

旧ユーゴスラビア諸国の金属鉱物資源Ⅱ —金属資源各論—

鹿園直建¹⁾

“旧ユーゴスラビア諸国の金属資源Ⅰ”で、旧ユーゴスラビア諸国の金属鉱床概論について述べたので、このⅡでは、主要な金属資源である鉛・亜鉛、銅、金・銀、水銀、アンチモン金属資源についてもっと詳しく述べる。Jankovic(1982)は、旧ユーゴスラビア諸国の鉱床生成区を、1.アルプス鉱床生成区、2.ジナル鉱床生成区、3.セルボ-マケドニアン鉱床生成区、4.カルパト-バルカン鉱床生成区に分けた。以下では、これらの生成区における各金属鉱床の特徴をまとめる。

1. 鉛・亜鉛鉱床

1.1 アルプス鉱床生成区

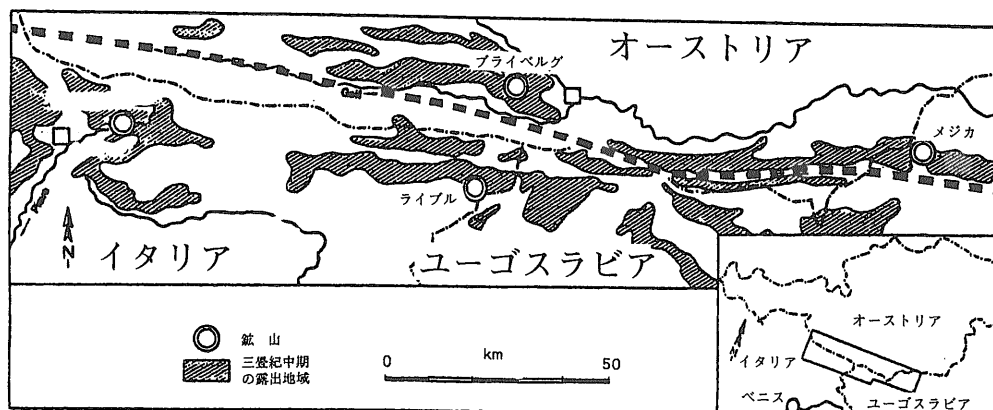
アルプス鉱床生成区には、中期三畳紀の炭酸塩岩中にメジカ(Mezica)鉱床とトプラ(Topla)鉱床がある。これらはアルパイン型鉛・亜鉛鉱床(注1)である。

メジカ(Mezica)鉱山は1665年に開山し、今までに、1,400万トン以上の鉱石が出産された。これは

スロバニアで最も大きな鉱山である。また、三世紀にわたって、ヨーロッパの最も大きな鉛・亜鉛鉱山として知られている。これと同種の鉱床としてオーストリアのブライベルグ(Bleiberg)鉱床、イタリアのライブル(Raibl)鉱床があげられる(第1図)。ブライベルグは、この鉱山の19km北にある。ライブルでは亜鉛が多いが、ブライベルグとメジカでは鉛が多い。メジカはオーストリア国境50kmの所にある。個々の鉱床は、石灰岩中で不規則なパイプ状を呈する。個々の鉱体には、数千トンの鉱石が賦存している。このほかに層状鉱床、脈状鉱床もある。多くの鉱床は、石灰岩と節理の交差する所にある。鉱化作用は、早期から後期の次の三つのステージから成る。

1.ドロマイト、重晶石、2.方鉛鉱、閃亜鉛鉱、ウルツ鉱、黄鉄鉱、白鉄鉱、3.炭酸塩鉱物、重晶石、少量の螢石。

この鉱山は、第一次大戦以前から多くの鉱石を出産し、1913年には7,000トン、1916年にはおよそ13,000トンの鉛を出した。Wulfenite($PbMoO_4$)精



第1図 ペリ-アディアティック(perí-Adiatic)縫合帯と関係した東アルプスの鉛・亜鉛鉱床の位置。

1) 慶應義塾大学理工学部：
〒223-8522 神奈川県横浜市港北区日吉3-14-1

キーワード：旧ユーゴ諸国、金属鉱物資源、金属鉱床、鉛・亜鉛鉱床、銅鉱床、金・銀鉱床、水銀鉱床、アンチモン鉱床

鉱の生産は、最大146トン(1912年)であった。この鉱床はWulfenite (PbMoO_4)の美晶が産することで有名である。このほかの二次鉱物として、アンブレサイト(PbSO_4)、セルーサイト(PbCO_3)、グリーンッカイト(CdS)、ヘミモルファイト($\text{Zn}_4\text{Si}_2\text{O}_7(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$)、ハイドロジンサイト($\text{Zn}_5(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_6$)、スミノナイト(ZnCO_3)がある。一次鉱物は単純で、主に方鉛鉱、閃亜鉛鉱から成る。これに少量の黄鉄鉱、白鉄鉱、稀に硫砒鉄鉱、輝蒼鉛鉱がある。平均品位は、鉛3.5%、亜鉛2%である。

トプラ鉱床はメジカ鉱床の近くにある小規模な層状亜鉛・鉛鉱床で、アニシアンドロマイト中に胚胎される。閃亜鉛鉱が主な鉱石鉱物である。鉱石の品位は、亜鉛7~10%、鉛0.5~1.0%である。

1.2 ジナル鉱床生成区

この鉱床生成区の鉱床には、1.火山性・堆積性塊状鉱床、2.鉱脈鉱床、3.層状鉱床がある。これらの鉱床は、主に中期三畳紀に生成した。そのほかにヘルシニア期の鉱床もある。

ヘルシニア期の鉱床の例として、中部スロバニアの石炭紀の片岩、砂岩中の小規模な鉱脈鉱床、レンズ状鉱床があげられる。

中部ボニアンシスト(Mid-Bonian Schist)山脈にレメルニカ(Lemernica)(鉛、亜鉛、アンチモン、水銀)鉱床がある。これは鉱脈鉱床で、鉱石は、亜鉛1~6%、アンチモン0.5~15.0%、銀500g/t、水銀1%を含む。

中期三畳紀には、1.火山性・堆積性鉱床、2.鉱脈鉱床、3.石灰岩中の低温性鉱床、4.炭酸塩岩中の鉱染状鉱床、5.炭酸塩岩中の層状、角礫状、細脈状鉱床が生成した。

1の火山性・堆積性鉱床には、(a)鉄炭酸塩鉱物を伴う鉛・亜鉛硫化物鉱床、(b)重晶石鉱床がある。

2の鉱脈鉱床は、ケラトファイア、斑岩類に伴われた破碎帯にみられる鉱床で、銅を伴う。

3は、古生代の片岩中の塊状鉱床である。亜鉛、銅を伴うが、鉛は少ない。

4は石灰岩中の細脈状、鉱染状の鉱床である。鉛、亜鉛の量は少ない。ボスニアのこれらの鉱床は、バレス(Vares)地区とボロビア(Borovia)地区に存在する。

5の鉱床は、バレス地区のドロマイト岩、石灰岩中にみられる。鉱石は、黄鉄鉱、方鉛鉱、少量の閃亜鉛鉱、プーランジェ鉱、輝安鉱、黄銅鉱、鶏冠石、辰砂、重晶石、菱マンガン鉱、螢石、有機物より成る。

モンテネグロ(Montenegro)の北東部に重要な鉛・亜鉛鉱床がある。スプルヤ(Suplja)、ステイエナ(Stijena)鉱床地域の鉱山は、1953年に開山し、20年間に200トンの鉱石が稼行された。鉱床は、鉱脈、ストックワークタイプで、北東-南西の走向を持ち、100~200mの幅にわたって1km続く。ケラトファイアが母岩である。鉱脈の近くの母岩は、著しいカリ変質作用を受けている。重要な鉱石鉱物は、黄鉄鉱、閃亜鉛鉱、方鉛鉱、少量の黄銅鉱、ヴァレリー鉱、黄錫鉱、白鉄鉱、四面銅鉱、黄鉄鉱、硫砒鉄鉱、磁硫鉄鉱、磁鉄鉱、赤鉄鉱である。

