

# 鹿児島県喜界島産層状石灰質コンクリーション

松井智彰\*

(2012年10月23日 受理)

Layered calcareous concretions from Kikai-jima, Kagoshima Prefecture, Japan

MATSUI Tomoaki

## Abstract

A peculiar type of layered calcareous concretions occurs at the Somachi Formation which is unconformably overlain by Ryukyu limestone in Kikai-jima, Kagoshima Prefecture, Japan. The concretions are not oriented parallel to the bedding plane, and have the internal structure of at most 7 layers which are symmetrically arranged. Powder X-ray diffraction analyses revealed that the concretions consist mainly of calcite with quartz and minor amount of dolomite. Compositional mappings by X-ray analytical microscope show slightly negative correlation between Ca and Si, that is calcite and quartz. Weak concentration of Fe is shown around the central 3 layers in the concretion. Distributions of the other elements do not correspond to the internal layered structure significantly. These mineralogical characteristics and the occurrence of the layered calcareous concretions seem to help more understanding to the geological history of Kikai-jima.

**Keywords:** Kikai-jima, layered calcareous concretion, Ryukyu limestone, Somachi Formation

---

\* 鹿児島大学教育学部 准教授

## I. はじめに

堆積物中に二次的にできる球状～板状～不規則状の多様な形態をもつ硬くて丈夫な塊であるコンクリーションは、団塊、結核体、凝結物とも呼ばれ、堆積直後から続成作用にかけての諸段階で、化学的条件の差によってある場所へ周辺から間隙水を通じて特定の物質が集まり、沈殿・再結晶して形成される。琉球弧に産するコンクリーションとしては、加藤 (1985) によって沖縄島の島尻郡具志頭村 (現在の八重瀬町) 大頓のシルト岩中、那覇市小禄具志の砂岩中、宮古島東平安名岬南海岸のものが紹介されている。また鹿児島県地学会写真集編集委員会 (1997) によって、喜界島からも不規則な形をしたコンクリーションの産出が紹介されている。これらはいずれも琉球弧一帯に分布する島尻層群の層準からの産出であるが、今回、喜界島城久のシルト質の層準から地層面に直交～斜交した方向に配向し脈状に分布する層状のコンクリーションが見いだされた。層状あるいはレンズ状のコンクリーションの産出については、その成因と関係付けて層理に平行な水平方向に配向する事例が検討されているが (平林, 1975; 箕浦・中森, 1980), 層理に直交～斜交した方向に配向したコンクリーションについては、中央に空隙を保持したパイプ状の形態を有するもの (上田ほか, 2005) など、報告例は少ない。本論文では、この特異な産状及び形態を有する喜界島産コンクリーションの構成鉱物と元素分布の概要を報告するとともに、その形成過程について若干の検討を試みる。

## II. 地質概略と産状

喜界島は、奄美大島の東方約25kmに位置する、長さ約14km (北東～南西方向)、幅3～6kmのサンゴ礁に囲まれた小さな島である。この島は、日本で最も隆起の大きい地域として知られ、離水サンゴ礁とともに、石灰岩からなる少なくとも3段の海岸段丘面が確認できる。地質学的には、南西諸島の中でも最も東に位置することから、ほかの島々が漸新世以前の基盤岩からなるのに対して、喜界島は鮮新世以降の新しい地層が分布する。詳細については、中川 (1969) によって報告されている。

試料は、喜界町城久の集落から北西に約500m下った地点で採取した (図1)。この付近では、おもに泥質・砂質堆積物からなる島尻層群相当層の早町層と、その上位におもにサンゴ礁を形成する生物群の石灰質遺骸・破片からなる琉球層群百之台層の琉球石灰岩が分布し、さらにこの上位に薄く赤色粘土層 (表土層) が分布する (中川, 1969)。試料を採取した露頭においても、灰白色の石灰岩層を挟んで、上位に表土層、下位に風化が進行したと思われる黄褐色のシルト質の堆積層を確認することができる (図2)。この堆積層の年代は、八田 (2013) により、有孔虫



