

ブルガリアの金属鉱物資源

神谷雅晴¹⁾

はじめに.

ブルガリアはバルカン半島の南東部を占め, 西はユーゴスラビアに, 北はルーマニア, 南はギリシャとトルコにそれぞれ接している. 地形的には北方のカルパチア・トランシルバニア・アルプス山脈が西へ大きく湾曲してユーゴスラビアの東に達した後, 急に反転して, 東へ延びるスターラ(バルカン)山脈と南東へ延びてギリシャ北東部に至るロドピ(ロードープ)山脈とに分かれる. それらの山地を縫って, それぞれ黒海とエーゲ海へ注ぐ河川(ドナウ川およびマリツァ川)によって開析された平野と盆地から構成されている.

ブルガリアの鉱業は1991年以降の市場経済化の推進に伴う政治・経済の混迷によって, きわめて大きな打撃を被ってきた. 特に, 採掘・選鉱・製錬設備の老朽化, それらに関連した環境汚染問題は鉛・亜鉛やウラン産業に対し深刻な影響をもたらしている. しかし, いくつかの鉱種では1990年代の

前半における鉱業生産の激減からやや回復の兆しを見せている(第1表). なかでも, 外国企業の探査・開発への参入などにより, 開発対象鉱量の増加が見込まれている金・銅鉱床やマンガン鉱床の探査の進展や開発の拡大に期待が寄せられている.

1. 地質および地質構造

ブルガリアの地質はユーラシアプレートとアフリカ・アラビアプレートとの間のテーチス海とその消長によって特徴づけられる.

ブルガリアの中央部を西から東へ連続する山地はバルカン造山帯ともよばれ, アルプス・カルパチア造山帯の南延長部に相当する. この造山帯はさらに, 黒海の南部・トルコのポンチド・タウルス帯を経てエルブルツ・ザグロス・ヒンズクシュ・ヒマラヤ造山帯へとつながって行く. アルプス造山帯は, 同時に, きわめて旺盛な火成活動を伴う地域であり,

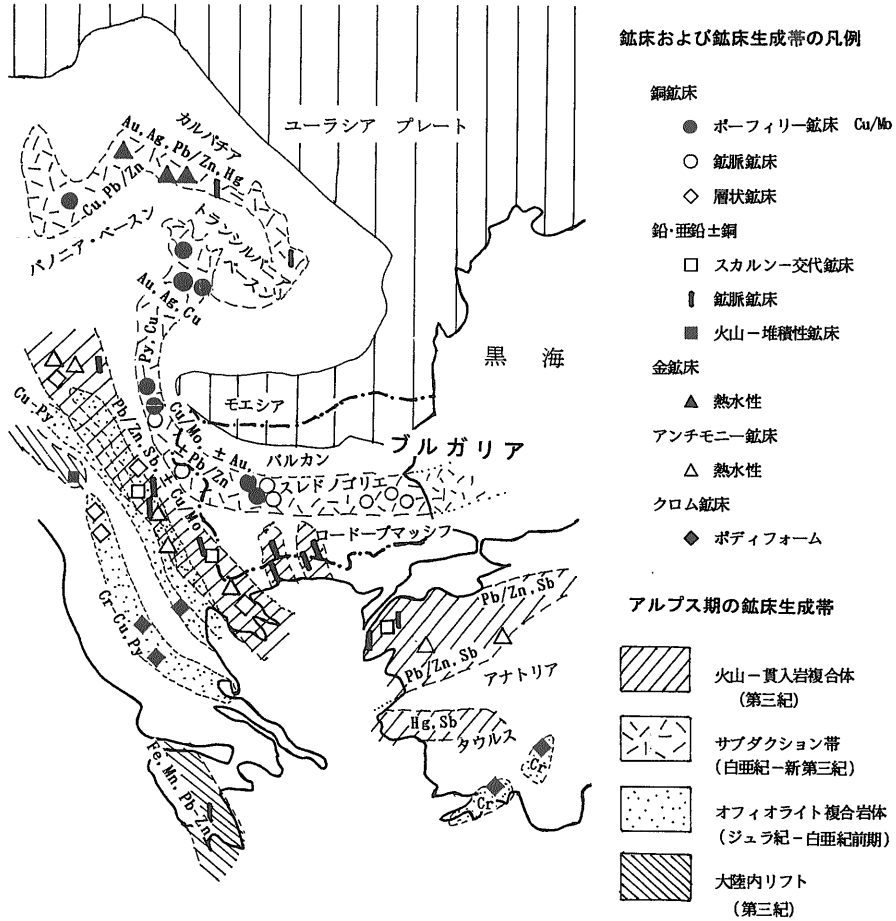
第1表 ブルガリアの主要鉱産物の生産実績表.

	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
銀 (t)	71.0	59.0	54.0	37.3	33.0	30.0	29.0	30.0	25.0	25.0
銅 (ft)	50.0	38.8	32.9	47.2	27.4	60.4	75.5	75.5	84.8	84.8
鉛 (ft)	60.0	49.5	45.2	40.6	38.0	34.4	32.0	32.5	28.5	28.8
亜鉛 (ft)	44.1	39.7	34.7	29.1	31.9	32.0	30.0	30.0	28.0	28.0
モリブデン(ft)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.4	0.4	0.4
カドミウム (t)	270.0	235.0	309.0	232.0	194.0	266.0	286.0	266.0	266.4	264.0
マンガン (ft)	32.7	32.7	49.9	34.0	25.5	16.6	11.5	5.6	5.0	5.0
鉄鉱石 (ft)	1,826	1,613	1,079	594	393	330	270	468	770	-

(World Bureau of Metal Statistics および World Mineral Statistics による)

1) 住鉱コンサルタント(株), 元所員:
〒160-0021 東京都新宿区歌舞伎町2-16-9.

