千葉県環境研究センター・環境だより

編集・発行／千葉県環境研究センター　住所：〒２９０―００４６　市原市岩崎西１―８―８
電話番号：０４３６【２１】６３７１　　FAX 番号：０４３６【２１】６８１０
ＨＰ：http://www.pref.chiba.lg.jp/wit/index.html

１．　埋立地での液状化-流動化現象　ー地震動と間隙水圧の観測からわかってきたことー
２．　地質環境研究室の一般公開を開催しました
３．　地質学入門講座（第１回）　～ 化石からわかること ～

埋立地での液状化-流動化現象
ー地震動と間隙水圧の観測からわかってきたことー

（１）はじめに

平成２３年 ３ 月に発生した東北地方太平洋沖地震では、東京湾岸の埋立地をはじめとした千葉県内の複数の場所で液状化-流動化が発生し、人々の生活に大きな影響を与えました。当センター地質環境研究室では地震発生直後から調査を行い研究室のある千葉市美浜区をはじめ県内における液状化-流動化による被害状況をまとめました（千葉県環境研究センター，2011）。その結果、千葉市美浜区での被害は図１の様に帯状に集中して分布していることがわかりました。この分布がどのようにして出来たのか、そして液状化-流動化発生のメカニズム解明を目的として、被害が集中した帯の中の地点（高洲観測点）と被害が確認出来なかった地点（真砂観測点）に地震動や地層中の間隙水圧＊1を観測する装置を設置して観測を行っています。本稿では設置した装置とこれまでの観測結果について概要を紹介します。

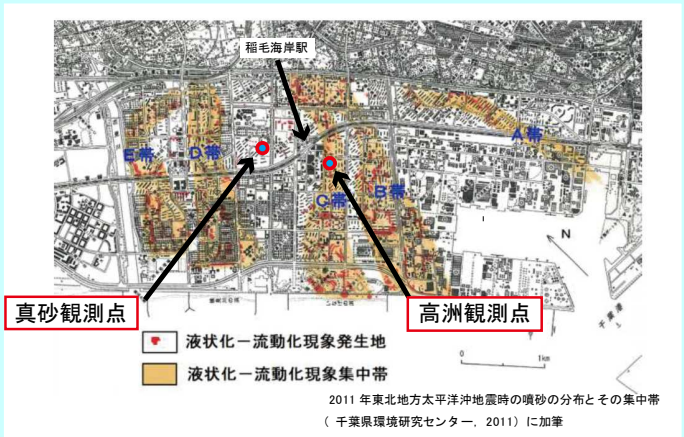


図１　液状化ー流動化被害分布状況と 観測点設置場所

（２）液状化-流動化現象とは

そもそも液状化-流動化とはどのような現象でしょう。液状化は、①ある程度以上の強さの地震の揺れが、②地下水の水位が高く、③緩く詰まった砂の地層、に加わった場合に起こるとされており、地震の揺れにより水に飽和した地層中の間隙水圧が高くなり地層の粒子同士の結びつきが切れ、粒子が液体の中に浮遊することで地層が一時的に強度をなくして流体のように振る舞う現象です。また、液状化した地層がより低圧力の方向へ移動していくことを流動化と呼んでいます（新版地学事典，１９９６）。

以上のことから、液状化-流動化について理解するためには、地震時の「揺れの強さ」と「地層の間隙水圧」並びに「地層の状況」が重要であることがわかります。液状化-流動化メカニズム解明のためには被害が集中した帯の中の高洲観測点と被害が確認出来なかった真砂観測点において、それぞれの地点で地質の状況を把握した上で地震による揺れや間隙水圧について観測し、それがどのように異なっているかを調べる必要があります。今回はそれぞれの観測点における地震動と間隙水圧について、千葉市美浜区の帯状の液状化被害を説明するのに重要と考えられる、①地震の揺れが深いところから浅いところに伝わるにつれて大きくなる現象（地震動の増幅）、②地震の揺れによって地層の間隙水圧が上昇する現象（間隙水圧変化）の２つの現象に着目して紹介します。

