

# 平成23年東北地方太平洋沖地震の 津波と液状化による被害

三 上 禎 次  
鈴 木 寿 志

1. はじめに .....	95
2. 概 要 .....	95
3. 各地域における地震発生後3カ月半 および8カ月での被害状況 .....	97
4. 多様な被害の大きさとこれからの課題 .....	122
5. おわりに .....	127

## 1. はじめに

平成23年3月11日の午後、東北から関東にかけて大きな揺れに見舞われた。この地震は気象庁によって「平成23年東北地方太平洋沖地震」と名付けられた。またこの地震は、海溝型の地震であったために、関東から東北の太平洋沿岸にかけて、甚大な被害をおよぼす大津波を伴うものであった。政府は、これらの地震と大津波によって被った災害を「東日本大震災」と名付けた。テレビや新聞の報道では毎日、大きな被害の様子が報じられた。地震発生直後は、被災者の救出活動が最も優先されるべきであって、そのための燃料確保と救援物資の運搬が直近の課題であった。

筆者らはそのような混乱が落ち着く時期を待って、地震発生後3カ月半経った平成23年6月末から7月初頭に現地調査を行った。本稿における報告内容は、主に被災後3カ月半の状況である。実際に現地調査を行ってみると、報道では知らされていない被災状況が分かってきた。一部地域では瓦礫の除去が進んでいたものの、巨大津波がもたらした甚大な被害の状況を、多くの町村で目の当たりにした。すでに起こってしまった地震・津波による被害状況を把握・記録することは、将来必ず起こる海溝型巨大地震津波への対策として参考にできることが多くあると考え、ここに報告する。

## 2. 概 要

平成23年3月11日午後2時46分、マグニチュード9.0の地震が、東北地方の太平洋沖で発生した。震源は三陸・宮城県沖から茨城県沖にかけての非常に広い範囲で、東西200km、南北500kmにわたるものであったとされている<sup>(1)(2)</sup>

(図1)。震源域の北限に関しては、概ね岩手県宮古市沖と考えられる。日本海溝で起こった地震であり、その揺れは北海道から遠く九州まで観測され<sup>(3)</sup>た。岩盤の破壊領域が非常に広く、海溝の北側から順に南へと破壊が進み、東日本は数分間にわたって地震の揺れを観測した。特に北関東内陸部から東北内陸部で強い揺れが観測され、宮城県栗原市で震度7を記録している<sup>(3)</sup>。この地震の揺れによって、関東地方を中心に地盤の液状化が発生した<sup>(4)</sup>。

この地震は海溝付近浅所で発生し、大きな断層変位を伴ったため、巨大津波が引き起こされた。地震発生直後には、即座に大津波警報が岩手県・宮城県・福島県の沿岸に、また津波警報・津波注意報が全国の太平洋岸と小笠原諸島に発令された。被害が目立ったのは北海道から千葉県<sup>(1)</sup>の太平洋沿岸であるが、特に被害が大きかったのは岩手・宮城・福島各県の太平洋沿岸地域で

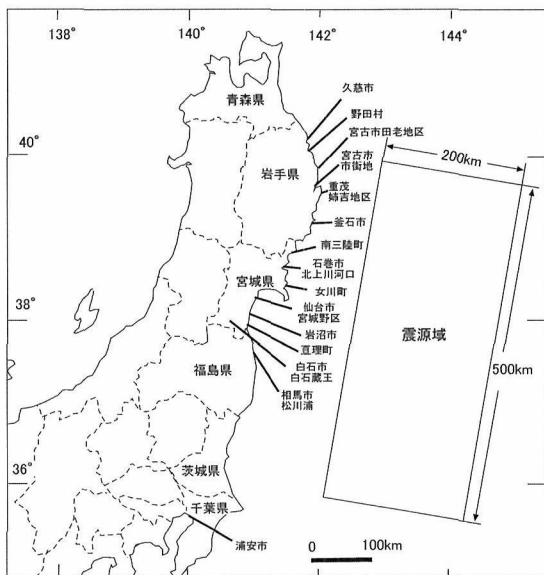


図1 主な調査地域と東北地方太平洋沖地震の震源域<sup>(1)(2)</sup>

あり、海に面した町や集落は壊滅的な被害を被った。また地震や津波の影響で、福島第一原子力発電所が電源を失い、水素爆発や炉心熔融などを伴った大事故へと発展した。地震発生から1年9か月経った平成24年末時点でも、放射能汚染による警戒区域や帰宅困難区域が設定され、その事故の影響がまだ続いて



いる。

### 3. 各地域における地震発生後 3 カ月半

#### および 8 カ月での被害状況

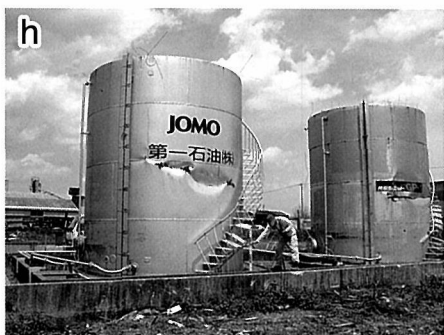
筆者らは、地震発生後 3 カ月半経過した平成23年 6 月26日～7 月 4 日、および 8 カ月経過した平成23年11月11日～14日の期間にそれぞれ現地調査を行った。被害のほとんどが地震津波によるものであった。また千葉県沿岸と宮城県内陸において、地震動に伴う液状化被害を確認した。津波被害があまりにも甚大なので、平成23年 3 月11日の東北地方太平洋沖地震で発生した津波に固有名称をつけるべきと考え、本稿ではこの地震津波を「平成東日本大津波」と呼ぶことにする。

津波によって水が到達した高さを表す用語については、首藤ほか<sup>(5)</sup>に従って、津波が地面へと這い上がった地点の地盤高を表す「遡上高」、這い上がる途中で水に浸った高さを記す「浸水高」、浸水した場所の周囲の地面からの高さを示す「浸水深」を用いる。遡上高と浸水高は、いずれも津波発生時の潮位を基準に測られた高さとなる。しかし本稿で述べる遡上高と浸水高は、国土地理院発行の地形図に基づいており、正確な水準測量を行っている訳ではない。都司ほか<sup>(6)</sup>によれば、潮位補正は最大でもマイナス50cmほどなので、ここでは地形図から読み取ったおおよその標高値を示すにとどめる。津波の正確な高さについては、原口・岩松<sup>(7)</sup>、および都司ほか<sup>(6)</sup>を参照されたい。

#### 3-1 千葉県浦安市の地盤液状化

調査日：平成23年 6 月26日

図版 1



東日本大震災の被害の一つとして、関東平野の多くの地域で発生した液状化現象を見逃すことはできない。関東地方では1都6県（東京都、千葉県、茨城県、埼玉県、栃木県、群馬県、神奈川県）の地域で液状化現象が見られた。<sup>(4)</sup> この地盤の液状化によって平成24年11月時点でもなお、居住環境などに関する住民の苦痛や不安は続いている。<sup>(8)</sup>

