

仙台空港周辺の海浜で見出された東北地方太平洋沖地震津波により形成されたと考えられる堆積物

Beach deposits inferred as being formed by the 2011 Tohoku Tsunami at the Sendai Coast

白井 正明^{1*}, 林崎 涼¹, 宇津川 喬子¹, 向山 康利貴¹, 村岸 純¹

SHIRAI, Masaaki^{1*}, HAYASHIZAKI, Ryo¹, UTSUGAWA, Takako¹, Yasutoki Mukaiyama¹, MURAGISHI, Jun¹

¹ 首都大学東京

¹Tokyo Metropolitan University

津波堆積物は歴史記録に残されていない過去の津波、さらには過去の海溝型巨大地震の手掛かりとなるため、近年多くの研究者が研究対象としている。一般的には内湾や湿地等で形成された泥質堆積物に、外浜などに由来する砂が津波によって運び込まれたものが、津波堆積物として認定されやすい。これに対し、砂質の海浜砂中に砂質の津波堆積物が形成されても、両者の違いを認定することは難しい。2011年5月3日に、東北地方太平洋沖地震津波堆積物の有無を推測することができないか、仙台空港近くの海岸で調査を行った。

調査では、砂浜表面から30cmから40cmの深さに有色鉱物濃集層が、またその直上には水抜け孔が存在し、有色鉱物濃集層の一部が孔の中を数cm浮き上がっている様子が確認された。波浪により砂粒子が再移動を繰り返す前浜で、脱水構造が形成されるような堆積粒子の急速な堆積が生じることは珍しく、脱水構造の周辺部は3月11日の東北地方太平洋沖地震津波により形成された可能性がある。その場合、脱水構造直下の厚い有色鉱物濃集層は、津波の襲来時の初期の段階で、石英などの比重の軽い鉱物が水流によって除去され、磁鉄鉱などの比重の大きい有色鉱物を取り残された結果形成されたと考えられる。脱水構造は砂浜の陸側に広がる防砂林内の砂質堆積物中にも多く残されていた。防砂林(海岸砂丘)で脱水構造が形成されるほどの水を大量に含んだ堆積物の形成が生じることは通常考えられないため、脱水構造周辺の堆積物が津波によって形成された可能性は極めて高い。今後砂粒子自体の分析を行い、これらの砂が津波堆積物であるか確認作業を進めて行く予定である。

発表では5月3日の堆積物の状況と、比較対象として2ヶ月半後の7月19日の現地の状況を報告する。

キーワード: 東北地方太平洋沖地震, 津波堆積物, 海浜, 脱水構造

Keywords: 2011 Tohoku Tsunami, tsunami deposit, beach, water-escape structure

福島県新地町釣師浜の後浜で確認された東北地方太平洋沖地震津波により形成されたと考えられる堆積物

Backshore deposits inferred as being formed by the 2011 off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake Tsunami at the Tsuris

林崎 涼^{1*}, 白井 正明¹, 村岸 純¹

HAYASHIZAKI, Ryo^{1*}, SHIRAI, Masaaki¹, MURAGISHI, Jun¹

¹ 首都大学東京

¹Tokyo Metropolitan University

津波堆積物は過去に発生した津波の履歴や規模を推定する重要な指標となり、近年多くの研究が報告されている。近年発生した津波では、海岸近くでは侵食が卓越し、より内陸から津波堆積物の堆積が始まるという報告が多い。東北地方太平洋沖地震による津波襲来後の2011年7月18日に福島県新地町釣師浜の後浜において、表層から約50cmの深さまで堆積物を観察した。その結果、従来の津波堆積物の研究では報告がほとんどない後浜の堆積物中に津波の影響が示唆される堆積物が見出されたので報告する。

発表者は津波が襲来する前の2010年10月18日に釣師浜において海浜の堆積物の調査を行っている。津波前・津波後共にほぼ同じ潮位で調査を行ったが、津波後は津波前と比較し後浜に分厚く堆積物が堆積し、前浜の勾配が急になる地形へと変化していた。調査地点は汀線から内陸に約19m、標高約2mの位置で、堆積物は中粒砂から細礫で構成されている。後浜で確認できた堆積物は、陸側に薄化する厚さが最大で7cmの細礫層が特徴的である。この細礫層は後浜表面より33-40cmの間に位置しており、上面の走向はN45°W、傾斜は12°Sで、その上位にさらに高角に傾斜する細礫混じりの砂層の斜行層理が確認できる。後浜で一般に見られる陸側へ傾斜する堆積構造は数度以内の傾斜がほとんどであり、調査地点で見られた斜行層理は一般的な後浜の堆積環境で形成されたとは考えにくい。すなわち、津波という特異な環境で形成された可能性がある。細礫層の下部には約5cmの級化構造を示す砂層が2層確認できた。後浜で級化構造が見られることもあるが、級化する砂層のユニットが厚く、上部の細礫層の存在を考慮すると、これらの級化構造を示す砂層も津波の影響を受けている可能性がある。

今後後浜で確認された特異な堆積構造を構成している堆積物の分析を行い、これらの堆積物が津波堆積物であるか確認作業を行っていく予定である。

キーワード: 東北地方太平洋沖地震, 津波堆積物, 後浜

Keywords: The 2011 off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake, tsunami deposits, backshore

Possible onshore-dominated source of tsunami deposits of the 2011 Tohoku tsunami: a case study from northern Fukushima

Possible onshore-dominated source of tsunami deposits of the 2011 Tohoku tsunami: a case study from northern Fukushima

Purna Sulastya Putra^{1*}, Yuichi Nishimura¹, Yugo Nakamura¹, Eko Yulianto²
SULASTYA PUTRA, Purna^{1*}, Yuichi Nishimura¹, Yugo Nakamura¹, Eko Yulianto²

¹Institute of Seismology and Volcanology, Hokkaido University, ²Research Center for Geotechnology, Indonesian Institute of Sciences

¹Institute of Seismology and Volcanology, Hokkaido University, ²Research Center for Geotechnology, Indonesian Institute of Sciences

We surveyed the tsunami deposits of 2011 Tohoku tsunami at Matsukawaura and Yunuki, two lowlands in northern Fukushima. The presence of a lagoon at Matsukawaura and river at Yunuki makes these locations are the best location to study the source of tsunami deposits. Matsukawaura is a flat area, and it was a paddy field before inundated by tsunami. At Matsukawaura we surveyed and sampled every 200 m along 2 km transect. Our first point is just behind the lagoon. The inundation distance was around 3.8 km, and our last point was about 300 m before inundation limit. The tsunami height was around 9 m. The tsunami deposits here composed of sand and mud layers. The mud is black and along the transect the mud is distributed in the upper part of the tsunami deposits; however it is sometimes intercalated between the sand. The thickness of the mud is from 1 to 10 cm, and the thickness of the sand is from 3 to 10 cm. Sometimes, within the sand, rip-up clasts are present.

Yunuki is a flat (1.5 x 5 km²) valley located around 7 km south of Matsukawaura. The inundation distance was about 4.5 km, with tsunami height about 10 m. At Yunuki, we surveyed the tsunami deposits along 4.1 km transect (longitudinal transect). We also surveyed the tsunami deposits crossing the river (transversal transect). Total 26 points for longitudinal transect and 11 points for transversal points were observed and sampled. In general the tsunami deposits are composed of sand layer covered by mud. The sand sometimes laminated. This laminated sand deposited above the massive or graded bedding sand.

To understand the main source of these tsunami deposits, we perform foraminifera and mineral composition analysis of beach, dune, lagoon, and tsunami deposits. Examples of foraminifera found within the tsunami deposits are genus of Elphidium, Haynesina, Rotalia. Some species of Elphidium, Haynesina are typical of lagoon species.

Based on the percentages of foraminifera, shell fragments and mineral composition, the possible main source for tsunami deposits at Matsukawaura were dune (30%) and lagoon (35%), meanwhile at Yunuki the possible main source was the dune (70%). This novelty result is very important because we always thinking that tsunami deposits mostly sourced from offshore area, and now we understand that tsunami deposits can also mostly sourced from onshore area.

