

2 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
3 年 石上朗 下谷豪史 檜垣聡太 2 年 鈴木拓貴 檜垣北斗
1 年 鈴木慧 森敬太 杉山知希

1. 動機と目的

2011 年 8 月の野外調査中に、遠州灘に面する静岡県磐田市太田川河口から約 3.5km 上流にある河川改修工事現場(図 1-1)から、津波堆積物と思われる砂礫層を発見した(図 1-2)．これを「イベント堆積物」と呼ぶことにする．しかし、このイベント堆積物の発見地点は太田川に近いことから、過去の太田川の洪水による可能性もある．そこで、このイベント堆積物の特徴を堆積学的、岩石学的、古生物学的手法を用いて調べることにし、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推定し、その伝搬経路を明らかにすることにした．

2. 方法

イベント堆積物の砂礫、遠州灘の海浜砂礫（磐田市福田）、太田川の河床砂礫（磐田市稗原）を採取し(図 3-1, 2, 3)、礫については円磨度、面積と周長の関係、礫種、球形度、形状分類、砂については鉱物組成、鉱物組成、粒度組成、ガーネットの化学組成の項目について比較した．さらに貝化石や珪藻化石の種を同定し、古環境や古地理を推定する．



図 1-1 調査地点

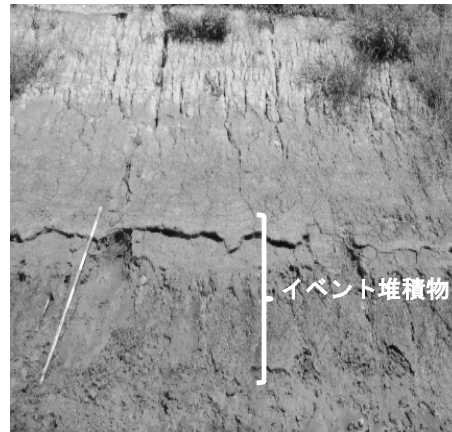


図 1-2 太田川河口で発見されたイベント堆積物

左のスケールは 1 m



図 3-1 イベント堆積物の礫



図 3-2 遠州灘の礫



図 3-3 太田川の礫

3. 結果

(1) 礫の比較

円磨度では、イベント堆積物、遠州灘、太田川の3地点の砂岩と泥岩の円磨度を円磨度印象図(krumbein, 1941)と比較して、その割合を求めた。この結果、泥岩の円磨度はイベント堆積物が0.66、遠州灘が0.62、太田川が0.44となり、イベント堆積物は遠州灘と近い値となったが太田川とは異なった(図3-1)。砂岩の円磨度も0.72、遠州灘は0.69、太田川は0.49となり、

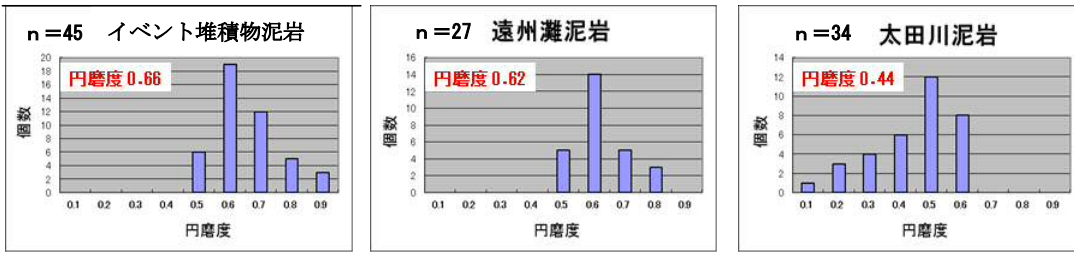


図3-1 イベント堆積物、遠州灘、太田川の泥岩の円磨度

同様の結果が得られた。

しかし、円磨度印象図との比較では主観的な要素が含まれる。そこで、礫の丸さをさらに定量化するために、面積測定ソフトを用いて礫の面積、周長を測定し、横軸に面積、縦軸に周長を取りグラフに表した(図3-2)。次に回帰直線を引きその傾きを比較した。イベント堆積物(図中の▲)の回帰直線の傾きは0.61となり、遠州灘(図中の◆)の0.66に近い値であるが、太田川(図中■)は0.85と大きい値である。よって円磨度だけでなくこの方法でも、太田川の礫は角張っていることが確認できる。

