

Paleomagnetic Methods による岩石年代の対比*

V. V. Kochegura

江口博通訳

現今ソ連のみならず諸外国においても地球物理学の一部門として近年新たに生れた古磁気学 (paleomagnetism) に非常に興味が現われ始めた。これはきわめて当然なことである。というのは当部門の研究によつて古磁気学が相関連せる諸科学領域で多くの問題の真相を明らかにするのに役立つばかりでなく、一連の実際的な問題の解決に手助けとなることがわかつてきたからである。本論文ではかかる問題のうちの一つの問題、すなわち層位の対比 (stratigraphic correlation) および古磁気学的方法 (paleomagnetic methods) による地層 (geological formation) の生成年代の決定に関する問題のみを取り扱うことにするがあらかじめ古磁気学の基礎をなし、しかもかかる問題を取り扱うことを可能ならしめる物理学的前提を簡単に検討してみなければならぬ。古磁気による調査のすべては多くの岩石がその生成過程において残留磁気を生じ、しかもそれがかなり安定した状態でこんにちに至るまで非常に長い期間にわたつて保持しているという事実¹⁾に立脚している。

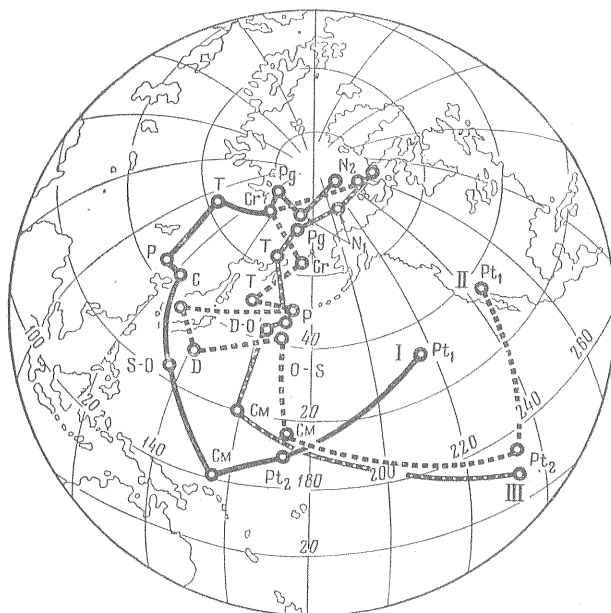
変成岩の残留磁気を発生する機構は変成岩の冷却と関連している。もし冷却がキュリー点以上の温度から出発して行なわれておれば、キュリー点を通過する際、岩石中に含まれている強磁性鉱物が常磁性の状態から強磁性の状態へ遷移するが、この際もし小さな外部磁場でも存在しておれば岩石は通常外部磁場の方向に十分に磁化されるものである。自然条件でかかる磁化を生ずる外部磁場になるのは岩石の冷却が行なわれている周辺に存在する地球の局部磁場である。岩石磁気の原因となる岩石中に含まれている主要強磁性鉱物のキュリー点は $500 \sim 700^{\circ}\text{C}$ の範囲内にある。かかる過程のもとに生じた磁気を特に熱残留磁気 (thermo residual magnetization) と呼ぶ。多数の調査研究の結果、大半の変成岩が正にこの種残留磁気をもっていることが明らかになった。

堆積岩の残留磁気を発生する機構は変成岩のそれとはおもむきを異にしている。堆積岩の残留磁気は若干の磁気能率を有する粒子が緩慢に沈積する過程において地球の外部磁場の方向に配列されるために生ずる。したがつて堆積岩の残留磁気の一般的な方向はやはりその生成時期に存在していた地球の局部磁場の方向に一致することになる。

変成岩および堆積岩の残留磁気は十分に安定している場合が多く、岩石の生成時における周辺の地球磁場の方向をそのままこんにちに到るまで保持している場合がしばしばある。しかしここに明記しておかなければならないのは岩石の残留磁気の強さが時のたつにつれて減少して行くことである。その減少の速度は岩石自体の特性によるほか最初の残留磁気の強さを弱める外部作用 (圧力、震動、加熱、外部磁場その他) の特性および強さに左右されている。

次に岩石の残留磁気測定に地質学的意義の挿入を可能ならしめるような諸現象に関して検討してみよう。いろいろの生成年代をもつた岩石の磁化方向を研究した結果、地球磁場がその地史を通じて非常に複雑な変化をたどつてきたことが明らかになった。実際、もし地球磁場が岩石のように固定した不変のものであつたならば、古磁気は極度に限定されたものであつたに違いない。現在では地球の磁極は先カンブリア代からほぼ第1図に示す径路を経て現在の位置まで移動 (極運動) したことが確認されている。

* V. V. Kochegura: Палеомагнитные Методы Возрастной Корреляции Горных Пород, Советская Геология, No. 4, 1961



第1図 地球の極および磁極の極運動の径路

- I アメリカ大陸における磁極の極運動の径路 (古磁気の資料による)
- II ヨーロッパ大陸における磁極の極運動の径路 (古磁気の資料による)
- III 地球の極の極運動の径路 (古気候の資料による)

