

地質学の現状と将来の主要な発展方向
(その1)*

L. V. Pustovalov

矢 部 之 男 訳

鉱床学の研究領域における“指導理念”について

地質学の現状とその発展方向についての問題が重要であることは、多言を要しない。近年になりこの問題がソ連科学アカデミー幹部会とソ連地質地下資源省協会の協同会議において専門的に審議する議題となり、同会議の席上でとくに、地質学の現状では、疑う余地のない一連の大きな成果があるにもかかわらず、理論的および応用面の研究において、実用上の要請あるいはソ連における共産主義社会建設綱領の要請から立遅れた面がみられる、ということが指摘された。

このようなわけで、地質学の将来の発展方向という点で、現状や定議を正しく分析し、地質学の将来の発展方向に対して適切な提案を行なうことはきわめて大きな意義を有する。

論議の順序に従って“ソビエト地質学”誌上において、V. V. ベローソフの“地質学の将来の展望”なる論文が公表された(参考文献, 23, p. 6)。その論文で提起された論旨については、他の誌上(参考文献, 39)で批判的にいろいろと検討を加えたので、これに付加えてここに繰返す必要はない。

しかしながら、V. V. ベローソフの初めの論旨と以下に提起する論旨との根本的な違いを理解するためには、筆者の見解では、V. V. ベローソフは諸般の事情から地質学の分野では、まず第一に、“有用資源の分布に関する予測理論を発展させる必要がある”ということを彼自身が正しく打出している、ことに注目していただきたい(p. 19)。

“地殻の「地質層」中で生ずるものは、この層がより深いところ一つまり、「地球物理学的深度」で進行するものに根本的に左右されることや、有用資源の大部分は直接的であれ間接的であれ、その生成あるいは濃集過程で内成作用に依存している”という前提から始つて、V. V. ベローソフは“現代において実際の予測理論を完成させるには、これらの過程の発展(すなわち、内成作用—L. P.)の原因と規則性に関する知識に立脚する必要がある”と提唱している(p. 19)。この故に、彼は地球の科学の“総目標”を“地殻中での造構現象や火成現象を引き起す深部作用の原因と機構の解明にある”とみている(p. 28)。このようなわけで、V. V. ベローソフは地質研究機関のテーマとして、“地質過程、なかんづく、内成作用——の歴史と機構を解明すべき研究を強化せねばならない”と提唱している(p. 25, ここでの太字とこれらの後のものは、皆筆者による—(L. P.))。

ここに述べられている論旨は決して新しいものではない。このような論旨は地質学、とくに鉱床学において古くから支配的であつた、いわゆる指導理念を反映したものであり、その理念に従えば、大部分の鉱石鉱床や多くの非鉱石鉱床は内成(マグマ)起源のものとしてされている。

鉱化作用が内成作用、とくに火成作用に依存するという考えは、古くからきわめて広範に行きわたつていた。したがつて、このような考えは地質学者の脳裡に深く刻み込まれていた。そ

* Л. В. Пустовалов (1964): О состоянии и основных направлениях дальнейшего развития геологической науки, Советская геология, no. 8, p. 3~35

の結果はこの理念の反映を専門科学文献、教科書、科学普及図書などに容易にみつけることができる。このような上述のことを示唆する多数の事例で、この論文を繁雑にしないために、近年行なわれた2、3の研究からごく短かに引用するに止める。

例えば、火成鉱床の研究に関する根本的な諸問題を取扱った著名な図書のなかで、マグマ起源のものとしてよく知られている熱水鉱床によつて、“大部分の稼行重金属鉱床が生成される”ということが繰返し述べられている（参考文献，9，p. 122）。

“有用資源鉱床に関する最新の教科書の一つ（参考文献，15，p. 181）を読むと，“後火成鉱床の3種（スカルン，深熱水，浅熱水成—L.P.）は，国家経済にとりきわめて重要な役割りを演じており，それらは黒色金属（鉄），有色金属（銅，亜鉛，鉛，ニッケル，コバルト），稀金属（錫，タンガステン，モリブデン，水銀，アンチモン），貴金属（金，銀），放射性金属，多数の微量元素，さらには一連の非金属有用資源—すなわち，石綿，滑石，マグネサイト，螢石，その他，の供給源となつている”と記してある。また，わが国の著名な鉱床学者の筆になる鉱床ならびにその探査法に関する科学普及図書（参考文献，17，p. 28）には，大部分の鉱床は地殻のより深い層準から裂かによつて上昇する溶融体と溶液が冷却・晶出する際に生成される。溶融体や溶液自体もマグマから分化する……したがつて，金属鉱石の生成にあつてはマグマが重要な役割りをなす”と記している。

ここに引用した抜萃は，鉱床学においては“マグマ水の理論，すなわち，地殻中における鉱床の生成・分布に決定的な役割りを演ずるのは，地殻の比較的深部にあるマグマ溜りから地殻の上部層に侵入する熱水である，という考えが現在のところまったく支配的である”とする鉱床学の大家，A. M. ペートマンの見解と完全に一致する（参考文献，13，p. 25）。すなわち，鉱床の地殻における生成・分布を解く考え方は地球の多小深部に分布するマグマ帯から地殻の上部層に侵入する鉱水にある”ということである。

したがつて，現今では鉱床生成に関する最重要な問題の解明は，内成作用，まず第一に火成作用やその現象の研究の進展度如何にかかつている，とする考えが現代のところ主導的であるのはこのためである。

鉱床学において主導的なマグマ源説が，学術研究や探査・開発作業のテーマを決定する場合に学術研究機関や実施機関の活動に対して大きな影響を及ぼすのは至極当然である。上述のように，V. V. ペロソフはこの影響をさらに強化するよう提唱している。

鉱床学で支配的な説に対する批判

上述のことからわかるように，深部の内成作用の研究に地質学者の多くの努力を結集しようという提案は，第一には，内成作用は地殻の「地質層」中で起る地質過程や現象に“もつとも本質的な”影響を及ぼし，第二には，大部分の有用資源の生成・集積は直接的にも間接的にも内成作用に左右される，という論旨に立脚している。

これら両者の立脚点に対し批判的に検討を加えよう。

最近，全ソ連地質学会をあげて生誕100年を記念されたV. I. ベルナドスキーは，すでに14世紀まえに，地質学においては“慣習になり”本質的には“過去の科学的遺物になりながらも，なお生きつづけて現代の科学思想に悪影響を及ぼしている過去の学説の亡霊がいくつか残存している”と指摘している（参考文献，16，p. 217）。

そのあとで，V. I. ベルナドスキーは，“18世紀初頭の地質学者はラプラスの宇宙論を広く利用した……。彼らは実験や観察によらず彼の考え（すなわち，ラプラスの仮説—L.P.）から三つの基本的な新しい次の作業仮説を引出した；つまり，1) 地質時代の全期間を通じて進行する惑星の収縮，2) かつて灼熱溶融状態にあつた地球の緩慢な冷却，3) 惑星の内部で進行する過程の地表部での地質現象に対する著しい反映（p. 225）である。

