

# 10 土石流・火山堆積物の物理特性について

富山大学理学部 酒井英男  
 京都大学防災研究所 沢田豊明  
 中山 武

## 1. はじめに

わが国には火山が広く分布しており、火山の周囲には火砕流や土石流の堆積物が広く分布している。この様な火山地域も生活の場あるいは観光地として大いに利用されてきている。火山地域における土砂災害を防止・軽減するためには過去の土砂流出の形態や規模を明らかにすることが重要である。ここでは火山地域の堆積物の物理特性から流動形態・規模を明らかにする手法について、岐阜・長野県境に位置する焼岳火山の堆積物を一例として若干の検討を行なった。

## 2. 焼岳火山と調査地域の概要

焼岳火山は乗鞍火山帯の中で最も活動的な火山で噴出物は図-1に示す様に東西約6km・南北約4kmに分布している。この堆積物を侵食して谷が形成された谷壁は図-2に示すように、礫の配列などの堆積形状から幾つかの層に分けられる。この堆積層に含まれる木炭などから堆積年代の推定が可能であるが、堆積物が土石流・火砕流なのか判断することは困難である。さらに、堆積層の厚さを推定することも難しい。



図-1 焼岳火山の概要

焼岳火山は約1500~4000年前に火山活動に伴う火砕流・土石流を流出する活動があり、その後、歴史時代にも火山活動し、近年、1915(大正4年)年の爆発によって東側の下堀沢に土石流が発生し、梓川がせき止められて大正池が形成された。1962年には北側の中尾峠付近に東西方向の亀裂に沿った噴火が発生し、その直後から土石流が頻繁に発生している。この様な土石流の実態を解明するために1970年頃から土石流の観測が継続されている。近年、土石流の発生源における現象を解明するため、図-3に示す地点で溪岸侵食による河床堆積物の増加の実態を明かにして、河床堆積物の厚さなどの堆積状態が土石流の発生条件にどの様に係わっているかを検討している。

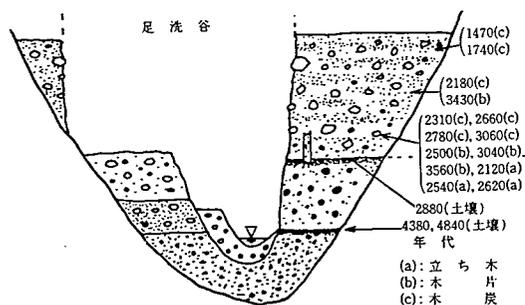


図-2 焼岳西側の足洗谷の火砕流・土石流堆積物の堆積状態と木炭の<sup>14</sup>C年代の分布

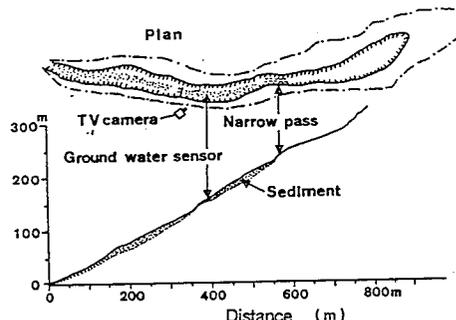


図-3 足洗谷上流白水谷の観測・調査地点と河床堆積物の分布状態

### 3. 火山堆積物の電磁気探査

焼岳中腹の白水谷には、1500～2500年前（藤井他、1974）に噴出した中尾火砕流が分布し、上位を河床堆積物が覆っている。この地域の浅部の堆積構造を全磁力探査とマグネティック探査により調査した。土石流源である白水谷地域の河床堆積物の厚さ、その下の構造は砂防において有用であり、過去の火山活動を考える上でも重要である。岩石・堆積物は、鉄の酸化鉱物を数%含んでおり、微弱ながら磁石になることができる。一般に、火砕流の磁石（磁化）は、河床堆積物の磁石より強い。マグネティック計による全磁力探査では、こうした地下の地層の磁化によって地表に誘導される磁場を測定することで、地下構造を探ることができる。マグネティック探査では、電磁波の地下への侵入度が地層の電気伝導度に依存することを利用する。電気伝導度が低い層では、電磁波は深くまで侵入する。今回は、17.4KHZのVLF帯(very low frequency帯域)の電磁波を利用したVLF・マグネティック調査を行った。調査例として以下に示すのは、標高1850～1600mの地域で約500mの測線範囲で行った結果である。図-4は測線上の標高変化を示している。

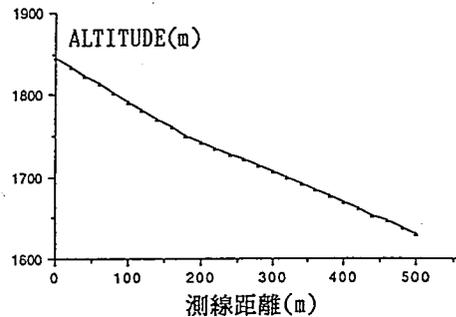


図-4 電磁気調査地域の標高変動の概略。

全磁力探査（図-5）から、A地域で全磁力が弱くなっていることがわかった。この地域には火砕流が露出しており、全磁力の変動は強い磁化を持つ火砕流までの深さの変化を示すと

