

福島第一原子力発電所及び福島第二原子力発電所

2011年東北地方太平洋沖地震における地震動 及び津波について

東京電力株式会社



東京電力

TEPCO

目次

1. 2011年東北地方太平洋沖地震の概要
2. 福島第一・第二原子力発電所における地震観測記録
3. 福島第一・第二原子力発電所の津波調査
4. インバージョン解析による波源モデルの推定
5. 津波再現計算結果
6. 福島第一・第二原子力発電所の津波の差異に係わる分析

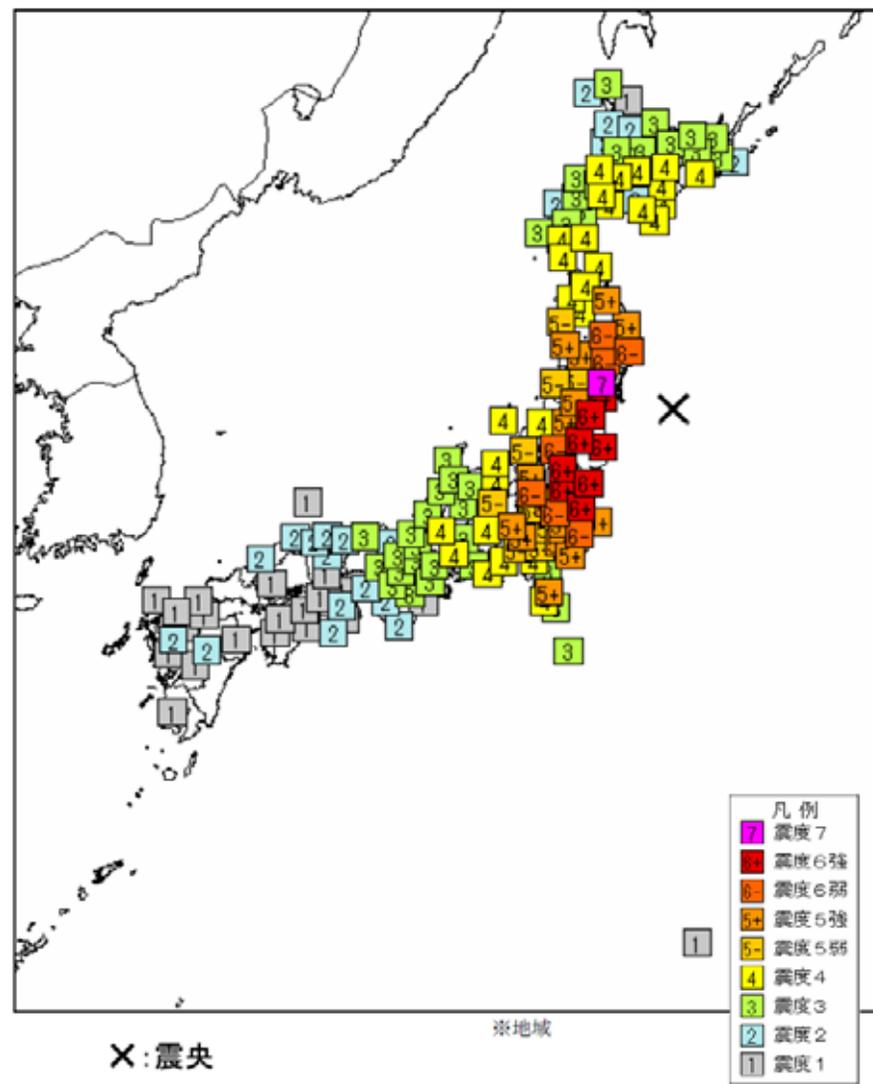
2011年東北地方太平洋沖地震の概要

発震日時：
2011年3月11日 14時46分頃

震源地：三陸沖

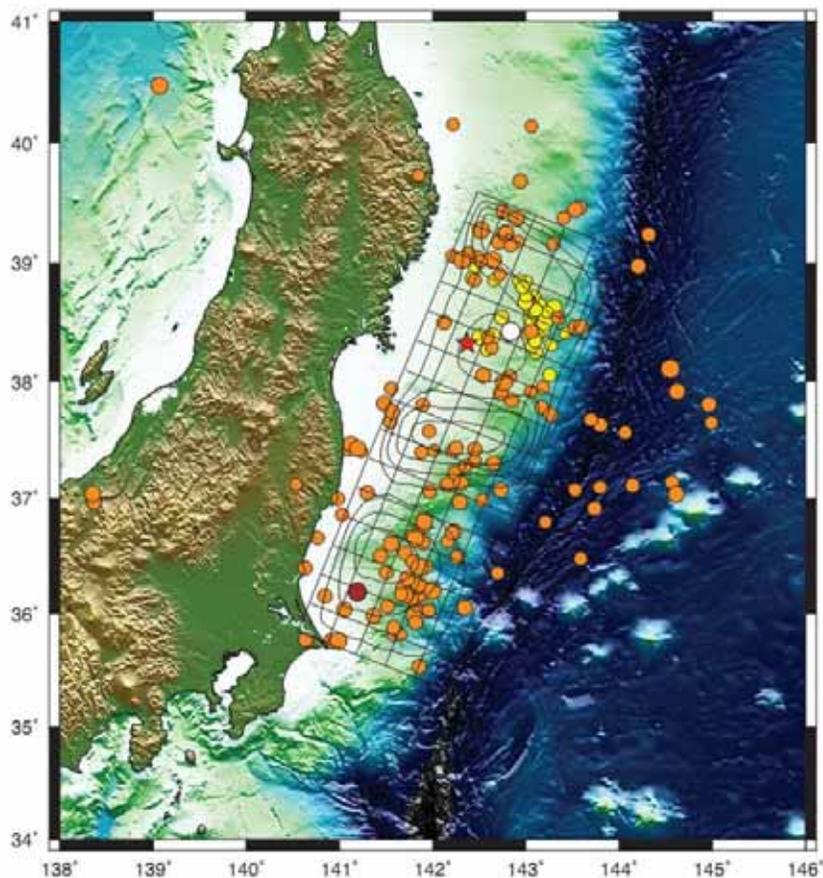
地震諸元：
規模 Mw 9.0
北緯 38度6.2分，東経 142度51.6分
深さ 24km

発電所敷地からの震央距離：
福島第一 178km
福島第二 183km



本震の震度分布図【気象庁による】

2011年東北地方太平洋沖地震の震源



今回の地震の震源
【東京大学地震研究所による】

世界で発生した大きな地震（1900年以降）
【米地質調査所(USGS)による】

地震		Mw
1960	チリ地震	9.5
1964	アラスカ地震	9.2
2004	スマトラ島沖地震	9.1
2011	東北地方太平洋沖地震	9.0
1952	カムチャツカ地震	9.0

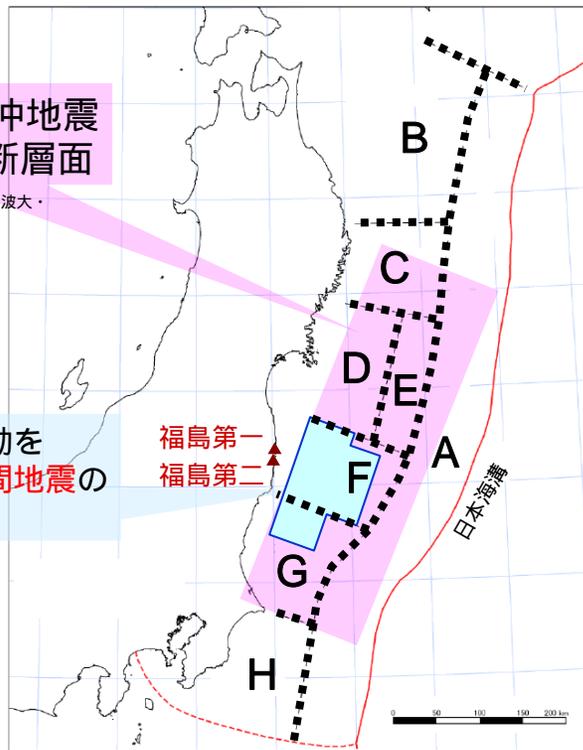
東北地方太平洋沖地震は、過去に地震を発生させた震源が複数連動して生じ、マグニチュード(Mw)は日本周辺で発生した地震では観測史上最大、世界でも4番目に大きい。

2011年東北地方太平洋沖地震の震源

東北地方太平洋沖地震 (Mw 9.0) の断層面

東北地方太平洋沖地震の断層面は、筑波大・八木勇治准教授の見解に基づき描画

塩屋崎沖地震の連動を考慮したプレート間地震の断層面 (Mj7.9)



評価対象領域		地震規模(Mj)	
A	三陸沖北部から房総沖の海溝寄り	8.2	
B	三陸沖北部	8.0	
C	三陸沖中部	評価対象外	
D	宮城県沖	7.5	(連動) 8.0
E	三陸沖南部海溝寄り	7.7	
F	福島県沖	7.4	
G	茨城県沖	6.7 ~ 7.2	
H	房総沖	8.1	

地震調査研究推進本部地震調査委員会による
評価対象領域との比較【地震調査委員会(2009)に加筆】

福島第一・福島第二における基準地震動の策定において、個別の領域を震源とした地震の評価は行っていたものの、今回の地震のように宮城県沖，福島県沖，茨城県沖といった複数の領域にまたがる非常に広い領域を震源とした地震の評価は行っていなかった。

