

液流動化地における連続貫入試験の実施例

The embodiment of the consecutive penetration tests in the Liquefaction-Fluidization place

*木村 英人¹*Hideto Kimura¹

1.東邦地水株式会社

1.Toho Chisui Co.,Ltd.

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震およびその最大余震によって地層の液状化・流動化現象(以下液流動化),地波現象が発生した.この地震によって沿岸地域だけでなく内陸部においても盛土・埋土の液流動化が認められた.地層の液流動化は,地下埋設管等の浮き上がりや支持杭基礎による建築物の抜け上がり,摩擦杭基礎や直接基礎建築物の沈下および傾動等の被害を与えたが,その反面地層の液体化によるS波の減衰によって倒壊には至らなかった.また,構造物によっては,水平に戻したり沈下部を持ち上げたりすれば再度使用可能であるケースが多く認められたため,本調査地は液流動化被害を受けた埋土層分布域に位置する建築構造物の復元工法として鋼管杭施工によるジャッキアップが選定されていた.施工にあたり支持層深度および層厚確認のためN値測定が必須であったが,1m毎にN値測定を実施する通常の標準貫入試験ではなく,50cm毎にN値測定を実施する連続貫入試験を採用した.これは液流動化層のN値から見た深度方向の分布状況と,極力ノンコア区間を作らず採取試料の詳細な観察を実施することにより,標準貫入試験とオールコアボーリングの中間調査と位置づけ,限りなく単元調査法に近づけた試みであり,被災してから1ヶ月に満たない時期の調査としても現在まで確認できた中では他に類を見ない希有な例と考えられる.調査方法は,各建築物近傍の1地点(合計6地点)においてL=10-15mの連続貫入試験を実施としたが,先行して敷地中央部にあたる1地点のみL=20mまで実施し,本地点の各試料はその場で接写を行い詳細な試料観察は屋内(Workstation上)において実施した.調査の結果,L=20m孔地層観察を元に地層構成は次の通りに区分した.①盛土層(N値4/32-9):層厚0.40-1.25mで碎石・コンクリート・シルト混じり細粒砂-細粒砂混じりシルトの推定非液流動化層,②埋土層砂層(N値0/20-12):層厚2.20-4.95mで含水の多い極細粒砂-細粒砂の液流動化層で特に基底部全体と中間部においてN値3以下(最小値0/20)を認める,③埋土層粘土層(N値1-5):層厚0.85mでレンズ状分布の細粒砂混じりシルトの推定液流動化層,④前浜後浜堆積物層(N値4/32-50以上):層厚1.90-7.40mで黒色葉理の発達する細粒砂の非液流動化層,⑤外浜堆積物層(N値14-50以上):確認層厚13.60mで塊状無層理で不規則な砂粒子の配列やシルトが混入(生物擾乱)や砂管・泥管・貝殻微細片が混入する細粒砂-シルト混じり細粒砂の非液流動化層,の5区分である.本調査方法の長所として,①N値測定を原則としているため建築ボーリングでも適用可能,②地層流動化跡を発見出来る可能性がある(再液状化危険の発見),反面留意点として,①含水が非常に多く試料が落下しやすいため落下防止用バスケット付シューが必要,②試料の接写において極力試料表面を平らにならし全砂粒子にピントを合わせる,③必ず単元調査が可能な技術者が担当する,事が挙げられる.本調査にあたり,土地の使用履歴調査(聞き取り,過去の空中写真判読,液状化履歴等)や地層の単元調査(層相,液流動化単元等),簡易地下水流動図作成,等層厚線図作成を実施しているため,液流動化調査はほぼ地質汚染調査と同手法で実施されるべきという認識が得られた.

キーワード:再液流動化、連続貫入試験の利点、標準貫入試験の欠点

Keywords: Reliquefaction-Fluidization place, Advantage of continuous intrusive examination, Fault of standard penetration test

東京湾北部の埋立地における層序と2011年東北地方太平洋沖地震時の液状化－流動化の層準：市川市行徳での調査から

Litho-stratigraphy on reclaimed land in northern Tokyo bay and liquefaction-fluidization horizon at the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake: from the geological survey by continuous boring cores

*風岡 修¹、宇澤 政晃²、荻津 達¹、八武崎 寿史¹、香川 淳¹、吉田 剛¹、加藤 晶子¹、本田 恵理¹、小倉 孝之¹
*Osamu Kazaoka¹, Masaaki Uzawa², Itaru Ogitsu¹, Hisashi Yabusaki¹, Atsushi Kagawa¹, Takeshi Yoshida¹, Akiko Kato¹, Eri Honda¹, Takashi Ogura¹

1.千葉県環境研究センター地質環境研究室、2.関東建設株式会社

1.Research Institute of Environmental Geology, Chiba, 2.Kanto Construction Co. Ltd.

2011年3月の東日本大震災の際、東京湾岸埋立地北部では広範囲かつ局所的な液状化－流動化現象が起こり、局所的な沈下が生じた（千葉県環境研究センター地質環境研究室、2011）。この現象は、沖積層の厚い地域に集中的に分布している傾向がみられている（風岡ほか、2011；千葉県環境研究センター地質環境研究室、2011）。今回の調査は、上記の検証のため、液状化－流動化が発生した層準と沖積層の層序や厚さを明らかにするため、液状化－流動化現象がみられた市川市行徳において深度60mのオールコアボーリングを行った結果を報告する。

市川市南西部には、行徳高校東部付近を通り南北方向に延びる深さ50mを超える沖積谷が分布する。調査地は、この沖積谷の中であるものの、最深部よりも西に位置する。

調査地点の位置は、北緯35度39分55秒、東経139度54分44秒、標高は、3.3mである。

調査地点の層序は、下位より、下総層群、沖積層、人工地層から構成され、沖積層基底の不整合は、深度41.7m、人工地層基底の人工不整合は深度5.5mである。以下に各層の詳細を述べる。

