

資 料

553.062 (26)

海洋のメタロジェニーについて*

V. I. Smirnov*

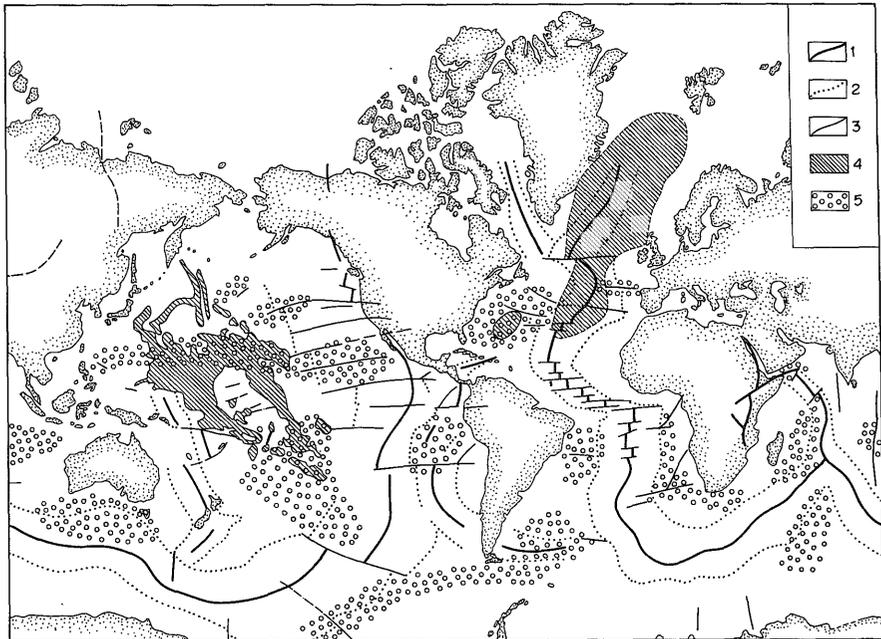
岸本文男**訳

世界の海洋底のマグマ作用と鉱体賦存性に関する資料は、当該海底の内因性鉱床についてある程度完全に近い推論を行うには少なすぎる。しかしながら、この海底の内因性鉱床の問題について初歩的な方向づけを備えた見解を出す時期にはなっている。そこで以下に、海底の主要構造単元別のマグマ作用に関する情報を総括し、その情報から汲みとれる内因性鉱床の展望について幾つかの結論をひき出してみた。そして結びとして、世界の海洋底の内因性と外因性の両メタロジェニーを比較してみた。

主要構造単元のマグマ作用と鉱体胚胎性

海洋水域ではもっとも重要な構造単元として、海洋プレート、海溝を伴う中央海嶺、トランスフォーム断層、沿海列島弧の4種が区分できる(第1図参照)。

海洋プレートは比較的安定した構造に属し、周知の3層構造モデルがその特徴をよく現している。すなわちその第1層(上部層)は平均層厚300-500m前後で、新生代のルーズな弱圧密堆積物からなる(地震波速度2.0 km/secから4 km/sec)。2番目の層(中部層)は厚さ1,500m台で、白亜系に始まり、玄武岩質熔岩で終わる圧密堆積物からなっている(地震波速度6 km/sec)。3番目の層は厚さ5,000m前



1: 中央海嶺の軸 2: 同山麓線 3: 主要トランスフォーム断層
4: 海洋玄武岩の主な分布範囲 5: 鉄-マンガン団塊の主な分布範囲

第1図 世界の海洋底の主要地質構造

*V. I. Smirnov(1975): О металлогенении океана: Геология рудных месторождений, том XVII, No. 1, стр. 3-13.

**鉱床部

後で、はんれい岩からなり、上部マントルのかんらん岩上に直接のっている(地震波速度 6.7km/sec)。

この図式からすると、海洋プレートの構成は花崗岩層を伴わない厚さ 6,000-8,000mの海洋地殻という概念になる。さし当たって海洋プレートの場合に当てはまる唯一のマグマ岩は分化度の低い優黒質・亜アルカリ・かんらん石玄武岩である (Investigations……, 1972)。この岩石と関係した金属鉱化作用についての情報はない。