キーワード: tsunami deposits, onshore source, Yunuki and Matsukawaura, foraminifera, tsunami Tohoku 2011

Keywords: tsunami deposits, onshore source, Yunuki and Matsukawaura, foraminifera, tsunami Tohoku 2011

2011年3月11日東北地方太平洋沖地震津波に伴う茨城県大洗町市街地における土砂移動と浸水域との関係 Relationship between tsunami inundation and sand distribution due to the 2011 Tohoku Earthquake tsunami

重野 聖之^{1*}, 新井翔太¹, 七山 太², 伊藤 孝¹

SHIGENO, Kiyoyuki^{1*}, Shota Arai¹, NANAYAMA, Futoshi², ITO, Takashi¹

¹ 茨城大学, ² 産業技術総合研究所

¹Ibaraki University, ²AIST

2011年3月11日に、三陸沖の日本海溝で発生した東北地方太平洋沖地震(Mw 9.0)、その直後に太平洋沿岸各国に到達する大津波が発生した。この際、最大潮上高 40.5m を岩手県宮古市で記録した。今回の地震津波では茨城県も大きな被害を受けた。このうち水戸市に隣接する大洗町は首都圏に近接することもあり津波襲来状況はテレビニュースでも頻繁に映像として流されていた。大洗町は3回の津波襲来を受け、特に16時52分の第3波は4.2mの最大波高となり、漁港やフェリーターミナルを中心に甚大な津波被害を被った。一般に津波痕跡は、その後の雨風や人の手によって消失してしまうことから、被災直後に大洗町市街地の緊急調査を行った。この資料に基づき、大洗町市街地における津波浸水域と沿岸土砂移動の関係について取りまとめを行った。研究手法は以下の通りである。(1)インターネット情報収集: インターネットを利用して、大洗町の被災状況を文献調査し被災情報を集め2,500分の1大洗町都市計画図上に整理した。また、3月12日に撮影されたGoogle Earth上の衛星画像を利用して、津波浸水域の抽出、津波遡上前後の大洗サンビーチの地形変化の比較検討を行った。(2)現地調査: 2011年3月20日, 3月23日, 3月25日, 4月4日, 4月6日, 4月8日の6日間、現地調査を実施した。(1)の作業で情報を得た浸水域内において津波堆積物と浸水深との関係が観察しやすい地域を選定し、2本の測線(IH測線およびON測線)を設定した。現地では、津波堆積物の産状、層厚や面的分布状況、マッドドレープの有無、等を写真撮影と記載を行い、カレントリプル等の示す流れの向きをクリノメーターで測定した。また、泥線の示す浸水深を地面から測定し、地点毎の水塊の厚さを推定し、津波堆積物の層厚との関係を詳しく調べた。これらの情報を2,500分の1大洗町都市計画図に再度プロットし、2測線の地形断面図を作成した。現地において、29試料の津波堆積物の採取を行った。(3)津波堆積物の分析作業: 軟X線撮影による堆積構造の些細な検討とCAMSIZERを用いた粒度分析作業を実施した。本研究の結果、IH測線の遡上距離は800mであり、遡上高は5m、浸水深は1.6mであることが分かった。そして津波堆積物の厚さはフェリーターミナルの岸壁で最大5cm、遡上距離が長くなるほど厚さは減少しており、津波遡上限界地点付近で殲滅していた。一方、ON測線での遡上距離は1320mで、遡上高は3.1m、浸水深は1.5m、津波堆積物の最大層厚は8cmであった。さらに、ON測線涸沼川側の大貫町一帯では噴砂丘列と液状化による断裂や陥没を広域に観察することができた。県道106号は江戸時代に勘十掘という運河であったが、昭和55年以降にこの運河跡を埋め立てて道路を敷設したため、大規模な液状化が発生したと考えられる。

キーワード: 2011年3月11日東北地方太平洋沖地震, 津波浸水域, 土砂移動, 茨城県大洗町, 大洗港, 津波堆積物

Keywords: 2011 Tohoku Earthquake, tsunami inundation area, sand distribution, Oarai, Ibaraki Prefecture, Oarai Port, Tsunami deposit



千葉県旭市の海岸保安林内に残された津波砂質堆積物

Tsunami sandy sediments of the coastal forest reserve in Asahi city, Chiba Prefecture, central Japan

小玉 理子^{1*}, 久田 健一郎²

KODAMA, Satoko^{1*}, HISADA, Ken-ichiro²

¹ 筑波大学大学院教育研究科, ² 筑波大学大学院生命環境系地球進化科学専攻

¹Master's program in education, University of Tsukuba, Ibaraki, Japan, ²Earth evolution sciences, University of Tsukuba, Ibaraki, Japan

東北地方太平洋沖地震によって発生した津波によって大きな被害を受けた千葉県旭市飯岡地域から約 3 km 離れた矢指ヶ浦海岸付近の保安林内には津波砂質堆積物が沈積しており、表面にはリップルマーク（カレントリップル）が形成され、その一部ではマッドドレイブを観察することができた。また、簡易測量を行った結果、矢指ヶ浦海岸付近に襲来した津波の遡上高は 5.4 m より高いことが推定できる。さらに、保安林内の地形には凹凸が多く存在し、標高 6m 以上の砂丘を越えた地点で津波到達地点を示す物質が残されていることから、これらの地形の凹凸が津波を減衰させる大きな役割を果たしていることが示唆された。

調査地域内でリップルマークが見られた地点から砂質堆積物を採集し、篩分け法を用いて粒度分析を行った。どのサンプルも 2 以下 (0.25 mm 以下) が重量の 93 % 以上を占める結果となった。また、Choowong et al. (2008) で紹介された経験式により砂の始動速度を求めた結果、25.2 ~ 29.9 cm/s となった。リップルマークは水流により砂粒子が移動することによって形成されるため、砂粒子が動き始める始動速度は実際の流速より等しいか、あるいは小さくなる。

現地調査の結果から、クロマツの倒れた方向はインフローの方向であり、リップルマークが示す流向と草の倒れた方向はアウトフローの方向であると予測した。また、土塁頭頂部で見られた亀裂や測量調査などの結果から、インフローとアウトフローの実態は以下のように明らかとなった。

(1) インフローは海岸線 (N75 °E) に対して N65 °W ~ N84 °W の流れで矢指ヶ浦海岸付近に到達し、土塁を越えてマツを倒した。

(2) 津波によって運ばれた砂や泥が堆積させながら、保安林内の砂丘や低地などの凹凸な地形によって津波は減衰した。

(3) アウトフローは土塁の側面を沿う形で進みながら草を倒し、およそ 25.2 ~ 29.9 cm/s の速度でリップルマークを形成した。

(4) 凹凸な地形によって水と共に泥が残され、水流が一時停滞した事によってリップルマークの上位にマッドドレイブが形成された。

また、調査地点 411-04 の津波堆積物の表面に 2 枚のマッドドレイブが見られたことから、調査地の保安林には少なくとも 2 回津波が襲来したことが示唆される。この 2 回の津波を特定するために、旭市の刑部岬から飯岡漁港を撮影した DVD の映像や写真からの調査を行った。津波の高さや堤防の越え方から、調査地域の土塁を越えて保安林内に襲来した津波は第 1 波と第 4 波であると推測した。

キーワード: インフロー, アウトフロー, 津波堆積物, リップル, マッドドレイブ, 地形

Keywords: inflow, outflow, sandy tsunami sediment, ripple, mud drape, land form

津波の流向痕跡の分布に基づく宮古市田老地区に遡上した2011年東北地方太平洋沖地震津波の挙動

Behavior of the 2011 Tohoku Tsunami inundated in Taro area (Miyako City) inferred from the distribution of flow traces

橘 徹^{1*}

TACHIBANA, Toru^{1*}

¹ 土質工学株式会社

¹ Soil Engineering Corporation

2011年東北地方太平洋沖地震に伴って発生した津波は日本列島太平洋沿岸部の広い地域に襲来した。三陸海岸沿いにある岩手県宮古市田老地区も、2011年の津波で壊滅的な被害を受けた地域のひとつである。この地区は震源域に近く、狭隘な湾の湾奥部に市街化された地域が形成されており、1896年明治三陸津波や1933年昭和三陸津波といった津波によって繰り返し地域全体が壊滅したことが知られている。それゆえ田老地区では様々な津波防災対策が精力的に進められてきた。例えば、この地区には津波から避難しやすいように道路が整備され、町を守るために高さ10m、延長2.4kmに達する防潮堤が建設されていた。しかしながら今回の津波は防潮堤を乗り越え、田老地区を壊滅させた。

2011年の津波の甚大な被害を踏まえて、宮古市では津波防災対策の見直しが進められている。田老地区では津波発生後に行われた調査によって、この地区を襲来した津波の基本的な情報である遡上高や浸水範囲が明らかにされていた。しかしながら遡上した津波の挙動については明確になっていなかった。それゆえ、2011年東北地方太平洋沖地震によって田老地区に遡上した津波の挙動を復元・推定することを目的として本研究を行った。

この研究では人工構造物に残された津波の流れの痕跡に注目している。市街化された地域では、津波の流れが読み取れる痕跡として代表的なものである津波堆積物は形成されにくい。その反面、コンクリート構造物や道路といった人工構造物に津波の痕跡が多数残されている。このような痕跡の一部は津波の流れの向きを残しており、津波の挙動を復元する手掛かりとなる。

現地調査は地震・津波から約8ヶ月経過した2011年11月に行われた。この調査で田老地区の防潮堤および道路沿いのおよそ300地点で痕跡の観察と向きの測定を行った。流れの向きあるいは流れの方向を示す津波痕跡として主に2種類の痕跡が識別された。ひとつはコンクリートやアスファルトからなる平滑面に付けられた線状の削り跡（擦痕）である。この痕跡は津波によって防潮堤や道路の上を物体（船舶、建築物、礫などが考えられる）が引きずられることによって付けられたものであり、その線状の削り跡が津波の流れの向きを示している。ただし、この種の痕跡には方向は判明するものの、向きまでは判別できないものも多く含まれている。もうひとつは街灯や電柱のように直立する棒状の物体の傾倒である。棒状の物体が津波によって動かされた物体と衝突することにより折れ曲がったものであり、折れ曲がりの向きが津波の流れの向きを反映していると考えられる。

津波の流向の平面分布を、痕跡として明瞭に残されるのは、最も顕著な押し波とそれに引き続く引き波によって形成されたものであるという仮定のもと、解釈した。その結果、地形や防潮堤によって複数の方向に曲げられて遡上した押し波と海側にほぼ最短距離で下る引き波が生じていたという描像が得られた。

