

## 地質学の基礎問題

S.N. Bubnoff

小西 善治 訳

## 堆積作用と時間

科学体系における地質学の位置については、若干の注釈、とくに研究方法に関して注釈を必要とする。自然科学が初期の記載科学の段階を克服してからは、自然科学を、例えば化学、物理学のような現象科学 (phenomenology) と宇宙発生論 (cosmogony) のような進化に関する科学とに分類することが必要となってきた。現象科学は、実験に根拠をおくものであるが、進化の科学は、1 回限りの歴史的過程の復元に基づくものである。地質学的研究は、この2つを出発点としてまとめ上げられる。

地質学は、地球に関する他の自然科学の部門の方法 (まず第一に物理学と化学) を適用して、岩石、構造型および起伏の形態の現世の生成、破壊現象を研究する限りにおいては、現象学的科学である。しかし地質学は、それとともに、地球発生の1 回限りの非反復的過程、すなわち歴史的過程を復元することを試みる限りにおいては、進化に関する科学である。この歴史的契機 (moment) は、地質学の特質であり、かつ地質学的研究の重要な基礎となる。現象学的科学の出発点——数学的に裏付けられた実験——は、地質学的では、決定的な役割を演じないし、また演じることは不可能である。こゝで (地質学) は、この代わりに、無限小現象の積分と巨大なマスの作用が意味をもっている。ロシヤの有名な地質学者であり、地球物理学者であった Lukashovich は、半世紀前に、充分な根拠をもって、大陸規模の過程では、モール力が分子力を越えるという考えを述べた。この考えに、最も重要なことであるが、時間の現象がさらに結びつけられる。第一には、地質学は過程が起こる時には無関係 (中性的) ではない。第二には、地質学的過程は、人間の観察がとどかないまゝで残されるような長時間の間にその大部分が完了される。これらからどういう結論がでてくるであろうか?。まず第一に、われわれは、1つの未知数をもつ式では多くの地質過程 (現象) を表わすことができない。例えば塑性・弾性・流動性および類似の物理的特性は、人間の観察可能期間をはるかに越える時間の流れのうちの圧力および温度が、実験的に検証できないために精確に決定できない。このような領域内におけるデータは、外挿法にほとんど依拠して求められ、そのうえ、若干の作用因子は、未知のまゝしばしば残される。この点に関する典型な例としては、前世紀の後半に行なわれた英国の著名な物理学者 Kelvin (Tomson) の計算——地球の冷却現象を基にして地球の年齢を5千万年と算出した——があげられる。当時は、放射現象の知識が無かったので、地球の実際の年齢よりも約100倍少なかったことが現在知られている。しかし Tomson の数値は、非常な権威を持っており、彼の考え方は、事実と矛盾することが明らかとなるまで長い間支持されていた。このように数学のみせかけの正確さは、われわれの科学の発達を阻止するにいたった。これは、唯一の例ではない。

したがって、現在でも主要な地質学的理論を数式ですべて表わすことには、きわめて懐疑的であるとあえて広言する。数学的式中には、数個の未知数がしばしば含まれるが、それにおきかえる大きさを決定する場合の可能な誤差範囲は、数10%にも達することがある。このような場合に、これがたして正確であるといえるであろうか?。このことが最も一般的な誤差理

\* С.Н. Бубнов: Основные проблемы геологии, Глава 1 Осадкообразование и время, р. 22-37, Издательство московского Университета, 1960

論の中に入れられることは、自明である。岩石成因論・地球化学・地震学および実験に基づく検証が可能な他の科学——地球物理学・岩石学その他の精密科学——の基本的 (elementary) な現象の研究では、相当素晴らしい成功を収め、以前には、空想的であると思われた範囲の地球の構成についても知りうる可能性がでてきた。危険なことは、惑星規模の現象にこの結果を外挿することである。

