

## 北海道有珠山, 十勝岳における MT 探査 (序報)

田村 慎・岡崎紀俊・高橋 良・岡 大輔・秋田藤夫 (北海道立総合研究機構 地質研究所)  
奥田真央・橋本武志・菅野倅大朗・茂木 透 (北海道大学)  
山谷祐介 (産業技術総合研究所)  
藤松 淳・長山泰淳・道下剛史 (札幌管区气象台)

### Preliminary result of MT survey at Usu volcano and Tokachidake volcano, Hokkaido

Makoto Tamura, Noritoshi Okazaki, Ryo Takahashi, Daisuke Oka, Fujio Akita  
(Geological Survey of Hokkaido, HRO)

Mao Okuda, Takeshi Hashimoto, Kotaro Sugano, Toru Mogi  
(Faculty of Science, Hokkaido University)

Yusuke Yamaya (Fukushima Renewable Energy Institute, AIST)

Jun Fujimatsu, Hiroaki Nagayama, Tsuyoshi Michishita  
(Sapporo Regional Headquarters, JMA)

#### Abstract

Last year, our institute introduced MT observation system and started MT survey at Usu volcano and Tokachidake volcano area.

Toyako Onsen is a hot spring resort at the northwestern foot of Usu volcano. However, temperature of the hot spring well had been declining gradually. In 2013, new geothermal well (KH-1) was drilled and successfully detected new geothermal resources. We performed MT survey in 2014 and 2015, to survey the location and situation of geothermal reservoirs.

Tokachidake volcano is an active volcano in central Hokkaido, and recently, seismic and thermal activities at the summit crater (62-II crater) area have increased. In 2009 and 2014, Yamaya et al. (2010, 2014) performed AMT survey around the 62-II crater at the volcano, and suggests that the hydrothermal zone is developed beneath the crater. In 2014 and 2015, we also performed AMT survey around the 62-II crater area, and MT survey at the northwestern foot of the Tokachidake area in order to understand hydrothermal system in and around Tokachidake.

In this publication, we show preliminary result of MT survey at these areas.

#### 1. はじめに

本発表では、昨年度より当所が導入した MT 法探査装置(ADU-07e)を用いて有珠山および十勝岳で実施した調査研究について序報として報告する。

有珠山の北西山麓に位置する洞爺湖温泉では、近年源泉温度の低下傾向がみられるなど衰退の可能性が指摘されてきた。しかし、有珠山噴火直後に実施されたMT探査などの調査結果を踏まえ、2013年に金比羅火口の近くに深度1428mの新たな地熱井を掘削した結果、有望な地熱資源を得ることに成功した。そこで、この地熱資源の熱源、貯留構造、熱水の状況把握を目的としたMT探査を実施した。

十勝岳では、前回の噴火から24年が経過し、2010年頃より山頂火口(62-II火口)域周辺での地震活動や地熱活動の活発化が観測されている。そこで当所では、火山体内部構造と熱水流動系を把握するための調査研究を2014年から開始し、火口周辺、および山麓温泉湧出域における浅部熱水系の把握を目的としたMT探査を実施した。

#### 2. 有珠山における探査概要および結果

探査領域図(Fig.1)を示す。探査は2014年に5箇所、2015年に6箇所の合計11箇所を対象に実施した。いずれの探査においても電場水平2成分、磁場は鉛直も含めた3成分の時系列を測定し、収録機器は当所所有の独国 Metronix 社製 ADU-07e、電場電極として Pb-PbCl<sub>2</sub> 電極、磁場コイルとして

MFS-07e を用いた。

2014 年の探査では、地熱井 KH-1 近傍であり、かつ 2001 年に MT 探査（秋田・柴田，2003）を行った地点の近傍で実施した（Fig.1 内 14-1～14-5）。探査期間は 2014 年 11 月 24～29 日および 12 月 8～12 日であり、各地点に約 2 日間設置した。探査地域から約 10km 北西の洞爺湖町菅成香牧場に参照点を設置し、リモートリファレンス処理用のデータを取得した。使用周波数は 32Hz、1024Hz および 32KHz であり、探査開始時～19 時 30 分（UTC：以下同じ）に 32Hz と 1024Hz データを同時に取得し、20 時～20 時 30 分に 32KHz データを取得するようにタイマーセットを行った。

