

資 料

東シベリア、ウドカン鉱床関係論文（全3部）

—その2—

553.277/553.443

ウドカン鉱床含銅砂岩中における鉱化体の累帯配列*

V. S. DOMAREV & Yu. V. BOGDANOV

岸本 文男** 訳

この報告は、ウドカン含銅砂岩鉱床の層序と鉱石鉱物組成を研究した結果の予報である。

これらの鉱石の成因に関する考えを述べ、ウドカン鉱床中における銅鉱体の一次性累帯配列と二次性累帯配列についての結論にふれる。〔訳者注：本報告の原著は本邦に2部しか入っていないようである。ウドカン鉱床産鉱石に関する論文としては、これが最初の写真入りの正式発表と思われ、その意味で訳出する価値があるといえよう〕。

Ye. I. BUROV と K. K. DENISOV によって1949年に発見されたウドカン山脈の含銅砂岩は、現在のところ、おもに地表のものが研究されているにすぎず、若干の地区で浅深さまざまな探鉱坑道および試錐によって確認されているだけである。本地域における今後の鉱床探査の基本的な課題の1つは銅鉱化作用の深さに伴う性質の変化を明らかにすることであり、その変化は一次性累帯配列の存在にも、二次性累帯配列の存在にも原因することが考えられる。ウドカン鉱床におけるあれこれの累帯配列の存在はかなりはっきりと認められるのであるが、深さに伴う鉱石の性質の変化に影響するその役割はまだ明らかにされていない。

本論文では、主として二次性累帯配列の問題ととくに膠結帯の存在に関する問題を解く試みがなされている。問題はウドカン鉱床にもっとも多く分布する銅硫化物が比較的高品位の硫化物鉱石を構成した輝銅鉱と斑銅鉱である点にある。これら両鉱物が黄銅鉱の部分に生成した二次生成物であるなら、鉱石の含銅品位は深度を増すにつれて下がるはずである。

累帯配列の問題は、含銅砂岩中における銅硫化物鉱化作用のあらわれの全体的な規則性という観点とウドカン鉱床の鉱石の鉱物学的な特徴とを出発点にして検討するのが妥当であろう。

ウドカン鉱床の地質上の位置

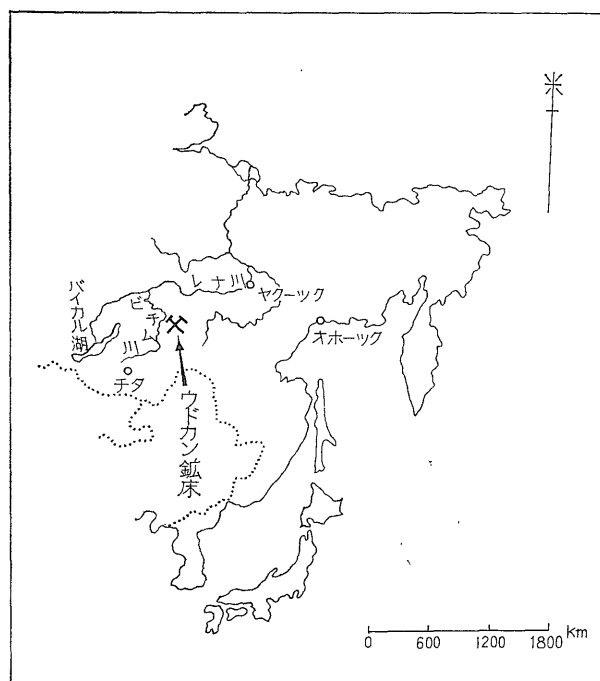
ウドカン鉱床の銅鉱体は、淡緑色および淡ばら—灰色の細粒質ならびに中粒質非成層ないし粗成層の砂岩・シルト岩・泥岩からなる原生代サクカン累層^{注1)}の主として砂岩に胚胎されている。サクカン累層を含んでいるウドカン系の岩石は北西走向と東西走向の複雑な褶曲を構成し、いちじるしくあるいはわずかに変成され、花崗岩類・はんれい岩・斜長岩の貫入岩体にきられている。

含銅砂岩はサクカン累層上部に分布し、4コの向斜に分かれ、その向斜核部はナーミンガ累層のシルト岩と砂岩からなる。サクカン累層中の含銅砂岩の両末端間の距離は100 kmに達するが、現在のところ、銅品位が高く、銅量がきわめて多いのはウドカン鉱床の地区に限られている。他の地区では、含銅層準の厚さとその銅品位は、不十分な現在のデータによると、大きくない。少数の銅鉱化作用の鉱徴は、層序上サクカン累層より下位に当たるアレクサンドロフカ累層のシルト岩と砂岩中にも知られている。

* V. S. Домарев. & Ю. В. Богданов: Озоноальности оруденения в медистых песчанниках удоканского месторождения, Геология рудных месторождений, том. 1, No. 1, стр. 25-34, 1959.

