

平成23年東北地方太平洋沖地震の知見を考慮した原子力発電所の地震・津波の評価について ～中間取りまとめ～（概要）

平成24年2月20日
原子力安全・保安院

1. 目的

平成23年東北地方太平洋沖地震（以下「3月11日の地震」という。）とそれによって引き起こされた津波（以下「3月11日の津波」という。）を徹底的に分析し、その知見を原子力発電所の安全規制に反映させるために調査・検討を実施。

2. 調査・検討の対象

主に以下を対象とし、今後の地震・津波に関する評価の在り方を調査・検討。

- 3月11日の地震に関する知見を踏まえた、福島第一及び福島第二原子力発電所、女川原子力発電所並びに東海第二発電所における基準地震動及び観測された地震動等の比較検討とモデルによる再現計算を通じた地震動に影響を及ぼす要因の評価
- 3月11日の津波による浸水の経路、浸水による影響・分析、津波の再現計算等

3. 評価のまとめ

新知見

- (1) 海溝型地震における地震セグメントの連動等
- (2) 大規模な地殻変動で誘発される地震活動
- (3) プレート間地震による津波と海溝軸付近の津波の重畳効果

地震動

○海溝型地震に関する新たな知見

① 海溝型地震(プレート間地震、プレート内地震)における地震セグメントの連動等

海溝型地震として、従来の想定以上の断層すべり量であったことや、広範囲にわたるアスペリティ及び地震セグメントの連動等により、大きな地震動が生じた。 **新知見(1)**



海溝型地震による地震動が支配的なサイトに対し、今回の地震の知見を踏まえた適切な地震動評価を行うよう事業者に対して指示。(平成23年11月11日)



学会等で示された各種断層モデルによると、断層すべり量やアスペリティの面積等を大きくすることによって、3月11日の地震等のおおむね再現性を確認。これらは、今後の地震動評価を実施する上で、不確かさとして考慮すべき因子や規模と考えられる。



不確かさの考慮に当たっては、大規模な地震が起きたことを踏まえ、考慮すべき因子や規模について、最大限のものを検討するとともに、ディレクティブティー効果(地震波の振幅が方位によって大きくなる効果)を考慮することが必要。

○内陸地殻内地震に関する対応

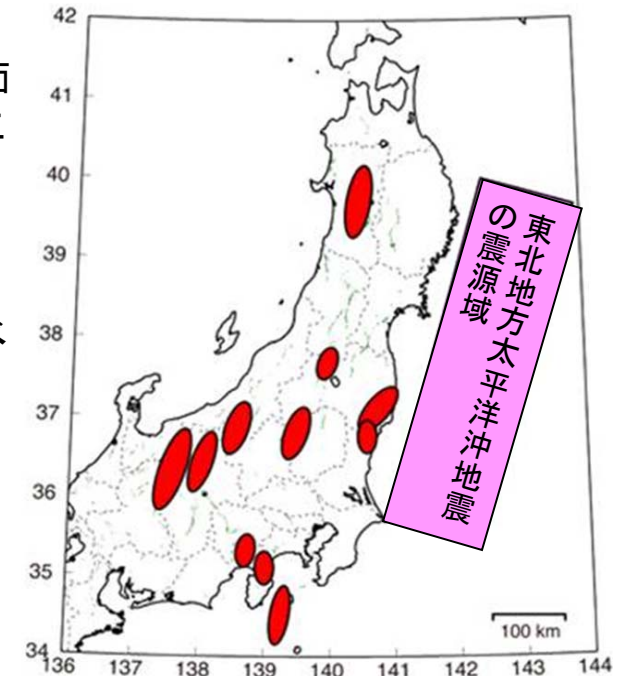
② 大規模な地殻変動で誘発される地震活動 **新知見(2)**

非常に大きな地殻変動により、広域にわたって応力場に影響が及び、これまで活動性が低い断層の活動が誘発され、地震前と比べると活断層が動きやすくなっている。(右図参照)(例:湯ノ岳断層(正断層)が地表面に出現)



これまで離隔距離が約5kmを超える断層等その連動性を否定していたものに関し、テクトニクス、応力の状況等を詳細に調査し、不確かさの評価を考慮した、連動性の可能性についての検討が必要。

なお、本件についても、事業者に対し、その検討結果を報告するよう指示。(平成24年1月27日)



● : 3.11地震後に発生した誘発地震活動域

出典: 名古屋大学大学院環境学研究科ウェブサイト

津波

○今回の津波の再現性の確認
○JNESによるクロスチェック結果との照合

- ① 事業者が実施した津波波形、浸水範囲、敷地内の痕跡高等の再現性については、今回の津波に係る観測記録と比較して良好。
- ② 津波伝播解析による解析結果については、事業者とJNESに有意な差はない。



