

## 東北地方太平洋沖地震における浦安・名取の液状化にみる

### 津波避難への影響についての一考察

Review of Liquefaction in Urayasu and Natori Cities in the 2011 off the Pacific Coast of  
Tohoku Earthquake and Some Notes on Tsunami Evacuation

村上ひとみ 1)・小山真紀 2)・高田和幸 3)・久保田智貴 3)

1)山口大学・2)岐阜大学・3)東京電機大学

Hitomi Murakami 1), Maki Koyama 2), Kazuyuki Takada 3), and Tomoki Kubota 3)

1) Yamaguchi Univ., 2) Gifu Univ., and 3) Tokyo Denki Univ.

#### (和文抄録)

筆者らは、津波避難において移動手段の選択条件と自転車避難の課題を明らかにするため、南海トラフの津波に備える宮崎市において、避難先と避難手段の意向アンケート調査を実施し、住民参加の自転車避難の社会実験を行っている。一方で、宮崎市檜地域は液状化リスクが高いことから、地震後は地盤から砂や水が噴き出し、自転車や車の走行が困難になる懸念も多い。そこで、東日本大震災において激しい液状化被害を受けた浦安市の液状化発生の間経過と道路被害について、文献調査及び 2019 年 7 月～8 月、現地でのヒアリングを行い、舞浜三丁目自治会の復興プロジェクトで実施のアンケート資料を活用し、液状化の噴砂・噴水の時間経過を検討した。また、名取市閑上地区で地震直後撮影された写真集をもとに、液状化発生の間経過を整理した。液状化は地震の強いゆれからしばらく後に発生すること、液状化分布には地盤と道路条件により偏りがあることから、道路状況をみながら移動手段と避難先を柔軟に選ぶ必要があり、その備えが重要である。

#### (Abstract)

The authors conduct joint research on means of transport for tsunami evacuation and potential of bicycle uses in Miyazaki city facing Nankai Trough tsunami hazard. However, Aoki area of Miyazaki city has high liquefaction risk as many other cities located in alluvium plain, and in such cases, evacuation by cars and bicycles would be difficult. In this study, we conducted field hearing survey in Maihama area, Urayasu city severely damaged by liquefaction in the 2011 off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake. Questionnaire data locally obtained about time and location of liquefaction occurrence are examined. Also, photos taken right after the earthquake by local resident (Kosai, 2011) in Yuriage district, Natori city are examined to derive timeline of liquefaction before the tsunami hit. Liquefaction tends to occur some time after strong earthquake shaking, and severity of sand and water blowing may differ by local soil conditions and construction level of roads, so that evacuation plan should be flexible for people to choose bicycle evacuation to safer inland or hill places or on foot evacuation to nearby tsunami evacuation buildings.

#### 1. はじめに

筆者らは、南海トラフ巨大地震で津波リスクが高く津波避難ビルなどソフト対策を進めている宮崎市におい

て、自転車利用の津波避難の課題について共同研究を実施している。宮崎市檜地域において避難先と避難手段の意向について、アンケート調査を実施し、徒歩避難と並んで自動車避難の意向が強いこと、自転車避難の意向も 20%程度あることがわかった(野崎・村上, 2019)。一方で、同地域は液状化リスクが高いこと、PL 値 35~50 のエリアが広がり、一部 50 以上の箇所も点在していることから、地震後は砂や水が噴き出し、段差が生じるなど、車や自転車の走行が困難になる恐れも高いことが指摘されている(村上, 2015)。宮崎市に限らず、南海トラフの巨大地震による津波危険地域は沖積平野に広がり、液状化危険も高い地域が多いことから、液状化が津波避難に及ぼす影響について検討することは重要である。

そこで本研究では、地盤工学分野で液状化問題に詳しい研究者、若松加寿枝(関東学院大学)、安田進(東京電機大学)、兵動正幸(山口大学)らから、液状化と避難への影響についてアドバイスをを受けた上で、東日本大震災において激甚な液状化被害を受けた浦安市の被害状況について情報収集を行った。同市舞浜三丁目での現地ヒアリングを実施し、舞浜三丁目復興 M3 プロジェクトで実施されたアンケート他の資料の提供を受けて、液状化発生の時間帯、地理的分布を検討する。加えて、東日本大震災で 8mを超える津波に襲われた名取市閑上地区で撮影時刻と共に地震直後から液状化の様子が確認できる写真集(小齋, 2011)をもとに液状化の時間経過と自転車避難の経緯を紹介し、津波避難への影響を考察する。

