

宮城県沿岸における2011東北太平洋沖地震による津波被災について

Initial Field Survey on Coastal Hazard in Miyagi-prefecture due to 2011 Tohoku Earthquake Tsunami

平石哲也¹・米山 望²・馬場康之²・森 信人³・東 良慶³・安田誠宏³・間瀬 肇⁴

Tetsuya HIRAISHI, Nozomi YONEYAMA, Yasuyuki BABA, Nobuhito MORI, Ryoukei AZUMA
Tomohiro YASUDA and Hajime MASE

Accurate applicability of hard and soft countermeasures against the 2011 Tohoku Earthquake Tsunami is still under survey. Tide stations located in the coasts were completely washed out and no tide record is obtained in the area devastated by the tsunami with more than 10m height. Only offshore buoy observation data is analyzed employing signal directly stored in memories in the station. Detail tsunami inundation and run up heights were obtained in teams dispatched by the 2011 Tohoku Earthquake Tsunami Joint Survey Group on the March. The paper describes the tsunami heights and hazard characteristics obtained in the coast of Miyagi prefecture, one of devastated areas due to the huge tsunami. Some hints to reduce the tsunami impulsive pressures are discussed.

1. はじめに

2011年3月11日に生じた宮城県沖を震源として発生した巨大地震(M=9.0)により引き起こされた津波は、太平洋沿岸の広い範囲に襲来し、特に千葉県から青森県沿岸にかけて家屋の流出、道路や護岸の崩落、防波堤の滑動など甚大な被害を生じた。福島県から岩手県にかけては浸水高が10mを越える大津波が襲来し、亡くなられた方14,981名、行方不明の方は9853に及び、5月11日現在で115,098名の方がいまだ避難されている。今回の津波では、東北沿岸の検潮所のシステム自体も破壊され、唯一、国土交通省が沖合20kmに設置していたGPS波浪計が随時回収されて観測波形が公開されている(国土交通省, 2011)。したがって、沿岸での津波痕跡によって浸水高を確定することは被災状況の把握とともに、今後の防災計画や街づくりの観点から重要である。

そこで、日本全国の津波痕跡調査にあたり「東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ」が組織され、太平洋岸各地の現地調査を実施した。本調査は、その一環として3月26日から4日間にわたって、宮城県多賀城市、塩竈市、七ヶ浜町、松島町および東松島市の沿岸における被災状況を調査し、被害を大きくした要因と少しでも被害を軽減した要因を比較し、今後の復興に資することを目的とした。図-1に調査対象範囲を示す。図には、宮城県内における他チームの調査結果も含めており、宮城県沿岸では10m以上の浸水高が生じたことがわかる。

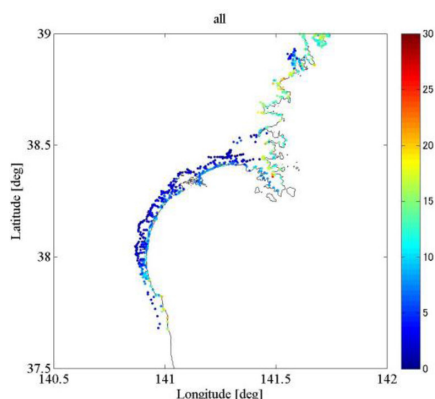


図-1 宮城県沿岸の津波浸水高の分布 (東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ (2011) をもとに作成)

2. 津波痕跡調査の方法

(1) 調査方法

現地においては、国土交通省東北地方整備局塩釜港湾・空港事務所等からの情報に基づき、沿岸部での浸水予想域内の海岸線を踏査した。津波の痕跡は、家屋や倉庫の壁面に残る泥跡や破壊された屋根などから判断するとともに、地元の方にヒアリングをして検証を行った。検証できた痕跡は信頼度(A)とし、検証できなかった痕跡でも、衣類や漁網など日常に使用しているものが高木に掛っているもの、地表部に線状に木切れや海藻などが打ちあがって明瞭な痕跡となっているものは信頼度(A)とした。本論文では、信頼度(A)の痕跡のみについて議論する。宮城県沿岸の津波浸水域は、土地の標高が低いので広大なため、遡上した津波の最高点を確認できたものは松島町松島海岸、多賀城市仙台北中央公園のみで、それぞれ松島町瑞巖寺境内および見晴らし台上に

1 正会員	博(工)	京都大学防災研究所	教授
2 正会員	博(工)	京都大学防災研究所	准教授
3 正会員	博(工)	京都大学防災研究所	助教
4 正会員	工博	京都大学防災研究所	教授