下総層群：本層は、深度41.7m以深に分布し、厚さは18.3m以上である。平行ラミナが発達し貝殻混じりの淘汰の良いきれいな極細粒砂層を主体とし、粗粒シルト層や粘土混じりの細粒シルト層を頻繁に挟む。深度54.1～60.0mには、火山灰質細粒シルト層、粗粒シルトサイズの灰白色ガラス質火山灰層、スコリア質中粒砂層、粗粒シルトサイズの紅灰色ガラス質火山灰層、結晶を多く含む黄褐色の風化したガラス質火山灰層が積層している。尚、ボーリングの基底はこの火山灰層の基底には達していない。火山灰層の層相から、清川層の可能性が考えられる。

沖積層：本層は深度41.7～5.5mに分布する。細粒シルトを主体とする下部層と極細粒砂～中粒砂層を主体とし上方粗粒化する上部層からなり、その境目は深度13.0mである。

下部層は、層相から最下部、下部、中部、上部、最上部に区分される。最下部は、深度41.7～41.6mに分布する。淘汰の悪い、泥まじり細礫質中粒砂層である。下部は、深度41.6～31.35mに分布する。細粒シルト層からなり、植物片を含む。まれに貝化石を含む。中部は、深度31.35～25.7mに分布する。極細粒砂～中粒砂層からなり、上方粗粒化がみられる。この上部と下部には生物擾乱がみられる。上半部の中粒砂中にはロームの礫や貝殻片を含む。上部は、深度25.7～16.5mに分布する。全体に貝化石を多く含む細粒シルト層からなる。深度24.3～25.7mは生物擾乱が著しく、細粒砂混じりである。貝化石の密集部が、深度24.9mと18.5mに分布する。最上部は、深度16.5～13.0mに分布する。細粒シルト層中に厚さ1～2cmの粗粒シルト層や極細粒砂の薄層をしばしば挟み、上位ほどその頻度は高い。その下部では0.3～0.5間隔に粗粒シルトの薄層を挟むが、上部では0.05～0.1mの間隔で粗粒シルトや極細粒砂の薄層を挟むようになる。貝化石は少ないものの、植物片をしばしば含む。

上部層は、層相から下部、中部、上部に区分される。下部は、深度13.0～10.3mに分布する。平行ラミナがみられる極細粒砂～細粒砂層からなり、上方粗粒化を示す。下部には生物擾乱がみられる。まれに細粒シルト層の薄層を挟む。中部は、深度10.3～7.6mに分布する。斜交ラミナや平行ラミナがみられる中粒砂層を主体とし、細粒シルト層をまれに挟む。この頂部には泥炭層を挟む。深度8.3mに軽石質火山灰が挟まれる。中粒砂層中には関東ロームの礫を多数含む。上部は、深度7.6～5.53mに分布する。生物擾乱が著しい粗粒シルト～極細粒砂層である。貝化石を多く含む。深度6.6m付近には貝化石や関東ローム礫が密集する。

人工地層：深度5.53~0.00mに分布する。下部の埋立アソシエーションと上部の盛土アソシエーションからなる。

埋立アソシエーションは、深度5.53~0.9mに分布する。淘汰が良く灰白色の縞が発達する細粒シルト層を主体とし、その基底部の0.5mと中部の約1.1mに細粒砂層ないし中粒砂層が積層している。また、最上部に細粒砂層ないし極細粒砂層の薄層を挟む。各層のラミナの多くは消失ないしボヤケており、液状化-流動化していると推定される。盛土アソシエーションは、厚さ0.9mである。基底の0.1mは中粒砂質のシルト礫層である。この上位には厚さ0.55mのローム礫混じりローム質中粒シルト層である。最上部の厚さ0.25mは、シルト質の細礫層である。

考察：調査地点の沖積層は36m以上あることから、2011年東北地方太平洋域地震時には地震動が大きく増幅したことが推定される。また、液状化-流動化部分は、人工地層の埋立アソシエーション中のみみられる。この地域の埋立後に液状化-流動化が発生した地震は今回がはじめてである。これらのことから、この埋立アソシエーション中の泥層中に挟まれる砂層の多くが液状化-流動化し、噴砂・噴水やこれに伴う沈下が生じたものと推定される。

キーワード：液状化-流動化、2011年東北地方太平洋沖地震、オールコアボーリング、人工地層、埋立地

Keywords: Liquefaction-fluidization, the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake, continuous boring core, Man-made strata, reclaimed land

北海道北部頓別平野周辺の沿岸部における完新世の砂丘および沖積層のルミネッセンス年代
 Luminescence age of Holocene sand dunes and alluvial lowlands at costal area in Tonbetsu
 plain, northern Hokkaido, Japan

*近藤 玲介¹、重野 聖之²、横田 彰宏²、塚本 すみ子³、乾 茂年⁴、宮入 陽介⁵、横山 祐典⁵、富士田 裕子⁶、竹村 貴人⁷、竹下 千栄子⁸、坂本 竜彦⁸、右代 啓視⁹

*Reisuke Kondo¹, Kiyoyuki Shigeno², Akihiro Yokota², Sumiko Tsukamoto³, Shigetoshi Inui⁴, Yosuke Miyairi⁵, Yusuke Yokoyama⁵, Hiroko Fujita⁶, Takato Takemura⁷, Chieko Takeshita⁸, Tatsuhiko Sakamoto⁸, Hiroshi Ushiro⁹

1.皇學館大学教育開発センター、2.明治コンサルタント株式会社、3.Leibniz Institute、4.浜頓別町教育委員会、5.東京大学、6.北海道大学、7.日本大学、8.三重大学、9.北海道博物館

1.Kogakkan University, 2.Meiji Consultant co.,ltd. , 3.Leibniz Institute, 4.Hamatonbetsu Town, Education Board, 5.University of Tokyo, 6.Hokkaido University, 7.Nihon University, 8.Mie University, 9.Hokkaido Museum