国の地震調査研究推進本部（地震本部）でも、今回の地震のような非常に広い領域が連動する地震は想定されていなかった。

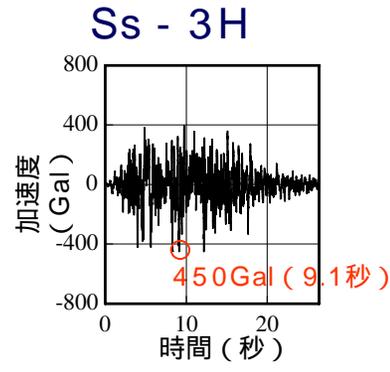
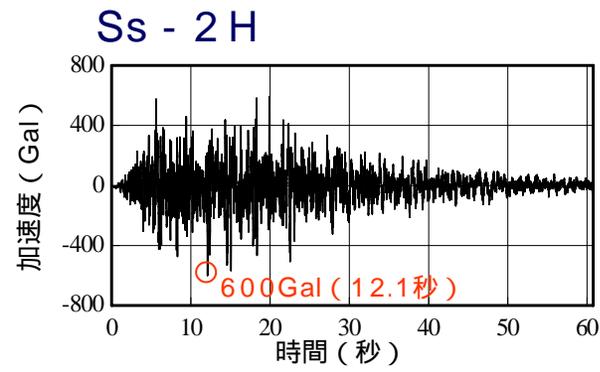
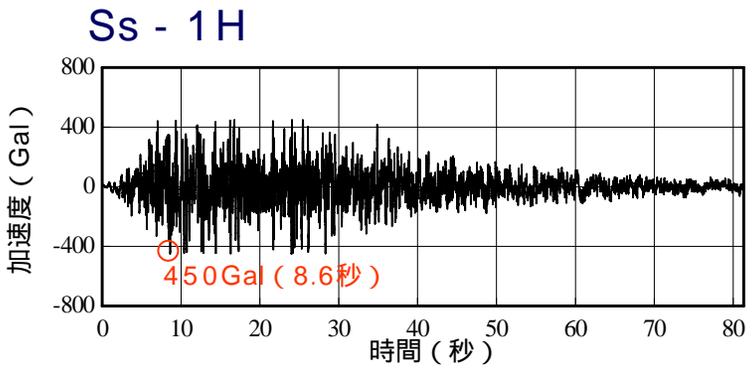
福島第一・福島第二における基準地震動の策定において、福島県沖を震源とする地震については、地震本部による評価結果(Mj7.4)を上回る，Mj7.9を考慮していた。

福島第一・福島第二サイトの基準地震動Ss

基準地震動Ssの策定方針

福島第一・福島第二サイトの基準地震動として，以下に示す3波を策定。

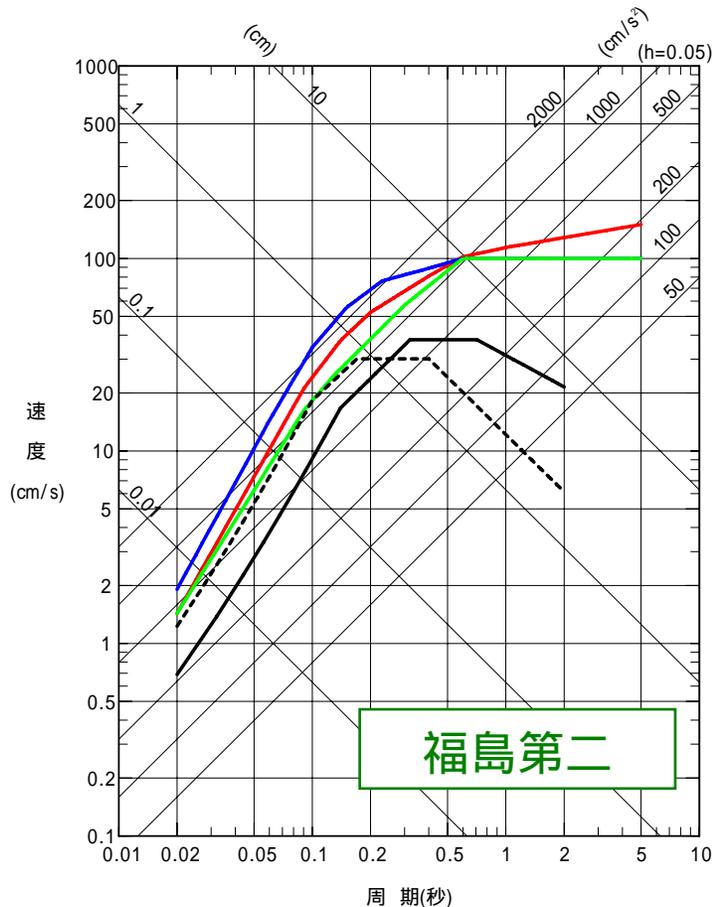
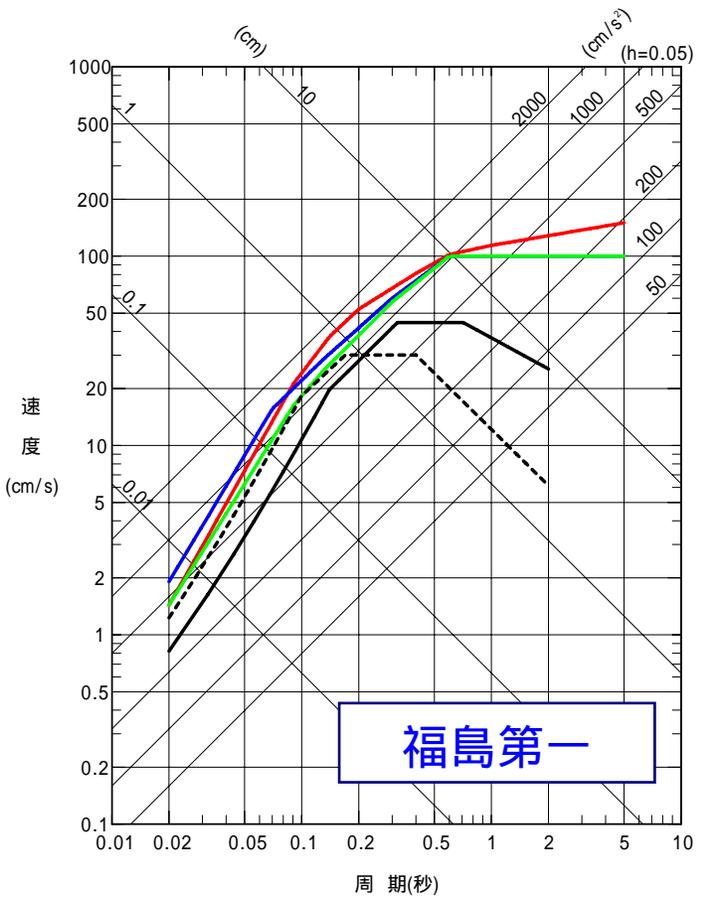
Ss-1	「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」のうち，内陸地殻内地震・プレート間地震の評価結果を包絡。 最大加速度振幅： 450Gal
Ss-2	「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」のうち，海洋プレート内地震の評価結果を包絡。 最大加速度振幅： 600Gal
Ss-3	加藤ほか(2004)に基づく「震源を特定せず策定する地震動」。 最大加速度振幅： 450Gal



