

2011年東北地方太平洋沖地震津波で千葉県蓮沼海岸（九十九里海岸中部）に形成された堆積物

Sedimentary features of the 2011 Tohoku earthquake tsunami deposit, on the Hasunuma coast (Central part of the Kujukuri coast), east Japan

藤原 治¹・澤井祐紀¹・宍倉正展¹・行谷佑一¹・木村治夫¹・楳原京子¹

Osamu Fujiwara¹, Yuki Sawai¹, Masanobu Shishikura¹, Yuichi Namegaya¹,
Haruo Kimura¹ and Kyoko Kagohara¹

¹ 活断層・地震研究センター (AIST, Geological Survey of Japan, Active Fault and Earthquake Research Center, o.fujiwara@aist.go.jp)

Abstract: Two days after the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (Mw 9.0), we observed undisturbed tsunami deposit along the Hasunuma coast, Chiba Prefecture, East Japan. This article describes the 1) characteristic bedforms of the tsunami deposit and 2) coast-normal change of the depositional facies of the tsunami deposit in hundred- to kilo-meter scale. Large volume of deposits was eroded from the coastal area and transported inland by the tsunami. Similar to many previous studies, the tsunami deposit shows a gross landward thinning and fining trend. Bedforms characterizing the tsunami deposit are ripples with various size and shape. Many of them are current ripples with a wavelength ranging from several cm to 10 cm, and suggest a uni-directional current. Barchan ripples are also commonly observed on the tsunami deposit. These type and size of the bedforms reflect the hydraulic features of the flow forming the tsunami deposit including flow speed, direction, duration, and sediment transport rate.

キーワード: 東北地方太平洋沖地震, 津波, 津波堆積物, ベッドフォーム, 九十九里海岸

Keywords: The 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake, tsunami, tsunami deposit, bedform, Kujukuri coast

1. はじめに

2011年3月11日に東北地方太平洋沖で発生した巨大地震による津波は、千葉県の九十九里海岸でも砂丘を乗り越えるなどして内陸奥深くまで遡上し、場所によっては家屋や耕作地に被害を生じた。この津波の翌々日に行った緊急調査の際に、千葉県山武市蓮沼（第1図）で殆ど変形を受けていない“新鮮な”津波堆積物を観察する機会があった。このような“新鮮な”津波堆積物の情報は次の点で重要である。

まず、津波の直後に未変形の堆積物が記載されたことは殆ど無く、今回の観察結果は科学的に貴重な記録である。僅かな例外（*e.g.*, 今野編, 1961; 七山ほか, 2006; Nishimura and Miyaji, 1995）を除くと、これまで報告された津波堆積物は、津波発生から数週間以上が経過して風雨などによる変形を受けたものを観察している。このため、津波堆積物の初生的な形態やその空間的分布については断片的な情報があるのみである（*e.g.*, Gelfenbaum and Jaffe, 2003; Moore *et al.*, 2006; Choowong *et al.*, 2008; Naruse *et al.*, 2010）。

また、変形を受けていない津波堆積物を使って、

その形態や空間的な分布の特徴を調べておくことは、津波とほかの堆積物をどう識別するかと言う、古津波堆積物の研究における課題を解決する上でも重要なデータになる。この識別は古津波堆積物を使った地震・津波の予測の信頼性確保に必須の課題である。洪水や台風による堆積層との比較・識別のためには、地層の2次元断面だけでなく3次元的な形態（ベッドフォーム）が重要であるが（Fujiwara, 2008）、津波堆積物についてはそのデータが非常に少ない。今回の観察では津波堆積物を特徴づけるベッドフォームの幾つかが明らかになった。なお、水や空気の流れで砂層の表面にできる微地形（3次元構造）を「ベッドフォーム」と呼ぶ。一方、その内部に見られる粒子の配列が作る構造（主に2次元構造）は「堆積構造」と呼ばれる。水底などで見られるリップルはベッドフォーム、その断面に見られる斜交層理などは堆積構造である。

本稿では蓮沼海岸で観察された代表的なベッドフォームを取り上げ、巨視的に見たときにそれらが海岸から内陸へ向かってどのように分布するかを報告する。次に代表的なベッドフォームについて、そ

の形態や分布場所の特徴を報告する。3月13日に観察したベッドフォームの一部については、その堆積学的な解釈を藤原ほか（投稿中）で報告した。ここでは津波堆積物のベッドフォームについてアーカイブを作することを主目的に、藤原ほか（投稿中）で報告できなかった写真の紹介や、堆積場の詳細な記述を行う。また本稿では、津波堆積物の経時変化を追跡するため、津波から約3週間後の4月3日と約3ヶ月後の6月20日および21日に行った調査の結果も合わせて報告する。

