

# 中国の鉱物資源②

## —ポーフイリー型Cu, Mo 鉱床—

石原 舜三 (鉱床部)  
Shunso ISHIHARA

### 中国の銅資源

中国にみられる鉱物資源のうち 銅はかつて最も不足している資源の一つと言われた。この傾向は現在でもみられ 現在の産銅量が年間約20万トンであるのに対して ほぼ同量が種々の形で南アメリカその他の国から輸入されている。しかし革命後の盛んな探査活動によって 新しいタイプの銅資源が次々と発見され 未開発の資源量は非常に大きい。その代表例は数年前に日本にも紹介されたポーフイリー型の徳興であり これは銅量850万トンと公表されており 少なくとも50万トンのモリブデンを含む。チベットの玉竜も大規模なようである。さらに甘粛省 金川の塩基性—超塩基性岩に伴われる銅—ニッケル鉱床は金属量約500万トンのニッケルと350万トンの銅 回収可能な白金 コバルトを含む (写真1)。これも将来 重要な銅資源としての位置を占めるであろう。

中国の銅鉱床はKuOら (1977) により分類された。その内容は岸本 (1979 a) によって本誌に詳細に紹介されている。中国においても火成銅鉱床が重要なようであり それは次の5つのタイプに分けられる。

- (i) 銅—ニッケル硫化物型
- (ii) ポーフイリー型
- (iii) スカルン型 (広義)
- (iv) 鉱脈型
- (v) 塊状硫化物型と縞状鉱染硫化物鉱床

鉱脈型はかつての主要稼行対象鉱床であったと言われるが (岸本 1979 a) 現在の探掘鉱石については揚子江中—下流域のスカルン型が最も重要であると思われる。これは後述するようにポーフイリー型と層状鉱床とが一体となった複雑なものである。ポーフイリー型や銅—ニッケル型はまだ小規模探掘にとどまっているが 現在予定されている日産粗鉱処理量15万トン以上の大規模開発が実施されれば 近い将来に中国は銅の輸出国に変貌するかも知れない。

一方資源量については1960年代の情報に基づく連例の推定があり (金属鉱業事業団 1980) 次の様な鉱床タイ

1981年6月20日 星期六 第五版

組織  
專家  
學者  
者  
開  
展  
科  
學  
研  
究  
大  
協  
作

### 金川 礦 床 稀 貴 金 屬 回 收 率 創 新 水 平

甘肅省金川有色金屬公司組織和邀請全國各有關科研單位開展科學研究大協作,使礦山資源的開發和綜合利用都提高到一個新水平,各種稀、貴金屬的回收率大幅度上升。

金川礦床的鎳、鉻和鉻族金屬儲量都極為豐富。如何合理開發,提煉出更多的鎳、鉻和各種稀、貴金屬,有許多技術難題。1978年,國家把金川列為全國礦山資源綜合利用的三大基地之一。

金川公司在國務院領導同志和國家科委有關部門的具體幫助下,同全國三十多個科研單位、大專院校一起,圍繞金川資源的開發,開展科學研究大協作。

1978年以來,每年都有數百名學者、專家、教授和工程技術人員到金川,參加一年一度的學術會議,鑑定新的科研成果,進行學術交流,確定新的科研課題。他們那種齊心協力,忘我工作的精神極為感人。他們說,“這里條件雖然艱苦,事業卻一派興旺。”有些年逾古稀的老專家,抱病前來出謀劃策。還有些科技人員離開了較舒適的生活環境,常年住在地處戈壁灘上的金川搞科研。

三年來,他們開展了採礦、選礦和冶煉等方面共111個項目的研究,已有30項取得成果。比如,由昆明貴金屬研究所、金川公司和北京有色冶金設計研究總院等單位協

作研究成功的從銅鎳合金中提取貴金屬新工藝,使鉻、鉍的回收率提高近一倍,鎳、鉻、鉍、鈳的回收成十倍提高。由金川公司研究所、北京礦冶研究總院、北京有色金屬研究總院、白銀礦冶研究所和北京有色冶金設計研究總院等單位研究的萃取鉻的新流程,使鉻的回收率由32%提高到59%。這些科研成果大多已應用於生產,結束了我國的鎳、鉻等貴金屬依賴進口的歷史。據不完全統計,近幾年金川公司用於生產的科研成果,為國家多創造的財富達八千多萬元。

本報記者 曹永安

写真1

金川鉻石處理的進歩を大々的に報道する人民日報 (在中国菅野參事官提供)

別の評価がなされている。

- 層状鉱床: 36% 雲南 四川省など
- 細脈—鉱染鉱床: 30% 山西 広西自治区 吉林省など
- スカルン鉱床: 18% 安徽 湖北 河北 遼寧 吉林省など
- 含銅硫化鉄鉱床: 15% 甘粛 秦嶺山地 台湾など
- 脈状鉱床: 0.7% 吉林 内蒙古自治区 山東 安徽 湖北 台湾省など多数
- 銅—ニッケル鉱床: 0.2% 四川 山東 山西 甘粛 内蒙古自治区 遼寧省など

以上の比率は現在では大幅に改定されなければならないことは既述の様に明らかである。特に銅—ニッケル型とポーフイリー型 (細脈—鉱染型) の重要性が非常に増加している。また“層状銅鉱床”には 塩基性—中性火山岩に關係するものと堆積性の双方が存在するものと

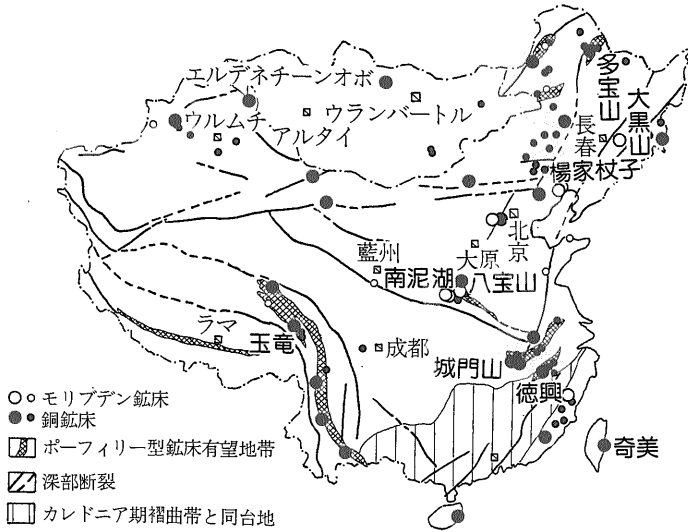


図1 中国のポーフイリー型 Cu-Mo 鉱床の分布(地質部 IGC 資料から作成。モンゴルについては岸本 1979による)。

思われ それぞれの資源的重要性についても全貌は明らかではない。中国の層状鉱床については現在3巻に及ぶ大冊が貴陽地球化学研究所によって編集集中であると聞いており 間もなく有益な地質情報が得られるものと期待される。

### ポーフイリー型銅鉱床

中国のこれまで発見されたポーフイリー型銅鉱床は各地に点在する(図1)。しかし いずれも重要な構造線に関係して分布するようにみえる。主要な鉱床はジュラ紀-古第三紀の生成したものと考えられるが 古生代や先カンブリア時代のものも存在する。探査のための普及書である「斑岩銅鉱とその採鉱」には 主要鉱床として11 鉱床が挙げられている(北京大学 1978)。これらの鉱床は中国では 西南生成区 北部生成区 東部

生成区に3大別されている。西南生成区の鉱床は雲南からチベットへかけて ヒマラヤと平行な褶曲帯の火成活動に伴われるもので 最も若い古第三紀の生成期に属する。これはパキスタンからブルガリアへ至る例を待つまでもなく 私達にとってわかり易い生成区である。

北部の新疆省から東北部中国に至る鉱床は北部生成区と一括されている。この生成区の鉱床については公表論文が少なく かつ広域地質図によると異なる時代の性格が異なる構造運動が錯綜してみられ ポーフイリー型銅鉱床は構造線に沿って発生上昇した小規模火成活動に伴われて生成したものと考えられるが 現在のところ最も総合的に解釈しにくいものである。主要鉱床の生成期は“燕山期”(ジュラ紀-白亜紀)であり 最北部の多宝山は古生代後期である。

一方 東部生成区の南部 福建省の海岸地帯から内陸にかけての地域では著名な南峯のタングステン地帯(佐藤 1982)を挟んで 沿岸部と内陸の揚子江流域にポーフイリー型鉱床が分布する。沿岸部の鉱床は火山岩/深成岩比が高い燕山期の福建火山岩帯に分布し 内陸部の鉱床は揚子江褶曲帯の苦鉄質な小規模な火山貫入活動に伴われるものである(石原 1982)。いずれも磁鉄鉱系火成岩類が主体を占めると考えられる地帯である。生成期は台湾の奇美を除き 燕山期に属する。

鉱業的には内陸部の鉱床が重要であり それは徳興で代表される独立する鉱床と スカルン型 層状銅鉱床などと関連するものとに2分される。



写真2 徳興 銅廠鉱床における斑岩の北側鉱化変質帯。南山よりみる(1979年6月)。

### 徳興 銅 床

徳興銅床は揚子江褶曲帯を南に少しはずれた先カンブ

リア時代の基盤に位置し 北西方約 60 km には陶磁器  
 で有名な景德鎮がある。 筆者が訪問した1979年6月には  
 10,000トン/日で生産がおこなわれていた(石原 1980)。  
 この鉱床は3鉱体からなるが 古くから稼行された中央  
 鉱体の名前から銅廠鉱床として 古い文献には記録され  
 ている。 最近岸本(1982)は富家場銅体を紹介した。

鉱床付近の岩石は震旦系に属する低変成の凝灰質岩類  
 であり 絹雲母千枚岩と凝灰岩の互層からなる。 その  
 年代は14億年であり 先カンブリア時代のものとしては  
 比較的若いものに属する。 これら堆積岩類は先カンブ  
 リア時代の末期に南北方向の圧縮をうけ 東西系の褶曲  
 や断層が生じ これは九峯構造と呼ばれる。 この構造  
 は燕山期に北北東走向の圧縮剪断帯である幅約20kmの  
 新華夏系断層帯に切られる。 両者の交差部に早期燕山  
 期の160-170 Ma の花崗閃緑斑岩が貫入し 鉱床はこれ  
 に伴われる。

