

# 2011年東北地方太平洋沖地震による液状化発生地点の 地形・地質的特徴 —千葉県稲毛海岸平野における調査事例を中心に—

下河敏彦\*・稲垣秀輝\*\*

## 要 旨

2011(平成23)年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震は、東北地方から関東地方の広範囲にわたり甚大な被害をもたらした。今回筆者らは、液状化しやすいとされていた臨海部埋立地のひとつである千葉県の稲毛海岸を中心に、東北地方太平洋沖地震による液状化発生地点の分布状況を調査した。その結果、液状化発生地点は埋立て前の滞筋や古い埋立地の境界などに集中する傾向が認められた。滞筋の堆積物は $N$ 値5以下の砂質堆積物である。このように、微地形分布状況と土地利用履歴、地質情報との関連を明らかにすることは、今後の地域防災計画にとっても重要な情報となる。

**Key words** : 液状化 liquefaction, 滞筋 fairway of the tideland, 微地形分類 landform classification, 土地利用履歴 land use history

## 1. はじめに

2011(平成23)年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震(M9.0)では、震源域の岩盤が約500kmにわたり破壊され、東北地方から関東地方の広範囲にわたり強震動、津波が発生し、甚大な被害が発生した(東日本大震災)。地震動による災害は、宅地地盤の液状化<sup>1)~2)</sup>や谷埋め盛土の滑動崩落が注目され<sup>3)</sup>、津波に伴う災害廃棄物の適正な処分計画も検討されている<sup>4)</sup>。

地震に伴う液状化の発生しやすい区域として、一般に沖積低地や臨海部の埋立地があげられる。これらの地域は、多くの自治体のハザードマップにおいて液状化に対する危険度の高い地域として分類されている<sup>5)</sup>。

また、首都圏における過去の液状化の履歴から、水田部の盛土や河川・池沼の埋立地、旧河道、臨海部の埋立地などが、地震時に液状化しやすいということも指摘されている<sup>6)</sup>。このため、液状化発生にかかわる地形・地質的特徴を明らかにしておくことは、今後の地域防災にとっても有

効である。

今回筆者らは、東北地方太平洋沖地震に伴う被害のうち、東京湾臨海部の液状化による噴砂発生地点や液状化に伴う側方流動によって引き起こされた被害発生地点の分布状況の調査を行った。この地域は人口・資産の稠密地域であり、2011年東北地方太平洋沖地震以前にも液状化に伴う被害事例が報告されていることから、今後の地震においても液状化の発生が懸念される。

本研究では、まず東京湾臨海部での地形・地質的特徴および土地利用履歴の特徴を調査した。次に、これらの特徴と液状化発生地点の分布状況から相関が高かった千葉県稲毛海岸平野を中心とした地域と、1987年12月17日に発生した千葉県東方沖地震(M6.7)に伴う液状化発生地点とを比較し、新たに得られた知見についてまとめる。

## 2. 調査地域概要

調査対象地域は、千葉市美浜区臨海部の稲毛海岸沿い、浦安市、神奈川県川崎市の臨海低地・埋立地である。とくに千葉県稲毛海岸では、現在の海岸線から国道14号線、JR京葉線付近までの約2.5~2.7kmの範囲は埋立地となっており、住宅地や工場として利用されている(図-1)。

\* (株)環境地質 Kankyo Chishitsu Co., Ltd.  
 E-mail: shimogawa@kankyo-c.com

\*\* (株)環境地質 Kankyo Chishitsu Co., Ltd.