## 2. 浦安市舞浜地区の液状化被害状況

### (1) 被害概要と地震動の強さ

浦安市資料「東日本大震災への対応」(2011年7月22日)による、浦安市の液状化被害を表1に示す。浦安市の人口は164,810人、世帯数71,233(2011年2月末、住民基本台帳)より、被災世帯は52%、応急危険度調査の対象は12.5%となった。

浦安市における強震記録(K-net CHB008)は、本震(3月11日14:46)で最大加速度が157gal、最大速度が27kineと小さいが、50~200secにかけて主要動を有する継続時間の長い特性があった。最大余震(3月11日15:15発生茨城沖、Mw=7.7)より液状化がさらに拡大したことが報告されている(浦安市液状化対策技術検討調査委員会報告書、2012)。

千葉県環境研究センター(2011)の第4報より、浦安強震観測点(CHB008)の記録は以下のとおりである。本震時、計測震度5.2(震度5強)で、トランスバース成分の速度が最大29cm/s、最大加速度157cm/s/s。余震時(記録開始時刻15時13分16秒)、計測震度4.6(震度5弱)、トランスバース成分の速度15.5cm/s、最大加速度77.5cm/s/s。

なお、千葉県旭市(2012)の報告によれば、旭市に襲来した津波の第一波は3月11日15:50頃であったが、最大波は推定同日の17:20頃到達した。最大津波高痕跡は7.6mとなり、死者13人、行方不明者2名の人的被害、全壊家屋336世帯の被害が発生した。液状化現象による土地被害は住宅地域474ha、農地400haに及んだ。旭市萩園(旧飯岡町役場敷地内:千葉県防災危機管理課が管理、千葉県環境研究センターがデータ化)では、著しい液状化一流動化現象が発生し、本震時には計測震度5.0(震度5強)、最大速度は、ラディアル成分の21cm/s、最大加速度は186cm/s/s。最大余震時(記録開始時刻15時15分15秒)には計測震度5.2(震度5強)、最大速度はラディアル成分の28cm/s、最大加速度239cm/s/sと報告されている。

### (2) 液状化の地理的分布

浦安市は1970年代に埋め立てが進み、地形図今昔サイトで、その著しい埋め立てエリアの拡大、都市化、市街化の進行が確認できる(図1)。国土地理院ウェブサイトでも、年代を経て埋め立てが進み、市街地が拡大した経緯が確認できる(<https://www.gsi.go.jp/kanto/photo03.html>)。

表1 浦安市の液状化被害

被災者数	96,473	人
被災世帯数	37,023	世帯
液状化面積	1,455	ha
下水管破損地区面積	820	ha
応急危険度調査対象	8,878	戸
道路の被害延長	111.8	km

梶原・他(2016)によれば、液状化による住宅被害の激しかった舞浜3丁目のPL値は 5~10 程度と比較的小さく、住宅地域は他の地域に比べて液状化判定に利用できるボーリングデータが少ないことが影響しているとのことである。



図 1 地形図今昔にみる浦安の地形図(左: 1975~1978 年代と右: 現在)比較

[http://ktgis.net/kjmapw/kjmapw.html?lat=35.641778&lng=139.899316&zoom=14&dataset=tokyo50&age=5&screen=2&scr1tile=k\\_cj4&scr2tile=k\\_cj4&scr3tile=k\\_cj4&scr4tile=k\\_cj4&mapOpacity=10&overGSITile=no&altitudeOpacity=2](http://ktgis.net/kjmapw/kjmapw.html?lat=35.641778&lng=139.899316&zoom=14&dataset=tokyo50&age=5&screen=2&scr1tile=k_cj4&scr2tile=k_cj4&scr3tile=k_cj4&scr4tile=k_cj4&mapOpacity=10&overGSITile=no&altitudeOpacity=2)