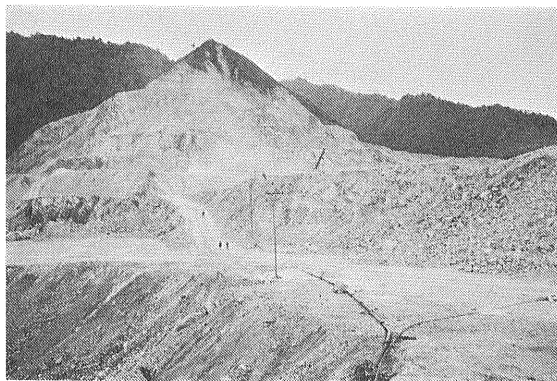


写真3 徳興 銅廠鉱床南山(斑岩の南側鉱化変質帯)にお  
 ける採掘場(1979年6月)。

貫入岩は0.7 0.16 0.06 km<sup>2</sup>の露出を持つ小さい岩  
 体からなり 北西方向に配列する(図2)。 貫入岩と壁岩

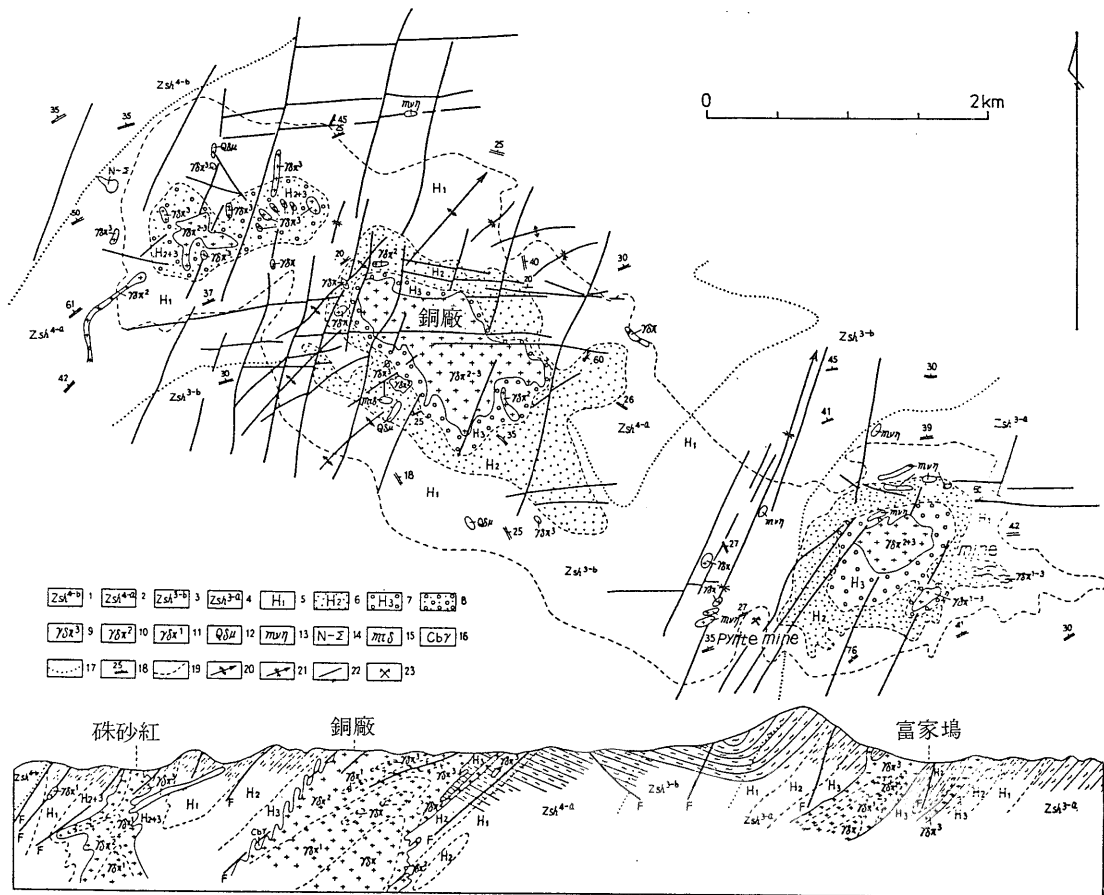


図2 徳興鉱床の地質図(YAN & HU 1980)。

1. 双橋山層群第4部層上部 2. 同下部 3. 第3部層上部 4. 同下部 5. 弱変質凝灰岩 6. 同中変質 7. 同強変質
8. 中一強変質堆積性凝灰岩 9. 強変質花崗閃緑斑岩 10. 同中変質 11. 同弱変質 12. 石英閃緑斑岩 13. 変輝緑
- 斑岩 14. 斑岩一種岩 15. 細粒変閃緑岩 16. 接触部角礫岩 17. 岩石境界 18. 片状構造 19. 変質帯境界
20. 背斜軸と落とし方向 21. 向斜軸と落とし方向 22. 断層 23. 黄鉄鉱採掘ピット。

との境界はシャープで 境界の形態は不規則である。貫入岩は完晶質 斑状 斜長石と石英からなる斑晶は40—60%を占める。 磷灰石に富む特徴があり しばしば斑晶状に産出する。 試錐による深部の岩石には完晶質で 閃雲花崗閃緑岩と呼べるものがあり 筆者が得た地表から 300 m 下部の岩石は  $400 \times 10^{-6}$  emu/g の帯磁率を示す磁鉄鉱系の完晶質岩であった。

徳興鉱床の特色は貫入岩の接触面を中心とした変質鉱化作用にみられるゾーニングであり これは北米大陸における LOWELL & GUILBERT (1970) の貫入岩を中心としたものと若干異なっている。 貫入岩の周囲にはまず 100—400m をホルンフェルスが発達し その更に周辺にはホルンフェルス化帯がある。 中国では熱変成 熱水変質のいずれにおいても このように強い所をホルンフェルス(または熱水変質帯) その周辺の弱い所をホルンフェルス化帯(または熱水変質帯)と分けて表現されていることが多い。 その後 マグマ期の最後にカリウム交代作用が貫入岩の中心から周辺に及び 著しい場合にはホルンフェルスの 3% K<sub>2</sub>O を 5.5% K<sub>2</sub>O まで上昇させている。

銅鉱化作用を規制するものは後マグマ期の熱水変質作用であって これは斑岩外壁に沿って繰返しおこなわれた珪化 絹雲母化 緑泥石化 炭酸塩化作用からなる。この重複変質帯は大略表1のように 接触面を境として分帯できる (YAN & HU 1980)。

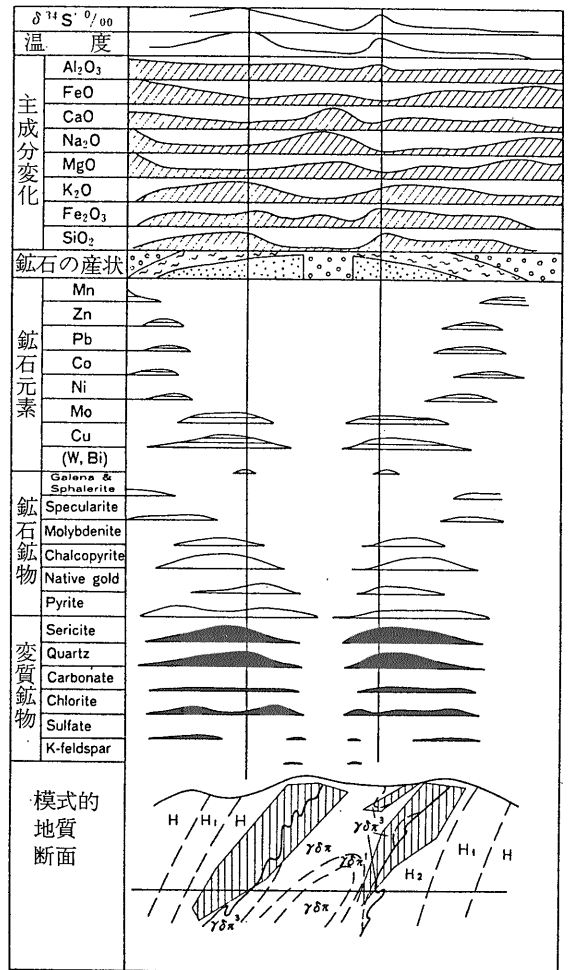
鉱化作用は変質強度と一致しており 石英—絹雲母帯にみられる。 最大鉱体の銅廠は中空のパイプ状を呈し北西へ急斜し 垂直的に1km以上 外周の最大は2.5km 中空部分は400—700m である。 鉱体の 1/3 は斑岩側に 2/3 は千枚岩側に胚胎する。

