

講演要旨(第161回)*

特集 資源—炭化水素・海洋・金属・非金属

石油貯留岩としてのグリーントフ

星野一男

従来は含油堆積盆地の基盤岩として探鉱対象にならなかった裏日本の西黒沢—七谷層準の火山岩類、いわゆるグリーントフから最近大規模なガス鉱床が発見され注目を浴びている。これまで堆積盆地の縁辺部に近い所で開発されていたグリーントフ油・ガス田は貝附油田(1957年発見、以下同様)、吉井ガス田(1967)、東柏崎ガス田(1970)があるがこれらは深度1,500mから2,500m付近に存在していたグリーントフ貯留岩を開発したものである。1978年に新たに発見された長岡市西南地域のグリーントフ貯留岩は深度4,000mから5,000mの深部に分布するもので従来関原および片貝ガス田として開発されていた灰爪、西山層貯留岩の更に深部に相当し、南長岡ガス田(帝石)および片貝ガス田深部層(石油資源)と呼ばれている。このグリーントフ貯留岩の規模は、現在も探鉱活動が続いている段階で最終的には明らかではないが、おそらく南北8-9km、東西2-3kmの大きな火山岩体で、これまで我国で発見された油・ガス田の最大級に匹敵する埋蔵量を有するものと期待されている。

貝附、吉井、東柏崎の貯留岩の岩相は主に流紋岩の溶岩であるとされており、今回発見された南長岡・片貝深部の貯留岩の主要部は同様に流紋岩の溶岩相であることが報告されている(猪間・赤堀, 1982; 島津, 1982)。一般に新鮮な流紋岩溶岩は数%から10%の孔隙率を持つもので優秀な貯留岩に必要とされる15%以上の孔隙率がこれらの流紋岩溶岩においてどのように形成されたかということがグリーントフ貯留岩に関する第1の問題点である。島津(1982)は南長岡ガス田の流紋岩溶岩の孔隙について、初生的孔隙は熱水変質により消失しており、2次的な自生鉱物の成長に伴って晶洞、結晶粒間隙などの微細な空隙が全体に生じたと述べている。この他に圧密荷重、造構応力による脆性割れ目が孔隙率増大に一役買っている可能性も考えられる。

* 昭和58年9月22日本所において開催の研究発表会。

従来の知識では西黒沢・七谷層準の火山岩類の下位には門前・相川層群の火山岩類があり、泥岩、頁岩の石油根源岩は極めて少ないと思われている。とするとグリーントフ・ガス田の炭化水素はどこから来たのかということが第2の問題点である。これには下方移動、側方移動の考えもあるが、従来の堆積盆地周縁の浅部グリーントフ油・ガス田はともかくとして、堆積盆地の最沈降部にある石油(ガスを含む)鉱床に対しては具体的に移動機構の提示が必要と思われる。このようなグリーントフ火山岩体の下位にどんな岩層があるのかという深部試錐も考慮すべき課題であろう。

ともあれ、南長岡、片貝深部ガス田の発見はグリーントフ地域全般に対する今後の石油探鉱に新しい展望を開いたと言うべきである。新潟市—長岡市ではグリーントフ火山岩体の深度は4,000から6,000mに達するが長岡市西南地域以外でも同規模の大きな鉱床が存在している可能性が高い。秋田、山形県下では深度は浅くなり、秋田県由利町では玄武岩貯留岩のガスが発見されている。新潟県下のグリーントフ貯留岩は流紋岩が圧倒的に多いが、これがグリーントフ貯留岩の共通特性かどうかということが第3の問題点である。

我国国内における石油資源探鉱の主対象は、今後このような、堆積盆地基底部のグリーントフ火山岩体に移って行くと思われるが、従来の対象であった砂岩貯留岩に比して例が少なく、効果的な探鉱を進めるためには上記のような問題点に係る研究が緊急の課題として要請されている。(燃料部)

炭化水素鉱床形成における深部構造研究の方法

鈴木尉元

近年、石油・天然ガス探鉱の主対象は、新第三系堆積盆地基底のグリーントフに向けられている。しかし、深部の構造はかならずしも浅部の構造と平行せず、とくに浅部に火山岩類が分布している場合には、地震探鉱によってもこの深部の構造を明らかにできないことが多い。

また、グリーンタフ中の特殊な岩質のところに鉱床が胚胎されることが、探鉱をさらに困難なものにしている。

この問題を解決するためには、まず現在の地質構造の形態を明らかにし、地質構造の形成過程を復元する必要がある。浅部と深部の構造が平行しないのは、地質構造が何段階かにわたって行われることによるもので、ある種の背斜では、両翼が異なった段階に形成されることが明らかにされている。

