

## 2011年東北沖津波により陸上に堆積した海洋生物起源バイオマーカー Marine biomarkers deposited on land by the 2011 Tohoku-oki tsunami

篠崎 鉄哉<sup>1\*</sup>; 藤野 滋弘<sup>2</sup>; 池原 実<sup>3</sup>; 澤井 祐紀<sup>4</sup>; 田村 享<sup>4</sup>; 後藤 和久<sup>5</sup>; 菅原 大助<sup>5</sup>; 阿部 朋弥<sup>6</sup>  
SHINOZAKI, Tetsuya<sup>1\*</sup>; FUJINO, Shigehiro<sup>2</sup>; IKEHARA, Minoru<sup>3</sup>; SAWAI, Yuki<sup>4</sup>; TAMURA, Toru<sup>4</sup>; GOTO, Kazuhisa<sup>5</sup>  
; SUGAWARA, Daisuke<sup>5</sup>; ABE, Tomoya<sup>6</sup>

<sup>1</sup> 筑波大学大学院生命環境科学研究科, <sup>2</sup> 筑波大学生命環境系, <sup>3</sup> 高知大学海洋コア総合研究センター, <sup>4</sup> 産業技術総合研究所地質調査総合センター, <sup>5</sup> 東北大学災害科学国際研究所, <sup>6</sup> 名古屋大学大学院環境学研究科

<sup>1</sup>University of Tsukuba, <sup>2</sup>University of Tsukuba, <sup>3</sup>Kochi University, <sup>4</sup>GSJ, AIST, <sup>5</sup>Tohoku University, <sup>6</sup>Nagoya University

過去に発生した津波の解析には、津波により形成された堆積物（津波堆積物）、主に砂質堆積物が用いられている。地層中から砂質の津波堆積物を識別する際、層厚や粒度の変化、砂層の分布や海棲生物の存在の有無などが根拠となる。しかしながら、こうした特徴が必ずしも地層中に残るわけではなく、津波堆積物かどうかの識別が困難な場合がある。そのような堆積物であっても、海水の痕跡が検出できれば堆積物が海水の流れにより形成されたことを示す証拠となる。本研究では、海水浸入の痕跡を示す指標としてバイオマーカーに着目した。バイオマーカーは生物によってのみ生成される炭素骨格をもつ有機分子であり、陸域の生物と海水中の生物とで生成される炭素骨格が異なる。津波による陸域への浸水があった場合、陸上に通常存在しないはずの海洋生物起源のバイオマーカーが堆積する可能性が考えられる。また、バイオマーカーは長期間安定で地層中に保存されることが確認されており、先史時代のイベントの指標としても期待できる。本研究では、津波による海洋生物起源バイオマーカーの堆積状況に関する検討を、2011年東北沖津波の浸水域で採取した堆積物を用いて行った。試料採取地域は宮城県仙台市若林区荒浜および福島県南相馬市小高区の2地点で、2011年の津波堆積物砂層及びその下位の土壌に対して、炭化水素、アルケノン、ステロール、脂肪酸といったバイオマーカーの分析を行った。

仙台では、2013年3月に海岸線から約1.6kmの地点でハンディジオスライサーにより掘削した試料の表層12cmを用いた。深度0-3cmが津波により堆積した細粒砂層で、下位の耕作土層を覆う。砂層で1点（深度1-3cm）、深度3-9cmの耕作土層で1cmごとに6点の、計7点でバイオマーカーの測定を行った結果、深度5-6cmの耕作土層でのみ海洋生物起源の短鎖 $n$ -アルカンが検出された。これは、砂層が透水層であるため海水が土壌中に浸透し、深度5-6cmに海洋生物起源の有機分子が集積した可能性が考えられる。小高では、2013年10月に海岸線から約1.8kmの地点でハンディジオスライサーにより掘削した試料の表層35cmを用いた。深度8-15cmおよび18-20cmが津波による細粒から中粒砂層で、間の深度15-18cmにはおそらく第1波で形成されたマッドドレープが観察された。深度5-23cmの間で計12点のバイオマーカー分析を行ったところ、深度18-20cmの砂層の直下である深度20-21cmの耕作土層でのみ海洋生物起源の短鎖 $n$ -アルカン、フィタン、プリスタンが検出された。

仙台、小高の両地点とも、海洋生物起源のバイオマーカー、特に炭化水素が津波堆積物直下の土壌層に集積することがわかった。これらのバイオマーカーが津波により堆積したと仮定すると、地理的に離れた2地点からの検出は、バイオマーカーの堆積が地形や海洋環境などの違いに依存する特異的なものではなく、津波の浸水域に普遍的に起こる現象であることを示している。また、分析に用いた試料は津波発生後2年以上経過してから採取したものであり、海洋生物起源のバイオマーカーが少なくとも2年間は地層中に保存されることが分かる。以上より、バイオマーカーは過去の津波浸水履歴の評価に有効な指標であることが支持される。今後は、さらに他地域にも同様の分析を駆使しケーススタディを増やすとともに、古津波堆積物においても同様の手法が有効であるか検討を行う。

キーワード: バイオマーカー, 炭化水素, 津波堆積物, 2011年東北沖津波

Keywords: biomarker, hydrocarbon, tsunami deposit, 2011 Tohoku-oki tsunami

## 機械学習を用いた津波堆積物の地球化学的判別 Geochemical identification of the tsunami deposit using machine learning machine learning techniques

桑谷 立<sup>1\*</sup>; 永田 賢二<sup>2</sup>; 岡田 真人<sup>2</sup>; 渡邊 隆弘<sup>1</sup>; 小川 泰正<sup>1</sup>; 駒井 武<sup>1</sup>; 土屋 範芳<sup>1</sup>

KUWATANI, Tatsu<sup>1\*</sup>; NAGATA, Kenji<sup>2</sup>; OKADA, Masato<sup>2</sup>; WATANABE, Takahiro<sup>1</sup>; OGAWA, Yasumasa<sup>1</sup>; KOMAI, Takeshi<sup>1</sup>; TSUCHIYA, Noriyoshi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東北大学大学院環境科学研究科, <sup>2</sup> 東京大学大学院新領域創成科学研究科

<sup>1</sup>Graduate school of environmental studies, <sup>2</sup>Graduate school of frontier science

Tsunami deposit is a direct evidence of inundation area of past tsunamis. A large number of publications have been written about the diagnostic signatures and identification criteria for past tsunamis, including sedimentological, micropalaeontological evidences. However their identification is still difficult because all criteria is neither necessary condition nor sufficient condition due to various origin, mechanism and temporal variation of tsunami deposits. Geochemical discrimination is now recognized as other useful proxy which dose not depend on the researcher's subjectivity, especially in the case that other proxies can not be used. Especially, geochemical indicator is suggested to be useful in identification beyond the limit of recognizable sand deposition. In this study, we established the criteria for geochemical discrimination of 2011 Tohoku-oki tsunami deposits and their background marine sediments using machine learning techniques. For 18 analyzed elements, several tens of elemental combinations show the discrimination rates higher than 99%. By applying the criteria to past tsunami deposits in the Sendai Plain, we discuss the validity and effectiveness of the method.

キーワード: 津波堆積物, 機械学習, 地球化学

Keywords: tsunami deposit, machine learning, Geochemistry

## 仙台平野における歴史津波堆積物の化学組成と地球化学的判別方法の提案 Chemical composition of historical tsunami deposits in the Sendai plain and proposal of geochemical discrimination

細田 憲弘<sup>1\*</sup>; 渡邊 隆広<sup>1</sup>; 土屋 範芳<sup>1</sup>; 山崎 慎一<sup>1</sup>; 中村 俊夫<sup>2</sup>; 奈良 郁子<sup>1</sup>; 岡本 敦<sup>1</sup>; 平野 伸夫<sup>1</sup>  
HOSODA, Norihiro<sup>1\*</sup>; WATANABE, Takahiro<sup>1</sup>; TSUCHIYA, Noriyoshi<sup>1</sup>; YAMASAKI, Shin-ichi<sup>1</sup>; NAKAMURA, Toshio<sup>2</sup>  
; NARA, Fumiko<sup>1</sup>; OKAMOTO, Atsushi<sup>1</sup>; HIRANO, Nobuo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東北大学大学院環境科学研究科, <sup>2</sup> 名古屋大学年代測定総合研究センター

<sup>1</sup>Graduate School of Environmental Science, Tohoku University, <sup>2</sup> Center for Chronological Research, Nagoya University

