

東北地方太平洋沖地震による津波堆積物 —宮城県の砂浜海岸の調査事例—

THE TSUNAMI SEDIMENTS CAUSED BY TOHOKU-PACIFIC OCEAN EARTHQUAKE
—THE RESULT OF SURVEY ALONG THE MIYAGI PREFECTURE BEACH—

中倉弘道¹・高野邦夫²・大内学²・矢ヶ部秀美³

Hiromichi NAKAKURA, Kunio TAKANO, Manabu OOUCHI and Hidemi YAKABE

¹株式会社ダイヤコンサルタント西日本事業本部九州支社 (〒812-0044 福岡市博多区千代 5-3-19)

²株式会社ダイヤコンサルタント東日本事業本部東北支社 (〒980-0811 仙台市青葉区一番町 2-4-1)

³株式会社ダイヤコンサルタント西日本事業本部 (〒812-0044 福岡市博多区千代 5-3-19)

Key Words: Tohoku-Pacific ocean Earthquake, tsunami sediments, testpit, lamination, erosion

1. はじめに

平成23年3月11日午後2時46分頃に発生した東北地方太平洋沖地震は、死者、行方不明者が約2万人に達する甚大な被害を東北地方の沿岸部にもたらしたが、被害のほとんどは地震発生後約30分以降に東北から北関東の沿岸部に襲来した大津波によるものである。調査地区付近の津波浸水高は、北から女川港19.13m、石巻港7.66m、仙台港13.87m、若林区荒浜12.37m、仙台空港11.72mおよび相馬港10.89mと観測史上最大の高さを記録した。調査は、平成23年4月3日～6日に、宮城県内の仙台市より南に位置する主に砂浜海岸に遡上した津波の堆積物の地質的な性状および分布について報告する。



図-1 調査位置および調査地区名

2. 津波堆積物調査位置及び手法

調査位置は、沿岸低地部の主に農地よりなる平野部で、海岸側に建築物等の遮蔽物が少ない地区とした。選定した3地区は、①仙台市若林区荒浜(荒浜地区)、②名取市下増田(空港北地区)、③亘理郡山元町磯浜(山元町磯浜地区)の3地区である(図-1)。調査は概ね海岸線に直交する方向で踏査を行い、海岸より津波浸水域で約100～500mの間隔に深さ0.1～0.4mのテストピットを掘削し、津波堆積物の断面観察を行った。荒浜地区の調査箇所を図-2に示す。



3月12日撮影正射画像:水田に海水が冠水する(国土地理院ホームページより引用)

図-2 仙台市若林区荒浜地区の調査箇所

3. 津波堆積物の分類

調査地内の津波堆積物は、上位から浮遊物、粘土層、砂層の3層に区分できる。

(1) 浮遊物

浮遊物は、木片、枯草、人工物などであり、津波浸水範囲の全域に散在して分布している。今回の地震では家屋、車、船など多様な人工物が瓦礫として津波到達範囲に大量に堆積している。なお、古い時代の津波では、人工物の割合は少なく、草、木、動物遺体等の自然物の割合が多くなると考えられる。

(2) 粘土層

粘土層は、津波が引いた後も冠水していた窪地等の低地部に分布し、海側で浸食された表土や沿岸域に堆積していた沖積粘土等を起源とする細粒分が再堆積したものである。本層は暗褐色～黒褐色を呈する有機質粘土よりなり、しばしば植物片を含み、厚さは0.1～6.5cmである(写真-1 および2)。なお、粘土層を新聞報道等では津波ヘドロと称している。

