

東北地方太平洋沖地震津波堆積物の露光状態：OSL 年代測定法による正確な津波堆積物の堆積年代推定を目指して
Bleaching of K-feldspar grains contained in the tsunami deposits of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Tsunami

林崎 涼^{1*}; 白井 正明¹
HAYASHIZAKI, Ryo^{1*}; SHIRAI, Masaaki¹

¹ 首都大学東京

¹Tokyo Metropolitan University

光ルミネッセンス (OSL) 年代測定法は、津波堆積物自体から堆積年代を得ることができる測定法であり、津波堆積物にも有用と期待される。しかし、OSL 年代測定において、鉱物粒子が堆積するまでにどの程度露光しているのかが重要であるが、津波による運搬・堆積過程における露光状態は明らかでない。実際に OSL 年代測定法を津波堆積物に適用するには、まず運搬・堆積過程における露光状態を明らかにする必要がある。本研究では、2011 年の東北地方太平洋沖地震津波の津波堆積物中に含まれるカリ長石粒子を対象として、津波による運搬・堆積時における露光状態を明らかにし、その結果を踏まえて、単粒子年代測定による有効性と、試料採取地点や層相により得られる堆積年代について検討する。

まず、post-IR IRSL (pIRIR) 年代測定法 (Reimann and Tsukamoto 2012) を適用することにより、太陽光への露光時間に対する発光強度の減衰率が異なる IRSL と pIRIR それぞれの等価線量を比較した結果、津波堆積物に含まれる砂質の鉱物粒子は津波による運搬・堆積過程でほとんど露光していないことが明らかになった。このような露光状態は OSL 年代測定に不適であるが、単粒子年代測定ではごく最近露光した鉱物粒子を確認することができた。これは津波前の堆積環境でよく露光していた鉱物粒子を測定したものと考えられる。つまり、このような粒子について単粒子年代測定をすることにより、正確な堆積年代を得ることができると考えられる。また、津波堆積物の試料採取地点により、正確な堆積年代を示す鉱物粒子が増減するという変化傾向は認められなかった。一方、津波堆積物の層相や層位では、1 つの押し波堆積物のユニットの上位ほど正確な堆積年代を示す鉱物粒子が多くなるという傾向が見出された。

従って、現時点では押し波堆積物のユニットの上位のサンプルを用いて、単粒子で OSL 年代測定をすることで、より正確な堆積年代を得ることができると考えられる。

キーワード: 津波堆積物, OSL 年代測定, pIRIR 年代測定, カリ長石, 堆積構造, 福島

Keywords: tsunami deposits, Optically Stimulated Luminescence, post-IR IRSL, K-feldspar, sedimentary structure, Fukushima

東北地方太平洋沖地震津波により形成された津波堆積物の堆積学的特徴 Sedimentological features of tsunami deposit caused by the 2011 Tohoku-oki earthquake tsunami

吉井 匠^{1*}; 濱田 崇臣¹; 佐々木 俊法¹; 松山 昌史¹; 田中 姿郎¹; 伊藤 由紀¹; 渡辺 雅一²; 奥澤 康一³
YOSHII, Takumi^{1*}; HAMADA, Takaomi¹; SASAKI, Toshinori¹; MATSUYAMA, Masafumi¹; TANAKA, Shiro¹; ITO, Yuki¹; WATANABE, Masakazu²; OKUZAWA, Koichi³

¹ (一財) 電力中央研究所, ² (株) セレス, ³ (株) 大林組

¹Central Research Institute of Electric Power Industry, ²Ceres, Inc., ³Obayashi Corporation

東北地方太平洋沖地震において、一部の地域では来襲した津波の浸水範囲が古津波堆積物から推測される浸水範囲と対応していた。この事実により、津波堆積物研究はその重要性を社会的に認知させることとなったが、一方で、古津波堆積物を利用した（特に未知の）巨大津波の評価という性急な社会的要求を受けることとなった。

古津波堆積物を評価する際、津波堆積物の堆積学的特徴と、堆積される過程を理解しておくことは必要不可欠である。これらの理解のために現代の津波堆積物を調査する意義は以下の2点に集約される。第一に、観察物が津波堆積物であるという信頼度が極めて高いという点であり、第二に、堆積物形成に重要な影響を与える周辺環境や津波に関する情報が得られる点である。

本研究では、2012年の8月～11月にかけて青森県三沢市から千葉県山武市に至までの、東北地方太平洋沖地震による津波規模および地形特徴の異なる19地点の海岸から津波堆積物試料（コア）を取得し、肉眼観察およびX線CT画像による観察を実施し、堆積学的特徴について整理した。発表では、これらを基に津波堆積物の堆積構造を支配する外的要因について議論を行う。さらに、試料の分析（粒度組成分析、化学分析、珪藻分析）についても紹介する予定である。

キーワード: 津波堆積物, 東北地方太平洋沖地震, 津波

Keywords: Tsunami deposit, The 2011 Tohoku-oki earthquake, Tsunami

岩手県唐丹湾奥部に発達する津波堆積物の特徴 Characteristic of tsunami deposit left by 2011 Tohoku earthquake, case study of Toni bay

飯島 さつき^{1*}; 坂本 泉¹; 横山 由香¹; 八木 雅俊¹; 井村 理一郎¹; 根元 謙次¹; 藤巻 三樹雄²; 藤原 義弘³; 笠谷 貴史³
IJIMA, Satsuki^{1*}; SAKAMOTO, Izumi¹; YOKOYAMA, Yuka¹; YAGI, Masatoshi¹; IMURA, Riichiro¹; NEMOTO, Kenji¹
; FUJIMAKI, Mikio²; FUJIWARA, Yoshihiro³; KASAYA, Takafumi³

