

# 地磁気逆転地層を背景とする地域活性化に関する検討

## A Study on Regional Activation based on Geomagnetic Reversal Phenomena

梶原俊男<sup>†</sup> 大野邦夫<sup>‡</sup>

Toshio KAJIWARA and Kunio OHNO

<sup>†</sup> シクタンク碁ルネッサンス

<sup>†</sup> Think Tank Go Renaissance

<sup>‡</sup> (株)モナビITコンサルティング

<sup>‡</sup> Monavis IT Consulting Co.

Email: <sup>†</sup> 6175wnwk@jcom.home.ne.jp <sup>‡</sup> k-ohno@star.ocn.ne.jp

### 1. はじめに

本稿では、千葉県市原市の養老川に面する川岸の崖に存在する地磁気逆転地層について紹介し、それに関心を持つ人々を中心に組み込まれている地域コミュニティ活動の現状と今後の展望について述べる。

地磁気の逆転は純物理的な現象であるが、それが見られる地層が地質年代に関係することから、地質年代の区分の名称に適用される。地磁気の逆転の時期は、堆積物の地層からだけでなく、火山の溶岩からかなり正確に推定することが可能である。そのことから、78万年前～12万年前の最近の期間の名称に関してはイタリアと千葉が候補になっている。千葉の名称を推進する観点で、現在市原市では特別天然記念物に指定して、地域の活性化の足がかりにすることを企画している。ここではその企画具体化の観点で検討すべき内容を分析する。

内容としては、地磁気逆転に関する現象の科学的な把握が必要であるが、地球内部の電磁流体の挙動が基本的な要因であるので電磁気学的な知識を必要とする。その簡単な解説を2章で述べる。3章では、2章の基本原則に基づき、地磁気逆転に関しての具体的な現象や事例について、千葉県市原市の地層の解説を交えて紹介する。4章は地質年代に関する入門的な解説である。地磁気逆転地層の持つ意味を把握するためには、地質年代に関する基本的な知識は必要と考えられるからである。5章は、結言としての地域活性化の現状と今後の可能性、取り組みについて紹介する。

### 2. 地磁気現象の基本モデル

#### 2.1 地球の内部構造

まずは、地磁気現象についての理解が重要である。その概要をJAXAの高橋太氏による論文[1]で紹介する。この内容に関しては、これまで情報処理学会のドキュメントコミュニケーション研究会[2]と画像電子学会の年次大会[3]でも紹介したので、今回は簡単に説明する。地球には磁場が存在するが、地球や惑星の磁場は、コアで起こる電磁流体力学的な作

用(ダイナモ作用)によって発生することが知られている。地球の場合は主に溶融した鉄から成る外核でダイナモ作用が生じている。図1は、地球の内部構造を示すが、外核は深さ2900～5100kmに位置している。日本列島の北海道の端から

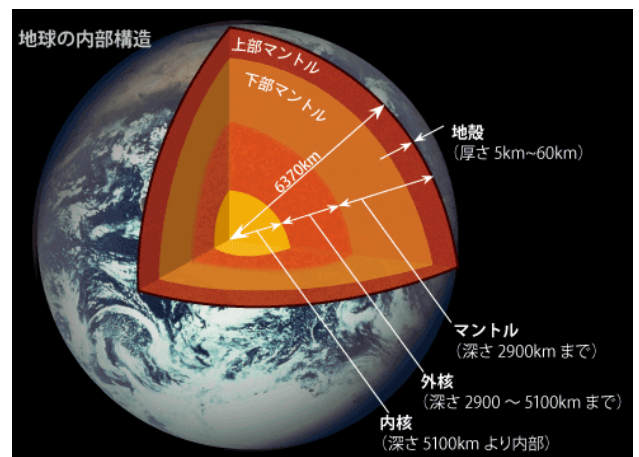


図1 地球の内部構造。地磁気を生じるダイナモは外核における溶融鉄の作用である。

九州の端までの距離が約3000kmなので、地表からこの距離の深さまで掘ると、外殻の液体金属に達するというのである。

導電流体である液体金属が磁場中で対流を起こすと電磁誘導の原理により電流が生じる。この電流による効果で新たに磁場が生じるが、生成される磁場が元の磁場を強化しオーム損失に打ち勝つならば、雪崩現象的に対流が強化され、導電流体の対流は持続することになる。地球の磁場はこの原理で生成されている。

このプロセスのエネルギー源は、惑星内部の熱で、コア自体が冷却される過程で熱対流が駆動されることに起因すると言われる。その詳細は不明であるが、内核との境界で鉄が凝固する際の現象と、その際に放出される潜熱が関与している模様である。特に外核の鉄流体に溶融している軽元素が、鉄の

凝固により浮力を得て、その成分が浮上することにより組成対流を生じることになるが、これが対流の要因として大きい模様である。

## 2.2 地球ダイナモ作用の方程式

なお上記の現象は、力学、電磁気学、流体力学、熱伝導といった物理現象が関与し、本質的に非線形現象であるために解析的に解くことは極めて困難であった。それでもコンピュータを用いて、有限要素法やルンゲクッタ法を用いて数値的に微分方程式を解く手法が確立してきたので、地磁気現象のモデル化も進展してきている。