V. I. ベルナドスキーは，すぐあとで続けている “これらの3つの作業仮説は放射能地質学

の実験データと矛盾するが、140年前の当時では地質学の要因を根拠づけることは不可能だった。彼らは、その気であれば、科学研究を弊害もなく自由に放棄することができたのである”と。

そのすぐあとで、V.I. ベルナドスキーは述べている。“しかしながら、これらの科学的仮説は科学的な作業仮説とみなせる背景があつたわけで、現在まで地質学者の考え方にあしかせをはめていたが、それらの諸現象は時代とともに進歩する地質学的研究や文献からみて、徐々に解決の方向に進んでおり、その影響は後世になればとくに減少するものと思われる（p. 226）”と。

現今では、振り返られないと思われる先の2の仮説、すなわち、かつて灼熱状態にあつた地球の緩慢な冷却および地球の収縮という考えは、とくに V.V. ベロソフ（参考文献, 5, p. 562~566）はこの仮説の反対論者であるが、いまでも少数の地質学者がなにかしらの意義を認めている。しかし、3つの作業仮説という点、すなわち、地殻中で生ずる地質現象の著しい反映としての深部過程については事情は別である^{注1)}。V.I. ビノグラードフの言を借りれば、すでに過去の科学的命題となりさがつたこの幻想は、こんにちでも多数の地質学者の思考を束縛するものとして生ながらえている。

これから、大部分の有用資源の生成と内成作用についての考えられうる問題に関して、はしよつて検討することにしよう^{注2)}。

まず第一に指摘しなければならないことは、大部分の鉱床がマグマ源、なかんずく熱水性の産物であるとする仮説が、長期間存続している間に、ごく著しい、ときには解決の糸口もみいだせない困難に突き当たつた。例えば、きわめて多くの多方面にわたる研究（野外的、実験的、理論計算上、その他）があるにもかかわらず、熱鉱液（熱水）そのものが冷却途上の熔融状珪酸塩マグマから分別するのいかいなか、というもつとも根本的問題が現在にいたるまで不明瞭かつ未解決の問題として残つている。鉱床地域における鉱物組合せとそれらの分布は、周知のように、理論上からの予測される推論とは必ずしも一致しない。マグマ源説からみた場合には、当然予測される鉱床とマグマ溜りの関連が実証されないばかりでなく、ある程度の推論をまじえてもそれらしい徴候もみることにはできない。最近になり行なわれるようになった鉱石とその母岩に対する絶対年代の測定結果からみて、マグマ源説の前途にきわめて困難な問題が新たに生じた。というのは、マグマ源説の観点からみれば、両者の年代はまったく違つていなければならないにもかかわらず、実際にはほとんどすべての鉱床について同じである、ということがわかつたからである。最近の深部試錐の結果からもわかるように、固結しつつあるマグマ溜りの分布地域に必ずなくてはならないと考えられていた熱水溶液が、実際には局部的な分布はもたず、むしろ広域的な分布を有し、被圧地下水のような性格をもっている。このような新しいデータによつて、熱水溶液とマグマ溜りとが密接な関係をもたなくてはならないという、いかにも確立されたかにみえた考えの根底がくつがえされた。このような従来のマグマ源説と新しい事実との間にみられるさまざまなくい違いに注目せざるをえなくなつた（参考文献, 37, 38）。

しかしながら、マグマ源説の前途に困難が生ずるたびに、その信奉者達は根拠のない純仮説的な性格をおびたいくらかでももつともらしい説明をあれこれと探し求めた。しかし、もつと

注1) これは地殻表層部で生ずる地質過程が、“地球物理学的深度”で進行する過程に“著しく”あるいは“根本的”に左右されることを意味しているのであつて、異なる隣接した geosphere の間に起こる相互作用を意味するものではない。このような相互作用を否定するものではないが、現在のところ、それに関する何らの事実資料をもち合わせていない。

注2) これは V.V. ベロソフ（参考文献, 6, p. 19）、その他の研究者が主張しているように、“大部分の有用資源”の生成あるいは濃集が内成過程に依存する、ということの意味しているのであつて、ある種の有用資源や一部の有用資源が火成作用によつて形成される、ということの意味しているのではない。

も根本的な理念が地質学者の脳裡に深く刻みこまれ、しかも従来の考えの根本的性格をもかえなかつたので、部分的な修正や仮説的な補足は受入れやすかつた。このようにして、マグマ源説は補足的で、従来のものに較べて一層根柢の稀薄な部分的仮説と種々の憶測によつてしだいに肥え厚つていつた。現在、この仮説はいわば“つぎはぎだらけの状態にある。”それはただそれに対して習慣のため気付かなくなつていただけである。不自然で証明されないにもかかわらず、かつては広く流布されていたが、現在ではほとんど見捨てられてしまつた、いわゆる telethermal deposits という概念も、ごく最近までこのような“つぎはぎ”の一つとして通用していた。

マグマ源説に不利なこのような事情が見すごされるはずはなく、いろいろな観点から批判する多くの学者の論文のなかに反映されるようになったのは、ごく当然である。

大部分の鉱床がマグマ源説だとする従来の仮説が不適當であるとする発言がその信奉者側からすらもなされるようになったことは特筆に値する。その信奉者として A. N. ザワリツキーをあげることができよう (参考文献, 22, p. 74)。彼は周知のように徹底的な火成論者であり、熱水溶液論者であつた。にもかかわらず、彼は地殻中にもつとも広範に分布する重金属——非常によく研究された鉄鉱の成因にふれた際に次のようにのべている。“液状の鉱化マグマが分化しうるかどうかという問題は全く未解決の状態にある……。マグマ源鉄鉱床のでき方に関するわれわれの考え方が非常に仮説的な性格を帯びているために、これらの鉱床を分類する際に液化あるいは注入鉱床というような区分はできないように思われる。このようなでき方の鉱床がまつたくないとは信じられない……。私はただ、マグマ源鉄鉱床の分類に関するいくつかの側面についてふれたにすぎない。鉄鉱床を概見しただけでも、分類図式を構成する出発点と考えられているこれらの仮定に関する実証性のある考えから、いかにわれわれがかけはなれているかということがわかる” (参考文献, 22, p. 72~73)注3)。

A. N. ザワリツキーの見解によれば、熱水溶液から鉄化合物が沈殿する場合と同様、接触交代作用や熱交代作用の過程の場合にも、多くの不明確な点がある。しかしながら、ここではわれわれの知識の不足は“含鉄化合物の火成濃集説にみられるような過程の本質そのものに深くかかわるものではない” (参考文献, 22, p. 73)。

A. N. ザワリツキーの見解によれば、非常に広く分布する魚卵状鉄鉱石の成因に関しては、いくつかの問題 (魚卵状構造の生成条件とかシャモサイトの生成条件、生化学的過程など) が未解決であるとはいえ、それが水中で堆積したということは“ほとんど疑う余地がない”。

