

チェコ共和国の鉱床

円城寺 守¹⁾

1. AGRICOLA YEAR

Georgius Agricola (Georg Bauer) は、1494年3月24日ドイツ、ザクセンのグラウハウに生まれ、言語学・医学・哲学・博物学を修めた。33歳の時からボヘミアの鉱山町ヨアヒムスタール (Joachimsthal) で町医者をつとめ、かたわら鉱物や採鉱冶金の技術を研究した(第1図)。1546年、*De Natura Fossilium* を著して、鉱物の色光沢、重さ、硬さなどの外部的特徴を記載し、これに基づいて鉱物を分類した。これが今日の鉱物分類の基礎となった。1556年には*De Re Metallica* が刊行された。これは当時(16世紀初期)の地質、鉱物、鉱業法、採鉱冶金技術を豊富な図や挿絵とともに著したものである。特に鉱床の産状を詳しく観察して述べた彼のこの先駆的業績は、18世紀の地質学者A.G.ウェルナーに高く評価され、不朽の名著となっている。

Agricolaの生誕500年を記念して、1993年6月4日～6日、IAGOD (International Association on the Genesis of Ore Deposits) のErzgebirge Meeting が開催された。そのときのProceedingsが1994年チェコ地質調査所から発刊されている。題して、「Metallogeny of Collisional Orogens (衝突型造山帯における鉱床成因論) (R.Seltmann, H. Kampf and P. Moller編)」これは、衝突型造山帯における鉱床成因論(6編)、Erzgebirgeに係る衝突型造山帯における鉱床成因論(21編)と顕生代造山帯の鉱床成因論(27編)を収めた448頁の論文集である。

また、「鉱床-その起源から生成環境まで-」というタイトルで、SGA (Society for Geology Applied to Mineral Deposits) が主催し1995年8月28日～31



第1図 Georgius Agricola (1494～1555)。

日に開催された、3rd Biennial SGA Meetingがある。この時の巡検案内書「Erzgebirge, Krusne Hory山脈の鉱化作用 (K. Breiter and R. Seltmann編, チェコ地質調査所発行)」という、これも206頁におよぶ冊子が手元にある。

このほかにも、参考文献にあげたような多くの論文や解説文がErzgebirgeの鉱化作用に関して公表されている。

Erzgebirgeはそのまま「鉱石山脈」の意。ボヘミア地塊の北西縁、チェコとドイツの国境に北東～南西に延びる山脈地域である。原生界・カンブリア～オルドビス紀の千板岩類とそれらを貫く花崗岩類とからなり、アルバイト帯・グライゼン鉱化帯にSn, W, Ta, Nb鉱物を始めとして多種多様の鉱物資源を産した。この山地における鉱業そのものは12世紀中葉に開始されたといわれている。Agricolaの時代には資源開発の中心地であった。鉱業による経済発展はこれらの地域における科学技術の発達

1) 早稲田大学教育学部地学教室：
〒169-8050 東京都新宿区西早稲田1-6-1

キーワード：チェコ、鉱物資源、エルツゲビルゲ、ボヘミア

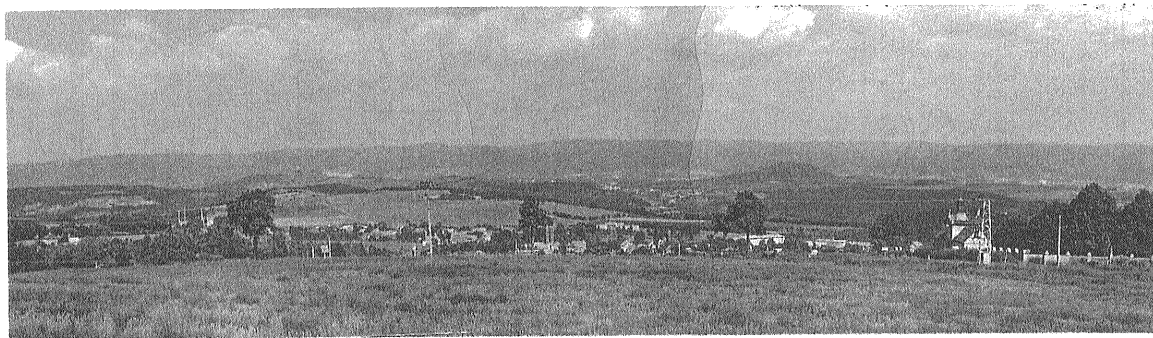


写真1 エルツゲビルゲ, Krusne HoryのCinovec. 500mくらい先には, ドイツとの国境がある.