調査を行ったのは千葉県浦安市、JR 京葉線の新浦安駅南東約1kmのホームセンター前である。地震発生当時、一般市民が地盤の液状化が起こっている状況をインターネット上の動画サイトに投稿しているが、その後3カ月半経過後の状況について確認調査を行った。

液状化の痕跡は主に歩道とその傍らにある花壇で確認された。歩道は幅約10mほどで、2種類のタイル張りの石畳が施されている。液状化の発生によってホームセンター側の石畳表面が波状にうねっている（図版1-a）。2種類の石畳の境界では細粒砂の噴砂が見られ、液状化によって砂が地下からもたらされたことが確認された。道路に沿って海側（南東側）へ進むに従って、2種類のタイル貼りの段差が顕著になり、垂直変位は最大で約25cmにおよんでいた（図版1-b）。

ホームセンター前から海岸近くまで徒歩で調査を行った。ホームセンターから最初の交差点を過ぎると、海岸までは液状化の影響が大きいと感じられ

---

図版1 千葉県浦安市における液状化による被害(a-d)および久慈市の海浜における被害の状況(e-h)。

- a. 2種類の石畳のうち右側の方で噴砂が見られ、歩道がうねっている。
- b. 2種類の石畳の間で25cmの段差ができています。
- c. 海浜公園に生じた地割れ。
- d. 液状化現象によって突出したマンホール。
- e. 津波高波注意の看板が海側へ倒れている。
- f. 陸側へ倒れた堤防の欄干。
- g. 倒壊した石油タンク。
- h. 流されてきた漁船によって傷がついた石油タンク。

る箇所は多くはないように見られた。しかし実際には地震直後に車道で大きな被害が出ていたようで、地下でも下水管などが損傷を受けたという。<sup>(9)</sup> 海岸の臨海公園まで達すると、レンガが敷き詰められた地面には、噴砂とともに地割れが起こっているところが見られたり（図版 1-c）、マンホールが地上に突き出ている箇所もあった（図版 1-d）。

### 3-2 岩手県久慈市久慈川河口周辺

調査日：平成23年 6 月28日

岩手県北部に位置する久慈市では、久慈川河口および久慈港における津波被害を確認した。久慈川河口では護岸の消波ブロックが移動するなど、津波が残した水の動きが読み取れる。久慈川河口の海岸では「津波高波注意」と記された看板が、鉄柱の基礎コンクリートブロックごと海側に向かって倒れていた（図版 1-e）。また逆に、堤防上では陸へ向かう方向に倒れたり変形したりした欄干や鉄柵などが見られ（図版 1-f）、津波が陸に押し寄せた影響によると考えられる。久慈湾に面した堤防では、陸側でブロックが損壊するなどの被害が出ていた。

久慈港の漁協石油タンクは、一部完全に横倒しになっていた（図版 1-g）。また別の石油タンクでは、側面の高さ 3 m のところに水平方向の傷がついているものがあった（図版 1-h）。地元の住人によると、流されてきた漁船がこのタンクに当たって、傷がついたという。また久慈港の海に面した工場では外壁が大きく破損していた。

### 3-3 岩手県九戸郡野田村

調査日：平成23年 6 月28日

久慈市の南方約 7 km のところに野田村がある。本調査では、この地におけ

る被災状況と津波の遡上高が30mに達した地点を確認した。

野田漁港では、背後にある高台（御台場公園）の階段の手すり、街灯、周辺斜面の植生の様子から、津波が遡上した高さを確認することができた。階段の手すりが22段目まで津波流の力によって折れ曲がっており、少なくともこの高さまで水流が押し寄せている（図版2-a）。それより上位では手すりは一見、変形がないように見えても、その高さにある街灯や樹木は傾倒し、ビニール片が木に引っ掛かっているなど、周辺斜面には少なくとも津波流が押し寄せた痕跡が認められた。この階段の1段の高さは21cmで、31段目まで津波流が押し寄せた痕跡がある。よって、この地点における浸水深は6.51mであり、遡上高は階段の昇り口の標高に6.51mを加えた高さで判断できる。

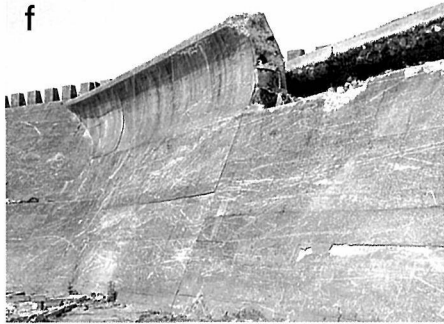
野田漁港南方では、野田川に注ぎ込む宇部川の河口を囲むように防潮堤が建造されていた。野田漁港から宇部川にかけては比較的近年建設されたか、もしくは建設中の防潮堤があり、今回の津波で被害を受けている。この防潮堤は、内陸側の方が緩やかな傾斜を持っており、その緩やかな斜面表面のブロックが剥がれ落ちていた（図版2-b）。この防潮堤の海側では、松の樹木が内陸側へ傾倒している様子が見られた（図版2-c）。

十府ヶ浦周辺の防潮堤は損壊の程度が著しく、防潮堤の陸側の根元は深くえぐられた様子が認められた。ちょうど防潮堤が破壊されたところで洗掘が著しいため、引き波による流れが、破壊されて開いた部分に集中したものとみられる（図版2-d）。この洗掘は十府ヶ浦の防潮堤の内側に沿って続いている（図版2-e）。また防潮堤の内側には、破壊された防潮堤の数m大におよぶコンクリート片や1～2mの消波ブロックが多数散らばっていた（図版2-f）。

野田村の住宅地は広範囲に津波の被害にあっており、調査時点で家屋の基礎枠のみが残されている状況であった。そのような地域は海岸線から825m

図版 2





図版 2 岩手県野田村における被害の状況。

- a. 野田漁港の高台へ登る階段の手すりの変形と津波到達位置（矢印）を示す周辺樹木の様子。
- b. 被災した建設中の防潮堤。
- c. 海浜では松の木が内陸側の方へ向いて倒れている。
- d. 防潮堤の内側の根元が洗掘されている。
- e. 洗掘は防潮堤内側に沿って続いている。
- f. 津波によって破壊され移動した防潮堤のコンクリート片、および流され移動した消波ブロック。
- g. 野田村で併走する国道45号線と三陸鉄道北リアス線。鉄道軌道敷に線路は見られない。
- h. 津波の痕跡が残る尾根部側面。矢印で示した標高30m以上のところまで剥ぎ取られている。