現在地質学の対象と方法との特性が、設定された地質学的問題の(数学的に)精確な解をみいだすことができないとしても、こんにちでは、特定の地史学的方法を利用しながら、主要な地質学的問題に関して若干の基本的な考え方を述べられないとはいえない。この方法は、結局のところ互いに重なり合っている地層を、次々に生ずる状態の反映としてみる人為的方法に基づくものである。この方法によって、地質学的事件(event)の“フィルム”を作成し、さまざまな時代およびさまざまな地域におけるこのようなフィルムを“撮影”し、そして最後に各フィルムを互いに比較することができる。この結果の精度は、観察の可能性と観察者の熟練度によって左右されるが、さまざまな方法を適用して、顕微鏡的にうすい葉理から大陸塊(block)にわたるまでの対象の任意の規模で達成できるであろう。地質学における実験を歴史におきかえると、他の自然史科学(natural historical science)が手にとどかないような規模(scale)の空間・時間を取り扱うことができる大きな長所が得られる。ついでだが、このことは、生物学に対する古生物学が考えられる。地質学的事件の歩みを復元することが可能であるから、地質的に同じような事件のあゆみを表わす地域、すなわち地質的インパルスに対して等反応を起こし、さまざまな時間内の地質的事件が類似の継起性を示す地域では、その地域相互間を対比することが可能である。このこと(対比)は、歴史的基盤の上に空間・時間を系統化することと同じことである。このような系統化は、たしかに科学的研究の初期の純粋な記載段階の克服に向かつての最初の科学的前進となるはずである。種々の時間においてまた種々の場所において類似の地質的事件の繰返しを確かめることは、成因的な基礎に立つ構造発達の合法則性を立証することと同じである(他の科学では、実験的方法によって達成するものと同じである)。そこで、どのような合方則性が論点となるかが次に問題となってくる。

空間的要素の検討は、水平および垂直方向における差異を明らかにすることから始めることができる。水平方向については、乾陸と海との差異から始めるとともに、さらに山嶽・平野・浅海・深海と海洋のような型態差からも着手される。この場合地質家は、現世の発展段階ばかりでなく、進化発展の現段階を誘導したしばしば相当複雑な、かつきわめて異なる容相を示す径路に対しても関心をもっている。私はこの進化を、特有の地塊・大陸棚(または Platform)・地向斜・大洋に固有の4つの発展のタイプを分類する。こゝでは、この分類は、原則的にとりあげたにすぎない。詳細については以下で述べる。

垂直方向については、岩石学は、すでに以前から非変成表成岩地域とその下にある epizon, mesozon, katazon の地域を分けている。その際に岩石学は、発生(変成作用)の時代からではなく、温度および圧力条件から出発している。地史学(historical geology)の研究に従事している地質家は、この主要階梯を、非変成—非変形上部構造と、変形—非変成下部構造と変成—変形深所基盤(fundament)とそれぞれ名付けている。その上にこの概念では、時間の要素と、圧力および温度条件に左右される岩石相の要素とが交差(cross)する。

次に時間の要素問題を移す際には、振幅、空間的伝達および現象の挿話性の諸指標(indicator)により分類できる運動形態の問題からまず始めよう。この地殻の運動形態の史的分類領域には、Stille の Epirogenes 説, Orogenes 説, Belousov の Oscillation 学説, Grabau の Pulzation 学説, 筆者の Diktiogenes 説が入れられる。

時間による他の分類原則は、系列(series)または輪廻の構成、すなわちいくつかの時相が等継起性を示す多時相(地質)現象のタイプの構成によって分類することである。輪廻の存在が証明されていることが、地質学的分類にとってきわめて好都合な契機(moment)となっていることは明らかである。

しかし地殻の運動過程を検討する場合には、われわれの結論は、始めのうちは純粋に運動学的であることに留意することが必要である。仮説的な初期状態との比較を基礎において発生した地殻の運動をそれぞれ記載することは、例えば平坦な地層とその最終状態——褶曲形態のようなもの——とを比較することは、フィルム(写真)の説明(demonstration)と同じ意味で、動力的内容をもたない単なる記載にすぎない。さらに問題となる点は、このような記載が、例えば Hans cloos や Sander がある新しい方法で行なおうとしたように、物理学的に精確に定式化された内容となるものであるかどうかである。したがって運動学的体系化(kinematic systematization)——現在類型化と呼ばれている——からその運動力の解明に至るまでには、依然として長い途が残されていると明白にいうのであろう。このことは、発展のしうれん(convergence)現象と未知の因子の存在とが誤まった結論を誘導しやすいことを考えてみれば明らかである。ここで2つの原因について想像の領域に入ってみよう。

第一には、われわれの研究対象は、地殻、精確にいえば、厚さ 20 km から 30 km にわたる地球表面の薄い被膜である。しかし地球の中心に向かって 60 km 以下の深所にある層についてはまったく何も知らないにひとしい。

第二には、われわれの時間測定尺度が相対的である。絶対的数字では、大きさの order を表わすことができるのみであって、誤差が僅か 5 百万年であるとすれば、すでに満足すべき値としなければならぬ。したがって私は、現在のところ、地球の一般的造構運動に対して時間的計算を行なうことは、多かれ少なかれ機智のある遊戯にすぎないと考えたい。