考えられる。マグネティック探査（図-6）の結果を見ると、B地域を境に下流側の電気比抵抗が低くなる。その他の調査結果を併せると、B地域より下流で火砕流から土石流起源の堆積物に変化することがわかった。またウエナ法による電気探査の結果を考慮すると、周囲から崩れた河床堆積物はA地域では殆ど無いが、平均の厚さは4～5mと推定された。現地は崩れ易い地域でボーリングや地震探査は不適な地域であり、このような地域では、土壌の電磁気物性を利用する調査が有効であると言える。

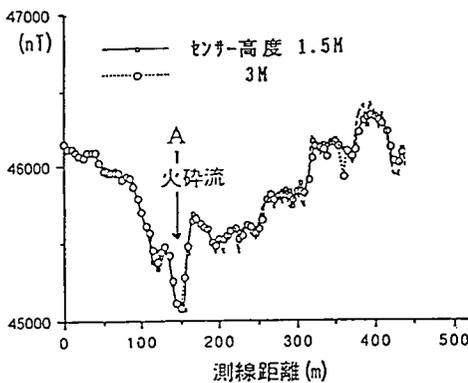


図-5 全磁力探査の結果。横軸は上流から下流へ向かう測線の距離を、縦軸は各測定点での全磁力値 (nT:ナナテスラ)を示す。

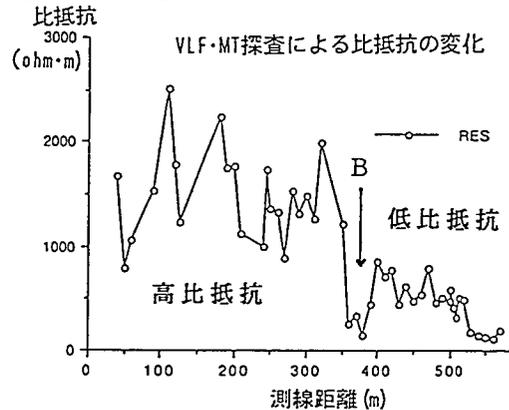


図-6 マグネティック探査で得られた電気比抵抗の測定結果。横軸は図-5と同様の測線距離を、縦軸は電気比抵抗値 (ohm・m)を示す。

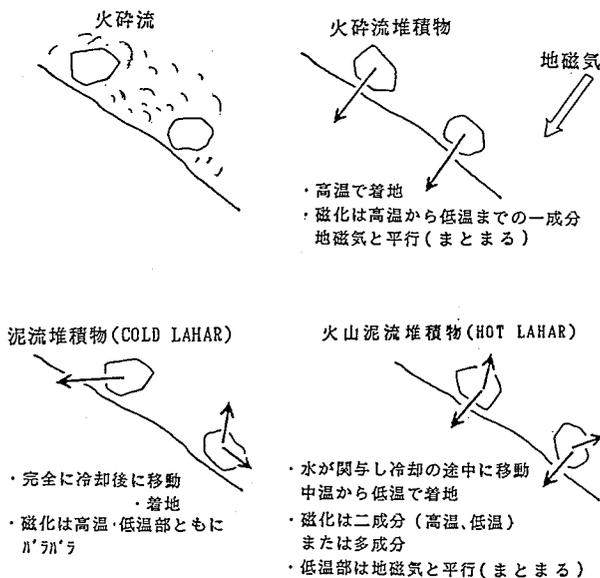
#### 4. 火山堆積物の着地温度からみた分類

火山の噴火の周期性、噴出物の規模と共に、火山堆積物の着地温度も過去の火山活動を探る、大事なパラメーターと考えられる。着地温度がわかれば、各地域の火山堆積物が、火砕流か、火砕流が途中で水（または融雪）を取り込んで高温の状態でも流動した火山泥流か、常温で流動した泥流かの判別が可能となり、流動形態を探る際に有用な情報となる。あまり方法がなかった着地温度の推定に、礫岩の磁化を利用する古地磁気学の手法を適用してみた。

火砕流中の礫は、高温の状態(>磁性鉱物のキュリー点~600°C)で定置した場合には、冷却しながら地球磁場の方向に磁化を獲得する。当時の地磁気と平行な磁石となった後、礫が動いていなければ、礫の磁化は殆ど変化しないので、地磁気の化石として利用できる。火砕流の場合には、礫の磁化は図-7の右上図の様に一成分の磁石となる。火砕流が高温の状態でも定置して、キュリー点より低温まで冷えた後に、火山泥流として流動した場合には、図-7の右下の様に含まれる礫の磁化は二成分もしくは多成分の磁石からなる。ここで注目すべきことは、火砕流の礫の磁化および火山泥流の礫の低温側の磁化成分は、当時の地磁気の方向を向いていることである。そして、同じ地域の複数個の礫試料の磁化（火山泥流では低温部の成分）は、それぞれ地磁気に平行な方向を向いてまとまる。泥流の場合（図-7左下）には、磁化の低温成分も、どの成分も地磁気の方

