

チバニアム

河本英夫（文学部）

キーワード：地磁気 逆転、養老溪谷、磁石論(ギルバート)

千葉県房総半島の中腹に、高滝湖がある。この湖から、房総半島最大の河川、養老川が流れ出ている。高滝湖は人工的に作られたダム湖である。房総半島の高台に位置しており、もともとは山間のくぼみだった。大雨が降れば、下流で何度も氾濫を繰り返してきた。そこでこの山間のくぼみを深く掘り下げて、ダムにしたのである。総工費 400 億円弱であり、110 個の家屋が湖底に沈んだ。平成 2 年に完成している。湖畔には高滝神社がある。それほど大きな神社ではないが、築年数はかなりのものがある。境内へ通じる階段は、かつては湖底まで続いていたようであるが、現在はダムの水位が上がり、ごくわずかの階段が残るだけである。7 合目から登山を開始するという印象である。境内には多くの願い事にあふれた絵馬がかかっている。開運、安全祈願の神社である。

千葉県の水利は、もっぱら利根川水系に依存している。飲料水も工業用水も、基本的には利根川から水を引いている。ところが京葉工業地帯が作られ、その人口が増えると、利根川水系から運河で水を引いてくることもできない。工業地帯は、東京湾に面している。そこで養老川の水量を一定にして、活用することにしたようである。水量を一定にするためには、河川の出発点の水量を十分確保しておかなければならない。それが高滝湖という人工のダムである。

中央には、立派な橋が湖全体を二分するようにかかっている。橋から見て眼下にモニュメントが設置されている。訪問した日には、ばらばらと見えるほどの釣り人がいた。鮎を釣っているのだろうか。このダムの水は淀んではいない。周囲の山から水が流れ込み、恒常的に流れ出している。湖岸周辺は比較的平坦なので、貸自転車置いてあった。晴れた日にサイクリングを楽しむ人が多いのだろう。

養老川の岸壁は、硬い火成岩を基調としたしっかりした堆積層ができています。少し下流に行くと絶壁が続き、養老溪谷と呼ばれる水と岩と緑の地帯が続く。その一部に温泉が湧く。養老温泉はさまざまなタイプの温泉が湧く。黒ずんだ温泉は、ヨード泉である。ヨード泉の温度は低く、施設で追い炊きをして温度調整している。ヨード泉周辺も多くの旅館が立っていたようだが、いくつかの温泉が廃業し、あばら家がそのまま残っている。

川沿いの部屋から水流が見えるほどの旅館は、多くの訪問客で賑わっている。それらの旅館は、水流のすぐわきに露天風呂を設置しており、透明な鉱泉で、浸かれば皮膚に染み入るほどの濃度である。温泉は、塩濃度が皮膚表面の細胞の塩濃度よりも高いために、自動的に温泉の成分が皮膚に入り込んでしまう仕組みであり、皮膚から微小老廃物を含んだ水分が周囲に出ていく。しかも温泉に浸かった後は、ぐっすり眠ることができるので、神経系をリラックスさせているはずである。個人的な印象

では、硫黄分を含んだ温泉はとてよく眠ることができる。熟睡の仕組みはよくわからない。

イタリアの温泉は、便秘気味の人が多く訪れていた。鉱泉を飲み休んでいると、やがて溜まりきった食物の残骸が体外に出てくる。そのため温泉ホテルの廊下にもトイレが設置してあった。これに比べるとドイツの保養地バーデンバーデンは、ネクタイを締め正装していくほどの敷居の高さであった。事前に医師に温泉治療の処方箋を出してもらいそれを示して、温泉治療を行うということであった。ドイツには地中の岩塩が高濃度のまま噴き出すようなところがあり、そこが保養施設になっていて、バード（バス）という地名が付くことが多く、フランクフルトの北のバードホンブルクもその一つである。ドフトエフスキーが執筆を終えるとしばしば訪問し、ギャンブルで大負けをした、という話が残っている。



養老溪谷

養老溪谷の周辺は、比較的塩濃度が高く、安定した鉱泉を提供し続けており、地震も少なく地層も維持されている。川縁の地層は粘土質で、つるつると滑るように剥き出しになっており、雨も水流も滑り落ちるように流れていく。訪問客のカップルの一人が足を取られて転びそうになり、傍らの男性がそれを支えようとして共に転びそうになった。

