

<第57回 日本学生科学賞中央最終審査優秀賞・静岡県学生科学賞県教育長賞>
<第51回 静岡県高等学校生徒理科研究発表会 優秀賞>

2. ガーネットサンドの形態と成因

静岡県立磐田南高等学校地学部地質班
2年 西尾拓哉 他7名

1 動機・目的

私たちは遠州灘の砂の起源について、2006年度から研究を続けてきた。この結果、遠州灘の砂は天竜川上流の領家帯や三波川帯の岩石が起源であることを明かにした。この調査を行っていた2011年冬、図1-aの鮫島海岸で黒紫色を呈しキラキラと輝く砂を発見した。この砂を双眼実体顕微鏡で観察すると、図1-bのとおり多量のガーネットや磁鉄鉱が含まれていることが分かった。そこで、私たちはこの砂を「ガーネットサンド」と名付けた。



図1-a 調査地点
(★が磐田市鮫島海岸)

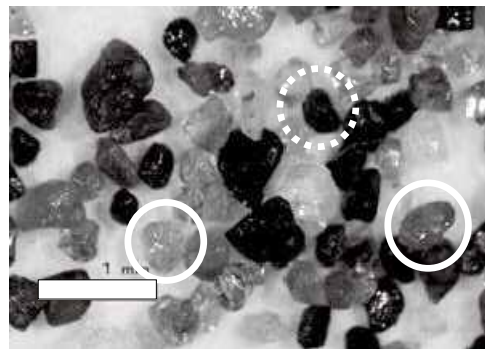


図1-b ガーネットサンドの顕微鏡写真
(実線がガーネット，点線が磁鉄鉱)

このガーネットサンドについて文献で調べると、ブラジルなどでは知られているが、日本の産地の報告はなかった。また、産業技術総合研究所の中島隆先生に問い合わせをしても、「瀬戸内海の山口県周防八島で地質調査中に見た記憶があるが、これに関する論文はない」ことを教えて頂いた。もしそうであれば、日本では2箇所しか存在しないことになる。

そこで、このガーネットサンドの分布や産状の特徴は何か、また、どのような過程で形成されるのかについて調べてみることにした。もし、このガーネットが濃集する原因が解明できれば、近年問題となっている遠州灘海岸における砂の移動や減少の仕組み、海岸侵食の対策にも貢献できるはずである。

2 方法

鮫島海岸のガーネットサンドの分布を調べるために126カ所で野外調査を実施し、2,500分の1の地形図にプロットして詳細な分布図を作成した。また、ハンドレベルを用いた海岸微地形の簡易測量や、地下深部の分布を調べるトレンチ調査を行った。同時に堆積構造を記録保存するために両面テープを用いて砂を採取した。採集した砂の色を画像分析ソフト、鉱物組成を双眼実体顕微鏡、粒径をマイクロメーターでそれぞれ測定した。さらに風洞実験装置を自作し、ガーネットサンドの形成実験を行った。最後に得られた結果を総合してガーネットサンドの運搬堆積モデルを作成し、コンピュータシミュレーションも行った。

3 結果

(1) ガーネットサンドの色調と鉱物組成

ガーネットや磁鉄鉱の割合が高いほど砂の色調は暗く、低いほど明るい。このことから、ガーネットサンドを特徴づける鉱物はガーネットと磁鉄鉱であることが確認できた。

(2) 海岸におけるガーネットサンドの分布

図3-(2)-aの天竜川左岸の81箇所においてガーネットの分布を調べた。図3-(2)-bはその結果である。

図より、ガーネットサンドは★で示した鮫島海岸を中心に、東端は太田川河口の手前約2.5km、西端は天竜川河口手前約3.5kmで、海岸線とほぼ平行に帯状に分布している。また、海岸線に直交する南北方向では、ガーネットサンドは海岸の後浜に多く、海岸の中央部から汀線にかけての前浜は少ない。図3-(2)-cは砂中のガーネットの割合を双眼実体顕微鏡により求めたものである。図より、鮫島海岸の位置する13・14地点付近でガーネットの割合が特に高く、遠ざかるにつれて、その割合は次第に低くなる。