を促し, 1716年には現在のJachymovに鉱山学校が開設された. これは世界最古の鉱山学校で, 次いで開設されたドイツ, フライベルグの鉱山学校より50年も前のことであった.

2. Erzgebirgeの錫-タングステン鉱床

そのようなErzgebirgeを訪れる機会があった. 1997年6月のことである.

Krusne HoryのCinovec, ドイツとの国境まで500mくらいのこの町にあるなだらかな丘(といってもここもErzgebirgeの一部)に立つと, はるかにドイツ領にもErzgebirgeの山並みが連なっている(写真1). 昔, 教科書に解説されていた「鉱石山脈」の実物だ. 緩やかな初夏の牧歌的な高原に連なる山々は, しかし, その下に眠っていたであろう宝の山を感じさせない. ここボヘミア山地Erzgebirgeの鉱業が本質的には19世紀中葉までに終わったからであろうか. ほとんどの鉱床で鉱量が枯渇したためという.

丘の上に残る豎坑の跡, 選鉱場らしき建物の跡(写真2)が, 地下にはりめぐらされた水没坑道の存在をかりうじて想起させる. 例外的に稼行されていたらしいが, 操業をやめてから30~40年を経たといわれる.

腰を落とすと, 伸びはじめた草花をかかえるようにして, 白雲母や石英を含んだ岩石が転がっているのに気付く. 鉄マンガン重石やチンワルド雲母も見付かる. 淡青色の帯は微細な黄玉結晶の集合体だ. 捨てられて数10年. しかし, このずりの山は, この鉱床群の意味を知る者にとっては, 宝庫に違いない.

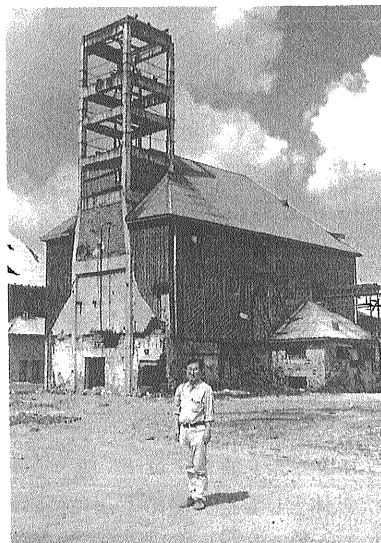
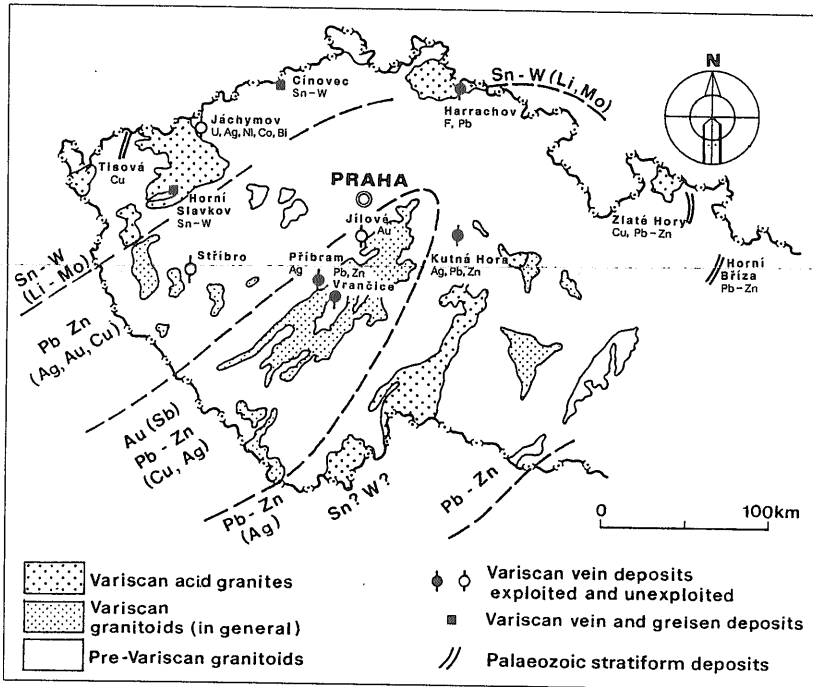


