

令和 6 年 6 月 7 日現在

機関番号：13201

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2023

課題番号：19K03989

研究課題名（和文）岩石磁気から活火山が関連する温泉地の古代の熱史を探る - 北海道のマンガン土を対象に

研究課題名（英文）Rock magnetic studies in evaluating thermal history of hot springs in active volcanic areas: Case studies from Mn wad deposits in Hokkaido, Japan

研究代表者

川崎 一雄 (Kawasaki, Kazuo)

富山大学・学術研究部都市デザイン学系・准教授

研究者番号：60624806

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、北海道駒ヶ岳及び旭岳の麓から採取したマンガン土コア試料が池底面からの深さやコアの採取位置によらず主要な磁性鉱物が同一であることを示した。結果は、細菌作用により温泉水よりマンガン土の沈殿が開始して以降、温泉水の経路や火山の状態に顕著な変化がないと考えられる。また、カナダGrum鉱床の古地磁気・岩石磁気解析から、近傍の白亜紀Anvil深成岩体の貫入は鉱床の形成に関与しておらず、ジュラ紀の構造運動に伴う形成を明らかにした。鉱床と火山の関連性に対し古地磁気・岩石磁気の有効性を示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

一般的に火山活動の解明には、古文書や火山灰層・火山噴出物等の研究から火山噴火年代や噴火の様式を明らかにされる。一方、噴火を伴わない期間については、常時観測網が整備される以前の詳細な情報の取得は著しく困難である。本研究で得られた成果により、火山の状態の推定に温泉水から恒常的に沈殿する堆積物の岩石磁気特性解析が有効である新知見が得られ、火山学や資源地質学への新規手法としての展開が期待される。

研究成果の概要（英文）：This study shows that the major magnetic minerals in manganese wad sediments collected from the foot of either Komagatake and Asahidake volcanoes in Hokkaido are consistent regardless of depth from the pond bottom or locations of the core collection. The results indicate that there would have been no significant changes in volcanic conditions or the pathways of hot spring water since these manganese wads had precipitated from the hot springs by bacteria. Paleomagnetic and rock magnetic analyses of the Grum deposit in Canada indicate that the intrusion of the nearby Cretaceous Anvil batholith was not related to the formation of this deposit and that the ore genesis was associated with tectonic movements of the Jurassic age. These results show the effectiveness of paleomagnetism and rock magnetism in studying ore deposits, volcanism, and their relationships.

研究分野：古地磁気学・環境磁気学

キーワード：マンガン土 鉱床 温泉水 火山 環境磁気

## 様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

2003年に火山噴火予知連絡会が“概ね過去1万年以内に噴火した火山及び現在活発な噴気活動のある火山”を活火山と定義した。プレートの沈み込み帯に位置し火山大国である我が国には、現在110の活火山があり、そのうち47火山が“火山防災のために監視・観測体制の充実等が必要”な常時観測火山として監視・観測されている。噴火の前兆現象を捉える為に、地震計や傾斜計など様々な装置による観測がなされているが、噴火予測に必須な情報として、過去の火山活動の解明がある。

一般的に火山活動の解明には、古文書や火山灰層・火山噴出物等の研究から火山噴火年代や噴火の様式を明らかにする手法が使用される。一方、噴火を伴わない期間(火山静穏期)については、常時観測網が整備される以前の詳細な情報の取得は著しく困難である。本研究は、火山噴火ではなく通常期の火山に関連する現象 = 温泉に着目し、温泉水の状態の変遷を推定するために、温泉水から特異な環境下で沈殿するマンガン酸化物の活用を検討する。温泉水からのマンガンの沈殿として微生物活動による沈殿作用が知られており、対象となる微生物が活動可能な温泉水の条件(例えば  $\text{pH} < 10$ )を満たす場合、マンガン土の沈殿作用が生じる(針谷・包 1980)。したがって、一連のマンガン土の堆積期間と堆積環境の変遷を明らかにすることで温泉水の状態が推定できると考えられる。一方で、連続的に堆積したマンガン土を対象とした研究は、北海道の阿寒湯の滝マンガン土で報告されているテフラクロノロジーによる一例(Miura et al. 2004)にとどまり、マンガン土の堆積期間と堆積環境の変遷を求める新規の手法が必要である。