以上より、ガーネットサンドは鮫島海岸を中心に東西約3.3km、幅約50mの限られた狭い範囲の後浜に集中していることが分かる。

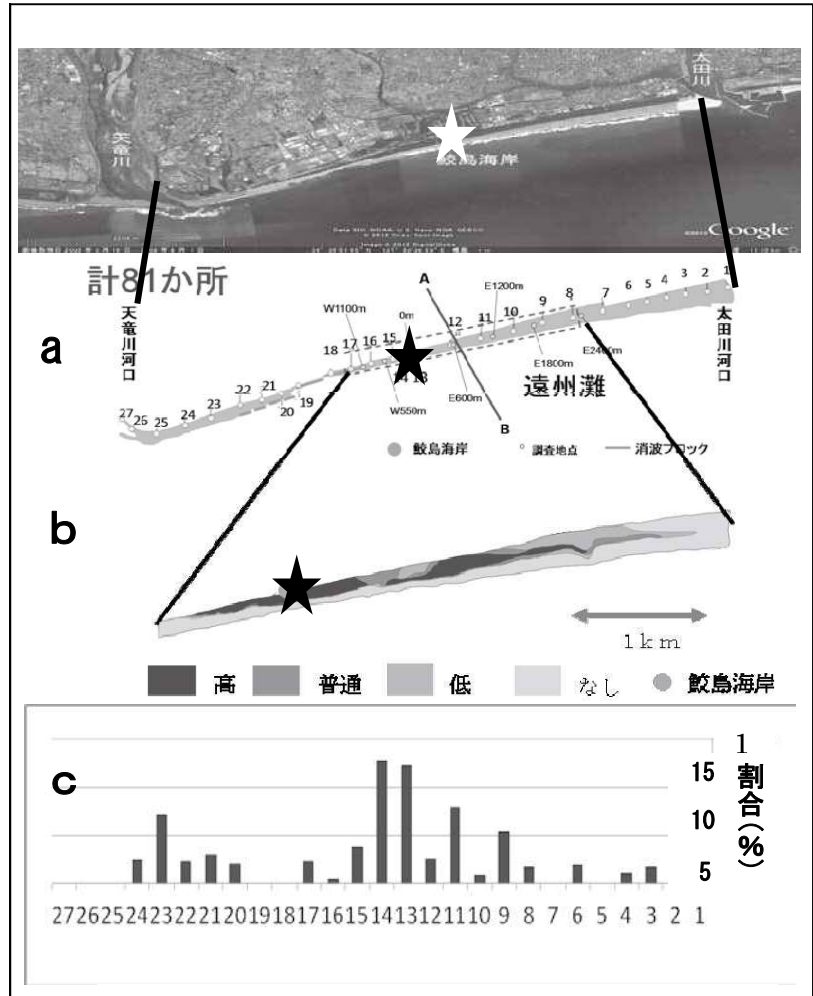


図3-(2) 遠州灘鮫島海岸のガーネットサンドの分布

(3) 海岸微地形とガーネットサンドの関係

海岸微地形がガーネットサンドの形成に関係していると予想し、ハンドレベルを用いて13箇所で汀線に垂直方向の簡易測量を行い、海岸微地形の断面図を作成した。図3-(3)-aはガーネットが最も多い地点0mで比較的急な傾斜である。一方、図3-(3)-bはガーネットが見られない地点22, 24の断面図で、比較的平坦である。他の地点でも、同様の傾向が見られた。故に、ガーネットサンドは平坦な場所よりも、傾斜のある場所で形成されやすいことが分かった。このことからガーネットサンドの形成には海岸の傾斜が関与していることが予想される。