このような被覆層の変形過程は、堆積盆地の基盤の変位・変形過程を通して行われる。したがって、次にこの基盤の変位・変形条件を明らかにする必要がある。この基盤の変動様式は、堆積盆地周辺に分布する基盤岩を直接研究することや、重力・地震探鉱による情報も重要であるが、実験的に“仮想基盤”を変位させることによって、被覆層の変位・変形過程を再現することが新しい手法として登場し、その有効性を実証しつつある。

この“仮想基盤法”は、電子計算機による実験であるが、被覆層内の変位・変形のみならず、応力・歪分布をも再現することができ、さらに被覆層中に発達する断裂等の推定も可能である。また、被覆層の変位・変形条件を満足する基盤の形態が求められる。

このようにして、地下の地質構造が推定され、石油・天然ガスの探鉱において重要な背斜の位置が予想される。

火山岩は、基盤の断裂を通して貫入・噴出してることから、上記の実験は、地下に分布する火山岩体の構造を推定する上でも重要な情報をもたらしてくれるに違いない。関原一片貝地区の石油・天然ガス鉱床は、流紋岩の溶岩・真珠岩・ハイアロクラスタイトおよび火砕岩からなる火山岩体のなかで、とくに真珠岩が優れ、ハイアロクラスタイトおよび火砕岩、玄武岩・安山岩は劣るという。溶岩は、基盤断裂の付近に噴出するはずで、この意味で、基盤構造に関する情報は重要ということになる。

なお、石油・天然ガス鉱床は、地下の圧力場のなかで移動、集積して形成される。石油・天然ガスの発生過程の研究は、上にのべてきた場の問題とは別の重要な課題であるが、発生した石油・天然ガスの移動・集積過程は、被覆層、堆積・変形過程で行われる。場の問題にこの物の移動・集積過程を組みこむ実験も、今後重要な課題である。

(燃料部)

深部石油・ガス鉱床の形成機構に関する実験 構造地質学的研究

小玉喜三郎

地下 2,000-5,000m における深部石油・ガス鉱床の貯留構造として、近年、破碎構造の効果が注目されている。しかし、従来の探鉱方法では、このような地下深部の破碎構造について、その分布・規模・破碎面の方向を予測することが困難となってきた。ここでは、堆積盆地の形成過程を実験的に再現させながら、3次元的に深部破碎構造の発達状態を解明していく実験例を紹介した。第1の例として、地下の断層が富鉱部の形成と密接に関連していると従来から推定されていた、千葉県茂原地域の水溶性ガス鉱床の例を紹介した。

茂原市を中心に、南北 28km×東西 28 km×深さ 3 km の系をとり、これを 2 km×2 km×0.5 km の四面体要素 7,056 個に分割して、3次元弾塑性有限要素法による実験を行なった。深さ方向に厚さ 500m の 6 層に分割し、各層に深さとともに変る物性を与えた。既知変位境界条件として後期更新世の水中堆積層である常総層(小玉ほか, 1981)の変形に着目し、野外調査と測量を実施した。実験では本層の変形形状が再現されるまで様々な形状の基底変位を与え、最も妥当な基底変位を解として求めた。この段階で系内の歪分布、断層面の走向・傾斜を求めた結果、①深部歪域の拡がり規模を3次元的に明らかにすることができた。②歪の規模は深部で大きく、地表へ向って減少するので、地表部には現われない地下歪域の存在も予測することができた。③深部の歪域は、茂原市や大網西方域などの地下に集中するが、これは丁度、常総層の変形の最大撓曲部の直下に対応する。④断層面の向きは、茂原ふきんでは南北走向で共役面の一方が急傾斜で他方が緩傾斜であり、大網・東金ふきんでは北東方向へ走向を転じる。いずれも中間主応力が水平に近い正断層である。

以上の結果と、既に開発が進められてきた茂原地域のガス田の分布をみると、歪集中域と開発域はおおむね対応しているようにみえる。これから、実験で示されている丘陵地域の他の歪集中域にも、富鉱部の成立が予測されるが、これについてはさらに地層水の移動機構の点からも解明する必要があるだろう。

なお、第2の例として、長岡地域のグリーンタフ層中の破碎帯分布について行った2次元弾塑性有限要素法の実験結果についても予報的に報告した。(燃料部)

石炭地質学における石炭岩石学の役割について

藤井敬三

石炭岩石学の応用は、石炭組織成分分析とビトリニット反射率測定に基づいている。その理由として、各石炭組織成分は特定の物理・化学的性質を有するが、石炭化度、つまり反射率の変化とともに、それらの性質も変化する。石炭の性質は石炭組織成分組成とビトリニット反射率値とに規定される。ここでは、石炭岩石学の応用例として、コークス化性および炭質をのべる。