残る痕跡より、遡上高が確認できた。津波の浸水高および痕跡高は、すべて現地調査時の海面（天文潮位）から測量し、調査後に、津波来襲時刻における推算天文潮位からの値に補正した。なお、検潮記録が残っていないので、沿岸における正確な津波来襲時刻は決定することが困難である。後述するように、ヒアリングによって地震後に津波の最高波が来襲するまで30～40分と考えられるので、ここでは5月11日15:30の塩釜港および石巻港のうち調査地点から近い方の推算潮位を基準とした。表-1に調査グループの様式に従って作成した浸水高の整理表の一部を例として示してある。高さの測量は、すべてGPS機能を擁するトータルステーション（測距および測高が可能）を用いた。写真-1に明瞭な津波痕跡の例として塩竈市イオンショッピングセンターの海藻付着および松島町瑞巖寺前の土産物店泥跡を示す。両者とも現地の住民によって津波痕跡であることを確認して、測量を行っている。

(2) 施設の被害状況

現地において、道路、河口護岸、堤防、橋などの構造物の状況を確認し、その被害特性を調べた。

3. 調査の結果

(1) 津波痕跡高の分布

図-2に測定した津波の浸水高を示す。図では各地点での測定高の中の代表値として最大浸水高を表示している。前述の表-1には代表点のみを表示しているが、現地では浸水が確実な点を複数測定し、面的にあまり各点の高さの差が無いことを確認して、確定値としている。

およそ宮城県中央部の低平地では津波浸水高は10mである。七ヶ浜町菖蒲田浜（K7）では測定時の海面からの浸水高は11.9m、漁港防波堤天端高4.0m、護岸天端高



(1) 塩竈市本塩釜イオンショッピングセンター



(2) 松島町瑞巖寺前の土産物店（泥跡）
写真-1 津波痕跡の調査と整理法

表-1 津波浸水高の調査結果と整理法

地点 番号	地名	現地調査										測量方法	潮位補正									
		北緯		東経		年/月/日	時刻	測定高 a (m)	津波高 の種類*1	訂報からの 測定距離 (m)	測定対象		根拠	信頼度 *2	測定時の 潮位b (m)	最大波発生日時(予想) 年/月/日 時刻	最大波発生時 (予想) の潮位c (m)	潮位補正の 参照地点	潮位補正後の高さ a+b-c (m)			
		度	分	度	分																	
		秒	秒	秒	秒																	
K1	宮城県塩竈市塩竈湾北エリア（魚市場付近）	38	19	30.7	141	2	22.4	3月27日	10:30	3.07	I	32	魚市場岸壁から道路を挟んだ建物の窓	浸水痕	A	TS（トータルステーション）による測量（平面位置情報はGPS（Garmin）による）	0.92	3月11日	15:30	0.40	塩竈	3.59
K7	宮城県七ヶ浜町菖蒲田浜漁港付近	38	17	0.4	141	3	36.8	3月27日	13:55	11.91	I	130	被災した建物1階屋根	浸水痕	A		0.44	3月11日	15:30	0.40	塩竈	11.95
K10	宮城県七ヶ浜町菖蒲田浜南端エリア	38	17	23.0	141	3	48.5	3月27日	14:55	9.75	I	240	アパート非常階段	浸水痕	A		0.35	3月11日	15:30	0.40	塩竈	9.69
K12	宮城県仙台市宮城野区（仙台港（夢メセみやぎ）付近）	38	16	20.8	140	59	52.7	3月27日	16:40	5.71	R	120	公園内の丘（芝生面）	遡上痕	A		0.33	3月11日	15:30	0.40	塩竈	5.64
K13	宮城県松島町松島港付近	38	22	10.5	141	3	44.6	3月28日	11:40	2.55	I	15	乗船券発券所建物ガラス面	浸水痕	A		0.92	3月11日	15:30	0.40	塩竈	3.07
K17	宮城県東松島市野蒜地区（野蒜海岸北端エリア）	38	22	38.2	141	10	15.9	3月28日	13:40	10.14	I	約350	木に引がかかった布切れ	浸水痕	A	0.67	3月11日	15:30	0.46	石巻	10.35	
K18	宮城県東松島市&石巻市の境界（定川河口エリア）	38	25	11.2	141	14	48.2	3月28日	15:30	5.76	I	約1500	橋上（中央部の橋桁流失）の路面	浸水痕	A	0.46	3月11日	15:30	0.46	石巻	5.77	

