三重県青山地域の領家変成岩と珪長質岩脈の CHIME モナザイト年代
CHIME monazite dating of Ryoke metamorphic rocks and quartzofeldspathic dykes in the Aoyama area, Mie Prefecture

三宅　明[1*]・諏訪部彰人[1]・河方美貴[1]・榊原絵美[1]・鈴木和博[2]
Akira Miyake[1*], Akito Suwabe[1], Miki Kawakata[1], Emi Sakakibara[1], Kazuhiro Suzuki[2]

[1] 愛知教育大学地学領域・[2] 名古屋大学年代測定総合研究センター
[1]Department of Earth Sciences, Aichi University of Education
[2]Center for Chronology Research, Nagoya University

Corresponding author. E-mail: akmiyake@auecc.aichi-edu.ac.jp

Abstract

Two outcrop-scale migmatite structures observed typically in the Aoyama area, Ryoke metamorphic belt, were described and the ages of these structures were estimated on the basis of CHIME monazaite dating of quartzofeldspathic dykes intruding the migmatites. In the first structure, metatexite leucosome layers are branched from a quartzofeldspathic dyke. The second structure shows that thin leucosome layers develop in folded metamorphic rocks but not in non-folded ones, where some dykes are folded together with the metatexite and other dykes cut the folding. CHIME monzite dates indicate that the ages of these migmatite strucures are ca 80 Ma.

Keywords: Ryoke metamorphic belt, CHIME monazite dating, migmatite

1. はじめに

領家帯は日本を代表する低圧高温型変成帯であり，主に砂泥質岩やチャート起源の変成岩類および花崗岩類から構成される（たとえば，都城, 1965)。領家帯の高温部では，ミグマタイトが発達しており，これらの高度変成岩類は広域変成作用時にアナテキシス（部分融解）を受けたと考えられている（たとえば, Brown, 1998)。

領家帯の変成岩類や花崗岩類は，鈴木とその共同研究者達によって，精力的に CHIME モナザイト年代が測定され，その結果は Suzuki and Adachi (1998) にまとめられている。それによると，変成岩類の年代は，領家帯の西部（岩国・柳井地域）と東部（中部地方）のどちらも約 100Ma で同時であった。また花崗岩類では，西部が約 95–85Ma，東部が約 95–68Ma であり，どちらの地域も花崗岩の活動が始まった時期はほとんど同じであった。変成岩類の CHIME 年代が西部地域と東部地域でほぼ同じであることから，岩国・柳井地域から中部地方までの領家帯の全域が，約 100Ma の同時期に，低圧高温型の広域変成作用を受けたと考えられた（Suzuki and Adachi, 1998)。

ところが最近になって，Kawakami and Suzuki (2011) は三重県青山地域の広い範囲のミグマ

タイト中のモナザイト粒子には，約 100Ma の CHIME 年代のほか，約 80Ma の年代が普遍的に記録されていることを明らかにした。このうち約 100Ma の年代は従来どおり，広域変成作用の年代であると理解することができるが，青山地域では 80Ma にもう一度変成作用が起きたと考えられる。青山地域の変成岩類は，南側の阿保花崗岩体と北側の加太花崗閃緑岩体に挟まれて分布しており，変成岩分布地域の南半分がミグマタイト帯となっている (図 1)。阿保花崗岩体の CHIME 年代もまた約 80Ma であったことから，ミグマタイト中のモナザイトの約 80Ma のイベントは，阿保花崗岩（もしくは加太花崗閃緑岩）の接触変成作用によるものであると解釈された (Kawakami and Suzuki, 2011)。

従来は，青山地域のミグマタイトは基本的には，広域変成作用時（CHIME 年代で約 100Ma）に形成されたと考えられてきた（Kawakami, 2001)。しかし，約 80 Ma の年代がミグマタイト中のモナザイトから検出されたことから，ミグマタイトは約 80 Ma のイベントでも形成された可能性が生じた。実際に観察されるミグマタイトの構造のうち，もし約 80Ma に形成された部分が特定され，それがどのような性質なものなのかが明らかになれば，領家帯における 80Ma 頃のテクトニックな描像を理解することにつながると考えられる。

