

岡崎市南部，牛乗山に分布する岡崎層群の堆積学的研究： 特に礫ファブリックの調査結果

星 博幸* 本山 晶穂**

*理科教育講座（地球科学）

**卒業生

Sedimentological Study of the Okazaki Group on Mt. Ushinori in the Southern Part of Okazaki City, Central Japan: Clast Fabric Measurements

Hiroyuki HOSHI* and Akiho MOTOYAMA**

*Department of Science Education (Geology), Aichi University of Education, Kariya 448-8542, Japan

**Graduate, Aichi University of Education

Abstract

We present a sedimentological study of the lowermost conglomerate beds of the Okazaki Group, cropping out on the summit of Mt. Ushinori (Ushinori-yama) located in the southern part of Okazaki City, Aichi Prefecture. Our purpose in this study was to infer the depositional condition and paleogeography of the study area from analysis of the preferred orientation and imbrication of clasts in the conglomerate beds, but it has not yet been achieved. The studied conglomerate section is about 5 m thick, shows an upward-fining trend, and contains trace fossils of *Ophiomorpha* isp. In the upper part of the section, we found preferred orientations of granules and pebbles that are similar to each other at six stratigraphic sites, and also an ESE-dipping imbrication at one site. We also present clast fabric measurements from modern foreshore and fluvial lateral bar deposits.

1. はじめに

愛知県岡崎市の南部と東部には、前期～中期中新世に陸上および浅海で堆積したと推定される砕屑岩層が分布している（林・三浦, 1973; 図1）。これらは岩相層序学的に下位の竜泉寺層と上位の本宿層に区分され（宮崎ほか, 2008）、まとめて岡崎層群（岡崎地質調査研究会, 1973）と命名されている。岡崎層群の岩相層序と化石は古くから研究され、それらの成果は『岡崎市の地質』（岡崎地質調査研究会, 1973）と『新編岡崎市史自然』（新編岡崎市史編集委員会, 1985）にまとめられている。また最近、産業技術総合研究所地質調査総合センターの地質図幅作成にかかわる調査が行われ、岡崎層群分布域東部の岩相分布と層序の詳細が明らかにされた（宮崎ほか, 2008）。宮崎ほか（2008）は、竜泉寺層を奥三河に分布する北設亜層群や知多半島に分布する師崎層群、岐阜県東濃地方に分布する瑞浪層群などと同じ前期中新世の浅海堆積物（いわゆる第一瀬戸

内区の堆積物）とみなし、本宿層を中期中新世初期の河谷を埋積した陸成堆積物と考えた。

今回筆者らは岡崎市南部の牛乗山山頂（図1, 2）に分布する竜泉寺層最下部（岡崎層群最下部）の礫岩に注目し、その堆積場を明らかにする目的で堆積学的調査を行った。牛乗山の礫岩は「牛乗山第三紀末波蝕巨礫群」という名称で市天然記念物に指定されている（昭和46年指定）。その名称が示すように、この礫岩には波蝕（波食）によって丸みをおびたと考えられる巨礫が多数含まれているが、これまでの研究でその堆積環境が詳しく明らかにされているとは言いがたい。後述するように礫岩を構成する礫は一見ただけではファブリック、すなわちオリエンテーション（層理面上における礫の見かけの長軸の定向配列）とインプリケーション（層理面に垂直な断面における礫の見かけの長軸の層理面に対する傾斜）を認識できない。しかし今回筆者らが詳細に検討した結果、複数の層準で明瞭かつほぼ同じ方向のオリエンテーションが確認され、イ

