

## 2. 津波

### 2.1 観測記録の分析

#### “津波の高さ”とは

津波の高さには、「波高」、「浸水高」、「遡上高」の3種類の定義がある。

【解説】通常、津波の高さを定義する場合には、津波到達時の海面水位を基準とするのが一般的である。これは、潮汐による水位変動分を除いた、正味の津波の高さを論じるためである。

代表的な“津波の高さ”を表わすものとしては、以下の3つが用いられることが多い。(図 2.1)

- ①津波波高：検潮所や沖合の波高計で計測された津波の高さ。気象庁発表の津波観測記録はこの値が用いられる。
- ②浸水高：陸上での津波高さを表す。建物に残った水跡や付着したゴミなどで測定されることが多い。現地盤を基準とした値は浸水深と言われるのが一般的である。
- ③遡上高：陸上で最も高い位置に到達した箇所の高さのこと。

津波到達後の現地調査では、T.P. (Tokyo Peil、東京湾平均海面)などを基準とした津波高さの測量を行い、その後、現地の津波到達時刻での潮汐を加味して上記の値を求めるというデータ処理を行う。これを潮位補正という。本報では特に断りが無い場合、津波高さとして潮位補正值を用いる。

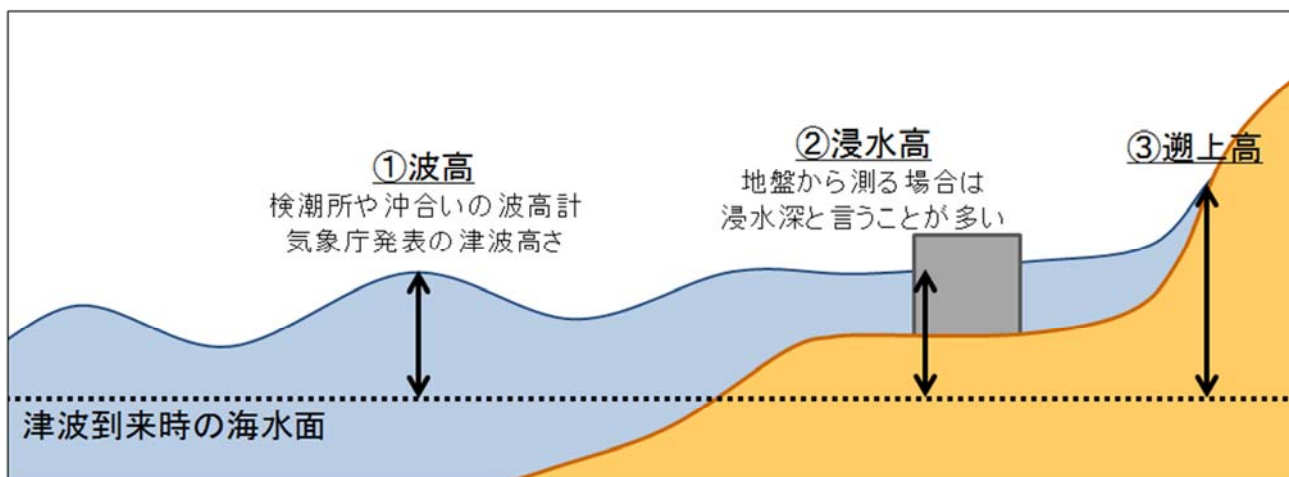


図 2.1 津波の高さの定義

## 気象庁による津波波高の観測記録

非常に広範囲で津波を観測した。

【解説】図 2.2 には気象庁で観測された各地の津波波高の分布を、表 2.1 には代表的な観測地点(検潮所)での第一波および最大波の波高と到達時刻を示す<sup>(2-1)</sup>。



図 2.2 気象庁による波高観測結果(Google Map に加筆)

