

図20 斜1 (白枠はスケッチの範囲)



図21 斜2 (スケールは1mで、層理面に平行)

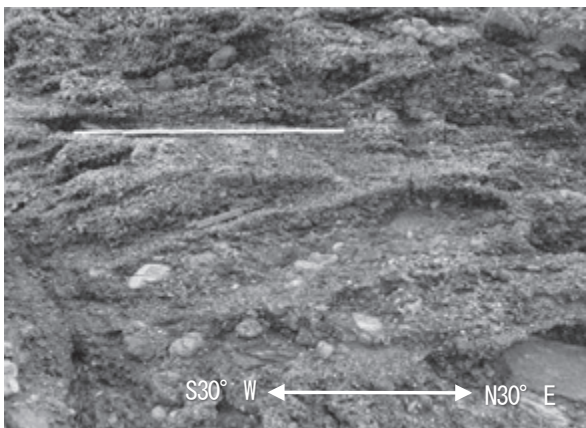


図22 斜3 (スケールは1mで、層理面に平行)

(2) ファブリックによる古流向

第2部層中にみられるフ1、フ2と第4部層中にみられるフ3の3地点でファブリックを測定し、古流向を求めた。礫岩のファブリックは礫のオリエンテーションとインブリケーションで示される。オリエンテーションは、層理面に平行な断面で現れる礫のみかけの長軸の配列を示し、インブリケーションは、層理面に直交する断面に現われ、層理面に斜交した配列を示す。

大泊礫岩層を構成する礫は円盤状のものと球状のものが多くみられる。露頭を一見して、明瞭なオリエンテーションが観察される例は少ない。しかし、その礫の中で、みかけの長径と短径の比が大きいものに注目すると、それらの礫は方向性をもって配列していることがわかる。

〔オリエンテーションの測定方法〕

層理面あるいは層理面に平行な面の写真を撮り、走行を印す。写真上で、みかけの長径と短径の比が1.5:1以上の礫を対象に、走行と長軸との角度を計測する(図23)。次に走行を軸に地層を水平に戻した時の方向をオリエンテーションとした。

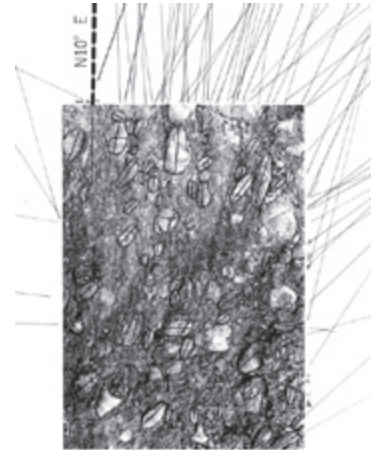


図23 オリエンテーションの計測例 (フ3測定地点)

〔インブリケーションの測定方法〕

インブリケーションの観察される断面の写真を撮り、層理面に平行な線を印す。写真上で、みかけの長径と短径の比が1.5:1以上の礫を対象に、層理面に平行な線と長軸との間の角度を計測する(図24)。計測した断面が礫の最大傾斜の方向と一致することは少ない。そのため礫がオリエンテーションの方向に最大傾斜を有するものとして、インブリケーションを計測した断面の方向とオリエンテーションで得られた方向との間の角度を考慮してインブリケーションの最大傾斜角を求めた。

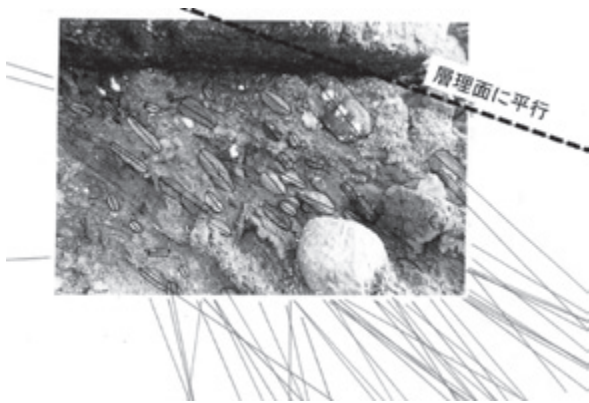


図24 インブリケーションの計測例（フ3測定地点）

オリエンテーションとインブリケーションの計測結果とファブリックから推定される古流向を表3に示し、さらにローズダイアグラムに表した（図25）。

① 測定結果

測定した3地点のオリエンテーションの方向は、 $N8^{\circ} \sim 30^{\circ} E$ の範囲であり、ローズダイアグラムでは、いずれも1つの面上でほぼ一定の方向が得られ、直交および斜交する方向のものは限られている。インブリケーションの角度は、 $30^{\circ} \sim 32^{\circ}$ とほぼ一定しており、ローズダイアグラムでは、いずれも1つの面上で主な角度を中心とする分布になっている。

