

1923 年関東地震時に館山市海岸部で発生した液状化に伴う地裂周囲の地質状況

風岡修 小島隆宏¹⁾

(1:現地方独立行政法人北海道立総合研究機構)

1 目的

房総半島においては、1987年千葉県東方沖地震や2011年東北地方太平洋沖地震時に液状化被害が見られた場所のほとんどは埋立地・盛土地といった人工地層堆積地であった。しかし、地質調査所の調査¹⁾によれば、1923年関東地震の際には自然地層の沖積層が液状化-流動化し、被害となったと思われる記述が見られる。そこで、1923年関東地震で液状化が発生したと推定される被害地において自然地層のどのような地層が液状化しやすく、どのような地層が液状化しにくいのかを調べることにした。

2 調査地における被害状況と調査方法

1923年関東地震の際、房総半島の南端に近い、館山町・北条町（現在の館山市）では、家屋の全壊率が87%と97%と非常に高く²⁾、現在の気象庁震度階7に匹敵する非常に強い揺れであったことが推定される³⁾。なお、この付近は関東地震の際約1.9m隆起していた²⁾。沿岸部では、砂丘上に海岸線と平行な北北東～北東方向に約3km延びる複数の「地裂¹⁾」が見られた。この中の砂丘の海側の麓付近のものは海側に急崖を伴う「陥落地裂¹⁾」となっていた。また、これら地裂に沿って「砂泥土及び水の噴出」が見られていることから、この地裂は砂丘における地下の自然地層の液状化-流動化に伴う可能性が高い。

そこで、自然地層の液状化-流動化と地裂といった地表変形や地層の状態を調べるため、館山市長須賀の公共用地（図1）において、以下のとおり動的コーン貫入試験とオールコアボーリングにより調査を行った。まず、動的コーン簡易貫入試験を、北東方向に延びる地裂に直行する方向に2～8m間隔に10箇所まで深度7.5～11mまで行き、地裂の位置を推定した。その後、オールコアボーリングを地裂の近傍の北西側と南東側の2か所（B-1地点（北緯34度59分24.2秒、東経139度51分23.1秒、標高4.1m）、B-2地点（北緯34度39分24.5秒、東経139度51分22.4秒、標高3.9m））で、それぞれ深度10mと11.55mまで行った（図2）。なお、この調査結果の一部はすでに発表している^{4) 5)}が、本報告では密度試験を行った結果、新たな知見が得られたので、以下に報告する。



図1 調査位置（基図は地理院地図 (<https://maps.gsi.go.jp/>) を使用)



図2 詳細な調査位置 (基図は Google の画像を使用)

なお、高分解能に調査を行った動的コーン貫入試験は、筑波丸東製作所製の斜面調査用簡易貫入試験機を使用した。この貫入試験値は以下 N_c と略す。

密度試験は、概ね不攪乱状態で採取されたオールコア試料へ、直径約 50mm、長さ 10mm のステンレス管を押し込み採取し、乾燥密度を求めた。また、最下部の泥層から得られた粒子密度が 2.65 g/cm^3 であり、これをこの地域を代表する地層粒子の密度とみなして、地層粒子間の間隙が水で満たされた状態の密度である飽和密度 (地下水面下の地層の密度) を求め、その結果を図3と図4に示した。

3 地質状況

調査地周辺の既存データから、沖積層の厚さは約 30m あり、今回得られたオールコアボーリング試料は、その上部にあたる。図3に B-1 地点、図4に B-2 地点のオールコアボーリングによる地質柱状図と密度試験値及び隣接地点の N_c 値を示す。また、図5にオールコアボーリングと動的コーン貫入試験結果から推定された地質断面図を示す。

調査地での地層構成は、地裂を挟んで海側 (北西側) の図5の B part、C part、D part では、深度 2.1m を境に、これより下位は沖積層、上位は人工地層の盛土層である。一方地裂を挟んで内陸側 (南東側) の図5の A part では、深度 2.9m を境に、これより下位は沖積層、上位は人工地層の盛土層である。

沖積層：沖積層は下位より、シルト層 (HM 層)、生物擾乱砂層 (HBS 層)、泥質互層 (HAL 層)、塊状砂層 (HS2 層)、砂礫層 (HG 層)、ラミナ砂 (HS1 層) から構成され、各層の詳細は以下のとおりである。

シルト層 (HM 層) は厚さ 0.55m 以上で、薄い極細粒砂を挟むオリブ灰色の軟らかいシルトから構成され、 N_c 値は不明である。飽和密度は、 $1.85 \sim 1.86 \text{ g/cm}^3$ であり、東京湾岸北部の沖積層の泥層^①に比べてやや高い値である。

