

中国箇旧の花崗岩と錫鉱床

佐藤 興平 (鉱床部)

KOHEI Sato

1. はじめに

中国南東部は世界でもっとも錫・タングステンに富む地域の一つである (佐藤, 1982; 1984). なかでも雲南省の箇旧鉱床は中国最大の錫鉱床として古くから知られており 開発の歴史は2000年を越えるという. 人民中国の建国以来総合的な探査・開発が進められ 現在は雲南錫業公司 (Yunnan Tin Corporation) が探査から精練までの一貫した生産活動を行い 約5万人の人々が働いている. その錫生産量は年間1万tのオーダーであり 中国の全生産量の4分の3を占めると言われる^{注1)}.

箇旧鉱床は有名であるにもかかわらず 日本では具体的に紹介されたことが無く その実態が不明のままであった. 1987年10月末筆者は 錫・タングステン花崗岩に関する IGCP のシンポジウム^{注2)}の一環として実施された箇旧鉱床の見学会に参加することができたので 箇旧付近の花崗岩と錫鉱床について簡単に紹介したい. 講演会が行われた桂林から雲南省省都の昆明まで中国民航のジェット機で約1時間半 昆明からは小型バスで9時間余りの旅であった. 海拔 2000m 前後の高原地帯

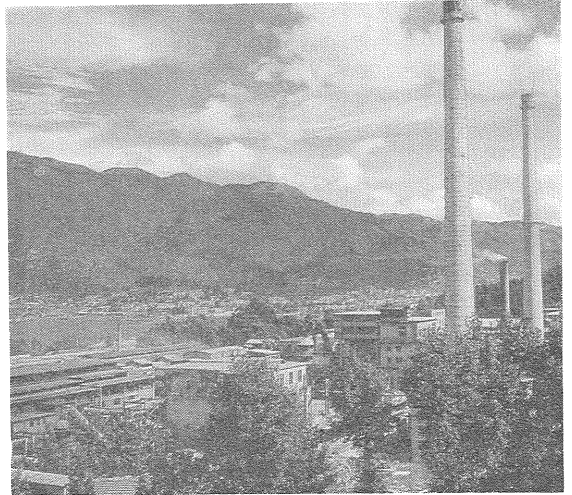
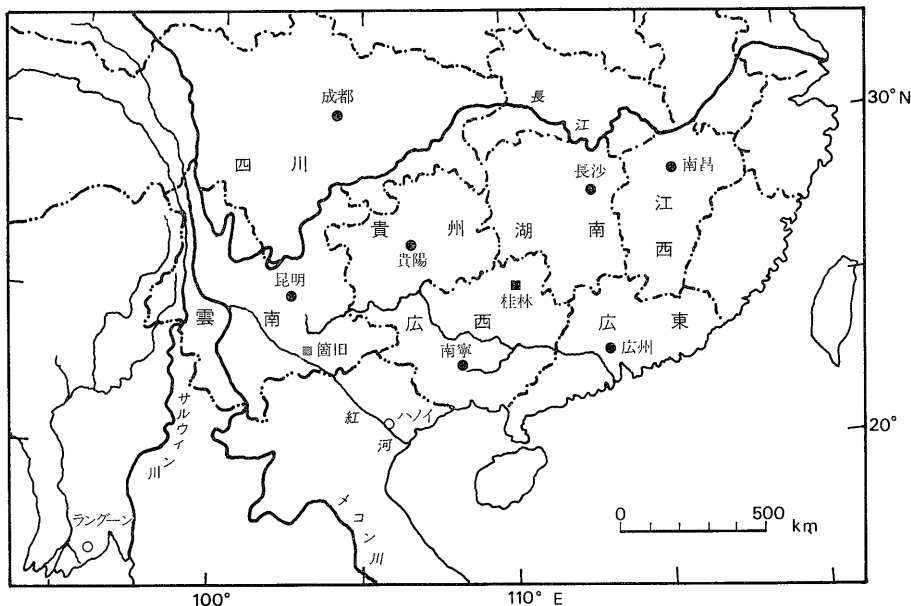
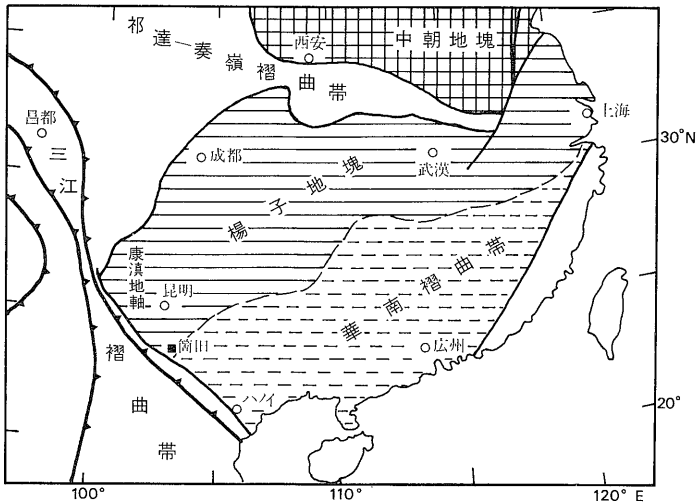


写真 1 箇旧市の景観. 精練所から南東方向に市の中心部を見る. 背景の山の麓を箇旧断層が通る. 写真は雲南錫業公司のカタログから.

には 南国の太陽に照らされて水田や砂焼きび畑がどこまでも広がり 色鮮やかな服装の少数民族が行きかう. 長い間の念願であった箇旧訪問は 「熱烈歓迎」のなかで充実した3日間となった.



第1図 中国南部



第2図 中国南東部の地質構造区分。

季(1982)・郭ほか(1982)・黄(1984)などを参照。詳細は研究者により異なる。三角付き太線はかつてのプレート境界 (Suture line) を示す。

2. 箇旧地域の概略

箇旧 (Gejiu) は昆明 (Kunming) の南約 200 km 雲南省南部の高原地帯にあり 紅河上流の元江 (Yuanjian) 河谷を越えれば 60km 余りでベトナム国境に達する (第1図)。箇旧地域には古生代-三疊紀の地層が厚く発達し これを貫く燕山期 (Yanshanian) の花崗岩に伴って大規模な錫鉱床が形成されている。この地域は楊子陸塊の南西端に位置し 元江を境にして南西側には三江褶曲帯が広がる (第2図)。元江ぞいに分布する哀牢山 (Ailaoshan) 変成帯は かつてのプレート境界と考えられている。楊子陸塊-華南 (カドニア) 褶曲帯の南西部では 昆明の西側を南北に走る康滇 (Kangdian) 地軸とハノイ北方の北ベトナム陸塊に先カンブリア紀-古生代の古い地層が露出するが 両者には生まれた箇旧付近は主に三疊紀の堆積岩類で占められている。

