

平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震による液状化－流動化現象と

詳細分布調査結果（第 5 報） 一千葉市美浜区東部―

2012 年 6 月 10 日作成
千葉県環境研究センター

今回は、戸建て住宅が多い千葉市美浜区の花見川水路～黒砂水路の埋立地における液状化－流動化現象に関する詳細調査結果を中心に述べる。1987 年千葉県東方沖地震での液状化－流動化現象に関する機構解明調査の過程で、地表面の変形と地層内部での液状化－流動化には強い相関が認められてきている（風岡ほか、2000 など）。2011 年 3 月 18 日に公開した「平成 23（2011）年東北地方太平洋沖地震による東京湾岸埋立地での液状化－流動化被害（第 1 報）」において、東京湾岸埋立地における被災直後の噴砂の分布と被害状況の写真を示した。以降、噴砂が取り除かれるに従って地表面の変形状況や構造物の抜け上がり・沈み込みが明らかになってきた。このため、この地域においても、第 3 報・第 4 報で報告した浦安市の埋立地において行なった調査のように、杭基礎が施されていると思われる構造物の抜け上がり量の把握、地表面の変形のタイプ区分とその平面分布の把握の 2 つの調査を地質環境研究室員が行なった。このような被害の状況を知ること、今後の抜本的な対策を検討する調査として重要である。

千葉市美浜区の花見川水路～黒砂水路の間の埋立地での被害状況

1. 構造物の「抜け上がり」量に関する実測調査

調査の概要：液状化－流動化現象によって生じた噴砂や地層の流動・地層収縮などにより、沖積層よりも下位の下総層群に到達するような深い基礎杭を有する構造物には「抜け上がり」現象が、浦安市埋立地だけでなく千葉市美浜区の埋立地においても認められた。この「抜け上がり」量が液状化－流動化現象の客観的な指標となる可能性があることから、第 3 報で報告した浦安市の埋立地と同様に実測調査を実施した。調査は目視による状況判定のうえ、構造物の側壁にみられる地震直前の地表の痕跡と現地表の差（抜け上がり量）をメジャーにて測定した。また必要に応じて簡易水準測量を実施した。測定の際には、地震前の地盤の沈下による抜け上がりとは区別するよう留意した。調査期間は、2011 年 7 月～10 月である。

抜け上がりの調査結果：抜け上がり量を第 4 報と同様に 4 区分に色分けし、さらにその量を数字（単位は cm）で示したのが図 1-1 である。赤丸は 26cm 以上の抜け上がり、黄色は抜け上がり量が 16～25cm、緑は抜け上がり量が 6～15cm、青は抜け上がり量が 1～5cm である。なお、抜け上がりがないものは表示していない。これら抜け上がり量は、次に示す地表面の変形に関する調査と調和的である。抜け上がり量の赤は地表面の変形の A タイプ、黄・緑は B タイプ、青は C タイプにそれぞれ対比される。この分布の特徴に関しては、次の地表面の変形に関する調査の結果に合わせて述べる。