コークス化性の予測は、各ビトリニット反射率値に対する石炭組織成分の活性成分と非活性成分の比によって計算に基づいてなされる。しかし、デグラディニットやエクジニット・グループが多いと、ビトリニット反射率値が低くなるので、正しいコークス化性の予測をするためにはビトリニット反射率値の補正が必要である。

つぎに、石炭組織成分は工業分析値・元素分析値と深く関係している。ここでは、アメリカ、カナダおよびオーストラリアの大陸産の石炭と、インドネシア、フィリピンおよび日本の島弧産の石炭とについて、前述の関係を調べ、島弧産の石炭は発熱量が高く、揮発分が高く、H/C 原子数比が高いことがわかった。

また、石炭組織成分の成因は炭田堆積盆内における堆積環境と関係している。したがって、石炭組織成分組成は炭層の発達と関係し、太平洋炭盆において炭層の厚く発達する炭田堆積盆の中心部ではデグラディニットが多く、揮発分が高い。一方、周辺部にむかってテリニット・コリニットが多くなる。こうした関係を明らかにすることにより、石炭組織成分分析は石炭鉱床探査に役立つ手段となりうる。(燃料部)

ネパール カトマンズガス田における試掘

名取博夫

ネパールの首都カトマンズ市街地南部の水溶性ガス田において、3坑(深度300m、4インチ鉄管仕上げ)の試掘を行った。

このガス田は、1979年国際協力事業団から派遣された地質調査所の専門家グループが、地質・地化学調査により発見した陸成層中の水溶性ガス田である。同型のガス鉱床は世界的にみても、開発事例が少ないため、カトマ

ンズにおける試掘は、今後予想される大陸内部の陸成水溶性ガス田の開発の先駆的意義をもつものとして、重要である。

試掘1号井は1981年5月工業省構内に掘削、2、3号井は1983年3-5月に、それぞれ保健省構内およびカトマンズ市生活廃棄物処理場内に掘削した。これら3坑のうち、1、3号の2坑が成功井となった。坑井間隔は1、2号井間が720m、2、3号井間が430mであり、東から西に、ほぼ直線的に配列する。

3坑の坑井地質は相互に調和的であり、上から下に、上部は氾濫原堆積物、湖成堆積物、下部は氾濫原堆積物の3単元に区分される。上部は氾濫原堆積物は、現世河川に由来する石英砂・礫・暗褐色粘土により構成され、数mの厚さをもつ。湖成堆積物は、極薄砂層によって縞状を呈する更新世の暗緑灰色粘土により構成され、深度190mまでの区間を占める。この堆積物中には、しばしば細粒砂層が挟まれ、厚いものは15mに達するが、坑井間に連続性がなく、レンズ状を呈する。下部は氾濫原堆積物は、190m以深にあり、礫・砂・粘土による上方細粒化型粒度分布をもち、深度300mまでの間に8サイクルが認められる。各サイクル下半部の堆積物は、河川の営力を直接反映する礫・砂により構成される。上半部は炭素質粘土を主とする沼沢性の堆積物からなり、泥炭を挟む。

天然ガスは、湖成堆積物中の砂層および下部は氾濫原堆積物中の粗粒堆積物に含まれ、前者は遊離ガス層、後者は水溶性ガス層を形成している。鉱床として重要なガス層は後者であり、試掘井の孔明管は全て、このガス層にセットされた。

1号井は、1981年6月の産出試験では、ガスリフトにより139 Nm³/dのガスと600 kl/dの水を産出したが、その後増加し、1983年6月には870 Nm³/dのガスと1,600 kl/dの水を産出した。同期に行った自噴テストでは、75 Nm³/dのガスと540 kl/dの水を産出した。2号井は、水中ポンプ揚水により、28 Nm³/dのガスと90 kl/dの水を産出し、自噴により、20 Nm³/dのガスと25 kl/dの水を産出した。3号井は、ガスリフトにより630 Nm³/dのガスと880 kl/dの水を産出し、自噴により、230 Nm³/dのガスと540 kl/dの水を産出した。

1号井にみられる動力生産時と自噴生産時との間のガス水比の著しい相違は、生産に寄与するガス貯留層が、それぞれの生産方式の間で異なることを示している。下部は氾濫原堆積物の上半部のみ孔明管をセットした既存地下水井のデータによると、その層準のガス水比は1:2と高率である。また、電気検層によると、ガス貯留

層の透過率は、上半部において低く、下半部において高い。したがって、動力使用時にガス水比が高いのは、上半部が生産に寄与していることを示し、自噴時には、下半部が寄与するものとみなされる。自噴時のガス水比からみて、下半部の貯留層は、ガス水比については低いものの、自噴力が大きく、生産性は高いものと考えられる。

