

## 霧島火山群周辺の表層電気伝導度分布と火山活動

### Distribution of Electrical Conductivity in the Surface Layer around Kirishima Volcanic Group and its Volcanic Activity

鍵山恒臣<sup>(1)(2)</sup>・吉川慎<sup>(1)</sup>

Tsuneomi KAGIYAMA<sup>(1)(2)</sup>, and Shin YOSHIKAWA<sup>(1)</sup>

(1) 京都大学大学院理学研究科

(2) 現在阿蘇火山博物館

(1) Graduate School of Science, Kyoto University, Japan

(2) Now at Aso Volcano Museum

#### Synopsis

The authors carried out VLF-MT survey around Kirishima Volcanic Group to clarify the electrical conductivity distribution in the surface layer. High conductivity regions are identified at around Iwo-yama, Shinmoe-dake and Ohachi volcanoes and other geothermal fields. And we detected some high conductivity zones related with seismic line segments. These may suggest some active tectonic zones.

**キーワード:** 霧島火山群, 地熱活動, 断層

**Keywords:** Kirishima Volcanic Group, geothermal activity, fault

#### 1. はじめに

地層の電気伝導度は水や熱水の存在によって大きく変化する量であるため、火山・地熱活動を捉える上で有力な情報となっている。VLF-MT観測によって得られる電気伝導度は、深さ数mから100m程度までのごく表層に関する情報であるが、短時間に多数の点で測定が可能であり、比較的電磁気ノイズの大きい場所でも測定が可能であるので、火山・地熱活動の詳細な分布を知ることが可能である。

霧島は、南九州、宮崎県と鹿児島県の境に位置し、20数個の小規模な火山からなる火山群である。北西部の飯盛山から韓国岳、新燃岳を経て中岳にいたる北西-南東方向に火山が配列し、その南東側では御鉢から御池にいたる東西方向に火山が配列している。また、新燃岳から北東方向には大幡池、夷守岳など

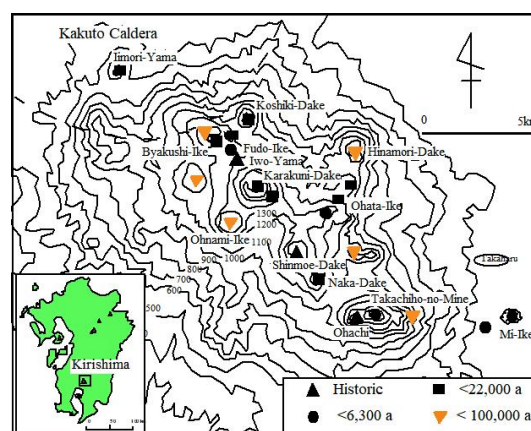


Fig. 1 Distribution of major volcanic cones in Kirishima Volcanic Group (Kagiya et al., 1996).

の火山が配列している。霧島火山群の地質の概略は、井村 (1994) によってまとめられており、硫黄山周辺の活動については、田島ら(2014)の研究がある。Fig.1には、大まかな活動年代に分けて火山の位置を示し

ている。また、霧島火山群の北西には加久藤カルデラがあり、カルデラ内での群発地震の発生も報告されている (Minakami et al., 1968; 1970; 宮崎ら, 1975)。Fig. 2に震央域の概略を示す。

本研究者らは、霧島火山群において個々の火山がどのようなテクトニックな条件下で生成されてきたのか、周辺部の地震活動との関係はどうなっているのかを検討するため、1980年代以降VLF-MTによる表層電気伝導度調査を行ってきた (鍵山ら, 1994など)。以下にその結果を報告する。

## 2. 表層電気伝導度の分布

Fig.3に、表層電気伝導度分布 (単位は $\mu\text{S/cm}$ ) を示す。霧島全域について10秒メッシュを設定し、メッシュ内に複数のデータが存在する場合には、平均値をメッシュ中央に表示している。霧島火山群全体の傾向として、北西の飯盛山から高千穂峰にいたる火山列の北東側では $30\ \mu\text{S/cm}$  以下、多くの地域では $10\ \mu\text{S/cm}$  以下の低電気伝導度を示し、南西側では $30\ \mu\text{S/cm}$  以上、多くの地域では $100\ \mu\text{S/cm}$  以上の高電気伝導度となっている。この分布は、火山群