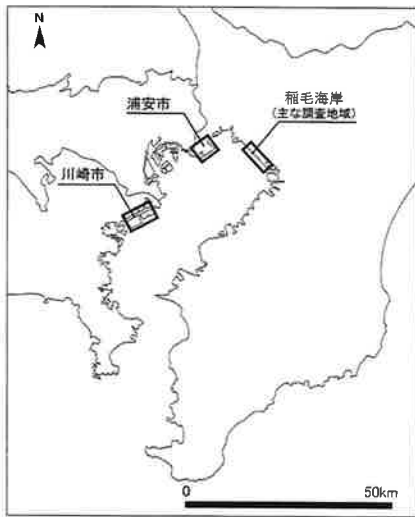


図-1 調査位置図

### 3. 千葉県稲毛海岸における調査結果

現地調査の結果、家屋の不同沈下、道路・校庭や空き地の噴砂、電柱の傾きなど、顕著な液状化被害の発生した箇所は、限られた帯状の範囲や、古い埋立地の境界部に集中していることが明らかとなった。

#### 3.1 液状化発生地点の微地形と土地利用履歴

筆者らは、2011年東北地方太平洋沖地震発生直後から約1か月かけて、地表踏査によって液状化の痕跡やその性状を調査した。また、液状化発生地点の地形場、土地利用履歴との関連を明らかにするために地形分類図を作成し、2011年東北地方太平洋沖地震による液状化発生時点を検証した(図-2)。

微地形分類図作成にあたっては、大規模な埋立地の造成される以前の空中写真(米軍撮影、1961年撮影の空中写真)や旧版地形図を用いた。1961年に撮影された空中写真では、旧版地形図に記載された澇筋の延長部を判読することができた(図-3)。その結果、調査対象地域に分布する地形種として、内陸では海成段丘(最終間氷期)および段丘を開析した支谷の閉塞低地、海岸平野の沿岸砂州および砂丘や河成堆積低地、海底では干潟および澇筋が分布することが明らかとなった。

微地形分類図と液状化発生地点を重ね合わせた結果、家屋の不同沈下、道路・校庭や空き地の噴砂、電柱の傾きなど、顕著な液状化被害の発生した箇所は、澇筋および時期の異なる埋立地の境界部に集中していることが明らかとなった。澇筋については、内陸部の段丘開析谷に連続する地形

