

旧ユーゴスラビア諸国の金属鉱物資源 I -メタロジェニーとプレートテクトニクス-

鹿園直建¹⁾

旧ユーゴ諸国は、ヨーロッパの国の中でも最も金属資源のポテンシャルの高い国の一つであり、様々な時代に色々なタイプの鉱床が生成した。以下では、この国におけるメタロジェニー(鉱床生成区と鉱床生成期)について概観し、プレートテクトニクスに基づくその解釈について紹介する。

1. メタロジェニー(鉱床生成区と鉱床生成期)

旧ユーゴ諸国地域は、複雑な地質構造区から成り、例えば、アルプス(Alpine)構造区、パンノニアン(Pannonian)、モエシアン(Moesian)プラットホ

ーム、バルダール(Vardar)ゾーン、セルボ-マケドニアン(Serbo-Macedonian)マッシューフ、ロドピアン(Rhodopian)マッシューフ、ジナル(Dinarides)構造区、カルパト-バルカン(Carpatho-Balkan)構造区から構成されている。従って、多くの鉱床生成期と鉱床区から成っている(第1表, 第1図)(Jankovic, 1982)。

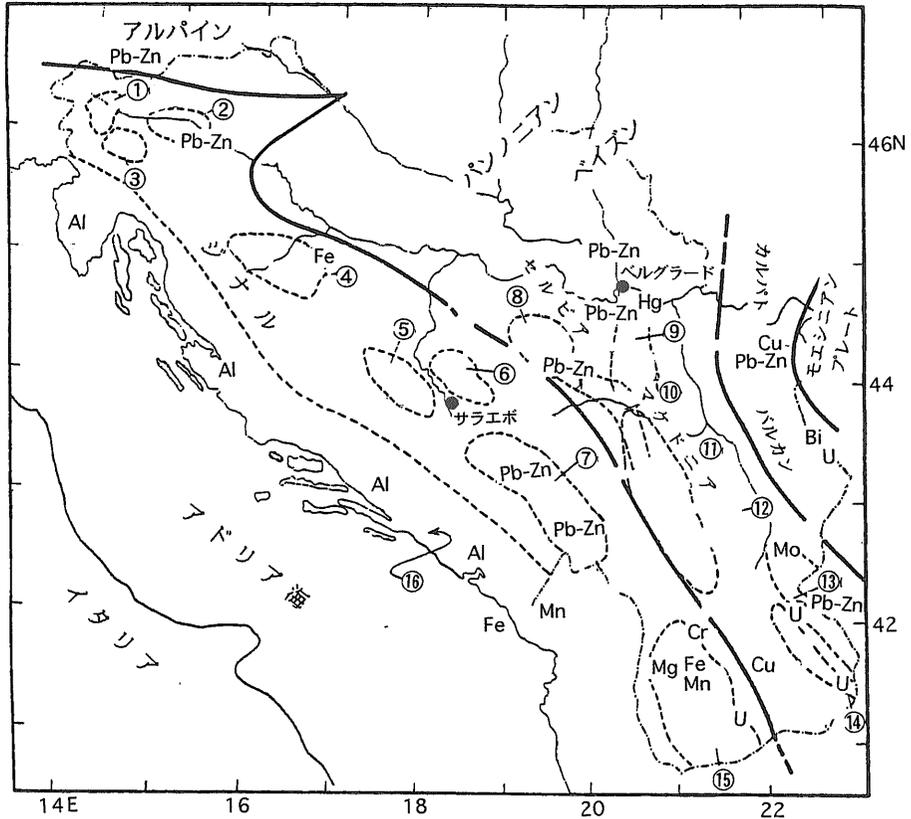
鉱床生成期は、以下の通りである(第1表)。
1. デボン紀以前(鉄, マンガン鉱床), 2. 石炭紀, 二畳紀-石炭紀(タングステン, 金, ウラン, 鉄, アンチモン, モリブデン鉱床), 3. 三畳紀中期(黄鉄鉱, 亜鉛, 銅, 亜鉛, 水銀, 鉄, マンガン, (シリ

第1表 旧ユーゴスラビア諸国の主な外成鉱床の生成時期と諸特徴 (Jankovic, 1982)。

鉱床生成時期	100万年	主な金属	鉱床タイプ	マグマコンプレックス	マグマのソース	テクトニック環境
後-漸新世	30~5	鉛-亜鉛, アンチモン, 鉄, 銅, モリブデン, 金, ビスマス	スカルン熱水性鉱脈, 交代性, 鉱染, ポーフィリー	花崗閃緑岩 マグマの火山性-貫入コップレックス	上部マントルと大陸地殻の境界	広域的破砕帯 (活動的?)
白亜紀後期 ~古第三紀	100~50	銅, モリブデン, 鉛-亜鉛, 鉄	塊状硫化物, ポーフィリー, 鉱脈, スカルン	火山性-貫入コップレックス (花崗閃緑岩-閃緑岩-カアソ; 安山岩)	大陸地殻直下の上部マントル	グロ-バルリト帯
ジュラ紀	170~150	黄鉄鉱-銅 クロム, 鉄, チタン	塊状硫化物 マグマ性	オピライトコップレックス (輝緑岩-チャート; ヘルリタイト-カアソコップレックス)	上部地殻	海洋地殻(発散)
ジュラ紀中期	220~200	黄鉄鉱, 亜鉛, 銅, 鉛, 水銀, 鉄, マンガン(シリカ), 鉛, 亜鉛, 銅	塊状硫化物 鉱染 層状 鉱脈, 熱水	同化した玄武岩質マグマ	上部マントルと大陸地殻の境界	グラーベン-地相斜; 陥没と隆起 (部分的)
石炭紀, 二畳~石炭紀	350~250 ?	タングステン, 金, ウラン, 鉄, アンチモン, モリブデン	スカルン熱水性(鉱脈, 層状)	パトリツェニツク 花崗岩コップレックス	大陸地殻	造山運動のステージ (?)
デボン紀以前	400	鉄, マンガン	火山性-堆積性	ストライト-クワトアイト-アソシエーション	上部マントルと大陸地殻の境界	リフト構造(?)

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, メタロジェニー, プレートテクトニクス



第1図 旧ユーゴスラビア諸国の重要な鉱床生成区 (Jankovic, 1982). 1.スロベニア地区 (スコフィヤロカ (Skofija Loka)), 2.サバ(Sava) 褶曲, 3.イドリヤ (Idrija), 4.バンヤークライナ (Banja-Krajina) 地区, 5.ボスニア中部シスト (Schist) 山脈, 6.バレス (Vares) 地区, 7.モンテネグロ (Montenegro) 東北地区, 8.ドリナ (Drina) 地区, 9.スマディヤ (Sumadija) 地区, 10.中央セルビアマグネサイトゾーン, 11.カパオニク (Kopaonik) 地区, 12.ラセ (Lace) 地区, 13.ブラゴダート-オソゴボ (Blagodart-Osogovo) 地区, 14.ズレトボ (Zletovo) 地区, 15.マケドニアン西部地区, 16.ボーキサイト帯.

