

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

Izumi Sakamoto<sup>1\*</sup>, Yuka Yokoyama<sup>1</sup>, Yoshiyuki Takino<sup>1</sup>, Masatoshi Yagi<sup>1</sup>, Daisuke Kanai<sup>1</sup>, Ayaka Suzuki<sup>1</sup>, Aya Endo<sup>1</sup>, Riichiro Imura<sup>1</sup>, Satsuki Iijima<sup>1</sup>, Kenji Nemoto<sup>1</sup>, Yasuo Matsui<sup>2</sup>, Takeshi Kito<sup>2</sup>, Yashuhiro Takashimizu<sup>3</sup>, Syuro Yoshikawa<sup>4</sup>, Yoshihiro Fujiwara<sup>4</sup>, Takashi Kasaya<sup>4</sup>

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

<sup>1</sup>Tokai University, <sup>2</sup>FODECO, <sup>3</sup>Niigata Univ., <sup>4</sup>JAMSTEC

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<sup>1\*</sup>

Ken Ikehara<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 産業技術総合研究所地質情報研究部門

<sup>1</sup> 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<sup>1\*</sup>, 池原 研<sup>1</sup>, ジェンキンス ロバート<sup>2</sup>, 芦 寿一郎<sup>3</sup>  
Kazuko Usami<sup>1\*</sup>, Ken Ikehara<sup>1</sup>, Robert Jenkins<sup>2</sup>, Juichiro Ashi<sup>3</sup>

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

<sup>1</sup> Geological Survey of Japan, AIST, <sup>2</sup> Kanazawa University, <sup>3</sup> 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<sup>1\*</sup>, 卜部 厚志<sup>1</sup>, 平川 一臣<sup>2</sup>  
Yasuhiro Takashimizu<sup>1\*</sup>, Atsushi Urabe<sup>1</sup>, Kazuomi Hirakawa<sup>2</sup>

<sup>1</sup>新潟大学, <sup>2</sup>北海道大学

<sup>1</sup>Niigata University, <sup>2</sup>Hokkaido 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<sup>1\*</sup>, 中村 教博<sup>1</sup>, 後藤 和久<sup>2</sup>, 菅原 大助<sup>2</sup>, Catherine Chague-Goff<sup>3</sup>, 飯嶋 耕崇<sup>1</sup>, Jamaes Goff<sup>3</sup>  
Shusaku Kon<sup>1\*</sup>, Norihiro Nakamura<sup>1</sup>, Kazuhisa Goto<sup>2</sup>, Daisuke Sugawara<sup>2</sup>, Catherine Chague-Goff<sup>3</sup>, Yasutaka Iijima<sup>1</sup>, Jamaes Goff<sup>3</sup>

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

<sup>1</sup> Graduate School of Science, Tohoku University, <sup>2</sup> International Research Institute of Disaster Science (IRIDeS), Tohoku University, <sup>3</sup> 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 sampleing 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<sup>1\*</sup>, Yuichi Nishimura<sup>1</sup>, Yugo Nakamura<sup>1</sup>, Eko Yulianto<sup>2</sup>

Purna Sulastya Putra<sup>1\*</sup>, Yuichi Nishimura<sup>1</sup>, Yugo Nakamura<sup>1</sup>, Eko Yulianto<sup>2</sup>

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

<sup>1</sup>Institute of Seismology and Volcanology, Hokkaido University, <sup>2</sup>Research 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 beccarri*). 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<sup>1\*</sup>, 西村 裕一<sup>1</sup>

Yugo Nakamura<sup>1\*</sup>, Yuichi Nishimura<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 北海道大学・地震火山研究観測センター

<sup>1</sup> 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 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)についてみてみると, 津波堆積物と海岸砂丘堆積物にはいるが, 古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<sup>1\*</sup>

Shigehiro Fujino<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 筑波大学生命環境系

<sup>1</sup> 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1.0m, 1.5m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<sup>1\*</sup>, 佐竹 健治<sup>2</sup>

Yuichi Namegaya<sup>1\*</sup>, Kenji Satake<sup>2</sup>

<sup>1</sup>産総研 活断層・地震研究センター, <sup>2</sup>東京大学地震研究所

<sup>1</sup>AFERC, GSJ, AIST, <sup>2</sup>ERI, 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 年間隔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)、福島県舘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) 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<sup>1\*</sup>, ナディア ラジガエバ<sup>2</sup>, ラリーサ ガンゼイ<sup>2</sup>, キリル ガンゼイ<sup>2</sup>, ビクター カイストレンコ<sup>2</sup>, 中村有吾<sup>1</sup>

Yuichi Nishimura<sup>1\*</sup>, Nadia Razjigaeva<sup>2</sup>, Larisa Ganzei<sup>2</sup>, Kirill Ganzei<sup>2</sup>, Victor Kaystrenko<sup>2</sup>, Yugo Nakamura<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 北海道大学地震火山センター, <sup>2</sup> ロシア科学アカデミー極東支部

<sup>1</sup>Institute of Seismology and Volcanology, Hokkaido University, <sup>2</sup>Far 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<sup>1\*</sup>, 川上 源太郎<sup>1</sup>, 嵯峨山 積<sup>1</sup>, 高橋 良<sup>1</sup>, 渡邊 達也<sup>1</sup>, 奥水 健一<sup>1</sup>, 平川 一臣<sup>2</sup>