○JNESの波源モデルでは、複数の震源について時間差を考慮した波の重なり合い効果を適切に再現することが可能であった。

+

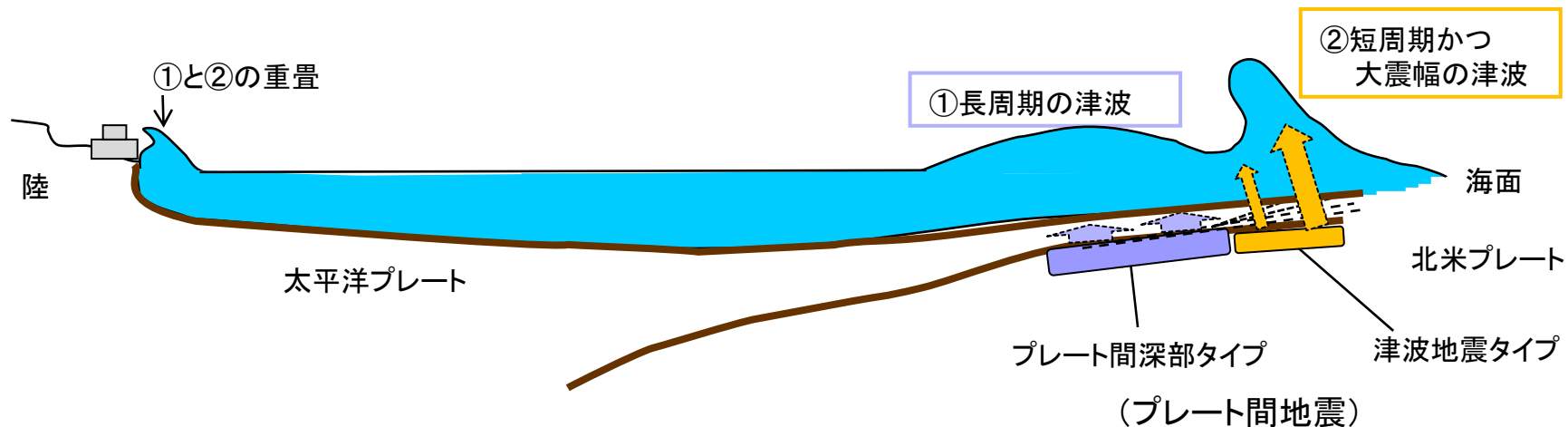
○プレート間地震による長周期の津波と、海溝軸沿いで発生した短周期かつ大振幅の津波との重畳等により、津波が大規模化。（下図参照）

新知見(3)



○想定津波高さの評価

○想定津波高さの評価の考え方については、具体的評価手法やその活用方法について、調査・検討を継続。



○波力の考え方について調査・検討

- ⑤ 福島第一及び福島第二原子力発電所の主要建屋外壁に作用した波力から、想定する津波高さに対して3倍の静水圧分布を与えて設計を行うことは基本的には安全側。



沿岸地形の状況等によっては、過小評価になる場合もあることから、個別に評価することが必要。


4. 耐震安全性評価への反映

当院は、今回の新知見について、今後の耐震バックチェック及び安全審査に反映させるとともに、反映のプロセス等については、透明性の確保を図り、また、これを継続的に反映していくことによって、原子力施設の耐震安全性に係る信頼性の一層の向上を図る。

福島第一原子力発電所原子炉建屋基礎版上における観測記録

福島第一原子力発電所2号機、3号機、5号機のEW方向で原子炉建屋基礎版上の最大加速度は、基準地震動Ssの最大応答加速度値を上回った。

	観測記録の最大加速度値 (Gal)			基準地震動Ssに対する 最大応答加速度値(Gal)		
	NS	EW	UD	NS	EW	UD
1号機	460	447	258	487	489	412
2号機	348	550	302	441	438	420
3号機	322	507	231	449	441	429
4号機	281	319	200	447	445	422
5号機	311	548	256	452	452	427
6号機	298	444	244	445	448	415

 : 観測記録の最大加速度が基準地震動Ssによる最大応答加速度を上回った部分

※ なお、福島第二原子力発電所全号機の原子炉建屋基礎版上における観測記録は、基準地震動Ssに対する最大応答加速度値を下回った。

女川原子力発電所原子炉建屋基礎版上における観測記録

3月11日の地震時の原子炉 建屋の最大加速度値

観測位置		観測記録			基準地震動Ssに対する 最大応答加速度値(ガル)		
		最大加速度値(ガル)			NS方向	EW方向	UD方向
		NS方向	EW方向	UD方向			
1号機	屋上	2000※ ¹	1636	1389	2202	2200	1388
	燃料取替床(5階)	1303	998	1183	1281	1443	1061
	1階	573	574	510	660	717	527
	基礎版上	540	587	439	532	529	451
2号機	屋上	1755	1617	1093	3023	2634	1091
	燃料取替床(3階)	1270	830	743	1220	1110	968
	1階	605	569	330	724	658	768
	基礎版上	607	461	389	594	572	490
3号機	屋上	1868	1578	1004	2258	2342	1064
	燃料取替床(3階)	956	917	888	1201	1200	938
	1階	657	692	547	792	872	777
	基礎版上	573	458	321	512	497	476

※1 当該地震計の最大設定値(2000ガル)を上回っているため参考値

※2 網掛は基準地震動Ssに対する最大応答加速度値を超えていることを示す

4月7日の地震時の原子炉 建屋の最大加速度値

観測位置		観測記録			基準地震動Ssに対する 最大応答加速度値(ガル)		
		最大加速度値(ガル)			NS方向	EW方向	UD方向
		NS方向	EW方向	UD方向			
1号機	屋上	2000※ ¹	1494	1212	2202	2200	1388
	燃料取替床(5階)	1280	901	724	1281	1443	1061
	1階	403	513	385	660	717	527
	基礎版上	378	373	381	532	529	451
2号機	屋上	1975	1657	1386	3023	2634	1091
	燃料取替床(3階)	1173	686	1002	1220	1110	968
	1階	465	516	426	724	658	768
	基礎版上	387	388	373	594	572	490
3号機	屋上	1959	1775	963	2258	2342	1064
	燃料取替床(3階)	750	1019	1333	1201	1200	938
	1階	420	688	477	792	872	777
	基礎版上	396	398	311	512	497	476