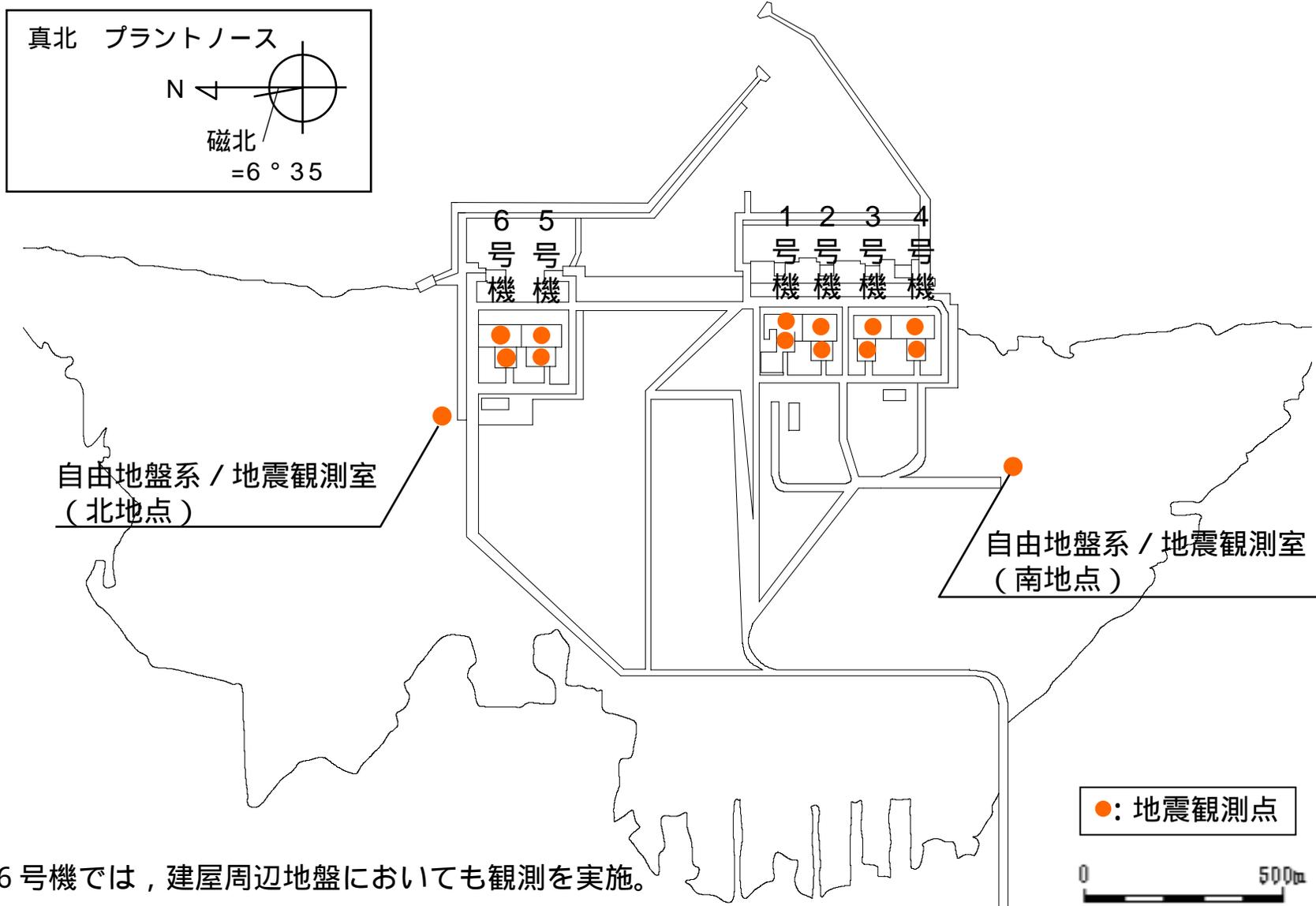
時刻歴波形はいずれも福島第一サイトのSs（水平）を示す

基準地震動Ssの応答スペクトル（水平方向）

- 基準地震動Ss - 1H
- 基準地震動Ss - 2H
- 基準地震動Ss - 3H
- 旧基準地震動S2
- - - 旧基準地震動S2（直下地震）



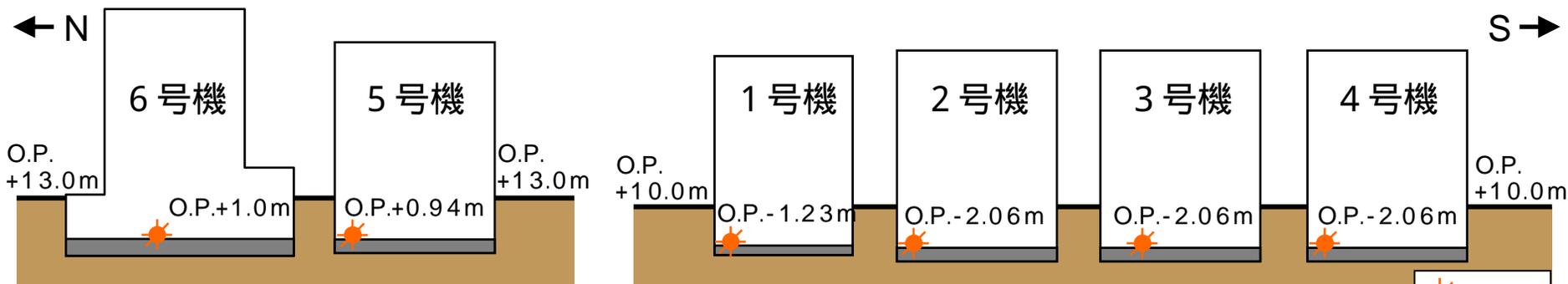
福島第一発電所における地震観測点配置



福島第一発電所原子炉建屋基礎版上における観測記録

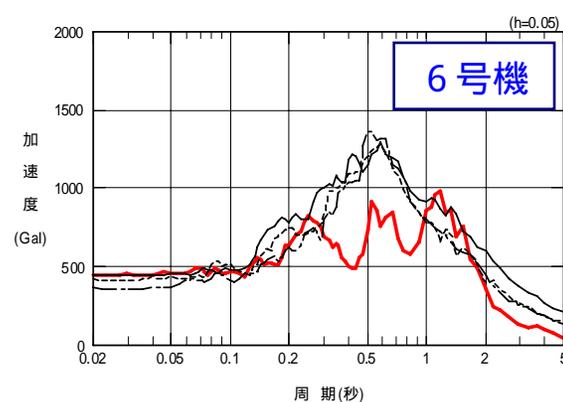
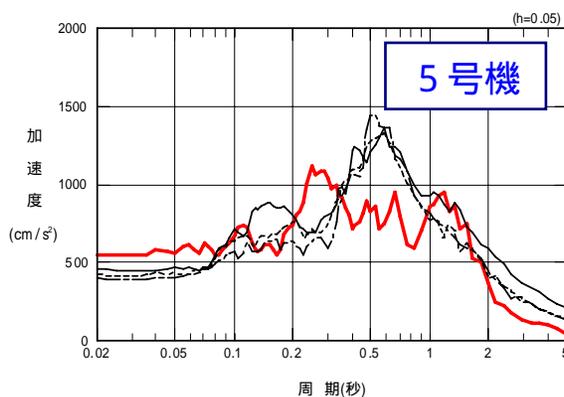
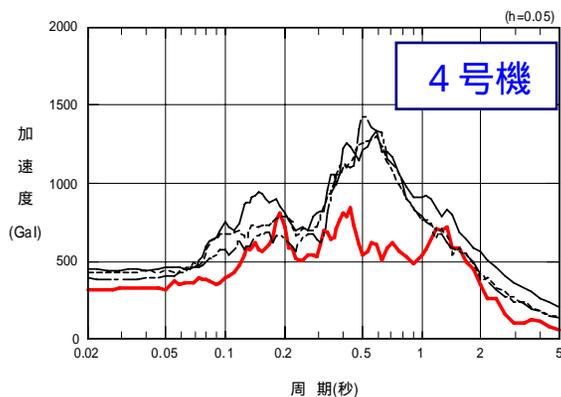
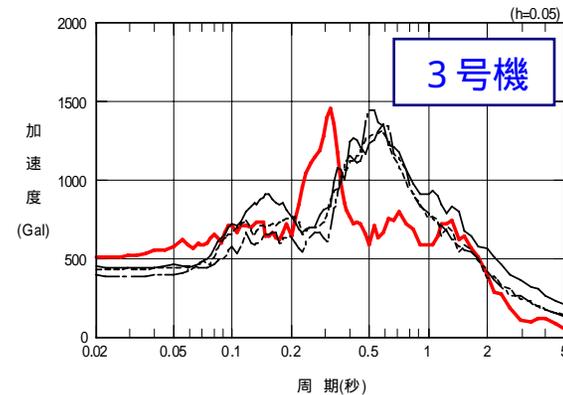
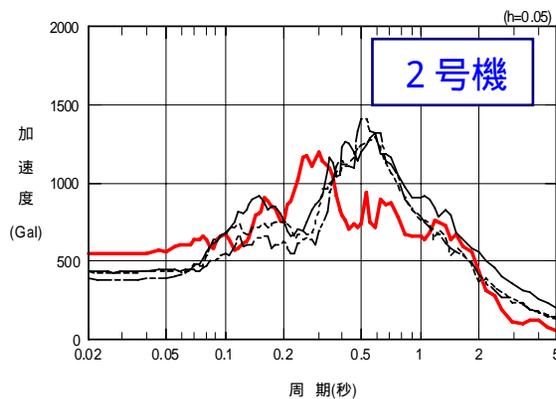
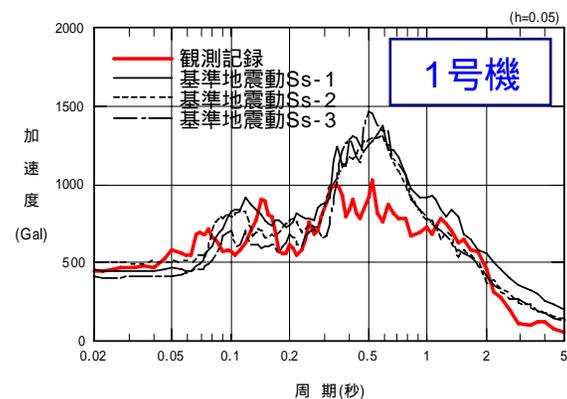
	観測記録の最大加速度値 (Gal)			基準地震動Ssに対する 最大応答加速度値(Gal)		
	NS方向	EW方向	UD方向	NS方向	EW方向	UD方向
1号機	460	447	258	487	489	412
2号機	348	550	302	441	438	420
3号機	322	507	231	449	441	429
4号機	281	319	200	447	445	422
5号機	311	548	256	452	452	427
6号機	298	444	244	445	448	415

