

# P1. 仙台海岸部における津波堆積物と被災状況

Tsunami deposit and struck situation in Sendai coast part

○木村隆行,山本裕雄,磯野陽子 (エイト日本技術開発)

## 1. はじめに

現地は阿武隈川河口より約 3 km 北に位置する海岸部で、被災した構造物から少なくとも 5~6m 以上の津波が襲ったものと推定された。現場には広く、0.5mm 程度のフィルム状の泥が覆っており、津波が最後に滞留したときに形成されたマッドドレイプが観察された。このマッドドレイプの泥は、黒い津波の海水の痕跡の残す可能性があったので、CNS 分析を行なうとともに、現地周辺の被災状況をここに報告するものである。

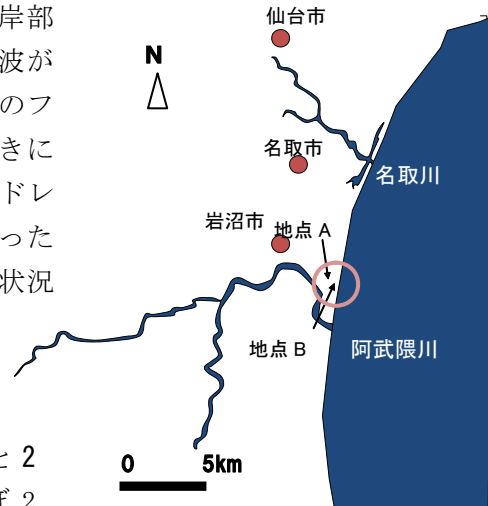


図-1 位置図

## 2. 現地被災状況

現地周辺には、名亘浄化センターがあり、写真-1 と 2 は、被災前と被災後の浄化センター周辺である。ほぼ 2 階まで津波痕跡があり、5m 以上と推定される。

写真左側が海側であり、小さな松は全部陸側に倒され、草地はなく、砂が覆いその表層にフィルム状のマッドドレイプが張り付いていた。



写真-1 被災前の浄化センター



写真-2 被災後の浄化センター



写真-3 浄化センター北の地点 A, 砂の上に泥の被膜が覆う



写真-4 浄化センター北の地点 A リップルマークは海岸側がゆるく津波進行状況を示す

浄化センター北側の地点 A では、木が陸側の倒されており（写真-3）、津波で運ばれて来た砂が覆い、その津波進行方向を示すように海側がゆるいリップルマークが形成されていた。また、そのリップルマークを覆うように 0.2～0.5mm 程度の薄い泥がフィルム状に覆っていた。（写真-4）その表層の泥質部（A-1）と、その下の砂（A-3）を採取し、分析を行なった。

また、その海側には、護岸のコンクリート製品が 50m 以上流されて散在し（写真-5）、一部には車両も確認された。堤防の背後は、激しい津波のローリングにより、幅 10m 以上の溝が、見渡す限り地平線まで続いていた（写真-6）。その長さは、空中写真で阿武隈川河口周辺から、仙台空港の南側まで約 9km 以上に及ぶ巨大な溝であった。



写真-5 海岸から見た浄化センター 散乱する護岸



写真-6 海岸部 堤防の背後が波のローリングで抉れて、地平線まで続く溝が形成





写真-7 海岸部地点B 海岸側からの進行方向にリップルマーク形成

写真-6 の堤防背後の溝周辺は侵食部だが、そのから 50m 陸側には砂と泥が堆積しており（地点 B）、同じように津波進行方向のリップルマークと、表層に泥が薄く堆積していた。（写真-7）地点 A よりやや砂分が多い。この地点 B においても、表層の泥（B-1）と下の砂（B-2）をサンプリングし、分析を行なった。