キーワード: 津波, 2011年東北地方太平洋沖地震, 流れ痕跡, 田老, 宮古市

Keywords: tsunami, 2011 Tohoku Earthquake, flow trace, Taro, Miyako

礫質津波堆積物と巨礫の沿岸低地での運搬・堆積過程 -2011年東北地方太平洋沖地震津波の例-

Transportation and deposition of tsunami boulders and an onshore gravelly tsunami deposit

山田 昌樹^{1*}, 藤野 滋弘², 後藤 和久³

YAMADA, Masaki^{1*}, FUJINO, Shigehiro², GOTO, Kazuhisa³

¹ 筑波大学 生命環境学群地球学類, ² 筑波大学 生命環境系, ³ 千葉工業大学 惑星探査研究センター

¹University of Tsukuba, ²University of Tsukuba, ³Chiba Institute of Technology

地層中に保存された津波堆積物からは、過去の津波の浸水範囲や再来間隔など防災に有用な情報を引き出すことができる。しかしながら、津波堆積物を地層中で認定するためには現世津波堆積物と特徴を比較するなどして、できるだけ多くの根拠を提示する必要がある。これまで報告されている現世津波堆積物のほとんどが砂質であるのに対して、礫質のものはごくわずかしかない。一方で、津波堆積物と考えられる礫質堆積物はしばしば地層中から見つかっている。様々な粒径の現世津波堆積物についてその特徴や堆積過程を明らかにすることは、地層中での津波堆積物の認定のために重要な情報を与える。また地層中の津波堆積物から過去の津波の流速を見積もるなど、新たな情報を読み取ることにもつながるかもしれない。

2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震津波によって浸水被害を受けた岩手県宮古市田老町俣待において現地調査を行った。ここでは最高で28.1mの遡上高が観測されており、海岸線から約1.8kmにわたって浸水し、田畑に利用されていた低地を津波堆積物が覆った。津波堆積物はほとんどの地点で細礫～大礫で構成される礫層であったが、浸水限界地点付近では上部に泥層を伴う砂層に変化していた。粒径だけでなく層厚も多様で、1.0m以上のものから数cmのものまで観察された。礫質、砂質の津波堆積物に加えて、海岸線付近から運ばれてきたコンクリート片やテトラポッド、岩石など、多数の巨礫が地表に残されていた。

巨礫の重量と投影面積から津波の流速を見積もる方法が確立されている。計算の結果、巨礫が集中している場所に残された重量の大きな巨礫を運搬するには少なくとも8.0m/s程度の流速が必要であることが明らかになった。巨礫は散在して分布しているのではなく、ある範囲で集中する傾向が見られた。巨礫の多くが停止している位置で礫質津波堆積物の層厚・礫サイズが急激に減少するという結果が得られた。これは津波の流速が減衰した地点で巨礫が停止し、それとほぼ同時に砂礫の多くも堆積したことを示している。

キーワード: 2011年東北地方太平洋沖地震津波, 礫質津波堆積物, 巨礫, 流速

Keywords: 2011 Tohoku-oki tsunami, gravelly tsunami deposit, boulder, current velocity

東北地方太平洋沖地震による津波堆積物 - 岩手県久慈市久慈川・夏井川河口域、普代浜における観察結果 Tsunami deposits by the 2011 Tohoku Earthquake -observation from the estuary of kuji, natsui river and fudai beach-

瀬尾 菜々美^{1*}
SEO, Nanami^{1*}

¹ 神戸大学発達科学部人間環境学科

¹Division of Human Environmental Science | Faculty of Human Development, Kobe University

2011年東北地方太平洋沖地震による津波被害のあった岩手県久慈市および普代浜での津波堆積物の調査を行った。

岩手県久慈市では、河口域において調査・観察・サンプルの採取を行った。

観察した津波堆積物は層厚約30cmで、下部の24 - 30cmは砂を基質とした大小さまざまな礫からなる淘汰の悪い層であった。上部の13-24cmの砂層は上方細粒化を示し、最上部の0 - 13cmの砂層は極細粒砂に富む塊状の砂層で、薄い雲母片が肉眼で観察された。

サンプルについて粒度分析を行ったところ、上部の0 - 13cmの砂層が125 μmに強いピークを示し、125 μmおよび90 μmが全体の75%程度を占めることがわかった。底生有孔虫の同定では、20 - 33m以浅の内部浅海帯指標種が卓越した。掘削中に地表面から約25cm地点で合弁のヤマトシジミが産出し、放射性炭素年代測定の結果 - 111 ± 19年前と判定された。

河口に形成される砂州は津波前後の画像比較から侵食を受け、陸側に形成されるラグーンが縮小していた。

普代浜でも、同様に河口砂州が侵食され、消失していた。普代浜では観察結果のみであるが、

海岸線から約300m地点では約26cmの厚い砂層が観察された。下部の土壌との間には明瞭な侵食面があり、津波による侵食があったことが確認された。

キーワード: 津波堆積物, 東北地方太平洋沖地震, 津波, 久慈川, 夏井川, 普代浜

Keywords: Tsunami deposit, The 2011 Tohoku Earthquake, Tsunami, Kuji river, Natsui river, Fudai beach

2011年東北地方太平洋沖地震時に遡上した津波堆積物の層相と化学組成 - 古津波堆積物の認定手法確立に向けて - Facies and chemical analysis of the 2011 Tohoku earthquake tsunami deposit for identification of paleotsunami deposit

佐々木 俊法^{1*}, 吉井 匠¹, 伊藤 由紀¹, 上田 圭一¹, 青柳 恭平¹, 松山 昌史¹, 金栗 聡², 柳田 誠², 奥澤 康一³, 渡辺 雅一³, 飯田 高広³

SASAKI, Toshinori^{1*}, YOSHII, Takumi¹, ITO, Yuki¹, UETA, Keiichi¹, AOYAGI, Yasuhira¹, MATSUYAMA, Masafumi¹, Satoshi Kanaguri², Makoto Yanagida², OKUZAWA, Koichi³, Masakazu Watanabe³, Takahiro Iida³

¹(財)電力中央研究所, ²(株)阪神コンサルタンツ, ³(株)セレス

¹CRIEPI, ²Hanshin Consultants, ³Ceres

平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震に伴い発生した津波により、東北地方太平洋側をはじめとする広い範囲に津波堆積物が遡上した。我々は地震後の現地調査で岩手県大船渡市三陸町吉浜の低地において、津波堆積物が広く分布していることを確認した。

この津波堆積物を対象に、現地調査(ピット調査, 計16ヶ所; ボーリング調査, 計6カ所)および各種分析(粒度組成分析, 電気伝導度, 主要イオン組成分析, 有機炭素の安定同位体分析)をおこない、その特性を把握した。これは、古津波堆積物認定手法の確立のための重要な資料となる。

ピット調査における詳細な観察に基づく層相により、津波堆積物は、押し波時の堆積物、停滞時の堆積物、引き波時の堆積物に区分され、さらに、それぞれの堆積物中においてもいくつかのユニットに細分された。これらは、土壌の偽礫状の取り込み、上方粗粒化、クロスラミナなど、各ユニットによって層相変化が大きい。詳細は他の報告で述べる。これらの特徴を過去の津波堆積物の層相に対比することで、その堆積過程を把握することができる。

イオン分析の結果、津波堆積物および津波遡上域の土壌と、同地域の津波が遡上していない地点の土壌では、イオン構成比が異なることが明らかとなった。同位体分析の結果、津波遡上域土壌の表層部では、海洋起源の有機炭素の混入を示唆する炭素同位体比が得られた。これらの分析結果は、津波堆積物が残存しない場合でも、津波の遡上の証拠として過去の堆積物に記録されている可能性を示しており、ピットやボーリングでみられた、今回の堆積物に先立つ1つ前の津波堆積物について、現在、同様な分析をおこなっている。その他、粒度分析の詳細な解析などをおこなっており、これらは当日、大会会場にて公表する。

キーワード: 2011年東北地方太平洋沖地震, 津波, 津波堆積物, 層相, 化学分析, 古津波堆積物

Keywords: The 2011 Tohoku earthquake, Tsunami, Tsunami deposit, Facies, Chemical analysis, Paleotsunami deposit

津波により形成された微地形とそれを構成する堆積物の特徴 - 2011年東北地方太平洋沖地震津波堆積物, 三陸町吉浜の例 -
Microtopography formed by the 2011 Tohoku earthquake tsunami and facies of tsunami deposit at Yoshihama, Iwate

佐々木 俊法^{1*}, 柳田 誠², 上田 圭一¹
SASAKI, Toshinori^{1*}, Makoto Yanagida², UETA, Keiichi¹

¹(財)電力中央研究所, ²(株)阪神コンサルタンツ

¹CRIEPI, ²Hanshin Consultants

平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震に伴い発生した津波により,東北地方太平洋側をはじめとする広い範囲に津波堆積物が遡上した。我々は,地震後の現地調査により,岩手県大船渡市三陸町吉浜の低地において,津波堆積物が広く分布していることを確認した。この津波堆積物の分布を詳細に把握することを目的に,地震前後の空中写真判読および地震後の空中写真からDEMを作成し,詳細な地形解析をおこなった。さらに,現地ピット調査結果による堆積物の層相解析に基づき,地形解析により明らかになった微地形の成因について考察した。