□で示した最大加速度値についてはSsの応答を超過，その他についてはSsの応答を下回っている。



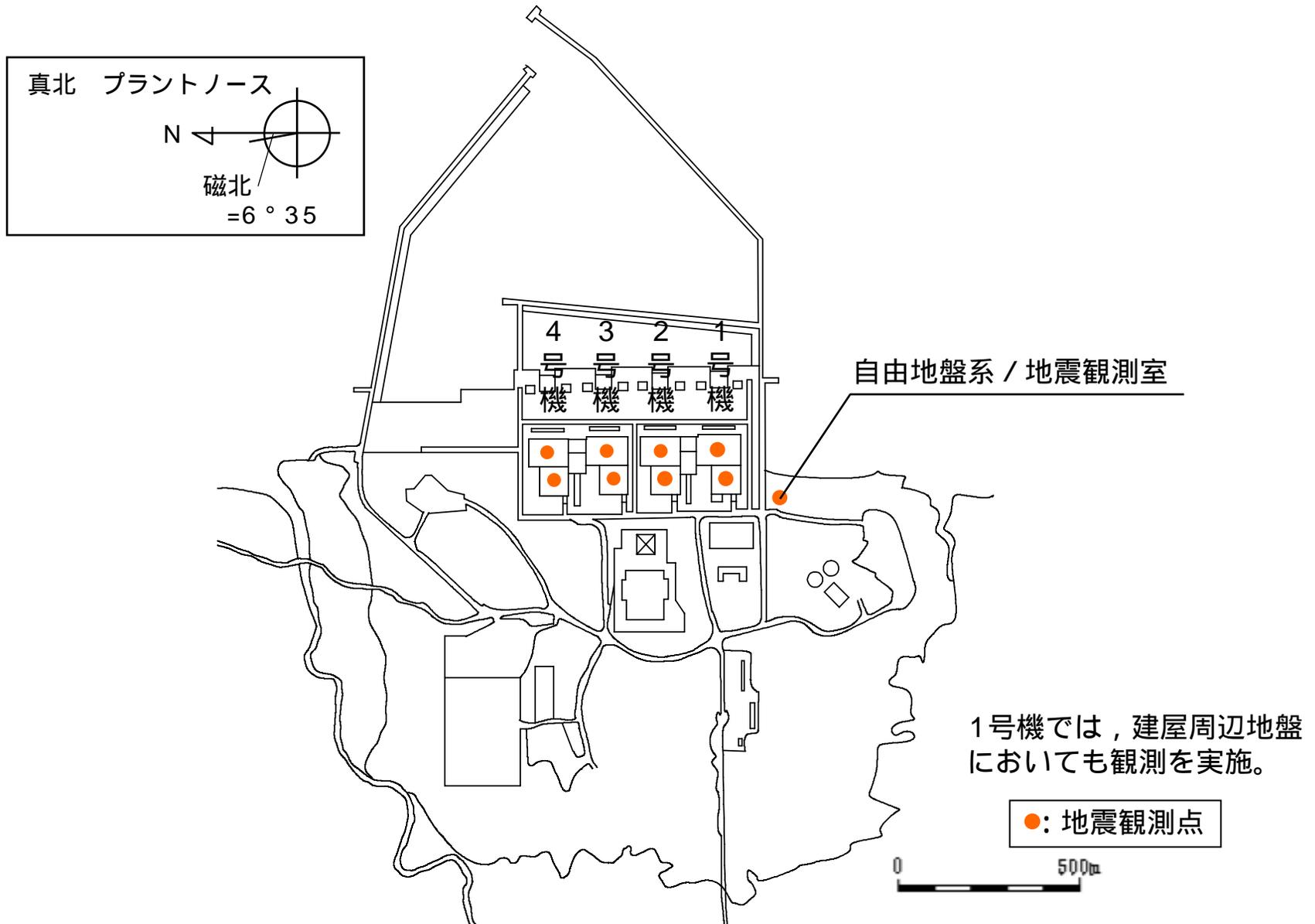
福島第一発電所原子炉建屋基礎版上における観測記録

観測記録と基準地震動Ssを入力して算定した応答スペクトルの比較
観測記録の応答スペクトルが一部の周期帯において基準地震動Ssによる応答スペクトルを上回っているものの、概ね同程度。



水平方向のうち、最大加速度の大きいEW方向について示している。

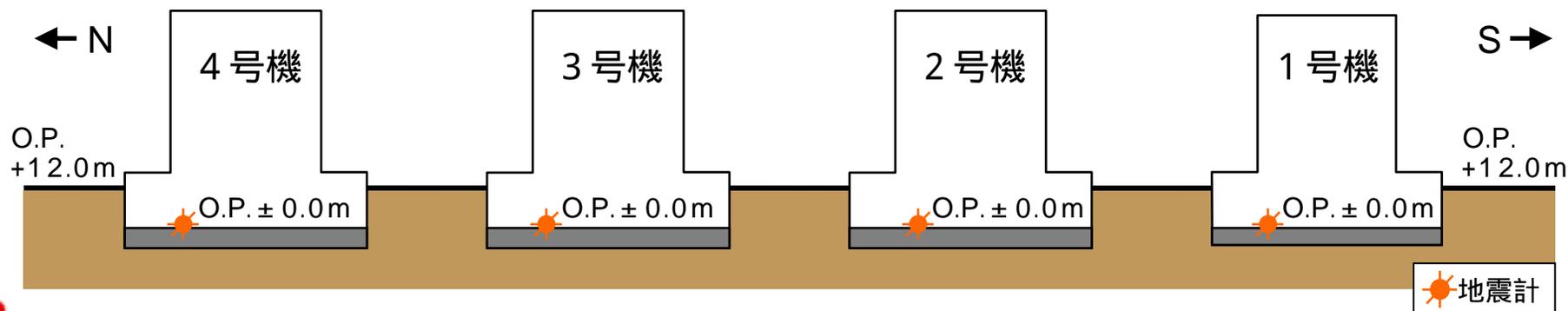
福島第二発電所における地震観測点配置



福島第二発電所原子炉建屋基礎版上における観測記録

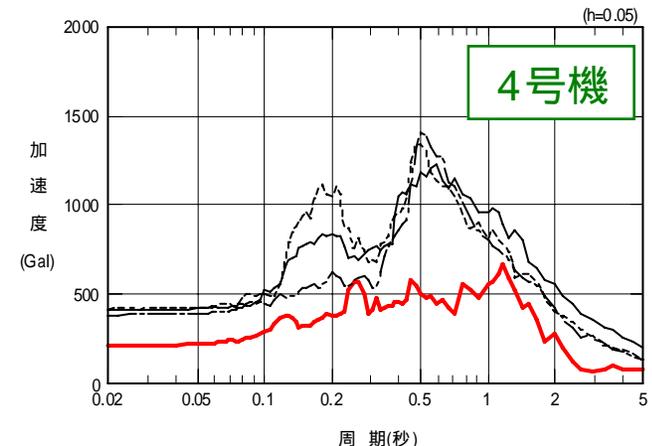
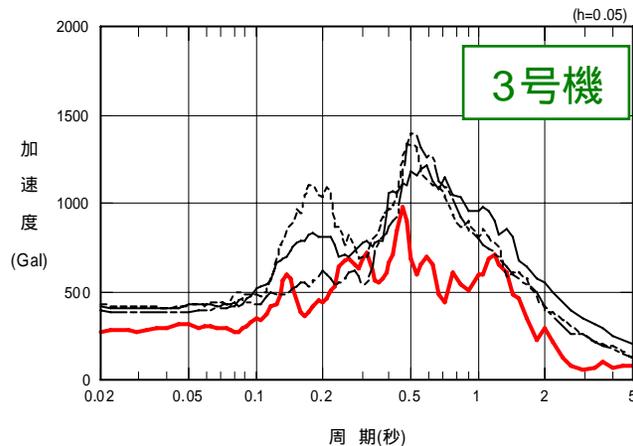
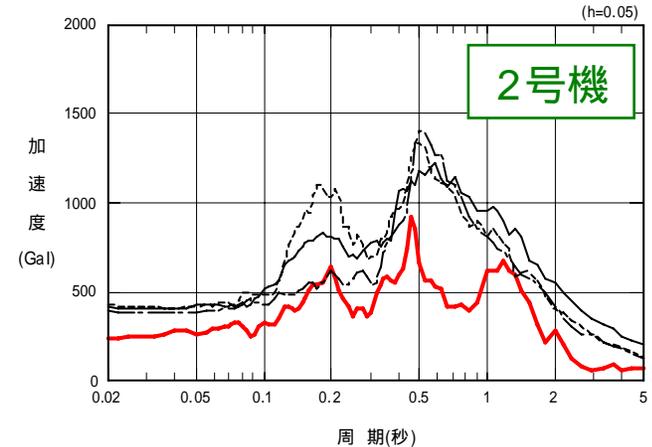
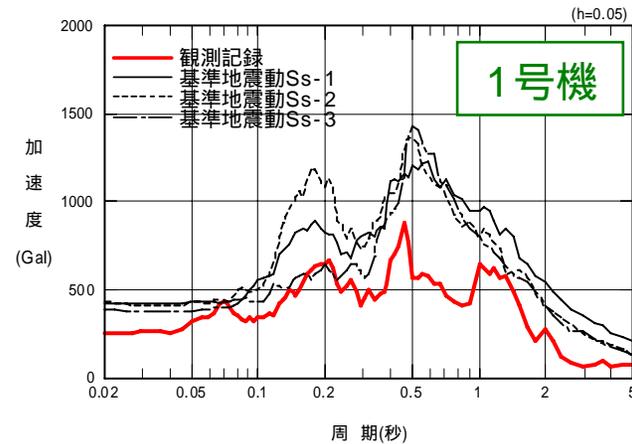
	観測記録の最大加速度値 (Gal)			基準地震動Ssに対する 最大応答加速度値(Gal)		
	NS方向	EW方向	UD方向	NS方向	EW方向	UD方向
1号機	254	230	305	434	434	512
2号機	243	196	232	428	429	504
3号機	277	216	208	428	430	504
4号機	210	205	288	415	415	504