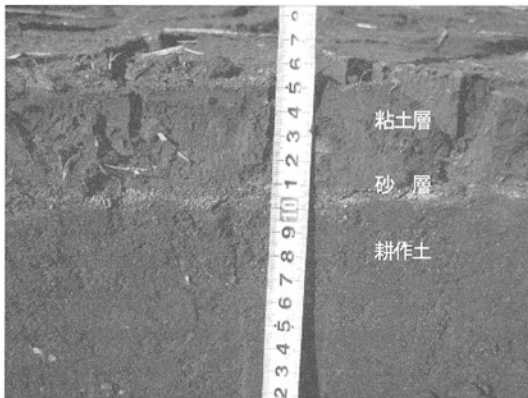


写真-1 粘土層 (図2の地点7)

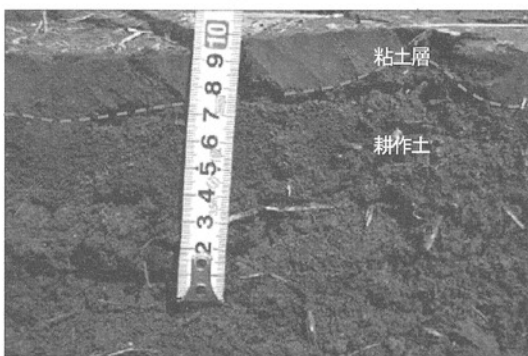


写真-2 砂層を伴わない粘土層 (図2の地点11)

(3) 砂層

砂層は海底、海浜、砂丘等に堆積していた砂が津波により陸域に運搬されたものである。砂層は津波浸水範囲に広く分布するが、海岸付近の津波による浸食域と内陸側の津

波到達域先端部の約0.1～1kmの範囲には、削剥作用の方が強いいためか、分布していない。砂層の上位には有機質粘土層が分布することが多い(写真3から5)。砂層の厚さは、0.1～35cmであり、多くは3～20cmの厚さの範囲で、内陸側に向かって粒径、層厚を減ずる傾向が認められた。

砂層は灰色～褐灰色を呈し、粒径は場所により細砂～粗砂と多様であり、平行葉理が認められることもあるが、無層理で級化構造も不明瞭であることが多い。

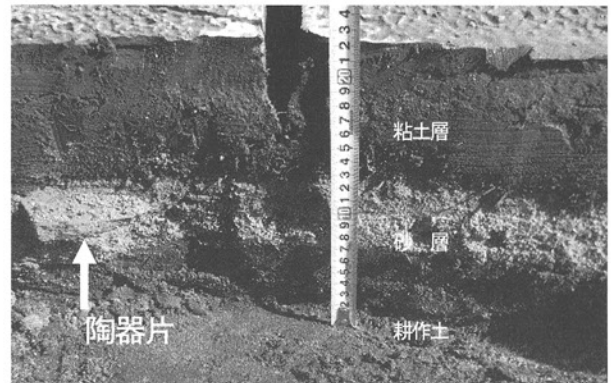


写真-3 粘土層に被覆される砂層 (山元町磯浜地区)

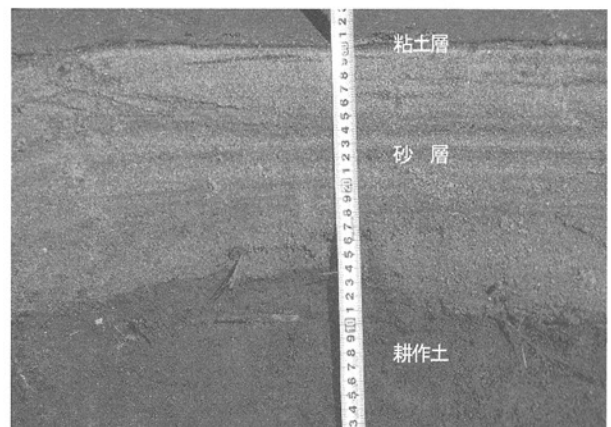


写真-4 葉理の認められる砂層 (図2の地点4)

