

## 物理定数から見た日本の新第三紀花崗岩類

大熊 茂雄<sup>1,\*</sup>・金谷 弘<sup>2</sup>

OKUMA Shigeo and KANAYA Hiroshi (2021) Physical properties of Neogene granitic rocks in Japan. *Bulletin of the Geological Survey of Japan*, vol. 72 (1), p. 81-94, 10 figs, 1 table.

**Abstract:** Petrophysical measurements such as density, porosity, magnetic susceptibility and Natural Remanent Magnetization (NRM) of Jurassic, Cretaceous and Paleogene granitic rocks which constitute the Japanese Islands had been conducted to clarify their physical properties. Similar measurements have been conducted for Neogene granitic rocks in Japan this time. Neogene granitic rocks in Japan are distributed widely from the backbone mountains of Hokkaido, the northernmost big island to Yakushima and Ishigaki Islands in the southern island chains. However, most plutons are relatively small except the Kofu, Tanzawa and Yakushima Granites with some outcropping areas and it is not easy to collect samples from every small pluton. Therefore, samples of Neogene granitic rocks were collected mainly from the Kofu and Kai-Komagatake Granites, and the Chichibu and Tanzawa Granites in the outer zone of Southwest Japan and measured in this study. The total number of measurements amounted to 210.

The results of the measurements were classified and summarized as in six areas: 1) Echigo-Yuzawa, Wada Pass and Nasu-Dake Granites, 2) Chichibu and Tanzawa Granites, 3) Kofu and Kai-Komagatake Granites, 4) Cape Shiono and Cape Muroto Granites, 5) Southern Kyushu (Satsuma Peninsula and Osumi Peninsula) Granites and 6) Yakushima Granites.

The mean density increases from the Southern Kyushu Granites ( $2.62 \text{ g/cm}^3=10^3 \text{ kg/m}^3$ ) to the Yakushima, Kofu and Kai-Komagatake, Echigo-Yuzawa, Wada Pass and Nasu-Dake, Chichibu and Tanzawa, Cape Shiono and Cape Muroto Granites ( $2.96 \text{ g/cm}^3$ ) in this order. The mean porosity is almost inversely proportional to its mean density and ranges from 0.29 % to 1.94 %.

The mean magnetic susceptibility indicates  $2 \times 10^{-4}$  and  $5 \times 10^{-4}$  (SI) for the Southern Kyushu and Yakushima Granites,  $5 \times 10^{-3}$  for the Cape Shiono Granites,  $10^{-2}$  for the Cape Muroto Granites,  $2 \times 10^{-2}$  and  $3 \times 10^{-3}$  for the Kofu and Kai-Komagatake Granites,  $3 \times 10^{-2}$  for the Echigo-Yuzawa, Wada Pass and Nasu-Dake Granites and  $4 \times 10^{-2}$  for the Chichibu and Tanzawa Granites.

On a basis of petrophysical properties and their lithology, granitic rocks of the Southern Kyushu and Yakushima Granites are defined as paramagnetic to weak magnetic. The Cape Shiono and Cape Muroto Granites are paramagnetic to weak magnetic and medium magnetic, respectively. Those of the Kofu and Kai-Komagatake Granites are high magnetic and medium magnetic, respectively. Both the Echigo-Yuzawa, Wada Pass and Nasu-Dake Granites, and the Chichibu and Tanzawa Granites indicate high magnetic. No relationship between the density and NRM is observed except the samples of the Tanzawa Granites. Königsberger ratio ( $Qn$ ) of the rock samples shows less than 0.4 except the samples of the Yakushima Granites, and the Cape Shiono and Cape Muroto Granites.

These results are summarized in Table 1 (physical properties of Neogene granitic rocks in Japan).

**Keywords:** density, porosity, magnetic susceptibility, NRM,  $Qn$  ratio, granitic rocks, Neogene

### 要 旨

日本列島を構成する基盤花崗岩類の物理的性質を明確にするため、これまでジュラ紀、白亜紀-古第三紀花崗岩類の物理定数に関する研究を行ってきたが、今回は新第三紀花崗岩類について同様の研究を行った。新第三紀

花崗岩類は北は北海道の脊梁部から南は屋久島、石垣島に到る日本列島全体に分布し比較的小規模岩体が多く、ある程度の大きさの露出面積を示すのは甲府、丹沢、屋久島花崗岩である。従って今回は、甲府・甲斐駒ヶ岳花崗岩そして秩父・丹沢花崗岩を中心に西南日本外帯の岩石について記載を行った。取り扱った試料数は210個で

<sup>1</sup> 産業技術総合研究所 地質調査総合センター 地質情報研究部門 (AIST, Geological Survey of Japan, Research Institute of Geology and Geoinformation)

<sup>2</sup> 故人 (元産業技術総合研究所 地質調査総合センター 地質情報研究部門) (Deceased, previously AIST, Geological Survey of Japan, Research Institute of Geology and Geoinformation)

\* Corresponding author: OKUMA, S, Central 7, 1-1-1 Higashi, Tsukuba, Ibaraki, 305-8567, Japan, E-mail: s.okuma@aist.go.jp

あった。

結果は以下のようである。

平均密度は南九州(薩摩半島・大隈半島)花崗岩の2.62 g/cm<sup>3</sup>から室戸岬花崗岩の2.96 g/cm<sup>3</sup>に到る。また平均孔隙率はほぼこれに逆比例して0.29%から1.94%を示す。

平均磁化率は南九州・屋久島花崗岩の $2 \times 10^{-4}$  (SI)および $5 \times 10^{-4}$ から潮岬花崗岩の $5 \times 10^{-3}$ 、室戸岬花崗岩は $10^{-2}$ 、甲府・甲斐駒ヶ岳花崗岩の $2 \times 10^{-2}$ および $3 \times 10^{-3}$ 、越後湯沢・和田峠・那須花崗岩の $3 \times 10^{-2}$ 、秩父・丹沢花崗岩の $4 \times 10^{-2}$ である。これらに各々の岩質を加味して判断すると南九州・屋久島花崗岩と潮岬花崗岩は弱・常磁性、室戸岬花崗岩は中磁性、甲府・甲斐駒ヶ岳花崗岩は中、強磁性、越後湯沢・和田峠・那須岳花崗岩そして秩父・丹沢花崗岩は強磁性である。

密度と自然残留磁化(NRM)の相関は丹沢花崗岩以外見られない。 $Qn$ 比(Königsberger ratio)は潮岬・室戸岬花崗岩と屋久島花崗岩を除き0.4以下である。

## 1. はじめに

本研究は、日本列島を構成する基盤深成岩類の物理的諸性質を明確にするための一環として既に、飛騨花崗岩、北上花崗岩、阿武隈花崗岩、足尾および西南日本内帯花崗岩について行っており(金谷・大熊, 2003, 2005, 2007, 2010, 2011)、使用した岩石試料およびその詳細については、産業技術総合研究所の地質情報データベース「日本列島基盤岩類物性データベースpb-rock21」([https://gbank.gsj.jp/pb-rock21/index\\_J.html](https://gbank.gsj.jp/pb-rock21/index_J.html) (閲覧日: 2020年9月14日))で公開を行ってきた。今回これらの研究に引続き新第三紀花崗岩類について、その物理的性質の測定を行った。なお、本論では各地域に分布する花崗岩類の岩体を「地域名+花崗岩」と表記するものとする。本研究での試料の採取位置を第1図に示す。

測定を行った物理的性質は密度・孔隙率・磁化率(帯磁率)・自然残留磁化(NRM)そして $Qn$ 比(Königsberger ratio)である。

## 2. 研究の概要

これまで新第三紀花崗岩に関する研究は岩石学的見地や地球化学そして鉱床との関連など数多くの報告がみられる。特に丹沢・甲府花崗岩については多くの報告があり、甲府花崗岩(片田, 1956; 加藤, 1968; 角田, 1971; 三村ほか, 1984; 佐藤・石原, 1981, 1983など)に加え、丹沢花崗岩(相馬・吉田, 1966; 滝田, 1974, 1980など)も数多く、磁化率(佐藤・石原, 1983)や磁化率の異方性(金丸・高橋, 2005)まで含めた幅広い報告がなされている。これらの報告にはかなりの数の物理定数が公表されているものもあり本報告での公表数を遙かに上回っているものもある。その他潮岬花崗岩(三宅, 1981; 久富・三宅, 1981)、足摺岬花崗岩(村上・今岡, 1985)、南九州

花崗岩(岡本ほか, 1987)など多くの報告がみられる。このほか絶対年代に関する報告も数多く見られる。

今回参考として用いた資料は以下の通りである。

5万分の1地質図幅、御岳昇仙峡(三村ほか, 1984)、甲府(片田, 1956)、串本(広川・水野, 1965)、内之浦(野沢・大田, 1967)、屋久島西南部(佐藤・長浜, 1979)。

20万分の1地質図東京(坂本ほか, 1987)、甲府(尾崎ほか, 2002)、田辺(徳岡ほか, 1982)、剣山(神戸, 1969)、宇和島(寺岡・栗本, 1989)、開聞岳および黒島の一部(川辺ほか, 2004)、屋久島(斎藤ほか, 2007)である。

また、岩石試料採取位置と花崗岩分布との関係が分かるように、20万分の1日本シームレス地質図(脇田ほか, 2009)から新第三紀花崗岩類の深成岩と貫入岩の分布を抽出し、第1図に重ねて表示した。

## 3. 試料および測定方法

露頭より採取した数kgの岩石塊より円筒ビットを用いて直径25 mm(または25.4 mm)の円柱試料を切り出し、これを25 mm(または25.4 mm)の長さで切断し直径、長さ共に同寸法の円柱試料数個を切り出す。この試料を用いて密度、孔隙率、磁化率、そして自然残留磁化(NRM)の測定を行った。この寸法は帯磁率計(磁化率計)およびスピナー磁力計の試料ホルダーの形状による。