地球外核によるダイナモ作用は、

- (1) 電磁誘導方程式
- (2) 運動方程式
- (3) 熱方程式（熱伝導と対流）
- (4) 磁場の連続の式（単極子は存在せず）
- (5) 流体の連続の式（非圧縮性流体）

を連立させて、初期条件、境界条件を与えることにより解くことができる。

以上の基本方程式群を連立させて大まかな地球のデータを入れて解くわけであるが、変数を減らすために式を無次元化して解くのが有効な工学的な手法である。これは単に変数が減るだけでなく、解の性質の変化を無次元パラメータの値で提示することが可能となるからである。地球ダイナモ方程式の解法のために、下記の4種類の無次元パラメータが定義されている。

$E$ （エクマン数）：粘性力とコリオリ力の比

$Ra$ （レイリー数）：浮力と粘性力の比

$Pr$ （プラントル数）：熱拡散と粘性拡散の比

$Pm$ （磁気プラントル数）：磁気と粘性の拡散比

地球ダイナモ作用は、これらのパラメータに基づいて議論されている。

## 2.3 粘性を変化させた場合のシミュレーションによる解

図2は、エクマン数の変化による解の状況の変化を示している。上二つは $10^{-5}$ 、下二つは $10^{-6}$ でのプロットである。(a)・(c)は赤道面での流線、(b)・(d)はコア表面上での磁場の半径方向成分を示す。エクマン数が小さくなる、すなわち粘性が小さくなると対流セルが増大し、微細な対流が沢山生じることが分かる。以上において北半球では磁場が正となり、南半球では負となっているが、巨視的なダイポール（双極子）としては、エクマン数が小さくなるに従い安定性が增大する。すなわち、微視的なダイポールが増大して解は複雑になるが、その結果として統計的には安定なダイポールで模擬されるようになる。

## 2.4 磁場が逆転する状況

以上において、浮力と粘性の比であるレイリー数は臨界値程度の値にしていたが、粘性項の減少に合わせてレイリー数を臨界値の数十倍に増大させると激しい対流が起こる。図3はその状況を示すが、横軸に磁気レイノルズ数、縦軸にエル

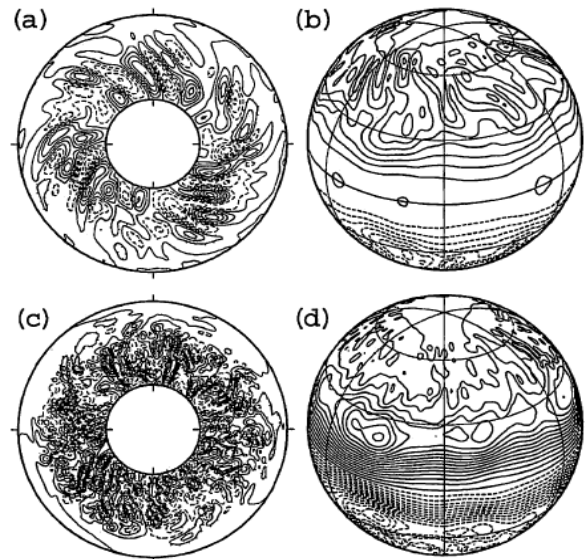


図2 エクマン数の変化による流れと磁場の構造。上二つは $10^{-5}$ 、下二つは $10^{-6}$ でのプロット、(a)・(c)は赤道面での流線、(b)・(d)はコア表面上での磁場の半径方向成分を示す。

ザッサー数を取っている。磁気レイノルズ数の $Rm$ は磁場の方

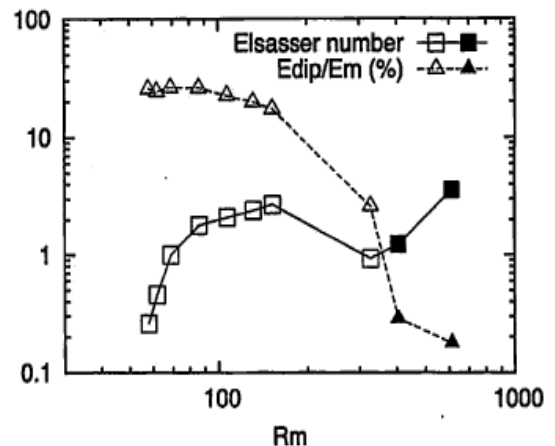


図3 エルザッサー数（四角形）と全磁場エネルギーに対する双極子成分（三角形）の磁気レイノルズ数依存性。黒塗りの記号は逆転を起さず解を示す。

程式における拡散項と生成項の比である。液体金属の粘性の減少に伴い拡散項が増大し $Rm$ も増大する。ダイナモ作用による磁場が維持されるには $Rm$ が十分に大きくなければならない。要するに安定した磁場の状態を確保するには、生成される磁場が迅速に拡散される必要がある。エルザッサー数は運動方程式におけるローレンツ力とコリオリ力の比で、磁場の強さを示す。 $Rm$ が200程度になると磁場はいったん弱くなり、その後 $Rm$ が400程度になると再度上昇する。他方、双極子成分は $Rm$ の増加に対して減少し続ける。 $Rm$ が400以上でエルザッサー数が増大し磁場が強くなるのに対して、磁場が強くなるにも関わらず双極子成分が減少するのは、非双極子成分が

