

＜第51回 県生徒理科研究発表会研究発表部門高文連会長賞＞、＜第30回 山崎賞＞

1. 磐田市太田川河口で発見された砂礫層は津波堆積物か？

静岡県立磐田南高等学校地学部地震気象班

2年 鈴木慧 杉山知希 森敬太 1年 大橋俊公 中村祐哉

1 動機・目的

2011年8月の野外調査中に、静岡県磐田市太田川河口から約3.5km上流の河川改修工事現場において、白鳳地震による津波堆積物を発見した。さらに今年度になって、磐田市元島遺跡で、その上位に2層の砂礫層①、②を新たに発見した。もし、これらが本当に津波堆積物であれば、東海地域における歴史地震の繰り返しを地質学的に証明でき、再来周期を推定することができる発見になる。

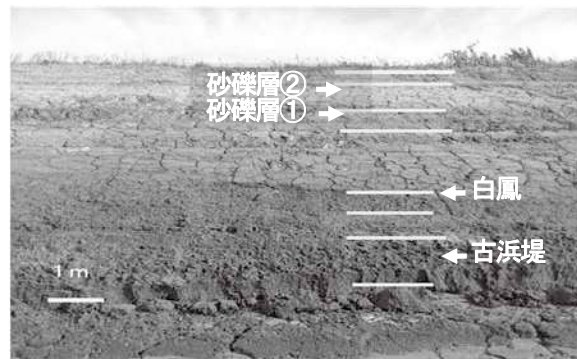


図1 露頭発見地点（磐田市元島遺跡）

しかし、これらの砂礫層の発見地点は太田川の自然堤防にも近いため、太田川の洪水による洪水堆積物の可能性も高い。そこで砂礫層が本当に津波堆積物なのか、それとも洪水堆積物なのかを検証することにした。さらにこれが津波堆積物であれば、この津波を引き起こした歴史地震の年代を特定し、津波伝搬経路や遡上範囲を推定することにした。

2 調査地点

砂礫層①、②が発見された地点は、磐田市小島の太田川河口から約3.5km上流にある河川改修工事現場と元島遺跡である。また両地点での露頭調査に加え、磐田市豊浜小学校（④）と南島グラウンド（⑤）、袋井市湊の水田（②）でボーリング調査も行った。



図2 調査地点

3 方法

太田川のように河川が海岸低地の砂堤列を横切って海に流入する地域では、砂礫層は津波起源と洪水起源の二つの可能性がある。しかし、津波堆積物と洪水堆積物の層相は、極めて酷似するため両者の識別は難しい。そこで、砂礫層が両者のどちらであるかを検証する方法として、この砂礫層中の砂礫を現在の太田川の河床砂礫、遠州灘の海浜砂礫、過去の古浜堤堆積物や古太田川の流路の河川堆積物と比較し、どちらが砂礫層に近似しているかで検証した。海浜礫の採集地点は磐田市福田の遠州灘海岸、河床砂礫は太田川河口から約8km上流の磐田市稗原の河床、古浜堤は元島遺跡、古太田川河川堆積物は河川工事現場である。

もし、砂礫層中の砂礫が現在の遠州灘の海浜砂礫や古浜堤の砂礫の特徴を持っていれば、海から運ばれたことを示し津波堆積物になる。しかし、現在の太田川の河床砂礫や古太田川河川堆積物の特徴を持っていれば、洪水堆積物になる。比較項目は砂については粒径、鉱物組成、重鉱物組成、

ざくろ石の化学組成である。重鉱物組成の分析方法は、重液にブロロホルムを用いて、分液漏斗により軽鉱物と重鉱物に分離し、次に重鉱物を双眼実体顕微鏡で観察し、白雲母、黒雲母、磁鉄鉱、角閃石、輝石、カンラン石、ざくろ石、緑簾石などに分類し、それぞれの鉱物の割合を調べた。次に、もし津波堆積物ならば、津波を起こした歴史地震の年代を特定し、その時代の古地理図を作成する。さらにボーリング調査により津波の遡上範囲を推定する。