軌道IIおよびIはユーラシア大陸およびアメリカ大陸で得た古磁気の資料に基づき、また軌道IIIは古気候学的資料(古気候学的資料として珊瑚礁・塩・石膏〔II〕を利用した)に基づき作製された。形がよく似た軌道IおよびIIの種々の位置はユーラシア大陸とアメリカ大陸の相対的変位の結果として運動している。互いに全く関係のない独立した古磁気の資料および古気候学的資料が一致していることはあながち偶然なことではあるまい。ここでは一つの曲線が地理学的極の軌道を、他の線が磁極の軌道を示しているがそれは別に重要なことではない。というのは、現今の概念(理解)では地球磁場と地球の自転とは相互に綿密な関係にあるとされ、磁極が絶えず地理学的極の周囲を歳差運動していると推定されているからである。これは古磁気に関する数多くの研究、調査の結果、ある地質学的期間内の磁極の平均(中間的な)位置が通常その期間内の地理学的極の推定位置と一致することがわかった〔13〕(第1図に示す磁極の位置もまた平均位置である。)ここに述べておかなければならないのは第1図に示している軌道では地質時代に行なわれた磁極の運動に関して単に近似的な概念しか得られないことである。将来の古磁気に関する組織的な研究によつてのみ磁極の変位に関するより詳細な資料が得られるであろう。古磁気に関する研究の結果としてもう一つ非常に重要な結論に達することができた。それは地質学的な時間でいえばほとんど瞬間的に生ずる磁極の周期的変化の存在である。研究の過程において残留磁気が外部の磁場の方向に逆向きの方を有するような岩石に遭遇したことがあつた。その現象の原因を説明するため一連の仮説が提起され、厳格に定められた2つの強磁性成分を含む岩石が冷却する時、外部磁場の方向と反対の方向に磁化されることが判明した〔5〕。また正常の磁場においても岩石を逆方向に磁化するようなある種過程の存在も証明された。しかし、外部磁場の方向に反対の方向に残留磁気を生ぜしめる機構に関して発表された仮説では、ある特定の条件のみを仮説しているので、この現象のあらゆる場合をも説明する力を有していない。場合によつては岩石の残留磁気を地球磁場の極性変化すなわち反転によつてのみ説明しうる。現在のところ地球磁場の反転の存在に関してはまだ確定的な証明はされていないが多くの調査関係者がこの見地を固守している。これはやはり地球磁場に

関する現今の理論がこの種磁気極性の変化を認めているせいもあるだろうが〔26〕、磁氣的に安定した岩石の残留磁気の方向は地球全体にわたつた惑星的な規模をもつて同時に起こつた諸現象と結びついているであろう。実はこのような考え方を基礎にして岩石年代対比に用いられる2つの古磁気法が生れたのである。

第一の方法では地球の磁極の移動を利用している。実際、もし生成年代のわかっている岩石の磁化の方向によつて古代の磁極の位置を復元することができるならば、その逆の問題の解答、すなわち岩石の残留磁気の方向によつてその生成年代の決定も可能なはずである。このような決定の可能性は「地理学的極の移動が行なわれていたか、それとも磁極がそれには関係なく変位していたか」には左右されるものではない。現在のところでは地磁気の歴史に関する知識があまりにも近似的で、しかも断片的な域を脱していないので本方法の広範囲の適用がまだ不可能である。

すでに述べたように第1図には各地質時代における磁極の平均位置を示している。実際において磁極は絶えずこれらの平均位置の周囲を歳差運動をしながらいつの間にかその平均の位置から20~30°までの距離を移動していた。このことはわが「全ソ地質学研究所」によつて極東地方の鮮新世玄武岩に関する調査研究〔10〕をも含む、いままでなされた同一生成年代を有する岩石の残留磁気に関する数多くの調査・研究〔13, 17〕によつて証明されている。それゆえ、もしわれわれが(あたかも地球磁場の歴史から採取つたかのような)単独な残留磁気の方向をもつてして独立した(個別の)岩石の生成年代を判断するならば大きな誤りをおかすことになりかねない。幾分でも信頼のおける結果を得るためには生成年代の近い岩石の残留磁気の方向の平均化が必要であつて、研究される岩石が多ければ多いほどそれだけ結果も正確になつてくるのである。

著者が B. S. Rusinov と共同してシベリヤの Lower-Triassic traps の残留磁気について研究した時に得た資料がそのよい一例である。この traps は Nizhnyaya Tunguska 河の下流ではその有する残留磁気の方向によつて3つのグループに分けることができるが、各グループ間の磁極位置の差異は30°であるにかかわらずその磁極の平均位置は $\lambda=133^\circ$ (東経)、 $\varphi=60^\circ$ (北緯)であつて、これは古磁気に関する国際資料による三疊紀における磁極の平均位置に非常に近いものである。

このようにして統計資料を十分に持つている場合には、本方法をこんにちすでに近似的な年代の決定に、また古生物学的方法を適用することのできない、先カンブリア紀堆積岩の生成年代の決定に適用することができる。この点では、先カンブリア紀における磁極の運動の径路を概括的に決定した Du Bois 氏〔14〕の研究が興味深いものである。

彼の研究によつて得られた資料はもちろん実用には不十分なものではあるが、この資料をみれば、放射能法を用いて原生代および始生代の磁極の軌道を復元すればいま述べている方法の適用範囲を大いに広げることがわかる。

