

風蓮湖バリアーシステムの地形発達史から読み解く根室海峡沿岸域の過去5500年間の海面変動と地殻変動 Seismic history of the last 5500 years reconstructed from the topographic development of the Furen-ko barrier system

七山 太^{1*}; 重野 聖之²; 長谷川 健³; 渡辺 和明¹; 石渡 一人⁵; 池田 保夫⁴; 内田 康人⁶
NANAYAMA, Futoshi^{1*}; SHIGENO, Kiyoyuki²; HASEGAWA, Takeshi³; WATANABE, Kazuaki¹; ISHIWATA, Kazuto⁵; IKEDA, Yasuo⁴; UCHIDA, Yasuhito⁶

¹産業技術総合研究所 地質情報研究部門, ²明治コンサルタント(株)本店, ³茨城大学理学部, ⁴北海道教育大学釧路校, ⁵別海町郷土資料館, ⁶北海道立総合研究機構 地質研究所

¹Geological Survey of Japan, AIST, ²Meiji Consultants Ltd., ³Ibaraki University, ⁴Kushiro Branch, Hokkaido University of Education, ⁵Betsukai Museum, ⁶Geological Survey of Hokkaido, HRO

北海道東部、風蓮湖周辺には、我が国には珍しい、現在も活動的なバリアーシステムが認められており、風蓮湖バリアーシステムと呼称されている。このバリアーシステムは、西別川河口からもたらされた土砂が、根室海峡において冬季に卓越するNE方向及びENE方向の波浪によって南東向きの沿岸漂砂系が発生し、根室半島に阻まれて大量な堆砂が生じることによって維持されている(奥野ほか, 1997)。このうち別海町側に位置する走古丹バリアースピットは、西別川河口から南東方向に延びる総延長12.5kmの明瞭な分岐砂嘴の形状をなしている。衛星写真判読によって、5列の浜堤が認識され、それらの分岐関係によって地形発達史が解読できる。

我々は、2010年以降、走古丹バリアースピットにおいて浜堤を横断する5本の測線(H0, H1, H2, H3, H6)を設定し、(1)GPSスタティックとトータルステーションを用いた地形測量と地形断面図の作成、(2)地中レーダー(NOGGIN 250MHz)探査と探査記録を用いた各浜堤の離水標高の計測、(3)ハンドボーリング調査および(4)掘削試料を用いたAMS14C年代測定およびテフラによる年代の検討、(5)EC、珪藻および花粉分析による古環境の推定、(6)海浜砂と砂丘砂の粒度分析による判別、(7)水域の音波探査や測深調査、などを科研費予算を用いて実施してきている。

これまでの成果として、各浜堤間低地の泥炭層の掘削により、上位から7層の完新世テフラ、Ta-a(1739年樽前火山起源)、Ko-c2(1694年北海道駒ヶ岳火山起源)、B-Tm(929年白頭山火山起源)およびMa-b(10世紀摩周火山起源)、Ta-c(2.5ka樽前火山起源)、Ma-d(4.0ka摩周火山起源; 山元ほか, 2010)、Ma-e(5.2ka摩周火山起源; 山元ほか, 2010)が見いだされ、これらを時間面として、約1000年オーダーでの地形発達史を解読することが出来たことである。即ち、風蓮湖バリアーシステムが現在の位置に成立したのは、H6測線での泥炭層基底の年代(湿原環境の開始)から5500年前と推定されるが、その下位の海進期バリアーは現在浸食されて地形としては存在しない。その後、現在の海面停滞期バリアーシステムに移行した。5200年前と4000年前に大規模な海進が繰り返され、その都度、広域に干潟環境が広域に広がった。BR5は4000年前に離水した湾央砂嘴が起源と考えている。

一方、最も若い浜堤であるBR1はTa-a, Ko-c2に被覆されないことから、17世紀以降に過去のバリアースピット(BR2-BR5)の根元を浸食するように最も外洋側に出現し、西別川河口から岬の先端(トウフト)まで明確に連続する現在活動的な浜堤である。BR2はハルタモシリ付近からBR1と分岐し西別川河口まで連続する、この浜堤はTa-a, Ko-c2に直接被覆されることから、17世紀に離水した可能性が高い。BR4の発生年代は、B-Tm+Ma-bに被覆されることから、9-10世紀と推定できる。走古丹の集落が立地するBR3の発生年代は明確ではないが、17世紀よりも古く10世紀より若い、おそらく12-13世紀と予測される。

南千島海溝沿岸域では500年間隔で発生した巨大地震(Mw8.5)の存在が明確になり(Nanayama et al., 2003)、特にこの地の地盤は17世紀巨大地震時(もしくはその後)には1-2m隆起し、逆に地震以降現在まで8.5mm/年の速さで沈降し続けてきたことがわかっている(Atwater et al., 2004)。澤井(2007)は、過去2500年間に、約300年前、約700-300年前、約1300-1000年前、約2400-1700年前の4回の離水イベントがあったとの仮説を述べている。ゆえに、少なくともBR5よりも若い分岐砂嘴の出現には、南千島海溝の地震性地殻変動が関わっていた可能性がある。

本研究は、JSPS 科研費 23540539 の助成を受けたものである。

引用文献: Atwater, B.F. et al., 2004, *The Holocene*, 14, 487-501. Nanayama, F. et al., 2003, *Nature*, 424, 660-663. 奥野正洋ほか, 1997, 土木学会北海道支部論文報告集, no. 53 (B), 284-287. 澤井祐紀, 2007, *第四紀研究*, 46, 363-383. 山元孝広ほか, 2010, *地質調査研究報告*, 61, 161-170.