2. 調査地域と津波

蓮沼海岸（第1図）は、ほぼ北東-南西方向に伸びる直線的な砂浜海岸で、九十九里海岸の他の地域と同じく砂丘や浜堤列が発達する。海岸の砂丘は幅200~300mで、高さは稀に10mを越えるピークがあるものの、5m未満の部分が大半である。海岸の地層は淘汰の良い細粒砂で構成され、波打ち際には多くの貝殻が打ち上がっている。砂丘や浜堤列は海岸では防砂林や海浜公園に、内陸部では住宅地や畑となっている。浜堤列の間の低地は水田であることが多い。

津波は蓮沼海岸では砂丘の鞍部を乗り越え、海岸から続く道路や側溝に沿って内陸奥深くまで遡上し、最大で海岸から約1km（標高約1.8m）の地点（第1図の地点9）まで達した。3月13日の調査は、中下海水浴場から県道58号（芝山はにわ道）へ至るルートで行った（第1図）。海水浴場から標高3m前後の砂丘鞍部を横切って防砂林へ道が通じている。その道路は防砂林を横切るところでは幅5mほどでアスファルト舗装されている。防砂林は幅約220mで、陸側の縁に沿って幅8m、深さ1.5mほどの堀が設けられている。堀にかかる橋を渡ると、道路は蓮沼海浜公園を横切るところで北へクランク状に曲がり、その先で海岸に並走する広い道路と交差する（第1図地点5付近）。交差点から内陸へは幅約6mの直線道路（歩道と側溝あり）が伸びており、両側には主に住宅地が分布し空き地や畑もある。交差点から約150m西で幅1.5m深さ1mほどの溝を渡り（第1図地点7）、さらに約50mで県道58号の終点である交差点に着く。そこから約170m内陸（西）までは道の両側に住宅地や畑が広がるが、その先は水田地帯となる。

4月と6月の調査で津波堆積物を観察したのは、3月13日の調査ルートのうちの地点2から4とその周辺（第1図）、およびこのルートから約450m南西の防砂林（地点12）である。

3. 津波堆積物が示す海岸から内陸への層相変化

蓮沼海岸で観察された津波堆積物の層相を、海岸から内陸へ順に第2図から第9図に示す（撮影場所

は第1図参照）。海岸では砂丘を越流した津波によって砂丘の裏側（陸側）や舗装道路が大きく侵食されていた（第2図）。その直ぐ陸側では津波堆積物は主にアスファルトやコンクリート片などの粗粒物になるが、層厚自体は薄い。防砂林を横切る舗装道路では、侵食や堆積物の移動が主で堆積はあまり見られない。津波堆積物の分布は路肩にほぼ限られ、ここでは吹き寄せられたコンクリート片や砂層が見られる（第3図）。

防砂林の中では砂が厚く堆積（最大で35cm程度）している（第4図）が、砂層の分布は一概ではなくマウンド状に厚く堆積した部分や、木の根元は洗掘ですり鉢状に窪んでいるところもある。海岸に近い場所では貝殻の集積層も見られた（第4図）。多数を占めるのは大型のチョウセンハマグリとウバガイで、チゴバカガイ、フジノハナガイ、タマキガイなども見られる。貝殻の分布密度は、内陸側へ急速に低下し、防砂林の内陸縁にある堀より内陸側では目立たなくなる。津波で防砂林内に打ち上がった貝類と、津波後の6月21日に海岸に打ち上がっている貝類を比べると、種構成はよく似ている。しかし、防砂林内のチョウセンハマグリとウバガイは老成した個体が多いことと、変質して黒ずんだ個体（化石化したもの）も見られる点異なる。

防砂林を出た陸側では津波堆積物は薄くなり、道路脇などに吹き寄せられたものを除くと、せいぜい層厚数cmである。第5図は、地点5（第1図）の交差点で縁石の間から道路の分離帯へ流れ込んだ淘汰の良い細粒砂からなる津波堆積物である。縁石やブロックの裏側（流れの下流側）では砂層が厚く堆積しており、最大で層厚10cmに達する。場所によって種々のリップルが見られる。リップルの波長は10cm程度のことが多い。交差点から内陸へ向かう道路では砂が路面を覆っているが、層厚は3~4cm未満である。リップルは海岸から内陸へ500m付近までは遡上する流れを示すものが殆どであるが、それより内陸では戻り流れを示すものが多い。路面を覆う津波堆積物は一般に層厚2cm程度と薄い。溝から歩道へ溢れ出した場所では例外的に厚く最大で5cm以上に達する（第6図）。

第7図は海岸から500m付近の車道で見られる津波堆積物で、主に淘汰の良い細粒砂からなり、リップルは戻り流れを示している。津波堆積物の上には流れが収まった後に沈殿した薄い泥層（マッドレイプ）が覆う。さらに内陸では路肩に吹き寄せられた部分を除くと、明瞭な砂層は見られなくなり、泥質の砂層がフィルム状に路面を覆う（第8図）。津波の遡上限界付近では浮遊してきた植物片などが集積帯を作っており、河口部から流されてきた魚（ボラ）も見られる（第9図）。調査ルートで砂層が目視ではつきりと認められるのは、地点7（第1図）よりやや内陸の海岸から600~700m付近までであるが、実際