カ), 鉛, 鉛・亜鉛, 銅鉛床), 4. ジュラ紀 (黄鉄鉱, 銅, クロム, 鉄, チタン鉛床), 5. 白亜紀後期-古第三紀 (銅, モリブデン, 鉛, 亜鉛, 鉄鉛床), 6. 漸新世以降 (鉛, 亜鉛, アンチモン, 鉄, 銅, モリブデン, 金, ビスマス鉛床) に生成された.

鉱床区は以下のように分けられる (第1図) (Jankovic, 1982).

(1) アルプス鉱床区, (2) ジナル鉱床区, (3) セルボ-マケドニアン鉱床区, (4) カルパト-バルカン鉱床区 (東セルビア). アルプス鉱床区は北西部, ジナル鉱床区は西部と南部, セルボ-マケドニアン鉱床区は中部と南東部, カルパト-バルカン鉱床区は東部に分布している.

地質構造区からいうと, 北部にパンノニアンベイズン, 東部にモエシニアンプレートがあるが, これ

らには鉱床はみられない (第1図). このほかの構造区には多種多様な鉱床が存在する.

次に主として Jankovic (1982) に基づいて, 各鉱床区の概略について述べる.

(1) アルプス鉱床区

この鉱床区はアルプステクニック構造区に属している. 北西部に位置し, 面積的には狭い.

主要な鉱床は, 三疊紀中期の炭酸塩岩中の鉛・亜鉛鉛床である.

(2) ジナル鉱床区

この鉱床区は, 北西部から南西部にわたってかなり広い面積を占める. 一部はギリシャのヘレナイズまで延びている. ヘルシニア造山 (注1) 期とア

ルプス造山(注2)前期という二つの鉱床生成期に鉱床が生成した。

ヘルシニア造山期に生成した鉱床は、脈状、レンズ状の熱水性鉱床(黄鉄鉱、重晶石、鉛・亜鉛硫化物)と堆積性層状・レンズ状鉱床(ウラン、鉛、黄鉄鉱)である。

アルプス造山早期(三畳紀、ジュラ紀)には多くの鉱床が生成した。アニシアン-ラディニアンに厚い火山性-堆積性複合体が堆積した。これは、玄武岩質の海底に流れた溶岩、貫入岩、岩脈から成る。主に玄武岩であるが、このほかにアルバイト質花崗岩、花崗閃緑岩、石英閃緑岩、ガブロもみられる。これらには堆積性鉄・マンガン鉱床が伴われる。

三畳紀中期の鉱床として、以下の4タイプがある。

1. 火山性・堆積性鉱床：(a) チャートに伴う鉄・マンガン鉱床、(b) 塊状硫化物鉱床(鉛・亜鉛、黄鉄鉱)、(c) アンチモン鉱床
2. 熱水性鉱床：(a) 鉱脈鉱床(鉛・亜鉛・銅)、(b) 水銀、(c) アンチモン
3. 三畳紀中期の炭酸塩岩に伴う層状鉛・亜鉛鉱床
4. スカルン鉄鉱床

3の鉱床は、1,000kmの距離にわたって北西部から南東部に存在し、その特徴は鉱床によってほとんど変わらない。三畳紀中期に生成した水銀鉱床は、長距離にわたって狭いベルトに存在する。おそらく深部まで破碎帯が存在し、上部マントルから水銀がこの破碎帯に沿って上昇したのであろう。

三畳紀中期以降は、ジュラ紀中期まで火成活動はみられず、浅海性の堆積物が堆積した。ジュラ紀中期・後期には輝緑岩-チャート相が広くこの地域に堆積した。これらは、巨大なペリドタイト-ガブロ複合岩体に沿ってみられている。これには、ポディフォーム型クロマイト鉱床(注3)、チタン磁鉄鉱鉱床が伴われている。

このほかに、輝緑岩に伴う熱水性銅鉱床(西セルビアのライコバカ)、塊状硫化物黄鉄鉱・黄銅鉱鉱床がある。

西マケドニアン鉱床地域の鉱床は、ペラゴナイズに関連し生成した。この地域はペラゴニアンマイクロコンチネントの端にあり、グラーベン状の地向斜

でデボン紀以前に形成された。地質は、火山・堆積性層序(輝緑岩、凝灰岩、デボン紀の石灰岩に覆われた千枚岩)から成る。

ここには大きな火山性・堆積性菱鉄鉱-シャモサイト鉱床、マンガン鉱床、鉄・マンガン鉱床がある。このほかにヘルシニア造山期の花崗岩に関連した鉱床(長石、雲母、ウラン)がある。

西カレドニア花崗閃緑岩-モンゾナイトマッシューフに伴われたモリブデン鉱脈鉱床がある。

狭義のジナル地域の鉱床

ヘルシニア造山期の鉱床：この地域にはヘルシニア造山期に生成された多くの鉱床が存在する。主な鉱床は、鉛、亜鉛、銅、鉄、砒素、アンチモン、水銀硫化物鉱床、菱鉄鉱鉱床、シャモサイト鉱床、ウラン鉱床である。

ジナルとアルプスの交差地域には多くの鉱床が存在する。それらは、二畳紀の砂岩中の層状のウラン鉱床、銅鉱床、石炭紀の片岩、砂岩中の鉛・亜鉛鉱床、鉄鉱床、石炭紀の堆積物、石灰岩中の鉄、鉛・亜鉛鉱床、亜鉛、鉛、銅、アンチモン鉱床、鉄鉱床、クロアチアの重晶石鉱脈鉱床、ボスニアの重晶石鉱床である。

