

東北地方太平洋沖地震を踏まえた津波警報の改善

尾崎友亮*

1. はじめに

平成23年3月11日14時46分に発生した東北地方太平洋沖地震は、我が国の観測史上最大となるマグニチュード*9.0を記録し、この地震で発生した津波により、死者・行方不明者が1万9,000人を超えるなど甚大な被害が発生した[消防庁(2012)1]。気象庁はこの地震に対し、地震発生3分後の14時49分に津波警報を発表したが、津波警報の第1報で発表した地震の規模や津波の高さの予想は、実際を大きく下回るものであった。

こうした事態を受け、気象庁では、今後の津波警報をどのように改善すべきかについて有識者や関係機関から意見を頂きつつ検討を進め、同年9月に津波警報改善の方向性について、本年2月に津波警報の情報文のあり方等について、とりまとめを行った。

本稿では、気象庁の津波警報の概要を述べるとともに、東北地方太平洋沖地震における警報発表及びこれらを経て明らかになった課題、今後の改善策等について述べる。

2. 気象庁の津波警報について

津波の発生源の大半は海域で発生する大きな地震であり、気象庁は、地震の規模や位置をいち早く把握しその結果をもとに津波警報を発表している。具体的には、国内約200箇所以上に設置した地震計で観測された地震波形データをオンライン・リアルタイムで気象庁へ伝送し、その波形データを処理することにより、震源位置、深さ、マグニチュードを推定する。一方で、津波数値シミュレーションにより、様々な震源位置、深さ、マグニチュード毎に沿岸での津波の高さを予め計算してデータベース化しておき(約10万通り)、地震が発生した場合、推定された震源位置等から、このデータベースを参照して沿岸での津波の高さを推定し、津波警報を発表する。警報の発表後、

沖合で高い津波が観測された場合などには、必要に応じ警報の切替を行う。津波警報は、表-1の分類により、日本全国の沿岸を66に区分した予報区毎に発表される。

表-1 津波警報等の分類

警報等の分類		発表基準	予想される津波の高さ
津波警報	大津波	3m以上	3m, 4m, 6m, 8m, 10m以上
	津波	1m以上 3m未満	1m, 2m
津波注意報		1m未満	0.5m

また、気象庁は、他機関(国土交通省港湾局、海上保安庁等)のものも含め180箇所以上の潮位観測点で津波を監視し、津波が観測された場合はその高さや時刻を津波観測情報として発表している。

3. 東北地方太平洋沖地震における津波警報

東北地方太平洋沖地震についても、気象庁では、通常の運用手順に従い、震源位置、深さ、マグニチュード[勝間田(2004)2]を求めた。マグニチュード(以下、Mとも表記)は7.9と推定されたが、これは想定されていた宮城県沖地震とも類似しており、地震の規模を適切に評価していると判断して、震源要素や地震の規模等からの推定に基づき、地震発生3分後の14時49分、津波警報の第1報(岩手県(大津波、3m)、宮城県(大津波、6m)、福島県(大津波、3m)、等)を発表した。その後、15時10分頃から、岩手県の沖合約10kmのところ設置されているGPS波浪計において潮位の急激な上昇が観測されたため、15時14分に津波警報の第2報を発表し、予想される津波の高さを、岩手県6m、宮城県10m以上、福島県6m等に引き上げた。その後も海岸付近の検潮所における津波の観測状況から津波警報の続報を発表した(図-1)。