私は、一層控え目の課題を提起したい。いまかりに時間・空間に対する地殻の運動学的要素を確認することに成功し、所与の地殻の運動が圧縮応力、引張応力、せん断応力と関連性があることが明らかとなるならば、すなわち地球上で行なわれた事件のフィルムをそれに現実に対応するように構成できるならば、われわれは満足しなければならない。このような研究の意味は、ソ連が地質学に寄与した素晴らしい成果を検討するならばとくに明らかとなる。こんにちに至るまで、ソ連地質学の成果は、充分に考慮に入れられていないので、結合化のための基盤は、過度に狭くなっている。いわんや、西欧学者は、西ヨーロッパのように複雑な病的(pathological)発達地域——私はいえるように思える——から研究を始めているからなおさらである。

しかし私は、1つの原則的命題を述べたい。造構圏の動態(dynamics)は、1つの法則だけでは決して説明できない。すなわちこの動態は、例えば Zyuss および若干の後継者が考えているように重力の法則のみに基づくものではない。地球の全進化は、その内的・外的動態のいかんをとわず、2つの物理力、すなわち重力と熱との相互作用と斗争に基づくものである。地表においては、太陽の輻射熱によって岩石の破壊が集中的に行なわれ、次いでその破壊産物は、侵食作用と堆積岩の沈積を生ずる重力流に移行する。造構圏では熱によって制御される火山エネルギーは地殻の重力、アイソスタシー補償とおそらくは地殻の崩壊——Zyuss が解釈したように——とに抵抗している。隆起と沈降、混和と混和物の構成分子への分離、分化作用と平均化作用とは、正反対の現象である。この二元法則は、地球の生命と呼ばれている作用を誘発している。

以上に述べたように、地質学的研究方法の主要問題は、歴史的進化経路であり、時間の問題こそその主要問題である。地質学では“時間”の概念が、生物学的に決められ、物理的“時間”概念となら共通性をもたないから、この問題の解決は難かしい。地質学では、時間の年代尺度は、生物学的単位、すなわち種、属等の生存期間に従っている。このような生物学的単位による時間の計算は、物理的意味の時間に関する精確なデータとなりえないことは明らかである。われわれは、個々の種の生存期間を自信をもって決定できないが、種の生存期間がきわめてまちまちであることを明白に知っている。例えば、われわれは *Lingula* 属を知っているが、この属は、5億年前のカンブリア紀にも、現在とほとんど同じものがすんでいた。またわれわれはアンモナイト、例えばジュラ紀後期の *Craspedites okensis* 種を知っている。このア

ンモナイトは、1化石帯すなわち1地質学的瞬間(one geological moment)の期間に生存していたことが知られている。このような方法では、精確な年代的尺度を求めることは不可能である。したがって過去の地質学的理論は、精確な年代的裏付けを欠いている。果して地質学的時間の正確な細分が可能かどうかが問題となってくる。

物理学では、等速度で進行する過程が3種知られている。この過程は、振子の往復運動、宇宙物体の回転、元素の放射性崩壊である。振子の往復運動は、地質時代に生き残る痕跡をなんら残さない。天文学的および物理的と呼ばれている他の2つの方法は、すでに何回も地質学的年令計算に適用され、実際にいろいろな成果をおさめている。

われわれの時間計算の基礎となるものは、地球の自転運動と太陽を中心とする公転運動である。この回転運動は、地球が受ける太陽エネルギーの量を決定するから、地球上の気候に影響を及ぼし、次にこの気候が岩石の生成と転形(transformation)に影響を及ぼす。例えば氷河周辺の水溜りに堆積した縞状粘土層が知られている。こゝでは、夏季の淡色砂質層が冬季の暗色粘土質堆積物と互層している。さらにわれわれは、Arkhangerskiiが、黒海の淤泥堆積物について研究した方法が自由に使用できる。黒海では、淡色砂質層は、海に注ぐ河の流域の融雪季に対応するが、bitumに富む暗色層は、プランクトンの死滅する秋季に対応している。最後に、われわれは、薄い腐植土を挟むスイスの中新世モラッセの砂岩を知っている。Bersierは、腐植土層を秋の落葉期に対応すると考えている。

Dé Geerは、スカンジナビヤの縞状粘土層によって、後氷期の期間を1万9千年と決定した。Arkhangerskiiは、クワンスク地域のマイコープ紀について漸新世から中新世のトルトニアン初期にわたる時代を725万年と算出している。Bersierは、シャッシェン期およびアキテーヌ期の時代を200~300万年と決定している。この2つの計算結果が一致していることに注目すべきである。さらに例えばデンマークでは、第四紀堆積物の日変化の立証にも成功している。理論的には、これを基礎において潮の干満の影響も立証する可能性が考えられる。しかしこの面での精確な観察は、いまだほとんど知られていない。この種の観測は、主として海岸地帯で行なうことが可能ではあるが、この種現象の痕跡が保存される機会は少ない。