また、有機質土の偽礫を含む箇所や礫、陶器片等を含む箇所が認められる。色調や粒径は海浜、砂丘等の浸食域の構成物を反映していると考えられる(写真3から写真7)。

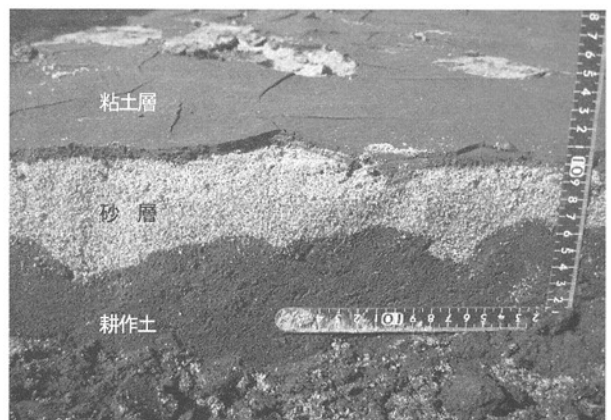


写真-5 無層理の砂層 (図2の地点1)

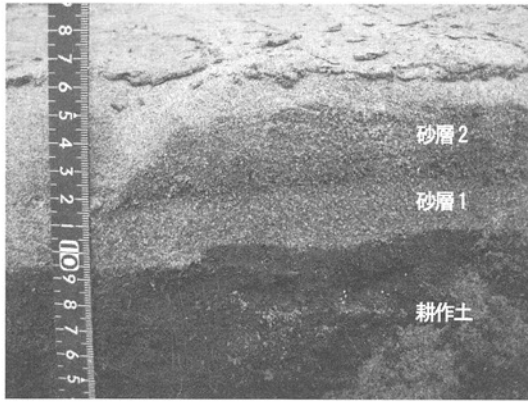


写真-6 粘土層を伴わない砂層 (図-2の地点5)

* 砂層1は塑上時に堆積、砂層2は引き波時に堆積

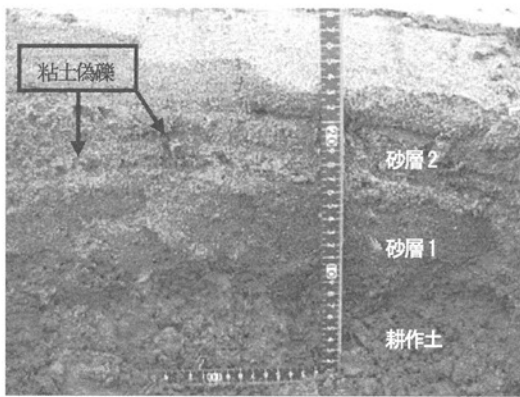


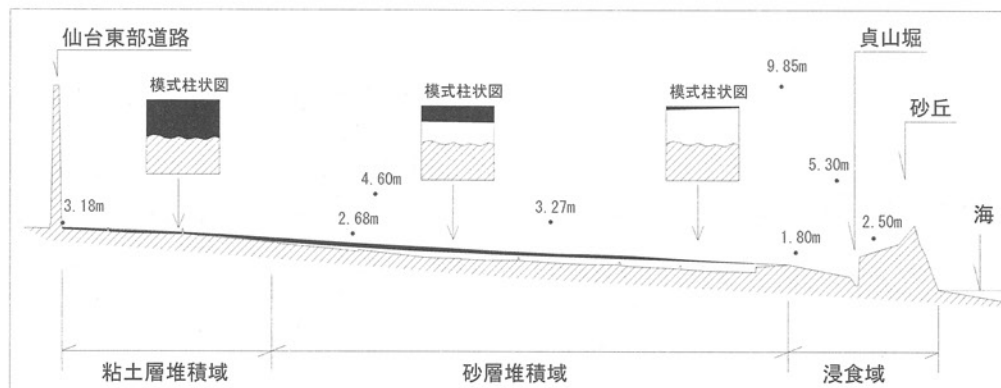
写真-7 粘土偽礫を伴う砂層 (図-2の地点3)