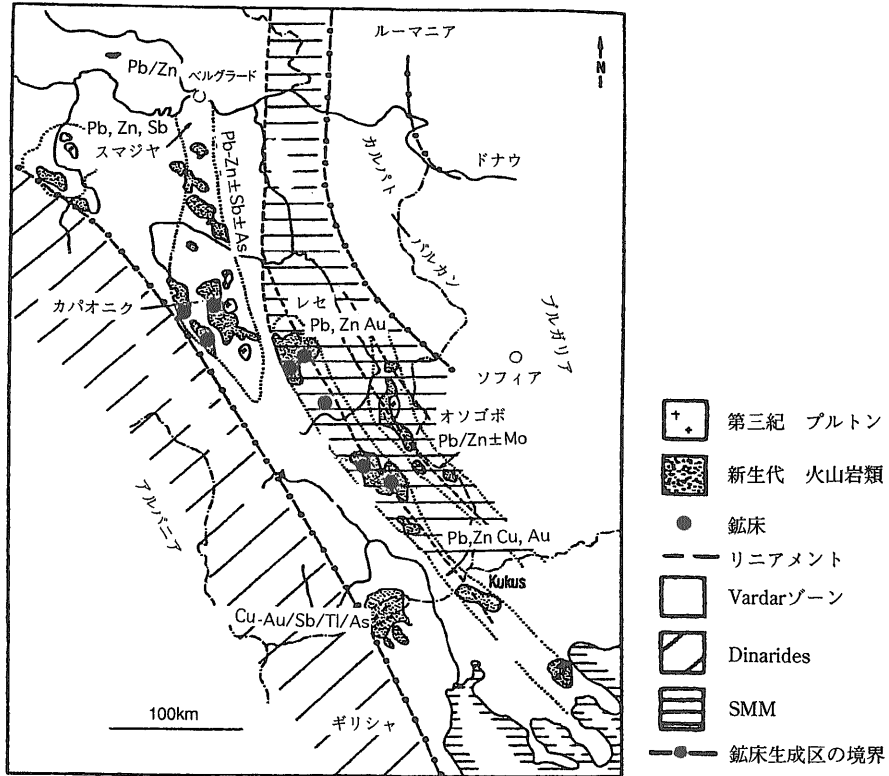
1.3 セルボ-マケドニアン鉱床生成区

この鉱床生成区には、多くの鉛・亜鉛鉱床が存在している(第2図)。これらの多くは、第三紀の花崗閃緑岩質の貫入岩体に伴われるスカルン、メソサーマル鉱床、エピサーマル鉱床である。多くは、地表から500m~1,500mの深度で開発されているが、中には1,500mより深いところで開発されているものもある。これらの鉱床中の鉱石量は多く、400万トン以上の鉛・亜鉛を含んでいる。以下にこの鉱床生成区の重要な鉱床について記述する。

(1) スレブニカ(Srevenica)

この鉱床は、東ボスニアのドリナ地域にある。年間の生産高は、30万トンである。この地域は、主に古生代の岩石(千枚岩、粘板岩)より成る。鉱床は、第三紀の安山岩、デイサイト、デイサイト質凝灰岩、古生代の片岩中の破碎帯中の鉱脈鉱床である。鉱床ゾーンは数kmにわたっている。鉱脈は30以上ある。

閃亜鉛鉱、方鉛鉱(4,000g/tの銀を含む)、黄鉄鉱が重要な鉱石鉱物で、少量の磁硫鉄鉱、硫砒鉄鉱、白鉄鉱、サフロ鉱、プーランジェ鉱、輝安鉱、濃紅銀鉱、硫砒銅鉱、黄銅鉱を伴う。石英、菱鉄鉱、方解石が脈石鉱物である。鉱床の外帯に輝安鉱、少量のベルチェ鉱、砒鉄鉱、白鉄鉱、黄銅鉱、しばしばマンガン鉱を含む石英脈がある。鉱石は平均鉛6%、亜鉛8%を含む。



第2図 セルボ-マケドニアン鉱床生成区の主な鉱床ゾーン(Jankovic, 1990).

(2) ベリキ マイダン (Veliki Majdan)

これは、古生代の石灰岩中または安山岩-デイサイトと石灰岩、古生代の片岩の境界部にみられる小規模な鉛・亜鉛鉱床である。鉱床は、交代鉱床で、パイプ状、不規則な形態を呈する塊状鉱床である。鉱体の断面積は、20～2,000m²である。主な構成鉱物は、スカルン鉱物、磁鉄鉱、閃亜鉛鉱、ヴァレリー鉱、磁硫鉄鉱、黄銅鉱、方鉛鉱、硫砒鉄鉱、四面銅鉱、毛鉱、プーランジェ鉱、輝安銀鉱、濃紅銀鉱、輝安鉱、辰砂、サフロ鉱である。脈石鉱物として、石英、方解石、重晶石、菱鉄鉱である。鉱石は亜鉛8%、鉛4%を含む。

(3) ルドニク (Rudnik)

ルドニク鉱床は、スマジヤ (Sumadija) 地域に位置している。鉱床は、白亜紀下部の堆積岩 (石灰岩、頁岩、砂岩、礫岩) から成るルドニクの白亜紀のベイズン中にある交代鉱床である。

鉱床から300万トンの鉱石が採掘されている。年間の採掘量は、16万トンである。鉱石は鉛3%、亜鉛2.5%を含む。方鉛鉱精鉱は、銀0.33%、ビス

マス0.7%を含む。

スカルン鉱物として、アンドラダイト質ガーネット、ヘデンベルグ輝石、ディオプサイド、エピドート、アクチノ閃石、石英が主なものである。主な鉱石、脈石鉱物は、磁硫鉄鉱、黄銅鉱、キューバ鉱、ヴァレリー鉱、閃亜鉛鉱、黄鉄鉱、クレンネル鉱、ペッツ鉱、自然蒼鉛、車骨鉱、方鉛鉱、白鉛鉱、錫石、灰重石、磁鉄鉱、赤鉄鉱、硫砒鉄鉱、重晶石、石英、方解石である。

(4) レセ (Lece)

700km²の範囲に分布する大きな安山岩-デイサイト火山岩コンプレックス中にいくつかの鉱床がみられる。その中で最も大きいのが、レセ鉛・亜鉛・金鉱床である。鉱床は鉱脈で、走向延長は2kmである。鉱染状鉱床もある。

主な鉱石鉱物は、黄鉄鉱、閃亜鉛鉱、黄銅鉱、硫砒銅鉱、四面銅鉱、赤鉄鉱である。石英、方解石、菱鉄鉱、アメシストが主な脈石鉱物である。鉱脈の鉱石は、鉛2%、亜鉛4%を含有する。鉱染状鉱床は、鉛1.2%、亜鉛3%を含む。

(5) ブラゴダト-オソゴボ (The Blagodat-Osogovo)

地域

ブラゴダト-オソゴボ地域の10~15kmの長さの範囲に重要な鉛・亜鉛鉱床が分布している。

ブラゴダト鉱山は、1975年に開山し、年間35万トンの鉱石を生産する。鉱床は、デイサイト-安山岩、花崗閃緑岩に貫入された結晶質片岩中に胚胎されている。鉱床は、塊状鉱のレンズと鉱染状鉱より成る。

構成鉱物は、スカルン鉱物(ディオプサイド、ヘデンベルグ輝石、磁鉄鉱)と、熱水性鉱物(閃亜鉛鉱、方鉛鉱、黄鉄鉱、少量の磁硫鉄鉱、キューバ鉱、黄銅鉱、四面銅鉱、硫砒鉄鉱、自然金、プーランジェ鉱)より成る。塊状鉱は、鉛3~7%、亜鉛6~13%を含む。

(6) サセトラ (Sase-Tora) ゾーン

ブラゴダト鉱床ゾーンは、南東のオソゴボ山脈まで続いている。この山脈中にサセ鉱床がある。この鉱床は、1966年に開山し、今までに250万トンの鉱石が採掘された。この地域の地質は、ブラゴダト地域に類似しており、デイサイト-安山岩に貫入された古生代の片岩(大理石を含む)より成る。層状の鉱床がこの結晶片岩中にある。鉱体の厚さは、0.2~数mである。スカルン鉱物は、アンドラダイト質ガーネット、バスタム石、ヨハンゼナイト-ディオプサイド、珪灰鉄鉱、アクチノ閃石、磁鉄鉱、赤鉄鉱である。鉱石鉱物、脈石鉱物は、黄鉄鉱、閃亜鉛鉱、方鉛鉱、少量の磁硫鉄鉱、黄銅鉱、鉄-マンガン炭酸塩鉱物、白鉄鉱より成る。鉱石は、鉛6%、亜鉛4%を含む。

(7) ズレトボ (Zletovo)

ズレトボは、最も重要な鉛・亜鉛脈鉱床である。この鉱床は、スティップ(Stip)の30km北に存在する。鉱床は、クラトボ-ズレトボデイサイトストックに関係して生成した。

1929年に開山し、約700万トンの鉱石が採掘された。年間鉱石採掘量は、30万トンである。

デイサイト-イグニンプライトと石英斑岩中の破碎帯に鉱床がみられる。14の鉱脈が見つかっている。個々の鉱脈の走向延長は2~3kmで、1~2mの幅(最大5~6m)である。方鉛鉱が最も多い鉱石鉱物である。このほかに閃亜鉛鉱、黄鉄鉱、少量の菱鉄鉱、四面銅鉱、黄銅鉱、磁硫鉄鉱、白鉄鉱、

磁鉄鉱、ヤコブ鉱、アラバンドイト、ヴァレリー鉱、赤鉄鉱、硫砒鉄鉱、斑銅鉱、硫砒銅鉱、ルソン銅鉱、輝銅鉱、コペリン、淡紅銀鉱、車骨鉱、重晶石、石英、菱鉄鉱(マンガンを含む)。鉱石は、7.5%の鉛、2.5%の亜鉛を含有する。

(8) コパオニク (Kopaonik) 地域

この地域には、旧ユーゴスラビア諸国の鉛・亜鉛鉱床で最大のトレプカ(Trepca)鉱床がある。これは、セルビア南部のコパオニク山脈の南延長部に位置している。母岩は古生代早期の千枚岩、珪岩、再結晶した石灰岩である。第三紀に強い構造運動を受け、褶曲している。第三紀の火山岩は、粗面安山岩溶岩、凝灰岩である。

