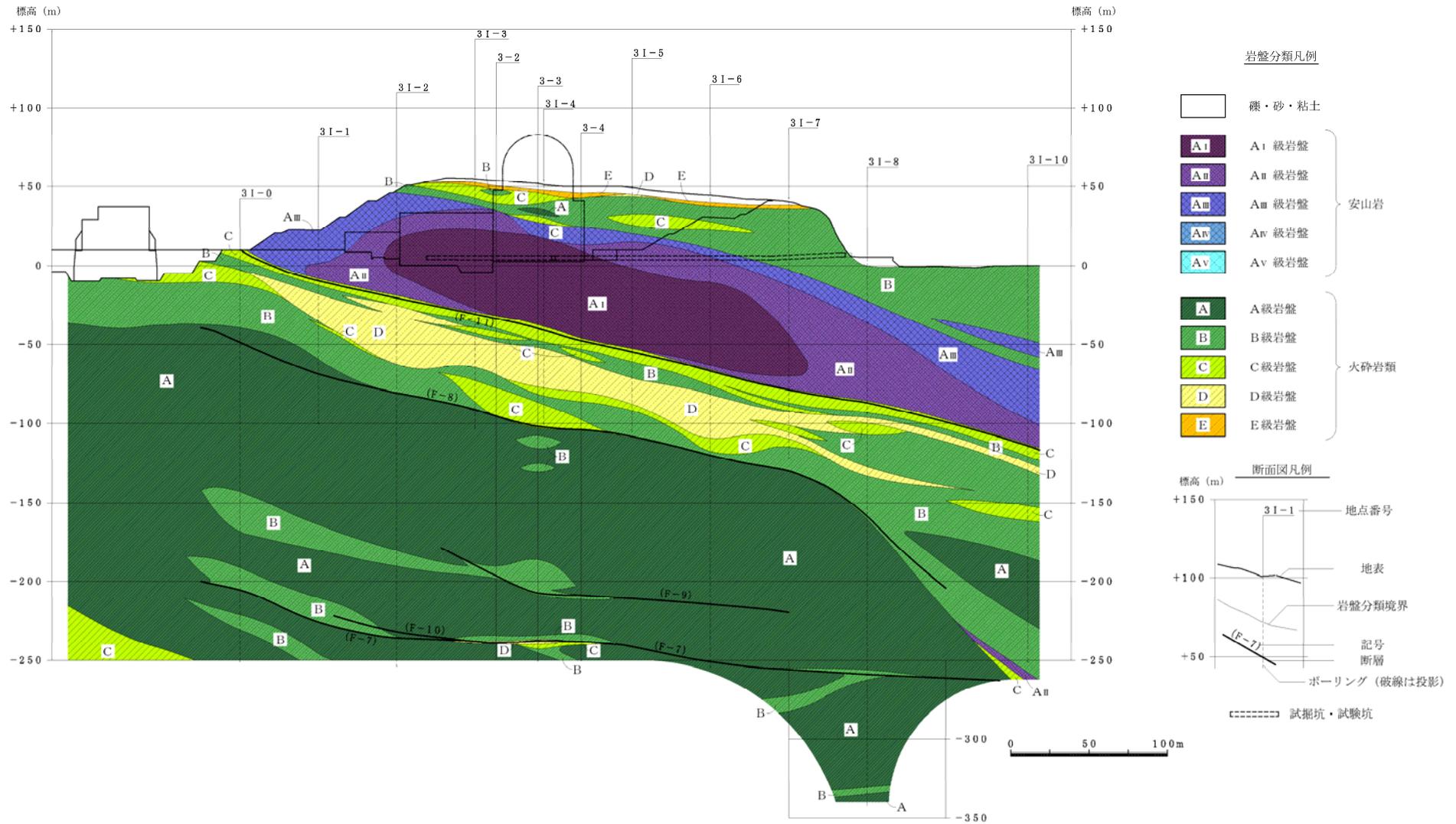
敷地鉛直岩盤分類図(1号及び2号炉X-X'断面)



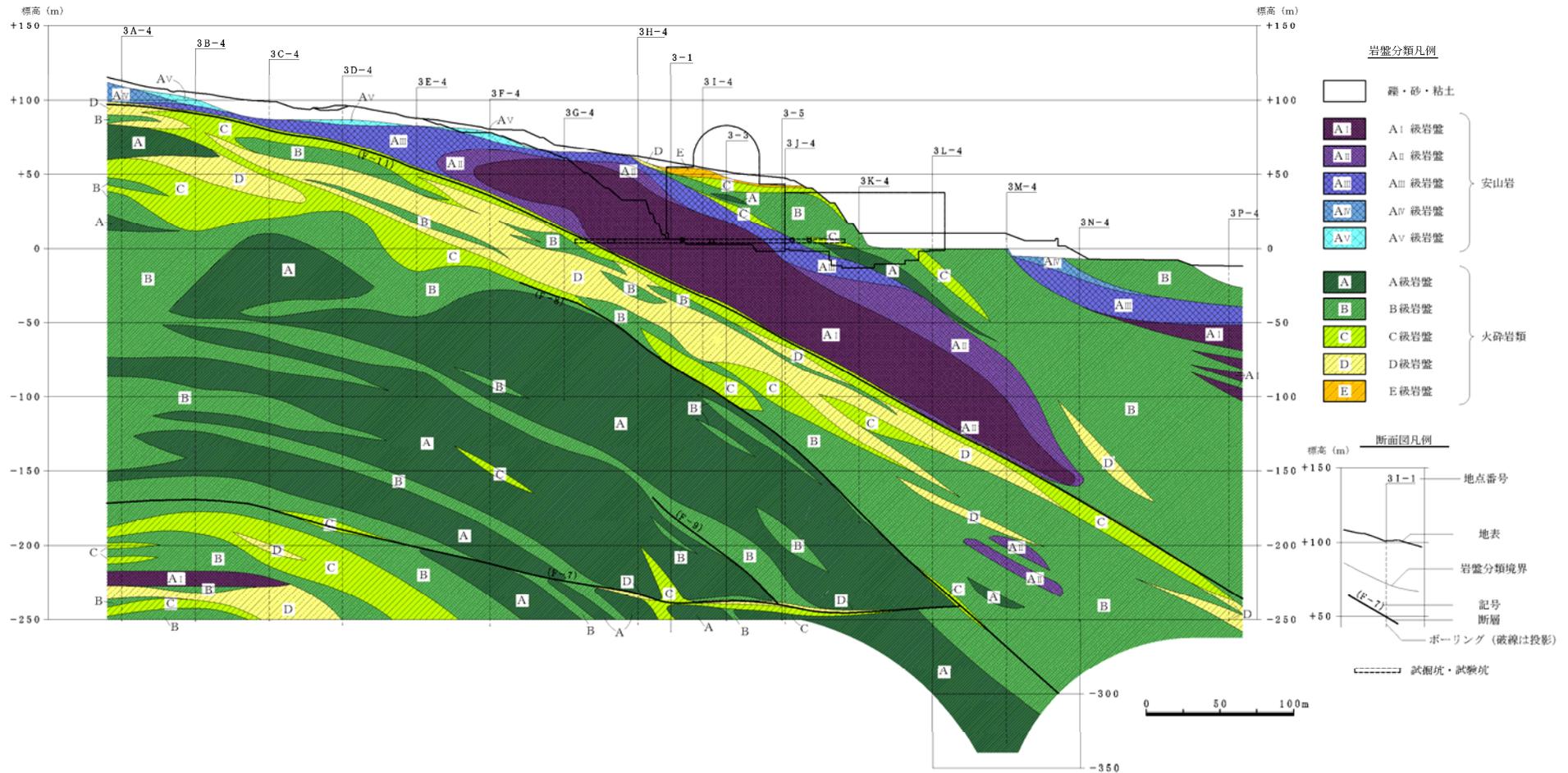
敷地鉛直岩盤分類図(1号炉Y_{1C}-Y_{1C'}断面)



敷地鉛直岩盤分類図(3号炉X-X'断面)



敷地鉛直岩盤分類図(3号炉Y-Y'断面)

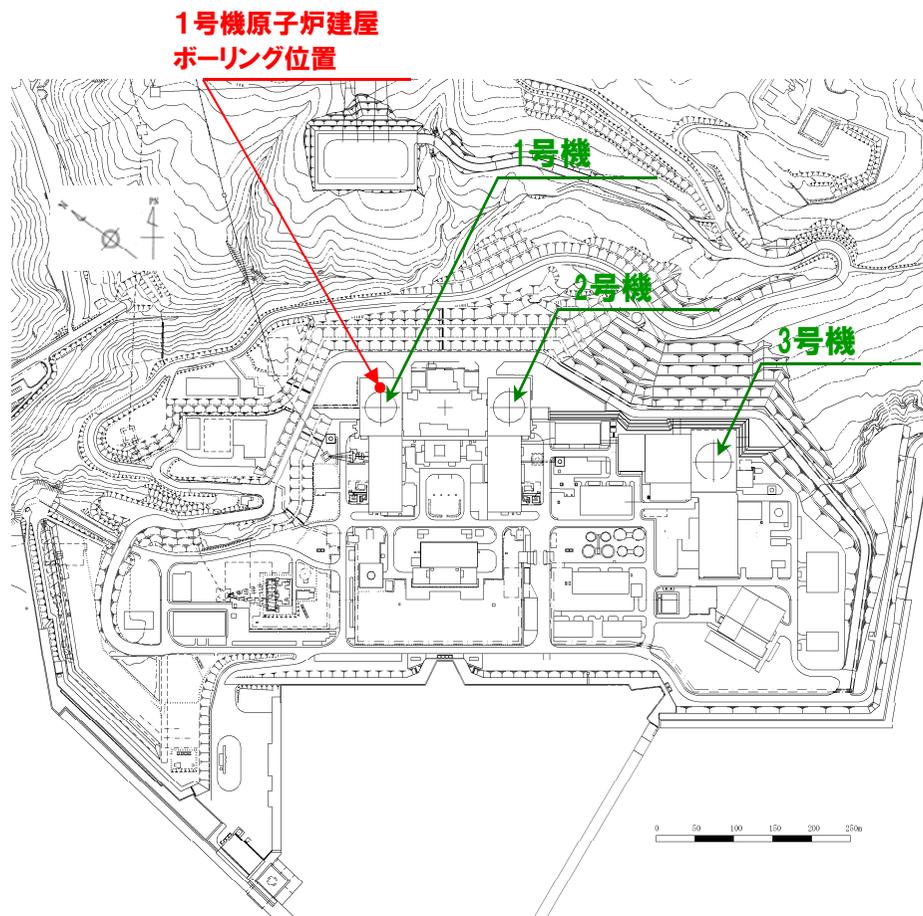


●3号炉側の地盤上部分布する安山岩(岩級A_I~A_{III})のS波速度は, A_I級1.8km/s, A_{II}級1.7km/s, A_{III}級1.4km/s程度である。

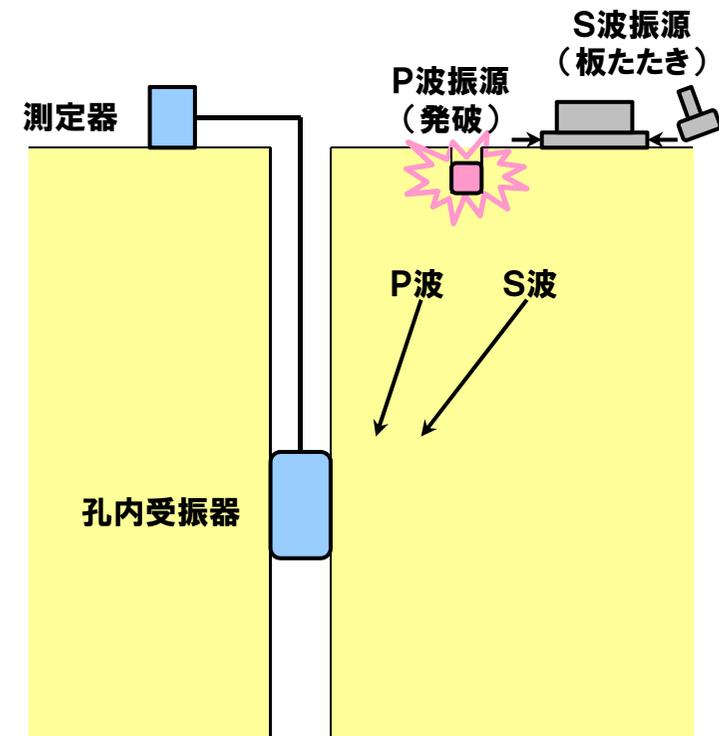
1. 2 1号機原子炉建屋PS検層結果

1号機原子炉建屋PS検層

- 1号機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。



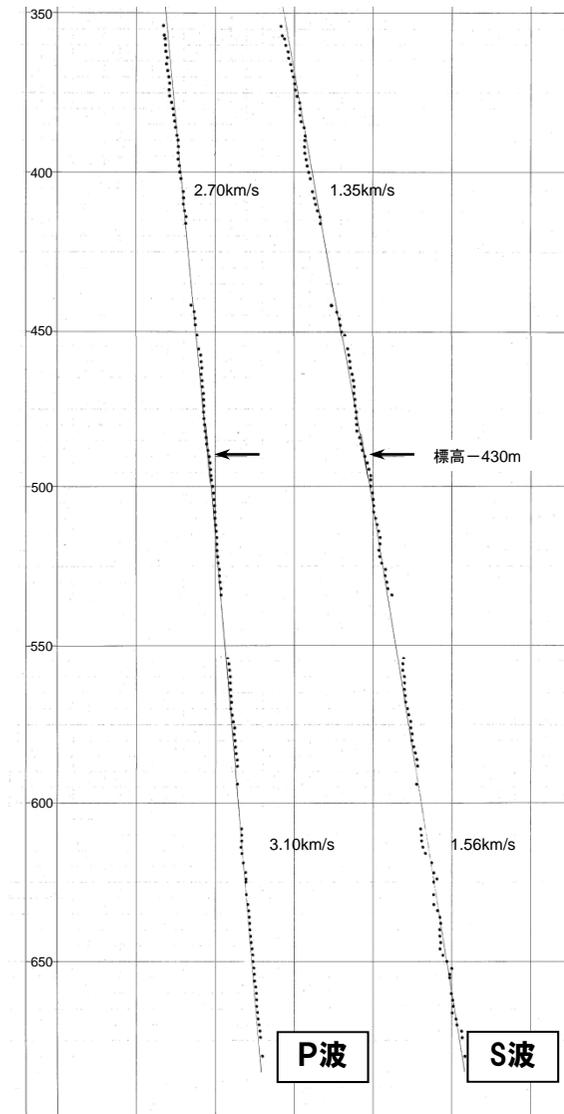
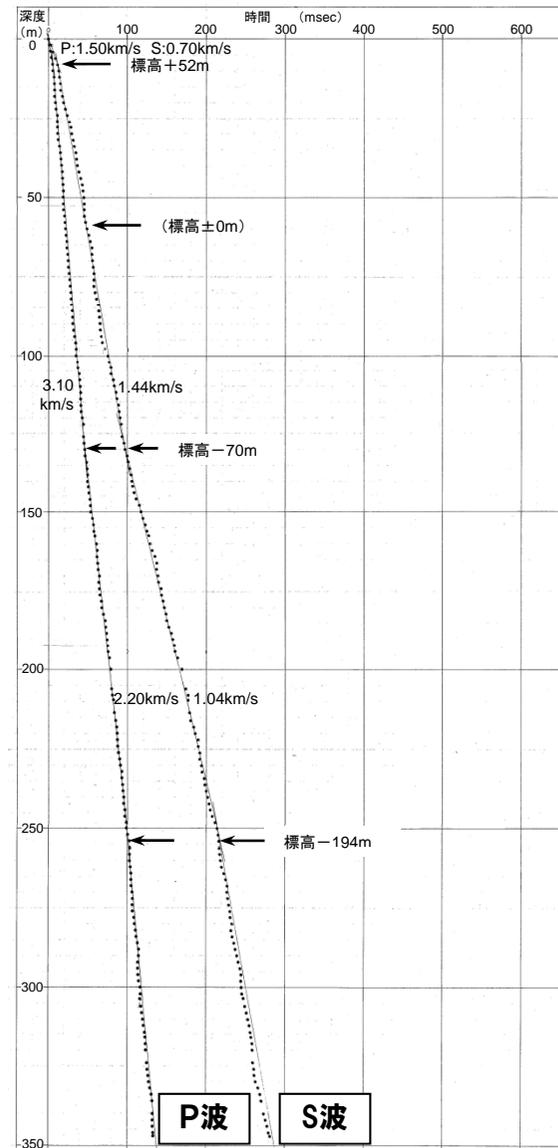
ボーリング位置図



PS検層模式図

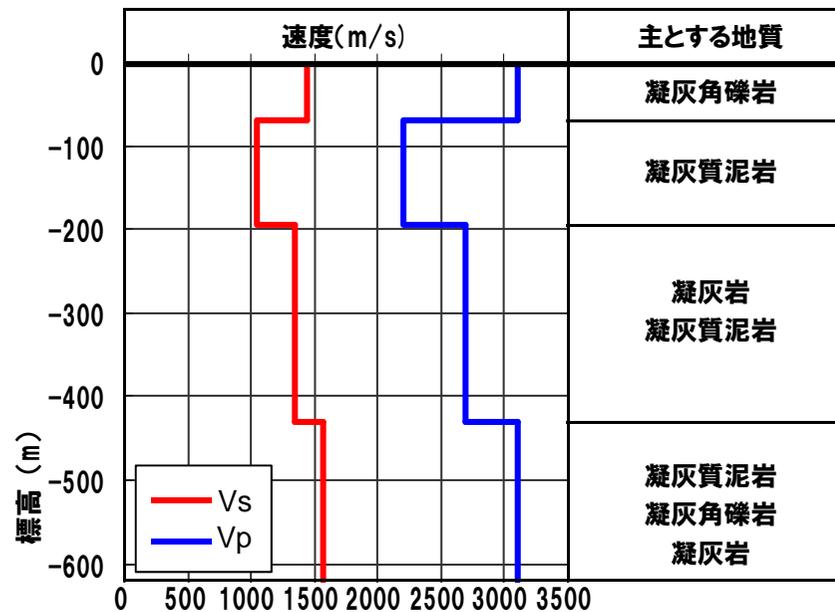
1.2 1号機原子炉建屋PS検層結果

1号機原子炉建屋PS検層結果(走時曲線)



1.2 1号機原子炉建屋PS検層結果

1号機原子炉建屋PS検層結果



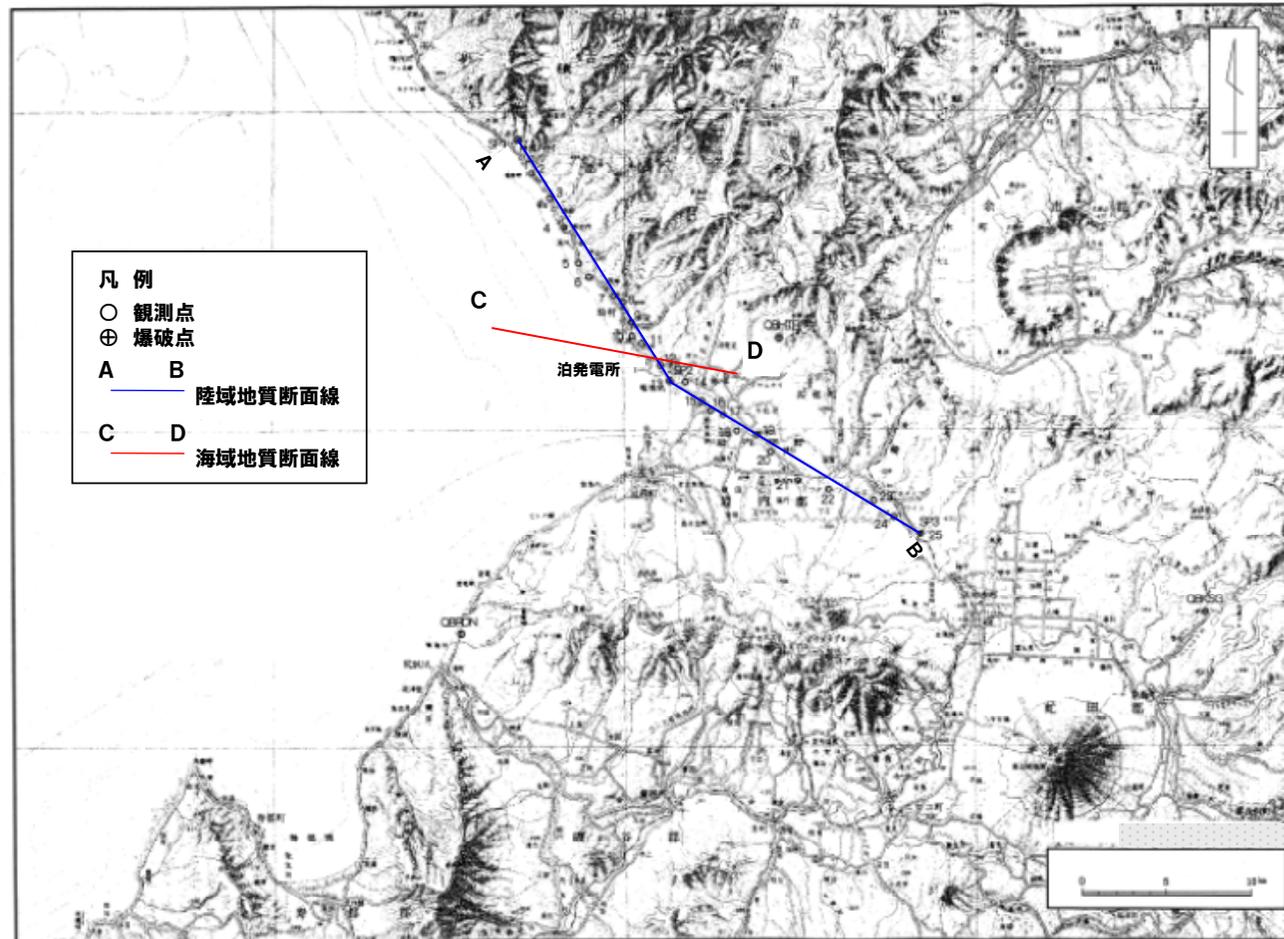
PS検層結果

- 標高-620m程度まではS波速度が約1.0km/s~1.6km/s程度の硬質な地盤である。
- 標高-430m~-620mのP波速度3.1km/sは、弾性波探査によるP波速度3.0km/s層(標高-990m以下)と整合している。

1.3 敷地周辺で実施した弾性波探査結果

敷地周辺で実施した弾性波探査

●泊発電所の敷地周辺においては、神恵内村神恵内から共和町小沢に至る陸域の測線に加え、敷地西方の海域で弾性波探査を行っている。

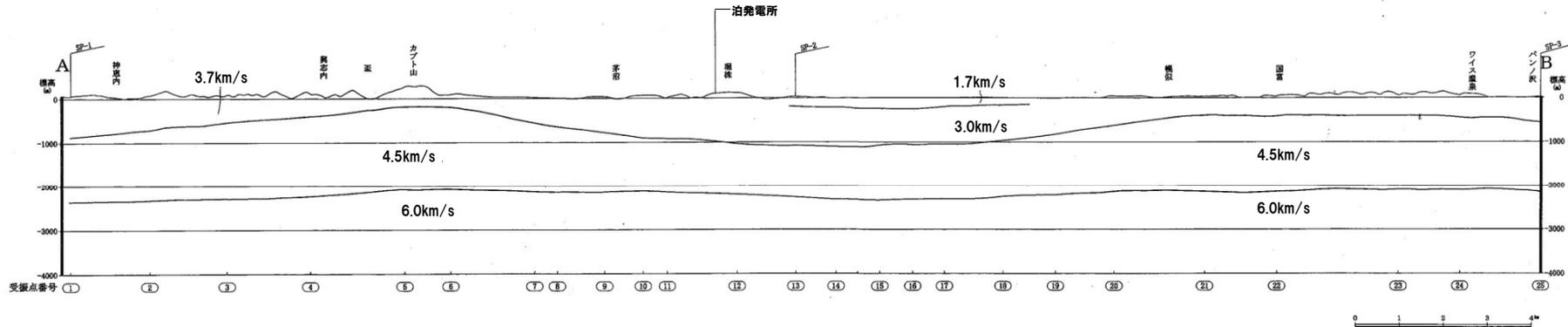


調査位置図

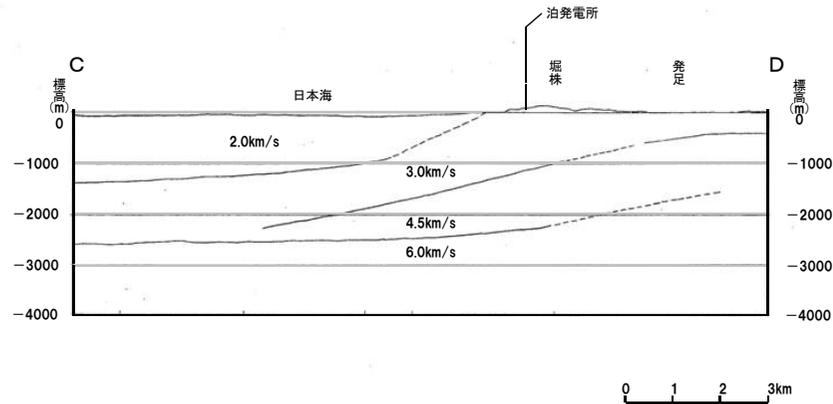
1.3 敷地周辺で実施した弾性波探査結果

敷地周辺で実施した弾性波探査結果(P波速度)

陸域(A-B)



海域(C-D)

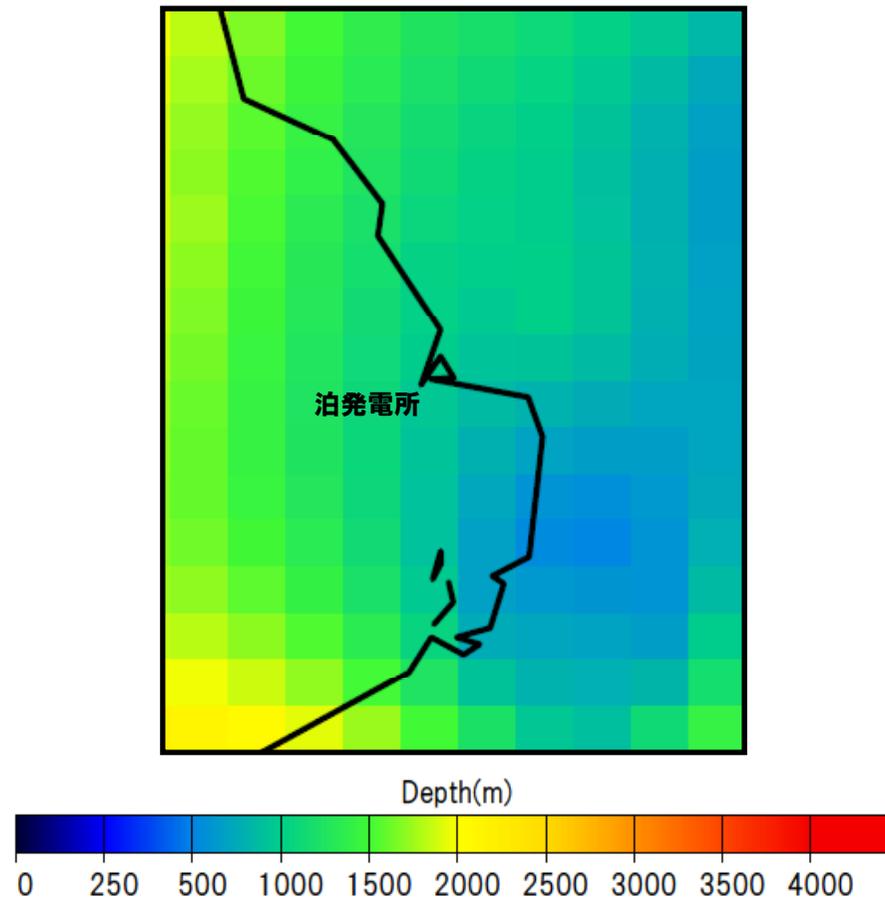


●標高-2200mで地震基盤とみなせるP波速度6.0km/sの層がみられる。

1.4 地下構造に関する調査結果のまとめ

- 地震基盤とみなせるP波速度6.0km/sの層は、敷地周辺では標高-2200m程度で大局的には平坦である。
- 敷地の地盤は、全体的にS波速度約1.0km/s以上の硬質な地盤である。
- 敷地は、凝灰角礫岩及び凝灰岩等を主体(3号炉側に一部安山岩が分布)とした地質構造であり、ほぼ海岸線に平行する走向で、海山方向へ傾斜する同斜構造となっている。
- 敷地地盤は硬質で、速度構造に極端なコントラストのある部分が存在していない。

これらを踏まえた敷地地盤の振動特性については、以降の地震観測記録を用いた検討により確認している。

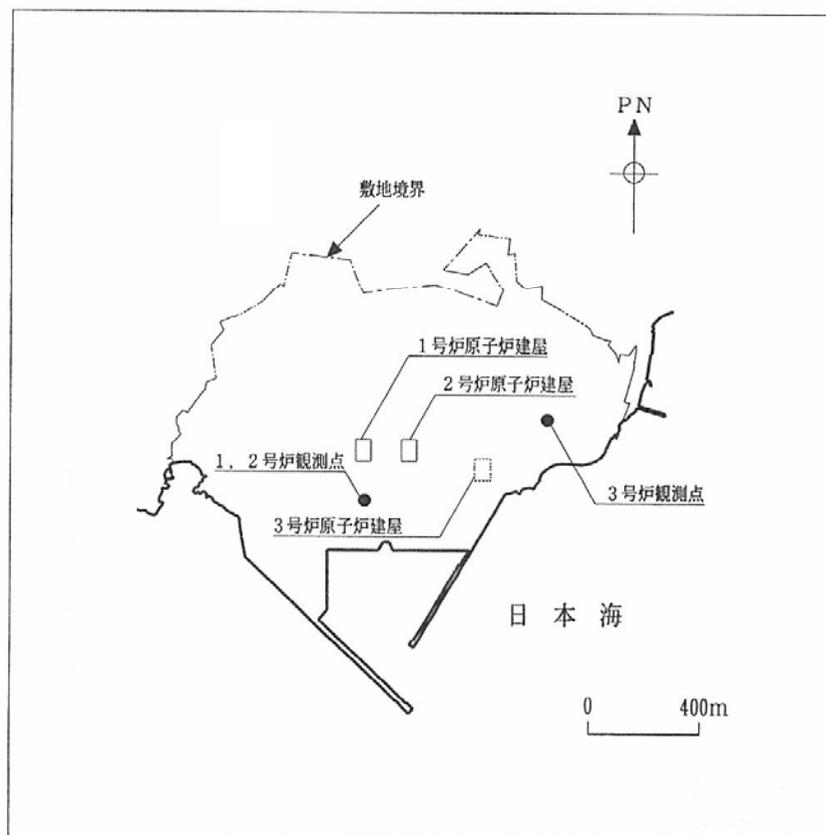
[参考]他機関のデータの確認**防災科学技術研究所データによる地震基盤面の深度**

- 防災科学技術研究所の地震ハザードステーション(J-SHIS)では、地震基盤面(S波速度3.1km/sの上面)の深度が公開されている。
- これによると、敷地周辺においては、基となるデータが限られているものではあるが、基盤面の顕著な変化はみられない。

- 敷地内の1, 2号炉側と3号炉側の2箇所において鉛直アレーによる地震観測を実施しており, これらの地震観測点で得られた地震観測記録を用いて敷地地盤の振動特性を検討した。
- ・地震観測記録の応答スペクトルとNoda et al.(2002)による応答スペクトルとの比較
- ・1, 2号炉側での鉛直アレー観測記録の応答スペクトル比による敷地地盤の増幅特性及び地震動の到来方向による影響の検討
- ・1, 2号炉側と3号炉側の地震観測記録の応答スペクトル比による増幅特性の相違等の検討

2.1 敷地地盤における地震観測

地震観測点



配置図

標高 (m)	1, 2号炉観測点		3号炉観測点	
	地震計	地層	地震計	地層
+ 64				
+ 56			○	第四系
+ 10				(安山岩)
+ 2.3	○	埋戻し土	○	
- 90	○	神恵内層	○	神恵内層
-250	○		○	

地震計の設置レベル

- 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。

2.1 敷地地盤における地震観測

地震観測装置の主な仕様

- 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。
- 収録装置更新に伴い, 1, 2号炉観測点及び3号炉観測点の仕様・設定を2009年より変更している。

種別	1, 2号炉観測点 (1988年～2008年)		1, 2号炉観測点 (2009年～)		3号炉観測点 (1997年～2008年)		3号炉観測点 (2009年～)	
	型式	仕様・設定	型式	仕様・設定	型式	仕様・設定	型式	仕様・設定
サーボ型 加速度計	JEP 5B (明石製作所)	測定範囲: 0.1Gal～2000Gal 感度: 3mv/Gal 周波数特性: 0.1～30Hz	左記の通り		SD-112-3P 3S 3 (勝島製作所)	測定範囲: 0.03Gal～1000Gal 感度: 10mv/Gal 周波数特性: 0.1～30Hz	左記の通り	
デジタル 収録装置	SAMTAC- 160D-72	サンプリング周波数設定: 200Hz 遅延時間設定: 5秒 トリガー設定: 標高-250m観測点 NS方向orEW方向で 0.5Gal以上 記録方法: 磁気テープ 時刻校正: ラジオ(NHK)の時報により 自動修正	SMAC- MDU	サンプリング周波数設定: 100Hz 遅延時間設定: 40秒(2011年まで60秒) トリガー設定: 標高-250m観測点 NS方向orEW方向or UD方向で0.5Gal以上 記録方法: メモ리카ード 時刻校正: GPSレシーバーにより 自動修正	Datol-150	サンプリング周波数設定: 200Hz 遅延時間設定: 20秒 トリガー設定: 標高-250m観測点 NS方向orEW方向or UD方向で0.5Gal以上 記録方法: メモ리카ード 時刻校正: GPSレシーバーにより 自動修正	AccuSEIS Omni	サンプリング周波数設定: 100Hz 遅延時間設定: 40秒(2011年まで60秒) トリガー設定: 標高-250m観測点 NS方向orEW方向or UD方向で0.5Gal以上 記録方法: メモ리카ード 時刻校正: GPSレシーバーにより 自動修正