中央海嶺は海底活動構造の範疇に入る。その分布範囲には、超塩基性と塩基性の深成岩も火山岩も発達している。L. V. DMITRIEV, G. B. UDINTSVら (Investigation……, 1972)のデータによると、深成マグマ岩のなかではハルツパージャイトが卓越しているが、ダナイト、かんらん石ハルツパージャイト、はんれい岩、粗粒玄武岩も認められる。中央大西洋海嶺部分をドレッジしたとき、優黒質閃緑岩と斜長花崗岩の岩塊がそれぞれ上ってきたことがある (Petrology……, 1973)。噴出岩はもっぱら新生代型の優黒質および優白質のかんらん石ソレイト質玄武岩とかんらん石を欠くソレイト質玄武岩ならびにそれらの凝灰岩からなっている。

中央海嶺のマグマ岩に結びついたのような鉱床も現在のところ発見されていない。ただ蛇紋岩化あるいは黄鉄鉱化した粗粒玄武岩と玄武岩中にごく小規模な金属鉱化現象が記載されているにすぎない (DMITRIEV ほか, 1970; BATURIN ほか—“Investigations……”, 1972)。当該変質岩中には石英、アンクライト、方解石の細脈や集合体が胚胎され、その細脈中および細脈分布範囲内には黄鉄鉱、磁硫鉄鉱(六方晶系と単斜晶系)、硫鉄ニッケル鉱、チタン鉄鉱、磁鉄鉱の各粒が含有されている。また、蛇紋岩化ハルツパージャイトの粉碎重精鉱中には黄鉄鉱、黄銅鉱、ページャイト、錫石が認められている。これらの岩石中の親銅元素含有率は標準値に相当し、親石元素の含有率は高く、とくにウランは大陸プレートの場合の2倍を越えている。

中央大西洋海嶺の延長部、アイスランド地域には大量の玄武岩とともに安山岩と流紋岩も認められ、貫入岩としてははんれい岩と主としてグラノファイアーが記録され、当該グラノファイアーはアイスランドのマグマ岩総量の数%を占める。この中新世の酸性半深成岩を、ある研究者は玄武岩マグマの誘導岩、また別の研究者はアイスランド島基盤の古期酸性岩の熔融体と考えているが、同島の南東部、ローン地方で研究を続けた S. JANKOVIC (1972) は当該半深成岩と低品位熱水鉱化作用を結びつけて考えている。その低品位熱水鉱化作用は、珪化作用と粘土化作用を受けた熱水変質グラノファイアー中の石英・方解石を随伴する黄鉄鉱・白鉄鉱・輝水鉛鉱・黄銅鉱・閃亜鉛鉱・方鉛鉱などの鉱染体を作っている。

なお、中央海嶺のリフトが含ダイアモンド=キンパーライト群の分布や Nb・Ta・稀土類・銅鉱物・磁鉄鉱・燐灰石・金雲母の可採濃集体胚胎カーボナタイトを随伴した超塩基性-アルカリ組成の強分化中央貫入体などの分布を規制している大陸のリフトとは根本的に異なるものであることに注意しなくてはならない。

トランスフォーム断層は走向移動断層のカテゴリーに入るもので、ときには数 1,000 km も延びていることがある。この断層は互いに平均 1,000-1,500 km 隔たった平行配列性を示し、「構造移動」がはっきり現れていることを特徴とする。そして本断層は中央海嶺、列島弧その他の海底の構造および大陸縁を横断する方向に走り、それらを個々の構造列に分けている。たとえば太平洋水域では数10のトランスフォーム断層が数えられ、その一部は北アメリカ大陸や南アメリカ大陸にまで延びている(メンドシノ断層、メレー断層、カイモン断層、ゴメス断層など)。

トランスフォーム断層は断続分布する海底火山脈と火山列島帯を規制しているが、海底火山脈と火山列島はこの断層域外にも知られている。本断層でのマグマ活動は實際上中央海嶺のマグマ活動と差がない。本断層部でも玄武岩が卓越しているが、組成は幾らか異なり、優黒質ならびに優白質の亜アルカリ玄武岩のほかにアルカリ玄武岩も含まれ、かんらん石粗粒玄武岩も記載されている。

これらマグマ生成体中にははっきりとした金属鉱化作用の指標が認められない。したがって、トランスフォーム断層は大陸の広域褶曲構造を切ってしばしばマグマ源金属鉱床の主な生成節の位置を規制するトランスコンチネント断層とは基本的に異なっている。大陸から海洋に移行する鉱床規制断層に沿った海洋部分でも、まだいかなる金属鉱体も認められていないのである。おそらく、このような状況は海