キーワード: ブルガリア, 鉱床生成区, 金属鉱床, 鉱物資源



第1図 ブルガリア周辺地域の内成鉱床生成帯 (Jankovic, 1997 を簡略化)。

金・銀、銅、鉛・亜鉛などをはじめとして、金属鉱物資源を豊富に胚胎する場となっており(第1図)、ほぼ同時期に形成された環太平洋造山帯に匹敵する規模をもっている(Jankovic, 1997; Mitchell, 1996)。

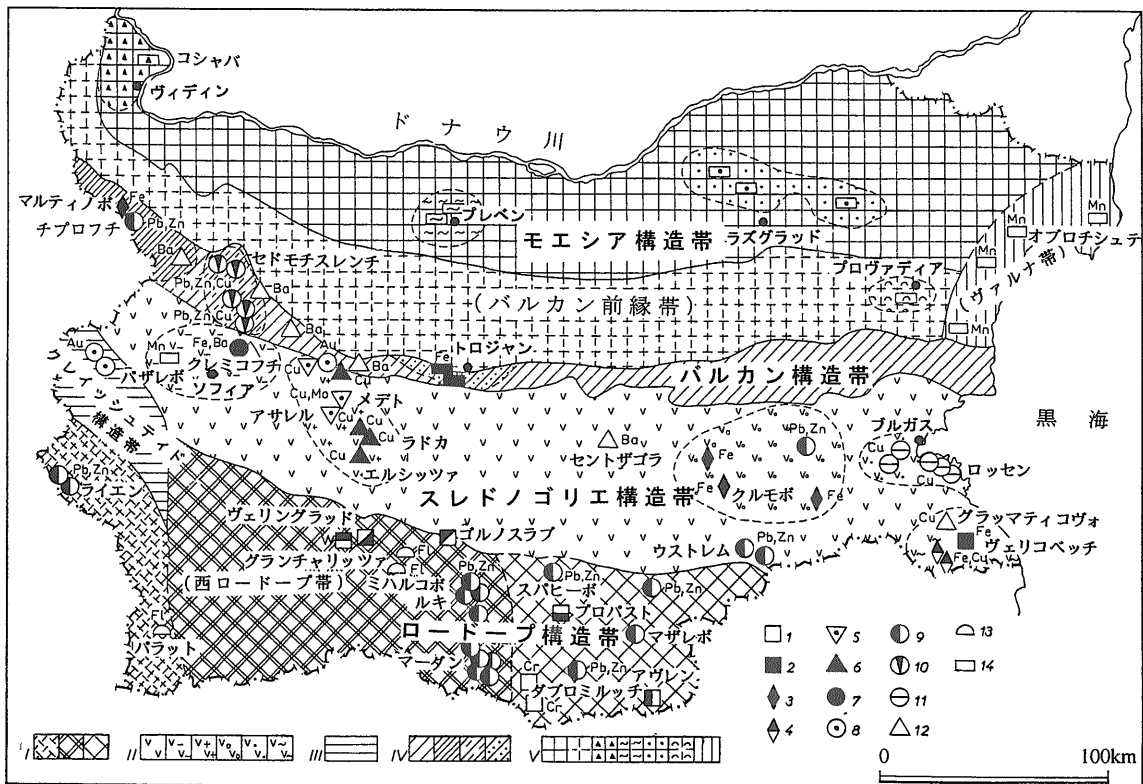
ブルガリアの地質および地質構造はモエシアプラットフォームおよびクレイッシュティド・ロードープ両マシフとに挟まれたアルプス造山帯(バルカン帯およびスレドノゴリエ帯)によって構成され、それらはおおむね、北西から東へ向かって、この国を縦断した構造を示している。

モエシアプラットフォームは中生代に巨大な拡がりをもつユーラシアプレートの一部が、南へ舌状に垂れ下がり、続いてテーチス海の閉塞に伴って次第に時計回りに回転し、現在の位置を占めるに至った。この南への垂れ下がりとは西方への湾曲は、カル

パチア造山帯が西へ大きな弧を描く構造を示す主因となったのである。この結果、ブルガリアの地質構造は北から南へ向かって、1)モエシア(Moesian)構造帯、2)バルカン(Balkan)構造帯、3)スレドノゴリエ(Srednogorie)構造帯および5)ロードープ(Rhodope)構造帯という配列を示すに至った。

1)モエシア(Moesian)構造帯

この構造帯は先カンブリア紀の結晶質岩を基盤とするプラットフォームでブルガリアの北部を占め、モエシアプレートおよびバルカン前縁帯とから成る。モエシアプレートはユーラシアプレートの一部であり、その大部分は古生代および中生代の堆積物によって覆われる。このプラットフォームの基盤は先カンブリア紀(おもにバイカル期)の結晶質岩であり、10~12kmの深部に伏在すると推測されて



第2図 ブルガリアの構造帯-鉱床生成帯図(Bogdanov, 1982). I:ロードープ構造帯, II:スレドノゴリエ構造帯, III:クレイッシュティド構造帯, IV:バルカン構造帯, V:モエシア構造帯, 1:クロム, 2:チタン-磁鉄鉱, 3:鉄鉱(スカルン), 4:鉄-銅鉱(スカルン), 5:銅(ポーフィリー), 6:塊状硫化物, 7:鉄鉱(熱水・交代), 8:金(熱水), 9:鉛・亜鉛(熱水・交代), 10:鉛・亜鉛-銅(層準規制), 11:銅(熱水・鉱脈), 12:重晶石(熱水・交代), 13:螢石(熱水・交代), 14:マンガン(火山-堆積・層状).

いる(例えば, Bogdanov, 1982).

モエシアプラットフォームの南に生じたバルカン前縁帯は古生代末から中生代初期の岩石から成る小規模な地塁と, それらを覆い一部では著しい褶曲を被ってそれらに衝上しているジュラ紀以降のフリッシュ堆積物から成る.

2) バルカン(Balkan) 構造帯

バルカン構造帯は著しいナップ構造を伴ってバルカン前縁帯に衝上しており, カンブリア紀のスピライト, 輝緑岩を主とする火山-堆積岩とそれらを覆うカレドニア-ヘルシニア期の変成岩類(頁岩, 珪岩, チャート)ならびに前期アルプス期の堆積岩から成る. これら古期堆積岩類は東西系および北西-南東系の深部断層群に沿うヘルシニア期早期およびその末期の花崗岩類による貫入を受けている. この火成活動に伴って, バルカン構造帯北西域においてスカルン-熱水・交代性の銀・鉛・亜鉛,

鉄鉱鉱床などを, また, 石炭-二畳紀の堆積物中には無煙炭層を生成している.