に海水が侵入した先端は更に200 m以上内陸にある。

以上の海岸から内陸へ向かう津波堆積物の層相変化を、断面図にして第10図に示す。海岸や砂丘の裏側では侵食が卓越し、その直ぐ陸側にコンクリート片など粒径の大きな物質や貝殻が多く堆積した。それよりやや内陸側で砂質の津波堆積物が最も厚く、このピークから内陸へ向かって大局的には層厚と粒径が減少する。さらに内陸へ砂層は数mm未満と極薄くなり、泥質層を経て先端部（遡上限界付近）では浮遊してきた植物片などの集積層となる。

4. 特徴的なベッドフォーム

4.1 カレントリップル

今回の調査で最も多く観察されたベッドフォームは、第5～7図に見られるような規則正しい波状のカレントリップルである。流れの作用によって形成される波状のベッドフォームを総称してリップルと呼ぶが、そのうち河川のような一方向流によって形成されるものをカレントリップルと呼ぶ。カレントリップルは至るところで見られ、第5図の中央部や第7図のように直線的に伸びる峰を持つものが多いが、第5図の左部分や第2図のように舌状の形態を持つものも見られた。

カレントリップルは流れに平行な断面で見ると上流側の斜面が長く緩やかなのに対し、下流側の斜面は短く急で非対称な形を示す。第2図や第5図では紙面奥（海側）が上流で、これは遡上流によるものである。一方、第7図では紙面手前（陸側）が上流側であり、戻り流れを示している。カレントリップルの形やサイズは粒度のほか、流れの速さ・深さ・継続時間などによって規制される。他の条件が一定であれば、舌状のカレントリップルは直線状の峰を持つものより流速が速い条件でできやすくとされる（e.g., Baas, 1999）。

4.2 バルハン

今回の調査では、第2図の挿図や第5図の右側部分あるような三日月形のバルハンと呼ばれるベッドフォームも比較的多く見られた。第5図の挿図に示すように上から見ると三日月状を示すが、断面では上流側に緩やかな斜面、下流側に急な斜面（スリップフェイス）を有する。下流側の斜面両側から下流側へ2つの「角」が伸びる。これも砂の表面に一方向流で形成されるベッドフォームである。このような小型ものはバルハン・リップルとも呼ばれる（遠藤ほか, 2003, 2011）。

第11図は海岸に平行に走る道路を海側にある展望台から見たところで、津波で運ばれた砂が厚く分布するところと砂が少なく路面が覗くところが繰り返している。砂が厚い部分はカレントリップルと似た形をしているがより大きなベッドフォームが発達し

ている。これは一般にデューンとよばれる構造である。砂が少ない部分にはバルハンが形成されている。道路際の家や車との比較ではこのバルハンの波長は1.0～1.5 mほどである。デューンやバルハンは下流側の急斜面（画面右側）が暗く見えており、この形からは画面で左から右への流れで堆積したことが分かる。

5. ベッドフォームの経時変化

海岸部では、淘汰のよい砂層が津波堆積物を作るが、それは乾燥すると直ぐに風で移動しはじめる。津波から2日目でも既に初生のベッドフォームが崩れ、代わりに表面に風紋が形成されている場所もあった。風紋は一見、形態やサイズが津波堆積物に見られるカレントリップルに似ている。しかし、両者が示す流向（風向）は大きく異なることが多い。

第12図は蓮沼海岸の防砂林内の津波から3週間後の様子である。津波で運び込まれた砂が一面に堆積しているが、表面は殆んど平らで元のベッドフォームが分からなくなっていることが多い。木陰や津波よる浮遊物に覆われ風雨から守られていた部分に僅かにカレントリップルが見られた。形が崩れて不明瞭になりつつあるが、断面では下部に低角斜交層理など一方向流の形跡が確認でき、最上部にはリップルの形態が確認できる（第12B図）。ここではリップルの表面に薄いマッドレイプや植物片の濃集した膜があるなど、風紋とは異なる。津波から3か月後に同じ地点で観察した際には、このカレントリップルは完全に消えて砂層の表面は平らになっていた。

6. 考察

6.1 津波堆積物の海一陸方向の断面形

津波堆積物が内陸へ向けて細粒化・薄層化することは、多くの研究で報告されてきた（e.g., Clague and Bobrowsky, 1994; Choowong *et al.*, 2008; Naruse *et al.*, 2010）が、その原因について解説した例は少ない。第10図を見ると、津波堆積物は単純に陸側へ細粒化・薄層化するのではなく、海岸近くでは侵食が卓越し、その直ぐ陸側ではコンクリート片などを主とする薄くて粗粒な堆積物からなる。さらにその陸側（今回は防砂林の中）に砂質堆積物の厚いピークがあり、そこから内陸への細粒化・薄層化が顕著にみられる。津波によって海岸で大きな侵食が起こることは、Choowong *et al.* (2008) や Fujino *et al.* (2010) などでも報告されている。海岸では流れが強くて殆どの物質が流されてしまう。

