

令和 7 年 6 月 11 日現在

機関番号：82626

研究種目：若手研究

研究期間：2022～2024

課題番号：22K14107

研究課題名（和文）礫の残留磁化分析による東京低地地下河川成礫層の堆積年代決定

研究課題名（英文）Viscous remanent magnetization dating of the subsurface fluvial gravel beds

研究代表者

羽田 裕貴（Haneda, Yuki）

国立研究開発法人産業技術総合研究所・地質調査総合センター・研究員

研究者番号：50884029

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,500,000円

研究成果の概要（和文）：日本の平野地下に分布する河川成礫層は地層対比の鍵層として、活構造評価や堆積盆の発達復元史に用いられてきた。しかし、河川成礫層自体の堆積年代を決定することは非常に困難である。そこで本研究では、津波の発生履歴の推定などに用いられてきた礫の磁気分析手法を河川成礫層に適用し、その堆積年代決定手法を確立することを目的とする。東京低地から掘削されたボーリングコアに含まれる約2万年前に堆積した河川成礫層を分析対象とした。試料が保持する過去の地磁気シグナルである残留磁化の測定と含まれる磁性鉱物の評価の結果、約2万年前から4万年前の堆積年代値を得ることに成功した。今後は本手法の適用限界の評価が必要である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の大きな意義の一つは、本手法の最も適した試料が地下に埋没した河川成礫層であることを示した点である。これにより、本手法のパラメータが持つ不確実性を軽減することができる。そのため、地盤の活構造評価に用いられてきた平野地下の礫層を具体的な年代値に基づいて対比し、地下地質構造を詳細に復元されることが期待される。さらに、本手法はより細かい礫や砂サイズ粒子に含まれる磁性鉱物への適用も可能である。すなわち、礫層だけでなく、地下や海底の砂層の堆積年代制約用いることで、河川流路の発達、古気候変動、古地震編年などへの寄与が期待される。

研究成果の概要（英文）：Fluvial gravel deposits filling late Pleistocene incised valleys beneath coast planes are significant key marker beds to correlate strata laterally, reconstruct basin evolutions, and evaluate active tectonics in Japan. However, dating these fluvial gravel deposits is very difficult because of the lack of organic material, microfossils and tephra beds. In this study, we attempted to constrain the depositional age of lowstand fluvial gravel beds beneath the Tokyo Lowland, by a viscous remanent magnetization (VRM) dating approach. We measured remanent magnetization of gravels, which is a signal of the ancient geomagnetic field, and evaluated these rock-magnetic properties. The resultant depositional age of an igneous pebble is between 20,000 and 40,000 years ago, consistent with the age inferred from radiocarbon ages and the sedimentary model of the alluvium basal gravel bed. In the future, it is necessary to evaluate the limits of the VRM dating approach.

研究分野：古地磁気学

キーワード：河川成礫層 残留磁化 沖積層 年代測定

1. 研究開始当初の背景

日本の沿岸平野地下に分布する河川成礫層は、地層を側方に対比するための鍵層として、断層の活動評価や堆積盆の発達史復元に用いられてきた。しかし、河川成礫層の堆積年代は、「低海水準であった氷期に堆積した」と推定される程度である。これは、河川の営力によって堆積した礫層中に、堆積年代決定に有用な炭質物や花粉化石、火山灰層が含まれることが稀であることが原因である。

岩石に記録された残留磁化の分析は、過去の地磁気(古地磁気)変動を復元する目的で行われてきた。近年、直径数 m の巨礫に記録された二次磁化(粘性残留磁化)を分析することで、その巨礫を移動させた津波や洪水などの災害の発生年代が推定されている(図1; Sato et al., 2014; Muxworthy et al., 2017 など)。これは、粘性残留磁化の熱への安定性が時間経過とともに増加していく原理を利用した年代手法である。すなわち、礫が堆積してから獲得された粘性残留磁化は、その年代が古いほど実験室における消磁温度が高くなる(図2)。

残留磁化分析に礫サイズは関係ないため、この「粘性残留磁化年代法」を河川成礫層に含まれる直径数 cm の中礫・大礫に適用することで、その堆積年代を推定できる可能性がある。しかし、本手法が中礫・大礫に適用された例はない。

