

空間分析を用いた津波の挙動復元：福島県南相馬市小高区の平成23年 (2011年) 東北地方太平洋沖地震に伴う津波堆積物の特徴

Tsunami behavior using spatial analysis of onshore tsunami deposits from the 2011 Tohoku-oki Earthquake, Fukushima prefecture, Japan

*高清水 康博¹、茂野 玲¹、卜部 厚志¹、羽鳥 祐香²

*Yasuhiro Takashimizu¹, Rei Shigeno¹, Atsushi Urabe¹, Yuka Hatori²

1. 新潟大学、2. 前橋市立第六中学校

1. Niigata University, 2. Maebashi City Dairoku Junior High School

福島県南相馬市小高区の沿岸低地において、平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震による津波堆積物の調査を行った。定方位不攪乱試料の採取および層相記載とユニット区分、粒度分析、および帯磁率異方性測定を行った後、層厚、粒度特性値、帯磁率、磁気ファブリック、および地形のデータをもとにArcGISを用いた津波堆積物の空間分析を行った。その結果、以下のことが分かった。

1. 福島県南相馬市小高地区では北東方向と東方向から強い営力を持った津波が押し寄せ、県道260号線や河川堤防に衝突し、西部で合流した。また遡上する中で比較的粗粒な堆積物を形成しながら、基底面の水田土壌を侵食し、マッドクラストや泥質砂を含む泥分含有量が高い流体となった。

2. 西部の高まりで合流した二つの遡上流は、流れの方向を変化させ戻り流れとなって、河口に向かって流れた。戻り流れは河川堤防沿いで泥成分を落としきって、東部に向かって泥分含有量の低い流体となった。

3. 北部の堆積物は本研究地域よりさらに北東部の人工物などが遡上流によって破壊されたものによる、粗粒な堆積物である。

キーワード：津波堆積物、磁気ファブリック、粒度特性値、空間分析、マッドクラスト

Keywords: tsunami deposits, magnetic fabric, grain size characteristics, spatial analysis, mud clast

津波堆積物の高精度かつ効率的な放射性炭素年代推定法の提案

Efficient radiocarbon dating method for precise age estimation of tsunami deposit

*石澤 堯史¹、後藤 和久²、横山 祐典³、宮入 陽介³、沢田 近子³

*Takashi Ishizawa¹, Kazuhisa Goto², Yusuke Yokoyama³, Yosuke Miyairi³, Chikako Sawada³

1. 東北大学大学院理学研究科地学専攻、2. 東北大学災害科学国際研究所、3. 東京大学大気海洋研究所

1. Department of earth Science, Tohoku University, 2. International Research Institute of Disaster Science, Tohoku University, 3. Atmosphere and Ocean Research Institute, University of Tokyo

津波堆積物の堆積年代を推定することで、古津波の発生間隔を推定することができる。また、広域に分布する津波堆積物の年代対比結果は古津波の規模を推定する際の根拠となる。このように津波堆積物の堆積年代から、古津波の規模やその発生間隔など津波ハザード評価に関わる多くの情報を推定することができる。津波堆積物の堆積年代は主に放射性炭素 (^{14}C) 年代測定から推定されている。この手法は汎用性の高さが利点であるが、年代測定結果から推定される暦年代が較正曲線の形状に強く影響されるという問題点もある。そのため較正曲線が揺らいでいる時代においては、 ^{14}C 年代に対応する暦年代が複数存在し、暦年代を精度良く推定できない。

このように ^{14}C 年代測定の精度が悪い時代においても高精度で暦年代の推定を行うため、連続的に測定した年代測定結果を較正曲線と対応させるウィグルマッチング法や、暦年較正の際に層序関係などの情報も取り入れて暦年代をベイズ推定する手法が活用されている。しかし、これらの手法では ^{14}C 年代を連続的に多点測定する必要があり、測定コストが増加する。津波堆積物研究においては、古津波の規模やその発生間隔推定のため、津波堆積物の分布を広域で調査し、それぞれの地点において津波堆積物の年代を高精度で推定する必要がある。そのため精度は確保したうえで1地点あたりの年代測定個数を必要最低数とすることで費用対効果を最大限にすることが重要である。

そこで本研究では ^{14}C 年代測定を用いて効率的かつ高精度で津波堆積物の堆積年代を推定する手法について検討する。具体的には、較正曲線の形状を考慮することで、高精度で年代推定を行うために試料を採取すべき層準や必要な測定個数、分析の優先順位の設定法について議論する。この手法を用いることで最小限の測定個数で高精度での年代推定を行うことが可能であり、津波ハザード評価への貢献が期待できる。

キーワード：津波堆積物、放射性炭素年代測定

Keywords: tsunami deposit, radiocarbon dating

Depositional evidence for the 14th November, 2016, Kaikoura Tsunami at Little Pigeon Bay, New Zealand

*Shaun P Williams¹, Emily M Lane¹, Catherine Chagué-Goff², James Williams³, James Goff²

1. National Institute of Water and Atmospheric Research, 10 Kyle Street, Christchurch 8011, New Zealand, 2. PANGEA Research Centre, School of Biological, Earth and Environmental Sciences, UNSW Australia, Sydney 2052 NSW, Australia, 3. Department of Geological Sciences, University of Canterbury, PB 4800, Christchurch 8140, New Zealand