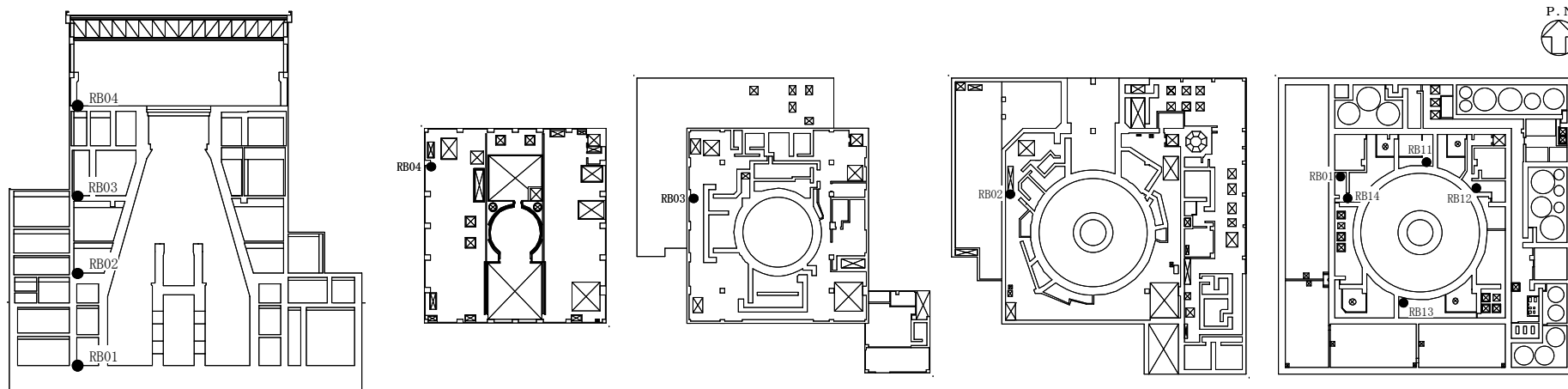
※1 当該地震計の最大設定値(2000ガル)を上回っているため参考値

※2 網掛は基準地震動Ssに対する最大応答加速度値を超えていることを示す

東海第二発電所原子炉建屋基礎版上における観測記録

原子炉建屋で観測された最大加速度は、いずれの階においても、基準地震動 S_s 等の最大応答加速度値を下回った。

			地震観測記録			当初設計時		基準地震動 S_s-D			
			NS	EW	UD	NS	EW	NS	EW	UD	
原子炉建屋	6階		RB04	492	481	358	932	951	799	789	575
	4階		RB03	301	361	259	612	612	658	672	528