内陸へ向けて細粒化・薄層化する部分について、藤原 (2007) は流れのキャパシティ (Capacity; Hiscott, 1994) という概念を引用して説明した。ここでキャパシティとは流れが支えて運べる粒子の全容量のことで、それは流れの速さと水深の両方に依存

する。蓮沼では砂丘の直ぐ陸側では津波の浸水深(流れの厚さ)は人の背丈よりかなり高かったが、内陸へ急速に減少し、約1 km内陸の遡上限界地点でゼロとなった。また、津波の流速は遡上過程で減少し、押し波から引き波に変わる際には流れが殆ど停止する。このように遡上流に関してみると、内陸へ行くにつれて流速と水深が減少するために流れのキャパシティが急減する。それに対応して、海岸から内陸へとベッドフォーム(各種のリップルなど)や堆積構造(各種の斜交層理、リップル葉理など)の配列が生じる。流れが停止すると泥粒子が沈殿してマッドドレイブが形成される。第10図にはこうしたプロセスを模式的に示している。

6.2 津波堆積物を特徴付けるベッドフォーム

今回の調査では、津波堆積物を特徴付けているのは各種のリップル(大半は波長が数cmから10cm前後)であった。中でもカレントリップルと随伴して多く見られたのはバルハン・リップルで、それは第1図の地点6より海側の舗装面(道路や駐車場)で観察された。これらのベッドフォームには一定の配列があり、砂が厚く堆積している場所ではデューンやカレントリップルが見られ、その下流側の砂が少ないところにバルハン・リップルが形成されていた(第2, 5, 11図)。

この上流から下流へのベッドフォームの配列がどうして出来るかは、水槽や風洞での実験および数値計算などで調べられている(e.g., Endo *et al.*, 2004; 勝木ほか, 2011)。それによると一方向流の下では、初期条件とした平滑な砂床から、まず直線的な峰を持つカレントリップルが形成され、それが崩れて下流へ移動した砂からバルハンが形成される。つまりバルハンは継続した一方向流があり、かつ砂の供給が少ない条件でカレントリップルなどから2次的に生じる構造である。このようにベッドフォームの特徴は、各地点での砂の供給量や流水の継続時間などの違いも反映していると考えられる。

7. まとめ

東日本太平洋沖地震の直後(2011年3月13日から6月21日)に九十九里海岸中部で行った津波堆積物の観察結果を報告した。津波による初生的なベッドフォームの記載は、津波直後の堆積物調査や古津波堆積物の調査にも重要な情報となる。

- 1) 砂丘の背面(陸側)では越流した津波による侵食が卓越し、津波堆積物の主要な供給源となった。
- 2) 津波堆積物は侵食場のやや陸側(今回は防砂林内)で層厚が最も厚く、そこから大局的には内陸側へ薄く細粒になる。この薄層化・細粒化には遡上した津波の流速と浸水深の減少が影響している。

- 3) 津波堆積物を特徴付けているのは「方向性」および「流速」の情報を持つ各種のリップルである。ベッドフォームの種類は津波による砂の運搬量や水流の継続時間の違いを反映している。