The recent Mw7.8 Kaikoura earthquake cluster which occurred at 12:02 am on 14th November, 2016 local time, was one of the largest and most complex in New Zealand's history. The first earthquake epicentre was located inland in the Marlborough fault system at coordinates 173.02°E, 42.69°S, with the rupture then spreading across 13 northeast propagating faults. At least three major faults ruptured offshore and caused complex seafloor displacement that resulted in a tsunami. The only known damaging inundation was recorded at Little Pigeon Bay in Banks Peninsula ~160 km south of the tsunami source area. The first wave arrived at ~1 am local time, with the largest wave arriving close to high tide approximately ~4 hours after the initial rupture. The bay has a distinctly north-facing, funnel-shaped geomorphology which focussed the tsunami and resulted in severe damage to a 100 year old timber-framed cottage located ~10 m from the shore at the site. Fortunately there were no casualties. We report on post-tsunami survey observations made at Little Pigeon Bay during four successive field campaigns on the 16th, 19th and 30th November 2016, and on 15th January 2017. This includes preliminary results and interpretations of electrical conductivity (EC) analysis data obtained from tsunami-related sediment sampled during the campaigns. Two distinct tsunami debris-inundation lines were observed. The upper debris-inundation line was ~140 m inland and ~4.0 m above mean sea level - about 2.9 m above the tide level at the time of the inferred maximum tsunami arrival. Depositional evidence included: 1) fine greyish sand and organic marine and terrestrial debris deposited in the cottage and up to the inferred inland extent of inundation; 2) flood marks on the cottage walls indicating the tsunami depth above land level at the cottage location; 3) upstream imbrication of gravels/cobbles in the dry creek bed; 4) salt crusts at sheltered locations initially observed only on the third field campaign with much reduced levels observed on the fourth campaign. Salinity data, obtained from EC measurements of surface sediment samples collected up to about 230 m inland, corroborate the extent of inundation inferred through the observed debris-inundation lines. Pending ITRAX elemental profiles and sedimentary (grain size) analyses will provide a better understanding of the characteristics of the sediments left by the tsunami. We discuss the implications of using depositional tsunami evidence at this site to identify and potentially hindcast older events associated with a similar source. Further, we highlight the role that localised geomorphology plays in influencing the nature and extent of inundation and damage associated with locally-sourced tsunami events.

Keywords: Tsunami, Deposits, Kaikoura earthquake, Little Pigeon Bay, New Zealand

台風来襲時の高波と高潮の相互作用によって沿岸低地に生じた小規模な砂質イベント堆積物の堆積過程

Sedimentary process of a small sandy event deposit due to the storm surge and storm wave of a typhoon.

*重野 聖之¹、七山 太²

*Kiyoyuki Shigeno¹, Futoshi Nanayama²

1. 明治コンサルタント株式会社、2. 国立研究開発法人 産業技術総合研究所

1. Meiji consultant co.,Ltd., 2. Geological Survey of Japan, AIST.

北海道南西部渡島半島西岸、せたな町平浜弓山川河口の沿岸低地において、1959年宮古島台風の高潮・高波時にもたらされた砂質イベント堆積物の特徴や堆積過程について検討を行った。その結果、下位からUnit T、Unit SおよびUnit Fに区分され、これらの堆積構造から、遡上方向への一方向流によって生じた低領域～高領域のベッドフォームが確認された。粒度分析の計算の結果、Unit TのDmax (ϕ)は上方に向かって粗くなるのに対し、Unit Sのそれは全体として細粒化する傾向が示された。ゆえに、Unit Tは9月18日午前9時以降の台風接近時に伴う高潮・高波浪営力の増幅過程を、Unit Sは13～14時以降の台風の移動に伴う高潮と高波浪営力の減衰過程を記録していると結論づけられる。9月19日0～1時以降、台風の波浪の影響が無くなった滞水時に、Unit Fの浮遊物がUnit Sを覆ったのであろう。

キーワード：ウォッシュオーバー堆積物、1959年宮古島台風、堆積構造、堆積過程、粒度分析

Keywords: washover sediments, 1959 Miyakojima typhoon, sedimentary structure, sedimentary process, grain-size analysis

Features of erosion and sedimentation due to the September 2015 flooding of the Kinu River, central Japan

*松本 弾¹、澤井 祐紀¹、行谷 佑一¹、谷川 晃一朗¹、中村 淳路¹、山田 昌樹²、篠崎 鉄哉²、竹田 大輔²、藤野 滋弘²、Pilarczyk Jessica³

*DAN MATSUMOTO¹, Yuki Sawai¹, Yuichi Namegaya¹, Koichiro Tanigawa¹, Atsunori Nakamura¹, Masaki Yamada², Tetsuya Shinozaki², Daisuke Takeda², Shigehiro Fujino², Jessica Pilarczyk³

1. 国立研究開発法人産業技術総合研究所、2. 筑波大学、3. The University of Southern Mississippi

1. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 2. University of Tsukuba, 3. The University of Southern Mississippi

Fluvial flooding is among the most destructive natural disasters comparable to tsunamis. An accurate identification between flood and tsunami deposits still remains controversial, which complicates appropriate future risk assessments for these disasters. Enhancing descriptive data on modern flood and tsunami deposits is one of the basic approach to the problem. In this study, we describe the patterns of erosional scour and sedimentary deposition generated by the September 2015 flooding of the Kinu River in Joso City, Ibaraki Prefecture, central Japan. During the flooding event, water levels in the Kinu River rose rapidly due to heavy rain that ultimately overtopped, and subsequently breached a levee, causing destructive flooding on the surrounding floodplain. Distinctive erosional features are found near the breached levee, with sandy crevasse-spray deposit distributed adjacent to them. Based on the observation in conjunction with grain-size and diatom analyses, the deposit can be divided into three sedimentary units. The vertical and lateral changes of these sedimentary features might be the result of temporal and spatial changes associated with flow during the single flooding event. These observations and quantitative data provide information that can be used to reveal the palaeohydrology of flood deposits in the stratigraphic records, leading to improved mitigation of future flooding disasters.

キーワード：洪水堆積物、浸食、堆積、珪藻分析、2015年9月関東・東北豪雨、鬼怒川

Keywords: Flood deposit, Erosion, Sedimentation, diatom analysis, September 2015 flooding, Kinu River

粒径が津波堆積物の分布に及ぼす影響：水路実験による検討 Effect of grain size on distribution of tsunami deposits in flume experiments

*篠崎 鉄哉¹、関口 智寛¹、山口 直文²

*Tetsuya Shinozaki¹, Tomohiro Sekiguchi¹, Naofumi Yamaguchi²

1. 筑波大学アイソトープ環境動態研究センター、2. 茨城大学広域水圏環境科学教育研究センター

1. Center for Research in Isotopes and Environmental Dynamics (CRiED), University of Tsukuba, 2. Center for Water Environment Studies, Ibaraki University

We conducted flume experiments to examine the effects of grain size on tsunami deposit distribution. In the present experiments, tsunami-like bore of three different magnitudes passed through a fixed slope of 1/20 and 4-m-long flat terrestrial area, and transported sand from the upper part of the slope onto the terrestrial area. As the sediment source, we prepared well-sorted quartz sands in different grain sizes (median diameter: 0.20 mm, 0.15 mm, 0.10 mm, and 0.06 mm).

