

論文解説

## 四ッ又山石英閃緑岩は、いつ誕生したのか？

When is the Yotsumatayama quartz diorite born?

昆 慶明・保科 裕・関東山地研究グループ (2018)  
「群馬県下仁田町，四ッ又山石英閃緑岩のジルコン U-Pb 年代」.  
地球科学, 72, 219-224.

保 科 裕\*

Hiroshi Hoshina

キーワード：四ッ又山石英閃緑岩，角閃石石英閃緑岩，両雲母花崗閃緑岩，黒雲母片麻岩

Key words : Yotsumatayama quartz diorite, hornblende quartz diorite, two-mica granodiorite, biotite gneiss

### はじめに

下仁田町には、根なし山と呼ばれる多くのクリッペがある。このクリッペ群は、御荷鉢緑色岩類や秩父帯の地層群の上に衝上した跡倉ナツプが、長い年月の間に浸食されてできた山々である。その中でも四ッ又山クリッペ（藤本 1951, 藤本ほか 1953）は最大規模であり、いろいろな地層や岩石で構成されている（第1図，第2図）。

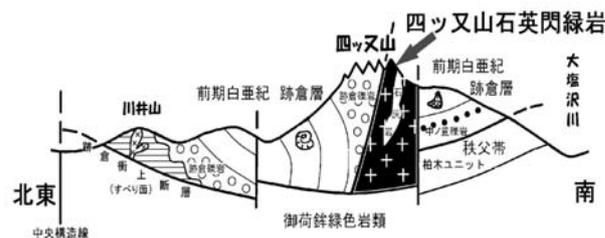
四ッ又山クリッペを構成する岩石の一つである石英閃緑岩は、四ッ又山石英閃緑岩とよばれている。高木ほか（1989）はこの岩石に含まれる角閃石の K-Ar 年代を測定し、約1億500万年前（105±6 Ma）の中生代前期白亜紀に形成されたと報告した。

四ッ又山石英閃緑岩はおもに石英閃緑岩からなるが、関東山地研究グループが調査を進めるなかで、四ッ又山の山頂付近には花崗閃緑岩も分布することが分かってきた（第3図）。そこで、この2種類の花崗岩類について、ジルコンによる U-Pb 年代を測定した。この結果を学術雑誌「地球科学」に、短報（昆ほか 2018）として公表した。本稿では、年代測



第1図 四ッ又山

山頂から左手前（東方）にかけて四ッ又山石英閃緑岩が分布する。写真中央部（北東面）の崖は跡倉層下部の跡倉礫岩。

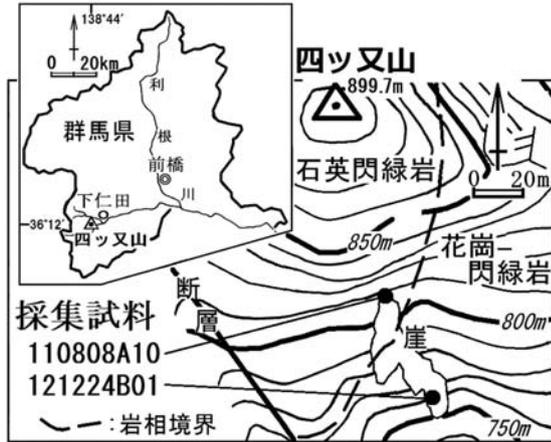


第2図 四ッ又山クリッペを構成する地層や岩石 前期白亜紀の跡倉層とは高角の断層で接する。

2019年1月11日受付。2019年1月27日受理。

\* 下仁田自然学校。群馬県甘楽郡下仁田町青倉158-1. Shimonita Natural School.