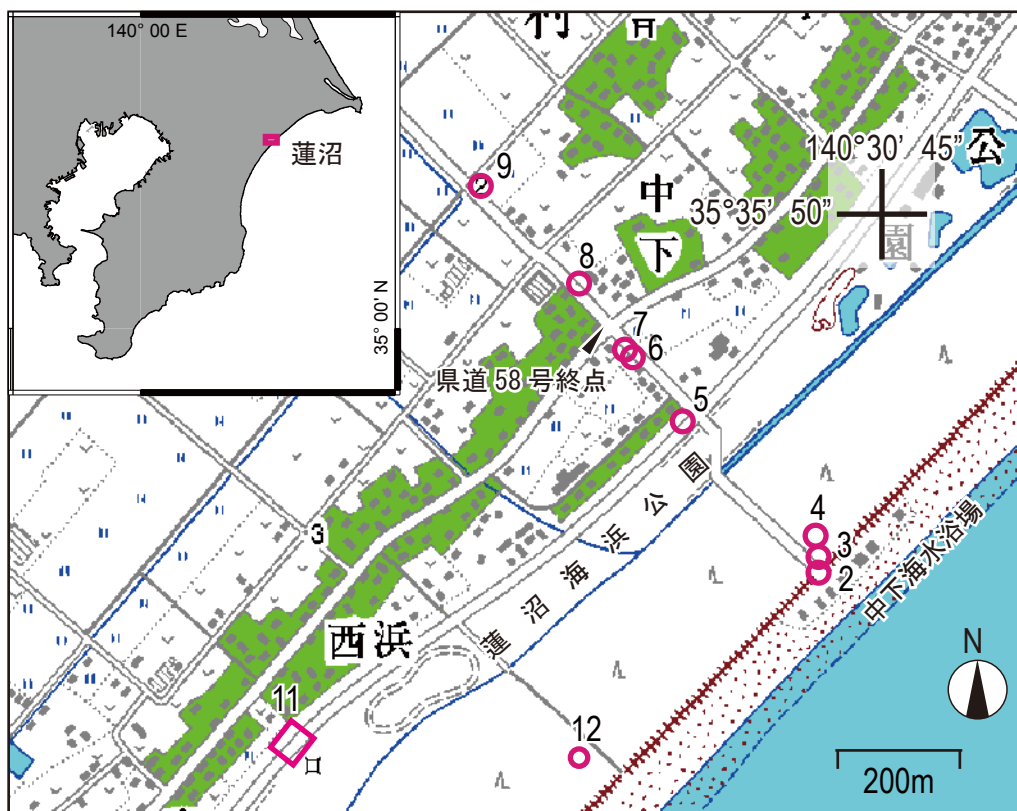
謝辞 津波の高さ(浸水深、遡上高とも)については、東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ(2011)による速報値を利用した。査読者である筑波大学の藤野 滋弘博士と活断層・地震研究センターの宍倉正展博士からのコメントにより本稿は改善されました。

文 献

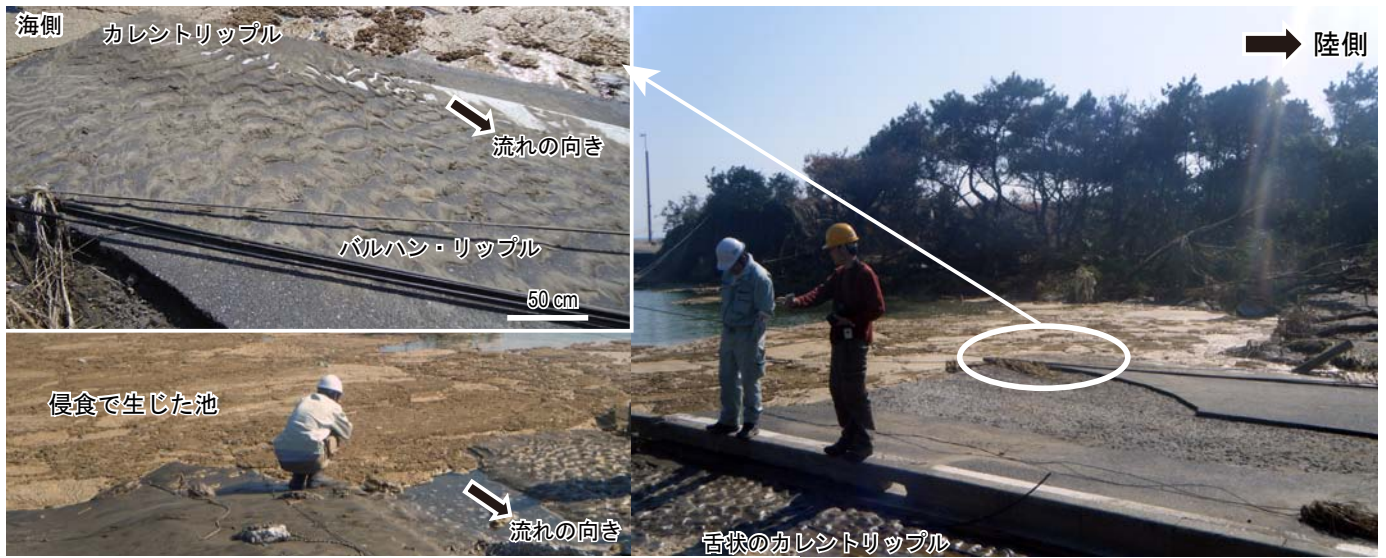
- Baas, J. H. (1999) An empirical model for the development and equilibrium morphology of current ripples in fine sand. *Sedimentology*, 46, 123-138.
- Choowong, M., Murakoshi, N., Hisada, K., Charusiri, P., Charoentitirat, T., Chutakositkanon, V., Jankaew, K., Kanjanapayont, P. and Phantuwoongraj, S. (2008) 2004 Tsunami inflow and outflow at Phuket, Thailand. *Marine Geology*, 248, 179-192.
- Clague, J. J. and Bobrowsky, P. T. (1994) Tsunami deposits beneath tidal marshes on Vancouver Islands, British Columbia. *Geological Society of America Bulletin*, 106, 1293-1303.
- Endo, N. and Taniguchi, K. (2004) Observation of the whole process of interaction between barchans by flume experiments. *Geophysical Research Letters*, 31, L12503, doi:10.1029/2004GL020168.
- 遠藤徳孝・久保秀仁・砂村継夫(2003)バルハン型の砂床形態に関する実験。数理解析研究所講究録, 1305, 170-175.
- 遠藤徳孝・谷口圭輔・勝木厚成(2011)アナログ実験と数値実験で探る砂丘列発達過程。地質学雑誌, 117, V.
- Fujino, S., Naruse, H., Matsumoto, D., Sakakura, N., Suphawajruksakul, A. and Jarupongsakul, T. (2010) Detailed measurements of thickness and grain size of a widespread onshore tsunami deposit in Phang-nga Province, southwestern Thailand. *Island Arc*, 19, 389-398.
- 藤原 治(2007)地震津波堆積物:最近20年間の主な進展と残された課題。第四紀研究, 46, 451-462.
- Fujiwara, O. (2008) Bedforms and sedimentary structures characterizing the tsunami deposits. Shiki, T., Tsuji, Y., Yamazaki, T. and Minoura, K. (eds.) *Tsunamiites - Features and Implications (Developments in Sedimentology)*, 51-62. Elsevier.
- 藤原 治・澤井祐紀・宍倉正展・行谷佑一(投稿中)2011年東北地方太平洋沖地震に伴う津波により九十九里海岸中部に形成された堆積物。

