

# 堆積物から読み解く津波現象

橘 徹

土質工学株式会社 技術部 次長 (〒704-8162 岡山市東区豊田195)



津波によって再堆積させられた碎屑物を津波堆積物と呼ぶ。津波堆積物に基づいて、過去数千年に発生した津波の履歴を解明することが可能であり、津波防災上の観点からも津波堆積物は注目されるようになってきた。ここでは2011年の東日本震災によって形成された津波堆積物、および地質時代の津波堆積物の研究事例を報告するとともに、岡山県南部地域における津波履歴の解明についても述べる。

キーワード 津波堆積物 2011年東北地方太平洋沖地震 津波防災

## 1. 津波堆積物とは？

津波は海洋で発生する波の一種で、主に海底地震による海底面の急激な変動によって生じる。風による波（風浪）に比べ長波長（数10km～数100km）かつ長周期（10分～数10分）の波である。津波はまれに発生する現象ではあるが、インド洋津波（2004）や東北地方太平洋沖地震津波（2011）のように、ひとたび発生すれば沿岸部に甚大な被害をもたらすことがある<sup>1)</sup>。

津波による流れは陸上から沖合海底にいたる広い範囲において、地表や海底面にある土砂・生物遺骸・人工物等を移動・運搬・再堆積させる。その結果形成された堆積物が津波堆積物である<sup>2)</sup>（図1）。津波堆積物が研究対象として認識されるようになったのは概ね1980年代以降であり、未だ未成熟の分野である<sup>3)</sup>。しかしながらこれまでの研究により、海岸付近で形成される津波堆積物のもつ特徴が明らかにされつつある<sup>4)</sup>。津波堆積物の研究結果に基づいて堆積物の中から津波の痕跡を同定することが可能となり、過去数千年にわたる津波の発生履歴が解明できるようになってきた<sup>5)</sup>。今回の東北日本震災に関しても、津波堆積物からは過去に大規模な地震・津波が発生していたことが判明していた<sup>6)</sup>。このような成果は、他の手法では得難いものであり、津波リスクの評価や地震・津波防災の観点からも注目されつつある。

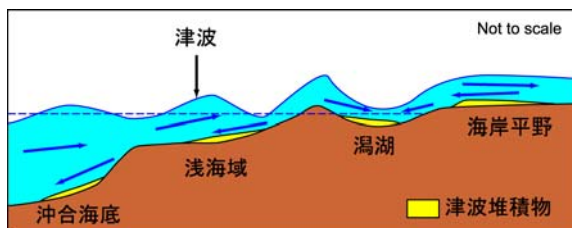


図1 津波堆積物の概念図<sup>7)</sup> (Einsle et al, 1996を改編)

## 2. 東日本震災の津波堆積物

### (1) 東日本震災の概要

2011年東北地方太平洋沖地震（東日本震災）は2011年3月11日14時46分頃に、東北地方の太平洋沖で発生したマグニチュードM9.0のプレート境界型巨大地震である<sup>8)</sup>。震源域の延長は岩手県沖から茨城県沖までの約500kmに達した。

この地震により巨大な津波が発生し、日本列島の太平洋沿岸部をはじめとして、ハワイ諸島やアメリカ西海岸地域など世界各地で津波の到来が観測された<sup>9)</sup>。リアス式海岸の発達する三陸海岸では最大約40mの遡上高が確認された<sup>10)</sup>。また仙台平野では最大で海岸からおおよそ5km内陸まで津波が押し寄せた<sup>11)</sup>。

### (2) 本調査の目的

東日本震災による津波によって、東北地方の太平洋沿岸部の広い範囲で津波堆積物が形成された。この堆積物の特徴を記録しておくことにより、M9クラスの地震による津波で形成される津波堆積物の性状が明らかになり、堆積物から津波履歴を解明する上で有用な資料となる。本調査は仙台平野周辺を対象として、どの地点でどのような津波堆積物が形成されたのか記録・記載することを目的として行っている。調査は現在も継続中であり、本報告では2011年9月に仙台平野南部の亘理町で行われた津波堆積物の観察および記載結果について述べる。