	2階		RB02	225	306	212	559	559	544	546	478
	地下2階		RB01	214	225	189	520	520	393	400	456
	地下2階	北	RB11	204	217	169					
		東	RB12	197	209	176					
		南	RB13	209	220	181					
		西	RB14	211	218	180					



地震計配置(原子炉建屋)

6階

4階

2階

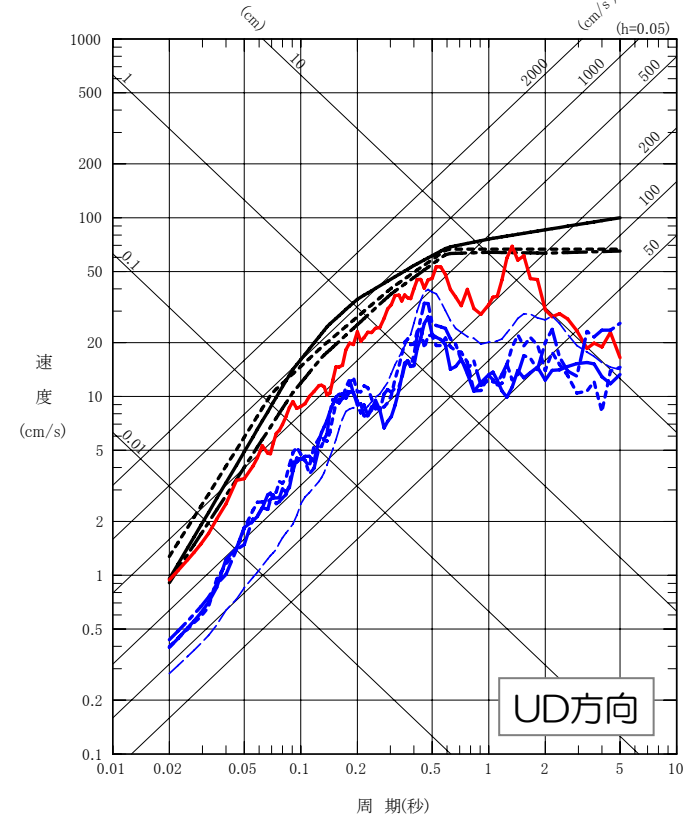
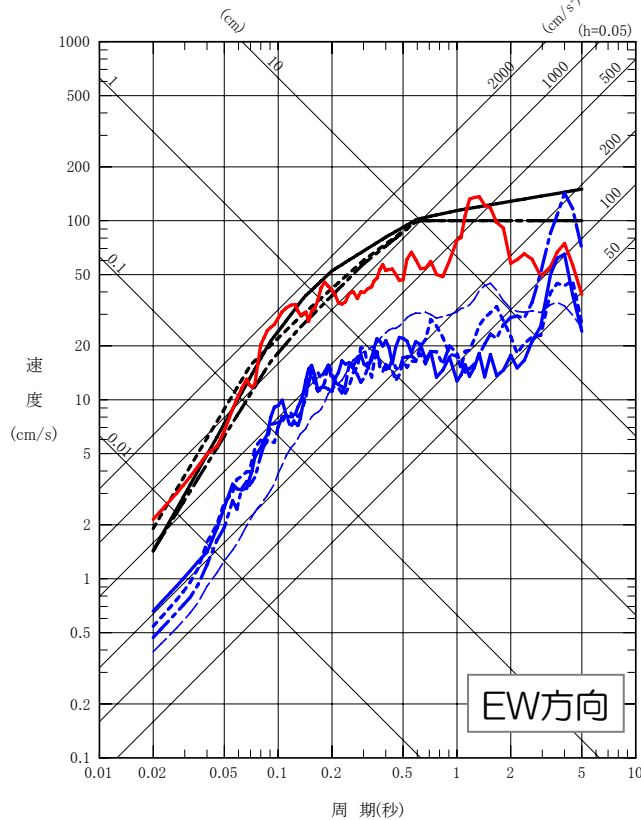
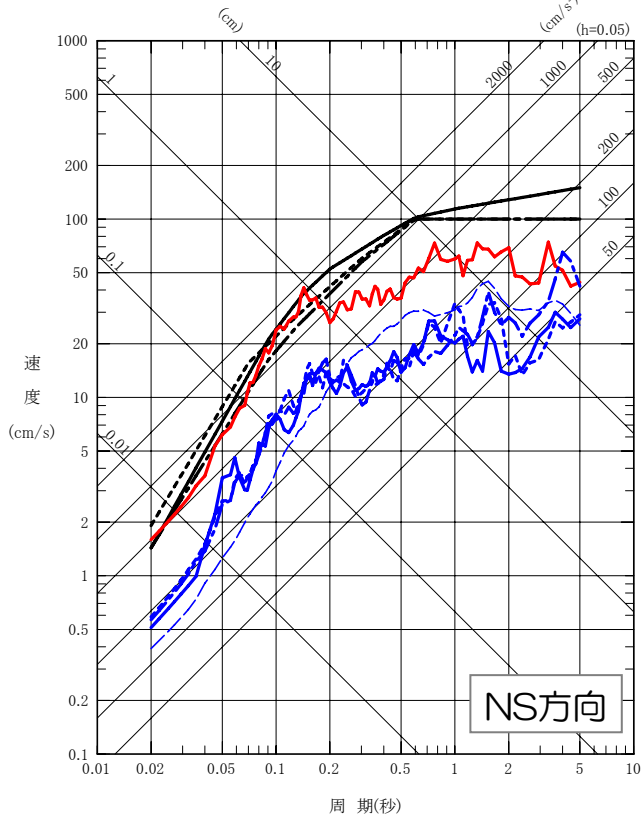
地下2階