A magnitude 9.0 earthquake and huge tsunami occurred off the Pacific coast of Tohoku area in Northeast Japan. After the 2011 Tohoku earthquake and tsunami, disaster science is much focused to reduce the damage around costal area, and it plays an important role as making the set of guidelines in an emergency. Because Japanese islands are located on the plate boundaries among the Pacific, Eurasian, Philippine Sea and North American plates, large earthquakes and tsunamis have repeatedly occurred during historic and prehistoric times. A huge tsunami more than 10m-height is often accompanied with submarine earthquakes around the Pacific Rim. The 2011 Tohoku tsunami was the one of the most destructive natural disasters. By the effect of that, study on earthquakes and tsunami become more and more significant, and it a major issue of social concern in Tohoku and other areas. After the 2011 Tohoku tsunami, these invasion areas were covered by a huge amount of tsunami deposits more than 10 million tons. In addition, we are able to obtain past tsunami deposits with the age of ~1000-2000 years before present (BP) in the same area using boring corer. In order to make an expecting tsunami invasion map in other areas as soon as possible, we must provide the information about the distribution of past tsunami deposits. However, it is difficult to discriminate the one of tsunami and other events, such as storm and flood. Additionally, we must establish a new technique to detect invisible muddy and thin tsunami deposits. We need historical archives and geological proxy of past tsunami invasion, but it is rare to have both evidences in many cases. Geochemistry is useful techniques to know the source of terrestrial deposits and these weathering processes. Therefore, we tried to apply geochemical techniques in this study.

キーワード: 貞観津波堆積物, 東北地方太平洋沖地震, 地球化学

Keywords: Jogan tsunami sediments, The 2011 Tohoku tsunami, geochemistry

## 高田松原における 2011 年（平成 23 年）東北地方太平洋沖地震による洗掘と堆積 Scour and deposition by the 2011 Tohoku-oki tsunami at Takata-matsubara in Rikuzen-takata City, Japan

清水 康博<sup>1\*</sup>; 澁谷 剛丈<sup>2</sup>  
TAKASHIMIZU, Yasuhiro<sup>1\*</sup>; SHIBUYA, Takahiro<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 新潟大学教育学部, <sup>2</sup> 新潟大学大学院教育学研究科  
<sup>1</sup> Faculty of Education, Niigata University, <sup>2</sup> Graduate school of Education, Niigata University

平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震による津波は、岩手県陸前高田市の高田松原公園の海側に設置されていた防潮堤の背後（陸側部分）を大規模に侵食し、津波前に陸だった地域が海域となった。この侵食は、津波が防潮堤を乗り越える際に射流となり地表面を局所的に洗掘したことによるものである。この洗掘により形成された海域では、その後、仮防潮堤の設置によりすぐに広田湾からの波浪作用から隔離され津波堆積物および津波後の波浪による堆積物がよく保存されていると考えられる。そこで、本研究では、これらの堆積物の性状を把握するために試料を採取し、詳細な堆積学的解析を行った。すなわち、このような洗掘地形の内部における津波堆積物の特徴を解明することを目的とした。

堆積相解析、粒径垂直変動解析と磁気ファブリック解析を用いて、これらの地層を検討した結果、以下のことがわかった。

1. 津波堆積物から読み取った粒径垂直変動は、複数回の逆級化・級化ユニットを認定することができた。
2. 磁気ファブリックは、津波堆積物が主に戻り流れによる堆積物であることを示した。
3. 岩手県陸前高田市の本調査地域における津波は、防潮堤を乗り越える際に射流となって松原を侵食した。堤防は第 1 波目の津波で崩壊したため、引き続き 10 数回の津波の影響を受け、洗掘された海域にはほとんどが戻り流れによる津波堆積物が形成された。

キーワード: 津波堆積物, 陸前高田市, 射流, 跳水, 高田松原, 防潮堤

Keywords: tsunami deposits, Rikuzentakata City, shooting flow, hydraulic jump, Takata-matsubara, Seawall

## 岩手県沿岸域における地形・地質から見た東北地方太平洋沖地震の痕跡 Traces of the 2011 Tohoku-oki tsunami as seen from the topography and geology in rias coast, Iwate Pref.

坂本 泉<sup>1\*</sup>; 横山 由香<sup>1</sup>; 八木 雅俊<sup>1</sup>; 飯島 さつき<sup>1</sup>; 井村 理一郎<sup>1</sup>; 根元 謙次<sup>1</sup>; 鬼頭 毅<sup>2</sup>; 藤巻 三樹雄<sup>3</sup>; 藤原 義弘<sup>4</sup>; 笠谷 貴史<sup>4</sup>

SAKAMOTO, Izumi<sup>1\*</sup>; YOKOYAMA, Yuka<sup>1</sup>; YAGI, Masatoshi<sup>1</sup>; IIJIMA, Satsuki<sup>1</sup>; IMURA, Riichiro<sup>1</sup>; NEMOTO, Kenji<sup>1</sup>; KITO, Takeshi<sup>2</sup>; FUJIMAKI, Mikio<sup>3</sup>; FUJIWARA, Yoshihiro<sup>4</sup>; KASAYA, Takafumi<sup>4</sup>

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

<sup>1</sup>TOKAI Univ., <sup>2</sup>FODECO, <sup>3</sup>COR, <sup>4</sup>JAMSTEC

2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震では東北地方太平洋沿岸域に甚大な被害をもたらせた。特にリアス式湾の発達する地域は、津波により壊滅的な被害を受け、湾内においてもその影響が際立っている。東海大学では東北マリンサイエンス拠点形成事業プロジェクト (TEAMS) の一環として、JAMSTEC とともに湾内底質環境の変化を目的とした現地海洋調査 (地形・地層探査・柱状試料採取等) を実施し、海底において様々な津波の痕跡をとらえることに成功した。

海底地形における痕跡: 2013年度では唐丹湾・越喜来湾において従来のビーム幅よりも狭い幅 (90°) で海底地形調査を実施し、海底の凹凸状況を解析した。その結果凹凸の多くは削剥痕 (Current crescent cast, Flute cast, Groove cast) であり、唐丹湾の場合これらの削剥痕は Groove cast を除き南東方向 (下流) に軸を呈している事が明らかになった。また、唐丹湾と約 20km 離れた越喜来湾でも、水深 15-25m 付近で削剥痕が発達する類似した現象が確認された。これらの削剥痕は、3.11 津波引き波時に陸化した海底面上を沖へ向かって流れる泥流 (密度流) により形成されたものと推定される。

地層探査結果からみた痕跡: 海底面下数十 cm に比較的広域に追うことの出来る反射面 (反射面 I) と海底面との間の層を A 層とした。この A 層の特徴は、水深 20m 付近で最大 50cm (広田湾) から 110cm (唐丹湾) の厚さを有し、さらに沖に向かい減少する傾向が明らかになった。この A 層は、後述する柱状試料のユニット 1 に相当している。また A 層下にも、いくつかの凹凸の激しい反射面を押さえることが出来、これらは過去の津波の痕跡である事が推定される。

柱状地質試料からみた痕跡: 広田湾・越喜来湾・唐丹湾で行われた柱状試料の結果、高分解能地層探査による A 層に対応する層としてユニット 1 (U-1) 層が記述された。これは、上方細粒化や平行葉理を示し、下位層の U-2 (泥層) を削り込むように堆積している。最上位にシルト層がみられ、その下位に細粒砂層、ラミナの発達した中粒砂層、一様な中粒砂層が続き、最下位に礫層が発達する層であり、3.11 津波起源堆積物と推定した。下位に存在する U-2 層は、生物擾乱の発達する泥質層であり、いずれの湾でも 50-100cm の厚さである。これら U-2 層より下位には砂層または礫層が存在し、過去の津波を示すものと推定される。

この他、人工物や樹木からなる瓦礫の存在なども海底における津波の痕跡と考えられる。しかしこれら海底の痕跡は、湾に流入する河川からの堆積物、季節的な波浪運動、海底の定常流、人間活動により、少しずつ形を変え、消滅または埋積していくと考えられ、今後継続的な調査を行う事によりその推移を検討する必要があると考えられる。

キーワード: 津波堆積物, 三陸沿岸

Keywords: Tsunami deposit, Sanriku coast

## 仙台湾海底コアから推定される2011年東北地震津波の浅海域堆積過程 Shallow-marine sedimentary processes of the 2011 Tohoku earthquake tsunami, inferred from sediment c

田村 亨<sup>1\*</sup>; 澤井 祐紀<sup>1</sup>; 澤井 祐紀<sup>1</sup>; 中島 礼<sup>1</sup>; 原 淳子<sup>1</sup>

TAMURA, Toru<sup>1\*</sup>; SAWAI, Yuki<sup>1</sup>; SAWAI, Yuki<sup>1</sup>; NAKASHIMA, Rei<sup>1</sup>; HARA, Junko<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 産業技術総合研究所地質調査総合センター