大きくなることを意味し、双極子磁場が逆転し得ることを意味する。

### 3. 房総半島における地磁気逆転地層

#### 3.1 地磁気逆転の歴史

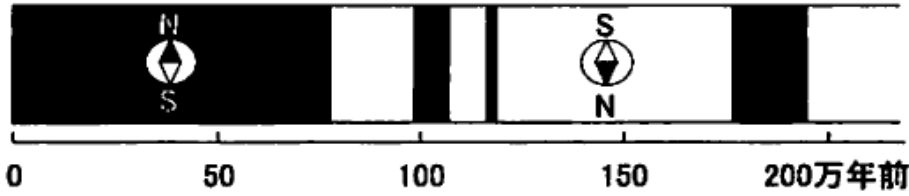


図4 過去200万年前までの磁気逆転経緯

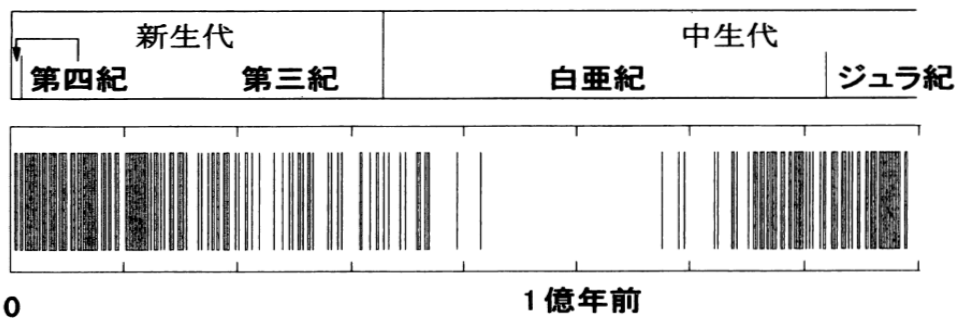


図5 過去1億6000万年前までの磁気逆転経緯

在と同様の磁極で、白が逆の磁極である。最近78万年前に逆転が起こっているとされている。図5は過去1億6000万年前まで遡った地磁気変化を示す[4]。図4の時間軸は、図5の時間軸の最初の部分を160倍に拡大している。図5の幅は約12cmなので、左端の0.75mmの部分図4に相当することになる。

#### 3.2 白亜紀のスーパーカロン

約1億年前の白亜紀にはかなり長期間の空白が存在するが、これは地球の歴史においては希な現象と言える。これは1億2000万年前から8000万年前までの4000万年くらい前まで磁極の逆転が存在しない期間が継続したのである。この期間はスーパーカロンと呼ばれる地磁気が強く安定した時期であった。この現象は図6に示すパンゲア超大陸の分裂にも関係している可能性が議論されている[4]。それによると、白亜期のスーパーカロンが生じる前にコアとマントル間で変化が生じ、そこから高温の物質が上昇し、大規模なマグマ活動が全地球規模で生じた。その結果マントル上でプレート移動が生じて、パンゲア超大陸の分裂が開始された。さらに中心核表面は冷却され、それに起因して対流運動が活発になり地磁気が強くなり安定したというメカニズムの仮説モデルである。真偽の程度は不明だがスケールの大きな話である[5]。図6における個々の図の右上の数字は、億年単位に遡った歴史年代を示している。

#### 3.3 火山と堆積物による地磁気の記録

以上述べたようなメカニズムで地磁気の逆転は起こり得るのであるが、これまでの調査から過去に繰り返し逆転が起こったことが確かめられている。その概要を簡単に紹介する。図4は、過去200万年までの経緯を示している[4]。黒が現

次にこのようなデータがどのようにして得られたかを説明する。それは主に火山によるデータと海底の堆積によるデータに大別される。火山によるデータは、溶岩を中心とするものであるが、高温の岩石は磁化されることはない。高温の岩石が冷却される過程で、キュリー点以下の温度になると地磁気に影響されて磁化されるのである。火山岩が磁化された年代は、包含される同位元素の分析により高い精度で同定される。海底の堆積の場合は、細かい粒子が徐々に堆積する場合に磁性を持つ粒子（シルトあるいは泥サイズの磁性鉱物）は磁場に影響されて堆積する。従って個々の粒子はかなりのばらつきを持って磁性に影響されるが、統計的にはかなり正確な磁化方向が得られるのである。さらに堆積した地層の年代は、生物の化石の種類や包含する放射性元素（ウランやカリウムなど）の分析等により算出推定される。

#### 3.4 千葉県市原市田淵の地層とGSSP

千葉県市原市田淵の養老川岸に最後の地磁気逆転の証拠となる地層が露出している。その一例を図7に示す。赤いペグと青いペグにおいて地磁気の逆転が観察され、黄色いペグがその移行時期に対応する。この移行時期が図4の左端の黒い領域と隣接する白い領域の境界における逆転で77～78万年前とされている。