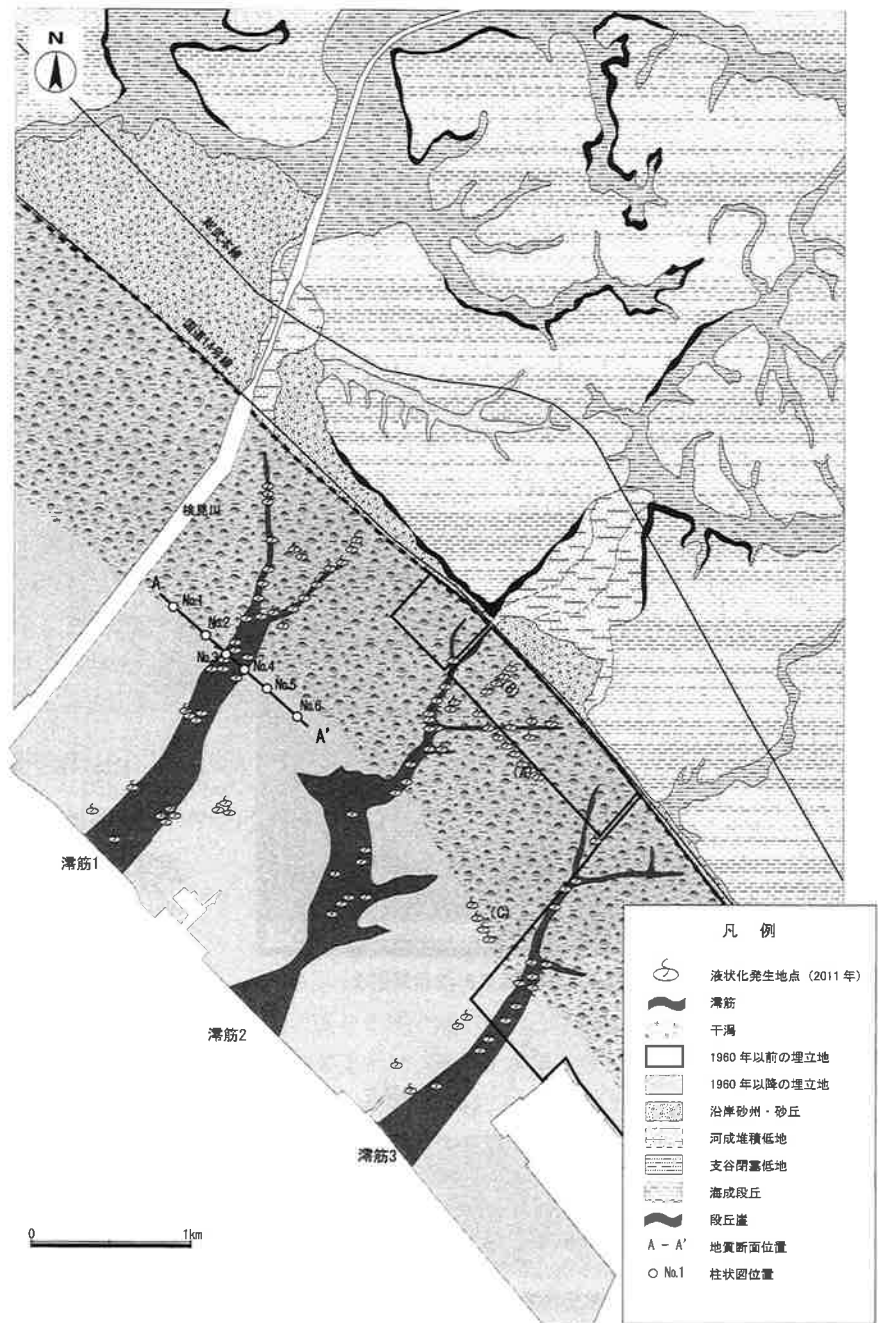


図-2 千葉県稲毛海岸周辺の微地形分類図と2011年東北地方太平洋沖地震による液状化現象発生地点

であり、埋立地の上流側の細長く液状化被害の集中する箇所と一致し、1950年代前半まで干潟の澇筋である。これらは、埋立地下流側における幅100~200m程度の液状化の集中する範囲と一致している。なお、澇筋沿いでも液状化対策を施工していたマンション等には、顕著な被害は認められなかった。また、調査対象地域周辺における完新世の地形変化に関する既存研究<sup>8)</sup>で示された約6,000年前の推定海岸線の湾曲位置と本報告の澇筋の分布は、おおむね一致していることもわかった。これらのことから、澇筋は、海岸線の小河川が海へとつながる干潟、浸食谷であり、ここには緩く詰まった砂やシルトが堆積しやすい。

澇筋以外に液状化の集中した箇所を、図-2の(A)~(C)

に示した。例えば、(A)地点では、時代の異なる埋立地の境界に沿って直線的に電柱が海側に傾くといった被害が集中していた。このような被害形態となった原因としては、埋立て境界のコンクリート壁や矢板などの護岸施設が遮水壁となり、地震時に地下水の上昇経路となる護岸施設に沿って、噴砂が発生したと考えられるが(図-4)、後述する1987年千葉県東方沖地震の既往調査<sup>9)</sup>においても同様の原因が指摘されている。

