

導体地球の過渡応答: 理論及び観測ステップ応答の比較

Transient response of the conducting Earth: Comparison of the observed and theoretical step response

藤 浩明^{1*}, 浜野 洋三²

TOH, Hiroaki^{1*}, HAMANO, Yozo²

¹ 京都大学理学研究科地球惑星科学専攻, ² 海洋研究開発機構地球内部ダイナミクス領域

¹ Graduate School of Science, Kyoto Univ., ² IFREE, JAMSTEC

Transient response of the Earth in time domain is very useful to delineate electrical properties of our planet down to the lower mantle depths. Among many possible configurations of the external geomagnetic field, abrupt change in the dipole field of external origin (q_1^0) is of particular interest here because it can be actually created by variations of the magnetospheric ring current and is of significant strength in the sense that it is clearly observable. The step response, F_1^0 , of the conducting Earth for the dipole field, therefore, was examined in this study for a time range from a few hundred seconds through longer than 100 hours using vector geomagnetic time-series at the time of intense geomagnetic storms such as the Halloween storm event in 2003 observed simultaneously by ground geomagnetic observatories worldwide.

In general, the so-called impulse response of a physical system is given by time derivative of its step response. A well-known example of those responses is that the first derivative of the Heaviside's step function is equal to the Dirac's delta function. Time-series of observable quantity can be expressed by a convolution of the source and the impulse response from the time origin to an instant in concern. Thus, temporal variation of the poloidal geomagnetic field, $p_n^m(t)$, at the Earth's surface is also given by a convolution of source variation, $q_n^m(t)$, and the Earth's impulse response that conveys the electrical property of our planet. Here, n and m are the degree and the order of the spherical harmonic geomagnetic field, respectively. The convolution, however, can be evaluated more easily in frequency domain rather than time domain making use of FFT. The time derivative is also replaced by $i \times \omega$ in frequency domain, where ω is the angular frequency of the electromagnetic (EM) variation in concern. Temporal variation of the Earth's step response, $F_n^m(t)$, is then derived by inverse Fourier transform back into time domain.

In the present study, $F_1^0(t)$ was estimated using hourly or one-minute values of g_1^0 and q_1^0 coefficients obtained by spherical harmonic analyses of geomagnetic storms and using the relation: $p_1^0(t) = g_1^0(t) + q_1^0(t)/2$. The curve of $F_1^0(t)$ is basically an increasing function of time, which implies that the electrical conductivity of the Earth is also increasing with depth. However, $F_1^0(t)$ flattened significantly for the time range between some dozen minutes and hours indicating that there may exist a region of enhanced electrical conductivity at mantle transition zone depths. Preliminary model studies using Hamano's (2002) three-dimensional (3-D) time domain EM induction scheme yielded an estimate for the probable depth range of the enhanced electrical anomaly that was very localized around the 410km seismic discontinuity. If the localized depth estimate is true, the transient response of the conducting Earth has possibly captured the thin water filter atop the 410km discontinuity proposed by Bercovici and Karato (2003).

In this presentation, we will further examine the probable depth range for the electrical conductivity anomaly by comparing the observed step response with the theoretical step response of spherically symmetric and/or fully heterogeneous earths. A direct conversion method of the observed step response into the electrical conductivity profile based on an iterative uniform sphere approximation will be applied and compared with the model calculation as well. The effect of Sq noise on the observed step response will also be examined and argued.

大陸上部マントルの標準電気伝導度構造 オーストラリアのMTデータから A reference electrical conductivity model of continental upper mantle estimated from the MT data in central Australia

市來 雅啓^{1*}, 藤田 清士², Wang Liejun³, Whatman Jim³, Hitchman Adrian³
ICHIKI, Masahiro^{1*}, FUJI-TA, Kiyoshi², Liejun Wang³, Jim Whatman³, Adrian Hitchman³

¹ 東北大学大学院理学研究科, ² 大阪大学大学院工学研究科, ³ 豪州国立地球科学研究所

¹Graduate School of Science, Tohoku University, ²Graduate School of Engineering, Osaka University, ³Geoscience Australia

