

チバニアン候補地見学と養老溪谷ハイキング

西田 進

1. はじめに

2017 年 12 月 3 日、NPO 法人・山の自然学クラブ、日本山岳会・山の自然学研究会と、その友人・家族の計 18 名でチバニアン候補地を見学し、その後、近くの養老溪谷をハイキングした。

46 億年といわれる地球の歴史は、115 の地質時代に分けられている。地質時代区分を標準化するため、それぞれの地質時代境界について地球上で最も観察・研究をする上で優れた地層 1 カ所を、国際地質科学連合（International Union of Geological Sciences、IUGS）は、国際標準模式地（Global Boundary Stratotype Section and Point、GSSP）と認定している。千葉県市原市にある地層「千葉セクション」は、前期－中期更新世境界の GSSP として申請中である。審査の結果、千葉セクションが GSSP として登録されれば、中期更新世の地質時代が「チバニアン」という名称になる。ここでは千葉セクションのことを「チバニアン候補地」と呼ぶことにする。

2. チバニアン候補地の見学

チバニアン候補地は、東京駅から JR 総武線・内房線で五井へ、五井から小湊鉄道で月崎まで行き、そこから徒歩で 2.5 km のところの養老溪谷の右岸にある。



図 1. チバニアン候補地の所在地⁽¹⁾



図2．チバニアン候補地付近の地形図（国土地理院地図より）

現地の露頭には、緑、黄、赤の三色の杭が打たれている。地層の残留磁気を調べるためのサンプルを取った跡である。

緑は現在と同じ磁場の地層

黄は磁場がふらふらしていた時代の地層

赤は逆転していた時代の地層

矢印は白尾凝灰岩層（古御岳火山の火山灰）である。白尾凝灰岩の中に含まれるジルコン粒の年代をU/Pb法により測定した結果77.27万年前であった。地磁気逆転の場所は白尾凝灰岩よりもの0.8m上にあるので、その間の堆積速度を考慮して地磁気逆転の年代は77.02万年前と推定された。この値は従来の定説よりも約1万年遅いという。⁽¹⁾

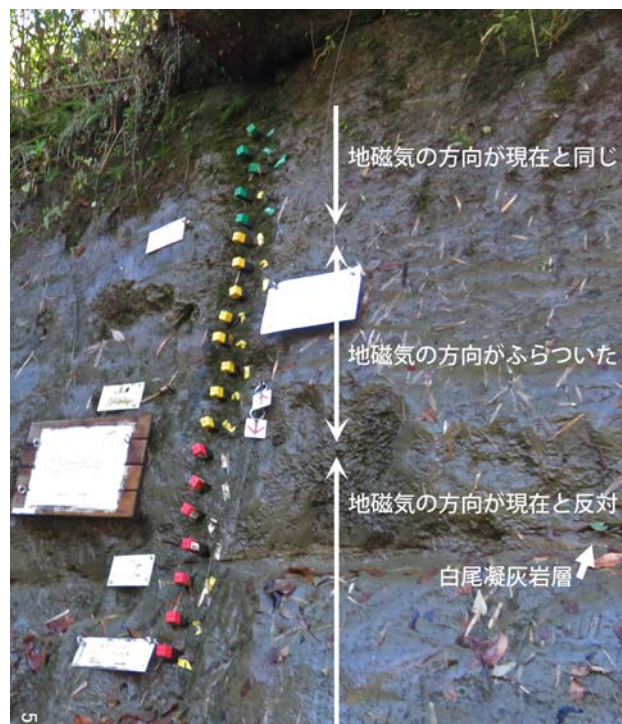


図3．チバニアン候補地の露頭

我々はこれらの地層に触れて観察し、露頭の前で全員で集合写真を撮った。



図4．露頭の前で集合写真

3. 地磁気と地磁気逆転

その後、現地で、「地磁気と地磁気逆転」について勉強した。下記はその時使った資料である。

3. 1 地磁気とは何か。

地磁気とは地球が有する磁気（地球磁場ともいう）のことである。磁針は地球上で北を指すことが古くから知られている。この理由は、磁針の赤く塗られた側にはN極があり、地球の北極付近にあるS極に引かれるからである。