I. はじめに

北海道北部オホーツク海側の頓別平野周辺では、比較的大規模な河川の下流域に中期更新世以降に形成された海成・河成段丘と、沖積低地や砂丘列などが分布する(小疇ほか, 2003)。北海道北部日本海側のサロベツ湿原周辺では、砂丘植生や砂丘間低地の湿地の生態系が保全されており、砂丘やその周辺の地史が注目されてきた(富士田, 2014)。一方で、頓別平野周辺においては、砂丘周辺や低地に比較的大規模な湿原植生も保存されているが、沿岸部の完新世の地学環境には不明な点が多い。また、頓別平野の砂丘上には多くの遺跡が分布しているので(浜頓別町教育委員会, 2014)、過去の間活動と地史の関係を解明するためにも砂丘などの発達史や堆積環境を明らかにする必要がある。本研究の対象地域では、中期~後期更新世の地形・堆積物の編年にあたってルミネッセンス年代測定法の適用が有効であるとされている(Kondo et al., 2007; 近藤ほか, 2014)。そこで本研究では、頓別平野の砂丘、関連する沖積層や低位段丘群の編年をルミネッセンス年代測定法によって行うことを目的とする。

II. 方法

ルミネッセンス年代測定にあたっては、堆積物中の石英微粒子(4~11 μm)または石英粗粒子(180~250 μm)を用いたSAR(Murray and Wintle, 2000)法によるOSL年代測定法、多鉱物微粒子(4~11 μm)またはカリ長石粗粒子(180~250 μm)を用いたpost-IR IRSL(pIRIR)年代測定法(Thomsen et al., 2008)を適用した。一部の試料については、同一層準でAMS¹⁴C年代測定を行い結果の比較を行った。

III. 結果とまとめ

砂丘砂などから得られた石英粗粒子試料のOSL年代測定の結果、ナチュラル試料の信号はほとんど観察されなかった。このことは本地域に分布する粗粒な石英のOSL信号はスロー成分が卓越し、年代測定に適さないことを示唆する(Thiel et al., 2015)。一方で、同一試料のカリ長石を用いたpIRIR年代測定(pIR₁₅₀年代測定; Reimann and Tsukamoto, 2012)の結果、層序と矛盾のない結果が算出された。

頓別平野南東部の砂丘列上に位置するブタウス遺跡周辺の表層は、ウォッシュオーバーファン堆積物と砂丘砂やクロスナの互層からなることが確認された。縄文時代晩期~続縄文期のクロスナを覆う

ウォッシュオーバーファン堆積物のpIR₁₅₀年代値は、約2.2 kaであった。頓別平野北西部の猿払川河口付近に位置する砂丘列群は、本研究地域で最も海岸の近く位置し、pIR₁₅₀年代値は約4.5 kaであった。クッチャロ湖の東方や頓別側河口左岸に位置するやや内陸の砂丘群から得られたpIR₁₅₀年代値は約5.1 ka, 約5.3 kaであった。頓別平野中央部の最も内陸の低地に位置する侵食の進む砂丘の年代値は約5.7 kaであった。以上の結果から、

1) 頓別平野周辺においては完新世に堆積した粗粒な堆積物の編年にpIRIR年代測定法が有効であること、2) 本地域においては最終氷期の石英微粒子のOSL年代値は正しく得られることが報告されていることから、石英の起源が時代または粒径によって異なる可能性があること、3) 頓別平野中央部では縄文海進最盛期の後、約5.7 ka以降に内陸側から順次砂丘が形成されたこと、4) 頓別平野南東部では砂丘形成の停止期、堆積期、波浪による砂丘の破壊が繰り返されながら後期完新世まで砂丘形成作用が生じていたこと、5) 頓別平野北西部では後期

完新世以降に砂丘の形成が停止したか、波浪侵食により海側の砂丘が消滅したことが推定される。発表当日は周辺の段丘や低地を構成する堆積物のルミネッセンス年代測定結果と発達史や堆積環境などについても紹介する。

引用文献 富士田 (2014) 北海道大学出版会, 272p. ; 浜頓別町教育委員会 (2014) 浜頓別町教育委員会, 223p. ; 小疇ほか (2003) 東京大学出版会, 359p. ; Kondo et al. (2007) *Quaternary Geochronology*, 2, 260-265. ; 近藤ほか (2014) 日本第四紀学会講演要旨集, 44. ; Murray and Wintle (2000) *Radiation Measurements*, 32, 57-73. ; Reimann and Tsukamoto (2012) *Quaternary Geochronology* 10, 180-187 ; Thiel et al. (2015), *Quaternary Geochronology*, 29, 16-29. ; Thomsen et al. (2008) *Radiation Measurements*, 43, 1474-1486.

キーワード：砂丘、沖積低地、pIRIR / OSL 年代測定法、頓別平野、完新世

Keywords: sand dune, alluvial lowland, pIRIR / OSL dating, Tonbetsu plain, Holocene

鹿島沖海底コアMD01-2421に介在する男体山七本桜/今市テフラの同定

Identification of Nantaisan Shichihon-sakura/Imaichi tephra (Nt-S/I) in the sediment core MD01-2421 collected off the Kashima coast, Japan

*青木 かおり¹、鈴木 毅彦²

*Kaori Aoki¹, Takehiko Suzuki²

1.立正大学、2.首都大学東京

1.Rissho University, 2.Tokyo Metropolitan University

鹿島沖から採取された長さ約46 m, MIS 6.3以降の連続した堆積物であるMD01-2412コアに介在するテフラについて、青木ほか(2008)では上位から順にTephra1からTephra23まで番号をつけ、その岩石学的特徴と火山ガラスの主元素組成分析に基づき既知のテフラとの対比を試みた。その結果、九州起源のATとAso-4、御岳山を給源とし中部～東北地方に広く分布するOn-Pm1、北関東に分布するAg-KP、南関東に分布するHk-TP、立山カルデラ起源のTt-D、福島県南部で対比されているTGの合計7層の広域テフラが同定された。その後、残りの16層のテフラの給源火山について検討を重ねているが、本発表ではコア上部のTephra 1について新しく得られた知見について報告する。