2015 年の探査では、前年度探査地域の周辺 6 地点（Fig.1 内 15-1～15-6）で実施した。探査期間は 2015 年 11 月 18 日～12 月 17 日で、各地点に 5～6 日間設置した。参照点には地熱技術開発株式会社が設置した山形県大蔵村参照点のデータを用いた。なお 32KHz のデータについては、同時観測データを用いた相互リファレンスを実施した。

MT 応答関数の計算においては 32KHz、1024Hz、32Hz および 1Hz 値を BIRRP（Chave and Thomson, 2004）で解析し、12,288～0.000488Hz の間の 50 周波数について算出した後、ノイズの多いデータなどを除去するために目視でデータの取捨選択を行った。一例として 14-3 および 14-5 地点での応答関数を Fig.2 に示す。これらの地点では 2001 年に同様の探査（秋田・柴田，2003）が実施されていることから、今回得られた応答関数と比較したところ、いずれも 2001 年のものと比較して顕著な違いは見られず、比抵抗構造に大きな変化は無いと推定された。地熱井 KH-1 の近傍となる 14-3 地点では、見かけ比抵抗が 2Hz 付近を中心に 10Ωm 程度の低比抵抗であり、この低比抵抗域が地熱資源の存在する領域に対応するとみられる。

### 3. 十勝岳における探査概要および結果

十勝岳における MT・AMT 探査は山谷ほか（2010,2014）によって 2009 年、2014 年に実施されており、本探査はこれを継続する形で実施した。

山麓部で行われた MT 探査の探査地点を Fig.3 に示す。探査期間は 2015 年 7 月 13 日～17 日で、各地点に 2 日間設置した。探査に用いた機器、測定手法は有珠山における探査と同じである。参照点には地熱技術開発株式会社が設置した山形県大蔵村参照点のデータを用いたほか、東京大学地震研究所の共同利用により九州大学が管理している霧島硫黄山北観測点のデータを用いた。なお 32KHz のデータについては、同時観測データを用いた相互リファレンスを実施した。

MT 応答関数の計算は有珠山における探査と同じである。一例として T1502 および T1503 地点の応答関数を Fig.4 に示す。これらを含めたいずれの探査点においても、高周波数側から約 1Hz まで高比抵抗から低比抵抗に減少している。このことは、大局的に浅部が高比抵抗で深度数百 m 付近が低比抵抗であるという傾向を示している。

火口域周辺部で行われた AMT 探査の探査地点を Fig.5 に示す。探査期間は山麓部と同じ 2015 年 7 月 13 日～17 日であり、収録機器は北海道大学および秋田大学所有の Phoenix Geophysics 社製 MTU-5A を使用し、電場電極として Pb-PbCl<sub>2</sub> 電極を、磁場コイルとして AMTC-30 を用いた。探査は電場水平 2 成分、磁場は鉛直も含めた 3 成分の時系列を測定したが、参照点では磁場水平 2 成分のみを測定している。得られたデータは火口域から北西に約 4km 離れた場所に設置した参照点（Fig.3 内 四角印）の磁場データを用いてリモートリファレンス処理を行い、解析ソフトウェアパッケージ SSMT2000（Phoenix 社製）を用いて 10,400～0.35Hz の間の 60 周波数について応答関数を計算した後、ノイズの多いデータなどを除去するために目視でデータの取捨選択を行った。

260 番地点（Fig.5 内星印）における 2009、2014、2015 年の応答関数を Fig.6 に示す。2009 年と 2014 年の応答関数の間ではスタティックシフト効果と考えられる見かけ比抵抗のシフトがあるが、カーブの形はほぼ同一であり、また位相にはほとんど変化が見られないため、比抵抗構造に大きな変化は無いと考えられる。一方、これらと 2015 年の応答関数を比較すると、10Hz 付近から低周波側に顕著な違いがみられる。

Fig.7 は 260 番地点における各年の探査データから得られた見かけ比抵抗および位相を入力として、OCCAM 1D インバージョン（Constable et al., 1987）を使用して推定した比抵抗構造を示す。各年とも表層付近では徐々に比抵抗値が低下していく傾向を示し、深度 250m 付近で 1Ωm 前後の低比抵抗となる。しかし、2009 年および 2014 年では深度 250m 以深においても 1Ωm 程度の低比抵抗値が続くのに対し、2015 年では比抵抗値が急激に上昇し、約 320m 以深では 100Ωm を超える高比抵抗