### (3) 調査地点の概要

調査を行ったのは宮城県亘理町の南端付近である（図2a）。この地域では津波は海岸から約4kmほど内陸まで達した<sup>11)</sup>。調査では海岸から山側に向かう12地点での津波堆積物の性状を記録した（図2b）。

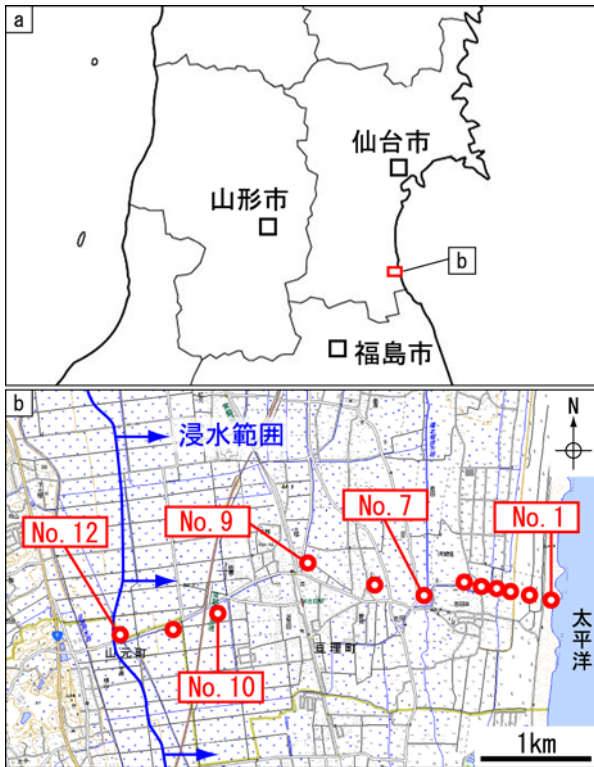


図2 調査地点（巨理町南端部）  
（地形図および浸水範囲は国土地理院による）

#### (4) 調査結果

本調査地域で観察した12地点のうち、代表的な5地点（No. 1, 7, 9, 10, 12）について、その特徴を示す。

No. 1：津波堆積物は厚さ30cmの、黒色の平行ラミナの発達する中粒砂～粗粒砂から成る（図3）。粒度組成は上位、下位の前浜堆積物と同じであるが、特徴的なラミナにより、それらと区別可能である。No. 1地点の周辺には津波発生後6カ月の時点でも津波によって運搬されがれきが多数残されている（図4）。

No. 7：津波堆積物は厚さ27cmの、正級化する2つのユニットからなる（図5）。各ユニットの下部には下位層起源の泥岩偽礫が含まれる。ユニット上部は主に中粒砂からなり、弱い平行ラミナが見られる。

No. 9：津波堆積物は厚さ12cmの、弱い平行ラミナが見られる細粒～中粒砂からなる（図6）。下部に腐植質な泥をレンズ状に含む。この地点の周辺でも津波によるがれきが残されている（図7）。

No. 10：津波堆積物は厚さ5～7cmの、細粒～中粒砂を含む泥層からなる（図8）。堆積構造等は認められず、津波以前の堆積物（下位の層）との区別はやや不明瞭となってくる。

