大隅半島高隅花崗岩中の球状岩 (I)*

Orbicular rocks in the Takakuma granite,
Ōsumi peninsula (I)

大 庭 昇 (Noboru Ōba)**

石 川 秀 雄 (Hideo Ishikawa)***

Abstract : Orbicular rocks which are characterized by tourmaline were found from the central part of the Takakuma granite mass in the Ōsumi peninsula, Kagoshima Prefecture. The mode of occurrences, microscopic features, optical properties, twin types of plagioclase, volume ratios of the constituent minerals, estimated chemical composition from mode, and trace elements are given.

It is concluded that the formation of the rocks related to the greisenization and concentration of the boron-rich volatile towards the central part of the granite mass during the deuteric stage of the magmatic cooling.

ま え が き

筆者のうちの一人、大庭は 1956 年以来、大隅半島北部、高隅地域の花崗岩についての岩石学的研究をつづけており、いくつかの事実については既に報告した¹⁾。

その後、筆者らは引続き、岩体中心部の一部に産する既報の球状岩について、種々の面から研究を進めてきた。

球状岩は、わが国でも各地で発見され、数多く報告されているが、ここで述べるものは電気石で特色づけられるものであり、このようなものは未だ報告されていない。

本文では主として、この球状岩の産状と岩石学的特徴を記し、成因についての考えを述べることにする。

地 質 概 略

高隅地域は下位のものから、時代未詳中生層、花崗岩質岩（筆者らは高隅花崗岩とよぶ）、始良火山軽石流、ローム軽石層および沖積層よりなっている（第 1 図）。

本地域の基盤をつくっているものは、四万十雑岩系²⁾・四万十累層群などと総称され、従来、時代未詳中生層³⁾と呼ばれているものである。これは見掛上、下位の主として黒

* 1958 年 2 月 16 日 日本地質学会西日本支部総会（九大）講演

** 鹿児島大学文理部地学教室

*** 鹿児島大学教育学部地学教室

1) 大庭 昇：鹿児島大学理科紀要，7，19～30，1958.

2) Matsumoto, T.: Jap. Soc. Prom. Sci. Resear., Tokyo, 1953.

3) 伊原敬之助：7 万 5 千分の 1，地質図幅並同説明書，1930.

第1図 Geological map of the Takakuma area.

Legend

- A. Alluvium. Aira pumice flow
 B. volcanic ash, sand, so-called "Shirasu".
 C. welded tuff.
 D. Takakuma granite (leuco-sodaclase adamellite). unknown Mesozoic formation
 E. closed alternation of sandstone and shale (Ib).
 F. black shale with lenticular sandy patches (Ia).

Symbols

- a. tourmaline rich part in the granite mass. b. inclusion rich part in the granite mass. c. contact metamorphosed zone.
 d. producing place of the orbicular rocks. e. fault. f. strike and dip. g. strike and vertical dip.

Locality

1. Tarumizu. 2. Kanoya City. 3. Nanatu-dake. 4. Onogara-dake. 5. Hira-dake. 6. Yoko-dake. 7. Haku-san. 8. Nanatudani. 9. Onobaru. 10. Sarugajō. 11. Shinkōji.

色頁岩(シルト質~砂質)および砂質バツチを含む頁岩よりなり、砂岩・粘板岩・千枚岩などを挾有している Ia 層(仮称)と、上位の主として黒色頁岩および砂岩の厚い互層よりなる Ib 層(仮称)とからなっている。

走向は NNE~SSW で、NNW に傾斜する単斜構造を示す。

最近、この層群は橋本¹⁾²⁾・宮久ら³⁾、橋本・野田ら⁴⁾により、中生代から古第 3 紀までの長期間に堆積した地向斜堆積物と推定され、木下・宮下⁵⁾らは本層を四万十層群の一部に対比できるとしている。

これを貫いて面積 100 数 10 平方 km に達するほぼ円状の分布をなす高隅花崗岩体があり、この花崗岩の貫入により、時代未詳層は幅 1~2km にわたる熱変成を受け、ホルンフェルスとなつている。