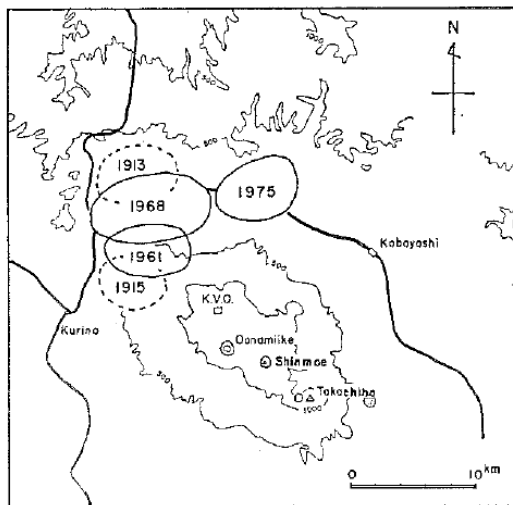


Fig. 2 Location of seismic swarms in Kakuto Caldera (Miyazaki et al, 1976).

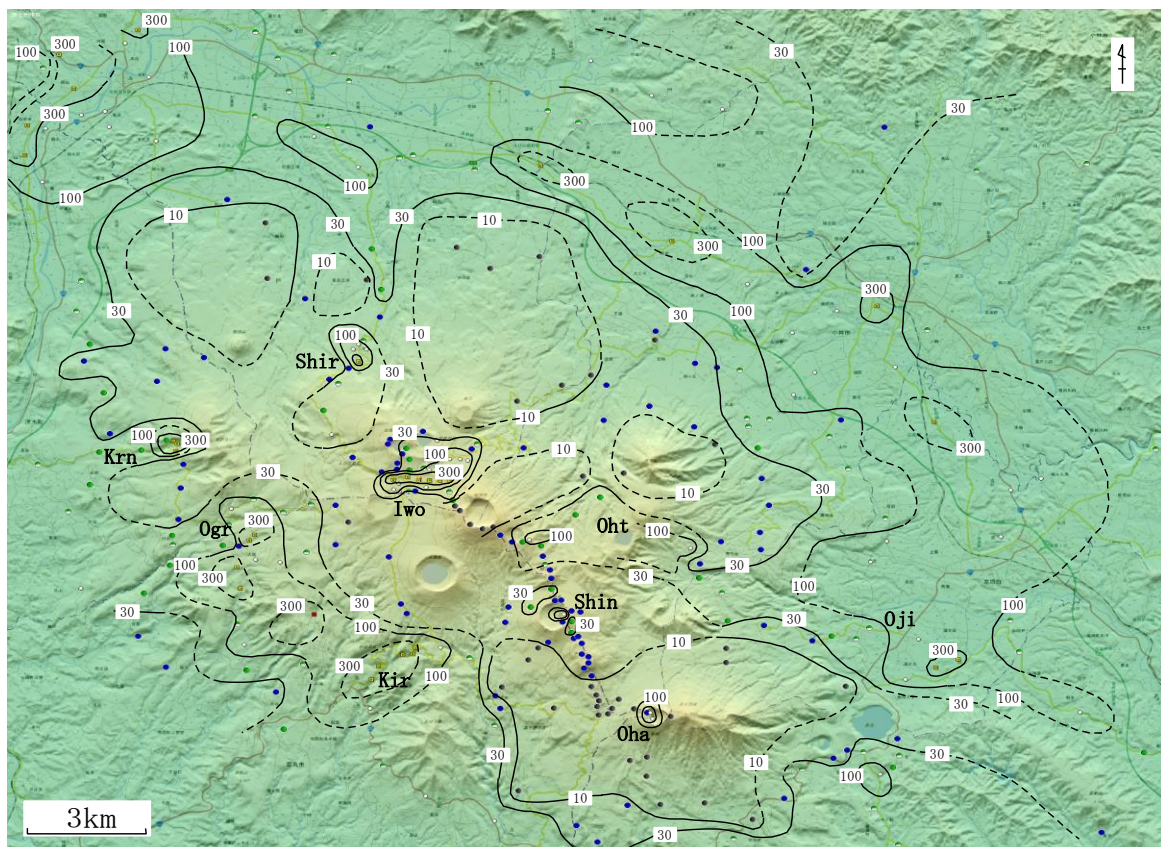


Fig. 3 Electrical conductivity distribution in the surface layer around Kirishima Volcanic Group. Unit:  $\mu\text{S/cm}$ , Oha: Ohachi, Shin: Shinmoedake, Iwo: Iwoyama, Oht: Ohataike, Shir: Shiratori Hot Spring, Oji: Ohjibaru, Kir: Kirishima Hot Spring, Ogr: Ohgiri, Krn: Kurino Hot Spring

の南西側に温泉・地熱地域が多く、北東側には、あまりないことと調和的である。また、火山群南東部にあたる御池、高千穂峰、御鉢などの火山群（高千穂系列ともいわれる）周辺では御鉢の火口内に限定的に高電気伝導度領域が見られるほかは低電気伝導度となっている。以下に注目すべき事項について、報告する。

## 2.1 霧島火山群山体部における表層電気伝導度分布

上記のような背景的枠組みの中で、霧島の山体部について電気伝導度分布を検討すると、山体部の大部分は、 $30 \mu\text{S/cm}$  以下の低電気伝導度域となっている。有史時代に噴火の記録が見られる火山に注目すると、硫黄山周辺では広い範囲において $30 \mu\text{S/cm}$  以上となっている。Fig.4に示す詳細図を見ると、硫黄山山頂から西側のえびの高原にかけて $300 \mu\text{S/cm}$  以上の高電気伝導度となっており、標高の低い北東側に電気伝導度の高い領域がのびている。これは、熱水が地下水として流下しているためと考えられる。