図版 3 宮古市田老地区の被害の様子。

- a. 昭和三陸大津波の浸水域を示す看板。東北地方太平洋沖地震の津波でもほぼ同じ地域が浸水した。
- b. 僅かな高さの違いで被害が異なる館が森地区の集落。
- c. 東に位置する第2防潮堤は、水門扉だけを残して損壊していた。
- d. 第1防潮堤の上部にある倒壊した街灯。
- e. 田老地区の漁協。2階付近までガラスが破壊されており、少なくとも2階まで浸水したとみられる。
- f. 流されてきた漁船や瓦礫によって傷がついたと考えられる防潮堤の表面。

内陸にまで達していた。大津波が防潮堤を超えて、大きな被害をもたらした。

野田村には三陸鉄道北リアス線が通っていたが、十府ヶ浦に沿って走る区間ではまだ線路は流されたままだった（図版 2-g）。調査時には内陸を走る久慈―陸中野田間で列車の運行が再開されていたものの、それより南への運行は止まったままだった。しかし、陸中野田駅ではすでに地元のワカメや塩食材の名産品を販売し、復興に向けて動き出していた。平成24年4月1日には三陸鉄道北リアス線の田野畑―陸中野田間で列車の運行が再開され、さらに平成26年4月には、三陸鉄道南リアス線も含めた全線が復旧する予定だとい<sup>(10)</sup>う。

野田村中心部から国道45号線沿いに南へ下った米田地区では海側に尾根が張り出しており、ここでは地形図上で標高30m以上の高さまで表土が削られている（図版 2-h）。遡上高はこの地点でおよそ30mに達するものであった。

### 3-4 岩手県宮古市田老地区

調査日：平成23年6月29日

岩手県宮古市<sup>たろう</sup>田老地区は、かつて下閉伊郡田老町として知られていた町であったが、平成17年に宮古市と合併し、宮古市田老地区となった。平成東日本大津波が起こる前から津波防災を積極的に進めることで、世界的に有名な町であった。田老地区は田老湾に面した港町であり、長内川、神田川、田老川が田老湾に注ぎ込んでいる。歴史的にも明治三陸大津波や昭和三陸大津波などによって大きな被害を被っているため、1950～70年代にかけて、海岸地帯に「ナ」の字状に交差する、高さ約10m、総延長約2.4kmの防潮堤が建設<sup>(11)</sup>された。

昭和35年（1960年）のチリ地震による津波では、この防潮堤のおかげで町



は軽微な被害にとどまった。しかし、平成23年の東日本大津波においてはそれをも上回る高さの津波が襲い、結果的には防潮堤を損壊させたり、津波流が防潮堤を超えたりして、田老地区に大きな被害を与えた。本調

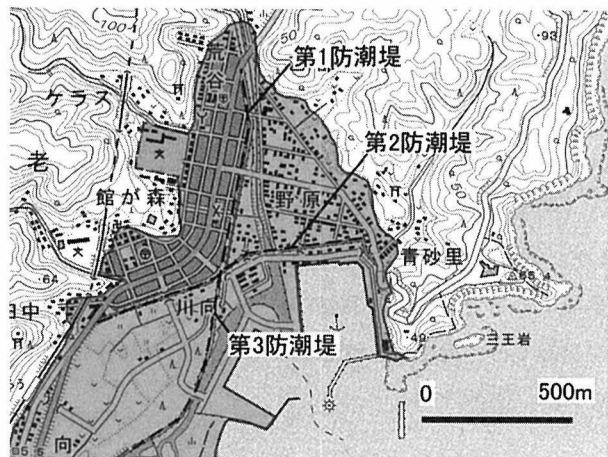


図2 岩手県宮古市田老地区の浸水被災域  
(国土地理院 2万5千分の1「田老」に加筆)

査では国道45号線で北側から田老地区へ入ったが、市街地に入る前の国道に津波に対する注意を促す看板が掲げられていた。そして国道45号線の下り坂道を降り切ったあたりから光景は一転する。この市街地に入るところには、昭和8年の昭和三陸大津波の浸水地域を示す看板があり、平成東日本大津波の被災地域の北縁とほぼ一致していた（図2、図版3-a）。

平成東日本大津波による田老地区の浸水域を、被害状況や浸水の痕跡に基づき、地形図にまとめたところ、標高十数mまで、海水がおよんでいたことが分かった（図2）。田老の町は周辺を山で囲まれた地形をなすが、少なくとも住宅街の山際に近い標高まで水流が到達していた。しかし、田老地区すべてが壊滅的被害を被っているわけでもなく、館が森の集落では、僅か1～2mの高さの違いで被害が軽減されている場所も存在する（図版3-b）。

防潮堤は前述の通り、「ナ」の字型に建設されている。これらのうち内陸にあり中心から北北東方向、および西南西方向に伸びるものが第1防潮堤

（昭和33年完成）、湾に面し東へ伸びる防潮堤が第2防潮堤（昭和41年完成）、南から西へと伸び、湾に面したものが第3防潮堤（昭和53年完成）である。第2防潮堤の損壊が著しく、その内側にあった第1防潮堤は大きな破壊は免れている。第2防潮堤は大きく破壊され、水門のみを残しているところもある（図版3-c）。第1防潮堤では、上部にある街灯や手すりが折れ曲がっていた（図版3-d）。第1防潮堤のすぐ内側にある漁業協同組合のビルには、少なくとも2階まで水流が来ていることがうかがえる（図版3-e）。防潮堤が交差する付近では、流されてきた漁船や瓦礫によってつけられた傷跡も見られた（図版3-f）。

### 3-5 岩手県宮古市宮古地区

調査日：平成23年6月29日および6月30日

宮古市田老地区から国道45号線にて南下し、約20分で宮古市街地に到達した。

宮古市は南西側から北東方向に細長く伸びた宮古湾の周囲を取り囲んでおり、湾には西から閉伊川が流れ込んでいる。この閉伊川の北側に宮古市の中心部が広がっている。国道45号線は閉伊川を宮古大橋で跨いでおり、そのたもととの閉伊川左岸に津波来襲時の映像を配信した宮古市役所がある。調査に訪れた平成23年6月30日時点では、市役所前の道路はすでに瓦礫や砂泥が除去されていた。ただし市役所近くの防潮堤の内側には、若干洗掘された跡が見られた。この防潮堤は、津波が乗り越え、洗掘の痕跡があるにもかかわらず、大きな損壊を免れている（図版4-a）。一方で閉伊川宮古橋周辺では、JR鉄道軌道敷の線路や橋梁が損壊している（図版4-b）。ただし、JR山田線が閉伊川の左岸で盛り土をなしているところでは、盛り土が防潮堤の役割を果たしており、山田線を境に北側が大きく被災し、南側では大きな被害を