基礎版上で観測した全ての最大加速度値においてSsの応答を下回っている。



福島第二発電所原子炉建屋基礎版上における観測記録

観測記録と基準地震動Ssを入力して算定した応答スペクトルの比較
観測記録の応答スペクトルが一部の周期帯において基準地震動Ssによる応答スペクトルを上回っているものの、概ね同程度。

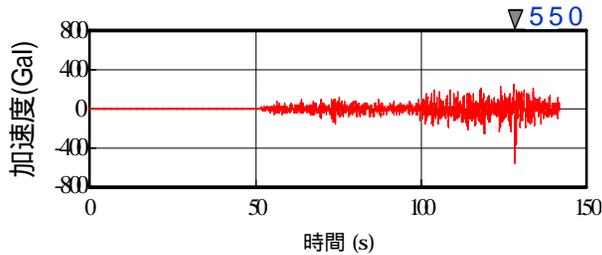


水平方向のうち、最大加速度の大きいNS方向について示している。

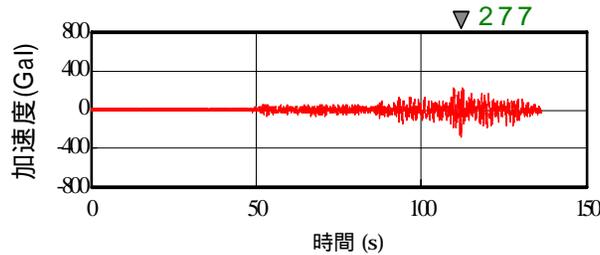
今回の地震と新潟県中越沖地震の比較（原子炉建屋基礎版上）

2011年東北地方太平洋沖地震

福島第一

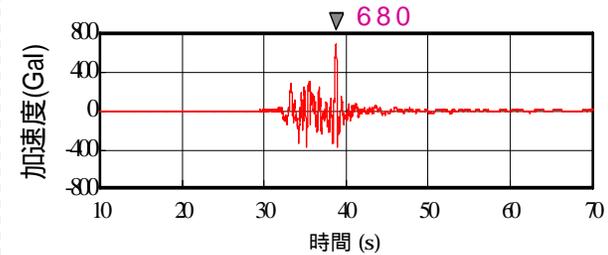


福島第二



2007年 新潟県中越沖地震

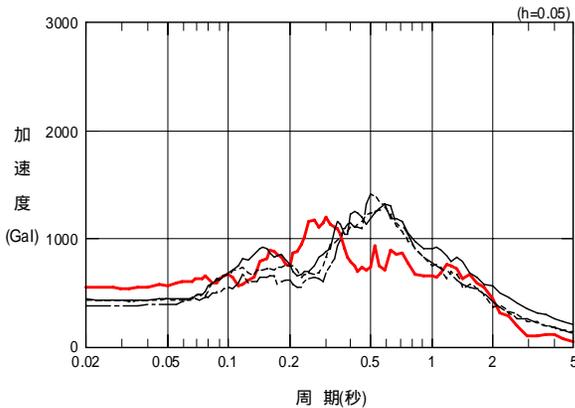
柏崎刈羽



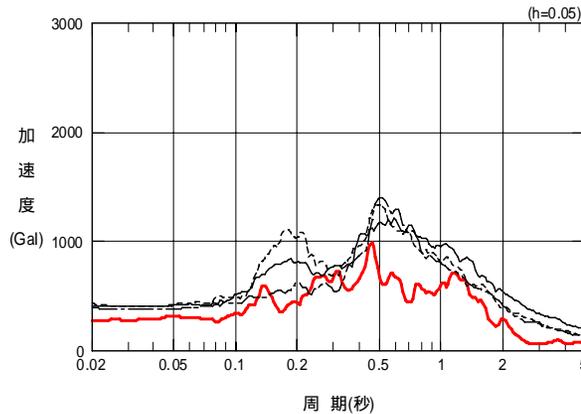
— 観測記録
— 基準地震動Ss-1H
- - - 基準地震動Ss-2H
- · - 基準地震動Ss-3H

— 観測記録
— 基準地震動Ss-1H
- - - 基準地震動Ss-2H
- · - 基準地震動Ss-3H

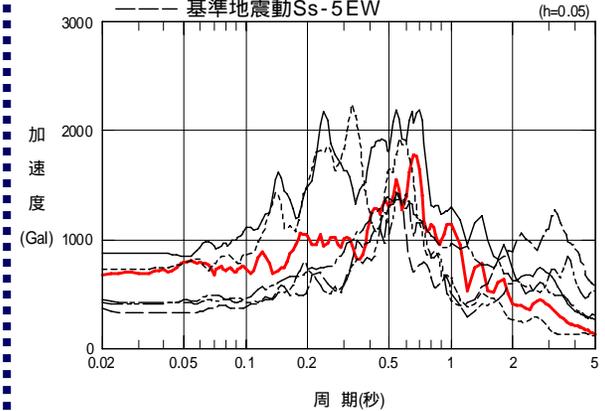
— 観測記録（2007年新潟県中越沖地震）
— 基準地震動Ss-1H
- - - 基準地震動Ss-2EW
- · - 基準地震動Ss-3H
- · - 基準地震動Ss-4EW
- · - 基準地震動Ss-5EW



