

資料1 - 1

沖合津波観測点の扱い方と津波観測事例について

気象庁

目次

- 1．沖合津波観測点の取り扱い方
- 2．沖合津波観測点で津波を観測した事例
- 3．観測された波形とその対応

1. 沖合津波観測点の取り扱い方

- ・沖合津波観測点の増加
- ・地震発生時の沖合津波観測点の利活用のタイミング

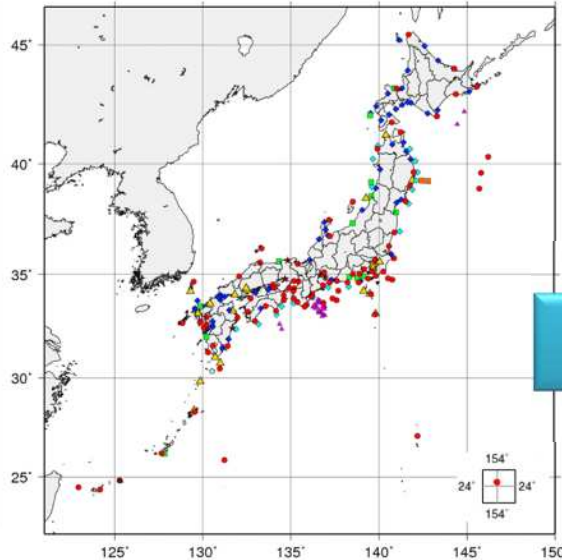
最近の沖合津波観測点の増加

H27.7(56)

気象庁が津波監視に用いている津波観測点



平成27年7月30日現在

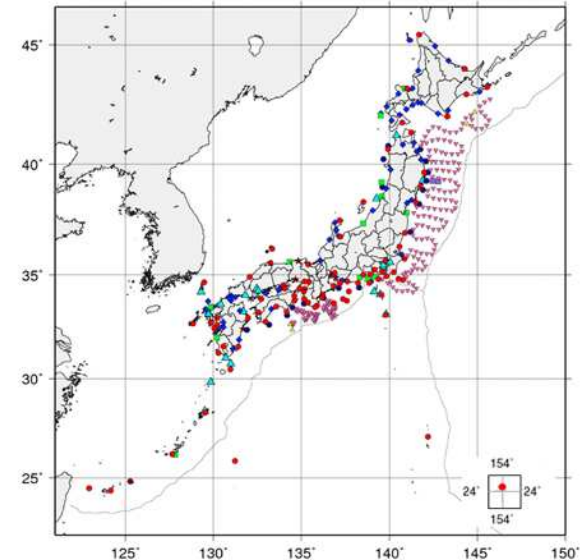


H28.7(約210)

気象庁が津波監視に用いている津波観測点

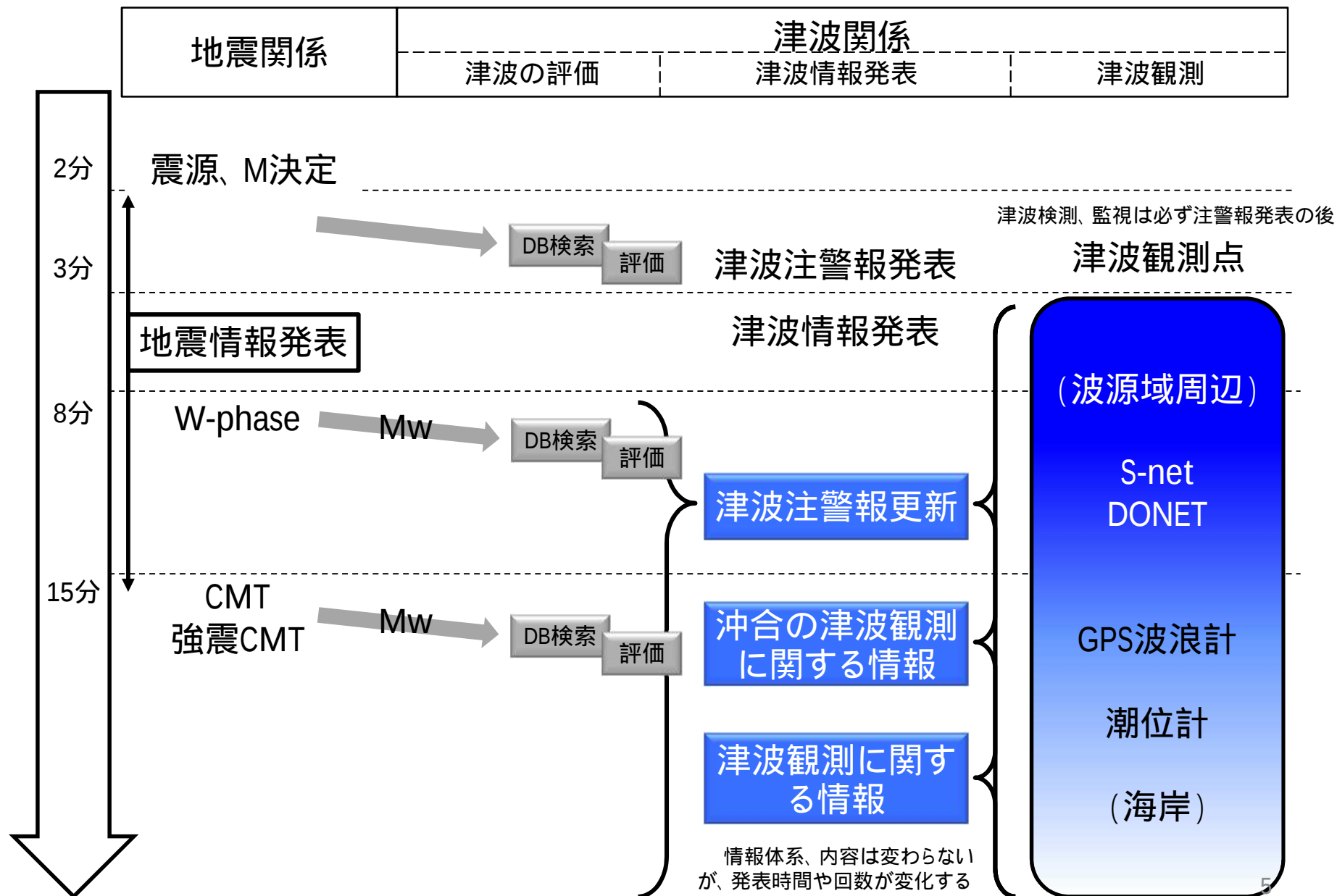


平成28年9月1日現在

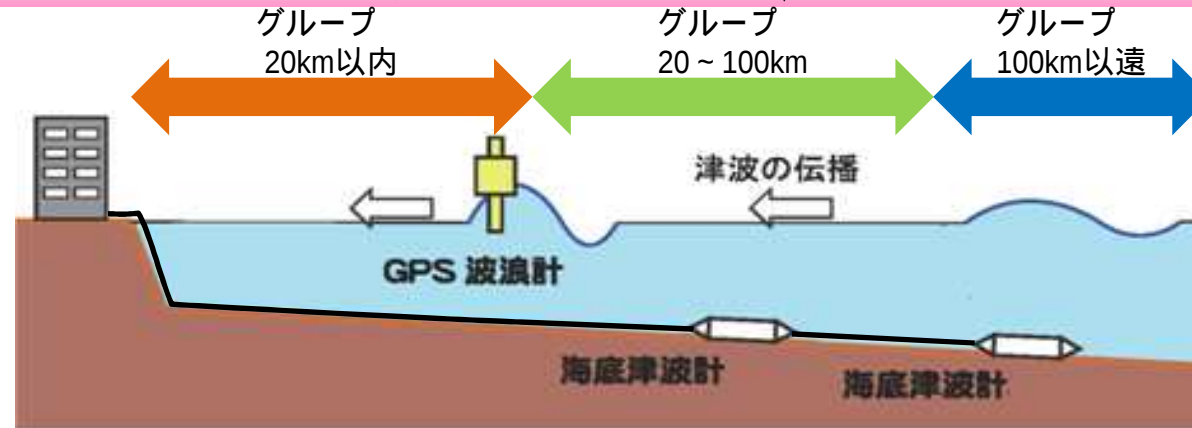


- ・ 津波が沿岸に到達する前に津波を検知できるようになった。
- ・ 震源域直上で観測された水圧記録の事例が増えた。

地震発生時の沖合津波観測点の利活用タイミング



沖合津波観測点の分類、活用方法



グループ 海岸から20km以内

- ・ 観測値にグリーンの法則を適用して沿岸の津波高さを推定、津波注警報の更新に活用
- ・ 津波を観測した観測点を原則、すべて検測し、「沖合の津波観測に関する情報」で発表

