

原著論文

岡山市の花崗岩の岩相と丘陵地形の関係

鈴木寿志¹・能美洋介²

Lithologic constraints to the topography of granitic hills in Okayama City, Japan

Hisashi SUZUKI¹ and Yousuke NOUMI²

Abstract: Detailed geological survey and mapping of the Yasaka-Kyoyama Hills, Okayama City, were carried out. The hills are geologically composed mainly of Cretaceous granite with minor amounts of Cretaceous igneous dykes and conglomerates of the Palaeogene Yamajari Formation. The Cretaceous granite is lithologically subdivided into two facies, the coarse- and fine-grained granites, without intermediately grained facies. The distribution of these two granitic facies in the study area and our observation of the boundary outcrops between two facies elucidate that the fine-grained granite is distributed upon the coarse-grained one with a subhorizontal boundary. The Digital Elevation Model (DEM) analysis of the topography of the area in conjunction with the surface geology demonstrates an obvious relationship between the topography and the distribution of granitic facies. The fine-grained granite, which is resistant to weathering, is distributed in the topographically higher area of the hills. As the coarse-grained granite, which is easily weathered and decomposed into granitic sands, is capped by the weathering-resistant fine-grained granite, the Yasaka-Kyoyama Hills have remained as topographic high.

Key words: Okayama, coarse-grained granite, fine-grained granite, Digital Elevation Model, differential erosion

I. はじめに

岡山市の地形は、主に沖積平野と干拓地からなる岡山平野と吉備高原の南縁山地からなる。岡山平野の中には、沖積平野の間に吉備中山、矢坂山、京山、操山といった標高70~170mほどの小丘陵が点在し、主に中生界白亜系花崗岩と古生界ペルム系堆積岩から構成される。これらの小丘陵は、巨視的には「瀬戸内面」（貝塚，1950）と呼ばれる浸食小起伏面の分布域に位置している（岡田，2004）。しかし、これらの小丘陵に定高性のある平坦面が広く分布しているわけではなく、山砂利層の分布高度より突出していることや丘陵の周辺が沖積層で埋積されていることなどからみて、最近の隆起により形成された丘陵ではなく、既存の山地の浸食が継続した結果、

高度の低い丘陵になった可能性が高い。継続的な浸食があれば、岩石の浸食に対する抵抗性の差は、差別浸食を引き起こして丘陵の高度差になって表れると考えられる。

差別浸食は、一般に分布する岩石の浸食に対する抵抗性が異なるために生じると考えられる。水平に重なる堆積岩層の場合、硬質な砂岩や礫岩が浸食に対して強く、泥岩が浸食に対して弱いので、これらが互層するとビュートやメサといった地形が形成される。たとえば、ミャンマー中央部に分布するボンダウン層（始新統）は砂岩と泥岩の互層からなるが、泥岩は非常に軟質で脆く、容易に浸食されてしまう。そのため、この地層の分布域では丘陵の頂部に硬質な砂岩が分布し、丘陵縁辺の崖地に軟

1 大阪学院大学 〒564-8511吹田市岸部南2-36-1 Osaka Gakuin University, Kishibeminami 2-36-1, Suita 564-8511, Japan. hsuzuki_2005@d1.dion.ne.jp

2 岡山理科大学総合情報学部生物地球システム学科 〒700-0005岡山市理大町1-1 Department of Biosphere-Geosphere System Science, Faculty of Informatics, Okayama University of Science, Ridai-cho 1-1, Okayama 700-0005, Japan

