

2011年東北地方太平洋沖地震による 再液状化現象

若松 加寿江

¹関東学院大学工学部社会環境システム学科教授
(〒236-8501 神奈川県横浜市金沢区六浦東1-50-1)
E-mail: wakamatu@kanto-gakuin.ac.jp

本論文では、2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震で確認された再液状化（過去の液状化履歴地点と同一場所での液状化）の事例について報告する。再液状化地点の分布を明らかにするとともに、東北地方太平洋沖地震の液状化の状況を、過去の液状化の状況と比較しながら述べる。また、再液状化が発生した場所の土地履歴、微地形、地盤条件などを明らかにする。再液状化は、東京湾沿岸の埋立地、千葉県と茨城県の県境を流れる利根川下流沿岸の旧河道・旧湖沼の埋立地、房総半島九十九里平野の砂鉄採掘跡地および宮城県の鳴瀬川・江合川など沿岸で確認された。中には、今回で4回目の再液状化事例もあった。再液状化の箇所数は70以上にものぼった。

Key Words : *Re-liquefaction, the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake, the 1987 off the Pacific coast of Chiba Prefecture Earthquake*

1. はじめに

一度液状化した地層が再び液状化するか否かを確かめることは、液状化対策を講じる上できわめて重要である。過去に一度液状化した地盤がその後の地震で再び液状化することを「再液状化」と呼んでおり、これまでも、わが国やアメリカ合衆国で数例報告されていた^{1),2),3)4)}。筆者は、我が国における液状化履歴地点約1万6500地点の中から、複数地震で繰り返し液状化が発生した地点を抽出した結果、全国150カ所で再液状化と思われる現象が発生していたことを明らかにした⁵⁾。しかし、古い地震被害記録では液状化地点は地名でしかわからないことが多く、厳密に同じ場所と同定できないケースも多く含まれている。また、最近の地震でも厳密に同一地点で再液状化が発生したことが判明した例は極めて少ない。

筆者は、2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震で、過去に液状化が発生した地点と全く同一地点での再液状化を確認したので、以下に再液状化の事例とその地点の土地履歴や地形・地盤条件を報告する。なお、以下で述べる液状化地点とは、噴砂が確認された地点であり、マンホールの浮上などの埋戻し土の液状化や、噴砂を伴わない陥没・沈下・地割れは液状化には含めていない。

2. 東北地方太平洋沖地震における再液状化

図-1に東北地方太平洋沖地震で液状化が確認された地点を市区町村単位で示す。液状化が発生した地域は、岩手県の北部から神奈川県まで南北約500kmの範囲（岩手、宮城、福島、山形の4県および関東地方の1都6県の合計145の市区町村）に及んでいる。

図-2に東北地方太平洋沖地震で再液状化が確認された地点の分布を示す。東北地方太平洋沖地震で確認された再液状化は、茨城県南部から千葉県にかけての地域に最も多く、これらの地点は1987年12月17日に発生した千葉県東方沖の地震（M6.7）による液状化地点が再液状化したものである。筆者は、この地震の後には、千葉県下の液状化発生地域の大部分を現地踏査したほか、全市町村役場に電話およびアンケートによる照会を行い、液状化発生の有無を確認した。このことから1987年の地震で液状化被害が顕著であった利根川沿岸地域と房総半島の九十九里平野に中心に現地踏査を行ってきた。

東京都内では、葛飾区水元公園、江戸川区平井4丁目、港区台場公園（第三台場）の3箇所の、いずれも1923年9月1日の関東地震（M7.9）による液状化地点で再び噴砂が確認された。ただし、1923年の関東地震による液状化地点のピンポイントは不明なため、厳密な意味で再液状化とは断定できない。