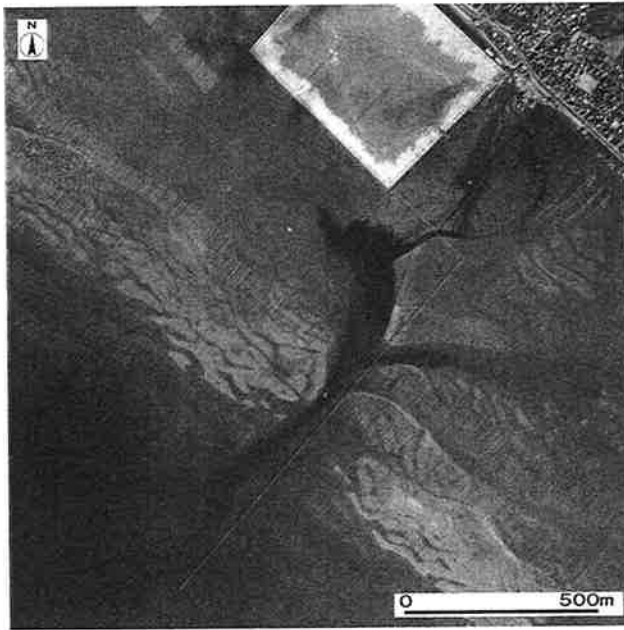


図-3 1961年撮影の空中写真における滞筋 2

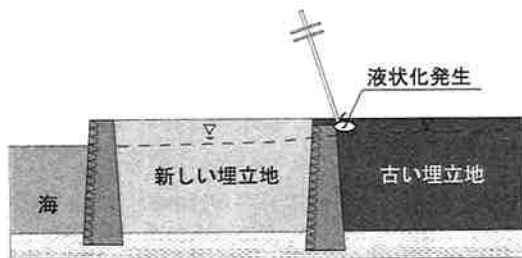


図-4 時代の異なる埋立地境界での液化化模式図

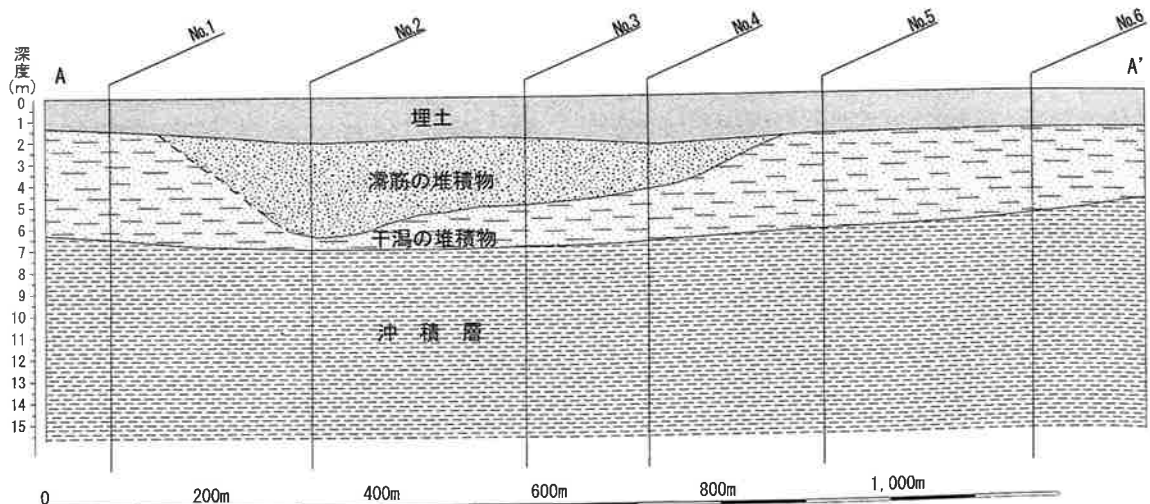


図-5 液化化の集中した滞筋 1 周辺の地質断面図

次に、現在公園として利用されている(B)地点では線状の液状化例が認められ、旧水路跡と一致している。(C)地点は、埋立て以前の干潟と海域の境界である。なお、先述した既存研究<sup>9)</sup>によれば、海食崖線から約1.5km海側の(C)地点付近の海底ほぼ-10mに、埋没海食台(下総層群や上総層群)の縁辺部が存在し、上部に砂層が堆積している。今回の(C)地点での直線状の液状化例は、これらの地盤構造の不連続性と関連している可能性が高い。

### 3.2 液状化の集中した滞筋の地質的特徴

千葉県地質環境インフォメーションバンク<sup>10)</sup>の地質柱状図をもとに、海岸から約1.7km付近の滞筋の幅が広がる図-2のA-A'測線において、地質横断面図を作成した(図-5)。

その結果、滞筋の分布域では最大で6m程度干潟を削り込んで、N値5以下の細砂が堆積していることが明らかとなった。また、滞筋以外の場所では、粘土を主体とした液状化の発生しにくい堆積物の存在が認められた。このため、今回液状化した地層は、人工的な埋土だけでなく、滞筋の堆積層も関与している可能性が高いと判断される。

