

# 津波発生に伴う微気圧変動の観測を活用した津波予測手法の開発

Development of Tsunami Prediction Method Using Infrasound Waves Generated by Tsunamis

## 浜岡原子力発電所に襲来する津波を迅速かつ高精度に予測

浜岡原子力発電所では、津波発生時の迅速な避難や復旧計画の立案のため、多様な津波観測計器により、発電所に来襲する津波を予測する「津波監視システム」を自社開発し運用している。本研究では、より迅速かつ高精度な予測の実現に向け、津波に伴い発生し、津波より早く伝播する微気圧変動を活用した津波予測手法を開発した。



執筆者

原子力安全技術研究所  
地震・津波・防災グループ  
渡邊 康介

### 1 浜岡原子力発電所で運用される津波監視システム

浜岡原子力発電所では、津波発生時の迅速な避難や復旧計画の立案のため、多様な津波観測計器により、発電所に来襲する津波の高さ・到達時刻・収束時刻を予測する「津波監視システム」を自社開発した。津波観測計器には、国からデータ提供を受ける「DONET」、「GPS波浪計」および自前の「海洋レーダ」がある（第1図）。震源地と各観測地点が離れている場合、遠くの観測点を經由して順次津波が観測されるまでに時間を要するため、精度よく予測を出すまでに相応の時間がかかる。迅速な避難と復旧計画立案のためには、迅速かつ高精度な予測が望まれている。

迅速かつ高精度な津波予測に向け、津波に伴い発生し、津波より早く伝播する微気圧変動を用いた津波予測手法を開発した。本研究では、津波予測の迅速化ならびに高精度化を目的に微気圧変動を活用した津波予測手法の開発に取り組んだ。



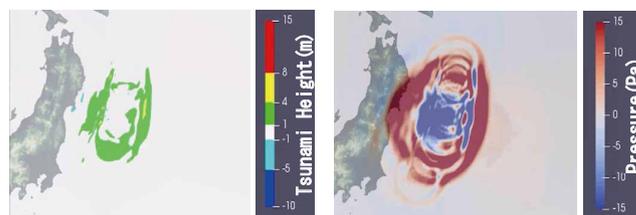
第1図 津波監視システムの津波観測計器設置位置

### 2 津波に伴い発生する微気圧変動

津波を伴う地震が発生した際に生じる自然現象としては、動水圧変動、微気圧変動、電離圏電子密度変動、そして磁場変動などが挙げられる。これまでに当研究グループでは、前述の自然現象の活用による迅速かつ高精度な津波

予測の可能性を検証してきた。その結果、微気圧変動を活用することが、現段階において実現性が最も高いと考えた。

微気圧変動は、津波発生に伴い海面が隆起沈降し大気を揺らすことで発生する。この微気圧変動は、音速（時速1,200km）程度で大気中を伝播するため、津波伝播速度（本検討対象海域では、平均時速300km程度）より格段に速く、迅速かつ高精度な津波予測に寄与することが期待される。東北地方太平洋沖地震の際に、実際に観測された津波および微気圧変動の伝播を数値解析で再現したものを第2図に示す。津波数値解析は、非線形長波理論の運動方程式及び連続式を基礎方程式とし、微気圧数値解析は、気圧波の波動方程式を基礎方程式としている。図より、微気圧変動は津波よりも速く伝播することが分かる。



(a) 津波数値解析 (b) 微気圧数値解析  
第2図 東北地方太平洋沖地震時の伝播の様子 (地震発生10分後)

### 3 微気圧変動を活用した津波予測手法の開発と検証

津波監視システムでは、津波予測のため複数の手法を組み合わせて、津波発生時の発電所運用に活用している。予測手法のひとつである波源推定法では、DONET、GPS波浪計、海洋レーダが観測する水圧、水位、流速といった津波観測データから津波の初期波源（津波のもとになる波源位置と海面変動量）を推定し、予測地点（発電所地点）の津波波形を予測する（以降、現行手法）。

本研究では、津波観測データに加え、微気圧観測データを使用し、初期波源を推定し、予測地点の津波波形を予測する手法（以降、開発手法）を開発した。

開発手法に関する検証として、第3図の通り、南海トラ

フ沿いの地震をモデルケースに現行手法と開発手法で予測地点の津波波形を予測し、予測精度およびリードタイム（予測出力時刻と津波到達時刻の時刻差）を比較した。

検証では、第4図に示す断層モデルをもとに、津波および微気圧数値解析により、予測地点の津波波形（正解波形）、津波観測位置での津波計算値および微気圧観測位置での微気圧計算値を算定する。津波観測位置および微気圧観測位置はそれぞれ第1図および第4図に示す通りである。次いで、計算値を観測値として波源推定法により予測地点の津波波形（予測波形）を出力する。予測精度の比較としては、正解波形と開発手法で求めた予測波形を比較する。また、リードタイムの比較では、現行手法と開発手法で正解波形と近似となるのに要する観測時間を比較する。