ガスの特性は、 CH_4 76 vol. %, CO_2 18 vol. %, N_2 + etc. 6 vol. %, H_2S 10 ppm, 総発熱量 7,230 kcal/ Nm^3 , ウオッペ指数 8,400, 燃焼速度指数 27によって代表される。

これら試掘井のガスの有効利用、産出試験の長期的な実施、技術移転、適合技術の開発、経済分析データの収集等のため、日本政府の協力により、供給量 500 m^3/d 規模のモデルプラントを建設した。

ガスはパイプラインを通じて、工業省、家内工業局、ガス器具展示場、保健省、獣医病院、中央電報局等の政府関係施設に送られ、厨房、給湯、バルブの溶解釜、陶芸釜、鋳物工芸、暖房、研究室用熱器具等の燃料として試用に供され、好評を得ている。(燃料部)

我が国における海底細骨材資源 の賦存について

有田正史

我が国は、土木建築細骨材資源として海底砂を利用している世界一の国である。海砂の細骨材としての採取は、河川砂利の採取規制に伴ない昭和38年より開始され、1980年には、その供給量は、3,792万立米に達している。現在においては、海砂は、山砂とならんで細骨材資源需要に対する二大供給源となっている。

海砂への依存度は西日本地方(特に瀬戸内海沿岸地方)において著しく高い。これらの地方において、海砂は岸近くの、20m以浅の海底から採取されている。そのために、海砂採取に伴う沿岸侵食、海洋環境汚染、及び資源の枯渇等が論じられている。

将来的に、細骨材資源の安定供給を確保していくためには、未開発海域(20m以深)における海底細骨材資源の賦存について、詳細を明らかにする必要がある。

現在、粗骨材は碎石によって供給されているが、細骨材としての砂の需要量のすべてを人工砂で供給することは技術的に困難で、未だ、天然砂にその大部分を依存せざるを得ない状況にある。

この状況において、地質調査所では、20m以深におけ

る海底砂を細骨材資源としての観点から調査・研究することを1975年より開始した。

調査・研究の結果、我が国周辺の海域には、広く砂質堆積物の分布が認められるが、細粒な堆積物が多く、細骨材に適している粗粒砂の分布は著しく狭い海域にしか分布していないことが判明した。

これらの粗粒砂は、大陸棚外縁が水深140m付近にある海域では、水深30-50mと70-80mの海底平坦面上に帯状に分布している。このことから、これらの粗粒砂は海水準上昇に伴う旧汀線付近の堆積物の残存であると考えられる。しかしながら、大陸棚外縁水深が140m以深に認められる海域では、粗粒砂の分布が認められず、細粒砂一極細粒砂の広い分布を示しており、この海域は海底骨材資源賦存の空白海域となっている。

大陸棚外縁水深と堆積物分布の差異から、大陸棚の傾動速度と海水準の上昇速度の差に関係した、汀線移動様式もしくは堆積区移動の形態の相異が、海底細骨材資源の賦存の有無を決定していると推論することが可能である。(海洋地質部)

我国のロウ石資源—現状と今後の研究課題

須藤定久

ロウ石は、パイロフィライト、カオリン、セリサイトなどを主成分とする緻密・ロウ感に富んだ軟質岩で、古くから種々の用途に幅広く利用されてきた。

現在、我国で採掘・利用されているロウ石は、年間約100万t(1982年)であり、ここ数年横ばいないし若干減少傾向にある。

我国のロウ石鉱床は、すべて熱水性のもので、近畿地方西部から中国地方にかけて分布する白亜紀—古第三紀の酸性火成岩類に伴う鉱床と、九州西部及び北関東周辺に分布する新第三紀火成岩類に伴う鉱床とがあり、産出量からみた両者の比率はそれぞれ75%、25%である。主要な産出県は、岡山県(全国産出量の38%)、広島県(24%)、長崎県(12%)、兵庫県(11%)、栃木県(7%)などである。これらロウ石の用途は、多い順に、耐火物原料(約38%)、陶磁器原料(約22%)、農薬用クレー原料(約16%)、ロウ石クレー(ガラスせんい、医薬品などの原料、約13%)、セメント・モルタル用(約9%)などとなっている。

ロウ石鉱床の研究が本格的に始まったのは、1950年頃からである。木野崎ら(1955-62)、岩生・上野ら(1953-65)によって、全国各地のロウ石鉱床について、精力的