Aokura 158-1, Simonita-machi, Kanra-gun, Gunma Prefecture, 370-2611, Japan. nenasi@juno.ocn.ne.jp



第3図 四ッ又山山頂付近の石英閃緑岩と花崗閃緑岩の分布 昆ほか (2018) の Fig.1を修正。

定の原理を説明し、四ッ又山石英閃緑岩の年代について、短報をもとに日本地質学会愛媛大会の発表(保科・関東山地研究グループ 2017)を含めて解説する。

### 年代測定について

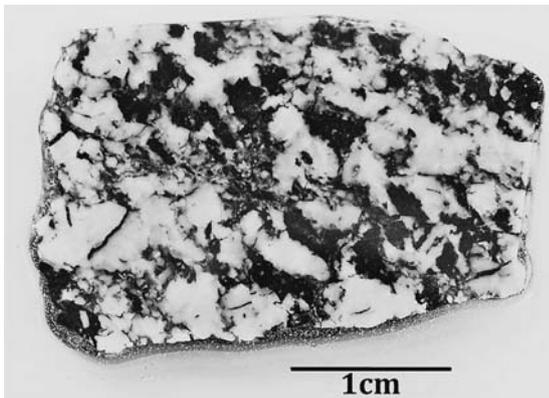
岩石が今から何年前に形成したか、その何年前かを表す年代を放射年代という。放射年代を測定するには、鉱物に含まれる放射性元素を用いる。放射性元素は生成されたあと規則的に崩壊して別の元素に変化するので、この規則性を利用して年代を計算する。

以下の年代測定の解説については、長谷川ほか(2006)のB-4 地質年代学の章を参考にした。

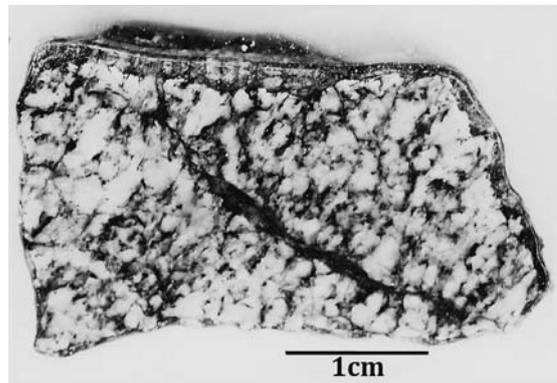
火成岩の放射年代測定によく使われているのは、K-Ar (カリウム-アルゴン)法である。 $^{40}\text{K}$ が電子を捕獲することによって、 $^{40}\text{Ar}$ に放射壊変することを利用する。カリウムKの半分がアルゴンArにかわる時間は半減期といって、12.5億年である。カリウムKとアルゴンArの分析値の比率から、今から何年前にできたかを計算できる。火成岩でカリウムKを含む鉱物は、角閃石、黒雲母やカリ長石である。しかし、これらの鉱物は変質しやすく、気体のアルゴンArが失われてしまうことがある。失われたかどうかは分析値からではチェックができないため、測定値については岩石の変質の程度などの吟味が必要となる。

最近さかんにおこなわれている分析方法に、ジルコンを用いたU-Pb (ウラン-鉛)法がある。ウランUは時間とともに規則的に鉛Pbに壊変するので、それらを測定して放射年代を計算する。この方法は、以下のように多くの利点がある。ジルコンという鉱物は変質しにくく、日常にある鉛Pbが混入した場合は分析値からチェックできる。累帯構造など、せまいポイントを測定することができるので、形成年代以外の年代値から岩石形成以前の履歴を考えることもできる。

今回、四ッ又山石英閃緑岩を構成する角閃石石英閃緑岩と両雲母花崗閃緑岩について、ジルコンを用いたU-Pb年代の測定は、産業技術総合研究所のレーザー照射型ICP質量分析計(LA-ICP-MS)を使用した。



第4図 角閃石石英閃緑岩の研磨面



第5図 両雲母花崗閃緑岩の研磨面

### 角閃石石英閃緑岩と両雲母花崗閃緑岩

四ツ又山石英閃緑岩は、角閃石石英閃緑岩（第4図）と両雲母花崗閃緑岩（第5図）からなる。角閃石石英閃緑岩はおもに角閃石と斜長石からなり、少量の石英とカリ長石を含む。両雲母花崗閃緑岩は黒雲母と白雲母を含み、斜長石、石英およびカリ長石からなり、角閃石は見られない。また、少量のザクロ石が観察される。両花崗岩類とも二次鉱物として、斜長石やカリ長石の結晶内に微細な絹雲母が、結晶の粒間や割れ目にはプレーナイトや緑泥石が観

