

2021年2月13日福島県沖の地震による 再液状化（宮城県亘理町の事例）

2021年2月25日

関東学院大学 工学総合研究所

若松 加寿江

wakamatu@kanto-gakuin.ac.jp

はじめに

2021年2月13日23時07分頃発生した福島県沖を震源とする地震(M7.3)では、宮城県蔵王町、福島県国見町・相馬市・新地町で震度6強が観測されたのを始めとして、宮城県の6市町、福島県の16市町村で震度6弱が観測された。

過去の経験に照らしてみると、震度6弱以上、場所によっては震度5強の沖積低地や埋立地では液状化が発生したことが予想される。しかし、昨年来のコロナ禍の状況下では、県をまたぐ移動となる災害調査もままならない状況である。

筆者は、宮城県亘理町在住の齋藤邦男氏の協力を得て、亘理町荒浜地区で、2011年東北地方太平洋沖地震に続いて今回の福島県沖の地震で再液状化現象が起きたことを確認した。

阿武隈川河口に位置する亘理町荒浜地区では、これまでに1936年、1978年、2005年、2011年の4回の地震で液状化の発生が確認されている。経年効果により徐々に地盤が締め固まり、長期的には液状化が起こりにくくなると一般に考えられている。しかし、荒浜地区のように85年間で分かっているだけでも5回液状化が起きた事実は、液状化の発生しやすい条件である①地下水位が高く、②締め固まっていない砂質土層が存在する、という液状化の素因が除去されない限り繰返し液状化被害が起きる可能性があることを示唆している。

亶理町荒浜における液状化履歴

- 2021年2月13日福島県沖の地震($M7.3$)
亶理町悠里で震度6弱
- 2011年3月11日東北地方太平洋沖地震($Mw9.0$)
亶理町下小路で震度6弱(計測震度5.5)
- 2005年8月16日宮城県沖の地震($M 7.2$)
亶理町下小路で震度5弱
- 1978年6月12日宮城県沖地震($M 7.4$)
亶理町における震度(不明)、直近の仙台市宮城野区五輪で震度5(旧気象庁震度階級)
- 1936年11月3日金華山沖の地震($M 7.4$)
亶理町における震度(不明)、宮城県における最大震度5(旧気象庁震度階級)

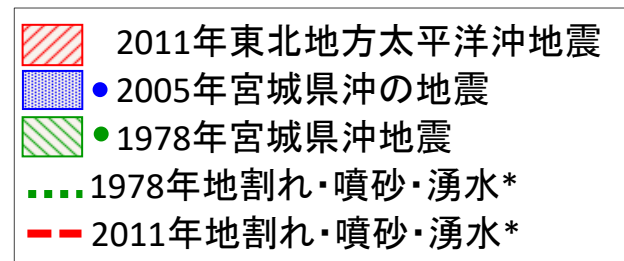
図1 亘理町荒浜における液状化履歴



若松ほか(2017)に加筆

※背景図は、2021年現在の地理院標準地図。2005年と1978年で被害が報告されている陸上競技場と野球場は、2011年の地震の後に移転している。2011年以前は、図の⑨と⑩にそれぞれ位置していた。

①～⑩: 写真撮影位置



*1978年と2011年の地震による地割れ位置は、図の④に2011年の地震当日まで居住していた齋藤邦男氏の証言による。

福島県沖の地震による液状化の状況

写真 は 齋藤邦男氏による(2021年2月13日・14日撮影)、撮影位置は図1参照



2011年東北地方太平洋沖地震の際にできた南北方向の地割れと同じ位置に、約100mにわたって地割れができ、噴砂が見られた。

写真①左(西側)、②の右側は、2011年地震後に嵩上げされた。今回は、構造物の被害は報告されていない。



2011年東北地方太平洋沖地震による液状化(1)

(齋藤邦男さんの証言)