2.1 敷地地盤における地震観測

観測地震の諸元

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)		最大加速度(Gal)	
				北緯	東経				1号機(標高+2.3m)	EW	3号機(標高+2.3m)	EW
1	1993年釧路沖地震	1993.1.15	20:06:07	42.920	144.353	101	7.5	313	10.902	5.398	-	-
2	1993年北海道南西沖地震	1993.7.12	22:17:11	42.782	139.180	35	7.8	113	48.743	53.553	-	-
3	積丹半島北西沖	1993.7.12	23:01:49	43.135	139.533	37	4.7	81	1.072	1.715	-	-
4	積丹半島北西沖	1993.7.12	23:04:24	43.022	139.457	35	5.4	86	5.070	10.590	-	-
5	北海道南西沖	1993.7.13	03:10:55	42.665	139.245	22	4.7	111	0.543	0.943	-	-
6	北海道南西沖	1993.7.13	03:17:20	42.930	139.360	32	4.8	95	0.672	1.035	-	-
7	北海道南西沖	1993.7.13	03:25:56	42.887	139.232	20	4.8	106	1.769	1.542	-	-
8	北海道南西沖	1993.7.13	04:50:06	42.838	139.310	1	4.3	101	0.585	0.945	-	-
9	積丹半島北西沖	1993.7.13	05:54:40	43.093	139.327	6	4.5	97	1.158	1.493	-	-
10	北海道南西沖	1993.7.13	06:46:52	42.692	139.320	26	4.4	105	0.762	0.651	-	-
11	積丹半島北西沖	1993.7.13	07:34:15	43.012	139.517	28	4.1	81	0.857	1.627	-	-
12	北海道南西沖	1993.7.13	10:16:49	42.872	139.475	1	4.4	87	1.121	1.250	-	-
13	北海道南西沖	1993.7.13	14:32:52	42.613	139.240	24	4.2	114	0.763	1.001	-	-
14	北海道南西沖	1993.7.13	16:48:53	41.958	139.375	30	3.8	152	0.230	0.223	-	-
15	北海道南西沖	1993.7.13	21:36:25	42.683	139.412	3	5.2	98	2.510	4.967	-	-
16	北海道南西沖	1993.7.14	00:25:18	42.865	139.223	29	4.7	107	1.411	1.699	-	-
17	北海道南西沖	1993.7.14	17:18:27	42.933	139.300	32	4.4	100	0.836	1.394	-	-
18	積丹半島北西沖	1993.7.14	17:21:41	43.048	139.287	22	3.9	100	0.599	0.919	-	-
19	積丹半島北西沖	1993.7.15	02:34:17	43.055	139.323	31	3.7	97	0.773	1.440	-	-
20	北海道南西沖	1993.7.15	11:01:26	42.430	139.308	29	4.7	119	1.496	1.171	-	-
21	積丹半島北西沖	1993.7.15	11:47:29	43.082	139.263	32	4.3	102	1.764	3.842	-	-
22	積丹半島北西沖	1993.7.15	12:12:42	43.262	139.380	31	5.0	96	0.822	1.133	-	-
23	積丹半島北西沖	1993.7.16	04:36:10	43.238	139.355	36	4.3	97	0.711	0.774	-	-
24	北海道南西沖	1993.7.16	04:37:36	42.647	139.128	16	5.3	121	0.761	0.961	-	-
25	積丹半島北西沖	1993.7.16	21:55:02	43.008	139.405	38	3.8	90	1.792	3.865	-	-
26	北海道南西沖	1993.7.24	02:22:40	42.990	139.278	27	3.6	101	0.821	1.262	-	-
27	北海道南西沖	1993.7.25	03:46:54	42.498	139.330	35	4.6	114	1.006	1.058	-	-
28	1993年北海道南西沖地震最大余震	1993.8.8	04:42:43	41.958	139.882	24	6.3	131	6.597	5.369	-	-
29	1994年北海道東方沖地震	1994.10.4	22:22:56	43.375	147.673	28	8.2	581	4.277	4.637	-	-
30	1999年積丹半島北西沖	1999.3.15	18:44:54	43.416	139.177	28	4.5	116	1.842	1.472	0.464	0.206
31	根室半島沖	2000.1.28	23:21:08	43.008	146.744	59	7.0	506	1.524	1.189	1.179	1.262
32	青森県東方沖	2001.8.14	05:11:24	40.995	142.436	38	6.4	277	0.967	0.841	-	-
33	宮城県沖	2003.5.26	18:24:33	38.821	141.651	72	7.1	478	1.068	1.285	-	-
34	2003年十勝沖地震	2003.9.26	04:50:07	41.779	144.078	45	8.0	324	6.807	7.943	8.636	7.544
35	十勝沖	2003.9.26	06:08:01	41.710	143.691	21	7.1	299	2.910	2.687	3.284	3.343
36	十勝支庁南部	2004.6.11	03:12:10	42.322	143.131	48	5.2	228	0.685	0.591	-	-
37	釧路沖	2004.11.29	03:32:14	42.946	145.275	48	7.1	387	-	-	3.790	6.024
38	根室半島南東沖	2004.12.6	23:15:11	42.848	145.343	46	6.9	393	-	-	6.020	3.873
39	留萌支庁南部	2004.12.14	14:56:10	44.077	141.700	9	6.1	150	1.282	1.592	1.145	1.220
40	釧路沖	2005.1.18	23:09:06	42.876	145.007	50	6.4	366	1.254	1.187	1.320	0.991
41	宮城県沖	2005.8.16	11:46:25	38.150	142.278	42	7.2	563	0.742	0.694	-	-
42	北海道西方沖	2005.12.13	06:01:37	43.209	139.414	29	5.5	91	-	-	1.494	2.231
43	北海道南西沖	2010.3.30	10:02:51	43.192	138.578	25	5.8	158	1.773	2.633	0.864	0.762
44	東北地方太平洋沖地震	2011.3.11	14:46:18	38.103	142.860	24	9.0	583	2.520	2.020	2.390	1.920
45	三陸沖地震	2011.3.11	15:06:10	39.042	142.397	27	6.4	470	1.420	1.110	1.250	0.980
46	岩手県沖地震	2011.6.23	06:50:50	39.947	142.590	36	6.9	384	0.970	0.710	1.180	0.870
47	宮城県沖	2011.4.7	23:32:43	38.203	141.920	66	7.2	550	-	-	0.852	0.668
48	三陸沖	2011.7.10	09:57:07	38.032	143.507	34	7.3	611	0.396	0.313	-	-
49	十勝地方南部	2012.8.25	23:16:17	42.327	143.110	49	6.1	227	1.160	0.790	0.897	1.280
50	三陸沖	2012.12.7	17:18:30	38.018	143.867	49	7.3	625	-	-	0.769	0.684
51	十勝地方南部	2013.2.2	23:17:35	42.702	143.227	102	6.5	223	1.233	1.126	0.985	1.006

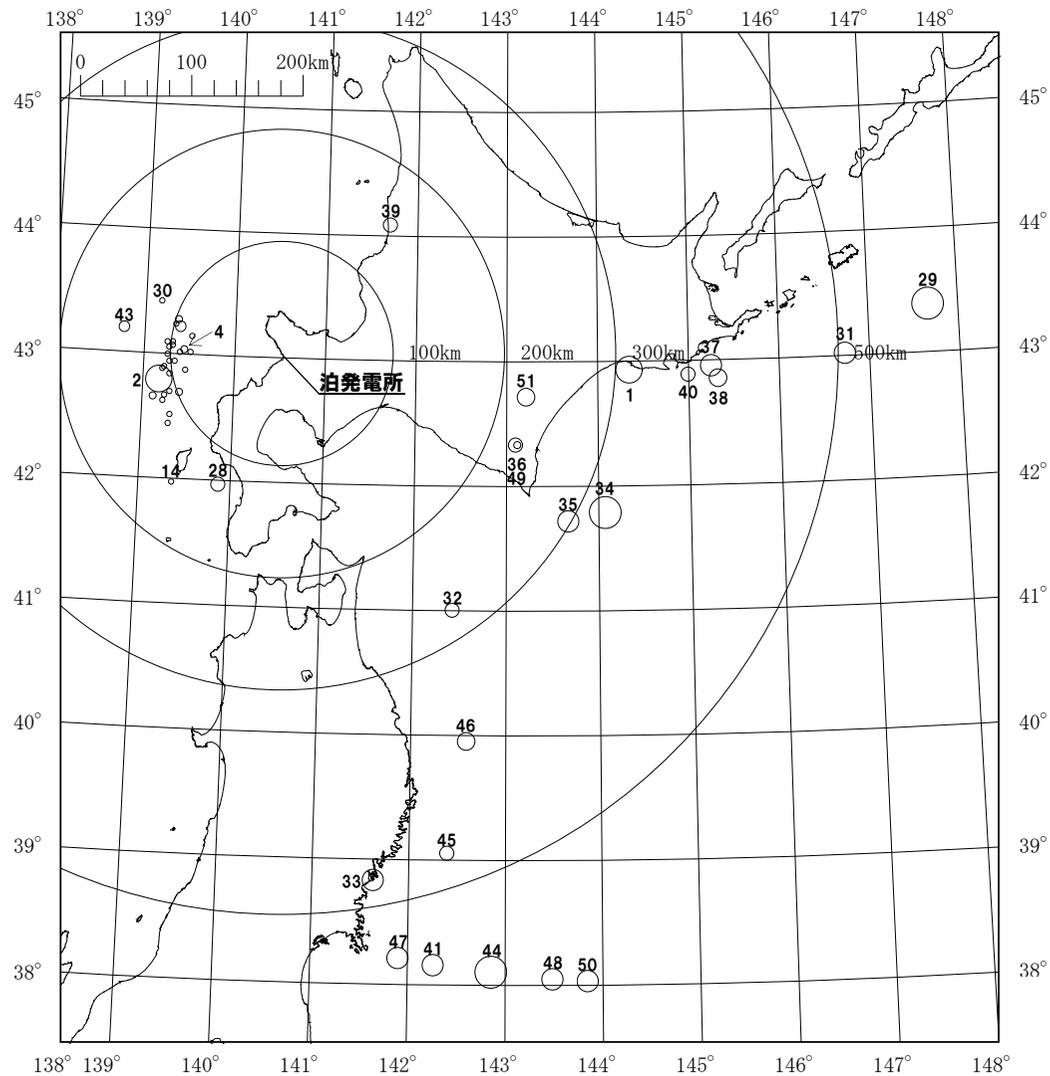
●これまでに泊発電所において観測された地震は、51地震である。

●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。

※ 地震の諸元は気象庁地震カタログ

2.1 敷地地盤における地震観測

観測地震の震央分布図

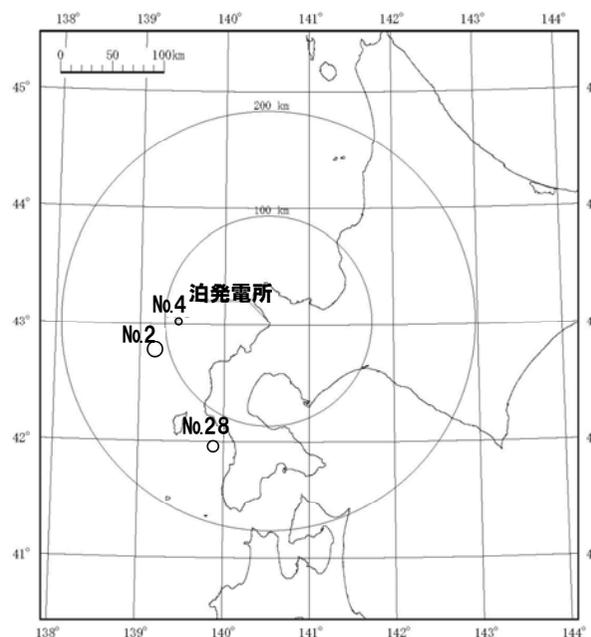


2.2 敷地地盤の振動特性

●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の諸元、観測記録を以降に示す。

観測地震の諸元

No.	年月日	震央位置		深さ (km)	マグニ チュード M	震央 距離 (km)	地名 (地震名)
		東経(°)	北緯(°)				
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)

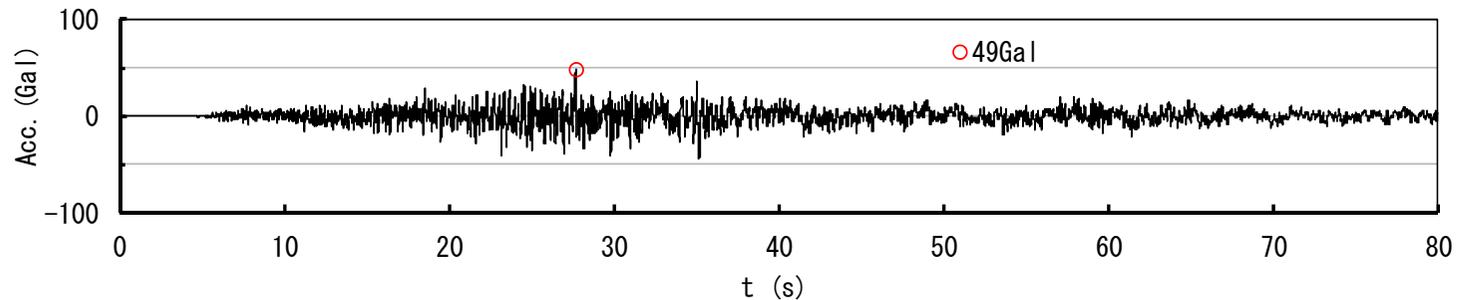


※ 1, 2号炉観測点で観測
 ※ 地震の諸元は気象庁地震カタログ

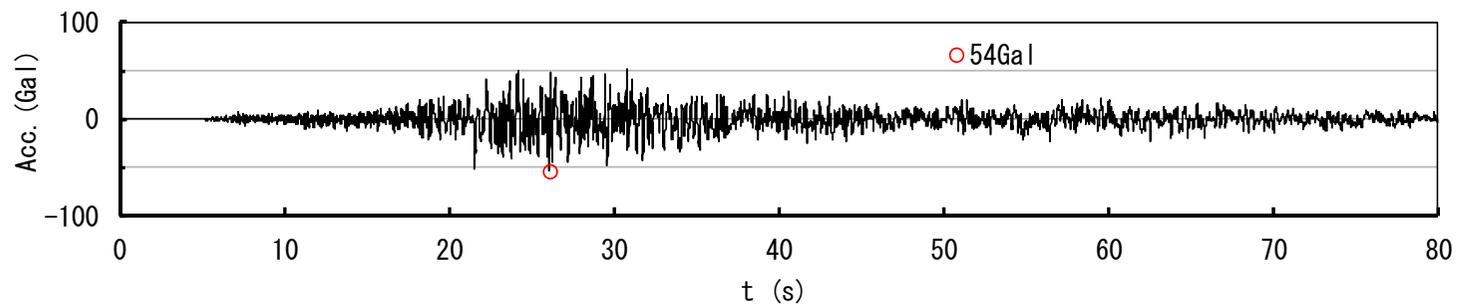
2.2 敷地地盤の振動特性

1993年北海道南西沖地震 観測記録の時刻歴波形(標高+2.3m)

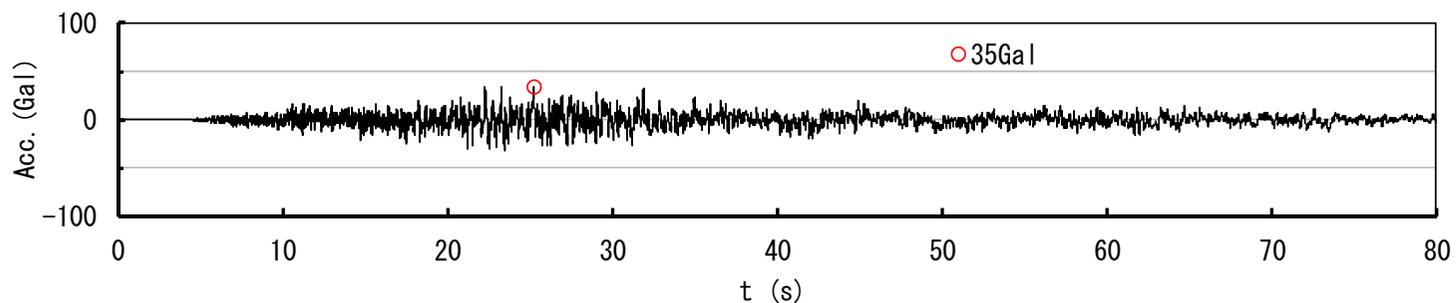
NS方向



EW方向



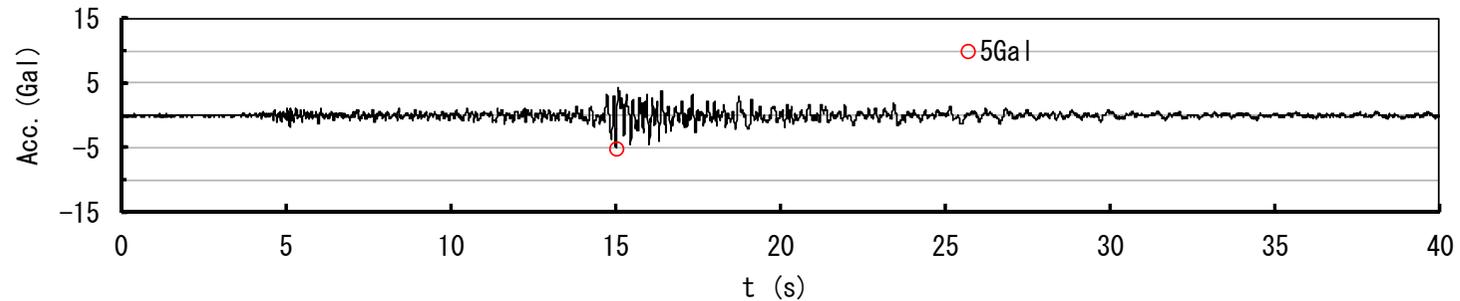
UD方向



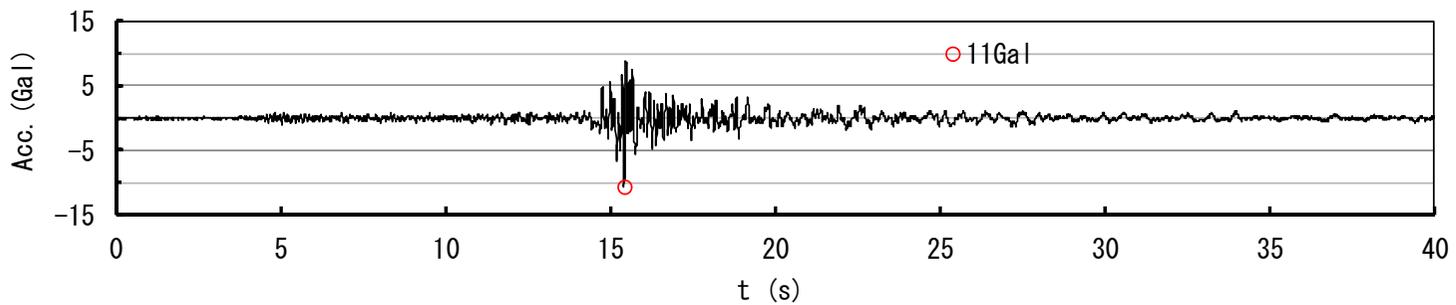
2.2 敷地地盤の振動特性

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)

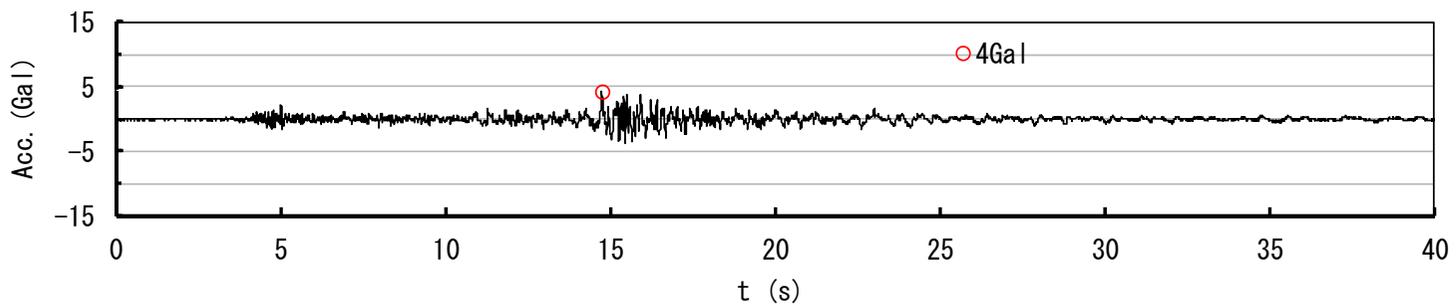
NS方向



EW方向



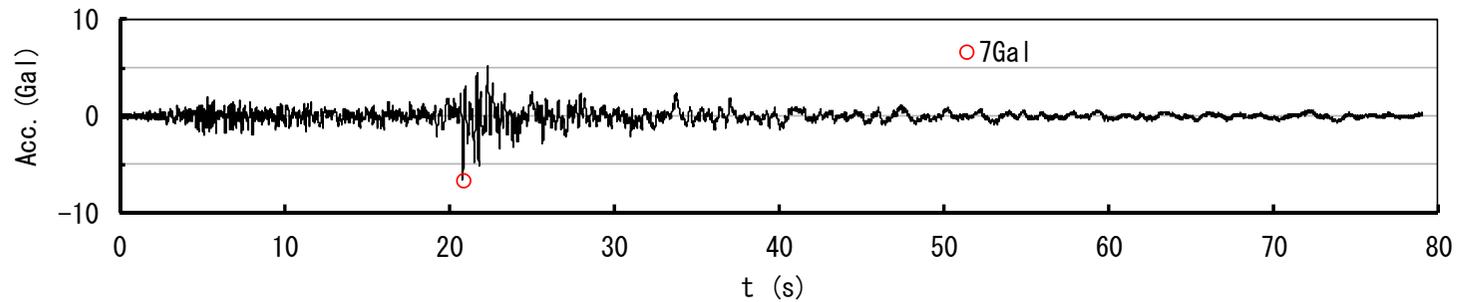
UD方向



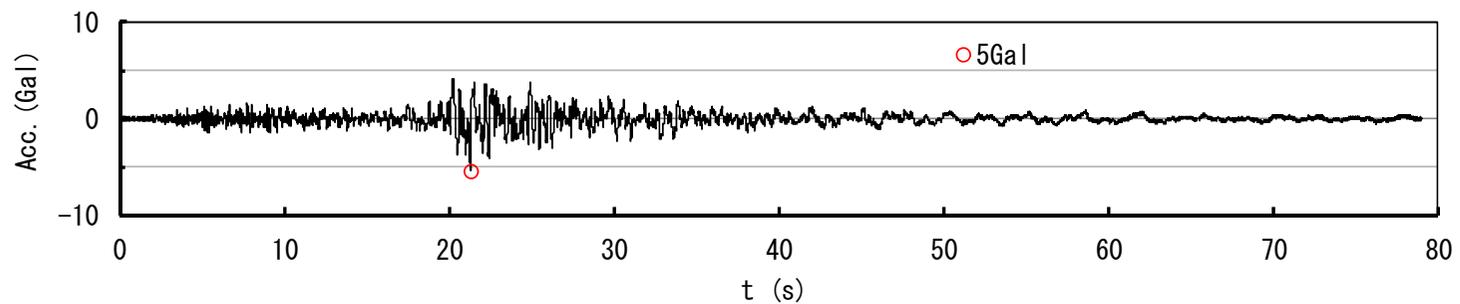
2.2 敷地地盤の振動特性

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)

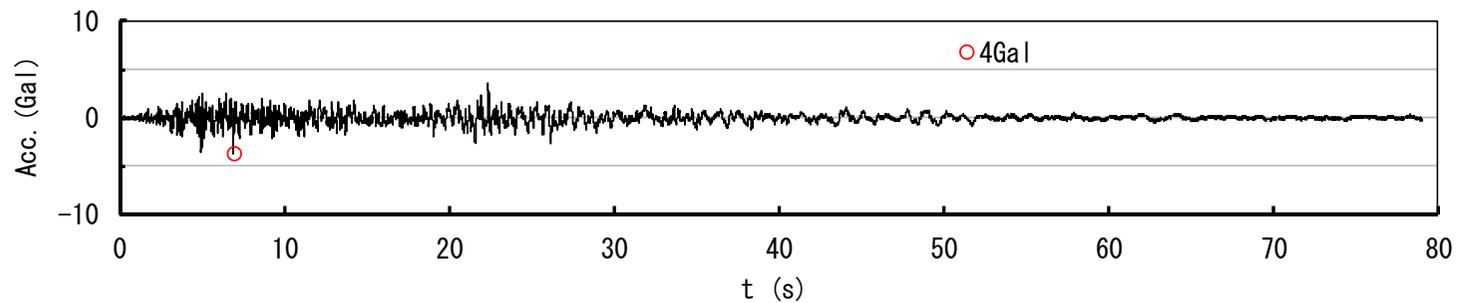
NS方向



EW方向

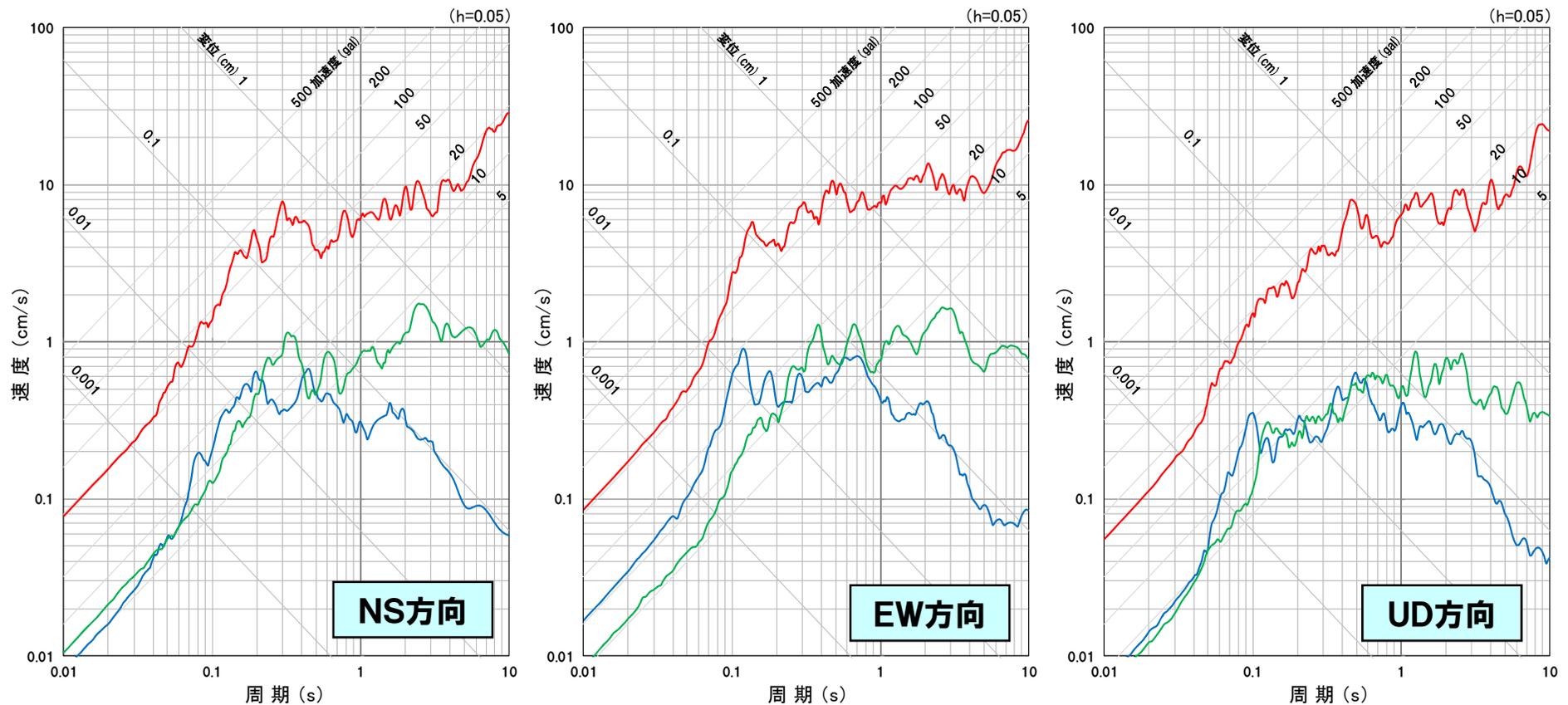


UD方向



2.2 敷地地盤の振動特性

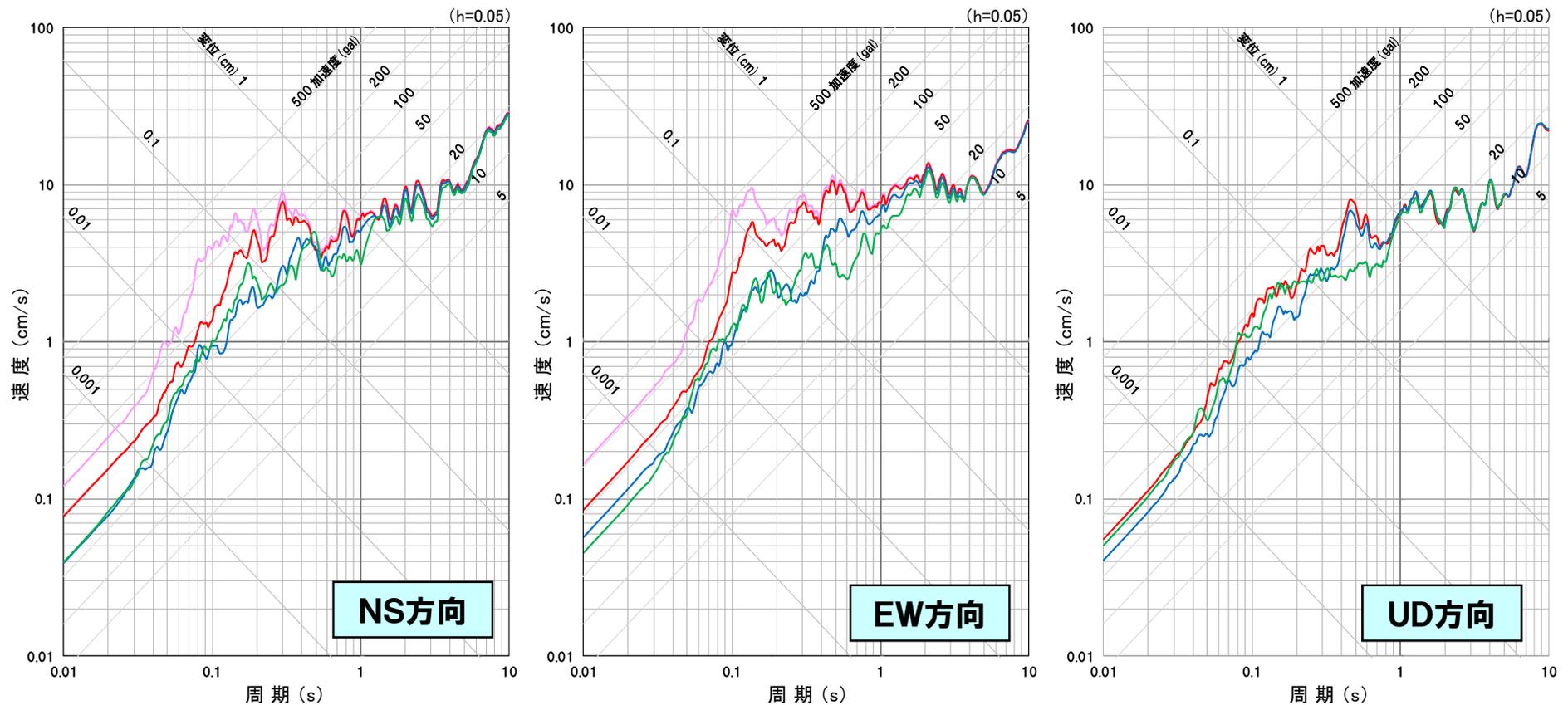
観測記録の応答スペクトル(標高+2.3m)



- 1993年北海道南西沖地震 (M7.8, $\Delta=113\text{km}$)
- 1993年北海道南西沖地震・余震 (M5.4, $\Delta=86\text{km}$)
- 1993年北海道南西沖地震・最大余震 (M6.3, $\Delta=131\text{km}$)

● 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。

2.2 敷地地盤の振動特性

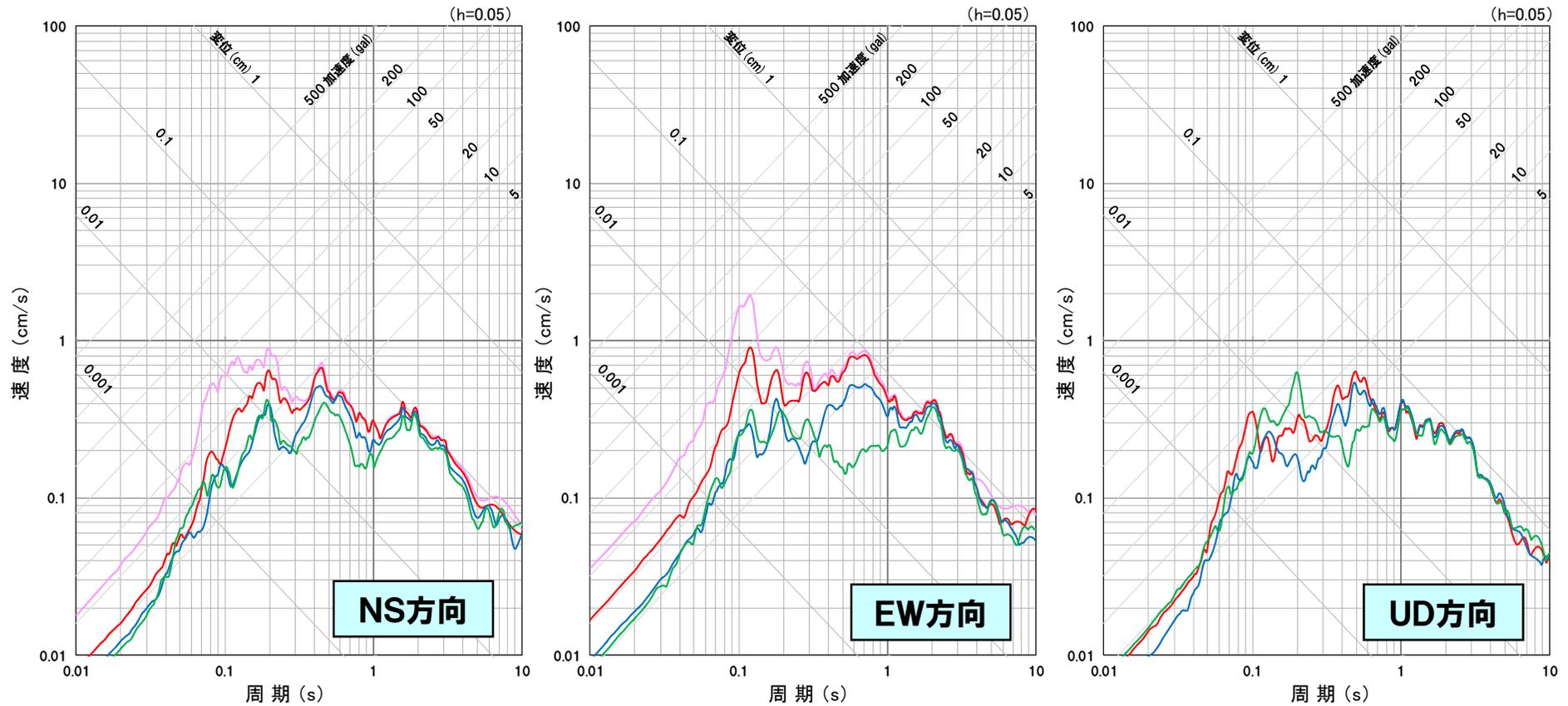
深度別の観測記録の応答スペクトル 1993年北海道南西沖地震(M7.8, $\Delta = 113\text{km}$)1993年北海道南西沖地震 (M7.8, $\Delta = 113\text{km}$)

