

## 論文の内容の要旨

論文題目 世界最古の表成岩の発見：カナダ・サグレック岩体の地質と年代研究

Discovery of the oldest supracrustal rocks in the world:  
Geology and geochronology of the Saglek Block, Canada

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表成岩の発見を報告する。

第1章では、初期地球研究の概要と直面している問題点について述べた。冥王代から初期太古代（地球形成～およそ36億年前）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、月を形成したジャイアントインパクト、マグマオーシャン、核の形成、マントル分化、初期地殻の形成、後期重爆撃期の中の多量な隕石衝突などの劇的なイベントがあったとされる。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、初期太古代以前（36億年前以前）の地質体は、地球上でカナダのアスタ片麻岩体、ヌヴァギトゥック緑色岩体、サグレック岩体、西グリーンランド南部のイトサック片麻岩体、中国のアンシャン地域の非常に限られた地域のみでしか見つかっていない。さらに、38億年前以前の堆積岩や噴出岩などの表成岩類が分布する地域は、西グリーンランド南部・イスア地域、同・アキリア島、そしてサグレック岩体の3地域に限られている。このことが初期太古代の地球表層環境の解読を難しくしている。

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、North Atlantic Cratonの西端に位置し、Uivak片麻岩の年代によりおよそ37.3億年前の地質体とされてきたが、39億年前以前のジルコンを含む花崗岩質片麻岩も予察的に報告されており、その年代について長く

論争が残っていた。その原因として、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が挙げられる。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、LA-ICP-MSなどの局所同位体分析による地球年代学の組み合わせた総合的な年代決定の必要性を示し、その手法を本地域に適用し、本地域の年代を決定することの重要性について述べた。

第2章では、サグレック岩体の Saglek-Hebron 地域の主に6地域における地質調査結果について述べ、その研究結果をもとに39億年前にはプレートテクトニクスが機能していたことを示した。本地域には既存の地質図があるものの解像度に乏しく、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。そのため、表成岩の形成年代の制約や表成岩帯の形成過程について詳しく述べられている研究はなかった。本研究では、それら関係を明らかにすることを重点におき、比較的変成度や変形度が低く、露出が良好な6地域において地質調査を実施し、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(ブロック)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。本地域の地質構造はオフィオライト構造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、剛体プレートとそのプレートの拡大があったことを示す。以上の証拠からすでにプレートテクトニクスが機能していたと結論づけた。また、本地域の表成岩類は、花崗岩質片麻岩により構造的に切られていることから、表成岩類は花崗岩質片麻岩よりも古いことが明らかとなった。

第3章では、本地域に分布する花崗岩質片麻岩(Iqaluk-Uivak片麻岩)の年代測定結果について述べ、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を示した。一般に太古代地質体は、比較的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り若返りを受けており、地質体の正確な年代決定が困難であることが多い。サグレック岩体においても、地質体の年代については論争に決着がついていない。こうした問題解決のため、従来の初期太古代研究では重要視されていない地質学的研究や鉱物学的研究にも重点を置く必要があると考えた。そこで本論文では、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LA-ICP-MSによる局所同位体分析による地球化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明らかとなった。第2章で示した通り、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。

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リワーキング（破壊）について考察した。本章においても、第3章で確立した地質学的研究、鉱物学的研究および地球化学的研究の組み合わせによって年代決定を行った。花崗岩質片麻岩やレキ岩など33試料中のジルコンの年代分析の結果、本地域では従来3回と認識されていた花崗岩質大陸地殻形成プロセスは、33億年前から39億年前の期間に断続的に7回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）が39億年前頃の初期太古代に既に起こっていたことを明らかにした。

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、従来の研究より1億年以上前に遡れたことである。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である。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である。四つ目は、初期太古代に既に地殻の破壊が起きていたことを示したことである。最初期太古代の直接的な物的証拠が得られることにより、今後の最初期太古代研究のみではなく、冥王代物質の探索および発見並びに冥王代表層環境解明が期待される。