

論文審査の結果の要旨

論文提出者氏名 下條 将徳

地球は生命が躍動し、海洋や大陸が存在する活動的かつ多様化した惑星である。この地球の進化を考える上で、初期条件ともなるべき初期進化の解読は極めて重要な制約を与える。本研究は、初期進化解読の基盤となるプレートテクトニクスの最古の証拠と地球最古の岩石の発見を報告している。

第1章では、初期地球研究の概要と直面すべき問題点について述べられている。この時期は地球が最も急速に進化した時代であり、隕石や数値計算の研究から様々な大イベントがあったとされる時代である。そのような初期進化を定量的に読み解くためには物質学的（岩石学的）研究が必須であるが、初期太古代（36億年前以前）の地質体は非常に限られているため困難とされてきた。加えて、38億年前以前の表成岩（堆積岩や噴出岩など）はイトサック片麻岩体のイスア地域とアキリア島に限られているため、初期太古代の地球表層環境の解読はさらに難しいとされる。

研究対象地域であるカナダ・ラブラドルのサグレック岩体は、これまで37億年前の地質体とされてきたが、39億年前以前のジルコンも予察的に報告されており、その年代について長らく論争がされてきた。その原因として、筆者は岩石の年代を決める上で現在最も信頼される年代決定法であるジルコンの年代決定手法が確立された1990年代以降に研究がされていないことを挙げた。特に、地質学、鉱物の結晶度の保存状況を測るカソードルミネッセンス分析による鉱物学とLA-ICP-MSなどの局所同位体分析による地球年代学を組み合わせた総合的な年代決定の必要性が説かれ、その手法を本地域に適用し、本地域の地質体年代を決定することの重要性が述べられている。

第2章では、サグレック岩体の6地域で行われた地質調査の結果を基に、39.2億年前にはプレートテクトニクスが機能していたことが示されている。従来の研究では、花崗岩質片麻岩と表成岩の地質学的関係や表成岩帯内部の地質について詳しく言及されていない。そこで、本研究では比較的変成度や変形度が低く、露出が良好な6地域において詳細な地質調査を行い、以下のことを明らかにした。（1）表成岩帯は低角な断層によって境界づけられた、類似した岩相層序を持つ複数のホースが覆瓦状に累重した地質構造を持つ。（2）そのホース内の原岩層序は下位よりかんらん岩、玄武岩質溶岩、縞状鉄鉱層、碎屑性堆積岩類からなり、オフィオライト層序をなす。（3）ホースを境界づける断層は上位側では北に、下位側では南に収斂することからその断層はリンクスラストであると考えられ、その地質構造はデュープレックス構造であると認められる。本地域の地質はオフィオライト層序とデュープレックス構造によって特徴づけられることから付加体由来であると考えられる。付加体の存在は沈み込みがあったことを示し、オフィオライト層序の存在は海洋や剛体プレート拡大の証拠を提供する。以上から筆者

はヌリアック表成岩の形成時にはプレートテクトニクスが機能していたと結論づけた。この結果は、従来に比べてプレートテクトニクスの開始時期を1億年以上更新するものであり、初期地球のテクトニクスの理解に新しい知見を与える極めて重要な成果である。

第3章では、本地域に産する花崗岩質片麻岩（Iqaluk-Uivak 片麻岩）の年代測定結果を基に、39.2億年前の形成年代を持つ花崗岩質片麻岩が存在することが示されている。一般に太古代地質体は、強い変成作用や複数の異なる年代を持つ花崗岩の貫入によって、若返りを受けている。そこで、露頭の産状をもとに相対年代を制約する地質学的研究、カソードルミネッセンス分析や鉱物中の放射性元素含有量から鉱物の結晶破壊度などを推定する鉱物学的研究と局所同位体分析による地質年代学的研究を組み合わせ、より定量的に花崗岩質片麻岩の年代を決定することを試みた。その結果、地質学的産状から最も古いとされる花崗岩質片麻岩が39.2億年前の形成年代を持つことがわかった。表成岩はこの花崗岩質片麻岩体に構造的に切られていることから、この岩体より古く、39.2億年前以前に形成されたと考えられる。現存する最古の表成岩の年代は38.3億年前であるため、本地域の表成岩が地球最古のものとなる。この結果は、これまでの最古の表成岩の記録を1億年程度更新するものであり、画期的な成果であると言える。

第4章では、本地域全体の花崗岩質片麻岩の年代測定を系統的に行い、初期太古代の花崗岩質大陸地殻の形成と破壊について考察した。花崗岩質片麻岩や礫岩など33試料中のジルコンの年代分析の結果、本地域では33億年前から39億年前の期間に断続的に7回の花崗岩質大陸地殻形成プロセスが起きていたことがわかった。また、古い花崗岩質大陸地殻が、若い花崗岩質片麻岩によって貫入されて限られた地域にしか残されていないことと若い花崗岩質片麻岩中に残存鉱物として古い年代を持つジルコンが残されていることから地殻のリワーキング（破壊と再生）が初期太古代で既に起こっていたことがわかった。本研究結果は、初期太古代は未だ地殻量が乏しく、未分化な地殻から構成されているとする定説を覆す新しい知見を与えた。

第5章では第2章から第4章までの内容を総合化し、初期太古代のテクトニクスや地殻形成についてまとめた。本研究によって4つの新しい知見が得られた。一つ目はプレートテクトニクスの開始時期が1億年以上更新されたこと。二つ目は、地質学、鉱物学と地質年代学の総合的な研究によって、世界で2番目に古い39.2億年前の花崗岩質片麻岩を発見したこと。三つ目は、その花崗岩質片麻岩に表成岩が切られているという地質学的産状から、本地域の表成岩が世界で最も古いものであることを示したこと。四つ目は、初期太古代に既に地殻の破壊と再生が起きていたことを示したことである。

以上のように、本論文は、地質学、鉱物学と地質年代学の総合的な研究から、最古のプレートテクトニクスの証拠や地球最古の表成岩の発見など初期地球進化解読における多くの新しい知見をもたらし、学術的に大きな貢献が認められる。以上の点から本論文は、博士（学術）の学位を与えるのにふさわしい内容であると、審査委員会は全員一致で判定した。