

華南を代表するレアメタル鉱床 —錫砒山, 西華山, 漂塘, 大宝山—

村尾 智¹⁾・小笠原正継¹⁾・陞 園々²⁾

1. はじめに

中国はレアアース, 錫, タングステン, アンチモニーなどレアメタルの重要な供給源であり, その動向は各種レアメタルの価格をたびたび左右している. たとえばインジウムの価格は中国の供給が底をついた1986年に以前の2倍に上昇した(村尾・安藤1989). また, 数年前には, 中国産鉱石の供給に障害が出た結果, アンチモニーの価格が高騰した(日刊工業新聞1995.7.21). こうした問題に対処する方法の一つは中国の典型例を研究しその成果をAP EC域内の資源探査に応用する事である. 地質調査所はすでに平成7-8年に実施された「中国の大規模鉱床を例とした高価格レアメタルの濃集機構に関する研究」等である程度の研究成果をあげている(Hu and Murao, 1996a, b; Hu et al., 1996a, b, c). 今回 筆者らはこの成果をもとに, さらに研究を進展させるため, 平成8年度科学技術振興調整費による「大規模鉱床をフィールドとした医療・電子産業用レアメタルの地球化学」の研究をスタートさせた. 研究ではアンチモニー鉱山として錫砒山, タングステン, スカンジウム, 金の山として西華山と漂塘, ビスマス, モリブデンの山として大宝山を選定した. 本稿では現地調査の結果を中心にこれらの現状を紹介する.

2. 華南の地質セッティング

中国南部の主要構造要素は揚子断塊, 南華断拗および閩浙断拗である. 揚子断塊は普寧造山期に成立した安定なブロックだが, その南縁は上海から

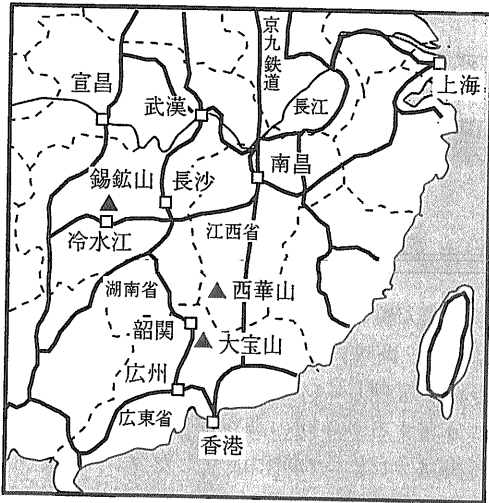
長沙を結ぶ線のあたりにあり, 華南における分布範囲は狭い. 断塊内には震旦紀から三疊紀後期までの岩石が堆積している. 閩浙断拗の諸岩石は東海岸に分布するが今回の調査範囲からはずれる. 南華断拗はカレドニア期に成立したブロックである. 中期原生代以降の岩石から構成されており, 太古界や下部原生界は発見されていない. 中上部原生界はいわゆる震旦系だが華北のものと性質が異なるので「華南型」と呼ばれている. 断拗内では震旦系の上にデボン紀から中期三疊紀の海成堆積岩類が重なる. 後述する錫砒山と大宝山鉱床の一部はデボン系に胚胎している.

華南の深成岩にはさまざまな時代のものがあるが, 大きくは先普寧造山期, 後普寧造山期(700Ma頃), カレドニア期(450-370Ma), インドシナ期, 燕山期前期(195-140Ma頃), 同後期(140-67Ma頃)に分類できる. カレドニア期花崗岩類はタングステン-アンチモニー-金鉱床を伴う事がある. インドシナ期花崗岩には灰重石-錫鉱床やビスマス-モリブデン鉱床が伴われる(Zhai and Deng, 1996).

燕山期にはいると華南では既存の構造に重複する形で北東方向にのびるマグマベルトとbasin-and-range構造が発達した. その結果不規則な菱形ブロックが多数生じ, Iタイプの花崗岩類とSタイプの花崗岩類が貫入することになった(Zhai and Deng, 1996). この時期の花崗岩類は各岩体が長い活動史を持つ事が特徴で, たとえば西華山貫入岩体では184-162, 160-150, 145-139Maを境とする4回の時相が識別されている. また, 後期の岩石, 特に斑岩類はレアメタル鉱化作用を伴うこと

1) 地質調査所 資源エネルギー地質部
2) 中国地質科学院 砒床地質研究所

キーワード: 華南, 錫砒山, 西華山, 漂塘, 大宝山, アンチモニー, タングステン, スカンジウム, 金, ビスマス, モリブデン, チムニー, 鉱脈型鉱床, 黒鉱型鉱床



第1図 今回の調査で訪れた鉱山。錫鉱山は湖南省、西華山(十漂塘)は江西省、大宝山は広東省に位置する。

でよく知られている。中国の花崗岩類と随伴鉱種の関係を調べた文献によると、燕山期花崗岩類は中国全体のタングステンのうち85%、錫80%、モリブデン80%、アンチモニー60%、水銀91%、金は63%を伴うという(Chinese Academy of Geological Sciences, 1987)。華南では燕山期の岩体が花崗岩全体の実に7割を占める。華南がレアメタルに富むのはこのためである。

3. 錫鉱山アンチモニー鉱床

中国はアンチモニー生産量と資源量において世界第1位であり、国内に600近い鉱床・鉱徴地を有する(Hu et al., 1996a)。特に国土の南部では、揚子地塊とその東部の南華断拗の境界部を中心として、両ユニットにまたがって帯状に鉱床が分布する。基本的にこれらは東部(断拗側)の陥没地域にある単純なアンチモニー鉱床群と西部(揚子地塊側)の隆起帯に胚胎する金-タングステン-アンチモニー鉱床群に二分される。東部鉱床群を代表するのがここに紹介する錫鉱山である。西部の隆起帯は雪峰弧形隆起帯と呼ばれるが、中国有数の金-タングステン-アンチモニー鉱山である沃溪(Wuxi)など重要な鉱床を胚胎する(Hu et al., 1996c)。

