フィッション・トラック　ニュースレター　第22号　33-36　2009年

# 熱年代学的手法に基づく木曽山脈の冷却・削剥史（予報）

末岡　茂*・堤　浩之*・田上高広*・長谷部徳子**・山田国見***
田村明弘****・荒井章司*****

# Cooling and denudation history of the Kiso Range, central Japan, based on thermochronometric methods (preliminary report)

Shigeru Sueoka*, Hiroyuki Tsutsumi*, Takahiro Tagami*, Noriko Hasebe**, Kunimi Yamada***, Akihiro Tamura**** and Shoji Arai*****

* 京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻，Division of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science, Kyoto University
** 金沢大学環日本海域環境研究センター，Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University
*** 日本原子力研究開発機構，Japan Atomic Energy Agency
**** 金沢大学フロンティアサイエンス機構，Frontier Science Organization, Kanazawa University
***** 金沢大学理工学域自然システム学類，School of Natural System, College of Science and Engineering, Kanazawa University

## はじめに

中部日本は，糸魚川－静岡構造線を境に東北日本弧と西南日本弧が衝突し，南方からは伊豆弧が衝突する複雑な構造を呈する地域である．糸魚川－静岡構造線の西方は，一般に日本アルプスと呼称される飛騨山脈，木曽山脈，赤石山脈といった3,000 m級の山脈が雁行して連なる，日本で最も地殻変動の激しい地域である（図1）．近年の研究により，これらの山脈は，形成時期・形成営力などを互いに異にしている事が明らかにされつつある（例えば，町田ほか編，2006）．これらの差異は，本地域の複雑な地質構造とその変遷を反映していると考えられ，これらの山脈の地形発達史の解明は，中部日本および日本列島全体の構造発達において重要な意味を持つ．

本研究では，熱年代学的手法を用いて木曽山脈の冷却・削剥史の解明を試みた．本稿では，そのうち現在までに得られているジルコンFT年代およびジルコン(U-Th)/He年代について報告する．

## 研究地域

木曽山脈は，東麓に分布する伊那谷断層帯の活動によって隆起した断層地塊山地で（池田，1990），日本アルプスの中では最も新しく隆起したと考えられている．伊那盆地に木曽山脈起源の花崗岩礫が堆積し始めた年代から，木曽山脈と伊那盆地の分化が始まったのは約0.8 Maと推定されている（松島，1995）．この年代は，中部から近畿にかけて分布する主な活断層の推定活動開始時期（池田，2003）や，伊豆地塊

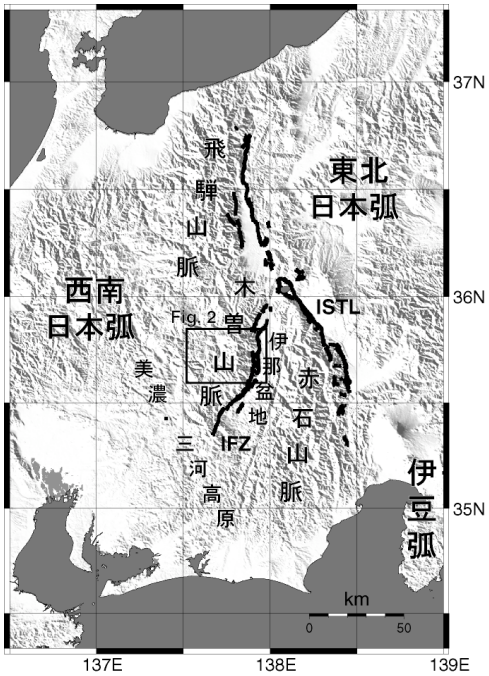


図1．中部日本の地形の概略．ISTLは糸魚川－静岡構造線，IFZは伊那谷断層帯を示す．陰影図は国土地理院発行２５０ｍメッシュ標高データを基に，GMT（Wessel and Smith, 1991）を用いて作成した．