4. 砂の比較

砂礫層が津波堆積物、洪水堆積物のどちらなのかを検証するために、砂の粒度組成と鉱物組成に注目した。砂の粒度分析の方法は、砂を篩にかけて、粒径別に分け、粒径毎の重量を電子秤で測定した。また、採集量が少量の場合はエメリー管を用いた。白鳳地震津波堆積物、遠州灘の海浜砂の粒度組成はともに $355\mu\text{m}$ に中央値があり、平均粒径もそれぞれ $355\mu\text{m}$ で一致した。砂礫層①、②の中央値はそれぞれ $107\mu\text{m}$ 、 $152\mu\text{m}$ で平均値は $173\mu\text{m}$ 、 $199\mu\text{m}$ となりやや細粒の傾向がある。また、古浜堤の中央値、平均値はそれぞれ $425\mu\text{m}$ 、 $348\mu\text{m}$ で、白鳳地震津波堆積物や現在の遠州灘海浜砂に近い値である。一方、太田川の河床砂は平均粒径が $500\mu\text{m}$ で粗く、細かい粒子から粗い粒子まで分散が大きい。同様に、古太田川の中央値、平均値も $610\mu\text{m}$ 、 $687\mu\text{m}$ で砂礫層の砂や海浜砂に比べ、粗粒である。

砂の鉱物分析の方法は、粒径が $250\sim 355\mu\text{m}$ の砂を双眼実体顕微鏡で観察し、石英、長石、岩片、重鉱物の4つに分類し、それぞれの鉱物の割合を調べた。砂礫層①、白鳳地震津波堆積物と現遠州灘の海浜砂、古浜堤の砂の鉱物組成は石英、長石の割合が比較的高く、遠州灘の指標鉱物であるざくろ石や雲母、磁鉄鉱などの重鉱物が多く含まれる。砂礫層②も同様の傾向を示した。一方、現太田川の河床砂、古太田川河川堆積物の鉱物組成は、石英、長石が非常に少なく、ほとんどが岩片であり、重鉱物は含まれていない。以上よりこの砂礫層①、②は粒度組成、鉱物組成ともに現遠州灘海浜砂や古浜堤の砂に特徴が似ていることから、遠州灘から運ばれてきたことがわかる。

5. ざくろ石の化学組成

次に、砂礫層中に含まれるざくろ石の化学組成に着目した。ざくろ石は、本校地学部地質班の研究(青島, 2011)により、遠州灘海岸の追跡指標鉱物であること、天竜川上流の領家帯から供給されていることが分かっている。したがって、この砂礫層中のざくろ石の化学組成が、遠州灘や古浜堤のざくろ石の化学組成と一致すれば、砂礫層は遠州灘から供給されたことが証明できる。

方法は、古浜堤堆積物と砂礫層①から、双眼実体顕微鏡によりざくろ石を抽出した。抽出した個数は、古浜堤堆積物中から10個、砂礫層①中から10個である。なお、砂礫層②のざくろ石は粒径が極めて小さいため、分析に耐えるざくろ石を見つけないことが出来なかった。次に、ざくろ石を電子線マイクロアナライザー(静岡理工科大学、浜松工業技術センター所有)により化学組成を分析した。これらの化学組成を、白鳳地震津波堆積物、遠州灘の海浜砂、天竜川上流の領家帯、太田川上流の赤石山地四万十帯の碎屑性ざくろ石の化学組成と比較した。図3の上段はTakeuchi (1989) による天竜川上流の中部領家帯と寺岡(2003)による太田川上流の赤石山地四万十帯の碎屑性ざくろ石の化学組成である。