キーワード: 風蓮湖, バリアースピット, 地形発達史, 根室海峡, 海面変動, 地殻変動

Keywords: Lake Furen-ko, barrier spit, topographic development, Nemuro Strait, sea-level change, seismic history

東北日本弧, 山形盆地北部村山市浮沼における盆地地下堆積物とそれに含まれるテフラ Late Quaternary tephra and basin fill sediments under Ukinuman, Murayama city in the north part of Yamagata basin, North

鈴木 毅彦^{1*}; 笠原 天生¹; 八木 浩司²; 今泉 俊文³; 吉田 明弘⁴
SUZUKI, Takehiko^{1*}; KASAHARA, Amao¹; YAGI, Hiroshi²; IMAIZUMI, Toshifumi³; YOSHIDA, Akihiro⁴

¹ 首都大学東京, ² 山形大学, ³ 東北大学, ⁴ 明治大学

¹Tokyo Metropolitan University, ²Yamagata University, ³Tohoku University, ⁴Meiji University

東北日本弧, 奥羽脊梁山脈西方に多数発達する内陸盆地群の1つである山形盆地は, 他の盆地同様に, 南北方向の活断層を境に周辺の丘陵・山地列と接する。山形盆地では西縁に活断層が集中するが, 盆地北部では南部に比べて多数の活断層が認定されており(都市圏活断層図; 八木ほか 2001など), 西側の丘陵山地を接する単純な断層のみが発達するのではない。とくに盆地北部の村山市周辺では, 盆地中央部に存在する地形的な高まり(川島山)の東側においても, 北北東-南南西方向の活断層の存在が指摘されている。この様な盆地における地形発達史や断層帯の活動史を明らかにするには, 盆地地下の堆積物に対する編年学的かつ堆積学的研究は必要不可欠である。本研究では山形盆地北部において盆地地下堆積物と第四紀後期テフラの層序関係を明らかにするため, 2013年10-11月に村山市浮沼(河島山東方付近)の沖積低地(標高81.40m地点)において, 深度101.00mのオールコアボーリング(MR-13-1)を実施した。本講演では, 本コアの概要を述べるとともに, 検出されたテフラを予察的に報告する。

[層序]

本地点の深度約100m以浅は細粒堆積物が卓越する。表層から深度37.65mまではシルト層からり, ところにより有機質である。深度38.75-40.45mは砂礫からなるが, その下位は, 層厚60cm以下の2枚の砂礫薄層を除き, 深度64.60mまでシルト-有機質シルト層が卓越する。深度64.60m以深はシルト層以外に, 砂礫層, 砂層が出現し, 層厚なものとして, 深度64.60-70.75, 85.50-89.80, 93.96-96.95mに砂礫層が認められた。現段階では, 深度3.34-3.47m, 35.34m, 75.86-76.24mにそれぞれテフラが検出されている。

[テフラ]

深度3.34-3.47mには, 厚さ13cmの灰色-白色降下火山灰が挟在する。深度3.42-3.47mから得たサンプルには, ホルンブレンド, 斜方輝石が認められる。ホルンブレンドと斜方輝石の屈折率はそれぞれ, $n_2=1.670-1.673$, $\gamma=1.709-1.714$ であり, 火山ガラスの屈折率は $n=1.499-1.500$ を示す。こうした特徴は, 山形県中北部の肘折カルデラを起源とする肘折尾花沢テフラ(Hj-O, 11-12ka; 町田・新井 2003)の特徴に一致し, 同テフラと対比される可能性がある。

深度35.34mには, 最大層厚4mmのレンズ状の白色ガラス質火山灰層が挟在する。バブル型と平行型の火山ガラスを主とし, 火山ガラスの屈折率は $n=1.496-1.500$ と低く, 主成分化学組成は SiO_2 : 78.44 wt.%, Al_2O_3 : 12.05 wt.%, CaO : 1.08 wt.%, FeO : 1.12 wt.%, K_2O : 3.21 wt.%, Na_2O : 3.40 wt.%を示す。また火山ガラスはごくまれに石英を包含する。こうした特徴から, 本テフラは南九州の鬼界カルデラを給源とする鬼界葛原テフラ(K-Tz, 95ka; 町田・新井 2003)と対比される。

深度75.86-76.24mには厚さ38cmの降下火山灰層が検出された。有色鉱物として斜方輝石を含むほか, 石英, スポンジ型, 繊維状軽石型の火山ガラスを特徴的に含む。斜方輝石の屈折率は $\gamma=1.724-1.730$ であり, 火山ガラスの屈折率は $n=1.498-1.502$ であった。本テフラは周辺火山を給源とするテフラに対比される可能性がある。

講演時には, 上記テフラの火山ガラスの主成分化学組成と放射性炭素年代値を報告する予定である。

引用文献

八木ほか 2001. 都市圏活断層図「山形」. 町田・新井 2003. 火山灰アトラス. 東京大学出版会

キーワード: 山形盆地, 地下地質, テフラ, 第四紀後期, ボーリングコア

Keywords: Yamagata basin, Underground geology, Tephra, Late Quaternary, Boring core

米沢盆地北東部における盆地地下堆積物と第四紀後期テフラ Late Quaternary tephras and basin fill sediments under northeast part of Yonezawa basin, Northeast Japan

