

中国のタングステン鉱床

—江西省钨矿地質討論会(その2)—

佐藤 興平 (鉱床部)
SATO Kohei

昨年秋 中国江西省で行われたタングステン鉱床のシンポジウムに派遣された。この会合は前半が省都南昌での講演会 後半が省南部大余附近のタングステン鉱床の見学会からなっていた。前号で会合前半の印象を報告したので 今回は見学した鉱床を含め 中国のタングステン鉱床の一端を 私の感想もまじえて紹介することにしたい。

5 南昌から大余へ 贛州地質学校

シンポジウム後半の会場は タングステン鉱床の密集する江西省南西端の大余 (Dayu) に移された。10月16日の朝早く江西賓館を出発した私たちは 40人乗り位のプロペラ機2機に分乗して贛州 (Ganzhou) に向った。眼下にはどこまでも広がる水田とゆったり流れる贛江がのぞまれる(写真17)。右手遠方にかすむ山々の1つが井崗山だろうか。1時間余りで 機は広い野原のような飛行場に着陸した。

久しぶりの青空がまぶしい。真夏のような日ざしの中で 贛州は南国のような雰囲気すらただよわせている。昼食をとった贛州賓館は 庭に池を配置し桂花・玉蘭・柚子などの木々が植えられた広い敷地の中にある。ここで地質省計画院院長の苗樹屏 (Miao Suping) 氏から柚子の実をいただいた。ユズと発音するが 日本の柚子と違って皮の厚い直径15cm位の実で 甘味を少くしたグレープフルーツのような味だった。



写真17 飛行機から見た江西省南部の農村風景。

午後大余に向う前に贛州地質学校を見学した。中国の地質学の教育は 総合大学の地質部門と6つの地質単科大学の他に この学校のような専門学校でも行われている。教育期間は3年で 全国に8校ある。展示室には江西省のタングステン鉱床の地質図や標本がきちんと整理されていて 地質教育に対する熱意の程がうかがわれる。この後見学する鉱床の他に 盘古山 (Pangshan) 熾美山 (Guimeishan) 九龍腦 (Jiulongnao) など 砂岩・頁岩からなる古生層とこれを貫く早期燕山期の花崗岩中に胚胎するタングステン鉱脈鉱床 大余北方の崇義にある同じ時期の宝山 (Baoshan) スカルン型タングステン鉱床が詳しく解説されており これらは調査・開発が進んでいるものらしい。この資料をきちんとした論文にしたら大きな成果になるだろうと期待される。

贛州から大余まで約80km 日本製のマイクロバスで2時間のドライブであった。午後の日ざしを反射する補装道路がちょうど収穫期を迎えた田圃の中を南西に向って一直線に伸びている(写真18)。大人も子供も稲の取り入れや脱穀に忙しい。この中に私が子供の頃家の手伝いで使ったのと同じ脱穀機や唐箕(手まわしの羽根で風を送りモミとカラを選別する木製の道具)を見つけてなつかしかった。附近の丘や山には大きな木がほとんど無いので不思議に思ってたずねると かつて地域の住民が自由に木を切ることができ 燃料などに使ってしまったが災害の原因になるので最近では伐採が制限されているとのこと。このような丘のあちこちには 10~20° 位に緩

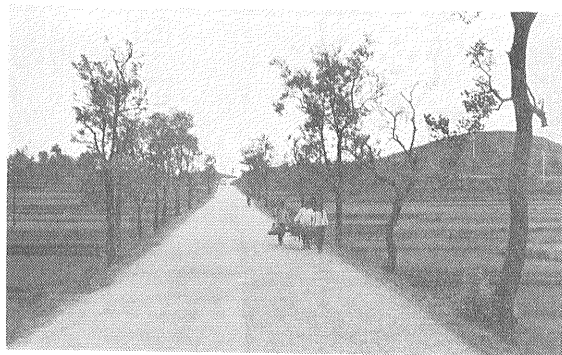


写真18 大余に向う街道を荷物をかついだ人々を通り過ぎていった。

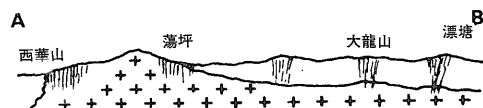
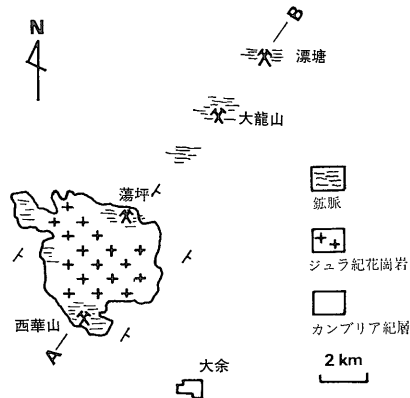


写真19 丘の斜面に露出する白亜紀—古第三紀の赤色砂岩層.

く傾斜する白亜紀から古第三紀の赤色砂岩層が露出している(写真19). 江西省の地質図を見るとこのような地層がNE系の断層に境されてあちこちにかなり広く分布するのが認められる. この地域には中生代末から第三紀にかけて内陸性の堆積盆地が広がっていたのであろうか. 夕方5時過ぎに大余の西華山錳礦招待所に入った. ここが翌日より4日間続いた鉱床見学会の起点となった. 次に見学した鉱床の概略を講演会で発表された資料もまじえて紹介しよう.

6 大余のタングステン鉱床

世界一の生産量をほこる中国のタングステンは主に大余から湖南省南東部にかけての南嶺(Nanling)山脈から産出する(写真20). 中でもとくに重要なのが大余附



第11図 大余附近のタングステン鉱床の分布と模式断面図. 西華山附近については武内(1979)と支邦タングステン誌(1930)の図を参照した.

近の鉱床で この地域はタングステンの異常濃集地帯であると言えよう. 贛州地質学校に展示されていた地質図には マメ電球で鉱床の位置が示されていたが それによると 早期燕山期(Yanshanian)(ジュラ紀)の花崗岩体のヘリやこれに近いカンブリア紀の地層の中にそれこそ無数と言って良い位多くのタングステン鉱床が分布している.

ここでは西華山(Xihua Shan)・蕩坪(Dangping)・大龍山(Dalong Shan)・漂塘(Piaotang)の4つの鉱床を見学した. 西華山鉱山は中国最大の生産量を維持しつづけている. 毎月200トンの精鉱(65%WO₃)を生産しているとのことであるから その規模は日本の大きなタングステン鉱山のざっと10倍ということになる(写真21・22).

見学した鉱床の位置と模式的な地質断面図を第11図に示した. この地域に広く分布するカンブリア紀の地層は 弱い広域変成作用を受けた砂岩と頁岩からなる. これらはNE-SW方向の軸を持つしゅう曲構造を示し断層もこの方向が卓越する. 地層の時代は protospongia (珪質海綿類の一種)の化石の産出により決められた. カンブリア紀層を貫く花崗岩類は主にヘルシニア期のもものと早期燕山期のもことからなり 白亜紀の花崗岩類は見られない. 後で述べるように白亜紀の花崗岩類は主に太平洋岸の福建省などに分布する. ヘルシニア期の花崗岩類は比較的小規模な分布と塩基性の化学組成(石英閃緑岩)をもち 鉱化作用を伴っていない. タングステンの鉱化をもたらしたのは早期燕山期の花崗岩類で 180~140Maの年代データが得られている. この花崗岩の貫入によって 周囲の堆積岩は熱変成を受け 接触部から500m位まで黒雲母ホルンフェルスになっている. 案内者の話では この熱変成岩中に紅柱石はみられず 堇青石の産出もきわめて稀とのことであった. ホルンフェルスの分布とボーリングのデータから 潜在する花

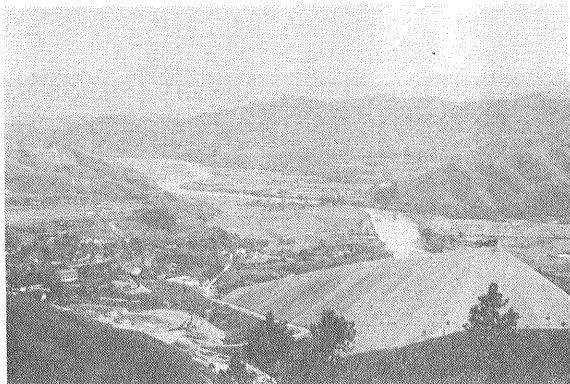


写真20 西華山鉱山から見た南嶺の山並み.