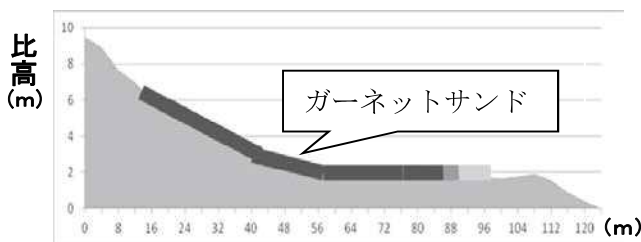


図3-(3)-a 地点0m(ガーネット, 磁鉄鉱が最も多い地点)の地形断面図

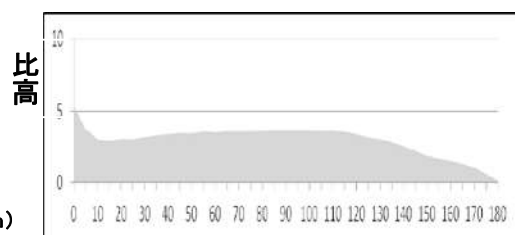


図3-(3)-b 地点西1,100m(ガーネットサンドのない地点)の地形断面図

(4) ガーネットサンドの分類

ガーネットサンドは、色、分布、形態から4つのタイプに分類できる(図3-(4)).

① 風紋型ガーネットサンド

海岸の比較的平坦な場所に多く、風紋上にはほぼ一定の間隔で縞状の模様として産出し、断面の形は風上側斜面が長い扁平な三角形である。色は黒紫色である。

② 障害物型ガーネットサンド

海岸の比較的平坦な場所に多く見られ、流木などの海岸漂着物の周囲、多くは障害物風上側に形成される。色は黒紫色である。

③ 斜面型ガーネットサンド

海岸の斜面上に形成される。形は斜面に沿って上下に長い楕円型をしており、色は黒紫色であるが、風紋型・障害物型と比べて濃い。

④ 成層型ガーネットサンド

海岸地下に層状に堆積する。3-(5)に詳しく記述する。

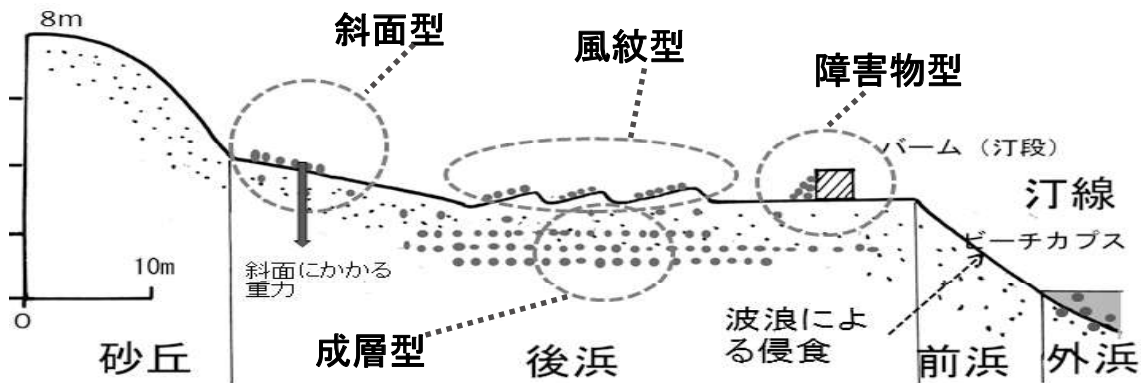


図3-(4) 総合モデル

ガーネットサンドは海岸の表層だけでなく、海岸の地下深部にも分布していると考え、東西3,500mの区間で南北25m間隔の32カ所の地点で、直径約2m、深度約1mの穴を掘るトレンチ調査を実施した。その結果、ガーネットサンドの層は地点西100mから地点東720mの範囲の深度60cmまでに図3-(5)-aのように分布することがわかった。これらは表層のガーネットサンドの分布範囲よりやや狭い。また、ガーネットサンドの層はほぼ層状に厚さ2~5cmで水平方向に連続し、水中堆積を示す級化成層や図3-(5)-bの葉理(ラミナ)が見られた。