小論では，青山高原地域における変成岩とそこに貫入する珪長質岩脈がつくる典型的なミグマタイトの露頭スケールの構造を記載するとともに，それらの岩石の CHIME モナザイト年代から，その構造の形成時期を明らかにすることを目的とする。

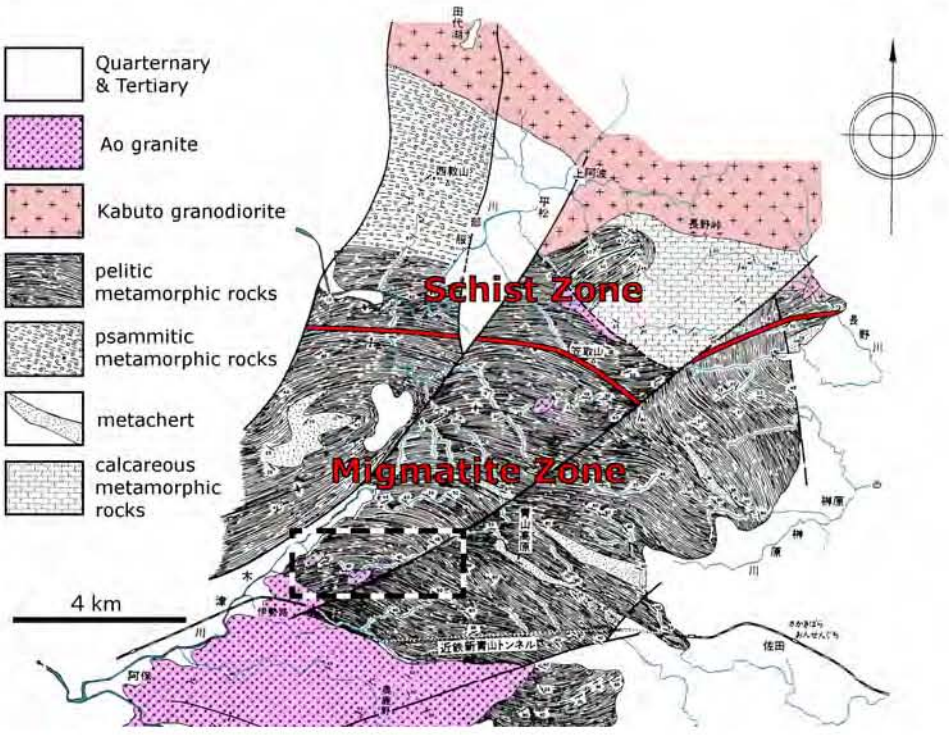

Fig1. Geological map of the Aoyama area (after Hayama et al, 1982). The boundary position between the schist zone and the migmatite zone is according to Kawakami(2001). The dashed rectangle shows the study area along the Okuyamagawa River.

図 1：青山地域の地質図（端山ほか，1982 による）．片岩帯とミグマタイト帯の境界線は Kawakami (2001) による．破線の長方形は本研究の調査地域の奥山川流域を示す．

2. 青山地域のミグマタイト

Kawakami（2001）によれば，青山地域のミグマタイト帯（図 1）は，メタテキサイトおよび不均質ダイアテキサイトから構成され，南方ほど後者の割合が増加するという。今回はミグマタイト帯の最南部に位置する奥山川流域（図 1）におけるメタテキサイトの産状について報告する。この地域のメタテキサイトは基本的には砂泥質岩を起源とし、珪長質の部分（リューコゾーム）と黒雲母に富む部分（メソゾーム）が縞状に互層するストロマティックなものである。露頭によってメタテキサイトは，1–10cm オーダーの波長で褶曲していることがある。

また様々なサイズ・形態・粒度の珪長質岩脈が，メタテキサイトを至るところで貫いている。珪長質岩脈にも，しばしば断片的な変成岩ブロックやシュリーレンを含むことがあり、その場合，岩脈自身もミグマタイト的であるといえる。珪長質岩脈はメタテキサイト中のリューコゾームと識別するのが困難なことも多い。それらを区別することは本質的な意味はないのかもしれないが，本論では厚さ数 10cm 以上，もしくはもっと薄くても明確にメタテキサイトの構造を切っているマグマ起源の珪長質岩体を岩脈と呼ぶことにする。

