

# 平成東日本大津波による北上川津波遡上堆積物について

三上 禎次<sup>1)</sup>・鈴木 寿志<sup>2)</sup>

**要旨** 著者らは、平成23年3月11日の東北地方太平洋沖地震により発生した津波被害の状況調査を発生3ヶ月半後に実施した際に、北上川河川敷地内において津波遡上堆積物の露頭を発見した。堆積物に含まれるアスファルト片や礫が示す覆瓦構造による流向判定および堆積学的な相解析の結果、本露頭において、津波が河川を遡上した際に形成された堆積物と、その後の引き波により形成された堆積物が認められたので、その産状について報告する。

キーワード：東北地方太平洋沖地震，北上川，覆瓦配列，津波遡上堆積物

## 1. はじめに

平成23年3月11日午後2時46分、東北地方太平洋沖地震が発生し、東日本の太平洋沿岸を大津波が襲った。この津波は多くの人命を奪い、同時に多くの堆積物を沿岸地域にもたらした。東北地方太平洋沿岸地域は、日本史の上でも度々大津波に襲われていることで知られていることから、東北地方太平洋沖地震発生前にも、三陸地方の扇状地や仙台平野などにおいて掘削調査が実施され、津波の押し寄せた範囲や巨大地震の周期性などについて研究が進められていた(宍倉ほか, 2007など)。そして今回の東北地方太平洋沖地震を契機に、多くの研究者が東北地方を訪れ大津波の発生直後の状況について観察・記録を行った。その結果、津波堆積物の認定などにおいて重要な新たな知見が大幅に増えつつあり、現在も活発に検討・議論が続けられている(Goto *et al.*, 2011など)。

筆者らは東北地方太平洋沖地震の発生から約3ヶ月半経過した平成23年6月26日~7月4日の期間に、岩手県北部から福島県にかけて災害調査を行い、同時に津波堆積物についても調査を行った。その結果、筆者らは今回の津波堆積物をいくつかの堆積相に区分した(Mikami *et al.*, 2012)。本報告ではその一つのタイプである河川を遡上した津波堆積物、とくに津波の遡上とその後の引き波による1セットの流向を記録した堆積物の露頭について報告する。本論で扱うような河川を遡上した津波堆積物は、河川の増水等による侵食あるいは護岸工事施設等の人工改変によって消失

する可能性が高いため、津波発生から比較的短い期間に調査・記載を行う必要がある。なお、平成26年4月時点でこの露頭は河川整備の人工改変により消失している。

## 2. 調査地の概要と既往研究

### 2.1. 調査地の概要

調査地は太平洋に流れ込む北上川河口付近にあたる(図1)。ここは宮城県の北部に位置し、平成17年市町村合併後の行政区では石巻市に属する。もともと北上川は現在の旧北上川へ流れていたが、度重なる水害などのため、明治44年から昭和9年にかけて現在の登米市付近から主な流路を東向きに付け替えて、追波湾(リアス式海岸の湾)に流れ込む流路に変更された。その後、新たに付け替えられた北上川周辺には葦が生育し、そこに多様な生物が棲息する環境が形成されていた。しかし、東北地方太平洋沖地震の大津波(以下「平成東日本大津波」と表記;三上・鈴木, 2013)によって、北上川河口域を含む東北地方太平洋沿岸は広域にわたり大きな被害を受けた(池田ほか, 2012;川辺ほか, 2013;三上・鈴木, 2013)。北上川河口域では、大川小学校の児童や教師など多くの尊い人命が奪われた。また北上川にかかる国道398号線の橋梁も大津波によって損壊し、地震後約半年間通行できなかった。さらに下流域河口~湾岸地域はいくつかの集落が点在する水田地帯であったが、大津波と地盤沈下、潮位の影響で、調査時点(平成

23年6~7月)ではその広範囲が海水に浸かっていた(三上・鈴木, 2013).