しかしながら、ある条件の下では時間の算定に長周期のリズムが有効である。この場合、私が念頭においているのは、まだ論争の余地を残している11年周期の気候変化でなく、数千年にわたる周期的変化、例えば21,000~91,800年周期を示す地球の公転軌道の離心率の変動、黄道の傾斜角および歳差現象の変動などである。この周期値は、Schtokverの方程式で太陽熱の流れに対して、始めて確認された値である。次いでMirankovichおよびSoergelはこの数値を、氷河期の絶対年代の算定に利用している。この数値を基にして、第四紀の気候曲線が作成された。この曲線によれば、第四紀の期間は、百万年に近いことが算出されている。この曲線は、地質学的に確かめられるであろう。最近、Mirankovich-Soergelの氷河成因説に対する反論がいくつかでているが、地球の運動の天文学的恒数の変化とこの変化によって起こる輻射量の変化は実在し、気候に影響を及ぼすはずである。もしも氷河期の唯一の、かつもっとも重要な原因としてのこの変化の意義をも否定するならば、時間の絶対的律動(リズム)に影響を及ぼすはずの補足的要因の意義を常に考えに入れなければならない。

残念なことには、現状では天文学的方法によって地質年代や堆積物の沈積期間の算定と気候変化の周期の計算をすることは、地球の全歴史にわたって押し広めることができない。縞状堆積物は、地質学的過去の全期にわたってまだ知られていない。地質学的時間の長さの計算は、第三紀の終期ですでに、複雑化し、不確かになるので、こんにちに至るまで、第四紀の境界決定に成功していない。地球は、安定気候期(levelled climate)を何回か繰り返えし(例えば暁新世)しているが、この期間に対しては、時間計算に利用できるような記録がなにもないことをも考慮に入れるべきである。そのほかに、膨大な地質時間にわたって天文学的律動自体もまた変わらなかったかどうか問題となってくる。これに関連して、地球進化の最後の5億年

が、5~6 輪廻に分けられ、おのおのの後続輪廻が、先行輪廻より 1/3 だけ短いことを指摘しておくことは興味がある。この問題については、本論文の終りでとりあげる。

天文学的時間決定に較べて、放射性崩壊に基づく物理的時間決定法は、はるかに多くの長所をもっている。まず第一に物理的方法はその崩壊過程が時間にのみ基づき、その経過は外的要因に左右されるものではないが、同時に天文学的計算は、正にこの外的要因に基づいている。たしかに現在では、われわれがもっている確立された時間モメントの基礎は依然として相当荒削りのものである。したがって、その計算精度がやっと百万年以下になりうる状態であるため、その誤差範囲は時には相当な規模に達することがある。しかしこの数値以下の精度をもつデータは、いまずぐではないが、近い将来において実現することが考えられる。これでもきわめて顕著な成果である。われわれの考え方によれば、Nir と Holms の地質学的尺度は、まったく有用で、かつ真実に近い基盤となっている。私は、Holms が算出した値の限度を超えない程度で、いくつかの小さな修正を加えた地質尺度をあげておこう。

第 1 表 Nir および Holms の地質尺度

| 紀        | 継続期間<br>(単位百万年) | 代                 | 輪 廻                 |
|----------|-----------------|-------------------|---------------------|
| カンブリア紀   | 80              | 古 生 代<br>3億1千5百万年 | 旧 古 生 代<br>1億8千5百万年 |
| オールドヴィス紀 | 75              |                   |                     |
| ゴトランド紀   | 30              |                   | 新 古 生 代<br>1億1千5百万年 |
| デボン紀     | 45              |                   |                     |
| 石炭紀      | 55              |                   |                     |
| 二疊紀      | 30              | 中 生 代<br>1億3千4百万年 | 旧 中 生 代<br>8千5百万年   |
| 三疊紀      | 35              |                   | 新 中 生 代<br>6千5百万年   |
| ジュラ紀     | 35              |                   |                     |
| 白堊紀      | 65              |                   |                     |
| 古第三紀     | 35              | 新 生 代<br>6 千 万 年  | 旧 新 生 代<br>3千5百万年   |
| 新第三紀     | 25              |                   |                     |