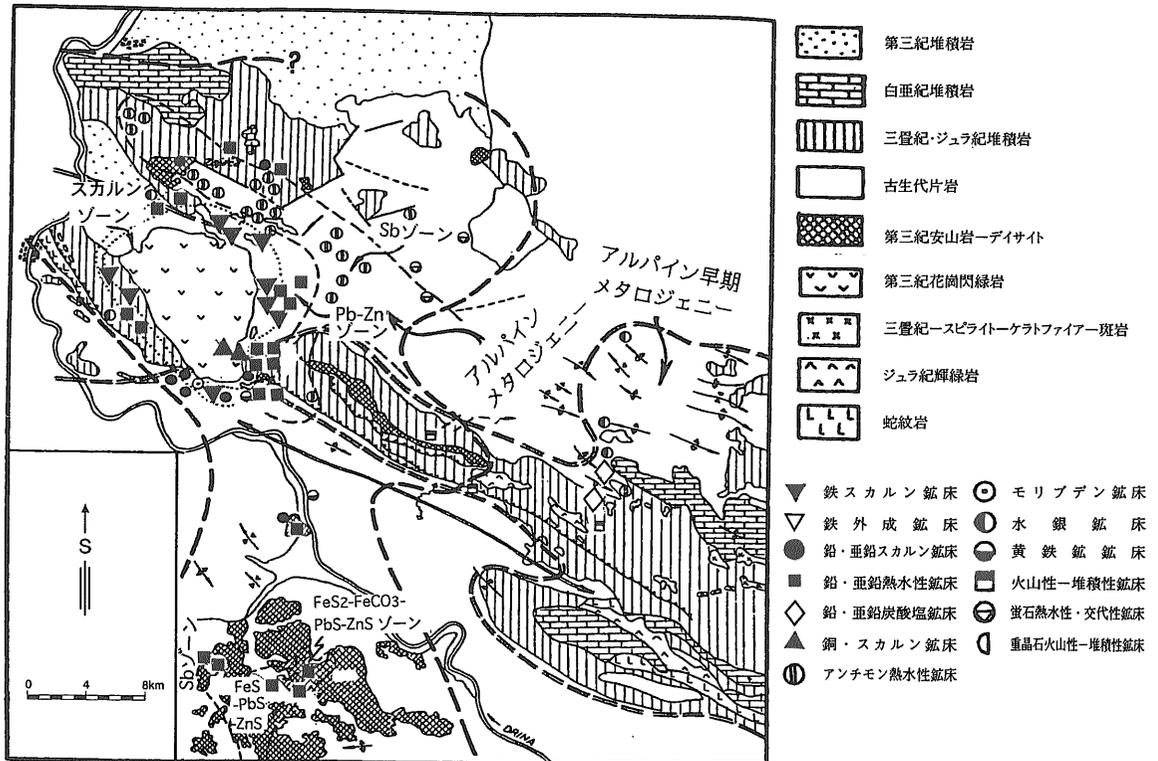
ボスニア中部シスト山脈に鉱床がある。銅、重晶石、水銀、アンチモン、砒素、鉛・亜鉛・金、錫、タングステン、モリブデン鉱床が存在している。

南東ボスニアには、熱水性多金属(重晶石、菱鉄鉱、鉛、亜鉛、金)鉱床がある。

三畳紀中期の鉱床：三畳紀中期には、多くの種類の金属鉱床が生成された。主なものは、鉄鉱床、鉛・亜鉛・重晶石鉱床(火山性・堆積性鉱床)、塊状黄鉄鉱多金属鉱床、古生代片岩中の塊状硫化物(鉄、銅、亜鉛)鉱床、石灰岩中の細脈タイプの鉱床(鉛・亜鉛炭酸塩鉱物)、水銀鉱床、マンガン鉱床である。

ジュラ紀-白亜紀前期の輝緑岩-チャート相に関連した鉱床：ジナル内地、ヘレナイズだけでなく、セルボ-マケドニアン鉱床区にもこの種の鉱床がある。これらの鉱床として銅鉱床、銅・ニッケル鉱床がある。

セルボ-マケドニアン鉱床区のペリドタイト-ガブロ複合岩体に伴う鉱床：旧ユーゴスラビア諸国(特にジナル内地)には、アルバニア、ギリシャまで延びたペ



第2図 ドリナ(Drina)地区の鉱床の分布 (Jankovic, 1967a).

リドタイト-ガプロ複合岩体がある。これに伴われる鉱床として以下があげられる。

1. 内成鉱床, または一次鉱床 (クロム, チタン, 鉄・チタン, 銅・ニッケル・コバルト, 鉄),
2. 外成鉱床, または二次鉱床 (ラテライト, 漂砂 (白金, クロム, チタン, 鉄) 鉱床),
3. アスベスト・タルク鉱床

(3) セルボ-マケドニアン鉱床区

この鉱床区は, 多くの地質構造区 (バルダールゾーン, セルボ-マケドニアンマッシューフ, ロドペ (Rhodope) マッシューフ) から成る。

この鉱床区の鉱床は, (a) デボン紀以前 (カレドニア) 期, (b) ヘルシニア期, (c) アルプス早期, (d) アルプス期, に生成した。

デボン紀以前の鉱床生成期: この時代には, ロドペマッシューフ, セルボ-マケドニアンマッシューフ, パンニオニアンマッシューフ, モエシアンプラットフォームが一つの大陸を形づくっていたと思われる。最も古い時代の鉱床は, セルボ-マケドニアンマッシューフの結晶質片岩に伴われるアパタイト・磁鉄鉱鉱床

である。

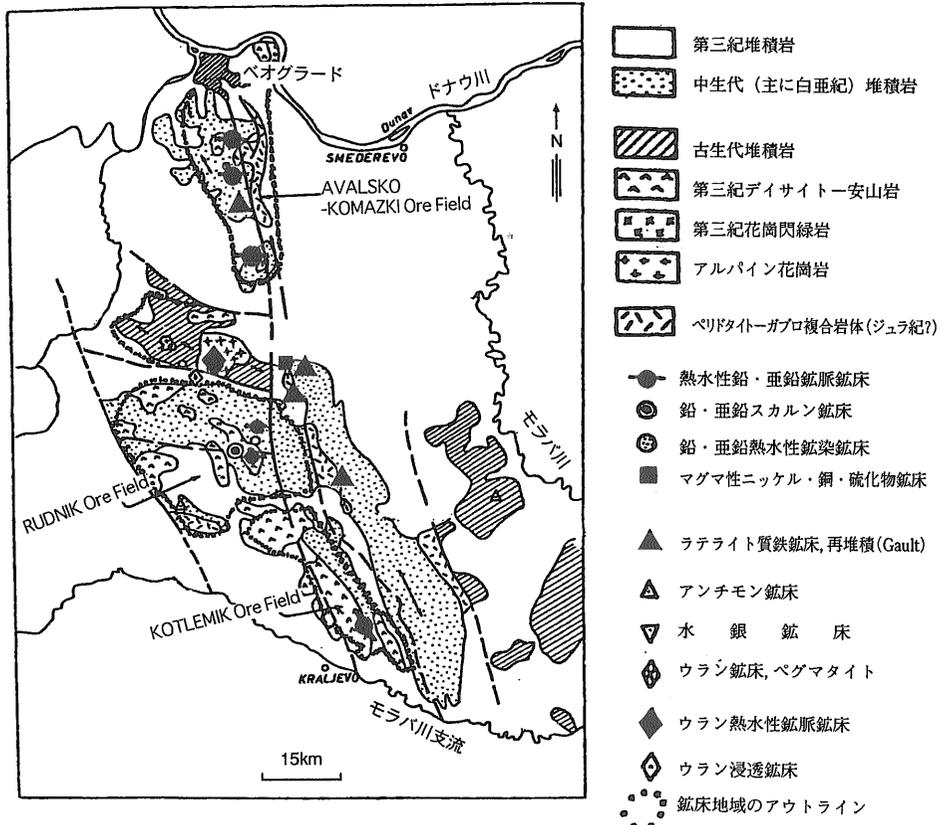
ヘルシニア鉱床生成期: セルボ-マケドニアン鉱床区には, この生成期の鉱床は少ない。主な鉱床は, 花崗岩類に関連したペグマタイト鉱床 (ウラン, 長石, 石墨) である。