<sup>1</sup> Geological Survey of Japan, AIST

近年、陸上への遡上津波の堆積物についての研究が盛んになされる一方、浅海域における津波の堆積物についての理解はほとんど進んでいない。2011年東北地震津波による浅海域の津波堆積物とその多様性の特徴を探るため、我々は2012年8-9月に仙台湾の44箇所においてパイプロコアリングを行った。津波堆積物の識別は、放射性核種濃度と生物擾乱の程度に基づき行った。識別可能な場所では、津波堆積物の層厚は10-50 cm程度である。仙台湾の底質は、下部外浜で中細砂、内側陸棚で極細砂-粘土、沖合では淘汰が悪く礫-泥と変化に富んでいる。津波堆積物の粒度は各掘削点の元の粒度と似ており、各領域間で堆積物が大きく移動したわけではないことが示唆される。下部外浜のコアには、塊状の黄色い粗粒砂層が見られるものがあり、これは津波の引き波で運搬された海浜砂から成ると考えられる。内側陸棚の津波堆積物は、陸上の津波堆積物でも一般に知られる多重級化層を示す傾向がある。これらの特徴は、浅海域において津波堆積物を識別するために重要であるが、より包括的な尺度を確立するには、様々な地域における同様の調査が必要であろう。

## 2011年東北地方太平洋沖地震津波による仙台湾南部浅海域での土砂輸送 Sediment transport induced by the 2011 Tohoku-oki tsunami: A shallow seafloor survey at southern part of the Sendai Bay

吉河 秀郎<sup>1\*</sup>; 金松 敏也<sup>1</sup>; 坂本 泉<sup>2</sup>; 藤巻 三樹雄<sup>3</sup>; 井村 理一郎<sup>2</sup>; 八木 雅俊<sup>2</sup>; 根元 謙次<sup>2</sup>; 後藤 和久<sup>4</sup>; 阪口 秀<sup>1</sup>  
YOSHIKAWA, Shuro<sup>1\*</sup>; KANAMATSU, Toshiya<sup>1</sup>; SAKAMOTO, Izumi<sup>2</sup>; FUJIMAKI, Mikio<sup>3</sup>; IMURA, Riichirou<sup>2</sup>; YAGI,  
Masatoshi<sup>2</sup>; NEMOTO, Kenji<sup>2</sup>; GOTO, Kazuhisa<sup>4</sup>; SAKAGUCHI, Hide<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 海洋研究開発機構, <sup>2</sup> 東海大学, <sup>3</sup> 沿岸海洋調査(株), <sup>4</sup> 東北大学  
<sup>1</sup>JAMSTEC, <sup>2</sup>Tokai University, <sup>3</sup>Coastal Ocean Research CO., LTD., <sup>4</sup>Tohoku University

After the 2011 Tohoku-Oki earthquake (Mw 9.0), to examine the tsunami-generated sediment transport and topographic change, and inundation area, a large number of investigations have been conducted on land, particularly at the coastal area of Sendai plain (e.g., Goto et al., 2012, 2014). Understanding the linkage of the transport between land and seafloor is also important. In the present study, to examine the influence of the tsunami and offshore sediment transport, high-resolution shallow seismic survey, sampling of surface sediments, vibracoring, and seafloor observation by underwater video camera were conducted on the shallow seafloor at the southern part of the Sendai Bay, northeastern Japan. The present study will help to understand not only modern sedimentary process induced by tsunami but also identification of paleo-tsunami records, because our knowledge of shallow marine tsunami deposits is limited in contrast to the subaerial tsunami deposits.

One of the principal results is as follows. One or two sharp and continuous reflectors are recognized on the sub-bottom profiles in water depths approx. 6-15 m, excluding the area of outcrops in the southern part of the survey area. With decreasing water depth, depth of the reflectors from the seafloor generally increases (up to approx. 1.5 m). A comparison between the seismic profiles and vibracores infers that the sharp reflectors are erosional surface formed during the 2011 tsunami.

Keywords: shallow marine tsunami deposit, 2011 Tohoku-oki tsunami

放射性核種を用いた津波堆積物の研究  
Paleo tsunami events determination using radiogenic nuclides

横山 祐典<sup>1\*</sup>  
YOKOYAMA, Yusuke<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 東京大学 大気海洋研究所

<sup>1</sup> Atmosphere and Ocean Research Institute, University of Tokyo

Recent advancement of mass spectrometry enables us to determine timing of past events using trace amounts of geological samples. Accelerator Mass Spectrometry (AMS) and Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS) are amongst them and long-lived nuclides can be measured precisely. We have been conducted paleo Tsunami studies applying <sup>14</sup>C and U-series dating employing these techniques. Together with geophysical modeling as well as paleo climate proxy data, paleo Tsunami events are clearly reconstructed from these measurements. Also newly developed AMS, single stage AMS, that is dedicated for <sup>14</sup>C measurements can produce large number of data to constrain the timing in different manner. In this presentation, several examples of these studies will be introduced along with perspectives of age determinations of paleo Tsunami events.

キーワード: 放射性炭素, 加速器質量分析, ウラン系列核種, 第四紀, 年代測定

Keywords: Radiocarbon, Accelerator Mass Spectrometry, Uranium series, Quaternary, Dating

## 東日本太平洋沿岸域における津波堆積物研究に関するテフラについて Marker-tephras for the chronological study of tsunami deposits along the Pacific coast of Eastern Japan

早田 勉<sup>1\*</sup>  
SODA, Tsutomu<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 株式会社火山灰考古学研究所  
<sup>1</sup>Institute of Tephrochronology for Nature and History Co., Ltd.

### 1. はじめに

日本列島における津波堆積物の調査研究は、2011年東北地方太平洋沖地震による東日本大震災を契機に各地で盛んに実施されている。とくに、東北日本には数多くのテフラが分布していることから、火山灰編年学は津波堆積物の年代学的研究に重要な時空軸を与えることができる。ここでは、北海道をのぞく東日本の太平洋沿岸域における津波堆積物の研究に関するテフラの層相、年代、岩石記載学的特徴のほか、同定の際の注意点などを紹介する。

### 2. 東日本太平洋沿岸域のテフラ

#### (1) 東北地方北部

日本列島の代表的な広域テフラで、完新世の高海面期に鬼界カルデラから噴出した鬼界アカホヤ火山灰(K-Ah, 約7,300年前)は、可能性が高いものも含めると南西諸島宮古島から八幡平の間で検出されている(町田・新井, 2003, 和知ほか, 2002, 早田ほか, 2006)。そこで、K-Ahは北海道をのぞく列島のほぼ全域で時空指標として利用できる。

K-Ahより上位のテフラとして、東北地方北部では十和田中楸テフラ(To-Cu, 約6,000年前)がほぼ全域に降灰している。このテフラは層相に特徴のあることが多い。十和田aテフラ(To-a, 915年)は十和田火山周辺から福島盆地にかけて降灰しているにもかかわらず、宮古周辺から牡鹿半島にかけての三陸海岸域ではほとんど認められていない(町田ほか, 2003, 丸山ほか, 2005, 2006)。ほかに、白頭山苫小牧火山灰(B-Tm, 10世紀, 福澤ほか, 1998など)が年代指標として利用できる。

#### (2) 東北地方南部

仙台平野から石巻平野周辺にかけても、To-CuやTo-aが分布している。とくに米沢盆地、吾妻火山、飯豊山地でも発見されているTo-Cuは、太平洋沿岸域にも降灰している可能性が高い。また、To-Cuの上位には、沼沢湖テフラ(Nm-N, 約5,000年前\*, 只見川第四紀研究グループ, 1966など)も認められる。ほかに、榛名二ツ岳渋川テフラ(Hr-FA, 6世紀初頭), 榛名二ツ岳伊香保テフラ(Hr-FP, 6世紀中葉), 浅間粕川テフラ(As-Kk, 1128年, 早田, 1991など)のような北関東系テフラも検出されている(古環境研究所, 2002など)。

#### (3) 北関東地方

北関東地方には、浅間火山や榛名火山を給源とするテフラが広く分布している。そのうち、浅間C軽石(As-C, 3世紀後半), Hr-FA, 浅間Bテフラ(As-B, 1108年)は、茨城県筑西市栗島遺跡で認められており(古環境研究所, 2007), 太平洋沿岸域でも検出される可能性が高い。ほかに、浅間A軽石(As-A, 1783年)も各地に降灰の記録が残されている。