第3図には箇旧付近の地質の概略を示した。この図の範囲では 古生層は図の北西部にわずかに露出するのみで ジュラ紀以後の地層は基本的に欠除し 堆積岩類はほとんどすべて三疊系からなる。ただし山間盆地や元江河谷には 第三紀-第四紀の砂岩や泥岩がわずかに分布する。箇旧地域の三疊系は 主に図の北西部に分布する法郎 (Falang) 累層と主に南東部に分布する箇旧累層に分けられる。法郎累層は泥岩・泥質石灰岩が卓越し 箇旧累層はドロマイト質石灰岩からなる。両累層とも苦鉄質な火山岩層をはさむことがある。最近の調査で 箇旧累層は藻類の化石に富み一部にはエバポライト層も含まれることが判明したという。この付近に三疊紀のリフトシステムを想定する考えもある。

この地域の三疊系は 北北東-南南西方向の軸をもつ

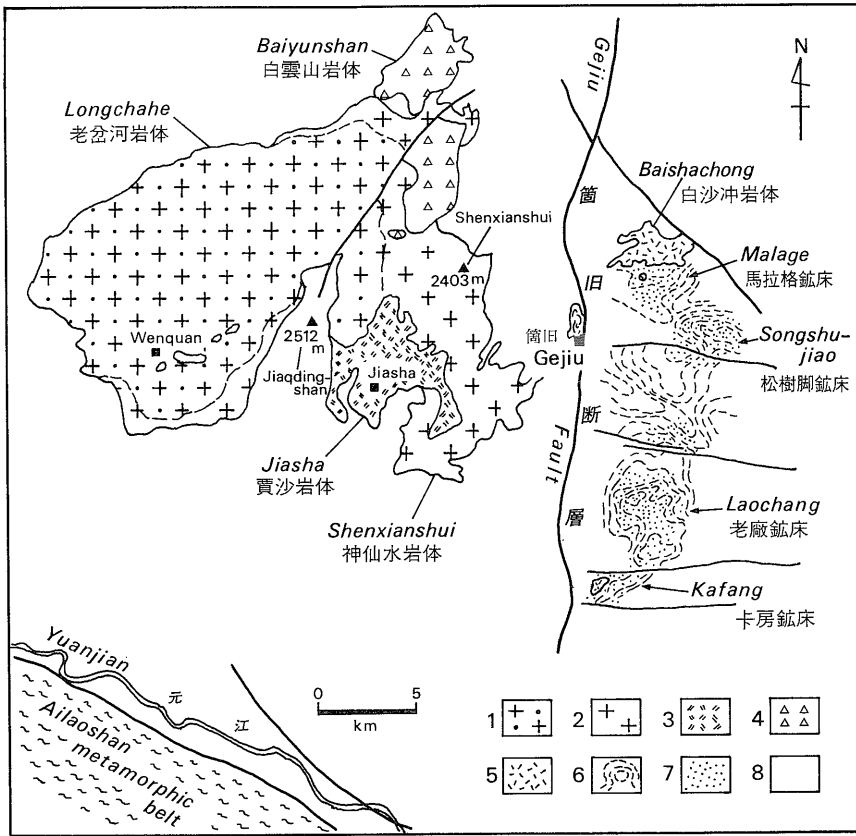
て緩やかに褶曲し 地層の傾斜はせいぜい 10° ~ 20° 程度である。箇旧断層東側の鉱床地帯は背斜軸に当る。燕山期 (ジュラ紀-白亜紀) には花崗岩類が貫入し 主に箇旧累層との接触部に錫鉱床が形成された。その後長い間削割されて 第四紀には鉱床の一部が地表に現われ砂鉱床が形成された。箇旧断層をはじめとする南北系の大きな断層は 地形に明瞭に現われており比較的新しいものと推定される。山間盆地には第四紀の堆積物が溜り田畑として開発され湖が点在する。箇旧市もこうした山間盆地の一つにある (写真1)。

箇旧の錫鉱床はほとんどすべて箇旧断層の東側に分布する。これまでかなり探査されたのにもかかわらず断層の西側には採掘に足る大きな鉱床は見つかっていないという。何故であろうか。以下この点を念頭において 花崗岩と鉱床の特徴を調べてみよう。

3. 花崗岩

箇旧の花崗岩類は 320km^2 余りの露出面積をもつから その規模は 日本の例と比べると 甲府岩体の半分程度と言えよう。花崗岩類の大部分は箇旧断層の西側に露出する (第3図)。断層の東側には 鉱床の下位に花崗岩体の伏在が予想されているが その一部が馬拉格 (Malage) 鉱床および卡房 (Kafang) 鉱床で地表に小規模に露出するに過ぎない。

この地域の花崗岩類については 53~147 Ma の放射年代値が報告されている。この年代データには信頼度の低いものもあって再検討を要するが 鉱化時期は後期白亜紀の 70~90Ma 頃と考えられるとのことであった。箇旧の鉱床研究者は この地域の花崗岩類がジュラ紀末



第3図 簡旧地域の地質概略図. 1.粗粒斑状黒雲母花崗岩 2.中-細粒黒雲母花崗岩 3.閃緑岩-石英モソゾナイト 4.閃長岩 5.中-細粒黒雲母花崗岩(東部岩体) 6.地下に伏在する花崗岩体の上面を示すコンター 7.錫鉱床の濃集地帯 8.三疊紀の堆積地帯(主にドロマイト質石灰岩). 汪(1983) 参照.

期から後期白亜紀にわたる長期間の火成活動で形成されたもので 分化の進んだ最末期に鉱床を形成したと考えているようである. つまり 簡旧断層の東西に露出する岩体は地下ではひと続きのもので 東側により分化した岩相が分布すると捉えている. しかし 見学会の間調査した限りにおいて 簡旧断層の東側と西側では花

崗岩類の特徴に著しい差異が見られ これが東側に大鉱床が分布し西側には見出されない一つの原因になっているのではないかと思われた. そこで まず簡旧の花崗岩類を西部岩体と東部岩体に分けて記述し 次に化学組成について検討してみよう.

1) 西部岩体—酸化型

西部岩体は簡旧市の西方に東西約 23km 南北約 15km にわたって露出し 4つの単元に区分される(第3図). これらは (1)閃緑岩-石英モソゾナイト質の賈沙(Jiasha)岩体 (2)中-細粒の黒雲母花崗岩からなる神仙水(Shenxianshui)岩体 (3)カリ長石斑晶の目立つ斑状黒雲母花崗岩を主とする老岔河(Lonchanhe)岩体 および (4)アルカリ岩質の白雲山(Baiyunshan)閃長岩体である. 老岔河岩体周辺部には 熱変成を受けた三疊紀層がゼノリスあるいはルーフペンダントとして見られる(第3図および写真2). 見学会では 上記のうち(1)-(3)を観察した.