No. 12：この地点では明瞭な津波堆積物は確認されない（図9）。

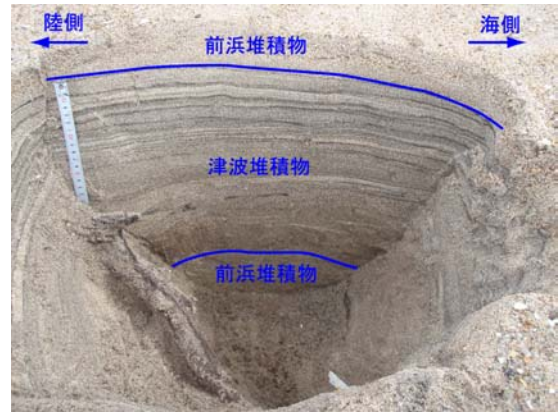


図3 No. 1地点の津波堆積物



図4 No. 1地点の周辺状況

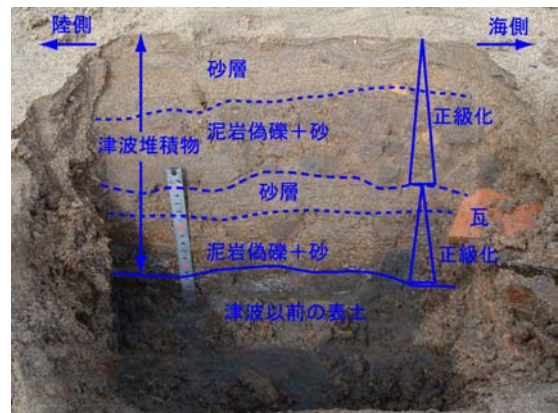


図5 No. 7地点の津波堆積物

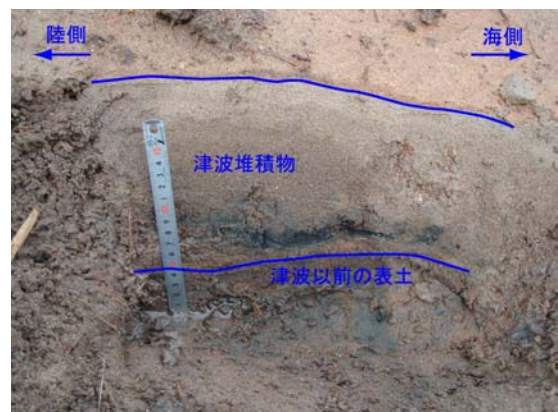


図6 No. 9地点の津波堆積物



図7 No. 9地点の周辺状況



図8 No. 10地点の津波堆積物



図9 No. 12地点 (津波堆積物なし)

### (5) 本調査の総括

津波で浸水した4km区間のうち、明瞭な砂層として津波堆積物が認定できたのは、海岸線から2.5km程度であった（およそNo. 9地点付近まで）。それより内陸側に行くに従って識別は次第に困難となる。

津波堆積物は内陸に向かって薄層化および細粒化する傾向がある。これは既に指摘されていた陸上の津波堆積物の特徴と一致する<sup>12)</sup>。

砂を主体とする津波堆積物（No. 1, 7, 9地点）には、しばしば平行ラミナが発達する。

震災半年後の時点でも津波堆積物は多数の地点で残されており、さらなるデータの積み重ねが求められる。

## 3. 地質時代の津波堆積物

### (1) 調査の背景と目的

津波堆積物は陸上や海岸付近だけでなく、沖合海底にも形成されることは知られているが、その詳細な性状は十分には解明されていない<sup>13)</sup>。この調査で対象としたのは現在では陸上に露岩している、新第三紀の海成堆積岩（師崎層群）である。本層群の一部には露岩状況が良好で詳細な観察が可能な津波堆積物が含まれている<sup>14)</sup>。

ここでは津波堆積物の堆積学的諸特性（粒度や堆積構造など）から、この堆積物が形成される津波の規模の検討を行った事例<sup>15)</sup>について紹介する。

### (2) 調査地点の概要

調査地点は知多半島南端部に位置する、愛知県南知多町にある（図10）。知多半島南部には前期中新世に上部漸深海域で形成された師崎層群が分布する<sup>16, 17)</sup>。