グループ 海岸から20km程度以遠から100km以内

- ・ 観測値にグリーンの法則を適用して沿岸の津波高さを推定、津波注警報の更新に活用
- ・ 津波を観測した観測点の内、原則、同グループ内の最も早い観測点を1点のみ検測し、「沖合の津波観測に関する情報」で発表

グループ 海岸から100km以遠

- ・ 特定の津波予報区との関連付けによる沿岸の津波高さの推定には用いない
- ・ 津波を観測した観測点の内、グループ 全体で原則、最も早い観測点を1点のみ検測し、「沖合の津波観測に関する情報」で発表

沖合津波観測点を活用した津波警報等の切替



・福島沖 で、「福島県」に発表中の津波警報等を超える津波を観測

→「福島県」の津波警報等を切替



・福島沖 で、「福島県」に発表中の津波警報等を超える津波を観測

→「福島県」、「宮城県」、「茨城県」の津波警報等を切替

水深に応じた倍率をかけて沿岸の推定値に換算している。

- ・グループ は該当する津波予報区の警報等の切替に活用
- ・グループ は該当する津波予報区に加え隣接する津波予報区の切替に活用

沖合津波観測点を活用した情報(沖合の津波観測に関する情報)

津波情報(沖合の津波観測に関する情報)

平成28年11月22日07時04分 気象庁発表

[沖合で観測した津波の観測値]

22日07時03分現在、沖合の観測値は次のとおりです。

#印は新たに発表、あるいは情報を更新した箇所です。

沖合での観測値であり、沿岸では津波はさらに高くなります。

福島小名浜沖

第1波観測時刻 22日06時06分 引き

これまでの最大波 観測中

茨城神栖沖

第1波観測時刻 # 22日06時30分 引き

これまでの最大波 # 22日06時40分 0.1m

沖合での実況

***** [沖合の観測値から推定される沿岸の津波の高さ] *****

#印は新たに発表、あるいは情報を更新した箇所です。

沿岸での津波到達時刻および津波の高さは以下の通りと推定されます。

早いところでは、既に津波が到達していると推定されます。

福島県

第1波の推定到達時刻 22日06時22分

これまでの最大波の推定到達時刻 推定中

推定される津波の高さ 推定中

茨城県

第1波の推定到達時刻 # 22日06時50分

これまでの最大波の推定到達時刻 # 22日07時00分

推定される津波の高さ # 1m

沖合の実況に基づく沿岸
の推定

***** 震源要素の速報 *****

[震源、規模]

きょう22日05時59分頃地震がありました。

震源地は、福島県沖(北緯37.3度、東経141.6度、いわきの東北東60km付近)で、震源の深さは約10km、地震の規模(マグニチュード)は7.3と推定されます。

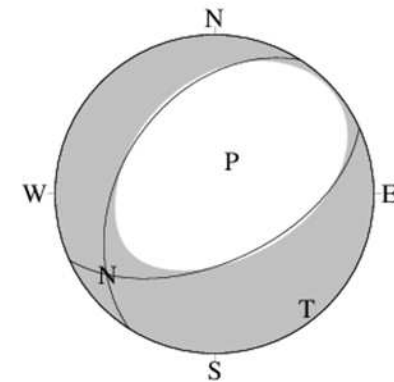
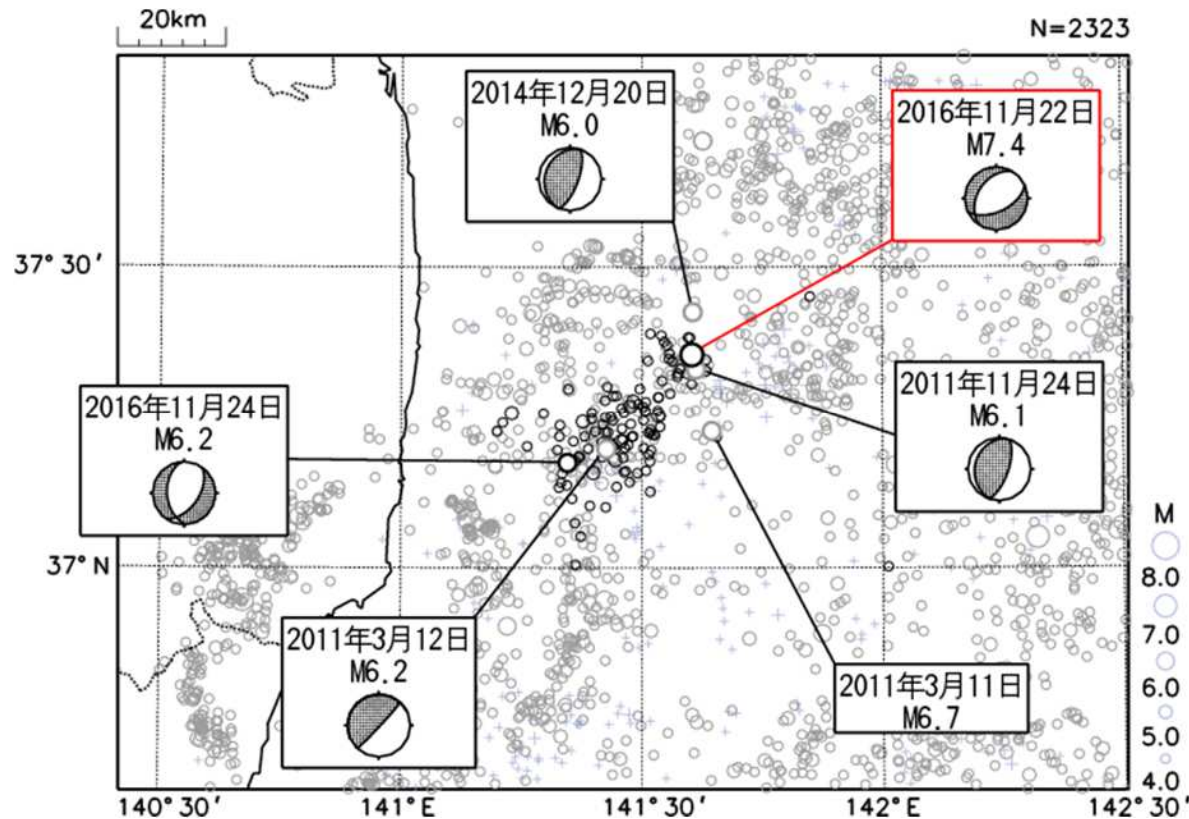
・平成25年3月に導入以来、平成28年11月22日の福島県沖の地震で初めて発表した。