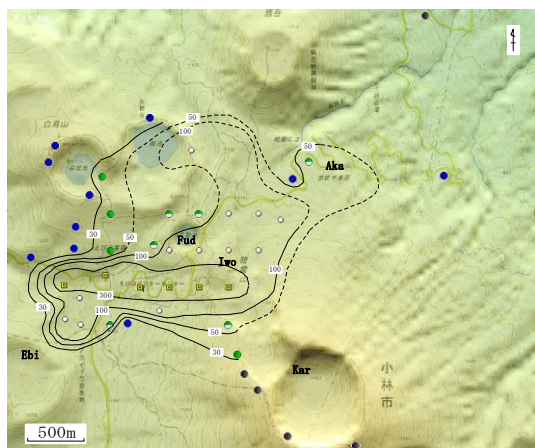


Fig. 4 Conductivity distribution in the surface layer



Fig. 5 Crater lake of Ohataike (Upper) and bubbling of volcanic gas within the crater (Lower).

新燃岳では、火口内および火口周辺において $30 \mu\text{S/cm}$  以上となっており、御鉢では、火口内に高電気伝導度域が見られるが、周辺では低電気伝導度域となっている (Fig. 3)。

このほかに、有史時代の噴火記録はないが、大幡山から大幡池に連なる火山列において、 $30 \mu\text{S/cm}$  以上（ところによっては $100 \mu\text{S/cm}$  以上）の高電気伝導度域が見られ、火山列の西側および南東側に高電気伝導度域がのびている。この結果も、電気伝導度の高い水が地下水となって流下している可能性を示唆している。以上示した高電気伝導度域のうち、硫黄山、新燃岳、御鉢には噴火活動が存在する。大幡山や大幡池では、有史時代の噴火記録はないが、大幡池の湖面からは火山ガスの噴出 (Fig. 5) が見られており、なんらかの地熱活動が継続している可能性が考えられる。

鍵山ら(1994b)は、ELF-MT調査によって8Hzにおける見かけ比抵抗分布を示している (Fig. 6)。それによると、硫黄山付近に比抵抗の低い領域が見られるが、新燃岳から大幡池にかけての広い領域に比抵抗の低い領域が広がっていることがわかり、やや深部の帯水層の比抵抗は新燃岳から大幡池にかけての領域の方がより広範囲に比抵抗が低くなっていると考えられる。