アルプス早期鉱床生成期: この鉱床生成期のほとんどの鉱床は, ジナルに存在している。

これらの鉱床は, 三畳紀のスピライト-ケライトファイア-ひん岩類-火成岩複合岩体とジュラ紀-白亜紀前期のオフィオライト複合岩体に伴われる。

セルボ-マケドニアンアルプス鉱床生成期には, 旧ユーゴスラビア諸国の重要な鉛・亜鉛, アンチモン, ビスマス, モリブデン鉱床, 小規模な銅, 鉄, 錫, 金, タングステン, 水銀, 砒素鉱床が生成した。これらの鉱床は, 白亜紀後期の花崗岩類に伴われ, 広く分布している。このほかに第三紀の花崗閃緑岩に関連した鉱床 (アンチモン, 鉛, 亜鉛) がある。

これらの鉱床は, ドリナ (Drina) 地区 (第三紀の鉱床) (第2図), ズマジヤ (Sumadija) 地区 (スカル



第3図 スマジヤ (Sumadija) 地区の鉱床地域と鉱床 (Jankovic, 1967).

ン鉛・亜鉛鉱床；第三紀の水銀・アンチモン鉱床) (第3図), コパロニク (Kopaonik) 地区 (スカルン鉛・亜鉛・鉄, ポーフイリー・銅, アンチモン鉱床) (第4図), レセ (Lece) 地区 (金を伴う鉛・亜鉛鉱床), ズレトボ (Zletovo) 地区 (第三紀鉛・亜鉛・銅鉱床, ポーフイリー・銅鉱床) (第5図), ブラゴダードーオソゴバ (Blagodati-Osogova) 地区 (鉛・亜鉛・モリブデン) (第5図) がある。

(4) カルパト-バルカン鉱床区 (東セルビア)

東セルビアは旧ユーゴスラビア諸国の東の大部分を占め, カルパト-バルカン鉱床区がある。北の南西へはルーマニアとブルガリアに続く (第6図)。この鉱床区をさらにいくつかの鉱床区に分けることが出来る (第7図)。

鉱床は, デボン紀以前の鉱床生成期とヘルシニア鉱床生成期に生成された。

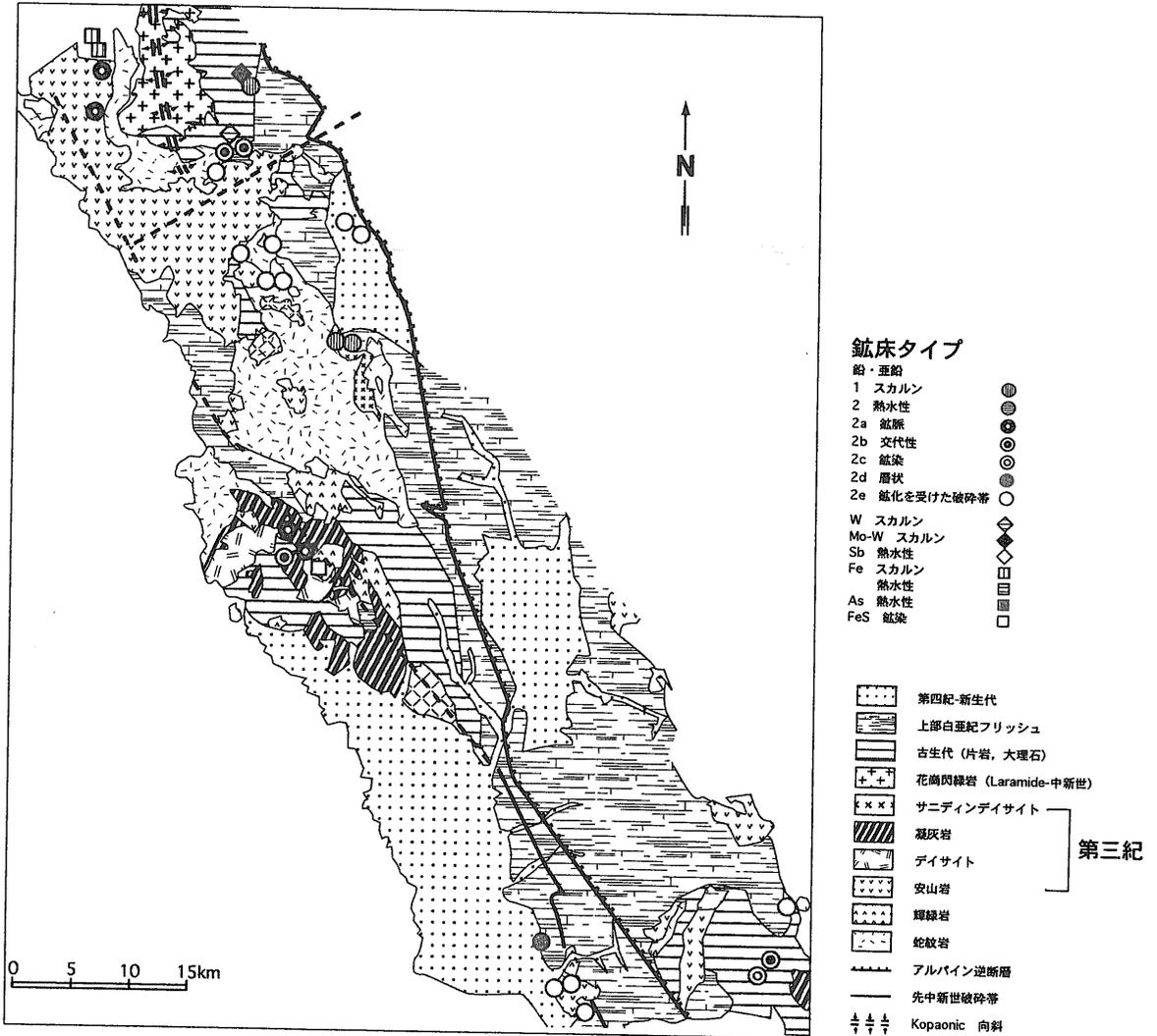
デボン紀以前の鉱床生成期: デボン紀以前の鉱床

生成期は, カレドニア鉱床生成期に相当し, 鉱床は, ベルヤニカ (Beljanica) 山脈に存在する。これらの鉱床として, 下部 (オールドビス紀, シルル紀以前) の火山性・堆積性鉄鉱床, 上部 (オールドビス紀後期) の堆積性菱鉄・シャモサイト鉱床がある。