●：地震計設置位置

検討用地震の評価結果との比較(福島第一サイト 南地点)

- 基準地震動Ss-1H, Ss-1V
- - - 基準地震動Ss-2H, Ss-2V
- 基準地震動Ss-3H, Ss-3V
- 東北地方太平洋沖地震 はぎとり波
- - - 仮想塩屋崎沖の地震 (耐専スペクトル)
- 仮想塩屋崎沖の地震 (断層モデル, 破壊開始点1)
- - - 仮想塩屋崎沖の地震 (断層モデル, 破壊開始点2)
- 仮想塩屋崎沖の地震 (断層モデル, 破壊開始点3)

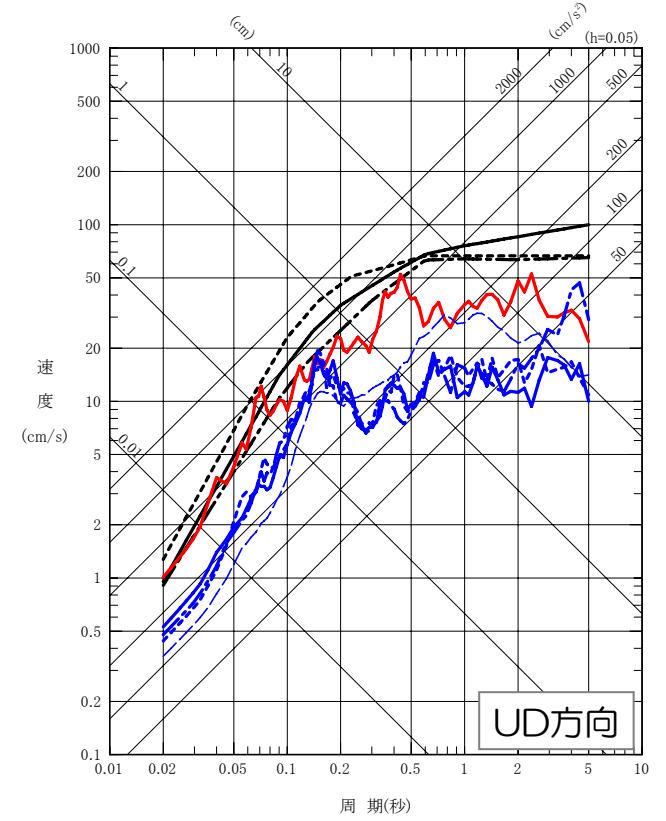
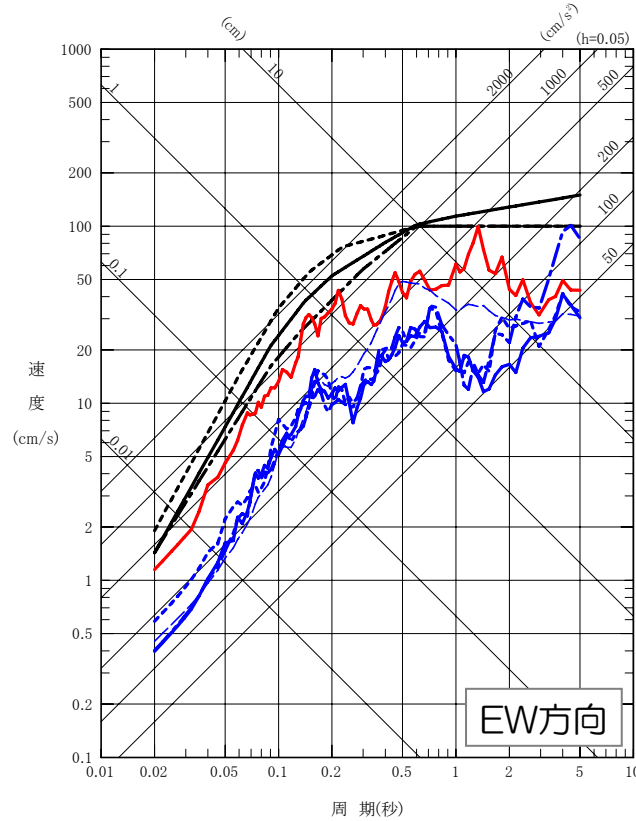
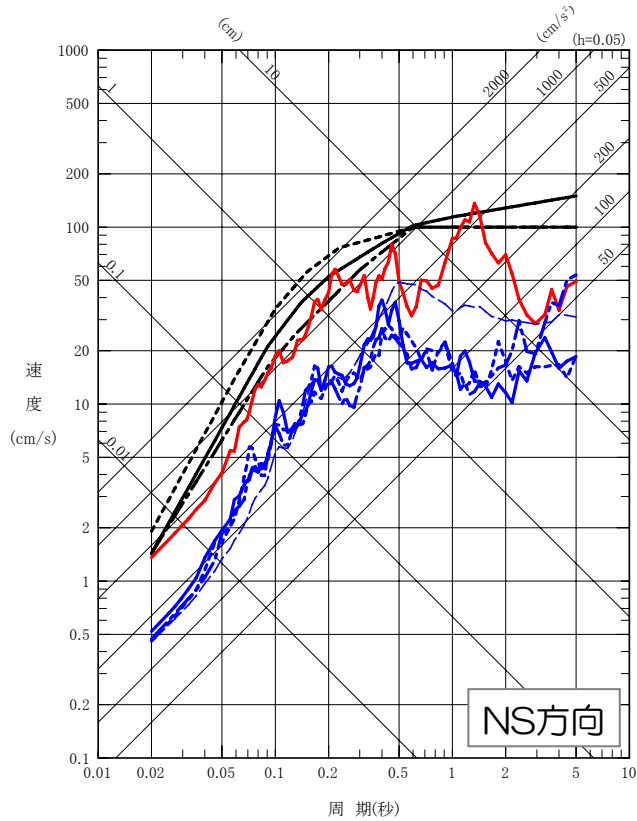
- 基準地震動Ssと、はぎとり波を比較すると一部の周期帯のみで、はぎとり波が上回っている。
- また、プレート間地震の検討用地震動(仮想塩屋崎沖地震)と、はぎとり波を比較すると、ほとんどの周期帯ではぎとり波が大きく上回っている。