* 引波時に堆積した砂層2の基底付近に粘土偽礫が含まれる

4. 津波浸水域の堆積物による区分

津波浸水域は、津波堆積物の層相、分布等から、海側より浸食域、砂層堆積域および粘土層堆積域に区分される。

図-3に仙台市の荒浜地区における津波堆積物の模式断面図を示す。



津波浸水域の区分と堆積物

区分	堆積物の分布状況		
	粘土	砂	浮遊物
粘土層堆積域	○	△	△
砂層堆積域	△	○	△
浸食域	×	△	△

凡例 ○:分布 △:部分的に分布 ×:ほとんど分布しない

(1) 浸食域

浸食域は海岸線から海浜、砂丘付近に分布し、表層の地盤や舗装等が部分的に剥ぎ取られる等の主に地盤面が津波により浸食・洗掘された場所である。堤防や道路盛土等の高い箇所の陸側で顕著な浸食が認められる。これは、津波が高所を乗り越えて、陸側の段差で滝のように流下した際(射流)に地盤を浸食したものである。アスファルト舗装等が剥ぎ取られて窪地となっている箇所も認められる。



写真-8 津波の浸食による水路の形成



写真-9 津波により破壊された防波堤

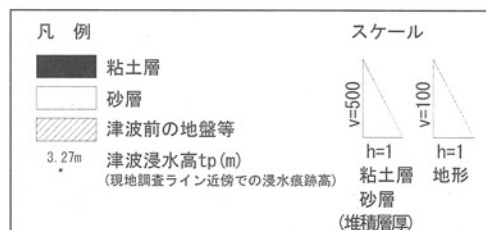


図-3 津波堆積物の模式地質断面図(荒浜地区)

仙台市若林区の調査箇所では、**写真-8**のように海岸砂丘に形成されていた防潮林（周りより一段比高がある）から浸入した津波によって水路状の窪みが形成された。また、**写真-9**は同じ箇所で津波により背面が抉られた防潮堤である。堆積物は引き波時に再堆積したと考えられる砂層が部分的に認められる程度である。

山元町磯浜地区でも津波による防潮堤の破壊が見られた。津波の押し波によって発生した射流による防潮堤背面基礎部の洗掘による防潮堤全体の倒壊である。引き波の後は、**写真-10**に示すように防潮堤に沿って窪地が形成されている。



写真-10 津波による防潮堤背面の侵食
(山元町磯浜地区)

(2) 砂層堆積域

砂層堆積域は浸食域の内陸側に分布し、津波が浸入した際に海底、海浜、砂丘等から運搬された砂が堆積した範囲である。なお、津波が引いた後も冠水していた低地部では砂層の上位に薄い粘土層が堆積している。

仙台市荒浜地区の水田で、表面が厚さ5cm～15cmの砂層に被覆されている状況を**写真-11**に示す。引き波時に砂層が堆積したことが堆積構造から推定できる。冠水時間が短かったために粘土層は認められないが、非常に薄い状況である。

