

中国の鉱物資源⑤

— 鉛・亜鉛鉱業と火山性鉛・亜鉛鉱床 —

古宇田 亮一 (鉱床部)
Ryoichi Kouda

まえがき

今回は 中国の太平洋岸に多い火山活動に伴う鉛・亜鉛鉱床を話題にしよう。火山性鉱床(火山岩に伴う鉱床)は世界的にも例が多い。しかも高品位鉱床や金銀などの貴金属 あるいは先端産業に必要な希少金属 (レアメタル) を伴う鉱床があるため 資源的重要度は高い。わが国では第三紀火山岩のグリーンタフ地帯に数多くの火山性鉱床があるのでなじみ易い。火山性鉛・亜鉛鉱床の一つ 日本の黒鉱研究は世界的水準でもある。

ところが すぐお隣の中国における火山性鉱床はこれまで紹介されることが少なかった。工業技術院の I T I T 事業の一つとして 昭和57年度に華南沿岸域の火山性鉛・亜鉛鉱床の調査が含まれた。さまざまな障害のために実際に見学できたのは 上海南方の浙江省^{フウチワン}五部^{ウブ}鉱山一つのみであった。その他については文献を引くことにして これから御紹介しよう。

中国の鉛・亜鉛鉱業

表1を見ていただきたい。これは世界の鉛・亜鉛鉱業に占める中国とわが国の相対的位置である。出典が昭和54年なので 現在では多少の変動があるが およ



写真1 人造湖の彼方に見る五部^{ウブ}鉱山地域

水力発電用ダムでせき止められた湖を渡った先の山中に五部^{ウブ}鉱山がある。「太平洋岸に近い鉱山」と事前に聞いていたのでこんな山中とは思っていなかった。いかにも広大な中国ならではのお話であろう。

その傾向は見てとれよう。これによると 中国の鉛・亜鉛鉱業の現況は満足すべき状態とは言い難い。第一に推定埋蔵量が低く 第二に埋蔵量に対応するほどの生産量すら得られていない。

近代的工業が発展するにつれて 銅・鉛・亜鉛などの基礎金属素材の需要は必然的に高まる。中国の生産量は建国後飛躍的に高まり 世界的に見ても決して小さなわけではないが このままでは近代的工業の発展に支障が生ずるのではないかと考えられる。何が原因なのであろうか。

まず絶対的埋蔵量が低いことがあげられよう。「昔思われていた以上に中国の鉛・亜鉛資源ポテンシャルは 今後大きくなるだろう」(E. Chin, 1980) との見方もあるが そのためには今以上に探査活動を強化しなければならない。地質調査がまったく無い地域がほとんど無くなり 資源観測衛星によって全地球の規模での地表の資源分布の解明が進んでいる現在では 新しい鉱床が地表露頭で発見される可能性が低くなっている。新しい鉱床の発見は 地下深部に求められる。この点では 早い時期に地表の資源を掘り尽くして 潜頭^{ウブ}鉱床と呼ばれる地下深部に潜む^{ウブ}鉱床の探査技術を蓄積してきたわが国の実例が大いに参考になるだろう。

表1を見ると わが国の亜鉛資源は世界の十位以内に入り 資源小国の中でも気を吐いている。国内^{ウブ}鉱山の出^{ウブ}鉱量だけ見ても米国に次ぐ大きさである。ところで 銀は鉛・亜鉛^{ウブ}鉱床に付随してよく産出する。表1には 銀を合わせて載せた。歴史的に見ても 山田長政らの日本^{ウブ}町が活躍した江戸時代初期の御朱印船貿易の頃 たとえば日本の豊富な銀は日本商人の切札として東南アジア市場を席捲し スペイン・ポルトガル政庁を大いに嘆かせた。また銅も江戸時代のオランダ貿易を通じて豊富に輸出され 日本は当時世界有数の産銅国でもあったのである。火山性黒^{ウブ}鉱^{ウブ}鉱床には銅も豊富にあるが この話は機会を改めて述べることにしよう。現在でも表1の銀資源国ランキングの末尾に日本もその一つとして挙げられている。これなどは往時の残映とも言える。