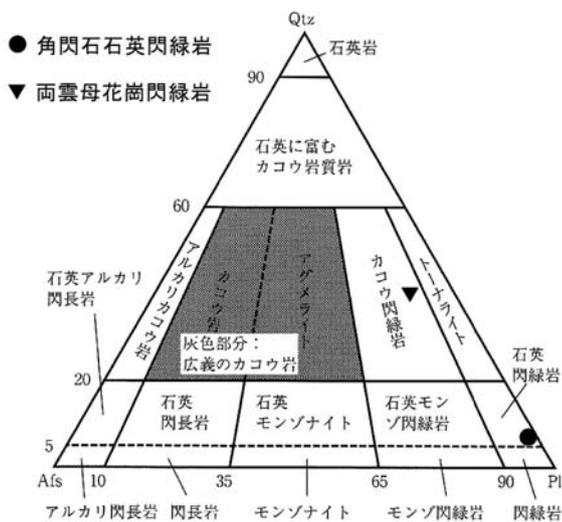
察される。

なお、石英閃緑岩や花崗閃緑岩などの花崗岩類は、石英 (Qtz)、カリ長石 (Afs)、斜長石 (Pl) の鉱物比で岩石名が決められている (第6図)。四ツ又山の角閃石石英閃緑岩は、石英5.6%、カリ長石2.3%、斜長石92.1%、両雲母花崗閃緑岩は、石英39.5%、カリ長石9.4%、斜長石51.1%である。

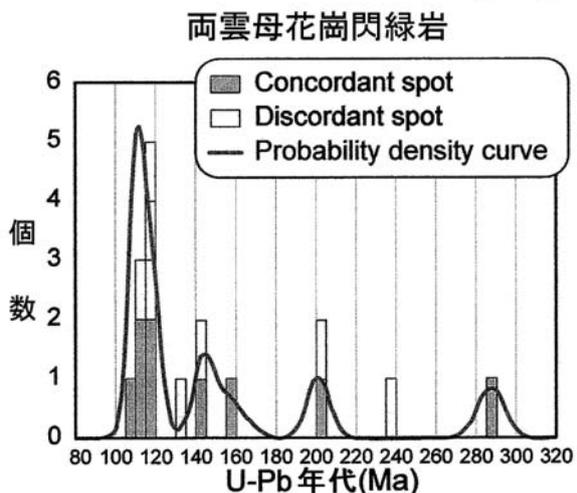
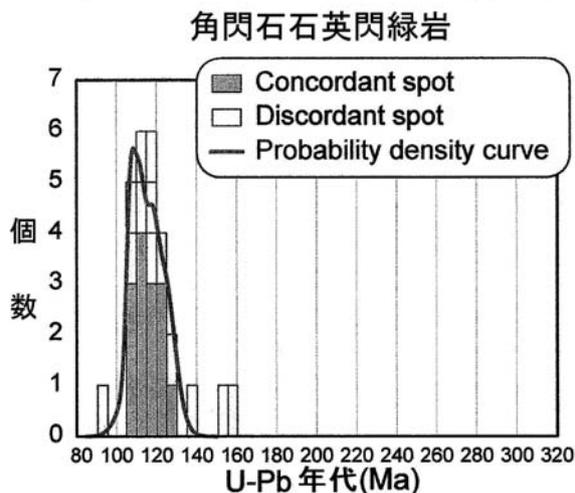
### 角閃石石英閃緑岩と両雲母花崗閃緑岩のジルコンを用いた U-Pb 年代

この測定によって得られた U-Pb 年代のコンコードントな値の加重平均は、角閃石石英閃緑岩が  $112.7 \pm 3.7$  Ma、両雲母花崗閃緑岩が  $113.1 \pm 3.6$  Ma であり、誤差範囲で両花崗岩類の U-Pb 年代は一致する (第7図)。すなわち、角閃石石英閃緑岩と両雲母花崗閃緑岩は、今から約1億1300万年前の中生代前期白亜紀に形成したことになる。高木ほか (1989) は、四ツ又山石英閃緑岩の角閃石を用いた K-Ar 法による年代を  $105 \pm 6$  Ma と報告した。角閃石石英閃緑岩の U-Pb 年代が  $112.7 \pm 3.7$  Ma であり、誤差範囲で一致する。なお、年代値の±のあとの数字が測定誤差であり、その範囲で年代値として考慮する必要がある。