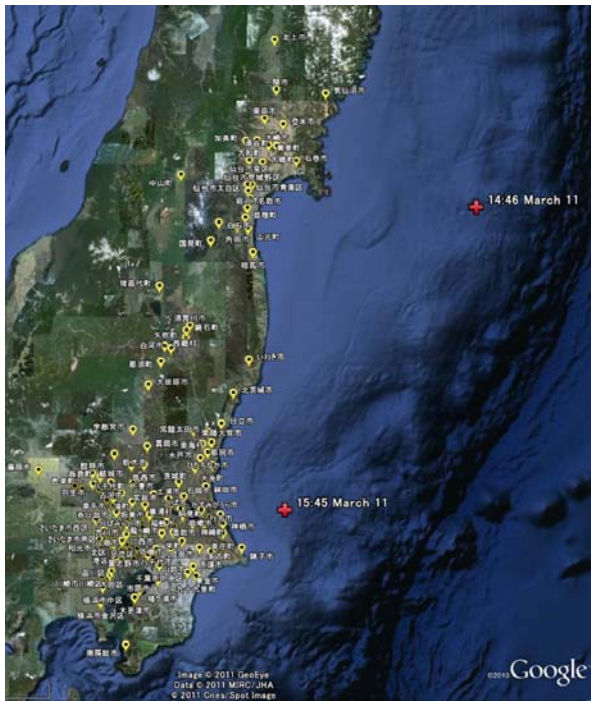


図-1 東北地方太平洋沖地震で噴砂が確認された市区町村の分布（アイコンの位置は市区町村役場の位置で、噴砂地点の位置ではない。Google Mapを利用）

その他、茨城県北部の下妻市鬼怒では、今回鬼怒川の旧河道部のみに著しい液状化被害が発生したが、ここでは1895年1月18日の霞ヶ浦付近の地震（ $M7.2$ ）で鬼怒川の堤防で噴砂が発生した記録がある（1895年当時は宗道村）。厳密には同一地点とは言えないが位置的には一致する。宮城県では、1962年4月30日の宮城県北部地震（ $M6.5$ ）、1978年6月12日の宮城県沖地震（ $M7.4$ ）、2003年5月26日宮城県沖地震（ $M7.1$ ）、2003年7月26日の宮城県北部の地震（ $M6.4$ ）で液状化が確認された場所で、東北地方太平洋沖地震で再び液状化が確認された。

以下に、地域別に再液状化の状況を述べる。

3. 地域別の再液状化の事例

(1) 東京湾沿岸地域

東京湾沿岸では、東京都江東区有明、千葉県浦安市、千葉市美浜区で多数の再液状化が発生している。

浦安市では、1987年千葉県東方沖の地震の際に液状化が確認されているのは、海楽1丁目、美浜3丁目、入船4丁目のみである⁵⁾。噴砂は、写真-1(a)に示すように、宅地内や道路・公園に発生した。筆者は市の建築課や住宅の持ち主にヒアリングして回ったが、建屋自体の沈下は見られず、塀、門柱、ポーチなどの軽微な沈下や小亀裂にとどまっていた。ただし、被害件数としては比較的多数あった⁶⁾。上記の地区は1965～1971年に埋め立てられた地区である。

2011年東北地方太平洋沖地震では、1987年に液状



図-2 東北地方太平洋沖地震で再液状化が確認された地点（水色のアイコン）の分布（Google Earthを利用）



(a) 1987年千葉県東方沖 (b) 2011年東北地方太平洋沖⁷⁾

写真-1 浦安市美浜3丁目の液状化状況

化が発生した海楽1丁目、美浜3丁目、入船4丁目の各液状化地点を含む広い範囲に激しい噴砂を生じ、住宅の傾斜・沈下、ライフラインの被害を生じた（写真-1(b)）。この地区は、深さ7～8mまで標準貫入試験のN値が10未満の細砂層、場所によりシルト層との互層になっている。

千葉市では、1987年千葉県東方沖の地震の際に液状化が確認されているのは、1966～1975年に埋立て造成された美浜区を中心とした地域である。筆者が実際に噴砂を確認したのは、主に学校校庭や公園内であったが、噴砂は敷地内の一部で地割れから噴出した噴砂が広がっており、噴砂の堆積厚さは最大10cm程度であった。この地震では、液状化による

建物自体の被害は報告されていない。

2011年東北地方太平洋沖地震では、千葉市美浜区の極めて広い範囲で多量の噴砂が確認されており、戸建て住宅等に被害を生じた。この地域は、深さ5m前後までN値10未満の緩い細砂層（埋土）である。

(2) 房総半島九十九里平野

房総半島の九十九里平野では、1987年の千葉県東方沖の地震の際には、平野北端の旭市から南端の一宮町まで液状化が発生した。2011年東北地方太平洋沖地震では、平野南部には液状化は確認されず、中部の九十九里町以北で液状化が発生していた。この地域では、匝瑳市吉崎、旭市井戸野浜・中谷里浜・足川浜・椎名内・野中・三川などで再液状化を確認した。1987年の千葉県東方沖の地震の後に、筆者が飯岡町（現在は旭市と合併）および旭市役所から得た情報によれば、上記の地区はいずれも砂鉄の採掘採跡地とのことである。