図5は、地球外部における地磁気の様子を示す。この地磁気は、地球の中心に**磁気双極子**がある場合の磁場に似ている。ここで磁気双極子とは、磁極（N極とS極）が接近して存在する場合を理想化したものである。

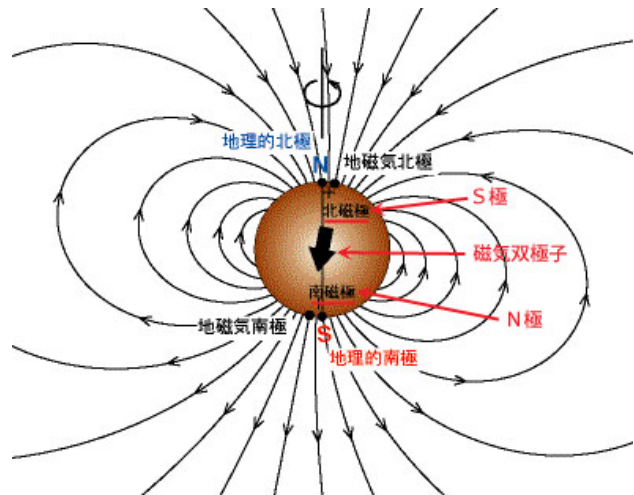


図5. 地球外部での地磁気の様子

3. 2 地磁気を作る磁気圏⁽²⁾

上に述べたように地磁気は磁気双極子を作る磁場に似ているが、宇宙空間では太陽風（高速のプラズマの流れ）により図6のように変形する。地磁気は地球が太陽風に

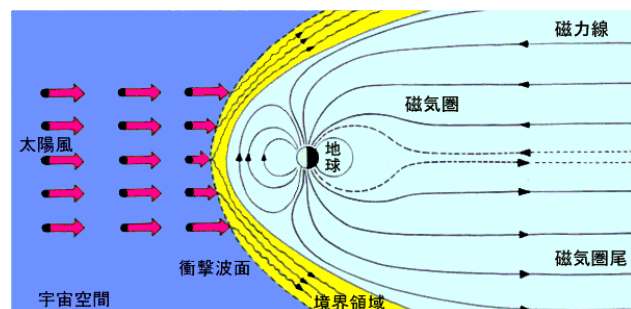


図6. 地磁気を作る磁気圏の形と構造⁽¹⁾

晒されるのを防いでいる。太陽風のプラズマが何らかのきっかけで磁力線にそって加速し、地球大気へ高速で降下することがある。大気中の粒子と衝突すると、大気粒子が一旦励起状態になり、それが元の状態に戻るときに発光する。これがオーロラである。

3. 3 地磁気発生メカニズム（ダイナモ理論）⁽²⁾⁽³⁾

地球に磁気双極子があるからと言って、地球内部に永久磁石があるわけではない。地球内部は4000℃以上の高温のため永久磁石にはならない。（キュリー夫人の夫ピエール・キュリーは、キュリー温度以上では永久磁石にならないことを発見した）したがって、地球磁場は永久磁石ではなく電磁石であると考えなければならない。では、なぜ地球に電磁石が出来るのかは、まだよく分っていない。現在最も信じられているメカニズムは**ダイナモ理論**である。

ダイナモ理論は、自転する天体の中で、導電性の流体が対流によって磁場を維持するプロセスを説明するものである。地球の場合は、外核にある液体の鉄が導電性流体となる。（鉄の磁性は高温下では失われているので、導電性流体なら鉄でなく銅でもいい）月の場合は、導電性の流体がないので、磁場はない。

ダイナモ理論は、電磁気方程式、流体力学方程式、熱伝導方程式などを連立させたきわめて複雑な数式に基づくもので、数式的に解くことはほとんど不可能であった。近年スーパーコンピュータの進歩により、数值的に解かれ（シミュレーション）、地球磁場の様子がグラフィックに示されるようになった。シミュレーションでは、地磁気の逆転現象も実証されているという。