To investigate the one-dimensional reference electrical conductivity profile beneath continents, we conducted a magnetotelluric (MT) observation with long dipole span near Alice Springs, central Australia. We utilized geomagnetic data acquired at the Alice Springs geomagnetic observatory operated by Geoscience Australia. Using the BIRRP processing code (Chave and Thomson, 2004), we estimated the MT response functions for periods from 100 to 10 to 5 sec. The phase tensor analysis revealed that the shallower upper mantle (up to several thousand seconds in period) is two-dimensional, while the deeper upper mantle is three-dimensional. We focused the two-dimensional part, from which we can extract one-dimensional model. The pioneering work demonstrated by Agarwal et al.(1993) suggests that we should use Berdichevsky average, determinant or TE-mode response to model one-dimensional conductivity structure in two-dimensional environments. From the view point of galvanic distortion in regional two-dimensional structures supposed that Groom-Bailey decomposition would be performed, Berdichevsky average response involves phase mixing as well as static shift, while determinant and TE-mode responses involve only static shift. Adopting Faraday's law, we can correct static shift of TE-mode using geomagnetic transfer function (Ledo et al.,2002), while such a procedure for correcting static shift of determinant responses has not yet been developed. Following the procedure of Ledo et al.(2002), we estimated TE-mode responses with static-shift free. We inverted the TE-mode MT responses into a one-dimensional conductivity profile using Occam inversion (Constable et al.,1987), and plan to compare the one-dimensional structure with electrical conductivity profiles predicted from compositional models of the earth's upper mantle by calculating phase diagrams in the CFMAS (CaO-FeO-MgO-Al₂O₃-SiO₂) system.

スタグナントスラブの3次元電気伝導度構造

The three-dimensional conductivity structure of the stagnant slab: preliminary result

多田 訓子^{1*}, 馬場 聖至², 歌田 久司²

TADA, Noriko^{1*}, BABA, Kiyoshi², UTADA, Hisashi²

¹ 海洋研究開発機構, ² 東京大学地震研究所

¹JAMSTEC, ²ERI, University of Tokyo

We performed a three-year-long seafloor electromagnetic (EM) survey in the Philippine Sea, including the western edge of the Pacific Ocean, to image electrical features of a deep mantle slab and the surrounding mantle in three-dimensions (3-D). The project iterated one-year-long deployment of ocean bottom electromagnetometers (OBEMs), involving a total of 37 instruments installed at 18 sites. The data obtained have been analyzed in the order of their recovery based on a magnetotelluric (MT) method.

In this study, we attempt to obtain a 3-D electrical conductivity model from the observed data. The seafloor topography is known to significantly affect the EM response functions obtained by OBEMs. We assume that the distorted EM fields are separated into long-wavelength (more than a few tens of km) and short-wavelength (less than a few tens of km) components, and propose their separate treatment: The long-wavelength parts are incorporated into a newly developed 3-D inversion code (Tada et al., submitted), and effects of the short-wavelength topographies are corrected with other 3-D forward code (e.g. FS3D; Baba and Seama, 2002).

From a preliminary 3-D electrical conductivity model, we find three significant features so far. (1) The conductivity of the Pacific Plate is much lower than that of the Philippine Sea Plate in the top of the upper mantle. (2) The difference of conductivity between the Pacific Plate and the Philippine Sea Plate becomes small at the depth of 200km. (3) The conductivity beneath the central Mariana Trough is lower than that of surrounding area at the depth of somewhere between 100 and 200 km. We will explain more detail about the 3-D result and discuss it in the presentation.

キーワード: スタグナントスラブ, 3次元電気伝導度構造, 海底 MT 法, インバージョン

Keywords: Stagnant slab, 3-D conductivity structure, Marine MT method, Inversion

3D Magnetotelluric imaging of the Marmara Sea and westward extension of the North Anatolian Fault 3D Magnetotelluric imaging of the Marmara Sea and westward extension of the North Anatolian Fault

Tulay Kaya^{1*}, Yasuo Ogawa¹, Bulent Tank², Takafumi Kasaya³, M. Kemal Tuncer⁴, Yoshimori Honkura¹, Naoto Oshiman⁵, Masaki Matsushima¹

KAYA, Tulay^{1*}, OGAWA, Yasuo¹, TANK, Bulent², KASAYA, Takafumi³, M. Kemal Tuncer⁴, HONKURA, Yoshimori¹, OSHIMAN, Naoto⁵, MATSUSHIMA, Masaki¹