質な泥岩が分布している。たとえばTsubamoto et al. (2006)が写真を示したAyoedawpon Taung丘陵は、そのような差別浸食の一例である。水平な地質構造を考えれば、丘陵の内部には泥岩が分布するわけであるが、硬質な砂岩が頂部を覆って蓋をしているため浸食を免れている。一方、堆積岩層が緩く傾斜した場合はケスタ地形を形成する。よく引用される例としてパリ盆地のケスタ地形が挙げられる。パリ盆地では、硬質な石灰岩や砂岩が浸食から取り残されて丘陵を形成し、軟質な泥質岩が削剥されて崖地に露出する(de Martonne, 1933)。日本の付加堆積岩の例では、岐阜県各務原市の構造山地が挙げられる。ここでは、硬質なチャート層が周囲の軟質な砂岩や泥岩から取り残されて急峻な山地を形成する(近藤・足立, 1975)。これらの組織地形の例は、岩石の種類の違いが、そのまま岩石の浸食に対する抵抗性の違いに対応しており、より硬質な岩石が浸食を免れて丘陵や山地を形成している。

筆者らは、これまでに岡山市の代表的な岩石・石材である、万成花崗岩(石材としては万成石と呼ぶ)を取り上げ、その分布や文化地質学(Kulturgeologie; Weidinger et al. Hrsg., 2003)的研究を行ってきた(能美ほか, 2006)。その結果、万成花崗岩の分布する矢坂山と京山に、岩相の異なる二種類の花崗岩が分布することが明らかとなった。またこの二種類の岩相が、水平的な拡がりを持ち、垂直方向に変化するという特徴をもつことも明らかになった。本研究では、矢坂山と京山について地形モデルを作製し、花崗岩の岩相分布と重ね合わせることで、これら丘陵地の地形と地質の関係を検討した。そしてこれら丘陵の高度の差異が、花崗岩という単一岩石種内部の岩相の違いによる差別浸食の産物であることが明らかになったのでここに報告する。