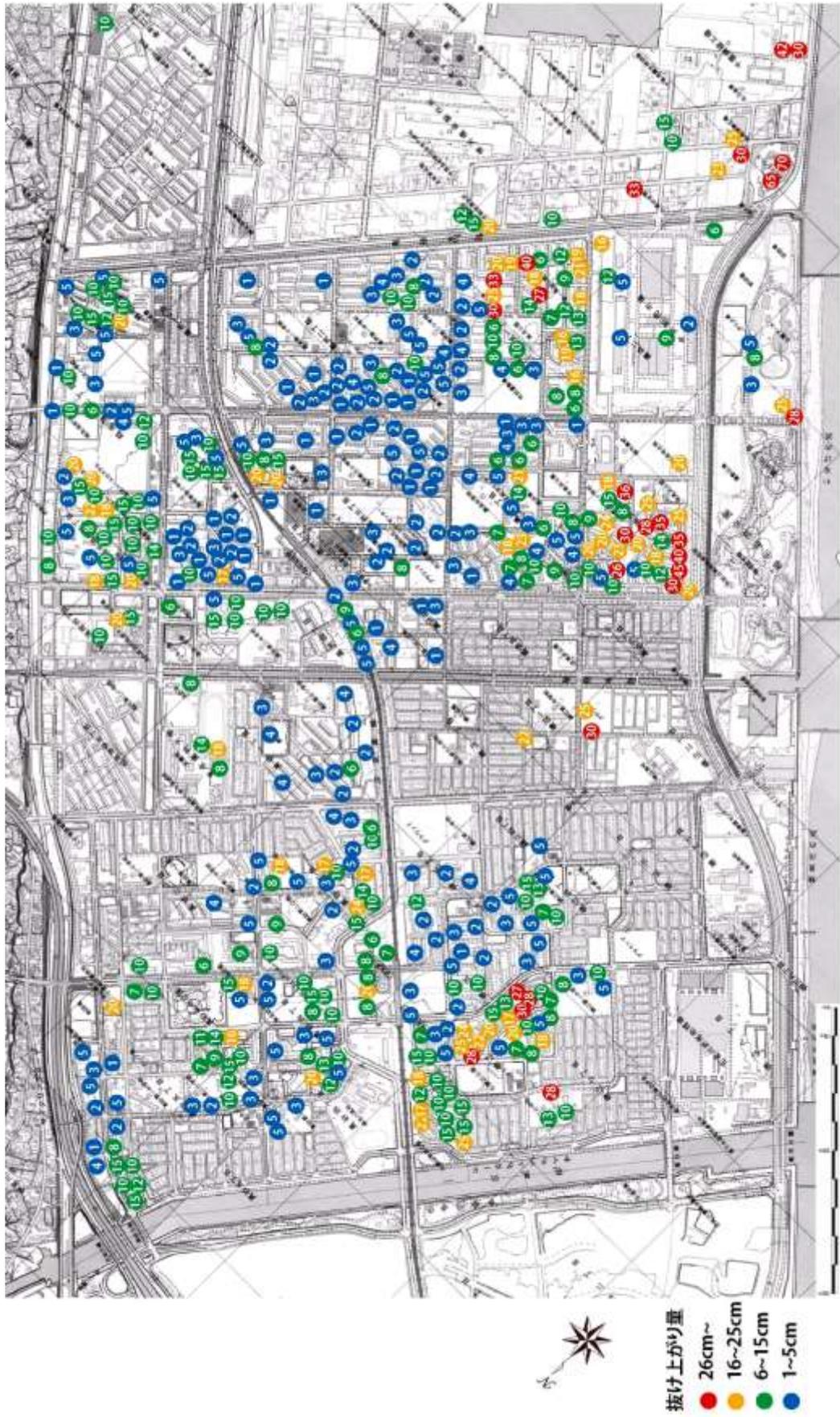


図 1-1 千葉市美浜区の花見川～黒砂水路における基礎構造物の「抜け上がり」量（≒表層の沈下量）

2. 地表面の変形に関する調査

調査の概要：液状化—流動化現象として、噴砂、噴水、地表面の変形（地波・地割れ・陥没・地盤の沈下など）、構造物被害（地盤の沈下にとともなう中・高層ビルの抜け上がり、戸建て構造物やコンクリート塀・門柱・敷石および電柱などの浅層基礎構造物の沈み込みや傾動、マンホール・防火水槽等の空洞状の地中構造物の浮上）などがみられた。このうち、現地での地表からの観察の結果、地表での被害の現れ方の違いを認識し、噴砂、道路の変形、レンガ塀や電柱の傾き・沈み込み、戸建て住宅のような浅層基礎を持つ構造物の沈下・傾きなどを中心にタイプ区分を行なった（表 2-1）。このタイプ区分に基づきその詳細な平面分布をまとめたものが図 2-1 である。なお、現象は本来連続的に変化しているものと思われるが、その変化の度合いを表現するためタイプ分けをして分布図として表現している。この中で、特に C タイプと D タイプの区別については現地では困難な場合が多く、D タイプに極めて近い C タイプがある。同時に、B タイプに近い C タイプも存在する。また、このタイプ区分は地表面の変形を重視し構造物の被害は補完的にみることとした。なぜならば構造物の被害は、その基礎構造に大きく依存するためであり、これらを把握するのは困難だからである。基礎の深さはさまざまであり、液状化—流動化する深度も地質環境に大きく依存し一様ではない。例えば、基礎構造の直下の深度で液状化—流動化が起これば構造物に大きな影響が考えられるが、基礎構造の基底深度よりも浅い部分や深い深度で起こればそれほど大きな影響は考えられないわけである。タイプ区分は地表面の変形に重点をおいているので抜け上がり量とは調和的であり、ほぼ抜け上がり量（≒地盤の沈下量）の分布を表現しているものと考えられる。