Tephra 1 (925.6-933.1 cm)は、最大粒径3 mmの白色～薄茶色の軽石粒に黒色のスコリアが混じる淘汰の悪い火山砂で、層厚は7.5 cmであるが、液状の泥の中で擾乱を受けている。本テフラ層の堆積年代は有孔虫殻の¹⁴C年代値と酸素同位体比層序から 17.7 ± 1.38 kaと推定されている。軽石の発泡は細かく、マイクロライト(microlite: 火成岩中に見られる極めて微細な結晶)を多く取り込んでいる。火山ガラスの屈折率は、1.498-1.503と1.503-1.509の二つのピーク(バイモード)を示す。青木ほか(2008)では、63-125 μ mの粒子は火山起源粒子のほかに風化鉱物を多く含み、125-250 μ mの火山ガラスの主元素組成が不均質であることから、本テフラ層の250 μ m以下の粒子については本質物以外の混入の可能性を指摘していた。

そこで、Tephra1の直径2-3mm程度の軽石粒を選別して粉碎後にEPMAで分析したところ、流紋岩質で比較的アルカリ成分に富む主元素組成(SiO_2 ; 78.3wt%, NaO_2 ; 3.18wt%, K_2O ; 3.79wt%)であることがわかった。また、本テフラ層が堆積したと推定されている 17.7 ± 1.38 ka頃に噴火した可能性の高いテフラの中で、男体山七本桜/今市テフラ(Nt-S/I)の軽石の主元素組成を分析したところ、ややバイモードな特徴を示し、そのうち K_2O の含有量がやや少なめの軽石の主元素組成(SiO_2 ; 77.7wt%, NaO_2 ; 3.23wt%, K_2O ; 3.97wt%)がTephra1の軽石と良く似ることから対比される可能性が高い。

Nt-S/Iは栃木県西部の日光火山群の男体山を起源とし、同一噴火イベントのテフラと見なされている上位の七本桜軽石層(SP; 関東ローム研究グループ, 1965)と下位の今市軽石層(IP; 関東ローム研究グループ, 1965)からなる。スコリアを含む降下軽石層は、主に給源から東方に向けて分布し、鬼怒川低地帯を横断して水戸周辺から常磐海岸まで確認されている(町田・新井, 2003; 鈴木, 2011)。Tephra1に含まれているNt-S/Iは軽石粒が主で、細粒部の火山性粒子は混入物が多いことから、鹿島沖のコア採取地点に直接降下した可能性は低いと考えている。少なくとも軽石粒に関しては、水戸沖に降下した軽石粒や、鬼怒川や那珂川によって太平洋まで運搬された軽石粒が、海流でコア採取地点の鹿島沖まで運ばれた可能性が高いと考えている。

日光市周辺ではNt-S/Iの直下に浅間板鼻黄色テフラ(As-YP; 町田・新井, 2003)が確認されている(鈴木, 2011)。青木ほか(2008)で報告したテフラは岩相観察で視認できるテフラ層についての報告であることから、Tephra1の直下にクリプトテフラとしてAs-YPが介在している可能性が高い。

青木かおり・入野智久・大場忠道, 2008, 鹿島沖海底コアMD01-2421の後期更新世テフラ層序。第四紀研究, 47, 391-407.

関東ローム研究グループ, 1965, 関東ローム-その起源と性状-. 築地書館, 378p.

町田洋・新井房夫, 2003, 火山灰アトラス〔日本列島とその周辺〕. 東京大学出版会, 336p.

鈴木毅彦, 2011, 鬼怒川低地帯の第四紀テフラ層序-火山噴火史と平野の形成史-. 地質学雑誌, 117, 121-133.

キーワード：男体山七本桜/今市テフラ、テフラ層序、酸素同位体比層序、IMAGES、海洋コア、鹿島沖
Keywords: Nantaisan Shichihon-sakura/Imaichi tephra, tephrostratigraphy, oxygen isotopic stratigraphy, IMAGES, marine core, off Kashima

後期更新世広域テフラ，大山倉吉テフラの噴出年代：太平洋鹿島沖MD01-2421コアをもちいた再検討
 Reexamination of the eruptive age of Late Pleistocene widespread DKP tephra by using
 MD01-2421 core collected off the Kashima-Pacific coast, Japan

*鈴木 毅彦¹、青木 かおり²、丸山 正³、齋藤 勝⁴

*Takehiko Suzuki¹, Kaori Aoki², Tadashi Maruyama³, Masaru Saitou⁴

1.首都大学東京都市環境学部、2.立正大学、3.国立研究開発法人産業技術総合研究所活断層・火山研究部門、4.株式会社ダイヤコンサルタント

1.Faculty of Urban Environmental Sciences, Tokyo Metropolitan University, 2.Rissho University, 3.Institute of Earthquake and Volcano Geology, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 4.DIA CONSULTANTS CO., Ltd.