- 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。

2.2 敷地地盤の振動特性

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)



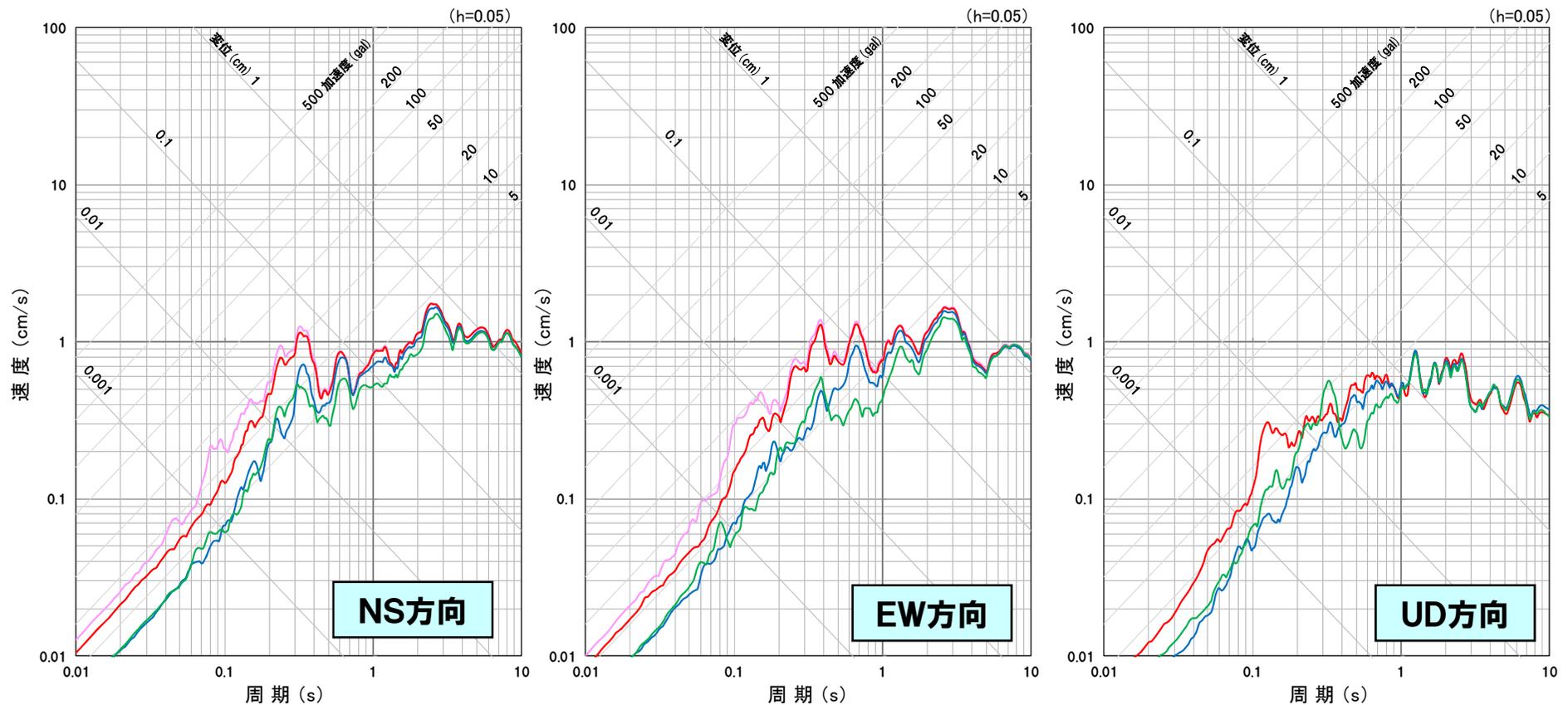
1993年北海道南西沖地震・余震 (M5.4, Δ=86km)

- 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。

2.2 敷地地盤の振動特性

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, $\Delta = 131\text{km}$)



1993年北海道南西沖地震・最大余震 (M6.3, $\Delta = 131\text{km}$)

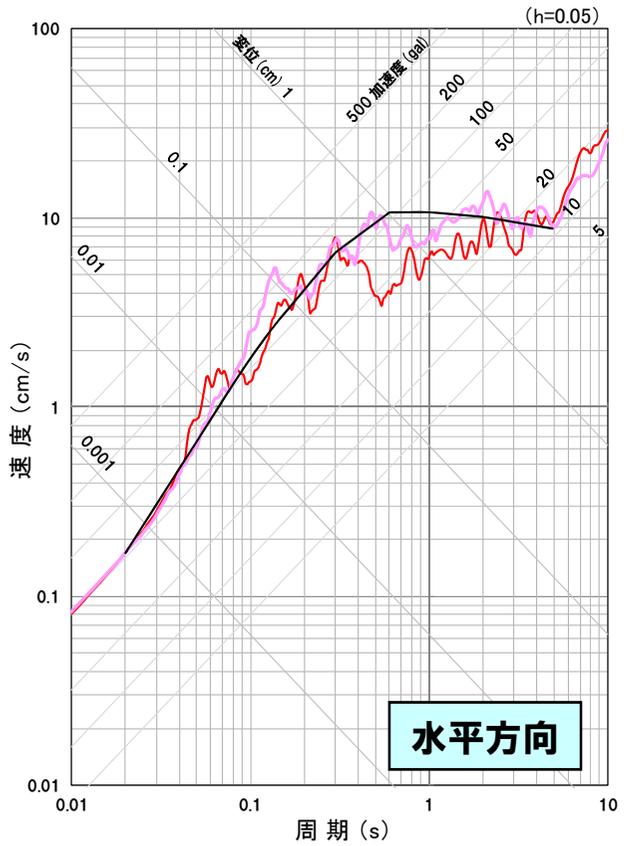
- 標高 - 250m
- 標高 - 90m
- 標高 + 2.3m
- 標高 + 10m

● 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。

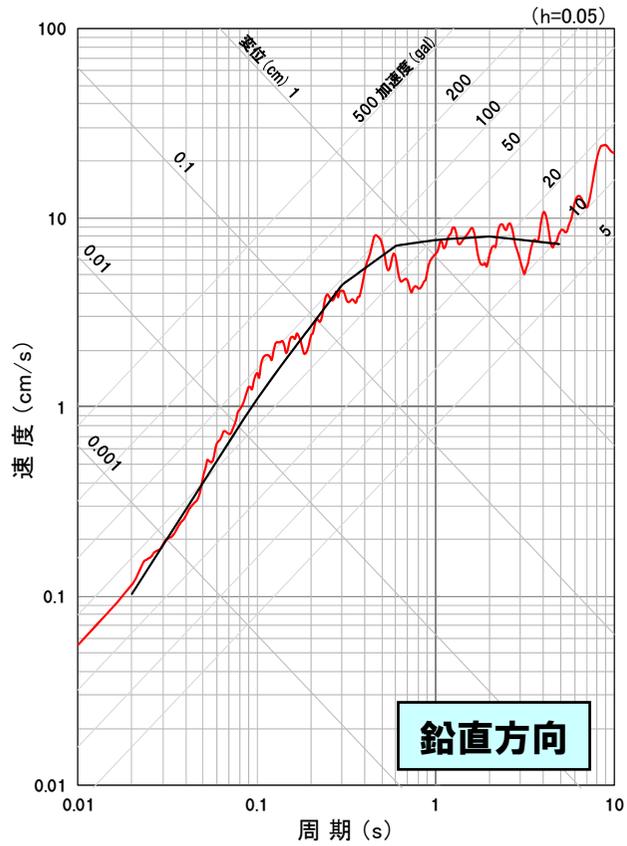
2.2 敷地地盤の振動特性

●1993年北海道南西沖地震及びその余震, 最大余震について, 標高±0mから上部の影響を取り除いた応答スペクトルとNoda et al.(2002)による応答スペクトルとの比較を実施した。

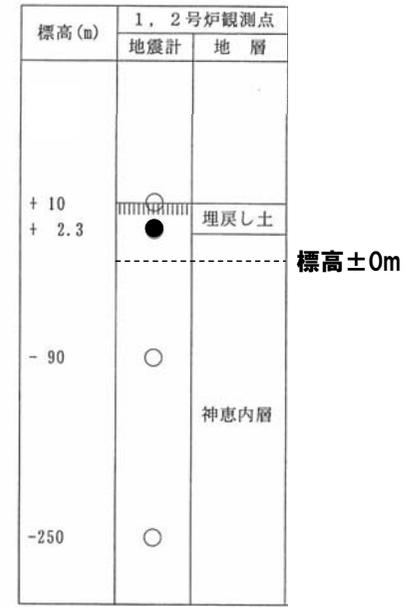
Noda et al.(2002)との応答スペクトルの比較 1993年北海道南西沖地震(M7.8, Δ=113km)



1993年北海道南西沖地震(M7.8, Δ=113km)
 — 標高±0m(NS方向)※1
 — 標高±0m(EW方向)※1
 — Noda et al.(2002)※2



1993年北海道南西沖地震(M7.8, Δ=113km)
 — 標高±0m(UD方向)※1
 — Noda et al.(2002)※2

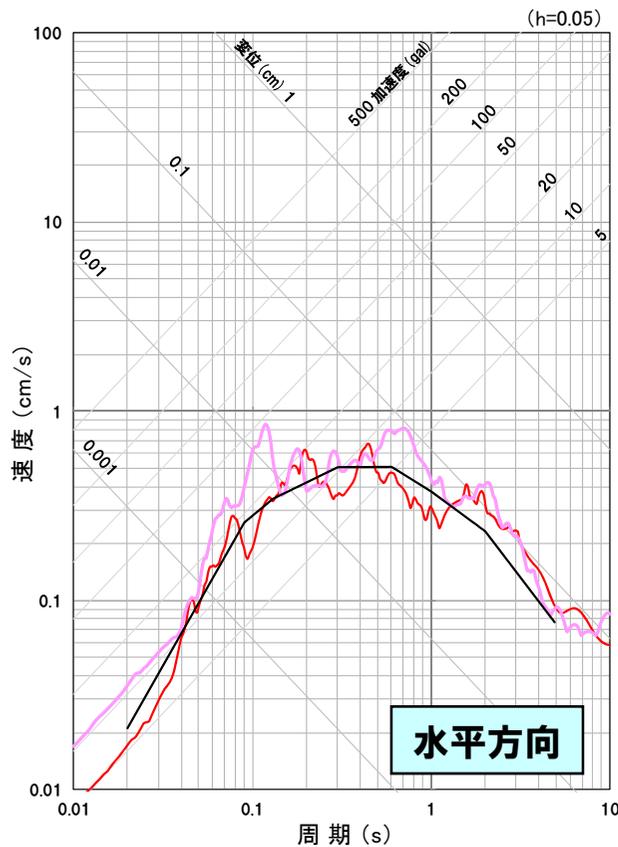


※1 標高±0mより上部の地盤の影響を取り除いた応答スペクトル
 ※2 Noda et al.(2002)による応答スペクトルは, Vs=1.4km/s, Vp=2.7km/sとして算定

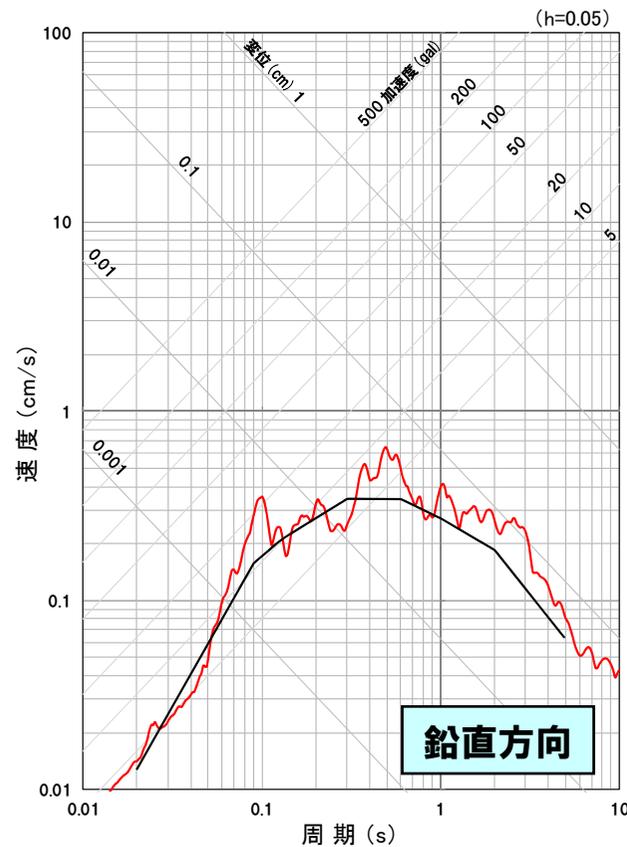
●Noda et al.(2002)による応答スペクトルと概ね同様の傾向にある。

2.2 敷地地盤の振動特性

Noda et al.(2002)との応答スペクトルの比較 1993年北海道南西沖地震・余震(M5.4, Δ=86km)



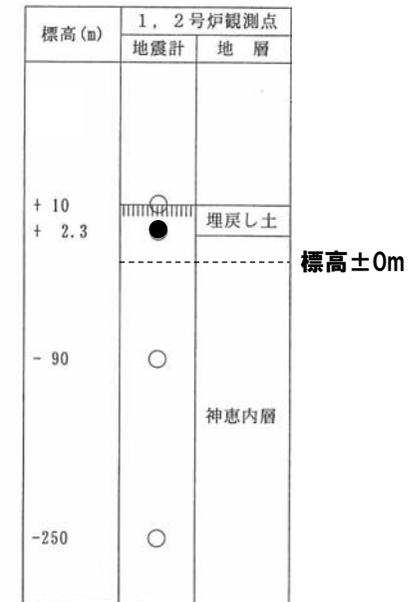
水平方向



鉛直方向

1993年北海道南西沖地震・余震(M5.4, Δ=86km)
 〓 標高±0m(NS方向)※1
 〓 標高±0m(EW方向)※1
 〓 Noda et al.(2002)※2

1993年北海道南西沖地震・余震(M5.4, Δ=86km)
 〓 標高±0m(UD方向)※1
 〓 Noda et al.(2002)※2

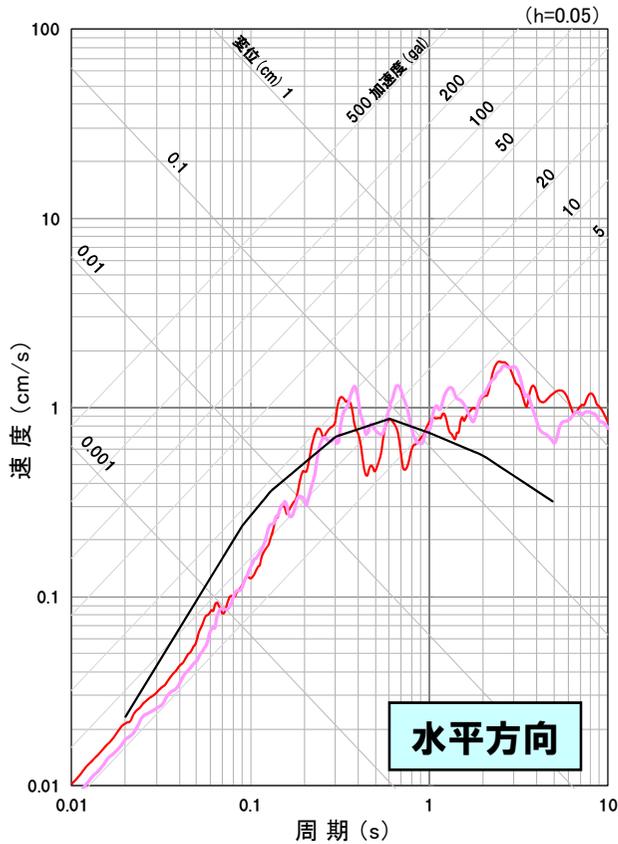


※1 標高±0mより上部の地盤の影響を取り除いた応答スペクトル
 ※2 Noda et al.(2002)による応答スペクトルは、Vs=1.4km/s, Vp=2.7km/sとして算定

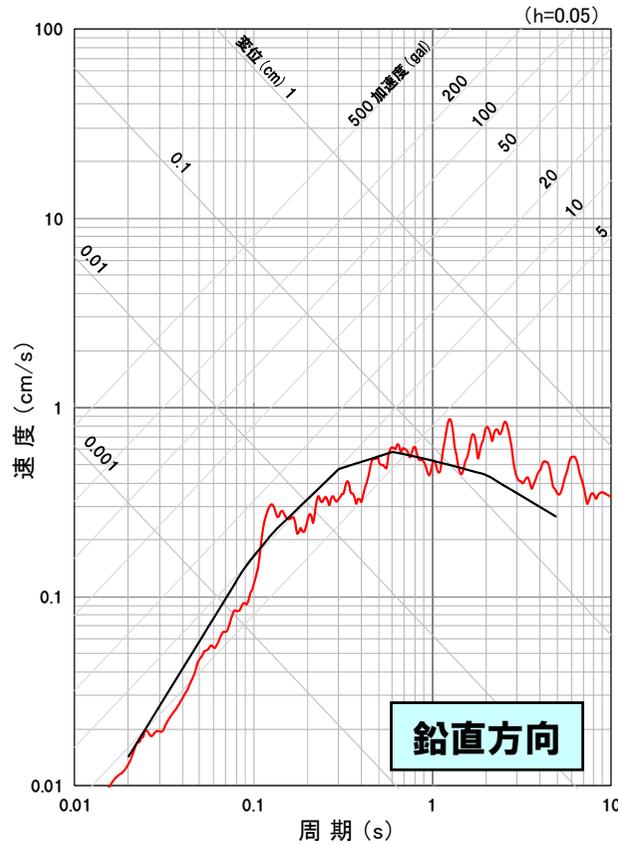
●Noda et al.(2002)による
 応答スペクトルと概ね同様の
 傾向にある。

2. 地震観測記録を用いた検討 2.2 敷地地盤の振動特性

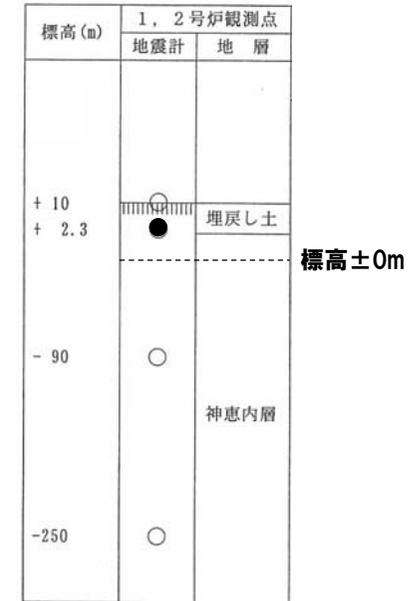
Noda et al.(2002)との応答スペクトルの比較 1993年北海道南西沖地震・最大余震(M6.3, Δ=131km)



1993年北海道南西沖地震・最大余震
(M6.3, Δ=131km)
 — 標高±0m(NS方向)※1
 — 標高±0m(EW方向)※1
 — Noda et al.(2002)※2



1993年北海道南西沖地震・最大余震
(M6.3, Δ=131km)
 — 標高±0m(UD方向)※1
 — Noda et al.(2002)※2



※1 標高±0mより上部の地盤の影響を取り除いた応答スペクトル
 ※2 Noda et al.(2002)による応答スペクトルは、Vs=1.4km/s, Vp=2.7km/sとして算定

●Noda et al.(2002)による
 応答スペクトルと概ね同様の
 傾向にある。

2.2 敷地地盤の振動特性

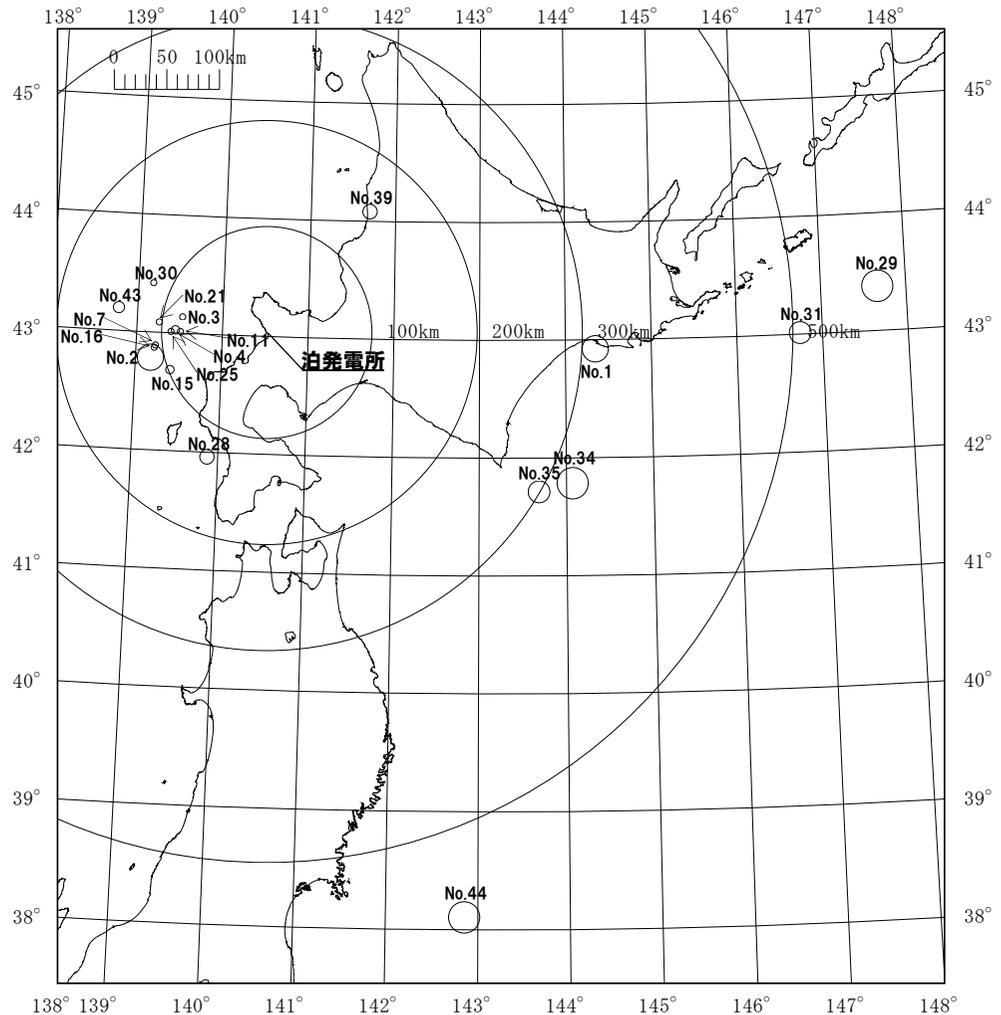
●1, 2号炉観測点で観測された地震記録を用いて、標高+2.3mと標高-250mの応答スペクトルの比により、敷地地盤の増幅特性を検討した。

検討対象地震の諸元

No.	地名または地震名	震源深さ (km)	M	震央距離 (km)	最大加速度(Gal)	
					1号機(標高+2.3m)	NS
1	1993年釧路沖地震	101	7.5	313	10.902	5.398
2	1993年北海道南西沖地震	35	7.8	113	48.743	53.553
3	積丹半島北西沖	37	4.7	81	1.072	1.715
4	積丹半島北西沖	35	5.4	86	5.070	10.590
7	北海道南西沖	20	4.8	106	1.769	1.542
11	積丹半島北西沖	28	4.1	81	0.857	1.627
15	北海道南西沖	3	5.2	98	2.510	4.967
16	北海道南西沖	29	4.7	107	1.411	1.699
21	積丹半島北西沖	32	4.3	102	1.764	3.842
25	積丹半島北西沖	38	3.8	90	1.792	3.865
28	1993年北海道南西沖地震最大余震	24	6.3	131	6.597	5.369
29	1994年北海道東方地震	28	8.2	581	4.277	4.637
30	1999年積丹半島北西沖	28	4.5	116	1.842	1.472
31	根室半島沖	59	7.0	506	1.524	1.189
34	2003年十勝沖地震	45	8.0	324	6.807	7.943
35	十勝沖	21	7.1	299	2.910	2.687
39	留萌支庁南部	9	6.1	150	1.282	1.592
43	北海道南西沖	25	5.8	158	1.773	2.633
44	東北地方太平洋沖地震	24	9.0	583	2.520	2.020

※ 地震の諸元は気象庁地震カタログ

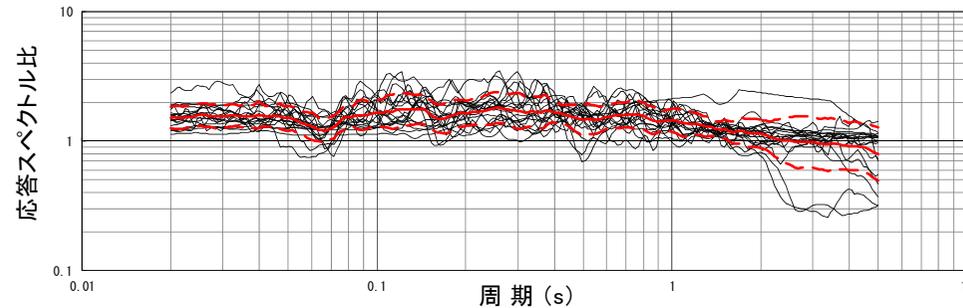
検討対象地震の震央分布図



2.2 敷地地盤の振動特性

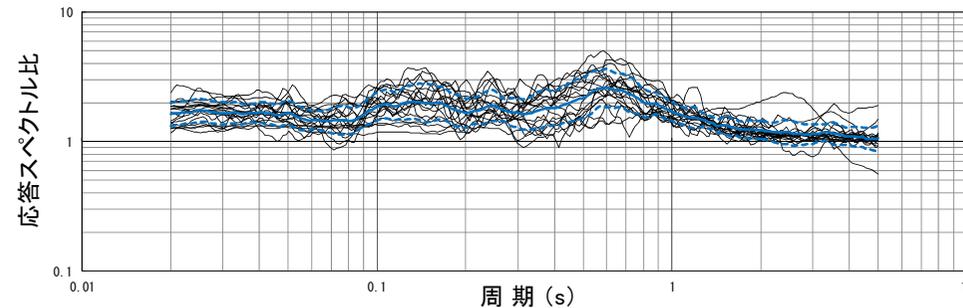
観測記録に基づく敷地地盤の振動特性に関する検討

NS方向



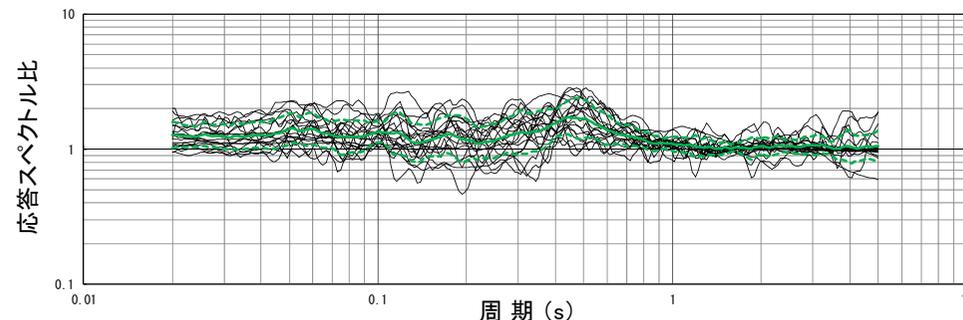
— 応答スペクトル比(NS方向)
(標高+2.3m/標高-250m)
— 平均
- - 平均±σ

EW方向



— 応答スペクトル比(EW方向)
(標高+2.3m/標高-250m)
— 平均
- - 平均±σ

UD方向



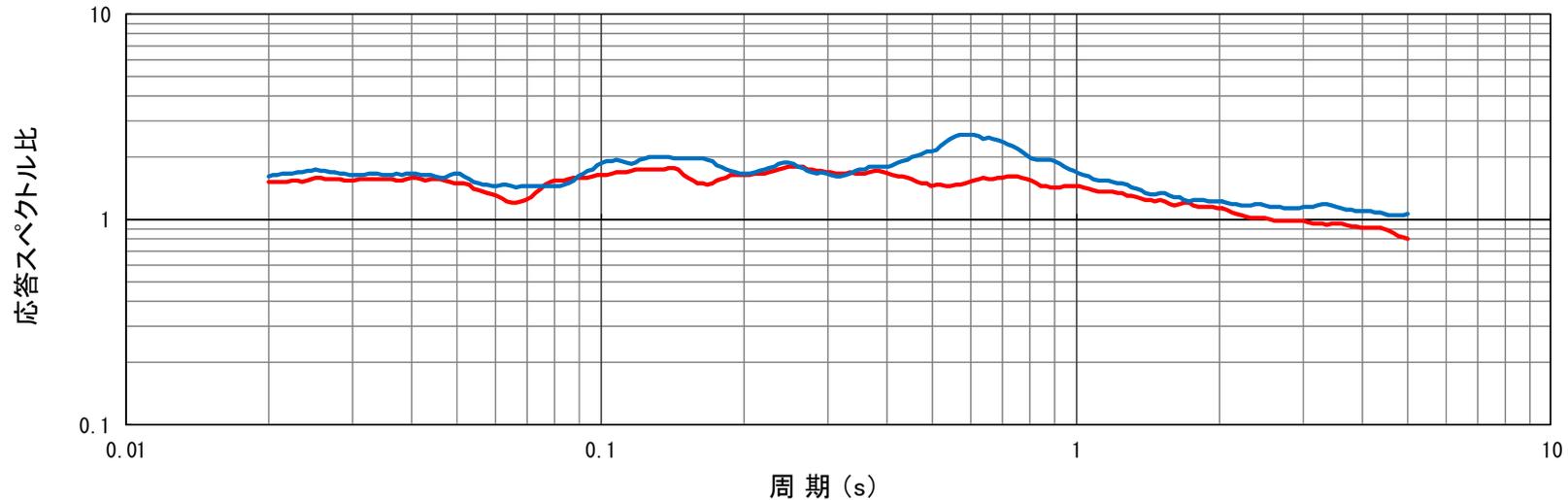
— 応答スペクトル比(UD方向)
(標高+2.3m/標高-250m)
— 平均
- - 平均±σ

●標高+2.3mと標高-250mの応答スペクトル比に基づき敷地地盤の増幅特性を検討した結果、振幅の小さい観測記録も用いていることなどから地震により多少のばらつきはあるものの、観測された地震の増幅には、特異な傾向はみられない。なお、水平方向の長周期側で特異な傾向を示す地震もあるが、これらの地震は、長周期成分の振幅が小さい地震であり、ノイズの影響を大きく受けている地震と考えられる。

2.2 敷地地盤の振動特性

観測記録に基づく敷地地盤の振動特性に関する検討

● 標高+2.3mと標高-250mの応答スペクトルの比(平均)を方向別に比較検討した。



— 応答スペクトル比平均(NS方向)(標高+2.3m/標高-250m)
 — 応答スペクトル比平均(EW方向)(標高+2.3m/標高-250m)

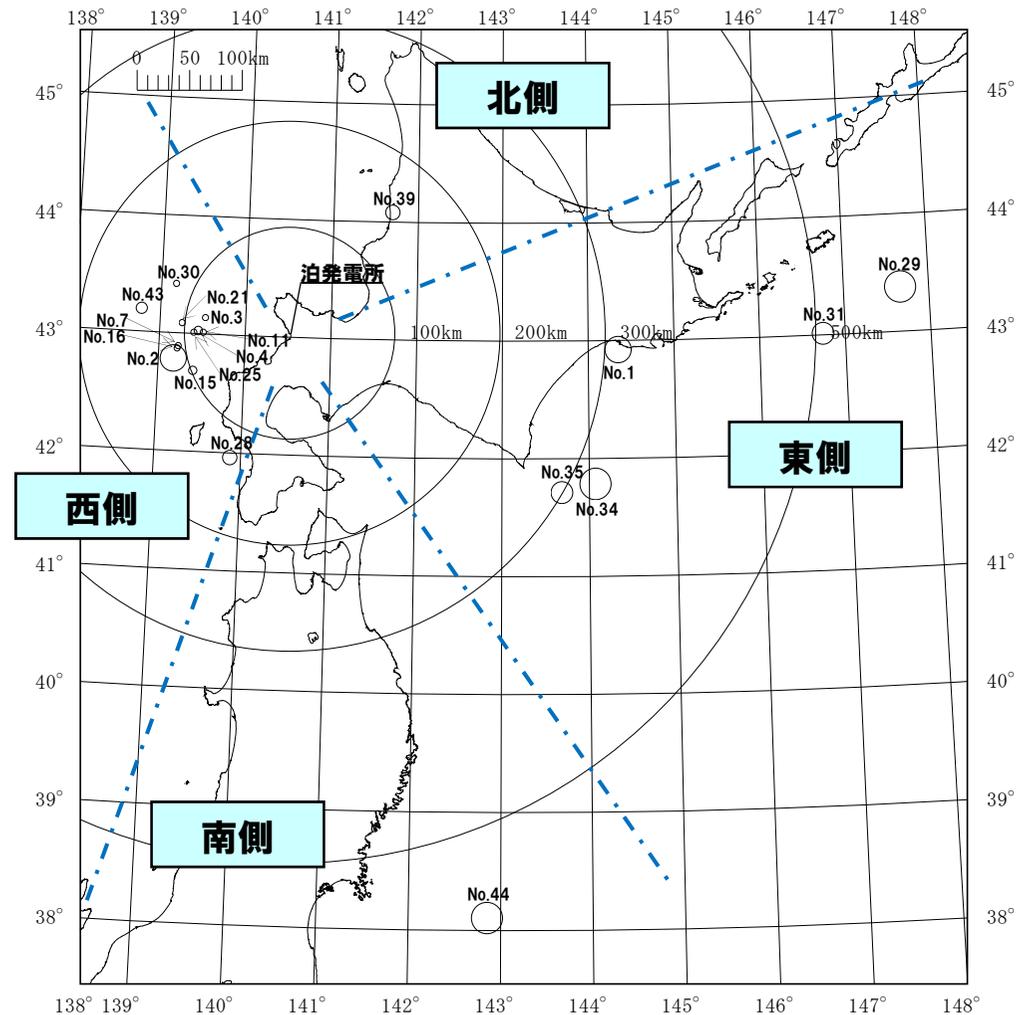
● 標高+2.3mと標高-250mの応答スペクトル比の平均に基づき敷地地盤の増幅特性を方向別に比較検討した結果、NS方向及びEW方向で概ね同様の傾向にあるものの、周期0.6秒付近で若干の傾向の違いがみられる。

