

山陽帯チタン鉄鈷系列と山陰帯磁鉄鈷系列のマグマ分化を系統的に解明  
～山陽帯加古川市花崗岩類の角閃石とリン灰石から波状累帯構造を発見！～

川勝 和哉・宮脇 彩絵子・藤尾 有希・河合 なつみ  
兵庫県立加古川東高等学校 地学部 (加古川市加古川町粟津 232 の 2)  
kakogawah\_koko@pref.hyogo.jp

**Systematical explanation of the magmatic differentiation of ilmenite series granitoids in  
San-yo belt and magnetite series granitoids in San-in belt.**

**～ discovery an oscillatory zoning of amphiboles and apatite in granitoids  
in the Kakogawa area, San-yo belt, southwest Japan ～**

Kazuya Kawakatsu, Saeko Miyawaki, Yuki Fujio and Natsumi Kawai

Kakogawa Higashi High School Earth Science Club (Awazu 232-2, Kakogawa-cho, Kakogawa city)

**Abstract** : Medium-grained hornblend-biotite granodiorite during the Cretaceous to the late Paleogene interspersed from east to west as small masses of the size of about 1km × 2km in Kakogawa are thought to be a part of batholith around the Sea of Harima and belong to ilmenite series granitoids in San-yo belt. An oscillatory zoning was discovered in the amphiboles and apatite in the Kakogawa granitoids.

Granitoids include grown automorphic ilmenite in the pale green rim in automorphic amphiboles. This shows that oxygen fugacity is not so high and it was reducing circumstances in the early magmatic differentiation. After that, outer parts of amphiboles reequilibrated and the pale brown core and the pale green rim were formed by replacement of the primary stage caused by fluid circulations under subsolidus conditions. Moreover, replacement of the secondary stage by fluid circulations came up and oscillatory zoning were formed in the pale green rim in amphiboles by sudden oxidation of the remaining fluid of magma, and ilmenite reequilibrated into combination of rutile and sphene among amphiboles and other crystals. The oscillatory zoning, which has developed only in automorphic apatite in the pale green rim in amphiboles, shows that oscillatory zoning were formed after replacement by fluid circulation of the primary stage. These oscillatory zoning are a few micrometer wide, indicating a form like the cross-lamina structure, has developed in the direction of c-axis.

Two granitoids in San-yo belt and San-in belt that became active in the same age differ greatly from extent of oxidation of each of the early magmatic differentiation stage, but there are similarities, such as the same oscillatory zoning of amphiboles and apatite. Using this as an index, contrasted with granitoids of both belts, allowed us to explain the conditions of temperature and pressure after the late magmatic differentiation in San-yo belt and San-in belt were alike.

**Keywords** : ilmenite series granitoids, San-yo belt, oscillatory zoning, amphiboles, apatite, subsolidus conditions, fluid circulations