調査地点には半遠洋性の泥岩が主に堆積しているが、その中に厚さ数cm～数mの、砂岩と礫岩からなる上方細粒化ユニットが、複数層準で出現している。

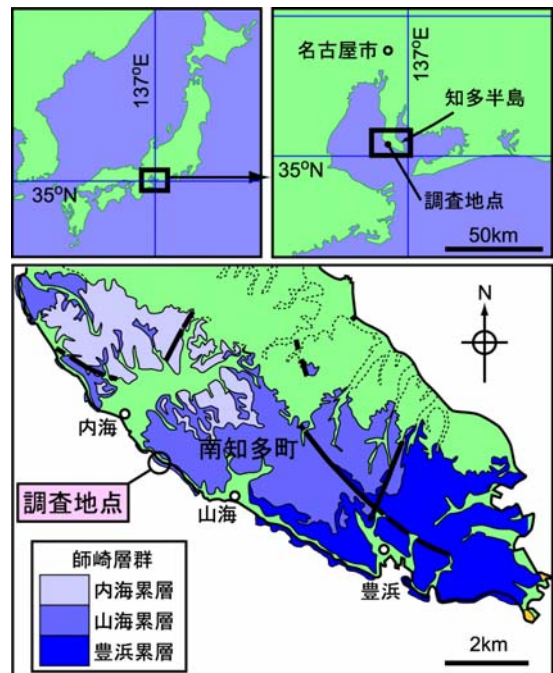


図10 調査位置図

### (3) 調査結果

上方細粒化ユニットのうち、径3mの円礫を含む、最も粗粒なユニット（図11）について詳細な観察・記載を行った。このユニットはチャンネル埋積状の礫岩の上にシート状の砂岩層が覆うようにして構成されている（図12；柱状対比図）。ユニット上部の砂岩層には流れが反転したことを示す堆積構造が残されている（図13）。このユニットが上部漸深海域で形成されたことを考慮すれば、これは津波によって形成されたものと解釈される。

この津波堆積物を形成した津波は、堆積物に含まれる最も大きな礫を運搬・堆積させたはずである。津波の数値シミュレーションに基づいて、最大の礫を動かし得た津波を発生させることが可能な地震の規模を推定するとマグニチュードM9.0ないしそれ以上となる。すなわちこの津波堆積物は巨大津波の痕跡である。



図11 上方細粒化ユニット

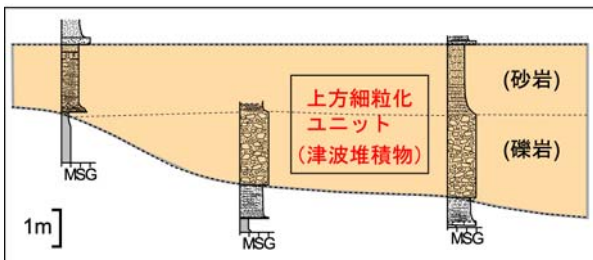


図12 柱状対比図



図13 流れの反転を示す堆積構造

#### (4) 本調査の総括

本調査では、津波堆積物の観察および記載によって得られる堆積学的諸特性をもとに、堆積物を形成した津波の規模が推定可能であることを示した。今回検討した地質時代の津波堆積物はM9クラス以上の地震による巨大津波によって形成されたことが判明した。

#### 4. 津波堆積物と津波防災

津波堆積物を津波防災に活用する必要性は、古文書記録が無い、もしくは乏しい地域（世界の多くの地域がこれに該当する）においては、以前より認識されていた<sup>18)</sup>。日本は、世界的に見れば古文書記録が豊富に残されている地域であり、多数の地震や津波の状況が古文書から明らかにされてきた<sup>19)</sup>。そうであるゆえに、津波堆積物から得られる知見については、津波防災に活用してはこなかった。しかしながら、今回の東北日本震災を受けて、地震・津波防災における津波堆積物のもつ意義が認識されるようになった<sup>20)</sup>。

#### 5. 岡山県南部地域における津波

岡山県南部、瀬戸内海沿岸部は昭和南海地震(1946)において、液状化による被害はあったものの津波による被害はほとんどなかった。しかしながら、安政南海地震(1854)では津波によるかなりの被害があった<sup>21)</sup>。この安政南海地震よりも巨大な南海地震（東海・東南海・南海地震）が幾度も生じてきたことが古文書記録の分析から判明している<sup>22)</sup>。すなわち、太平洋沿岸部ほどではないにせよ、岡山県南部地域も多くの津波の襲来を受けてきた地域であると言える。

渡辺(1998)<sup>22)</sup>等に基づいて、岡山県南部地域に襲来したであろう津波を引き起こした地震を列举すると表1ようになる。なお、この表のうち赤字で示した地震については連動型巨大地震の可能性が考えられている。

表に示したように、岡山県南部地域にはこれまで多数の津波の襲来があったと想定される。しかしながら、その履歴の解明は十分ではない。岡山県南部における津波リスクを適切に評価するためには、古文書記録の精査と津波堆積物の調査を併せた津波履歴の解明が必要であろう。

