

## 地殻の発達と花崗岩の性質に関する問題\*

V. V. Tikhomirov

小西善治訳

編集者註：Tikhomirov が本論文でとりあげている問題は、複雑な地質学的問題であつて、その解決には、地質学でも、地球物理学でも、現在充分研究されていない基礎づけが必要である。

地球のシアル層の履歴に関するとりあげ方には、超塩基性から、花崗岩質にわたる物質と、逆に橄欖岩質組成にわたる物質とのバランスに関するデータを伴なっていない。著者は、地殻の構造に関する地球物理学的データが、さまざまな地殻層を構成する物質の、さまざまな密度——岩石学的組成でなく——の存在を立証していることを十分に感得していない。

本論文にふれられている問題を解決するためには、岩石成因学の領域において、またさまざまな条件下における岩石の物理的性質の研究領域において、地質学者、地球物理学者および実験科学者の大規模な共同研究を必要とすることを述べておく。

地殻を構成する塊状、晶質岩石中で、広く分布するものは、岩石学的には、酸性組成の貫入岩に属する花崗岩類および、花崗閃緑岩類である。侵入岩類群中では、酸性マグマの火山産物も、また重要な役割を演じている。そのほかに、その成因が、変成作用によるものと認められる岩石中でも、組成が花崗岩類にきわめて近い多数の生成物が知られている。このような事実は、珪酸塩を多量に含有する岩石類が、地殻の構造において、重要な役割を演じていることを立証するものであつて、すでに2世紀にわたつて行なわれていると花崗岩の成因に関する論議の基盤となつている。現在この問題に対しては、しばしば原則的に異なるような見解が存在する。

花崗岩の性質に関する考え方は、2つの主方向に区別される。すなわち、マグマと変成作用である。マグマ成因を主張する人々でも、酸性組成のマグマ成因に関する問題の細部については、見解を異にしている。最も広く流布されている見解は次のようである。

- (a) 酸性マグマは、単一マグマの晶出、分化作用の1産物である (Bowen, Niggli その他)。
- (b) 地殻の内部には3種のマグマ、橄欖岩質・玄武岩質・花崗岩質マグマが存在する (Holms)。
- (c) 2種のマグマ、すなわち酸性と塩基性マグマとが存在する (Levinson-Lessing)。酸性マグマは、堆積岩の再熔融によつて発生した。

最初の3仮説によれば、花崗岩マグマは、juvenile 性質をもっているが、後者の仮説を支持する学者は、酸性マグマが、他の岩石類の再熔融産物であつて、再生成因である。最近では、この問題では変質作用現象が重要性を帯びる考え方が、段々と普及している。この考え方によれば、多く塊状晶出岩石類——このなかに花崗岩を含む——は、交代作用過程の複雑な(物質)系として生成される。

さらにこの観点は、変質作用の極端な形態 (ultra-metamorphism) が、初成堆積物質の再熔融で特色づけられているから、再生成因 (palingenesis) 説とほとんど変わらないといえよう。

花崗岩の成因に関する現在の諸説については、Kupletskogo, Niggli, Afanasev, Sovolev 等がとりあげているので、こゝで繰り返して述べる必要がない。しかし花崗岩の成因問題は、現在

\* Тихомиров, В. В.: К вопросу о развитии земной коры и природе гранита, Известия, Академии наук СССР, Серия Геологическая, 8 Август, 1958

においても、依然として論議が続けられているが、以前には考えられなかつた事実が、しばしば新しい考えを述べる誘因となつてゐることを述べておく必要がある。

問題の解決に、ある程度近づぐためには、まず第一に、考えられうるさまざまな成因説を、できるだけ絞ることが必要である。この目的のための1つの研究方法としては、地殻の研究によつて求められたデータとともに、天体の科学で取り扱う諸事実も考慮に入れることが必要である。周知のように、地球上に存在するあらゆる化学元素は、太陽系の他の惑星にもみられる。これらの惑星では、元素がさまざまな形態に組合わされて、地球上に分布するものと同定される火成岩類が生成されるはずである。隕石の岩石学的組成の研究によれば、この種の岩石類は超塩基性岩石グループに入れられることを示している。

同時に、酸性組成の隕石は、現在のところ発見されていない。確かに、 $\text{SiO}_2$  90%以上の tectite の発見が知られている。しかし、Krinov が指摘しているように、tectite 組成における各元素の相関関係と、その生成時代——アルゴン法によつて決定された——とは、宇宙性成因でなく、地球性成因特質を示している。したがつて、むしろ大惑星の崩壊産物と考えられる隕石——Fesenkov の見解による——は、全部または大部分が塩基性性質からなつてゐる。地球物理学的データによると、遊星の内部のほとんど90%は、橄欖石質、金属質組成をもつてゐる。このような考え方は、(深部)破砕帯の研究結果——超塩基性、塩基性マグマの溢流が常にこの地帯にみられる——とまったく一致している。