年間の採掘鉱石量は、約60万トンである。この鉱床は、古生代千枚岩/石灰岩と石灰岩/火山性角礫パイプの境界に沿った石灰岩中に存在している。鉱床の上盤の千枚岩中に鉱脈もみられる。鉱体は、パイプ状で最も大きな鉱床が角礫パイプ中にある。この角礫は、基盤岩と火山岩より成る。これは、深部に行くと、小さなサイズのいくつかの鉱体に分かれる。個々の鉱体の断面積は大きいもので500~7,000m²、小さなもので、50~500m²である。

鉱床はスカルンタイプである。スカルン期に生成した鉱物は、珪灰石、ガーネット、ヘデンベルグ輝石、アクチノ閃石、エピソード、磁鉄鉱、磁硫鉄鉱、黄鉄鉱で、しばしば角礫パイプ中に黄銅鉱、硫砒銅鉱、硫砒鉄鉱がみられる。鉱石は塊状で、銀を含む方鉛鉱、鉄を多く含む閃亜鉛鉱(12%以上の鉄を含む)、磁硫鉄鉱、黄鉄鉱、少量の黄銅鉱、硫砒鉄鉱、輝安鉱、毛鉱、車骨鉱から成る。脈石鉱物には石英、炭酸塩鉱物(方解石、菱マンガン鉱、ドロマイト、菱鉄鉱、アラレ石、アンケライト)、重晶石がある。石膏と少量の藍鉄鉱が毛鉱と共に晶洞中にみられる。鉱石は、鉛5~7%、亜鉛4%を含む。黄鉄鉱と磁硫鉄鉱が最も多く、鉱石の50%以上含まれる。閃亜鉛鉱は、カドミウム1~2%を含む。

(9) ベロブルド (Belo Brdo)

この鉱床は、コパオリク山脈の中央部30km北に位置している。第二次大戦前より採掘が始まり、12%の鉛、亜鉛を含む220万トンの鉱石が生産された。鉱床の垂直的の広がり500mを超える。鉱床

は、白亜紀の石灰岩中のスカルン鉱床である。鉱床は不規則なパイプ状を呈する。テペア (Tepea) 鉱床と似ているが、角礫部はない。スカルン期と熱水期に鉱物が生成した。スカルン期には、ガーネット、珪灰鉄鉱、エビドート、アクチノ閃石、珪灰石、ヘデンベルグ輝石、石英が生成した。熱水期には、閃亜鉛鉱 (FeS 12%~14%を含む)、方鉛鉱、磁硫鉄鉱、黄鉄鉱、黄銅鉱、自然蒼鉛、蒼鉛鉱、ガレノビスマタイト、テルル蒼鉛鉱、自然金、キューバ鉱、赤鉄鉱、四面銅鉱、毛鉱、プーランジェ鉱、少量の輝安鉱が生成した。鉱石は鉛と亜鉛 8%を含む。

(10) ズータプルリナ (Zuta Prlina)

1971年操業が始まり、年間約10万トンの鉱石を生産している。

鉱体は、蛇紋岩中の破碎帯、蛇紋岩/デイスイト-安山岩沿い、または、デイスイト-安山岩中にある。鉱脈状または不規則状を呈する。上部では細脈、鉱染状鉱床へと移行する。鉱体の厚さは、0.5~10mである。構成鉱物は、閃亜鉛鉱、方鉛鉱、黄銅鉱、磁鉄鉱、黄鉄鉱、硫砒鉄鉱、四面銅鉱、輝銀鉱、車骨鉱から成る。少量の自然金、リカルド鉱、淡紅銀鉱、脈石鉱物は、石英と方解石である。

平均鉛 2%、亜鉛 5%を含有する鉱石を産する。

(11) コポリク (Koporic)

鉱床は、下盤の蛇紋岩と上盤の白亜紀上部のフリッシュ相の境界部の石英-炭酸塩岩層中にみられる。鉱床は、最大1.0mの厚さのレンズ、細脈、不規則な層(厚さ1.0~35.0m)状を呈する。ストックワーク鉱染状タイプが最も多い。鉱石は、平均亜鉛 1%、鉛 2%と低品位である。

(12) スルナク (Crnac)

1966年から操業し、年間の鉱石生産量は10万トンである。

角閃岩中の鉱脈鉱床である。脈幅は5m、垂直延長は500m以上である。

主な鉱石鉱物は、方鉛鉱、閃亜鉛鉱、黄鉄鉱、硫砒鉄鉱で、少量の黄銅鉱、四面銅鉱を伴う。鉱石品位は、鉛 7%、亜鉛 2%である。

(13) アバリヤーバドバク-キスニカ (Ajvalija - Badovac - Kisnica) 地域

この地域にアバリヤーバドバク-キスニカ鉱床がある。年間60万トンの鉱石が採掘されているが、

品位は低い。1952年以来、約650万トンの鉱石がこの地域から採掘された。

アバリヤー (Ajvalija) 鉱床は、石英-雲母片岩中の石灰岩中の交代鉱床で、一部ストックワーク鉱染タイプである。レンズ状鉱体は、数mの厚さで、垂直延長50~200mである。鉱石品位は、亜鉛 6~7%、鉛 4~5%、銀 70~100g/tである。

バドバク (Badovac) 鉱床は、鉱脈状、レンズ状であり、蛇紋岩中、蛇紋岩/片岩の境界部沿い、または、蛇紋岩/デイスイト-安山岩境界に賦存している。

キスニカ (Kisnica) 鉱床は、破碎帯や蛇紋岩中の熱水変質帯、または蛇紋岩/白亜紀フリッシュ境界沿いに主にみられるが、一部はストックワークタイプとして、フリッシュ層中にみられる。

鉱床地域は、250mの幅で、1.3kmの長さで渡っている。個々の塊状レンズは、最長100m、最大20kmの幅を持つ。ストックワークタイプの鉱床は3,000m²の範囲で稼業された。レンズ状鉱体は平均鉛 5%、亜鉛 1.5%、ストックワークタイプは鉛 2.4%、亜鉛 1.2%を含有する。

構成鉱石鉱物は、方鉛鉱、閃亜鉛鉱、黄銅鉱、少量の磁硫鉄鉱、磁鉄鉱、黄銅鉱、キューバ鉱、ヴァレリー鉱、黄錫鉱、硫砒鉄鉱、四面銅鉱、カラベラス鉱、クレンネル鉱、自然金、車骨鉱、砒鉄鉱、輝安鉱、コベリン、白鉄鉱である。脈石鉱物は、菱鉄鉱、石英、マンガン菱鉄鉱、菱マンガン鉱、マンガン方解石、重晶石、カルセドニーである。

この鉱床の閃亜鉛鉱、方鉛鉱中にあるカドミウムとマンガン含量がDangic (1985)により測られ、これらの分配から438℃~486℃という生成温度が推定されている。この推定温度は、流体包有物の充填温度とほぼ一致している。

(14) ノボブルド (Novo Brdo)

この地域は南部セルビアにあり、地質は比較的単純で、大きな石灰岩体が千枚岩と石英-絹雲母片岩に覆われている。これらは古生代の岩石で、これが第三紀の安山岩に貫入され、この時に鉱床が生成した。そして石灰岩と片岩が褶曲し、背斜、向斜構造をつくった。この軸部の走向は北西-南東で、これはジナルの方向である。

ノボブルド鉱床地域には多くの鉱床があるが、稼働中の鉱山はノボブルドとファルバニボトク (Far-

bani Potok)である。今までに、これらの鉱山から平均品位9.5～13.3% (鉛+亜鉛) 100万トンの鉱石が採掘された。

両鉱床とも石灰岩中の交代性鉱床である。

ファルバニポトク(Farbani Potok)では、鉱床を胚胎する石灰岩は千枚岩と互層する。レンズ状鉱床は走向延長300～400mである。

主なスカルン鉱物はガーネットである。主な鉱石鉱物は、閃亜鉛鉱、方鉛鉱、磁硫鉄鉱、黄銅鉱、少量の硫砒鉄鉱、黄銅鉱、白鉄鉱である。脈石鉱物は菱鉄鉱、ハロイサイトである。

ノボルドは、片岩/石灰岩、デイサイト/石灰岩境界部沿いの石灰岩中に見られる。鉱石は鉛1～5%、亜鉛1～8%、銀100g/tを含有する。

マンガン・鉄炭酸塩の大きな鉱体があり、これが二次富化作用を受け、マンガン鉱が濃集している。主なマンガン鉱石鉱物は、軟マンガン鉱、鉛・亜鉛炭酸塩である。鉱石はマンガン20.2%、鉄13%、鉛1.1%、亜鉛3.07%、銀4g/t、シリカ19%を含有する。

1.4 カルパト-バルカン鉱床生成区(東セルビア)

東セルビアには、非常に多くの小さな鉛・亜鉛鉱床がある。これらは、ヘルシニア花崗岩に関連した鉱脈鉱床、レンズ状鉱床で、花崗岩体の外側の古生代の片岩中に存在する。主な鉱石鉱物は、方鉛鉱、閃亜鉛鉱、黄鉄鉱で、しばしば硫砒鉄鉱、硫塩鉱物を随伴する。脈石鉱物は石英で、少量の重晶石、螢石を伴う。

アルプス鉱床生成期には、スカルン鉱床、石灰岩中の交代性鉱床が生成した。

レスコビカ(Rescovica)鉱床では、スカルン鉱物以外に閃亜鉛鉱、少量の方鉛鉱、黄銅鉱、磁鉄鉱、部分的にピスマス鉱物(コサライトほか)、輝蒼鉛鉱、灰重石が見られる。