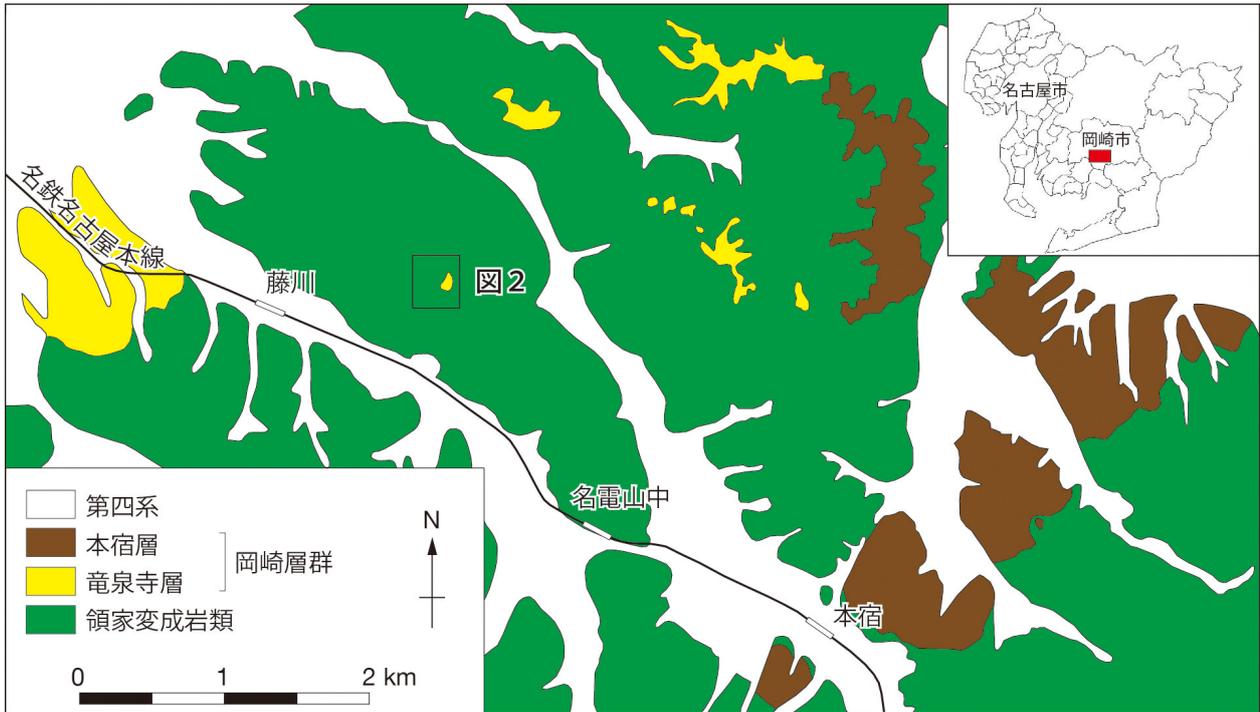


図1 岡崎市南部の地質図。新編岡崎市史編集委員会（1985）および宮崎ほか（2008）の地質図を一部修正，簡略化。図2の範囲も示す。

2. 地質の概要

岡崎層群の研究史と地質の概要については宮崎ほか（2008）によくまとめられているため，ここでは牛乗山の地質に絞って概要を述べる。図2に示すように，牛乗山では標高約170 mに礫岩（竜泉寺層最下部）と変成岩（基盤の嶺家変成岩類）の不整合面がある。一畑山薬師寺のある付近にもかつては礫岩が広く分布していたようだが（岡崎地質調査研究会，1973；新編岡崎市史編集委員会，1985），一畑山薬師寺の建設工事に伴い消失し，現在この付近で礫岩が見られるのは牛乗山山頂だけである。牛乗山山頂周辺の変成岩は主に珪質片岩と砂質・泥質片岩からなる。変成岩は源岩の層理面の走向がN60°～70°Eであり，南または北に急傾斜している。礫岩は竜泉寺層の基底礫岩と考えられ，露出している分の厚さは約5 mである（図3）。礫岩には水平な層理がぼんやりと認められる。礫岩の固結度はハンマーで礫を容易に掘り出せる程度である。岩相に基づき，この礫岩（露出している分）は大きく下部と上部に区分できる（図3）。下部は主に大礫と巨礫からなり（基質は細礫～大礫からなる；図4a-1, 4a-2），上方細粒化を示す。上部は細礫と中礫が主体である（図4b, 4c）。礫種は珪質片岩礫が大多数を占め，ごくわずかに砂質・泥質片岩礫が含まれる。砂質・泥質片岩礫は細礫～中礫として産し，大礫や巨礫には認められない。珪質片岩礫の円磨度は高いが（円礫～亜円礫が多い），砂質・泥質片岩礫の円磨度は低い。下部の淘汰度は悪いが（poorly sorted），上部の細粒部は下部に比べると良い（moderately or well sorted）。上部の細礫岩～中礫