Kenji Nishina<sup>1\*</sup>, Gentaro Kawakami<sup>1</sup>, Tsumoru Sagayama<sup>1</sup>, Ryo Takahashi<sup>1</sup>, WATANABE, Tatsuya<sup>1</sup>, KOSHIMIZU, Ken'ichi<sup>1</sup>, Kazuomi Hirakawa<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 北海道立総合研究機構 地質研究所, <sup>2</sup> 北海道大学

<sup>1</sup>Geological Survey of Hokkaido, Hokkaido Research Organization, <sup>2</sup>Hokkaido 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6m, 5mである。ともに低地と海との境界には一部で高さ10mを越える砂丘が存在している。これらの低地において, ビ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2-13cm)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に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 晃一郎<sup>1\*</sup>, 澤井祐紀<sup>1</sup>, 穴倉 正展<sup>1</sup>, 藤原 治<sup>1</sup>, 行谷 佑一<sup>1</sup>  
Koichiro Tanigawa<sup>1\*</sup>, Yuki Sawai<sup>1</sup>, Masanobu Shishikura<sup>1</sup>, Osamu Fujiwara<sup>1</sup>, Yuichi Namegaya<sup>1</sup>

<sup>1</sup>産総研, 活断層・地震研究センター

<sup>1</sup>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, 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<sup>1\*</sup>, 石辺 岳男<sup>2</sup>, 佐竹 健治<sup>2</sup>, 島崎 邦彦<sup>2</sup>, 須貝 俊彦<sup>3</sup>, 西山 昭仁<sup>2</sup>, 原田 智也<sup>2</sup>, 今井 健太郎<sup>4</sup>, 行谷 佑一<sup>5</sup>, 上野俊洋<sup>6</sup>

Takashi Chiba<sup>1\*</sup>, Takeo Ishibe<sup>2</sup>, Kenji Satake<sup>2</sup>, Kunihiko Shimazaki<sup>2</sup>, Toshihiko Sugai<sup>3</sup>, Akihito Nishiyama<sup>2</sup>, Tomoya Harada<sup>2</sup>, Kentaro Imai<sup>4</sup>, Yuichi Namegaya<sup>5</sup>, Toshihiro Ueno<sup>6</sup>

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

<sup>1</sup> Univ. of Tsukuba, <sup>2</sup> Earthquake Res. Inst., Univ. of Tokyo, <sup>3</sup> Grad. Sch. of Frontier Sci., Univ. of Tokyo, <sup>4</sup> IRiDeS, Tohoku Univ., <sup>5</sup> AFERC, AIST, <sup>6</sup> 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、ハンドジェ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、まずジェ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レークの河床堆積物の特徴とも異なることから、ジェ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<sup>1\*</sup>, 松島義章<sup>2</sup>, 金 幸隆<sup>1</sup>, 松尾宣方<sup>3</sup>, 捧一夫<sup>4</sup>

Kazutaka Mannen<sup>1\*</sup>, Yoshiaki Matsushima<sup>2</sup>, Haeng Yoong Kim<sup>1</sup>, Norikata Matsuo<sup>3</sup>, Kazuo Sasage<sup>4</sup>

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

<sup>1</sup> Hot Springs Research Institute of Kanagawa Prefecture, <sup>2</sup> Kanagawa Prefectural Museum of Natural History, <sup>3</sup> Kamakura Archaeological Institute, <sup>4</sup> 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箇所で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アサリ、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きの破片で、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う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き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<sup>1\*</sup>, 板坂 孝司<sup>2</sup>, 小倉 一輝<sup>1</sup>, 斉藤 亜妃<sup>1</sup>, 大橋 陽子<sup>1</sup>, 内田 絢也<sup>1</sup>

Akihisa Kitamura<sup>1\*</sup>, Koji Itasaka<sup>2</sup>, Kazuki Ogura<sup>1</sup>, Aki Saito<sup>1</sup>, Yoko Ohashi<sup>1</sup>, Jyunya Uchida<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 静岡大学理学部地球科学科, <sup>2</sup> 静岡県危機管理部危機政策課

<sup>1</sup>Institute of Geosciences, Shizuoka University, <sup>2</sup>Shizuoka 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<sup>1\*</sup>, 北村 晃寿<sup>1</sup>

Konatsu Kobayashi<sup>1\*</sup>, Akihisa Kitamura<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 静岡大学

<sup>1</sup>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伸びる平野で、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、<sup>14</sup>C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<sup>1\*</sup>  
Atsushi Urabe<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 新潟大学災害・復興科学研究所

<sup>1</sup>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<sup>1\*</sup>, 安藤 雅孝<sup>1</sup>, 宍倉 正展<sup>2</sup>, Chih-wei Chien<sup>3</sup>, 中村 衛<sup>4</sup>, 新城 安尚<sup>4</sup>

Yoko Tu<sup>1\*</sup>, Masataka Ando<sup>1</sup>, Masanobu Shishikura<sup>2</sup>, Chih-wei Chien<sup>3</sup>, Mamoru Nakamura<sup>4</sup>, Yasuhisa Arashiro<sup>4</sup>

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

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