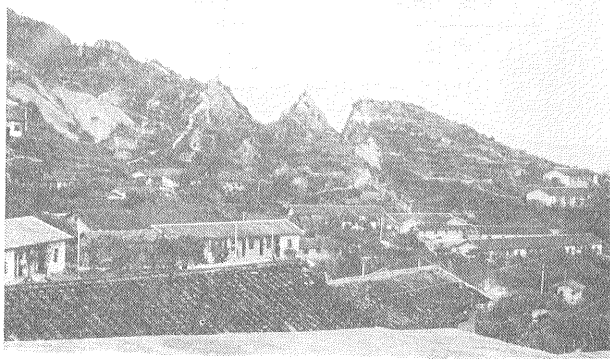


写真21 西華山の鉤脈露頭。掘り跡がV字形の稜線になって残っている。

崗岩の分布が推定されている。花崗岩は鉤床の下部にNE-SW 方向に伸びた分布をなし 西華山・蕩坪鉤山附近で地表に現われているのだろう。

西華山附近に露出する岩体は中粒ないし細粒のチタン鉄鉤系の黒雲母花崗岩からなり一部にはざくろ石が含まれる。西華山・蕩坪両鉤山の坑内で観察した限りでは堆積岩源と思われるゼノリスはきわめて稀であり 岩体のヘリで砂岩源と推定される角ばったゼノリス (<30cm φ) が2～3 発見されただけであった(写真23)。暗色包有物は時々見られたが それらもせいぜい花崗閃緑岩程度の組成を持つのではなかろうか(写真24)。いずれにしても全体にかなり SiO₂ に富む化学組成を持つと推定される。参考のために 南昌の講演会に提出された要旨の中から 南嶺山脈の早期燕山期の花崗岩類のデータを引用し第6表に示した。第12図に示すように これらはS-タイプの特徴を持つ。このことと Fe₂O₃/FeO 比から 西華山の岩体だけでなく 南嶺山脈のジュラ紀の花崗岩類は一般にチタン鉄鉤系からなると推定される。

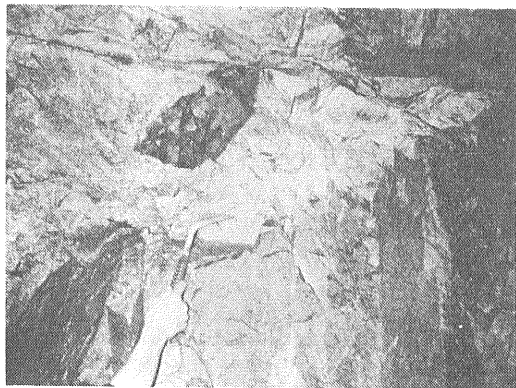


写真23 花崗岩中の堆積岩源と思われる捕獲岩(西華山230mL)。



写真22 坑内見学に向う一行(西華山)。

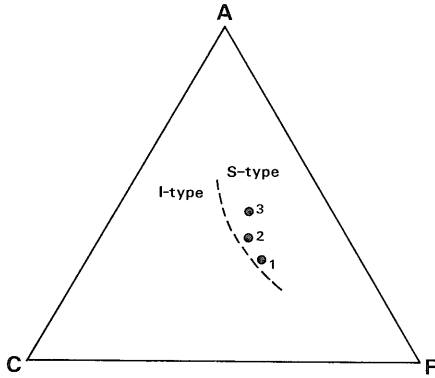
すなわち 中国南部の主要なタングステン鉤床はジュラ紀のS-タイプの特徴をもつ チタン鉄鉤系花崗岩活動に伴って生成した ということを経後の作業仮説として設定して良いであろう。

この地域のタングステン鉤床は 花崗岩体の周辺部あるいはカンブリア紀層のホルンフェルス帯に発達する鉄マンガン重石石英脈からなる。西華山・蕩坪両鉤床は主に花崗岩中に胚胎する(写真25)。一部の石英脈はホルンフェルス中にまで続くが幅が狭くなり経済的価値は乏しい。西華山の坑内で見学した花崗岩とホルンフェルスの境界部では接触面が垂直に近く 石英脈がホルンフェルス中で急に劣化する様子が観察された(写真26)。貫入岩体の側壁には割目が発達しにくかったのであろう。大龍山・漂塘両鉤床は主に堆積岩中に胚胎するが 鉤脈は潜在する花崗岩中にまで続いている(第10図)。

これらの鉤床中の鉤脈は 東西系の走向を持ち垂直に



写真24 蕩坪鉤山の花崗岩中に見られた暗色包有物の濃集部。



第12図 南嶺山脈の早期燕山期花崗岩の ACF ダイアグラム。A=Al-Na-K C=Ca F=Fe+Mg 番号は第6表に対応する。

第6表 南嶺山脈の早期燕山期の花崗岩の化学組成

| 時期 | 1 | 2 | 3 |
|-------------------------------------|--------|--------|-------|
| 試料数 | 14 | 20 | 13 |
| SiO ₂ | 72.88 | 74.75 | 75.30 |
| TiO ₂ | 0.19 | 0.07 | 0.04 |
| Al ₂ O ₃ | 13.16 | 13.35 | 13.23 |
| Fe ₂ O ₃ | 0.54 | 0.34 | 0.44 |
| FeO | 1.89 | 1.11 | 1.03 |
| MnO | 0.12 | 0.09 | 0.10 |
| MgO | 0.42 | 0.22 | 0.16 |
| CaO | 1.24 | 0.86 | 0.71 |
| Na ₂ O | 3.16 | 3.87 | 1.02 |
| K ₂ O | 5.17 | 4.54 | 3.78 |
| P ₂ O ₅ | 0.10 | 0.07 | 0.19 |
| Ig. Loss | 1.21 | 0.77 | 0.66 |
| Total | 100.08 | 100.04 | 99.75 |
| Fe ₂ O ₃ /FeO | 0.29 | 0.31 | 0.43 |

近い角度で傾斜する。 鉱脈の規模は鉱床によって異なるが 走向方向には通常 200~600m 上下方向ののびは 100~500mにわたるらしい。 脈幅は 10~60cm 位のものが多いが 南側の鉱床すなわち花崗岩中の鉱床ほど幅が広くなるという傾向があるように見受けられた。 西華山には幅が 3m を越す鉱脈もあるという。 大龍山・漂塘などホルンフェルス中の石英脈はやや複雑で(写真27) 緩い角度で傾斜する鉱脈もあり 鉱山の地質家はこれらを 7つのステージに分けていたが 鉱化の中心となった第4ステージの鉱脈は幅も広く急角度で傾斜する。 漂塘鉱床では このような鉱脈が密集する地区がいくつもあり その最大のものは走向方向に 1200m以上 上下には 600m 以上の広がりをもつという。 この鉱床の鉱脈

Yu Shujun による。 彼は早期から後期へ次の 3つの岩相に分けた。

1. 粗粒—中粒の斑状黒雲母花崗岩で 岩体の周辺部または頂部に産する。
2. 中粒—細粒の黒雲母花崗石で主要な岩相。
3. 細粒の斑状花崗岩で 白雲母やペグマタイト質長石を含む。

は上方で分岐し細脈化することが多く 地表付近で多数の細脈が発達するところではオープンビットによる採掘も考えられているとのことであった(写真28)。 この地域の鉱床が大谷や鐘打などの日本の類似鉱床(たとえば Imai, 1978) と異なる点の 1つは 鉱脈の数が非常に多くまた規模も大きいということである。 第13図に蕩坪鉱床の例を示したが このことがこの地域を中国一のタングステン産地として持続せしめている理由であろう。