表1 津波をもたらしたと推定される地震

年代	地震名	規模	概要
684	白鳳地震	M8~M9	東海~南海沖、西日本一帯が被災 連動型巨大地震の可能性
887	仁和地震	M8~8.5	九州~紀伊半島に津波、摂津の津波被害大
1096	永長(嘉保)地震	M8~8.5	近畿~東海地域に被害
1361	正平地震	>M8.5	摂津で3~5mの津波 連動型巨大地震の可能性
1498	明応南海地震	M?	中国上海付近にも影響?
1605	慶長地震	M8	四国沿岸でも大きな被害
1707	宝永地震	M8.5~8.7	西日本一帯で大きな被害 連動型巨大地震
1854	安政南海地震	M8.5	西日本一帯で大きな被害 岡山県南部に津波被害
1946	昭和南海地震	M8	岡山に津波被害なし、液状化の被害大

## 6. まとめ

津波堆積物は長期間（数千年あるいはそれ以上）にわたる津波の発生履歴を記録している。そこから得られる情報は津波防災にとって有用である。

### 参考文献

- 1) Tsuji, Y. et al. (2006) *Jour. Disaster Research*, **1**, 103-115
- 2) Sugawara, D. et al. (2008) in: Shiki, T. et al. (Eds.) *Tsunamiites: features and implications*. pp. 9-49
- 3) Bourgeois, J. (2009) in: Robinson, A.R. and Bernard, E.N., eds., *The Sea, Volume 15: Tsunamis*. p. 53-91
- 4) Shiki, T. et al. (2008) in: Shiki, T. et al. (Eds.) *Tsunamiites: features and implications*. pp. 319-340
- 5) Nanayama, F. et al. (2003) *Nature*, **424**, 660-663
- 6) Minoura, K. et al. (2001) *Jour. Nat. Disast. Sci.*, **23**, 83-88
- 7) Einsele, G. et al. (1996) *Sedim. Geol.*, **104**, 1-9
- 8) 気象庁HP <http://www.jma.go.jp/jma/menu/jishin-portal.html>
- 9) Dengler, L. et al. (2011) XXV International Union of Geodesy and Geophysics General Assembly
- 10) 東京大学地震研究所HP [http://outreach.eri.u-tokyo.ac.jp/eqvolc/201103\\_tohoku/tsunami/](http://outreach.eri.u-tokyo.ac.jp/eqvolc/201103_tohoku/tsunami/)
- 11) 国土地理院HP [http://www.gsi.go.jp/BOUSAI/h23\\_tohoku.html](http://www.gsi.go.jp/BOUSAI/h23_tohoku.html)
- 12) Goto, et al. (2008) in: Shiki, T. et al. (Eds.) *Tsunamiites: features and implications*. pp. 105-122
- 13) Dawson, A.G. and Stewart, I. (2008) in: Shiki, T. et al. (Eds.) *Tsunamiites: features and implications*. pp. 153-161
- 14) Shiki, T. and Yamazaki, T. (1996) *Sedim. Geol.*, **104**, 175-188
- 15) Tachibana, T. and Tsuji, Y. (2011) *Pure and applied geophysics*, **168**, 997-1014
- 16) 糸魚川淳二, 柴田博(1992) 瑞浪市化石博物館研究報告, 19, 1-12
- 17) 近藤善教・木村一朗 (1987) 5万分の1地質図幅「師崎」及び説明書(地域地質研究報告)
- 18) Jaffe, B.E. and Gelfenbaum, G. (2002) *Solutions to Coastal Disasters '02, Conference Proceedings, ASCE*, p. 836-847
- 19) 宇佐美 龍夫 (2003) 最新版 日本被害地震総覧 416 - 2001, 東京大学出版会
- 20) 例えば 中央防災会議「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」中間とりまとめに伴う提言(平成23年6月26日)
- 21) 岡山県備前県民局 (2007) 岡山県南部における南海地震の記録
- 22) 渡辺偉夫 (1998) 日本被害津波総覧(第2版), 東京大学出版会, 238p.