第一方法は下記主要条件のもとにおいて岩石年代の対比に適用できる。

(1) 本方法で調査される岩石は最初の残留磁気の方向をこんにちに至るまで保持しうるような磁氣的に安定したものでなければならない。こんにちでは岩石の磁氣的安定性を決定し、また場合によつてはその残留磁気の方向を復元することのできる一連の野外・実験室内調査方法が完成している〔10, 16〕。

(2) 地殻変動により生じた岩石の残留磁気の方向の誤差を修正するため、当岩石が生成時にうけた地殻変動過程に関する知識を持つことが必要である。

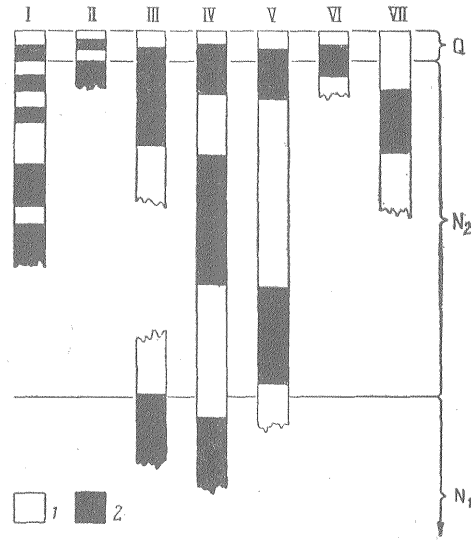
第二の岩石年代対比の方法は正常の残留磁気および逆の残留磁気存在に根拠をおいている。この方法を最初に適用したのは Hospers であつて、彼はこの方法でアイスランドの熔岩流の対比を行なつている。ソ連でも A. N. Khramov がこの方法を用いて西トルクメンにある鮮新世の砂岩の対比を行なつて成功している。A. N. Khramov が岩石の定方位試料の残留

磁気を研究した結果、当地区の第四紀および鮮新世の堆積岩を交互に正常帯磁および逆帯磁を示す10枚の層準に分けることに成功している。いろいろな地域での層序的に関連した断面を比較対照することによつて、研究された地域での選び出された層準がよく追跡されること、および得られた古磁気帯の対比の結果が堆積作用の大きな変動を対象に行なつた地質学的対比と一致していることを確かめることができた。A. N. Khramov はまたヴォルガ中・下流域地方における二畳～三畳紀堆積岩に関しても同様な結果を得ており [12], それをいくつかの正常帯磁を示す帯と逆帯磁を示す帯とに分けることに成功している。この際彼は選び出した帯を 600km にわたつて追跡している。

近年「全ソ連地質学研究所」では極東地方における玄武岩台地の磁性について一連の研究作業を実施したが、その結果調査した台地の岩石の全部が正常の帯磁を示す層準と逆の帯磁を示す層準とに分かれており、しかもそれらの層準が個々の台地の領域内においてその走向に沿つてよく追跡されることが明らかになつた。かくしてこの方法がある地域の領域内での堆積岩層および噴出岩の対比 (岩石磁気の極性の変化を起こす原因に関係なく) に適用する可能性が十分に根拠づけられているものと考えられる。しかしもし岩石磁気の極性の変動が実際に地球の磁極の変動に起因するものであるならば、本方法は地球上のいろいろの場所の層序図の対比および系統化に適用される見通しが約束されていることになる。地質年代学にとつて地球全体にわたつて同時に起こつた磁極の飛躍的な転位のような同期時間の指摘の特殊な重要性を強調するを要しない。この問題に最終的な解答を与えるためにはおそらく地球上のいろいろの地域から同一生成年代を有する層系を選び出し、その磁性を比較するという方法を用いなければならないだろう。もし本調査で岩石磁気の極性が地球全体にわたつて同時に変動したことを確認することができたならば、反転の存在が証明されたといつてよいだろう。この種作業は調査の対照となる層系のきわめて正確な生成年代の決定を必要とするところに難点がある。例えば古磁気の資料によれば新第三紀では 50 万年～100 万年ごとに磁場の反転が行なわれている。したがつて地球全体にわたるこの現象発生の同時性を確認するためには被調査岩石の生成年代決定の誤差が 50 万年を超えてはならない。現在のところわれわれはこのような正確度をもつた年代決定の手段を持っていない。それに互いに充分遠距離にある少なくとも 2 つの地域に関する生成年代が必要であるからその決定はますます困難になつてくる。

第 2 図は各国の調査者によつて得られた岩石磁気の極性の研究結果をまとめた比較対照表を示す。ここに出ている結果の相互不一致は研究された層系の年代対比が非常に不正確であることによるが、また一方ではこれら結果の大半が、流出時間に大きな間隙があつたと想像される噴出複合岩体 (effusive complexes) の研究から得られたものであることをも考慮にいれなければならない。それがため図示してある資料の中から 1 つあるいはそれ以上の地球磁場の反転がもれているとも考えられる。しかしここでみのがしてならないのは生成年代の最も確実な第四紀堆積岩に関してはほとんど全部の調査者が同一の結果すなわち第四紀の上位堆積岩が正常帯磁を、第四紀の下位堆積岩が逆帯磁を有していることを得ていることである。これにもう一つ付け加えなければならないのは、第四紀の上位岩石ではまだ一度も逆帯磁が発見されていないことである。この事実は地球磁場の反転説を支持するものである。これに対して、この現象がやはり一定の期間を必要とする帯磁の自己反転と関係していると主張する人もあるが、鉱物成分とは無関係に火成岩と同様に堆積岩において帯磁の自己反転と同じく 50 万年という期間を必要とすることは考え難い。それに堆積岩と変成岩とは自己反転のためにそれぞれ異つた自己反転の機構を必要とすることを考慮に入れた場合、かかる推定はますます真実性を失つてくるのである。