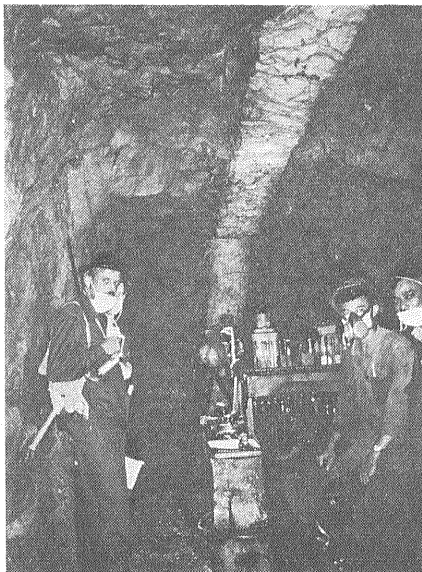


写真25 花崗岩中のタングステン石英脈(西華山230mL)。

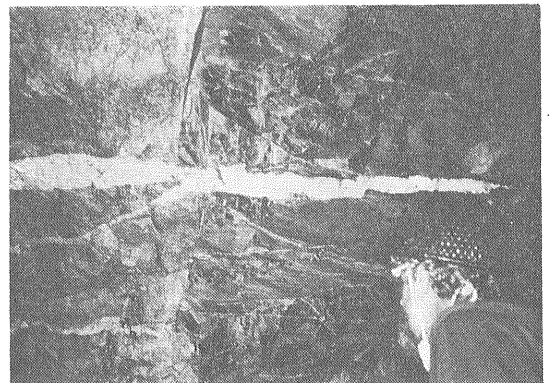
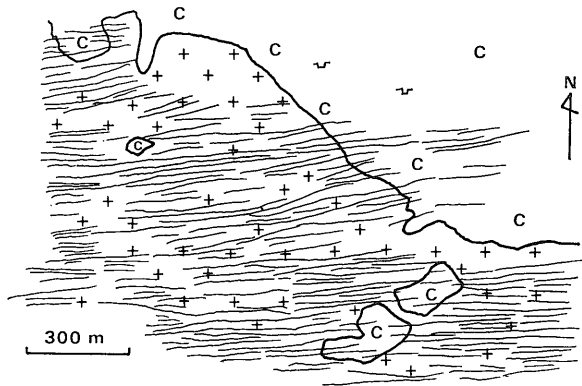
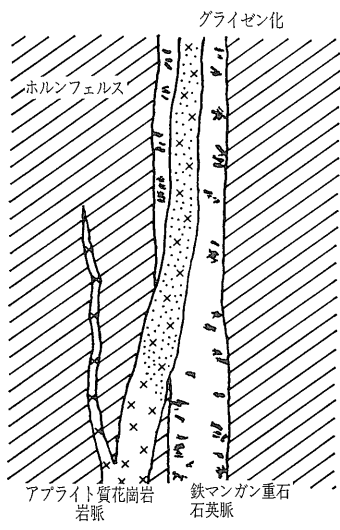


写真26 ホルンフェルス(右半分)中に尖滅する石英脈(西華山230 mL無盤)。ここでは花崗岩(左側)とホルンフェルスの接触面が垂直に近い。



第13図 蕩坪鉄床における鉄マンガン重石石英脈の分布. Cはカンブリア紀層を示す.

このような鉄脈割目の成因は 鉄山見学会の最後に行われた現地討論会でも議論的となった. 広域的な応力場を主張する意見と花崗岩の貫入固結による地域的な応力場を強調する意見とが対立したが 時間の関係もあって結論は得られなかった. 私としては 花崗岩と被貫入岩の境界の形によらず どの鉄床でも東西系の鉄脈が卓越することから(第11・13図) 広域的な応力場が割目の形成に重要な役割を果たしたのではないかと考えている. 勿論 貫入固結した花崗岩マグマの上部や周辺の堆積岩中に形成された割れ目が まだ未固結の状態にある深部のマグマの影響でさらに開いたりするという事は十分に有り得ることだろう. 大龍山鉄床では ホルンフェルス中の鉄脈中に貫入したアブライト質の花崗岩岩脈がグライゼン変質を受けているという例が観察された



第14図 大龍山鉄床における鉄マンガン重石石英脈とアブライト質花崗岩岩脈の関係を示す概念図.

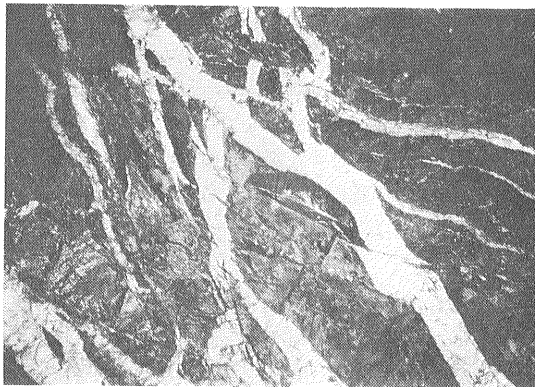


写真27 カンブリア紀の堆積岩中に発達するタングステン石英脈群(漂塘556mL). 広い脈は幅15cm位.

(第14図). これは 鉄化作用の間に深部に潜在する マグマの一部が割目を伝わって上方にまで貫入して来たということを示しているのではないだろうか. 大龍山や漂塘の坑内では 鉄脈を切る玄武岩 (alkalic augite-olivine basalt) の岩脈が見られた. このような岩脈は 鉄化期以後の割目系や応力場の解析に何らかの手がかりを与えるかもしれない. いずれにしても これらの問題については 鉄脈系統の解析だけでなく 潜在花崗岩の形態・地層のしゅう曲構造・他地域の鉄脈割目の方向性などのデータをふまえて中国側で詳しく検討されることを期待したい.

上に述べたような多数のしかも単純な鉄脈 断層をばさまず単純な鉄物組合せからなるほとんど垂直の石英脈



写真28 漂塘鉄床地表部の平行な石英細脈群. 多量の錫石が含まれる.

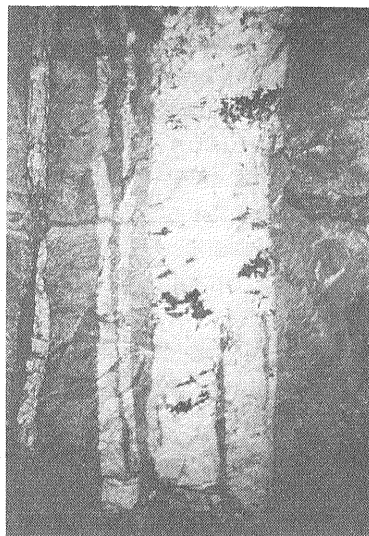


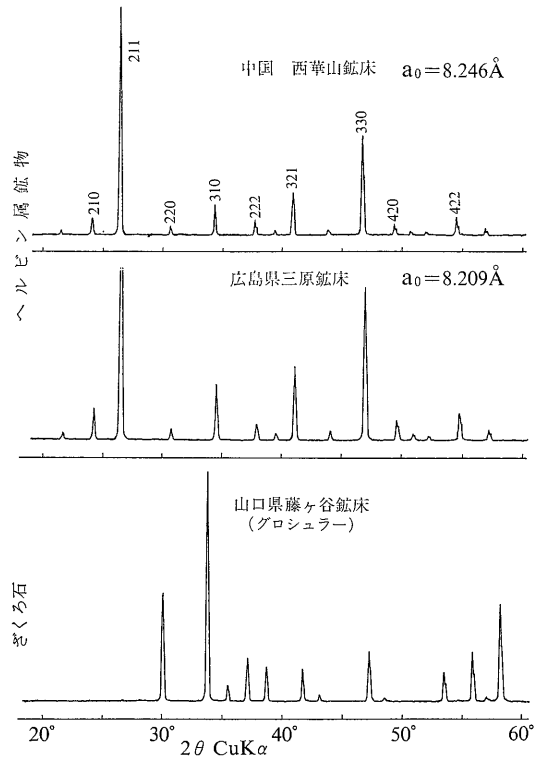
写真29 石英脈中に産する鉄マンガン重石(黒色の塊) (西華山230mL). 大きな脈は幅約60cm.

などの要素は 坑内探査や採鉱にかなり有利な条件である。このようにめぐまれた条件の上に坑内労働者の健康にも大変な注意が払われている。珪肺病防止のため坑壁はすべて洗って粉塵を落しているとのことである。このため観察にもきわめて都合が良い。国内の鉱山でも 山口県喜和田鉱山を除いて これまでこんなにきれいな坑内は見たことが無い。

見学した4つの鉱床のタングステン鉱石は互によく似ており 石英脈中に鉄マンガン重石が点在している(写真29)。京都の鐘打・茨城の高取などの鉱山のタングステン石英脈を思い浮かべればよい。西華山の鉱脈品位は WO_3 にして約1%とのことである。これらの鉱床の石英脈をよく見ると 西華山では緻密塊状であるが 蕩坪・大龍山・漂塘では時々晶洞を含み西華山に比べやや浅い所で生成したという印象を受ける。資源的に重要なタングステンの鉱石鉱物としては鉄マンガン重石($(Fe, Mn)WO_4$)の他に灰重石($CaWO_4$)があるが この地域の鉱床では 灰重石の産出は鉄マンガン重石に比べきわめてわずかで タングステンはほとんどすべて鉄マンガン重石として沈殿したと言って良い。これは この地域のカンブリア紀層が砂岩・頁岩からなり石灰岩やCaに富む地層を含まないこと 花崗岩が酸性でCaに乏しいこと(S-タイプの)など鉱脈母岩の化学的特徴が原因の1つになったと考えられる。

