

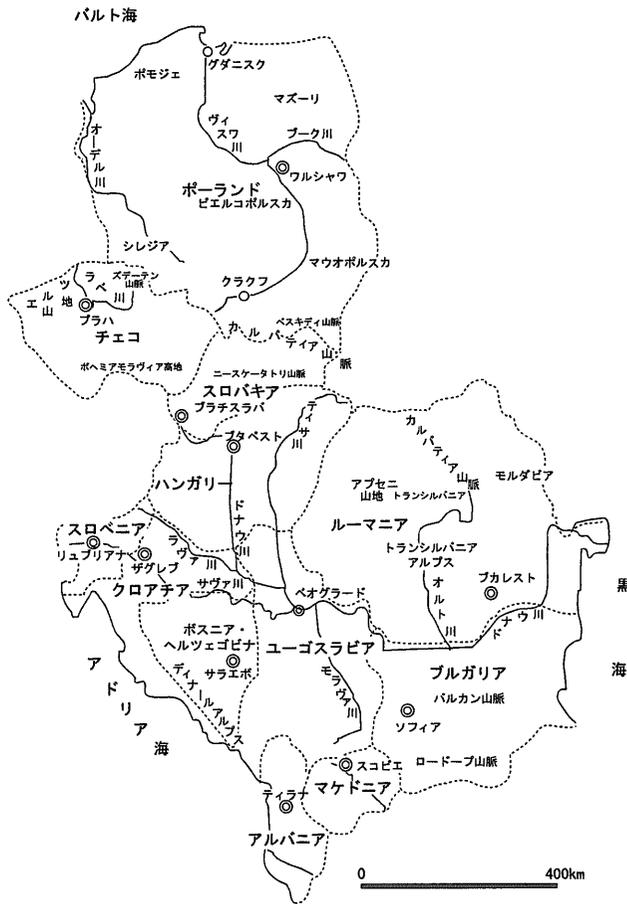
東欧諸国の地質構造とメタロジェニー

鞠子 正¹⁾

1. はじめに

東欧諸国, 即ちポーランド, チェコ, スロバキア, ハンガリー, ルーマニア, スロベニア, クロアチア, ボスニアヘルツェゴビナ, ユーゴスラビア, アルバニア, マケドニア, ブルガリアを含む地域(第1図)は先カンブリア時代に安定化し, その後広域の変動(広域変成作用, 深成火成作用)を受けなかった東ヨーロッパ卓状地, カレドニア変動により安定化したカレドニア卓状地, バリスカン変動により安定化したバ

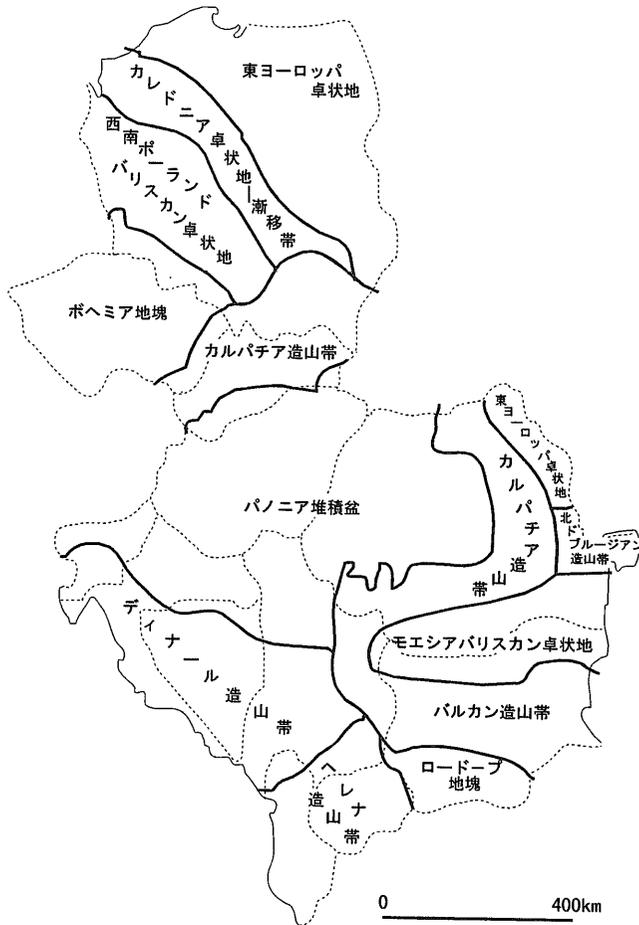
リスカン造山帯(ボヘミア地塊・北ドブルーリアン造山帯)・バリスカン卓状地(西南ポーランド卓状地・モエシア卓状地), アルプス変動を直接的に受けたアルプス造山帯(カルパチア造山帯・バルカン造山帯・ディナール造山帯・ヘレナ造山帯), 内側アルプス地塊・堆積盆(パノニア堆積盆・ロードープ地塊)からなり(第2図), 非常に複雑な地質構造をもっている。以下, 上に挙げた順序で地質構造を述べることにする。



第1図
東欧地域地形略図。

1) 〒273-0866 千葉県船橋市夏見台1-2-6-201

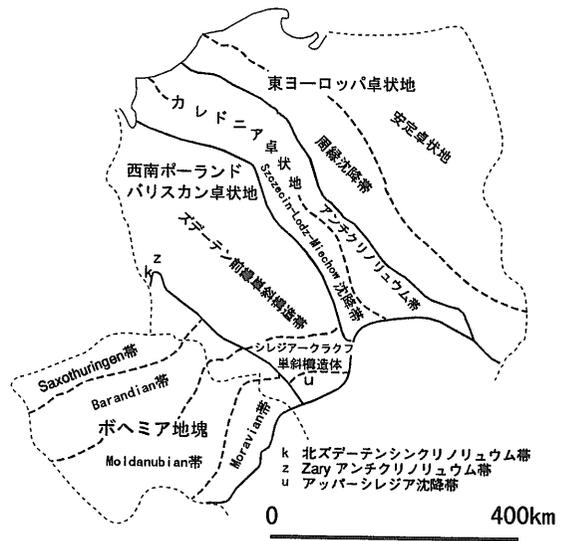
キーワード: 東欧, 地質構造, メタロジェニー, プレートテクトニクス



第2図 東ヨーロッパ地域大構造図。

2. 東ヨーロッパ卓状地

東ヨーロッパ卓状地はポーランドの東北部とルーマニア東北部を占め、東はロシア平坦地に連続し、西のポーランドではTornquist構造線を介してカレドニア卓状地と接するが、ルーマニアではアルプス変動帯と接しておりTornquist構造線の存在は明らかでない(第2図)。ポーランドの東ヨーロッパ卓状地は、さらに安定卓状地と周縁沈降帯とに分けられる(第3図)。前者は先カンブリア紀変成岩類を基盤とし比較的薄く傾斜の緩い古生代およびそれ以後の堆積物により覆われている。地表から基盤までの深さは東で浅く西に向かって深くなり、約500mないし2,000mである。後者では基盤までの深さが最大8,000mに達する(Kaizkiewicz *et al.*, 1977)。ルーマニアにおける東ヨーロッパ卓状地の基盤はRephean (600Ma) からなり、地表には新第三系が露出している。



第3図 北部東ヨーロッパ構造分帯図。

3. カレドニア卓状地 (漸移帯)

カレドニア卓状地は、東ヨーロッパ卓状地とバリスカン卓状地に挟まれ帯状に分布するが、カレドニア期に安定化しその基盤の上に被覆層が発達する厳密な意味のカレドニア卓状地は、この帯の北約3分の1で、南部の一部には基盤としてはBaikalian (エオカンブリア紀に相当)に安定化した地塊が存在し、この地塊はバリスカン期に褶曲作用などの構造運動を受けている。従ってこの卓状地は東ヨーロッパ卓状地からバリスカン帯への漸移帯と考えることもできる。卓状地北部では先カンブリア系の上に急傾斜したオールドビス系、シルル系が載り、これらを不整合に中・下部デボン系、下部石炭系およびペルム系が覆っている。しかし、一部に先カンブリア系の上に前期古生代以後の被覆層が発達した安定地塊を挟んでいる。カレドニア卓状地中部の深部地下構造はあまり明らかではない。アルプス期早期 (Laramide期)には、カレドニア卓状地と東ヨーロッパ卓状地を巻き込んだ構造運動により、NW-ES方向のアンチクリノリュウム帯と両側の沈降帯 (東ヨーロッパ卓状地周縁沈降帯およびSzczecin-Lodz-Miechow沈降帯 (シンクリノリュウム)が形成された (第3図)。

4. バリスカン造山帯

4.1 ボヘミア地塊

ボヘミア地塊は、チェコおよびポーランド南西部にわたって分布し、1,000m前後の山地を形成している。本地塊は大規模な衝上断層あるいは走向断層により境されたMoravian, Moldanubian, Barrandian, Saxothuringenの各岩石構造単位に分帯される (第3図)。この分帯は高圧変成帯、縫合帯の可能性のある塩基性-超塩基性岩、プレート運動を指示する大規模破砕帯の水平運動およびこの破砕帯に関係する変成作用の放射年代などに特に注意を払って造られている (Matte et al., 1990)。

(1) Moravian帯

この帯は、ViennaからOstravaにわたって分布し、カルパチア造山帯の前縁沈降帯および外縁ナッペの下にもポーリングにより確認されている。基盤は550Maから580Maに形成されたCadman