反転の同時性を究明する目的で行なう同時代の岩石の極性の比較を新第三紀に較べてはるかに少ない反転頻度を有すると想像される地質時代に属する岩石について実施する方が容易であるが、残念ながらいまのところわれわれはより古い時代に関して第 2 図に類似する比較対照図



第2図 いろいろの調査者の資料による地球磁場の逆転(inversion)を示す図
1. 正常帯磁帯 2. 逆帯磁帯

I—Khramov [11]. トルクメニヤ, 1957年; II—Roche [25]. フランス, 1956; III—Roche [24]. フランス, 1951年; IV—Hospers [19] アイスランド, 1953年; V—Rutten [27]. フランス, 1954年; VI—Einarsson [15]. アイスランド, 1955年; VII—Kawai [22] 日本, 1951年。

を作成するに足る古磁気の資料がない。ただ一ついえることは、デボン系の研究にあたってまだ一度も正常帯磁を有する磁氣的に安定した岩石に出合った例がないことである。

地球磁場の反転説を確証するもう一つの有名な事実について述べてみよう [1]。それは母岩が貫入岩との接触面において貫入岩と同一方向に帯磁されているが接触面から離れた所では逆の方向に帯磁されていることが度々観察されることである。いまのところこの事実は反転説の見地から次のように説明することができるのみである。すなわち母岩が貫入岩によつてその接触面付近でキュリー点以上に熱せられる結果、貫入岩体が貫入した当時の地球磁場の方向に再帯磁したと考えるものである。

反転法を用いて地質断面を対比する場合最も困難を感じるのは同一極性を有する帯を正確に比較対照することであつて、特に地球磁場の反転が頻繁に起こつた地質時代に属する堆積岩の調査にあつてはなおさらである。そういう地質時代の一つとして例えば新第三紀をあげることができる。A. N. Khramov はトルクメン地方の鮮新世堆積岩の対比作業に際し、この困難に打ち勝つため各帯の平均方向を利用している。彼は同一極性に属する古磁気帯がそれぞれ互いに幾分異つた帯磁の方向を有する特徴を持つていることを明らかにした。これは多分反転時に磁場が 180° といくらか異なつた角度に方向をかえることに起因しているであろう。この事実を立証するものとしてわれわれが極東地方の鮮新世玄武岩類の残留磁気を研究した時に得た資料をあげることができる。われわれは多数の古磁気帯から選り出した試料についてその残留磁気を測定した結果、正常帯磁および逆帯磁を示す岩石の帯磁方向間の角度が平均 $160^\circ \pm 7^\circ$ であることをつきとめたが、他の調査者もそれに類似した結果を得ている [20]。

A. N. Khramov が適用した対比の方法は堆積岩を対象にした場合はなるほどよい結果をもたらしてはいるが、その方法は噴出複合岩類の対比には必ずしも適用されるとは限らない。というのは堆積岩ではおそらく磁場の径年変化によつて生じたと思われる比較的急速な古磁場の方向の変動が堆積作用の連続性のために自動的に平均化されたと考えられるためである。これに対して熔岩流の残留磁気の方角はその冷却期間に存在していた地球磁場の方向の瞬間的方

向である。かくして地質学的時間からみて非常に急速に発生する径年変化が原因して実際には同一の古磁気帯に属し、しかも同一の生成年代を有する熔岩流が互いに著しくその残留磁気の方向を異にするようになることがありうる。そのほかに、強く帯磁された噴出岩で相異なつた帯磁方向を生ぜしめる原因として、岩石自体に生ずる局部磁気異常分布をあげることができる。それゆえ噴出岩における残留磁気の方向が被対比岩石の同一視に際して必ずしも決定的要素になるとは限らない。しかしわれわれの極東地方での実際の経験によると、確実に一つの層準に属すると思われる熔岩流の帯磁の方向が、例えそれに利用した試料の採取場所が互いに 10 km 以上も離れていてもほとんどの場合一致している。ゆえに多くの場合では噴出岩の同期性を確認するため残留磁気の方向を他の規準とともに利用してさしつかえないことになる。

当問題の解決に利用できる別のパラメータとして岩石の残留磁気とその誘導磁気との比 $Q = \frac{I_n}{I_i}$ をあげることができる。互いに近い生成年代を有する岩石では、この比の値はその岩石の鉱物成分と最も深い関係を持つており、おのおのの熔岩流では通常その平均値が保持されている。これは順を追つて流出し古磁気層準を構成した熔岩流系列の鉱物成分がわずかにしか変化しないことに起因するらしく、したがつて全体の Q の平均値もまたまれな例外的な場合を除いたほかは不変の状態と保存されているのである。この結論はわれわれによつて極東地方の玄武岩調査の際導き出されたものである。