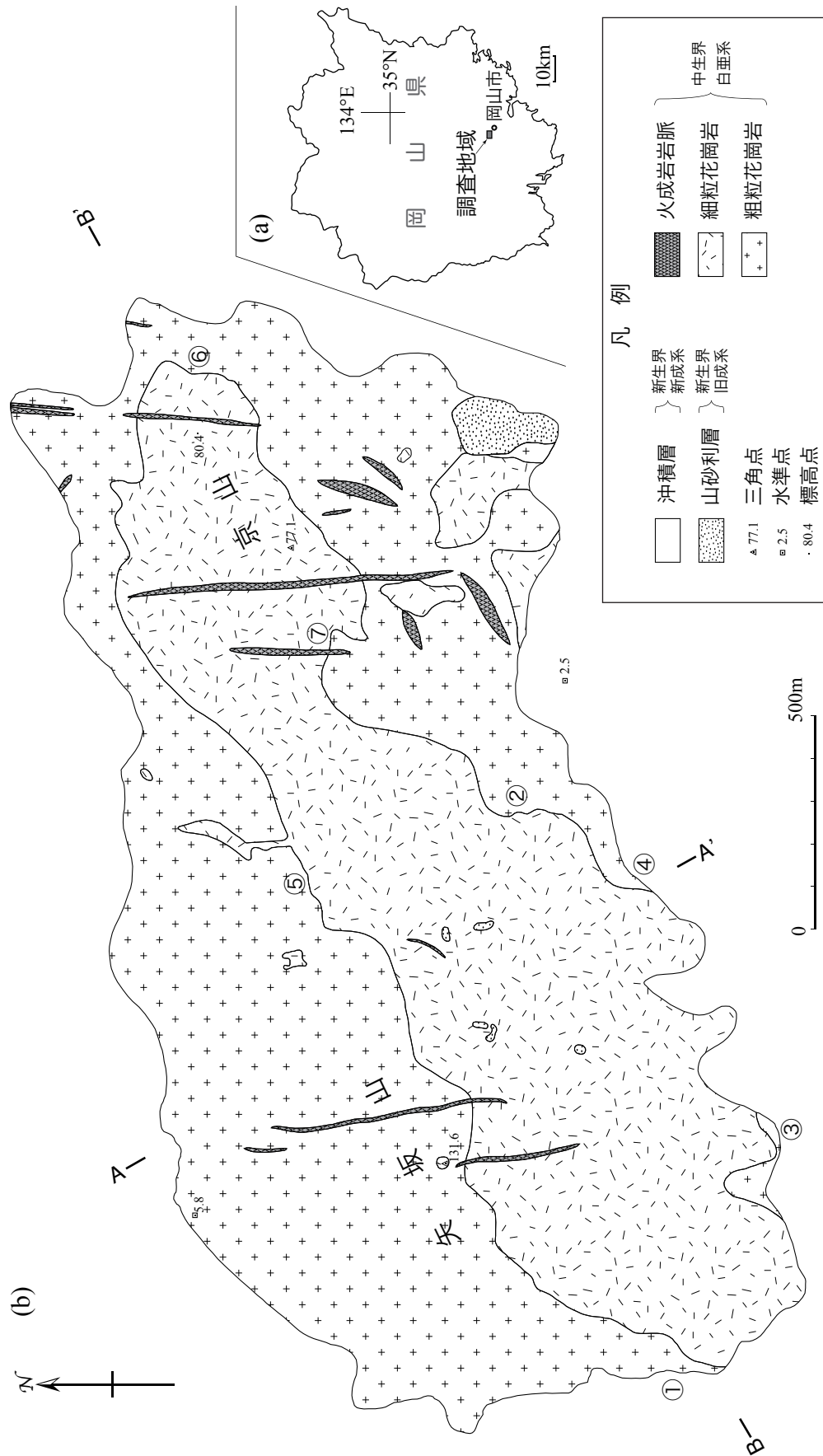
II. 矢坂山と京山の地形と地質

矢坂山と京山は、岡山平野の沖積層に周りを画された丘陵地である。矢坂山は最高点の標高131.6mに達し、北部では万成石の採石が行われているため

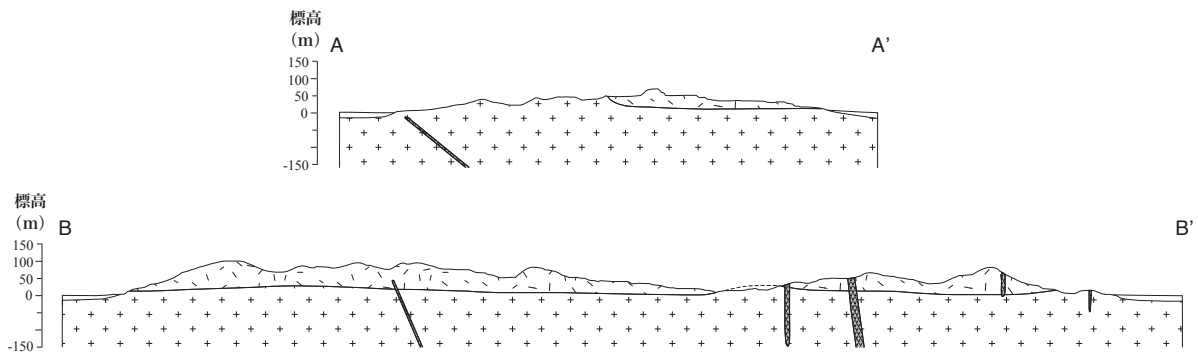
に、丘陵地形の人工改変が著しい。京山は最高点の標高80.4mで、矢坂山より低い。採石場は存在しないが、頂部付近には遊園地が、麓には池田動物園がある程度で、地形は人工的に大きく改変されていないとみられる。矢坂山と京山の間は、地形的に鞍部となっており、国道180号線が走る。この鞍部は標高10~11mで、周囲の沖積平野(標高3m前後)より高いので、表層には沖積層ではなく基盤の花崗岩が分布するとみられる。

矢坂山と京山の丘陵地には際立った河川はなく、小さな沢がみられるだけである。しかし通常は流水がみられず、枯れ沢となまっているところが多い。沢には流水がないものの、湧水はいくつかの箇所で見られ、ところどころに小さな池が分布する。特に矢坂山北部の採石場では、石材を採掘した後の窪地に水が溜まり、池となっている所が多い。しかも標高70~80mといった地形的高所にも池が分布する。