洋地殻と大陸地殻の環境下ではマグマ活動と鉱床生成作用の条件がいろいろ異なるためと解して間違いないだろう。

沿海列島弧は海洋から大陸への移過帯に分布し、マグマ作用がもっとも多様で、鉱床生成作用がもっとも活発な部分である。この部分には3タイプのマグマ岩系とそれに伴われた鉱床群が知られている。すなわち、1)クロム鉄鉱床 (例えばフィリッピンのもの)、ところによっては白金族金属の鉱床を伴ったかんらん岩岩系、2)チタン磁鉄鉱床 (例えば日本列島)を伴ったはんれい岩-輝岩岩系、3)銅・鉛・亜鉛の火山源硫化鉄鉱床、熱水性水銀鉱床、熱水性金・銀複合鉱床、熱水性鉄・マンガン酸化物鉱床が広く分布するきわめて厚く、広く発達した火山源の、主として浅海成の玄武岩-安山岩-石英安山岩系の計3タイプである。

海洋の沿海列島弧のマグマ作用には海洋プレート、中央海嶺、トランスフォーム断層のマグマ作用と共通する点も少なくないが、基本的な違いも認められる。

第1に、列島弧のマグマ作用と鉱床生成作用は地体構造そのもの、すなわちほぼ45°の傾斜角でもって大陸下に入りこみ、地球の可塑性下部マントルにまで深く潜りこんだ滑動変形帯であるベニオフ帯に規制されている。

第2に、列島弧のマグマ作用は他のすべての海底マグマ作用の場合と同じように地殻下に生じた玄武岩マグマに由来するものではあるが、分化度が高く、はるかに多様で、超塩基性組成および塩基性組成の岩石とともに中性組成の岩石が形成され、沿海「安山岩帯」を形作っている。

第3に、これら諸岩石が海底の玄武岩からまず火山-プルトン流紋岩質コンプレックス、次いで花崗岩質コンプレックスへ移り変わる移過帯を構成し、後2者はベニオフ帯の上盤側、大陸部にかけて発達したそれぞれ特有の鉱床を伴っている。

第4に、ベニオフ帯に規制された列島弧のマグマ岩系と当該鉱床群のすべての組合せは地向斜輪廻初期のマグマ作用と鉱床生成作用によるもので、したがって地向斜輪廻初期のマグマ作用と鉱床生成作用を現世の海洋の沿海帯、とくに太平洋沿海帯の古期類似体とみなしてもさしつかえない (V.I. SMIRNOV, 1974)。

以上のように、列島弧のかなり特殊なマグマ作用と鉱床生成作用の実態は海洋から大陸への移過地域に属するものであるから、以下に述べる海洋のメタロジェニーの問題では触れないことにする。

マグマ作用と鉱床胚胎性の一般的特徴

マグマ活動期 何人かの地質学者は玄武岩層の露出した花崗岩質大陸の発達図式によって (H. HESS, R. DIETS, Z. LE PICHON, W. MORGAN, J. DUY, A. MITCHEL, B. ISACS ほか)、あるいは塩基性化作用を伴った花崗岩層の崩壊図式にしたがって (BELOUSOV, 1968) 全海洋が若く、古生代末よりも早くない時期に形成され始めたと推論している。ほかの地質学者は、地殻の形成・発達開始期に存在していた太平洋を除いて、残るすべての大洋の形成時期を若いものと解している (H. STILLE; MURATOV, 1957; PUSHCHAROVSKY)。後者の場合にはマグマ岩系を含めて海底の岩石生成体中に大陸におけるマグマ活動期と鉱床生成期に似た生成期が当然現れていなくてはならない。周知のように、大陸では始生代 (3,500-2,500×10⁶年)、原生代前期 (2,500-1,800×10⁶年)、原生代中期 (1,800-1,650×10⁶年)、原生代後期 (1,650-900×10⁶年)、リーフェイ期 (900-600×10⁶年)、カレドニア期 (600-400×10⁶年)、ヘルシニア期 (400-225×10⁶年)、キンメリア期 (225-100×10⁶年)、アルプス期 (100×10⁶年—現在) の主として10期のマグマ活動-鉱床生成期が区分されている。しかし、海洋岩石の場合についてはまだどのような事実資料も得られていない。全海洋の海底マグマ岩 (プレート、中央海嶺、トランスフォーム断層のマグマ岩) のほとんどの生成期は新生代、主として古第三紀で、もっとも古いものと考えられているのはインド洋縁部の白亜紀玄武岩であって (MILANOVSKY の講演; PRONIN, 1973)、ただ1個の試料による絶対地質年代の測定結果でいえば、マリアナ海盆東縁部での太平洋海底試錐で採取した岩芯岩石の年代は140×10⁶年に達している (西脇親雄)。