写真2 CinovecのSn-W鉱山跡. 選鉱場の建物だったらしい. 付近一带には, グライゼン鉱石のずりが残存している. 人物は金属鉱業事業団の鈴木洋介氏.

1) Cinovec鉱床(第2図)

CinovecのSn-W-Li鉱床は, Krusne Hory花崗岩底盤から派生したキュボラ中に位置している. 鉱床は, 国境をまたいで, ドイツのZinnwald鉱床へ連続する. キュボラはリチウムに富んだアルカリ長石を含有し, ヴァリスカン造山運動時に, ザクソン-チューリンゲン帯の古期岩類に貫入している. 鉱床はキュボラのドーム状構造の外形と調和的な鉱脈群からなり, 頂部付近では平坦な産状をなし, 周囲にある二畳紀のTeblice石英斑岩の見掛け上の下盤側で消滅している(Pouba and Ilavsky, 1986).

鉱化の時期は, 石英脈期, グライゼン前期, グライゼン後期, 熱水期前期および熱水期後期に区分



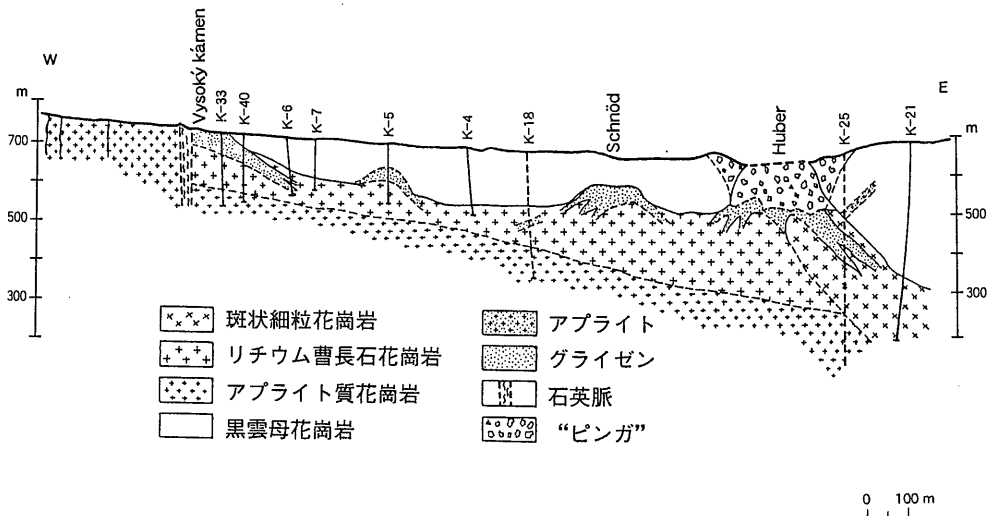
第2図
Bohemian Massifの花崗岩類と熱水鉱床の分布 (Pouba and Ilavsky, 1986).

