

**Shallow waters Geology**  
**— 浅い海域（水深40mまで）の地質学 —**  
**〔要約〕**

東京都市大学環境情報学研究科環境情報学専攻修士課程修了

杉内 信夫

SUGIUCHI, Nobuo

### 概要

本研究は、浅海底の砂と岩石を地質学的に検証することで、一部海域であるが伊豆半島の東側と西側の水深 40mまでの砂と岩石を採取し、それらを科学的手法によって分析して、伊豆半島の東側と西側の地質学的海中環境の特徴と違いを明らかにする。

### Summary

This study is to verify the shallow bottom sand and rock geologically. I collected sand and rocks up to the water depth of 40 m in the east and west of the Izu Peninsula and analyze them by scientific method to made clear the geological submarine environments in the eastern and western part of the Izu Peninsula.

### 研究の背景

海岸の砂や深海底コアの砂試料による解析は、ドレッジやピストンコーラーを利用した海底調査は日本各地海域で多数なされている。しかし、海岸と深海底の両者をつなぐ浅海域の海底砂と岩石の海洋現象を含めた地学的調査において、その場に自分で潜って、底質（砂）の材料となる、とされる岩石や生物遺骸を確認しながら一緒に採集し分析した例はほぼ皆無で、海底地質については未開拓の分野である。

### 目的

伊豆半島の東伊豆と西伊豆の海岸から続く水深 40mまでの極浅い海底の砂と岩石の生成と移動、また浅海域で採取した砂と岩石の試料の化学的分析によって一部海域であるが、未開拓の分野の一例として東と西の浅海底の地質学方面から検証する。本研究では、

水深 40mまでを浅海域とした。

### 伊豆半島の概要

伊豆半島は伊豆・小笠原弧の北端。本州のほぼ中央に位置し、東側は相模湾トラフ、西側は駿河湾<sup>1</sup>に挟まれた火山半島で、半島中央部は天城山系の緑豊かな森林帯を形成し、半島各地には温泉が湧きだし、沿岸の魚介は豊富で有数の観光地となっている。

### 伊豆半島の地質

伊豆半島は遙か昔、千キロメートル以上も離れた南の海底火山で、プレートの移動（フィリッピンプレート）によって2千万年の時を経て本州に衝突して今の姿になった。ちなみに今でも年間数センチメートルという速度で北西に移動している。

伊豆半島の基盤岩は、新第三紀（2,300 万年前から 250 万年前）以降の火山岩、火山起

<sup>1</sup> 湾中央に駿河湾トラフが形成されている。

源の碎屑性堆積物、およびそれらを貫く貫入岩によって構成される。貫入岩類を除いた基盤岩類は海成の新第三紀系で、下位から仁科層群・湯ヶ島層群、白浜層群、熱海層群となっている。

本州衝突後、陸域での火山活動で、本研究対象の東伊豆伊東付近は仁科層群・湯ヶ島層群の上に熱海層群が形成され、特に約 4,000 年前の大室山の噴火による溶岩流は広域の溶岩台地を、海岸線に急峻な柱状節理の岩壁群を形成した。西伊豆田子付近は白浜層群内の海底火山岩類が隆起した地質である。

### 対象海域

東伊豆：静岡県伊東市海洋公園海域

西伊豆：静岡県西伊豆町田子海域

静岡県西伊豆町宇久須黄金崎海域

### 研究の手法と内容および結果

1. 潜水（スキューバ（SCUBA：空気潜水）による海中観察および砂・岩石の採取

**結果**⇒東海洋公園海域 6 回・西田子海域で 9 回・黄金崎海域で 1 回・計 16 回の潜水での目視観察では、両海域の海底表層は全体的に白茶けて、生物（多種のサンゴ・貝殻など）由来の粒が多いことが示唆された。

2. 砂粒の分析（粒度分類・薄片顕微鏡観察・化学的分析（XRF））

**結果**⇒砂の分析では、両海域における砂の深度別分類から堆積状況（粒度）に違いがあり、薄片観察では両海域の砂粒は生物片・岩石砂の混合である。

蛍光 X 線分析（XRF）による主要元素分析<sup>2</sup>で、両海域の水深 10m から 40m までの海底表層のカルシウム CaO（生物片）の平均含有率は、東伊豆海洋公園海域で 42%、西伊豆田子海域は 48% で、若干の差はあるが両海域とも生物片が多く含まれているのが明らかにした。