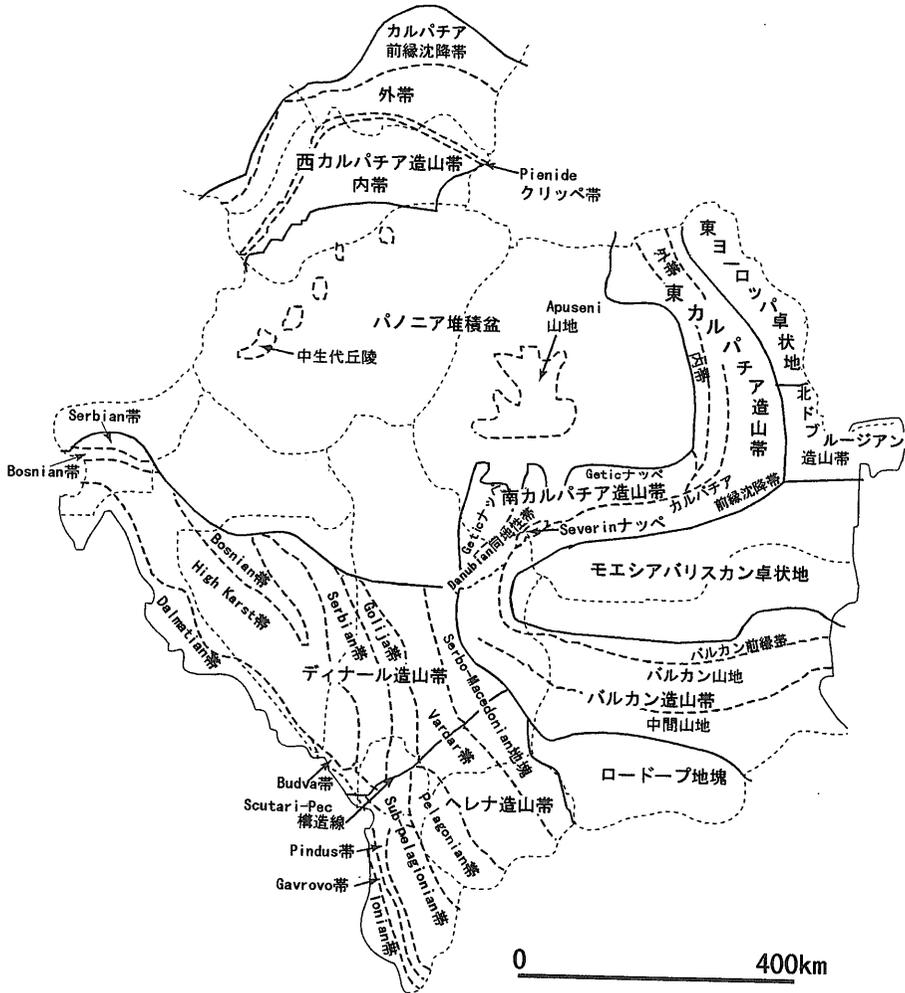
(Pan-African)の花崗岩類からなり、その上を中期デボン紀のピンク砂岩と後期デボン紀～早期石炭紀の炭酸塩岩などの卓状地堆積物が覆っている。東北部にはViseanおよびNamurianのモラッセ盆地堆積物が分布する。変形および変成作用の程度はMoldanubian帯の境界に向かって増加する傾向を示すが、変成度は低い。バリスカン造山帯の外側部にあたると考えられる。

(2) Moldanubian帯

本帯は、GfohlおよびDrosendorfの2帯からなり、ボヘミア地塊の中で最も変成度が高く、最も侵食された部分であり、340Maから320Maの間に形成された種々の花崗岩類の底盤により特徴づけられる。Gfohl帯はオーストリアにおいて主Moldanubian衝上断層を介してDrosendorf帯の上に乗るGfohlナッペとして認められており、高変成度の含珪線石片麻岩、角閃岩および変輝緑岩からなる。ナッペの下底付近にはマントル起源と考えられるグラニュライト、エクロジャイトおよびざくろ石かんらん岩のレンズが分布し、ナッペの最上部には酸性の白粒岩岩床を形成している。Drosendorf帯は、基本的には変成泥質堆積岩を主とする6,000m以上の厚い地層からなる。古生物学的証拠からこれらの堆積岩は後期原生代～早期古生代の産物と見られる、これはMoravian大陸塊に接する活動的大陸縁辺部堆積物を代表すると考えられる。またGfohl帯は強くインプリケイトした背弧海洋地殻およびマントル物質を含む活動的縁辺部のテクトニック・メランジを代表するものかも知れない。

(3) Barrandian帯

本帯はNE方向の中央ボヘミア剪断帯を境としてMoldanubian帯と接し、極めて厚い後期原生代 (Algonkian)の堆積岩および火山岩の地層とこれを不整合に覆うカンブリア紀から中期デボン紀にわたる前期古生代の堆積岩層からなっている。後期原生代の地層は下部から上部へ、①主として頁岩と粘板岩からなる前スピライト層群、②スピライトとケラトファイアーを主とし、少量の斑れい岩、閃緑岩および堆積岩からなるスピライト層群、③厚い粘板岩、グレイワッケおよび礫岩からなるフリッシュ型の後スピライト層群のように重なっている。前期古生代の堆積岩層は卓状地堆積物で、カンブリア紀の砂岩および礫岩からなる浅海性堆積物、オル



第4図 南部東ヨーロッパ構造分帯図.

ドビス紀の礫岩、珪岩、頁岩および鉄鉱層からなる海進堆積物と、そしてシルル紀の黑色頁岩および石灰岩、デボン紀の石灰岩および泥質岩類から構成されている。Barrandian帯の変形・変成作用は隣接するMoldanubianおよびSaxothuringen両帯と比較して極めて弱い。

(4) Saxothuringen帯

本帯はBarrandian帯の北方および北西方に露出し、Muncheberg, Tepla, 狭義のSaxothuringenの3帯からなる。Barrandian帯とSaxothuringen帯の境界をなす主断層はペルム-石炭紀および白亜紀の堆積物によりほとんど覆い隠されている。Muncheberg帯は主として大規模なクリッペとして露出し、上部から下部へ次ぎに示すものからな

る。①高変成度の片麻岩、角閃岩およびエクロジヤイトの複合体、②かんらん岩、角閃岩、変火山岩類および千枚岩からなる低変成度複合体、③オルドビス紀からデボン紀の碎屑堆積岩、火山岩類および放射虫チャートからなる古生代堆積岩類、④早期石炭紀のフリッシュおよびテクトニックメラングエ体。Tepla帯はMuncheberg帯に類似し、上部から下部へ次ぎに示すような逆転した変成層からなる。①含ざくろ石斑れい岩、②含ざくろ石-ルルチル角閃岩およびエクロジヤイト、③蛇紋石化したかんらん岩、④縞状角閃岩、⑤火山岩類およびチャート。これらの地層は恐らくオフィオライト起源であり構造的に珪線石片麻岩により覆われている。Tepla帯はBarrandian帯とSaxothuringen帯の間に絞り出さ

れた形をしており異地性Munchberg帯の根と考えられる。狭義のSaxothuringen帯は、主として原生代から石炭紀にわたる厚い泥質岩とマグマ起源の岩石からなる。この帯の最古の岩石は原生代から早期カンブリア紀と考えられる変泥質岩と、これに貫入した490Maの花崗岩質オルソ片麻岩からなり局地的にグラニュライトと超塩基性岩を伴う。泥質の古生層はカンブリア紀から前期石炭紀まで連続し、これに前期オルドビス紀の石英泥質岩系を伴っている。

ボヘミア地塊全般には、石炭紀に2期にわたって貫入岩類の活動が認められる。前期(340Ma)のものは閃緑岩および閃長岩からなり、後期(320-330Ma)の活動は狭義の花崗岩を含む花崗岩類である。パリスカン変動後の大きな事件はセノマニアン海進である。ボヘミア地塊のほぼ北半分は沈降し後期白亜紀海により覆われた。上部白亜系堆積物は海岸線から北に行くに従って次第に細粒となる。白亜紀の間は海進・海退を繰り返したが、Moldanubian帯は海に沈まず島を形成していた。

4.2 北ドブルージアン造山帯

本造山帯(第4図)の中心部は北西方向の軸を持って褶曲した複雑な変成複合体からなる。背斜構造のコアは先カンブリア系と考えられる結晶片岩類および角閃岩からなる。この上に後期原生代からオルドビス紀の変成した砂岩と頁岩が重なっている。これらは、石灰岩と含黄鉄鉱頁岩からなるシル系に覆われ、さらに塩基性岩脈により切られる。リズミックな珪岩、頁岩および石灰岩の互層からなる下部デボン系がこの上に重なる。290Maの花崗岩質貫入岩体が石炭紀以前の岩石を貫いており、これは早期パリスカン変動の一環と考えられる。下部石炭系堆積物は基底礫岩、グレイワックおよび頁岩からなりCulmに類似する。これらはパリスカン主変動により花崗岩類の貫入と変成作用を受け固化した。中期三畳紀以後のアルプス型海洋の発達により地域の北東および南西部は中生界により覆われている。このパリスカン造山帯は、さらに黒海北側からコーカサスへと連続している。

5. パリスカン卓状地

5.1 西南ポーランドパリスカン卓状地

ポーランドのパリスカン卓状地はパリスカン造山帯とカレドニア卓状地に挟まれて、NW-SE方向に帯状に分布するズデーテン前縁単斜構造帯、シレジアークラフ単斜構造帯およびアッパーシレジア沈降帯と、ボヘミア地塊を囲むように発達する北ズデーテンシンクリノリウム帯およびZaryアンチクリノリウム帯からなる。いずれも原生代から石炭紀までの地層を基盤として、これを覆うペルム紀以後の卓状地堆積物から構成されている。

