

2006 年度 第 7 回 地質学セミナー

日時: 6 月 14 日 (水)

開始時間: 17:30

*** 博士論文発表会のため地質学セミナーの開始時間がいつもと異なります！**

会場: 自然系学系棟 B 棟 B215 教室

南インド Palghat-Cauvery Shear Zone System に 産する Mg-Al 変成岩に含まれる流体包有物 大山 広幸 (生命環境科学研究科 2 年)

地球上には様々な種類の変成岩が存在するが、その多様性を決定する主な要因として、全岩化学組成、温度条件、圧力条件および流体の関与の4つが挙げられる。この中で、変成作用に関与した流体は造岩鉱物の出現温度圧力条件をコントロールするだけでなく、高温変成作用における岩石の熔融や後退変成作用の影響の程度を支配している。また、流体は変成作用の熱源から熱を輸送するという重要な役割を担っていると考えられている。そのため、過去 20 年間にわたり変成流体に関して数多くの研究がなされてきた。特に変成鉱物中に存在する流体包有物は、変成流体の直接的な証拠を保存していると考えられている。しかし、変成岩(特に高温変成岩)中の流体包有物はほとんどが 10 ミクロン以下と細粒なため、過去あまり研究が行われていない。

発表者は現在阿武隈変成帯の流体包有物について、修士論文の研究を行っている。阿武隈変成帯は都城秋穂氏の古典的な研究以来、世界を代表する高温低圧型変成帯とみなされており、発表者の研究によってその流体活動史が明らかになりつつある。今回は阿武隈変成帯との比較対象として 12 kbar 以上の高压変成作用を受けた南インド Palghat-Cauvery Shear Zone System (PCSS) の岩石に含まれる流体包有物を検討し、最終的には阿武隈変成帯との比較を行うことを試みた。

PCSS は、北部の太古代クラトンと南部のグラニュライト帯との境界をなす構造帯であり、エクロジヤイト相に達すると考えられる高压の変成作用を受けた後、時計回りの変成温度圧力経路をたどって 940–990 °C の超高温変成作用を受けたされている(Shimpo et al., 2006)。つまり PCSS は、ゴンドワナ大陸形成後期のステージ(東西ゴンドワナ大陸の衝突)における南インドの大陸地殻の進化を解明するための重要な手がかりとなることが期待される。今回は PCSS の中央部に位置する Sevitturangampatti より採集された Mg-Al 変成岩中に含まれる流体包有物の観察による記載、加熱冷却ステージを用いた流体包有物の融点と均質化温度の測定、アイソコア(等密度線)の決定と変成流体の役割の考察を行った。なお、流体包有物の分析に用いた Mg-Al

変成岩の鉱物組み合わせはざくろ石-堇青石-珪線石-コランダム-ゼーデル閃石-サフィリン-十字石-斜長石であり、サンプルによっては藍晶石、ルチル、チタン鉄鉱などを含むことがある。

観察の結果、初成包有物が斜長石、擬二次包有物が斜長石と十字石とざくろ石、二次包有物がざくろ石に含まれていることがわかった。なお流体包有物の融点は $-58.6 \sim -56.6^{\circ}\text{C}$ であり、全て CO_2 に富むと考えられる。斜長石と十字石から均質化温度が $-26.1 \sim -19.2^{\circ}\text{C}$ ($d = 1.028 \sim 1.060 \text{ g/cm}^3$) という高密度の CO_2 に富む流体包有物が発見され、推定されるアイソコアから 1000°C で 8.3–9.0 kbar というピーク変成作用条件にてトラップされた流体であることが明らかになった。またそれら以外の包有物は低密度 ($d = 0.601 \sim 0.896 \text{ g/cm}^3$) であり、産状からも後退変成作用の流体である。高密度の流体包有物から得られたアイソコアは、超高温変成作用を示す温度圧力条件に一致することから、超高温変成作用時に捕獲されたものと考えられる。ただし、ピーク変成作用以前の高圧ステージに存在していた流体を確認することはできなかった。

今後は高圧ステージで形成されたと考えられる変成鉱物、特にルチルに含まれる流体包有物の発見ならびに分析を行い、高压変成作用時の流体包有物の発見、流体を捕獲しているホスト鉱物と流体との関係や PCSS における流体活動の役割の考察を進めていく。さらには阿武隈変成帯との比較を行い、高温低圧型および高温高圧型変成作用における流体の進化過程の違いを考察していく予定である。