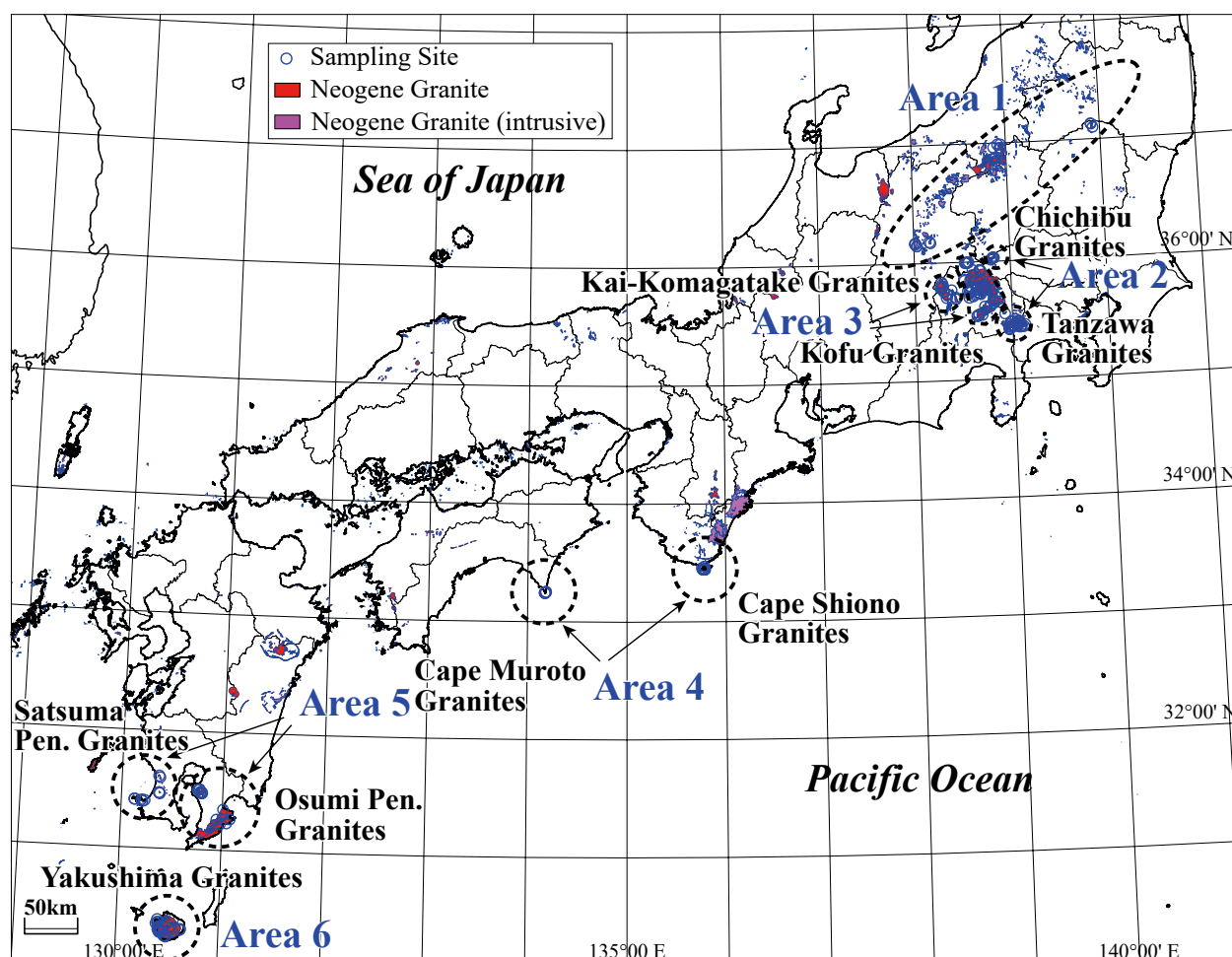
密度測定は上皿天秤の下部フックにケージを吊るし純水(水道水を活性炭とイオン交換樹脂を通したもの)を用いた。強制乾燥は試料の変形、磁氣的性質の変化を避けるため熱を用いず真空槽中に一定時間放置し、強制湿潤状態は、岩石試料を水につけたまま真空槽中で減圧し、48時間以上放置した後水中重量および空中重量の秤量を行った。

磁化率測定はBison 3101型帯磁率計(Bison社, 米国)およびMS2 (MS2B)型帯磁率計(Bartington社, 英国)を用いた。自然残留磁化(NRM)の測定はスピナー磁力計SMM-88型(夏原技研, 日本国)を使用した。これらは全てSI慣用系(小玉, 1999)にて表示した。従って磁化率は無名数、磁化強度はA/mである。磁化率測定は前記2機種で行った。両機種合わせた磁化率の測定範囲は $10^{-6}$ – $10^0$  (SI)で再現性も良好である。

SMM-88型磁力計では、X、Y、Z軸方向それぞれ4回(6スピン)の測定でスタッキング回数が35回の時、全磁力のバラツキ( $1\sigma$ )が50%を示す際の強度はおおよそ $3 \times 10^{-3}$  ( $\times 10^{-6}$  Am<sup>2</sup>)で測定試料の大きさを考えると単位体積あたり $2.3 \times 10^{-4}$  (A/m)である。この値は一般的に強度の弱い花崗岩試料には十分な感度ではない。

## 4. 分析手法

測定結果を表示するのに花崗岩類の分化指数として通常SiO<sub>2</sub>やDI (Differentiation Index)を使用するがここでは密度(乾燥密度 $\rho_d$ )を横軸に使用した。これは求められた



第1図 研究対象地域と岩石採取地点。

Area 1: 越後湯沢・和田峠・那須岳花崗岩, Area 2: 秩父・丹沢花崗岩, Area 3: 甲府・甲斐駒ヶ岳花崗岩, Area 4: 潮岬・室戸岬花崗岩, Area 5: 南九州花崗岩, Area 6: 屋久島花崗岩. 新第三紀花崗岩類の分布は, 20万分の1シームレス地質図DVD版(脇田ほか, 2009)から作成した。

Fig.1 Sampling sites of Neogene granitic rocks in Japan (this study).

Area 1: Echigo-Yuzawa, Wada Pass and Nasu-Dake Granites, Area 2: Chichibu and Tanzawa Granites, Area 3: Kofu and Kai-Komagatake Granites, Area 4: Cape Shiono and Cape Muroto Granites, Area 5: Southern Kyushu (Satsuma Peninsula and Osumi Peninsula) Granites, Area 6: Yakushima Granites. The distribution areas of Neogene granitic rocks were plotted from the digital data of the seamless geologic map of Japan at a scale of 1:200,000 DVD edition (Wakita *et al.*, 2009)

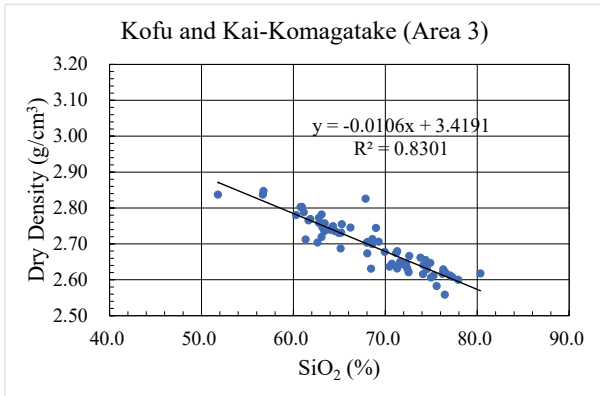
物理定数が分化指数に依存するためである。密度の精度は当測定では $0.002 \text{ (g/cm}^3 = 10^3 \text{ kg/m}^3)$ , 以下同様)程度が確保されており, これは $\text{SiO}_2$ の分析精度0.12%程度に匹敵するので十分ではないかと考えられる。金谷・大熊(2003, 2005, 2007, 2010, 2011)と同様甲府・甲斐駒ヶ岳花崗岩について密度と $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ (全鉄, いずれも重量%)との対比図(第2図aおよびb)を作成した。いずれもこれまでの結果と非常に調和的である。

各項目の記載は, 新第三紀花崗岩類は1岩体あたりの規模が小さいため, 試料数が少なく分散や平均値を求めることが難しい。このため地域を分割し, 以下のように

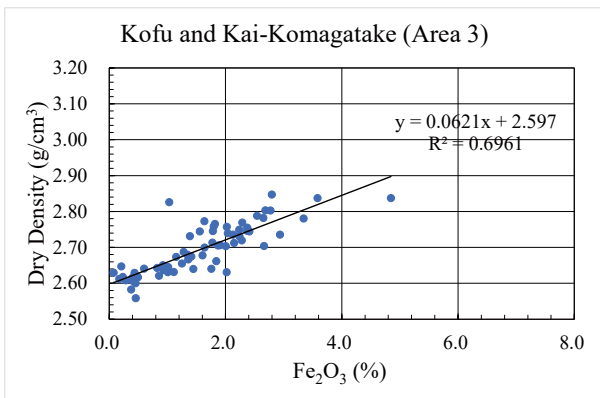
一括して取りまとめを行った(第1図および第1表)。1. 越後湯沢・和田峠・那須岳花崗岩, 2. 秩父・丹沢花崗岩, 3. 甲府・甲斐駒ヶ岳花崗岩, 4. 潮岬・室戸岬花崗岩, 5. 南九州花崗岩(薩摩半島, 大隈半島), 6. 屋久島花崗岩。