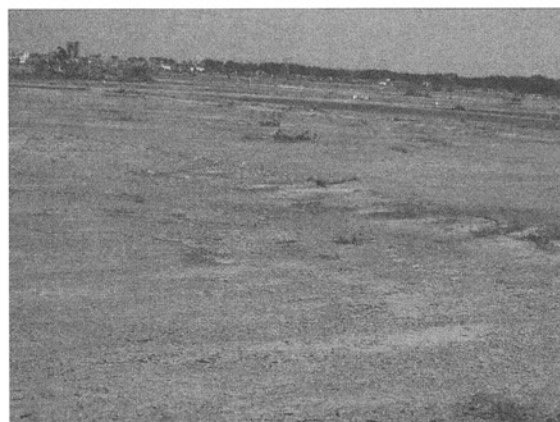


写真-11 砂層堆積域（水田）（図-2の1地点付近）

砂層堆積域で長時間冠水した箇所では、**写真-12**のように表面を1cm前後の粘土層が覆っている（水田で引き波が残留したような箇所）。



写真-12 冠水のため表面層を薄く粘土に被覆される砂層堆積域（水田）（図-2の3地点周辺）

(3) 粘土層堆積域

粘土層と砂層の分布域は重複していることが多いが、ここでは、砂層分布範囲の内陸側に分布する粘土層を主体とする範囲を粘土層堆積域と定義した。粘土層堆積域の形成は、押し波で先端の細粒分（黒褐色の懸濁流）が更に内陸部へ遡上して沈殿・堆積したか、砂が引き波で戻った後も残留してゆっくり沈殿したことが考えられる。主に有機質粘土層、軽い浮遊物を主体とした層相で分布している。

写真-13は仙台市の荒浜地区（図-2の8地点付近）で観察された厚さ2～3cmの有機質粘土に覆われる水田である。



写真-13 粘土層堆積域（水田）

写真-14は、仙台市荒浜地区（図-2の8地点付近）の粘土層の近接写真である。耕作土を覆う津波堆積物の基底には、厚さ0.5cm以下の層状～レンズ上の黄褐色砂層を伴っている。津波から1ヶ月経っていない状況で層全体に乾裂が形成されている。

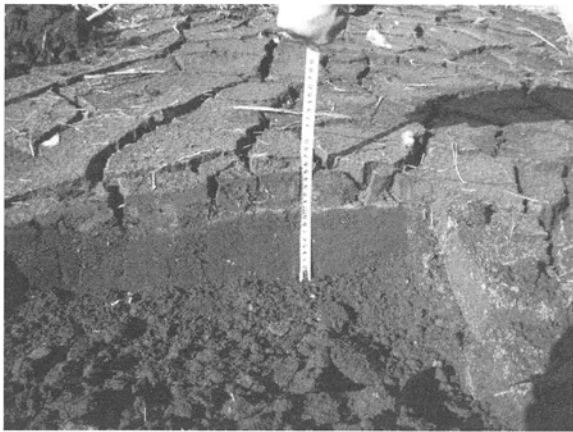


写真-14 粘土層堆積域の層相

(4) 津波浸水域先端付近の状況

粘土層堆積域より内陸側の浸水および遡上範囲先端付近では有機質粘土層も極めて薄くなり、軽い浮遊物が堆積しているのが観察される(写真-15)。

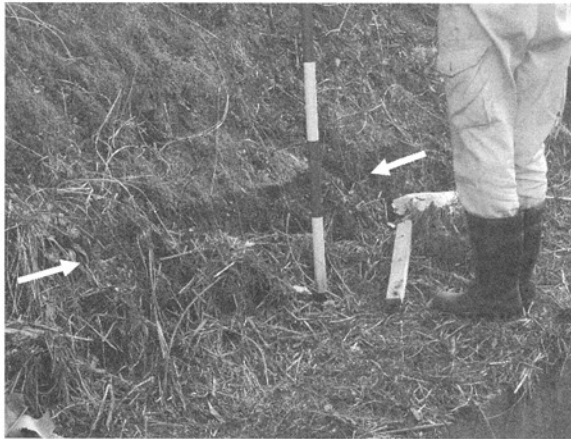


写真-15 遡上域先端部(高速道路における盛土のり先)

砂層、粘土層は認められず枯れ草、小枝などの厚さ1~数cmの軽い漂流物のみが堆積・分布する。矢印より下の苔が枯れている部分が津波到達範囲である。

(5) 津波堆積物の分布および層相変化

本調査では、海岸平野の主に農地を主体とする範囲を対象としたため、津波堆積物の分布状況、構成物の層相変化を連続的に確認することができた。津波浸水域は、粘土層、砂層の分布から、海側より浸食域、砂層堆積域、粘土層堆積域に区分される(図-4)。地表の起伏等の影響を受けるものの、砂層堆積域での砂層の厚さは内陸側に従い薄くなり、細粒化する傾向がある。粘土は、主に冠水域に堆積するため、水はけの悪い箇所では砂層を薄く被覆し、内陸側で津波自体に砂分が少なくなった位置からは、主に粘土層だけが分布している。更に内陸側の冠水しなかった津波浸水域では、砂、粘土は、ほとんど分布しなくなる傾向が認められる(図-5)。砂層堆積域、粘土層堆積域の表層は軽い浮遊物・漂流物に被覆されているところも多い(写真-16)。津波遡上域の先端部では、濁流のみが表層を舐めた状態で、粘土層はほとんど分布しないで、軽い草本類や小枝などの浮遊物が堆積している状態であった。