G. H. Petrovo および J. A. Ismail-Zade はその共著論文中に「堆積岩を対照にして層序学的な対比を実施する場合、層準を比較対照するため自然残留磁気を打消す消磁場、すなわち不変磁場のような磁気パラメータを使用してもよい」と書いている〔7〕が、われわれは当パラメータが噴出岩、なかんずく玄武岩の対比に役立つことを明らかにした。

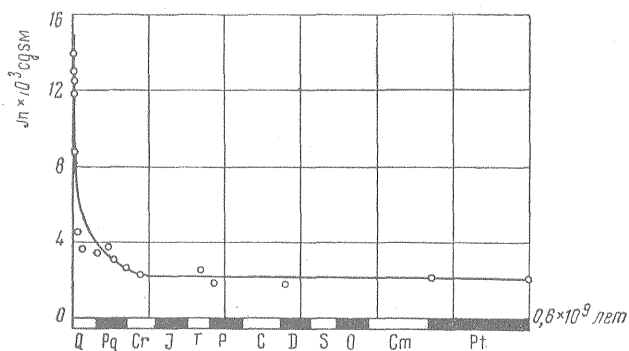
それ以外に層準の精査に際しやはり岩石の鉱物成分と従属関係にある所の残留磁気の強さと帯磁率の値とを利用することができる〔9〕。

層の対比に上記パラメータを総合的に利用するとき信頼度の最も大きな結果が得られる。われわれが極東地方の玄武岩に関しその層序学的対比を実施した際、上記パラメータの全部を考慮に入れて作業を進めた。いままで述べたいろいろの対比の方法の中で第一番目の方法以外は別個の玄武岩台地の領域内の層準対比には役立つが、いくつかの玄武岩台地に属する層準相互の対比には役立つたない。というのはかかる場合には同期流出物が必ずしも同一の鉱物成分を有するとは限らないからである。同一生成年代を有する分布地域の異なつた層準の対比こそ古磁気学的地質年代学 (paleomagnetic geochronology) 研究上最も重要な課題の一つである。

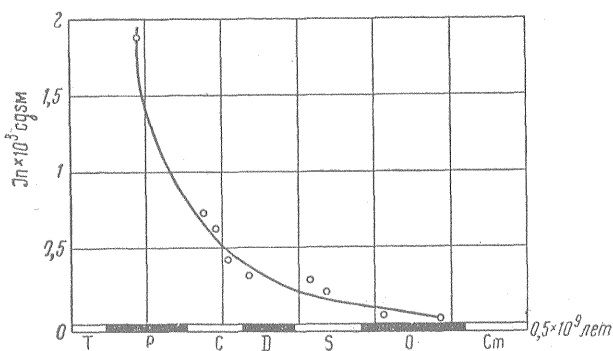
第三の方法は他の 2 つの方法とは根本的な差異を有している。すなわち最初の 2 つの方法では古磁気による調査に磁氣的に十分に安定した岩石が役立つたのに対して、第三の方法では岩石の生成年代を決定するパラメータとして岩石の消磁の程度が利用されている。年代の経過に伴なう残留磁気の強さの減少についてはすでに J. G. Koenigsberg がこれを指摘している〔23〕。この事実は物理的に簡単に説明ができるものであつて、ちょうど磁石に構造の変化が生じたり外部から種々の影響をうけたりして老化 (ageing) すると類似した現象である。

A. G. Komarov は岩石の年代とその残留磁気の強さとの従属関係について優れた研究を発表している〔4〕。彼はその得た結果を第 3 および第 4 図で示しているが、これで残留磁気の強さと年代とが指數的な関係で現わされていることがわかる。地向斜地域岩石の曲線のパラメータと台地岩石の曲線のパラメータとの差異は岩石の消磁速度に造構運動の過程が特に著しい影響を及ぼしていることを物語るものである。図に示すように台地地域の岩石がある層準までは比較的早く消磁するが、その後はその帯磁の強さの降下が非常に緩慢に続行する。地向斜地域の岩石では帯磁の強さの顕著な減少がずっと長く続いており、極端にまで低下する。

かくしてもし調査を行なつている地域の岩石に関して上記に類似した従属関係を知つておれば岩石の生成年代をその残留磁気の強さによつて容易に決定できる。A. G. Komarov は年代決定に最も便利なのは Q であることを示している。それは Q は I_n に比較して岩石中の強磁



第3図 台地地域の玄武岩・粗粒玄武岩・輝緑岩の残留磁気の強さとその年代との関係



第4図 地向斜地域の輝緑岩・輝緑岩質珩岩および spilites の残留磁気
の強さとその年代との関係

性鉱物の濃集に影響されることが少ないからである。彼はこの比を利用して北極圏内ウラル地方の Eifelian 礫岩中の噴出岩礫が含金斑糲一橄欖岩層に属していることを確証するとともにその地層のカレドニヤ年代をも決定している〔4〕。

本方法が適用される範囲は主として岩石の年代によるその磁気特性の差異の程度によつて決められる。第3図に示すように台地地域における白堊紀以前の岩石の残留磁気の強さがほとんど変わっていない。したがつて本方法は白堊紀あるいはそれより新しい時代にできた岩石にのみ有効であつて、それより古い年代のものには適用されない。しかるにウラルの地向斜地域に対しては(第4図参照)、本方法の適用可能範囲がカンブリア代の変成岩にまで拡張される。本方法の長所とするところは、それが定方位試料の選出を必要としないことである。したがつて年代の対比に geological collections およびコア試料を利用することができる。