● 周期0.6秒付近の傾向の違いは、EW方向がほぼ水平成層構造であることから、この地盤の振動モードの影響が現れており、概ね傾斜方向と一致するNS方向では、その影響が明瞭に現れていないものと考えられる。

2.3 到来方向を考慮した検討

検討対象地震の震央分布図及び到来方向の分類

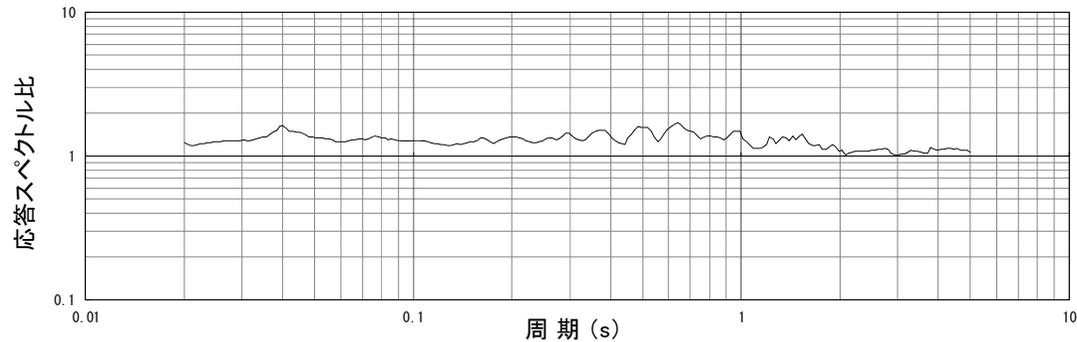
- 到来方向による敷地地盤の増幅特性への影響を把握するため、応答スペクトル比を算出した地震について、その算出結果を到来方向により分類した。



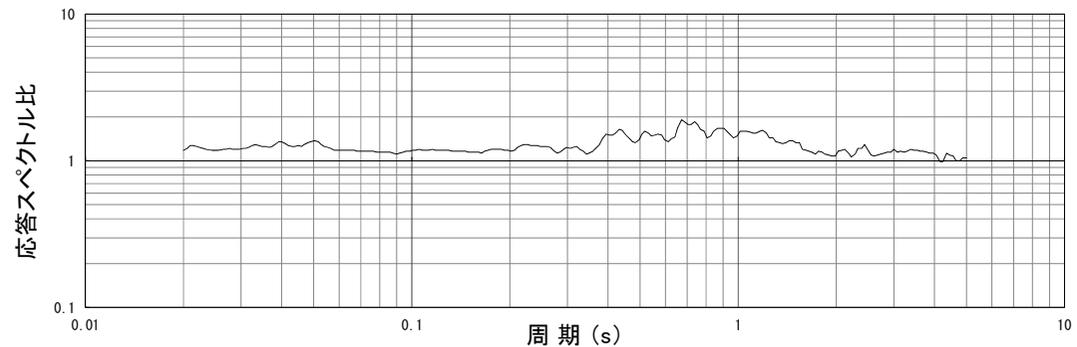
2.3 到来方向を考慮した検討

敷地の観測記録に基づく観測点深度間の応答スペクトル比(南側)

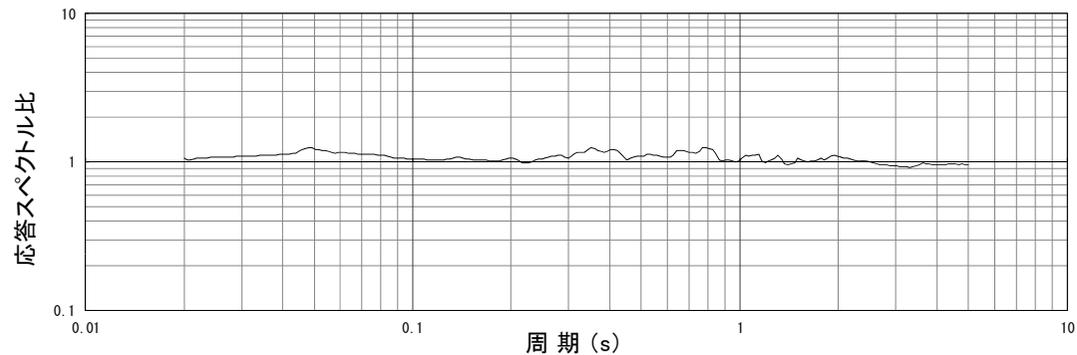
NS方向



EW方向



UD方向

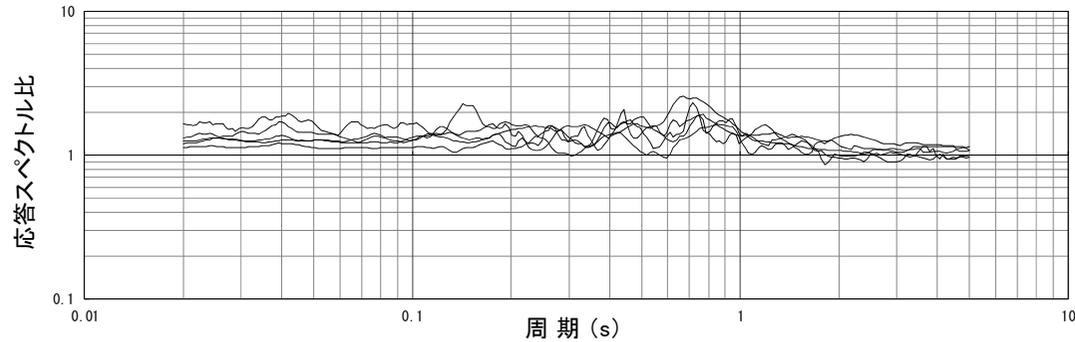


※標高+2.3m/標高-250mとして
応答スペクトル比を算出。

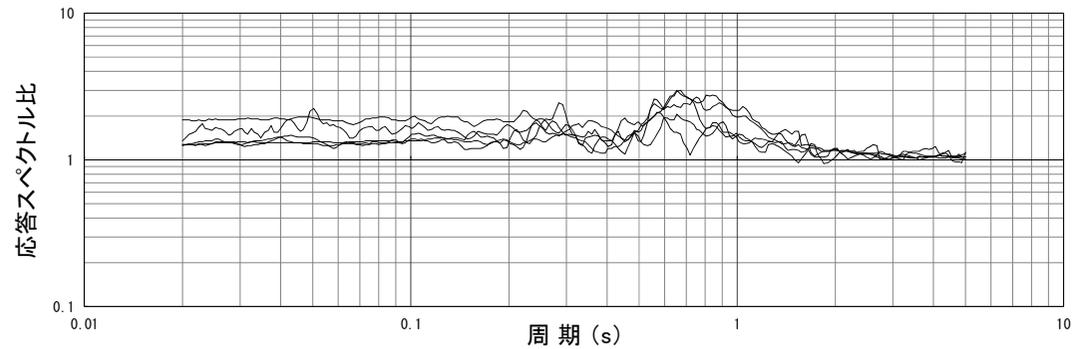
2.3 到来方向を考慮した検討

敷地の観測記録に基づく観測点深度間の応答スペクトル比(東側)

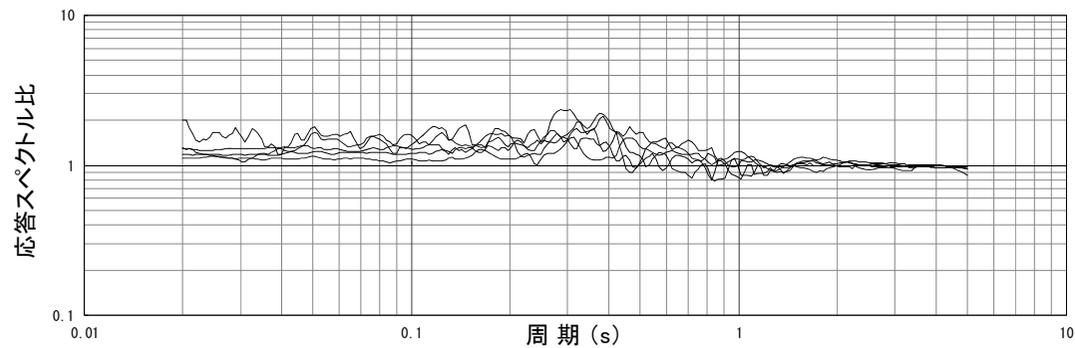
NS方向



EW方向



UD方向

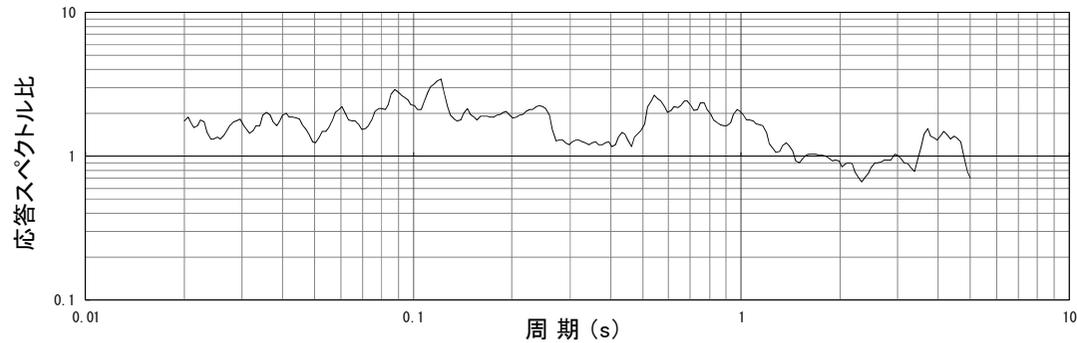


※標高+2.3m/標高-250mとして
応答スペクトル比を算出。

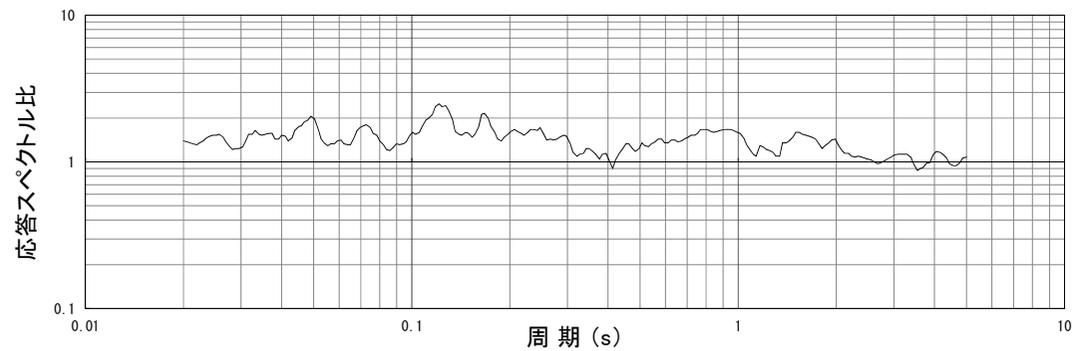
2.3 到来方向を考慮した検討

敷地の観測記録に基づく観測点深度間の応答スペクトル比(北側)

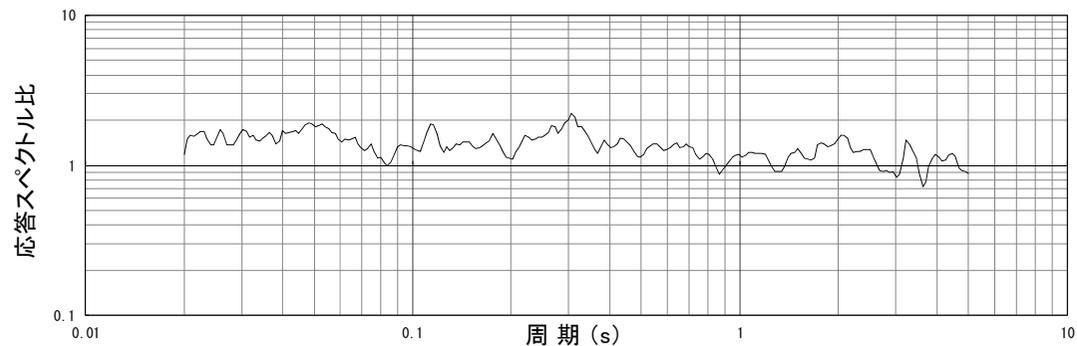
NS方向



EW方向



UD方向

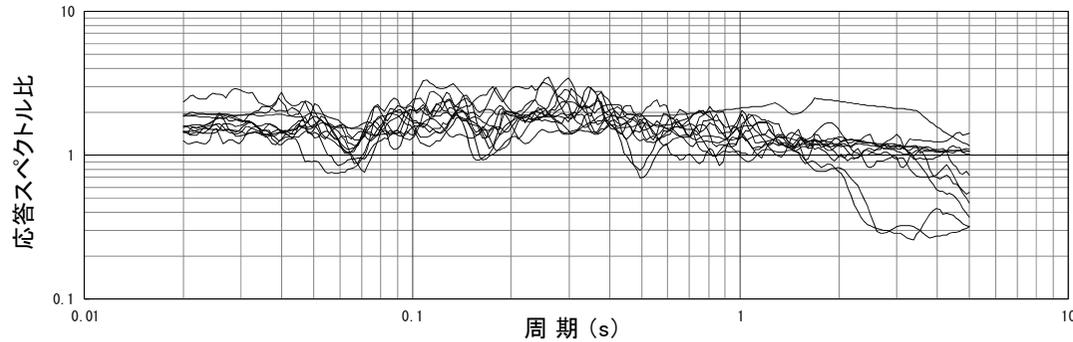


※標高+2.3m/標高-250mとして
応答スペクトル比を算出。

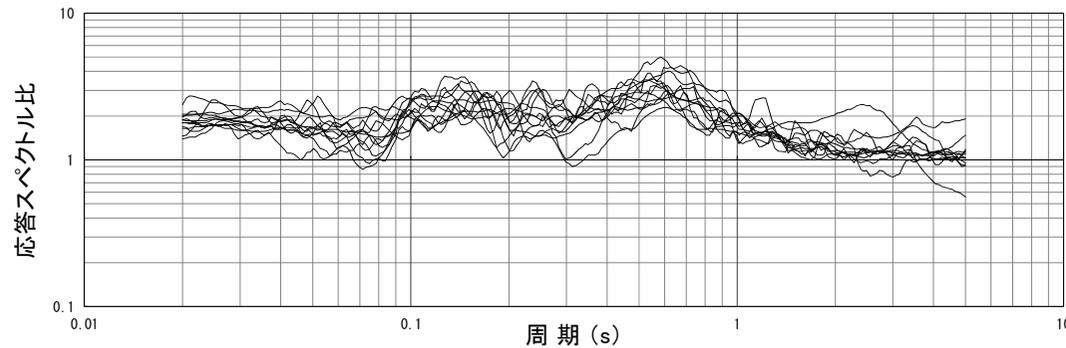
2.3 到来方向を考慮した検討

敷地の観測記録に基づく観測点深度間の応答スペクトル比(西側)

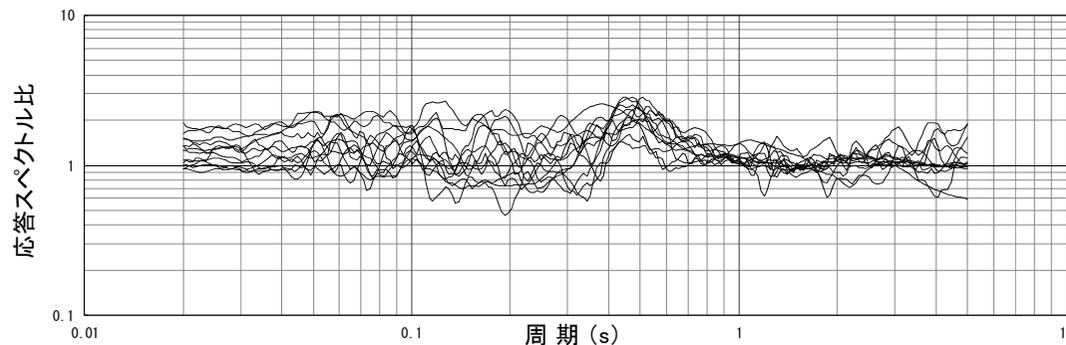
NS方向



EW方向



UD方向



※標高+2.3m/標高-250mとして
応答スペクトル比を算出。

●標高+2.3mと標高-250m
の応答スペクトル比に基づ
き、到来方向別の増幅特性
を検討した結果、振幅の小
さい観測記録も用いている
ことなどから、地震によりば
らつきはあるが、到来方向
別の特徴的な傾向の違いは
みられない。

2.4 敷地内観測点における地盤の振動特性

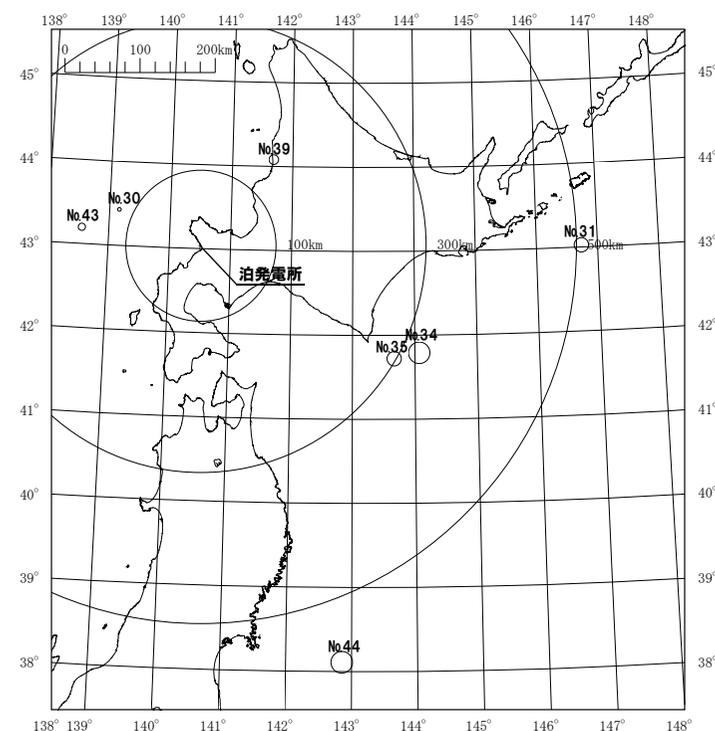
●敷地内の異なる観測点における増幅特性の相違等を把握するため、1, 2号炉観測点及び3号炉観測点の地震観測記録の応答スペクトル比を算出し、比較検討を実施した。

●対象地震は、1, 2号炉観測点及び3号炉観測点の両方で地震観測記録が得られている下記の地震を検討対象地震として選定した。

検討対象地震の諸元

No.	地名または地震名	震源深さ (km)	M	震央距離 (km)	最大加速度(Gal) 1号機(標高+2.3m)		最大加速度(Gal) 3号機(標高+2.3m)	
					NS	EW	NS	EW
30	1999年積丹半島北西沖	28	4.5	116	1.842	1.472	0.464	0.206
31	根室半島沖	59	7.0	506	1.524	1.189	1.179	1.262
34	2003年十勝沖地震	45	8.0	324	6.807	7.943	8.636	7.544
35	十勝沖	21	7.1	299	2.910	2.687	3.284	3.343
39	留萌支庁南部	9	6.1	150	1.282	1.592	1.145	1.220
43	北海道南西沖	25	5.8	158	1.773	2.633	0.864	0.762
44	東北地方太平洋沖地震	24	9.0	583	2.520	2.020	2.390	1.920

検討対象地震の震央分布図



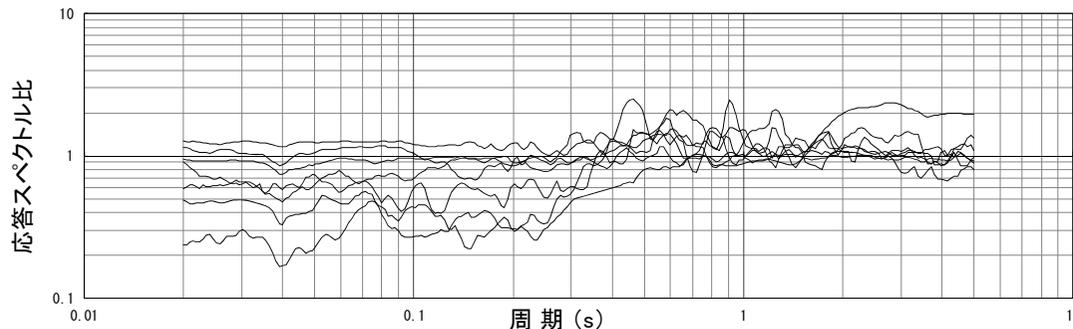
※ 地震の諸元は気象庁地震カタログ

2.4 敷地内観測点における地盤の振動特性

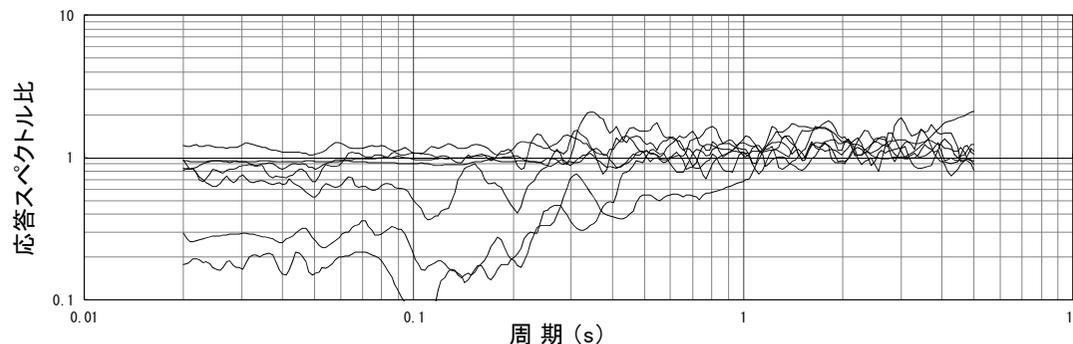
敷地の観測記録に基づく敷地内の振動特性に関する検討

- 敷地内の異なる観測点における増幅特性の違いを把握するため、地震観測記録の応答スペクトル比を算出した。
なお、3号炉観測点(標高+2.3m)は、地表から深さ60m程度の安山岩内に設置されている。

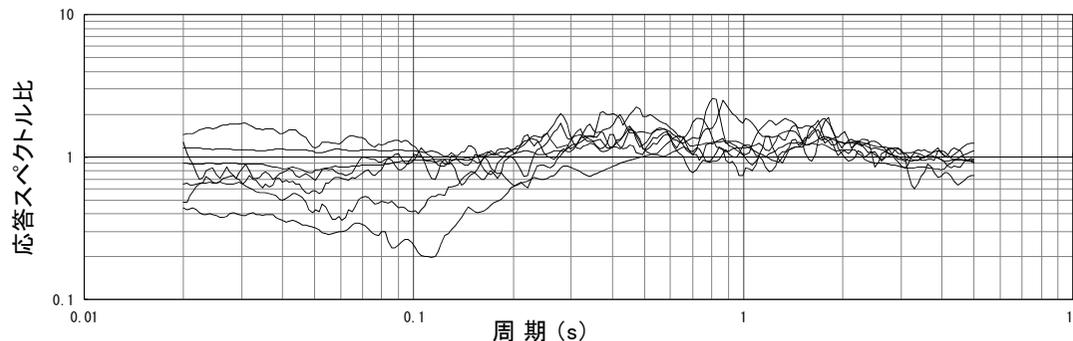
NS方向



EW方向



UD方向



※3号炉観測点(標高+2.3m)/1, 2号炉観測点(標高+2.3m)の応答スペクトル比を算出した。

- 異なる観測点間の応答スペクトル比に基づき、敷地内の増幅特性を検討した結果、限られた到来方向及び振幅の小さい観測記録も用いていることなどから、地震によりばらつきはあるが、3号炉観測点は、1, 2号炉観測点と比較して、地震動が概ね増幅しない傾向にある。

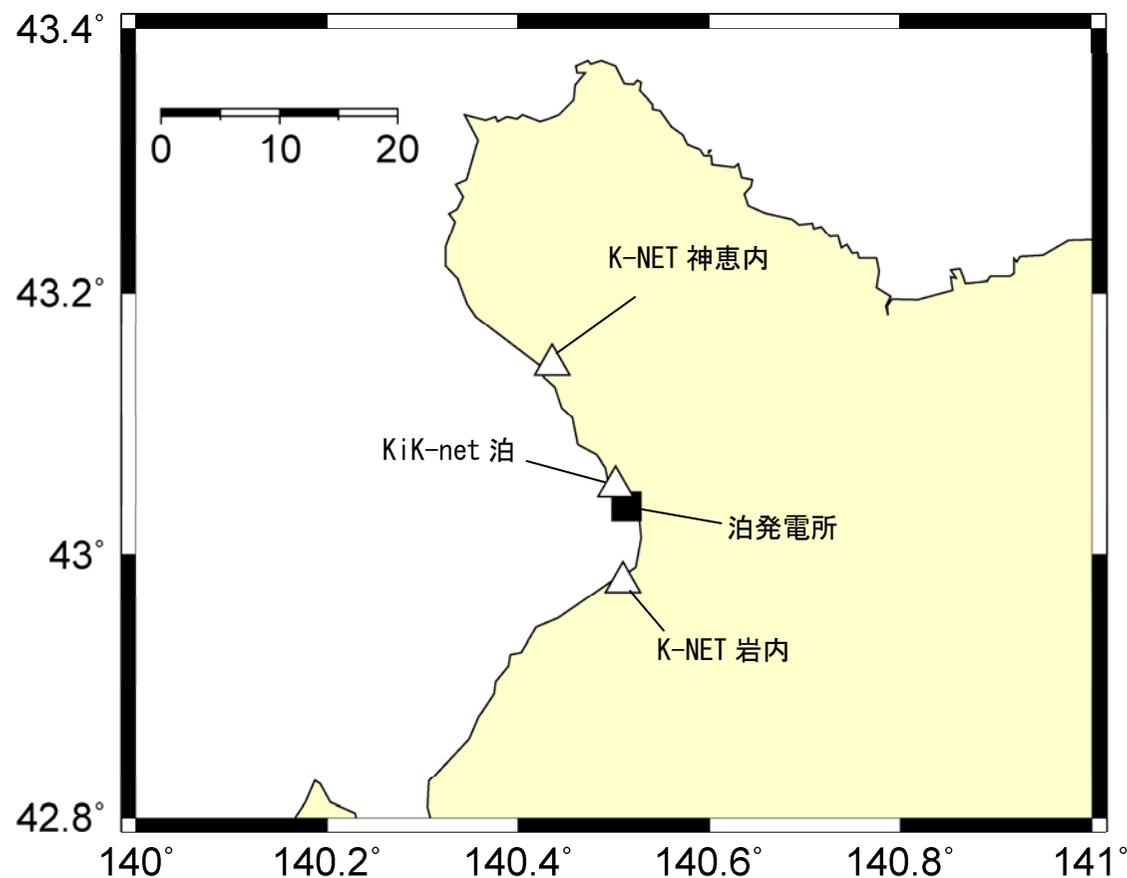
2.5 地震観測記録を用いた検討のまとめ

- 敷地における地震観測記録の応答スペクトルは、Noda et al. (2002) による応答スペクトルとほぼ同様な傾向にある。
- 標高+2.3mと標高-250mの応答スペクトル比に基づき敷地地盤の増幅特性を検討した結果、振幅の小さい観測記録も用いていることなどから地震により多少のばらつきはあるものの、観測された地震の増幅には、特異な傾向はみられない。なお、NS方向及びEW方向で増幅特性に若干の傾向の違いがみられるが、ほぼ水平成層構造であるEW方向と概ね傾斜方向に一致するNS方向の振動モードの影響の現れ方の違いによるものと考えられる。
- 標高+2.3mと標高-250mの応答スペクトル比に基づき、到来方向別の増幅特性を検討した結果、到来方向別の特徴的な傾向の違いはみられない。
- 異なる観測点間の応答スペクトル比に基づき、敷地内の増幅特性を検討した結果、上部に安山岩が分布している3号炉観測点(安山岩内に設置)は、1, 2号炉観測点と比較して、地震動が概ね増幅しない傾向にある。

これらのことから、敷地の地盤は、地震動が特異な増幅をする構造ではないと考えられる。

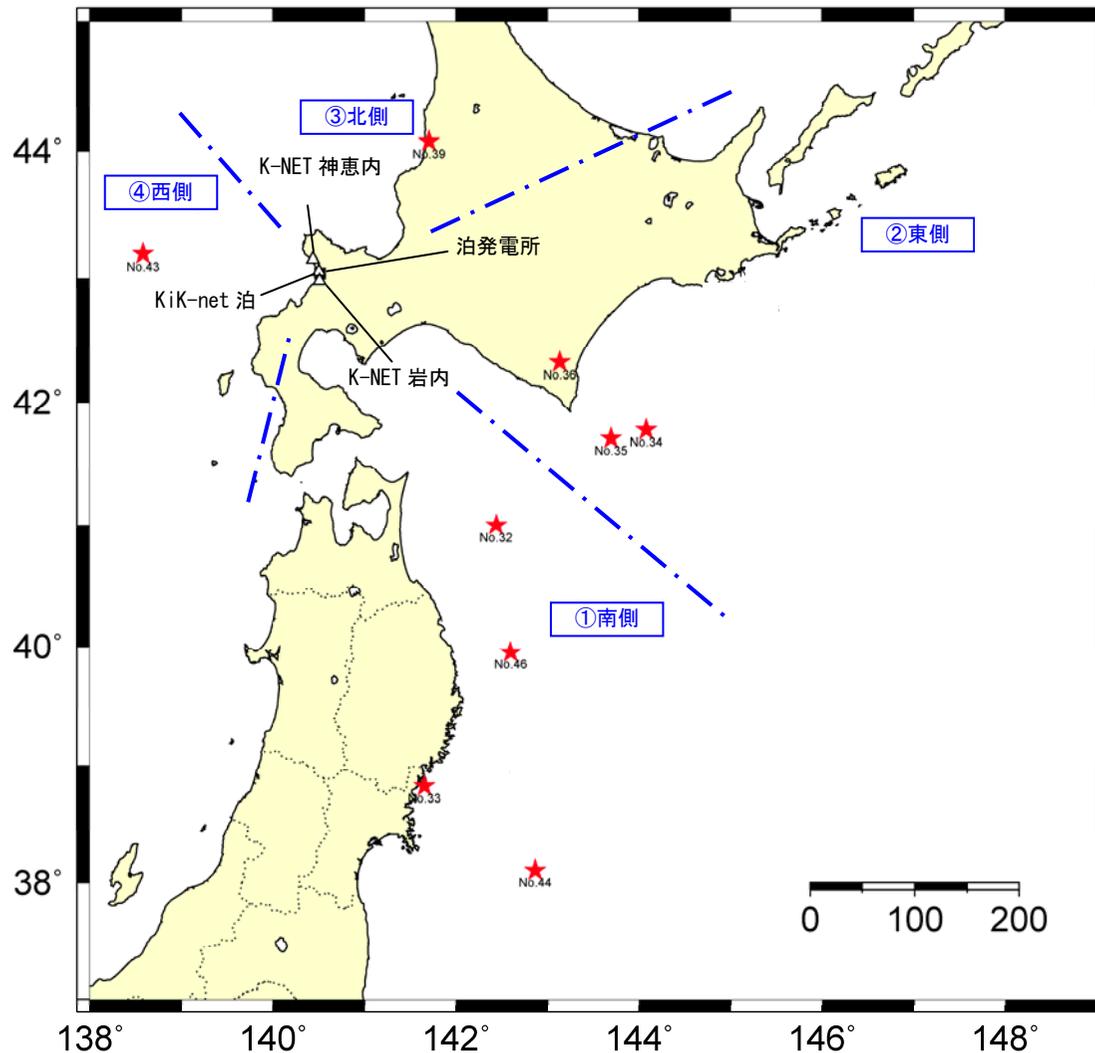
[参考]他機関のデータによる確認**K-NET観測点及びKiK-net観測点の地震観測記録を用いた検討**

- 地震動の到来方向による増幅特性への影響については、敷地の地震観測記録と敷地周辺のK-NET及びKiK-net観測点の地震観測記録との比較による確認も行った。

検討に用いる地震観測点

検討対象地震

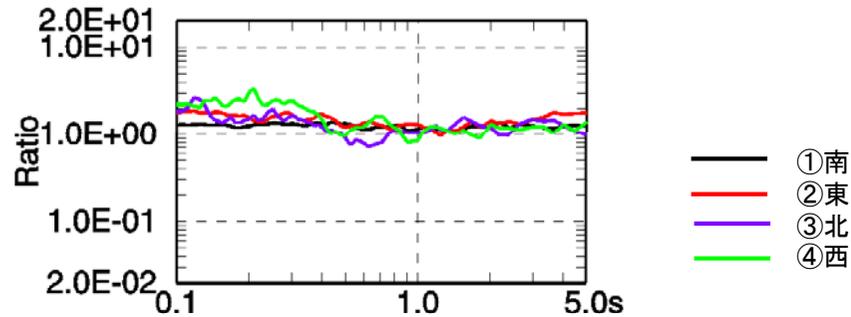
●検討対象とした地震を到来方向により分類し、各観測点の応答スペクトルを用いた1, 2号炉観測点との応答スペクトル比に基づき到来方向別の増幅特性を確認した。



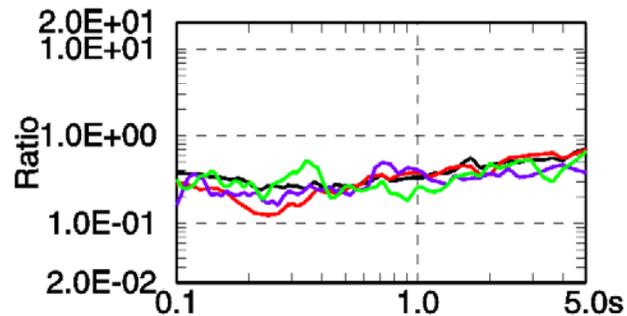
No.	1,2号炉	泊	岩内	神恵内	分類
32	○	○	—	—	南
33	○	○	—	—	南
34	○	○	○	○	東
35	○	○	○	—	東
36	○	○	○	—	東
39	○	○	○	—	北
43	○	○	○	—	西
44	○	○	○	○	南
46	○	○	○	—	南

[参考]他機関のデータによる確認

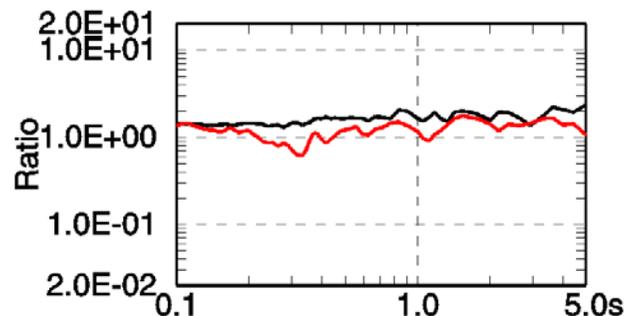
到来方向別の応答スペクトル比の平均の比較



1, 2号炉観測点(標高+2.3m) / KiK-net泊(地中)