## 4. 1987年千葉県東方沖地震による液状化発生地点

調査地域では、1987年12月17日に発生した千葉県東方沖地震時にも液状化現象が発生している。千葉県東方沖地震は、北緯35度21分、東経140度29分、深さ58kmを震源とするM6.7の地震であり、千葉市から木更津市にかけての東京湾臨海部、九十九里平野、利根川下流域にかけて液状化現象が発生している。このうち、本研究の調査地域内における1987年千葉県東方沖地震による噴砂地点と、2011年東北地方太平洋沖地震の液状化発生地点とを重ね合わせた結果を図-6に示す。

1987年千葉県東方沖地震の液状化発生地点は、2011年東北地方太平洋沖地震に比べると、発生箇所は少ないものの、滞筋や埋立て境界の近傍に発生していることが明らかとなった。つまり、埋立地での再液状化が確認された。

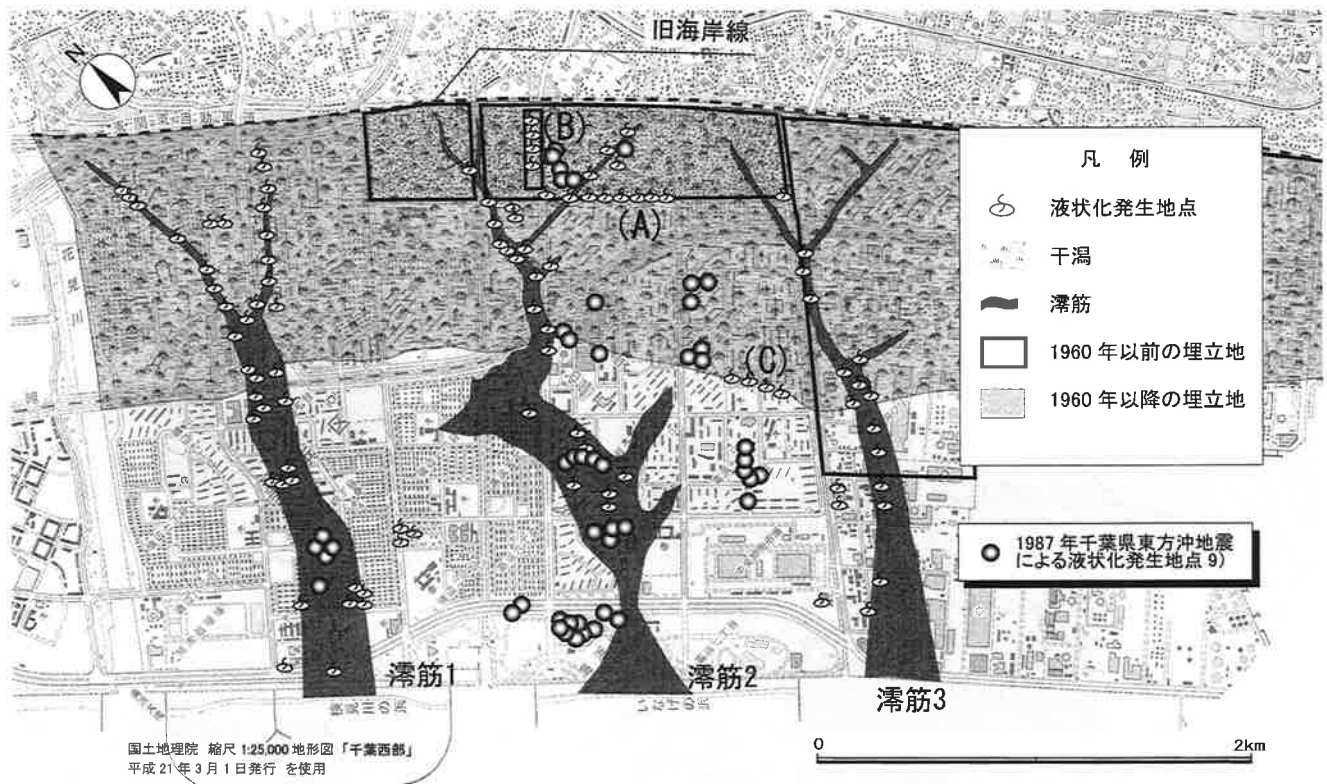


図-6 2011年東北地方太平洋沖地震と1987年千葉県東方沖地震との液状化現象の発生地点

## 5. 千葉県浦安市・神奈川県川崎市における液状化発生地点

筆者らは、顕著な住宅地被害の発生した千葉県浦安市、港湾施設の被害が顕著であった神奈川県川崎市においても、2011年東北地方太平洋沖地震による液状化発生地点を踏査により確認した。

その結果、埋立地の液状化は、おおむね古い埋立地や干潟との境界、滞筋の延長線上に分布する傾向が読み取れる(図-7, 8)

## 6. まとめと考察

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震による液状化発生地点の地形・地質的特徴を明らかにした。その結果、液状化発生地点は埋立て前の滞筋や時期の異なる埋立地の境界などに集中する傾向が認められた。滞筋の堆積物はN値5以下の砂質堆積物である。