以上のように、世界の海洋の場合、現在までの情報から地球の大陸部分で進められているように古期

から新期へマグマ活動と鉱床生成作用の進化を追跡することは不可能であるが、若いアルプス期のマグマ活動についてだけは、そしてそのマグマ活動に関係すると思われる鉱床生成期に関してだけは語ることができる。

マグマ岩系 全海洋の地殻の断面に花崗岩層が欠除していることと正確に対応して、当該海底と外洋島のマグマ岩の構成の中ではもっぱら玄武岩マグマの生成体が発達する (Peive, 1969). すでに述べたように、深成岩の中ではハルツパージャイトが卓越し、ところによってダナイト、はんれい岩、粗粒玄武岩がかなり伴われている。これらの超塩基性岩と塩基性岩は高い Fe/Mg 比を有する地向斜初期岩系中の類似岩とはその Fe/Mg 比の点で大きく異なり、とくにマグマ分化度の程度を証明する Si と Ti の含有率の点でも基本的な差がある。海洋の火山岩では優黒質かんらん石ソレイト種からかんらん石を欠く優白質アルカリ種までの玄武岩が卓越する。アルカリ総含有率が幾らか低い場合にはこの火山岩は K よりも Na がいちじるしく卓越することを特徴とし、その点が地向斜発達初期段階の火山源岩とはっきり異なる。このような海洋の深成岩や火山岩と地向斜発達初期類似岩との相違性はかなり本質的なものでそのことは幾人かの地質学者が同一産状から地向斜輪廻初期のマグマ生成体を古海洋地殻と同一視できないとしている通りである (SHEINMAN, 1974). それと同時に、海底のすべての種類のマグマ岩は疑いもなく玄武岩マグマに由来するもので、それを証明しているのは当該岩石中にみられる硫化物の硫黄同位体比である。その δS^{34} の変化範囲はきわめてコンパクトで、隕石標準値からそれほどずれてなく、 -3.6 \pm 4% の範囲に収まり (CHUKHROV, 1974), それが玄武岩マグマ起源であることを示している。

以上のように、海底の推定可能な内因性金属鉱床にはすべての親花崗岩性鉱床群、その典型的なものと考えられる錫、タングステン、リチウム、ベリリウム、ウランの鉱床が入らない。

後マグマ性交代作用 大陸におけるすべてのマグマ源鉱床、とくに後マグマ性鉱床の生成作用はいちじるしい母岩の変質、一般的には非等化学的に進行する変質作用、すなわちある元素群を溶脱し、別の元素群を添加することによって行われる変質作用を伴っている。アルカリ交代作用や石英交代作用はその好例である。その場合、アルカリ交代作用は進行過程の酸性-アルカリ性という観点でなく、新しい鉱物共生関係を形作った K と Na の添加に結びつけなければ理解できない。アルカリ交代過程の高温段階では同過程は微斜長石化帯ととくに鮮明な曹長石化帯の形成を伴った長石交代作用の形で現れ、それより少し低温の段階では白雲母化変質帯 (グライゼン化変質帯) と絹雲母化変質帯の形成に伴って雲母が発達する。さらに低温となった段階ではカオリン化作用が進行する。石英交代作用も同じような現れ方をし、大量の SiO_2 の供給によって生じ、どのような組成の母岩でもその母岩に沿って発達している。

海底火成岩研究の現段階では、蛇紋岩化作用だけが検討されているにすぎない。この交代過程はきわめて広く発達し、海底マグマ岩の半分以上、70-80% が蛇紋岩化されている (Investigation……, 1972). 中央大西洋海嶺の玄武岩、輝緑岩、はんれい岩中には諸所で局地的な角閃石相、緑泥石相、沸石相の変質作用が認められる (Petrology……, 1973). 上記のアルカリ交代作用と石英交代作用と違って海底岩石中の蛇紋岩化作用と他の変質現象は等化学的過程に属し、当該岩石に対する化学的に活性な水と結びついた過程であり、主として加水鉱物を生成して造岩元素比に変化がなく、同元素の大きな溶脱も添加もない過程である。