The results suggested that distribution pattern of tsunami deposits depends on sediment grain size. In the cases of coarser sands (0.20 mm and 0.15 mm), tsunami deposits tended to decrease landward across the whole terrestrial area as previous laboratory studies have reported. The amount of the deposit at a given site also decreased with the weakening of tsunami magnitude. By contrast, in the cases of finer sands (0.10 mm and 0.06 mm), tsunami deposits tended to be approximately constant or gradually increase to landward on the terrestrial area. The amount of the deposit at a given site did not always depend on tsunami magnitude on the terrestrial area.

Distribution patterns of tsunami deposits were completely different in each grain size although these experiment were conducted with same hydraulic condition of the tsunami flow. It suggests that grain size is a crucial factor to determine the distribution of tsunami deposit, and effect of grain size should be considered when we estimate tsunami magnitude from distribution of paleotsunami deposits.

キーワード：津波堆積物、水路実験、粒径

Keywords: tsunami deposit, flume experiment, grain size

Basic hydraulic experiment on tsunami sand deposits related with sand grain size and bore wave

*山本 阿子¹、高橋 智幸¹、原田 賢治²、櫻庭 雅明³、野島 和也³

*Ako Yamamoto¹, Tomoyuki Takahashi¹, Kenji Harada², Masaaki Sakuraba³, Kazuya Nojima³

1. 関西大学、2. 静岡大学、3. 日本工営株式会社

1. Kansai Univ., 2. Shizuoka Univ., 3. NIPPON KOEI CO.,LTD.

A massive tsunami occurred with the earthquake in Tohoku district on March 11th, 2011. This tsunami attacked coastal areas and caused serious damage. Tsunami measures must be reconsidered to prepare for the Nankai Trough tsunami. Many of the tsunami measures are based on historical records of earthquake and tsunami. Amount of the records are limited, because these disasters are low frequency. Tsunami sand deposits are left many of tsunami records and are expected to analyze paleotsunamis. However, tsunami sand deposits are only used to show the fact of tsunamis and to determine the relative magnitudes. The thickness of sand layer and grain size are considered to relate with tsunami force. These relations could clarify the tsunami source. This study focused on the relationship between the grain size and tsunami force. The objective of this study is investigation on the formation mechanism of tsunami sand deposit by hydraulic experiment.

A two dimensional water channel consisted of a wave maker, a flat section and a slope section. A movable bed section with various grain sizes of sand was set at the end of flat section. The condition of sand used three uniforms and three mixed grain sizes in this experiment. Bore waves of several heights transported the sand to the slope section by run-up. Sand deposit distribution were measured when run-up reached at the highest or after the return flow. The former condition assumed that water permeated in the ground. Water surface elevation and velocity were also measured at several points.

The grain size of sand deposits and the magnitude of incident waves were related distance of run-up. The distances from the shoreline of run-up (DW) and sand deposits (DS) were different. In the case of the smaller grain size, DS/DW became higher and the amount of sand deposits increased. Further, in the case of the plural incident waves inputted, DS/DW became higher in all cases. The sand deposit increased clearly on the halfway of slope area. The distance from shoreline of this position became longer, when the magnitude of incident waves was large. However, the position did not move by the difference of grain size. In the case of mixed sand with three grain sizes, the mixed ratio in sand bed section corresponded with the composition ratio of the sand deposit near the shoreline. However, they were different near the front of run-up. By the condition of the any mixed sand, the total amount of sand deposits was similar. The relation with the number and magnitude of incident waves showed two patterns. In the case of same magnitude waves inputted, the sand deposit increased by each wave near the front of run-up. On the other hand, the sand deposit did not increase by each wave near the shoreline. In the case of decreasing magnitude waves inputted, the sand deposits increased clearly by the lower incident wave near the front of run-up. As in the case of same magnitude waves inputted, the sand deposit did not increase by each wave near the shoreline. The amount of sand deposit related with or without return flow. The type of flow without return preserved the much of sand deposit. On the other hand, return flow took away the most of sand deposits on the slope area. However, when the wall was installed to reflect the wave in the slope section, the sand deposits remained there. Because the wall increased water depth and reduced velocity rapidly, tractive force near the wall became small. The distribution of sand deposits repeatedly increased and decreased on the slope because of limited return flow. On the other hand, when the wall was installed near the front of run-up, the most of sand deposits took away on the slope area by the large return flow.

キーワード：混合砂、遡上波、掃流力

Keywords: mixed sand, run-up, tractive force

Using experimental tsunamis to evaluate sediment deposit characteristics and inverse model predictions