検討用地震の評価結果との比較(福島第二サイト)

- 基準地震動Ss-1H, Ss-1V
- - - 基準地震動Ss-2H, Ss-2V
- · - 基準地震動Ss-3H, Ss-3V
- 東北地方太平洋沖地震 はぎとり波
- · - 仮想塩屋崎沖の地震 (耐専スペクトル)
- 仮想塩屋崎沖の地震 (断層モデル, 破壊開始点1)
- · - 仮想塩屋崎沖の地震 (断層モデル, 破壊開始点2)
- 仮想塩屋崎沖の地震 (断層モデル, 破壊開始点3)

- 基準地震動Ssと、はぎとり波を比較すると一部の周期帯のみで、はぎとり波が上回っている。
- また、プレート間地震の検討用地震動(仮想塩屋崎沖地震)と、はぎとり波を比較すると、ほとんどの周期帯ではぎとり波が大きく上回っている。

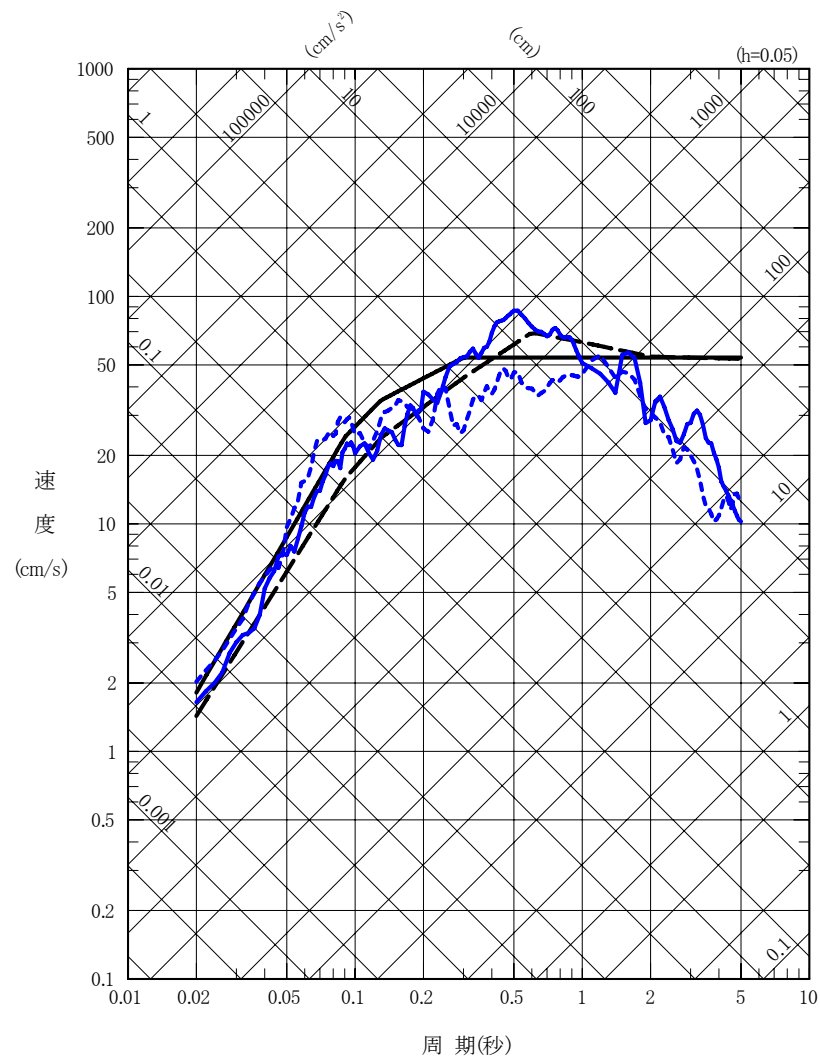


女川原子力発電所における3月11日の地震のはぎとり解析結果

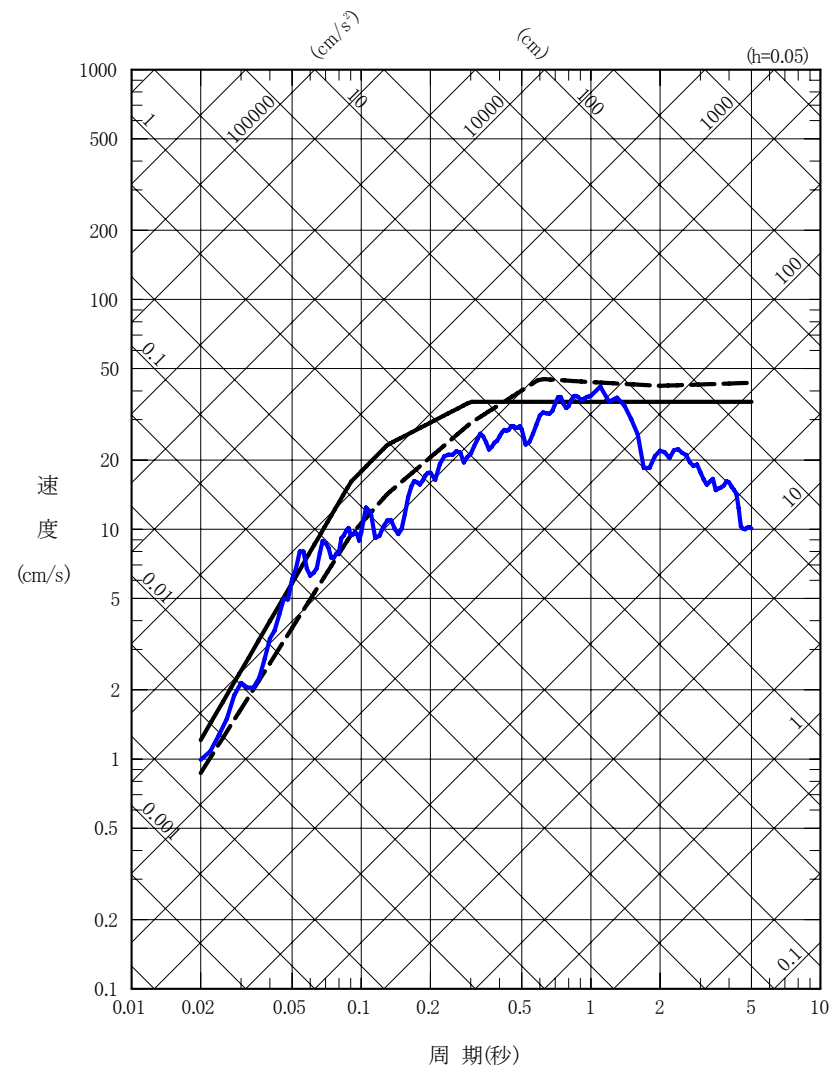
○基準地震動Ssと、はぎとり波を比較すると一部の周期帯で、はぎとり波が上回っている。

— 基準地震動Ss-Dh
 - - - 基準地震動Ss-Bh
 — 2011.3.11 解放基盤表面相当 (O.P.-8.6m) はぎとり波 (NS方向)
 - - - 2011.3.11 解放基盤表面相当 (O.P.-8.6m) はぎとり波 (EW方向)

— 基準地震動Ss-Dv
 - - - 基準地震動Ss-Bv
 — 2011.3.11 解放基盤表面相当 (O.P.-8.6m) はぎとり波 (UD方向)



はぎとり波と基準地震動Ssの比較(水平方向)



はぎとり波と基準地震動Ssの比較(鉛直方向)