以上のように、海洋内側海域のマグマ岩中には内因性金属鉱床が伴うような交代作用の明瞭な発達はみられない。

マグマ分化作用 大陸におけるマグマ源鉱床の生成作用は出発マグマの明白な分化作用に結びついて進行する。クロム鉄鉱、チタン磁鉄鉱、硫化銅-ニッケル鉱、燐灰石などのマグマ分化鉱床は含鉱マグマの長期にわたる、かなり完全な分化作用の最終段階に生成する。この分化作用は一般に超塩基性マグマ岩から酸性マグマ岩・アルカリマグマ岩に向かって進み、周知の分層産山塊ないし逐次進入産山塊を形作り、当該山塊形成作用の最終段階に鉱床が生ずるのが普通である。鮮明で深部分化したマグマ=コンプレックスに結びついているのがクロム鉄鉱 (ウラル、アフリカのブッシュフェルト)、チタン磁鉄鉱 (同じくブッシュフェルト、ウラル)、銅-ニッケル鉱 (ノーリリスク、パーチェンガ、カナダのサドベリー)、タンタライト (コラ半島)、燐灰石 (ヒビン¹⁾) の主要鉱床である。また、世界のカーボナタイト鉱床の庄

倒的大部分は超塩基性メルトの貫入に始まり、それが超塩基性-アルカリ=マグマ、次いでアルカリ=マグマの貫入に変わった中央型マグマ分化山塊の長期にわたる分化作用の最終段階に生成している。銅・鉛・亜鉛の硫化鉄鉱床は、出発玄武岩マグマの分化過程が石英粗面岩(スピライト-ケラトファイア)レベルに達した火山岩と共存するだけである。

標準的な後マグマ性鉱床は、先行したマグマ活動相貫入岩中の造鉱元素クラーク数に対する当該後続貫入岩中の造鉱元素クラーク数の比に該当する造鉱元素集積係数の漸増を特徴とした、多相貫入岩コンプレックスの最終的なマグマ=インパルスに密接な関係をもって生成する。たとえば、シベリアの幾つかの稀有金属鉱床生成域の場合、造鉱元素集積係数は1.9-3.0に達している。

地角斜軸廻最終段階のいわゆる小貫入体と多くの場合共存する有色金属、稀少金属、貴金属、放射性金属の高品位熱水鉱床は、小貫入岩群が閃緑玢岩から花崗斑岩および閃長斑岩にいたる完全な分化岩系を形成している地区に限って生じている。

以上のように、すべての生成タイプの多数のマグマ源鉱床はマグマ岩の長期にわたり標準的に分化したコンプレックスの最終形成段階に限ってきわめて大量に生成する、という明瞭な規則性が認められる。

ここで、海底火成岩のマグマ分化度に関する情報に目を向けてみよう。その情報は、内因性メタロジェニーの展望という観点からすると、残念ながらあまり喜べるものではない。しかし、世界の海底マグマ岩を研究しているすべての専門家はこれらマグマ岩が分化度の低いものという意見で一致している。その示徴は次の通りである。

- 1) はんれい岩で中断し、斜長閃緑岩や斜長花崗岩からなる高度なマグマ分化メンバーまで行きついていることがきわめてまれという深部火成岩の玄武岩系列の限定性
- 2) 深成岩にも火山岩にも、いかなる完全分化岩系が欠除すること
- 3) 分層岩山塊が欠除すること
- 4) 主要な深成岩(ハルツパージャイト)がより完全な分化作用によって残漿生成体(この場合、レールズライトのはず)中に濃集すべき SiO_2 , Ti, Mg に比較的富んでいること(Investigation……, 1972)。
- 5) 酸性生成体の分離作用が中止されることによって主要深成岩中に濃集するはずの親石元素が当該岩石中にやはり高い含有率で含まれていること。

以上のように、海洋底近辺でのマグマ作用の強さが大陸の場合の数100倍も強かった(Belousov, 1968)にしても、その分化程度は比較にならないほど低いのである。この世界の海洋全水域に関してひき出された総括的な結論は、もちろん個々の水域ではそれぞれの地質学的な特徴に従って例外もあり得る。そのような局部水域では今後ある程度分化した岩石が発見されることであろう。