1, 2号炉観測点(標高+2.3m) / K-NET岩内

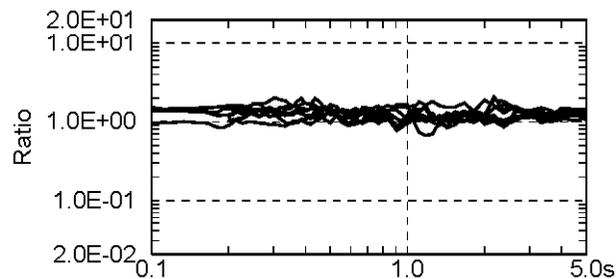


1, 2号炉観測点(標高+2.3m) / K-NET神恵内

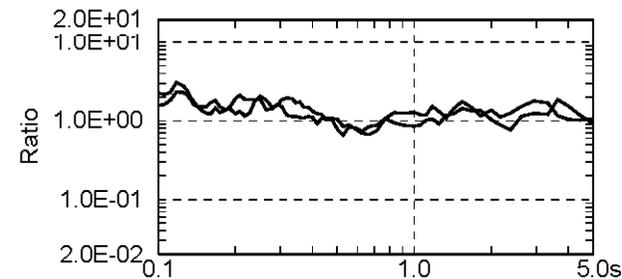
- 観測点ごとに到来方向別の応答スペクトル比の平均を算出して比較すると、到来方向により若干のばらつきがみられる。
- 個々の観測点での到来方向別にみられる若干のばらつきは、他の観測点で共通的にはみられるものではない。
- これらのことから、敷地周辺のK-NET及びKiK-net観測点の地震観測記録を用いた検討において、泊発電所の敷地地盤では、到来方向による顕著な増幅の傾向はみられていない。

[参考]他機関のデータによる確認

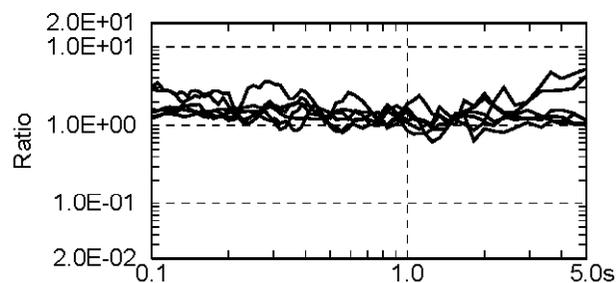
KiK-net泊との応答スペクトル比(到来方向別)



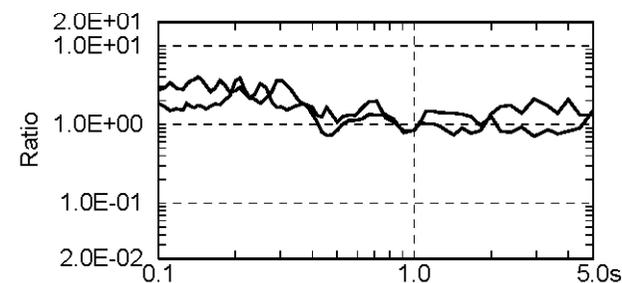
①南側



③北側



②東側



④西側

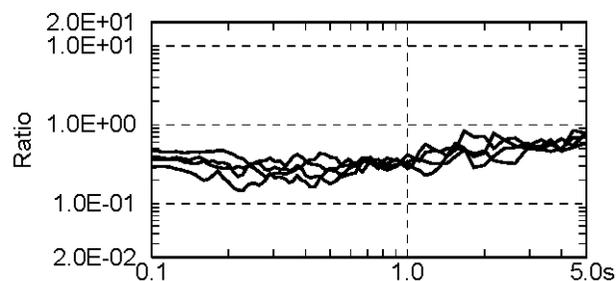
各地震(NS, EW)

各地震(NS, EW)

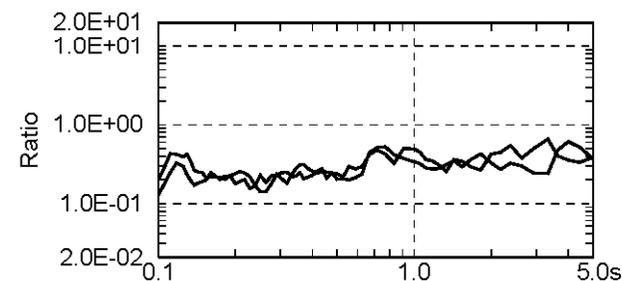
1, 2号炉観測点(標高+2.3m) / KiK-net泊(地中)

[参考]他機関のデータによる確認

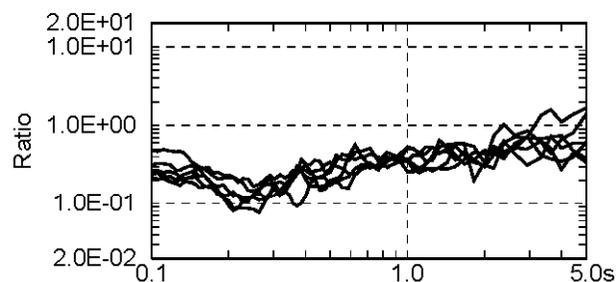
K-NET岩内との応答スペクトル比(到来方向別)



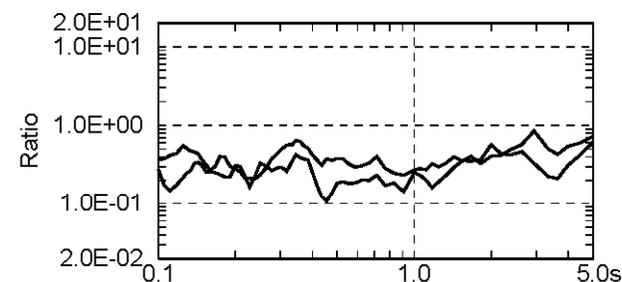
①南側



③北側



②東側



④西側

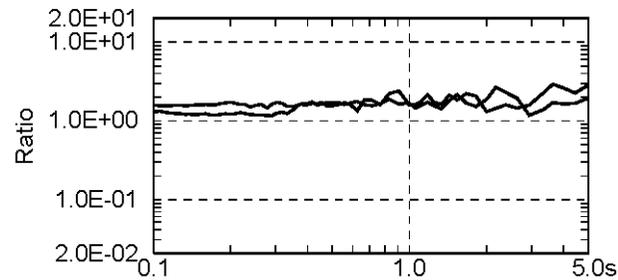
各地震(NS, EW)

各地震(NS, EW)

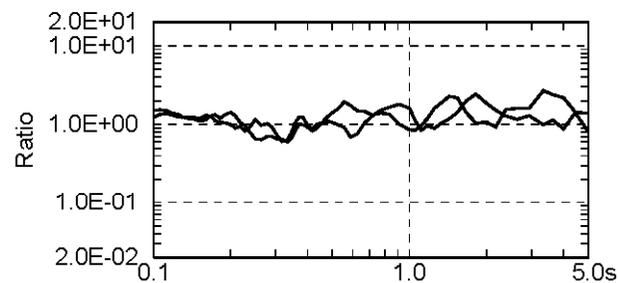
1, 2号炉観測点(標高+2.3m) / K-NET岩内

[参考]他機関のデータによる確認

K-NET神恵内との応答スペクトル比(到来方向別)



①南側



②東側

各地震(NS, EW)

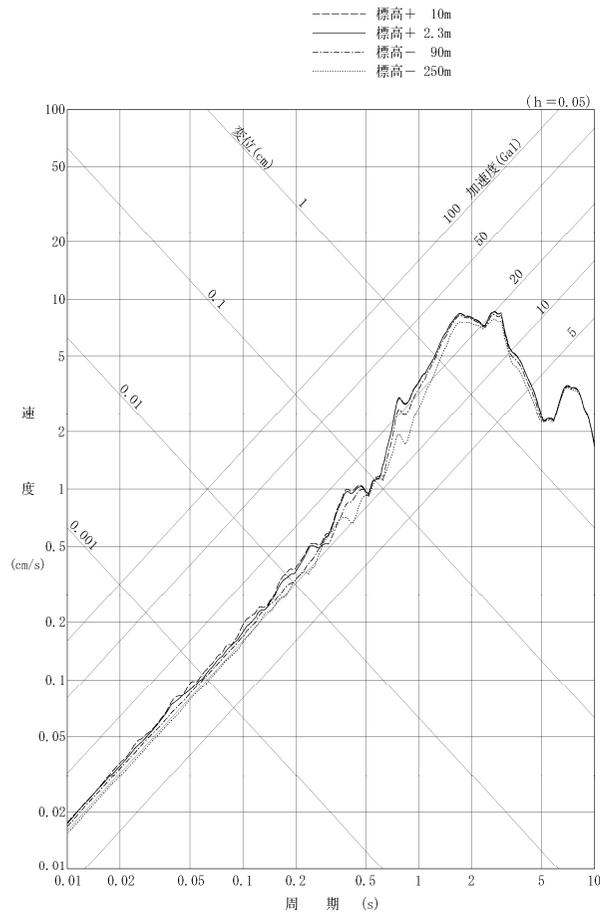
1, 2号炉観測点(標高+2.3m) / K-NET神恵内

- 地下構造に関する調査結果から、敷地地盤は硬質で、速度構造に極端なコントラストのある部分は存在していない。
- 1, 2号炉観測点の地震観測記録に特異な傾向はみられない。また, 1, 2号炉観測点の地震観測記録に到来方向別の特徴的な傾向の違いはみられない。
- 3号炉側の地盤上部に安山岩が分布しているが, 3号炉観測点は, 1, 2号炉観測点と比較して, 地震動が概ね増幅しない傾向にある。

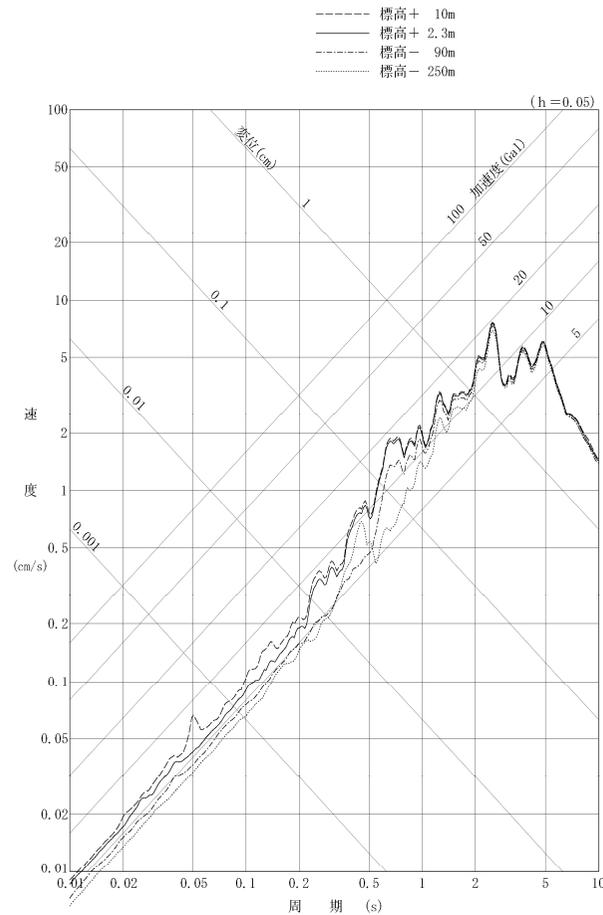
これらのことから、敷地の地盤は、地震動が特異な増幅をする構造ではないと考えられる。

添付 観測記録の応答スペクトル図

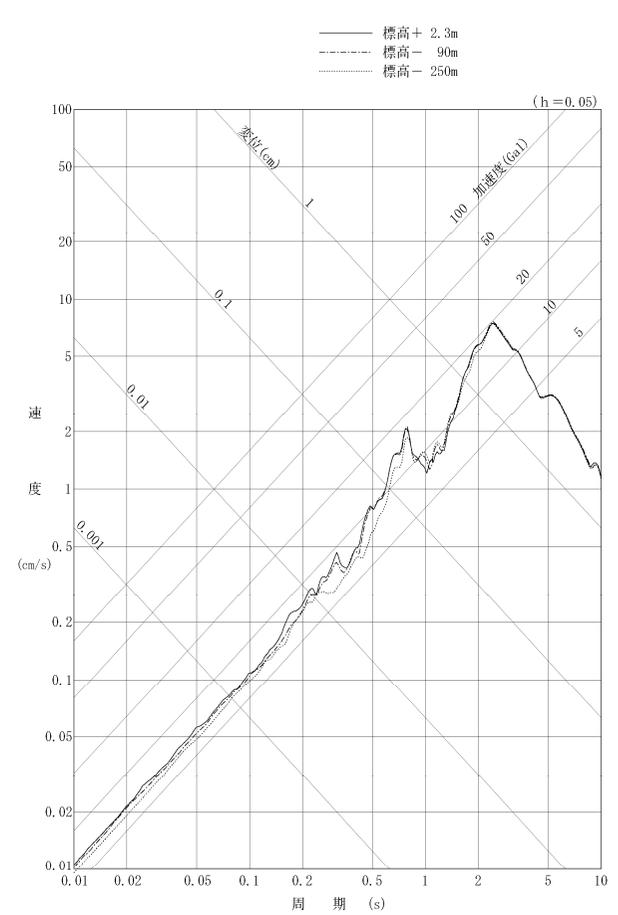
観測記録の応答スペクトル図(1, 2号炉観測点)



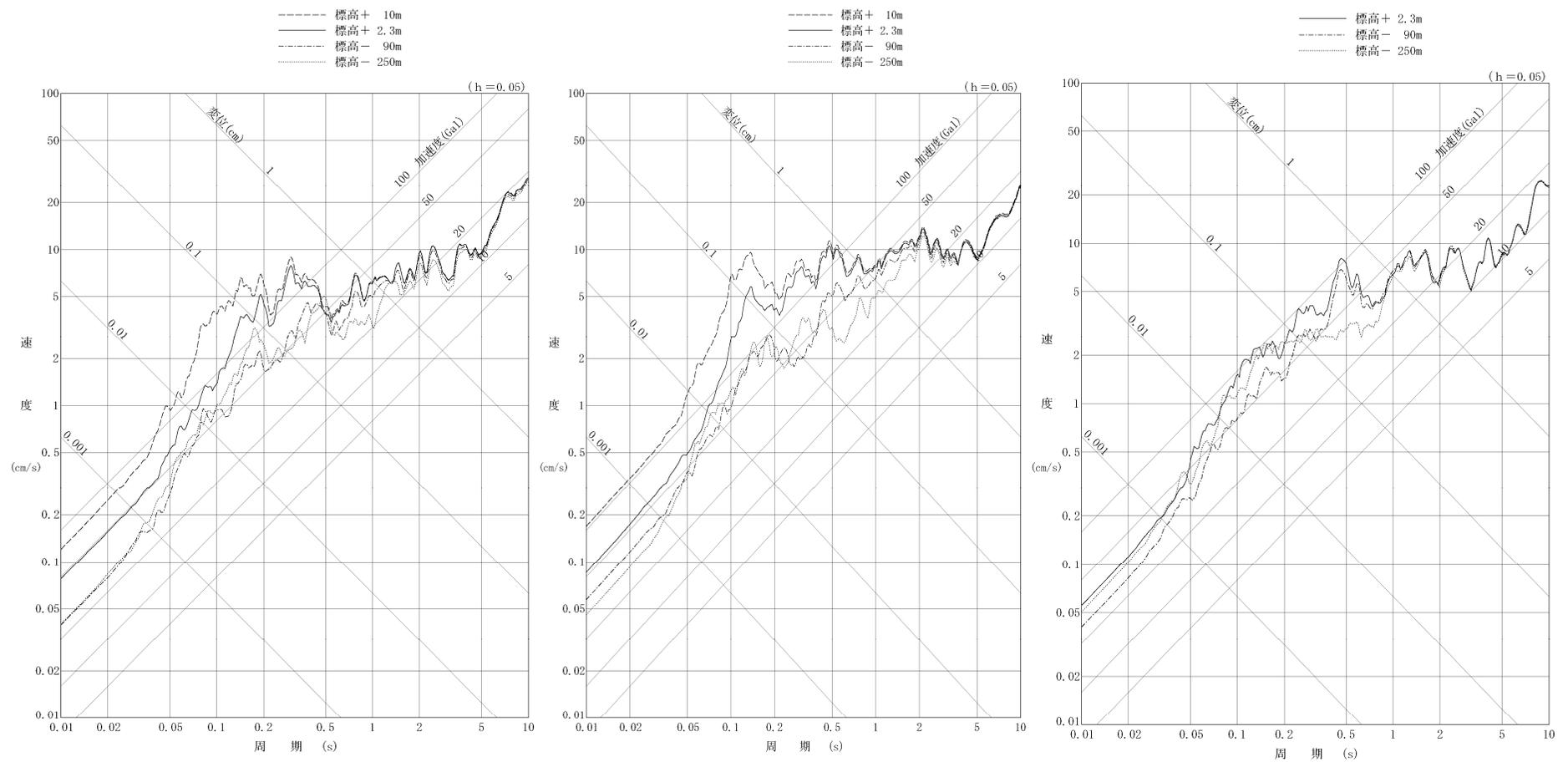
No.1 1993年釧路沖地震 (NS方向)



No.1 1993年釧路沖地震 (EW方向)



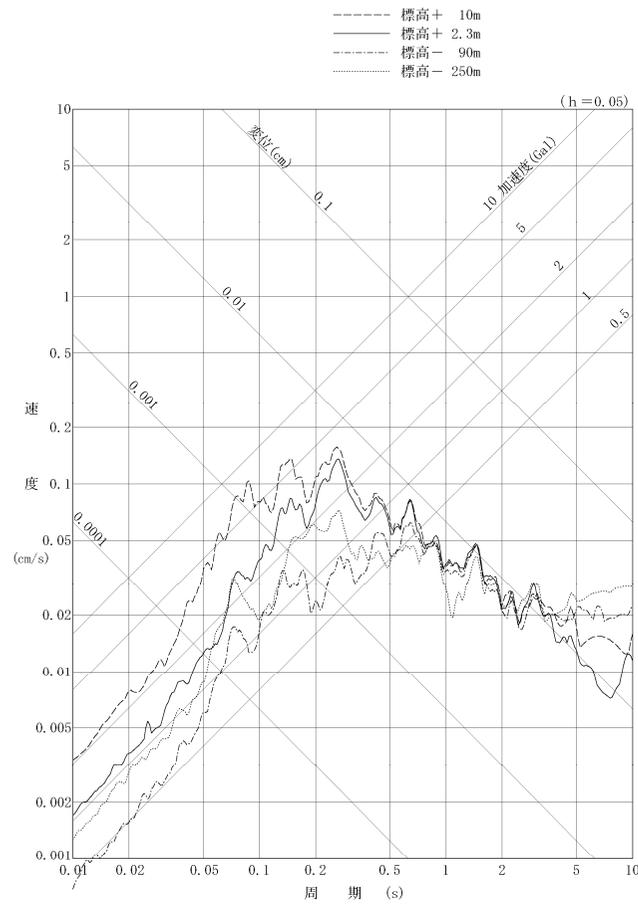
No.1 1993年釧路沖地震 (UD方向)



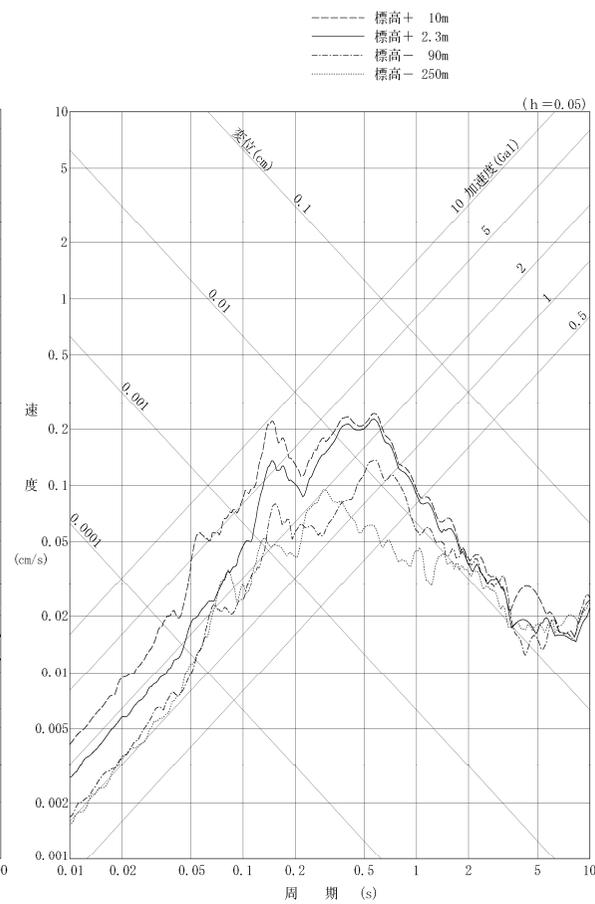
No.2 1993年北海道南西沖地震 (NS方向)

No.2 1993年北海道南西沖地震 (EW方向)

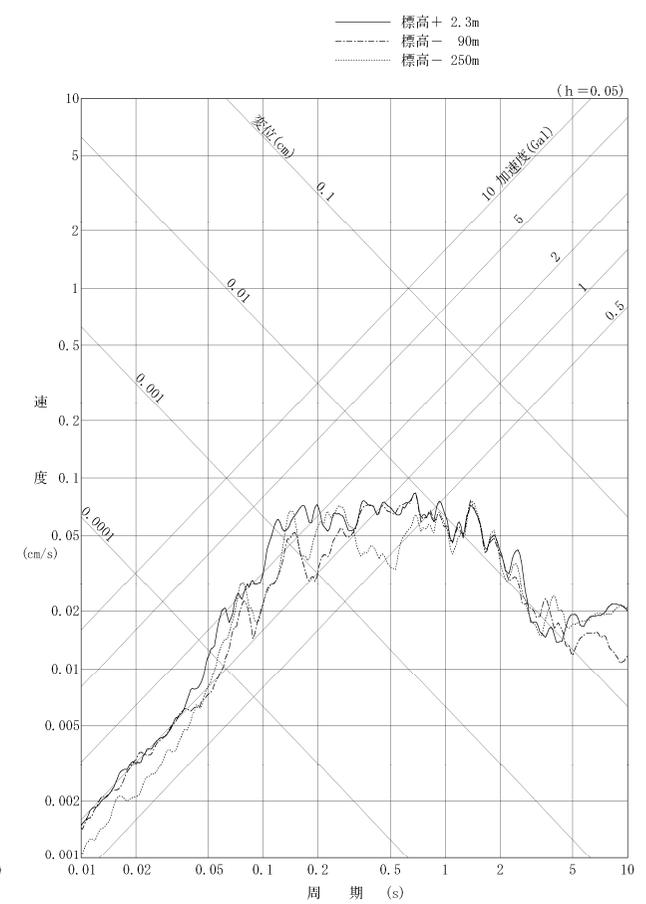
No.2 1993年北海道南西沖地震 (UD方向)



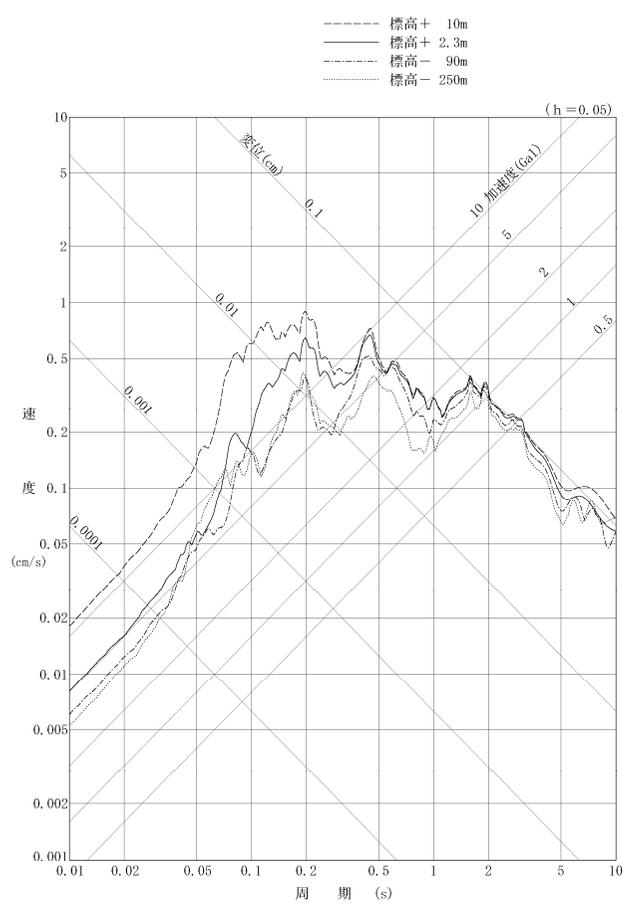
No.3 積丹半島北西沖 (NS方向)



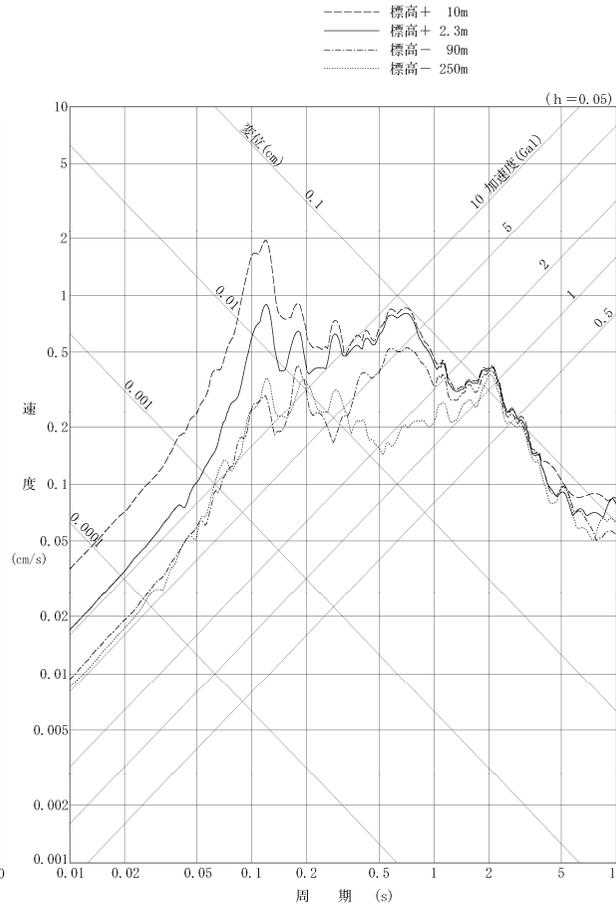
No.3 積丹半島北西沖 (EW方向)



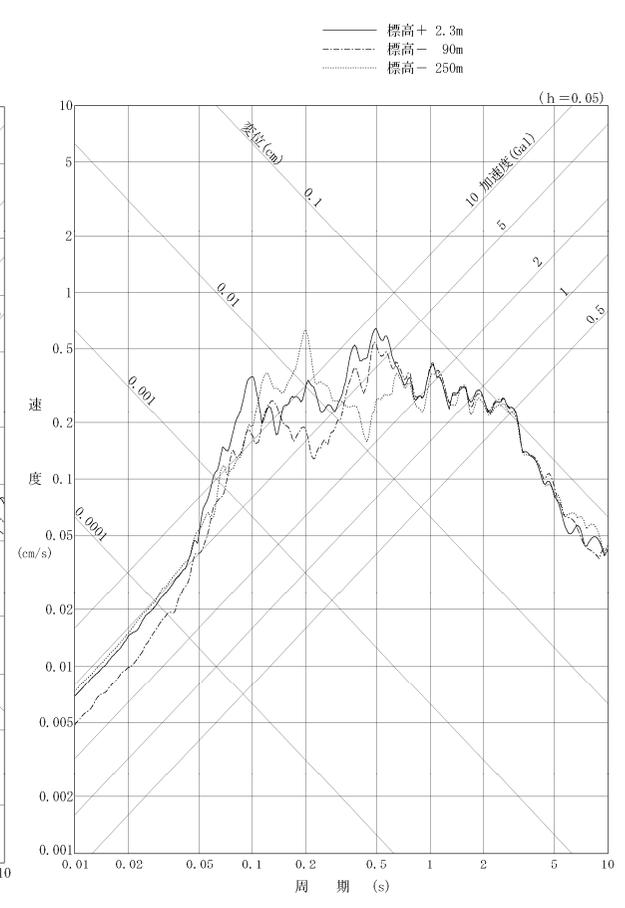
No.3 積丹半島北西沖 (UD方向)



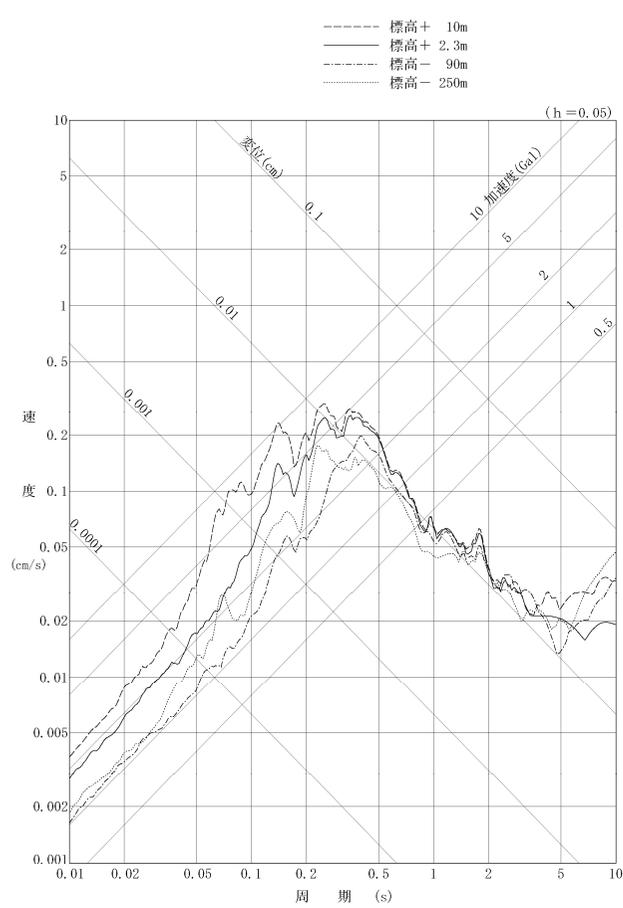
No.4 積丹半島北西沖 (NS方向)



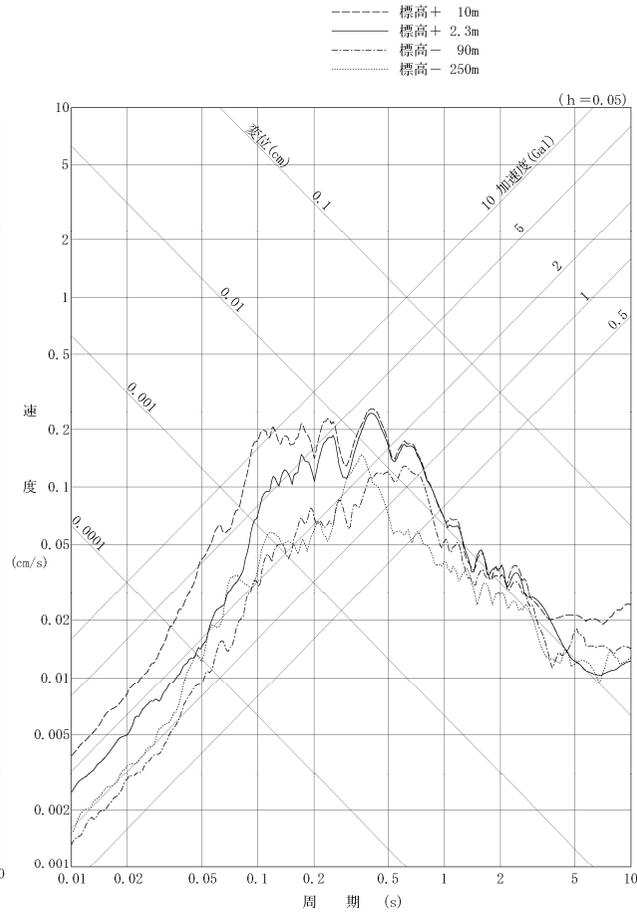
No.4 積丹半島北西沖 (EW方向)



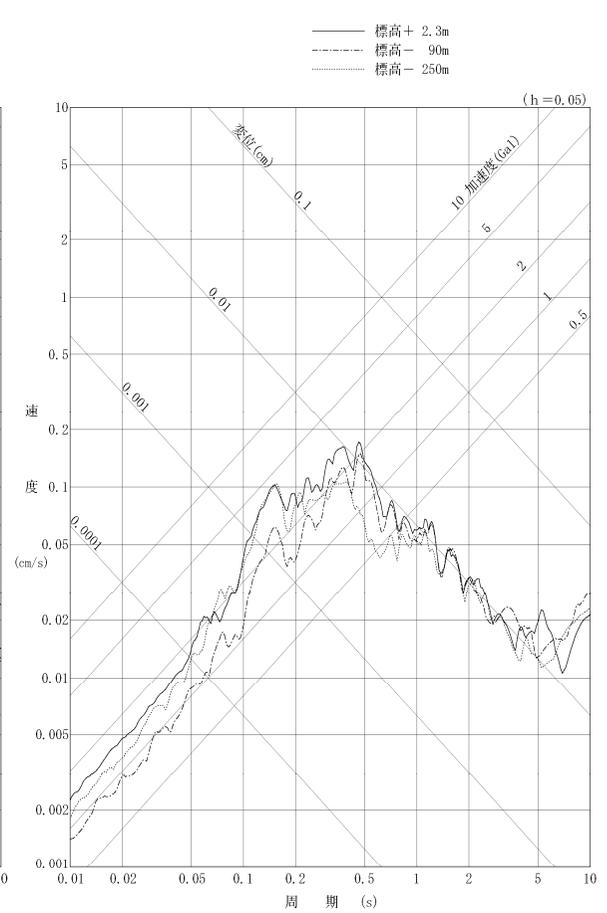
No.4 積丹半島北西沖 (UD方向)