また、岩石の蛍光 X 線分析における主要元素の二酸化ケイ素 SiO<sub>2</sub> の含有から岩石砂はそれぞれの地域（海域）の岩石が砂粒化したものである。

3. 岩石の観察と分析（薄片顕微鏡観察・化学的分析（XRF））

**結果**⇒玄武岩と安山岩の境は SiO<sub>2</sub> が 45～53.5% 以下が玄武岩、安山岩で SiO<sub>2</sub> 含有量が 53.5～62%、SiO<sub>2</sub> が 62～66% くらいものをデイサイト、それよりも多いものを流紋岩とされる。

蛍光 X 線分析（XRF）による測定で、二酸化ケイ素 SiO<sub>2</sub> に対して各主要元素の含有および薄片画像から、両海域の岩石は、東海岸では玄武岩～玄武岩質安山岩、西海岸では安山岩～デイサイト～流紋岩である。岩石の性質からは、東西とも非アルカリ系で、東側海洋公園はソレアイト、西側田子海域はカルクアルカリと両方がある。

4. 堆積生物片の観察と分析（堆積砂の分類・薄片顕微鏡観察・化学的分析（（蛍光 X 線分析：XRF・蛍光 X 線回折：XRD））

**結果**⇒海水中に含まれる原子の中で、生物が炭酸カルシウムを生成する際に関与し、ストロンチウムはカルシウムの一部を置換する。この両者の性質から堆積生物片砂と現生生物

<sup>2</sup> 主要元素：SiO<sub>2</sub>（二酸化ケイ素）、TiO<sub>2</sub>（酸化チタン）、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>（酸化アルミニウム）、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>（酸化鉄）、MnO（酸化マンガン）、MgO（酸化マグネシウム）、

CaO（酸化カルシウム）、Na<sub>2</sub>O（酸化ナトリウム）、K<sub>2</sub>O（酸化カリウム）、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>（五酸化リン）

の主要元素CaOと微量元素Srの相関は図1で、西伊豆田子海域のほうが、東伊豆海洋公園海域より全体的に生物片が多く3の結果と一致する。また、図2に示した岩石砂と生物片のCaO-Srの分布からは現生生物の殻がきわめて広範囲のCaO-Sr比を示しているのに、砂の混合は均一化されている。