2011年東北地方太平洋沖地震発生以前では、東京湾臨海部に大規模な埋立地が造成されて以降、強震動が広範囲にわたり観測された唯一の事例が1987年千葉県東方沖地震であった。また、震度V程度で埋立地に液状化が集中し、具体的な液状化対策や地盤改良が行われていた地域では被害が軽微であったことも注目されていた<sup>7)</sup>。

2011年東北地方太平洋沖地震における東京湾臨海部の震度はV～VIであり、地震動の継続時間も1987年千葉県東方沖地震を大きく上回り、強震動も長時間継続した。このこ

とを反映し、液状化発生地点数も、1987年千葉県東方沖地震を大きく上回り、広範囲であった。

しかし、液状化の発生しやすい箇所の特徴に顕著な相違はみられなかった。すなわち、埋立地の滞筋沿い、造成時期の異なる埋立地の境界、干潟と海域の境界など、相対的に砂質土および地下水が集まりやすい場所で、間隙水圧が上昇し、液状化が起こりやすいと判断される。

本研究では、埋立地に埋没した微地形の復元と造成時期の細分を行ったことにより、液状化の発生しやすい場所を、より詳細に検証することができた。現行の地形分類では「埋立地」として一括されることが多いが、今後の防災計画を考えると、地形発達史的背景や土地利用履歴、地質情報との関連を明らかにすることが、さらに重要となる。

## 引用文献

- 1) 下河敏彦・稲垣秀輝(2011)：2011年東北地方太平洋沖地震による液状化発生地点の地形・地質的特徴，応用地質学会研究発表会講演論文集，pp.47-48.
- 2) 太田英将・釜井俊孝・村尾英彦(2011)：2011年東北地方太平洋沖地震による都市住宅域の斜面災害の予測と対策，第50回日本地すべり学会研究発表会講演集，pp.14-15.
- 3) 向山栄(2011)：2時期のDEMを用いた数値地形画像解析により推定した，2011年東北地方太平洋沖地震による東京湾岸の液状化発生地域における地表変動，応用地質学会研究発表会講演論文集，pp.45-46.
- 4) 廃棄物処分における地質環境調査・解析手法に関する研究小委員会(2011)：災害廃棄物の現状とその適正な処理・処分に