現地調査は、主に 2011 年 7 月～2012 年 2 月におこなった。タイプ区分が最初は個人差もあったので、クロスチェックも行ないながら進めていった。タイプ区分の平面的な分解能は 5～10m 程度である。なお、本地震での液状化—流動化現象は広い範囲で発生したものの、人員等限られた中での調査のため、残念ながら未調査の部分もある。このため、図 2-1 の着色部が調査した部分である。

調査の結果：以下に示す。なお、詳細は別報にて報告する。

- ①液状化—流動化現象は旧海岸線である国道 14 号線よりも内陸側の自然地層である沖積層上にはほとんどみられず（工事などで掘り返した地点を除く）、旧海岸線以南の埋立地においてみられる。このことは、基本的には人工地層中で液状化—流動化現象が発生していることを示している。
- ②調査対象の埋立地は、三期に分けて埋立てられている（図 2-4）ものの、埋立て時期によって液状化—流動化被害に顕著な違いは認められず、また埋立地全域が一様に液状化—流動化しているわけではない。液状化—流動化被害は概ね北東方向に延びる帯状の分布をなすものの、D タイプの被害がみられない部分の中に、C タイプの被害が直径 200～500m の斑状に分布している。また、一般に C タイプの分布の中に B タイプが分布し、B タイプの分布の中に A タイプが分布している。
- ③概ね、本地震の第一報で示した噴砂の集中帯の B 帯・C 帯・D 帯・E 帯（図 2-2）の中に、A タイプ・B タイプの被害が集中する。C タイプの被害は、これら帯よりもやや広く分布する。
- ④A タイプ・B タイプ・C タイプは、沖積層や人工地層（埋立層や盛土層といった人為的に作られた地層。この地区では築山などの盛土層もあるので、一括して人工地層とした）が相対的に厚い部分にみられる（図 2-3）。
- ⑤A タイプは人工地層が厚くなる本層基底面標高が-2m 以深の部分に分布し、-2m 以浅にはみられない。なお、基底面標高-2m 以深は、第 3 期の埋立て範囲内にある（図 2-3）。
- ⑥A タイプ・B タイプは細長い分布形態をなす場合が多い。さらに、A タイプは細長い B タイプの中の一方の端に位置する場合が多い（図 2-1）。
- ⑦規模の大きな噴砂がみられた部分（図 2-2）は A タイプや B タイプの被害となっている場合が多い。
- ⑧1987 年千葉県東方沖地震時に噴砂があった場所の多くでは、今回も液状化—流動化現象がみられ、A タイプや B タイプの被害となっている場合が多い（図 2-1 と図 2-4 を参照）。
- ⑨千葉県東方沖地震時に液状化流動化被害のあった中磯辺公園では、人工地層の層相分布と液状化—流動化

被害が一致している（風岡ほか，2011）（図 2-5）．すなわち，被害部分は人工地層の砂層の分布域では A タイプ・B タイプ・C タイプの被害がみられ，泥層分布域では被害はみられない．この人工地層の層相の側方変化は，砂層や泥層から構成される海底の地層を浚渫しサンドポンプ工法で埋立てる際の特徴と考えられる（風岡ほか，2001；風岡，2003；風岡ほか，2012；風岡ほか，2011（英））．

⑩道路面よりも 2m 以上盛り上げられた築山では，被害はみられなかった．

⑪主に A タイプ・B タイプの被害部分に地波（地表の波状変形）が残っている部分が見られる．

⑫戸建て住宅地部分の A タイプ～B タイプの被害では，道路面と比較して両脇の戸建て住宅部分が沈下している場合が見られた．また，道路と側溝のつなぎ目からは大量の噴砂・噴水があった．アスファルト道路は難透水性なので，噴砂・噴水により浮上した可能性がある．