される。Sn-Wの鉱化は石英脈の時期に生じ、錫石、鉄マンガン重石のほかに、灰重石、螢石、少量の黄玉・カリ長石・チンワルド雲母・石英を随伴する。グライゼン化は石英による交代個所に沿って起り、石英・チンワルド雲母・黄玉・粘土鉱物からなるレンズ状鉱体として石英脈の下部に位置する。前期では鉄マンガン重石-チンワルド雲母、後期では錫石-白雲母の組み合わせで晶出したらしい (Pouba and Ilavsky, 1986)。

2) Horni Slavkov-Krasno 鉱床 (第2図)

このSn-W鉱床は、ドイツのEisenstock花崗岩体に連続するKarlovy Vary (Carlsbad) 花崗岩塊中のグライゼン鉱床である。(文献によってKrasnoがついていないものもあり、一つの鉱床なのか、複合鉱体をこう呼んでいるのか不明である。) 花崗岩塊はアプライト質アルバイト花崗岩からなり、局所的に外殻の盛り上がりがある (第3図)。

この盛り上がりの部分や後期に貫入した岩株状



第3図 Horni Slavkov-Krasno Sn-W 鉱床の断面図 (Pouba and Ilavsky, 1986).

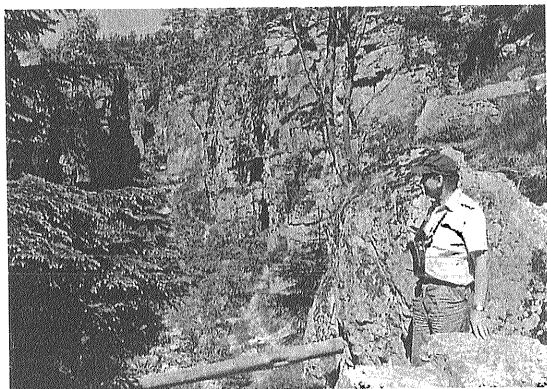


写真3 Horni Slavkov-KrasnoのSn-W鉱山跡。グライゼン化した花崗岩中に電気石脈や石英脈が多数認められるが、すでに往時の様相をとどめていない。人物は案内のCharles大学M. Stemprok教授。

斑岩の頂部付近がグライゼン化して、錫石・黄玉・鉄マンガン重石の鉱化が認められる(写真3)。グライゼン化は垂直方向へ150m程度に及び、上部では黄銅鉱や黄鉄鉱などの硫化物も伴う。下部では金属鉱物を欠き、チンワルド雲母、石英・黄玉に富むようになる(Pouba and Ilavsky, 1986)。

3) そのほかの鉱床

ボヘミア地方のKrasnaにあるStannum鉱山ではSn-Wのグライゼン鉱床が発達していたとされている。しかし、文献によって示されている位置が異なっていたり、推定されている生産量が大きく異なっていたり、本当に同一の鉱床なのか、別の何かと混同しているのか不明である。

これらは、社会主義体制をとっていた時代の名残であったり、国家の統合や分割により統計データが互いに比較できなくなったりしたことによるのかもしれない。また、東欧諸国では鉱床や鉱床地域を国家単位で扱わないことも多い。特に、Erzgebirge地域では、前述のように、同じ一連の鉱体を別の国で採掘していることなどがあって、鉱床の規模などを検討するときに混乱することが少なくない。歴史的にみれば、国境線が移動したことも、これを更に複雑にしている。

Horni Slavkov-Krasno鉱床の近くには、グライゼン鉱化と同じ様な鉱物組み合わせをもった、Gelnavska脈およびMarie脈という鉱脈鉱床が知

られている。これらの鉱脈には、輝水鉛鉱・燐灰石・閃亜鉛鉱・緑柱石なども伴うとされている(Pouba and Ilavsky, 1986)。

3. ボヘミア山塊の金鉱床

ボヘミア山塊は産金地としても知られており、これまでにこの地域から産出した金の総量は93tと推定されている。Moravek and Pouba (1984, 1987, 1990)は、金の鉱化に関してボヘミア山塊を地史、構造から3帯に区分し、それらの特徴的鉱物組み合わせと形態とを明らかにしている。すなわち、北西側から南東方向へ、Barrandianブロック、中央ボヘミア変動帯とMoldanubianブロックの3帯である。

