

## 2011年東北地方太平洋沖地震津波—青森県の津波—\*

八戸工業大学 佐々木 幹夫

### 1. 諸言

2011年3月11日14:46に起きた東北地方太平洋沖地震により生じた津波は青森県にも到達し、大きな被害を出している。ここに、青森県の津波について調査した結果を報告する。津波は大きさにより、青森県太平洋沿岸階上町地区、同八戸市海岸、おいらせ町海岸、三沢市海岸、それ以北大間町海岸、および陸奥湾沿岸、日本海沿岸に区分されるが、陸奥湾沿岸および日本海沿岸においては大きくなかったのでここでは省略する。

### 2. 発生した津波の大きさ

国土地理院の調査によるとこの地震の断層は長さ400 km、幅200 kmの範囲に2つあり、それらは図1に示すように北側の断層1 (Fault 1) と南側の断層2 (Fault 2) になる。

図1に示した国土地理院2011断層モデルの緒元は表1に示すように断層の長さは南北に199kmの断層1と176kmの断層2で合計375km、幅は断層1が85 km、断層2が82 kmとなる。津波に対しては海底岩盤の鉛直方向の距離で効いてくるので上下動を表1に示した傾斜角、すべり角およびすべり量を用いて計算すると断層1で8.5m、断層2で1.5mとなり、断層2はこれまでの日本近海で起きている海溝型地震による海底岩盤上昇高とほぼ同程度であるが、断層1の8.5mは異常に高い上昇高である。波源域陸側の深さは約230mであり、この津波が10mの深さまで進んだ場合の波高を計算すると以下のようになる。

津波の波高は次式により表される。

$$H = \left( \frac{h_o}{h} \right)^{\frac{1}{4}} H_o \quad (1)$$

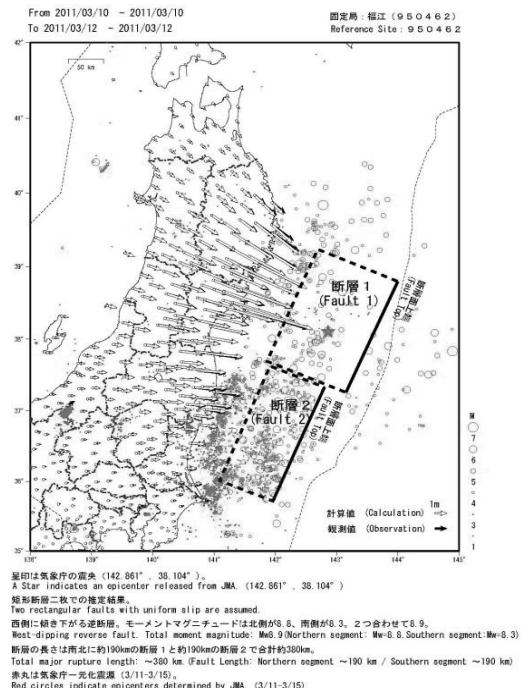


図1 国土地理院 2011 断層モデル平面図。矩形断層二枚での推定結果。西側に傾き下がる逆断層。モーメントマグニチュードは北側が8.8、南側が8.3、2つ合わせて8.9、断層の長さは南北に約190kmの断層1と約176kmの断層2で合計約380km。北側の長さは南北に約190kmの断層1と約176kmの断層2で合計約380km。Total major rupture length: ~390 km. (Fault Length: Northern segment: ~190 km / Southern segment: ~190 km) 赤丸は気象庁一発地震 (3/11-3/15)。Red circles indicate epicenters determined by JMA. (3/11-3/15)

\*Tsunami of Aomori Prefecture due to the 2011 earthquake off the Pacific coast of Northeast Japan by Mikio Sasaki

ここに、

$$H = \left( \frac{h_o}{h} \right)^{\frac{1}{4}} H_o \quad (1)$$

ここに、

$h$  : 任意の水深

$h_o$  : 沖の水深

$H$  : 水深  $h$  における波高

$H_o$  : 水深  $h_o$  における波高

よって、いま、波源域陸側の深さ  $h_o=230m$ 、深さ  $h=10m$  の海岸に到達したときの津波の波高とすると津波は次のようになる。

断層1  $H_o=8.5m$

$$\begin{aligned} H &= 2.19 * 8.5 \\ &= 18.6m \end{aligned} \quad (2)$$

故に、遡上能力 37.2m (3)

