

## 資 料

550.4 (091) (47)

### ソ連邦における地球化学\*

A. P. Vinogradov

岸本文男訳

地球化学——地球を構成する原子の歴史に関する科学で、自然科学の新しい重要な領域——は、11月社会主義革命の勝利以後にソ連邦に創造され、40年この方深められ、全面的かつ自主的に発展してきた。

ヴェルナーツキーの本格的な講義が、モスクワ大学の鉱物学教室において、ソ連邦における最初の地球化学に関する講義として、研究者の広いサークルを集めて始められた。

1924年に、ヴェルナーツキーは「地球化学の話」・「生物圏」を、少し遅れて「自然水の歴史」を著わした。以後多年にわたつて地球化学・放射能地質学・生物地球化学の発展に決定的な働きをした。この方向での発展・進歩は、ほぼ半世紀の間、ヴェルナーツキーが直接に研究に参加することによつて保証されてきた。諸科学機関、例えばラヂウム研究所・生物地化学ラボラトリー（ヴェルナーツキー名称地球化学研究所の中に）・連邦科学アカデミー地質学研究所の地球化学部・連邦地質研究所の地球化学課・連邦応用鉱物研究所とか一般化学・無機化学等の一連の他の研究所が設立されて、それらの各研究所で地質学上の課題を解決するために、科学概念や科学法則を応用・発展させる方向に研究が進められている。

地球化学概念の特殊な成果から、フェルスマンはヴェルナーツキーの研究を発展させている。フェルスマンの仕事は、さらに複雑な領域、すなわち地球化学的な諸過程に関する分野とくにペグマタイト過程に対する研究と一般化への導入にあつた。彼の著作「ペグマタイト」は模範的な研究であり、開発された新しい質の研究であり、希少金属原料の富鉱部に関する無二の研究である。彼はシチエルパーコフとともに、ウラル・シベリアおよび中央アジアのコリスク半島の地域的な地球化学上の研究に没頭した。これらの伝統的な方向に立脚した地域的な地球化学的な研究は、全般的に引継がれてソ連邦の諸地方について行なわれ、多くの研究者がこれらの問題に系統的に取組んだ。これらの諸研究は実用上の大きな成果をもたらし、希少金属原料や他の有用鉱物の大規模な鉱量を新しく解明するに至つた。

フェルスマンは、「ヒビンスクとロボゼールスクのツンドラ」, 「ロシアの地球化学」などを書いている。そして最後に、1933年～1939年に、彼の第4作である「地球化学」7巻を著わしている。

レヴィンソンレーシクは1920年にレーニングラード工科大学の化学部に地球化学部門を組織している。それまでの地球化学の一般的な発展の成果として、ソ連邦の地球化学者のための教育機関ができたわけである。

最初の段階では、多くの研究が実用的な地質学上の問題の解明に向けられ、そして理論的な問題が提起されてきたために、結局は実験的な地球化学上の研究システムに成長して、それに強い関心が集められた。引続き地球化学の研究は、宇宙化学・冶金学・生物学その他の多くの境界領域と密接に関連した一連の方向を明らかにした。ここで、ザヴアリツキーの火山作用と隕石の化学・鉱物学上の仕事があげられよう。やがて、個々の化学元素を地球化学的に解明するために後世に引つがれる仕事が始められた。