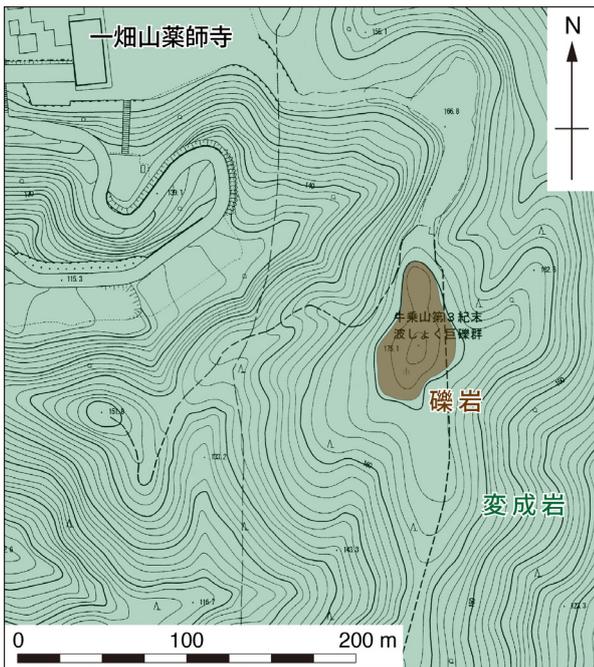


図2 牛乗山における礫岩（竜泉寺層最下部）の分布。地形図は岡崎市都市計画図（1/2500）を使用。

ンブリケーションの存在も明らかになった。本稿では礫ファブリックの調査結果を示し，牛乗山の竜泉寺層最下部の堆積場について考察する。

本研究の礫ファブリック・データは第二著者（本山）の愛知教育大学卒業研究で得られたものである。データ解釈と論文執筆は主に筆頭著者（星）が行った。

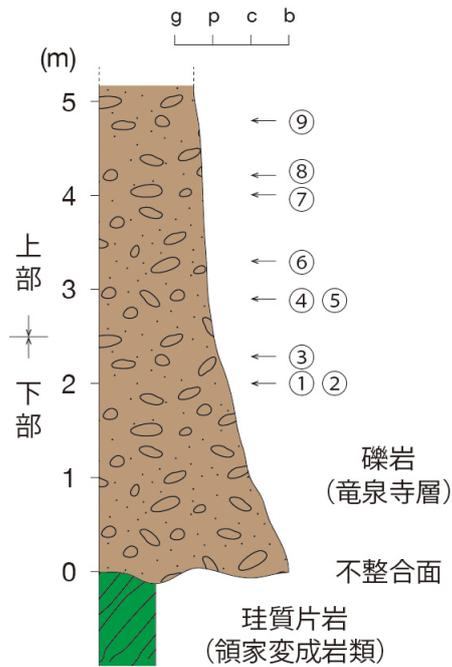


図3 牛乗山の礫岩の柱状図。便宜上、不整合面から2.5m 上位の層準を境にして下部(巨礫と大礫が主体)と上部(中礫と細礫が主体)に区分した。矢印は礫ファブリックを調査した層準。

岩(図3の柱状図の層準⑧)には生痕化石 *Ophiomorpha* isp. が認められる(図4b, 4c)。

この礫岩の堆積場は、礫種が直下の変成岩と同じであること(遠方に由来するとは考えにくい)、硬い珪質片岩礫がよく円磨されていること、上方細粒化を示すこと、*Ophiomorpha* isp. が産出することなどから、岩石海岸(磯)からその沖の礫底にかけての海岸～浅海で、海進期の堆積物と推定される。

3. 牛乗山の礫ファブリック

3.1. 方法

礫のオリエンテーションを9層準(地点)で調査した。そのうち3層準は下部に位置し(図3の層準①～③)、6層準が上部に位置する(図3の層準④～⑨)。下部の礫岩は上記のように大礫と巨礫が主体で、水平に近い露頭面に露出していたため、オリエンテーションは露頭で直接調べた。調査では、露頭に浮いている砂礫を箒で掃いた後、1m²に含まれる礫のうち100個を任意に選び、それらの長軸と短軸の長さを定規で測定し、長軸の方位をクリノメーターで測定した。一方、上部の礫岩は比較的細粒で(細礫と中礫が主体)、斜面