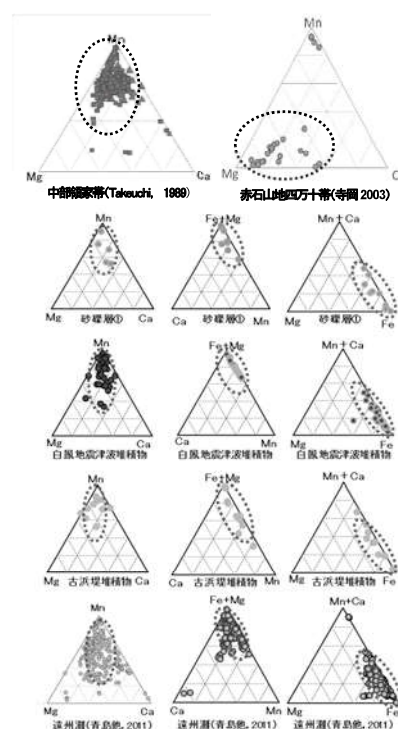


図3 ざくろ石の化学組成

図3の1列目は、Mg, Ca, Mnを端成分にとり、三角ダイヤグラムに図示したものである。図のとおりに白鳳堆積物、砂礫層①のざくろ石、古浜堤堆積物のざくろ石、遠州灘のざくろ石、中部領家帯のざくろ石はMnが最も多く、MgとCaが少なく、点の分散も近似する。一方、図3の上段右の太田川上流の赤石山地四万十帯のざくろ石はMgが最も多くてCaが無く、他の3つとは分散が異なる。また、図3の2列目、3列目は、端成分の組み合わせを変えて、Fe+Mg, Mn, Ca, とMn+Ca, Fe, Mgをそれぞれ端成分にとり、作図したものである。同様に分散のパターンがお互いに近似している、この結果、砂礫層①中のざくろ石は太田川上流ではなく、遠州灘から供給されたざくろ石であることが分かる。

6. ボーリング調査

津波の遡上範囲を推定するために、簡易ボーリング調査を行った。調査地点は、磐田市南島の屋内スポーツセンター南島グラウンド(⑤)と磐田市豊浜の豊浜小学校(④)、袋井市湊の水田(②)である(図2)。方法は、ハンドオーガーを用いて地面を約2～3m掘削し、柱状図を作成した。これを、元島遺跡と太田川河川工事現場の柱状図と対比して、津波の遡上範囲を推定した。なお、イベント堆積物①、②の堆積年代は、C14年代測定値や包含する土器片や広域テフラなどの特徴と南海トラフに沿う歴史地震の表を照合させると、それぞれ砂礫層①が永長地震(1096年)、②が明応地震(1498年)の津波堆積物である。

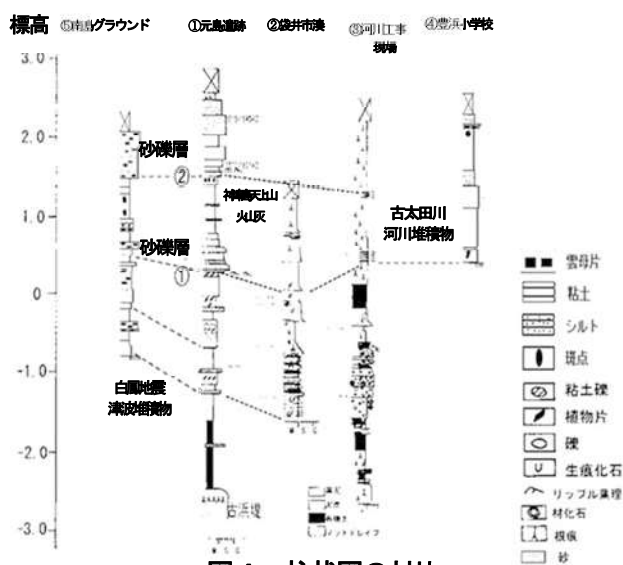


図4 柱状図の対比

ボーリングによって明らかになった各砂

層の標高を図4の柱状図で対比すると、南島グラウンドの標高1.46m付近の砂層が元島遺跡の③の明応地震の堆積物と対比される。また、同様に、標高0.7m付近の砂層が元島遺跡の②の永長地震、標高-0.7m付近の砂層が①の白鳳地震にそれぞれ対比される。さらに、豊浜小学校の標高0.2m付近の砂層が元島遺跡の②の永長地震の堆積物に対比される。これらの砂層は雲母片を多く含み、石英、長石からなることが共通しており、層相も津波堆積物に酷似する。

以上を総合すると、白鳳地震、永長地震、明応地震では、津波は現在の海岸線から約3.5kmの内陸まで遡上し、少なくとも東西方向に約3.5kmの範囲が津波で水没した可能性が高い。

7. 古地理図の復元

昨年度は、白鳳地震の津波が発生した当時の古地理を復元し、津波の遡上経路を検討した。方法は、太田川低地の古墳時代以前の遺跡分布図と地形分類図、古文書による復元図を用いて、遺跡分布の南限を海岸線と仮定して海陸の分布を求めた。