3) スレドノゴリエ(Srednogorie) 構造帯

先カンブリア紀や古生代の変成岩類, それらを貫く古期花崗岩類などが地殻変動によって地塁化し, さらに白亜紀の火山-深成活動が重複した地域である. これらの火成岩類はマリツァ深部断層系に沿って噴出・貫入している. スレドノゴリエ構造帯中部から西部にかけては安山岩-デイサイト質マグマの活動と斑れい岩-閃緑岩-花崗閃緑岩の貫入が著しい. 一方, 東部地域は粗面玄武岩-粗面安山岩の噴出に引き続いて貫入したはんれい岩-モンゾニ岩-閃長岩によって特徴づけられる. これらの火成活動は多くのポーフィリータイプの銅・モリブデン鉱床をはじめとして塊状銅・多金属, 脈状銅鉱床をもたらしている.

4) クレイッシュティド(Kraishtide) 構造帯

この帯はセルボ-マケドニアマシフの南東部に相当し、スレドノゴリエ構造帯の西に位置する。その地質は先カンブリア紀の片麻岩、結晶片岩、珪岩、千枚岩、大理石などから成り、かんらん岩、閃緑岩、花崗閃緑岩、花崗斑岩、閃長斑岩の貫入を受ける。それらは古生代末期から中生代にかけての海成層に覆われる。

5) ロードープ (Rhodope) 構造帯

ブルガリア最南部の構造帯で、始生代および原生代から成る先カンブリア紀の変成岩類および後期原生代の花崗岩類を基盤とした、いわゆるロードープマシフである。さらに、このマシフはヘルシニア期の超塩基性岩類の貫入を受けている。これらの基盤岩類は中生代末から始新世にかけて著しくブロック化され、その東部では古第三紀に激しい沈降に伴って塩基性-中性の火山活動が、中部から西部にかけては古第三紀末から新第三紀中新世にかけて激しい酸性火山活動を生じた。それらに引き続いて、火山底型の小規模なモンゾニ岩あるいは花崗閃緑岩-花崗岩質マグマの貫入が見られ、重要な鉛・亜鉛鉱床を生成している。

2. 鉱床生成帯

前節で述べた地質構造区分と鉱床生成帯の分帯についてはBogdanov (1982)のほかに、Dokov *et al.* (1989)によるものもある。両者の間にそれほど大きな違いはない。

ここでは原則として、Bogdanov (1982)による鉱床生成帯の区分(第2図)に準拠して述べる。

いずれにしても、鉱物資源はそれぞれの地質環境下における特定元素の濃集であるので、それぞれの地質体あるいは地質構造帯を生じた地質環境に特徴的な金属・非金属および炭化水素鉱床を生成する。したがって、おのおのの地質構造帯にほぼ調和する各鉱床生成帯の特徴をつぎのようにまとめることができる。すなわち、

モエシア鉱床生成帯；岩塩、石膏、珪砂、カオリン、マンガン

バルカン鉱床生成帯；鉄・多金属、金・多金属
スレドノゴリエ鉱床生成帯；金・多金属、銅・モリブデン、鉄

クレイッシュティド鉱床生成帯；金

ロードープ鉱床生成帯；鉛・亜鉛、クロム、タンゲステン、螢石

3. 鉱床各説

3-1. 金・銀鉱床

金・銀を主とする鉱化作用はモエシア鉱床生成帯以外の各鉱床生成帯中に見られる。バルカン帯の西部ではヘルシニア期の熱水性鉱脈および裂か充填型の鉱床が、スレドノゴリエ帯においては白亜紀後期～古第三紀の塊状多金属鉱床に伴った金・銀鉱化作用が、また、クレイッシュティド帯ではヘルシニア期の火成活動に伴う小規模な鉱脈鉱床が、さらに、ロードープ帯では新第三紀の鉛・亜鉛鉱床に伴って若干の金・銀鉱化作用がそれぞれ認められる(Dokov *et al.*, 1989)。

1) チェロベック (Chelopech) 金・多金属鉱床

この鉱床はスレドノゴリエ鉱床生成帯中部の西寄り、首都ソフィアの東、約80kmに位置し、黄鉄鉱・黄銅鉱を主とする塊状硫化物鉱床とされている(Bogdanov, 1982)。

鉱床の母岩は白亜紀のカルク・アルカリ岩系の安山岩-デイサイトであり、比較的多量の硫砒銅鉱を伴う高硫黄タイプの浅熱水性鉱床である。この鉱床は1992年より外国企業による探査が積極的に進められ、現在ではヨーロッパ屈指の金鉱床になると評価されるに至ったものである。因みに、1997年における推定埋蔵鉱量は32.5百万t、平均品位；5g/t Au, 1.38% Cuであり、160tを超える金量を計上し、鉱山再開発も順調に進捗しているといわれる(Mining Journal, 1997)。

2) エルシツアおよびラドカ (Elshitsa and Radka)

金・多金属鉱床

両鉱床ともソフィアの南南東約100kmに位置し、スレドノゴリエ鉱床生成帯、パナギュリシュテ鉱床地域に賦存する。鉱体はレンズ状-塊状で、北西-南東の伸びを示す白亜紀の火山岩層(安山岩-デイサイト)中あるいは流紋デイサイト質岩脈と凝灰岩層との接触部に生成する。

鉱化作用は大きく2時期に分かれる。第1期は黄鉄鉱を主とし、デイサイトの活動に関連する。銅鉱-黄鉄鉱-多金属硫化物から成る第2期は火山底の流紋デイサイトによってもたらされたと考えられ

る(Bogdanov, 1997).

3) チプロフチ(Chiprovtsi)銀・鉛・菱鉄鉱床

鉱床はバルカン鉱床生成帯の西端に近く、ヘルシニア期の花崗岩とカンブローールドビス紀の輝緑岩-千枚岩層中の大理石との接触部に生じたスカルン-鉄鉱床の東に位置し、輝緑岩-千枚岩層中の2枚のレンズ状大理石(結晶質石灰岩)を母岩として生成する。鉱床は20以上の菱鉄鉱鉱体を交代して生成した硫化鉱から成る。鉱石は含銀方鉛鉱を主とし、少量の黄鉄鉱、黄銅鉱、閃亜鉛鉱、ブーランジュ鉱、含銀輝安鉱、自然銀、ポリバス鉱、濃紅銀鉱などを伴う。

鉱体はレンズ状、層状あるいはパイプ状を示し、30°~70°で南ないし南西へ傾斜する。この銀-鉛鉱化作用は菱鉄鉱鉱化の時期とそれほど大きなギャップはなく、また、菱鉄鉱鉱体は火山-堆積作用と同時期に形成されている(Dragov and Neykov, 1991).

