

新潟大学災害・復興科学研究所  
共同研究報告書

北陸地域の古環境・災害イベントを堆積物の磁性から探る研究

研究代表者氏名 酒井英男 1)  
研究分担者氏名 卜部厚志 2), 落合伸也 3)

1) 富山大学 2) 新潟大学 3) 金沢大学

研究要旨

堆積物の磁性研究では,残留磁化は地磁気の記録として年代推定等に役立っている.また帯磁率を用いる古環境研究も行われているが,結果が曖昧になる場合もある.今回,堆積物の磁性による古環境研究を新たな視点で試みた.佐渡市・加茂湖の縞状堆積物の研究では,帯磁率で不明瞭だった縞の周期性が,人工磁化の研究により検討できた.4000年前から2000年前の堆積物に,20-30年の周期変化が認められた.また石川県七尾湾では,熊木川から流入する洪水性堆積物を河口付近で得られたボーリングコアで研究した結果,人工磁化が土砂流出イベントの調査に有用と判明した.

研究目的

堆積物の物性には古環境の情報が残っており,その一つに磁性がある.残留磁化は,過去の地磁気の記録となり,堆積物の年代推定の研究に役立ってきた.また,帯磁率を利用した古環境の変遷の研究も行われている.ただ帯磁率による研究では,結果の解釈が容易でなく,曖昧になる場合も少なくないとわかってきた.

本研究では,堆積物の磁性による古環境の研究を新たな視点で試みた.試料として,新潟県佐渡市の加茂湖と石川県七尾湾から採取されたコア堆積物を用いた.

研究方法

帯磁率は磁化し易さの指標であり,物質に磁場(H)を加えた時に誘導される磁化(M)との割合で定義される.

$$M = \chi H \quad \chi: \text{帯磁率}, H: \text{磁場}, M: \text{誘導磁化}$$

物質には強磁性と弱磁性(常磁性,反磁性)があり,帯磁率は,強磁性・弱磁性で大きく異なる(>100倍).反磁性物質は磁場と反対方向に誘導磁化を生じ,負の帯磁率を示す.また誘導磁化は殆どの物質では磁場を除くと消えるが,強磁性物質では磁場を無くしても残る(残留磁化).我々は堆積物の帯

磁率研究を南極海やバikal湖等で行い,古環境調査での有用性を示してきた(Sakai et al.,1990,等).

帯磁率は磁性物質の簡便な調査法で便利だが,負もあり留意が必要である.例として青銅の研究を紹介する(酒井他,2019).青銅は帯磁率では反磁性だが,磁化では強磁性との不思議な磁性を有する.残留磁化は磁場の無い空間で研究するので誘導磁化は生じず,強磁性物質(残留磁化)だけ測定できる.そして残留磁化は青銅の年代・製法の研究に役立つ(青銅鏡等,考古学でも重要).

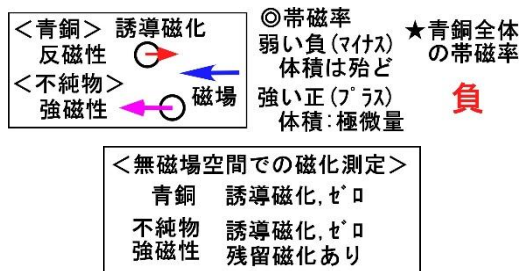


図1.

自然界の土壌・岩石には,強磁性,常磁性,反磁性の物質が含まれる.帯磁率測定が有効でない場合(誤った解釈の可能性)もあり,その改善として人工磁化の利用が有効とわかった.以下では,佐渡市加茂湖の堆積物(縞状堆積物)と能登半島七尾湾の堆積物(洪水性堆積物)での研究を述べる.

## 研究結果

### 1. 佐渡市加茂湖の堆積物(縞状堆積物)

日本海側の津波堆積物研究プロジェクトで加茂湖からボーリングコアが採取され、津波等による多くのイベント堆積物が見つまっている(ト部,2014)。堆積物にはまた明瞭な年縞も認められた。

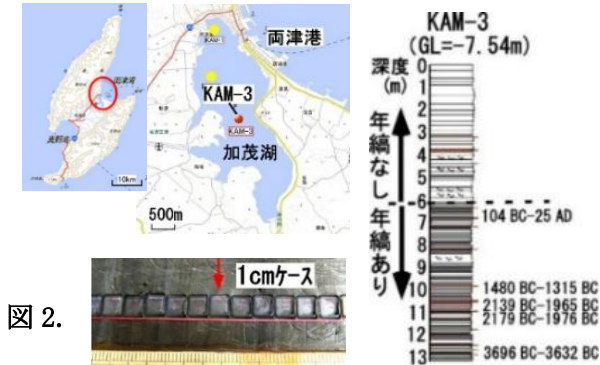


図 2.