ボヘミア地塊の金鉱床は、鉱石鉱物と成因とから、金単独、金-アンチモン鉱脈と金-アンチモン(-銀, 銅, 鉛, 亜鉛, ウラン)層状硫化物型に区分されている。

金単独の鉱床は、少量の黄鉄鉱・硫砒鉄鉱と微量のビスマス, テルル, 灰重石, 輝水鉛鉱を伴う。低変成度のグリーンストーン帯のJilove鉱床がその代表で、金の純度が高い。

金-アンチモン鉱脈では、輝安鉱とアンチモンの硫酸塩鉱の形で随伴することが多く、微量の黄鉄鉱・硫砒鉄鉱・エレクトラム・含金輝安鉱などを随伴する。低変成度のグリーンストーン帯のKrasna Hora鉱床がその典型的なものである。一方、高変成度の結晶質岩帯では、随伴するほかの元素や硫化物が少ないのが特徴で、金ではなく含金多金属型に変わる場合もある。Roudny鉱床はその例である。

含金層状硫化物鉱床は、Cu-Pb-Znを主とする硫化物鉱に金が含まれるタイプのものである。低変成度のグリーンストーン帯のZlate Hory鉱床がその代表である。そのほか、灰重石やBi・Te鉱物を随伴する高変成度・結晶質岩体のHumpolec鉱床などが知られている。

Janatka (1990)は、ボヘミア地塊における金の起源と花崗岩類を研究して、Krasna Hora鉱床と同じ地質状況の中に胚胎する、Voltyrov鉱床の金が、ボヘミア地塊中央部に貫入した深成岩体により、正片麻岩から再移動して生じたとしている。

このように、鉱床に濃集した金の起源を、Bar-

randian ブロックに分布する上部原生界のソレアイト質およびカルク・アルカリ質溶岩と同質火山岩類がほかの始生代楯状地グリーンストーン帯と同様に金を始め重鉱物に富んでいたことに求める考え方が強い。そして、ヴァリスカン造山運動の時期に中央ボヘミア変動帯に貫入した花崗岩類が熱と熱水溶液とを供給し、広域変成作用をもたらすと同時に金が移動して現在の鉱床や鉱徴地を形成したと考えられている。

4. ボヘミア山塊の銅-鉛-亜鉛鉱床など

先に示した第2図には、ヴァリスカン変動期と前ヴァリスカン期の花崗岩類の分布と、それらに關係する鉱床の分布が示されている。ヴァリスカン造山運動期における鉱化作用はモラビア地方にまで及んでいる。この時代の鉱床は魚卵状鉄鉱床で特徴づけられるが、その生成時期はオルドビス〜デボン紀とされている。デボン紀の鉄鉱床は、ヴァリスカン地向斜の中心付近に貫入した超苦鉄質岩類と關係がありそうである。

中部デボン系のVrvno層群中には、Zlale Hory 鉱床やHorni Briza 鉱床など、Cu-Pb-Znの層状鉱床が分布している。

古生代後期の火成活動やこれに関連する鉱化作用は、ボヘミア山塊の中心部から周辺部へと移り変わる傾向があつて、石灰紀の火山作用やその後のアルプス造山運動もこの山塊の周縁部へと移行している。山塊を形成する底盤の時代も、周辺部に分布する花崗岩類ほど時代が若く、これに応じて火成活動に関連する鉱床のタイプにも違いができてくる。(Pouba and Ilavsky, 1986)

Zlate Hory 鉱床は、北部モラヴィア地方にある層状のCu-Pb-Zn 鉱床である。ドイツ中央部ハルツ山地のランメルスベルク銅鉱床が胚胎する帯に対比されるデボン系中に胚胎している。鉱床は黄銅鉱を主とする鉱床と、方鉛鉱・閃亜鉛鉱・黄鉄鉱・黄銅鉱(=磁硫鉄鉱・硫砒鉄鉱・砒四面銅鉱)からなる鉱床とに分けられる。鉱床の成因については、同生説・後生説のほか、多元成因説も提唱されている。(Pouba and Ilavsky, 1986)