- 荒浜隈崎付近は1945年頃まで塩田だった。住宅地は1975年頃造成された。直後に転入した(図1①)
- 一帯は、1978年の宮城県沖地震でも液状化した(位置は図1)。
- 2011/3/11の14:46の本震時には、自宅にいたが14:50過ぎに避難を始めた。14:56頃、湧き出し始めた地下水が辺り一面に広がっていった。避難の途中で車中から以下の動画を撮影した。
 - 15:01頃: <http://www.youtube.com/watch?v=JJApyWkammk>
 - 15:02頃: http://www.youtube.com/watch?v=N_w2sgWaDr0
 - 15:05頃: <http://www.youtube.com/watch?v=btA2KcPkX6M>
 - 15:06頃: <http://www.youtube.com/watch?v=Baw7Pe6uEdg>
 - 15:31頃(後半の津波は15:56以降): <http://www.youtube.com/watch?v=d-sWMsFCqsk>
- 図1の地割れから出てきたのは黒い泥水で、重油のような臭いがした(写真④)。
- 途中で液状化に埋まっている車を押したりした(写真⑤)。荒浜小学校に避難できた直後の15:55頃、阿武隈川を遡上する津波が堤防を越えた。その約10分後には、津波の激流が町中に押し寄せ、自動車や瓦礫を押し流していった。
- 数日避難していたが1週間後に自宅のあった場所に戻り、津波襲来後の静止画(写真⑥)を撮影した。

※今回は紹介を割愛するが、齋藤氏が撮影された津波襲来時・浸水後の貴重な映像がYou Tubeで多数公開されている。津波に関する貴重な学術資料になると考えられる。

2011年東北地方太平洋沖地震による液状化(2)



3枚とも齋藤邦男氏撮影

④2011年3月11日15時5分頃動画のスナップショット

⑤2011年3月11日15時6分頃動画のスナップショット

⑥2011年3月18日撮影: 液状化地域を西側から東(海側)に向かって撮影。右奥の茶色い建物は「わたり温泉 鳥の海」。その手前が地割れが縦断した陸上競技場。左手の防風林の奥が太平洋。防風林の手前には25軒の住宅が建ち並んでいたが、写真の白い住宅を除いて全て津波で流失した。

2005年宮城県沖の地震による液状化

吉田 望ほか(2006)に基づく

鳥の海公園内の野球場と陸上競技場、両者の間の道路で噴砂が確認された(位置は図1参照)。1978年宮城県沖地震の際に液状化が報告されている範囲も調査したが、上記以外には噴砂は認められなかった。競技場では、写真⑦に示すように、トラックの3本の線に沿って噴砂が見られ、噴出した砂と水でトラックが覆われた。競技場には全面にわたって盲暗渠が敷設されており、3本の線は盲暗渠が敷設されていた位置と合致していた。後日、亘理町役場による復旧工事の際掘削したところ、暗渠は約GL-60cm に設置されており、外径10cm、厚さ2.5cm のコンクリート製全面有孔管で、掘削時には破損していた。

野球場では、図1の数力所で噴砂が見られた。ここには暗渠はなかった。



競技場の噴砂(2005年8月17日撮影)



野球場三塁側の噴砂(2005年8月17日撮影)

1978年宮城県沖地震による液状化

陶野郁雄・安田進(1978)に基づく

図2のハッチで示した広い範囲で液状化が見られた。液状化範囲は戦後、造成が行われた地区と旧堤外地に限られていた(造成に関しては、p.13以降参照)。

図2の地点①では鳥の海の堤防道路の路面が約1.6m沈下し、堤内地側ののり尻と周囲の畑に噴砂が見られた。②では近年造成された約2haの宅地造成地のほぼ全面に噴砂が発生し、地割れ、地盤沈下、擁壁が崩壊していたが、家屋建設前だったため家屋の被害はなかった。