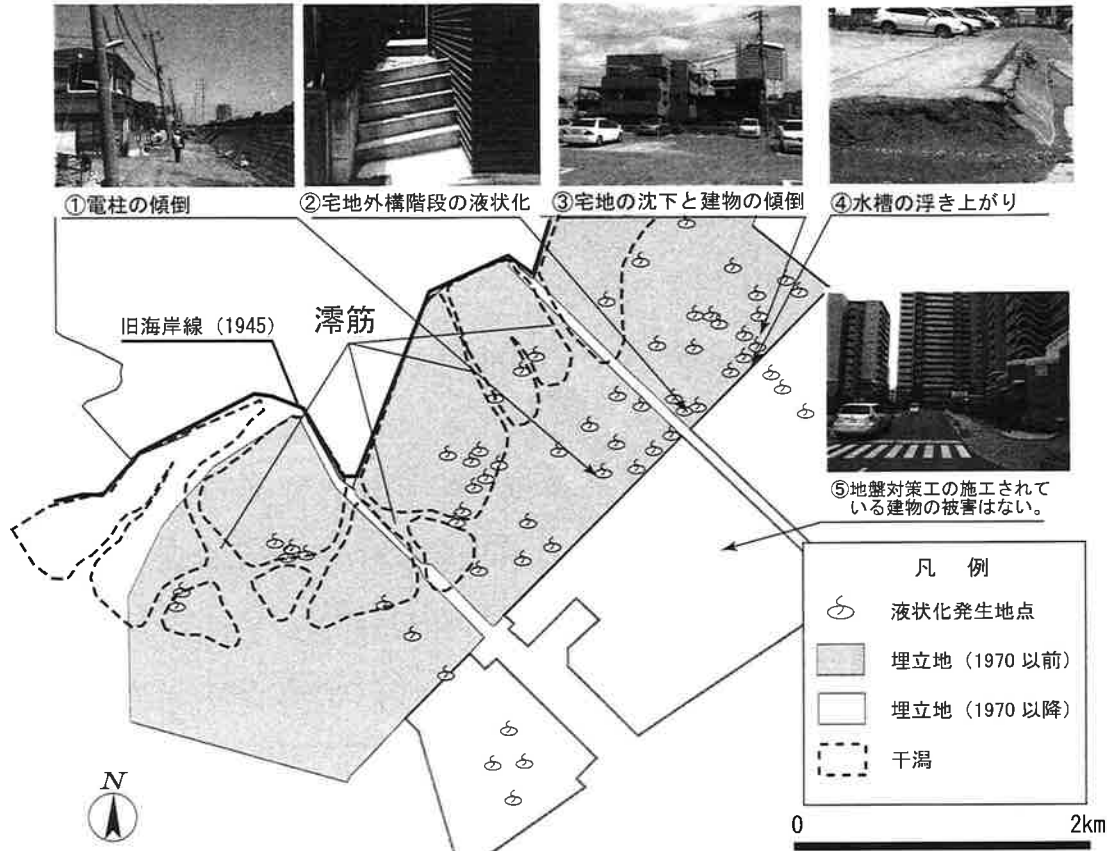


図-7 2011年東北地方太平洋沖地震による液状化現象発生地点(千葉県浦安市)