このような地層は、国際標準模式層断面及び地点（Global Boundary Stratotype Section and Point 略称：GSSP）によ



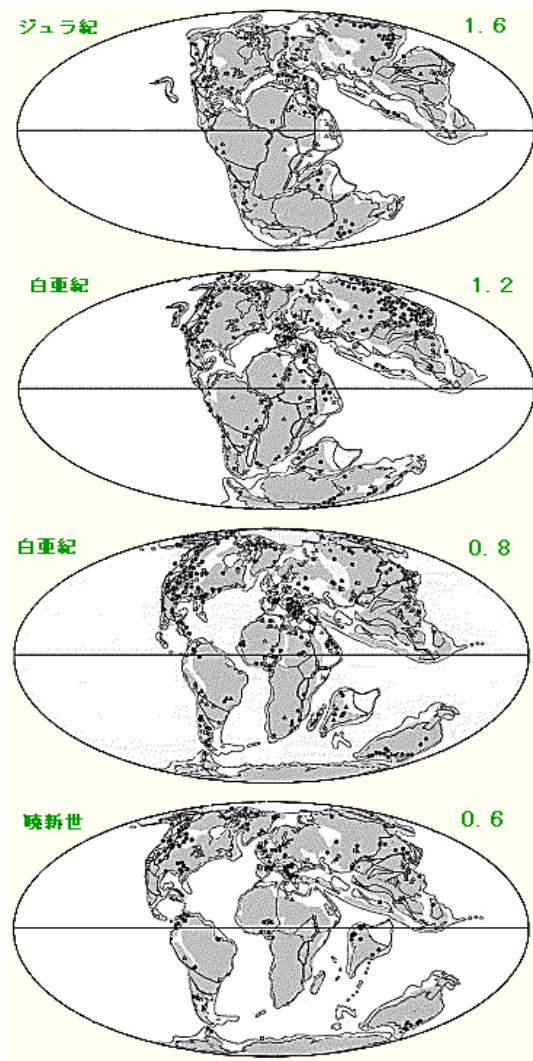


図6 白亜紀におけるパンゲア大陸の分裂

り国際地質年代区分を実証する国際標準としてグローバルな視点で統一的に管理されている[6]。そのほとんどは、化石記録に基づく古生物学的変化が設定の基準となっているが、地磁気による場合も含まれる。GSSPの策定は1977年に始まり、2015年までに66箇所GSSPが定められているとのことである。

GSSPでは、区分境界に最も適した地層が露出した地層（セクション）に地域名を付けることになっている。さらにその崖内で次の地質時代を始まりを示す連続性の良い模式層の一点にその時代の始まりとなる模式地点として金色の杭（Golden Spike）が打たれ、その崖の杭から世界共通の新たな地質時代が始まることにしている。Golden Spikeが存在する地層の具体例を図8に示す。これは、エディアカラ紀の区分を示すもので、オーストラリア南部フリンダース山脈にあるエディアカラ丘陵に存在する地層である。この写真の下方に、円形の金属板が写っているが、これがGolden Spikeである。その拡大写真を図9に示す。エディアカラ紀は、新原生代クライオジェニアン（Cryogenian）の終わりから古生代カンブリア紀の始まりまでの約6億2000万年前から5億4200万年前までの期間で、原生代の最後の区分である。2004年に国際地質科学連合



図7 市原市田淵の養老川岸の地磁気逆転地層

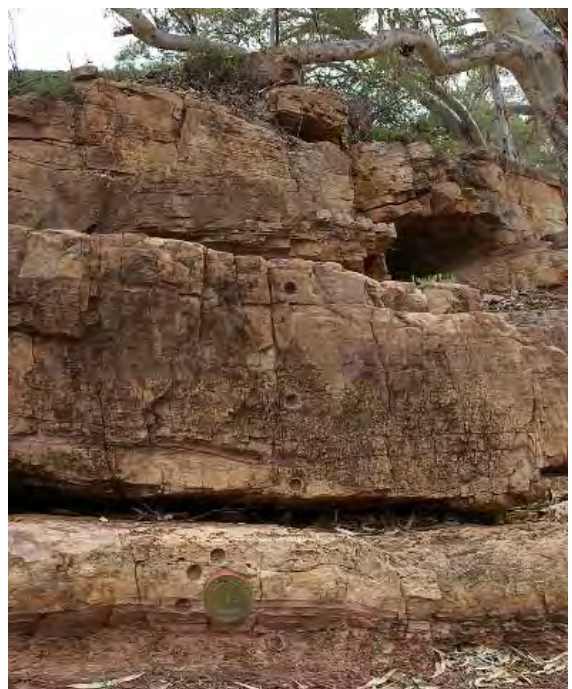


図8 オーストラリア南部エディアカラ丘陵の地層に打ち込まれたGolden Spike

(IUGS) が、先カンブリア時代層序小委員会の勧告に基づきGSSPとして認定した。

市原市田淵の養老川岸の地層は、258万年前から始まる地球の寒冷化と人類の出現で特徴付けられる「新生代第四紀」の区分に関係している。新生代第四紀は、更新世と完新世に区