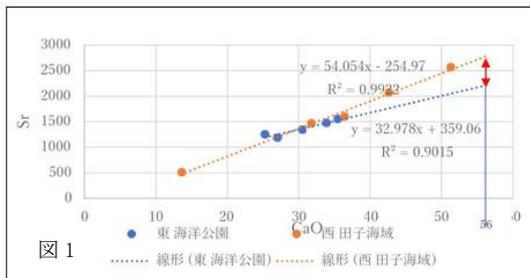


図1

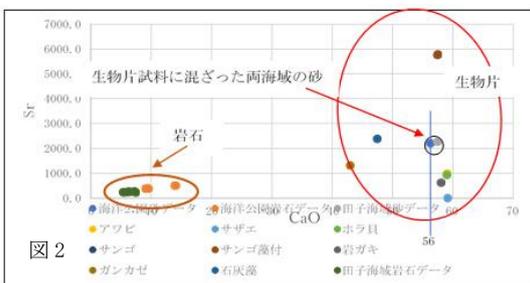


図2

両海域の堆積生物片のカルサイトは、東伊豆は高く、西伊豆では低い、またアラゴナイトの強度はほぼ同値で、両海域の生物片の違いが見える (XRD 測定)。

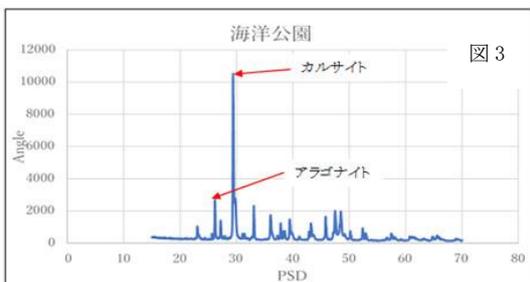


図3

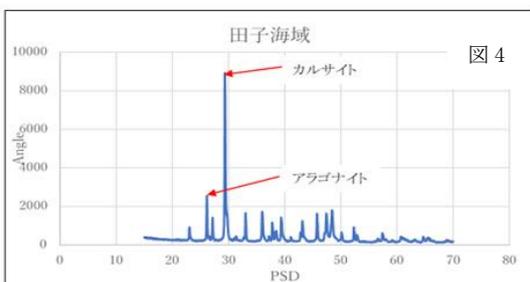


図4

両海域の堆積生物片に含まれる現生生物はXRD 測定で、

- ・岩ガキ・ガンカゼ・岩ガキ・フジツボ・石灰藻はカルサイト、

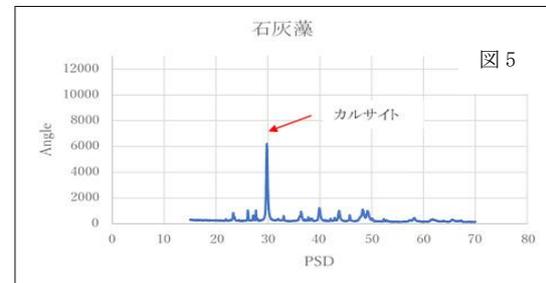


図5

- ・ホラ貝・サンゴはアラゴナイトが主体で、

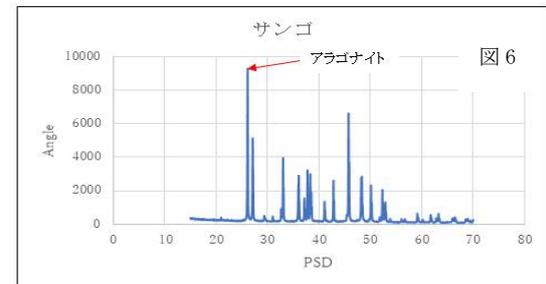


図6

- ・アワビ・サザエはカルサイトとアラゴナイトの両方

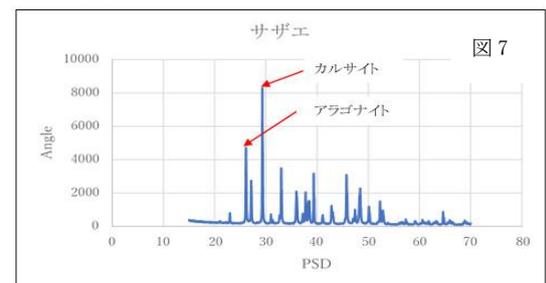


図7

である。(他の現生生物のXRD グラフは割愛)

両海域の堆積生物片はカルサイトとアラゴナイトの混在である。現生生物の測定は8種類だが、目視によれば他に二枚貝・タカラ貝などの巻貝の殻・魚の骨片なども含まれていることが推測でき、これら多種の生物片が海底堆積物の材料となっている。

## 考察

水深 40m までの岩礁海岸沖の海底で、砂がどのように作られたかを、粒子の分析と岩石・生物の材料の検討とで明らかにした例はたぶん最初である。なぜなら、実際に海に潜って採取する調査というのが海底の砂に対して通常行われていない。また、砂の粒子を識別できるための訓練や、機器分析が行われている研究機関が国内に少ない（ほぼない）

東伊豆と西伊豆の海底堆積物は、その地域に分布する火山岩と、各種の生物の殻を起源とする。

理由は、両海域とも河川流入の影響がない。これが前提となる。

今回の調査で採取した海底砂は、いずれも岩石片と生物片の2種類の粒子からなる砂である。

砂粒子の薄片での観察では、岩石片は斑状組織が明瞭な火山岩であり、斑晶鉱物、石基鉱物から、東海岸では玄武岩～玄武岩質安山岩、西海岸では安山岩～デイサイト～流紋岩である。これらの岩石片は岩礁海岸を形成する各種火山岩の破片であると考えられる。岩石の性質は東西とも非アルカリ系で、東側海洋公園はソレアイト、西側田子海域はソレアイトとカルクアルカリと両方がある

