



素人の僕でもできた! ホームセンターで売っている道具で電気探査 — 知床硫黄山溶融硫黄噴火の謎に、さらに迫る! —

山本睦徳¹⁾(解説・注釈: 京都大学 後藤忠徳)

はじめに(後藤忠徳)

物理探査は一般市民には馴染みが薄いと思われがちですが、前回ご紹介しましたように²⁾、ドキュメンタリー作家の山本氏は、自作のペットボトル電極を用いて知床硫黄山での自然電位探査に成功しました。今回はその続編、「ハンドメイド電気探査」に関するレポートです。山本氏は当学会員ではありませんが、物理探査のすそ野を広げるとい意味でも興味深い内容でしたので、紹介させていただきます。

ホームセンターですべてそろろう! 電気探査の道具(山本睦徳)

北海道にドロドロに融けた硫黄を大量に噴出する「知床硫黄山」というおもしろい火山がある。1936年に溶融硫黄を噴出した知床硫黄山「1号火口」からは、ときどき温泉が湧き出すことがある。僕は2013年の夏、釘が半日で消えてしまうほどの強酸性の温泉が湧き出して20mほど流れて地面にしみ込んでいるのを見た。湧き出し口から2mくらいは、水流の中の石に硫黄の結晶が成長していて、温泉流が薄黄色に染まっていた。1号火口周辺の地下には、きっと温泉脈があるに違いない。

地下構造を調べたい。そんなとき駅裏の書店で「地底の科学(ベレ出版)」という本を見つけた。なんと自然電位計測の際にお世話になった後藤忠徳先生の著書だった。そこでは電気探査(ウェンナー法)の仕組みが簡単に紹介されていた。ただ、きっと高価な機械を使って測るのだろう。ダメもとで後藤先生に連絡してみたところ、安価な道具でも簡単に電気探査はできるという。さっそく先生の研究室を訪れた。

今回用いる道具は、テスター2台、真鍮の電極4本、車のバッテリー、カー用品のインバーター、ケーブル4本、巻尺といったところだ。京都大学の近くの公園で、これらを組み合わせた手作り装置と、100万円以上もする市販装置の両方を用いた電気探査を後藤先生に実践していただいた。真鍮製電極4本を等間隔に打ちこみ、外側2本に電流を流し、内側の2本で電圧を測る。電極の間隔を変えながら電流と電圧をどんどん測っていく(図1)。

市販の装置と手作り装置の測定結果は概ね一致していた。測定のあとでIPI2WIN³⁾という解析ソフトに測定値を入力して画面上のボタンを押すと、地層の厚みや深さ、比抵抗(地層の電気の流れにくさの指標)が表示された。

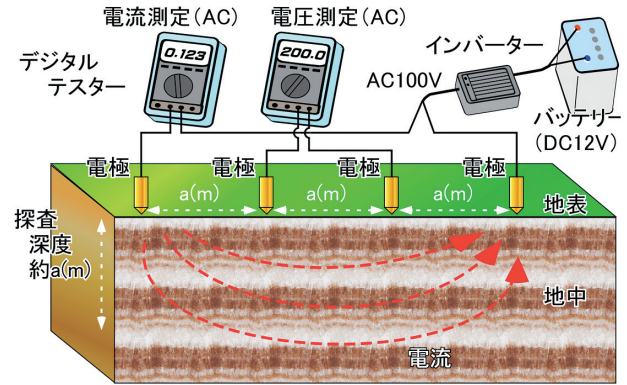


図1 手作り電気探査装置の模式図

これをもとに公園の地下の柱状図を作ることができるというわけだ。

さっそく自分でもやってみた。道具はなんとホームセンターですべてそろろう!今回、テスターは専門の店で良いものを買ったが、これもホームセンターで売っているもので十分だと思う。

山に持って上がるには重すぎ

北海道への出発の日。50ccのスクーターに荷物を積み込んだ。道具一式入れた大きなバッグを足元に置く(図2)。



図2 スクーターに荷物を積み込んでみたところ

しんどそうになるエンジン音と共に北を目指して走る。バイクがかわいそう。合計700kmほど走行して(途中フェリーに乗って)、なんとか知床に到着。

標高200mの知床硫黄山登山口から600mの1号火口まで、道具を一度に運ぶのは無理。背骨が折れるかと思うくらい重い。そこで3回に分けて運んだ。一番やっか

いなのはバッテリーだった。ある程度密封されているとはいえ、倒すと液漏れしてしまう⁴⁾。ショルダーバッグに入れて傾かないよう注意して登山道を進んだ。途中岩登りする場所があり、バッテリーを岩にぶつけないよう、また落とさないよう注意してよじ登った。