表 2-1 液状化－流動化現象の地表での被害の現れ方による区分

タイプ名	液状化－流動化現象の地表での被害の現れ方
Aタイプ	<ul style="list-style-type: none"> ・多量の噴砂がみられる． ・道路は大きく波打ち鉛直方向に30cm以上の凹凸や段差がみられる．道路わきのU字溝は波打っていたり破損したりしている． ・戸建て住宅などの低層の構造物は大きく傾いたり沈み込んだりしている． ・電柱や塀は大きく傾いたり数十cm以上沈み込んだりしている．
Bタイプ	<ul style="list-style-type: none"> ・噴砂がみられる． ・道路は波打ち鉛直方向に10～20cm程度の凹凸や段差がみられる．道路わきのU字溝の一部は破損している． ・戸建て住宅などの低層の構造物は傾いたり沈み込んだりしている． ・電柱や塀は傾いたり10～20cm程度沈み込んだりしている．
Cタイプ	<ul style="list-style-type: none"> ・噴砂がみられる． ・道路は数cm程度のわずかな波打ち・沈下や亀裂がみられる． ・戸建て住宅などの低層構造物は外見からはほとんどわからないが傾いたり沈み込んでいるものもある． ・電柱には沈降や傾きはほとんどみられない．少ないもののレンガ塀などが少し傾いていることがある．
Dタイプ	<ul style="list-style-type: none"> ・噴砂はみられない． ・道路は亀裂や凹凸などはみられない． ・家は沈み込みや傾きなどはみられない． ・電柱・塀は沈み込みや傾きはみられない．



図 2-1 千葉市美浜区の花見川～黒砂水路の埋立地での液状化—流動化現象による地表でみられる被害の状況。現象のタイプ区分は表 1 を参照。

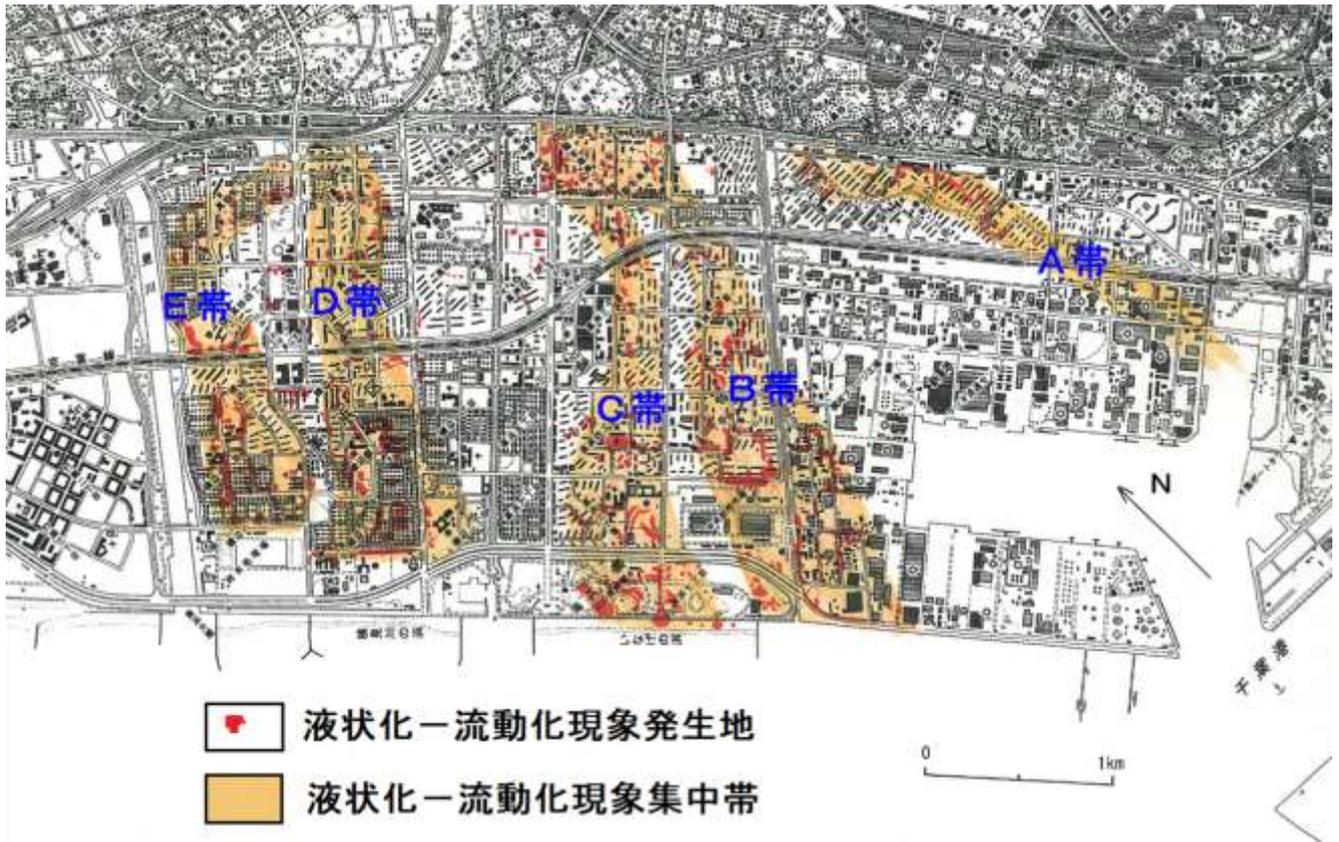


図 2-2 2011 年東北地方太平洋沖地震時の噴砂の分布とその集中帯（千葉県環境研究センター，2011）.