表 2.1 代表的な地点での津波の到達時刻と波高（波高 2m 以上の地点）

観測地点名	第一波			最大波	
	到達時刻	種類	波高	到達時刻	波高
宮古(岩手県) <sup>(2-2)</sup>	11日14:48	押し	0.2m	11日15:21	8.5m以上
大船渡(岩手県) <sup>(2-2)</sup>	11日14:46	引き	0.2m	11日15:15	8.0m以上
石巻市鮎川(宮城県) <sup>(2-3)</sup>	11日14:46	押し	0.1m	11日15:20	7.6m以上
相馬(福島県)	11日14:55	押し	0.3m	11日15:50	7.3m以上
大洗(茨城県)	11日15:15	押し	1.8m	11日16:52	4.2m
釜石(岩手県)	11日14:45	引き	0.1m	11日15:21	4.1m以上
いわき市小名浜(福島県) <sup>(2-4)</sup>				11日15:39	3.3m
むつ市関根浜(青森県)	11日15:20	引き	0.1m	11日18:16	2.9m
根室市花咲(北海道)	11日15:34	引き	微弱	11日15:57	2.8m
十勝港(北海道)	11日15:26	引き	0.2m	11日15:57	2.8m以上
浦河(北海道)	11日15:19	引き	0.2m	11日16:42	2.7m
八戸(青森県)	11日15:22	引き	0.8m	11日16:51	2.7m以上
浜中町霧多布港(北海道)	11日15:27	引き	微弱	11日22:19	2.6m
須崎港(高知県)	11日17:00	押し	1.4m	11日20:59	2.6m
苫小牧東港(北海道)	11日15:40	引き	0.2m	11日16:17	2.5m以上
函館(北海道)	11日16:11	押し	1.9m	11日23:35	2.4m
銚子(千葉県)	11日15:13	押し	0.5m	11日17:22	2.4m
釧路(北海道)	11日15:34	押し	2.0m	11日23:39	2.1m

#### 想定をはるかに上回る津波高さ

- ・表 2.1 中に示した波高記録の中には、検潮所が津波被害を受けたことが原因と考えられる記録の断絶があった（「～m 以上」と記載されているもの）。実際にはより大きな波高の津波が到達していたものと予想される箇所がいくつかある。

#### 広範囲に及ぶ大津波の観測記録

- ・波高 1m 以上の津波が観測された地点が、北海道から関東地方の太平洋岸一帯だけではなく、東海地方や四国、九州地方にも及んでいる。

#### 地震発生後、数時間たってから最大波が到達する場合も

- ・北海道の霧多布港や函館では、第一波の観測からおおよそ 7 時間経過後に最大波が到達しており、地震発生直後に到達する津波が必ずしも最大波とは限らない点に注意すべきである。

現地調査による浸水高、遡上高の測量結果

高い浸水高、遡上高が観測された。

【解説】 現地での測量調査によって得られた津波高さの速報値を表 2.2 にまとめる。浸水高、遡上高が 10m を超える地区が広範囲にわたり存在している。なお、明治三陸津波で 38m の遡上高を記録した大船渡市綾里湾での遡上高は 24m であった。

表 2.2 現地調査による浸水高・遡上高（速報値、\*は潮位補正後の値。他は実測値）

県	地域	浸水高, 遡上高	県	地域	浸水高, 遡上高
青森県	八戸港	浸水高: 5~9m	岩手県	陸前高田市	遡上高: 20m
	久慈港	浸水高: 8~9m 遡上高: 13.4m	宮城県	石巻港	浸水高: 4~5m
岩手県	宮古市田老町	遡上高20m		仙台新港	浸水高: 最大14m 遡上高: 10m
	釜石港	浸水高: 7~9m		塩釜港	浸水高: 4.1m
	釜石市唐丹本郷	遡上高: 28m		仙台空港	浸水高: 5.7m
	釜石市唐丹小白浜	遡上高: 16m		女川港	浸水高: 14.8m
	大船渡港	浸水高: 9.5m 遡上高: 10.8m	茨城県	大洗海岸, 大洗港	浸水高: 4.3m 遡上高: 6.8m
	大船渡市綾里湾	遡上高: 24m	千葉県	旭市	浸水高: 6.4m* 遡上高: 7.4m*

\*出典：土木学会海岸工学委員会<sup>(2-5)</sup>，港湾空港技術研究所<sup>(2-6)</sup>

## 津波の浸水範囲

浸水被害は広い範囲にわたった。

【解説】 今回の津波の特徴として、陸上の広い範囲にわたり浸水被害が発生したことが挙げられる。現地での測量調査の他、衛星写真や航空写真などから浸水域の推定が試みられている。

表 2.3 は国土地理院の推算による県別の津波浸水域の面積である<sup>(2-7)</sup>。東北地方全体で山手線の内側の面積(63km<sup>2</sup>)のおよそ 9 倍に相当する地域が浸水した。特に平野部の多い宮城県では図 2.3 に示すように海岸からおよそ 4km の範囲まで浸水した。

表 2.3 東北地方の県別浸水面積<sup>(2-7)</sup>

県	Inundation Area [km <sup>2</sup> ]
青森県	24
岩手県	58
宮城県	327
福島県	112
茨城県	23
千葉県	17
合計	561



