

# 2022 年度の研究活動報告：特にコンクリーション研究について

村宮悠介

深田地質研究所

Report on research activities for FY2022: Specifically on concretion research

MURAMIYA Yusuke

Fukada Geological Institute

要旨：本稿では、2022 年度に行った研究活動のうち、特にコンクリーション研究に関して報告する。当該年度には、メゾンクリークのコンクリーション群、瑞浪層群のパレオパラドキシア科骨格化石に共産したコンクリーション、玄能石コンクリーション、双葉層群の巨大コンクリーション群、男鹿半島の巨大クジラコンクリーション群、蝦夷層群のアンモナイトコンクリーションなどを対象に研究を行った。

キーワード：研究活動，コンクリーション，2022 年度

Abstract: This report describes research activities conducted in FY2022, focusing particularly on concretion research. In this fiscal year, research was conducted on the following concretions: Maison Creek concretions, concretions co-occurred with the skeleton of a paleoparadoxiid in the Mizunami Group, glendonite concretions, gigantic concretions in the Futaba Group, gigantic whale concretions in the Oga Peninsula, and ammonite concretions in the Yezo Group.

Keywords: research activities, concretions, FY2022

## 1. はじめに

2022 年度、筆者は「コンクリーションの形成メカニズムに関する研究」および「白亜紀アンモナイト類の古生物学的研究」の課題名で研究を行った。本稿では、特に前者の研究課題に関して 2022 年度に行った活動について報告する。

この研究課題では、堆積岩（物）中に形成される緻密な岩塊である「コンクリーション」の形成メカニズムを明らかにすることを目的としている。コンクリーションは、地質学者からは

初期続成過程の物理化学的条件を記録する媒体として、古生物学者からは保存良好な化石を含むシェルターとして、古くから注目されてきた（例えば、Baird et al., 1986 ; Curtis et al., 1986 ; Martill, 1988 ; Mozley and Burns, 1993 ; Loyd et al., 2012 ; Jauvion et al., 2020）。近年では、地下空間利用の際のシーリング技術などにその形成メカニズムが応用されつつあり、工学的にも注目され始めている（吉田, 2023）。しかし、自然環境でのコンクリーションの形成メカニズムは、まだ完全には理解されていない。本研究課題では、コ



図1 メゾンクリークのコンクリーション中に保存された多毛類 (*Didontogaster cordylina*) の化石.

ンクリーションの形成メカニズムの理解を通して、そこから新たな地質学的・古生物学的な情報を引き出すことを目指している。次章で、2022年度の具体的な研究活動を紹介する。なお、個別の研究成果を引用する際には、本稿ではなく、論文などの各出版物を引用して頂きたい。

## 2. コンクリーションの形成メカニズムに関する 2022 年度の研究活動

### 2.1 メゾンクリークのコンクリーション群

メゾンクリークのコンクリーション群は、アメリカ・イリノイ州の Mazon River 周辺に分布する上部石炭系 Carbondale Formation の Francis Creek Shale Member から産出する球状コンクリーション群である (図1)。メゾンクリークのコンクリーションには、極めて多様な分類群の化石が含まれており、多毛類やクラゲの仲間な

ど、硬組織を持たない生物までもが化石として保存されていることから、例外的な保存状態を示すラガーシュテッテン (化石鉱脈) として著名である (Baird et al., 1986 ; Clements et al., 2019)。この化石の保存状態の良さから、メゾンクリークのコンクリーションは、軟体性生物をも含めた生物相を如実に記録した「スナップショット」としてはたらき、石炭紀後期の生物相の理解に大きく貢献している (例えば, Mikami et al., 2023 ; Plotonick et al., 2023)。