溶融硫黄を噴いた1号火口周辺には、直径が数メートルもある大きな岩がごろごろしている。30mの巻尺をまっすぐぴんと張って中央の15m目盛を中心に電気探査用の電極を配置していく。できるだけ岩の少ないところを巻尺が通るように張るのだが、どうしてもいくつかは岩の上を通過してしまう。電極を打ちこむとき動かせる岩は転がしてよけて打ち込んだ。岩が動かない場合は、巻尺から外れて電極を打つ。他の3本の電極もできるだけ一直線に並びように少しずつずらして打ちこんだ(図3)。



図3 現地での計測風景

いよいよ電気探査の本番開始!「よい!テイ!⁵⁾」と、山中ひとりで勇ましく叫びながら、インバーターのスイッチを入れた。電流用テスターと電圧用テスターの数値が上がり、それを用紙に記録する。0.4, 0.6, 1.0, 1.4・・・12mと電極間隔を広げつつ計測していく⁶⁾。間隔が広くなってくると電極を持って移動するのが大変だ。岩を登ったり降りたり、登ったり降りたり。ケーブルが絡み合って大変だ。ひととおり終わったらもうヘトヘト。

またもやヒグマ現れる!

ある日、野外でデータを記入していたとき、ふと後ろを見たらわずか10mほどのところに黒い巨大な熊がいた。いつのまに!ものすごい目で僕をにらんでいた。「にらむなよお・・・」熊の出没には慣れてしたが、その熊は鬼のように怖い顔をしていたので、ついひるんでしまった。今にも襲ってきそうだ。「伝家の宝刀」熊スプレーは、うかつにもリュックサックの底にしまいこんでいて、すぐには取りだせない。絶体絶命!・・・と思ったら、次の瞬間、熊は一目散に逃げだした。いっしょに猫サイズの小熊が2匹いて、何度も振り返りこちらを見ていた。小熊がいたので僕を威嚇していたのだろう(図4)。



図4 現場に現れたヒグマの親子

テスターのヒューズが切れた!

噴気帯や温泉湧きだし口周辺では電極と大地の接触抵抗が低く、電流が流れやすい。僕のテスターの計測限界は400mAで、計測不能(レンジオーバー)になることがあった。たまたま温泉の中に朽ちた木片があったので、抵抗素子の代わりとして、インバーターの出力部と地面に挿している電極の間に木片を挟んでみたところ、送信される電流値が下がって計測できるようになった。うまくやった! へへへ!

しかし噴気帯を計測していたときはすっかり油断していて、木片を挟んでいなかった。するとなぜかテスターの数値がゼロのまま、電流送信中も表示値が上がらなくなった。こともあろうに、電流用テスターが故障したのだ。インバーターからの電流が流れ過ぎて、テスターのヒューズが切れてしまった。

調査地は知床の奥地である。テスターのメーカーにヒューズを注文して切手で代金を郵送し、キャンプ場あてに送ってもらうようお願いした。しかしいくら待っても届かない。再度電話したら、送るのを忘れていたという。もう!

データから見えてきた地下帯水層

測定データをエクセル上で整理し、これをIPI2WINに入力して地下構造解析(インバージョン)を行う。画面のインバージョンボタンを押すと、グラフが目まぐるしく動いて、地下構造の推定値が一瞬で出てくる。それをもとに柱状図を描く。比抵抗が比較的低い地層は青色、高い地層は赤色に塗り、火口周辺の地質断面図(推定)と柱状図とを重ねてみた。なんとなく地下水脈があるように見えるのだが、なんだかいびつな形でよくわからない。そこで後藤先生の研究室にかけこんだ。

先生にデータを見ていただいたところ、測定データの中には受信電圧が低すぎるものがあった。地下に十分な電流が流れていなかったのだ。例の木片を挟んで測ったものに多かった。それらの低品質なデータを省いて