表 2 液状化—流動化現象の地表での被害の現れ方による区分(出典:千葉県環境研究センター、2011)

タイプ名	液状化—流動化現象の地表での被害の現れ方
Aタイプ	<ul style="list-style-type: none"> <li>多量の噴砂がみられる。</li> <li>道路は大きく波打ち鉛直方向に 30cm以上の凹凸や段差がみられる。道路わきのU字溝は波打っていたり破損したりしている。</li> <li>戸建て住宅などの低層の構造物は大きく傾いたり沈みこんだりしている。</li> <li>電柱や塀は大きく傾いたり数十 cm 以上沈み込んだりしている。</li> </ul>
Bタイプ	<ul style="list-style-type: none"> <li>噴砂がみられる。</li> <li>道路は波打ち鉛直方向に 10~20cm 程度の凹凸や段差がみられる。道路わきのU字溝の一部は破損している</li> <li>戸建て住宅などの低層の構造物は傾いたり沈み込んだりしている。</li> <li>電柱や塀は傾いたり 10~20 cm程度沈み込んだりしている。</li> </ul>
Cタイプ	<ul style="list-style-type: none"> <li>噴砂がみられる。</li> <li>道路は数cm程度のわずかな波打ち・沈下や亀裂がみられる。</li> <li>戸建て住宅などの低層構造物は外見からはほとんどわからないが、傾いたり、沈み込んでいるものもある。</li> <li>電柱には沈降や傾きはほとんどみられない。少ないもののレンガ塀などが少し傾いていることがある。</li> </ul>
Dタイプ	<ul style="list-style-type: none"> <li>噴砂はみられない。</li> <li>道路は亀裂や凹凸などはみられない。</li> <li>家は沈み込みや傾きなどはみられない。</li> <li>電柱・塀は沈み込みや傾きはみられない。</li> </ul>

平・他(2012)によれば、浦安市は 1965 年以前に埋め立て造成された仲町・新町と、それ以前に村落があつ



た元町に区分される。本報告の対象とする浦安市舞浜 3 丁目は、戸建て住宅 540 戸ほどが整然と並ぶ住宅地であり、京葉線舞浜駅から徒歩 10 分圏と利便性高い。昭和 40 年(1965)から埋め立て造成され、住宅の販売は平成元年(1989 年)頃から開始された。2011 年東日本大震災で、70%の家が半壊もしくは大規模半壊となった。

千葉県環境研究センター(2011)によれば、浦安市の埋立地での液状化―流動化現象による地表でみられる被害の状況、現象のタイプを表 2 の区分に分けた。この文献の図(浦安市の埋立地での液状化―流動化現象による地表でみられる被害の状況)をみると、舞浜3丁目の被害分布は、Aタイプが見明川に沿った北東部に島状にみられ、Bタイプが見明川に沿って線状領域と町内の西側に広がり、Cタイプは残りの多くの面積に広がり、タイプDが首都高速湾岸線高架の近くに局所的にみられることがわかる。表 2 から、液状化のAタイプの道路状態では自動車の走行も自転車の走行も不可能であり、Bタイプの道路状態では、自動車も自転車も走行は困難と思われるが、Cタイプの道路状態であれば、自転車はゆっくり走行し、危険箇所を押して通ることができると思われる。Dタイプであれば自転車走行に支障ない。

石川・他(2012)は、浦安市入船地区で本震と余震直後の噴砂の発生地点、噴水の発生時間他についてアンケート調査(有効回答 55 件)を実施した。それによれば、本震後の噴水・噴砂時間は、直後が 39%、5 分後までが 23%、10 分後までが 23%、15 分後までが 6%、20 分後までが 10%とある。ただし、噴水が始まっても最初は路肩から徐々に広がり、すぐに道路通行が困難になるわけではない様子が見られる。

### 3. 舞浜三丁目での現地ヒアリング結果

#### (1)ヒアリング概要

地震から 8 年経過の 2019 年 7 月と 8 月、2011 年の地震当日の液状化状態と道路状況について住民の体験を聞くため、舞浜三丁目においてヒアリング調査を実施した。7 月 6 日に筆者らのうち村上・小山が担当して、住民の話聞いた。以下に概要をまとめる。また、8 月 9 日には村上・高田・久保田が舞浜三丁目自治会役員から M3 プロジェクトの経緯、アンケート調査の内容、復興状況について説明を伺った。