笠原 天生^{1*}; 鈴木 毅彦²; 北村 晃寿²; 加藤 真司⁴

KASAHARA, Amao^{1*}; SUZUKI, Takehiko²; KITAMURA, Akihisa²; KATO, Shinji⁴

¹ 首都大学東京・院, ² 首都大学東京・院, ³ 静岡大学, ⁴ NEXCO 東日本

¹ Graduate student, Tokyo Metropolitan University, ² Tokyo Metropolitan University, ³ Shizuoka University, ⁴ NEXCO East

はじめに

東北日本弧の内陸盆地地下に分布する第四系は、盆地の発達史を明らかにするために基礎となる編年学的データに乏しいことが多い。しかし近年、東北日本弧に分布する更新世テフラの知見が蓄積されつつあり、広域に分布する中・前期更新世テフラの存在も知られるようになってきた。それらに基づくテフロクロノロジーを盆地堆積物に適用することによって、東北日本弧の内陸盆地の発達史を比較することが可能になる。発表者らは、東北日本弧南部に位置する米沢盆地の北東部において新たに掘削したボーリングコアを観察し、盆地地下のテフラについて新知見を得た。本発表ではそれらを報告し若干の考察を加える

米沢盆地の概要

米沢盆地は脊梁をなす奥羽山脈の背弧側に発達する内陸盆地の一つである。盆地底は概ね低平であり、盆地中央部を最上川が北流する。盆地西縁には米沢盆地西縁断層の存在が指摘されており(池田ほか 2002 など)、西側隆起の逆断層で平均変位速度 0.4-0.5 m/kyr と見積もられている(地震調査研究推進本部 2005)。米沢盆地の西方には、鮮新統の盆地堆積物で構成される玉庭丘陵が存在する一方で、米沢盆地地下では第四系の下位には鮮新統が分布しないことが指摘されている(長江ほか 1991)。新庄盆地や郡山盆地に見られるような、盆地地下への火砕流堆積物の流下といったような盆地の編年に有効な顕著なイベントは知られていない。米沢盆地の第四系基底付近の年代として、ボーリングコアの花粉分析結果をもとに約 25 万年前程度という見積もりがなされている(鈴木 1991)。また、米沢盆地北東部に位置する白竜湖岸の地表下 19.5 m の層準において始良 Tn テフラ(AT: 町田・新井 1976; 約 30 ka: Smith et al. 2013)を見出したという報告がある(山野井 1986)。

ボーリングコア記載

米沢盆地北東部に位置する白竜湖の周辺には、北部と東部を盆地縁に、南部と西部を盆地内に発達する小規模な扇状地によって画された、大谷地と呼ばれる湿地帯が広がっている(吉田 1955)。本発表で使用するボーリングコアは、湿地帯の南端付近の高島町深沼で掘削された B7-1-2 コアおよび B7-1-14 コアの 2 本のボーリングコアである。両者は約 200 m 離れた地点で掘削されており、掘削深はいずれも約 90 m である。

ボーリングコアの層相と後期更新世テフラ B7-1-2 コアおよび B7-1-14 コアのいずれも、全体にわたって泥炭がよく発達している。シルト層および泥炭層には層厚 1-20 cm 程度の砂層が繰り返し挟まれる。中下部の数層準には淘汰の良い細礫層や、まれに径 4 cm 程度までの礫の薄層が挟まれるが、側方への連続性に乏しい。なお、両コアともに盆地の第四系の基底には達していない。B7-1-2 コアでは、深度 31.59-31.655 m に沼沢金山テフラ(Nm-KN; 62-65 ka: 鈴木・早田 1994)が、深度 44.16-44.23 m にブロック状に挟まれる阿蘇 4 テフラ(Aso-4; 約 87 ka; 青木ほか 2008)がみられる。ほかに深度 79.14-79.16 m に両輝石型のテフラ(B7-1-2L)が挟まれる。

B7-1-14 コアでは、深度 27.33-27.34 m に Nm-KN が、深度 75.47-75.485 m に両輝石型のテフラ(B7-1-14E)が、深度 83.97-84.07 m にガラス質テフラ(B7-1-14G)が挟まれる。深度 39.385-39.39 m にはベージュ色火山灰がパッチ状に挟まれ、これは御岳奈川テフラ(On-NG; 約 85 ka: 長橋ほか 2007)に対比される可能性が高い。

両コアからは AT を単層として確認することはできなかったが、B7-1-2B コアの深度 21.62-21.63 m の灰色シルト層からは AT の火山ガラスを検出した(ただし連続サンプリングではない)。なお、B7-1-2L と B7-1-14E は標高・記載岩石学的特徴から対比できる。

堆積速度

Nm-KN および B7-1-2L/B7-1-14E の分布標高からみて、両コア間の堆積物はほとんど水平であると判断できる。Aso-4 の深度から単純に堆積速度を見積もった値は約 0.5 m/kyr となり、会津盆地で最近得られている値(0.22-0.35 m/kyr: 鈴木ほか 2013)に比較すると、やや大きい値を示す。この堆積速度は、米沢盆地の盆地床の堆積速度が米沢盆地西縁断層の活動度に依存していると仮定した場合、その平均変位速度 0.4-0.5 m/kyr に対して調和的な値であるとみなせよう。

引用文献: 青木ほか 2008. 第四紀研究 47: 391?407. 池田ほか 2002. 『第四紀逆断層アトラス』. 地震調査研究推進 2005. 長井盆地西縁断層帯の長期評価について. 鈴木・早田 1994. 第四紀研究 33: 233?242. 鈴木ほか 2013. 地理学会発表要旨集 83: 161. 鈴木 1991. 第四紀学会講演要旨集 21: 108?109. 町田・新井 1976. 科学 46: 339?347. 長江ほか 1991. 中川久夫教授退官記念地質学論文集 177?184. 長橋ほか 2007. 第四紀研究

HQR24-03

会場:313

時間:5月1日 14:45-15:00

46 : 305?325. 山野井 1986. 山形応用地質 6 : 77. 吉田 1955. 地理評 28 : 75?84. Smith et al. 2013. Quaternary Science Reviews 67: 121?137.