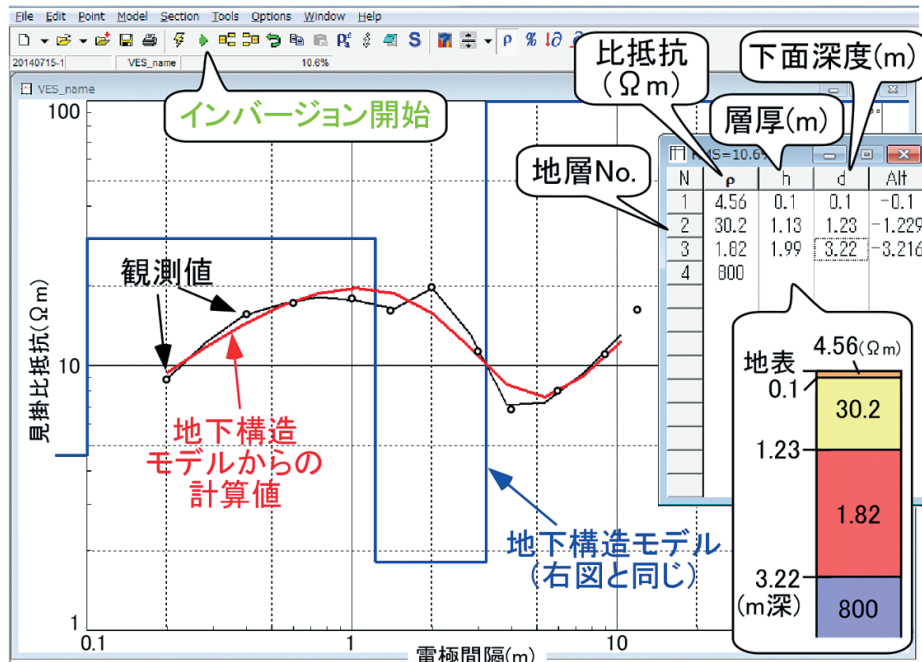


図5 電気探査の結果の例(IPI2WINの画面に加筆)

IPI2WINでインバージョンをかけると、よりわかりやすいものになった。温泉の水脈が見えてきた!(図5)。

1号火口の近くには、温泉が湧き出すことで知られる知床の名所カムイワッカ川がある。温泉の湧き出し口の位置を線でつないで延長して地下温泉水の水位を推定すると、ちょうど1号火口の直下にあたりそうだ。今回の電気探査の結果はそれとほぼピッタリ合うものだった。

1936年の噴火では10万立方メートルもの熔融硫黄が1号火口から噴出したという⁷⁾。それ以上の大きさの硫黄を生成する空間が地下のどこかにあるはずで、それがこの温泉の水脈=帯水層ではないか?と僕は考えている。帯水層は1号火口の上部斜面側にも続いているはずで、そこで硫黄が作られ蓄積していくのではないかと。今後、電気探査や自然電位探査の結果を総合して、その範囲を突き止めていく予定だ。

素人の僕でもできる電気探査法のおかげで、大量の熔融硫黄噴火のしくみ解明、その糸口に立てた。ちょっとした工夫と努力で、今まで謎だったことに挑めることは素晴らしい。

注釈(後藤忠徳)

- 1) ドキュメンタリー作家、<http://www.earthscience.jp/profile.html> (地球おどろき大自然)
- 2) 山本睦徳(2015): 素人の僕でもできた!ペットボトル電極で自然電位探査—知床硫黄山溶融硫黄噴火の謎に迫る!—, 物理探査ニュース, 27, 5-6.
- 3) モスクワ大学が配布している電気探査1次元(水平成層構造)順解析・逆解析(インバージョン)ソフト。インバージョン時には層数、層厚、比抵抗を自動決定可能。(http://geophys.geol.msu.ru/ipi2win.htm)
- 4) オートバイ用の小型シールドバッテリーなら液漏れの心配は減りますが、今回は容量が大きく安価な自動車用バッテリーを選ばれたようです。
- 5) 元々は「撃て!」「放て!」の略。軍隊の掛け声でしたが、海洋観測や陸上測量などでの合図や掛け声として現在も使われています。
- 6) 電気探査の解説としては「地下を診る技術 ~驚異の物理探査~(物理探査学会編著)」が分かりやすいです。(電子書籍、Amazon.co.jpにて発売中)
- 7) Watanabe, T. (1940): Eruptions of molten sulphur from the Siretoko-iosan Volcano, Hokkaido, Japan. Japanese Journal of Geology and Geography, 7, 3-4.