

三陸沿岸域で見られる海底地形と津波起源堆積物の特徴 岩手県広田湾・唐丹湾・越喜来湾の例

Characteristics of tsunami origin sediments sampled from Hirota and Toni bay around the Sanriku coast, Japan.

坂本 泉^{1*}, 横山由香¹, 滝野義幸¹, 八木雅俊¹, 金井大輔¹, 鈴木彩加¹, 遠藤綾¹, 井村理一郎¹, 飯島さつき¹, 根元謙次¹, 松井康雄², 鬼頭毅², 清水康宏³, 吉河秀郎⁴, 藤原義弘⁴, 笠谷貴史⁴

Izumi Sakamoto^{1*}, Yuka Yokoyama¹, Yoshiyuki Takino¹, Masatoshi Yagi¹, Daisuke Kanai¹, Ayaka Suzuki¹, Aya Endo¹, Riichiro Imura¹, Satsuki Iijima¹, Kenji Nemoto¹, Yasuo Matsui², Takeshi Kito², Yashuhiro Takashimizu³, Syuro Yoshikawa⁴, Yoshihiro Fujiwara⁴, Takashi Kasaya⁴

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

¹Tokai University, ²FODECO, ³Niigata Univ., ⁴JAMSTEC

2011年3月11日の東日本大震災では東北地方太平洋沿岸域に甚大な被害をもたらせた。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」の一環でJAMSTECとともに瓦礫マッピングを目的とした現地海洋調査を実施した。これらの調査により主目的の瓦礫分布・底質情報の他に、湾内における津波に関連する情報が得られたので報告する。

各湾では1) マルチナロービーム測深(MNB)による精密海底地形調査、2) サイドスキャンソナー(SSS)による海底凹凸イメージ・底質判読調査、3) 高分解能地層探査(SBP)による表層堆積物構造・分布調査、4) 無人潜水機(ROV)・有人潜水による海底観察、5) スミスマッキンタイヤーによる表層堆積物採取、6) バイブルコアリングによる柱状底質試料採取ならびに7) 現地被害状況の聞き取り等を行った。これにより海底地形特徴、表層堆積物特徴および分布、柱状地質試料特徴を明らかにした。

海底地形の特徴：越喜来湾・唐丹湾の水深10-20m付近に凹凸(比高20-50cm)状地形が散在し、SBPでは下位層を削り込む記録が見られた。各湾とも瓦礫の分布は、この水深以浅に多いことが記録から読み取れる。さらに現地聞き取り(ビデオ映像)情報ともあわせ、これら地形的特徴は津波引き波時により形成された浸食痕であることが推定された。

表層堆積物：SBPの観測において各湾において良好な記録を得ることに成功した。広田湾においては表層下20-50cm付近に特徴的な反射面が、水深40m付近まで確認された。唐丹・越喜来湾では表層20-100cm付近に明瞭な反射面が水深50m付近まで分布しているのが確認された。いずれの湾においてもこれら反射面に挟まれた層は側方変化が激しいのが特徴である。

柱状地質試料：いずれの湾も水深40m付近まで表層10cmに級化構造の明瞭な砂質堆積物がさらに部分的と思われるが表層10cm直下に木片を挟む層が分布している。そのため重力式柱状試料を採取するのが困難であり、バイブルコアリングを実施した。広田湾では合計6地点最大約2m、唐丹湾で6地点最大約1mの柱状試料を採取することに成功した。各湾とも、表層第一層(0-10cm付近)は級化構造の明瞭な中粒から細粒砂から構成されているが、第二層(10cm以深)は谷軸部と谷端部では、岩相が異なっている。特に谷軸部の試料中では、第二層下部(貝破片や木片を含む粗粒堆積物)が下位層を削り込みながら堆積しているのが確認され乱泥流堆積物の特徴を呈している。これら第二層より上部の堆積物は、津波起源の堆積物であると推定される。広田湾で採取した2mコアでは、第二層下には第三層として塊状のシルトから細粒砂が約1m存在しているが、最下層(第4層:140cmから210cm)には級化構造の発達した砂層が再度観察された。年代測定が待たれるが、この最下層は3.11以前のイベント堆積物の可能性も示唆される。

キーワード: 津波起源堆積物, 三陸沿岸

Keywords: Tsunami origin sediment, Sanriku coast

仙台湾陸棚堆積物への津波の影響

Influence of the 2011 Tohoku tsunami to the surface sediments on the Sendai shelf

池原 研^{1*}

Ken Ikehara^{1*}

¹ 産業技術総合研究所地質情報研究部門

¹ Geological Survey of Japan, AIST

2011年東北地方太平洋沖地震による津波が仙台湾陸棚の海底にどのような影響を与えたかを把握するため、仙台湾内側・中部陸棚において表層堆積物の採取を行った。地震前のデータと比較すると、数地点で最表層に泥の堆積が起こっていることがわかった。津波により巻き上げられて再懸濁した陸棚の泥質堆積物が堆積したものと推定される。一方、中部から南部中部陸棚に分布する砂質堆積物では粒径や堆積構造に顕著な違いは認められなかった。現時点では、津波の影響は泥質堆積物の再懸濁とその堆積がもっとも顕著であると考えられる。仙台湾外側陸棚の堆積物には、地震・津波後に泥質タービダイトの形成が認められているので、陸棚域の泥の巻き上げで形成された泥水の一部は混濁流を形成し、沖合方向に移動したと考えられる。

キーワード: 津波, 海底堆積物, 仙台湾, 陸棚, 2011年東北地方太平洋沖地震津波

Keywords: tsunami, surface sediment, Sendai Bay, shelf, 2011 Tohoku earthquake tsunami

底生有孔虫からみた, 2011年東北地方太平洋沖地震の海底における地震性/津波堆積物の起源

Origin of submarine event deposits by the 2011 Tohoku earthquake and tsunami: from benthic foraminiferal assemblages

宇佐見 和子^{1*}, 池原 研¹, ジェンキンス ロバート², 芦 寿一郎³

Kazuko Usami^{1*}, Ken Ikehara¹, Robert Jenkins², Juichiro Ashi³

¹ 産業技術総合研究所地質情報研究部門, ² 金沢大学, ³ 東京大学大気海洋研究所

¹ Geological Survey of Japan, AIST, ² Kanazawa University, ³ Atmosphere and Ocean Research Institute, University of Tokyo

Tsunami by the 2011 off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake brought significant damage along the northeastern Japan coast. We conducted a marine survey cruise (KT-11-17) to clarify the influence of earthquake/tsunami to sea bottom environments, off Sanriku, northeastern Japan, July-August, 2011. As the results, we found the 2011 earthquake- and/or tsunami-induced turbidites at 13 sites from outer shelf to trench slope off Sanriku. At two sites from slope (893 m and 1446 m in water depth), the turbidites have sharp erosional bases, and upward-fining graded structures started from very fine sand-coarse silt.

The surface layer of the turbidite mud at the shallower site (893 m) includes the major foraminiferal species in the outer shelf (*Uvigerinella glabra* and *Elphidium clavatum*). The possibility of inflow from outer shelf to the site by earthquake- and/or tsunami-induced turbidity currents is inferred from the benthic foraminiferal assemblages. The Basal sands of the turbidite at the deeper site (1446 m) include abundant *Takayanagia delicata*; and the turbidite mud include abundant *Stainforthia apertura*. Both species are reported by previous studies on living benthic foraminifera off Sendai as dominant species in water depth 550 m - 900 m. It is suggested that the sediment was transported from several-hundred meters shallower water depth than the site.

キーワード: イベント堆積物, 地震, 津波, タービダイト, 海底堆積物, 有孔虫

Keywords: event deposit, earthquake, tsunami, turbidite, marine sediment, foraminifera

沖積層における津波堆積物の高い寄与率：宮古市真崎海岸の例

High contribution ratio of tsunami deposits for alluvium in the Masaki coast, northern Japan

高清水 康博^{1*}, 卜部 厚志¹, 平川 一臣²

Yasuhiro Takashimizu^{1*}, Atsushi Urabe¹, Kazuomi Hirakawa²

¹ 新潟大学, ² 北海道大学

¹Niigata University, ²Hokkaido University

岩手県宮古市真崎の2つ地点の沖積堆積物中から複数の巨大津波による堆積物を確認した。

地点1：2011年（平成23年）東北地方太平洋沖地震による津波（以下、3・11津波）によって海食崖に新しく現れた露頭である。この露頭の上面標高は約16.3mで、厚さ約4.5mの小規模沖積谷の埋積物からなる。3・11津波は、この海食崖の真北側の海岸から南方へ続く斜面を駆け上がり、この海食崖の露頭を侵食し、真南側の海岸へ流れ込んだ。この沖積谷埋積物は、角礫～亜角礫を主体とする中～大礫層と、有機質中粒砂～中礫の互層からなる。また厚さ約7cmの十和田中掬テフラ（約6,000年前）が挟在する。このテフラ上位には少なくとも5層の礫層が認められ、同じく下位には少なくとも3層の礫層が観察された。これらの8層の礫層は（1）現地地形条件から普段はこの海食崖上に粗粒な礫層が供給されることはないと考えられること（2）3・11津波も実際にこの地点まで到達していること（3）およそ千数百年に1回の頻度のイベント堆積物であること、および（4）稀に礫層内から海浜で形成されたと考えられる円磨礫を含むことから、巨大津波による堆積物と解釈した。

地点2：3・11津波によって浸水した沖積斜面上に作られた道路沿いに現れた露頭である。露頭上面の標高は約12.3mで、厚さ約4mの沖積斜面堆積物からなる。8層の粗粒砂～大礫層と有機質砂層および有機質礫層の互層からなる。テフラは認められなかった。最上部の地表面上には3・11津波による礫層が散在する。砂礫層は2つのユニットに区分することができた。1つは、基質支持の細中礫混じり粗粒砂～細礫層で高い円磨度（0.7-0.8）を示した。この堆積物は現世の真崎の海浜を構成している砕屑物の特徴と類似していた。もう一つのユニットは、礫支持の粗中礫で円磨度は低い（0.2-0.3）。この堆積物は3・11津波によって表土を侵食されて露出した風化した基盤の砕屑物に似ていた。すなわち、これら8層の砂礫層は（1）現地地形条件から普段はこの沖積斜面上に粗粒な礫層が供給されることはないと考えられること（2）3・11津波も実際にこの地点まで到達していること、および（3）認められたユニットが海浜由来の砕屑物と丘陵を構成する基盤岩由来の砕屑物の両者から構成されることから、巨大津波による堆積物と解釈した。

これらの2地点で認定した津波堆積物と津波間堆積物の厚さから、沖積層中の津波堆積物の寄与率を算出したところ、少なく見積もっても地点1では約62%、地点2では約73%となった。

つまり、地形と巨大津波再来間隔の条件が上手く揃えば沖積層の形成に津波堆積物が高い寄与率を持つことを示している。

キーワード: 津波堆積物, 沖積層

Keywords: tsunami deposits, alluvium

Magnetic anisotropies for tsunami deposits: Application to the 3.11 Magnetic anisotropies for tsunami deposits: Application to the 3.11

昆 周作^{1*}, 中村 教博¹, 後藤 和久², 菅原 大助², Catherine Chague-Goff³, 飯嶋 耕崇¹, Jamaes Goff³

Shusaku Kon^{1*}, Norihiro Nakamura¹, Kazuhisa Goto², Daisuke Sugawara², Catherine Chague-Goff³, Yasutaka Iijima¹, Jamaes Goff³

¹ 東北大学理学研究科地学専攻, ² 東北大学災害科学国際研究所, ³ Environmental and Earth Sciences, University of New South Wales

¹ Graduate School of Science, Tohoku University, ² International Research Institute of Disaster Science (IRIDEs), Tohoku University, ³ Environmental and Earth Sciences, University of New South Wales

Tsunami deposits consist of well-sorted fine sand intercalating with non-marine black organic mud. It is difficult to reveal a transport direction of the deposit if the deposit showed no sedimentary fabrics, such as ripples. The proxy of anisotropy of magnetic susceptibility (AMS) appears to be a promising tool for the study of flow fabrics in recent-tsunami deposits such as Sumatra tsunami (Wassmer et al. 2010). The AMS fabric might allow us to reconstruct transport directions of unconsolidated tsunami sediments during emplacement because AMS provides a cryptic alignment of ferromagnetic and paramagnetic minerals. Such cryptic minerals, such as magnetite or phyllosilicate minerals, would behave as a different emplacement mode in a different hydrodynamic condition. In the AMS fabrics of volcanic rocks, there are large discrepancies between the magnetic lineation and the framework-forming silicate linear fabric. This suggests that the uncorroborated use of bulk AMS to detect flow fabric in tsunami deposits has risks. In this article, we show that the anisotropy of anhysteretic remanent magnetization (AARM) may resolve the difficulties. The combination of inundation eye-witness, SEM, AMS, and AARM confirms the flow pattern of recent- and paleo-tsunami deposits from the geoslicer sampling at Rikuzen-Takata city, Japan during 2011, 11th March Tohoku tsunami. We determined if the sandy deposits are of tsunami from these magnetic anisotropies.

キーワード: 津波堆積物, 古地磁気, 帯磁率異方性, 非履歴性残留磁化

Keywords: tsunami deposits, paleomagnetism, anisotropy of magnetic susceptibility, anisotropy of anhysteretic remanent magnetization

Sedimentary features of the 2011 Tohoku-Oki tsunami on coastal lowland behind a lagoon in Matsukawaura, Fukushima
Sedimentary features of the 2011 Tohoku-Oki tsunami on coastal lowland behind a lagoon in Matsukawaura, Fukushima

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

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

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

In this paper we describe the sedimentary characteristics of the 2011 Tohoku ? Oki tsunami deposit in Matsukawaura, Fukushima Prefecture, Japan. Matsukawaura is paddy field lowland with a 1.5 km wide of semi-enclosed lagoon. This study area provides opportunity to examine the effects of lagoon for tsunami deposition on the coastal lowland behind a lagoon. Total of eleven sites along a transect were examined and sampled for thickness, and sedimentary analysis (grain size, mineralogy and foraminifera analysis). Thickness of the deposits is ranging from 8 to 26 cm and showing a fining landward trend. The deposits are mainly composed of well sorted to poorly sorted of coarse to very fine sand which covered by mud layer. Medium to fine sand dominated the deposits and is nearly similar with lagoon grain size. The foraminiferal assemblages in the tsunami deposit dominated by lagoonal ? intertidal species (*Elphidium Matsukawauraense*, *Ammonia tepida*, and *Rotalia beccarii*). The mineral composition of the tsunami and lagoon deposits was almost similar, with only the percentage of each mineral differing between types of deposits. Based on the sedimentary structure, settling out of sediment from suspension was the dominant process of deposition. Our observations and analyses suggest that lagoon was the main source of the deposits. Our results indicating that the depositional characteristics of the 2011 Tohoku-Oki tsunami appeared to have been affected mainly by local effect. The findings of our study are of considerable importance in interpreting paleotsunamis in coastal lowland behind lagoon.