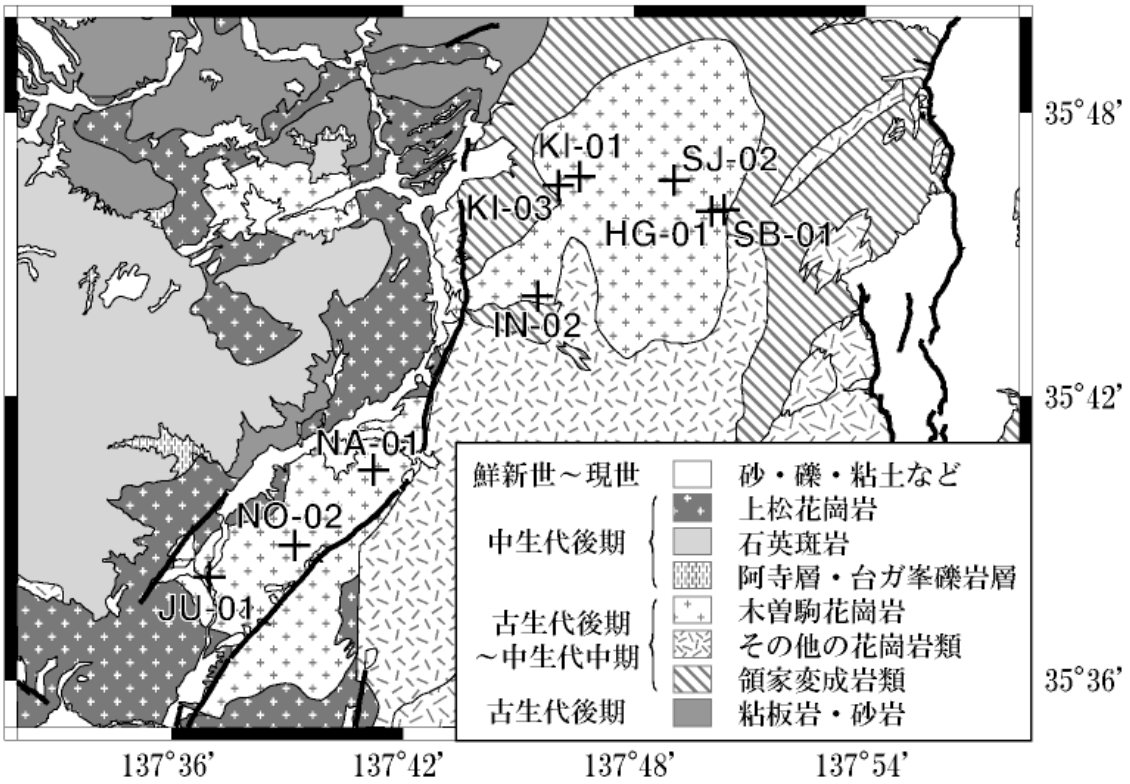


図2．木曽山脈主要部の地質図と試料採取地点．地質図は，村山・片田（1957），片田・磯見（1958）を簡略化した．活断層（太線）は，中田・今泉編（2002）による．十字は試料採取地点，添え字は試料名を表す．

の本州への衝突時期（狩野，2002）とほぼ一致している．

一方，伊那谷断層帯の低下側に位置する伊那盆地の標高が比較的高いことや，美濃・三河高原が西へ傾斜していることから考えると，糸魚川－静岡構造線南部の西方から美濃・三河高原にわたる広い地域が，隆起傾向にあることが予想される．この予測は過去70年間の水準測量結果（檀原，1971）ともよく一致しており，断層活動によらない，より広域的なテクトニクスの影響が示唆される．したがって，海水準を基準面とした場合，木曽山脈の隆起は２つの要因から成っており，これらの隆起要因は開始時期，速度，速度分布などの点で異なっていることが予想される．本研究では，熱年代学的手法を用いて，1）木曽山脈の削剥速度の時間変化，2）伊那谷断層帯の位置と削剥速度分布の関係を中心に，木曽山脈の地形発達と中部日本の構造発達史の解明を試みた．

## 分析試料・分析手法

本研究で用いた岩石試料は，木曽駒花崗岩体から採取した．試料の採取は，山脈を東西に横断するように，標高約300 mから>2000 mの地点で行った（図 2）．これは，木曽山脈を隆起させている伊那谷断層帯が東麓に分布していることから，東西方向の削剥速度分布傾向の検出を目的としたためである．なお，木曽駒花崗岩体の放射年代については， K-Ar普通角閃石年代（71.2-66.1 Ma; Yuhara et al., 2000）， Rb-Sr全岩－鉱物アイソクロン年代（62.8-54.1 Ma; 柚原・加々美，2006）などが報告されている．

本研究では，山地の地形発達という地殻浅部における現象を対象としているため，より閉鎖温度の低いフィッション・トラック法（FT法）と(U-Th)/He法の適用を試みた．鉱物はアパタイトとジルコンを用いた．ただし，現時点で年代値が得られているのは，ジルコンのみである．

## 結果・考察

本研究で得られた年代値を，既報年代値と併せて図3に示す．ジルコンFT年代は，ほぼ全ての地点において，誤差1σの範囲でおよそ60-50 Maに収まった．この結果は，より閉鎖温度の高い他の手法による既報年代と調和的であり，岩体形成時の初生的な冷却を表すと考えられる．したがっ