錫鉱山(Xikuangshan)アンチモニー鉱床は湖南

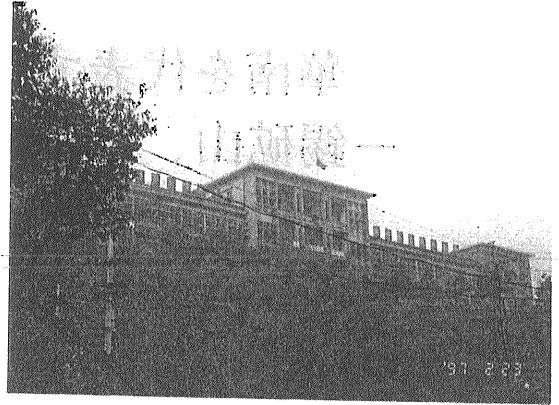


写真1 錫鉱山鉱務局の本部。筆者らの訪問が鄧小平死亡の翌日であったため半旗が掲げられている。連絡先：中国有色金属工業総公司錫鉱山。湖南省冷水江市 郵編417502。電話0738-5212291-31047/31048。

省中央部に位置するが、他の同型鉱床に比べると飛び抜けて規模が大きく、世界最大といわれる。同鉱床は歴史も古く、1897年に発見され、1898年から採掘されたと言われている。「錫鉱山(シークワンシャン)」とはアンチモニー鉱床にふさわしくない名前だが、金属学の知識が乏しい時代に当地のアンチモニーが錫と誤認されたため、この地名がついたと伝えられている。これまでの出鉱量と埋蔵鉱量を合計するとアンチモニーメタル換算で220万トン以上となる(Jiang et al., 1996)。鉱石のアンチモニー品位は3-4.5%である(Hu et al., 1996a)。鉱石はほとんどが日本と北米向けである。現地には長沙国際空港から冷水江の町を経て入る(第1図)。長沙からの距離は約270kmである。鉱山は現在中国有色金属工業総会社の経営で技術部門は鉱務局と呼ばれている(写真1)。

中国には「アンチモニーの探査は母岩の特定から始めると効率的」という経験則がある。このためアンチモニー鉱床は母岩を第1の基準として分類されている(第1表)。錫鉱山はこの分類に従うと、「炭酸塩岩を母岩とする層状鉱床」となる。ここでいう「層状」とは母岩の層理面にほぼ平行という意味だが、後述するように、本鉱床はいわゆる層準規制型とは解釈できない。本稿では錫鉱山の鉱体が、熱水性で、地層面にほぼ平行に形成された割れ目に胚胎したもの、との立場からこれを「鉱脈」として記述する。

第1表 中国のアンチモン—鉱床の分類. Hu et al. (1996a)より.

| type | I | | II | | III | IV | V |
|--------------------------------|--|--|--|---|--|---|---|
| host lithology | carbonate rocks | | detrital rocks | | intrusive rocks | volcanic rocks | unconsolidated sediments |
| sub-type | Ia, bedded | Ib, vein | IIa, bedded | IIb, vein | IIIb, vein | IVb, vein | V, bedded |
| time of host sequence or rocks | Devonian, Permian, Carboniferous, Sinian, Cambrian, Triassic | | later Proterozoic, lower Paleozoic era and Triassic period | | Later Paleozoic era to | Mesozoic era | Quaternary |
| lithology of host rock | limestone, dolomite, silty limestone, marl and/or an association of limestone mainly and basalt secondary. | | slate, phyllite, epimetamorphic sandstone, sandstone and shale | | granite, granitic porphyry, quartz porphyry, lamprophyre | andesite | unconsolidated sediments |
| ore-hosting-structure | gentle anticline, bedded breccia zone, fault, and/or paleo-erosion face | steeply dipping fault or fracture zone as well as fissures | stratified or interformational fracture or fault, fold | steeply dipping fault | fracture zone or fissured zone around the contact | fissures and fault around crater, cryptexplosion structures | karst |
| shape of ore body | stratoid, bedded, lenticular | steeply dipping vein, veinlet, lenticular, beaded nest | interlayered vein, stratoid, lenticular, stockwork | single vein, vein group, veinlet, stockwork | vein, veinlet, stockwork, lenticular | steeply dipping vein, veinlet, stockwork | stratified, enticular and podiform |
| ore mineral association | 1) stibnite mainly; 2) stibnite, Sb-sulfosalts, sulfides, wolframite, scheelite, etc. | stibnite, wolframite, scheelite, cinnabar, sulfides, etc. | stibnite, wolframite, scheelite, native gold sulfides, etc. | stibnite, native gold, sulfides, etc. | stibnite, scheelite, wolframite, cassiterite, sulfides and native gold | stibnite | cervantite, romelite, kermesite as well as heavy minerals |
| ore type | 1) mono-Sb ore 2) Sb-bearing polymetal ore | 1) mono-Sb ore 2) Sb-W ore 3) Hg-Sb-As ore | Sb-Au-W composite ore | 1) mono-Sb ore 2) Sb-Au composite ore | Sb-Au-W composite ore | mono-Sb or Sb-Au composite ore | pebble ore, placer gold and tin |
| ore texture | massive, breccia, vein, disseminated, drusy | massive, disseminated, banded | massive, disseminated, breccia, banded | massive, disseminated, breccia | breccia, stockwork, massive | veinlet, breccia | colloform texture |
| alteration | silicification, pyritization, sericitization | | silicification, sericitization, pyritization, arsenopyritization, chloritization | | silicification, carbonatization, pyritization, sericitization | silicification, carbonatization, sericitization | |
| size* | middle ~ large | small ~ medium | medium ~ large | medium ~ large | small | small | small |
| representative deposit | Hunan: Xikuangshan, Luocheng Yunnan: Muli Guizhou: Dachang Guangxi: Dachang Guangdong: Lejiawang Jiangxi: Toubeshan | Guangxi: Chashan Shaanxi: Gongguan | Hunan: Wuxi, Xichong, Zhazixi Gansu: Yawang | Hunan: Banxi, Longshan Guizhou: Dushan, Bameng | Hunan: Gaoguishan Guangxi: Guangyang Henan: Helongjiang Lianzhushan Jiangxi: Baoshan | Jilin: Shanhe Guangdong: Songxi | Guangxi: Zhengxu |