A. N. ザワリツキーは結論で次のように記している。“普通に用いられていた (A. N. ザワリツキーが用いていた—L. P.) 鉱床の生成過程の分類図式において、直接的な観察や厳密な理論的検討をあまりにも受けてない先験的な主張が非常に多い。これらの過程の分類は多くの点で、教育上は有益であつても将来の研究にはあまり役立たない教科書的図式の域を脱していない。というのは、このような図式の構成は実践的な科学的総括からかけはなれているためである。残念ながら、ある鉱床をそれと類似の他の鉱床の中に位置づけるという課題を、類似の教科書的図式にそれをはめこむことですりかえられることが多い。……” (参考文献, 22, p. 74)

最近、マグマ源説の著名な信奉者の一人であるシュナイダーヘンがその仮説に大きな打撃を与えた。この観点からみたシュナイダーヘンの論文については、まだ筆者の論文で取扱つたことがないので、この問題に関して簡単にふれてみる必要がある。

周知のように、H. シュナイダーヘンはマグマ源説に基づき広く流布していた鉱床の分類の一つを提唱した。H. シュナイダーヘン自身の言明によれば (参考文献, 57, p. 13)、彼の分類は“ヨーロッパにおいてはもつとも広く用いられている”。各大陸の多数の鉱床を自から訪れてそれらの研究に新しい貴重なデータをもたらした H. シュナイダーヘンは、鉱床学の分野

注3) 最近の著作からもわかるように、A. P. ザワリツキーのこの主張は、現在に至るまで完全にその意義を保持している。

における広範な事実資料をもっていた。彼が知っている事実を批判的に検討し、あとでみるようにそれが必要だとわかった場合には、自分自身が打出した理論を否定し、広く受入れられ流布している考えを放棄することを恐れなかつた。彼はその晩年に（H. シュナイダーヘンは1962年に死亡）一連の論文を発表した。その中でH. シュナイダーヘンはそのほとんどの全生涯を通じて彼が準拠してきた火成鉱床に関する学説の基礎に事実上の終止符を打つた。彼はその当時まで広く流布し認められていた彼自身の提唱した火成鉱床の分類に自からきびしい批判を下した。晩年に至つても彼は東アルプスの鉱化作用と支配的なマグマ源説のキーポイントに関する“私の見解を根本的に変えた”と表明する勇気をもっていた（参考文献、57, p. 40）この点に関しては、H. シュナイダーヘンに敬意を表するものであるが、それと同時にあとで検討するように、彼の前に発生した問題に対する正しい解決の糸口を発見したとはいえない、ということ指摘しておかねばならない。この学者をして火成鉱床に関する自からの理論にこれほどの急転換をしい、鉱床学の分野における永年の研究活動を通じて彼自身が準拠していたものを十字架にかけることをしいたものは一体なんであろうか？

もしそういうものがあるとすれば、火成鉱床は火成岩と時間的にも空間的にも規則的な関連を有するはずであるが、この法則にあてはまらない多数の注目にあたいる例外があるとH. シュナイダーヘンは正しく指摘している（p. 16~17）。その年代が非常に新しいためにその地域の火成岩に特徴的な時代系列からまったく脱落するような多数の鉱床に彼は注目している。これらの場合、その地域により新しい火成輪廻の存在を示すようななんらの徴候がみられない際にもそれを発見しようとする試みがなされた。このような試みが好結果をうるはずはなかつた……。さらにそのあとで、大部分の鉱床は成形的には中がらりんの状態にあると述べている。

H. シュナイダーヘンは世界中のすべての主要鉱床区を例にとつて、マグマ源とされている鉱床とその“母体”となつているマグマ溜りとの間に空間的・時間的関連がないということ为例証している。このことから、上に述べたような関係がむしろ一般的であつて、これまで考えられてきたような例外ではない、と結論している。例えば、H. シュナイダーヘンは上シレジア地方、ミシシッピやミズーリ州の鉛・亜鉛鉱床にふれて、“これらの鉱床の生成条件を説明するうえで必要な深成作用が予想的にしろ知られていない”と述べている。東アルプスの鉱床に関して、H. シュナイダーヘンは“それに対応する深成作用はかなり苦勞しないと指摘できない”と述べている（p. 17）。さらに彼は南チロルのドロマイトアルプスの三畳系中に賦存する鉛・亜鉛鉱床にふれた際に（参考文献、58, p. 72）、“その根源を探すにあつて、そのすぐ近くにある火成岩の露頭あるいはもつと離れたところにある火成岩の露頭に一喜一憂している”と皮肉な指摘を行なつている。しかしながら、そこでも“実際に鉱化ハローをもたず、純表層火山活動の産物ではないこのようないくつかの露頭は、鉱化作用の適当な“父”とはみることができない”などと指摘している。

H. シュナイダーヘンはさらに事実資料と“火成鉱床にみられる鉱物や金属の正常な排列”図式の間にはしばしば認められる不一致（彼の表現を借りれば“不和”）に注目している（参考文献、57, p. 27, p. 43, など）。彼は“単一の底盤に特有な累帯構造に対応しないしばしばまったく異常な性格をもつた鉱床の排列”に注目している。

このように、H. シュナイダーヘンは火成鉱床に関する学説の基本的“理論的”主張と実際に観察される事実との間に存在する著しい対立を明らかにした。良心的な研究者として彼は、これらの矛盾を見過すことができず、勇敢に自からの古い考えを否定して、そこに生じた事態からぬけだす出口を探すようになった（彼はp. 16でこの種の困難からの出口を発見したと述べている）。彼は自から提唱した鉱床の再生説にその出口を求めている（彼はそれを“仮説”あるいは“作業仮説”にすぎない、と呼んでいる）。この仮説のおもな値うちは、それが不明確な事実を“説明でき”（p. 42）、その仮説の範囲でこれらの事実は“しかるべき場所をみいだす

ことができ” (p. 43), これらの事実が自分の仮説に“うまく合致”する (p. 76), などであると彼は考えている。

再生鉱床に関する H. シュナイダーヘンの仮説の本質は, “カンブリア紀以降主要な初生的鉱化造山運動 (primary metallogenic orogenesis) は一回あるいは二回しか起らず”, とくにユーラシアにおいては後期古生代のヘルシニアン造山運動一回だけで, 若いアルプス造山運動はここでは新しい初生鉱化作用に関しては“不毛”であつた, という前提にある。ヘルシニアン“鉱化”造山運動中に濃集した鉱石物質はその母岩とともに, その後地下深部の高温帯に埋没し, 動きはじめてより若い岩石のなかに移動した。そしてその若い岩石のなかに沈殿して著しく若い地層中に分布する“再生”鉱床がヘルシニアンの古い鉱床をもとにして生成された。

再生鉱床に関する H. シュナイダーヘンの考えの哲学的本質については, わが国の学者によつてかなり詳しく批判的に検討されている (参考文献, 2)。しかしながら, 地史の全期間を通じて初生的鉱床が一度あるいは二度しか生じなかつたという考えは弁証法的唯物論の立場にたつソ連の地質学者の支持をうることはできない。同時に H. シュナイダーが強調したように, 地殻中に鉱石物質が再沈殿し, 以前に濃集した鉱石物質が再排列によつて再生鉱床を生ずるという可能性は, 真の地質学的事実と考えなければならない。このことについてはわが国の研究者も H. シュナイダーヘンよりもずっと以前に指摘しているところである (参考文献, 16, p. 232, その他; 参考文献, 30, p. 12, その他)。

