

熱年代学的手法に基づいた断層地塊山地の隆起・削剥過程の解明：木曾山脈を例として

Uplift and denudation processes of a fault-block mountain based on thermochronology: a case study of the Kiso Range

末岡 茂^{1*}, Barry P. Kohn², 堤 浩之¹, 田上 高広¹, 長谷部 徳子³, 山田 国見⁴, 田村 明弘³, 荒井 章司³

Shigeru Sueoka^{1*}, Barry P. Kohn², Hiroyuki Tsutsumi¹, Takahiro Tagami¹, Noriko Hasebe³, Kunimi Yamada⁴, Akihiro Tamura³, Shoji Arai³

¹京都大学, ²メルボルン大学, ³金沢大学, ⁴JAEA

¹Kyoto University, ²University of Melbourne, ³Kanazawa University, ⁴JAEA

木曾山脈は、東縁を伊那谷断層帯、西縁を木曾山脈西縁断層帯に限られた逆断層地塊山地である。木曾山脈の隆起開始時期については、伊那盆地や木曾谷の堆積物の研究から主に検討されてきた（例えば、松島、1995；森山、1990）。前期更新世に堆積したと考えられている伊那盆地東部の段丘面（竜東面）および伊那盆地西部の基底を構成する伊那層には、木曾山脈起源の花崗岩礫は含まれていない（森山・光野、1989）。木曾谷に分布する下部更新統の上松礫層・地蔵峰礫層も同様に花崗岩礫を含まない（森山、1989）。また、伊那層には現在の木曾山脈より西側に分布する濃飛流紋岩の礫が含まれている。したがって、前期更新世には、木曾山脈の位置に大規模な高まりは存在せず、木曾谷側から伊那盆地へと流れる水系が存在していたと考えられている。一方、伊那盆地西部に分布する中部更新統の田切礫層には、木曾山脈起源と考えられる花崗岩礫が含まれており、木曾山脈は中期更新世にはすでに礫を供給可能な起伏を形成していたと考えられている（松島、1995）。以上から、松島（1995）は、木曾山脈の隆起開始時期を中期更新世初頭、約0.8Maと推定している。しかし、これらの研究では、木曾山脈の隆起量・速度や削剥量・速度、あるいは隆起メカニズムなどについては触れられていない。

池田（1988）は、精密な重力探査により伊那谷断層帯の地下構造を推定し、低角な逆断層に沿って基盤岩が約4km変位していることを明らかにした。池田（1990）は、このような伊那谷断層帯の地下構造と木曾山脈に分布する侵食小起伏面の傾きから、伊那谷断層帯はlistric断層として活動しており、それによって木曾山脈は傾動隆起しているとするモデルを提唱した。一方、木曾山脈西縁断層帯は、断層の両側がともに侵食域にあたるため、基盤岩が露出し、断層地形は不明瞭である。したがって、活動度や地下構造などについては伊那谷断層帯に比べ不明な点が多く、池田（1990）のモデルでは、木曾山脈西縁断層帯による影響は考慮されていない。なお、須貝（1995）は、木曾山脈の標高約1500m以上に分布する侵食小起伏面の大半は、分布形態や構成物質から判断して、隆起準平原ではなく周水河作用によって形成された高位削剥面であるとみなしている。したがって、これらの侵食小起伏面は形成時に水平である必要はなく、池田モデルの傾動隆起の根拠のひとつである侵食小起伏面の傾きは必ずしも有意とはいえない。木曾山脈の隆起メカニズム解明のためには、伊那谷断層帯の地下構造のみならず、木曾山脈西縁断層帯の活動に関する情報や、木曾山脈自体における地形学的・地質学的データを踏まえた、さらなる検討が必要である。

本研究では、熱年代学的手法を基にした削剥速度分布から、木曾山脈の隆起・削剥過程の解明を試みた。熱年代学とは、放射年代計が一定以上の加熱によりリセットされる現象を利用して試料の熱履歴を調べる学問分野である。地表の削剥により地下深部の高温領域から地表付近まで上

昇してきた岩石に本手法を適用することによって、その地域の削剥過程を復元することが可能であり、海外ではAlpsやHimalaya, Andesなど、大陸の主要な造山帯の隆起・削剥史の解明に用いられてきた (Reiners et al., 2005) . 本研究では、特に低温領域の熱解析に用いられるフィッション・トラック法や(U-Th)/He法を用いて、山地としては小規模なグループに属する断層地塊山地への適用を試みた。

本研究による測定結果では、1) 木曾山脈の山頂を軸としてほぼ東西対称に、山頂から山麓に向かって増加する削剥速度分布と、2) 木曾山脈西縁断層帯を境として、木曾山脈側で急激に削剥速度が増加する傾向が検出された。池田 (1990) のモデルのようなナップ型構造を仮定すると、New ZealandのSouthern AlpsとAlpine断層で見られたように (Tippett & Kamp, 1993) , 東西斜面両方で伊那谷断層帯に近づくにつれて削剥速度が増加するはずであり、山頂を軸とした東西対称な削剥速度分布は説明できない。また、2) の削剥履歴の違いからは、木曾山脈西縁断層帯に沿った約1.0-1.5kmにおよぶ上下変位量が推定され、木曾山脈の隆起には木曾山脈西縁断層帯の活動も有意に寄与していることが示唆される。一方で、池田 (1988) らに見られるように伊那谷断層帯が低角な地下構造を有しているのはほぼ確実であり、また変位地形の規模から見て伊那谷断層帯と木曾山脈西縁断層帯の活動度には有意な差があるのも確かだと考えられる。したがって、本研究では、木曾山脈西縁断層帯が伊那谷断層帯のバックスラストとして活動する構造を推定し、木曾山脈は活動度の異なるふたつの断層帯の活動によるポップアップ型の隆起様式と、山頂軸を中心とした東西対称の削剥速度分布を持つという隆起・削剥モデルを推定した。

キーワード:木曾山脈,断層地塊山地,熱年代学,フィッション・トラック法, (U-Th)/He法,削剥

Keywords: Kiso Range, fault-block mountain, thermochronology, fission-track dating method, (U-Th)/He dating method, denudation