2. 2. 調査地に関する既往研究

北上川では来襲した津波が最大約6km 遡上したとされている(田中, 2012; 田中・蘆, 2013). 北上川を含む宮城県内の河川については, 津波遡上に対する河川勾配の影響について研究した事例がある(芽根ほか, 2012). Suzuki et al. (2012)は, 北上川河口付近に溜まった津波堆積物の粒度分析を行い, その特性を報じている. 津波堆積物の供給による生態系への影響などについては中村(2012)が報告している. また平成東日本大津波より前に形成された津波堆積物の事例として, 調査地の北西方に位置する石巻平野における津波堆積物の分布と年代について宍倉ほか(2007)が報じている. 宮城県内では, 仙台平野における平成東日本大津波による堆積物の研究(例えば Goto et al., 2011)や, 平成東日本大津波による堆積物の広域的な化学的特性に関する研究(島ほか, 2012)も報じられている.

3. 北上川福地付近の露頭の記載

本報告で記載する津波堆積物の露頭は, 石巻市福地谷地前付近の北上川河川敷地内にあり, 北上大橋から県道30号線を約2km 上流に遡った右岸側にあたる(図1). 本露頭は県道30号線の路肩から約10mの高水敷に位置し, 調査時点での河道水面からの距離は約5mであった(図2). 露頭の観察対象範囲は幅約2m, 高さ約1mであるが, 堆積層は上流側へ断続的に5m以上続いていた. 図3(a)は本露頭の写真で, 写真の右側が上流側, 左側が下流側である. すなわち, 写真の右から左の方向が通常時の河川の流向である. この露頭の堆積物を, 堆積相の特徴から3層に分け, 下部からA層, B層, C層とした(図3(b)). それぞれの層において, 礫や含有物の覆瓦配列(インプリケーション)などの堆積構造から堆積時の流向を解析した. 礫やその他の物体(アスファルト片等)は, 堆積時にその長軸と中間軸がなす面が流れの方向と逆に傾斜するように倒れて覆瓦状に配列する. したがって, この覆瓦配列から流向を求めることができる.

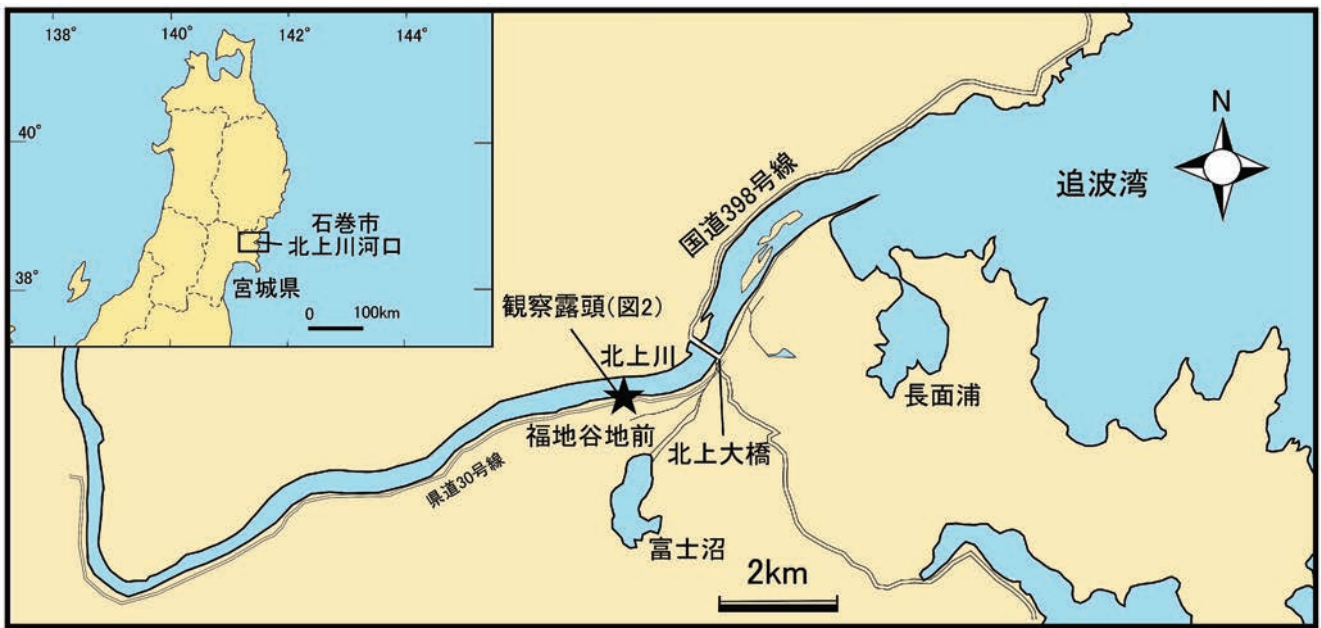


図1 宮城県北部, 北上川の観察露頭地点.