A. П. Виноградов : Очерк развития геохимии в СССР, Геохимия, no. стр. 437~442, 1957.

その頃から、モノグラフとか論文の形で、水銀の地球化学的な研究、拡散元素としての In・Ga・Tl・Ge・Be・Nb・Ta・Zr・Hf・希土元素・Pt・Au・アルカリ希土類やその他の地球化学的な研究が始められた(サウコフ, グラシモフスキー, プロコペンコとボルヴィーク, ジリベルミンツ, ヴラーソフ, ベーウス, トウガリノフ, ヴアインシユチエイン, ヅヴヤーギンツェフ, スターリンケヴィチ等)。希有元素含有量(とくに1対の Zr/Hf・Nb/Ta)は、岩漿分化機構に対する敏感な指示要素として利用され始めた(コプチエフドヴォルニコフ等)。科学水準の向上によつて、可燃性核物質として利用する問題と深く関連してUとThの地球化学的な研究が進められ、各種の岩石中に含有されるウランに関する多くのデータが得られて、その賦存状態、ペグマタイト・熱水・深成の各過程における migration が明らかにされた(シチエルバーコフ, バラーノフ, シチエルビーナ, タウソン, メルコフ, アリトガウゼン等)。

化学元素の拡散によつて集積した諸物質は、かつてフェルスマンとザスラフスキーによつて地殻の平均組成として究明された。その後、ヴィノグラードフは地殻を構成する基本的な岩石について、また一般の岩石圏や大洋についての平均組成値を求めた。

地球化学上の好例として、化学元素の拡がりの問題は宇宙化学と密接に関連をもつてきた。この宇宙化学的な研究は、原子エネルギーの解明につれてとくに増してきた。物理学の領域に属する化学元素の origin に関する問題を離れて、地球化学上の研究は、主として、2つの基本的な方向に発展した。それはすなわち、岩石の放射能そのもの、および絶対地質年代の決定と関連して生成条件を決めるための岩石と鉱物中の同位元素の取扱い、利用とである。

絶対地質年代の決定は、初めには、各鉱物中の U・Th・Pb の含有量による古典的な方法に基づいて行なわれた(ネナトケヴィチ, フローピン)。それから A/K 法と Rb/Sr 法が研究された。実際の結果としては、ソ連邦の国土内に分布する多数の岩石について明らかにされた。とくに、カレリアにおける岩石の年代は  $2 \times 10^9$  年以前、ウクライナ楯状地の岩石では  $2.5 \times 10^9$  年以前ということが明らかにされた(ジイルコフ, コムレフとスタリークと共同研究者, ヴィノグラードフとブルクセル, ポロヴィンキーナ, ラビノヴィチ)。引続いてコーカサス, カザフスタン, 極東沿岸の諸岩石に対しても行なわれている。鉛の同位元素による瀝青ウラン鉱のいろいろな時代のもの年代評価をトウガリノフが提起している。C<sup>14</sup> による年代の決定も導き出された。安定した同位元素、すなわち O<sup>16</sup>/O<sup>18</sup>, S<sup>32</sup>/S<sup>34</sup>, H/D, C<sup>12</sup>/C<sup>13</sup> や、鉱物の鉛の同位元素組成、隕石の不活性ガスによる研究は、地球化学的な諸過程、鉱物や岩石の成因の研究の中に完全に新しい要素を持ち込んできた。鉛の同位元素によつて決定された地球の年代、鉛と硫黄の同位元素の基礎的な研究によつて提起された鉱物の形成過程に関連する学説、隕石と地殻との化学元素について同位元素に関連した相違点が強調されてきた。

また、一連の昔の海についてその古気候の決定を行ない、不活性ガス等の同位元素法その他によるいろいろな隕石の時代が評価され、また核物質に関する地球化学的な諸問題が提起された(ヴィノグラードフと共同研究者, トロフィモフ, ザドロジュヌイ, チエイス, ドンツォーヴァ等)。

岩漿の分化連続系統図を創造したフェルスマンは、地球化学的な過程に関する諸問題の研究のための基礎を確立した。とくに岩漿のペグマタイト相に対する貢献は大きい(引続いてヴラーソフ)。高度の地質学的な知識となるシステム(組成・特性)の物理—化学的な研究がクルナーコフと彼の共同研究者によつて始められた。とくにその仕事の多くは塩の平衡に関するシステムに向けられた。元来、地球化学的な諸過程に対する熱力学的な研究は古典的な原則を発展させたものである(ニコラエフ)。コルジンスキーは、岩漿性等の過程における化学元素の活性に関する記載を導き出した。彼は対象とした過程の中で成分の一部がきわめて不活発であるけれども、他の成分はきわめて高い活性をもっていること、とくに深部の metasomatic な過程である成分を支配しているシステムにまで研究をすすめた。