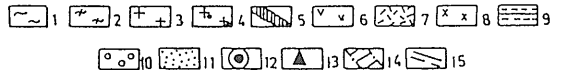
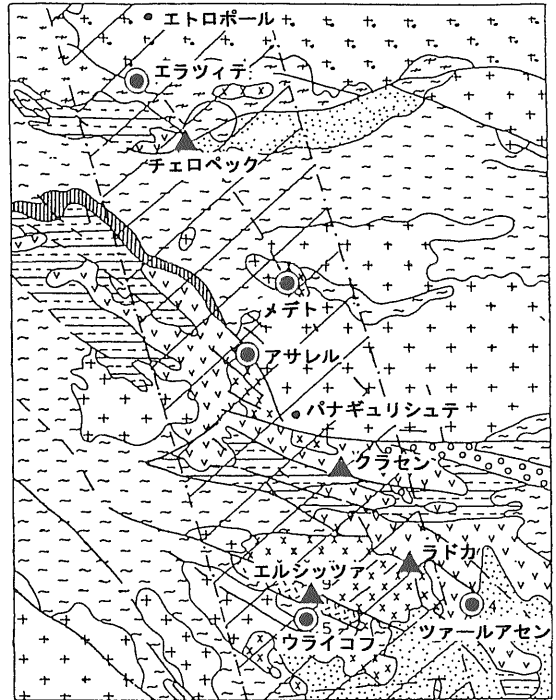
4) ズラタ(Zlata)金・黄鉄鉱床

鉱床はクレイッシュティド鉱床生成帯(Bogdanov, 1982)の北部に貫入したヘルシニア期花崗岩および閃長岩岩脈に関連した金-硫化物鉱床と考えられる。鉱体は比較的小規模で、不規則な鉱脈状を示す。多くの金鉱物は黄鉄鉱中に散在するほか、ごく少量の方鉛鉱や若干の硫酸塩鉱物を伴っている。

5) バカジック(Bakadzik)金・多金属鉱床

鉱床は黒海沿岸のブルガス西方約90km付近に位置し、スレドノゴリエ鉱床生成帯、ヤンボ鉱床地域に属している。この付近からブルガスにかけて、白亜紀の火山-堆積岩が広く発達し、熱水性含金-多金属鉱脈や多くの含銅-鉱脈鉱床が生成する。鉱化作用は後期白亜紀の安山岩-玄武岩、粗面安山岩-粗面玄武岩および凝灰岩類から成るカルデラ状構造を示す岩体中の裂かに支配されており、主にN-S系、NNW-SSE系の走向を示す鉱脈から構成される。鉱脈の幅は数m、走向延長数100m程度を追跡することができる。

鉱石鉱物は黄銅鉱、黄鉄鉱、閃亜鉛鉱、方鉛鉱を主とし、多少の砒四面銅鉱、四面銅鉱、金、白鉄鉱、ピスマス鉱などを伴う。部分的には磁鉄鉱や鏡鉄鉱を多量に生じている。



第3図 パナギュリシュテー-エトロポール地域の鉱床分布図(Bogdanov, 1983). 1:先カンブリア紀片麻岩, 2:古生代千枚岩・輝緑岩, 3:古生代花崗岩, 4:古生代花崗閃緑岩, 5:三疊紀石灰岩・砂岩, 6:上部白亜紀安山岩・凝灰岩, 7:上部白亜紀酸性火山岩類, 8:上部白亜紀貫入岩類, 9:上部白亜系フリッシュ, 10:上部始新世れき岩, 11:鮮新世・第四紀層, 12:ポーフィリー銅鉱床, 13:黄銅鉱・硫化鉄鉱床, 14:推定深部断層帯, 15:テクトニック断層。

3-2. 銅鉱床

ブルガリアにおける主要な銅鉱床として 1) ポーフィリー鉱床, 2) 塊状硫化物鉱床, 3) スカルン鉱床, 4) 鉱脈鉱床などがある。そのうち銅資源の最大の供給源はポーフィリー鉱床で、次いで塊状硫化物鉱床が重要である。いずれもスレドノゴリエ鉱床生成帯中に賦存し、中世の頃より開発されている。

1) ポーフィリー銅・モリブデン鉱床

ポーフィリー銅・モリブデン鉱床はすべてスレドノゴリエ帯中の中性~酸性の火山-深成活動に関連し、数ヶ所において鉱床生成域をつくっている。これらの鉱床生成域は大規模構造帯とは斜交関係にある。なかでも、パナギュリシュテー-エトロポール鉱

床地域は多くのポーフリー鉱床を生じており(第3図), この国の銅の主要な供給源として開発されてきている。ほかに, ソフィア地域, ヤンボール地域およびヴェリコベッチ地域にポーフリー銅鉱床が認められる(Bogdanov, 1983).

パナギリシュテ-エトロポール(Pana-gyurishte-Etropole) 鉱床地域

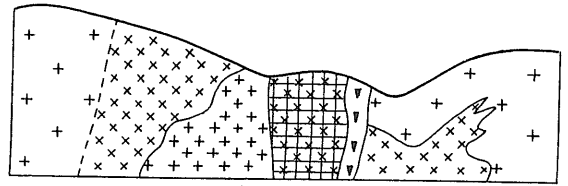
スレドノゴリエ帯の西部に位置し, ポーフリー銅・モリブデン鉱床群のほかに, 銅を主とする塊状硫化物鉱床を胚胎する。それらの鉱床の配列はWNW-ESEであり, マグマの貫入・鉱床の生成に関連した伏在深部断層の存在を強く示唆する。

この地域では後期白亜紀の火成活動はリフト性の地溝帯に沿って生じており, その早期における火山・深成活動は94-90Ma (K/Ar), 後期の貫入岩の固結時期は87-75Maであることが示されている(Bogdanov, 1982)。したがって, この地域では少なくとも, 2つのタイプの鉱化作用が見いだされている。すなわち, 1) 早期の安山岩, デイサイトおよび流紋デイサイトならびに花崗岩・花崗閃緑岩に伴う塊状の黄鉄鉱鉱床, 塊状の銅および銅-多金属鉱床と2) 花崗閃緑岩および石英閃緑ひん岩から成る火山底貫入岩体および岩脈類に関するポーフリー銅鉱床である(第3図)。