澤井ら（2007）<sup>1)</sup>によれば、現地より 1km 陸側（岩沼市 C-1～4）で、ジオスライサーを用いた津波堆積物調査をしており、貞観の地震時の津波堆積物らしき砂層を確認しているが、明瞭な堆積構造を確認できていなかった。しかし、6 km 南西部の亙理町では、GL-0.61～0.71m に、最上部が泥質で、その下にしだいに粗粒化した級かした砂層を確認しており、貞観の地震時の津波堆積物であることを、年代測定から割り出している。また、現地より 18 km 南の水神沼では、貞観の津波堆積物がかなり複雑に葉理を介在していたことが判明している。砂層の最上部に泥質部が覆う状況は類似している。

### 3. 分析結果

CNS 分析は、パーキンエルマ製 CNS 元素分析装置（PE2004II）を用いた。X 線回折装置は、島津製作所製 XD-D1 を用い、水ひ試料による定方位分析で細粒分の鉱物を確認した。色彩測定は、色彩色差計（ミノルタ CR-300）を用い、採取サンプル（自然乾燥）そのものをビニール袋で校正し、ビニール袋に入れた状態で測定した。その結果を表-1 に示す。

図-2 は、CNS 分析による TOC（全有機炭素量%）/TS（全硫黄量%）と TOC/TN（全窒素量%）の相関図であり、当社で実施した全国の堆積物のデータに重ねてプロットしている。表層のマッドドレイプの部分も、顕微鏡で観察すると微細な石英粒子が多く、泥の部分がその粒子間を埋めている状態であった。そのように、もともとの細粒物質が少ないこともあり、TOC も TS もいわゆる堆積粘土より絶対値が小さい状況であった。しかし、Bemer and Raiswell(1984)<sup>2)</sup>による海成層の分布範囲（TOC/TS=1.3～4.3 平均 2.8）の領域に入っており、当然ながら海水成層である。陸成層は、TOC/TS=16 以上といわれている。また、3 月 11 日に津波堆積物として瞬間に堆積した後、採取した 4 月 13 日までの降雨量は、3 月 15 日が 17mm と多く、その他は数 mm で、全部で 48.5mm であった。海水成分が降雨で多少流されたと考えられる。TS が小さい値なのは、本来、TS の多い海底粘土が巻き上げられて運ばれてきたものの、TS の小さい陸上部の土と混合したことなども要因のひとつと考えられる。

なお、TOC/TN=9.8～10.3 を示しており、Bordowsky (1965)<sup>3)</sup>によれば、通常の陸生植物が TOC/TN=15 以上であり、南ら (1995)<sup>4)</sup>によれば、海洋性プランクトンが YOC/TN=2～7 であることを考えると、ちょうどその中間値となっている。これは、陸からの供給も近い浅海の泥を含むことが推定される。

表-1 サンプル分析一覧表

地点		A地点		B地点		備考	
区分		マッドドレイプ部分	下の砂層(5cm下)	マッドドレイプ部分	下の砂層(5cm下)		
試料No		A-1	A-3	B-1	B-2		
CNS分析	TC(%)	全炭素量(%)	1.14	-	1.19	-	%表示
	TOC(%)	有機炭素量(%)	0.41	-	0.39	-	
	TIC(%)	無機炭素量(%)	0.73	-	0.8	-	
	TN(%)	全窒素量(%)	0.04	-	0.04	-	
	TS(%)	全硫黄量(%)	0.12	-	0.09	-	
	TOC/TS		3.4		4.3		
TOC/TN		10.3		9.8			
X線回折試験結果 (水ひ試料による)	M	スメクタイト	○	△	△	○	凡例 ◎ピーク顕著 ○ピーク明確 △ピーク確認 ×ピーク不明確
	Ch	緑泥石(クローライト)	○	△	○	○	
	Se	セリサイト(絹雲母)	○	○	○	○	
	Cal	カルサイト(方解石)	○	×	○	○	
	Pl	斜長石	○	△	○	○	
	Q	石英	○	△	◎	◎	
色彩測定値	L*	(白-黒)	59.08	57.11	56.25	53.83	
	a*	(赤-緑)	-0.02	0.63	-0.42	-0.41	
	b*	(黄-青)	7.42	7.18	4.69	4.16	