### 2. 研究の目的

本研究は、熱水/温泉水が火山活動に緊密に関係すること(木川田 2006)に着目し、恒常的に温泉水から微生物作用により沈殿する二酸化マンガン(マンガン土)を対象に調査を行い、マンガン土の堆積期間と堆積環境の変遷を古地磁気・岩石磁気分析から明らかにすることで、温泉水の環境変遷を推定し、火山静穏期における火山熱史研究へ発展させることを目的とする。

### 3. 研究の方法

本研究は(1)北海道駒ヶ岳麓の駒の湯温泉マンガン土と(2)大雪山(旭岳)麓の旭岳マンガン土を対象に試料採取を行い、主に岩石磁気分析からそれぞれの地点における堆積環境の変遷を推定した。また、火山と鉱床の関連性を検討するため(3)カナダ、ユーコン準州のAnvil深成岩体近傍に位置するGrum 鉱床を対象に古地磁気・岩石磁気分析を行い、Grum 鉱床の古地磁気年代と成因を検討した。

### 4. 研究成果

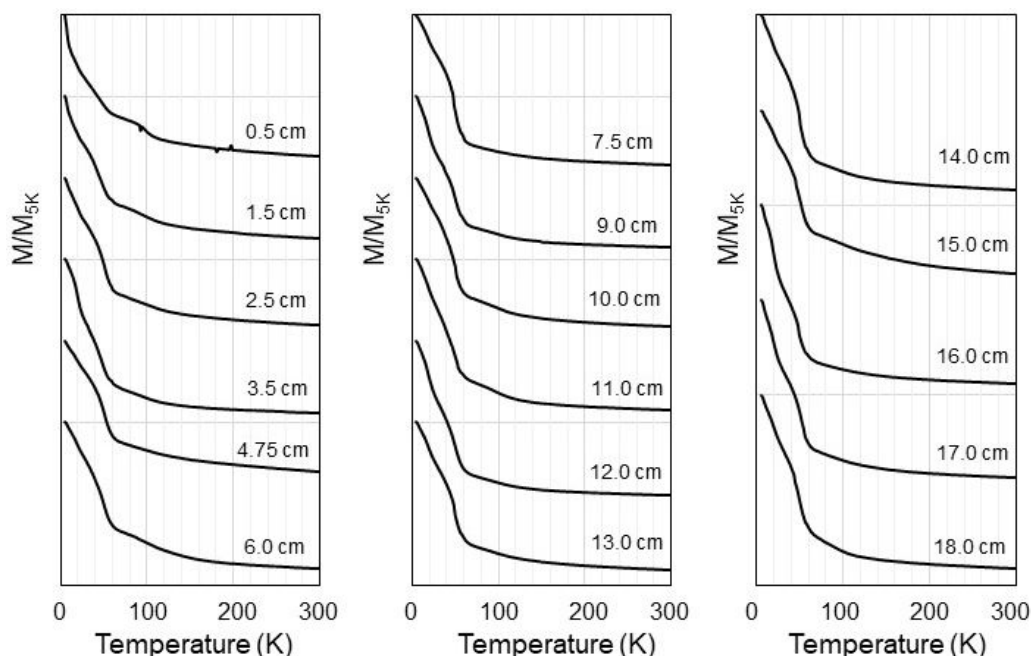


図1. 旧駒の湯温泉の代表的なコア試料の低温磁気分析の結果。グラフ内の数値は池底からの深度を示す。M: 等温残留磁化強度,  $M_{5K}$ : 5Kでの等温残留磁化強度