キーワード: the 2011 Tohoku-Oki tsunami deposit, Matsukawaura, Lagoon, Grain size, Mineralogy, Foraminifera

Keywords: the 2011 Tohoku-Oki tsunami deposit, Matsukawaura, Lagoon, Grain size, Mineralogy, Foraminifera

高精度粒度組成・粒子形状分析による津波堆積物の同定

Measurement of precise grain size and morphological characteristics of tsunami sand particles

中村 有吾^{1*}, 西村 裕一¹

Yugo Nakamura^{1*}, Yuichi Nishimura¹

¹ 北海道大学・地震火山研究観測センター

¹ ISV, Hokkaido University

2011年津波堆積物の粒子形状および高精度粒度分析を、乾式粒子画像分析装置(モフォロギ G3S, マルバーン社製)を用いておこなった。津波堆積物および海岸砂丘堆積物, 古砂丘堆積物, 海浜堆積物を, 青森県三沢海岸で採取した。採取したサンプルについて 1/32 φ 精度での粒度分析をおこなった結果, 津波堆積物は海岸砂丘堆積物よりも有意に細粒であった。また, 津波堆積物と異なり, その下位の土壌層(古砂丘堆積物)にはシルト・粘土が含まれることが明らかになった。粒子形状(円形度, アスペクト比など)についてみると, 津波堆積物と海岸砂丘堆積物とは異なる。粒径および粒子形状の精密測定によって, 津波堆積物の供給源推定が可能になるだけでなく, 土壌中の津波堆積物の認定・対比が容易になるだろう。

キーワード: 津波堆積物, 高精度粒度組成, 粒子形状, モフォロギ G3S, 2011 年津波堆積物

Keywords: Tsunami deposit, Precise grain size analysis, Morphological characteristics, Morphologi G3S, 2011 Tohoku-oki tsunami deposits

東南海地域における約 4,000 年間の津波記録と南海トラフにおける古地震研究の今後の課題

Paleo-tsunami records in Tonankai area and future issues of paleoseismological studies along the Nankai Trough

藤野 滋弘^{1*}

Shigehiro Fujino^{1*}

¹ 筑波大学生命環境系

¹ Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba

ある地域で発生する地震と津波の規模の多様性を知るには過去数百年程度の記録では十分でなく、地層に残された記録を読み解く必要がある。このことは 2011 年東北地方太平洋沖地震以降広く認知されるようになった。以前から南海トラフでの海溝型地震については非常に多くの研究がなされてきたが、より長い時間軸の中で規模の多様性や発生間隔を理解することは一層重要になったと言えるだろう。

地層に残された痕跡から過去数千年間の津波履歴を明らかにすることを目的に三重県志摩市の塩性湿地において計 27 地点ハンドコアラーやボーリングによる掘削調査を行った。その結果約 4500 年前から約 500 年前の堆積物中に少なくとも 9 層の津波堆積物と考えられる砂層が見つかった。これらの砂層は多くの場合層厚数 cm で有孔虫や二枚貝、巻貝などの海棲生物の遺骸を多く含む。また津波堆積物によく見られる sub-layer 構造や同時侵食礫が観察されるものもあった。顕微鏡下で選定された試料による放射性炭素年代測定の結果、それらの内上位の 3 層はそれぞれ白鳳地震津波 (684 年)、嘉保地震津波 (1096 年)、明応地震津波 (1498 年) によってできた可能性が高いことが分かった。本研究の調査地は安政東海地震津波 (1854 年) によって浸水し砂が地表を覆ったことが史料に記録されている。一方、昭和南海地震津波 (1946 年) やチリ地震津波 (1960 年) の本調査地における波高はそれぞれ 1.0 m, 1.5 m でしかなく調査地点と海を隔てる砂州の高さよりも低い。したがって本調査で見つかった古津波堆積物は南海地域で発生した津波や遠地津波ではなく、東南海地域で発生した津波によって残されたものと推測される。

白鳳地震については東南海地域での津波を示す史料は見つかっていない。しかし遺跡に残された液状化痕の研究から白鳳地震が東南海・東海地域まで及んでいたことが示唆されており、本研究の結果はこれを支持する。一方、南海地域で発生したことが知られている仁和地震 (887 年) や正平 (康安) 地震 (1361 年) の破壊が東南海地域に及んでいるかどうかについては議論が続いているが、本研究ではこれらの地震と年代が一致する津波堆積物は見つからなかった。

今後、南海トラフにおいて過去に発生した地震の破壊域の広がりを知るために詳細な年代測定に基づく地層記録の地域間対比が重要になるだろう。また海岸段丘の研究から南海トラフでは地震イベントごとに隆起のパターン違うことが分かっているが、古生物学的、地球化学的手法を用いて多くの地域で古津波イベントに前後した隆起・沈降を調べることは地殻変動の多様性をより詳細に明らかにしてくれるだろう。

キーワード: 津波堆積物, 南海トラフ, 東南海地域

Keywords: tsunami deposit, Nankai Trough, Tonankai area

津波堆積物の分布から推定できる断層パラメーターとその感度 Estimation and sensitivity of fault parameters from distribution of tsunami deposit

行谷 佑一^{1*}, 佐竹 健治²

Yuichi Namegaya^{1*}, Kenji Satake²

¹産総研 活断層・地震研究センター, ²東京大学地震研究所

¹AFERC, GSJ, AIST, ²ERI, Univ. Tokyo

津波堆積物の分布とコンピュータシミュレーションによる津波浸水域とを比較することは、その堆積物をもたらした地震の断層モデルを構築する上で有効な手段である。たとえば Sawai et al. (2012, GRL) は西暦 869 年貞観地震について 14 種類の断層モデルから津波浸水計算を行い、宮城県石巻平野や仙台平野、福島県小高地区に残る津波堆積物の分布と比較した。この 14 種類の断層モデルには、昭和三陸地震津波に代表される海溝軸外側の正断層地震や、明治三陸地震津波に代表される海溝軸浅部の津波地震、仙台湾内の活断層による地震、およびプレート境界地震が含まれる。この結果、プレート境界地震で断層の長さ 200 km、幅 100 km、およびすべり量 7 m 以上 (Mw8.4 以上) のときに津波堆積物の分布を覆う浸水が再現できることを示した。

一方、Nanayama et al. (2003, Nature) は北海道太平洋沿岸において津波堆積物の調査を行い、千島海溝沿いにおいて平均約 500 年間で巨大な津波が発生したことを示した。直近で発生したと考えられる 17 世紀の地震の断層モデルについて、Satake et al. (2008, EPS) は海溝軸から深さ 85 km までが破壊したとした "Giant fault model" や海溝軸付近で発生した津波地震モデル、およびプレート境界地震モデルを検討した結果、断層の長さ 300 km、幅 100 km、すべり量 5 m (北部) および 10 m (南部) (Mw8.5) のときに津波堆積物の位置まで浸水することを示した。

ところで、断層の長さやすべり量を推定するためには、これらの量を変化させた時に浸水範囲がどのように変化するかを検討することも望ましい。本研究では、貞観地震を例に 4 種類の断層の長さ (100 km, 200 km, 300 km, および 400 km)、および 3 種類の均一なすべり量 (6 m, 9 m, および 12 m) を与え、浸水距離がどのように変化するかを調べた。断層幅は 100 km と固定し、断層上端の深さは 15 km と 31 km の 2 種類を検討した (Uniform Slip Models)。またこの他に、2011 年東北地方太平洋沖地震のすべり量分布 (Satake et al., 2013, BSSA) を用いて、すべり量を保持しつつ断層の長さおよび幅を変えた場合に浸水範囲がどのように変化するかを調べた (Variable Slip Models)。津波堆積物の位置は、宮城県石巻平野、仙台平野、および福島県小高地区については Sawai et al. (2012, GRL)、福島県請戸地区については今泉ほか (2010, 宮城県沖地震における重点的調査観測報告書) を用い、合計 10 測線で検討を行った。

この結果、Uniform Slip Models については断層の長さが 200 km、すべり量 9 m 以上のときに各測線の最奥津波堆積物の位置を越えて津波が浸水することがわかった。Variable Slip Models の場合も同様に、断層の長さが 200 km 以上のときに浸水範囲が津波堆積物を覆うことがわかった。一方で、断層の長さが 200 km を越える場合 (Uniform Slip Models の場合はこの条件に加えてすべり量 9 m 以上の場合) は仙台平野北部の 2 本の測線を除いて浸水距離がほとんど変化しなかった。この結果は次の 2 点のことを意味している。一点目は現状の津波堆積物の分布からは、より広範囲で津波堆積物が発見されない限り、断層の長さが 200 km 以上の何 km かは特定できないことである。二点目は浸水距離は飽和する、という点である。すなわち、浸水距離がほとんど変化しなかった測線の背後には高さ 10 m を超す高台が広がっているために、浸水距離が成長しない。

2011 年地震の津波堆積物の調査結果 (例えば Goto et al., 2011, Marine Geology; Abe et al., 2012; Sedimentary Geology; Sawai et al., 2012, GRL) によると、最奥の津波堆積物の位置よりも津波はさらに奥まで浸水したことが指摘されている。この関係を用いれば貞観地震の規模を正しく推定できることが期待されるが、上述の通り浸水距離が飽和する問題があることから、単純に一律な値を適用することはできない。

キーワード: 津波堆積物, 断層モデル, 貞観地震, 津波計算, 浸水距離

Keywords: tsunami deposit, fault model, the AD 869 Jogan earthquake, tsunami computation, inundation distance

ロシア、沿海州における津波堆積物調査（序報）

Paleotsunami investigations in the Primorye region, Russia, for assessing tsunami hazards around the Sea of Japan

西村 裕一^{1*}, ナディア ラジガエバ², ラリーサ ガンゼイ², キリル ガンゼイ², ビクター カイストレンコ², 中村有吾¹

Yuichi Nishimura^{1*}, Nadia Razjigaeva², Larisa Ganzei², Kirill Ganzei², Victor Kaystrenko², Yugo Nakamura¹

¹ 北海道大学地震火山センター, ² ロシア科学アカデミー極東支部

¹Institute of Seismology and Volcanology, Hokkaido University, ²Far Eastern Branch, Russian Academy of Science

1983 年日本海中部地震, 1993 年北海道南西沖地震, 1940 年積丹沖地震の発生を見てわかる通り, 日本海東縁部では津波による被害が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録した古文書記録は少ない。しかしながら, 日本海沿岸には原子力発電所等の施設もあり, 将来の津波リスクを評価する必要性は高まっている。そこで重要なのは津波堆積物の調査であるが, 北海道日本海側では上記津波の痕跡がほとんど残されていないことから推測できるように, 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 2012 年にかけて, 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てきた。この調査は 2013 年以降も継続する予定であるが, ここでは結果の一部を紹介する。1900 年代の津波は, 沿海州では 3m から 5m の高さであり, 沿岸で被害があったことも記録されている。これらの近年の津波によると思われる堆積物は, 手つかずの自然が広がる沿海州の沿岸湿地に砂層として検出される。また, ウラジオストックの北にあるキットベイでは, 10 世紀に降下した B-Tm テフラが見つかり, その下位にも 2 層の砂層が検出された。これらが津波堆積物だとすると, 津波は日本海東縁部を震源とする地震で起きたものである可能性が高く, 20 世紀の被害地震を超える規模の津波が日本海で繰り返し起きていたことを示す物証が見つかったことになる。今後はさらに調査を進め, こうした津波堆積物候補の砂層の分布や年代を決定し, 津波履歴を明らかにしていきたい。

キーワード: 津波, 古津波, 津波堆積物, 日本海, 沿海州

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

日本海東縁，北海道南西沖，奥尻島の沖積低地で認められた複数の津波堆積物 Late Holocene record of tsunami events from coastal wetlands, Okushiri Island, off south-western Hokkaido

仁科 健二^{1*}，川上 源太郎¹，嵯峨山 積¹，高橋 良¹，渡邊 達也¹，奥水 健一¹，平川 一臣²

Kenji Nishina^{1*}，Gentaro Kawakami¹，Tsumoru Sagayama¹，Ryo Takahashi¹，WATANABE, Tatsuya¹，KOSHIMIZU, Ken'ichi¹，Kazuomi Hirakawa²

¹ 北海道立総合研究機構 地質研究所，² 北海道大学

¹Geological Survey of Hokkaido, Hokkaido Research Organization, ²Hokkaido University

北海道の奥尻島では1993年北海道南西沖地震，1983年日本海中部津波などの日本海東縁変動帯を震源とする津波被害が生じている．北海道の日本海沿岸におけるこのような局所的な大津波の歴史記録は太平洋側に比べて非常に少なく，1741年渡島大島山体崩壊に由来する津波による被害の記録が最も古い記録である．同島周辺における堆積物記録による津波履歴は，段丘堆積物（川上ほか，2012；平川ほか，2012）や，奥尻トラフのタービダイト（池原，2000）から地震津波の存在が示唆されている．しかし，段丘堆積物では規模の大きな津波履歴を記録しているものの，堆積速度が小さく，年代値の分解能が低い．また海域堆積物ではレザパー効果や炭酸塩の溶解によって炭素年代値の適用に限界がある．本研究では奥尻島の沖積低地において堆積物を調査し，津波堆積を認定するとともに，その年代値を報告し，既知の津波イベントとの対比を検討した．

調査は奥尻島の南東岸の沖積低地（初松前低地，ワサビヤチ川低地）および低地前面の砂丘でおこなった．調査地点の標高は初松前低地，ワサビヤチ川低地で，それぞれ約6 m，5 mである．ともに低地と海との境界には一部で高さ10 mを越える砂丘が存在している．これらの低地において，ピートサンプラーおよびハンディジオスライサーによって地層を抜き取り観察した．一部の抜き取った試料をラボに持ち帰り軟エックス線写真撮影，放射性炭素年代測定，珪藻分析，帯磁率，粒度分析，および抽出水のEC・pH測定をおこなった．

堆積物の特徴とイベント砂層：低地の堆積物は未分解の泥炭が主体で，2層準に火山灰層（上位：駒ヶ岳d(1640AD)，下位：B-Tm(929AD，上手ほか2010))および，複数の砂層（初松前低地：3層準；ワサビヤチ川低地：5層準）を挟在する．砂丘では上位の火山灰層と，その上位に1層準の，下位に2層準の細礫が散在・配列する層準を確認した．低地の最上部はともに耕作のため擾乱されていた．認められた砂層（最大2-13 cm）は陸側に向かって薄層化し消滅する分布を示した．砂層の多くは内部構造が確認できないが，一部に上方細粒化し，砂層上位に泥層の薄層が接する層準や，下位の火山灰層や泥炭の碎片を含有する層準が存在する．また厚い砂層では軟エックス線画像によって弱い平行ラミナが確認された．乾燥かさ密度および帯磁率の鉛直プロファイルのアノマリの層準は砂層層準と一致し，さらに肉眼で砂層が確認できなかった2層準にアノマリが存在した．EC・pH値の極地は砂層層準およびこれらのアノマリ層準に対応した．

津波堆積物の認定：2つの低地間の層序対比によって，泥炭中に挟在したイベント砂層は同時に形成されたと考えられ，さらに前面の砂丘中の礫層との同時性が推測された．低地の堆積物は砂層の直下で高いEC値を認め，直上で海成珪藻化石が含有したことから，海水の寄与が推察される．そして，イベント砂層は，砂丘を越えた津波堆積物の特徴（高清水ほか，2012）のうち，次の特徴を示した．陸側に薄層化，上方細粒化，マッドドレープを伴う，塊状ないし弱い平行葉理，侵食面によって下位と接し，リップアップクラストを伴う．これらのことから，奥尻島沖積低地で認めたイベント砂層は津波によって形成された砂層と判断した．また，帯磁率および抽出水EC・pH値に認められたアノマリは，より規模の小さな津波イベントに対応する可能性がある．