熱水過程は、その後、とくに鉱石中の鉛の同位元素の組成に関係して、地球化学者の注目を

集めている。これらの諸過程の研究の基本線は、鉱化過程にみられる天然の共生関係と結びつく Fe-S-O<sub>2</sub> システムにおける物理化学的な平衡の比較検討にある。カプスチンスキーは自分の仕事として、この領域における理論的な研究のために、地球化学の中に結晶格子エネルギーの研究を関連させた。キターロフ、スウイロマヤトニコフ、オストロフスキー、オリシヤンスキー等は、物質の性状に対する実験的な研究として、高温・高圧下での多相系(SiO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, 硫化物と珪酸塩等)を系統的に研究した。そして、彼らは鉱石形成過程に関する記載を深く掘下げて行なつた。すなわち、岩石と鉱石の関係についての地質学的な考察の結果を彼らは共同して発表した。

以上に述べてきた多くの研究が結晶化学的なデータを伴なわなかつたら、重要なものとはならなかつた。複雑な珪酸塩の構造の研究がペーロフによつて導かれ、硫化物やそのほかの鉱物の研究はボキエフによつて研究された。

化学元素の分布の規則性に関する研究、とくに古代の海の堆積物・堆積岩中の、あるいは風化過程での化学元素の集積に対する研究は広範に行なわれている。そして堆積岩の組成には、時に、規則的な変化を生じていることが発見された。この方向についてはストラホフと彼の共同研究者が発展させた。岩石圈(plat-form と地向斜に関し)の表層部における物質の地化学的な平衡に関する問題は、ヴィノグラードフとロノフの研究に反映された。多くの仕事は、深成過程(鉱床の酸化帯の地球化学的な migration に関するスミルノフの研究やクロトヴァの研究)における個々の化学元素の migration に集中され、シチエルビーナによると、いろいろな金属の天然の共生関係は pH と red/ox ーポテンシャルに支配されている。堆積性の Fe・Mn・Al・P の鉱石の成因と探査上の諸問題に対する地球化学的な取り扱い、アルハンダリスキー、ベチエーフチン、カザコフ等によつて行なわれた。とくに、ギンズブルクと彼の共同研究者によつて行なわれた風化作用を蒙つた地殻に対する地球化学的および鉱物学的な系統的な研究は、引続き報告されている。ポリノフの研究も同様な方向で進められているし、また土壤中の希少元素の地球化学的なヴィノグラードフの研究もこの線に沿つて進められている。とくに Lte らの鉱床の研究が始められ、フローピンによつて深められた。

天然ガスに関する報文をベロウソフが発表した。最近になつて、この問題ではきわめて実用的な知識が得られた(石油等に対する探査の基礎となるガス図を中心として)。その後、生物地球化学的な研究が主として2つの方向に発展した。すなわち、生物地球化学的な province の研究と生物地球化学的な原則にのつとつた鉱床探査事業とである。前者としては、F・Cu・Ni・Co・J・B・Cr・Mn・Mg 等のバランスの乱れから多くの生物地球化学的な province が記載された。生物地球化学的な探査法は、ソ連邦だけでなく外国でも実用化された(ヴィノグラードフとマリユーガ、コヴァリスキー等)。

水理化学的な研究は、あらゆる自然の平衡の研究に対する化学の分野でのすばらしい方法を増大したことになる。例えば、自然水の組成の zonal な特徴についてはマクシモヴィッチが注目し、地下の鉱物質自然水の組成と分類はスーリンとブネエフの研究によつて導きだされた。また、理論的、実験的および野外的な研究に基づいて、地質学的な実用化とくに有用鉱物を探査するための希少元素に注目した地球化学的な方法を発明する基礎が作られてきた(金属測定法、U・Th・B等の元素による放射能法、水理地球化学的な方法、生物地球化学的な方法等)。