生物片については、炭酸カルシウムを材料とする各種の生物の殻や遺骸の破片の混合物であり、その構成比は肉眼観察では判然としない。

これらは陸域から河川により供給され、砂浜海岸を構成していた砂ではなく、その周辺の岩石と生物片を材料とするものである。材

料となった岩石片や生物片の移動距離は比較的少ないと考えられる。

次に、砂とともに海底で採取された岩石の分析結果から、それらが砂の材料となった可能性のある岩石であり、砂粒子と同じく東海岸では玄武岩～玄武岩質安山岩、西海岸では安山岩～デイサイト～流紋岩であることがわかった。

これらの XRF による全岩化学組成の分析結果はいずれも低 Sr、低 CaO の組成でよくまとまっており、CaO-Sr の関連のグラフにおいて、岩石の化学組成と Sr=2500ppm を含む炭酸カルシウムを端成分とする混合線上にすべての分析値が並んでいる（図 1）。これは、岩石片／生物片の比が場所により多少変化するものの、深度にかかわらず、ほぼ同一の材料（端成分の岩石片/生物片）から砂が構成されていることを示す。

炭酸カルシウムの組成である、CaO=56%の位置にグラフを外挿した値は Sr 約 2500ppm であるが、砂は複数の生物の破片が見られ、本来はもっとばらついていてもいいはずである（図 2）。それが混合線上の値に収束するということは（図 1）、砂を作る生物片がいったん混合され、均一化された上で砂に加わっていることを示す。

このようなプロセスが置きうる場所としては、波浪による混合や破砕が進行する潮間帯あるいは水深数メートルの浅海領域が考えられ、そのような 10m 以浅の浅海域で生産された砂が、10m、20m、30m、40m の各地点に供給されていると考える。これは、東海岸でも西海岸でも共通した特徴である。

砂を形成する岩石は、XRF データから東伊豆海洋公園海域は陸上火山時代の岩石で玄武岩～玄武岩質安山岩であり、同じ火成岩であ

っても、西伊豆田子・黄金崎海域は海底火山時代の安山岩～デイサイトであることが示され、薄片画像図でも見てとれる。

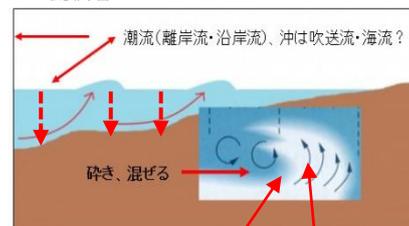
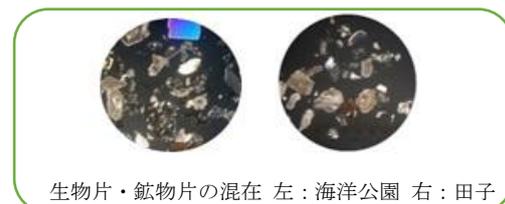
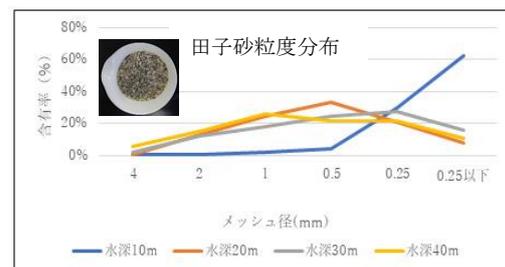
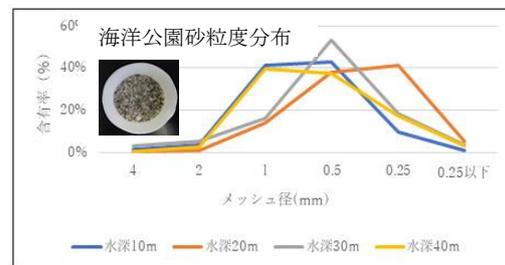
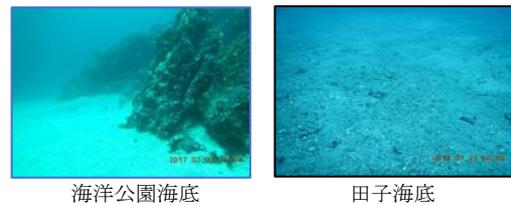
砂は海に接する陸地の岩や岩礁が波浪により砕かれ生成された岩質（鉱物質）と、浅海域に生息する生物の殻や骨格が砂粒になり、混合されて、波浪・海流・潮流、それに地震や砂の自重による流砂・潮汐波などの海洋現象によって、より深い海底に運搬・移動されていると考えられる。なぜならば、図1・図2のCa0-Srの相関図が、両海域の生物片の種類と割合が深度によらず一定であることを示しているからである。各深度の生物片は浅海域でつくられ、均一に混合されたのちに移動・供給されている、ことが想定される。