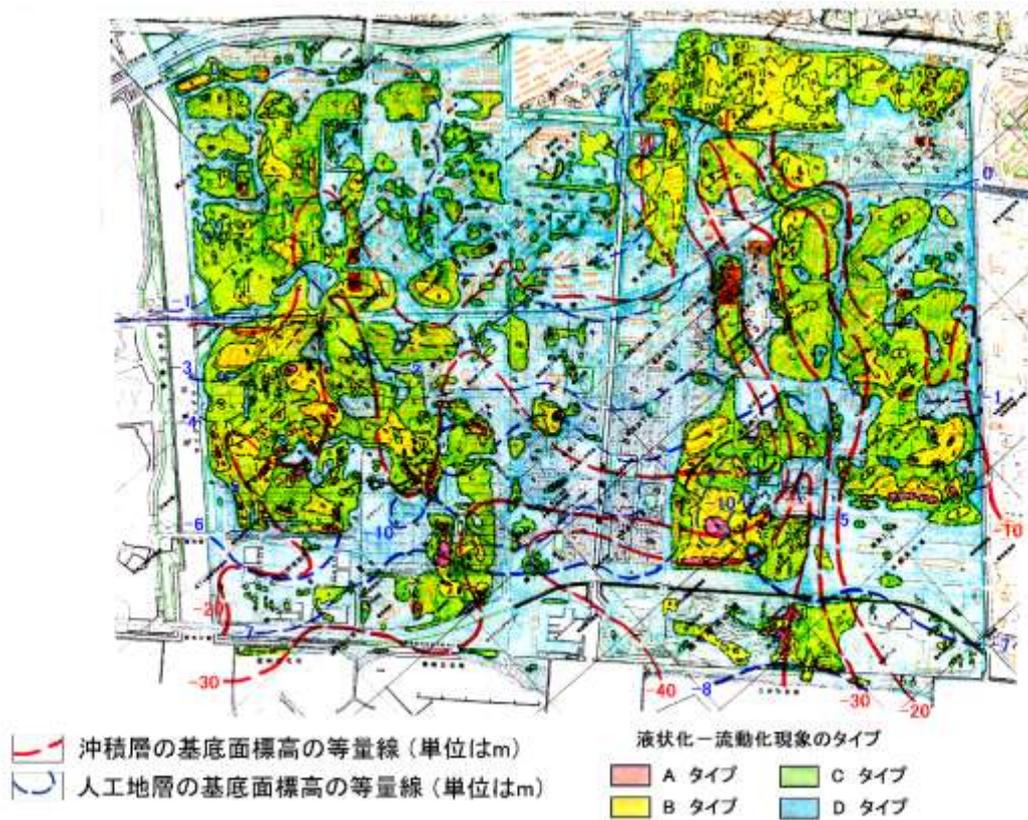


図 2-3 2011 年東北地方太平洋沖地震時の液状化—流動化被害の分布と人工地層・沖積層の基底面標高（加藤ほか，2012）分布.