主鉱石鉱物は黄鉄鉱 黄銅鉱 輝水鉛鉱であり それらの比率は 300 : 33 : 1 である。 銅品位は 0.41—

表1 徳興鉱床における変質分帯。

原 岩	変質帯と記号	原 岩 組 織
千枚岩と 凝灰岩	未変質岩 緑泥石—絹雲母帯(H <sub>1</sub> ) 石英—絹雲母帯(H <sub>2</sub> )	残存 割目沿いにも産出 残存せず
~~~~~ 接触面 ~~~~~		
花崗閃緑 斑岩	石英—絹雲母帯( $\gamma\delta\pi^*$ ) 緑泥石—絹雲母帯( $\gamma\delta\pi^2$ ) カリウム長石—緑泥石— 絹雲母帯( $\gamma\delta\pi^1$ ) 未変質岩	同上 残存 細脈沿いにも産出 残存 マグマ期最末期の 自変質による。

0.53% Cu である。 黄銅鉱は 0.05—1 mm の粒度を持ち 鉱染と網状の産状を示す(写真4)。 主要な脈石鉱



● 鉱染状鉱石    ~~~~~ 細脈部    □ 鉱脈部

第3図 徳興鉱床の模式的断面と構成物質の水平的変化 (YAN & HU 1980)。

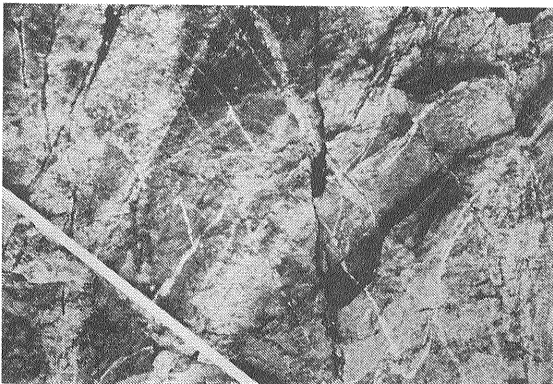


写真4 徳興 銅廠鉱床南山における斑岩中の網状鉱石。

物は石英 絹雲母 緑泥石 アンケル石 硬石膏である。微量鉱物として自然金 鏡鉄鉱など多くの鉱物が産出する。

これらの鉱物は接触面から内側 外側に向かってゾーンングを示す。輝水鉛鉱は中心に 黄銅鉱は接触面からやや離れ 黄鉄鉱はその外側に広範囲に分布する。微量成分も同様に Mo-Cu 帯から外側に Ni-Co-Pb-Zn 最も遠く Mn が分布するゾーンングを示す(図3)。流体包有物から得られる温度も接触面で最も高く 両側に低下する。垂直的には輝水鉛鉱/黄銅鉱比が深部へ上昇する。主に黄鉄鉱からなる鉱石硫黄の  $\delta^{34}\text{S}$  は平均 +2.5% であって いわゆるマントル値に近い。

流体包有物の爆裂温度や均質化温度は主要鉱体で 270°—390°C であり 一般に低温度が得られている (YAN & HU 1980)。鉱石は主としてフィリック変質帯に分布し 変質鉱物は一般に含水珪酸鉱物からなっている。徳興鉱床は多量の天水 地下水が関与して生成したタイプである可能性が大きい。

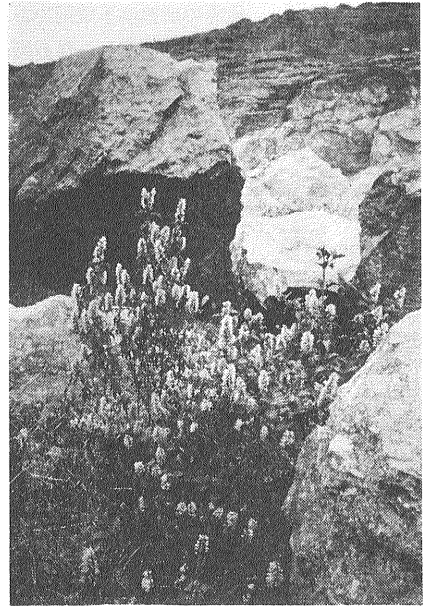


写真5 揚子江流域、揚子江流域で銅花として親まれ 銅鉱床地域には必ずみられると言う。色は桃紫色。

### 揚子江流域の鉱床

揚子江中一下流部には既報のように(石原 1982) 浅成の貫入岩に伴う多数の磁鉄鉱鉱床を伴う。この貫入岩類は所によっては銅鉱床がある。この銅が玢岩鉄鉱とどの様な関係で移行するかは大変興味深い問題である(写真5)。鉱床のタイプは鉄の場合にスカルン(代表例大冶)または玢岩鉄鉱(凹山 梅山など)であるが 銅鉱床の場合にはスカルン ポーフイリー型に加えて城門山の

例で後述するように層状鉱床が重要な役割りを果している。

揚子江流域のポーフイリー型鉱床はスカルン型など他のタイプの鉱床と密接に産出し 徳興鉱床のように独立したポーフイリー型鉱床としては産出ししない。その代表例は武漢南東約 70km にある大冶鉄山を含む湖北省南東地域の鉱床である。この地域の銅山口鉱床の複雑な

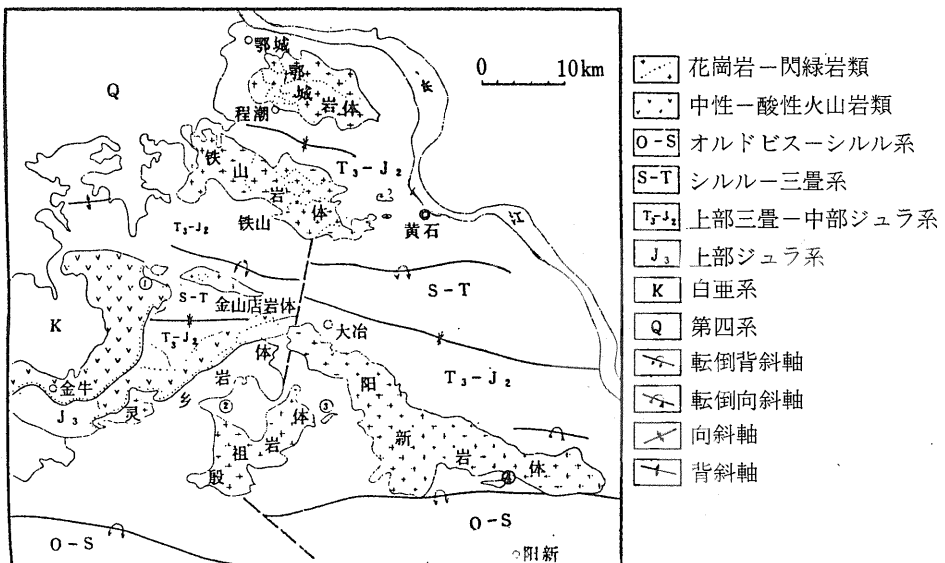


図4 湖北省 南東部地域における花崗岩類 火山岩類 鉱床の分布(張 1980)。  
 鉱床名: ①王豹山 ②銅山口 ③竜角山 ④阮家湾。鉄山は大冶磁鉄鉱床。

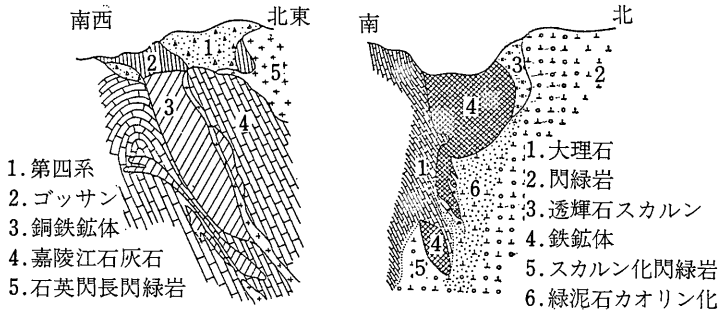


図5  
銅緑山1号鉄鉱体(左)と大冶鉄山(右)の断面図  
(李ら 1980; 程ら 1978).

鉄鉱の産状については小村 (1981) がすでに見学記を報告している。

湖北(鄂)南東地域には図4に示すように オルドビス—シルル紀 シルル—三疊紀 上部三疊—中部ジュラ紀 上部ジュラ紀 白亜紀などの石灰質岩を含む堆積岩類が分布し これらに主として花崗閃緑岩質の小規模岩体が貫入する。貫入の時期はジュラ紀中期 (165 Ma K-Ar法) ジュラ紀晩期 (145 Ma) 白亜紀早期 (132 Ma) に分けられ 早期のものは主に三疊系 白亜紀の一部は上部ジュラ紀に貫入する。鉄床は南東部の古い地層が分布する隆起部と北西部の沈降火山盆地とで次のような特色を持っている。

南東側隆起部の鉄床：貫入岩の周辺にみられ 古生代—三疊紀の石灰質岩中ではスカルン化 貫入岩中ではカリウム変質 アルカリ長石化が特徴的で 鉄化は貫入岩との接触面 堆積岩の不整合面などに規制される。鉄床は次の4つのタイプに分けられる。

- (1)ポーフイリー型—接触交代型 Cu-Mo 鉄床：主に斑銅鉄 輝銅鉄 黄銅鉄 黄鉄鉄 輝水鉛鉄、代表例 封山洞 赤馬山。
- (2)接触交代型 Cu (硫化鉄) 鉄床：主に黄鉄鉄 黄銅鉄 輝水鉛鉄 磁硫鉄鉄、竜角山など。
- (3)接触交代型 Cu (Fe) 鉄床：主に黄銅鉄 黄鉄鉄 磁鉄鉄、銅緑山など。
- (4)接触交代—熱水充填型硫化鉄鉄床：主に磁硫鉄鉄 硫砒鉄鉄 黄鉄鉄、馬家山など。

北西側の火山盆地地区の鉄床：下記の3つに分けられ 変質作用の特徴はそれぞれによって異なる。

- (1)接触交代—熱水充填型磁鉄鉄鉄床：鉄床は主に三疊紀—ジュラ紀砂岩 礫岩 火山岩 一部は上部三疊系に含まれる再結晶化をうけた石膏層に含まれる。磁鉄鉄 少量の黄鉄鉄 鏡鉄鉄 菱鉄鉄を伴う。アルバイト化 柱石化 金雲母が顕著。張福山

王豹山 広山などの鉄鉄床。

(2)接触交代型 Fe(Cu) 鉄床：中部三疊系を母岩とする。主に磁鉄鉄 黄銅鉄 黄鉄鉄 アルバイト化 柱石化 金雲母化 カリウム長石化とスカルン化。代表例である大冶鉄(銅)鉄床は東西にのびる7×25kmの鉄山岩体の南縁に位置している巨大なレンズ状鉄床である(図5)。

(3)火山岩中の方鉛鉄-重晶石脈：母岩に珪化 絹雲母化を伴う。