2. 沖合津波観測点で津波を観測した事例

- ・平成28年11月22日 福島県沖
- ・平成28年 9月23日 関東東方沖
- ・平成28年 4月 1日 三重県南東沖

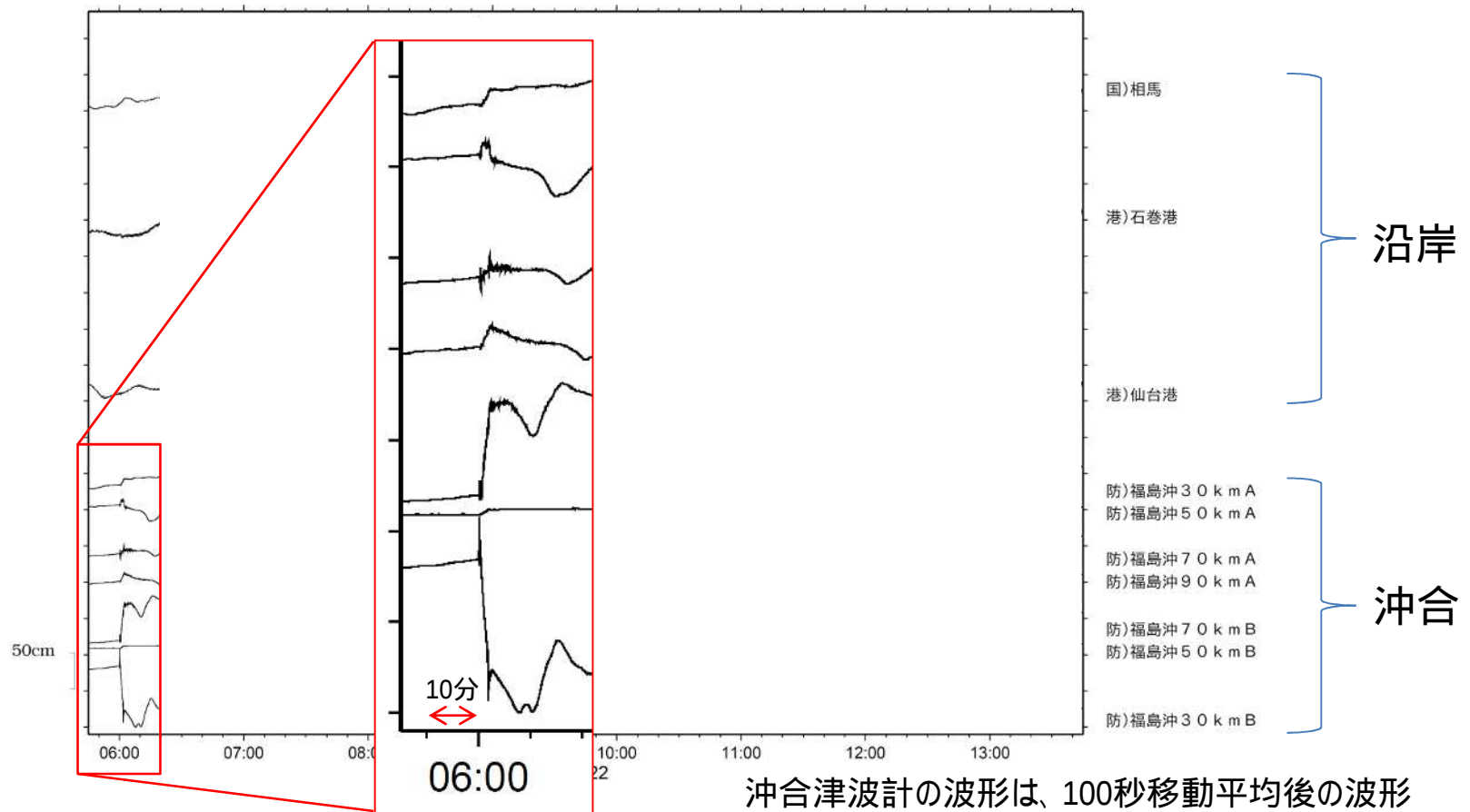
津波を観測した事例(11/22 福島県沖 Mj7.4)地震の概要

一元化震源					気象庁	防災科研	USGS
OT	緯度	経度	深さ	Mj	Mw、セントロイドの深さ		
2016年11月22日05時59分	37 ° 21.28'	141 ° 36.25'	25km	7.4	6.9、12km	7.0、11km	6.9、12km



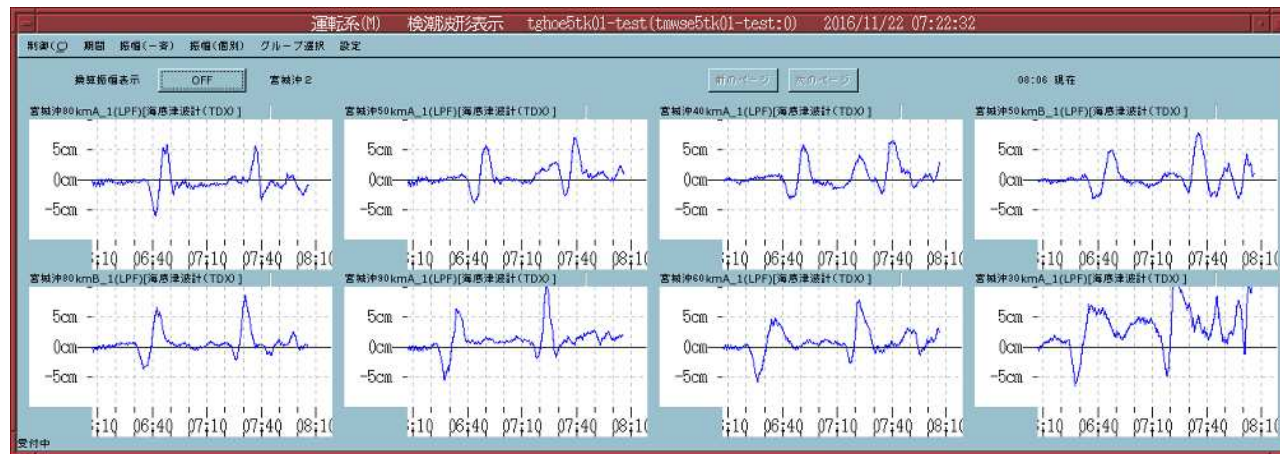
種別	津波の観測状況
沖合津波観測点	最大0.4m程度
沿岸津波観測点	最大1.4m程度

津波を観測した事例(11/22 福島県沖 Mj7.4) 津波波形

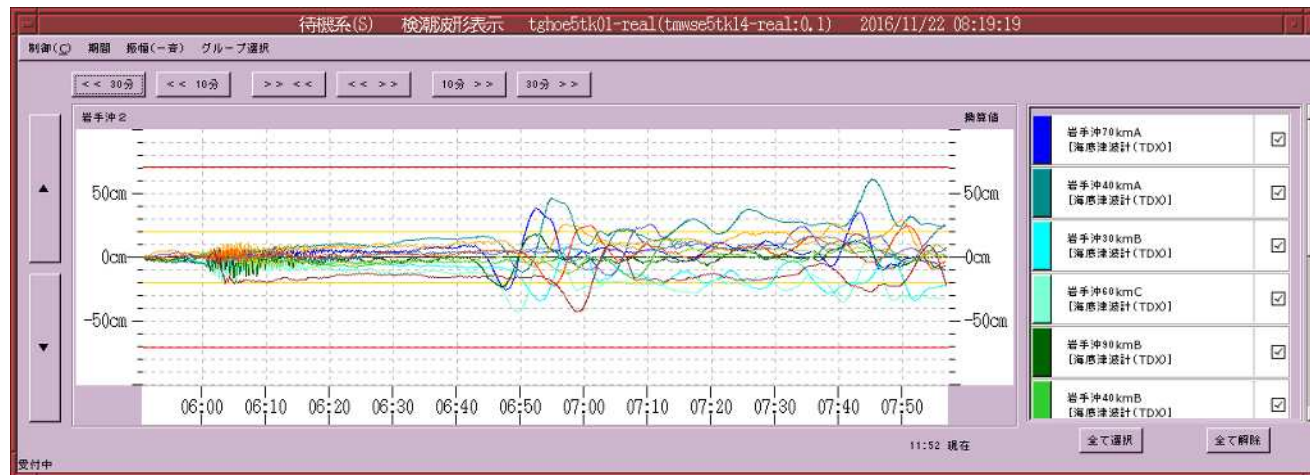


- ・ この地震で初めて沖合においても、沿岸においても津波を観測できた。
- ・ 沖合津波観測点の波形も全体像を見ることができれば、ステップやトレンドが重畳しても津波の見極めは可能。
- ・ 波形の冒頭部しか見えていない段階で、ステップやトレンドに惑わされず津波成分の見当をつけて、津波警報等の切替判断をするには、ある程度の時間が必要。

沖合津波観測点の監視に用いている画面



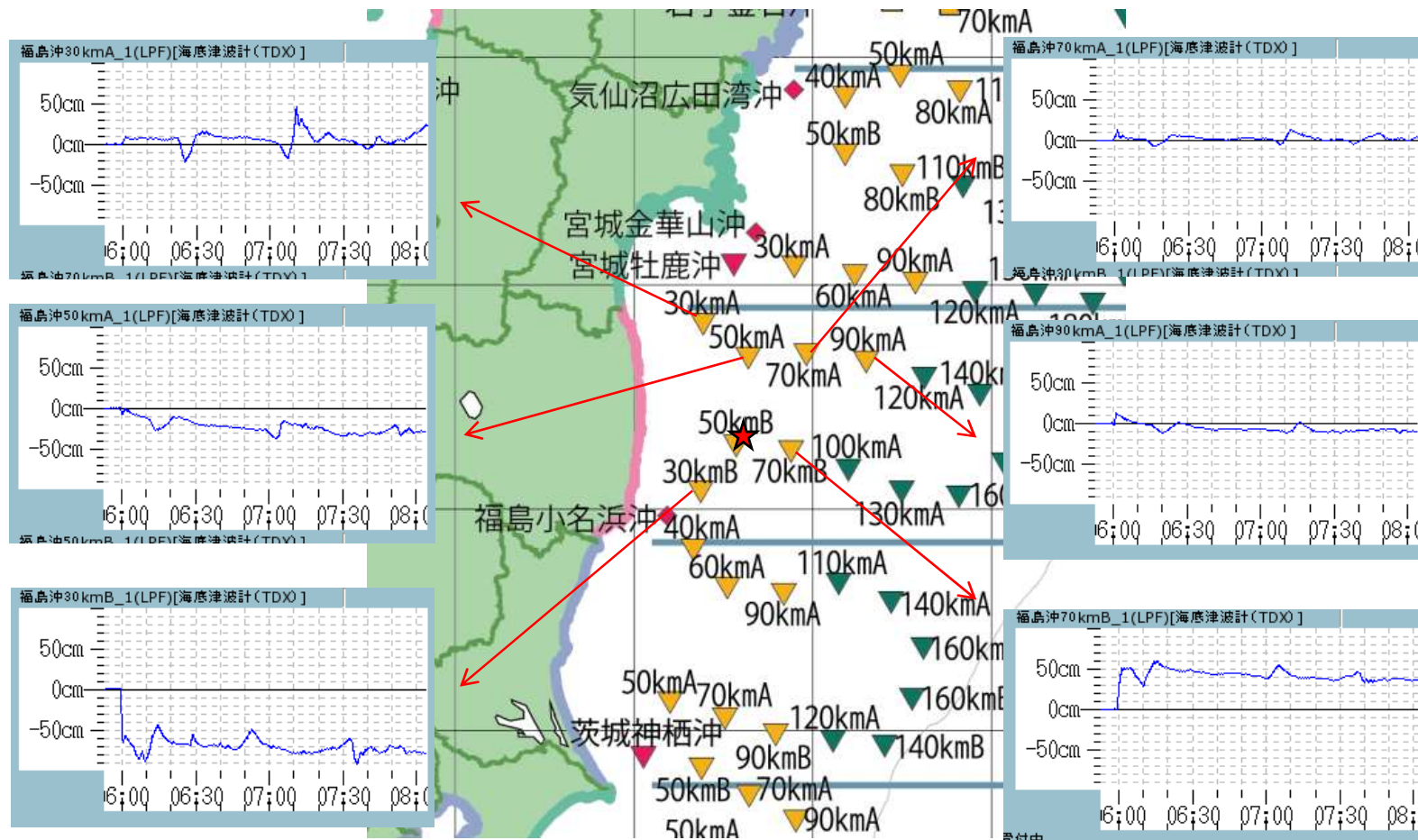
一覧表示画面 (観測された値)