キーワード: 米沢盆地, 地下地質, テフラ, 第四紀後期, ボーリングコア

Keywords: Yonezawa basin, Underground geology, tephra, Late Quaternary, Boring core

テフラ対比に基づく千葉県銚子地域の鮮新-更新統, 犬吠層群の堆積開始時期 The age of the Inubou Group in the Choshi district, Chiba Prefecture, Japan, based on tephra correlation

田村 糸子^{1*}; 山崎 晴雄¹; 水野 清秀²
TAMURA, Itoko^{1*}; YAMAZAKI, Haruo¹; MIZUNO, Kiyohide²

¹ 首都大学東京大学院 都市環境科学研究科, ² 産業総合研究所地質情報研究部門
¹Dep. Geography, Tokyo Metropolitan Univ., ²AIST, GSJ

千葉県銚子地域に分布する犬吠層群は, 下位より名洗層, 小浜層, 横根層, 倉橋層, 豊里層からなる海成の鮮新-更新統で, 上総層群に相当する地層である(酒井, 1990等). 犬吠層群は下位の中新統および先第三系を黒滝不整合に相当する不整合で覆い, 上部更新統の香取層に不整合で覆われる(酒井, 1990). 犬吠層群には多数のテフラが挟在されており, 犬吠層群上中部にかけては房総半島のKd25, Kd38などの指標テフラとの対比が報告されている(藤岡ほか, 2003等). また田村ほか(2006, 2007)は, 最下部の名洗層中に見出した14枚のガラス質テフラを下位より犬吠1テフラ(In1)~犬吠14テフラ(In14)とし, 層位と記載岩石学的特徴, 火山ガラスの主成分・微量成分化学組成から, 他地域の指標テフラとの対比を検討した. その結果, In2が東海層群亀山累層の長明寺1テフラ(3.0Ma:宮村ほか, 1981), In3が中央日本に広く分布するUN-南谷2テフラ(2.65Ma:黒川・富田, 2000), In5が東海層群亀山累層上部の寺川テフラ(2.6Ma:宮村ほか, 1981), In7およびIn8が東海層群亀山累層最上部の御幣川(おんべがわ)テフラ(2.4~2.5Ma:宮村ほか, 1981), In9が新潟地域で連続性よく分布するHap2テフラ(2.4Ma:黒川1999), In11が中央日本に分布する谷口-Tspテフラ(Tamura et al, 2008)に対比されることを示した. 今回, 名洗層最下部のIn1が, 三浦半島北部の鎌倉~逗子地域に分布する三浦層群上部の池子層の池子1テフラ(Ikg1:新称), および掛川層群最下部の堀之内互層中のB25テフラ(水野ほか, 1987)と対比されることが明らかになったので報告する.

In1, Ikg1, B25テフラの記載:名洗層のガラス質テフラの中で最も下位のIn1は白色細粒で, 砂層中にパッチ状に挟在される. 層厚は最大6cmである. 大部分火山ガラスからなり, その形態はバブルウォール型が多く発泡が良い. また火山ガラスの屈折率は $n=1.503-1.506$ である. 火山ガラスの化学組成では, 主成分では Fe_2O_3 が1.7%, CaOが1.9%, K_2O が1.6%で, K_2O が低いという特徴を持つ. 微量成分はBaが420ppm, Laが14ppm, Srが107ppm, Yが46ppmである. Ba/Laが30と高く, La/Yが0.3と低いのが特徴で, 東北起源のテフラの特性を示す(水野, 2001, Tamura et al., 2008). Ikg1は, 池子層最上部の砂質泥層中に挟在される白色細粒ガラス質テフラで, 層厚は3cmである. 大部分火山ガラスからなり, 火山ガラスの形態はバブルウォール型が多く発泡が良い. Ikg1は石灰質ナンノ化石層序と古地磁気層序より得られた結果(宇都宮ほか, 2012;宇都宮, 2013)の中で, Kaena(約3.1Ma)あるいはMammoth(約3.3Ma)の逆磁極性層準より下位に位置し(宇都宮, 私信), 少なくとも3.1Maより古いテフラである. B25は, 掛川層群最下部の堀之内砂泥互層下部に挟在され, 層厚は22cmである(水野ほか, 1987). B25の上位にあるB27(有ヶ谷I)が中央日本に広く分布する土生滝1-MT2テフラ(2.7-2.9Ma:Tomita and Kurokawa, 1999), B30(有ヶ谷IV)が前述のUN-南谷2テフラ(2.65Ma)に対比されている(黒川・富田, 2000). Ikg1およびB25の火山ガラスの化学組成は, 主成分・微量成分ともにIn1と同じ特徴を示す.