¹ 東海大学海洋学部, ² 沿岸海洋調査(株), ³ 海洋研究開発機構

¹Tokai University, ²COR, ³JAMSTEC

平成 23 年 3 月 11 日 14 時 46 分、牡鹿半島の沖合を震源とする東北地方太平洋沖地震が発生し、同時に発生した巨大津波により東北地方太平洋沿岸地域は壊滅的な被害を受けた。東北地方太平洋沿岸地域は、過去に幾度もの津波被害を経験している。

堆積物中に含まれる古津波の記録（津波堆積物）を把握し、過去の災害規模を推定することで、今後の防災に役立てる研究が行われている。しかしながら、海域部での津波堆積物に関する研究はほとんど行われておらず、その分布や特徴は明らかにされていない。本調査では唐丹湾内における高分解能地層探査、採泥等の調査結果から、海域とくに沿岸域における津波起源堆積物の特徴を明らかにする事を目的とした。

地形的な特徴として NW-SE 方向に谷軸を有する唐丹湾奥部は、谷軸方向への縦断面において、以下の 4 つに区分できる。(1) 0-22 m 付近：凹凸の少ないスムーズな海底面を呈する緩斜面、(2) 22-25 m 付近：凹凸の激しい海底面を呈する平坦面、(3) 25-43 m 付近：急斜面で特徴づけられ、斜面上部では長周期の凹凸が連なり、斜面下部では長周期の凹凸地形を呈している、(4) 43-46 m 付近：表面に小周期の凹凸地形が発達する平坦面。

地質構造として、高分解能地層探査記録で見られた反射面のうち、海底面付近で広域に追跡できたものを反射面 A とし、反射面 A と海底面との間を第一層とした。この第一層は地形区分 (1) において 25-110cm の厚さを持ち、谷軸で最も厚く側方に行くに連れて薄く分布、(2) において 40-75 cm の厚さを持ち、表層は瓦礫と思われる反射面が認められ、(3) においては斜面上部では 50-60 cm の一定の厚さを持ち、斜面下部では内部反射により第一層が断続的で不明瞭であり、(4) においては、第一層が不明瞭であるが 50-110 cm の厚さを有している。

柱状堆積物試料について、水深 14 m の 13T-V.2 では U1 (0-32：砂層)、U2 (32-111：泥層)、U3 (111-114：砂礫層) に区分された。とくに U1 ではさらに 0-19cm 砂礫層、19-24cm 砂泥層、24-32cm 上方細粒化が見られる砂層が推察され、生物擾乱の発達する下位の泥層 (U2) とは明らかに異なった堆積過程を示し、3.11 津波堆積物であると推定した。U1 を高分解能地層探査記録と比較した所、第一層と相関が認められ、唐丹湾の 0-40m 付近に広く分布している事が明らかになった。

キーワード: 津波堆積物, 三陸沿岸

Keywords: Tsunami deposit, Sanriku Coast

広田湾に分布する津波堆積物の特徴

Characteristic of tsunami deposit left by 2011 Tohoku earthquake, case study of Hirota bay

横山 由香^{1*}; 坂本 泉¹; 八木 雅俊¹; 井村 理一郎¹; 飯島 さつき¹; 金井 辰樹¹; 根元 謙次¹; 鬼頭 毅²; 藤巻 三樹雄³; 藤原 義弘⁴; 笠谷 貴史⁴

YOKOYAMA, Yuka^{1*}; SAKAMOTO, Izumi¹; YAGI, Masatoshi¹; IMURA, Riichiro¹; IJIMA, Satsuki¹; KANEI, Tatsuki¹; NEMOTO, Kenji¹; KITO, Takeshi²; FUJIMAKI, Mikio³; FUJIWARA, Yoshihiro⁴; KASAYA, Takafumi⁴

¹ 東海大学海洋学部, ² 芙蓉海洋開発(株), ³ 沿岸海洋調査(株), ⁴ 海洋研究開発機構

¹Tokai University, ²FODECO, ³COR, ⁴JAMSTEC

2011年3月に発生した東北地方太平洋沖地震は、過去に類をみない巨大津波を発生させ、東北地方太平洋沿岸域に甚大なる被害をもたらした。震災直後、陸域を中心に多くの被害状況調査が行われ、津波による遡上堆積物(津波堆積物)分布調査もその一つとして行われた。津波堆積物に関する研究は、陸域を中心に行われ、遡上した堆積物の特定や影響、津波再来周期や浸水域の推定など多くの研究が行われている(Minoura and Nakayama, 1991 ほか)。しかし、海域で津波堆積物に関する研究はほとんど行われておらず、その実態はあまり解明されていない。本研究では、湾内での津波起源堆積物の特徴および鉛直・水平方向への変化を捉えることを目的とし、広田湾で柱状堆積物試料の採取(パイプレーションコアラー)および高分解能地層探査(Innomar社製 SES2000 Compact)を行った。

柱状堆積物試料は、湾奥部の水深8m~25mで、2012年に5観測点・2013年に12観測点で採取した。柱状試料は、岩相の特徴から砂質堆積物で構成されるユニット1(以下、U-1)と泥質堆積物で構成されるユニット2(以下、U-2)に区分した。