日本の亜鉛産出量が戦後も大きく伸びたのは ひとえに地下深部への探査活動の強化によっている。その重

表1 世界の鉛・亜鉛・銀鉱業の概要

	亜鉛 Zn		鉛 Pb		銀 Ag*	
Reserves 推定埋蔵量 (百万トン)	Canada	30	U.S.A.	27	U.S.S.R.	1600
	Australia	16	Australia	18	Canada	1600
	U.S.A.	15	U.S.S.R.	16	U.S.A.	1510
	S.A.	11	Canada	12	Mexico	1060
	U.S.S.R.	11	Mexico	5	Australia	1020
	Brazil	9	S.A.	5	Peru	610
	Ireland	8	W.Germany	4	Japan	20
	Peru	7	China	3		
	Japan	5	Spain	3		
	China	5	Peru	3		
	Iran	5	Bulgaria	3		
			Sweden	3		
			Yugoslavia	3		
		(Total 162)	(Total 127)		(Total 8125)	
Mining product. 国内出鉱量 (千トン)	Canada	1067	U.S.A.	530	Mexico	50.8
	U.S.S.R.	770	U.S.S.R.	520	U.S.S.R.	46.0
	Australia	473	Australia	400	Canada	40.7
	Peru	458	Canada	320	U.S.A.	39.4
	U.S.A.	303	Peru	183	Peru	37.0
	Japan	275	Mexico	170	Australia	24.9
	Mexico	245	Yugoslavia	125	Japan	9.6
	Poland	194	China	120		
	Ireland	176	France	117		
	Sweden	163	N.Korea	105		
	Spain	144	Morocco	100		
	China	120				
	W.Germany	97				
	Yugoslavia	97	(cf. Japan 57)			
	(Total 5878)	(Total 3445)		(Total 344.7)		
Refinery or Smelter 精錬生産量 (千トン)	U.S.S.R.	770	U.S.A.	565	U.S.A.	54.4
	Japan	768	U.S.S.R.	520	U.S.S.R.	54.0
	Canada	495	Australia	356	Japan	39.6
	U.S.A.	407	Canada	194	Canada	37.7
	Australia	290	Japan	186	Peru	19.5
	W.Germany	289	Mexico	166	Australia	11.7
	Belgium	234	China	150		
	Poland	222	France	126		
	France	216	Yugoslavia	121		
	Italy	178	Bulgaria	120		
	Mexico	173				
	Spain	163				
	Finland	133				
	China	120				
Yugoslavia	82					
S.A.	79					
	(Total 5615)	(Total 3418)		(Total 338.5)		

* 百万トロン(約31t)

Minerals Fact and Problems (1980) から国別記載のあるものを大きい順に並べた。各欄の下にある (Total) は全世界総計であり国別記載の小計より大きい。なお国別記載のうち小さなものは省いた。推定埋蔵量は1980年時までのものである。国内出鉱量は1979年であり精錬生産量も同年だが、実際に生産された量を示してあるので、精錬所の生産能力はこれの数割増と考えていただきたい。亜鉛鉱業の世界に占めるわが国の大きさは注目に値しよう。

要な一部である火山性の黒鉛鉱床は、昭和35年頃に新しい探査理論が確立し、その後続々と新鉱床が地下に発見されて「黒鉛ブーム」と呼ばれる盛況を呈したものである。現在、黒鉛鉱床は先端技術に必要なガリウム砒素素子の原料としても注目されており、国内消費量に占める位置が大きくなりつつある。国内産資源は国際的バーゲニングパワー(取引材料)になりうるし、何といっても資源の安定供給には好都合である。地下深部の資源探査に大きな影響力を持つ鉛床学の研究と探査理論の進歩は決定的な重要性和必要性があるだろう。

次に表1で日本と中国を比較すると、日本は国内出鉱量の3倍程度の生産量を出しているが、中国の両者の比率は同程度である。これは鉱山から出す鉛石をどこで精錬し、どのように運搬して消費するかに左右される。図1に中国の鉛・亜鉛資源の分布と主要な鉛床名を示した。広大な国土に多数の鉛山があつて豊富な産出が期待できそうにも見えるが、実はこれが問題なのである。