女川原子力発電所における4月7日の地震のはぎとり解析結果

○基準地震動Ssと、はぎとり波を比較すると一部の周期帯で、はぎとり波が上回っている。

— 基準地震動Ss-Dh

- - - 基準地震動Ss-Bh

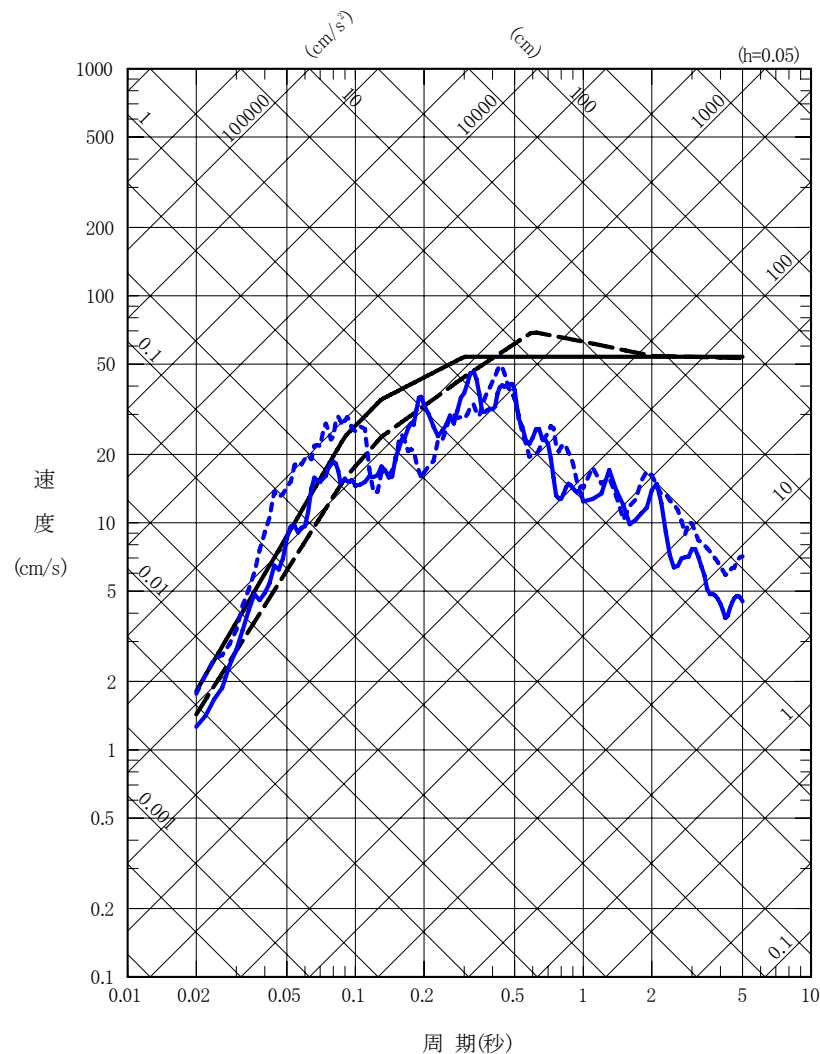
— 2011.4.7 解放基盤表面相当 (O.P.-8.6m) はぎとり波 (NS方向)

- - - 2011.4.7 解放基盤表面相当 (O.P.-8.6m) はぎとり波 (EW方向)

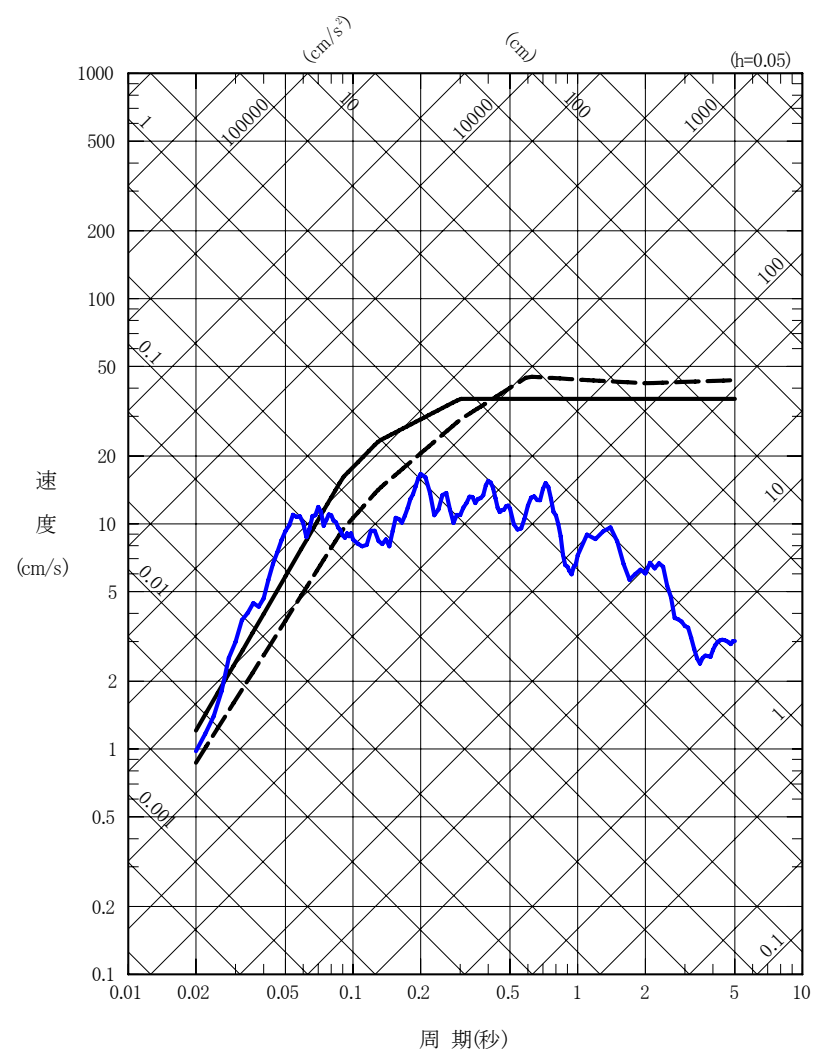
— 基準地震動Ss-Dv

- - - 基準地震動Ss-Bv

— 2011.4.7 解放基盤表面相当 (O.P.-8.6m) はぎとり波 (UD方向)