(1) ズデーテン前縁単斜構造帯

ズデーテン前縁単斜構造帯は、Szczecin-Lodz-Miechowシンクリノリウムの南西翼を形成する(第3図)。本構造帯で注目すべき卓状地堆積物最下部を構成するRotliegendes統(下部ペルム系陸成層Autunian+Saxonian)は、基盤の沈降部でまず堆積し始めた。この厚いモラッセ層の碎屑物は周期的に上昇する後背地から供給された。地形における最初の相対的差異は、堆積と同時の地殻の上昇運動により周期的に促進されるが、同時にやや低い地域での堆積と侵食により水平化され、Zechstein期の初めには上昇地域の高さは堆積盆の底とほぼ同じ水準に達する。含銅頁岩型鉱床を胚胎するZechstein系は海進により徐々に先カンブリア紀および古生代の基盤を覆っていった。この構造帯では、ペルム系-中生界は全体的には北東に緩く傾斜する単斜構造を示しているが、振幅が数mから最大400m程度(多くは200m程度)の圧縮力によると考えられる褶曲構造が多数存在し単斜構造に変化を与えている。Lubin-Polkowice鉱山地域では、卓状地堆積物は中変成度の変成作用を受けた原生代の岩石を覆って発達し、中新世までに侵食が下部三畳系ないしペルム系まで達している。鉱床層準の下位にはRotliegendes統の赤色砂岩があり、Zechstein統に属する鉱石胚胎層序は下部から砂岩、含銅黒色頁岩、含銅ドロマイト質頁岩となっている。この系には無数の振幅十数mの小褶曲構造がみられ、力学的性質の異なる下部の砂岩と上部の炭酸塩岩の存在のため複雑な形態を示す。

(2) 北ズデーテンシンクリノリウム帯およびZaryアンチクリノリウム帯

北ズデーテンシンクリノリウム帯は、ボヘミア地塊に挟まれ北西方向に延びて分布する(第3図)。

基盤を覆って上部石炭系、ペルム系、三疊系および白亜系からなる卓状地堆積物が重なり、Laramide変動によるシンクリノリウム構造を示す。ペルム系は下部のRotliegendes統と上部の銅鉱層を挟むZechstein統からなり、三疊系はMuschelkalk統のみからなりKeuper統を欠く。Zaryアンチクリノリウム帯は、ズデーテン前縁単斜構造帯と北ズデーテンシンクリノリウム帯をつなげる位置にあり、その層序はズデーテン前縁単斜構造帯と同様である。

(3) シレジアークラクフ単斜構造帯およびアッパーシレジア沈降帯

シレジアークラクフ帯には、カレドニアおよびバリスカン変動を受けたシルル紀、デボン紀および石炭紀の地層を基盤とし、これを覆って三疊紀以降の卓状地堆積物が発達している。ズデーテン前縁単斜構造帯と異なり一般にペルム系を欠くのが特徴であるが、SlawkowグラーベンにのみRotliegendes統を含むペルム系が認められ、アッパーシレジア帯の石炭堆積盆に続いている。アッパーシレジア帯の卓状地堆積物の最下底は三疊系のBunter砂岩統である。Bunter砂岩の上位には、広い地域にわたってアッパーシレジア石炭堆積盆に続く上部石炭系が発達している。石炭系はキンメリア、ラミーおよび後期アルプス変動と侵食によりわずかな地域で露出したり、第三系および第四系の直下に産出するようになった。この石炭系の北東側に、三疊系のBunter砂岩統、ミシシッピー型鉛・亜鉛鉱床を胚胎するMuschelkalk統およびKeuper統その上に重なるジュラ系からなり、緩やかに北東に傾斜するシレジアークラクフ単斜構造帯の卓状地堆積物が分布する。シレジアークラクフ単斜構造帯の南側に分布するアッパーシレジア沈降帯は、後期アルプス変動により沈降し、海成新第三系中新統の薄層が、先カンブリア紀、古生代、三疊紀およびジュラ紀の地層からなる基盤を覆っている。

5.2 モエシアバリスカン卓状地

基底部のカンブリア紀あるいはオルドビス紀の砂

岩の上にはオルドビス紀またはシルル紀の頁岩が重なり、さらにこれを後期デボン紀および前期石炭紀の蒸発岩を伴う石灰岩が覆っている。上部石炭系は注目すべき瀝青質の頁岩からなり砂岩を伴う。これに続いて塩基性貫入岩を伴うペルム紀の赤色層が堆積する。全古生界の厚さは4,500mに達し、これらはバリスカン変動を受けている。一方中生界は殆ど平坦で緩やかなう曲構造を示し、東ヨーロッパの経済上最重要なものの一つである炭化水素のリザーバーを胚胎している。三疊系は下から珪岩、砂岩、ドロマイトおよび非海成の頁岩を伴う砂岩からなる。中部ジュラ系の下底には不整合が認められ、その上に粘土質岩、さらに上部ジュラ系の炭酸塩岩が堆積する。前期白亜系はカルスト地形の表面を有する。中生界はモラッセ堆積物を主とする厚い第三系に覆われる。

6. アルプス造山帯

6.1 カルパチア造山帯

カルパチア造山帯の外縁は、ボヘミア地塊に近いウィーン盆地から始まり、チェコの東部、ポーランドの南部を通して南下し、ウクライナの西端をかすめて、ルーマニアで大きく西に屈曲しさらに南に曲がってドナウ川を横切りユーゴスラビアに入る。さらにブルガリアに進みここでさらに東に曲がってバルカン造山帯となり、黒海に至るという極めて屈曲に富んだ造山帯を形成している(第4図)。ここでは便宜的に、(1)西カルパチア造山帯(チェコ、スロバキア、ポーランド、ハンガリーを含む)、(2)東カルパチア造山帯(ルーマニア東部)、(3)南カルパチア造山帯(ルーマニア南部)に分けて述べる。

(1) 西カルパチア造山帯

本帯は第4図に示すように内帯、Pienideクリッペ帯、外帯(フリッシュ帯)、カルパチア前縁沈降帯の四つの構造単位に分けられる。

内帯には原生代の岩石が存在するが、通常高変成度の変成作用を受けている。前期古生代の岩石は一般にボヘミア地塊のものと岩相が異なる。カンブローシルル系は陸源性堆積物からなり酸性-塩基性の火山岩類を伴う。シルル系は炭酸塩相であり、デボン系は大量の塩基性火山岩類を含んでいる。下部石炭系の堆積岩はあまり知られていないが、

チャルノカイトおよび斑れい岩を含む大きな花崗岩質深成岩体を伴っている。上部石炭系は碎屑性岩石が優勢であるが、一部に炭酸塩岩を産し塩基性火山岩類を伴っている。ペルム系は北部で陸成相を南部で海成相を示す。前期三疊紀に始まった海進は前期白亜紀末まで厚く変化に富んだオフィオライトを挟む堆積岩類を生成した。三疊系は、南部では殆ど海成の石灰岩およびドロマイトからなるが、北部ではBunter砂岩統、Muschelkalk統およびKeuper統が分布する。これに続いてジュラ系の泥岩および放散虫チャートが堆積し、早期白亜紀の大規模なナッペを生ずるような強い褶曲衝上断層運動が起こるまで続いた。白亜紀の地殻変動に伴って、火山活動および貫入火成活動が起こり、特に前期白亜紀のテッセン岩シルの生成は注目すべきである。古第三紀には再び強い変動が起こり、カルパチア内帯の岩石は白亜紀および古第三紀の変動により約数100km北東方に移動したと推定される(Oszczypko and Slaczika, 1985)。内帯には第三紀から第四紀の火山岩類も発達するが、これについては後に述べる。Pienideクリッペ帯は、カルパチア造山帯の内帯と外帯の境界をなす構造帯で、ジュラ紀および白亜紀の地層からなり現在の場所に定置したのは、漸新世から前中新世の間と考えられている(Csontos et al., 1992)。この帯はTethys海の主縫合線に当たるとされている。中期白亜紀造山運動による内帯の堆積作用の中絶とともに外帯は優地向斜帯として発達し始めフリッシュ層堆積作用が続いた。アルプス造山運動の主変動は中新世に起こった。この時期に南側の内フリッシュは北側の外フリッシュに衝上した。カルパチア造山帯全体にわたって外帯の外側には後期新第三紀の後造山期モラッセ堆積物が厚く帯状に発達する。これをカルパチア前縁沈降帯と称する。Tortonian期には、外フリッシュはさらに前方に押されてカルパチア前縁沈降帯の新第三紀堆積物の上に衝上している。

(2) 東カルパチア造山帯

東に向いた弧を形成し、東側は東ヨーロッパ卓状地に直接アバットしている。本造山帯は内帯、外帯、カルパチア前縁沈降帯に区分される(第4図)。内帯は西から東へ、Transilvanian ナッペ、Bucovinian ナッペ、Sub-Bulcovinian ナッペおよび

Bretila帯に分けられる。Transilvanian ナッペはほかに比べ最も長距離を移動している。岩石はすべて中生代のものであるが、完全な層序を保存している箇所は一箇所もなく多くは散在したクリッペと上部のウルトフリッシュの塊の継ぎ合わせで、大規模なオリストストロームと見ることが出来る。Bucovinian ナッペは一枚の板状岩体と考えられ、Transilvanian ナッペと異なり先カンブリア紀-古生代の基盤岩のスライスを含んでいる。Sub-Bulcovinian ナッペは東のBretila帯に衝上している。このナッペの最下位は先カンブリア系最上部の結晶質石灰岩と角閃岩でその上に雲母片岩が厚く発達し、これらを不整合に覆ってカンブリア系の変酸性火山岩を含む結晶片岩類、さらに不整合にデボン-石炭系の結晶質石灰岩および珪岩が重なっている。以上の変成岩類を貫いて、花崗岩、花崗閃緑岩およびほかの貫入岩類が岩脈類を伴って産する。Bretila帯を含めて、内帯全体にわたってペルム系赤色砂岩および礫岩を産し、ペルム紀前にパリスカン造山運動が最盛期に達したことを示す。Bretila帯は以前は原地性と考えられていたが、ほかのナッペと同様異地性と考えられる。その最下部は先カンブリア時代と考えられる角閃岩相に変成された碎屑性堆積岩と塩基性火山岩からなる。その上に不整合に、緑色片岩相を示す変成碎屑岩、石灰質岩および火山岩類からなるデボン-石炭系が載る。これ以後の地質時代の情報はSub-Bulcovinian ナッペに覆われ十分ではないが、西側のナッペ群と類似していると思われる。西カルパチア造山帯にみられた主縫合線は、ここでは新第三紀火山岩類に覆われていると推定される。新第三紀火山岩類については後述する。