しかしながら, H. シュナイダーヘンは自分の仮説を發展させ, それに意義を与えようとした結果, いくつかのまつたく奇妙な結論に到達した, ということを指摘せざるをえない。例えば, H. シュナイダーヘンはアルプス (時代的な意味の) 鉱化作用について述べたさいに, “再生という観点にたつた場合, アルプス期の鉱床の時代決定は成因的にはなんらの意味もない。そして, その鉱床は二疊紀初期から鮮新世後期までの時代を用いる。なぜならば, ある鉱床はそれが二疊紀初期 (すなわち, ヘルシニアン鉱化造山運動の時期に—L. P.) に生じたもとの古い場所に分布し, ほかの鉱床はそこからすぐ上に移動して生じ, 第三の鉱床の物質は長距離にわたつて移動し, 最後に第四のものはまつたく別の場所のある種の三疊紀—ジュラ紀—白亜紀から第三紀中期の岩石のなかに再沈殿し, もつとも新しいゲルマン型裂かのなかに産するからである。さらに反復的な分別再生作用や鉱石物質の反復沈殿も充分可能だということを目指せねばならない”と述べている。

鉱床とそれに対応する鉱化進入と必ず時代的に関連しなければならないという問題や事実資料の支持をえられないため混乱が生じたということから, マグマ源説の信奉者に多くの難問を提供していた問題を, このようにして H. シュナイダーヘンは解決した。

第二のかなり重要ではあるけれども“火成論者”にとつてはかなり不都合な問題は, 鉱床とそれに対応するマグマ溜りとが必ず地域的に関連がなければならないという点である。鉱石物質は再生に際して, その初生的な産地から任意の方向に任意の距離だけ動きうるという前提から出発して, H. シュナイダーヘンはこの問題をも完全に“解決”し, 再生鉱床に関する彼の仮説からみれば“アルプス期の鉱化作用に関連させうる火成作用の問題は解消した……。したがつて, ある一定のグループの鉱床に関連づけうる個々の若い深成岩体に関する問題もその深刻さを失つた”と表明している (参考文献, 57, p. 44)。

“二次的再生に関する理論はアルプス期の鉱床の成因についても新たな光を投げかけるものである。これらの鉱床の時代に関しては問題にならなくなつたといえる。なぜならば, これらの鉱床は二疊紀初期から鮮新世後期までの期間を通じていつでも発生しうるからである。上昇する鉱液物質は被覆層の頂冠部に向かつて移動したり, あるいは新期の裂か中に沈殿することができた。さらにこれらの物質の分別晶出も繰返し生じたであろう。したがつて, アルプス地域における個々の底盤状進入による個々の鉱床の生成という問題は, 現在では非現実的なものとなつている, と H. シュナイダーヘンに続いて彼の後継者であるポーランドの学者, S. ヤ

スクリスキーが主張している（参考文献，60，p.103~104）。

このように、鉱床生成に関するマグマ源説信奉者自身も事実上は火成作用を完全に否定する立場にたつに至った（“火成作用の問題は解消した”）。H. シュナイダーヘンは彼の研究の影響をうけたアメリカの研究者，V. F. フォーシャクが“鉱化作用において火成作用の果す役割りを再検討すべきだ”との希望を表明したことを満足げに述べている（参考文献，58，p.79）。

鉱床とそれを生みだしたマグマ溜りとの時代的および地域的な関連が否定されたということは、マグマ源説の根底がくずされたに等しい、という事情はいまさら説明を必要としないであろう。

H. シュナイダーヘン自身が下した先に述べたような結論にもかかわらず、マグマ源説の信奉者をなおも彼が信じているということは一層驚くべきことである。火成鉱化作用に対してこのような厳しい批判を加えた再生鉱床に関する彼の論文のなかで、H. シュナイダーヘンは次のように述べている。“ニグリが提唱した鉱化作用の火成図式の信ぴょう性については疑いないものと筆者は考えている。これは地球内部で生成された（“内成的”）あらゆる鉱床の発生条件を規定する際の基礎であり、もつとも重要な前提である”（参考文献，57，p.19）。

これまで支配的であつた鉱床のマグマ源説に対する H. シュナイダーヘンの批判が、豊富な事実資料に立脚したものであるだけに、いま述べた彼の主張はまったくの御宣託的なひびきをもっており、古い固定観念に対する特有の執念のシンボルのようなひびきを帯びている。

科学的伝統の力に唯々感腹するのみである。マグマ源思想が科学思想の根底をなしていた H. シュナイダーヘンにとっては、マグマ源説の基本的思想を仮借なく批判し、マグマ源説のもつとも核心にふれる問題（鉱床とマグマ源との時代的・地域的関連についての）を“非現実的”なものと宣伝することによつて、これらの考えを破壊するどころか補強したように思えたのであろう。客観的なあらゆる研究者にとっては、このような幻想はありえないものである。逆に、H. シュナイダーヘンはニグリの構想に対して確信を保持していると表明しているにもかかわらず、再生鉱床に関する彼の諸論文によれば、事実上マグマ源説が安住していた土台を完全に打ちくだき、それによつてマグマ源説の完全な破産を確認したとみなさざるをえない。

それと同時に指摘しておかねばならないことは、H. シュナイダーヘンは自分が明らかにした新しい事実と古い科学観との矛盾からの正しい出口をみつけることができずに、これらの矛盾のなかを“さまよい歩いていた”，ということである。

もちろん、われわれにとつて興味のあるのは、H. シュナイダーヘンが収集し系統化した新しい事実資料であつて、彼が“発見”した矛盾からの純人為的、かつ不自然な脱出口ではない。

先程述べたことは、明らかに鉱床の研究において非常に広範な意義をもっているかのようにみえたマグマ源説の不完全さを証明するものである。

マグマ源有用資源と堆積源有用資源との相対的意義について

さてここで、大部分の有用資源が内成過程に依存しているという説に関して、種々の起源を有する鉱物資源の正確な埋蔵量の相対値から検討を加えてみよう。

評論するに先だつて、いくつかの予備的注釈を加えておく必要がある。

周知のように、国民経済のなかで十分な経済的効果を伴いながら天然のまま、あるいは予備的加工を加えて利用することのできる無機源あるいは有機源の天然の鉱物性物質を有用資源とよんでいる（参考文献，44）。

したがつて、いろんなクラーク含量の種々の金属を伴う岩石や種々の副成分鉱物を含む岩石を生ずる火成過程は、鉱化過程とみなすことはできない。なぜならば、それによつては有用成

分を経済的に抽出しうるような岩石が生じないからである。しかしながら、それによつて堆積作用帯において塊状岩が粉碎（風化）され、“非有用”な副成分金属や鉱物を有用鉱床へ移化させる有用成分による堆積物の天然富化が進行する表層部の外成過程（堆積性、浅成）は、問題なく鉱化作用とよべる。したがつて、この場合には火成過程がその鉱化作用にいくらかでも参与したとはいえない。このような条件の下において鉱化作用といえるのは、先行する造岩（ではあるが、鉱化ではない）火成（別の場合には先行する堆積性の）過程に基づいて発達しうる堆積過程だけである。