両面テープで壁面の砂を採取して3-(3)の微地形図と組み合わせ、微地形柱状図を作成した。図3-(5)-cは地点東720mの海岸線に直交する南北方向の微地形柱状図である。ガーネットサンドの地下の分布は、砂丘に近い陸側の50~75m地点では1~3層準のガーネットサンドの成層が見られるが、汀線付近の地点100mでは次第に薄くなり、汀線に最も近い125m地点ではガーネットサンドの層は消失する。このように表層のガーネットサンドと同様に汀線側ほど少なくなる傾向が見られた。

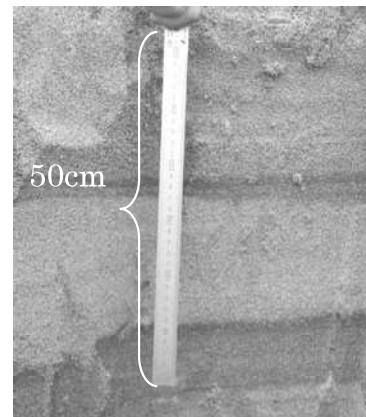


図3-(5)-a ガーネットサンドの成層構造

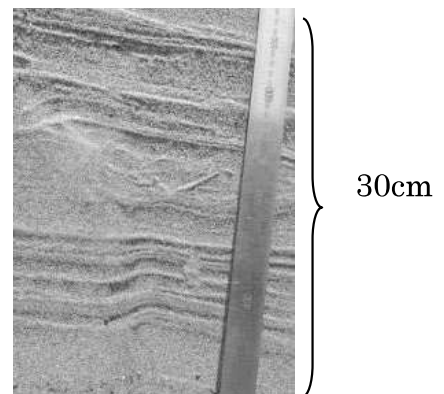


図3-(5)-b
ガーネットサンドにみられる
ラミナ(葉理)(720m-50m地点)