生物擾乱砂層 (HBS 層) は厚さ約 3.1m で、ゆるい～中位 ($N_c=10 \sim 25$) の硬さの極細粒砂～細粒砂を主体としシルト壁を伴う直径数 cm・長さ数十 cm の円筒形の生痕化石が密集している。この密集の程度に

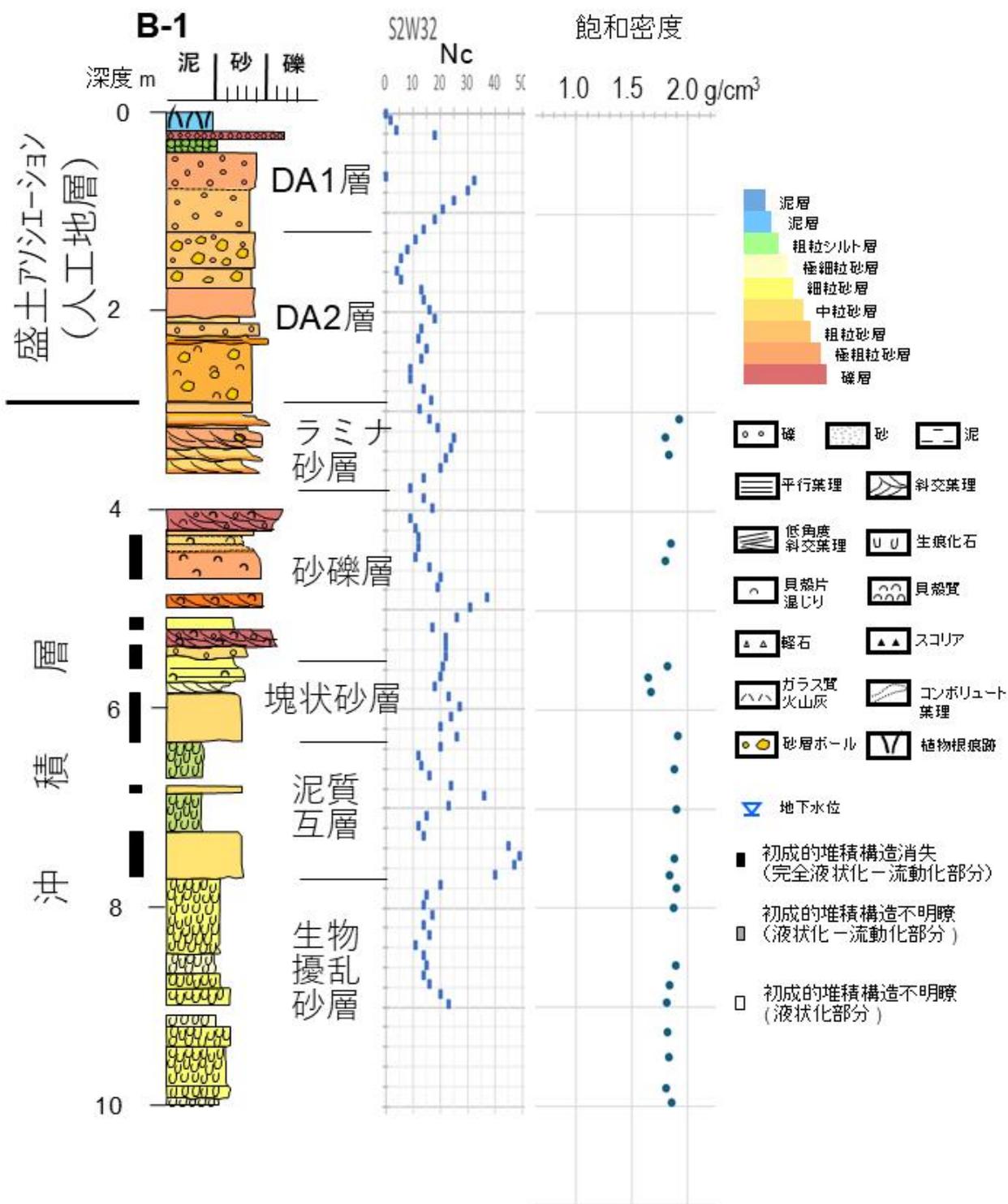


図3 B-1の地質柱状図と飽和密度及び隣接地点の動的コーン貫入試験結果

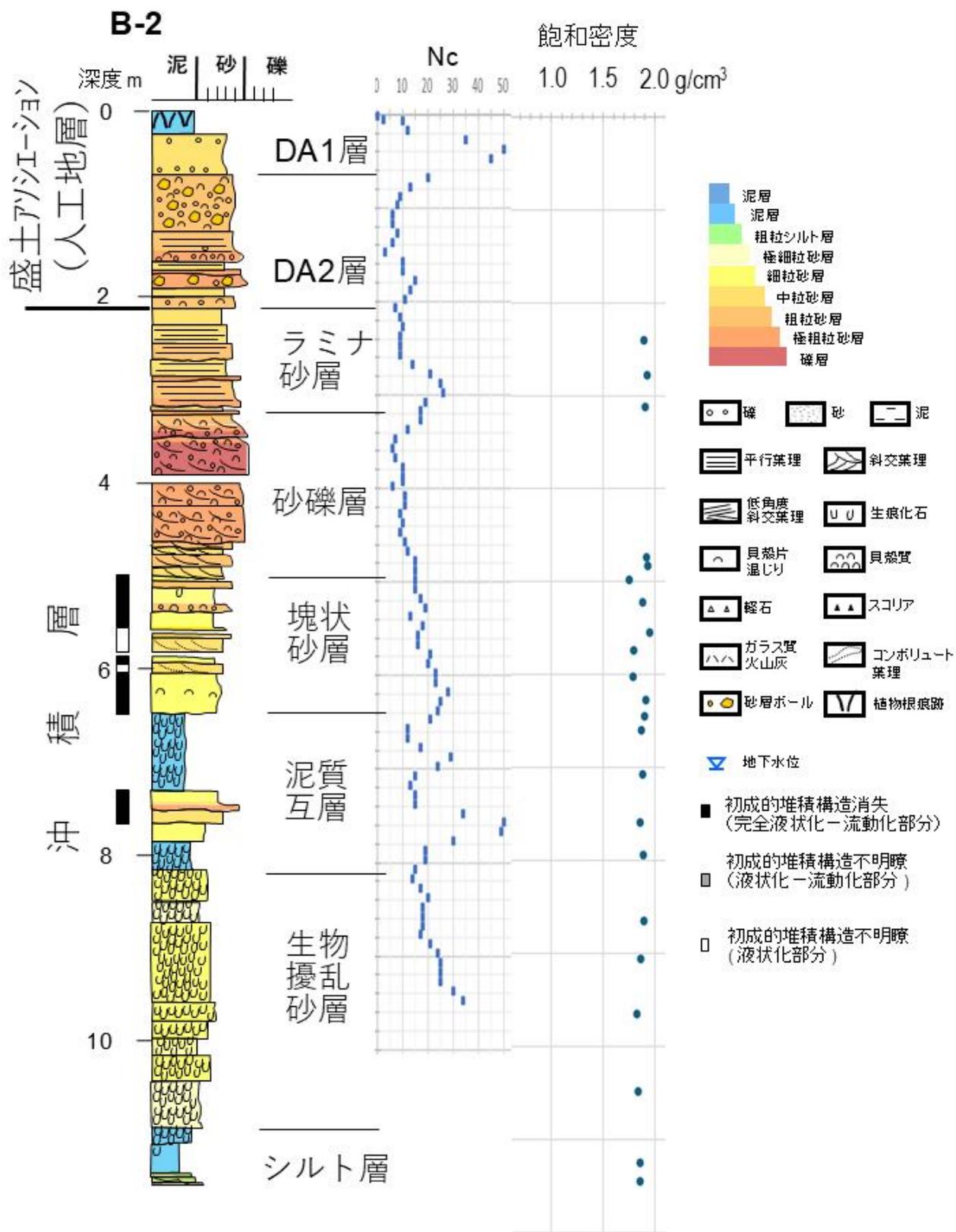


図4 B-2の地質柱状図と飽和密度及び隣接地点の動的コーン貫入試験結果

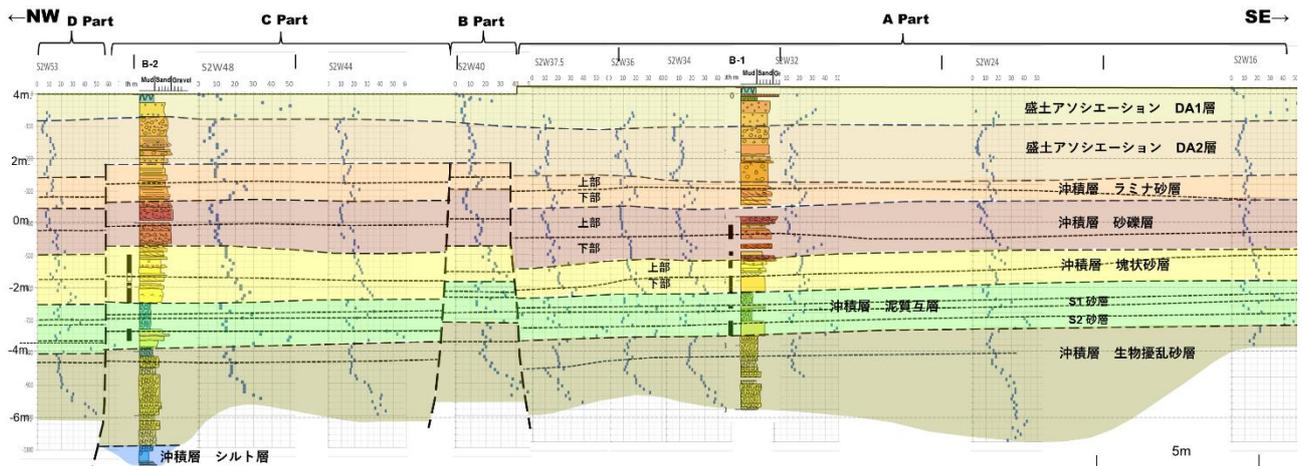


図5 オールコアボーリングと動的コーン貫入試験結果から推定される地質断面図（既存結果⁵⁾に加筆）

より泥質な部分と砂質な部分が見られる。飽和密度は $1.81\sim 1.90\text{ g/cm}^3$ で東京湾岸北部の沖積層の砂層^⑥と同等の値である。