ここでは，奥山川流域のメタテキサイトの構造が典型的に観察できた２つの露頭について，その構造を記載し，成因を考察する。そして，CHIME 年代測定によってその形成年代を推定する。

3. 露頭 1

露頭 1 では，大きくみると，不規則な形態の珪長質岩脈が泥岩起源の変成岩を貫いている（図 2a)。珪長質岩脈から枝分かれしたレイヤーは，何枚も泥質変成岩の面構造にそって入り込んでおり，変成岩中のリューコゾームと連続し（変成岩中のすべてのリューコゾームがこの岩脈に連続しているかどうかは明らかではない），メタテキサイトを形成している。

一方，逆に珪長質岩脈内には，メソゾームが変成岩側から連続して細長く入り込んでいる。こ

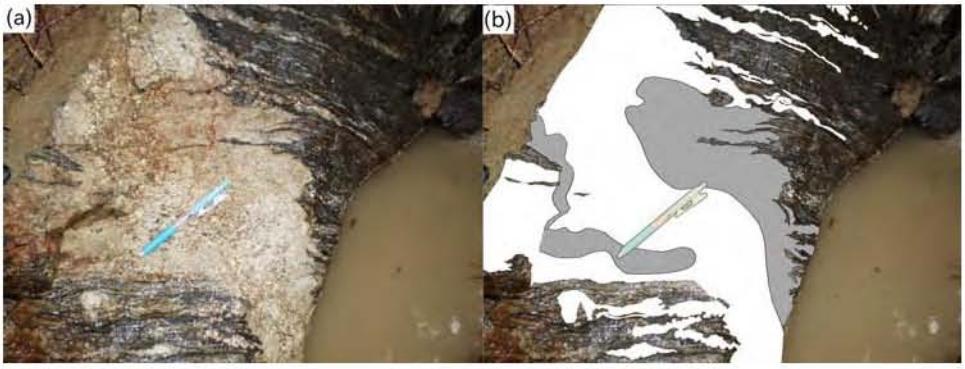

Fig2. Outcrop 1
(a) Quartzofeldspathic dyke intruding pelitic metamorphic rocks. Leucosome layers in the metamorohic rocks are branched from the dyke. (b) The dyke consists of two parts with different grain size; coarser part (white) and finer part (gray).

図２：露頭 1
(a) 泥質変成岩に貫入する珪長質岩脈．変成岩中のリューコゾームとつながっている．
(b) 珪長質岩脈は粗粒部（白色に塗色）と細粒部（灰色に塗色）から構成される．

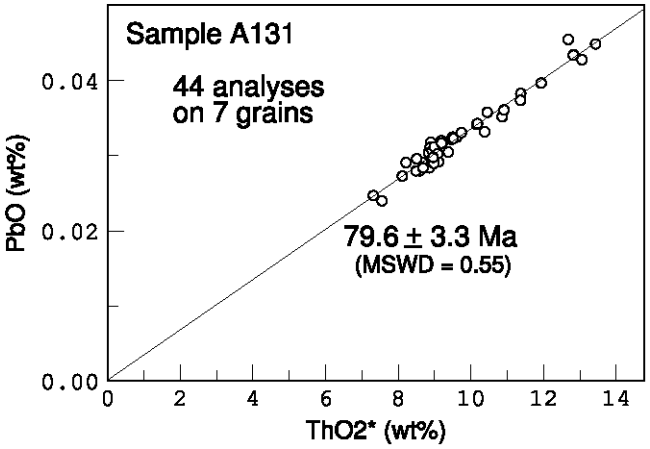

Fig3. Plots of PbO – ThO_2^* of monazites from the coarser part of the quartzofeldspathic dyke in outcrop 1.

図 3： 露頭 1 の珪長質岩脈粗粒部のモナザイトの PbO – ThO_2^* プロット.

