

草津白根火山白根火砕丘の地震反射断面

— 擬似反射記録法による反射断面の推定 —

筒井智樹¹⁾・鬼澤真也^{2),9)}・森 健彦^{3),9)}・野上健治²⁾・平林順一²⁾・
小川康雄²⁾・高木憲朗²⁾・鈴木敦生⁴⁾・及川 純⁵⁾・
中道治久^{6),10)}・吉川 慎⁷⁾・松島 健⁸⁾

(2006年7月20日受付, 2007年11月27日受理)

Seismic Pseudo Reflection Profiling in Shirane Pyrocrastic Cone, Kusatsu-Shirane Volcano

Tomoki TSUTSUI¹⁾, Shin'ya ONIZAWA^{2),9)}, Takehiko MORI^{3),9)}, Kenji NOGAMI²⁾,
Jun'ichi HIRABAYASHI²⁾, Yasuo OGAWA²⁾, Noriaki TAKAGI²⁾, Atsuo SUZUKI⁴⁾,
Jun OIKAWA⁵⁾, Haruhisa NAKAMICHI^{6),10)}, Shin YOSHIKAWA⁷⁾
and Takeshi MATSUSHIMA⁸⁾

Shallow subsurface structure of Shirane pyrocrastic cone, Kusatsu-Shirane Volcano is discussed with Pseudo Reflection Profiling. Pseudo Reflection Profiles are obtained from a controlled source seismic experiment in September-October 2003 as a part of the Fourth Joint Observation of Kusatsu-Shirane Volcano. A significant horizon is defined through correlation of the profile with borehole logging data. The horizon is compatible with

¹⁾ 〒010-8502 秋田市手形学園町 1-1 秋田大学工学
資源学部

Akita University, 1-1, Tegata-gakuen-cho, Akita
city, Akita, 010-0852, Japan.

²⁾ 〒377-1711 群馬県吾妻郡草津町大字草津滝尻原
641-36 東京工業大学火山流体研究センター
Volcanic Fluid Research Center, Tokyo Institute of
Technology, 641-36, Takijirihara, Kusatsu, Kusatsu-
cho, Agatsuma-gun, Gunma, 377-1711, Japan.

³⁾ 〒891-1419 鹿児島県鹿児島市桜島横山字鶴崎 1722
-19 京都大学防災研究所附属火山活動研究セン
ター

Sakurajima Volcano Research Center, Disastaer
Prevention Research Institute, Kyoto University,
1722-19, Sakurajima-Yokoyama, Kagoshima, 891-
1419, Japan.

⁴⁾ 〒052-0106 北海道有珠郡壮瞥町立香 146 北海道
大学理学部有珠火山観測所

Usu Volcano Observatory, Hokkaido University, 146,
Tatsuga, Sobetsu-cho, Usu-gun, Hokkaido, 052-0106,
Japan.

⁵⁾ 〒113-0032 東京都文京区弥生 1-1-1 東京大学地
震研究所

Earthquake Research Institute, University of Tokyo,
1-1-1, Yayoi, Bunkyo-ku, Tokyo, 113-0032, Japan.

⁶⁾ 〒305-0006 茨城県つくば市天王台 3-1 防災科学
技術研究所

National Institute of Earth Science and Disaster
prevention, 3-1, Tennodai, tsukuba-city, Ibaraki, 305
-0006, Japan.

⁷⁾ 〒869-1404 熊本県阿蘇郡南阿蘇村河陽 京都大学
火山研究センター

Aso Volcanological Laboratory, Kyoto University,
Kawayo, Minami-Aso-son, Aso-gun, 869-1404, Ja-
pan.

⁸⁾ 長崎県島原市新山 2-5643-29 九州大学大学院理学
研究院附属地震火山研究観測センター

Institute of Seismology and Volcanology, Graduate
school of Kyushu University, 2-5643-29, Shinzan,
Shimabara-city, Nagasaki, 855-0843, Japan.

⁹⁾ 現在 〒305-8567 茨城県つくば市東 1-1-1 中央
第7産業技術総合研究所地質情報研究部門

Present address. Geological Survey of Japan, AIST,
Tsukuba Central 7, 1-1-1, Higashi, Tsukuba-city,
Ibaraki, 305-8567, Japan.

¹⁰⁾ 現在 〒464-8602 愛知県名古屋市中千種区不老町
名古屋大学大学院附属地震火山・防災研究センター

Present address. Research center for Seismology,
Volcanology, and Disaster Mitigation, Graduate
school of Nagoya University, Furo-cho, Chikusa-ku,
Nagoya, Aichi, 464-8602, Japan.

Corresponding author: Tomoki Tsutsui
e-mail: tom@geophys.mine.akita-u.ac.jp

a top face of Tertiary volcanic rocks as a substratum of Kusatsu-Shirane Volcano and is estimated at 1700 m a. s. l. in the craters. The horizon strikes NNE-SSW direction and dips eastward. Its dipping is not uniform and there is a bench zone beneath the craters which strikes NNE-SSW direction. Seismicity beneath Mizugama crater is concentrated and the active magnetization region locates beneath the horizon. Other clear reflection events within the substratum are also observed in the profiles but their geological correlation is not defined. One of deeper horizon at 1000m a. s. l. may correlate a sort of density contrast in Tertiary volcanics layer. Seismicity along the traverse line tends to concentrate under the deeper horizon beneath Yugama crater. The density contrast may constrain seismicity beneath the crater.