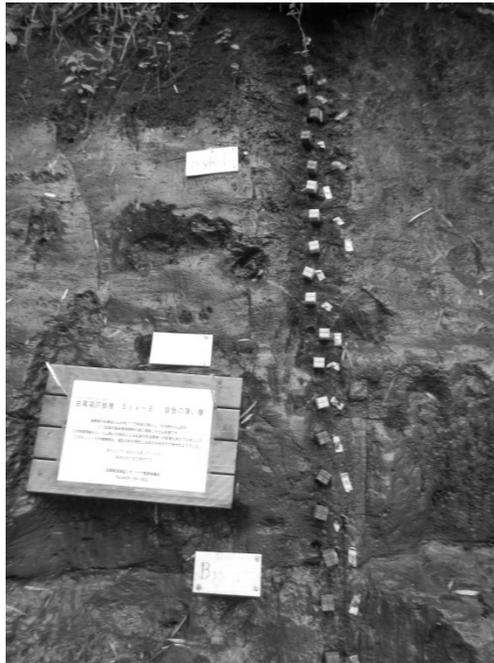
この地層の一部で磁気の測定が行われた。そこで地磁気のNとSが数十万年単位で反転していた痕跡がはっきりと見つかったのである。地層がはっきりと区分できて、容易に崩れないことが必要条件で、各地層に年代測定を行いながら、磁力を測るのである。地質年代とともに磁気の逆転がはっきりと確認できるのは、現時点ではイタリアとこの千葉の養老溪谷である。テレビでもニュースとなり、ひと時話題となった。その理由は、地質年代の命名法にもある。地質年度を明確に特定でき、証拠となる地層の見つかった地区名は、そのまま地質年代の国際表記に使われてきた。そこにチバニウム（Chibanium）という候補名を提起することができるようになり、センセーショナルな話題となったのである。

新生代第四期は、258 万年前に始まる。これはさらに更新世と完新世に区分される。更新世は、さ

らに古い順から前期、中期、後期に区分され、このうちの前期はシェラシアン時代とカラブリアン時代に区分されている。しかしカラブリアン時代がいつ終わるのかは、国際的にはまだ決定できていない。また更新世中期の国際的な命名がまだない。そこでイタリアのカラブリアン時代の終わりと中期のはじまりを、チバニウム（千葉時代）という名前と呼ぼうという提案がなされたのである。

これらは現象そのものが人間から見て大きすぎて、人間の感性や生活感情に引き付けて捉えることができない。あまりにも大きな事象である。そうしたときには名前が実質を超えて重要性をもってしまふ。ただしこうした動向は、養老溪谷と養老温泉にとっては、またとない隠し味になった。

房総半島は、海に近いために海の幸に恵まれている。小さな山が続くので、起伏も多い。こんな地域には、職人氣質の人たちがいるものである。職人の技術では、小さな工夫が大きな変化をもたらすような特質を備えていることがある。こだわりをもってコツコツと作業を続けて、そこから大発見が生じることがある。考え方を変える、見方を変えるというようなことは、理論構想の中で出現することである。そうしたやり方に対して、職人は一つ一つの事実の周辺に細かい注意を向け、周辺の条件を少しずらし、変化をあたえて何が出現してくるかを確認するのである。



養老溪谷地層判別

地磁気の逆転そのものは、かなり以前から知られていた。地層や岩石が剥き出しのところは、地質年代がそのまま露呈されているので、地質学者の興味を引いた。兵庫県の日本海側に、豊岡市がある。豊岡の駅から車で10分程度のところに「玄武洞」がある。そこをさらに海岸沿いまで行けば、城崎である。火山活動で流れ出た岩石が剥き出しになっていて、岩の洗い場のようである。160万年ほど前の火山活動で地表に岩石が露呈し、雨に洗われて剥き出しになった。洞窟のようにになっているのは、

人間が岩石の一部を断続的に持ち帰ったからである。玄武洞という地名は、江戸時代の文化時代に儒者柴野栗山によって名付けられたもので、そこに夥しく積みあがった岩石が、そのまま地名から命名されて「玄武岩」と呼ばれるようになった。後に京都大学の松山基範博士が、これらの岩石の磁性を測定して、通常の磁性とは逆向きであることを見出し、地球の地磁気が逆転しているのではないかという説を立てた。そして大まかな時代測定も行っている。



玄武洞

地球全体が大きな磁石であるという説は、ギルバートの『磁石論』（1600年）によって立てられている。「実験哲学」の典型的な著作であり、本人はいたるところで実験的な吟味が自身の重要な特質であると強調している。ただし地球全体が一つの磁石であるというようなマクロな内容を直接調べることのできる実験を組み立てることは容易ではない。実際には理論仮説をもちながら、類比的に実験を組み立てていくという手続きにならざるをえない。逆にここでの実験は、高度な理論を実験事実で裏付けしたり、検証したりするものでもない。つまり理論が先か、実験が先かというようなことを競うようなものではなく、実際にはほとんどの科学的探究では理論か実験かを競うような配置にはなっていない。長らく科学哲学では、理論仮説を立てて、それによって現実に網を被せるように実験の場面を設定し、実験によって理論を確認していくというような説明がなされてきたが、それは事態を教科書的に単純化したものでもある。