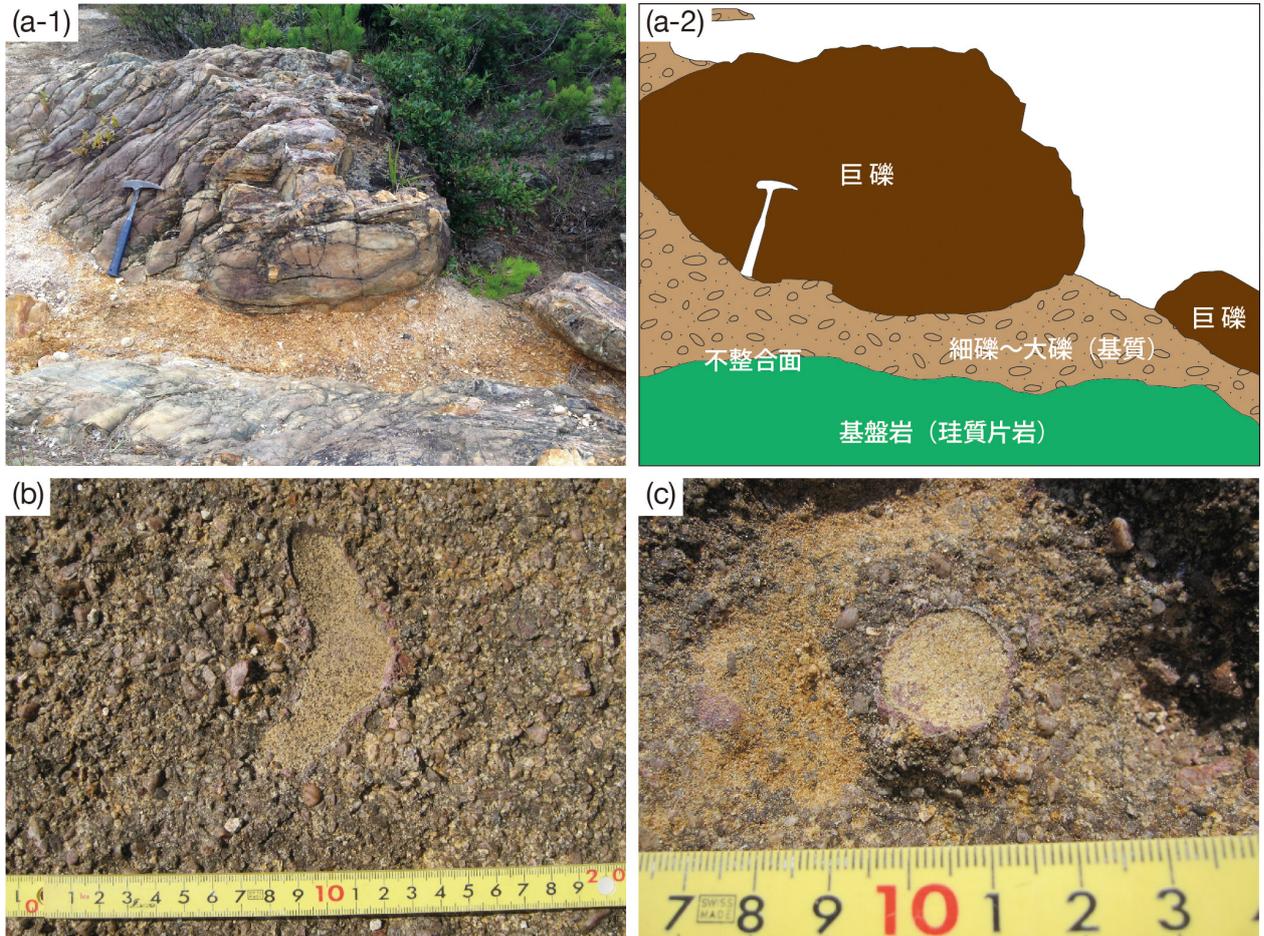


図4 牛乗山の礫岩の岩相。(a) 不整合面直上の巨礫と、それらの間を充填する基質。ハンマーは長さ約32 cm。(b, c) 礫岩上部の層準⑧(図3参照)の岩相と生痕化石 *Ophiomorpha* isp.

上に露出しているため、露頭面での直接測定ではオリエンテーションを正しく決定できない。そこで上部の礫岩に対しては公文・立石（1998）の写真法を参考にして次の方法をとった。まず、露頭に浮いている砂礫を箒と流水によって除去した。次に、露頭（斜面）上に30 cm × 30 cmの四角い木枠を置き、その中心にクリノメーターを水平にかざして基準方位を定め、その状態で真上から写真を撮った（図5）。そして同じ範囲をクリノメーターを取り除いて真上から高解像度写真を撮り、その写真をA3サイズに拡大印刷して、その紙



図5 礫岩上部のオリエンテーションを調査するために写真撮影をしているところ（層準⑧）。四角い木枠は30 cm × 30 cmで、斜面になっている露頭を真上から撮影したため木枠が歪んでいることに注意。オリエンテーションの解析ではその歪みを補正した。

上で見かけの長軸と見かけの短軸の長さ（基準方位とのなす角）を分度器で測定した。露頭面が傾斜しているため、この方法では写真に歪みが発生してしまう（図5でも四角い木枠が歪んでいる）。方位測定ではこの歪みの補正を施した。

礫のインプリケーションは、同一地点を複数の異なる方向から観察しないと正確に知ることができない。そのような立体観察が可能な地点は層準⑦の1地点だけであった。オリエンテーション調査の場合と同様に露頭を清掃した後、直交する2方向から露頭を水平に見て、視野の中央に水平基準線を含めて、層理面に垂直な断面写真を撮影した。この場合もオリエンテーションの場合と同様に写真に歪みが発生してしまうため、写真中央の水平基準線に近い部分（歪みが少ない部分）の礫を主な測定対象とした。A3サイズに拡大印刷した写真上で、礫の見かけの長軸方向（水平基準線からの傾斜角と傾斜方向）を分度器で測定した。

