

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 22 日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2010～2013

課題番号：22340149

研究課題名(和文) 太古代大型微化石群からさぐる初期地球の生態系進化と生物多様性

研究課題名(英文) Early evolution of ecosystem and biotic diversity revealed from Archean large microfossils

研究代表者

杉谷 健一郎 (Sugitani, Kenichiro)

名古屋大学・環境学研究科・教授

研究者番号：20222052

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 15,000,000円、(間接経費) 4,500,000円

研究成果の概要(和文)：西オーストラリアの太古代の地層であるスティルリープール層(34億年)の4地点、ファレル珪岩層(30億年)の複数地点から産出する微化石について詳細な研究を行った。スティルリープール層では地点毎に産出する形態タイプが若干異なること、またこの34億年前の微化石群とファレル珪岩の微化石群では、レンズ状微化石のコロニーの産状が大きく異なることも明らかとなった。また塩酸-フッ化水素酸分解でレンズ状、球状、フィルム状等の有機質微化石を抽出し、レンズ状微化石の本体を取り囲むツバ(フランジ)には小胞や繊維状組織、網目状組織があることを確認した。太古代の微生物群が想像以上に多様であったことを明らかにした。

研究成果の概要(英文)：We performed detailed studies on Archean microfossils collected from 4 localities in the 3.4 Ga Strelley Pool Formation (SPF) and multiple localities in the 3.0 Ga Farrel Quartzite (FQ) in the Pilbara Craton, Western Australia. Morphological assemblages of SPF microfossils are not identical between localities. Furthermore, habit of colony of SPF lenticular microfossils is distinct form that of FQ lenses. The former is comprised only of lenses, whereas the latter is in most cases associated with small spheroids. HF-HCl extraction of the lenticular microfossils was successful and revealed the occasional presence of small vacuoles, fibrillar structures, and/or reticulation in their flanges. These results indicate the presence of surprisingly diverse and complex microorganisms in the Early and Mesoarchean shallow water ecosystem.

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：地質学

キーワード：西オーストラリア 太古代 有機質微化石

1. 研究開始当初の背景

申請者らは 2001 年、西オーストラリア・ピルバラクラトン・ゴールズワージー地域のファレル珪岩層 nioite 浅海成黒色チャートを採取し、その中にレンズ状、球状、フィルム状等多様な形態を有する大型の有機炭素質の構造を発見した(図 1 参照)。そして科学研究費補助金(基盤 B)(H19-21)等の補助を得て研究を進め、これらの構造が約 30 億年前に存在した微生物群の化石であることを立証した。この研究を発展させるべく申請者らは、ストロマトライトの産出で知られるが、これまではっきりとした微化石の報告がないピルバラクラトンのスティルリール層(34 億年前)、そして紡錘状の化石様構造の報告はあるもののその真偽が定まっていなかった南アフリカのバックリーフチャート(34 億年)においても微化石探索を行い、それらの中にも同様の大型微化石群が含まれることを確認した(下図 3,4 参照)。この一連の発見によってすなわち、西オーストラリアと南アフリカに 30~34 億年前の浅海域に存在した微生物群の比較研究が可能となった。

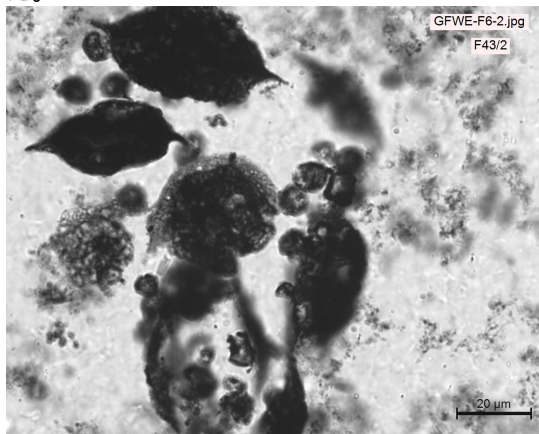


図 1 レンズ状微化石(ファレル珪岩層)

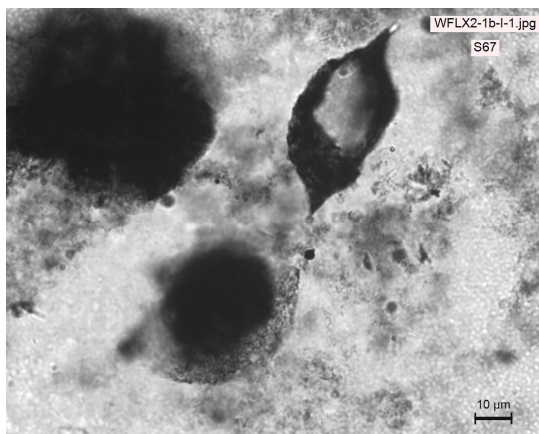


図 2 レンズ状微化石(スティルリール層)