断層2  $H_o=1.5m$

$$\begin{aligned} H &= 2.19 * 1.5 \\ &= 3.3m \end{aligned} \quad (4)$$

故に、遡上能力 6.6m (5)

表1 国土地理院 2011 断層モデル（暫定）改訂版（改訂前の数値を（ ）内に示す）

断層	N	E	上端深さ	長さkm	幅km	走行
Fault 1	39	143.49	10.0	199(186)	85(129)	202(203)
Fault 2	37.21	142.51	10.1	176(194)	82(88)	201(203)

断層	傾斜角	すべり角	すべり量	Mw
Fault 1	18(16)	97(101)	27.7(24.7)	8.7
Fault 2	15(15)	81(83)	5.9(6.1)	8.2

みると、第1～7波目間がそれぞれ40, 40, 90, 50, 45, 55分となっており、およそ50分前後の周期となっている。

図3にはこの第1波目を拡大して示した。図より、第1波目が際立って高く、2mの波に4.5mの波が乗っている波形となっており、測定地点で重なったものではなく、岩手南部沖ではこのような津波波形だったと考えられる。この津波が前述式 (2) および式 (3) に示した30m級の津波に相当しているものと考えられる。

以上、見てきたように、断層1の海底岩盤はこれまでの日本では見られない上昇高であり、それから発生する津波も異常に高く、単純に陸側に伝搬した場合でも 30～40mに達する大津波となっている。

図2に岩手県南部沖（釜石沖で観測された津波を示した。図より第1波目が6.7mと異常に高い波高となっている。津波の周期を波の到達時間より

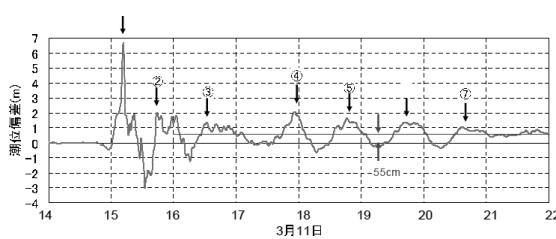


図2 岩手南部沖（釜石沖、 $h=204\text{m}$ ）で観測された津波（港湾空港技術研究所）。

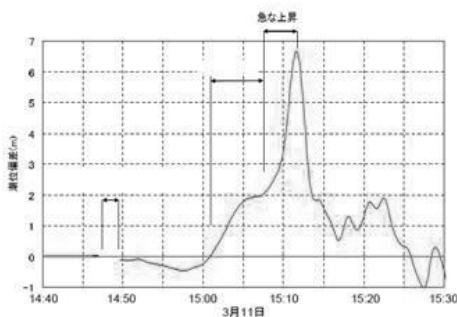


図3 岩手南部沖（釜石沖  $h=204\text{m}$ ）の津波第1波目の波形。2mの波に4mの波が乗っている波形。青森県には底部の2mの津波は伝播してきたが、上部の4mの津波は伝播してこなかった。

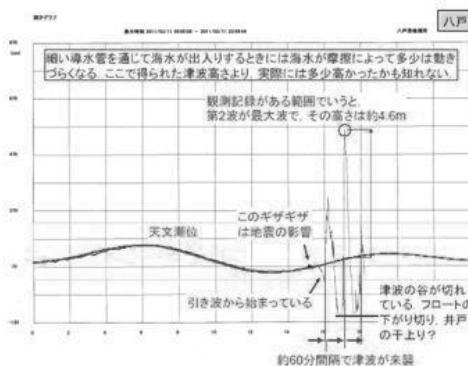


図4 八戸港で観測された津波（八戸港湾空港管理事務所）。第3波目初期まで観測されており、第2波目は4.6m。青森県には岩手県および宮城県海岸を襲った異様に高い第1波目の波は伝わってきていらない。