**まとめ**

対象海域の浅海底（水深40mまで）は、全体的に白茶けて見える生物由来の砂粒の堆積で、今まで気にも留めなかったものが多く、本研究に携わり、潜水者としての新たな発見と感想を得た。

本研究は対象となる海に実際に潜って試料を採取し、それらの試料を、肉眼・実体・偏光顕微鏡観察・蛍光X線分析・蛍光X回折の機器による化学的分析の結果で、一部海域であるが、海底に堆積する砂の傾向を、潜水を伴う本手法によって浅海域の砂の産生と移動について明らかにし、「浅い海域（水深10m～40m）の地質学」における海岸と深海底の両者をつなぐ海底堆積物の着眼点や論点を、見出せたことが何よりも幸甚とするところである。

**参考図**



## 今後の課題と展望

- 1) 潜水作業による試料採取の器具や方法の改良、同様な手法による南伊豆の砂・岩石と、東伊豆・西伊豆との比較、および伊豆半島以外の浅海域の砂（生物片を含む）や岩石の測定と比較。
- 2) 海洋環境学的方面から、同海域の季節毎の水質検査
- 3) 潜水を利用した一連の作業による研究手法は過去に事例がなく、本手法による浅海域の地質学的研究の一助になれば幸いである。

## 参考文献

- ・『伊豆の大地の物語』小山真人著 静岡新聞社
- ・『岩石学 I II III IV』都築秋穂 久城育夫共著 共立出版
- ・『岩石薄片図鑑』青木正博著 誠文堂新光社
- ・『海洋学』ポール・R・ピネ著 日本語版 東京大学研究所監訳
- ・「海岸の砂が教えるもの」北海道大学釧路校地学研究室 山田美佳 伊藤俊彦
- ・「伊豆半島南部の新第三系白浜層群に見られる浅海底火山活動と堆積・造構過程との相互作用」狩野謙一 伊藤谷生 地学講座 第122巻 第8号 2016年8月
- ・「海洋生物の生成する炭酸カルシウムのX回折測定」沖縄工業高等専門学校紀要 第9号 2015 清水清孝 磯村尚子 山本広美
- ・「河川・海底堆積物の粒度変化に伴う元素濃度変化」寺島滋 今井登 立花好子 池原研 片山肇 岡井貴司 御子柴真澄 太田恒 久保田蘭 地質調査研究報告 第59巻 第9/10号 2008
- ・「貝殻の結晶構造解析及び微量元素測定」東京都市大学自然地球科学研究室 高山千尋 2017、ほか

## 謝辞

以下の各氏にご支援いただきました。

- ・指導教官  
東京都市大学大学院環境情報学研究科環境情報学専攻 地球科学研究室 萩谷宏准教授
- ・「東京都市大学 教育部化学部門」 吉田真史教授、蛙原絹子講師
- ・「東京都市大学 ナノテクノロジー研究推進センター」 新藤恵美氏、浜村尚樹氏
- ・青木順一氏（ダイビング インストラクター）
- ・杉内俊輝氏（会社員、フリー ダイバー）
- ・藤井譲氏（ダイビング インストラクター、ダイビングサービス経営）
- ・横田雅臣氏（ダイビング インストラクター、ダイビングサービス経営）
- ・嵯峨野紗弓（本学卒業生・現千葉大学大学院修士課程）
- ・飯塚睦（本学卒業生・現北海道大学大学院修士課程）
- ・静岡県伊東市役所
- ・静岡県下田土木事務所
- ・静岡県西伊豆町役場
- ・静岡県西伊豆町田子漁業協同組合