

磁化構造から推定されるニセコ火山連峰の地熱系

岩田 光義, 茂木 透(北海道大学), 大熊 茂雄(産業技術総合研究所)

はじめに

日本国内には、地熱ポテンシャルの高い地域がいくつか認識されており、北海道西南部に位置するニセコ火山連峰もその一つである。ニセコ火山連峰は、ほぼ東西方向に配列する火山で占められ(雷電山~イワオヌプリ), 1.6Maから雷電山の活動が始まり、最新の火山活動は6000年前のイワオヌプリでの活動である(中川・他, 2010)。過去にはニセコ火山連峰を含む地熱ポテンシャル有望地域について、1980年代にはNEDOが先導的な調査を行っており(新エネルギー・産業技術総合開発機構, 1987)、平成24年度からは、JOGMECによって広域の空中物理探査(空中重力偏差, 空中電磁, 空中磁気探査)が実施され(フログロジャパン, 2016)。NEDOの調査によると、新見温泉付近に熱源が推定されているが、どのような経路で地熱流体が上昇しているかはあまり議論されていない。そこで本研究では、そのJOGMECが取得した空中磁気データを用いて、3次元磁化構造解析を行い、ニセコ火山連峰の地下構造を把握することにより、地熱流体の上昇経路を明らかにすることを目的とする。地熱流体が上昇するところでは、その熱源となる貫入岩体(高磁化異常)や流体による変質(低磁化異常)が見られることが多いので、これらの分布を対象とした。

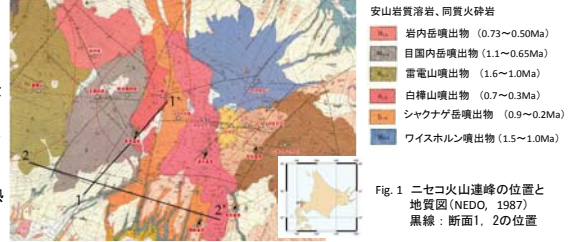


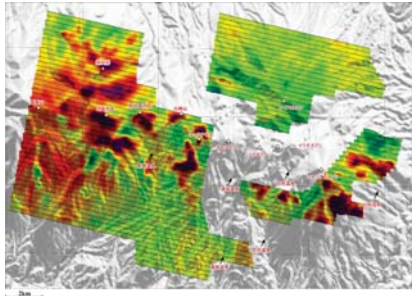
Fig. 1 ニセコ火山連峰の位置と地質図(NEDO, 1987) 黒線: 断面1, 2の位置

データ

空中磁気探査

実施期間: 2015年9月~10月
測線間隔: 250 m
測線方向: NW-SE
平均対地高度(磁気計): 64m
サンプリング数: 10Hz

Fig. 2 全磁気異常図(JOGMECの取得したデータを用いて作成) 測線と地形陰影図を含む。



方法

$$f = As \quad (1)$$

f: 磁気異常値(観測値)
s: ソース磁化
A: 幾何係数

拘束条件(有効ソース体積最小化)を用い(2) 式を最小化する(Nakatsuka et al., 2014)

$$(f - As)^T (f - As) + e(Bs)^T (Bs) \rightarrow \text{Min.} \quad (2)$$

$$B = \text{diag} \left\{ \frac{v_i}{s_i^2 + \delta^2} \right\} \quad R = (Bs)^T (Bs) = \sum_i v_i \frac{s_i^2}{s_i^2 + \delta^2}$$

R=0 (|s_i| < δ) → Rは閾値δ以上の磁化を有するソースが占める体積を意味するので、残差とともに有効ソース体積を最小化するようCG法を用いて収束計算。

データセット

観測値のグリッド数: 2585個 モデルのグリッド数: 335816個
グリッド間隔: 250m 初期値: 1.95A/m

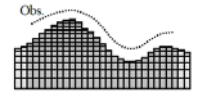


Fig. 3 モデルイメージ(Nakatsuka et al., 2014)

e: トレードオフパラメーター
v_i: 層目のソース体積
s_i: 層目のソース磁化
δ: 磁化の閾値

結果考察

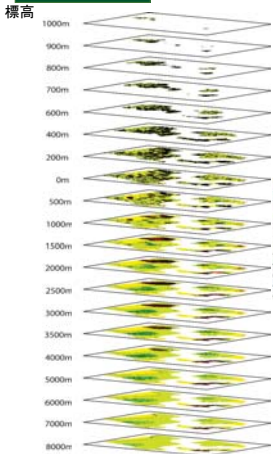


Fig. 4 各層毎の磁化分布。

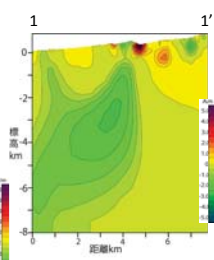


Fig. 5 断面1の磁化分布。

・深度について
8000mまで計算したが、ある深度以下の層がつかれる磁気異常値を計算したところ、5000mまで感度があると考えた。

深度(m以下)	振幅(nT)	X(%)
3000	280.3	8.9
4000	162.2	5.2
5000	89.8	2.9
6000	45.7	1.59
7000	18.8	0.6