神仙水岩体と老岔河岩体は野外で互いに漸移関係にあり 老岔河岩体の周辺部は神仙水岩体に似た等粒組織をもつことから 両者は一連のものと考えられている.



写真2 賈沙岩体北部から見た嶺頂山(Jiaqingshan, 標高2512m, 第3図参照). 山の上部は三疊紀の石灰石, 下部と前景の尾根は老岔河岩体の黒雲母花崗岩からなる.



写真3 老岔河岩体の斑状黒雲母花崗岩。写真は転石の風化面で カリ長石の斑晶(白色部)が目立つ。右上の帯磁率計は長さ19cm。

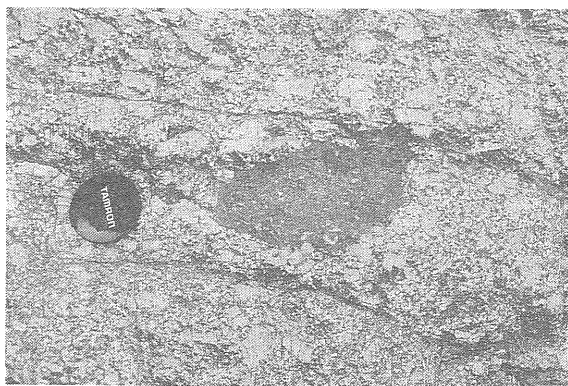


写真4 老岔河斑状黒雲母花崗岩に含まれる暗色包有物。温泉(Wenquan)の川底の露頭。

老岔河岩体は内部に向って粗粒かつ斑状になり カリ長石斑晶は通常2~4 cm であるが最大12cmに達するものもあるという。この斑状黒雲母花崗岩は一見マレーシア-インドネシアの錫鉱床地帯に分布する花崗岩に類似するが(写真3)より苦鉄質($\text{SiO}_2=67\%$)^{註3)}で暗色包有物を含むこと(写真4)と高い帯磁率を示す点で明瞭に異なる。Sn含有量も5 ppm以下だという。サナトリウムのある温泉(Wenquan, 位置は第3図参照)の川底に露出する新鮮な岩石で測定した帯磁率は $10\sim 14\times 10^{-8}$ S.I.であった。一方 神仙水岩体は老岔河岩体の主要部よりやや優白質で($\text{SiO}_2=73\%$) 2カ所の露頭での帯磁率は $8\sim 10\times 10^{-8}$ S.I.であった。両岩体とも副成分鉱物として磁鉄鉱とスフェーンを含むというから 高い帯磁率と合せて典型的な酸化型花崗岩^{註4)}の特徴を備えていると言えよう。これらは東部の岩体と比べSnだけで

なくFの含有量も低いとのことである。老岔河岩体について報告されている Rb-Sr 全岩年代は147Maで Sr 初生値は0.710 黒雲母のK-Ar年代は115Maである。

賈沙岩体はその北部と東部を上記の花崗岩に取り巻かれるような形で産し 境界部では閃緑岩質岩が丸みをおびた暗色包有物として花崗岩中に取り込まれたり花崗岩が閃緑岩中に浸み込んだ様な関係もみられ(写真5および6) 両者が一連の活動の産物であることを示唆する。この岩体の主要部は閃緑岩質であるが 岩体の西端部ははんれい岩質になる。主な苦鉄質鉱物は角閃石と黒雲母で少量の普通輝石もみられ 副成分鉱物としては磁鉄鉱とスフェーンが含まれる。観察した岩体北東部は細粒の閃緑岩質岩からなり 2カ所の露頭は $45\sim 50\times 10^{-8}$ S.I.という高い帯磁率を示した。この岩体の黒雲母について132 MaのK-Ar年代が得られているという。

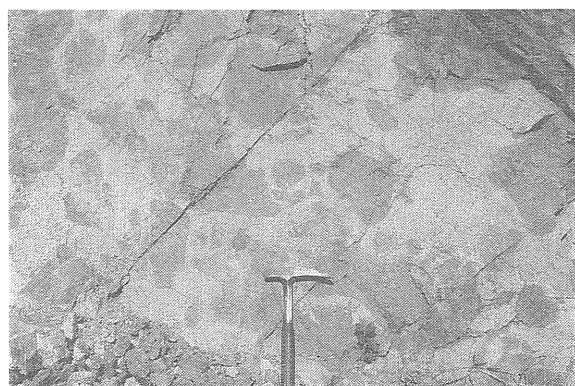


写真5 神仙水黒雲母花崗岩体の賈沙岩体近傍に見られる閃緑岩質暗色包有物。

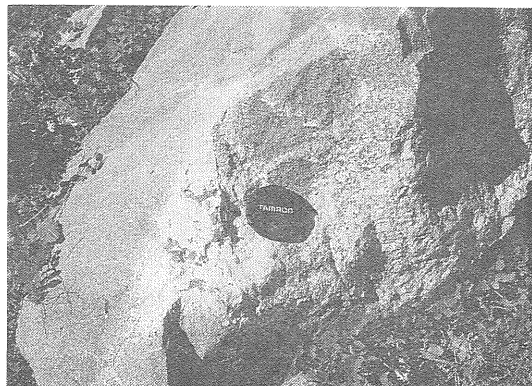


写真6 神仙水岩体(白色部)と賈沙岩体(灰色部)の境界にみられる漸移部。

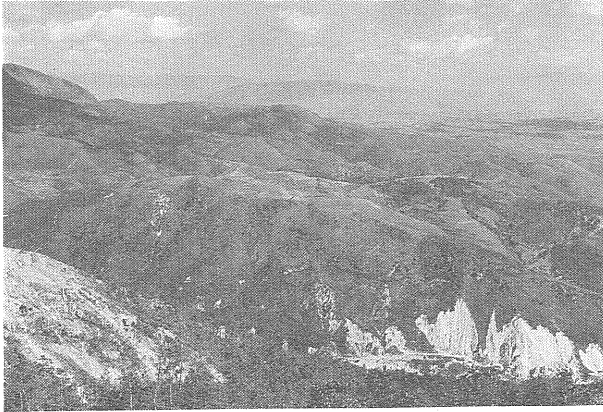
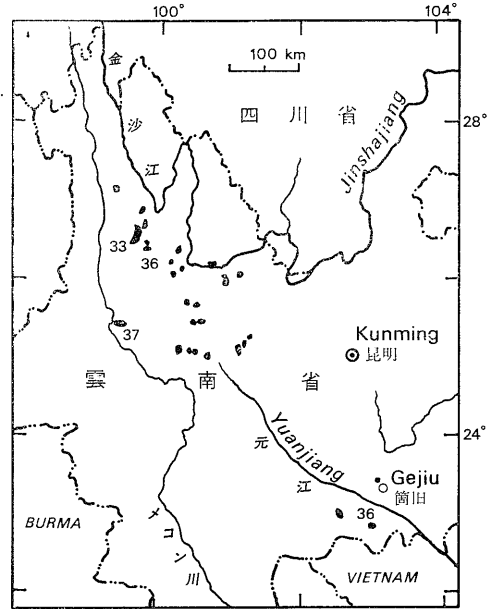