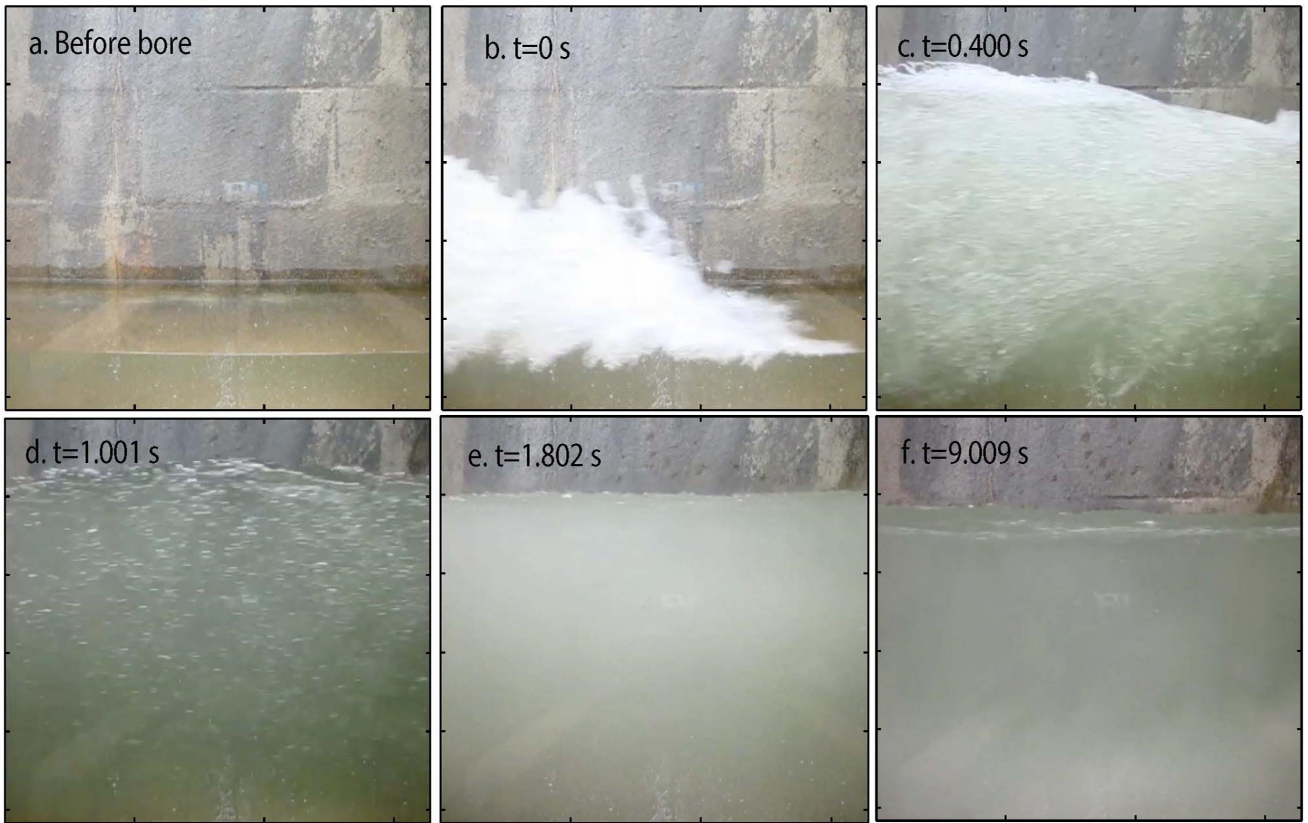
*Joel P Johnson¹, Katie Delbecq², Wonsuck Kim¹, David Mohrig¹

1. University of Texas at Austin, USA, 2. Texas Commission on Environmental Quality

Tsunami deposits can imperfectly record the hydraulic conditions of devastating extreme events. Quantitative models relating sediment characteristics to flow hydraulics hold the potential to improve coastal hazard assessments. However, data from recent natural tsunamis have rarely been accurate enough, over a range of parameter space, to quantitatively test proposed inverse models for predicting flow characteristics. To better understand how to “read” flow depth and velocity from deposits, we conducted controlled and repeatable laboratory flume experiments in which different grain size distributions (GSDs) of sand were entrained, transported and deposited by hydraulic bores. The bores were created by impounding and instantaneously releasing $\sim 6 \text{ m}^3$ of water with a computer-controlled lift gate. The experiments represent 1/10 to 1/100 scale physical models of large events. Both flow characteristics (including Froude numbers) and suspended sediment transport characteristics (including Rouse numbers and grain size trends) scale consistently with documented natural tsunamis.

We use the experimental data to interpret how entrainment, transport and mixing influence deposit GSDs along the flume, and to evaluate an advection-settling model for predicting flow depth and velocity. Suspension-dominated deposits get finer and thinner in the direction of transport. The data show that two key controls on GSDs along the flume are (a) the size distribution of the sediment source, and (b) turbulent dispersion of grains. First, we find that the influence of source GSDs on deposit GSDs is strongest near the sediment source. Size-dependent suspension and settling become increasingly important farther down the flume. Transport distances of 1-2 advection length scales are required for deposit GSDs to be sensitive to flow hydraulics. Second, by looking at the spatial distribution of grains of a given size class along the flume, we show that turbulent dispersion strongly influences local deposit GSDs. By comparing different grain size classes, we interpret that dispersion is more important than resuspension for transporting some grains farther distances than expected based on mean advection and settling rates. Importantly, intermediate deposit grain size percentiles (e.g. D50) are less sensitive to dispersive transport than either the fine or coarse tails of local deposit GSDs. Using deposit GSDs along the flume, an advection-settling model best predicts flow depths and velocities when calculated for intermediate percentiles (e.g. D50), rather than for coarse size fractions (e.g. D95) as has been assumed in previous works. Overall, well-controlled experimental data should be used to improve inverse models for predicting tsunami characteristics from deposits, and to rigorously evaluate the accuracy and uncertainty of model-based hazard assessments.

Keywords: tsunami deposit, inverse model, flume experiment



Magnetic fabric evidence for rapid, characteristic changes in the dynamics of the 2011 Tohoku-oki tsunami

*Balazs Bradak^{1,2}, Koichiro Tanigawa³, Masayuki Hyodo^{2,4}, Yusuke Seto⁴

1. Research fellow of Japan Society for the Promotion of Science (JSPS), 2. Research Center for Inland Seas, Kobe University, Nada, Kobe, 657-8501, Japan, 3. Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), Site C7 1-1-1 Higashi, Tsukuba 305-8567, Japan, 4. Department of Planetology, Kobe University, Nada, Kobe, 657-8501, Japan

Magnetic fabric (MF) and rock magnetic measurements were applied to sediments deposited by the 2011 Tohoku-oki tsunami to reveal the dynamics of the tsunami run-up and the character of the sedimentation along the Misawa coast, Aomori Prefecture, northern Japan. Two main types of sedimentary environment are described: a higher energy, tangential stress-dominated environment with imbrication and traction/rolling transportation and a calmer, post-peak wave environment ruled by gravitational stress. Rapid characteristic changes in the tsunami dynamics are also described. The tsunami began with erosion of the pre-tsunami surface caused by rapidly increasing energy. Bedload features such as ripple stratification were developed by the repeated accelerations and decelerations of the tsunami wave during run-up. The arrival of the peak wave was indicated by high-density flow, “slurry-like” sediments. Following the peak wave, the decreasing energy was marked by a change in MF.