地形解析の結果,津波堆積物はクレバススプレー状に堆積し,その中に海岸方向と直行方向に長軸を持つ微地形が多数認められた。ピット調査の結果,津波堆積物の最大厚さは約50cmであった。津波堆積物は,押し波時の堆積物,停滞時の堆積物,引き波時の堆積物に区分され,さらに,それぞれの堆積物において,以下に示すいくつかの部層に細分された。押し波堆積物は,下位から,その直下の水田土壌を偽礫状に取り込んだ比較的淘汰の良い中粒砂からなる部層,不淘汰かつ無層理の粗粒な砂礫からなる押し波堆積物主部である部層,淘汰の良い細粒~中流からなる部層に細分された。停滞堆積物は,腐植質に富むシルトを多く含み,暗色を呈する薄層であった。引き波堆積物はこれらを浸食しながら堆積し,平行葉理が発達する下位の部層と斜行葉理が発達する上位の部層に細分された。

クレバススプレー状に分布している津波堆積物は,その扇頂部が左岸側の河口から約100mの堤防破損部であること,および層厚は海岸線からの距離とは無関係で,大局的には堤防破損部からの距離に従い小さくなることから,低地の南側を流れる吉浜川沿いに侵入し,堆積物を多く含んだ部分が堤防破損部から低地に広がったと考えられた。

吉浜川沿いに侵入した津波は,標高約21m(河口からの距離約1km)まで到達し,その後,吉浜川の左岸側にある微高地を迂回して,低地の北側を流下したと思われる。このことは,現地の聞き取りによる,高台から津波の侵入の様子を見ていた付近住人の,津波によって運ばれてきた漁船がたどった経路の記憶と整合的である。北側を流れた津波の到達範囲は,高台に位置する河口から北東約500mの吉浜部落,北約500mの上野部落の手前までである。この付近の標高は約16mである。原口・岩松(2012)による本調査地の津波浸水高は16.28mから17.26mとされている。

地震後の空中写真判読では,海岸方向へ向かう堆積構造が多数認められる。ただし,その構造がみられる大部分は堆積物が薄く,凸凹をマントル状に覆っているように見え,数10cmオーダーの起伏である個々の水田の畦,あるいは小道の輪郭がはっきり認識される。これらの起伏が覆い隠されているのは,堤防沿いの狭い範囲に限られる。その範囲では,長軸の長さが数10cmから数mオーダーのロープ状の地形(デューン)が多く認められた。デューンの長軸方向も上記堆積構造と同様に,現在の海岸線と直交方向が卓越している。また,これらのデューンは,ピット調査により引き波堆積物で構成されていることから,引き波は本調査地の大局的な最大勾配に従って低地全体を流下したと考えられる。

キーワード: 2011年東北地方太平洋沖地震, 津波, 津波堆積物, 微地形, 層相解析

Keywords: The 2011 Tohoku earthquake, Tsunami, Tsunami deposit, Microtopography, Facies analysis

千葉県九十九里浜の東北地方太平洋沖地震による津波堆積物- 2つの例- Two types of Tsunami deposits in Kujukuri Coast at the 2011 Tohoku Earthquake

岡崎 浩子^{1*}, 大木 淳一¹

OKAZAKI, Hiroko^{1*}, OHKI Jun'ichi¹

¹ 千葉県立中央博物館

¹Natural History Museum and Institute, Chiba

千葉県の太平洋岸にのびる九十九里浜は長さ約 60km のゆるく弓なりの形状を示す直線海岸である。九十九里浜はその南北端にある屏風ヶ浦と太東崎の海食崖からの砂の供給によって形成されてきた。近年はこの砂の供給がへり、浜の中央部だけが堆積域でその他は侵食傾向が著しい海岸となっている。また人工改変も大きく、陸上には海岸道路、マツ林、海水浴場、海浜公園施設などがあり、海上には顕著な侵食域ではヘッドランドや離岸堤などが構築されている。東北地方太平洋沖地震により九十九里浜北東部に到達した津波は遡上高で約 2m-7m で、北東になるほど顕著に高くなる。調査地（九十九里町から旭市刑部岬までの 11 カ所）に遡上した津波堆積物の分布の特徴は次のようである。しばしば後浜にある人工改変地（海水浴場駐車場や平坦な植生地など）に平坦に広がる。また、内陸部との間に比較的高い境界帯（海岸道路やマツ林など）がある場合は、そこに作られた開口部（駐車場出入口、排水路など）に集中的し、そこからより内陸部まで到達している。堆積物の特徴としては、後浜に残されていた堆積物の層厚は約 1.5 cm-27 cm で、分級のよい細粒-極細粒砂からなり、級化構造がみられ植物片や偽礫を含み平行葉理が認められることもある。この上部に泥層の数 mm 程度の薄層が認められ、これらが 2 層準で重なる場合が多い。最上部にカレントリップルがのる。堆積物は陸側に向かい薄くなり細粒化する。また、特殊な例として刑部岬下の海食崖と堤防の間に堆積した津波堆積物は約 55cm と厚く、侵食面上に貝殻片や泥岩偽礫を多く含む粗粒砂層とアンティデューン層理（？）をもつ細粒-中粒砂層がのり、中礫から大礫サイズの泥岩礫が砂層中に散在する。これが 2 層準で重なる。これは、高さ約 4m の堤防をのりこえた津波が射流となって堤防下を侵食すると同時に、その遡上を海食崖によってはばまれ、その侵食部を埋積したものと推定される。この組成についても検討する。

キーワード: 津波堆積物, 九十九里浜, 東北地方太平洋沖地震

Keywords: Tsunami deposits, Kujukuri Coast, 2011 Tohoku Earthquake

三方五湖ボーリングコアの X 線 CT 画像を用いた層相解析及び津波痕跡調査への適用

An application of facies analysis and tsunami deposit investigation using X-ray CT images of the boring cores

立石 良^{1*}, 佐々木俊法², 島田耕史¹, 岩森暁如³, 原田裕明³, 森 俊朗⁴, 上田圭一², 杉森辰次⁵, 山根 博⁵, 北田奈緒子⁶, 越後智雄⁶

TATEISHI, Ryo^{1*}, SASAKI Toshinori², SHIMADA Koji¹, IWAMORI Akiyuki³, HARADA Hiroaki³, MORI Toshio⁴, UETA Keiichi², SUGIMORI Tatsuji⁵, YAMANE Hiroshi⁵, KITADA Naoko⁶, ECHIGO Tomoo⁶

¹(独)原子力機構高速増殖炉研究開発センター, ²(財)電力中央研究所, ³関西電力(株), ⁴日本原子力発電(株), ⁵(株)ダイヤコンサルタント, ⁶(財)地域地盤環境研究所

¹JAEA, Monju, ²CRIEPI, ³The Kansai Electric Power Co. Inc., ⁴The Japan Atomic Power Co., ⁵Dia Consultants, ⁶GRI

はじめに: 若狭湾沿岸における津波堆積物調査(島田ほか, 2012, 本大会)の一環で, 福井県三方五湖の久々子湖においてボーリング調査が行われた。ボーリング掘削は, 湖の中心付近の南北に設けた測線の計4地点(北から KG11-1~KG11-4)及び南西部の1地点(KG11-5)で実施され, オールコア試料が採取された。各コアの表層約1mを対象とした本報告により, 三方低地北部における平安期以降の堆積環境の変遷が明らかとなった。さらに, その結果を用いて, 1586年天正地震に対応する津波痕跡の有無について検討した。

地域概要及び方法: 三方五湖は三方断層(南北走向・東側隆起の逆断層)の沈降側に位置する。そのうち久々子湖は最大水深約2.5m, 平均水深約2.0m, 面積1.4km²の南北に長軸を持ち, 現在, 北端部の小規模な浜堤の切れ目である早瀬川で若狭湾とつながる汽水湖である。主な堆積物供給経路は, 1662年寛文地震以前は三方断層沿いの旧気山川だったが, 寛文地震時の隆起により, 旧気山川は閉塞し, それ以降は水月湖を経由して人工的に開削された浦見川となっている。なお, 久々子湖南岸の旧気山川河口付近には寛文地震以前に形成されたと考えられる三角州が残されている。

各コアを対象に, 肉眼観察と X 線 CT 画像に基づく層相解析及び 14C 年代測定を行った。

結果: 肉眼観察及び詳細な X 線 CT 画像による層相解析の結果, 全てのコアが下位から III~I 層の3層に区分された。III 層は, 有機質の細粒シルトからなり, 層内での大局的な粒度変化は認められない。本層中には偽礫状の構造を伴う浸食面と, これに重なる相対的に粗粒なシルトの組合せで特徴付けられる複数のユニットが挟在する。II 層は, 有機質の粗粒シルトからなり, 細礫サイズの粗粒な砕屑粒子を含み, 生痕が多く見られる。I 層は, 貝殻片を含む有機質に富む細粒シルトからなり, 層内での大局的な粒度変化は認められない。

各コアの表層約1mの14C年代は, 計26点得られ, 平均的な堆積速度は KG11-1及びKG11-5で約0.5m/ka, KG11-2, KG11-3, KG11-4で約0.8m/kaである。

堆積環境: III 層は, 静穏な湖底環境で堆積したと考えられ, 浸食面と粗粒シルトからなる各ユニットは, 旧気山川河口に近いコア(KG11-4)ほど厚く, 構造も明瞭であることから, 旧気山川の小規模な洪水時の堆積物と解釈される。II 層は, III 層に比べて粗粒になること, 及び, 後述する堆積速度の増加から, 旧気山川三角州の前進に伴うプロデルタ環境の堆積物と解釈される。なお, 多数の生痕は, 相対的に水深が浅くなることにより, 生物活動が活発化したためと考えられる。I 層は, 静穏な湖底環境で堆積したものと考えられる。

