金折裕司*・川上紳一**・大西小百合** : 愛知県東加茂郡足助町周辺に分布する
伊奈川花崗岩に認められる変形構造とその意味

Yuji Kanaori*, Shin-ichi Kawakami** and Sayuri Onishi** : Deformation structures found in Inagawa
Granite around Asuke Town, Higashikamo County, Aichi Prefecture, central Japan

Key words : structural geology, Inagawa Granite, microstructure, xenolith, deformation lamellae, quartz subgrain, mica fish, kink band, syntectonic deformation

はじめに

愛知県豊田市南部から東加茂郡足助町と西加茂郡小原村にかけて、方向性をもって配列する暗色包有岩を含み葉状構造を示す花崗岩体が分布する。この岩体は豊田市南部から足助町東加塩付近までは ENE-WSW 方向に連続し、東加塩付近で急に直角に曲がり、NW-SE 方向で小原村に延びる(第 1 図, 凡例 5 と 6)。岩体の形態は逆“く”の字形を示し、幅は 3~5 km で北~北西へ行くほど若干広くなる。岩相は、粗粒斑状角閃石-黒雲母花崗閃緑岩と中粒角閃石-黒雲母花崗閃緑岩を主とし、伊奈川花崗岩に対比され、武節花崗岩(第 1 図, 凡例 2)と苗木花崗岩(第 1 図, 凡例 1)に貫かれる。岩体の延びと調和的な ENE-WSW 方向で、左横ずれ剪断センスを示す幅 5 m 以上のカタクラサイト化したゾーンが認められる(第 1 図, 凡例 9)。これまでの花崗岩研究では、岩相の違いによる花崗岩体の区分および岩体の貫入時期の相互関係が詳しく解明されている(仲井, 1970; 原山ほか, 1985)。しかしながら、花崗岩体に認められる変形構造に注目して、岩体の変形条件や変形場の問題(Hutton, 1988)を解明しようとする観点に立った構造岩石学的な研究は少ない。ここでは、この花崗岩体に含まれる暗色包有岩の形態と花崗岩に認められる微小変形構造を記載し、その変形条件について考察する。

暗色包有岩の形態と方向性

花崗岩体に含まれる暗色包有岩はさまざまな形態をも

1990 年 11 月 19 日受付. 1991 年 2 月 4 日受理.

* 岐阜大学教養部地学研究室. Department of Geological Sciences, Faculty of General Education, Gifu University, 1-1 Yanagido, Gifu 501-11, Japan

** 岐阜大学教育学部地学教室. Department of Earth & Planetary Sciences, Faculty of Education, Gifu University, 1-1 Yanagido, Gifu 501-11, Japan

ち、水平露頭断面では楕円形~長く延びた紡錘形を示す(第 2 図)。長軸の長さは 10~50 cm のものが多い。暗色包有岩の長軸方向はほぼ岩体の延びの方向や黒雲母と角閃石の配列する葉状構造の方向に一致し、短軸/長軸比が大きいほど配列

第 1 図. 愛知県東加茂郡足助町周辺の地質図と変形構造の調査位置。仲井(1970)を一部簡略化した。図中央部の枠で囲んだ地域は第 3 図の範囲を示す。1: 細粒黒雲母花崗岩(苗木花崗岩)。2: 細~中粒白雲母-黒雲母花崗岩(武節花崗岩)。3: 粗粒黒雲母花崗岩。4: 粗粒角閃石-黒雲母花崗閃緑岩。5: 粗粒斑状角閃石-黒雲母花崗閃緑岩。6: 中粒角閃石-黒雲母花崗閃緑岩(3~6, 伊奈川花崗岩)。7: 中粒角閃石-黒雲母花崗閃緑岩。8: 領家変成岩類。9: カタクラサイト帯。

第2図. 暗色包有岩の露頭写真. 写真の長辺方向はほぼ ENE-WSW 方向である. (a) 楕円形で弱い方向性を示す暗色包有岩(露頭 SO-07). (b) 強い方向性をもって配列する著しく延びた暗色包有岩(露頭 SO-03).