図4は八戸港の津波を示したもので観測は国土交通省八戸港湾空港管理事務所により第3波目初期の水位上昇時まで行われている。国土交通省八戸港湾空港管理事務所の記者発表資料によると八戸港の津波について次のように記述している。

- ① 八戸港の津波は16:00頃から始まり、17:00頃の第2波が最大で、4.6mを観測
- ② 津波は引き波から始まり約60分間隔で来襲した
- ③ 第3波目以降は「欠測」となり、データが全く残っていなかったので不明

図2および図4の第2波目以降の比較より、青森県には岩手沖で見られた第1波目の津波が伝播してきていないことがわかる。図4に示したように第1波目は他の波より高いが岩手南部沖程の違いではなく、青森県の海岸には図3および4に示した第1波目の底部の波が伝播してきている。波源域では図3に示したような高い津波であったが青森県沿岸へ北上するうちに変形し、図4に示すような波形に変形したことものと考えられる。岩手県南部沖で見られたような第1波目の津波が青森県に伝播してきていれば青森県にも岩手県や宮城県で見られたような壊滅的な被害が出ていたものと予想される。

### 3. 青森県の津波被害

青森県災害対策本部発表の被害状況（第53報、10月20日16時現在）より津波に関係している被害（推定）を整理すると表2にすめすようになる。表2に示すように青森県では死者3名、行方不明1名の人的被害にとどまっている。これは警察や消防署員の避難誘導活動が有効に働いているためである。八戸市の死者1名は警察の避難誘導を無視し

被害にあったもので、行方不明1名は1波目の後に様子を見るために出かけて津波にさらわれたもので、警察や消防署員の避難勧告を無視して起きた事故である。青森県の家屋等の被害は以下のようになる。

**表2 青森県の被害概要(青森県災害対策本部発表第53報10月20日16:00現在資料より津波関係推定を整理)**

<p>被害総額 130,261,171千円 注1)</p> <p>1. 被害の状況</p> <p>(1) 人的被害</p> <table border="0"> <tr><td>死者 3名</td></tr> <tr><td>八戸市 1名</td></tr> <tr><td>三沢市 2名</td></tr> <tr><td>行方不明 1名</td></tr> <tr><td>八戸市 1名</td></tr> </table> <p>(2) 建物被害</p> <p>被害金額 1,725,569千円 注2)</p> <table border="0"> <tr><td>全壊 307棟</td></tr> <tr><td>八戸市 250棟</td></tr> <tr><td>三沢市 19棟</td></tr> <tr><td>おいらせ町 26棟</td></tr> <tr><td>階上町 12棟</td></tr> <tr><td>半壊 851棟</td></tr> <tr><td>八戸市 769棟</td></tr> <tr><td>三沢市 21棟</td></tr> <tr><td>おいらせ町 69棟</td></tr> <tr><td>階上町 9棟</td></tr> </table> <p>非住家被害</p> <p>被害金額 1,518,526千円</p>	死者 3名	八戸市 1名	三沢市 2名	行方不明 1名	八戸市 1名	全壊 307棟	八戸市 250棟	三沢市 19棟	おいらせ町 26棟	階上町 12棟	半壊 851棟	八戸市 769棟	三沢市 21棟	おいらせ町 69棟	階上町 9棟	<p>全壊 509棟 注3)</p> <table border="0"> <tr><td>八戸市 345棟</td></tr> <tr><td>三沢市 77棟</td></tr> <tr><td>おいらせ町 83棟</td></tr> <tr><td>階上町 4棟</td></tr> <tr><td>半壊 851棟</td></tr> <tr><td>八戸市 646棟</td></tr> <tr><td>三沢市 25棟</td></tr> <tr><td>おいらせ町 11棟</td></tr> <tr><td>階上町 3棟</td></tr> </table> <p>(3) 総務部関係被害 0</p> <p>(4) 環境生活部関係被害 1,501,796千円</p> <p>(5) 健康福祉部関係被害 100,332千円</p> <p>(6) 商工労働部等関係被害 57,798,584千円</p> <p>(7) 農林水産部関係被害 24,357,293千円</p> <p>(8) 県土整備部関係被害 43,151,700千円</p> <p>(9) 教育庁関係被害 0</p> <p>(10) 警察関係被害 107,371千円</p> <p>注1) 被害総額 131937501千円のうち津波に關係していると推定される被害総額 注2) 七戸町、田子町を除く金額 注3) 六戸町を除く</p>	八戸市 345棟	三沢市 77棟	おいらせ町 83棟	階上町 4棟	半壊 851棟	八戸市 646棟	三沢市 25棟	おいらせ町 11棟	階上町 3棟
死者 3名																									
八戸市 1名																									
三沢市 2名																									
行方不明 1名																									
八戸市 1名																									
全壊 307棟																									
八戸市 250棟																									
三沢市 19棟																									
おいらせ町 26棟																									
階上町 12棟																									
半壊 851棟																									
八戸市 769棟																									
三沢市 21棟																									
おいらせ町 69棟																									
階上町 9棟																									
八戸市 345棟																									
三沢市 77棟																									
おいらせ町 83棟																									
階上町 4棟																									
半壊 851棟																									
八戸市 646棟																									
三沢市 25棟																									
おいらせ町 11棟																									
階上町 3棟																									