津波イベントの年代と対比：1993年北海道南西沖地震，1741年渡島大島山体崩壊に由来する津波イベントに相当する層準は乱されていて津波堆積物の在否は確認できなかった．認めた津波砂層の年代は11-13世紀，6-7世紀，約2,300年前頃，約2,600年ないし2,700年前頃，約3,100-3,300年前であった．これらのイベントは，奥尻島南部の段丘上の津波堆積物（平川ほか，2012）と，おおむね対比することができた．これらの津波イベントの発生間隔は約300年から1000年間隔であり，平均発生間隔は約650年と計算される．

日本海東縁変動帯の中であって震源に近い離島の沖積低地で得られた今回の津波イベント年代値は，北海道南西沖に隣接する震源域で生じた過去の津波イベントとの相互対比を進める上で有益な情報である．

キーワード: 津波堆積物, 日本海東縁, 沿岸低地, 対比

Keywords: tsunami deposit, eastern margin of Japan sea, coastal lowland, correlation

青森県太平洋岸における津波堆積物調査

Geological study on tsunami deposits in the Pacific coast of Aomori, northern Japan

谷川 晃一朗^{1*}, 澤井祐紀¹, 穴倉 正展¹, 藤原 治¹, 行谷 佑一¹

Koichiro Tanigawa^{1*}, Yuki Sawai¹, Masanobu Shishikura¹, Osamu Fujiwara¹, Yuichi Namegaya¹

¹ 産総研, 活断層・地震研究センター

¹ Geological Survey of Japan, AIST

青森県東通村, 六ヶ所村, 三沢市の海岸低地において掘削調査を行い, 静穏な環境下で堆積した泥炭層や泥層中に挟在するイベント砂層を検出した。これらの砂層の珪藻分析を行ったところ, 淡水生の珪藻に混じって海水から汽水生の珪藻が含まれるものがみられた。このことは, これらの砂層が海から運ばれたことを示唆している。

調査地の青森県太平洋岸の面する日本海溝北部は, 東北地方太平洋沖地震の破壊領域の北側にあたり, 次の巨大地震が発生するのではないかと懸念されている (Simons et al., 2011)。このことから, 青森県太平洋岸において過去に起こった地震・津波の履歴の解明が求められている。特に当地域については, 千島海溝と日本海溝との境界付近に面することから, これらの海溝沿いで知られている千島の500年間隔地震や1611年慶長三陸地震, 869年貞観地震といった過去の巨大地震の破壊領域の評価においても重要な地域である。なお, 東北地方太平洋沖地震の津波堆積物は六ヶ所村および三沢市の調査地点の海岸部に堆積していたが, 調査地点には達していない。

調査は海岸から2km以内に分布する4ヶ所の低湿地 (標高約3~8m) で行い, 海岸線とほぼ直行する測線にそって, ハンドコアラー, ハンディジオスライサー, オールコアボーリングを利用して最大7mまで掘削した。東通村では標高約1.5~3.5mの泥炭~泥層中に5つの砂層が確認された。これらの砂層は中粒砂~粗粒砂を主体とし, 石英を多く含んでいる。砂層の多くは, 下限が明瞭な地層境界, 上限が遷移的な境界となっており, 級化構造が発達するものもみられた。これらの砂層の直上と直下から採取した種および植物遺体のAMS年代測定から, 砂層はそれぞれ西暦1500年以降, 約4500年前, 約5000年前, 約5300年前, 約5800年前に堆積したと考えられる。

キーワード: 津波堆積物, 珪藻, 青森, 日本海溝, 千島海溝

Keywords: tsunami deposit, diatom, Aomori, Japan Trench, Kuril Trench

三浦半島江奈湾における過去4000年間の沿岸環境変動と関東地震による津波堆積物 Coastal paleo-environment changes and tsunami deposits from Kanto earthquakes in Ena bay, during the past 4000 years

千葉 崇^{1*}, 石辺 岳男², 佐竹 健治², 島崎 邦彦², 須貝 俊彦³, 西山 昭仁², 原田 智也², 今井 健太郎⁴, 行谷 佑一⁵, 上野俊洋⁶

Takashi Chiba^{1*}, Takeo Ishibe², Kenji Satake², Kunihiro Shimazaki², Toshihiko Sugai³, Akihito Nishiyama², Tomoya Harada², Kentaro Imai⁴, Yuichi Namegaya⁵, Toshihiro Ueno⁶

¹ 筑波大学生命環境系, ² 東京大学地震研究所, ³ 東京大学新領域創成科学研究科, ⁴ 東北大学災害科学国際研究所, ⁵ 産業技術総合研究所活断層・地震研究センター, ⁶ 気象庁

¹ Univ. of Tsukuba, ² Earthquake Res. Inst., Univ. of Tokyo, ³ Grad. Sch. of Frontier Sci., Univ. of Tokyo, ⁴ IRIDeS, Tohoku Univ.,

⁵ AFERC, AIST, ⁶ Japan Meteorological Agency

歴史記録の乏しい時代に発生した古地震の履歴を明らかにするためには、地質学的な検討が有効である。特に、沿岸堆積物中の微化石を用いて沿岸の古環境復元をすることから古地震を明らかにすることは、地震時あるいは地震間における環境変化についての知見を得ることができるため、地震の長期予測においても有効である。

大陸プレートとフィリピン海プレートの境界である相模トラフ沿いで起こるプレート間地震「大正型関東地震」の平均再来間隔は、200～400年と見積もられているが、1703年元禄関東地震以前の履歴については歴史記録からはいくつかの候補地震が挙げられているものの良く分かっていない。近年、三浦半島西岸の小網代湾干潟において過去の関東地震による津波堆積物が採取され、元禄関東地震の1つ前の関東地震が、1293年の地震であった可能性が指摘されている(Shimazaki et al., 2011)。また一方で、伊東市史研究から、1495年に伊東市に津波が打ち寄せた可能性が報告されている(金子, 2012)。しかしながら、関東地震及び発生する津波の規模、そしてその繰り返し間隔を詳細に明らかにするためには、未だデータが不足している。加えて、沿岸域の開発が進んでいる南関東地域では、古津波を検討するための試料を得られる地域は限られている。

以上の点を踏まえ、2009年5月、11月、2011年2月に三浦半島南岸に位置する江奈湾の塩生湿地～干潟において、ハンディジオスライサーを用いて堆積物試料を複数本採取した。本報告では、この中から特に5本の試料(ENA-2a, ENA-C, ENA-E, ENA-F, ENA-H)を対象として、珪藻分析、粒度分析、TOC/TN分析及び放射性炭素年代測定から、過去の関東地震によりもたらされた津波堆積物を認定し、その年代ならびに江奈湾における関東地震に伴う古水深変化の復元を試みた。また古水深の復元及び津波堆積物の認定に当たっては、江奈湾において現生珪藻と現世の沿岸堆積物を採取しそれらの分布と特徴を考慮した。

分析の結果、まずジオスライサー試料の岩相観察から、ENA-Fにおいて粗粒堆積物層が5層、ENA-IとENA-Eにおいて少なくとも4層、ENA-Cにおいて少なくとも3層確認された。また、より海側に位置するENA-2aからは6層の粗粒堆積物が確認された。これらの堆積物は、淘汰が悪く多くの貝化石の破片を含む。またこれらの層は級化構造や逆級化構造を持ち、堆積物下部の地層境界が明瞭である。さらにこれらの粗粒堆積物を掘削地点間で対比させたところ、江奈湾内に面的な分布をしていることが確認された。また、これらの層に含まれる珪藻化石は主に海生種から構成され、前後の層準よりも個体数及び破損していない個体の頻度が大きく低下した。こうした特徴は現世の沿岸域で形成されているビーチリッジやタイダルクリークの河床堆積物の特徴とも異なることから、ジオスライサー試料において認められた粗粒堆積物は、海域からの強い流れを伴うイベントによってもたらされた堆積物であると推定され、津波堆積物の可能性があると考えられた。よってこれらを津波堆積物として、上位からT1・T2・T3・T4・T5・T6とした。珪藻分析からは、海生底生種の産出頻度がこれらイベント堆積物の堆積前に徐々に減少し、堆積直後に増加する傾向が認められる。油壺験潮場における潮位記録から、三浦半島は大正関東地震によって1.4m程度隆起し、地震後に年間約3.7mmずつ沈降していることが認められている(国土地理院, 2010)。珪藻群集の変化はこの地殻変動に対応した江奈湾における古水深の変化を反映していると考えられる。以上の特徴から、イベント堆積物は過去の関東地震による津波堆積物であると結論付けられる。さらに、鉛-210法から求められた堆積速度及び放射性炭素年代値から、T1・T2・T3・T4・T5・T6はそれぞれ、1923年の大正関東地震による津波堆積物と、およそ2000年前、3000年前、3300年前、3700年前、4000年前に起こった関東地震に由来する津波堆積物と推定された。これらの年代は、房総半島で確認されている関東地震による離水地形の記録(宍倉, 2003)と調和する。一方、江奈湾には2000年前から1000年前の堆積物がほとんど残されていないことも明らかになった。

キーワード: 関東地震, 津波堆積物, 珪藻分析, 古水深, 江奈湾

Keywords: Kanto earthquake, Tsunami deposit, Diatom analysis, Paleosea depth, Ena bay

鎌倉市における津波堆積物調査 (中間報告) Tsunami deposit survey at Zaimokuza, Kamakura City, Japan (a progress report)

萬年 一剛^{1*}, 松島義章², 金 幸隆¹, 松尾宣方³, 捧一夫⁴

Kazutaka Mannen^{1*}, Yoshiaki Matsushima², Haeng Yoong Kim¹, Norikata Matsuo³, Kazuo Sasage⁴

¹ 神奈川県温泉地学研究所, ² 神奈川県立生命の星・地球博物館, ³ 鎌倉考古学研究所, ⁴ 株式会社パスコ

¹ Hot Springs Research Institute of Kanagawa Prefecture, ² Kanagawa Prefectural Museum of Natural History, ³ Kamakura Archaeological Institute, ⁴ PASCO Corporation

鎌倉市には、歴史時代に何回か津波が来襲したことが知られている。神奈川県では津波の来襲周期や浸水域を明らかにするため、2011年度から鎌倉市内において津波堆積物の検出を目的とした掘削による地質調査を実施している。2012年度は滑川左岸の低地である同市材木座地域の4箇所、10本の掘削を実施した。材木座地域は、浜堤のすぐ内陸側の低地帯であり、大正時代まで湿地が存続していた。こうした地形的特徴は、遡上してきた津波を一定時間トラップして、津波堆積物を形成することが期待できるため、津波堆積物調査の好適地と言える。掘削試料は解析中であるが、同地の地質について一定の知見が得られつつあるので、中間報告を行う。

掘削地点は市立材木座保育園(Z)、私立鎌倉いずみ幼稚園(I)、ひるがお公園(H)、および材木座5丁目2番地の民地(S)である。掘削深度は原則5m、一部6mであった。地質はどの地点も概ね共通していた。以下、下位から順に述べる。

現在の海面前後(標高0.3~0.8m)から下位は、青灰色を呈するシルト質細砂~極細粒砂よりなる。この層を仮にユニットAとよぶ。この層にはサギガイやヒメカノコサリ、カニモリなど沿岸の潮間帯上部から水深20mに生息する沿岸砂底群集の貝を産する。堆積環境は、層相や産出する貝の種類から見て、現在の由比ヶ浜海岸よりも奥行きのある地形的環境であった可能性が高い。

その上位には礫層、砂層、シルト混じり砂層などからなる一連の地層が0.6~2.0m程度の厚さで覆う。これらを一括して仮にユニットBと呼ぶ。ユニットBに含まれる礫の岩種は返子層の泥岩、およびかわらけ片が円磨されたものからなり、大きさは6phiより小さい。円礫であるが、扁平では無く河口域の礫と考えられる。12世紀末以降、鎌倉の都市開発が進むにつれて周辺の山の斜面造成が広範囲で行われ大量に発生した返子層の泥岩は、低湿地を埋めるために平野部に運ばれて都市域が形成された。このため礫は、滑川等の河川上流の都市域から、かわらけや常滑などの大量の生活廃棄物とともにもたらされたものが多いのであろう。

ユニットB中の砂やシルトの層には葉を主体とする植物遺体や炭化木片が濃集する場合がある。S地点の標高-56cmおよび-16cmで得られた堅果類の殻の炭素同位体比年代測定を実施したところ、それぞれ 230 ± 30 yrBP、 200 ± 30 yrBPが得られた。これらの較正年代から砂泥層の形成時期は17世紀中頃または18世紀後半の江戸時代に比定される。一方、これらに含まれるかわらけや常滑焼の破片で、推定し得る年代幅は14世紀前半から15世紀初頭の範囲であり、江戸時代には達しない。これは、現在でも材木座海岸に多くの中世遺物が散布するように、リワークでもたらされる中世の遺物が江戸期の堆積層に数多く混入するためであろう。

さらにその上位はほとんどの地点で泥岩の埋め土が地表近くまである。これは大正期に極楽寺坂の切り通しを掘り下げたときなどに生じた土砂を運び入れ、湿地を宅地開発した時の地層であるとみられる。なお、S地点ではこの地層が無く、代わりに浜堤の砂が厚さ3m以上にわたって堆積している。この地点は滑川河口近くにあるが、以上の結果から同地の浜堤は江戸時代中頃以降に形成されたものと結論できる。

以上をまとめると、材木座地域は内湾的なシルト混じり砂が堆積する環境(ユニットA)から、湖沼的、ある程度河川の影響を受けた湿地となった後(ユニットB)、人為的な埋土や浜堤の発達によりこれが埋められ、現在に至ったという地史が大まかに読み取れる。ユニットAからBに移行する時期は良くわからないが、ユニットBの下限近くでもかわらけや常滑焼の破片が含まれることから、中世かそれより前と言うことになる。

津波や高潮などのイベント堆積物は、静穏な堆積環境が長期にわたって続いた結果形成された細粒のシルトや泥層の中に、砂や礫が供給されたものとして認識されるケースが一般的である。鎌倉市材木座は、地形的特徴からはイベント堆積物の検出に適地と考えられたが、本掘削の結果、河川の影響を受けていることや、堆積期間が鎌倉期から大正初期と700年程度しかないなど、予想に反して条件的に不利であることが判明した。

しかし、一部に通常堆積物とは言い切れない地層もある。現在、年代測定の点を増やすとともに、堆積環境の指標となる珪藻や有孔虫の分析を進めている。講演ではこれらのデータも紹介し、イベント堆積物の有無や、材木座地域の離水時期などについても議論する。

キーワード: 鎌倉, 材木座, 地形発達, 津波, 湿地

Keywords: Kamakura, Zaimokuza, topographic development, Tsunami, wetland

静岡県伊豆半島南部の海岸低地における津波堆積物の調査 (速報)

Preliminary study for evidence of tsunami deposits from Holocene sediments in the southern of the Izu Peninsula

北村 晃寿^{1*}, 板坂 孝司², 小倉 一輝¹, 斉藤 亜妃¹, 大橋 陽子¹, 内田 絢也¹

Akihisa Kitamura^{1*}, Koji Itasaka², Kazuki Ogura¹, Aki Saito¹, Yoko Ohashi¹, Jyunya Uchida¹

¹ 静岡大学理学部地球科学科, ² 静岡県危機管理部危機政策課

¹Institute of Geosciences, Shizuoka University, ²Shizuoka Prefecture Emergency Management Department, Emergency Management Strategic Division