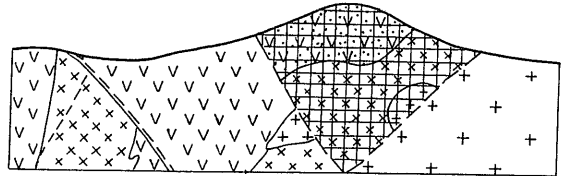
メドト(Medet) ポーフリー銅・モリブデン鉱床:ブルガリアにおける代表的なポーフリー銅・モリブデン鉱床であり, 首都ソフィアの東約20kmに位置する。1965年からの操業であるが, 採掘・選鉱設備などが老朽化したため, 現在, その更新をはかりつつある。

Medet貫入岩体の拡がりは, 地表ではわずかに6km²であるが, その地下では20km²を示す。この岩体は石英モンゾ閃緑岩, 花崗閃緑岩および石英モンゾ閃緑岩から成り, 同岩相の岩脈類により切られる(第4図a)。

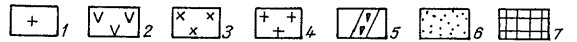
鉱化作用はそのほとんどが石英モンゾ閃緑岩体内に限られる。鉱体はほぼ円柱状を示し, 少なくとも地下450~500mまで追跡されている。鉱体は比較的密度の高い網状脈およびその周辺に生じた鉱染状鉱石によって特徴づけられる。いずれの鉱石も黄鉄鉱, 黄銅鉱を主とし, 少量の輝水鉛鉱, 磁鉄鉱, 赤鉄鉱などを伴う。鉱石中のCu:Mo比は30:1~60:1で, Moはかなり少ないようである。



(a)



(b)



第4図 メドト(a)およびアサレル(b)ポーフリー銅鉱床の地質断面(Bogdanov, 1982)。1:スレドノゴリエ花崗岩, 2:安山岩・同凝灰岩, 3:石英モンゾ閃緑岩(a), 石英閃緑岩・石英閃緑閃緑斑岩(b), 4:花崗閃緑岩(a), 5:花崗閃緑斑岩(a), 6:珪化岩(b), 7:ポーフリー銅-モリブデン鉱化(a)およびポーフリー銅鉱化(b)。

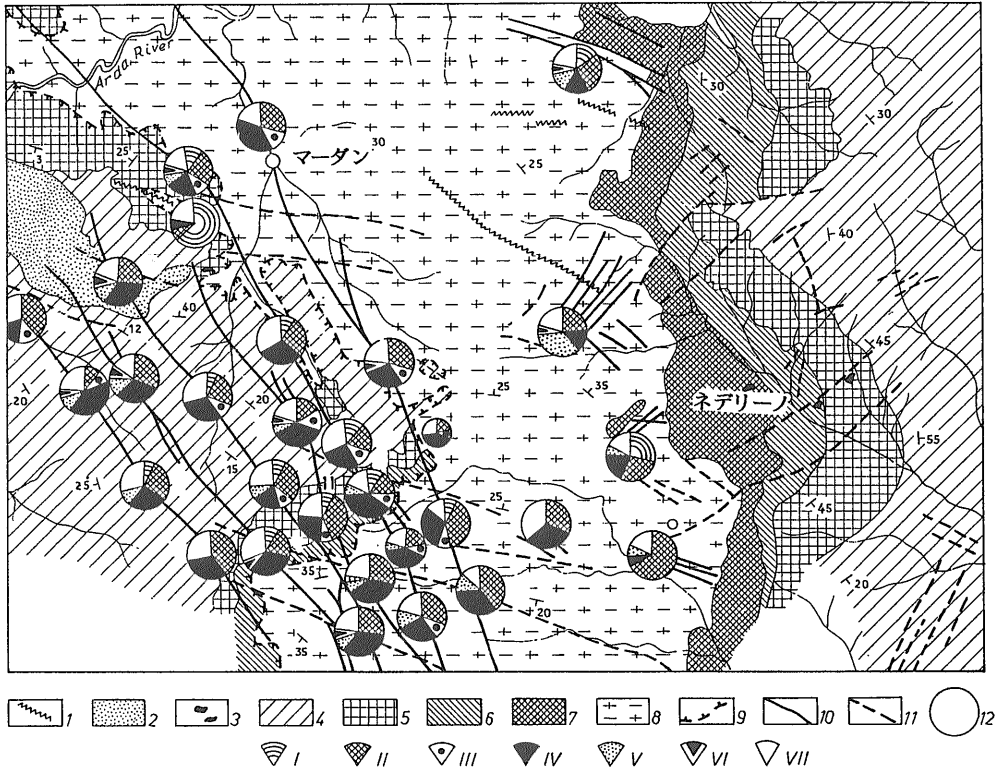
鉱石の平均品位は明らかでないが, かなり以前の資料でも0.35%と推定されており(Jankovic, 1977), また, 同様に石原(1975)も鉱山の露天採掘切羽の銅の粗鉱品位を0.3%よりはやや高い程度ではないかと推測している。

メドト貫入岩体(石英モンゾ閃緑岩)の固結年代は92-90Maであり, 石英閃緑ひん岩類に関連する熱水変質帯中のカリ長石のK/Ar年代が78-75Maを示すことから, この鉱化作用が白亜紀末であることを示唆している。

アサレル(Asarel) ポーフリー銅鉱床:この鉱床はメドト鉱床の南南西約9km付近に位置する。鉱化作用は古生代の花崗岩類と火山-深成岩類との境界付近におけるNW-SE系断層とNE-SW系断層との交叉する弱線に沿って貫入した白亜紀末の石英閃緑岩および石英閃緑斑岩に関連している(第4図b)。

鉱化期においては以下の鉱物組み合わせが観察される;