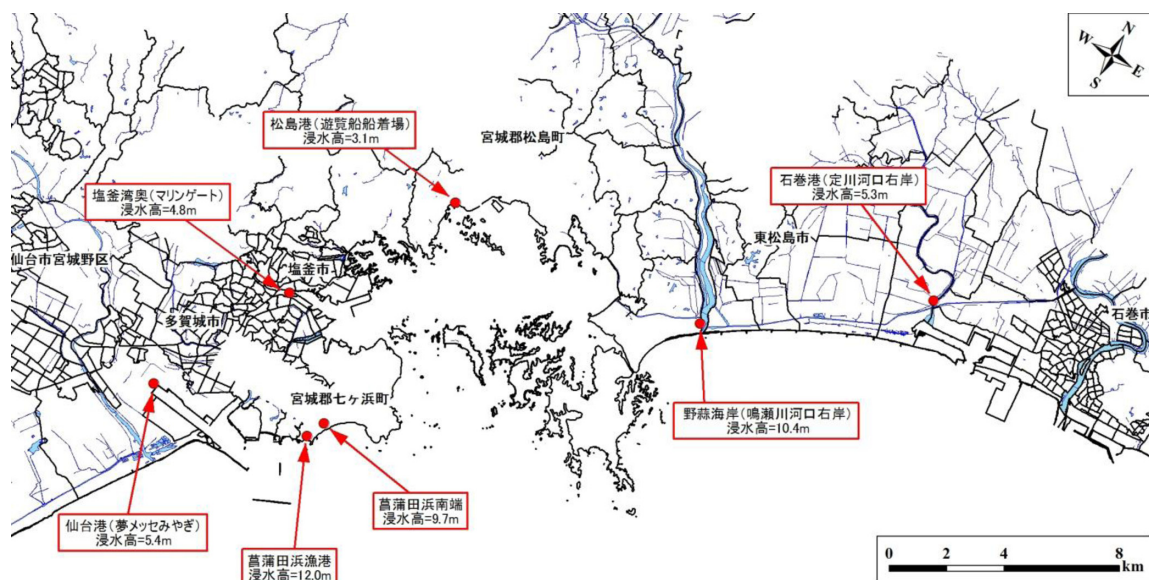


図-2 宮城県中部沿岸の津波浸水深の分布 (津波来襲時潮位を基準) (背景図は国土地理院デジタル地形データより作成)

5.0mであり、護岸上の越流深は約6mである。東松島市野蒜海岸 (K18) でも護岸天端高 (防波堤はない) は同様で、越流深は約5mである。調査区間では、岸壁、護岸および防潮壁は高波に対する機能が維持されており、大きな被害は見られなかった。津波による被害は、おもに護岸の越流と農業用の運河からの氾濫により生じ、住宅地や農地に甚大な浸水被害をもたらしたと考えられる。また、離岸堤や洗堀防止用の基礎被覆ブロックも被害を受けずに残っていた。護岸を越流した津波は内水として背後の低地に溜まってしまうため、内水の排水が実施されており、調査時 (3月27, 28日) には、東松島市の低地帯を除いて浸水は見られなかった。ただし、津波によって運ばれたと考えられる粒径が揃った海砂が大量に住宅地や道路に残されており、塩分を含んだ堆積土砂や、湿地帯に冠水した海水の影響は長期にわたると思われる。

(2) 塩竈および多賀城市街地の津波来襲状況

ここでは、調査地点でのヒアリング結果を概説し、津波の来襲特性とその要因を考察する。なお、使用した写真は日付と場所を右下に記入しているが、近傍のGPS基準点が記録されているので地名と一致していない場合がある。また、ヒアリング内容には「」を付した。

a) 塩釜港 三波食品(株)

「第1波は地震後45分に来襲し、社屋は1階が浸水したが、全員が高台へ避難した。漁港防波堤は天端高1.5mだが、効果はあり、反射した津波と入ってくる津波で渦が巻いていた。津波は防波堤で防護されていない対岸や湾奥へ流れて行ったようである」

三波食品ビルから南へ数十m離れたスーパー室内の泥痕跡から浸水深を求めた (浸水深1.4m, 浸水深3.6m)。

b) 本塩釜駅海岸通り

被災家屋 (護岸より115.6m) の1階が浸水し、3月27日より水道が復旧し清掃中であった。泥の痕跡は家の裏手 (海側)に残っていて、浸水深は1.5mで浸水深は4.3mであった。イオンショッピングセンターは、住宅地を防護する津波防潮ビルの役割を果たしていたようで、海側の非常階段に残る付着海藻 (写真-1 (1)) と他の壁面の泥跡から痕跡を求めた (浸水深3.1m, 浸水深4.9m)。塩釜港マリゲート付近の岸壁から水面までの高さは70cmであるが、裏込め面は30から40cmの沈下を生じていた。本塩釜駅前の浸水深は地表から、203cm, 182cm, 170cm, 193cmで、平均して1.9mである。市街地には漂流した自動車が各所に残され、JR仙石線本塩釜駅は1階部分が破壊され、閉鎖されていた。