In1, Ikg1, B25テフラの対比と犬吠層群の堆積開始時期:In1, Ikg1, B25の3枚のテフラは記載岩石学的特性がよく一致する. 次に各テフラの年代・層位を検討する. 犬吠層群で, In1の上位にあるIn2は東海層群の長明寺1(3Ma)と対比されている. 従って, In1は3Maより古い. さらに上位にあるIn5はUN-南谷2に対比されている. 三浦半島で, Ikg1は3.1Maより古く, 上位にはUN-南谷2に対比された朝比奈テフラが存在する(田村ほか, 2010). 掛川層群で, B25は上位にあるB27やB30の広域テフラ対比から2.7-2.9Maより古い. 以上から3枚のテフラは年代的に矛盾がない. またいづれも近い上位にUN-MD2に対比されたテフラがある. 従って, これら3枚のテフラは対比される. In1, Ikg1, B25テフラの対比に基づくと, 犬吠層群の堆積開始は少なくとも3.1Maを遡る. このことは, 銚子においては, 沈降堆積の場となるような変化が, 少なくとも3.1Ma以前に起こったことを示唆する. 掛川層群のB25のひとつ下位テフラであるB24は中央日本に広く分布するZnp-大田テフラ(3.95Ma)と火山ガラスの主成分・微量成分化学組成が一致する(水野, 私信). さらに下位のテフラであるB22が, 4.1Maの広域テフラである坂井テフラに対比されている(田村ほか, 2005)ことから, B24はZnp-大田テフラに対比される可能性が高い. 今後, 3Ma~4Maのテフラ編年を充実させ, この期間における堆積場の変遷を明らかにすることが課題である. 文献:酒井(1990:宇都宮大紀要. 23, 1-34), 宇都宮ほか(2012:地質学会講演要旨. 104p), 宇都宮ほか(2013:地質学会関東支部第1回地質研究サミット要旨集. 18-19)他

キーワード: 鮮新 - 更新世, テフラ対比, 犬吠層群, 堆積年代, 指標テフラ

Keywords: Plio-Pleistocene, Tephra correlation, Inubou Group, Depositional age, Marker Tephra

利根川旧河道の地下比抵抗分布と地表の土壌水分率との関係 Underground electrical resistivity and soil water content on the surface around former river channel of Tone River

中埜 貴元^{1*}; 小荒井 衛¹
NAKANO, Takayuki^{1*}; KOARAI, Mamoru¹

¹ 国土地理院
¹ GSI of Japan

2011年東北地方太平洋沖地震では、旧河道などの旧水部埋没地形において液状化が多発したが、液状化の発生箇所は旧河道内などでも地域的な偏りが見られた。これについては様々な要因が考えられるが、我々は地下水の分布や旧河床地形（旧河川の水深）が影響していると考え、千葉県神崎町の利根川旧河道において、旧河道内から旧河道外までの範囲で電気探査（比抵抗二次元探査）を実施し、測線沿いの水理地質構造を反映する地下の比抵抗分布を測定し、地下水分布や旧河床地形の推定を試みた。併せて、電気探査測線上において地表の土壌水分率を測定し、比抵抗分布等との関係を考察した。なお、同地域では、産業技術総合研究所及び千葉県環境研究センターによりトレンチ調査やボーリング調査が実施されており（水野ほか、2013；宮地ほか、2013）、トレンチ断面の観察結果及びボーリング層序との対比が可能であったため、この地点を選定した。

電気探査（探査機器：応用地質社製 McOHM PROFILE R4）は、測線長 280m、電極間隔 1m で、二極法により行い、深さ 15m 程度までを対象とした。土壌水分率測定は、誘電式土壌水分計（ThetaProbe type ML2x）と交流二電極式土壌水分計（FUSO PMS-714）の 2 種類の機器を用いて電気探査測線上を 10m 間隔で行い、各点 3 回ずつ測定し、それぞれの平均値を求めた。なお、前者は体積含水率、後者は重量含水率が測定される。

電気探査により比抵抗二次元断面図を作成した結果、相対的に高比抵抗（20~30 Ω・m 以上）な旧河道内部の埋積土と、相対的に低比抵抗（20~30 Ω・m 未満）な旧河道外の地盤との違いを明瞭に捉えることができた。この境界が地表付近に達する位置は、東北地方太平洋沖地震時に液状化（噴砂）が発生した範囲の境界とほぼ一致した。ただ、この比抵抗分布は当初の考えとは逆の傾向であり、比抵抗値には土壌水分よりも土質の影響が大きく効いていると考えられる。また、地下水面は、飽和した砂質地盤での一般的な比抵抗値が 80~100 Ω・m（地盤工学会、2003）であることから、深さ約 1~1.5m 付近にあると推定されたが、境界は不明瞭であった。なお、水野ほか（2013）による今回の探査地点付近のボーリング調査では、地下水面は深さ 0.7m にあり、地下水面の比抵抗値はより高い可能性がある。

地表面付近の比抵抗値と地表の土壌水分率とを比較した結果、重量含水率では高比抵抗部で含水率が低いという相関が見られたが、体積含水率では見られなかった。また、比抵抗分布から地下水面が明確に推定できなかったことから、土壌水分率と地下水位との関係を確認することができなかった。

今回の調査結果だけでは、旧河道内の地下水分布と地表の土壌水分率との関係を十分に検討することができなかったが、旧河床地形の検出と、地表の比抵抗値と土壌水分率との相関を見出すことができた。今後、同地点や他の旧河道において地中レーダ探査なども実施することで、旧河道内の液状化に関する指標を見出したいと考えている。

<引用文献>

- ・地盤工学会（2003）：地盤工学への物理探査技術の適用と事例。地盤工学・実務シリーズ 14, 445pp.
- ・宮地ほか（2013）：利根川下流低地における液状化層のトレンチ調査ー 2011 年東北地方太平洋地震における液状化現象の解明ー。日本地球惑星科学連合大会 2013 年大会予稿, HQR23-03.
- ・水野ほか（2013）：利根川下流域における液状化層の地質学的総合調査。日本地球惑星科学連合 2013 年大会予稿, HQR23-01.

