

氏 名 鈴木 里子

学位（専攻分野） 博士(理学)

学位記番号 総研大甲第461号

学位授与の日付 平成12年3月24日

学位授与の要件 数物科学研究科 極域科学専攻

学位規則第4条第1項該当

学位論文題目 Geochemistry and geochronology of ultra-high temperature
metamorphic rocks from the Mt. Riiser-Larsen area
in the Archaean Napier Complex, East Antarctica

論文審査委員 主査教授 森脇 喜一
教授 白石 和行
助教授 本吉 洋一
教授 石塚 英男（高知大学）
教授 加々美 寛雄（新潟大学）
教授 有馬 眞（横浜国立大学）

論文内容の要旨

東南極エンダービーランド地域北東部に分布するナピア岩体は、堆積岩起源、酸性火成岩起源、塩基性火山岩（貫入岩）起源を原岩とするグラニュライト相の変成岩体である。特に、原岩形成年代としては世界最古に属する年代値（約38億年前）が報告されており、また、太古代中期～原生代初期にかけて一部は1000℃を越える超高温変成作用を受けた地質帯でもある。更に、一部地域では、得られた同位体データより、38～35億年前の原岩形成年代と、30～29億年前（第一の変形・変成時期：D1-M1）、29～28億年前（D2-M2）、25～24億年前（D3-M3）の岩体の形成発達史が提唱されている。これらのことから、ナピア岩体は地球史初期における地殻の形成、そして進化の過程を研究する上で極めて適した地域であるといえる。しかし、ナピア岩体に関する研究例は今だ不十分であり、特に、岩相ごとの地質年代、つまり原岩形成年代に着目した同位体年代の研究例は少なく、また、詳細な野外調査と微量元素・同位体元素を含めた全岩化学組成分析、地質年代測定の結果を総合的に検討した研究も少ない。本論は、ナピア岩体西部のリーセル・ラルセン山地域について、構成される変成岩類の原岩とそれらの原岩の形成年代・変成年代を明らかにすることにより、ナピア岩体の形成と進化のプロセスを検証することを目的としている。

本研究ではまず、各岩相ごとの野外での産状と、微量元素・同位体元素を含めた全岩化学組成の結果から、それぞれの原岩とその地質学的関係を検討した。

リーセル・ラルセン山地域は南北6 km、東西12 kmの露岩地域であり、その地質は岩相の違いによる縞状構造が顕著に発達する中央部から北西部（Layered gneiss series）と、比較的塊状で岩相は主に orthopyroxene (Opx) felsic gneiss で構成される南東部（Massive gneiss series）に分けられる。両者の境界は、Layered gneiss series の岩相境界面や片理面にほぼ等しい走向で、緩やかな南～南西傾斜を示し、見掛け上 Massive gneiss series が Layered gneiss series の上位に位置している。Massive gneiss series を主に構成する Opx felsic gneiss は、その全岩化学組成から、原岩としては太古代地質帯に広く産出するトーナライト（TTG: tonalite-trondhjemite-granodiorite）に類似する。また、Opx felsic gneiss はしばしば変成塩基性岩（mafic gneiss）や変成超塩基性岩（meta-ultramafic rocks）のブロックやシートを包有する。それらのうち、meta-ultramafic rocks にはフログパイトの有無により2つのタイプが識別できる。野外での産状からは原岩の推定は必ずしも十分に行なえなかったが、その全岩化学組成の特徴から、フログパイトを含む岩相と含まない岩相の原岩は、それぞれ太古代地質帯に特徴的に産出するコマチアイトとそれを晶出した溶け残りマントル物質（溶け残りカンラン岩）であることが推定された。一方、Layered gneiss series にはザクロ石を含む岩相が卓越しており、それらは構成鉱物とモードの違いにより、garnet felsic gneiss、garnet gneiss および garnet-sillimanite gneiss に大きく分けられる。これらの全岩化学組成は、それぞれ granitic、psammitic および pelitic な特徴を示し、そのことから、それぞれの原岩は花崗岩、砂質岩、泥質岩であることが推測される。後者の2タイプが堆積岩起源であることは、両者がしばしば野外で互層す

ること、堆積岩起源と考えられている変成縞状鉄鉍床が時に garnet-sillimanite gneiss と密接に関連して産出することからも示唆される。また、Layered gneiss series にはこれらのザクロ石を含む岩相の岩相境界面に対して緩く斜交するように（貫入岩状に） mafic gneiss が産出する。mafic gneiss は石英の有無により2つのタイプに分類される。両者の全岩化学組成はいずれもソレライト質玄武岩の特徴を示すが、石英を含む岩相は石英を含まないものより、より液相濃集元素に富む特徴を示す。現生における MORB (Mid-Ocean Ridge Basalt) 組成と比較すると、前者は液相濃集元素にやや枯渇した N-MORB、後者は E-MORB に類似している。

次に、それぞれの岩相の原岩形成年代と最終的に被った変成作用の年代について考察を行なった。手法は、Sm-Nd 全岩同位体分析、Sm-Nd 鉍物同位体分析と U-Pb ジルコン分析 (CHIME (Chemical Th - U - total Pb isochron method) 法、SHRIMP (Sensitive high-resolution ion microprobe) 法) である。