筆者は、球状コンクリーションが生物遺骸 (化石) の軟体部に関する情報 (炭素量および形状) を記録していることに着目しており、そのモデルケースとしてメゾンクリークのコンクリーション群について研究を行っている。2022年度は、コンクリーションの質量と内包される化石の面積との関係について調査を行った。対象は、裸子植物門シダ種子綱 (*Macroneuropteris* sp.), 環形動物門多毛綱 (*Didontogaster cordylina*), 節足動物門軟甲綱 (*Kallidecthes richardsoni*), 刺胞動物門花虫綱 (*Essexella asherae*), および所属不明の動物 (*Etacystis communis*) の化石を含むコンクリーションである。調査には、名古屋大学博物館および豊橋市自然史博物館の収蔵標本と、本研究のために購入した標本を用いた。化石の面積の測定は、化石面に対して垂直方向から撮影した画像、または、透明シートに化石の輪郭をトレースしたものをもとにして、フリーソフト「!0\_0!『Excel長さ・面積測定』」を用いて計測した。その結果、それぞれの分類群の化石を含むコンクリーションにおいて、コンクリーションの質量と化石の面積は、相関関係にあることが示された。年度の終盤にこれらの結果を取りまとめ、その内容を日本古生物学会第172回例会 (2023年2月3日~5日) でポスター発表した (村宮ほか, 2023)。

## 2.2 パレオパラドキシアに共産したコンクリーション

2022年6月5日、岐阜県瑞浪市釜戸町に露出する中新統瑞浪層群宿洞層から、パレオパラドキシア科の全身骨格化石が発見された(安藤ほか, 2023). この骨格化石を研究するため、古生物学、層序学、古地磁気学、地球化学など様々な分野の専門家からなる研究グループが組織された。筆者は、骨格化石に付随したコンクリーションの成因解明のため、この研究グループに参加している。2022年度には、瑞浪市化石博物館において、クリーニング中の骨格化石を含む母岩から、コンクリーションのサンプルを採取した。採取したサンプルは、薄片観察、X線回折(XRD)による構成鉱物の同定、炭酸塩の炭素・酸素安定同位体比( $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$ )の測定を行った。また、これらのデータと産状から、その形成過程を考察した。本稿執筆段階では、これらの内容は公開されていない。

## 2.3 地質学雑誌特別号

2021年9月に開催された日本地質学会第128年学術大会(オンライン, 名古屋大学がホスト校)において、「球状コンクリーションの科学—理解と応用—」と題するシンポジウムが開催された。そのシンポジウムに関連して、地質学雑誌に同名の特集号が企画された。筆者は、この特集号に収録された論文のうち、筆頭著者として1編(村宮・吉田, 2022)に、共著者として3編(御前・村宮, 2022; 大森ほか, 2023; 隈ほか, 2023)に関わった。2022年度には、村宮・吉田(2022)と大森ほか(2023)の修正稿の作成から出版前校正までの作業を行った。隈ほか(2023)については、投稿原稿の作成から出版前校正までの作業を行った。

村宮・吉田(2022)は、「玄能石および玄能石



図2 玄能石コンクリーション。北海道三笠市幌内産。

コンクリーションの産状と成因」というタイトルの総説論文で、玄能石と玄能石コンクリーションに関してこれまで明らかにされた知見を紹介し、今後の研究課題を検討した。玄能石は、双角錐型(2つのピラミッドを底面どうしでくっつけた形)や金平糖型をしたイカアイト(ikaite:  $\text{CaCO}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ )の仮晶で、泥質な堆積岩(物)中に形成される。天然では、イカアイト結晶の形成が低温環境下(7°C以下)に限られることから、玄能石は低温環境の指標として古環境研究に盛んに利用されている(例えば, Vickers et al., 2020; Mikhailova et al., 2021; Merkel and Munnecke, 2023)。また、玄能石や玄能石コンクリーションの成因についても多くの研究が行われ(例えば, Vasileva et al., 2021; Muramiya et al., 2022; Scheller et al., 2022), 近年でもそれらの知見はアップデートが続いている。一方で、近年アップデートされた知見を網羅的にまとめた日本語の文