*: small size represents for antimony reserves less than 10⁴ metric tons; medium for 10⁴ ~ 5 × 10⁴ metric tons; large for great than 5 × 10⁴ metric tons.

錫鉱山は湖南盆地の中にあり、その地質はデボン系から構成されている。鉱体を胚胎する頻度が高いのはデボン紀中期の余田橋 (Shetianqiao) 層である。本層には顕著な複背斜構造が発達しており(第2図)、いくつかの短軸背斜が伴われる。地質構造はボーリングと赤鉄鉱層を鍵層としたマッピングで詳しくわかっている。地層を構成する岩石は石灰岩が主体で全体の約6割を占める。しかしこの石灰岩層には何枚も砂岩や頁岩が挟在する。石灰岩層と薄い砂岩層はコンピテントに、頁岩やマールの地層はインコンピテントにふるまう。このため本地域の褶曲は非調和褶曲となっており、これが母岩の破碎組織の主因である。鉱体の位置は褶曲による地層内の迂回面、断裂、派生断層および二次褶曲の軸の位置に規制されている。特に褶曲軸の位置が重要な規制要因である。また鉱化帯は広く珪化を蒙っており(Hu and Murao, 1996a)珪化されていない部分に鉱体は発見されていない。

錫鉱山には4つの鉱体があり、それぞれ「飛水岩: Feishuiyan」「童家院: Tongjiayuan」「老砬山: Laokuangshan」「物華: Wuhua」と命名され

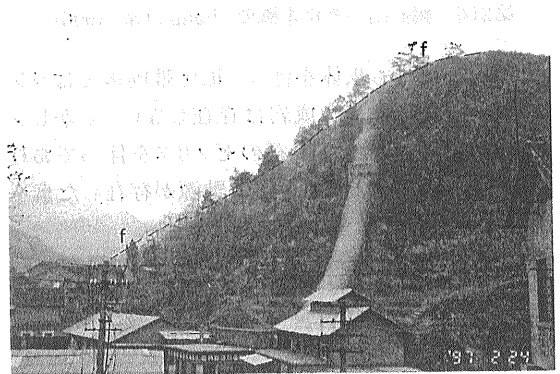
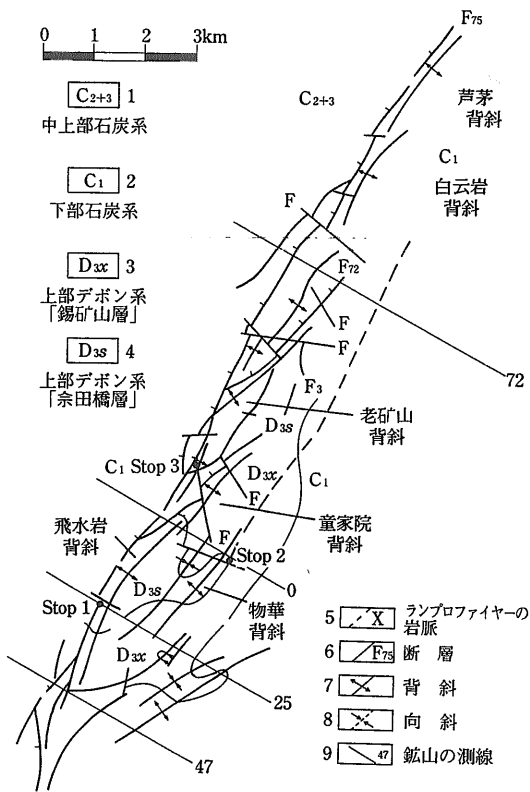


写真2 F₇₅断層が浸食されてできた谷(f)とその側面にひろがる珪化岩(s)。

ている。これらはそれぞれが長さ数kmの軸を持つ短軸背斜の頂部に相当し、全体としては9km × 2kmの範囲に収まっている(第2図)。鉱化帯の西部はF₇₅と呼ばれる大規模な正断層で(写真2)、東部はランプロファイアの岩脈で(写真3)それぞれ境されている。F₇₅断層は全長が300kmにおよぶ城歩—桃江 (Chengbu—Taojiang) 断層帯の一部で、鉱体の位置を規制する褶曲軸をかすめるように走



第2図 錫鉱山の鉾化帯概要 (Jiang et al., 1996).