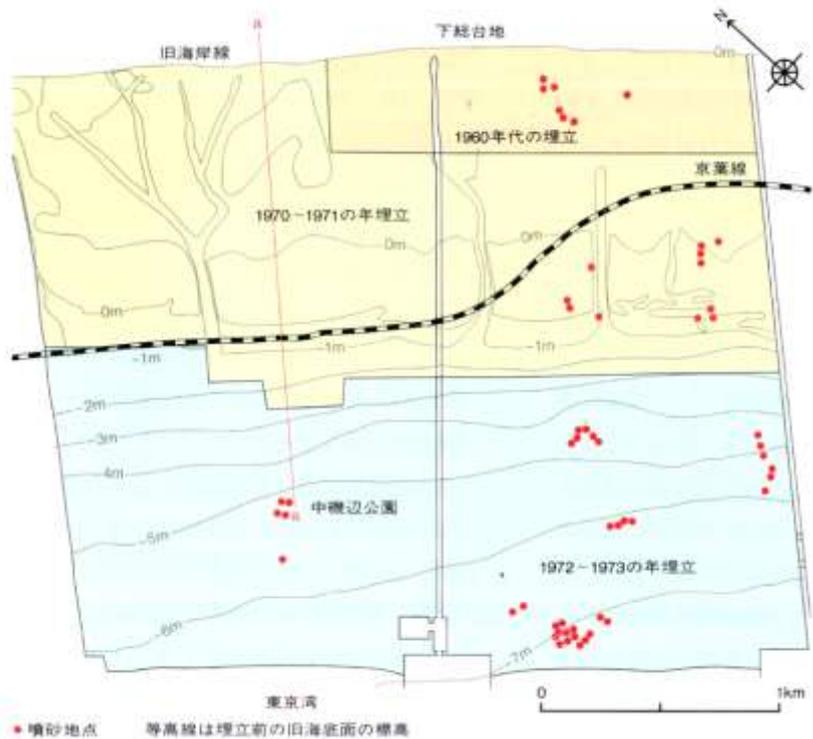


図 2-4 千葉市美浜区の花見川～黒砂水路の埋立地における埋立ての時期と 1987 年千葉県東方沖地震時の噴砂の分布 (楡井ほか, 1990 (英), 千葉県地質環境研究室 a, 2003).

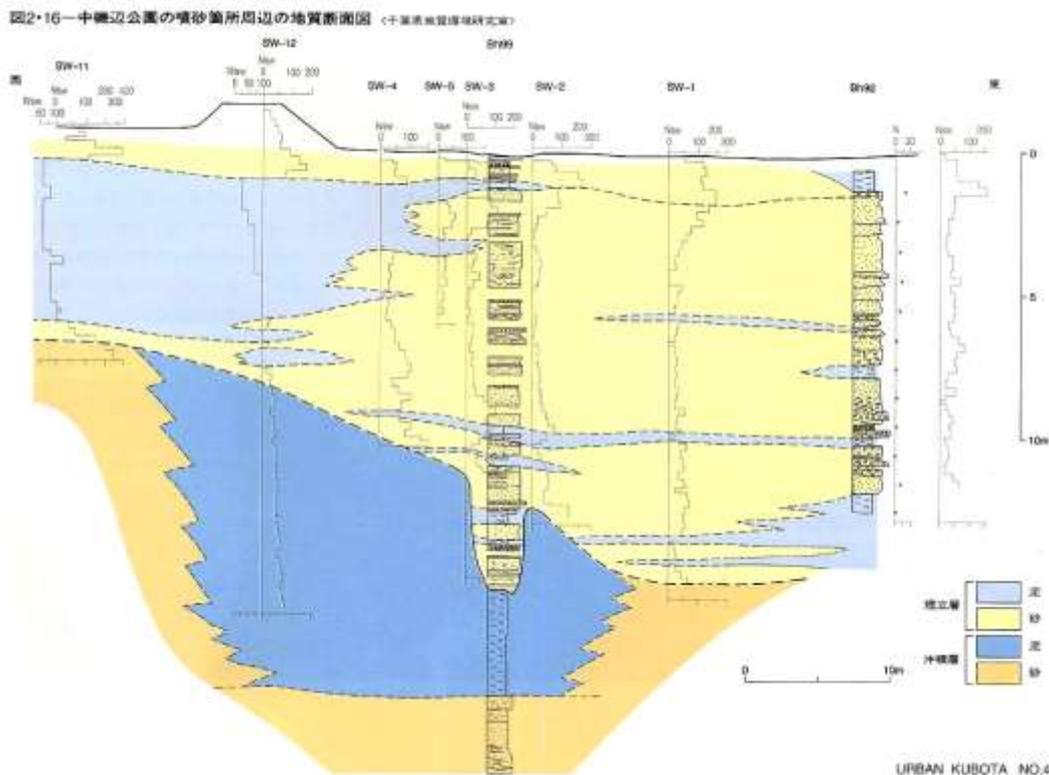


図 2-5 中磯辺公園での人工地層の層相の側方変化 (風岡ほか, 2000 ; 千葉県地質環境研究室 b, 2003). 1987 年千葉県東方沖地震時には SW-3 付近で噴砂がみられた. 2011 年東北地方太平洋沖地震時には SW-5 付近より右側の人工地層の砂層分布域では全面的に液状化-流動化により 20~30cm の沈下が生じた (吉田ほか, 2012).