ヘルシニア鉱床生成期: この鉱床生成期には様々な鉱床が生成したが, 特に硫化物に富む鉱床が多い。東セルビア鉱床区でこの時期に鉱床が生成した。ここでは結晶質片岩が多く, 大理石, 石灰岩が鉱床の母岩として重要である。

ヘルシニア鉱床生成期には, 輝緑岩に伴われたマンガン鉱床が生成した。花崗岩類は, 東セルビアの広い範囲に分布し, 多くの小規模な鉱床が伴われる。

この鉱床生成期のほかの鉱床には, スカルン鉱床 (磁鉄鉱), 長石脈鉄鉱床, 金-石英脈鉄鉱床, タングステン鉱床, 重晶石, 螢石を伴う鉛・亜鉛脈鉄鉱床, ガプロ中のビスマス鉱物, 黄銅鉱, 菱鉄



第4図 コパオニク(Kopaonik)中央地域の鉱床(Jankovic, 1967).

鉱から成るレンズ状の鉱床がある。

アルプス前期鉱床生成期：この鉱床生成期の重要な鉱床は、(a) 堆積性鉱床、(b) マグマ活動に関連した鉱床である。

堆積性鉱床は、三畳紀上部からカロビアンに至る時代に生成した鉄鉱床である。マグマ活動に関連した鉱床は、ジュラ紀上部/白亜紀前期境界に生成したガブローベリドタイト複合岩体に伴うクロマイト鉱床である。

アルプス鉱床生成期：この時代に生成した鉱床は、リダナイ-クレポルイン(Ridanj-Krepoljin)ゾーンと、ボア(Bor)ゾーンという二つの大きな構造帯に分布している。

<リダナイ-クレポルインゾーン>

このゾーンの幅は狭く(10~15km以内) 深部まで続く断層帯、中新世-漸新世のデイサイト-安山岩活動で特徴づけられる。

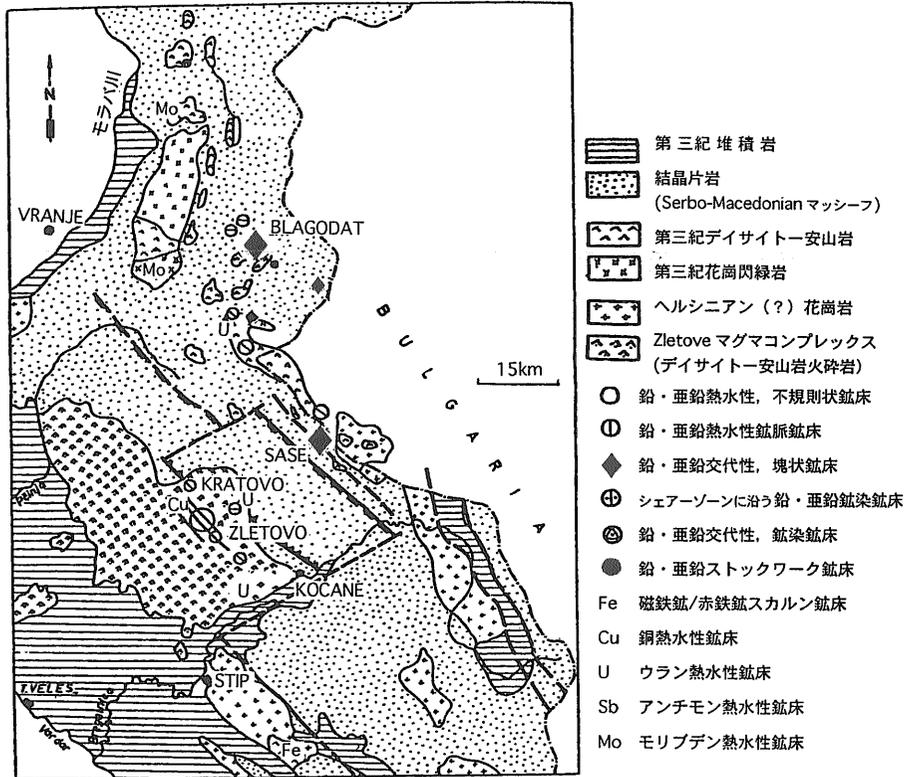
このゾーンには、スカルン磁鉄鉱鉱床、スカルン鉛・亜鉛鉱床、鉛・亜鉛・銀・(金)熱水性交代鉱床、二畳紀の赤色砂岩中の銅鉱床がある。

<ボアマグマ複合岩体>

アルビアンから白亜紀上部火山岩、堆積岩より成るトラフと関係した鉱床がある。

このボアマグマ複合岩体に伴われる鉱床として以下がある。

(a) ポーフリー-銅・モリブデン鉱床、(b) 塊状



第5図 ズレトボ (Zletovo) とブラガダートーオソゴボ (Blagodát-Osogovo) 地区の主な鉱床 (Jankovic, 1967).

硫化物交代性銅鉱床, (c) 鉱脈型銅・金鉱床, (d) 少量のスカルン, 熱水性鉛・亜鉛鉱床, (e) 塊状黄鉄鉱鉱床.

2. プレートテクトニクスと鉱化作用, 火成活動

旧ユーゴスラビア諸国における鉱化作用, 火成活動とプレートテクトニクスとの関係について Karamata (1977) が考察しているのので, 以下に紹介する.

古生代末に, 大陸地殻が発達していたバルカン半島の西側に二つのプレートが存在していた. 一つは, 現在のジナル (ジナルマイクロプレート) の基底部で, もう一つは, セルボ-マケドニアンマッシューフを含むカルパチアン-バルカンの基底部 (東マイクロプレート) である (第8図).