外帯は七つの主要フリッシュナッペ群からなっている。フリッシュはジュラ系から新第三系にわたり、西から東へ次第に若くなる。外帯東側のカルパチア前縁沈降帯は、西カルパチア帯と同様第三紀のモラッセ堆積物により特徴づけられているが、変成作用を受けた基盤の上に700~800mのまったく後の変動を受けていないカンブリア紀からデボン紀に至るすべての系を含む古生界が堆積しており、その意味では古ヨーロッパ卓状地と見なせる。鮮新世以後第四紀に至るまで内・外帯および東ヨーロッパ卓状地(スキタイ卓状地)の上昇とこの帯の

沈降が続き陸成のモラッセ層が堆積したことを示している。

(3) 南カルパチア造山帯

本帯はDanubian原地成帯, Geticナッペ, Severinナッペ, カルパチア前縁沈降帯の四つに区分されるが(第4図), カルパチア前縁沈降帯は東・西カルパチア帯のものと類似するので省略する。Danubian原地成帯の基盤は先カンブリア紀および前期古生代と考えられる緑色片岩相の変成岩類とこれを貫く片麻状花崗岩類からなる。一部でこの基盤をデボン系が, 多くの場合石炭系の岩石が覆う。また一部でペルム系の碎屑岩および火山岩類が認められる。これらの上部古生界は緩やかな褶曲を示しているが, バリスカン造山運動を受けたとはいえない。古生界の上には, 中生代の被覆層が重なる。Geticナッペの基盤岩は, 主として高変成度の先カンブリア時代花崗岩質片麻岩からなる。被覆岩は下位から石炭系, ペルム系, ジュラ系および下部白亜系, さらに局地的な上部白亜系および第三系からなる。両系共, 後テクトニックのもので中部白亜紀に主要な移動が起こったことを示す。白亜紀末から暁新世にかけて中性ないし酸性の貫入岩と火山岩類の活動が認められる。Geticナッペは相当距離を東方に移動しDanubian原地成帯の上に衝上したと考えられる。Severinナッペは後期ジュラ紀および前期白亜紀の頁岩およびチャートからなり塩基性火山岩類と蛇紋岩を伴う。さらにこれを後期白亜紀のフリッシュ様堆積物が覆っている。ナッペの主要移動期は最終白亜紀と考えられる。この変動期とほぼ同時に安山岩の激しい活動が起こっている。

6.2 バルカン造山帯

バルカン造山帯は北のカルパチア造山帯から直接連続してブルガリアを西から東へ走り黒海に達する。北側のモエシア卓状地と南側のロードープ地塊の間に挟まれて分布するバルカン造山帯はカルパチア造山帯と比較して単純な構造を示し, 北から南へバルカン前縁帯, バルカン山地, 中間山地(Sredna Gora)の三つの構造単位からなるが(第4図), これらは共通の層序により考えることができる。バルカン前縁帯は主褶曲帯と安定した卓状地の間にあるという点でJura帯に比すことができる。バルカン山地には衝上断層, 大規模な逆転褶曲あるいは小

規模なナッペも認められ, 広く分布する中生界の間に時に古期岩石が露出する。中間山地は主として丘陵地帯を形成しているが第四紀堆積物に覆われた平地も存在する。その地質構造は逆断層により断ち切られた特徴的な急傾斜の褶曲を示す。

(1) 先カンブリア系および古生界

先カンブリア紀の岩石は主として中間山地に分布し, 花崗岩類, 片麻岩, ミグマタイトなどの複合岩体からなる。先カンブリア紀~カンブリア紀の岩石からなる'結晶質岩系'は変成度の高い下部と低い上部とに分けられるが, 下部は始生界と推定される。閃緑岩, 斑れい岩, 花崗閃緑岩からなる複合岩体がこの系の最上部に認められる。先オルドビス紀生成(カンブリア紀?)と考えられるオフィオライトの断片がこの系に含まれている。恐らくデボン系と思われる火山岩類が西バルカン山地に広く分布する。またバルカン深部断層に支配されカレドニア期の花崗岩類が貫入している。引き続き後期石炭紀には石炭層を含む陸成層が堆積し, 二畳系も同様に石炭層, 礫岩, 角礫岩からなる陸相を呈する。二畳系にはまた凝灰岩および溶岩を含む。

(2) 中生界

中生代の堆積物がバルカン山地を広く覆っている。三畳系は西バルカン山地および東バルカン山地に分布する。前者では三畳系は, ドイツと同様にオルドビス紀珪岩起源の巨礫を含む基底礫岩で始まり, Bund砂岩が重なるが, 後者では異なった岩相で始まる。しかし三畳系上部は両地域でAlpine-typeの白色石灰岩を広く産する。三畳紀末には海は東方に退き, 西バルカン山地では陸成層が発達するが東バルカン山地では引き続き石灰岩を堆積する。ジュラ紀上部には三畳紀末と同様に西部バルカン山地では一部に石炭を含む陸成層を生成した。大部分のジュラ系は圧縮された層厚を示すがすべての時階を認めることができる。ジュラ紀最上部(Thutonian)は例外的に厚い地層が発達し, 北部では白色石灰岩が堆積するが南部または西南部にゆくに従いフリッシュ相に漸移し最大厚さ2,000mに達する。これら二つの岩相は白亜系下部に連続し, ブルガリアの大部分は白亜紀の岩石に覆われることになる。東バルカン山地から黒海沿岸にかけては, 中期白亜紀生成のオリストストロームが分布する。このオリストストロームの定置は早期

白亜紀晩期の運動の一部と考えられ、これが収まった後、セノマニアン階に東方から海進が起こった。これ以後白亜紀末に至るまで石灰質岩の堆積がバルカン地域で優勢となる。

後期白亜紀に始まった火山活動は白亜紀末まで引き続いた。この火山活動は安山岩質凝灰岩および安山岩溶岩で特徴付けられ、バルカン造山帯中間山地からボスボラスへ延び、さらに東方へ延長している。また白亜紀末には中間山地において一連の酸性貫入岩類が形成され、“南ブルガリア花崗岩類”と呼ばれている。中間山地とロードープ地塊の間のMaritza構造線は白亜紀末に形成された。

(3) 新生界

第三紀地殻変動は中生代末に始まる。これにより中間山地は陸化し、中間山地の北側に形成された東西方向のトラフには始新世の石灰岩と砂が堆積した。主要なアルプス褶曲は、Lutetian後に起こったと思われ、このとき北方への衝上運動によりバルカン山地が形成され、花崗岩類と閃長岩類が貫入した。漸新世の海成堆積物は東バルカン山地に限られ、この時期にも褶曲運動が続いた。ほかの地域では褐炭を含む陸成堆積物が形成された。中新世には東方と北西方から海進が進み海成層が堆積した。

6.3 ディナール-ヘレナ造山帯

ディナール造山帯は、北は南部アルプスに連結し、南はヘレナ造山帯につながるアドリア海東岸に沿って延びるアルプス・システムの一部である。また、ヘレナ造山帯はアルバニア、マケドニアおよびギリシャにまたがって分布するアルプス造山帯として定義される。これらを明瞭に分けるScutari-Pec構造線がほぼアルバニアの北部国境線に沿って存在する。この構造線は完全な不連続を意味せず、いくつかの構造帯はディナール造山帯からヘレナ造山帯に、水平方向にずれながらも連続している。ディナール造山帯は内側（北東側）から外側（南西側）に向かって、八つの構造帯に分けられ、ヘレナ造山帯も同様に十構造帯に分けることができる（第4図）。両者にまたがって連続していると見られる構造帯も存在するので一括して述べることにする。

(1) Serbo-Macedonian地塊

Serbo-Macedonian地塊の変成岩は、主として

先カンブリア時代のものであると考えられるが、一部は古生代生成である。中生代の大部分、また古生代においては陸地として大きく突出しており、南西のディナール造山帯および東方の南カルパチア造山帯のトラフに碎屑性堆積物を供給していた。地塊南部では新第三紀カルクアルカリ岩系中・酸性火山岩-貫入岩複合岩体が形成された。本地塊南西側境界は高角の逆断層を介してVarder帯の火山岩類の上に衝上し、北東側では同様な関係で南カルパチア造山帯と接している。

(2) Vardar帯

ディナール造山帯では、Vardar帯の大部分は中生代火山岩類に覆われている。一般に中生界の層序はジュラ紀のいわゆる“輝緑岩-放散虫岩”層から始まり、この層中には大規模なオフィオライト岩塊を特に西部で産する。“輝緑岩-放散虫岩”層は南西部で白色のThitonian炭酸塩岩に覆われている。後者は南西側で白亜紀の浅海成石灰岩に、北東側で泥質のフリッシュに不整合に覆われ、ディナール造山帯中に早期アルプス変動があったことを示している。Vardar帯はその南西側境界で、構造帯を介してGolija帯の上に載っている。ヘレナ造山帯ではVardar帯はさらに三つの亜帯に分けられる。もっとも東側のPeonia亜帯は、ディナール造山帯と同様、基本的には早期ジュラ紀に明瞭になった内側トラフであり、オフィオライト複合体が発達している。その後いったん陸化してからジュラ紀最末期の海進が起こり、フリッシュ層を堆積するトラフとなった。さらに後期始新世まで陸化とトラフ形成を繰り返す。プレートの収斂境界であったことを示している。この亜帯の西には、長い間海嶺であったVeles Axis亜帯がある。ここでは火山岩（流紋岩、スピライト-ケラトファイアー）を伴う三疊紀およびジュラ紀の炭酸塩岩の堆積で始まり、中生代末期の海進の後、漸新世に隆起した。さらに西のAlmopias亜帯は、後期ジュラ紀に確立されたもう一つの海溝でありこれも陸化とトラフ形成を繰り返している。Vardar帯はいくつかのスライスに分かれて、西方に衝上しており、もっとも西のナッペはPelagonian帯の上に押し上げられている。両造山帯において新第三紀にはSerbo-Macedonian地塊と同様にカルクアルカリ岩系中・酸性火山岩-貫入岩複合岩体の活動が広く認められる。