まとめ

東京湾岸埋立地における液状化－流動化による地質環境被害の詳細な例として、比較的古い埋立地から新しい埋立地までを含む千葉市美浜区の花見川～黒砂水路の埋立地において調査をおこなった。この地域でも、埋立ての時期による顕著な違いよりも、沖積層や人工地層の厚さ、および人工地層内の地層の種類（泥層か砂層か）の分布が被害に関係する可能性が高い（風岡ほか，2011；2011（英）；2012）ことが考えられる。今後、被害のタイプが変化する部分において、地質環境調査を行なうことが重要と思われる。このような調査を通じた液状化－流動化現象の機構解明は、今後の液状化－流動化の予測や地震被害の減少といった対策に有効と考えられる。

引用文献

- 千葉県地質環境研究室，2003a，図 2・13－検見川浜埋立地の形成と噴砂分布．アーバンクボタ．No.40，P.13.
千葉県地質環境研究室，2003b，図 2・16－中磯辺公園の噴砂箇所周辺の地質断面図．アーバンクボタ．No.40，P.13.
千葉県環境研究センター，2011，平成 23（2011）年東北地方太平洋沖地震による東京湾岸埋立地での液状化－流動化被害（第 1 報）．http://www.wit.pref.chiba.jp/_sui_chi/chishitu/touhoku/ekijouka20110318b.pdf，8p（2011 年 3 月 18 日掲載）.
千葉県環境研究センター，2011，平成 23（2011）年東北地方太平洋沖地震における千葉県内の液状化－流動化被害（第 2 報）．http://www.wit.pref.chiba.jp/_sui_chi/chishitu/touhoku/dai2/gaiyou20110415.pdf，57p（2011 年 4 月 15 日掲載）.
千葉県環境研究センター，2011，千葉県内の液状化－流動化現象とその被害の概要及び詳細分布調査結果（第 3 報） —浦安地区（1）—. http://www.wit.pref.chiba.jp/_sui_chi/chishitu/touhoku/dai3/ekijouka3a.pdf，25p（2011 年 6 月 9 日掲載）.
千葉県環境研究センター，2011，千葉県内の液状化－流動化現象とその被害の概要及び詳細分布調査結果（第 4 報）：浦安地区でみられた液状化－流動化現象の詳細分布・地震のゆれ方と液状化－流動化現象との関係・千葉市美浜区での人工地層および沖積層の概略的な 3 次元分布と液状化－流動化現象の分布の概要．http://www.wit.pref.chiba.jp/_sui_chi/chishitu/touhoku/dai4/ekijouka41-12P.pdf，69p（2011/12/28 掲載）.
加藤晶子ほか，2012 印刷中，全国環境研会誌.
風岡 修ほか 2000，局所的な表層地質の違いが液状化－流動化に与える影響 —東京湾岸埋立地の例—，第 10 回環境地質学シンポジウム論文集，33-38.
風岡 修ほか，2001，地震時にみられた液状化－流動化現象とその時系列変化—2000 年鳥取県西部地震・2001 年芸予地震での例—，第 11 回環境地質学シンポジウム論文集，419-424.
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.
風岡修ほか，2011，人工地層のでき方と液状化－流動化被害 —1987 年千葉県東方沖地震での被害との比較も含めて—シンポジウム「人工改変地と東日本大震災」資料集，地質汚染－医療地質－社会地質学会，1-21.
風岡修ほか，2012，2011 年東北地方太平洋沖地震時に第四紀関東堆積盆地の房総半島に発生した液状化－流動化現象 —東京湾岸埋立地の千葉市・浦安市を中心に—. 第 21 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，33-38.
風岡修ほか，2011（英），2011 年東北地方太平洋沖地震時に第四紀関東堆積盆地の人工地層上に発生した液状化－流動化現象．人工地層と地質汚染に関する国際ワークショップ（2011 年 6 月 17-19 日）論文集，国際地質科学連合環境管理のための地質科学委員会，13-1～13-2.
楡井 久ほか（英），1990，千葉県東方沖地震と災害，地質学論集，35，31-46.
吉田剛ほか，2012，2011 年東北地方太平洋沖地震時による千葉県東京湾岸の液状化－流動化に伴う地表面の変形．第 21 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，51-56.