値が推定された。

このような応答関数の変化は観測時に何らかのノイズが影響したためと推定されるが、探査を実施した 2015 年 7 月は十勝岳において火山性地震の発生や火口域周辺での顕著な地殻変動が観測されるなど、火山活動の活発化が指摘された時期である。このため、火山活動と関連した比抵抗構造の変化を捉えた可能性もある。

#### 4. まとめ

本発表では、有珠山および十勝岳において実施した MT 探査の序報として、探査概要および応答関数を示した。有珠山周辺では、北西山麓部に位置する洞爺湖温泉地域を中心に探査を実施し、当該地域で新たに得られた地熱資源の賦存状況等の把握を目指している。2001 年に実施された探査との対比では、比抵抗構造にほぼ変化が無いことを示唆する結果が、また地熱井近傍の探査地点における応答関数からは深度数百 m 付近における低比抵抗域の存在を示す結果が得られた。

十勝岳では、火口域周辺部および山麓部で探査を実施し、既存研究結果とあわせた浅部熱水系構造の把握を目指した。山麓部の探査では、大局的に浅部が高比抵抗で深度数百 m 付近が低比抵抗であることを示す結果が得られた。火口域での探査では、基準点として 2009 年、2014 年に実施した地点と同じ場所で探査を実施したところ、深度 250m 以深での高比抵抗化の可能性を示唆する結果が得られた。

今後は二次元、三次元比抵抗構造解析による各々の課題解決を目指していくほか、十勝岳においては 2016 年にも MT・AMT 探査を実施し、比抵抗構造解析に向けたデータ取得を進めるとともに、火口域周辺における比抵抗構造の時間変化について検証する予定である。

#### 謝辞

探査結果の解析に際し、地熱技術開発株式会社による参照点データ、および東京大学地震研究所による共同利用（地球電磁気データベース）により、九州大学地震火山研究観測センターが管理している霧島硫黄山北観測点の探査データを用いました。記して感謝申し上げます。

#### 参考文献

- 秋田藤夫・柴田智郎（2003）MT/CSAMT 法による地下構造探査。有珠山火山活動災害復興支援土地条件等調査報告，北海道立地質研究所，173-196。
- Chave A. D. and Thomson D. J. (2004) Bounded influence magnetotelluric response function estimation. *Geophys J. Inter.*, 157(3), 988-1006.
- Constable S. C., Parker R. L. and Constable C. G. (1987) Occam's inversion – A practical algorithm for generating smooth models from electromagnetic sounding data, *Geophysics*, 52, 289-300.
- 山谷祐介・高橋 良・岡崎紀俊・田村 慎・岡 大輔・秋田藤夫・茂木 透・橋本武志・道下剛史・田中 良・菅野倅大朗・奥田真央（2014）AMT 法による十勝岳火口域の比抵抗構造探査。日本火山学会講演予稿集，56，B1-02。
- 山谷祐介・橋本武志・茂木 透・村上 亮・岡崎紀俊・吉本充宏・伏谷祐二・橋本政樹・山本輝明・西村三治・有田 真・的場敦史・土屋遼平（2010）十勝岳 62-II 火口周辺の 3 次元比抵抗構造，北海道大学地球物理学研究報告，73，281-294。



Fig.1 Sites of MT survey on the northwestern foot of Usu volcano. Red and black triangles indicate survey points in 2014 and 2015, respectively. Topographic map is GSI maps.