のほかに，岩脈は黒雲母に富んだ部分をシュリーレン状に含んでいる。

この珪長質の岩脈は粒度の異なる 2 つの部分から構成されていた（図 2b)。細粒部は，粗粒部のシュリーレンの構造をシャープに切って境界をつくっている。このことから粗粒部が固結した後に細粒部のメルトが活動したと考えられる。どちらもメタテキサイト中のリューコゾームと連続している。

この露頭のように岩脈とメタテキサイト中のリューコゾームが連続している場合，次の 2 つの場合を想定できる。

(1) 変成岩がその場で融解してできたメルトが絞り出され，それらのメルトが集まり岩脈を形成した。

(2) 外部から流入した高温のメルトが変成岩を同化しながら貫入し，変成岩の面構造にそって浸透してメタテキサイト中のリューコゾームとなった。

この露頭の場合，(a) 岩脈の体積がメタテキサイト中のリューコゾームに比べて大きいこと，(b) 珪長質岩脈内に細長く連続しているメソゾームの構造は，高温のメルトが変成岩を同化した際の融け残りのようにみえること，(c) 新旧二種類の珪長質岩がそれぞれ重ならずにメタテキサイト中のリューコゾームと連続していること，から (2) の過程で形成されたと考えられる。

岩脈粗粒部から採取した岩石について，CHIME モナザイト測定をした（7 粒子，44 分析点）ところ，どの分析点もほぼ 80Ma の見かけ年代となり，明確なアイソクロン年代を得ることができた（図 3 ; 79.6 ± 3.3Ma， PbO 切片値：0.0001 ± 0.0013，MSWD：0.55)。この年代は，阿保花崗岩の CHIME モナザイト年代の 79.8 ± 3.9Ma（Kawakami and Suzuki, 2011）とたいへん良く一致している。

4. 露頭 2

露頭 2（図 4a）では，泥質変成岩とともに 1cm–数 cm の厚さの様々な珪長質岩脈を観察できる。変成岩の面構造は図 4a の左端付近では N70°E 程度の走向 (写真では上下方向) であるが，同じ層準をたどると次第に曲がり，写真の下側では，大きく見ればほぼ NS 走向になるとともに 1cm–10cm 程度の波長で激しく褶曲している。