な調査がすすめられ、中国地方のロウ石鉱床は、木野崎(1963)によって総括された。1960年代にはいと、中国地方の白亜紀—古第三紀酸性火成岩類の研究がすすめられ、これとともにロウ石鉱床の研究がすすみ、ロウ石鉱床がほぼ同一層準に胚胎されていることが、広島県勝光山地区(松本, 1960-68)、岡山県三石地区(大森, 1963-65)で示された。また、片山(1969)は、ボーリングのデータを検討し、ロウ石鉱床の形成にはキャップ・ロックが重要な役割を果たすと考えた。1970年代にはいと、原岩(母岩)の形成環境と鉱床の形成メカニズムが詳しく議論されるようになった(藤井ら, 1975-79; 神谷, 1974-78)。

演者らの最近の研究では、白亜紀—古第三紀酸性火成岩の中でも、局所的に発達するごく小規模の火山—半深成岩複合体が、ロウ石鉱床の形成に密接に関連していること、キャップ・ロックの存否によって、鉱床の形態が大きく変ること、比較的深所で花崗岩と密接に関連して形成されたと考えられる鉱床が存在すること、などの点が判明しつつある(須藤ら, 1980-81)。

今後の主要な研究課題としては、浅成鉱床については形成メカニズムをより詳しく解明すると共に、これに基づいて探査技術を確立することが、また深成鉱床については、花崗岩との具体的な関係を解明することが、重要である。また、鉱床形成の物理・化学的条件の解明にあたっては、鉱床内に見られる鉱物の帯状配列、それぞれの帯における鉱物の産状・組合せの解析と、合成実験データの集積とが重要な課題であろう。そのほか、ロウ石鉱床に記録されている熱変成作用の研究、金属鉱床との比較検討も重要な研究課題といえる。(鉱床部)

ウラン鉱床探査—エネルギー需給から見たその現況と将来—

坂巻 幸雄

(1) ウラン精鉱の価格形成と変遷

ウラン鉱床の開発とその前段である探査研究活動は、競合エネルギー資源である石油の需給と密接に連動している。1960年代のウラン精鉱(yellow cake)価格は15-22ドル/kgUであったが、1973年末の石油危機以後急騰、一挙に110ドル/kgUとなった。しかし1979年のスリーマイル島原発事故以降の新規原発計画の見直しは、折からの景気後退=電力需要の低迷と重なったために市況は暴落、現在スポット価格は40-50ドル/kgUの水準を低迷している。この影響で米を中心に探査・採鉱活動は沈滞、

研究活動にも若干のかげりが生じている。

(2) ウランの資源量・生産量と需要予測

経済協力開発機構原子力委(OECD/NEA)と国際原子力機構(IAEA)は、共同して2年ごとに「ウラン—資源・生産・需要—」と題する報告書を出す。最新の1982年版(1981年1月調査)によれば、非社会主義国全体のウランの確認資源量(金属ウラン・ベース)は約230万トン(うち日本の寄与分7,700トン)、推定追加資源量は250万トン、計480万トンで、1979年比較で約30万トンを減じた。うち採掘分は2か年間で8.2万トンに過ぎず、他はコスト上昇で採算割れとなった分の削除が大きい。

一方、非社会主義国の原発設備容量は1.5億kW(1982年6月)、同、天然ウラン消費量は約3万トン/年(日本は約3千トン/年、1980年時点)と推算される。長期予測は、炉型と核燃料サイクルの選び方で大差が出るが「当分は軽水炉中心。高速増殖炉の実用化は2000年初頭以降さらに遅れる」という前提に立てば、累加総需要量は2000年までに110万トン、2025年までには300-760万トンとなる。つまり、今世紀中の需要量は現時点ですでに確保されていることがわかる。

(3) ウランの鉱床タイプと時間的・空間的分布

ウラン鉱床の分類法は各種あるが、ここでは成因論を重視するDahlkamp(1980)に準じる。それによれば2400Maを中心として、無酸素大気下で重力選別によりウランが濃集した古期礫岩型と、1700Maを中心とした不整合面関連型鉱床とで総資源量の約 $\frac{1}{2}$ を占める。後者は始めて大気中に含まれるようになった酸素で酸化されたウランが、ウラニル錯イオンとして水に溶け、移動したことを示唆する。当然これらの鉱床の分布は始—原生代岩石の発達する地域に局限され、時間的にも空間的にも偏在する結果を生んでいる。

古生代には海成黑色頁岩中の低品位・大鉱量型の鉱床が出現する。中生代以降では陸成堆積盆中に安定した地下水循環系が成立する事例が増え、関連して砂岩型鉱床が形成されてくる。ウランの固定にリンが関与した場合にはリン鉱型、乾燥気候下では表成型のカルクリート鉱床ができやすい。ペグマタイト型、鉱脈型、鉱染型は本来的には時代を問わず存在するが、現存するのは中生代以降のものが多い。これらのなかにはわが国の地質・気候条件下では存在が期待できない型もあるが、海外鉱床の探査・開発を想定すれば、この種のものも研究対象として重要である。