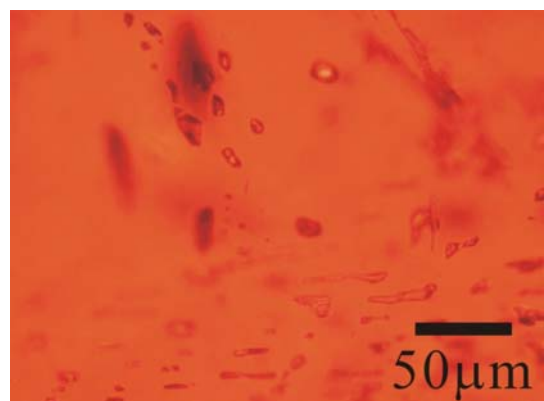


Fig.1 PCSS の Mg-Al 変成岩中の十字石に含まれる流体包有物

Guanacoite, $\text{Mg}_2(\text{Mg,Cu})_3(\text{OH})_4(\text{H}_2\text{O})_4(\text{AsO}_4)_2$ の

結晶構造精密化

興野 純 (生命環境科学研究科)

INTRODUCTION: Guanacoiteは、2000 年にKolitsch等によってチリのEl Guanaco鉱山から発見された比較的新しい含水ヒ酸塩鉱物である(Kolitsch et al. 2000)。Guanacoiteは、澄んだ青色の柱状結晶であり、同じ含水Cu-Mgヒ酸塩鉱物であるarhbarite $\text{Cu}_2\text{Mg}(\text{AsO}_4)(\text{OH})_3$ や conichalcite $\text{CaCu}(\text{AsO}_4)(\text{OH})$ を伴って産出している。Guanacoiteは、発見当初からその美しい色合いから鉱物的価値に注目が集まり、その結果、Guanacoiteは現在では世界中に流通する鉱物となっている。この“guanacoite”は、国際鉱物学連合(IMA)の新鉱物・鉱物名委員会(CNMMN)において、2003 年に新鉱物として承認されたが(IMA No. 2003-021; Burke and Ferraris, 2004)、既に世界中に流通している鉱物である反面、Guanacoiteの化学組成や光学特性、構造特性などの鉱物の基礎的な情報は、いまだに正確な報告がなされていないのが実情である。CNMMNの新鉱物Reportによれば(Burke and Ferraris, 2004)、Guanacoiteの化学組成は $\text{Cu}_2\text{Mg}_2(\text{Mg,Cu})(\text{OH})_4(\text{H}_2\text{O})_4(\text{AsO}_4)_2$ であり、その構造はAkrochordite $(\text{Mn,Mg})_5(\text{OH})_4(\text{H}_2\text{O})_4(\text{AsO}_4)_2$ と同形構造であることが記されている。本研究ではGuanacoiteの結晶構造の精密化と合わせて、その結晶化学特性について研究を行なった。

EXPERIMENTAL METHODS: 試料は、模式地であるチリEl Guanaco鉱山から採集されたGuanacoiteの単結晶を用いて分析を行なった。化学組成は、電子線マイクロプローブアナライザー(EPMA)によって決定し、標準試料には、Cuprite ($\text{CuK}\alpha$)、MgO ($\text{MgK}\alpha$)、GaAs ($\text{AsK}\alpha$)を使用した。 H_2O 、 OH の定量については化学量論的に固定し、化学組成を決定した結果、Guanacoiteの平均化学組成は、 $\text{Cu}_{1.87(12)}\text{Mg}_{3.13(12)}\text{As}_{2.00(1)}\text{O}_8(\text{OH})_4(\text{H}_2\text{O})_4$ であった。

単結晶X線回折測定は、イメージングプレート型X線回折装置によって行なった。測定には、短柱状の単結晶($0.40 \times 0.10 \times 0.10$ mm)を使用し、回折強度の測定中は、単結晶試料をクライオスタットによって -170°C に冷却して行なっている。結晶構造は、直接法SIR97 によって決定し、フルマトリックス最小二乗法CRYSTALS programによって精密化した。水素原子位置は、O-H結合距離 (1.00 ± 0.05 Å)、H-O-H角 ($109.0 \pm 1.0^\circ$)の束縛条件下で、フーリエ合成によって決定した。その結果、Guanacoite の結晶構造は、 $R1 = 0.0309$, $wR2 = 0.0818$, $\text{GOF} = 1.036$ の信頼度因子に収束した。

RESULTS AND DISCUSSION: Guanacoiteの化学組成は、CNMMNの新鉱物Report(Burke and Ferraris, 2004)には、 $\text{Cu}_2\text{Mg}_2(\text{Mg,Cu})(\text{OH})_4(\text{H}_2\text{O})_4(\text{AsO}_4)_2$ であるとされている。しかし、今回測定したGuanacoiteの化学分析の結果からは、MgとCuの値は、Mgが、 $2.939\text{--}3.395$ apfu、Cuが 1.588--