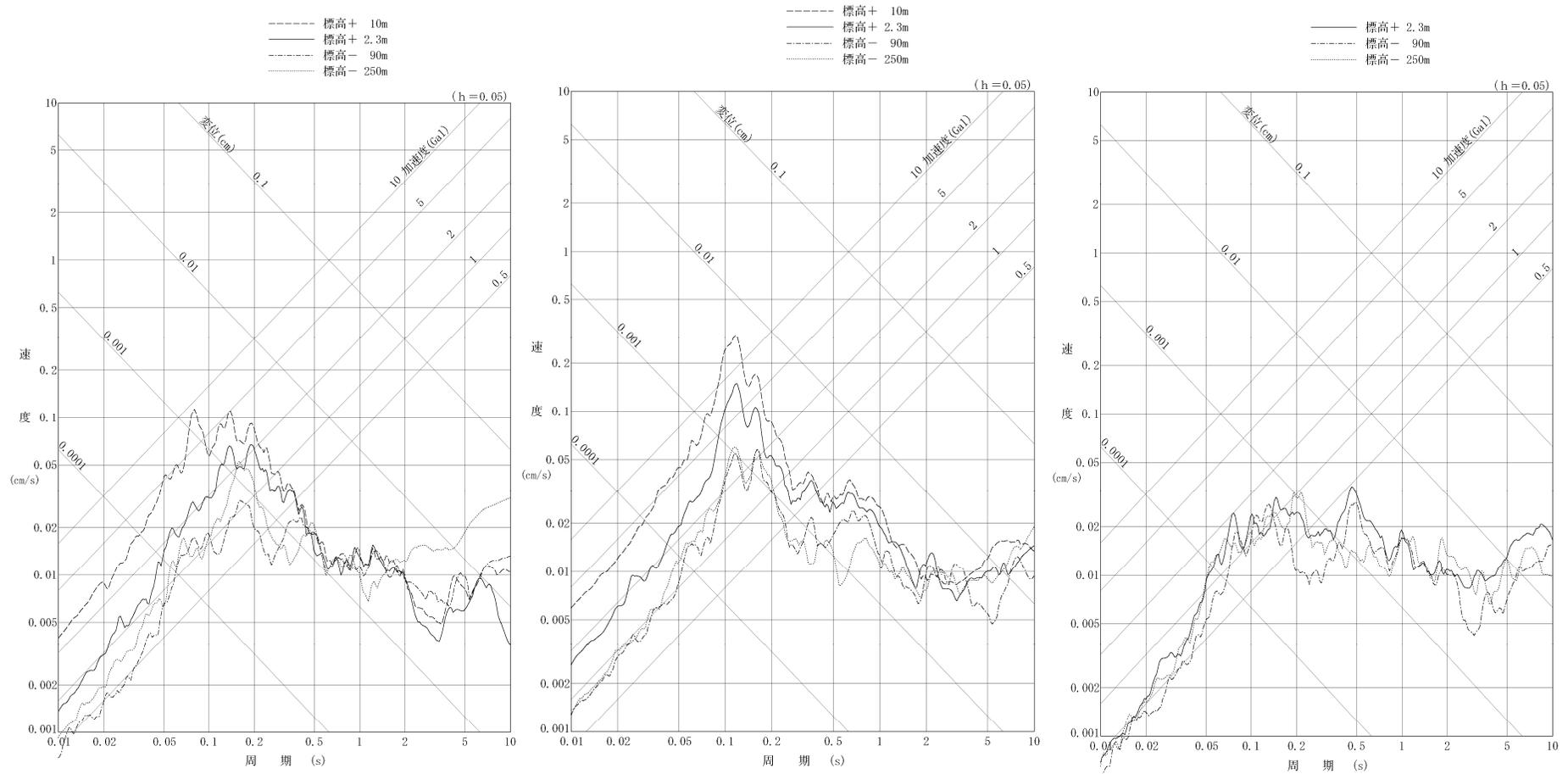
No.7 北海道南西沖 (NS方向)



No.7 北海道南西沖 (EW方向)



No.7 北海道南西沖 (UD方向)

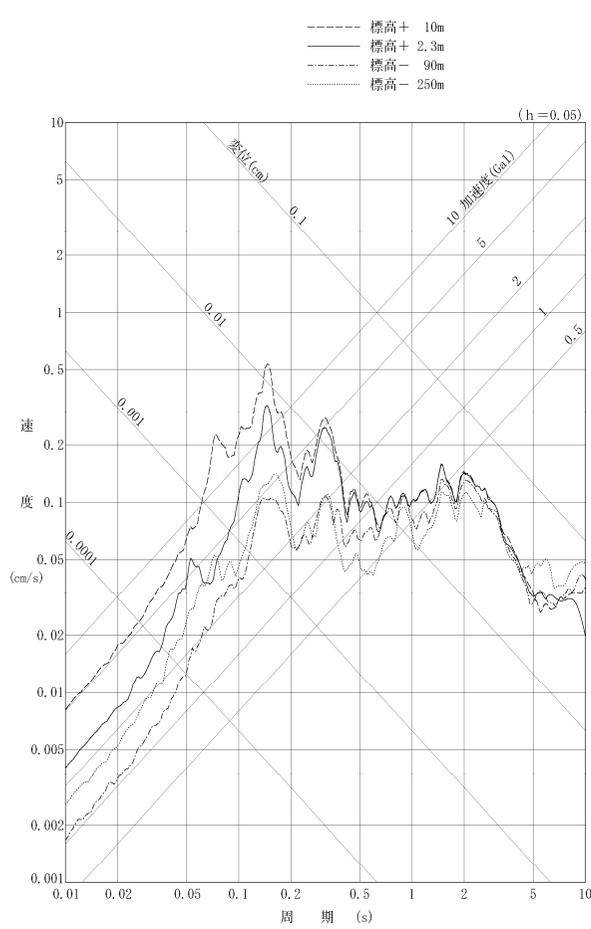


No.11 積丹半島北西沖 (NS方向)

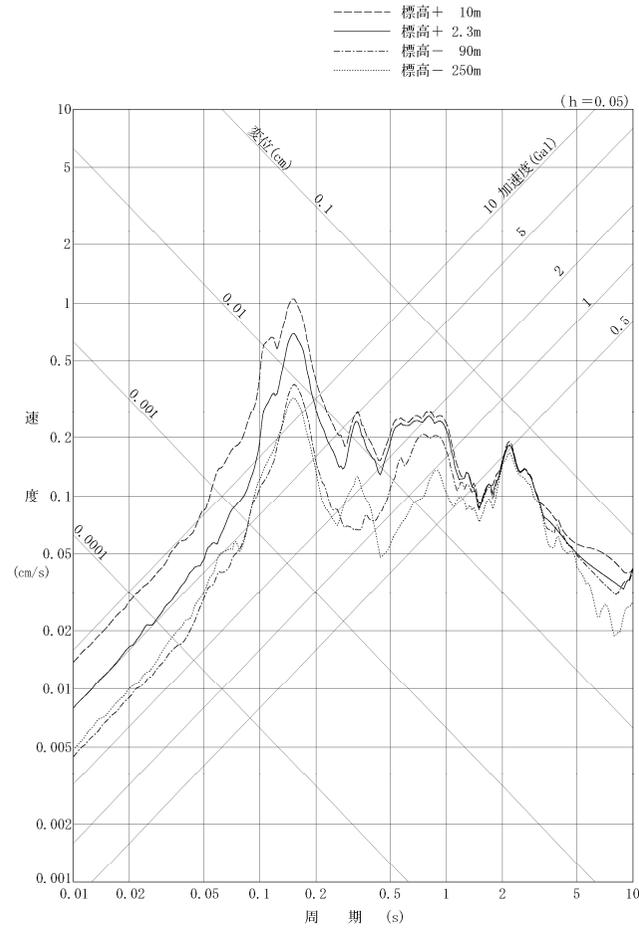
No.11 積丹半島北西沖 (EW方向)

No.11 積丹半島北西沖 (UD方向)

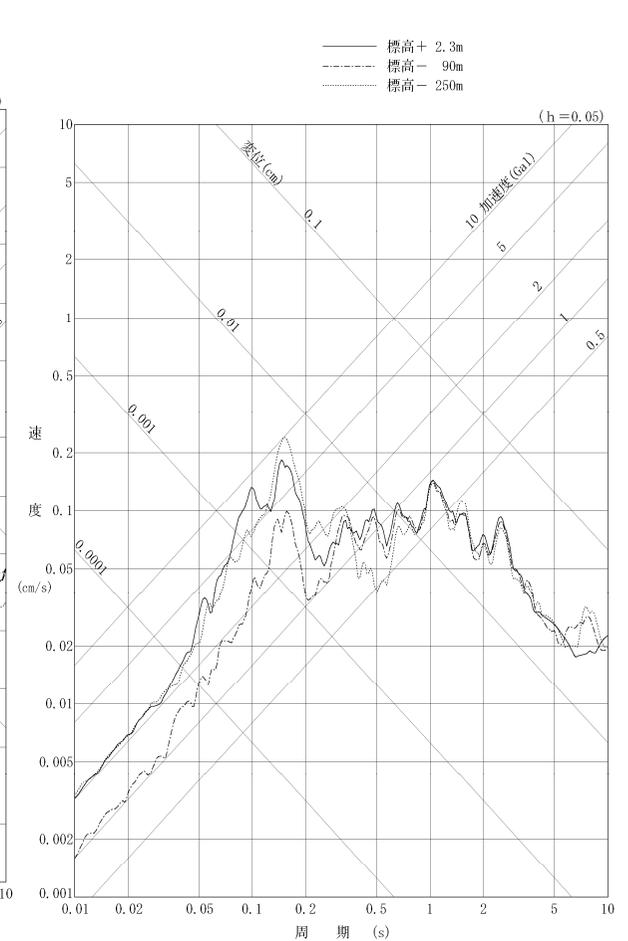
観測記録の応答スペクトル図(1, 2号炉観測点)



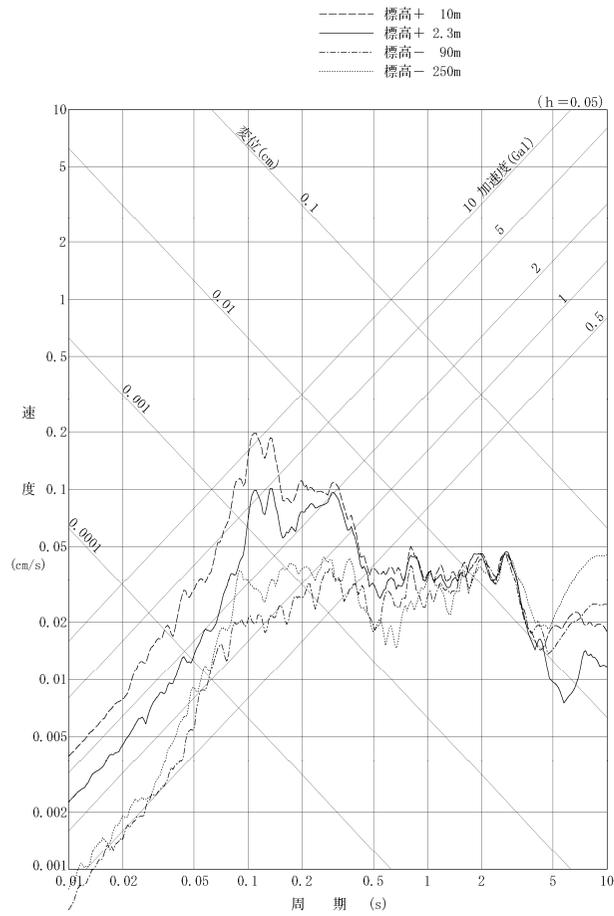
No.15 北海道南西沖 (NS方向)



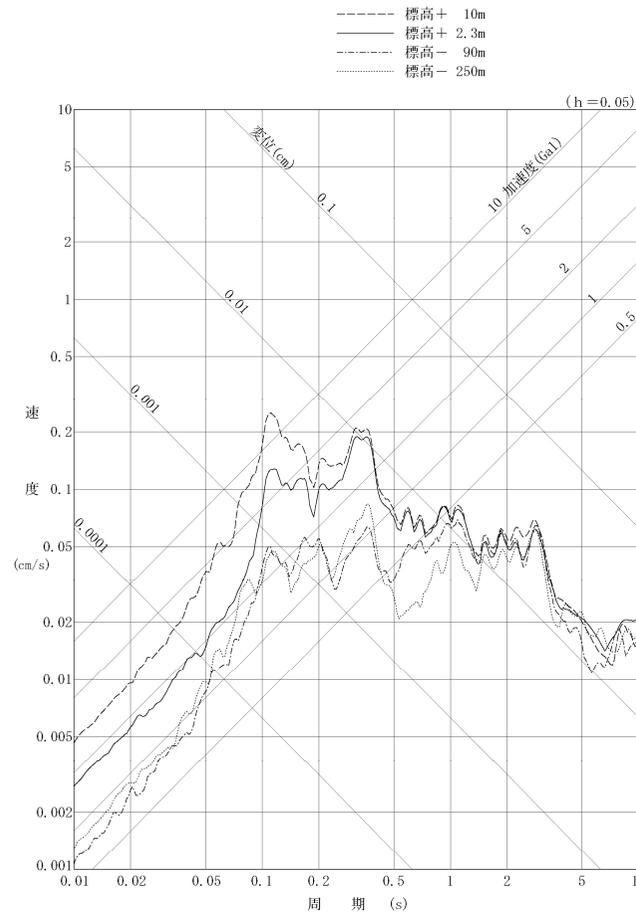
No.15 北海道南西沖 (EW方向)



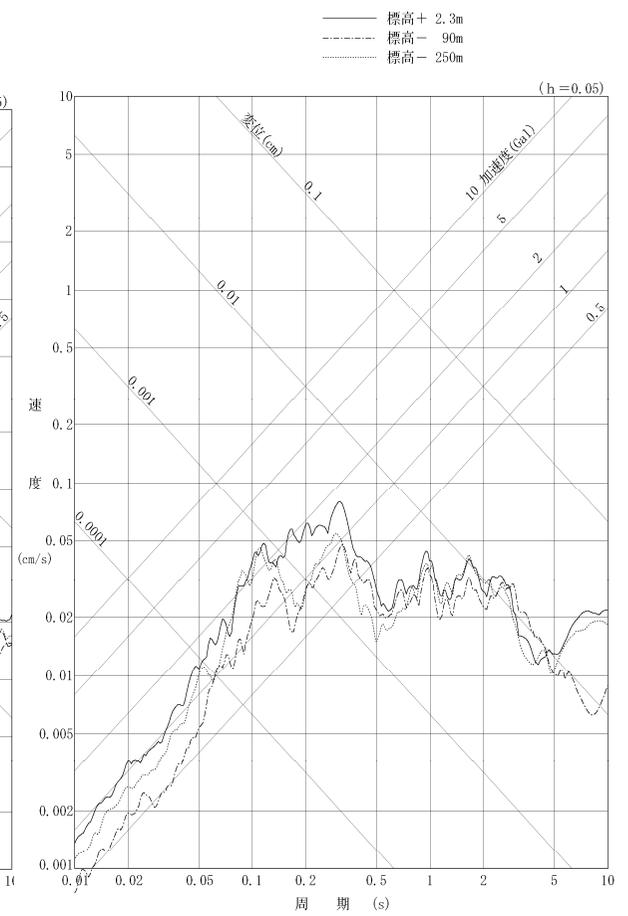
No.15 北海道南西沖 (UD方向)



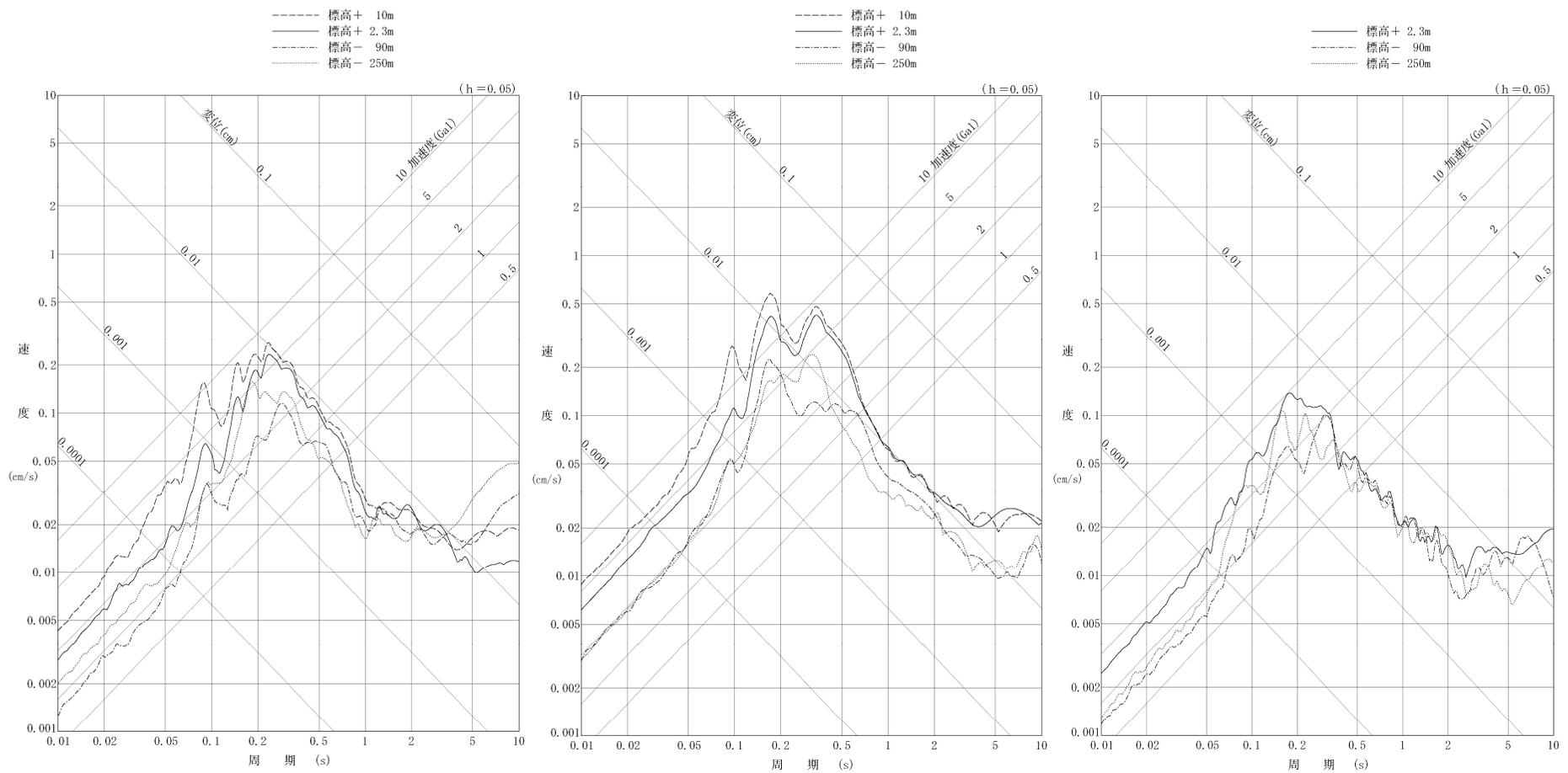
No.16 北海道南西沖 (NS方向)



No.16 北海道南西沖 (EW方向)



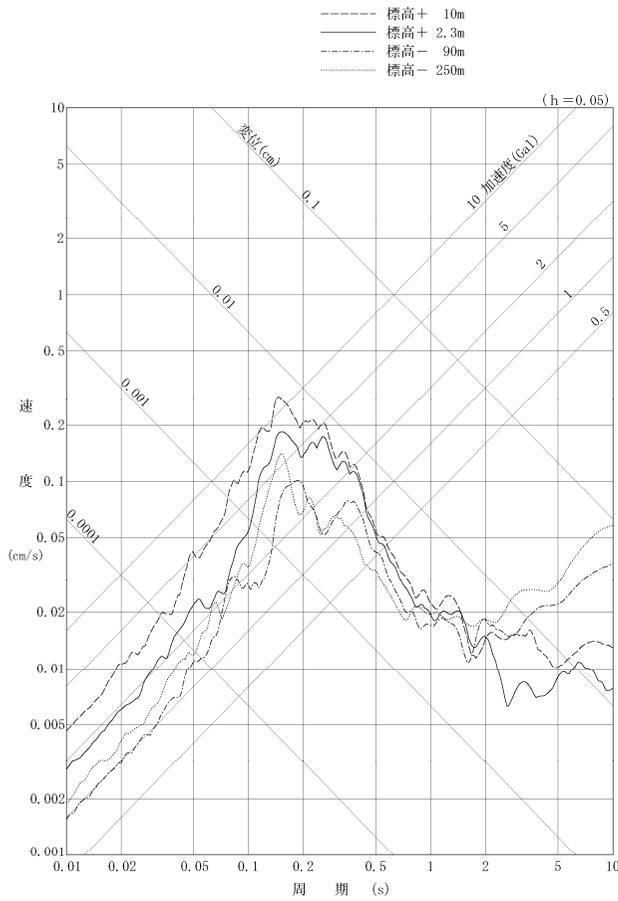
No.16 北海道南西沖 (UD方向)



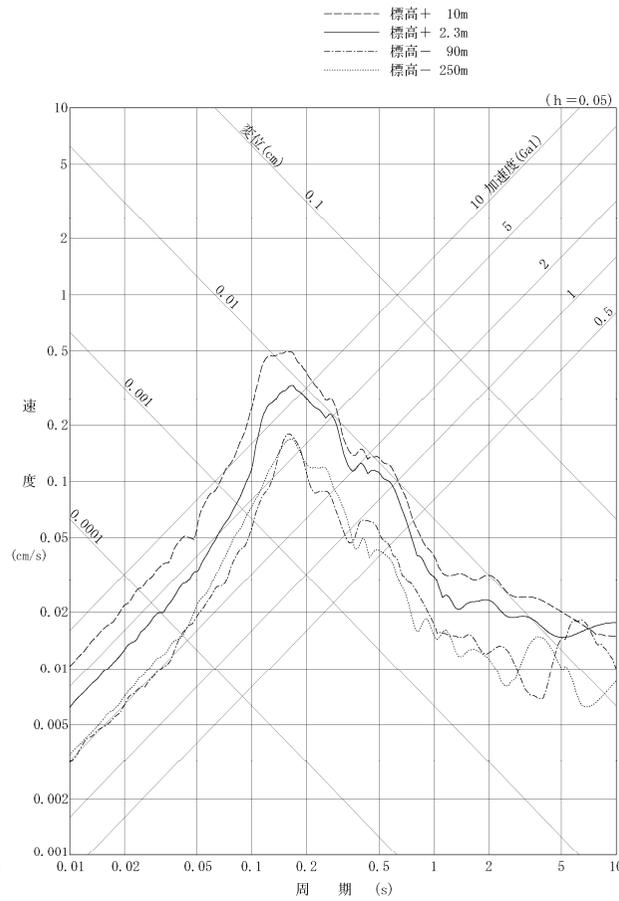
No.21 積丹半島北西沖 (NS方向)

No.21 積丹半島北西沖 (EW方向)

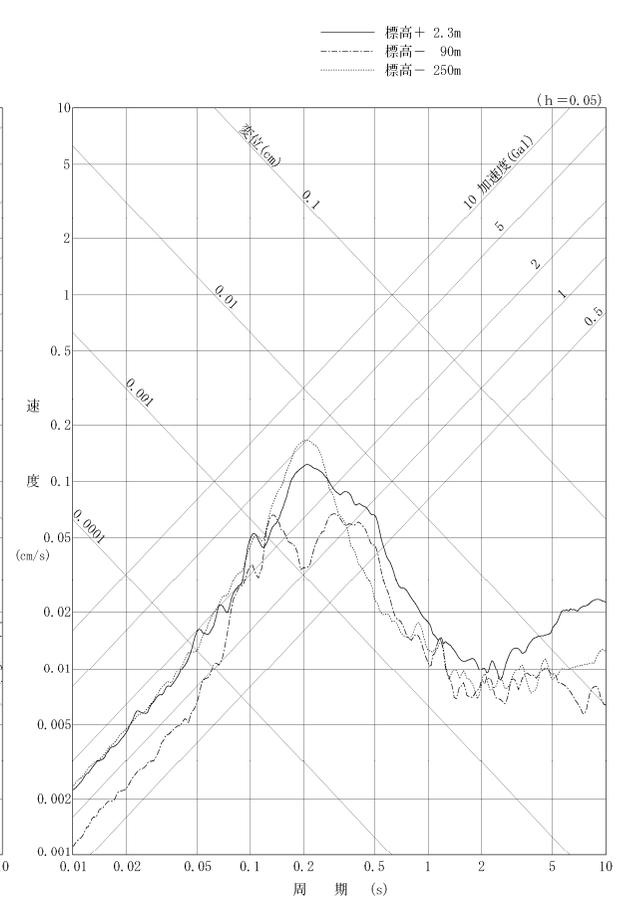
No.21 積丹半島北西沖 (UD方向)



No.25 積丹半島北西沖 (NS方向)

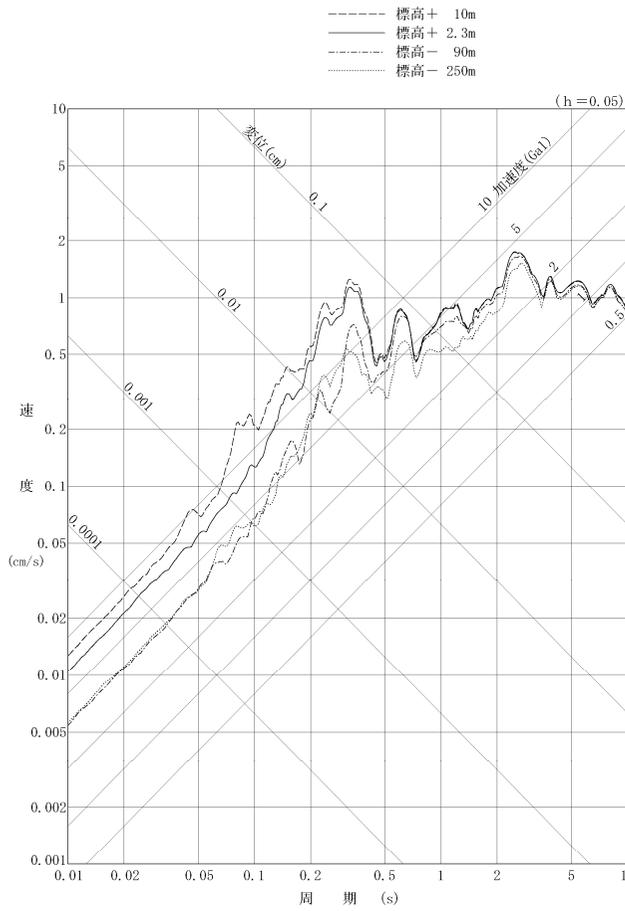


No.25 積丹半島北西沖 (EW方向)

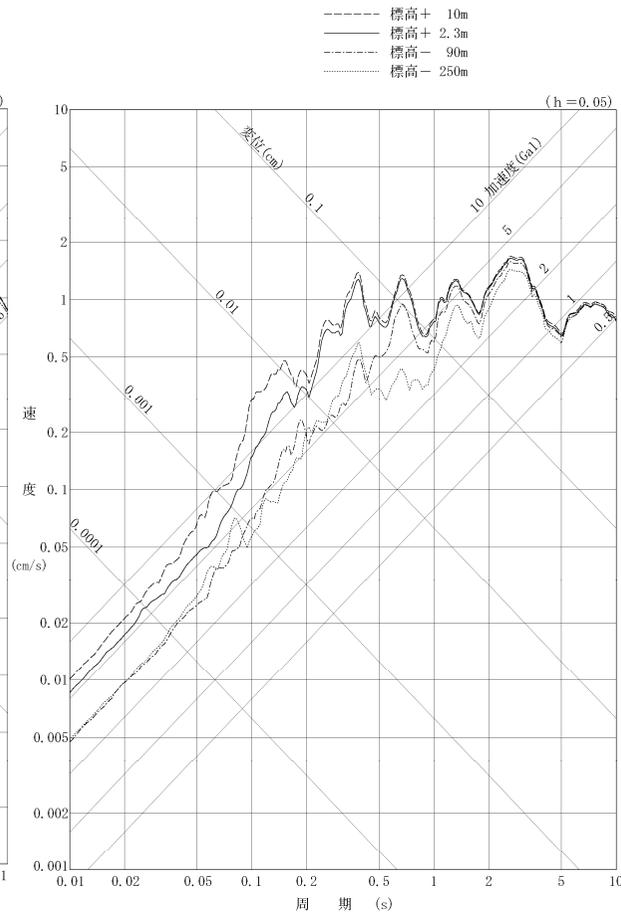


No.25 積丹半島北西沖 (UD方向)

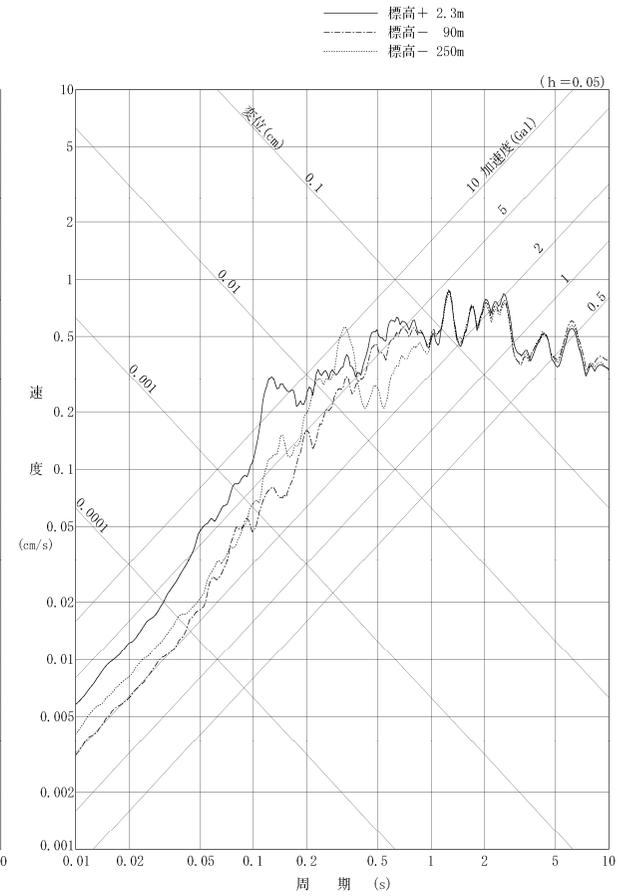
観測記録の応答スペクトル図(1, 2号炉観測点)



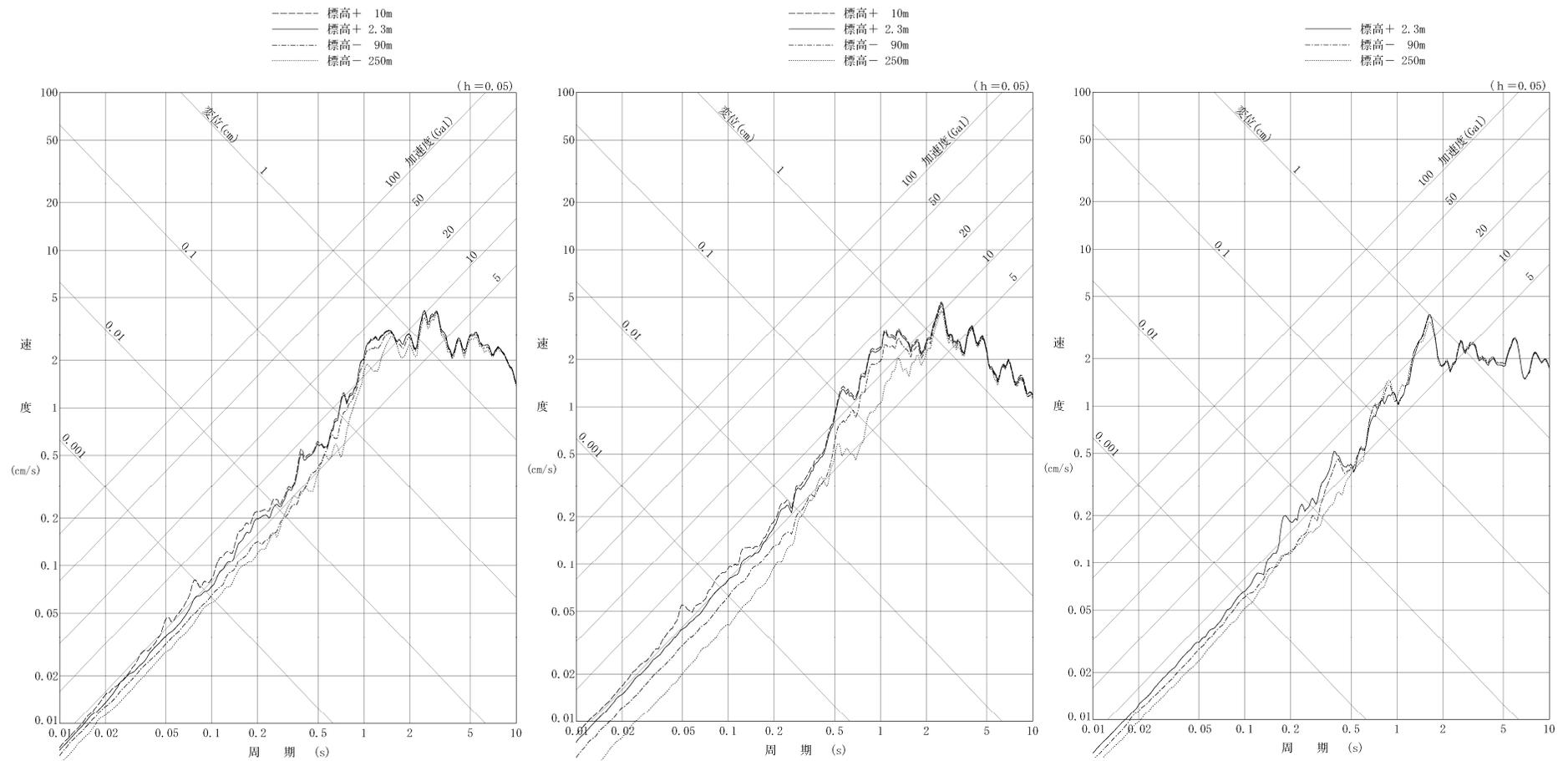
No.28 1993年北海道南西沖地震
最大余震 (NS方向)



No.28 1993年北海道南西沖地震
最大余震 (EW方向)