免れているところが  
あった。

宮古湾の奥深く、  
南側での被害も大き  
く、金浜では防潮堤  
が破壊されていると  
ころがあった（図版  
4-c）。宮古湾南方  
の津軽石川の周辺で  
は南西側に被害地域  
が広がる傾向にある  
が、宮古運動公園グ  
ラウンド近傍にある  
防潮堤は、全体とし  
ては大きな破壊を免  
れている（図版 4-d）。  
宮古工業高校に流さ  
れてきた漁船がある  
ことから、宮古湾に  
入ってきた津波の水  
流は防潮堤を乗り越  
えたり、津軽石川を  
遡上し、周囲を浸水  
させたことがうかが  
える。津軽石地区か



図3 宮古市市街地の浸水被災域  
(国土地理院 5万分の1「宮古」に加筆)

図版 4





図版 4 宮古市の被害の様子。

- a. 宮古市役所前の防潮堤内側洗掘跡。
- b. 閉伊川では JR 線の軌道敷が半分以上流された。
- c. 金浜地区の防潮堤の決壊。
- d. 損壊を免れた宮古運動公園前の防潮堤。
- e. 宮古港の埠頭にある倉庫の被害。
- f. 宮古市港町の被害の様子。
- g. 重茂姉吉地区の湾口近くの小谷壁面。写真左が海側。樹木が海側の方を向いて傾いている。
- h. 重茂姉吉の集落から海岸へ至る道路周辺に見られた変状の最高地点（標高約40m）。赤い矢印で示した金属柱が曲がっている。右上にその拡大写真を示す。

図版 5 釜石市(a-d)と南三陸町の被害状況(e-f)。

- a. 釜石市浜町の高台避難場所。登りついたところに祠がある。
- b. 幅約 2m ほどの津波避難場所。
- c. 冠水のために通行止めになっている釜石市浜町。
- d. 釜石市浜町の被災した住宅。
- e. 南三陸町志津川地区にある、過去の津波の高さを示した表示板。
- f. 海岸から2.5km内陸に位置する志津川小森の集落。



図4 重茂姉吉地区の津波への警戒を促す石碑

また複数の小溪流が太平洋に直接注ぎ込んでいる。重茂姉吉の集落を下ると、狭く小さな湾が広がる。太平洋側で津波が発生すると、このような狭い湾口へと津波流が遡上しやすいため、過去の津波でも地区住民が被害を受けた。そのため重茂姉吉の集落をやや下ったところには、それより低い土地に家屋の建設をとどまらせる石碑が建っており（図4）、住民たちはそれより高いところで暮らしてきた。当日港へ出ていた住民たちは、地震発生後すぐに集

ら赤前地区の標高10m以下のところで被害が大きかった（図3）。

臨海地域の磯鶏では倉庫などが破壊されており（図版4-e）、また宮古湾の北側に位置する港町の住宅街は、ほぼ壊滅的な被災状況であった（図版4-f）。

### 3-6 岩手県宮古市重茂姉吉地区

調査日：平成23年6月30日

宮古市重茂姉吉地区は、  
おも え あねよし  
宮古湾の東側に位置し、比較的急峻な山地が太平洋と直接向き合う地域である。

この地域には本州最東端の岬である鮭ヶ崎がある。ま

落へ戻り、無事だったという。<sup>(12)</sup>ただし今回の津波流は約40m溪流を遡上しており、最も津波の遡上高が高かった地域の一つに数えられる。<sup>(13)</sup>重茂姉吉地区の津波が遡上した溪流では、壁岩の植生や表土が削り取られており、壁岩上部では樹木が海側を向いて倒れているものが目立つ（図版 4-g）。上流では流木や配線用金属柱の折れ曲がりが見られた。津波の影響を受けた最高点を地形図から読むと、標高約40mに達しており、津波がかなり高いところまで遡上したことが分かる（図版 4-h）。

### 3-7 岩手県釜石市市街地

調査日：平成23年 6 月30日

釜石市の沿岸部は、北部から大槌湾に面する鶴住居地区、両石湾に面する両石地区、釜石湾に面する釜石市街地、平田地区、唐丹地区からなる。これらのうち本調査で訪れたのは釜石市街地である。平成23年 3 月11日の津波襲来の様子は、浜町の高台避難場所から放送局のカメラマンや一般市民によって撮影されており、防潮堤を乗り越えて街に津波が押し寄せる生々しい映像がテレビで放送されていた。釜石市は東の釜石湾に面する三陸リアス式海岸の入江の街で、甲子川が釜石湾に注ぎ込んでいる。主な市街地は甲子川河口の左岸側にあり、漁港、商店街、住宅などが、津波によって甚大な被害を被っている。釜石市の北側と南側には標高約300mの山が存在する。本調査では浜町周辺の高台避難場所を訪れた。市場や周辺の住宅から数十～数百m離れており、比較的短時間で高台に逃げられる「津波避難場所」として、山腹を巻くように約 2 m幅をもつ道路があった（図版 5-a、b）。

夕刻の満潮時に近い時間になると、釜石魚市場のあった浜町～東前町では地盤沈下の影響により冠水しはじめ、通行が規制されていた（図版 5-c）。調査に訪れた平成23年 6 月末時点においては、釜石市浜町周辺道路は自動車



通行が可能であったものの、家屋やビルはまだ被災したままの状態であった（図版 5-d）。

### 3-8 宮城県本吉郡南三陸町志津川地区

調査日：平成23年 7 月 1 日および 2 日

宮城県本吉郡南三陸町志津川地区は、宮城県北部の太平洋岸に位置する。町の中心は志津川湾の北西部にあり、南向きに海に面している。志津川湾には新井田川、八幡川、水尻川が注ぎ込んでいる。過去何度も津波被害を受けている地域であるため、明治三陸大津波、昭和三陸大津波、昭和35年のチリ地震大津波の浸水高を示した標識が見られる（図版 5-e）。平成23年の東日本大津波は、これをはるかに上回るものとなった。

本調査では、志津川地区の被害領域が広範囲にわたっているため、浸水域がどこまで達しているかを調査した。被害領域は図5に示すように、市街地



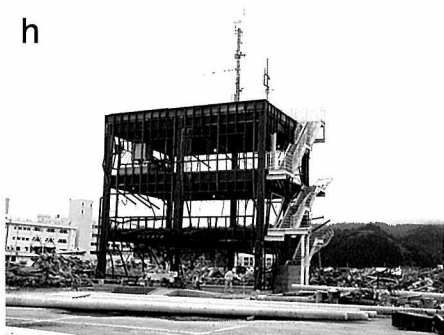
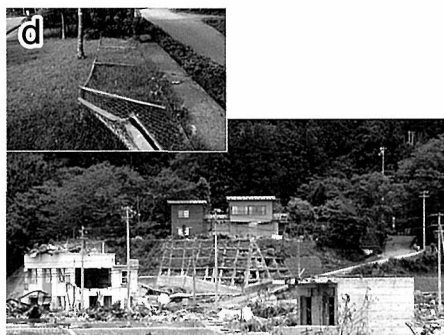
図5 南三陸町志津川地区の浸水被災域  
（国土地理院 2万5千分の1「志津川」に加筆）