(3) Golija-Pelagonian 帯

Vardar 帯が主として中生代の岩石からなるのに対して Golija-Pelaginan 帯 (アルバニアでは Korab 帯) では古生界またはそれ以前の岩石を基盤とし浅海成の堆積物を主とする中生界が載っている。早期白亜紀にはこの帯は陸化しオフィオライトの上部は深く浸食され、蛇紋岩は赤色化している。やがて浅海にひたされ、その後マーストリヒチアン階から第三紀初期にかけて再び沈降に移りトラフにフリッシュが堆積した。両帯とも西方への衝上運動が顕著で、Golija 帯は南西側で次の Serbian 帯の上に載り、Pelagonian は Sub-Pelagonian 帯上への衝上が認められる。

(4) Serbian-Sub-Pelagonian 帯

Serbian-Sub-Pelagonian (Mirdita) 帯の大部分はオフィオライトからなる。これはジュラ紀末期から白亜紀初頭にかけて形成されたもので、火山岩類と超塩基性岩からなり、放散虫岩、頁岩、砂岩および礫岩を伴う。Serbian 帯には先オフィオライトの大陸地殻を産する。多くの場所に古生代の基盤岩が認められ、これは早期三畳紀の赤色砂岩に覆われる。オフィオライト形成後この帯は陸化し、後期白亜紀に再び海進が始まり、Rudist 礁成石灰岩が発達し、白亜期末のフリッシュ層へ移行する。古第三紀には厚いモラッセが堆積している。オフィオライト複合岩体は白亜紀末から始新世にかけて南西方へ押され Bosnian 帯あるいは Pindus 帯上に衝上している。これは、ディナール-ヘレナ造山帯内帯の最外側に当たり、ヨーロッパ・プロパーとアドリア微小プレートとの接合部と見ることができる。

(5) Bosnian-Beotian 帯

二つの衝上断層に挟まれたフリッシュが Bosnian-Beotian (Grammas) 帯の主要構成物であり、このフリッシュは少なくともジュラ紀初期から後期白亜紀まで存在していたトラフを代表している。

(6) High Karst 帯

High Karst 帯のヘレナ造山帯への延長は Paranassus 帯と考えられるが、この帯はギリシャにのみ分布するのでここでは省略する。High Karst 帯の基盤は古生界で、古生界の上には三畳系下底の赤色層が載り、その上に中期三畳紀～後期白亜紀石灰岩層が堆積する。本帯の一部には中期三畳紀、特に Ladinian に形成された火山岩-堆積岩複

合体が分布しこれに種々の貫入岩体を伴う。火山岩はスピライトとケラトファイアーからなり、貫入岩として、ひん岩、花崗岩、花崗閃緑岩、石英閃緑岩、斑れい岩が認められる。構造的には High Karst 帯は最南部で Budva 帯の上に衝上し、Budva 帯はさらに Dalmatian 帯石灰岩の上に衝上している。しかし北部では、High Karst 帯石灰岩は直接 Dalmatian 帯石灰岩の上に衝上している。

(7) Budva-Pindus 帯

Budva-Pindus (Krast) 帯は二つの平行な衝上断層に挟まれてアルバニアからギリシャ北部まで続く。一部にトラフ堆積物の周縁相と見られる浅海成堆積物が認められるが残りはずべて遠海相を示している。本帯は、元の堆積トラフから完全に移動した異地成岩体である。

(8) Dalmatian-Gavrovo 帯

Dalmatian-Gavrovo (Kruja) 帯は主として白色石灰岩からなり、最下位の中期ないし後期三畳紀から中期始新世まではほぼ浅海成の石灰岩が続き、唯一の異なった岩相は石灰質頁岩である。Dalmatian 帯では層序の上で重要な不連続が白亜紀-第三紀の境界にある。石灰岩の上には中期および後期始新世の厚いフリッシュ層が重なる。Gavrovo 帯では上部白亜系の石灰岩が下部ないし中部始新世まで重要な相変化無しに連続し、フリッシュへの変化は後期始新世である。両帯とも原地成である。

(9) Ionian 帯

この帯はディナール造山帯ではアドリア海中にあると考えられる。最下部は無化石の中生代石灰岩(三畳紀?)で、その上に下部ジュラ系(中部 Lias)までの塊状石灰岩が重なる。これらは大陸斜面を代表するもので、さらに含アンモナイト石灰岩と珪質石灰岩により特徴付けられる Toarcian 統のトラフ堆積物が重なる。同様な堆積物は後期ジュラ紀から白亜紀まで続き、白亜紀最上部には石灰質フリッシュが認められる。古第三紀に入り徐々に陸源性碎屑物が混合し、後期始新世に普通の砂質フリッシュが現れ、中新世まで続く。

7. 内側アルプスの地塊・堆積盆

7.1 パノニア堆積盆

パノニア堆積盆は、全アルプス・システムにおい

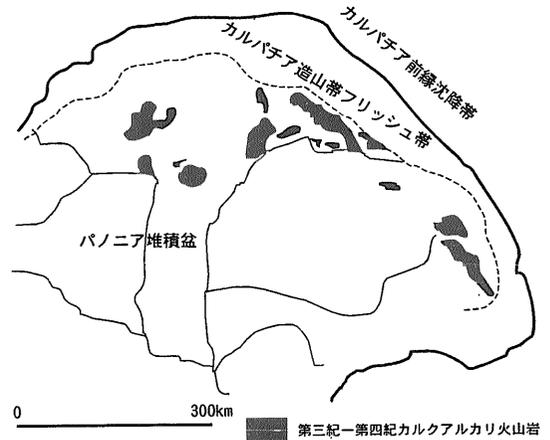
て堆積物により満たされた最大の後造山盆地である。しかしこの堆積盆は、単なる第三紀後期の堆積盆ではなく、それ以上に安定地塊としての性格を有している。古期岩石の一部は、ルーマニア Apuseni 山地の新第三系の下に姿を現している。この山地はトランシルバニア堆積盆を主堆積盆から分離した形にしている。また、主堆積盆はハンガリーを東北から西南に横切る中生代丘陵により東のハンガリー大平野と西のハンガリー小平野に二分されている(第4図)。以下、Apuseni 山地、中生代丘陵、堆積盆プロパーおよびパノニア堆積盆の生成と関係が深い第三紀-第四紀火山岩類の順に述べる。

(1) Apuseni 山地

パノニア堆積盆の底部は厚さ20-25kmのマイクロプレートと呼ぶべき大陸地殻からなる。この基盤岩は、Apuseni 山地と中生代丘陵の南部に露出している。Apuseni 山地北部の基盤岩は、主として原地成の中-高変成度の変成岩からなり、時代は後期先カンブリア紀からカンブリア紀にわたる。これらはパリスカン期花崗岩類に貫かれている。Apuseni 山地の西部には、古期岩類からなる一連のナッペが形成され、原地成の基盤岩に衝上している。北部 Apuseni 山地の原地成基盤岩には、後造山期のペルム系砂岩および礫岩が載りその上には、中生界が重なる。南部 Apuseni 山地は北部と異なり中生代のフリッシュと塩基性火成岩が発達する。即ち前期および中期ジュラ紀の東地中海オフィオライトおよびこれを覆うチャートおよびフリッシュが露出する。また Apuseni 山地全域にわたって白亜紀から暁新世のカルクアルカリ系島弧火山岩類および中-酸性貫入岩類が発達する。山地南部の新第三紀火山岩類については後述する。

(2) 中生代丘陵

Transdanubian 中央山地最下位の地質は、顕著な不整合面を隔てて重なる陸成ペルム系堆積前に変質・変形したデボン系および石炭系の頁岩と千枚岩からなる。これらを不整合に覆ってアルプス型三畳系が重なる。ジュラ系の堆積前には一部に早期キンメリア変動が認められる。ジュラ紀の間は頻繁に堆積休止期があり、マンガン鉱床がカルスト地形の上に堆積している。白亜系の大部分は石灰岩と泥灰岩からなるが、第三紀前には長期の陸化期



第5図 カルパチア-パノニア地域第三紀-第四紀カルクアルカリ火山岩類分布図(被覆層に覆われているものも含む)。

があり上部白亜系礫成複合体の上に顕著な不整合を介して始新世の礫岩が載る。また白亜系の種々の層準にはしばしばボーキサイト鉱床が発達する。

(3) パノニア堆積盆

パノニア堆積盆はホルストおよびグラーベン構造を示す。ホルスト部の基盤深度は3,000m、グラーベン部のそれは7,500mに達する。パノニア堆積盆を充填する主要な堆積物は中新統および鮮新統である。中期中新世に海進は最大に達し、石灰岩を堆積する。前期鮮新世のパノン階には気水ないし淡水成の粘土および砂が堆積する。後期パノン階には環境が次第に変化して、山に囲まれた塩水湖を形成する。

(4) 新第三紀および第四紀火山岩類

カルパチア造山帯は、中生代から新生代のヨーロッパと Italo-Dinarid 地塊の衝突に応じて進化してきた。カルパチア褶曲帯の地殻収縮は、ヨーロッパプレートの南方および西方への沈み込みによるものである。これに伴って中新世の間カルパチア内側プレートの伸張とパノニア堆積盆の沈降が起こった。このパノニア堆積盆の発展は、カルパチア-パノニア地域にカルクアルカリ岩系火山活動を伴い、鮮新世-完新世のアルカリ玄武岩火山活動の道を開いた(Szabo et al., 1992)。カルクアルカリ岩系火山岩類はカルパチア外帯の内縁に平行な弧を形成している(第5図)。安山岩および石英安山岩溶岩からなる中性-酸性火山岩が優勢で流紋