千葉県の九十九里浜の北部は、古くから砂鉄の産地として知られている。この地域では、昭和30年～40年代に大規模な砂鉄の採掘が行われていた。飯岡町史⁹⁾には、砂鉄は初期の時代は波打ち際から採掘され、その後、北側の畑・山林・宅地に移動していき、田畑・宅地の過半は採掘が行われたと記されている。採掘方法は、最初に採掘地の1箇所にポンプで水を注入し、再びポンプで泥水を吸い上げる。泥水は鉱選機にかけて砂鉄と砂を分離し、その後、残土の砂で埋め戻された。1987年の地震の後に旭市から得た情報によれば、採掘深さは10m程度で、埋め戻した後に水田として利用し、その後1m程度盛土して宅地化したとのことである。

匝瑳市吉崎の野外活動施設は、面積27,541m²の起伏のある総合運動公園で、1981年頃水田を盛土して造成されたとのことである（図-3）。1987年の地震の際には、多目的広場の9箇所で直径6mほどの噴砂が確認された。海浜植物自然観察園は、図-3の左手に向かって緩やかな傾斜地になっているが、ここにはすべりを伴った地割れが多数発生し、斜面下手には噴砂が見られた。敷地の高い部分に立てられたセンターハウスは無被害であった⁹⁾。東北地方太平洋沖地震では、敷地のいたるところに亀裂と大量の噴砂を生じ、陥没・沈下がみられた。海浜植物自然観察園の斜面には、斜面の傾斜方向に直交する亀裂を幾筋も生じ、すべりを生じていた。写真2(a)(b)に、の遊歩道（位置は図-3に示す）の被害を、1987年と2011年の地震の被害を比較して示す。タイル貼りの遊歩道には縦断亀裂を生じ、写真左手の斜面下手に向かって落差を生じていた。被害程度は2011年の方が甚大（最大85cmの段差）であるが、被害の様相は両地震で酷似している。敷地南西部の傾斜地のすべりの状況も両地震で極めて似ていた。センターハウス北端で1981年に実施されたボーリングデータを見ると、地表より4.8mまではN値が、3～5の極端に緩い砂となっており、地下水位はGL-2.6mである。この地域の自然の砂地盤は、N値20以上の海浜性の



図-3 匝瑳市吉崎の野外活動施設の衛星写真（2011/3/31撮影Goole Earth画像に加筆）



(a) 1987年千葉県東方沖 (b) 2011年東北地方太平洋沖

写真-2 匝瑳市吉崎の野外活動施設の液状化状況

砂（微地形区分では砂州）であり、砂層は締まっている。上記のN値5未満の砂は、砂鉄を採掘した後埋め戻した砂と考えられる。

旭市、井戸の浜、中谷里浜、椎名内では、1987年に被災した住宅が再び被害を受けていた。椎名内浜には、1987年地震当時家屋は1軒しかなく、周囲は水田であった（写真-3(a)）。現在では、写真-3(a)の住宅の東側の水田が盛土造成され、20軒余りの戸建て住宅が建てられていたが、上記の1987年に被災した住宅を含む大部分の住宅が液状化による被害を受けていた（写真-3(b)(c)）。中には、建築後1年未満と思われる住宅もあった。1987年の地震では、写真写真-3(a)の住宅の北側の水田には軽微な噴砂が多数見られたが、今回は噴砂は確認できなかった。しかし、写真-3(c)の新しく造成された住宅地の北側の水田にはおびただしい噴砂が見られた。

旭市足川における液状化事例を写真-4(a)(b)に示す。2枚の写真は同一地点を写したものであるが、家屋は1987年の地震の後建て替えられている。この家の持ち主によれば、1987年の千葉県東方沖の地震の時は、家屋の周囲の畑や水田から湧水があり一時湛水した。家屋は北側（写真手前）に傾斜し、布基礎と土台に隙間ができた。敷地は1960年前後に砂鉄の採掘を行い、その後埋め戻して水田や畑に利用し

ていたが1975年頃盛土して家を建てた。この付近では少なくとも他に2棟の住宅が被災していた。2011年の地震でも、敷地の盛土が沈下し、ブロック塀は破断していた、1987年の地震の後新築した家屋も傾斜し、基礎が破損して前回と同様な被害を被っていた。この付近では、他に住宅7棟が顕著な液状化被害を受けていた。