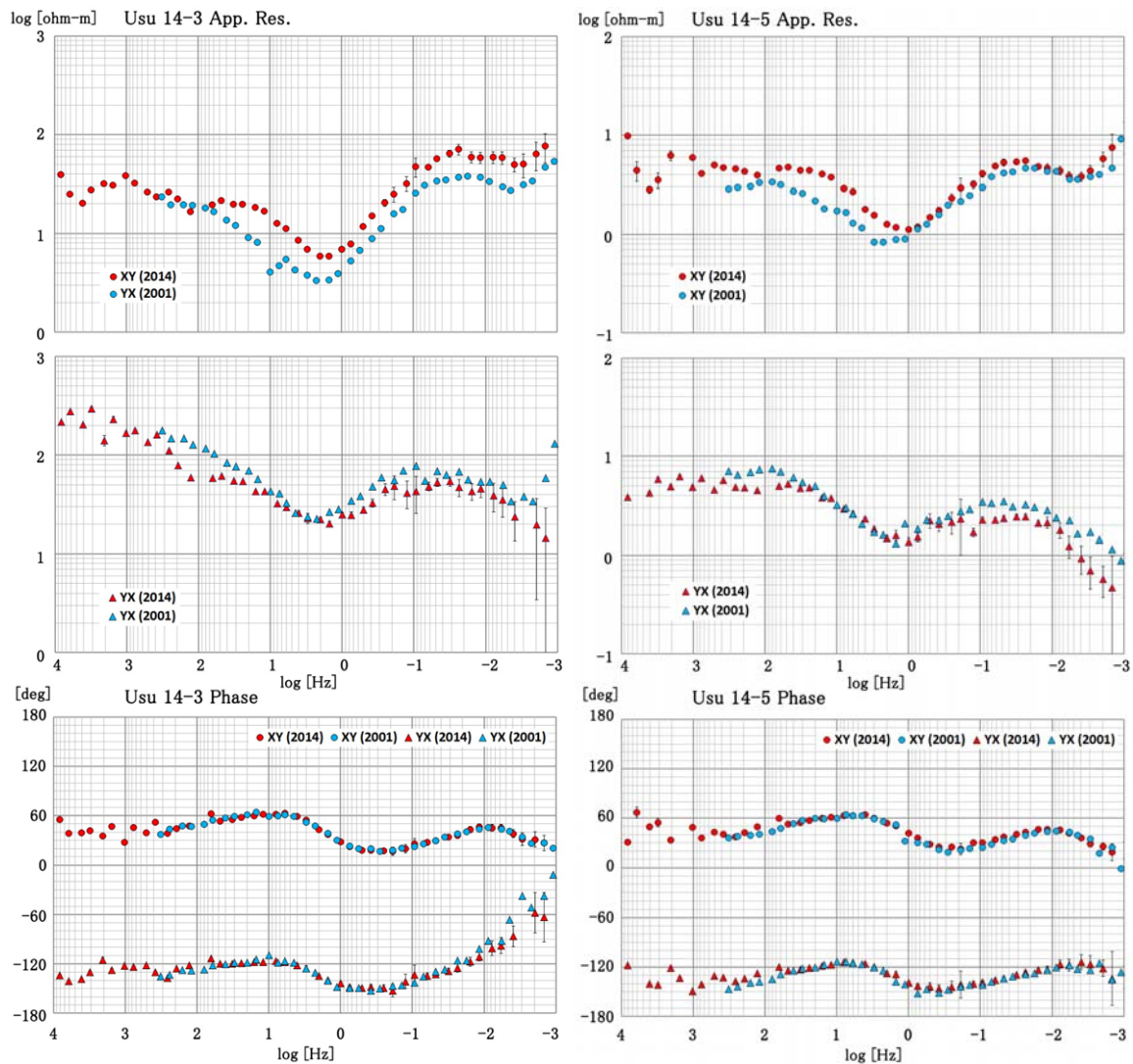


Fig.2 Sounding curves of apparent resistivity and phase at 14-3 and 14-5. Blue and Red point indicate the result that surveyed in 2001 (Akita and Shibata, 2003) and 2014, respectively.