以上のような湖北南東地域では 沈降帯の火山盆地では鉄が濃集しており その変質鉄化作用の性格は既報の寧蕪盆地の鳳凰山型鉄鉄床と類似する。一方ポーフイリー鉄床は隆起地区にみられ 鉄鉄床と対照的な分布を示す。この様に異なる性質は鉄鉄の硫黄同位体比 ( $\delta^{34}S$ ) にみられる。隆起地区の硫化物では鉄鉄 岩石産共に0~+3%に高い集中性がみられるのに対し 沈降地区では+13~+17%に高い頻度分布が得られ これは後者のマグマの原岩に石膏など硫酸塩鉱物が含まれていたからだと考えられている(張 1980)。

チモン ミン ヅン  
城 門 山 鉄 床

この鉄床は江西省の最北部 九江の近くに位置し これも特異なポーフイリー型に属する。鉄床付近には最下位のシルル紀石英質砂岩層(砂帽組)を覆って上部デボン系が分布する。デボン系は五通組(D<sub>5w</sub>)と称され 石英質砂岩礫岩の互層である。その上位には厚さ20数mの含銅黄鉄鉄鉄床が層状に発達する(図6)。鉄床の上盤側は構造的な角礫岩または破砕帯および再結晶した石灰岩である。石灰岩の時代的確証は鉄化帯では認められないが 一般にこの地域では上部石炭紀から下部三疊紀にかけて石灰質岩が発達するので同時代のものと思われる。

これらの岩石にジュラ紀の花崗閃緑斑岩(148-155 Ma)が不規則形状で貫入し 更に白亜紀(103-120 Ma)の石英斑岩の貫入をうける。これに関係して石灰質岩は著しいスカルン化をうけ また種々の角礫岩が発達する。

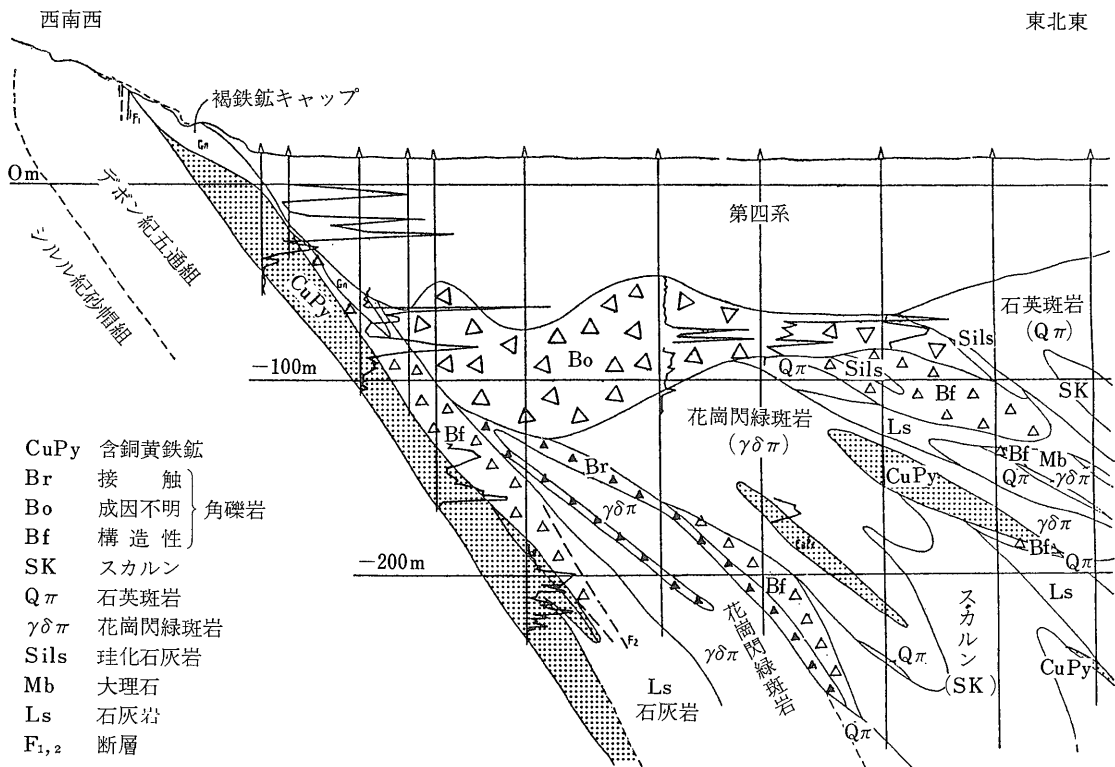


図6 城門山鉱床の断面図 (李ら 1980).

銅品位は層状鉱体で最も高く 角礫岩と斑岩中の鉱床がこれについている (図6)。

程ら (1979) はこの鉱床に 斑岩を中心とする変質ゾーンニング カリウム長石・石英→絹雲母を認め また鉱石鉱物も同様に磁鉄鉱・黄銅鉱→黄銅鉱・輝水鉛鉱→黄銅鉱(・方鉛鉱)・閃亜鉛鉱の上下変化を示すとして(図7)これを典型的なポーフイリ型鉱床とみなしている。

中国では揚子江流域の銅鉱床を斑岩の貫入と関連させる意見が大勢のようであり その特異性に対して揚子江型銅鉱床という名称も提案されている。一方 李文達ら (1980および地調講演 1982年3月) は層状鉱床はその広域的に層準規制をうけた産状から 母岩と同生的な堆積性鉱床と考えており 一部が斑岩によってもたらされ 両者の出会いは偶然と考えている。

### 銅鉄重複鉱化作用の原因

揚子江流域において上記の様な層状鉱床は貫入岩と無関係に広く分布する。銅の濃集層準は数枚からなるが上部デボン系 (D<sub>3</sub>w) 砂岩層のものが最も広く分布する。この砂岩層の近傍に石灰岩は分布するが 火山岩は凝灰岩を含めて皆無に近い。したがって堆積性の銅濃集が存在することは事実である。しかし 一般に銅品位は低い。

城門山鉱床では図6の試鉱分析値 (垂直線から右へ延びるピーク) で明らかなように 層状鉱体部分で品位が最も高く 平均1% Cu程度と言われている。これまでに判明している高品位層状銅鉱床はすべてジュラ紀貫入岩の近辺で発見されており 斑岩が分布しない所では非

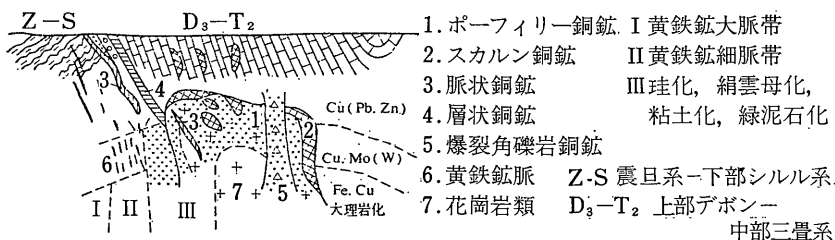


図7 城門山鉱床の模式的断面図 (程ら 1979).

常に低品位のようである。したがって 筆者には斑岩による初生層状鉱床への銅富化作用が最も妥当な解釈に思える。また揚子江流域では斑岩の頂部が複雑に分岐しており 鉱床より余り遠くない深部で斑岩マグマが壁岩の層状銅濃集部から銅の富化を受けた可能性も十分に考えられる。筆者の様に考えると 揚子江流域のジュラ紀貫入活動は基本的には鉄と若干の銅鉱化を伴う磁鉄鉱系マグマの活動の場であり 壁岩に銅濃集層を伴う所でポーフィリー型を含む銅鉱床を形成したものと理解される。

北部地域の鉱床

北部地域に散在する鉱床について筆者は十分な資料を持合せていないが 概要を知るために河南省と黒竜江省の2例を示そう (図1参照)。

八宝山<sup>ハツサン</sup>鉱床は秦嶺東部の東西系の複雑な構造帯にあって 震旦系のドロマイト層が南北～北北東方向の断裂に沿って貫入するジュラ紀花崗岩類 (172 Ma) に接する付近にみられる。貫入岩は東西に伸長する楕円形(1 km<sup>2</sup>)の平面的分布を示し 中心は閃緑斑岩 周縁部で花崗斑岩であり 鉱化はこの周縁相を中心に認められる (図8)。

貫入岩とドロマイトの接触面沿いには高温熱水型の磁鉄鉱 黄銅鉱-黄鉄鉱または黄鉄鉱鉱体がみられ 貫入岩内部に細脈鉱染型の黄銅鉱-輝水鉛鉱が分布する。鉱床南部にはスカン化もあり輝水鉛鉱を伴う。少量

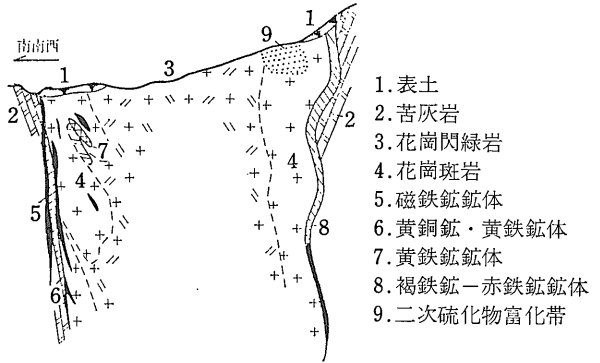


図8 八宝山鉱床の断面図 (程ら 1979)。

の方鉛鉱-閃亜鉛鉱は貫入岩から離れてドロマイト中に分布する。

鉱染-細脈型の鉱化作用は 花崗閃緑斑岩と花崗斑岩の双方にみられ 細脈型が卓越する。黄鉄鉱-黄銅鉱-石英細脈が普遍的に認められ 少量の輝水鉛鉱を伴う。一条の輝水鉛鉱-石英脈がある。岩体の北東部の花崗斑岩中には輝銅鉱 藍銅鉱 孔雀石を伴う二次富化帯がある (程ら 1980)。この地域には後述のポーフィリー型モリブデン鉱床が密集する。

多宝山<sup>トクサン</sup>鉱床は東北部の黒竜江省にある (岸本・石原訳 1982)。この付近には 頁岩 安山岩～流紋岩質火山岩類を主とするオルドビス紀の諸岩石が分布し これに花崗閃緑岩-花崗閃緑斑岩の複合岩株(8 km<sup>2</sup> 290 Ma)が貫入する。変質鉱化作用は花崗閃緑斑岩を中心に分布する (図9)。中心の珪化帯は銅は微弱で (300 ppm 以下) 輝水鉛鉱に富むことがある。その外側はカリウム長石-黒雲母化帯で それは更に内側のカリウム長石化帯と黒雲母化帯に分けられ 後者と次の絹雲母化帯とが銅鉱化の中心で 1% Cu に達する。絹雲母化帯では硫化物総量が多く その一部は“黄鉄鉱ハロ”に相当するものと思われる。最外縁はプロピライト化(青磐岩)化帯で硫化物は1%以下である。主要な鉱石鉱物は黄鉄鉱 黄銅鉱 斑銅鉱 輝水鉛鉱 閃亜鉛鉱である。

多宝山鉱床は硫化物総量が少なく 斑銅鉱/黄銅鉱比が高いタイプのポーフィリー型鉱床である。この種の鉱床は一般に未成熟の島弧にみられるものである。この鉱床の近くには“斜長花崗岩”も広く分布し 古生代末期頃この地域が島弧的な環境にあった可能性が推察される。