図1. 泥質石灰岩試料の採取地点。国土地理院 1:25,000地形図「喜界島南部」より。

の浮遊性種から鮮新世後期～更新世前期と推定された。このことから層状コンクリーションが確認されたシルト質粘土層は、早町層であると思われる（図3）。沖縄島具志頭村一帯に分布し、琉球層群に不整合に覆われる島尻層群最上部の黄褐色シルト質粘土層にも、不規則な形状をしたノジュールが報告されているが（大城，1977），その内部構造や構成鉱物については不明である。その他の類似堆積層中にも水平方向に配向したレンズ状の岩片や岩塊は見られることがあるが（例えば，箕浦・中森，1980），本露頭では地層面に対して直交～斜交した方向に配向している。



図2．泥質石灰岩試料採取地点の露頭。スケールは写真中央下のハンマー。



図3．露頭における泥質石灰岩の産状。図2において点線の四角で囲った部分を拡大。

### Ⅲ．分析方法

はじめに肉眼及び実体顕微鏡により形態や構造の巨視的観察を行なった。粉末X線回折（XRD）分析は、鹿児島大学教育学部鉱物学研究室のリガク製ビルドアップ型多機能X線回折装置 Ultima IV Protectus（管電圧：40 kV，管電流：40 mA，モノクロメータ（グラファイト）使用）を用いてCuK $\alpha$ 線によって $2\theta$ が $3^\circ \sim 70^\circ$ の範囲を測定した。引き続き、測定されたXRD図形について統合粉末X線解析ソフトウェアPDXLを用いたICDD（International Center for Diffraction Data）とのコンピューター照合により鉱物同定を行なった。化学分析については、鹿児島大学自然科学教育研究支援センター機器分析施設のHORIBA製X線分析顕微鏡XGT（X-ray Guide Tube）-5000を用いて定性分析（管電圧：50 kV，電流：自動，XGT径：100 $\mu$ m）及び面分析（管電圧50 kV，電流：1.000 mA，XGT径：10 $\mu$ m，走査幅：36.864 mm $\times$ 9.216 mm，1画素サイズ：0.072 mm，画素数：512 $\times$ 128，積算回数：38回）を行なった。面分析では、Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, Ti, Cr, Mn, Fe, Zr, Auの合計15元素を分析した。

### Ⅳ．結果と考察

#### 1. 肉眼及び実体顕微鏡による観察

分析に用いた層状コンクリーションは、中心を挟んでほぼ対称的な積層構造をなし、多いところでは7層が認められた。これらの7層をA～Gとした（図4(a), (b)）。この積層構造は外側か

ら中心線に向かって形成され、最後に中心線部分に透明な方解石（スパライト）の微小結晶が析出して空隙を閉じているように見える。一般にコンクリーションには様々なサイズや形態が認められるが、加藤（1985）によって紹介された沖縄島具志頭村大嶮のシルト岩や宮古島東平安名岬南海岸に産するコンクリーションは、年輪のような構造を特徴的に有しており、鹿児島県地学会写真集編集委員会（1997）によって紹介された喜界島産の不規則な形をしたコンクリーションは、いわゆる「ひょうたん石」の形状によく似ている。一方、今回報告する層状コンクリーションは、島尻層群の層準から産出するという共通点はあるが、その形状及び構造が特異であるといえる。