Keywords: magnetic fabric , tsunami dynamics, 2011 Tohoku-oki tsunami

ロシア沿海州における1993年北海道南西沖地震による津波堆積物の面的分布

Spatial distribution of tsunami deposits of the 1993 Hokkaido Nansei-oki Earthquake at a lowland along the Valentine Bay, Primorye coast, Russia

*西村 裕一¹、Nadezhda Razjigaeva²、Larisa Ganzey²、菅原 大助³、清水 康博⁴、Ilya Lebedev^{2,5}、Ruslan Borisov^{2,5}

*Yuichi Nishimura¹、Nadezhda G Razjigaeva²、Larisa A Ganzey²、Daisuke Sugawara³、Yasuhiro Takashimizu⁴、Ilya Lebedev^{2,5}、Ruslan Borisov^{2,5}

1. 北海道大学大学院理学研究院、2. Pacific Institute of Geography, FEB, Russian Academy of Sciences、3. ふじのくに地球環境史ミュージアム、4. 新潟大学教育学部、5. Far East Federal University

1. Graduate School of Science, Hokkaido University, 2. Pacific Institute of Geography, FEB, Russian Academy of Sciences, 3. Museum of Natural and Environmental History, Shizuoka, 4. Faculty of Education, Niigata University, 5. Far East Federal University

日本海を隔てたロシア沿海州は、1900年代に日本海東縁を震源とする地震に伴って発生した津波で人的被害や構造物被害を受けてきた。最近、これらの津波による堆積物が残されていることも報告されている (Ganzey et al., 2015)。我々は、2016年7月に沿海州の Valentine 湾周辺を訪れ、1993年北海道南西沖地震と1983年日本海中部地震に伴う津波堆積物と考えられる砂層の面的分布を調査した。なお、Valentine 湾はウラジオストックの東約200km、北海道奥尻島の西北西約440kmに位置し、緯度は札幌とほぼ同じである。1993年津波の高さは約4mで、漁船や港の施設に被害があった。一方1983年津波はやや小さく、被害を及ぼすほどではなかった。今回調査したのはおよそ500m四方の低地で、低い砂丘列を開拓して牧草地として使われていた時期があった。空中写真からは、砂丘の一部を切って日本海につながる河川の跡も識別できた。調査はハンディジオスライサーもしくはスコップによる掘削で行った。調査地点は35点、うち27点で試料を採取した。1993年の津波堆積物はここで、内陸約300m、標高約4m以下の範囲で、平均3-5cmの土壌に覆われてシート状に分布している。層厚の最大は10.5cm、砂の平均粒径は1.4-2.8φで淘汰は良い。層厚、平均粒径はともに内陸にいくほど薄層化、細粒化する傾向にあるが、特に旧河川がある低くなった場所で厚く、粗い。分布限界近くでは、砂層はパッチ状になり、分布は小規模な地形に支配されていた。また、海側の砂丘上にあつて津波で被災した工場の背後には、砂層に石炭片が混在しており、津波が砂丘を越えて砂とともに人工物も運んだ様子もうかがえた。今日、近年の津波堆積物を海岸近くから遡上限界まで追跡できる場所は極めて少ない。日本海東縁を発生源とする津波の履歴を解明するだけでなく、津波堆積物の形成から風化・続成を受けて保存されるまでのプロセスを微地形や環境とともに検討する場としても、この地は貴重である。

Ganzey, L. A., Razjigaeva, N. G., Nishimura, Y., Grebennikova, T. A., Kaistrenko, V. M., Gorbunov, A. O., Arslanov, K. A., Chernov, S. B. and Naumov, Y. A., 2015, Deposits of Historical and Paleotsunamis on the Coast of Eastern Primorye. *Russian Journal of Pacific Geology*, 9, 64-79.

キーワード：津波堆積物、北海道南西沖地震、ロシア沿海州、面的分布、保存

Keywords: tsunami deposit, Hokkaido Nansei-oki earthquake, Primorye coast, spatial distribution, preservation

ロシア沿海州における津波の挙動と堆積物形成の数値解析

Tsunami characteristics and sediment deposition in the Primorye coast, Russia, due to the Japan Sea earthquakes: a numerical study

*菅原 大助¹、西村 裕一²、高清水 康博³、Razjigaeva Nadezhda⁴、Ganzev Larisa⁴、Lebedev Ilya^{5,4}、Borisov Ruslan^{5,4}

*Daisuke Sugawara¹, Yuichi Nishimura², Yasuhiro Takashimizu³, Nadezhda G. Razjigaeva⁴, Larisa A. Ganzev⁴, Ilya Lebedev^{5,4}, Ruslan Borisov^{5,4}

1. ふじのくに地球環境史ミュージアム、2. 北海道大学大学院理学研究院、3. 新潟大学教育学部、4. ロシア科学アカデミー、5. ロシア極東大学

1. Museum of Natural and Environmental History, Shizuoka, 2. Graduate School of Science, Hokkaido University, 3. Faculty of Education, Niigata University, 4. Pacific Institute of Geography, FEB, Russian Academy of Sciences, 5. Far Eastern Federal University

本発表では、日本海東縁の地震によるロシア沿海州での津波の特性と既知のイベント堆積物との関係を、数値解析に基づき予察的に検討する。

1993年北海道南西沖地震をはじめとする日本海東縁の地震による津波は、北海道から東北の各地に被害をもたらしてきた。古文書や津波堆積物調査に基づく地震・津波のリスク評価が必要となっている。津波堆積物については、海岸平野の分布に限られること、大規模砂丘の発達や近世以降の地形改変により、調査の適地は太平洋側よりも少ない。現状では、地震・津波の頻度や規模に関する地質学的データは十分に集まっていない。