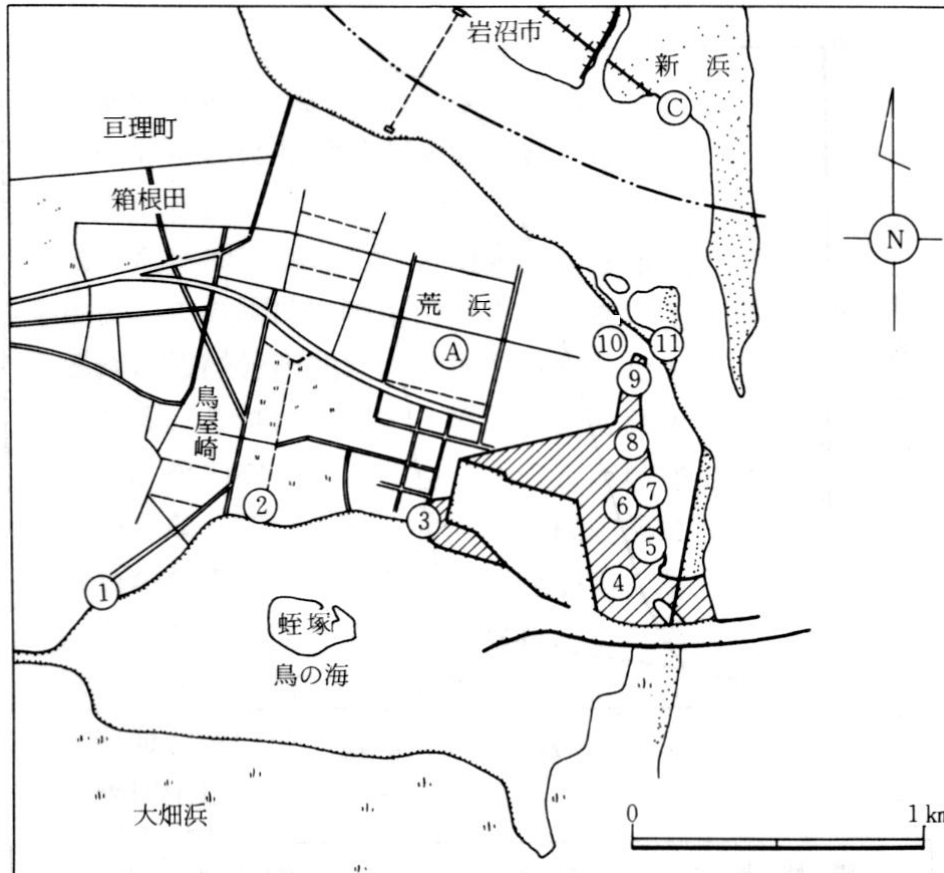


図2 阿武隈川河口付近の液状化分布図

③では、堤防道路にできた亀裂から噴砂があり、護岸の孕み出し・沈下を生じていた。地点④の国民保養センター(現 わたり温泉鳥の海)では周囲に噴砂が見られたが杭基礎に支持されていたためか構造物には液状化に起因する被害は見られなかった。建物脇の浄化槽は20～30cm浮き上がっていた。地点⑤では、鳥の海公園プールの底板の中央部が浮き上がって亀裂が入り隅から噴砂を生じていた。⑥陸上競技場と⑦の野球場では、地割れを生じ、地割れから激しく噴砂を生じていた。競技場北側の公衆トイレは不同沈下していた。⑧の住宅地では木造家屋の沈下・傾斜、⑨の下水路、⑩の畑には噴砂、地点⑪の阿武隈川河口付近では堤外地ののり尻付近に噴砂を生じ、堤防道路の路面に亀裂が入り波打っていた。

1978年宮城県沖地震による液状化



陸上技場の地割れと噴砂
(1978年6月14日陶野郁雄氏撮影、位置は図1)



野球場の地割れと噴砂
(1978年6月14日陶野郁雄氏撮影、位置は図1)