- (1) 石英-黄鉄鉱-黄銅鉱; 黄銅鉱を主とし, ごく少量の輝水鉛鉱を伴う。
- (2) 石英-閃亜鉛鉱-方鉛鉱; 銅鉱化帯の



第5図 マーダン地域の地質・鉱床と鉱物共生図 (Bogdanov, 1982)。1:流紋岩岩脈, 2:第三紀層, 3:蛇紋岩化かんらん岩, 4:注入片麻岩, 5:黒雲母片麻岩, 6:細粒層状片麻岩, 7:角閃岩・大理石, 8:花崗片麻岩, 9:マーダン衝上断層, 10:鉱化断層, 11:不毛断層, 12:鉛・亜鉛鉱床, I:ヨハンゼン輝石-バラ輝石(スカルン), II:石英-黄鉄鉱, III:石英-方鉛鉱, IV:石英-閃亜鉛鉱-方鉛鉱, V:菱マンガン鉱-石英, VI:石英-硫砒鉄鉱, VII:石英-重晶石-炭酸塩鉱物。

外側を占める。

- (3) 石英脈; 脈幅0.5m以内で, (1) (2) 期の鉱化帯を切る。

2) 塊状硫化物鉱床

エルシツァ (Elshitsa) 銅-黄鉄鉱鉱床

スレドノゴリエ鉱床生成帯, パラギュリシュテ-エトロボール鉱床地域の南端部付近に位置する。この鉱床は白亜紀末の安山岩, デイサイトなどから成る火山岩類の構造に調和して, 両者の境界部付近に形成されている。鉱床は多数のレンズ状, シート状, 塊状, 網状, 鉱染状の小鉱体から成り, いずれも, 走向NE-SW, 傾斜50-80° NWを示す。一般に, 鉱化帯の上部ではレンズ状~塊状の鉱体が多いのに対し, 下部ではシート状, 鉱染状~網状が優勢となる。単一の鉱体の規模は, 延長50~300m, 厚さ2~30mである。塊状の黄鉄鉱と黄鉄鉱-黄銅鉱鉱化は鉱床の中央部において, 硬石

膏-石膏鉱化に重複して生じる。一方, 石英-黄鉄鉱鉱脈群は鉱体の周辺部に生成する。鉱体の周辺部ではセリサイト化が著しく, さらに, その外側では広範囲にわたるプロピライト化が普遍的である。黄鉄鉱-黄銅鉱は塊状黄鉄鉱化に続く火山性の熱水交代作用による。自然金は黄鉄鉱, 黄鉄鉱-黄銅鉱中に生じており, その粗鉱品位は0.1~1g/tAuである。

この鉱床からの鉱石生産(1952-1995年)は2.47百万t(1.03%Cu)で, 同時に1.73百万t(31.5%S)の硫化鉱を産出した。

エルシツァ塊状硫化物鉱床はその地質的産状, 鉱物組み合わせなどから, 黒鉄鉱床に対比され, アルプス造山帯の東延長のトルコ黒海沿岸地域の白亜紀火山岩類中に胚胎するクズルカヤおよびラハノス鉱床にきわめて類似する (Bogdanov, 1982)。

3-3. 鉛・亜鉛鉱床

ブルガリアにおける鉛・亜鉛鉱化作用はモエンア・クレイシュティド構造帯を除く3構造帯/鉱床生成帯において多数認められ、銅鉱の開発とともにこの国における古くからの重要な鉱物資源として開発されてきている。

1) マーダン (Madan) 鉛・亜鉛鉱床地域

ロードープ帯のほぼ中央部の南に位置し、最も古くから鉱業が行われ、14世紀にはこの地域で貨幣鑄造がなされたといわれる。Madanの語源はトルコ語のMaden (鉱物、鉱山) に由来する。この地域には合計30以上の鉱山が知られ (Dokov et al., 1989), 往時の繁栄した鉱業地であることを示している。

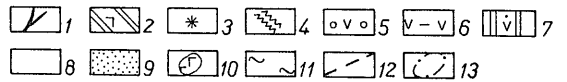
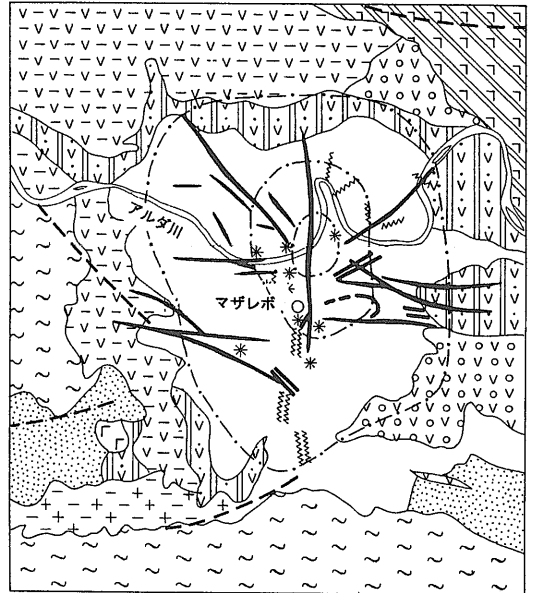
鉱化作用は先カンブリア紀の変成岩類の背斜軸の南西側において著しく、主にNW-SE方向の裂かを充填した鉱脈が発達する。一方、背斜軸の北東側ではNE-SWおよびNW-SE方向の小規模な裂かに沿った鉱脈を形成する。その生成時期は中新世と考えられている (第5図, Bogdanov, 1982)。

鉱化作用は熱水性で、1) 鉱脈型と、2) 交代型とがあり、前者は方鉛鉱-閃亜鉛鉱を主とし、後者ではヨハンゼン鉱-菱マンガン鉱あるいは石英-硫化物が主である。

鉱脈型は一般に急傾斜で、幅は単純脈で1~3m程度であるが、複成脈・網状脈の部分と合わせると局部的には、10mに達する箇所もある。鉱石品位は概して低く、Pb+Znで数%内外、Pb:Zn比は1:1に近い。方鉛鉱-閃亜鉛鉱の沈殿は包有物の研究から熱水溶液の塩濃度はNaCl:5-10Wt%, 鉱床生成時の深度は1,300m付近で、300-310℃で沸騰を生じ、ボナンザを形成したとされている (Bonev, 1984)。したがって、現在の採掘レベル以下では鉛・亜鉛鉱化は衰え、鉱脈の品位が急激に低下していくと考えられる。

主要な鉱石鉱物は方鉛鉱と閃亜鉛鉱であり、つねに少量の黄鉄鉱、黄銅鉱、硫砒鉄鉱、アラバンド鉱、白鉄鉱を伴うほか、自然銀および含銀鉱物、自然金およびエレクトラムも生じている。脈石鉱物としては石英、方解石などのほか、まれに、重晶石も認められる。マンガン鉱物はかなり普遍的に産出する。