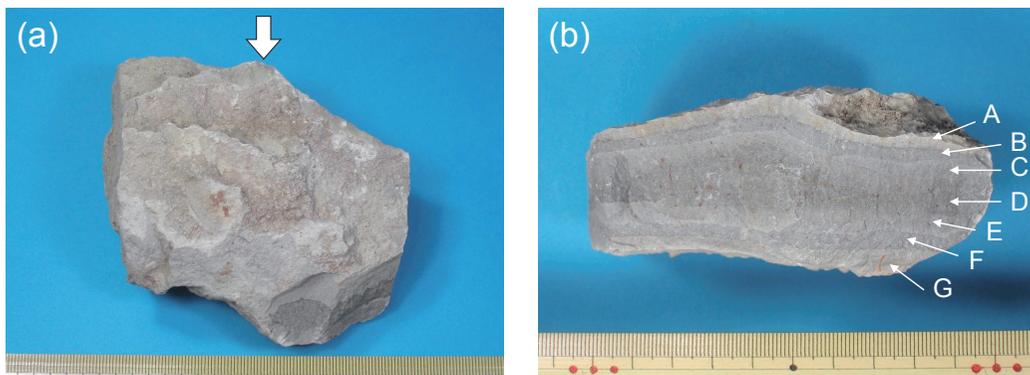


図4. (a): 実体顕微鏡写真。(b): (a)において矢印の方向から見た様子。肉眼で確認された7層をA～Gで示す。スケールの最小目盛は1 mm。

## 2. 粉末 XRD 図形と鉱物の同定

肉眼で確認された7層（A～G）全てにおいて、方解石（ $(\text{Mg}_{0.064}\text{Ca}_{0.936})\text{CO}_3$ 、三方晶系、 $R\bar{3}c$  (167), PDF カード番号: 01-086-2335) と石英（ $\text{SiO}_2$ 、六方晶系、 $P3_21$  (154), PDF カード番号: 01-089-8937) に一致するピークが確認された。これに加えて A, B, C, E, G の試料においては、ドロマイト（ $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ 、三方晶系、 $R\bar{3}$  (148), PDF カード番号: 01-073-2444) の存在を示す最強線ピークが確認され、各層で測定された全ピークが上記の鉱物のピークと一致した（図5及び図6）。なお粘土鉱物は確認されなかった。島尻層群早町層との不整合近傍の琉球石灰岩中のドロマイトの産状と成因については、松田（1991）によって、炭素同位体組成と酸素同位体組成から、海水起源の孔隙水に混入する陸水の影響の大小が局所的に存在するものの、海水面下の陸水の影響の小さい還元環境下で生成されたと推定されている。構成鉱物種とその量比は、層状コンクリーション中の各層において特徴的に異なるが、肉眼で観察される対称的な層の配列には必ずしも対応していない。特にドロマイトが含まれる層の分布が対称的ではない。このためドロマイトは、海水の影響を強く受ける環境下で層状コンクリーションが生成される過程において、既に析出した石灰質成分がドロマイト化作用を経て生成されたと考えられる。

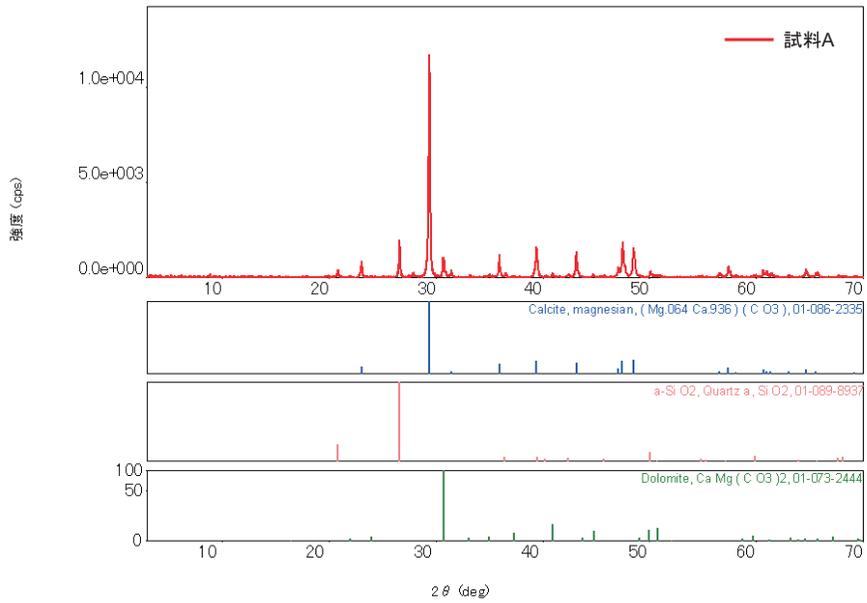


図5. 試料AのX線粉末回折図形とコンピューター検索によって同定された鉱物(方解石, 石英, ドロマイト)のピークデータ。ピークデータについては, 各角度 ( $2\theta$ ) の位置に相対強度 (I) を棒の長さで示した。各鉱物のピークデータ右上には ICDD に登録された鉱物名, 化学式, カード番号を記した。