っており、自身も鉾体を伴う。鉾化帯周辺ではランプロファイア以外に火成岩は存在しない。しかしランプロファイアが酸性岩石のゼノリスを伴っており (Hu Xiongwei, 談話) 下部に熱源が存在した事を示唆する。

鉾化帯の規模は大きく、厚さ数m (写真4)、走向延長30-600m、傾斜延長60-1,800mにおよぶ。しかし個々の単位鉾脈は小さい事が多く、その幅は数10cm程度である。各鉾脈の位置は奈田橋層内に挟み込まれる27枚の泥岩層に規制されている (写真5)。泥岩層はD_{3s}²⁻¹~D_{3s}²⁻²⁷と番号付けされている。地層内で鉾脈が集中する位置は2ヵ所あり (第3図)、上側の鉾化帯がIでこれはD_{3s}²⁻¹~D_{3s}²⁻⁵からなる。下側はIIと番号付けされておりD_{3s}²⁻⁷~D_{3s}²⁻²⁷からなる。Iは2m、IIは3-8m、最大20mである。I、IIとも単純・均質な輝安鉾の集合体ではなく、顕著な珪化と破碎組織で特徴づけられ、単純な堆積性鉾床とは明らかに異なる。鉾体内の角礫はほとんどがその場で形成されたもので、

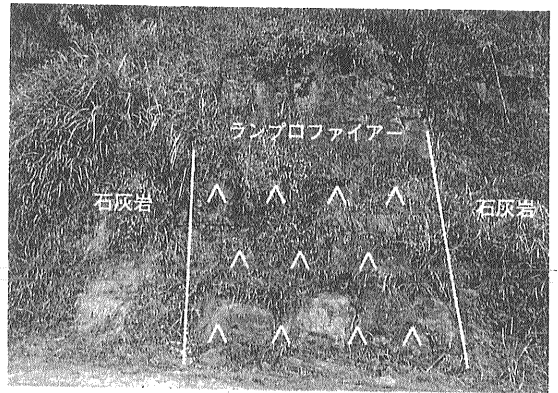


写真3 ランプロファイアの露頭、幅約4m。冷却速度が大きかったらしく全体に細粒。Jiang et al. (1996) には119Maの放射年代が紹介されているがその決定に使用した手法など実験の詳細は記載されていない。



写真4 錫鉱山の旧坑。地層面にほぼ平行な鉾脈の跡が空洞になって残っている。

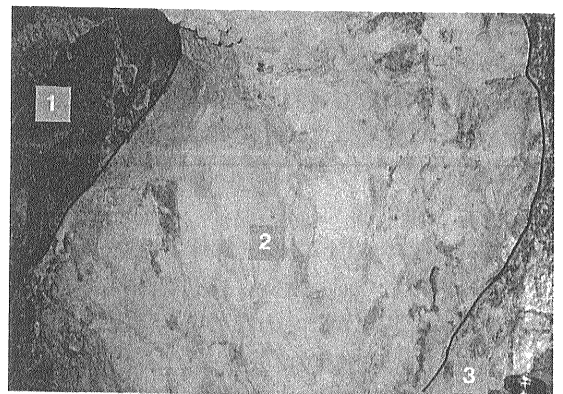
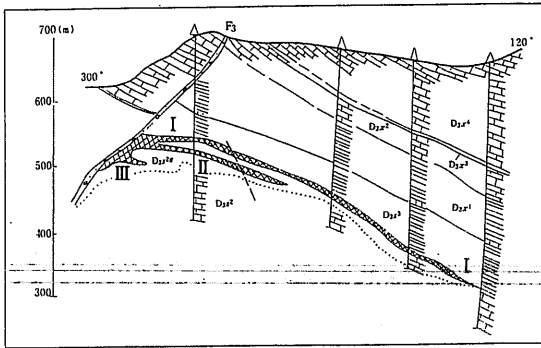


写真5 坑内(17L, No.5地点)におけるアンチモニー鉾体の産状。1は鉾床胚胎層準の直上に来る錫鉱山層の石灰岩。2は鉾床胚胎層準の石灰岩。3は破碎作用を受け輝安鉾によって充填されている泥岩層。写真の横幅は約1.5m。



第3図 錫鉱山の地質断面図 (Jiang et al., 1996).

形態としては rubble breccia, crackle breccia, mosaic breccia が多い (Hu and Mura, 1996b). 坑内観察では層状にみえる I, II 以外に比較的急傾斜でいわゆる通常の鉱脈として記載できる部分や断層を充填した部分のある事がわかっている. このような部分は鉱体 III と呼ばれている. 地質断面でみると I と II が地層面に平行な形で上下2枚にわかれ, III が断層を充填する様子がよくわかる (第3図). 鉱石鉱物は珪化された上に破碎された母岩の間隙を充填しており, 量的には輝安鉱が圧倒的に多い. その化学組成は純粋で少なくとも 1MeV の PIXE 実験では砒素以外の微量成分は検出されていない (Ishibashi et al., 1996). 鉱山側の化学分析 (検出限界 10ppm) でも微量成分は検出されていない (季 傳榮, 談話). 肉眼では輝安鉱に加えて石英, 方解石, 黄鉄鉱が確認できる. 鏡下では重晶石や螢石が見つかる. Hu et al. (1996b) は輝安鉱と方解石を用いて Sm-Nd アイソクロン年代の決定を行い, 生成の時期は 156Ma すなわちジュラ紀であることを示した.

かつては錫鉱山を周囲の堆積岩と同時生成の層状鉱床と判断した研究者もあったが, 鉱石の放射年代, 破碎組織, 鉱体の構造規制, 母岩の構造および地史を併せて考慮すると, 錫鉱山の鉱化作用はジュラ紀を中心として起こった華南の大規模構造運動によると推定される. 錫鉱山は層準規制や層状鉱床としてではなく地層面に平行に形成された断層を充填した熱水性鉱脈 (bedding parallel vein) として記載するのが妥当であろう. おそらく地殻下部に存在していた流体が華南の大規模構造運動によって絞り出され, 形成された迂り面や断層を通過して背斜構造の頂部に侵入したのであろう.