矢坂山と京山の地質図を第1図に示す。これらの丘陵の地質は、主に中生界白亜系の花崗岩から構成される。また中性から酸性の火成岩岩脈が花崗岩中に貫入する。矢坂山では、標高70~100m付近に新生界旧成系(横山, 1896によるPalaeogeneの訳語; 日本語訳としての妥当性は鈴木・石田, 2005のノート記事を参照)の吉備層群山砂利層が小規模に分布する。山砂利層は膠結の弱い礫岩を主体とし、基盤の花崗岩を不整合で覆う。矢坂山と京山の花崗岩には粒度が明らかに異なる二種類の岩相、粗粒花崗岩と細粒花崗岩が認められる。両者の間に中間的な粒度の岩相は認められない。粗粒花崗岩は、粒径3~10mmの半自形淡紅色カリ長石を含むことで特徴づけられる。石英は粒径3~7mm、斜長石は粒径1~6mmに達し、いずれも粒度が粗い。この粗粒花崗岩は、万成石と呼ばれる石材として採掘され、様々な建造物、墓石、記念碑などに利用されている(濡木, 1991; 能美ほか, 2006)。もう一方の細粒花崗岩は、いずれも粒径2mm以下の鉱物から構成されることが多い。稀に粒径3~5mmの石英、カリ長石、黒雲母などを含む場合もあるが、粒径5mmを超える鉱物はほとんど含まれ



第1図. 調査地域位置図(a)と矢坂山・京山の地質図(b). ①から⑦は本文中で説明した露頭の位置.



第2図. 地質断面図. 垂直:水平比は1:1. 断面位置および凡例は第1図を参照のこと.

ない. ただし細粒花崗岩中には, 極粗粒なペグマタイトを伴うことがある. 細粒花崗岩は万成石として採掘されない.

矢坂山と京山の花崗岩については, すでに赤木(1927), 濡木ほか(1979)による研究がある. 赤木(1927)は, 7万5千分の1地質図幅および同説明書の中で, 岡山市の花崗岩を閃雲花崗岩として記載した. 濡木ほか(1979)は, 岡山市およびその周辺の花崗岩の岩石学的研究を行い, 花崗岩をI~IVの4つの型と細粒相に細分した. 矢坂山と京山の花崗岩は濡木ほか(1979)による分類のうち, II型(粗~中粒の角閃石ないし黒雲母アダメロ岩)と細粒相に相当する. これらは本研究での粗粒花崗岩と細粒花崗岩にそれぞれ対応する.

濡木ほか(1979)により, すでに矢坂山と京山に二種類の花崗岩の岩相が存在することが示されていた. しかし両者の地質学的関係については, 詳しく述べられていない. 本研究では, 詳細な野外地質調査により, 細粒花崗岩が粗粒花崗岩の地形的上位に低角度の境界面を介して分布することを明らかにした(第2図).

III. 粗粒花崗岩と細粒花崗岩の地質学的関係

矢坂山では粗粒花崗岩は北半部に, 細粒花崗岩は南半部に分布する. この両岩相の分布状況は, 濡木ほか(1979)の地質図にも示された通りである. しかし, 両岩相の分布を丹念に調査した結果, 細粒花崗岩が粗粒花崗岩の地形的上位に低角度の境界面を介

して分布するという地質構造が明らかになった(第2図). この地質構造は, 以下のような両岩相の分布状況や露頭での観察結果から判断された.

(1) 矢坂山西部の中国電力西岡山変電所付近には粗粒花崗岩が分布するが, 粗粒花崗岩はさらに南の太然寺帝釈堂の下まで矢坂山の麓に入り込むように分布する(第1図①). 中国電力西岡山変電所と太然寺の上位斜面には細粒花崗岩が分布する.

(2) 関西高校の矢坂山東斜面では, 粗粒花崗岩の上位に細粒花崗岩が低角度の境界で直接載る様子が観察された(第1図②).