ボヘミア山塊周辺部の超苦鉄質岩類に伴って、ニッケル鉱床が分布している。Stare Ranskoには、

先カンブリア紀の超苦鉄質複合岩体に伴う鉱床があつて酸化帯の含ニッケル鉄鉱石が採掘された。Obrazek 鉱体からは高品位のCu-Zn 鉱石が採掘された。Ni-Cu 硫化鉱は斑れい岩とトロクトライト中に鉱染している。ニッケル鉱石はペントランタイトで、黄銅鉱、磁硫鉄鉱、キューバ鉱、マッキナウ鉱を伴う。

Moldanubicum 帯に位置するKremze 鉱床は、後ヴァリスカン造山期に貫入した超苦鉄質岩石が白亜紀〜第三紀に著しく風化作用・ラテライト化作用を受けて生じたものである。鉱床はいわゆるニューカレドニア型のもので、珪ニッケル鉱・ヌボア石からなる含水珪酸ニッケル鉱を主としている。

Jachymov 鉱脈鉱床は、Ag-Bi-Co-Ni-U 鉱物を随伴する。ニッケル鉱物は砒化物としてコバルトも伴う。この鉱床では16世紀初頭に銀が発見され、ボヘミアにおける重要な銀産地であった。また1898年にキュリー夫人がこの鉱床のピッチブレンドからRaを抽出しており、19世紀から第二次世界大戦後にかけてウラン鉱が生産された。

5. ボヘミア西部の温泉群

ボヘミア西部の丘陵地帯にはいくつもの温泉がある。その一つカルロヴィ ヴェリ(Karlovy Vary)は



写真4 Karlovy Varyの温泉。これは噴泉で70℃を超える。湯しぶきのため、このアングルからしか撮影できなかった。



写真5 夕刻のカレル橋の上(Prague).

カレル1世が発見し、自らの名前をつけたといわれている(写真4)。ヨーロッパの温泉はたいていそうなのだが、ここの温泉も湯治の主なねらいは温泉の湯を飲んで病気を治すことである。街のいたる所に飲用の蛇口が設けられ、客は各自の吸呑を持ってこの湯を飲んでいる。この温泉は溶存物が多いので、日本人が飲んでもうまいとは感じられない。温泉中で、造花に沈澱附着させて土産物にしたりしている。沈澱物の多くは重晶石のようであった。

この地のホテルや街の建物には、いたる所に大理石が使われている。白色や淡褐色の岩石と緑色の庭園が実によく調和している。この国は、どこに行っても落ち着いた石の国という感じが強い。

6. カレル橋

石といえば、プラハ市のヴルダヴァ川に架かるカレル橋は石の橋。1406年にカレル4世の創案によって完成したといわれているから、ざっと600年に及ぶ中欧で最古の石橋である。後にこの橋の両側には橋塔が建てられ、また橋の両側の欄干には30体の聖者の像がとりつけられた。聖者が見下ろし、世界中の観光客が渡るこの橋の石は、砂岩であった(写真5)。

7. 資源から環境へ

チェコ地質調査所を訪れて驚いたことがある。現在めぼしい金属鉱山は一つも無いという。いや、これは予想されたことだ。不朽の名著を産み、多くの地質鉱床研究者を育み、そして膨大な量の資