写真7 白沙沖岩体北縁部。岩体の位置は第3図参照。岩体南縁の打磨山から北方を見る。白色部はまさ化した黒雲母花崗岩。遠景は三疊紀の石灰岩からなり、この地域に特徴的な赤褐色の表土が広がる。



第4図 金沙江-元江断裂帯のアルカリ岩質貫入岩体の分布。数字は100万年単位(Ma)。Tu et al.(1984) 参照。

報告されたSr初生値は老沱河岩体にはほぼ等しく0.710である。

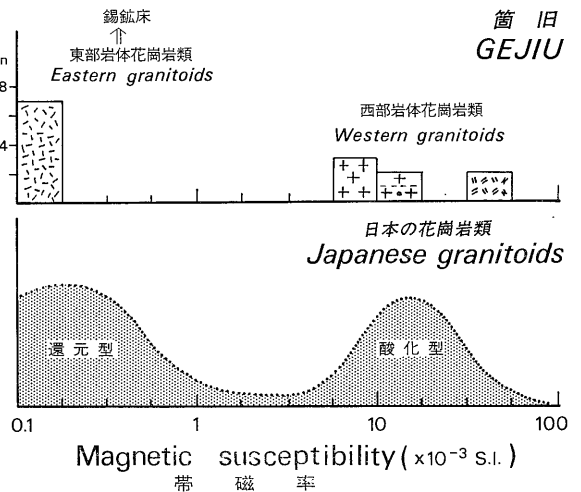
西部岩体の北端部に貫入した霞石閃長岩-閃長岩岩体については見学コースに含まれておらず産状や貫入時期の詳細が不明である。他の3岩体と著しく岩質の異なるこのアルカリ岩質岩体 ($\text{SiO}_2=58\%, \text{NaO}+\text{K}_2\text{O}=13\sim14\%$) が一連の火成活動で形成されたものかどうか疑問に思われる^{注5)}。第4図に示すように金沙江(Jinshajiang)-元江断裂帯にそって35 Maの頃活動した多数のアルカリ岩質岩体が分布している。箇旧の岩体もこの頃貫入したのかも知れない。いずれにしてもこの岩体を含め西部の岩体群には顕著な錫鉱床を伴わないことが特筆される。

世界の主な錫鉱床は還元型花崗岩に伴う。東南アジアの錫ベルトやイギリスのコーンウォール半島あるいは西南日本外帯など多くの例が知られている。したがって箇旧の西部岩体が酸化型に属するということはこの規則性と矛盾しない。それでは錫の鉱化を伴う東部岩体は還元型に属するのであろうか。

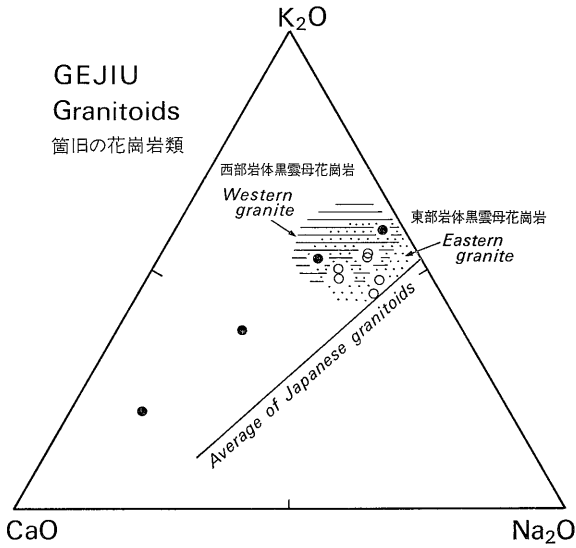
2) 東部岩体-還元型

東部岩体は大規模な錫鉱床を伴う。地表の露出は小規模だが花崗岩体は鉱床の下位に広く伏在すると予想され地下1000 m位まではボーリングによって岩体の形が把握されている(第3図)。地表に露出した花崗岩は馬拉格鉱床の北部に分布する白沙沖(Baishachong)岩体が最も大きく東西4 km南北2.5 kmの規模をもつ(写真7)。この南側には0.05km²の規模で花崗斑岩質の

岩株状衛星岩体がまたカ房鉱床にも小規模な花崗岩体が露出している。老廠(Laochang)鉱床でも地表下300m位の坑内で岩体の頂部が観察された(第9図)。これらの花崗岩体は中-細粒の黒雲母花崗岩($\text{SiO}_2=$



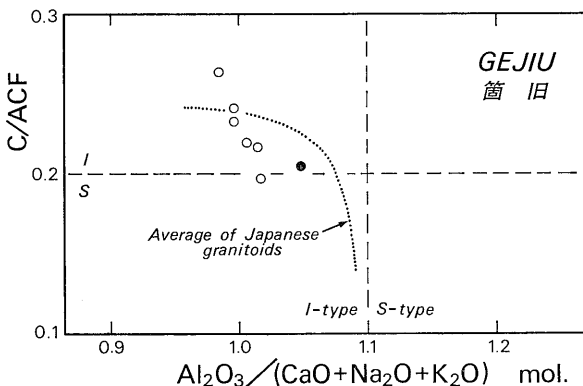
第5図 箇旧の花崗岩類の帯磁率。岩体の記号は第3図と同じ。東部岩体は 0.1×10^{-3} S.I.以下の測定値も含む。比較のため、日本の花崗岩類について1500個余りの帯磁率データ^{注7)}のおおよその頻度分布を示す。



第6図 箇旧地域の花崗岩類のCaO-Na₂O-K₂O重量比。
Wang and Yin (1984) と佐藤・石原 (1983) 参照。
黒丸, 西部岩体 (酸化型), 白丸, 東部岩体 (還元型)。

72~75%) からなり一部はカリ長石斑晶 (1~3 cm) の目立つ斑状組織を呈するが 著しく低い帯磁率 (0.2×10⁻³ S.I. 以下) を示す点で西部岩体の花崗岩とは全く異なり還元型に分類される。