#### (4) 南関東地方

南関東地方には、富士山, 天城山, 伊豆大島, 新島向山, 神津島天上山などの火山から噴出したテフラのほか, Hr-FA, As-B, As-Aなど北関東系テフラが降灰している(早田ほか, 1990など)。一般にスコリア質テフラの識別同定は難しいことから、詳細な岩相把握のほかに、珪長質指標テフラ, 年代が明らかかな考古学的な遺物や遺構, さらに放射性炭素年代値などとの関係把握により, 識別同定精度を向上させる必要がある。

\* 放射性炭素年代。

キーワード: 東日本太平洋沿岸, 津波堆積物, テフラ, 十和田a火山灰, 十和田中楸テフラ, 北関東系テフラ  
Keywords: tephra, chronology, tsunami deposit, Eastern Japan, Towada-a tephra, Towada-Chuseri tephra

## 宮城県石巻市鮫浦における2011年東北沖津波および古津波による堆積物とその形成過程

### Modern and possible paleotsunami deposits in Samenoura, Sanriku Coast, and their relation to tsunami source mechanisms

菅原 大助<sup>1\*</sup>; 西村 裕一<sup>2</sup>; 後藤 和久<sup>1</sup>; Goff James<sup>3</sup>; Jaffe Bruce<sup>5</sup>; Richmond Bruce<sup>5</sup>; Chague-Goff Catherine<sup>4</sup>; Szczucinski Witold<sup>6</sup>; 横山 祐典<sup>7</sup>; 宮入 陽介<sup>7</sup>; 沢田 近子<sup>7</sup>

SUGAWARA, Daisuke<sup>1\*</sup>; NISHIMURA, Yuichi<sup>2</sup>; GOTO, Kazuhisa<sup>1</sup>; GOFF, James<sup>3</sup>; JAFFE, Bruce<sup>5</sup>; RICHMOND, Bruce<sup>5</sup>; CHAGUE-GOFF, Catherine<sup>4</sup>; SZCZUCINSKI, Witold<sup>6</sup>; YOKOYAMA, Yusuke<sup>7</sup>; MIYAIRI, Yosuke<sup>7</sup>; SAWADA, Chikako<sup>7</sup>

<sup>1</sup> 東北大学, <sup>2</sup> 北海道大学, <sup>3</sup> University of New South Wales, <sup>4</sup> Australian Nuclear Science and Technology Organisation, <sup>5</sup> U.S. Geological Survey, Pacific Coastal and Marine Science Center, <sup>6</sup> Adam Mickiewicz University in Poznan, <sup>7</sup> 東京大学

<sup>1</sup> Tohoku University, <sup>2</sup> Hokkaido University, <sup>3</sup> University of New South Wales, <sup>4</sup> Australian Nuclear Science and Technology Organisation, <sup>5</sup> U.S. Geological Survey, Pacific Coastal and Marine Science Center, <sup>6</sup> Adam Mickiewicz University in Poznan, <sup>7</sup> Tokyo University

宮城県石巻市鮫浦地区は牡鹿半島の太平洋側、湾口幅1kmほどの入江の奥に位置している。当地区は2011年東北地方太平洋沖地震の震源地に最も近い場所の1つであり、地盤沈下と津波により大きな被害を受けている。鮫浦湾奥での2011年の津波痕跡高は、海岸付近で20m以上に達していたことが合同調査グループにより報告されている。我々は、2013年3月から10月にかけて、当地区において2011年の津波および古津波による堆積物の発掘調査を実施した。2011年の津波による堆積物は粗粒砂～細粒砂からなり、標高10m程度の地点で層厚20cm程度、更に標高の高い山林内でも層厚数cmで分布していることが確認された。また、津波堆積物には海底から搬入されたと考えられる生物殻が構成粒子として多量に含まれていた。鮫浦地区は海岸に砂浜を有さず、リアス式海岸の急勾配地形であることを考慮すると、標高の高い位置まで砂が厚く堆積したことは特異的である。このことが2011年の津波に対して鮫浦湾の地形が鋭敏に応答した結果であるとすれば、鮫浦地区の古津波堆積物は、既往の三陸沖地震津波の発生様式を見極める際の鍵となりうる。

当地区においてハンドオーガーおよびジオスライサーで掘削したところ、少なくとも2層の古津波堆積物と推定される砂層が検出された。また、2つの砂層の間には、西暦915年に降下したと考えられる十和田A火山灰層も確認された。当地域周辺における過去の地震津波の1つとして、869年貞観地震が知られている。これについては、既往研究によりプレート境界型の逆断層モデルが提案されており、2011年東北沖地震との類似性が指摘されている。そこで、本研究では、鮫浦地区に海底土砂が搬入される際の津波の挙動および浸食・堆積プロセスについて、歴史地震の断層モデルを用いた津波土砂移動の数値解析による検討を行った。

本発表では、詳細な年代測定結果に基づき、古津波堆積物と考えられる砂層の堆積年代を議論する。また、プレート境界型逆断層地震とアウターライズ正断層地震に伴う津波と土砂移動の数値シミュレーションに基づいて、鮫浦地区における津波堆積物形成の主要メカニズムを分析し、津波堆積物と波源特性の関係について議論する。

キーワード: 津波堆積物, 東北地方太平洋沖地震津波, 貞観地震

Keywords: tsunami deposit, 2011 Tohoku-oki and 869 Jogan earthquake tsunamis

## 三陸海岸における古津波堆積物の認定とその年代：岩手県山田町小谷鳥トレンチ調査 Identification and ages of paleotsunami deposits in Sanriku Coast: Trench survey in Koyadori, Iwate Prefecture

石村 大輔<sup>1\*</sup>; 宮内 崇裕<sup>1</sup>; 阿部 恒平<sup>2</sup>; 早瀬 亮介<sup>3</sup>; 小原 圭一<sup>3</sup>  
ISHIMURA, Daisuke<sup>1\*</sup>; MIYAUCHI, Takahiro<sup>1</sup>; ABE, Kohei<sup>2</sup>; HAYASE, Ryosuke<sup>3</sup>; OHARA, Keiichi<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 千葉大・理, <sup>2</sup> 応用地質株式会社, <sup>3</sup> 株式会社加速器分析研究所  
<sup>1</sup>Chiba Univ. Sci., <sup>2</sup>OYO Co., <sup>3</sup>Institute of Accelerator Analysis Ltd.

三陸海岸における歴史津波は、1611年慶長三陸津波、1896年明治三陸津波、1933年昭和三陸津波、1960年チリ地震津波などが広く知られている。しかし、三陸海岸特有の地形・堆積環境と人工改変の影響のため歴史記録にある大津波の痕跡は、津波石などを除き、津波堆積物として記録されていないことが多い。そのため、2011年以前は三陸海岸における古津波堆積物調査は仙台平野や石巻平野ほど進んでおらず、古津波堆積物に基づく三陸海岸の津波リスクの評価は十分ではなかった。2011年東北地方太平洋沖地震後、この地震の1つ前のイベントとして869年貞観津波が注目され、従来調査適地とは判断されていなかった三陸海岸における確度・精度の高い古津波履歴情報と歴史津波の実体解明の必要性が高まった。本発表では、平成24・25年度文部科学省委託研究「東北地方太平洋沖で発生する地震・津波の調査観測」（受託者代表：東京大学地震研究所）によって実施された臨海部のトレンチで見出されたイベント堆積物を津波堆積物と認定し、その年代について発表する。

調査地は、岩手県山田町小谷鳥の完新世低地である。本地点では、1611年慶長三陸津波（今村、1934）、1896年明治三陸津波（卯花・太田、1988）、1933年昭和三陸津波（東大地震研究所、1934）がトレンチ地点まで到達していると考えられる。1960年チリ地震津波の記録は、小谷鳥の西側の船越では記録されている（岩手県、1969）ものの、小谷鳥に侵入したという記載はなく、現地での聞き取りでも同様の結果であった。2011年の津波の遡上高は約30m（原口・岩松、2011）である。本研究では、標高約3mの地点で長さ12m、深さ2m、幅3mのトレンチを掘削した。トレンチ壁面では、泥炭層もしくは有機質シルト層中に水平に堆積した細礫・粗粒砂層が11層（2011年津波堆積物含む）と削り込みを伴うチャンネル状の砂礫層が2層認められた。本研究では水平に堆積する細礫・粗粒砂層をイベント堆積物として、上位からE1-E11と名付けた（E1は2011年津波堆積物）。放射性炭素年代測定は、（株）加速器分析研究所、（株）地球科学研究所に委託し、一部は（株）加速器分析研究所との共同研究にて行った。火山灰分析は、粒子組成と火山ガラスの屈折率測定を行い、火山ガラスの主成分分析を（株）古澤地質に委託した。

