

2014年6月4日 2014年第8回地球科学輻合ゼミナール
低温高压型変成岩類を用いた沈み込み帯の深部流体の実態解明

講演者: 平島崇男

レポーター: 理学研究科地球惑星科学専攻 修士過程2年 安本篤史

概要

沈み込むプレート中の岩石に含まれる含水鉱物は温度圧力の上昇に伴って脱水分解し、水(深部流体)を放出する。深部流体は岩石の破壊強度を下げ地震活動を誘発したり、融点を下げて火成活動を誘発したりする。従って、地震活動や火成活動のメカニズムを深く理解するには深部流体を理解する必要がある。本講演では平島研究室が行ってきた研究成果の例をいくつか紹介して頂いた。

講義内容

1. 沈み込み帯で何が起きているのかを統合的に理解するために

沈み込み帯では何が起きているのだろうか。地球物理学は東北日本の震源域と地下の温度構造を照らし合わせると、震源域が沈み込むプレート中に含まれる含水鉱物が脱水分解する場所とよく合うことや(Yamazaki & Seno, 2013)、東北日本にある火山の地下深部には高い V_p/V_s を示す場所が存在することなどを見出した(Nakajima & Hasegawa 2003; Asano et al., 2004)。これらの情報は、地震活動や火成活動に水が深く関わっている可能性を示した。しかし、現在の技術ではあまりに地下深くに存在する物質を直接入手することは困難で、より具体的に何が起きているか知ることは難しい。そこで変成岩岩石学では、過去に地球内部へ沈み込んで変成した岩石が地表に回帰したものを入手し、その岩石がどうやってできたのかを読み取ることで、地下深部のどこで何が起きていたのか、起きているのかを推定する。

2. ローソン石の重要性

地震活動や火成活動に関わっているとされる水(深部流体)がどこでどれだけ放出されているのか、その組成はどんなものなのかといったことを知るには、沈み込むプレート中に含まれる含水鉱物の挙動が重要になる。中でもローソン石($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)は次の様な特性を持つため、平島研究室では特にローソン石を含む岩石に注目してきた。

- (1) 世界各地の造山帯で見つかっている
- (2) 組成式あたり 2mol、質量濃度で約 12wt%と大量の水を結晶水として含み、沈み込むプレート中の主要な水のキャリアの一つである。
- (3) 比較的低温な環境で安定であり、例えば 2GPa の圧力で温度が 500°C を超えると緑簾石に分解する。緑簾石も含水鉱物であるが、1.7wt%程度しか水を含まないため、ローソン石に含まれていた 12wt%もの水の内約 10wt%が深部流体として放出される。

3. 地震発生域を構成する岩石の物性推定(青色片岩の V_p 測定; Fujimoto et al., 2010)

V_p/V_s 比は地震波の縦波と横波の速度比で、物質によって様々な値を取る。これを利用して地球物理学では地球の内部構造を推定している。青色片岩は比較的低温な場ではローソン石を、比較的高温な場では緑簾石を含む変成岩で、沈み込み帯に典型的な変成岩の一つであるにも拘わらず、 V_p や V_s が知られていなかった。そこで一例として黒瀬川

帯・箱石サブユニットに産するローソン石青色片岩と、三波川帯・高越地域に産する緑簾石青色片岩の V_p と V_s の測定が行われた。

4. 深部流体が解放される深度(ローソン石の分解するタイミング)

イタリア、日本、キルギスなど、世界各地の変成岩を比較すると、ローソン石の脱水分解一つにしても沈み込み時や上昇時の様々な深度で起きていることがわかった。

4.1. イタリア・セシア帯の場合(Matsumoto, 2007)

イタリア・セシア帯・Orco Valley では、南部で新鮮なローソン石が見られるのに対し、北部では仮像化したローソン石が見られる。また、北に行くほど高压条件下で安定な変成岩であるエクロジヤイトが多産する。仮像とは、温度圧力の変化に伴い、ある鉱物はその結晶外形を保ったまま他の鉱物に分解したもののことである。ローソン石の仮像に典型的な鉱物は緑簾石、パラゴナイトなどである。Orco Valley に産する変成岩の最高温度圧力条件は、南部のもので $500^{\circ}\text{C}/1.6\text{GPa}$ 程度、北部のもので $560^{\circ}\text{C}/1.8\text{GPa}$ 程度と見積もられている。このことから Orco Valley 北部の岩石ほど地下深部に沈み込んでいたこと(=昇温昇圧していた)が示唆され、同時にローソン石の分解と脱水が起きていたことが推定された。

4.2. キルギス・マクバル岩体の場合(Orozbaev et al. in submitted)

キルギス・マクバル岩体に産する高压変成岩は約 3GPa 、約 550°C 程度で形成したとされる。この温度圧力条件ではローソン石は安定であるが、新鮮なローソン石は見つかっていない。可能性としてはローソン石が分解してしまったか、元々存在しなかった場合が挙げられる。Orozbaev et al. (in submitted)は、緑簾石やパラゴナイト、藍晶石などといったローソン石の仮像に典型的な鉱物群から成る多相固体包有物をザクロ石中から発見した。更に、多相固体包有物を構成する鉱物の化学組成と体積比から算出した多相固体包有物全体の化学組成がローソン石の化学組成とほぼ一致することを見出した。このことは、非常に冷たい地温勾配の沈み込み過程では地下 100km 付近でもローソン石が存在したものの、上昇過程でローソン石が脱水分解したことを示唆する。

5. 深部流体の組成と移動経路(大沢、2004; Yoshida et al., in submitted など)

中央構造線沿いの温泉水の成分を調査したところ、 Li/B 比が温泉直下のプレートの上面深度に比例することが指摘された(網田他 2005; 2014; Ohsawa et al., 2010)。Yoshida et al. (in submitted)は石英結晶中に捕獲された深部流体(流体包有物)に注目し、流体包有物の組成と捕獲深度を比較した所、流体包有物の Li/B 比も捕獲深度に比例していることを確認した。この結果は、放出された深部流体が地表まで垂直に上昇することや、より深い所で放出される深部流体ほど Li に富むことを示唆する。

感想

自然は多様性に富み、複雑だ。深部流体を理解する上で重要な含水鉱物はローソン石の他にも雲母・緑簾石・角閃石等と多岐に渡る。それなのにローソン石の脱水分解でさえ地域によって様々なタイミングで起きるとなると、地震などのメカニズムを理解するまでの道程は途方もなく感じられる。しかし複数の研究分野がそれぞれの得意とする手法で問題に挑み、互いの成果を理解・応用することで、着実に理解は進んでいるようだ。日頃から多分野に興味関心を示す価値や、学際的な研究を試みることの重要性がよくわかった。