日本海東縁で発生した津波は対岸のロシア沿海州に達する。例えば、ウラジオストク周辺では、1993年北海道南西沖地震に際して津波高5 mが記録されている。沿海州では日露共同で地質学的調査が行われ、いくつかの地点で津波起源と考えられるイベント堆積物が検出されている (Ganzev et al., 2015)。

これまでに発見された沿海州の津波堆積物と津波波源との対応関係は分かっていない。本研究では、日本海東縁の津波波源と沿海州での波高・周期など津波特性との関係について数値解析を行う。現地測量による海岸地形を考慮した土砂移動解析を行い、津波堆積物形成の可能性を検討する。

文献

Ganzev, L. A., Razjigaeva, N. G., Nishimura, Y., Grebennikova, T. A., Kaistrenko, V. M., Gorbunov, A. O., Arslanov, K. A., Chernov, S. B. and Naumov, Y. A., 2015, Deposits of Historical and Paleotsunamis on the Coast of Eastern Primorye. *Russian Journal of Pacific Geology*, 9, 64-79.

キーワード：津波、沿海州、日本海、堆積物、数値解析

Keywords: Tsunami, Primorye, Japan Sea, Deposits, Numerical modeling

珪藻化石群集より推定される北海道大樹町当縁川下流域における過去1000年間の地殻変動

Crustal movements inferred from fossil diatom assemblages during the last 1000 years, in the lower reaches of Toberi river area, Taiki, Hokkaido, Japan

*千葉 崇¹、西村 裕一¹、佐藤 晃²

*Takashi Chiba¹, Yuichi Nishimura¹, Akira Sato²

1. 北海道大学大学院理学研究院附属地震火山研究観測センター、2. 東北大学大学院理学研究科地学専攻

1. Institute of Seismology and Volcanology, Hokkaido University, 2. Department of Earth Science, Tohoku University

津波堆積物や地殻変動の復元といった地質学的研究により、千島海溝では超巨大地震（M9クラス）が約400～500年間隔で発生していたことが示唆されている（Nanayama et al. 2003, Sawai et al. 2004）。この超巨大地震が最後に起きたのは17世紀の前半である。北海道東南部、大樹町の当縁川下流域に広がる湿原には、17世紀の火山噴火による噴出物（古川・七山2006）及び津波堆積物が泥炭層に狭在する形で良く保存されている（七山ほか2003）。本研究では、17世紀の巨大地震に伴う地殻変動を抽出することを目的として、この当縁川下流域を調査し、泥炭に含まれる珪藻化石の分析を基に地殻変動のパターンを検出した。

調査地域の標高は約1.3 m～7.5 mである。17世紀の津波堆積物とみなされる砂層は河口から1.4 km内陸まで追跡することができ、内陸薄層化と内陸細粒化の傾向が認められた。海岸から1.2 km内陸の地点で得た長さ83 cm柱状試料について珪藻分析を行った結果、泥炭層中には淡水生種及び淡水-汽水生種が卓越していたこと、砂層には汽水-海水生種と海生種が含まれることがわかった。また砂層の堆積前に淡水生種が減少し淡水-汽水生種が増加する傾向が認められ、砂層の堆積後には淡水生種が増加する傾向が認められた。これらの傾向は、砂層の堆積前にこの地域が徐々に沈降して相対的に塩分が上昇したこと及び、砂層の堆積後には逆に隆起して塩分が低下したことを反映していると推測される。この地域で検出された地殻変動パターンは、さらに東の厚岸から根室において明らかにされた17世紀超巨大地震に伴う変動（Sawai et al. 2004）と類似している。17世紀の超巨大地震に関連した地殻変動を広い範囲で把握することは、この地震の断層モデルを検討する上でも重要である。

キーワード：当縁川、津波堆積物、珪藻化石群集

Keywords: Toberi river, Tsunami deposit, Fossil diatom assemblage

北潟湖の湖沼堆積物を用いた津波災害調査

Investigation of tsunami disasters using lake kitagata sediments

*衣川 公太郎¹、長谷部 徳子¹、北川 淳子³、香月 興太²、福士 圭介¹

*kotaro kinugawa¹, Noriko Hasebe¹, Junko Kitagawa³, Kota Katsuki², Keisuke Fukushi¹

1. 金沢大学、2. 島根大学、3. ふくい里山里海湖研究所

1. Kanazawa University, 2. Shimane University, 3. Fukui Prefectural Satoyama-Satoumi Research Institute

2011年に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う津波災害を機に、日本各地で津波に対する警戒意識が高まった。日本における大規模津波災害の多くは、海溝を起源とする太平洋側に集中しているが、過去の歴史文献記録や既存の地質調査記録によると、日本海側でも比較的大規模な津波が発生していることが分かっている。そこで本研究では日本海側沿岸地域、その中でも特に北陸地域における津波災害に焦点をあて、過去の津波記録を復元することとした。一般的な津波堆積物には、葉理や級化構造、偽礫(rip up clast)といった堆積構造を持つことが知られている(澤井2012)。しかし、日本海側における津波は太平洋側と比べその威力は小さく、さらに浜提が発達していることから、このような堆積構造が顕著に見られる場所は限定的である。そこで本研究では浜提の発達していない、海との接続域が存在する湖の堆積物を用いた。さらに分析方法として堆積構造の解釈だけでなく、物理量分析や微量元素分析、珪藻観察など用い、津波堆積物の復元を行った。

試料には、福井県あわら市にある北潟湖の湖沼堆積物を用いた。北潟湖は、日本海との接続域を持ち、海水準との違いがほとんどないため、日本海からの影響を受けやすい湖であると言える。また、湖沼堆積物を用いるメリットとして、その年代分解能の高さが挙げられる。