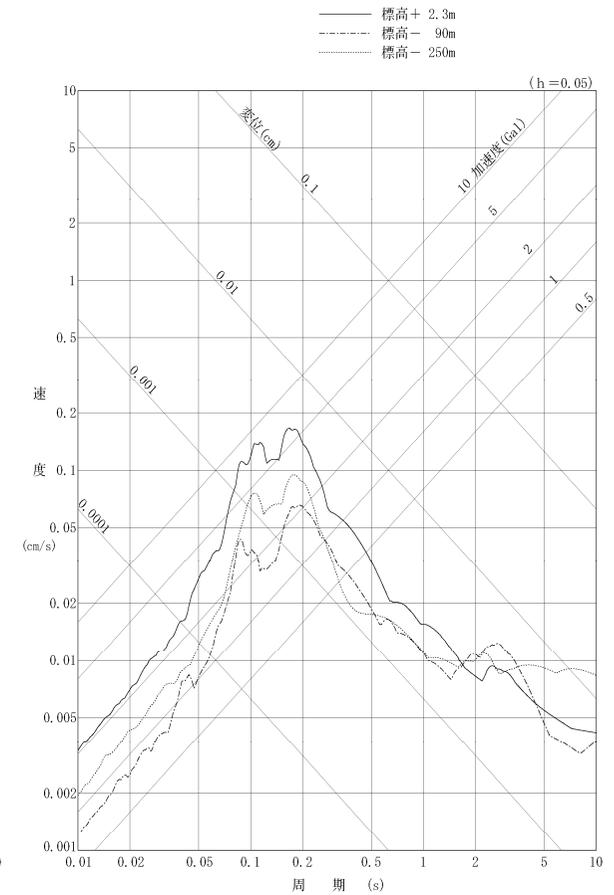
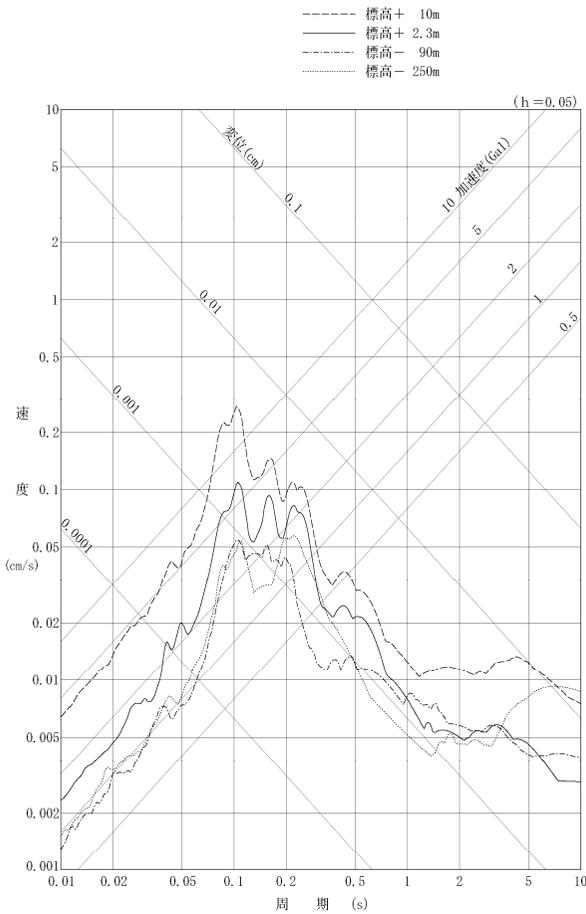
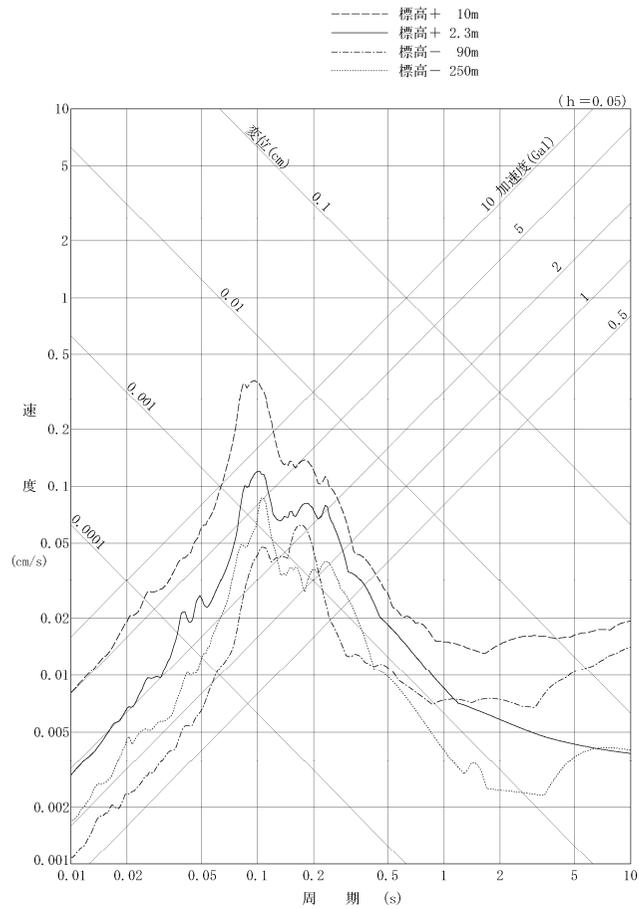
No.28 1993年北海道南西沖地震
最大余震 (UD方向)



No.29 1994年北海道東方沖地震
(NS方向)

No.29 1994年北海道東方沖地震
(EW方向)

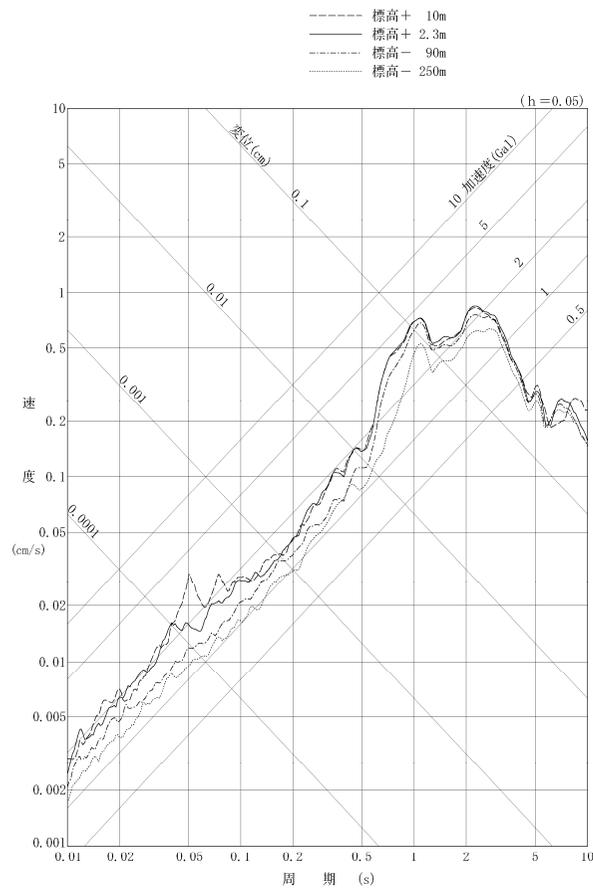
No.29 1994年北海道東方沖地震
(UD方向)



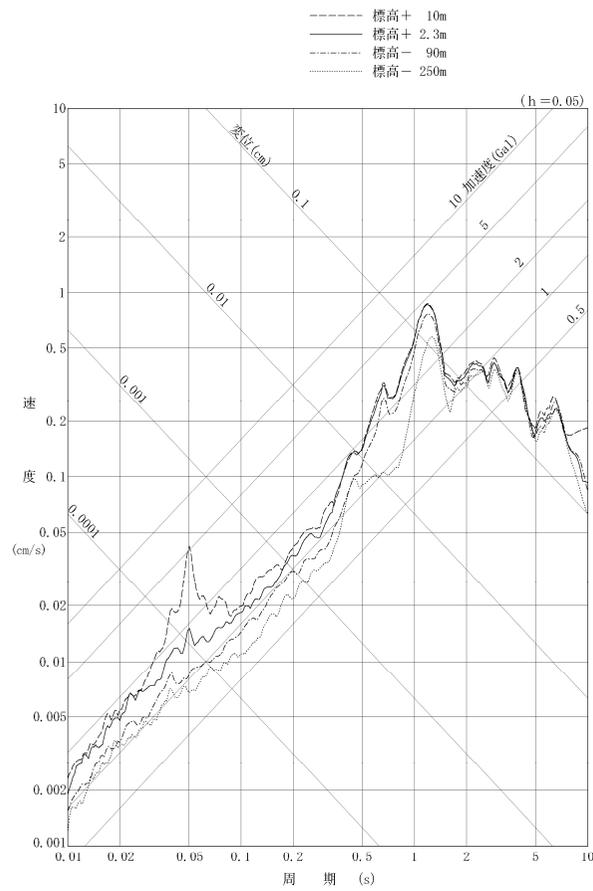
No.30 1999年積丹半島北西沖 (NS方向)

No.30 1999年積丹半島北西沖 (EW方向)

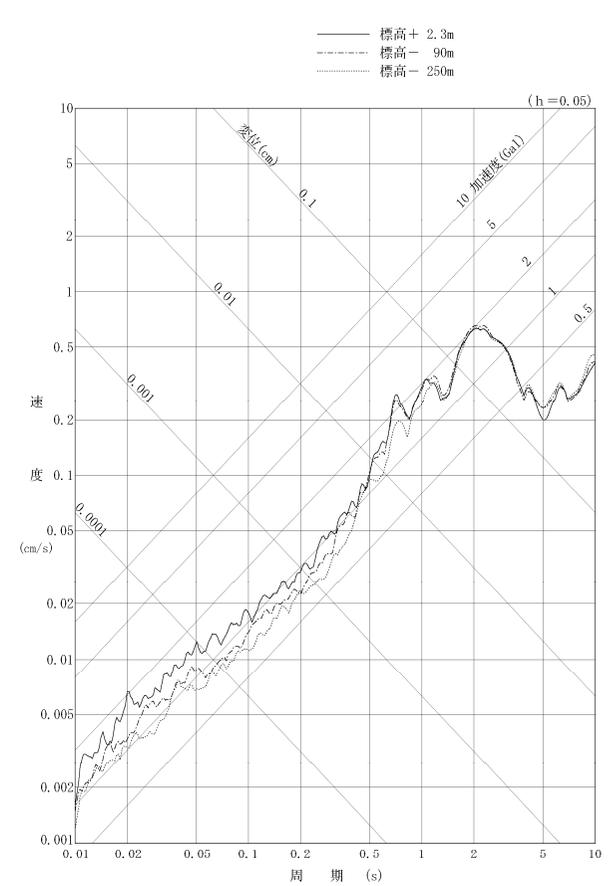
No.30 1999年積丹半島北西沖 (UD方向)



No.31 根室半島沖 (NS方向)

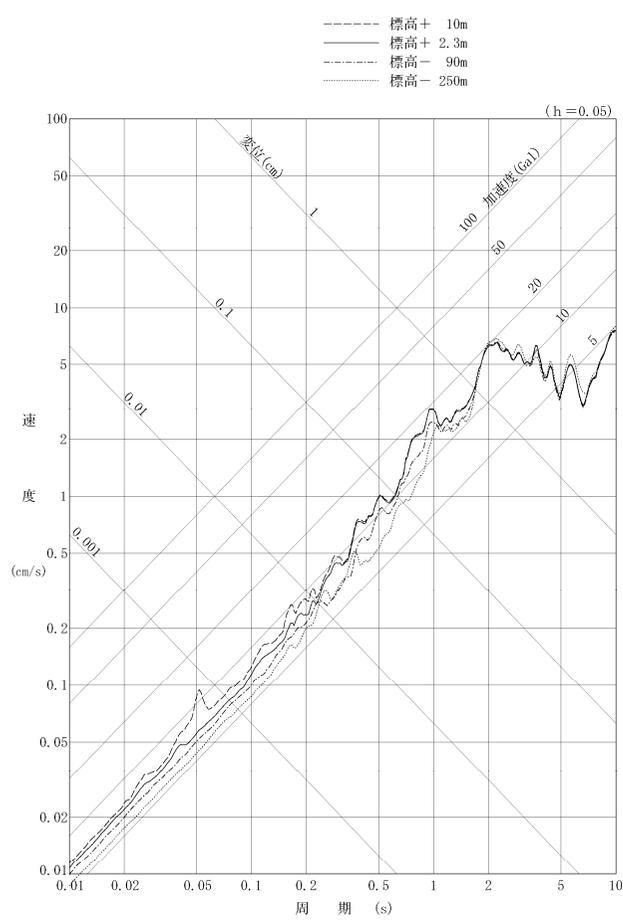


No.31 根室半島沖 (EW方向)

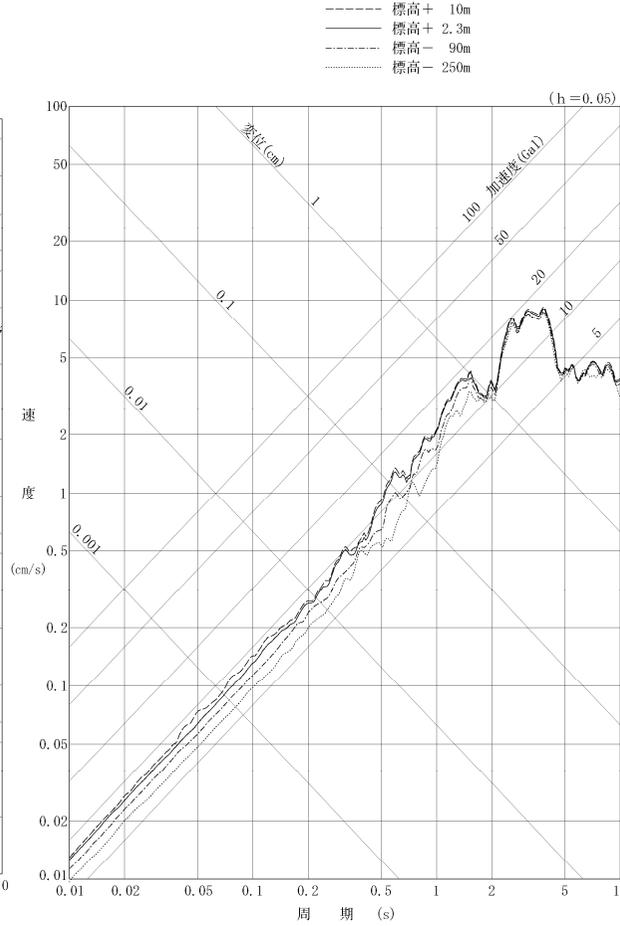


No.31 根室半島沖 (UD方向)

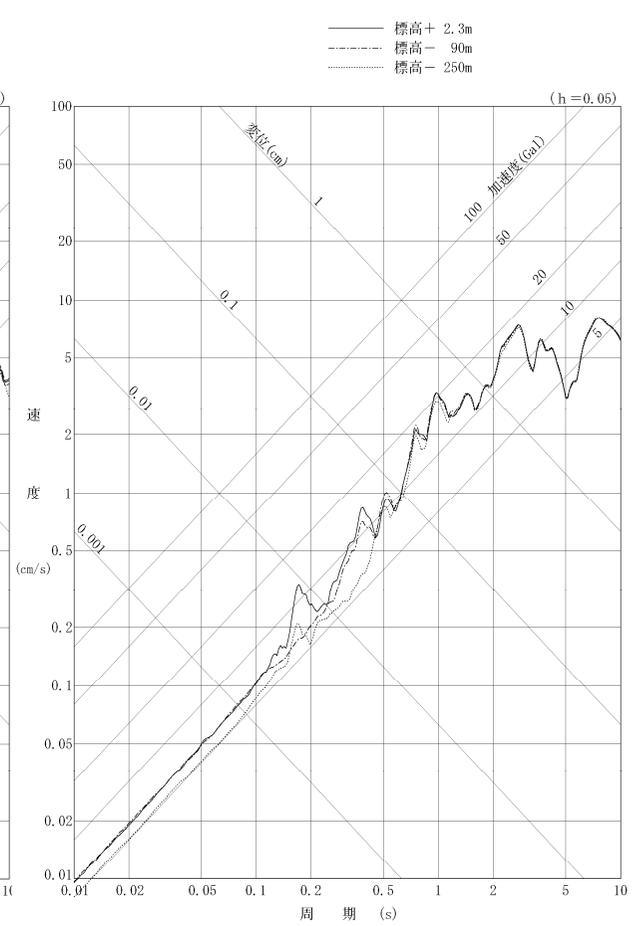
観測記録の応答スペクトル図(1, 2号炉観測点)



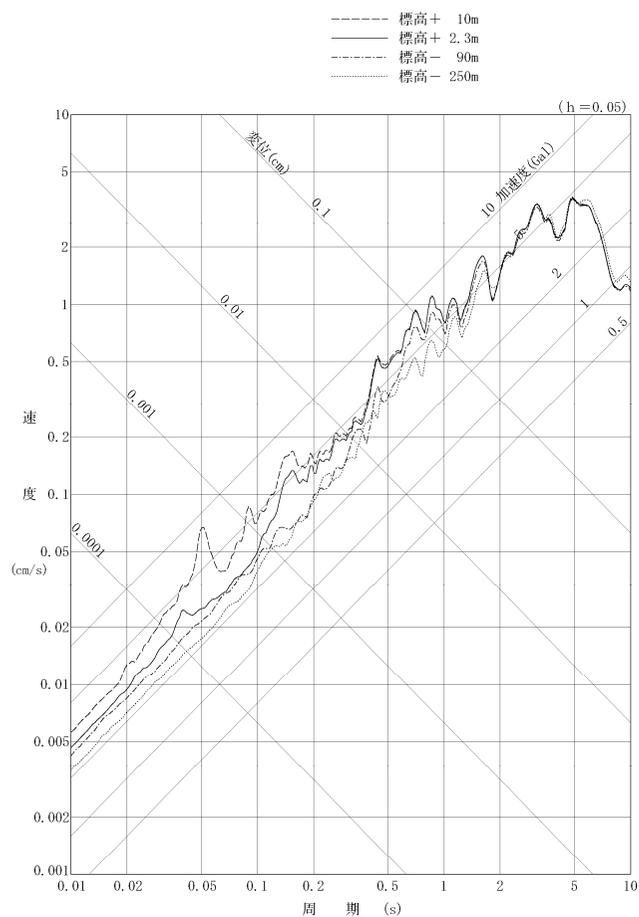
No.34 2003年十勝沖地震 (NS方向)



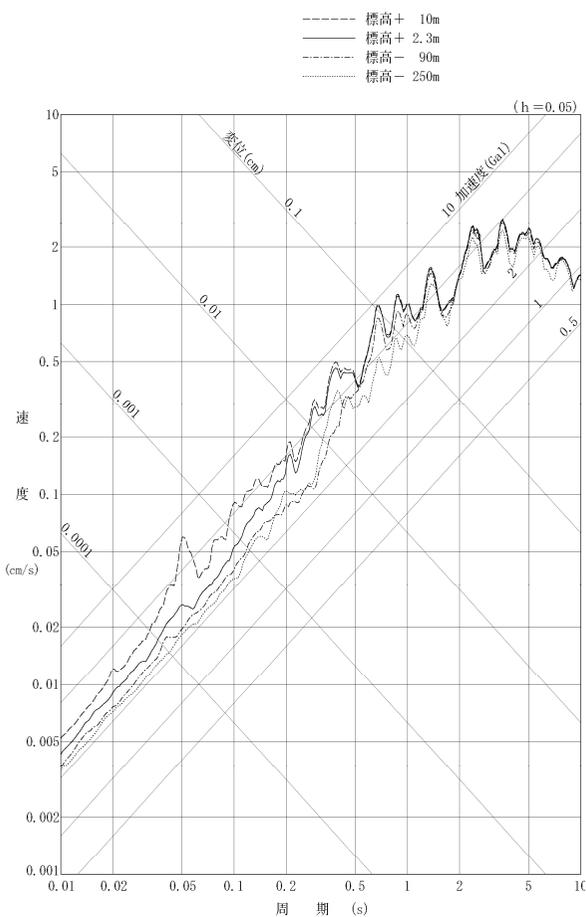
No.34 2003年十勝沖地震 (EW方向)



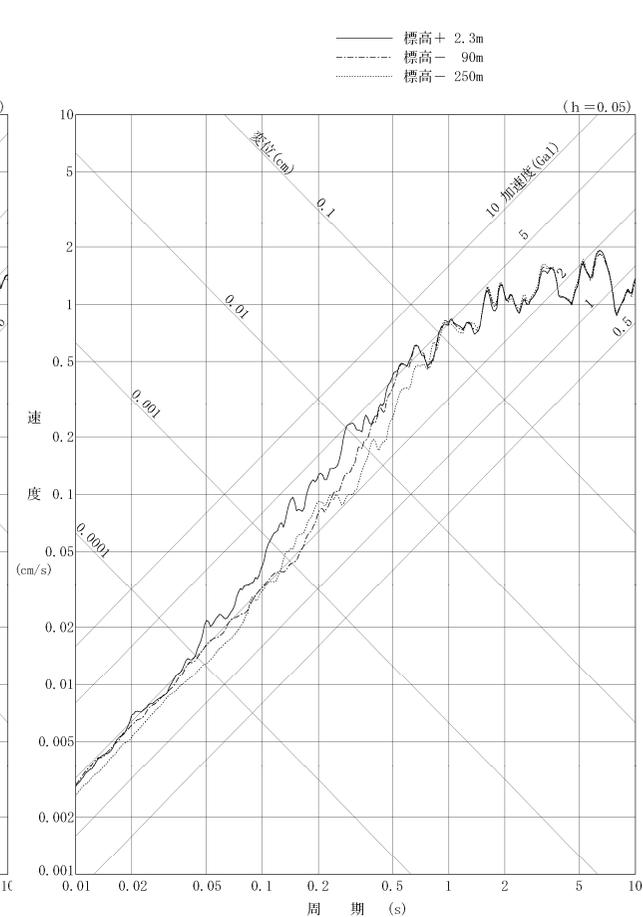
No.34 2003年十勝沖地震 (UD方向)



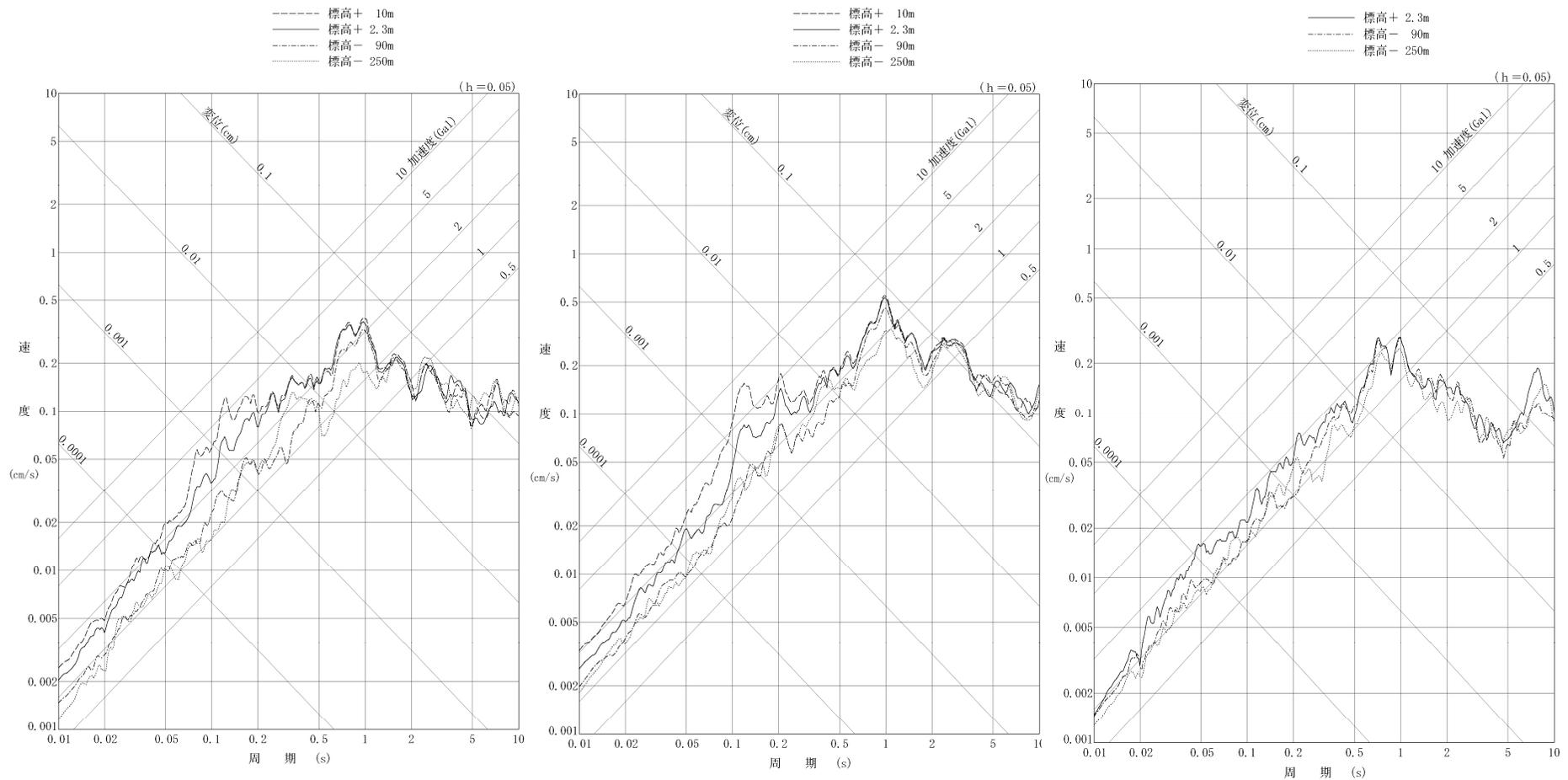
No.35 十勝沖 (NS方向)



No.35 十勝沖 (EW方向)



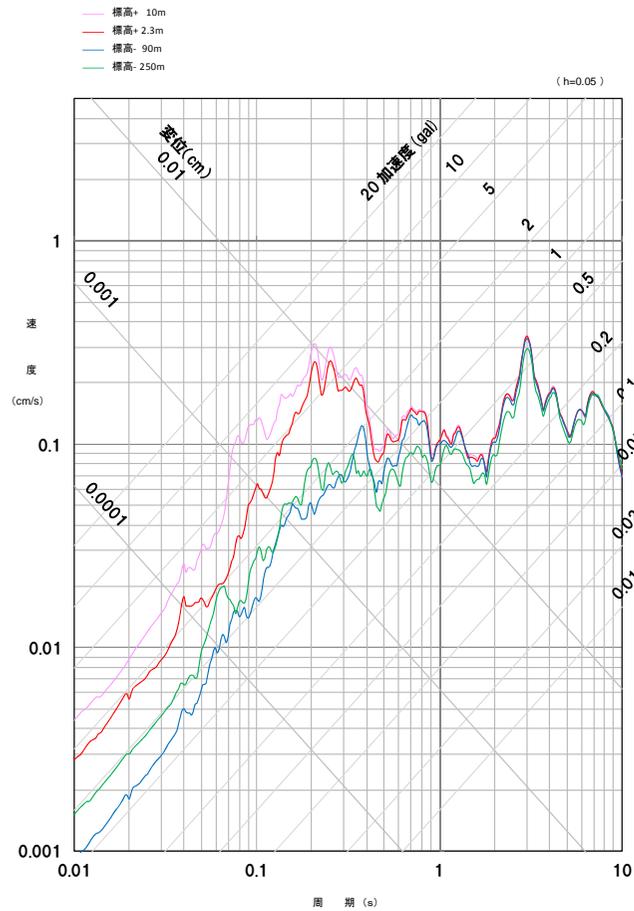
No.35 十勝沖 (UD方向)



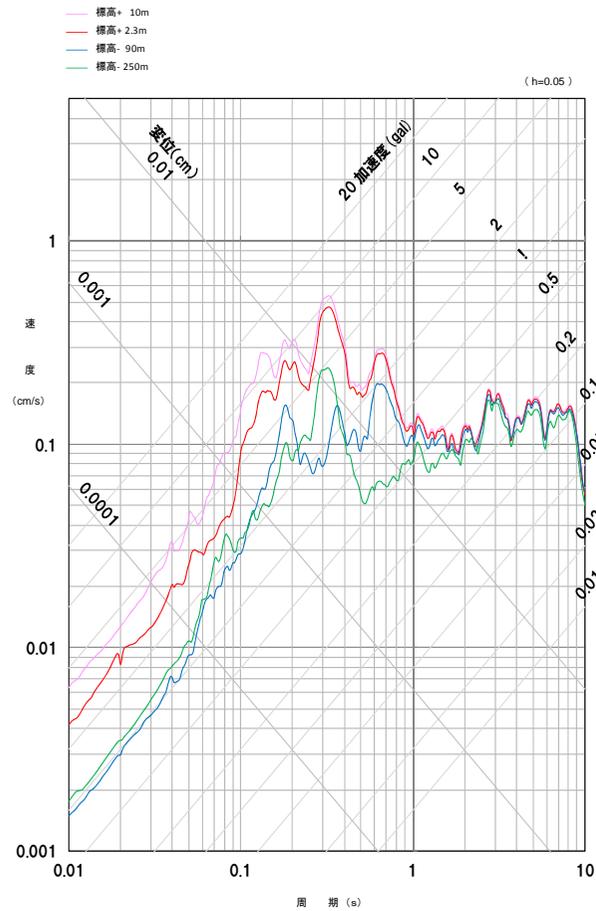
No.39 留萌支庁南部 (NS方向)

No.39 留萌支庁南部 (EW方向)

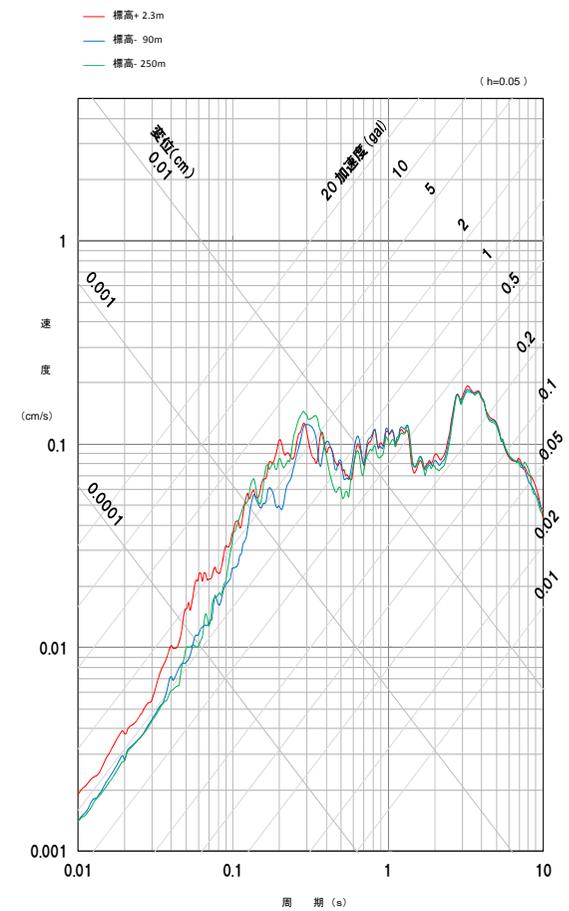
No.39 留萌支庁南部 (UD方向)



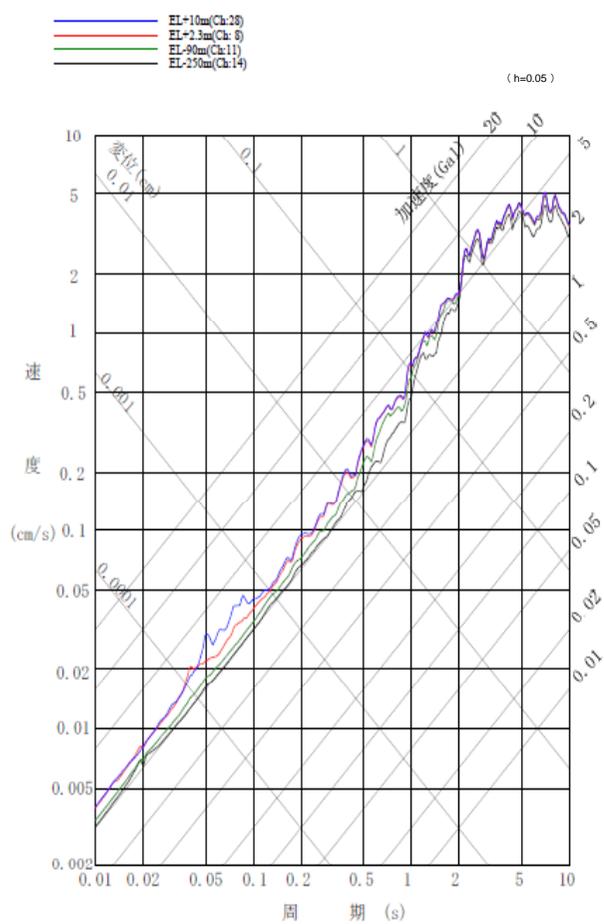
No.43 北海道南西沖 (NS方向)



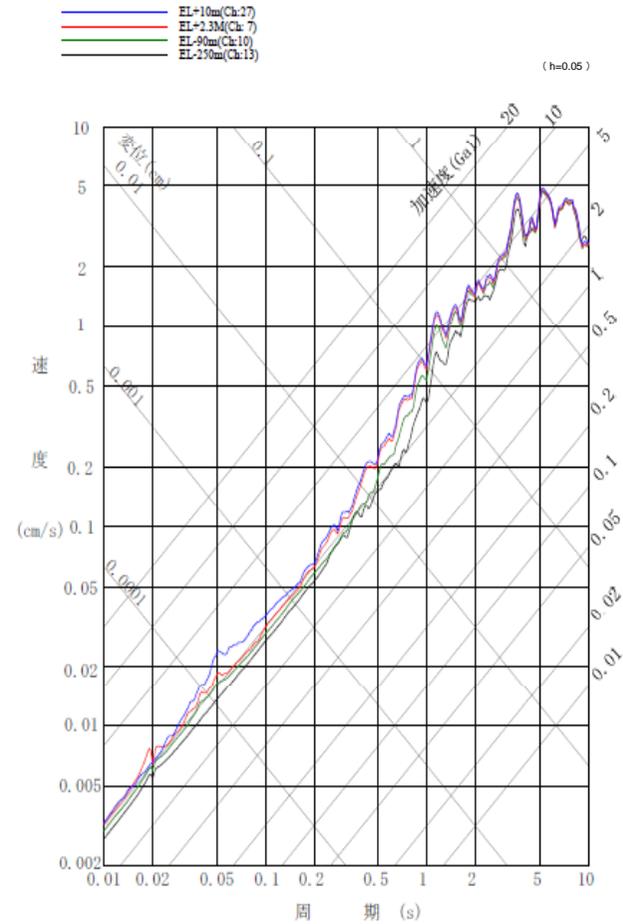
No.43 北海道南西沖 (EW方向)



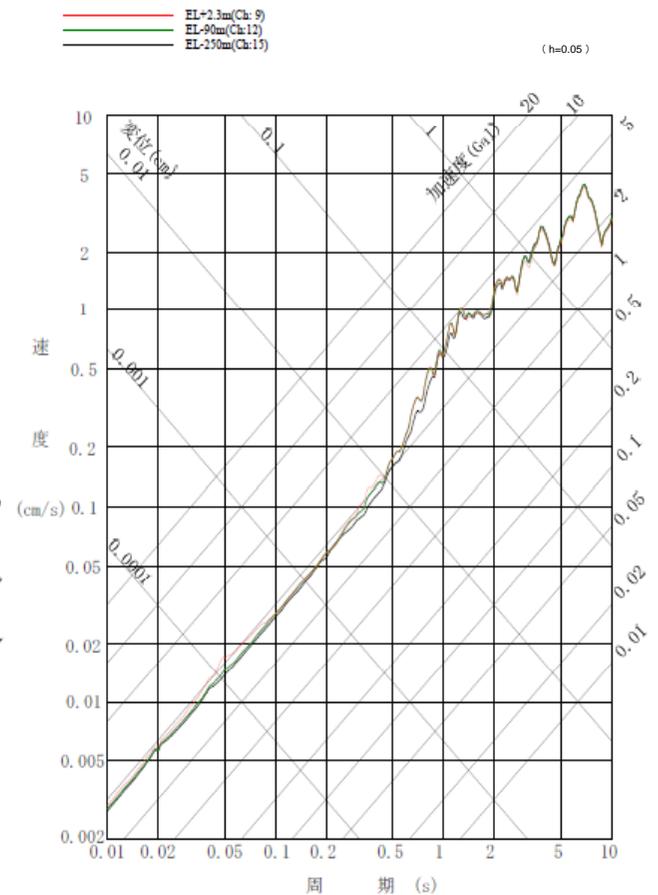
No.43 北海道南西沖 (UD方向)