「10年内乱」の終息した70年代半ば以後、中国の近代

化は急に加速され、全国に道路網が整備されてきた。しかし都市から離れた山奥からの陸上輸送は大変にコストがかかる。中国では夏王朝の始祖禹の時代から運河の建設が進められ、平野における網の目のように張りめぐらされた河川運搬網の発達が著しい。運河網は中国農業の大発展を可能にし、歴代王朝の栄耀華ををもたらしたわけである。しかし冠水の多い平野部の運河はしばしば土砂で埋まり、底さらいなどの維持にかかる人力とコストはかなりのものである。平野部に集中しているため山岳地帯の鉛山には向かない。揚子江流域の銅・鉄鉛床(石原, 1982a; 石原, 1982b)のような例を除けば、河川運搬によるコストダウンはあまり期待できない。

中国の主要な鉛・亜鉛精錬所は、遼寧省瀋陽、湖南省中央の株州・松柏、及び広東省北部の韶關、福建省連城にある。その生産能力は、鉛と亜鉛について各々年産5万トンと2万トン(瀋陽)、5万トンと12万トン(株州)、1万トンと0.5万トン(松柏)、1.8万トンと3.5万トン(韶關)である(E. CHIN1980)。それぞれが大鉛床

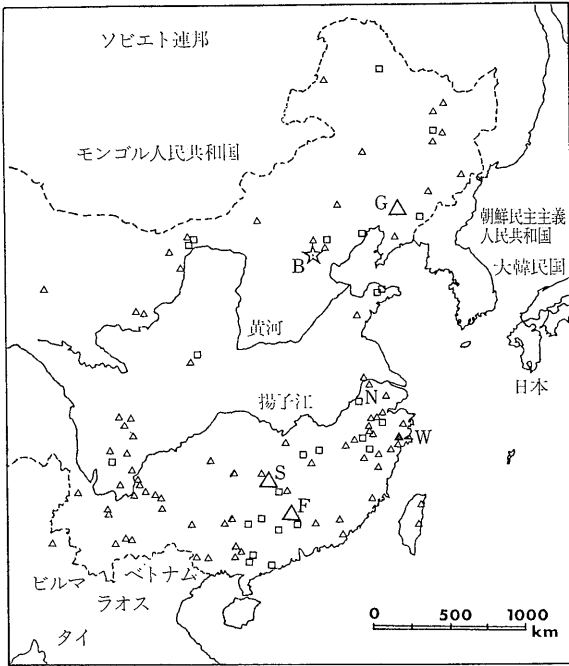


図1 中国の鉛・亜鉛鉱床の分布
 文献: Chin, E (1980) 郭ほか (1982a;1982b) 王 (1983) 中国経済研究所 (1975) 富士ジャーナル中国経済研究部 (1980) ZHANG (1980) によって図示した。この他西部の新疆省西端にもう一つ鉛・亜鉛鉱床が知られているが図の範囲には示していない。代表的大型鉱床は湖南省水口山(図のS) 広東省硯口(F) 遼寧省関門山(G)である。それ以外の多くは規模的に小さく採掘されていないものも多い。
 図の説明: 実線: 河川と海岸。 破線: 国境。
 △: 鉛・亜鉛鉱床位置 (大三角形は大型鉱床 黒く塗りつぶしたのは五部鉱山)
 □: 銅・鉛・亜鉛鉱床 (銅も主要生産物である鉱床)
 B: 北京 N: 南京 F: 硯口 (Fankou).
 G: 関門山 (Guangmenshan). S: 水口山 (Shuikou shan).
 W: 五部 (Wubu).