泥質互層（HAL層）は厚さ $1.4\sim 1.5\text{m}$ の泥勝ち砂泥互層で、3層の泥層と2層の砂層から構成される。この内泥層は、オリーブ黒色で中位（ $N_c=10\sim 15$ ）の硬さの生物擾乱が著しい細粒砂質シルトで、飽和密度は $1.87\sim 1.90\text{ g/cm}^3$ と東京湾岸北部の沖積層の泥層^⑥に比べてやや高い。砂層はオリーブ黒色の中位（S1砂層が $N_c=25\sim 35$ 、S2砂層が $N_c=40\sim 60$ ）の硬さで、塊状の泥質分がごく少ない淘汰の良い中粒砂を主体とし、飽和密度は $1.84\sim 1.90\text{ g/cm}^3$ と東京湾岸北部の沖積層の砂層^⑥と同等の値である。

塊状砂層（HS2層）は厚さ約 $1\sim 1.4\text{m}$ で、オリーブ黒色のゆるい～中位の硬さ（下部が $N_c=20\sim 35$ 、上部が $N_c=10\sim 25$ ）の塊状な中粒砂を主体とする。飽和密度は塊状部分で $1.82\sim 1.94\text{ g/cm}^3$ 、葉理が見られる部分で $1.64\sim 1.80\text{ g/cm}^3$ で東京湾岸北部の沖積層の砂層^⑥と比べて同等の値である。