- Gelfenbaum, G. and Jaffe, B. (2003) Erosion and sedimentation from the 17 July, 1998 Papua New Guinea tsunami. *Pure and Applied Geophysics*, 160, 1969-1999.
- Hiscott, R. N. (1994) Loss of capacity, not competence, as the fundamental process governing deposition from turbidity currents. *Journal of Sedimentary Research*, A64, 209-214.
- 勝木厚成・西森 拓・遠藤徳孝・谷口圭輔 (2011) 数値実験と水槽実験で解くバルハン集団のダイナミクス. *地質学雑誌*, 117, 155-162.
- 今野円蔵 編 (1961) チリ地震津波による三陸沿岸被災地の地質学的調査報告. 東北大学理学部地質学古生物学教室研究邦文報告, 52, 40p., 13 plates.
- Moore, A., Nishimura, Y., Gelfenbaum, G., Kamataki, T. and Triyono, R. (2006) Sedimentary deposits of the 26 December 2004 tsunami on the northwest coast of Aceh, Indonesia. *Earth, Planets and Space*, 58, 253-258, 2006.
- 七山 太・重野聖之・添田雄二・石井正之 (2006) 平成15年9月26日十勝沖地震津波によって生じた土砂移動現象—被災直後の堆積学的記載の重要性—. *地質ニュース*, 620号, 10-18.
- Naruse, H., Fujino, S., Suphawajruksakul, A. and Jarupongsakul, T. (2010) Features and formation processes of multiple deposition layers from the 2004 Indian Ocean Tsunami at Ban Nam Kem, southern Thailand. *Island Arc*, 19, 399-411.
- Nishimura, Y. and Miyaji, N. (1995) Tsunami deposits from the 1993 southwest Hokkaido earthquake and the 1640 Komagatake eruption, northern Japan. *Pure and Applied Geophysics*, 144, 719-733.
- 東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ (2011) <http://www.coastal.jp/tjt/> (2011年10月28日参照)

(受付:2011年10月28日, 受理:2011年11月23日)



第1図. 位置図. 1/2.5万地形図「木戸」を使用. 図中の番号は図2～12の撮影地点.
 Fig. 1. Index map. Modified from 1/25,000-scale topographic map of Geogr. Surv. Inst., "Kido". Numerals indicate the locations where the pictures in figures 2 to 12 were taken.



第2図. 海岸部での道路の侵食 (2011/3/13). 防砂林の木は陸側へ傾き, 道路の舗装もめくれている. 人の足元の砂層にできたリップルは陸側へ向かう流れを示す.
 Fig. 2. Eroded road by tsunami on the Hasunuma coast. The tsunami overwash tilted the windbreak forests landward and blew inside out the asphalt paved road. Ripples on the tsunami sand sheet show a landward current direction.



第3図. 防砂林と道路に見られる津波堆積物 (2011/3/13). 主にコンクリート片などからなり, 路肩で厚く堆積している. 写真の右手が海.
 Fig. 3. Tsunami deposit covering the paved road and windbreak forest. Tsunami deposit thickly formed along the edge of the road. It consists mainly of fragmented concrete wall, sand and gravel. The coast is to the right of the figure.