本方法は現在非常に人気を得ているがゆえに、いまここに本方法を用いるにあつてはまたまみられる不合理的な簡易化および図式化に伴う誤りについて一言しておかなければならない。

第一に強調しておかなければならない点は、第3および第4図に示す関係は機能的性格を有するものではなく統計的性格を有することである。したがつて生成年代について信頼性のある結論を得るためには、同一種類岩石からの充分に沢山の試料を集めてそのそれぞれについて磁気特性を測定しておかなければならない。

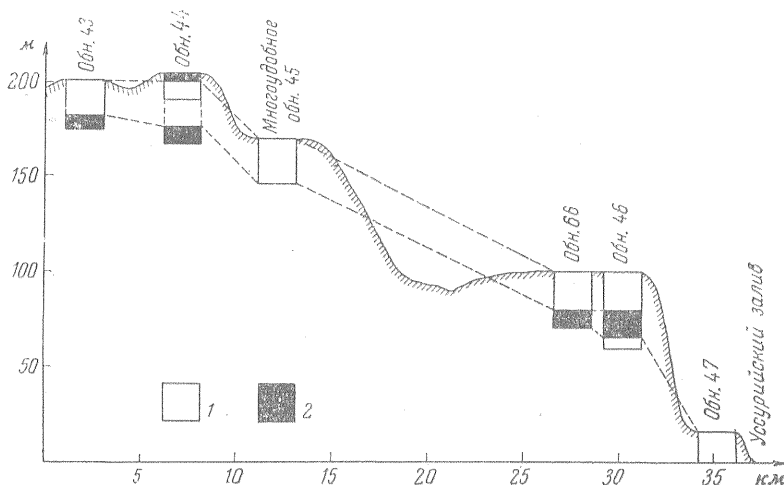
同様に念頭におかなければならないのは年代の経過に伴う残留磁気の強さの減衰速度が岩石の内部特性と従属関係にあることである。この従属関係は岩石の種々の型によつて一様でない。これに伴う岩石年代の決定における失敗の可能性を除去するため岩石の磁気特性の分析

に基づいて確立された関係に従う岩石の一团を正確に決定する必要がある。この際岩石型によつてそれぞれ別個に残留磁気の強さと年令の関係曲線作製の必要が生じうる。これは岩石の磁気的安定性が多くの要素に左右され、しかもこれら要素の影響程度がいまのところわれわれに明らかでないからである。

岩石の磁気的安定性の定量的方法は現在のところ最も難解な問題の一つである。われわれは現在ソ連学士院附属地球物理学研究所で行なわれている研究作業が将来われわれ調査者に岩石の磁気的安定性を実験室において決定できる手段を与えてくれるものと期待している [2, 3, 6]。それが実現すれば第三の古磁気法でわれわれは「残留磁気の強さと年令との統計的な関係」から「残留磁気の強さと年令との機能的関係」に移ることができる。これは地質年代学にとつていくら評価してもあまりあるものである。

以下、われわれが極東地方の新しい年代に属する噴出岩の磁気特性研究の結果について述べることにする。われわれが研究の対象にした岩石は沿海州、ハバロフスク州およびカムチャッカ半島に広く分布する玄武岩床であつた。われわれは Shufansk, Shkotovo および Sovgavani 玄武岩台地で 30 個以上の断面から多数の定方位試料を採取したほか中央カムチャッカの安山岩質玄武岩床でも採取した。これらの試料に関して残留磁気の方向を測定した結果、上に列挙した玄武岩床の全部がそれぞれ 30m から 150m までの厚さを有し、いくつかずつの熔岩流を挟む正常帯磁と逆帯磁とを交互に有する層準からなつてることがわかつた。岩石の帯磁が非常に均質的であつたため、正確な層準に共通の平均帯磁方向を得ることができ、それに基づいて熔岩が流出した当時の磁極の位置を復元することができた。この全層準に平均な磁極の位置がこんにちの地理学的極と一致していた。これは新第三紀およびさらに新しい年代の地層を研究した他の調査者が得た結果によく一致している [21]。かくしていまここに論ずる玄武岩が地質学的資料によると新第三紀または第四紀前期に属していることになるが、これはわれわれの得た結果と一致している。本方法が近似的なものであるため、玄武岩の生成年代に関してはこれ以上に正確な結論を導き出すことはおそらくできないだろう。

この点において正常帯磁された岩石と逆帯磁された岩石の存在を利用した第二の方法がより有望である。古磁気断面の各系列に関する資料を比較対照することによつて各台地領域内における層準がその走向に沿つてよく追跡できることがわかる。それによつて研究された岩床の対比を図式化することができた。第 5 図はわれわれによつて作製された Shkotovo 玄武岩台地南東部に関する古磁気対比図を示している。同一帯磁を有する区域の対比には次のパラメータす