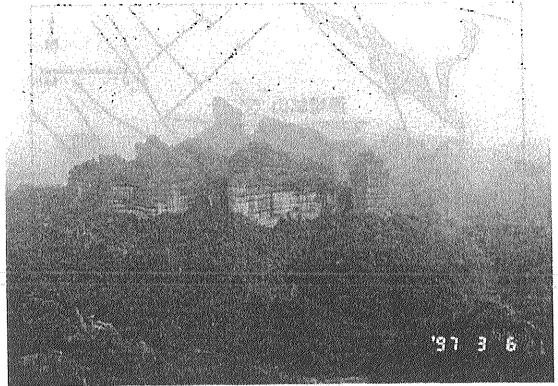


写真6 丹霞山国立公園の奇勝. 地質は赤色砂岩主体.

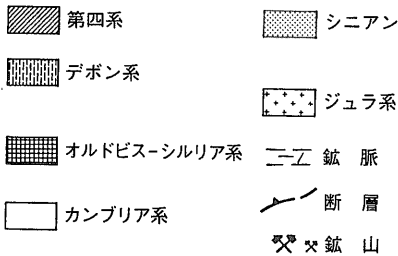
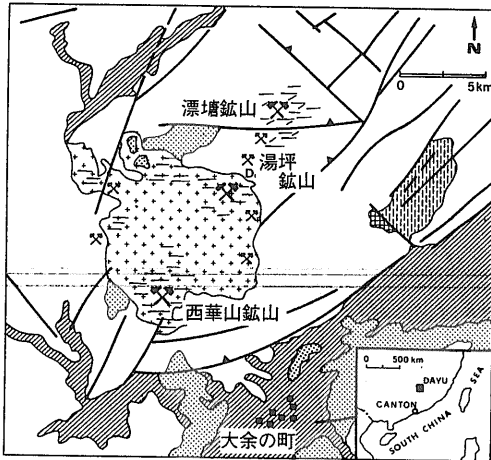
今後の探査にあたってはランプロファイアー脈と F₇₅ 断層の解析や鉱化流体のキャラクタリゼーションが重要である.

4. 大余のタングステン鉱山

中国のタングステンは資源量・生産量ともに世界 1 位である. かつて中国最大のタングステン生産量を誇っていた西華山 (Xihuashan) 鉱山等が位置する江西省南部大余 (Dayu) 周辺は, 世界のタングステン資源の生産動向を知る上で重要な地域である. 今回この地域を訪問し, タングステン鉱床の観察を行ったが, 鉱山の現状についても知ることができた. この地域のタングステン鉱床と鉱化作用の特徴および関連する花崗岩の特徴については佐藤 (1982), 石原・佐藤 (1982), 石原 (1983) などにより紹介されている. また地質と鉱床の詳細な記載は Wu et al. (1987) の研究がある. そこで本項では鉱山の現状を主に紹介する.

江西省南部大余は広東省と接しており, 広東省からの交通の便も良い. 今回, 長沙から広東省韶関 (Shaoguan) まで鉄道で移動し, そこから車で大余へと入った. その途中, 韶関の北東 40km には丹霞山国立公園があり, 白亜紀の礫岩, 砂岩からなる岩峰を横に見ながら移動した (写真6).

大余の北東には西華山, 湯坪 (Dangping), 大龍山 (Dalong Shan), 漂塘 (Piaotang) の鉄マンガン重石-石英脈鉱床が分布しており, タングステンに加えてスカンジウムが副産物として回収される. 西華山と湯坪は花崗岩中, 大龍山と漂塘はカンブ



第4図 西華山—漂塘地区の地質図(鈳山側資料を Tanelli (1982) が清書したもの)。

リア紀堆積岩中の脈である(第4図)。いずれの鈳床も早期燕山期の花崗岩の活動に伴い形成された。

西華山鈳山(写真7,8)は1980年代初頭には年間約2,000トンのタングステン精鈳(WO_3 で65%)を生産していた。この当時の中国全体の生産量は約15,000トンで、また全世界の生産量は約54,000トンであった。しかし、1990年頃になると、西華山鈳山の生産量は年間1,000トンに減少し、さらに、1996年の生産量は500トンになった。すなわち、生産量は最盛期の4分の1に減少した。この生産量の低下は資源の枯渇のみによるものではなく、生産量の制限によることが大きい。「はじめに」で紹介したように、アンチモニーの価格が中国の生産量により大きく影響を受けると同様に、タングステンの価格もまた中国の生産量の変化により大きな影響を受ける。西華山鈳山始め、国営会社である有色金属公司傘下のタングステン鈳山の生産量は中国タングステン協会で決定される。しかしその一方で大余の地方自治体や民間人はその制限は関係なくタ



写真7 西華山鈳山事務所。連絡先：西華山鈳山 江西省大余県 郵編341500。

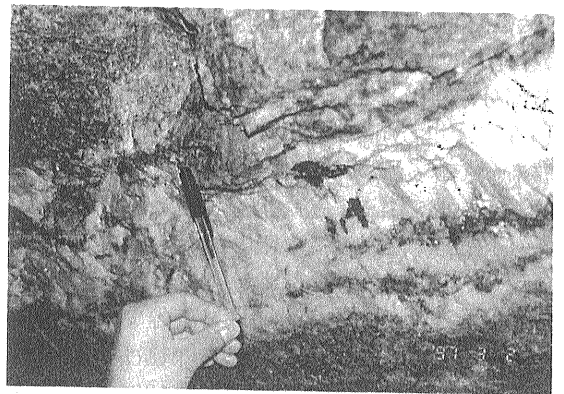


写真8 西華山の典型的なタングステン—石英脈(230中段)。母岩は花崗岩。230中段は巡検等の見学コースになっているが、すでにタングステンに富んだ部分は採掘されており、品位の高い部分を見学することは難しい。

ングステンの小規模採掘を行っている(村尾, 1997)。現在、西華山鈳山の従業員は約2,000人で、最盛期の従業員数と比較すると半分である。しかし、タングステンの生産量は4分の1であるので、相対的に従業員数は過剰であると思われる。事実、中央政府からかなりの補助金を受けているとの説明があった。

漂塘鈳山(写真9)は西華山鈳山と比較すると採掘が活発に行われており、その生産量は公表されていないものの、現在、大余地域の最大の鈳山であるとの印象を得た。佐藤(1982)に示されているように、漂塘鈳山は西華山鈳山と比較して錫、モリブデンその他の金属に富んでいる。坑内では、黄銅鈳、方鉛鈳、閃亜鉛鈳なども認められる(写真



写真9 漂塘鉱山事務所。連絡先：漂塘錫磁 江西省大余 郵編341515, ファックス 8752007.



写真11 大宝山の本部。古代鉱業をテーマとしたレリーフが掲げられている。採掘場は本部からジープで30分の凡洞地区にある。事務所連絡先：広東省大宝山磁業有限公司 広東省韶関市沙溪 郵編512128, ファックス0751-6618216.

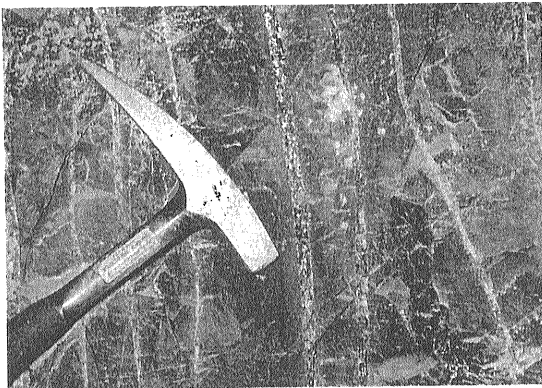


写真10 漂塘鉱山の硫化物脈。若干の金がつくという。

10). また一部の硫化物脈には金が含まれるが、そのホスト鉱物や存在様式は解明されていない。

5. 大宝山の黒鉱型鉱床

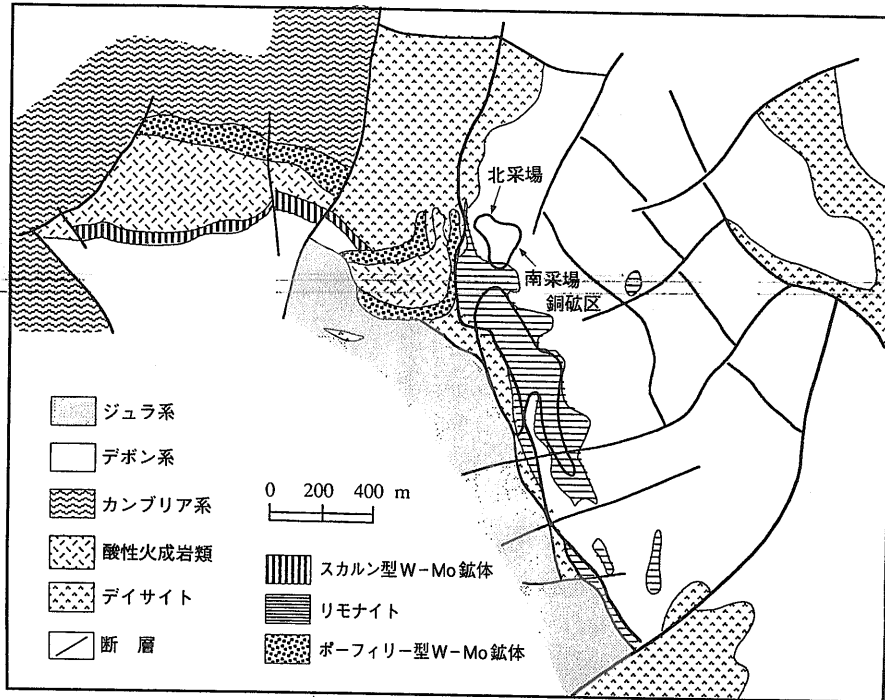
大宝山 (Daboshan) は広東省北部に位置する (写真11)。中国の文献では多金属鉱床と記されていることが多い。利用の歴史は古く 唐の時代からその鉄鉱石は知られていたが 系統的土壤地化学探査は1960年代に実施され、広東省政府に属する現在の会社は1975年にスタートした。現在は「北采場」「南采場」「銅鉱区」の3ヵ所で採掘が行われている。

鉱床は曲仁 (Quren) 盆地の南東端に位置し



写真12 大宝山の層状鉱体。北采場781レベル。1の部分は閃亜鉛鉱主体。2は玄武岩。

ボン紀中後期の火山堆積岩中に胚胎している (第5図)。鉱体は層状の部分が多く (写真12)、地質断面では中部デボン紀の泥岩、頁岩に鉛亜鉛鉱体が、ドロマイト、砂岩、頁岩を挟在する凝灰岩に銅鉱体が伴われるようにも見える。初生硫化物鉱石にはコロフォーム組織やウーライト状組織が残っており、微化石が発見されたこともある (写真13)。したがって大宝山が基本的には火山堆積性鉱床である事は早くからわかっていた (Ge and Han, 1987)。しかしフィールドでは斑状の花崗閃緑岩とデイサイトが顔を出す上、モリブデン、タングステン、ビスマスなど火山堆積性鉱床には希な元素を産する事から、交代鉱床説や熱水鉱床説をとる研究者も多かった。モリブデンやビスマス、タングステンの分布