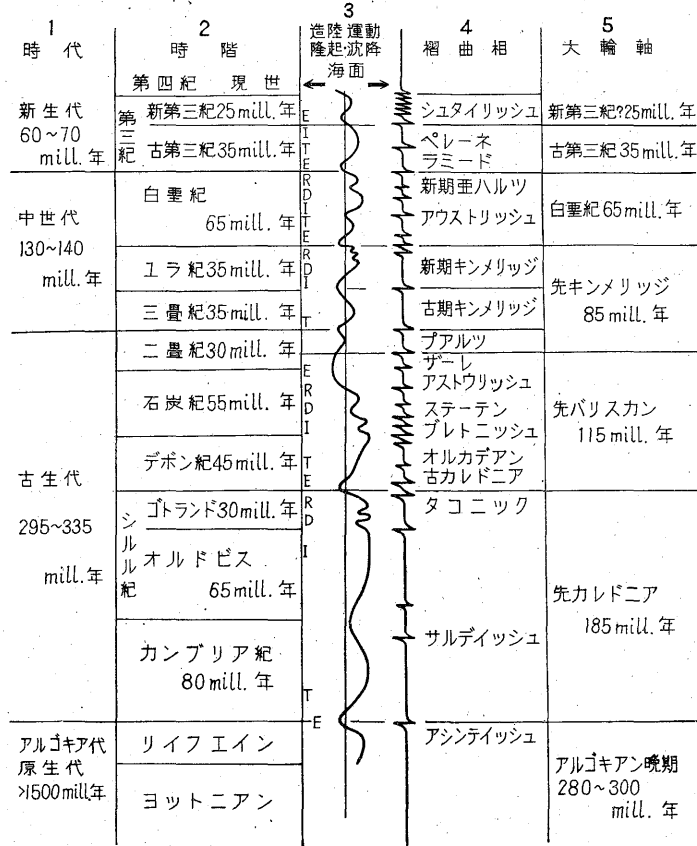
かくて3時代(era)の総継続期間は約5億年である。そのうえその継続期間の比率は、5:2:1で表わされる(第1図参照)。原生代および始生代の先古生代は、15億年と計算されている。こゝで求められた絶対年代のデータと、他の方法で算出されたデータとを比較することは、興味があり、かつ重要である。そのためには若干本題からはずれなくてはならないであろう。

最も簡単な方法としては、地質的“砂時計”すなわち岩石の沈積過程を地質時間の尺度とみなすことであろう。この問題は繰り返しとりあげられたが、最も詳しく研究し、発展させたのはアメリカの地質学者 Charles Schuchert である。Schuchert は、異なる時代(era)に生成されたアメリカの堆積物の極大層厚を比較検討し、次の結果を得た。

|       |         |
|-------|---------|
| 新 生 代 | 18.9 km |
| 中 生 代 | 26.6 "  |
| 古 生 代 | 34.1 "  |

沈積速度が同一、すなわち各地質時代の堆積物の厚さが、その時代の長さ按比例するものとするならば、この3時代の継続期間の比率は4:3:2となり、放射性崩壊を基礎において算定すると、5:2:1に等しくなる。その後行なわれた補足の計算によれば、さらに大きな食い違いがあることが明らかにされている。

この食い違いからでてくる結論——地球歴史の経過行程では、岩石の堆積速度が増加するかのようである——は、堆積物自体が時間の尺度とならないから、きわめて細心な態度でとりあげるべきである。この種の実例は、きわめて多数あげられる。モスコーとヴォルガとの間の石



T—海進, I—海没, D—分化, R—海退, E—再現(地塊)