旭市三川では、写真-5(a)に示す工場に隣接する畑で噴砂を生じており、工場は建屋が不同沈下し工場内のコンクリートのたたきには、幅3cm余りのクラックが入っていた。今回の東北地方太平洋沖地震でも、上記の畑には噴砂を生じ、工場建屋が不同沈下で波打っていた(写真-5(b))。ただし、1987年の地震による被災後のこの工場の復旧状況が不明なため、今回発生した被害か1987年の地震による被害も含まれているのか確定できなかった。この工場と畑の北側には、25軒ほどの住宅が建ち並んでいる。今回の地震で17軒が液状化による被害家屋として市の認定を受けた。認定を受けていない家屋も何らかの被害を被っているようであった。住民によれば、今回の地震の後、住宅街を通る道路が津波と間違えうほど冠水したとのことである。1987年の時は、噴砂・噴水は見られなかったとのことで、1987年の地震でできたというヘアクラックが道路の舗装面にまだ残っていた。

東北地方太平洋沖地震では、海岸から離れた国道126号線の北側の旭市蛇園と後草でも、市による液状化認定家屋約160棟を含む著しい液状化被害が発生した。複数の住民にヒアリングを行ったが、1987年の地震の時には噴砂・噴砂は認められなかったとのことである。

1987年の千葉県東方沖の地震では、九十九里海岸に沿った地域に液状化被害が発生した他、東金市、成東町、松尾町(共に現山武市)などの下総台地の崖際に位置する地区で液状化被害が発生した⁶⁹⁾。これらは、いずれも水田の盛土地で、1987年の地震の際には湧水が著しかったとのことである。1987年に液状化が発生した全地区を調査することができなかったが、総武本線松尾駅北側にある山武市松尾町大堤のアパートの敷地内では、1987年に噴砂があった全く同じ場所で噴砂を生じた。この付近ではJA山武郡市松尾の敷地でも激しい噴砂の後が見られ、敷地地盤が10cm以上沈下し、建屋の基礎が抜け上がりクラックが入っていた。1987年の地震の時はこの敷地の南西の敷地で液状化が発生している。筆者が1987年の地震の際に住民から聞いた話では、松尾駅北側の道路では1923年の関東地震の時も水田を盛土した道路で激しい噴砂が見られたとのことである⁹⁾。

松尾町大堤と同様、下総台地の崖下に位置する東金市台方では1987年の千葉県東方沖地震の際には、水田に盛土造成した宅地や工場敷地12軒で噴砂・湧水があり、住宅や店舗の不同沈下があった。東金市役所によれば、東北地方太平洋沖地震でも台方地区



(a) 1987年千葉県東方沖 (b) 2011年東北地方太平洋沖



(c) 2011年東北地方太平洋沖

写真-3 旭市椎名内浜の液状化状況



(a) 1987年千葉県東方沖 (b) 2011年東北地方太平洋沖

写真-4 旭市足川の液状化状況



(a) 1987年千葉県東方沖 (b) 2011年東北地方太平洋沖

写真-5 旭市三川の液状化状況

の住宅地1軒に液状化被害が発生したとのことである。しかし、1987年の液状化地区に隣接してた地域であるが、同一地点ではなかった。

上記の山武市松尾町や東金市台方地区は、台地崖に近い水田の盛土地である。同じ盛土地でも崖から離れた地点では液状化は見られなかった。液状化地点と非液状化地点のボーリングデータを比較した結果⁹⁾、盛土の下には海浜性の砂層が存在するが、崖下では、盛土と砂層の間に厚さ4m近くの腐植土層が存在していた。住民の話や旧版地形図・航空写真等で調べた結果を総合すると、台地崖からの湧水により、崖下の水田は水はけが悪く一年を通じて水が抜けにくい湿田であったことが分かった。以上のような地形条件に起因する地盤条件の差が液状化の発生の有無を左右したものと推測される。