また、熱雲式の始良火山軽石流⁶⁾⁷⁾は時代未詳中生層および花崗岩を被つて堆積している。

高 隅 花 崗 岩

本岩体は大隅半島南部の一帯を占める花崗岩類とひとつづきの底盤の一部が突出しているものとみられ、木下・宮久ら⁵⁾はドーム状小底盤^{かなだに}としている。

時代未詳中生層との接触は、かなり sharp で七ツ谷における接触面は N 70° E の方向に走り、北に 80° 傾斜している(第 6 図 A)。

岩体は中心部から未詳層との接触部にかけて、アブライト質、中~粗粒質、アブライト質と岩相を変化し、接触部ではところにより石英粗面岩質の急冷周縁相を呈する。そこで岩体を中心部、中間部(中心部と接触部の間)および接触部に分け、それぞれの鉱物成分と、その容量比を求めてみた。その結果を第 2 図に示す。

第 6 図 B は鏡下における典型的な中間部花崗岩質岩の状態を示す。

重量比を計算し、第 3 図 diagram 上にプロットすると、大部分 Johannsen⁸⁾の leuco-sodaclase adamellite のフィールドに入るが、概してアブライト質のものは Q-Pl 側に寄つたフィールドに、中~粗粒のものは Or 側に片寄つたフィールドに、それぞれプロットされる。また、全体として中心部より接触面にかけて Mf を指向する傾向がうかがわれる。

また、斜長石の成分範囲および黒雲母の屈折率(20°C)を比較すると、全体として中心部より接触部に向い大きくなる傾向がみられる(第 4 図)。

- 1) 橋本 勇：九大教養学部地学研報，1，1955；2，1956。
- 2) 橋本 勇：九大農学部演習林報告，28，1957。
- 3) 宮下三千年・橋本 勇・田中信也・黒木良一・幸田季良・岩崎 健・毛利元躬・森田準之助・淵上光政：屋久島西部の地質鉱床調査報告，1956。
- 4) 橋本 勇・野田光雄・宮久三千年・斎藤正規・神戸信和・井上正昭・木野義人：地質，62，358(演旨)，1956。
- 5) 木下亀城・宮下三千年：鹿児島県高隅山鉱床調査報告，1953。
- 6) 山口鎮次：地質，44，745~773，1937。
- 7) Matsumoto, T. : Jap. Jour. Geol. Geogr., 19，1943。
- 8) Johannsen, A. : A descriptive petrography of the igneous rocks, I & II, 1955。

第2図 Average volume ratios of essentials constituting of Takakuma granite, small-ball-typed inclusions, orbicular rocks and the surrounding granitic rocks.

1. quartz. 2. orthoclase. 3. plagioclase. 4. biotite.
5. muscovite. 6. schorlite. 7. the others.

Takakuma granite

A: center. B: margine. C: near contact. (A-C medium-grained). D: center. E: near contact. (D and E aplitic). F: small-boll-typed inclusion. G: orbicular rock. H: leucocratic core. I: melanocratic part. leucocratic outer part of ball-like rock. J: surrounding granitic rock.

注目すべきことは、岩体中心部のアブライト質の部分に、電気石 (schorlite)・小球型包有岩およびザクロ石 (almandite) が比較的多く、かつ、その一部に球状岩を産することである (第1図で ● T および × で示してある)。第6図はザクロ石を含む岩体中心部アブライト質岩の鏡下における状態を示す。

有田¹⁾も高隅花崗岩を貫く脈岩には電気石を伴うアブライト岩が多いと述べているが、電気石は岩体中心部の割目を充たす脈岩類に伴って現われるほかに、母岩の空隙を埋めて塊状の電気石パッチとして現われる。

このように岩体中心部が電気石にとむことは、この部分が岩体形成時、とくに揮発成分の濃集し易い環境にあつたことを物語るものである。本報で問題としている著しく電気石にとむ球状岩が、この岩体中心部の一部に産し、他地域ではほとんど見られないということは、それがこのような特殊な環境のもとで生成されたものであることを示している。

1) 有田忠雄：地質，59，342，1953。

第 3 図 Variation diagrams in modal compositions of orbicular rocks, small-ball-typed inclusions and Takakuma granite.