** 鉱床部

注1) 地質調査所月報 第22巻 第2号“ウドカン鉱床関係論文—その1—”参照。



第1図 ウドカン鉱床の位置

ウドカン鉱床の地域では、サクカン累層は大規模な向斜褶曲をなし、その褶曲軸は東西方向に近い北西方向に伸びている。層の傾斜は比較的緩く、 $30\sim 40^\circ$ を示し、褶曲の南翼では一般方向と逆の傾斜を呈する所が多い。堆積層ははんれい岩—輝緑岩および斑岩の岩脈に切られ、ウドカン鉱床の北方では花崗岩の山塊に切られている。

銅鉱化作用は珪岩様および石灰質の砂岩とシルト岩の層準に主として認められる。

岩石中の新生成物としては、炭酸塩鉱物と石英のほか、多量少量さまざまな緑泥石・絹雲母・緑簾石・普通角閃石・黒雲母が存在している。新生成物、主として緑簾石の配列によって、縞状岩の縞が形作られていることがある。薄い砂岩層が磁鉄鉱(いちじるしくあるいはわずかにマータイト化されている)の碎屑に富むことも、ジルコン・チタン鉄鉱・モナズ石・電気石などの碎屑に富むこともまれでない。

ウドカンにおける初成の銅鉱化作用は、岩石の膠結物中の主として銅硫化物鉱染体となってあらわれている。鉱染した銅硫化物粒は、ときにはきわめて微粒で、顕微鏡的に識別できないこともある。鉱化体は、さまざまな厚さの無鉱石層で分けへだてられた幾層もの砂岩層に胚胎されている。鉱石鉱物の鉱染体が砂岩の斜層理を明瞭に浮き出させていることが少なくない。

高品位の縞状鉱石と鉱染状鉱石は、斜層理がはっきりとあらわれている石灰質砂岩中に多く発達している。低品位の鉱染状鉱石は、炭酸塩鉱物に乏しい斜層理砂岩か、さもなければ珪岩様の斜層理砂岩中に分布する。各鉱化層とそれを分けへだてた非鉱化層の延長はさまざまで、そのため水平断面での鉱体の輪郭はきわめて不規則で、鋸歯状を呈する(第2図)。

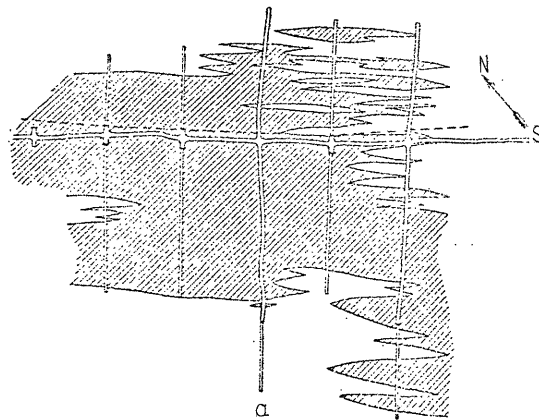
鉱石を胚胎した砂岩の場合の大きな特徴は、斜層理が広く分布し、漣痕を有する層面が多いことにある(第3図)。この母岩層中にきわめて多く存在するのは、ダイアゴナル斜層理(斜偽層)を有する砂岩である。その斜層理系の規模は、長さが0.5mから10m、まれには20m、厚さが10cmから50cm、まれには1mである。縦断面ではダイアゴナル斜層理が、横断面では向斜斜層理として認められる。そして、この斜層理系は下位境界面が凹面をなし、その斜

層理を呈した下位部層は斜層理系の基盤に平行となり、 $15\sim 20^\circ$ の傾斜を示す。まれには 25° のこともある。斜層理の測定結果は、含銅沈殿物の堆積期における水流の流れ方向がいちじるしく変わったことを示している。ナーミンガ向斜東翼の砂岩（ツェントラリヌィ区など）の場合には、南西方向の流れ方向であるが、まれには南東方向の流れ方向を示すこともある。これらの堆積層に共通した性質は、それが三角州堆積生成物に該当することを教えている。

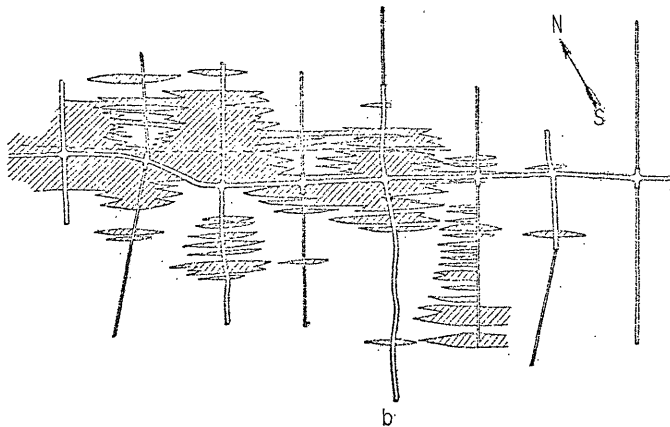
ダイアゴナルな斜層理が広く分布し、しばしばその斜層理が銅硫化物の存在で明瞭に強調されていることはジェスカズガン含銅砂岩^{注2)}の場合の特徴である。このことは注目に値する。ジェスカズガンの場合の斜層理系の延長は1mから10mで15mに達することもあり、厚さは20~40cm、まれには50cmをこえることもある。そして、縦断面では斜層理がダイアゴナルであり、横断面では向斜状である。そのジェスカズガンの斜層理系の下限境界は凹面を呈し、斜層理を呈する部層の下位のものには基盤に平行となり、傾斜は $10\sim 15^\circ$ 、まれには 25° である。いたる所で砂岩中に漣痕や乾裂、陸棲脊椎動物の足跡や尾跡が認められているのである。