重ね合せ表示画面 (水深に応じた倍率をかけて沿岸の推定値に換算)

- 第1報で発表した津波警報等の基準を超えているかどうか見当をつける為、グループ単位での個別の観測点の波形、重ね合せによる監視を実施している。

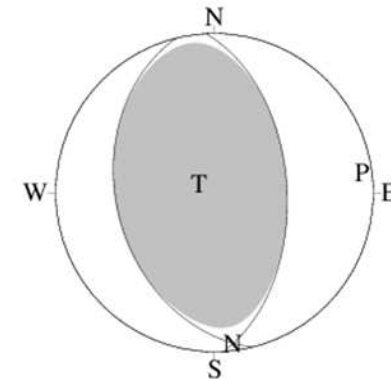
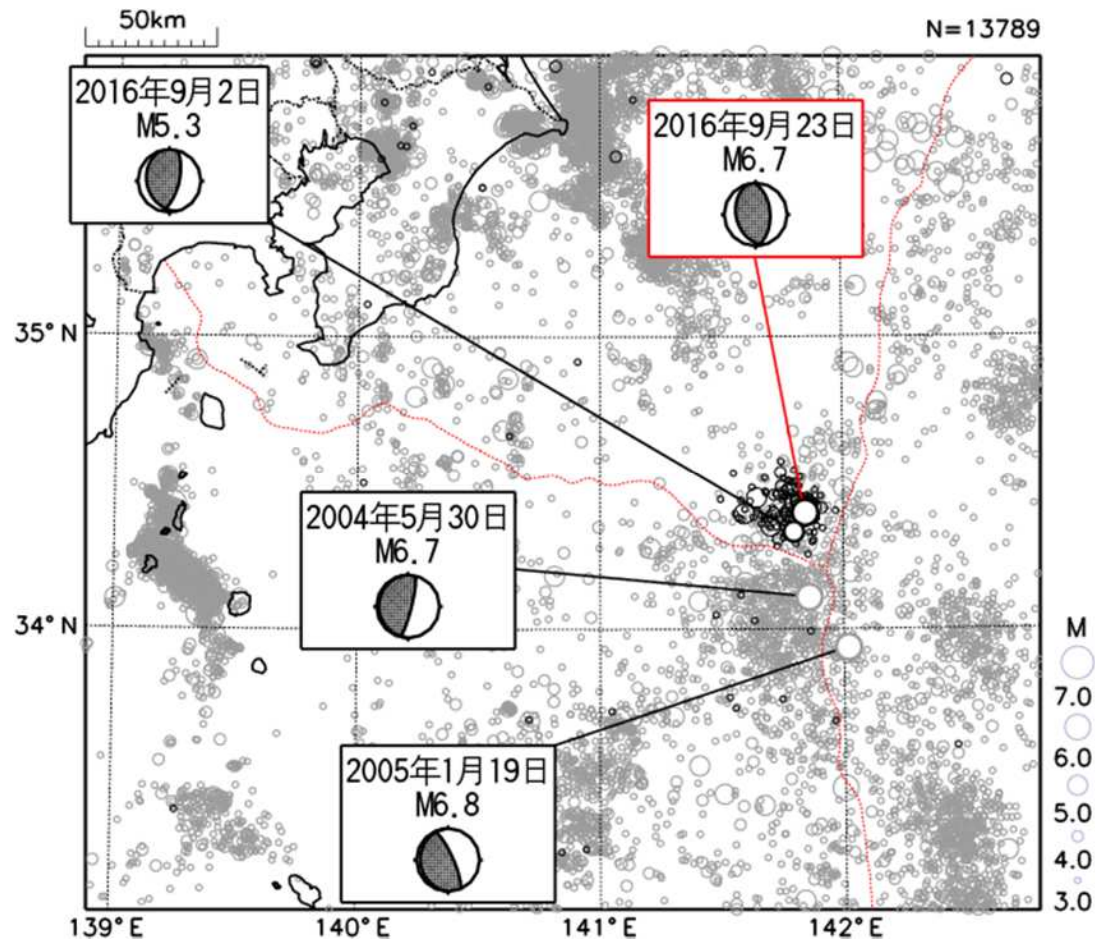
津波を観測した事例(11/22 福島県沖 Mj7.4)