キーワード: 利根川旧河道, 千葉県神崎町, 電気探査, 比抵抗分布, 土壌水分率

Keywords: former river channel of Tone River, Kozaki Town, electrical prospecting, distribution of electrical resistivity, soil water content

2011年東北地方太平洋沖地震時の液状化—流動化現象解明のための地層断面調査 —地表変形状況・簡易貫入試験結果 Geological survey for liquefaction-fluidization phenomena: damage and survey by PD-CPT

亀山 瞬^{1*}; 風岡 修¹; 重野 聖之²; 鈴木 喜之²; 福間 哲³; 森崎 正昭¹; 吉田 剛¹; 香川 淳¹; 酒井 豊¹; 木村 満男¹; 小倉 孝之¹
KAMEYAMA, Shun^{1*}; KAZAOKA, Osamu¹; SHIGENO, Kiyoyuki²; SUZUKI, Yoshiyuki²; FUKUMA, Tetsu³; MORISAKI, Masaaki¹; YOSHIDA, Takeshi¹; KAGAWA, Atsushi¹; SAKAI, Yutaka¹; KIMURA, Michio¹; OGURA, Takayuki¹

¹ 千葉県環境研究センター地質環境研究室, ² 明治コンサルタント株式会社, ³ 有限会社 ACE 試錐工業
¹Research Institute of Environmental Geology, Chiba, ²Meiji Consultant Co., Ltd, ³ACE Sisui Kogyo Co.,Ltd

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震(Mj.9.0)とその余震では、東日本各地に大きな被害をもたらした。千葉県美浜区の公立高校内では、自転車置き場の一部で著しい液状化—流動化現象が発生した。地表面は、噴砂を伴って、部分的に30~40cm程度沈下した。

本論では、地表変形状況の報告と、地層断面調査の前調査として、地表面が沈下した部分から沈下していない部分にかけて、株式会社筑波丸東製の斜面調査用簡易貫入試験による調査を行った結果について述べる。調査の結果、地表面の沈下と地層構成との関係が明らかになった。

地表の変形状況は、20×20mの範囲において30~40cm程度沈下しており、アスファルトやコンクリートには変形やひび割れが生じていた。自転車置き場の金属製の屋根には歪みが見られた。

簡易貫入試験による調査結果は以下のとおりである。

1. 地表から5~6m以深は $N_c > 20$ と比較的硬く、旧海底面以下と推定される。これより上位が人工地層であると考えられる。この人自不整合面は、沈下していなかった部分に向かって深くなっていた。
2. 人工地層の硬さは概ね $N_c < 15$ であり、 $N_c < 5$ の柔らかい部分が層状に挟在していた。
3. 沈下している部分と沈下していない部分では、人工地層の地質構成が異なっていた。沈下していなかった部分では、地質構造は3層で構成され、上部は $5 < N_c < 15$ 、中部は $3 < N_c < 7$ 、下部は $10 < N_c < 30$ であった。沈下していた部分では、概ね $10 < N_c < 15$ の中に $N_c < 5$ の部分が3層挟在しており、側方へ連続していることが確認された。一部において、 $15 < N_c < 20$ のやや硬い部分も挟在していることが確認された。

簡易貫入試験は、地層の硬さを正確な深度で把握することができるが、把握することができるのは硬さのみであり、地層の粒度や堆積構造を確認することはできない。地層断面調査では、地層を引き抜く際などに、地層試料が伸縮することがあるため、簡易貫入試験結果と地層断面調査結果とを対比することで深度を補正し、より精度の高い調査とすることができる。

キーワード: 液状化—流動化, 2011 東北地方太平洋沖地震, 千葉県美浜区, 人工地層, 地層断面調査, 簡易貫入試験
Keywords: Liquefaction-Fluidization, The 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake, Chiba city, Man-made Strata, Geological survey, Portable Dynamic Cone Penetration Test

2011年東北地方太平洋沖地震時の液状化—流動化現象解明のための地層断面調査— 新ACEライナーを用いた地層断面調査方法 Geological survey for liquefaction-fluidization phenomena: New method of geological survey by new ACE liner

重野 聖之^{1*}; 鈴木 喜之¹; 福岡 哲²; 風岡 修³; 亀山 瞬³; 森崎 正昭³; 吉田 剛³; 香川 淳³; 酒井 豊³; 木村 満男³; 小倉 孝之³
SHIGENO, Kiyoyuki^{1*}; SUZUKI, Yoshiyuki¹; FUKUMA, Tetsu²; KAZAOKA, Osamu³; KAMEYAMA, Shun³; MORISAKI, Masaaki³; YOSHIDA, Takeshi³; KAGAWA, Atsushi³; SAKAI, Yutaka³; KIMURA, Michio³; OGURA, Takayuki³