3.2. 結果

オリエンテーション調査では、短軸/長軸比が0.7よりも大きい礫は長軸方位を正確に決定することが難しいと判断し、その比が0.7以下の礫に絞って長軸方位をローズダイアグラムに示した（図6）。

下部の層準①ではNW-SEの、層準②ではENE-WSWのオリエンテーションが認められた。層準③ではオリエンテーションが認められなかった。これらの3層準からは共通したオリエンテーションが見出されなかった。

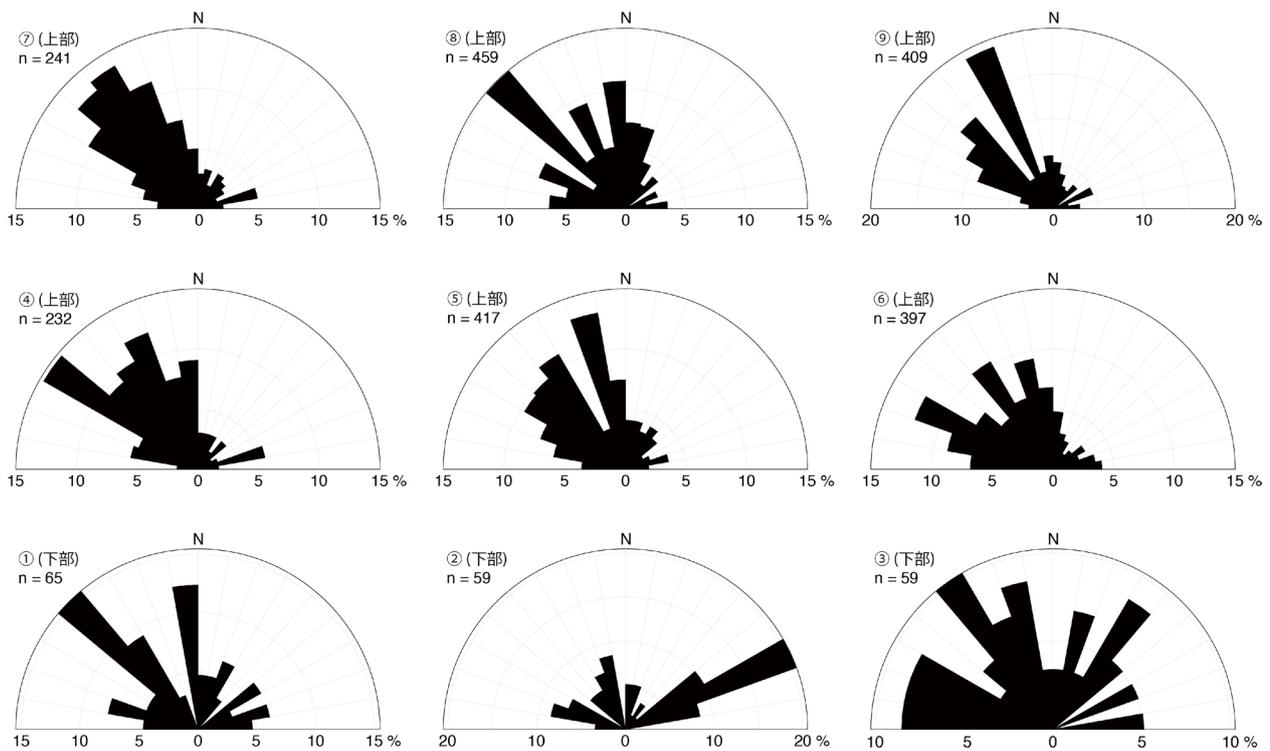


図6 層準①～⑨の礫のオリエンテーション調査結果（ローズダイアグラム）。nは測定した礫の個数。

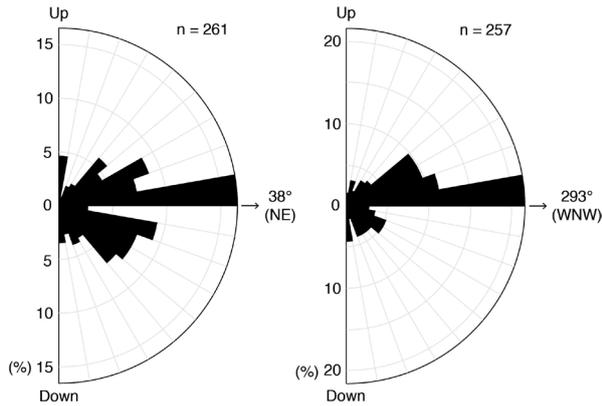


図7 層準⑦におけるインプリケーション調査結果。ほぼ直交する2つの鉛直面上で礫の長軸方向(水平基準線からの傾斜角と傾斜方向)を測定し、その結果からインプリケーションの有無を推定した。左図:NE-SW水平軸を含む鉛直面での測定結果(NWに向かって露頭を見たときの結果)。右図:WNW-ESEの水平軸を含む鉛直面での測定結果(SSWに向かって露頭を見たときの結果)。