コメント [MSOffice1]: ここに面積測定ソフトの写真を入れる

礫の種類については、イベント堆積物では砂岩が約50%、泥岩が40%を占め、花崗岩や結晶片岩を3%含む。遠州灘の礫は、砂岩、泥岩、チャートも同等に含み、花崗岩や結晶片岩を9%の割合で含む。太田川の礫は砂岩が約50%、泥岩が約40%で、イベント堆積物の礫の組成に近い値であるが、花崗岩、結晶片岩の礫を含まない。

(2) 砂の比較

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、粒度の頻度分布を作成した。粒度組成を比較すると、遠州灘、イベント堆積物の粒度組成ともに355 μ mに中央値があり、平均粒径はそれぞれ355 μ mと355 μ mで一致した。一方、太田川の平均粒径は500 μ mと粗い。

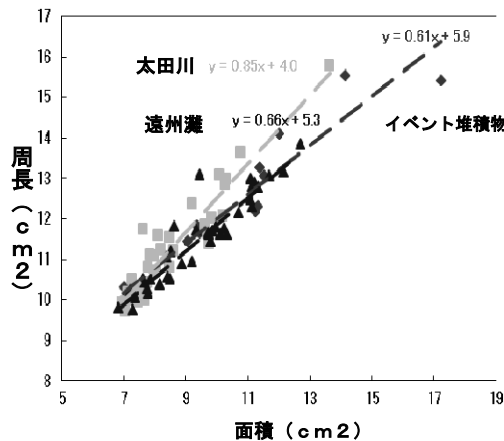


図3-2 礫の面積と周長の関係

次に、砂の粒度が250~355 μ 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。イベント堆積物と遠州灘の砂は石英、長石の割合が高いことが特徴である。一方、太田川の砂は岩片が90%を占め、大きく異

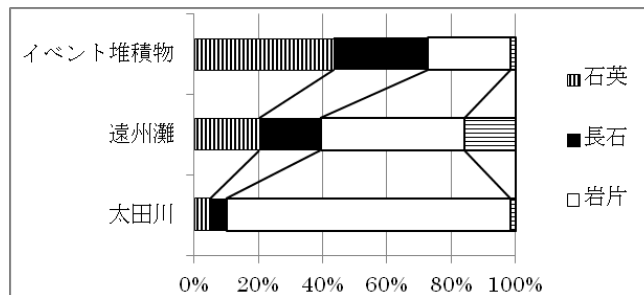


図3-4 イベント堆積物、遠州灘、太田川の砂の鉱物組成

なる (図 3-4) .

次に粒度が 250~355 μm の砂を軽鉱物と重鉱物に分離した. このうち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, ガーネット, 緑簾石に分類した.

この結果, イベント堆積物と遠州灘では雲母が最も多く, 磁鉄鉱が比較的少ないこと, ガーネットを含んでいることが分かる. この黒雲母, ガーネットは遠州灘の指標鉱物であることが知られている (青島, 2011) . 一方, 太田川の重鉱物組成では, 雲母がほとんどなく, 磁鉄鉱が最も多いこと, ガーネットを含んでいないことがイベント堆積物とは異なる.

(3) ガーネットの化学組成の比較

ガーネットは遠州灘海岸の砂に普遍的に含まれる重鉱物の1つであり, 追跡指標鉱物になりうること, 天竜川上流の領家帯 (図 3-6) から供給されていることが, 本校地学部地質班の研究 (青島, 2011) により分かっている. そこで, 粒径 250~355 μm の砂から重鉱物を分離し, 双眼実体顕微鏡によりガーネットをピックアップした. このガーネットを電子線マイクロアナライザー (図 3-5) により化学組成を分析し, 化学組成を比較することによって, イベント堆積物が津波により遠州灘から運ばれてきたのか, それとも太田川の洪水により運ばれてきたのかを検証した. この結果, 図 3-7 のとおりイベント堆積物では, Mn が多く, 遠州灘 (図 3-8) や天竜川上流の領家帯 (図 3-9) のガーネットの化学組成と似るが, Mg の多い太田川上流の四万十帯の碎屑性ガーネット (図 3-10) とは異なる. また, 化学組成に Fe を加えて端成分の組み合わせを変えても, 同様の結果が得られた.