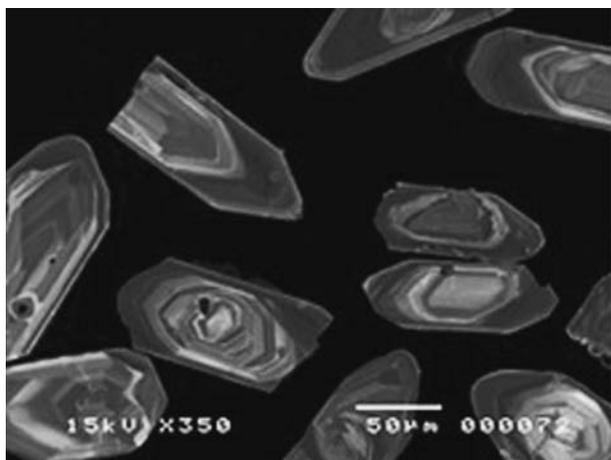
放射性元素を用いた年代測定において、マグマが冷却する過程でその元素が平衡に達して崩壊し始める温度を閉鎖 (閉止) 温度という。この閉鎖温



第6図 花崗岩の分類 カリ長石 Afs- 石英 Qtz- 斜長石 Pl の量比による。Streckeisen (1976) と周藤・小山内 (2002) の図を修正・加筆。



第7図 個々のジルコンの U-Pb 年代 昆ほか (2018) の Fig.4を修正。



第8図 両雲母花崗岩に含まれるジルコンのカソードルミネッセンス像

中心部と外縁部の区別が明瞭で、累帯構造が確認できる。(昆ほか 2018)

度は、その元素を含む鉱物によって異なる。今回年代測定に用いたジルコンの U-Pb 年代の閉鎖温度は 900 °C 以上 (Cherniak and Watson 2001) であるが、角閃石の K-Ar 年代の閉鎖温度は  $510 \pm 25$  °C (Dodson and McClelland-Brown 1985) である。マグマの冷却過程を考えた場合、ジルコンの U-Pb 年代はマグマの固結年代、つまり液体状態から温度が低下して結晶ができはじめた年代を示し、角閃石の K-Ar 年代は岩石の冷却年代、つまり全部が結晶し岩石化した年代を示すことになる。より正確な値が測定されたときは、マグマから結晶ができはじめてから岩石が固結するまでの時間の差が見積もられて、冷却速度が算出される。この角閃石石英閃緑岩について、K-Ar 年代が  $105 \pm 6$  Ma、U-Pb 年代が  $112.7 \pm 3.7$  Ma で、K-Ar 年代の方が新しそうに見える。しかし、両年代は誤差範囲で一致するため、冷却速度を推定することはできない。

### 形成年代より古いジルコンを含む 両雲母花崗閃緑岩

両雲母花崗閃緑岩の U-Pb 年代の測定において、形成年代より古い値を示すジルコンが 4 粒認められた。そのジルコンの年代は、中生代後期ジュラ紀 ( $143.7 \pm 5.3$  Ma および  $155.7 \pm 8.8$  Ma)、中生代後期三畳紀 ( $201.1 \pm 5.8$  Ma)、古生代前期ペルム紀

( $287.6 \pm 7.0$  Ma) である (第7図の両雲母花崗閃緑岩グラフ)。

この両雲母花崗岩が、角閃石を欠いてザクロ石、黒雲母、白雲母を含む特徴は、堆積岩起源の岩石が部分熔融することによって生成すると考えられ (例えば Chappell and White 1992; Kistler et al. 1981)、このような堆積岩起源の花崗岩は S (Sedimentary) 型花崗岩と呼ばれる (Chappell and White 1974)。一方、高木・藤森 (1989) は角閃石石英閃緑岩を岩石学的特徴から、火成岩起源の I (Igneous) 型花崗岩 (Chappell and White, 1974) とした。両雲母花崗閃緑岩に含まれるジルコンの中には、丸みのある外形や中心部と外縁部を比較して明らかに違いの認められるジルコンのあることを考慮すると (第8図)、形成年代より古い年代を示すジルコンは両雲母花崗閃緑岩マグマから晶出したものではなく、昆ほか (2018) はこのマグマを生成した堆積岩起源の岩石が関与した可能性を指摘した。