#### 4.1 密度

新第三紀花崗岩類の乾燥密度の頻度分布図(第3図a-f)を地域ごとにまとめて表示した。越後湯沢・和田峠・那須岳花崗岩( $n = 24$ )の密度の変化範囲は $2.53\text{--}2.79 \text{ (g/cm}^3)$ であり, 平均値は2.69, 最頻値は2.71である。秩父花崗岩( $n = 14$ )の変化範囲は $2.63\text{--}2.79$ で, 平均値は



(a)



(b)

第2図 甲府・甲斐駒ヶ岳花崗岩の密度と化学組成(SiO<sub>2</sub>およびFe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(全鉄))の対比図。黒の実線は回帰分析線を示す。

(a) 密度とSiO<sub>2</sub>との対比図。(b) 密度とFe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(全鉄)との対比図。

Fig.2 Relationship between density and chemical compositions (SiO<sub>2</sub>, total Fe as Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) of the Chichibu and Tanzawa Granites. Black solid lines indicate linear regression lines. (a) Relationship between density and SiO<sub>2</sub>, (b) Relationship between density and total Fe as Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

2.72, 最頻値は2.74である。丹沢花崗岩(n = 31)の変化範囲は2.51–2.98, 平均密度2.76, 最頻値は2.75にみられ密度の大きい試料の割合が多いことが伺える。甲府・甲斐駒ヶ岳花崗岩(n = 68)の変化範囲は2.56–2.85, 平均密度2.69, 最頻値は2.65および2.74で, 2.65は甲斐駒ヶ岳花崗岩に由来する。潮岬花崗岩(n = 16)の変化範囲は2.60–3.07, 平均密度2.87, 最頻値は2.85に見られる。室戸岬花崗岩の平均密度は2.96(n = 6)であった。南九州(n = 24)は平均密度2.62, 屋久島花崗岩(n = 27)は変化幅が狭く(2.58–2.74), 平均密度は2.67, 最頻値は2.68であった。

## 4.2 孔隙率

密度同様孔隙率の頻度分布図(第4図a–f)を作成した。

越後湯沢・和田峠・那須岳花崗岩の平均値は1.84%でその最頻値は0.93%であり, やや風化の進んだ試料が少数含まれている事を意味している。秩父花崗岩は平均1.49%で最頻値は0.78%にみられる。丹沢花崗岩は平均1.14%で, 最頻値は0.73%であった。甲府・甲斐駒ヶ岳花崗岩の平均値は1.31%, その最頻値は0.68%, 1.28%でいずれも甲府花崗岩によるものである。甲斐駒ヶ岳花崗岩の最頻値は1.90%である。潮岬花崗岩の平均値は0.99%, 室戸岬は0.29%である。南九州花崗岩の孔隙率は1.70%そして屋久島花崗岩類の平均値は1.05%, 最頻値は0.95%であった。

## 4.3 磁化率

磁化率の頻度分布図(第5図a–f)を作成した。越後湯沢・和田峠・那須岳の磁化率についてみると2–3 × 10<sup>2</sup>付近にピークが見られ比較的高い値を示している。丹沢花崗岩は2–5 × 10<sup>2</sup>付近にピークがみられる。甲府・甲斐駒ヶ岳花崗岩約半数の試料が10<sup>3</sup>以下, 残り半数の試料が1–4 × 10<sup>2</sup>の値を示す。潮岬花崗岩は3 × 10<sup>3</sup>と2 × 10<sup>2</sup>にピークがみられる。屋久島花崗岩は大半の試料が10<sup>3</sup>以下の値を示す。秩父花崗岩は5 × 10<sup>2</sup>付近にピークがみられ, 同じく室戸岬花崗岩は2 × 10<sup>2</sup>付近にピークが見られる。

## 4.4 磁化率と密度の対比

岩石の分化指数として密度を横軸に, 磁化率を縦軸にとってこれを対比した(第6図a–f)。

プロットされた測定値は大雑把にみて密度,  $\rho_d = 2.60$  (g/cm<sup>3</sup>)と磁化率,  $\kappa_{SI} = 10 \times 10^5$ および $\rho_d = 2.95$ と $\kappa_{SI} = 100 \times 10^5$ を結ぶ下限線と, 同じく $\rho_d = 2.60$ と磁化率,  $\kappa_{SI} = 2,000 \times 10^5$ と $\rho_d = 2.95$ および $\kappa_{SI} = 20,000 \times 10^5$ を結ぶ上限線間に含まれる。

この下限線および上限線を, より細分化し密度が2.60と2.90の時, 磁化率を30 × 10<sup>5</sup>, 300 × 10<sup>5</sup>, 2本目を60 × 10<sup>5</sup>, 600 × 10<sup>5</sup>, 3本目を600 × 10<sup>5</sup>, 6,00 × 10<sup>5</sup>を加え30–300 × 10<sup>5</sup>以下を常磁性, 30–300 × 10<sup>5</sup>と60–600 × 10<sup>5</sup>間を弱磁性, 60–600 × 10<sup>5</sup>と600–6,000 × 10<sup>5</sup>間を中磁性そして600–6,000 × 10<sup>5</sup>以上の領域を強磁性として分類(金谷・大熊, 2010)し考察した。

越後湯沢・和田峠・那須岳(第6図a)花崗岩は殆どの試料が強磁性を示す。秩父・丹沢花崗岩(b)も秩父花崗岩の一部試料(南部岩体, 弱・常磁性)を除き強磁性を示す。丹沢花崗岩は強磁性花崗岩で, 1試料を除き高い磁化率を示し密度の増加に伴い直線的に増加しているように見える。甲府・甲斐駒ヶ岳花崗岩(c)は強, 中, 弱・常磁性の全域に分布するがその割合は, 甲府花崗岩が55, 25, 20%, 甲斐駒ヶ岳花崗岩8, 58, 33%で甲斐駒ヶ岳花崗岩はいわゆる中磁性花崗岩である。潮岬花崗岩(d)は弱磁性・常磁性が80%近くを占め, 室戸岬花崗岩(d)の試

第1表 日本列島に露出する新第三紀花崗岩類(本研究)の物理定数のとりまとめ.

Table 1 Physical properties of Neogene granitic rocks in Japan (this study).

| 花崗岩類名  | 区域                           | 試料数           | 密度範囲   | 平均密度   | 最頻値  | 平均<br>孔隙率                 | 最頻値                       | 平均<br>磁化率                                    | 最頻値  | 平均<br>Qn比          | 最頻値                |
|--|------------------------------|---------------|--|--|--|---------------------------|---------------------------|--|--|--------------------|--------------------|
| Granitic Rock Name<br>(Area)   | Sub Area                     | Sample<br>No. | Dry Density<br>Range<br>(g/cm <sup>3</sup> ) | Dry<br>Density<br>(Mean)<br>(g/cm <sup>3</sup> ) | Dry<br>Density<br>(Mode)<br>(g/cm <sup>3</sup> ) | Porosity<br>(Mean)<br>(%) | Porosity<br>(Mode)<br>(%) | Magnetic<br>Susceptibility<br>(Mean)<br>(SI) | Magnetic<br>Susceptibility<br>(Mode)<br>(SI) | Qn Ratio<br>(Mean) | Qn Ratio<br>(Mode) |
| 越後湯沢・和田峠・那須岳<br>Echigo Yuzawa, Wada Pass<br>and Nasu Granites (Area 1) |                              | 24            | 2.53-2.79                                    | 2.69   | 2.71   | 1.84                      | 0.93                      | 3.033E-02                                    | 2.625E-02                                    | 0.40               | < 0.4              |
| 秩父・丹沢花崗岩   |                              | 45            | 2.51-2.98                                    | 2.75   | 2.67<br>2.75                                     | 1.24                      | 0.75                      | 4.175E-02                                    | 2.250E-02<br>5.750E-02                       | 0.34               | < 0.4              |
| Chichibu and Tanzawa<br>Granites (Area 2)                              | 秩父<br>Chichibu               | 14            | 2.63-2.79                                    | 2.72   | 2.74   | 1.49                      | 0.78                      | 2.988E-02                                    | 5.750E-02                                    | 0.50               | < 0.4              |
|  | 丹沢<br>Tanzawa                | 31            | 2.51-2.98                                    | 2.76   | 2.75   | 1.14                      | 0.73                      | 5.362E-02                                    | 2.500E-02<br>4.500E-02                       |                    | < 0.4              |
| 甲府・甲斐駒ヶ岳花崗岩  |                              | 68            | 2.56-2.85                                    | 2.69   | 2.65<br>2.74                                     | 1.31                      | 0.68<br>1.13              | 1.047E-02                                    | 2.125E-02                                    | 0.41               | < 0.4              |
| Kofu and Kai-Komagatake<br>Granites (Area 3)                           | 甲府<br>Kofu                   | 55            | 2.56-2.85                                    | 2.70   | 2.74   | 1.20                      | 0.68<br>1.13              | 1.800E-02                                    | 2.125E-02                                    | 0.47               | < 0.4              |
|  | 甲斐駒ヶ岳<br>Kai-<br>Komagatake  | 13            | 2.62-2.83                                    | 2.66   | 2.65   | 1.77                      | 1.78<br>1.98              | 2.941E-03                                    | 4.125E-03                                    | 0.15               | < 0.4              |
| 潮岬・室戸岬花崗岩  | 潮岬<br>Cape Shiono            | 16            | 2.60-3.07                                    | 2.87   | 2.85   | 0.99                      | 0.05                      | 5.028E-03                                    | 7.625E-04<br>1.625E-02                       | 1.99               | < 0.4<br>> 0.4     |
| Cape Shiono and Cape<br>Muroto Granites (Area 4)                       | 室戸岬<br>Cape Muroto           | 6             | 2.90-3.09                                    | 2.96   | 2.96   | 0.29                      | 0.05                      | 1.403E-02                                    | 1.875E-02                                    | 1.01               | > 0.4              |
| 南九州花崗岩   |                              | 24            | 2.54-2.69                                    | 2.62   | 2.61<br>2.66                                     | 1.70                      | 1.15                      | 2.428E-04                                    | 2.625E-04                                    | 0.47               | < 0.4              |
| Southern Kyushu Granites<br>(Area 5)                                   | 薩摩半島<br>Satsuma<br>Peninsula | 10            | 2.54-2.69                                    | 2.62   | 2.67   | 1.94                      | 0.65                      | 3.273E-04                                    | 2.625E-04                                    | 0.51               | < 0.4              |
|  | 大隅半島<br>Osumi<br>Peninsula   | 14            | 2.55-2.67                                    | 2.61   | 2.61<br>2.67                                     | 1.52                      | 0.93                      | 1.583E-04                                    | 7.625E-05                                    | 0.44               | < 0.4              |
| 屋久島花崗岩<br>Yakushima Granites (Area 6)                                  |                              | 27            | 2.58-2.74                                    | 2.67   | 2.68   | 1.05                      | 0.95                      | 4.744E-04                                    | 1.875E-04<br>3.375E-04                       | 10.92              | > 0.4              |