雲南-チベット地域の鉱床

図1に示したように 雲南-チベット褶曲帯にはいくつかのポーフィリー銅鉱床が発見されており この種の鉱床の有望地域と考えられている。また鉱化年代が最

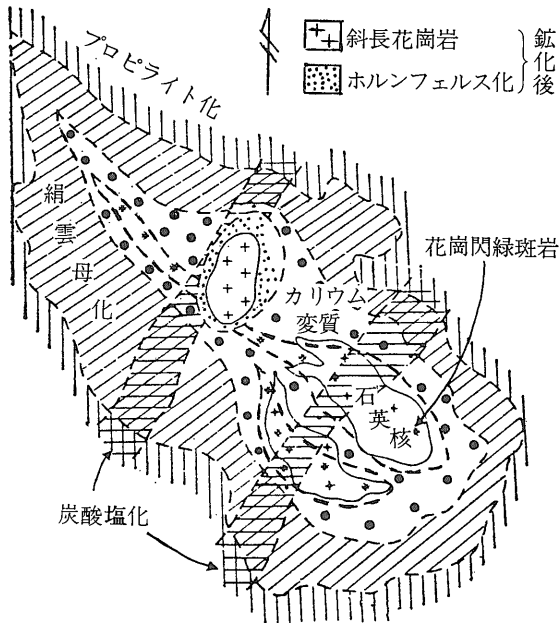


図9 多宝山鉱床の変質図 (杜 1980)。



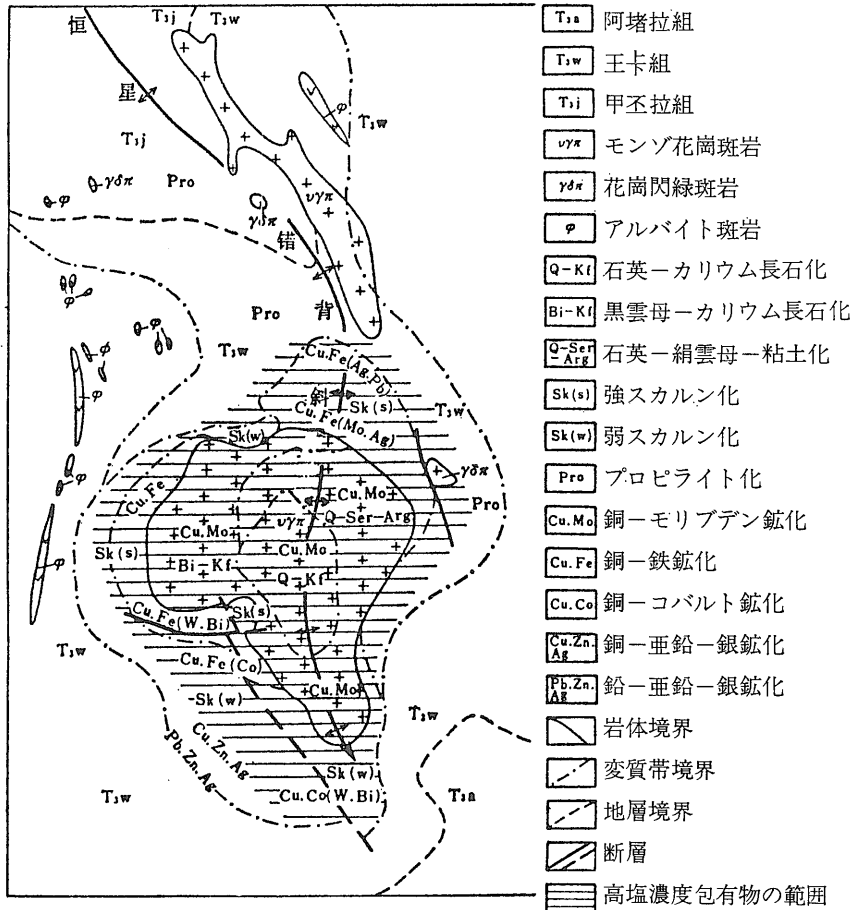


図10 玉竜鉱床の平面図 (李ら 1981).

も若いものに属する点や高塩濃度の鉱化作用が知られているものがあって 興味深い。ここでは最近報告された玉竜鉱床 (李・丙・程 1981) について紹介してみよう。

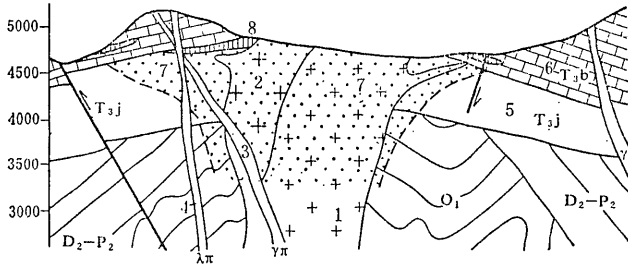
玉竜鉱床はチベット東部 海拔5,000mの高所に位置する (図1)。構成岩類は比較的若く 褶曲する上部三疊系とこれに貫入する古第三紀花崗岩類である (図10)。

三疊系は主として砂岩 頁岩 石灰岩 ドロマイト質石灰岩からなり 紫色砂岩頁岩と黒色砂泥岩を夾む。露出層厚は約700mである。

三疊系はS字の背斜構造を示し その背斜軸 (恒星錯) に沿って40岩体以上の浅成貫入岩類が分布する。貫入岩類は1km<sup>2</sup>程度の小規模なもので K-Ar 法によると38-48 Ma の年代を示す。岩質は一般に閃雲花崗閃緑岩または黒雲母花崗岩質で 形態は梨状 漏斗状 筒状などで 壁岩との接触部は鋸齒状である。鉱化は岩体上部に鉱染網状にみられ 一部に接触交代型塊状鉱体を伴う典型的なポーフィリー型鉱床である (図11)。

変質作用も典型的な時期的空間的累帯配列を示す。岩体中心は石英-カリウム長石帯である。その外側は黒雲母-カリウム長石帯であるが その上部はより後期の石英-絹雲母化と粘土化作用の著しい重複変質をうける。壁岩との接触部では 早期形成の石英-長石ホルンフェルスと黒雲母ホルンフェルスとが中-晩期の石英-絹雲母化をうけ 石灰質岩との接触部では早期のスカルン化 晩期の粘土化 緑泥石化 緑簾石化などがみられる。接触部を離れる砂泥質岩では プロピライト化と弱ホルンフェルス化が認められる。

斑岩の上部は完全に鉱化し 下部では中心に不毛帯を持って環状に鉱化帯がみられ 典型的な逆カップ状を示す。平面的には中心に Cu-Mo が 接触部の内側には鉄銅鉱化が少量の Co-Bi-W を伴ってみられ 接触部の外側では Pb-Zn-Ag-Mn などが相対的に増加する同心円的な分布が認められる。主要鉱石鉱物は黄銅鉱 黄鉄鉱と輝水鉛鉱で 少量の黝銅鉱 磁鉄鉱 磁硫鉄鉱 キューバ鉱 方鉛鉱 閃亜鉛鉱などが産出する。硫化物



- 1. 黒雲母花崗斑岩
- 2. 閃雲モンゾ花崗斑岩
- 3. 花崗斑岩脈
- 4. 石英-アルバイト斑岩
- 5. 甲丕拉組砂岩頁岩(凝灰岩)
- 6. 波里拉組石灰岩, 一部スカルン, 大理石化
- 7. 細脈-鉍染型銅鉍
- 8. 塊状含銅磁鉄鉍と含銅黄鉄鉍鉍体

図11 玉竜鉍床の簡略化断面図 (程ら 1979).

の  $\delta^{34}\text{S}$  は平均 +3% である。

この鉍床の構成鉍物には流体包有物が多く含まれ その種類も多い (李・丙・程 1981)。斑岩中の黒雲母-カリウム長石変質帯では包有物は主に気体および多相包有物であるが 同じく斑岩中の石英-カリウム長石と石英-絹雲母変質帯では主に多相包有物で 気体と液体包有物は少量である。粘土化斑岩と周辺のプロピライト化堆積岩中では気体包有物が主で 多相包有物は稀にしか産出しない。斑岩頂部の堆積岩にも気体包有物が富むことがある。

均一化温度は600°-180°C に変化し 早期かつ鉍化変質帯中心のカリウム質変質から 晩期で周辺の粘土化変質へ向けて 一般に低下する (図12)。Cu-Mo 硫化物期の温度は420°-250°C である。包有物の塩濃度は6-56重量%の変化を示し 高塩度の多相包有物は主要な

Cu-Mo 硫化物鉍化帯で多産する。生成深度は100-1800気圧と計算され 気相・多相包有物が共存することから 斑岩頂部における沸騰現象が考えられる。

包有物中の流体は NaCl-KCl (CaCl<sub>2</sub> MgCl<sub>2</sub>) -CaSO<sub>4</sub>-H<sub>2</sub>O 型と思われる。化学分析によると鉍化初期 (600°C) では鉍液はハロゲンやアルカリ元素には富むものの 単金属 硫黄 燐などには乏しかったものと思われる。この様な鉍液がマグマ通路の壁岩を循環することによって 重金属を溶出せしめ鉍液の金属成分を高め 斑岩の最頂部に濃集し アルカリ ハロゲン交代作用を生ずる間に温度の低下をきたし 主要な硫化物を沈殿せしめたものと考えられている。

### モリブデン 鉍床

モリブデンは近年価格の高騰で話題を呼んだ鉍物資源である。その価格は永年200万円/トン前後であったが (図13) 1975年頃から上昇し始め カナダのエンゴコ鉍山の長期ストライキを主因として 1979年には900万円/トンをこえる異常な高値をつけた (千原 1981)。この価格の高騰が自由世界では探査活動を活発にさせ 北米大陸における巨大鉍床の発見を生み また研究活動も活発にさせた。

中国の年間精鉍生産量は約2,000トンと推定されており その1/2は楊家杖子からの生産と推察される (WANG 1979)。残りの主力はポーフィリー型 (金堆城 大黒山) であり さらに一部はポーフィリー型銅鉍床あるいはタングステン鉍床から回収されるものである。中国では若干の精鉍を日本などに輸出しており モリブデンは現在自給度100%の鉍物資源である。

一方 将来的にも洋々たる自給度を備えている。現在の主力鉍床である遼寧省の楊家杖子では既知鉍体のほか 松樹卵鉍体も発見されており 産出する金属量は数十万トンには達するものと思われる。後述する秦嶺地域のポーフィリー型鉍床は低品位ではあるものの同程度以上の金属量を持つものと考えられ ポーフィリー型銅

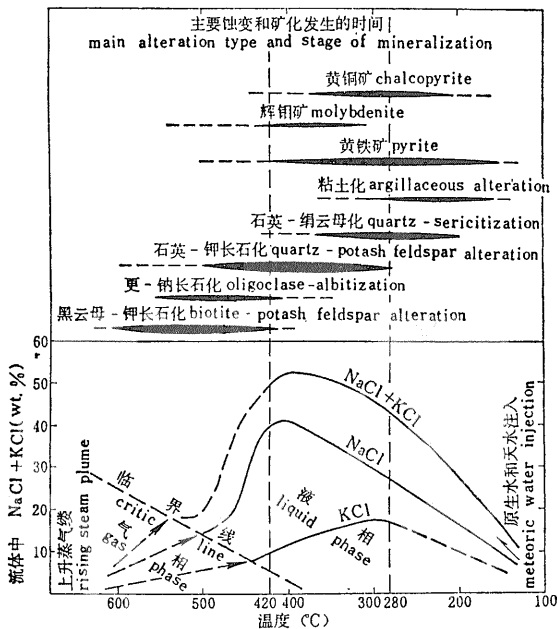


