

# 論文内容の要旨

論文題目：シアノバクテリア培養によるストロマトライト形成実験

(Formation of stromatolite-like structures

by *in-vitro* cyanobacteria culturing)

氏名 山本 純之

ストロマトライトはシアノバクテリアによって形成されることから、シアノバクテリアのマット形態がストロマトライトの形態を支配すると考えられるが、その形成機構の詳細は不明である。本研究では、シアノバクテリアの培養実験を行い、ストロマトライト形成の再現を試みた。特に典型的なドーム型ストロマトライトの形成を目指した。ストロマトライトの再現には①マットの形成、②凸構造の形成、③層構造の形成、および④石灰化（固化）という4つの段階が必要と考えられる。特に③については、シアノバクテリアのマットがストロマトライト層構造を作る上での不可欠な過程として、碎屑物による周期的埋没実験が重要である。本研究では、実験条件が難しい④を除く、①、②および③について実験を行った。

まず、①の段階を達成するため、平坦なマットの安定形成手法の開発を行った。次に、②の段階として、10種のシアノバクテリアを用い、シアノバクテリアが形成する平坦なマット上の凸構造を詳しく観察した。更に、③の段階として、仮想的な碎屑物（シルト相当の粒径のガラスビーズ）を用いて、1週間毎に凸構造とマットを覆う実験を行い、埋没に対するマットの応答を観察した。なお、ガラスビーズは液体培地と十分に混合したものを加えた。堆積物供給量の違いを反映させるため、混合前の体積率で、ガラスビーズをそれぞれ培地の25% および10% 含む（各々ビーズ層の厚さが約1mmおよび約0.5mmに

相当) 実験, 更に, ガラスビーズよりも軽い実際の碎屑物 (粘土粒子等) に覆われる場合を想定し, 粘土サイズの石灰粉末を混合した培地を加える実験 (マットを被覆する厚さは約 0.04 mm) を行った.

以上の実験の結果, 10 種中 5 種で凸構造が形成された. 特に, 2 種のシアノバクテリアは大量の多糖類を分泌し, 実際のストロマタイトの外形と類似したドーム型凸構造を形成することが明らかになった. この凸構造は, 主にバクテリアが分泌した多糖類から構成される. 多糖質部は選択的に石灰化されることが知られているため, 実際に石灰化が起きる環境ならば, その形態が化石として保存される可能性が高いと推定される. なお, 凸構造を形成する残り 3 種は小さな (5mm 以下) 円錐型凸構造を形成し, 前 2 種のようなドーム型凸構造は形成しなかった.

**Nostoc** sp. A では被覆量 0.5 mm, および被覆量 0.04 mm の場合, ドーム型凸構造がマット上に形成されることが明らかになった. 特に, 被覆量 0.04 mm の場合には, 凸構造中に複数の石灰粉末のドーム型薄層が約 1 mm 周期で形成された. これは粘度が高い多糖類中に石灰粉末層を保持したまま, 凸構造が 0.7mm / week の速さで生長しているためである (石灰粉末層も 0.3mm / week の速さで沈降している) と考えられる. なお, 1 枚のドーム型薄層は 1 週間毎の被覆と対応して形成される. すなわち, 厚さが約 5 mm のマットならば, 少なくとも 5 週間の間, 1 枚のドーム型薄層が凸構造に保存されることになる. 被覆量 0.5 mm の場合は, 凸構造中にガラスビーズ層を形成することはなかった. これは, ガラスビーズ粒子が重いため, ビーズ含有培地を加えた後, 数時間の内に粒子が沈降してしまうためであると考えられる. 一方, 被覆量 1 mm の場合には, マット中のドーム型構造は形成されないものの, マット下位のビーズ層中には, 薄い多糖類層が複数層形成された. 一方, 円錐型凸構造を形成する **Leornicium luridum** var. **olivace** を用いた被覆量 0.5mm の実験の場合には, ガラスビーズ層と有機物層の互層が約 3 カ月に一組形成された. この時, 有機物層にはシアノバクテリアとその分泌物およびガラスビーズからなる 1~5 mm 程度の球状の塊が見られる. また, シアノバクテリアが放出する気体が有機物層内に厚さが約 5 mm の気泡を形成し, 層構造は多孔質になった.

以上の観察から, ドーム型凸構造中に碎屑物が明瞭な層構造として保存される場合は, 石灰粉末等の軽量の粒子が薄く堆積する場合であると推定される. このような薄い層がマットの最下部に沈降するまで (本研究では少なくとも 5 週間) に, 石灰化が起これば, この薄層は化石としても保存される可能性が高い. 一方, 大量の重い碎屑物粒子が供給され

る場合には、多糖類からなるマットが急激に埋没することによって平坦な層構造が形成されることが明らかになった。これら2種の層構造は、多糖類が石化して保存された場合、碎屑物からなるドーム型葉理および平行葉理として各々容易に区別できる。なお、*Nostoc* sp. A と同様にドーム型凸構造を形成する *Nostoc* sp. B も被覆量 0.04 mm の場合にドーム内に薄層を形成する。このように、細粒の薄層で被覆された場合にのみ観察されたドーム型層構造は、先カンブリア時代の化石ストロマトライトが普遍的に持つ細粒かつ緻密なドーム型層構造によく類似し、これまでに実験室内で培養された「人工ストロマトライト」として報告された例の中で、最も天然のストロマトライトに近いものであると言える。更に、*Thermosiphon* *viridulum* var. *clivace* の実験で観察された球構造や気泡は現世ストロマトライトに見られる clot という小球や fenestrae と呼ばれる空隙のサイズとほぼ等しい。*Thermosiphon* *viridulum* var. *clivace* の層構造は化石および現世の多孔質ストロマトライトの層構造と多くの類似点を持ち、培養実験によって現世ストロマトライト様の構造を再現出来た最初の例といえる。

本研究では、バイオマットを生長させることにより、内部葉理を持つドーム型凸構造という、化石および現世ストロマトライトに最も近いものを実験室内で形成できた。ドーム型凸構造は多糖類分泌能力が高い種のシアノバクテリアによって形成され、薄く被覆された時にのみ凸構造中に葉理の形成が見られる。一方、多糖類分泌能力が低いシアノバクテリアを用いることで、現世ストロマトライトに見られる特徴的な空隙を持つ層構造と酷似したものの形成にも成功した。本研究の結果、典型的ドーム型ストロマトライト形成には、マットを作るシアノバクテリア種の選択性があること、またシアノバクテリアマットの被覆量が内部層構造の形成に重要な要素となることが明らかになった。