この点について、保科・関東山地研究グループ (2017) は、堆積岩起源である黒雲母片麻岩が両雲母花崗閃緑岩に含まれる露頭を報告し、黒雲母片麻岩の部分熔融によって両雲母花崗閃緑岩マグマが生成された可能性を指摘した。このことを考慮すると、ジルコンの示す古い年代は、黒雲母片麻岩に含まれる碎屑性ジルコンの年代なのかもしれない。

現在、関東山地研究グループでは、四ッ又山石英閃緑岩に含まれる黒雲母片麻岩などの包有物についての論文を執筆中である。

### まとめ

本稿では、昆ほか (2018) で公表した内容にもとづき、保科・関東山地研究グループ (2017) が、地質学会 (愛媛大会) で発表した内容を含め、四ッ又山石英閃緑岩の年代について解説した。

四ッ又山石英閃緑岩を構成する角閃石石英閃緑岩と両雲母花崗閃緑岩に含まれるジルコンについて、レーザーアブレーション ICP 質量分析計を用いた U-Pb 法による放射年代を測定した。その結果、角

閃石石英閃緑岩は  $112.7 \pm 3.7$  Ma, 両雲母花崗閃緑岩は  $113.1 \pm 3.6$  Ma と測定された。したがって、四ツ又山石英閃緑岩は、今から約1億1300万年前の中生代前期白亜紀に形成されたことがわかった。なお、両雲母花崗閃緑岩には、形成年代より古い中生代後期ジュラ紀, 中生代後期三疊紀, 古生代前期ペルム紀を示すジルコンが含まれており, それらは両雲母花崗閃緑岩を形成した原岩に含まれていた碎屑性ジルコンの年代の可能性がある。

## 文 献

- Chappell B W and White A J R (1974) Two contrasting granite types. *Pacific Geology*, 8, 173-174.
- Chappell B W and White A J R (1992) I- and S-type granites in the Lachlan Fold Belt. *Geological Society of America Special Papers*, 272, 1-26.
- Cherniak D and Watson E (2001) Pb diffusion in zircon. What are we dating? *Understanding the Crystallogerhesis of U-Pb*, 172, 5-24.
- Dodson M H and McClelland-Brown E (1985) Isotopic and palaeomagnetic evidence for rates of cooling, uplift and erosion. *Geological Society, London, Memoirs*, 10, 315-325.
- 藤本治義 (1951) 日本地方地質誌, 「関東地方」. 朝倉書店, 345p.
- 藤本治義・渡部景隆・沢 秀生 (1953) 関東山地北部の推し被せ構造. 秩父自然科学博物館研究報告, 3, 1-44.
- 長谷川四郎・中島 隆・岡田 誠 (2006) 「層序と年代」. *Field Geology* 2, 共立出版, 176p.
- 保科 裕・関東山地研究グループ (2017) 関東山地北縁部, 四ツ又山石英閃緑岩に含まれる黒雲母片麻岩捕獲岩による S タイプ花崗閃緑岩の生成. *日本地質学会第124年 学術大会講演要旨*, 52.
- Kistler R W, Ghent E D and O'Neil J R (1981) Petrogenesis of garnet two-mica granites in the Ruby Mountains, Nevada. *Journal of Geophysical Research, Solid Earth*, 86, 10591-10606.
- 昆 慶明・保科 裕・関東山地研究グループ (2018) 群馬県下仁田町, 四ツ又山石英閃緑岩のジルコン U-Pb 年代. *地球科学*, 72, 219-224.
- 周藤賢治・小山内康人 (2002) 岩石学概論 上「記載岩石学」. 共立出版, 272p.
- Streckeisen A L (1976) To each plutonic rock its proper name. *Earth Sci Rev*, 12, 1-33.
- 高木秀雄・藤森秀彦 (1989) 関東山地北縁部の異地性花崗岩体. *地質雑*, 95, 663-685.
- 高木秀雄・柴田 賢・内海 茂・藤森秀彦 (1989) 関東山地北縁部の花崗岩類の K-Ar 年代. *地質雑*, 95, 369-380.