の近くにあり 瀋陽と関門山鉱山 (図1, G) 株州・松柏と水口山鉱山 (図1, S) 韶関と硯口鉱山 (図1, F) などである。ところが瀋陽を除くと必ずしも交通事情が良いとは言えず 大消費地に近いとは言えない。当然 最終加工先まで陸上運搬を重ねなければならずそのコストは割り高となる。

エネルギーコストも問題である。中国には豊富な石炭・水力発電所があるが 石炭は運搬コストが高く 水力発電は規模の点で限界がある。製鉄所の例になるが雲南省奥地の攀枝花製鉄所は近くに鉄鉱山・石炭鉱山を控え内陸の大鉱業都市となっている。原料の点では不自由が無いが 大消費地に遠いことが制約となる。雲南省には数多くの鉛・亜鉛鉱床があるものの 運搬とエネルギーの両面でその発展にはまだ問題が大きい。

ところで図1をみると揚子江下流以南と北京以北の東北三省にも鉛・亜鉛鉱床が分布している。このうちのいくつかは火山性である。特に南京以南の太平洋岸に近い地域 (図1のWのまわり及びその南) は代表的な火山性鉛・亜鉛鉱床地域である。この地域は近くに上海という大都市も控え 揚子江下流の肥沃な穀倉地帯を背景にし かつ港湾施設の作り易い入江に近いので天津や大連といった工業都市との海上輸送にも都合がよい。戦後のわが国重工業は海上輸送によって世界の資源大国群の大鉱山と安価なコストで結ばれることで発展してきた。これを思い起こせば 沿岸地域の火山性鉛・亜鉛鉱床は なかなか魅力的な対象であると言えるだろう。

それでは 実際にどの程度のポテンシャルがあるのか 鉱床の実態はどうなっているのか その鉱床学的成因は如何に考えるべきであるのかを次に見ていこう。

華南の火山活動

広大な中国の中でも 火山が猛威をふるった時代と場所は限られてくる。いつどこにでも出てくるわけではない。ただし今から1億年から2億年ぐらい前の中生代には中国のかなりの部分をおおう巨大な火成活動が起きて 多くの金属鉱床を生んでいる。花崗岩類については 本シリーズの③で詳しく触れている (石原・佐藤 1982)。表2を見よう。中国の最大級の花崗岩活動は 中生代ジュラ紀～白亜紀の燕山期に展開したが これと構造地質学的な大造山運動の時期とはおおむね一致する。時は巨大爬虫類が地球表面の王者として跋扈していた頃である。同じ時期に火山活動もまた盛んに地表の地形を塗り替えていた。図2は中国東部におけるその分布図であるが 東北三省と山東半島 南京南方の華南太平洋岸地域に広大な分布が読みとれよう。

火山活動が活発な燕山期に至るまでは主に海成のサンゴ礫性石灰岩や砂岩・泥岩が 西方の揚子江中流などに広く発達する先カンブリア紀の基盤の上に広く堆積した。デボン紀以後 華南地塊がほぼ形成されると部分的に陸化し始めている。華南地方では この石灰岩をコンクリートに加工し舗装に使ったり (写真2) 船を作ったりする。木材の不足する中国では木製の船はむしろ貴重であり かわって全コンクリート製小船が運河網に数多く浮かぶ。大型の船になると さすがに鋼鉄製になるようである。

燕山というのは北京北東の山脈地域である。ここは昔 燕の国といい 漢民族の居住する北東限に当たった。遼東半島は燕に属していたし 韓国や日本も当時は燕の属国並みの扱いしか受けていなかったようだ。班固の

表2 中生代・新生代の中国主要構造運動と気候・生物の変化
中生代と新生代の造構造運動の強弱 海進・海退と気候 生物の出現時期を比較。

代	紀	世	年齢 (億年)	→ 強 造構造運動	海進 ↔ 海退	生物の出現	
						植物	動物
新生代	第四紀	完新紀世 更新世	0.02~0.03	ヒマラヤ期	寒冷気候		← 人類
	新第三紀	鮮新世 中新世					
	旧第三紀	漸新世 始新世 暁新世	0.25 0.40 0.60 0.80			← 哺乳類	
中生代	白亜紀	後期 前期	1.40	後期燕山期	乾燥気候	← 被子植物	
	ジュラ紀	後期 前期	1.95	前期燕山期			
	三疊紀	後期 前期	2.30	インドシナ期	温暖湿潤	← 爬虫類	
古生代	二疊紀			ヘルシニア期		← 裸子植物	