ジェスカズガン含銅砂岩層の堆積岩石学的な他の特徴とともに、その含銅砂岩の斜層理の性質は、全体として、それを三角州の浅海生成物に入れることができるものである。

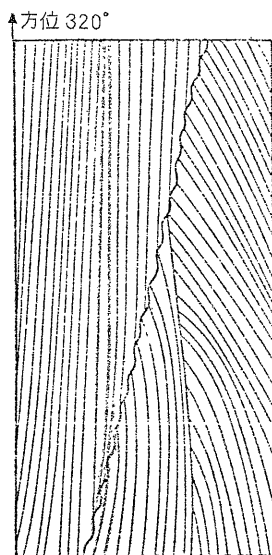
すなわち、「ボクロ第4」鉱層やニコリスキー露天採鉱場、ライムンド露天採鉱場の含銅砂



第2図 向斜北翼における可採鉱体の輪郭
a—1615m坑準 b—1465m坑準
破線—黄銅鉱石(上方)と輝銅鉱-
斑銅鉱石(下方)の概略の境界



注2) ソ連の2大銅山の1つ、中央アジアにある。



第 3 図 縞状斑銅鉱-輝銅鉱鉱石中の斜層理 (平面)
波状線——漣痕を有する面 縮尺 1/10

岩について行なわれた斜層理の測定データは、含銅沈殿物の堆積時における搬入方向が北々東から南々西であったことを示している。同様な流れ方向が「ポクロ第 4」鉱層や「ペトロ」鉱層などの基盤地形の研究によっても確かめられている。鉱石の縞の全体的な伸びの方向は東西に近く、古沿岸流との関係は銅の沈殿が水盆の沿岸性条件下で行なわれたことを証明している。それは、含銅砂岩の一次性堆積累帯配列を明らかにする際に考えるべきことである。

鉱石鉱物は、砂岩中に鉱染体を形成しているほか、砂岩中に挟在された泥岩「挟在層^{注3)}」の縁に沿って分布する富鉱体を形成していることもあり、小規模な貫入石英脈中の包有体として賦存することもある。この種の脈は鉱石の総量のうえで重要な役割を果し得ず、ただ鉱物学的な関心を呼ぶだけである。

ウドカン鉱床の銅鉱物は輝銅鉱・銅藍・斑銅鉱・黄銅鉱で構成され、酸化帯には孔雀石・藍銅鉱・珪孔雀石、まれに赤銅鉱・自然銅なども生成している。

銅を含んでいない鉱石鉱物のなかでかなりの量で賦存するのは、碎屑状のマータイト化磁鉄鉱・チタン鉄鉱・黄鉄鉱だけである。まれには、ときに単粒として、鏡鉄鉱と輝水鉛鉱が産出する。

鉱床の酸化帯は、あまり発達していない。鉱床表面下数 m までの深さでは鉱石中に硫化物が圧倒的に多いが、少量ながら、ときには別個の割れ目に沿って、炭酸銅鉱物が 150 m 以上の深さのところまで認められている。硫化銅鉱物の中で銅藍と一部の輝銅鉱とが膠結帯の二次鉱物であることは疑いないが、ウドカン鉱床産の輝銅鉱の大部分と斑銅鉱の生成は風化作用と無関係で、その賦存部分は二次硫化物富化帯ではない。

ウドカン鉱床産鉱石の鉱物組成

ウドカン鉱床の一次性鉱石はその鉱物組成から次のようなタイプに分けられる。すなわち、黄鉄鉱質鉱石・黄鉄鉱-黄銅質鉱石・黄銅質鉱石・斑銅質鉱石・斑銅-輝銅質鉱石・輝銅質鉱石の 6 タイプである。これらの鉱石のすべてのタイプのものが、ある程度の碎屑状磁鉄鉱、まれにチタン鉄鉱・ジルコンなどの鉱物を混在している。極端な場合、磁鉄鉱含有量

注 3) 「挟在層」…Катгыш…「軟塊」と訳すべきかも知れない。

が鉄石の10~20%に達していることもある。

黄鉄鉱質鉄石・黄鉄鉱-黄銅鉱質鉄石・黄銅鉱質鉄石の3タイプの鉄石は、含銅鉱層準の下底に分布し、複雑なレンズ状鉄体を形作っている。ときには、それとは別の鉄染状黄銅鉱質鉄石のレンズ状鉄体が含銅鉱層準の中位に賦存することもある。

この黄鉄鉱および黄銅鉱の鉄染体は、通常、珪岩様砂岩中に胚胎され、まれには炭酸塩鉱物で膠結された砂岩中に賦存している。泥岩「挟在層」を有する石灰質砂岩中では、その「挟在層」をとりまいて黄鉄鉱と黄銅鉱の粒がいちじるしく濃集している。漣痕を有する層面に黄銅鉱鉄染体が分布する場合、それらの鉄染体が漣痕の凹部に濃集し、凸部には硫化物が乏しいことは興味深い。黄銅鉱の鉄染は、鉄石を伴っていないシルト岩の乾裂中の砂岩にも認められる。