デイサイト-安山岩境界部の石灰岩中に小さなレンズ状及び塊状鉱床がある。構成鉱物は、方鉛鉱、閃亜鉛鉱、黄鉄鉱、少量の四面銅鉱、黄銅鉱、硫砒鉄鉱、自然銀、輝銀鉱、濃紅銀鉱、ポリバス鉱、車骨鉱、プーランジェ鉱、毛鉱、ベルチェ鉱、自然金である。塊状鉱は、最大鉛15%、亜鉛20%、銀400～600g/t、金100g/tを含む。

2. 銅

旧ユーゴスラビア諸国からの銅の産出は、鉛、亜鉛に比べて多くはない。鉛・亜鉛鉱床(スカルン鉱床、鉱脈鉱床)に伴われた銅があるが、この量は少ない。ポーフィリー-銅鉱床、砂岩型層状鉱床がいくつかあるので、これらについて以下で紹介する。銅鉱床として、このほかにマグマ性銅・ニッケル鉱床があるが、これらについてはここでは省く。

ここでもJankovic(1982)にならって、各鉱床生成区における銅鉱床について述べる。ただし、銅を伴う鉛・亜鉛鉱床については述べない。

2.1 アルプス鉱床生成区

ここには銅鉱床は存在しない。

2.2 ジナル鉱床生成区

ジナル地域に、二疊紀の砂岩中の層状銅鉱床がある。しかし量的には少ない。上部二疊紀の石灰岩とドロマイトに覆われた二疊紀の砂岩中に鉱床が存在する。個々のレンズ状鉱床は数100mの長さ、0.4～4mの厚さを持つ。構成鉱物は斑銅鉱、黄銅鉱、輝銅鉱、少量の菱鉄鉱である。

ジナル内地とヘレナイズにジュラ紀の輝緑岩-チャート相が多く広がっている。ここに、多くの小さな銅鉱床がある。これらは火山性鉱床で、塩基性火山活動と関連している。構成鉱物は単純で、黄銅鉱と黄鉄鉱が主な鉱物である。磁鉄鉱、磁硫鉄鉱、閃亜鉛鉱、ペントランド鉱が随伴鉱物である。

鉱石は鉱染鉱と塊状鉱に分けることが出来る。2～3kmの長さ、10～100mの幅にわたった角礫帯に鉱染鉱がある。鉱石鉱物は主として黄銅鉱である。低品位鉱で、0.02～0.5%の銅を含む。ただし、部分的には1～15%の銅品位となる。塊状鉱は高品位で、平均品位2～4%、部分的に銅品位8～10%である。これはレンズ状、不規則状の小さな鉱体である。

(1) ライコバカ(Lajkovaca) 鉱床

この鉱床地域は西セルビアに属する。熱水変質作用を受けた輝緑岩中の鉱染状銅鉱床で、1,200mの長さ、20～150mの幅を持つ。

鉱染状鉱の品位は最大0.5%と低い。レンズ状、鉱脈部の品位は6～8%と高い所もあり、平均品位

は1~2%である。黄鉄鉱の品位は高い。金の品位は普通1g/t以下である。

(2) サブカ(Savka) 鉱床

この鉱床は、ボスニアのドボイ(Doboj)の20km西に位置する。マグマ性銅・ニッケル鉱化作用と熱水性銅鉱化作用が認められる。銅・ニッケル鉱化作用は、ペリドタイトと角閃岩の接触部に沿って貫入した輝緑岩脈中にある。鉱染鉱と塊状鉱に分けられる。塊状鉱は、輝緑岩貫入岩体の方向に平行に配列している。磁鉄鉱が95%を占め、そのほか、キューバ鉱、黄鉄鉱、イルメナイト-赤鉄鉱連晶が随伴する。鉱石は、銅0.6%、ニッケル0.3%、コバルト0.03%を含む。

熱水性銅鉱化作用の主な鉱石鉱物は、黄銅鉱、黄鉄鉱で、少量の閃亜鉛鉱が認められる。

2.3 セルボ-マケドニアン鉱床生成区

ヘルシニア鉱床生成期には銅の鉱化作用は認められない。アルプス早期鉱床生成期に銅鉱床が生成している。

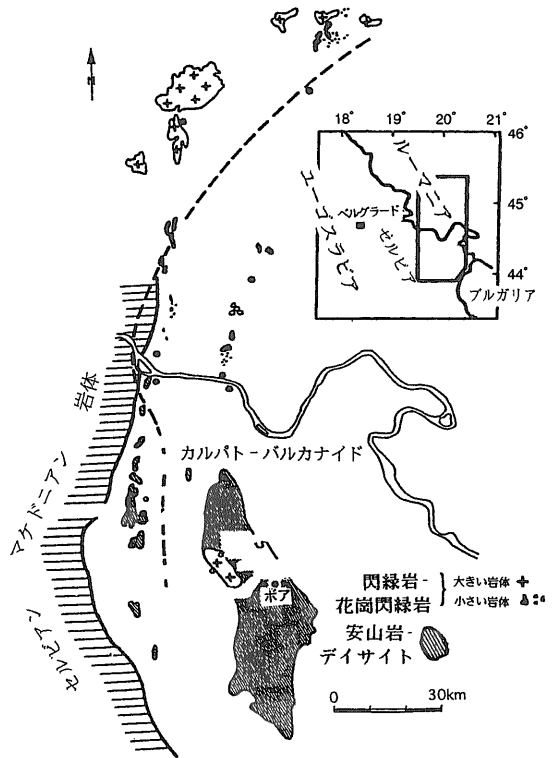
この生成区にブシム(Bucim)、ボロバ(Borova)、グラバ(Glava)から、ギリシャまでの250kmにわたって、ポーフィリー-銅-鉄鉱床が分布している。これは、第三紀の流紋岩-安山岩-デイサイト火山活動、または花崗閃緑岩の貫入に関係して生成した。

ブシム鉱床

東マケドニアにブシム鉱床がある。年間生産量は銅2万トン以上である。この地域は、安山岩ストックに貫入されたセルボ-マケドニアンマッシューフ(片麻岩)中にある。

鉱化作用は、貫入安山岩体の外側及び上部の破碎帯、まわりの片麻岩に見られる。母岩は強い珪化、セリサイト化、カリ長石化、弱い緑泥石化、カオリナイト化を受けている。地表の鉱化帯は、2km×1.5kmの広がりを持つ。二次富化帯は認められない。

黄銅鉱が最も多く、少量の黄鉄鉱がある。随伴鉱物は、輝蒼鉛鉱である。このほかに赤鉄鉱、磁硫鉄鉱、自然金、方鉛鉱、閃亜鉛鉱、キューバ鉱、ヴァレリー鉱、自然蒼鉱が微量存在する。二次鉱石の品位は、銅0.3~0.7%である。

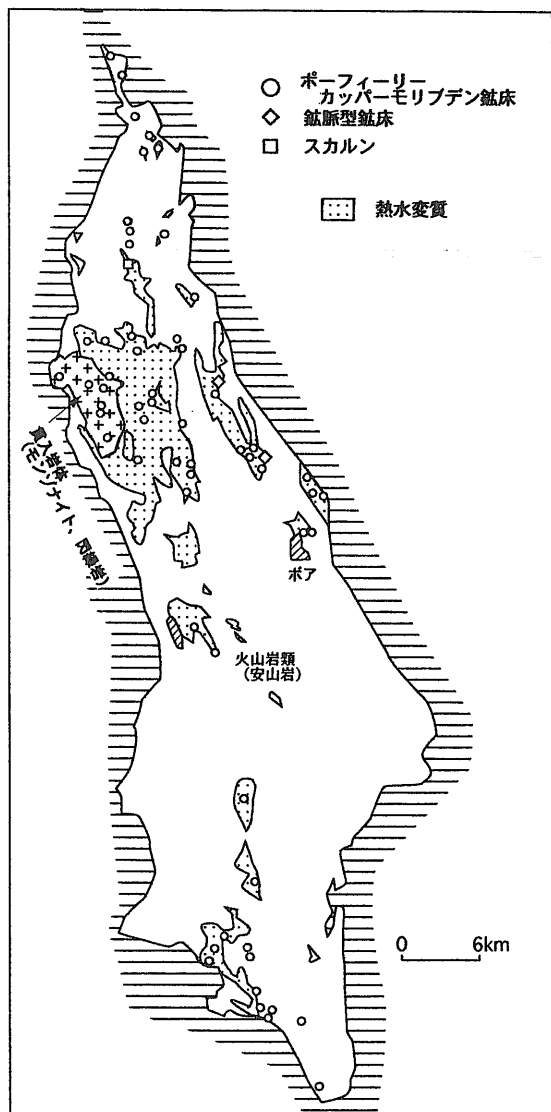


第3図 白亜紀後期-古第三紀の火成岩、鉱床とカルパチアン。

2.4 カルパト-バルカン鉱床生成区(東セルビア)