c) 多賀城市および周辺

国土交通省東北地方整備局塩釜港湾・空港事務所 (多賀城市) に港湾・海岸の被害状況を確認した (3月27日)。「仙台港海中には現時点で324個のコンテナが沈んでいるのを確認し、緊急に89個を引き上げた。空コンテナは4段積み、積載コンテナは2段積みであるが、2段以上のコンテナは流出している。事務所は1階が浸水し、職員は3階 (屋上) へ避難し、現在2階を使用している。周辺はソニーの駐車場で、片づけた車等の集積場として使われている。石巻港はケーソン背後のエプロンが1.5m～2m陥没し、一部を応急復旧中である」

写真-2に事務所の浸水状況を示す。浸水深は1.9mであ



写真-2 国土交通省塩釜港湾・空港事務所の浸水跡

り、駐車中の車は全壊である。復興の拠点となる国の事務所については、避難所としても活用できるように耐震化・耐津波化・自家発電の装備など、緊急な対策が今後必要と考える。

仙台港奥の夢メッセはガラス壁面が破壊され、中央公園の人工丘上に漂流木切れが波型に残っていた（5.6m）。

(3) 宮城県七ヶ浜町の被害

七ヶ浜町菖蒲田浜（図-2参照）で避難中の住民の方に津波来襲時の状況をヒアリングした；（男性70代）「1波目より2波目が大きく、1波目の引いたときは2kmほど海底が露出した。1波目後に車を取りに戻った親族は残念ながら亡くなった。1波目は地震後40分くらいと思うが、警報が出てから逃げる余裕は20～30分で、実際に避難して10分くらいで波が来た。高台の小学校（避難所）に一時900名が避難していたが、現在（3月27日）は600名が残っている」

（避難通路上に残った家屋の方（50代、80代男性））「30分後に津波が来た。2波目が大きかった。防波堤（天端高4m）が水没し、灯台も20cm程度だけ先端が見えていた。船を沖へ避難させ、レーダーでは1マイル間隔で波の峰が平行に見えた。最初の3波くらいが1～2分間隔で来た（ソリトン分裂と予想される）。2晩沖で過ごして戻ってきた。津波は家の塀に当たるとともに前の坂道を遡上した（坂道上の海藻・漂流木切れを確認し、遡上高11.0mを得た）。

（片付け中の住民の方（女性60代））「津波は家の1階上の軒下までで、漂流物も多かった」（浸水高11.95m）。写真-3（1）に調査をした家屋を示す。

（海岸を捜索中の住民の方（60代御夫婦））「津波は東側と南から来たようだ。地震後、勤務から避難所（公民館）に戻ると、1階は浸水し、大人が首まで浸かるほどであった。隣の食堂は流出した」（浸水高12.1m（信頼度B））

（菖蒲田浜海岸町営マンション居住の方（女性30代））

「3階の部屋にも少し浸水したが居住可能で、2階は水



(1) 民家の津波痕跡（K7）



(2) 町営マンションの被害状況（K10）

写真-3 宮城県七ヶ浜町菖蒲田浜地区の被害（白い破線は浸水高）

没した」（3階廊下の海藻、泥跡による浸水高は9.7m）このマンションは鉄筋コンクリート製3階建てで、2階まで水没したが、その被害は窓ガラスが割れただけで、本体や壁面の被害は小さく、周辺地盤の洗掘は観察できなかった。周囲の2階住宅の全壊状況と大きな差が出ており、原因として、マンションの窓面（長手）が海岸線に対して直角な方向で、短い横壁面が津波を受ける状況で、わずかではあるが、被害状況が軽くなったと考えられる。海岸に壁面を向け、奥行が長い構造物の津波被害から軽減されることは、2004年インド洋大津波の調査でも確認されている（平石ら、2005）。ガラス面が多いマンションやアパートの正面を海岸に向けてない配置は今後の復興計画の参考にできる。

写真-3に七ヶ浜町菖蒲田浜海岸の被害の相違を示す。前述の写真-3（1）に比べて、写真-3（2）に示した町営マンションの壁面の破壊が軽微になっている様子がわかる。

(4) 松島町および東松島市沿岸の被害

a) 松島海岸（観光桟橋）

（松島観光協会の職員の方（50代男性））「津波は地震後30分で南から来たようだ。中央桟橋の先端で渦を巻き、観光船は全体が水をかぶった。浮桟橋（ポンツーン）に

ついては、中央栈橋は残った。マリンピアの4本中、手前の1本は残り、あとは吉田川等に漂流した(吉田川第一橋の100m上流で約50mの栈橋が河中に座礁していることを確認)。高台の大松荘に避難し2波目を撮影した」写真-4に松島海岸の2波目を示す。沖合の島に遮蔽されているために、浸水によって水位は高くなったが家屋の破壊は軽微であったと思われる。