献はなく、非専門家が手軽に入手できる情報は限られていた。このような状況があり、今回の総説論文の執筆に到った。

大森ほか (2022) は、「双葉層群足沢層 (上部白亜系コニアシアン階下部) 浅海成細粒砂岩の大型アンモナイト密集層と巨大炭酸塩コンクリーション濃集層」というタイトルで、いわき市アンモナイトセンターで見られるコンクリーション濃集層と大型アンモナイト化石の密集層の成因を議論している。本論文では、両者がハンモック状斜交層理 (HCS) の見られる細粒砂岩中に形成されていることに着目し、HCS を堆積させる「ストーム波浪」が両者の形成にどのように影響しているかを、地質学的または地球化学的な証拠から議論している。この中で、筆者は現地調査、サンプル採取、XRD 分析による構成鉱物の同定、 $\delta^{13}\text{C}$  および  $\delta^{18}\text{O}$  分析を行い、それらによって得られたデータ (特に地球化学的なデータ) の解釈および原稿執筆を担当した。

隈ほか (2023) は、「男鹿半島鵜ノ崎海岸の中新統西黒沢層・女川層中に見られる巨大鯨骨ドロマイトコンクリーション群の形成条件」というタイトルで、クジラの骨化石を含む巨大コンクリーション群の形成過程を議論している。男鹿半島鵜ノ崎海岸の波食台上には、直径数十 cm ~ 数 m の巨大なコンクリーションが多数露出しており、現地では「小豆石」として親しまれている (渡部ほか, 2017)。これらのコンクリーションの中心部にはクジラの骨化石が含まれており、本論文では、骨内部の有機物や骨に集まる生物の遺骸がコンクリーションの炭素源になっていると結論づけた。この中で、筆者は特に地球化学的データの解釈を担当した。

## 2.4 アンモナイトコンクリーション

世界各地の中生界からは、アンモナイト化石を含んだコンクリーション (これを「アンモナイトコンクリーション」と呼称する) が産出する。コンクリーションに含まれるアンモナイトの多くは、圧密による変形を免れており、三次元的な殻形状を保持している (例えば, Maeda and Shigeta, 2005; Landman et al., 2015)。また、初期殻や連室細管といった普通は残りにくい微細な構造までもが保存されていることも珍しくない (例えば, Shigeta, 1989)。このことから、アンモナイトコンクリーションは、アンモナイトの古生物学的な理解に大きく貢献してきた。しかし、アンモナイトコンクリーションの形成過程は完全には理解されていない。特に、コンクリーションの形成に関わる有機物分解の過程については、ほとんど分かっていなかった。

本年度の研究では、北海道中川町に分布する白亜系蝦夷層群オソウシナイ層から産出したアンモナイトコンクリーションと、その中に含まれるアンモナイト化石を充填する炭酸塩鉱物を対象に、野外での産状観察、薄片観察、XRD による構成鉱物の同定、X 線顕微鏡による元素マッピング、EPMA による微小領域の元素組成分析、XRF による全岩化学組成分析、 $\delta^{13}\text{C}$  および  $\delta^{18}\text{O}$  分析を行い、それらの結果からコンクリーションの形成過程を考察した。主要な観察と分析は 2022 年度までに終えており、当該年度は論文の執筆を行った。

また、考察を重ねる中で、生物擾乱がコンクリーションの形成を促進する可能性に思い至り、生物擾乱が顕著なオソウシナイ層の比較対象として、その程度が比較的小さい山口県のジュラ系豊浦層群と熊本県の上部白亜系姫ノ浦層群において、堆積構造とコンクリーションの現地調査を行った。

本研究の内容は、*Journal of Sedimentary Research* で公表される予定である (Muramiya et al., in press).