図 2 右図は、湖の中心付近で掘削された KAM-3 コアの 13m 迄の柱状図である。深度 7m より下部に明瞭な年縞があった。年縞の研究を 7-13m の範囲で行った。堆積年代は C14 年代から約 4000-2000 年前と得られていた。試料は 1cm 毎にケースで採取した(1 ケースは年縞数枚に相当する)。

#### (1) 帯磁率と人工磁化の測定

帯磁率は深度 9m より上部は測定できたが、下部は非常に弱く信用できるデータは得られなかった(図 3 上図)。一方、人工磁化では全範囲で十分な精度のデータが得られた(図 3 下図)。細かい強弱変化があり、周期性が認められた。帯磁率では、反磁性物質の多い箇所では強磁性を打ち消す等で不明瞭になったと考えられる。

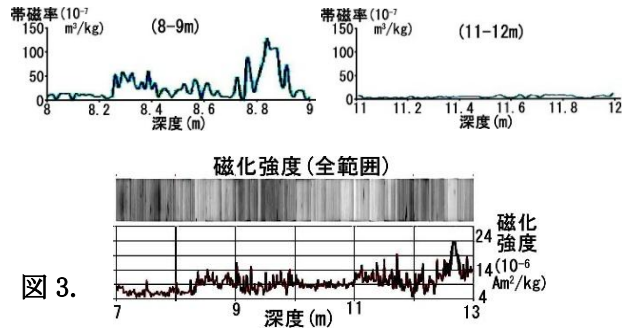


図 3.

#### (2) 磁化強度の周波数解析

人工磁化の強度について FFT(日野,1989)の解析を行った(年代は、C14 年代を参考に換算して用いた)。コア 1m 毎の解析では、20-30 年の卓越周期と

その高次周期が認められ、コア全体(7-13m)でも同様の周期が存在した(図 4)。この周期変化の原因には、磁性物質の種類と量の変動が考えられる。

交流消磁と磁化の温度特性では、磁化の強弱の領域での違いはなかった。その為、磁化強度の周期性は、湖に運ばれた磁性物質の量の変化を反映していると考えられる。20-30 年周期の原因は今後の課題であるが、北極振動(AO)や北太平洋十年周期振動(PDO)との関係も推定される。

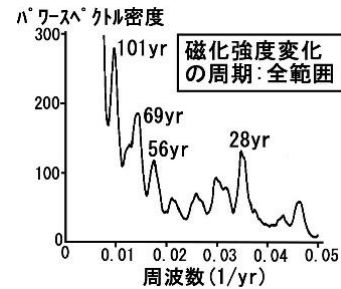


図 4.

### 2. 能登半島七尾湾の堆積物(洪水性堆積物)

七尾湾西湾には、熊木川からの土砂が入り込んでいる。熊木川の河口から約 500m 地点で堆積物のコアを採取して研究した。熊木川では度々、氾濫が発生している。



掘削されたコア堆積物では、Pb210 同位体法により、年代と土砂流出イベントが求められた(Ochiai et al., 2022)。図 5 右端のグラフは Pb210 濃度の変化であり、それより推定されたイベント層とその年代を图中に示している。1980 年代からの約 40 年間に 4 回のイベント層が確認された。

図 5 の左側には、堆積物の中央粒径と磁化データ(帯磁率、人工磁化、MDF)の深度変化を載せている。MDF は、交流消磁で人工磁化の強度が半減する磁場である。各データはイベント層と関連がある様で、イベントの指標になると考えられる。

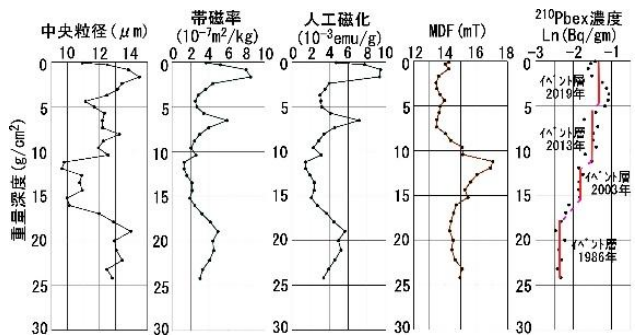


図 5.