2号機EW方向



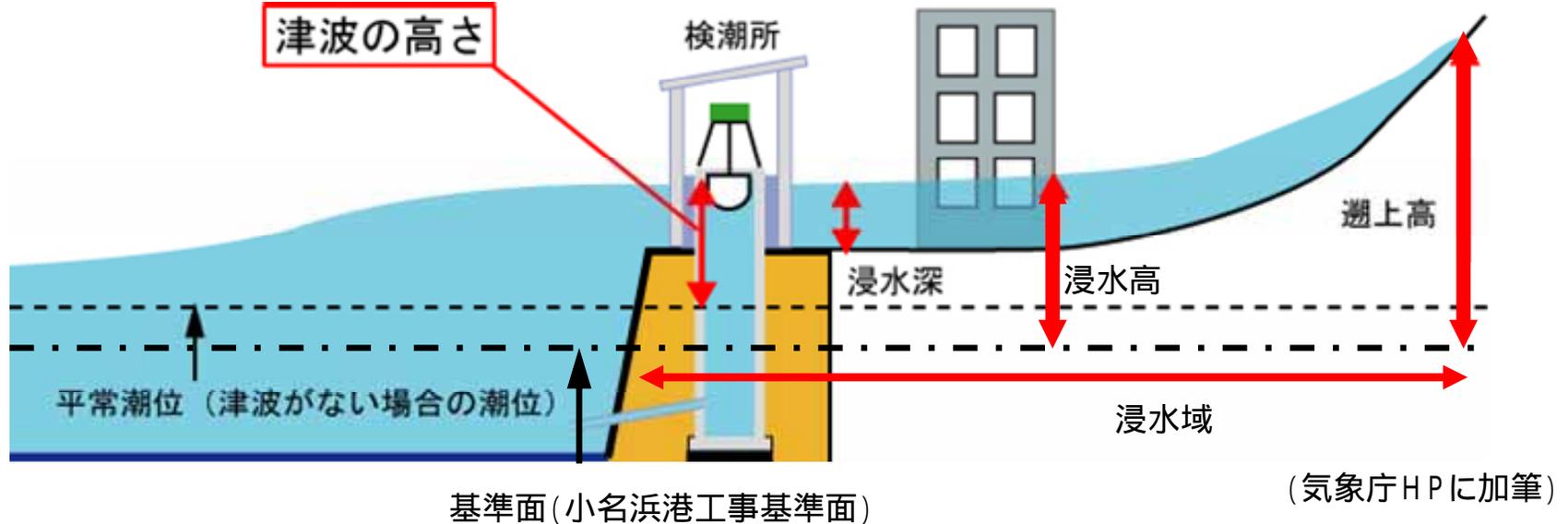
3号機NS方向



1号機EW方向

それぞれの発電所において水平方向の最大加速度値を観測した号機・方向を記載している。

津波に関する用語の定義



津波の高さ; 平常潮位 (津波がない場合の潮位) から、津波によって海面が上昇した高さの差。

浸水高; 建物や設備に残された変色部や漂着物等の痕跡の基準面からの高さ (O.P.表示)。

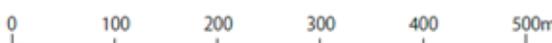
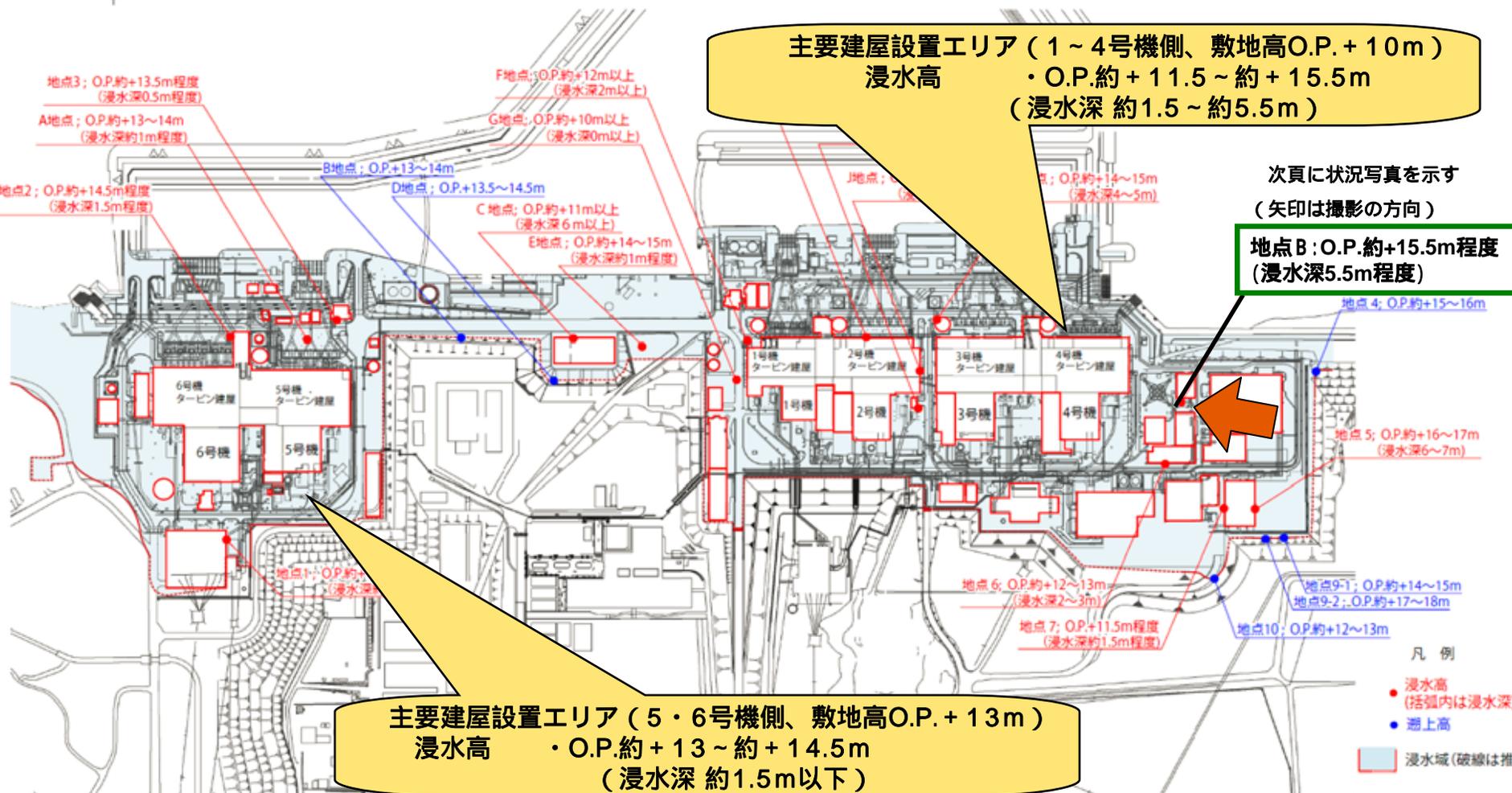
浸水深; 建物や設備に残された変色部や漂着物等の痕跡の地表面からの高さ。