タングステン以外の鉱石鉱物としては 少量の錫石・輝水鉛鉱・自然蒼鉛・黄銅鉱・黄鉄鉱・ベリルなどが見られる。産出は稀だがBeを含むざくろ石が見られるとのこと。この話を聞いた時 これはヘルビン属鉱物($(Fe, Mn, Zn)_4Be_3(SiO_4)_3S$)である可能性が強いと考えた。この鉱物は外観がざくろ石とよく似ているので見逃すことがしばしばあるからである。坑内見学の間注意して観察した結果 西華山の鉱脈中に“ざくろ石”らしい鉱物を発見することができた。ヘルビン属鉱物に特徴的な正四面体の外形が見えず 直径4cm位のかっ色の塊として石英中に産し 確かにざくろ石そっくりである。これがヘルビン属鉱物だという私の意見を支持してくれる人も参加者の中に居ない。少し自信をなくしていたが 私の予想が正しかったことが 帰国後行ったX線回折により裏付けられた。その結果を 最近広島県三原鉱床から発見した試料のデータなどとともに第15図に示しておく。

さて 西華山鉱山では月産200トンのタングステン精鉱に対し 錫やモリブデンの精鉱は年産10数トン程度とのことである。坑内の見学でも錫石や輝水鉛鉱があちこちで見られたが その量は鉄マンガン重石に比べれば



第15図 中国・西華山鉱床産ヘルビン属鉱物のX線粉末回折図。指数は ASTM Card No. 29—217 による。比較のために広島県三原鉱床産のヘルビン属鉱物と山口県藤ヶ谷鉱床産のざくろ石の回折図を示した。格子定数 a_0 から 西華山の試料は三原のものより Mnに富み $Mn/(Fe+Zn) \approx 1$ と推定される。また $25^\circ \sim 35^\circ (2\theta CuK\alpha)$ を測定するだけで ヘルビン属鉱物とざくろ石は容易に区別される。

わずかである。西華山はほとんどタングステンのみを産する鉱山だと言っても言い過ぎではないだろう。蕩坪では年産400トンのタングステン精鉱に対し 錫・モリブデンは20~40トンとのことであるから 西華山に比べタングステンに対する他金属の比がやや高い。錫石・ベリル・螢石・黄銅鉱などは 大龍山・漂塘鉱床で多く見られた。これらの鉱物は花崗岩体から離れた堆積岩中の割目により多く沈殿したのであろう。漂塘はタングステン・スズ鉱床と言った方が妥当なようである。ここには閃亜鉛鉱・方鉛鉱も産し多金属の性格がみられる。稀ながら triplite ($(Fe, Mn)_2(PO_4)F$) も見られ 晶洞も多いから 鉱物学的にはこの鉱床がもっとも面白そうである。

脈石鉱物は主に石英で他に少量の白雲母・カリ長石およびすでに述べたベリル・螢石・トパズなどが産する。ベリルは回収されていないとのこと。少量である上に

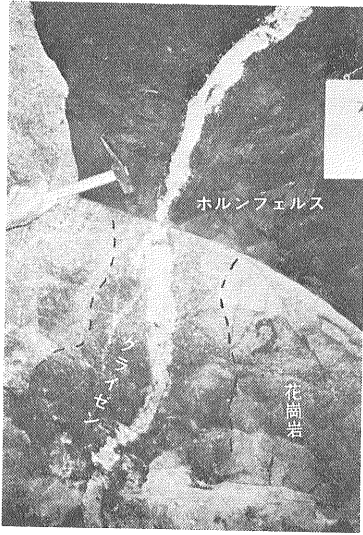


写真30 花崗岩とホルンフェルスの境界を切る石英脈(蕩坪610mL). グライゼン変質は花崗岩中のみ生じている.

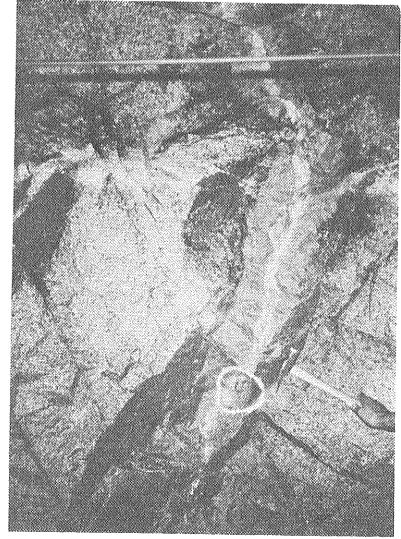
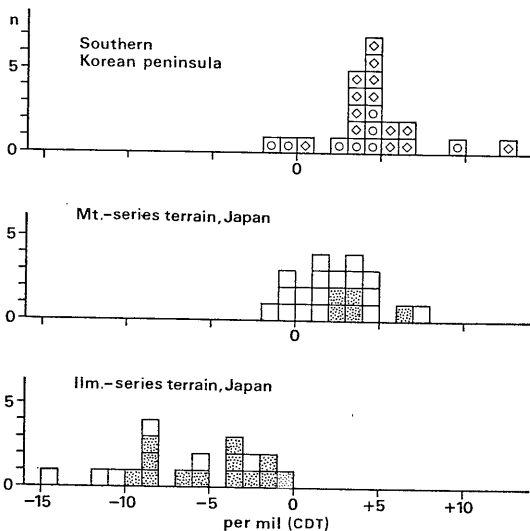


写真31 石英細脈にそって発達するカリ長石化帯(西華山431mL). ここではグライゼン変質帯がみられない.

分離も難しいだろう。 鉍脈の母岩が花崗岩である場合には 石英脈にそってグライゼン変質およびピンク色のカリ長石化がみられる。 グライゼン帯は巾数 cm から数10cm で一般に鉍石を含まない(写真30)。 カリ長石化帯はその周囲に不規則に分布するが 深部で鉍脈が劣化するところでその発達が著しい(写真31)。 母岩がホルンフェルスである場合にはこのような変質は少くとも肉眼的には見られず 石英脈とホルンフェルスが直接接する。

一つの石英脈が花崗岩からホルンフェルスにまで続いている場合でも 変質は花崗岩中のみ見られるから(写真30) 母岩によって変質され易さが著しく異なるというわけである。 このような変質と鉍石沈殿のメカニズムとの関係もまた興味のある問題であろう。

最後に安定同位体のデータを若干付け加えておこう。 北京大学の穆治国らによると この地域の花崗岩の全岩の酸素同位体組成は $\delta^{18}O = 11.5 \sim 12.5\%$ (SMOW) でこの点にも S-タイプ・チタン鉄鉍系の特徴(10~13%)が見られる。 鉍床中の硫化鉍物のイオウ同位体組成は $\delta^{34}S = -3.5 \sim +0.5\%$ と報告されており この結果も日本列島や朝鮮半島南部で得られた規則性と矛盾しない。(第16図)。 天津冶金地質調査所の楊風筠ら(1966)によると 中国のある地方の錫石-磁鉄鉍鉍床中の硫化物は-7~-3%のイオウ同位体比を持つものが多い。 スズの鉍化作用はチタン鉄鉍系花崗岩類に特徴的なものであるから このデータも我々の知識と調和的である。 中国の花崗岩系列とそれに伴う鉍床のイオウ同位体組成の広域的变化に興味もたれる。



第16図 日本と朝鮮半島南部の鉍床のイオウ同位体組成(Sato et al, 1981a). ここに示した朝鮮半島の鉍床は白亜紀の磁鉄鉍系花崗岩活動に関係して生成したとみられる。

7 中国のタングステン鉍床

次に 中国のタングステン鉍床全般について 南京大学の徐克勤教授の講演を中心に紹介し この報告を終えることにしよう。 まず中国のタングステン鉍床を分類し 次いでスカルン鉍床と層状鉍床の例を述べる。 鉍脈鉍床については 大余の例を紹介したので ここでは

くり返さない。最後に鉱床の広域分布についても言及する。

1) 中国のタングステン鉱床の分類

徐克勤教授は中国のタングステン鉱床について総括的な講演を行った。氏は鉱床学や火成岩類の研究の大家で60歳を過ぎた今も南京大学の要職にあって研究の先頭に立っている。徐教授による中国のタングステン鉱床の分類を第7表に示した。実例としてこの報告に出てくる鉱床名を加えておいた。

このうち(1)と(2)が中国のタングステン資源の主要部分を占めており(3)がこれらに次いで重要である。(4)と(5)についてはいくつかの比較的小さな鉱床が発見されているだけでその鉱業的評価はまだ定っていない。