岩質凝灰岩およびイグニブレイトがこれに次ぐ。これらは成因的に関係を持ち同じ空間的・時間的分布を示すが、前期中新世のいわゆる“下部流紋岩質凝灰岩層準”(19-20Ma)によって中・酸性火山岩優勢の境界が引かれていることに注意すべきである。この層は厚さ数10mで主としてイグニブレイトからなる。前期中新世の火山活動は酸性の火山岩類を形成する。前期中新世後のカルクアルカリ岩系火山岩類は、すべて中期中新世-鮮新世の単一の火山テクトニック系をなす。中期中新世-鮮新世のカルクアルカリ岩系火山活動は主として中性の成層火山を形成し、海洋プレートの沈み込みに関係している。また、100以上の噴出中心がカルパチア地域で知られており、盾状火山、火山岩類および岩脈として産する。これらの玄武岩質マグマの噴出は時間的にパノニア堆積盆発展の最終段階、即ち最後の上昇運動に伴っている。

7.2 ロードープ地塊

本地塊の大部分の岩石は先カンブリア時代のものと考えられ、もっとも古い岩石は地塊の東西両側に分布し比較的若い岩石は断層に挟まれてそれらの間に産する。ブルガリアではこれら古期岩石を上部結晶質岩系と下部結晶質岩系に分けている。後者はより高度の変成作用を被り、高変成片麻岩とミグマタイトからなる非常に複雑な複合岩体をなしている。この下部結晶片岩系の古い部分は地塊の最東部にのみ分布し、一般に始生界と呼ばれている。上部結晶質岩系はかなり厚い変成した石灰岩などの堆積岩からなり、多数のバリスカン花崗岩類により貫かれている。バリスカン造山運動により陸化した後、この地塊特にその南西側には、白亜紀に沈み込み帯を生じ、これにより形成された堆積岩類はアルプス変動により変成作用を被るとともに、ロードープ地塊側で中・酸性の火山岩類の噴出と花崗岩類の貫入が起こっている。さらにその後、始新世の堆積物が変成岩類を基盤として広がっているが、これらは粗粒の岩屑性のものであり隆起浸食が始まったことを示す。また始新世から中新世にかけて、ロードープ地塊に対する南北両側からの沈み込みにより安山岩-石英安山岩-流紋岩の火山岩とこれに引き続くモンゾニ岩質、花崗閃緑岩質および花崗岩質の小貫入岩の活動が起こって

いる。また、新生代の陸成堆積物により充填された小さな断層堆積盆あるいは断層線に沿って鮮新世および第四紀の火山が噴出している。二つの大陸の衝突あるいは、アドリア微小プレートのヨーロッパとの衝突の時、バルカンおよびヘレナ両造山帯は外方に吐き出され、ロードープ地塊は上に絞り出されるとともに変成されマグマに焼かれたと見ることができる(Ager, 1980)。

8. プレートテクトニクス発達史

カレドニア帯、アパラチア帯、バリスカン帯およびモーリタニア帯などの大西洋周辺の古生代造山帯はヨーロッパ、アメリカ-グリーンランドおよびアフリカ盾状地のカンブリア-オルドビス紀からペルム紀にわたる衝突の結果形成されたものである。Matte (1986)によれば、バリスカン帯および北アパラチア帯を形成したアフリカ-ヨーロッパおよびヨーロッパ-アメリカの衝突が南アパラチア帯およびモーリタニア帯を作ったアフリカ-アメリカの衝突より早く、前期石炭紀にアフリカとアメリカの間に海洋が存在したと考えられる。この海洋は石炭紀の間に、西へ向かう海洋プレートが別の海洋プレート下への沈み込みと、アフリカプレートのヨーロッパに対する時計回りの回転により閉鎖した。オルドビス紀の初めに、Lepetus海の西への沈み込みが始まりその中期にヨーロッパとグリーンランドが衝突、シルル紀にカレドニア造山帯が完成した。またオルドビス紀中期にMassif Central海の北への沈み込み、シルル紀中期にRheic海の南への沈み込みが開始され、デボン紀から石炭紀にかけて北ヨーロッパ、アフリカおよびその間に挟まれた中央地塊(Massif Central)の衝突によりフランスバリスカン帯あるいはボヘミア地塊が形成された。ボヘミア地塊におけるMunchberg-Tepla帯は、縫合線に相当する。

三畳紀から現世に至る地中海地域におけるアルプスシステムの進化は、ヨーロッパとアフリカの安定地塊の間の発散、トランスフォームおよび収斂プレート境界ネットワークの活動の結果である。前期ジュラ紀における Gondwana 大陸分散前に、ペルム紀には北および中央大西洋周辺大陸の外形の精緻な集合一致が起こった。しかし中-後期三畳紀には、各地で発散プレート境界発生の前駆的玄武岩の活

動が認められ、海洋地殻拡大の開始を示すオフィオライトも生成している(第6-1図)。即ち、ディナール造山帯High Karst帯においては中期三疊紀の海底火山活動があり、西および東カルパチア帯でも発散プレート境界の存在を示す後期三疊紀スピライイトおよび超塩基性岩、またその前駆であるアルカリ貫入岩類などを産する。ディナール-ヘレナ造山帯Vardar帯における三疊紀オフィオライトの分布は、さらに進んでこの時期における海洋地殻発達開始を示している。早期ジュラ紀には大西洋の拡大が開始され、中央大西洋の中央海嶺-トランスフォーム境界はテーチス地域に進入し(第6-2図)、Vardar帯における海洋拡大は早期ジュラ紀から後期ジュラ紀まで続く。Apuseni山地、南カルパチア帯でも早期ジュラ紀から後期ジュラ紀にかけての海洋拡大が認められている。西および南カルパチア帯では早期白亜紀(Hauterivian)の沈み込みにより火山活動が起こった。早期白亜紀(Barremian)に始まったVardar帯オフィオライトの西方Pelagonian帯への衝上運動は、AptianおよびAlbianにはフリッシュ堆積帯の西方移動という結果を生じた(第6-3図)。このオフィオライトの衝上運動は恐らくPelagonian帯の一時的沈み込みに基づくVardar海西縁の海溝の閉塞によって引き起こされたものと考えられる(Dewey *et al.*, 1973)。この場合沈み込み帯が東方へ移動して、ロードープ地塊西縁に生じ、早期から中期白亜紀の厚いフリッシュ堆積物を形成し、ロードープ地塊側には安山岩-石英安山岩-流紋岩の火山活動を生じた(第6-3図)。この活動は後期白亜紀(Santonian)(第6-4図)まで続く。後期白亜紀(Santonian)にはバルカン海洋プレートはモエシア地塊の南縁に沿って沈み込みを始めた(第6-4図)。後期白亜紀(Santonian)から暁新世にかけての沈み込みによってカルクアルカリ岩系の火成活動がApuseni山地、南カルパチア帯およびバルカン造山帯に起こった。その第一期は安山岩、石英安山岩および流紋岩に閃緑岩小岩体を伴う。第二期は、中性から酸性の貫入岩類、第三紀は酸性岩脈が生成している。ほぼ同時期にヘレナ造山帯Vardar帯には、厚いフリッシュと凝灰岩の堆積が認められ、沈み込み帯の西方移動を示している。始新世になるとロードープ地塊では、南北両側からの沈み込みにより安山岩-石英安山岩-流紋岩の火山

岩とこれに引き続くモンゾニ岩質、花崗閃緑岩質および花崗岩質の小貫入岩の活動が起こり(第6-5図)、これは中新世まで続いたと考えられる(第6-6図)。中新世(Burdigarian)から現世に至るまでのアフリカのヨーロッパに対する相対的運動は収斂性のものである。この間内部シアリック地塊の衝突やそのアフリカ-ヨーロッパ・バイスによる絞り出しの結果として、プレート境界の非常に複雑な変化が起こった。中新世の間にCarnics, Apulia, ロードープ、モエシアなどのプレートは、ヨーロッパに対して固定された(第6-6図)。これら地域における大部分の衝突はナッペやオフィオライト・オブダクションを形成しながら漸新世にほぼ完成したが、これら縫合帯に沿う収斂作用は中新世まで続き、例えばカルパチア帯全域のナッペ形成は中新世まで行われた。シアリック地塊のヨーロッパに対する固定により、アフリカ-ヨーロッパ収斂作用を収容するため現世のヘレナ海溝における沈み込みが中新世に開始された(第6-6図)。これによりディナール-ヘレナ造山帯Serbo-Macedonian帯およびVardar帯に新第三紀カルクアルカリ岩系中・酸性火山岩-貫入岩複合岩体の活動が起こった。また、カルパチア帯への南方および北方からの沈み込みに伴い、西および東カルパチア造山帯、Apuseni山地およびパノニア堆積盆にわたって広く中・酸性のカルクアルカリ岩系およびアルカリ玄武岩の火山活動が行われた(第6-6図)。第1表に東ヨーロッパの地質構造・鉱床総合発達史を示した。

9. メタロジェニー

東ヨーロッパ地域全体にわたるまとまった鉱床生成区に関する論文は発表されていないので、Dunning *et al.* (1975, 1986)を参考にして、これらの国を総合した鉱床生成区を述べることにする。鉱床生成区を設定するに当たってその基本となるのは鉱床生成期であり、鉱床生成期は地質構造の発達と密接な関係がある。したがって、まず先に述べた地質大構造区に基づいて鉱床生成区を設定し、必要に応じて亜構造区によって細分していくこととし、第7図にそのメタロジェニー図を示す。

(1) バリスカン造山帯鉱床生成区

a) ボヘミア地塊鉱床生成区：Moravian帯北部

第1表 東欧の地質構造・鉱床総合発達史.