広範囲に等時間面を提供するテフラは優れた年代指標となるが、その正確な数値年代の決定に困難を伴う場合が多い。年代値が再検討される場合や、研究者により異なる年代値が採用されることもある。またテフラの認定自体が議論の対象となることもある。日本列島を広く被覆する広域テフラにはその様な事例が多くあり、本研究で扱う大山倉吉テフラ（以下、DKP）（町田・新井，1979）もその一つである。

山陰地域の火山より後期更新世中葉に噴出したDKPは、中部地方から北関東・南東北に広く分布するため、同地域において氷期に形成された気候段丘の編年や花粉等による古気候復元、地殻変動の定量的評価をする上で重要な役割を果たしてきた。しかしその噴出年代についてはこれまで様々な年代値が公表されている。DKPをはじめて広域テフラとして認識した町田・新井（1979）では45-47 kaの年代が示され、その後約50 ka（竹本，1991），50-52 ka（中村ほか，1992），>55 ka（町田・新井，2003），49-53 ka（山元・長谷部，2014），55-66 ka（鈴木ほか，2016）などの年代値が提案されている。DKPの噴出年代を検討する上で重要なテフラとして、太平洋鹿島沖コアでの酸素同位体層序により66.0±5.5 kaの年代値が与えられた箱根東京テフラ（Hk-TP）（青木ほか，2008）があげられる。DKPはHk-TPの直上に位置するとされ（竹本ほか，1987；竹本，1991；鈴木，1996），これを根拠の一つとして竹本（1991）の約50 kaや中村ほか（1992）による50-52 kaの年代値が示されている。しかしDKPとHk-TPの層位関係は火山灰土中に含まれる斜方輝石の屈折率や鉱物組合など限られたテフラ特性に基づくなど、十分なデータが得られていない。またHk-TPの噴出年代は以前より古く考えられるようになり、例えば中村ほか（1992）では噴出年代を52 ka（未校正の放射性炭素年代値）としていたが、上に述べたように青木ほか（2008）では66.0±5.5 ka，さらにルミネッセンス法により67.5±4.3 ka（Tsukamoto et al.，2010）という放射年代値も得られている。

正確なDKPの層位・年代を検討するには火山ガラスの主成分化学組成をはじめ多種のテフラ特性を充実させた上での認定や、各種テフラの最新の年代値を考慮することが必要である。その一つとしてHk-TPの噴出年代を決定した鹿島沖コア中でのDKPの検出は重要と考える。

今回、太平洋鹿島沖コアで採取されたピストン・コア（MD01-2421）を再検討した。深度2113.90-2116.30 cmに位置するHk-TP（青木ほか，2008のTephra 8）の93.45 cm上位となる深度2018.20-2020.45 cmには、粒径0.2 mmの白色軽石が認められる。そのガラス部の屈折率は1.508-1.514，15測定による主成分組成の平均重量%と標準偏差（括弧内）は、SiO₂: 73.57 (0.34)，Al₂O₃: 14.74 (0.14)，FeO: 1.90 (0.12)，CaO: 2.12 (0.05)，K₂O: 2.55 (0.09)，Na₂O: 4.13 (0.34)を示す。これらの特性は富山県南砺市法林寺（丸山・齋藤，2014）と福島県会津坂下町中岩田（鈴木ほか，2016）のDKP試料（いずれも火山ガラスが保存されている）の特性と類似する。上下の層準についても同様な軽石の存在を今後検討するが、同層準がDKPの層位に近接する可能性は高い。本試料産出層準下位のTephra 7（2059.00-2084.00 cm）には63.2±6.5 ka，上位のTephra 6（2006.30-2008.80 cm）には59.0±5.5 kaの推定年代が酸素同位体層序により示されている（青木ほか，2008）。また同コアの酸素同位体比カーブ（Oba et al.，2006）とMartinson et al.（1987）の酸素同位体比カーブからは本試料産出層準はMIS 4.0-4.22に位置し、年代は60.08±5.68 kaとなる。

引用文献

青木ほか（2008）第四紀研究，47，391-407。町田・新井（1979）地学雑誌，88，33-50。町田・新井（2003）新編火山灰アトラス，東京大学出版会。Martinson et al.（1987）Quaternary Research，27，1-29。

丸山・斎藤（2014）地質調査研究報告, 65, 1-9. 中村ほか（1992）地質学雑誌, 98, 905-908. Oba et al. (2006) *Global and Planetary Changes*, 53, 5-20. 竹本ほか（1987）第四紀研究, 25, 337-352. 竹本（1991）駒澤地理, 27, 131-150. Tsukamoto et al. (2010) *Quaternary Geochronology*, 5, 274-278. 鈴木（1996）第四紀露頭集, 日本第四紀学会. 鈴木ほか（2016）第四紀研究, 55, 1-16. 山元・長谷部（2014）地質学雑誌, 120, 1-9.

キーワード：広域テフラ、後期更新世、DKP、マリンテフラ

Keywords: Widespread tephra, Late Pleistocene, DKP, marine tephra

福井県水月湖の年縞堆積物を用いた過去5万年間の堆積速度変化

Reconstruction of sedimentation rates during the last ca. 50,000 years using multiple cores in Lake Suigetsu, central Japan

*山田 圭太郎¹、中川 毅²、齋藤 めぐみ³、竹村 恵二¹、SG14 coring members .

*Keitaro Yamada¹, Takeshi Nakagawa², Megumi Saito-Kato³, Keiji Takemura¹, . SG14 coring members

1.京都大学、2.立命館大学、3.国立科学博物館

1.Kyoto University, 2.Ritsumeikan University, 3.National Museum of Nature and Science

水月湖は福井県若狭町に位置する三方断層の活動に関連した構造湖のひとつである(岡田, 2004)。湖底には7万年間にわたって毎年形成された葉理(年縞)のほか(Nakagawa et al., 2012)、地震や洪水などに関連した数多くのイベント堆積物が保存されており(Schlolaut et al., 2014)、古気候や古環境変化を記録している。1993年と2006年には湖の中央でSG93及びSG06コアの掘削が行われた。これらのコアは800点を超える放射炭素年代測定と高精度な年縞の計数(Marshall et al., 2012; Schlolaut et al., 2012)から、非常に高精度な年代モデルが構築された(Staff et al., 2011; Bronk Ramsey et al., 2012)。近年、福井県によってSG06コアの掘削地点から500 m東の地点で新しいSG14コアの掘削が行われた。本研究では、SG06コア及びSG14コアと高精度年代モデルを用いて約5万年間の堆積速度の変化とその要因を推定した。