東北地方太平洋沖地震により、我国の地震・津波対策は「想定外のない想定」という方針に変わり、南海トラフで起こる巨大地震の震源域・波源域の面積を従来の約2倍とし、最大地震はマグニチュード9とした。そして、2012年の3月に津波の高さの最大予測が公表され、静岡県下田市周辺は25.3mという値が公表され、8月の発表では33mに引き上げられた。この状況を鑑みて、2012年4月より、静岡大学と静岡県と合同で、下田市・南伊豆町周辺の津波堆積物の調査を開始した。これまでに静岡県南伊豆町の1か所の露頭(標高3.0m, 海岸から1.7km)の調査を行うとともに、同町の4箇所(標高3.9~5.7m, 海岸から0.6km), 下田市下田税務署(標高3.3m, 海岸から0.7km), 下田市白浜海岸の砂丘背後の低地の3箇所(標高2.5~3.2m, 海岸から0.4km)で掘削した堆積物コアを分析した。

南伊豆町の最も海側の地点(標高3.9m・海岸から0.6km)では、標高0.6~3.9mの地層は浜堤堆積物からなり、堆積年代は約4,800年前以降である。この地層にはイベント層は検出されなかった。下田市下田税務署では、その標高-4.1~3.3mの地層は河川及び後背湿地堆積物と解釈され、そこには少なくとも1枚のイベント層(層厚10cm, 標高1.7m)が見られる。このイベント層は中粒砂から細粒砂からなり、基底は明瞭な浸食面であり、級化しているが、津波堆積物か否かは現時点では不明である。下田市白浜海岸の砂丘背後の低地では標高-6mまで掘削したが、すべて陸成層であり、主に後背湿地堆積物からなる。同低地の地点1の標高-4.7mと-1.3mの層から得た14C年代は約7,700年前と約6,800年前を示す。標高-1.3m~+2.5mまでの粘土層からは3枚の層厚2cmの極細粒砂層が見つかったが、津波堆積物か否かは現時点では不明である。

2011年の東北地方太平洋沖地震に伴う巨大津波は、仙台平野沿岸低地での浸水深(flow height)は11mに達し、海岸から約4kmの標高約2mの地点まで砂質堆積物をもたらした(Goto et al., 2011)。これらの堆積物の主な供給源は海浜、浜堤、低地の土壌である(Goto et al., 2011; Jagodzinski et al., 2011; Pilarczyk et al., 2011; Szczucinski et al., 2011)。また、東北地方太平洋沖地震に匹敵すると考えられている西暦869年の貞観津波の堆積物は、当時の海岸線から3kmの標高2mまで分布している(Sugawara et al., 2012)。これらの巨大津波の津波堆積物の分布を参考にすると、25mを超える巨大津波ならば南伊豆町の最も海側の地点や白浜海岸背後の地点に津波堆積物をもたらした可能性は高い。この仮定に立てば、本調査の結果は、過去数千年間にわたって、伊豆半島南部に25mを超える巨大津波が襲来したことを示唆しない。

キーワード: 静岡県伊豆半島南部, 海岸低地, 津波堆積物, 完新統

Keywords: tsunami deposits, Holocene, southern of the Izu Peninsula

静岡県清水平野の津波堆積物

Tsunami deposits from Shimizu Plain, Shizuoka Prefecture

小林 小夏^{1*}, 北村 晃寿¹

Konatsu Kobayashi^{1*}, Akihisa Kitamura¹

¹ 静岡大学

¹ Shizuoka University

東北地方太平洋沖地震の発生を踏まえて、内閣府の中央防災会議に設置された「東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会」では、2011年9月28日に、古文書等の分析、津波堆積物調査、海岸地形等の調査などの科学的知見に基づき、最大クラスの巨大な地震・津波を設定することが示された。

静岡県清水平野は、駿河湾北西部に位置し、北側の庵原山地と南西側の有度丘陵に挟まれた東西に延びる平野で、標高5m以下の低地が内陸3~4kmまで分布する。同平野沿岸は、西暦1707年の宝永地震や西暦1854年の安政東海地震に伴う津波の被害を受けており、津波の波高は6mに達したと推定されている。また、安政東海地震の際には地盤が1.5~2m隆起したという記録が残されている(羽鳥(1977))。しかしながら、同平野における津波の履歴は遡っても西暦1498年の明応地震の津波までで、それ以前の津波に関する情報はなく、津波堆積物の調査も皆無である。そこで、本研究では、清水平野の沿岸部の11地点でボーリングコアを掘削して、層相・貝化石の記載、粒度分析、¹⁴C年代測定、珪藻群集解析を行い、以下の知見を得た。

1. 調査地域の完新統の層相は下部砂層、中部泥層、上部砂層、最上部砂層に分けられる。下部砂層から上部砂層までは、水深40m以浅の内湾堆積物で、砂層はデルタフロントの堆積物、泥層はプロデルタの堆積物と解釈される。最上部砂層は河川および砂堆の堆積物である。下部砂層から中部泥層への移行年代は9,500~8,600年前で、数十mオーダーの海水準上昇が起きた時期に相当する。中部泥層から上部砂層への移行年代は約4,000年前以降の海水準の安定期に当たる。
2. 海成層の上限高度とその年代から、1854年の安政地震時に少なくとも1.5mの隆起があったことが裏付けられ、また過去8,800年間に約20m隆起したことが判明した。
3. 6,000年前以降の堆積物から、6枚のイベント堆積物を確認した。堆積年代はそれぞれ、約200年前、約550年前、約1,300年前、約3,400年前、約4,300年前、約5,600年前である。約200年前のイベント堆積物は洪水堆積物であり、約550年前のイベント堆積物は1498年明応地震に伴う津波堆積物と推定され、約1,300年前のイベント堆積物は684年白鳳地震または887年仁和地震に伴う津波による可能性がある。3,400年前のイベント堆積物は、静岡平野と浜名湖周辺に分布する津波堆積物に対比される可能性がある。約4,300年前と約5,600年前のイベント堆積物はリップアップクラストを含むことから津波堆積物の可能性が高い。
4. 安政東海地震、宝永地震、永長地震に伴う津波堆積物は検出されなかった。

キーワード: 清水平野, 津波堆積物, 完新世, 堆積環境

Keywords: Shimizu Plain, tsunami deposits, Holocene, sedimentary environment

新潟県佐渡市加茂湖および村上市旧岩船潟における津波堆積物 Tsunami deposits at the Iwafune lagoon and the Kamo lake, Niigata Prefecture

ト部 厚志^{1*}
Atsushi Urabe^{1*}

¹ 新潟大学災害・復興科学研究所

¹ NHDR, Niigata University

新潟県の位置する日本海側では、1964年新潟地震、1983年日本海中部地震などによって津波被害が発生していることから、より大規模な津波を含めて履歴を解明する必要がある。このため、歴史地震による日本海側の地震による津波の復元と合わせて、より古い時代の津波の履歴を解明するため、新潟県佐渡市加茂湖および村上市旧岩船潟において津波堆積物の検討を行った。

佐渡市の加茂湖は、海域と標高2~3m程度の砂州によって隔てられた潟湖であり、歴史地震による津波でも砂州を越えて海水が湖側まで流入したことが知られている。加茂湖は、集水面積の大きな流入河川がないことから、湖の中央部では泥質な堆積物のみを堆積している特徴がある。また、村上市の旧岩船潟は、砂丘列の背後に発達していた潟湖であり、河口部から津波が遡上する可能性がある。

加茂湖と旧岩船潟では、津波の起源の堆積物の認定と拡散状況を検討するために、海側から内陸側にかけての各3地点でオールコアボーリングを行った。採取した試料は、層相観察、粒度分析等からイベント堆積物の認定を行い、炭質物(植物)片や貝化石片による年代分析や火山灰分析を行った。コア観察の結果、加茂湖の堆積環境は、約9000年前以降に河川環境からの海進期の海水~汽水域となり、約7000年前に海域との間に砂州の地形が成立した以降は、継続して湖となり粘土~泥層を主体とした泥質な堆積環境であることが明らかとなった。また、岩船潟の堆積環境は、海進初期以降に汽水域となり継続して内湾の環境が続き、約3000年前にはほぼ埋積作用が終焉している。両地域ともに内湾環境が成立した以降の地層に挟まれる砂層は、津波等のイベントによって陸域にもたらされた可能性があるものとして詳細な検討を行った。

この結果、加茂湖では、各コア試料においてそれぞれ20以上の層準の砂層が認められ、2つあるいはすべての地点において堆積年代が誤差範囲内で一致するものを同一のイベントによるものとした。岩船潟では、淘汰の悪い砂層の薄層は比較的多く挟まれているが、堆積年代が誤差範囲内で一致する非常に淘汰のよい極粗粒~粗粒の砂層を同一のイベントとして対比した。これらの堆積物は、粒度組成、層相変化等の検討から、津波によって湖沼域にもたらされた堆積物である可能性が非常に高い。また、加茂湖と岩船潟におけるイベント堆積物は、5~8層準において、誤差範囲内で堆積年代が一致する。津波堆積物の認定に関してさらに詳細な検討が必要ではあるが、加茂湖では約9000年間で26回の津波と推定されるイベント堆積物が記録されており、平均すると約350年に1回の割合となる。また、岩船潟では、約9000年前から約3000年前までに7ないしは8回の津波と推定されるイベント堆積物が記録されており、平均では約860年に1回の割合となった。本調査における加茂湖や岩船潟での津波と推定されるイベント堆積物は、約9000年間における日本海北部海域で発生した津波の履歴を示している可能性が高い。

キーワード: 津波堆積物, 日本海, 新潟, 加茂湖, 岩船潟

Keywords: tsunami deposits, Japan sea, Niigata, Kamo lake, Iwafune lagoon

The distribution of benthonic foraminifera in paleo-tsunamis sediments on Ishigaki islands

The distribution of benthonic foraminifera in paleo-tsunamis sediments on Ishigaki islands

Tu Yoko^{1*}, 安藤 雅孝¹, 宍倉 正展², Chih-wei Chien³, 中村 衛⁴, 新城 安尚⁴

Yoko Tu^{1*}, Masataka Ando¹, Masanobu Shishikura², Chih-wei Chien³, Mamoru Nakamura⁴, Yasuhisa Arashiro⁴

¹Institute of earth sciences, Academia sinica, Taiwan., ²Activity fault and earthquake research center, The National Institute of Advanced Industrial Science, ³Department of earth sciences, National Chen Kung University, Taiwan, ⁴Department of physics and earth sciences, University of Ryukyu, Japan

¹Institute of earth sciences, Academia sinica, Taiwan., ²Activity fault and earthquake research center, The National Institute of Advanced Industrial Science, ³Department of earth sciences, National Chen Kung University, Taiwan, ⁴Department of physics and earth sciences, University of Ryukyu, Japan

In the last 250 years, the Ryukyu subduction zone had no known thrust earthquakes with $M_w > 8.0$. Because of the lack of large thrust earthquakes, a common idea that the Ryukyu trench is unlocked was commonly accepted. However, a large tsunami struck Ishigaki and Miyako islands with the wave height of up to 30-35 m in 1771. The source of this earthquake was suggested to be a tsunami earthquake with $M_w=8.0$ that occurred near the trench axis (Nakamura, 2009). In addition, slow-slip events at depths of 30km (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 Ryukyu subduction zone should be locked and has the potential to generate large thrust earthquakes.

In order to estimate the size and recurrence intervals of paleotsunamis along the western Ryukyu trench, the excavation surveys of the deposits at 6 sites in Ishigaki Island was undertaken on November 2011, October 2012 and February 2013. The excavated sites are located on the lower Holocene marine terraces and implemented using a geoslicer or backhoes. According to the results of stratigraphy and C14 dating data, two tsunami events (1771 and one between 8 C. and 11C.) in this island were identified. Furthermore, comparing with shallow beach sand, the deep ocean benthonic foraminifera were found in the tsunami deposits and the value of deep/shallow species ratio were much higher than the sediments without tsunami events. Based on these results, through the analysis of benthonic foraminifera in the deposits could gain information on sediment source and depositional style. In addition, it also could provide more reliable evidence for the tsunami identification.

キーワード: tsunami deposits, benthonic foraminifera, Ryukyu trench, 1771

Keywords: tsunami deposits, benthonic foraminifera, Ryukyu trench, 1771

広田湾における表層堆積物の分布と特徴

Characteristic of surface sediment left by 2011 Tohoku earthquake, case study of Hirota bay

横山 由香^{1*}, 坂本泉¹, 滝野義幸¹, 高清水康博², 八木雅俊¹, 鈴木彩加¹, 遠藤綾¹, 井村理一郎¹, 根元謙次¹, 鬼頭毅³, 松井康雄³, 吉河秀郎⁴, 笠谷貴史⁴, 藤原義弘⁴

Yuka Yokoyama^{1*}, Izumi Sakamoto¹, Yoshiyuki Takino¹, Yasuhiro Takashimizu², Masatoshi Yagi¹, Ayaka Suzuki¹, Aya Endo¹, Riichiro Imura¹, Kenji Nemoto¹, Takeshi Kito³, Yasuo Matsui³, Shuro Yoshikawa⁴, Takafumi Kasaya⁴, Yoshihiro Fujiwara⁴

¹ 東海大学海洋学部, ² 新潟大学教育学部, ³ 芙蓉海洋開発株式会社, ⁴ 海洋研究開発機構

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

2011年3月11日に発生した東北沿岸域では、過去に類を見ない大津波の発生に伴い壊滅的な状況となった。陸域における津波堆積物の研究は、遡上した堆積物の特定やその影響について、多くの研究が行われている (Takashimizu et al., 2000; Sawai, 2012)。しかし、海域では津波堆積物についての調査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、海底に残る津波の痕跡と津波起源堆積物の分布や特徴を明らかにすることを目的とし、岩手と宮城の県境にある広田湾で調査を行った。調査項目は、1) マルチビーム音響測深器 (MNB) による海底微地形探査、2) サイドスキャンソナー (SSS) によるイメージ、3) 高分解能地層探査装置 (SBP) による表層堆積物の分布調査、4) ROV/潜水による目視海底観察、5) 表層堆積物採取および 6) パイプルコアラーによる柱状堆積物の採取を行った。

海底微地形探査の結果から、湾奥部では潜堤の間から谷中央へ向かう澗筋状の地形が数か所で確認された。湾中央部へ流れ込む澗筋では、他の澗筋より深く削剥されている様子が見られた。SSS によるイメージでは、反射の違いから底質を判別し、湾西側の気仙川河口部では強い反射で特徴付けられた。この反射は河口前面から沖合に向けて分布し、その末端部は樹枝状に分岐し、水深約 17m まで確認できる。表層堆積物の粒度分析から、湾全体では砂質堆積物が多く、河口部の一部で局地的に礫質の堆積物が分布している。堆積物の一部には、木片や貝殻片を含むものも確認された。また、河口部の粗粒な砂質堆積物の分布は、SSS イメージでは河口部から南東連続する強い反射として、泥質堆積物は弱い反射として表現された。