一方、上部の6層準では共通してNW-SEのオリエンテーションが認められた。これらの層準では有効な長軸方位測定数(図6のn)が200以上あるため、得られたオリエンテーションの信頼度は高いと考えられる。6層準のオリエンテーションの一致は偶然とは考えにくい。

層準⑦のインプリケーション調査結果を図7に示す。この図は水平を横軸に、上下を縦軸に示したローズダイアグラムで、左図はNWに向かって(右側がNE、左側がSWになるように)露頭を見たときのデータ、右図はSSWに向かって(右側がWNW、左側がESEになるように)露頭を見たときのデータである。両図ともほぼ水平な見かけの長軸が多数を占めているが、右図では見かけの長軸がESE側に傾斜している礫も多い。左図では見かけの長軸の傾斜方向に傾向が認められない。これらの事実から、この層準ではESEに傾斜するインプリケーションが存在すると判断される。

4. 現世堆積物の礫ファブリック

牛乗山の礫岩で認められた礫ファブリックから礫岩の堆積場を推定する際、現世堆積物の堆積場と礫ファブリックとの関係を明らかにし、それと照らし合わせて推定することが有効と考えられる。そこで筆者らは、現世海岸(前浜)の礫堆積物を3地点で、現世河川(寄り州)の礫堆積物を2地点で調査した。現世海岸の調査地は、愛知県三河湾の佐久島(西尾市)と西浦半島(蒲郡市)、および静岡県御前崎(御前崎市)である(図8)。これらの海岸はいずれも岩礁または海岸の背後に海食崖があり、それらの地質を反映して佐



図8 現世堆積物の礫のオリエンテーションを調査した5地域の位置。佐久島、西浦、御前崎の3調査地は礫質前浜に位置する。

久島と御前崎では礫種が主に砂岩と泥岩、西浦半島の礫種は主に広義の花崗岩と片麻岩である。各調査地の礫の主な岩石種と円磨度、平常時の波の状態などを表1にまとめた。現世河川の調査地は、愛知県豊田市の矢作川と静岡県磐田市の天竜川であり(図8)、両地点では流域の地質の違いを反映して礫種構成は大きく異なっているが(矢作川は広義の花崗岩が主体、天竜川は堆積岩が主体)、円磨度はいずれも高い。

牛乗山の礫岩ではオリエンテーションのデータが多く得られたため、現世堆積物もオリエンテーションの調査に力点を置いた。調査方法は牛乗山の礫岩下部の場合(上記)と同じである。調査結果を図9に示す。図9には調査地の汀線の方向(佐久島、西浦半島、御前崎)および水流の向き(矢作川、天竜川)も赤線で示してある。

海岸(前浜)の礫のオリエンテーションは、汀線とほぼ同じ方向になっている場合(佐久島③、西浦③)や汀線と直交あるいは斜交する方向になっている場合(佐久島①、御前崎①)、明瞭なオリエンテーションが見られない場合(佐久島④、西浦①)など、さまざまであった。今回の結果からは、前浜の礫のオリエンテーションについて一般化できる特徴を見出すことができない。

河川(寄り州)の礫のオリエンテーションは、上記の前浜の結果に比べると明瞭であった。水流の向きとほぼ平行にオリエンテーションが発達している場合(矢作川③)と直交する方向に発達している場合(矢作川①、天竜川①)、および両方とも認められる場合(矢作川④、天竜川③)があった。

5. 考察とまとめ

牛乗山の礫岩(竜泉寺層最下部)の堆積場について、礫ファブリックの調査結果から考えてみる。下部の礫岩には複数の調査層準(①~③)に共通するオリエンテーションが認められなかったが、上部の礫岩には6層準(④~⑨)に共通してNW-SEのオリエンテーションが認められた(図6)。インプリケーションは1層準

表1 現世堆積物の調査地における諸データ

調査地	主な礫種 ^{*1}	円磨度	平常時の波・水流 ^{*2}
海岸の礫堆積物			
佐久島（愛知県西尾市，三河湾）	砂岩，泥岩	低	穏やか
西浦半島（愛知県蒲郡市，三河湾）	花崗岩，片麻岩	中～高	穏やか
御前崎（静岡県御前崎市，遠州灘）	砂岩，泥岩	中～高	やや荒い
河床の礫堆積物			
矢作川（愛知県豊田市）	花崗岩	高	速い
天竜川（静岡県磐田市）	堆積岩	高	遅い