第 5 図 Shkotovo 玄武岩台地の南西部の古磁気対比図

1. 正常帯磁帯 2. 逆帯磁帯

なわち残留磁気の強さおよび方向、 Q と消磁場 H_c の強さを利用した。追跡された層準のウズリ一湾方向への傾斜は熔岩流動方向と一致している。図でわかるように研究された区域で4枚の古磁気学的な層準が分離されているが、そのうちの2枚はほとんど全露出箇所追跡できる。露出箇所44の上部に逆方向に帯磁された小区域が存在している事実と、各国の古磁気資料ならびに第四紀初期より新しい年代に属する堆積岩ではどこにも逆帯磁が観察されなかつたことによつて調査の対象になつた岩石が新第三紀に属することを証明するに役立つている。そのほか本結論は Shkotovo 台地を構成する岩石の孢子—花粉の分析資料によつても確認されたため、本系列が中新世—鮮新世初期に属していると確言できるのである。

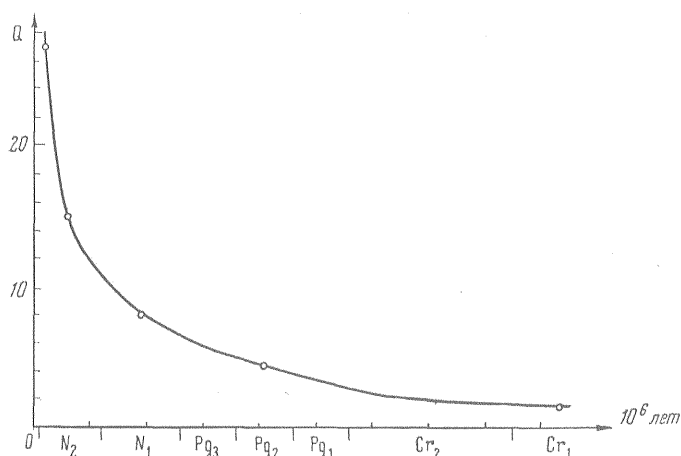
われわれは Shufansk 台地および Sovetskaya gavani 周辺の玄武岩台地の調査された場所についても類似の対比図を得ている。われわれは Sovetskaya gavani 周辺の玄武岩台地の調査にあつてコアについての極性の資料を利用した。坑井から取り出されるコアには上方に向けた矢印でその坑井における方位に印付けたためその残留磁気の極性を決定することができた。このような方法が用いられなかつた所では、コアの方位を一部のコアに残つた鑽孔の痕跡によつて行なつた。本(方位決定)法がいつでも必ずしも信頼のできるものとは限らなかつたにかかわらず、遂行された調査作業の結果、この種調査が層序学的対比に貴重な資料を提供してくれることが明らかになつた。さく井に際してコアを取り出すと同時にその自然状態における地層中での縦軸の位置を決定することのみで充分である。相当の労力を必要とするが、このような作業がなされていない場合のためにもう一つの極性決定の方法を推挙することができる。この方法は可変磁場における試料の消磁曲線が正常および逆帯磁された岩石に対してそれぞれ異なつた特性を有する事実に立脚している。

Sovetskaya gavani 地区の坑井から取り出されたコアについての極性測定結果によつて Sovgavani 玄武岩台地を少なくとも12枚の古磁気学的層準に分けうることがわかつた。そしてこの12枚の層準のうち8枚が海面下にあつて、その自然露頭の調査ができない。このことは、岩石学および地形的調査に立脚して当被調査玄武岩の生成年代を第四紀に入れている V. G. Plakhotnik の結論と矛盾している〔8〕。これに反してわれわれの得た結果が、主として Sovgavani 系列の下位層準の堆積岩から得た spore-pollen complexes の分析資料に基づいて当玄武岩の生成年代を鮮新世初期—中新世に入れている I. I. Bersenov の見解を確認している。実際に古磁気資料に基づいて第四紀初期に入れうるのは逆帯磁された層準からなる最上位にある台地の層準のみであつて他の層準は鮮新世あるいはそれよりさらに古い年代に入れるべきである。

この結論は第三の古磁気法によつても同様に確認されている。第三の古磁気法を適用するにあつてわれわれは極東地域の玄武岩についてその Q の値と年代との関係図を作成して用いた(第6図)。鮮新世後期の地層に関する Q の値は Schufansk 台地の上位層準および Borisovska 村(Usuriisk 付近にある)地区でこれらの岩床を貫いている所の玄武岩頭の磁気特性測定に基づいて得られた。鮮新世および中新世に対する Q の値は Shufansk 台地および Shkotovo 玄武岩台地の下部層準から採取した試料について測定した。われわれが Suvorov 村地区で始新世の玄武岩および Komsomolsk-Sovetskaya gavani 沿線で白堊紀初期(?)の安山岩質玄武岩の磁気特性を測定した結果さらにもう2つの適当な Q の値を得ることができた。第6図に示す従属関係に従つて Sovetskaya gavani 地区の玄武岩(その Q の値は7と15との間を変動している)の生成年代を中新世後期—鮮新世初期に入れるべきである。本例を見てわかるように第三の古磁気法は極東地方に分布する玄武岩の生成年代の決定に有効に適用できる。

かくして現在知られている全部の古磁気法を2つの型に分けることができる。

1. 岩石の生成年代を直接的に決定する方法には極磁座標法および岩石の消磁(程)度決定による方法とがある。いまのところ地球磁場の地史ならびに岩石の帯磁の減衰過程に関する研究がきわめて不充分であるため、これらの方法では単に近似的な岩石の生成年代しか決定する