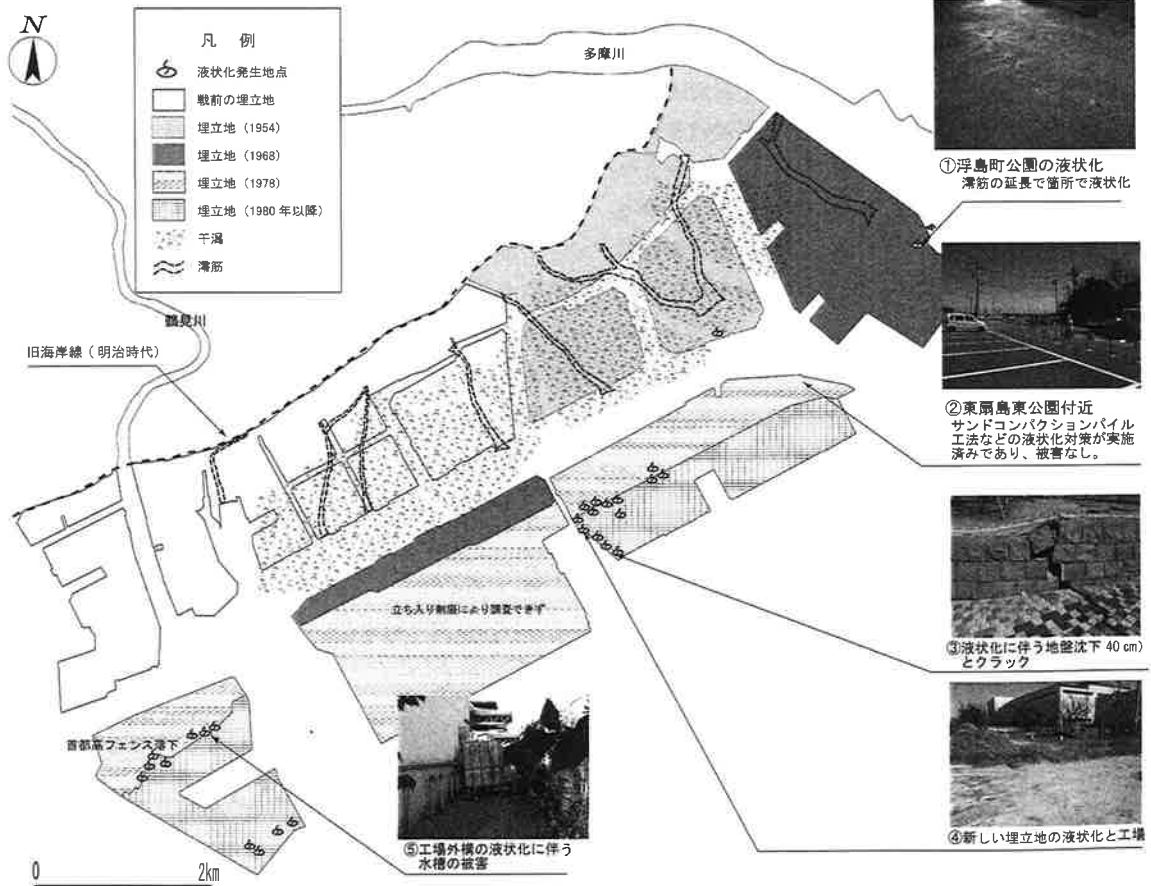


図-8 2011年東北地方太平洋沖地震による液状化現象発生地点(神奈川県川崎市)

- むけて, 応用地質学会研究発表会講演論文集, pp.239-240.
- 5) 東京都土木技術支援・人材育成センター: 東京の液状化予測図.
- 6) 若松加寿江(2007): 首都直下地震による液状化の発生と被害, 地学雑誌, Vol.116, No.4, pp.480-489.
- 7) 若松加寿江(1991): 微地形調査による表層地盤の液状化特性の評価—1987年千葉県東方沖地震による液状化被害地域の検討—, 日本建築学会構造系論文報告集, No.421, pp.29-37.
- 8) 貝塚爽平・阿久津純・杉原重夫・森脇広(1979): 千葉県の低地と海岸における完新世の地形変化, 第四紀研究, Vol.17, No.4, pp.189-205.
- 9) 千葉県地質環境研究室(2003): 液状化・流動化の地層断面, 特集 液状化・流動化, アーバンクボタ, No.40, pp.4-17.
- 10) 千葉県地質情報インフォメーションバンク, <http://www.pref.chiba.lg.jp/pbgeogis/servlet/infobank.index>.
- (2012年 8 月16日受付, 2013年 3 月28日受理)

*Jour. Japan Soc. Eng. Geol.*, Vol.54, No.2, pp.72-77, 2013

## Liquefied Sites of Geomorphological and Geological Features, during The 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake —In Inagekaigan, Chibaplains—

Toshihiko SHIMOGAWA and Hideki INAGAKI

### Abstract

The 2011 off the pacific coast of Tohoku earthquake caused widespread liquefaction. We mainly investigated, liquefaction concentrated. Geomorphological setting of mainly liquefaction traced fairway of the tideland, Inagekaigan, Chiba Prefecture. Geotechnical condition is sandy soil deposits,  $N$ -value less than 5. Especially, creek of the tideland is sandy soil and groundwater gather easily. Other type Liquefaction is generated on the boundary in reclaimed lands. These liquefaction generated the 1987 Chiba-ken Toho-Oki Earthquake.

**Key words** : liquefaction, fairway of the tideland, landform classification, land use history