この鉱床区は、ブルガリア、ルーマニアの国境近くの東セルビアにある(第3図)。早期アルパイン鉱床生成期(アルピアン-白亜紀後期)に生成したポーフィリー-銅-鉄鉱床がある。これは、ボアマグマコンプレックスに伴われる。このマグマコンプレックスの90%は、火山性碎屑物である。二つの重要な火山活動がある。すなわち、(a)前期活動、これは、普通輝石-ホルンブレンド安山岩質碎屑物(角礫岩、凝灰岩)、(b)安山岩-玄武岩質(ホルンブレンド安山岩、局部的にデイサイト、粗面安山岩)貫入岩体は、閃緑岩、ガプロ、花崗閃緑岩、石英モンゾナイト、石英閃緑岩である。岩脈は、ほとんど石英閃緑斑岩である。これらの⁸⁷Sr/⁸⁶Srは、モンゾナイト:0.710、閃緑岩:0.714、石英閃緑岩:0.712である。このことは、上部マントル物質と古い大陸地殻の同化作用によってこれらの岩石が出来たことを意味している。

カリウム-アルゴン年代は、1億年~6千万年である。このボアマグマコンプレックスには、ポーフィ



第4図 ポア地域の主な銅鉱床とタイプ。

リーカッパー鉱床、塊状交代性銅鉱床、銅鉱脈鉱床が伴われる。第4図にこれらの鉱床の分布を示した。

(1) ポーフイリーカッパー鉱床

ポーフイリーカッパー鉱床は、安山岩質東セルビアバソリスにある。硫化物の硫黄同位体組成($\delta^{34}\text{S}$)は0%に近く、このことは、銅が上部マントルに由来することを意味しているのだろう。

マユダンペルク(Majdanpelc)鉱床:この鉱床地域は、アルゴンキアン(Algonkian)変成岩(雲母片岩、千枚岩、片麻岩、大理石)、中生代の礫岩、砂

岩、石灰岩、フリッシュ(これらは火成岩コンプレックスに貫入されている)から構成されている。セノニアン(Senonian)火成岩は、安山岩、凝灰岩、デイサイトで、深成岩貫入岩体は、閃緑岩、石英閃緑岩である。

ポーフイリーカッパー鉱床は、安山岩、閃緑岩、片麻岩中の狭い幅(0.3~0.6km)の破碎帯中にある。黄銅鉱が主な鉱石鉱物で、斑銅鉱、四面銅鉱、輝蒼鉛鉱が伴われる。熱水変質はカリ変質で特徴づけられる。珪化、黒雲母化、セリサイト化変質作用が見られる。鉱化作用は1,000mの深さにわたって見られる。一年間の生産鉱石量は36,000トンである。

ベリキクリベリ(Veliki Krivelj)鉱床:この鉱床は、ボアから7km離れた所に位置している。熱水変質帯は、中心から外側に向かって黒雲母帯、セリサイト帯、粘土化帯、珪化帯となっている。

黒雲母帯で銅とモリブデンの品位が共に高い。石膏と硬石膏が広い範囲に見られる。主な鉱石鉱物は黄銅鉱、輝蒼鉛鉱、黄鉄鉱で、部分的に磁鉄鉱、赤鉄鉱、灰重石、螢石が見られる。垂直延長は、1,000m以上である。平均銅品位は0.4%である。

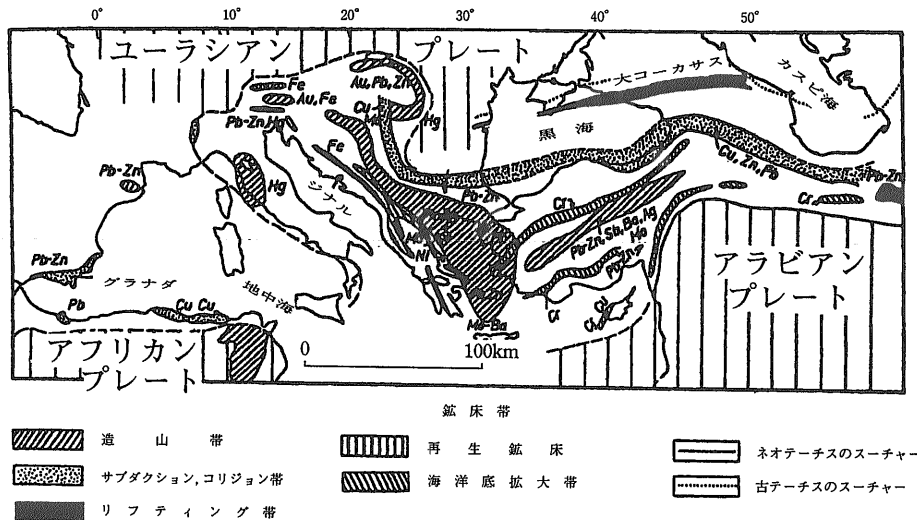
(2) 交代性塊状銅鉱床

ボアマグマコンプレックスにこの種の鉱床(ボア鉱床、リパ(Lipa)鉱床)が見られる。

ボア鉱床:ボア鉱山は1903年に操業が始まり、200万トンの銅が生産された。年間の鉱石採掘量は200万トンである。年間黄鉄鉱の採掘量は40万~50万トンである。

いくつかの大きな鉱体が熱水変質を受けた安山岩中に胚胎されている。強粘土化変質が、主な熱水変質である。鉱石は部分的に塊状だが、一部は鉱染状-ストックワークである。鉱石は銅1~2%、最大金4g/t、最大銀10g/tを含有する。このほかにゲルマニウム、セレン、ニッケル、白金が含まれる。鉱石鉱物は、黄鉄鉱(鉱石中の50%以上)、斑銅鉱、硫砒銅鉱、黄銅鉱、輝銅鉱、コベリン、ルソン銅鉱、少量の閃亜鉛鉱、方鉛鉱、四面銅鉱である。この下部にポーフイリーカッパー鉱床が存在している。

このボア地域の銅鉱床についてはJankovic(1990)による詳しい報告があるので、以下で、紹



第5図 テーチス・ユーラシア鉱床ベルト：中央部と東部セグメント、中央部と西部セグメント (Jankovic and Petraschenk, 1987).

介する。

ここは、テーチス・ヨーロッパ鉱床生成区の一部である(第5図)。ここでは、80kmの長さ、20kmの幅にわたって多くの銅鉱床が存在している。この地域の銅埋蔵量は、15,000万トンと多大である。

これらの鉱床は、カルクアルカリ岩系火成活動と関連し生成した。火成活動は、ツロミアン(Turomian)に始まり、第三紀まで(9千万年～6千万年前)続いた。火山岩類は、主に安山岩とその火砕岩である。少量のデイサイトを伴う。これらの火山岩類は、頁岩、凝灰岩に貫入している。一部浅海性堆積層も認められる。

半深成岩類は、閃長岩、モンゾナイト、花崗閃緑岩、石英閃緑岩、閃緑岩、ガプロから成る。モンゾナイトが最も多い。

この地域の重要な銅鉱床は、以下のタイプである。

- a. 火山性塊状鉱床, b. ポーフイリー・銅床,
- c. 礫岩型鉱床

< a. 火山性塊状鉱床 >

これは、火山性銅硫化(黄鉄鉱)鉱床と火山性塊状多金属鉱床に分けられる。

< a.1 火山性銅硫化鉱床 >

この種の鉱床の母岩は安山岩である。この鉱床(ボア鉱床)は、5kmの長さ、1kmの幅に見られる。

地表から800mの深部まで存在し、ポーフイリー・銅床へ移化する。

鉱床は、地域的に北西部と中央部に分けられる。最も重要なのは中央部の鉱体である。鉱体は主としてパイプで、鉱化作用は破碎帯と火山角礫岩に見られる。この鉱化作用は、火山の中心で起こったのであろう。主な変質は、珩化と強粘土化変質であり、中央部鉱床の上部に見られる。カオリン化もしばしば見られる。

鉱化作用は、塊状、ストックワーク状、鉱染状、鉱脈状として見られる。

塊状鉱は高品位で、黄鉄鉱(60～70%)と銅鉱物(輝銅鉱、コペリン、硫砒銅鉱)より成り、銅含有量は3～6%である。この塊状鉱は、深部及び周縁部でストックワークタイプへ移化する。中央下部では、鉱染状タイプが最も普遍的である。ノボボルド(Novo Brdo)、レゼ(Leze)鉛・亜鉛鉱床中に金が多く含まれている。銀は鉛・亜鉛鉱床中に含まれていることがある。トレペア(Trepea)の鉱石からは、1930～1950年代に100万トン以上の銀が生産された。

ジナル地域のモンテネグロ北東部のブルスコボ(Brskovo)鉱床(鉛・亜鉛鉱脈)には、多くの銀が含まれている。

鉱石鉱物として黄鉄鉱が最も多く、このほかに白鉄鉱、コペリン、硫砒銅鉱、輝銅鉱、斑銅鉱、黄銅

鉱、四面銅鉱、硫バナジン銅鉱、ゲルマニウム—硫バナジン銅鉱、タングステン—ゲルマニウム—硫バナジン銅鉱、砒素—硫バナジン銅鉱、タングステン—ゲルマン鉱、自然金がある。方鉛鉱と閃亜鉛鉱は少量で局部的に産する。赤鉄鉱が上部で見られる。主な脈石鉱物は石英で、重晶石が少量ある。硬石膏、自然硫黄は広い範囲に分布する。