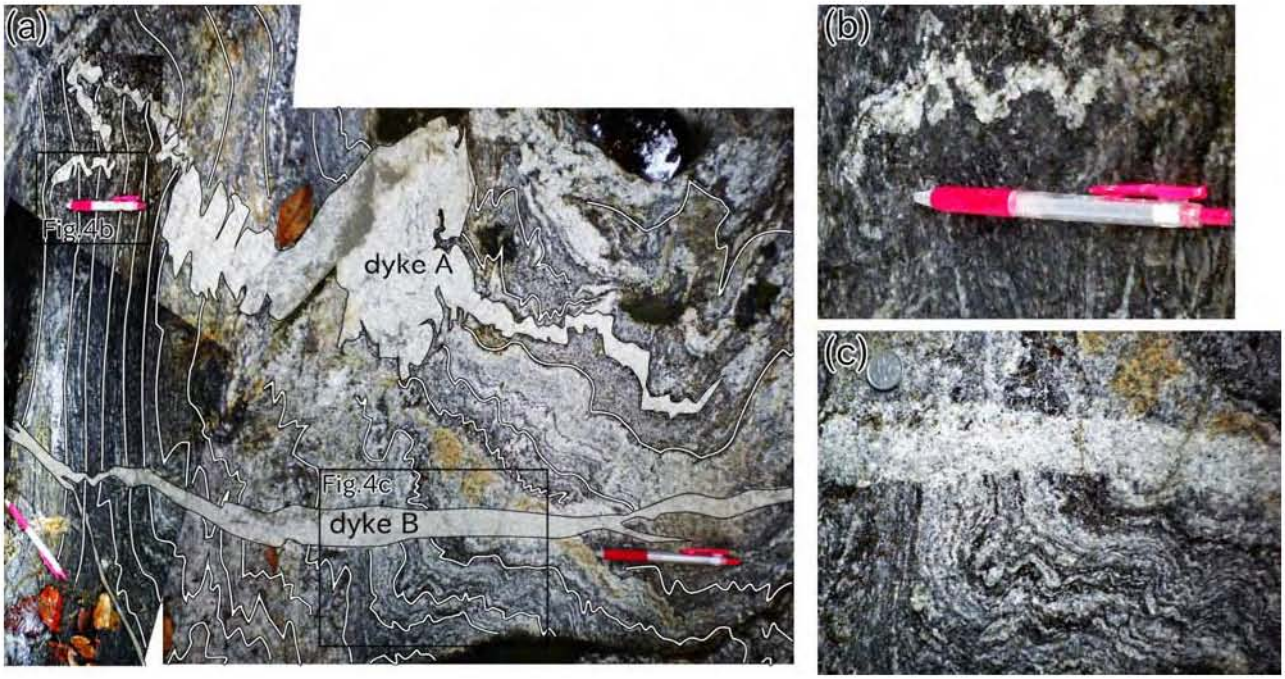

Fig4. Outcrop 2
(a) Two types of dyke intrude pelitic metamorphic rocks. Dyke A is folded together with the host rock in the right hand of the photograph, and also folded ptygmatically in the non-folded host rock in the left hand. Dyke B cuts the host-rock folding. The folded metamorphic rocks include thin concordant leucosome bands and form stromatic metatexite. White lines represent orientation of metamorphic rock foliations. (b) Ptygmatically folded Dyke A in the non-folded host rock. (c) Dyke B intruding the folded metatexite.

図4：露頭2
(a) 泥質変成岩に2種の岩脈が貫入している．岩脈 A は写真右側では泥質変成岩とともに褶曲し，写真左側の変成岩の非褶曲部でもプディグマティックに褶曲している．岩脈 B は変成岩の褶曲を切っている．褶曲部の変成岩には細かいリューコゾームが入り，メタテキサイトになっている．白線は変成岩の面構造の方向を表す．(b) 非褶曲部でプディグマティックに褶曲した岩脈 A．(c) 褶曲したメタテキサイトを貫く岩脈 B．

変成岩には珪長質岩脈が何枚も貫入しているが，あるものは，変成岩とともに褶曲しているのに対して，あるものはその褶曲を切っている。図 4a の中の岩脈 A と岩脈 B は，それぞれ，褶曲岩脈と，非褶曲岩脈の典型的なものである。岩脈 A の左側に着目すると，母岩の変成岩は褶曲していないのに対して，岩脈 A はプディグマティックに褶曲している（図 4b)。この褶曲軸面は母岩（変成岩）の面構造にほぼ一致していることから，母岩の面構造に垂直方向（写真の左右方向）の短縮によって岩脈 A は褶曲したと考えられる。同じ変形によって、変成岩は写真の左側では面構造（片理）が発達したのに対して，写真右側では褶曲が形成されたと考えられる。その後に褶曲を切って岩脈 B が貫入した。

変成岩は非褶曲部（図 4a の左端部）においては，リューコゾームをほとんど含んでいない（図 4b)。それに対して同じ層準でも褶曲部では 1 –2mm 程度の厚さのリューコゾームがメソゾームと細かく互層してメタテキサイトを形成している（図 4c)。リューコゾームが特に褶曲部で発達していることは、リューコゾームが褶曲と同時に形成されたことを示唆している。その形成過程として、たとえば図 4a における左右方向の短縮ともにその垂直方向に伸長する変形場で，褶曲形成部では面にそって空間が生じ，そこにメルトが流入してリューコゾームが形成された、という解釈が可能である。

いずれにしても、リューコゾームと褶曲が同時に形成されたとするならば、その年代は褶曲岩脈 A と非褶曲岩脈 B の貫入年代の間になるはずである。それを確認するために、これらの岩脈とメタテキサイト中のリューゾームの CHIME モナザイト年代測定を行った。今回は岩脈 B からは分析に適したモナザイトを見つけることができなかったので，同露頭内のすぐ近くの褶曲を切って貫入している岩脈 C を用いた。

