

液状化-流動化の被害程度が急速に変わる部分における地質環境の違い —環境研究センター稲毛地区敷地内の調査結果から—

風岡 修 荻津 達 吉田 剛 香川 淳

1 目的と調査研究方法

東京湾岸埋立地を中心に、平成 23 (2011) 年東北地方太平洋沖地震により液状化-流動化現象が広い地域で発生し、この現象により地盤の沈下や地波などの地質現象が部分的に発生したが、隣り合う場所でも液状化-流動化に伴う沈下量が大きく異なり、沈下による被害をあらかじめ予測し、予防するためには、液状化-流動化による沈下のメカニズムを解明する必要がある。この隣り合う、沈下の程度の異なる地点の比較調査は、重要なデータを提供してくれる可能性が高い。すなわち、被害の程度の異なる場所でその地層を横断面でみた場合、どのような地層が液状化-流動化したのか、その場所から側方へどのように地層が変化し被害が低減していくのかを明らかにできれば、今後の液状化-流動化の予測や対策に寄与できる情報を得やすいと考えられる。

そこで、沈下量が異なる隣り合う 2 地点において、オールコアボーリングにより乱れの少ない地層コア試料を採取し、液状化-流動化による地層の乱れ具合や透水層構造状態の観察や、簡易連続貫入試験を行い 10cm 毎の地層の硬さを把握し、両者の間の地質条件の違いと液状化-流動化部分を明らかにすることとした。

この目的を達成する調査ができる場所として、今回は美浜区稲毛海岸において、約 20m 離れた沈下の程度が異なる 2 点 (20cm 程度沈下した地点 B2 と数 cm 程度の沈下であった地点 B1 の 2 地点 (図 1)) において、直径 86mm のオールコアボーリング試料を採取した。今回はこれらコアの観察を基に、層相の違い・液状化-流動化部分・沈下の程度について比較した。液状化-流動化部分の認定は、深度方向に 2 分したコアの断面の剥ぎ取り面と、高知大学海洋コア総合研究センターにて CT 画像を撮影することにより得られたコア試料内における三次元地層構造から行った。これら

結果をまとめたもの¹⁾の概要を以下に示す。

なお、今回得られた調査結果は、今後さらに解析し、知見をとりまとめ、地震地質災害に強い県土づくりや安全な街づくりのための資料としていきたい。

2 剥ぎ取り面と CT 画像の比較

オールコアボーリングにより採取されたコア断面の地層の剥ぎ取り面²⁾は、粒径の違いが樹脂の浸透の違いに反映されるため、地層が堆積するときに形成される模様であるラミナの認定を容易にすることができる。液状化-流動化部分では、地層の粒子配列が乱れるため、ラミナが消失ないしぼやける³⁾⁴⁾。この状況は単なるコアの断面観察ではわかり難いが、剥ぎ取り面では容易に認識できる。CT 画像でも、ラミナの消失や変形が確認できることが、東日本大震災後に浦安市内の液状化被害地点で採取したコアについて報告されている⁵⁾。なお、今回行った同一のコアにおける剥ぎ取り面と CT 画像による液状化-流動化部分の判定は、同様であることが確認できた¹⁾ (図 2)。

しかし、一枚の CT 画像のみでは、画像の分解能があまり良くないため、一断面だけでは液状化-流動化部分の判断が困難な場合がある。しかし、これと平行な複数枚の画像を検討することで、液状化-流動化部分を立体的に把握でき、生痕などとの違いを明らかにすることができた (図 2)。一方、剥ぎ取り面では、一面しかみることができないが、粒径の変化などの実物の地層の状態を詳しく観察することができ、流動にともなう粒子の移動状況や乱れ方などについて検討できた。しかし、剥取りができないコアの他の断面部分については液状化-流動化部分を見落とす可能性が高い。このように、地層の剥ぎ取り面の観察に加え CT 画像による解析も行うことで、液状化-流動化部分の見落としのない正確な把握と、層相と液状化-流動化現象との関係の検討を行うことが可能となる。