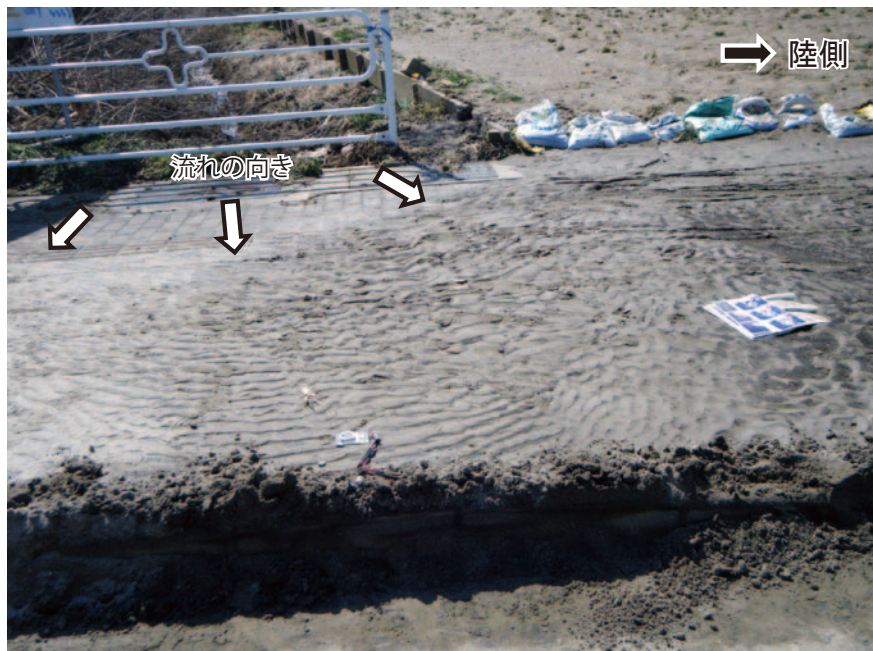


第4図. 防砂林内に津波で堆積した砂層と貝殻集積層 (2011/6/21). 白色に見える貝殻はチョウセンハマグリとウバガイが目立つ. 貝殻は大きいもので殻長約10 cm.
 Fig. 4. Tsunami deposit with concentrated shells in the windbreak forest. White colored marine shells (dominated by *Meretrix lamarckii* and *Pseudocardium sachalinense*) are concentrated on the gravelly sand sheet. Maximum length of the shells is ~10 cm.



第5図. 道路の分離帯に形成されたリップルを持つ津波堆積物（2011/3/13）. 海岸から400 m 付近の遡上流による堆積物. 淘汰の良い細粒砂層からなり，層厚は最大で約10 cm. リップルの波長は長いもので10 cm. 写真中央には直線状のカレントリップル，左手には舌状のカレントリップル，右手には三日月形のバルハンが見られる. 活断層・地震センターのHPより転載.

Fig. 5. Rippled sand sheet by tsunami up-flow formed on the paved central reservation of the road (~400 m inland from the coast). Current ripples with straight crest line (center of the picture) and linguoid current ripples (left side of the picture) and barchan ripples (right side of the picture) are visible. Maximum wavelength of the current ripples is ~10 cm. Reproduced from the Home page of the Active Fault and Earthquake Research Center.



第6図. 水路から歩道へ溢れ出した津波による堆積物(2011/3/13). 海岸に平行に伸びる水路(幅1.5 m 深さ1 m) から溢れて放射状に流れた跡がリップルの形から分かる. 手前にあるクリノメータの長さは約10 cm.

Fig. 6. Rippled tsunami sand bed on the sidewalk. The tsunami overflowed from the irrigation channel formed the ripples with a radial pattern. Clinometer on the tsunami sand is 10 cm long.



第7図. 海岸から500 m付近で見られるカレントリップル(2011/3/13). 表面をマッドドレイプが覆う. 戻り流れの痕跡. 浸水深は約70 cm.

Fig. 7. Current ripples on the tsunami deposit. Mud drape covers the tsunami sand sheet. Ripples show a seaward current direction. Inundation depth was ~70 cm at this site (~500 m inland from the coast).