以降では、検証の結果について説明する。現行手法および開発手法で求めた予測地点の津波波形をそれぞれ第5図(a)、(b)に示す。ここに、凡例の「予測波形（5分観測）」または「予測波形（10分観測）」とは、地震発生後5分または10分間に津波観測計器ならびに微気圧計にて観測されるデータ（本検証では計算値）で予測した予測地点の津波波形を意味する。予測精度の比較としては、現行手法における予測波形（5分観測）は正解波形と乖離しており、予測波形（10分観測）が概ね一致する。最大波高で比較すると、現行手法における予測波形（5分観測）と予測波形（10分観測）の正解波形に対する誤差は、それぞれ

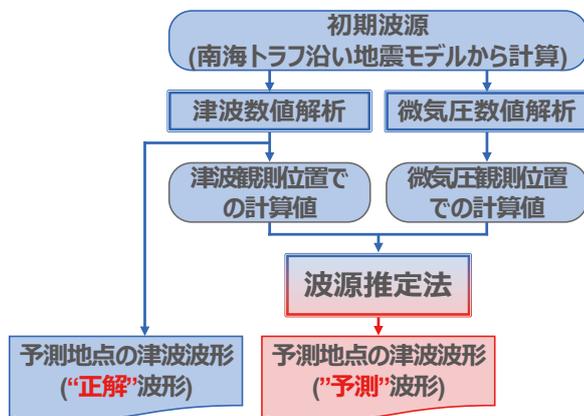
66%と19%である。一方で、開発手法における予測波形（5分観測）および予測波形（10分観測）は、正解波形と概ね一致する。最大波高で比較すると、開発手法における予測波形（5分観測）と予測波形（10分観測）の正解波形に対する誤差は、それぞれ11%と6%である。

リードタイムの比較としては、現行手法で正解波形に近似（最大波高で見て正解波形と誤差20%未満）とみなすことができる観測時間（最短観測時間）が10分であるのに対し、開発手法では5分である。最大津波の到達が地震発生後800秒であることから、現行手法および開発手法のリードタイムは、それぞれ200秒、500秒となり、開発手法は現行手法の2.5倍のリードタイムを確保することができる。

## 4 まとめ

津波監視システムにおける津波予測の迅速化ならびに高精度化を目指し、津波より伝播速度が速い微気圧変動を活用した津波予測手法を開発した。微気圧変動を活用した手法では、現行手法と比較して、迅速化ならびに高精度化を実現できる可能性が示された。

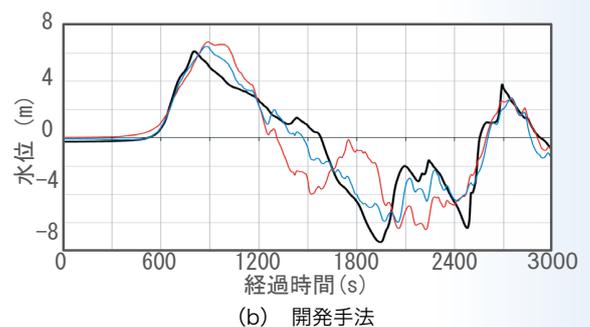
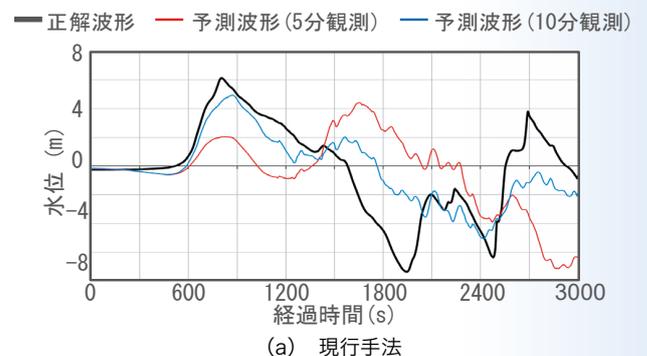
最後に、本研究で紹介した各種検討は、一般財団法人日本気象協会および東京都立大学の皆様にご協力をいただいた。ここに記して謝意を表する。



第3図 開発手法における検証の流れ



第4図 断層モデルならびに微気圧観測位置



第5図 予測地点（発電所地点）の津波波形（検証結果）