東北地方沿岸では各地で10m近い高さの津波を観測したが(宮古(岩手県)8.5m以上、大船渡

JMA Tsunami Warning Improvement Plan

*土木用語解説：マグニチュード

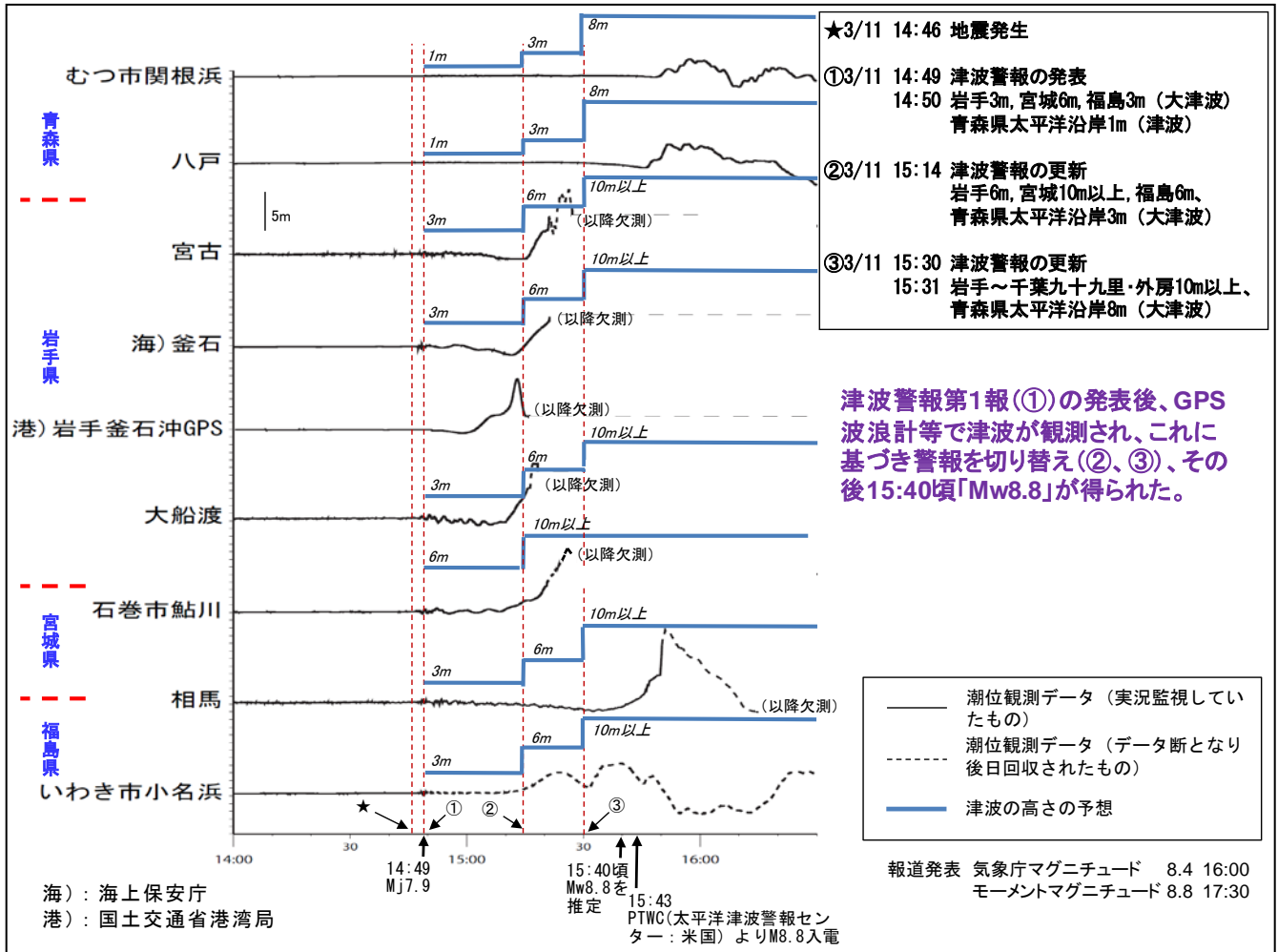


図-1 津波警報発表の経緯 (東北地方太平洋沿岸)

(岩手県) 8.0m以上、鮎川(宮城県) 8.6m以上、相馬(福島県) 9.3m以上、等)、これらは観測施設の流失、機器障害等によりデータが途中で断となっており、実際にはより高い津波が来襲した可能性がある。後日行った気象庁の現地調査では、大船渡市では16m以上に達したことが推定されている[気象庁(2011a)³⁾]

4. 津波警報の改善について

今回の被害の甚大さに鑑み、気象庁では、今回の津波警報発表に係る課題を整理し今後津波警報をどのように改善すべきかを検討するため、有識者や関係防災機関等の参加による「東北地方太平洋沖地震による津波被害を踏まえた津波警報改善に向けた勉強会(以下、「勉強会」)」を開催し、その議論等をもとに、平成23年9月、「東北地方太平洋沖地震による津波被害を踏まえた津波警報の改善の方向性について」(以下、「津波警報改善の方向性」)をとりまとめた[気象庁(2011b)⁴⁾]

「津波警報改善の方向性」で示した改善策のうち、情報文のあり方などに係る一部の事項については、別途「津波警報の発表基準等と情報文のあり方に関する検討会」を開催し、平成24年2月、「津波警報の発表基準等と情報文のあり方に関する提言」をとりまとめた[気象庁(2011c)⁵⁾]