上述の状態から、次のことが考えられる。すなわち、地球、ならびに同一初成物質からなる他の遊星(宇宙塵の熔融か、ガス状星雲の凝縮か、いずれかによつて生成されたとしても)に発生した原初マグマは、その組成が超塩基性に近い。確かに、各元素の再熔融は、遊星物質の凝縮過程において起こり、それぞれの化学的元素に卓越する外殻が形成されたようである。しかしこのような外殻には、酸性マグマの発生に必要な条件が求められないようである。このような結論は、次の考え方から誘導される。すなわち、他の宇宙物体に、酸性珪酸塩熔融物質が存在する場合には、地球上に落下する隕石には、花崗岩状組成の隕石があるはずである。しかし酸性隕石は知られていないから、花崗岩の生成には、大多数の遊星には欠失しているが、地球上には存在する特定の条件を必要とされることが推定される。現代科学によれば、密度がほとんど等しい宇宙物体の内部に発生する諸現象は、原則的には違わないことが考えられる。したがつて、われわれの遊星上で、花崗岩の生成を誘導する条件は、その内部でなく、外殻層に特定な条件であるから、地球表面および外殻に固有な物理・化学的様式の特性に(花崗岩の生成条件)求めることが必要である。このような考え方によれば、地球の深所に(花崗)原初酸性マグマの存在を認める仮説とか、類似のマグマが晶出分化作用の結果として発生すると推定している仮説とかを否定する根拠が得られる。このような結論は、また考えられうる花崗岩成因異の数を本質的に制限し、問題の解決に1歩近づぐことを可能にするであろう。

最近多くの岩石学者は、さまざまな観点から、花崗岩マグマの原初(juvenile)性質に関する従来の考え方を否定し、花崗岩マグマの生成の端初物質として、地球のシアル(外部)層をあげていることを指摘しておくことが必要である。

Magnitsukii, Kropotkin の論文中で述べられている遊星の構造に関する最近のデータに対応して、地球を構成する物質は、不均質であつて、地球物理学的性質によつて区別される外殻系に分けられる。地殻と名づけられている外殻、すなわち地球の外部は、陸地および海洋底に分布する堆積物層と花崗岩層——大陸地域にのみ定着している——からなつてゐる。その下部——地殻の基盤——には、その性質が、玄武岩層と条件的に名づけられているものに対応する層が常に分布している。シアルの下部にあたるこの層は、明確な境界面(モハロヴィッチ面)で深所に分布するシマ基体(橄欖岩質層)と分かたれている。

シアル層は、地球の一定の成長階梯に発生し、遊星の初成表面はまったく超塩基性組成の岩石によつて構成されていたと考えられる根拠がある。しからば、シアル層はどのような条件の

下で、いつ生成されたのであろうか。

次にシアル層を形成する生成物質、まず第一に、大陸の構造に關与する堆積岩類が、どのように発生したかを検討してみよう。

地殻上において卓越している化合物質は、珪素とアルミナの比較的軽い化合物であるから、多くの地質学者は、シアルの堆積層が、初成花崗岩状岩石の破壊産物で代表されると考える傾向がある。しかしさらに掘り下げて研究されるにしたがつて、初成花崗岩の存在から(研究を)出発することが、根拠のないことであるとともに、既知の堆積物(有機物質を除く)が古期地殻を——一見して——構成する超塩基性岩石の破壊によつて形成されることが明らかになつた。

現在観察できる塩基性・超塩基性岩石類の風化現象は、機械的、化学的過程系からなつている。この種風化によつて、初成物質の破壊と分化とが起り、1 鉱物が消失すると他の鉱物が発生し、そのうえ、風化過程は珪酸・アルミニウム、炭酸塩(本質的)富化された堆積物層の生成方向に進行する。しかしこの種の堆積岩類が生成されるためには、源泉としてこの種破壊産物と同様な化学的組成をもつ物体を全然必要としない。例えば Polkanov のデータによれば、湿潤な熱帯性気候の下で、塩基性岩石の風化(破壊)が行なわれる場合には、非破壊鉱物類——粘土・砂を除く——から、アルカリ珪酸塩溶液およびコロイド状シリカが発生する。そのほかに、このような風化過程では、カルシウム・マグネシウムおよび鉄の炭酸塩・重炭酸塩が形成されるとともに、硫酸ナトリウムおよび重炭酸カリウムも生成される。

超塩基性鉱物、例えば橄欖石が風化すると、苦土質・鉄質炭化物・褐鉄鉱・珪酸が求められる。

重要な塩基性鉱物の1つである斜方晶系の輝石は、橄欖石の破壊によつて求められるような産物の形態で与えられる。ウラルの超塩基性岩石の風化殻を研究した Ginzburg は、蛇紋岩が破壊されると、他の鉱物類とともに、蛋白石・玉髓・石英・緑玉髓が形成されるが、単斜晶系の輝石からは、アルミナの水酸化物——水礬土石が生成される。