実験を行うにあたって、なんらかの理論仮説は必要である。実験をつうじて理論仮説は、さらに部分的に訂正されたり、それまで考慮に入れていなかった側面が見えてきたり、新たな問題点が見えてきたりする。場合によっては、理論仮説がまったく別の意味をもっていたというようなことがわかることもある。理論仮説と実験は、相互に包含関係にはなく、並行する異なる知識のネットワークの間の展開可能性の仕組みであり、展開可能性を見いだせない実験は、一つの事実の指摘にとどまってしまう。理論か実験かという対置に代えて、第一に「展開可能性」がどこで実現され、実行されたのが基本となる。さらに第二に「潜在的な展開可能性の度合い」がどの程度のものであったのかが知のネットワークの成否を決めていく。ここでは新たな問いがどの程度見えてきたかが重要な要素である。

ギルバートの『磁石論』は、試行錯誤からなる。その意味で幾何学の証明のようにはなっていない。さすがに読みにくい。そこで示されたもっとも大きな実験は、球状の磁気体（テレラ）を作って、それを地球に見立てて、小さな磁石をその球形磁石に押し当てて、磁石が方向を変えることを確認していることである。これは模擬実験にとどまっている。あるいは地球を視覚的にモデル化して、類比的な事実を人工的に作り出そうとしている。ここでの立論は理論的な整合性を追求したり、事実を一つ一つ積み上げているのではないが、さまざまなタイプの着想を、ただ着想にとどまるアイデアから、かなり確定した事例を含んで論述しているような構想まで、幅広く提示しているのである。

たとえば静電気と磁気の区別が明確にできており、間に物を挟むとほとんど機能しなくなる静電気と、間に物を挟んでもそれを通り越して働く磁気とは原理的に異なることが明らかにされている。これによつてはじめて、磁気と電気が基本的に異なる事象であることが明らかになった。また磁力は、重力と異なり、物体に「本有的な性質」ではなく、物体間で起動する固有の運動であることが述べられている。物体によってはまったく起動しないこともあれば、逆に敏感に反応し、物体を磁化するような運動であることが示されている。この運動が物体間の「接合」だと述べられている。また磁針が特定の向きを向く定軸性、偏角（子午線からのズレ）、伏角（水平面から下方向へのズレ）、さらには円運動が、運動のモードとして分析されている。これらの5つの運動のモードの違いは、地磁気の異なる側面にかかわっており、こうした運動のモードの違いが明確になることで、事象に対しての変数がどこにあるかがはっきりしてきたのである。

地磁気は、地球全体にも働きかけるはずであるから、たとえ地磁気の軸が自転軸からズレても地磁気に引き戻されて矯正されてしまう。実際、「地球の自転」は、地磁気によって引き起こされている、とギルバートは考えている節がある。地球全体の本性は、彼の考える地磁気をもっとも基本的な要因となって形成される。そのため地球の自転は地磁気によつてもたらされたと考えても、むしろ当然であることになる。こうした着想は、現在の科学の知見では誤っているために、多くの場合ギルバートの議論総体から見て見ぬふりをするように落とされてきた（勝利者史観）。またこうした思想は逆にギルバートによる自転の原理の内在性という思想史的分類を強調することで、「魔術的自然学」だとも形容されてきた（コンテクスト解釈史観）。トーマス・クーン以来の「革命史観」が強調したものである。この方向では、地球に対する思想的な思いをアリストテレスから変えていくことにはなっており、アニミズム的な原理として地磁気が捉えられていることになる。

だがここでの基本的な問いは、むしろ内在的原理に訴える構想がなぜ展開可能性が欠落してしまうのかである。どのような思い込みで発案されたものであろうと、地球が総体として磁性体であるということは途方もない大発見であることは間違いない。とすると初発の思い込みとそこから繰り出された構想は、事柄として相互に独立であり、また独立に展開するということになる。そのとき初発の思いと展開プロセスの分離を引き起こして、展開可能性を維持しているのは、どのようなプログラムだったのが問われる。個々人の構想は、再編され、ときとして自己組織的に組み替えられていくプログラムなのであり、その輪郭を描くためには、もう少し工夫が必要なようである。こうした試みを

「システム的アプローチ」と呼んでおく。これは勝利者史観に見られるように、科学のプログラムは正しい知見を蓄積していくという考えではなく、科学的知識とは比較的緩やかなネットワークが、総体の内実を組み替えながら形成されていくという点に力点を置いている。また革命史観に見られるように、理論構想はそれとして確固とした枠組みを形成し、それぞれは独立であるという主張に対しては、それぞれのアイディアも概念も、組み替え可能であり、意味も変更を伴い、キータームの新たな意味を形成し、断続的に動き続けるプログラムとなる点に力点がある。概念の意味論的切断は、革命的な知の形成の不連続性を強調する一つの作為であった。

