

空中物理探査結果による樽前山山体構造に関する考察

北海道開発局室蘭開発建設部 山口昌志、川崎信彦

国立研究開発法人土木研究所 木下篤彦、清水孝一、高原晃宙、瀬戸秀治
応用地質株式会社 ○本間宏樹、北原哲郎、結城洋一、田中健吾

1. はじめに

樽前山は、西南北海道の支笏カルデラ南縁のカルデラ壁上に位置する活火山である。約9,000年前から活動を開始した若い火山であり、山体の大部分は四期（Ta-d、Ta-c、Ta-b、Ta-a）の爆発的な噴火により形成された。歴史時代には小噴火を繰り返し、1909年には噴火に伴い山頂火口内に溶岩ドームを形成し、現在も活発な噴気活動を続けている。

近年、砂防分野における火山体調査において、地下構造の把握にヘリコプターを用いた空中物理探査技術が活用されており、日本の主要な活火山において探査が実施されているところである。本稿では、樽前山において、山頂を含む5km四方の領域（図1）を対象とした空中電磁探査と空中磁気探査を実施し、取得したデータから樽前山の山体構造を検討した事例を紹介する。

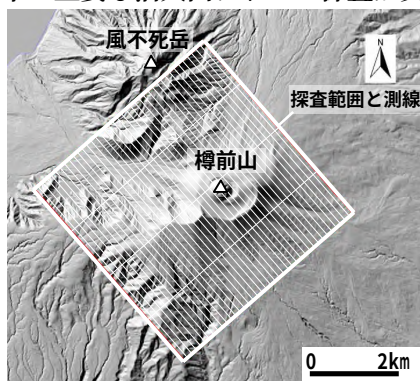


図1 空中物理探査範囲と測線

2. 空中物理探査の手法

空中電磁探査は、電磁誘導現象を利用して地下の比抵抗分布を調べる探査手法である。今回の探査深度は100mである。また、空中磁気探査は、地球磁場の乱れ（磁気異常）を計測し、地下の磁性分布を得る手法である。

主な探査機器は、図2に示すように、円筒状の容器（バード）に格納した空中電磁探査装置と空中磁気探査装置、それを吊り下げるヘリコプター（ユーロコプターAS350B3）からなる。飛行測線は、主測線が北西-南東方向で100m間隔、副測線が北東-南西方向で1,000m間隔である。測定飛行は、電磁探査装置の高度を対地30m程度に保って曳航し、GPSにより位置を管理した。



図2 探査機器

取得したデータは、ヘリコプターの位置座標補正を行った後、ノイズ低減のためのフィルタ処理を施した。その後空中電磁探査データについては、機器のドリフト（温度変化等）や対地高度の変化等に起因するバックグラウンドの変動補正（レベリング）を施して、疑似二層構造を仮定した方法により見掛け比抵抗と重心深度を計

算した。これらの計算結果を用いて比抵抗の3次元分布を推定した。

空中磁気探査データに対しては、地球磁場強度の時間変動の影響を除去する日変化補正や場所による地球磁場強度の変化に起因する変動を除去するためのIGRF（国際標準磁場）補正等を施した。さらに、補正した磁気異常データは、インバージョン解析を実施し地下1,000mまでの3次元磁化強度分布を推定し、検討に用いた。

3. 樽前山の地質概要

樽前山の山体は、地表付近では山頂の溶岩ドームを除き、全て爆発的な噴火によって噴出した火砕物によって構成されている。このため、山容は火砕丘様の緩やかな円錐状をなしている。山腹斜面は、ほとんど裸地であり、涸沢の深い谷が発達する。噴火により発生した火砕流堆積物は周囲の谷を埋積し、その先では堆積面が緩やかな裾野なし支笏火砕流台地を覆っている。そのほか、支笏カルデラ壁や南麓を流れる樽前川等の流域には基盤の新第三紀層が分布している¹⁾。