U-1は、上方細粒化や平行葉理を示し、下位層のU-2を削り込むように堆積している。これらの特徴は、平(1985)によって定義される水中重力流が発生した際に形成される堆積物の特徴と類似することから、U-1は2011年の津波堆積物と推定される。また、U-1では粒度分析および軟X線観察から、現在のところ複数の小ユニット(U-1a~1e)への区分が考えられる。調査範囲中央部で採取した13HV8(水深12m)では最上位にシルト層(U-1a)がみられ、その下位に細粒砂層(U-1b)、ラミナの発達した中粒砂層(U-1c)、一様な中粒砂層(U-1d)が続き、最下位に礫層(U-1e)が見られる。これらの特徴は、さらに沖合の13HV10(水深17.5m)でも確認される。しかし、この2本のコアを境に沖合側および沿岸側では、上記の小ユニットのうち、数個が確認されるにとどまる。これらの小ユニットは、津波時の水中重力流の流動機構を反映していると推察され、今後詳細に解析を行っていく予定である。

U-1の下位にみられるU-2は、塊状のシルト~極細粒砂で構成され、軟X線観察から生物擾乱構造の発達で特徴付けられ、湾内通常堆積物と推察される。また、数本の試料において、U-2の下位にU-1と同様の特徴をもつU-3が発達していることが確認された。

2011年津波起源堆積物と推定されるU-1について、柱状試料および高分解能地層探査から、その層厚分布を求めた。その結果、本調査範囲では津波起源堆積物は湾全域に20-50cmの厚さでの分布が確認された。水深方向への変化をみると、沿岸側(水深8m、層厚約20cm)から沖合(水深約20m、層厚約50cm)に向けて厚くなり、さらに沖合にかけて薄く(水深約25m、層厚約30cm)分布する様子が確認された。また、層厚分布図から谷軸および河口域で厚く堆積する様子が確認され、それらは北北西-南南東方向および北西-南東方向の2つの軸方向を呈し、沖合で合流することから、水深20m付近がもっとも厚く堆積する要因として、複数の重力流堆積物が重なって堆積しているためと考えられる。

キーワード: 津波堆積物, 三陸沿岸

Keywords: Tsunami deposit, Sanriku coast

津波起源浸食地形の特徴 -唐丹湾および越喜来湾の例- Characteristic of tsunami origin submarine topography -Case study of Toni Bay and Okirai Bay

八木 雅俊^{1*}; 坂本 泉¹; 横山 由香¹; 水野 怜¹; 飯島 さつき¹; 根元 謙次¹; 藤巻 三樹雄²; 藤原 義弘³; 笠谷 貴史³
YAGI, Masatoshi^{1*}; SAKAMOTO, Izumi¹; YOKOYAMA, Yuka¹; MIZUNO, Ren¹; IJIMA, Satsuki¹; NEMOTO, Kenji¹;
FUJIMAKI, Mikio²; FUJIWARA, Yoshihiro³; KASAYA, Takafumi³

¹ 東海大学海洋学部, ² 沿岸海洋調査株式会社, ³ 海洋研究開発機構

¹School of Marine Science and Technology, Tokai University, ²COR, ³JAMSTEC

唐丹湾は釜石市の南端に位置し東側に開けた湾である。唐丹湾は2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震時の津波(以下、3.11津波と記す)により、高さ約12mの防潮堤が転倒し背後の集落が押し流される被害を受けた。また、唐丹湾においては引き波により海底面が露出した映像が記録されている。越喜来湾は大船渡市三陸町に位置し東側に開けた湾である。越喜来湾では最大で15m以上の高さの津波が押し寄せ、周辺地域は甚大な被害を受けた。以上のことから両湾の海底には、津波による痕跡が残されている可能性が考えられ、東海大学では2012年より両湾の海底地形地質調査を開始した。

初年度の調査により、両湾において3.11津波後における湾全体の海底地形図を作成した。その結果、唐丹湾では水深20~25m付近、越喜来湾では水深15~20m付近で起伏に富んだ地形が確認された。この起伏に富んだ地形を横断する高分解能地層探査記録では、最上部層に白く抜ける反射を呈する厚さ数十cmの無層理層が認められ、その基底部は明瞭な反射面として下位層と隔たられる。唐丹湾において、パイプロコアラによる柱状試料採取及び観察により、この最上部層は級化構造が卓越した砂質堆積物で構成され、基底部には下位層を剝した痕跡が確認された。以上のことから、起伏に富んだ地形は3.11津波により形成された津波起源の凹凸地形であると推定される。2013年度の調査では、初年度で確認された上記の地形を中心により細かな調査測線を設け詳細な地形図を作成したため、湾ごとにその特徴をまとめる。

【唐丹湾】

本調査範囲の地形は、①水深15~22mまでの傾斜約0.9°(16/1000)の緩斜面、②水深22~24m付近の平坦面、③水深25m以深の緩斜面の3つに区分される。①~③の海底面上には多数の物体が散在している。物体の周囲には沖側へ伸長し、扇状もしくは三角形を呈する流痕が確認された。これらはいずれも物体の大きさに比例し大きくなり、南東方向へ開口し、とくに②に集中して発達する。①~②では、長さ35~72m、幅1.5~2.4m、深さ5~12cm程度の細長い溝状の地形が確認された。これは物体が水流により運搬される時に形成したグループマークと推定される。

また、唐丹湾では3.11時に引き波により水深20m付近までの海底面が露出し、この水深20m付近で第一波の引き波と第二波の押し波が衝突したことが映像により明らかになっている。そのことから、海底面上に散在する多数の物体は津波により運搬されたガレキだと推定される。

【越喜来湾】

本調査範囲の地形においても、①水深8.5~17.5mまでの傾斜約1°(18/1000)の緩斜面、②水深17.5~19m付近の平坦面、③水深19.5m以深の緩斜面の3つに区分される。