図12 玉竜鉍床における変質時期と流体包有物の塩濃度 温度変化 (李ら 1981)。

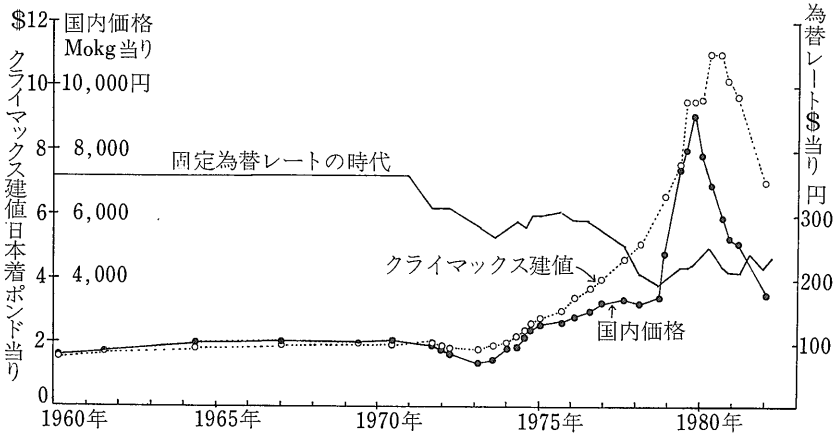


図13 最近20年間のモリブデンの価格変動。

鉱床である徳興や玉竜鉱床も多量のモリブデンを含むことは既述の通りである。モリブデン単味の鉱床は中国の北部に産出する傾向があり(図1) それは中国東北部と秦嶺地域とに2分される。

東 北 部 の 鉱 床

楊家杖子<sup>ヤンジャアツァンツォイ</sup>鉱床は武内(1979)により紹介されたが 主に古生代の石灰質岩を交代した接触交代型のスカルン鉱床である。その鉱化年代は183 Ma ジュラ紀である(Ishihara & Shibata 1980)。鉱床の北側にはジュラ紀の桃色黒雲母花崗岩が分布し アルカリに富んでいる( $K_2O+Na_2O=8.2\%$   $K_2O/Na_2O=1.0$ )。その分枝岩体と思われる細粒黒雲母花崗岩がスカルン鉱体の中央にみられる。その中には石英細脈が網状に走り(写真6) 楊家杖子鉱床はスカルン型ではあるもの ポーフイリ型に近い生成環境で形成されたものと思われる。

大黒山<sup>ダーヘイサン</sup>鉱床は中国東北部の吉林省にあって シルルーデボン紀の変成岩中に貫入する斜長花崗岩中にみられる。

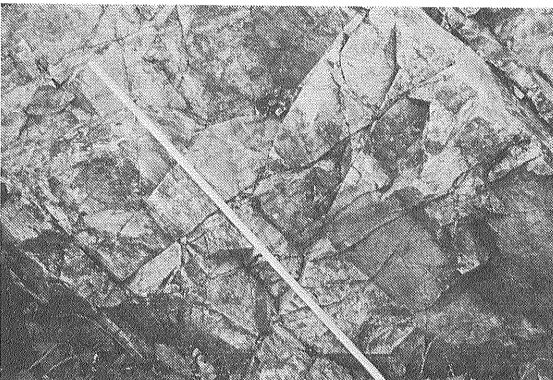


写真6 楊家杖子鉱床 アプライト質花崗岩中の網状石英脈。写真左から右上に平行なものが卓越する。

変成岩類は角閃岩 粘板岩 珪化石灰岩などから構成され 北東系断層に規制された花崗岩類の貫入をうける。花崗岩はここでも桃色 細粒アプライト質であるが ナトリウムに富むようである。その中に鍋状に輝水鉛鉱品位が高い鉱体がある。

鉱化変質には珪化 絹雲母化 カオリン化が認められ 輝水鉛鉱は珪化と関連して細脈—鉱染状に産出する(写真7)。随伴鉱物は黄鉄鉱 黄銅鉱のほか 金も検出されている。

秦 嶺 地 域 の 鉱 床

陝西省から河南省に至る秦嶺地域東部には多数のポーフイリ型 スカルン型などのモリブデン鉱化が数十ヶ所で発見されている(図1)。これら鉱床群は既述の八宝山銅鉱床を含めて 西北西に伸びる100×20 kmの鉱化帯に分布し モリブデン 銅 鉛 亜鉛の他 灰重石も産出する。

秦嶺<sup>チンリョウ</sup>地域の地質環境は 基本的には先カンブリア時代の変成岩に 秦嶺系(E-W~WNW)と新華夏系(NNE)の構造運動が生じ 燕山期の花崗岩貫入活動を伴い かつ

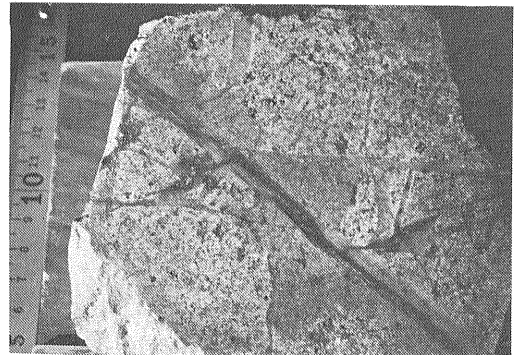


写真7 大黒山鉱床。アプライト中の輝水鉛鉱—石英細脈。

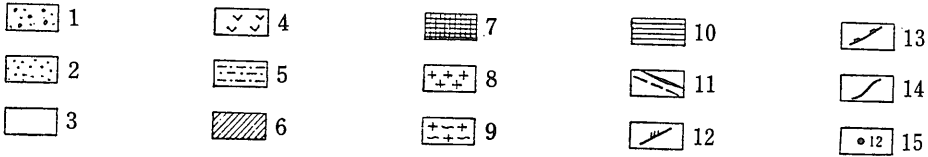
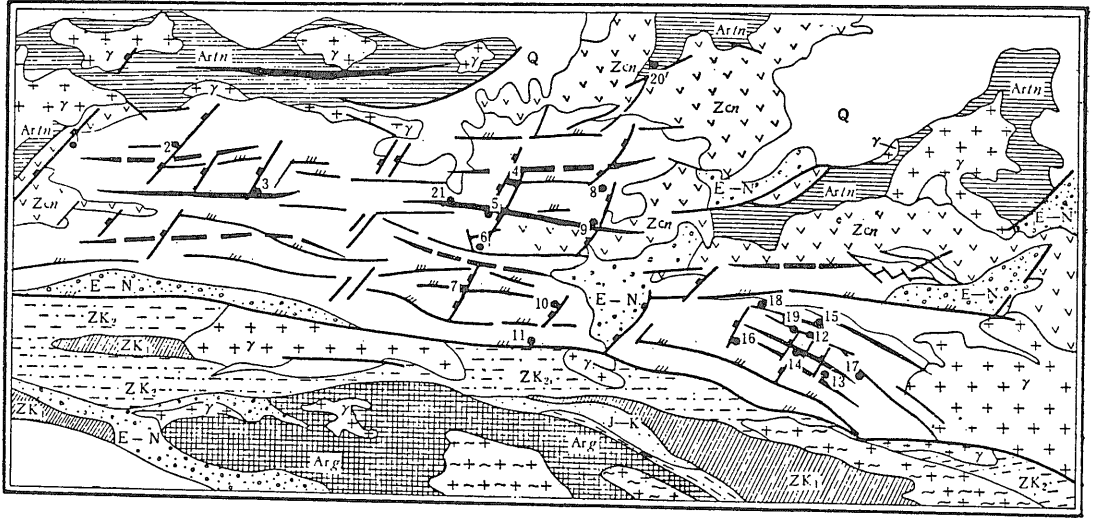


図14 秦嶺東部地域の地質構造図(盛ら 1980). 1. 第三紀砂岩礫岩 (E-N) 2. ジュラ紀-白亜紀砂岩頁岩 (J-K) 3. 震旦系堆積火山源変成岩 4. 長城系中一塩基性火山岩 (Zcn) 5. 上寛坪群両雲母石英片岩 (Zk<sub>2</sub>) 6. 下寛坪群綠色変成岩 7. 秦嶺群黒雲母グラニュライトと斜長角閃岩系混成岩 (Arg) 8. マグマ型花崗岩 (r) 9. 混成交代型花崗岩 10. 太華群閃雲グラニュライトと混成片麻岩 (Artn) 11. 背斜と向斜軸 12. 東西性圧碎断裂 13. 新華夏系圧碎断裂 14. 断裂 15. 岩体位置.

つ局部的に陸成層の発達をみるものである(図14). 花崗岩活動は南部に晩期燕山期(95 Ma)の花崗岩 中-北部で早期燕山期(170 Ma)の閃緑岩から花崗岩に及ぶ小岩体としてみられ 後者が主に鉱床を伴う.

表2 秦嶺東部モリブデン鉱床に関係する花崗岩類の化学組成(重量%). 盛ら(1980)による.

地名	金推城	南泥湖		夜長坪	老庙沟
岩石名	花崗斑岩	(1)	(2)	カリウム花崗斑岩	花崗斑岩
SiO <sub>2</sub>	76.82	73.26	69.58	73.26	72.42
TiO <sub>2</sub>	0.09	0.15	0.41	0.10	0.10
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.44	12.80	14.61	12.73	14.05
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.69	1.63	1.72	0.45	1.83
FeO	0.72	0.47	1.22	0.20	0.15
MnO	0.02	0.02	0.04	0.08	0.07
MgO	0.13	0.32	0.93	0.33	0.78
CaO	0.56	1.28	1.92	0.31	0.16
Na <sub>2</sub> O	2.48	1.98	4.18	0.88	0.46
K <sub>2</sub> O	5.31	5.95	4.93	9.84	9.46
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	—	0.06	0.17	0.06	0.06
	99.26	97.92	99.71	98.24	99.54

註: 南泥湖(1)花崗斑岩(10個の平均値). (2)黒雲母花崗斑岩(馮・朱 1978)

鉱床はすべて上記の構造線交差部に貫入する 面積1~3 km<sup>2</sup>以下の小岩体に伴われ 銅鉱床は花崗閃緑岩~モンゾニ岩質岩に伴われるが モリブデン鉱床は非常に珪長質な花崗岩類に付随し 世界の一般のモリブデン鉱床の母岩と共通する性質を持ち かつ著しく高い K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O 比(2~20)で特徴づけられる(表2). Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/FeO 比からみると 花崗岩類はすべて磁鉄鉱系に属する.

- モリブデン鉱床は次の3種類に分けられる(盛ら 1980).