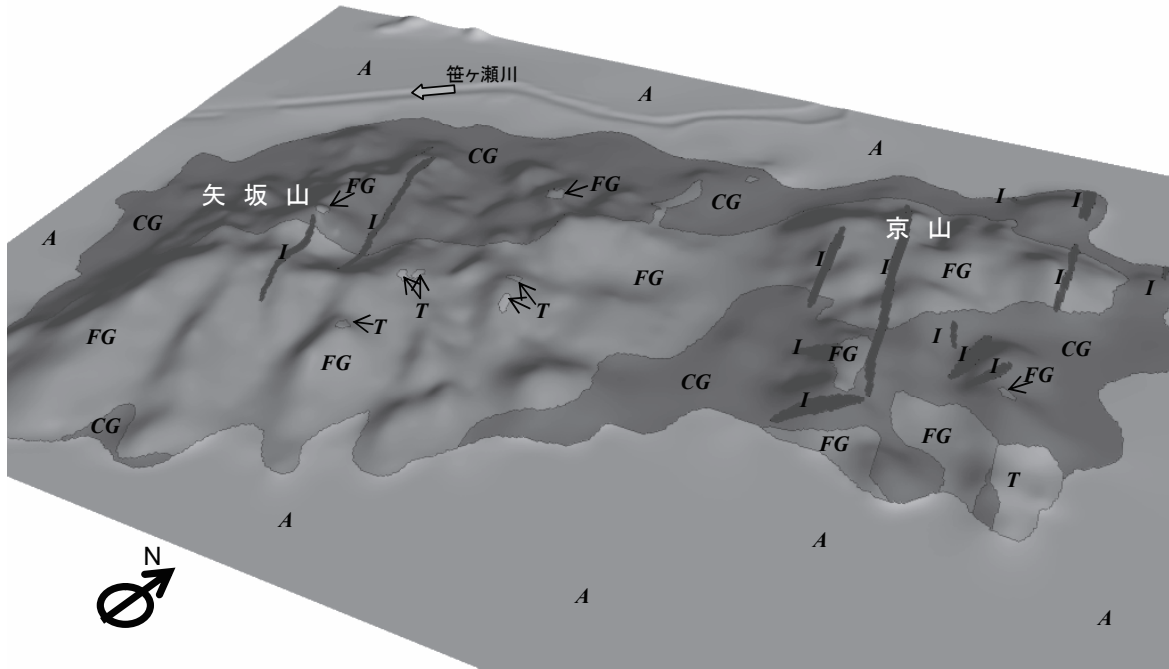
(3) 大安寺中町の久道稲荷では, 粗粒花崗岩の上位に細粒花崗岩が分布する様子が観察された(第1図③).

(4) 矢坂山南東の妙見教会の東の露頭では, 粗粒花崗岩が観察される. この露頭の上位斜面には, 細粒花崗岩が分布する(第1図④).

(5) 万成東町の旧採石場南端の崖(万成公会堂南南西480m付近)では, 粗粒花崗岩の上位に細粒花崗岩が重なる様子が観察された(第1図⑤).

細粒花崗岩が粗粒花崗岩の上位に載る地質構造は, 京山でも確認された.

(6) 三学ばる岡山, 児童会館公園, 岡山商科大学第二施設などの標高が低い場所では粗粒花崗岩が露出するのに対して, 山頂の遊園地周辺では細粒花崗岩が露出する. 特に三学ばる岡山の崖では, 粗粒花崗岩の上位に細粒花崗岩が直接載る様子が観察された(第1図⑥).



第3図. 数値地形モデルによる矢坂山・京山地域の鳥瞰地質図. 丘陵の高所部に細粒花崗岩 (FG) が分布する. A: 沖積層, T: 山砂利層, I: 火成岩岩脈, FG: 細粒花崗岩, CG: 粗粒花崗岩.

(7) 京山西部の姥ヶ谷池北東の露頭では、粗粒花崗岩の上位に細粒花崗岩が分布する様子が観察された(第1図⑦).