波形は100秒移動平均したもの。振幅は観測された値で $\pm 100\text{cm}$ 、表示時間は120分。

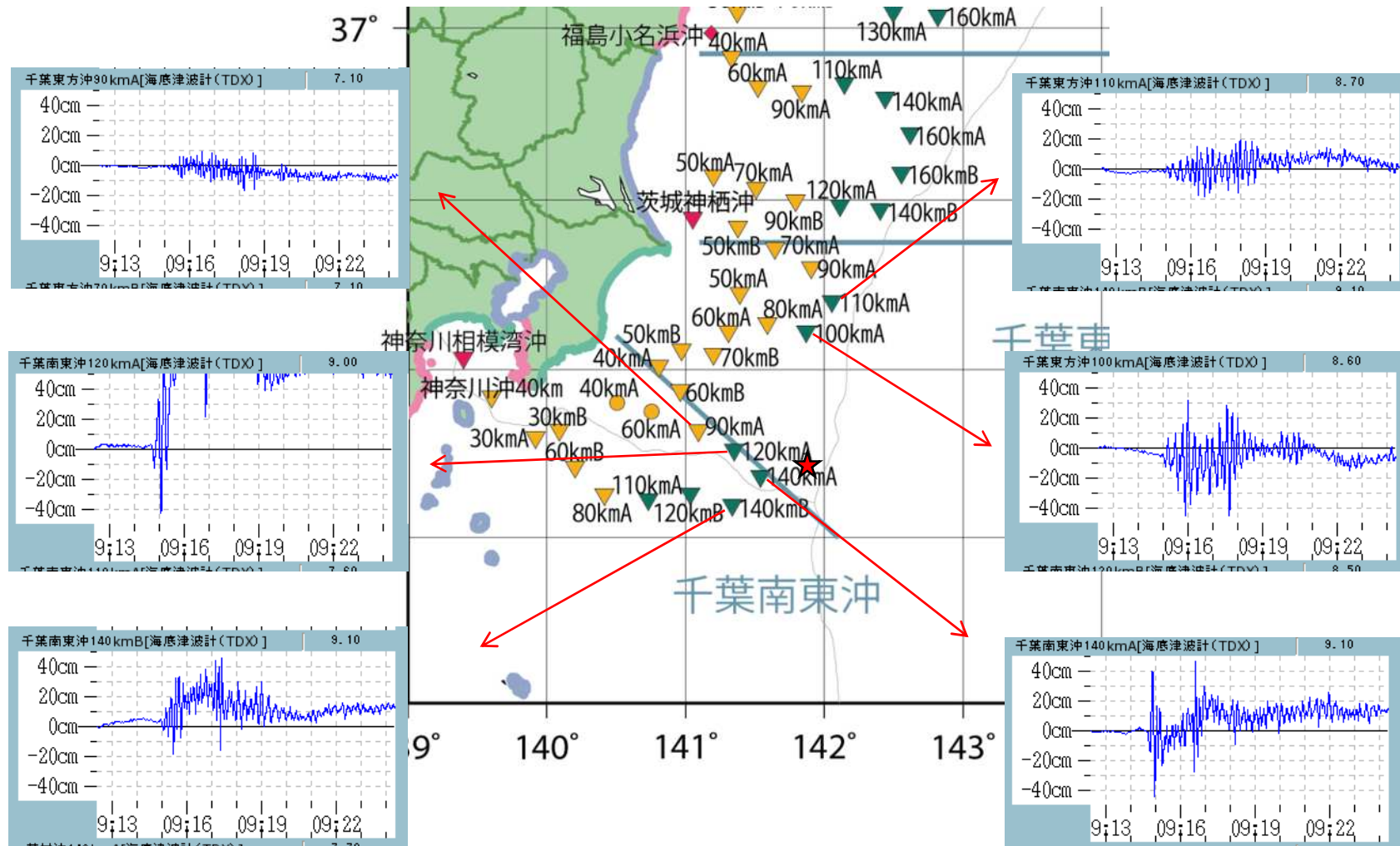
津波を観測した事例(9/23 関東東方沖 Mj6.7)地震の概要

一元化震源					気象庁	防災科研	USGS
OT	緯度	経度	深さ	Mj	Mw、セントロイドの深さ		
2016年09月23日09時14分	34 ° 23.78'	141 ° 50.63'	32km	6.7	6.2、15km	6.2、11km	6.2、12km



種別	津波の観測状況
沖合津波観測点	微弱
沿岸津波観測点	最大0.2m程度

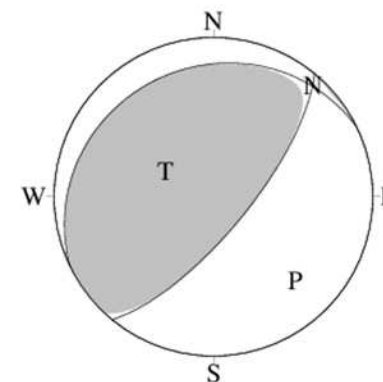
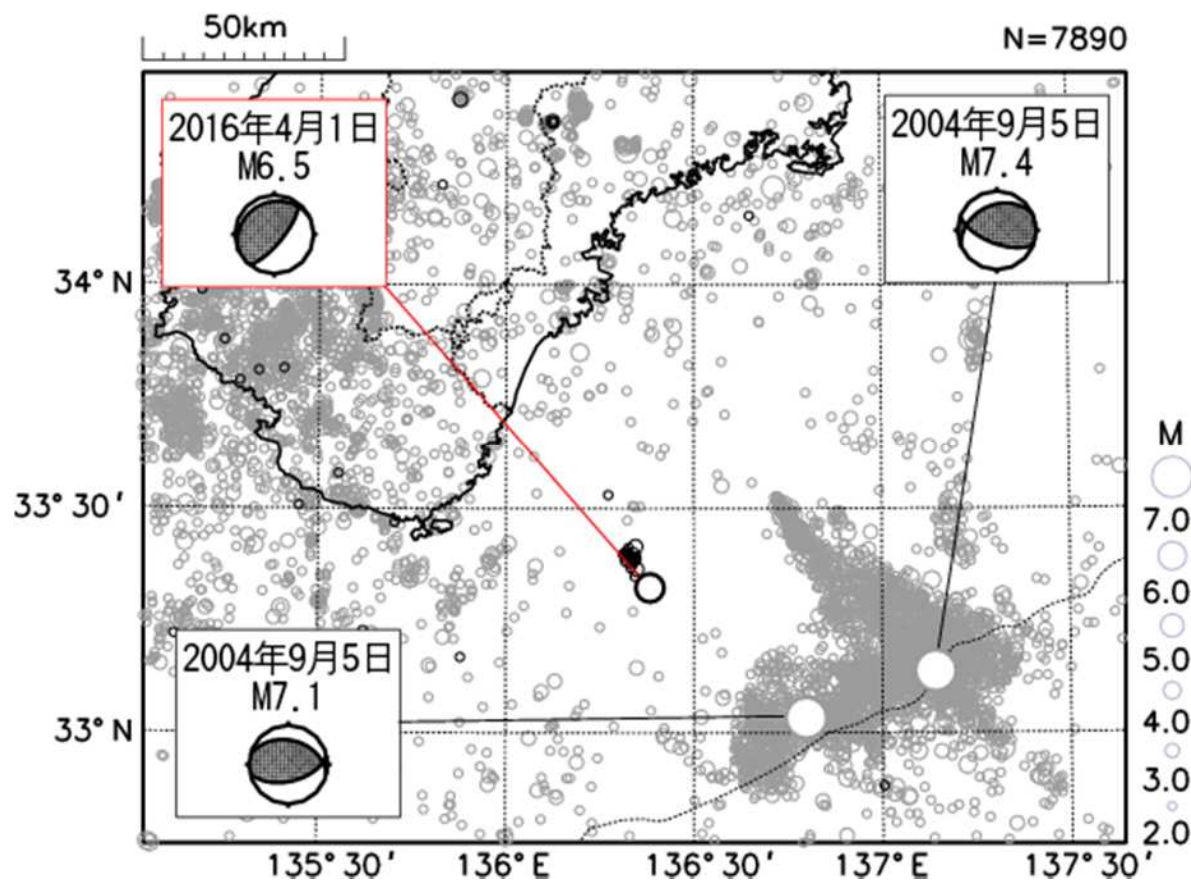
津波を観測した事例(9/23 関東東方沖 Mj6.7) 津波の波形



波形は100秒移動平均したもの。振幅は沿岸の推定値に換算したもので±50cm、表示時間は12分。

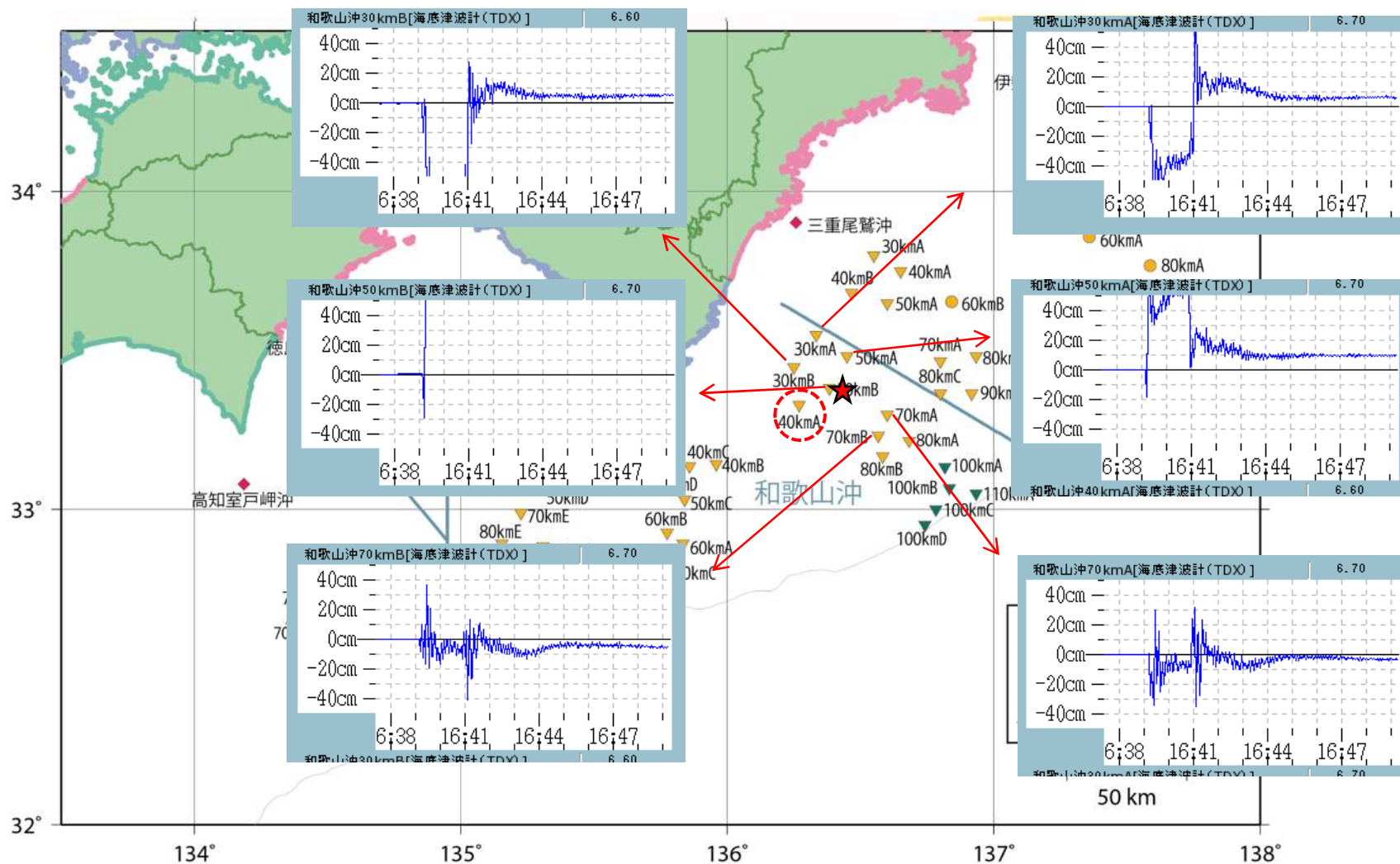
津波を観測した事例(4/1 三重県南東沖 Mj6.5)地震の概要

一元化震源					気象庁	防災科研	USGS
OT	緯度	経度	深さ	Mj	Mw、セントロイドの深さ		
2016年04月01日11時39分	33 ° 19.40'	136 ° 22.99'	29km	6.5	5.8、12km	5.8、14km	5.9、16km