¹Tokyo Institute of Technology, ²Bogazici University, ³JAMSTEC, ⁴Istanbul University, ⁵Kyoto University

¹Tokyo Institute of Technology, ²Bogazici University, ³JAMSTEC, ⁴Istanbul University, ⁵Kyoto University

Turkey is seismically very active country that has hosted large destructive earthquakes throughout the history. The sources of these devastating events are two main fault zones which are the North and East Anatolian Fault Zones. The last two demonstrative earthquakes on the North Anatolian Fault Zone (NAFZ) occurred at the eastern edge of the Marmara Sea, confirming migration of big events from east to west on this transform fault. In view of there is a seismic gap in the Marmara Sea and seismic energy accumulation increases day by day at its eastern edge, occurrence of the next destructive earthquake in the Marmara is inevitable. Seismic, geodetic and other studies showed complexity of the structure suggesting various estimates about the extension of the NAFZ through the Marmara Sea. In this study, we benefit from the high depth resolution of the Magnetotelluric (MT) method to resolve the electrical resistivity structure beneath the Marmara Sea and disclose its relation with the geologic structure. In order to investigate extension of the NAFZ beneath the Marmara Sea we deployed long period ocean bottom electromagnetic data at 16 sites which form 4 profiles perpendicular to the possible traces of the NAFZ. Variation of the geoelectric strikes from east to west shows different oriented faults in the Marmara Sea and points out necessity of 3D modeling in this region. The highly conductive anomaly in electrical resistivity models extends from crustal depths to the lithosphere and merges with the melted mantle material at the eastern part of the Marmara Sea. This conductive anomaly is surrounded by relatively resistive anomalies which imply continuation of the fault structure from land to the Marmara Sea. Our results clear the location of the highly conductive and resistive anomalies that has crucial implications in two aspects; conductive anomaly may trigger the micro-seismic activity and resistive anomalies may act as asperity zones where stress accumulation results in large earthquakes.

キーワード: Ocean Bottom Electromagnetics (OBEM), North Anatolian Fault Zone (NAFZ), Magnetotellurics (MT), Marmara Sea, Resistivity / Conductivity, Fluid-controlled seismicity

Keywords: Ocean Bottom Electromagnetics (OBEM), North Anatolian Fault Zone (NAFZ), Magnetotellurics (MT), Marmara Sea, Resistivity / Conductivity, Fluid-controlled seismicity

MT法およびAMT法から推定される新潟県中越地域の地震基盤までの厚い堆積構造 Thick sedimentary layers above the seismic basement in the Chuetsu area, Central Japan, inferred from MT and AMT surveys

高倉 伸一^{1*}, 吉見 雅行¹, 堀川 晴央¹, 手島 稔²

TAKAKURA, Shinichi^{1*}, YOSHIMI, Masayuki¹, HORIKAWA, Haruo¹, Minoru Teshima²

¹産総研, ²日鉄鉱コンサルタント

¹AIST, ²NMC

我々は新第三系堆積層が厚く堆積し、長周期地震動を原因とする被害がたびたび起こる新潟県中越地域において、MT法およびAMT法電磁探査を実施した。当該地域を含む新潟堆積盆地では、地質データや地震探査データを用いて地下構造モデルの構築が進められている。電磁探査の目的は、地表から地震基盤までの比抵抗構造を求め、従来の方法と異なるアプローチによって地下構造モデルの検証を行うことにある。地質構造の走向を横切る北西 - 南東方向の測線に沿って、MT法データは34点で、AMT法データは91点で取得された。当該地域はノイズレベルが高いため、S/N比の高いMT法データを取得するのは困難と予想された。そこで、強い自然信号が生じたときにデータが取得できるように、最大16台の測定器を使いリモートリファレンス方式による長時間測定を多測点で同時に行った。また、データ処理では、信号強度の強い時間帯を選び、S/N比の高いデータを編集し、データの品質の向上を目指した。その結果、比抵抗構造の定量解析に使用できるMTパラメータを得ることができた。測線に沿って2次元解析を適用し、AMT法データからは深度約1.5kmまでの詳細な比抵抗断面を、MT法データからは深度約15kmまでの深部比抵抗断面を求めた。それらの比抵抗断面を地質データや坑井データを用いて解釈するとともに、既往の広域地下構造モデルと比較した。MT法から求めた高比抵抗基盤は地震基盤と考えられる基盤岩類と整合的であり、信頼性の高い比抵抗断面が得られたと判断できた。また、低比抵抗帯は西山層、椎谷層、上部寺泊層、下部寺泊層からなる新第三系堆積層に対応し、それらは背斜部では浅く薄く、向斜部では深く厚くなっている。最も低比抵抗な部分は主に上部および下部寺泊層に対応する。地表付近の高比抵抗層は火山岩類や第四系堆積岩類と対応し、詳細な比抵抗断面から背斜構造や向斜構造の位置や規模が推定される。

