

Polygonal serpentine and chrysotile from Kyushu Kurosegawa belt, Japan

延寿, 里美

<https://hdl.handle.net/2324/1931718>

出版情報：九州大学, 2017, 博士（理学）, 課程博士
バージョン：
権利関係：やむを得ない事由により本文ファイル非公開（3）

九州黒瀬川帯に産する polygonal serpentine 及び chrysotile

延寿里美 (地球惑星物質科学講座)

Polygonal serpentine and chrysotile from Kyushu Kurosegawa belt

Satomi Enju (Earth and planetary material science)

【はじめに】

蛇紋岩はマンツルの主成分であるかんらん岩の熱水変質により形成され、地球上に広く分布している。変質の際、様々な元素のやり取りや岩石の物性の変化をもたらすため、その反応の仕組みを知することは非常に重要である。蛇紋岩の主要構成鉱物である蛇紋石 $Mg_3Si_2O_5(OH)_4$ は $Mg(O, OH)_6$ 八面体シートと SiO_4 四面体シートが 1:1 で組み合う 3 八面体型の層状ケイ酸塩鉱物であり、シート間のミスフィットを解消するため様々な結晶構造をとる。どの種が形成されるかは熱力学的な条件だけでなく、カイネティックな条件が影響するため(Evans, 2004)、成長に伴う安定性や形態などに大きく影響してくる結晶構造が反応の鍵となる。

本研究では蛇紋石の中でも繊維状蛇紋石と呼ばれるナノチューブ状の chrysotile 及び多角柱状の蛇紋石(Polygonal serpentine . 以下 PS と省略)を扱う(図 1)。繊維軸方向[100]の観察から、PS は 15 あるいは 30 個のセクターからなる多角柱状の構造をもち、セクター内では平板状の構造をとり、境界部では湾曲した層によりつながっている(e.g. Baronnet and Devouard, 2005; Mugnaioli *et al.* 2007)。一般的に chrysotile が成長し、シートの曲率が減少するにつれて不安定となるため、一定の曲率を維持したまま安定に成長できる PS の構造に変化するといわれている。しかし、その詳細な条件や過程はわかっておらず、非常に複雑な結晶構造の全容も明らかになっていない。また、chrysotile は繊維軸に直交する方向 [010] から見た際のシートの積層の様相から clinochrysotile (chrysotile- $2M_{c1}$) と orthochrysotile (chrysotile- $2Or_{c1}$)の二種類に分類されている。Clinochrysotile に比べ orthochrysotile の産出が圧倒的に少ないことが指摘されているが(Whittaker and Zussman, 1957; Yada 1971)、その理由、両者の産状や共存関係など不明な点が多い。PS も XRD パターンが clinochrysotile (chrysotile- $2M_{c1}$)に類似したもの(以後 clino-type PS 呼ぶ)と orthochrysotile (chrysotile- $2Or_{c1}$)に類似したもの(以後 ortho-type PS と呼ぶ)が確認されているが(Middleton and Whittaker, 1976)、その後の透過電子顕微鏡による観察などは clino-type PS に偏っており(e.g. Mugnaioli *et al.*, 2007)、chrysotile 以上に情報が少ない。本研究ではこれらの結晶学的性質を考慮し、chrysotile と PS をそれぞれ clino-type と ortho-type に分け、計四種類への分類を行った(表 1)。各タイプの天然における共存関係や産状等を明らかにすることでその性質や形成条件へのアプローチを行う。

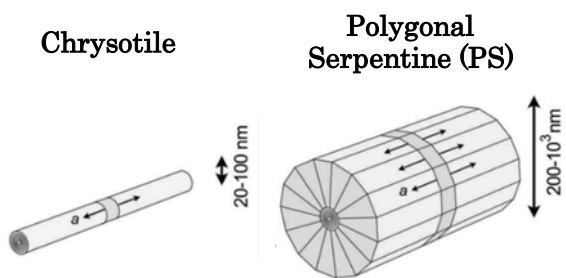


図 1 Chrysotile 及び PS の結晶構造の模式図 (Cressey *et al.* 2010 を改編)

表 1 本研究における繊維状蛇紋石の分類

	Chrysotile	Polygonal serpentine (PS)
Clino-type $\beta \neq 90$	Clinochrysotile (chrysotile- $2M_{c1}$)	Clino-type PS
Ortho-type $\beta = 90$	Orthochrysotile (chrysotile- $2Or_{c1}$)	Ortho-type PS