周知のように、輝石・角閃石・斜長石およびある種の他鉱物——塩基性岩石組成中に含まれている——は、最後には、花崗岩の風化の場合の様な産物が生成される。

堆積岩中では、塩基性組成の岩石類と比較して、石英類の含量が著しく増加することは、全珪酸塩の分解によつて、遊離シリカが形成され、蛋白石・玉髓およびシリカの他種変態の形態で集中することで解明される。同時に過剰の鉄・マグネシウム質化合物は運び出され、さまざまな鉄鉱石・褐鉄鉱等の形態で沈殿する。次の場合も除外できない。すなわち鉄・苦土質溶液のある部分は、地殻の深所に吸収され、橄欖岩質基質中に達することもある。さらにそのうえこのような溶液は、循環通路で太平洋底の脆弱な堆積物類の化学的組成に、ある種の変化をもたらすことがあるであろう。

地殻を構成する古期堆積岩の研究を進めると、そのなかにシリカ・アルミニウムを多量に含有しているにもかかわらず、この種岩石類がシマ組成の初成地殻の破壊によつて生じたことが明らかになる。例えば Frolova のデータによれば、南東部シベリヤ産の原生代のパラ岩石類は、次のような平均組成をもっている。SiO<sub>2</sub>: 54~57%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: 10~11%, FeO+Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: 12~13%, MgO 5~6%, CaO 8~8.5%, アルカリ 4%である。Frolova の見解によれば、シリカで著しく富化されているにもかかわらず、岩石学的組成からみれば、塩基性の火成生成物の分解によつて生成されたものである。

Frolova は地球の原初シマ層が、原生代堆積物の生成に必要な素材を提供したという結論に達している。すなわち鉄・マグネシウム・カルシウム・珪酸塩を多量に含む塩基性岩石類は、この種堆積物の生成には、他の岩石類よりも、化学的には急速に分解するので好都合である。

風化過程について語る場合には、このような現象に固有なある種の特性を述べておくのが時宜に適している。風化過程では(堆積岩の組成にはいる)、脆弱な陸源堆積物の生成にとつて、重要な要因の1つが出現し、さまざまな気候条件の下で、この要因はさまざまな強度で堆積物

の組成にはいり完成する。例えば、風化速度は、湿潤な熱帯性気候の条件の下では、著しく増大するとともに、大気中における二酸化炭素の含有量がある程度増大する場合とか、地表水の循環下においても増大する。

地質学的編年史に反映している地理・地形条件の変化履歴を解析すると、先カンブリアの風化強度が、その後の6億万年よりも、明らかに大きかったことを示している。Obruchev は次のように述べている。古期シベリヤ合地の乾陸地帯には、強烈な風化が化学的・機械的に行なわれた跡が、明らかに認められる。このような事実は、Aldansk 地塊に関する Korzhinskii の論文にもあげられている。Porkanov によれば、バルチック楕状地帯内に発達する岩石類は、強度の風化と現世の堆積物分化にとつて好都合な膨大な乾陸が、先カンブリア時代にこの地域に存在していたことを物語っている。類似の地形的・地理条件は、原生代および始生代に、われわれの遊星の他の地域の特色となっていた。

周知のように、循環酸素をもつ土壌層は、その下部の岩石の風化過程を促進する。しかし始生代には、このような好都合な要因を欠失していたにもかかわらず、風化は、特殊の外部環境によつて、相当迅速に、かつ完全に行なわれた。すなわち、この時代における大気中の二酸化炭素の含有は、現在よりもはるかに大きかったことが考えられる根拠がある。例えば、いわゆる植物類が、5億年間間に、多量の二酸化炭素の吸収に成功し、膨大な石炭鉱床を形成するとともに、他方では、少なくとも多量の二酸化炭素が、炭化カルシウムの形態で、海底に沈殿したことをみれば、このこと(空气中に二酸化炭素が多量に含まれていたこと)は明らかである。さらに、当時遊星の地表面温度が、現在より高かつたことが考えられる。

Khlopin によれば、30億万年の地殻の放射源熱量は、始生代時代の5倍であつたが、20億万年になると、この熱量は、現代の2倍以上であつた。そのほかに、当時は、太陽の輻射温度は著しく高かつたので、比較的浅い海、多数の湾、入江——乾陸にかん入した——の存在が、特色となつていたその当時の地形の特性が促進された。さらに露出岩石は、強烈な太陽光線に腔されていたので、植生の繁茂と、土壌の形成とが奪われ、隣接地域の海水が二次的に加熱された。このようにして、地球の周期的加熱説——地表面の温度上昇を招来する——によらなくても、先カンブリア時代には、乾陸に露出していた岩石の、強烈な風化に対する充分条件が存在していたことは、容易に指摘できる。したがつて、風化帯であつた地域では、膨大な堆積物の集中が促進され、シアル層の生成の端初となつた。