- (1)壁岩が炭酸塩岩である場合のスカルン鉱床: 鉱石鉱物はスカルン中に産出し 磁鉄鉱 黄鉄鉱 磁硫鉄鉱 輝水鉛鉱 灰重石 黄銅鉱 赤鉄鉱などからなる. スカルン鉱物は石榴石 ベスブ石 透輝石 アクチノ閃石 斜長石 石英 透閃石 珪灰石 緑泥石 緑簾石など. 品位は0.1—0.2% Mo.
  - (2)泥質ホルンフェルス中の鉱床: 輝水鉛鉱 黄鉄鉱が石英長石角岩(ホルンフェルス) 透輝石角岩 斜長石角岩などに産出. 品位は0.08—0.12% Mo.
  - (3)花崗岩中に産する鉱床: 黄鉄鉱 輝水鉛鉱からなり 品位は0.08—0.12% Mo.

南泥湖鉱床では 地表で0.1 km<sup>2</sup>の露出面積を有するジュラ紀花崗斑岩(162 Ma)が鉱化を伴う. この小岩

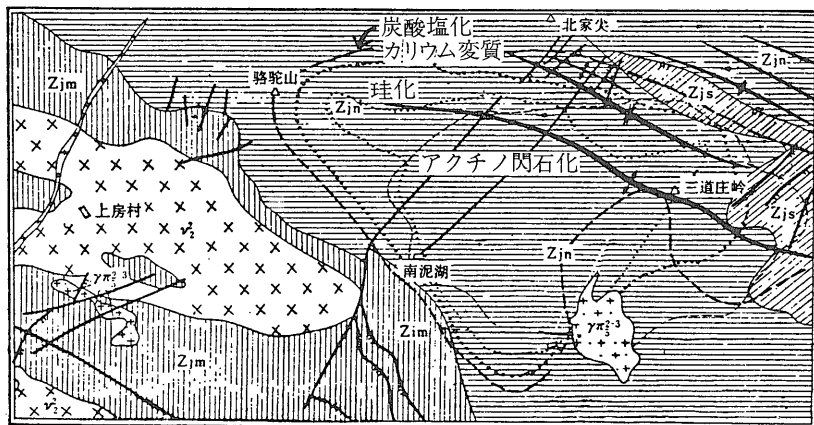


図15  
南泥湖鉱床付近の地質変質図 (盛ら 1980).  
震旦系: Zjm (縦線) 炭質片岩・大理石・雲母石英片岩・珪岩; Zin (横線) 珪岩・雲母片岩・石英長石角岩・石英片岩; Zjs (斜線) 大理石・石英長石. 角岩  $\gamma_2^3$ : 先カンブリア時代変斑岩  $\gamma_2^{2-3}$  ジュラ紀花崗斑岩.

体は地表下 600m では 1.5km<sup>2</sup> に肥大化し 全体として東側で急斜し 秦嶺系方向の西北西方へゆるく傾斜するもので 鉱化変質帯も西北西へ広く分布する (図15).

花崗斑岩は肉紅色 色指数 5% 斑晶量約50%の斑岩で 斑晶はカリウム長石 (約50%) 石英 (40%) 斜長石 (10%) 大きさは一般に 2×4~2×6 mm 最大 1×1~1×2 cm である. 斑晶には高温型石英仮像もみられる. 試錐によると地表下 700m 以深で 花崗斑岩は黒雲母花崗斑岩に漸移的に移行する (図16). この岩石では黒雲母が増加し (10-15%) 斜長石が漸増し 斑晶量が減少する (馮・朱 1978).

南泥湖鉱床では変質帯と鉱石鉱物のゾーニングが明瞭である. すなわち 変質帯は岩体中心から外方へ

- (i) 弱カリウム長石化帯
- (ii) カリウム長石-絹雲母化帯
- (iii) カリウム長石-スカルン-珪化帯
- (iv) 緑泥石-炭酸塩化帯 の順に分布する (図16).

鉱石鉱物にも 輝水鉛鉱 (灰重石) → 磁鉄鉛鉱・黄鉄鉱・黄銅鉱・閃亜鉛鉱→閃亜鉛鉱・方鉛鉱・黄鉄鉱→方鉛鉱・黄鉄鉱の配列が認められる. 硫化物の硫黄同位体比は  $\delta^{34}S = +2.5 \sim +6.3\%$  である.

輝水鉛鉱は主に (約90%) 壁岩中 (スカルンとホルンフェルス) に産出する. 花崗岩中には 10% 以下である.

層状スカルン鉱床を除けば 鉱体の形は不規則で 著しい割目規制をうけ 輝水鉛鉱は幅数 cm 以下の細脈状に産出する. 幅 10cm 以上の鉱脈は少ない. 鉱化作用は次の 6 時期に分けられる (馮・朱 1978).

- (1) カリウム長石-石英脈: 石英脈中に少量のカリウム長石を含み 輝水鉛鉱に関して不毛.
- (2) 輝水鉛鉱皮膜: 最早期の輝水鉛鉱鉱化で岩石の割目に皮膜状. 鉱染状のスカルン中の輝水鉛鉱も同時期.
- (3) 黄鉄鉱-輝水鉛鉱-石英脈: 最も重要な輝水鉛鉱鉱化作用であり 石英と輝水鉛鉱を主とし 少量のカリウム長石 紫色螢石 灰重石 硫化物を伴う. 輝水鉛鉱と黄鉄鉱は主に盤際に産出し 一部に鉱染状輝水鉛鉱を伴う.
- (4) 黄鉄鉱-石英脈: これは少量の螢石を含み 輝水鉛鉱は基本的には含まない.
- (5) 方解石-輝水鉛鉱-沸石脈: 主に透輝石角岩中に分布する. 黄鉄鉱も伴う. 結晶が一般に粗粒. 最末期の輝水鉛鉱鉱化作用.
- (6) 炭酸塩鉱物細脈: 方解石が主で上記諸脈を切る.

南泥湖鉱床はいくつかの点でコロラド州のクエスタ鉱床 (ISHIHARA 1966) に類似する. とくに貫入岩の岩質

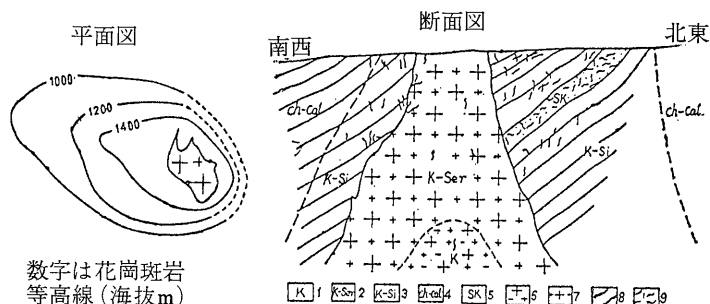


図16  
南泥湖鉱床の花崗斑岩の形態と変質分帯 (馮・朱 1978).  
1. 弱カリウム長石化帯 2. カリウム長石-絹雲母化帯 3. カリウム長石-スカルン-珪化帯 4. 緑泥石-炭酸塩化帯 5. スカルン化帯 6. 黒雲母花崗斑岩 7. 花崗斑岩 8. 変成岩 9. モリブデン鉱化

数字は花崗斑岩等高線 (海拔 m)

構造帯に規制された貫入形態と鉍化作用との関連性  
鉍脈が鉍染鉍より多い鉍化様式などで クェスタ鉍床と酷似する。

金推城鉍床は上記と同じく秦岭東部に位置する。下部震旦系に属する安山玢岩に燕山期の花崗斑岩が貫入し鉍化はこの斑岩の先頭部を中心として認められる(図17)。花崗斑岩は桃色のカリウム長石に著しく富んでおり 細粒アプライト質であり 斑岩と呼ぶよりアプライト質アルカリ花崗岩と呼べるものである(写真8)。

鉍床の母岩はこの花崗岩と周囲の弱変質安山玢岩であり 細脈と鉍染状に輝水鉛鉍が産出する。細脈には早期から晩期へ アプライト細脈 少量のカリウム長石を含む石英細脈 石英脈などがある(写真9)。随伴鉍物としては黄鉄鉍がやや多く 微量の黄銅鉍も産出する。

### 総 括

世界的に巨大なモリブデン鉍床は北米大陸で 大陸内部の断裂帯に沿って貫入したアルカリ-カルシクな花崗岩に伴われ クライマックス型とも呼ばれるものであ

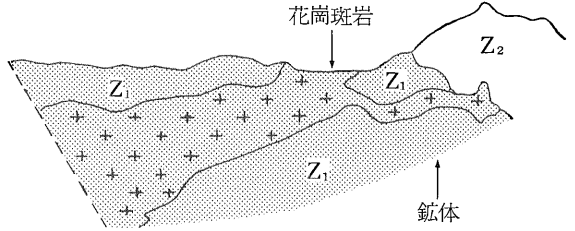


図17 金推城鉍床の断面略図(中国地質部 IGC 資料).  
Z<sub>1</sub>: 安山玢岩 粘板岩 凝灰質粘板岩 Z<sub>2</sub>: 珪岩 粘板岩 凝灰質粘板岩.

る。この花崗岩は 75% SiO<sub>2</sub> 5% K<sub>2</sub>O 1% F 700 ppm Rb に達する特異な化学成分を持っている。

中国のポーフィリー型モリブデン鉍床は大陸内部に分布する傾向を示し ジュラ紀の島弧-海溝系は不明であるものの 大陸内部の断裂系に規制されて産出する。関係花崗岩はシリカに富み アルカリ総量も多く含まれており アルカリカルシクな性格が予想される。

鉍化帯として最も大規模と思われる秦岭地域の鉍化花崗岩はカリウムに富んでいる。かつ主要鉍化期に螢石