SBP では、湾中央に内部反射の卓越した表層堆積物が確認でき、下位の反射面と明瞭な境界が認められる。この柱状試料では、0-40 cm で細砂~中粒砂の級化構造を示す層がみられ、40-70 cm では極細粒~シルトの様な層が見られた。また、2 層の間には明瞭な境界が確認でき、削剥された痕跡と考えられる。この痕跡を地震による堆積物とそれ以前の堆積物との境界と考え、上位層を津波起源堆積物と仮定した。この境界は、SBP では、顕著な反射面の連続として表現され、その分布を広域に確認し、その厚さの平面的な分布を求めた。津波起源堆積物の厚さは、20-50 cm 程度で分布し、最も厚い堆積層は、湾中央に流れ込む澗筋の延長上で見られた。

したがって、広田湾では、津波による影響を受けた堆積物が澗筋を中心に湾内に流れ込み、拡散したのと考えられる。

キーワード: 津波起源堆積物, 三陸沿岸

Keywords: Tsunami origin sediment, Sanriku coast

越喜来湾・唐丹湾内における海底地形と表層堆積物の特徴

Characteristic of submarine topography and sediment left by 2011 Tohoku earthquake, case study of Okirai and Toni bay

横山 由香^{1*}, 坂本泉¹, 滝野義幸¹, 高清水康博², 八木雅俊¹, 金井大輔¹, 井村理一郎¹, 根元謙次¹, 鬼頭毅³, 松井康雄³, 吉河秀郎⁴, 笠谷貴史⁴, 藤原義弘⁴

Yuka Yokoyama^{1*}, Izumi Sakamoto¹, Yoshiyuki Takino¹, Yasuhiro Takashimizu², Masatoshi Yagi¹, Daisuke Kanai¹, Riichiro Imura¹, Kenji Nemoto¹, Takeshi Kito³, Yasuo Matsui³, Shuro Yoshikawa⁴, Takafumi Kasaya⁴, Yoshihiro Fujiwara⁴

¹ 東海大学海洋学部, ² 新潟大学教育学部, ³ 芙蓉海洋開発株式会社, ⁴ 海洋研究開発機構

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

2011年3月11日に発生した東北沿岸域では、過去に類を見ない大津波の発生に伴い壊滅的な状況となった。陸域における津波堆積物の研究は、遡上した堆積物の特定やその影響について、多くの研究が行われている (Takashimizu et al., 2000; Sawai, 2012)。しかし、海域では津波堆積物についての調査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、海底に残る津波の痕跡と津波起源堆積物の分布や特徴を明らかにすることを目的とし、岩手県越喜来湾と唐丹湾で調査を行った。調査項目は、1) マルチビーム音響測深器 (MNB) による海底微地形探査、2) サイドスキャンソナー (SSS) によるイメージ、3) 高分解能地層探査装置 (SBP) による表層堆積物の分布調査、4) ROV/潜水による目視海底観察、5) 表層堆積物採取および 6) バイブルコアラーによる柱状堆積物の採取を行った。

海底微地形調査により越喜来湾では水深 2-105 m まで、唐丹湾では 2-112 m までの海底地形データを取得した。越喜来湾では 75 m 付近から 90 m 付近にかけて、唐丹湾では水深 70 m 付近から 90 m かけて、谷軸に平行な狭い谷 (谷中谷) 地形が確認された。また、凹凸状の起伏にとんだ地形が散在し、この分布は越喜来湾では水深 15-20 m 付近、唐丹湾では水深 17-25 m 付近であった。両湾の凹凸地形の比高は、越喜来湾で 20-100 cm 程度であった。この地形は SBP では、海底に露出した無層理な反射として表現される。また、SSS によるイメージから、人工物は先に示した水深付近、またはそれより浅に多く分布している。

表層堆積物 (0-10 cm) では、両湾とも全体として砂質堆積物が卓越し、下位から上位層にかけて粗粒から細粒への級化が見られた。また、越喜来湾では凹凸地形上 (水深 17-20 m) で採泥を行い、その観測点では礫質な堆積物が分布していることが確認された。

唐丹湾で採取した柱状堆積物では、0-16 cm までの堆積物には木片混じりの葉理が確認され、16-65 cm では細粒から粗粒 (貝殻混じり) への級化構造の卓越した砂質堆積物が見られた。これら砂質堆積物の下位 (65-85 cm) には赤褐色シルト層が存在し、境界には削剥された痕跡が見られたことから、乱泥流状の堆積過程が推察される。この痕跡を地震による堆積物とそれ以前の堆積物との境界と考え、上位層を津波起源堆積物と仮定した。この境界は、SBP では、顕著な反射面の連続として表現され、その分布を広域に確認し、その厚さの平面的な分布を求めた。唐丹湾では、その反射面の分布は水深約 40 m まで見られ、厚さは、約 20-100 cm で分布していた。

キーワード: 津波起源堆積物, 三陸沿岸

Keywords: Tsunami origin sediment, Sanriku coast

岩手県広田湾・唐丹湾で得られた柱状試料から見た津波起源堆積物の特徴 Characteristics of tsunami origin sediments sampled from Hirota and Toni bay around the Sanriku coast, Japan.

坂本 泉^{1*}, 横山由香¹, 滝野義幸¹, 八木雅俊¹, 井村理一郎¹, 飯島さつき¹, 根元謙次¹, 松井康雄², 鬼頭毅², 清水康宏³, 吉河秀郎⁴, 藤原義弘⁴, 笠谷貴史⁴

Izumi Sakamoto^{1*}, Yuka Yokoyama¹, Yoshiyuki Takino¹, Yagi Masatoshi¹, Riichiro Imura¹, Satsuki Iijima¹, Kenji Nemoto¹, Yasuo Matsui², Takeshi Kito², Yasuhiro Takashimizu³, Syuro Yoshikawa⁴, Yoshihiro Fujiwara⁴, Takashi Kasaya⁴

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

¹Tokai University, ²FODECO, ³Niigata Univ., ⁴JAMSTEC

2011年3月11日の東日本大震災では東北地方太平洋沿岸域に甚大な被害をもたらせた。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」の一環で JAMSTEC とともに瓦礫マッピングを目的とした現地海洋調査を実施した。この調査において底質環境を明らかにするために柱状採泥を行い、結果湾内における津波起源と思われる堆積物に関連する情報が得られたので報告する。

広田湾は北西-南東方向に直線的な軸を持ち、湾口 6km で湾奥部は 3km と徐々に狭まって発達する典型的なリアス式の湾である。唐丹湾は全体的には東西方向 6km、湾口で 4km 程度の比較的小さな湾であるが、湾口-湾中央部までは東西性の軸を有し、湾中央-湾奥は北西-南東方向の軸に転向する湾である。

広田-唐丹湾の湾で行った高分解能地層探査の結果、表層数 10cm-数mまで側方変化の激しい層が観察された。この層を対象に行った採泥では、いずれの湾も水深 40 m 付近まで表層 0-10cm に級化構造の明瞭な砂質堆積物及び表層 10cm 直下に木片を挟む薄層が数枚発達していた。そのため重力式柱状試料を採取するのが困難であり、パイプコアリングを実施した。広田湾では合計 6 地点最大約 2m、唐丹湾で 6 地点最大約 1 m の柱状試料を採取することに成功した。

広田湾では、表層下 10cm まで貝破片や木片を含む細粒砂から中粒砂堆積物が級化構造を呈して存在し、表層下 10 から 50cm の試料中には貝破片や木片を含む粗粒堆積物が下位層を削り込みながら堆積しているのが確認され、津波起源の堆積物であると推定された。最大 2m の試料においては、表層下 0 から 20cm に貝破片や木片を含む粗粒から礫質堆積物が下位層を削り込みながら堆積しているのが確認され乱泥流堆積物の特徴が観察される。50 から 130cm 付近まで塊状の細粒砂からシルト質の堆積物が続くが、130cm から再度中粒から粗粒砂質の堆積物が出現してくる事から、下位の砂質堆積物は過去の津波起源堆積物の可能性がある。

唐丹湾では、高分解能地層探査により明瞭な津波起源堆積物と思われる層が谷軸部に最大 1-2m 観察されている。これに対応して採取したコアでは、表層下 10cm 直下に木片を挟む層が分布し、それ以下は 50cm 付近まで中粒から粗粒砂が存在し、50 から 60cm は貝殻片-木片や礫の混じった粗粒堆積物が下位の赤色シルト層と削り込み構造を呈しつつ接しているのが確認され、乱泥流堆積過程を呈していると推定される。

両湾とも下位に貝殻片や礫を含んだ粗粒堆積層が下位の塊状シルト層を削り込みながら堆積する乱泥流堆積過程が確認される事から、これらの砂から礫質堆積物は津波起源の堆積物であると推定される。

キーワード: 三陸沿岸, 津波起源堆積物

Keywords: Sanriku Coast, tsunami origin sediment

津波水理量と堆積物分布の関係性の数値的検討

Numerical investigation of the relationship between tsunami hydrodynamic features and the distribution of the deposits

橋本 康平^{1*}, 後藤 和久², 菅原 大助², 今村 文彦²

Kohei Hashimoto^{1*}, GOTO, Kazuhisa², SUGAWARA, Daisuke², IMAMURA, Fumihiko²

¹ 東北大学 工学研究科, ² 東北大学 災害科学国際研究所

¹Tohoku University School of Engineering, ²Tohoku University International Research Institute of Disaster Science (IRIDeS)

過去の津波の波源, 浸水域, 被害などを推定することは, 将来起こりうる大規模な地震や津波のリスクを評価するために極めて重要であるといえる(今村・後藤, 2007)。津波堆積物(津波により陸上にもたらされ堆積した土砂)は, 津波の最低浸水範囲を示す物的証拠として古津波の波源モデルの推定に用いられてきた(例えば, 菅原ら 2011, 佐竹ら 2008)。しかし, 2011 年東北地方太平洋沖地震津波の波源モデルはすべり量が 50 m 以上を示す(国土地理院, 2011)など, 西暦 869 年貞観津波を対象とした波源モデルと比較して特異な値を示した。これは津波堆積物を評価基準として断層モデルを推定する従来の手法では, 実際の断層パラメータより過小評価になる可能性があることを示している(橋本ら, 2013)。過去の津波像を復元し将来を予測する取り組みが重要視されている現在, 津波堆積物を用いた過去の津波の波源モデルや津波水理量の推定精度を再検討することは急務であるといえる。

Takashimizu et al. (2012) は津波堆積物と浸水深の関係を検討することは, 過去の津波発生時の浸水深を推定するために重要な課題であるとしており, 東北地方太平洋沖地震津波の現地調査で得られた仙台平野沿岸部の津波堆積物層厚と浸水深の関係について検討している。また, 橋本ら (2013) は仙台平野沿岸部の堆積物層厚分布と, 津波数値計算による最大浸水深と最大流速を比較検討して関係性を検討している。これらの研究は, 2011 年東北地方太平洋沖地震津波の水理量と津波堆積物の関係性を明らかにしようとする試みであるが, 津波の流れの中で時間をかけて形成される津波堆積物の堆積プロセスを浸水深や流速だけで再現できるとは考えにくい。

そこで本研究では, 仙台平野の沿岸部の現地調査で得られた 2011 年の津波堆積物分布に着目して, 津波数値計算から得られる各種の水理量(流量, 流速積分値, フルード数など)と津波堆積物分布の関係性を検討した。

キーワード: 東北地方太平洋沖地震津波, 津波堆積物, 仙台平野, 数値計算

Keywords: Tohoku-oki tsunami, Tsunami deposit, Sendai Plain, Numerical simulation

東北沖地震の津波による堆積物形成の数値シミュレーション

Numerical simulation of tsunami deposition by the 2011 Tohoku-oki earthquake in Sendai Plain

菅原 大助^{1*}, 高橋 智幸², 今村 文彦¹

Daisuke Sugawara^{1*}, Tomoyuki Takahashi², IMAMURA, Fumihiko¹

¹ 東北大学, ² 関西大学

¹Tohoku University, ²Kansai University

低頻度巨大地震・津波のリスクについて信頼性のある評価を行うためには、津波堆積物による履歴解明に加えて、津波および土砂移動の数値解析手法を導入して、浸水域や水理量、波源を定量的に推定する必要がある。これまでも2004年インド洋大津波などを事例に、陸上における砂質の津波堆積物形成の数値シミュレーションが行われ、土砂移動モデルの再現性について検討が重ねられてきた。平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震による津波(東北沖津波)においては、堆積物現地データはもとより、高密度の津波痕跡高測定結果など数値解析の基盤となるデータ群を背景に、津波堆積物形成の数値解析手法を更に高度化できると期待される。

既に、仙台湾沿岸各所で東北沖津波による堆積物の調査が行われ、多数のデータが報告されている(例えば[1])。確認された津波堆積物の厚さは最大30cm程度で、内陸ほど薄くなりながら数kmに渡って分布していたが、砂質堆積物の到達距離は浸水距離の60-70%程度であり、層厚は局所的に大きく変化することが判明している[1][2]。また、仙台平野に打ち上がった津波堆積物には海底起源の物質が少なかったことが報告されており[3][4]、堆積物の大部分は極浅海域から陸上にかけて起源を持つと考えられている。流れの状況と砂移動はかなりの程度、局所的な自然および人工地形、例えば海岸施設や道路の影響を受けていたと考えられる。近現代の津波による土砂移動の数値解析においては、これらの要素を考慮する必要がある。

本研究では、仙台平野における東北沖津波による堆積物形成の数値解析を行った。津波の波源には、仙台平野における地殻変動量分布と沖合の津波観測波形を良好に再現できる断層モデル[5]を使用した。津波伝播と氾濫解析には直交格子で差分化された非線形長波方程式[6]を、津波による土砂移動には高橋ら[7]のモデルを使用した。詳細な地表被覆状況と地形起伏を考慮した計算を行うため、国土地理院による解像度5mの地形データと土地利用データを使用している。

予想的な計算結果は、仙台平野の津波堆積物が主に砂浜と構造物周辺で生じた浸食によりもたらされた可能性を示している。また、現地調査で明らかにされた堆積物の分布傾向や局所的な堆積量の変動も堆積物現地データと整合的である。しかし、個別の調査地点ごとの一致を議論するためには、数値解析および現地調査それぞれに課題がある。本発表では、現状の津波堆積物形成シミュレーションの適用性について検討するとともに、水理量や浸水域の推定にあたって、現地調査でどのようなデータを得るべきか、数値解析の面から議論したい。

参考文献

- [1] Abe et al., 2012, *Sedimentary Geology* 282,
- [2] Richmond et al., 2012, *Sedimentary Geology* 282,
- [3] Szczuciński et al., 2012, *Sedimentary Geology* 282,
- [4] Chague-Goff et al., 2012, *Sedimentary Geology* 282,
- [5] 杉野ほか, 印刷中, 日本地震工学会論文集
- [6] Goto et al., 1997, *IOC Manuals and Guides* 35, UNESCO, Paris, 130 p.
- [7] 高橋ほか, 1999, 海岸工学論文集 46, 606-610.