鉱床胚胎可能性 上述のすべてのことからすると、海底の地質構造の中に内因性鉱床の形成が期待できる展望は生れてこない。おそらく、有色金属、稀少金属、貴金属、放射性金属の幅広い親花崗岩性鉱床群の生成は全く望めないであろう。マグマ岩生成年代範囲が限られていること、その分化作用が標準とかけはなれていること、後マグマ性変質作用が等化学性のものであることは玄武岩類型の鉱床の広範な発達という点でも期待できる展望をもたらしてくれない。

周知のように、大陸の褶曲区と卓状地には玄武岩質マグマの岩石と結びついたかなり多数の内因性鉱床系列が賦存している。すなわち、

- 1) かんらん岩岩系岩体中のマグマ分化クロム鉄鉱床、
- 2) はんらん岩岩系岩体中のチタン磁鉄鉱マグマ分化鉱床、
- 3) トラップ岩系岩体中の硫化銅-ニッケル鉄マグマ分化鉱床、
- 4) キンバーライト中のダイヤモンド マグマ分化鉱床、
- 5) 超塩基性アルカリ岩山塊と関係あるカーボナタイト中の黒色金属、有色金属、稀少金属²⁾のマグマ分化鉱床と交代鉱床、
- 6) ソーダ花崗岩および閃長岩と共生する鉄と銅のスカルン鉱床、

1) 正確にはヒビヌイだが、平凡社版地学事典での用語を採用した。

2) 分類は В. И. Смирнов 著、岸本文男訳「新版鉱床地質学」参照(ラテイス社出版、1976)。

7) スピライト-ケラトファイア岩系の岩体中の銅, 鉛, 亜鉛の硫化鉄鉱床, などである。

海洋の場合に類似法則が成り立つとすれば, 世界の流洋底の地質構造体中に考えられる内因性鉄床については次のようにいうことができる。上述の全体として内因性鉄床生成作用に当てはまらない示徴を配慮しても, やはり相当広範に分布するハルツバージャイトに関係したクロム鉄鉱床とさらにクロム鉄鉱-白金族鉄床の形成の可能性が高い, と推定できる。また, はんれい岩系列の岩体中にチタン磁鉄鉱床が生じている可能性もある。さらに上に挙げた鉄床の残るすべてのものが世界の海洋底の玄武岩質マグマ岩の個々の発達水域で生成している可能性もあるが, それらの生成に必要な条件幅は一段と狭く, それらの発見への道具では一段ときびしい。海底の構造体中に大陸の地質条件下ではみられないような鉄床が存在する可能性はいちじるしく大きい。

火山弧, 海洋から大陸への移過帯, 海洋縁部の褶曲帯には, 多様な内因性鉄床の広範な形成にきわめて都合のよい地質状態が存在する (SMIRNOV, 1974)。だが, 流行のプレート=テクトニクスの概念の立場から最近一連の地質学者が取り扱っているこの特殊なテーマ (New global……, 1974) は特別な分析を要するので, ここでは触れない。

十分に慎重を期した, 世界の海底の内因性鉄床の展望に関する以上の結論は地球の当該部分の火成岩と内因性鉄床生成示徴についての現在までの情報がまだ非常に少ない状況の中で, その情報にもとづいて得たものである。そのような情報が拡大されるにしたがって, 上に述べた判断は多くの立場から, おそらく基本に立入って, もちろん正確にされていくことであろう。

全体的に言えば, 世界の海洋の内因性メタロジェニーの評価に第一歩が踏み出され, この科学的な研究分野の基礎研究はやっと進み出したばかりなのである。

外因性メタロジェニー

海洋の外因性鉄床胚胎性は内因性的の場合よりもはるかによく研究されている。内因性メタロジェニーの場合と違って, 海底の外因性メタロジェニーは非常に単純だが, その規模は巨大である。筆者らは本稿の目的上詳しい分析を行わず, 海洋の外因性と内因性の鉄床胚胎性の比較・検討に役立つ一連の研究から得られた総括資料 (VINOGRADOV, 1967) だけを引用し, 検討することにした。