No.44 東北地方太平洋沖地震 (NS方向)

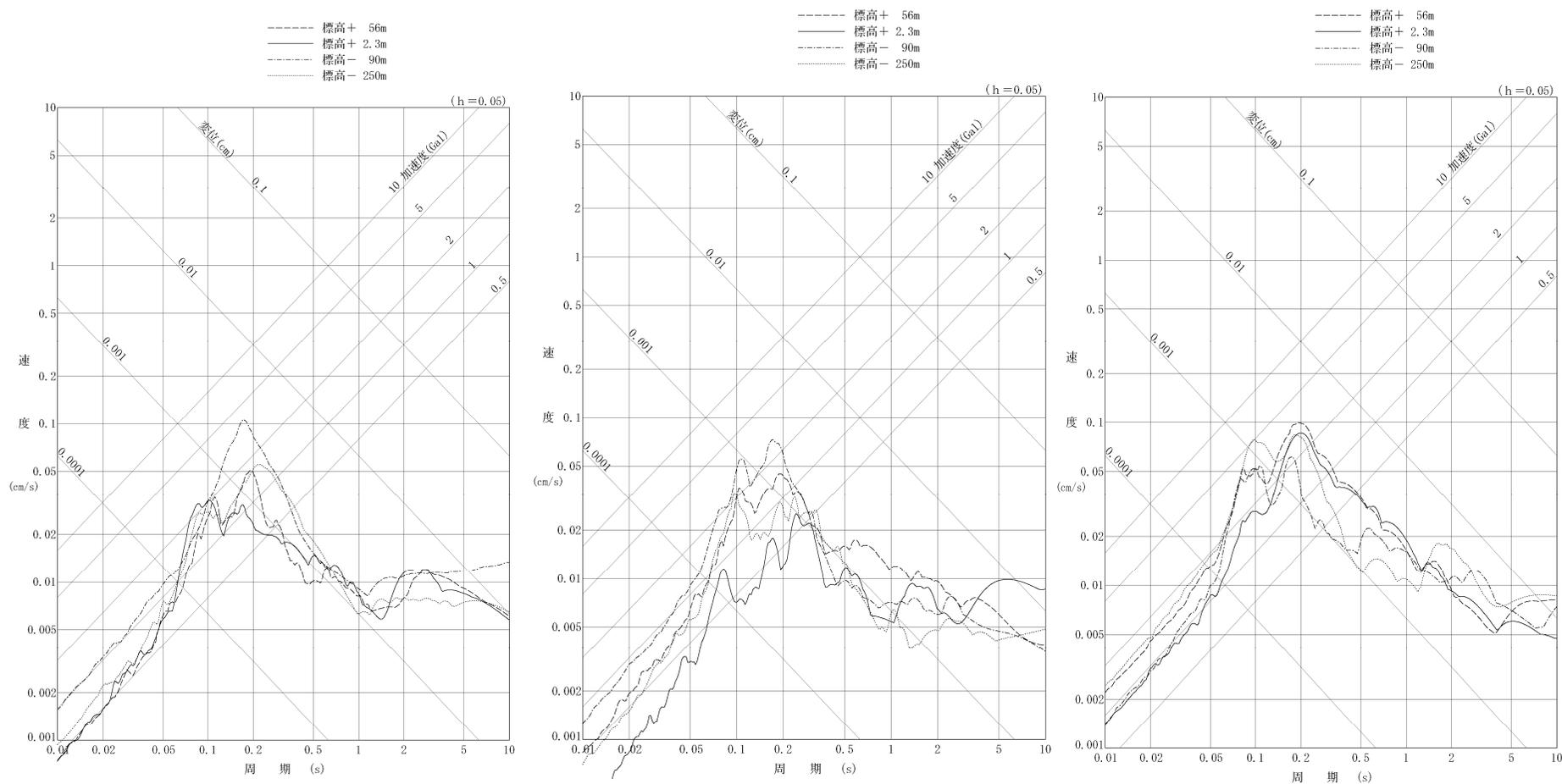


No.44 東北地方太平洋沖地震 (EW方向)



No.44 東北地方太平洋沖地震 (UD方向)

観測記録の応答スペクトル図(3号炉観測点)

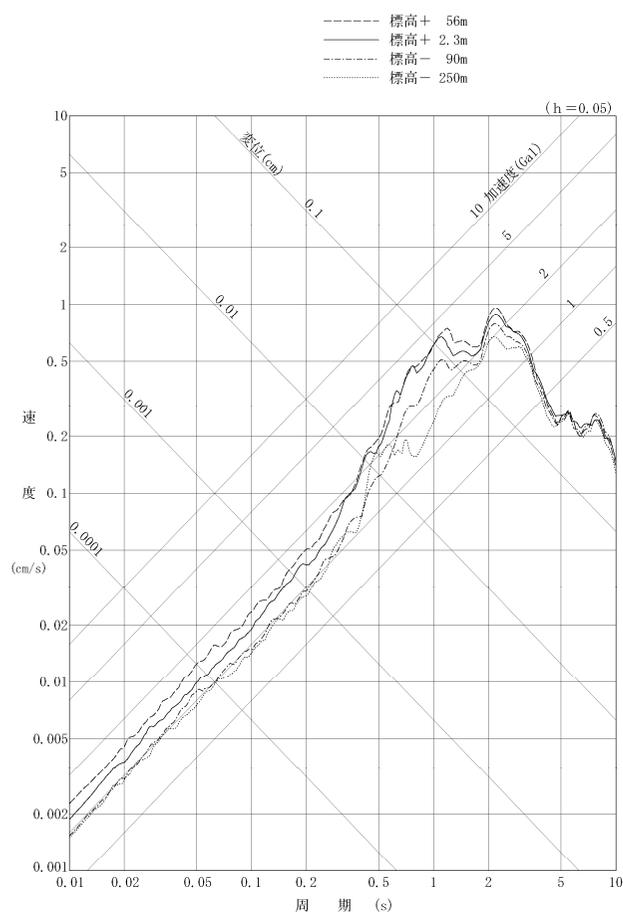


No.30 1999年積丹半島北西沖 (NS方向)

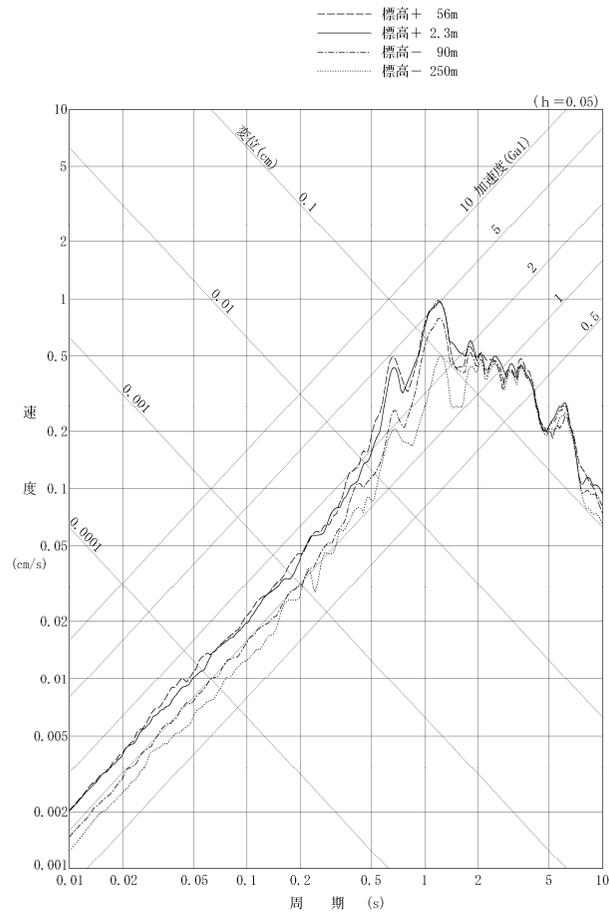
No.30 1999年積丹半島北西沖 (EW方向)

No.30 1999年積丹半島北西沖 (UD方向)

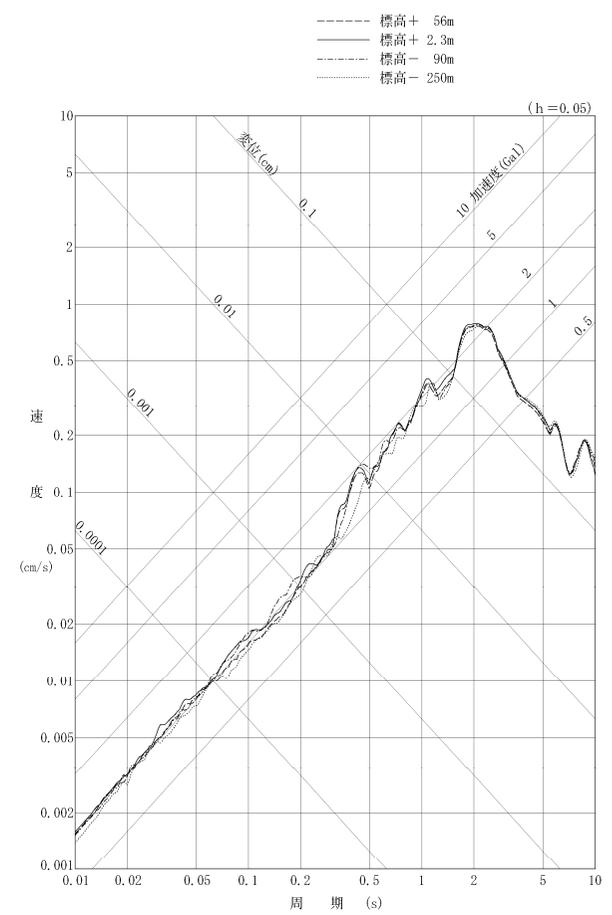
観測記録の応答スペクトル図(3号炉観測点)



No.31 根室半島沖 (NS方向)

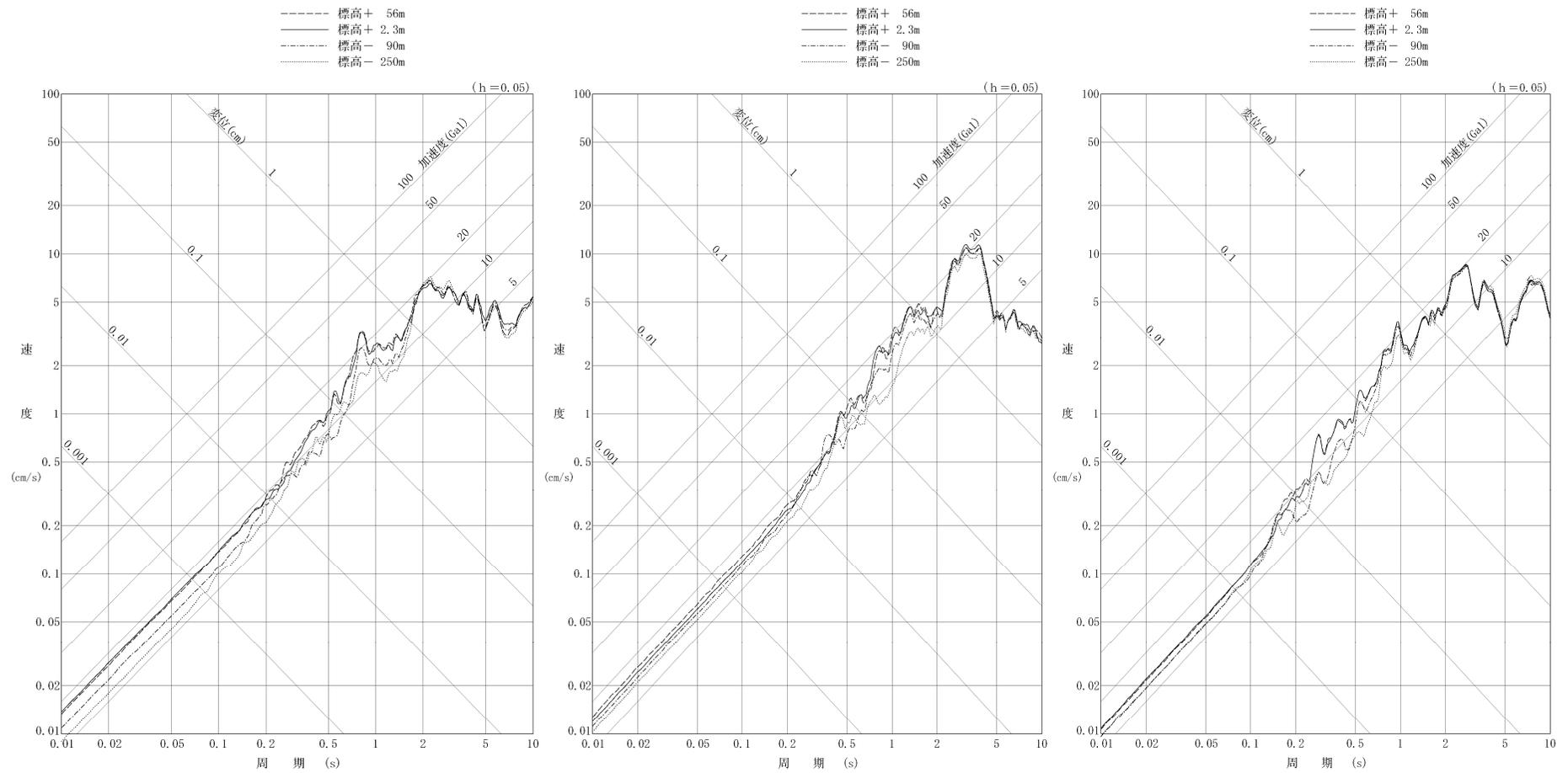


No.31 根室半島沖 (EW方向)



No.31 根室半島沖 (UD方向)

観測記録の応答スペクトル図(3号炉観測点)

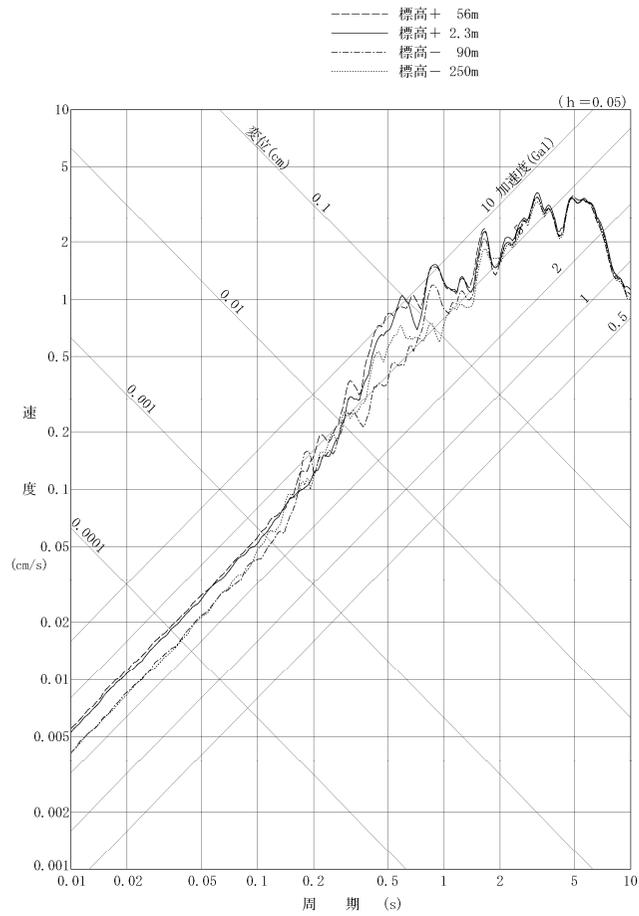


No.34 2003年十勝沖地震 (NS方向)

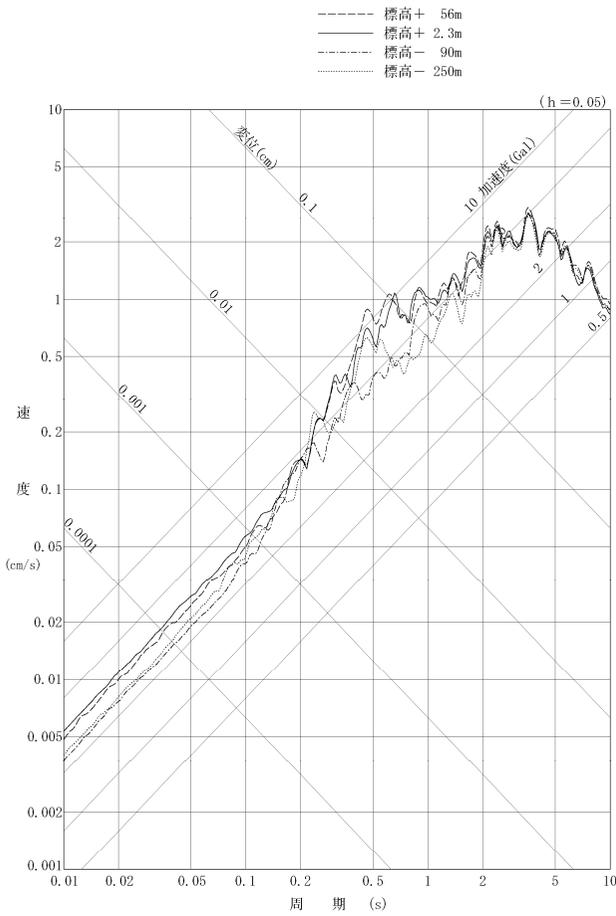
No.34 2003年十勝沖地震 (EW方向)

No.34 2003年十勝沖地震 (UD方向)

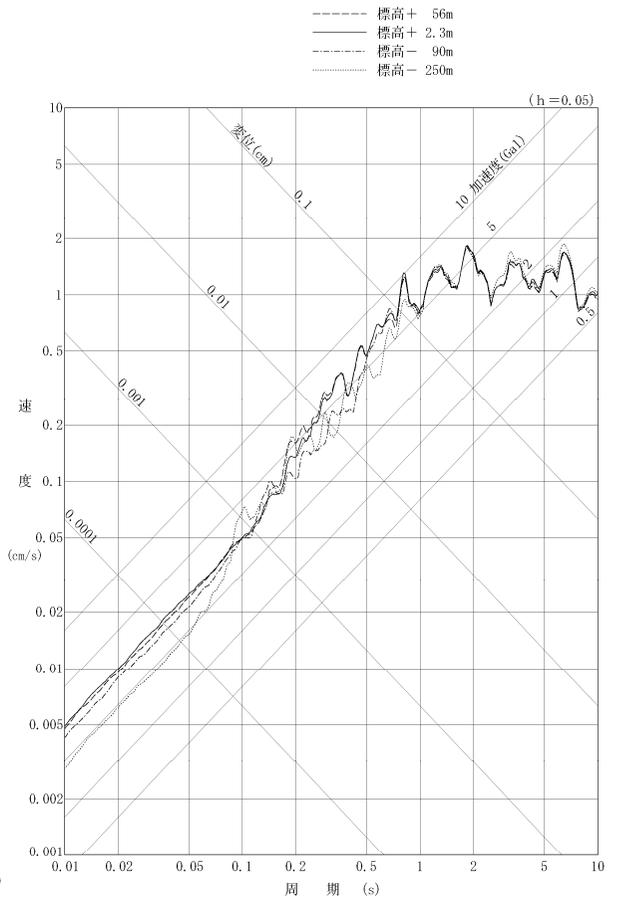
観測記録の応答スペクトル図(3号炉観測点)



No.35 十勝沖 (NS方向)

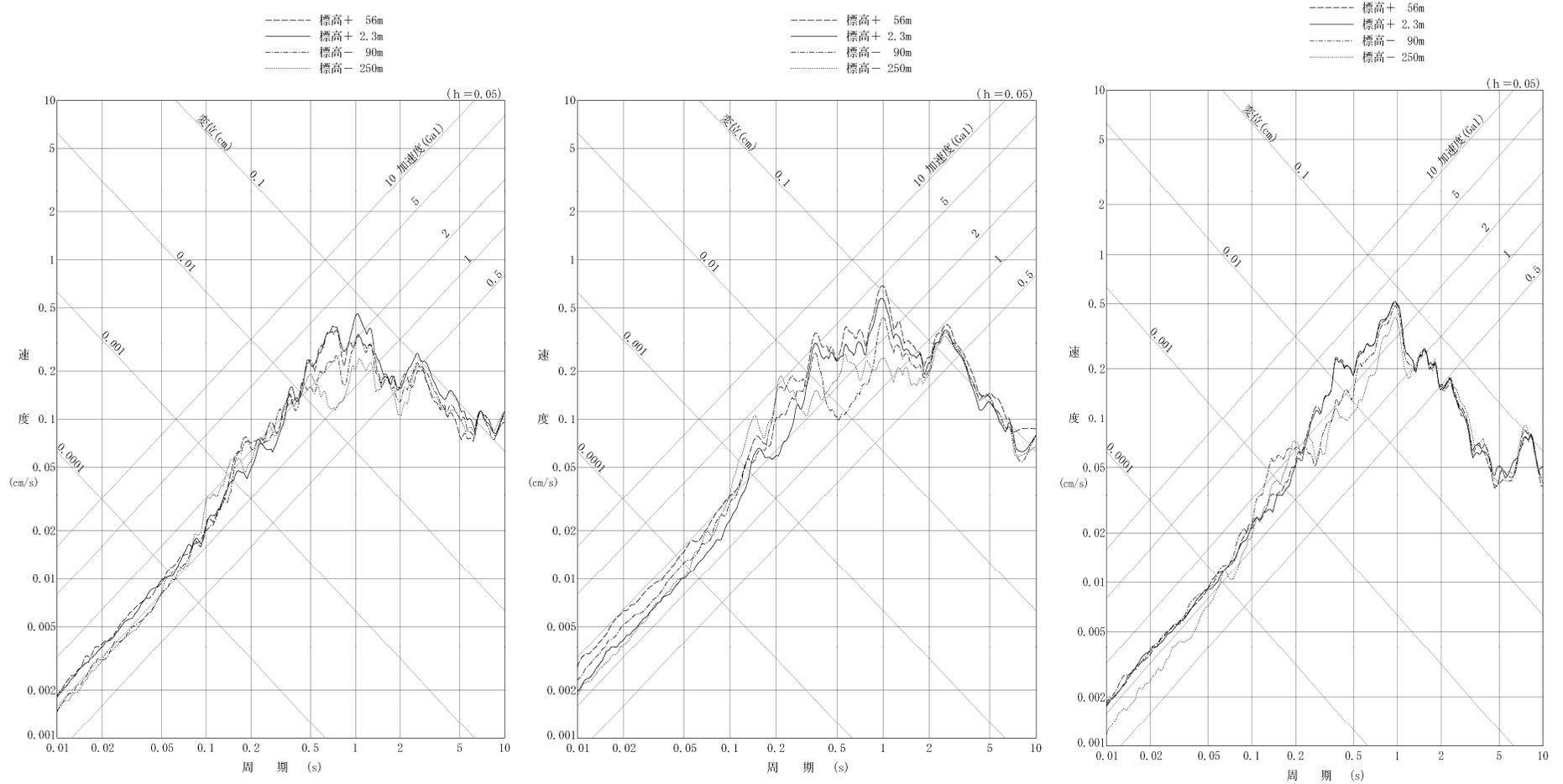


No.35 十勝沖 (EW方向)



No.35 十勝沖 (UD方向)

観測記録の応答スペクトル図(3号炉観測点)

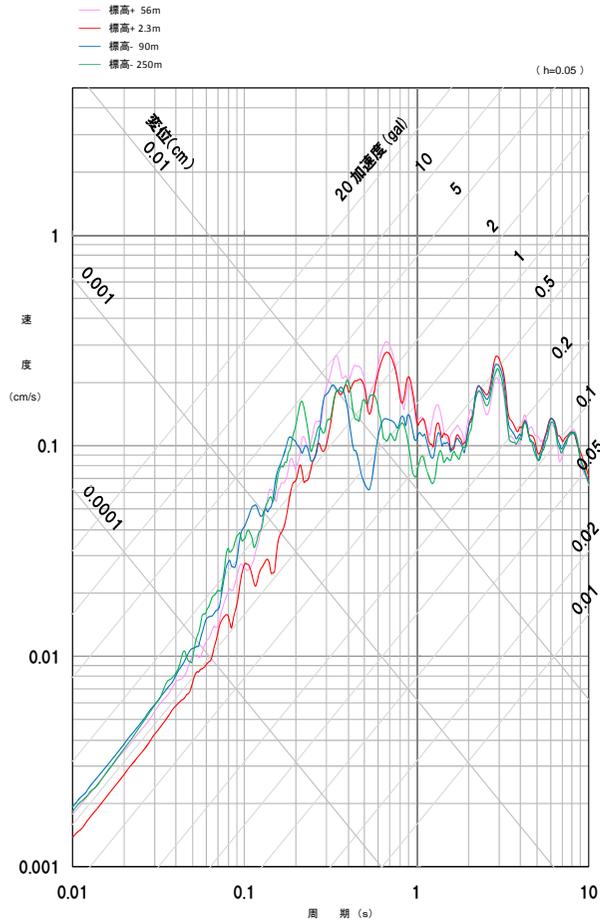


No.39 留萌支庁南部 (NS方向)

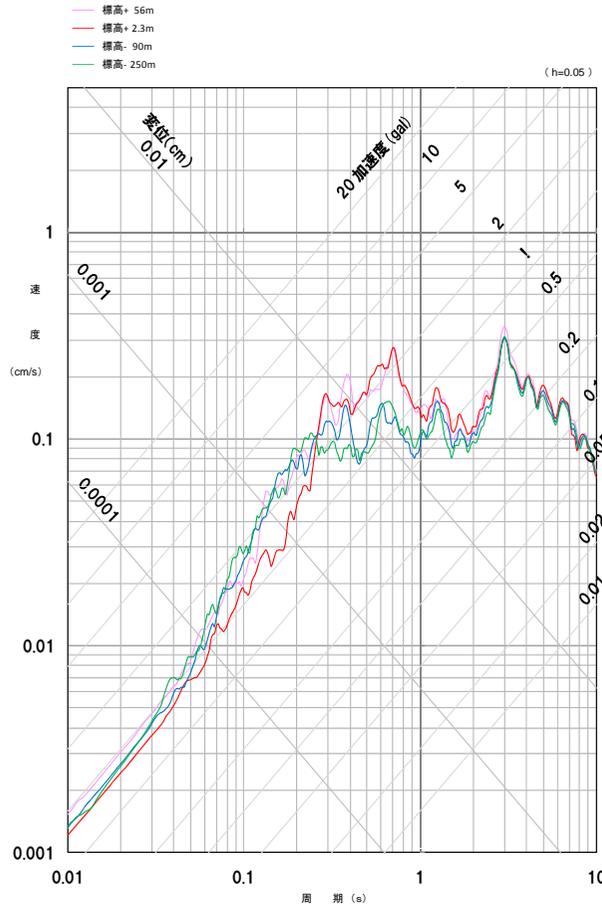
No.39 留萌支庁南部 (EW方向)

No.39 留萌支庁南部 (UD方向)

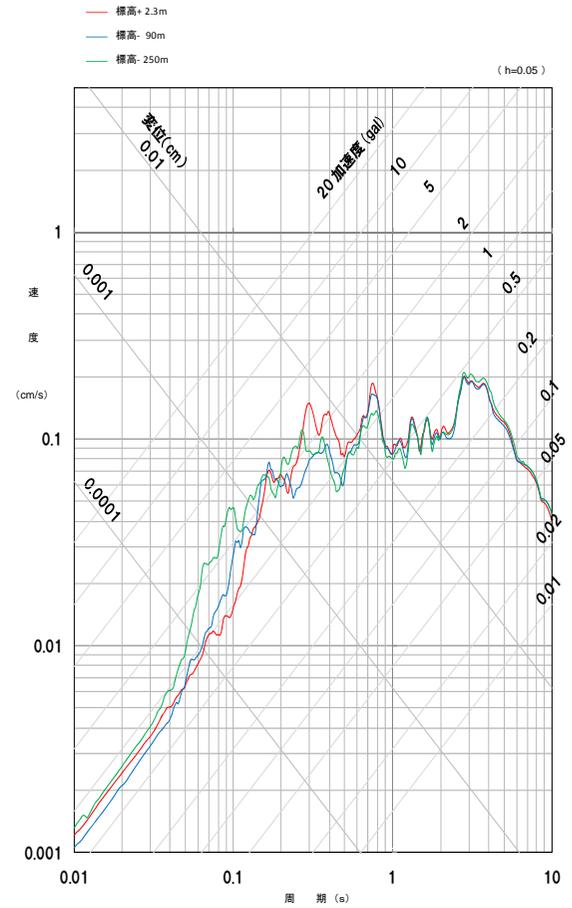
観測記録の応答スペクトル図(3号炉観測点)



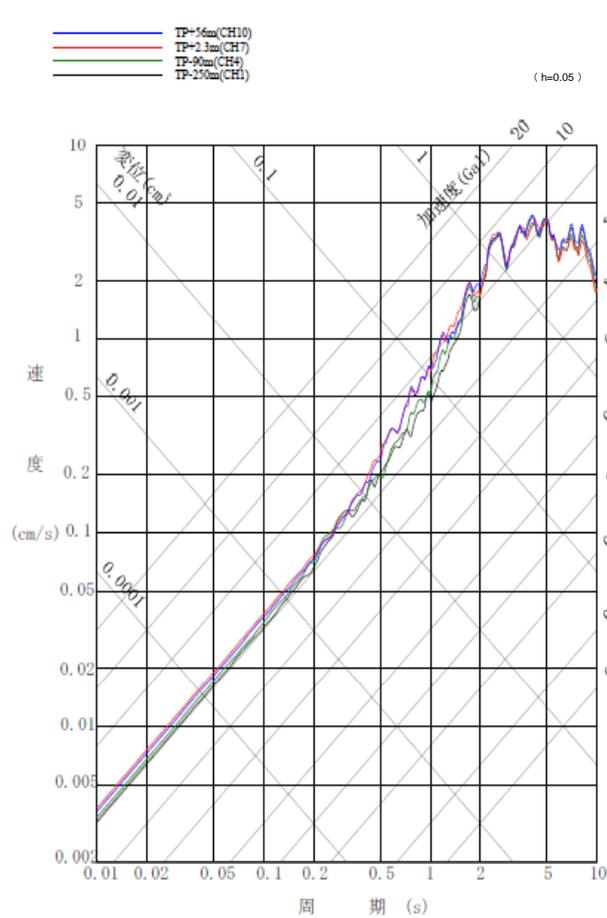
No.43 北海道南西沖 (NS方向)



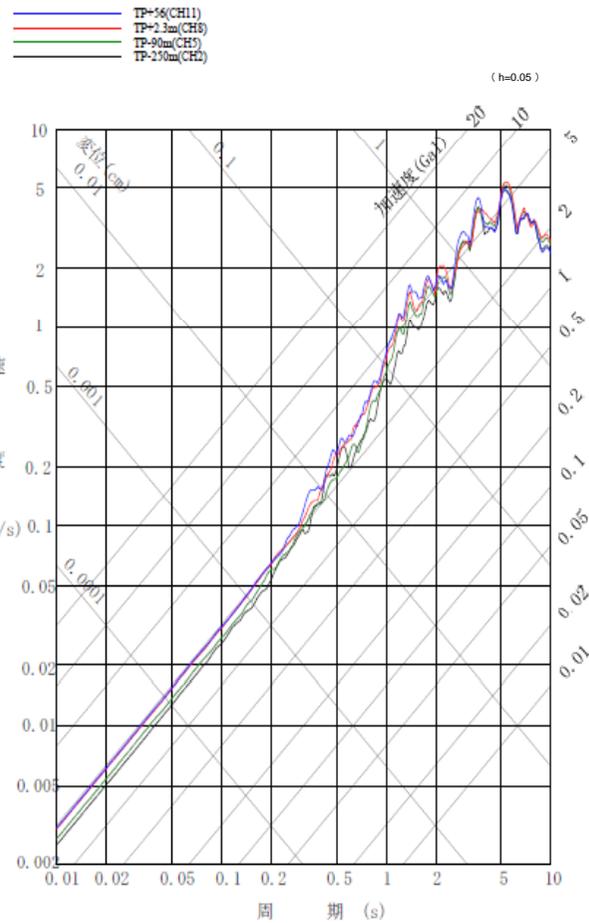
No.43 北海道南西沖 (EW方向)



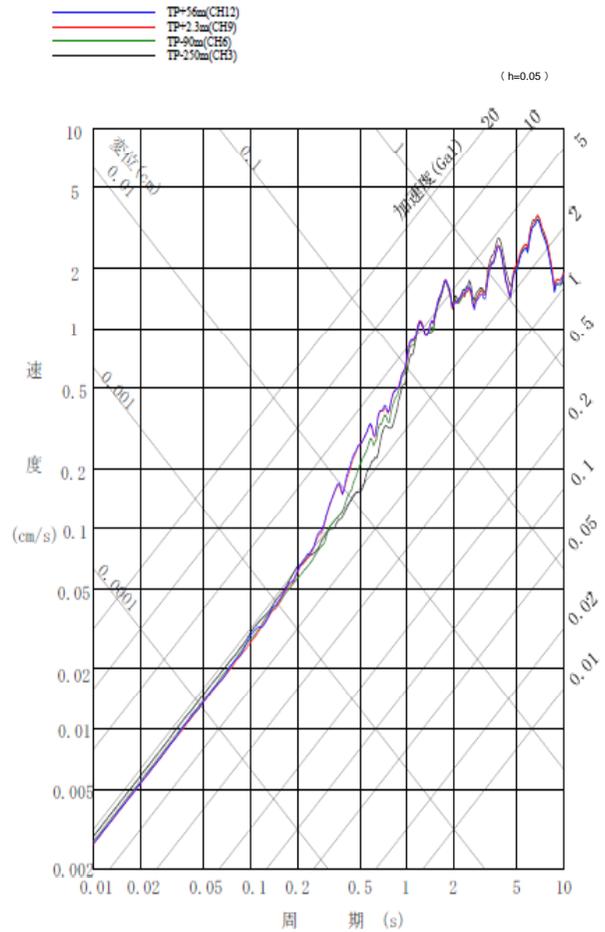
No.43北海道南西沖 (UD方向)



No.44 東北地方太平洋沖地震 (NS方向)



No.44 東北地方太平洋沖地震 (EW方向)



No.44 東北地方太平洋沖地震 (UD方向)