図 2.3 仙台平野における浸水範囲概況図 (国土地理院による)

## 2.2 津波の特徴

### 過去の津波との比較

過去の津波と比較しても、津波高さは高く、到達範囲は広がった。

【解説】過去に東北太平洋側に到達した主な津波との比較を図 2.4 にまとめる。過去の津波高さとの比較において注意すべき点を以下に挙げる。

- ①明治三陸地震以前の記録は、津波の高さの定義が明瞭に示されていない場合があること。
- ②必ずしも同一の場所の比較では無いこと。また、ほぼ同じ地点であっても、地形が変化している可能性があること。わずかな海岸地形の変化によって津波高さは大幅に異なることがある。

以上より単純な比較はできないものの、津波の高さや津波の到達した範囲の広さについては、今回の津波は歴史的に見ても大規模であったことがわかる。

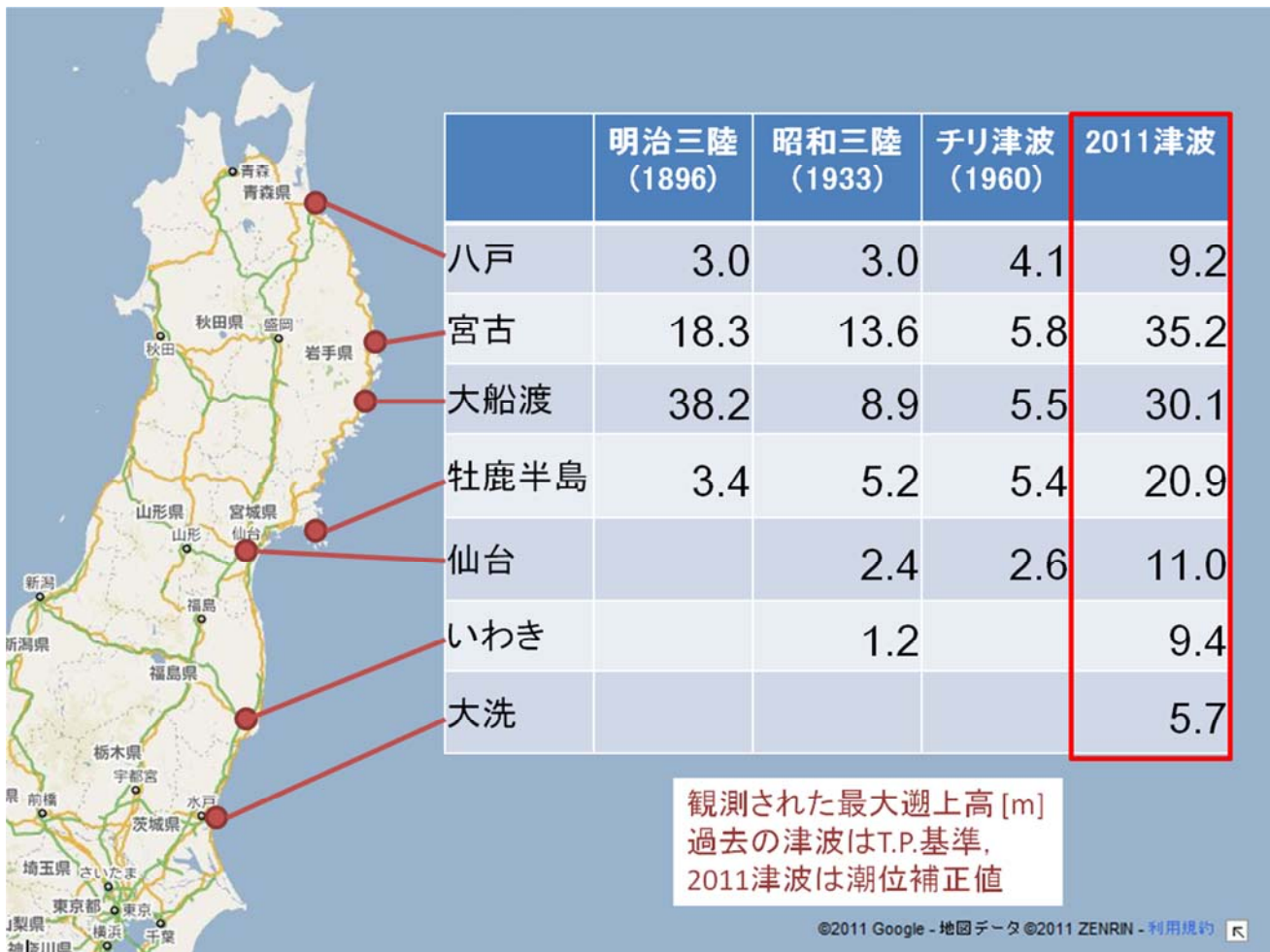


図 2.4 東北地方太平洋側の過去の津波の規模<sup>(2-5), (2-8)</sup> (Google Map に加筆)