最も重要な(1)の鉄マンガン重石石英脈鉱床はカレドニア期以後の隆起帯の花崗岩地域に分布する。とくに江西省南部の鉱床は大きくすでに述べたように西華山鉱山は中国最大の生産量を誇っている。(2)の灰重石を含むスカルン鉱床の大きなものは江西省南西部から湖南省にかけての地域に分布する。すなわち西華山などの石英脈鉱床が発達する地域の西の延長部にあたることである。これらはいずれも早期燕山期(ジュラ紀)の花崗岩に関係して生成した鉱床である。鉱脈型になるかスカルン型になるかは花崗岩が貫入した堆積岩中に石灰岩が存在したかどうかにより決ったのではないと思われる。いずれにしてもこの江西省南部から湖南省南部にかけての南嶺山脈附近は世界最大のタングステン濃集地帯であると言えよう。

(3)の層状タングステン鉱床は主に湖南省西部に分布し江西省の楓林(Fungling)鉱山には(4)のタングステンを含む赤鉄鉱層が石炭紀の石灰岩中に胚胎する例が知られている。(4)は赤鉄鉱層中にタングステンが吸着しているもので海底噴気活動により形成されたと考えられている。(5)のポーフィリータングステン鉱床は火山深部の環境で形成されたとみられるもので典型的とされる陽儲嶺(Yangchuling)鉱床は江西省にある(Yan et al, 1980)。

このように花崗岩に伴う鉱床だけでなく層状鉱床あるいは火山活動に関係する鉱床を含めても中国のタングステン鉱床は江西・湖南の両省に集中しているということになる。これはいったい何を意味するのだろうか。徐教授はこの地域の基盤の堆積岩類がもともとタングステンに富んでおり早期燕山期の花崗岩化作用によって生成した花崗岩の活動でさらにタングステンが濃集され鉱床の形成に至ったと考えておられるようである。先

第7表 中国のタングステン鉱床(徐克勤による)

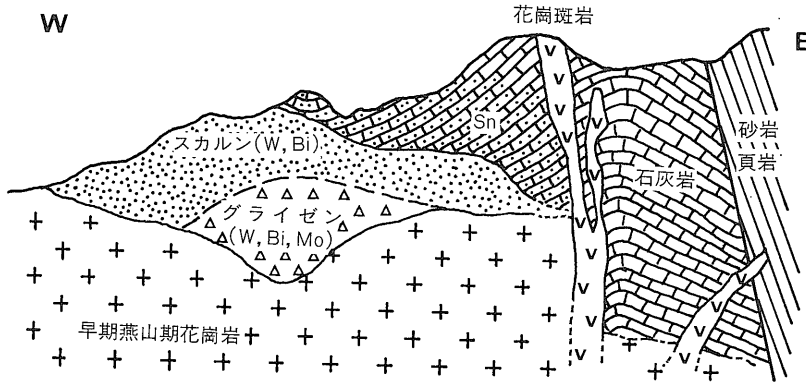
| 型 | 例 | |
|------------------------|---|-------------------|
| (1) 熱水性鉄マンガン重石石英脈鉱床 | 西華山(Xihua Shan) 蕩坪(Dangping) 大龍山(Dalong Shan) 漂塘(Piaotang) 盤古山(Pangushan) 燭美山(Guimeishan) 九龍腦(Jiulongnao) | などい ずれも 江西省 |
| (2) 灰重石スカルン鉱床 | 柿竹園(Shizhuyuan) 瑤崗山(Yaokangshan) 宝山(Baoshan) | 湖南省 江西省 |
| (3) 層状灰重石—輝安鉱—金鉱床 | | |
| (4) タングステンを含む赤鉄鉱層 | 楓林(Fungling) | 江西省 |
| (5) いわゆるポーフィリータングステン鉱床 | 陽儲嶺(Yangchuling) | 江西省 |

カンブリア紀からデボン紀の堆積岩で5~20ppm ときに60ppm に達するタングステンの分析値も得られているという。地球化学の教科書では地殻の平均値として1ppm 位の値が与えられているから上のデータが一般的なものであるなら確かにきわめてタングステンに富むと言えよう。花崗岩のタングステン含量も早期燕山期のものは後期燕山期のものに比べ高いという。

2) スカルン鉱床

前回にも述べたようにスカルン鉱床は石英脈鉱床とともに最も重要なタングステン供給源である。わが国でも山口県藤谷・玖珂などの鉱床からはこれまで多量の灰重石が採掘されてきた。中国では大きなタングステンスカルン鉱床が南嶺山脈附近に分布する。なかでも湖南省南東部にある柿竹園(Shizhuyuan)および瑤崗山(Yaokangshan)は規模が大きい。柿竹園鉱床は金属量にして100万トンのタングステンを含むとのことであるから世界でも最大級の鉱床であろう。この鉱床について2件の発表があった。

王昌烈(Wan Changlie)らおよび楊超群(Yang Chaogun)によると柿竹園鉱床はデボン紀の石灰岩とこれを貫く早期燕山期の花崗岩との接触部に生成したものでスカルンにグライゼン変質が重複していることで特徴づけられる。石灰岩は泥質もしくはドロマイト質のもので花崗岩体は主に中~細粒のモンゾニ岩質黒雲母花崗岩(170~140Ma)からなり花崗斑岩や石英斑岩の岩脈も見られる。これらの岩脈に伴う鉛・亜鉛の鉱石も見られるが鉱化作用の主体は花崗岩の貫入によりもたらされたタングステンでスズ・モリブデン・ピスマス・ベ



第17図
湖南省柿竹園鉱床の模式断面図
(程裕洪ら, 1979, 楊超群ら,
1980より)。

リウムなどを伴っている。螢石も多量に含まれ経済的に回収できる可能性がある。

鉱床は花崗岩体上にルーフペンダント状にのる石灰岩を交代したもので 東西に600~800m 南北に1000m以上の広がりを持ち 厚さも200~500mに達するという。(第17図)。 鉱物組合せに基づいて 鉱床は上部から下部へ (1)石灰岩中の網状錫石鉱体 (2)灰重石を含むスカルン帯 (3)灰重石と鉄マンガン重石を含むグライゼンに大別される。(2)と(3)の境界部ではグライゼン鉱石がスカルン鉱石を網状に切り 大きく見れば両者は漸移関係にある。この鉱床中のタングステンの2/3は灰重石として(2)のスカルン中に産すると見積もられる。このスカルン帯には珪灰石・ベスプ石・透輝石・角閃石・ざくろ石などが脈石鉱物として含まれる。残りの約1/3のタングステンは灰重石および鉄マンガン重石としてグライゼン中に産し その量はおよそ2:1である。鉄マンガン重石のFe/Mn比は0.9~3.5で 鉄に富むものにはかなり多くのニオブが含まれる(~1.5%Nb₂O₅)。ピスマスやモリブデンは鉱床の下部に多い。

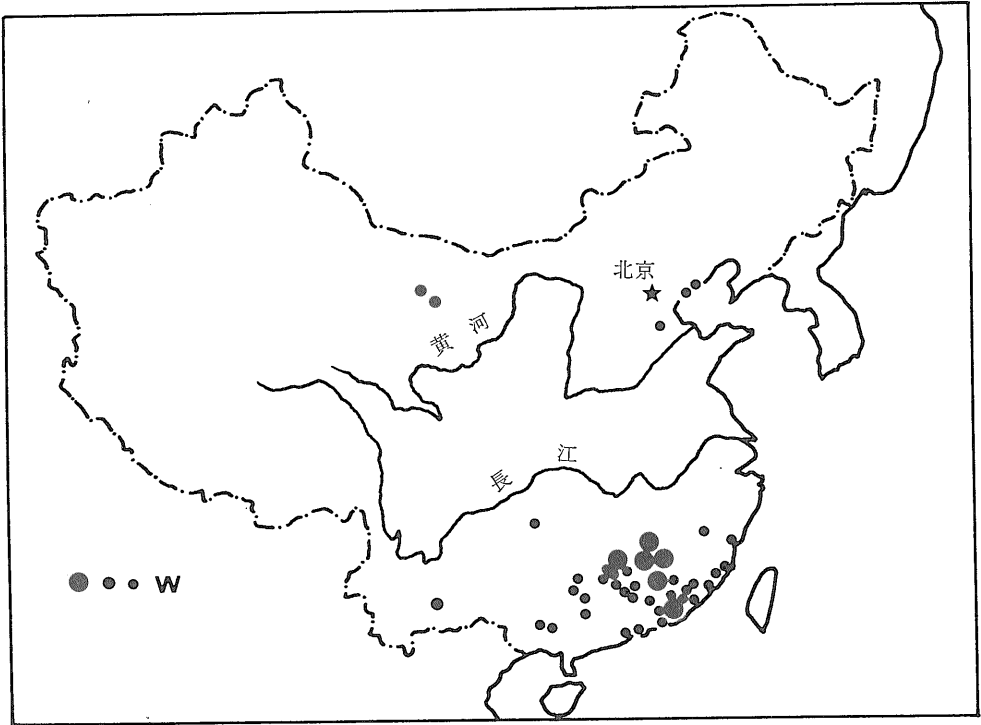
この鉱床は スズ(錫石)やフッ素(螢石・トバズ)に富むこと ベリリウム鉱物(ベリル・ヘルピン属鉱物・クリソベリル・フェナカイトなど)を含むことなど日本のチタン鉄鉱系花崗岩に伴う鉱床の特性をそなえていると言える。 楊によれば花崗岩のFe₂O₃/FeO比は0.2~0.5とのことである。これはチタン鉄鉱系の値(<0.5)に相当し上に述べた鉱床の特性と矛盾しない。しかし鉱床中のモリブデン含量はかなり高く タングステンの1/5~1/4に達するらしい。微量量ながら灰重石中にもモリブデンが含まれているという。これらは日本のチタン鉄鉱系花崗岩に伴う鉱床には見られない特徴である。このように モリブデンに富むという点では 日本で得られた鉱床と花崗岩系列との間の規則性が当てはまらない鉱床とも言えよう。