料は1つを除き中磁性を示す。南九州(e)および屋久島花崗岩(f)は大半の試料が弱磁性・常磁性を示す。

#### 4.5 残留磁化

磁化率と同様残留磁化(NRM)を密度と対比(第7図a-f)した。これまでの白亜紀-古第三紀花崗岩類の結果と同様 $10^{-4}$ - $10^0$  (A/m)の変化範囲の中で密度の増加と共に残留磁化の大きさが大雑把に増加する傾向がみられるが明確な相関はみられない。しかし新第三紀花崗岩類の丹沢花崗岩においては、磁化率の項でみられたと同様、残留磁化と密度(分化指数)との間にかなり良好な正相関(逆相関)関係が見られる。

#### 4.6 Qn比(Königsberger ratio)

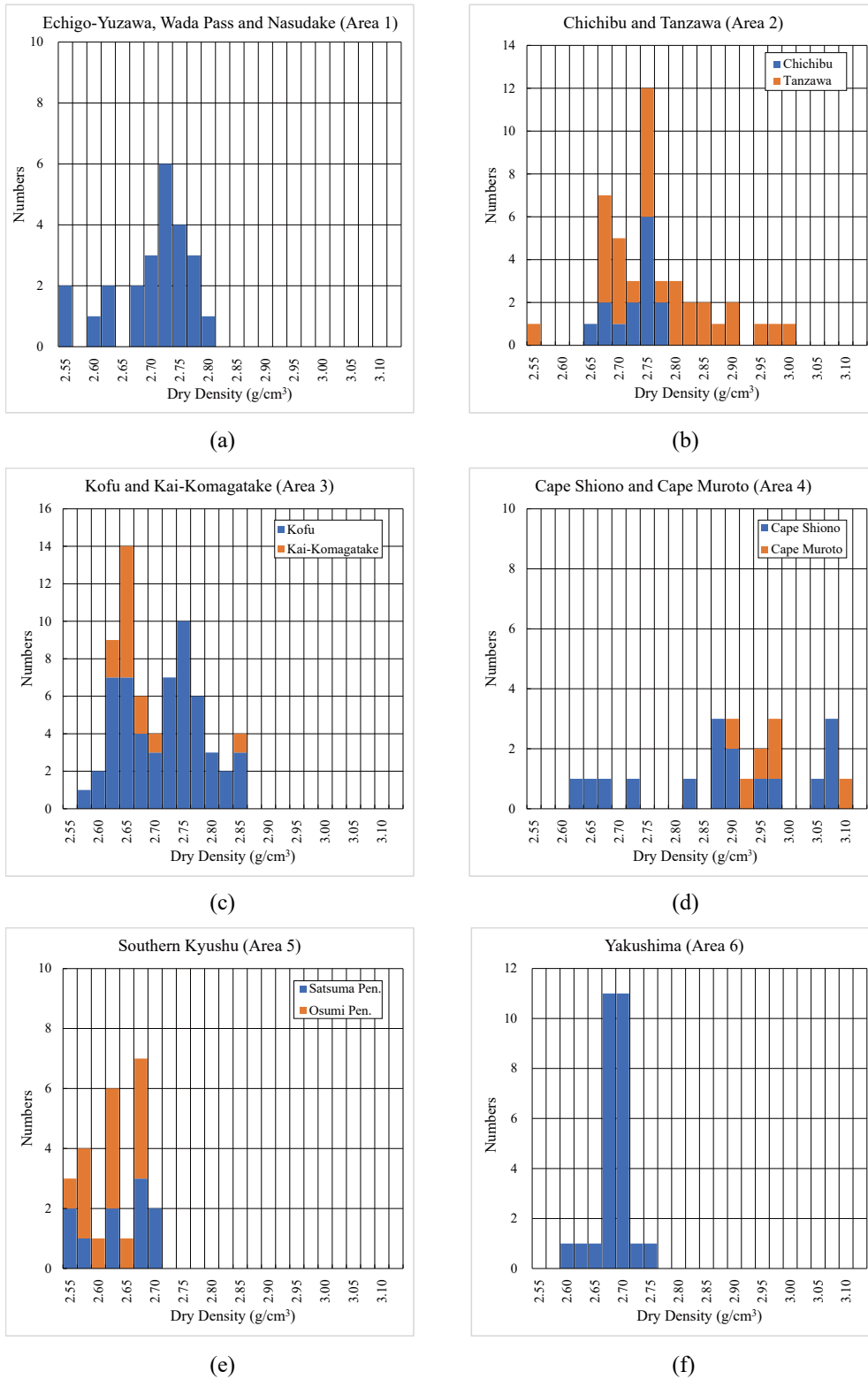
残留磁化と現在の地球磁場での誘導磁化( $\kappa_H$ ,  $\kappa$ は磁化

率,  $H$ は地球磁場強度)の比, の頻度分布図(第8図a-f)は潮岬・室戸, 屋久島を除き最頻値は0.1, 0.3でこれまで見られた日本列島に露出する白亜紀-古第三紀花崗岩類の0.4以下に完全に類似する。しかし屋久島花崗岩においては78%の試料が3以上の値を示す。

Qn比に関連して磁化率と残留磁化の対比図(第9図a-f)を作成した。両者の間には正の相関が認められる。

### 5. 考察とまとめ

新第三紀花崗岩類は、北は北海道から南は沖縄県石垣島にまで分布する。しかしこれらを全て網羅することは不可能であり、越後湯沢・和田峠・那須岳から屋久島花崗岩に到る試料を主に検討を行った。しかし露出面積の小さい岩体も多く、統計的にも検討不十分、不可能な岩体も多い。

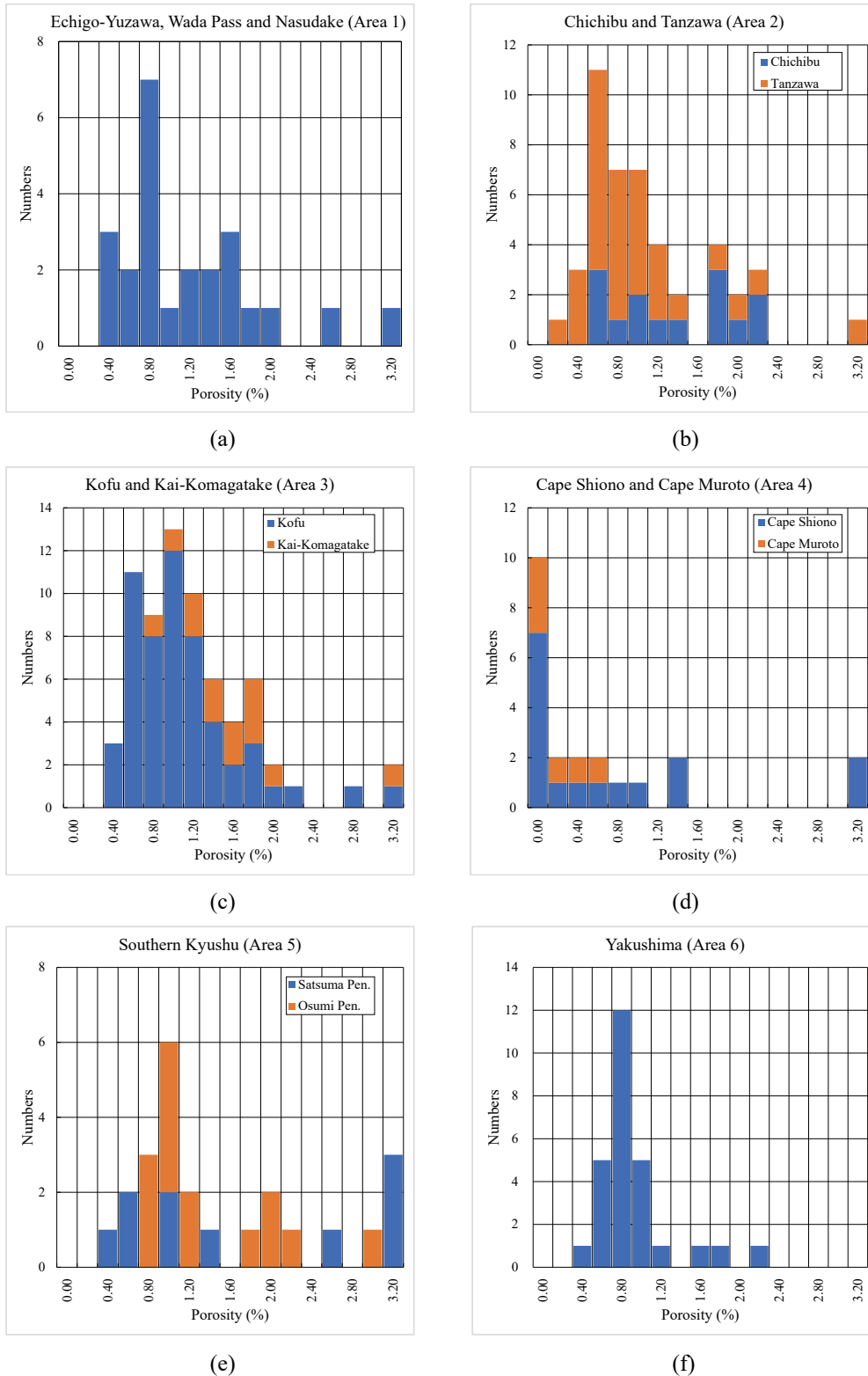


第3図 密度の頻度分布図。

(a) 越後湯沢・和田峠・那須岳花崗岩, (b) 秩父・丹沢花崗岩, (c) 甲府・甲斐駒ヶ岳花崗岩, (d) 潮岬・室戸岬花崗岩, (e) 南九州花崗岩, (f) 屋久島花崗岩。

Fig.3 Histogram of dry density distribution.