1936年11月3日金華山沖の地震による液状化

高山威雄(1937)に基づく

荒浜村において、「阿武隈川河口近くに水路の転向を計る河中に打ち込んだ沈床の杭の一部が約3尺位地震後抜け出た。これと少し離れた沈床数本のものが7尺位抜け出た」との記録がある。地中の杭の抜け出しは、現在では液状化が発生した証拠と考えられているが、1936年当時は液状化の概念はなく、噴砂の有無についての記録は残っていない。図3から、当時の阿武隈川河口付近の地形がわかる。



図3 国土地理院1928年測量1/2.5万地形図「荒浜」

図4 亘理町荒浜付近の地形の変遷(1)

図4a)～f)に、1907年(明治40年)以降の地形の変遷を示す。沿岸流と阿武隈川が流送した土砂により幾つもの砂州(砂嘴)が形成されており、その形状は絶えず変化している。b)とc)では、鳥の海と阿武隈川を繋ぐ水路が見られる。



a) 1907年1/2.5「荒浜」



b) 1928年1/2.5「荒浜」



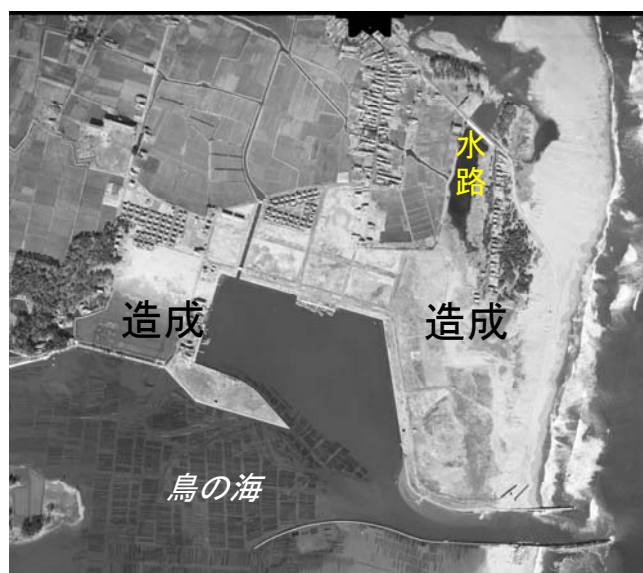
c) 1949年 USA-575-44

図4 亘理町荒浜付近の地形の変遷(2)

図4d)の1952年から造成が始まっている(盛土や沿岸の砂州の砂地は、モノクロ写真では白く写る)。e)では造成範囲がさらに拡大し、b)、c)に見られた水路の南側(鳥の海側)は埋め立てられている。f)では水路は完全に埋め立てられ、海岸には防風林が整備されている。



d) 1952年 (USA-M174-32)