以上の観察結果から、細粒花崗岩が粗粒花崗岩の地形的上位に低角度の境界面を介して分布する地質構造が明らかになった。これらの露頭では、細粒花崗岩と粗粒花崗岩の間に破碎帯はなく、両岩相は密着して見られる。したがって、細粒花崗岩と粗粒花崗岩の低角度の境界は断層ではなく、火成岩岩体中の岩相境界として認識される。

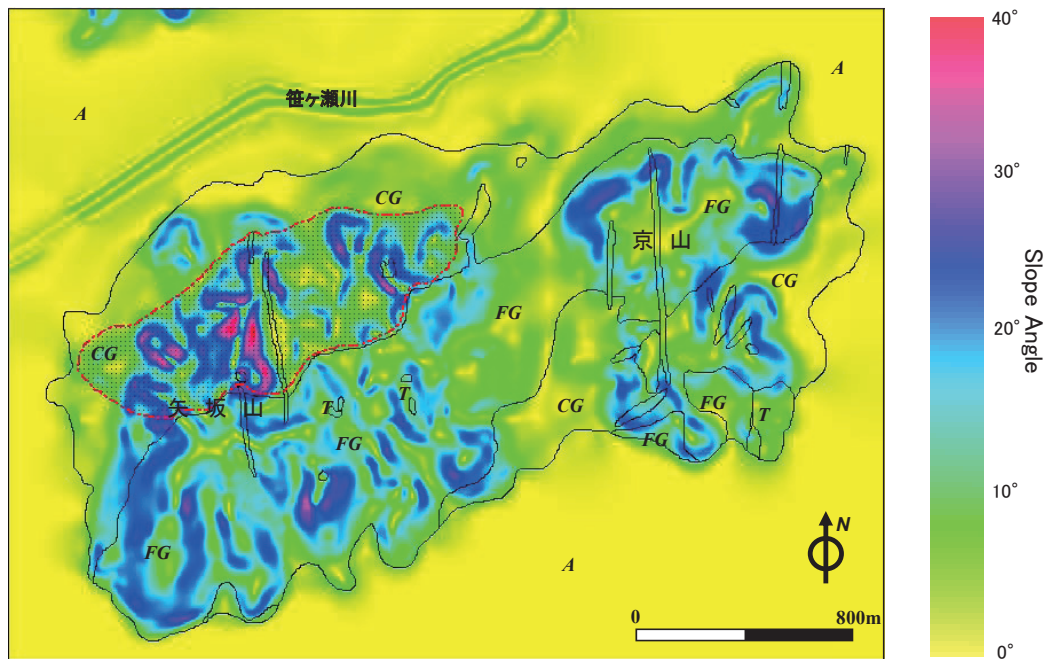
IV. 地形モデル

矢坂山・京山丘陵における粗粒花崗岩と細粒花崗岩の累重構造と地形との関係を示すため、STRIPE法(Noumi, 2003)を用いて本地域のDEM(Digital Elevation Model: 数値地形モデル)を作成した。DEM作成の元図は、国土地理院発行2万5千分の1地形図「岡山北部」と「岡山南部」である。DEMの作成範囲は矢坂山および京山の山塊を中心とする東西3,260m、南北2,416mの矩形領域とした。作成されたDEMの格子数は東西164、南北122で、格子間隔は東西・南北とも約19.8mに相当する。

第3図は上記により作成されたDEMの上に、第1図の地質図を重ね合わせたものである。なお、この表示あたっては、上記により作成されたDEMの格子数をスプライン補間により東西656、南北488に増加させて(坂本ほか, 2001)、地質図の3次元表示をなめらかにするようにした。