出典は孫ほか (1982)。

漢書卷二第八下地理志の燕地の項に「楽浪海中に倭人有り分かれて百余国を為す 歳時を以て来たり献見すと云ふ」とある。漢文法では この最後の「云ふ」が重要で これは「倭人が昔から中国に使いを出していたと聞いている」というニュアンスである。漢代よりずっと以前の春秋・戦国時代から日本と中国とは国交があったようである。孔子も弟子の子路に 中国ではもはや礼が廢れたから桴に乗って東の海上にある礼を守る国に行こうか と問いかけているが これは日本のことを言っているらしい。この燕の地の山脈を代表的模式地と

するのが燕山期である。

燕山期の火成岩類は 分布も広くて重要なため色々な研究がおこなわれている。ここでは まず火山岩石学的研究を考察することから始めよう。

図2の岩石区境界是北京の地質学研究所の意見である。南京地質鉱産研究所の陸 (1982) は これと少し異なる境界を提案しているが その違いは山東省と東三省の東部を中岩石区(中間帯)に含める点にある。陸 (1982) 方式による塩基性・中性・酸性岩の岩種比の各帯の違いを図3に示した。ここで内帯は図2の北岩石区



写真2 杭州から五部に向かうハイウエー
近傍に多い石灰岩は豊富なセメント資源である。アスファルト舗装道路の他に 日本では珍しいコンクリート舗装道路が普及している。モータリゼーションの進む中国では運河網に代わる大量陸上輸送網としてこのような舗装化が大規模に進められている。写真は右側通行中のトラックを左からジープが追い抜くところ。中国は車は右で人は左である。

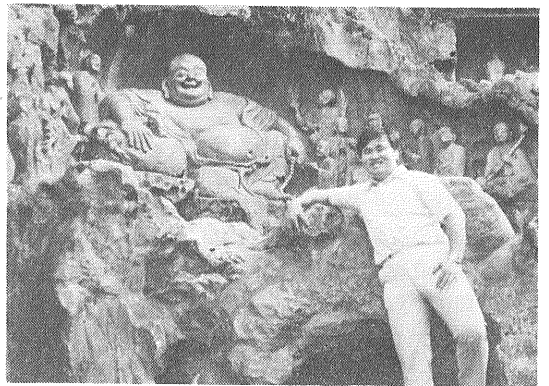


写真3 石灰岩をくり抜いて作られた彌勒菩薩像
ほてい様かと思ったら説明はみるく様。杭州西湖の西にある臨濟宗靈隱寺にて。裕福な浙江地方では 仏様すら太っているようだ。「似ているから」とカラかわれて一緒に写されたのは筆者。この石灰岩は伝説によると空から降ってきてここに鎮座したという。石灰岩は大規模に横にすべって移動することがあるのであながち空想ばかりとも…?