¹ 明治コンサルタント(株), ² (有) ACE 試錐工業, ³ 千葉県環境研究センター地質環境研究室

¹ Meiji Consultant Co., Ltd, ² ACE Sisui Kogyo Co., Ltd, ³ Research Institute of Environmental Geology, Chiba

1. はじめに

私達の主な生活面である沖積低地の地層を採取し、その成り立ちを考えることは大変重要である。平成23年(2011)年東北地方太平洋沖地震では千葉県内において人工地層分布域を中心に液状化—流動化現象が起こり、50cmを越える極所的な地表沈下が発生した。これら液状化—流動化発生原因のひとつとして、浅層部の人工地層と深部の沖積層の地質構造の影響が大きい可能性が高くなってきた(風岡ほか, 2011)。本研究では地層中の液状化—流動化現象箇所の認定やメカニズム解明する目的でACEライナー(特許3669495号)を改良し、浅層地下における浚渫土砂により埋立られた人工地層や人工地層以深の沖積層を定方位・不攪乱の状態で採取し、地層の様々な構造を観察することが出来たため、その調査方法を報告する。

2 調査方法

液状化—流動化の調査は、乱れや欠損がなく、水平方向に幅広く、かつ深い深度までの試料観察が必要となる。しかし、液状化が生じる場所は地下水位が高く、地盤も軟弱な泥層や緩い砂層や貝や礫を含む砂層が複雑に堆積するため、地下水位を低下させたのちトレンチを行う方法がとられてきた(風岡ほか, 1989)。東京湾岸埋立地は、人工地層の厚さが5mを超えるため、従来のトレンチでは掘削が困難である。そこで本調査ではACEライナーを改良し、新たに幅25cm×深さ9m×厚さ18cmの新ACEライナーを作製した。新ACEライナーはライナー背面に泥剤を送るシステムにより、ライナーの圧入および引き抜時の摩擦抵抗を減らし、ライナー先端に試料の落下を防ぐ装置を装備することにより、試料を乱さず採取することが出来るものとした。試料採取後に試料をライナーから取り出す際、人為的な試料の乱れが生じることから、防ぐ工夫をおこない、乱れの少ない試料を得た。さらに、調査箇所が学校校舎等構造物に隣接する狭所であったことから、ライナーの圧入・引抜にLHV工法を採用し、クレーン式パイプロ工法では困難な地層および狭い場所での作業を可能とした。

3 調査結果

調査地は東京湾岸低地の千葉市美浜区の公立高校の敷地内において、太平洋沖地震により地盤地表の変形がほとんど見られなかった箇所から40cm程度沈下した箇所を横断する2測線を設定した。調査は簡易貫入試験により予備調査を行った後、新ACEライナーを用いた地層断面調査を水平方向に3~5m間隔で計10箇所実施した。

新ACEライナーを用いた掘削調査の結果、地表より深度約6~8mは人工地層、深度約6~8m以深は沖積層が確認された。人工地層は軟質な粘土質シルト層、ややゆるい細粒砂層、中粒砂層、貝殻や細礫を含む砂層、比較的硬い砂混じり貝殻密集層などで構成され層相変化が著しい。沖積層は締まったラミナの発達する中~細粒砂からなる。地下水位は地表より1.5mである。

地層断面観察から、地表から深度約8mまでの内部構造(ラミナの変形・消失)を基に液状化—流動化部分の発生部もしくは非発生部を判定(風岡ほか, 1994)した結果、液状化—流動化した部分は人工地層であり、中でも極細粒砂~中粒砂において液状化—流動化が認められた。さらにACEライナーにより採取した各はざとり試料を用いて、地形面や層相との関係から現地にて各測線の地層対比の議論を行うことが出来た。

4 新ACEライナーを用いた地層断面調査の利便性と今後の課題

ACEライナーはジオスライサー(中田ほか, 1997)と同様に、地表下8mまでの軟らかい粘性土やゆるい砂層、比較的硬い砂混じり貝殻密集層を掘削時に再液状化させることなく、定方位不攪乱試料で採取可能となった。一方、試料の落下を防ぐ装置が作動せず最下部の砂層が落ちることや掘削時に地表の盛土部が縮んでしまうこと、圧入時にライナーを斜めに入れたためゆるい砂層が脱水変形するなど一部発生したことから、今後の経験蓄積と技術更新によって改良が必要となる。

HQR24-07

会場:313

時間:5月1日 16:30-16:45

キーワード: 液状化-流動化, 2011 東北地方太平洋沖地震, 千葉市美浜区, 人工地層, 地層断面調査, ACE ライナー
Keywords: Liquefaction-Fluidization, The 2011 off the Pacific coast of Tohoku, Chiba city, Man-made Strata, Geological survey, ACE liner

2011年東北地方太平洋沖地震時の液状化—流動化現象解明のための地層断面調査 —人工地層の地質構造とメカニズム Geological survey for liquefaction-fluidization phenomena: Geological cross section of man-made strata and mechanism

風岡 修^{1*}; 亀山 瞬¹; 森崎 正昭¹; 重野 聖之²; 鈴木 喜之²; 香川 淳¹; 吉田 剛¹; 木村 満男¹; 酒井 豊¹; 小倉 孝之¹
KAZAOKA, Osamu^{1*}; KAMEYAMA, Shun¹; MORISAKI, Masaaki¹; SHIGENO, Kiyoyuki²; SUZUKI, Yoshiyuki²; KA-
GAWA, Atsushi¹; YOSHIDA, Takeshi¹; KIMURA, Mitsuo¹; SAKAI, Yutaka¹; OGURA, Takayuki¹