図9 エディアカラ丘陵のGolden Spike

分され、さらに更新世は、前期、中期、後期に区分され、前期はジェラシアン（Gelasian）時代とカラブリアン（Calabrian）時代に2分される。しかしカラブリアン時代の終わりはまだ国際的に決まってはいない。また後続する更新世中期の地質時代名も国際的な命名がなされていない。そこで千葉県市原市田淵の崖を国際的模式露頭として「千葉セクション」とし、イタリアのカラブリアン時代の終わり、つまり更新世中期の始まりとする提案が出されている。

このような、地球の歴史にとって貴重な遺産が存在することから、このような資産を有効に活用することが今後の地域社会にとって極めて重要と考えられるのである。

## 4. 地質年代への誘い

### 4.1 地質年代への関心

地磁気逆転地層の関連で地域活性化を推進するには、地質年代に関する関心を喚起する必要があると考える。地磁気逆転という現象が地球物理的な背景に基づくと共に、関連する情報として、白亜紀のスーパークローンや「新生代第四紀」の区分といった事柄が背景として存在するからである。そこで、地球の歴史において内核の電磁流体の状況だけでなく表層の海洋や陸地で何が起こったかを概観することとし、地質年代に関して次節以下で簡単に説明する。

地質年代の歴史は、大雑把には地球で誕生した生物と、天変地異との相互作用に関する複雑な歴史である。40億年前に生まれた原始的な生命が環境に適応して自己組織化により高度化する過程と、地球の物理的な過程とのインタラクションが、興味深い地質年代の歴史を構成している。以下の内容に

関しては、「大人のための図鑑：地球・生命の大進化～46億年の物語」という書籍[7]を基本に、Wikipediaを参照して記述した。両者の記述が一致していない場合も多く、適宜判断して記述した。

### 4.2 冥王代から原生代まで

表1は、地球が誕生して以降の地質年代に関する区分を簡単にまとめたものである。地質年代はマクロには、冥王代、太

表1 地球の地質年代

冥王代	46億年前～	地球誕生
太古代	40億年前～	生命誕生
原生代	25億年前～	酸素の増大
	23億年前	全球凍結
	19億年前	超大陸ヌーナの形成
	10～6億年前	多細胞動物の出現
顕生代	7～6.5億年前	全球凍結
	5.4億年前～	別表

古代、原生代、顕生代に区分される。冥王代は、地球が誕生した46億年から生命が生まれた40億年までの間で太陽系の起源後に、微惑星や小天体が衝突を繰り返したジャイアントインパクトと呼ばれる時代からマグマオーシャンの時代を経て地殻が形成された安定した状態に入り、海が生じてそこで生命が生まれるまでの期間である。太古代は始生代とも呼ばれ、古細菌と真正細菌といった原始的な生命が海の中で存在していた。原生代は、細胞膜と核を有する細胞で構成される真核単細胞生物から硬い骨格を持った多細胞生物の化石が多数現れるまでの約25億年前から約5億4,200万年前までの期間を指す。27億年前に非常に活発な火山活動があり、陸地が大幅に増え、増えた大陸の周辺の浅い海に、光合成をおこなうシアノバクテリアの集合体であるストロマトライトが大規模に形成され酸素濃度が高まった。その結果、二酸化炭素濃度が低下したことにより22～23億年前に地球は寒冷化し何回かの氷河時代を迎えた。19億年前頃にプレートテクトニクスが活発になり、超大陸のヌーナが形成された。原生代の末期に多細胞生物が出現する。南オーストラリアのフリンダース山脈のエディアカラの丘にある原生代最末期の地層から肉眼で見える動物の化石が発見され、それが図8・図9に示すGolden Spikeの年代を形成した。その後の顕生代に関しては、表2に示す通り、古生代、中生代、新生代に大別される。顕生代以

表2 顕生代の概要

古生代	カンブリア紀	5.4億年前～	カンブリア爆発
	オルドビス紀	4.88億年前～	植物の上陸
	シルル紀	4.44億年前～	魚類の進化
	デボン紀	4.16億年前～	動物の上陸
	石炭紀	3.59億年前～	シダ植物の森林 爬虫類の進化
	ペルム紀	2.99億年前～	大量絶滅
中生代	三畳紀	2.51億年前～	超大陸パンゲアの形成
	ジュラ紀	2億年前～	恐竜の繁栄
新生代	白亜紀	1.46億年前～	恐竜の絶滅
	古第三紀	0.65億年前～	鳥類の進化
	新第三紀	0.23億年前～	哺乳類の進化
		700万年前～	人類の登場
第四紀	258万年前～	ホモサピエンスの登場	