キーワード: 津波堆積物, 数値シミュレーション, 土砂移動, 東北地方太平洋沖地震, 東日本大震災

Keywords: tsunami deposit, numerical simulation, sediment transport, The 2011 Tohoku-oki earthquake tsunami

仙台湾沿岸における 2011 年東北沖津波による堆積物の層厚・粒度 Thickness and grain size fluctuation of the 2011 Tohoku-oki tsunami deposit in Sendai and Joban coasts, Japan

阿部 朋弥^{1*}, 後藤 和久², 菅原 大助²
Tomoya Abe^{1*}, Kazuhisa Goto², Daisuke Sugawara²

¹ 名古屋大学大学院地理学教室, ² 東北大学災害国際研究所

¹Department of Geography, Nagoya University, ²International Research Institute of Disaster Science, Tohoku University

津波堆積物の層厚や粒度は、大局的には内陸方向に向かって薄層化・細粒化する。その一方で、局所的には微地形や供給源の影響により大きく変化することが知られている。2011 年東北地方太平洋沖地震津波後の現地調査結果においても、地形的低まり (Nakamura et al. 2012), 噴砂の二次堆積 (Goto et al. 2012), 人工構造物背後の洗掘 (Takashimizu et al. 2012) などの影響による層厚や粒度の局所変化が指摘されている。形成直後の津波堆積物の層厚や粒度の局所変化とそれらの要因を明らかにすることは、津波堆積物形成プロセスを理解するための基礎情報として重要である。しかし、古津波堆積物研究では津波発生当時の古地形や土地条件の空間的な復元は容易ではないため、層厚や粒度の局所変化の要因を特定することは難しい。そのため、津波堆積物の大局的な分布状況から、古津波の規模および挙動の復元を試みざるを得ない。

このような問題を念頭に置いた上で、我々は、2011 年 4 月から 2012 年 11 月まで、宮城県・福島県沿岸部において、海岸線から遡上限界まで長さ 0.6 ~ 4.1 km の計 12 本の測線を設定して津波堆積物の調査を行なった。各地点では、層厚・粒度・堆積構造の記載およびサンプルの採取を行ない、さらに沈降法による粒度分析を行なった。その結果、津波堆積物の層厚・粒度の内陸方向への変動に関して、下記のような傾向が明らかになった。

津波堆積物の全層厚 (砂層 + 泥層)、および砂層の層厚は、大局的には内陸方向に向かって薄くなる。全層厚は、海岸線から 1.5 ~ 2 km で 10 ~ 15 cm 以下に、2 ~ 2.5 km を超えると 5 cm 以下になる。砂層の層厚は、海岸線から 1.5 ~ 2 km で 10 ~ 15 cm 以下に、2 ~ 3 km で 5 cm 以下になり、2.5 ~ 3 km を超えると 0.5 cm 未満の砂粒子がパッチ状に分布するようになる。泥層の層厚は、内陸方向に向かって大きな変化をせず、ほとんどが 5 cm 以下である。また、砂層の粒度は、海岸線から 2 km までは平均粒径値 1.5 ~ 2 φ の幅で変動しながら緩やかに細粒化する。一方で、海岸線から 2 km から 2.8 km までは平均粒径値 3 φ 程度へと急激に細粒化する。

全層厚および砂層厚は、海岸線付近から海岸線から 1.0 ~ 1.5 km までの範囲では変動幅が大きい。粒度分析結果からは、粒径が比較的大きい砂粒子の掃流形式による運搬が卓越していたと推測できるため、微地形の凹凸の影響を受けやすかったことが要因として考えられる。また、遡上距離が約 2 km 以内の測線では、海岸線付近の層厚と遡上限界付近の層厚との間には大きな差はない。遡上限界付近で再び層厚が増大する測線もある。遡上距離が約 2 km に達するまで、津波は一定以上の土砂運搬能力を維持していたと考えられる。また、海岸線から 2 ~ 3 km の範囲で砂層は形成されなくなり、急激に細粒化する。この現象の要因として、以下の 2 つの仮説が考えられる。(1) 主たる砂の供給源 (海岸線から 0.5 ~ 1 km 以内に分布している砂丘; Szczucinski et al. 2012) からの供給量に制約があった。(2) 海岸から 2 ~ 3 km の区間で、津波の陸上氾濫流速や浸水深と関係する津波の土砂運搬能力が急激に低下した。今後、現地調査結果や堆積物分析結果にもとづき、これらの仮説の定量的な解明を行なう予定である。

< 参考文献 >

- Goto et al., 2012, *Geology*, 40, 887-890.
Nakamura et al., 2012, *Sedimentary Geology*, 282, 216-227.
Szczucinski et al., 2012, *Sedimentary Geology*, 282, 40-56.
Takashimizu et al., 2012, *Sedimentary Geology*, 282, 124-141.

キーワード: 2011 年東北地方太平洋沖地震津波, 津波堆積物, 層厚, 粒度
Keywords: 2011 Tohoku-oki tsunami, tsunami deposit, thickness, grain size

地形および水理学的特徴が津波堆積物の分布範囲に及ぼす影響 —津波堆積物の工学的利用を目指して—

Effect of topographical and hydraulic features on distribution range of the 2011 Tohoku-oki earthquake tsunami deposit

吉井 匠^{1*}, 濱田 崇臣¹, 佐々木 俊法¹, 松山 昌史¹, 奥澤 康一², 渡辺 雅一²

Takumi Yoshii^{1*}, Takaomi Hamada¹, Toshinori Sasaki¹, Masafumi Matsuyama¹, Koichi Okuzawa², Masakazu Watanabe²

¹ 一般財団法人 電力中央研究所, ² (株) セレス

¹Central Research Institute of Electric Power Industry, ²Civil Engineering Research and Environmental Studies

2011年3月11日に発生した東日本大震災に伴う巨大津波(以下, 3.11津波)は, 津波の脅威を改めて知らせることになった。一方, 石巻から仙台平野南部における貞観地震津波と3.11津波の対比から, 史実以前の古津波調査方法として津波堆積物が社会的注目を集めることになった(例えば, 中央防災会議, 2011)。すでに, 一部の地方自治体では, 津波堆積物を工学的な津波評価に用いる試みがなされている(たとえば, 神奈川県, 2012; 北海道, 2012)。

津波堆積物を工学的に用いるためにはいくつかの大きな課題が残されている。一つは堆積物の認定方法であり, 津波堆積物調査結果の解釈が調査者によって異なる事のないよう, 一定の認定方法, 解釈方法の指針が必要である。もう一つは調査地点の選定方法である。津波堆積物研究では津波堆積物が残りやすいとされる沿岸域の湖沼や, 平野などが中心に調査されているが, 特定の地点を対象とした津波評価の場合, このような理想的な地理条件を満たす地点が周辺に存在しない事もある。調査場所の選定方法は古津波調査結果自体に影響するため, 津波堆積物を工学的利用する際の最重要課題であるといえる。適切な調査場所を選定するためには, 地形学的特徴および水理学的特徴により津波堆積物の堆積状況や分布範囲がどのように変化するかを検討する必要がある。

本研究では, 地形的特徴および水理学的特徴が異なる地点の津波堆積物を調査するために, 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海岸を踏査し, 人工的改変が顕著に見られない19地点において陸上の試料を取得した。対象とした海岸は主に細砂~粗砂で構成されており, 一部に混合砂礫海岸を含む。遡上範囲における陸上の地形勾配は0.0003~0.08, 沖合の海底勾配は0.0018~0.0312の範囲にあり, 一方, 津波の遡上高は3.1m~26m, 最大遡上距離は125m~4000mの範囲である。分布範囲を調べるために, 津波遡上域を9のエリアに分割し(沿岸方向3分割×岸沖方向3分割)し, それぞれのエリアにおいて, 局所的な地形の影響が小さく, 周辺の堆積状況を反映していると考えられる地点で表層の試料を採取した。

調査の結果, 陸上の地形勾配が0.08である海岸以外の18地点において津波堆積物が陸上に分布していることを確認した。遡上限界付近のエリアまで津波堆積物が存在していた地点は15地点であり, 3地点は遡上域の中央付近までの分布を確認した。従来の知見では津波堆積物は比較的平坦な海岸に残されやすいと考えられていたが, 本研究の調査結果では比較的勾配が大きい海岸(~0.06)においても津波堆積物が残留することが分かった。また, 遡上高が10m以下と比較的小さい海岸においても津波堆積物が最奥部まで残されていた。ただし, これらの結果は詳細な分析を踏まえた精査が必要である。現在, 取得した試料の分析(粒度組成分析, 化学分析, 珪藻分析)に加え, 数値解析を用いた各調査地点での水理的挙動の再現を行っており, これらは当日, 大会会場にて公表する予定である。

キーワード: 津波堆積物, 東日本太平洋沖地震, 現地調査, 数値解析

Keywords: tsunami deposit, the 2011 Tohoku-oki earthquake, field investigation, numerical simulation

津波堆積物の化石化過程初期ステージにおける層相・層厚変化

Taphonomical process of sandy tsunami deposit based on field observations at 1 year after the 2011 Tohoku-oki tsunami

中村 有吾^{1*}, 西村 裕一¹

Yugo Nakamura^{1*}, Yuichi Nishimura¹

¹ 北海道大学地震火山研究観測センター

¹ ISV, Hokkaido University

津波堆積物は形成直後から物理的・化学的風化作用や生物擾乱を受け、最終的に「化石」津波堆積物へと変化する。本研究では、津波堆積物の変質、保存過程（すなわち「タフォノミー」）を明らかにするため、青森県三沢海岸に分布する2011年東北地方太平洋沖地震津波堆積物について、津波発生後1年の時点での層相、層厚、堆積物分布、被覆層の有無について調べた。三沢海岸では2011年津波によって最大層厚56cmの砂質津波堆積物が形成され、層厚を減じながらも遡上限界付近まで分布する。しかし、津波発生から1年が経過した2012年5月の時点で、遡上限界付近の薄い砂層は、すでに流出したか、土壌に取り込まれて砂層として認められない。いっぽう、海岸砂丘背後に分布する層厚2cmを超える堆積物については層厚・層相ともに顕著な変化は見られなかった。また、海岸から100~500mにある防風林内では、津波堆積物の上位に厚さ数mの植物遺体層・腐植層が堆積しており、津波堆積物を侵食・風化から保護している。津波発生から1年たった現在、津波堆積物の分布域は、実際の堆積域・津波浸水域より狭い。よって、「古津波堆積物」の分布域を津波の浸水域と考えると、津波の規模を過小評価する可能性がある。津波タフォノミーを知ることは、堆積学的知見を得るだけでなく、今後の古津波研究の防災上の適用限界を知る上で大きく寄与するだろう。

キーワード: 津波堆積物, 化石化過程, 風化, 2011年東北沖地震津波

Keywords: Tsunami deposit, Taphonomical process, Weathering, 2011 Tohoku-oki tsunami

胆振海岸白老地域にみられる 17 世紀津波堆積物の分布と起源の検討

Distribution and origin of the 17th century tsunami deposit in the Iburi coast, Shiraoi district, central Hokkaido

中西 諒^{1*}, 岡村 聡¹, 清水 康博², 嵯峨山 積³, 仁科 健二³Ryo Nakanishi^{1*}, Okamura Satoshi¹, Takashimizu Yasuhiro², Sagayama Tsumoru³, Nishina Kenji³¹ 北海道教育大学, ² 新潟大学, ³ 北海道立総合研究機構地質研究所¹ Hokkaido University of Education, ² Niigata University, ³ Geological Survey of Hokkaido

北海道太平洋沿岸は千島海溝の沈み込みによる地震の多発地帯であり、頻繁に巨大津波が襲来する地域である。胆振海岸東部（苫小牧市勇払-むかわ町）では、17 世紀に発生した巨大津波による堆積物が報告されている。ただし、その波源についてはよくわかっていないとされ、北海道の古津波研究における重要な課題の一つである。候補として考えられる波源は、噴火湾周辺で対比される 1640 年の駒ヶ岳噴火に伴う山体崩壊起源の火山性津波や、道東において 300～500 年周期で確認されているプレート境界型地震（いわゆる“500 年間隔地震”による津波）、および 1611 年慶長地震津波がある。本発表では、これまでに調査の空白域となっていた胆振海岸白老地域に焦点を当て、津波堆積物の分布と起源について検討する。

本調査地は白老を 4 つの地域に分けそれぞれ海岸線に直交する測線を設けた。地形の特徴は、一列の砂丘列の陸側に後背湿地が広がっており、平坦もしくは非常に緩やかな傾斜になっている。海岸から 1～2km 内陸では約 4 万年前の支笏火砕流堆積物が厚く堆積している。地質層序は表土が十数 cm あり、その下位に厚さ約 1m の 1663 年有珠 b テフラが分布する。その下位には厚さ数 mm の泥炭層を挟んで、厚さ数 cm から十数 cm の砂層が存在する。この砂層の下位には、再び泥炭層が続くため、この砂層は湿原環境に突発的に堆積したイベント堆積物と考えられる。またこのイベント砂層から約 20cm 下位には 10 世紀に降灰したと考えられる白頭山 - 苫小牧テフラが認められた。

このイベント砂層の分布を調べるため、海岸線に沿って 14km の範囲の沿岸低地にて、約 80 か所のボーリング調査を行い、イベント砂層の 3 次元的な広がりを確認した。その結果、砂層の層厚は分布する内陸距離の半分以上で急激に減少し、その後シート状に広がっており、800m 前後でせん滅することが分った。また、各地点のイベント堆積物の粒度分析から、内陸へ細粒化し、軽石などの比重の小さなものの割合が増加する傾向が認められた。このことは、内陸へ営力が減少したことを示唆する。また、珪藻化石群集の解析からは、このイベント砂層中に 18 % の海生種が含まれることが明らかになった。さらに粒度組成や構成鉱物比が海浜砂と類似性を持っていることも併せて考えると、このイベント砂層の主な供給源は海浜砂や砂丘砂と考えられるため、この泥炭に挟まれたイベント砂層は胆振海岸を襲った 17 世紀の津波堆積物であると考えられる。

この堆積物の粒度組成の垂直変動を調べたところ、逆級化（または級化の無い）を示す最下部、二度の正級化を示す中部と上部の 3 ユニットに区分できた。これは津波の流れ様式の変化を反映したものであると考えられる。津波堆積物の内陸方向への層厚変化は、海岸で最も厚く、その後内陸へ急激に薄層化していた。このような粒度組成の垂直変動と内陸方向への層厚変化は、沿岸低地を遡上した津波の流れが、海側から陸側へかけて減衰したことを示している。ユニット区分から少なくとも 2 回の津波の流れの増大を読み取ることができた。

津波の古流向と流れ様式の変化を把握するために、3 か所で採取した定方位不攪乱試料についてユニット毎に粒子配列の測定を行った。その結果、インブリケーションは海側に傾斜しており、これらの堆積物が遡上流のみからなる可能性を示した。オリエンテーションは海側の 2 地点において海岸線と直交した向きで、内陸の 1 地点では海岸線と平行な配列を示した。また、上部ユニットの粒子配列は不明瞭であった。

浮遊や粒子分散圧が働いた粒子の配列は流向と平行になることが知られており、河川のような転動で定着した場合は、粒子の長軸が流れと直交することが知られている（八木下, 2001）。海側の 2 地点と陸側の 1 地点におけるオリエンテーションの相違は、海側では津波の営力が強く、粗粒な粒子が互いにぶつかり合う掃流によって良く運搬され、逆級化を残すような堆積が卓越していた。一方、陸側においては流れの営力減衰に伴い、河川的な転動からの堆積に変化した可能性が考えられる。

粒子配列から読み取ることのできた古流向は、南南東から北北西への流れであった。これは千島海溝のプレート境界型地震による津波であるとすれば説明がつく。また、津波堆積物の遡上距離と遡上高から推定した津波の規模は本調査地と鶴川で有意に差があり、鶴川で遡上距離・遡上高ともに大きい。一方、勇払 - 苫小牧、白老（本地域）、登別（富岸）では有意な差が認められない。波源からの距離が鶴川で近く、勇払から白老までが一定であったと考えれば、古流向から推定される津波起源と整合的である。