(4) “次世代”的ウラン資源の研究と探査

今世紀内の需給が安定している限り、以後発見されるウラン資源はすべて次世代への寄与となる。しかし、人

口の多い開発途上国を中心に生活水準=エネルギー消費量を上げるためには、化石燃料だけで十分かどうかは判らない。これまでの先進国中心型のウラン需給予測は早晩再検討を迫られよう。

一方、基礎研究の進展と探査精度の向上の結果、新しい視点も生まれてきた。その一例に、ウラン供給源としての酸性噴出岩の存在がある。含ウラン流紋岩質溶結凝灰岩は、米国中西部ではすでに1950年代から知られていたが、近年その事例は世界的に急増してきた。時代はさまざま、相対的にアルカリ岩系に多く、コールドロンの形成と関連しているのが普通である。孔隙が多く、脱ハリ化の影響も加わって、ウランの溶脱は深成岩よりも容易とみなされる。基盤岩起源と説明されてきた鉱床でも、凝灰岩起源と解釈し直したほうがより適切なケースも現われている。わが国の既知兆候地でも、黒鉱下盤石膏帯中のウラン濃集部をはじめ、再吟味が必要な事例が存在する。

高品位ウラン鉱の枯渇が進む以前に、海成黒色頁岩や隣鉱中の低品位一大鉱量型ウランに着目する必要が生じよう。さらに、現在の空中一地表放射能探査では発見が困難な、深部潜頭鉱床の探査手法の確立も必要になってくる。新鉱床の探査・開発のリードタイムが10年を越えて急速に伸びようとしている現在、IAEAの提唱するように、各国独自、および国際協力による探査・開発長期計画の策定を急ぐことは、将来のエネルギー資源の確保という視点からは不可欠の対応といえよう。

(鉱床部)

陸域金属鉱床からみた海底重金属堆積物の成因

佐藤壮郎・古宇田亮一

現世の海底重金属堆積物に比較しうるのは、炭酸塩岩や頁岩に伴う層状鉛・亜鉛鉱床(ミシシッピーヴァー型、アルパイン型など)、塩基性・超塩基性岩に伴う層状銅鉱床(別子型、キプロス型など)、酸性岩に伴う銅・鉛・亜鉛鉱床(黒鉱型など)が主要であろう。マンガン団塊も含めれば、層状マンガン鉱床もその中に入る。対象を還元型の重金属層状鉱床に絞った場合、先の3種類が似ている。しかし、具体的に海嶺で噴出しているブラックスモーカー(たとえばガラパゴスのものなど)と黒鉱鉱床では、伴われる火山岩が塩基性と酸性のように異なり、現在見られる多量の酸化物や生物遺骸が黒鉱に典型的でなく、推定生成温度は黒鉱が低いなどの違いが見ら

れる。現世の海底重金属の生成形態は、過去の鉱床の成因に対するヒントにはなりうるが、まったく同一視することはできないだろう。

過去と現在の重金属堆積物が持つ諸特性を大まかに分析するなら、その構造的場、層序、伴う岩石に分けて比較できよう。特に火山岩に伴われる鉱床について、考察することは、逆に現世堆積物を捜すヒントになるかもしれない。

まず構造的場について、現世重金属堆積物はリフト帯に沿って出現することが多い。黒鉱では若干の地殻の開きを伴うグリーンタフ火成活動がおきたとも考えられるが、新しい大洋底が形成されるほどではない。別子型では、逆にサブダクション帯に掃き集められるとする見方もある。この点で海嶺型に近いのがキプロス型銅鉱床であろう。次に層序をみると、黒鉱は14百万年前のごく短い層準に集中して発生している。別子型では、その層序的位置はより広がるが、おおむね特定の層準に集中する傾向が見られる。これは黒鉱における層準問題と呼ばれ、その成因論について数種の議論がなされている。ただし現世の海嶺の産状に直結するものは、特に特定の層準になぜ集中するかという点に限ると見るべきものはないようである。また鉱床が伴う岩石の種類は多岐にわたり、各タイプでおおまかな対応がみられるものの、現世の海嶺におけるそれと比較しうるものは、キプロス型などであろう。黒鉱は酸性岩を伴い、酸性火山活動と密接な関係がある点で特異であり、これに相当するような酸性海底火山活動に伴う現世の重金属鉱床は、まだ見当たらない。