これら3タイプの鉄石中における黄鉄鉱と黄銅鉱の量比は、広い幅をもっている。ある場合には鉄体がほとんど黄鉄鉱だけで構成され、ごく少量の黄銅鉱を伴うにすぎず、またある場合には逆に黄銅鉱が残る鉄石鉄物のほとんど全部を占めている。黄鉄鉱-黄銅鉱質鉄石中には、単粒の形で磁硫鉄鉱と輝水鉛鉄鉱が存在する。

各鉄物の特徴を簡単に述べる。

黄鉄鉱は自形単晶もしくは集合を形作り、粒径は0.1~1mmの範囲にある。微粒の黄鉄鉱は砂岩の膠結物中に分布する。ときには、黄鉄鉱粒中に不規則な形の黄銅鉱の分離体と溶食された磁鉄鉱粒およびチタン鉄鉱粒が存在することもある。黄鉄鉱集合体を $\text{HNO}_3 + \text{CaF}_2$ で腐食した結果は、他形粒状組織の存在と個々の黄鉄鉱粒の内部累帯組織の存在を示している。

酸化帯では、黄鉄鉱が鉄の水酸化物に置き換えられている。そのいたる所で、完全な六面体黄鉄鉱結晶後の水酸化鉄仮像が認められる。

黄銅鉱は不規則ないし微脈状の分離体として砂岩の膠結物中に存在し、その大きさは0.01mmから数mmの範囲にある。多量の黄銅鉱鉄染体を有する砂岩層から、層理を直角に切った黄銅鉱の細脈が派生している。同様な細脈に、黄銅鉱のほか、斑銅鉱と磁鉄鉱が認められることもある。黄銅鉱を腐食試験に供した結果は他形粒状組織の存在と単粒での聚片双晶の存在を明示している。

まれには黄銅鉱質鉄石中に斑銅鉱の他形分離体が存在し、これらの鉄石は部分的に黄銅鉱-斑銅鉱質鉄石に漸移するが、後者はきわめて限られた分布しか示さない。黄銅鉱-斑銅鉱質鉄石中では、それを構成する両鉄物間に明瞭な相互関係が全く認められない。

膠結帯中の黄銅鉱は通常斑銅鉱・輝銅鉱・銅藍に交代され、酸化帯中の黄銅鉱は孔雀石・藍銅鉱・水酸化鉄鉱物に交代されている。

斑銅鉱質鉄石・斑銅鉱-輝銅鉱質鉄石・輝銅鉱質鉄石は含銅層準の大部分の鉄石を構成し、鉄床の稼行価値の主役をつとめている。これらの鉄石は、複雑に組み合った雁行状に配列するレンズ状鉄体を形作っている。上記タイプの鉄石のなかでは、斑銅鉱と輝銅鉱の含有比が幅広い変化範囲を示す斑銅鉱-輝銅鉱質鉄石がもっとも多い。なお、輝銅鉱質鉄石は含銅層準の柱状断面の上部に胚胎されている。

斑銅鉱は、黄銅鉱との連晶のほか、輝銅鉱とともに砂岩の膠結物の中で他形集合ないし微脈状集合を形作り、石英・斜長石ないしその他の鉄物の碎屑粒を喰っていることがまれでない。これらの場合に顕微鏡下で観察できる微脈状黄銅鉱が斑銅鉱中に賦存するだけであることは、大きな特徴である。(plate 11の1)。そのほか、斑銅鉱と輝銅鉱の文象状連晶が生じている。(plate 11の2)。しばしば、斑銅鉱は斑銅鉱と輝銅鉱の鉄染体に富んだ部層をつなぐごく微細な細脈として発達することがある。キャタクラスティックな鉄石中では、斑銅鉱が輝銅鉱とともに砂岩片を膠結している。

輝銅鉱は白色ないし空色で、明瞭な劈開をあらわし(plate 11の3,4)、輝銅鉱-斑銅鉱質鉄石中にもっとも広く分布する鉄物である。この輝銅鉱は、通常、砂岩の膠結物中に発達した不規則な形の分離体および微脈を形作っている。輝銅鉱微脈は層理に直角に配列し、微細な割れ目

に胚胎されている。

HNO_3 と FeCl_3 で輝銅鉱を腐食させた結果は、明らかに、その粒状組織と2方向の劈開を示している。

地質学的観察結果は、風化作用と同様な条件下で含銅鉱層準に、おそらく一次堆積作用に原因したと思われる黄鉄鉱-黄銅鉱・黄銅鉱・斑銅鉱-輝銅鉱などの組成の鉱石の規則的配列が生じたことを証明している。そのなかでもっとも多いのは、二次硫化銅富化帯に特有の交代過程がはっきりと現われていない、珪岩様砂岩中の微細銅染輝銅鉱化体と斑銅鉱化体である。地表下300m以深に賦存する輝銅鉱-斑銅鉱組成の鉱体も、地表の溝掘り探鉱で把握された類似鉱体といかなる差も認められない。そのところどころで、澱痕を有する層面の凹部が斑銅鉱と輝銅鉱に富んでいる現象が認められる。

これらの事実のすべては膠結帯の形成に斑銅鉱-輝銅鉱質銅石を結びつけることを許さず、輝銅鉱と斑銅鉱が一次生成物であることを確実に証明している。

ウドカン鉱床の輝銅鉱-斑銅鉱質銅石と ジェスカズガン鉱床の類似銅石との比較、検討結果 (Satlaev, 1949) は、それらの組織の特徴がきわめてよく似ていることを教えている。