各コアの堆積速度を見ると, II 層の堆積速度は KG11-1 が約0.4m/ka, KG11-2 と KG11-3 が約1.6m/ka, KG11-4 と KG11-5 が約0.8m/kaである。これは, 旧気山川からの流れの影響範囲に依存すると考えられる。このことは, 層相から II 層がプロデルタ環境の堆積物と解釈されることと整合的である。I 層の堆積速度は, コアのトップを現世とした時に約0.1m/ka~約0.4m/kaとなり, 全てのコアにおいて小さい。

III 層から II 層にかけて堆積速度が増加するのは, この地域の平安期における人間活動の活発化によるものと考えられる。ちなみに, III 層/II 層境界付近の14C年代としては, Cal AD 540-620(KG11-1), Cal AD 780-980(KG11-2), Cal AD 890-1020(KG11-3), Cal AD 890-990(KG11-5)が得られている。II 層から I 層にかけて堆積速度が低下するのは, 寛文地震による旧気山川の閉塞に伴い堆積物供給が減少したためと考えられる。II 層/I 層境界付近の14C年代は, Cal AD 1150-1260(KG11-1), Cal AD 900-1030(KG11-2), Cal AD 1290-1410(KG11-4), Cal AD 1700-1920(KG11-5)が得られている。

天正地震: 本調査地域周辺における平安期以降の津波来襲記録としては, 天正地震がある。天正地震により大規模な津波が発生し, その痕跡が各コアに残っているとすると, II 層/I 層境界の下位に相当する。しかし, この層準における高分解能(0.5mm間隔:約半年~約1年分に相当)の X 線 CT 画像解析の結果, 明瞭な浸食面や粗粒物質の堆積は認められない。つまり, 天正地震の史料に記述されているような巨大な津波が久々子湖に来襲した痕跡は認められない。

キーワード: 湖沼堆積物, ボーリングコア, X 線 CT 画像, 津波堆積物, 低頻度巨大津波

Keywords: lake deposit, boring core, X-ray CT image, tsunami deposit, infrequent gigantic tsunami

若狭湾沿岸における津波堆積物調査とそれにもとづく低頻度巨大津波痕跡調査フローの提案

An evaluation flowchart for detection of infrequent gigantic tsunami and the case study in the Wakasa Bay area

島田 耕史^{1*}, 立石 良¹, 岩森暁如², 原田裕明², 森 俊朗³, 上田圭一⁴, 佐々木俊法⁴, 北田奈緒子⁵, 越後智雄⁵, 杉森辰次⁶, 山根 博⁶

SHIMADA, Koji^{1*}, TATEISHI Ryo¹, IWAMORI Akiyuki², HARADA Hiroaki², MORI Toshio³, UETA Keiichi⁴, SASAKI Toshinori⁴, KITADA Naoko⁵, ECHIGO Tomoo⁵, SUGIMORI Tatsuji⁶, YAMANE Hiroshi⁶

¹ (独) 原子力機構高速増殖炉研究開発センター, ² 関西電力(株), ³ 日本原子力発電(株), ⁴ (財) 電力中央研究所, ⁵ (財) 地域地盤環境研究所, ⁶ (株) ダイヤコンサルタント

¹JAEA, Monju, ²The Kansai Electric Power Co. Inc., ³The Japan Atomic Power Co., ⁴CRIEPI, ⁵GRI, ⁶Dia Consultants

はじめに: 2011年東北地方太平洋沖地震以降, 津波への関心が高まる中, 沿岸部に立地する重要施設周辺の津波堆積物調査は, その重要性を増している。我々は, 巨大津波の有無を迅速かつ正確に判断することを目的に調査フローを作成し, それにもとづいた自主的な調査を, すでに若狭湾沿岸で実施している。さらに, 調査の過程においてX線CT画像による層相解析の有効性が確認されたこと(立石ほか, 2012, 本大会)等をふまえ, より迅速, 正確な現実問題解決を目指す新たな調査フローを提示する。なお, 小規模な津波が重要沿岸施設の安全性を脅かすことはないため, 調査フローは巨大津波を対象としている。津波堆積物調査の考え方: これまで若狭湾沿岸において, 巨大津波を示す津波堆積物は知られていない。これは, 日本海側は海溝型のプレート境界が無く, 太平洋側と比べて巨大地震に伴う巨大津波が低頻度であるためと判断される。そのため, 太平洋側で実施されているような, 歴史記録を重視した調査手法では, 低頻度の巨大津波の証拠を見逃す可能性がある。これらのことから, 低頻度巨大津波の痕跡に関する情報を蓄積することを目的として, 一部後期更新世の地層を含む, より長期間を調査対象とした。津波堆積物は, 津波により移動し, 津波が引いた後に地表や湖沼底や浅海底に残された泥, 砂, 礫などの堆積物の総称である(西村, 2007)。そのうち, 本調査では, 特に細粒な堆積物中に挟在する砂層の検出につとめ, その同時性, 広域性が確認されたもの(海津, 1999ほか)を「津波堆積物の指標となり得る砂層」(以下「指標砂層」とし, 我々が問題とすべき低頻度巨大津波の痕跡の指標として用いる。調査地点選定: 調査地点は, 久々子湖内で5地点, その周辺で2地点, 菅湖, 中山湿地で各1地点の計9地点を選定した。選定にあたり, 細粒堆積物が連続的に堆積し得る良好な堆積環境, 海浜砂の分布, 現在の海岸線からの距離, 比高, および津波の流入経路を考慮した。また, 日本海中部地震津波などの過去の津波の痕跡高が若狭湾の一般的傾向と乖離していないこと, および津波水位計算による津波の来襲状況等により, 若狭湾における調査地点としての代表性を確認した。なお, 調査地域である三方低地北部は第四紀後期を通じて沈降傾向であることが知られている。試料採取: ポーリングマシンと改良型固定ピストン式シンウォールサンプラーを用いて実施した。この最新の手法を用いて, 軟弱な湖底堆積物試料の連続的な採取につとめた。分析: 半割コアの肉眼観察, 帯磁率(U-channel使用), 湿潤・乾燥重量, 色調測定, ¹⁴C年代測定(加速器質量分析法), 場合によりテフラ分析を実施した。これらの分析を津波堆積物調査に適用することで, 指標砂層の有無に関する客観的判断材料が得られる。指標砂層の有無(判断): 久々子湖, 菅湖の表層2mの堆積物はシルトからなり, 中山湿地の表層2mの堆積物は主に未分解の植物片からなっている。分析の結果, 少なくとも, Cal AD 240-400(2 sigma)以降の堆積物中に指標砂層は認められなかった。つまり, 指標砂層を形成するような大規模な津波は, この期間に来襲していないと判断される。この結果は, 天正地震による津波被害の有無を知るために実施した, 沿岸部の神社を対象とした史料聞き取り調査における, 平安時代以降, 津波が来たという記録はないとの結果と整合的である。説明性向上のための検討: さらに, 詳細な層相を把握するための手法の一つとして, X線CT画像の解析がある。今回得られた湖底堆積物を対象にX線CT画像に基づく層相解析を行った結果, 肉眼観察では識別困難な微弱な堆積構造や生痕が確認された。このような詳細な構造を把握しうるX線CT画像解析においても, 指標砂層はないことが確認された。詳細は, 立石ほか(2012, 本大会)で述べる。指標砂層がないことは確認されたが, さらに海水の流入の有無を検討するために, 微化石分析, 珪藻化石の分析を実施した。その結果, 特定の層準で海水環境の指標となる化石の多産は認められなかった。つまり, 巨大津波による, 短期間・多量の海水の流入は, 無かったものと判断される。なお, 調査フローにおいて, 指標砂層が認められた場合, これらの微化石分析は, 指標砂層が津波堆積物か否かを判断するための重要な分析項目の一つとなる。

キーワード: 低頻度巨大津波, 津波堆積物, 調査フロー, ポーリングコア

Keywords: infrequent gigantic tsunami, tsunami deposit, evaluation flowchart, boring core

国内の津波堆積物研究における調査項目の整理 Classification of the survey contents in the study of tsunami deposits in Japan

鎌滝 孝信^{1*}, 内田 淳一², 後藤 和久³, 西村 裕一⁴, 菅原 大助⁵, 藤野 滋弘⁶, 杉野 英治², 阿部 恒平⁷
KAMATAKI, Takanobu^{1*}, UCHIDA, Jun-ichi², GOTO, Kazuhisa³, NISHIMURA, Yuichi⁴, SUGAWARA, Daisuke⁵, FUJINO, Shigehiro⁶, Hideharu Sugino², Kohei Abe⁷

¹ 秋田大学地域創生センター, ² 原子力安全基盤機構耐震安全部, ³ 千葉工業大学惑星探査研究センター, ⁴ 北海道大学地震火山研究観測センター, ⁵ 東北大学災害制御研究センター, ⁶ 筑波大学生命環境系, ⁷ 応用地質株式会社エネルギー事業部
¹Akita Univ., ²JNES, ³Chitech, ⁴Hokkaido Univ., ⁵Tohoku Univ., ⁶Tsukuba Univ., ⁷OYO Co.