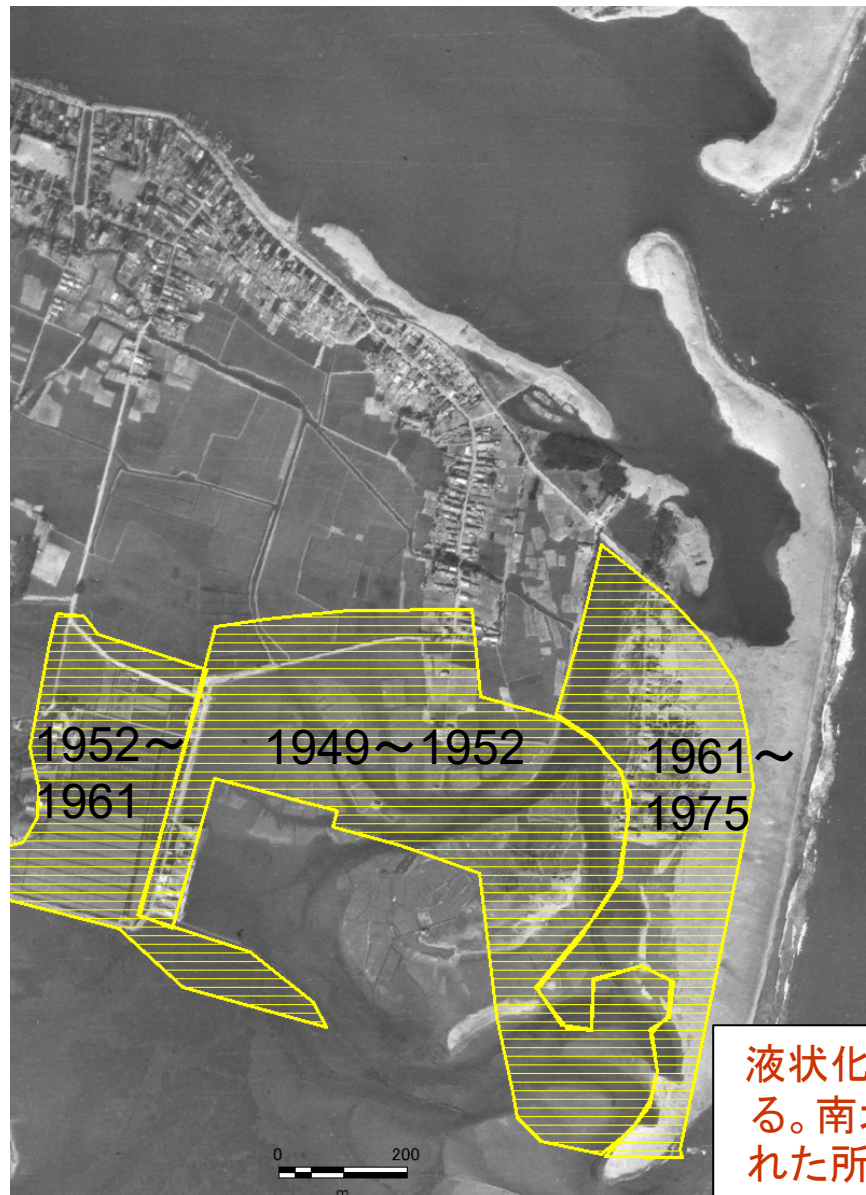
e) 1961年 (MTO613-C10B-15)