キーワード: 津波堆積物, 北海道, 17 世紀, 粒度分析, 粒子配列

Keywords: Tsunami deposit, Hokkaido, 17th century, Grain size analysis, Grain-fabric

北海道日本海沿岸における津波履歴調査 Tsunami deposits survey around Japan Sea coastal area, Hokkaido

廣瀬 亘^{1*}, 川上 源太郎¹, 田近 淳¹, 石丸 聡¹, 深見 浩司¹, 渡邊 達也¹, 高橋 良¹, 仁科 健二¹, 嵯峨山 積¹, 奥水 健一¹

Wataru Hirose^{1*}, Gentaro Kawakami¹, Jun Tajika¹, Satoshi Ishimaru¹, Hiroshi Fukami¹, Tatsuya Watanabe¹, Ryo Takahashi¹, Kenji Nishina¹, Tsumoru Sagayama¹, Kenichi Koshimizu¹

¹ 道総研 地質研究所

¹ Geological Survey of Hokkaido

日本海東縁では、1993年北海道南西沖地震、1983年の日本海中部地震、1940年神威岬沖地震など、津波を伴う大きな地震が頻発し、北海道の日本海沿岸は大きな被害を受けてきた（渡辺, 1998など）。日本海東縁における地震活動が決して低調ではないこと、奥尻海盆や後志トラフなどで「地震性タービダイト」から過去7000年間に7回のイベントが想定されていること（下川・池原, 2002）などから、こうした津波は過去にも繰り返し発生していたと推測される。しかし、北海道では17世紀以前の文献資料が極めて乏しく、17～19世紀についても量・質ともに限られたものしかないので、津波履歴調査では津波堆積物の有無の確認およびその検証が重要となる。

我々は、北海道の日本海側における過去数千年間の津波履歴調査に着手している。本講演では、これまでの調査の概要について報告する。

津波履歴の把握は、津波リスクを有する自治体にとって緊急性が極めて高いことから、本調査は北海道立総合研究機構（道総研）地質研究所と北海道庁の緊密な連携のもと実施している。2011年から稚内～松前に至る北海道の日本海側全域にわたる総合的な津波履歴調査に着手し、これまで217地点で調査を実施している。調査で得られた情報は、途中段階であっても北海道庁および北海道防災会議地震専門委員会に随時報告し、学識委員等による議論を経て防災事業に速やかに反映されるよう配慮している。また、日本海側で他の研究グループが実施している津波痕跡調査についても随時情報交換している。

津波堆積物の探索は、津波痕跡が残しやすい沖積低地に加え、標高30m程度までの海岸段丘、さらに通常は調査対象となることが少ない海岸部の急傾斜地・地すべり地形等も調査対象とした。これは、段丘面に到達するような大規模津波を考慮したこと、斜面堆積物・崖錐中にイベント堆積物が挟在する可能性を考慮したためである。沖積低地では、露頭調査にくわえ、沖積低地地下を対象にジオスライサー、ボーリング調査も合わせて実施している。堆積物が認められた場合は、その層序や地質学的堆積学的特徴に加え、珪藻等の海棲生物痕跡の有無、EC・pH等の地球化学的検討、側方連続性や広域的な対比についても検討した。

2011年の概略調査では、北海道北部（遠別～小平、焼尻島）と渡島半島の7地点で、津波イベントの疑いがある堆積物を見いだした。これをうけて2012年度は、まず日本海側南部（積丹半島～松前半島）と奥尻島を主要なターゲットとした。人工改変により完新世相当の堆積物が擾乱されたり失われている地点が少なくないため調査条件は必ずしも良くないが、寿都～上ノ国・奥尻島の127地点中26地点で、津波イベントの可能性のある砂層・礫層を認識した。積丹半島～蘭越では、共和町の沖積低地で深さ3～5mを対象としたジオスライサー調査を6地点・掘削深度15m程度のボーリング調査を1地点、積丹半島（沼前の地すべり地）では掘削深度3～8m程度のボーリング調査を4地点実施し、より深い層準に津波イベント堆積物がないか確認することとした。これまでのところ、海域起源の砂層など津波イベントを示す可能性が高い堆積物は見いだしていないが、微化石・地球化学的データもあわせ引き続き精査を行っている。

奥尻島では、露頭調査および簡易ジオスライサー調査により、青苗西方の完新世段丘（段丘面の標高8.2m）および初松前地区の沖積低地（標高6m）など複数の地点で、津波イベントを示す可能性の高い堆積物を見いだした。これらの地点では、過去数千年間程度に堆積したシルト～粘土、黒ボク土中に、広域テフラであるKo-d（1640年）、B-Tm（10世紀）とともにイベント砂層が観察される（川上ほか, 2012; 仁科ほか, 2013）。砂層の年代は11-13世紀、6-7世紀、約2300年前、約2600～2700年前、約3100～3300年前である。

今後は、調査密度の低い北海道北部での地形地質調査を行うとともに、奥尻島で見いだされたイベント堆積物の広域対比や各地のイベント堆積物の検証を行っていく予定である。

引用文献

川上源太郎・平川一臣・田近 淳・廣瀬 亘・深見浩司・高橋 良, 2012, 北海道奥尻島の完新世段丘に認められた津波堆積物. 日本地質学会第119年学術大会講演要旨.

仁科健二・川上源太郎・嵯峨山積・高橋良・渡邊達也・奥水健一・平川一臣, 2013, 日本海東縁、北海道南西沖、奥尻島の沖積低地で認められた複数の津波堆積物. 日本地球惑星科学連合2013年大会.

下川浩一・池原 研, 2002, 大竹正和ほか編「日本海東縁の活断層と地震テクトニクス」第6章, 東京大学出版会.

Japan Geoscience Union Meeting 2013

(May 19-24 2013 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2013. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



MIS25-P10

会場:コンベンションホール

時間:5月24日 16:15-17:30

渡辺偉夫, 1998, 「日本被害津波総覧 (第2版)」, 東京大学出版会.

キーワード: 北海道, 津波, 地震, 山体崩壊, ハザード

Keywords: Hokkaido, Tsunami, Earthquake, Debris avalanche, Geological Hazard

三浦半島の南端，毘沙門湾の津波堆積物調査 - 掃流性イベントの認定 - Tsunami Deposits Survey in the Bishamon Bay at the Southern Tip of the Miura Peninsula, Central Japan

金 幸隆^{1*}, 萬年一剛¹, 捧 一夫²

Haeng Yoong Kim^{1*}, MANNEN, Kazutaka¹, SASAGE, Kazuo²

¹ 神奈川県温泉地学研究所, ² 株式会社パスコ

¹ Hot Springs Research Institute of Kanagawa Prefecture, ² PASCO Co.

三浦半島は、1923年大正関東地震および1703年元禄関東地震の震源域に位置する。目撃証言から、大正地震の際に約3mの高さの津波が襲来した。また元禄地震の際には、約11mの高さの津波が、海岸に打ち寄せたとされる伝承がある。三浦半島の南部には、更新世後期の海成段丘（最大標高85m）が形成され、海成段丘を刻む谷底平野が発達している。海岸線は谷によって入り組み、溺れ谷性の内湾が分布している。三浦半島の南端に分布する毘沙門湾は、こうした内湾の一つであり、太平洋に面している。

毘沙門湾の湾奥に発達する谷底平野（幅最大約100m、全長1200m、最大標高30m）の下流域で、5か所の群列ボーリングを実施した。掘削地点は陸側から海側の順にBSH1（標高4.17m）、BSH2、BSH3、BSH4、BSH5(2.1m)であり、陸側の掘削地点の地表高が高い。掘削深度は5mであるが、BSH1では6mまでボーリングを行った。

採取された堆積物は、上位から下位の順に、盛土（ユニット1）、貝殻片を含む砂礫層（ユニット2）および砂質泥層（ユニット3）の三つの層に区分された。ユニット1の厚さは厚く、BSH1～BSH5の順に、2.1、1.9、1.8、1.5および1.1mである。ユニット2の上面の標高は、BSH1:2.1m、BSH2:2.0m、BSH3:1.7m、BSH4:1.3mおよびBSH5:1.0mであり、盛土の行われる前の地盤高を示すと推察される。同層の層厚はBSH1:1.05m、BSH2:0.8m、BSH3:0.6～0.8m、BSH4:0.7m、BSH5:0.7mであり、上流側のBSH1とBSH2で層厚が厚い。また同層は、貝殻片を多量に含む砂礫からなり、泥や粗粒砂からなる泥質砂層の中に中礫サイズの泥岩亜角礫が混じる。淘汰が悪く、全て掘削地点のユニット2の下部では、泥質砂と小礫混じり泥質砂が、インターフィンガーするように混じりあっている部分が厚さ約0.3～0.6m認められる。また上流側のBSH1と2では、貝殻片を伴わない部分も認められ、BSH2の標高1.8～1.9mでは泥炭質微細砂が薄く分布する。以上のことからユニット2は、川と潮汐の影響のある干潟堆積物であると推定される。ユニット3は、細粒の貝殻片や細粒砂を含む砂質泥層であり、泥の量が多い。一部で薄い平衡葉理や貝殻片の農集する部分も認められる。潮下帯の内湾泥底で、比較的穏やかに堆積した可能性がある。

BSH2のコアの最下部に近い深さ4.6～4.9mの標高-0.7～-1.0mでは、上述した細粒物質からなるユニット3の中に厚さ約0.3mの砂礫層が認められた。砂礫層には、砂、貝殻片、木片が多量に巻き込まれ、泥や砂の量も多く、淘汰が悪い。砂礫層の基底の砂質泥層は侵食されており、砂礫層の堆積時に強い掃流が生じていたことが推察された。内湾泥底に生じていることから、この掃流イベントは津波であると推察され、また木片を多量に含むことから、この砂礫層は引き波の際に堆積した可能性がある。しかしながら、津波以外の要因も考えられ、洪水時に内湾底に砂礫層が流れ込んだ可能性も残る。

キーワード: 津波堆積物, 関東地震, 三浦半島, 毘沙門湾

Keywords: Tsunami Deposits, Kanto Earthquake, Miura Peninsula, Bishamon Bay

富山県射水市放生津潟における底生有孔虫を用いた津波堆積物の検出 Detection of tsunami deposits: utilizing benthic foraminifera of the former Hojozu Lagoon, Imizu City, Toyama Prefecture

矢野 さおり^{1*}, 竹内 章¹
Saori Yano^{1*}, Akira Takeuchi¹

¹ 富山大学理学部

¹ Toyama Univ.

富山県射水市の沿岸域は、寄り回り波によって度重なる被害を受けており、江戸時代以降には津波の襲来を受けている。本研究は、放生津潟の沖積層を対象とし、底生有孔虫を用いて津波堆積物やストーム堆積物などの海成イベント堆積物を発見することを目的とした。本研究では、黒部川河口周辺海域から採取された海底堆積物を検鏡して、富山湾における底生有孔虫の分布状況を把握し、既往研究で報告されている底生有孔虫の深度分布や対応水塊との対比を試みた。一方、放生津潟のコアサンプルの検鏡から底生有孔虫を抽出し、有孔虫の深度分布・対応水塊との比較から、海成イベント堆積物の可否を判断した。

その結果、深海性の *Ammonia ketienziensis* をはじめとする富山湾の底生有孔虫は、津波堆積物を認定する上での判断材料として有効であることが明らかになった。

放生津潟のコアサンプルから、縄文中期（約 5,000 年前）以降弥生後期（約 1,900 年前）以前に形成されたと考えられる、津波・ストーム両方の形成過程が示唆される海成イベント堆積物、ならびに津波堆積物である可能性の高い堆積物を発見した。底生有孔虫をのぞく包有物からみた海成イベント堆積物の特徴は粗粒砂を含むことであり、津波堆積物の特徴は、多量の貝殻片や中粒砂～粗粒砂を含むことである。それらの堆積物粒子の円磨度や淘汰度はともに低い。また、堆積物の供給源は、前者が内部浅海帯以浅の堆積物、後者は外部浅海帯以浅の堆積物であることが推定される。

このような海成イベント堆積物を検出し記載したことは、津波堆積物とストーム堆積物を識別する研究の糸口となると期待される。

キーワード: 津波堆積物, ストーム堆積物, 放生津潟, 完新統

Keywords: tsunami deposits, storm deposits, hojozu lagoon, holocene

九州地方東部沿岸低地におけるハンドコアラを用いた古津波堆積物調査報告 Preliminary results of a paleotsunami study by hand coring in coastal lowlands, eastern Kyushu

山田 昌樹^{1*}, 藤野 滋弘², 千葉 崇², 後藤 和久³, James Goff⁴

Masaki Yamada^{1*}, Shigehiro Fujino², Takashi Chiba², Kazuhisa Goto³, James Goff⁴

¹ 筑波大学大学院生命環境科学研究科, ² 筑波大学生命環境系, ³ 東北大学災害科学国際研究所災害リスク研究部門, ⁴ Tsunami and Natural Hazards Research Group, University of New South Wales

¹ Graduate School of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, ² Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, ³ International Research Institute of Disaster Science, Tohoku University, ⁴ Tsunami and Natural Hazards Research Group, University of New South Wales

九州東部沿岸地域では、寛文日向灘地震津波（1662年）、宝永地震津波（1707年）、明和日向灘地震津波（1769年）、安政南海地震津波（1854年）などの南海トラフや日向灘で発生した津波によって浸水した記録が残っている（羽鳥，1985）。羽鳥（1985）は史料をもとに現地調査を行った結果、1662年の寛文日向灘地震津波は宮崎平野に広く浸水し、波高は4-5mであったと推定している。また、1707年宝永地震では波源域が足摺岬の南西部まで伸びており（Furumura et al., 2011）、九州北東部では津波の高さは3-4.5mに達しているが、九州南東部では津波は比較的小規模であったと考えられている（羽鳥，1985）。しかしながら、南海トラフで発生する地震の震源域が1707年宝永地震のときよりも南西側の日向灘まで及んだ場合、九州地方東部沿岸の広い範囲を津波が襲う可能性がある。

歴史記録が残されていない、または記録がごく限られている過去の津波の発生時期や浸水範囲などは地層中に残された津波堆積物を用いて推定することができる。しかしながら、現時点で古津波堆積物調査が実施された地域は日本の太平洋沿岸全てを網羅しているわけではない。九州地方東部沿岸地域に限って見ても、これまでに大分県の龍神池において津波起源と推定される砂質堆積物の報告があるのみであり（例えば、Matsuoka and Okamura, 2009）、宮崎県以南の地域では津波堆積物の報告はない。本研究の目的は、九州東部沿岸低地において津波堆積物を記載し、過去数千年間の津波履歴を解明することである。

2012年の3月から鹿児島県、宮崎県、大分県の沿岸低地におけるハンドコアラを用いた津波堆積物の予察調査を開始した。本発表では宮崎県串間市の低地におけるデータを中心に提示する。調査地である志布志湾に面した溺れ谷低地は、標高10-30mの丘陵地に囲まれており、最大幅は約550mである。本研究では海岸から内陸方向に向かって長さが約300mと約450mの2本の測線を設定し、合計19地点で掘削、記載、サンプリングを行った。両測線とも地表から最大で深度1m程度までは耕作土であり、深度4-6m程度で細礫や極粗粒砂が点在する濃灰色の細粒砂-中粒砂層に到達した。耕作土と濃灰色の細粒砂-中粒砂層の間は、下位から、緑褐色の有機質シルト層、黒褐色の有機質シルト層、青灰色の粘土層で構成される。多くの地点の有機質シルト層、粘土層から複数枚の砂層が確認された。特に深度320-360cm付近の緑褐色の有機質シルト層の上位に認められる層厚1cm程度の砂層からは汽水-海水性珪藻の遺骸が発見された。このことは、砂が海域から内陸まで運搬された可能性を示唆している。今後は、放射性炭素年代測定による年代値を増やし、砂層の平面的な対比を行うとともに、珪藻群集による古環境の復元を行うことで、海水の浸入や砂層の堆積と前後した環境変化の有無を検証する。