津波堆積物の認定に関しては、2011年津波堆積物をリファレンスとした。2011年津波堆積物は、小谷鳥海岸の礫浜の堆積物を起源とし、円磨度の高い礫を多く含む。一方で小谷鳥に流れ込む河川の堆積物は、淘汰が悪く角礫主体であるため、山側から供給されたものと海側から供給されたものは識別可能である。また、トレンチサイトは海岸から300mほど離れており、現地での聞き取りでも高潮による海側からの堆積物供給はないという結果（少なくとも最近数十年間）であった。そこで、現成の海浜堆積物、河川堆積物と各イベント堆積物に含まれる礫の円磨度（6段階に区分）を比較した結果、E1-E11のすべてが海浜起源の礫を含むことが推定された。したがって、トレンチ内での観察結果と円磨度の結果から、本研究ではこれら11層のイベント堆積物をすべて津波堆積物と判断した。

放射性炭素年代測定の結果、トレンチ壁面では、約4000年前から現在まで連続的に地層が堆積していることが明らかとなった。得られた年代値からE2、E3、E4は、それぞれ1896年明治三陸津波、1611年慶長三陸津波、869年貞観津波に対比可能な津波堆積物である。また十和田a（To-a）テフラ（AD915：町田・新井、2003）が降灰したと予想されるE4前後の火山灰分析を行ったところ、E4後に火山ガラス含有率が増加した。E4前後の火山ガラスの屈折率を測定した結果、E4後の堆積物中にはTo-aと同じ屈折率1.505-1.510の火山ガラスが含まれるのに対して、E4前の堆積物中にはそれ以外の屈折率を示す火山ガラスが多く見られた。E4後の火山ガラスの主成分分析も行った結果、To-aの火山ガラスの値と一致した。したがって、E3/E4間にTo-aが降灰したと考えられ、前述の歴史津波の対比と矛盾せず、三陸海岸の陸上において初めて869年貞観津波に対応する津波堆積物が見出されたことになる。

謝辞：千葉大学の金田平太郎氏、河野太陽氏、東北大学の岡田真介氏、大畑雅彦氏、寺地将史氏には、現地掘削調査を手伝っていただいた。掘削調査地の土地所有者の方には、快く掘削を許可していただいた。平川一臣氏、今泉俊文氏、池田安隆氏、吉田修二氏、越後智雄氏、岡田真介氏には現地で議論していただいた。上記の方々には、この場を借りて御礼申し上げます。

キーワード: 津波堆積物, 三陸海岸, 2011年東北地方太平洋沖地震, 歴史津波, 869年貞観津波

Keywords: tsunami deposits, Sanriku Coast, 2011 Tohoku-oki earthquake, historical tsunami, AD869 Jogan tsunami

## 岩手県野田村における津波堆積物調査に基づく三陸地方北部の津波履歴の検討 Geological survey of paleotsunamis at Noda Village, Iwate Prefecture, Japan

後藤 和久<sup>1\*</sup>; 飯嶋 耕崇<sup>1</sup>; 西村 裕一<sup>2</sup>; 菅原 大助<sup>1</sup>; 横山 祐典<sup>3</sup>; 宮入 陽介<sup>3</sup>; 沢田 近子<sup>3</sup>; 中村 有吾<sup>2</sup>  
GOTO, Kazuhisa<sup>1\*</sup>; IJIMA, Yasutaka<sup>1</sup>; NISHIMURA, Yuichi<sup>2</sup>; SUGAWARA, Daisuke<sup>1</sup>; YOKOYAMA, Yusuke<sup>3</sup>; MIYAIRI,  
Yosuke<sup>3</sup>; SAWADA, Chicako<sup>3</sup>; NAKAMURA, Yugo<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 東北大学, <sup>2</sup> 北海道大学, <sup>3</sup> 東京大学

<sup>1</sup>Tohoku University, <sup>2</sup>Hokkaido University, <sup>3</sup>The University of Tokyo

Along the Sanriku coast, pre-historic tsunami record is still poorly understood in contrast to the well-documented historical tsunamis of past 400 years. AD869 Jogan tsunami is one of these cases. The tsunami affected the Sendai Bay area, as tsunami deposits were reported on Sendai and Ishinomaki Plains, but evidence is unsure if the tsunami was also reached along the Sanriku coast. To explore the paleotsunami histories along the Sanriku coast with emphasis on the possible inundation of AD869 event, we conducted field survey along the coast of Noda Village, Iwate Prefecture. Our survey site is now occupied by paddy and the 2011 Tohoku-oki, 1869 Meiji Sanriku and the 1933 Showa Sanriku tsunamis inundated to this site. We took ~3 m long cores and found several gravel and sand deposits in peat buried by surface paddy soil. Considering the continuous distribution of deposits over 0.7 km from the present shoreline and analytical results of grain size and mineral composition, the deposits are likely formed by the tsunami although further investigation is required. Among these tsunami-like layers, a ~10 cm thick gravel layer is deposited below tephra layers. One of the tephra layers is identified as Baitoushan-Tomakomai tephra (B-Tm) that was deposited in early to middle 10th Century. Volcanic glasses that can be identified as Towada-a tephra (To-a) of AD915 also is observed in patches at the similar horizon as B-Tm tephra. Radiocarbon dating results above the gravel layer is consistent with the tephra chronology. These analytical results as well as tsunami numerical modeling result suggest the inundation of potentially large tsunami before early to middle 10th Century along the northern Sanriku coast.

キーワード: 津波, 津波堆積物, 野田村, 貞観津波

Keywords: tsunami, tsunami deposit, Noda village, Jogan tsunami

岩手県田野畑村羅賀に見られる明治29年の三陸大津波で打ち上げられた津波石の起源  
Origin of a tsunami-drifted rock in Raga, Tanohata, Iwate Prefecture, transported by the Meiji Sanriku Tsunami in 1896.

大路 樹生<sup>1\*</sup>; 大石 雅之<sup>2</sup>  
OJI, Tatsuo<sup>1\*</sup>; OISHI, Masayuki<sup>2</sup>

<sup>1</sup>名古屋大学博物館, <sup>2</sup>岩手県立博物館  
<sup>1</sup>Nagoya University Museum, <sup>2</sup>Iwate Prefectural Museum

岩手県下閉伊郡田野畑村羅賀の丘陵(標高24 m, 海岸線から約350 m)には二つの巨岩が近接して位置し, 明治29年の三陸大津波で運ばれた津波石であると地元では伝承がされている。東側に位置する巨岩はほぼ直方体であり, そのサイズは長さ約2~3 m, 幅約2 m, 高さは少なくとも1.5 mで, 重量は約20 tと推定される。この岩はカルカレナイトからなり, その表面に主に下部白亜系から産出する大型底生有孔虫の *Orbitolina* sp. が多数観察される。*Orbitolina* は宮古層群中のオルビトリナ相から産出するが, 特に平井層の上部~最上部に *Orbitolina* が密集して産出する層準が含まれる。この層準は羅賀の湾口付近, ヒラナメ海岸に隣接した南西側の海岸に露出する。従ってこの巨岩は本来羅賀の湾口付近にあったと推定され, 現在地まで, 直線距離で約500 mを津波で運ばれたと考えられる。この距離を明治の三陸大津波の際の1回の津波で運ばれたのか, もしくは過去の複数の津波によって段階的に運ばれたのかは不明である。他方, 今回の津波石の西側にある別の巨岩は, 珪質頁岩やチャートの円礫, 亜円礫を多量に含み, 田野畑層下部の礫岩由来と考えられる。この巨岩は, 隣接する南東側斜面に分布する同層から由来したと推測され, 津波石ではない可能性が高い。田野畑村羅賀より南方約1.2 kmに位置するハイベ湾では, 今回新たに多くの津波石が海岸に打ち上げられている。これらは主に湾の北西側に位置しており, 今回の津波が宮城沖の震源(田野畑から見て南東方向)から由来したと調和的である。一方羅賀の津波石は羅賀湾から西南西に位置し, 明治三陸地震の震源が釜石沖であったことも合わせて考慮すると, 津波が東方から由来したことを示唆している。

キーワード: 宮古層群, オルビトリナ, 津波石  
Keywords: Miyako Group, Orbitolina, tsunami-drifted rock

日本海溝沿いで発生した津波地震の規模推定 —1677年延宝房総沖地震津波の再評価—  
Estimation of the magnitude of tsunami earthquakes along Japan Trench -Re-evaluation of the 1677 Enpo Boso-oki tsunami-