地質時代		構造輪廻	構造運動と構造帯の発達	鉱化作用
新 生 代	第四紀 (Ma)	ア		◦鉄脈網状 Au-Ag,Au多金属 Pb-Zn,Sb斑岩 Cu 鉱床(バノニア盆地東西カルパチア)
	1.7			
	鮮新世			
	新第三紀	ル	◦カルパチア帯,ヘレナ帯への沈み込み	◦スカルン,熱水交代,鉄脈型 Pb-Zn,Sb,斑岩 Cu 鉱床 (Serbo-Macedonian,Vardar 帯)
	中新世			
	24			
	漸新世	ブ		◦スカルン型・熱水交代型・鉄脈型 Pb-Zn,Pb-Zn-Cu 鉱床の生成(ロードープ地塊)
	古第三紀 始新世		◦ロードープ地塊での沈み込み	
	暁新世		◦Apuseni,南カルパチアバルカン帯での沈み込み	◦斑岩・スカルン型 Cu 鉱床の生成(南カルパチアバルカン Apuseni 山地)
	64	ス	◦西南カルパチアロードープでの沈み込み	◦オフイオライト中の正マグマ Cr, Ni-Cu,Fe-Ti 鉱床,火山成塊状硫化物 Cu 鉱床 (Vardar,Serbian,Sub-pelagionan, カルパチア帯,Apuseni 山地)
中 生 代	白亜紀		◦Apuseni,南カルパチア海の拡大発展	◦Muschelkalk 統中のミシシッピーバレー型 Pb-Zn 鉱床の生成(シレジア)
	140	キ		◦Zechstein 統中の含 Cu 頁岩の生成(低シレジア)
	ジュラ紀	ン	◦Vardar,東・西カルパチア海の発展	◦Ag-Pb-Zn,Sn-W 鉄脈(ボヘミア) Cu 鉄脈(西カルパチア)の生成
	208	メリ	◦大西洋拡大開始	◦火山成塊状硫化物 Cu-Pb-Zn 鉱床の生成(ボヘミア)
	三畳紀	ア	◦High Karst・Vardar・東西カルパチアリフトの形成	◦火山成塊状硫化物 Cu (西カルパチア),
古 生 代	242			◦Zechstein 統中の含 Cu 頁岩の生成(低シレジア)
	ペルム紀	バリ	◦パリスカン帯被覆層堆積開始	◦Ag-Pb-Zn,Sn-W 鉄脈(ボヘミア) Cu 鉄脈(西カルパチア)の生成
	284	リス	◦パリスカン造山帯の完成	◦火山成塊状硫化物 Cu-Pb-Zn 鉱床の生成(ボヘミア)
	360	カン	◦カレドニア帯被覆層堆積開始	
	デボン紀			
	409		◦カレドニア造山帯の完成	
	シルル紀	カ	◦Rheic プレート沈み込み開始	◦火山成塊状硫化物 Cu (西カルパチア),
	436	レ	◦Massif C.プレート沈み込み開始	
	オルドビス紀	ドニ	◦Lepetus プレート沈み込み開始	◦火山成塊状硫化物 Cu-Pb-Zn(東カルパチア) 鉱床の生成
	500	ア		
原 生 代	カンブリア紀		◦Lepetus 海 Rheic 海 Massif C. 海の発展	
	564		◦東ヨーロッパ卓状地被覆層堆積開始	◦ミシシッピーバレー型 Pb-Zn 鉱床の生成(東カルパチア)
	Eocambrian			
	Jotnian (Baikalian)			◦火山成塊状硫化物 Cu 鉱床の生成(北ドブルージアン)
Gothides		◦東ヨーロッパ卓状地基盤の完成		



第7図 東ヨーロッパ・メタロジェニー図.

の東ズデーテン地域には、デボン紀の石英ケラトファイア—またはケラトファイア—に伴った火山成塊状硫化物Cu-Pb-ZnあるいはPb-Zn鉱床が分布する。また、ボヘミア地塊全般にわたって、古期バリスカン花崗岩類に關係して生成したと考えられる鉱脈型Ag-Pb-Zn鉱床、新期バリスカン花崗岩類に伴うグライゼン型Sn-W鉱床を産する。

b) 北ドブルージアン造山帯鉱床生成区：先カン

プリア時代の結晶片岩類および角閃岩に伴う火山成塊状硫化物Cu鉱床と中期三疊紀のバイモータル火山活動の酸性火山岩に伴う火山成塊状硫化物Zn-Pb-Cu鉱床を生成している。

(2) バリスカン卓状地帯鉱床生成区

a) 低シレジア鉱床生成区：ズデーテン単斜構造帯および北ズデーテンシンクリノリュウム帯を含み、東欧地域で最も重要な鉱床生成区の一つである。

ペルム系 Zechstein 統下部に胚胎する含 Cu 頁岩型 鉛床 (Kupferschiefer) は世界最大級の規模を有する 鉛床である。

b) シレジアークラフ 鉛床生成区: シレジアークラフ単斜構造帯を含む。これも重要な鉛床生成区で、三畳系 Muscherkalk 統の炭酸塩岩中に世界的規模のミシシッピーバレー型 Pb-Zn 鉛床を産する。

(3) アルプス造山帯鉛床生成区

東欧地区のアルプス期鉛床生成帯については Jankovic (1997) の論文が発表されているのでこれを参考に加えつつ述べることにする。

(3-1) カルパチア造山帯鉛床生成区

a) 西カルパチア鉛床生成区: 西カルパチア造山帯内帯を含む鉛床区である。変成した塩基性火山岩と堆積岩からなるカンブリア-シルル系中に火山成塊状硫化物 Cu 鉛床を胚胎し、後期古生代の岩石中にはバリスカン深成岩類と関係があるとみられる鉛脈型 Fe-Cu または Cu 鉛床を産する。白亜紀の貫入岩に伴う鉛化作用が認められているが、顕著なものは知られていない。また、第三紀中新世の安山岩中に鉛脈型 Pb-Zn 鉛床を生成している。

b) 東カルパチア鉛床生成区: 東カルパチア造山帯内帯がこれに含まれる。先カンブリア系結晶質石灰岩中にミシシッピーバレー型 Pb-Zn 鉛床を産し、またカンブリア系変酸性火山岩類に伴う火山成塊状硫化物 Cu-Pb-Zn 鉛床を広く産する。多金属鉛床として、新第三紀中新統-鮮新統の安山岩に伴う鉛脈型 Au-Ag-Cu-Pb-Zn 鉛床が分布する。

c) 南カルパチア鉛床生成区: Danubian 原地成帯, Getic ナップ, Severin ナップを含む鉛床生成区である。Getic ナップ西部には白亜紀末から暁新世の花崗岩類中の斑岩 Cu 鉛床と花崗岩類と白亜紀石灰岩との接触部にスカルン型 Cu 鉛床を生成している。Severin ナップには、前期白亜紀の塩基性火山岩類に伴う火山成塊状硫化物 Cu 鉛床も認められる。

(3-2) バルカン造山帯鉛床生成区

バルカン山地および中間山地を含む。カレドニア期花崗岩類の貫入に伴うスカルン型 Fe 鉛床および熱水性 Ag-Pb 鉛床, バリスカン期花崗岩類に關係する Au-硫化物鉛床が知られており、三畳紀炭酸

塩岩中にはミシシッピーバレー型 Pb-Zn 鉛床を産する。また後期白亜紀の中・酸性火山岩-貫入岩活動に伴う斑岩 Cu 鉛床, スカルン型 Fe, Fe-Cu 鉛床が分布する。

(3-3) ディナール-ヘレナ造山帯鉛床生成区

a) Serbo-Macedonian 地塊鉛床生成区: 新第三紀カルクアルカリ岩系中・酸性火山岩-貫入岩複合岩体の活動に關係したスカルン型, 熱水交代型, 鉛脈型 Pb-Zn 鉛床および斑岩 Cu 鉛床を産する。

b) Vardar 帯鉛床生成区: 早期ジュラ紀オフィオライトに伴う正マグマ Cr 鉛床 (ポディフォーム型), Ni-Cu-Co 鉛床および新第三紀カルクアルカリ岩系中・酸性火山岩-貫入岩複合岩体の活動に關係したスカルン型, 熱水交代型, 鉛脈型の Pb-Zn 鉛床あるいは熱水交代型, 鉛脈型 Sb, Sb-Au 鉛床が分布する。

c) Serbian-Sub-Pelagonian 帯鉛床生成区: 後期ジュラ紀-早期白亜紀オフィオライトに伴い正マグマ Cr 鉛床 (ポディフォーム型), Ni-Cu-Co 鉛床, 火山成塊状硫化物 Cu 鉛床などを産する。

d) High Karst 帯鉛床生成区: 中期三畳紀の大陸内リフト活動に伴う, カルクアルカリ岩系のスピライト-ケラトファイアー, 曹長石閃長岩, 斑れい岩などの火山岩-貫入岩複合岩体の形成に關係したスカルン型 Fe 鉛床, 火山成塊状硫化物 Pb-Zn 鉛床, 鉛脈型 Pb-Zn 鉛床, 火山堆積成 Mn 鉛床を産する。また, 三畳紀炭酸塩岩中にはミシシッピーバレー型 Pb-Zn 鉛床が分布する。