次に地殻の堆積物と花崗岩との結び付きの問題に移る。既知の全堆積物の総化合物成分の平均をとると、この種堆積物が花崗岩マグマの原熔融素材となつたことは、容易に考えられる。Afanasev はこの状態を強調し、熔融液の大部分が(15~20%規模)——組成が花崗岩質共融混合物に近い——堆積物の熔融産物である可能性があると指摘している。しかし Pallingenesis は、花崗岩生成の唯一の方法でない。観察結果によれば、palingenesis は副次的意味をもっているにすぎない。最近の研究によると、火成源と考えられるものと異なる変成岩系の存在することが明らかになつている。

変成要因が始原代の厚い堆積岩に、長期間にわたつて複雑な作用を及ぼすと、堆積岩が花崗岩型塊状・晶質生成物に転移する条件が発生することは確かに考えられる。

Sudovikov によると、バルチック楕状地の原始生代岩石中には、花崗岩から周辺の岩石に徐々に転移している場合が知られている。それとともに、花崗岩の内部では、relict 部分がみられ、母岩と同定される岩石類が保存されているが、その構造および賦存条件には、なんらの変化も認められない。

Sudovikov はさまざまな初成組成をもつ岩石類が逐次交代性置換 (successive metasomatic substitution) を受けると、花崗状岩石・花崗岩に変成することを裏付ける観察データを記載している。

北部カレリヤ地峡の塩基性岩石は、花崗岩化作用を受けて、石英・斜長石・角閃岩に転移し、次いで花崗岩組成の角閃片麻岩が生成されている。この場合には、斜長石の塩基度の遞減

岩石中における斜長石の含量の増大、石英の出現とその量の増大、輝石の角閃石化、角閃石の食侵 (corrosion)、角閃石の遞減と消滅、黒雲母の新生が観察される。Sudovikov の結論によると、上述の花崗岩組成の生成過程は、Na, K, Si が導入され、Fe, Mg, Ca が運び出された結果によるものである。

Korzhinskii の見解によると、現在の花崗岩は、常に熔融液から求められる。Korzhinskii は、同時に一定の条件の下では、花崗岩化作用が直接固相状態の 1 元素の他の元素によつて交代性置換されて起ることを考えている。この種の現象が、岩石の全体にわたつて起るとシリカ、アルミニウム、鉄および比較的非移動性成分の比は、花崗岩のそれに近づく。Korzhinskii は花崗岩化過程は、基体 (substrata) から浸出する浸透溶融の作用によつても起ると考えている。この場合、溶液温度が相当高ければ、接触帯には交代作用ときわめて類似するマグマ置換現象を伴う溶融が起る。Korzhinskii は wall rock の花崗岩化作用で発生する浸透溶液流は運動と冷却とさらに進行すると、浸入岩層の変成が起ると推定している。マグマ成因の花崗岩化作用と交代作用の下では、カリウムおよびナトリウムは、規則通りに可動性に振舞う。したがつて、この種過程で生成される岩石の鉱物学的組成は、この種元素——与えられた過程の物質系で成立する——の化学的ポテンシャルで決定される。

上述の事実と考え方によれば、先カンブリア紀花崗岩の大部分は、その成因が二次的変成作用によるものであつて、交代作用か、またはマグマ性置換によつて生成されたことが考えられる。新期の花崗岩の大部分は——貫入性質については疑問がないようである——一層古期花崗岩および堆積岩の再熔融産物とみなすことができる。

この種の観点はなんら新しいものでない。この種の観点の異説は、Sederhlohm, Read, Bak-rund その他の外国の学者間で述べられている。

Kuznetsov が指摘しているように、transformist の見解の差は花崗岩化作用による物質移動過程の解明が細い点が違つていることである。ある学者は流動状態が気体状か花崗岩化溶液の浸透によるものと考えているが、他の学者は、固体媒質中におけるイオンの拡散をあげ、さらに他の学者は、流体状態の非可動性媒質内におけるイオンの拡散を主張している。しかし程度の差はあるが、交代作用には、最近ソ連の地質学者の間では、変成作用仮説、シアル層の再熔融に関する観念は、多くの賛成者を得ている。各地質学者は、花崗岩の成因の特有な仮説を述べている。例えば、Afanasev, Korzhinskii, Kropotkin, Sudovikov 等を除けば、花崗マグマがシアル層の周期的再熔融によつて生成され、そのうえこの現象には深部エマネーションの導入を伴うと考えている Nikolaev の仮説をあげておく。

堆積岩の変成現象に大きな意義を与えている Pustovalov は、再熔融性変化が起るので、堆積岩が火成岩と区別できない状態となり、臨界階梯 (ultra metamorphism) では再熔融が発生し、二次マグマが生成されることを指摘している。