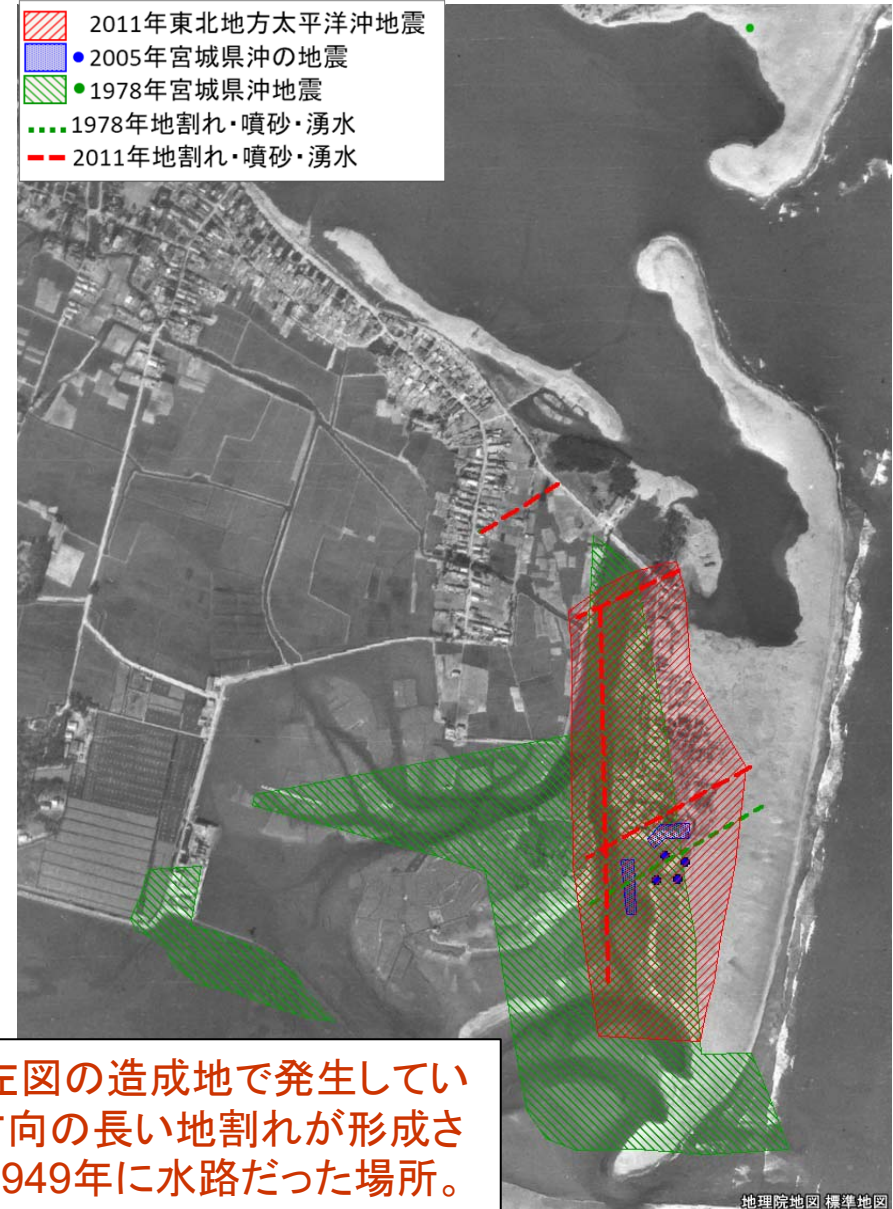
f) 1975年 (CTO7528-C30-36, C31-36)

図5 造成直前の1949年の地形と液状化発生の関係

1949年空中写真と造成範囲重ね合わせ 1949年空中写真と液状化発生域重ね合わせ
(図中の数字は推定造成年)