第6図 極東地方玄武岩における Q 値とその年代との関係

ことができない。

2. 断面に関する層序学的対比による方法。これらの方法に属するもので第一に挙げなければならないのは正常帯磁ならびに逆帯磁をもつ帯域ごとに対比を行なう方法である。本来は古磁気学的対比法には属していないが、岩石の消磁場帯磁率およびその他の磁気パラメータの対比による方法も本方法に加えられている。これらの方法は断面の細分および対比には役立つが、他の資料を加味することなくしてはこれらの方法のみでは岩石の生成年代を決定することができない。

層位学および地球年代学の領域で古磁気法の適用で最大の成果を取めるにはこれら方法を総合的に利用すること、ならびに詳細な普遍的な古磁気年代表を作成することが必要である。本表の作成は地球磁場の地史ならびに岩石の帯磁に関する綿密な調査に立脚してのみ可能であつて、しかも各大型地域の一つ一つについて、古磁気学的に鍵となる断面が作られ、それに各断面を構成する岩石の磁気パラメータの特性が一つ欠かさず盛込んである場合に限つて可能である。本断面の作成にあつては地質学的資料、地質年代学の資料ならびに放射能性物質による年代決定の方法に最大限に頼らなければならない。古磁気年代表の基礎確立に関連して行なわれた作業で蓄積された実際の資料もまた古磁気法をより信頼性のある正確なものにするのに役立つものである。総合的古磁気法の根底に数限りない現象が含まれる以上、それがやがては地質年代学ならびに層位学にとつて、古生物、放射能物質による岩石年代決定の方法が持つていると同様な意義を持つに至ることは確かである。

文 献

- 1) Blekhet, P. U. S. : 岩石磁気学に関する講義, 1959年5月
- 2) Bolshakova, A. S. : 岩石正常帯磁の安定性, ソ連学士院会報, 地球物理学叢書, No. 5, 1957
- 3) Grabovsky, M. A. & Petrova, N. : 岩石帯磁の不変性について, ソ連学士院会報, 地球物理学叢書, No. 5, 1957
- 4) Komarov, A. G. : ウラルにおける斑綫一橄欖岩層系について, ソ連学士院会報, 地球物理学叢書, No. 9, 1956
- 5) Nagata, J. : 岩石磁気学, 外国文献出版社, 1956
- 6) Petrova, G. N. : 岩石の磁気的安定性, ソ連学士院会報, 地球物理学叢書, No. 1, 1957
- 7) Petrova, G. N., Ismail-Zade J. A. : 精細な断面の対比に対する安定性パラメータの利

- 用, ソ連学士院会報, 地球物理学叢書, No. 3, 1959
- 8) Plakhotnik, V. G. : Khutsin 湾以北に位置する Sihote-Alin の Sovgavani series の構造および生成年代, ソ連学士院会報, 地質学叢書, No. 2, 1959
 - 9) Jaichinov, R. S. : 岩石の対比に帯磁率を利用することについて, ソ連学士院会報, 地球物理学叢書, No. 7, 1957
 - 10) 第3回古磁気学会議における報告テーゼ
 - 11) Khramov, A. N. : 堆積層の古磁気による対比, 国家技術書出版所, 1958
 - 12) Khramov, A. N. : Внигри における古磁気学的調査の結果ならびにその将来性, 国家技術書出版所, 1959
 - 13) Creer, K. M., Irving, E. & Runcorn, S. K. : Geophysical interpretation of palaeomagnetic directions from Great Britain, Phil. Trans Roy Soc. London, Ser. A, Vol. 250, No. 974, 1957
 - 14) DuBois, P. M. : Ann. Geophys., t. 14, No. 4, 1958
 - 15) Einarisson, T. & Sigurgeirsson, T. : Nature, Vol. 175, No. 4464, 1955
 - 16) Graham, J. W. J. : Geophys. Res., Vol. 54, No. 2, 1949
 - 17) Griffiths, D. H. : Nature, Vol. 172, No. 4377, 1953
 - 18) Hospers, J. : Geol. Mag., Vol. 91, No. 5, 1954
 - 19) Hospers, J. J. : Geomagn. and Geol., Vol. 6, No. 4, 1954
 - 20) Irving, E. & Green, R. : Monthly Not. R. Astr. Societ Geophys. Suppl., Vol. 7, No. 6, 1957
 - 21) Irving, E. & Green, R. : Nature, Vol. 179, No. 4569, 1957
 - 22) Kawai, N. J. : Geophys. Res., Vol. 56, No. 1, 1951
 - 23) Koenigsberger, J. G. : Terr. Magn. Atm., El. Vol. 43, Nos. 2—3, 1938
 - 24) Roche, A. C. : r. Acad. Sci., Paris, t. 233, No. 19, 1951
 - 25) Roche, A. C. : r. Acad. Sci., Paris, t. 243, No. 11, 1956
 - 26) Runcorn, S. K. : Ann. Geophys., t. 11, No. 1, 1955
 - 27) Rutten, M. G. & Boer, J. C. C. : r. Soc. Géol. France, Nos. 5—6, 1954