第1図 地球の歴史と時代, 期間, 輪廻, 絶対年代, 揺動運動(造陸運動)造構運動図式

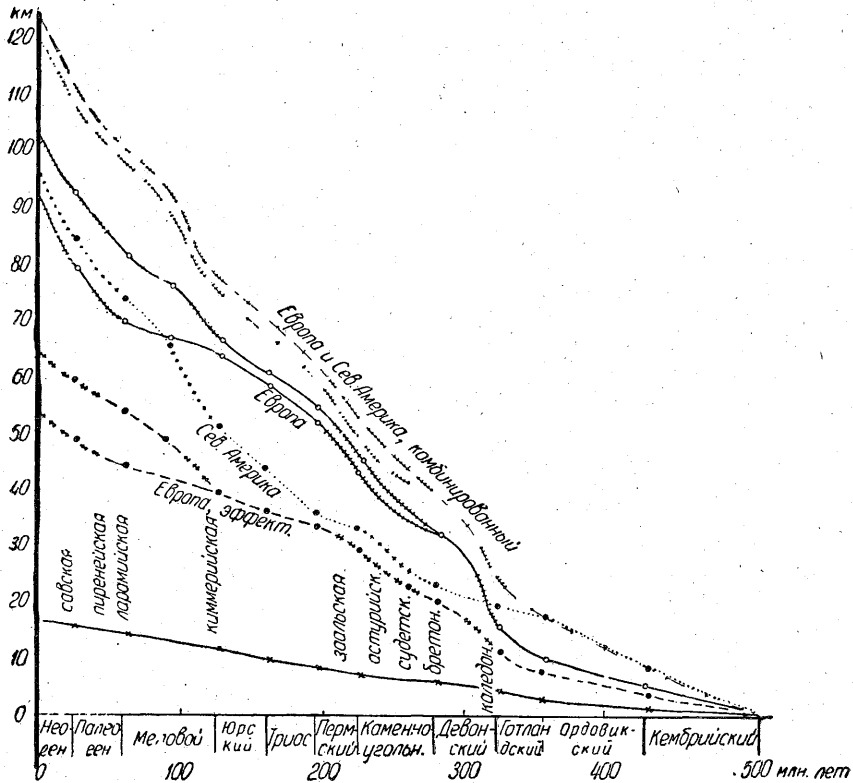
炭系の厚さは約 500~800 m であるが、ドンバスでは、約 9,000 m 以上である。スカンジナビアの縁陸性 (epicontinental), カンブリア—シルル系の層厚は 350~450 m であるが、ウェルスの地傾斜性カンブリア—シルル系は 12,000 m に達する。このような場合、その平均値をとっても何の意味もない。モラヴィヤのクム相の下部石炭系の厚さは、4,000 m に達し、層序には大きな間隙 (例えばトルナイ階を欠く) が明らかにされているが、クラコフでは、石炭紀の石灰岩層には堆積の中絶期間がみられないにもかかわらず、全層厚 200~300 m であることを想起してみよう。炭酸塩の沈積速度は一般的にみて、泥土岩 (pelite) より小さいが、泥土岩の沈積速度が、粗粒碎屑岩のそれよりも低いことは、争う余地がない。しかしこの事実によっては、時間算定に必要な補正を加えることはできないであろう。礁状石灰岩は、他のあらゆる岩石よりも著しく早い速度で成長する。したがって例えば、アルプスの三疊紀炭酸塩岩石の巨大な岩塊については、その生成の継続期間はそれほど長くないことが明らかにされている。

明らかに堆積物の岩相からは、たとえアメリカではときどき行なわれていても、その沈積速度に関するなんらかの明白な結論をくだすことはできない。決定的なモメントは、海岸からの距離、隣接する陸地の起伏と傾斜、海底の沈下速度または沿岸陸地の隆起速度である。こゝではとかく等閑に付されがちなこの3つの因子を考慮に入れるべきであることを強調しておく。私は、さらにヨーロッパでの堆積層の極大層厚を計算しなおし、求められた結果を Schuchert のデータと若干食い違いがあるアメリカの新データと比較してみた。その結果には、著しい差異が現われている。

| 代   | 北米      | ヨーロッパ   |
|-----|---------|---------|
| 古生代 | 36.6 km | 58.5 km |
| 中生代 | 37.8 km | 26.3 km |
| 新生代 | 22.7 km | 22.3 km |

極大値は、さまざまな地層断面の個々の層序区間について観察された層厚を総計して求められたものであって、一つの地点で實際上得られたものでないことを強調しておく。具体的な個々の地層断面における実際の値は、極大値の1/4よりも大きくなる。こゝで眼につくのは両大陸の新生代の総極大層厚は、ほとんど同一であるが、中生代ではアメリカ、古生代ではヨーロッパの方がそれぞれ層厚が厚い点である。この原因は、これらの地域の発達の歴史に留意するならば明らかとなる。2つの大陸では、アルプス型の第三紀造山運動が強烈に、かつ広域にわたって発達している。北米の太平洋地域では、一層古期の造山運動中では、中生代(キンメリッジ)のものが卓越しているが、ヨーロッパでは古生代晩期(パリスカン)のものが勝っている。さらにかなり興味があることは、アメリカでは旧古生代、すなわち先カレドニア期に堆積物がふたたび若干厚くなっていることが明らかにされている事実である(北米のカンブリアーシル系は19.4 km, ヨーロッパでは16.2 kmである)。さらにまた、ヨーロッパの新时期カレドニア褶曲区では、ゴトランド堆積物の極大層厚が、アメリカの古期カレドニア(タクニック)褶曲区におけるよりも著しく厚いことに注目すべきである。

こゝでは造山周期との明白な関連性があるように思われる。いま座標の横軸には、放射性崩壊による方法で算出された地質年代の長さを、縦軸には対応堆積物の層厚をプロットすると、求められた曲線は、等曲線とならないで、急な線分となだらかな線分の交代で表わされる階段



ヨーロッパおよび北米地帯における極大層厚曲線。具体的な地域において立証された(有効)層厚、平均層厚(プフノフによる)