したがつて、火成（さら堆積性）造岩作用と堆積性鉱化作用の継承性については、どんな場合にもいえる。しかしながら、先行する造岩過程（それが火成源であれ水成源であれ）をそれに続く鉱化過程と混同したり一つの範疇に入れることはできない。

このような予備的な注釈を加えたあとで、この章の始めに提起した問題の考察に移ることにしよう。

多くの研究者によつて、はやくから気付かれていたその不完全さにもかかわらず、マグマ源説が長期にわたり支配的であつたのは、多くの貴金属鉱石が比較的最近まで主として脈状の形態を有する鉱床から採掘されていた、という事情によるところが多い。ずつと以前から鉱脈は鉱石物質を沈殿させる鉱水あるいは鉱化ガスが、循環する地殻中の裂かだとする見解が確立されていた。鉱脈とその母岩との間にみられる著しい組成の違いから、これらの裂かを満して鉱脈を形成するある種の異常な過程があつたとする考えが無意識のうちにかもしだされた。脈状鉱化過程は手のとどかない深さで進行する火成活動と関連づけられるようになった。何世紀にもわたつて人類が行なつてきた採掘作業の経験で認識するようになった鉱脈の異常な性格は、ここに提唱されたようなそれを生だした火成過程の異常さとうまく結びつた。

しかしながら、ここ数10年、産業の発展に伴つて、各種の鉱物資源に対する需要が急速に増大した。一般に比較的鉱量が少なく複雑な産状を呈するために機械化して採掘を促進し、経費を節減しにくい脈状鉱床からの鉱石の採掘量は著しく減少した。マグマ源説と密接な関連をもつていた脈状鉱床の実用上の価値は、前世紀末と今世紀初頭にかけて占めていた地位から人類の経済活動の発展によつて、いまや主位から第2位へと転落した。

大量の対象の採掘を必要とする採掘作業の著しい機械化と莫大な量の有用資源を必要とし低品位鉱を効果的に処理する低廉な選鉱法の発展をみた今世紀においては、その実用上の価値から層状鉱床が第一位に躍進した。この鉱床の特徴は広範な分布、大きな埋蔵量と比較的穏やかな産状にある。これらの層状鉱床はその生成条件からして一般に堆積性あるいは堆積変成鉱床である。正しくこの層状鉱床こそいまや全世界、なかんずく、ソ連邦における鉱物原料基地の根底をなすものである。

わが国においても外国においてもはやくから、その堆積源の有用資源の採掘量は現在地球内部から採掘されてあらゆる有用資源の全採掘量の75ないし80%を占める、ということがわかつていたにもかかわらず、火成源脈状鉱床が主導的な意義をもつという誤つた考えがいまなお保持されている。これを助長しているのは地質学科の教科書や学習参考書などである。それらの本の中では伝統によつて脈状のいわゆる火成源（主として熱水型の）鉱床に主要な地位があいも変わらず与えられている。

上に述べたことから、現代産業の主要部門の発展に決定的な意義を有するおもな鉱物資源についてごく大ざつぱな概観を行なう必要が生ずる。

まず、現在人類が用いているエネルギー資源から概観してみよう。これは周知のように、現代の人類社会のあらゆる生産活動の根底をなすものである。現在においてもまた過去においても水力エネルギー——河のエネルギーや一部は潮汐エネルギー、その他の表層水のエネルギー、すなわち、現在の堆積作用帯のエネルギー、換言すれば外成エネルギーが工業に利用されている。石油・天然ガス・石炭・オイルシエール・泥炭などの稼行鉱床は、周知のように、す

べて堆積作用に伴うものであり、外成過程によつて発生したものである。P. S. ズントフ（参考文献，24）が最近行なつた計算によれば，資本主義諸国における核原料（ウラン鉱）の埋蔵量の約90%は，堆積岩に関連するものであり，火成岩に関連するものは残りの約10%にすぎない。

いまのところ，ごく限られた範囲でしか用いられていない風のエネルギーや太陽エネルギーもまた外成エネルギーである。

このように，人類が用いているほとんどすべてのエネルギー資源は外成起源を有し，地球表層部の堆積被覆層——地層圏と現在の堆積作用帯に関連していることは容易にうなづけるであろう（第1図参照）。人類社会は地下深部の火成岩（内成岩）からはエネルギー資源のごく少量しか引出していないか，あるいは引出しえない（ウラン埋蔵量の約10%とイタリア，カムチャツカの火山熱水）。

もしも人類が何らかの原因で外成起源のエネルギーを奪われたとしたら，取返しのつかない破局が生じ，その経済活動はすべて破壊されるであろう。逆に，内成的エネルギー源がかりに消滅したとしても，エネルギー資源の全体のなかでそれが占めるごく取るにたりない役割りを考えると，容易に補充して，人類にとってはほとんど気付かれずに見過されてしまうだろう。

製鉄産業は周知のように現代重工業の基礎をなしている。製鉄産業の主要な原料は鉄鉱石，溶剤およびコークスである。黑色金属の生産に用いられるその他の鉱物原料（マンガン鉱，クロム鉱，鑄物砂，マグネサイト，など）は副次的な意義しかもたない。

世界の鉄鉱石埋蔵量の計算は，1952年にアルジェリアで開催された第19回万国地質学会において，各国の地質学者の協同作業によつて行なわれた。それにより，“世界の銑鉄生産量の90%以上が堆積性鉄床の鉄石によつて保障されている”ということが明らかにされた（参考文献，33，p. 13）^{注4)}。銑鉄の生産に必要な溶剤（石灰岩），コークス，マンガン鉱，鑄物砂はすべて堆積源である。

クロム鉱石（クロム鉄鉱）は製鉄産業で用いる鉱物資源の全収支のなかでは非常に限られた意義しかもたない。その起源は超塩基性火成岩に結びつけるのが適当である。N. A. ヴィホーベル（参考文献，12）によれば，資本主義国におけるクロム鉄鉱の全埋蔵量は $837 \times 10^6 \text{t}$ （そのうち， $550 \times 10^6 \text{t}$ は南ローデシアに産する）と見積られている。P. ステンリー（参考文献，46，p. 24）によれば，クロム鉄鉱の局地的な火成源鉄床の表層破壊産物が濃集して生じた南ローデシアの残留クロム鉄鉱床の埋蔵量は $60 \times 10^6 \text{t}$ で，資本主義国のクロム鉄鉱全埋蔵量の7.2%にあたる。これは表成作用の条件下で明らかに生成されたクロム鉄床とみなすべきである。天然合金の鉄鉱石中に濃集するクロムの埋蔵量をも計算に入れると（ウラル，キューバ，その他の地域），外成起源のクロム埋蔵量は全埋蔵量の20ないし25%になる（参考文献，40）^{注5)}。