こゝではソ連地質学者の観点をことごとくあげて細部について検討できないが、交代作用、再熔融仮説と一緒に組合して適用すると、火成論者の手で解決をみていない一連の複雑な問題が明らかにされる。とくに巨大な底盤体に対しては、空間問題が容易に解けるであろう。しかしさまざまなシアル層における新熔融源の周期的発生説は、侵入岩の多様性を理解する鍵となるであろう。

あらゆる可能性を考えに入れて、花崗岩問題に関連する理論的仮説を求める場合には、重要な法則性、すなわち花崗岩が隆起地帯にのみ知られているという法則性を考慮に入れるべきである。花崗岩体は、大陸の基底を構成し、背斜褶曲構造の中心核に出現する。現在の大陸の分布範囲でも、向斜構造の貫入岩体は、花崗岩状組成を示すことはほとんどない。しかし一般にみられるように、塩基性または超塩基性組成をもっている。このような経験的に得られた事実、隆起帯にのみ花崗岩化作用によつて好都合な条件がつくられることを立証しているようである。

上述の諸データおよび仮説によれば、地球の発達の一一定段階で発生するシアル層が、花崗岩

状岩石の生成(発生)の必要な基礎となることが推定される。しからばなにがゆえに他の遊星では同一方法によつて花崗岩が生成されなかつたか？。

シアルの形成を誘導する類似の物理・化学的条件は、その型が地球に近い天体にも発生するのであろう。例えば、シアル層の形成は、その組成が地球と類似している大気——地形の開析、造構造運動による周期的回春——で促進される。しかし太陽系では、地球を除けば類似の条件は、火星と金星にだけ存在していることが推定される。もちろん完全に同一条件ではない。例えば火星では、現在のところ開析地形を欠いているようである。したがつて火星では、顕著な造構造運動が天体の所与の発達段階で起つていない。したがつて、金星の大気中には、水蒸気および多量の炭酸が存在するにもかかわらず、その表面上に露出しているきわめて薄い岩石層で覆われているにすぎない。火星の化学的過程は、低温度が支配しているので、きわめて緩慢に行なわれているはずである。したがつて一般的な特徴が地球を想起さすような遊星であつても、巨大なシアル層の堆積、およびさらに花崗岩の生成にとつて好ましい条件が発生できない。

しかしある天体の一定の発達段階で、シアル層がその表面上に形成されたと仮定し、例えば地球上におけるシアル層の(形成)運動と、花崗岩状岩石の発生とが、どのようにして起つたかを考えてみよう。まずこの目的で、海盆地域の特性をみてみよう。

地球物理学的データによると、深海底のシアル層の厚さは 10 km の範囲であるが、陸地では平均 30~50 km である。多くの研究者は、地球の造構造発達は、陸地の占める面積が拡大する方向、したがつてシアル層の増大方向に進行する。しかしこのような主張と矛盾する 2, 3 の状態を解析することが必要である。

最近の地質時代に陸地が存在していた深海地域では、陸地に特徴的なシアルの厚さをもつことは、当然考えられるはずである。しかし既知のデータは、この論理的仮定と一致しないようである。ベーリング海の深海部分では、重力データによれば、シアル層の厚さは、海洋に普通の厚さである。しかし Zhuze のデータによれば、この海の東部海溝の 3,638 m の深所から採取したコアサンプルでは、第四紀の淡水底棲珪藻を挟む 1 枚の薄層が認められている。この事実は、この地域の海底が最近の地質時代に顔海地帯か、少なくとも大陸棚地帯であつたことを示している。もちろん底棲型動物の遺骸が乾陸から泥流によつて運ばれてきたと考えられるであろう。しかしこの種遺骸が一定の(地層)層位にのみ認められるから、このような考え方の信頼度は低い。

日本海においても、地球物理的観点からみれば、海洋地域に共通の地殻の厚さをもっている。それとともに、Lindberg のデータによれば、現在の第四紀の時代には、日本海の位置に陸地が存在し、古スイフン河と古アムール川が流れていたことが考えられる。

Belousov のデータによると、現在のインド洋および大西洋の多くの地域は、以前陸地であつた。アペニン半島から西方の地中海の西部には、白堊紀および古第三紀には、広い海食陸地が存在し、第三紀の終りから第四紀の始期に沈下した。

Arkhangelsk および Strakhov のデータによれば、黒海地域には、依然隆起地塊と浅水地帯が存在していた。

上述の海域——そのなかには黒海が含まれる——では、重力データによれば、普通の海洋に近い地殻の厚さをもっている。ある研究者はこの現象を、この地帯があまり遠くない以前の乾陸地域の顔海地帯にあたり、初期海洋の残存地域であつたことで説明できると考えている。しかしこの場合、この地域には脆弱な堆積物からなるきわめて厚いシアル層が堆積したはずである。例えばこの地中海の海盆地帯に接する地域の地質学的履歴の研究によると、古生代から始まつて、海食隆起地塊と活火山がこの海域からあまり遠くない地域に存在し、中生代から始まつて、すでに巨大な山岳隆起と Plate-forme 地域とが形成されている。したがつて少なくとも、古生代の終期から 2 億万年の間に、この 2 海域では堆積物質に不足しなかつたはずである。すなわち、陸源・火山源・有機化学的生成物が堆積したことが考えられる。いま 1 年間の沈積速