平成 23 年 3 月 11 日に発生した 2011 年東北地方太平洋沖地震 (Mw 9.0) は、地震調査研究推進本部等によりこの地域に想定されていたものよりも規模が大きい超巨大地震であった。また、その地震により引き起こされた巨大津波は、東北地方から関東地方にかけての太平洋沿岸各地に甚大な被害をもたらした。一方、今回の地震津波とほぼ同じ規模の津波が同地域で西暦 869 年に発生していたことが、古文書記録と地質学的記録 (津波堆積物研究) によって徐々に明らかにされていた。さらには仙台平野などではそのような地震が数百年~千年程度の間隔で繰り返して発生していたこともわかってきていた。しかしながらそのような研究成果が広く認知される前に今回の地震が発生した。

平成 18 年 9 月 19 日、内閣府の原子力安全委員会により「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」が改訂されたあと、平成 22 年 12 月 16 日には、従来の「原子力発電所の地質、地盤に関する安全審査の手引き」を改訂し、新たに「発電用原子炉施設の耐震安全性に関する安全審査の手引き」として提示された。その中で、プレート間地震に係わる調査項目の中に、以下の 3 つが謳われている。(1) 沖積平野の干潟や湿地が発達する場所において、湿地堆積物中に砂層が含まれる場合には、その砂が海岸から運搬されたものかどうかを確認するとともに、堆積構造や水平的な広がりから、津波堆積物かどうかを判断すること。(2) 巨大地震や津波の規模の評価において、津波堆積物の時代を特定し、津波遡上高とその空間的分布を活用すること。(3) 津波波源の位置等に関する情報が含まれていないか、海底地形図と弾性波探査記録を検討すること。このように、今後の安全審査においては、津波の規模を想定する際に津波堆積物調査が広く行われるようになると考えられる。

本研究では、安全審査の手引きを作成する際の基礎情報を収集・整理することを目的として、現在までに公表されている国内の津波堆積物研究に関する文献調査をおこない、その調査項目をまとめた。発表では、津波堆積物調査・研究をおこなう上で重要となる調査項目や、津波堆積物を認定するための信頼性等について広く議論したい。

キーワード: 津波堆積物, 日本

Keywords: tsunami deposits, Japan

津波堆積物からみた過去の南海地震履歴 - 四国東部から紀伊半島の記録 - The 2000 years ago tsunami event in the Kamoda-oike pond, eastern end of Shikoku Island

松岡 裕美^{1*}, 岡村 眞¹, 田村俊之²

MATSUOKA, Hiromi^{1*}, OKAMURA, Makoto¹, Toshiyuki Tamura²

¹ 高知大学理学部, ² ニタコンサルタント株式会社

¹Kochi Univ., ²Nita Consultant Co., Ltd

過去の南海地震履歴を明らかにするために、徳島県阿南市の蒲生田大池において津波堆積物の研究を行った。蒲生田大池は四国の東端にあたる蒲生田岬にある、北東側で海に開けた直径 200 m 程度の池である。この池の北側に位置する橋において 1707 年宝永地震の際に 3~4 m の津波高が記録されているが (村上他, 1996)、池の周辺地域では、昭和、安政、宝永を通じて津波によって大きな被害があったという記録も証言もない。

蒲生田大池において 2010 年度から 11 年度にかけて 8 本のコア試料を採取、分析した。これらのコア試料は 3.5~4.5 m のコア長を持ち、ほぼすべてが褐色のシルトによって構成されているが、一層だけ深度 3 m 付近に最大で厚さ約 10cm に達する淘汰の良い中粒~粗粒砂からなる砂層が挟まれている。砂層の砂は保存状態のよい黒色の頁岩から成り、砂層は海側のコアほど層厚が厚くなることから、これらの砂が海から運ばれたものであることは間違いない。この砂層を除けば、コア堆積物中に大きな堆積環境の変化は見られない。29 試料の年代測定結果からは、これらのコア試料は約 3500 年間の堆積物記録を保持しており、砂層は約 2000~2300 年前に堆積していることが明らかになった。

蒲生田大池の堆積物中には四国南岸の池にみられる安政、宝永、正平、天武地震などに相当する歴史時代の津波の痕跡はまったく見られない。歴史記録よりも古い約 2000~2300 年前に、浜堤を越えて海砂を池に運び込んだのは、過去 3500 年間で一度だけの大津波と考えることができる。

一方、紀伊半島の三重県尾鷲市に位置する須賀利大池では、2000 年に 3 本、2011 年に 4 本の試料を採取し、調査を進めている。この池は周囲に砂を供給する砂浜海岸がなく、岩礁海岸に囲まれていること、池の周囲から流入する渓谷から堆積物の流入があること、池の堆積環境が約 1000 年前を境に大きく変化していることなどから、詳細なイベントの検討は難しいが、やはり約 2000~2500 年前に明瞭な津波痕跡が見られ、今後四国のイベントとの対比を行いたい。

キーワード: 津波堆積物, 南海地震, 南海トラフ, 地震履歴

Keywords: tsunami sediment, Nankai earthquake

北海道釧路市春採湖の湖底コアから推定される 17 世紀前半の津波堆積物の年代 The 17th century tsunami age in Hokkaido estimated from the core bored at Lake Harutori-ko, eastern Hokkaido

石川 智^{1*}, 鹿島 薫¹, 七山 太², 重野 聖之³

ISHIKAWA, Satoshi^{1*}, KASHIMA, Kaoru¹, NANAYAMA, Futoshi², SHIGENO, Kiyoyuki³

¹九州大学, ²産業技術総合研究所, ³茨城大学

¹Kyushu University, ²AIST, ³Ibaraki University

北海道東部は千島海溝を震源とする地震・津波の常襲地域である。近年の研究によって発生周期が 300~500 年で最後は 17 世紀前半だったことがわかっている。しかし、北海道では入植された 19 世紀後半からしか文献が残っておらず、正確な発生時期は特定されていない。一方、東北では 17 世紀前半に三陸沖が震源とされる慶長三陸地震 (1611 年) が知られており、北海道太平洋沖の地震と同一という見方もある。同一であれば北海道太平洋沖の地震の規模について、別であれば震源域について検討が必要であり、この年代決定は重要であるといえる。

北海道釧路市にある春採湖は完新世に形成された海跡湖で、現在は海水の流入によって成層をなし、冬季には結氷も見られる。添田・七山 (2005) では湖底コアから津波堆積物を 17 世紀前半のものを含め過去 9500 年間に 23 層見つけており、定常堆積物として季節性と思われるラミナがほぼ全層にわたり観察されている。17 世紀前半の津波堆積物の上には、順にラミナと樽前火山灰 (Ta-b: 1667 年) が堆積しており、このラミナが季節性: 年縞であればその計数から津波の発生年代を推定することが可能である。

2004 年に掘削された湖底コアのうち、17 世紀前半の津波堆積物と樽前火山灰 (Ta-b) を含む 16.5 cm を切り出し、薄片を作成した。肉眼・実体顕微鏡での観察と湖沼性ラミナにおいてその形成要素となる珪藻についての観察を行った。珪藻観察は 1000 倍で行い、約 60 μm ごとに見られる珪藻種を同定・集計し、季節性についての検討と反復回数を数えた。

肉眼・実体顕微鏡での観察の結果、Ta-b と 17 世紀前半の津波堆積物の間に明暗のセットが約 30 枚数えられた。この明暗セットが年縞であれば、17 世紀前半の津波堆積物は少なくとも 1637 年以前に起きたと推定される。連続的な珪藻観察の結果、spp. 含め 40 属 75 種の珪藻が同定され、珪藻の産出種には周期的な変動が見られた。このほか植物珪酸体や珪質鞭毛藻、Chrysophycean Cysts も見られた。この産出種の変動とラミナが対応し年縞と認定できれば、肉眼・実体顕微鏡では明暗が観測できない層序についても検討が可能となる。現在も珪藻観察を続けており、発表時にはより正確に年代が出てくると期待される。

キーワード: 津波堆積物, 珪藻, ラミナ, 北海道東部

Keywords: Tsunami deposit, Diatom, Lamina, Eastern Hokkaido

構成物の組成と粒径による津波堆積物の対比と津波発生履歴 - 北海道東部の事例 Correlation of paleo-tsunami layers based on grain size and sediment composition, eastern Hokkaido

中村 有吾^{1*}, 西村 裕一¹, Sulastya Putra Purna¹, MOORE, Andrew L.²

NAKAMURA, Yugo^{1*}, NISHIMURA, Yuichi¹, SULASTYA PUTRA, Purna¹, MOORE, Andrew L.²

¹ 北海道大学 地震火山研究観測センター, ² アールハム大学

¹ISV, Hokkaido University, ²Earlham College

19世紀以前の古文書・観測記録が存在しない北海道東部では、大地震の長期評価を精度よくおこなうには、過去数百年に発生した津波の性質を野外地質調査にもとづいて考察する必要がある。過去に生じた津波の浸水域や波高を推定するには、地層中の津波堆積物を正確に対比しなければならない。従来の研究において津波堆積物の対比は、層厚、堆積構造、示標テフラ、放射年代などにもとづいている。しかし、層厚や堆積構造は、微地形の影響が大きく連続性がない。また、北海道東部で利用できる示標テフラは、17世紀以前のものは少ない。放射性炭素年代についても、十分な精度があるとはいいがたい。そこで本研究では、津波堆積物の対比をより確実にを行うため、1/16 精度の粒度組成や、構成物(鉱物組成、珪藻化石組成、含有する火山ガラスおよび鉱物の化学組成)を記載することで、津波堆積物を対比する。