礫の磁化と火山堆積物の着地温度

図-7 火山堆積物に含まれる礫岩の磁化と火山堆積物の分類。  
実線の矢印は礫岩に獲得された磁化方向を表す。

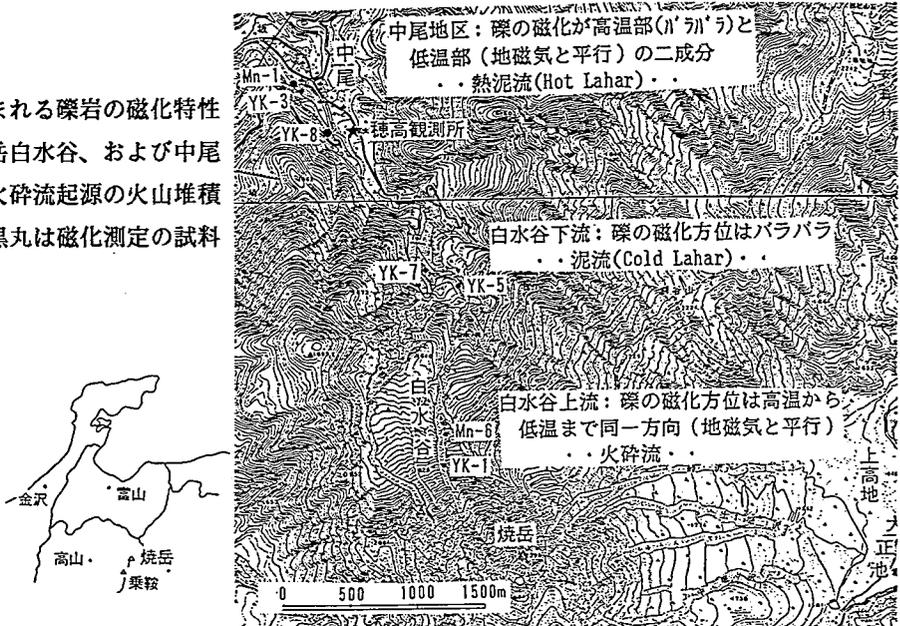


この様に礫岩の磁化を調べることで、火砕流、火山泥流、泥流を区別することができ、火山泥流が定置した温度の推定も可能である。焼岳の中尾火砕流起源の火山堆積物にこの手法を適用した結果、白水谷上流は火砕流堆積物、下流は泥流堆積物、中尾地区は火山泥流堆積物に分類できた(図-8)。中尾地区に到達した火山泥流は、400°C程度だと推定された。今後、この手法による火山堆積物の分類は、Hagard・Maffの作成に有用な手段となると考える。

また、火砕流の磁化の情報を、過去の地磁気の方位・強度の変動と比べることで、年代推定に

も利用できる。中尾火砕流の磁化について、Sakai & Hirooka(1986)等による過去の地磁気変動の研究と比較して、推定された中尾火砕流の年代(2000から2500年前)は、藤井他(1974)による $^{14}\text{C}$ 年代と符合した。この礫の磁化を利用する年代法は、挟まれる木片からの間接的な $^{14}\text{C}$ 年代とは異なり、火砕流そのものを使う直接的な年代法である利点がある。

図一八 含まれる礫岩の磁化特性からみた焼岳白水谷、および中尾地区の中尾火砕流起源の火山堆積物の分類。黒丸は磁化測定を試料採集地点。



焼岳は活動的な火山であり、最近、微小地震の活動も起きている(和田他、1990)が、火山活動の観測は、あまり行われていない。我々は、上述の調査と並行して焼岳の火山活動をモニターする為の地球物理学的な観測も開始している。今後、焼岳の各地域で火山堆積物の調査を行い、観測を継続して、焼岳における火山砂防に有用な情報を収集していく予定である。

白水谷の調査内容の一部は、建設省神通砂防工事事務所の依頼により行った(神通砂防報告書、1990)。関係の皆様へ感謝します。

#### 参考文献

- 1) 藤井昭二・沢田豊明・武沢 正: 焼岳火山の中尾火砕流堆積物とそれらの放射性炭素年代、第四紀研究第13巻、第1号、1974年、pp.1-5.
- 2) 芦田和男・沢田豊明: 山地流域における出水と土砂流出(18)、京大防災研究所年報、第32号 B-2、1989年、pp.471-486.
- 3) Sakai H. and K. Hirooka: Archaeointensity determinations from Western Japan, J. Geomag. Geoelectr., vol.38, 1323-1329, 1986.
- 4) 和田博夫・三雲健・小泉誠: 飛騨地方北部及び富山湾・能登半島周辺の最近の地震活動、京大防災研究所年報、第33号 B-1、1990年、pp.57-74.