以上のように、ウドカン鉱床の輝銅鉱質銅石と輝銅鉱-斑銅鉱質銅石が一次性的のものであることを疑う余地はない。

ウドカン鉱床の銅鉱石の鉱物学的な特徴をまとめると、次のようにいうことができる。

黄銅鉱は、それが自形を呈することからみれば、常に一次的で早期に晶出している。斑銅鉱と黄銅鉱はほとんど同時に生成し、部分的には黄銅鉱の晶出の方が後期のこともある。硫化物の晶出順序の中での磁硫鉄鉱の位置は、黄鉄鉱粒中に黄銅鉱との連晶が存在することから黄銅鉱および斑銅鉱の晶出期に近いとだけいうことができる。

すでに述べたデータから明らかのように、銅石中における斑銅鉱と輝銅鉱の晶出に関していえば、両者の晶出期は似ているが、輝銅鉱の晶出は斑銅鉱よりも幾らか早く、斑銅鉱の分離は黄銅鉱よりも幾らか早い。

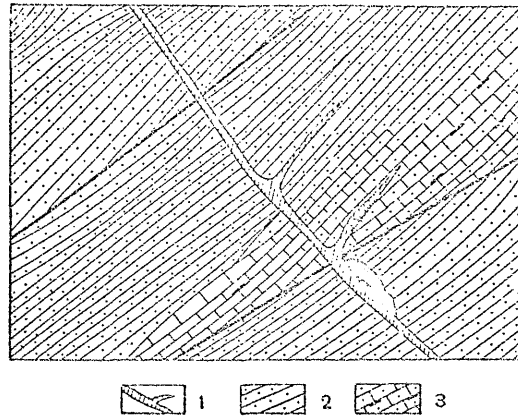
酸化帯においては、斑銅鉱と輝銅鉱が二次性の空色輝銅鉱・銅藍・孔雀石・藍銅鉱・珪孔雀石・水酸化鉄鉱物に逐次的に交代されている。まれには、酸化帯中に胆礬・緑礬・赤銅鉱・自然銅・石膏が賦存していることもある。その交代組織の分布が広いことは、1つの特徴である。自然銅被膜は、含銅砂岩を切る割れ目に沿って発達した石膏細脈中に産出する。

ウドカン鉱床の銅化体の一次性累帯配列について

多くの銅床で膠結帯の代表的銅物となっている輝銅鉱と斑銅鉱がウドカン鉱床の銅石中に多いことは、意外なことではない。ウドカン鉱床は含銅砂岩を銅石フォーメーションとし、含銅砂岩に特有のすべての特徴を備え、その特徴から、銅化体がおそらく浅水盆条件下で生成したと思われる雑色砂岩-泥岩層系の一部をなすことがわかる。この銅化体は一次性堆積起源のものであって、その後の変成作用も岩石の初成の特徴をほとんど消していない。

変成作用による変化は、一連の新生銅物の出現にあらわされている。レンズ状硫化物集積体の周辺に、通常、膠結物および砂岩片のグラノプラスチック石英粒集合体による交代を内容とした珪化作用が認められ、同集合体中には粉状の金属銅物粒が存在している。この珪化作用は、おそらく、砂岩の膠結物や碎屑中に含まれている珪酸分の再沈殿・再結晶・再生に由来するものであろう。珪化作用のほか、緑簾石化作用・黒雲母化作用・白雲母化作用・緑泥石化作用の行なわれた部分もある。緑簾石化作用は石灰質砂岩中に比較的いちじるしく、黒雲母化作用は泥岩「挟在層」周辺の黄鉄鉱粒近辺にもっとも広く発達している。

新生銅物が生じていることのほかに、硫化物集積体近辺において電気石・斜長石・微斜長石の強い再生現象が認められる。ところによっては、電気石の碎屑の再生作用が電気石の柱状結晶ないしその連晶の生成の因となっている。



第4図 珪岩礫砂岩(2)と石灰質砂岩(3)を切る石英脈(1)
黒一斑銅鉍と輝銅鉍のポケット M. 1: 10

輝銅鉍-斑銅鉍質鉍石中においては、磁鉄鉍の碎屑は強くマータイト化されている。ときに、磁鉄鉍に沿って葉片状赤鉄鉍が生成していることもある。

含銅砂岩の変成現象は、方解石・緑簾石・緑泥石・赤鉄鉍・白雲母・チタン石・電気石・硫化物その他の鉍物を随伴した石英の交叉細脈、レンズ、小鉍のう状集積体の生成を伴うことがまれでない。石英細脈中に分布する硫化物の組成は、通常、切られた鉍体中の硫化物の組成にある程度対応するものである。たとえば、黄鉄鉍-黄銅鉍質鉍体を切る石英細脈は、黄鉄鉍と黄銅鉍の鉍染体およびポケットを含有する。斑銅鉍-輝銅鉍質鉍体を切る石英細脈の場合には、斑銅鉍質および斑銅鉍-輝銅鉍質のポケットが存在し、まれにはその石英細脈中に黄鉄鉍と黄銅鉍が存在することが特徴である。このような細脈は、一般に、斜層理を直角ないし鋭角で切り（第4図）、含銅砂岩と交叉する部分かそれより少し下位の部分が硫化物に富んでいる。石英脈とその側岩の鉍物組成が類似することは、それが変成起源の脈（いわゆるアルプス式の脈）であると思わせる。