図 5a は岩脈 A の CHIME モナザイト年代測定（5 粒子，58 分析点）の結果を，各分析点の測定年代（見かけ年代）のヒストグラムとして表現したものである。年代値の平均的な測定誤差の大きさを考えると，このバイモーダルな分布は，2 つのイベントの年代（約 100Ma と約 80Ma)を表していると考えてよいだろう。岩脈 A は変成岩を巻き込んで褶曲しており，巻き込まれた部分では黒雲母が濃集している。多くのモナザイト粒子は黒雲母にともなって産することが多く，岩脈 A においてもそのような黒雲母にともなうモナザイトを分析している。今回測定された古い方の年代（約 100Ma）は岩脈に巻き込まれた変成岩由来のモナザイト粒子の年代である可能性が高い。結晶面が発達したモナザイト粒子では，粒子内に部分的に約 100Ma の年代もあるが，全体としては約 80Ma であることから，メルト中で古い粒子をオーバーグロースしたのが約 80Ma であると解釈できる。したがって，約 80Ma の年代が岩脈 A の形成時期に対応する。

図 5b と 5c はそれぞれ，岩脈 C および褶曲した変成岩のリューコゾーム の CHIME モナザイト年代測定のヒストグラムである。どちらも約 80Ma の年代が卓越するが，それより古い年代もある。これらの分布も岩脈 A の場合と同様に，古い年代は貫入時に捕獲された粒子に由来すると