（３）観測装置と地質の概要

観測装置の設置に際しては、地質構造を把握するためそれぞれの地点でオールコアボーリング＊2を実施しました。オールコアボーリングの結果、両地点ともに下から更新統＊3、沖積層＊4、埋立層＊5が確認され、高洲観測点では真砂観測点に比べて沖積層と埋立層の厚さが２倍程度厚いことがわかりました（図２）。

両地点とも埋立層、沖積層及び更新統の各層に地震計を、埋立層及び沖積層の各層に間隙水圧計を設置しました（図２）。

（４）観測結果の紹介

高洲観測点は平成 26 年２月から、真砂観測点は平成 27 年２月から観測を開始しました。これまでの観測結果の １ 例として東北地方太平洋沖地震後に最大規模となった平成 27 年 5 月 30 日 20 時 24 分(JST)頃小笠原諸島西方を震源として発生した地震のデータを紹介します。

図３に高洲観測点と真砂観測点の各深度の地震計で観測した地震動の東西方向の加速度波形を示します。一般に地震動は深いところから浅いところに伝わります。両地点の一番深い更新統の地震計で観測した波形に大きな違いは認められず、最大振幅は高洲観測点で 9.9gal*6、真砂観測点で 11gal と同程度でした。また、沖積層及び埋立層の波形から、両地点それぞれで沖積層、埋立層と進むほど波形の振幅が大きくなっている事が確認出来ます。高洲観測点では更新統で9.9galであった最大振幅が埋立層では30galと約３倍に、真砂観測点では更新統で 11gal であった最大振幅は１８galと約１．７倍になっています。このことから地震動が深いところから浅いところに伝わるにつれて揺れが大きくなる地震動の増幅の効果は高洲観測点の方が真砂観測点に比べて大きいことが確認されました。

図４には両地点の埋立層に設置した間隙水圧計のデータを示します。地震の揺れと同程度の周期の短い波形がありわかりにくいですが、両地点において、地震の大きな揺れが到達してから数秒以内に振幅の中心が急激に上昇しているのがわかります。高洲観測点、真砂観測点ともにこの傾向は確認出来ますが、高洲観測点の方が大きく間隙水圧が上昇しています（図４）。

以上のように、この地震の観測から地震動の増幅、間隙水圧の変化の両方で高洲観測点のほうが真砂観測点よりも大きい事が確認できました。現在、このことと両地点の地質構造の違いとの関係について検討しているところです。今回紹介出来た地震は１例だけですが、地質環境研究室では今後もこれらの観測を継続し、さらなる液状化-流動化メカニズムの解明を目指しています。