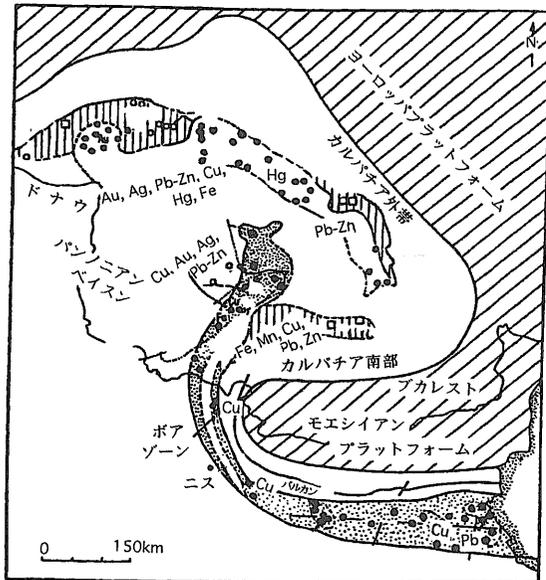
石炭紀に東マイクロプレートの基底に“熱キューボラ”が形成し, 再生 (パリンジェニック) 花崗岩マグマが発生した. これらのマグマが石炭紀-二疊紀に上昇し, 東セルビア, セルボ-マケドニアンマッ

ーフの花崗岩類を形成した. この花崗岩類に接触交代性磁鉄鉱鉱床, 灰重石・金鉱脈鉱床, 銅・ビスマス・ウラン鉱脈鉱床, 鉛・亜鉛鉱脈鉱床が伴われている.

白亜紀にこれらのマイクロプレートの上に浅海性の炭酸塩が堆積した. 白亜紀前期にマイクロプレートの西部が隆起し, 白亜紀後期は変形を受けた隆起域で断層が生じた.

ジナルプレートの進化は, 東マイクロプレートとは異なっていた. 三疊紀前期に上部マントルの温度が上昇し, 断層が生じ, 地殻深部でマグマが発生した. このマグマから石英斑岩, ひん岩類, ケラトファイアー, 石英ケラトファイアー, 輝緑岩, スピライト, アルバイト質花崗岩, 石英閃緑岩, 花崗閃緑岩が出来た. この地域のマグマ活動は, 三疊紀初期まで続いた. このマグマ活動に伴われ, 熱水性鉛・亜鉛・銅・銀鉱床が生じた.

“熱キューボラ”が北西, 南東へ移動し, 三疊紀中期の岩石中に断層が生じた. この断層に沿って, 玄武岩質マグマ活動が起こった. ラジニアンにこの



第6図 カルパト-バルカン：主な鉱床生成区。ララミアン-新生代，先中生代の鉱床，黒丸，白丸-熱水性鉱床，黒三角-スカルン鉱床，白四角-変成鉱床。

マグマから珪長質ポーフイリーが生じた。これらのマグマに伴われ大量の鉄，マンガン，銅，亜鉛，バリウム鉱床，少量の鉛鉱床が出来た。

その後，マグマの同化作用が進み，ひん岩類が生成した。場所によっては，マグマは地表まで達せず，貫入閃緑岩体（ガブローノライトまたは石英閃緑岩）となった。これらの岩体と炭酸塩岩の接触部に磁鉄鉱床が生成した。

三畳紀のマグマ活動により，水銀が地殻の上部へ濃集した。その後のマグマ（熱）の影響で断層が開いたり，閉じたりした。例えば，ブドバツカリ（Budva-Tsukali）地域の割れ目，ボスニアのツリンスカゴラ（Bosnian Zrinska Gora）の南東の断層，パラゴニアブロックとの西境界の断層が開いた。断層が南部のバルダールゾーンまで延びた。

ジュラ紀前期，中期にこれらのリフト帯に典型的な海洋地殻が形成された。玄武岩に伴われた銅鉱床が生成した。超塩基性岩はクロムを伴う。ジュラ紀の終わりに，海洋地殻のサイズが小さくなった。これは，北東マイクロプレートへ海洋地殻が沈み込むことで起こった。その後，カルパト-バルカンマイクロプレートの隆起が東へ移動した。白亜紀後期には，トラフ（海溝）がプレートの隆起により生じた。

この海溝は，現在のドヌーブ川の北部から東セルビアを通り，ブルガリアまで続いている。その後，シリカとカリウムに富んだマグマ活動が起こった。

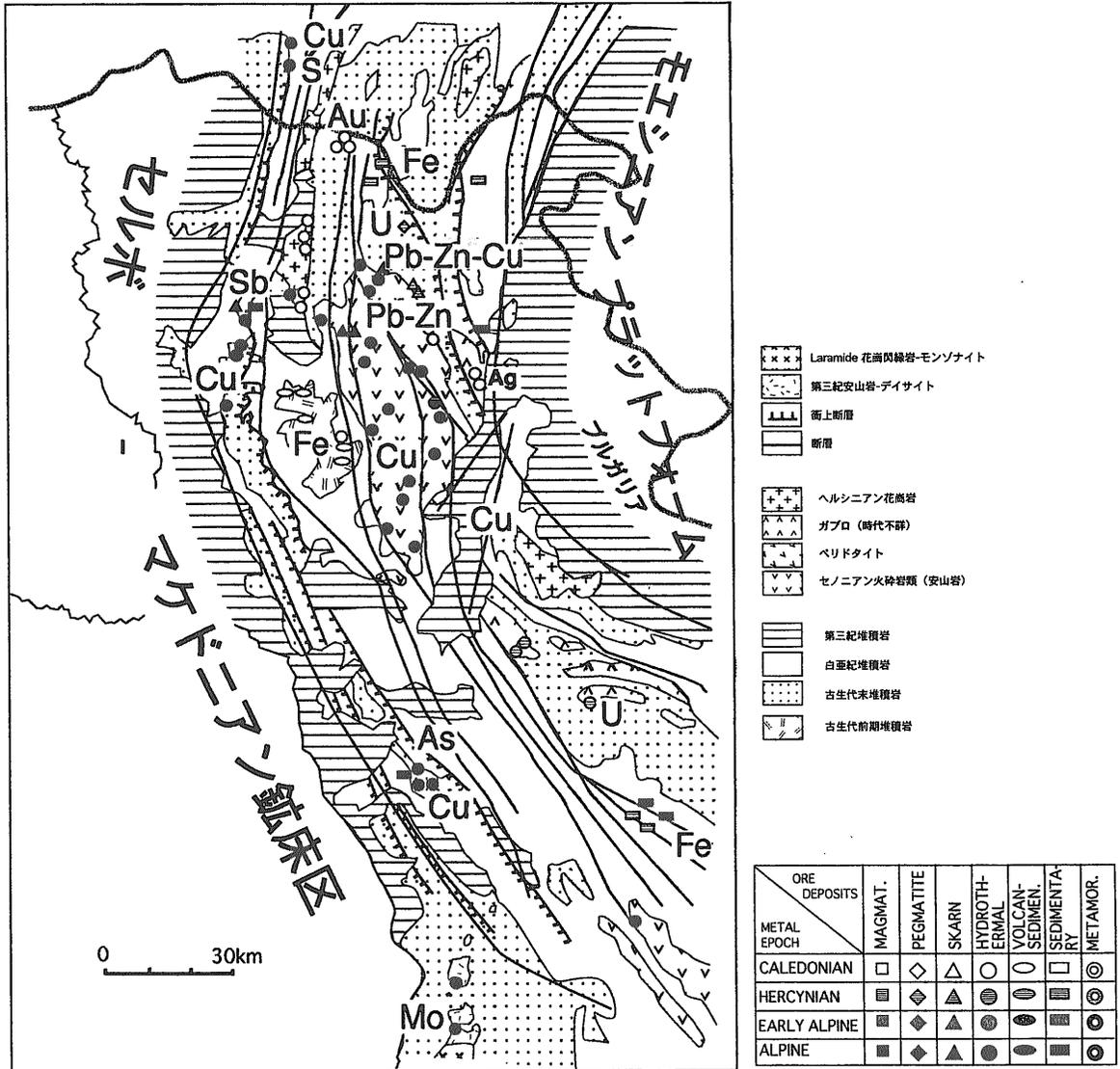
東セルビアのマグマ活動（チモスカコンプレックス）は，沈み込む海洋プレートの融解で起こり，その後，大陸地殻を同化したマグマが生じた。初期のマグマ活動には，銅鉱床（ボア，ゴナハ，リナ）が伴われている。その後の活動では，銅以外にモリブデン，稀には亜鉛，鉛が伴われている。石灰岩との接触部では，亜鉛・鉛（銅）鉱床が生成した。