浸水域; 津波によって浸水した範囲。

遡上高; 津波が内陸へかけ上がった結果、斜面や路面上に残された変色部や漂着物等の痕跡の基準面からの高さ (O.P.表示)。

: 小名浜港工事基準面 (O.P.) は東京湾平均海面 (T.P.) の下方0.727mにある。

津波調査結果（福島第一原子力発電所）



地震による地盤変動量は浸水高及び遡上高に反映していない

浸水域 海側エリア及び主要建屋設置エリアほぼ全域

津波状況（福島第一原子力発電所）

廃棄物処理建屋 4階から北側を撮影

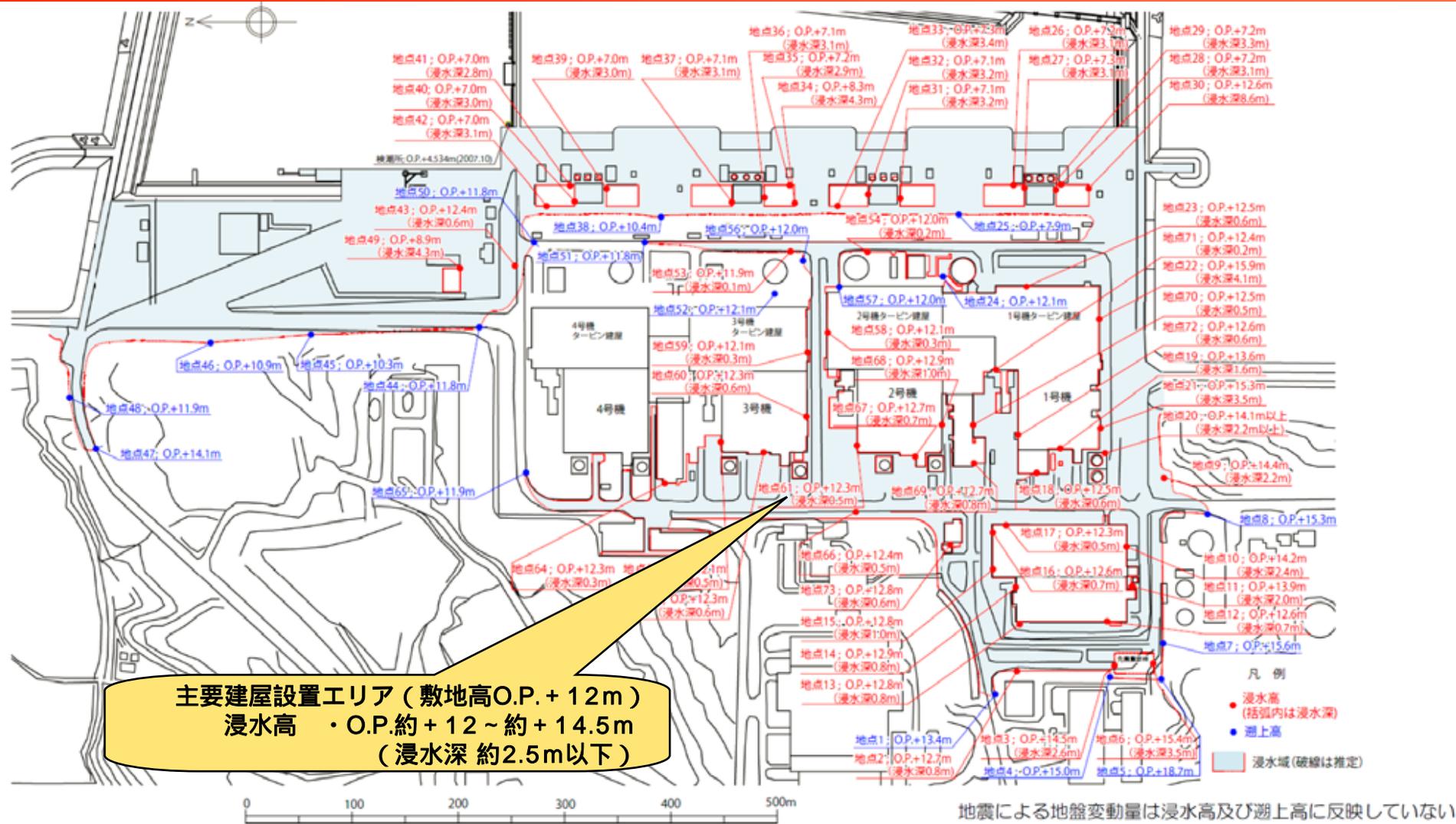
タンク高さ 約5.5m（敷地高O.P.+10m）



タンク水没

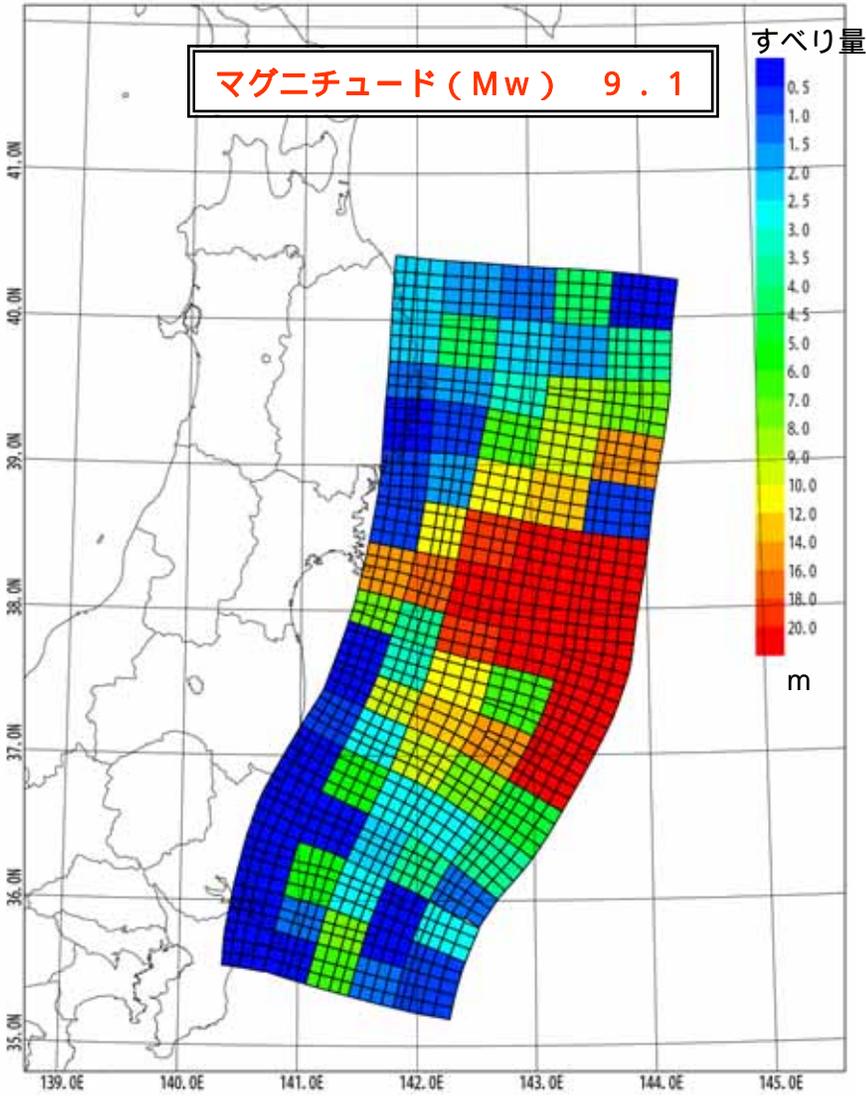


津波調査結果（福島第二原子力発電所）

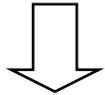


浸水域 主要建屋設置エリア南東側から免震重要棟への道路に集中的に遡上し、1・2号機の建屋周辺及び3号機の建屋南側のみ浸水（4号機の建屋周辺には浸水なし）

インバージョン解析による波源モデルの推定



今回の地震・津波による広域（北海道～千葉県）の浸水高、遡上高（合計2820点）、浸水域（21領域）、検潮記録（47記録）及び地殻変動（国土地理院，海上保安庁による）を最も良く説明できる津波波源モデルの推定を数値シミュレーション（インバージョン解析）により実施。