② オリエンテーションとインブリケーションの関係

オリエンテーションとインブリケーションの関係からファブリックには、2つの型（A型とB型、図26）がある。A型は、オリエンテーションの方向、すなわち長軸の伸びの方向と、礫がインブリケーションをしながら重なっている方向、すなわち最大傾斜の方向とが一致するタイプである。B型は、オリエンテーションの方向に直交する方向と礫がインブリケーションをしながら重なっている方向が一致するタイプである。

今回計測した3地点のファブリックはいずれもB型のものであった。したがって、古流向は、オリエンテーションの示す方向に直交し、インブリケーションで礫が重なっている方向となり、 $S60^{\circ} \sim 82^{\circ} E$ で、東南東の方向を示す。

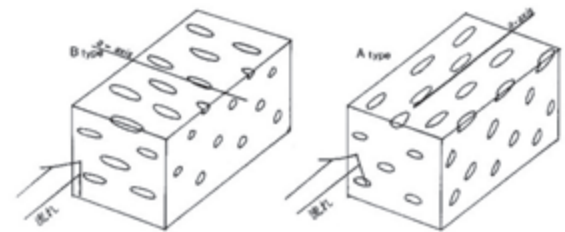


図26 礫のファブリックにみられる2つのタイプ（新版 碎屑物の研究法）

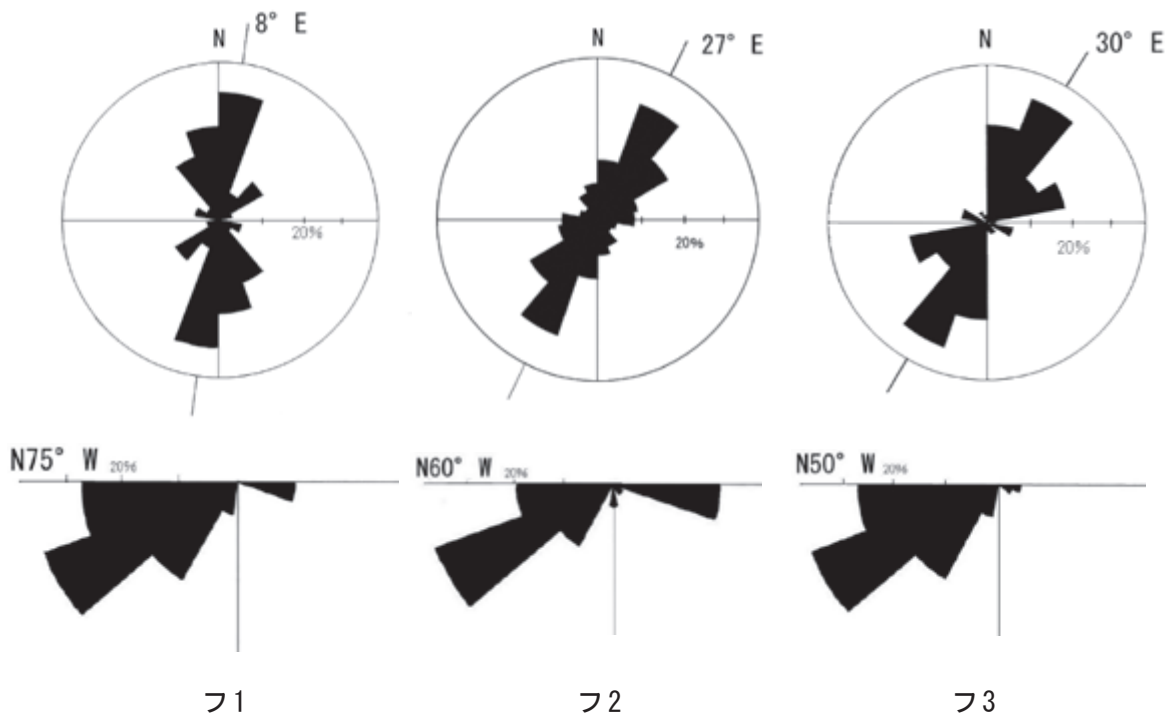


図25 オリエンテーション（上）とインブリケーション（下）のローズダイアグラム

表3 オリエンテーションとインブリケーションの測定結果と古流向

No.	オリエンテーション			インブリケーション			古流向
	方 向	集中率	測定個数	角 度	集中率	測定個数	方 向
フ1	N 8° E	81.9	105	31°	95.7	94	S82° E
フ2	N27° E	79.7	102	30°	95.2	77	S63° E
フ3	N30° E	83.8	65	32°	95.7	45	S60° E

3 礫岩層の運搬・堆積機構および供給源について

礫岩層の岩相や礫の特徴や堆積構造の観察・計測をもとに運搬・堆積機構および礫の供給源について考察を行う。

(1) 運搬・堆積機構について

① 岩相から

大泊礫岩層は4つの部層に区分でき、各部層の下面は侵食面をなしている。また含まれる礫の平均礫径や含有量は単層の下部より上部に向かって徐々に減少する傾向がみられる。さらに斜交層理やファブリックなどの堆積構造も観察される。このような特徴から、大泊礫岩層は、堆積物重力流によって運搬された再堆積性礫岩であると考えられる。一般に粗粒な碎屑物を浮遊状態で運搬する堆積物重力流として、混濁流 (turbidity current)、土石流 (debris flow)、粒子流 (grain flow) などが考えられる。礫岩層中には前述のように級化層理や斜交層理などの堆積構造が発達していることから、混濁流による運搬の可能性が高い。