種別	津波の観測状況
沖合津波観測点	微弱
沿岸津波観測点	なし

津波を観測した事例(4/1 三重県南東沖 Mj6.5)津波の波形



波形は100秒移動平均したもの。振幅は沿岸の推定値に換算したもので
 ± 50cm、表示時間は12分。
 和歌山沖40kmAは4月1日にはまだ運用されていなかった。

2. のまとめ

- ・平成28年4月以降では、以下の記録が得られた。

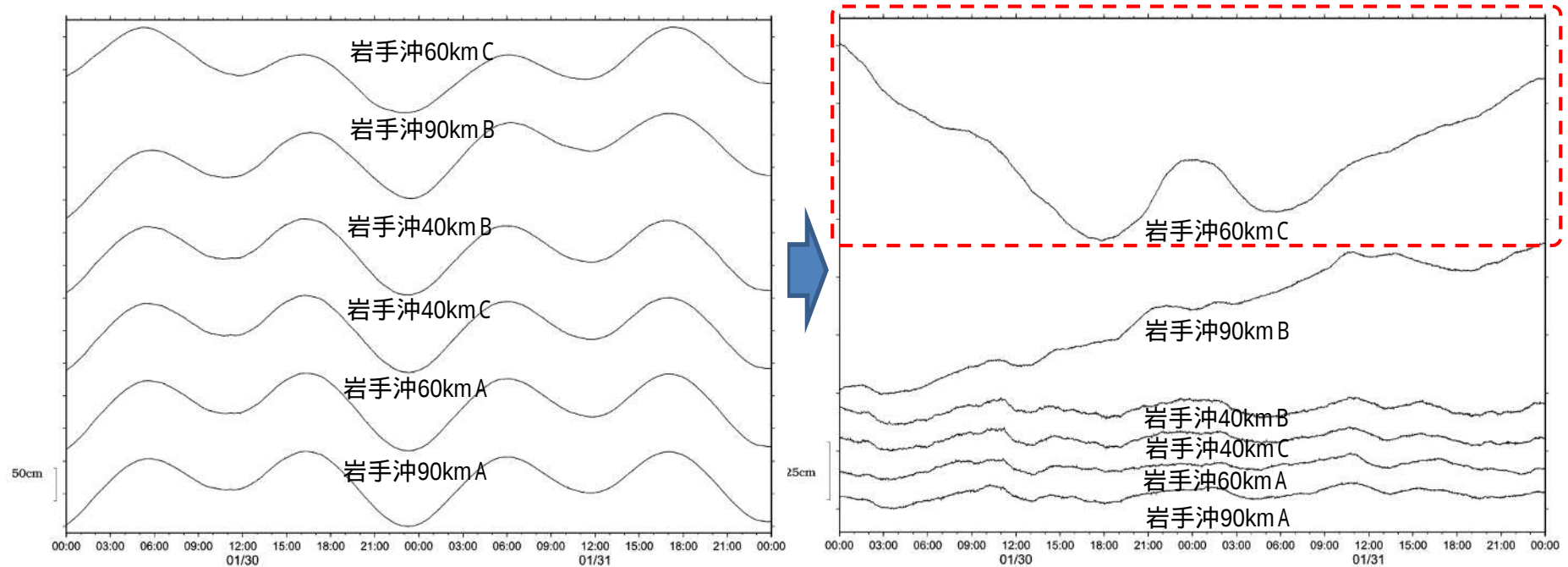
事例	沿岸の観測点	沖合の観測点
04月01日 三重県南東沖	なし	微弱
09月23日 関東東方沖	最大0.2m程度	微弱
11月22日 福島県沖	最大1.4m程度	最大0.4m程度

- ・津波警報等の切替や観測情報の発表を行う時間帯の業務において、波形の全体像がまだ分らない中、「津波に起因するものであるのか」、「ステップやトレンドなどの津波以外に起因するものであるのか」をより迅速に判断するためには、今後の事例の蓄積と共に、更なる技術開発を進める必要がある。

3．観測された波形とその対応

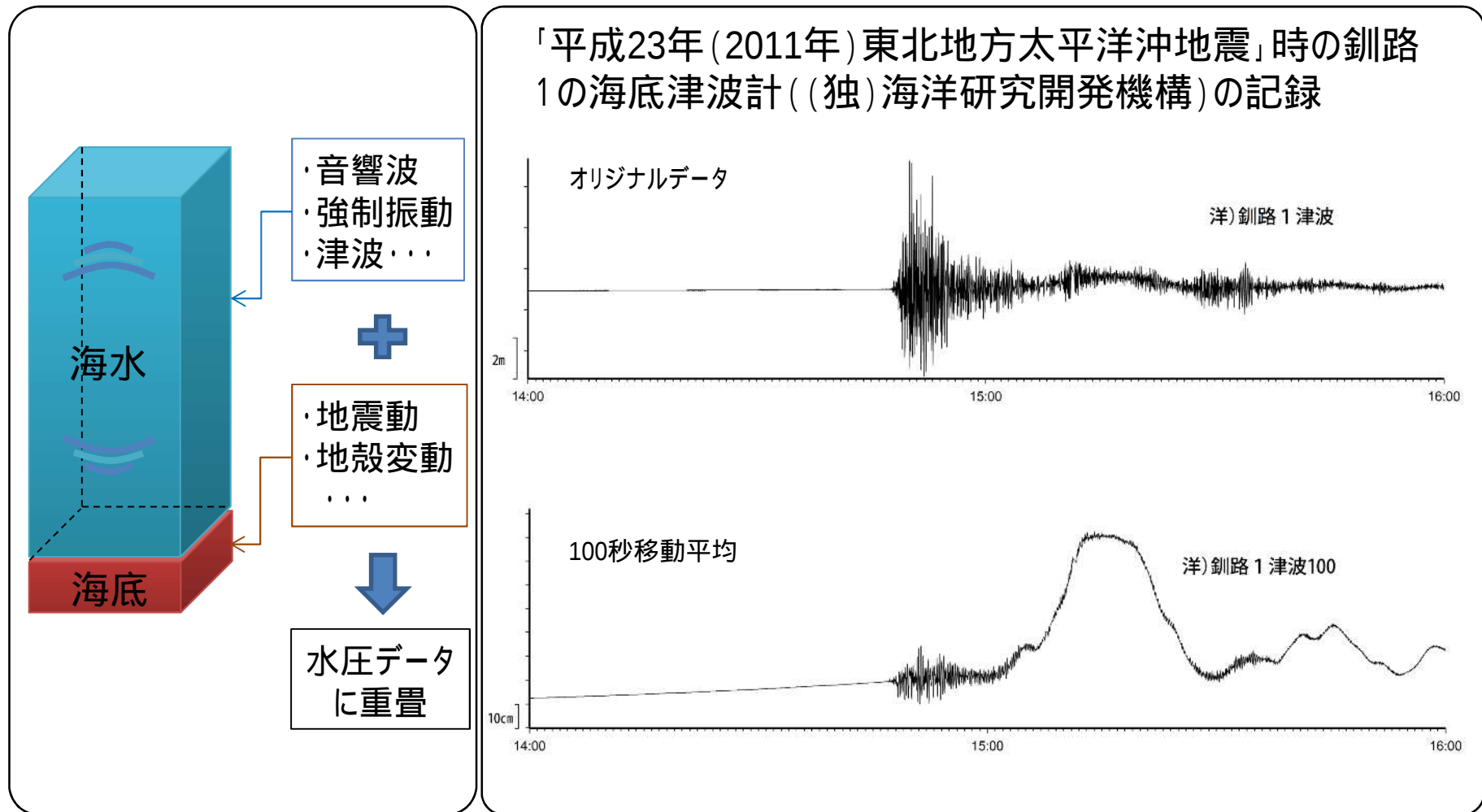
- ・潮汐成分
- ・波形冒頭部に重畳する地震動、音響波
- ・トレンドのある観測点
- ・解釈できなかった事例