※1 主な礫種の「花崗岩」は、広義の花崗岩類。

※2 平常時の波・水流の「穏やか/やや荒い」「速い/遅い」は、調査地間で比較したときの相対的なもの。

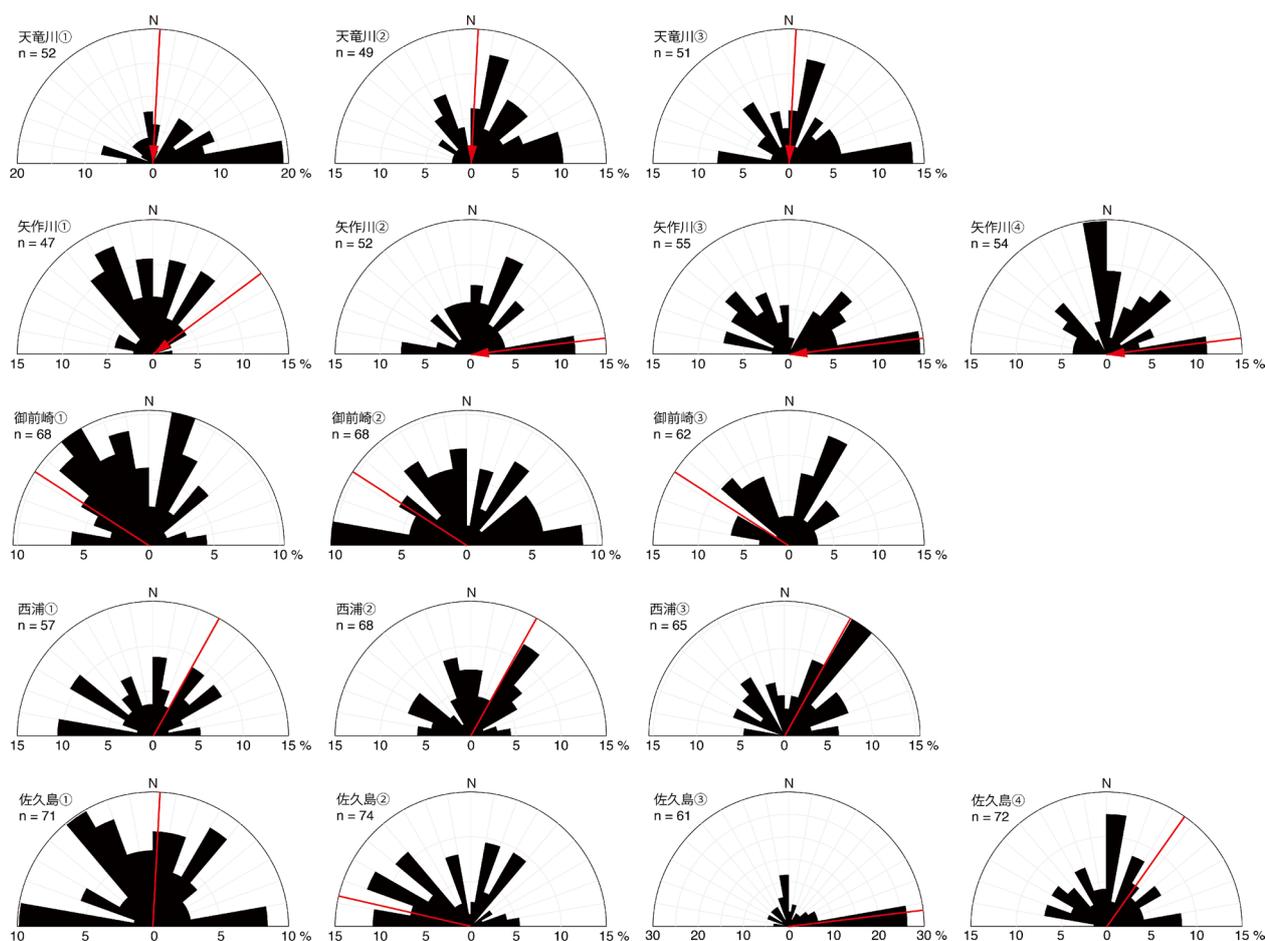


図9 現世堆積物の礫のオリエンテーション調査結果（ローズダイアグラム）。河川の場合は調査地における測定時の水流の向きを赤矢印で示してある。海岸の場合は調査地の汀線方向を赤線で示してある。

しか調査できなかったが（層準⑦），ESEに傾斜するインプリケーションが見出された（図7）。つまり，層準⑦ではインプリケーションの傾斜方向とオリエンテーションの方向が平行に近い。