(瑞巖寺前の土産物屋主人(40代女性))「1階は浸水(写真-1(2))。4階建てで全員4階へ逃げた。瑞巖寺の入り口はまっすぐ海から見通せる。奥の本堂近くまで水は遡上した」(本堂前の電話ボックス泥跡を遡上痕跡とした)

b) 東松島市野蒜海岸

鳴瀬川の右岸にあたり先端部の護岸・道路は陥没・浸水し、住宅地域では、木造家屋は土台を残して壊滅していた。壁面がやや強固と思われる近代的な家屋が3棟残ったが、屋根上のアンテナが折れており、2階建の家がすべて浸水したと思われる。海岸に残った桜の木に漁具、毛布、衣類が引っ掛けており、最も上の衣類を痕跡高として海面からの高さを測定した(浸水高10.4m)。仙石線野蒜駅は、駅舎・電車が浸水し、駅前の運河上には神社の屋根など漂流物が無数に残っていた。駅舎の浸水深は3.5mである。



写真-4 松島海岸における第2波の様子(松島観光協会提供)(K13)



写真-5 東松島市定川大橋上の痕跡(K18)

c) 定川大橋(石巻港南奥にあたる)

橋の中央橋桁(40m)が落下し、上流側約200mに漂着していた。取り付け道路は30cm陥没し、上下線がひびで分裂している。排水機場と見られる建屋の泥跡および残った橋桁に打ち上げられた海藻から橋の頂点付近までが津波高であることを確認し、痕跡とした(写真-5, 5.8m)。定川右岸側の堤防は決壊し、右岸側(西側)の農業用地はすべて水面となり、航路標識ブイ等が漂着していた。なお、調査時点では不明であったが、本稿執筆中に、直接の橋桁落下の要因は、建造中の24,000t貨物船が津波により漂流し、衝突したためであることが判明した(読売新聞, 2011)。住宅街(大曲から矢本地区)は、仙石線の1本山側の道路まで浸水しており、住宅街は1階の窓上方(地盤より約2m)まで浸水したことが確認できた。浸水範囲は地図上で海から約3kmであった。

4. あとがき

緊急調査の結果をまとめる；①宮城県七ヶ浜町菖蒲田浜地区では第2波が大きく、海岸堤防を越えて津波が来襲し、石垣を積んだ土台上に残る家屋以外は破壊された(浸水高11.0～12.0m)。海岸には仙台港から漂着したケーソンが打ち上げられていた。②東松島市野蒜海岸では、家屋が壊滅し、残った高木に衣類や漁具が掛っていた(浸水高10.3m)。このように、宮城県中部の沿岸部では10m以上の津波が来襲し、最大波は2波目であった。③松島海岸では、遡上高は小さく約3mであったが、5基の浮栈橋中、3基が流出した。前面に多くの島が位置しており、津波高が他の地点に比べて減衰した。④東松島市と石巻市の境界にある定川では河口右岸側の堤防が決壊し、低地が浸水した。④津波被災地は広い範囲に及び、家屋被害、道路洗掘・陥没、橋脚落下、浮栈橋の漂流、河川堤防の決壊等の多様な被害把握と、七ヶ浜町営マンションなど残った建屋の特性解明が今後重要と思われる。

調査に御協力いただいた読売新聞大阪本社科学部浜中伸之、国土交通省東北地方整備局塩釜港湾・空港事務所長池田秀文両氏をはじめとする多くの皆様に感謝するとともに被災地の迅速な復興を強く願います。

参 考 文 献

- 国土交通省(2011): 国土交通省ホームページ, 国土交通省港湾局報道発表資料(3月28日) http://www.mlit.go.jp/report/press/port05_hh_000017.html, 参照2011-4-26.
- 東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ(2011): 東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ」ホームページ <http://www.coastal.jp/tjtl/>, 参照2011-5-23.
- 平石哲也・有川太郎・南 靖彦・田中政典(2005): インド洋地震津波の被害例について—タイにおける事例を中心として—, 港湾空港技術研究所資料, No.1106, 20p.
- 読売新聞(2011): 3月11日の記録-10, 読売新聞2011年4月19日(火)朝刊記事.