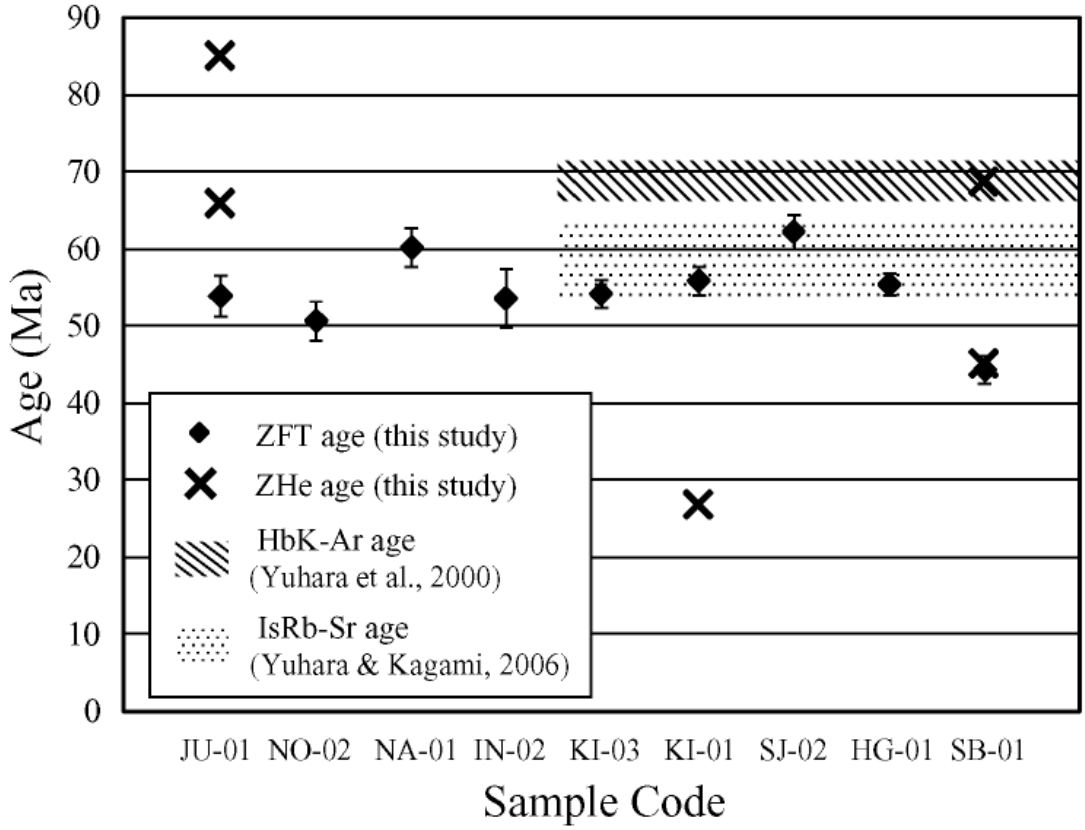


図3．本研究で得られた年代値．ダイヤはジルコンFT年代（誤差1σ），X字はジルコン(U-Th)/He年代を示す．網掛けで示した領域は，Yuhara et al. (2000) および柚原・加々美（2006）の既報年代の範囲を各々示す．

て，木曽駒花崗岩体全体としては，岩体形成以降の総削剥量は有意に小さく，ジルコンFT年代を若返らせるには不十分だったと考えられる．これは，隆起時期がより古い飛騨山脈や赤石山脈では，削剥によるZFT年代の若返りが報告されている（例えば，Ito and Tanaka，1999；山際ほか，1997）ことと調和的であり，隆起開始時期の違いが総削剥量に与える影響の大きさを示唆していると考えられる．

一方で，東端で採取した試料（SB-01）からは，他の地点の試料より有意に若い年代が得られた．SB-01のradial plot (Galbraith，1990) からは，1粒子を除いて非常にまとまりの良い年代グループが識別できた（図4）．また，SB-01のカイ2乗確率は約0.003 %であるが，この1粒子を除くと約49 %に上昇するため，この若い年代値は有意であると考えられる．なお，この1粒子を除いた場合，SB-01の年代は約42 Maとなる．ただし，採取地点がSB-01から近いHG-01では年代の有意な若返りは見られなかったため，この年代の若返りは，削剥のような広域的な現象ではなく，断層運動や岩脈の貫入のような局所的な現象を反映している可能性が高い．熱源の詳細については，今後，ジルコンFT長分析による検討を