また、山体部の北西側の白鳥温泉周辺においても $30 \mu\text{S/cm}$  以上（白鳥温泉近傍では $100 \mu\text{S/cm}$  以上）の高い電気伝導度域が見られる。

## 2.2 霧島火山群山麓部における表層電気伝導度分布

一方、霧島火山群の山麓部ではFig. 7に示すような傾向が見られる。火山群の東麓から北東麓では、西北西—東南東に延びる少なくとも4つの高電気伝導度域が見られる。これらは、南から皇子原—血捨の

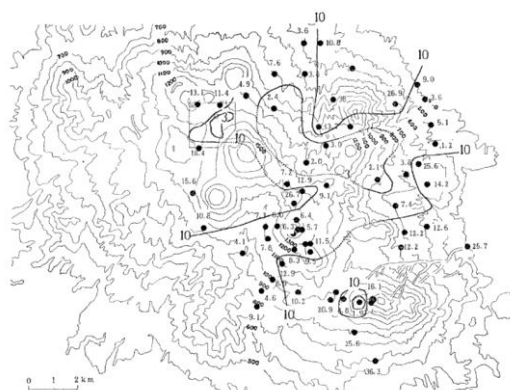


Fig. 6 Apparent resistivity distribution in Kirishima Volcanic Group by ELF-MT. Unit in  $\Omega \cdot \text{m}$ , 8Hz (Kagiyama, 1994).

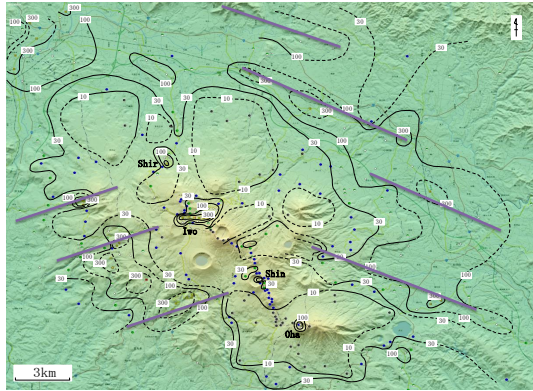


Fig. 7 Distribution of the linear trend of high conductivity regions.

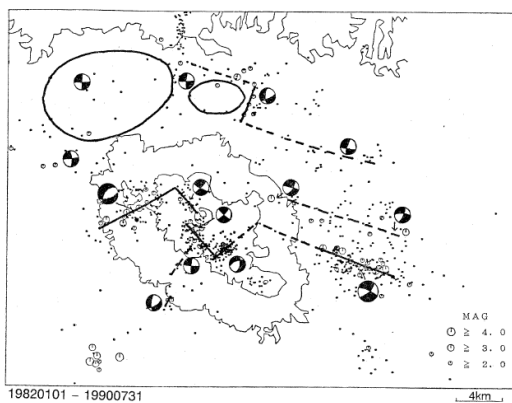


Fig. 8 Distribution of earthquakes and typical focal mechanism solutions around Kirishima (Kagiya, 1992). Two ovals indicate epicentral areas of the earthquake swarms in 1968 and 1975 in the Kakuto Caldera.

木温泉の領域、高速道路小林SAを通る領域、西小林を通る領域、小林盆地北縁-加久藤カルデラ北縁の領域である。これらの領域は、Kagiya(1992)が示した地震の線状発生域とも一致しており、鍵山(1994)が示した霧島周辺のテクトニクスモデルのような構造が存在すると考えられる。

一方、南西山麓では、新燃岳の南西部に位置する新湯温泉-霧島温泉の領域、手洗温泉付近、銀湯温泉付近、栗野岳温泉付近において、北東-南西方向に高電気伝導度域が延びている。こうした結果も Fig. 8およびFig. 9が示すように、霧島火山群を取りまく北西-南東方向にやや張力的な環境に対応して北東-南西方向にのびる正断層にそって地熱流体が上昇している可能性がある。