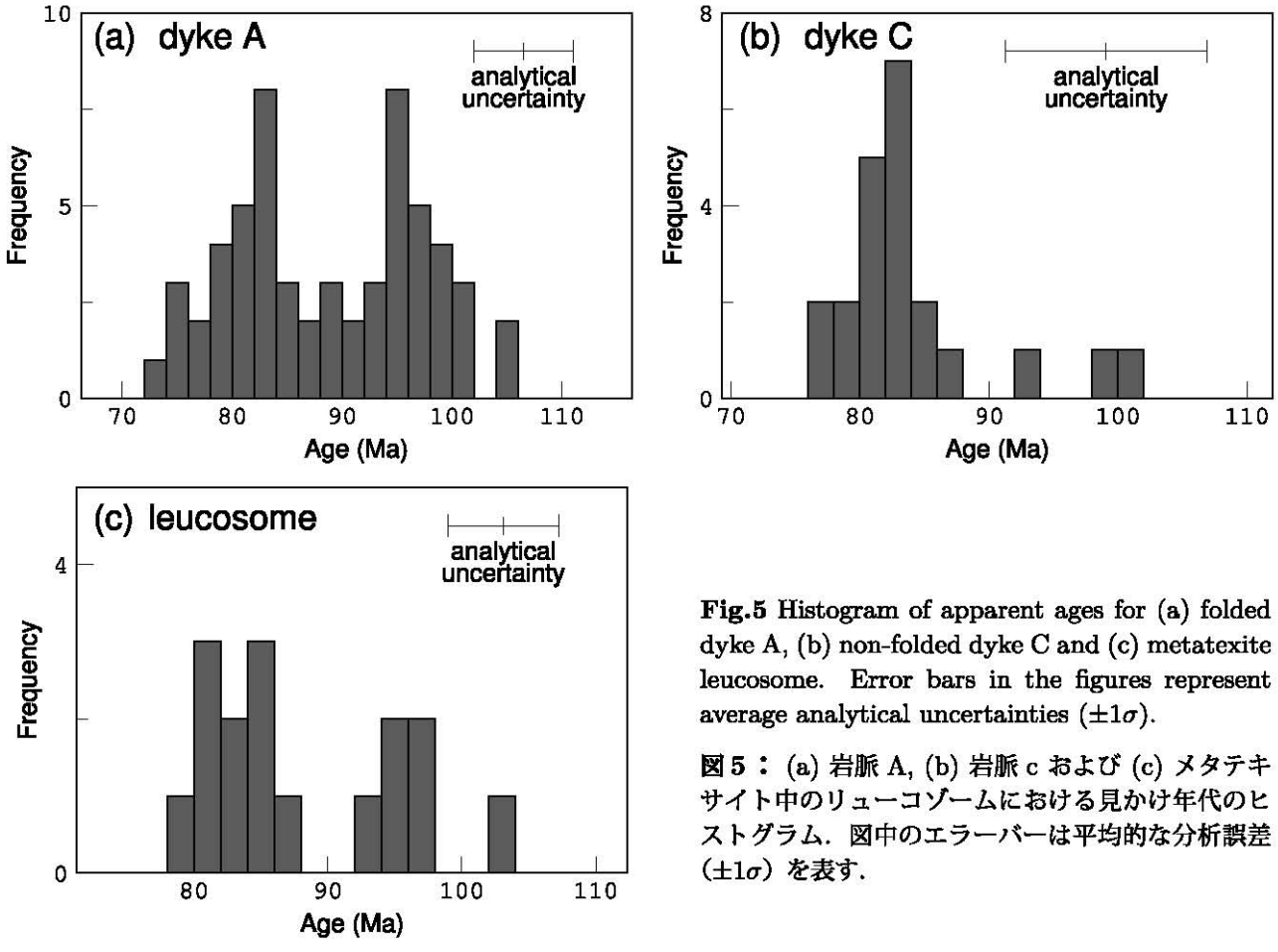

Fig.5 Histogram of apparent ages for (a) folded dyke A, (b) non-folded dyke C and (c) metatexite leucosome. Error bars in the figures represent average analytical uncertainties ($\pm 1\sigma$).

図 5： (a) 岩脈 A, (b) 岩脈 c および (c) メタテキサイト中のリューコゾームにおける見かけ年代のヒストグラム．図中のエラーバーは平均的な分析誤差（$\pm 1\sigma$）を表す．

考えられるため，岩脈 C および褶曲した変成岩のリューコゾームの形成年代もまた約 80Ma と解釈される。

結局，褶曲岩脈，非褶曲岩脈，褶曲したリューコゾームのすべてが約 80Ma に形成されたことが明らかになった。

5. 結論

露頭 1 においても露頭 2 においても，測定された部分に関しては，ミグマタイトの形成は約 80 Ma であった。これまでは，青山地域のミグマタイトの形成は約 100Ma の広域変成作用時であると考えられてきたが，逆に新期花崗岩類の活動時期である約 80Ma にほとんどのミグマタイトが形成された可能性も考える必要がでてきた。

約 80Ma のイベントでは，高温部から移動してきた花崗岩質のメルトがこの地域のミグマタイトの形成に寄与した。また，褶曲形成にともない，褶曲部への花崗岩質メルトの流入も推定され，その褶曲軸面はこの地域の代表的な面構造の方向とほぼ一致していることから，この地域は、約 80Ma に，南北圧縮の変形場にあったと考えられる。

6. 引用文献

Brown M. (1998) Unpairing metamorphic belts: P–T paths and a tectonic model for the Ryoke Belt, southwest Japan. *J. Metamorph. Geol.* **16**, 3-22.

端山好和・山田哲雄・伊藤　誠・沓掛俊夫・政岡邦夫・宮川邦彦・望月康年・仲井　豊・田結庄良和・吉田　勝・河原林育朗・津村善博 (1982) 近畿地方東部の領家帯の地質 – 特に花崗岩類の岩体区分と相互関係 – . 地質雑，**88**, 451-466.

Kawakami T. (2001) Tourmaline breakdown in the migmatite zone of the Ryoke metamorphic belt, SW Japan. *J. Metamorph. Geol.* **19**, 61-75.

Kawakami T. and Suzuki K. (2011) CHIME monazite dating as a tool to detect polymetamorphism in high-temperature metamorphic terrain: an example from the Aoyama area, Ryoke metamorphic belt, SW Japan. *Island Arc* **20**, 439-453.

都城秋穂 (1965) 変成岩と変成帯. 岩波書店，東京，458 pp.

Suzuki K. and Adachi M. (1998) Denudation history of the high T/P Tyoke metamorphic belt, southwest Japan: constrains from CHIME mozazite ages of gneisses and granitoids. *J. Metamorph. Geol.* **16**, 23-37.