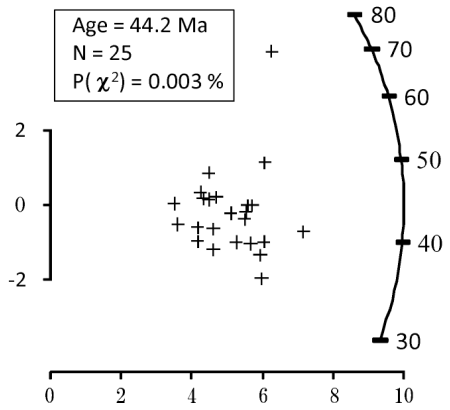


図4．試料SB-01のradial plot．集団から外れた1粒子を除くと，カイ二乗確率は約49 %に上昇し，年代値は約42 Maとなる．なお，グラフの横軸は精度（相対誤差の逆数），縦軸は標準誤差，偏角は年代（Ma）を示す．

行う予定である．

ジルコン(U-Th)/He年代については，おおまかには既報年代およびジルコンFT年代の範囲と合うものの，精度・確度共に満足な結果は得られなかった（図3）．これは，希ガス質量分析計の不調による可能性が高い．一方で，SB-01の若いジルコンFT年代と整合的な結果が得られた点と，山脈中央部のKI-01で約27 Maの若い年代が得られた点は興味深い．今後，アパタイトFT法やアパタイト(U-Th)/He法などのさらに閉鎖温度の低い手法を併用し，これらの年代値の検討と，より詳細な熱史・地形発達史の解明を試みる予定である．

## 謝辞

試料の採取方針に関して，及川輝樹氏（独立行政法人産業技術総合研究所）から貴重な御助言をいただいた．試料の採取にあたっては，西川泰平氏，石村大輔氏，垣内佑哉氏（京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻）にお世話になった．(U-Th)/He年代測定の際には，日本原子力研究開発機構東濃地科学センターの研究員および職員の方々にお世話になった．また，本研究には，科学研究費補助金（萌芽研究「日本の山地地形研究への熱年代学の適用」，研究代表者：堤　浩之）の一部を使用した．ここに記して感謝いたします．

## 文献

檀原　毅，1971，日本における最近70年間の総括的上下変動．測地学会誌，17，pp. 100-108.

Galbraith R.F., 1990, The radial plot: graphical assessment of spread in ages. Nucl. Tracks Radiat. Meas., 17, 3, pp. 207-214.

池田安隆，1990，侵食と隆起：山脈形成論の観測的基礎．地震第２輯，43，1，pp. 137-152.

池田安隆，2003，中部日本における活断層の発現時期はなぜ新しいのか？．月刊地球，25，12，pp. 907-917.

Ito H. and Tanaka K., 1999, Radiation age determination on some granitic rocks in the Hida Range, central Japan—Remarkable age difference across a fault—. 地質学雑誌，105，4，pp. 241-246.

狩野謙一，2002，伊豆弧衝突に伴う西南日本弧の地殻構造改変．東京大學地震研究所彙報，77，3，pp. 231-248.

片田正人，磯見　博，1958，5萬分の1地質図幅説明書「上松」，38 p，地質調査所.

町田　洋，松田時彦，梅津正倫，小泉武栄，2006，日本の地形 5 「中部」．385 p，東京大学出版会.

松島信幸，1995，飯田市美術博物館調査報告書3「伊那谷の造地形史—伊那谷の活断層と第四紀地質—」．145 p，飯田市美術博物館.

村山正郎，片田正人，1957，5萬分の1地質図幅説明書「赤穂」，38 p，地質調査所.

中田　高，今泉俊文編，2002，「活断層詳細デジタルマップ」，68 p，東京大学出版会.

Wessel P. and Smith W.H.F., 1991, Free software helps map and display data, EOS Transactions of the American Geophysical Union, 72, pp. 441.

山際敦史，長谷部徳子，田上高広，1997，赤石山地東部四万十帯のＦＴ年代．フィッション・トラックニュースレター，10，pp. 47-50.

Yuhara M., Kagami H. and Nagao K., 2000, Geochronological characterization and petrogenesis of granitoids in the Ryoke belt, Southwest Japan Arc: constraints from K-Ar, Rb-Sr and Sm-Nd systematic. The Island Arc, 9, pp. 64-80.

柚原雅樹，加々美寛雄，2006，伊那領家変成帯，木曽駒花崗閃緑岩および市田花崗岩の年代学的，同位体岩石学的研究．福岡大学理学集報，36，2，pp. 37-61.