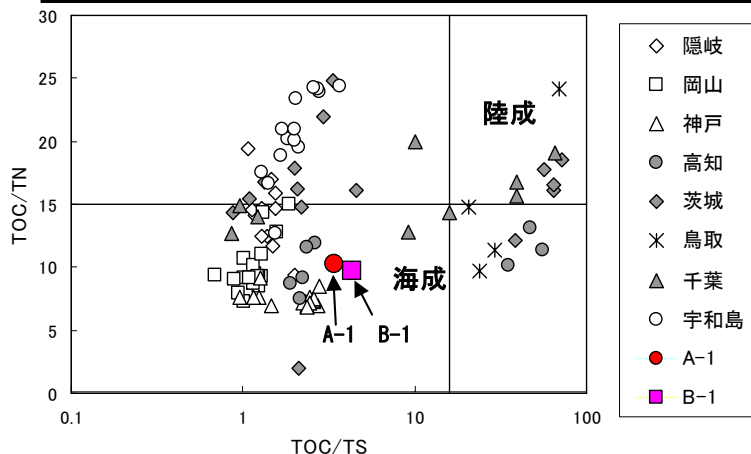


図-2 TOC/TS-TOC/TN 相関図

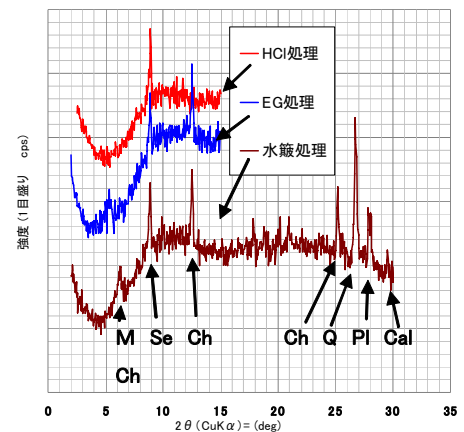


図-3 X線回折図 A-1

X線回折で確認されたスメクタイト、クローライト、セリサイト、等は、新第三紀のグリーンタフ領域から供給された堆積物と想定される。カルサイトは、方解石脈の粉末の可能性や貝殻片の可能性、場合によっては津波で攪乱された遠洋性石灰質堆積物の可能性も考えられる。肉眼では、残渣中に極く微量の貝殻片が認められたが、ほとんど確認できない。水ひ試料の細粒分に混入する程度の微細な粉末であり、TIC(無機炭素量)がこれに対応する。

図-3に、A-1のX線回折図を示した。

図-4に、磯野ら(2005)<sup>5)</sup>による過去に測定した海成層～淡水層の堆積物のb\*-a\*相関図に、今回の津波堆積物の測定値を示した。今回の津波堆積物も基本的に以前測定した海水成～汽水成堆積物の色彩エリアの中に分布することが判明した。

図-5は、L\*-b\*相関図では、今回の津波堆積物は海水～汽水成堆積物と淡水成堆積物の境界領域に分布していた。ただ、L\*値は通常の海水成堆積物より黒い位置にあり、津波が黒い海水であることを反映したものと考えられた。

木村ら(1998)<sup>6)</sup>によれば、中国地方の広湾の海成粘土で、縄文の海進より古い海成粘土が、白い貝殻片やクローライトの分解消失などを伴い、L\*が3～5程度黒くなっていることを確認している。図-6はその広湾粘土の色彩測定値で、シンウオールから出した直後の測定値で湿潤状態(ほぼ飽和)であり、図-4～5の乾燥状態よりL\*は小さい値を示す。TP-29m

の位置に鬼界アカホヤテフラを確認しており，その深度が縄文の海進ピークとなる．それより深部の深い位置の古い粘土では，色彩値  $L^*$  が小さく（黒く）なっている．その要因は有機物の分解や，クローライトの分解による  $Fe$  供給，貝殻片の分解などが重なり，より黒くなったと推定している．