SG14コアは4つの掘削孔(E, F, G, H)からなり、それぞれ一部が重複するように掘削を行った。得られたコアは半割後、酸化する前に明るさを厳密に調整した環境下で写真撮影を行った。また、1 mのジャイアントスラブの軟X線写真の撮影を行った。SG06コアの高精度年代モデルを本コアに適用するために、堆積物中に含まれるイベント堆積物を用いて、300層準以上で層序対比を行った。

0-50 kaの期間に着目すると、SG14コアの堆積速度は約0.5 m/kyで、SG06コアの深度と非常に強い相関を示す。堆積速度は13 ka以降大きくなり、数千年周期のサイクルを示す。これらのサイクルはグローバルな環境変化に関連している可能性がある。さらに、いくつかの層準では堆積速度が急激に大きくなり、SG06コアの堆積速度との比較からそれらは2つのタイプに分けることができる。同期タイプはそれぞれのコアで同時に堆積速度が増加しており、相対的に大規模なイベントの影響を受けているようである。年代モデルに基づくと、本タイプのイベントの一つは1662年の寛文地震に対比される。したがって、本タイプはテクトニックイベントに対比される可能性がある。一方で、非同期タイプはそれぞれのコアで明らかに堆積速度が異なっており、タービダイトのような相対的に小規模かつ局所的なイベントの影響を受けていることを強く示唆している。結果として、SG14コアとSG06コアの高精度対比に基づいて、グローバルな環境変化、テクトニックイベントや局所的なイベントを検出することができた。将来的には、水月湖の堆積プロセスを理解するために、SG14コアとSG06コアとの対比を進める必要がある。

最後に、SG14 coring membersのRichard A. STAFF氏、北場 育子氏、北川 淳子氏、原口 強氏、Victoria C. SMITH氏、Danielle McLean氏、五反田 克也氏、Paul G. ALBERT氏、兵頭 政幸氏、鈴木 克明氏、松下 隼人氏、山崎 彬輝氏には記して謝意を表する。

キーワード：堆積速度、水月湖、年縞、地震

Keywords: sedimentation rate, Lake Suigetsu, varve, earthquake

北日本における過去6,700年間の温度変化と人類活動

Temperature change in northern Japan during the last 6,700 years and the related human activity

*川幡 穂高¹、八田 良樹¹、羽生 淳子²、吉田 明弘³

*Hodaka Kawahata¹, Yoshiki Hatta¹, Habu Junko², Akihiro Yoshida³

1.東京大学 大気海洋研究所、2.カリフォルニア大学、3.鹿児島大学

1.Atmosphere Ocean Research Institute, the University of Tokyo, 2.University of California,

3.Kagoshima University

気温は最も重要な環境因子である。東季節風が吹く冬の時期を除くと、海水の水温と大気平均気温が高い相関を示すことを利用し、アルケノン水温の精度が高いことを利用し、陸奥湾と広島湾で水温より気温を復元した。その結果、両方で6,000~5,200年前は寒冷、5,200 ~4,000千年前は温暖、4,000~2,500千年前は寒冷、という結果が得られた。この結果は、日本列島北部のみでなく、基本的に本州地域が全体として、振幅は2.0°C程度の寒暖を同時期に経験していたことを意味しており、三内丸山遺跡での盛衰と日本全国の人口変動とが整合的なものを裏付ける結果となった。この結果を発展させ、今回、北海道噴火湾（内浦湾）の堆積物コア（全長約730cm、最深部の年代6730±40年前）の分析を行なった。その結果、水温の最高は23.2 °C、最低は14.5 °Cで、平均値は14.5 °Cであった。温度の高い時期は4529 BC, 2546 BC, 759 AD, 1782 AD, 逆に低い時期は4057 BC, 3585BC, 3018BC, 1885BC, 1508 BC, 1035 BC, 469 BC, 122AD, 381AD, 1164 ADであった、特に、降温が激しかったのは、4500-4000 BC, 2550-2000 BC, 760-1080ADであった。

キーワード：温度、縄文人、気候

Keywords: temperature, Jomon people, Climate

北海道内浦湾海底コアの花粉分析データからみた完新世中期の寒冷化

Abrupt cooling event during the middle Holocene from pollen data of marine costal sediments in Uchiura bay, northern Japan

*吉田 明弘¹、川幡 穂高²、淳子 羽生³

*Akihiro Yoshida¹, Hodaka Kawahata², Junko Habu³

1.鹿児島大学、2.東京大学、3.総合地球環境学研究所

1.Kagoshima University, 2.Tokyo University, 3.Research Institute for Humanity and Nature

Holocene climate records provide valuable information for inferring past interaction between humans and environment. We present well dated pollen data covering the last 7,000 years from Uchiura bay in southern Hokkaido, northern Japan, in order to better understand the change of human population for the Jomon sites around northern Japan. In addition, we show the palaeoclimatic reconstructions since the middle Holocene from the pollen data, using the best modern analogue technique (MAT). The pollen-based quantitative palaeoclimatic data in Uchiura bay indicate that small-scale cooling events took place at ca. 4.2-4.5 ka cal BP, 2.3-2.4 ka cal BP, and ca. 1.0-1.2 ka cal BP. From the data, the temperature at ca. 4.2-4.5 ka cal BP drastically decreased about 1.5 °C. The cooling at the period corresponds to the decrease of alkenone-SST in Uchiura bay and other palaeoclimatic records throughout East Asia. We can suggest that the abrupt cooling event at ca. 4.2-4.5 ka cal BP influenced human activities and population during the Jomon period in northern Japan.