3. 4 ダイナモ理論を分解して理解する

上に述べたように、ダイナモ理論は非常に複雑であるが、電磁気方程式に関する部分は、高校の物理で理解できる。そこで、その部分について簡単な説明を試みる。

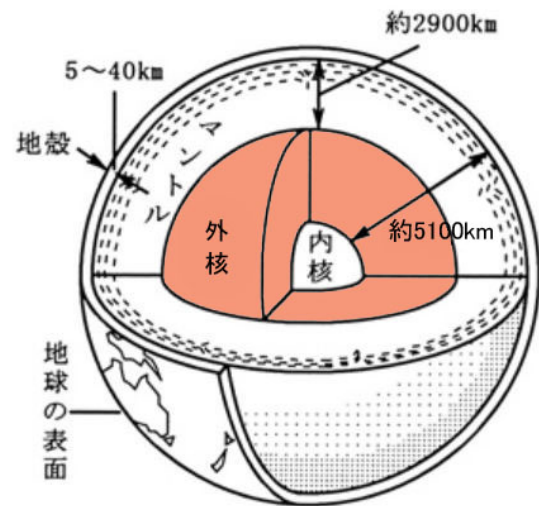


図7. 地球内部の構造⁽¹⁾

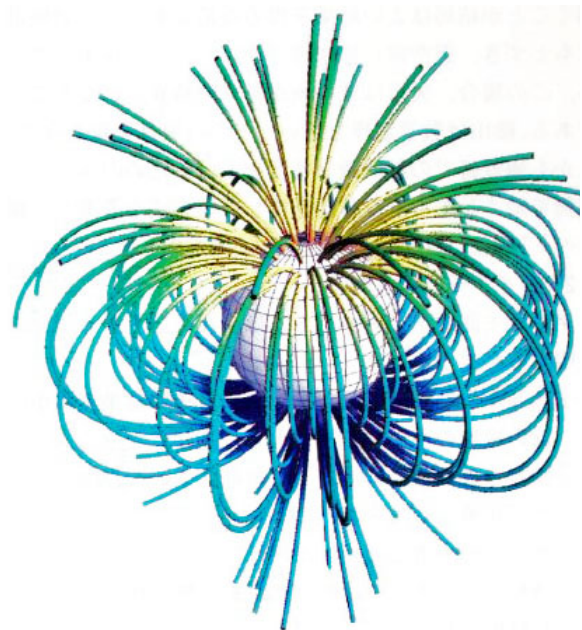


図8. シミュレーションによる磁場の発生⁽²⁾

①最初に微弱な磁場の存在を仮定する

最初に何もなければ、何も生まれない。世の中には揺らぎがあるから、最初に、場所的に狭い範囲でもよい、時間的に僅かな時間でもよい、微弱な磁場が存在したと仮定することは、物理的に許されるだろう。