このほかに、白鳥温泉から北に高電気伝導度域が延びており、熱水がえびの高原付近から流下していることを想起させる。また、加久藤カルデラにおい

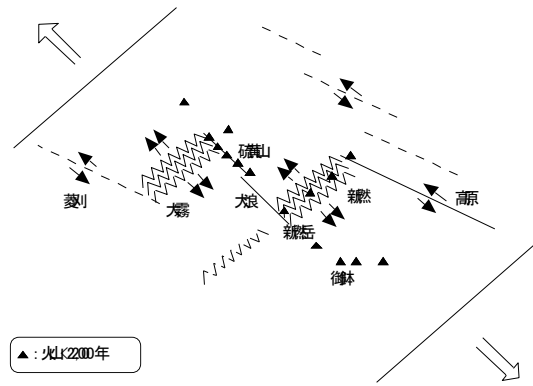


Fig. 9 Tectonic model around Kirishima Volcanic Group. The Kirishima area is subject to NW-SE extensional stress (Kagiya, 1994).

ては、東部に比べて京町温泉などが点在する西部の電気伝導度が高くなっている。加久藤カルデラの群発地震はカルデラ西部において活発であること、加久藤カルデラの西側には金鉱床の存在が指摘されていることなどから、この分布の特徴は、地熱流体の貫入を示唆しているものかもしれない。

### 3. まとめ

霧島火山群周辺において、VLF-MTによる表層電気伝導度分布調査を行った。その結果、霧島火山群の南西側では高電気伝導度、北東側では低電気伝導度となっていることが明らかとなった。また、硫黄山や新燃岳、御鉢などの火山近傍では高電気伝導度であるほか、大幡池などの火山周辺でも高電気伝導度域が見られた。このほかに、火山群北東麓において西北西-東南東方向に電気伝導度の高い領域が見られ、これらは、地震の多発域に対応していることがわかった。こうした特徴は、霧島火山群を生成したテクトニックな条件に対応したものと考えられる。

### 謝 辞

本研究は、1980年代後半から最近までの長期にわたる調査結果をまとめたものである。調査に際して、東京大学地震研究所霧島火山観測所の元技官の山口勝氏、増谷文雄氏に協力をいただいた。また、東京大学地震研究所の歌田久司教授をはじめCA研究会の研究者諸氏にご協力をいただいた。この誌面を借り感謝する。

### 参考文献

井村隆介 (1994) : 霧島火山の地質, 震研彙報, 69,

- pp. 189-209.
- 鍵山恒臣 (1994) : 霧島一やや張力的応力場に生成した火山群, 地学雑誌, 103, pp. 133-144.
- 鍵山恒臣・山口勝・増谷文雄・歌田久司 (1994) : 霧島火山群・硫黄山周辺のVLF, ELF-MT測定, 震研彙報, 69, pp. 211-239.
- 鍵山恒臣・歌田久司・上嶋誠・増谷文雄・神田径・田中良和・増田秀晴・村上英記・塩崎一郎・市来雅啓・行武毅・茂木透・網田和宏・大志万直人・三品正明 (1996) : 霧島火山群中・南東部の比抵抗構造, 火山, 41, pp. 215-225.
- 田島靖久・松尾雄一・庄司達弥・小林哲夫 (2014) : 霧島火山, えびの高原周辺における最近15,000年間の活動史, 火山, 59, pp. 55-75.
- 宮崎務・山口勝・増谷文雄・寺尾弘子 (1976) : 1975~1976年霧島火山北方地域における群発地震活動, 震研彙報, 51, pp. 115-149.
- Kagiyama, T. (1992): Geophysical background of Kirishima Volcanoes. Rep. Geol. Survey Japan, No.279, pp. 89-92.
- Minakami, T., Shimozuru, D., Miyazaki, T., Hiraga, S. and Yamaguchi, M.(1968): The eruption of Shinmoe-dake and the 1961 Iimori-yama earthquake swarm. Bull. Earthq. Res. Inst., 46, pp. 965-992.
- Minakami, T., Hagiwara, M., Yamaguchi, M., Koyama, E. and Hirai, K.(1970): The Ebino Earthquake Swarm and the seismic activity in the Kirishima Volcanoes, in 1968-1969. Bull. Earthq. Res. Inst., 48, pp. 205-233.

(論文受理日 : 2018年6月13日)