2. 研究の目的

本研究の目的は、太古代浅海域の生物多様性を時間的、空間的に定量的に記述することによって、初期地球における表層生態系の成立と進化の過程を明らかにすることである。西オーストラリアと南アフリカに産し、30~34

億年前の浅海域で堆積したチャートに含まれる微化石群の形態を系統的に分類する基準を確立し、微量元素組成や岩相から母岩の堆積環境と成因をより詳しく調べる。古生物学的・堆積学的・地球化学的アプローチにより、これら太古代微化石群の分類学的位置づけに迫り、酸素発生型光合成細菌そして真核生物の出現が 30 億年以前に遡ることを立証する。

3. 研究の方法

研究は以下の方法で行った。

3-1. 西オーストラリアと南アフリカで追加試料の採取を試み、なるべく多くの標本を集める。

3-2. 薄片作成を行い、その中に含まれる微化石を記述し、試料採取地点ごとにデータベースを作成する。

3-3. そのデータベースに基づいて、地点間、年代間の類似点、相違点を明確化する。

3-4. 花粉分析の手法を応用して微化石を抽出しプレパラートを作成し、通常の顕微鏡で詳細な観察とサイズ測定等を行う。

3-5. 抽出した化石を走査型・透過型電子顕微鏡で細胞膜表面の微細構造を観察する。

3-6. 微化石毎の同位体測定を行い、生物起源性を明らかにし、さらにメタボリックな特徴を考察する。

4. 研究成果

4-1. 追加標本の採集

南アフリカ・バックリーフチャートにおいて採取した試料には微化石が含まれなかったものの、ピルバラクラトン・スティルリール層においては、新たな微化石産出地点を確認した(発表論文 1)。これによりスティルリール層の微化石産出地点は 4 地点となり、その遍在性が示された。この新しい地点は、パノラマグリーンストーンベルトにあり、ストロマトライトの代表的露頭の近傍(約 1km 南)に位置し、スティルリール層がその年代も含めて最も詳しく調査されているエリア内にある。

ゴールズワージーグリーンストーンベルトのウォーターフォール地点でも再採取を行ったが、極めて保存状態の良い標本だけでなく、これまでに確認されてなかった新しいタイプの微化石が見つかった。またファレル珪岩層からは数 km にわたって安定して微化石が産出するという実績があり、問題なく追加試料を採取した。

4-2. 薄片観察にもとづくデータベース作成

ファレル珪岩層、スティルリール層あわせて 50 枚近くの薄片作成を行い、その全てに付いて観察を修了した。データベース作成は 70%程度終了した。

4-3. 地点間の、年代間の相違点の認識

ファレル珪岩層の地点間の相違については産出が連続的である為、かえって明確化することが困難であったが、場所によりフィル

ム状の微化石が卓越するところ、そうでないところがあることが明確になりつつある。ファレル珪岩とスティルリープ層では、前者には中空のフィラメント状微化石が、数十枚の薄片の中に全く見つからないのに対してスティルリープ層では数は少ないものの、数 μm の直径のもの、そして10 μm から20 μm に達する直径をもつもの、2タイプが確認された。またファレル珪岩層ではフィルム状微化石が多産するのに対して、スティルリープ層では極めて少ないなどの違いがあることが分かった。最も明確、かつ重要な違いは、前者に含まれるレンズ状微化石が小型球状微化石と共にコロニーを形成する場合が卓越するのに対して(図1)、後者ではレンズ状微化石だけでコロニーを形成する(図3)。なお、ファレル珪岩層の場合、レンズ状微化石にはその内部に小型球体を含むものが見つかり、またレンズ状微化石が破裂し、その内部から小型球状微化石が放出されているように見えるものも確認された(図1)。さらに次節で述べるようにスティルリープ層では、ウォーターフォール地点とパノラマ地点ではレンズ状微化石の形状に大きな違いがあった。

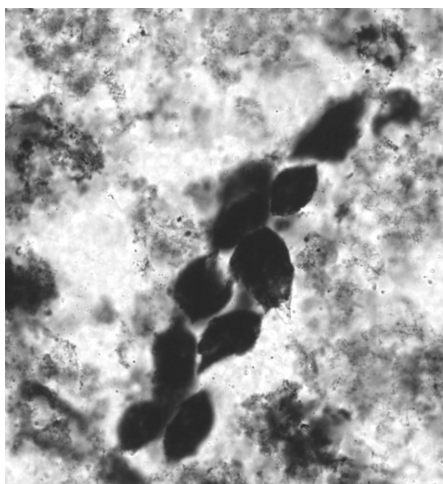


図3 レンズ状構造のみからなるコロニー

4-4. 微化石の抽出

塩酸-フッ化水素酸で母岩であるチャートを冷温分解することによって、微化石を抽出することに成功した。これによりプレパレート封入して、レンズ状微化石を極方向から観察すること、すなわち長径、短径、フランジがある場合はその幅を測定することが可能となった。現時点でウォーターフォール地点とパノラマ地点のレンズ状微化石の形状について前者が真円に近いのに対し、後者は楕円形のモノが多いという結果が得られている。またフランジ部に網目状構想、小胞状構造、繊維状構造が確認できるもの(ファレル珪岩標本)も、この抽出標本の観察から明らかになった(図4)。