(a) Echigo-Yuzawa, Wada Pass and Nasu-Dake Granites, (b) Chichibu and Tanzawa Granites, (c) Kofu and Kai-Komagatake Granites, (d) Cape Shiono and Cape Muroto Granites, (e) Southern Kyushu (Satsuma Peninsula and Osumi Peninsula) Granites, (f) Yakushima Granites.

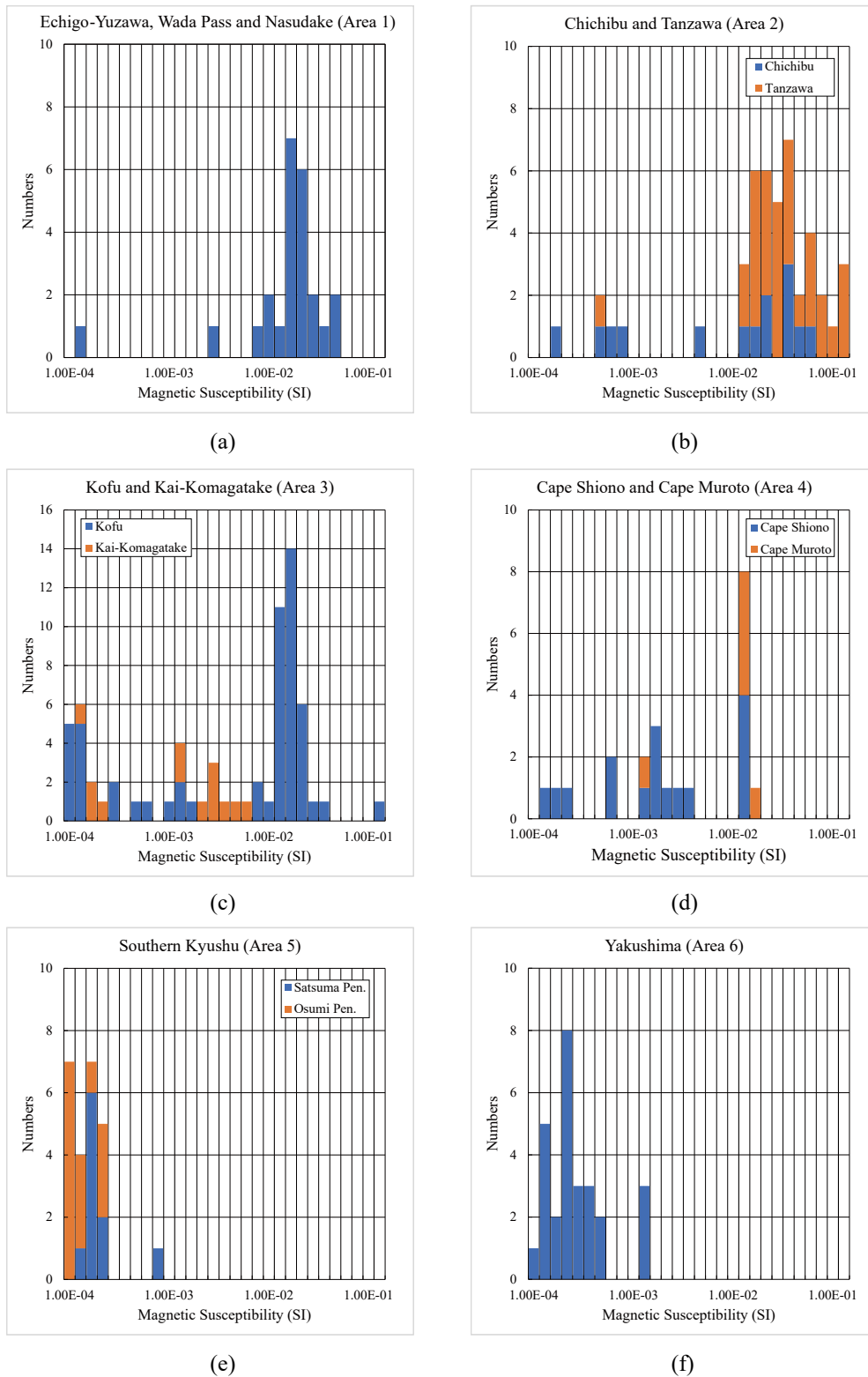


第4図 孔隙率の頻度分布図。

(a) 越後湯沢・和田峠・那須岳花崗岩, (b) 秩父・丹沢花崗岩, (c) 甲府・甲斐駒ヶ岳花崗岩, (d) 潮岬・室戸岬花崗岩, (e) 南九州花崗岩, (f) 屋久島花崗岩。

Fig.4 Histogram of porosity distribution.

(a) Echigo-Yuzawa, Wada Pass and Nasu-Dake Granites, (b) Chichibu and Tanzawa Granites, (c) Kofu and Kai-Komagatake Granites, (d) Cape Shiono and Cape Muroto Granites, (e) Southern Kyushu (Satsuma Peninsula and Osumi Peninsula) Granites, (f) Yaksushima Granites.



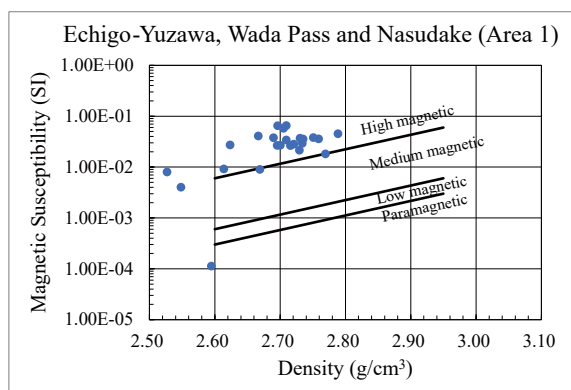
第5図 磁化率の頻度分布図。

(a) 越後湯沢・和田峠・那須岳花崗岩, (b) 秩父・丹沢花崗岩, (c) 甲府・甲斐駒ヶ岳花崗岩, (d) 潮岬・室戸岬花崗岩, (e) 南九州花崗岩, (f) 屋久島花崗岩。

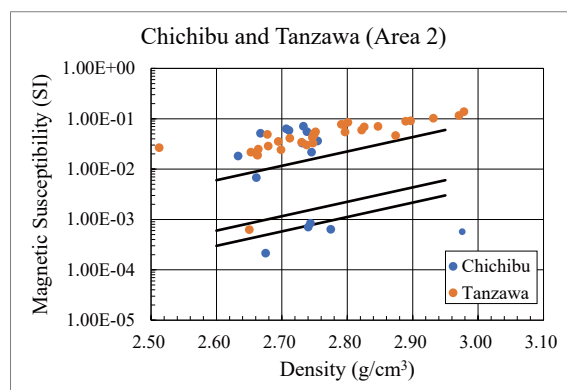
Fig.5 Histogram of magnetic susceptibility distribution.

(a) Echigo-Yuzawa, Wada Pass and Nasu-Dake Granites, (b) Chichibu and Tanzawa Granites, (c) Kofu and Kai-Komagatake Granites, (d) Cape Shiono and Cape Muroto Granites, (e) Southern Kyushu (Satsuma Peninsula and Osumi Peninsula) Granites, (f) Yakushima Granites.

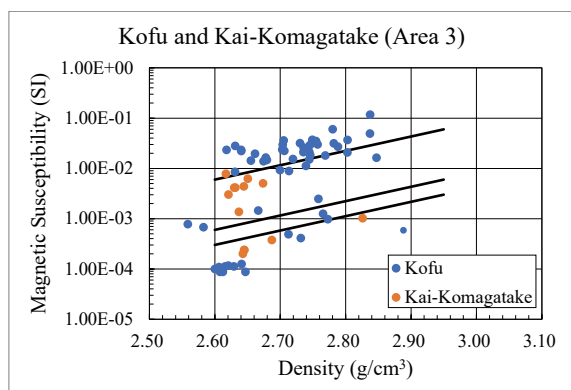




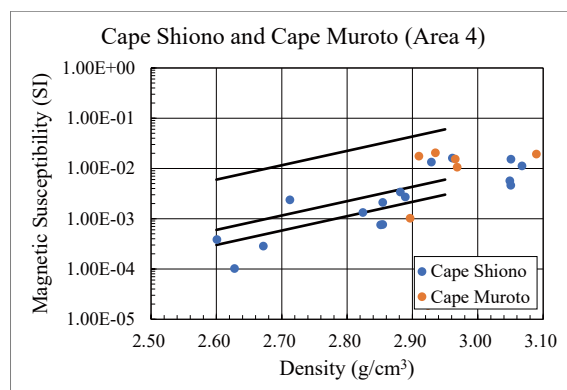
(a)