推定された波源モデルはマグニチュード (Mw) 9.1。

津波の再現計算の結果、両発電所敷地内の浸水高及び浸水域をよく再現できている。

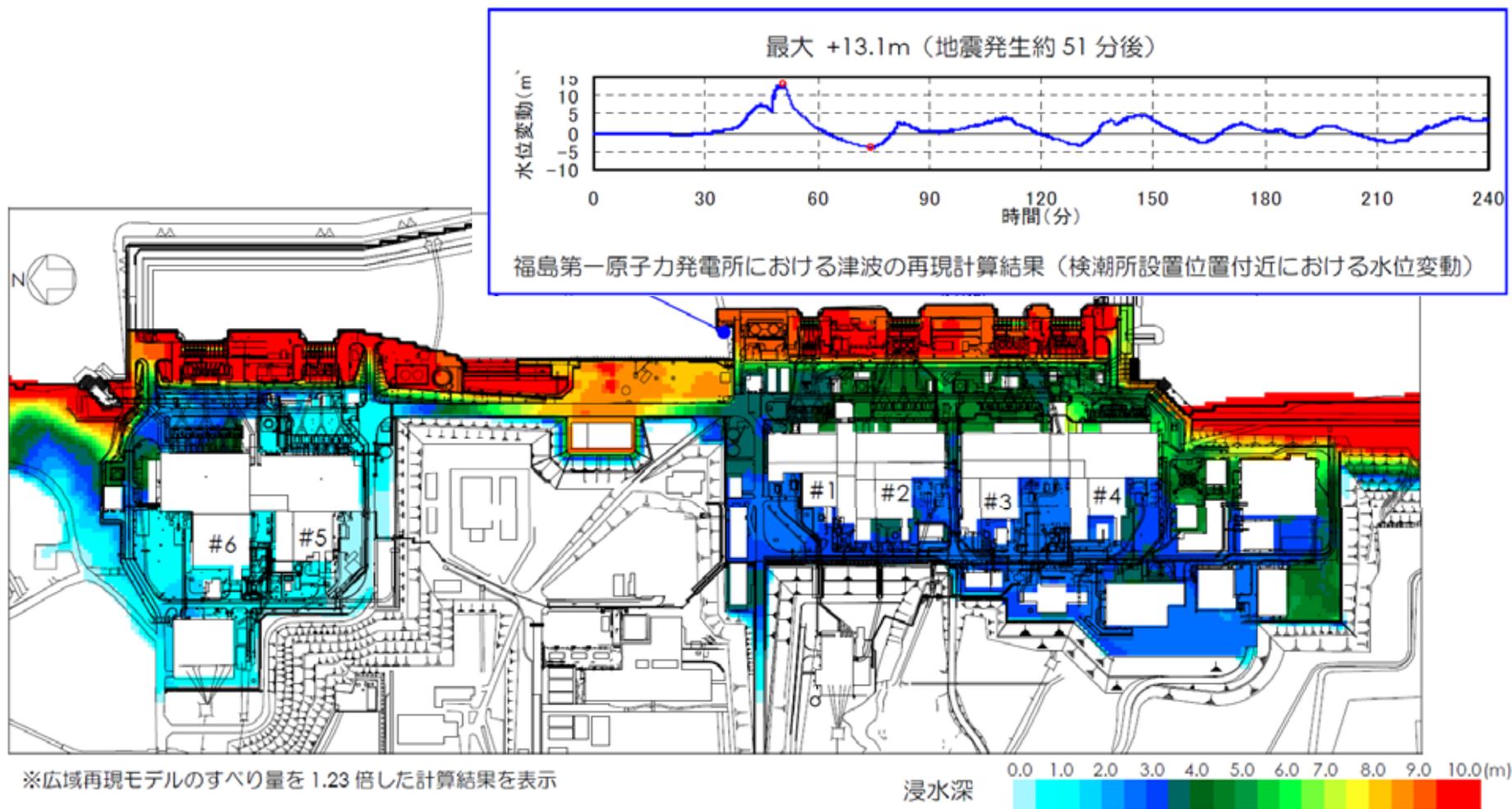
両発電所の検潮所設置位置における津波の高さは以下のとおり。

- 福島第一原子力発電所：約+13m
- 福島第二原子力発電所：約+9m

：計器の損傷のため、検潮所における実際の津波の高さは把握できていない。

インバージョン解析により推定した波源モデル

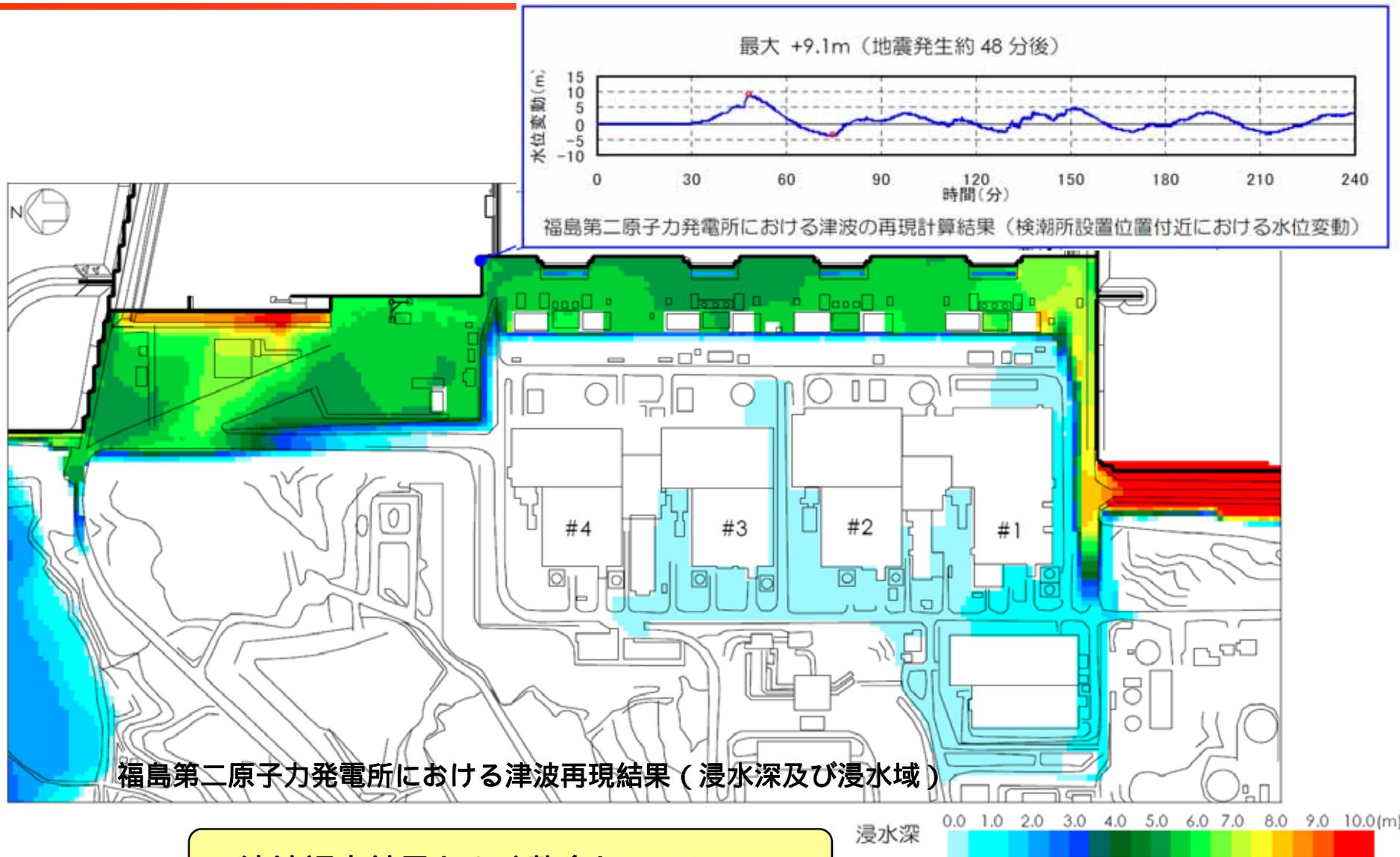
津波再現計算結果（福島第一原子力発電所）



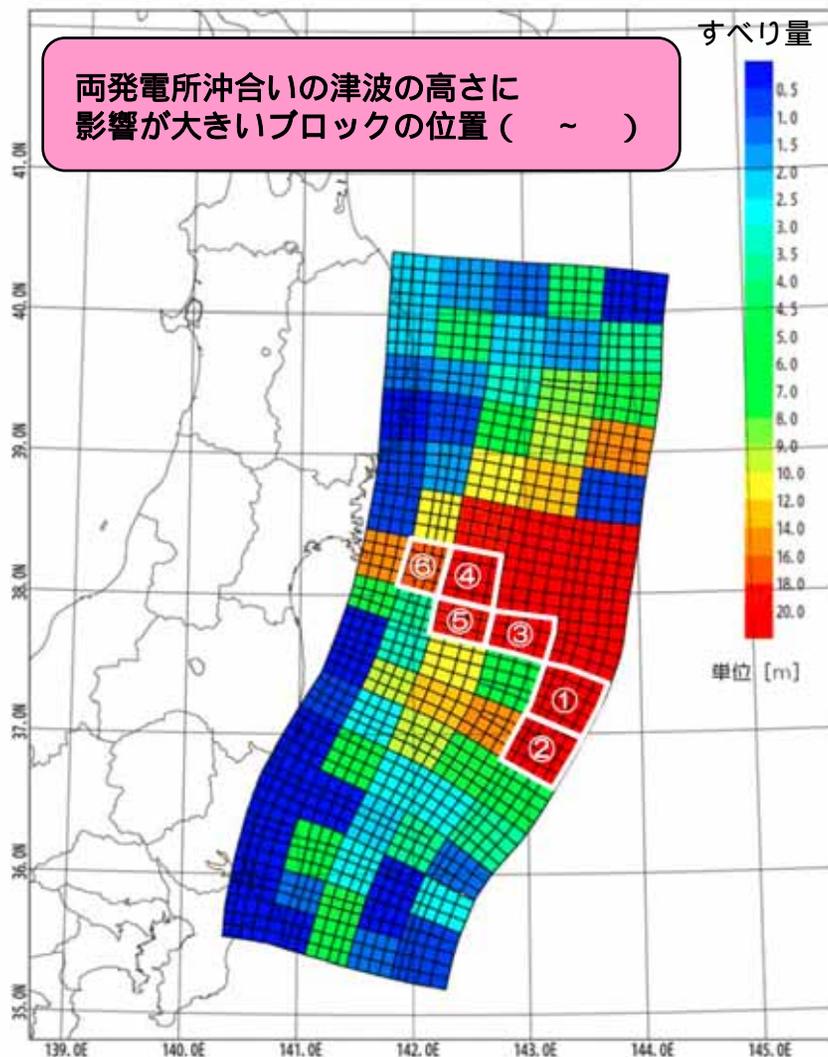
福島第一原子力発電所における津波再現結果（浸水深及び浸水域）

津波調査結果とよく整合している。

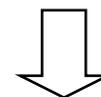
津波再現計算結果（福島第原子力発電所）



福島第一・第二原子力発電所の津波の差異に係わる分析（１）



推定された波源モデルのうち、両発電所沖合いの津波の高さに影響が大きいブロックの位置の抽出（～）

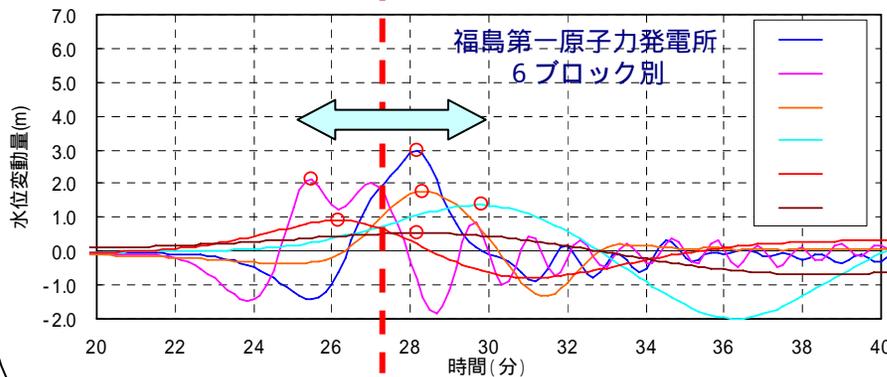
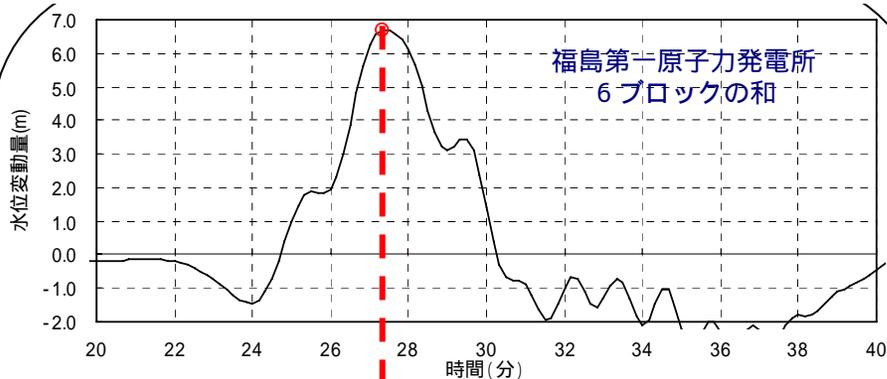


各ブロックのすべりから発生する津波を取り出して分析

インバージョン解析により推定した波源モデル

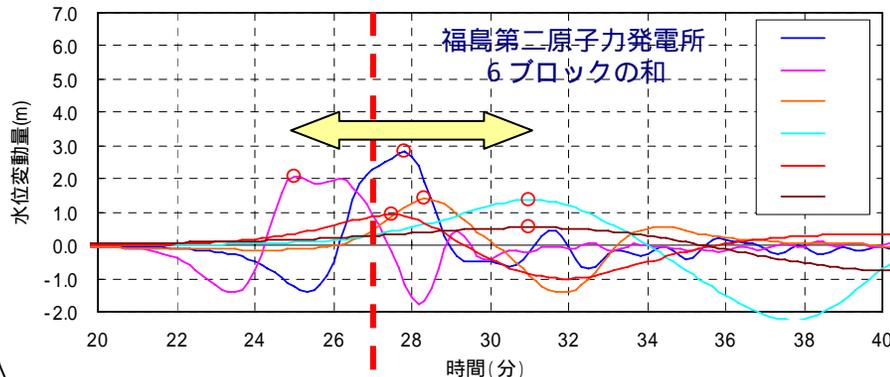
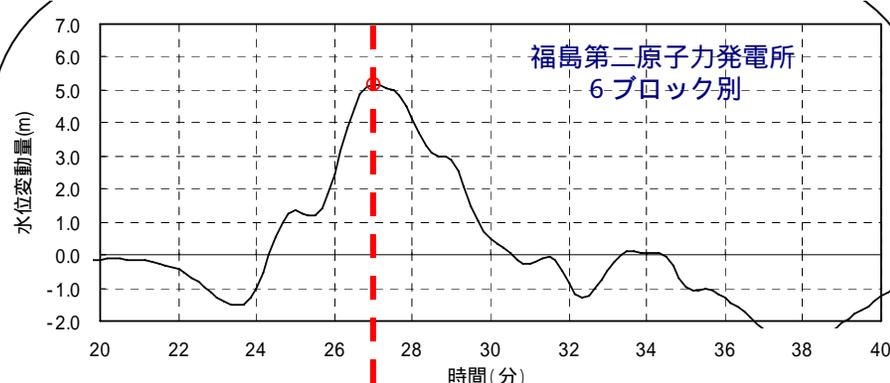
福島第一・第二原子力発電所の津波の差異に係わる分析（２）

福島第一原子力発電所沖合い水深 150 m の水位時刻歴波形



ピークの重なり度合いが強い

福島第二原子力発電所沖合い水深 150 m の水位時刻歴波形



ピークの重なり度合いが弱い

水深 150 m 以浅の津波高さ増幅率に両発電所の差はない。

福島第一と福島第二の津波の差異の主な原因は、宮城県沖ならびに福島県沖に想定されるすべり量の大きい領域から発生した津波のピークが、福島第一では重なる度合いが強く、福島第二では弱いことによると考えられる。