<a.2 火山性塊状多金属鉱床>

この種の鉱床は、白亜紀上部の安山岩—デイサイト中に見られる。鉱床の上盤は、赤鉄鉱の鉱染の見られる火山岩、堆積岩類で、下盤は、変質作用を受けた安山岩である。黄鉄鉱化、粘土化、緑泥石化、珪化作用が見られる。強粘土化変質(明バン石、ダイアスポア、セリサイト)が、鉱化作用に関係していると考えられている。

鉱石鉱物は、黄鉄鉱、少量の磁硫鉄鉱、白鉄鉱、硫砒銅鉱、ルソン銅鉱、黄銅鉱、斑銅鉱、閃亜鉛鉱、方鉛鉱、銅—アンチモン硫酸塩である。自然金も多い。黄錫鉱、錫石、黄鉄ニッケル鉱も少量認められる。主な脈石鉱物は石英で、少量の重晶石、硬石膏、菱鉄鉱、カルサイト、稀に螢石を伴う。黄鉄鉱—銅鉱物、黄鉄鉱—閃亜鉛鉱—方鉛鉱—黄銅鉱—重晶石の組み合わせが帯状分布をなしている。

鉱石は、塊状鉱、ストックワーク鉱、鉱染状鉱に分けられる。塊状鉱の品位は、銅 1~3%、亜鉛 5~8%、鉛 1%である。金の品位は 5~10g/t で、20g/t を超えることもある。

<b. ポーフイリーカップ—鉱床>

ボア地区では2つの鉱床が稼業されており6つの鉱床が探鉱中である。

この地域の鉱床の特徴は、以下のようにまとめることが出来る。

1) マグマの貫入の深さと初生マグマ

カルクアルカリマグマのキューポラ帯の上の火山底性貫入岩体に鉱化作用が見られる。銅量は数100万トンと多量なので、深部のマグマ貫入岩体から銅が供給されたのであろう。

2) 形とサイズ

色々な形とサイズを持つ。例えば、マユダンペクでは、断層帯に沿って分布している。垂直的には数100mから1,500mの距離にわたって鉱化作用が

認められる。

3) 変質—鉱化作用

カリ変質が全ての鉱床で見られる。これをセリサイト変質が取り囲み、その外側をプロピライト変質が取り囲む。局部的にスカレンが見られる。珪化作用もよく見られる。鉱床の上部で、強粘土化と珪化変質が発達している。

4) 塊状鉱床との関係

塊状鉱床の下部にポーフイリーカップ—鉱床が存在している。例えば、ボルスカレカ(Borska Reka)下部では、ポーフイリーカップ—鉱床が安山岩中にあり、石英閃緑斑岩により切られている。このポーフイリーカップ—鉱床は、チロアロシュ(Tilola Rosh)鉱体の350~400m下部に存在している。

ボルスカレカ鉱床、ボルスキポトク(Borski Potok)鉱床の最上部に小さなパッチ状の塊状硫化物鉱体がある。

5) 鉱物組み合わせ

黄鉄鉱と黄銅鉱が最も多い。黄鉄鉱が中心に多く、外側に黄銅鉱が多い。輝蒼鉛鉱は少量である。レニウムを多く含むことがある。斑銅鉱、硫砒銅鉱、磁硫鉄鉱がしばしば見られる。磁鉄鉱の含有量は1~3%である。

世界のほかのポーフイリーカップ—鉱床に比べると、比較的低位品位(銅 0.4%以下)である。金品位は低い。鉱石中のモリブデン含量は、150ppm以下である。少量のカルサイト、重晶石が伴われる。

<c. 礫岩型銅鉱床>

ノボオクノ(Novo Okno)鉱床は、1978年に発見され、1983年に操業が開始された。これは、小さな堆積盆に集積した鉱石のフラグメントから成る鉱床である。

鉱石は、火山爆発によりノボオクノ近くにたまって出来たと考えられている。長さ300m、幅200mの低地部にたまった。鉱体は、鉱石のフラグメント、クラスト、黄鉄鉱と黄銅鉱の鉱染を受けた安山岩のフラグメントから成り、ペライトと安山岩に覆われている。

二つの鉱石タイプが認められる。これらは、(1)黄鉄鉱—硫砒銅鉱—コベリン—輝銅鉱から成る鉱石クラスト及び(2)斑銅鉱—黄銅鉱—黄鉄鉱を含む鉱石クラストである。

(1)の鉱石帯が(2)の鉱石帯の下部にある。

この鉱床は、セノニアン前期の火山性塊状鉱床である。

3. 金・銀鉱床

旧ユーゴスラビア諸国には大きな金鉱床はないが、鉱脈鉱床、スカルン鉱床、ポーフィリー銅・鉛・亜鉛鉱床に金が伴われることがある。

金を伴う鉱床の例として、ジナル地域のボスニア中部シスト山脈の石英粗面岩に関連した鉱脈鉱床(金以外に銅、バリウム、水銀、アンチモン、砒素、鉛、亜鉛)鉱床、セルボ・マケドニアン鉱床区のレセ鉛・亜鉛鉱床(鉱脈、鉱染タイプ)、ノボボルド(石灰岩中の交代鉱床で鉛・亜鉛を主に産す)、カルパト・バルカン鉱床区のアルプス鉱床生成期の石英・金鉱床があげられる。カルパト・バルカン鉱床区の鉱床の例として、ネレシカ(Nereshica)鉱床があげられる。ネレシカ花崗岩の端に多くの石英-金鉱脈鉱床と漂砂鉱床がある。鉱脈鉱床は緑泥石片岩中にあり、0.2~5.0mの幅を持つ。構成鉱物は、自然金、黄鉄鉱、灰重石、閃亜鉛鉱、方鉛鉱、濃紅銀鉱である。金品位は、3~40g/tである。

ノボボルド、レセ鉛・亜鉛鉱床中に金が多く含まれている。銀は、鉛・亜鉛鉱床中に含まれることがある。トレベアからは、1930~1950年間に100万トン以上の銀の鉱石が生産された。ジナル地域のモンテネグロ北東部のブルスコボ鉱床(鉛・亜鉛鉱脈)には多くの銀が含まれている。

4. 水銀

旧ユーゴスラビア諸国からは、多くの水銀が産している。しかし、一般的には経済的価値はない。

辰砂が主な鉱石鉱物で、アンチモンと砒素の鉱石を伴う。特にボスニア地方でこのような傾向が見られる。ボスニア地方の四面銅鉛鉱床では、大量の水銀が伴われている。

スロベニアでは、リトライの鉛鉱石から水銀が副産物として回収された。

セルボ・マケドニアン鉱床生成区のスマジャ(Sumadija)地区にいくつかの水銀鉱床がある。その例として、スプルヤステナ(Suplja Stena)鉱床が

あげられる。この小さな鉱床は、ベオグラードの15km南にある。熱水変質を受けた蛇紋岩中に鉱染状、ストックワークとして見られる。各々の鉱体、レンズ、脈の幅は1.0m未満で、10~20mの長さである。鉱石鉱物は辰砂で、このほかに黄鉄鉱、白鉄鉱、閃亜鉛鉱、黄銅鉱が伴われる。石英が主な脈石鉱物である。鉱石は0.2~1.0%の水銀を含む。この鉱床は、アルパインタイプの鉛・亜鉛鉱床である。

ベオグラード近くのアバラ(Avala)山の辰砂鉱床は、第三紀の火成活動に伴われる。

かつて、オーストラリアであったクルアイン(Kluain)には、イドリヤ水銀鉱床がある。これは、ヨーロッパではスペインのアルマーデンに次ぐ大きな水銀鉱床である。この鉱床は大変古く、1990年に開山から500年目を迎えた。

この鉱床は、非常に複雑なアルプステクニックで特徴づけられる地方にあり、ジナル鉱床区に属している。生成時期はおそらく三畳紀であろう。この種の鉱床が数100kmにわたって分布するが、イドリヤ(Idria)はこの中で最も大きな鉱床である。

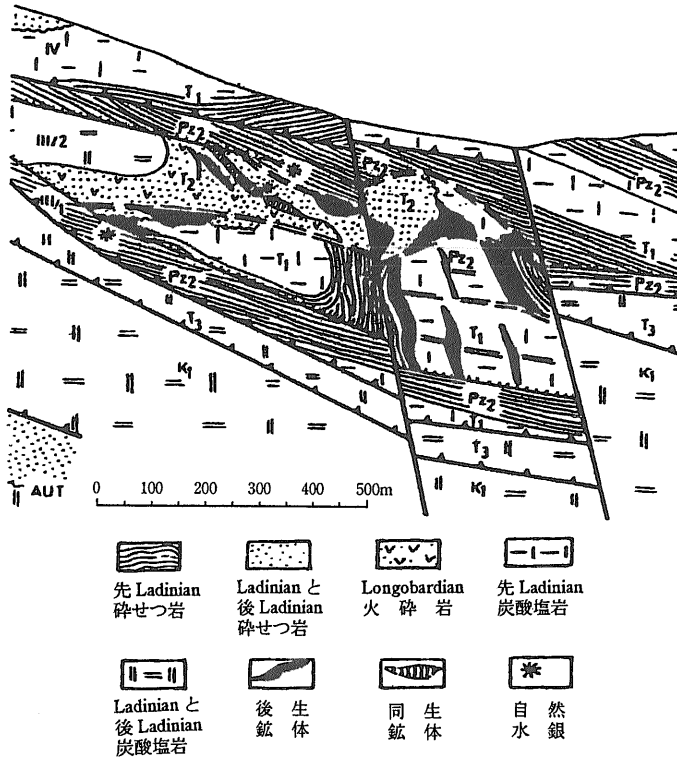
イドリヤ地域の地質は、非常に複雑で、古生代(片岩、砂岩)、三畳紀(頁岩、砂岩、石灰岩)、白亜紀(上部の石灰岩)、更新世(堆積物)の岩石から成り、褶曲、逆断層が見られる。中期三畳紀のマグマコンプレックス(輝緑岩、ケラトファイアー、斑岩、それらの火砕岩類)は、深部へと続く破碎帯と関係している。この地域は逆断層、褶曲、断層活動などを受け、大変複雑な構造発達を遂げてきた。