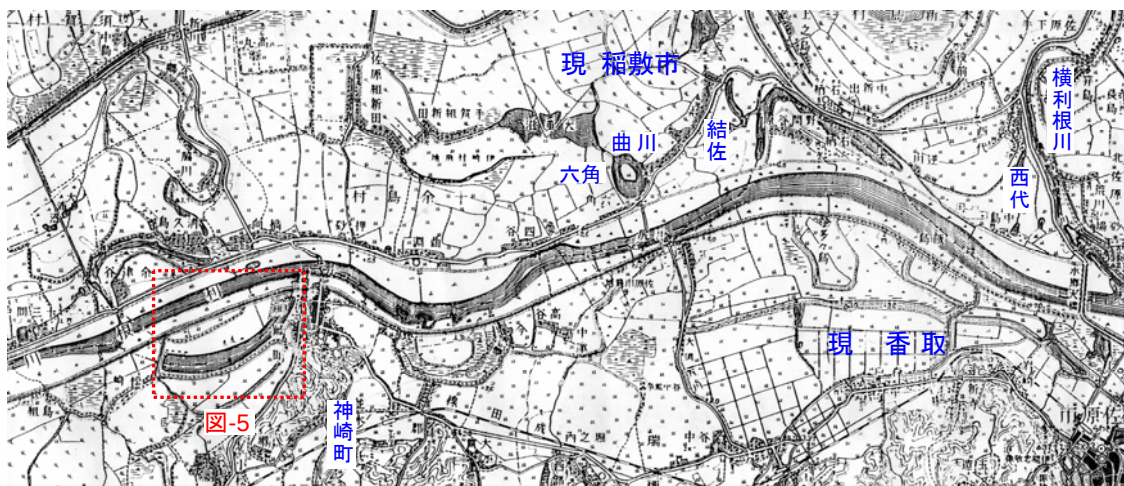
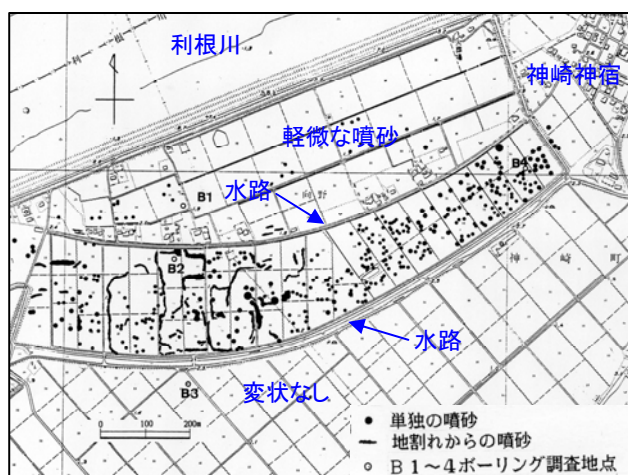
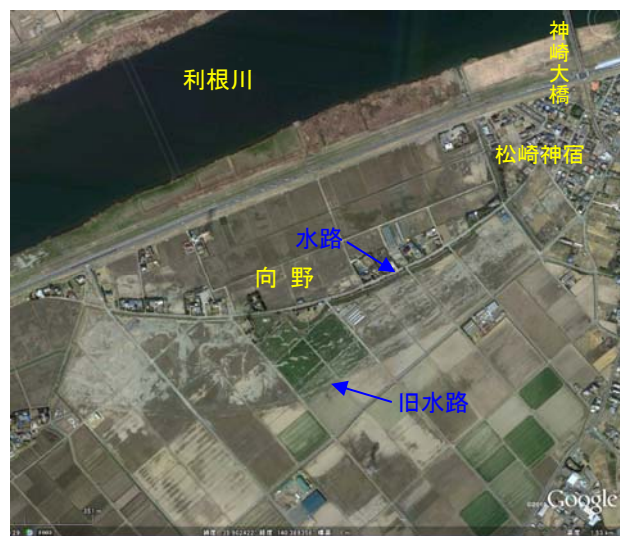


図-4 利根川沿岸の湿地と沼地（1952年、1/5万地形図「佐原」に加筆）



(a) 1987年千葉県東方沖の地震



(b) 2011年東北地方太平洋沖（2011/3/29撮影Goole Earth画像に加筆）

図-5 神崎町向野（松崎）における 1987 年千葉県東方沖の地震と 2011 年東北地方太平洋沖の噴砂分布の比較



(a) 1987年千葉県東方沖



(b) 1987年千葉県東方沖



(c) 2011年東北地方太平洋沖

写真-6 千葉県神崎町向野における噴砂の状況

(3) 利根川沿岸

千葉県我孫子市から茨城県稲敷市、千葉県香取市にかけての利根川沿岸には、1950年代半ばまで多数の沼地が存在していた。これらは利根川第2期改修

工事（1907～1930年）¹⁰⁾により蛇行した河川を直線化し、大正時代初頭に元の流路を締め切ったことによってできた沼地や、押堀（堤防が決壊し濁流が流れ込んでできた池）である（図-4）。1950年～1960



(a) 1987年千葉県東方沖



(b) 1987年千葉県東方沖



(c) 1987年千葉県東方沖



(d) 2011年東北地方太平洋沖



(e) 2011年東北地方太平洋沖



(f) 2011年東北地方太平洋沖

写真-7 稲敷市六角における液状化の状況

年にかけて、これらの沼地は利根川の浚渫砂で順次埋め立てられていった。

1987年の千葉県東方沖の地震では、我孫子市から下流の利根川沿いの調査を行ったが常総大橋（河内町）より上流では噴砂等を確認できなかった。下流の千葉県神崎町、佐原市（現 香取市）、河内村（現 河内町）、東村（現 稲敷市）で液状化が発生していた。液状化は前述の旧河道や沼地の埋立地およびその周縁部に限られていた⁶⁹⁾。中でも、液状化が最も激しかったのは、神崎町向野（むこうや）、東村六角および佐原市結佐の旧河道や旧池沼の埋立地であった。上記の地域では、東北地方太平洋沖地震では、1987年の液状化範囲を上回る範囲で、甚大な噴砂と液状化被害を生じた。