本研究は独立行政法人原子力安全基盤機構の新潟工科大学敷地内における深部地震動観測システムプロジェクトの一環である「柏崎深部地震動観測サイト周辺の広域地下構造調査」の一部として実施した。

キーワード: MT法, AMT法, 比抵抗構造, 新第三系堆積層, 地震基盤, 地下構造モデル

Keywords: MT, AMT, resistivity structure, Neogene sedimentary layer, seismic basement, subsurface structure model

SQUID 磁力計の高感度地磁気計測への応用の提案と実用化の検討

A proposal and a feasibility study of highly sensitive geo-electromagnetic field measurements using SQUID magnetometers

河合 淳^{1*}, 宮本 政和¹, 小山 大介¹, 河端 美樹¹, 足立 善昭¹, 樋口 正法¹, 上原 弦¹, 尾形 久直¹

KAWAI, Jun^{1*}, MIYAMOTO Masakazu¹, OYAMA Daisuke¹, KAWABATA Miki¹, ADACHI Yoshiaki¹, HIGUCHI Masanori¹, UEHARA Gen¹, OGATA Hisanao¹

¹ 金沢工業大学先端電子技術応用研究所

¹ Applied Electronics Laboratory, Kanazawa Institute of Technology

超伝導量子干渉素子 (SQUID) は高感度な磁気センサとして知られ、一般的な検出周波数帯域は DC から数 10kHz であり、ノイズ密度は 10^{-15} T/ Hz (fT/ Hz) のオーダーである。これは従来のフラックスゲート磁力計やプロトン磁力計に比べ 1000 倍程度高感度である。この SQUID を用いた高感度な地磁気計測システムを、地殻活動に伴う電磁気現象の研究に役立てることはできないだろうか？

実は国内における SQUID による地磁気計測は過去にも試みられており、古くは Kitamura による報告がある。(1978) 残念ながら当時の技術では野外における SQUID の安定動作の維持が難しく、実験的なものに終わっていたが、SQUID の野外計測応用に向けた課題等が示された。その後、地震や噴火といった地殻変動に起因する電磁気現象が示唆されるようになり、液体窒素で動作する高温超伝導 SQUID を用いて地震や火山活動に関する電磁波を検出しようという試みがなされた。(Kamata 2000, Kasai 2001, Nomura 2002, Machitani 2003) しかしながら、環境ノイズによる影響への対策や SQUID 動作の長期安定性の検証など、短期間の実験で SQUID の有効性が示されたとは言いがたい。他方、近年海外では、廃坑を利用した研究施設 (フランス: LSBB) において SQUID による長期の低周波磁気計測が行われており、地震波に励起された 100pT から 1nT 程度の電磁信号を検出したとの報告もある。(Waystand 2009)

当研究所では液体ヘリウムで動作する低温 SQUID を利用して、ヒトの脳から発生する微弱な磁気を計測する脳磁計 (MEG: Magnetoencephalogram) システムを開発し、実用化を進めてきた。そこで構築した技術をもとに、改めて地磁気や地殻活動に伴う電磁気現象の定点観測に向けた高感度計測ツールとしての SQUID システムを提案し、長期連続運用を通じてその有効性を検証したいと考えている。今回そのための第一次 SQUID 計測システムを試作したので、その特性を報告するとともに、今後の予定を紹介する。