桂林の討論会で筆者の講演に対して出された数多くの質問やコメントのうち 最も興味深かったのは南京大学の朱金初教授の意見であった。錫の鉱化作用が還元型の花崗岩に伴うという講演の趣旨に対し 朱教授のコメントは 馬拉格鉱床の花崗岩には磁鉄鉱が含まれ酸化型の様相を呈するので筆者の論旨が当てはまらないのでは



第7図 箇旧地域の花崗岩の Al₂O₃/(CaO+Na₂O+K₂O) 比と C/ACF 比。データおよび記号は第6図と同じ。

ないか という内容だったからである。このため白沙沖岩体の露頭や馬拉格鉱山の研の中の花崗岩塊については特に注意深く帯磁率の測定を行ってみた。その結果 鉱化を受けていない花崗岩の帯磁率はいずれも 0.2×10⁻³ S.I. 以下で磁鉄鉱を欠くとみて良いことがわかった。308地質大隊^{注6)}の標本室で測定した 馬拉格鉱床の2個の花崗岩試料も 0.2×10⁻³ S.I. 以下の帯磁率を示した。一方 研の中の花崗岩塊の一部は明らかにスカルン化を受けてざくろ石や磁鉄鉱を生じており スカルン近傍の花崗岩で最高 40×10⁻³ S.I. 値が得られた。観察は見学会の間のごく限定されたものではあるが 馬拉格鉱床の花崗岩に含まれる磁鉄鉱はスカルン化に關係して熱水の作用で形成されたものと推定される。これが朱教授に対する筆者の回答である。筆者の論旨では マグマから晶出した磁鉄鉱を問題にしているのであって 熱水期に形成された磁鉄鉱を問題にしているのではない。

以上述べたように 東部岩体は還元型に属する。西部岩体の一部が箇旧断層の東側にも分布するという可能性も否定できないので 鉱化作用を受けていない新鮮な岩石について 今後帯磁率を詳しく検討する必要がある。東西の黒雲母花崗岩は組織や主成分組成が似ているので野外では区別しにくい場合もあろう。このような場合 帯磁率が区分上の重要な手がかりになるはずである。

第5図には東西両岩体について得られた帯磁率の測定結果を日本のデータとともにヒストグラムにまとめて示した。両岩体の差異が明瞭に読み取れよう。東部岩体について得られている放射年代値のうち比較的信頼度が高いとみなされるデータは 70~90Ma とのことで西部岩体より若い。東部岩体は 後期白亜紀に 恐らく東部岩体とは別の火成活動で形成されたのであろう。報告された Sr 初生値は 西部岩体より幾分高く 0.710~0.714 とのことである。

3) 化学組成

箇旧の花崗岩類については多数の試料が分析されている。公表されたいくつかの分析値を第6図および第7図に示した。東西両岩体の黒雲母花崗岩とも K₂O に富み (4.5~5.5%) 西南日本外帯の花崗岩に似た Na/K 比をもつ。西部岩体はカリ長石に富む事を反映して高い K₂O 含有量を示す傾向がある。Fe³⁺/Fe²⁺ 比は西部岩体で高く帯磁率の測定結果と調和的である。

Al₂O₃/(CaO+Na₂O+K₂O) モル比は オーストラリアの花崗岩類の研究を基に提唱された S-タイプ/I-タイプ

プの判定基準の一つである。第7図で明らかなように簡旧の花崗岩類は東西両岩体ともIタイプに分類される。神仙水岩体の1試料は $Al_2O_3/(CaO+Na_2O+K_2O)$ 比が1.15 (C/ACF=0.08)を示すが観察した露頭にはS-タイプ花崗岩に特徴的な鉱物であるざくろ石も堇青石も見出されなかった。要するに簡旧の花崗岩類は基本的にIタイプの特徴を持ち簡旧断層の西側に酸化型が東側に還元型が分布するということになる。

いくつかの花崗岩試料については酸素同位体組成も決められている。その結果をみると新鮮な試料について分析したのかどうか疑わしい点もあるが西部岩体で4.8~10.7% 東部岩体で10.7~12.3%であって東部岩体の方が明らかに ^{18}O に富み花崗岩マグマの形成により多くの堆積岩類が関与したことを示唆する。この結果は東部岩体が還元的な性格を持つことと調和的である。なお公表されているF含有量は西部岩体で720~1250 ppm 東部岩体で1170~3750ppmである。

4. 鉱床

簡旧の錫鉱床はすでに述べたようにほとんどすべて簡旧断層の東側に分布する。断層の西側にも簡旧市の南西に牛屎坡 (Niushipo) と呼ばれる鉱床があるが規模は小さいという。簡旧断層東側の鉱床群は北から馬拉格 (Malage)・松樹脚 (Songshujiao)・老廠 (Laochang)・卡房 (Kafang) 鉱床に分けられこれらが東西10

km南北20kmの範囲に分布して全体として大鉱床地帯を形成している。このうち老廠が最も大規模で生産量も多く鉱床の上下変化が良く観察される。

上記の鉱床群は大局的には北北東-南南西系の五子山 (Wuzhishan) 背斜にそって配列するがより詳しくみると東西系の小規模な褶曲や断層・北東-南西系の割れ目などの構造に規制されているという。そして鉱床は伏在する花崗岩体の頂部付近に発達する傾向が認められる。見学会では老廠で鉱床の上下変化を馬拉格で地表に露出する花崗岩とスカルン鉱体を観察することができた。

簡旧の錫鉱床は石灰石を交代してできた塊状もしくは脈状の鉱体群とこれらからもたらされた砂鉱とからなる。砂鉱の採掘はほぼ終了し生産の主体は初生鉱体に移っているという。錫はほとんどすべて錫石 (SnO_2) として産するが産状によって鉱石は次の5種類に大別される。これらは花崗岩側から石灰岩側へあるいは深部から浅部へ

- (1) グライゼン変質を受けた花崗岩
- (2) スカルン鉱体
- (3) 硫化物鉱体
- (4) 電気石脈
- (5) 砂鉱

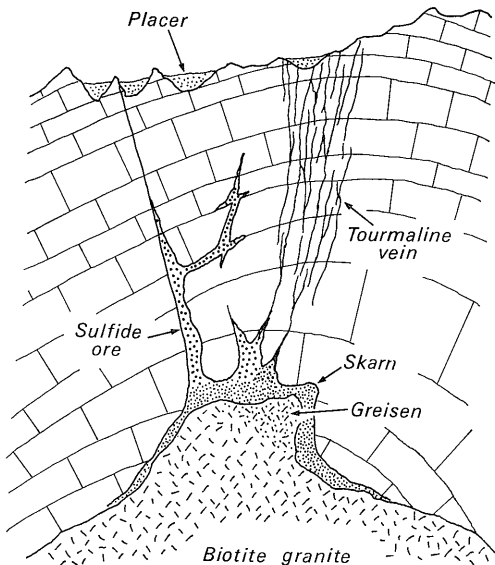
である。第8図には錫鉱石の産状を概念的に示した。初生鉱石のうち資源的に重要なのは規模が大きく品位も高い硫化物鉱体である。どの鉱石中でも錫石は細粒の結晶(通常0.1mm以下)として産するため肉眼で見るとは難しい。微粒の錫石を効率良く回収するため選鉱過程にはいろいろな工夫が施されているという。