①の海底面には多数の物体が集中して存在している。これら物体の分布は、唐丹湾が平坦面上に多数分布していたのに対し、緩斜面上への分布となっている。①~②にかけて、南東方向へ開口する扇状もしくは三角形の流痕が確認された。これらは、唐丹湾と同様に物体があることによる物痕が一部認められるが、水流自体による浸食で形成された削痕が大半を占めている。

以上、凹凸地形周辺における精査の結果、唐丹湾および越喜来湾の海底面上には、ガレキ及びその周囲に発達し、沖側へ開口する流痕により形成された津波起源凹凸地形が認められた。両湾において凹凸地形の発達する深度及び地形は類似している。しかし、唐丹湾はガレキの形状などにより流痕の幅や深さが異なり、ガレキに形状を規制されたと考えられる。しかし、越喜来湾の場合はガレキに規制されず水流自体により浸食を受けたと推察され、両湾には流痕の形成過程に明らかな違いがあったと示唆される。

キーワード: 津波起源浸食地形, 唐丹湾, 越喜来湾, 流痕

Keywords: Tsunami origin submarine topography, Toni Bay, Okirai Bay, Current mark

仙台湾沿岸における津波の浸水限界と津波砂層の分布限界との関係性の解明 Relationship between the inundation limit and the maximum extent of the sandy tsunami deposit in Sendai Bay coasts

阿部 朋弥^{1*}; 後藤 和久²; 菅原 大助²
ABE, Tomoya^{1*}; GOTO, Kazuhisa²; SUGAWARA, Daisuke²

¹ 名古屋大学 地理学教室, ² 東北大学 災害科学国際研究所
¹ Department of Geography, Nagoya University, ² IRIDeS, Tohoku University

津波の浸水限界と津波砂層の分布限界との関係性を明らかにすることは、古津波の浸水範囲を津波砂層の分布範囲から推定する上で重要である。2011年東北地方太平洋沖地震の発生以前は、津波砂層は浸水限界の90%以上まで分布するため (MacInnes et al., 2009)、津波砂層の分布範囲から古津波の浸水範囲を推定することには、大きな問題は無いとされてきた (Tsunami Pilot Study Working Group, 2006)。しかし、2011年東北地方太平洋沖地震の発生直後に仙台湾沿岸で行われた堆積物調査から、浸水距離が2.5~3 kmを超えると、津波砂層の分布限界は浸水限界より0.6~2.0 km海側となり、津波砂層は浸水距離の57~83%までしか分布しないことが指摘された (Goto et al., 2011; Abe et al., 2012; 宍倉ほか, 2012)。しかし、浸水限界と津波砂層の分布限界との差が生まれる要因について、物理的な説明はほとんど行われていない。よって、本研究では、両者の差が生まれる要因を明らかにすることを目的とする。

仙台湾沿岸において、海岸線から浸水限界まで長さ0.60~5.07 kmの15本の調査測線を設定した。浸水限界は、津波痕跡の現地調査から決定し、津波痕跡が失われていたものは、東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ (TETJSG) (Mori et al., 2012) のデータを用いた。津波砂層の分布限界は、測線上において数10~100 m程度の間隔を置いて計366地点で行った堆積物のピット観察結果から決定した。また、各測線における浸水限界と各掘削地点の標高は、GPS測量機器を用いた地形測量、もしくは、国土院が提供している津波発生直後の航空レーザー測量結果 (5mDEM) の抽出により求めた。各掘削地点の津波砂層の粒度分布を、沈降管法により求めた。TETJSGの浸水高から5mDEMの標高値を引くことで、浸水深を推定し、その分布をNatural neighborによって空間補間することで、浸水深分布図を作成し、各掘削地点の浸水深を抽出した。

浸水限界と津波砂層の分布限界との関係は、次のA~Dの4つの地形のタイプによって異なった特徴が見られた。仙台平野北部~中部のA) 奥行きが広い平野の6測線 (浸水距離: 3.66~5.07 km) では、津波砂層の分布限界の海岸線からの距離と標高は、浸水限界の55~74%と5~36% (1.03~2.30 km, 1.3~2.0 mの差) であった。仙台平野南部のB) 奥行きが狭い平野の3測線 (浸水距離: 0.60~1.96 km) では、津波砂層の分布限界の海岸線からの距離と標高は、浸水限界の97~98%と30~54% (0.01~0.16 kmと, 3.7~4.9 mの差) であった。七ヶ浜半島および仙台平野南部のC) 谷底平野の4測線 (浸水距離: 1.41~2.23 km) では、津波砂層の分布限界の海岸線からの距離と標高は、浸水限界の92~99%と55~89% (0.02~0.18 km, 0.9~3.5 mの差) であった。相馬海岸~常磐海岸のD) ラグーン低地・干拓地の2測線 (浸水距離: 3.85~4.43 km) では、津波砂層の分布限界の海岸線からの距離と標高は、浸水限界の94%と30~45% (0.16~0.22 km, 0.7~1.8 mの差) であった。