スカルンおよび交代型硫化物鉱床は先カンブリ



第6図 マザレボ地域鉛・亜鉛鉱床の産状 (Kolkovskii et al., 1974). 1:鉛・亜鉛鉱脈, 2:上部凝灰岩・堆積岩系, 3:半深成岩, 4:安山岩岩脈, 5:デイサイト・同凝灰岩, 6:安山岩, 7:玄武岩・安山岩, 8:下部凝灰岩・堆積岩系, 9:粗面安山岩・同凝灰岩, 10:蛇紋岩類, 11:変成岩類, 12:断層, 13:カルデラ壁。

ア紀の大理石層と鉱脈との交叉部付近に発達しており、Mn 鉱物、硫化物、スカルン鉱物、石英などから成る。鉱化作用は珪酸塩鉱物 (スカルン鉱物) の晶出について、閃亜鉛鉱・方鉛鉱・黄鉄鉱などの硫化鉱物と炭酸塩鉱物が、最後には硫塩鉱物が沈殿した。

2) ラキおよびダビドコボ (Laki and David-kovo) 鉛・亜鉛鉱床地域

両鉱床地域はともに西ロードープ鉱床生成帯の東端部、マーダン鉱床地域の北および北北西に位置する。

ダビドコボ鉱床群は放射状に発達した裂かを充填した比較的小規模なPb-Zn鉱脈群から成り、これまでに数鉱床以上が開発された (Dokov, et al., 1989)。

ラキ地域の鉱床群はN-S系およびNE-SW系の断層に沿った鉱脈が卓越する。この地域にはヘルシニア期、前期アルプス期および後期アルプス

期のそれぞれに活動した酸性の貫入岩類が認められるが、空間的にも地球化学的にも後期アルプス期の火山底型貫入岩類が鉱化作用をもたらしたと考えられている(Stoyanova *et al.*, 1984)。

3) マザレボ(Madzarevo) 鉛・亜鉛鉱床地域

ロードープ鉱床生成帯の東部に位置するマザレボ鉱床地域には10数本以上の鉱脈が集中する(第6図)。この地域は原生代の変成岩類、すなわち片麻岩、角閃岩、大理石、古生代の輝緑岩、緑色片岩、千枚岩とそれらを古第三紀後期の堆積岩および火山岩類が覆う。塩基性～酸性の火山岩類は小規模な岩株状のモンゾニ岩、アプライトなどの貫入を受ける。

鉱脈はカルデラ状構造を示す火山岩体中に発達し、放射状の分布が特徴的である。主要な鉱脈の走向はN-S, NW-SE, NE-SWおよびE-Wであるが、それらはいずれも急角度の傾斜をもっている。鉱脈の規模は最大で走向延長3km、一般に数100m以上である。鉱脈の主な鉱物組合わせは、1) 石英-硫化物、2) 石英-重晶石-硫化物および3) 石英-方解石-硫化物である。

3-4. 鉄鉱床

先カンブリア紀から第三紀までの各地質時代に、いろいろなタイプの鉄鉱床が生成している。しかしながら、大規模で、十分な稼行品位に達する鉱床に乏しいと考えられる。

1) クレミコフツィ(Kremicovtsi) 針鉄鉱-菱鉄鉱鉱床

スレドノゴリエ鉱床生成帯の西部、ソフィアの北に位置する。現在、露天採掘が行われている唯一の鉄鉱山である。鉱床付近は古生界、中生界とそれらを覆う鮮新統から成る。鉱床はジュラ紀上部に対比されるフリッシュ堆積物に衝上した中部三畳紀のドロマイト質石灰岩中に賦存するレンズ状～塊状の鉱体で、E-W方向の伸びをもち、南へ傾斜する。

鉱化作用は2時期に分けられる；1) 熱水溶液がドロマイト質石灰岩を交代して菱鉄鉱、赤鉄鉱、重晶石を硫化物とともに沈殿した時期および2) 菱鉄鉱などが著しく酸化され、褐鉄鉱が菱鉄鉱鉱体の上部に形成された時期である。

熱水期に生じた初生鉱物はマンガン菱鉄鉱、赤

鉄鉱、重晶石のほか黄鉄鉱、鏡鉄鉱、方鉛鉱、黄銅鉱、閃亜鉛鉱、石英、玉髓、ドロマイト、方解石などであり、褐鉄鉱鉱体中の鉱物には含水褐鉄鉱、含水赤鉄鉱、鱗織石、サイロメレーン、パイロリュースサイト、硫酸鉛鉱、白鉛鉱などである。鉱床の生成は中部三畳紀の炭酸塩岩層が後期白亜紀に上昇してきた低温熱水によって交代されたものと考えられている。

2) マルティノボおよびクルモボ(Martinovo and Krumovo) 鉄-スカルン鉱床

マルティノボ鉱床はバルカン帯の西端部に位置するスカルン鉱床で、ヘルシニア期初期と推定される花崗岩類と石灰質岩との接触部付近に生じた磁鉄鉱を主とする小規模鉱体からなる。

クルモボ鉱床はスレドノゴリエ帯東部の後期白亜紀の花崗岩類と古生代のドロマイト・石灰質岩との接触部に生じた小規模スカルン-磁鉄鉱(-硫化鉄)鉱体である。付近にはドラマ、ドリャノボなど類似の鉱床も形成されている。

3-5. マンガン鉱床

主要なマンガン鉱床の生成タイプとして火山-堆積型があり、採掘の対象となっている。バザレボ鉱床はスレドノゴリエ鉱床生成帯の西部に位置する。鉱体は小規模レンズ状～紡錘状で、上部白亜紀の安山岩質凝灰岩と碎屑堆積岩との境界部付近に胚胎する。

同じ火山-堆積型鉱床で比較的鉱床規模の大きいものはモエシア構造帯の東端部、すなわち黒海沿岸付近のヴァルナ堆積盆中に生成する。鉱床は北から南へ4～5地域が知られ、そのうちヴァルナ帯北部のオプロチシュテ鉱床が採掘の対象となっている。この鉱床はヨーロッパで最大級の埋蔵鉱量を持つとされており(Mining Engineering, 1997)、現在、外資の導入などにより、採掘の合理化・設備の刷新を図りつつあることから、今後の生産拡大が期待される。