今回試作した計測システムは、XYZ の 3 成分を検出する SQUID、SQUID を冷却する液体ヘリウム容器 (クライオスタット)、SQUID をドライブする電子回路 (FLL: Flux Locked Loop)、増幅回路、フィルタで構成されている。システムノイズは 100Hz で約 15fT/ Hz、0.01Hz で約 2pT/ Hz であり、低周波でのノイズは電子回路の温度ドリフトが支配的である。高周波ノイズの影響を低減するために SQUID チップの周りには電磁シールドを施し、フィルタと組み合わせた総合的な周波数帯域を 500Hz 程度に制限した。また、地磁気の日変動を考慮して、検出可能な最大磁場を ± 150 nT に設定した。クライオスタットの容量は約 30L で、1ヶ月間の連続運用が可能である。データ収録には市販の 16bit のデータロガーを用い、サンプリングは最大 1kHz である。また、GPS による時刻校正を行う。まずは、この試作システムを当研究所敷地内の地中約 1m に設置し、長期間の連続計測を行いながら野外計測における課題や問題点を確認し、実用性の検証を行う予定である。

発表者は地球物理の専門家ではない。従って本発表を通じて、SQUID を用いた高感度地磁気計測の科学的意義の有無も含め、実用化への課題や問題点など専門家諸氏の厳しい意見を賜ることができれば幸いである。

本研究の一部は、公益財団法人住友電工グループ社会貢献基金により行われた。

キーワード: スクイッド, 地球電磁気, 高感度計測, 超伝導

Keywords: SQUID, geo-electromagnetic fields, highly sensitive measurements, superconductivity

2011年東北地方太平洋沖地震後に生じた電離圏変動起因の地磁気変動 Geomagnetic variation associated with seismogenic ionospheric disturbance

望月 香織^{1*}, 鴨川 仁¹, 柿並 義宏², 織原 義明³, 湯元 清文⁴, 茂木 透², 服部 克巳⁵

MOCHIZUKI, Kaori^{1*}, KAMOGAWA, Masashi¹, KAKINAMI, Yoshihiro², ORIHARA, Yoshiaki³, YUMOTO, Kiyohumi⁴, MOGI, Toru², HATTORI, Katsumi⁵

¹ 東京学芸大学物理学科, ² 北海道大学大学院理学研究院附属地震火山研究観測センター, ³ 東海大学地震予知研究センター, ⁴ 九州大学 宙空環境研究センター, ⁵ 千葉大学大学院理学研究科

¹Dpt. of Phys., Tokyo Gakugei Univ., ²Institute of Seismology and Volcanology, Hokkaido University, ³Earthquake Prediction Reserch Center, Tokai University, ⁴Space Environment Research Center, Kyushu University, ⁵Department of Earth Sciences, Graduate School of Science, Chiba University

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震では津波のみならず地震波および津波起源の電離圏変動 (Kakinami et al., submitted to Geophys. Res. Lett., 2012) が生じた。本研究では、これらの電離圏変動が日本全国の地磁気データにどのように影響を与えたか述べる。Utada ら (EPSL, 2011) によれば津波による海流内電流起因の地磁気変動が、大きく生じていたことが報告されている。しかし、変動の中には、前述の電離圏変動起因とみられる変動がみられた。震央から南領域 (600km 以内) については、津波起因の音波および重力波が電離圏 E 領域に伝搬し電離圏ダイナモにより地磁気変動を生じさせていると推察される。一方、北領域については、変動が見られるものの現時点で明瞭なメカニズムは与えられていない。

キーワード: 地震, 地磁気変動, 電離圏擾乱

Keywords: Earthquake, Geomagnetic variation, Ionospheric disturbance

ボアホール観測による地震時の鉛直電場の特徴

Characteristics of vertical electric fields derived from borehole measurements in association with an earthquake

本蔵 義守^{1*}, 松本 拓己², 松島 政貴³, 小川 康雄¹

HONKURA, Yoshimori^{1*}, MATSUMOTO, Takumi², MATSUSHIMA, Masaki³, OGAWA, Yasuo¹

¹ 東京工業大学火山流体研究センター, ² 防災科学技術研究所, ³ 東京工業大学地球惑星科学専攻

¹ Volcanic Fluid Research Center, Tokyo Institute of Technology, ² National Institute for Earth Science and Disaster Prevention,