(1) 旧駒の湯温泉にて自噴する温泉水が形成する池より長さ約12-20 cmのマンガン土柱状試料(以下、コア試料)を採取した。測定には、採取コア試料を実験室にて1 cm厚で押し出した

後、凍結乾燥させた粉末試料を用いた。室温及び高温・低温下での各種の岩石磁気分析の結果、主要な磁性鉱物はすべてのコア試料において池底面からの深さによらずチタノマグネタイトと考えられ(図 1)、単磁区粒子と多磁区粒子の混合が示された。なお、低温磁気解析では一部表面酸化したマグネタイトもしくはマグヘマイトがコア上部にだけ認められた(図 1)。コア上～中部では深さとともに保磁力が低下する傾向が明らかとなり(図 2)、マグヘマイトの減少によるものと考えられる。コア上部は落ち葉などの有機物が豊富に認められており、これらの有機物による初期続成作用の影響でマグヘマイトの溶解が生じたと示唆される。なお、コア上部では飽和磁化強度が低い傾向が認められており(図 2)、コア上部の有機物による希釈効果が考えられる。初期続成作用による磁性鉱物の変化は認められたが、主要な磁性鉱物は深さやコアの採取位置によらず顕著な変化は認められない。近傍の北海道駒ヶ岳は 1942 年に中規模噴火(水蒸気噴火及びマグマ水蒸気噴火)、そして 1996 年及び 2000 年に小規模噴火(水蒸気噴火)が発生しており、いずれも火山灰の堆積等が報告されている(気象庁, 2013)。本研究で採取したコア試料内には火山灰層が視認できず、また初磁化率でも顕著に高い層は認められないことから、旧駒の湯温泉では、少なくとも 2000 年以降、温泉水の経路や火山の状態に顕著な変化がないことが示された。

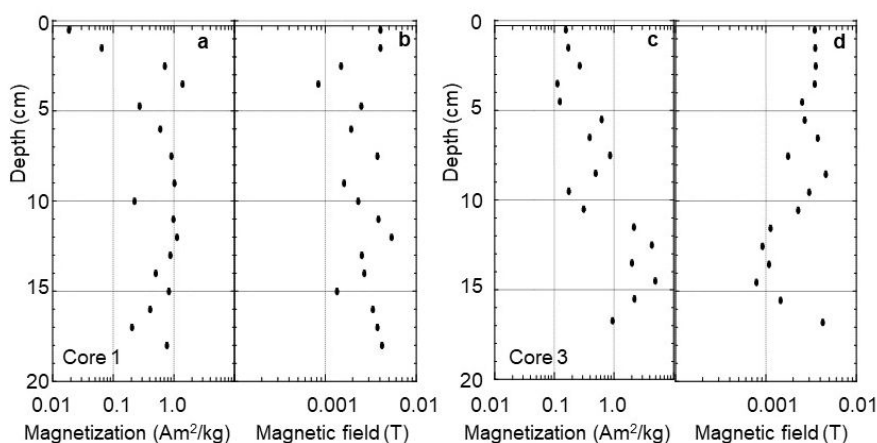


図 2. 旧駒の湯温泉コア試料の磁気特性の池底からの深度変化。(a) コア 1 の飽和磁化強度変化, (b) コア 1 の保磁力変化, (c) コア 3 の飽和磁化強度変化, (d) コア 3 の保磁力変化。

