

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 17 日現在

機関番号：13101

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24710200

研究課題名(和文)カルデラ湖決壊型・降雨型ラハールの堆積量と水理条件，河川回復過程の定性定量的解明

研究課題名(英文)Fluvial response to an eruption: geomorphology and sedimentology of caldera lake breakouts and rain-triggered lahars

研究代表者

片岡 香子 (Kataoka, Kyoko, S.)

新潟大学・災害・復興科学研究所・准教授

研究者番号：00378548

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：カルデラ火山周辺で起こるラハール(火山泥流)は、甚大な災害を及ぼす可能性が非常に高い現象である。本研究では、このカルデラ火山周辺に分布するラハール堆積物を、堆積学・地形学・古洪水水理学の視点および物理探査的手法(地中レーダ探査：Ground Penetrating Radar (GPR))により解析を行った。さまざまなラハール堆積物のGPR断面を検討した結果、1)これまで物質的に不利と考えられてきた火山砕屑物でもGPR断面を得ることができた、2)流量の大きな決壊洪水型ラハール堆積物と、降雨に由来するラハール堆積物はGPR断面でそれぞれ特徴を持ち、区別できること、が明らかとなった。

研究成果の概要(英文)：Lahars derived from caldera volcanoes tend to be large and hazardous. Sedimentary architectures, depositional patterns, and bedforms of the lahar deposits, therefore, are important to understand properties, processes and mechanisms of large-scale hazardous flows. The present study carried out a Ground Penetrating Radar (GPR) survey on lahar deposits with approaching from geomorphological and sedimentological analysis. The results shows that 1) the GPR survey successfully obtained GPR images even with the complicated grainsize distribution and component in the lahar deposits, and 2) volcanic breakout flood deposits caused by large water discharge and rain-triggered lahar deposits can be differentiated by patterns in GPR images.

研究分野：地質学

キーワード：ラハール 洪水 地中レーダ カルデラ ダム湖 火山泥流 火山防災 土砂災害

### 1. 研究開始当初の背景

噴火時または噴火後に、火山土砂が水によって流され山麓や下流域に二次的に運搬・堆積する現象を「ラハール(火山性の洪水・土石流・泥流の総称)」とよび、様々な流れの状態と発生要因を持つ。著者はこれまで、約240万年前から現在のラハール堆積物を扱い、主に「堆積学的視点」から大規模なラハール現象の復元を行ってきた。そこではカルデラ火山噴火後のラハールによる火山土砂の過剰供給が及ぼす周辺環境へのインパクトが示された。例えば、給源火山から数100km以遠の沖積平野域にも及ぶ大規模なラハールにより平野部が瞬時にして数mから数10m以上埋積した記録が地層中に存在することを見いだした(Kataoka and Nakajo, 2002; Kataoka, 2005; Kataoka et al., 2009)。また、比較的新しい時代のラハール堆積物について、福島県沼沢火山の5000年前の火砕流噴火による既存河川のせき止めと、ダム湖からの大規模な決壊洪水を証明し、その流量や流速を明らかにした(Kataoka et al., 2008)ほか、同様の手法を十和田カルデラや阿蘇カルデラにも応用し、カルデラ湖決壊洪水の存在を明らかにした(Kataoka, 2011)。

このようなラハール現象を過去の地層や地形から紐解くことは、火山災害の予測という視点からは重要である。しかしながら、比較的若い時代の堆積物(地層)の露出は、河川や段丘の発達もしくは採土場など人工的に開削された部分によるところが多く、その場所は限定的である。つまり、流れの状態を記録している堆積物の断面形態が広域にかつ連続的に観察できないため、これまでの研究では、広域に分布するラハール堆積物のごく一部の解釈に依存しながら、過去の洪水流量や土砂運搬・堆積量を復元しなければならなかった。

### 2. 研究の目的

とくにカルデラ火山周辺で起こるラハールは、より下流域にインパクトを与え、甚大な災害を及ぼす可能性が非常に高い現象である。本研究では、日本の代表的なカルデラ火山周辺に分布するラハール地形と堆積物を、堆積学・地形学・古洪水水理学の視点および物理探査的手法(地中レーダ探査: Ground Penetrating Radar (GPR))により解析することで、過去に発生したラハール堆積物の空間的分布や河川形状を明らかにすることで、イベント発生から河川回復までの過程を探る。そこから、総合的な火山土砂災害評価に必要な基礎的なデータを構築する行うことを目的とする。

### 3. 研究の方法

(1) 本研究では、これまで著者が行ってき

た、ラハール堆積物の地形解析や堆積相解析に加え、地中レーダ探査法(GPR: Ground Penetrating Radar)をラハール堆積物に適用する。実際露頭で肉眼視できる堆積物とGPR探査から得られる反射断面の比較を行う。探査を広域かつ連続的に行い、ラハール堆積物の地下での空間的分布やラハール堆積物のより細かな内部構造を明らかにする。