のほぼ全域にわたっている。海が全く見渡せないような内陸地域まで津波流が押し寄せており、最も内陸まで達していたのは、八幡川の河口から約2.5kmの志津川小森であった（図5、図版5-f）。河口からの距離は2.5kmであるが、地形図から読み取れる標高は15mほどである（図5）。新井田においてはJR気仙沼線の線路が完全に損壊し、周辺には流されてきた瓦礫類が散乱していた。また海の見えない三方が山に囲まれた新井田では、谷の奥の方まで漁船が流されてきており、津波流がこの辺りまでできていたことがうかがわれる（図版6-a）。この位置は河口から約2km遡ったところであるが、地形図から読み取れる標高はやはり15m強である（図5）。天王前付近では3階建てコンクリート住宅の屋上に自家用車が乗っており、少なくともこの高さまで車を持ち上げるだけの水流があったことがわかる（図版6-b）。水尻川流域でもやはり、約2km遡った田尻畑まで津波流が遡上しており、運んできた瓦礫を河床に残していた（図版6-c）。

南三陸町の高台避難場所については、まず上の山公園を訪れた。津波災害時の指定避難場所として標識が設置されており、標高16.16mの測量結果が表示されていた。この公園の柵がねじ曲げられており、少なくとも津波の最上部はこの高さまで達したことがうかがえる（図版6-d）。次に志津川地区西部の廻館にある老人ホームを訪れた。この施設は高台にあるものの、大きな被害を受けていた（図版6-e）。この場所は志津川地区の高台の中ではやや低めで、標高は十数mほどのところにある。一方、それより上方にある志津川高校は被害を被っておらず、避難場所や救助活動の拠点として利用されていた。志津川高校は標高約20数mの高台にある。

志津川地区の平野部はほぼ全域が壊滅しており、主要な道路も津波によって寸断され通行できない状態であった（図版6-f、g）。報道でたびたび取り上げられた防災庁舎が、鉄骨のみとなって八幡川の傍らにたたずんでいた





図版 6 南三陸町の被害と復興の状況。

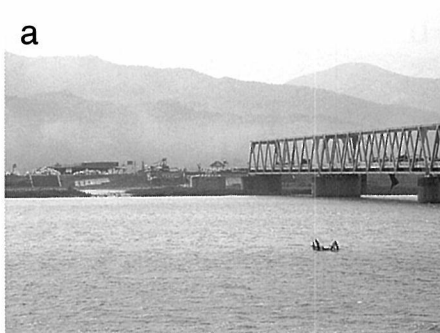
- 新井田の谷の奥まで流されてきた漁船。
- 津波によって3階建て集合住宅の屋上に乗り上げた乗用車。
- 田尻川の津波遡上跡。
- 上の山公園の遠景と津波により変形した鉄柵（矢印の場所）。
- 標高約十数mの高台にあるものの大きな被害を受けた老人ホーム。
- 津波によって寸断された主要道路。
- 志津川地区の谷底と高台における被災状況。高台の住宅は被害を被っていない。
- 被災した南三陸町の防災庁舎。

図版 7 南三陸町の被害の様子。

- 被災した公立志津川病院。
- 瓦礫によって破壊された郵便局。
- 津波避難指定ビルとなっていたマンション。各部屋には捜索済を示す「AUS」のドイツ語が記されている。
- 袖浜における地盤沈下による満潮時の冠水。
- 南町における地盤沈下による満潮時の冠水。
- コンビニエンス・ストアによる移動販売。

図版 8

a



b



c



d



e



f



g



h





図版 8 石巻市(a-c)と女川町(d-h)での被災状況。

- a. 1/3が流失した石巻市新北大橋。
- b. 石巻市釜谷谷地中周辺の水田地帯。海水が浸入し、冠水している。
- c. 石巻市長面地区へ向かう道路。周囲の田んぼは地盤沈下によって冠水している。
- d. 横転した女川町の鉄筋コンクリート建造物。
- e. 倒壊した石油タンク。
- f. 地盤沈下で25cm冠水した女川港。
- g. 5階まで津波に襲われたコンクリート建造物。
- h. 女川町から浦宿へ向かう道沿いの状況。右側の高台上に女川病院があり、その1階まで浸水した。

図版 9 仙台平野海浜地域の被害の様子。

- a. 仙台市宮城野区七北田川河口付近では、直接津波を被って壊滅的被害を受けた。
- b. 七北田川河口付近。瓦礫が散乱している。
- c. 岩沼市の海岸沿いの道路。樹木が陸側に傾倒している。
- d. 岩沼市の特別養護老人ホームの被害状況。
- e. 阿武隈川河口左岸側における破壊された防潮堤。
- f. 亘理町鳥の海近傍の津波によって破壊された防潮堤。

（図版 6-h）。国道45号線沿いの志津川病院や郵便局も、屋内が津波で流されてきた瓦礫や土砂などで充填されている様子が見られた（図版 7-a、b）。しかし、湾岸にある4階建てのマンション（町営松原住宅）は3階まで窓ガラスが割れていたものの、建造物自体は頑丈にそのままに残っていた（図版 7-c）。<sup>(14)</sup>各部屋の玄関にはドイツの救助隊が内部を探索したとみられる「AUS」（中に人がいないことを確認した意）の文字が、黄色のペンキで記されていた（図版 7-c）。

志津川地区沿岸部では満潮時に、地盤沈下による冠水が発生していた。袖浜にあった漁業協同組合の船着き場や南町の八幡川河口付近で、その影響が見られた（図版 7-d、e）。

町中の商店は流されてしまったものの、仮店舗による営業や車による移動販売が再開され、町民の生活を支えていた（図版 7-f）。

### 3-9 宮城県石巻市北上川河口付近

調査日：平成23年7月2日

宮城県石巻市釜谷では、新北上大橋が津波によって1/3ほど損壊した（図版 8-a）。平成23年7月2日の調査時点ではまだ復旧していなかったが、平成23年10月に再び開通している。新北上大橋の右岸側から長面方面へ少し下ったところに多くの児童が犠牲になった大川小学校がある。調査当日はまだ全国の警察が応援にかけつけ、行方不明者の捜索が行われていた。また小学校周辺の新町裏の集落は跡かたもなくなっていた。

