

地磁気逆転現象が気候・生態系に対して与えた影響の検証



研究代表者	茨城大学・基礎自然科学野・教授 岡田 誠 (おかだ まこと)	研究者番号：00250978
研究課題情報	課題番号：24H00016 キーワード：地磁気逆転、古地磁気、古気候、有機分子化石、化石DNA	研究期間：2024年度～2028年度

なぜこの研究を行おうと思ったのか (研究の背景・目的)

● 研究の全体像

地磁気逆転現象が初めて報告されてから1世紀が過ぎたが、我々はいまだ磁場逆転の正確な発生年代やその継続期間、地表環境に対する影響について明確な答えを持っていない。この原因は、信頼できる年代尺度を持った高時間解像度の磁場逆転記録が極めて少ないことや、逆転時の生物相や気候など環境の変動に関する情報が殆ど得られていないためである。

本研究では堆積速度が速く、安定した過去の地磁気シグナルを記録し、当時の気候や生物の情報が化石として良く保存された地層を調査・分析することで、異なる年代、異なる環境において起こった複数の地磁気逆転の様子を超高時間解像度で復元する。具体的には、

- (1) 地磁気逆転に伴う磁場方向および強度の変化を求め、
- (2) 酸素同位体記録およびテフラ層の放射年代から地磁気逆転のタイミング・継続期間を明らかにし、
- (3) 微小化石・有機分子化石・化石DNA解析にもつぎ地磁気逆転が気候および生態系に与えた影響を検証する。

【本研究の学術的背景】

地磁気は、生命にとって有害な銀河宇宙線や太陽風に対する防壁となり、さらに有害な紫外線を防ぐオゾン層を維持する役割を担っている。そのため、地磁気の変化は地球上の生命活動維持のために必須である。ところが地磁気は大きく変動しており、特に地磁気極性の逆転時には、その強度が1/10程度まで減少し、その状態が数千年間以上継続したことがわかってきた。しかし、地磁気逆転が生命に与えた影響については、何も分かっていないのが現状である。一方、逆転に伴い地磁気が弱くなると地球に到達する銀河宇宙線強度が大きくなる。その時、大気のイオン化が進むことで、対流圏下層で雲が出来やすくなるという説(スベンスマルク効果)がある。

申請者らによる「チバニアン」提案で用いられた房総の地層を対象とした研究では、深海底堆積物である千葉複合セクションから、約77.3万年前に起こった松山-ブルン(M-B)地磁気逆転境界における詳細な地磁気変動記録と同時に、海洋プランクトン(浮遊性有孔虫)化石の酸素同位体にもつぎ古気候変動記録が得られている(図1)。

ここでは、温暖な間氷期の期間中に複数の寒冷化イベント(図中青矢印)が見られ、うち1つは逆転のタイミングと一致することがわかった。しかし、偶然の可能性も考慮すれば、M-B境界のみを対象とした分析で、両者の因果関係を決定づけることはできない。そこで、複数の地磁気逆転のタイミングで両者の関係を精査することで、寒冷化現象と地磁気逆転の因果関係を検証する必要がある。

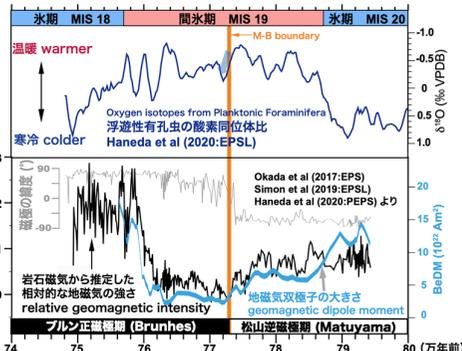


図1 千葉複合セクションにおける松山-ブルン(M-B)地磁気逆転と古気候変動



【本研究の目的および学術的独自性と創造性】

本研究では、房総半島に分布する海底堆積物の古地磁気・各種生物化石・年代の解析を極めて高い時間分解能で実施し、同一試料から地磁気逆転記録と古気候・古生態記録を並行して取得する。さらに、チバニアン提案チームメンバーの力を結集した上、有機分子化石を用いた定量的環境復元手法および、化石DNAを抽出し、地磁気の弱体化が生態系に与えた影響を評価するという世界初の試みを実施する。これらを用いることで、従来の微小化石研究のみでは難しかった海水温度や気温の定量的な算出や、紫外線強度変化などの復元が可能である。