前の原始的な生物しか存在しなかった時代は、先カンブリア時代と呼ばれ、この呼称が地質年代的には一般化している。

### 4.3 古生代

古生代は、カンブリア紀、オルドビス紀、シルル紀、デボン紀、石炭紀、ペルム紀に区分される。

カンブリア紀では、先カンブリア時代に形成された海洋が地球上のほぼ全てを覆い尽くし、海中では様々な種類の海洋生物が現れ、中でも三葉虫等の節足動物が繁栄すると同時に藻類が発達した。この時期の初期に動物の多様性が一気に増大したことから、この状況をカンブリア爆発と呼ぶ。

オルドビス紀は生物の多様化がカンブリア紀並に進んだ時代である。軟体動物や節足動物、半索動物が栄えた。オルドビス紀前期にコケのような植物が陸上に進出し、光合成を行うようになった。初期の陸上植物は、水辺を離れることはなかったが、次第に内陸へと生存領域を広げて森林を構成し、大気中の酸素の比率を高めた。

シルル紀には、魚類が発展し、海洋の支配者となった。シルル紀初期、南半球には Gondwana 大陸というかなり大きな大陸があり、赤道付近には、シベリア大陸、ローレンシア大陸、バルティカ大陸という3つの中程度の大きさの大陸、そしてアパロニア大陸、カザフ大陸（カザフスタニア）などといった幾つかの小大陸があった。ローレンシア大陸、バルティカ大陸、アパロニア大陸の間にはイアペトゥス海という浅い海が広がり、多くの生物が繁栄していた。しかし、3つの大陸は徐々に接近し、約4億2,000万年前に衝突した。このためイアペトゥス海は消滅し、ローラシア大陸が形成された。

デボン紀に生物の本格的な陸上への進出が始まり、陸棲節足動物や最古の陸上植物が出現する。肺魚やシーラカンスが出現したのもこの時期である。

石炭紀に入ると北半球のローラシア大陸と南半球の Gondwana 大陸が衝突し、超大陸パンゲアの形成が進行した。この時期から陸地には大森林が登場し、その中では節足動物が昆虫に進化し楽園を作っていた。魚類から進化した脊椎動物は、両生類から爬虫類へと進化し、酸素濃度の向上に伴い大形化した。

ペルム紀には爬虫類が卵を乾燥から守る羊膜卵を獲得したことにより産卵のために河川や湖沼に戻る必要がなくなり、生息範囲を大陸内部に拡大した。ペルム紀末に火山活動、海洋無酸素イベントなどの天変地異が生じた模様で、生物の大量絶滅が生じた。海洋生物種の90%、陸上生物の70%が消滅したと言われている。この天変地異は、パンゲア大陸の形成に関係していると言われている。

### 4.4 中生代

中生代は三畳紀、ジュラ紀、白亜紀から構成されるが、3.2節で説明した白亜紀のスーパークローンは、この時期の現象である。

三畳紀は超大陸パンゲアの形成が特徴だが、その形成の過程で生物の大量絶滅が生じて生態系は一変した。だがその大絶滅を逃れた爬虫類は大形化して恐竜となり、ジュラ紀には大いに繁栄した。なお、パンゲア大陸の形成に伴う火山活動、海洋無酸素イベントなどの天変地異で大気中の酸素比率が低下したが恐竜はそれに対する呼吸システムを保有していたと考えられている。それはその後の鳥類の気嚢につながるものであるが、このメカニズムによってジュラ紀、白亜紀の低酸素状況を乗り越えたのであった。

超大陸パンゲアはジュラ紀から白亜紀にかけて分裂を開始する。その状況は先に図6で示した通りである。白亜紀には、地球のコアの外殻で活発な対流が生じて地磁気が強く安定した時期であったが、それに伴いマグマ活動が活性化され、火山活動やプレート活動が活発になりパンゲア大陸の分裂につながったという見方が可能とされている。

6500万年前に直径10km程度の小惑星の衝突により、恐竜が絶滅したと考えられている。ユカタン半島に衝突した小惑星は、大量のチリを巻き上げて地球全体を覆い、そのために気温が低下し植物の光合成も妨げられ、食物連鎖の頂点にあった恐竜が絶滅したと考えられる。

### 4.5 新生代

新生代は、古第三紀、新第三紀、第四紀から構成される。恐竜が絶滅して後は、哺乳類の全盛時代になるが、新生代の初期には樹上に小さな哺乳類が存在していたに過ぎない。その当時はだちょうよりもさらに大形で飛ばない鳥が最強の動物であった。

哺乳類は中生代・三畳紀に爬虫類から分かれて誕生したが、白亜紀には後に有袋類となる後獣類と有胎盤類となる真獣類が残存していた。真獣類は最初に植物食のグループが増えた後に肉食類が数を増やしていった。真獣類の中には霊長類の近縁も存在し、700万年前には、ついに人類が登場した。

第四紀は表3に示す通り、258万年前から1.17万年前までの更新世とそれ以後現在に至る完新世に分けられる。先に3.4節

表3 第四紀の区分

更新世	前期	ジュラシアン期 カラブリアン期	258万年前～ 181万年前～
	中期		78万年前～
	後期		12.6万年前～
完新世			1.17万年前～

で述べた通り更新世は、前期、中期、後期に区分され、前期はジュラシアン期とカラブリアン期に2分される。しかしカラブリアン期の終わりは決まっておらず、後続する更新世中期の地質時代名も国際的な命名がなされていないので、その区分を78万年前の地磁気逆転地層に求め千葉セクションとする提案を行っている。