写真1 道路に対して歩道と宅地が後ろに沈んでいる 写真 2, 3 地震から 8 年経過して道路改修工事中

#### (2)ヒアリング事例

- ・女性 60 代くらい：地震から 2 時間後、自転車で買い出しに行った。見明川小、弁天を超えて、富岡方面。スーパーは閉まっていて、コンビニが開いていた。飲み物や菓子類を買って、通れる道を探しながら戻った。道路によっては液状化でひどく、通れない状態。舞浜3丁目の入口はアスファルトが盛り上がり、車も通れず。自転車は利用できるかと思う。図 2 の地図にこの女性の買い物ルートを仮に直線的に描く。なお、詳しい経路は聞き取っていない。
- ・男性70代くらい：家は少し傾斜、直していない。水・砂は 5 軒くらい先から出たが、うちはあまり無かった。信



号入口のところ、30 cmくらい水たまり。車は段差で危険。自転車は気を付けて乗れば使えるのではと思う。

・女性30代くらい：地震の日、体調不良で、自宅にいてしばらく外に出ていない。床下から水道管が破裂したような激しい水流の音を聞いた。

・男性70代くらい：液状化対策として、公共事業できちんと取り組むべき。

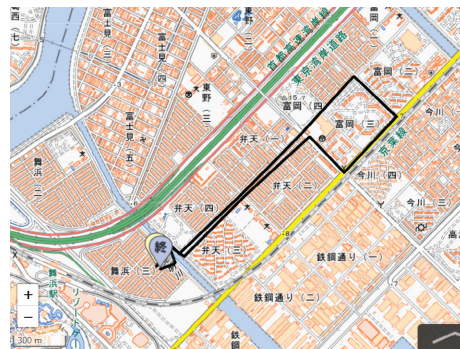


図 2 女性 60 代の自転車買い物ルート概略(地図出典:電子国土)

### (3) 舞浜三丁目自治会長・M3 プロジェクト責任者との意見交換

液状化の激しい場所で、自転車の避難は厳しい。自動車も砂水が深く堆積するなか、スタックし、動けない車が多かった。雪道でタイヤが空回りして埋まるような状態。カーポートには砂が大量に噴出して車が沈んで、出せなくなったケースもあった。ただし、被害の激しい街路と比較的被害の小さい街路の差もあった。幹線道路は沼地を埋めたようなところでなければ、液状化に強い。舞浜の場合は津波危険がなく、火災発生もなく、緊急避難の必要はなかった。津波危険地域では、液状化に驚き、気を取られているうちに、避難が遅れる心配がある。自転車避難の良さは、まわりの人に声をかけやすい、「津波くる、避難急げ！」と声掛けできることだろう。液状化が発生したのち、大津波が襲来して避難行動が問題になったのが、千葉県旭市飯岡地区である。M3 プロジェクトでは飯岡地区の自治会と復興に向けて交流を続けてきた。

## 4. 舞浜 3 丁目復興プロジェクトとアンケート結果

### (1) 復興プロジェクト

浦安市舞浜三丁目では震災翌日、自治会内に設置した災害対策本部に様々な専門知識を持つ方が集まり、震災対策特別プロジェクト・チームが 3 月 26 日に発足した。呼称を「チーム Maehama3 丁目」、略して「チーム M3」となる。4 月 3 日の住民説明会で正式に発足し、「住民の方々に、今できる安全・安心についての情報提供」、「液状化再発防止のための行政・開発業者への協力要請」、「一時的に失われたこの街のヴァリューアップを目指す」ことを目的に活動を続けてきたとのことである(舞浜三丁目自治会広報誌, 2011)。地盤地質の専門分野からの調査分析結果は、平・他(2012)、森河・他(2012)に詳しい。

