

審査の結果の要旨

論文提出者氏名： 沢田 輝

本研究は、太陽系惑星の中で地球に固有な大量の花崗岩質大陸地殻について、その地球史を通じた成長史および形成過程を新たな視点と研究方法によって論じたものである。

地球表層の約 30%を占める花崗岩質大陸地殻のほとんどは、地球表層で起きるプレート沈み込み過程によって形成されてきた。そもそも大規模な物質・エネルギー循環機構であるプレート・テクトニクスが地球に固有であり、大陸地殻成長史は固体地球進化史と換言されることから、その成長史解明は地球科学研究の最重要課題の一つである。花崗岩質大陸地殻はおもにプレート沈み込み帯のマグマ活動で形成されるが、一方で一旦形成された大陸地殻岩石は、二次的な再溶融、変成作用、あるいは堆積作用によって、若い別種の岩石に変換され (reworking) あるいは消失する。とくに近年明らかにされた沈み込みに伴う構造侵食作用や海洋島弧自体の沈み込みなどによって、大陸地殻岩石は再度マントルへ沈み込む (recycling)。大陸地殻消失の見積もりは容易ではなく、それを考慮しない既存の「大陸地殻成長曲線」は大きな改訂を迫られている。本論文は、地球表層で形成された堆積岩類、とくに初期地球から現在までの粗粒碎屑岩 (砂岩) に注目し、碎屑性粒子として含まれる硬い鉱物ジルコンの個別 U-Pb 年代測定を多数試みることで、また世界中の同様なデータをコンパイルすることで、これまでにない新規の大陸地殻成長史の提案を試みた。

第 1 章では、大陸地殻の成長史の研究をレビューし、研究の現状と残された課題を指摘している。従来は、主に岩石や鉱物の化学分析に基づいて大陸成長史の解明が試みられてきた。既存の大陸地殻岩石の reworking は議論されたが、仮想的な 1 つの大陸塊が徐々に成長したとする単純なモデルを前提としてきた。しかし、初期地球には多数の小陸塊が存在していたことが地質学的に指摘されている。本研究では、特に未知情報が多い地球史前半に焦点をあて、その当時の砂岩がもつジルコン年代のデータに基づいて大陸塊サイズの変遷を復元し、現在の大陸地殻情報との比較を通して大陸地殻成長史の解明を目指すことが宣言されている。

第 2 章では、最近急速に報告数の増えた先カンブリア時代砂岩の碎屑性ジルコン年代のコンパイルを精力的に行い、各時代の大陸地殻構成岩の年齢の経年変化について議論している。ジルコンは花崗岩類に多産し、U-Pb 年代測定に適している。本研究では、堆積年代ごとに砂岩の碎屑性ジルコン年代をコンパイルし、それらの経年変化を示した結果、約 30~20 億年前では、単一の大陸サイズが現在よりも小さかったこと、20~10 億年前の間に急速に大陸総量が増大し、そして 10 億年前から現在にかけては逆に大陸総量が減少しつつあったことを世界で初めて示した。

第 3 章では 30 億年前以前の岩石が露出するカナダ中央部の Rae 地塊の砂岩について碎屑性ジルコンの U-Pb 年代と Hf 同位体比を測定した結果を記述している。同地塊では 30-25 億年前ではより古い地殻を選択的に再溶融したが、さらに古い 40-35 億年前の地殻は相対的に保存され続けたことを見出し、中央に古い地殻、縁辺に若い地殻が累帯する現在の大陸に似た構造を考察し、40-35 億年前地殻を中核にもつ萌芽的大陸が地球史初期に形成されていたことを示した。

第 4 章および第 5 章では、先行研究例の少ないアフリカ南部ジンバブエ地塊について、上述と同様な調査と分析を行った結果を記述している。第 4 章は、同地塊最古の約 34 億年前とされていた Shurugwi 緑色

岩体についてジルコンの U-Pb 年代測定を行った結果、基盤の片麻岩や貫入花崗岩の年代が 29 億年前と若いことを確認し、さらに超苦鉄質岩の全岩 Re-Os 年代を測定し約 30 億年前の年代をえて、Shurugwi 緑色岩体の形成年代は 30 億年前であると結論した。その結果、ジンバブエ地塊が 30-29 億年前の時だけ大陸内部に位置していたが、29-27 億年前に分裂したことを示した。第 5 章では、同地塊の Magondi 累層群の砂岩の U-Pb 年代測定の結果から、地球史上最大の大気酸素急増 (Lomagundi-Jatuli) 事件が 22 億 1400 万年前以前に開始したことを示した。

第 6 章では、砂岩および砂質変成岩の全岩化学組成に基づき、大陸塊サイズの経年変化の解明を試みている。運搬距離が長いと碎屑物には石英やジルコンなどの摩滅に強い鉱物が濃集する。始原的マントルで規格化した砂岩の微量元素パターンから計算した「ジルコニウム異常」という独自指標を考案し、世界各地の 34-22 億年前の砂岩 59 試料と、それ以降の 30 試料について検討した結果、ジルコニウム異常は太古代中期では 10 以下、原生代前期では 17 以下であるのに対し、太古代後期では 3 未満であることを示し、太古代後期は大きな陸塊がなかった時代であったと考察した。

第 7 章では、上述の成果をまとめて、大陸サイズの経年変化を議論し、次の 5 つの段階を識別した。Stage 1 (45-42 億年前)：マグマオーシャン固化後の海洋形成の時代、Stage 2 (42-32 億年前)：プレート沈み込み開始に伴う初めての小規模大陸地殻形成と萌芽的陸地形成の時代、Stage 3 (32-23 億年前)：新規地殻形成と古い地殻の再循環の時代、Stage 4 (23-10 億年前)：巨大な安定大陸塊出現と大陸純増の時代、そして Stage 5 (10 億年前以降)：現代型大陸地殻の再循環の時代である。

以上のように、本論文は、過去の碎屑岩のジルコン U-Pb 年代と全岩化学組成の経年変化を研究し、地球の大陸地殻成長史について新たな描像を提示することに成功し、世界の地球科学研究に大きく貢献した。よって、本審査委員会は、博士（学術）の学位を授与するにふさわしいものと認定する。