図1 千葉市美浜区稲毛海岸における噴砂状況と調査地点（航空写真は千葉県防災危機管理課によるもの）。

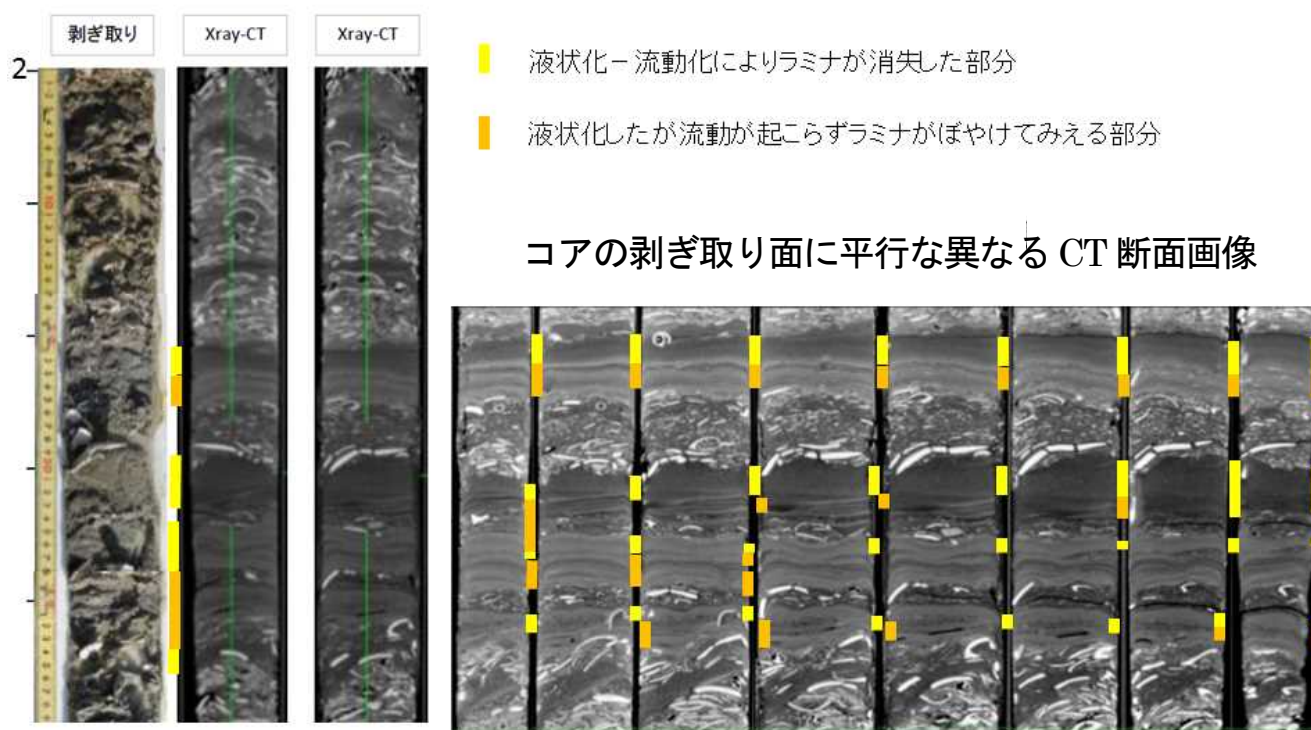


図2 コアの剥ぎ取り面と同じ位置のコアの CT 断面画像、及びコアの剥ぎ取り面に平行な異なる CT 断面画像と液状化ー流動化部分。

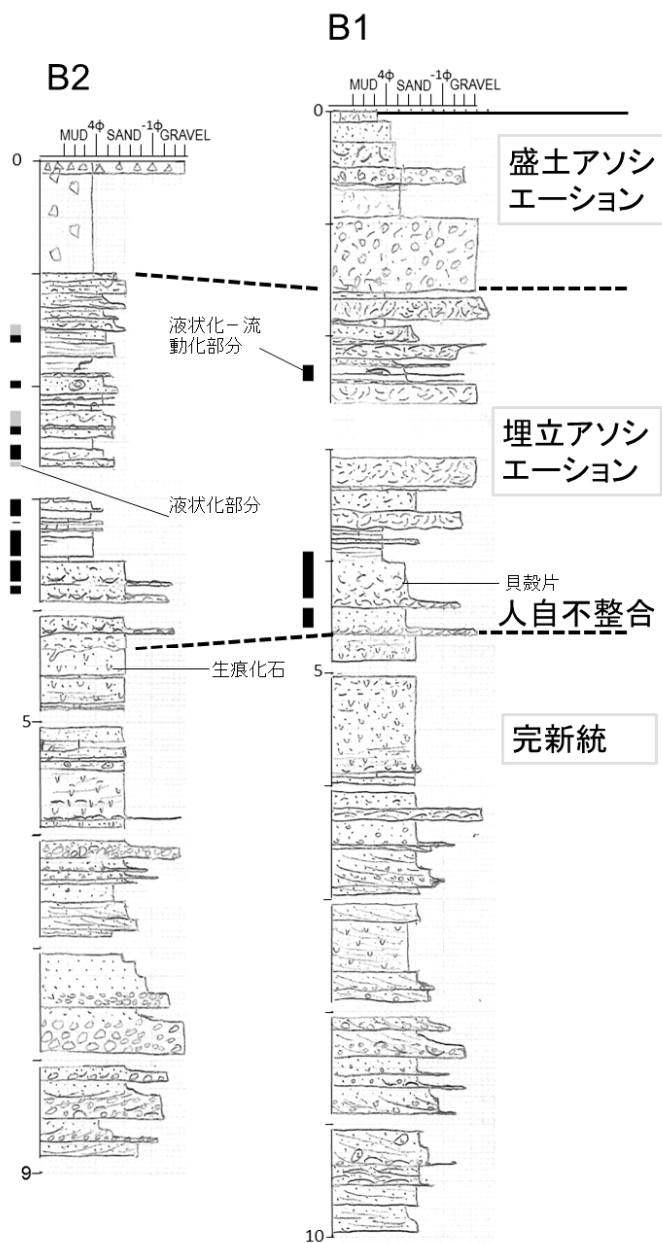


図3 沈下の異なる地点でのオールコアボーリングによる地質柱状図。
柱状図の左の黒いバーは、ラミナ（初生的な堆積構造）が消え液状化-流動化部分と考えられる部分。灰色のバーは、ラミナがぼやけ流動化はあまり起こっていない液状化部分と考えられる部分。