潮汐成分の除去



- ・ 潮汐成分を除去して変動の小さい観測点を津波警報等の切替、情報に活用。
- ・ 不自然な記録をしている観測点については、日々の点検の中で、活用を見合わせている。

沖合津波観測点の波形へ当初用いていたフィルタ



- ・ 地震波等の低減を念頭に、当初は「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」等で津波波形を抽出した実績のある100秒移動平均で活用開始。

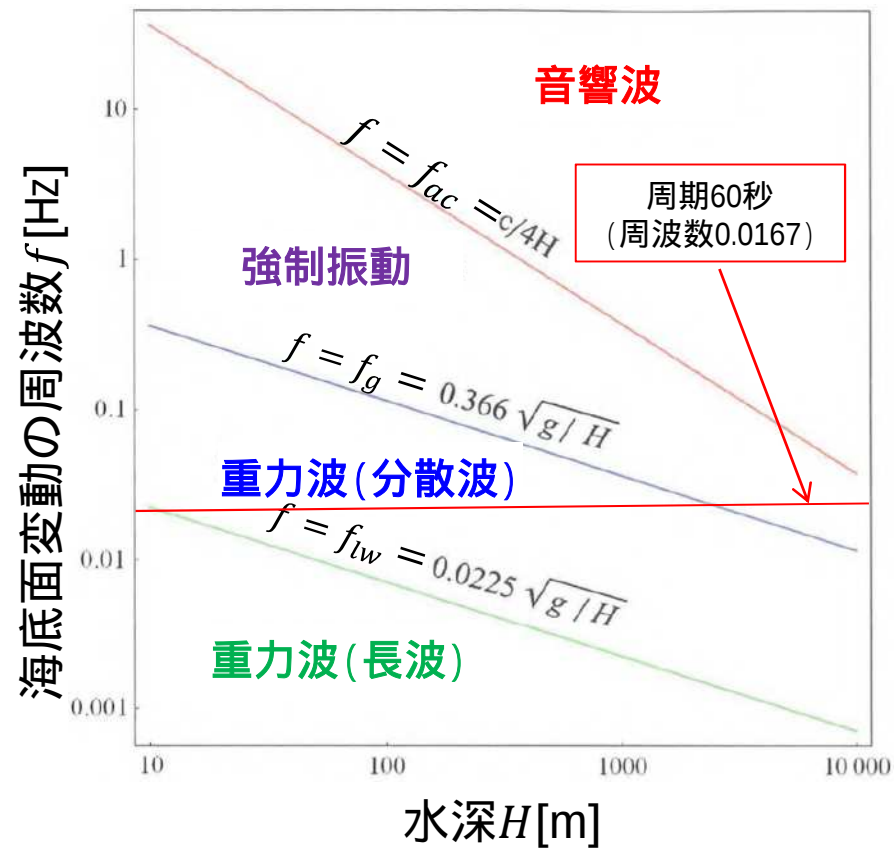
震源域付近の100秒移動平均後の沖合津波観測点の波形



4月1日の三重県南東沖の地震での100秒移動平均後の波形

- ・ 地震動の中に振幅の大きいパルス状のピークが含まれている場合、ウィンドウ幅の見かけ上の短周期の変化が記録される。
- ・ S-net等の設置により、震源域付近の観測点における波形を見る機会が増えた。その波形は、冒頭部に地震動、動水圧、音響波、地殻変動、・・・等が重畳した複雑なもの。

新たに採用したフィルタ



水深 H (m)	f_g (Hz)	周期 (秒)
4000	0.018	55
5000	0.016	62

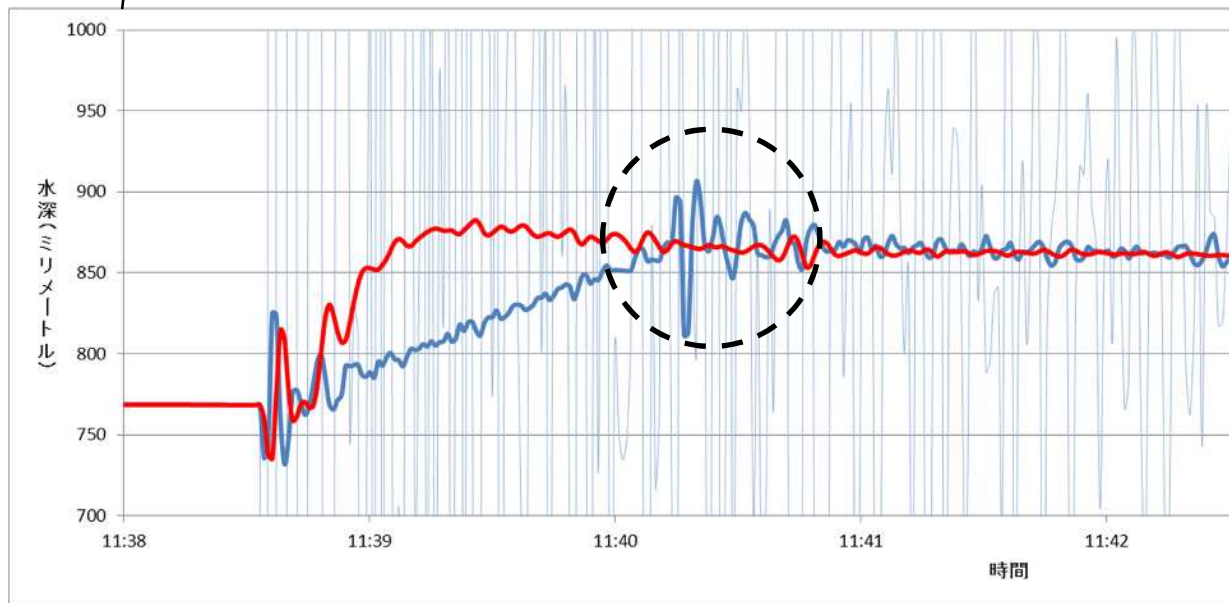
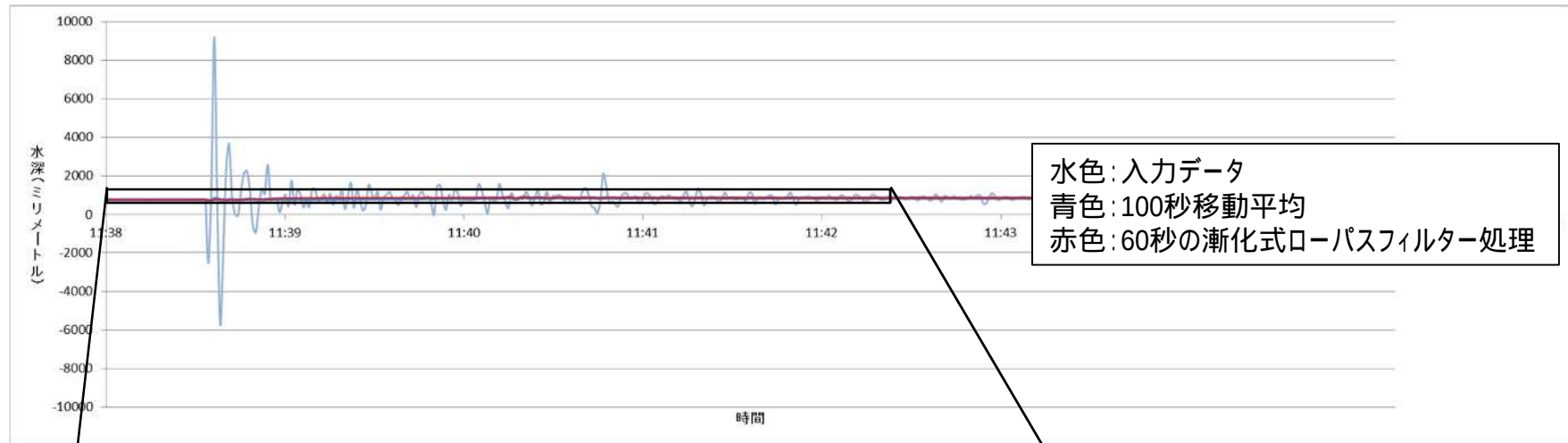
c : 水中の音速
 H : 水深
 g : 重力加速度

参考文献: Levin and Nosov, 2016
 (Physics of Tsunamis Second Edition)