キーワード：花粉化石データ、気候復元、モダンアナログ法、内浦湾、北日本

Keywords: pollen data, palaeoclimatic reconstruction, modern analogue technique, Uchiura bay, northern Japan

食の多様性・気候変動と生業・集落システムのレジリエンス：縄文時代の事例研究

Food Diversity, Climate Change and the Resilience of Subsistence-Settlement Systems: A Case Study from the Jomon Period

*羽生 淳子¹*Junko Habu¹

1. 総合地球環境学研究所

1. Research Institute for Humanity and Nature

Archaeologists have long been interested in the study of the mechanisms of long-term culture change. Factors that involve specialization and centralization, such as domestication of plants, technological developments and social competitions, have been proposed as prime movers for the "development" of human societies. Contrary to these interpretations, this presentation proposes a hypothesis that diversity and decentralization may be critical for maintaining long-term sustainability of human societies in the order of hundreds to tens of thousands of years. Using the research outcomes of a Full Research Project "Long-term Sustainability through Place-based, Small-scale Economies: Approaches from Historical Ecology" at the Research Institute for Humanity and Nature, Kyoto, this presentation aims at testing the hypothesis described above and examining the long-term impacts of the loss of subsistence/food diversity in relation to other environmental and cultural factors. The theoretical genesis of this project is the approach of historical ecology, which conducts comprehensive research on long-term culture change while emphasizing the impact of human activities on the environment.

Results of lithic assemblage analysis, residue analysis on pottery, starch grains analysis on stone tools, stable isotope analysis of skeletal remains and faunal remains, and AMS radiocarbon dating of skeletal remains are used to understand changes through time in food and subsistence diversity and other cultural factors. These results are compared against the patterns and timings of climate change identified through pollen analysis and alkenone sea surface temperature analysis. In addition, GIS analyses are conducted to understand changes in settlement size and site distribution patterns. Simulation studies of population dynamics of the Early to Late Jomon periods using SPD (summed probability distribution) analysis are also conducted.

キーワード：食の多様性、気候変動、レジリエンス、縄文時代、生業・集落システム

Keywords: Food diversity, Climate change, Resilience, Jomon, Subsistence-settlement systems

古人骨の同位体比からみた縄文時代生業の長期持続可能性

Long-time sustainability of prehistoric subsistence of Jomon culture.

*米田 穰¹、奈良 貴史²、澤田 純明²*Minoru YONEDA¹, Takashi NARA², Junmei SAWADA²

1.東京大学総合研究博物館、2.新潟医療福祉大学

1.The University Museum, The University of Tokyo, 2.Niigata University of Health and Welfare

縄文時代は1万年以上の長期間にわたって狩猟採集漁猟を主たる生業とした文化が継続した点で特異的である。我々は、地球研プロジェクト「地域に根ざした小規模経済活動と長期持続可能性」（代表・羽生淳子）の一環として、遺跡から出土する縄文時代の人骨からコラーゲンを抽出し、その炭素・窒素同位体比の時代比較を、東京湾沿岸と青森県の2地域に着目して進めている。東京湾沿岸では、縄文時代中期に爆発的に遺跡数が増加したのち、後期初頭に激減するというダイナミックな人口動態が復元されている。この現象に着目して、縄文時代中期に積極的な植物利用によって人口増大をはたすが、特定の食料資源に偏った生業はレジリアンス（復元力）の低下を招き、寒冷期における長期間の持続可能性には結びつかなかった、という仮説を検証する。現在、東京湾沿岸と青森県から出土した縄文時代中期から晩期の人骨資料の分析を進めており、2つの地方での時代変化から、縄文時代の狩猟採集社会における寒冷化・海退イベントへの反応を検討するための予備的なデータを提示する。生態学的な視点と社会的な視点の両面から、縄文時代の生業と社会の変化について議論する。

キーワード：自然人類学、先史考古学、同位体生態学

Keywords: physical anthropology, prehistoric archaeology, isotope ecology

AMS¹⁴C年代測定による池田山東麓における扇状地の推定形成年代と池田山断層の平均変位速度の再検討

The estimation of formation ages of fans at the eastern foot of Ikeda Mountains, central Japan by the AMS¹⁴C dating and re-examination of average slip rates of Ikedayama fault

*高場 智博¹、吉田 英嗣²、須貝 俊彦³

*Tomohiro Takaba¹, Hidetsugu Yoshida², Toshihiko Sugai³

1. 明治大学大学院文学研究科地理学専攻、2. 明治大学文学部、3. 東京大学大学院新領域創成科学研究科

1. Department of Geography, Graduate School of Arts and Letters, Meiji University, 2. Department of Geography, Meiji University, 3. Department of Natural Environment Studies, Institute of Natural Environment Studies, Graduate School of Frontier Science, The University of Tokyo

伊吹山系・池田山の東麓には多数の小扇状地が発達する。これらの小扇状地群は現成の地形面を含め、複数の段丘面からなるため、池田山と濃尾平野を分かつ池田山断層の活動性を評価する際の有用な地形と位置づけられる。長さ16kmの逆断層である池田山断層の平均変位速度は0.8-0.9m/1,000年とされ（岐阜県, 1998, 1999および産業技術総合研究所の活断層データベース）、最近になって石村（2010）が北部では0.4-0.7m/1,000年、中部では1.3-1.7m/1,000年以上と再評価した。一方、演者らは、池田山麓の小扇状地群の地形発達過程を明らかにする目的で、段丘面の区分と構成層を被覆する腐植土のAMS¹⁴C年代測定を実施した。その結果、段丘面の推定離水年代は高位より順に、17-20ka（高位面）、10ka（中位面（上位））、9ka（中位面（下位））、8ka（低位面）となった（高場ほか, 2016）。これらの年代は、クリプトテフラによって推定された段丘面形成年代（石村, 2010）と大きく異なる。したがって、池田山断層の活動性についても再検討の必要があると判断された。本研究では、国土地理院の基盤地図情報5mDEMを用い、同一段丘面上での断層変位を読み取った結果、上下変位量は、北部の高位面で9-10.5m、同中位面（上位）で10-11m、同中位面（下位）で8-10m、中部の中位面（下位）で9-11m、同低位面で6-7m、南部の低位面で2-2.5m、1.5-2mであった。上記の推定離水年代とあわせ、平均変位速度は、北部の高位面で0.45-0.53m/1,000年、同中位面（上位）で1.0-1.1m/1,000年、同中位面（下位）で0.89-1.18m/1,000年、中部の中位面（下位）で1.00-1.29m/1,000年、同低位面で0.71-0.88m/1,000年、南部の低位面で0.24-0.32m/1,000年、0.18-0.25m/1,000年と算出された。これらの中で前縁断層（鈴木ほか, 2005）の変位速度と考えられるものを除けば、主断層の平均変位速度は0.8-1.2m/1,000年と評価され、岐阜県（1998, 1999）による推定に近い結果となった。