新町裏の集落から長面方面へ向かって進むと、谷地中付近でかつての田園地帯が一面海水に覆われた浅い海の光景に出会った（図版 8-b）。北上川河口では釜谷以東の長面地区が広域的に地盤沈下している様子で、盛り土で造られた道路を利用して、その先にある集落の復旧にあたるダンプカーが行き

来していた（図版 8-c）。谷地中には仮の堤防が築かれ、それより内陸に海水が浸入しないようにされていた。

### 3-10 宮城県牡鹿郡女川町

調査日：平成23年 7 月 2 日

宮城県牡鹿郡女川町は宮城県内の太平洋沿岸に隣接する町の一つであり、女川湾と五部浦湾の 2 つの入江を持つ。本調査では女川湾に面する女川町の市街地を訪れた。女川町における被害の最も大きな特徴は、いくつかの鉄筋コンクリートの建造物が根こそぎ横転していることである（図版 8-d）。横転の原因については、地震による地盤の液状化が指摘されている<sup>(15)</sup>。しかし川辺ほか<sup>(16)</sup>（2013）は女川町で大規模な液状化が発生していないことを根拠に、他の要因が大きく働いた可能性を述べた。東京大学地震研究所の都司嘉宣准教授は、女川町で破壊力の大きい射流が発生したことを分析した<sup>(17)</sup>。平成東日本大津波によって発生した特に破壊力の強い射流が鉄筋コンクリート建造物を横転させた主要因ではないかと推察される。またビルや家屋のほか、石油タンクも倒壊していた（図版 8-e）。

女川町でもやはり調査時には、地盤沈下の影響で冠水している箇所が見られた。この時の冠水の深さは25cmだった（図版 8-f）。女川町もほとんど壊滅状態で、高台にあり避難場所ともなっている女川町地域医療センターの 1 階まで津波の水流が達していた。またそのもとにあるビルの 5 階までが津波によって浸水し、周辺では複数の建物が横転していた（図版 8-g, h）。

### 3-11 宮城県仙台市宮城野区

調査日：平成23年 7 月 3 日

宮城県仙台市には平坦な沖積平野が広がっている。訪れたのは仙台市宮城



# 図版10



図版10 福島県相馬市(a-d)および宮城県白石市(e-f)における被害状況。

- a. 相馬市松川浦の南における住宅地の被災状況。
- b. 相馬市松川浦周辺の住宅。地震動により屋根瓦が一部ずれている。
- c. 福島県相馬市松川浦の砂州。写真右が陸側。樹木が陸側へ傾倒している。
- d. 地震によって破壊された松川浦の砂州上の道路。
- e. 宮城県白石市鷹巣東の道路で見られた液状化によるマンホールの突出。
- f. 宮城県白石市白石蔵王駅北東の住宅地における液状化によるマンホールの突出。



野地区の七北田川河口地域である。この周辺には宮城野区蒲生の住宅地があったが、海浜に隣接していたために大きな被害を被っていた（図版 9-a）。七北田川の河口付近は津波の押し波や引き波によって、砂質な堆積物とともに瓦礫が散乱していた（図版 9-b）。河口付近の集落には、津波から避難できる高台や高層の建造物は見られなかった。

### 3-12 宮城県岩沼市・阿武隈川河口・亶理郡亶理町

調査日：平成23年 7 月 3 日

仙台空港南方の岩沼市の海浜地域には松の並木が続くが、松の木はほとんど陸側に傾斜していた（図版 9-c）。また岩沼市の海浜道路脇には老人ホームがあり、建造物は大きな被害を被っていた。幸い職員の敏速な対応により、犠牲者は出なかったという<sup>(18)</sup>（図版 9-d）。

岩沼市の阿武隈川河口左岸側では防潮堤が津波によって破壊されていた。河口に津波の水流が集中したことにより、防潮堤が破壊されたとみられる（図版 9-e）。亶理町鳥の海の砂州の南側に施されている防潮堤は、長距離にわたって断続的に破壊されていた（図版 9-f）。

### 3-13 福島県相馬市松川浦周辺

調査日：平成23年 7 月 3 日

相馬市は福島県北部の沿岸地域にあり、その北部には松川浦が南北約 2.5kmの砂州で区切られた潟湖を形成している。松川浦の沿岸砂州の付け根にあった大洲集落は津波の被害が大きく、住宅はほとんど破壊され、調査を行った平成23年 7 月 3 日時点では家屋の基礎枠が残っているだけであった（図版 10-a）。また地震そのものの揺れの被害もあったようで、津波による直接的な被害が少ない場合でも、家屋の屋根瓦が乱れている地域があった

（図版 10-b）。松川浦の砂州は、地震前は松並木の有名な公園であったが、津波はこの松を内陸側にすべて傾倒させている（図版 10-c）。松川浦の砂州上の道路は津波もしくは液状化によって破壊され、通行できなくなっていた（図版 10-d）。

### 3-14 宮城県白石市白石蔵王

調査日：平成23年11月11日および14日

東北地方太平洋沖地震によって、太平洋沿岸地域での津波被害が非常に大きかったために、内陸部における被害の様子があまり伝わってこなかった。筆者らが11月に再調査に訪れた際、宮城県白石市において、地震動による液状化の痕跡が目についた。新幹線の白石蔵王駅近くでは、液状化による地面のうねりやマンホールの地上への突出が見られた（図版 10-e、f）。

## 4. 多様な被害の大きさとこれからの課題

東北地方太平洋沖地震による津波と液状化の影響は、広範囲の様々な地形・地盤におよんでおり、その結果、被害状況も多種多様な様相を見せている。ここでは地震動による液状化被害と津波による被害について、調査結果に基づきそれぞれ総括する。

### 4-1 液状化被害

千葉県浦安市では、地震動による地盤の液状化が最も大きな被害として確認された。被災状況としては、歩道の段差、道路表面のうねり、マンホールの地上への突出、地割れなどが顕著であった。浦安市の臨海部は浅い海を埋め立てて造成された人工地盤であり、埋め立てに用いられた堆積物は締まっ

ておらず、地下水位も高いため、液状化が最も起こりやすい地盤である。

一方、東北地方の内陸地に位置する宮城県白石市でも住宅地において液状化によるマンホールの地上への突出が見られ、その周辺では道路面にうねりが見られた。これらのことから地震動による液状化は、臨海地帯の軟弱な埋め立て地盤に限らず、内陸の山間盆地でも堆積物の粒径・淘汰度・地下水位の高さなどの条件に応じて、発生することが分かった。

#### 4-2 三陸地域の高台および仙台平野における津波被害と非難場所

本調査では三陸海岸において、いくつかの高台を訪れた。岩手県野田村の野田港にある御台場公園は、漁港のすぐ背後にある小山の高まりで、階段をのぼり詰めた広場が高台避難場所となっている（図版 2-a）。津波警報が出た際には、漁港にいた人々は数分で高台避難場所に逃げるができる。ここでは平成東日本大津波によって、地上からの高さ6.51mまで斜面を遡上した。地形図上から読み取れる高台の標高は約20mであり、津波は高台の上までは達しなかった。