ウドカン鉍床に酷似した含銅砂岩鉍床の成因について、別の見解も述べられている。しかし筆者らは、それらの鉍床の地質学的特徴が熱水性ないし滲透性（infiltrational）の生成物（Домарев, 1949）であるよりもはるかに堆積性の生成物に該当するものと考える。含銅砂岩を調査、研究した地質学者の大多数がこのような結論に達しているのは、興味深いことである。ポポフ（В. М. Полов, 1951）、イヴァンコフ（Л. И. Иванков）・ムラジェンツェフ（Г. Д. Младенцев）・ナルケリェン（Л. Ф. Наркелюн）・ファチコフ（Р. Ф. Фатиков）（Иванков, 1957）、そしてジェスカズガン鉍床に関するマヌイローヴァ（Н. С. Мануйлова, 1954）、北ローデシア（現在ザンビア）の含銅砂岩鉍床に関するデーヴィス（G. Davis）（Домарев, 1958）、メキシコのボレオ鉍床に関するヒロナオ（N. Hironao, 1957）の論文を挙げれば十分であろう。

単一鉍石フォーメーションとしての上記含銅砂岩は、ウドカン鉍床産鉍石の一次性鉍物組成がその鉍石フォーメーションに特有のものであることを教えている。含銅砂岩の通常の一次性銅鉍物は、輝銅鉍・斑銅鉍・黄銅鉍、自然銅であり、若干の含銅砂岩鉍床に少量の四面銅鉍、カロライト（карролит, carrollite $(\text{CO}, \text{Cu})_3\text{S}_4$ ）、砒銅鉍などが賦存している。

一次性銅鉍物の数とその量比は各鉍床で同じではない。ある場合には銅鉍物のいずれか1種——通常、自然銅ないし輝銅鉍——がいちじるしく卓越している。このような鉍床に該当するのが、プリウラル・クギタンガ・ナウカート・レナその他多くの含銅砂岩鉍床である。別の地域では、含銅砂岩はある程度多量の数種の銅鉍物——通常、黄銅鉍・斑銅鉍・輝銅鉍——を含

有している。このような銅鉱物の共生関係は、ジェスカズガン鉱床、コンゴ・カタンガ・カッパー・ベルトの鉱床——北ローデシア（ザンビア）の鉱床、それにウドカン鉱床その他の幾つかの鉱床に生じている。

一次性銅鉱物は、含銅岩層中にきわめて多様な形で生成している。これらの鉱物は砂岩ないしシルト岩の膠結物中に鉱染し、ときにはそれが膠結物のほとんど全部を占め、さまざまな形の杏仁中に、炭酸塩質結核と珪質結核中に、微細な、ときには顕微鏡的な微脈中に濃集し、比較的大きな石英細脈と炭酸塩鉱物細脈の構成鉱物となり、いろいろな形と大きさの不規則な分離体を形作っている、などである。

結核と細脈は続成生成物もしくは変成生成物であり、量的に重要な意味をもっていない。鉱化作用の基本タイプとなっているのは、鉱染である。

鉱石が数種の銅鉱物からなっている含銅砂岩鉱床では、一般に、それら銅鉱物の鉱染体が柱状層位断面の上方または下方に逐次変化して、しだいに硫黄と鉄に富んだ鉱物に変わるという累帯配列が生じている。

すなわち、輝銅鉱染体はしだいに斑銅鉱染体になり、さらに黄銅鉱染体になり、そして黄鉄鉱染体に漸移する。同じような鉱化作用の変化が鉱層の傾斜もしくは走向方向にも生じていることがある。累帯配列の形成は、水盆の海進ないし海退時における堆積物としての金属鉱物の生成条件の変化によると解される。すなわち、硫黄アニオンの濃度が比較的低い時には硫化銅は海岸近くに沈殿し、海岸からそれより遠い水域では硫化銅に鉄が結合し、同時に硫黄の相対的濃度が増大し、結局銅を含んだ硫化物は黄鉄鉱に変わったというわけである。その結果、海進条件下では輝銅鉱を伴った単層は柱状断面の上部に向かって斑銅鉱を随伴した単層に漸移し、さらに黄銅鉱を、そして黄鉄鉱を伴った単層に逐次移り変わるはずであり、海退堆積系では上記鉱物の形成配列順序は逆になるはずである。

上記タイプの累帯配列はマンガイシュラクと北ローデシア（ザンビア）の鉱床でも、ジェスカズガンの多くの鉱層でも確認済みであり、ジェスカズガンでは銅鉱物の場合に似た累帯配列を呈する方鉛鉱と閃亜鉛鉱の存在によって複雑なものとなっていることが少なくない。

ジェスカズガンにおける各種鉱物構成帯の走向は層位上より低い層準からより高い層準へ向かうにつれて幾らか変わっているが、各含銅層準の範囲内での鉱石鉱物のいかなる普遍的な分布規則性もまだ明らかにされていない。したがって、今後は、含銅砂岩鉱床にみられる一次性累帯配列の成因に関する問題を完全に解決できる研究がなされねばならない。