世界の海洋の外因性メタロジェニーは海水中に溶存している金属元素と底質中の堆積鉄石の存在状況に規制される。

世界の海洋の海水量が $1,370,000,000\text{km}^3$ という巨大なものであるため, 当該海水中に含まれる金属元素の含有率がとるに足りぬ低さであっても, それぞれの総含有量は膨大なものとなる(第1表)。

たとえば, 海水中に賦存する金の量は5,500万t, ウランは40億t, リチウムは2,000億tに達している。この3元素およびその他の金属元素の各総量は世界の当該全鉄床の鉄量の数10倍から数10億倍も大きい。周知のように, 含有率が低く, 安価な大量抽出技術が開発されていないために, その抽出試験は根気強く続けられているのであるが, それでもまだ世界の海水中の金属資源は利用されるまでに至っていない。しかし間違いなく海水が新しい強力な鉄物資源の源泉となる日は来るだろう。また, 海水の金属元素含有状況を解析することによって古海洋の埋没孔隙水の意義を考えることはきわめて重要で, 当該孔隙水はそれを包有する堆積物と併せて大陸の褶曲構造および卓状地構造中におけるその後の内因性鉄床生成作用の実際の来源になり得たと解される。

太平洋, 大西洋, インド洋の海底の広大な範囲に分布し, 海底のルーズな堆積層を覆っている鉄-マンガン団塊に集まった金属元素の量もかなり巨大である。当該団塊は直径が数分の1mmから数m, 平均3cm前後である。

P. L. BEZRUKOV, P. F. ANDRUSHCHENKO(1972) らの資料によると, 当該団塊の主要鉄石構成鉄物はパーナダイト, サイロメレン鉄, 水針鉄鉱, モンモリロナイトで, 基本的には少量のパイロルーサイト, 轟石, パーネス鉄, ブドラファイト, 針鉄鉄, 灰十字沸石, 玉髓, 緑泥石も賦存する。

この団塊中の Mn 品位は40%から8%, 平均20%, Fe は26.5%から2.5%, 平均16%である。さらに当

第1表 世界の海洋の海水中の溶存状態にある元素量

元 素	含 有 率 (mg/l)	含 有 量 ($\times 10^6$ t)	世界の鉱床鉱量に対する比のランク
Au	0.000004	5.5	1
Nb	0.00001	15	1
Bi	0.00002	30	2
Hg	0.00003	45	2
Pb	0.00003	45	1
Ag	0.00003	45	3
Th	0.00005	80	2
W	0.0001	150	2
Co	0.0005	800	3
Sb	0.0005	800	3
Ni	0.002	3,000	3
U	0.003	4,000	3
Cu	0.003	4,000	3
Sn	0.003	4,000	3
Mo	0.01	16,000	4
Rb	0.12	190,000	7
Li	0.17	260,000	6
Mg	1,350	$2,000,000 \times 10^9$ t	

第2表 世界の海洋の鉄-マンガン団塊中の金属 総鉱量

金 属	平均品位 (%)	鉱 量 ($\times 10^9$ t)	世界の鉱床鉱量に対する比のランク
Co	0.3	10	4
Ni	0.6	20	3
Cu	0.3	10	2

該団塊中には 2.5-0.02% (平均0.33%) のコバルト, 2-0.2% (平均0.6%) のニッケル, 1.6-0.03% (平均0.35%) の銅, 0.35-0.02%の鉛, 0.08-0.04%の亜鉛, 0.0003%の銀が存在している。

世界の海洋底部近辺の鉄-マンガン団塊量は 2.5×10^{12} t という巨大な値に達しており, 地球のすべての鉄およびマンガンの鉱床に集まっている鉱量の全部よりも2桁大きい。また, 当該団塊中に存在する幾つかの金属元素の鉱量も膨大である (第2表)。

世界の海底における鉄-マンガン団塊の成長速度はかなり早く, たとえばマンガンは人類が消費するスピードより3倍も早く集積し, コバルト, ニッケル, 銅は4倍も早く集積している, という説がある (J. MERO, 1969)。