図-5(a)(b)に、神崎町向野（松崎）における噴砂地点の分布を、1987年と2011年の地震を比較して示す。図-5(a)の1987年の地震では旧河道部（中央の円弧状の地区）の噴砂が著しかったが（写真-6(a)(b)）、旧河道の両側の水路には目立った変状は見られなかった。この旧河道と現在の利根川の間には、軽微な噴砂が所々見られた程度であった。旧河道の南側には噴砂・地割れなどの変状は全く見られなかった。図-6(b)の2011年の地震でも、旧河道は全域にわたって液状化し、旧河道の北端（左岸）に沿って流れる水路は、噴砂で埋まっていた（写真-6(c)）。地震直後は、この水路北側の道路は一面湛水したとのことである。1987年当時旧河道の南端（右岸）に沿って流れていた水路は現在では埋め立てられていた。現地に立てられていた案内板には、

平成4年度～9年度にかけて水環境整備事業が行われたことが記されており、この事業に伴い南側の水路が埋め立てられたものと思われる。また、旧河道の下流側に位置する神崎神宿の集落は、1987年の地震では無被害であった（1987年地震の直後に神崎町役場にて確認）が、今回は集落内の道路一面に噴砂し、電柱が大きく傾斜し多数の家屋が被害を受けていた。利根川にかかる神崎大橋は、橋脚の地中部分に液状化によるとみられる傾きが見つかったため¹¹⁾、地震後約40日間通行止めになった。

筆者が1987年の地震の直後に神崎町役場から得た情報によれば、向野地区（現在は松崎と呼ばれている）は、利根川の利根川第2期改修工事（1907～1930年）¹⁰⁾に伴い直線化した流路が開削され、旧河道は1915年（大正4年）締切、1957～1960年に建設省により利根川の浚渫砂で埋め立てられた。埋立て前の状況は、旧流路の内側（北側）は、水深50～60cmの浅瀬で菱が生えていた。外側は近づけないほど水深が深かった。埋立ては下流側から開始され、埋立て層厚は水深が浅いところでは2m以下、深いところで3～5mだった。その後、1970～1975年にかけて、旧河道の上流部分の砂が建材用に深さ5m程度まで採掘され、珪藻土やローム混じりの売り物にならない山砂で埋め戻された。1987年の地震の際には、上記の山砂で埋め戻されたエリアは、連続した地割れから大量に噴砂し、噴砂が土塁状に堆積した（写真-6(a)）。浚渫砂で埋め立てたままのエリアは写真-6(b)のような噴砂孔と砂火山が多数できたが、噴砂量は山砂で埋め戻されたエリアの方が多か

った。2011年の地震では、図-6(b)から分かるように旧河道の上流部分には1987年の地震と際と同じような地割れからの噴砂が見られ、噴砂量が下流部分より多い。

稲敷市（旧 東村）六角には、地元で曲川（ぐるがわ）とか曲沼と呼ばれていたドーナツ型の沼地があった（図-4参照）。1987年の地震直後に当時の東村役場から得た情報によると、埋立て前は水深2m位で沼の底はヘドロだったが、1959年に建設省により利根川の浚渫砂で埋め立てられた。

1987年の千葉県東方沖地震の直後に筆者が東村から提供を受けた被害資料によれば、六角では57軒の家屋が地震被害を被ったが、そのうち20軒以上に、地盤沈下、家全体が曲がる、土台が下がる、建具の開閉不能など、液状化に起因すると見られる被害が報告されている。この近くに住む稲敷市職員によれば、六角の集落の南東部に位置する道路では、写真-7(a)に示すように、道路面が水田より低くなり湛水し、長さ16mの電柱（うち1/6は埋め込み部）は垂直に沈下して高さ約2mになったとのことである。この電柱の前の住宅の門柱は写真-7(b)に示すように沈下して傾き、その南隣の家の庭では軽トラックが噴砂中に沈んでいた（写真-7(c)）。