柳澤 英明<sup>1\*</sup>; 後藤 和久<sup>2</sup>; 鈴木 慶太<sup>1</sup>; 金丸 絹代<sup>3</sup>; 菅原 大助<sup>2</sup>; 柳澤 緋奈子<sup>2</sup>; 橋本 康平<sup>2</sup>; 岩本 直哉<sup>4</sup>; 高森 良文<sup>5</sup>  
YANAGISAWA, Hideaki<sup>1\*</sup>; GOTO, Kazuhisa<sup>2</sup>; SUZUKI, Keita<sup>1</sup>; KANEMARU, Kinuyo<sup>3</sup>; SUGAWARA, Daisuke<sup>2</sup>; YANAGISAWA, Hinako<sup>2</sup>; HASHIMOTO, Kohei<sup>2</sup>; IWAMOTO, Naoya<sup>4</sup>; TAKAMORI, Yoshibumi<sup>5</sup>

<sup>1</sup> 東北学院大学, <sup>2</sup> 東北大学, <sup>3</sup> 関西大学, <sup>4</sup> 銚子ジオパーク, <sup>5</sup> 銚子市教育委員会

<sup>1</sup>Tohoku Gakuin University, <sup>2</sup>Tohoku University, <sup>3</sup>Kansai University, <sup>4</sup>Choshi Geopark, <sup>5</sup>Choshi City Board Education

日本海溝沿いの巨大地震発生領域では、顕著な地震の揺れを伴わないものの、巨大な津波を発生させる“津波地震”の存在が知られている。1677年（延宝）に千葉県房総沖で発生した地震は、地震の揺れ自体は大きいものではなかったが、巨大な津波を発生させ、500名以上もの人命を奪った。この津波は、“津波地震”によって発生したものと推定され、古文書調査に基づく古津波規模の推定が進められてきた。しかしながら、古文書の記述には不正確な情報も多く、古文書調査のみからでは十分な精度で津波規模を推定することは難しい。そこで本研究では、古文書の整理に加え、津波堆積物調査、数値シミュレーションを合わせ、総合的に解析を進めることで、古津波規模の推定を実施した。

古文書に津波の到達が記載されている千葉県銚子市小畑池において津波堆積物調査を実施した結果、津波で堆積したと思われる砂層を湖底より発見した。C14年代測定および火山灰分析より、この砂層は西暦1100年～1700年頃に形成したものと推定され、1677年延宝房総沖地震津波によって堆積した可能性が高いと考えられる。本研究ではさらに、津波堆積物に基づいて数値シミュレーションを実施した結果、1677年延宝房総沖地震津波を再現するには、M8.34以上の地震が発生する必要があることがわかった。この規模は、1896年明治三陸地震津波の規模とほぼ一致する。明治時代以降に日本海溝沿いで発生した“津波地震”は、1896年明治三陸地震津波のみであり、1677年延宝房総沖地震津波の評価は、日本海溝沿いで発生する“津波地震”の規模を推定する上で有効な情報となる。

## The assemblages of foraminifera in paleo-tsunami sediments on Ishigaki island The assemblages of foraminifera in paleo-tsunami sediments on Ishigaki island

Tu Yoko<sup>1\*</sup>; 安藤 雅孝<sup>2</sup>; Chien Chih-Wei<sup>4</sup>; 北村 晃寿<sup>5</sup>; 宍倉 正展<sup>6</sup>; 中村 衛<sup>7</sup>; 新城 安尚<sup>7</sup>  
TU, Yoko<sup>1\*</sup>; ANDO, Masataka<sup>2</sup>; CHIEN, Chih-wei<sup>4</sup>; KITAMURA, Akihisa<sup>5</sup>; SHISHIKURA, Masanobu<sup>6</sup>; NAKAMURA, Mamoru<sup>7</sup>; ARASHIRO, Yasuhisa<sup>7</sup>

<sup>1</sup>Department of Natural History Sciences, Hokkaido University, Japan., <sup>2</sup>Center for Integrated Research and Education of Natural Hazards, Shizuoka University, Japan, <sup>3</sup>Institute of Earth Sciences, Academia Sinica, Taiwan., <sup>4</sup>Department of Earth Sciences, National Chen Kung University, Taiwan, <sup>5</sup>Department of Geosciences, Shizuoka University, Japan, <sup>6</sup>Activity Fault and Earthquake Research Center, The National Institute of Advanced Industrial Science, <sup>7</sup>Department of Physics and Earth Sciences, Ryukyu University, Japan

<sup>1</sup>Department of Natural History Sciences, Hokkaido University, Japan., <sup>2</sup>Center for Integrated Research and Education of Natural Hazards, Shizuoka University, Japan, <sup>3</sup>Institute of Earth Sciences, Academia Sinica, Taiwan., <sup>4</sup>Department of Earth Sciences, National Chen Kung University, Taiwan, <sup>5</sup>Department of Geosciences, Shizuoka University, Japan, <sup>6</sup>Activity Fault and Earthquake Research Center, The National Institute of Advanced Industrial Science, <sup>7</sup>Department of Physics and Earth Sciences, Ryukyu University, Japan

The Ryukyu subduction zone is generally believed to be aseismic because no large thrust earthquake ( $M > 8$ ) has recently occurred; GPS velocity vectors on the islands are parallel but opposite to the relative motion of the oceanic plate. These observations support the idea that the Ryukyu trench is aseismic or unlocked. However, in 1771 a tsunami struck Ishigaki and Miyako islands with the maximum run-up height of 30 m and caused destructive disaster, which implies that a significant earthquake occurred along the Ryukyu subduction zone. According to Nakamura (2009), the source of this event is a tsunami (slow) earthquake near the Ryukyu trench. Moreover, slow-slip events at depths of 30 km (Heki and Kataoka, 2009) and very-low frequency earthquakes at shallow depths near the trench axis (Ando et al., 2012) have been identified in the western Ryukyu trench. These findings suggest that the western Ryukyu subduction zone has a potential to generate large thrust earthquakes.

To estimate recurrence intervals and sizes of paleo-tsunamis near the Ryukyu trench, we excavated Holocene deposits at 5 sites on Ishigaki Island during the years of 2011 to 2013. We analyzed the assemblages of foraminifera in the sediments that were transported by tsunamis from the deep seafloor. Most of foraminifera detected from the deposits are benthonic and planktonic foraminifera are rare in all samples at the excavation sites. Species of benthonic foraminifer such as *Calcarina defranci* (living at 15 to 50 m depths) are dominant in the tsunami deposits compared to the current beach sand. In addition, some mesopelagic species that commonly live at continental shelf depths are also identified from the tsunami sediments. We found that the percentage of mid epipelagic and mesopelagic species in the deposits can provide a significant key to identify paleo-tsunamis. On the western Ishigaki Island, if the population density of these species in a deposit exceeds 10 %, it can be concluded as a tsunami origin, while on the eastern coast if the population density exceeds 20 %, it can be a tsunami deposit because of the bathymetric reasons.

Together with the results of stratigraphic facies and C14 dating data of the above tsunami sediments, we identified three large tsunamis (similar to the 1771 tsunami) in the past 2000-3000 years: in 1771, between 10-11<sup>th</sup> C and between 2000 and 2900 cal. B.P. The average recurrence interval of large earthquake was found to be very long, 500 to 1000-2000 years along the western Ryukyu trench.

キーワード: tsunami sediments, foraminifera, Ryukyu subduction zone, paleo-tsunami, 1771 tsunami  
Keywords: tsunami sediments, foraminifera, Ryukyu subduction zone, paleo-tsunami, 1771 tsunami

## 沖縄本島における津波堆積物調査 Tsunami sediment in the Okinawa Island

志賀 翔太<sup>1\*</sup>; 中村 衛<sup>1</sup>; 藤田 和彦<sup>1</sup>; 新城 安尚<sup>1</sup>; 山城 咲貴<sup>1</sup>; 砂川 尚也<sup>1</sup>; 佐名 智子<sup>1</sup>; 玉城 尚幸<sup>1</sup>  
SHIGA, Shota<sup>1\*</sup>; NAKAMURA, Mamoru<sup>1</sup>; FUJITA, Kazuhiko<sup>1</sup>; ARASHIRO, Yasuhisa<sup>1</sup>; YAMASHIRO, Sakaki<sup>1</sup>; SUNA-  
GAWA, Naoya<sup>1</sup>; SANA, Tomoko<sup>1</sup>; TAMAKI, Naoyuki<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 琉球大学 理学部