この礫岩は上記のように海岸（磯）～浅海で堆積したと推定される。そこで現世の海岸（前浜）で今回得られたオリエンテーションの結果を見ると，汀線方向とオリエンテーションとの間に一般化できるような特徴は見出せない（図9）。Ogren and Waag (1986) はポケットビーチ (pocket beach) の大礫～巨礫のオリエン

テーションについて，汀線方向と平行，直交，あるいは斜交する場合があることを示し，オリエンテーションに基づく礫堆積時の汀線方向の推定には大きな不確実性が伴われると述べている。青野（2009）は三重県南部の七里御浜の礫浜で得られた礫のオリエンテーションを報告したが，それを見ても汀線方向と平行な場合やそれと斜交する場合，明瞭なオリエンテーションが認められない場合などがある。従って，オリエンテーション調査結果から牛乗山の礫岩上部堆積時の汀線方向を推定するのは困難である。

一方、礫浜に見られるインプリケーションは一般的に海側に傾斜していることが知られている（例えば、Bluck, 1967; Maejima, 1982; Ogren and Waag, 1986; 横川, 1998）。海岸では巨礫や大礫など粗粒な礫だけでなく、細礫や極粗粒砂程度の碎屑物にも同様のインプリケーションが普通に認められる（横川, 1998）。この事実を踏まえると、牛乗山の礫岩上部の層準⑦が前浜堆積物であるならば、ESE方向が当時の海側であった可能性が考えられる。しかし礫岩上部が上部外浜あるいはより沖合の堆積物であるならば、インプリケーションから当時の汀線あるいは海側の方向を推定するのは難しい。なぜなら、上部外浜では海岸に向かう流れのほかに沿岸流や離岸流なども発生し、そうした流れのもとで細礫～中礫のインプリケーションが生じる可能性があるためである。より沖合でも、海底扇状地などで堆積した礫質タービダイトのような再堆積物には上流側（陸側）に傾斜したインプリケーションが生じ（Walker, 1975）、その場合は前浜堆積物と仮定した場合（上記）とは正反対の解釈が得られることになる。

このように、現時点では牛乗山の礫岩堆積時の汀線あるいは海側の方向を決定することはできない。これらを明らかにするには、この礫岩から礫ファブリックのデータをさらに集めることに加えて、沿岸のさまざまな環境における粒子ファブリックに関する基礎データを充実させる必要があるだろう。また、牛乗山の礫岩に対するより詳細な堆積学的、古生物学的検討も必要である。

6. 謝辞

高知大学理学部の奈良正和氏には生痕化石を同定していただいた。岡崎市教育委員会には牛乗山と周辺地域の資料収集でご協力いただいた。一畑山薬師寺の皆様には牛乗山の地質調査に対してご理解とご協力をいただいた。愛知産業大学内の地質調査では同大学職員の鈴木利充氏のご協力を賜った。以上の機関・諸氏に感謝します。本研究の一部には科研費（no. 26400488）を使用した。

7. 文献

- 青野宏美, 2009, 河床礫と海浜礫の長軸方向の定向配列. 岐阜聖徳学園大学紀要（教育学部編）, **48**, 1–15.
- Bluck, B. J., 1967, Sedimentation of beach gravels: examples from South Wales. *Journal of Sedimentary Research*, **37** (1), 128–156.
- 林 唯一・三浦幸伸, 1973, 岡崎市南部の新生代層. 愛知教育大学研究報告（自然科学）, **22**, 133–150.
- 公文富士夫・立石雅昭（編）, 1998, 新版 碎屑物の研究法（地学双書29）. 地学団体研究会, 399p.
- Maejima, W., 1982, Texture and stratification of gravelly beach sediments, Enju Beach, Kii Peninsula, Japan. *Journal of Geosciences*,

Osaka City University, **25**, 35–51.

宮崎一博・西岡芳晴・中島 礼・尾崎正紀, 2008, 御油地域の地質. 地域地質研究報告（5万分の1地質図幅）, 産総研地質調査総合センター, 97p.

Ogren, D. E. and Waag, C. J., 1986, Orientation of cobble and boulder beach clasts. *Sedimentary Geology*, **47** (1–2), 69–76.

岡崎地質調査研究会（編）, 1973, 岡崎市の地質（付2万5千分の1地質図）. 岡崎市・岡崎市教育委員会, 113p.

新編岡崎市史編集委員会, 1985, 新編岡崎市史 自然14. 新編岡崎市史編さん委員会, 岡崎市, 1218p.

Walker, R. G., 1975, Generalized facies models for resedimented conglomerates of turbidite association. *Geological Society of America Bulletin*, **86** (6), 737–748.

横川美和, 1998, 堆積粒子の配列が語るもの. 地球科学, **52** (5), 370–377.

（2015年9月1日受理）