度を 0.1 mm にとれば、2 億万年間には 20 km の厚さの堆積物が沈積するはずである。堆積物の沈積を補償するためには、地殻のこの地域の定沈降運動が必要とされることは明らかである。すなわち 20 km の堆積層は、地球物理学的観測を対应的に反映しているはずである。しかしこの事実は存在しない。

アラビヤ半島とアフリカ大陸の頰海地帯を分つている紅海のデータは、一層多くのことを示している。古期 Plate-forme の地溝——白堊紀の晩期に形成された——地域に位置するこの海域の海底には、シアル層の厚さ——隣接 Plate-forme 地帯のシアル層の厚さに等しい——をもつていなければならないことは、争う余地がないであろう。しかしこの地域では、シアル層の厚さが著しく薄化していることが指摘されている。すなわち重力測定数値は、普通の海洋地域のそれに近い。したがって地球物理学的データが信頼されるものと考えれば、紅海・地中海・黒海・日本海およびベーリング海等に、以前確か存在していたシアル層の消滅事実を説明することが必要である。

Belousov は次のような仮説を述べている。このような地域では、シアル層がその下部に存在する超塩基性マグマ中に溶解したものである。しかしこのような解釈は、超塩基性基体が固体であつて、液状マグマの巨大な溜りが存在しないと主張する地球物理学者から反対が起つている。物理化学的立場からみても、沈降シアル層の単純な溶解が不可能であることは明らかである。

Bemmelen<sup>註1)</sup>は、シアル層の各部分が玄武岩質・超塩基性マグマの大量定着によつて塩基化を蒙り、そのために周辺酸性岩石類の同時的“transformation”を伴う巨大な貫入体の生成が誘導されると考えている。Bemmelen の見解によると、その結果として、このような地殻の負荷地域は、沈降を開始し、海洋化 (oceanization, Bemmelen の術語による) を蒙る。しかしこのような解釈では、地球物理学的観測データで確認されているシアル層の異なる帯 (zone) 間の平滑な界面 (ほとんど水平に近い) の存在を説明できないであろう。地殻の内物質組成の再編成が貫入の結果だけから起るものとするならば、地殻の輪郭は、とくに塩基化層の上部界面の輪郭は、平滑な容貌とならなideであろう。

研究者が現象——海洋化を伴う——の解釈を試みる場合に突き当たる困難さは、Korzinskii が隆起地帯——花崗岩化作用が行なわれる——に対して指摘している交代作用過程を認めるならば、ある程度まで除かれるであろう。

沈下シアル層の下部再熔融概念 (橄欖岩質マグマの熔融)、またはその塑性絞り出し貫入概念に基づく仮説を拒否することが必要なのは、塩基化作用を蒙つた地帯が、比較的高くない温度と圧力条件下に存在し、固体状態に留まつているからである。シアル殻の平均層厚は、海洋地域で 10 km——そのうち半分以上は下部の玄武岩質帯にあつている——であるから、活性交代作用過程は、近似的計算によれば温度が 500~800°, 圧力が 4,000~6,000 気圧オーダとなるはずの深度で始まることは明らかである。シアル殻の下部は、橄欖岩質基体から供給される鉄・苦土質溶液の作用を蒙ることが考えられる根拠がある。花崗状岩石の塩基性化は瞬時的でなく、一定の sequence で完成されることが考えられる。すなわち初期交代過程では優黒質融合岩石類に完全転移するまで、有色鉱物類の含量増加が起る。次階梯では交代作用が進行して、黒雲母化作用と角閃石化作用が誘起される。最終期階梯では、塩基性 (岩石学的) 組成の岩石が、転移によつて形成される。

Korzinskii が個人的会合の席上で指摘したように、基体が供給される珪酸塩が不飽和状態の浸透マグマ性苦土質溶液は、沈降岩石の石英と反応し、斜方輝石で置換されるが、初期交代階梯のアルカリ長石は黒雲母・霞石および塩基性斜長石でおそらく置換されるであろう。どのようなシアル層岩石 (花崗岩・長石・石英質長石・粘土または石灰岩) が沈降に巻きこまれるかに

註1) Bemmelen, R. W. : Van Stromingsstelsels in die silicaatmontel, Geol. en mijnbouw. Jaarg. 20, No. 1, 1958

よつて、さまざまな変成産物が交代性置換の結果として形成される。交代性塩基化作用の初期生成物は、全体としてみれば、その組成が斑岩に近いので、地球物理学者が、この層を“玄武岩質”と名づけている岩層が形成される。こゝに上部の花崗岩・堆積物殻への緩転移を伴なうこのような岩層が、全地球上の至る所にみられる所以である。