ここでは、津波砂層の分布限界 (2.31~2.99 km内陸) と浸水限界 (3.66~5.07 km内陸) との間に1.03~2.30 kmの差が見られた仙台平野北部~中部の奥行きが広い平野の6測線 (Aタイプ) について、考察を行う。まず、津波砂層の分布限界での標高は、0.1~1.1 mであり、一定の標高で砂層が途切れるわけではない。加えて、津波砂層の分布限界での粒度は、細粒砂~中粒砂 (中央粒径値: 1.6~3.1 phi) であり、一定の粒度で砂層が途切れるわけではない。また、津波砂層の分布限界での推定浸水深と計算最大流速は0.5~1.4 mと1.3~2.8 m/s (堀川ほか, 2012) であり、津波砂層の分布限界における津波の流体力は細粒砂~中粒砂をより内陸まで運搬可能であったと推測される。以上のことから、津波砂層の分布限界において、標高や砂の粒度に限界値があるのではないこと、および津波の流体力としてはより内陸まで津波砂を運搬可能であったと考えられる。そのため、浸水限界と津波砂層の分布限界との間に1.03~2.30 kmの差が生まれたのは、仙台平野における2011年東北地方太平洋沖地震による津波砂の主な供給源と考えられている海浜砂~砂丘砂 (Szcucinski et al., 2012) の供給が、海岸線から2.31~2.99 kmを超えると途切れてしまうことが要因であるとと考えられる。各測線の海岸部には、海浜砂~砂丘砂が十分にあり、津波発生直後の現地調査においても、それらの全てが消失していたわけではなかったため、供給源での砂の供給可能量に上限値があったのではないと思われる。そのため、2011年東北地方太平洋沖地震における仙台湾沿岸での津波特性が供給源での海浜砂~砂丘砂の供給プロセスを支配したことによって、内陸での砂の供給が途切れたと考えられる。津波の数値解析、観測データ・ビデオ映像の解析から、この仮説を確かめたいと思っている。

キーワード: 2011年東北地方太平洋沖地震津波, 仙台湾沿岸, 浸水限界, 津波砂層の分布限界

Keywords: 2011 Tohoku-oki tsunami, Sendai Bay coast, Inundation limit, Maximum extent of sandy tsunami deposit

三陸海岸宮古市沼の浜で発見された歴史津波堆積物 Historical tsunami deposits in Numanohama on the Sanriku coast, Japan

五島 朋子^{1*}; 佐竹 健治²; 須貝 俊彦¹; 石辺 岳男²; 原田 智也³; 室谷 智子²
GOTO, Tomoko^{1*}; SATAKE, Kenji²; SUGAI, Toshihiko¹; ISHIBE, Takeo²; HARADA, Tomoya³; MUROTANI, Satoko²

¹ 東大大学院新領域創成科学研究科, ² 東大地震研究所, ³ 東大総合防災情報研究セ / 地震研究所
¹GSFS, the University of Tokyo, ²ERI, the University of Tokyo, ³CIDIR/ERI, the University of Tokyo

岩手県宮古市田老地区沼の浜で、津波履歴解明を目的に津波堆積物調査を行った。本調査地は浜堤を介した低湿地帯で、2011年東北地方太平洋沖地震の津波遡上高は、17~30mであった(都司ほか, 2011, 地震研彙報)。低地掘削で得られた深度長約3mのハンディジオスライサー試料を解析した結果、15世紀以降の津波堆積物が6層検出された。²¹⁰Pb及び¹³⁷Csによる堆積年代推定結果から、地表から4層目までのイベント層は、上部より2011年東北地方太平洋沖地震津波、1960年チリ地震津波、1933年昭和三陸地震津波、1896年明治三陸地震津波に相当すると推察される。15世紀以降にこの地域に襲ったこの他の歴史的な近地津波としては、1793年宮城県沖地震、1763年及び1677年青森県沖地震、1677年延宝房総沖地震、1611年慶長三陸地震があり、主な遠地津波は1700年カスケード地震津波がある。

2011年東北地方太平洋沖地震後には、仙台平野を中心に津波堆積物に関する多くの調査が行われている(Goto *et al.*, 2011, *Marine Geology*; 宍倉ほか, 2012, 活断層・古地震研究報告)。しかし、岩手県北部から青森県に至る沿岸部については、過去の津波履歴復元を目的とした津波堆積物調査の報告例が少ない上に、検出された津波痕跡の堆積年代は数千年前と古いものが多い。有史時代の津波痕跡が地質試料に保存されていない原因として考えられるのは、三陸沿岸ではリアス式海岸が発達して沖積層が保存されにくい場所であることや、人工的な影響によって沖積層が削られていることにある。しかしながら、本調査地は標高約4mの浜堤で海と隔てられており、平常時は泥炭層が堆積する場所である。本研究のように、三陸沿岸において近年の歴史津波が地質学的証拠として時間的連続性をもって検出された例は珍しい。

本研究では、層相記載・粒度分析・微化石分析による津波堆積物の認定を行ない、津波堆積物の堆積年代推定のために、試料中の植物片や種子の¹⁴C年代(AMS)測定を行なった。さらに、表層部の津波堆積物の堆積年代推定のために、土壌試料中の²¹⁰Pbと¹³⁷Csの残存濃度の値を用いた。堆積物中に残存する²¹⁰Pb(半減期22.3年)濃度測定値により、過去100年程度の堆積速度を見積もることができ、また¹³⁷Cs残存濃度により、大気圏核実験の始まった1954年以前とそれ以後に堆積したものを区別することが可能である。

イベント層は、数cmから数十cmの層厚を持つ砂礫層として泥炭層中に挟在し、海浜由来の砂礫や付近の地質岩体由来の岩屑性粒子で構成されている。また、下部泥層との明瞭な侵食面、級化・逆級化構造の繰り返し構造、ラミナ構造、ラミナ層に挟在する偽礫などの津波堆積物に特徴的な構造が認められた。イベント層は、海側から内陸側に向かう調査側線上で追跡でき、調査地内で広がりをもって分布していることもわかった。さらに、イベント層と浮遊性海生ナノプランクトンの高産出層がよい相関を成すことは、イベント層を構成する粒子が海水によって陸側へ運搬されたことを示す。