³ Department of Earth and Planetary Sciences, Tokyo Institute of Technology

We have shown many examples of electric fields associated with natural and artificial earthquakes, but they are all horizontal components and no information has been derived for the vertical component. In theoretical arguments, the vertical electric field should vanish at the surface of the Earth and hence surface measurements are unlikely to be significant. We therefore attempted to measure vertical electric fields using a borehole casing pipe as an electrode with a surface coil surrounding the borehole at the Earth's surface. In fact, Takahashi and Fujinawa established such a measurement system for two boreholes in the Boso peninsula and we used this system for our measurements. At one site, the borehole length is 803 m and at the other site it is 106 m. Both sites are equipped with electrodes at the surface for measurements of two horizontal components of electric field. The electrode span ranges from 9 m to 36 m. Both sites are located in electrically noisy environments and precise measurements of electric field turned out to be almost impossible. Nonetheless, fairly clear signals could be observed for the main ground motion of an earthquake of magnitude 7.0 which occurred in the vicinity of Torishima on January 1, 2012. In the deep borehole case, the magnitude of vertical electric field is half of that of horizontal electric field, whereas in the shallow case the vertical electric field is one order of magnitude smaller than the horizontal electric field. This is quite understandable in view of the expectation that the vertical electric field should be smaller and smaller towards the surface of the Earth. This result indicates that seismic dynamo effect signals can be detected by borehole measurements. The theory of seismic dynamo effect predicts that the resonance between the seismic velocity and ions motion in groundwater at depth should occur at the cyclotron frequency corresponding to the total magnetic field. This should be verified through the transfer function of electric field to seismic velocity. We finally point out that clearer electric-field signals would be observed if measurements are made at the bottom of deep borehole and the detection of seismic wave there in terms of electric field would become possible well before the arrival of seismic wave at the surface of the Earth.

キーワード: 地震ダイナモ効果, 電場, 地震波, ボアホール

Keywords: seismic dynamo effect, electric field, seismic wave, borehole

自然電位分布の透水係数による影響：数値計算と実データへの適用例 Effects of permeability on Self Potential: numerical experiment and application to a real data

尾崎 裕介^{1*}, 三ヶ田 均¹, 後藤 忠徳¹, 武川 順一¹, 辻村 真貴², Fatma HACHANI²

OZAKI, Yusuke^{1*}, MIKADA, Hitoshi¹, GOTO, Tada-nori¹, TAKEKAWA, Junichi¹, TSUJIMURA, Maki², Fatma HACHANI²

¹ 京大院工, ² 筑波大学大学院生命環境科学研究科

¹Kyoto Univ. Grad. School of Eng., ²Graduate School of Life and Environmenta

本研究では、透水係数の自然電位分布への影響の評価と、自然電位分布から透水構造が推定可能であるかの検討を行う。自然電位とは、自然に発生している電位であり、地下水流動が主な発生原因である。自然電位分布は、電気伝導度・流動電位係数・透水係数に影響される事が知られているが、地下水流動に重要なパラメータである透水係数の自然電位分布への影響はあまり評価されていない。そこで、本研究では水頭分布から自然電位分布を計算する数値シミュレーターを新たに開発し、透水係数の自然電位分布への評価を行った。

数値シミュレーションは、均質な斜面に降雨によって地下水流動を発生させるモデルと、透水性に不均質構造を配置し水頭を標高と同じ位置に設定して地下水流動を発生させたモデルの双方に対して実施した。降雨条件でのシミュレーション結果により、発生する自然電位の大きさは地下水面の標高の変化量と比例関係にあり、地表から地下水面までの深さとは関係性が薄いことが分かった。また、発生する自然電位分布の大きさは斜面全域の透水性や降雨量が支配的なパラメータであることが明らかになった。不均質な透水構造を配置した場合のシミュレーションでは、地表面での自然電位分布に不均質構造両端の境界直上にピークを持つ自然電位異常が発生することが確認された。不均質構造による自然電位異常は不均質構造周辺の地下水流動パターンを反映しており、特に高透水性の不均質構造がある場合には低透水性の不均質構造よりも大きな自然電位異常を発生させることが分かった。