第5図 大宝山鉱床の地質図。文中で紹介した文献類の内容をコンパイルしたものだが 今回の調査によれば図中のリモナイト分布域はチムニー帯であると判断される。

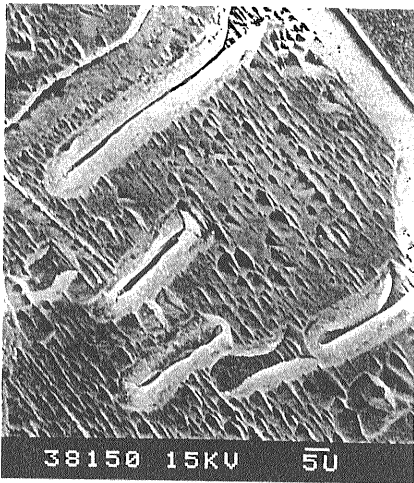


写真13 微化石起源ではないかといわれている鉱石中の組織。中国地質科学院提供。

は火成岩体のうち船肚岩体という101Ma (Chinese Academy of Geological Sciences, 1987)の花崗閃緑岩体の形と調和的であり、この岩体がもともと存在した卑金属鉱床にこれら特殊元素を付加したという意見もあった(Qiu, 1981)。流体含有物や同位体の研究からも同様の推定がなされている(Ge

and Han, 1987)。さらに鉱体のほとんどがマグマ-熱水系の産物とした研究者もいる(Huang et al., 1987; Liu et al., 1985)。

筆者らはこうした議論の整理を行うため露天掘を行っている「北采場」で観察を行った。その結果、デイサイトドームとその横に分布する硫化物・酸化チムニーのゾーンを発見した(Murao et al., 1997)。このゾーンは中国側によって二次的な酸化帯と誤解されていたものである。観察した817Lではチムニーが約70メートルにわたって分布する(写真14,15,16)。デイサイトには石英-輝水鉛鉛脈と石英-黄鉄鉛脈とが伴われ、前者は後者に切られる。後者はデイサイトをほぼ垂直に切り、チムニー帯の熱水供給口に続く。従って鉱床主部が黒鉛型であることは間違いない。また、中生代の火成岩による付加と考えられたモリブデン鉱化作用はデボン紀のデイサイト質マグマに起因し黒鉛型鉱化作用に先立つものである。北采場からやや離れた位置にある「銅鉱区」採掘場では層状鉛垂鉛鉱体や再結晶した粗粒閃垂鉛鉛が観察される。これはチムニーの崩壊か化学的沈殿によって層状に硫化物が堆積した部分とその「ホルンフェルス」と考えてよい

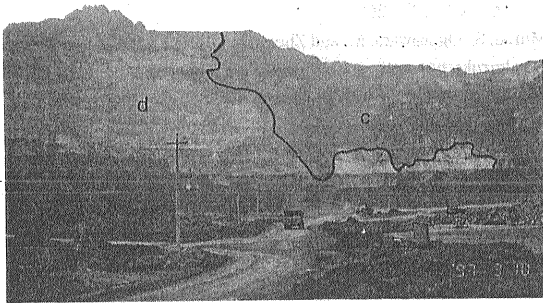


写真14 大宝山の「北采場」。Deiサイト(d)とチムニーゾーン(c)がみえる。

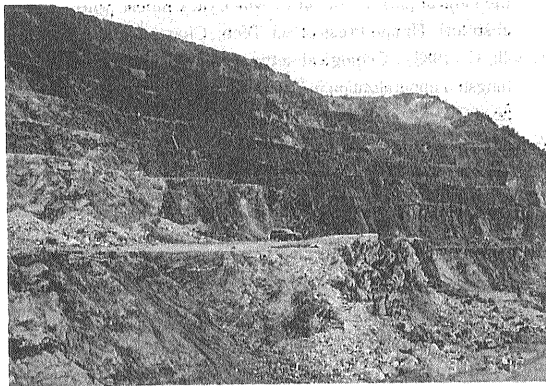


写真15 北采場のチムニーゾーン。塊状のチムニーが密集しほとんど構造らしいものは認められない。

だろう。大宝山では母岩も大理石や泥質ホルンフェルスになっている。これらは中生代の火成岩による接触変成の結果であると思われる。

今後の探査には周辺に分布する地層を調査してデボン紀の海洋底の性格を明らかにする事と中嶋モデル(中嶋, 1993)を参考にした大宝山熱水系の復元が重要であろう。また火山堆積性鉱床生成時の元素分布が後期の貫入岩によってどのように修正されるかを評価することがレアメタル資源学の研究テーマとなる。

6. おわりに

華南のレアメタル鉱床は古くから著名ではあるが一般の研究者に公開された例は割に少ない。大余地区には日本やイタリアから調査チームが入った事があるが、他の地域では部外の研究者を受け入れ



写真16 採集したチムニー。熱水通路とその周囲に沈殿した砒素鉱物を確認できる。

た事はほとんどない。錫鉱山の場合も世界を代表するアンチモニー鉱床でありながら鉱化作用についての情報はほとんど外に出なかった。これがアンチモニー探査モデルの欠如につながった事は否めない。大宝山の場合も部外との交流がほとんどなかったためチムニーがチムニーとして認識されず酸化鉱として記載されてきた。幸い地質調査所と中国の地質関係各機関の間には長い歴史と信頼関係があり、また、近年の開放路線のおかげで徐々に鉱山における調査・研究の機会は増えている。中国の資源については今後も研究者レベルの交流を各現場でいっそう推進すべきであろう。