(2) 旭岳の麓を流れる勇駒別川沿いにて自噴する温泉水が形成する沼より長さ 15 cm 程度のマンガン土コア試料を採取した。測定には、採取コア試料を実験室にて 1 cm 厚で押し出した後、凍結乾燥させた粉末試料を用いた。室温及び高温・低温下での各種の岩石磁気分析の結果、主要な磁性鉱物は疑似単磁区のチタノマグネタイトとマグネタイトと考えられ、沼底面からの深さによる磁性鉱物の種類や粒径に顕著な変化は認められなかった(図 3)。一方、磁化強度は沼底面からの深さにより変化が認められた。磁化強度の変化は土色の变化傾向と類似しており、周囲土壌の混入割合による磁化強度の変化と考えられる。コアでは有機物は認められず、旧駒の湯温泉で認められた初期続成作用による磁性鉱物の溶解や変質は認められない。旧駒の湯温泉の結果と同様に、主要な磁性鉱物は深さやコアの採取位置によらず顕著な変化が認められないことから、旭岳温泉では、マンガン土が沈殿を開始して以降、温泉水の経路や火山の状態に顕著な変化がないことが示された。

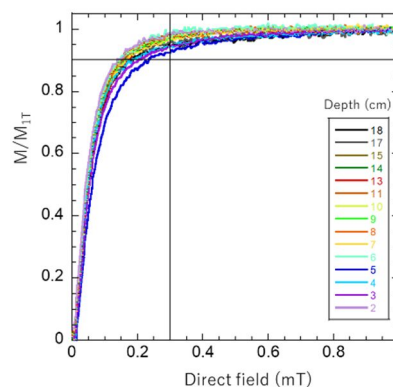
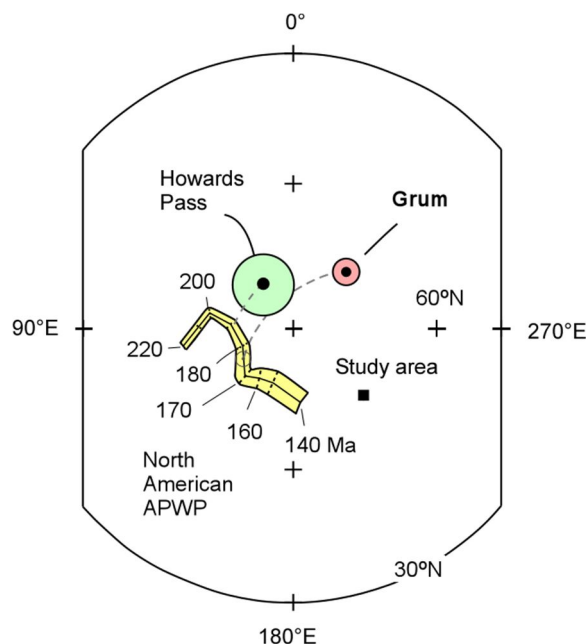


図 3. 旭岳湯温泉の代表的なコア試料の段階等温残留磁化獲得曲線。M: 等温残留磁化強度,  $M_{1T}$ : 1T での等温残留磁化強度。すべての深さで 0.3 T までに 9 割以上の残留磁化を獲得している。

旧駒の湯温泉及び旭岳温泉マンガン土の岩石磁気分析では、磁性鉱物の磁気特性から温泉水の環境変遷について推定でき、岩石磁気学的手法を用いた火山静穏期の推定研究において進展が期待される。一方で、採取試料は未固結状態であり安定な残留磁化成分が認められなかったことから、マンガン土のコア試料に対しての古地磁気法の有効性は不明瞭である。固結度の高い試料を対象にした古地磁気法と岩石磁気法を組み合わせた検討が今後の課題として残った。

(3) カナダ ユーコン準州の Selwyn 堆積盆内に位置する Grum 亜鉛・鉛 鉱床は Anvil District 内にある五つの主要な硫化物鉱床の一つであり、原生代後期からカンブリア紀の Mounta Mye 層とカンブリア紀から前記オルドビス紀の Vangorda 層の間に胚胎する SEDEX (sedimentary