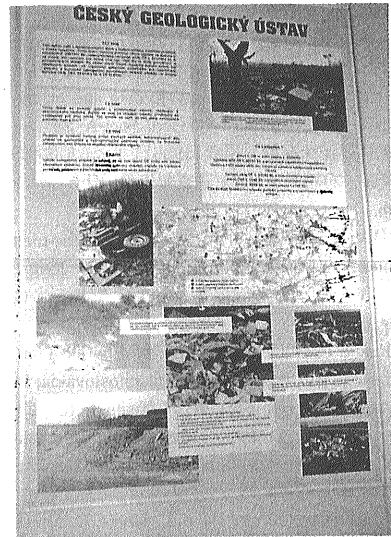


写真6 チェコ地質調査所の廊下にあった、環境汚染調査結果についてのポスター。

源を生じたErzgebirgeもズデーティも、そしてモラビアも……。地下資源は掘れば無くなる。そして何が残ったか？

地質調査所の廊下には、環境汚染の調査結果を示すポスターが貼られていた(写真6)。ゴミの山と環境破壊。ゴミは資源のなれの果てであり、同時に資源そのものである。環境汚染の分布図は、まさに地化学分布図であり地質図そのものである。現在、チェコ地質調査所の通常業務および特別プロジェクトの2分の1(!)がこの手の研究と調査だという。

所長は淡々と話してくれた。「資源の探査と開発に貢献してきた各種の技法と理論、それこそが廃棄物の処理問題に対処できるものであり残された資源なのだ……。」と。

偉大な地下資源先進国が同時に偉大な環境問題先進国である姿を垣間見たような気がした。

参考文献*

- *小文の性格から引用していない文献も参考までにあげておく。
- Bernard, J. H. and Skvor, V. (1980) : The reactivation of the ancient massif and metallogeny: the example of the Bohemian Massif. *Econ. Geol.*, 75, 251-259.
- Bernard, J. H. and Skvar, V. (1981) : The reactivation of the ancient massif and metallogeny: the example of the Bohemian Massif reply. *Econ. Geol.*, 76, 743-746.
- Breiter, K. and Seltmann, R. ed. (1995) : Excursion Guide- Ore Mineralizations of the Krusne Hory Mts. (Erzgebirge). Third Biennial SGA Meeting. Mineral Deposits: From Their Origin to Their Environmental Impacts. Society for Geology Applied to