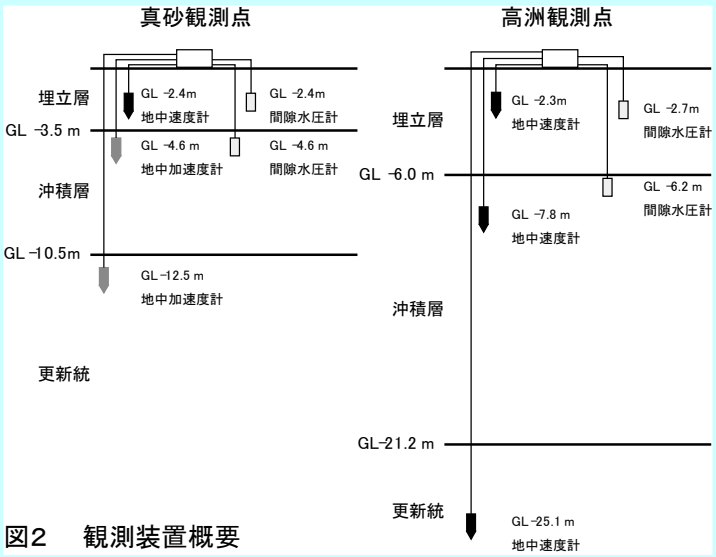


図2　観測装置概要

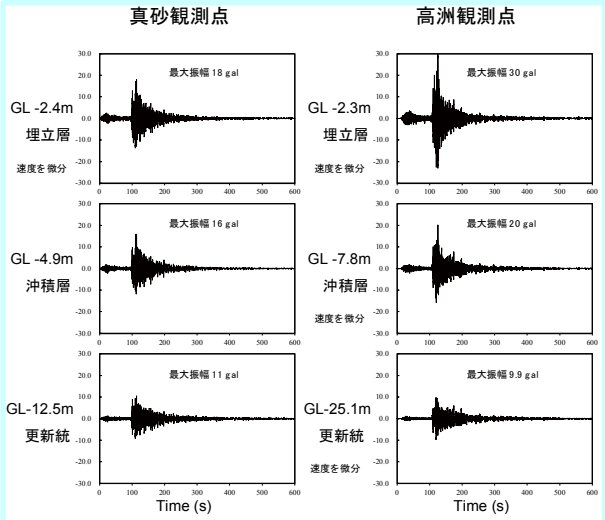


図3　東西方向成分の地震波形（加速度）

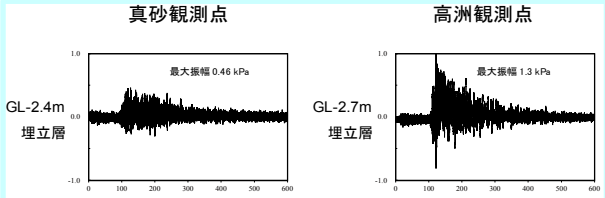


図4　間隙水圧変化（埋立層）

用語

*1 間隙水圧：地層の粒子の間隙の地下水の水圧。これが高まり一定の値を超えると液状化すると考えられている。

*2 オールコアボーリング：コアを採取して行うボーリング。コアを観察し地層の状況を確認することが出来る。

*3 更新統：約 258 万年前から約 1 万年前まで（更新世）の地層。埋立層や沖積層に比べ比較的固い。

*4 沖積層：最終氷期（約１万８千年前）以降に堆積した地層。比較的柔らかい。

*5 埋立層：人工的に埋め立てられた地層。緩く堆積しており、液状化が起こることが多い。

*6 gal：地震の揺れを表す加速度の単位（ｃｍ/ｓ^2）。

引用文献

千葉県環境研究センター，2011．東日本大震災液状化報告　（地質環境研究室ホームページ）
新版地学事典，１９９６．平凡社

一　般　公　開

地質環境研究室では、地質に関する様々な調査研究活動を行っていますが、その内容をご紹介するため、平成27年６月１日（月）から６月７日（日）までの１週間にわたって、研究室の一般公開を開催しました。

普段は目にすることのない地面の下の様子やそこで起こっている現象について、研究員から、パネルや装置を使った実験などで、参加者にわかりやすくご説明し、地層や地下水など地質学に親しんでいただきました。

写真は一部ですが、多くの皆様のご参加をいただき、ありがとうございました。一般公開は、毎年実施しており、子どもから大人まで興味を持っていただける内容となっておりますので、ぜひご参加下さい。

手押しポンプの井戸による水汲み体験と
地下水面までの深さを計測

水路に板と砂を置き砂の堆積する様子や
湧き水の出る原理を観察

地層の模型を使って降雨が地面に浸透し
地下水の流れができる仕組みを観察

地層の模型を使って汚染が地下深く浸透し
地下水が汚染されていく過程を観察

実験装置を手で揺らして中の砂が液状化し模型の
建物の沈下や地下タンクの浮上する様子を観察

ウイーヘルト地震計で煤紙を使った地震記
録紙に実際に波形が記録される様子を観察

地質学入門講座（第１回）

～ 化石からわかること ～

（1）化石とは？

みなさまは「化石」と聞いてどのようなものを思い浮かべますか。恐竜の骨格でしょうか。あるいはアンモナイトや三葉虫でしょうか。化石の定義は、「過去の生物の遺骸や生活の痕跡が地層中に残されたもの」とあり、生物の骨や歯、殻などに限らず巣穴や足跡なども化石に含まれます。樹脂が固まってできた琥珀やその中に閉じ込められた昆虫、永久凍土から見つかった氷漬けのマンモスなども化石の仲間なのです。今回は、そんな化石についてのまめ知識や化石を調べるとわかることをご紹介します。