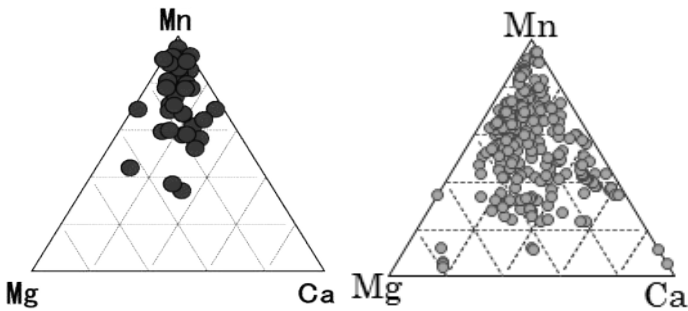


図 3-7 イベント堆積物中のガーネットの化学組成

図 3-8 静岡県磐田市遠州灘砂中のガーネットの化学組成

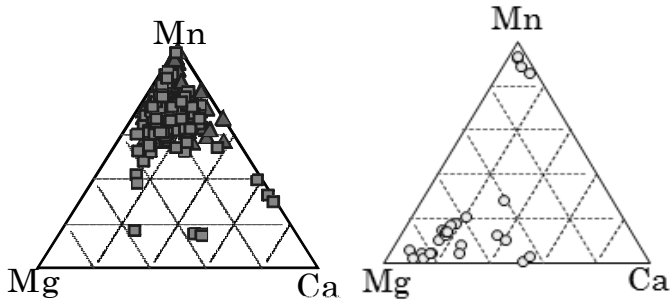


図 3-9 愛知県東部領家帯のガーネットの化学組成 (Takeuchi, 1989 より作成)

図 3-10 赤石山脈四万十帯のガーネットの化学組成 (寺岡, 2003 より作成)



図 3-6 天竜川上流の領家帯と太田川上流の四万十帯の分布

(4) 貝化石の種類

イベント堆積物中から、ウミニナ (図 3-9) , ヤマトシジミ, マガキ, ハイガイなどの貝化石が発見された。これらについて、原色日本貝類図鑑 (吉良, 1959) を参考にその特徴や棲息環境を推定した。この結果、イベント堆積物から採取された貝化石には淡水棲種はなく、汽水、海水に棲息するものばかりである (図 3-10)。また、貝化石のほとんどは合弁で完全な形のものではなく、異地性の特徴を示す破片ばかりであることから、津波により当時の遠州灘や潟湖入り口から運搬されたことが推定される。

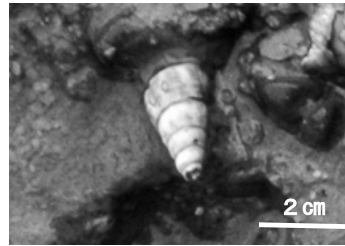


図 3-9 ウミニナ (*Batillaria multififormis*)

表 3-1 貝化石の種類と生息環境

| | 淡水 | 汽水 | 海水 |
|---|----|----|----|
| ウミニナ (<i>Batillaria multififormis</i>) | | ○ | |
| ヤマトシジミ (<i>Corbicula leana</i>) | | ◎ | |
| マガキ (<i>Crassostrea gigas</i>) | | ○ | ○ |
| ハイガイ (<i>Anadara garanosa bisenensis</i>) | | | ○ |
| オキシジミ (<i>Cyclina orientalis</i>) | | | ○ |

(5) 礫・砂・化石のまとめ

(1) から (4) までの結果をまとめたものが表 3-1 である。イベント堆積物は、遠州灘の海浜砂の特徴を持つが、太田川の河床砂とは異なる。故にイベント堆積物は上流の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ことがわかる。

表 3-2 イベント堆積物と遠州灘の海浜砂礫、太田川の河床砂礫との比較

| | イベント砂礫 | 遠州灘海浜砂礫 | 太田川河床砂礫 |
|------------|-------------|-------------|------------------------|
| 砂岩礫の円磨度 | 0.72 | 0.69 | 0.49 |
| 泥岩礫の円磨度 | 0.66 | 0.62 | 0.44 |
| 礫種の組成 | 花崗岩・結晶片岩を含む | 花崗岩・結晶片岩を含む | 花崗岩・結晶片岩を含まずほとんどが砂岩・泥岩 |
| 砂の粒度平均値 | 355 μ m | 355 μ m | 500 μ m |
| 砂の組成 | 石英・長石が多い | 石英・長石が多い | 石英が少なく岩片が多い |
| 砂の重鉱物組成 | 黒雲母あり | 黒雲母あり | 黒雲母なし・磁鉄鉱が多い |
| ガーネットの有無 | あり | あり | なし |
| ガーネットの化学組成 | Fe, Mnが多い | Fe, Mnが多い | Fe, Mgが多い |
| 貝化石の種類 | 海水～汽水棲 | (海水棲) | (淡水棲) |