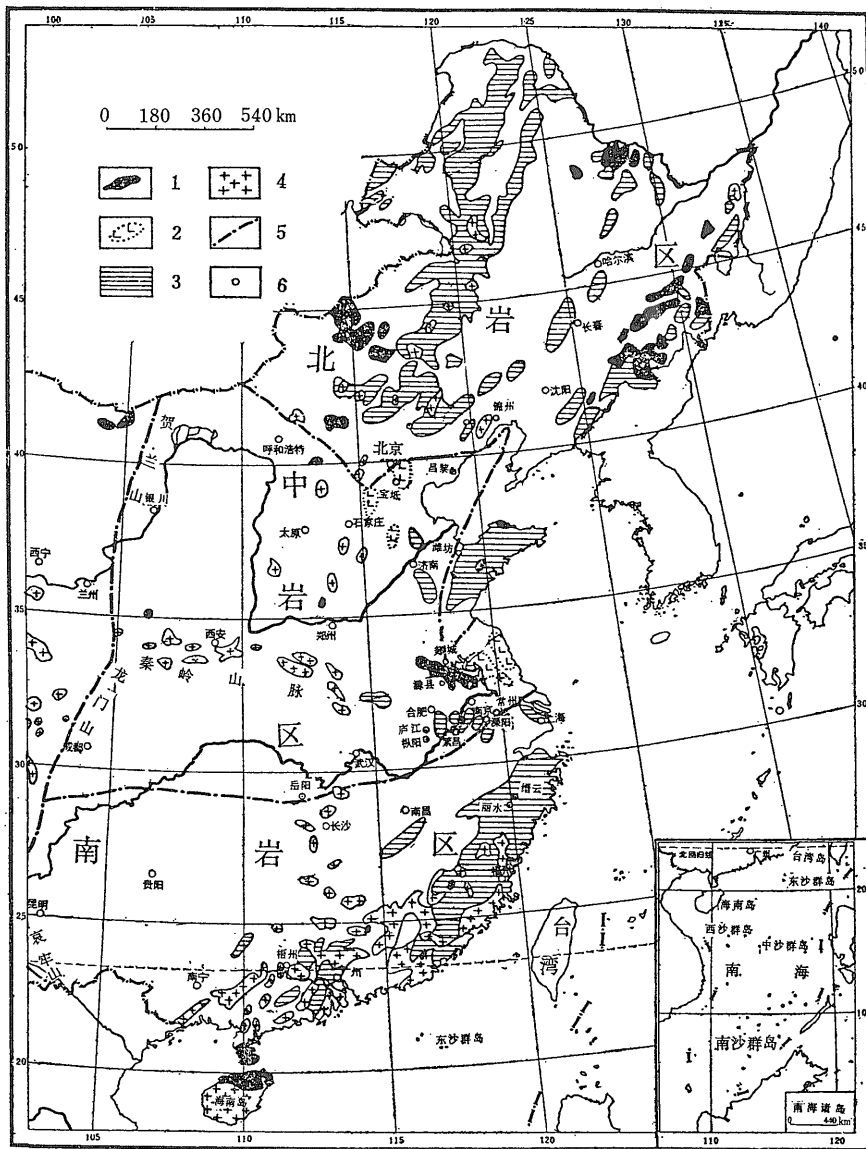


図2 中国東部の中生代火山活動(呉ほか 1982)

- 1: 新生代噴出火山岩.
- 2: 新生代貫入火山岩.
- 3: 中生代火山岩.
- 4: 中生代貫入岩(花崗岩類を含む).
- 5: 岩石区境界の呉ほか案.
- 6: 都市.

西部に相当し 外帯は南岩石区東部に相当する。中間帯は塩基性岩の多い点で他と区別され 外帯は酸性岩が大部分を占める点特徴的である。外帯と内帯はそれほど大きな違いがあるわけではなく 岩石学的に特異なのは中間帯である。ここにはアルカリ岩が多く出る。またソレイイト的な岩石が山東半島の東部に少し出らしい(図4)。中間帯のAFM図にオーストラリアのジョジョナイトを合わせてのせたのは このカリウムに富むアルカリ玄武岩に似た性質のものが中間帯の中に出てくるからである。多くの岩石はカルクアルカリ系(図4CA)に属する。

図5はシリカー全アルカリ図上の外帯と中間帯との差

異である。これで見るとソレイイト的な(図5のTH)ものはむしろ外帯の広東省の一部や浙江省の一部にそれらしきものが考えられるが 山東省には影も無い。外帯が高アルミナ系に集中するのにくらべて 中間帯のアルカリ岩の多さが目立つようである。

陸(1982)が北北東から南南西に伸びる岩石区を東西方向に並べて 現在のフィリピンプレートの運動方向に直交ぎみに配置しているのにくらべて 呉ほか(1982)は東西に伸びる岩石区を南北方向に並べている。後者は山東半島を北岩石区に入れるために渤海湾と南京北部で鋭角的な岩石区境界を引くが かなり無理な印象を与えている。中岩石区と南岩石区の大部分 すなわち内