## 2.5 学位取得

2018年度後期～2021年度前期の3年間、名古屋大学大学院環境学研究科博士後期課程に社会人として在籍していた。2022年6月に学位論文を提出し、同年7月28日の公聴会を経て、同年9月27日に博士(理学)の学位が授与された。主論文のタイトルは“The formation process and environment of glendonite and glendonite concretion”(玄能石および玄能石コンクリーションの形成過程と形成環境)で、国内複数産地での玄能石および玄能石コンクリーションの調査をもとに、先駆鉱物のイカアイトの形成環境、玄能石とコンクリーションの炭素源、コンクリーションの形成速度といった観点からそれらの形成過程を明らかにした。また、その形成過程が、初期続成過程を理解する上でどのような意味を持つのかを検討した (Muramiya, 2022)。

## 3. まとめ

本稿では、筆者が2022年度に行ったコンクリーションに関する研究活動について報告した。当該年度は、念願であった博士号を取得することができ、個人的には実りの多い1年間であった。次年度以降も研究活動を着実に進め、コンクリーションの形成メカニズムの解明に貢献していきたいと考えている。

## 文献

安藤佑介・楓 達也・北川博道・合田隆久・甲能

直樹 (2023) : 瑞浪層群宿洞層 (岐阜県瑞浪市釜戸町) よりパレオパラドキシア科の全身骨格の発見. *化石*, **113**, 1–2.

Baird, G. C., Sroka, S. D., Shabica, C. W. and Kuecher, G. J. (1986): Taphonomy of Middle Pennsylvanian Mazon Creek area fossil localities, northeast Illinois: significance of exceptional fossil preservation in syngenetic concretions. *Palaios*, **1**, 271–285.

Clements, T., Purnell, M. and Gabbott, S. (2019): The Mazon Creek Lagerstätte: a diverse late Paleozoic ecosystem entombed within siderite concretions. *Journal of the Geological Society*, **176**, 1–11.

Curtis, C. D., Coleman, M. L. and Love, L. G. (1986): Pore water evolution during sediment burial from isotopic and mineral chemistry of calcite, dolomite and siderite concretions. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **50**, 2321–2334.

Jauvion, C., Audo, D., Bernard, S., Vannier, J., Daley, A. C. and Charbonnier, S. (2020): A new polychelidan lobster preserved with its eggs in a 165 Ma nodule. *Scientific Reports*, **10**, 3574.

隈 隆成・西本昌司・村宮悠介・吉田英一 (2023) : 男鹿半島鵜ノ崎海岸の中新統西黒沢層・女川層中に見られる巨大鯨骨ドロマイトコンクリーション群の形成条件. *地質学雑誌*, **129**, 145–151.

Landman, N. H., Grier, J. C., Grier, J. W., Cochran, J. K. and Klofak, S. M. (2015): 3-D orientation and distribution of ammonites in a concretion from the Upper Cretaceous Pierre Shale of Montana. *Swiss Journal of Palaeontology*, **134**, 257–279.