ジェスカズガン鉱山主鉱務区の地質学者たちは、銅鉱化作用の性質と母岩の色との間にきわめて面白い関係があることを発見した（Иванковら、1957）。すなわち、輝銅鉱質で一部斑銅鉱質の分帯の含銅砂岩は一般に淡紅色を呈し、黄銅鉱-黄鉄鉱帯の含銅砂岩は一般に灰色および淡緑灰色を呈する。岩石の色のこのような変化は、一次堆積作用の条件に起因し、黄銅鉱と黄鉄鉱が海岸線からかなり離れたところで沈殿し、斑銅鉱および輝銅鉱の場合よりも強い還元環境の中で沈殿したためと思われるが、この問題の研究の現状でいえば、鉱石鉱物の分布にみられる累帯配列の生成が、ある程度、続成作用時における鉱石構成成分の移動と関連するということはあるようである。

ウドカン鉱床における一次性銅鉱物の累帯配列は、ツェントラリヌイ鉱区域^{注4)}とメドヌイ鉱区域で確認済みである。ときには黄鉄鉱を随伴することがある黄銅鉱帯は、柱状断面の上位に向かって、斑銅鉱帯に変わり、さらに輝銅鉱帯に変わっている。含銅部層の範囲では、このような変化が少なくとも2回、すなわち、輝銅鉱帯の上位に幾つかの非銅層をへだてて、ふたたび黄銅鉱帯があらわれ、それが上位に向かって斑銅鉱の、さらに輝銅鉱の鉱化作用に変わっている。メドヌイ鉱区域では、この2累帯配列系がはっきりと分けられ、下位の累帯配

注4) 「鉱区域」とは、地形による仮の区分で、日本の鉱区とは意味が異なる。まだ探鉱されていないので「探鉱区」と訳出するのは適当でないと思われる。

列は柱状断面の厚さで50m、上位の累帯配列の場合は30mにおよんでいる。この鉱区域では、地層の傾斜方向にも明瞭な累帯配列があらわれている。すなわち、北西から南東の方向の延長800mにわたって、輝銅鉱帯が斑銅鉱帯に、そして黄銅鉱帯に漸移している。

ウドカン鉱床における累帯配列の形成が堆積過程の際の鉱物生成条件の変化で説明できれば、ウドカン向斜における銅鉱物の沈殿は海退条件の中で行なわれたと推論することが可能となる。斜層理の研究データによると、ウドカン鉱床を胚胎している原生代堆積水盆中への物質の搬入が北東側から行なわれたことになるので、上述の推定を基に、向斜の北翼から南翼に（南西方向に）進むに従って鉱化体は層位的により上位の層に次第に移り変わると推論することができる。したがって、向斜の北翼では、各単層の傾斜（南西方向）にしたがって、まず輝銅鉱が斑銅鉱に移り変わり、さらにそれが黄銅鉱に移り変わることがあり得る。層位的により高位の部層では、かなり深いところに（すなわち、南西側にかなり進んだ所に）黄銅鉱質鉱石が存在する可能性はあるが、輝銅鉱と斑銅鉱がそのさらに深さを増すにつれて黄銅鉱に移り変わると予測することは難かしい。

含銅砂岩中における銅鉱物の一次配列は変成作用の過程で複雑化し、その過程の際に適当な条件下で輝銅鉱と斑銅鉱の銅から黄銅鉱を生じている可能性もある。ウドカン山脈の含銅砂岩中では変成源の黄銅鉱は広く発達していないようであるが、ところによっては、たとえば向斜の西部、ネルドカン川地区では、その種の黄銅鉱がかなり明瞭に認められる。

ウドカン鉱床に関する上記のことからひきだされた一応の結論は、今後の一次累帯配列の研究データ、すなわちもっとも重視しなくてはならないものの1つとしてそのデータによって確かめられ、正確なものと思われるだろう。

結 び

以上に述べたデータは、本報告の初めに述べたウドカン鉱床中における一次累帯配列と二次累帯配列の存在状態を説明し、かつ、累帯配列に原因した深さと鉱石の質の変化を考えさせてくれるものである。

本鉱床の一次累帯配列はあまり研究されてこなかったし、我々が新たに知り得た知識の現状も本鉱床の深部潜頭部分における明瞭な鉱石の質の変化を予測する基礎となるには十分でない。

二次累帯配列に関していえば、ウドカン鉱床の場合、それはあまり発達していない。膠結帯の発達が顕著でないという結論の正当性は、銅の二次的濃集作用と二次富化帯の形成に必要な条件である酸化帯の発達が軽微であることから裏づけられる。

かくして、ウドカン向斜北翼の調査、研究区域では、一次累帯配列も二次累帯配列も、深さによる鉱石の鉱物組成の基本的な変化を全くもたらしていない。

確度の高いこれらの結論は鉱床全体に拡大できる。それは、向斜の比較的せまい範囲での一次累帯配列の規則性がほとんど基本的に変化せず、二次累帯配列が含銅砂岩露頭の全延長にわたって多かれ少なかれ均質なためである。このことは、ウドカン鉱床の鉱石の質に関して同鉱床の深部帯を評価する際の大きな落とし穴を予防してくれることでもある。