鉱床は、石炭紀と三畳紀の地層に沿った大きな逆断層のすぐ近くに存在している。これらの破碎された岩石中に鉱染が見られる(第6図)。

鉱床帯は、1.5kmの長さ、600mの幅に分布し、450mの深度まで見られる。156もの水銀鉱床がある。鉱床は、特に角礫化された石灰岩及び上部三畳紀の地層中にある。また、石炭紀の黒色頁岩中にも鉱染している。

鉱化作用は二つのステージに分けられる。第一のステージは、上部古生代を覆う凝灰岩中に見られる後生鉱化作用である。第二のステージは、同生鉱化作用である。この時にも上部古生代の地層を再び鉱化している。

鉱石鉱物は、辰砂、メタ辰砂、自然水銀、白鉄



第6図
イドリア鉱床の断面図。鉱体を
取り囲む複雑な構造 (Mlakar
and Drovenic, 1971)。

鉱、閃亜鉛鉱、硫黄がある。脈石鉱物は、ドロマイト、カルサイト、石英である。鉱石品位は、水銀0.2～0.5%である。

(1) ドラツエビチ (Drazevici) 鉱床

この鉱床は、サラエボの北に位置している。水銀の鉱化作用は、三疊紀下部の頁岩、砂岩、石灰岩中に見られる。鉱床は、鉱染状、空隙充填タイプ、細脈として見られる。これらがレンズ状となり、この幅は、0.3～1.5mである。鉱染タイプは、主に変質を受けた砂岩中に見られる。

鉱石鉱物は、辰砂、少量の黄鉄鉱、白鉄鉱、カルサイトである。鉱石の品位は水銀 0.1～3%である。

(2) ズマムジヤ (Sumamdija) 地域

セルボ-マケドニアン鉱床生成区のズマムジヤ地域に水銀鉱床がある。これは、アルプス鉱床生成期に出来たものである。これらの鉱床の形成は蛇紋岩と関連している。

(3) ズプルヤ ステナ (Suplja Stena) 鉱床

この小さな鉱床は、ベオグラードの15km南に位置する。熱水変質を受けた破碎帯中に鉱染、ストックワークとして見られる。個々のレンズ状鉱体や

鉱脈は、1.0mの幅、10～20mの長さを持ち、鉱床帯に不規則に分布している。

辰砂が主な鉱石鉱物で、これに黄鉄鉱、白鉄鉱、閃亜鉛鉱、黄銅鉱が随伴する。石英が主な脈石鉱物である。鉱石の品位は、水銀 0.2～1.0%である。

5. アンチモン

旧ユーゴスラビア諸国には多くのアンチモン鉱床があり、埋蔵量も多い(第1表)。鉱床は、ギスニア、セルビア、マケドニアに分布し、ギリシャの国境まで分布している。ボスニアの鉱床は、サラエボの西に位置する。この中で最も大きいのが、セメルニカ (Semernica) 鉱脈鉱床である。最も重要な鉱床は、西サラエボのドリナ地区の鉱床である。

アンチモン鉱床は、鉱物組み合わせにより以下のように分類される。

- (a) 主に輝安鉱だけからなる鉱床。
- (b) 輝安鉱が主だが、複雑な鉱物組み合わせを持つ鉱床・砒素、少量の水銀、稀にタングステン鉱物を伴う。

第1表 旧ユーゴスラビア諸国のアンチモン鉱床の特徴.

金属元素	鉱物組合せ	脈石鉱物	タイプ	母岩	変質	時代	鉱床
アンチモン	輝安鉱, 黄鉄鉱, 硫砒鉄鉱, 閃亜鉛鉱, 白鉄鉱, 方鉛鉱	石英 カルサイト 重晶石	R 鉱脈 Impr	Lim Lim, Gr sns	Sil Arg Sil	第三紀	Zajace Bujanovac Golija Krstov Do
アンチモン-砒素 - ニッケル-ウラン	輝安鉱, ヘルチ鉱, 黄鉄鉱 輝安鉱, 鶏冠石, 雄黄, 黄鉄鉱, 白鉄鉱, フラボアイト, クエーサイト, ヒッチェルソト	石英 トモライト	鉱脈 鉱脈	Amph Serp 安山岩	Arg Sil	第三紀	Lojane
アンチモン-砒素 - タリウム	輝安鉱, 鶏冠石, 雄黄, 黄鉄鉱, 白鉄鉱, 硫黄, lorandite, vrbate, 硫砒鉄鉱	石英 トモライト	R	トモライト	Sil	第三紀	Alšar
アンチモン-水銀	輝安鉱, 黄鉄鉱, 辰砂, 白鉄鉱	石英 重晶石	R 鉱脈	Lim sch	Sil	三疊紀 二疊紀	Kovac Hrmza
アンチモン-亜鉛 - 銅-タンクステン - 金-水銀-砒素	輝安鉱, 閃亜鉛鉱, 黄鉄鉱, 鉛-アンチモン硫塩, 辰砂, 硫砒鉄鉱, 白金鉱, 鉄重石, 四面銅鉱, 菱鉄鉱, 鶏冠石, 黄銅鉱, 金	石英 重晶石 カルセドニー	鉱脈	sch	Sil	三疊紀 (?)	Cemernica
アンチモン-亜鉛 - 鉛-砒素	輝安鉱, 閃亜鉛鉱, 方鉛鉱, 鶏冠石, 硫砒鉄鉱, 鉛-亜鉛硫塩	石英	鉱脈 Impr	Lim sch	Sil	第三紀	Rujevac (Zajaca)
アンチモン-亜鉛-鉛	閃亜鉛鉱, 方鉛鉱, 輝安鉱, 鉛-アンチモン硫塩	石英	鉱脈 Impr	Serp	Sil	第三紀	Rajiceva Gora
アンチモン-銅 - モリブデン	輝安鉱, 黄銅鉱, 輝蒼鉛鉱, 黄鉄鉱, 灰重石	石英	鉱脈	Gr		ヘルシニア	Tanda
アンチモン-タンクステン - 砒素	輝安鉱, 鉄重石, 黄鉄鉱, 灰重石, 白鉄鉱	石英	鉱脈	sch	Sil	ヘルシニア	Osanica

R : 交代性 ; Lim : 石灰石 ; Sch : 片岩 ; Gr : 花崗岩 ; Sns : 砂岩 ; Sil : 珪化 ;
Impr : 鉱染, Amph : 角閃岩, Arg : 粘土化, Serp : 蛇紋岩

(c) アンチモン以外の金属元素を伴う多金属鉱床.

特に鉛, 亜鉛, 銅, 鉄, 砒素を伴う. アンチモン
鉱物は, 輝安鉱及び硫塩鉱物として産する.

以下に代表的なアンチモン鉱床をあげる.

(1) ザハカ (Zajaca) 地域の鉱床

この鉱床が旧ユーゴスラビア諸国で最も多く
のアンチモンを産している. 1890年以来, 7万トン
のアンチモンを産した.

鉱化作用は主として, 古生代片岩との境界部に
沿った石炭紀の石灰岩中に見られる. レンズ, 不規
則状鉱床が強い珪化を受けた石灰岩中に見られ
る. 厚さは3~12mである. 鉱床の下盤は片岩で,
上盤は石灰岩である. 鉱石はアンチモン2~3%を
含有する. アンチモン酸化鉱物が普遍的に産する.
ルジェバク (Rujevac) 鉱床の多金属鉱石は, アンチ
モン1~7%, 砒素0.5~2.2%, 鉛0.2~0.8%,
亜鉛0.5~6%を含む.