調査をおこなったのは、北海道東部の浦幌、釧路(キナシベツおよび音別)、厚岸、根室の海岸に近い低湿地である。いずれの地点でも海岸から内陸への測線を設け、20~100m間隔でハンディジオスライサー(全長100cmおよび150cm)による掘削調査を実施し、堆積物を採取した。堆積構造を詳細に記載するために、水反応性グラウト材によるはぎとりをおこなった。室内分析に用いるため、津波堆積物の試料を採取した。層厚2cm以上の堆積物については、複数の試料を採取した。粒度分析にはレッチェ社製カムサイザーを用いた。

掘削調査の結果、樽前cテフラ(Ta-c, 約2700年前)と駒ヶ岳c2テフラ(Ko-c2, 西暦1694年)の間にあるイベント堆積物は、浦幌で8層(U1~U8)、キナシベツで2層(K1~K2)、音別で4層(O1~O4)、厚岸で2層(A1~A2)、根室で7層(N1~N7)である。これらイベント堆積物は、海水・汽水性の珪藻を含むこと、砂粒が円磨されていること、海岸および海岸砂丘を構成する砂と同様の粒度組成・鉱物組成を示すことから、津波による堆積物と認定できる。単一の測線においては、粒度・鉱物組成の違いは、地点間の違いよりも層ごとの違いのほうが大きい。よって、ほとんどの津波砂層が対比できる。ただし、内陸で採取した堆積物は、海岸付近のものとは比べて、より細粒であり、かつ、軽鉱物の比率が高い傾向にある。また、浦幌における樽前bテフラ(Ta-b, 西暦1667年)直下の津波砂層(U1層)は、斜方輝石を顕著に含むことで対比できる。鉱物組成の違いは、津波発生当時の海岸環境の違い(おそらく季節の違い)を反映すると思われる。

津波堆積物を対比した結果、浦幌におけるU1, U2, U5, U8の分布域は、他の層より広いことが明らかとなった。同様に、音別ではO3, O1, O2の順に、根室ではN2, N1, N4, N7の順に分布域が広い。

現時点では、離れた地域の津波砂層を対比する手法は確立されていない。しかし、産出する層位が類似することから、キナシベツ、音別、厚岸の3地点でみられた津波砂層は、浦幌および根室で見られる比較的厚い堆積物と同一のイベント堆積物に対比される可能性がある。

根室の7層の津波砂層について珪藻化石を観察したところ、上位の津波堆積物層ほど海水・汽水種を多く含むことが明らかとなった。また、キナシベツ、音別、厚岸では新しい時代の津波砂層ほど厚く堆積している。よって、北海道東部の太平洋沿岸では、津波の影響を受けやすい環境へと推移していると思われる。

キーワード: 津波堆積物, 対比, 粒度組成, 鉱物組成, 北海道太平洋沿岸

Keywords: Tsunami deposit, Correlation, Grain size, Mineral composition, Pacific coast of Hokkaido

静岡県磐田市の太田川下流低地で見られる津波堆積物中の珪藻化石組成 Daitom fossil assemblages of a Tsunami deposit found at the Ota-gawa lowland, western Shizuoka Pref., central Japan

佐藤 善輝^{1*}, 藤原 治², 青島 晃³, 北村 晃寿⁴, 小野 映介⁵, 谷川 晃一郎²

SATO, Yoshiki^{1*}, FUJIWARA, Osamu², AOSHIMA, Akira³, KITAMURA, Akihisa⁴, ONO, Eisuke⁵, TANIGAWA, Koichiro²

¹九州大学大学院・日本学術振興会特別研究員, ²産総研 活断層・地震研究センター, ³磐田南高校, ⁴静岡大学理学部, ⁵新潟大学教育学部

¹Kyushu Univ., JSPS Research Fellow, ²AFERC, AIST, ³Iwata-minami High School, ⁴Shizuoka Univ., ⁵Niigata Univ.

静岡県・太田川下流低地では、河口から約 3.5 km 上流の河川改修現場で津波堆積物と考えられる砂層を含む完新統露頭が認められた(藤原ほか, 本大会)。本研究では砂層とその上下約 1.9 m の堆積物中から産出する珪藻化石群集の組成について分析を行い、環境変化の検討を行った。その結果、砂層を挟んで群集組成が異なり、津波に関連して環境が変化したことが示唆された。

露頭は下位から、泥炭層(層厚約 10 cm)、泥層(層厚約 10 cm)、砂層(津波堆積物, 層厚 70 cm)、シルト層(層厚 60 cm 以上)によって構成される。砂層は南北方向にほぼ水平に 150 m 以上連続する。津波堆積物の内部には級化を示す砂層が何層も重なっており、波が何度も繰り返し来襲したことを記録している。また、砂層に含まれる礫の組成や円磨度、砂の鉱物組成は太田川河床ではなく天竜川や遠州灘海岸と類似する傾向を示す(青島ほか, 本大会)。砂層の堆積年代は¹⁴C年代測定値や包含する土器片の特徴から4世紀から7世紀の間と推定される(藤原ほか, 本大会)。

珪藻化石の群集組成は層相変化に対応して変化が見られた。泥炭層では淡水生珪藻の *Pinnularia* 属や *Eunotia* 属, *Cymbella* 属がそれぞれ 10~30%程度と多産しており、淡水環境で堆積したと考えられる。泥炭層を覆う泥層からは淡水生珪藻はほとんど産出せず、かわって汽水~海水生珪藻が優占する。特に海水藻場指標種の *Cocconeis scutellum* や海水泥質干潟指標種の *Tryblionella granulata*, *Tryblionella lanceolata* が多産することから、泥質干潟の堆積物と考えられる。津波堆積物では海水~汽水生種が産出するもの、*C. scutellum* の産出頻度が減少し、かわって *Achnanthes hauckiana* が増加する。また、*Rhopalodia gibberula* といった淡水~汽水生種や *Cocconeis placentula* などの淡水生種も産出する。津波堆積物を覆うシルト層の下部からは淡水~汽水生種・淡水生種が産出し、中~下流性河川指標種の *Rhoicosphenia abbreviata* が多く産出する。これは河口付近の環境を示唆する。シルト層の上部では汽水生の *Pseudopodosira kosugii* が優占する。*P. kosugii* は海成層上限の指標の1つとされることから(Sato et al. 1996)、離水直前の堆積物だと推定される。

泥炭層から干潟堆積物への変化は、太田川低地における相対的海水準上昇を示唆していると考えられる。調査地は津波の前は潮間帯干潟であったが、その後は河川の影響を強く受ける河口部へと変化した。これは津波による地形変化などが考えられる。また、津波堆積物では淡水生種、淡水~汽水生種、汽水~海水生種が混合して産出する。これは押し波による海水や汽水の遡上に加え、引き波によって陸域や河川などから供給された水塊や土砂の影響を反映していると考えられる。

文献

青島ほか, 本大会。静岡県磐田市の太田川下流で見られる津波堆積物中の礫と砂の組成。

小杉正人 1993. 珪藻. 『第四紀試料分析法 2 研究対象別分析法』, 245-252. 東京大学出版会。

藤原ほか, 本大会。静岡県磐田市の元島遺跡とその周辺で見られる2枚の歴史津波堆積物。

SATO, H. et al., 1996. A Characteristic Form of Daitom Melosira as an Indicator of Marine Limit during the Holocene in Japan. The Quaternary Research (Daiyouki Kenkyu), 35, 99-107.

キーワード: 津波堆積物, 太田川低地, 珪藻化石群集, 完新世

Keywords: Tsunami deposit, Ota-gawa lowland, diatom fossil assemblages, Holocene

静岡県清水平野の完新世内湾堆積物における津波堆積物の調査 Researches of tsunami deposits from Holocene bay deposits in the Shimizu Plain, Shizuoka Prefecture

小林 小夏^{1*}, 北村 晃寿¹, 玉置 周子¹
KOBAYASHI, Konatsu^{1*}, KITAMURA, Akihisa¹, TAMAKI, Chikako¹

¹ 静岡大学理学部

¹Shizuoka Univ

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震(Mw 9.0; 気象庁)に伴う巨大津波は、岩手県・宮城県・福島県沿岸に大きな被害を及ぼした。この津波は日本観測史上最大規模のものである。しかし、過去にも同様の巨大津波が、石巻平野から仙台平野、福島県南相馬市にかけての沿岸域を襲い、場所によっては当時の海岸線から内陸に3~4 kmも遡上したことが判明していた。それは貞観11年5月26日(西暦869年7月9日)に発生した貞観地震による津波である。これらの歴史科学から得られた深刻な被害の知見は、防災にはほとんど反映されていなかった。そのため、内閣府に設置された「東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会」では、古文書等の分析、津波堆積物調査、海岸地形等の調査などの科学的知見に基づき、最大クラスの巨大な地震・津波を設定することに変更された(2011年9月28日)。

静岡県清水平野は東海地震による津波被害が危惧される地域だが、津波堆積物調査は実施されていない。同平野は、北側の庵原山地と南西側の有度丘陵に挟まれた東西方向に延びる低地で、その東側は三保半島に庇護された折戸湾である。最終氷期の河刻谷が、その後の海面上昇で水没してできた内湾が埋積されたもので、平野の中心部を巴川が流れる。