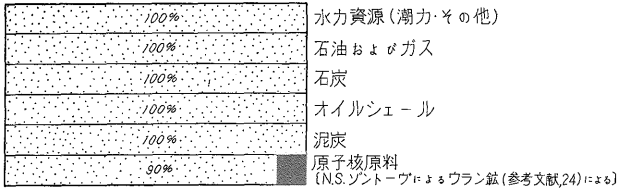
第1図をみればよくわかるように，製鉄産業に必要な鉱物原料の大部分は堆積性有用資源と堆積変質有用資源に属している。製鉄産業はほとんどすべて外成過程の結果生じた堆積性有用資源の利用によつて成立つており，といつても過言ではない。

建設用石材は国民経済，とくにソ連邦においては非常に重要な役割りを果している。住宅や工業施設の荘大な建設プログラムを実現するためには，それに要する建設用資材，なかんず

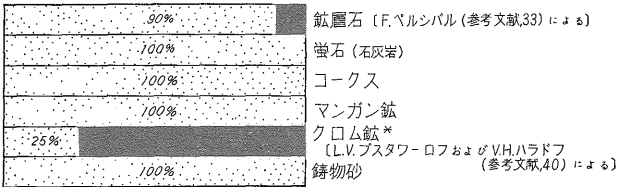
注4) N. A. ヴィホーベル（参考文献，12）の計算によれば，堆積性および堆積-変成鉄鉱石の全埋蔵量は，鉄鉱石の全量に対してソ連では71%，資本主義諸国では91%を占めている。A. E. フェルスマン（参考文献，53，p. 23）は約25年前にすでに“全鉄鉱床の75%は成因的には浅成過程（あるいはそれに引続く再作用）に関連している”，と指摘している。

注5) 天然合金鉄鉱石に含まれるクロム鉱は，工業的利用を必ずしも受けておらず，ある種の加工過程においては好ましくない挾雑物である点を考えると，浅成層中におけるクロムの地化学埋蔵量といつた方が妥当であろう。

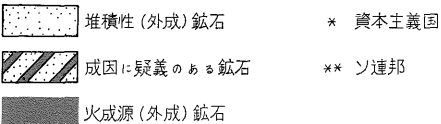
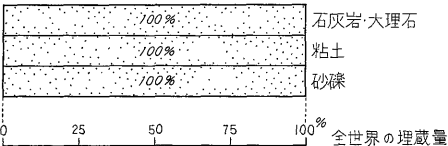
1. エネルギー資源



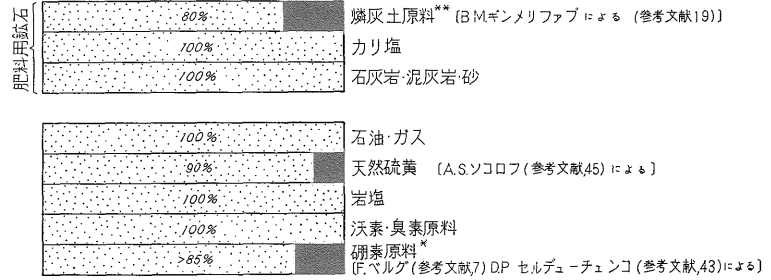
2. 黒色金属原料



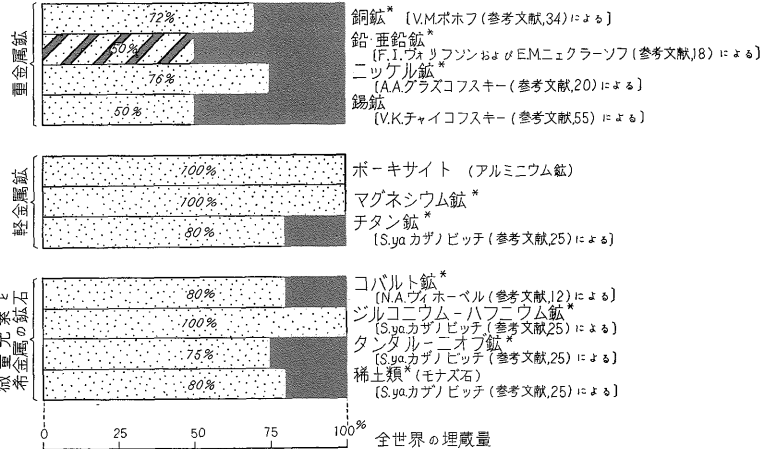
3. 建設原料 (セメント原料)



4. 化学源原料



5. 非鉄金属原料



第1図 全世界の埋蔵量における堆積性(外成)有用資源の相対的価値

く、“建設産業のパン”の名でよばれるにふさわしいセメントを確保する必要がある。周知のように、セメントの生産には石灰岩・泥灰岩・粘土・砂利などを必要とし、これらはすべて堆積源である。したがって、建築産業に必要な主要な鉱物原料は堆積源(外成)有用資源である。

さらに付加しておきたいことは、レンガ用粘土・石膏・トリポリ・珪藻土・屋根用スレート、多数の舗装用石材・張付け石材・大部分の鉱物性塗料なども堆積性の起源をもっており、それらが建設用に採掘される鉱物原料のなかでは著しい役割りを演じているということである。

化学工業に対する意義も絶えず増大している。農産物の収穫をあげるのに必要な化学肥料の生産は、化学工業によつて保障されている。周知のように、合成化学製品の国民経済上の意義も急速に増大している。これらの製品は工業の分野から金属を追放しつつあり、その結果、将来においては冶金生産の縮小も可能になる見通しがある。ソーダ化学、硫酸化学、その他の化学工業が国民経済に果す重要な役割りはいまさら述べる必要はない。

第1図にはおもな種類の化学用原料を示してある。B. M. ヒンメルハルプの新しいデータによれば（参考文献，19，p. 48），“わが国（ソ連邦—L. P.）の燐酸塩埋蔵量の80%以上は燐灰土にたよっている”。これは周知のように、堆積性外成起源を有する。全世界のカリ塩はすべて例外なく堆積層から採掘され、その稼行鉱床は地表における堆積作用の結果生じたものである。土壌の石灰化、石膏化やさらには一連の化学工業に用いられる石灰岩、石膏、チョークなどは堆積性の鉱物原料である。窒素肥料の生産（天然チリ硝石、石炭や泥岩の処理によつてえられる窒素化合物のほか、堆積作用帯の一部を構成する大気中の窒素）は、すべて堆積作用の産物あるいは堆積作用帯の構成部分の利用のうえに成立していることを、ついでながら指摘しておく。合成化学やその他の多数の化学工業部門の原料として広く用いられている石油や天然ガスは、すべて地層中から採掘されている。A. S. ソコロフ（参考文献，45，p. 12）によれば、天然硫黄の堆積鉱床は，“硫黄工業においてもつとも重要な役割りを演じている。この種の鉱床は世界の天然硫黄埋蔵量の約90%を占めるが、硫黄の全採掘収支のなかでそれが占める割合はさらに大きくなる”。一連の化学工業部門や食品工業に必要な岩塩鉱床が堆積源であることは周知のとおりである。ヨード、臭素原料の供給源は天然地下水で、一部は塩湖の高塩水やカリ・マグネシウム塩である。これらはすべて地球表層の堆積層——地層圏に伴うものである。現在とくに重要な意義をもっている硼素原料に関しては、G. ベルクの古いデータによると（参考文献，7，p. 342）、世界の総生産量 110×10^3 t のうち、火成源の硼素原料の占める割合はわずかに2,000 t で、すなわち全体の2%にも満たない。D. P. セルジュチエンコと V. A. パプロフの最近のデータによれば（参考文献，43），“アメリカ合衆国における硼素の地質学的埋蔵量は75ないし 100×10^6 t とみられ、ほかのすべての資本主義国をあわせた硼素の埋蔵量はこの値を超えない。しかも、その%と合衆国の埋蔵量のほとんどすべては堆積源、火山堆積源、堆積変成源の鉱床に含まれている”。これから資本主義国における堆積性硼素原料の埋蔵量は硼素全埋蔵量の約85%を占めるということが容易にわかる。この数値はその全埋蔵量中における堆積性硼素原料の役割りを過大評価したというよりはむしろ少な目に見積つたものである（第1図参照）。