Q : quartz. Or : orthoclase. Pl : plagioclase.
Mf : mafics and minor accessories.

- : leucocratic core
- : melanocratic part
- ◐ : leucocratic outer part of orbicular rock.
- : fine-grained granitic rock surrounding the orbicular rock.
- × : small-ball-typed inclusion.
- △ : takakuma granite (medium-grained and aplitic).

第 4 図 Composition of plagioclase and γ of biotite in the Takakuma granite.

第 5 図 Composition of plagioclase and γ of biotite in the orbicular rocks and surrounding granitic rocks.

なお、本岩体の貫入時期については、桃井¹⁾²⁾の最近の Ra 含有量に関する研究によると、 $Ra\ 2.42 \times 10^{-12}$ gr/gr で第 3 紀 (中新世) に属し、また、宮下・木下・富田³⁾によるジルコン法を適用した結果では、ほぼ古第 3 紀晩新世～始新世と推定されている。

包有岩類

高隅花崗岩は 3 つのタイプの包有岩を包有している。すなわち、黒雲母片岩状のもの、黒雲母にとむ小球状のもの (小球型包有岩と呼ぶことにする) および電気石にとむ球状のもの (球状岩と呼ぶことにする) である。

黒雲母片岩状の包有岩 これは岩体中心部の球状岩の産地では余り認められないが、ここを除けば岩体全域の諸所に産する (概して時代未詳中生層との接触部に近づく程多い)。

大多数のものは (第 6 図 D) に示すように片理を残した黒雲母片岩質のもので、しばしばザクロ石その他の変成鉱物を生じている。

この包有岩がどこからもたらされたものであるかは、今のところ明らかではないが、粘土質堆積岩源のものであることに間違いない。

小型包有岩 この包有岩は概して岩体の中央部に現われ、とくに岩体中心部で多くみられるもので、直径 1~3 cm の小さな球状の黒色ないし黒褐色の包有岩 (第 6 図 E)

1) 桃井 斉：岡山大学温研報，19，18，1957。

2) 桃井 斉：九州の第 3 紀花崗岩の Ra 含有量，日本地質学会 西日本支部総会講演，1958。

3) 宮久三千年・木下亀城・富田 達：地質，59，309，1953。

である。

これは主として、石英・正長石・灰曹長石 (An 11~14%)・黒雲母・白雲母からなり (第 2・3 図)、組織は周囲の花崗岩質岩のものとほとんど同様で、黒雲母にとんでいる。これらの性質からみて、この包有岩は、おそらく、同源捕獲岩であらうと思われる。第 6 図 F は鏡下における状態を示す。

この包有岩は 後述の球状岩と較べて、形が小さく、また、電気石を含有していないので、両者の区別は容易である。

球 状 岩

産地および産状

球状岩には 優白色アブライト質内核を有するものと、有しないものがある。後者は^{さるじよう}猿ヶ城を中心として、高隅川に沿い、おもにその上流約 1 km の範囲に産し (猿ヶ城の両方に不完全なものが認められる)、前者はその一部に、すなわち、猿ヶ城の北東方約 1 km の地点、河川に沿って約 50 m の範囲にわたり、この附近を構成しているアブライト質岩石中に多数密集して産する (第 6 図 G)。(第 1 図、地質図上 × で示す)。本報では主として、優白色アブライト質内核を有するものについて述べることにする。このものは、この地点以外では、猿ヶ城の西方約 0.5 km の地点で僅かに認められるほか、他地域では見出すことはできない。

球状岩の大きさは大小様々であるが、最も多く現われかつ典型的なものでは直径約 10 ~ 15 cm である。外観は黒色球状で、断面では輪状を示し、中心部より外側に向い、内核 (幅約 2 cm)・優黒色輪状部 (幅 1~5 cm) (以後、優黒色部と呼ぶ) があり、これを優白色外側部 (幅 2~5 cm) がとりかこんでいる (第 6 図 H)。