文 献

- Домарев В. С.: О генезисе месторождений типа медистых песчаников (含銅砂岩型鉱床の成因について): 全ソ地質研究所資料, 有用鉱物シリーズ, 第4集, (Материалы Всес. н. -н. геол. ин-та, сер. полезн. искол., сб. 4), 1949.
- Домарев В. С.: Генезис медистых песчаников Северной Родезии (北ローデシア含銅砂岩の成因): Зап. Всес. минерал. о-ва, ч. 87, вып. 1, 1958.
- Иванков Л. И., Куликовский А. С., Младенцев Г. Д., Наркелюн Л. Ф., Фатиков Р. Ф.: О некоторых особенностях геологии Джеккаганского месторождения и

новых фактах, полученных рудничной геологической службой (ジェスカズガン鉱床の地質の幾つの特徴と鉱床調査で得られた新事実について) : Тр. Ин-та. геол. АН кирг ССР, вып. 9, 1957.

Мануйлова Н. С. : К некоторым вопросам, касающимся генезиса медистых песчаников Джекказгана. (ジェスカズガン含銅砂岩に関する幾つかの疑問について) : Зап. Всес. минералог. о-ва, ч. 83, No. 4, 1954.

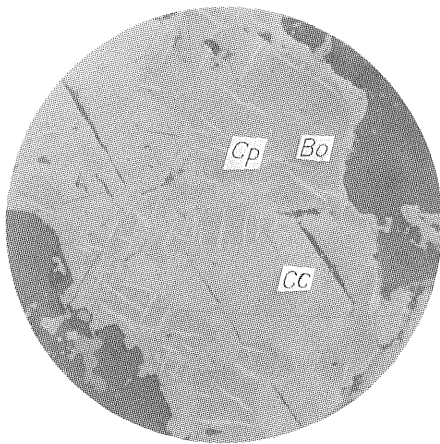
Попов В. М. : О происхождении месторождений медистых песчаников гидротермального типа (熱水型含銅砂岩鉱床の起源について) : Изв. АН СССР, сер. геол., No. 5, 1951.

Сатпаева Т. А. : Рудообразующие минералы Джекказганского месторождения (ジェスカズガン鉱床の鉱石構成鉱物) : Изд-во АН КазССР, 1949.

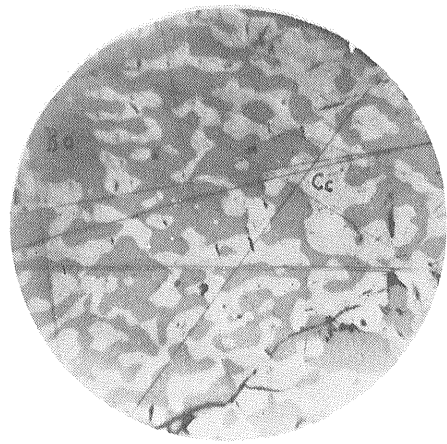
HIRONAO N. : Origin of the "Manto" copper deposits in lower California, Mexico. : Econ. Geol., vol. 52, no. 8, 1957.

訳者補記 : 本稿を脱稿した1970年12月17日, 地質調査所資料室とソ連科学アカデミー・シベリア支部との間で取り換されていた特別交換の約定にもとづいて, 第2回目の多数の文献が到着したが, その中に1966年発行のオレクマ-ヴィチム山岳区に分布するすべての含銅砂岩に関する総括文献が含まれていた。

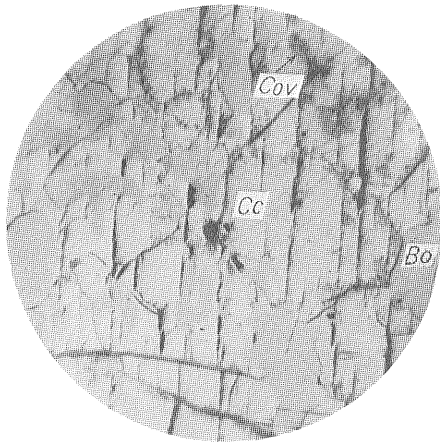
その目次を本月報 (p. 43~49) の「新着資料の紹介」に掲げ, 紹介にかえることにする。



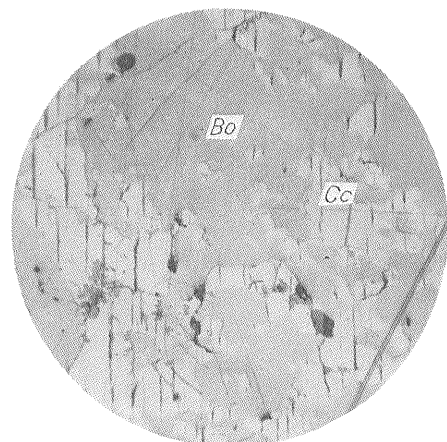
1. 輝銅鉱 (Cc) と斑銅鉱 (Bo) の連晶と斑銅鉱中の黄銅
鉱微脈 (Cp)



2. 斑銅鉱 (Bo) と輝銅鉱 (Cc) の文象状連晶
研磨片, ×90



3. 斑銅鉱 (Bo) を伴った輝銅鉱 (Cc), 輝銅鉱中の割れ目
に沿って銅藍 (Cov) が発達する 研磨片, ×100



4. 斑銅鉱 (Bo) 中の、劈開を有する輝銅鉱 (Cc) の残晶
研磨片, ×100