Table. 1 可探深度の検討。

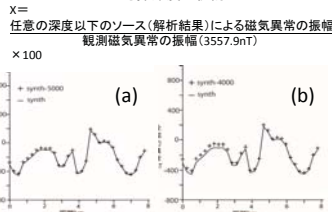


Fig. 6 断面1の合成磁気異常値とある深度以下の層による合成磁気異常値を引いたもの比較。(a) 5000m以下 (b) 4000m以下

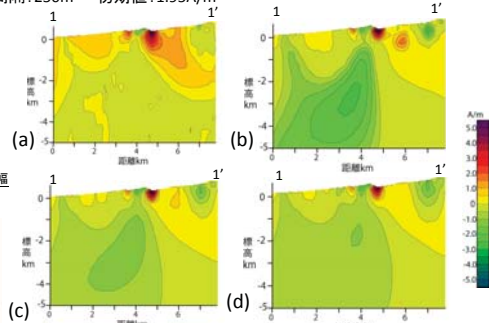


Fig. 7 断面1の磁化分布 (a) δ=0.1 (b) δ=0.5 (c) δ=1 (d) δ=2.

・閾値δについて
様々なδ値(0.1, 0.5, 1, 2)を用いて計算し、最も体積最小化が効果的であったδ=0.5を採用。

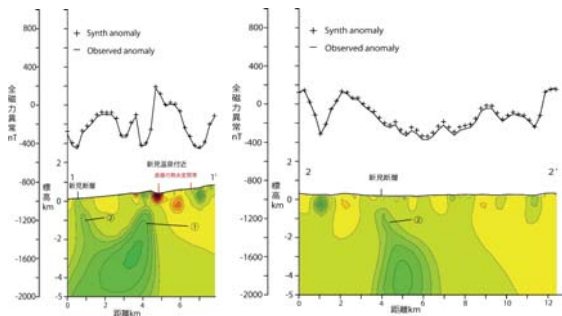


Fig. 8 断面1の磁化分布。

Fig. 9 断面2の磁化分布。

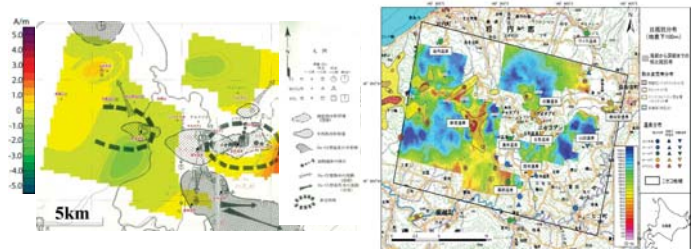


Fig. 10 推定熱源と磁化分布(4000m~5000m)を重ねたもの(NEDO, 1987)。

Fig. 11 空中電磁探査 比抵抗分布地表面下100m(フログロジャパン, 2016)。

貫入岩体

- ① 深部から新見温泉に向かって高磁化体(逆帯磁)が貫入。
 - ② 深部から新見断層に向かって高磁化体(逆帯磁)が貫入。
- それらの磁化体付近には地化学調査から熱源が推定されている(新エネルギー・産業技術総合開発機構, 1987)。また、空中電磁探査の結果、高磁化体の浅部への延長先に低比抵抗体の存在(フログロジャパン, 2016)。

貫入岩体(高磁化体)と母岩との地質境界が、深部からの地熱流体上昇経路になっている、あるいは、その境界の付近に地熱流体が貯留されている可能性がある。

結論

- ・ニセコ火山連峰の地下構造を把握し、地熱流体の上昇経路を明らかにするために、空中磁気データを用いて3次元解析を行った。磁化モデルについては深度は5000mまで感度があり、δ値については0.5の値を採用した。
- ・目国内岳南部の深部では、高磁化体(逆帯磁)が見られ、貫入岩体が示唆される。
- ・その高磁化体は浅部の地熱兆候が見られる領域に延びており、さらにはNEDOによる推定熱源からも近いことから、母岩とその貫入岩(高磁化体)との地質境界で地熱流体の上昇経路あるいは貯留層となっている可能性がある。

参考文献

- 中川光弘・他, 2010. 8.2.8 ニセコ火山群. 日本地方地質誌 北海道地方, 日本地質学会(編), 朝倉書店.
- Nakatsuka, T. and S. Okuma, 2014. Aeromagnetic 3D subsurface imaging with effective source volume minimization and its application to data from the Otoge cauldron, Shitaru, Central Japan. Exploration Geophysics, 45, 16-23.
- 新エネルギー・産業技術総合開発機構, 1987. 昭和61年度全国地熱資源総合調査(第2次) 火山性熱水対流系地域タイプ①(ニセコ地域) 総合解析.
- 新エネルギー・産業技術総合開発機構, 1987. 全国地熱資源総合調査(第2次) 火山性熱水対流系地域タイプ① ニセコ地域火山地質図1:50000, ニセコ地域地熱地質図1:100000 説明書.
- フログロジャパン, 2016. 平成27年度「地熱ポテンシャル調査のための広域空中物理探査」. 業務報告書, 555p