以下、これらのとりまとめにおいて示した改善策及び今後の予定について述べる。

4.1 津波警報の発表に係る課題

東北地方太平洋沖地震における津波警報発表の経緯を踏まえ、津波警報の発表に係る課題を以下のとおり整理した。

- (1) 地震発生3分後に発表した津波警報第1報で推定した地震規模(M7.9)が過小評価だった。また、評価が過小である可能性を認識できなかった。
- (2) 地震規模推定が過小な中で岩手県や福島県に発表した「予想される津波の高さ3m」が避難の遅れにつながった例があったと考えられる。

(3) 地震発生約15分後に計算されるべきモーメントマグニチュード (Mw) が、地震波の振幅が国内の広帯域地震計 (短周期から長周期まで広帯域の地震波を記録できる地震計。Mwの計算に用いられる。) の測定範囲を超えたため計算できず、津波警報の続報を迅速に発表できなかった。また、GPS波浪計よりも沖合にあるケーブル式沖合水圧計のデータを津波警報の更新に反映させる手順が確立されていなかった。

(4) 今回発表した津波観測情報において、初期段階で観測された小さい津波の情報「第1波0.2m」等が、避難の遅れ、中断につながった例があったと考えられる。

4.2 津波警報の課題の改善策

上記の課題を踏まえ、改善策を以下のとおり整理した。

(1) 基本方針

津波警報改善策の基本方針は以下のとおり。

- 1) 早期警戒：地震発生後3分程度以内の迅速な発表を目指す従来の方針は堅持し、その後得られるデータ・解析結果に基づき、より確度の高い警報に更新する。
- 2) 安全サイド：初期段階で得られた震源位置、深さ、マグニチュードに基づく津波波源の推定に不確実性が残っている間は、不確実性の中で安全サイドに立った警報発表を行う。

また、「強い揺れを感じたら自らの判断で避難する」ことが基本であることを周知徹底したうえで、警報を効果的に機能させる。

(2) 技術的な改善策

1) 津波警報第1報で使用するマグニチュード

M8程度以下の通常の地震に対しては、気象庁マグニチュード (Mj) を用いて津波警報第1報を発表する。一方、M8を超えるような巨大地震や、津波地震に対しては、津波警報第1報を発表する前に地震の規模を過小評価している可能性を速やかに認識できる監視手法 (強震域の広がり、長周期成分の卓越など) を用意し、より規模の大きな地震の可能性があると判定される場合は、当該海域で想定される最大マグニチュード、ないしは同手法によって得られるマグニチュードの概算値を適用して津波警報第1報を発表する。なおこの場合、第1報で用いるマグニチュードは、通常、