### (2) 舞浜三丁目液状化アンケート

舞浜三丁目自治会(M3 プロジェクト)により、復興に向けた液状化の実態と家屋被害のアンケートが 2011 年 3 月当時、実施された。その資料を 2019 年 8 月に同自治会から提供を受けている。質問内容は、(1)液状化を目撃したか、(2)それはどのようなものだったか、(3)土砂はどのくらい出たのか、の 3 問である。約 180 件の回収が得られており、今回、その回答原票のコピーを利用している。

M3プロジェクトの調査による液状化被害の地理的分布を図 3 に示す。北側に噴砂の多いベルト地帯がある、南側では中央部にまだら状に噴砂の多い場所があることがわかる(M3による調査とアンケート結果による)。

- 北側に噴砂の多いベルト地帯がある
- 南側では中央部にまだら状に噴砂の多い場所がある(M3による調査とアンケート結果による)

見明川

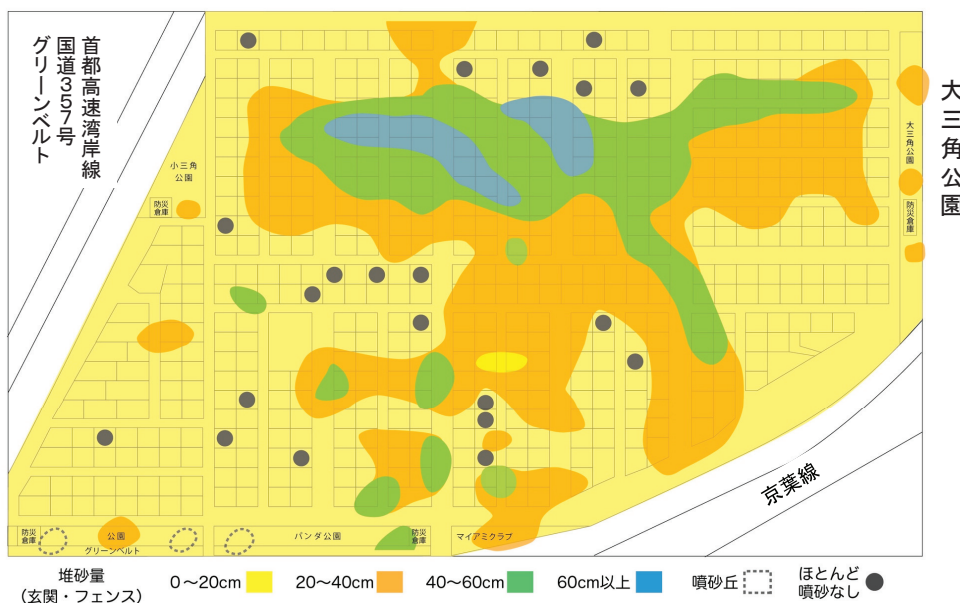


図3 舞浜3丁目の噴砂堆積量の分布(出典:平・他(2012)より引用)

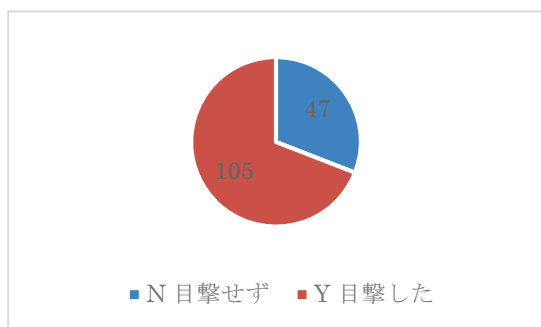


図4 液状化を目撃したか(n=152)

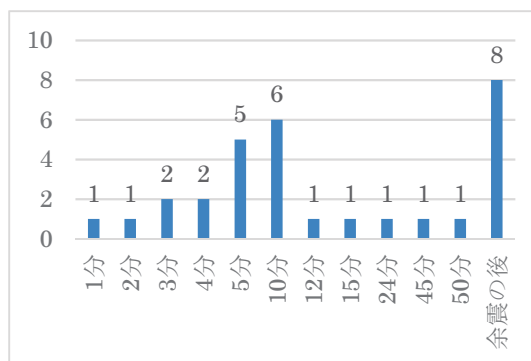


図5 液状化開始は地震後何分くらい(n=30)