しかし、いろいろな地球化学的な研究は、それと平行して化学的な方法、放射能化学的な方法、分光法、マス・スペクトル法、X線スペクトル法等の時宜になつた精密な研究法が研究されなかつたら、困難であつただらう。それらの諸方法は地球化学者の研究の成功を保証した(ヴィノグラードフと共同研究者、モラチエフスキー、ポロヴィク、クニボヴィッチ、ルサノフ、ヴァイシユチエイン、スウイロコムスキー、アリマリン等)。

そして、ソ連邦の主要な大学に次々と地球化学研究所と地球化学部が創設され、雑誌「地球化学」が出版されて地球化学のための最初の研究文献が出現した。深部に対する地球化学的な

研究の発展は、時のたつに従つて、ソ連邦では広大な地域の解明をすすめながら、それらが地質的な生産事業と密に関係してきた。ソ連邦の地質学者の仕事によつて、地球化学的な研究が将来大きく発展する基礎が創られている。

40年の時の流れの中で過去の地球化学からすべてのその研究成果がよりよく吸収され、正確な用具だけでなくすべての設備が整備されながら、現在その科学要員も確実に成長してきたし、また正しい科学論——地質学の応用に対して大きな蓄積となる実験と結びついた化学的な過程の理論——が確実に成長してきた。

622.24 : 621.313.3 (47)

## ソビエトの新しい電気ボーリング機\*

(パイプ内壁に 250kWモータ)

A. Smirnov

関口 俊太 訳

莫大な量の石油を人々は地中から汲み上げている。150億トン——これが最近100年間の世界の石油採掘総量である。しかしその採掘はなかなか容易なことではない。石油はしばしば深度数千mの厚い地層の下に眠っている。ソビエトではかつて石油は掘抜井戸から採油されたが、これが工業的ボーリングに変わるまでには数10カ年を要した。深い油井の掘進は回転式さく井法が考案されてからやつと緒についたのである。

戦後回転式さく井法に変わり現在の石油採掘法で主導的地位を占めているタービン法がソ連の技師達によつて完成された。しかしタービン掘さく機にも欠点がある。その能力はタービンの送り込まれる液体の圧力や容量によつて左右される。そこで学者や技師達はタービン掘さく機の長所をすべて持ち、同時にその欠点のすべてが除かれたボーリング原動機をつくる考えが浮んだ。電気ボーリングの機構、そしてその心臓は水力タービンではなく電動機である。とはいえ、電気ボーリング機を開発するのは容易なことではなかつた。

では、どんな風に最新型電気ボーリングはつくられているか？ それは短絡ロータをもつモータとシャフトの2つの主要部分からできている。シャフトはモータよりの回転をビットに伝え、そして切羽に所要の荷重を与えることができる。電動ボーリングの中空軸はそれを通つて循環流体をビットに送る。

絶縁ケーブルは電動ボーリング機のモータに電気を供給する。ケーブルは個々のユニットになつていて、それぞれボーリングチューブの内部に組付けられている。パイプ相互のネジ接合の際、ケーブルのユニットはスリーブによつて確実に接続される。電動ボーリング機とともにさく井中にインパルス傾斜計が下降される。これは掘さく進行中にボアホールの傾斜方向を監視し、地上のボーリング工の場所に特殊信号をつたえる装置である。信号は計器類で読みとられ、さく井作業班は掘さくが正しく進行しているか、所定の方向にボアホールが掘さくされているかを知るのである。

だが、タービン掘さく機の場合にはそれらを知るためには作業を中断し、ビットを揚げたのちに厄介な測定を行わなければならなかつた。傾斜計と受信計器との間の回路には電動ボー

A. Смирнов : Нефтяники выскаг

\* Советский злектроур, 250 КВТ в стенке трубы, Техника Молодежи, 4, p. 12, 1961