

気象庁が発表する津波警報等について

永岡利彦(仙台管区气象台気象防災部地震火山課)

1. はじめに

気象庁では、津波による災害の発生が予想される場合に、地震が発生してから約3分を目標に津波警報・注意報等を発表している。また、「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」での津波による甚大な被害を踏まえ、より避難行動に結びつくよう改善した新たな津波警報の運用を平成25年3月から開始した。

気象庁が行っている津波の予測手法及び津波警報等の概要について紹介するとともに、沖合における津波監視の現状と今後の計画について述べる。

2. 津波の予測手法と津波警報

(1) 地震及び津波に関する情報

地震発生後、緊急地震速報及び各種地震情報を発表し、地震の発生時刻、震源(緯度・経度、深さ)、マグニチュード(地震の規模)や観測された震度を適時発表する。また、津波の発生が予想された場合は、地震発生から3分程度後に、津波警報・注意報等を発表するとともに、津波到達予想時刻や予想される津波の高さ、各地の満潮時刻等に関する情報を発表する。なお、日本近海で発生した地震で、緊急地震速報の技術により、正確な震源、マグニチュードが迅速に求められた場合は、約2分で発表することもある。



図1 地震発生後に発表する地震・津波に関する情報

る。

更に、津波が沖合や沿岸の観測施設で実際に観測された場合は、津波に関する情報を適時に発表して、継続的な警戒・注意を呼びかける。

(2) 津波の予測手法

津波の多くは地震による海底の地殻変動によって発生する。このため、津波を予測するには、最初に、震源とマグニチュードを求め、それから推定される地殻変動量に基づいて津波の高さと到達時刻を計算し、津波警報・注意報等を発表する。

日本周辺では、大きな地震が沿岸近くで発生する場合もあり、津波は地震発生後直ちに日本沿岸に來襲するので、最新のコンピューターを用いたとしても、地震が発生してから計算を開始したのでは、津波が到達するまでに津波警報

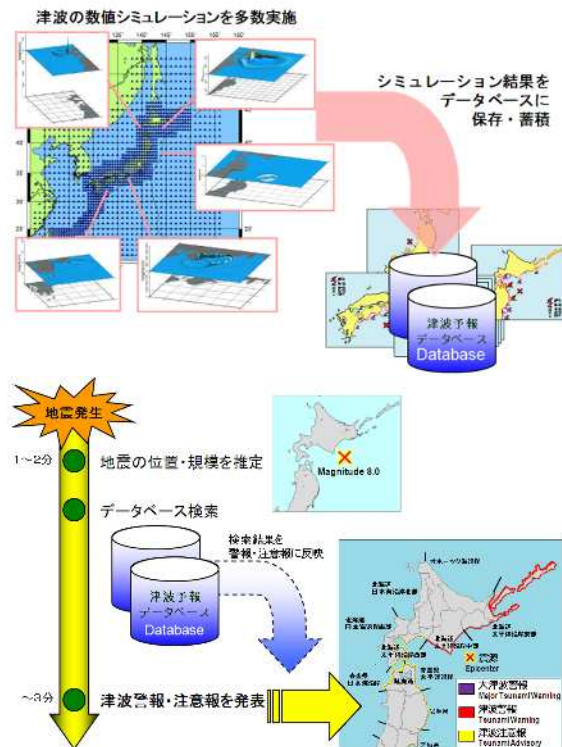


図2 津波予報データベースを用いた津波警報等の発表

等を発表することはできない。そこで、あらかじめ津波を発生させる可能性のある断層を設定して津波の数値シミュレーションを行い、その結果を津波予報データベースとして蓄積しておく、実際に地震が発生した時は、このデータベースから、震源やマグニチュードに対応する予測結果を即座に検索することで、津波警報・注意報等を迅速に発表している。

(3) 津波警報に用いるマグニチュード

気象庁では、地震の規模の計算方式として、気象庁マグニチュードと、モーメントマグニチュードのふたつの方式を使用している（表1）。

表1 気象庁マグニチュードとモーメントマグニチュード

| | 気象庁 マグニチュード | モーメント マグニチュード |
|------------|----------------------------------|--|
| 計算方式 | 短周期(周期5秒程度まで)の地震波形の最大振幅を使用 | 長周期(周期数十秒以上)の地震波形データを使用して解析 |
| 速報性 | 地震発生から3分程度以内で計算可能 | 10分程度の地震波形データを処理するため、計算に15分程度要する |
| M8を超える巨大地震 | 短周期の地震波の振幅は頭打ちとなり、正確な地震規模を推定できない | 正確な地震規模の推定が可能。同時に地震の発震機構(断層の大きさや動き等)も推定できる |