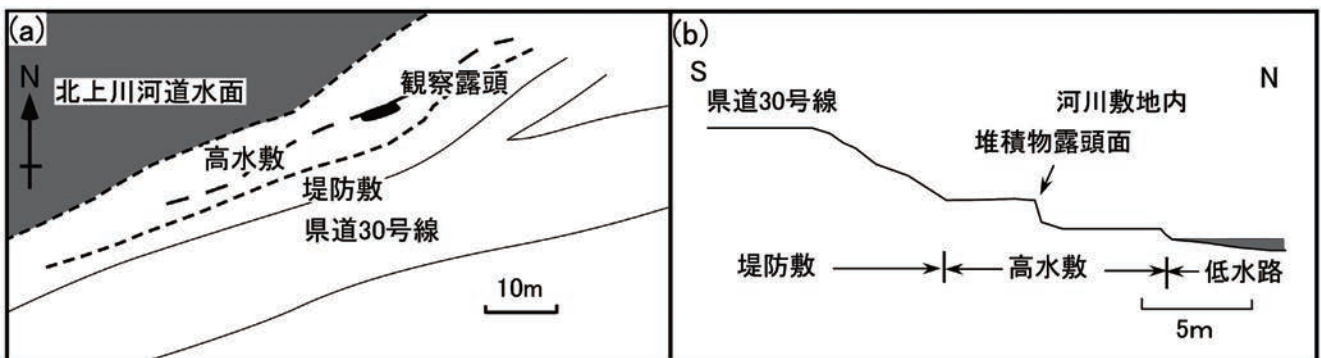


図2 (a) 調査時(平成23年7月)の露頭詳細位置. (b) 露頭周辺の模式断面図.