②磁場の中で導電性の流体が動くと、起電力が発生する（フレミングの右手の法則）

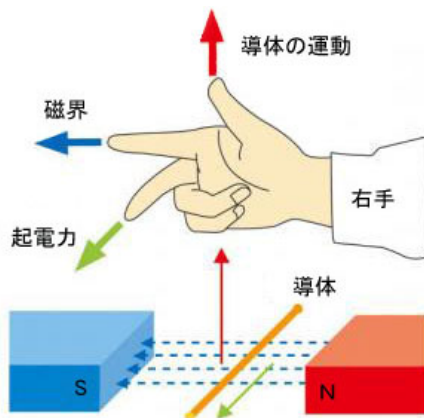


図 9．フレミングの右手の法則

③生じた起電力で電流が流れる（オームの法則）

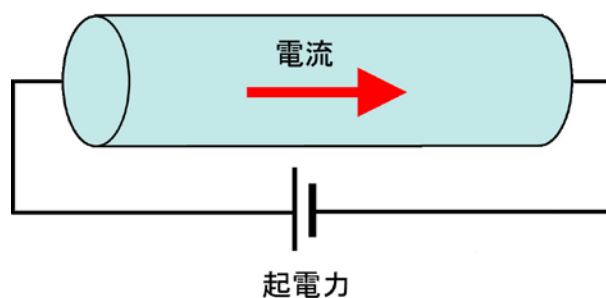


図 10．オームの法則

④電流が流れると磁場が発生する（日本では右ねじの法則、外国では右手の法則という）

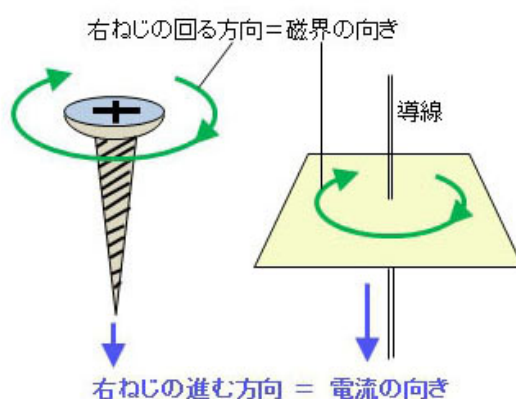


図 11．右ねじの法則

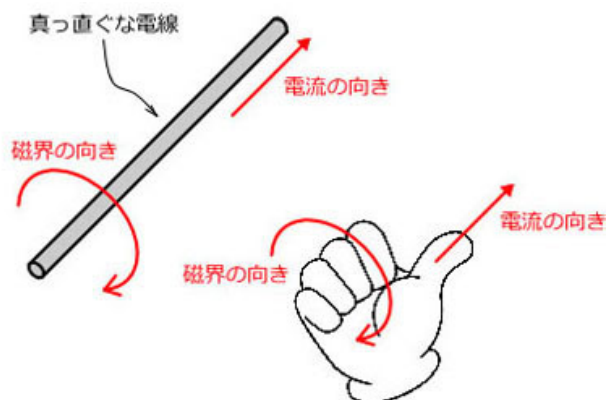


図 12．右手の法則

- ⑤ ①に戻る。この時発生する磁場が、最初に仮定した磁場よりも強ければ、どんどん強い磁場なる（正のフィードバック）

3. 5 地磁気の歴史的変遷⁽²⁾

現在の地磁気は、地理的北極の近くに地磁気北極があるが、過去にはこれが逆転していたことが知られている。1926年、京都大学の松山基範が、兵庫県の玄武洞の岩石が逆に磁化されていることを発見した。このことから、1964年に逆磁極期の1つにマツヤマの名前が付けられた。

地磁気は過去360万年の間に11回逆転したことが判明している。平均約33万年である。現在の正磁極期は78万年続いているから、いつ逆転しても不思議はないといわれる。