- Mineral Deposits, 206p.
- Kodymova, A. and Stemprok, M. (1993) : Typology and internal structure of zircons from the granites of the Krusne hory-Erzgebirge batholith and associated rhyolite and granite porphyry (Czech Republic). *Jour. Czech Geol. Society*, **38** (3-4), 149-164
- (財)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・スロヴァキア, 79p.
- Kribek, B. (1989) : The role of organic matter in the metallogeny of the Bohemian Massif. *Econ. Geol.*, **84**, 1525-1540.
- Moravek, P. (ed.) (1996) : *Gold Deposits in Bohemia*. Czech Geol. Survey, p96.
- Moravek, P. and Pouba, Z. (1984) : Gold Mineralization and granitoids in the Bohemian Massif, Czechoslovakia, in "Gold 82, Geol. Geochemi. Genesis Gold Deposits", 713-729.
- Moravek, P. and Pouba, Z. (1987) : Precambrian and Phanerozoic history of Gold Mineralization in the Bohemian Massif. *Econ. Geol.*, **82**, 2098-2114.
- Moravek, P., Janatka, J., Pertoldova, J., Straka, E., Durisova, J. and Pudilova, M. (1989) : The Mokrsko Gold Deposits-the largest gold deposit in the Bohemian Massif, Czechoslovakia. *Econ. Geol.*, Monograph 6, 252-259.
- Nemec, D. and Holub, M. (1980) : Genesis of Zn-Cu deposits in the basic Ransko Massif (Eastern Bohemia). *Mineral. Deposita* (Berl.) **15**, 151-162.
- Patocka, F. and Virba, J. (1989) : The comparison of strata-bound massive sulfide deposits using the fuzzy-linguistic diagnosis of the Zlate Hory deposits, Czechoslovakia, as an example. *Mineral. Deposita*, **24**, 192-198.
- Pouba, Z. and Ilavsky, J. (1986) : Czechoslovakia in "Mineral deposits of Europe, Vol.3: Central Europe", Edited by Dunning, F. W. and Evans, A. M. The Institution of Mining and Metallurgy, the Mineralogical Society. 117-173.
- Pouba, Z. and Kribek, B. (1986) : Organic matter and the concentration of metals in Precambrian stratiform deposits of the Bohemian Massif. *Precambrian Research*, **33**, 225-237. Elsevier Science Publishers B. V., Amsterdam.
- Pouba, Z. and Vanecek, M. (1993) : Mineral deposits of Eurasia, in "Mineral Deposits of the World" Ed. Vanecek, Developments in Economic Geology, Series 28, Elsevier.
- Robertson, A. (Ed.) (1991) : *Atlas of the European Mineral Industry*. The Mining Journal, Ltd., 13p.
- Seltmann, R., Kampf, H. and Moller, P. (1994) : *Metallogeny of Collisional Orogens, focussed on the Erzgebirge and comparable metallogenic settings*, International Association on the Genesis of Ore Deposits (IAGOD), Czech Geol. Survey, 448p.
- Srein, V., Ridkossil, T., Kaspar, R. and Sourek, J. (1986) : Argentopyrite and sternbergite from polymetallic veins of the skarn deposit. Medenec, Krusne hory Mts., Czechoslovakia, *Neues Jahrbuch Miner. Abh.*, **154**, 207-222.
- Stemprok, M. (1986) : 5. Tungsten deposits of central Europe. 79-87, in *Geology of Tungsten*. ICGP Project 26 "MAWAM" (Deus A. A. ed.) UNESCO, Paris.
- Stemprok, M. (1995) : Erzgebirge (Czech Republic-Germany) and Cornish (UK) granites and their related mineralization. 347-345, in *The Scott Simpson Lecture*, Annual Conference of the Ussber Society.
- Stemprok, M. (1996) : Essential features of porphyry copper/molybdenum and rare-metal (Sn, W, Mo, Be, Li) ore deposits. *Global Tectonics and Metallogeny*, **5**, 125-134.
- Stemprok, M., Zoubek, V., Pivec, E. and Lang, M. (1996) : Karlovy Vary pluton: an example of a comagmatic sequence of Sn-bearing granite body. *Freiberger Forschhft*. C467, TU Bergakademie Freiberg, 7-26.
- Walther, H. W. (1981) : The reactivation of the ancient massif and metallogeny: The example of the Bohemian Massif-A discussion. *Econ. Geol.*, **76**, 743-746.

ENOJOI Mamoru (1998) : Mineral deposits of Czeck.

<受付: 1998年9月11日>

<東欧メモ6> ボヘミアンガラス

ルードヴィヒ モーゼルがチェコ北西部の温泉保養地カルロヴィヴァリにガラス工房を開いて以来、無色透明のボヘミアン クリスタル グラスの名はヨーロッパに広がり、17世紀以降ベネチアガラスに替わってヨーロッパ市場を独占した。ボヘミアンガラスは、プラハ北東70kmにあるシュトレック鉱山(白亜紀砂岩を採掘)から供給される高品位珪石に、堅い森林材の木灰を加えて屈折率と透明性を高めている。王侯貴族を始め多くの愛好者を集め、その工法は現在でもチェコ、オーストリア、ドイツなどのガラス工芸に継承されている。大相撲の優勝力士にカットガラスのチェコスロバキア杯(現チェコ

杯)が贈られるが、これもモーゼル工房の作品。

エルツ山脈南麓に位置するカルロヴィヴァリ一帯は、ハプスブルク帝国時代にはヨーロッパの上流階級の高級保養地としてよく知られ、ナポレオン、メッテルニヒ、ゲーテ、ベートーヴェン、トルストイ、マルクスなど著名人が長期滞在した。なお、カルロヴィヴァリの名称は、14世紀にカルロ4世(ボヘミア王としてはカレル1世と呼ばれる)が温泉を発見し、自らの名を付けてこの土地の名としたといわれる。その意味はカルロのヴァリ、すなわち、カルロの湯治場、温泉にあたり、ドイツ語ではKarlsbadと表記する。「カールスバド」双晶は、この地のアルカリ火山岩(粗面岩)のカリ長石によく見られることに由来する。

(H)