気象庁マグニチュードは、周期5秒程度までの強い揺れを観測する強震計で記録された地震波形の最大振幅の値を用いて計算する方式で、地震発生から3分程度で計算可能という点から速報性に優れている。しかし、マグニチュード8を超えるような巨大地震の場合、より長い周期の地震波は大きくなるが、周期5秒程度までの地震波の大きさはほとんど変わらないため、気象庁マグニチュードでは地震本来の規模に比べて小さく見積もられ、正確な規模を推定できない。

一方、モーメントマグニチュードは、地震による断層運動の大きさを的確に表すもので、広帯域地震計（より長周期の地震波も観測可能）により記録された周期が数十秒以上の非常に長い地震波も含めて解析し計算することから、巨大地震についても正確な地震の規模の推定が可

能であり、なおかつ地震の発震機構（断層の大きさや動き等）も同時に推定可能という利点がある。しかし、10分程度の地震波形データを処理する必要があるため、推定には地震発生から15分程度を要する。

津波警報等の第1報は、避難に要する時間をできるだけ確保できるように、地震発生後3分程度で発表することから、気象庁マグニチュードを用いて発表し、その後得られる地震観測データの解析結果を基にモーメントマグニチュードを求め、地震発生15分程度後に、より確度の高い津波警報に更新することとしている。

「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」では、地震発生3分後に津波警報の第1報を発表したが、予測した津波の高さは実際に東日本を襲った津波の高さを大きく下回るものであった。この第1報において推定したマグニチュード7.9が過小であったこと、過小である可能性を認識できなかったことが課題である。マグニチュード8を超えるような巨大地震やマグニチュードから推定される津波の高さよりも大きな津波を伴う地震（津波地震）に対しては、マグニチュードを3分程度で正確に推定することは技術的に困難である。このため、求められた気象庁マグニチュードが過小評価している可能性を速やかに認識できる監視・判定手法（長周期変位波形による長周期成分の卓越、強震範囲を用いた手法等、図省略）を導入し、より規模の大きな地震の可能性があると判定した場合には、当該海域で想定されている地震の想定断層または最大のマグニチュードを適用し、安全サイドに立った津波警報の第1報を発表することとした。

(4) 津波警報等の予想高さ区分

津波警報・注意報等で発表する津波の高さは、簡潔で分かりやすい単一の数値で表現し、危機感を喚起するため、津波の予想高さ区分における高い方の数値で発表する。

地震発生後に求められた気象庁マグニチャー

ドが過小評価の可能性があると判定し、当該海域で想定されている最大のマグニチュード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実性が大きいと考えられることから、予想される津波の高さは、数値ではなく「巨大」など定性表現で発表し、通常の地震とは異なる非常事態であることを伝えることとしている。なお、地震発生約15分後には、モーメントマグニチュードによる確度の高い津波の予測や津波の観測結果に基づいて津波警報の更新を行い、予想される津波の高さを数値で発表する(表2)。

表2 津波警報等の発表基準と津波の予想高さの区分

| 種類 | 津波の予想高さの区分 | 予想される津波の高さ ² | |
|--------------------|---------------|-------------------------|--------|
| | | 数値発表 | 巨大地震 |
| 大津波警報 ¹ | 10m < 予想高さ | 10m超 | 巨大 |
| | 5m < 予想高さ 10m | 10m | |
| | 3m < 予想高さ 5m | 5m | |
| 津波警報 | 1m < 予想高さ 3m | 3m | 高い |
| 津波注意報 | 0.2m 予想高さ 1m | 1m | (表記なし) |

1 大津波警報は、特別警報に位置づけられている

2 津波到達予想時刻・予想される津波の高さに関する情報で発表

3. 沖合津波観測データの活用

(1) 津波の監視

気象庁は、関係機関が設置しているものも含めた全国約220地点(図3)の潮位及び津波観測データを監視し、津波が観測された場合は、津波警報等の更新に利用するほか、津波の到達時刻や津波の高さ等を津波観測情報として発表している。

「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」では、津波警報の更新においてGPS波浪計(国土交通省港湾局)など沖合の津波観測の有効性が示された。沖合の津波観測点で津波が観測された場合は、沖合の津波観測に関する情報を発表し、間もなく沿岸に津波が押し寄せるとあることを、いち早く伝えることとしている。

なお、水深の深い沖合で観測された津波は、水深が浅い沿岸に近づくほど高さが高くなる性質があるため、沿岸で推定される津波の高さも併せて発表している。また、沿岸での推定値が現在発表している津波の高さ予想より高いと判断した場合は、津波警報等を更新することとしている。