写真-16は、仙台空港北地区における表面を覆い尽くした漂流物で、下位には砂層あるいは粘土層が分布している。



写真-16 漂流瓦礫により覆い尽くされる農地

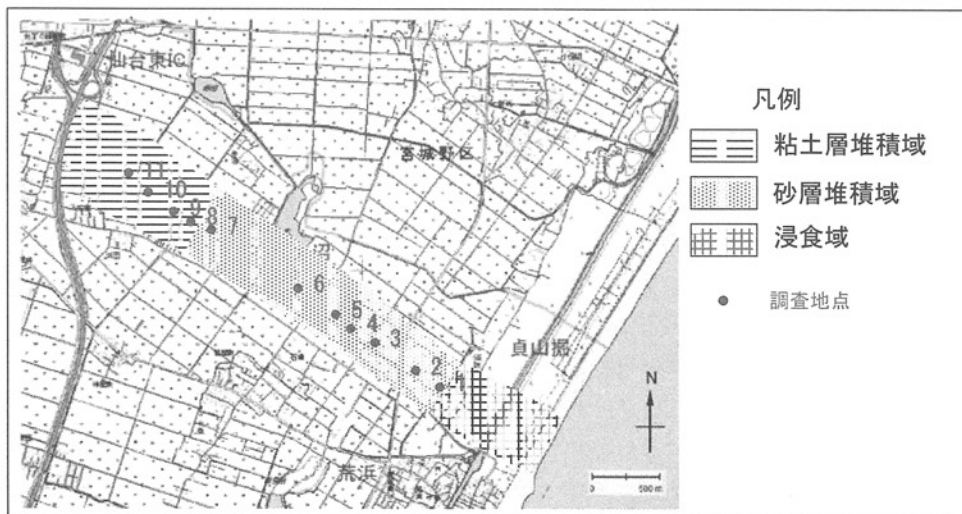


図-4 津波浸水域の堆積物による区分(仙台市荒浜地区)