年代測定の結果、¹⁴C年代測定結果は、試料深度3m付近が15世紀頃に堆積したことを示し、さらに²¹⁰Pb残存濃度から得られた減衰曲線は、表層から4つ目の砂層までが、ここ約100年間で堆積したことを示した。さらに、表層から2つ目の砂層以浅で¹³⁷Csが検出されたことより、2つ目の砂層は1960年チリ地震津波堆積物の可能性があることが示唆された。

謝辞

調査の実施にあたり、平川一臣氏、Javed N. Malik氏による多大な御助言と、村岸純・鳴橋竜太郎・楠本聡・瀧川朗・山市剛・Ravi K. Prabhat, 各氏による御協力を頂きました。記して感謝致します。

キーワード: 津波堆積物, 三陸海岸
Keywords: Tsunami deposit, Sanriku coast

秋田県沿岸部における古津波痕跡調査 A Study of Paleo-Tsunami along the Coastal Area of Akita Prefecture, the eastern margin of Japan Sea

鎌滝 孝信^{1*}; 細矢 卓志²; 黒澤 英樹³

KAMATAKI, Takanobu^{1*}; HOSOYA, Takashi²; KUROSAWA, Hideki³

¹ 秋田大学地域創生センター, ² 中央開発株式会社技術センター, ³ 応用地質株式会社エネルギー事業部

¹Akita University, ²Chuo Kaihatsu Corporation, ³OYO Corporation

国や全国の地方自治体では、2011年東北地方太平洋沖地震の発生を踏まえて地震被害想定の見直しを進めており、秋田県でも平成24年度から「秋田県地震被害想定調査」が実施されている。その中では、日本海東縁部の海域で発生する地震について、複数の震源領域が破壊する「連動地震」の検討がなされた。秋田県沖に関しては、1983年日本海中部地震が発生し、県内だけでも79人が津波で犠牲になった。しかしながらそれ以前の津波に関する情報はあまり知られておらず、また日本海東縁部において過去に連動地震が発生していたという証拠も得られていない。そこで、日本海沿岸の古津波に関する物的証拠を収集し、将来の地震被害予測に資する情報を整備することを目的として、秋田県沿岸部における古地震学的研究を開始した。本講演では、秋田県沿岸部における津波堆積物調査について現時点で得られている知見について議論したい。

古津波の痕跡、すなわち津波堆積物を使って海溝型巨大地震の再来間隔を推定し、その発生時期や影響範囲および被害に関する将来予測を試みる研究は国内外で数多くなされている。国内において津波堆積物は、千島海溝沿岸部、日本海溝沿岸部、相模トラフ沿岸部、駿河～南海トラフ沿岸部などから報告されているが、我が国における研究例のほとんどが太平洋側のもので、日本海側からの報告は箕浦ほか(1987など)や平川ほか(2012)などわずかである。また、秋田県沿岸からの情報は皆無といえる。

調査地域は、秋田県沿岸部を北部(八峰町)、中部(男鹿市および潟上市)および南部(にかほ市)と3地域に分けて選定した。秋田県における人口集中地域である秋田市、能代市および由利本荘市は、大規模な河川による堆積作用の影響および高い砂丘の存在から、今回の調査で津波堆積物を識別できる可能性が低いと判断し、調査地点を設定していない。調査地点の選定にあたっては以下の①～④の項目を基準とし、空中写真、地形図等で調査地点を抽出した後、現地確認を行い、各調査地点で最も条件が良いと判断された場所で掘削調査を実施した。①文献調査で過去の津波による浸水が推定される場所およびその周辺、②陸成層(泥炭や古土壌)が堆積し保存されている可能性の高い場所(閉塞された低平地)、③河川等の水流による定常的な堆積作用の影響を取り除ける場所、④人工改変の影響が少ない場所である。前述の視点から選定された調査地点において、コア採取部の径が3cm程度のハンドコアラーや同じく5cm程度の打ち込み式のサンプラー等を使用し、地表から2～3mの土壌試料を採取した。採取した堆積物を観察し、津波堆積物の可能性がある砂層等を識別した。その結果、津波堆積物が保存されている可能性があるとして判断した沖積低地においてボーリング調査を実施した。

北部地域と南部地域で採取されたボーリングコア試料からは、沖積低地に堆積したシルトや泥炭を主体とした細粒堆積物中に、砂を主体とした粗粒堆積物が数枚挟まれていることがわかった。細粒堆積物中に挟まれる粗粒堆積物は、基底面が侵食面を呈すること、内部に斜交層理等の堆積構造が見られることなどから、ある程度強い水流を伴ったイベント堆積物と解釈される。それらイベント堆積物は、調査地点の周辺に大規模な河川が存在しないことから、洪水の可能性は低いと考えられる。また、海岸線からもある程度距離が離れていることから、現時点では津波堆積物の可能性が高いと考える。

今後、イベント堆積物の広範囲への分布を明らかにし、広域での対比を可能にすること、そしてイベント堆積物の由来を明らかにすることを目的に、追加調査や試料の分析等を進め、歴史地震津波との対応や当地域における津波履歴等についての詳細を明らかにしていきたい。

本研究は、秋田県による「秋田県地震被害想定調査」の成果、および秋田県潟上市から秋田大学が受託した「潟上市における地域防災・減災に関する研究」の予算を使用させていただいた。関係各位に対し記して感謝の意を表します。

キーワード: 津波堆積物, 古津波, 日本海東縁, 秋田県

Keywords: tsunami deposit, paleo-tsunami, eastern margin of Japan Sea, Akita Prefecture