このように化学工業においてもほとんどすべてが堆積源の鉱物原料が用いられている。

非鉄金属工業は通常行なわれているように、稀金属と稀土類金属の生産をもそれに含めた場合、いろいろな種類の鉱物原料を必要とする。そのおもなものについて述べてみよう。

V. M. ポポフ（参考文献，34）が最近行なつた計算によれば，“現在までにすでに資本主義国における銅の埋蔵量においては、含銅砂岩の層状鉱床が著しく卓越している、ということがわかっている。銅の全埋蔵量のうち、含銅砂岩層に属するものは72%を超える。1929年から1955年の間に、含銅砂岩鉱床の埋蔵量の占める割合は2倍以上に増大し、ほかの成因型の鉱石、とくに“斑岩銅タイプ”の鉱石の意義が低下した。近年、含銅砂岩や含銅頁岩型の新しい大鉱床がソ連東部、上シレジア（ポーランド）、ミシガン州のホワイト・パイン、チリーなどで発見

された”注6)。

鉛・亜鉛鉱床の生成条件に関しては、現在堆積源説信奉者と熱水信奉者との間に非常に活発な論争が巻き起つている。客観性をもたせるためにここでは、マグマ源説を支持する V. I. ヴォリフソンと E. M. ニュクラーフの資料を用いることにする。彼らは“堆積性鉱床の潜在的な可能性(鉛・亜鉛鉱床がここでは考慮されている—L. P.)は、現在われわれが抱いているよりは著しく大きい。これらの鉱床の面積や規模などからみた鉱化作用の著しい分布を考慮すると、今後の技術の発展につれて比較的品位が低いとはいえ、今後増々開発されるようになるであろう。したがって、堆積性鉱床の研究に真剣な注意を払う必要がある。変成源鉱床からの鉛・亜鉛の採掘量は狭義の堆積性鉱床の採掘量をりようがしているようにみえる。しかしながら、変成源鉱床を変成を受けた熱水性鉱床と区分することは困難であるから、狭義の変成鉱床の鉱石の採掘量の正確な数値をあげることは著しく困難である。起源不明の鉛・亜鉛鉱床は非常に大きな工業価値をもっている。ミシシッピ河谷の鉱床から産する鉱石だけでも資本主義諸国の鉛・亜鉛の採掘量に対して20%以上を占めている。噴出岩や凝灰岩中には含まれる層状鉱床から採掘される鉛・亜鉛鉱をも考慮に入れると、起源不明の鉛・亜鉛鉱の全採掘量は、資本主義諸国の全採掘量の50%を越える”(参考文献, 18), と述べている。

第1図では明らかに熱水性鉱床に有利なように水増されている F. I. ヴォリフソンと E. M. ニュクラーフの先程あげた評価が、鉛・亜鉛鉱について採用されている。同時に指摘しておきたいことは、近年、ソ連(例えば参考文献, 1, 29, 51, 56, その他)や外国などで(参考文献, 38参照)行なわれている近代的手法(鉱石とその母岩の絶対年代の測定)を用いた鉛・亜鉛鉱の精密な研究結果から堆積源の鉛・亜鉛鉱の相対的な意義が、この図に示されているよりは実際にははるかに大きいと想像できる、ということである注7)。現在では極端なマグマ源説の信奉者ですら鉛・亜鉛鉱の全埋蔵量の約半分は、堆積起源を有すると認めざるをえなくなつている、という事実は注目に値する。

いろんな成因のニッケル鉱の相対的量の計算を A. A. グラズコフスキー(参考文献, 20)が行なつている。彼は次のように述べている。“資本主義諸国におけるニッケルの全埋蔵量に関しては、1959年には 6.4×10^6 t の確定鉱量も含めて 61 ないし 64×10^6 t であつた。ニッケルの全埋蔵量の鉱石のタイプによる分布は次のとおりである。硫化鉱中では 15.0 ないし 15.1×10^6 t; 珪酸塩鉱では 18.0 ないし 19.1×10^6 t; ニッケル含有鉄鉱石(ラテライト鉱)では 28.1 ないし 29.9×10^6 t。このように資本主義諸国のニッケルの全埋蔵のうち、76%が超塩基性の風化殻に伴う鉱床に産する”。すなわち、外成過程によつて生じたものである(第1図参照)。

N. A. ヴィホーベル(参考文献, 12)は資本主義諸国とソ連における外成鉱床中のニッケル埋蔵量の相対値を約30%と見積つている。しかしながら、それと同時に彼は“近年、超塩基性のラテライト質風化殻に産する珪酸塩鉱床のニッケルの埋蔵量は著しく増大した(キューバ、ニューカレドニア、フィリピン、インドネシア、ドミニカ共和国、プエルトリコ、中国南部の雲南省、その他)”と述べている。

V. K. チャイコフスキー(参考文献, 55)の評価によれば、漂砂鉱床、すなわち、外成過程、とくに機械的な堆積分化作用によつて生じた錫の埋蔵量に関しては、確定鉱量では世界の全確定鉱量の約95%、漂砂鉱床中における錫の全埋蔵量は世界の錫の全埋蔵量の約50%を占め

注6) N. A. ヴィホーベル(参考文献, 12)のデータによれば、含銅砂岩型の銅鉱石の全埋蔵量は、資本主義諸国の銅鉱石の全鉱量の47%を占める。われわれは資本主義諸国の銅鉱石に関する文献中にみられる情報をより完全に考慮している V. M. ポポフのデータ(第1図参照)を採用している。

注7) これに付加えて、次のことを指摘しておかねばならない。N. A. ヴィホーベル(参考文献, 12)の計算によれば、炭酸塩岩中に産する鉛・亜鉛鉱の全埋蔵量(これは堆積源の可能性が強い)は、これらの金属の全鉱量に対して、鉛はソ連では46%、資本主義諸国では34%、亜鉛はソ連では21%、資本主義諸国では36%を占める。

る。第1図には後の方の数値を与えておいた^{注8)}。同じ著者のデータによれば、現在全世界の錫採掘量の70%ないし75%は漂砂鉱床から得られたものである、ということ指摘する必要がある。したがって外成鉱床は現在、世界の錫採掘量の約4%を保障しているわけである。