砂礫層（HG層）は厚さ $1.3\sim 1.7\text{m}$ で、オリーブ黒色の斜交葉理が明瞭なゆるい～中位（下部が $N_c=10\sim 30$ 、上部が $N_c=5\sim 18$ ）の硬さの、円磨された貝殻片・細礫混じりで泥質分をほとんど含まない粗粒砂を主体とする。砂層部分の密度は $1.75\sim 1.93\text{ g/cm}^3$ と東京湾岸北部の沖積層の砂層^⑥と比べて同等の値である。

ラミナ砂（HS1層）は厚さ $0.6\sim 1.0\text{m}$ で、オリーブ黒色の平行葉理や斜交層理が明瞭で貝殻片を含みゆるい～中位（下部が $N_c=15\sim 25$ 、上部が $N_c=8\sim 15$ ）の硬さの、泥質分をほとんど含まない粗粒砂を主体とする。密度は $1.80\sim 1.93\text{ g/cm}^3$ と東京湾岸北部の沖積層の砂層^⑥と比べて同等の値である。

盛土層：盛土層は構成される地層粒子の粒径や硬さから、下部のDA2層と上部のDA1層に分かれる。

DA2層は厚さ $1.2\sim 1.6\text{m}$ で、礫混じり粗粒砂から構成されるゆるい（ $N_c=5\sim 15$ ）泥混じり砂層である。直径数cmのゆるい砂層の礫を含む。