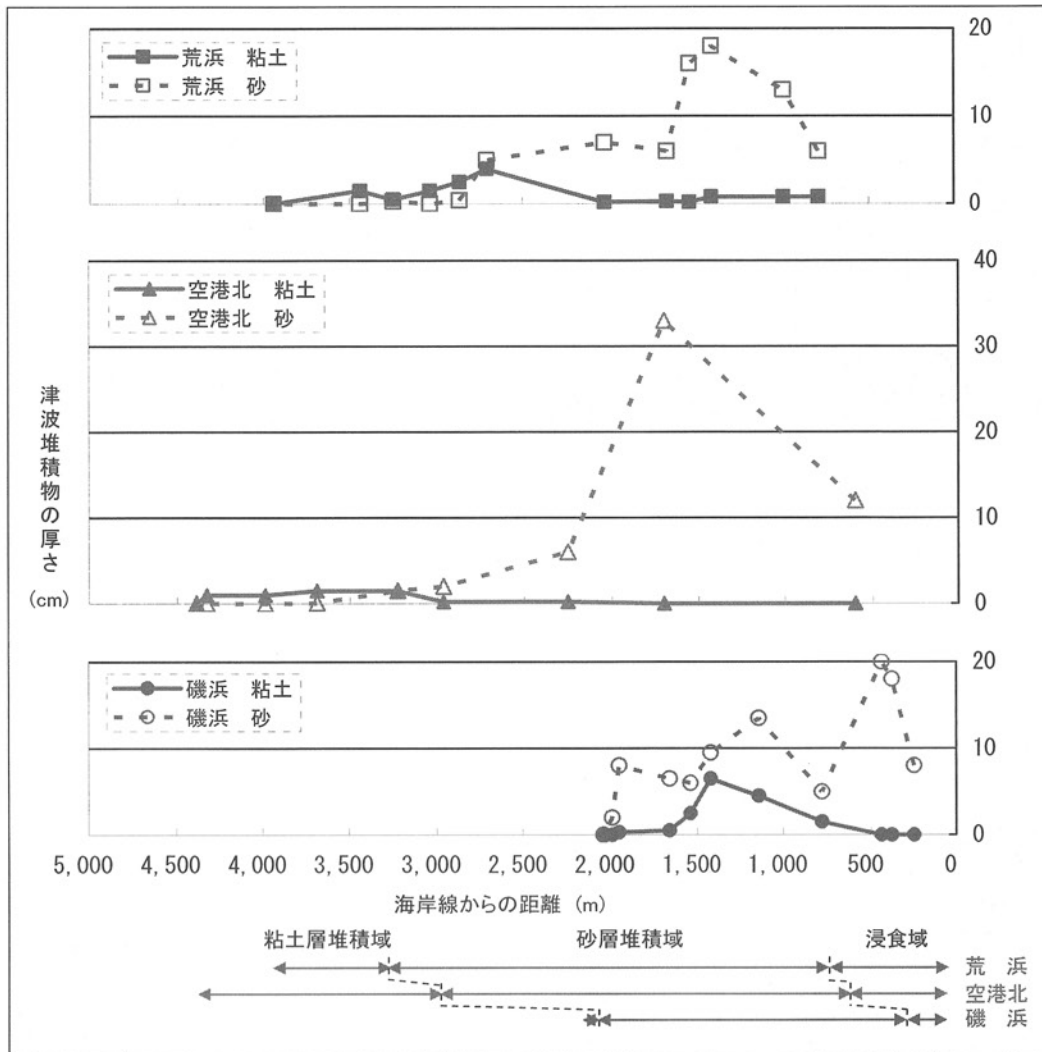


図-5 砂層、粘土層の厚さと海岸線からの距離

5. おわりに

歴史地震の津波堆積物に関する調査・研究は、砂層の有無に着目して実施されるが、砂層は風成、高潮、洪水等のイベントによっても形成されることから、粘土や泥炭等に挟まれる砂層を津波堆積物として認定することが難しい場合がある。

今回の津波堆積物の調査結果によれば、砂層の直上に有機質粘土層、樹木等の植物遺体が分布することが多いことから、砂層の上位にこれらが分布する場合には津波到達範囲とみなせるものと考えられる。また、砂層が連続しない内陸側にあっても、砂層と同一層準に有機質粘土層、樹木等の植物遺体が濃集する場合には、これらも津波堆積物とみなせることから、砂層と同層準に有機質粘土層、植物遺体の濃集層が内陸側に分布する場合には津波が到達した範囲として認定できると考える。

今回の調査結果は、巨大津波による砂浜海岸の被害想定を行う上での基礎資料となるものとする。特に、東九州地方の海岸では、南海トラフの地震によって10m以上の津波高が想定されている。本調査地区と地形がよく似た砂浜海岸が連続する区域も多く、今回の津波浸水域での堆積物の様相（堆積物の分布範囲やその層相）は、過去の津波堆積物の調査や今後の防災対策に応用できるものとする。

参考文献

- 1) 藤原治:地震イベント堆積物研究の重要性と防災研究への展望, 地質学論集第58号, 2004
- 2) 七山太:遡上津波堆積物概論-沿岸低地の津波堆積物に関するレビューから得られた堆積学的認定基準, 地質学論集第58号, 2004

(2012.5.9 受付)