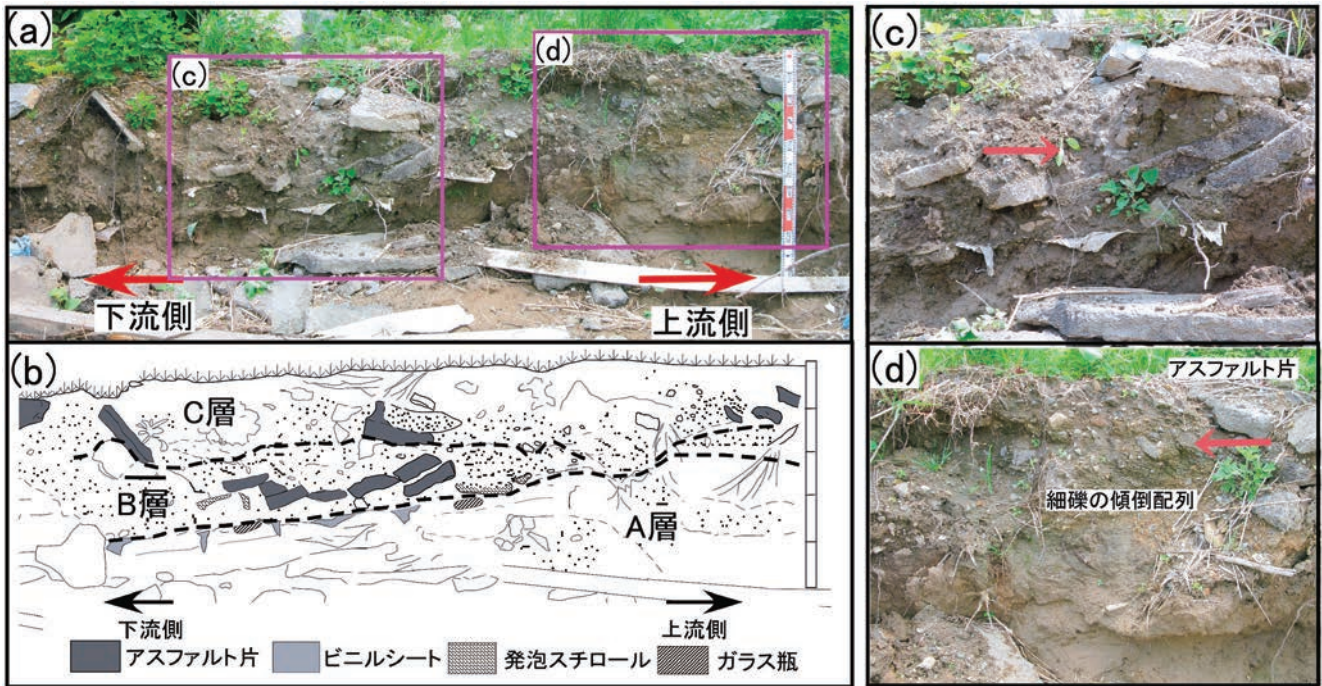


図3 (a) 観察露頭の写真. スケールは 1.0m. (b) 観察露頭のスケッチ. (c) B 層の拡大写真. アスファルト片の覆瓦配列の傾倒方向が示唆する流向は写真の矢印の向き(左から右), 下流側から上流側. (d) C 層の拡大写真. 礫の覆瓦配列の傾倒方向が示唆する流向は写真の矢印の向き(右から左), 上流側から下流側.

### 3. 1. A 層の産状

A 層はシルト～細粒砂からなり, 全体的に内部堆積構造が不明瞭で, 級化構造など粒度の垂直変化は認められない. ただし, やや古い植物の細かい根が見られる. 層厚は 10～50cm と変化し, 上流側の方が厚くなる (図 3(b)).

A 層と B 層の境界付近にはビニルシートが挟在し, A 層最上部には製造年月不明のガラス瓶が含まれていた (図 3(b)). 境界部は写真内の下流側では不明瞭であるが, 上流側では堆積物の粒度と色調が異なる. A 層は灰色のシルト主体であるのに対して, B 層は褐色の礫混じりシルト～粗粒砂であり, 上流側では境界は明瞭である.

B 層との境界付近に挟在するビニルシートの下位の細粒砂には, 下流側に傾斜した前置斜面 (フォアセット) 葉理構造が認められた. このことから A 層の堆積作用を促した流向は不明瞭ながら, 上流から下流側を示す.

### 3. 2. B 層の産状

B 層は淘汰の悪いシルト～粗粒砂を基質として, 細礫～大礫サイズの角礫を含む基質支持の堆積物からなる. 層厚は厚いところで約 40cm あり, 上流側で下位の A 層の層厚の増加に伴って B 層の層厚が薄くなり, 下部の A 層と上部の C 層に薄く挟まれる形となる (図 3(b)).

特徴的な含有物として, 発泡スチロールと断面の長辺が 20cm 大のアスファルトの破片を, 少なくとも 7 枚含んでいる. このアスファルト片はいずれも長辺が下流側に傾斜, すなわち長辺が上流側に傾倒する形で覆瓦状に重なっている (図 3(c)). アスファルト片を支持する堆積物には細礫～中礫が含まれており, これらもアスファルト片と同様に長辺が下流側に傾斜 (長辺が上流側に傾倒) している.

このアスファルト片や礫がなす覆瓦配列から B 層堆積時の流向は写真の左から右, すなわち下流側から上流側への流向を示す (図 3(c)).

アスファルト片は発泡スチロール片の上に堆積している. また B 層には微小な貝が含まれていた.

B 層と C 層の境界は上流側で色調や礫の覆瓦配列に明らかな違いがあり, 明瞭な境界線が引ける. 下流側では色調変化はないが, 礫やアスファルト片の覆瓦配列の違いから, 層を区分することができる. 境界層には粘土の薄層は挟まれていなかった.