内核と外側部は優白色アブライト質で、全体として同心球状をなしている。母岩と球状岩との境界は一般に明瞭である。

岩石学的性質

球状岩を内核と優黒色部およびこれをとりまく優白色外側部の 3 部について、それぞれの鉱物容量比を求めた。その結果を第 2 図に示す。比較のため母岩の鉱物成分を併記してある。

球状岩は全体として、石英・正長石・斜長石・電気石・黒雲母のほか、わずかの白雲母からなっており、副成分として、紅色のザクロ石 (almandite)・柵石・燐灰石・ジルコン・磁鉄鉱を伴い、構成鉱物の一部は分解して絹雲母・緑泥石 (penninite) を生じている。

優白色内核 第 7 図 A は内核の鏡下における状態を示す。

正長石には perthite 連晶をなすものがあり、中心部や周縁部または劈開線に沿って、絹雲母化しているものがある。また、正長石中の割目を電気石が不規則に交代しているものがある (第 7 図 B)。

斜長石は概して myrmekite をなすものが多く、ときに劈開線の屈曲しているものがみられる。浸液法により (001) 面上における屈折率 (20°C) を測定した結果、 $n_1 = 1.530$, $n_2 = 1.544$, 1.544 で、An 4.0~16.2% の範囲に入り、曹長石ないし灰曹長石に属する。

黒雲母はジルコン・磁鉄鉱などを包有しており、ジルコンの周囲には多色性ハロが認められる。ときに、黒雲母の劈開線に沿い電気石が交代しているのが認められ、白雲母と平行連晶をなすものも見られる。屈折率 (20°C) は $\gamma=1.640, 1.642$ で、X=帯黄白色～淡黄色、Z=オレンジ色～濃赤褐色を示す。

電気石は淡黄色の榍石・磁鉄鉱などを含有している。

優黒色部 第 7 図 C は鏡下における典型的な状態を示す。

鏡下で観察される著しい特徴は、正長石・斜長石・黒雲母などが劈開線や割目に沿って、電気石により交代されていることである。第 7 図 D は累帯構造をなす斜長石の内部が電気石によつて交代されている状態を示す。

電気石は肉眼的に黒色を呈し (きわめてまれに美しい緑色を呈する indicolite が発見される)、鏡下では多色性著しく、X=無色～淡緑色、Z=緑色、青緑色、青色を示し、屈折率 (20°C) は $N_o=1.657, N_e=1.622$ で schorlite に属し、ジルコンを包有しているものがある。

斜長石には myrmekite をなすものが少ない。屈折率 (20°C) は (001) 面上、 $n_1=1.530, n_2=1.545$ で、An 4~16% の範囲にあり、曹長石ないし中性長石に属する。正長石には perthite 連晶を示すものがある。

黒雲母は X=淡黄色、Z=褐色～赤褐色の多色性を示し、屈折率 (20°C) は $\gamma=1.639, 1.647$ で、白雲母とは平行連晶をなす。

優白色外側部 鏡下における状態を第 7 図 E に示す。

主成分鉱物および副成分鉱物は、内核と同様であるが、比較的ザクロ石が多い。

電気石は全く含まれないか、含まれていてもわずかである。電気石が少い場合は黒雲母が多く、全く欠くときは黒雲母が甚だ多い。このことは黒雲母の電気石化の程度のかんによるとみられるが、一般に黒雲母と電気石とは密接に伴って現われる傾向がある。

— 第 6 図 写真説明 —

A. Sharp contact between the unknown Mesozoic rocks (M) and Takakuma granite (G).

B. Microphotograph of the typical Takakuma granite (medium-grained leuco-sodaclase adamellite). *Crossed nicols.* Q : quartz. Or : orthoclase. Pl : plagioclase. Bi : biotite.