この種“玄武岩質”帯は上方に向かうにしたがつて、比較的低温・低圧になるので、いわば(塩基性岩石群に常に属する)比較の雑多な鉱物組成からなる岩石類からなっている。深度 10 km の地帯では、一層不変の物理・化学的狀態を示すから、交代作用過程はこの地帯ではあたかも安定状態で行進するのと大体同一状態で行なわれる。すなわち Korzhinskii のデータによれば、この地帯では交代置換現象は緩慢に起らないで、瞬時的に 1 帯から他帯へと継起的に伝播し、顕著な置換フロントが行進する。そのために玄武岩層とその基底(交代作用の最終階梯産物として橄欖岩にすでに転化した)との界面は、顕著となるはずである。このような現象はモホロヴィッチ層面でシアル殻と超塩基性基体が明確に分たれているので、現実に観察される。

シアル塊の沈降がさらに進行するにしたがつて、ますます新下部層部分は橄欖岩質岩石類に転移して基底生成物に接合し、モホロヴィッチ層はあたかも一層高“層序”順位に飛び上つたような状態を示し、同時にほぼ同一の絶体深度に分布する。標式的に現われる地殻の沈降地帯は、下部構造線——モホロヴィッチ面の水準に対応する——の沈降によつて“シアルからシマ”へ転移する。すなわち上部(シアル)殻が分離し、橄欖岩質基体の構成員となる。

要約すれば、塩基性化作用過程自体は、Korzhinskii の言によれば、基体の塩基性組成からなる場合には既知の物理・化学的法則に照してみると、花崗岩化作用よりも、一層簡単に、かつ自然に現象を表現する。

地史ならびに地体構造の考え方の多くの結論によれば、地殻を構成する物質の凝縮は、放射性熱の放散による地殻の冷却とともに、惑星の収縮と地殻の(個々の)巨ブロックの沈降を招来する。この過程に伴うシアル層の変形は、結果としてこの層(それとともに花崗岩)の完全消滅を誘導する。こゝに現在地球が経験していると同一発達階梯をすでに経過した他の惑星では、シアル殻もまた花崗岩状岩石も全然存在しない理由がある。精確に言えば、このような惑星には、容積からみればとるにたらないシアル殻の残存物のみが保存されている。ばらばらになつた惑星——その破片はガラスとして地球上に落下する——は、自己の進化最終階梯で catastrophe を蒙つたことは明らかである。この種惑星の特異な共通の組成は、超塩基性岩石のそれに近いことが確認されている。

花崗岩の問題と関連する問題の複雑さは、きわめて大きい。この問題をことごとくとりあげられないから、上述の諸事実と考察とに照らして求められる結論のみを要約しよう。

花崗岩はわれわれ惑星の構造の特性的要素の 1 つであつて、地表帯に固有な特定の物理・化学的条件の下で行なわれる地質学的発展の一定の段階に発生する。

先カンブリア時代には、地球の初期シマ殻の風化は、きわめて強烈に行なわれ、そのうえ著しい造構造活動は、多数の隆起・沈降地帯を招来し、膨大な厚さの変形・淘汰分級沈積物質の堆積を促進した。シアル殻は至る所に形成されたが、それは不均等にわれわれの惑星上を覆つていた。

初期シマ殻の化学的・物理的風化・侵食は、地球の履歴の初期階梯(原生代以前)に起り、その階梯では多量の鉄・苦土質化合物の解離を招来し、次で鉄・苦土質物質は溶液から沈殿した。そのために先カンブリア紀の堆積物中には、多くの鉄鉱床が形成された。

Obruchev はこの事実に注目して、原生代およびアルゴキアン時代には、鉄鉱の堆積にとつて好ましい条件が存在していたことを指摘している。Strakhov は次の事実を確信をもつて述べている。すなわち鉄鉱床の大多数は、地球の発達のきわめて古い時代、先カンブリア紀に堆積して生成され、その後の時代では、堆積源の鉄鉱床の数は著しく減少する。このことは、惑星の表面がシアル物質で覆われ、鉄に富むシマ質物質の新しい受入が著しく減少したことから明らかである。類似の現象は、マグネシウム化合物に対しても認められる。



先カンブリア時代には、塩基性岩石類が破壊されたために、海水中には多量の溶存マグネシウムが濃集し、そのために膨大な厚さの白雲石の堆積が始まった。その後の時代では、マグネシウム溶液の受入は減少し、白雲石の堆積・生成は段々と少なくなり、(古生代)・中生代・古第三紀には全く停止するに至った。

主として隆起地域のシアル殻の堆積期には、地殻のこの地帯に特有の物理・化学的狀態によつて条件づけられる交代作用現象が発生した。その結果として、複雑な変成作用が出現し、花崗岩化作用が完成した。