第2図 地球の歴史の流れにおける堆積物の層厚変化グラフ

状曲線となる。すなわち沈積速度の緩急の交代を示し、そのうえ最も急な曲線分は、最も激烈な造山運動期に対応している(第2図)。この場合、極大値が造山運動期の終期にあたっていることが目につく。すなわちこの時代は、地向斜性堆積期自体でなく、縁辺凹地の埋積期に対応している。かりにさらに詳しく時代の分化が可能であるとするならば、この関係は、たしかに、さらに明確に認められるであろう。

この関係は、自明のようにも思われるであろう。しかしそれにもかかわらず、次のことを認識しておくのは有益であろう。すなわち、こゝで示されているのは岩石の沈積速度の説明し難い増加ではなく、地殻の運動の強烈な時代に、とくに著しい起伏差のある地帯、例えば山系と縁辺凹地との境界地域で活発な堆積作用が行なわれたということである。

地質学的比較解析によると、堆積物の層相および構造が同じ条件の下では、あらゆる時代を通じて、著しい厚さの変化を示さないことが確認できる。正地向斜地帯では、堆積速度は、50~80(1,000年間に)mm、縁辺凹地域では170~200mm、陸棚では20~40mmである。この値は、平均値である。さらに小地質単元を観察するならば、おそらく(地殻運動の)振幅の著しい変動を明らかにされるはずである。このような値は、海岸からの距離によっても左右されており、しかもこの事実は、しばしば十分に評価されていないからなおさらのことである。

さまざまな時代の堆積物の厚さからは、その堆積持続期間の絶対値を求めることはできない。しかし堆積物の厚さによると、例えば堆積作用が海底の沈降を補償したかどうか、地殻の垂直変位がいかに大きかったか、その運動がどのように長く続いたかを決定することが可能である。この意味においては、堆積作用が相対的に増大していれば、時間の流れに伴って、造山運動の烈しさが増したことを意味している。ある条件の下では、この結論は正しいように思われる。われわれは、他の問題と結び付けてこの点をもう一度とりあげるであろう。こゝではたゞ、地球の歴史の大輪廻の持続期間は、時間の流れにつれて減少するが、造山時相の量は、最も新しい地質時代で最大となるように思われることを指摘しておく。この最後の結論が正しくないと仮定しても、新しい時代においては地殻の可動性が強まったことは充分にありそうなことである。このことは、地殻運動の強化の結果である“堆積物作用の加速”に完全に一致する。

“時間”問題の解析は、この程度にとどめるが、さらに話をすすめるまえに、一般的意味をも一つ一つの問題に簡単に触れておこう。すでに述べたように、われわれは、二つの時間算定方法を知り、二つの時間測定を取り扱っている。この方法は、太陽を中心とする地球の公転による天文学的算定方法と、放射性崩壊速度による物理学的方法である。これらの方法による結果が、一致した常に不変であるということをはたして確信できるであろうか?。この結果は、信じられるが、決して公理とならないように思われる。

“時間”の概念は、ほとん均等に経過する過程に対してのみ適用できる。時間測定に対する最も好ましい基準は、物質の放射性崩壊である。このような放射性崩壊は、実験的に確かめられ、また一定の速度で行なわれ、その速度は、変わらないからである。すなわち速度は、なんらかの外的要因の影響の下で増進も減速もしない。太陽を中心とする地球の公転については、そういうわけにはいかない。地球の公転速度の変化の明白な証明はないにしても、きわめて長い地質時代においては、このような変化は、十分に考えられる。すなわちこの意味で、評価できる地質現象がいくつかある。

クワンスク地域のマイコープ統および北部スイスの漸新世モラッセについて行なわれた地層の年代算定により、堆積期間が数百万年であることが明らかにされ、しかも認められた値のオーダが、第三紀に対する放射能方法に基づく算出結果とまったく一致することをすでに述べた。さらにまた平均1年の厚さの直接測定によって求められた地層の1年分の厚さの平均値のデータは黒海の第四系および現世層について求められた結果とまったく一致している。Bredliは、北アメリカ始新世のGreen river 累層の地層の年代算定で類似の結果を得ている。この



データによると、始新世の継続期間は1千5百~2千4百万年と決定されている。

古期の地質時代についてみるとまったく状態が異なってくる。Korn は、チューリゲンの下部石炭系の地層を算定し、この算定を基礎において、石炭紀初期の持続期間を70~80万年と決定した。この値は、放射能による年代決定が石炭紀初期に対して20倍大きな値を与えているので、あまりにも低すぎる。この時代の堆積物は、石炭紀初期のわずか1/20の期間中でだけ生成されたという Korn の仮説は、信頼度が低いように思われる。というのは下部石炭系中では、不整合面や地層の間隙を明らかにすることができないからである。Marr は、同一方法で、北部英国のシルル紀(下部ルドロウ階)バンニスデイル頁岩層を70万年と算出している。この値によって、全シルル紀の持続期間は1千3百万年と決定されたが、放射性方法による算出によると約1千5百万年の値が与えられている。