3 層相と液状化－流動化の関係

透水性の良い貝殻密集層では液状化－流動化は発生していない。透水性がやや悪い細粒砂層と極細粒砂層及び粗粒シルト層の一部分で液状化－流動化は発生している(図3)。この傾向は、他の地点での調査結果⁶⁾と調和的であり、人工地層の液状化予測上重要な観点といえる。また、B1 地点では貝殻密集層が卓越し液状化－流動化部分は薄く沈下は小さいが、B2 地点では極細粒砂～細粒砂層が卓越し液状化－流動化部分は厚く沈下は大きい。このことは人工地層の地層の側方への変化が液状化－流動化現象とこれに伴う沈下を規制しているといえよう。

4 まとめと今後の展望

以上のように、液状化－流動化被害地点と地層構成との関係を、オールコアボーリングとその地層試料の詳細な観察の結果、明らかにすることが出来た。

今後、同様な調査を複数地点について実施し、液状化－流動化現象と地質構成・地質構造との関係や、液状化－流動化現象の異なるメカニズムのパターンを検討していきたい。

謝辞：コアのCT画像の撮影は、高知大学海洋コア総合研究センター全国共同利用研究によって行った。この共同利用研究にあたり、高知大学海洋コア総合研究センターの村山雅史教授・山本裕二博士・松崎琢也氏をはじめとする技術員の方々には大変お世話になった。これらの方々にお礼申し上げる。

引用文献：

- 1 風岡 修, 佐藤光男, 堀井義久, 荻津 達, 酒井 豊, 香川 淳, 古野邦雄, 楠田 隆, 吉田剛: 東京湾岸埋立地の人工地層中における 2011 年東北地方太平洋沖地震時の液状化－流動化部分と非液状化－流動化部分 ―オールコアの剥ぎ取り面と X 線 CT 画像から―. 第 25 回環境地質学シンポジウム論文集, 地質汚染－医療地質－社会地質学会, 11-14 (2015).
- 2 奈良国立文化財研究所埋蔵文化財センター: 層位・遺跡断面等の剥ぎ取り転写法. 埋蔵文化財ニュース, 28 号, 1-8 (1980).
- 3 風岡 修, 楠田 隆, 香村一夫, 楡井 久, 佐藤賢司, 原 雄, 古野邦雄, 香川 淳, 森崎正昭: 液状化－流動化のメカニズムとその実態. 日本地質学会第 101 年総会・討論会 講演要旨, 日本地質学会, 125-126 (1994).
- 4 風岡 修: 液状化・流動化の地層断面. アーバンクボタ 40 号, 株式会社クボタ, 5-13 (2003).
- 5 平 朝彦, 飯島耕一, 五十嵐智秋, 坂井 三郎, 阪口 秀, 坂口有人, 木川栄一, 金松敏也, 山本由弦, 東 垣, 田中智行, 西村征洋, 鈴木孝弘, 木戸芳樹, 渡邊直人, 奥野 稔, 井上 武, 黛廣志, 小田友也, 濱田泰治, 室山拓生, 伊能隆男, 高階實雄, 勝又英信, 原田 直, 西田文明, 南川浩幸, 金高良尚: 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. 地質学雑誌, 118 巻, 410-418 (2012).
- 6 風岡 修, 佐藤光男, 風戸孝之, 早川 実, 楠田隆, 笠原 豊, 古野邦雄, 香村一夫, 原 雄, 佐藤賢司, 楡井 久: サンドポンプ工法による埋立地内での液状化強度の違い ―1987 年千葉県東方沖地震時に液状化－流動化した九十九里平野南部東浪見の砂鉄採取跡地の例―. 第 15 回環境地質学シンポジウム論文集, 地質汚染－医療地質－社会地質学会, 277-282 (2005).
- 7 風岡 修, 亀山 瞬, 森崎正昭, 重野聖之, 鈴木喜之, 香川 淳, 吉田 剛, 木村満男, 酒井 豊, 小倉孝之: 2011 年東北地方太平洋沖地震時に発生した沈下を伴う液状化－流動化現象発生地の人工地質の特徴 ―東京湾岸埋立地千葉市磯辺地区での地質調査から―. 第 24 回環境地質学シンポジウム論文集, 地質汚染－医療地質－社会地質学会, 9-14 (2014).