ジュラ紀のジナルに存在した海洋地殻は，ジュラ紀の終わりと白亜紀のはじめに，まわりのユーゴスラビアの大陸ブロックに一部衝上断層によってのり上げた。これによって，輝緑岩，スピライト中の銅鉱床，超塩基性岩のクロマイト鉱床が地表へもたらされた。海洋地殻地域が閉じることによって，ジナルマイクロコンチネントがさらに隆起し，それと同時に北東端が海洋性プレートと共に一部沈み込んだ。大陸ブロックの圧縮により，温度が上昇し，パリンジェニックマグマが発生，上昇した。そして，始新世後期，中新世に安山岩-デイサイト，石英閃緑岩，ガブロ，中新世後期，第四紀に，花崗閃緑岩，石英モンゾナイトの活動が生じた。これらのマグマは，炭酸塩岩を混入し，アルカリ玄武岩マグマが発生した。パリンジェニックマグマは，大陸地殻上部に貫入した。この活動は，ジナルの北東，セルボ-マケドニアマッシーフの近くで起こった。

花崗岩の融解により生じた花崗閃緑岩質マグマは，鉛，亜鉛，砒素，タングステン，ウラン，錫，銅，モリブデン鉱床をもたらした。これらの金属元素は，これらの地域のヘルシニア花崗岩類に特に濃集している。

第三紀のこの地域の貫入岩，噴出岩に伴われて鉛が濃集している。鉛・亜鉛・アンチモン鉱床生成区（ジナル，セルボ-マケドニアマッシーフ）は，第三紀の花崗岩活動に伴われ生成した。この鉱床生成区には，モリブデン鉱化作用，ウラン鉱床，タリウム鉱床，マケドニアの銅鉱床，ウラン・ネオジウム・タンタリウム鉱床があげられる。ただし，この地域では，鉛・亜鉛・アンチモン鉱化作用が最も特徴的である。

次に，Jankovic (1997)により，カルパト-バルカン鉱床生成区，その隣接鉱床生成区とテーチス-



第7図 東セルビアの構造帯と鉱床区。

ユーラシア鉱床ベルトとの関係とプレートテクトニクスに基づく鉱床生成期と鉱床生成区の発達史が総括されているので、以下で紹介する。

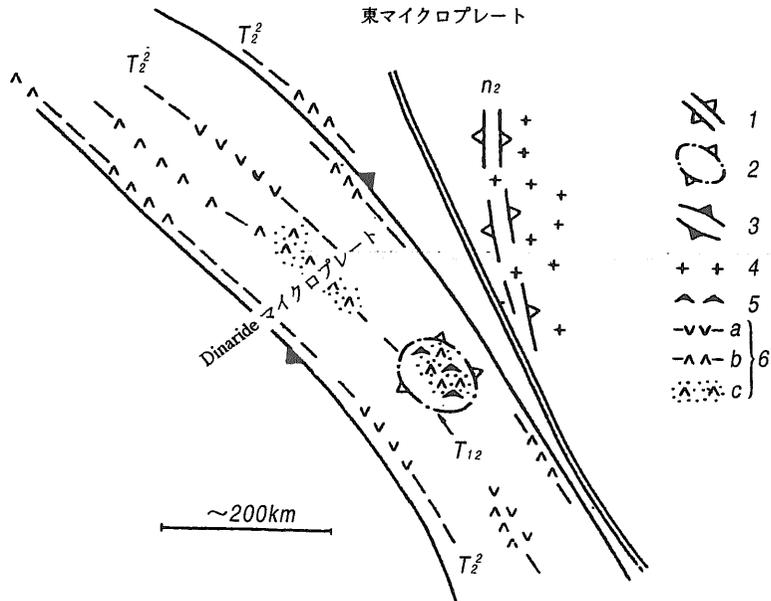
テーチス-ユーラシア鉱床ベルトは、ユーラシアの南端、南にはアフリカアラブプレート、インドプレートのある所で、中生代及びそれ以降にテーチス海で形成された。このテーチス-ユーラシア鉱床ベルトは10,000kmの長さを持ち、これは、環太平洋ベルトの長さに匹敵する。カルパト-バルカン、アルプス期にテーチス-パラテーチス海の拡大と縮小に関係してできた。地中海北東部の主なアルプス鉱床区の

地域の鉱床が以下のように分類されている。

- (1) 大陸内のリフティングに関連した鉱化作用、
- (2) 海底拡大に関連した鉱化作用、
- (3) 沈み込みに関連した鉱化作用、
- (4) 衝突後の火成活動に関連した鉱化作用。

(1) 大陸内のリフティングに関連した鉱床

二疊紀後期-三疊紀中期に、 Gondwana大陸の北端などに沿った大陸内のリフティングに関連して鉱床が生成した。この鉱床タイプとして以下がある。



第8図 古生代後期，三疊紀前期・中期の主な地質単位. 1.古生代後期の熱による沈み込み, 2.三疊紀前期の熱ドーム, 3.三疊紀中期の熱による沈み込み, 4.古生代後期の花崗岩類, 5.三疊紀前期のハイブリッド火成活動, 6.三疊紀中期の火成活動(主にラディニアン); a-玄武岩類, b-ハイブリッド玄武岩類, c-分化したハイブリッド玄武岩類.