青森県の被害総額は1319億円であるが津波による被害は1302億円となっており、これは被害総額の98.7%であり、区分することが無意味なくらい、ほとんどが津波による被害となっている。

#### 4. 青森県の津波

階上町海岸の測定は以下に示すようにデジタルレベルを用いて行ったので精度は1mm以内であるが測定点（津波の水面高）の決定に1cm程度の誤差があるので測定の精度は1cmである。以下に測定者、測定日、測定時刻等、を示す。

(1) 測定者：佐々木幹夫（八戸工業大学）、服部邦彦（同大学院研究生）、加藤匡浩（同4年学生）、月舘亮祐（同4年学生）、根市知典（同4年学生）

(2) 調査期日 2011年3月23日～5月9日

(3) 使用機器 デジタルレベル、スタッフ



写真1 階上町大蛇漁港の上にある菊地行男宅脇道における津波遡上点。菊地行男さんが指で津波遡上点を案内している様子。津波遡上高9.81m (TP)。



写真2 階上町大蛇漁港の上に位置する野沢努さん宅前の津波遡上点。地区の人に教えられた津波遡上点。写真中央にある車の左民家は浸水被害あり、右側のオレンジ色の民家は浸水被害なし。津波遡上高 10.73m (TP)

図5に示すように八戸港奥には5mの津波が来ているがこれは八戸港の防波堤等による津波低減効果であり、

写真1は階上町大蛇漁港上の菊地行男宅脇道に遡した津波遡上点を測定して状況を示したもので、菊地行男さんにより指で津波遡上点を教えていただいた。この津波は9.81m (TP) まで遡上している。

写真2は階上町大蛇漁港の上に位置する野沢努さん宅前の津波遡上点を測定しているところを示したものである。地区の人に教えられた津波遡上点である。写真中央にある車の左民家は浸水被害があり、右側のオレンジ色の民家の浸水被害はなかった。この津波遡上高は10.73m (TP) である。

図5は階上町から三沢海岸にかけての今回の津波を示したもので図より各海岸の津波は次のようにになっている。階上町海岸 11m、八戸海岸 10m（南部で10m、北部で9m）、おいらせ町海岸 9m、三沢海岸 8m。

八戸海岸の北部、市川海岸前面には9mの津波が来ているが市川地区の住宅地を襲った津波は6mであり、3m低くなっているがこれは防潮堤による津波低減効果である。もし、防潮堤がなければ市川地区を走った津波は6mの高さであり、実際に走った津波3mにさらに3m上積みした津波が襲つことになり、岩手県野田村のような被害が出たものと考えられる。防潮堤の効果は大きい。

今回は防波堤が津波により転倒しているがそれでも3～5mの津波低減効果が認められる。何故ならば、図5に示すように防波堤がなければ10mの津波が来ているはずであるのに5mの津波が到達しているからである。防波堤の崩壊により八戸港は使用不能になったが八戸市にとっては大きな損失である。八戸港の防波堤は津波に対しても耐え得るようにする必要がある。図5に示すように、大きな津波は階上町海岸～三沢海岸に限られ