3) 層状タングステン鉱床

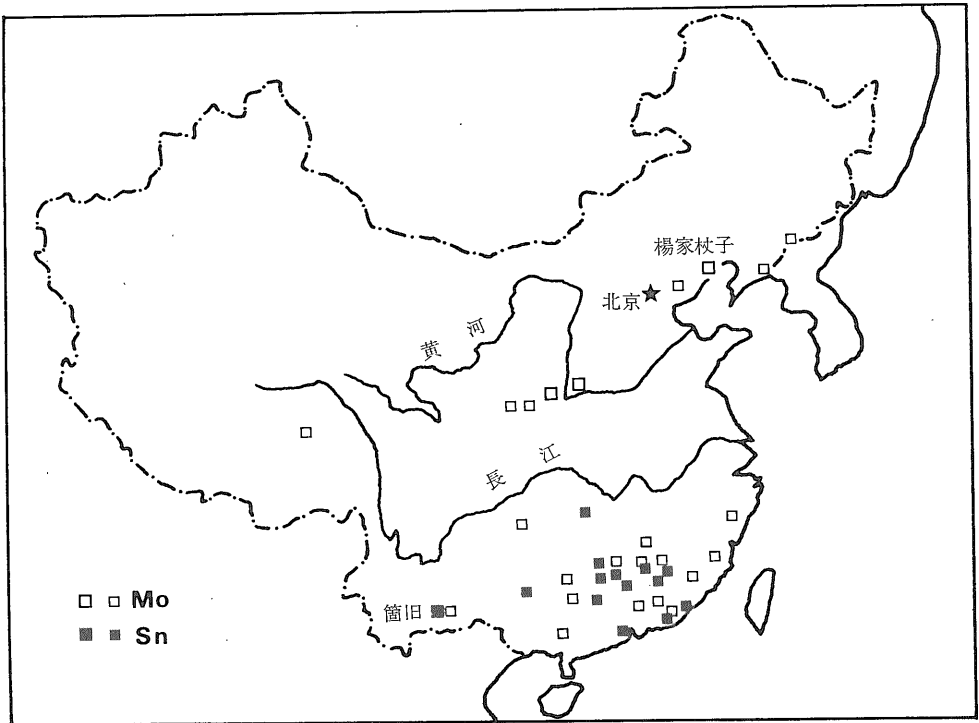
中国広西壮族自治区中央部の大明山(Damingshan)附近には 層状のタングステン鉱床が発見されている。これは第6表の分類のいずれの型にも当てはまりそうもない鉱床である。講演会に提出された2編の要旨(Ma Ling Qing and Feng Qanun Yao および Wan Bing による)をもとに これについて簡単に紹介しよう。この鉱床はカンブリア紀層に不整合にのる下部デボン系の砂岩層中に胚胎する。厚さ12~40m WO₃ 0.1~0.5%の鉱層が2000m×3000mにわたって地層面に平行に広がっているというから WO₃にして数10万トン規模の鉱床ということになるだろうか。 鉱石中にはFeWO₄に近い組成をもつ細粒の鉄マンガン重石が縞状に含まれ 葉理や斜層理のような堆積構造がみられる。著者らはいずれもこれがもともと砂鉱床として堆積したものであると考えている。ただし鉱床の成因はもう少し複雑のようである。附近には三疊紀・早期燕山期・後期燕山期などの花崗岩類の小岩体がみられ 後期燕山期(110~86Ma)の白雲母花崗斑岩中には鉄マンガン重石石英脈が網状に胚胎している。カンブリア紀層や鉱層を含むデボン紀層中にも鉄マンガン重石石英脈が見られるという。このような事から両著者とも花崗岩類の作用によるタングステンの再移動があったことを認めているが 鉱層の性質が水平方に均一で 花崗岩体と明瞭な相互関係を示さないことから 基本的には堆積性鉱床であるとした。 鉱層周辺の堆積岩のタングステン含量も普通の堆積岩に比べずっと高いらしい。そのタングステンの存在形態や鉱石そのものの組織などたいへんに興味のもたれるところである。

4) 広域分布—タングステン・スズ・モリブデン

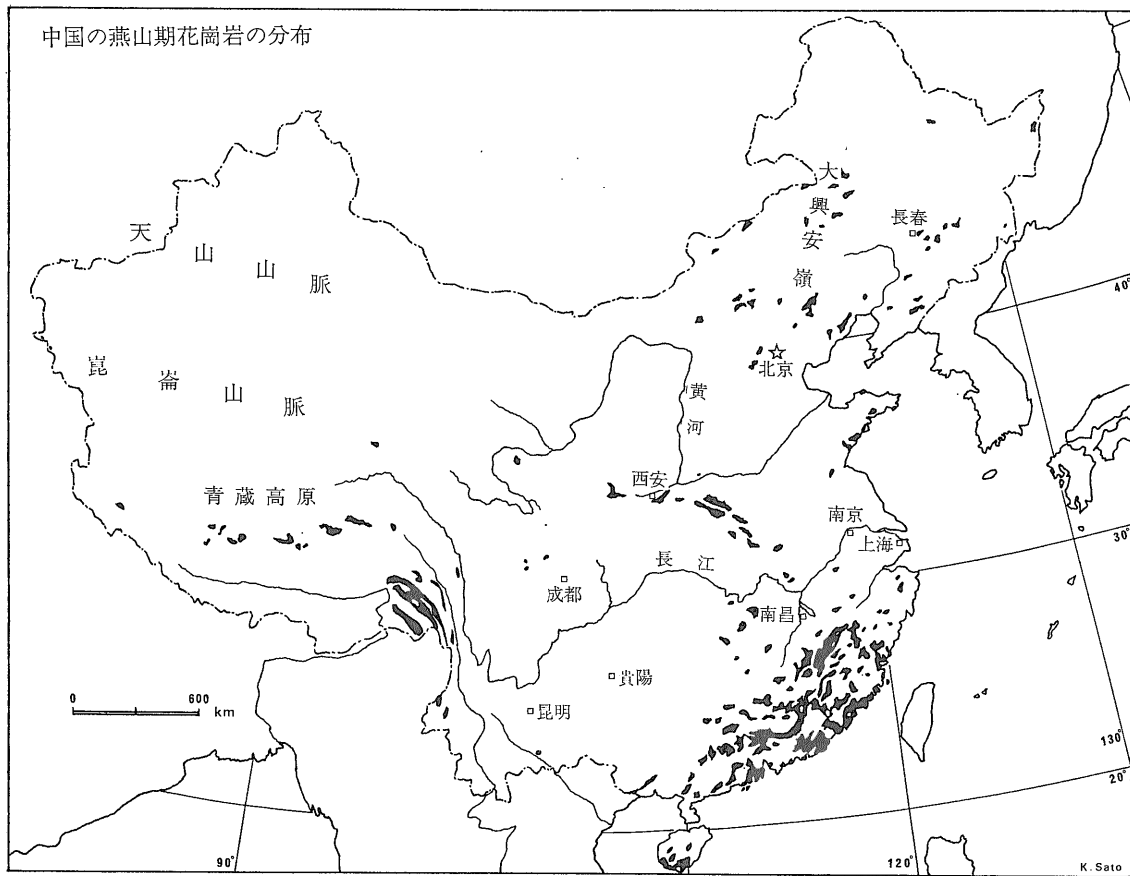
中国全土のタングステン鉱床の分布を第18図に示した。 鉱床の位置や大きさの表示は 厳密に正確というわけにはいかないかもしれないが タングステン鉱床が中国南



第18図 中国のタングステン鉱床の分布 (金属鉱業事業団海外資料88号より).