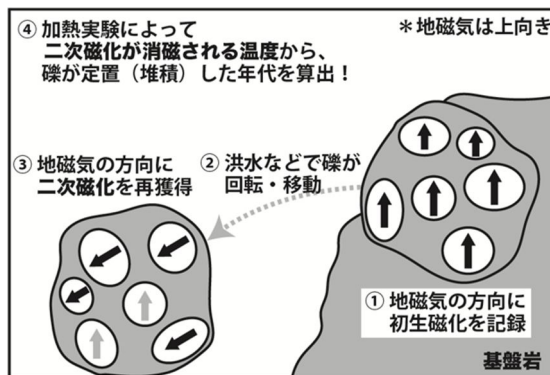


図1. 粘性残留磁化年代法の模式図

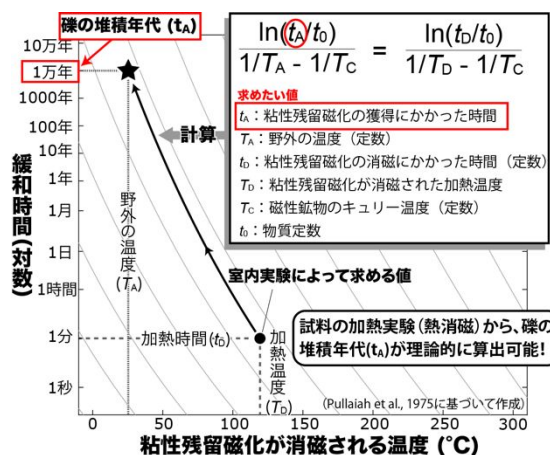


図2. 粘性残留磁化年代法の原理

2. 研究の目的

東京低地地下の河川成礫層は、いつの氷期に堆積したのかが明らかになっている(Tanabe et al., 2015 など)。しかし、その礫層がどのような時間経過を経て堆積したのかわかっていない。そこで本研究は、東京低地から掘削された複数のボーリングコア試料を用いて、以下の目的で行う。

- 河川成礫層を用いた粘性残留磁化年代法の確立
- 東京低地地下の過去 12 万年間の地層に挟まる河川成礫層の具体的な堆積年代の解明
- 同年代に堆積した河川成礫層の時空間分布の解明

3. 研究の方法

東京都葛飾区で掘削された GS-KNJ-1 コア(図3)の沖積基底礫層から数 cm 径の中礫を採取した。礫はおおよそ 1 cm x 1 cm x 5 mm に整形し、残留磁化分析用試片とした。試片が記録する粘性残留磁化の抽出と含まれる磁性鉱物の種類、磁区構造を推定するために、以下の磁気実験を行った。

- 段階熱消磁実験: 粘性残留磁化の抽出と消磁温度の決定。試片を 2~50°C 刻みで段階的に加熱した(夏原技研製電気炉 TDS-1: 産総研所有)。加熱時間は 300 秒である。また、各段階での加熱後に残留磁化(超伝導岩石磁力計 SRM760: 産総研所有)と帯磁率(AGICO 社製 KLY-4S Kappabridge 帯磁率計: 産総研所有)の測定を行った。
- 熱磁気実験: 試料中に含まれる磁性鉱物の推定。試料の加熱・冷却による誘導磁化曲線の変化から、試料のアンプロッキング温度、ブロック温度、変質温度をモニターする。高知