Key words: Kusatsu-Shirane volcano, Pseudo Reflection Profiling, Auto-correlation seismology, Logging, Controlled source seismology, Structure of volcano

1. はじめに

草津白根火山は群馬県北西端に位置する活火山である。宇都・他 (1983) によれば、草津白根火山は東あるいは南に緩く傾斜した第三紀火山岩類を基盤として約 200 万年前に噴出活動が始まり、その後複雑な活動史を経て現在の白根火砕丘を含む地形が形成された。歴史時代の草津白根火山の活動記録は 1805 年以降のものしか残されていないが、十数回に及ぶ活動のいずれも水蒸気爆発であった (宇都・他, 1983)。近年は 1982 年 10 月から 1983 年 12 月にかけての湯釜を中心とした 5 回の水蒸気爆発、1989 年 1 月、1996 年、1997 年、2004 年 5 月などの小規模な活動など 20 年あまりにわたり高い活動レベルを維持している (平林, 1996; 平林・他, 2004)。

草津白根火山では 1937 年から地震観測が始まり (Minakami, 1939)、火山性地震の他、火山性微動などの地震学的現象が報告されてきた (井田・他, 1989; 森・他, 2006; Nakano *et al.*, 2003; 及川・他, 1996)。近年の研究の進展に伴い、地震学的現象と火山性流体との関係が注目され、火山性地震及び火山性微動の発生領域である浅部地下構造の基礎的な情報を明らかにする必要性が高まっていた。

このような背景から深さ数百メートルの浅部熱水系の解明をターゲットとした 2003 年草津白根火山集中総合観測 (以下、2003 年集中総合観測と称する) (平林・他, 2004) が行われた。Nurhasan *et al.* (2006) は集中観測の一環として行われた Audio Magnetotelluric (AMT) 探査から草津白根山の比抵抗構造を推定するとともに、既存の重力データ (地質調査総合センター (編), 2004; 広島・他, 1994) から草津白根山山頂部の標高 1000m 付近に重力基盤を推定し、重力基盤面が比抵抗構造の境界とほぼ一致することを報告した。

本稿で取り扱う人工地震による構造探査は 2003 年集中総合観測の観測項目の一つとして、白根火砕丘の深さ数百メートルの浅部地下構造を明らかにすることを目的に、2003 年 9 月 25 日～10 月 1 日にかけて実施されたものである (筒井・他, 2004a)。本人工地震観測期間は

1997 年 5 月の湯釜におけるガス突出現象発生と 2004 年 5 月の湯釜における水柱発生の間に対応する。しかし、人工地震観測期間中には目立った表面現象は報告されておらず (平林・他, 2004)、臨時観測網展開中には一日あたり平均 9 回の火山性地震活動が観測された (堀・他, 2004)。

この人工地震観測によって得られた初動走時のデータをもちいて鬼澤・他 (2005) は白根火砕丘および湯釜を横断する測線と白根火砕丘東側の測線の解析を行った。これによれば白根火砕丘の最表層部の P 波速度は 1.1 km/s で厚みが 0 m から最大 100 m の間であることが見積もられ、白根火砕丘の表層を覆う火砕物に対比された。第二層の速度は 2.9 km/s と見積もられ、より下位の溶岩層に相当すると解釈された。

本稿では 2003 年人工地震観測データに擬似反射記録法 (Pseudo Reflection Profiling; Tsutsui, 1992) を適用して得られた地震反射断面を用いて、草津白根火山白根火砕丘とその周辺の浅部地下構造を議論する。

2. 観 測

本稿で用いたデータは草津白根火山構造探査 (筒井・他, 2004a) のうち、山麓の発破 S3 に対する臨時観測網 (Fig. 1) で得られたものである。臨時観測網は白根火砕丘およびその近傍の構造を知ることが目的として、草津白根火山山頂部に 56 箇所の観測点 (L01～L59) が約 0.1 km 間隔で配置された。臨時観測網は山麓発破 S3 に対して震源距離 5.6～7.7 km の範囲に相当する (Fig. 1)。臨時観測網は以下に述べる 5 つの測線に区分される。観測点列 L01-10, L14 は発破点 S1 から北に伸びる測線 E を、観測点列 L12-25 は発破点 S2 から西に配置された測線 N を構成する。観測点列 L25-33, L53 は湯釜の西をほぼ南北方向に伸びる測線 W を、観測点列 L33-42 は湯釜の南にほぼ東西に配置された測線 S をそれぞれ構成している。さらに湯釜火口直下の構造を得ることを目的として、火口を南東-北西に横切る観測点列 L43-59 がほぼ 0.12 km 間隔で配置され、測線 YGM を構成している。