一方、写真-7(d)～(f)は、2011年東北地方太平洋沖地震の後の写真である。写真-7(a)と同じ場所の電柱は大傾斜し、道路や農地は湛水して、埋立て前の沼を再現したような光景になっていた（写真-7(d)）。写真-7(b)の門柱は、さらに20cm沈下していた（写真-7(e)）。写真-7(a)のトラックがあった敷地の住宅は窓の高さまで約1m沈下した（写真-7(f)）。六角地区は1987年、2011年の両地震ともに液状化が著しく、中でも写真-7の一角が最も被害が甚大であった。

今回の地震で稲敷市内で噴砂・沈下・地割れが最も著しかった被害が大きかった横利根側西岸の西代では、1987年の千葉県東方沖の地震の際には液状化は起きていない。

利根川の下流部の北岸には、霞ヶ浦に続く西浦、北浦、外浪逆浦、内浪逆浦などの湖沼がかつては広がっていた。これらは、戦後、農林省により干拓され水田化された。筆者の現地調査および潮来町役場によれば、1987年の地震では、これらの干拓地では、噴砂は確認されなかった。しかし、内浪逆浦干拓地の水田に盛土して造成した潮来市日の出団地では、液状化被害が発生した。図-6の①の潮音寺境内では噴砂があり、ひょうたん池周辺での噴砂が特に多かった。図-6の②では、噴水高さが5m位に達し、電線に届くほどであったとのことである。図-6の③では歩道での噴砂や陥没が特に著しかった。図-6の④では直径2mの噴砂孔ができた。潮来町役場（1987年当時）のよれば、日の出地区内では元水路があったところで下水管の浮き沈みが特に激しく、GL-1.5mに埋設された径25cmのビニール管は最大25cm、径45cmのヒューム管は最大20cm程度浮上したとの



図-6 潮来市日の出における液状化発生領域

ことである。

今回の東北地方太平洋沖地震では、図-6に示すように、1987年より広範囲かつ激しい液状化が発生し、多数の住宅とライフラインに被害を生じた。盛土を施していない干拓地（図-6中、日の出南方の扇島、市和田）での噴砂は比較的軽微であり、全く認められなかった地区もある。また、1987年に道路が波状変形し水田で噴砂があった日の出地区の南西の潮来市十番では今回は噴砂は報告されていない。

1987年の地震の後に筆者が潮来町役場から得た情報では、盛土の厚さは平均2.8m程度で、外浪逆浦の浚渫砂7,288,221m³をサンドポンプで吹いて造成したとのことである。日の出地区内のボーリングデータによると、地表面はT.P.+2m程度で、地下水位はGL-約1m、厚さ4m程度の盛土（貝殻混じり中砂）が施されており、その下位は厚さ約6mのシルト質粘土、その下はN値20以上の貝殻混じり中砂である。盛土のN値は10未満であることから、盛土が液状化したと推定される。

(4) 宮城県

東北地方の沿岸部は、津波が襲来し液状化の痕跡はほとんど確認できていない。3月末に内陸部の河川沿いを筆者が調査した範囲では、表-1の地点で再液状化が見られた。

中でも、江合川右岸0～1km付近（石巻市桃生町神取字西八反崎から和渕北和渕）では、今回の東北地方太平洋沖地震で噴砂が多数見られた（写真-8）。噴砂は、旧河道が最も多いが、旧河道と江合川の間や堤外地にも発生している。ここでは1978年宮城県沖地震の際、旧河道に沿って広範囲な噴砂が発生し、堤体には横断方向の亀裂が発生した。2003年5月に発生した宮城県沖の地震でも旧河道上に噴砂が生じ、さらに、2003年7月に発生した宮城県北部の地震の際にも噴砂が発生した¹²⁾とのことであり、東北地方太平洋沖地震で4回目の液状化発生となる。

表-1 宮城県における再液状化発生地点

再液状化地点地名	河川名	液状化を生じた地震
河南町笈入	旧北上川右岸19.9km堤内地	1978年宮城県沖
石巻市桃生町神取字西八反崎・和 渕北和渕	江合川右岸0.~1km堤内地	1978年宮城県沖, 2003年5月宮城 県沖, 2003年7月宮城県北部
涌谷町涌谷上谷地	江合川右岸14.2km	1978年宮城県沖
古川市江合	江合川右岸27.6km	1962年宮城県北部地震
美里町二郷慶半	鳴瀬川左岸14.8km堤内住宅地	2003年7月宮城県北部
大崎市鹿島台木間塚橋下流	鳴瀬川右岸14.1km堤内地	2003年7月宮城県北部
大郷町大郷大橋下流	吉田川右岸16.8km堤外地	1978年宮城県沖