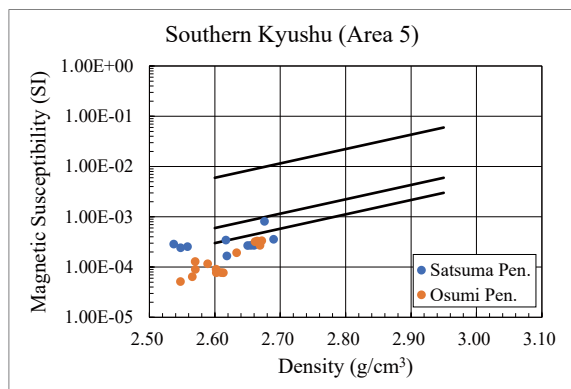
(b)



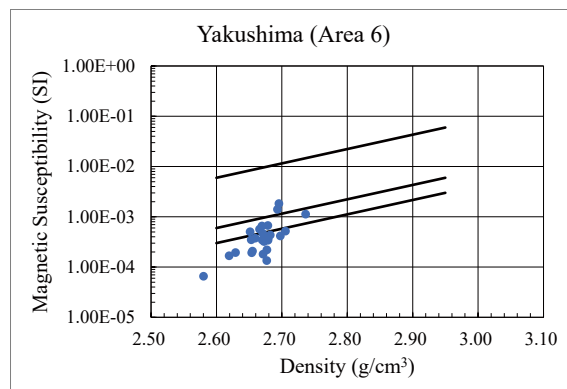
(c)



(d)



(e)



(f)

第6図 密度と磁化率の対比図。

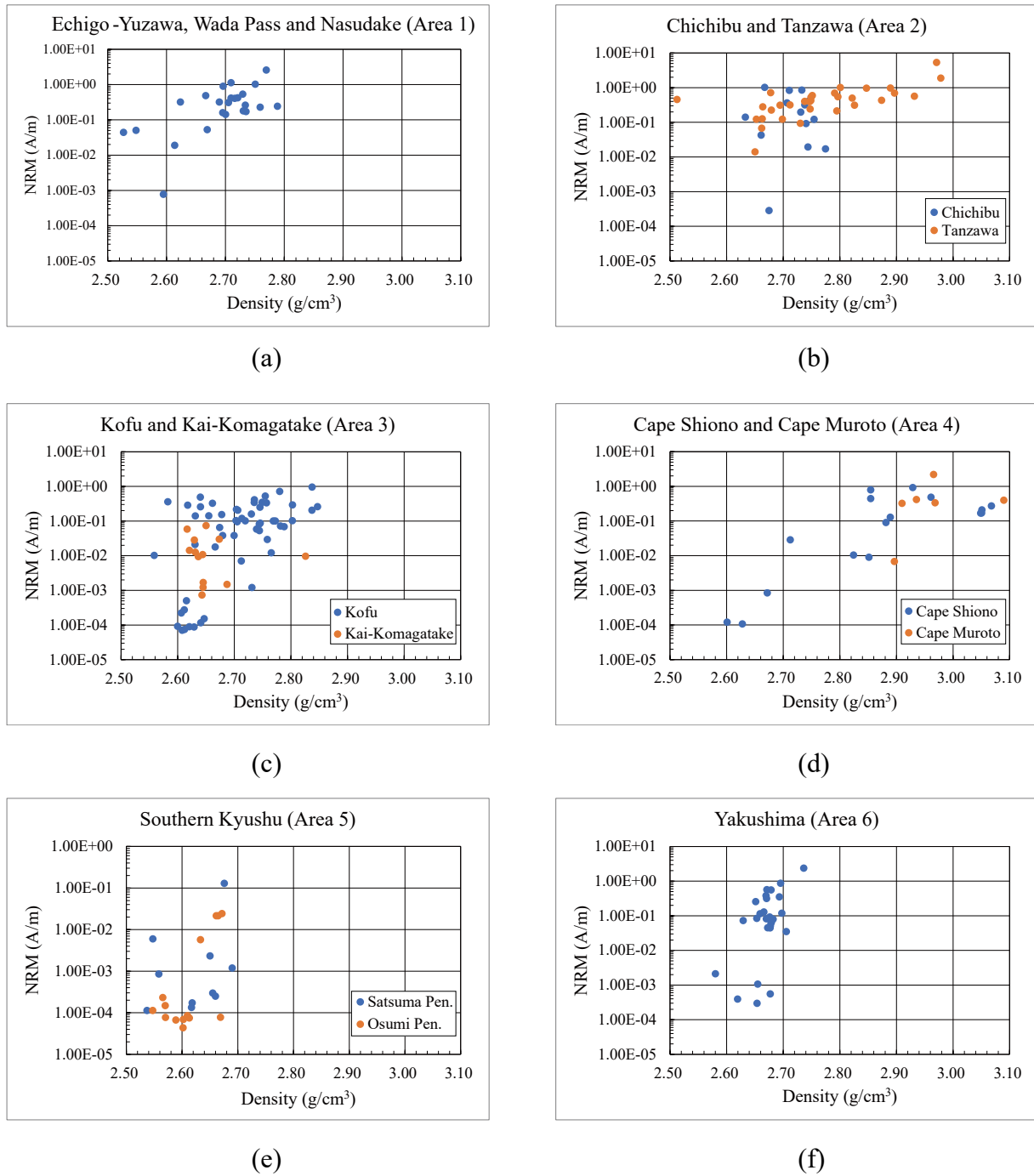
三本の直線は、常磁性・弱磁性、弱磁性・中磁性そして中磁性・強磁性の区分線をあらわす。

(a) 越後湯沢・和田峠・那須岳花崗岩, (b) 秩父・丹沢花崗岩, (c) 甲府・甲斐駒ヶ岳花崗岩, (d) 潮岬・室戸岬花崗岩, (e) 南九州花崗岩, (f) 屋久島花崗岩。

Fig.6 Relationship between dry density and magnetic susceptibility.

Three straight lines indicate the boundaries of paramagnetic and lower magnetic, lower and medium magnetic, and medium and high magnetic zones, respectively.

(a) Echigo-Yuzawa, Wada Pass and Nasu-Dake Granites, (b) Chichibu and Tanzawa Granites, (c) Kofu and Kai-Komagatake Granites, (d) Cape Shiono and Cape Muroto Granites, (e) Southern Kyushu (Satsuma Peninsula and Osumi Peninsula) Granites, (f) Yakushima Granites.

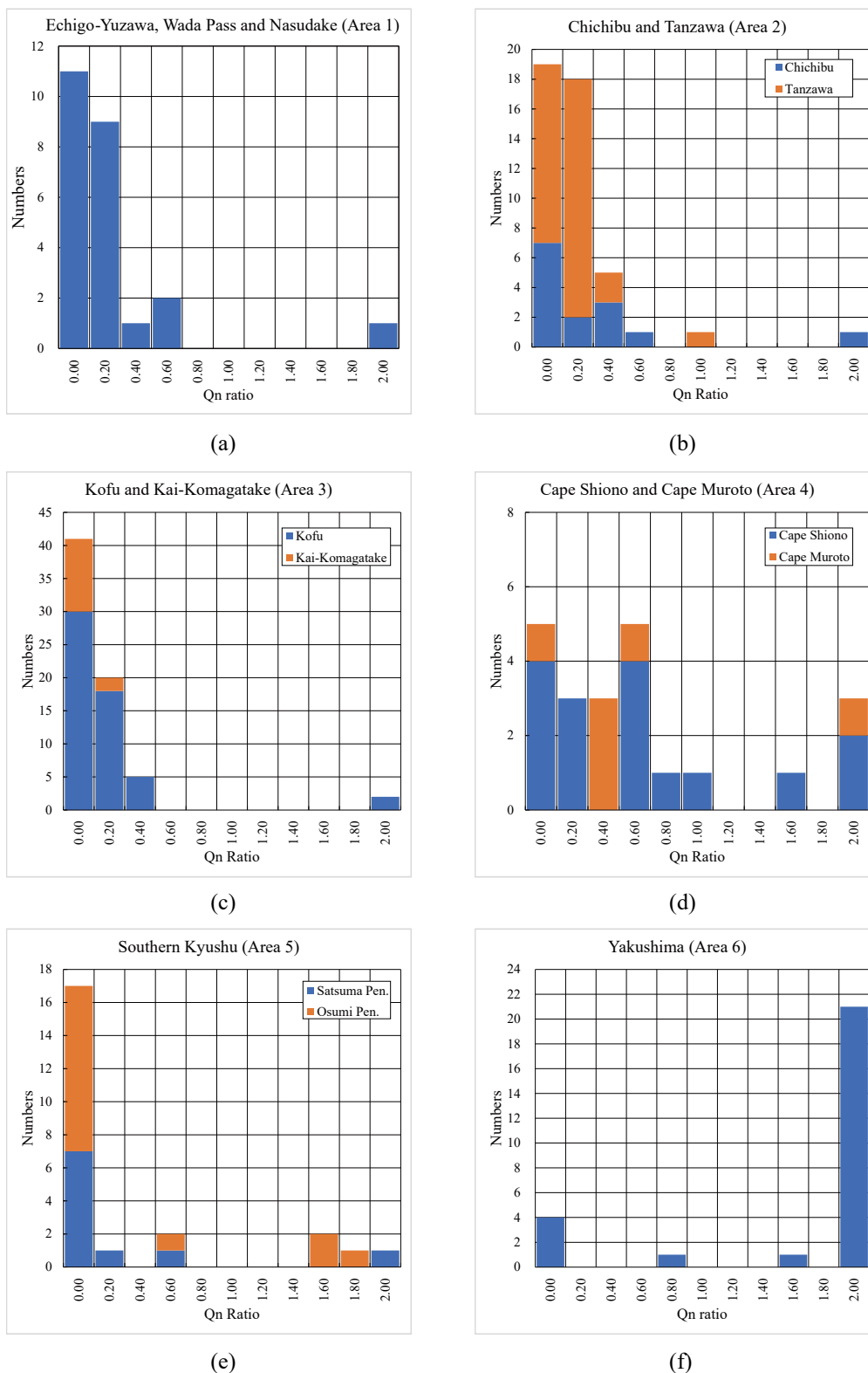


第7図 密度と残留磁化の対比図。

(a) 越後湯沢・和田峠・那須岳花崗岩, (b) 秩父・丹沢花崗岩, (c) 甲府・甲斐駒ヶ岳花崗岩, (d) 潮岬・室戸岬花崗岩, (e) 南九州花崗岩, (f) 屋久島花崗岩。

Fig.7 Relationship between dry density and NRM.

