

高山カルクアルカリ貫入岩体の石英閃 緑岩中の磁鉄鉱—チタン鉄鉱

山 口 佳 昭*

On magnetite-ilmenite in quartz diorite of the Kōyama
calc-alkaline intrusive, Susa, southwest Japan

Yoshiaki YAMAGUCHI

はじめに

高山カルクアルカリ貫入岩体はカンラン石ハンレイ岩から石英閃緑岩まで岩相変化し、いずれの岩相にも多量の磁鉄鉱を含んでいる (YAMAZAKI, 1967; YAMAGUCHI, 1985)。磁鉄鉱は輝石と斜長石の粒間を埋めて角閃石、黒雲母、石英およびカリ長石と共にマグマの固結過程の最終末期に生じた (YAMAGUCHI, *et al.* 1974)。輝石の累帯構造から見るかぎり、マグマの固結過程では残液の組成変化は Fe が増加するトレンドを示し、多量の磁鉄鉱がマグマから直接に晶出した可能性は考えにくい (山口, 1987)。筆者はこれら粒間に共生している鉱物の共生関係と化学組成を詳しく調べて、その多くがサブソリダス条件下での再平衡によって生じた可能性を検討している (準備中)。

この報告では、岩体の周縁部をなす石英閃緑岩中の磁鉄鉱とチタン鉄鉱の化学組成について述べ、その生成条件を考察する。その共生組織や他の鉱物との共生関係については詳しい報告を現在準備中である。

磁鉄鉱—チタン鉄鉱の産状

磁鉄鉱は、1) チタン鉄鉱と連晶する比較的粗粒な結晶 (−0.5 mm)、および2) 結晶粒間やへき開に散点状に生じている極めて細粒なものに2分される。この報告では前者についてのみ述べる。磁鉄鉱—チタン鉄鉱の生成条件を知る上で、この岩石における輝石の累帯構造と長石の共生関係を調べるのが重要である。

輝石 (1–3 mm) は強い累帯構造を示し、コア (Ca₄₀ Mg₅₀ Fe₁₀) からリム (Ca₃₈ Mg₃₅ Fe₂₇) へ著しく Fe を増加させる。しかし最外殻部にはきわめて薄い

(−50 μm) 逆累帯を示すリムを有し、ここでは Fe が減少し Ca が増加する (→Ca₄₅ Mg₃₅ Fe₂₀)。Lindsley (1983) の輝石温度計を用いると、輝石の晶出は 900–1000°C で開始してこの条件で Fe を増加しつづけた。最外殻リムが形成された条件は約 600°C である。

斜長石 (−4 mm) は累帯構造を示し (An₈₅→An₅₂)、薄い再平衡リム (−50 μm) をもつことが多い。このリムの組成は An_{23–31} で、しばしば粒間を充てんするカリ長石 (Ab_{7–12} と共存している。WHITNEY and STORMER (1977) によるその平衡温度は 590–490°C (1 Kb) である。

磁鉄鉄—チタン鉄鉱はつねに輝石と斜長石の粒間に生成し、特に輝石の周囲に生じることが多い。磁鉄鉱—チタン鉄鉱は複合結晶をなし、黒雲母と連晶することが一般的である。輝石に包有されることはなく (へき開に生じた2次的な散点状の磁鉄鉱をのぞいて)、また直接に接することもない。輝石の最外殻リムには多くの場合に緑色角閃石が生じている。

磁鉄鉱—チタン鉄鉱の化学組成

連晶する磁鉄鉱とチタン鉄鉱について、JXA-733 マイクロアナライザーにより、反射電子線像を観察しながら化学分析を行った。分析方法および補正法はすでに報告した方法によった (KAWAKATSU and YAMAGUCHI, 1987)。

第1表に共存する磁鉄鉱—チタン鉄鉱の5つの対の化学組成を示す。両鉱物ともに結晶内部は均質で、両相の界面付近とそれから離れた中心部との間で組成の違いはみとめられない。磁鉄鉱中のウルボスピネル成分含量は全般的に低く、またチタン鉄鉱中の R₂O₃ 成分も低い値を示している。MnO 含量は 1.40–3.81 wt% であり、パイロファナイト成分にすると 3.0–8.2% の