なぜ地球が、磁化しているのか。これについても現在でも多くのことは不明なままである。地球全体の外側の地殻の下に、マントルが流動している。マントルの移動によって大陸が別れたり、移動してぶつかったりしている。インド亜大陸は、かつて赤道付近にあったが、マントルの移動に乗ってユーラシア大陸のほうに進み、ぶつかってヒマラヤ山脈を作り上げた。それはいまでも続いており、ヒマラヤは年間数センチ単位で、最高地点が盛り上がり続けている。

こうした山脈や大陸の形成に関与するマントルのさらに地球の内部には、内部の硬い芯となっている内核と流動する物質を含む外核に分けられる。外核には高温で溶けた鉄が大量に含まれている。温度も 5000 度程度が想定されており、太陽表面の温度と同程度のようなものである。この熱エネルギーが外核の物質を流動させている。これだけの高温であれば、内核と外核の間の温度勾配が大きく、浮力がついている。外核内の硫化鉄や酸化鉄は、温度勾配にそって外核の上方に移動していく。また地球の自転が外核の流動性物質の移動を引き起こす。つまり熱対流と温度差による浮力と地球の自転によって外核の流動性物質は、強い運動を行っていると考えられる。流動する物質が熱の効果で電荷を帯びており、それが移動すれば電流となる。電流が発生すれば、同時に磁場が発生する。理屈ではそうなのだが、細かな磁場の発生はほとんど不明である。双極性の磁場が発生し、物質の一部を磁化すれば、それは物質の「記憶」となる。科学的には物質は磁性を記録する、と言われる。それが堆積するようにして、同方向の双極磁化された物質が積み上がり、地球総体に双極性の磁性が形成されるのである。

問題は、地磁気の逆転がどのようにして起きるかである。極性の強さにも周期性があり、強く N、S に分極している場面から、分極が弱くなり、再度また強く分岐するように周期性があるのではないかと考えられている。この周期性は、1 万年単位程度の間隔で強弱を繰り返しているようである。1860 年代の記録との比較で、現在は 10% 程度磁力が弱まっていることが知られている。単純に考えれば、外核での物質の流動が弱まり、電流が弱くなったと考えることになる。分極性が弱くなった時期が終わり、再度分極性が強まり始めた時に、N、S がどちらに向いていくかが決まるようである。すでに磁化された物質が残っているはずであるから、再度双極磁場が強くなりなじめた時には、既存の磁性体を巻き込みそれに沿うように双極磁場が出現することがほとんどだと考えられるので、この場合には地球磁力は逆転せず、ほとんどの場合、また元の双極性に戻っている。ところがここ 400 万年ほど

で 11 回も地磁気は逆転し、最近では 78 万年前に地磁気の逆転が起きている。

この逆転の周期は、初期のころが短く、最近の逆転が最も長い。養老溪谷のデータから逆転に要した年数は、300 年ほどだと計算されており、驚くような速度で地磁気逆転が進行したことがわかる。地磁気逆転を最も簡単に理由付けすると、外核の電荷物質の流れが逆流し、電気が逆向きに流れたと考えるのが簡便である。ただし 400 万年の間の 11 回の逆転が、「同じ理由」で起きたと考える必要もなく、複合的で入り組んだ要因が関与していたと思われる。双極性磁力がいったん弱まって再度強くなるさいには、さまざまな向きの磁力が発生しており、それが逆向きに統合されていったと想定しておくことが望ましいと思われる。今後のデータで多くのことがわかる時期がきっとあるに違いない。地磁気の探求方法は、現在では人工衛星からの観測と、コンピュータシミュレーションで行われている。それによると外核には、小規模な磁場の塊が、断続的に発生しては消えているようで、しかも地球内部のさまざまな場所に発生している。どのような事象が、決定要因になるというわけではないが、地磁気逆転の自己組織化のための変数が少しずつ見えてきている段階だと思われる。

〈参考文献〉

網川秀夫『地球磁気逆転 X 年』（岩波ジュニア新書、2002 年）

ギルバート『磁石論』（板倉聖宣訳、仮説社、2008 年）

グラッツマイアー、オルソン「地磁気反転の謎に迫る」『日経サイエンス』（2005、7）18-26

高橋典嗣『46 億年の地球史図鑑』（KKベストセラーズ、2014 年）

山崎俊嗣「地磁気の逆転」（『地質ニュース』615 号、2005）45-48

山本義隆『磁力と重力の発見』（みすず書房、2003 年）全 3 冊