珪藻化石群集から推定された徳島県田井ノ浜における過去4000年間の古沿岸環境変化と地殻変動 Paleoenvironmental changes and tectonic movements reconstructed from diatoms in Tokushima, during the last 4000 years

千葉 崇^{1*}; 藤野 滋弘¹; 小堀 詠美²
CHIBA, Takashi^{1*}; FUJINO, Shigehiro¹; KOBORI, Emmy²

¹ 筑波大学生命環境系, ² 筑波大学生命環境学群地球学類

¹Faculty of Life and Environmental Sciences University of Tsukuba, ²College of Geoscience, School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba

南海トラフ沿いの地域で発生する南海地震と東海地震については、豊富に残されている歴史記録が調べられ、その再来間隔が求められている(寒川 2008)。また、近年はそれら地震に伴う津波に関する史料記録及び津波堆積物の研究が増加している(例えば藤野ほか 2008)。一方、各地震に伴う地殻変動は地形や隆起生物遺骸群集から推定されているものの、その報告は限られている(前杵 1988, 穴倉ほか 2008)。

徳島県由岐町には、過去の南海トラフ起源の地震による津波の被害について書かれた資料や石碑が残されている。歴史時代に発生した古地震や古津波の履歴及び規模を詳細に明らかにするためには、こうした歴史記録と地質記録を合わせて検討する必要がある。さらに、先史時代の記録は地質記録を検討する以外に情報を得る手段はなく、より長期的な地震履歴を明らかにするためにも地質記録を検討することは重要である。本研究では、由岐町に隣接する美波町田井ノ浜で掘削された深度 700 cm のボーリングコアの特に深度 500 cm までを対象として分析を行い、産出した珪藻化石群集の変化を明らかにすることから古沿岸環境の変遷及び地震性地殻変動を復元することを目的とした。

コア掘削地点は海岸から 200m ほど内陸に位置する。現在は休耕地であるが、かつては海岸側が砂州により閉ざされることで形成された低湿地であったと推定される。掘削されたコアは、表層～深度 50 cm までが耕作土層であるが、それより下位の層準は主に塩性植物の葉や根及び種子などを多く含む泥炭層～有機質泥層から成り、深度 500m までに少なくとも 12 枚の砂層が狭在する。砂層は層厚が 1 cm 未満のものから 70 cm 程度のもので様々である。また、放射性炭素年代測定から、表層～500 cm までの層準は少なくとも過去 4000 年間で堆積したものであると推定された。珪藻分析の結果、泥炭層～有機質泥層では、*Pseudostaurosira brevistriata*, *Pseudostaurosira subsalina*, *Staurosirella pinnata*, *Tabellaria fenestrata* などが優占し、中性～弱酸性環境を好む *Pinnularia* 属や *Eunotia* 属が随伴した。一方、狭在する砂層からは、*Diploneis smithii*, *Mastogloia recta* などのより高塩分環境に生育する珪藻が相対的に多く産出した。

以上のことから過去 4000 年間に於いて、この地域では、泥炭層及び有機質泥層堆積時に波浪の影響が直接及ばない淡水～塩性湿地が形成されていたと推定される。一方、コア掘削地周辺の集水域は小さいことから、狭在する砂層が崖錐由来である可能性は低いと考えられる。また、砂層はそれぞれより高塩分環境の珪藻を含むことから、いずれもコア掘削地点より海側から、津波などの強い流れにより運搬されたと推定される。さらに、泥炭層及び有機質泥層中の珪藻群集変化を見ると、砂層の層準の前後で群集が変化していた。特に砂層の堆積前には淡水生種が徐々に増加し、砂層の堆積後に淡水生種が減少した。この地域は南海トラフ沿いで発生する地震に関連した地殻変動により、地震間に隆起し、地震時に沈降することが潮位記録や歴史記録などからわかっている。本研究において認められた淡水生種の増減は、この地殻変動に伴う沿岸環境の変化を反映したものであると考えられる。

キーワード: 南海トラフ, 津波堆積物, 地殻変動, 古沿岸環境, 珪藻

Keywords: Nankai trough, Tsunami deposit, Tectonic movement, Pleo coastal environment, Diatom

鹿児島県西岸域における津波堆積物調査 Study of tsunami deposits along west coastal area of Kagoshima Prefecture, Japan

大嶋 章浩^{1*}; 原口 強²; 田尻 雄大³
OSHIMA, Akihiro^{1*}; HARAGUCHI, Tsuyoshi²; TAJIRI, Yuuta³

¹ 西日本技術開発株式会社, ² 大阪市立大学, ³ 九州電力株式会社

¹West Japan Engineering Consultants, Inc., ²Osaka City University, ³Kyushu Electric Power Co., Inc.

九州西岸域においては、前面にプレート境界が無く、被害を及ぼした地震・津波の記録が少ないことから、太平洋に面した東岸域と比較して、津波堆積物に関する調査・研究の実績が少ない。しかしながら、東北地方太平洋沖地震の発生を機に、沿岸地域における防災計画の見直しが進められており、過去の津波履歴等に関するデータの拡充が必要とされている。

筆者らは、九州西岸域における歴史津波やその他災害の記録に関する文献調査及びボーリング調査による堆積物コアの採取と観察、各種分析を実施している。本講演では、特に鹿児島県西岸域における津波堆積物調査について、現時点で得られている知見について報告する。