図6の右図では、 $Pb210$ 濃度と年代から求められたイベント層を、熊木川の水害記録と対比した。

各イベント層は、水害記録と良く対応した。熊木川の流域で発生した大きな洪水による土砂が七尾西湾のコア掘削点に短期間で流れ込んだことを示している。

ただ2000年頃のイベント層(深度10-15cm)には対応付けられる大きな水害は起きていない。この範囲では、MDFが顕著に変わっており、磁性物質の種類の変化を示している。10-15cm(2000年頃)では、堆積物の供給源が変わった可能性もあり、イベント層への水害以外の影響も考えられる。

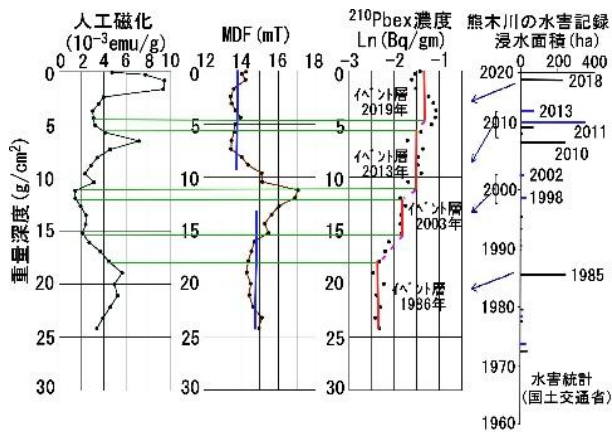


図6.

人工磁化と帯磁率の変化(図5)を比べると、似ているものの大きさの変化に違いがある。磁化は強磁性だけが対象なのに対し、帯磁率は弱磁性(負)の影響も加わり曖昧になる。図3の加茂湖の堆積物では、人工磁化は有意な結果を示したが、帯磁率では測定不能な範囲が多くあった。帯磁率の研究は、対象に常磁性、反磁性の物質が多い場合は、定量的な議論はできず、またコア間の対比研究も難しいと考えられる。

堆積環境や土砂流出イベントの研究では、磁性からのアプローチとして人工磁化とそのMDFの研究が有効である。例えば、MDFが変化しないのに磁化強度が変わる範囲では、磁性物質は同じだが量の変化があったとわかり、磁化強度から土砂供給量の変化が読み取れる。一方、MDFも大きく変化している範囲では、供給量と共に物質も変わっており、供給源の変化を示していると解釈できる。

今後、七尾西湾の本研究と同じ地点で地震後に採取された堆積物コアの研究を行う予定である。本稿の研究結果との対比も重要な課題になる。

## まとめ

堆積物の磁性による古環境の研究を行った。佐渡市・加茂湖の縞状堆積物の研究では、帯磁率測定で不明瞭だった縞の周期性が、人工磁化により検討できた。4000年前-2000年前の期間の堆積物に、20-30年の周期変化が認められた。

石川県七尾湾では、熊木川から流入する洪水性堆積物を河口付近で掘削された堆積物コアで研究した。 $Pb210$ 同位体の研究と共に、人工磁化が土砂流出イベントの研究に有用と判明した。

## 参考文献

- Kashiwaya, K., S. Ochiai, H. Sakai and T. Kawai (2001): Nature, 410.
- Ochiai et al., (2022): Radiation Protection Dosimetry, 198.
- Sakai, H. et al. (1990): Proc. NIPR Symposium on Antarctic Geosciences, 4.
- Sakai, H. et al. (1998): Polar Geosciences, 11.
- Sakai, H., V. Kravchinsky, et al. (2001): Russian Geology and Geophysics, 42.
- 酒井他(2023):青銅の残留磁化の研究, 情報考古学, 28.
- ト部(2014): 調査研究報告書, 佐渡の自然史第2号.
- 山元, 桑井, 酒井(2023):コア中での強磁性不純物の残留磁化: 重力波観測のための高性能鏡の磁性研究, 物理学会北陸支部.