(a) Echigo-Yuzawa, Wada Pass and Nasu-Dake Granites, (b) Chichibu and Tanzawa Granites, (c) Kofu and Kai-Komagatake Granites, (d) Cape Shiono and Cape Muroto Granites, (e) Southern Kyushu (Satsuma Peninsula and Osumi Peninsula) Granites, (f) Yaksushima Granites.

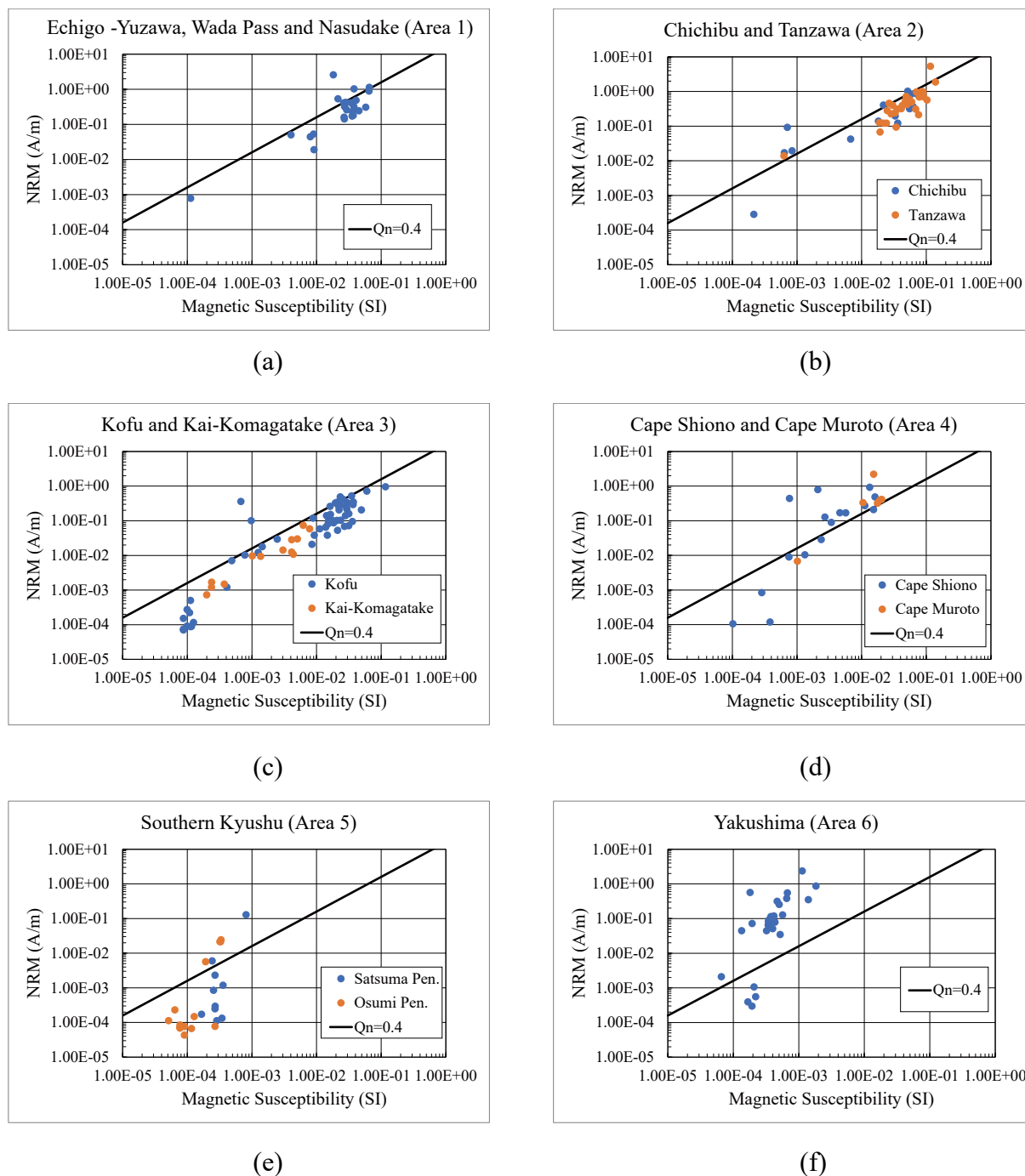


第8図  $Qn$ 比の頻度分布図。

(a) 越後湯沢・和田峠・那須岳花崗岩, (b) 秩父・丹沢花崗岩, (c) 甲府・甲斐駒ヶ岳花崗岩, (d) 潮岬・室戸岬花崗岩, (e) 南九州花崗岩, (f) 屋久島花崗岩。

Fig.8 Histogram of  $Qn$  ratio distribution.

(a) Echigo-Yuzawa, Wada Pass and Nasu-Dake Granites, (b) Chichibu and Tanzawa Granites, (c) Kofu and Kai-Komagatake Granites, (d) Cape Shiono and Cape Muroto Granites, (e) Southern Kyushu (Satsuma Peninsula and Osumi Peninsula) Granites, (f) Yaksushima Granites.



第9図 磁化率と残留磁化の対比図。図中の実線は $Q_n = 0.4$ を表す。 $Q_n$ 比は、地球磁場の強さを50,000 nTとして計算。  
 (a) 越後湯沢・和田峠・那須岳花崗岩, (b) 秩父・丹沢花崗岩, (c) 甲府・甲斐駒ヶ岳花崗岩, (d) 潮岬・室戸岬花崗岩,  
 (e) 南九州花崗岩, (f) 屋久島花崗岩。

Fig.9 Relationship between magnetic susceptibility and NRM. Solid lines show  $Q_n = 0.4$ .  $Q_n$  ratio was calculated, assuming that the intensity of the Earth's magnetic field is 50,000 nT.  
 (a) Echigo-Yuzawa, Wada Pass and Nasu-Dake Granites, (b) Chichibu and Tanzawa Granites, (c) Kofu and Kai-Komagatake Granites, (d) Cape Shiono and Cape Muroto Granites, (e) Southern Kyushu (Satsuma Peninsula and Osumi Peninsula) Granites, (f) Yaksushima Granites.

密度の平均値で見ると南九州(薩摩半島, 大隈半島)花崗岩が $2.62 \text{ g/cm}^3$ で最も小さく, 屋久島花崗岩が $2.67 \text{ g/cm}^3$ でこれに次ぐ。これらは, いずれも岩体そのものが優白質なことによるものと考えられる。ついで越後湯沢・和田峠・那須岳花崗岩と甲府・甲斐駒ヶ岳花崗岩が $2.69 \text{ g/cm}^3$ を示し丹沢花崗岩が $2.76 \text{ g/cm}^3$ (秩父花崗岩は $2.72 \text{ g/cm}^3$ ), 潮岬花崗岩 $2.87 \text{ g/cm}^3$ そして室戸岬花崗岩が $2.96 \text{ g/cm}^3$ を示す。室戸岬花崗岩は試料の大半が斑レイ岩である。

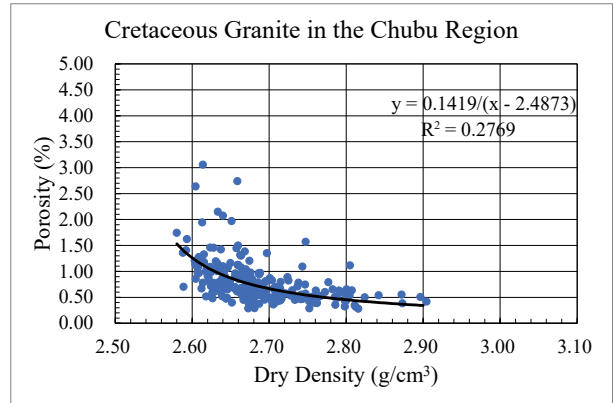
孔隙率の平均値は室戸岬花崗岩の $0.29 \%$ , 潮岬花崗岩の $0.99 \%$ , 丹沢花崗岩の $1.14 \%$ (秩父花崗岩は $1.49 \%$ ), 甲府・甲斐駒ヶ岳花崗岩の $1.31 \%$ , 南九州花崗岩の $1.70 \%$ そして越後湯沢・和田峠・那須岳花崗岩 $1.84 \%$ と平均密度と大局的に逆比例しているが, 屋久島花崗岩は $1.05 \%$ と多少順位を異にし, 秩父花崗岩の最頻値の $0.78 \%$ は, 南部花崗岩の深部固結相の値に近い。