引用文献

石村大輔（2010）関ヶ原周辺における段丘編年と活断層の活動性，第四紀研究，49，255-270

岐阜県（1998）池田山断層に関する調査，平成9年度地震関係基礎調査交付金成果報告書，97p.

岐阜県（1999）池田山断層に関する調査，平成10年度地震関係基礎調査交付金成果報告書，86p.

鈴木康弘・池田安隆・後藤秀昭・東郷正美・宮内崇裕（2005）1:25,000都市圏活断層図「大垣」，国土地理院技術資料D・1-No.449

高場智博・吉田英嗣・須貝俊彦（2016）伊吹山系・池田山麓における土石流扇状地の段丘形成年代，日本地理学会2016年春季学術大会発表

キーワード：池田山断層、平均変位速度、断層変位

Keywords: Ikedayama Fault, Average Slip Rates, Offsets

トルコ・カイセリ盆地南東エルジエス断層の第四紀の活動

Quaternary activity of the Erciyes fault southeast of the Kayseri basin, Turkey

*奥村 晃史¹、早川 裕弐²、Kontani Ryoichi³*Koji Okumura¹, Yuichi S. Hayakawa², Ryoichi Contain³

1.広島大学大学院文学研究科、2.東京大学空間情報科学研究センター、3.ノートルダム清心女子大学

1.Graduate School of Letters, Hiroshima University, 2.Center for Spatial Information Science, The University of Tokyo, 3.Notre Dame Seishin University

トルコ・アナトリア中部、カイセリ盆地南東縁を限るエルジエス断層は、エジェミス断層、トゥズギョル断層とともに、アナトリアマイクロプレート内部の主要な活断層の一つである。Emre ほか (2011: MTA発行の新しい50万分の1活断層図、カイセリ図幅) は、総延長約 100 km のエルジエス断層を記載している。そのうち中部の約50 km がカイセリ盆地南東縁に沿って延びる。また南西端の 30 km は第四紀末期の成層火山であるエルジエス火山を二つに断ち切るように記載されている。断層中部は中央アナトリアの中心都市で人口 150 万人を擁するカイセリ市に隣接しており、もしもこの断層から M7 クラスの大地震が発生した場合、甚大な被害が予想される。しかし、エルジエス断層の第四紀後期の活動履歴や変位速度については全く情報がなく、Emre ほか (2011) が記載したトレースの一部は実在するかどうか不確かである。筆者らは、エルジエス断層中部で、鮮新更新統の火砕流堆積物、河成堆積物、降下テフラ層と断層変位地形を調査して、第四紀の断層運動を明らかにした。また、現地観察に加え、小型無人航空機 (sUAV) と SfM 多視点ステレオ写真測量を用いた高精細地形計測を行った。これにより、数百 m 長の範囲内における cm 単位の解像度をもつ地形情報を取得し、地表の小崖などといった微地形を認定した。カイセリ盆地西部の盆地とその周縁には、2.5~3.0 Ma の年代が報告されている Valibabatepe (あるいは Incesu) ignimbrite が広く分布している。Valibabatepe Ignimbrite は厚さ 3~5 m の極めて強く溶結した火砕流堆積物で、カイセリ盆地の外の火砕流台地の最上部を覆って平坦な台地地面を構成している。カイセリ市東北東 18 km の Gesi Guney 付近では、標高 1340 m 前後の火砕流台地頂面と、その下の標高 1250~1270 m の台地の上に Valibabatepe Ignimbrite が分布し、その間にエルジエス断層が推定されている。ここで断層崖とみられる斜面の最下部には、鮮新統の火砕流堆積物と最近の崖錐堆積物とが正断層で接している。また、斜面を開析するガリーの作った扇状地面にも不明瞭であるが、流路と直行する断層状の段差を認めることができる。従って、この斜面の比高約 70m は Valibabatepe Ignimbrite 堆積後の第四紀におけるエルジエス断層の累積変位量とみることができる。カイセリ市の中心から北東 25 km にある Gunesli 付近では、盆地と南東側の火砕流台地との間に直線的な緩やかな斜面が連なり、その斜面から盆地床にかけて未固結の砂礫層が分布している。砂礫層分布域の外には盆地内部まで Valibabatepe Ignimbrite が分布するが、砂礫層を覆ってはいないため、この砂礫層の年代は第四紀とみられる。台地前縁から約 100 m 南西で、この砂礫層と下位の火砕流堆積物、上位の降下軽石層が垂直な断層群によって切られている。断層帯の中にはこの露頭には分布しない砂層が水平に成層したまま挟み込まれており、断層が大きな横ずれ成分を持つことがわかる。砂礫層を覆う軽石層の年代は未詳であるが、ここでエルジエス断層が第四紀に顕著な横ずれ運動を起こしたことは確実である。

キーワード：活断層、火砕流堆積物、カイセリ

Keywords: active fault, pyroclastic flow deposits, Kayseri