### 3. 3. C 層の産状

C 層は層厚が約 30～50cm で, 淘汰の悪いシルト～細粒砂を基質として, 細礫～大礫サイズの角礫を含む. 基質支持ではあるが, B 層に比べて礫の割合が高い.

全体の礫の傾斜方向から覆瓦配列は上流側から下流側への流向を示し, また含まれるアスファルト片は, 長辺が上流側に傾斜し, B 層のアスファルト片とは逆方向を示す. 上流側の一部でも, アスファルト片や礫の長辺が上流側へ傾斜した顕著な覆瓦配列を示す層が見られる (図 3(d)).

## 4. 堆積相から考えられる堆積過程

### 4. 1. A 層の堆積過程

A 層において下流側に傾斜した細粒砂の前置斜面 (フォアセット) 葉理構造が認められることから, 上流から下流への流向が考えられる. またこの層に含まれていたガラス瓶は製造年月日が不明であるが, A 層の碎屑物に完全に埋

まっている。また写真範囲外の下流側 A 層相当層からは、近年は流通していないプルタブ式のビール缶も見つまっている。B 層堆積時の強い流れにより A 層が下流側から削り込まれ、下流側の A 層が薄くなった可能性がある。

#### 4.2. B 層の堆積過程

B 層が現在の本流とは逆の流れを示すことは注目すべき点である。この地点は北上川の河口・追波湾から約 5km の地点であることから、直接的な潮汐の影響を受けたものとは考えにくい。平成東日本大津波の北上川で遡上した距離が最大約 6km にもなることを考慮すると、津波遡上堆積物が溜まるには十分な位置である。またアスファルト片を含んでいることも重要で、何らかの原因により道路の破壊等があり、アスファルト片が下流側から強い営力で流されてきた可能性が高い。アスファルトの破断面には摩耗がなく、断裂・分離してから経過時間が短いと判断され、堆積物が東北地方太平洋沖地震の津波によるものであることを強く示唆するものである。アスファルト片の起源がどこかは判然としないが、北上大橋の橋梁はその北側が損壊し、また湾岸地域や北上大橋周辺の道路も地震や津波によって大きな被害を被っているため、それらの損壊によって流されてきたものと考えられる。また発泡スチロール片やビニルシートなど、浮きやすいものがアスファルト片の下位に挟在されている。おそらく、アスファルト片を含む供給物とともに下流側から押し流されてきて、ビニルシートが上方から供給物に押さえこまれるように堆積したものと考えられ、津波による強い流れの影響の可能性が高い。さらに高水敷の露頭上面を確認したところ、調査時点(平成 23 年 7 月 2 日)で古い植生はなく、半年以内に育った新しい植生がほとんどであった。したがって、この B 層は平成東日本大津波の際に北上川を遡上してきた津波遡上堆積物であると判断される。

#### 4.3. C 層の堆積過程

C 層が示す流向は現河川と同方向であるが、B 層と同じくアスファルト片が特徴的に入っている。このことは、B 層を形成した遡上波が引き波で戻って行く時に C 層が堆積した可能性を示唆する。津波は何度も押し寄せては引いて行くため、どの段階での津波か不明で、恐らく引き波が残した堆積物もこれだけではない可能性が高いが、少なくとも 1 回の津波の往復がこの露頭に記録されたと考えられる。津波堆積物と認定できる堆積物の中で、津波の往復記録を残すものは非常に貴重な例である。さらに河道内の津波堆積物が過去の地層に残される例もまれで、河川に沿って流れる津波の水理特性を考える上で非常に重要である。

### 5. あとがき

巨大地震の起こる周期性や津波による被害の影響範囲を検討する上で、平野部や扇状地の掘削調査や段丘に残存する露頭の観察において津波堆積物を認定する作業が必要となる。しかし、津波堆積物は多様な産状を示す(例えば

Mikami *et al.*, 2012) ので、過去の地層に残された津波堆積物の認定にあたっては、様々な津波堆積物における堆積相の多様性を認識しておくことが重要である。そのためにも今回記載をした津波遡上堆積物の事例は、津波の特性や堆積学的な観点から津波堆積物の研究を進める上で、学術上非常に貴重なものと考えられる。