¹ 千葉県環境研究センター地質環境研究室, ² 明治コンサルタント

¹Research Institute of Environmental Geology, Chiba, ²Meiji Consultante Co., Ltd

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震(Mj.9.0)とその余震では、東京湾岸埋立地北部において、局所的に著しい液状化—流動化現象が発生し、最大で約1mの地表面の沈下が発生した。このような大きな沈下は、幅10~50m、長さ20~100mの局所的な範囲で発生し、大量の噴砂・噴水を伴うものの、その周囲は大きな沈下がみられず、あっても数cm程度で噴砂・噴水もほとんどない。このような局所的な液状化—流動化現象が埋立地内にコントラストを持って斑状に分布した(千葉県環境研究センター地質環境研究室, 2011)。このような局所的な沈下を伴う斑状分布をする液状化—流動化現象は、少なくとも1983年日本海中部地震以降に国内で発生した強震時の液状化—流動化現象ではみられていない。このため、このような現象がどのような地質環境条件のどのような部分で発生したのかを明らかにすることは、同様な工法で広範囲に埋立てられた東京湾岸埋立地における今後の持続的な土地利用を行うにあたり、液状化—流動化現象の予測・予防方法の考え方、あるいは液状化—流動化現象の利用・新たな土地の利用方法の検討を考える上で、まず最初に必要なことである。

今回の調査は、千葉市美浜区の公立高校内において液状化—流動化現象に伴い局所的に沈下した部分において、沈下がわずかしかな部分から、大きく沈下部分にかけて3~5m間隔に深度4.5~7mまで地層を乱さず採取し、沈下様式と人工地層の地質構成の側方変化および液状化—流動化部分の関係を検討した。

本調査にあたり、事前に斜面調査用簡易貫入試験を2側線において1~2m間隔で行い(亀山ほか, 2014)、地層採取地点を決定し、この結果を考慮して地層採取方法を検討し(重野ほか, 2014)、採取試料を現地にて地層剥ぎ取り転写を行い、液状化—流動化部分の認定を行った。剥ぎ取り転写法は奈良国立文化財研究所埋蔵文化財センター(1980)を改良して行った。現段階で明らかになってきたことは以下のとおりである。

1. 人工地層の厚さは5~7mで、沈下部分で厚い傾向がある。これは、事前の貫入試験の予想とは異なっていた。

2. 人工地層は大きく地表付近の盛土層アソシエーション*とこの下位のサンドポンプ工法による埋立上部層アソシエーション・埋立下部層アソシエーションから構成され、埋立上部層アソシエーションは最上部・上部・下部・最下部のバンドル*に分かれる。各層の層相と液状化—流動化部分は以下のとおりである。

盛土層アソシエーション: 厚さ1.5~2.2mで、シルト礫や硬質礫を含む砂混じりシルト層~シルト質細粒砂層である。黄褐色および灰色の噴砂脈がみられる。表層部は厚さ5cmのアスファルト・25~30cmの碎石層が重なる。

埋立上部層アソシエーション最上部バンドル: 厚さ0.2~0.8mで、ラミナの発達する黄褐色細粒砂~中粒砂層である。基底の0.1~0.3mは粗粒砂から極粗粒砂混じりの貝殻片密集層である。上部にラミナ消失部がみられる。

埋立上部層アソシエーション上部バンドル: 厚さ0.4~1.8mで、灰色の中粒砂中に貝殻片密集層が頻りに挟まれる。中粒砂層はラミナが消失し緩い。

埋立上部層アソシエーション下部バンドル: 厚さ0~1.8mで、灰色シルトからなる。下部にスランプ構造がみられ、これを覆って成層したシルト層が重なる。

埋立上部層アソシエーション最下部バンドル: 厚さ0.7~1.8mで、灰色の貝殻片質の中粒砂中に貝殻片密集層が頻りに挟まれる。頂部の厚さ20cmはラミナが消失し、この直上のシルト層中に砂脈として貫入している。

埋立下部層アソシエーション: 厚さ0.5~3.5mで、人自不整合の凹部を埋めるように分布する。黄褐色細粒砂~中粒砂層からなり、淘汰は非常によく、ラミナが発達し、比較的しまっている。京葉線以北の干潟部分を埋立てた際に、埋立層の一部が沿岸流などにより運ばれ堆積した人自層の可能性もある。

上記状況から液状化—流動化現象に係ることとしては以下の点があげられる。

1. 上部層最上部・上部層上部・上部層最下部の頂部において部分的に液状化—流動化が発生した。

2. 上部層下部の泥層が薄くなり、上部層上部の厚くなる部分において大きな沈下が見られることから、上部層上部の液状化—流動化現象が沈下に大きくかかわっている可能性がある。

*アソシエーション・バンドルは人工地層記載用語(Nirei et al., 2013: Episode)による。

HQR24-08

会場:313

時間:5月1日 16:45-17:00

キーワード: 液状化-流動化, 2011年東北地方太平洋沖地震, 東京湾岸埋立地, 人工地層, 地層断面調査, メカニズム
Keywords: Liquefaction-Fluidization, The 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake, Tokyo bay reclaimed land, Man-made Strata, Geological survey by continuous box core, Mechanism