鉱体は平均11mの厚さをもち、漸新統の下部に賦存する。鉱石の大半は魚卵状(直径1～4cm)で、含水マンガン珪酸塩、菱マンガン鉱およびマンガン方解石などから成る。その平均品位は15～28% MnOである。

3-6. ウラン鉱床

数多くのウラン鉱床が確認、開発され、すでに、いくつかの鉱床は採掘を終了している。ウラン鉱床のほとんどスレドノゴリエおよびロードープ両鉱床生成帯中に賦存する。なかでも、西ロードープ帯からスレドノゴリエ帯西部にかけて分布する花崗岩類に関連して含ウラン鉱脈鉱床が、また、スレドノゴリエ帯南部から南東部にかけておよび西ロードープ帯南西部のそれぞれの堆積盆中の砂岩層にいわゆるロールフロント型の鉱床のほとんどが形成されている。

鉱床タイプとしては鉱脈型、砂岩型、酸性火山岩型および表成型があるが、資源的に重要な鉱床タイプは鉱脈型と砂岩型である。鉱脈型鉱床は35鉱床のうち11鉱床を占め、いずれも、花崗岩質岩、モンゾニ岩あるいは石英閃長岩に関連して生成し、比較的高品位鉱床から成る。砂岩型鉱床は二疊紀および第三紀漸新世、鮮新世層中に胚胎する。規模の大きい砂岩型鉱床の埋蔵鉱量は20,000tU以内である(経済協力開発機構, 1994)。

3-7. そのほかの金属鉱床

これまでに述べた金属鉱床のほかに、タングステン(灰重石)、モリブデン、クロム鉱床が知られている。しかし、いずれも採掘を終了あるいは中断している。

おわりに

ブルガリアの鉱物資源は早期古生代から第四紀にかけて生成しているが、主要な鉱床は中生代白亜紀および新生代新第三紀中新世に集中する。なかでも、パナギュリシュテ-エトロポール地域はスレドノゴリエ鉱床生成帯中であって、これまでに多くのポーフィリー銅(モリブデン)鉱床が開発されてきた。それ以外にいくつかの銅-多金属鉱床が賦存し、かなりの金・銀を伴うことから、外国企業によって関心がもたれている。一方、それらの鉱化帯中には硫砒鉄鉱がやや多いともいわれているので、鉱床の開発に際しては、砒素をはじめとする重金属の汚染問題には十分な配慮が必要となる。

スレドノゴリエ鉱床生成帯はカルパチア鉱床帯の南東延長であるとともにさらに東のポンチド鉱床帯へと連続する一大鉱床生成域であり、なお多くの

銅(金)資源ポテンシャルをもつと推測され、ヴァルナ帯の堆積性マンガン鉱床とともに、新しい鉱床の発見および開発に期待が寄せられるところである。

参考文献

- Bogdanov B. D. (1982) : Bulgaria, in Mineral Deposits of Europe, V. 2; Southeast Europe ed. by F. W. Dunning *et al.*, Mineralogical Society and Inst. Mining and Metallurgy, pp. 215-232.
- Bogdanov B. D. (1983) : Porphyry-copper deposits of Bulgaria, Intern. Geology Review, v. 25, pp.178-188.
- Bogdanov K., D. Tsonev and K. Kuzmanov (1997) : Mineralogy of gold in the Elshista massive sulphide deposit, Sredna Gora zone, Bulgaria. Miner. Deposita, v. 32, pp.219-229.
- Bonev I. (1984) : Mechanisms of the hydrothermal ore deposition in the Madan lead-zinc deposits, Central Rhodope, Bulgaria. in Proceed. 6th Quadrennial IAGOD Symp., Stuttgart, 1984, pp. 69-73.
- Breskovska V. and M. Tarkian (1993) : Mineralogy and fluid inclusion study of polymetallic veins in the Madjarovo ore field, Eastern Rhodope, Bulgaria. Mineralogy and Petrology, v. 49, pp. 103-118.
- Dokov R., L. Vassileff, M. Staikov, S. Simov, and A. Panayotov (1989) : Metallogenic map of Bulgaria, Scale 1 to 1,000,000 with List of mineral deposits. Committee of Geology, Bulgarian Geological Society, Geological Institute-Bulgarian Academy of Science, Sofia.
- Dragov P. and H. Neykov (1991) : Carbonate petrology of the Ciprovci ore zone. Geologica Balcanica, Sofia, v. 21, no. 1, pp 69-98.
- 石原舜三 (1975) : ブルガリアの旅, 地質ニュース, no.248, 44-57.
- Jankovic S. (1997) : The Carpatho-Balkanides and adjacent area: a sector of the Tethyan Eurasian metallogenic belt. Mineralium Deposita, v. 32, pp. 426-433.
- 経済協力開発機構 (1994) : ウラン, 資源・生産・需要, 1993, 経済協力開発機構原子力機関, 国際連合・国際原子力機関共同報告(動力炉・核燃料開発事業団訳) 330p.
- Mining Engineering (1997) : Bulgaria, Mining annual review, Soc. for Mining, Metallurgy and Exploration Inc. pp. 189-190.
- Mining Journal (1997) : Chelopech ; Bulgarian copper and gold, Bulgarian exploration, London, Dec.5, pp.2-5.
- Mitchell A. H. G. (1996) : Distribution and genesis of some epizonal Zn-Pb and Au provinces in the Carpathian-Balkan region. Trans. Inst. Min. Metall., Sect B: Appl. Earth Sci., pp. 127-138.
- Petrasccheck W. E. (1982) : Introduction, in Mineral deposits of Europe, V. 2: Southeast Europe. ed. by F. W. Dunning, Mineralogical Society, Inst. of Mining and Metallurgy, pp. 1-12.
- Stoynova M., S. Stoynov, I. Bedrinov and M. Tokmakchieva (1984) : Magmatism and ore formation at Laky ore field (Northern Rhodopes). Proceed. 6th Quadrennial IAGOD Symp., Stuttgart, 1984, pp. 457-461.
- Tarkian M. and V. Breskovska (1990) : Arsenic and their genetic significance in the Madjarovo ore field, Eastern Rhodope, Bulgaria. N. Jb. Miner. Mh., v. 28, pp. 433-442.

KAMITANI Masaharu (1998) : Metallic Mineral Resources of Bulgaria.

< 受付: 1998年9月14日 >