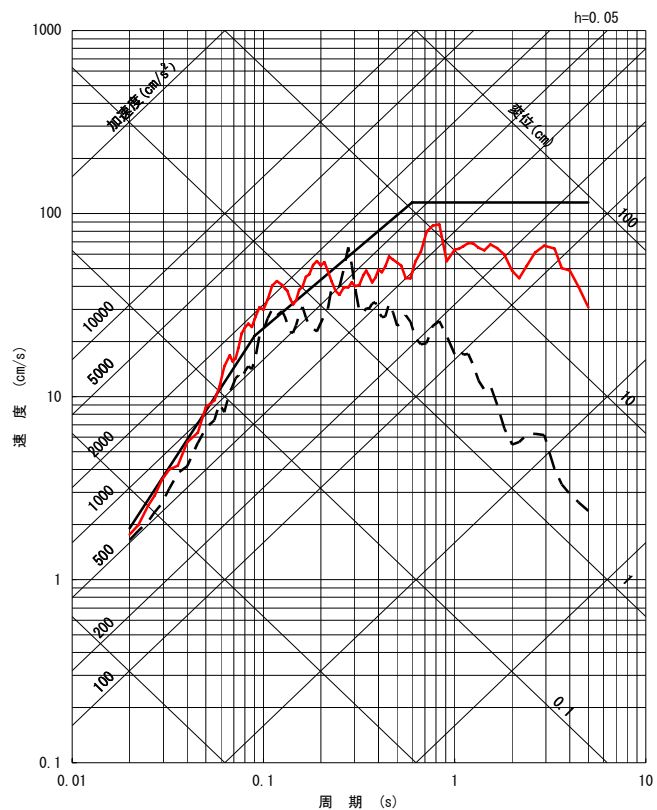
はぎとり波と基準地震動Ssの比較(水平方向)



はぎとり波と基準地震動Ssの比較(鉛直方向)

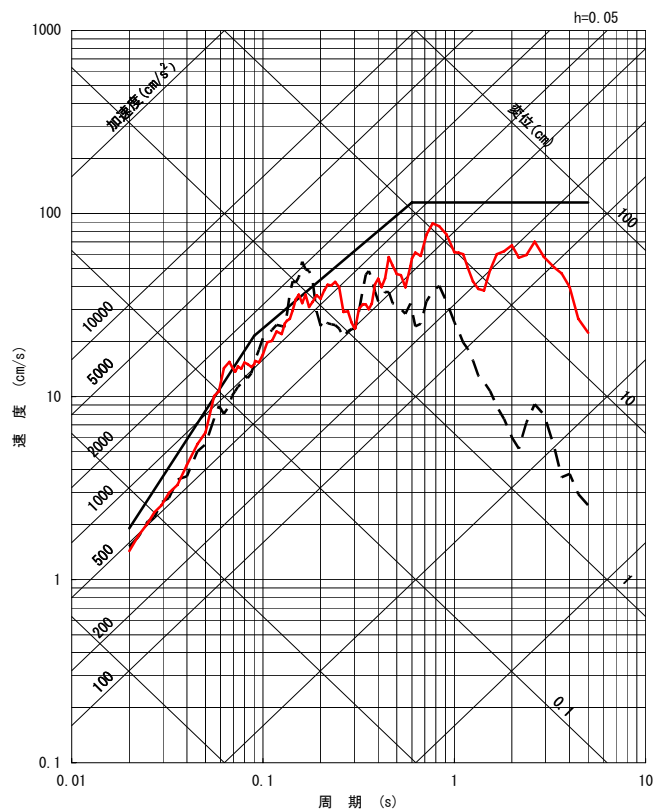
東海第二発電所におけるはぎとり解析結果

○基準地震動Ssと、はぎとり波を比較すると一部の周期帯で、はぎとり波が上回っている。



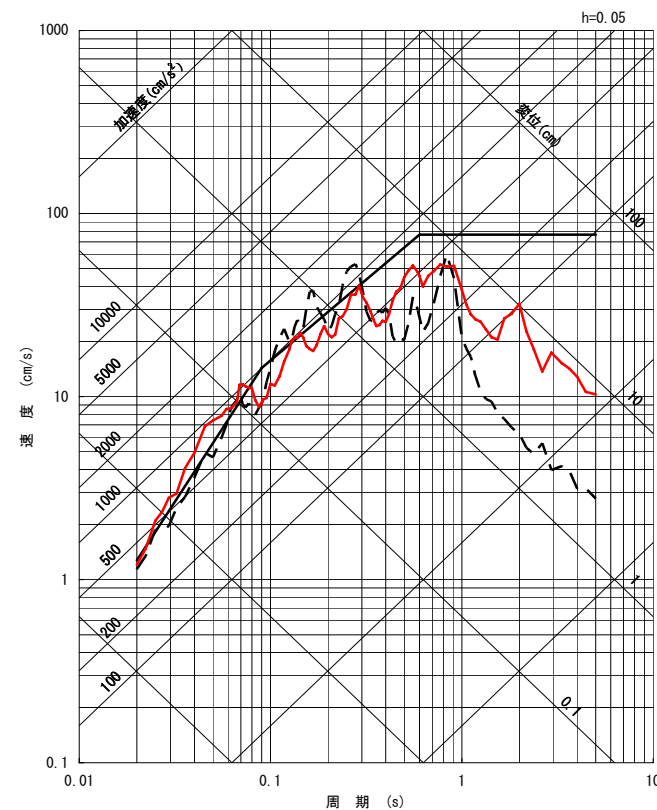
NS成分

- 基準地震動Ss-DH
- - 基準地震動Ss-1H①
- はぎとり波



EW成分

- 基準地震動Ss-DH
- - 基準地震動Ss-1H②
- はぎとり波



UD成分

- 基準地震動Ss-DV
- - 基準地震動Ss-1V
- はぎとり波

応力場の影響を踏まえた対応(湯ノ岳断層の調査等)

○今回の地震の発生により、広域にわたって応力場に影響が及び、これまで活動性が低い断層の活動が誘発されたことが明らかになったことや、今回の湯ノ岳断層の調査結果等を踏まえ、内陸地殻内地震について、テクトニクス、応力の状況等を詳細に調査し、連動の可能性等について検討する必要がある。