化石DNAの解析は挑戦的であるが、我々はずすでに地層が地表に露出する部分(露頭)から採取した試料の予察的な分析に成功している(図2)。露頭試料では、化石DNAの分解や、地表の現生生物由来するDNAの混入などがあり、古生態系の復元に成功した例は殆どない。そこで本研究では後述するように、一部の逆転境界についてボーリング掘削を行うことで地下深部の堆積物を採取し汚染の低減を図る。

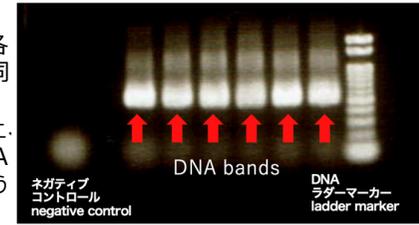


図2 上総層群泥岩試料におけるゲル電気泳動結果

この研究によって何をどこまで明らかにしようとしているのか

＜対象とする磁場逆転境界＞

申請者らは、これまでの調査で、房総半島の地層からチバニアン提案で用いたM-B境界の他に、5つの逆転境界の詳細な磁場変動を復元した。さらにガウス-松山境界の掘削コア試料の解析が進行中である(図3、4参照)。本研究では、これらの逆転境界を含め、以下の地磁気逆転境界を対象として磁場変動・古環境復元を行う。

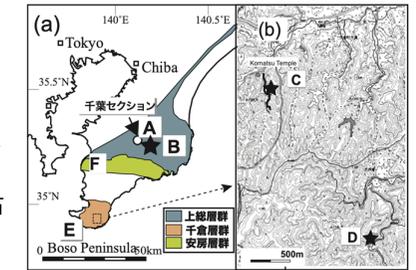


図3 房総半島におけるボーリング予定地点(A,B)および露頭サンプリングルート(C,D,E,F)

＜露頭調査および試料採取＞

地点AにおいてM-B境界を、地点Bにおいてハラミロ正極磁帯下限境界を対象として定方位掘削を行う。本コアを含め本研究で掘削予定の試料は全て高知大学海洋コア国際研究所(共用システム利用申請予定)で各種非破壊計測を実施した後に各種測定用試料採取を行う。同時に地点C、D、E、F付近の地表露頭において、逆転境界付近の層準で試料採取を行う。

＜試料処理・各種測定＞

- ・有機分子化石分析
- ・化石DNA分析
- ・テフラ層の年代測定
- ・地磁気逆転記録の復元
- ・¹⁰Be測定の実施
- ・有孔虫試料の抽出作業
- ・有孔虫試料の酸素同位体測定

＜地磁気逆転の気候・生態系への影響の有無の検証＞

海洋酸素同位体比変動として検出される氷期-間氷期変動(大陸氷河の総量変化を伴うグローバルな気候変動)は、地球の公転軌道の形状や地軸の傾斜角などから決定される地球表面が受け取る太陽放射量によって制御されており、地磁気の変化とは関係がない。この氷期-間氷期変動を精密にモニタリングすることで、微小化石や有機分子化石・化石DNAなどから示される気候や生物相のシグナルから氷期-間氷期変動の影響を排除する。その上で、気候・生物相の変化と地磁気強度変化の関連性を、複数の磁場逆転のタイミングで捉えることで、地磁気逆転によるスベンスマルク効果や生物相に対する影響の有無を検証する。

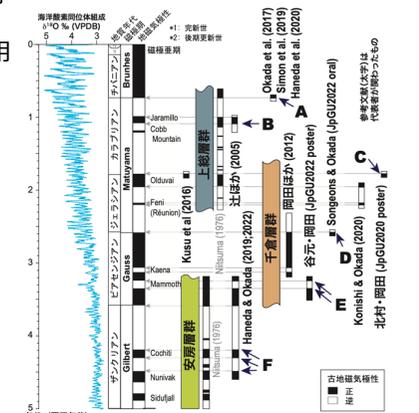


図4 対象とする地磁気逆転の年代位置