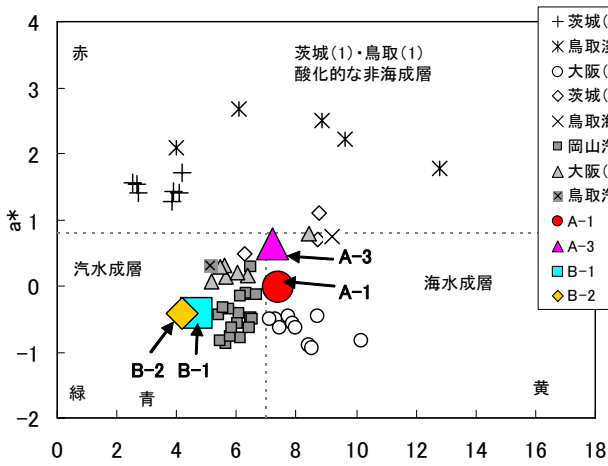


図-4  $b^*-a^*$  相関図 ( $b^*$ ) (乾燥サンプル)

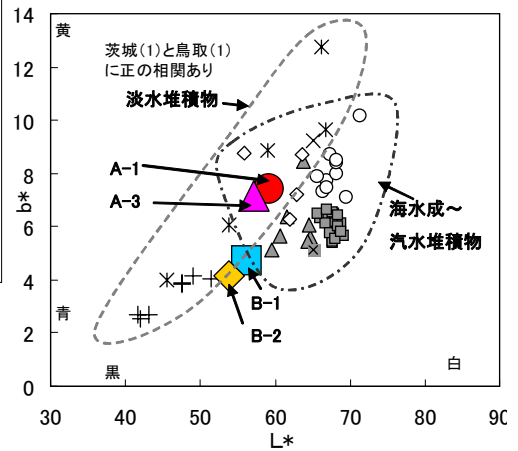


図-5  $L^*-b^*$ 相関図 (乾燥サンプル)

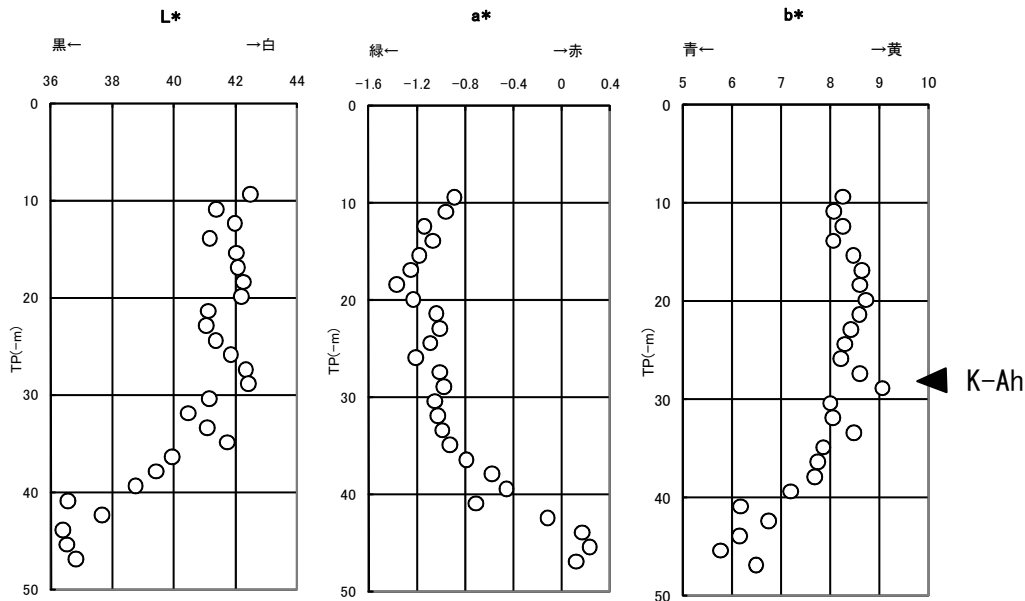


図-6 広湾の海成粘土の色彩測定値 (湿潤)