2.048 apfu である。さらに、化学分析の平均値は、 $\text{Cu}_{1.87}\text{Mg}_{3.13}\text{As}_{2.00}\text{O}_8(\text{OH})_4(\text{H}_2\text{O})_4$ である。したがって、この化学組成値は、CNMMNのReportに示された化学組成式の組成変化幅には一致しない。

一方、Guanacoite の結晶構造には、3つのM席(CuとMgを占有可能な原子席)が存在している(Fig. 1)。M席におけるCuとMgの席占有率の精密化の結果は、 $M(1) = \text{Cu}_{0.168(1)}\text{Mg}_{0.832(1)}$ 、 $M(2) = \text{Cu}_{0.851(1)}\text{Mg}_{0.149(1)}$ 、 $M(3) = \text{Cu}_{0.000(1)}\text{Mg}_{1.000(1)}$ であった。つまり、 $M(1)$ 席にはMgが優先し、 $M(2)$ 席にはCuが優先し、 $M(3)$ 席はすべてMgが占有している。ここで特筆すべきことは、 $M(3)$ 席の原子占有特性である。つまり、Guanacoiteの $M(3)$ 席には、Cuが決して占有されることはなく、Mgが完全に優先配置している。そして、 $M(1)$ 席と $M(2)$ 席に、MgとCuが無秩序配置している。したがって、本研究のM席の原子占有特性からは、Guanacoiteの化学組成式は、CNMMNが提示した $\text{Cu}_2\text{Mg}_2(\text{Mg,Cu})(\text{OH})_4(\text{H}_2\text{O})_4(\text{AsO}_4)_2$ (Burke and Ferraris, 2004)よりもむしろ、 $\text{Mg}_2(\text{Mg,Cu})_{3.0}(\text{OH})_4(\text{H}_2\text{O})_4(\text{AsO}_4)_2$ の方が妥当である。さらに、本研究の結晶構造解析から導いた化学組成式の方が、EPMAの化学分析結果とも非常に良く一致する。

CONCLUSIONS: Guanacoiteの結晶構造には、3つのM席が存在し、そのうちの1つはMgが完全に秩序配列する原子席である。したがって、Guanacoiteの化学式組成は、IMAから2004年に発表したものよりも(Burke and Ferraris, 2004)、 $\text{Mg}_2(\text{Mg,Cu})_{3.0}(\text{OH})_4(\text{H}_2\text{O})_4(\text{AsO}_4)_2$ の方が妥当である。

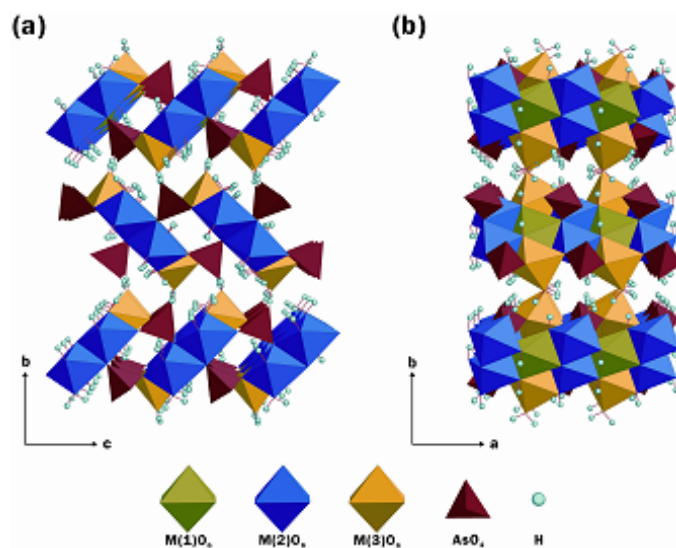


Fig. 1. Guanacoiteの結晶構造投影図 (a) [100]方向と (b) [001] 方向。Akrochordite と同形構造であり、 $\text{M}_5(\text{OH})_4(\text{H}_2\text{O})_4(\text{AsO}_4)_2$ を構造単位とするシート状構造を形成している。M席は稜共有で連結し、シート間は AsO_4 四面体と強い水素結合によって連結された構造である。

* 次回 6 月 21 日(水)の地質学セミナーは飯島実さん、更科功さんによる発表を予定しております。

連絡先: 伊藤利彦 (生命環境科学研究科 1 年) sk8erboi@arsia.geo.tsukuba.ac.jp
西村直樹 (生命環境科学研究科 1 年) nisimura@arsia.geo.tsukuba.ac.jp
興野 純 (生命環境科学研究科) kyono@arsia.geo.tsukuba.ac.jp