の方向性が強くなる傾向が認められる. すなわち, 豊田南部から足助町東加塩にかけては, 長く延びた紡錘形の包有岩が多く, 包有岩の長軸は ENE-WSW 方向で強い方向性を示す. 一方, 小原付近では包有岩は楕円形から紡錘形のものが多く, 長軸の方向性は強くはないが, ほぼ NW-SE 方向を示す. 足助町中心部から南の巴川ルート(第3図)で計測した暗色包有岩の短軸/長軸比は, 第4図aに示すように, 露頭 SO-07 から北側で大きく, 露頭 SO-06 の南側で小さくなっている. この軸比が大きく変化する位置は, 中粒から粗粒斑状への岩相境界に一致する.

微小変形構造

花崗岩試料を鏡下で観察すると, 多種多様な微小変形構造が認められる(第5図参照). これらの微小変形構造を, 金折ほか(1988)に基づいて分類すると, 粒間変形構造として, 微角礫, 癒合帯, 粒間割れ目などが認められる. 粒界に認められる変形構造として, 癒合粒界, 鋸歯状粒界, 粒界割れ目などがある. 粒内変形構造では, 鉱物種ごとに存在する変形構造が異なり, 石英には

第3図. 暗色包有岩の形状を測定した露頭位置と試料採取位置(巴川ルート). 記号は露頭番号を示し, かつこの数字は試料番号である. 国土地理院発行 2万5千分の1地形図「足助」の一部を使用した.

第4図. 巴川ルートでの暗色包有岩の軸比(a)と石英亜粒の面積% (b). 横軸は, 第3図に示した露頭位置と試料採取位置を南北方向に投影したものである. 軸比については, 各露頭で 20 個の暗色包有岩での測定結果である.

第5図. 花崗岩に特徴的に認められる微小変形構造の光学顕微鏡写真。(a)部分的に亜粒化した石英(写真中央部)(試料90072706). Fは長石を示す. 直交ポーラー. (b)亜粒化した石英と長石の割れ目を埋める石英(矢印Q)と黒雲母(矢印B). aの左側部分の長石(F)の一部を拡大したものである. 直交ポーラー. (c)キンクし, 著しく波動消光する石英(試料90072801). 写真左下の亜粒化した部分はキンクしていない. 直交ポーラー. (d)ベンドし, 波動消光する黒雲母(試料90032006: 露頭 SO-09 から約 3 km 上流の足助川河床で採取した試料). 直交ポーラー. (e)カタクラサイト化したゾーンに顕著な複雑にキンクした黒雲母(試料90032001). 下方ポーラー.

変形ラメラ(キンク帯, 変形帯), 亜粒化, 強い波動消光, 癒合割れ目, 粒内割れ目が特徴的に認められる(第5図 a, b, c). 亜粒化は粒界付近に発達していることが多い. 大部分の黒雲母にはキンク帯, ベンド(bend), 波動消光が認められる(第5図 d, e). キンク帯は角閃石にも認められることがある. 長石には, 癒合割れ目, 粒内割れ目, 微小断層が認められ, このうち癒合割れ目は主として石英で充填され, 緑泥石や黒雲母で充填されていることもある(第5図 b). この癒合割れ目は亜粒化した石英と接する長石に認められ(第5図 a), 石英の亜粒化に伴って形成されたと推定される. これらの微小変形構造のうち, カタクラサイト化したゾーンは, 長石と石英の微角礫, キンクした黒雲母, 黒雲母フィッシュとへき開段(金折ほか, 1990), 長石の微小断層などで特徴づけられ, 石英微角礫には微晶質石英からなる癒合割れ目が認められることもある. このゾーンは暗色包

有岩を切り, 亜粒化した石英を破断している.

微小変形構造の出現頻度や種類は花崗岩体の場所によって異なっている. 石英の亜粒化に注目して, その出現頻度を巴川ルートで調べた. 第4図 b には, 試料薄片内の一つ一つの石英粒について, 石英粒全体の面積に占める亜粒化した部分の面積を求め, 百分率で表した. 石英粒に占める亜粒の面積%は, 岩体の南で相対的に高く, 北へ行くほど徐々に低くなっていることがわかる. この傾向は包有岩の形状変化とよく似ている(第4図 a).