exhalative)型鉱床である(Pigage 1990 等). 段階熱消磁と岩石磁気分析の結果, 試料内の主要な磁性鉱物は, 疑似単磁区~単磁区のピロタイトと示された. 段階熱消磁実験及び段階熱消磁と段階交流消磁を組み合わせたハイブリッド方式の段階消磁実験により安定な固有残留磁化成分を求めた. その結果は, ピロタイトとマグネタイトは同一の固有残留磁化成分を示しており, 試料の総平均磁化方位より求めた古地磁気極を北米大陸の古地磁気極移動曲線と対比したところ, 時計回りの回転と北方向の移動後, 約 176 Ma の古地磁気年代を得た. 得られた古地磁気年代は, 近傍の白亜紀中期の Anvil 深成岩体よりも優位に古いため, Grum 鉱床の成因として, Anvil 深成岩体の貫入は関係しないことを明らかにした. また, 得られた結果と既報の Howards Pass 鉱床群の古地磁気結果を統合すると, Intermontane Belt テレーンの北米大陸へのジュラ紀前記の衝突に関連すると考えられるジュラ紀前期の再帯磁現象が Selwyn 堆積盆全体に広がることを示唆された.



#### <引用文献>

- 針谷宥, 堤眞 (1980) 北海道駒の湯マンガニ土鉱床の地球化学. 鉱物学雑誌, 14, 188-194.
- 木川田喜一 (2006) 温泉の泉質変化と機構. 地下水技術, 48, 10p.
- 気象庁編 (2013) 日本活火山総覧 (第4版), 1500p.
- Miura, H., Wada, K., Katsui, Y. (2004) Tephrochronology and diagenesis of the manganese wad deposit at the Akan Yunotaki hot spring, Hokkaido, Japan. *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences*, 99, 368, 374.
- Pigage, L.C. (1990) Field guide Anvil Pb-Zn-Ag district, Yukon Territory, Canada. In *Mineral deposits of the northern Canadian Cordillera: International Association on the Genesis of Ore Deposits Symposium*. pp. 283-308.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Kawasaki Kazuo, Symons David T.A.	4. 巻 60
2. 論文標題 Paleomagnetism of the Grum Zn-Pb-Ag deposit, Selwyn Basin, Yukon, Canada	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Canadian Journal of Earth Sciences	6. 最初と最後の頁 52～61
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1139/cjes-2021-0114	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計7件（うち招待講演 0件/うち国際学会 3件）

1. 発表者名 川崎一雄, 石田翔稀
2. 発表標題 岩石磁気の手法を用いた北海道旭岳温泉マンガン土の予察的結果
3. 学会等名 資源地質学会第72回年会講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Kazuo Kawasaki, Yuya Takemura, Naoto Ishikawa
2. 発表標題 Rock magnetic properties of Manganese wad sediments: Case study of the Komanoyu hot springs, Hokkaido, Japan.
3. 学会等名 MedGU23（国際学会）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 川崎一雄, 佐々勇真, 竹村祐哉, 石川尚人
2. 発表標題 岩石磁気の手法を用いた北海道旧駒の湯温泉マンガン土の予察的結果
3. 学会等名 資源地質学会第71回年会講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kawasaki, K., Sassa, Y., Ishikawa, N.
2. 発表標題 Preliminary rock magnetic results of Manganese wad sediments at Komanoyu hot springs, Hokkaido, Japan.
3. 学会等名 AOGS2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 川崎 一雄, David T.A. Symons
2. 発表標題 カナダ, ユーコン準州, Grum Zn-Pb 鉱床の古地磁気年代
3. 学会等名 資源地質学会第70回年会講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 川崎 一雄, 小林 素直
2. 発表標題 Preliminary paleomagnetic results from the manganese wad deposit at the Sanbe hot springs, Shimane.
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kawasaki, K., Symons, D.T.A.
2. 発表標題 Paleomagnetic age dating of the Grum Zn-Pb-Ag deposit, Canada.
3. 学会等名 AOGS 16th Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担 者	酒井 英男  (Sakai Hideo)  (30134993)	富山大学・理学部・客員教授   (13201)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------