(2) ロハネ (Lojane) 鉱床

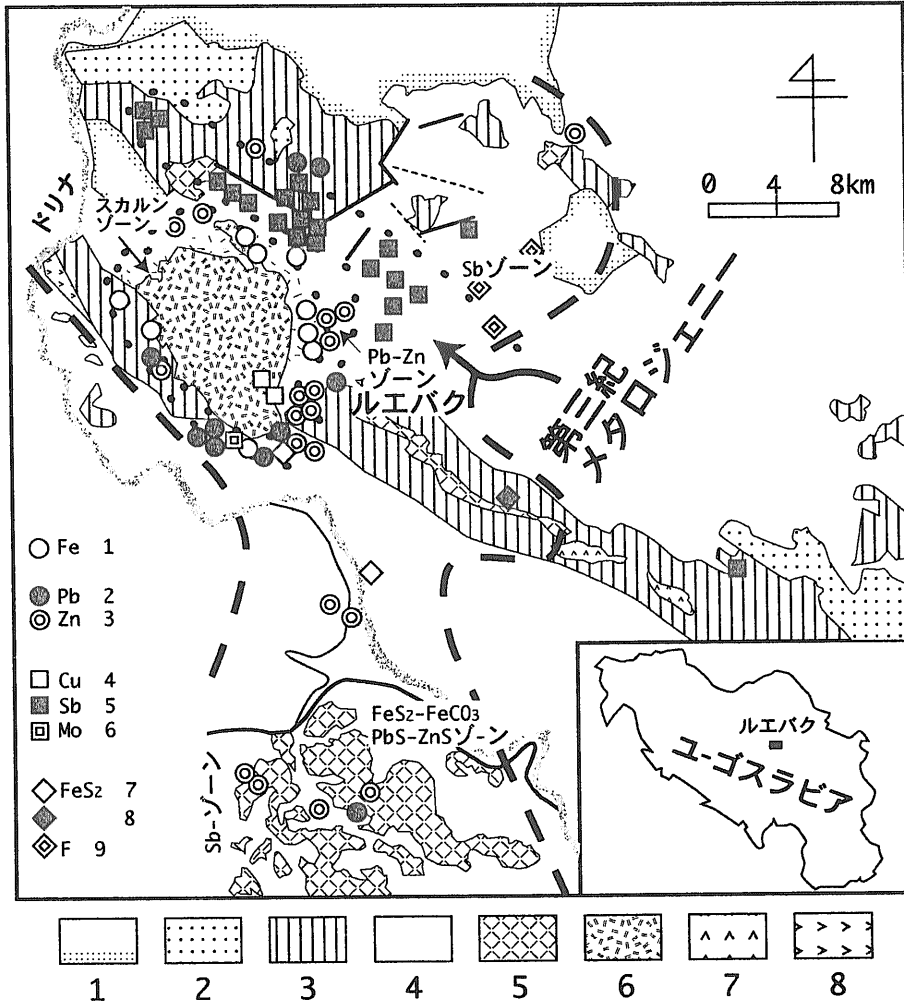
この鉱床は, クマノバの近くに位置している. レ

ンズ状, 脈状鉱体が熱水変質を受けた安山岩と接
触した蛇紋岩中に存在している. 鉱化帯は1~2m
の幅で, 400m続く. 鉱石はアンチモン3~5%, 砒
素4~6%を含む. このほかにニッケル0.2~
0.4%, 少量のウランを含む.

(3) アルサル (Alsar) 鉱床

鉱床は, ギリシャ国境から5kmの所のマケドニア
にある. 熱水変質作用を受けた安山岩と接して,
強珪化作用を受けたドロマイト岩中に生じている.
鉱体は, 不規則なポケット状, 房状, パイプ状, 脈
状である. 鉱化帯は, 2km以上続き, 垂直累帯で
特徴付けられる. 下部から上部にかけて, アンチモ
ン→アンチモン土砒素→砒素土アンチモン→タリ
ウム土砒素帯となっている.

鉱石はアンチモン2~4%, 砒素1%を含む. 鉱
化帯の北部にタリウム含有量が数%にも達する所
があり, タリウム鉱床となっている. アルサルは, タ
リウム鉱床でもあり, この様な例は, 世界のどこに
も見当たらない.



第7図 ポドリンエ (Podrinje) 鉱床生成区とルエバク (Rujevac) 鉱床の位置。1.第三紀堆積岩, 2.白亜紀堆積岩, 3.三疊紀, ジュラ紀堆積岩, 4.古生代片岩類, 5.第三紀デイサイト, 6.第三紀花崗閃緑岩, 7.三疊紀ケラトファイア, ひん岩, 8.ジュラ紀輝緑岩。I.鉄スカルン鉱床(磁鉄鉱), II.鉛・亜鉛スカルン鉱床, III.鉛・亜鉛熱水性鉱床(交代性, 鉱脈鉱床), IV.銅スカルン鉱床, V.熱水性アンチモン鉱床, VI.鉱染状, 鉱脈モリブデン鉱床, VII.熱水性黄鉄鉱鉱床, VIII.火山性-堆積性黄鉄鉱鉱床, IX.熱水性螢石鉱床(交代性, 鉱脈タイプ)。

(4) ルエバク (Rujevac) 鉱床

この鉱床は、西セルビア地方の鉛・亜鉛鉱床地域の外側に位置する (Jankovicほか, 1977)。ルエバク鉱床は、ポドリンエ (Podrinje) 鉛・亜鉛・アンチモン鉱床区に属している (第7図)。第三紀中新世の貫入岩体 (花崗閃緑岩, デイサイト, 安山岩) と関連し鉱床が生成した。この地域では、累帯配列が見られる。鉱床は、以下の特徴を持つ。

(a) 強珪化作用を受けている。特に下盤の片岩との接触部の珪化が強い。この珪化帯中に鉱石レンズ, ポケットがある。

(b) 鉱脈が、石灰岩, 片岩, デイサイト中の破碎帯に伴われている。脈幅は0.8~1.0mである。鉱石品位は非常に高い (アンチモン 11~25%, 鉛 14~20%, 亜鉛 3~12%, 砒素 1~2%)。

(c) 鉱床を胚胎する石灰岩の上の砂岩-片岩中に鉱染状, ストックワークタイプの鉱床がある。この鉱床は、角礫部に見られる。低品位である。鉱物組み合わせより鉱石をいくつかのタイプに分けることができる。

(a) アンチモン鉱。これは0.15%以下の鉛, 0.2%以下の砒素を含む。

(b) 亜鉛・アンチモン・砒素・鉛複雑鉱。平均品位は、亜鉛 6.5%, アンチモン 1.9%, 鉛 0.8%, 砒素 2.1% である。

鉱石の鉱物学的特徴は、以下の通りである。主な構成鉱物は、輝安鉱、鉛・アンチモン硫酸塩、閃亜鉛鉱、黄鉄鉱、硫砒鉄鉱、鶏冠石である。このほかに方鉛鉱、自然砒素、硫黄が伴われる。石英とカルサイトが主な脈石鉱物である。アンチモン酸化物 (valentinite) が普遍的に見られる。石英は 235~250℃ (流体包有物の充填温度) に生成した。いくつかの鉛・アンチモン・硫塩鉱物が同定されている (プラジオナイト、ジンケン鉱、ブーランジェ鉱など)。

6. まとめ

- (1) 旧ユーゴスラビア諸国の重要な金属資源は、鉛・亜鉛、銅、金・銀、水銀、アンチモンである。
- (2) 鉛・亜鉛の鉱石は比較的多い。主な鉛・亜鉛鉱床は、アルパイン型鉱床、鉱脈鉱床、火山性・堆積性鉱床、スカルン鉱床である。
- (3) 銅鉱石の量は比較的少ない。主な銅鉱床は、ポーフリーカッパー鉱床、砂岩型銅鉱床、マグマ性銅・ニッケル鉱床である。鉱脈鉱床もあるが、銅量は少ない。
- (4) 金・銀の生産は少ない。金は、鉱脈鉱床、スカルン鉱床、ポーフリーカッパー鉱床に伴われることがある。銀は、鉛・亜鉛鉱床に伴われることがある。
- (5) 多くの水銀が生産された。水銀は鉱染状・鉱脈鉱床から産する。

(6) 多くのアンチモンが生産されている。主なタイプは、鉱脈状、鉱染状、交代性鉱床である。

(7) このほかにここでは述べなかったが、鉄、マンガン、クロム、ニッケル、コバルト、ビスマス、モリブデン、砒素、錫、タングステンが生産されている。

注1) 古生代~中生代の石灰岩・ドロマイトを母岩とする層状の鉛・亜鉛鉱床をいう。東アルプスに分布する同型鉱床に命名されたが、アイルランドやヨーロッパ各地にも分布している。

参 考 文 献

- Bancroft, P., Zorz, M., Krivograd, F. and Kobler, G. (1991) : The Mezica mine Slovenia, Yugoslavia. *The Mineralogical Record*, 22, p.97-104.
- Bancroft, P., Car, J., Zorz, M., and Kobler, G. (1991) : The Idria mines Slovenia, Yugoslavia. *The Mineralogical Record*, 22, p.201-208.
- Dangic, A. (1985) : Minor element distribution between galena and sphalerite as a geothermometer-Application to two lead-zinc areas in Yugoslavia. *Econ. Geol.*, 80, p.180-183.
- Jankovic, S. (1977) : The complex antimony-lead/zinc deposit at Rujevac/Yugoslavia ; its specific geochemical and mineralogical features. *Mineral. Deposita*, 12, p.381-392.
- Jankovic, S. (1982) : Yugoslavia. In : Dunning, F.W. *et al.* (eds.) . *Mineral Deposits of Europe. Vol.2 : Southeastern Europe* Min. Soc. IMM. London. p.143-202.
- Jankovic, S. (1990) : Types of copper deposits related to volcanic environment in the Bor district, Yugoslavia. *Geologische Rundschau*, 79/2, p.467-478.
- Jankovic, S. and Petraschek, W.E. (1987) : Tectonics and Metallogeny of the Alpine Himalayan belt in the Mediterranean area and the copper deposits and geotectonic setting of the Thethyan Eurasian Western Area. *Episodes*, 10, p.169-175.
- SHIKAZONO Naotatsu (1998) : *Metallic mineral resources of former Yugoslavia.*

< 受付 : 1998年9月11日 >