第3図を見ると粗粒・細粒花崗岩は矢坂山・京山丘陵全体にわたり分布していて、その高所部に細粒花崗岩が広く分布している様子を明瞭に捉えることができる。また、京山山頂の南や矢坂山山塊中の突起状の頂上付近でも粗粒花崗岩上に細粒花崗岩が載っている。矢坂山では細粒花崗岩の分布が南麓部に偏っているが、これは北麓で粗粒花崗岩(万成石)の採石が行われていて山体の一部が除去されたため、細粒花崗岩の分布が欠損したものであろう。山砂利層は丘陵の南東麓部分にまとまって分布しているが、小さな分布が矢坂山の稜線部に点々と残存されている様子が確認できる。

第4図はDEMより作成された傾斜分布図である。矢坂山では万成石の採石により山頂・山稜の平坦部が一部除去されて狭小化しているが、京山では広い山頂付近に傾斜が5度以下の平坦な面が広く残存してい



第4図. 矢坂山・京山地域の傾斜分布図. 矢坂山の赤破線枠内は万成花崗岩採石場（地形改変地域）を示す.

る. 矢坂山と京山の細粒花崗岩分布域においては, 山頂付近の平坦面直下で傾斜が30度前後の急傾斜となる. 一方, 京山南麓や矢坂山北東麓などの粗粒花崗岩分布域の山麓部ではおおむね15度以下の緩い傾斜になっており, 本来上位に分布していた細粒花崗岩が浸食によって失われ, 粗粒花崗岩が地表に露出した後に緩斜面が形成されたものと推測される.

V. 粗粒花崗岩と細粒花崗岩の物性の違い

野外での観察の結果, 粗粒花崗岩と細粒花崗岩の風化に対する耐性に明瞭な差異が認められた. 粗粒花崗岩の場合, 採石場などで地下の岩盤まで掘削されている場合は, 新鮮で硬質な岩石が得られる. しかし, 一般に表層に露出する場合は, 節理に沿って風化が進行し, タマネギ状に割れやすくなったり, さらに風化が進行して真砂状に崩れやすくなった産状が多く観察された. これに対して細粒花崗岩の場合は, 真砂化することが少なく, 尾根や斜面でもハンマーを跳ね返すような硬質な岩石が多く観察された. このような観察結果から, 細粒花崗岩は風化に強く, 硬質なまま残りやすいのに対し, 粗粒花崗岩は風化に弱く, 容易に真砂化して崩れやすい性質を

もつことが分かる.

このような風化に対する耐性の違いは, 鉱物組成の差異に拠るものと考えられる. これら花崗岩の岩石学的な特徴については別途稿を改めて報告する予定であるが, これまでの検討の結果では, 細粒花崗岩の方が粗粒花崗岩に比べて若干石英分に富む傾向がある(釘宮, 私信). 石英は花崗岩の構成鉱物の中で最も風化耐性の高い鉱物なので, 細粒花崗岩がより硬質で風化に強いという野外での観察結果と調和的である.

VI. 考 察

矢坂山と京山の地質構造は, 硬質な細粒花崗岩が地形的上位に位置し, 軟質な粗粒花崗岩の上に重なるように分布することが明らかとなった. また数値地形モデルを作成して表層地質分布と重ね合わせた結果, これら二種類の花崗岩の分布が, 現存する地形構成と密接に関連することが示された. 粗粒花崗岩は, 容易に風化し, 真砂となってしまいが, 矢坂山と京山では風化に強い細粒花崗岩が粗粒花崗岩の上に蓋をするように覆って分布するため, 浸食されずに丘陵として残ったと考えられる. 矢坂山と京山

の周りにも元来は花崗岩が存在していたはずであるが、細粒花崗岩が分布しなかったか、もしくは、分布していたけれども早い時期に取り除かれてしまったために、粗粒花崗岩が直接風雨にさらされる状態となり、容易に浸食され、削剥されてしまったのであろう。矢坂山と京山は、差別浸食により残存することができた丘陵であると結論づけられる。

VII. 謝 辞

本研究は、財団法人ウエスコ学術振興財団の平成17・18年度学術研究費助成により補助を受けた。本研究を進めるにあたり、ネオトラックスサイエンスの釘宮康郎博士には花崗岩の岩石薄片を検鏡していただき、有益なご意見をいただいた。岡山大学理学部の中村大輔准教授には火成岩岩脈の岩石薄片を検鏡していただき、有益なご意見をいただいた。大阪学院大学情報学部の吉山 昭博士には原稿について貴重なご意見をいただいた。これらの機関・個人に対し心より感謝の意を表する。