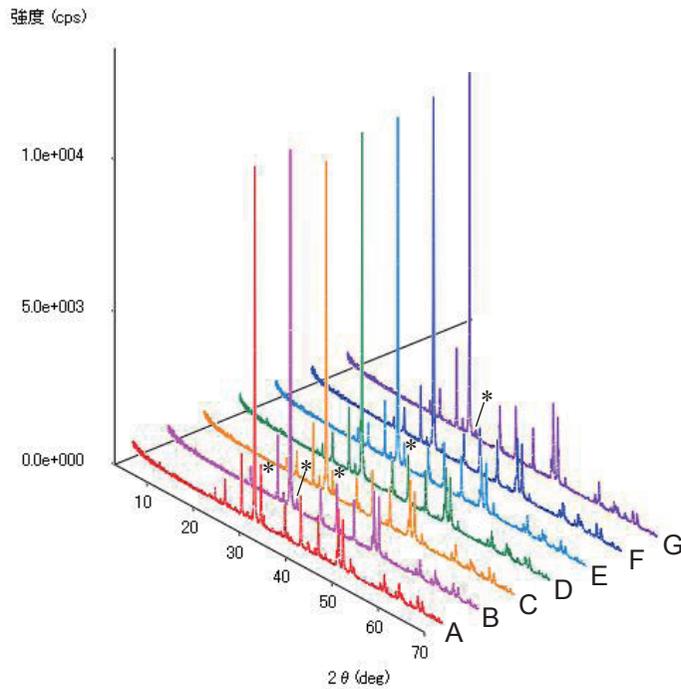


図6. 試料A～GのX線粉末回折図形の多重プロット。試料A, B, C, E, Gの回折線図形において\*を付けたピークは,  $30.70^\circ$  ( $2\theta$ ) 付近のドロマイトの最強線。

### 3. 化学分析

図7(a)に定性分析した位置と面分析の範囲を示す。図7(b)には面分析した範囲を拡大して示した。定性分析の結果、Al, Si, S, K, Ca, Ti, Cr, Mn, Feの9元素が検出された。図8には各元素に対応する特性X線のピークが表示されている。2.7 keV付近のピークと18 keV以上に見られる4本のピークは、対陰極の材質であるRhに関連したX線（特性X線と散乱X線）である。2 keV付近の微小なピークはCaのエスケープピークであり、それ以外のピークは主成分である方解石の回折線ピークであると思われる。図9にはAl, Si, S, Cl, K, Ca, Ti, Cr, Mn, Fe（10元素）の面分析結果を示す。方解石とドロマイトには、Feを含む成分であるシデライト（ $\text{FeCO}_3$ ）とアンケライト（ $\text{Ca}(\text{Fe}^{2+}, \text{Mg}, \text{Mn})(\text{CO}_3)_2$ ）がそれぞれ固溶していると思われる。その他にAl, S, Cl, K, Ti, Crなどを含む鉱物が微量点在している。CとEにおいてCaの濃度が僅かに低く、SiとCaの濃度分布に負の相関が認められる。Feの濃度は図7(b)の中心部のC, D, Eに対応する領域で僅かに高いが、今回分析した結果においては、肉眼で確認された7層に対応する元素分布の顕著な特徴は認められなかった。

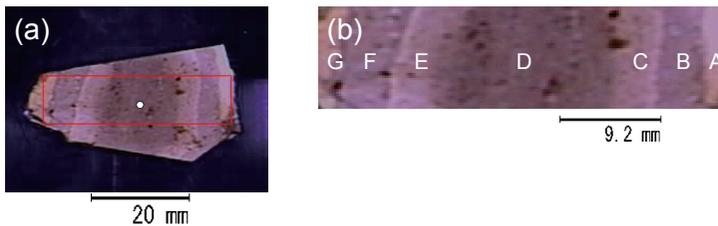


図7. XGT分析用試料。(a): 分析試料全体像。○は測定した位置を示し、赤線の四角は面分析の範囲を示す。(b): 面分析の範囲の拡大像。A～Gは図4(b)に対応。