DA1層は厚さ $0.7\sim 1.2\text{m}$ で、礫を含み泥も含む砂層を主体とし、概ね中位の硬さ（ $N_c=15\sim 50$ ）である。この最上部の厚さ約 20cm には土壌化したやわらかい泥層を伴う。

各層の側方への連続性について：動的コーン簡易貫入試験結果も合わせると、各地層はゆるく海側の北西へ傾き側方によく連続するものの、3か所で層の系統的な落差が見られ、南東から順にA～D partとした（図5）。A partとB partは系統的にA partの方が約 0.6m 下がっている。しかし、HS2層の上面のみ 0.8m と落差が大きい。B partとC partはHS2層の上面から上の落差は 0.3m で、C partの方が下がっている。HS2層の下面から下は 0.6m と落差が増加している。C partとD partはHS2層上面から上は落差が 0.3m でD partの方が下がっている。HS2層下面から下は 0.1m と減少している。このように、やや複雑にPart間で

各層の標高がずれている状況が明らかになった。これらの地層の落差が地裂となって、地震時に地表の凹凸を生じさせたものと思われる。この様子は、図4のDA2層の下面から理解できる。

さて、各層の厚さは、側方に変化している様子は図5から見て取れるが、ここで、HS2層に注目すると、B part を挟んで A part と C part の HS2 層の下面はほぼ同じ標高にあるが、上面は A part の方が約 0.6m 低い。これは、HS2 層の厚さが、A part において 0.6m 薄くなっているため、単なる地層の側方への変化では説明ができない。

4 液状化－流動化部分について

ここで、コア観察による液状化－流動化部分を見てみる。この判定は、既存の方法^{7) 8)}に基づき、初生的な堆積構造の状態より判断した。沖積層の、HAL 層中の砂層と、HS2 層の砂層は、層相から本来は葉理が明瞭な浅海性の砂層であるにもかかわらず塊状であり、地層形成時の葉理が完全に消失したのと思われる、この部分が地震時に液状化－流動化したものと考えられる⁴⁾。以上のことから、HS2 層の厚さの違いは、A part 部分の HS2 層において砂層が液状化－流動し、A part と B part の境界に生じた地裂を通過して地表に噴出し HS2 層が薄くなり、A part 部分が沈下したものと考えられる⁵⁾。また、この塊状砂層の密度についてみると、液状化－流動化し葉理が消失してしまった部分の密度は 1.82~1.94 g/cm³ であるのに対し、葉理が見られる部分では 1.64~1.80 g/cm³ と低い。この低い値は、液状化－流動化し地層の粒子配列が変化する前の値と考えられ、この密度の砂層は今後、強震が生じた際液状化が起こりうる砂層の密度を示している可能性がある。

一方、房総半島の南部では元禄地震も発生しており、地層中に見られた液状化や地裂の発達は両方の地震による可能性もある。今後は、調査範囲を拡げ各層の変位状況を見ることが重要と思われる。
謝辞：調査にあたり、土地使用の許可をいただいた千葉県立館山総合高等学校に感謝いたします。

引用文献

- 1) 地質調査所、1925、関東地震調査報告第二. 地質調査所特別報告 第2号、185p.
- 2) 今村明恒：関東大地震調査報告. 震災予防調査会報告、第百號（甲）、21-66（1925）.
- 3) 武村雅之・諸井孝文：地質調査所データに基づく1923年関東地震の詳細震度分布 その1. 千葉県. 日本地震工学会論文集、1、1-26（2001）.
- 4) 風岡修・小島隆宏、2025、1923年関東地震時に臨海部で発生した地裂近傍の地質状況：館山市長須賀での地質調査から. 日本地質学会第132年学術大会講演要旨、[T11-O-4].
- 5) 佐藤光男・板倉悠介・風岡修・小島隆宏・鈴木浩之：1923年関東地震時の強震動により地裂が見られた地点での地質調査事例－沖積層の液状化－流動化について－. 第35回社会地質学シンポジウム論文集、69-70（2025）.
- 6) 風岡修・小松原純子・宮地良典・潮崎翔一・香川淳・吉田剛・加藤晶子・中澤努：第5章 沖積層及び人工地層. 都市域の地質地盤図「千葉県北部地域」（説明書）、国立研究開発法人産業技術総合研究所地質調査総合センター、25-34（2018）.
- 7) 風岡修ほか、1994、日本地質学会第101年総会・討論会 講演要旨、125-126.
- 8) 風岡修、2003、液状化・流動化の地層断面. アーバンクボタ 40号、5-13.