本研究では、地点1(清水総合運動場, N34°59'49.074・E138°29'39.327, 標高2.9m, 海岸から約600m), 地点2(清水国際学園高校, N35°01'32.547・E138°28'53.741, 標高6.7m, 海岸から約1600m), 地点3(千歳町, N35°01'12.121・E138°28'49.772, 標高3.5m, 海岸から約1100m), 地点4(江尻町魚町稲荷神社, N35°00'54.963・E138°29'01.562, 標高3.9m, 海岸から約950m)でボーリング調査を行った。コア長は、地点1・2が8.5m, 地点3は23.0m, 地点4は20.0mである。現在の巴川沿いの地点3・4の堆積物は泥を主体とし、巴川から500mほど離れた地点1・2の堆積物は極細粒~細粒砂を主体とする。これらの堆積物は海生貝類を産する。地点4においては海拔-5~0mの泥層に、少なくとも3層の級化層理を持つ砂層が挟まれ、それらの層厚は0.5~1mで、上下の堆積物に見られない海生貝類を産する。これらの特徴は内湾堆積物に見られる津波堆積物の特徴に類似するので、砂層は津波堆積物の可能性が十分ある。現在、放射性炭素年代測定を行っており、その結果も合わせて報告する予定である。

キーワード: 津波堆積物, 内湾堆積物, 完新統, 清水平野

Keywords: tsunami deposits, bay deposits, Holocene, Shimizu Plain

静岡県磐田市の太田川下流で見られる津波堆積物中の礫と砂の組成 Rock type and mineral compositions of the tsunami deposit from the Otagawa lowland, western Shizuoka Prefecture

青島 晃^{1*}, 藤原治², 北村晃寿³, 佐藤善輝⁴, 小野映介⁵, 谷川晃一郎², 石上 朗¹, 下谷 豪史¹, 檜垣 聡太¹, 鈴木 拓貴¹, 檜垣 北斗¹

AOSHIMA, Akira^{1*}, Osamu Fujiwara², Akihisa Kitamura³, Yoshiki Sato⁴, Eisuke Ono⁵, Koichiro Tanigawa², Akira Ishigami¹, Goshi Shimotani¹, Sota Higaki¹, Hiroataka Suzuki¹, Hokuto Higaki¹

¹ 磐田南高校, ² 産総研活断層・地震研究センター, ³ 静岡大学, ⁴ 九州大学, ⁵ 新潟大学

¹Iwataminami High School, ²AIST, ³Shizuoka Univ, ⁴Kyushu Univ, ⁵Niigata Univ

はじめに： 静岡県磐田市の太田川の河口から約 3.5km 上流にある河川改修現場で発見された津波堆積物と考えられる砂層（藤原ほか，本大会）について，礫種や円磨度，砂の組成を検討した．礫や砂の特徴は，太田川の河床堆積物とは異なり遠州灘海岸の堆積物と類似しており，この砂層が洪水ではなく遡上した津波でもたらされたことを示している．

津波堆積物の層相： この砂層は干潟の泥層を覆っており，全体の層厚は約 70cm である．南北方向にほぼ水平に 200m 以上連続し，上位は汽水ないし淡水性と思われるシルト層に覆われる（佐藤ほか，本大会）．津波堆積物の内部には級化を示す砂層（層厚数 cm から 10 数 cm）が何層も重なっており，亜円の中礫や貝化石（オキシジミ，ヤマトシジミ，カキ，ウミナナなどの汽水から海水棲種）を含む．堆積年代は，¹⁴C 年代測定値や包含する土器片の特徴から 4 世紀から 7 世紀の間と推定される（藤原ほか，本大会）．

礫の組成と円磨度： 津波堆積物中の礫の種類は 149 個のうち約 90 % が砂岩，泥岩であるが，約 3 % の割合で花崗岩や結晶片岩を含む．花崗岩や結晶片岩の礫は，上流が四万十帯である太田川の河床礫には含まれないが，上流が三波川帯や領家帯である天竜川や天竜川起源の礫を含む遠州灘の海浜礫中には約 9 % の割合で含まれる．

津波堆積物中の礫の円磨度を，礫径 9.5 ~ 26.5cm の砂岩 46 個と泥岩 45 個について Krumbein(1941) の円磨度印象図と比較して求めた．この結果，砂岩の円磨度は 0.72 であった．この値は太田川（磐田市稗原）の河床礫の砂岩の円磨度 0.49 とは有意に異なるが，遠州灘（磐田市福田）の海浜礫の砂岩の円磨度 0.70 に近い．また，泥岩の円磨度も津波堆積物では 0.66，太田川では 0.44，遠州灘では 0.62 となり，同様の結果が得られた．さらに，露頭観察の結果では，礫の平均粒径や堆積物 1kg 中の礫の個数が陸側（北側）へ減少している．

砂の鉱物組成： 津波堆積物の基底から 40cm の礫を含む砂層から，粒径 180 μ m ~ 710 μ m の砂，266 個について鉱物組成を調べた．この結果，砂の組成は，多い方から岩片（38 %），石英（28 %）長石（25 %），雲母（4 %）の順であった．また，少量であるがざくろ石（約 1 %）を含む特徴がある．これらの鉱物組成は，遠州灘沿岸に分布する弥生時代の古砂堤列や現在の天竜川や遠州灘の砂の鉱物組成に近似する（吉井・佐藤，2010）．また，ざくろ石は流域に花崗岩岩体などが分布する天竜川の河床砂や，そこから供給された遠州灘の海浜砂を特徴づける指標鉱物であり，太田川の河床砂には含まれない（青島，2011）．このことも，津波堆積物が遠州灘海岸の海浜から内陸へ運搬されたことを示している．

文献

青島ほか，2011，伊那谷自然史論集，12，19-24．

佐藤ほか，本大会，静岡県磐田市の太田川下流低地で見られる津波堆積物中の珪藻化石組成．

藤原ほか，本大会，静岡県磐田市元島遺跡とその周辺で見られる 2 枚の歴史津波堆積物．

吉井琢也・佐藤慎司，2010，土木学会論文集 B，66，1，1-18．

キーワード: 太田川低地, 津波堆積物, 天竜川, 遠州灘, 円磨度, ざくろ石

Keywords: Ota-gawa lowland, the tsunami deposit, the Tenryu river, the Enshunada coast, roundness, garnet

Geomorphic Changes due to 2004 tsunami-Kirinda Fishery Harbor, Sri Lanka Geomorphic Changes due to 2004 tsunami-Kirinda Fishery Harbor, Sri Lanka

Prasanthi Ranasinghe^{1*}, Kazuhisa Goto², Tomoyuki Takahashi³, Jun Takahashi⁴, Fumihiko Imamura¹
RANASINGHE, Prasanthi^{1*}, GOTO, Kazuhisa², TAKAHASHI, Tomoyuki³, Jun Takahashi⁴, Fumihiko Imamura¹

¹Graduate School of Engineering, Tohoku University, ²Chiba Institute of Technology, ³Kansai University, ⁴Tohoku Electric Power Co.

¹Graduate School of Engineering, Tohoku University, ²Chiba Institute of Technology, ³Kansai University, ⁴Tohoku Electric Power Co.

Tsunami can erode and bring in large volume of sand and other sea bed material into the land area behind the beach. The seabed became shallower near the coast at most locations, suggesting deposition of inner shelf or deep-sea sediments in the shallow areas. A variable amount offshore material was incorporated into the deposit even though the amount and depth of erosion offshore were not quantified. Relative to the onshore study of tsunami deposition, the impact of the tsunami on the offshore bathymetry is poorly understood, due to the scarcity of pre- and post-tsunami bathymetric data, which are useful for analysing tsunami erosion and deposition offshore. Numerical sediment transport model is a better approach for understanding the offshore process of the bathymetric change by the tsunami. Even though, various models have been proposed to understand the sedimentary process of the onshore and offshore sediment transport, most of the model yet to be validated using bathymetric data immediately before and after the tsunami. The bathymetric data at nearshore zone measured by JICA on November 2004 and February 2005 at Kirinda harbor (81.3375E, 6.2181N), Sri Lanka, was recorded the bathymetric change by the 2004 Indian Ocean Tsunami. This study is assessing the onshore and offshore geomorphic changes due to tsunami in Kirinda, while testing the validity of the sediment transport model using recorded bathymetry data. Nested grid system which includes six domains with different resolution is used to simulate the tsunami propagation and inundation as well as the bed level change. First of all, bed level change in smallest domain is obtained and compare with the measured data in order to validate the sediment transport model. The model calculated erosion and deposition ratio for the Kirinda harbor after the tsunami wave is 0.61, whereas the ratio was given as 0.52 for the measured data. Furthermore, high sedimentation occurred in the bay areas because of the diffracted tsunami inflow into the bays and erosion had been noted at the headlands, as well as at the artificial coastal structures such as breakwaters. The model predicted results overall are compatible with the measured data, although the model could not perfectly demonstrated the local effects. By applying the sediment transport model for the larger domains, it is found out that about 1 m layer of sediment is eroded at 50-100 m depth by tsunami flow and deposited on the nearshore area.

キーワード: sediment transport model, geomorphic changes, tsunami

Keywords: sediment transport model, geomorphic changes, tsunami