岩手県宮古市田老地区は津波防災の町として、防潮堤だけにとどまらず、人々が町のどこにいても高台避難場所へ短時間で避難できるように整備されていた。いくつかの高台があるものの、標高十数m程度の比較的低いところにある館が森集落であっても、市街地の標高よりもわずかに高いことで被害が軽減されており、標高が上がるにつれて家屋損壊の程度が小さくなっている。田老地区の場合は防潮堤による減災効果や地形による津波の勢いの違いもあり、一概には言えないが、少なくともわずか数mの違いで、被害の大きさが変わる一つの例と考えられる（図版 3-b）。

岩手県釜石市浜町にも北側に小山があり、この山腹に津波避難場所として小道が設けられていた（図版 5-a、b）。テレビの報道でもこの避難場所か

らの映像があり、ここへ避難した住民は助かっていた。この避難場所の標高は地形図では20～30mである。

宮城県南三陸町志津川地区では、北側に山があり、上の山公園などの高台避難場所があった。上の山公園では高台の標高が記されており、16.16mであった。この公園には津波の水流が達しており、公園の柵がねじ曲げられていた（図版6-d）。また、志津川地区西部の廻館にある老人ホームは標高が十数mの高台にあるものの、被害を被っている。しかしその上位にある標高20数mの高台にある志津川高校では被害はなく、ここに避難した住民は助かっている。志津川地区では谷を遡って津波流の達した標高が、ほぼ15～20mの範囲に入っており、高台での被災の有無と津波浸水高がほぼ一致することが明らかになった。

宮城県女川町には標高16mの高台があり、そこには女川町地域医療センターが建てられていた。しかし津波の襲来により1階部分が1.5m浸水したという<sup>(16)</sup>。また、この高台の南側の道路を石巻市市街地の方向にしばらく進むと、標高15mの峠があり、峠の頂部にあるコンビニエンス・ストアも約1.3m浸水したという<sup>(19)</sup>。

これら三陸地域の高台と津波の遡上・浸水の様子から、高台避難場所といえども一様に安全なわけではなく、標高の低い高台から高い高台まであり、津波の浸水高や遡上高によっては、低い高台では大きな被害を受けるところがあることが分かる。

三陸海岸地域の場合、背後に山や丘陵が迫っている地域が多く、津波警報を認識してから山腹の高台まで避難するのに、それほど時間がかからない地域が多い<sup>(20)</sup>。対照的に仙台平野の海岸に隣接する集落では、避難に適する建造物が見られない地域が多かった。仙台市宮城野区の七北田川左岸では壊滅的被害を受けていたが、津波から逃れられそうな頑丈で高い避難ビルが見当

たらなかった（図版 9-a）。海岸平野という地形的制約から、自然地形としての高台が沿岸部には存在しない。国の地域防災計画の手引きでは、津波から避難する際に自動車を使うことは、渋滞などによる逃げ遅れを防ぐために原則禁止されていたが、津波避難ビルがない場合は、自動車を使つてはいけないとは簡単には言えないのが現状である。<sup>(21)</sup> 周辺に自然地形の高台がないような平野部の場合、ショッピングモールなどのような大型建造物も含め、南三陸町にあった頑丈な津波避難ビルが防災上必要と考えられる。

以上のことから、津波の避難場所のあり方は、三陸地域と仙台平野で大きく異なる。各地域によって標高値などの地形条件を正しく認識することが、今後の防災に必要であり、それぞれの地形の特性について地形発達史を含めて考える必要がある。

#### 4-3 植生や構造物に反映されている津波の流れの方向

津波の被害を受けた地域では、植生の傾倒や構造物の倒れた方向が津波の水流の動きを考察する際に重要な証拠となる。

本調査で観察されたものの中で、主に引き波の所為で海の方に倒れたものとして、岩手県久慈市久慈川河口で見られた「津波高波注意」と記された看板（図版 1-e）、宮古市重茂姉吉の溪流壁面に見られた樹木の傾倒方向（図版 4-g）、女川町での倒壊したコンクリート建造物の向きが挙げられる。これらのうち女川町の倒壊建造物は陸側と海側に向いているものの両方があるが、海側に向いているものは少なかった。津波が来襲して倒壊後、引き波によって回転して海側に向いた可能性がある。

観察された中で、逆に押し波の所為で陸側に向いて傾倒・倒壊しているものの例として、岩手県久慈市久慈川の堤防で陸側に傾倒した欄干（図版 1-f）、岩手県野田村・宮城県岩沼市の海岸道路・福島県松川浦の海岸道路に

おける松の木の傾倒（図版 2-c、図版 9-c、図版 10-c）、岩手県宮古市田老町の防潮堤上の街灯（図版 3-d）、女川町の倒壊建造物が挙げられる（図版 8-d、h）。

これらのように、調査時には陸側・海側に向いて傾倒・倒壊しているものが数多く見られ、陸側に向いているものは津波流の押し波、海側に向いているものは津波流の引き波によるものと推測できる。本稿に挙げているものはごく一部であるが、いたるところに津波流の方向を記録しているものが現地で見られた。これらを丹念に調べることで、津波来襲時の津波流の動きを知る大きな手掛かりとなると同時に、押し波だけにとどまらず、引き波も相当なエネルギーの流れがあることがうかがわれる。

また防潮堤の周囲では、陸側に洗掘された溝が防潮堤に沿って認められるものが多かった。津波の防潮堤を超えた水が射流によって陸側の路面を洗掘したと考えられ、青森県東岸の人工浜堤を例に、根本・箕浦<sup>(22)</sup>が指摘している。本調査では野田村において、防潮堤の破堤箇所付近で著しい洗掘の跡が観察され、破堤後もその周辺では引き波の津波流によって一層洗掘が進んだとみられる。

自動車や漁船などは浮力が働くため、内陸奥地にまで流されることがある。南三陸町新井田では山間部の谷の奥まで漁船が流され、津波流がここまで来たことを示す決定的な証拠となっている（図版 6-a）。また、南三陸町志津川地区天王前では3階建ての建物の屋上に車が載っていたが、これは津波流に対して自動車に浮力が働き、流されて乗り上げた例である（図版 6-b）。また漁船や瓦礫は宮古市田老地区の防潮堤に擦痕を残しており、これらの向きも津波流の方向を解析する手掛かりとなる（図版 3-f）。

以上のことから、津波流は押し波、引き波ともに大きな被害を与えており、いたるところに流れの方向の証拠を残している。また瓦礫や津波堆積物は津

波の特性を解析する手掛かりとなるが、復興が進むにつれ瓦礫や堆積物が除去されていくので、津波堆積物の調査は、津波の後、なるべく早い段階で行われることが望まれる<sup>(23)</sup>。