<sup>1</sup> Faculty of Science, University of Ryukyus

南部琉球弧では、津波石が打ち上げられた年代から、約200~500年に一度の頻度で巨大津波が襲来してきたことが明らかにされている(河名・中田, 1994, Araoka et al., 2013)。最近の巨大津波である1771年八重山大津波(明和の大津波)については津波の数値計算から琉球海溝で発生したM8クラスの海溝型巨大地震であった可能性が指摘されている(Nakamura, 2009)。しかし、中部琉球弧では津波石が確認されておらず、さらに古文書にも巨大津波の記録が残されていないため、この地域を過去に襲った大津波の履歴がほとんど判明していない。そこで中部琉球海溝での大津波履歴を解明するため、沖縄本島にて津波堆積物調査を実施した。沖縄県土木建築部海岸防災課と共同で沖縄本島内にて2013年3月4日~15日にボーリング調査を実施した。調査地点は喜如嘉(大宜味村)、汀間(名護市)、屋嘉(金武町)、屋宜(中城村)、大山(宜野湾市)である。ボーリングコアの目視観察から、汀間と屋宜のコアには津波堆積物の可能性がある砂層が含まれていた。そこで、これらの地点でのボーリングコアについて、津波堆積物の可能性がある砂層部分および比較対象としてその上下層を分析した。汀間-1(標高4.5m、海岸から0.4km)は大浦湾の湾奥の後背湿地に位置する。汀間-1では地表からの深さ1.25mから1.85mの間で5サンプルを採取し分析した。屋宜1~3(標高2.8~3.1m、海岸から0.1~0.2km)は中城湾沿いの海岸低地に位置する。サンプルは、屋宜-1では深さ0.80~4.15mまで7サンプル、屋宜-2では深さ1.35~2.05mまで4サンプル、屋宜-3では深さ1.95mで1サンプルを採取しそれぞれ分析した。さらにそれぞれの調査地点付近の海岸で、現世サンプルを採取した。サンプルの処理方法は、採取試料を約60℃で完全乾燥後、過酸化水素水を10倍希釈して投入した。さらに試料を63μmの篩にかけ、流水の力のみで洗浄した。その後、再び約60℃で完全乾燥させ、篩を用いて>2.00mm、2.00~1.00mm、1.00~0.5mm、0.5~0.25mm、0.25mm~0.125mm、0.125~63μmの粒度に分けた。有孔虫分析方法は、採取サンプルから1.00mm~0.5mmの粒度を抽出し、有孔虫を150個体以上になるように拾い出した。その後、有孔虫を優占種とその他の種に分類した。さらに、現世サンプルの有孔虫組成と比較し、堆積物の起源を推定した。

分析の結果、まず、汀間の深度1.55m, 1.65mで*Anomalina*がそれぞれ3個体、深度1.65mで*Calcarina Mayori*が2個体検出された。これらの種はreefの外側に生息することから、汀間の深度1.55m, 1.65mの堆積物はreefよりも外側から運搬されたと考えた。屋宜-1の深度3.75m, 3.85mで*Anomalina*がそれぞれ2個体検出された。屋宜-1の深度3.85mで*Dendritina*が4個体、*Operculina*が3個体検出された。これらの種はreefの外側に生息する。つまり屋宜1の深度3.75m, 3.85mの堆積物はreefよりも外側から運搬されたと考えた。屋宜2の深度1.85mにおいて*Dendritina*が4個体、*Operculina*が4個体検出された。また、屋宜2の深度2.05mにおいて*Dendritina*が2個体検出された。これらの種はreefの外側に生息する。つまり屋宜2の深度1.85m, 2.05mの堆積物はreefよりも外側から運搬されたと考えられる。このように、汀間・屋宜のボーリングコアからはreef外に起源をもつ種が含まれていることが判明した。ボーリングサイトまで堆積物が運搬される原因として波浪・高潮・津波が考えられる。しかしreef外の種が波浪や高潮でreefを経由して採取地点に到達することは考えにくい。これらの種は津波でボーリングサイトまで運ばれた可能性が高いと考えられる。

津波堆積物であると推定した層に含まれるサンゴ片のC14年代は、汀間-1の深さ1.65mで1180±110年、屋宜-1の深さ3.95mでBC3370±60年、屋宜-2の深さ1.35mでBC3090±180年であった。これらの結果は、イベント発生時期が汀間では約800年前以降、屋宜では約5000年前以降であることを示している。汀間のイベントが約800年前以降という結果は、汀間の反対側である沖縄本島北西側で行われた調査結果、つまり津波に起因するとみられる堆積層が約600~800年間隔で含まれ、さらに最近の時期が約700年前であったこと(原口・他, 2012)、と調和的である。

キーワード: 津波, 津波堆積物, 有孔虫

Keywords: tsunami, tsunami sediment, foraminifera

静岡県静岡平野における砂粒子形態の定量解析に基づくウォッシュオーバー堆積物の認定  
Recognition of washover deposits in the Shizuoka Plain, based on analysis of shape of sand grains

北村 晃寿<sup>1\*</sup>; 小倉 一輝<sup>1</sup>; 生形 貴男<sup>1</sup>  
KITAMURA, Akihisa<sup>1\*</sup>; OGURA, Kazuki<sup>1</sup>; UBUKATA, Takao<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 静岡大学  
<sup>1</sup>Shizuoka Univ

東北地方太平洋沖地震を契機に、南海トラフ沿岸各地の低地で、津波堆積物の調査が活発化している。静岡平野南東部の大谷低地でも、Kitamura et al. (2013) が、鬼界アカホヤ火山灰層より上位の後背湿地の粘土層から、3層の推定津波堆積物(砂層)を認定している。Kitamura et al. (2013) は、認定の根拠の一つに、推定津波堆積物の主体をなす「泥岩片の砂粒子」と海浜砂(海浜では、粒子は波浪に曝されるので、「泥岩片の砂粒子」の円磨度は高くなる)の形態の類似性を挙げている。しかし、Kitamura et al. (2013) の形態解析は、粒子の任意断面の輪郭を円磨度印象図で評価するという半定量的なものだった。そこで、本研究では、堆積物粒子の非破壊3次元定量的形態解析の手法を開発・実装した。堆積物表面の形状を共焦点レーザー顕微鏡で測定し、スキャンした表面形状のサーフェスモデルから粒子のソリッドモデルを構築し、そのモデルを構成する各点の座標の主成分分析によって、粒子の長軸、中軸、短軸の方向とそれらの軸比を求めた。各ソリッドモデルの重心の位置と長軸の方向と堆積が全ての粒子で同じになるように座標データを基準化し、z座標をx, y座標の関数として、これを2次元フーリエ変換によって周波数領域に分解した。周波数毎にフーリエ係数の振幅を求め、1次以降のフーリエ振幅の総和を0次の係数の値で割ったものを粒子の角張度として求めた。その結果、海浜砂と推定洪水堆積物の間で、粒子の短軸/長軸比に明瞭な違いが見られた。ほとんどの推定洪水堆積物は、ほとんどの海浜砂よりも細長い形状をしていた。また、推定洪水堆積物は、様々な値の角張度の粒子を含んでいたのに対して、海浜砂は総じて角張度の値が小さかった。推定津波堆積物には、海浜砂の特徴を持つ丸い粒子と推定洪水堆積物と同様の細長く角張った粒子の両方が含まれていた。

キーワード: ウォッシュオーバー堆積物, 堆積物粒子, 形態解析  
Keywords: washover deposits, sedimentary grains, analysis of shape

## 北海道釧路湿原における2層の古津波堆積物とその広域対比 Two paleotsunami layers in Kushiro Wetlands and their wide correlation in eastern Hokkaido

中村 有吾<sup>1\*</sup>; 西村 裕一<sup>1</sup>  
NAKAMURA, Yugo<sup>1\*</sup>; NISHIMURA, Yuichi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 北海道大学大学院理学研究院地震火山研究観測センター  
<sup>1</sup>Institute of Seismology and Volcanology, Hokkaido University

北海道太平洋沿岸、釧路市鶴野の湿地で2層の津波堆積物(Ks-TS1およびKs-TS2)を記載した。Ks-TS1は、駒ヶ岳c2火山灰(Ko-c2, 西暦1694年)および樽前b火山灰(Ta-b, 西暦1667年)の下位数cmに、Ks-TS2は白頭山苦小牧火山灰(B-Tm, 約1000年前)の上位数cm~10cmにある。この2層はいずれも層厚1~3mmの薄層である。1/16φスケールでの高精度粒度分析(Morphologi G3による)を行ったところ、Ks-TS1は2φ前後、Ks-TS2は4φ前後の砂層からなり、地点ごとの対比が可能である。Ks-TS1は、現在の海岸線から2120mの地点まで到達しており、その標高は5.9mである。Ks-TS2は、海岸から1810m、標高5.7mの地点まで到達している。なお、ここに示した到達距離・標高はあくまで津波堆積物の到達範囲であり、実際の津波浸水範囲はこれを超えたと考えべきである。