- ・ 短周期成分である音響波、強制振動等を低減する、カットオフ周期60秒の漸化式ローパスフィルタを導入した。

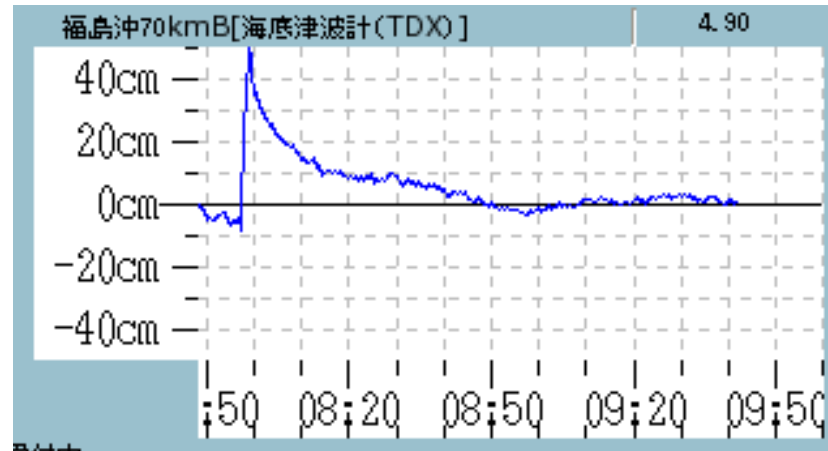
カットオフ周期60秒の漸化式ローパスフィルタ処理後の波形

4/1 三重県南東沖の地震における和歌山沖50km Bの波形。

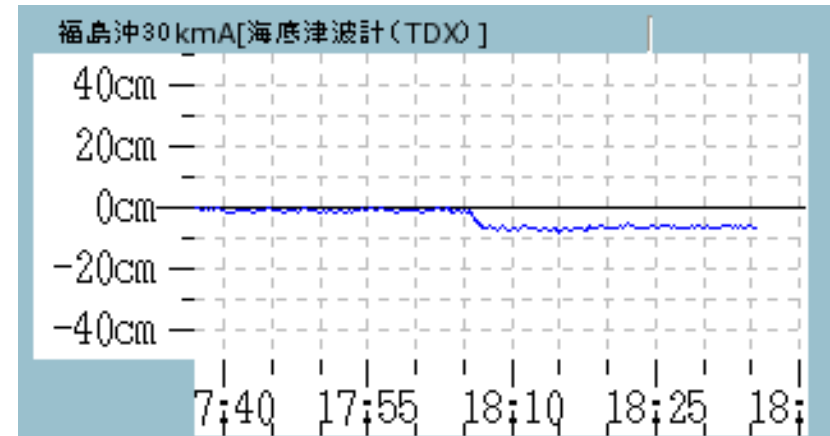


・ ウィンドウ幅による見かけ上の変化が低減された。

フィルター処理後でも解釈が難しい波形事例



6/27福島県沖(M5.9)の地震における福島沖70kmBの波形。沿岸の推定値に換算した値で50cm以上の変動を記録。



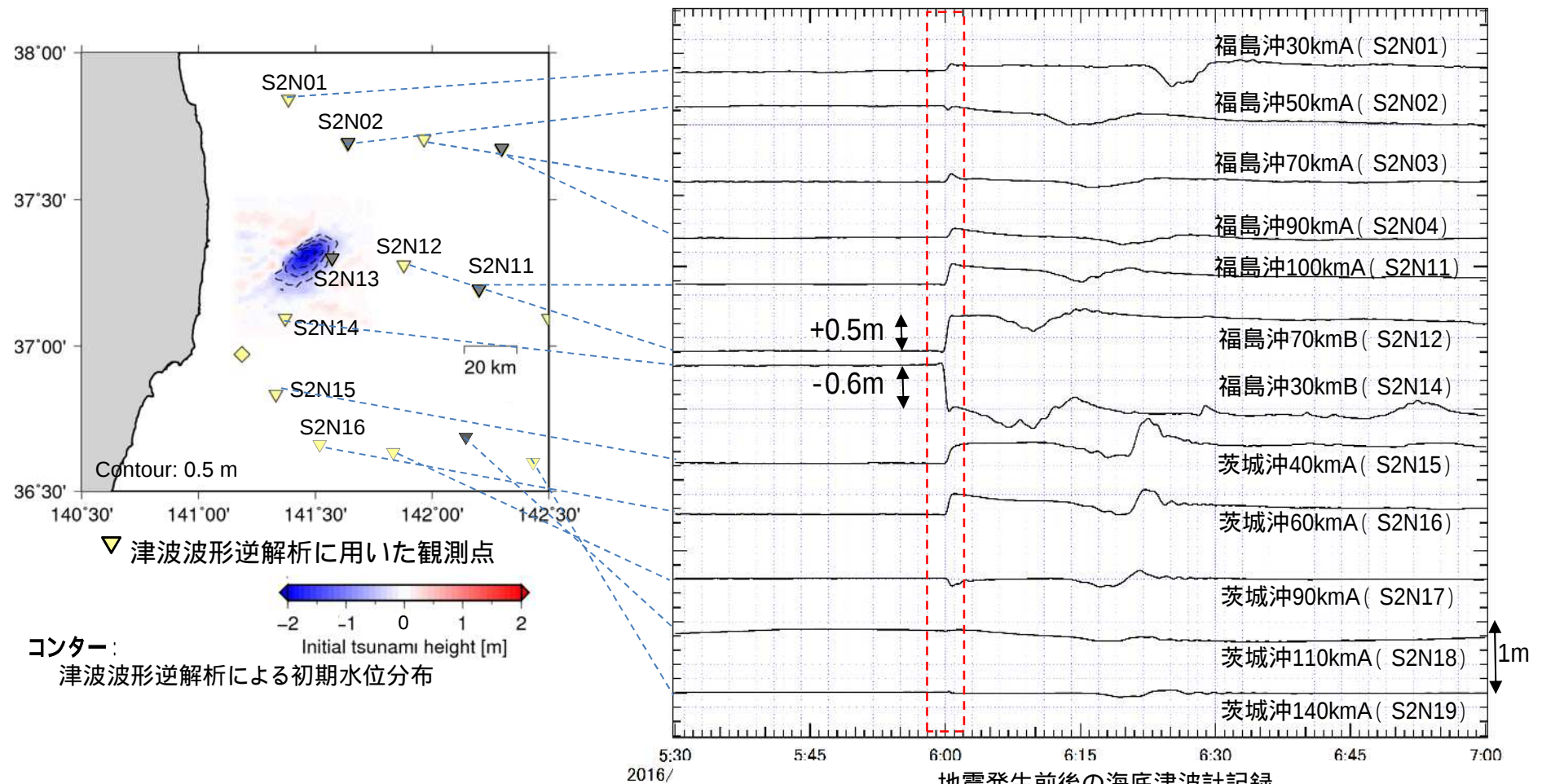
8/15福島県沖(M5.6)の地震における福島沖30kmAの波形。沿岸の推定値に換算した値で7~8cm程度の変動を記録

- ・ わずかな地殻変動しかないと考えられる規模(M5クラス)の地震でも急激なステップ的な立上り(下がり)の後、ゆっくりした減衰又はオフセットを記録する場合が見られた。

地震直後の沖合津波観測点の記録と地殻変動(鉛直変位)との関係

波源域周辺における地震前後の沖合津波観測点の記録と

沖合波形インバージョンによる初期水位分布(事後の精査結果)との比較



(3時間程度以上の長周期成分()を付した観測点についてはNAO.99Jbモデル[Matsumoto et al., 2000]による推算潮位)を減じた波形に60秒のローパスフィルタを適用)

- ・ 地震直後の水圧値のステップ的な変化は地震時の隆起沈降を反映したものとは考えにくい。現在のところ、原因は不明。

観測された波形とその対応

- ・ 潮汐成分を除去。
- ・ トレンドが大きい観測点は活用しない。
- ・ フィルタを100秒移動平均からカットオフ周期60秒の漸化式ローパスフィルタに変更。
- ・ 地震発生直後の波形冒頭部は検測しない、複数点で周期の長い波形を記録するまで待つという運用とした。

なお、情報で発表するための検測基準は、通常時のノイズレベルを考慮して、沖合津波観測点の内、海底水圧計は $\pm 10\text{cm}$ 以上とした。

全体のまとめ

平成28年4月以降、3つの事例で沖合津波計により津波が観測された。

地震発生直後の海底水圧計の観測波形に変化が見られる場合、津波の判別を行うためには、ある程度の時間が必要であることを改めて確認した。



職員が波形を確認した上で、津波警報等の更新、情報に活用するという方針は継続する。

今後、事例の蓄積と共に、津波の判別や津波警報等の適切な更新のための更なる活用方法の改善や技術開発を進める。