#### 4-4 地盤沈下による冠水

本調査では沿岸地域において、地盤沈下による冠水にたびたび遭遇した。岩手県釜石市、宮城県南三陸町志津川地区、宮城県石巻市北上川河口周辺、宮城県女川町といった、岩手県南部から宮城県北部にかけての沿岸地域で見られた。

いずれの冠水も満潮時に顕著で、南三陸町志津川の南町では、午前中に自動車を入れたが夕方方の満潮時には冠水し、進入できなくなっていた（図版7-e）。石巻市北上川河口付近の釜谷谷地中以東では、水田地帯が広域的に冠水しており（図版8-b、c）、調査当日、満潮時には戻れなくなる可能性があることを警察官から伝えられた。テレビや新聞の報道のみでは地盤沈下の規模や程度が伝わりにくい、かなり広い範囲で冠水し、深刻な状況であることが分かった。本調査では確認されなかったが、宮城県仙台平野の沿岸部では、かなり広域的に数十cmの地盤沈下が起こっていることが報告されている<sup>(24)</sup>（風間、2012）。

### 5. おわりに

本稿では限られた調査期間の中で筆者らが調査できた範囲で、東北地方太平洋沿岸の津波被害および浦安市と白石市での液状化被害の状況を報告した。それぞれの被害状況は、それぞれの場所における地形条件によって大きく異なることを示していた。それぞれの町にそれぞれの生活があるために、単純

に高台へ集団移転するわけにはいかないようである。<sup>(25)</sup>各地域に合った形でそれぞれの町が復興し、被災された方々の早い復帰を願う。そして本稿での調査結果が、将来の減災の一助になれば幸いである。

## 謝 辞

本研究を進めるにあたり平成23年度大谷大学研究資料費を一部使用した。平成23年10月には、筆者らを含めた有志の調査団が被災地を広域的に調査した。その際に、津波災害については奈良大学の池田 硯名誉教授に、また防潮堤の被害については国土問題研究会の開沼淳一氏に、そして津波堆積物については京都大学の志岐常正名誉教授、山形大学の川辺孝幸教授、土質工学株式会社の橘 徹博士に、それぞれ現地にて有益なご意見をいただいた。現地調査時には被災地の方々から津波襲来時の様々な情報をいただいた。三陸鉄道株式会社旅客サービス部には、北リアス線の復興状況について取材に応じていただいた。大谷大学文学部の Albrecht Decke = Cornill 教授にはドイツ語要旨を校閲していただいた。これらの方々に関心より謝意を表する。

## 引用文献および註

- (1) 気象庁 [編] (2011): 地震・火山月報 (防災編)。平成23年3月号: 57-148。
- (2) Yoshida, Y., Ueno, H., Muto, D. & Aoki, S. (2011): Source process of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake with the combination of teleseismic and strong motion data. *Earth Planets Space* **63**: 565-569.
- (3) 気象庁 [編] (2011): 地震・火山月報 (防災編)。平成23年4月号: 322-332。
- (4) 国土交通省関東地方整備局・公益法人地盤工学会 (2011): 東北地方太平洋沖地震による関東地方の地盤液状化現象の実態解明 (報告書)。1-65。
- (5) 首藤伸夫・今村文彦・越村俊一・佐竹健治・松富英夫 [編集] (2007): 津波の事典。350ページ、朝倉書店、東京。
- (6) 都司嘉宣・佐竹健治・石辺岳男・楠本 聡・原田智也・西山昭仁・金 幸隆・



- 上野俊洋・室谷智子・大木聖子・杉本めぐみ・泊 次郎・Mohammad Heidarzadeh・綿田辰吾・今井健太郎・Byung Ho Choi・Sung Bum Yoon・Jae Seok Bae・Kyeong Ok Kim・Hyun Woo Kim（2011）：2011年東北地方太平洋沖地震の津波高調査。東京大学地震研究所彙報、第86号第3/4冊：29-279。
- （7） 原口 強・岩松 暉（2011）：東日本大震災津波詳細地図、上巻・下巻。167ページ（上巻）、97ページ（下巻）、古今書院、東京。
- （8） 読売新聞、平成24年11月13日付朝刊。
- （9） 浦安市液状化対策技術検討調査委員会（2011）：東日本大震災への対応。第1回委員会資料1－4：1-18。
- （10） 三陸鉄道株式会社旅客サービス部への電話取材による。
- （11） 山下文男（2003）：三陸海岸・田老町における「津波防災の町宣言」と大防潮堤の略史。歴史地震、第19巻：165-171。
- （12） 読売新聞、平成23年3月30日付朝刊。
- （13） 東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループが平成23年にウェブ上に公開した速報データに基づく：<http://www.coastal.jp/ttjt/index.php>。
- （14） 町営松原住宅では、4階の窓ガラスが残っていたものの、4階屋上まで津波が達したことが証言されている（河北新報、平成23年10月3日）。
- （15） 田村修次（2012）：東日本大震災の津波による建築被害。京都大学防災研究所年報、第55巻：181-191。
- （16） 川辺孝幸・池田 硯・橋 徹・鈴木寿志・三上 禎次・開沼淳一・志岐常正（2013）：2011年東日本大震災津波災害調査報告。月刊地球、第35巻：2-15。
- （17） 読売新聞、平成23年3月23日付夕刊。
- （18） 社団福祉法人ライフケア赤井江のホームページによる：<http://www.akaikoh.or.jp/publics/index/13/>。
- （19） 地元の方からの聞き取り調査による。
- （20） もちろん高台までの距離と避難に要する時間は地域によって大きなばらつきがあることには、充分に配慮する必要がある。
- （21） 平成23年9月の国の中央防災会議では、津波からの避難の際に「原則自動車禁止」から「原則徒歩」と表現を改め、車による避難を全く禁止しないように変更する方針が議論された。
- （22） 根本直樹・箕浦幸治（2012）：射流による人工浜堤の破壊——青森県東岸に

おける東北地方太平洋沖地震による津波被害の例——。地球科学、第66巻：209-210。

- (23) 大きな災害が発生した際は、もちろん人命救助が最優先されるべきである。しかし、災害発生直後でなければできないような調査対象もあるので、そのような場合に科学的調査がどの程度優先されて行われるべきか、研究者が常に頭を悩ませるジレンマである。
- (24) 風間基樹（2012）：2011年東北地方太平洋沖地震による地盤災害と復興への地盤工学的課題，東日本大震災に関する技術講演会論文集——巨大地震・巨大津波がもたらした被害と教訓——：41-66。
- (25) たとえば、元田良孝（2011）：強制すべきでない高台移転——現地復旧の道を残すべし——。交通工学、第46巻第5号：5-6。