それぞれの岩石種から得られた年代測定の結果から、火成岩起源の原岩形成年代（マグマ形成・定置年代）は30～26億年前の範囲内であることが明らかになり、それより古い原岩形成年代は得られなかった。またそれらの ϵ Nd 値がマイナスであった。このことは、これらの岩石が depleted mantle ではなく、enriched mantle に由来することを意味する。一方、Layered gneiss series を構成する堆積岩類は、その Sm-Nd 同位体組成の特徴より、Massive gneiss series の火成岩類を母岩とし、さらにその火成岩類の形成とその後の削剥、堆積、埋没作用が比較的短期間（同位体測定値の誤差の範囲内：2億年前後以内）で生じたと考えられる。また、その後被った最終熱変成作用の年代は、調査地域すべての変成岩類で25～23億年前であることが明らかになった。これらのことから、それぞれの原岩の形成後、25～23億年前の変成作用、その後の上昇など、Layered gneiss series と Massive gneiss series が同様の発達史をたどった可能性が示唆される。一方、25～23億年前の年代値は、900℃以上の閉止温度を持つジルコンについての年代測定（U-Pb ジルコン年代）によっても得られている。よって、この熱変成作用は超高温変成作用であったといえる。

リーセル・ラルセン山地域の変成岩類の最終変成作用の年代値は従来の研究の D3-M3 イベントに一致しているが、一方、原岩形成年代は従来の研究の D1-M1 ならびに D2-M2 の変成イベントと一致しており、原岩形成年代としてはより若いことが明らかになった。これまで、ナピア岩体から報告されてきた約38億年前の年代値は、近接する2地点、Mt. Sones、Gage Ridge に分布する orthogneiss と paragneiss の SHRIMP によるジルコン年代のみである。一方、30億年前後の年代値は、D1-M1 あるいは D2-M2 時期の変成年代と解釈されている場合もあるが、本調査地域を含めて多くのナピア岩体内の地域から報告されている。従って、38億年前という原岩形成年代はナピア岩体の極く一部の地域だけを示すものであり、ナピア岩体を構成する多くの変成岩類の原岩が、約30億年前に形成された可能性も考えられる。また、25億年～23億年前の変成イベントはナピア岩体全域で報告されており、ナピア岩体全域が超高温変成作用を被るという、同様の変成史をたどったことが推定される。

論文の審査結果の要旨

鈴木里子君は、1996年から1997年にかけての第38次南極地域観測隊夏隊に参加して、東南極大陸エンダビーランドのリーセルラルセン山地域の地質調査を約2ヵ月間にわたって行った。本学位論文は、現地調査の結果と帰国後の室内実験・解析の結果を総合したものである。

リーセルラルセン山を含む調査地域一帯はナピア岩体と呼ばれる地球最古の地質体に属する地域で、地殻中～下部での温度条件が1000℃を越えるような超高温変成作用を受けている。これまでに報告されている岩石・鉱物の同位体年代も非常に古く、最も古い年代値は、局所的ではあるが39億年前までさかのぼることが知られている。その後も何回かの変動があったと見られるが、25億年前を最後にしてそれ以降の大規模な変動はなかったらしい。以上のようなこれまでのオーストラリアならびに日本の南極観測の成果を検証した結果、鈴木里子君は以下の未解決の問題を設定して、それを明らかにし、リーセル・ラルセン山地域の地質構造発達モデルを考察することを学位論文のテーマとした。

- (1) 超高温変成岩類の起源物質は何か。
- (2) 岩体を構成するすべての岩石が一様に変動を受けているのか。
- (3) 超高温変成作用の年代はいつか。

(1)の起源物質については、変成作用の過程において大規模な物質移動が生じていないと見なせる岩石を採取して、全岩分析を行い、主要・微量・希土類元素組成、ならびにSm-Nd同位体組成をもとに原岩を推定した。その結果、リーセルラルセン山地域に分布する岩石が火成岩起源の岩石と堆積岩起源の岩石に大別されること、火成岩起源の岩石はさらにTTGとよばれる酸性深成岩類、コマチアイト組成の超塩基性岩、玄武岩起源の塩基性岩類に分類されることを明らかにした。

(2)の変動様式と(3)の変成年代については、(1)で明らかにした各岩石種について、新潟大学の質量分析計を用いてSm-Nd法による年代測定を行い、全岩アイソクロンで28～30億年、鉱物アイソクロンで23～25億年という年代を得た。さらに国立極地研究所のX線マイクロアナライザによるCHIME法、およびオーストラリア国立大学のSHRIMPを用いたジルコン、モナザイトに対するU-Pb法でも、28～30億年前と、23～25億年前という2群の同様の年代値を得た。以上のことから、28～30億年前を火成作用による岩石の形成年代、23～25億年前をその後の超高温変成作用の年代と解釈し、すべての岩石が一様に変成を受けたと結論した。

以上の結果を総合して、リーセルラルセン山地域では、28～30億年前にTTGの火成活動とコマチアイト質マグマ、ソレアイト質玄武岩質マグマの貫入があって火成岩が形成され、いったん地表に露出して削剥をうけて堆積岩が形成された後、約25億年前にふたたび中部～下部地殻においてすべての岩石が超高温変成作用を受けた、という構造発達モデルを考案した。

この成果は、地道な現地調査と独自のデータから導かれたものであり、論文構成、問題設定、データの解析、考察ともに明解で理学博士の学位に値するものである。また、これまで混沌としていたナピア岩体の年代論に一石を投じたことも高く評価される。

なお英語力については、本論文が英文であること、すでに英文論文を国内誌に4編（うち1編は日本地質学会研究奨励賞を受賞）、国際誌に1編発表していること、ニュージーランドで開催された国際シンポジウムで口答発表していることなどから、研究者として必要な英語力を備えていると認められた。