【試料及び分析手法】

猪尾(2009)のデータと自ら分析した結果を合わせて、九州黒瀬川帯の 15 の地域(28 地点)から採取された 283 個の試料に対し X 線回折(XRD)分析による蛇紋石種の同定を行った。その中でも繊維状蛇紋石からなる代表的なサンプルについて、様々なスケールにおける組織観察や化学組成の測定を行った。また最も ortho-type PS に富む産地である熊本県八代市泉町下岳については蛇紋岩全体の産状の観察を行った。X 線回折装置は Bruker AXS M18XHF²²-SRA、電子線マイクロアナライザー(EPMA)は JEOL 製 JXA8530F、透過型電子顕微鏡(TEM)は九州大学の超顕微細解析センター設置の JEOL 製 JEM-ARM200F、JEM-ARM200CF 及び JEM-3200FSK を使用した。

【結果】

本研究より九州黒瀬川帯における繊維状蛇紋石の分布と産状、性質等が明らかになった。

九州黒瀬川帯は片状蛇紋岩が多くみられ、しばしば繊維状蛇紋石からなる脈を伴う。主要な蛇紋石種は産地によって異なり、西部では antigorite、中部では clino-type が多くみられ、その間の地域及び東部では一種類が突出するのではなく様々な蛇紋石種により構成されていた。多くのサンプルが繊維状蛇紋石を含んでおり、clino-type と ortho-type の両方がみられた。一部の地域では clino-type を含まない純粋な ortho-type がみられ、九州黒瀬川帯は量、純度共に ortho-type に富んでいることが分かった。

繊維状蛇紋石を多く含む代表的な試料に対して、XRD に加え TEM の制限視野回折パターンより繊維状蛇紋石の詳細な同定を行ったところ、ortho-type に富む試料は ortho-type PS と少量の orthochrysotile により構成され、clino-type に富む試料は clinochrysotile と orthochrysotile により構成されていた。ortho-type PS に富む試料は幅数 mm の直線的な脈あるいはより細く幅が不均一な脈として産する。いずれも繊維の方向はランダムであり隙間のない密な組織であった。ortho-type PS の直径は 200-300 nm のものが最も多く、形の整ったもののセクター数は 15 しか見られなかった。一方 clinochrysotile に富む試料は風化したような質感を持つ塊状あるいは先ほどと同様の幅が不均一な細脈として産する。繊維の太さは 100 nm 以下であり配向していた。化学組成を測定したところ、clinochrysotile に富む試料に対し、ortho-type PS に富む試料は Fe, Al に富んでおり、産地ごとに Al の量に違いがあった。

Ortho-type が最も多くみられる産地である下岳では、lizardite と ortho-type からなる暗緑色の片状蛇紋岩中に多くの幅 2、3 mm 程度の直線的な黄緑色-緑白色蛇紋石の細脈がみられた。片状蛇紋岩は lizardite と少量の magnetite から構成され bastite 組織が顕著である。黄緑色の脈の多くがほぼ純粋な ortho-type PS に富み、まれに clinochrysotile と orthochrysotile からなる厚さ 5 -10mm 程の鱗片状の欠片からなる太脈がみられる。微細組織観察において前者は繊維の方向がランダムであったのに対し、後者はある程度の塊ごとに配向していた。脈は接している片状蛇紋岩の組織を全て切っていることから、かんらん岩体全体の蛇紋岩化が終了した後に生じた亀裂内での晶出であると思われる。さらにその後せん断変形を受けているような組織も見られた。これより、下岳では現在の位置に衝上する前に蛇紋石脈の形成が行われ、その後破碎を受けたと考えられる。形成段階に応じて主な蛇紋石種は lizardite, ortho-type → ortho-type PS → orthochrysotile, clinochrysotile と変化している。先行研究 (e.g. Normand et al., 2002) から lizardite → PS → chrysotile の変化は過飽和度の増加などによって起こっていると考えられる。ortho-type 及び clino-type の形成条件については、衝上前の蛇紋石脈の形成や、本産地のすぐ近くで低温高压型の変成岩がみられる(斎藤・宮崎、2006)ことも合わせて考えると、通常より高压環境下での形成により ortho-type に著しく富む産状となった可能性がある。