② 礫の形状分析から

形状分析では、一般に河川の礫の形状は円筒状のものが多く、前浜の礫は扁平状のものが多くみられる。大泊礫岩層の礫の形状は、円盤状もしくは球状のものが多くみられる傾向はあるが、河川および前浜のような顕著な傾向はみられない。

③ 礫の球形度と円磨度分析から

球形度と円磨度分析では、砂岩および石灰質泥岩の礫はともに0.83以上の比較的高い球形度をもつものが約半数を占め、垂円礫～円礫のものが約8割を占めており、摩滅した丸い礫が多い。このような特徴から礫の運搬中における摩耗が著しく、運搬の距離が比較的長かったのではないかと推定される。

④ 淘汰度分析から

一般に碎屑粒子を運搬する流れの速さが速いほど、より大きな碎屑粒子を遠くまで運搬させるため、碎屑性堆積岩の淘汰度は悪くなる傾向がある。大泊礫岩層の淘汰度分析では、長径が十数cmから1mを超える礫も少なくなく、比較的悪いことから、大泊礫

岩層の礫を運搬した流れの速さは、比較的速かったのではないと推定される。

(2) 礫の供給源について

① 礫の礫種組成分析から

礫の礫種組成分析では、約7割が砂岩で次に石灰質泥岩が多い。この石灰質泥岩は、風化すると表面が白っぽくなるが、深部は薄褐色、細粒で極めて均質な岩質である。石灰質泥岩の礫の中には図27のように表面が亀の甲羅の模様をしている「亀甲石」とよばれるものもある。これは、泥岩が続成作用を受ける過程で、石灰質団塊が形成され、乾燥収縮する際、表面に亀甲状に割れ目を生じ、方解石などが充填したものである。大泊礫岩層の礫の供給源を考えると、その供給源には石灰質泥岩や石灰質団塊が含まれていたことが推定される。



図27 亀甲石の礫

桑水流 (2021) は、大泊礫岩層の礫から産出する化石を基に、化石を含む礫の供給源は熊本県天草下島および鹿児島県出水郡長島町に分布する姫浦層群および弥勒層群赤崎層ならびに白岳層であると推定した (図28)。そこで、天草下島から長島町に分布する姫浦層群および弥勒層群を詳細に研究した高井・佐藤 (1982) の研究報告における、それぞれの地層の岩相を以下に示す。