各分析の結果、津波イベントと考えられる2つの層(170-203cm, 344-352cm)に加え、1659年に噴火した白山を起源とするテフラ層(79-85cm)と、湖環境が一変したと考えられる境界層(244cm)を確認した。

2つの堆積層では鉱物粒子径の粗粒化や含水率の減少、炭酸カルシウム量の増加が見られた。また珪藻観察では、前後層と比べ、珪藻の全体量が少なく、170-203cm層では海水種の*Nitzschia lanceola*、344-352cm層では*Actinocyclus gallicus*の割合が、淡水・汽水種より多い事が確認された。

以上の結果と年代測定結果、および歴史文献記録からイベント評価を行った結果、深さ170-203cmの層は天正津波より若いため、1450年頃に堆積した歴史記録に存在しない新たなイベントであると考察した。深さ344-352cmの層は700年頃に堆積したと考えられ、701年に日本海で発生した大宝津波の痕跡である可能性が高い。

キーワード：湖沼堆積物、津波、珪藻

Keywords: lake sediment, tsunami, diatom

福島県南相馬市井田川低地における津波堆積物から推測される巨大地震の再来間隔

Recurrence intervals of large earthquake inferred from tsunami deposit at Idagawa lowland, Minami-Soma city in Fukushima Prefecture.

*楠本 聡¹、五島 朋子¹、須貝 俊彦²、佐竹 健治¹

*Satoshi Kusumoto¹, Tomoko GOTO¹, Toshihiko Sugai², Kenji Satake¹

1. 東京大学地震研究所、2. 東京大学新領域創成科学研究科

1. Earthquake Research Institute, the Univ. of Tokyo, 2. Graduate School of Frontier Sciences, the Univ. of Tokyo

Large interplate earthquakes and tsunamis repeatedly occur along the Japan Trench as inferred from historical documents and geological surveys (e.g. Usami, 1996; Utsu, 1999; Tsuji, 2000; Watanabe, 2000). The central Fukushima Prefecture is the southern limit of the distributions of tsunami deposits of the AD 869 Jogan earthquake. Previous studies in Idagawa lowland, Minami-Soma city reported that there were at least three tsunami deposits with normal grading structures and erosional contacts during the recent 2,800 years (Goto and Aoyama, 2005, JpGU; Oikawa et al., 2011, JpGU; Oota and Hoyanagi, 2014, GSJ). Our study site is a polder located about 12 km north of the Fukushima Daiichi Nuclear Power Station.

In this study, we estimate the depositional ages and average recurrence intervals of tsunamis using radiocarbon dating and Bayesian analysis. We analyzed two cores (IDG-02 and IDG-06) of the 13 core samples obtained using the 3 m handy geo-slicer. We found seven tsunami deposits (EV1-EV7) with multiple normal and reverse grading structures, laminas and rip-up clasts (Kusumoto et al., 2016, JpGU; Kusumoto et al., 2016, AGU). The top sand unit (EV1) is distributed on the ground surface and is considered as the 2011 Tohoku tsunami deposit. For the second sand unit (EV2), we distinguished EV2n in IDG-02 core sampled on the north side of Miyata River and EV2s in IDG-06 core sampled on the south side. For AMS ¹⁴C dating, we selected terrestrial plant fragments, seeds, woods and charcoals from ordinary deposit and measured 11 samples for IDG-02 core and 14 samples for IDG-06 core. The measured ¹⁴C age were calibrated to calendar year using terrestrial calibrated curves IntCal13 of the OxCal version 4.2 program (Bronk Ramsey, 2009; Reimer et al., 2013). The age-depth model was constructed using individual radiocarbon dates, the Poisson-process deposition model and Event Free Depth scale (Fig. 1; Bronk Ramsey, 2008; Ramsey et al., 2012).

For IDG-06 core, the depositional age of EV2s is constrained as 790-1120 calAD based on the 2011 Tohoku tsunami deposit (EV1) and a total of 4 samples between EV2s-EV3. For IDG-02 core, the age of EV2n also ranges from 1100 calAD to 1665 calAD based on the age of EV1 and a plant fragment between EV2n-EV3. The time interval between EV1-EV2s is about 820-1220 years while the interval between EV1-EV2n is about 350-910 years.

The depositional ages of EV3 and EV4 are constrained as 380-530 calAD and 320-470 calAD based on a total of 6 samples between EV2-EV3, a charcoal between EV3-EV4 and 5 samples between EV4-EV5. The time interval between EV2-EV3 is about 350-760 years.

The depositional ages of EV5 and EV6 are constrained as 400-240 calBC and 560-370 calBC based on 2 samples between EV4-EV5, 3 samples between EV5-EV6, respectively. The age of EV7 is estimated as 1210-820 calBC from a total of 5 samples above and below EV7. The time interval between EV5-EV6 is about 330-810 years.

The above results show that the time intervals of tsunami deposits are variable. Time intervals for EV3-EV4 and EV5-EV6 are relatively short, suggesting frequent occurrence, while the intervals for EV1-EV2, EV2-EV3, EV4-EV5 and EV6-EV7 are about 350-820 years, suggesting infrequent occurrence of large earthquakes. The deposit EV2s may correspond to the 869 Jogan earthquake. If that is the case, the time intervals between EV1 and EV2s (1142 years) is much longer than the other intervals.