M3プロジェクトのアンケート元票を見直し、「液状化を目撃したか否か」を図4に示す。180件のアンケート件数に対して、有効回答は152件で、そのうち69%が目撃している。「液状化開始は地震後何分ぐらいか」の分布を図5に示す。液状化を目撃していても、時間までは記載のない回答が多いが、30件についてはおよその時間がわかる。1/3は10分程度と答えており、その他、余震の後が8件(27%)と多い。余震は多く発生しているが、15時15分の最大余震で液状化が拡大したことが、千葉県環境研究センターの報告にもあり、本震後30分程度と思われる。

表3 舞浜3丁目における液状化のタイムラインの状況(出典:坂東巡礼歩きブログより編集)

14:46	地震発生
14:47	浦安で観測(max 174gal, 揺れの時間220秒)
14:56	泥水が噴出始まる
15:01	泥水が道路前面に
15:10	下水マンホール鉄蓋穴から噴出泥水
15:15	見明川沿い道路、車道は泥水で冠水
15:20	道路が盛り上がり通れない
15:21	泥水で道路完全に冠水、水道管の破損もあり 自転車を押す人
15:22	家が地盤沈下により傾き、車が泥水に浸かる
15:26	泥水で道路が完全冠水、地盤沈下、門戸倒れる

### (3) 舞浜地区の液状化時系列の写真

「坂東巡礼歩きの道」、ブログサイトより、浦安市・舞浜地区の液状化発生時の初期写真とその後が時刻と共に掲載されている。Yasuda, et al. (2012)では、このサイトの写真を撮影者から提供を受けて時系列の液状化発生を報告している。両文献をもとに、液状化のタイムラインを表 3 に示す。地震発生から約 15 分の間は、路肩から泥水の噴出が始まっても程度や範囲はまだ小さく、道路全体には及んでいないので、写真でみる範囲であれば、自転車の通行も何とか可能と思われる。15 時 15 分(地震から 29 分後)になると、最大余震も発生して液状化が再度起こり、規模やエリアが著しく拡大し、一気に道路状態が悪化したことがわかる。

## 5. 名取市閑上地区の液状化と津波避難事例

### (1) 地震直後の写真と液状化

東日本大震災の大津波により宮城県名取市閑上地区は地震から1時間6分後の 15 時 52 分頃、最大浸水深 8.05m(閑上漁港付近)の大津波が襲来した(名取市報告)。名取市の死者数は 884 人(人口 71,460 人、浸水地域の人口 12,155 人)に達した(村上、2014)。住民の主な避難先は閑上中学校・閑上小学校の3階と屋上や、車で向かった内陸方面であった。なお、名取市の計測震度は6強(6.17)であり、宮城県(2011)の震災前の地震想定報告で名取市閑上の PL 値は 10~12 程度と報告されている。

名取市閑上地区の写真集(小齋、2011)には、地元に住む筆者が地震発生前後から津波襲来の間に、自転車で移動しながら、閑上町内の様子を撮影した詳細な記録が残っている。写真の時刻と説明、写真から読み取れる液状化事象を表 4 に示す。写真のおよその場所を当時の住宅地図で確認し、図 6 に示す。撮影者の小齋氏は自転車で、港から 1.5km 余りの距離を必死に逃げて、閑上小学校にたどり着き、無事であった。



図 6 名取市閑上地区の震災当時の地図((c)ESRI Japan)と小齋写真集のおよその撮影場所(表 4 参照)



表 4 関上地区の小齋写真集の撮影時刻と写真説明・液状化状況 (2011年 3月 31日)