第19図 中国のスズ・モリブデン鉱床の分布 (引用文献は第18図と同じ).



第20図 中国の燕山期花崗岩の分布 (中国地質科学院編集の 1973年版 1/15000000 中国地質図より作成. 1976年版 1/4000000 地質図を参考にして一部を修正してある).

東部に集中しているということは間違いない。私たちはこの中心部を訪問したわけである。そしてこれらの鉱床の主なものが早期燕山期の花崗岩に伴って生成したことはすでに述べたとおりである。

比較のために 第19図にスズ・モリブデン鉱床の分布を示した。スズ鉱床も中国南東部に限られ タングステン鉱床の分布と重複している。江西省附近のスズは多分タングステン鉱床中に産するものであろう。古くから有名な雲南省のスズはベトナム国境に近い箇旧 (Gejiu) 附近に産する。雲南省の地質図によると この附近は三疊紀の堆積岩類とこれを貫く燕山期の花崗岩からなる。スズはこの花崗岩に伴う鉱床あるいはそれに由来する砂鉱床からもたらされたものらしい。Juan (1946) によると 花崗岩に近い石灰岩中に錫石が塊状または脈状の鉱石として産するという。

第19図を見るとモリブデンの分布はかなり広い。しかし大きな鉱床は北部にあって 中国で最も重要な鉱床と言われる揚家杖子 (Yangjiazhangzi) は遼寧省錦西の

近くにある。この鉱床はジュラ紀の花崗岩に伴うスカルン型のモリブデン鉱床で 鉱体中の金雲母について183 Ma の年代データが得られている (武内, 1979; Ishihara and Shibata, 1980)。中国の南東部にも多数のモリブデン産地があるが 大余附近の例や柿竹園鉱床について述べたように これらの少くとも一部はタングステン鉱床中に産するものと思われる。個々の鉱床あるいはこの地域全体としてのMo/(W+Sn) の量比を知ることは今後の考察で重要であろう。

さて以上のことから まず 中国の主要なタングステン・スズ・モリブデン鉱床は燕山期の花崗岩活動に伴って生成したと指適される。第20図には燕山期の花崗岩の分布を示した。鉱床と花崗岩の分布はよく調和している。とくに タングステン鉱床が密集する中国南東部には 燕山期花崗岩が広く分布していることが注目されよう。中国にはこれより古い古生代の花崗岩が崑崙山脈や天山山脈あるいは北の国境附近に広く分布してい

る。しかしそのあたりには鉱床がみられない。タングステン・スズ・モリブデンの鉱化作用が本当にこれら古い花崗岩には伴わず燕山期の花崗岩にのみ関係したのだとするとそれは何故だろうか。また燕山期をさらに細かくみると後期(白亜紀)の花崗岩は主に太平洋岸の福建・浙江両省や西安から東南東に延びる構造帯に分布するがそれらにはタングステンの鉱化作用をほとんど伴っていないという(徐教授による)。花崗岩活動の性質は時代により異っていたのではなからうか。この推測は前回の報告で提示した問題すなわち花崗岩と鉱床の性質の時代的変遷ということとも関連してくる。このような変遷があるのか無いのかあるとすれば何故なのか中国はこのような主題を考えるうえで恰好の素材を提供してくれるフィールドのように思われる。

第18—20図について次に指適しておかなければならない重要な点は南北の著しい違いである。すなわちタングステンとスズはほとんどすべて南にモリブデンの主要鉱床は北に分布するという傾向がある。これらの鉱床が分布する中国東南部の花崗岩に注目しても南では東南端に集中するのに対し北では黄海附近から大興安嶺を経て遠くソ連のバイカル湖に至るまで広い範囲に散らばっているという違いが認められる。

それでは目を朝鮮半島にまで広げてみたらどうなるのであろうか。前回述べたように朝鮮半島には多量のタングステンが産する。ここにはジュラ紀の大室花崗岩が広く分布するからタングステン鉱床もジュラ紀に生成した可能性が強く中国南東部のタングステン地帯と一続きのゾーンとしてとらえることができるのではないかと期待される。ところが朝鮮半島でもっとも大きな鉱床の1つである太白山地域の上東鉱床は周辺の鉛・亜鉛鉱床とともに白亜紀(後期)に形成されたことが明らかにされている(たとえば Sato et al., 1981 b)。これに対し中国南部の白亜紀花崗岩には顕著なタングステンの鉱化作用を伴わないと言われている。どうも南北は簡単につながりそうもない。勿論朝鮮半島にはジュラ紀にもタングステンの鉱化作用があったという可能性は依然として強く残されている。とくに半島北部には白亜紀の花崗岩類がほとんどみられないからである。もしそうなら朝鮮半島から中国南東部に至るジュラ紀の“タングステンベルト”を想定することができよう。この場合朝鮮半島には主にタングステンが中国東北部には主にモリブデンが存在するという帯状配列があるように見える。白亜紀を含めてもタングステンが半島側すなわち太平洋側に多いという傾向は確かであろう。しかし類似の傾向を揚子江の南側に捜そうとしても第

18・19図からそれを見出すことは難かしい。あえて華南のタングステンに対するモリブデンを求めようとする西安附近まで内陸に入らなければならないのだがこのやり方は花崗岩の分布形態からみて何となく奇異な感じを受ける。それでは次にスズについて調べてみよう。

華南のタングステン地域には多量のスズが産するが朝鮮半島ではタングステンの他にスズも産するのだろうか。残念ながらこれも期待に反し少くとも半島南部には顕著なスズの鉱化作用は見られないのである。上東鉱床の近くにはスズ鉱床があるがこれはおそらく先カンブリア紀に生成したものでその規模はごく小さいといわれる。朝鮮半島の鉱床分布図(Geological Survey of Korea, 1966)を見ると半島北部にもたった1つ Pyongan という鉱床がプロットされているだけである。どうやら朝鮮半島はスズに乏しい地域だと言えそうである。こうしてスズに注目しても南北の違いが目立つのである。それでは太平洋岸を北に向くとスズが少なくなるという横方向の変化でもあるのだろうか。しかしこれもそう単純ではなくもっと北のシホテアリン地域に行くと再び多量のスズが見出される(石原, 1980)。

以上のように中国東部から朝鮮半島にわたる太平洋岸の花崗岩とタングステン・スズ・モリブデン鉱床を単一のベルトという枠組の中でとらえようとするといろいろな点に無理が生じむしろ南北の違いの方が目立ってくるというわけである。勿論この結論は主に第18—20図に基づくものであって議論をより精密なものにするためには各地域の鉱化時期と金属量比をきちんと把握しなければならないことは言うまでもない。しかし残念ながらそのような具体的な資料が私の手もとには無い。このような不確かさはあるにしてもやはり北部と南部は別の地質単元として分けて考える方が良いのではないかとというのが私の意見である。鮮新世以後というきわめて新しい時代の火山岩の分布(佐藤信次 岩波書店「世界の地質」P.324)を見ても南北の間には著しい違いがあり北側では内陸深くまで火成活動が及んでいることがわかる。北側は中生代から現在に至るまで広い範囲にわたってずっと“熱い”地域であり長い地質時代にわたって南側とは異なる歴史的過程を経たということなのかも知れない。中国の地質図を見ると崑崙山脈から西安附近を通して東に伸びる花崗岩の列が目される。これは東に向って次第に若くなり西安東方のものは白亜紀とされている。これこそ南北を分ける境界(構造帯)にふさわしいように思えるのだがどうだろうか。

以上花崗岩活動とタングステン・スズ・モリブデンの

鉍化作用に関して 時代的にも地域的にも大きな違いがあるらしいということ述べた。今回のシンポジウムで得られた情報や日本列島および朝鮮半島などに関する知識を基にすると きわめて大ざっぱではあるが 次のように予想されよう。ジュラ紀には 中国南東部にチタン鉄鉍系 北部に磁鉄鉍系を主とする花崗岩活動があり それぞれタングステン(±スズ・モリブデン)とモリブデン鉍床が形成された。北部では太平洋側に向かって活動の性質が変化し 朝鮮半島(とくに南部)ではチタン鉄鉍系が主となりタングステン鉍床も形成された。白亜紀になると華南の太平洋岸と西安東部および朝鮮半島南部から北九州にかけて磁鉄鉍系花崗岩が形成されたが伴う鉍床は南側でモリブデン北側でタングステン(±モリブデン)というように南北で異っていた。西南日本主要部ではチタン鉄鉍系花崗岩が卓越しタングステン(±スズ)の鉍化作用を生じたが シホテアリン地域には浅成のスズの鉍化作用がおこる一方で磁鉄鉍系花崗岩も生成したらしい。