#### 謝辞

本研究を進めるにあたり 2011 年度大谷大学研究資料費の一部を使用した。京都大学名誉教授の志岐常正氏、山形大学地域教育文化学部教授の川辺孝幸氏、奈良大学名誉教授の池田 碩氏、土質工学株式会社の橋 徹博士には津波堆積物について多くのご助言をいただいた。2 名の査読者、(有)アルプス調査所の草野高志博士と(株)蒜山地質年代学研究所の藤原 誠博士には貴重なコメントをいただいた。これらの方々に感謝する。

#### 引用文献

- Goto, K., Chagué-Goff, C., Fujino, S., Goff, J., Jaffe, B., Nishimura, Y., Richmond, B., Sugawara, D., Szczuciński, W., Tappin, D. R., Witter, R. C. and Yulianto, E. (2011) New insights of tsunami hazard from the 2011 Tohoku-oki event. *Marine Geology*, **290**, 46-50.
- 池田 碩・開沼淳一・川辺孝幸・三上禎次・志岐常正・鈴木寿志・橋 徹 (2012) 2011 年東北日本津波被害調査写真報告. *地球科学*, **66**, 205-208.
- 川辺孝幸・池田 碩・橋 徹・鈴木寿志・三上禎次・開沼淳一・志岐常正 (2013) 2011 年東日本大震災津波災害調査報告. *月刊地球*, **35**, 2-15.
- 茅根康佑・田中 仁・Adityawan, M. B. (2012) 津波の河川遡上に対する河床勾配の影響に関する検討. *土木学会論文集 B2 (海岸工学)*, **68**, I\_176-180.
- Mikami, T., Suzuki, H., Kawabe, T., Shiki, T. and Tachibana, T. (2012) Diversity of the tsunami deposits and their facies formed by the 2011 Tohoku Earthquake Tsunami. 29<sup>th</sup> International Association Sedimentologists (IAS) Meeting of Sedimentology, September 10-13, 2012, Schladming Dachstein, Austria. Abstract, 442.
- 三上禎次・鈴木寿志 (2013) 平成 23 年東北地方太平洋沖地震の津波と液状化による被害. *大谷大学研究年報*, **65**, 93-130.
- 中村圭吾 (2012) 東日本大震災津波による河川汽水域への影響 - 北上川河口を例として -. *河川*, **795**, 41-46.
- 島 秀之・小野寺和英・金澤由紀恵・佐藤一良・小野寺博稔・阿部倫則・若嶋惇子・稲生栄子・森谷和幸・今野知佐子・上山啓一・伊藤豊彰・菅野均志 (2012) 東日本大震災による津波堆積物の化学的性質(県北部). *宮城県古川農業試験場研究報告*, no. 10, 33-42.
- 宍倉正展・澤井祐紀・岡村行信・小松原純子・Than Tin Aung・石山達也・藤原 治・藤野滋弘 (2007) 石巻平野における津波堆積物の分布と年代. *活断層・古地震研究報告*, no. 7, 31-46.
- Suzuki, H., Mikami, T., Chinzei, K., Hamada, K. and Students of the Class Geoscience Experiment B 2011, Kyoto University (Aono, Y., Amano, R., Umegaki, Y., Enomoto, A., Takahashi,

Y., Dokyu, M., Hirota, S., Mochiduki, K., Yamagata, Y.) (2012) Grain size analysis and mollusk fauna of the tsunami deposits transported by the 11th March 2011 Earthquake Tsunami, Northeast Japan. 29<sup>th</sup> International Association Sedimentologists (IAS). Meeting of Sedimentology, September 10-13, 2012, Schladming Dachstein, Austria. Abstract, 446.

田中 仁 (2012) 津波の遡上特性に関する研究 - 2011年東日本大震災津波と2010年チリ地震津波の比較研究 -. 平成24年度河川整備基金助成事業, 31p. <http://www3.kasen.or.jp/docs/2012/01/241213002.pdf>, 2015/04/28.

田中 仁・蘆 敏 (2013) 東日本大震災津波後の河口砂州河道内侵入現象. 土木学会論文集 B2 (海洋工学), **69**, I\_616-620.