キーワード: 津波堆積物, 九州地方, 宮崎県, 南海トラフ, 南海地震, 日向灘地震

Keywords: tsunami deposit, Kyushu, Miyazaki Prefecture, Nankai Trough, Nankai earthquake, Hyuga-nada earthquake

宮崎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 Miyazaki Prefecture, south-western Japan

鎌滝 孝信^{1*}, 丹羽 正和², 高取 亮一², 生田 正文², 黒澤 英樹³

Takanobu Kamataki^{1*}, Masakazu Niwa², TAKATORI, Ryoichi², Masafumi Ikuta², Hideki Kurosawa³

¹ 秋田大学地域創生センター, ² 日本原子力研究開発機構地層処分研究開発部門, ³ 応用地質株式会社エネルギー事業部

¹Akita University, ²Japan Atomic Energy Agency, ³OYO Corporation

我々は平野部における完新世の隆起・沈降プロセスとその周辺海域で発生する海溝型地震との関連を明らかにするために、平成24年度から宮崎平野を対象とした調査・研究を実施している（丹羽ほか、本大会）。本講演では、宮崎県沿岸部における古津波痕跡に関する研究について、現時点で得られている知見を速報的に紹介する。

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、千島海溝沿岸域、日本海溝沿岸域、相模トラフ沿岸域、駿河～南海トラフ沿岸域などから報告されているが、我が国における研究例の大部分は東北日本太平洋側のもので、他地域、特に九州東部の日向灘周辺からの報告はほとんどない。一方、日向灘周辺は古くから津波の被害を受けてきたことが知られていることから（例えば、羽鳥、1987）、本研究では宮崎県沿岸域に着目し、古津波痕跡調査を実施している。

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程度のガウジコアラーや同じく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。

津波堆積物と認定するためには、その砂層等の地層が確実に海から陸上に運ばれてきて堆積したことを確認しなければならない。そこで、津波堆積物と推定される地層に関しては、1）堆積構造や含有物等の肉眼およびX線CTを使用した詳細な観察、2）珪藻化石や有孔虫化石等についての微化石分析、3）放射性炭素年代の測定等をおこなっている。本講演ではこれらの結果について報告、議論したい。

キーワード: 宮崎県, 津波堆積物

Keywords: Miyazaki prefecture, tsunami deposit

沖縄本島南部(那覇市)における津波堆積物調査

Subaqueous Tsunami Deposits from southern part of Okinawa Island of Naha city

具志川 千秋^{1*}, 原口 強², 中村 衛¹, 新城 安尚³, 志賀 翔太¹

Chiaki Gushikawa^{1*}, Tsuyoshi Haraguchi², Mamoru Nakamura¹, Yasuhisa Arashiro³, Shota Shiga¹

¹ 琉球大学理学部, ² 大阪市立大学大学院理学研究科, ³ 琉球大学大学院理工学研究科

¹ Faculty of Science, University of the Ryukyus, ² Department of Geosciences, Graduate School of Science, Osaka City University,

³ Graduate School of Science and Technology, University of the Ryukyus

中部琉球海溝では海溝型巨大地震が発生しておらず、大津波は沖縄本島沿岸には襲来していないと考えられてきた。しかし、近年行われた調査から津波堆積物と見られる層が沖縄本島北西沿岸の羽地内海と塩屋湾で発見された。内湾には生息しないサンゴや貝が湾奥で検出されたことから、津波によって運搬されたと考えられた。津波の波源域を特定するには、津波堆積物の分布を明らかにする必要がある。しかし津波堆積物とみられる堆積物の分布域は不明である。そこで、本研究では沖縄本島南部に焦点を当てて津波堆積物調査を実施し、沖縄本島南部にも津波堆積物が分布するかどうか調べた。調査は那覇市の漫湖でロシア式ピートサンプラーを用いたコアリングを2地点実施した。サンプリング地点は、とよみ大橋(西)真下、および、とよみ大橋(西)から10m南下した地点である。サンプルはそれぞれ深さ310cmおよび深さ260cmまで採取した。

採取したサンプルを5cm間隔に分け、ピーカーに入れた状態で計量した後、63 μ の乾燥機で完全乾燥し、再計量した。その後、10倍に希釈したH₂O₂を投入し、反応終了後に63 μ の篩にかけ、洗浄した後、再び63 μ の乾燥機で完全乾燥させた。乾燥したサンプルを計量し、篩にかける前のサンプルの質量と比較することで、含泥率を算出した。サンプルの含有物を比較する際には、深さが異なる17個のサンプルをそれぞれ5種類の篩(メッシュ:2mm、1mm、0.5mm、0.25mm、0.125mm)にかけ、粒度分析を行った。

得られたコアは2本とも全体的に50%以上シルト質の泥であった。今回、含泥率の結果からサンプルを0~100cm、100~170cm、170~310cm3層に区分した。泥以外の特徴的な含有物は、深さ0~100cmにおいて、深度によって粒度組成に大きなばらつきが見られた。0~25cmで灰白色の粗粒砂、60~100cmでは特に多くの木片を含んでいた。しかし、深さ100~170cm、170~310cmにおいて、深さ変化における粒度組成に大きな変化は見られなかった。また、鉛同位体より推定された平均堆積速度1.4cm/年を用いて、深さを年代に変換した。その結果、深さ0~25cmの粗粒な砂層は1970年代に堆積したと推定されることから、この砂層は最近の人為的な環境変動、特にマングローブ植林等、によるものと解釈した。60~100cmに多く含まれている木片は1940年代から1960年代の周辺の環境変動(沖縄戦や戦後の人口増加、土地改良)によって上流や周囲から流入し堆積した可能性が高い。また、深さ100cmより深いところは約70年前(1940年)以前に相当する。ここでは顕著な砂層は見られない。このことから、これらの砂層は漫湖周辺と上流での環境変動の影響を強く受けた堆積物であり、津波堆積物である可能性は低いと判断した。そのため、漫湖周辺においては約300年前~現在までの間で、大津波の痕跡は残されていないのではないかと推定した。

キーワード: 漫湖, 津波堆積物, 沖縄, 南部, 那覇市

Keywords: Manko, Tsunami Deposits, Okinawa, southern, Naha City

宮古島諸島における津波堆積物調査 A survey of tsunami sediments in Miyako Islands

志賀 翔太^{1*}, 中村 衛², 藤田 和彦², 新城 安尚¹, 具志川 千秋¹, 安藤 雅孝³, 穴倉 正展⁴
Shota Shiga^{1*}, Mamoru Nakamura², Kazuhiko Fujita², Yasuhisa Arashiro¹, Chiaki Gushikawa¹, Masataka Ando³, Youko Tu³,
Masanobu Shishikura⁴

¹ 琉球大学大学院理工学研究科, ² 琉球大学理学部, ³ 中央研究院地球科学研究所, ⁴ 産総研 活断層・地震研究センター
¹ Faculty of Science University of the Ryukyus, ² Facul. Science, Univ. Ryukyus, ³ Institute of Earth Sciences, Academia Si,
⁴ Active fault Earthq. Res. Ctr., AIST/GSJ

1771 年八重山大津波(明和の大津波)は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)。このような巨大津波が琉球海溝南部へ度々襲来したことが津波石の打ち上げ年代から指摘されている(河名・中田, 1994)。宮古・八重山諸島の海岸付近にある遺跡では地層中に時折砂層が薄く入っており、過去の津波による津波堆積物の可能性が示唆されてきた。しかしこれらの砂層が津波に起因するか否か証拠に乏しく不明な点が多かった。そこで宮古諸島にて砂層に含まれる有孔虫を分析して砂の起源を推定し、これらの層が津波に起因するかどうかを調査した。

調査は宮古島(友利)、池間島(池間)、伊良部島(伊良部、佐和田)の4地点で2012年6月18~21日に実施した。各地点で深さ約1m~3mのトレンチを掘り、観察をおこなった。友利では深さ30cm~50cmに砂混じり層が分布する。この層を含む深さ15cmから深さ110cmの間で8サンプル採取した。池間島では表層から約160cmまで泥質であり砂層は見られなかった。ここでは深さ45cmから155cmの間でサンプルを採取した。伊良部では深さ80cmから120cmに中粒砂層、120cmから200cmに砂混じりシルト質層が分布する。深さ80cmから160cmの間で6サンプルを採取した。佐和田では深さ170cmから290cmまで中粒~粗粒砂が堆積している。深さ170cmから290cmでは中粒砂から粗粒砂の級化構造が確認できた。深さ0cmから290cmの間で9サンプルを採取した。そして、採取したサンプルを泥の状態にした。ここで、サンプルを2mm、1mm、0.5mm、0.25mm、0.125mm、63μmでふるい分けを行い、顕微鏡を用いて0.5mm~1mmのサンプルから150個体以上の有孔虫を拾い出す。量が多いものは簡易分割機により分割を行った。拾い出す有孔虫においては、優先種(Calcarina, Hispida, Baculogypsina, Elphidium)とその他に分類した。さらにその他に分類した中でも、底質な砂に生息する種について注目した。

含泥率の結果から、表層から115cm~150cmにかけて砂の割合が多い。また、分析の結果、深さ150cmにおいてEponides sp. やPseudorotalia sp. やLenticulina sp. やAmmonia sp. やA. bicirculataが検出された。これら5種はreefやlagoonの砂に生息する(内田2007:柴2012)。また、Lenticulina sp. Ammonia sp. A. bicirculataの3種は渡口の浜のサンプルには検出されなかった。つまり、伊良部の深さ150cmの砂はreefやlagoonの砂と浜辺の砂が起源であると考えられる。reefやlagoonの砂は波浪では調査地点まで到達しにくいと考えられる為、またreefやlagoonの砂や浜辺の砂が混合している為、津波によると推測できる。

また佐和田で見られた級化層理(深さ170cmから290cm)の下、さらに含泥率の結果から、表層から170cm~250cmにかけて砂の割合が多い。つまり、外部から何らかの影響があったと推測できる。さらに、佐和田のトレンチ調査において、津波の痕跡と思われる級化構造がみられた。津波が陸上に侵入する際には大量の土砂を浮遊させて運搬するが、減速するにしたがって支持力を失い、土砂を地表に落とす。したがって、堆積ユニットに級化構造が存在することは、流れが減速・停滞する中で粗粒粒子から順に堆積した環境であることを物語っている(後藤・藤野, 2008)。また、級化構造が見られた佐和田の深さ250cmではAmmonia sp. やCibicidoides sp. やAnomalina sp. やEponides sp. やPseudorotalia sp. Ammonia sp. が検出された。これら5種もreefやlagoonの砂に生息する(内田2007:柴2012)。また、Cibicidoides sp. やAnomalina sp. やEponides sp. の3種は佐和田の浜のサンプルには検出されなかった。さらに、この深さでは内部浅海帯に生息するElphidiumの個体数が多い結果となった。つまり、波浪では到達しにくい場所の砂が陸域まで運ばれているため、またreefやlagoonの砂や浜辺の砂が混合している為、津波に起因する堆積物だと推測できる。表層から290cmにおいて内部浅海帯に生息するElphidiumの個体数が多い結果となった。さらに、Ammonia sp. や浮遊性有孔虫も見られた。この砂も同様の根拠により津波に起因すると考えられる。

今後の課題として、Elphidiumの宮古諸島における生息域を明らかにするため海岸から離れた水深の深い場所でサンプルの解析を進める必要がある。また、有孔虫分析の際に、拾い出した個体数に差があるため、拾い出しが均等に行われない恐れがある。これをなくすために拾い出し数に関する基準を設ける必要がある。

キーワード: 津波堆積物, 有孔虫分析

Keywords: tsunami sediments, foraminiferal analysis

台湾蘭嶼島における津波・波浪による巨石移動の調査 Movement of boulders by tsunamis or typhoon waves in the Lanyu Island, Taiwan.

中村 衛^{1*}, 新城 安尚¹
Mamoru Nakamura^{1*}, Yasuhisa Arashiro¹

¹ 琉球大学理学部

¹ Faculty of Science, University of the Ryukyus

台湾東部はフィリピン海プレートとユーラシアプレートが衝突する収束境界である。活海底に活断層が多く発達していることが近年の構造調査から次第に判明しており、M7.5クラスの地震の発生可能性が推定されている。また琉球海溝西端でもプレート間カップリングの存在が示唆されている。固着域の分布から推定されるプレート間地震のマグニチュードは最大8.5である。これらの領域で発生した地震による大津波で台湾東部地域は被害を被ってきた可能性がある。しかし台湾東部や蘭嶼島には大津波の伝承が残されているものの、古文書に残された津波記録は乏しく過去の大津波については不明な点が多い。一方、台湾の南東沖に位置する蘭嶼島には海岸に多数の巨礫が点在する。これらの多くはサンゴ石灰岩の礫であり、海岸付近に発達する更新世石灰岩段丘の一部が台風等の高波または津波によって打ち上げられ移動したと考えられる。これらの巨礫がどのような外力（津波か、それとも高波か）によって打ち上げられたのかを解明するため、現地調査を行った。

蘭嶼島での現地調査は2012年8月31日から9月4日に実施した。この調査期間の直前に天秤台風（台風14号）が蘭嶼島を襲い、蘭嶼島の西側海岸一帯に高波が押し寄せた。高波の遡上高は最大11mにおよび、空港の滑走路が波に洗われて石砂が散在し、滑走路が一時使用不能になった。また港付近でも高波被害によりガソリンスタンドなどの施設に大きな被害が生じた。海岸付近に分布する礫の高波による移動状況を調べた結果、長径1.5~2.0m以下の礫は高波により移動し、それ以上の長径の礫は移動しなかったことが明らかになった。このことから、最大遡上高約11mの高波では長径2.0m以下の岩は移動するがそれ以上の岩はそれ以上の外力（高波または津波）でなければ移動しないことが明らかになった。

さらに、蘭嶼島の北海岸および東海岸には大波によって打ち上げられたとみられる巨礫が各地に分布する。最大の岩塊は長径6.4m、短径6.1m、高さ2.9mである。津波・波浪による岩塊の移動条件に関する計算式（Kennedy et al., 2007）を用いて、岩塊を移動・転倒させるのに必要な浸水深の計算を行った結果、岩塊を動かすのに必要な大波は、津波の場合に浸水深3.4m以上、高波による場合には12.9m以上の浸水深を必要とすることが明らかになった。一方、この海岸はサンゴ礁があまり発達しておらず、またほぼ全ての巨礫の分布は海岸から約100m以内の標高10m以下に限定される。波浪の影響の強い範囲に分布が限られることから、蘭嶼島の巨礫の多くは津波による移動の影響よりは台風等の高波による移動の影響が強いと考えられる。

キーワード: 台湾, 津波石, 台風, 蘭嶼島

Keywords: Taiwan, tsunami boulder, typhoon, Lanyu Island