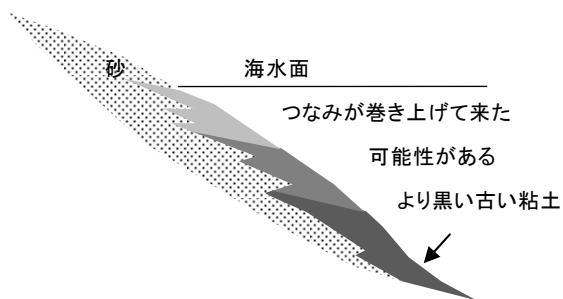


図-7 想定される粘土分布模式図



写真-8 宮古市の津波画像 (YOUTUBE から引用)

<http://earthquake-tohoku.seesaa.net/category/9879886-1.html>

表-2 写真-8 の色彩値

	色彩測定結果		
	$L^*$	$a^*$	$b^*$
海水(1)	35.8	2.0	-5.0
海水(2)	14.3	0.8	-0.9
海水(3)	32.1	1.1	1.3
陸土砂(4)	73.3	7.1	20.0

表-2 は、写真-8 を画像で読み込み、各エリアをフォトショップで計測し平均した値である。1 と 3 の色彩は、広湾粘土の最下層の沖積粘土の湿潤色彩値と  $L^*$  が類似しており、2 の色彩はより黒い小さい  $L^*$  を示している。西山ら(2011)<sup>7)</sup>によれば、カメラでの  $L^*$  は  $a^*$  や  $b^*$  よりバラつきは大きく 10~15 程度の範囲内に分布するが、直接の測定値に対して全体の相関は認められる。そのため、表-2 はあくまで参考値として示すものである。

図-7 は模式図だが、より沖に古い黒い粘土が分布し、地震時の海底地滑りや津波の攪乱により土砂を巻き上げ、黒い海水として遡上してきたことが想定される。現場でサンプリングした表面のマッドドレイプは、それらの粘土も混入して、やや黒い色彩値になる傾向になったと推定している。

#### 4. まとめ

海岸部に近い箇所での津波被災状況と堆積状況を確認するとともに、現地でサンプリングした津波堆積物の CNS 分析等を行なった。その結果、CNS 分析では TS は小さいものの、TOC/TS や TOC/TN の比では海水成のエリアにあることを示した。

色彩測定では、 $b^*-a^*$  では海水成～汽水成のエリアに分布し、 $L^*-b^*$  相関図では、 $L^*$  が海水成堆積物としてはより黒い側に分布し、津波が黒い水であったことの結果が反映されたと考えられる。これは、沖に堆積していた縄文の海進以前の古い黒い粘土を巻き上げた可能性が考えられる。

津波という特殊な堆積物に対して、通常の堆積物の判定結果を適用し、その差を確認した。地域性や複雑な堆積環境によるバラつきは生じると考えられるものの、今後、このような事例を増やすことで、津波堆積物としての特性を、より明確にできる可能性がある。

#### 参考文献

- 1) 澤井祐紀, その他 (2007): ハンディジオスライサーを用いた宮城県仙台平野 (仙台市・名取市・岩沼市・亘理町・山元町) における古津波堆積物調査, 活断層・古地震研究報告, No7, p.47-80
- 2) Bemmer, R.A. and Raiswell, R (1984): C/S method for distinguishing freshwater from marine sedimentary rocks, *Geology*, Vol 12, pp365-368
- 3) Bordowsky, O.K (1965): Accumulation of organic matter in bottom sediments, *MarGeol*, Vol3, pp33-82
- 4) 南秀樹他 (1995): 浜名湖の堆積物コア中の元素分析と過去 1 万年間の環境変遷, *地球科学*, Vol29, pp85-97
- 5) 磯野陽子, その他 (2005): 色彩測定による堆積環境と土質特性の評価, 日本応用地質学会平成 17 年度研究発表会, pp161-164
- 6) 木村隆行, その他 (1998): 広湾海成粘土の色彩と堆積環境, 第 33 回地盤工学会研究発表会
- 7) 西山賢一, その他 (2011): 色彩計を用いた岩石・土壌の色彩測定法, *応用地質*, Vol52, No2, pp62-71