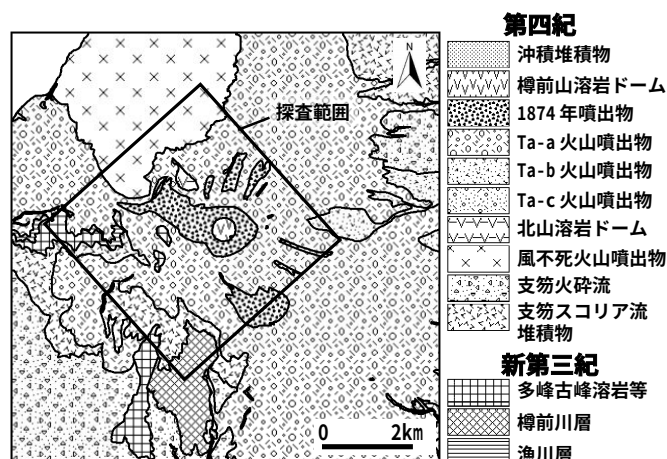


図3 樽前山の火山地質図¹⁾

4. 探査結果

4.1 空中電磁探査

空中電磁探査による深度別比抵抗分布図を図4に示す。樽前山周辺の比抵抗分布は、概して地表付近が高く、深部が低い傾向を示し、不飽和帯と飽和帯からなる地下水分布を反映した典型的な比抵抗構造をなしている。こうした比抵抗の分布特性から、地表が低比抵抗帯をなす領域や地下深部が高比抵抗をなす領域は限られており、ここに本調査域の地質的な特徴が表れているといえる。

地表から低比抵抗帯をなすのは、新第三紀層が分布する南西側の樽前川流域、樽前山の溶岩ドーム、風不死岳南山腹の分布域である。一方、地下深部まで高比抵抗帯をなすのは、北山溶岩ドームや火口の周辺の山腹斜面で、特に東北東側でその傾向が顕著である。

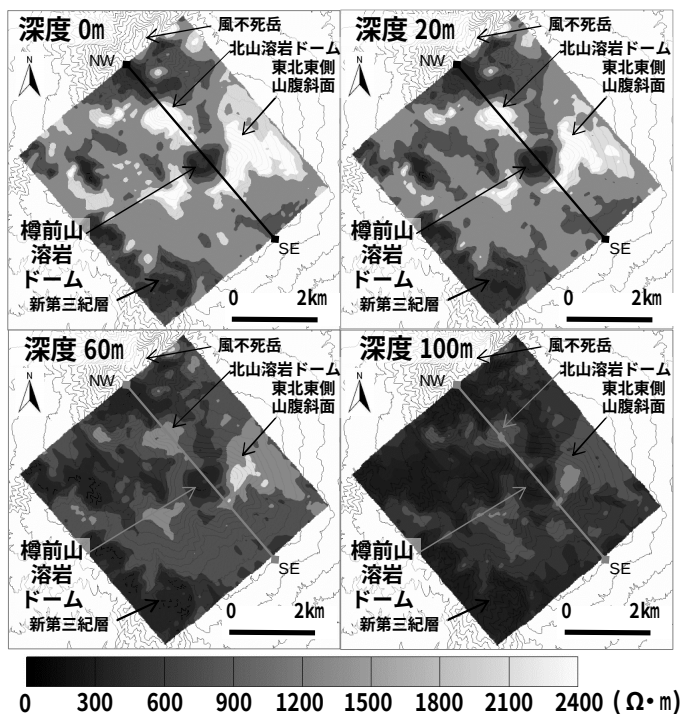


図4 深度別比抵抗分布図

4.2 空中磁気探査

インバージョンによる深度別磁化強度分布を図5に示す。高磁化強度帯は、樽前山の溶岩ドームと北山ドームを含む北西-南東方向に延びる領域に分布する。深部では風不死岳の南南西側にも分布する。一方、低磁化強度帯は、風不死岳の南東側の山腹のほか、南西側の新第三紀層の分布域に分布する。また、新第三紀層の分布域の低磁化強度帯は、地下深部では東方に延び、樽前山の山体の南、南東、東方と続き、樽前山の山体の南側を取り囲むように分布する。