本論文で前提におかれた概念ではシアル層の形成に、堆積分化過程と化学的風化とに優位をおいているが、地殻の厚化と下部からの物質の供給とに関する仮説は、いかなる意味においても、疎外されていぬことに留意すべきである。このことは、いわゆる“山の根”すなわち巨隆起地域のシアル層の著しい厚化現象の存在を物語っている。この厚化地帯の下部には、交代・変形の結果として、隆起帯下に分布する地帯の橄欖岩基体が上昇・出現している。しかし沈降帯では、交代・変形は異なる特性を示し、シアル層は初めは塩基性(玄武岩層)岩石、次に超塩基性岩石に変成し、橄欖岩質基体の member を構成している。

地殻の総質量中における花崗岩の占める容積が僅かであること(約1%)と、沈降条件下におけるシアル層の消滅とは、マグマの分化産物として形成されないことを示している(マグマの分化産物であるならば、地球の総容積におけるシアル層の割合は大きくなるはずである)。むしろ反対に、地球の発達の一階梯で発生したシアル層は、消滅するよりも新酸性岩石類によつて緩徐に補充されている。この原因は、惑星を構成する物質の厚化(濃集)現象であつて、この厚化は地表に巨大な地塊の沈降と、沈降凹地との形成を招来する。このように地球の初期地質時代には、強烈な造構運動を蒙り、その後——原生代にほど始まる——には、若干異質的な発達様式が確立され始めた。この時代には、最初の Plate-forme 地帯が出現し、いくぶん安定状態をなして分布する陸地と海洋とが発生した。さらに新に造構運動の活発(前期に較べて大きくない)な地帯が生成され、引き続いて、われわれ惑星を構成する物質の厚化が進むにしたがつて、シアル層の巨地域の沈降を誘導する条件がしばしば発生した。

上述の諸仮説は、多くの学者の見解、とくに Belousov の見解、現代の海洋が比較的新しい時代に生成されたという仮説と一致する。

この考え方を展開して行けば、例え条件的であつても、地球の外殻のその後の発達方向を考へることができるであろう。惑星の収縮過程がさらに継続してゆくものと仮定するならば、巨陸地地殻の沈降現象は、いままでのところ停止していないと論理的に推定できるであろう。その結果として、大陸下の地域は収縮し、シアル層はシマ層に転生する。そのために、惑星を構成する物質の単一平均組成(なんらかの型で)が確立されるはずである。すなわちその組成は与えられた物理・化学的条件下で最も安定した鉱物化合物に対応しているはずであつて、むしろ超塩基性組成に近いであろう。このようにしてシアル層、とくに花崗岩は地球の発達の特定の具体的な階梯を現わしている。シアル層も花崗岩も、地球の進化過程で出現・消滅する。われわれの惑星に固有なシアル層と花崗岩とは、宇宙においてはきわめて稀有の現象であるはずである。このことはこんにちに至るまで、酸性組成の隕石が発見されていないことで明らかである。

貫入岩体および溢流岩体の形態で地殻上に定着しているマグマ活動の出現を、どのように解釈すべきであるか。シアル層ならびにシマ基体は、一見して固体状加熱物質——高圧下に存在する——からなつている。各地域にはさまざまな深度で、液状マグマの局在溜りが発生する。類似の溜りの出現は、局所放射性加熱の強化によるか、または地下深部に発生した造構造応力の放出による圧力低下によつて、均衡の一時的乱れを誘起するであろう。

新に形成されたマグマの溜りの深度に左右されて、溜りが橄欖岩質基体中に発生すれば超塩基性マグマ、それが玄武岩層中に分布しているならば玄武岩層、シアル殻の一層上位の地帯に存在するならば花崗岩がそれぞれ形成される。

塩基性岩石が噴出活動過程で、酸性岩石に変わっているのが観察される場合には、深所溜り(マグマ)が徐々に冷却し、同時に一層高次階梯における減少圧がシアル層の熔融を促進したことを示すものである。

花崗岩質共融混合物の相対的可溶性を考慮に入れるならば、酸性噴出物が多数みられることも、褶曲地帯の上部(地並)水準に花崗岩状岩石の存在することも、容易に解釈できるであろう。

このようにして、超塩基性岩石は橄欖石基体に発生する初成マグマの産物であるならば、塩基性火成岩石、とくに酸性火成岩は、地殻の変成岩または堆積岩が熔融して発生した再生マグマの産物である。

上述の考えおよび結論のある点については、地球物理学・岩石学・地球化学の見地から証明できないように思われる。そのほかに、新しいデータが蓄積され、既存データの異なる解釈がでてくれば、上述の仮説(地球物理学・岩石学・地球化学)は修正されるに至るであろう。しかしそれはともかく、地球の上方殻の構造と組成との現在知られている特性は、既存のデータを十分に普遍化しうる新仮説の研究を必要としている。