* 島根大学理学部地質学教室

第1表 磁鉄鉱-チタン鉄鉱の化学組成

	1		2		3		4		5	
	Mag	Ilm	Mag	Ilm	Mag	Ilm	Mag	Ilm	Mag	Ilm
SiO ₂	0.07	0.03	0.11	0.05	0.10	0.04	0.11	0.04	0.12	0.04
TiO ₂	2.00	50.19	2.63	49.69	2.59	50.43	2.69	50.16	1.36	49.74
Al ₂ O ₃	0.66	0.03	0.73	0.03	0.67	0.03	0.89	0.03	0.52	0.03
FeO*	90.13	48.23	89.27	48.17	89.83	45.36	88.73	45.09	91.29	46.47
MnO	0.22	1.40	0.22	1.41	0.25	3.59	0.33	3.81	0.25	2.96
MgO	0.03	0.13	0.03	0.12	0.03	0.08	0.05	0.10	0.02	0.10
CaO	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.03	0.02
Total	93.12	100.02	93.00	99.47	93.48	99.53	92.82	99.23	93.59	99.36
Recalculated										
Fe ₂ O ₃	64.03	5.25	62.46	5.63	62.99	4.16	62.06	4.42	65.72	5.44
FeO	32.52	43.51	33.06	43.10	33.15	41.62	32.89	41.12	32.16	41.57
Total	99.53	100.55	99.26	100.03	99.79	99.95	99.04	99.67	100.17	99.91
Mol.%USP	6.09		8.09		7.89		8.28		4.39	
Mol.%R ₂ O ₃		4.99		5.38		3.98		4.24		5.21
Temp.°C		595		610		580		595		590
log ₁₀ f _{o₂}		-20.0		-19.2		-21.0		-20.5		-19.7

* Total iron expressed as FeO

範囲にある。

この5つの磁鉄鉱-チタン鉄鉱の組成対に対して SPENCER and LINDSLEY (1981) の方法によって求めた平衡温度は580-610°Cの範囲にあり、f_{o₂}は10⁻¹⁹-10⁻²¹である。これは Quartz-magnetite-fayalite バッファー付近に相当する (HEWITT, 1978)。

一方、結晶粒間やへき開に生じている微細な磁鉄鉱はチタン鉄鉱と共存せず、しばしばスフェーンを伴っている。このことは、サブソリダス条件での交代作用の後期には酸素分圧がいっそう上昇して、磁鉄鉱+スフェーンで特徴づけられる (CZAMANSKE and MIHALIK, 1972) 高酸素分圧条件に至ったことを示している。

討 論

磁鉄鉱-チタン鉄鉱の平衡温度は、先に検討したように、約600°Cである。これは先に述べた輝石の最外殻リムが形成された時期の温度条件とほぼ同じである。斜長石の最外殻リム-カリ長石の平衡温度はこれよりもやや低い。これらの平衡温度は、いずれにしてもマグマのソリダス温度よりも低い。花こう岩質マグマのソリダスは、高山岩体のような浅所貫入岩では700°C程度以下に下ることは考え難い (TUTTLE and BOWEN, 1958; BURNHAM and NEKVASIL, 1986)。

輝石は、その累帯構造から見ると、900-1000°Cの条件で晶出し始めてFeを増加させるトレンドを示している。しかしその最外殻リムにおける逆累帯構造はサブソリダス条件(600°C)で形成され、この段階で磁鉄鉱-チタン鉄鉱が生成し始めたと考えねばならない。これは、マグマの固結直後に酸素分圧が急激に上昇したことを示している。その原因としては、一般的に、1) 母岩との混成作用、2) マグマの混合、3) マグマの secondary boiling によるH₂の逃散が考えられる。しかし、高山岩体においては母岩との混成作用の証拠はない。またサブソリダス条件であるかぎりマグマの混合の可能性はない。