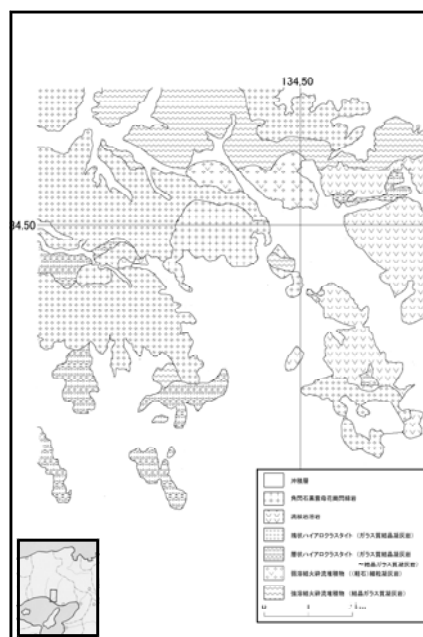
## 1. はじめに

西南日本内帯に分布する花崗岩類は、帯磁率が低く、チタン鉄鈷のみを含み、主に山陽帯に分布するチタン鉄鈷系列と、帯磁率が高く、多量の磁鉄鈷とチタン鉄鈷を含み、主に山陰帯に分布する磁鉄鈷系列に二分される。磁鉄鈷系列は高い酸素分圧条件下で固結し、チタン鉄鈷系列は還元的环境で固結したものである。磁鉄鈷系列とチタン鉄鈷系列のマグマの違いの原因はまだよくわかっていない。今回、偏光顕微鏡による詳細な観察によって、加古川市に分布する花崗岩類の角閃石やリン灰石から波状累帯構造を発見した。角閃石の波状累帯構造は、山陰帯磁鉄鈷系列に属する島根県東部大東－横田地域の花崗岩類の角閃石から初めて発見された。そこでは、角閃石の晶出末期にマグマ残液と反応してイオン置換をおこした結果形成されたと結論付けられている。この波状累帯構造が山陽帯チタン鉄鈷系列の花崗岩類からも発見された意義は大きい。時代がほぼ同じ白亜紀～古第三紀に活動した山陽帯と山陰帯の2種類のマグマは、マグマ分化早期の酸化の程度が大きく異なっていたにもかかわらず、角閃石やリン灰石に同様の波状累帯構造が形成さ

れているなど共通点が多く、これを指標として用いて両帯の岩石を対比し、マグマ過程末期の結晶を取り巻く環境を系統的に説明することができる。

## 2. 地質概説

今回筆者らは地質調査をおこない、詳細な地質図を作成した。本調査地域には火山活動が皆無であるが、白亜紀後期には大規模な火山活動があったことが知られている。この流紋岩～流紋岩質火砕岩に、加古川市志方町を中心に花崗岩類が貫入し、周囲の凝灰岩類に熱変成作用を与えている。この花崗岩類は東西方向に点々と分布する 1km × 2km 程度の小岩体をなす中粒角閃石黒雲母花崗閃緑岩であり、白亜紀～古第三紀後期の六甲花崗岩類とほぼ同時期の、山陽帯（チタン鉄鉱系列）に属する。白亜紀後期の花崗岩類の同様の産状を示すものには、島根県東部大東～横田地域で報告された山陰帯（磁鉄鉱系列）の花崗岩類がある。



## 3. 山陽帯、加古川市の角閃石黒雲母花崗閃緑岩から発見した波状累帯構造とマグマ分化

自形～半自形のチタン鉄鉱は大きく、角閃石や黒雲母、斜長石のリム部に包有されており、晶出時には還元的環境であったことを示している。一方、角閃石や黒雲母の周囲には、細粒の自形～半自形の磁鉄鉱が、スフェーンやルチルと共存している。チタン鉄鉱は低温の酸化条件下で磁鉄鉱やスフェーンおよびルチルに再平衡する。鉱物粒間には、磁鉄鉱の微細粒がプール状に集合している。これらの磁鉄鉱はマグマ過程で晶出したものではなく、二次的に酸化条件下で生じたものと考えられる。角閃石や黒雲母のリム部形成時以降の、マグマ分化末期～サブソリダス条件下で晶出あるいは再平衡したと考えられる鉱物は、山陰帯磁鉄鉱系列花崗岩類と類似している。新鮮な自形角閃石の淡緑色リム部分には波状累帯構造がみられる。角閃石や黒雲母の淡褐色コアや淡緑色リムには、多くの自形～半自形のリン灰石がみられる。淡緑色リム部と共存している自形リン灰石のみに、発達した波状累帯構造がみられる。波状累帯構造は、切りつ切られつの不整合状の形態を示している。リン灰石の波状累帯構造は、角閃石の緑色リム部分の形成とほぼ同時期に、流体相の影響によって二次的に形成されたと考えられる。これも山陰帯磁鉄鉱系列花崗岩類のリン灰石と非常に類似した特徴である。山陰帯、島根県東部大東～横田地域の石英閃緑岩で報告されている波状累帯構造は、共存長石温度計で 390 ～ 425 °C (1000bar)、共存磁鉄鉱－チタン鉄鉱温度計で 500 ～ 585 °C と推定されている。これらはいずれもマグマのソリダス温度よりも低い。マグマ分化の早期に自形結晶が晶出した後に、サブソリダス条件下でマグマ残液の循環によって融食と成長を繰り返したことを示している。不整合様の形態は、マグマ残液の循環が幾度となくおこなわれたことを示している。