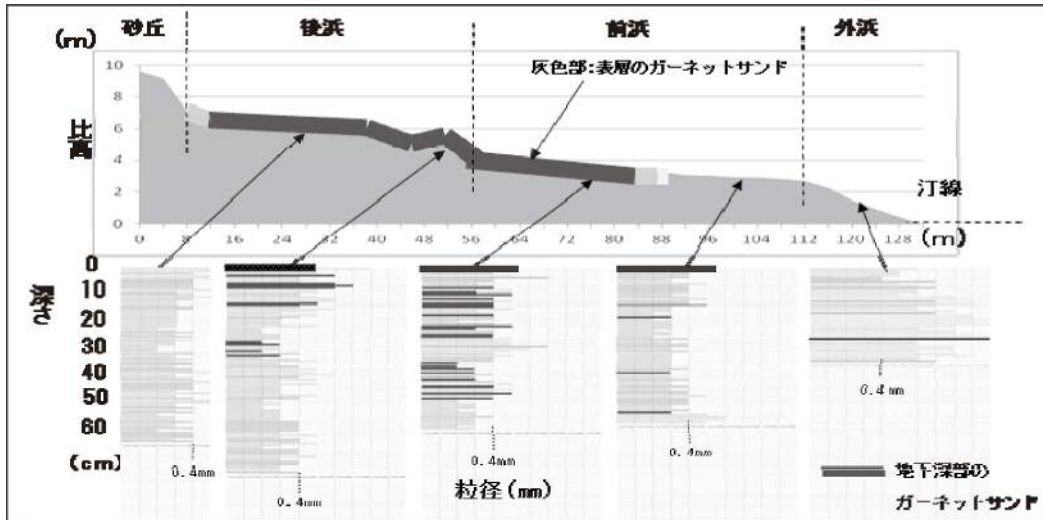


図3-(5)-c E720m 地質柱状図

(6) ストームによるガーネットサンドの運搬堆積

海岸地下にガーネットサンドが水平方向に連続して堆積していることや水中堆積を示す堆積構造が見られたことから、成層型の成因は、風紋型や障害物型、斜面型が埋没ではなく、ストーム（嵐）のような巨大な波の営力により形成されたものだと考えた。これを確認するため、2,013年9月16日に東海地方に上陸した台風18号通過前後の調査を行った。この結果、ストーム直後の海岸には前浜から後浜にかけて黒紫色の砂が広がっていた。図3-(6)-aはストーム前後の砂鉱物組成の変化で、ストーム後にはガーネットや磁鉄鉱が多く、ガーネットサンドが形成されたことが分かった。また、図3-(6)-bはストーム前後の測量による海岸微地形の変化で、ストーム後には前浜から後浜にかけて砂が厚く堆積していることがわかる。以上から、ストームによってガーネットを含む砂が外浜から運搬堆積したことが分かる。

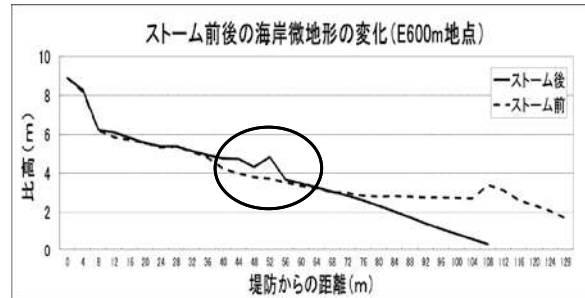
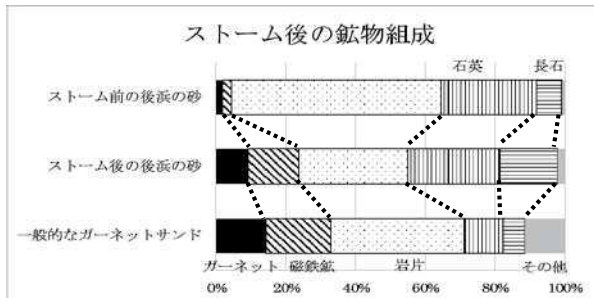