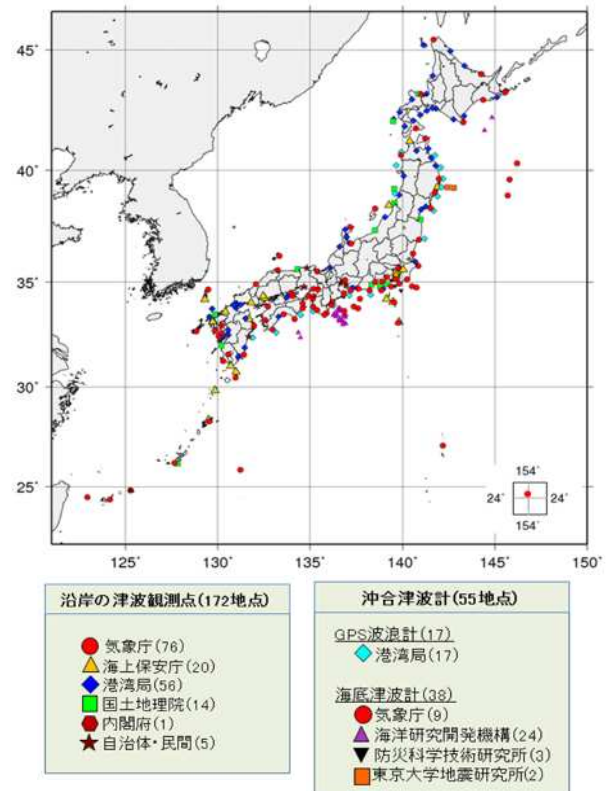


図3 津波監視及び情報発表に用いる津波観測点 (2014年7月29日現在)

(2) 沖合津波観測データの更なる活用

津波警報・注意報等の発表の精度を向上させるためには、津波の発生源をより精度よく推定するとともに、津波が時間とともに広がる様子を詳細に把握することが必要である。

近年、ケーブル式海底津波計やGPS波浪計等の沖合における津波観測施設が整備され、気象庁でも、平成24年10月から12月までに東北地方の太平洋沖にプイ式海底津波計3基を整備するなど、沖合における津波の観測体制が強化されている。また、(独立行政法人)防災科学技術研究所では、北海道から千葉県にかけての太平洋沖に「日本海溝海底地震津波観測網(150

地点)」の整備を進めるなど、更なる津波観測網の拡充が図られる計画である。

沖合の海底津波計の観測データは、観測点が沿岸から離れているため、観測された津波がどの方向に指向するのか不明であることや、沖合の観測点が津波の発生源内に位置する場合、設置場所の海底の隆起・沈降成分も含まれるため、津波の高さそのものとは異なることなどの課題がある。このような課題や沖合における津波観測網が拡充されることを踏まえ、気象研究所では、津波警報の更新の精度の向上を図るために、沖合でいち早く観測された津波波形データから、沿岸に押し寄せる津波を即座に精度よく予測する手法の開発を行っている。具体的には、この津波波形データの解析結果から、地震発生直後の津波の水位（波高）分布、その水位分布が各沿岸に伝わったときの津波の予測波形を求め、沿岸の津波の高さ等を即時に予測（図 4）するものであり、津波警報等の迅速な更新に資することが期待されている。

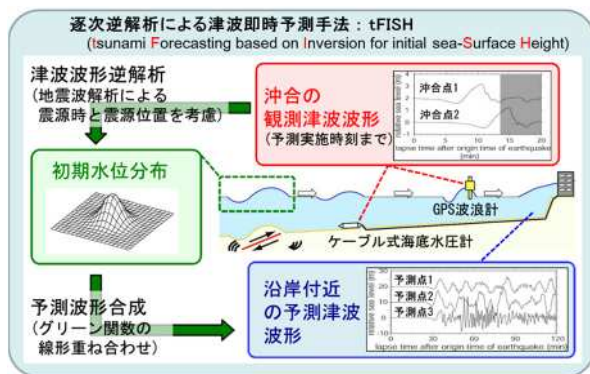


図 4 津波警報等の更新に関する技術開発
逐次解析による津波即時予測手法(気象研究所)

4. おわりに

迅速な津波警報等の発表を行うために、地震の震源やマグニチュードを活用する手法は有効であるが、津波地震や海底地滑りによる津波などマグニチュードからは推定が困難な場合もある。こうした津波については、沖合の津波観測データから沿岸の津波を即時的に予測する手法は有効であり、このような手法も含め迅速に津波の規模を把握するための技術開発を進める必

要がある。しかし、今後技術的改善が進められたとしても、迅速に自主避難することが重要であることに変わりはなく、海の近くで強い揺れや弱くても長い揺れを感じたら、津波警報や避難の呼びかけを待たずに直ちに避難することが大切である。また、気象庁が発表する情報が正しく理解されることも重要であり、これら地震・津波防災に関する周知広報に取り組んでいる。

参考文献

- ・気象庁 HP, 津波を予測するしくみ, <http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/tsunami/ryoteki.html>
- ・気象庁 HP, 津波警報・注意報、津波情報、津波予報について, <http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/joho/tsunamiinfo.html>
- ・気象庁 HP, 第 11 回津波予測技術に関する勉強会, 資料 2 沖合津波観測データを活用した波源推定に基づく津波即時予測手法の開発, <http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/study-panel/tsunami/benkyokai11/shiryou2>