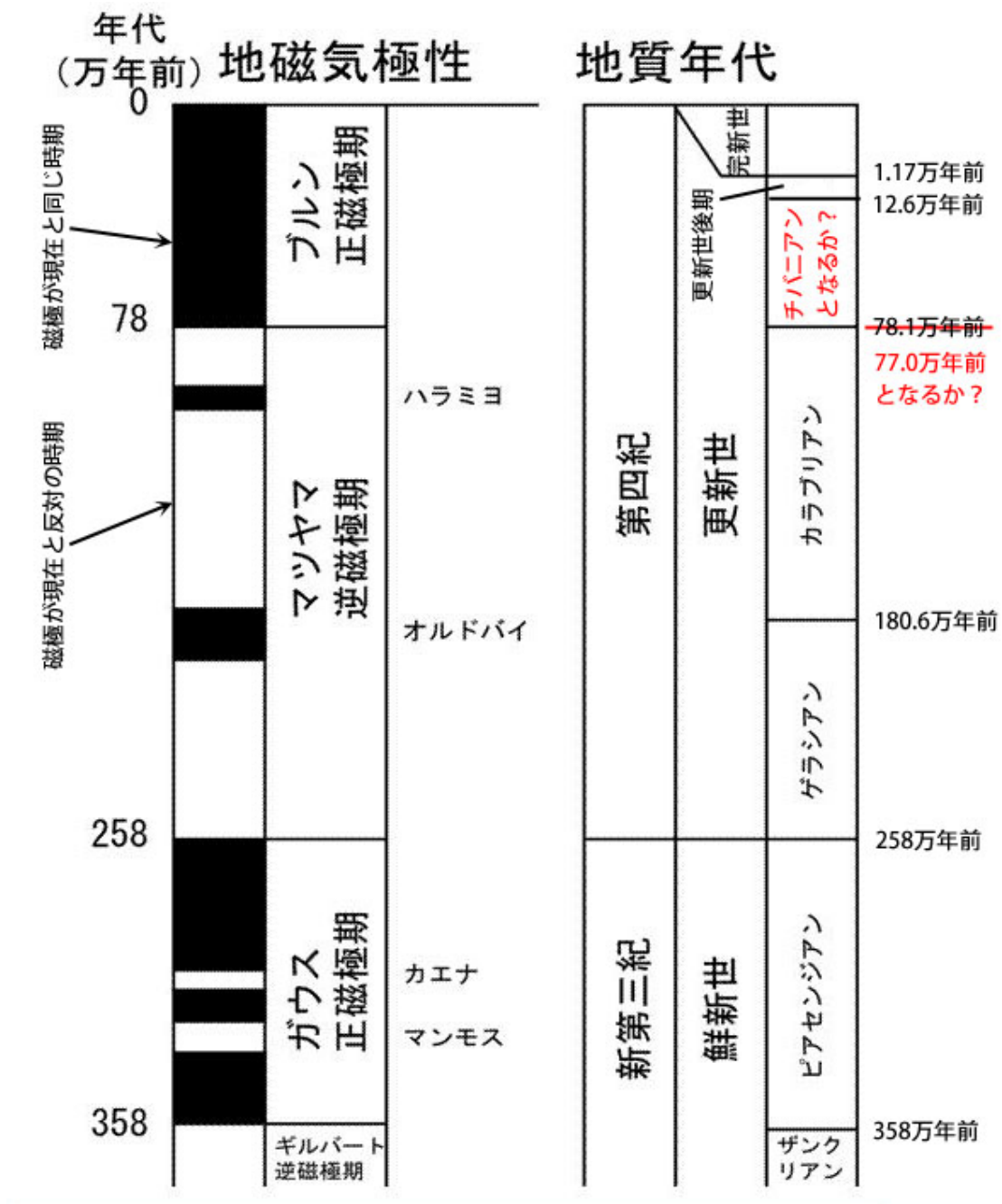


図13. 地磁気極性と地質年代⁽¹⁾

3. 6 地磁気逆転とその影響⁽²⁾⁽⁴⁾

地磁気はここ 200 年間減少を続けており、このまま続けば 1000 年後にゼロになる。地磁気逆転の前後には地磁気が弱くなるだけでなく、磁極がふらふらする地磁気エクスカッションがあるという。逆転には数百年～数千年かかるともいわれる。何がきっかけで逆転するのかもわかっていない。逆転の前後には地磁気が弱くなるので、地球環境にいろいろな影響があることが予想される。しかし実際に何が起こるか分らないというのが、本当のところであろう。

- (1) 地磁気で防御されていた太陽風や宇宙線の大気圏への入射量が増える。その結果、雲の発生が増加し気候が寒冷化する。
- (2) 地球が太陽風や宇宙線に晒されると、過去の火星のように水蒸気の水素と酸素に分離して水素が大気圏から離脱することにより大気が減少するという予測もある。
- (3) 宇宙線の入射量が増えると大気中で炭素 14 などの放射性同位元素が増加し、食物を通じて内部被爆し生物の突然変異の確率が高くなる。また放射線による皮膚がんが増加する。
- (4) 隕石の衝突で恐竜の絶滅した地質時代はあったが、地磁気逆転で生物が絶滅したという証拠はないといわれる。しかし地磁気逆転の際に大きな磁気嵐が起きると、送電線、通信ケーブル、人工衛星などに異常をもたらす心配も指摘されている。文明社会にどんな影響があるかは予測しがたい。

4. 養老溪谷ハイキング

図 1 4 の養老溪谷滝めぐりコースを、栗又の滝バス停から原の台バス停まで右回りに歩いた。ちょうど紅葉の盛りで素晴らしい景観であった。



図 1 4. 養老溪谷滝めぐりコース



図 1 5．栗又の滝（養老の滝）



図 1 6．養老溪谷を歩く

謝辞

コメントを頂いた国立極地研究所広報室長の本吉洋一氏にお礼申し上げます。

参考文献（いずれもインターネット検索で入手可能）

- (1) 国立極地研究所[プレスリリース]：地球最後の磁場逆転は従来説より 1 万年以上遅かった
2015 年 5 月 20 日
- (2) 気象庁 地磁気観測所：地球電磁気の基礎知識 Q & A
- (3) 佐藤哲也：「ダイナモ理論－磁場発生と逆転のメカニズム－」、プラズマ核融合学会誌、
1999 年 1 月
- (4) Wikipedia：「地磁気逆転」