鉱床形成機構の点では、単純な堆積、堆積物の続成的交代、マグマの熱による循環熱水の噴出、マグマ水の寄与による熱水噴出などが考えられている。現世の重金属堆積物や黒鉱型・キプロス型では熱水の噴出による生成機構が主であるが、大規模な層状含銅頁岩などは、単純な堆積、又はその交代による考え方が主である。後者がマグマ中に混溶したり、マグマ熱による循環熱水で再濃集したものが前者の熱水噴出になるとの考え方もできる。

現世の重金属堆積物は、まだその表層付近のことしかわかっていない点が多いが、過去の重金属鉱床では、鉱床を中心とした立体的地質が詳しくわかっている例が多いので、今後もその比較は十分に意味があるだろう。

(鉱床部)

伊豆・小笠原海域の重金属資源の可能性

湯浅真人

伊豆・小笠原弧は本州中部から南方へ延びる、長さ1,500 km、幅400 kmの島弧である。ここでは、ほぼ南北の走向を持つ七島海嶺(現世火山フロント)と小笠原海溝の並行配列が顕著であるが、もう1ランク小さなスケールでは、この南北方向に斜交する幾つもの雁行配列が存在する。伊豆・小笠原弧北部の雁行配列は、伊豆海嶺から七島海嶺にかけてのNE-SW方向の山脈群であり、これは同弧南部には見られない。南部の雁行配列は小笠原海嶺や海溝斜面上の高まりの配列にみられるNNW-SSEの山脈である。いずれの雁行山脈も伊豆・小笠原弧においては相対的に古い岩石(古第三紀-第四紀初期?)から構成され、より新期の火山岩類からなる七島海嶺がこの上に重なっている。

標題の海域にその存在が確認されている海底重金属濃集体には、鉄マンガン団塊に代表される水成(hydrogenous)酸化物と熱水性の酸化物とがある。

水成鉄マンガン酸化物の形態(団塊・クラスト・コーティング)と分布との関係を見ると、団塊状のものは伊豆海嶺北部と小笠原海嶺に、厚さ5 mm以上のクラスト状のものは伊豆海嶺に分布している。一方、七島海嶺では厚さ1 mm以下のコーティング状のものが殆んどで、クラスト状酸化物がまれに存在する。この分布バリエーションは、堆積物の化学組成から推定される底質の酸化環境及び堆積速度の違いにより説明しうる。即ち、団塊状及びクラスト状の、比較的厚い鉄マンガン酸化物は、堆積速度が遅く、酸化環境の卓越した地域(伊豆海嶺、小笠原海嶺)に分布し、そこは本海域では相対的に古期の岩石の分布地域である。

水成鉄マンガン酸化物には、以上のほかにも化学組成や構成鉱物に関して、各海嶺毎のバリエーションが存在している。これには各海嶺構成岩石の性質の違いも関与しているかもしれない。

本海域の水成鉄マンガン酸化物は、中部太平洋産のものに比べ微量金属元素(Cu, Niなど)に乏しいことを特徴としている。これをNi等価品位($Ni + Cu/3 + 2Co$)であらわすと、本海域産の多くは1.31以下で資源品位(1.32以上)に達しない。この値が1.32以上の鉄マンガン酸化物は、小笠原海台、海溝斜面産のものに限られ、これはCoを5,000 ppm以上含むことによる。Coに富む団塊・クラストは海山頂部等浅海産の特徴でもあり、日

本周辺海域ではCoに富むもの以外には資源品位に達するものはないと考えられる。

本海域からは上記酸化物とは形態、化学組成、構成鉱物組合せの異なる鉄マンガン及びマンガン酸化物が採取されている。これらの酸化物は、微量金属元素に大変乏しいという特徴を持ち、構成鉱物組合せ等からも熱水起源酸化物と考えられる。本海域の地質背景から、熱水起源の重金属濃集体の存在は当然期待されるが、現在までの発見はわずか三例、それも酸化物のみである。今後の調査により、硫化物の存在も含め更に多くの例が発見される可能性は高い。

熱水性重金属濃集体の存在が予想される場合は、火山活動帯及びそれを切る断層帯である。本海域の火山活動の場としては、七島海嶺とその西方に位置する背弧凹地とがある。

背弧凹地は、活火山列と接する場にありながら凹地底には堆積物が大変薄いこと、地磁気縞模様が存在すること等から、大変新しい背弧海盆と推定されており、凹地中央部付近にはパイモダルな火山活動の存在を示す高まりがある。藤岡(1983)は現在の伊豆・小笠原弧を西黒沢期の東北弧になぞらえ、背弧凹地は黒鉄床地域である大館盆地に対応すること、現在黒鉄床が生成されている海域があるとすればそれは伊豆・小笠原弧の背弧凹地であることを指摘している。このような可能性をもつ背弧凹地は八丈島南方から嬬婦岩付近にかけ断続的に分布しており、その南方延長であるマリアナトラフ北部を含め、我が国周辺海域において熱水性重金属資源を探らううえで重要な目標と考えられる。