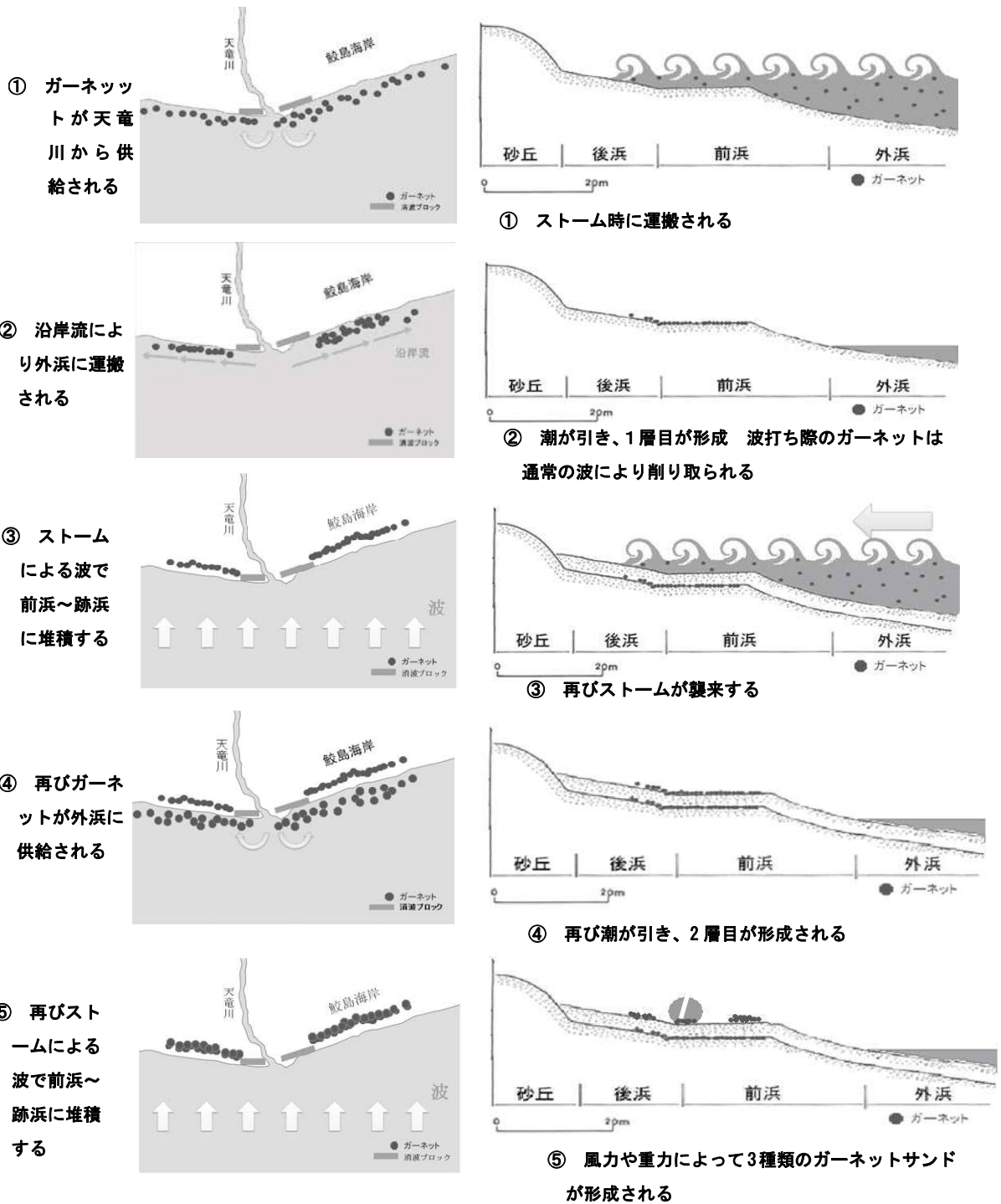
図3-(6)-a ストーム前後の鉱物組成の変化 図3-(6)-b ストーム前後の海岸微地形の変化

4 まとめ

以上の結果を総合してガーネットサンドの運搬堆積モデルを作成した。

- ① 中部領家帯の花崗岩中のガーネットや荷鉾帯の超塩基性岩中の磁鉄鉱が天竜川から遠州灘へ供給され、沿岸流により天竜川河口から鮫島海岸沖の外浜の海底に堆積する。
- ② ストーム（台風や高潮など）が発生し、天竜川河口から太田川河口にかけての外浜に堆積したガーネットが、波浪に乗って鮫島海岸周辺の前浜から後浜に運搬される。
- ③ ストームが去った後、ガーネットが前浜から後浜にかけて一様に堆積する。その後、石英や長石に富む砂層がこれを覆って1層目のガーネットサンドが形成される。
- ④ 再びストームが起こり、同様に沿岸流によって海底に堆積したガーネットが、波浪に乗って鮫島海岸周辺の前浜から後浜に運搬される。

- ⑤ 2回目のストームが去った後、同様に2層目のガーネットサンドが形成される。これを繰り返して複数層のガーネットサンドの成層が海岸線地下に形成される。
- ⑥ 表層では冬期の北西の強い季節風により石英や長石に富む砂層が削られ、地表に現れた比重の大きいガーネットが風力によって分別濃集して風紋型・障害物型が形成される。一方、後浜の斜面では、斜面に沿う重力による分別作用によって斜面型が形成される。



参考文献

- ・ 高川智博ほか, 2, 008, 地層構造および堆積物分析による天竜川河口周辺の海浜形成過程の考察, 海岸工学論文集
- ・ 吉井拓也ほか, 2, 010, 天竜川・遠州灘流砂系における広域土砂動態の解明と将来予測, 土木学会論文集B