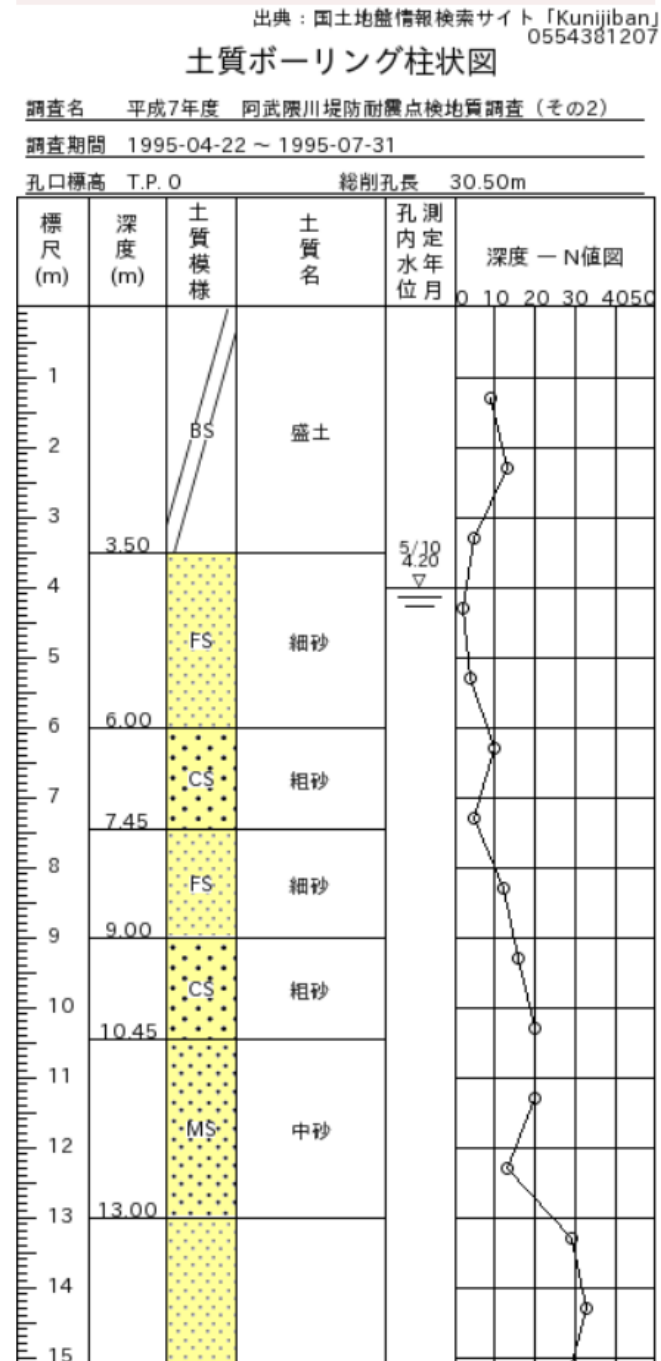


- 2011年東北地方太平洋沖地震
- 2005年宮城県沖の地震
- 1978年宮城県沖地震
- 1978年地割れ・噴砂・湧水
- 2011年地割れ・噴砂・湧水



○のボーリングデータ

堤防盛土の下はゆるい砂層が連続している。地下水位は旧地表面に近いところにある。一帯の標高は海拔1m以下。



ボーリングデータ出典：Kunijiban (G-Spaceを利用)

おわりに

2021年2月13日に福島沖を震源とする地震で、阿武隈川河口に位置する亘理町荒浜地区で5回目の液状化の発生が確認された。

最も古い地震である1936年金華山沖の地震による被害状況の詳細は不明であるが、それ以外の1978年、2005年、2011年、2021年の4回の地震では、液状化発生域の拡がりとは異なるものの、同じ位置で発生していた。液状化した場所は、1949年以降に水域や干潟を造成した場所という点で共通している。ただし、地盤資料を見ると原地盤もゆるい砂が5m程度連続して堆積しており、埋め立て材料だけが液状化したとは考えにくい。

最も広範囲に液状化が発生したと推定される地震は、造成直後の1978年に発生した宮城県沖地震である。次いで、2011年東北地方太平洋沖地震と思われるが、この地震では直後に津波が襲来したため、津波浸水後は液状化の痕跡は確認できていない。液状化発生範囲は現地在住の齋藤邦男氏の証言と同氏撮影の動画、津波警報発令を知らせる広報車で一帯を巡回していた亘理町役場職員の証言だけである。今回の福島沖の地震では、2011年にできた地割れに沿って噴砂が確認された。荒浜地区は最近広範囲に嵩上げが行われており、嵩上げた地域では液状化の発生が抑止された可能性がある。

荒浜地区における液状化の履歴は、液状化対策の重要性を再認識させられる事例である。2011年に続き、今回の地震でも多大なご協力を頂いた齋藤邦男氏に心より御礼申し上げる。

参考文献

1. 高山威雄(1937):昭和11年11月3日金華山沖合地震被害調査報告、地震研究所彙報 第15巻、pp.179-184.
2. 陶野郁雄、安田進(1978):宮城県沖地震による液状化現象、基礎工 Vol.6/No.11、pp.113-119.
3. 吉田 望、山口 晶、西村 修、山根久和、日下初博、菅原光哉(2006):2005年8月16日宮城県沖の地震による液状化、第41回地盤工学研究発表会発表論文集、pp.2015-2016.
4. 若松加寿江、先名重樹、小澤京子(2017):2011年東北地方太平洋沖地震による液状化発生の特性、日本地震工学会論文集 第17巻、第1号、pp.43-62 .