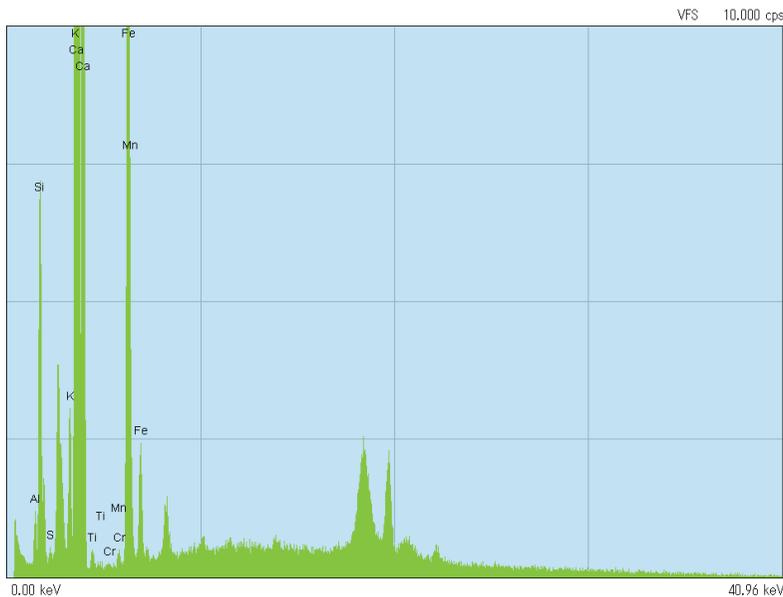


図8. 図7(a)における○の位置を測定した蛍光X線スペクトル。

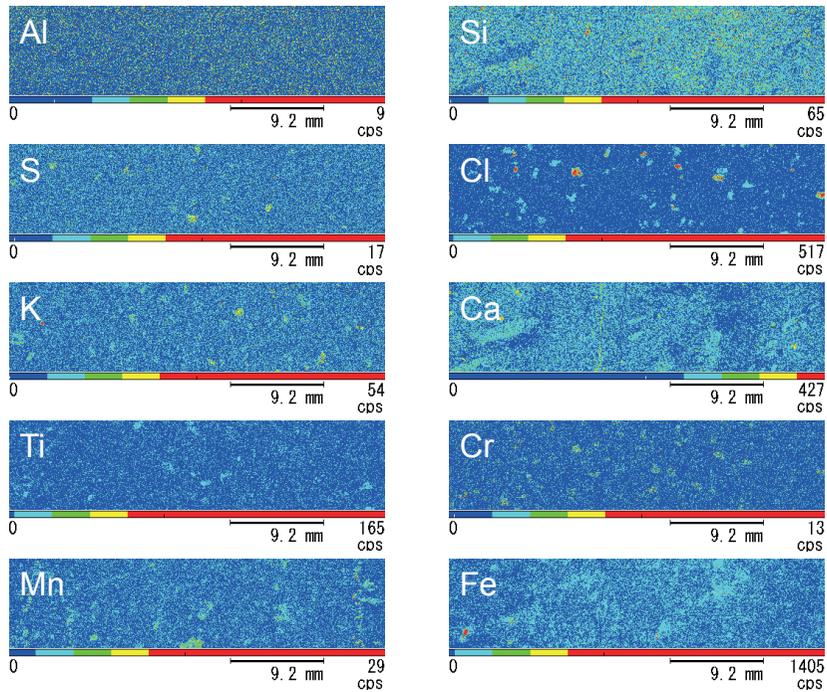


図9. 図7(b)の範囲を測定した元素の面分析。定性分析で検出されたAl, Si, S, K, Ca, Ti, Cr, Mn, FeにCl加えて10元素の分布を示す。