調査地点の選定にあたっては、まず、空中写真・地形図の判読を行い、浜堤、砂丘、後背湿地等の地形分類図を作成した。次に、この地形分類図に基づいて、地形や人工改変の状況等について現地確認を行い、ボーリング調査地点を選定した。ボーリング調査は、鹿児島県阿久根市～南さつま市の沿岸域、及び薩摩川内市の西方沖約 30km に位置する甕島の東岸域の計 10 地点で実施した。また、各地点においては、堆積物の側方への連続性を把握するため、海側から陸側にかけて数本のコアを採取した。掘削深度は沖積層の基底を目途とし、既存資料等を参考に堆積速度を勘案して、現在とほぼ同程度の海水準であったと考えられる約 7000 年前～約 6000 年前までの深度の堆積物を採取することとした。

ボーリング調査により採取したコアの内部構造について、非破壊かつ 3 次元的に観察を行うため、コアパックに入った状態で X 線 CT 撮影を行った。X 線 CT 撮影後、コアは縦に半割し、その半割面を観察・記載した。採取したコアの年代については放射性炭素年代測定・火山灰分析を実施中である。

現時点までに、鹿児島県薩摩川内市久見崎町地点、甕島中山地点、いちき串木野市羽島地点から採取したコアにおいて、イベント堆積物を確認した。イベント堆積物の年代は、久見崎地点では約 7000 年前と約 9500 年前、中山地点では約 2500 年前～約 3500 年前を示す。羽島地点については、現在年代測定中である。

上述のイベント堆積物は、現状では他地点の同時期の堆積物に認められないことから、これらを形成したイベントは局所的なものであった可能性が高い。発表時には、コア観察と微化石分析等の結果を踏まえて成因についてより詳細に考察する。

久見崎地点から採取したコアに、鬼界アカホヤテフラ由来の火山ガラスを含む層準が認められた。この層準は、鬼界アカホヤ噴火に伴うイベントにより、当該地点に供給された可能性がある。この堆積環境の変化については、微化石分析やコアの詳細観察を行い検討する予定である。

キーワード: 津波堆積物, イベント堆積物, 鹿児島県

Keywords: tsunami deposits, event deposits, Kagoshima Prefecture

石垣島東海岸に見られる津波堆積物 Tsunami deposits in eastern coast area of Ishigaki Island, Japan.

北村 晃寿^{1*}; 安藤 雅孝¹; Tu Yoko⁴; 大橋 陽子¹; 中村 衛²; 宮入 陽介³; 横山 祐典³; 志賀 翔太²; 生田 領野¹
KITAMURA, Akihisa^{1*}; ANDO, Masataka¹; TU, Yoko⁴; OHASHI, Yoko¹; NAKAMURA, Mamoru²; MIYAIRI, Yosuke³;
YOKOYAMA, Yusuke³; SHIGA, Shota²; IKUTA, Ryoya¹

¹ 静岡大学, ² 琉球大学, ³ 東京大学, ⁴ 中央研究院地球科学研究所

¹Shizuoka University, ²Ryukyu University, ³The University of Tokyo, ⁴Institute of Earth Sciences, Academia Sinica

We found two tsunami deposits in eastern coast area of Ishigaki Island, Japan. The tsunami deposits contain many pebble-sized bioclasts such as coral fragments and mollusks, and clay rip-up clasts comprising material from the underlying soil. These deposits have erosive basement and fine upward. These layers thin abruptly at the landward margins, and fine inland. The altitude of the landward end of the lower and upper tsunami deposits attain up to 6 and 8 m, respectively. We referred to as deposits T-II and T-I in order of ascending stratigraphic position. Radiocarbon ages of excellent preserved and articulated marine bivalves mean that T-I and T-II were caused by the AD 1771 Meiwa tsunami and by tsunami at 740-500 cal. yrs BP (AD 1210-1450), respectively. It is noteworthy that abundant fragments of coral and molluscs remains are found from the debris flow deposit below T-II. Radiocarbon ages suggest these fragments were transported up to 8 m elevation by tsunami between 2490-2240 and 930-620 cal. yrs BP.

キーワード: 津波堆積物, 石垣島

Keywords: tsunami deposits, Ishigaki Island

The use of benthic foraminifera within tsunami sediments The use of benthic foraminifera within tsunami sediments

MAMO, Briony^{1*}; TOYOFUKU, Takashi¹
MAMO, Briony^{1*}; TOYOFUKU, Takashi¹

¹Japan Agency for Marine and Earth Science and Technology

¹Japan Agency for Marine and Earth Science and Technology

Tsunami hazard assessment begins with a compilation of past events that have affected a specific location. Given the inherent limitations of historical archives, the geological record has the potential to provide an independent dataset useful for establishing a richer, chronologically deeper time series of past events. Recent geological studies of tsunami are helping to improve our understanding of the nature and character of tsunami sediments. Wherever possible, researchers should be increasingly working to improve the research 'tool kit' available to identify past and analyse modern tsunami events. Marine, benthic foraminifera (single celled heterotrophic protists) have often been reported as present within tsunami-deposited sediments but in reality, little information about environmental conditions, and by analogy, the tsunami that deposited them, has been reported even though foraminifera have an enormous capacity to provide meaningful palaeo-environmental data. In light of more recent tsunami events, the use of foraminifera has increased yet their full potential in this capacity is still often not frequently utilised. We discuss the potential use of foraminifera within tsunami research using results from specific case studies from Japan, south Asia, North America, Europe, the UK and New Zealand. We present an updated review in the gaps in our understanding on this topic area and reassert models for 'better' practice where possible, to assist researchers who examine foraminiferal assemblages within tsunami geology.

キーワード: Tsunami, Foraminifera, Benthic, Tsunami deposit
Keywords: Tsunami, Foraminifera, Benthic, Tsunami deposit