一方、火山活動の場を切る断層帯としては、八丈島北方海域、嬬婦岩南方海域に存在が推定される。八丈島北方海域の例では、重力異常データから火山列に斜交する構造的ギャップの存在が指摘されており、これが同海域海底に複雑な線状地形を形成している。更に、同海域では熱水性酸化物の存在、底質温度が比較的高いというデータもあり、熱水性重金属濃集体形成の場の可能性がある。嬬婦岩南方海域には、伊豆・小笠原弧を南北に二分する大構造線の存在が提案されている。これが火山活動帯と交差する海域に熱水活動の存在が予想されるが、同海域海底は現在のところ、地質資・試料に乏しい。

(海洋地質部)

海底マンガング塊鉱床

盛谷智之

海底マンガング塊は、1965年にメロが Cu, Ni, Co, Mn など有用金属の資源としての経済的可能性を唱えてから、世界の注目をあび、先進工業国による探査活動が行われてきた。

地質調査所は深海底鉱物資源の探査のための基礎的データを提供するため、中央太平洋海盆において、最初1974-1978年の5カ年計画で北部の広域的調査を、次いで1979-1983年の5カ年計画で南北太平洋にまたがるウエイク東方-タヒチ西方のトランセリットに沿う全域の予察調査と選ばれた地域での精密調査を実施し、マンガング塊の型、濃集率、金属品位の地域的变化と、その地質学的要因についての研究を行ってきた。

中央太平洋海盆のマンガング塊は、海底堆積物の表面における産状のちがいに、表面構造による形態型が異なり、露出部が多いと平滑(s)型、埋没部が多いと粗(r)型であること、s型は δ -MnO₂、Fe酸化物相からなりFe, Coに富み、r型は10Åマンガナイト相からなりCu, Ni, Mnに富むこと、が分かった。これは、s型団塊が海水中から、 δ -MnO₂、Fe酸化物が微量元素のCoをとり込みながら沈殿するのに対し、r型団塊では堆積物中の間隙水からCu, Ni, Mnが供給され10Åマンガナイト相が生成するという生成条件のちがいを反映するためである。

また団塊の型と濃集率、金属品位の間には、s型は高濃集率で、低Cu+Ni品位、r型は低濃集率で、高Cu+Ni品位という逆相関の関係が見出された。

北部中央太平洋海盆ではs型団塊の高濃集率帯(10kg/m²以上、あるいは20kg/m²以上)が、地形の一般走行と斜交して、西南西-東北東に延び、これはこの地域の南極底層流の推定流向と合致し、成因的關係を示唆す

る。高品位のr型団塊で10kg/m²以上の比較的高濃集率のものは、s型高濃集率帯の縁辺の一部に認められる。このような大局的にみた変化傾向があるものの、狭域での精密調査によるとマンガング塊の分布の局地的変化が著しいことを示す。これはマンガング塊が、地形、海水循環、堆積物の発達など局地的な変化と密接に関連していることを示唆する。

一般的にいえば、マンガング塊生成の最も基本的な条件は海底にたまる堆積速度が遅いということである。これは陸源物質の供給がとどかないこと、海洋表層の生物生産域においては微生物遺骸の海水層中の垂直的運搬・供給過程でCCD(炭酸カルシウム補償水深)以深における石灰質物質の溶解、底層流による堆積物粒子の掃き去りまた溶解、などを反映している。

有用金属成分の濃集も堆積速度と関連する。太平洋中緯度渦流の非生物生産域では堆積速度が遅く、海水中からFeやCoが沈殿し、自成的団塊がゆっくりと成長する。高生物生産性の縁辺域の赤道帯の北側と南側では、微小生物が体内に蓄えたCu, Ni一部Mnが海底に垂直的に運ばれ、堆積した後、酸化性続成過程で金属を放出し団塊に付加する。最高生物生産性の地域では海底にたまる有機物が非常に多いので間隙水中の酸化が消費され、還元性続成過程でMn⁴⁺が溶性のMn²⁺に変わり間隙水中を上方に拡散して団塊に付加し、Mnに富む(35%以上)タイプが生成する。

マンガング塊の資源量については、第一世代の商業的開発の対象となる最有望域(ハワイ南東方のクラリオン・クリッパートン地域)で230億トンと試算されている。対象として考えられている主成分は、Cu, Ni, Co, それにMnである。戦略的にはCoが最も価値が高く、最近では海山上の高Co含有率のマンガングクラストの経済的可能性が注目されている。

今後、上記の最有望域の他の地域、あるいは他の成分を含めた資源的評価の研究が必要である。

(海洋地質部)