高山岩体では結晶とマグマとの分離がきわめて不完全であり、基本的には、粒間の残液から晶出する結晶が粒間を充てんしながら固結を完了した (YAMAGUCHI *et al.*, 1974)。固結完了時に残液が secondary boiling を起して流体相が分離して、そのはたらきによって輝石と斜長石の周縁部が交代されて磁鉄鉱-チタン鉄鉱が生じたと考えられる。この過程では、H₂の逃散を伴い (CZAMANSKE *et al.*, 1981)、酸素分圧が累進的に上昇したであろう。

高山岩体にみられるような比較的低い平衡温度を示す磁鉄鉱-チタン鉄鉱は山陰帯の花こう岩類からも報

報告されている(田結庄, 1982; KAWAKATSU and YAMAGUCHI, 1987). これらの場合でも高山岩体と同様な成因をもつと考えて, 目下検討中である.

謝 辞

この研究に際して, 島根大学の川勝和哉氏と北海道大学の榑原正幸氏に鉄チタン酸化物の産状について討論していただいた. この研究の一部には文部省科学研究費(課題番号57540477)を使用した.

文 献

- BURNHAM, C. W. and NEKVASIL, H. (1986) Equilibrium properties of granite pegmatite magmas. *Amer. Mineral.* **71**, 239-263.
- CZAMANSKE, G. K. and MIHALIK, P. (1972) Oxidation during Magmatic differentiation, Finnmarka complex, Oslo Area, Norway: Part 1, The opaque oxides. *J. Petrol.* **13**, 493-509.
- CZAMANSKE, G. K., ISHIHARA, S. and ATOKIN, S. A. (1981) Chemistry of rock-forming minerals of the Cretaceous-Paleocene batholith in southwestern Japan and implications for magma genesis. *J. Geophys. Res.* **86**, 10431-10469.
- HEWITT, D. A. (1978) A redetermination of the fayalite-magnetite-quartz equilibrium between 650°C and 850°C, *Amer. J. Sci.* **278**, 715-724.
- KAWAKATSU, K. and YAMAGUCHI, Y. (1987) Successive zoning of amphiboles during progressive oxidation in the Daito-Yokota granitic complex, San-in belt, southwest Japan. *Geoch. Cosmoch. Acta* **51**, 535-540.
- LINDSLEY, D. H. (1983) Pyroxene thermometry. *Amer. Mineral.* **68**, 477-493.
- SPENCER K. J. and LINDSLEY D. H. (1981) A solution model for coexisting iron-titanium oxides. *Amer. Mineral.* **66**, 1189-1201.
- 田結庄良昭 (1982) 東中国および近畿地域の後期中生代~古第三紀花崗岩類中の Fe-Ti 酸化鉱物, 岩鉱 **77**, No.11, 387-402.
- TUTTLE, O. F. and BOWEN, N. L. (1958) Origin of granite in Light of experimental studies in the system NaAlSi₃O₈-KAlSi₃O₈-SiO₂-H₂O. *Geol. Soc. Amer. Mem.* **74**.
- WHITNEY, J. A. and STORMER J, C. (1977) The distribution of NaAlSi₃O₈ between coexisting microcline and plagioclase and its effect on geothermometric calculations. *Amer. Mineral.* **62**, 687-691.
- YAMAGUCHI, Y. (1985) Hornblende-cumingtonite and hornblende-actinolite intergrowths from the Koyama calc-alkaline intrusion, Susa, southwest Japan, *Amer. Mineral.* **70**, 980-986.
- 山口佳昭 (1987) 高山カルクアルカリ貫入岩体の inverted pigeonite. 山陰地域研究 No. **3**, 149-155.
- YAMAGUCHI, Y., TOMITA, K. and SAWADA, Y. (1974) Crystallization trend of zoned pyroxenes in quartz gabbro from the Koyama intrusive complex at Mt. Koyama, Yamaguchi prefecture, Japan. *Mem. Geol. soc. Japan*, **11**, 69-82.
- YAMAZAKI, T. (1967) Petrology of the Koyama calc-alkaline intrusive complex, Yamaguchi prefecture, Japan, *Sci. Rep. Tohoku Univ. ser. 3*, **10**, 99-150.