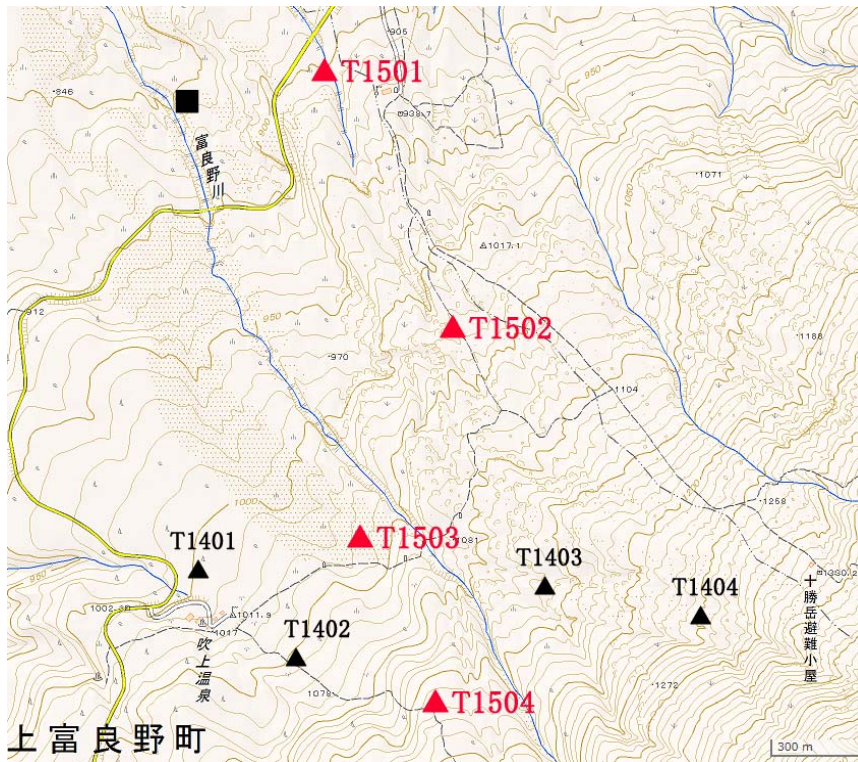


Fig.3 Sites of MT survey on the northwestern foot of Tokachidake volcano. Red and black triangles indicate survey points in 2014 and 2015, respectively. Square indicates reference point of AMT survey. Topographic map is GSI maps.

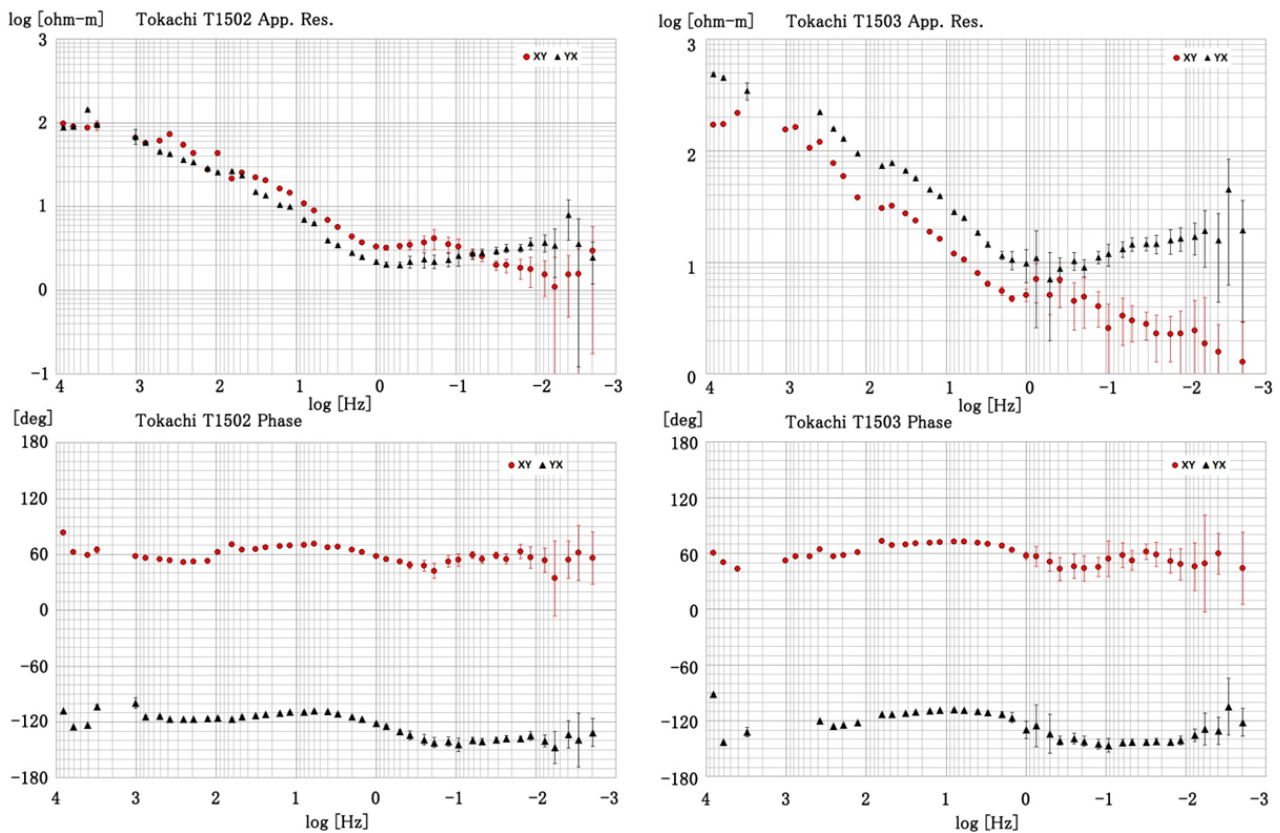


Fig.4 Sounding curves of apparent resistivity and phase at T1502 and T1503.



