

論文審査の結果の要旨

氏名 山本 純之

本論文は、地球の初期生命史を明らかにする上で特に重要な化石であるストロマトライト構造の形成過程について、実際にシアノバクテリアを培養することによる室内実験を通して、その詳細の解明を試みた独創的な研究である。

先カンブリア時代、特に原生代の地層から多産するストロマトライト化石は、一般に三次元ドーム状の外部形態を持ち、かつそのドーム内に外形とほぼ平行な細かなラミナを持つことを特徴とする。類似の形態を持つ現世ストロマトライトが、光合成を行うシアノバクテリアによって形成されることから、生命史の中で初めて光合成生物が出現した時期、あるいは大気中の酸素分圧が増加した時期などの、地球史および生命史上重要な事件を特定する上で、極めて重要な化石として認識されている。しかし、シアノバクテリアが作るその複雑な構造の具体的形成プロセスについては、単純なモデルの提案はあるものの、詳細はほとんど解明されていなかった。

そこで、論文申請者は、実際に天然でストロマトライトを作ることが確認されているシアノバクテリアの菌株を入手し、それらを実験室内において長期間培養し、天然のストロマトライトと同様の構造を作ることを試みた。実験に先立ち、論文申請者は天然（化石および現世）ストロマトライトの構造の観察および考察に基づき、ストロマトライトの形成が、本質的に以下の4段階からなることを見出した。すなわち、1) 平坦なマットの形成、2) 三次元ドーム型凸構造の形成、3) 内部ラミナの形成、そして4) 石灰化（固化）である。その中で、最後の固化については天然の海水組成や結晶化の条件を事件室内で調整することがきわめて難しいため、1) から3) までのステップについての実験を行った。以上の視点に基づく長期間（長い例では1年半）の実験を繰り返した結果、ほぼ天然のストロマトライトに類似した三次元形態のバクテリア・マットを実験室内で形成することに世界で初めて成功した。これによって特にドーム形状態および内部ラミナの形成過程について多くの知見を得ることに成功した。

本論文は5章から構成される。第1章では、本論文の導入部として本研究テーマに取り組んだ研究動機および研究目的が明確に示されている。第2章では、ストロマトライトに関する約100年に及ぶ研究史が詳しくレビューされており、

本研究開始前の段階までにおける既存の知識および問題点が要領よくまとめられている。

第3章では、実験室内においてシアノバクテリア培養によるストロマトライト様構造を形成するための実験手法が詳細に説明している。実験は以下の3段階、1)すべての実験の出発点になる平坦なマットの安定形成、2)三次元の上方凸型ドーム構造の形成、および3)ドーム構造内でのラミナ形成からなる。論文申請者は、実験に使用したシアノバクテリアの種の選択を説明した後で、これらの各ステップを簡潔にまとめ、またシアノバクテリア培養時に行った各種測定（クロロフィル量、マット面積の経時変化、凸構造サイズの経時変化、シアノバクテリア分泌物の化学組成分析）について説明している。

第4章では、試行した10種の中で5種が三次元凸構造を作り、中でも *Nostoc* 属の2種と *Phormidium* 属の1種がドーム構造を作る過程を詳細に記述している。また被覆実験で *Nostoc* 属の2種が凸状の内部ラミナを順次形成する明確な証拠を提示している。

第5章は議論にあてられ、その主要な結論は以下の5点に集約される。1) 明瞭なドームを作るのは多糖類分泌能の高いシアノバクテリアに限られる、2) ドーム構造の成長限界は培養液面および隣接ドームとの接触で制限される、3) 凸型ドームおよびラミナ形成において被覆碎屑物層の厚さに閾値がある、4) *Nostoc* 属の作る構造は化石ストロマトライトの一部の形態と酷似する、5) 現世ストロマトライトがもつクロット組織を再現した。

本論文の独創性は、これまでに世界の誰もが実現できなかった、天然のストロマトライトとほぼ同様な形態を持つシアノバクテリア・マットを初めて実験室内で作ってみせた点にある。特に、平坦なバクテリア・マットの安定作成やそこからドームを作る手法や人工的に碎屑物粒子を定期的リズムで被覆させて内部に凸状ラミナを作る手法の開発は、極めて独創性に富むものである。なお、本論文のうち、第2、4、5章は磯崎行雄との共同研究であるが、論文提出者が主体となって分析し、考察を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

これらの点を鑑み、審査委員全員は本論文の独創性・萌芽性と、ストロマトライト研究への新たな手法を開拓した点を高く評価し、審査委員会では全員が本論文を博士（理学）の学位を受けるに値すると判断した。