(2) 調査を対象としたのは、A)火山性湖決壊型ラハール堆積物とB)ラハール台地上に発達する(主として降雨型)ラハール堆積物(supra-ignimbrite lahar deposits)である。湖決壊型については、十和田カルデラ(1.5万年前)と沼沢カルデラ(5000年前)を対象とし、降雨型については、十和田と沼沢に加え、屈斜路カルデラ(3万年前)周辺のものを扱った。

(3) GPR探査機器はSensors & Software社製Pulse EKKO PRO(アンテナは、アンシールド型50MHz, 100MHzおよびシールド型250MHz)を用いて行った。CMP(common mid-point)法により地層中の波の伝播速度を求めた結果、地域ごとに差異があるものの、ラハール堆積物では0.05-0.08m/nsの値を得た。

### 4. 研究成果

(1) これまでGPR探査の火山性堆積物への応用は、河川堆積物や砂丘堆積物などと比べて進んでいなかった。これは火山性の堆積物が、磁鉄鉱・鉄酸化物の高い含有量や、細粒分を含んだ湿潤な火山灰質ローム層の被覆、堆積物中の極細粒火山灰の存在を伴うことがあり、GPR探査において不利な条件を持つとも言われ、電磁波の浸透深度や画像の質(ノイズ)に影響を与える可能性があると考えられていたからである。ラハール堆積物の上位に発達するローム層は波を減衰させる要因の一つと考えられるものの、50MHzや100MHzのアンテナを用いることで、本調査ではいずれの地域においても深度8から15mまでのGPR画像を得ることができた。

(2) 決壊洪水型ラハール堆積物のGPR画像からは、連続性の良い反射面が認められ、上に凸のマウンド状の形態(一部下に凸)も確認できた。このマウンド状の形態は高さが2-5mかつ波長150m以上を越えるもので、側方方向や下流方向へ傾くものだけでなく、上流方向に1-3°程度傾斜するものである。も明らかとなった。このような構造は、露頭において平行成層や極めて低角度の斜交層理として現れていたものと考えられる。また、ラハール堆積物に埋没した古い段丘地形を示唆するような反射面も認められた。GPR画像中では、深度5-8m以深にも放物線状(hyperbola)の反射面が認められた。この深さから、人工的な埋設物とは考えにくく、露頭でも観察された堆積物中の巨礫によるも

のと考えられる。

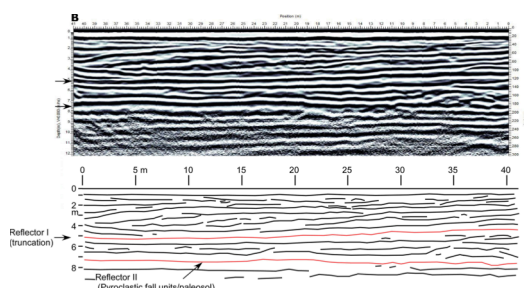


図1 決壊洪水型ラハール堆積物のGPR画像。連続性の良い反射面と低角度の層理や上に凸の形状を反映する反射面が特徴である（アンテナ100MHzを使用）。

(3) 降雨型ラハール堆積物のGPR断面での反射面は側方への連続性が悪い。反射面は短い波長、低角度・高角度で斜交する場合や、ダウンラップ・オンラップの形態を取り、下に凸のチャンネル状の形状が明瞭な場合もある。チャンネルは深さ数10cmから1m、幅が数m-10m程度のものである。このような特徴は、露頭での堆積相の記載とも一致する。ラハール堆積物には、トラフ型斜交層理やscour and fill構造が顕著に発達することから、ラハールイベントや網状流路内での火砕物の再堆積が起きたと解釈できる。また、アンテナ250MHzを用いた場合、チャンネルの形状や斜交層理のより細かい構造がGPR断面に現れた。

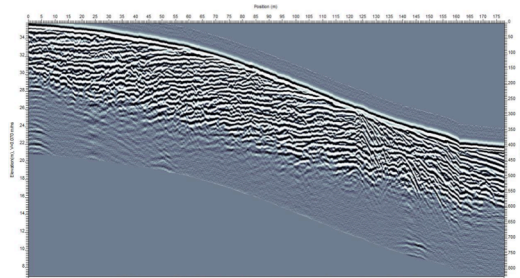


図2 降雨型ラハール堆積物のGPR画像。斜交層理（高角度・低角度）や下に凸の形状を反映する反射面が特徴である（アンテナ100MHzを使用）。

(4) いずれの地点においてもラハール堆積物の下位にある火砕流堆積物の深度には、GPR断面では明瞭な反射面が見られなかった。これは、より深くなり波の減衰によるものか、火砕流堆積物の塊状構造の特徴を反映する可能性が考えられる。