表 2.4 には東北地方太平洋側における過去の津波被害との比較をまとめる。今回の津波被害は人的被害、建物への被害ともに最大規模であることがわかる。また、2008 年の中央防災会議による明治三陸地震を想定した被害予測をも大幅に上回っている。特に陸上での津波遡上が想定を大幅に超えるものであったため、人的被害については想定を大きく上回った。

表 2.4 東北地方太平洋側における過去の津波被害との比較<sup>(2-9)</sup>, <sup>(2-10)</sup>, <sup>(2-11)</sup>, <sup>(2-12)</sup>

発生日時	発生した地震	死者, 行方不明者数	建物被害	出典
869年7月13日	貞観地震	1,000人以上		(2-9)
1611年12月2日	慶長三陸地震	4,700人以上		(2-9)
1896年6月15日	明治三陸地震	21,953人	全半壊, 流失10,617戸	(2-9)
1933年3月3日	昭和三陸地震	3,008人	倒壊, 流失7,263戸	(2-9)
1960年5月22日	チリ地震	139人	全壊約1,500戸	(2-10)
1968年5月16日	十勝沖地震	52人	全壊676戸	(2-9)
2011年3月11日	東北地方太平洋沖地震 <sup>※</sup>	27,574人	全壊45,684戸	(2-11)
(参考)2008中央防災会議想定	明治三陸想定ケース	最大約2,700人	全壊約9,400戸	(2-12)

※3月末時点の集計値

#### 2004年インド洋大津波との比較

2004年インドネシアスマトラ島沖の地震で発生した津波と同程度の高さであった模様。

【解説】2004年インド洋大津波の各地域での津波高さを表 2.5 にまとめる。この津波は被災地域 14 カ国以上、死者・行方不明者数 22 万人以上と言う空前の規模の津波被害をもたらした。

今回の東北地方の津波は、津波の高さの点では 2004 年インド洋大津波と同程度であると言える。

表 2.5 2004年インド洋大津波の各地域での最大津波高さ

国・地域	津波高さ(最大値)	出典
インドネシア・バンダアチエ北岸	浸水高12m	(2-13), (2-14)
インドネシア・バンダアチエ西岸	遡上高49m	(2-13), (2-14)
タイ・プーケット	浸水高 5.5m	(2-15)
タイ・Ban Thung Dap	浸水高19.6m	(2-16)
スリランカ・Yala(南東部)	遡上高11.3m	(2-17)
モルディブ	浸水高 約3m	(2-18)

## 主な被害事例

- 岩手県宮古市田老町：今回の津波は、明治三陸津波、昭和三陸津波での被害を受けて建設された、高さ T.P.10m 総延長 2.8km の巨大な防潮堤を超え市街地の大部分に浸水し、甚大な被害をもたらした。また、防波堤にも被害が生じた（図 2.5）。
- 岩手県釜石市唐丹小白浜：昭和三陸津波とチリ津波を経験して以来、大規模な防潮堤建設とともに集落の高地移転が行われた地域。今回の津波は防潮堤を超え陸上を遡上したが、幸いにも人的被害はなかった。防潮堤は破壊されたものの津波のエネルギーが大幅に減じられ、高台にある集落まで津波が到達することは無かったと考えられる。地域全体が津波による被災を免れた貴重な事例である。
- 宮城県女川港：港湾周辺ではおよそ 15m の浸水高があったと推測される。
- 高知県四万十市：震源から遠く離れた四国でも津波による被害が発生した。四万十市の漁港ではおよそ 2m の津波が到達し、係留船舶の多数が押し流された。