- a. スカルン鉱床; 鉄酸化物鉱床.
- b. 火山性・熱水性鉱床, 火山性堆積性鉱床; 重晶石・卑金属鉱床, 鉛・亜鉛鉱脈・ストックワーク鉱床, マンガン鉱床.
- c. 炭酸塩岩を母岩とする低温性の鉛・亜鉛鉱床, 水銀鉱床.

(2) 海底拡大に関連した鉱床

ジナルのオフィオライトに関連した鉱床として以下がある.

- a. クロマイト鉱床, b. ニッケル・銅・コバルト鉱床,
- c. チタン磁鉄鉱床, d. 火山性-堆積性鉱床(キプロス型黄鉄鉱・銅鉱床, 層状鉄・マンガン鉱床).

(3) プレートの沈み込みに関連した鉱床

ジュラ紀後期-白亜紀前期にテーチス海が閉じてヨーロッパプラットフォームの下へ海洋底が沈み込み, カルクアルカリ岩系及び局部的にアルカリ岩系の火成作用が生じた. この火成作用は, 特にカルパト-バルカンの西の島弧に沿って起こった. ララミアン火成岩類として, セノニアン火山岩類とカンパニアン-暁新世深成岩, 深成岩類がある.

北部のパノニアンマイクロプレートが, ヨーロッパ

大陸プレートへ始新世後期-中新世前期に衝突し, 中新世中期に海洋地殻の沈み込みが始まった.

中新世後期-鮮新世前期にカルパチアンの東部, 西部でカルクアルカリ岩系の火成活動が起こった.

プレートの沈み込みに関連した重要な鉱床として, 以下がある.

- a. スカルン鉱床; 鉄, 卑金属が主で, 局部的にモリブデン, 硼素を伴う. ルーマニアのバナト(Banat)が代表例である.
- b. ポーフイリー銅-鉛-亜鉛鉱床; 1950年以降, いくつか発見された. 例として, マダンペク(Majdanpek)(ユーゴスラビア), メDET(Medet)(ブルガリア), モルドバ(Moldova)(ルーマニア), レチュク(Recsk)(ハンガリー)があげられる.
- c. 火山性熱水性鉱床; カルクアルカリ岩系火成活動に関連した交代性鉱床である.

(4) 衝突後の大陸-大陸セッティングの火成活動に関連した鉱床

セルボ-マケドニアン-アナポリアン中央部(Central Anapolian)地域の鉱床は, 漸新世-中新

世/鮮新世のカルクアルカリ火成岩類の活動と関連して生成した。バルダール-イズミル-アンカラ (Izmir-Ankara) 海の閉じた後の縫合帯に鉱床区が生成した。

海底からの塩水によって出来た鉱床 (硼素鉱物、金・銀・鉛・亜鉛土アンチモン・砒素・タリウムの熱水性・堆積性鉱床) やオフィオライト上部で出来た鉱床 (白金, 金, 銅) もある。

主な鉱床は、鉛・亜鉛、アンチモンの鉱床である。バルダールゾーンとセルボ-マケドニアンマッシューフという二つの異なるテクトニックブロックの境界部にポーフィリー-銅-鉛鉱床がある。

3. まとめ

(1) 旧ユーゴスラビア諸国内の鉱床は、様々な時代に生成した: 主な鉱床生成期は、1. デボン紀以前、2. 石炭紀、二畳紀-石炭紀、3. 三畳紀中期、4. ジュラ紀、5. 白亜紀後期-古第三紀、6. 漸新世以降である。

(2) 主な鉱床生成区は、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である。

(3) プレートテクトニクスにより、メタロジェニーと火成活動の解釈がなされている。

ジナルマイクロプレート、東マイクロプレートの動きに伴う海洋地殻の拡大と収縮、リフト帯の形成、プレートの沈み込み、衝突後の火成活動に伴われ、様々な鉱床が生成した。それぞれの代表的鉱床タイプは、以下の通りである。

海洋地殻の拡大により生成した鉱床; オフィオライトに関連したマグマ性鉱床 (クロマイト, 銅, ニッケル, チタン, 磁鉄鉱), キプロス型黄鉄鉱・銅鉱床, 層状鉄・マンガン鉱床。

リフティングに関連した鉱床; 炭酸塩岩中の層状鉛・亜鉛鉱床 (アルバイン型), 水銀鉱床, スカルン鉄鉱床, 鉛・亜鉛脈状鉱床, マンガン鉱床。

沈み込みに関連した鉱床; ポーフィリー-銅-鉛鉱床, 交代性銅鉱床。

衝突後の火成活動に関連した鉱床; 鉛・亜鉛・アンチモン鉱床, オフィオライト上部に出来た鉱床 (白金, 金, 銅)。

注1) 古生代後期, 特に石炭紀を中心として起こったヨーロッパにおける運動で, バリスカン造山ともいう。北米のアパラチア変動, 日本の本州造山など世界各地に広く認められる。

注2) 中生代, 特にジュラ紀の初めから新生代までの造山運動をいう。主な地域は, 地中海地域~ヒマラヤ, ミャンマーと環太平洋地域のいわゆるアルプス造山帯である。

注3) 鉱体がポディフォーム状~レンズ状のときに, シート状や塊状を呈するクロム鉄鉱床で, アルプス型クロマイト鉱床ともいう。

参考文献

- Berce, B. (1967): The stratiform lead-zinc deposits bordering the Eastern Alps and their genetic elements. In *Genesis of stratiform lead-zinc-barite-fluorite deposits in carbonate rocks*. Brown, J.S. ed., Monograph, Econ. Geol., 3, p.126-132.
- Cerny, I. (1989): Current prospecting strategy for carbonate-hosted Pb-Zn mineralizations at Bleiberg-Kreuth (Austria). *Econ. Geol.*, 84, p.1430-1435.
- Duhovnic, J. (1967): Facts for and against a syngenetic origin of the stratiform lead-zinc-barite-fluorite deposits in carbonate rocks. Brown, J.S. ed., Monograph, Econ. Geol., 3, p.108-125.
- Jankovic, S. (1977): The copper deposits and geotectonic setting of the Thethyan Eurasian metallogenic belt. *Mineral. Deposita*, 12, p.37-47.
- 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. (1997): The Carpatho-Balkanides and adjacent area; a sector of the Thethyan Eurasian metallogenic belt. *Mineral. Deposita*, 32, p.426-433.
- Jankovic, S. and Petraschenk, 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.
- Karamata, S. (1977): The origin of the igneous rocks of Yugoslavia and their metallogeny. *Internat. Geology Rev.*, 21, p.633-642.
- Schmacher, F. (1954): The ore deposits of Yugoslavia and the development of its mining industry. *Econ. Geol.*, 49, p.451-492.
- SHIKAZONO Naotatsu (1998): Metallogeny of former Yugoslavia.

<受付: 1998年9月11日>