次に実際に愛媛県西条市で取得した自然電位分布のシミュレーションも行った。取得した自然電位分布に対しては、透水構造が均質で電気伝導度と流動電位係数に不均質構造を与えたモデルと、透水係数・流動電位係数・電気伝導度の全てに不均質構造を配置した2つのモデルの双方ともが、その分布特徴を説明可能であった。一方で、地下水流動のシミュレーション結果での涵養域と湧水域と、実際に観測結果を比較したところ、透水性に不均質構造を配置したモデルでは両者がよく一致した。この結果より、透水性に不均質構造が存在するモデルの方が実際の地下水流動と自然電位分布を説明する妥当なモデルであると考えられる。このように、自然電位分布の解釈においては透水構造を加味することが重要であることが示唆された。また、地下水流動と自然電位分布の情報を組み合わせることで地下透水構造が推定できることが今後期待できる。

キーワード: 自然電位, シミュレーション, 透水係数, 地下水流動

Keywords: Self Potential, Simulation, Permeability, Groundwater Flow

三宅島 2000 年噴火前後の自然電位分布変化について On temporal variation of SP spatial distribution on Miyakejima Island before and after the 2000 summit eruption

上嶋 誠^{1*}, 長谷 英彰¹, 相澤 広記¹, 小山 崇夫¹, 西田 泰典², 三宅島火山電磁気研究グループ¹

UYESHIMA, Makoto^{1*}, HASE, Hideaki¹, AIZAWA, Koki¹, KOYAMA, Takao¹, Yasunori Nishida², Research Group of Geoelectromagnetism on Miyakejima Volcanic Island¹

¹ 東京大学地震研究所, ² 北海道大学

¹Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, ²Hokkaido University

三宅島 2000 年噴火前の 1991, 1995, 1996 年には, 三宅島全島での自然電位マッピングが行われ, 顕著な W 型自然電位異常が安定して存在していたことが確認された (Sasai et al., 1997). 海岸線付近の電位を 0mV として, 高度を上げるに従って, 標高約 500m 程度のところで -500 ~ -600mV に落ち込み, さらに (現在はカルデラとなっている) 雄山山頂へ向かうと 0 ~ 100mV に上昇した. Sasai et al. (1997) では, この W 型自然電位異常は, 地下水の斜面に沿う水流と山頂での噴気活動を伴う熱水対流による上昇流との重ね合わせで説明できると議論したが, Ishido (2004) では, 変質帯ないしは熱水帯の低比抵抗帯が山体内下部の高電位を持ち上げる効果を考慮する必要性を指摘した.

三宅島では, 1997 年から 2000 年の全島避難の期間まで, 島内通信回線を用いた長基線地電位差観測を実施していた. その中で, 海岸線近くの大露池 (アカコッコ館) を基準として標高約 400m の村営牧場の電位を連続的にモニターしていた. Sasai et al. (2002) で紹介されているように, 村営牧場観測点は上記の W 型異常を反映して, 噴火前はほぼ -400mV の電位を維持していた. その負の電位は, 2000 年 6 月末の最初のマグマ貫入, 7 月 8 日のカルデラ形成, さらにその後引き続いて起こった数回の山頂噴火でも大きな変化は無く, 8 月 18 日の大噴火の時に約 2 時間で 150mV 上昇し, -250mV になり, その電位レベルは, 観測が途絶える 9 月まで維持されていた.

この電位変化の確からしさを検証するため, 2001 年 8 月, 2005 年 3 月, 2011 年 9 月に島南西部の富賀神社からカルデラ壁 (気象庁火口カメラ) に至る南測線, 2005 年 3 月, 2005 年 12 月に島北部の下根崎からカルデラ壁 (すおう穴) に至る北測線でそれぞれ自然電位マッピングを行った. その結果, 南北測線とも標高 300 ~ 600m に至る負異常の極値をとっていたところで電位の上昇が認められ, 上記の長基線観測の変化が実証されたほか, 現在に至ってもその自然電位分布の変化が継続していることが明らかとなった. これは, 大局的な熱水対流系の変化か比抵抗構造の変化が噴火後 10 年余りたっても継続していることを示唆する.

キーワード: 三宅島, 2000 年噴火, 自然電位, 熱水活動, 比抵抗

Keywords: miyakejima, 2000 summit eruption, self potential, hydrothermal activity, resistivity