姫浦層群は、礫岩、砂岩、泥岩およびこれらの互層からなり、石灰質団塊については次のような記述がある。「長島北部、伊唐島および獅子島西部に分布する暗灰色シルト岩中に扁平な石灰質団塊を含んでいる」(高井・佐藤 (1982) の研究報告 p.21以下同様)

「長島北部の竹島では石灰質団塊を含む黒色頁岩を主とし…(同様の岩相を示す) 軍ヶ浦の南南西1 kmの海岸から…*Glycymeris (Glycymerite) japonica* Tashiro の産出が報告されている」(p.25)

弥勒層群、白岳層は、礫岩、砂岩、泥岩からなり、石灰質団塊については次のような記述がある。

「天草下島の明石岬付近に分布する福連木層（白岳層）からは、*Colpospira (Acutospira) tashiroi* Kotaka を産し、…その上30mは暗灰色泥岩で下部3mは石灰質団塊を含み、この中に*Nummulites*、*Discocyclina*、*Flabellum*等の化石を産する」(p.41)

以上のように、礫の供給源と考えられる天草下島および長島町に分布する姫浦層群および弥勒層群白岳層には、石灰質団塊を含む泥岩があり、さらに大泊礫岩層の礫から産出した化石と同じ化石が密接に存在している。大泊礫岩層にみられる石灰質泥岩の礫や「亀甲石」の礫は、上記の泥岩中の石灰質な部分や石灰質団塊が削剥・運搬され、礫として堆積したものではないかと考えられる。

② 堆積構造分析から

礫岩層にみられる斜交層理やファブリックの計測結果から、堆積当時の流向の方向は、斜交層理の分析からは、平均して南東への流れが、ファブリックの分析からは、東南東への流れが得られている(図29)。礫に含まれる化石の産出地の分布から想定される礫の供給源の位置は、現在の位置関係では、図28より大泊礫岩層の分布地からみて北北西の方角である。この方角から礫が運搬されたと考え、斜交層理の分析から得られた古流向の方向は約20°、ファブリックの分析から得られた古流向の方向は約40°の差はあるが、これらの古流向の方向は、推定された礫の供給源の位置を支持するものである。