Fig.4 Sites of AMT survey on Tokachidake volcano. Blue, Black and Red triangles indicate survey points in 2009, 2014 and 2015, respectively. Star indicates a point that surveyed every time. Topographic map is GSI maps.

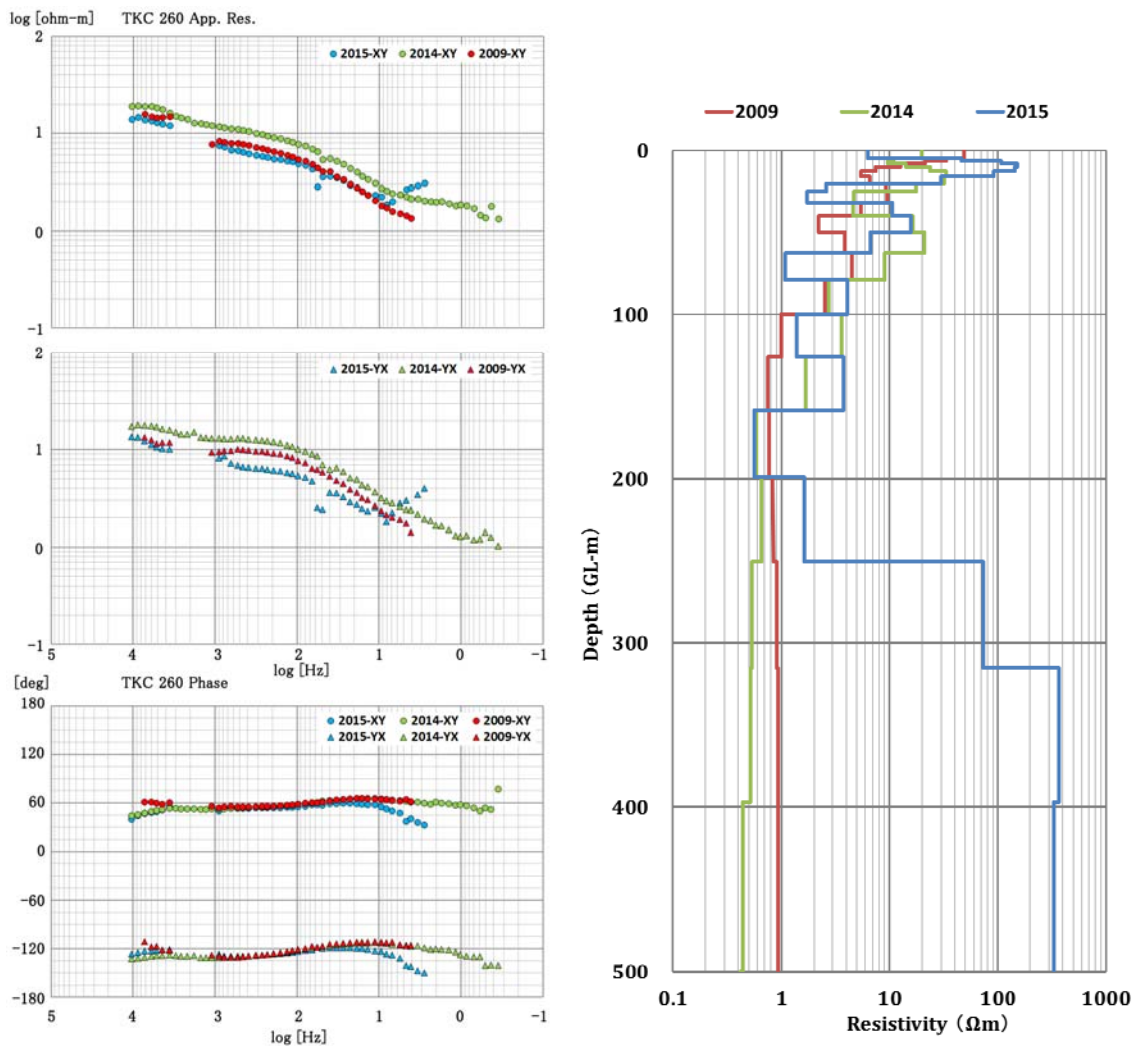


Fig.5 (Left): Sounding curves of apparent resistivity and phase at No.260. Red, Green and Blue marks indicate the result that surveyed in 2009, 2014 and 2015, respectively.  
 Fig.6 (Right): 1-D inversion results at No.260. Red, green and blue lines indicate the result that surveyed in 2009, 2014 and 2015, respectively.