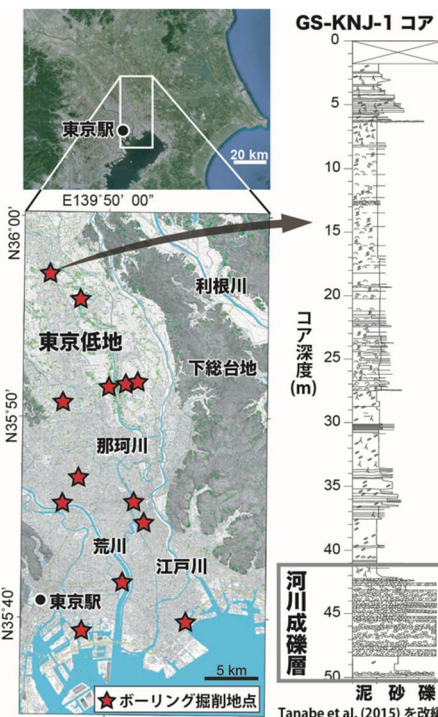


図3. GS-KNJ-1 コアの位置と層相

- 大学海洋コア国際研究所が所有する NMB-89 磁気天秤（夏原技研製）を使用した。
- FORC 分析：磁性鉱物の磁区構造（粒径）の推定。変化する外部磁場を試料に与え、保磁力および磁気相互作用分布を可視化する。国立研究開発法人産業技術総合研究所地質調査総合センター（産総研）が所有する振動型磁力計 8604（Lake Shore 社製）を用いた。
- 等温残留磁化の段階着磁実験：試料中に含まれる磁性鉱物の推定。試料に段階的に上昇する外部磁化を与え、試料の磁化強度を測定する。産総研が所有する振動型磁力計 8604（Lake Shore 社製）を用いた。
- 熱緩和実験：年代測定のための拡張指数関数パラメータの決定。試片に 100 mT の等温残留磁化を着磁した後、230 °C で加熱しながら磁化測定を行った。産総研が所有する振動型磁力計 8604（Lake Shore 社製）を用いた。

堆積年代の算出は Sato et al. (2016) に基づいた。なお、年代算出に必要なパラメータである試料周辺温度は宮越ほか（2006）が観測した東京低地地下温度を使用した。

#### 4. 研究成果

深度 61.5 m から採取した 1 つの火成岩礫から、230~232 °C で消磁される粘性残留磁化と考えられる磁化成分を検出した（図 4a）。熱磁気実験では、空气中加熱実験において 567 のアンプロッキング温度が検出された（図 4b）。等温残留磁化の段階着磁実験で得られた保磁力スペクトルは単一の磁性鉱物で説明することが可能である（図 4c）。また、FORC 分析で得られた FORC ダイアグラムは保磁力 ( $B_c$ ) が 0 における磁気相互作用 ( $B_u$ ) の軸に対して広がる分布が得られた（図 4d）。以上から、深度 61.5 m の火成岩礫には多磁区~ヴォルテックス・サイズのチタンに乏しいチタン磁鉄鉱が含まれると考えられる。

得られた消磁温度、拡張指数関数パラメータ（図 4e）および深度 60 m の観測温度から、22,600 年前~39,700 年前の年代値が算出された。これは堆積モデルや放射性炭素年代から推定される沖積層基底礫層の堆積年代と矛盾しない。また、同じ礫から切り出した姉妹試片を用いて、加熱時間を 600 秒、1200 秒、1800 秒と変化した段階熱消磁実験を行なった。その結果、600 秒の加熱時間では粘性残留磁化は 218~220 で消磁され、算出された堆積年代は 20,700 年前~35,400 年前である。これは、加熱時間 300 秒の実験とよく一致する。一方、加熱時間 1200 秒と 1800 秒の実験では、粘性残留磁化は 218~220 で消磁され、それぞれ 117,600 年前~204,800 年前と 325,300 年前~571,600 年前とかなり古い堆積年代が算出された。これは加熱時間の延長による磁性鉱物の熱変質が原因として考えられる。