(1) グライゼン化花崗岩

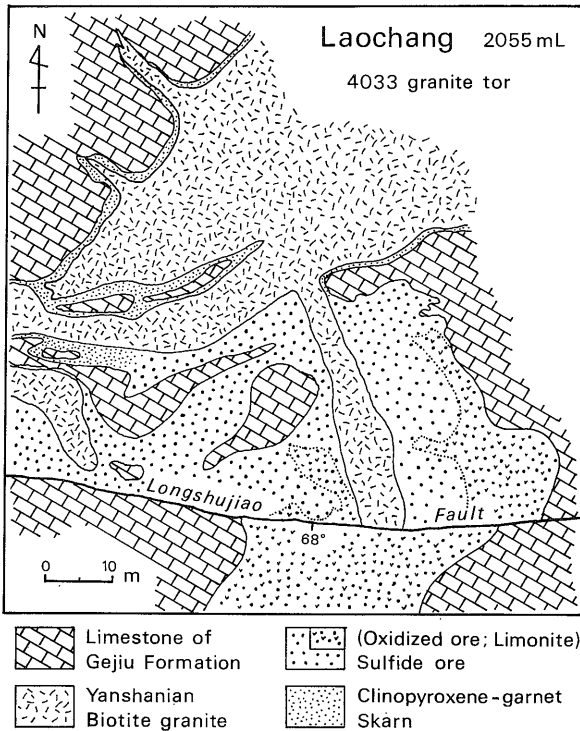
花崗岩体の周辺部はグライゼン変質を受け少量の錫石を含むことがある。鉱物組合せは石英-カリ長石(マイクロクリン)-白雲母-螢石-トパズでとくに白雲母と螢石が目立つ。電気石や灰重石が含まれることもあるという。

(2) スカルン

スカルンは花崗岩と石灰岩の接触部に産するが石灰岩中に脈状に派生している場合もある。スカルン帯の幅は通常20m以下だがまれに100mに達することもあるという。スカルン鉱物は主にざくろ石と単斜輝石でアクチノ閃石や螢石および少量の磁硫鉄鉱などを伴う。ざくろ石はグロッシュラー ($Ca_3Al_2Si_3O_{12}$) に近い組成を持ち単斜輝石 ($Ca(Mg, Fe)Si_2O_6$) はFeに乏しくその組成はサーラ輝石程度であるという。これは還元的な条件下でドロマイト質石灰岩 ($MgO=5\sim 20\%$) を交代し



第8図 簡旧地域の錫鉱床の模式断面図。
程ほか (1979) と汪 (1983) 参照。



第9図 老廠鉱床の坑内地質平面図。見学会のパンフレットより。

ためであろう。第9図には見学した老廠鉱床の坑内地質図の一部を示した。ここではスカルン帯の幅が狭いが、花崗岩との関係が明瞭に観察される。スカルン帯に近い花崗岩は黒雲母を欠きスカボライトが含まれる。この変質花崗岩は幅3~15cmのざくろ石スカルンを隔てて単斜輝石-ざくろ石スカルンと接している。

最近 馬拉格鉱床北部に露出する白沙沖岩体南縁の打磨山(Damoshan)で錫に富む特異なスカルン鉱体が発見され、剝土作業の現場を見学することができた。鉱体の規模は幅10cm程度から20mに及び延長方向に250mまで確認されているが深度方向の伸びは未確認とのことである。この鉱床の特徴は、錫品位が1~7%平均4%と極めて高いにもかかわらず錫石の産出はまれで、硫化鉱物に乏しくF・Bに富むことである。錫は主に Nordenskiöldine ($\text{CaSn}(\text{BO}_3)_2$) およびその変質物として生成したとみられる Schoenfliesite ($\text{MgSn}(\text{OH})_2$) または Varlamoffite ($(\text{Sn}, \text{Fe})(\text{O}, \text{OH})_2$) として存在し、スカルン鉱物中にも少量のSnが含まれる。主なスカルン鉱物はざくろ石・ベスブ石・単斜輝石・アクチノ閃石・磁鉄鉱で多量の蛍石を伴う。石灰岩側の緑色灰鉄ざくろ石は0.2~1.3%のSnを含むという。馬拉格鉱山の研の中にも磁鉄鉱を含むスカルンが見出されたことを合せ



写真8 老廠鉱床のオープンピットで見られた石灰岩中の電氣石脈。

考えると、馬拉格鉱床のスカルンは老廠鉱床より酸化的な条件下で形成された可能性がある。

(3) 硫化物鉱体

鉱石として最も重要な硫化物鉱体は石灰岩中に塊状もしくは脈状に産し、断層や割れ目に規制されその交差点で富鉱体となっている。硫化物鉱体はスカルンや電氣石脈にひきつづいてそれらに重複して形成されたものと考えられている。主な構成鉱物は磁硫鉄鉱・硫砒鉄鉱・黄銅鉱・閃亜鉛鉱で、蛍石に富みアクチノ閃石やフログパイトのような含水硅酸塩鉱物が含まれる。見学した老廠鉱床坑内の硫化物鉱体は、品位がSn 4.5%・Cu 3%であった。

硫化物鉱体の一部とくに地表に近い部分は風化して褐鉄鉱になっている。褐鉄鉱化はかなりの深度まで及び、老廠鉱床では地表下300mの坑内でもなお褐鉄鉱化した鉱石がみられた(第9図)。断層や割れ目にそって地下深くまで風化が進んだものと思われる。

(4) 電氣石脈

錫石を含む電氣石脈群が鉱床の比較的上部に発達する(第8図)。老廠鉱床ではこの鉱脈が北東-南西方向の走向をもつ(第10図)。個々の脈は幅1~30cm程度だが(写真8)脈の数が極めて多く、老廠では褐鉄鉱化した硫化物鉱石脈とともに地表からオープンピットによる採掘が行われていた(写真9および10)。ここでの平均Sn品位は0.3~0.8%とのことであった。