Mwとなる。

2) 警報更新の迅速化・高精度化

Mwの迅速・確実な推定 (地震発生後15分程度) と沖合津波観測データを活用した津波警報更新の迅速化・高精度化を図る。

これらの点を踏まえた津波警報改善策による警報発表の流れを図-2に示す。

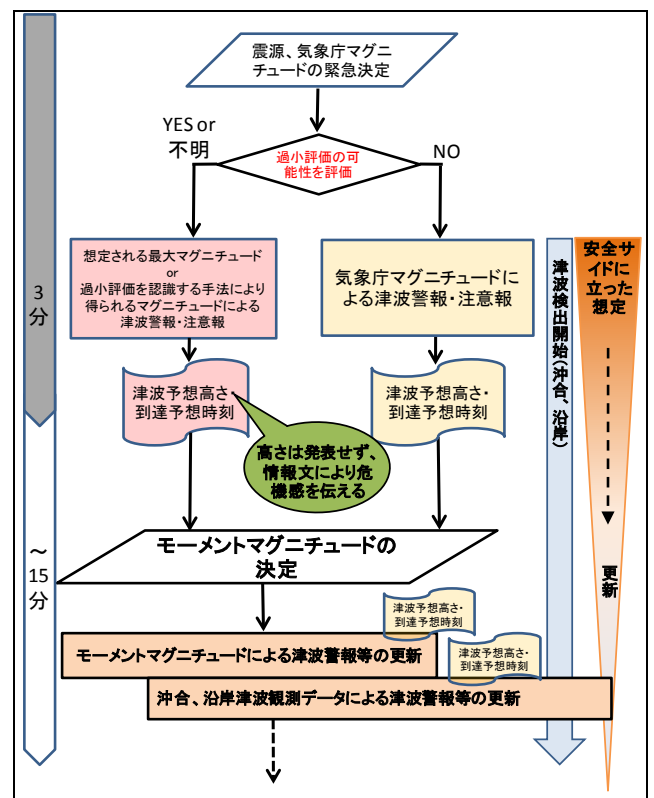


図-2 津波警報改善策による警報発表の流れ

(3) 津波警報の情報文等の改善

1) 津波警報の発表基準と津波の高さ予想の区分

津波の高さと被害との関係の調査結果から、津波警報等の発表基準及び津波の高さ予想の区分を表-2のとおりとする。津波の高さ予想の区分は、津波予測の誤差やとりうる防災対応の段階等を踏まえて現行の8段階から5段階とし、予想される津波の高さは、危機感を喚起するため、高さ予想区分の幅の高いほうの値とする。なお、従来の「津波警報 (大津波)」等の名称は、情報文中においては、広く用いられている「大津波警報」等の呼称を用いる。

表-2 津波警報等の発表基準と予想される高さの区分

警報・注意報の分類	発表基準及び津波の高さ予想の区分	予想される津波の高さ	
		数値での発表	定性的表現での発表
大津波警報	10m～	10m超	巨大
	5m～10m	10m	
	3m～5m	5m	
津波警報	1m～3m	3m	高い
津波注意報	0.2m～1m	1m	(なし)

また、地震規模の過小評価の可能性を検知し、当該海域で想定される最大のマグニチュード（通常はMw）を適用するなどして津波警報の第1報を発表する場合は、地震規模推定の不確定性が大きいと考えられることから、通常の地震とは異なる非常事態であることを伝えるため、予想される津波の高さを、数値ではなく「巨大」など定性的表現で発表する。この場合、地震発生約15分後に、求まったMwや沖合の津波の観測結果により警報を適切な規模に更新するとともに、予想される津波の高さを数値により発表する。

2) 津波観測データの発表

津波の第1波の観測値が小さいとき、その値を発表した場合、今回の津波は小さいものとの誤解を与えるおそれがある。一方、津波が観測されたという事実を伝えることも重要であるため、津波の第1波については、到達した時刻と押し・引きのみ発表し、最大波については、観測された津波の高さが、予想されている津波の高さ区分よりも十分小さい場合は、「観測中」と定性的表現で発表する。なお、既に最大波が観測されたと誤解を与えないよう「これまでの最大波」と表現することとする。

3) 沖合の津波観測データの発表

東北地方太平洋沖地震では、津波警報更新における沖合津波観測の有効性が実証された。沖合津波観測データは、現在、沿岸での観測データと合わせて発表しているが、沖合での観測値から推定される沿岸での津波高さ等と合わせて発表するなどの点において、沿岸の観測値の情報とは性格が異なることなどから、これまでの観測情報とは別に発表することとする。

5. まとめ

上記の津波警報改善策については、平成25年3月に運用を開始する予定である。

謝 辞

図の作成やデータの編集には、気象庁の桑山辰夫氏、中田健嗣氏の助力を得た。潮位観測データは、内閣府、国土交通省港湾局、海上保安庁、国土地理院、愛知県、四日市港管理組合、兵庫県、宮崎県、日本コークス工業株式会社の観測施設のものを含む。いくつかの図の作成には、Generic Mapping Tools(Wessel and Smith, 1995)を用いた。

参考文献

- 1) 消防庁：平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)について(第145報)、2012。
<<http://www.fdma.go.jp/bn/2012/detail/691.html>>
- 2) 勝間田明男：気象庁変位マグニチュードの改訂、験震時報、67、pp.1～10、2004。
- 3) 気象庁：地震・火山月報(防災編)2011年3月、pp.57～75、2011a。
- 4) 気象庁：東北地方太平洋沖地震による津波被害を踏まえた津波警報の改善の方向性について、2011b。
<http://www.jma.go.jp/jma/press/1109/12a/tsunami_kaizen_matome.html>。
- 5) 気象庁：津波警報の発表基準等と情報文のあり方に関する提言、2011c。
<http://www.jma.go.jp/jma/press/1202/07a/tsunami_keihou_teigen.html>。

尾崎友亮*



気象庁地震火山部地震津波監視課津波予測モデル開発推進官
Tomoaki OZAKI