謝辞：今回の調査は次の方々の協力があったはじめて可能であった。中国地質科学院 裴榮富教授、孫海田教授、錫鉱山鉱務局 季傳榮付総工程師、于承武および劉建雄高級工程師、西華山錫礦古明星副鉱長、周国鍊科長、漂塘錫礦 歐陽美財科長、大宝山礦業 季應儒總經理、廖家祠科長、鄧海昆高級工程師。以上の皆様に厚くお礼申し上げる。

参考文献

- Chinese Academy of Geological Sciences (1987) : Guide to the Metallogenic Map of Endogenic Ore Deposits of China, Cartographic Publishing House, 72pp.
- Ge, C. and Han, F. (1987) : Geological and geochemical features of exhalative-sedimentary mineralization of the Daboshan deposit in Guangdong Province (in Chinese with English abstract), Beijing, 111pp.
- Hu, X. and Murao, S. (1996a) : The geological characteristics of the largest antimony mineralization in the world: Kikuangshan

- deposit, China. Abstracts 1996 Japan Earth and Planetary Science Joint Meeting, Osaka, G22-14.
- Hu, X. and Murao, S. (1996b) : Antimony mineralization in bedded breccia, Xikuangshan deposit, China. Abstracts with Programs, The Society of Resource Geology 46th Annual Meeting, Tokyo, 0-7.
- Hu, X., Murao, S., Shi, M. and Li, B. (1996a) : Classification and distribution of antimony deposits in China. *Resource Geology* 46, 287 - 297.
- Hu, X., Pei, R. and Zhou, S. (1996b) : Sm-Nd dating for the antimony mineralization of Xikuangshan deposit, Hunan, China. *Resource Geology* 46, 227 - 231.
- Hu, X., Murao, S. and Huang, X. (1996c) : Genetic model of gold - antimony - tungsten mineralization: evidence from geology and mineralization of the Wuxi deposit, Hunan, China. *Bull. Geol. Surv. Jpn.*, 47, 577 - 597.
- Huang, S., Zeng, Y., Jia, G. and Chen, Y. (1987) : On the genesis of Daboshan polymetallic deposit in Guandong province, China (in Chinese with English abstract). *Geochimica*, March, I, 27-35.
- Ishibashi, K., Hu, X. and Murao, S. (1996) : PIXE microanalysis of an antimony mineral, stibnite. *International Journal of PIXE* 6, 561-566.
- 石原舜三・佐藤岱生 (1982) : 中国の鉱物資源③—華南の花崗岩類—。地質ニュース, no.340, 30-40.
- 石原舜三 (1983) : 中国の鉱物資源④—タングステン鉱床—。地質ニュース, no.346, 37-51.
- Jiang, N., Yang, S., Cheng, M. and Luo, L. (1996) : The Xikuangshan antimony ore deposit and Woxi gold-tungsten-antimony ore deposit Hunan Province. 30th IGC Field Trip Guide T343, 23pp.
- Liu, H., Yang S., Zhang, X. and Chen C. (1985) : A preliminary study on the genesis of the Daboshan polymetallic deposit in northern Guandong. *Acta Geologica Sinica*, I, 60 (in Chinese with English abstract).
- 村尾 智・安藤 厚 (1989) : レアメタル資源3・インジウム。地質ニュース, no.417, 29-45.
- 村尾 智 (1997) : 小規模鉱山業の実態—中国江西省西華山地区の例。ぼなんざ 261号 4-9.
- Murao, S., Ogasawara, M. and Zheng, Y. (1997) : A vertical section of kuroko-type mineralization at the Daboshan mine, Guandong, China. Abstracts with Programs, The Society of Resource Geology, Tokyo, P-11.
- 中嶋輝允 (1993) : 北鹿ベースンの地質構造・火成活動と黒鉱鉱床形成場。地質調査所月報44, 251-282.
- 日刊工業新聞 (1995) : アンチモニー高騰105円高。7月21日。
- Qiu, S. (1981) : A preliminary study on the genesis of the Daboshan stratiform polymetallic deposit (in Chinese with English abstract). *Geological Review*, 27 (4), 333-340.
- 佐藤興平 (1982) : 中国のタングステン鉱床—江西省鶴鉱地質討論会(その2)—。地質ニュース, no.333, 31-44.
- Shi, M., Fu, B., Jin, X. and Zhou, X. (1993) : Antimony metallogeny in the central part of Hunan Province (in Chinese with English abstract). Hunan Press of Sci. Tech., Changsha, 151pp.
- Tanelli, G. (1982) : Geological setting, mineralogy and genesis of tungsten mineralization in Dayu district, Jiangxi (People's Republic of China): an outline. *Mineralium Deposita* 17, 279-294.
- Wu, Y., Mei, Y., Li P., Cai, C., and Lu T. (1987) : Geology of the Xihuashan Tungsten Ore Field (in Chinese with English abstract). *Geol. Mem. Ministry. Geol. Min. Res. P.R.China*, Ser.2, No.2., Geol. Pub. House, Beijing, 1-320.
- Zhai, Y. and Deng, J. (1996) : Outline of the mineral resources of China and their tectonic setting. *Austral. J. Earth Sci.* 43, 673 - 685.

MURAO Satoshi, OGASAWARA Masatsugu and ZHENG Yuanyuan (1997) : Representative rare metal deposits in southern China -Xikuangshan, Xihuashan, Piaotang and Daboshan-

<受付: 1997年9月9日>