(5) このように、ラハール堆積物のGPR探査は、堆積物の分布や、チャンネルの形態、古流向解析にも使われる堆積構造の把握に、極

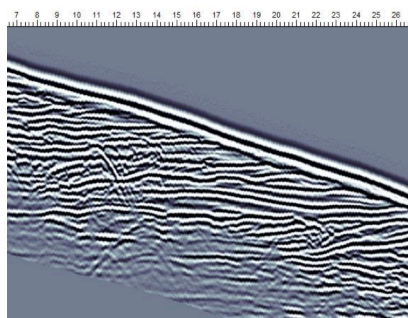


図3 アンテナ250MHzを用いたときのGPR画像（図2と同じ側線中）。

めて有用であることが示された。とくに、ピーク流量が毎秒数万 $m^3$ を越える巨大洪水による堆積構造と通常の降雨型ラハール（活動的な網状河川系での再堆積）の区別は、GPR画像から可能である。また、露頭では水平に堆積した地層と見える場合でも、GPR探査により側線を数100m以上設定することで、連続的に内部構造の変化が捉えられ、その結果、非常に緩く傾斜した構造を持つことが明らかとなった。

#### 5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計7件）

1. Kataoka, K.S., Urabe, A., and Nagahashi, Y. (2015) Millennial-scale reworking of tephra in alluvial to shallow marine settings: distinguishing pseudo-isochrons from genuine ones. *Quaternary International*, in press, DOI: 10.1016/j.quaint.2015.03.022. 査読付
2. 片岡香子・長橋良隆・小野映介(2015) 津軽平野岩木川下流域における複数起源のテフラの再堆積と混合. **第四紀研究**, 第54巻第1号, p.21-29. 査読付
3. 片岡香子・長橋良隆(2014) テフラ学(第6回): テフラ層の記載法. **第四紀研究**, 第53巻第6号, p.323-329. 査読付
4. 片岡香子・長橋良隆(2014) テフラ学(第3回): テフラの再堆積. **第四紀研究**, 第53巻第3号, p.175-183. 査読付
5. Tsukamoto, S., Kataoka, K.S. and Miyabuchi, Y. (2013) Luminescence dating of volcanogenic outburst flood

sediments from Aso volcano and tephric loess deposits, southwest Japan. *Geochronometria*, v. 40, p 294-303. 査読付

6. 片岡香子・ト部厚志 (2013) 地中レーダ探査による火山性扇状地と砂丘地内部の堆積構造の観察. *新潟大学災害・復興科学研究所年報*, 第2号, 85-86. 査読無
7. 片岡香子・ゴメス クリストファー (2012) 東北地方のカルデラ火山地域における地中レーダ探査. *新潟大学災害・復興科学研究所年報*, 第1号, 73-74. 査読無

[学会発表] (計9件)

1. 片岡香子 (2014) 火山性大規模洪水の堆積学と地形学：扇状地・段丘形成の別視点. 日本第四紀学会, 東京大学, 2014年9月6日-8日. 招待講演
2. 片岡香子・明野智一・長橋良隆 (2014) 肘折カルデラ周辺における火砕流・サージ・ラハール堆積物の地中レーダ探査. 日本堆積学会 2014年山口大会, 山口大学, 2014年3月15日-16日.
3. **Kataoka, K.S.** and Gomez, C. (2013) Ground Penetrating Radar (GPR) survey on volcanogenic outburst flood deposits, northeast Japan. IAVCEI Meeting. Kagoshima Prefectural Citizens Exchange Center, 2013年7月20日-24日.
4. 片岡香子・ト部厚志 (2013) テフラが示す「偽」同時期面：5ka 沼沢湖テフラの例. 日本地質学会第118年学術大会, 東北大学, 2013年9月14日-15日.
5. 片岡香子・ト部厚志 (2013) 福島県只見川流域における沼沢湖火砕流噴火後の火山砕屑物再堆積作用：作用・時間・堆積量・河川形状の変化. 日本地質学会第118年学術大会, 東北大学, 2013年9月14日-15日.
6. **Kataoka, K.S.** and Gomez, C. (2012) Large-scale internal structure in volcanogenic breakout flood deposits: Extensive GPR survey on volcanoclastic deposits. AGU Meeting. Moscone Center, San Francisco, 2012年12月3日-7日.
7. **Kataoka, K.S.** and Gomez, C. (2012)

Large-scale internal structures in pumiceous and bouldery deposits derived from gigantic volcanogenic breakout flood events. Experimental Stratigraphy Workshop. University of Texas, 2012年12月8日-13日.

8. 片岡香子・ゴメス クリストファー (2012) 火山性決壊洪水堆積物中に認められる大規模な内部構造：地中レーダ探査の火山砕屑物への応用. 日本地質学会第118年学術大会, 大阪府立大学, 2012年9月15日-16日.
9. 片岡香子・ト部厚志 (2012) 沼沢湖噴火の火砕流発生から降雨型ラハール, せき止め湖決壊洪水, 平野域での再堆積に至るまで：同一起源テフラ物質に由来する地層と地形の変容, その同時性と非同時性. 日本第四紀学会 2012年熊谷大会, 立正大学, 2012年8月21日-22日.

[図書] (計 件)

なし

[産業財産権]

○出願状況 (計 件)

なし

○取得状況 (計 件)

なし

[その他]

なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

片岡 香子 (KATAOKA, Kyoko S.)

新潟大学災害・復興科学研究所・准教授

研究者番号：00378548

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし