

## 資 料

553.43(5)

### 中国雲南省の砂岩（頁岩）型銅鉱床について\*

李 希 勳・潘 开 文・楊 城 芳・蔡 建 明

岸 本 文 男\*\* 訳

#### 訳者のまえがき

最近来、中国の地下資源について当所に問い合わせられることが多くなってきたが、その中で中国における含銅砂岩類の存在やその産状に関心を寄せる関係者が少なくなかった。

当所資料室には、中国の含銅砂岩に関する戦後の文献が少なくとも3篇保管されている。その1つは、地質学报、第45巻、第1期の72～81頁、邵克忠著「华南某地“含銅砂岩”銅鉱地質特征及鉱床成因的初步探討」（1965）であり、2は同じく地質学报の第39巻、第4期、373～377頁の郭文魁著「十年来中国銅鉱地質普查、勘探工作的成就」（1959）であり、3が以下に完訳した李希勳らの論文である。

以上のうち、邵克忠の論文は震旦系下部の灰色砂岩を母岩とした含銅砂岩層を取り扱ったもので、その成因については後生熱水溶液説がとられている。これは、本月報にすでに掲載された東シベリアのウドカン含銅砂岩鉱床に関する3篇の論文と比較・検討すれば、一層興味深く受けとられよう。本論文を読まれて、熱水溶液の作用だけに成因をしぼることに疑問を持たれる人は少なくないだろうし、逆に、ウドカン鉱床の堆積生成説の再検討を望まれる人もあるだろう。そのような意味で一読をおすすめしたい。

郭文魁の論文は中国に賦存する既知銅鉱床のタイプと銅鉱床生成区を紹介したもので、戦前・戦中に知られていた内容と面目を一新している。その中で、含銅砂岩・頁岩鉱床は主な銅鉱床タイプ8種のうちの1つとして取り扱われ、その主な鉱床生成区として西康・雲南生成区、四川生成区、湖南・貴州・広東生成区があげられ、将来性が重視されているが、遺憾なことには論文テーマの性質上記載が概念的・抽象的で、中国の含銅砂岩鉱床の産状・規模などを具体的に知る資料とはならない。

それに反して李希勳らの論文は雲南省内だけに限っているとはいえ、含銅砂岩あるいは含銅頁岩の鉱床と称されているものにも幾つかの生成形式があり、それぞれ可採性を左右するほどの差があることを明らかにしながら、雲南省内における代表例を挙げて分布をある程度明示している点で、中国の場合としては貴重な文献といえよう。

— × — × —

この論文は各地質調査隊が今までに集積した大量の調査・探鉱資料をもとにし、それに筆者らの観察結果を加え、雲南省中部地域の中生代赤色層中に発達する含銅砂岩（頁岩）鉱床を主な対象として、雲南省各地、各地質時代、各種産状の含銅砂岩（頁岩）の地質学的特徴と鉱石生成作用の規則性を検討し、同時に論争が比較的盛んな鉱床の成因、鉱床の評価、探鉱の指針などの問題について、筆者らの考えを述べているものである。中国の地質関係者が含銅砂岩（頁岩）鉱床を重視して、今後も調査・探鉱を継続し、この種の鉱床の研究を深めるために努力させるよう切望する次第である。

#### 1. 含銅砂岩（頁岩）の分布、層序および地質の特徴

雲南省の含銅砂岩（頁岩）鉱床はほぼ全省にわたって分布し、雲南省東部だけでなく、雲南省中部の

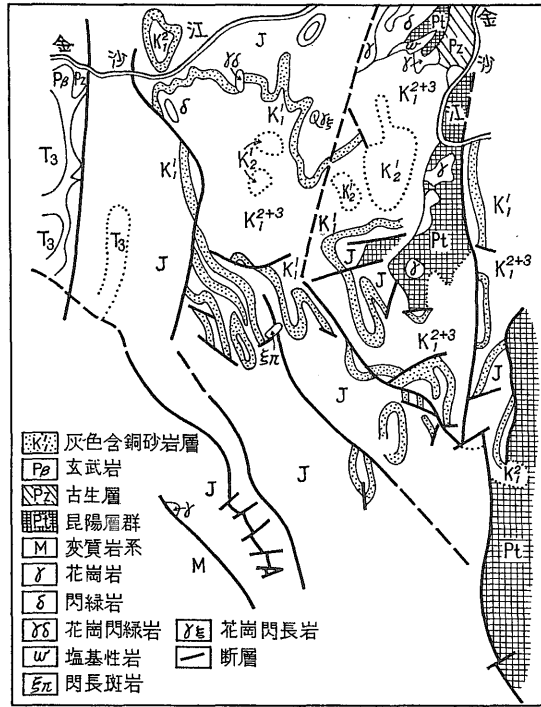
\* 試論雲南砂（頁）岩型銅鉱：地質学报、第44巻、第1期、37～48頁、1964

\*\* 鉱床部

揚子准卓状地地域、さらに雲南省西部の准地向斜地地域にも分布している。含鉄層準は主として中生代の陸成相と海浜相・浅海相の赤色層系で、その他の赤色層と非赤色層中には含銅砂岩(頁岩)鉄床が少なく、しかも鉄化作用が貧弱であり、あるものはこの種の鉄床に属さないで、ここでは中生代陸成相・海浜相・浅海相赤色層系のもの以外については触れない。

現在のところ、中生代赤色層中の含銅砂岩(頁岩)鉄床の工業価値は中部地域のもの第一で、西部および東部地域のものそれよりやや劣っている。以下、各地域の地質の特徴について簡単に述べる。

雲南省中部地域 含銅砂岩(頁岩)鉄床は西康—雲南地背斜西南部の雲南中部沈降盆地に賦存し、その中でも鉄化作用が強く、かつ広く及んでいるのが同盆地の東縁部と北東縁部である(第1図)。



第1図 雲南東部鉄床区地質構造模式図

この地域の赤色層は、中部ジュラ紀—中部白堊紀に属する。同赤色層中の含銅層は全部で6層で、下位から上位に、 $J_2$ 下部の野牛廠含銅砂岩層、 $J_3$ 下部の凹地左含銅砂岩層、同上部の代家村含銅頁岩層、 $K_1$ の郝家河含銅砂岩層、 $K_2$ 中・下部の新田含銅頁岩層、同上部の三台廠の含銅頁岩層である。

各含銅砂岩・含銅頁岩層はそれぞれ2~3重層、多い場合には6重層からなる。

ジュラ系および白堊系の赤色層とその下位の—平浪夾炭層系( $T_3 \sim J_1$ )は昆陽層群およびその他のより古期の岩系を不整合におおっている。赤色層の全層厚は3,000~4,000mからさらに10,000m以上に及び、変化が大きい。堆積岩の性質と岩相によって、この赤色層は9堆積輪廻に分けることができる。それぞれの輪廻は下位から上位に礫岩-砂岩-泥岩および泥灰岩からなっている。その色は上位に向かって紫紅色(灰黄色、灰緑色の部分を挟む)~黄色、さらに雑色~紫紅色を呈する。岩相は下位から上位に大型斜層理を有する湖浜三角洲相、水平層理を有する浅湖-半深湖相を示す。含銅砂岩・礫岩は多くが各堆積輪廻の下部に分布し、含銅頁岩の場合は中—上部に位置している。全体的な傾向からいえば、各輪廻下部の砂岩の粒度は北に粗く、南に細かく、東に粗く、西に細かい。層厚は、南西に厚く、北東に薄い。南北に細長い雲南中部盆地においては、盆地の基盤は東側が広く緩やかな傾斜、西側がせまく急な傾斜を形作っている。それぞれの堆積輪廻の間には、とくに白堊系と上部ジュラ系との間には比較的

安定した基底礫岩層が常に存在し、赤色層中に2回の広域平行不整合とオーバーラップ堆積、あるいは局部的不整合が存在するが、これは昇降運動が何回も繰返されただけでなく、燕山中期の造山運動が強く影響したためと解される。この燕山中期の造山運動後には、白堊系赤色層の堆積範囲がジュラ系の赤色層の場合に比較していちじるしく縮小され、湖盆の南縁部と西縁部で北側および東側に向かって白堊系赤色層が大きく後退し、雲南省中部地域において2地区の含銅および含岩塩白堊系沈降中心地区が乾涸したのである。

白堊系の堆積後に、燕山後期とヒマラヤ期の造山運動を経たが、その間、同じ断層を継承して繰返し隆起運動が行なわれている。

雲南省中部地域の赤色層堆積盆地の地質構造は、主として、縁辺部および基盤の古期地層の起伏と古期構造線の規制を受け、さらに被覆層の厚さと堆積岩の性質にも支配されている。

上記盆地中一西部では、雲南西部准地向斜中の北北西方向の哀牢山褶曲帯の影響を受けて、また、紅河深大断裂帯および南北方向性の程海深大断裂帯の影響も受けて、基盤の沈降が深く、活動性が大きくなり、ジュラ系をおおう地層が一段と厚く、その粒度がさらに細かくなり、従って主として柔性を有するようになり、南側断面では北北西方向の、北側断面では南北方向の細長い閉じた褶曲系が作られ、しばしば東側に過褶曲および衝上げている。同盆地の東部と北東部は、南北方向の西康—雲南地背斜、左川—江—緑汁江断裂帯の規制を受けて、基盤の沈降が比較的浅く、ジュラ系・白堊系を被覆する地層が比較的薄く、かつ粒度が粗く、従って剛性が強くなり、南北方向もしくは方向性の不規則な、不連続性の幅の広い、緩傾斜の短軸複背斜・複向斜と比較的大規模な縦走および横断断裂系を形成している。

この雲南省中部地域に分布するマグマ岩としては、盆地外縁の古期陸地地区に晋寧期の閃緑岩・花崗岩、中・小規模の輝緑はんれい岩と南北性断裂におおむね沿ったヘルシニア—燕山期の中・小規模の塩基性・超塩基性岩の貫入岩、それに大量の噴出玄武岩が分布するのを除けば、盆地北東部の縁辺断裂帯に沿ってジュラ系赤色層中に貫入した燕山初期の斑状花崗岩・煌斑岩と盆地中部の背斜軸部ないし縦走・横断断裂帯、層間断裂帯に沿って白堊紀赤色層中に貫入した燕山後期の閃長斑岩・花崗斑岩・煌斑岩、それに北西西<sup>1)</sup>方向の古期断裂帯復活部分に沿って新第三紀褐炭盆地に露出したヒマラヤ期の玄武岩脈がある。

上述の晋寧期とヘルシニア期の塩基性岩の活動は各種の銅鉱体と関係を有し、中部地域における燕山輪廻中の含銅砂岩（頁岩）の堆積に多量の物質を提供した源であり、さらに燕山後期の構造運動とマグマ活動が堆積銅鉱の再編と新たな富化作用を徹底的に促進したのである。

雲南省東部地域 含銅砂岩（頁岩）は、西康—雲南地背斜縁部の凹地と牛首山凸出部の東縁に露出している。

潞江層系の含銅砂岩（頁岩）は、紫紅色の中一粗粒長石-石英砂岩上部の灰白色砂岩層もしくは氷積層中に賦存し、分布面積がせまく、鉱化作用が弱く、しかも変化がいちじるしい。まだ比較的すぐれた大規模な鉱床は発見されていない。

飛仙関層系の含銅層は本地域北部にあつては、その底部の灰緑色細粒質長石-石英砂岩およびシルト岩中に位置し、地域の中中部および南部では、同層系の中中部と上部の細一中粒質長石-石英砂岩もしくは玄武岩の碎屑を多量に含有したグレーワッケ中に賦存する。

飛仙関層系の構造形態についていえば、それは小江深大断裂以東においては西から東に、次第に、北東方向の短軸褶曲と箱状褶曲から東北東方向の雁行褶曲および長軸褶曲に変わっている。そして、断裂系は縦走性北東および東北東方向の逆断層が主で、横断性北西方向の平移断層がそれに次ぐ。

マグマ岩は、地背斜縁部深大断裂帯に沿った広範囲のヘルシニア期玄武岩を除くと、ごくわずかに認められるだけである。

雲南省西部地域 含銅砂岩（頁岩）鉱床は、主として、准地向斜東部の蘭坪—思茅撓曲凹地地区に賦存している。その中でも地層に沿って発達する含銅砂岩（頁岩）は撓曲凹地地区中央部両側の傾斜面地帯に多産し、撓曲凹地東西両側の縁辺断裂帯中には主として脈状銅鉱床が胚胎されている。

注1) 原文は北西西であるが、北北西の誤植と思われる。

この雲南省西部地域のジュラ系もその堆積輪廻から数層群に区分できるが、鍵層となる含石膏-岩塩-泥-礫岩層とその上下2層の主要な含銅層、すなわち、「風山層」と「蚌坪層」はいずれも白堊系でなく、ジュラ系中部および上部に相当する。白堊系はわずかに点在するにすぎない。

この雲南省西部地域の赤色層の構造は、かなり閉じた褶曲と、程度のさまざまな動力変成作用と熱変成作用を伴った縁辺断裂帯を除くと、比較的幅広く、緩やかな線状褶曲・雁行褶曲と比較的に密集した縦走・横断断裂系からなり、変成作用は微弱である。

上記撓曲凹地両側の変成岩分布区域には、繰返し貫入した花崗岩の底盤と岩株が広範囲にわたって分布し、東西両側の縁辺断裂帯中には大規模なヘルシニア-燕山期玄武岩の噴出と一列の塩基性・超塩基性岩、さらにアルカリ貫入岩コンプレックスが貫入し、中央地区の赤色層中にはわずかな花崗岩・閃長斑岩・塩基性岩脈の貫入が認められる。

## 2. 含銅砂岩(頁岩) 鉱床の生成形式とその特徴

雲南省の含銅砂岩(頁岩) 鉱床は多種多様で、構造規制を受けていないものもあり、層位に従って露出し、変化するものもある。幾つかの含銅砂岩鉱床の富化作用は褶曲・断裂・マグマ活動と密接な関係をもっている。したがって、多くの重要な含銅砂岩(頁岩) 鉱床は堆積性と熱水性の両方の特徴を備えている。この鉱床の成因については、主観的な認識により、しばしば堆積性か熱水性かという一面だけに注目して両方の関連性を見ないために、堆積成因説と熱水鉱液成因説の論争が生れ、その結果、鉱床の評価についても調査・研究方法が異なるために、得られた結果は違っていたのである。筆者らは、その大部分の鉱床が堆積作用を基本的鉱化作用としているが、可採鉱床となるには堆積後の強弱さまざまな再編成作用と富化作用を受けなければならなかった、と考えている。現在では、その堆積後に受けた再編成・富化の程度によって、雲南省の含銅砂岩(頁岩) 鉱床は次の4種の生成形式に大別できる。

### 1. 同生堆積鉱床

(1) 含銅頁岩——三台廠型

(2) 含銅砂岩——大橋型

2. 堆積再生鉱床——郝家河型

3. 堆積-2次熱水性鉱床——大村型

4. 熱水性脈状鉱床——寧台廠型

各生成形式に属する鉱床の特徴は、次の通りである。

### 1. 同生堆積鉱床

この種の鉱床は銅元素と砂・泥がともに還元環境の中で堆積・生成したものである。そして、堆積後の変質過程で銅鉱物が一定の転移・再配分作用を受けているが、鉱床の基本的性質としてはもとの堆積の特徴を保っている鉱床である。この種の鉱床には、含銅頁岩と含銅砂岩の2種がある。

(1) 含銅頁岩——三台廠型 主として盆地の中央部に分布し、某岩層群中一上部の「黄層」ないし「雑色層」中に賦存する。例えば、雲南省中部地域の一鉱床田の場合の特徴は、次の通りである。

この鉱床田の2層の含銅層は  $K_2^2$  上部の雑色層の灰緑色石灰質頁岩中に位置し、下位の含銅層が主体である。鉱石母層の岩質は均質で、厚さはほぼ一定し、その鉱化部分は数10 km も連続している。鉱体そのものは層状ないし層状に近く、規模は大小さまざまである。初成硫化物は主として黄銅鉱と黄鉄鉱からなり、斑銅鉱を伴い、鉱染状を呈し、泥質物や細かな方解石晶簇の囲りに不規則な粒状で分布し、あるいは層理に沿って縞状に配列して堆積作用の特徴をはっきりと示している。斑銅鉱と黄鉄鉱は一緒に分布しないようである。品位は一般に比較的低く、地表の酸化帯中では高くなってその2~4倍に達している。

この鉱床田は南西にプランジした一つの幅広く、緩傾斜の向斜中に位置し、断層は比較的少なく、含銅層と周囲の岩層の走向・傾斜は完全に一致している。断裂ないし褶曲の影響を受けた局部的な断面では、ときに斑銅鉱の細脈や2次富化現象が認められることもある。

(2) 含銅砂岩——大橋型 一般に延長が大きく、厚さの比較的安定した、比較的薄い含銅砂岩層で、

若干のものは小レンズ状体として点在、露出する。両者とも、灰白色ないし灰緑色の長石-石英砂岩ないし塩基性岩の碎屑を比較的多く含んだグレイワック中に産し、鉱体そのものは層状、薄いレンズ状、小レンズ状を呈し、紫紅色に変わり、そして灰色砂岩とともに尖滅する。鉱石鉱物は主として輝銅鉱と孔雀石からなり、少量の黄銅鉱を伴い、鉱染状を呈して産出する。部分的には炭質物の縞の近くに層に沿った条線状または豆状を呈して配列することもある。地表または地表近くではしばしば2次的溶脱作用と拡散作用を受けて品位が下がり、厚さが増大し、地形・構造・岩石の性質などの条件が適していると、はっきりとした溶脱帯と2次富化帯が形成されていて、局部的に品位の高い鉱床が形作られている。

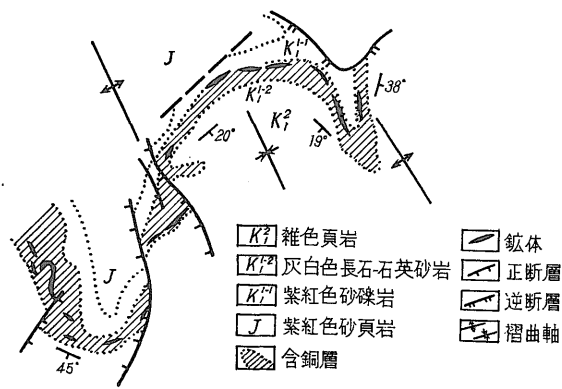
この型式の鉱床は雲南省の場合、中部・東部・西部各地域の赤色層のある堆積輪廻の中部または下部に広く分布している。

2. 堆積再生鉱床——<sup>へーちやほー</sup>郝家河型

堆積再生鉱床とは、同生堆積の基礎の上に続成・後続成作用、褶曲作用、断裂活動が加わって、比較的厚く、孔隙率の高い、そして浸透性の比較的大きい灰色砂岩中の銅元素が分散するのを促がし、同砂岩中の間隙水の「側分泌」と地下水の作用によって、ふたたび同砂岩中の沈殿に適した性質の部分に銅元素が濃集・沈殿したものである。

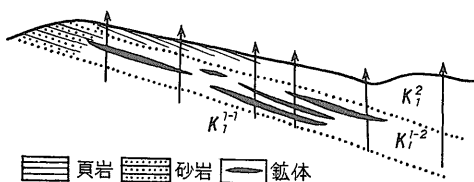
この種の鉱床は主として盆地の縁辺部に分布し、堆積が中断された侵食面より上のある岩層系の堆積輪廻中部および下部砂礫岩中に賦存する。雲南中部地域での1例は、次の通りである。

その鉱床田は大形の非対称背斜・向斜の軸部と翼部に位置し、とくに傾斜角の比較的緩やかな（20°前後）翼部に集中している。鉱体の富化作用は2次褶曲（第2図）と断裂に規制されている。



第2図 <sup>へーちやほー</sup>郝家河型鉱床と褶曲構造との関係模式図

含銅層は  $K_1^1$  下部に位置し、基底礫岩の上位5~25mの石灰質物に膠結された灰色・灰白色、細一中一粗粒質長石-石英砂岩中に賦存し、その上下は比較的厚い泥板岩岩層で、鉱化範囲はさまざまである。銅を含有した鉱化層は断続的で、それぞれの延長は数100mから1,000~2,000mに及んでいる。可採鉱体の形と規模は場所によって異なるが、主なものは地層に沿って分布した大小さまざまなレンズ状鉱体群で、同じ鉱化層の数層の重層中に規則的に配列し、そして主要鉱体の多くはその中部・上部に賦存する。垂直断面でみると、各重層の鉱体は互いに重なるか、あるいは雁行状に配列し、部分的には盲目鉱体を形作っている（第3図）。平面的には帯状、楕円状を呈し、それぞれの間は貧鉱か微弱な鉱化体で



第3図 <sup>へーちやほー</sup>郝家河型鉱床の雁行状鉱体配列模式図

つながっている。各鉱体の長軸方向は地層の走向および傾斜に平行し、長軸と短軸の比は1:3~6である。各鉱体の大小には、非常に大きな違いがある。ある鉱体は厚い層状を呈して、一定の範囲内では薄化現象および貧鉱化現象が認められない。またある鉱化区では砂岩の粒度が一定で、含銅硫化物がほとんど輝銅鉱だけからなり、少量の黄銅鉱・斑銅鉱・黄鉄鉱と微量の方鉛鉱を伴うにすぎず、またある鉱化区では中一粗粒質の砂岩中に主として輝銅鉱が、細粒質砂岩中に主として黄銅鉱が、次いで黄鉄鉱・輝銅鉱が賦存している。鉱石の銅品位は中程度である。またある鉱化区の含銅砂岩を系統的に化学分析した結果によると、平均含有量は  $\text{SiO}_2$  74.08%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  3.98%,  $\text{CaO}$  6.01%,  $\text{MgO}$  0.818%,  $\text{FeO}$  1.76%,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  2.169% であった。通常、 $\text{FeO}$  含有量が高いと、銅品位が高く、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  と  $\text{Al}_2\text{O}_3$  の含有量と、銅品位との関係は逆である。鉱石中の銅鉱物は常に石英と長石の碎屑粒を膠結した物質の一部をなし、碎屑組織を呈する。輝銅鉱は、しばしば、再結晶した自形の苦灰石を包有し、斑状変晶包有組織を示す (Plate 5-1)。鉱化作用が比較的いちじるしい露出では、輝銅鉱と黄銅鉱がしばしば石灰質・珪質膠結物をときには碎屑そのものを交代して、膠結構造を形作っている (Plate 5-2)。また、砂・泥物質の接触面に沿った両分配作用によってリボン状構造が形成され、そのほかに、少量の含銅方解石-石英細脈や輝銅鉱細脈が認められる。