電気石脈には錫石のほか螢石や雲母が含まれ 鉄マンガン重石 ($(Fe, Mn)WO_4$)・灰重石 ($CaWO_4$)・ベリル ($Be_3Al_2Si_6O_{18}$)・フェナカイト (Be_2SiO_3)がみられることもある。雲母の一部は Li に富む。またこうした鉱脈群の下部には ベリルやカリ長石を主とし電気石を含むような脈も産するという。電気石の多くは黒色の Schorl ($Na(Fe, Mn)_3Al_6B_3Si_6O_{24}(OH, F)_4$) であるが一部は青色の Indigolite で少量の Sn を含む。Indigolite は脈の上部に産する傾向があり鉱化の比較的後期に晶出したものと考えられている。このように 鉱床上部には鉱脈群の形で B・F・Be・Li などの軽元素が Sn とともに濃集していると言えよう。

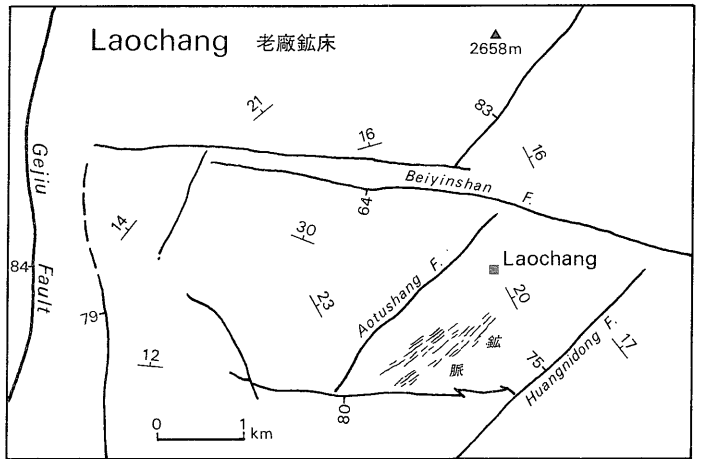
(5) 砂 鉱

砂錫はカルスト地形を呈する石灰岩塔の間を埋める土壌の中に含まれる。初生鉱床の近くで Sn 品位は通常0.2~0.5%であるが 6km以上離れると錫石はほとんど見られなくなるというから 基本的には風化残留鉱床と言えよう。この砂錫は現在も高圧水をかけて洗い出す方法で採掘されているが(写真11) 残存鉱量はわずかになったとのことである (写真12)。

5. 筒旧の花崗岩と鉱床

短期間ながら筒旧を訪れ 花崗岩と鉱床の概略を垣間見ることができた。見学会の終了後要望に応じて述べた筆者の意見を再録しまとめとしよう。その要点は 鉱床の大部分が筒旧断層の東側に分布するという事の解釈と今後の探査における手がかりである。

錫鉱床の大部分が筒旧断層の東側に分布することの原



第10図 老廠鉱床付近の鉱脈と断層の分布。見学会のパンフレットより。

因として 一つにはここで強調したように花崗岩の性質があるが 他に削剝レベルの問題も考慮しておく必要がある。筒旧の錫鉱床は分化の進んだ還元型花崗岩体の頂部付近に石灰岩を交代するかあるいは割れ目を埋めて形成されたものである。その鉱床が現在ちょうど地表付近にあって採掘にも都合が良く 風化作用による砂鉱床まで伴っているという好条件を備えている。もしも削剝があと1~2km 進んでいたら 状況はかなり異なったものになっていただろう。

西部岩体の花崗岩は錫の鉱化を伴いにくい酸化型に属し 岩体頂部は削剝されてしまっていると考えられる。西部岩体の中にはルーフペンダントあるいはゼノリスとして熱変成を受けた三畳紀層があちこちに見られ (第3図) その一部には輝水鉛鉱 (MoS_2) を含む小規模なスカルンも確認された。現在の地表面は貫入時の岩体頂部



写真9 老廠鉱床のオープンピット。

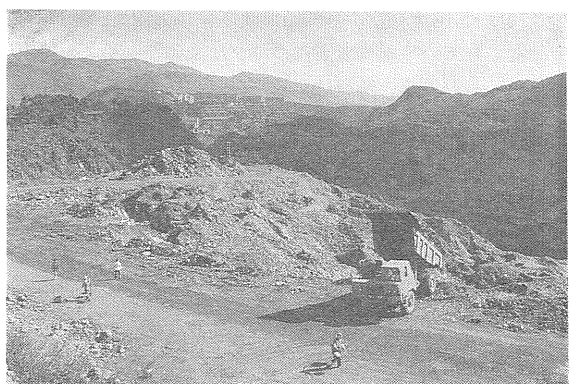


写真10 老廠鉱床のオープンピット風景。遠景の建物は従業員宿舎。



写真11 老廠鉱床地表部での高圧水による砂錫の採掘。



写真12 砂錫の採掘跡に残った石灰岩のカルスト地形。

から余り離れたものではないにしても 東部岩体より削剥が進んでいることは間違いない。このような条件が錫以外の鉱床も西側には乏しいことの一つの原因になっていると思われる。年代データから推察されるように西部岩体の花崗岩類は 後期白亜紀に貫入したとみられる東部岩体よりひと時代前のジュラ紀末-白亜紀初期に侵入した可能性が高い。この事が露出規模の違いと関係しているのではなからうか。

勿論箇旧断層の西側にも東部岩体のような還元型花崗岩が存在する可能性は十分ある。箇旧市の南西側には小規模ながら牛屎坡という鉱床が知られている。酸化型と還元型は糸につるした小さな磁石で簡単に区別することができるので(写真13) 今後の地表調査で両型の分布を詳しく調べる必要がある。西部岩体東端の神仙水岩体の黒雲母については72MaのK-Ar年代も報告されているという。これと漸移関係にある老岔河岩体のRb-Sr全岩年代は147Maであった。これらが正しいとすると西部岩体の東端部は錫の鉱化をもたらした白亜紀後期の花崗岩活動の熱的影響を受けて黒雲母の

年代が若返っていると解される。このことは神仙水岩体の付近に還元型花崗岩の存在を示唆したがって錫鉱床の可能性をも示唆するのである。今後年代の再検討を含めさらに探査を進めることを期待したい。

花崗岩類の帯磁率を調べることは箇旧地域だけでなく広域的な錫鉱床の探査においてもより有望な地域に的を絞る上で重要な手がかりを与える。この観点から最後に中国南東部の錫・タングステン鉱床の特徴を大まかにまとめておこう。中国のタングステン鉱床は江西省と湖南省南部の南嶺山脈に集中し錫の鉱化を伴っている(佐藤, 1982)。この地域と箇旧を比較すると第1表のようになる。

