

(続紙 1)

京都大学	博 士 (理 学)	氏名	梶田 侑弥
論文題目	Thermochronological study with low- and ultra-low-closure temperature radiometric dating methods on thermal/exhumation histories: Application examples of the Kitakami Mountains on the fore-arc side of the Northeast Japan Arc (低温・超低温熱年代学に基づく冷却・削剥史に関する研究：東北日本弧前弧域北上山地における適用事例)		
(論文内容の要旨)			
本研究では、北上山地を対象として、低温熱年代学および超低温熱年代学を適用し、広い時間スケールにわたる冷却史の解明と、その結果に基づく隆起・削剥史の復元を目的とした。また、超低温熱年代学の一つである石英 ESR 法に関して、誤差構造や信号特性に関する基礎的検討を行い、今後の高精度な熱史推定に向けた解析手法の改善を試みた。 地球科学における地殻変動などの長期スケール現象は、観測記録だけでは理解が困難であり、野外調査や分析に基づく過去の地質現象の推定が必要である。特に弧-海溝系の前弧域では、沈み込む海洋プレートと大陸プレートの相互作用による地震サイクルが、弾性・非弾性変形を通じた隆起や地形形成に影響することが示されている。こうした非弾性変形の解明には、地形学的・地質学的な長期情報の蓄積が不可欠である。本研究では、東北日本弧前弧域に位置する北上山地に熱年代学を適用し、低温熱年代学や超低温熱年代学によって、数百万年以上の時間スケールでの冷却・隆起・削剥史を推定した。 北上山地における地殻変動史には未解明の点が多く、特に南北方向で異なる隆起・沈降傾向が近年指摘されてきたものの、その開始時期や継続性については議論が分かれていた。こうした問題に対しては、異なる閉鎖温度をもつ複数の熱年代学手法を適用し、$10^7 \sim 10^6$年スケールにわたる冷却史を統合的に復元する必要があった。 この課題に対し、本研究では、ジルコン U-Pb 法、アパタイト FT 法、アパタイト He 法、石英 ESR 法を組み合わせ、各手法の原理・誤差構造を整理した上で、年代推定および熱史逆解析を実施した。特に石英 ESR 法については、従来明示的に扱われることの少なかったモデル誤差を考慮するため、ベイズ推定に基づく新しい誤差評価手法を導入し、年代の不確実性を定量的に評価する枠組みを構築した。これにより、			

年代値のばらつきの解釈に対してより堅牢な基盤を与えることができた。

年代測定および熱史逆解析の結果、北上山地は異なる時間スケールで特徴的な冷却・上昇過程を示すことが明らかになった。アパタイト FT 年代は約 155~70 Ma, アパタイト He 年代は約 75~35 Ma, 石英 ESR 年代は約 3.1~1.8 Ma を示した。低温熱年代の空間分布から、南北方向での顕著な違いは認められず、むしろ東西方向の差異が支配的であることが示され、東部地域において白亜紀以降の再加熱の可能性が示唆された。これらの結果は、 10^7 年以上の時間スケールで北上山地が東西方向に不均質な地殻変動を経験してきたことを示す。

一方、超低温の石英 ESR 法では、natural 信号と regenerated 信号の間に系統的な違いが確認され、解析に用いる信号の種類が熱履歴の再構築に影響を与える可能性が示唆された。Natural 信号および regenerated 信号を用いた熱史逆解析の両方で、過去約 500 万年間にわたって北部地域の冷却速度がやや遅いことが示され、北部の隆起および南部の沈降といった現象は、少なくとも百万年スケールでは明確に表れていないことが示される。再構築された熱履歴の精度をさらに高めるには、 n/N パラメータの慎重な再評価や、追加サンプルによるデータセットの拡充が有効であると考えられる。

以上の結果を総合すると、北上山地の冷却史は、白亜紀以降、東西方向に異なる地殻運動を経験しつつも、南北方向では 10^6 年以上にわたり調和的な振る舞いを示してきたと考えられる。また、より近年の冷却史を解明するには、さらに短い時間スケールに対応する宇宙線生成核種法やモナザイト FT 法などの適用が必要である。

本研究により、石英 ESR 法における誤差評価手法の明確化と信号特性の理解が進み、超低温熱年代学の解析精度向上に向けた基盤が整えられた。同時に、北上山地の詳細な冷却史・隆起削剥史を示したことは、日本列島における島弧テクトニクスおよび長期的な地形発達史の理解に新たな制約を与えるものであり、学術的に重要な意義を有する。

(論文審査の結果の要旨)

本学位申請論文は、東北日本弧の前弧域に位置する北上山地を対象として、低温・超低温領域の複数の熱年代学的手法を適用することにより、数千万～数百万年の長期にわたる北上山地の隆起・削剥史を明らかにしたものである。

地殻変動や地形形成プロセスを理解するためには、現在の観測記録だけでは不十分であり、過去の地質現象を詳細に把握することが必要不可欠である。東北日本弧の北上山地において、その地殻変動史には未解明な点が多く残されている。これまでに同山地では南北方向で異なる隆起・沈降傾向が指摘されているものの、その開始時期や継続性については議論が分かれており、未だ統一的な見解は得られていない。梶田氏は、熱年代学的手法の一つである石英 ESR 法の誤差評価における課題を整理し、ベイズ推定を用いた新たな解析枠組みを構築し、超低温領域の熱年代学の研究基盤をより強固なものとした。そのうえで、異なる閉鎖温度を持つ複数の熱年代学手法（ジルコン U-Pb 法、アパタイト FT 法、アパタイト He 法、石英 ESR 法）を北上山地の複数地点で採取した花崗岩試料に適用することにより、数千万～数百万年にわたる広範な時間スケールにおいて同山地の隆起・削剥史の解明に取り組んだ。

本研究により、北上山地が白亜紀以降、東西方向には不均質な地殻変動を経験しつつも、南北方向においては数百万年以上にわたり調和的な隆起過程を経てきたことが明らかになった。これは、これまで指摘されてきた南北の隆起・沈降の差異が少なくとも百万年単位の長期スケールでは顕著な傾向として現れていないことを示唆している。これらの研究成果は、東北日本における地殻変動史および地形発達史に新たな制約を与えるものであり、優れた学術的意義を有している。

よって、本論文は博士（理学）の学位論文として価値あるものと認める。また、令和 8 年 1 月 16 日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。