VIII. 引用文献

- 赤木 健(1927). 7万5千分の1地質図幅「岡山」および同説明書. 36 pp. 地質調査所.
- de Martonne, E. (1933). "Geographical Regions of France." Translated from the latest edition of "Regions géographiques de la France" by H. C. Brentnall. 224 pp. William Heinemann Ltd.
- 岡田篤正(2004). 吉備高原. 太田陽子・成瀬敏郎・田中眞吾・岡田篤正編「日本の地形6 近畿・中国・四国」: 141-147. 東京大学出版会.
- 貝塚爽平(1950). 中国地方西部の地形. 東京大学地理学研究, no. 1: 87-98.
- 近藤直門・足立 守(1975). 犬山市北方の中生層 - とくに坂祝礫岩について. 地質学雑誌, 81: 373-386.
- Noumi, Y. (2003) Generation of DEM Using Inter-Contour Height Information on Topographic Map. Journal of

Geoscience, Osaka City University, 46: 217-230.

- 能美洋介・竹下浩征・鈴木寿志・釘宮康郎・高戸正志(2006). 万成花崗岩の形成過程と文化・防災地質学. 8 pp. 財)ウエスコ学術振興財団学術研究費助成金平成17年度研究成果報告書.
- 濡木輝一(1991). 万成石. 地質ニュース, no. 441: 41-45.
- 濡木輝一・浅見正雄・光野千春(1979). 岡山県中・南部の花崗岩類. 地質学論集, no. 17: 35-46.
- 坂本正徳・塩野清治・升本眞二(2001). Termod2001: 地層面推定・表示ソフトウェア. 情報地質, 12: 112-113.
- 鈴木寿志・石田志朗(2005). PalaeogeneとNeogeneに対応する日本語について. 地質学雑誌, 111: 565-568.
- Tsubamoto, T., Egi, N., Takai, M., Shigehara, N., Suzuki, H., Nishimura, T., Ugai, H., Maung Maung, Chit Sein, Soe Thura Tun, Aung Naing Soe, Aye Ko Aung, Tin Thein, Thaung Htike and Zin Maung Maung Thein (2006). A summary of the Pondaung fossil expeditions. Asian Paleoprimatology, 4: 1-66.
- Weidinger, J. T., Lobitzer, H. und Spitzbart, I. (Hrsg.)(2003). Beiträge zur Geologie des Salzkammergutes. Gmundner Geo-Studien, 2. 460 SS. Institut Museum Gmunden.
- 横山又次郎(1896)「地質学教科書」. 363 pp. 富山房.
- 要旨**
- 岡山市の矢坂山と京山は、周りを沖積平野に囲まれた丘陵地形をなす。この丘陵の地質は、主に白亜紀の花崗岩から構成される。詳細な野外調査の結果、この花崗岩に二種類の岩相、粗粒花崗岩と細粒花崗岩、が識別された。そして細粒花崗岩が粗粒花崗岩の地形的上位に低角度の境界面を介して分布する地質構造が明らかとなった。矢坂山・京山丘陵の

数値地形モデルを作製し、地質分布と重ね合わせて検討した結果、細粒花崗岩が地形的高所に分布することが示された。露頭での両岩相の産状を観察すると、細粒花崗岩の方が粗粒花崗岩よりも風化に強いことが見て取れる。矢坂山と京山の丘陵では、地形的高所に風化に強い細粒花崗岩が分布することで、容易に風化して真砂化する粗粒花崗岩の浸食を防いだ。矢坂山と京山は、差別浸食により残存することができた丘陵と考察される。

キーワード：岡山，粗粒花崗岩，細粒花崗岩，数値地形モデル，差別浸食

(2008年1月17日受理)