南嶺地域の錫・タングステン鉱床をもたらした花崗岩も筆者が調査した限りでは(西華山・漂塘・柿竹園・瑤崗山・香花嶺の各嶺山)すべて還元型に属する。ただしこれらの形成時期は基本的にジュラ紀であって箇旧よりも古い。白亜紀の花崗岩類はより東方の太平洋岸側に分布し酸化型の特徴を持つらしい。箇旧ではジュラ紀の活動が酸化型で白亜紀のそれは還元型となり南嶺地域とは時空分布が異なる。広西壮族自治区の大廠鉱床も白亜紀に形成された錫の大鉱床であって鉱化の特徴(Sn ≫ W)と時期が箇旧鉱床に似ており花崗岩の性質に興味を持たれる。このように中国南東部の錫・タングステン鉱床は鉱化の特徴と時期に基づいて2つに分けて捉える必要がある。これらを仮に箇旧型および南嶺型と呼ぶことにしよう。雲南省や広西壮族自治区には燕山期として一括された花崗岩質岩体が点在するのでそのうちの白亜紀の還元型岩体に伴って今後も箇旧型鉱床が発見される見込みが高いと言えよう。

6. おわりに

以上の記述は わずか3日足らずという限られた期間



写真13 酸化型/還元型花崗岩を区別する簡便な方法。

第1表 箇旧および南嶺地域の錫・タンゲステン鉱床の比較

	<箇旧地域>	<南嶺地域>
鉱化時期	白亜紀 (70-90 Ma 頃)	ジュラ紀 (140-180 Ma 頃)
花崗岩	還元型 (SiO ₂ =72-76%)	還元型 (SiO ₂ =71-76%)
鉱床の母岩	石灰岩 (三疊紀)	石灰岩・砂岩・泥岩 (カンブリア紀-デボン紀)
鉱床の型	スカルン・鉱脈 (Sn ≧ W)	スカルン・鉱脈 (石英脈) (W > Sn)

に見聞した情報を基にしたもので いくつかの文献を参照したものの 至らぬ点も含まれていると思われる。翻訳体制の充実した中国の鉱床研究者から批判が得られれば幸運である。箇旧滞在中は雲南錫業公司の多くの方々にお世話になった。中国有色金属工業総公司の汪志芬 (Wang Zhifen) さんは案内の中心になって活躍された。誌面を借りて感謝の意を表わしたい。最後に国際会議出席に際して公的な財政援助が得られる事はまれであり 筆者の旅行も全て私費によるものであった事を付記しておく。

<1987年11月記>

[注]

注 1) 生産統計は公表されていない。この見方は Premoli (1986) による。比較のために示すと 日本の1946-1985年の総生産量は5万t余りである。箇旧鉱山ではSnの他に Bi・W・In・Cu・Zn・Asなどが副産物として生産されている。広西壮族自治区北部の大廠 (Dachang) 鉱山でも大規模な錫鉱床が発見され 最近本格的な開発が始まった。

注 2) IGCP Project 220 Correlation and resource evaluation of tin/tungsten granites in SE Asia and the Western Pacific region. シンポジウムはこのプロジェクトの第4回国際会議。

注 3) 公表された分析値を例として示した。以下同様。

注 4) 花崗岩類を帯磁率とチタン鉄鉱の化学組成に基づいて区分し 3.5×10⁻⁸ S.I. 以上を酸化型 それ以下の帯磁率を示すものを還元型とした。それぞれ磁鉄鉱系・チタン鉄鉱系とはほぼ同義。Sato and Shibata (1986) および Sato et al. (1987) 参照。岩石の帯磁率は含まれる磁鉄鉱の量に比例して変化する。

注 5) 箇旧の地質家はこのアルカリ岩体も燕山期に貫入したと考えている。他の岩体との貫入関係は 風化のため良くわからない (汪志芬, 私信)

注 6) 箇旧鉱山の地質部門。

注 7) Ishihara (1979) および筆者の未公表データ。

参 考 文 献

*程裕淇・陳毓川・趙一鳴 (1979): 鉱床生成系列問題概論。中国地質科学院報, 1, 32-58。
 *郭文魁・刘蘭笙・俞志杰 (1982): 中国東部の 鉱床生成区および生成期の基本特性。 鉱床地質, 1, 1-14。
 *黄福生・穆治国・陳成業・汪志芬 (1983): 箇旧錫鉱床の花崗岩に関する酸素・水素・炭素同位体組成の研究。 岩石鉱物

及測試, 2, 241-247。
 *黄汲清 (1984): 中国の地質構造についての新研究。 中国地質科学院報, 6, 5-18。
 Ishihara, S. (1979): Lateral variation of magnetic susceptibility of the Japanese granitoids. Jour. Geol. Soc. Japan., 85, 509-523。
 *季希文 (1985): 箇旧鉱山のカルスト型鉱床の地質特性。 中国岩溶, 4, 165-174。
 *季廷棟 (1982): 中国の地質構造發展過程。 中国地質科学院報 4, 1-15。
 Premoli, C. (1986): China's tin potential. Mining Magazine, Jan. 1986, 28-40。
 佐藤興平 (1982): 中国のタンゲステン鉱床。 地質ニュース, No. 333, 31-44。
 佐藤興平 (1984): 東南アジアの花崗岩と錫鉱床を訪ねて。 地質ニュース, No. 353, 20-36。
 佐藤興平・石原舜三 (1983): 甲府花崗岩体の帯磁率と化学組成。 地調月報, 34, 413-427。
 Sato, K. and Shibata, K. (1986): Oxidized and reduced granitoids from the Kofu complex, central Japan. Proc. IGCP Project 220 Tin-Tungsten Granitoids Conference (2nd Intern. Symp.), Canberra, 1986, 65-66。
 Sato, K., Ishihara, S. and Sasaki, A. (1987): Sn-W-F mineralization and related granitoids in Japan. Report 4th Intern. Symp. IGCP Project 220, Gulin, China, Oct. 1987, 53-56。
 Tu, G., Zhang, Y. and Zhao, Z. (1984): Preliminary studies on two alkali-rich intrusive belts in south China. In: Geology of Granites and Their Metallogenic Relations (Proc. Intern. Symp., Nanjing, 1982), Xu, K. and Tu, G. eds., Science Press, Beijing, 33-54。
 *汪志芬 (1983): 箇旧の錫鉱化作用に関するいくつかの問題。 地質学報, 57, 154-163。
 Wang, Z. and Yin, C. (1984): The evolution and metallogenic relation of the Gejiu tin-bearing granites, Yunnan province. In: Geology of Granites and Their Metallogenic Relations (Proc. Intern. Symp., Nanjing, 1982), Xu, K. and Tu, G. eds., Science Press, Beijing, 707-720。
 *魏明秀 (1985): 箇旧のホウ素・フッ素交代型錫スカルンの成因。 地球化学, 1985, No. 1, 37-44。

*中国語 (英文要旨付)