時刻	No.	写真説明／写真から読み取れる液状化事象
14:46	1	名取駅から関上に向かうバス車中で地震を体感。バスは走行継続。
14:55	2	水浸しになっているバス通り／水と土が一面に広がる
14:55	3	樋口呉服店付近 剥がれた壁が落ちている／地面に水
14:55	4	佐々圭付近／水・砂が片側車線に広がる
14:56	5	関上3丁目バス停付近、道路に異常無し
15:03	6	関上4丁目の自宅、傘立てが倒れている程度
15:08	7	山根屋、ガラスが割れて粉々に、路肩から水が広がる前
	8	自転車で街をまわる。近所の顔見知りの方が自転車に乗ってこちらに向かってくる。立ち話をする。地元
	9	の消防団にも属しているSさん。またこのあと会うことに。 自転車でまた近所をまわり始める。日頃お世話になっているKさん宅に行くが、誰もいなかった。入口脇 の電柱の根元からジワジワと水が湧き出ていた。
15:11	10	日和山公園 子供達とよく遊んだ公園／水があふれてあちこち広がっている
15:13	11	関上漁港／埠頭に段差・傾き
15:14	12	漁港西側の道路 左側に春食堂が見える／センターライン分離、砂や水が広がり、車の通行跡多数
15:19	13	名取川河口築堤 築堤の下の車が砂に埋まっている 関上水門、作業する方が自家発電機を起動させる手伝い。ウインチのある部屋から川（名取川）を見る
15:38	14	と、水位が低いのが一目で見てわかる。藤塚側も関上側も貞山彫りには船が入れないくらいになっていた。そして、貞山堀からもものすごい勢いで逆流していた。
15:46	15	関上水門 貞山堀
15:50	16	”津波” そして、沖合に大きな波を目撃。普段見える仙台市側の砂浜が見えなくなった 関上大橋関上側たもと それは、未曾有の津波 どう見ても普通ではない。ありえない津波だ。海の盛り 上がり方が尋常ではない。逃げよう！と一瞬で判断した。水門の係の方、堤防の方にも声をかけ自転車で
15:56	17	逃げる。バス通りにはガラスが散乱していたのを知っていたので、貞山堀沿いを開運橋方向に進む。途 中、貞山堀沿いにいた方にも「大きな津波が来た！逃げろ！」と声をかけながら逃げる。・・・

## (2) 津波の被害状況

筆者(村上)が行った名取市関上地区への初動調査(2011年3月31日～同年4月1日)により被害状況を写真4～9に示す。関上1丁目のバス通りにはまだ木造家屋や商店も1階部分を津波に破壊されながら、建物が残っていたが、関上2丁目のバス通りは家も流されてまばらになり、貞山運河を超えると頑強なRC造を除き、家は一切流されてあと形も無かった。関上2丁目の関上公民館は2階床近くまで津波が来て、関上中学校は1階黒板上部まで津波が来ていた。中学校のグラウンドには家や船、車が多数流されていた。



写真4 関上1丁目(撮影 2011.03.31、以下同じ) 写真5 貞山運河から関上3, 4丁目方面



写真6 閑上4丁目日和山公園周辺



写真7 閑上2丁目、閑上公民館



写真8 閑上中学校3階からグラウンド(撮影 2011.04.01、以下同じ) 写真9 閑上公民館から中学校方面



## 6. まとめ

液状化危険地域での自転車避難の可能性を確かめるため、2011年東北地方太平洋沖地震による浦安市舞浜三丁目の液状化被害の資料を収集し、舞浜三丁目自治会復興M3プロジェクトで実施のアンケートをもとに液状化の発生時間を集計し、地震後時間記録とともに液状化写真公開のブログサイトによりタイムラインを整理した。また、同地震で液状化ののちに津波に襲われた名取市閑上地区の時刻付き写真集(小齋、2011)をもとに、液状化の発生状況を整理した。

その結果、舞浜三丁目(約500戸)のエリアでも、砂水の噴出堆積状況は濃淡の差があること、液状化発生時間帯は、地震後10分～20分あたり、余震後の再液状化がみられたことがわかった。名取市閑上地区の事例では、路肩に水があふれて、水や砂が広がるのに20分程度経過しており、閑上2丁目～5丁目の範囲でも、場所により程度の差がみられた。

沖積平野に立地する津波危険地域でも、道路(幅員、高規格)を選べば自転車避難の可能性はあると考えられる。避難ルートを考えるため、事前に液状化危険の度合いを示す具体的なマップ公開が望まれる。

液状化の危険度は地盤のPL値で示されるにしても、揺れの強さ・継続時間と地下水の状況によるので、起きてみないと結果はわからない。最悪の事態を考えると自転車や自動車での避難は無理だと思われる。自転車が可能な状況なら利用し、難しそうなら断念する、自転車ケースと徒歩ケースの二つの手段を事前に考えることが必要と思われる。自転車が使えるならより安全なところへ、そうでない場合、厳しくても命は守れる避難ビルなど環境を選ぶことが大切である。