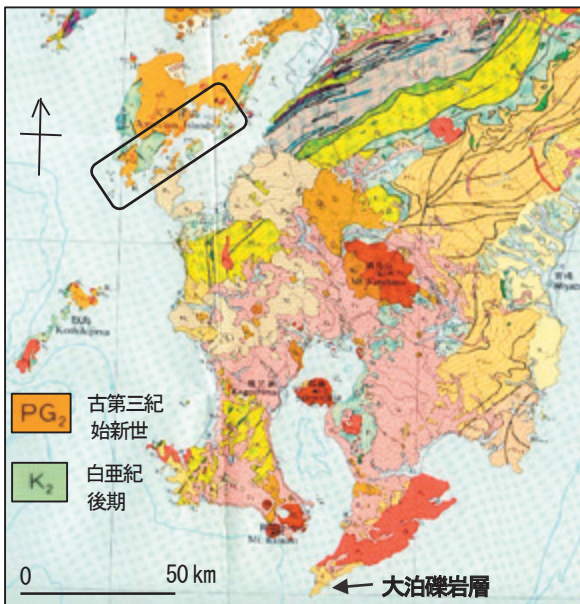


図28 礫から見つかった化石の産出地の分布範囲(100万分の1 日本地質図 地質調査所より抜粋) 枠は化石の産出地の分布範囲



図29 古流向の方向

4 まとめと今後の課題

鹿児島県佐多岬に分布する上部四万十層群大泊礫岩層の礫の特徴や堆積構造を詳細に分析し、堆積学的検討を行った結果、次のようなことが明らかになった。

- (1) 4つの各部層の下面は侵食面をなし、含まれる礫の平均礫径や含有量は単層の下部より上部に向かって徐々に減少する傾向がみられる。さらに斜交層理やファブリックなどの堆積構造も観察される。このような特徴から、大泊礫岩層は、堆積物重力流によって運搬された再堆積性礫岩であると考えられる。
- (2) 礫の形状の特徴として、比較的高い球形度を持ち、摩滅したものが多くことから、礫の運搬中における摩耗が著しく、運搬距離が比較的最長かつたのではないかと推定される。また、淘汰度分析では、長径が十数cm～1mを超える礫も少なくなく、淘汰が悪いことから、礫を運搬した流れの速さは、比較的最長かつたのではないと推定される。
- (3) 特徴的な礫種として、石灰質泥岩が多く見られ、また「亀甲石」も確認される。化石を含む礫の供給源と考えられる天草下島および長島町に分布する姫浦層群および弥勒層群白岳層に分布する泥岩中の石灰質な部分や石灰質団塊が削剥・運搬され、礫として堆積したものではないかと考えられる。
- (4) 斜交層理やファブリックの計測結果から得られた古流向の方向は、斜交層理の分析ではほぼ南東で、ファブリックの分析では東南東である。これらの方向は、推定された礫の供給源の位置を支持するものである。

今回の調査では、斜交層理の分析から得られた4つの古流向の値に90°ほどの開きがみられた。これについては、たとえば海底扇状地のような堆積場における流向の変化などが考えられるが根拠となるような資料は未だ得られていない。この差異の意義についての検討が必要である。また、Kodama et al. (1995) は、九州南部の太平洋側に分布する大隅花崗閃緑岩および堆積層の古地磁気方位と九州における浅発地震の震央の分布を検討し、九州南部の太平洋側が3つのマイクロプレートに分かれていて、それぞれが2Ma以降反時計回りに30°程度回転していることを提唱している。大泊礫岩層が分布している地域もこのマイクロプレートに属している。このようなプレートの動きによる影響なども検討しながら更に詳細な運搬・堆積学的研究を進める必要がある。

謝辞

この研究を進めるにあたり、元熊本大学教育学部の田中 均教授には、天草地域の地質についてご教授して頂いた。また、鹿児島大学大学院理工学研究科の山本啓司教授には、九州南部の地質構造に関する資料を提供して頂いた。改めて深く感謝の意を表す。

引用・参考文献

- Compton, R. R. (1962) *Manual of Field Geology*. Wiley, New York, 378p.
- Kodama, K., Tashiro, H. and Takeuchi, T. (1995) Quaternary counterclockwise rotation of south Kyushu, Southwest Japan. *Geology*, 23, 823-826.
- 久保田純也 (1966MS) 鹿児島県肝属郡佐多岬付近の地質および地質構造. 鹿児島大学卒業論文, No.57, 41 p.

- 公文富士夫・立石雅昭 (1998) 新版 碎屑物の研究法. 地学双書, 地学団体研究会, 399 p.
- 桑水流淳二 (2021) 鹿児島県佐多岬に分布する上部四万十層群大泊礫岩層から二枚貝化石 *Glycymeris japonica* の発見とその意義. 鹿児島県立博物館研究報告, No.40, 11-22.
- 大原隆・福山 満 (1983) 鹿児島県佐多岬付近の日南層群から産した貝化石 (講演要旨). 日本地質学会第90年学術大会講演要旨, 282-282.
- 大塚雅勇 (2011) 天草地域の上部白亜系および始新統の層序と二枚貝化石群集. 御所浦白亜紀資料館報, No.12, 1-44.
- Pettijohn, F. J., Potter, P. E. and Siever, R. (1972) Sand and sandstone. Berlin, Springer-Verlag.
- Rittenhouse, G. (1943) A visual method of estimating two-dimensional sphericity. *Journal of Sedimentary Petrology*, 13, 79-81.
- 高井・佐藤 (1982) 魚貫崎及び牛深地域の地質 (阿久根地域の一部を含む), 地域地質研究報告 5 万分の1図幅, 地質調査所, 87 p.
- 田代正之・大塚雅勇 (1978) 熊本県天草下島の白亜系と古第三系の境界付近の層位学的研究. 高知大学学術研究報告, vol.27, 1-22.
- 通商産業省工業技術院地質調査所編 (1992) 100 万分の1日本地質図 (第3版). 地質調査所.
- 早田幸作 (1965MS) 鹿児島県肝属郡佐多岬付近の地質. 鹿児島大学卒業論文, No.49, 25 p.
- Zingg, T. (1935) Beiträge zur Schotteranalyse. *Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen*, 15, 39-140.