次に、釧路で記載したKs-TS1およびKs-TS2が、浦幌、キナシベツ、音別、厚岸、根室で既に記載されている津波堆積物に対比される可能性を検討する。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、示標テフラとの層位関係、津波砂層の層厚・分布規模の違いから、広域対比の推定は可能である。上記6地域に共通して、Ko-c2/Ta-bとB-Tmの間には2層の津波堆積物がある。それぞれの砂層はテフラとの層位および泥炭の層厚から対比される可能性が高い。すなわち、釧路湿原における砂層の層位は、Ta-bとB-Tm間の泥炭の層厚に対して、Ks-TS1はTa-bから16%の位置、Ks-TS2は81%の位置にある。泥炭の形成速度は時期や地域によって異なるので、砂層の位置も測線によって10~20%の差があるが、おおむね他の測線でも同様の層位に出現する。これまでの調査において、十勝~根室地域では約3000年間に最大8層の津波堆積物が見つかった。釧路湿原で記載した2回のイベントは、この中でも最大規模の津波だったと考えられる。

キーワード: 古津波堆積物, 対比, 高精度粒度組成, モフォロギ G3, 北海道  
Keywords: Paleotsunami deposit, correlation, Precise grain size analysis, Morphologi G3, Hokkaido

## ロシア沿海州の津波堆積物調査にもとづく日本海の津波発生履歴の解明 Insight of large tsunami recurrence around the Sea of Japan revealed by surveys of historical and pre-historical tsunami

西村 裕一<sup>1\*</sup>; ラジガエバ ナディア<sup>2</sup>; ガンゼイ ラリーサ<sup>2</sup>; グレベニコワ タティアナ<sup>2</sup>; カイストレンコ ビクター<sup>2</sup>; ゴルブノフ アレクセイ<sup>2</sup>; 中村 有吾<sup>1</sup>  
NISHIMURA, Yuichi<sup>1\*</sup>; RAZJIGAEVA, Nadya<sup>2</sup>; GANZEY, Larisa<sup>2</sup>; GREBENNIKVA, Tatiana<sup>2</sup>; KAISTRENKO, Viktor<sup>2</sup>; GORBUNOV, Alexsey<sup>2</sup>; NAKAMURA, Yugo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 北海道大学, <sup>2</sup> ロシア科学アカデミー極東支部, ロシア

<sup>1</sup> Hokkaido University, <sup>2</sup> Far East Branch of Russian Academy of Sciences, Russia

1940年積丹沖地震, 1983年日本海中部地震, 1993年北海道南西沖地震等, 日本海東縁部では近年, 津波被害を伴う地震が発生している。一方, 北海道や東北地方北部では日本海の地震や津波を記した古文書は少なく, 津波や地震の発生履歴はよくわかっていない。このような状況下, 日本海沿岸には原子力施設があり, 津波リスクを科学的根拠に基づいて評価する必要性が指摘されている。

そこで重要なのは津波堆積物である。しかし, 北海道日本海側では上記の歴史地震に伴う津波の痕跡がほとんど残されていないことからわかるように, 古津波の痕跡調査には適さない場所が多い。そこで我々は, 日本海を挟んで対岸にあるロシア沿海州で, 2010年から2013年, 北海道大学とロシア科学アカデミー極東支部との共同研究として津波堆積物調査を実施した。調査範囲は, 北はPlastun Bay (北緯44度50分: 北海道遠別町とほぼ同緯度) から南はKit Bay (北緯43度02分: 北海道泊村とほぼ同緯度) である。ここでは調査結果の一部を紹介する。

ロシア沿海州は日本海東縁で発生する津波の痕跡調査に適している。沿岸には湿地が多く存在し, しかも人工改変はほとんど受けていない。大きな高潮の発生頻度は低く, 津波を引き起こす周辺海域の地震活動はない。よって, 内陸数100mまでシート状に分布し構成物に海水生の珪藻が含まれている砂層は, 基本的に日本海東縁部で起きた地震による津波の堆積物候補と考えるのが妥当である。

実際, 沿海州では, 1900年代の津波で繰り返し被害を受けており, 検潮記録や波高の調査報告も残されている。1900年代の津波は, 沿海州の広い範囲で3mから5mの高さであった(例えば, 羽鳥, 1991; Poliakova, 1988; Soloviev and Go, 1974)。これらの近年の津波の痕跡は, Valentin Bay や Kit Bay, Langou I Bay にある泥炭中に, 地表から10cmほどの深さにシート状に分布する砂層として残されていた。

より古い津波の痕跡と考えられる砂層も複数地点で確認できた。砂層を挟む泥炭の炭素同位体年代に基づけば, 350年ほど前の砂層が Kitovoe Rebro Bay で, 600年ほど前の砂層が Langou I Bay と Dukhovskie Lake 周辺で, 800年ほど前と2000年ほど前の砂層が Kit Bay と Langou I Bay で, それぞれ確認できた。Kit Bay の露頭やピットでは, 800年ほど前の砂層の下, 数cmの土壌を挟んで B-Tm 火山灰(10世紀)が堆積している。この火山灰が B-Tm であることは火山ガラスの化学組成から確認した。

今回の一連の調査で発見された砂層の多くが津波堆積物であれば, 元となる津波は日本海東縁部の海域を震源とする大地震で起きたものである可能性が高い。分布限界まで追跡されている砂層はまだ少ないが, いずれの砂層も標高3-4m以上で浸水距離が数100m以上であることから, 日本海沿岸では1900年代に大きな被害をもたらした津波を超える規模のイベントが繰り返し起きていたと考えても不自然ではない。今後はさらに調査を進め, こうした津波堆積物候補の分布や年代をより正確に決定し, 日本海北部の津波発生履歴を明らかにしていきたい。

キーワード: 津波堆積物, 沿海州, 日本海, 古津波, 歴史津波

Keywords: tsunami deposit, Primorye, Sea of Japan, paleo-tsunami, historical tsunami

若狭湾沿い海岸低地における津波堆積物調査 (予報)  
Preliminary study for evidence of tsunami deposits from Holocene sediments along the coastal area of the Wakasa Bay.

山本 博文<sup>1\*</sup>; 卜部 厚志<sup>2</sup>; 佐々木 直広<sup>1</sup>; 高清水 康博<sup>3</sup>; 片岡 香子<sup>2</sup>  
YAMAMOTO, Hirofumi<sup>1\*</sup>; URABE, Atsushi<sup>2</sup>; SASAKI, Naohiro<sup>1</sup>; TAKASHIMIZU, Yasuhiro<sup>3</sup>; KATAOKA, Kyoko S.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 福井大学, <sup>2</sup> 新潟大学災害・復興科学研究所, <sup>3</sup> 新潟大学  
<sup>1</sup>Fukui University, <sup>2</sup>NHDR, Niigata University, <sup>3</sup>Niigata University

2013年度から始まった文科省委託研究「日本海地震・津波調査プロジェクト」の一環として、福井県の高浜町から美浜町にかけての若狭湾沿岸地域において、津波堆積物調査を行った。

若狭湾周辺地域では、ルイス・フロイスの書簡、兼見卿記など史料により、1586年の天正地震時に津波が襲来した可能性が示されている。一方、関西電力等は三方五湖や久々子湖東方陸域、また敦賀半島先端の猪ヶ池等において津波堆積物調査を実施し、古文書に記載されているような大規模な津波を示唆する津波堆積物は天正地震頃の堆積層中には見いだされなかったこと、また猪ヶ池ではBC5300~5600頃の津波の可能性のある砂質なイベント堆積層が認められたものの、三方五湖周辺および久々子湖東方陸域ではこの時期の津波を示唆する痕跡は認められず、大規模な津波ではなかったと報告している(関西電力, 2012など)。

そこで今回、福井県高浜町から美浜町にかけての若狭湾岸の海岸低地において、津波堆積物調査を行った。高浜町園部付近では海岸沿いに浜堤が形成されており、その背後は水田となっているが、かつては湿地帯で鴨場として利用されていたという。この地区における予察的な調査では、下位の細かな貝殻片を含む分級の良い粗粒砂からなる海浜堆積物から、内湾的な環境で堆積したと推定される泥層となり、約3000年前以降は泥層や泥炭層が堆積する湖沼の環境へと移り変わっていることが明らかとなっている。また美浜町坂尻は潟湖を埋め立てた地点である。これらの若狭湾岸沿いの海岸低地において、長さ5mのジオスライサー等を用いて柱状試料を採取し、イベント堆積物の抽出を行った。

キーワード: 若狭湾, 海岸平野, 津波堆積物, 完新統  
Keywords: Wakasa Bay area, coastal plain, tsunami deposits, Holocene