4. 津波堆積物の年代

イベント堆積物中に含まれる木片を採集して C14 法で年代を求めた。その結果、最下位の標高 -1.5m の年代は 323~415 年、最上位の標高 0.5m の年代は 677~780 年を示した。また、イベント堆積物中からは見つかった土器を鑑定して頂いたところ、4 世紀後半の柳ヶ坪型壺であることがわかった。

したがって、イベント堆積物中は4世紀後半から7世紀後半に堆積したことがわかる。

この年代を寒川（1999）から引用した南海トラフ沿いの歴史地震の時代と発生地域を示した図4-1と照合させると、4世紀後半から7世紀後半に発生した歴史地震は、684年の「白鳳地震」であることがわかる。この地震による太田川低地の痕跡は、袋井市の坂尻遺跡の液状化の報告（寒川，1999）があり、この地震に対応した津波になる。

5. 古地理の復元

地形分類図や遺跡分布図を基に、白鳳時代の古地理図を作成した（図5-1）。この結果、白鳳地震の発生当時は現在の太田川と弁材川流域に古潟湖（ラグーン）が存在していることが分かった。その潟湖は古砂堤列の北側の水路で連結されており、現在の太田川河口と弁材川河口付近に遠州灘と通じる開口部があったと推定した。

6. 結論

イベント堆積物は、遠州灘の海浜砂礫の特徴を持つが、太田川の河床砂礫とは異なる。故にイベント堆積物は上流の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、堆積年代は、C14年代測定値や包含する土器片の特徴から4世紀から7世紀の間と推定され、これに対応する南海トラフで発生した歴史地震は、白鳳地震（684年）である。

7. 今後の課題

上位の層準にも同様な特徴を示す堆積物が4層準存在する。これらの堆積物は仁和地震（887年）、永長地震（1099年）、明応地震（1498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。

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。さらに、これらのデータを、モデルによる津波実験や、パソコンによる津波シミュレーションを作成する。

参考文献

藤原治・青島晃・北村晃寿・佐藤善輝・小野映介・谷川晃一郎・篠原和大，2012，静岡県磐田市の元島遺跡とその周辺で見られる2枚の歴史津波堆積物，（演旨），地球惑星科学関連学会合同大会予稿集，2012，MIS25-09。

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。

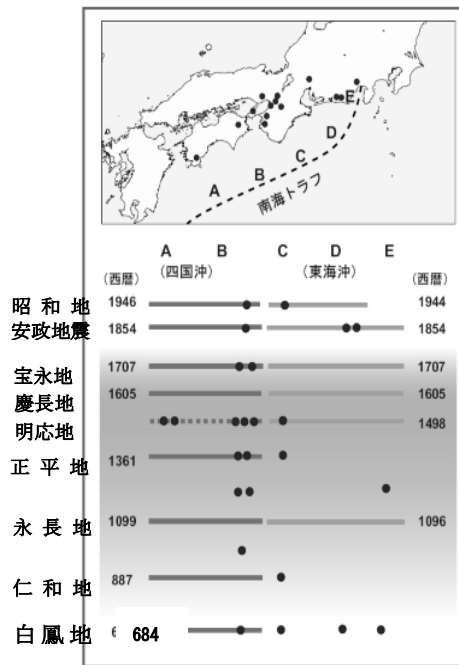


図4-1 南海トラフに沿う歴史地震
（寒川，1999より引用，
●は液状化発生地点）

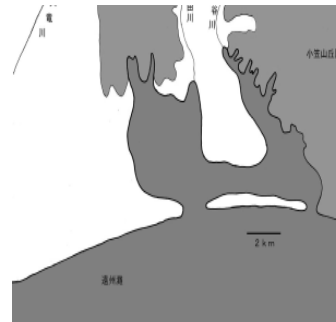


図5-1 白鳳東海地震（684）
発生当時の太田川低地の古地理図