このように古期の沈積物の堆積期間の算定では、あまりにも低い値が得られている。しかし一方では、古期の地層の平均層厚は、比較的大きい。Arkhangerskii の測定によれば、マイコープ統および黒海の第四紀後期の堆積物における1年分の平均層厚は、それぞれ0.18~0.2mmであってきわめてよく一致している。スイスのモラッセに対する Belze の計算は、平均層厚より若干上回る値、すなわち最大1.5mmまでの値を与えている。しかしこの場合には、明らかに沿岸相の迅速に沈積した粗粒砕屑物層が対象となっている。Korn および Marr は、これに対して、古生代の層状堆積物の〔平均層厚2.08mmから2.76mmの〕年層を計算して著しく大きな値を得ている。このことは、古生代における天文学的“1年”の持続期間が大きかったと仮定するとよくわかる。換言すれば、古生代では、天文学的“1年”間により多量の堆積物が生成された。すなわち1累層(formation)の生成範囲内における太陽を中心とする地球の公転数は絶対持続期間に関する物理的時間算定で求められる値よりもはるかに小さかったと考えるならば、明瞭となる。

もちろんこの仮説には、とくに中生代に関して詳細な立証が必要である。いわゆる<sup>北域</sup>のジュラ系および北極域の三畳系、すなわち気候的なリズムをよく反映した層理をもつ堆積物は、最もこれに好都合な対象であると思われる。この仮説が実際上正しいものとするならば、その場合には、地球の歴史に対して2つの尺度をもつことになり、そのうえ2つの尺度は、独自の根拠をもっているが絶対的なものではないであろう。天文学的現象は、太陽エネルギーの放射量の変化と関連性をもっているだけに、時間の天文学的算出は、放射性崩壊の時間単位を物理的に決定するよりも、生物学的過程にも、また岩石の侵食過程等に対しても、一層重要である。したがって指準化石をもつ地球の歴史、すなわち定位尺度(oriented scale)にとつては、いわゆる絶対的物理学的年数表現よりも、年数の天文学的表現の方がはるかに関連性がある。この概念によると、同時性が問題となってくる。これと関連して、次のことが問題となる。地球の歴史の大輪廻の経過に地球の公転が加速されたことは、個々の輪廻の期間内では地球公転数が比較的不変であることと同様に、地質の力学にとって重要なのではないだろうか。

さらにこの問題は後でふれる。この問題はきわめて思弁的であるが、現在十分な精確度をもって、一般的に論議されうるかどうかという質問が提起される可能性が与えられる。したがって私には、若干の地力学(geomechanic)方程式で表わされる見掛上の数学的精度よりも、論理的精度の方が一層重要であることが考えられる。現在のところでは、地球の歴史20~30億年の期間には、2つの時間尺度をもち、この2つの尺度の一致が全く裏付けられていないことを述べるに留まっている。さらにそのうえ、若干の現実的な素因のある種の変化、例えば満潮干潮の程度と持続性に関する変化が避けがたいことがわかる可能性がある。先カンブリア紀の氷河が膨大な分布を示しているのは、地球が太陽から遠ざかったことで説明することができるであろう。地形の開析の強化と造構運動の振幅の増大も、またこれに原因を求めることができるであろう。この考え方をこれ以上論ずることは、われわれの本課ではない。こゝでは、“時間”地質学的概念が二元的であるという事態を解明することが重要であるように思われる。

これと関連して actualism の原理について若干述べておこう。一般的原理——あらゆる時間

を通じて、またあらゆる状態の下で、主要な物理的、化学的法則がこの原理によって拘束される——に関する限りでは、もちろんこの原理を認めざるを得ないであろう。かりに認めないとすると科学的思惟のあらゆる基盤が失われるであろう。われわれは、酸化ナトリウムが塩酸2分子と結合して食塩および水をつねに生成することを明白に知っている。また光の入射角がその反射角につねに等しいことも知っている。さらにまた2の2倍が4となることも知っている等。しかし物理的平均値の領域外にでるあらゆる現象は、地質学的規模の観察の際には、厳密な現実的考え方 (actual meaning) では一見したところ解明できないと思われるような値を得、またそのような結果に達することがある。これは、現象の観察の誤謬によるものでなく、思惟の誤謬によって起こってくるものである。