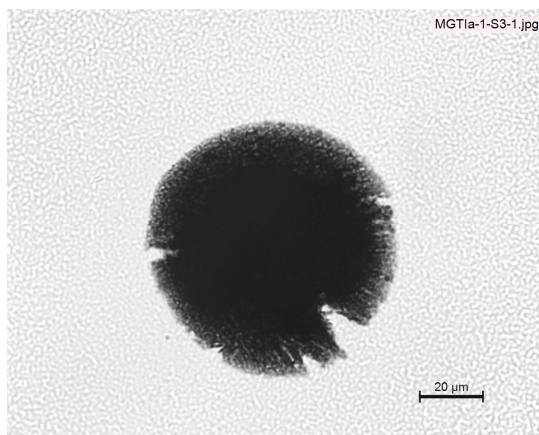


図4 ファレル珪岩から抽出した微化石

3-5. 抽出標本の電子顕微鏡観察

抽出標本を乾燥し電子顕微鏡観察を行った。薄片観察においてフランジ部にしばしば認められる網目状構造が確認できたが、これが乾燥による収縮によるものかどうかについては今後の検討を要する。

3-6. 微化石の炭素同位体直接分析

海外研究協力者によりスティルリープ層の微化石を対象として個々の微化石の炭素同位体比測定が行われた。レンズ状微化石と小型球状微化石では、測定結果のピークが -35‰ 前後にくるのに対して、レンズ状では -32‰ 程度であり、統計的にも明確に異なる値を持つこと、レンズ状微化石に含まれることのある、粒状構造は -37‰ というさらに低い値をもつことが明らかになった。このような同位体比の不均質性はこれらの生物起源性を裏付けるだけでなく、太古代微生物の代謝の多様性を反映するものと考えられた(発表論文2)

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計2件)

- 1) Sugitani, K., Mimura, K., Nagaoka, T., Lepot, K., and Takeuchi, M. (2013) Microfossil assemblage from the 3400 Ma Strelley Pool Formation in the Pilbara Craton, Western Australia: Results from a new locality. *Precambrian Research* 226, 59-74.
- 2) Lepot, K., Williford, K.H., Ushikubo, T., Sugitani, K., Mimura, K., Spicuzza, M.J., and Valley, J.W. (2013) Texture-specific isotopic compositions in 3.4 Gyr old organic matter support selective preservation in cell-like structures. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 112, 66-86.

[学会発表](計4件)

- 1) Kenichiro Sugitani "Newly discovered

microfossils from the 3.4 Ga Strelley Pool Formation in the Pilbara Craton, Western Australia. American Geophysical Union Fall Meeting (San Francisco, USA, 2011.12.04-12.08)

- 2) Kenichiro Sugitani "Life cycle and taxonomy of Archean flanged microfossils (spindles) from the Pilbara Craton, Western Australia. International Geological Congress (Brisbane, Australia, 2012.08.04-2012.08.11)
- 3) 杉谷健一郎 「つば状突起 (フランジ) を有する太古代微化石の抽出」第5回ストロバイオロジーワークショップ (於国立天文台, 2012.11.23-24)
- 4) 杉谷健一郎 「つば状突起 (フランジ) を有する太古代アクリタークは真核生物か? 日本地質学会 2013 年大会 (於東北大学, 2013.9.15)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕
出願状況 (計 0 件)

名称 :
発明者 :
権利者 :
種類 :
番号 :
出願年月日 :
国内外の別 :

取得状況 (計 0 件)

名称 :
発明者 :
権利者 :
種類 :
番号 :
取得年月日 :
国内外の別 :

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.info.human.nagoya-u.ac.jp/~sugi/Site/HOME.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

杉谷 健一郎 (SUGITANI, Kenichiro)
名古屋大学・大学院環境学研究科・教授
研究者番号 : 202220521

(2) 研究分担者

三村 耕一 (MIMURA, Koichi)

名古屋大学・大学院環境学研究科・准教授
研究者番号 : 80262848

山本鋼志 (YAMAMOTO, Koshi)
名古屋大学・大学院環境学研究科・教授
研究者番号 : 70183689

(3) 連携研究者

なし ()
研究者番号 :