大陸地域についての入手可能な定量的データはまだごく限られているため 検討が進むにつれて上記の予想は当然修正されるであろうし 日本で得られた花崗岩と鉍床との間の対応関係がそのままの形では当てはまらないという例も出て来るだろう。より広い地域のより多くの例を検討することによって さらに高次の規則性が得られるに違いない。将来東アジア地域の地質家の国境を越えた相互協力がいっそう進み この地域の火成作用と鉍化作用の全体像が解明されることを期待して筆を置くことにしたい。

8 おわりに

今回私が訪問したのは 江西省という広大な中国の中の1省に過ぎない。滞在期間も2週間というきわめて短いものであった。しかし この間に鉍山見学や講演を通じて タングステン鉍床についての知識を広めることができたのは幸運であった。シンポジウムを準備された中国の方々に謝意を表したい。

この報告は中国滞在中に得た見聞をもとにして書いたものであるが 既存の文献も参照した。用いた図面のほとんどは既存の文献から採用したものである。これは 原稿を書く時点で講演会での発表内容が印刷公表されていなかったためと これらの図面を用いることによって どのような見方でシンポジウムに参加してきたかということを示しでも明確にしておきたかったためでもある。勿論紙数の都合もあって シンポジウムのすべてが紹介されているわけではない。いずれも公表される

論文集やここで引用した文献なども参照していただければ幸いである。

なお地質の部分を書くに当っては私の同僚にお世話になった。岸本文男・小村幸二郎の両氏から文献についてご教示いただき 佐藤岱生氏には ACF 図を作成していただいた。石原舜三氏からは数々の助言をうけた。以上の方々に深謝する次第である。

また中国の歴史に関しては 帰国後いくつかの手近かな書籍を参照させていただいた。主なものは A. スメドレー「偉大なる道」 岩井・野原「中国現代史」 貝塚「毛沢東伝」(以上岩波書店) 中嶋「中国現代史」(有斐閣) 野村「人民中国の誕生」(講談社) などである。

最後に 渡航にかかる費用を支給された国際協力事業団に感謝します。

主な参考文献

- 程裕洪・陳毓川・趙一鳴(1979): 鉍床生成系問題概論。中国地質科学院報, 1, 32—58 (中国語)。
- Hobbs, S. W. and Elliott, J. E. (1973): Tungsten. U. S. Geol. Surv. Prof. Paper 820, 667—678.
- Hosking, K. F. G. (1973): The search for tungsten deposits. Geol. Soc. Malaysia Bull., no. 5, 70p.
- Imai, H. (1978): Geological Studies of the Mineral Deposits in Japan and East Asia. Univ. Tokyo Press, 392p.
- 石原舜三(1973): Mo-W 鉍床生成区と花崗岩岩石区。鉍山地質, 23, 13—32.
- Ishihara, S. (1977): The magnetite-series and ilmenite-series granitic rocks. Mining Geol., 27, 293—305.
- (1979): Lateral variation of magnetic susceptibility of the Japanese granitoids. J. Geol. Soc. Japan, 85, 509—523.
- (1980): Significance of the magnetite-series and ilmenite-series of granitoids in mineral exploration. Proc. 5th IAGOD Symp., E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung Germany, Stuttgart, 309—312.
- 石原舜三(1980): ソ連プリモリーエの錫鉍床。地質ニュース, 308号, 36—45.
- Ishihara, S. and Shibata, K. (1980): Mineralization age of the Yangjia-zhangzi molybdenum deposit, China. Mining Geol., 30, 27—29.
- Juan, V. C. (1946): Mineral resources of China. Econ. Geol., 41, 399—474.
- Parrish, I. S. (1977): Mineral catalogue for the Mount Pleasant deposits of Brunswick Tin Mines. Can. Mineral., 15, 121—126.
- Petruk, W. (1973): The tungsten-bismuth-molybdenum deposit of Brunswick Tin Mines Limited: Its mode

of occurrence, mineralogy and amenability to mineral beneficiation. CIM Bull., 66, no. 732, 113—130.

Sasaki, A. and Ishihara, S. (1979): Sulfur isotopic composition of the magnetite-series and ilmenite-series granitoids in Japan. Contrib. Mineral. Petrol., 68, 107—115.

—— (1980): Sulfur isotope characteristics of granitoids and related mineral deposits in Japan. Proc. 5th IAGOD Symp., Snowbird, Utah, 1978, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung Germany, Stuttgart, 325—335.

Sato, K. (1980a): Distribution of fluorite deposits in Japanese islands. Mineral. Deposita, 15, 327—334.

—— (1980b): Tungsten skarn deposit of the Fujigatani mine, Southwest Japan. Econ. Geol., 75, 1066—1082.

佐藤興平・石原舜三 (1980): 甲府花崗岩体の磁鉄鉱系/チタン鉄鉱系花崗岩類. 鉱山地質, 31, 56.

Sato, K., Shimazaki, H. and Chon, H. T. (1981a): Sulfur isotopes of the ore deposits related to felsic magmatism in the southern Korean peninsula. Mining Geol., 31, 321—326.

Sato, K., Shibata, K., Uchiumi, S. and Shimazaki, H. (1981b): Mineralization age of the Shimyeni Zn-Pb-Mo deposit, Taebaegsan area, southern Korean peninsula. Mining Geol., 31, 333—336.

Shimazaki, H. (1980): Characteristics of skarn deposits and related acid magmatism in Japan. Econ. Geol., 75, 173—183.

Takahashi, M., Aramaki, S. and Ishihara, S. (1980): Magnetite-series/ilmenite-series. vs. I-type/S-type granitoids. Mining Geol., Spec. Issue no. 8, 13—28.

武内寿久彌 (1980): 中国の金属鉱床を見学して. 鉱山地質, 29, 334—340.

立見辰雄 (1979): 中国国家地質総局, 長春地質学院および南京大学地質系の概況, 地質雑, 85, 599—603

Wones, D. R. (1981): Mafic silicates as indicators of intensive variables in granitic magmas. Mining Geol, 31, 191—212.

Yan, M. Z., Wu, Y. L. and Li, C. Y. (1980): Metallogenic systems of tungsten in southeast China. Mining Geol., Spec. Issue no. 8, 215—222.

楊超群, 田煥章・楊世義 (1980): 湖南省の網状グライゼン—スカルン複合型 W-Bi-Mo 鉱床. 中国地質科学院宜昌地質鉱産研究所分刊, 1, 76—93 (中国語).

地学と切手

コンゴ大型動物 2 種の切手

P. Q.

1970年にコンゴ共和国から発行された先史世界動物切手から2種を紹介したい。

ケントロサウルス 15 F

ジュラ紀後期 東アフリカに棲息した恐竜で鳥盤目に属する。外形は剣竜のステゴザウルスによく似て背中に棘があるが 対になっているのがステゴザウルスとは異なる。ある学者はこの動物は2本足にもなれたと考えているので 外敵と闘う時はステゴザウルスよりも有利だっただろう。いずれにしてもステゴザウルスと同様に脳は小さく 利口な方ではなかったらしい。草食で陸地に住んでいた。 体長約5m.

アルソノイテリウム 80 F

重脚目を代表する漸新世前期 エジプトに産する動物。古第三紀初頭まで 北アフリカはテーチス海に覆われてエジプト全体は古ナイル川の河口だった。 そのあたりには原始的なクジラ・ジュゴン・ウミヘビ・サメ・ワニなどが広大な河口に泳いでいたが, 漸新世には海はようやく北へ退きはじめ ここは森林とサバンナに覆われた河口三角州地域となり 多くの大型動物が住んでいた。今ではカイロから西南約100kmのところにあるファユーム累層から産出する豊富な化石が それを示している。



ファユームの陸上哺乳動物の最大のものが 体長3～4mにわたる4本脚のアルソノイテリウムである。鼻の上に大きなのが2本 さらに目の上に小さなのが2本ついていて 足はあくまで太く サイとゾウにも劣らない堂々とした威容を誇っていた。 大きな2本のツノは若い時は軟骨で、年をとると硬くなった。そして武器として使用された。草食だったが同時に生きていたトラの先祖にさえ恐れられた。アルソノイテリウムはその祖先も子孫も判明せず 種としての寿命は短く 絶滅している。