考 察

花崗岩体中の暗色包有岩は葉状構造と調和的に延びており, 液相と固相が混じりあった高温時に変形が起きたことを示唆する(Hutton, 1982; Paterson *et al.*, 1989). また, 中粒から粗粒斑状への岩相境界で急に変化する暗

色包有岩の軸比は、岩体内で粒径の差を形成した温度差や冷却速度の違いなどの条件に関係があるものと推定される。一方、石英に特徴的に認められる亜粒化と長石の粒内割れ目を埋める石英結晶の存在は、石英が塑性変形したのに対し、長石は脆性変形したことを意味する。徐々に変化する石英亜粒化の面積比は、変形が定常状態で(Gapais, 1989)広範囲に起きたことを示唆する。微小変形構造の出現の仕方は温度に強く依存する一方、封圧にはほとんど関係しないことから、この変形が起きた時の温度条件は、 $400^{\circ}\sim 650^{\circ}\text{C}$ であると推定される(Tullis & Yund, 1977)。この温度範囲は、石英の変形ラメラや黒雲母のバンドの存在(Stesky *et al.*, 1974; Tullis & Yund, 1977)にも矛盾しない。カタクラサイト化したゾーンに認められる微小変形構造は、阿寺断層周辺の苗木-上松花崗岩中のカタクラサイト帯に認められた変形構造(金折ほか, 1990)に類似し、石英と長石が脆性変形し、黒雲母が塑性変形していることから、 $250^{\circ}\sim 400^{\circ}\text{C}$ の温度条件下で変形が起きたことを示唆する。この高温から低温への変形構造の出現順序は鏡下で観察された変形構造の形成順序に矛盾しない。

以上の温度条件と変形構造形成の順序関係に基づくと、この花崗岩体は液相と固相がさまざまな程度に混ざりあっていた貫入初期段階から、冷却固結後に至るまで、広い温度範囲で延性～脆性変形を受けてきたことになる。したがって、ここで示してきた微小変形構造は、花崗岩体の貫入を促した造構環境やメカニズムを知る手がかりとなるであろう(Hutton, 1988; Hutton *et al.*, 1990)。

謝辞 愛知教育大学仲井 豊教授には、調査地域の花崗岩について種々の情報をいただいた。名古屋大学鈴木和博助教授、足立 守助教授、岐阜大学矢入憲二教授、小

井土由光助教授、愛媛大学竹下 徹助教授には有益な助言をいただいた。本研究の一部には、文部省科学研究補助金(No.63450608)を使用した。

文 献

- Gapais, D., 1989, Shear structures within deformed granites : mechanical and thermal indicators. *Geology*, **17**, 1144-1147.
- 原山 智・小井土由光・石沢一吉・仲井 豊・杵掛俊夫, 1985, 中部地方における白亜紀～古第三紀火成活動の変遷. *地球科学*, **39**, 345-357.
- Hutton, D. H. W., 1982, A tectonic model for the emplacement of the Main Donegal granite, NW Ireland. *Jour. Geol. Soc. London*, **139**, 615-631.
- , 1988, Granite emplacement mechanisms and tectonic controls : inferences from deformation studies. *Trans. Royal Soc. Edin. : Earth Sci.*, **79**, 245-255.
- , Dempster, T. J., Brown, P. E. and Becker, S. D., 1990, A new mechanism of granite emplacement : intrusion in active extensional shear zones. *Nature*, **343**, 452-455.
- 金折裕司・川上紳一・矢入憲二, 1990, 阿寺断層周辺の苗木-上松花崗岩に認められるカタクラサイトの葉状構造—塑性変形した黒雲母の発見とその意味—. *地質雑*, **96**, 393-396.
- ・矢入憲二・宮腰勝義, 1988, 跡津川断層北東部における花崗岩類の微小変形構造とその形成過程. *地質雑*, **94**, 887-901.
- 仲井 豊, 1970, 愛知県三河地方の花崗岩類. *地球科学*, **24**, 139-144.
- Paterson, S. R., Vernon, R. H. and Tobisch, O. T., 1989, A review of criteria for the identification of magmatic and tectonic foliations in granitoids. *Jour. Struct. Geol.*, **11**, 349-363.
- Stesky, R. M., Brace, W. F., Riley, D. K. and Robin, P. Y. F., 1974, Friction in faulted rock at high temperature and pressure. *Tectonophysics*, **23**, 177-203.
- Tullis, J. and Yund, R. A., 1977, Experimental deformation of dry Westerly granite. *Jour. Geophys. Res.*, **82**, 5705-5718.