これらを総合して作成した白鳳地震(684年)発生当時の古地理図が、図5である。図5より現在の太田川低地の南部には東西に2つの潟湖が存在し、その潟湖は古砂堤列の北側の水路で連結されていた。遠州灘と通じる開口部は現在の太田川河口と弁財天川河口付近にあったと推定される。

今年度は、さらに永長地震(図6)、明応地震(図7)津波発生当時の古地理図も同様に作成した。古砂堤列が時代がたつにつれて1列から2列、3列と増え、海岸線の位置が陸側から海側へと移動していることがわかる。

8. 結論

砂礫層①、②は、それぞれ白鳳地震津波堆積物、遠州灘の海浜砂礫、古浜堤砂礫の特徴を持つが、太田川の河床砂礫の特徴とは異なることから、イベント堆積物①、②は太田川の洪水により運ばれた堆積物とは考えにくく、津波により遠州灘から遡上した堆積物である。また、砂礫層①は永長地震（1096年）、②が明応地震（1498年）の津波堆積物である。

砂礫層①の永長地震、砂礫層②の明応地震は、東海地域で発生したことが古文書より知られていたが、両地震の発生を立証できた貴重な発見となった。

以上から、南海トラフに沿う歴史地震の繰り返しを地質学的に証明することができた。

9. 今後の課題

今回発見した津波堆積物の上下の層準にも、それぞれ同様な特徴を示す堆積物が存在する。これらの堆積物は仁和地震（887年）、慶長地震（1605年）による津波堆積物の可能性が高い。今後はこれらの堆積物中の砂礫についても同様の検討を行い、津波堆積物であることを認定する。さらに、その年代をC14法や含まれる土器などの遺物の鑑定により求める。また、今回発見した津波堆積物と同一層準の堆積物の層相の変化を水平方向にボーリング調査により追跡してその分布を調べ、津波の遡上範囲を推定する。

これらを総合することにより、太田川低地の歴史地震による津波の規模や年代を推定し、今後の防災対策の資料と防災管理機関などに提供する。

10. 謝辞

この研究をするにあたり、津波堆積物の特徴や野外調査の指導については独立行政法人産業技術総合研究所活断層地震研究センター主任研究員の藤原治先生と静岡大学理学部教授の北村晃寿先生にお世話になりました。太田川低地の地形分類については、新潟大学教育学部准教授の小野映介先生に指導をして頂きました。静岡理工科大学教授の吉田豊先生、田中清高博士にはEPMAの使用の便宜と操作について御指導して頂きました。以上の方々に感謝を申し上げます。

11. 参考文献

寺岡易司, 2003, 西南日本の古生代—第三紀砂岩中の碎屑性ザクロ石, 地質調査所研究報告, 4, 71 - 192.
藤原治ほか, 2012, 第29回歴史地震研究会（横浜大会）講演要旨集, 青島晃・佐藤友哉・鈴木竜成・下谷豪史, 2011, 遠州灘の砂に含まれるガーネットの性質と起源の推定, 伊那谷自然史論集, 12, 19-24., 高田圭太ほか, 静岡県西部湖西市における遠州灘沿岸低地の津波堆積物調査, 活断層・古地震研究報告, No. 2, 235-243, 2002., 藤原ほか, 2008, 完新世後半における太田川低地南西部の環境変化と津波堆積物, 活断層・古地震研究報告, 8, 187-202., Takeuchi, M., 1989, A linear model of sediment mixing based on chemical composition of clastic garnet and its application to the analysis of rock component in the source area. Jour. Geol. Soc. Japan, 95, 91-904.

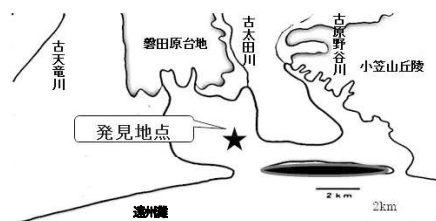


図5 白鳳地震発生当時の古地理図



図6 永長地震発生当時の古地理図

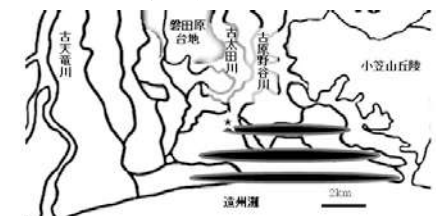


図7 明応地震発生当時の古地理図