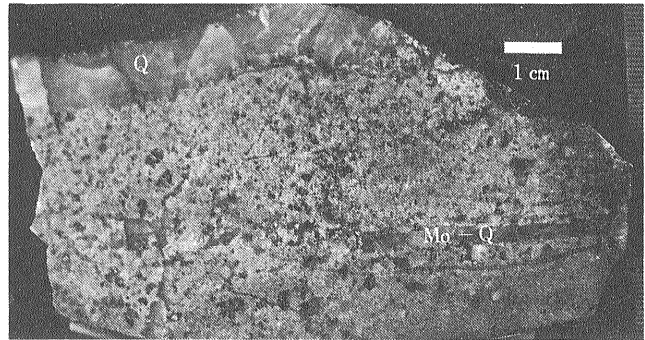


写真8  
金推城鉍床. アプライト中の輝水鉛鉍(Mo)一石英(Q)脈.

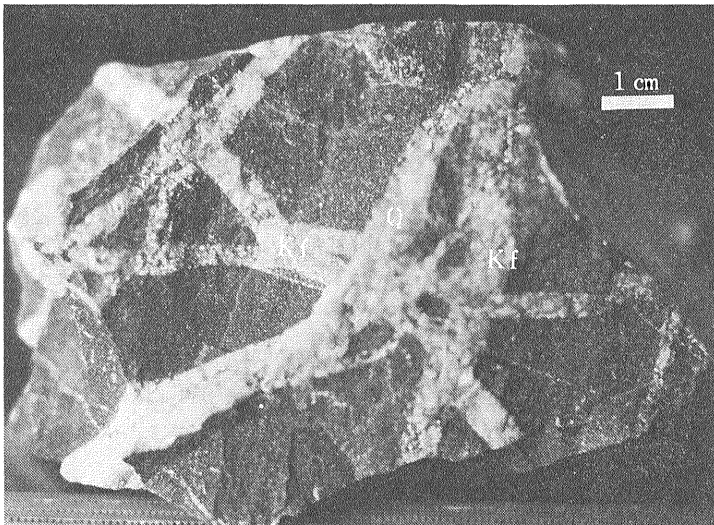


写真9  
金推城鉍床. 安山玢岩中のカリウム長石-石英脈(Kf)とそれを切る硫化物-石英脈(Q).

が産出することは 鈳化関連マグマがフッ素に高濃度であったことを予想させる。すなわち 秦嶺の鈳床はクエスタやクライマックスに類似の火成活動で生じたことが推察される。一方楊家杖子や大黒山などの中国東北部の鈳床では 螢石は稀であり 関係花崗岩はアプライト質で桃色ではあるものの ナトリウム質であり秦嶺地域とは異っている。花崗岩活動の大局的構造場が島弧的であったものと考えられる。

### お わ り に

中国のポーフィリー型鈳床には多種類のものが含まれているようである。ここに紹介した中では 玉竜鈳床が最も典型的なポーフィリー型銅鈳床に近い。徳興鈳床は今少し浸食から残っていれば逆カップ状の典型例を示すとも言えるが 筒状の鈳化形態は徳興の特徴のように思われる。

揚子江型のポーフィリー銅鈳床は銅の起源に関して興味深い問題を含んでいる。これまでの所 斑岩を伴う所の鈳床で調査研究が進んでいるが 今後 貫入岩がない地帯で層状鈳床の初生状態(揚子江流域では酸化帯は比較的厚い)が研究されると 成因的に進展をみるであろう。

モリブデン鈳床は東北部中国では日本でみられると同様にナトリウムに富んだ花崗岩系列に関係している。一方 一応内陸とみられる秦嶺ではクライマックス型的であり 北米大陸の鈳床の位置関係と似ている所もある。上部古生代ジュラ紀の島弧—海溝系における火成活動史が火山 堆積学の方面から複元されると鈳床の生成条件もよりはっきりとわかるものと思われる。

謝辞：ITIT 事業に基づき 1982年2-3月 地質調査所に滞在された南京地質鈳産研究所の李文達教授には揚子江流域の鈳床その他について種々のご教示を賜った。また岸本文男氏にも文献を教えていただいた。両氏に厚くお礼申し上げる。

### 文 献

北京大学地質系編(1978)：斑岩銅鈳とその採鈳。冶金工業出版社 159 p.  
程裕湛・趙一鳴・陸松年(1978)：中国の主要鉄鈳床のタイプ。地質学報 52巻 第4期 p.253-268。  
程裕湛・陳毓川・趙一鳴(1979)：鈳床生成系列の諸問題。中国地質科学院院報 1巻 1号 p.32-58。  
千原學(1981)：金属資源シリーズ—モリブデン—。鉄と鋼 第

67年 14号 p.2125-2130。  
杜琦(1980)：多宝山斑岩銅鈳床の変質と鈳化特性。地質学報 54巻 第4期 p.310-323。  
馮本智・朱国林(1978)：某斑岩型水鉛—銅鈳床の特性。長春地質学院学報 1978年 第1期 p.42-51。  
ISHIHARA, S. (1966)：Molybdenum mineralization at Questa mine, New Mexico, U.S.A. Rept. Geol. Surv. Japan, no 218, 64 p.  
石原舜三(1980) 熱烈歓迎—中国の旅—。地質ニュース 307号 p.36-45  
石原舜三(1982) 中国の鈳物資源① 玢岩鉄鈳 地質ニュース 334号 p.20-32。  
ISHIHARA, S. and SHIBATA, K. (1980)：Mineralization age of the Yangji-zhangzi deposits, China. Mining Geol., v. 30, p.27-29。  
金属鈳業事業団(1980) 中国の鈳物資源。93p。  
岸本文男(1979a)：中国の銅鈳床(1) (2)。地質ニュース 297号 p.30-39, 298号 p.54-63。  
岸本文男(1979 b)：モンゴルの斑岩銅鈳床の開発。地質ニュース 299号 p.49-55。  
岸本文男訳(1982)：中国江西省徳興県富家塢モリブデン鈳床地調月報 33巻 p.251-258。  
岸本文男・石原舜三抄訳(1982)：多宝山斑岩銅鈳床の変質作用と鈳化作用の特徴。地調月報 33巻 (印刷中)。  
小村幸二郎(1981)：中華人民共和国の鈳山を訪ねて(1)。地質ニュース 318号 p.52-63。  
KUO, W. K., CHANG, I. F. and HUANG, C. K. (1977)：Some problems of metallogenesis and distribution of the main types of copper deposits in China. Minst. Geol., Beijing, 22p.  
李文達等(1980)：長江中下流域の硫化物鈳床酸化帯と鉄帽の研究 地質出版社 北京 161p。  
李蔭清・丙宗瑞・程秉仙(1981)：玉竜斑岩銅(モリブデン)鈳床の流体包有物と成鈳作用の研究。地質学報 1981年 第3期 p.216-231。  
佐藤興平(1982)：中国のタングステンシンポジウムに参加してその1。地質ニュース 332号 p.47-59 その2 同 333号 p.31-44。  
武内寿久祿(1979)：中国の金属鈳床を見学して。鈳山地質 29巻 p.334-340。  
盛中烈・羅銘玖・李良駿(1980)：河南省西部斑岩水鉛鈳化帯の地質特性と鈳化規制要素。地質学報 1980年 第4期 p.300-309。  
WANG, K. P. (1979)：The mineral industry of China. Mineral Years Book 1978-79, p.233-253。  
YAN, M. Z. and HU, K. (1980)：Geological characteristics of the Dexing porphyry copper deposits, Jiangxi, China. Mining Geol. Spec. Issue, no. 8, p.197-204。  
張理剛(1980)：鄂東南地区鉄銅鈳床の硫黄同位体研究。中国地質科学院 宜昌地質鈳産研究所分刊 1巻1号 p.113-125。