## V. まとめ

XRD分析による鉱物同定、X線分析顕微鏡による定性分析および面分析の結果から、測定された試料は、主として方解石、石英、ドロマイトから成る泥質石灰岩である、すなわち、石灰質コンクリーションであることが明らかになった。この結果を踏まえて、本試料が石灰岩層の下位の層準に地層面に直交～斜交する方向に配向して脈状に分布することや、中心線部分にスパライトの微小結晶が析出して空隙を閉じているように見えること、また喜界島には海岸段丘が何段もあり、過去に地殻変動や海水準変動で、隆起・陥没、沈水・離水が繰り返されたことがうかがえることから（中田ほか、1978; 太田ほか、1978）、喜界島産層状石灰質コンクリーションの形成過程を以下のように推定する。

「何らかの要因でできた地層面にほぼ垂直な亀裂に、泥質粒子と上位の琉球石灰岩から溶脱した石灰質成分を含んだ海水或いは陸水が流入し、徐々に石灰質成分が析出して最終の孔隙部を微小なスパライトが充填した。今回分析した試料に認められた対称的な全7層の内部構造が、地殻変動に伴う海水準変動に対応したものか否かは不明であるが、各層の粒界密度等の違いにより主として海水の浸透に差が生じ、局部的に還元的环境下で二次的な交代作用によって非対称なドロマイトの分布になった。」

今回の分析結果は、喜界島産層状石灰質コンクリーションの対称的な層構造における構成鉱物や化学組成の現状を明示した。今後、さらに精密な分析と局所的な地質学的・地形学的データとの照合によって、喜界島産層状石灰質コンクリーションの形成過程がより詳細に解明されることが期待される。

## 謝辞

本研究に当たり、鹿児島大学教育学部の八田明夫教授には試料の一部をご提供いただき、喜界島における野外調査にもご協力いただいた。鹿児島大学大学院理工学研究科（理学系）CST 授業アドバイザーの泊芳英氏には喜界島に関する多くの資料と情報をご提供いただいた。鹿児島大学教育学部地学教室の方々にはセミナー発表時に有益なコメントをいただいた。記して感謝申し上げる。

## 引用文献

- 
- 八田明夫 (2013) 鹿児島県喜界島城久から産出する有孔虫化石について. 鹿児島大学教育学部研究紀要 (自然科学編), 64, 25-33.
- 平林憲次 (1975) 炭酸塩コンクリーションの成因について一炭素同位体組成を中心として一. 堆積学研究会報, 10, 4-11.
- 鹿児島県地学会写真集編集委員会 (1997) 写真集・地球からのメッセージ鹿児島. 斯文堂.
- 加藤祐三 (1985) 奄美・沖縄岩石鉱物図鑑. pp.160, 新星図書出版.
- 松田博貴 (1991) 日本におけるドロマイトの産状とその成因一特に栃木県葛生地域および鹿児島県喜界島のドロマイトを例として一. 石油技術協会誌, 56, 199-200.
- 箕浦幸治・中森亨 (1980) 琉球層群湾層 (喜界島) における炭酸塩堆積物の岩石化と微晶質方解石の形成について. 琉球列島の地質学研究, 5, 39-48.
- 中田高・高橋達郎・木庭元晴 (1978) 琉球列島の完新世離水サンゴ礁地形と海水準変動. 地理学評論, 51, 87-108.
- 中川久夫 (1969) 奄美群島 徳之島・沖永良部島・与論島・喜界島の地質 (2). 東北大学理学部地質学古生物学教室研究邦文報告, 68, 1-17.
- 大城逸朗 (1977) 琉球層群中の不整合露頭. 琉球列島の地質学研究, 2, 81-83.
- 太田陽子・町田洋・堀信行・小西健二・大村明雄 (1978) 琉球列島喜界島の完新世海成段丘一完新世海面変化研究へのアプローチ. 地理学評論, 51, 109-130.
- 上田庸平・ジェンキンス, ロバート G・安藤寿男・横山芳春 (2005) 常磐堆積盆外側陸棚におけるメタン起源の炭酸塩コンクリーションと化学合成群集: 茨城県北部中新統高久層群九面層の例. 化石, 78, 47-58.