キーワード：津波堆積物、869年貞観津波、放射性炭素年代測定、平均再来間隔

Keywords: tsunami deposit, AD 869 Jogan tsunami, radiocarbon dating, average recurrence intervals

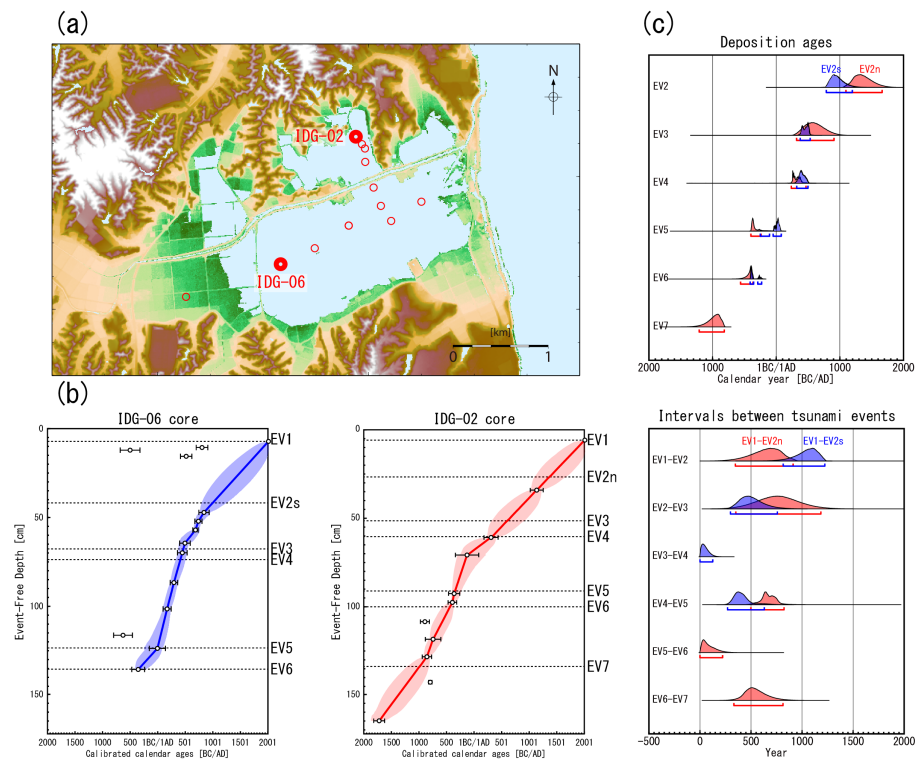


Figure 1. Age-depth relationships for IDG-06 and IDG-02 cores. (a) Topography and sampling sites. (b) The age-depth models for IDG-06 and IDG-02 cores. The circles and bars show the mean values and 2 sigma ranges, respectively. (c) The depositional ages of tsunami deposits and recurrence intervals between tsunami events. Blue color and red color show the results for IDG-06 and for IDG-02 cores, respectively.

多様な歴史資料に基づく学際的な歴史津波研究の可能性—1611年慶長奥州地震津波を事例に一

Possibility of the interdisciplinary historical tsunami research based on various historical records - Example of 1611 Keicho Oshu Earthquake and Tsunami -

*蝦名 裕一¹

*ebina yuichi¹

1. 東北大学災害科学国際研究所

1. International Research Institute of Disaster Science

日本には、1,000年以上前から作成された様々な古文書が存在している。特に17世紀以降は、江戸時代には民衆の識字率の向上により、多種多様かつ膨大な歴史資料が存在している。本研究では、これらの多様な日本の歴史資料に基づいて、学際的な歴史津波研究の手法を考えていく。そのために1611年に現在の日本の東北地方太平洋沿岸で発生した地震津波（本研究では慶長奥州地震津波と呼ぶ）を事例として考えていく。

近年、東北地方太平洋沿岸では、15世紀以降に発生した津波によるものとみられる堆積層が多数の地点から発見されている。この堆積物をもたらしたイベントとしては、1454年説と1611年説と評価が分かれている。これを根拠とする歴史資料の性格から分析する。1454年の津波イベント説の根拠となる資料としては、同時期に成立した『王代記』が挙げられる。しかし、津波の被災地（奥州＝現在の東北地方）から遠い場所で成立した史料であるとともに、伝聞を書き留めた史料である。また、当時の単位をふまえて文章を分析すると、その被災範囲は約60Kmまたは400Kmとも解釈することが可能であり、その実態がわかりにくい。一方、1611年説の根拠となる歴史資料は、発生年代に近い時代に作成された史料や後年に複製された史料などが多数存在している。その記述内容を分析すると、①岩手県宮古市の小本家の記録に基づく史料、②岩手県山田町の『武藤六右衛門所蔵文書』から派生した史料、③大槌町の大槌代官所に由来する史料、④宮城県仙台藩に伝来した史料、⑤福島県相馬市の相馬中村藩に伝来した史料、に分類することができる。こうした複数の情報源の存在から、15世紀付近に岩手県から福島県にかけて広範囲に被害をもたらした津波は1611年の津波と考えるのが妥当である。

また、歴史資料から昔の地形を復元することで、歴史災害の様相をより詳細に解明することが可能になる。岩手県宮古市には、1611年の慶長奥州地震津波における被害の記録や伝承がいくつか残されている。『古実伝書記』という史料には、慶長奥州地震津波の際、閉伊川を河川遡上した津波が小山田に到達し、津波によって船が漂着したことが伝わる。さらに、宮古市田の神には1989年に設置された「一本柳の跡」という碑があり、江戸時代に発生した津波によりかつてこの場所に存在した一本柳に舟を繋ぎ止めたという伝承が記されている。これらの津波痕跡地点は、2011年の津波による浸水範囲よりさらに内陸に位置している。ここから考えると1611年の津波は2011年の津波よりも規模が大きかったことになる。しかし、歴史的な地形を復元して考えると、この説は成立しない。陸軍陸地測量部が作成した「5万分1地形図」をもとに約100年前の地形を復元すると、宮古市の中央を流れている閉伊川は小山田の山肌近くを流れている。また、宮古市街地中央を山口川が流れていたことが確認できる。すなわち、慶長奥州地震津波の津波痕跡地点は旧河川の流路上に存在しており、記録・伝承の内容を津波の河川遡上で説明することが可能となる。

このように、歴史資料の災害に関する記述のみではなく、史料の成立背景や、直接災害に関係しない史料も踏まえて分析をすることで、歴史災害を詳細に解明することが可能となる。

キーワード：1611年慶長奥州地震津波、歴史資料、学際的歴史津波研究、歴史的な地形の可視化

Keywords: 1611 Keicho Oshu Earthquake and Tsunami, historical records, interdisciplinary historical tsunami research, Visualization of historical geographical feature