国民経済上（航空機産業、電線、住宅建設など）重要な意義を有するアルミニウムは、現在外成的成因を有するボーキサイトから加工されているのが大部分である。アルミニウム産業におけるボーキサイトの占める重要な意義は、ここ当分の間、保持されると思われる。なぜならば、アルミニウムは他の鉱石、とくに、かすみ石から抽出するということが現在のところ仲々困難であるからである。

マグネシウムに関しては、A. D. ブイコフのデータによれば（参考文献、11），“資本主義諸国においては現在のところ、マグネシウムの総生産量の約15%はマグネサイトから、45%はドロマイトから、18.5%は高塩水から、18%は海水から、3.5%はカーナライトから、抽出されている”。したがって、ほとんど全部のマグネシウムの供給源は外成的成因を有している。興味あることに堆積作用帯に属する海水はマグネシウムのほとんど無尽蔵の供給源となつている。既存の計算値によれば1,850兆tのマグネシウムがその海水中に含まれている。

現在、チタンはイルメナイトと金紅石の鉱床からえられている。S. Ya. カガノビッチ（参考文献、25, p. 50）のデータによれば、資本主義諸国の金紅石の採掘量の100%とイルメナイトの約70%はチタンの漂砂鉱床からえられている。このような数値に基づいて、第1図には堆積性のチタン漂砂鉱床が資本主義諸国におけるチタン鉱の約80%を供給するように示してある。これまでに発見されている金紅石の火成鉱床（ノルウェー南部など）は漂砂鉱床の金紅石と競争できないために開発されていない（参考文献、25, p. 43）。

資本主義諸国におけるコバルトのおもな埋蔵量は N. A. ヴィーホーベル（参考文献、12）によれば、ニッケルの珪酸塩鉱床（全埋蔵量の30%）と含銅砂岩（全埋蔵量の約50%）に伴うものである。したがって、資本主義諸国におけるコバルトの全埋蔵量の約80%は外成鉱床に集中している。

資本主義諸国におけるすべての稼行しうるジルコニウム—ハフニウム鉱は、漂砂型の鉱床に産する（参考文献、25, p. 43）。タンタル—ニオブ鉱の約75%と稀土類鉱石（モナズ石）は、資本主義諸国においては、これもまた漂砂鉱床から採掘されている（参考文献、25, p. 50）。

ここで指摘しておきたいことは、種々の鉱石鉱物の漂砂鉱床が年ごとにその重要性を増しているということである。ごく最近まで漂砂鉱床は、少数の主として貴金属（金、白金）、宝石（ダイヤモンドなど）などの供給源とみなされていた。現在では、過去・現世の漂砂鉱床の重要性は急速に拡大しており、今後もその傾向が続くであろうことは間違いない。現在すでに、漂砂型鉱床はこれまでに採掘してきた貴金属とか宝石などのほかに、チタン、ジルコニウム—ハフニウム、タンタル—ニオブ、稀土類、錫、その他の鉱物資源の著しい、あるいは圧倒的な採掘源となつている。

探査された“火成”鉱床と漂砂鉱床（外成鉱床）とがある場合（錫、チタン、ジルコニウム鉱床など）、現在では絶えず漂砂型の堆積鉱床がもつとも採算がとれ、経済的にも有利なものとなれば、“火成”鉱床がおきざりにされて行く、ということは特徴的である。例えば、金鉱山では脈状鉱床ではなく沖積漂砂鉱床から金を採掘する機会が多い。錫、チタン、ジルコニウム、その他の金属は“火成”鉱床に大量の確定鉱量があるにもかかわらず、その大部分が現在では漂砂鉱床から採掘されている。

これは主として脈状鉱床からなる“火成”鉱床と異なり、漂砂鉱床が広範な分布を有するた

注8) N. A. ヴィーホーベル（参考文献、12）はソ連邦に関してはまったく違った数値をあげている。彼の数値によれば、ソ連邦の漂砂鉱床における錫の全埋蔵量は、錫の全鉱量に対して約5%しか占めていないにもかかわらず、漂砂鉱床からの錫の採掘量は全採掘量の約16.3%を占めている。これは漂砂鉱床が開発しやすいためである。

め、その採掘を機械化し、経費を節減できるからである。さらに、漂砂鉱床の複合的な鉱物組成により、ざくろ石、藍晶石、その他のような工業用鉱物を含む5種にも及ぶ経済性のある精鉱を同時に得られることが多い。最後に、漂砂鉱床が未凝固で、選鉱しやすいため鉱石の粉碎に経費を使う必要がない。ところが、非鉄金属工業においては、選鉱過程で費やされる経費の約70%がこの粉碎作業で消費されている（参考文献，25，p. 49）。これらすべての事情によつて、漂砂外成鉱床が第一位に押し上げられ、普通内成鉱床に属する“火成”鉱床は、漂砂鉱床と太刀打ちできなくなっている。

現在、主として、あるいはほとんど堆積層から採掘され、堆積起源を有する鉱物原料のうち、すべてについてここにあげたわけではない。これらの堆積性鉱物原料の種類は増々ふえていく（ストロンチウム、ゲルマニウム、その他多くの元素の原料）。最近、この分野において、まったく思いがけない非常に重要な発見がなされている。その一例はアメリカ合衆国のセルルス湖でタングステン含有水として発見されたタングステンの“液状”鉱床で、そこには、アメリカ合衆国における既知のタングステンの全埋蔵量の約50%が含まれている（参考文献，10）。鉱石性鉱物原料を含む多種多様な鉱物原料の巨大な貯蔵庫として、約60の元素を含む現在の世界の海洋水を利用するという問題が、真剣に討議されている（参考文献，63，その他）。

このように、上にあげた不完全なデータからだけでも、新技術の発達を含む（原子力の供給源，その他）近代産業のもつとも重要な部門を保障する種々の鉱物原料の圧倒的大部分が堆積（外成）性鉱床から採掘されている、ということがはつきりとわかる。

第1図の基礎データとなつている数値は、将来では種々の修正を受けるといふことは充分に考えられる。しかしながら、将来においてもまず、上にあげたような外成有用資源と内成有用資源の埋蔵量の比率が根本的に変わるとはほとんど考えられない。外成産物の卓越する地殻表層部は直接的な産業開発の対象として役立つというし、今後永く役立つであろう^{注9}。

誤解をさけるために指摘しておきたいことは、地殻中にはもちろん、マグマの固結と関連して生じた有用資源もあるということである。例えば、大部分のタングステン鉱、モリブデン鉱、クロム鉱、リチウム鉱、その他の鉱石は錫、銅、ニッケル、その他数種の金属と同様にマグマ源のものだと考えられている。国民経済の個々の部門における火成鉱床の重要性を過少評価しないまでも、それらが現代の基礎産業の命運を支配する堆積性有用資源の役割りに較べると、はるかに貧弱と認めざるを得ない。（以下次号に続く）

注9) 上に述べたことは、地殻深部の研究を迅速、かつできるだけ完全に研究することを配慮する必要がない、ということの意味しているわけではない。それを認識することは独自の科学的意義を有するものであり、最大限に強化すべきである。