図 2.5 岩手県宮古市田老町の津波被害前後の航空写真（国土地理院に加筆）

\* 図中赤矢印が防潮堤、白矢印が防波堤

参考文献

- (2-1) 気象庁 (2011/3/13) : 平成 23 年報道資料, 平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震について (第 14 報), <http://www.jma.go.jp/jma/press/1103/13a/201103130900.html>, (accessed 2011-4-5)
- (2-2) 気象庁 (2011/3/23) : 平成 23 年報道資料, 「宮古」, 「大船渡」の津波観測点の観測値について, [http://www.jma.go.jp/jma/press/1103/23b/tsunami\\_miyako\\_ofunato.html](http://www.jma.go.jp/jma/press/1103/23b/tsunami_miyako_ofunato.html), (accessed 2011-4-5)
- (2-3) 気象庁 (2011/3/29) : 平成 23 年報道資料, 「石巻市鮎川」の津波観測点の観測値について, <http://www.jma.go.jp/jma/press/1103/29c/201103291900.html>, (accessed 2011-4-5)
- (2-4) 気象庁 (2011/3/14) : 平成 23 年報道資料, 「いわき市小名浜」の津波観測点の観測値について, [http://www.jma.go.jp/jma/press/1103/14c/tsunami\\_onahama.html](http://www.jma.go.jp/jma/press/1103/14c/tsunami_onahama.html), (accessed 2011-4-5)
- (2-5) 土木学会海岸工学委員会 (2011/3) : 東北地方太平洋沖地震津波情報, <http://www.coastal.jp/ttjt/>, (accessed 2011-4-25)
- (2-6) 港湾空港技術研究所 (2011/3) : 東北地方の港湾における被災状況について 現地調査速報, <http://www.pari.go.jp/info/tohoku-eq/20110323.html>, (accessed 2011-4-5)
- (2-7) 国土地理院 (2011/4/18) : 津波による浸水範囲の面積 (概略値) について (第 5 報), <http://www.gsi.go.jp/common/000059939.pdf>, (accessed 2011-4-18)
- (2-8) 渡辺偉夫 (1998/2) : 日本被害津波総覧【第 2 版】, 236p.
- (2-9) 気象庁 (1983/3) : 被害地震の表と震度分布図 (原題 〈日本付近の地域・海域別の被害地震・津波地震の表および震度分布図〉), pp. 31.
- (2-10) 建設省国土地理院 (1961) : チリ地震津波調査報告—海岸地形とチリ地震津波—, pp.9-10.
- (2-11) 警察庁 : 広報資料「平成 23 年(2011 年)東北地方太平洋沖地震の被害状況と警察措置」, <http://www.npa.go.jp/archive/keibi/biki/higaijokyo.pdf>, (accessed 2011-3-25)
- (2-12) 中央防災会議, 日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に関する専門調査会, 「日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震の被害想定について」, 2006/1/25, pp. 54-69.
- (2-13) 柴山知也, 岡安章夫, 佐々木淳, 鈴木崇之, 松丸亮, Masimin, Zouhrawaty A. Ariff (2005) : 2004 年スマトラ沖地震津波のインドネシア・バンダアチェ被害調査, 海岸工学論文集, 第 52 巻, pp. 1371-1375.
- (2-14) インドネシア調査団 (2005) : インドネシア調査団の津波測定結果ならびに定時報告 <http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/namegaya/sumatera/surveylog/eriindex.htm>, (accessed 2011-4-5)
- (2-15) 松富健治ら (2005) : 2004 年スマトラ沖地震津波 Phuket(Thai) 現地調査, [http://www.drs.dpri.kyoto-u.ac.jp/sumatra/thailand/phuket\\_survey.html](http://www.drs.dpri.kyoto-u.ac.jp/sumatra/thailand/phuket_survey.html), (accessed 2011-4-5)
- (2-16) 行谷佑一, 郡司嘉宣, 松本浩幸, Wattana Kanbua, Mongkonkorn Srivichai, Vorawit Meesuk, 岩崎真一 (2005) : 2004 年インド洋地震津波のタイ国海岸 Phuket 島及び Khao Lak 以外の場所での浸水高調査, 海岸工学論文集, 第 52 巻, pp.1351-1355.
- (2-17) 鯉渕幸生, 本田隆英, Thisara Welhena, Suminda Ranasinghe, 佐藤真司 (2005) : インド洋地震津波によるスリランカ南西部海岸の被害集中機構, 海岸工学論文集, 第 52 巻, pp.1411-1415.
- (2-18) 藤間功司, 嶋原良典, 富田孝史, 本多和彦, 信岡尚道, 越村俊一, 藤井裕之, 半沢稔, 辰巳正弘, 折下定夫, 大谷英夫 (2005) : モルディブにおけるインド洋津波の現地調査, 海岸工学論文集, 第 52 巻, pp.1381-1385.