- Loyd, S. J., Berelson, W. M., Lyons, T. W., Hammond, D. E. and Corsetti, F. A. (2012): Constraining pathways of microbial mediation for carbonate concretions of the Miocene Monterey Formation using carbonate-associated sulfate. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **78**, 77–98.
- Maeda, H. and Shigeta, Y. (2005): Maastrichtian Ammonoid fauna from the Pugachevo area, Southern Sakhalin, Russian Far East. *National Science Museum Monographs*, **31**, 121–136.
- Martill, D. M. (1988): Preservation of fish in the Cretaceous Santana Formation of Brazil. *Palaeontology*, **31**, 1–18.
- Merkel, A. and Munnecke, A. (2023): Glendonite-bearing concretions from the upper Pliensbachian (Lower Jurassic) of South Germany: indicators for a massive cooling in the European epicontinental sea. *Facies*, **69**, 10.
- Mikami, T., Ikeda, T., Muramiya, Y., Hirasawa, T. and Iwasaki, W. (2023): Three-dimensional anatomy of the Tully monster casts doubt on its presumed vertebrate affinities. *Palaeontology*, **66**, e12646.
- Mikhailova, K., Rogov, M., Ershova, V., Vereshchagin, O., Shurekova, O., Feodorova, A. and Zakharov, V. (2021): Middle Jurassic-Lower Cretaceous glendonites from the eastern Barents Shelf as a tool for paleoenvironmental and paleoclimatic reconstructions. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **579**, 110600.
- 御前明洋・村宮悠介 (2022): 国内の上部白亜系におけるアンモノイドを含むコンクリーションの産状. *地質学雑誌*, **128**, 27–28.
- Mozley, P. S. and Burns, S. J. (1993): Oxygen and carbon isotopic composition of marine carbonate concretions: an overview. *Journal of Sedimentary Petrology*, **63**, 73–83.
- Muramiya, Y. (2022): *The formation process and environment of glendonite and glendonite concretion*. Doctoral thesis, Nagoya University, 80p.
- 村宮悠介・吉田英一 (2020): 日本の玄能石と玄能石コンクリーション: 産出地層の堆積環境. *深田地質研究所年報*, **21**, 47–58.
- 村宮悠介・吉田英一 (2022): 玄能石および玄能石コンクリーションの産状と成因. *地質学雑誌*, **128**, 395–409.
- 村宮悠介・三上智之・吉田英一・勝田長貴・隈隆成 (2023): メゾンクリークの菱鉄鉱質コンクリーション群におけるコンクリーション中の炭素量と化石サイズの関係. *日本古生物学会第172回例会講演予稿集*, 46.
- Muramiya, Y., Yoshida, H., Katsuta, N., Kuma, R. and Mikami, T. (in press): Formation of ammonite concretions through organic decomposition in the iron-reduction zone. *Journal of Sedimentary Research*.
- Muramiya, Y., Yoshida, H., Minami, M., Mikami, T., Kobayashi, T., Sekiuchi, K. and Katsuta, N. (2022): Glendonite concretion formation due to dead organism decomposition. *Sedimentary Geology*, **429**, 106075.
- 大森 光・安藤寿男・村宮悠介・歌川史哲・隈隆成・吉田英一 (2023): 双葉層群足沢層 (上部白亜系コニアシアン階下部) 浅海成細粒砂岩の大型アンモノイト密集層と巨大炭酸塩コンクリーション濃集層. *地質学雑誌*, **129**, 105–124.
- Plotnick, R. E., Young, G. A. and Hagadorn, J. W.

- (2023): An abundant sea anemone from the Carboniferous Mazon Creek Lagerstätte, USA. *Papers in Palaeontology*, **9**, e1479.
- Scheller, E. L., Grotzinger, J. and Ingalls, M. (2022): Guttulatic calcite: A carbonate microtexture that reveals frigid formation conditions. *Geology*, **50**, 48–53.
- Shigeta, Y. (1989): Systematics of the ammonite genus *Tetragonites* from the Upper Cretaceous of Hokkaido. *Transactions and Proceedings of the Palaeontological Society of Japan*, **156**, 319–342.
- Vasileva, K., Vereshchagin, O., Ershova, V., Rogov, M., Chernyshova, I., Vishnevskaya, I., Okuneva, T., Pokrovsky, B., Tuchkova, M., Saphronova, N., Kostrov, Y. and Khmarin, E. (2021): Marine diagenesis of ikaite: Implications from the isotopic and geochemical composition of glendonites and host concretions (Palaeogene-Neogene sediments, Sakhalin Island). *Sedimentology*, **68**, 2227–2251.
- Vickers, M. L., Lengger, S. K., Bernasconi, S. M., Thibault, N., Schultz, B. P., Fernandez, A., Ullmann, C. V., McCormack, P., Bjerrum, C. J., Rasmussen, J. A., Hougård, I. W. and Korte, C. (2020): Cold spells in the Nordic Seas during the early Eocene Greenhouse. *Nature Communications*, **11**, 4713.
- 渡部 晟・澤木博之・渡部 均 (2017) : 秋田県男鹿半島鵜ノ崎の中・上部中新統 (西黒沢層・女川層) に含まれる炭酸塩コンクリーション中の脊椎動物化石の産状. 秋田県立博物館研究報告, **42**, 6–17.
- 吉田英一 (2023) : 球状コンクリーションの理解と応用. 地質学雑誌, **129**, 1–16.