日本の白亜紀後期花崗岩類についての密度と孔隙率の対比図を作成すると,  $y = a/(x - b)$  ( $y$ : 孔隙率,  $x$ : 密度,  $a$ ,  $b$ : 定数) の関係が見られ,  $a$ ,  $b$  は地域により多少異なる値(地域の特徴, 風化, 変質等の影響などを受ける)を示すことが分かっている(金谷・大熊, 2011)。これに基づき, 密度と孔隙率の対比図を作成しその特徴を見てみると, 今回の新第三紀花崗岩は, これまでに見られた白亜紀後期花崗岩類(地域により多少の違いはあるものの)のそれよりも同一密度でより大きい孔隙率を示し, 中部地方花崗岩類のそれと比較すると,  $\rho_d = 2.60 \text{ (g/cm}^3)$ ,  $1.3 \rightarrow 1.5 \%$ ,  $\rho_d = 2.70$ ,  $0.67 \rightarrow 1.03$ ,  $\rho_d = 2.80$ ,  $0.45 \rightarrow 0.78$ ,  $\rho_d = 2.90$ ,  $0.34 \rightarrow 0.62$ と増加し地質年代による違いが認められる(第10図)。これは「物理定数から見た白亜紀-古第三紀花崗岩類-その4. 西南日本内帯(金谷・大熊, 2011)」に報告された北陸地域の $N_3$ 花崗岩(滝谷・黒部川)もこれに順ずる。

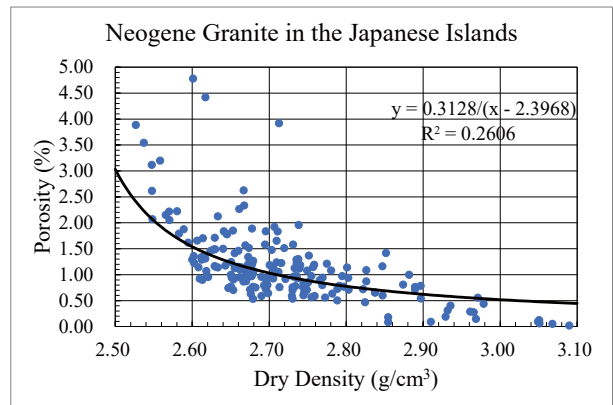
磁化率の平均値は南九州・屋久島花崗岩の $2-5 \times 10^{-4}$  (SI) の低い値を示すものから $5 \times 10^{-3}$ の潮岬花崗岩,  $1 \times 10^{-2}$ の室戸岬花崗岩,  $1-3 \times 10^{-2}$ の甲府・甲斐駒ヶ岳花崗岩(両岩体とも $10^{-4}$ を含む), 越後湯沢・和田峠・那須岳の $3 \times 10^{-2}$ , 秩父・丹沢花崗岩の $3-5 \times 10^{-2}$ に到る。

岩質を考慮して磁化率をみた場合もこれら花崗岩類は弱・常磁性を示す屋久島・南九州・潮岬花崗岩から室戸・甲斐駒ヶ岳花崗岩の中磁性, 甲府, 越後湯沢・和田峠・那須岳, 秩父・丹沢花崗岩の強磁性花崗岩に分類され, これまでみられた白亜紀-古第三紀花崗岩同様, 幅広い変化を示している。

密度と磁化率. 密度と残留磁化(片対数)の対比図で, 丹沢花崗岩はいずれも良好な相関関係を示す。これは, これまで行われた同種研究で観察された唯一の事例である。このことは, 丹沢花崗岩を形成したマグマの性質と, 貫入環境が非常に類似しかつ岩体形成後, 大きな変化を受けていないことを意味するものではないかと考えられる。



(a)



(b)

第10図 密度と孔隙率との対比図。

(a) 中部地域の白亜紀花崗岩類(金谷・大熊, 2011), (b) 新第三紀花崗岩類(本研究)。黒の実線は回帰分析曲線を示す。

Fig. 10 Relationship between dry density and porosity.

(a) Cretaceous granitic rocks in Chubu Region (Kanaya and Okuma, 2011), (b) Neogene granitic rocks (this study). Black solid lines indicate regression curves.

$Q_n$ 比は屋久島花崗岩および潮岬・室戸岬花崗岩を除き $0.4$ 以下でこれまで観察された結果と違いは認められない。屋久島は約 $75 \%$ 近くの試料が $2$ 以上の数値を示し, その値が $80$ に達する値を示す試料も見られる。これは屋久島が海に取り囲まれた地形のため, 落雷による残留磁気獲得の影響かもしれない。

謝辞: 本報の原稿は著者の一人である金谷の存命中に大熊が引き継いだものであり, 諸事情により投稿が大きく遅れたにもかかわらず公開に関してご遺族のご快諾をいただいた。地質情報基盤センターの松浦浩久氏には原稿に目を通していただき, 間違いを指摘していただいた。同センターの角井朝昭氏には地質標本館所蔵の岩石試料の採取位置について, ご教示いただいた。新第三紀花崗

岩類の分布図の作成に関して、地質情報基盤センターの宮崎純一氏にご指導いただいた。査読者の地質調査総合センター牧野雅彦氏と編集担当の地質情報基盤センター森尻理恵氏には不適切な箇所を指摘していただき、原稿の修正に役立った。以上の皆様に、ここに記して厚く御礼申し上げます。

## 文 献

- 広川 治・水野篤行(1965) 5万分の1地質図幅「串本」および同説明書。地質調査所, 28p.
- 久富邦彦・三宅康幸(1981) 紀伊半島・潮岬地域の隆起運動と火成活動。地質学雑誌, **87**, 629-639.
- 金丸龍夫・高橋正樹(2005) 帯磁率異方性からみた丹沢トータル岩体の貫入・定置機構。地質学雑誌, **8**, 458-475.
- 金谷 弘・大熊茂雄(2003) 物理定数から見た白亜紀-古第三紀花崗岩類-その1 東北地方北部。地質調査研究報告, **54**, 221-233.
- 金谷 弘・大熊茂雄(2005) 物理定数から見た飛騨花崗岩類。地質調査研究報告, **56**, 303-313.
- 金谷 弘・大熊茂雄(2007) 物理定数から見た白亜紀-古第三紀花崗岩類-その2 東北地方南部。地質調査研究報告, **58**, 239-252.
- 金谷 弘・大熊茂雄(2010) 物理定数から見た白亜紀-古第三紀花崗岩類-その3 足尾帯(関東地方北部)。地質調査研究報告, **61**, 1-15.
- 金谷 弘・大熊茂雄(2011) 物理定数から見た白亜紀-古第三紀花崗岩類-その4 西南日本内帯。地質調査研究報告, **62**, 211-233.
- 片田正人(1956) 5万分の1地質図幅「甲府」および同説明書。地質調査所, 31p.
- 加藤祐三(1968) 山梨県甲府盆地周辺の第三紀花崗岩類について。岩鉱, **59**, 21-36.
- 神戸信勝(1969) 20万分の1地質図幅「剣山」。地質調査所。
- 川辺禎久・阪口圭一・斎藤 眞・駒澤正夫・山崎俊嗣(2004) 20万分の1地質図幅「開聞岳及び黒島の一部」。産総研地質調査総合センター。
- 小玉一人(1999) 古地磁気学。東京大学出版会, 248p.
- 三村浩二・加藤裕三・片田正人(1984) 御岳昇仙峡地域の地質。地域地質研究報告(5万分の1図幅), 地質調査所, 61p.
- 三宅康幸(1981) 和歌山県潮岬火成複合岩体の地質と岩石。岩鉱, **87**, 383-403.
- 村上允英・今岡照喜(1985) 高知県足摺岬のラパキビ花崗岩。地質学雑誌, **91**, 179-194.
- 野沢 保・大田良平(1967) 内之浦地域の地質。地域地質研究報告(5万分の1図幅), 地質調査所, 42p.
- 岡本健二・木下 修・野中健二・八木伸二郎(1987) 九州第三紀花崗岩類のマグマ混合モデル。岩鉱, **82**, 257-268.
- 尾崎正紀・牧本 博・杉山雄一・三村浩二・酒井 彰・久保和也・加藤碩一・駒澤正夫・広島俊男・須藤定久(2002) 20万分の1地質図幅「甲府」。産総研地質調査総合センター。
- 斎藤 眞・小笠原正継・長森英明・下司信夫・駒澤正夫(2007) 20万分の1地質図幅「屋久島」。産総研地質調査総合センター。
- 坂本 亨・酒井 彰・秦 光男・鶴野沢 昭・岡 重文・広島俊男・駒澤正夫・村田泰章(1987) 20万分の1地質図幅「東京」。地質調査所。
- 佐藤興平・石原瞬三(1981) 甲府花崗岩体の磁鉄鉱系/チタン鉄鉱系花崗岩類, 鉱山地質, **31**, p. 56 学術講演会要旨。
- 佐藤興平・石原瞬三(1983) 甲府花崗岩体の帯磁率と化学組成。地質調査所月報, **34**, 413-427.
- 佐藤岱生・長浜春夫(1979) 屋久島西南部地域の地質。地域地質研究報告(5万分の1図幅), 地質調査所, 47p.
- 相馬恒雄・吉田 勝(1966) 丹沢山地の岩石と構造(2) 深成岩類。岩鉱, **55**, 25-38.
- 滝田良基(1974) 丹沢トータル複合岩体の岩石記載と岩体形成史。地質学雑誌, **80**, 505-523.
- 滝田良基(1980) 丹沢山地の斑れい岩質岩類の岩石学的研究-特にトータル岩との成因的關係について-。地質学雑誌, **86**, 369-387.
- 寺岡易司・栗本史雄(1989) 20万分の1地質図幅「宇和島」。地質調査所。
- 徳岡隆夫・原田哲郎・鈴木博之・八尾 昭・須田芳郎(1982) 20万分の1地質図幅「田辺」。地質調査所。
- 角田謙朗(1971) 甲府北部深成岩類中の斑糲岩-閃緑岩複合岩体について。山梨大学教育学部研究報告, **22**, 255-259.
- 脇田浩二・井川敏恵・宝田晋治(編)(2009) 20万分の1日本シームレス地質図DVD版, 数値地質図G-16, 産総研地質調査総合センター。

( 受 付 : 2020年9月18日 ; 受 理 : 2020年12月25日 )