（2）大型化石と微化石

「大型」というと、私たち人間から見ても大変大きいものを想像しがちですが、一般的に目で観察できる化石のことを「大型化石」といいます。一方、大きさが数ミリ以下で光学顕微鏡を使わないと観察が難しいものを「微化石」といいます。殻を持つ原生動物の有孔虫、放散虫、珪藻などのほかに、植物の花粉、胞子などの化石があります。また、微化石よりも小さく、電子顕微鏡でないと観察が難しいものを「超微化石」といいます。

（3）さまざまな化石

化石は地層中からさまざまな状態で姿を現します。生物の体の全部または一部が保存されているものを「体化石」といいます。また、生物の体が地中に埋まったあとに溶けてしまい、型だけが地層に残ることがあります。この型として残されたものを「印象化石」といいます。さらに、生物の這いずり回った痕や巣穴など生物の活動の様子が地層に残されているものを「生痕化石」といいます。

（4）化石を調べるとどんなことがわかる？

理科の授業などで化石について学ぶ際、「示相化石」や「示準化石」という言葉を耳にした方も多いのではないでしょうか。示相化石は、当時の堆積環境を知る手掛かりになる化石のことをいいます。温暖できれいな海水で生息するサンゴや汽水域（淡水と海水の混ざる水域）で生息するカキなど生息範囲が限られている生物ほど示相化石として有効になります。一方、示準化石は、地層の年代を分けるのに役に立つ化石のことをいいます。生存期間が短いものや広い範囲で産出されるもの、数多く産出されるものが示準化石として用いられます。例えば、古生代の三葉虫、中生代のアンモナイト、新生代の大型哺乳類などがあります。また、有孔虫・放散虫などの微化石も、大型化石に比べ少量の試料に多くの個体が含まれること、量的な取り扱いがしやすいこと、広範囲で産出され生存期間も短いことなどから示相・示準化石としての利用価値が高く、多くの研究が行われています。

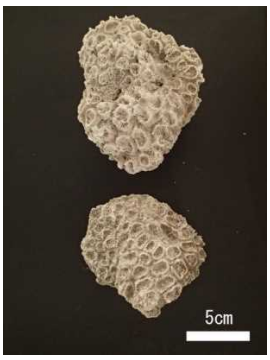
他にも化石に含まれる元素の同位体比を測定し、古環境や年代を推定する方法があります。例えば、炭酸カルシウム（$CaCO_3$）の殻を持つ浮遊性有孔虫の化石の酸素同位体比($^{18}O/^{16}O$)から生息時の海水温を推定することができます。また、炭素の放射性同位体 ^{14}C が約 5700 年の半減期で ^{12}C に壊変することを利用し、生物の殻や骨などの炭素同位体比($^{14}C/^{12}C$)から、その生物が死んでから現在までの年数を知ることができます。

（5）最後に

地質環境研究室では千葉県で産出した化石などを展示しています。一般公開の際にぜひご覧ください。

①アンモナイト・三葉虫などの化石
（世界の化石コレクション）

②印西市の下総層群木下層（約 12 万年前）
から産出した貝化石



③館山市の沖積層（約 6 千年前）
から産出したサンゴ化石

【参考文献】浅野清編 微古生物学 朝倉書店（1976）/地学団体研究会編 新版地学教育講座⑥化石と生物進化 東海大学出版会（1995）/地学団体研究会編 新版地学事典 平凡社（1996）/長谷川四郎・中島隆・岡田誠 フィールドジオロジー2 層序と年代 共立出版（2006）