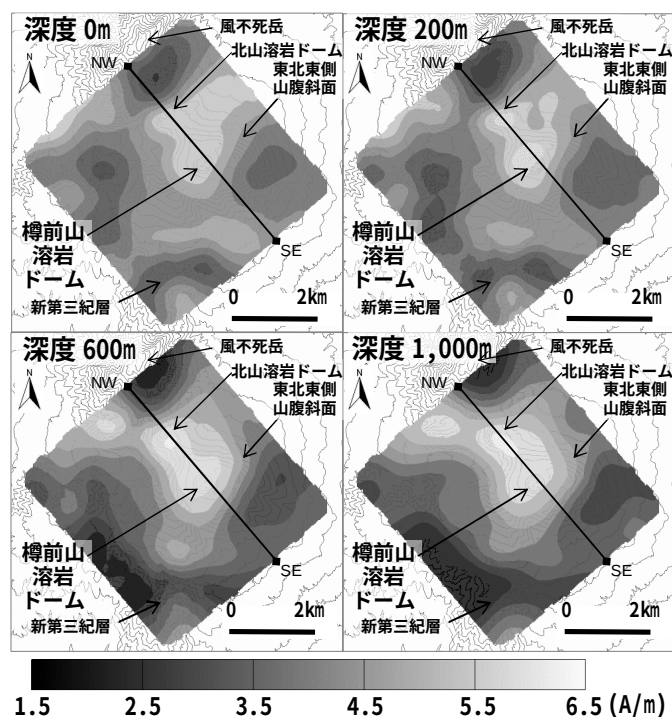


図5 深度別磁化強度分布図(インバージョンによる)

5. 山体構造についての考察

5.1 溶岩ドームと火道

樽前山の溶岩ドームと北山ドームを含む北西-南東方向に延びる高磁化強度領域は、地下深部から貫入した溶岩の分布を示すと考えられる。ただし、樽前山の溶岩ドームは、磁化強度が南東側に向かい低下する傾向があり、南から東側に偏在する高温の火口や噴気帯による消磁を示している可能性がある。こうしたドーム南東側の磁化の弱い領域の存在は、橋本ほか(2012)²⁾も指摘している。また、比抵抗は樽前山の溶岩ドーム全体が低い値を示す。ドームは形成時に全体から噴気していたという記録もあるため³⁾、内部は磁性が失われるほどではないが、全体的に割れ目扱い等が変質していると推定される。

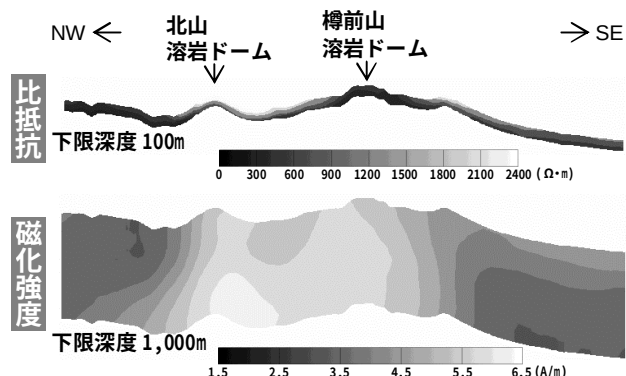


図6 山頂をとる比抵抗と磁化強度のNW-SE断面図

5.2 東北東側の山腹斜面

樽前山の4回の噴火の降下火砕物は、偏西風に流されて、東方向または東北東方向に広く堆積した。このため、この方向の山腹斜面には、粗粒な火砕物が厚く堆積している。東北東側の山腹斜面の比抵抗が、周辺と比較して、地表から地下深部まで高いことは、火砕物の特性による高い透水性を反映した深い地下水位を示していると考えられる。

5.3 基盤の新第三紀層の分布

新第三紀層が分布する樽前川流域は、地表付近は比較的高い磁化強度を示すが、深部は低磁化強度帯をなしている。この地域に分布する新第三紀層は、上位が火砕岩や溶岩からなる樽前川層、下位が砂岩や泥岩からなる漁川層から構成されており、浅部が高く深部が低い磁化強度分布はこうした地質構造を反映したものと考えられる。このため、樽前川流域から延びる、樽前山の山体の南側をとりまくように分布する地下深部の低磁化強度帯は、基盤の漁川層の高まりを示している可能性がある。

参考文献・資料

- 1) 古川竜太・中川光弘 (2010) : 樽前山火山地質図 1:30,000, 火山地質図 15, (独)産業技術総合研究。
- 2) 橋本武志・小山崇夫・金子隆之・大湊隆雄・吉本充宏・鈴木英一・柳澤孝寿(2012): 無人ヘリコプターを利用した樽前山の空中磁気測量。北海道大学地球物理学研究報告, 75, pp.145-159。
- 3) 苫小牧測候所(1966): 樽前山噴火史, 駿震時報, 30, No.3, pp.89-90。