## 4.6 地球の歴史から学べること

4.1節で、原始的な生命が環境に適応して自己組織化により高度化する過程と、地球の物理的な過程とのインタラクションが地質年代の歴史を構成していると述べたが、自己組織化により環境に適応する生命に関しては、驚嘆せざるを得ない。工学系の人間として、生物が設計仕様としての遺伝子情報により、同一の仕様の生物を再生していく過程だけでも素晴らしいと思うが、突然変異による設計変更結果により、適者生存の形式で環境に適応していく状況は、将に知的なプロセスそのものと言える。特に地殻変動、火山爆発、小天体の衝突といった天変地異により、絶滅の危機に瀕してもしたたかに生存し、さらにしなやかに進化する状況は奇跡的としか表現のしようがない。完全な無秩序でこのようなプロセスは可能なのか、無秩序と思われる自然、宇宙の背後に、何らかの秩序が存在し得るのではないかといった素朴な興味は尽きないものである。

## 5. 地域コミュニティ活性化の可能性

### 5.1 基本的考え方

地域コミュニティの活性化というとビジネス開拓やNPO活動のような事業が思い浮かぶが、地磁気逆転地層というエポックを活用する事業となると、短期的な成果を期待するような活動は難しい。逆の見方をすると、長期的な視野に基づく企画が必要ということである。現在地元で取り組まれている活動としては、ジオパーク構想が挙げられる。地磁気逆転地層を中心に、観光拠点としてのジオパークを整備し、地磁気現象をはじめとする地球に関する博物館を設立し、地球の歴史、生物の歴史などを展示・解説するような取り組みが考えられる。この博物館を中核に、ホテル、レストラン、遊園地、土産物店などを整備し、家族連れや小中学生の遠足の名所にするような案が考えられる。さらに近隣には、養老渓谷のような観光地があり、魅力的なローカル鉄道としての小湊鉄道があり、これらの施設と連携した地域の活性化が考えられる。

### 5.2 地球に関する博物館

ジオパークとしての拠点は、地球に関する博物館が相応しいと考えられる。火山関連のジオパークでも地球のマグマ活動などに関する展示は行っているが、地球のコア、地球ダイナモ、マントル対流、プレートテクトニクス、大陸移動といった巨視的な視野で系統的に地球を紹介している博物館は存在しないと思われる。さらに地質年代に関しても生物の進化と共に紹介すると青少年には興味を持たれるのではないだろうか。少年に人気のある恐竜なども、地質年代との関係で理解すると、理解と興味が促進されるであろう。

以上のような観点から、下記のような項目をテーマとする博物館を建設すると良いと思われる。

#### (1) 地域の紹介

千葉県の中の市原市について、その地域的な紹介を行い、田淵地区にある地磁気逆転地層の概要を紹介する。本稿の3.4

節で記述した内容を骨子にして関連の情報を付け加えれば良いであろう。

#### (2) 地球の歴史

地層の話から、地球の地質年代に関して紹介すると共に、生物の進化の歴史を紹介し、生命が生まれてから人類が出現し、今日の文明を築いてきた状況を紹介する。本稿の4章の内容が相当する。

#### (3) 地球の構造

地球の誕生から今日に至る内部構造や地表の変化を紹介し、外殻における電磁流体による地球ダイナモ、それに起因する地磁気に関して分かりやすく紹介する。さらにマントル対流や大陸移動、火山活動などについても紹介する。本稿の2章の内容と3章の3.1～3.3節が相当する。

#### (4) 天体と宇宙

地球だけでなく、太陽系の他の惑星の磁場についても紹介し、それに併せて太陽系の成り立ち、惑星・衛星探査、地球外生命の可能性、宇宙の成り立ちなどに関して解説する。ビッグバンに始まる宇宙の歴史は、地球の歴史とは異なるスケールを持つが、最近の宇宙モデルの進歩は目を見張るものがあり、好奇心旺盛な少年少女にとっては大いなる興味の対象であろう。さらに宇宙探査や宇宙旅行などへの航空宇宙技術も、理系の少年少女にとっては、興味を抱かせる分野である。

#### (5) コンピュータの活用

地球ダイナモや地磁気に関して、その内容を把握するにはコンピュータによるシミュレーションが有効である。その観点で、力学、流体科学、熱伝導、電磁気学などの物理現象の解析、シミュレーション、グラフィック表示などをコンピュータで行わせる手法を分かりやすく解説し、定期的なワークショップを開催し、若手人材の基礎科学スキルの向上に貢献する。

#### (6) 仮想博物館

コンピュータの活用におけるワークショップの受講者を中心に、地磁気、地球の歴史、地質年代などに関心を持つ人々のグループをSNSとして立ち上げ、同好会的な交流を計る。さらに、博物館の展示内容についてもWebサイトで紹介し、仮想博物館の設立と運営を行う。