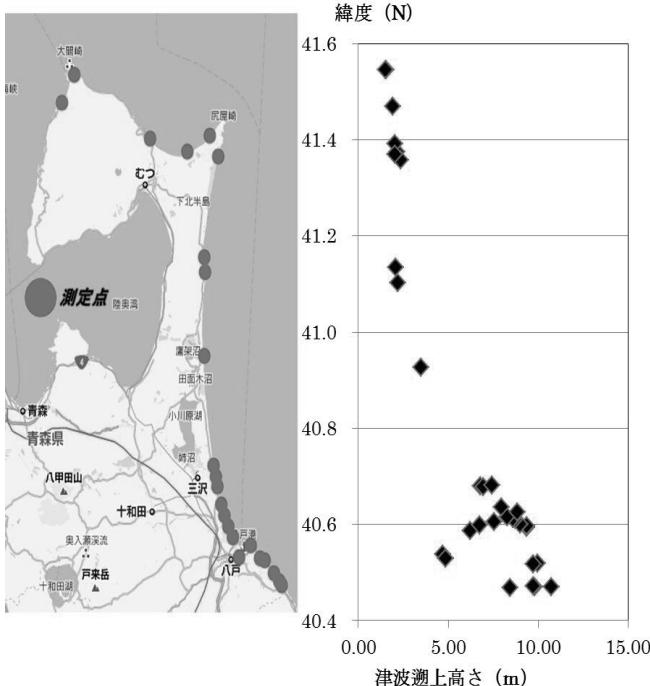


図5 階上町から大間海岸にかけて到達した津波。下から8番目が八戸港奥（八戸市中心部の海岸）の津波で津波の高さは5m、その上9番目津波高6mが八戸市市川地区の津波。

ている。これは震源域から進んできた津波に反射波が重なっているためと考えられる。

今回の震災より以下の教訓がいえる。①防潮堤による被災低減効果は大きく、堤防の効果が明確に認められる。八戸市市川地区、おいらせ町には津波対策を兼ねた河川堤防（五戸川、奥入瀬川）が天端高TP6.0m、海岸には護岸堤防が天端高TP7.0～8.0mで設置されている。津波はこれらの堤防を越流水深0.77m～1.86mで超えて背後地を襲っており、民家、車、工場、裏法面、海岸林に被害を与えている。堤防がなければもっと大きな被害を受けていたものと考えられ、堤防の効果は大きい。②防潮堤の効果は明確に認められ、住区との間に海岸林等の緩衝地を設けることにより、2m以下の越流を許容する防潮堤の高さとができる。

③堤防裏法面の強度を上げる必要がある。④八戸港の防波堤による津波

低減効果は4～5mとなっている。⑤戸港の防波堤は津波にも対応した構造（強度および安定性）および高さに改善することが望ましい。⑥不適切な避難場所があるので再検討をすること必要がある。⑦八戸港の防波堤は津波にも対応した構造（強度および安定性）および高さに改善することが望ましい。⑧不適切な避難場所があるので再検討をした方が良い。⑨津波や洪水に対して安全とはいえない校舎がみられるので高い所に避難場所を作るか校舎を高台に移転した方が良い。⑩今回の地震は1000年単位の出現確率、しかし、今回のような津波は40年～80年で海岸を襲っている。この120年の間に、1896年（明治三陸大津波）、1933年（昭和8年の大津波）、2011年（東北太平洋沖地震津波）となっている。⑪被害の風化と歴史の繰り返しがみられる。海岸には川が作った谷地形があり、そこは三角州形状の沖積地となっており住むには良い場所となっている。しかし、このような場所では大きな津波はさらに増大し家や街を襲い、甚大な被害を受けている。人はかつてそこで津波による被害があったことを忘れ（被害の風化）住み始め、再び津波の被害を蒙る、か、街そのものが歴史から消え、再び歴史に登場することはない。（二川目地区、三川目地区の高台移転、他 石の海；21平村哀隆史）。