海底団塊の鉄とマンガンの起源に関しては, 主として次の6種の観点がある。すなわち, 1) 大陸からの搬出とひき続く海底での沈殿 (STRAKHOV, GOLDBERG, ARRENIUS), 2) 海棲生物による生物学的な抽出 (CORRENS, GRÜNER, ERLICH), 3) 特定条件下での海水からの化学的沈殿 (MERREY, RENARD, PETERSON), 4) 鉄とマンガンに富んだ塩基性火山岩の海水による海底風化 (MERREY, ARRENIUS), 5) 海底火山性ガス・熱水からの供給 (BONATTI, NEIDU), 6) 各種起源の組合せ生成体 (BEZRUKOV, VARENTSOV, BONATTI, KRIMER, RIDILL) の6説である。

銅, コバルト, ニッケルといった微量元素に関しては, すべての研究者が団塊中へのそれら諸元素の主な濃集手段を海水からの吸着作用としている。

当該団塊を構成している主な元素 (鉄, マンガン, 銅, ニッケル, コバルト) が玄武岩質マグマ生成体に特有の共存関係を形作っていることに筆者は注目している。

終わりに当たり、筆者は本稿への資料の選択に助言を給わった V. A. BARSUKOV, I. M. VARENTSOV, A. A. MARAKUSHEV の各氏に謝意を表するものである。

結 び

- 1) 世界の海洋の主な構造単位である海洋プレート、中央海底活動帯、トランスフォーム断層、列島弧のうち、列島弧だけが確実な内因性鉱床胚胎性を備えている。
- 2) 海底の地質構造の中ではアルプス期の火成岩が解明されているにすぎない。
- 3) 海底の火成岩はすべて玄武岩マグマの誘導岩に属し、主として深成岩のハルツパーチャイトとはんれい岩および火山岩の玄武岩からなっている。
- 4) これらの火成岩の間では標準通りの分化作用がみられず、後マグマ性変質作用は等化学的性質を帯び、蛇紋岩化作用と緑色岩化変質をもたらしている。
- 5) 海底のマグマ岩地質の特徴は内因性メタロジェニーを制限するものであるが、それでもクロム鉄鉱マグマ分化鉱床やチタン磁鉄鉱マグマ分化鉱床、さらにその他の玄武岩質マグマ分化系列の鉱床の形で内因性メタロジェニーが形成されている可能性はある。
- 6) 海底の外因性メタロジェニーも主として玄武岩質マグマ系列の金属元素で構成されているが、規模が巨大なことを特徴としている。

文 献

- P. P. BEZRUKOV, P. F. ANDRUSHCHENKO (1972) Iron-manganese concretions of Indian ocean (in Russian) Изв. АН СССР, сер. геол., No. 7.
- V. V. BELOUSOV (1968) Earth crust and upper mantle of oceans (in Russian).
- A. P. VINOGRADOV (1967) Introduction to geochemistry of ocean (in Russian) "Найка", М.
- L. V. DMITRIEV, V. M. BARSUKOV, G. B. UDINTSEV (1970) Rift zones of ocean and the problems of ore-forming (in Russian) Геохимия, No. 8.
- Investigations to a problem of rift zones in world oceans (in Russian) т. I. II. "Найка", М., 1972.
- J. MERO (1969) Mineral resources of ocean.
- M. V. MURATOV (1967) The problem of origin of oceanic basins (in Russian) Бюл. МОИП, отд. геол., No. 5.
- New global tectonics (plate tectonics) (in Russian) "Мир", М., 1974.
- Petrology of igneous and metamorphic rocks of ocean bottom (in Russian) "Мир", М., 1973.
- A. V. PEIVE (1969) Oceanic crust in geological time (in Russian) Геотектоника, No. 11.
- A. A. PRONIN (1973) Alpine cycle of tectonic history of the Earth. Cainozoic period (in Russian) in book [Проблемы возраста современных океанов], "Найка", Л.
- V. I. SMIRNOV (1974) Zones of Beniof and magmatogenic ore-forming process (in Russian) Геол. рудн. месторожд., No. 1.
- F. V. ШУКНРОВ (1974) Some problems of genesis of ore deposits in volcanic layers (in Russian) Изв. АН СССР, сер. геол., No. 1.
- Yu. M. SHEINMANN (1973, 1974) New global tectonics and actuality (in Russian) Бюл. МОИП, отд. геол., No. 5 и No. 1.
- Ferromanganese deposits on the Ocean floor Edit. by D. R. HORN, Washington, 1972.
- S. JANKOVIC (1972) Prospekcija u jugoistočnom Islandu za mineralizacijom obojenih metala: Zbornic radova K-G-M fakulteta.