分光分析の結果によると、微量元素として Pb, As, Zr, Ni, Co, Zn, Ti, Cr, Sr などがあり、化学分析の結果によると、Au と Ag の含有量が比較的多い。

この種の鉱床の酸化帯は一般に比較的深く、地表下10~20mまでは溶脱現象が比較的いちじるしく、中一細粒質砂岩中の酸化帯の含銅品位は深部の場合に較べて1/2前後で、粗粒質砂岩の場合には溶脱現象がさらにいちじるしくなり、地下水以下では一般に硫化鉱物だけとなる。

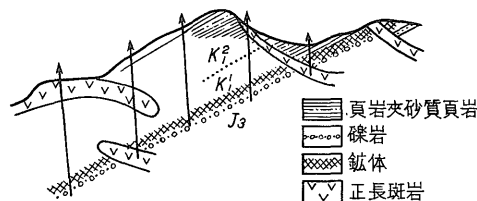
### 3. 堆積-2次熱水性鉱床——大村型

この種の鉱床は同生堆積と再生変質を基礎にして、構造運動ないしマグマ活動からの2次熱水溶液の影響を受け、鉱化源層中の銅元素が含鉱層の頂部に集中し、帽岩など閉鎖作用の働く部分に形成されたものである。

この種の鉱床の特徴は厚さがやや薄く、品位が比較的高く、多くは安定した層状もしくは薄いレンズ状の鉱体で、一部は比較的安定したレンズ状を呈することである。この種の鉱床の多くは同じ鉱化層中でも断裂がとくに発達した地帯か、あるいはマグマ活動のみられる地帯に生成している。

この種の鉱床は雲南省中部地域の北部と雲南省西部地域に分布する。以下に雲南省中部地域の某鉱区の例を略述する。

含鉱層は基底礫岩層の上位20~25mにあって(第4図)、その中一上部は灰色細一粗粒質石英砂岩、上部は灰緑色石灰質頁岩からなり、シルト岩の縞を挟在する。含鉱層の上盤は滯青質・炭質・石灰質の頁岩、泥灰岩、シルト岩など厚さ約30mの「緑色層」で、下盤は紫紅色の砂礫岩である。鉱体は緩傾斜の層状、薄いレンズ状、レンズ状を呈し、大形複向斜翼部の単斜層に、さらに2次撓曲部に胚胎される。とくに富銅体は単斜層中の、大量の閃長斑岩脈に貫入された斜層理層が発達する区域に、さらに2次撓曲構造中の放射状斜層理層と煌斑岩岩床が発達する地帯に分布している。鉱体は大規模で、品位は高い。含鉱層の下部は輝銅鉱が点々と分散した細一中粒質砂岩、上部は斑銅鉱・黄銅鉱を含有した石灰質頁岩、シルト岩からなり、その中で銅鉱物はシルト岩質葉層中に多く濃集し、それに次いで重要な鉱物として黄鉄鉱・方鉛鉱・閃亜鉛鉱などがあるが、斑銅鉱は全体の鉱化程度が強くなるにつれて増大し、黄鉄鉱は鉱



第4図 大村型鉱床の鉱体と地質の関係模式図

化作用が弱くなるにつれて増大している。鉍石中には常に少量の含銅方解石・石英・重晶石の細脈があり、さらに一定の炭酸塩化作用と珪化作用が働いていて、側岩の食変現象と退色現象がみられる。しばしば鉍石は変晶を含有し、そして文象組織、格子状組織 (Plate 5-3 参照)、乳濁状組織 (Plate 5-4 参照) などの諸組織と鉍染状構造・縞状構造が認められる。銅鉍物は、層理に沿って分布するものを除くと、斑銅鉍と黄銅鉍が条線状、細脈状をなして斜層理に沿い、あるいは局部的な退色帯に分布する。

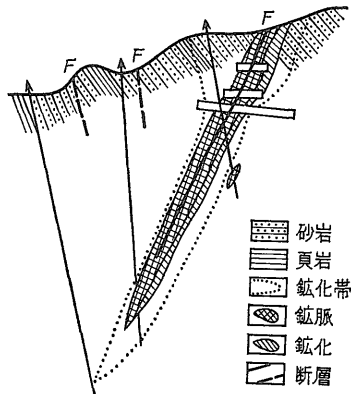
完全分析の結果からみると、含鉍層とその上盤・下盤の化学成分含有量は同一水平方向には基本的に一定しているが、垂直方向では下位から上位に  $\text{SiO}_2$  が 64%→55%→50%、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  が 4.7%→8.3%→11.8% と変化し、 $\text{CaO}$  と揮発成分はほぼ 10% 前後で等しく、 $\text{MgO}$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  は 3% 前後で等しく、その他の成分は 1% 以下である。

また、含鉍層は Ba, Ti, Pb, Cr, V, Zn, Be, Co, Ni, Ag などの微量元素を含んでいる。本鉍区は局部的な浸食基準面よりもはるかに高位にあり、加えて断裂が比較的発達し、そのため含銅砂（礫）岩中には酸化鉍と複合鉍が主体となって賦存している。含銅頁岩・含銅シルト岩は、地表・地表下浅部および断裂付近の酸化鉍を除けば、その大部分が硫化物鉍石と複合鉍石からなっている。

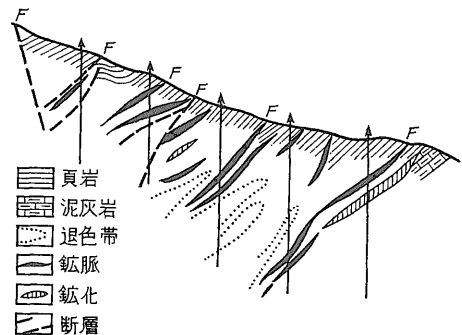
#### 4. 熱水性脈状鉍床——はんたいちやくん 臺台廠型

この型の鉍床は雲南省西部の赤色層盆地の東側・西側縁辺断裂帯中や、さらにその中央隆起の断裂帯中に分布し、銅の鉍化作用は、通常、層位と岩質による規制を受けず、厳密に断裂の規制を受けている。以下、雲南省西部の某鉍区を例にして簡単に説明する。

この鉍区は雲南省西部の赤色層盆地西縁の断裂帯に位置し、分布する地層はジュラ紀の赤色層系で、鉍区内全体として東北東方向に傾斜した単斜構造をなし、しかも走向断裂の影響を受けて複雑化している。すなわち、断裂の北東側では鉍体が急傾斜した厚い石英砂岩の傾斜方向と逆傾斜の断裂破碎帯中に賦存し、急傾斜した脈状および複脈状を呈し (第 5, 6 図)、品位は高い。また断裂の西南側では鉍体が緩



第 5 図 鉍脈模式図



第 6 図 鉍脈群模式図

傾斜シルト岩・頁岩中に賦存し、一方では大形断層の走向に平行な二次断裂帯中を、そして一方では層間断裂帯を充填し、密集した細脈鉍脈群を形作っている。銅鉍物は主として四面銅鉍 (80~90% を占める) からなり、次いで黄銅鉍と少量の輝銅鉍、ときに輝安銅鉍を伴い、黄鉄鉍や少量の硫砒鉄鉍・方鉛鉍・閃亜鉛鉍などを伴うこともある。酸化帯中の 2 次鉍物としては、褐鉄鉍・孔雀石、少量のスコロダイトがある。脈石鉍物は、菱鉄鉍・重晶石・石英などである。自形粒状組織・残存組織 (Plate 5-5)・交叉組織・圧碎組織などと塊状構造・網状 (Plate 5-6)・角礫状構造を有し、数回にわたる鉍化作用の特徴を明らかに示している。

この脈状鉍体の中心ないし上下両盤際には、しばしば銅と鉄に富んだ黒色の粘土質脈が賦存し、その両側 (または片側) には順々に平行細脈、網状脈、鉍染鉍が配列し、あわせて本鉍床の典型的な断裂面沿いに分布する鉍脈の形態を形作っている。側岩の変質は、脈状鉍体から外方に順次重晶石化、菱鉄鉍

化、角礫岩化と退色の諸現象となって現われている。

随伴有用元素としては、黄鉄鉱・砒四面銅鉱・黄銅鉱中に類質同像混合物としてコバルトが多く含まれていることを除くと、比較的高い含有量の砒素と硫黄、少量のアンチモン・ビスマス・銀・水銀などが認められる。

この種の鉱床の規模は中型ないし小型であるが、高品位で、中一低温熱水性断裂充填脈状銅-コバルト鉱床に属する。

### 3. 含銅砂(頁)岩鉱床の鉱化規制要素

雲南省の中生代赤色層中にみられる銅鉱化作用は広大な範囲に強く働いていて、構造地質、広域地球化学、岩相、古地理、古気候、さらに岩石化作用、後期構造運動、マグマ運動などの要素と緊密な関係をもっている。

#### 3.1 同生堆積含銅砂(頁)岩の規制要素

インドシナ期後期と燕山期初期の構造運動は、雲南西部准地向斜の北にせまく南に広い扇状の蘭坪—思茅大型断層陥没盆地を形成しただけでなく、その東側に隣接する細長く隆起した西康—雲南地背斜西南部も活化させて、雲南中部地域の大型地溝盆地を形成した。この2盆地はたえず沈降する過程できわめて厚いジュラ紀と白堊紀の含銅モラッセ赤色層群を堆積した。

たとえば、雲南中部地域では、盆地が繰返し昇降運動を受けたので、含銅砂岩・礫岩はしばしば幾つかの層系の堆積輪廻の下部ないし基底に、含銅頁岩はその中一上部にそれぞれ堆積している。だが、構造運動の影響を受けて、含銅砂(礫)岩が含銅頁岩上にオーバーラップするか、もしくは不整合していることもある。このことは、構造運動が銅鉱化作用の働いた層位を規制しただけでなく、同時に鉱化体を複雑化したことを示している。

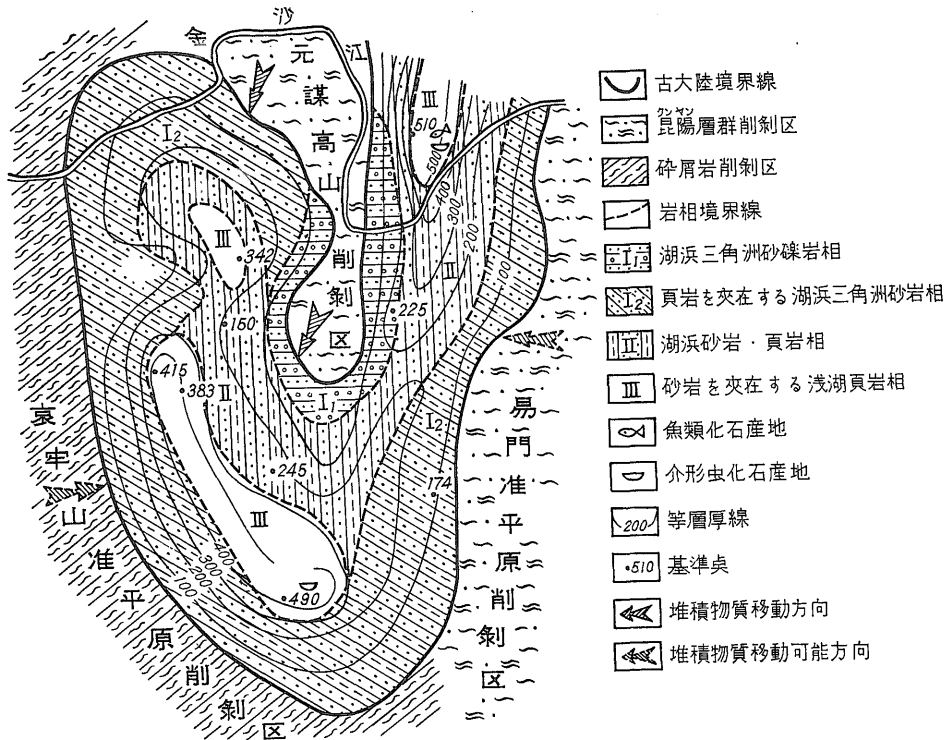
多輪廻の構造運動、マグマ活動、銅化作用が西康—雲南地背斜の銅を主体とする鉱床生成区を形成し、その中の晋寧期・ヘルシニア期の東川型銅鉱、銅・ニッケル鉱、脈状銅鉱を除く同鉱床生成区内の含金属量を測定した結果から、すなわち、昆陽層群の变成岩系と塩基性岩、とくに分布がもっとも広い玄武岩が銅を一般に0.02~0.03%含有していることから、それらの岩石が雲南中部地域の含銅砂(頁)岩の堆積時における豊富な銅分の源となったものと解することができる。同時に、盆地中に初期に堆積した赤色層中には、一般に銅含有量が0.04~0.07%に達する灰色および灰緑色の夾在層もあって、これも銅の重要な源となったものと解される。この雲南中部地域赤色層堆積盆地における銅鉱化作用がきわめて激しいため、同地域における地球化学的なバック・グラウンドは明らかでない。

既知資料によれば、堆積銅鉱床の銅化作用は盆地東北部で強く、広範である。

1) 岩相・古地理図(第7図)からみると、盆地の基底はジュラ—白堊紀に現われ、東北に広く緩傾斜し、西南にせまく急傾斜であった。主な含銅層は東北部の傾斜部分にあって、還元環境下の灰色含銅相中に堆積している。西南部にあっては、基底が狭く急斜して湖が比較的深かったために、含銅相の堆積には適していなかった。各層系の下部砂岩・礫岩層は傾斜面の北側断面中に分布し、多くは厚く、粗粒で、大形斜層理を呈する湖浜三角洲相と湖浜・浅湖相の堆積層である。礫の構成鉱物、砂岩の粒度、重鉱物の分析結果によると、この盆地東部斜面北側の断面に分布する堆積物は主として東部の元謀高原削剝区から、南側の断面に分布する堆積物は主として易門准平原削剝区からもたらされ、これらの削剝区には古期銅鉱床が多いだけでなく、その面積も広く、加えて北部の上昇隆起速度は南部に較べて早く、地形も南部に比較して急峻であって、銅の化学的沈殿も従って早くかつ多量に及ぶことができたものと思われる。

2) 主な含銅層の一つとなっている下部白堊系の郝家河含銅層(K<sub>1</sub>)は、その堆積範囲が北に広く、南に狭い「ハート形」の湖成盆地を形作っている。早期に堆積して銅を含有している上部—中部ジュラ系の地域は、下部白堊紀初期には隆起して、盆地西縁および南縁の山地をなしていた。したがって、下部白堊紀(K<sub>1</sub>)には、四方から銅が豊富に送りこまれたわけである。しかも「ハート形」に湾曲し、広くかつ緩傾斜した盆地の斜面は、ジュラ紀の狭長な形をした比較的平坦・直線的な湖盆の斜面の場合よ





第7図 雲南省中部地域濠沙河含銅層(K<sub>1</sub>)の岩相・古地理模式図

りも銅の堆積に有利であった。やがて白堊系のその他の比較的重要な含銅層がその堆積範囲をますます縮め、周囲の早期に堆積した含銅隆起区が隆起範囲をますます拡げて湖盆は一方ではその中心に向かって退き、一方では湖水中の銅と塩類の相対含有品位も絶対含有量も断えず増大し続け、盆地の基底もたえず上昇し続け、湖水はたえず濃縮し続け、この乾涸過程の中ではまず先に硫酸塩の化学的な沈殿が生じ、南北両堆積中心区域の異なる場所と層位のところに銅と硫酸カルシウム塩が別個に堆積している。銅は一定の還元環境中において比較的薄い安定した含銅石灰質頁岩を形成している。

一平浪夾炭層系の石炭生成期の温暖多湿気候はジュラ一白堊紀に乾燥高温気候に変わり、それが赤色層の場合に含銅層を形作る上に重要な作用をすることとなった。気候が温暖、多湿で植物が繁茂する環境では、雨が多く、風化して生じた銅溶液は稀薄となるために、部分的に泥質物や炭質物に吸着されることも可能ではあるが、一般的には明瞭な含銅層は生じ難い。一度その気候が乾燥・高温気候に変わると、含銅物質は強い分解と酸化の両作用を併せ受けて碎屑となり、急速に湖盆に運びこまれ、砂礫と一緒に沈殿し、また溶解した銅は、部分的に泥質物に吸着されるもののほか、供水量が少なく、蒸発が盛んで、銅の濃度がたえず増大するという状況下であれば、たとえそれが湖盆の発展の中一後期であってもなくても、非常に厚い赤色層の中一上部の一定層位部分に沈殿する。

赤色層系中の含銅層は、含銅礫岩・含銅砂岩・含銅頁岩を問わず、すべて灰色ないし灰緑色の間層として分布し、一つの含銅層であるのに走向および傾斜方向に一度赤色に変わってから銅の鉱化作用が消えてゆく。このような色の変化は、その銅が一定の還元環境の中で低原子価の鉄(Fe<sup>2+</sup>)と一緒に沈殿し、酸化環境下の高原子価の鉄(Fe<sup>3+</sup>)と一緒に沈殿したのではないことを反映したもので、全体的には堆積環境の不安定だったことを示している。浅湖一深湖相の含銅頁岩が一般に比較的安定しているのを除き、湖浜三角洲一湖浜相中に形成された含銅礫岩、含銅砂岩の場合は湖水の深淺の変化が大きく、酸化と還元的环境がしばしば交替を繰り返しているため、堆積物の諸形式が垂直方向にも水平方向にも変化して赤色層と灰色岩層との指交現象が形作られている。そのほかの解析資料によると、細粒一中粒一

粗粒質からはなはだしく礫状を呈する灰色砂岩にいたるまで、同じように高い含銅品位を示すが、一般に中一粗粒質砂岩では輝銅鉱が、細一微粒質砂岩・シルト岩では黄銅鉱と斑銅鉱が主な鉱石鉱物で、頁岩中の黄鉄鉱の量は相対的に多い。これは、砂粒の粒度と含銅量の多少が明白な関係をもっていることを示しているだけでなく、異なる銅鉱物の沈殿に一定の化学的分化作用が働いたことも示している。その化学的分化作用は初めに沈殿した輝銅鉱が鉄と硫黄分に乏しい弱還元媒体中で生成し、黄銅鉱と斑銅鉱が鉄分と硫黄分に富んだ還元媒体中で生成し、黄鉄鉱が $H_2S$ に富んだ強還元媒体中で生成したことに現われている。このような特徴は、銅鉱沈殿時における地球化学的な特性および物理化学的条件の変化と一致する。したがって、含銅砂(頁)岩中における銅と鉄の各硫化物が互いに逆の現われ方をすることは理解し難いことではない。

### 3.2 再編成富化作用を受けた含銅砂岩(頁岩) 鉱床の規制要素

同生堆積銅鉱は、一部の地区に可採鉱床が生成している以外には、一般に比較的低品位で分散している。可採鉱床は、ほとんどすべての場合に同生堆積作用を基礎にしてそれにいろいろな度合の岩石化作用、同生堆積後の構造運動やマグマ作用が組み合せて影響を与えた結果生成されているのである。

含銅層の岩質の特徴 まず第1に、灰色の長石-石英砂岩の分布が広くて厚く、粒度と色の変化がきわめて大きい。鉱石を胚胎する灰色砂岩の面積はかなり大きく、厚さは10数mに達し、鉱床の規模はかなり大きいか、さもなければかなり小さく、かつ分散している。そして第2に、含銅砂岩は一方では銅鉱を伴わない砂岩に較べて硬く、もう一方では適度の孔隙率と大きな透水性を有し、その孔隙タイプが、主として中粒一細粒質含銅石石英砂岩にみられる石灰質および珪質膠結によるものであれ、中粒一粗粒質含銅石石英砂岩に主としてみられる基底形石灰質および珪質膠結によるものであれ、その有効孔隙率は一般に23~29%に達し、透水性は一般に400 MD前後であって、このほかの砂岩の有効孔隙率と透水性はいずれもこれより小さい。第3に、鉱石を胚胎した厚い灰色石英砂岩はより厚い、透水性に大きな差のある赤色頁岩の間に賦存し、あるいは互層をなし、かつその上を覆った赤色層はしばしば数1,000mにも達している。

上述の特徴点は、銅鉱の「再生」富化作用に対して有利な要素が2種あることを教えている。すなわち、まず銅鉱石の「源層」となった灰色砂岩は層厚が厚く、面積が広く、同生的に堆積した分散状の含銅量が多く、全含銅量がきわめて大きいので、その孔隙率と透水性がいずれも比較的大きいという状況下にあつては、岩石化過程における間隙水および地下水の流通と銅成分の溶解が容易であり、さらに溶液と岩石の接触面が大きくなって化学反応の進行を早める。加えて、その上下に分布して「含銅源層」を閉じこめる役割を果している厚い粘板岩の存在は、「含銅層」内に間隙水と層間水の作用を限定し、「含銅源層」中における含銅溶液の「側分泌」活動を促がして、銅を条件のよい部分に再沈殿し、「含銅層」を富化させ、そして銅の分散を防いでいる。第2に、柔かく厚い粘板岩中に挟まれている固くて脆い含銅砂岩は、非常に強い構造応力を受けると、その中に各種の割れ目を生じやすい。これまた「含銅源層」内を含銅溶液が流動するのによい条件となり、構造応力をもっとも強く、割れ目が最大に発達した部分に銅が集中することになる。

堆積再生銅鉱床の再生富化作用は、地質構造、とくに褶曲構造と密接な関係を示している。この型のおもな鉱床はすべて大規模な複背斜ないし複向斜の沈入部および緩傾斜した翼部の2次褶曲帯中、とくにその撓曲・屈曲部中に賦存する。そのある部分では比較的大きな構造応力によって一連の張力割れ目と層間剪断割れ目が生じ、加えて縦走および横断割れ目も発達して、含銅溶液の流動とその作用が一層促進され、覆蔽ないし半覆蔽状態にある含銅層内の沈入・屈曲・撓曲などの諸褶曲構造部分に層状ないし層沿いに発達したレンズ状富銅体が生成している。褶曲構造による規制のほか、断裂も鉱体の局所的な富化に上記と同様な働きをしている。鉱体中にしばしば少量の含銅方解石-石英細脈が認められるが、これは鉱石構成元素が再配分されるときに側岩中の幾つかの成分、たとえば膠結物を構成している可溶性の珪酸や炭酸塩類が転位して、銅鉱物と一緒に岩石の節理や割れ目を充填したものである。

堆積-2次熱水性銅鉱床についていえば、地質構造、とくに断裂とマグマ活動が主な規制要素となり、岩石の性質も一定の影響を与えている。

たとえばある断裂およびマグマ活動と関係した 2,3 の鉱区では、鉱体は中間的な傾斜をした単斜層中に賦存しているが、その単斜層中には横断断裂が密集し、これらの鉱区の近辺に分布する花崗閃長岩岩株から派生した大量の岩脈がその多くの断裂に沿って貫入し、そのうちの幾つかは鉱体を切っているのに、同岩脈付近の鉱体がとくに富化していることもなく、岩脈そのものが銅を含有しているわけでもない。このことは上記マグマ岩が銅の直接的な源泉でないためと解されるが、密集し、かつ平均的に分布する 1 次鉱化後の岩脈の貫入は、熱エネルギーと  $\text{SO}_4^{2-}$  や  $\text{Cl}^-$  などを含んだ「鉱化剤」的な 2 次熱水溶液を提供して分散していた銅を溶解して、その新たな複合組合せを促進し、含鉱層上部の砂岩・頁岩層に向かってその銅成分を集中し、薄いが高品位の鉱体をその部分に生成している。

マグマ岩がほとんど発達していない地域の堆積-2 次熱水性銅鉱床の場合は、鉱体の多くが 2 次褶曲の閉合・屈曲部に胚胎されている。その鉱体胚胎部の岩層は急斜屈曲作用と放射状横断層の形成の影響を受けて、多くの節理や割れ目がとくに発達し、その上、斜層理の片理と局所的な退色帯がしばしば明瞭に現われ、かつ少量の煌斑岩が岩層沿いの岩床として分布する。ある鉱床は非対称性長軸向斜および短軸向斜の翼部の、一連の走向断層（逆断層）によって複雑化した地帯に賦存している。この種の、断裂と密接な相関関係を有し、そしてあるいは多少のマグマ活動の影響を受けた鉱床は、激しい構造応力によって高い熱エネルギーを与えられただけでなく、断裂周辺の岩石の有効孔隙率と透水性も増大して、その結果、生成した 2 次熱水溶液が銅の移動と濃集に重要な役割を果たしたものと解される。

この種の鉱床に対する岩石の性質の影響は、銅分が主として、分散状の銅物質を比較的多く含有した同生堆積性中-細粒質石英砂岩（「含鉱源層」）に由来することと、その上部の、銅を含んだ、あるいは含んでいない頁岩が主として鉱体を閉じこめる作用をしていることに現われている。

熱水性鉱脈型の含銅砂（頁）岩鉱体は、おもに雲南省西部地域の准地向斜区である蘭坪-思茅沈降盆地、とくにその両側部の縁辺断裂帯に分布し、その断裂の次元が多様なため、鉱床の形成に対する断裂規制もまた多様である。縁辺褶曲変質帯近くの一連の走向断層は含銅溶液が上昇する通路となり、その両側ないし片側の 2 次矢羽根状断裂帯、層間剪断割れ目が好適な鉱石胚胎構造となっている。そして、鉱体の形態、産状、規模も岩質の影響を受け、脆くて孔隙率が高く、透水性のすぐれた厚い砂岩の場合には構造応力によって大きな破碎帯が生じやすく、その破碎帯とさらにその上盤の頁岩や断層粘土の帽岩的作用は厚い脈状および複脈状鉱体の形成に適している。塑性が大きく、孔隙率が低く、透水性の小さいシルト岩・頁岩は、構造応力を受けると、ただ密集した小割れ目を生ずるにすぎず、そのため、小さな塊状鉱脈群が生成する場所となっているだけである。この型の鉱床近辺には、大小不同のマグマ岩体と岩脈が点在しているが、それらと脈状銅鉱との成因的關係はまだ明らかにされていない。鉱体と各次元の断裂との密接な關係に原因して、鉱体上下の赤色層系中には地域性を備えた、銅の鉱化度がさまざまな灰色の砂岩・頁岩が存する。したがって、脈状銅鉱体を構成する銅分はその銅鉱体近辺および深部に賦存した同生堆積銅鉱か、あるいは早期に生成した銅鉱に由来するものと思われるが、マグマ活動の影響も無視することができず、准地向斜区において地殻運動、マグマ活動、鉱化作用が繰り返された状況下では、「含鉱源層」からあるいはマグマ期後期の含銅熱水溶液が繰り返し若返った断裂を通して何度も鉱化作用を行ない、それによってこの型の鉱床はたえず富化され、複雑化されるわけである。

#### 4. 結 論

1. 雲南省の含銅砂岩（頁岩）鉱床は典型的な堆積含銅砂（頁）岩と熱水性脈状銅鉱、それに両者の中間型のものからなっている。その可採鉱床は、同生堆積性のものを基礎として、それに程度のさまざまな堆積後の再編富化作用が加わって生成したものである。

2. 銅の大規模な堆積に適した要素となったものは、次の通りである。すなわち、

(1) 面積が広く、含銅品位が比較的高く、傾斜が緩く、褶曲隆起後もたえず上昇を続けた削剝区が銅分の来源区であったこと。

(2) その削剝区近くに、大規模ないし中規模のたえず相対的に沈降した閉じた、あるいは半ば閉じた盆地が存在して、銅の集積に適し、とくに同盆地後期の縮少過程と末期の湖水（あるいは海水）の

濃縮した湖盆では一層含銅砂(頁)岩の堆積に有利であったこと。

(3) 含銅砂(頁)岩中の銅物質が乾燥高温気候下にあつては主として酸化条件、一部還元環境下で沈殿し、そのため、銅の鉱化体はすべて赤色層の灰色挟在層中に賦存すること。

(4) 湖浜三角洲、湖浜—浅湖ないし半深湖部(雲南省中部および西部地域)、海浜、浅海部(雲南省東部地域)がこの含銅砂(頁)岩の堆積に適した場所であったこと、である。

3. しばしば繰り返された昇降運動が同生堆積含銅砂(頁)岩の多周期鉱体の形成、多層鉱体の特徴をもたらし、鉱床は厳密に層位規制を受けている。

4. 准台地、准地向斜の多輪廻構造運動、マグマ活動と鉱石生成作用および銅元素の地球化学的活性は、同生堆積を基礎に可採鉱床を形成する上で決定的な影響のある再編富化作用に有利な働きをした。

5. 同生堆積銅鉱体は再編富化作用を受けると、一連の変化を生じ、鉱体の形態は層状—薄レンズ状からレンズ状—脈状に、単純な金属鉱物組成から複雑な組成に、低品位から中品位、さらに高品位に、脈石鉱物が現われ、少量から多量に、単純な組成から複雑な組成に、側岩の変質が現われ、それも局所の現象から全体的な現象に、鉱石の構造と組織も溶食、交代現象がみられなかったものから明瞭な溶食交代組織を有するものに、鉱染状構造から縞状、細脈状、さらに網状および塊状構造に変わり、地質構造との関係でも、構造支配が認められないものから厳密に構造支配を受けた鉱体になっている。

6. 再編富化作用に重要な影響を与えているのは、第一に地質構造で、なかでも鉱床田の構造を規制しているのは大型複背斜と複向斜およびその褶曲軸にほぼ平行した大規模な走向断裂帯である。鉱床を規制している地質構造は2次長軸褶曲・短軸褶曲の翼部および沈入褶曲屈曲部で、縦走断裂・横断断裂が発達した地帯である。第2は岩質で、一般に含銅砂岩は、とくにそれが厚くかつ頁岩層の間に挟まれている場合、同生堆積後の再編富化作用にもっとも有利であるが、含銅頁岩は再編富化作用を受け難い。第3はマグマ活動で、マグマからの熱エネルギーと「助溶剤」によって「含銅源層」中の銅が再沈殿するのに適した岩石部分と構造部分に集中する作用が促進される。

7. 同生堆積・再編富化という鉱石生成の規則性からみると、大型および中型の赤色層盆地には広大な銅鉱化層と灰色層が分布し、なかでも鉱化作用に適した地質構造帯とマグマ活動帯には大規模かつ高品位の鉱床が賦存する可能性が大きい。

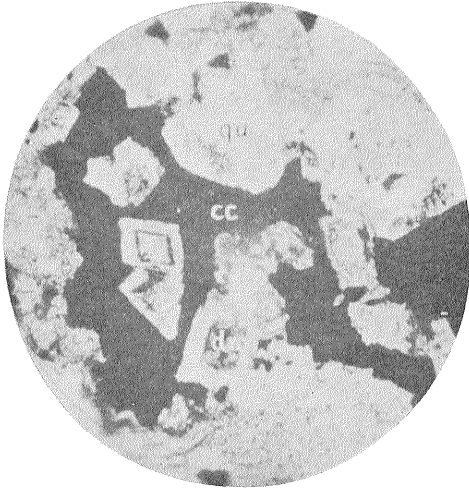
含銅砂(頁)岩鉱床生成区において調査・探鉱を進める場合には、その作業にふさわしい縮尺の地質図をまず作製し、それに含銅量の分析結果を組み合わせ、おもな含銅層位を探し出して、それらから灰色層部分あるいは鉱化部分の分布範囲を定め、地質構造とマグマ活動を明示する。閉じた、あるいは半ば閉じた地質構造地域では、構造の等高線図を作製すると、露頭鉱体も潜頭鉱体もその探査に適した指標が得られる。脈状鉱体の場合、それは主として各次元の構造断裂帯に沿っていて、重晶石化、菱鉄鉱化、褐鉄鉱化、退色などの指標を有するので、これらが潜頭鉱体の探査に役立つであろう。

#### 主要参考文献

- 戈列茨基, IO. K. 1957 論沉积及沉积变质金属矿床形成条件和分布上的一些規律性。地質譯丛第4期。  
 許勒, A. 1957 曼斯費尔德(Mansfield)の含銅頁岩。地質学报第37卷5期。  
 波波夫, B. M. 1956 論熱液类型含銅砂頁岩矿床的成因。地質譯丛第3期。  
 胡炎基 1958 銅的化学沉积与后期富集。地質月刊第10期。  
 郭文魁 1963 中国含銅砂頁岩的成矿規律和找矿方向問題, 中国地質, 第2期。  
 盛莘夫、常隆庆等 1962 川滇中生代紅层与煤系的时代和对比。地質学报第42卷1期。  
 黄汲清、姜春发 1962 从多旋迴构造运动观点初步探討地壳发展規律。地質学报第42卷2期。  
 彭毓 1959 我国含銅砂岩分布的若干規律和找矿方向。地質与勘探第3期。  
 普斯托瓦洛夫, Л. B. 1962 沉积矿床和沉积变质矿床的某些新資料。地質快报5期。  
 謝家榮 1961 成矿理論与找矿。中国地質第12期。  
 薩波日尼科夫, Л. Г. 1956 論沉积成矿的阶段。地質譯丛第3期。

中国雲南省の砂岩（頁岩）型銅鉱床について（岸本文男訳）

- BAIN G. (1960): Patterns to ores in layered rocks. *Econ. Geol.* vol. 50, p. 695 ~ 731.
- FRASER D. C. (1961): Asyngenetic copper deposit of recent age. *Econ. Geol.* vol. 50, p. 951 ~ 962.
- Meng Hsien-Min (1962): The problem of genesis and classification of ore deposits. *Scientia Sinica*, vol. XI, No. 6.
- Сатпаева Т. А. (1958) : Минералогические особенности месторождений типа медистых песчанников, Москва.
- Сатпаев К. Е. (1962) : Основный результаты комплексного геологического изучения и вопросы генезиса Джекказгана, Геология рудных месторождений, No. 3.
- Розанов Ю. А. (1961) : Пористость горных пород и ее роль в локализации эндогенного оруденения, Геология рудных месторождений, No. 2.



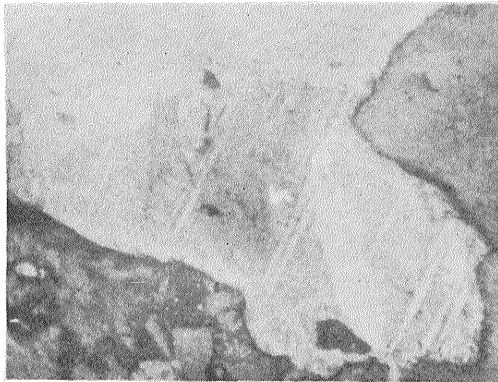
1. 斑状変晶包有組織

再結晶した苦灰石の自形結晶 (dm) の内部には環帯がみられ、他形の輝銅鉱 (cc) に包有されている。これは岩石化過程の中で再結晶作用によって生成したものである。



2. 膠結構造

輝銅鉱(白色)が膠結物を溶食、交代し、さらに碎屑鉱物を膠結し、その一部の碎屑をわずかに溶食した現象が認められる。岩石化過程における含銅溶液の再配分と再組合せによって形作られたものである。



3. 格子状組織

黄銅鉱 (Cp および灰白色のもの) が斑銅鉱 (bn および淡灰色) 中で格子状構造を形作っている。この系は、2次熱水段階で固溶体が分離して生じたものである。



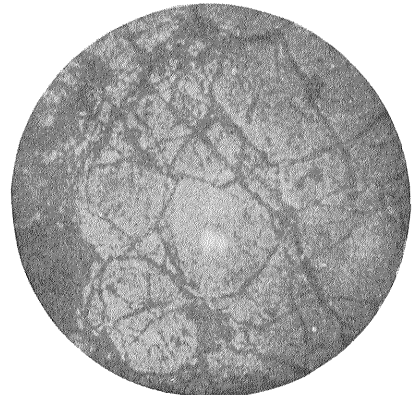
4. 乳濁状組織

黄銅鉱(白色)が斑銅鉱(灰色)中に乳濁状、格子状を呈して存在している。この系は、2次熱水の固溶体が分離して生じたものである。



5. 残存組織

砒四面銅鉱(灰色)が圧砕された黄鉄鉱(白色)とその割れ目に沿って溶食交代している。



6. 網状構造

砒四面銅鉱、黄銅鉱、黄鉄鉱、褐鉄鉱の細脈が石英砂岩を切って生じたものである。