C. Microphotograph of garnet-bearing aplitic rock in the central part of the mass of Takakuma granite. *Open nicol.* Ga : garnet showing euhedral form.

D. Biotite schistose inclusions (rounded ellipsoidal form) included in the Takakuma granite.

E. Black-coloured small-ball-typed inclusions rich in biotite in the center of the granite mass.

F. Microphotograph of the inclusion of small-ball type, rich in biotite. *Open nicol.*

G. Orbicular rocks rich in schorlite concentrate in a part in the center of the mass of Takakuma granite.

H. Ditto. Photograph enlarged. Note black rings rich in schorlite, leucocratic cores and surrounding margins (leucocratic outer part).

第 6 図

第 7 図

黒雲母は X=無色・淡黄色・黄色・Z=淡褐色・帯緑褐色・暗濃赤褐色の多色性を示し、屈折率 (20°C) は、 $\gamma=1.630, 1.635$ である。

白雲母は黒雲母と平行連晶をなすもののほかに、平板状あるいはセニ状となって現われ、セニ状をなすものが多い。

斜長石は myrmekite をなすものが比較的多く、屈折率 (20°C) は (001) 面上、 $n_1=1.530, n_2=1.541, 1.543$ で、An 4~14% の成分範囲にあり、曹長石ないし灰曹長石に属する。

正長石には Carlsbad 式双晶をなすものがあり、perthite 連晶を示すものも認められる。斜長石・正長石は内部あるいは周縁部で、一部絹雲母化している。

電気石は屈折率 (20°C) No=1.652, Ne=1.625 で、X=無色~淡緑色、Z=緑色・青緑色・青色を示し、螢灰石を包有している。

周囲の母岩 直径 1mm 前後の結晶粒よりなる優白色アブライト質の外殻を呈するもので、直径 1mm 前後の紅色のザクロ石を比較的多く含んでいる。第 7 図 H は鏡下における典型的な状態を示す。主に細粒モザイク組織をなすものもある (第 7 図 F.G)。

斜長石は一般に葉片双晶をなし、果帯構造をなすものがわずかに認められ、myrmekite をなすものが多い。ときに正長石により一部交代されているものがみられる。

屈折率 (20°C) は (001) 面上、 $1.530 (n_1) \sim 1.543 (n_2)$ で、An 4~14% の範囲にある (比較のため第 5 図に一括して示してある)。

黒雲母の中で大きな flake 状のものは散点的に存在し、小さなものは集まって集斑状を呈している。分解したものは、緑泥石 (penninite の結晶をなすものがある)・黝簾石などを生じ、しばしば黒雲母の周囲を微粒の磁鉄鉱が囲んでいるのがみられる。屈折率 (20°C) は $\gamma=1.640, 1.645$ で多色性、X=淡黄色~オレンジ色、Z=暗褐色を示す。

— 第 7 図 写真説明 —

A. Microphotograph of the leucocratic core of orbicular rock. Showing relations between schorlite (Sc), orthoclase (Or) and quartz (Q). *Open nicol.* Bi : biotite. Ga : garnet.

B. Ditto. orthoclase crystal replaced by schorlite. Faintly zoned plagioclase (Pl) with myrmekitic quartz blebs projecting into orthoclase in upper center. *Crossed nicols.* My : myrmekite.

C. Microphotograph of the black ring of orbicular rock. Showing typical relations between schorlite, plagioclase, orthoclase and quartz. *Crossed nicols.*

D. Ditto. Note a faintly zoned plagioclase crystal replacing by schorlite. *Crossed nicols.*

E. Microphotograph of the leucocratic outer part of orbicular rock. *Crossed nicols.*

F. Microphotograph of leucocratic fine-grained granitic rock (of the center in the mass) surrounding orbicular rock. Showing mosaic texture. *Crossed nicols.*

G. Ditto. Containing garnets. *Open nicol.*

H. Microphotograph of the typical surrounding leucocratic fine-grained garnet-bearing granitic rock. *Crossed nicols.* Mu : muscovite.