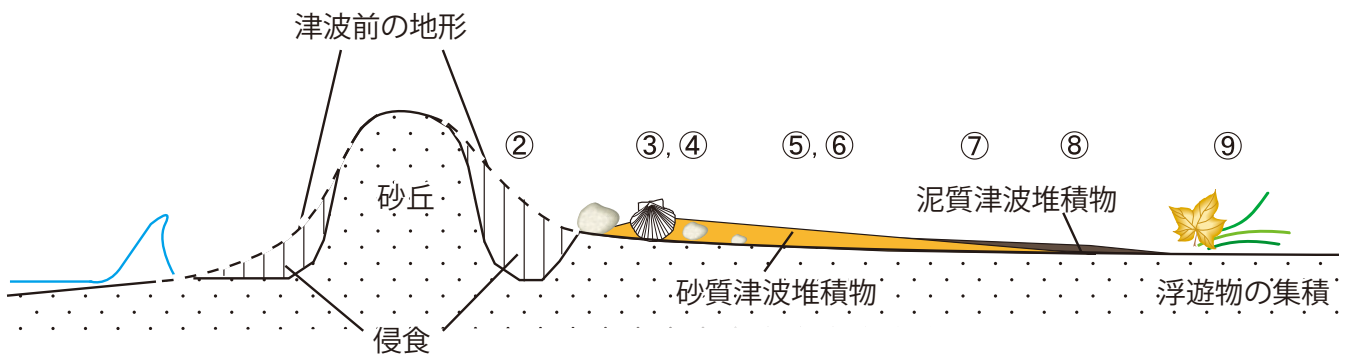


第8図. フィルム状に道路を覆う津波堆積物(2011/3/13). 泥質砂層からなる. 海岸から約700 mの位置で陸側を見る.

Fig. 8. Tsunami deposit varnishing the paved road about 700 m from the coast. The deposit consists of muddy fine sand, less than several mm in thickness. (Landward view).



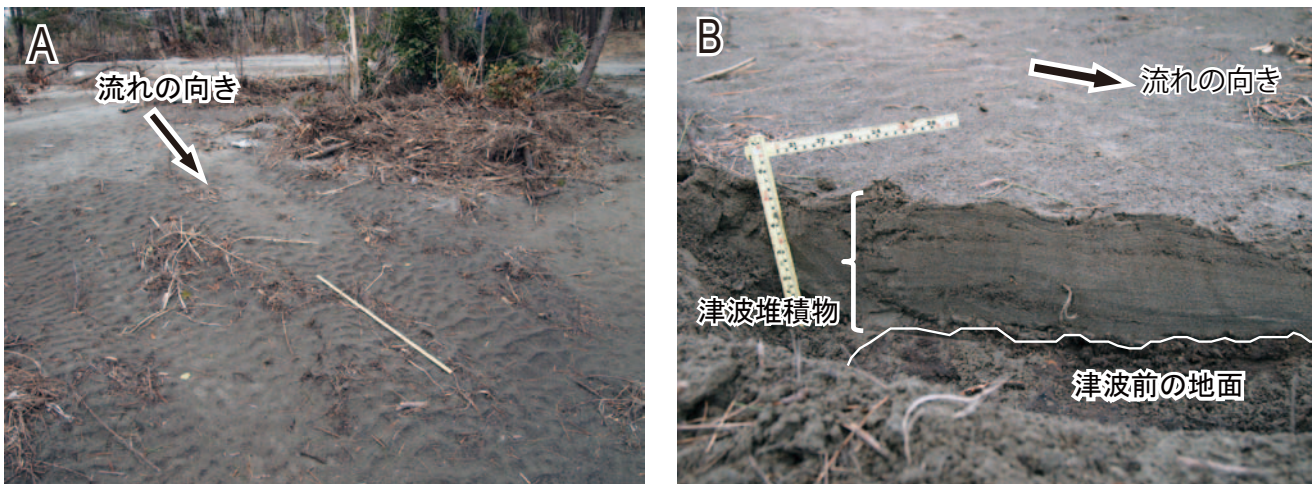
第9図. 遡上限界の様子（2011/3/13）. 泥質の細粒砂層で層厚1cm未満. 浮遊してきた植物片の集積や, 打ち上げられた魚（ボラ）も見える. 海側を見る.
 Fig. 9. Inundation limit of the tsunami marked by concentrated plant debris with marine derived fish. (Seaward view).



第10図. 津波堆積物の模式堆積断面. 縦横比は任意. ②～⑨は図2～9の観察された位置に相当.
 Fig. 10. Schematic coast-normal section of tsunami deposit. Numerals suggest approximate locations where the pictures in figures 2 to 9 were taken.



第 11 図. 道路で見られるデューンとバルハン (2011/3/13). B: バルハンの卓越する部分. D: デューンの卓越する部分.
 Fig. 11. Dunes and Barchans on the tsunami sand bed. B: Barchans. D: Dunes.



第 12 図. 津波から 3 週間後の防砂林内の様子 (2011/4/3). A: 淘汰のよい細粒砂層からなる津波堆積物が一面に覆う. 層厚 10~14 cm. リップルが不鮮明になってきている. スケールは 1 m. B: 図 12A のスケールの近くで掘った地層断面. 津波堆積物の下部から中部には平行葉理や低角斜交層理, 最上部にはリップル葉理が見られる.
 Fig. 12. Tsunami sand bed in the windbreak forest (about three weeks after the tsunami). A: Rippled tsunami deposit composed of well sorted fine sand (10-14 cm in thickness). Ripples are becoming indistinct due to the weathering. Scale bar is 1 meter long. B: Cross section of the tsunami deposit (near the scale bar in the Fig. 12A). Parallel laminations and low-angle cross laminations are visible in the lower to middle part of the tsunami deposit. Ripple laminations mark the upper part of the deposit.