なお、宮城県では、東松島市(旧鳴瀬町)で2003年5月の宮城県沖(南三陸)地震と7月の宮城県北部地震において同一地点で噴砂が確認されているが、今回この地域は津波被害が甚大であったため、液状化は確認することができなかった。

4. まとめ

2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震の液状化調査により、千葉県、茨城県、東京都、宮城県の合計70カ所以上で再液状化が確認された。これらの地点の中には、ピンポイントの同一地点で再液状化が確認された場所もあり、被害の様相も極めて似ていた。このことから、一度液状化が発生した場所では、将来の地震でも液状化が発生し、同様な被害が発生する可能性があると言える。

謝辞：2011年東北地方太平洋沖地震の関東地方の現地調査は、東北学院大学吉田望教授、産業総合技術研究所松岡昌志博士、東京大学生産技術研究所古関潤一教授、ガラスリソーシング(株)矢嶋千浩氏および関東学院大学の学生諸君と共に実施した。稲敷市市長公室の沼崎忠夫室長、糸賀隆司氏、坂本浩一氏および稲敷市市議の黒田正市には、稲敷市内の被害地をご案内頂き、被害資料と写真をご提供頂いた。東北地方に関しては、2011年3月27日～31日に実施した土木学会東日本大震災被害調査団緊急地震被害調査の一環として行った。また、防災科学技術研究所の先名重樹博士には、茨城県下の液状化の情報を提供頂いた。1987年の千葉県東方沖地震における神崎町の調査は赤桐毅一氏と、潮来市および旭市における調査は渡辺一夫氏と共に実施した。以上の方々に謝意を表します。

参考文献

- 1) 須賀堯三, 佐々木 康, 塩井幸武 (1983) : 河川堤防の被害, 1978年宮城県沖地震災害調査報告, 土木研究所報告, 第159号, pp.169-200, 1983.
- 2) Youd, T. L.(1984): Recurrence of liquefaction at the same site, *Proc., 8th World Conf. on Earthquake Engineering*,

San Francisco, Vol. 3, pp.231-238.

- 3) Yasuda, S. and Tohno, I: Sites of reliquefaction caused by the 1983 Nihonkai-Chubu earthquake, *Soils and Foundation*, 地盤工学会, Vol.28, No.2, pp.61-72, 1988.
- 4) 若松加寿江：日本の地盤液状化履歴図, 東海大学出版会, 341pp., 1991.
- 5) 若松加寿江：日本の液状化履歴マップ 745-2008, 東京大学出版会, 2011
- 6) 古藤田喜久雄, 若松加寿江: 千葉県東方沖地震による液



写真-8 江合川右岸西八反崎・北和渕の旧河道における噴砂 (2011/4/6 撮影 Google Earth 画像に加筆)

状化現象とその被害, 土と基礎, No.1851, pp.19-24, 1988.

- 7) 浦安市：東日本大震災への対応, http://www.city.urayasu.chiba.jp/secure/26068/shiryo1_4taio_r.pdf 2011
- 8) 飯岡町：飯岡町史, 1976.
- 9) 若松加寿江：微地形調査による表層地盤の液状化特性の評価, 日本建築学会構造系論文報告集, 421号, pp.29-37, 1991.
- 10) 利根川百年史編集委員会：利根川百年史、建設省関東地方整備局, 1987.
- 11) 千葉県香取土木事務所：県道江戸崎神崎線神崎大橋の全面通行止めについて, http://www.pref.chiba.lg.jp/cs-katori/documents/kouzakioohasi_tuukoudome.pdf, 2011.
- 12) 安田進, 東畑郁生：第7章河川堤防の被害, 土木学会東日本大震災被害調査団緊急地震被害調査報告書, <http://committees.jsce.or.jp/report/node/43>, 2011.

RECURRECE OF LIQUEFACTION CAUSED BY
THE 2011 OFF THE PACIFIC COAST OF TOHOKU EARTHQUAKE

Kazue WAKAMATSU

At 14:46 local time on March 11th, 2011, a gigantic earthquake of moment magnitude M_w 9.0 occurred with an epicenter located on the Pacific Ocean off the Oshika Peninsula. This earthquake resulted in significant number of liquefaction in a wide area of approximately 500-km length, and caused damage to residential houses, pipelines, embankments, agricultural facilities and port facilities. At more than seventy sites, recurrence of liquefaction at the same site during the past earthquake was observed. This paper reported the case histories of recurrence of liquefaction observed during the earthquake of march 11th, 2011 and examined the land-use history, geomorphologic and geotechnical comdtions of the sites.