### 5.3 関連学習グループの創設と支援

地球に関する博物館を活用して自然科学を学ぶ学習グループを創設してはどうだろうか。小学生の理科、中学生・高校生の物理、化学、生物といった自然科学系の知識を学ぶには、上記の地球に関する博物館は効果的であると思われる。

なお、地磁気現象に関しては、電磁気学に基づく地球ダイナモの原理を理解する必要がある。そのためには、先に述べたとおりコンピュータ・シミュレーションが有効である。そ



のようなスキルを得るためには、幼少期からコンピュータに親しむことが好ましいので、地域の学習グループはそのようなコンピュータ分野の学習も行うことが期待される。

このような地域において科学技術の教育を行っている具体的な例として、いわき市におけるドリームラボ[8]が挙げられる。ドリームラボは、女性起業家の小川智美さんが設立した学習塾であるが、小学生の学童を中心に、英会話、ロボットを動かす電子工作、コンピュータプログラミングを教えている。子供に将来必要とされと思われるスキルを付けるために、いわき市の子供の父兄には根強い人気があるとのことである。

このように、学童レベルの科学技術教育は、地域の学習塾としてのビジネスに結びつくので、前項の博物館が、そのような学習グループを立ち上げて地域に貢献する事業とする可能性があると思われる。さらにドリームラボのような塾には、情報提供や博物館の見学会などを通じて協力することも考えられる。

## 6. まとめ及び考察

以上、2章では地磁気逆転現象を科学的に理解するための、地球ダイナモと呼ばれる地球の内核における電磁流体の挙動を解説し、3章では本報告の具体的な対象である房総半島の地磁気逆転地層について解説をした。4章では地磁気逆転地層が物語る78万年前の現象を地質年代の境界として位置付ける議論が問題になっていることから、地質年代の基本的な説明を、5章で地域コミュニティ活性化の可能性として、地球にかする博物館を設立し、ジオパークを実現すると共に、学習グループを立ち上げて科学技術に関心を持つ若者を増大させる方を提案した。

この提案は、単なるたたき台に過ぎないが、地域の活性化のためには、このようなたたき台を提案し、多様な具体的な対話を通じて議論を盛り上げることが必要と考える。特に5章で述べた博物館の設立は、今後の日本社会を担う若手人材の育成には有効ではないかと考える。

グローバル化の進展で、グローバル人材の育成が産業界や教育分野で語られて久しいが、グローバル人材は世界を地球儀的な視野で俯瞰することが求められている。そのため、自分が生活している地域を日本の国土の中に位置付け、生活の場としての地域を語る人材の育成が重要と思われる。

日本における地磁気観測の現状や過去の歴史に関しては、国土交通省の国土地理院が担当しており、関連する研究や広報活動を行っている。従ってその活動や成果を踏まえて地域

での活動に取り組むことも重要と思われる。国土地理院の敷地内に地図と測量の科学館があり[9]、地磁気を含む地理情報技術とその歴史に関して学ぶ場が用意されている。さらに国土地理院には出前講座の制度があり、申請すれば技術の紹介なども行っている[10]。

## 7. おわりに

以上、地磁気逆転の技術的内容の基本的な観点の紹介と、その事実を記録した地層の存在を興味ある対象として考え、それを出発点に地域活性化の可能性を考察したが、検討は未だ端緒に過ぎない。今後の活動を具体的に考え、試みて行くことが必要である。

なお、本検討を進めるに当たり、国土地理院地理地殻活動研究センターの藤原智地理地殻活動総括研究官から地磁気現象並びに日本における地磁気の研究状況とその歴史に関する情報提供を頂き、地域での教育活動への可能性に関しては、市原市教育委員会 生涯学習部 ふるさと文化課の忍澤成視 係長から情報を頂きましたので謝意を表します。

## 文献

- [1] 高橋太;“地球惑星ダイナモシミュレーションの新たな発展”, 地学雑誌, Vol.114, No.2, pp123-131, (2005)
- [2] 大野邦夫, 梶原俊男;”地磁気逆転地層をコミュニケーション媒体とする地域活性化の検討”, 情報処理学会研究報告, DC104-5 (2017.3)
- [3] 梶原俊男, 大野邦夫;”コンピュータ・グラフィックスを用いる地磁気逆転現象のモデル化と地域活性化の検討”, 2017年度画像電子学会年次大会講演論文 (2017.6)
- [4] 網川秀夫;“地磁気逆転X年”, 岩波ジュニア新書397, 岩波書店 (2002)
- [5] SCIENCE127; “超大陸パンゲアの成立と分裂のあらまし”, <http://www.geocities.jp/acaradisco55/Taikou/science127.html>
- [6] Wikipedia;“国際標準模式層断面及び地点”, <https://ja.wikipedia.org/>
- [7] 田近英一;“地球・生命の大進化“, 新星出版社 (2015)
- [8] <http://d-1.jp/>
- [9] 国土地理院;“地図と測量の科学館”, <http://www.gsi.go.jp/MUSEUM/>
- [10] 国土地理院;“出前講座”, <http://www.gsi.go.jp/DEMAE/demae.htm>