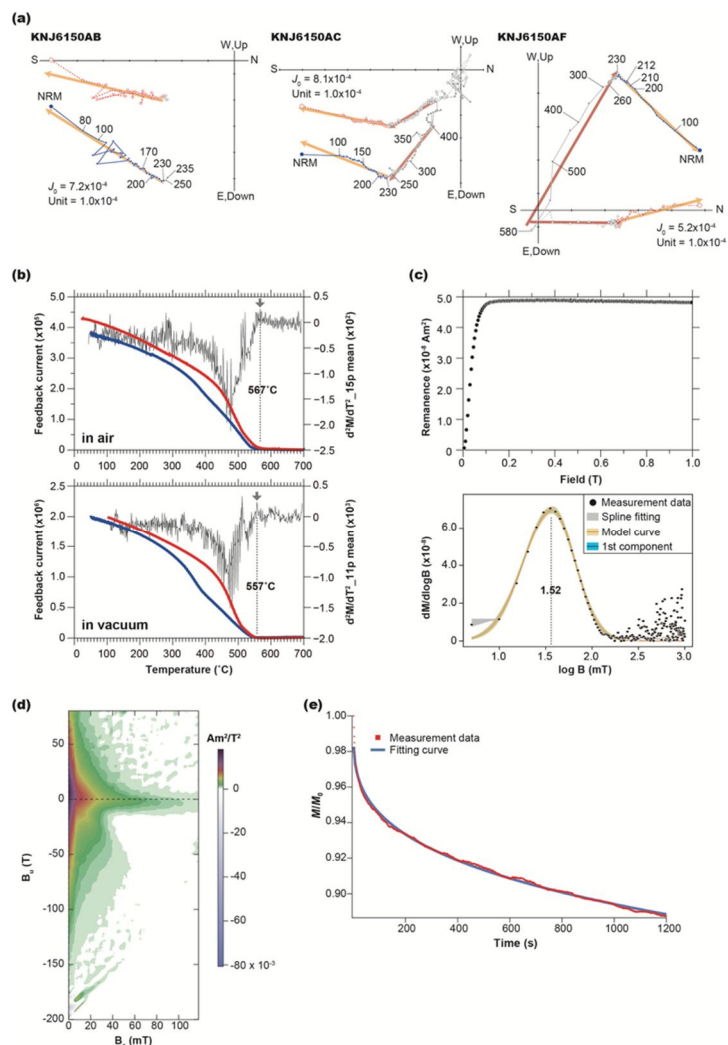


図 4. 深度 61.5 m の火成岩礫の分析結果

#### < 引用文献 >

- 宮越昭暢・林 武司・丸井敦尚・佐倉保夫・川島眞一・川合将文, 2006, 地下温度からみた東京低地における地下水環境変化の評価. 応用地質, 47, 169-279.
- Muxworthy, A. R., Williams, J. and Heslop, D., 2017, Testing the use of viscous remanent magnetization to date flood events. *Fronti. Earth Sci.*, 3, 1-9.
- Sato, T., Nakamura, N., Goto, K., Kumagai, Y., Nagahama, H. and Minoura, K., 2014, Paleomagnetism reveals the emplacement age of tsunamigenic coral boulders on Ishigaki Island, Japan. *Geology*, 42 (7), 603-606.

- Sato, T., Nakamura, N., Nagahama, H. and Minoura, K., 2016, Stretched exponential relaxation of viscous remanence and magnetic dating of erratic boulders. *J. Geophys. Res. Solid Earth*, **121**, 7707–7715.
- Tanabe, S., Nakanishi, T., Ishihara, Y. and Nakashima, R., 2015, Millennial-scale stratigraphy of a tide-dominated incised valley during the last 14 kyr: Spatial and quantitative reconstruction in the Tokyo Lowland, central Japan. *Sedimentology*, **62**, 1837–1872.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 羽田裕貴・田邊 晋・小田啓邦
2. 発表標題 Preliminary result of viscous remanent magnetization dating for the late Pleistocene fluvial pebbles beneath the Tokyo Lowland, Japan
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2023年大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Haneda, Y., Tanabe, S., Oda, H.
2. 発表標題 Viscous remanent magnetization dating of the subsurface late Pleistocene fluvial gravel beds beneath the Tokyo Lowland, Japan
3. 学会等名 XXI INQUA Congress (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Haneda, Y., Tanabe, S., Oda, H.
2. 発表標題 Viscous remanent magnetization dating of the subsurface late Pleistocene fluvial gravel beds beneath the Tokyo Lowland, central Japan
3. 学会等名 AGU24 Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 羽田裕貴・田邊 晋・小田啓邦
2. 発表標題 残留磁化分析による東京低地における沖積基底礫層の堆積年代決定
3. 学会等名 日本地質学会第130回学術大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 羽田裕貴・田邊 晋・小田啓邦
2. 発表標題 東京低地における沖積基底礫層の粘性残留磁化年代
3. 学会等名 2024年度第10回地球環境史学会年会
4. 発表年 2024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

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