(3-4) 内側アルプス鉛床生成帯

a) パノニア堆積盆鉛床生成区

a-1) Apuseni 山地鉛床生成区: 前期-中期ジュラ紀オフィオライトの一部である斑れい岩体中に正マグマ含 Ti-V 磁鉄鉛床および Cu-Ni 鉛床を産する。Apuseni 山地南部には新第三紀中新世-鮮新世の安山岩に伴う鉛脈型あるいは網状脈型浅熱水成 Au-Ag 鉛床とその下部の岩株部に發達する斑岩 Cu 鉛床 (Cu-Au 型および Cu-Mo 型) を産する。また, 南カルパチア鉛床生成区の白亜紀末-暁新世の花崗岩類に伴う斑岩 Cu 鉛床鉛化帯の延長が北 Apuseni 山地まで達しているのが認められる。

a-2) 中生代丘陵鉛床生成区: 中生代丘陵にはジュラ紀石灰岩中に堆積成 Mn 鉛床を産する。

a-3) パノニア堆積盆新第三紀火山岩鉛床生成

区：パノニア堆積盆周縁部を中心として、中期中新世-鮮新世の安山岩質火山活動に伴う酸化硫黄型および還元硫黄型浅熱水性Au-Ag鉱床を生成している。酸化硫黄型Au-Ag鉱床の下部には、しばしば斑岩Cu鉱床を産する。

b) ロードープ地塊鉱床生成区：白亜紀前と考えられる蛇紋石化超塩基性岩中に正マグマCr鉱床(ポディフォーム)を産し、始新世-中新世の中・酸性火山岩-貫入岩活動に伴うスカルン型、熱水交代型、鉱脈型のPb-Zn、Pb-Zn-Cu鉱床が分布する。

参 考 文 献

Ager, D. V. (1980) : The geology of Europe, Mcgraw-Hill (UK).
 Csontos, L., Nagymarosy, A. Horyvath, F. and Kovac, M. (1992) : Tertiary evolution of the intra-Carpathian area: a model, Tectonophysics, 208, 221-241.
 Dercourt, J. et al. (1986) : Geological evolution of the Tethys belt from the Atlantic to the Pamirs since the Lias, Tectonophysics, 123, 241-315.
 Dewey, J. F., Pitman, W. C., III, Ryan, W. B. F. and Bonnin, C. (1973) : Plate tectonics and the evolution of the Alpine system, Geol. Soc. Amer. Bull., 84, 3137-3180.
 Dunning, F. W., Mykura, W. and Slatter, D. (1975) : Mineral deposits of Europe vol. 2: South-east Europe, The Mineral. Soc., The Inst. Mining and Metal.
 Dunning, F. W. and Evans, A. M. (1986) : Mineral deposits of Europe

vol. 3: Central Europe, The Mineral. Soc., The Inst. Mining and Metal.
 Jankovic, S. (1997) : The Carpathio- Balkanides and adjacent area: a sector of the Tethian Eurasian metallogenic belt, Mineral. Deposita, 32, 426-433.
 国際鉱物資源開発協力協会 (1995) : 平成6年度資源開発協力基礎調査プロジェクト選定調査報告書ポーランド, 128p.
 国際鉱物資源開発協力協会 (1995) : 平成6年度資源開発協力基礎調査プロジェクト選定調査報告書旧チェッコ・スロバキア, 79p.
 国際鉱物資源開発協力協会 (1995) : 平成6年度資源開発協力基礎調査プロジェクト選定調査報告書ハンガリー, 62p.
 国際鉱物資源開発協力協会 (1995) : 平成6年度資源開発協力基礎調査プロジェクト選定調査報告書ルーマニア, 69p.
 Kaizkiewicz, M., Oberc, J. and Pozaryski, W. (1977) : Geology of Poland, Vol. 4, Publishing House Wydawnictwa (Poland).
 Matte, P. (1986) : Tectonics and plate tectonics model for the Variscan belt of Europe, Tectonophysics, 126, 329-374.
 Matte, P., Malauski, H., Rajlich, P. and Franke, W. (1990) : Terrain boundaries in the Bohemian massif: Result of large-scale Variscan shearing, Tectonophysics, 177, 151-170.
 Meissner R. ed. (1986) : The continental crust-A geophysical approach, International Geophysics Series Vol. 34, Acad. Press.
 Osica, R. (1990) : Geology of Poland, Vol. 6, Publishing House Wydawnictwa (Poland).
 Szabo, C., Harangi, S. and Csontos L. (1992) : Review of Neogene and Quaternary volcanisms of the Carpathian-Pannonian region, Tectonophysics, 208, 243-256.

MARIKO Tadashi (1998) : Geological structure and metallogeny of East-European countries.

< 受付 : 1998年9月11日 >

< 東欧メモ1 > 東欧諸国の概要

東欧諸国とは、八つの国々(ポーランド、東ドイツ、チェコスロバキア、ハンガリー、ルーマニア、ブルガリア、ユーゴスラビア、アルバニア)を指してきました。これらの国々は、第二次世界大戦後、ソ連の影響下で社会主義建設を進めた国々であり、大戦中に連合国の一員であったソ連によってナチスドイツから開放されたという共通点をもっています。この特集号では、上記の国々から東ドイツを除いた地域を対象としており、それら全体をここでは東欧諸国、または東欧世界と呼びます(第1図)。

位置と広がり: 東欧世界は、私たちが思っている位置よりも、だいぶ高緯度にあります。東欧諸国で最も南のアルバニア国の最南端は、秋田市や盛岡市とほぼ同じ緯度です。ワルシャワ、プラハ、ブタペストなどの各首都は、日本の最北端、宗谷岬よりもさらに北方に位置します。そのため、ポーランドで



第1図 東欧諸国の地図。

は、スカンジナビア半島を中心とする大陸氷河がつくった氷河湖、氷河谷、モレーンなどを見ることができます。

第1表 東欧諸国の概要表。

国名 (統計年)	面積 (万km2)	1995		民族 (%)	主な宗教	産業比率 (1次:2次:3次)	
		人口 (万人)	1995			1995	
ポーランド	31.3	3,859	ポーランド(98)		カトリック	23	31:43
チェコ	7.9	1,033	チェコ (94)		カトリック	12	45:41
スロバキア	4.9	536	スロバキア(86), マジャール(11)		カトリック	39	33:24
ハンガリー	9.3	1,023	マジャール (98)		カトリック	15	35:49
ルーマニア	23.8	2,268	ルーマニア(89), マジャール(8)		東方正教	23	42:30
ブルガリア	11.1	840	ブルガリア(86), トルコ(9)		東方正教	12	42:40
旧ユーゴスラビア	25.6	2,366					
*スロベニア	2.0	198	スロベニア(91)		カトリック		
*クロアチア	5.7	450	クロアチア(78), セルビア(12)		カトリック		
*ボスニア・ヘルツェゴビナ	5.1	448	スラブ系モスLEM(44), セル ビア(31), クロアチア(17)		イスラム/東方正教		
*ユーゴスラビア (新)	10.2	1,054	セルビア(63), アルバニア (17), モンテネグロ(5)		東方正教/イス ラム		
*マケドニア	2.6	216	マケドニア(67), アルバニア(23)		東方正教/イス ラム		
アルバニア	2.9	365	アルバニア(98)		イスラム	55	23:21
日本 (比較のため)	37.8	12,520			仏教/神道	6	33:61

*印: 旧ユーゴスラビアに属していた国と地域

ユーゴスラビア (新) は, セルビアとモンテネグロの連合名でボイボジナとコソボの2自治州を含む。

出典: データブック オブ ザ ワールド, 1998 二宮書店

東欧世界の面積は日本の約3倍です(第1表)。総人口はほぼ同数です。南北に長く, 中央部で細くなる「8」の字の形をしています。しかし, その南北の長さは日本列島よりも短く, ポーランドのバルト海沿岸からアルバニアの南端までの距離は, 約1,500kmで, 北海道知床岬-広島間の距離にあたります。

民族, 宗教: 地理・社会学の本によれば, 東欧世界ではスラブ系民族が約6割を占めていて, ポーランド, チェコ, スロバキア, ブルガリア, 旧ユーゴなどの主体がスラブ系とされています。これに対し, ハンガリー, ルーマニア, アルバニアなどは, 非スラブ系民族が多数を占めます。ハンガリー(自身ではマジャール国と称する)はフィン語系のマジャール人, ルーマニア(ローマ人の

土地の意)はラテン系, アルバニアはバルカン語系の民族といわれています。

スラブ系民族は, かつて東ローマ帝国によるビザンチン文化と宗教の影響を強く受け, キリル文字とキリスト教(東方正教)を受け入れました。しかし, 10世紀に神聖ローマ帝国が栄えると, その支配地となったポーランドなどの北部地域はカトリック教に改まり現在に至っています。東欧世界の南部は, 15世紀頃からトルコ人の進出によって, イスラム文化の影響下に入りました。

このように, 歴史, 文化, 宗教, 言葉や文字, 生活習慣などが異なる多数の民族が, 日本の約3倍の土地に混在しているのが東欧世界の特徴とされています。第2表には, 鉱物生産量を表しました。

(H)

第2表 東欧諸国の鉱物とセメントの生産量。

国名 (統計年)	金**	銀**	銅**	鉛**	亜鉛**	クロマイ	ホークサ	鉄鉱石	石炭	セメント
	(t)	(t)	(k t)	(k t)	(k t)	(k t)	イト(k t)	(M t)	(M t)	(M t)
1996		1,100	422	58	155				200	13.9
ポーランド									80	4.8
チェコ									0.9	4
スロバキア			0.4	1	1				15	3
ハンガリー							1,044		175	0.7
ルーマニア	4	60	24.3	18.7	30.9				1	30
ブルガリア	2	35	88.7	21	19.8					5
*スロベニア										0.1
*クロアチア								2		0.2
*ボスニア・ヘルツェゴビナ				0.2	0.3			75	0.2	0.3
*ユーゴスラビア (新)	3	30	88	17	4					39
*マケドニア		10	6.5	15	8.5					7
アルバニア			0.8				5		20	0.5
日本 (比較のため)	8.6	85	1.1	7.8	79.7					6.3
鉱物生産量世界計	2,250	15,200	11,000	2,920	7,440	12,500	114,000	1,004	4,549	1,421

*印: 旧ユーゴスラビアに属していた国と地域

**印: 産出鉱石中の金属量

出典: 鉱物生産量は, USGS, Mineral Industry Survey 1996等による。