謝辞: 浦安市舞浜三丁目自治会長の伊能隆男氏、(独)海洋研究開発機構の平朝彦氏には当時の情報



提供や M3プロジェクトの貴重なアンケート活用について、大変お世話になりました。ここに記して謝意を表します。

## 参考文献

- 千葉県旭市：被災地あさひ 被災から復旧、そして復興へ、2011.3.11 東日本大震災の記録、2012、68pp.  
平成23(2011)年東北地方太平洋沖地震時の房総半島における液状化—流動化現象
- 千葉県環境研究センター、2011.12.20、第4報 千葉県内の液状化—流動化現象と詳細分布調査結果  
浦安地区でみられた液状化—流動化現象の詳細分布 地震のゆれ方と液状化—流動化現象の関係 千葉県市美浜区での人工地層及び沖積層の概略的な3次元分布と液状化—流動化現象の分布の概要(2020.01.15 閲覧) <https://www.pref.chiba.lg.jp/wit/chishitsu/ekijoukahoukoku/>
- 石川敬祐、安田進、萩谷俊吾：千葉県浦安市の液状化現象の発生状況調査、日本地震工学会論文集、第12巻、第4号(特集号)、2012、pp.56-64.
- 梶原和博・R. M. Pokhrel・清田隆・小長井一男：液状化による道路沈下量とPL値の関係に基づく新たな液状化危険度マップの構築、土木学会論文集 A1(構造・地震工学)、Vol. 72, No. 4(地震工学論文集第35巻)、I\_234-I\_240, 2016.
- 小齋誠進：写真集“その時、閉上は”平成23年3月11日東日本大震災、2011、81pp.
- 野崎紘平・村上ひとみ：南海トラフ地震における指定避難所・津波避難ビルの立地分析と住民避難意向に関する研究—宮崎市檜地域を事例に一、日本建築学会中国支部研究報告集、No. 42, pp.959-962, 2019.
- 舞浜三丁目自治会広報誌、トライアングル、第86号、2011年4月、15pp.
- 宮城県：宮崎県第4次地震被害想定調査中間報告(地震動及び液状化)、2011年2月1日、82pp.
- 森河由紀弘・包小華・張鋒・平朝彦・坂口秀：震度の小さい余震による再液状化のメカニズムと3DFEM解析による解釈、日本地震工学会論文集、2012.
- 村上ひとみ：2011年東日本大震災による名取市の人的被害と避難遅れ影響要因—被害統計と津波避難アンケートの分析—、地域安全学会論文集、No.24, pp.101-110、2014.
- 村上啓介・前原翔太・椎葉倫久：浸水域の時間的広がりと地盤の液状化を考慮した津波避難困難エリアの抽出に関する研究、土木学会論文集 B3(海洋開発)、vol. 71, no. 2, I\_707-I\_712, 2015.
- 震災対策特別プロジェクト チームM3 第1号、発行 震災対策特別プロジェクト チームM3、2011年9月、15pp.
- 平朝彦・M3 土木建築地質 WG：舞浜3丁目液状化被害と対応策の調査研究、6p、(自治会向け報告資料).
- 平朝彦・飯島耕一・他：ボーリングコアの X 線 CT スキャン解析による東北地方太平洋沖地震における地盤液状化層の同定：浦安市舞浜3丁目コア資料の例、地質学雑誌、118巻、7号、pp.410-418、2012.
- 浦安市液状化対策技術検討調査委員会、平成23年度浦安市液状化対策技術検討調査報告書、2012. 3.
- 浦安市・舞浜地区の液状化発生時の初期写真とその後、坂東巡礼歩きの道、2011年3月アーカイブ(2019.12.25 閲覧) <http://bandoaruki.net/2011/03/>
- Yasuda, S., Harada, K., Ishikawa, K. and Kanemaru, Y.: Characteristics of the Liquefaction in Tokyo Bay Area by the 2011 Great East Japan Earthquake, Soils and Foundations, Vol.52, Issue 5, pp.793-810, 2012.