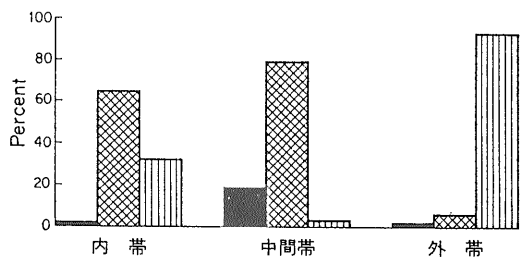
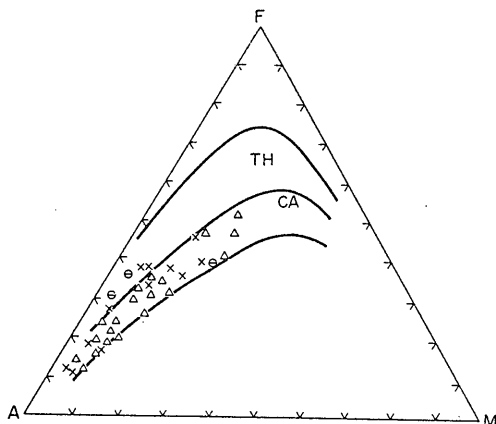


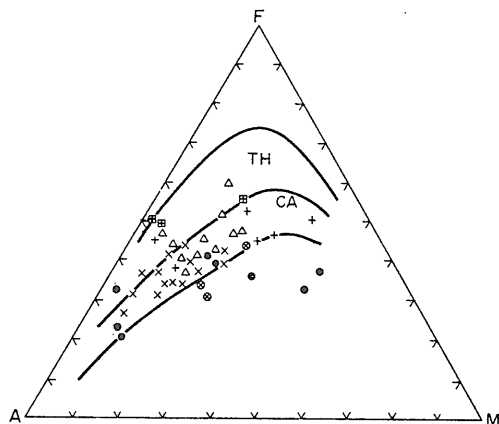
図3 中国東部における地帯別の岩種比(%)
陸(1982;佐藤・石原訳)による。黒:塩基性岩。斜線:中性岩。縦線:酸性岩。

図4 中国東部中生代火山岩類のAFM図(陸, 1982)。



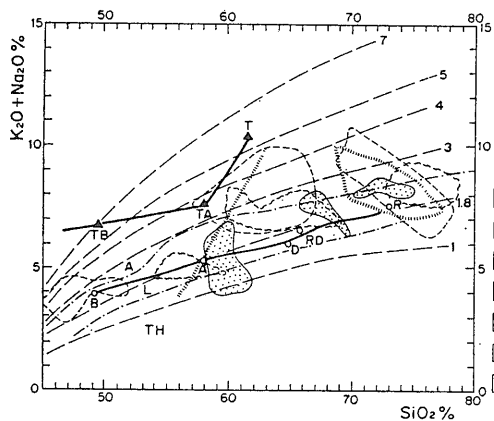
中国東部, 外帯の中生代火山岩類の AFM 図

○: 広東省東部, ×: 浙江省東部と福建省東部, △: 浙江省西部と江西東北部。



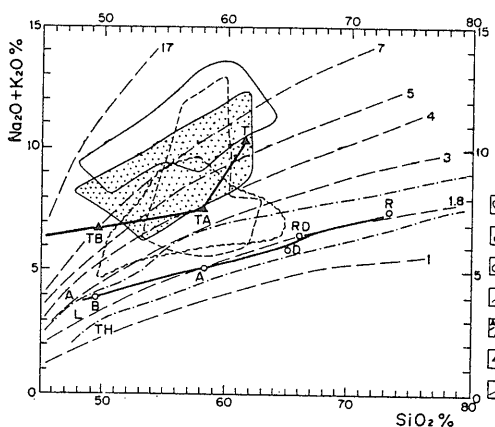
中国東部, 中間帯の中生代火山岩類の AFM 図

田: 山東省東部, △: 南京—燕湖, +: 山東省南部, ×: 廬江—樅陽, ⊗: 山東省西部, ●: オーストラリアのシヨシヨナイト



中国東部, 外帯の中生代火山岩類の SiO₂—全アルカリ図

1: 広東省, 2: 浙江省, 3: 福建省西部, 4: 福建省東部, 5: ソレライト系・高アルミナ玄武岩系・アルカリかんらん石玄武岩系の境界, 6: 世界の火山岩の平均組成(B: 玄武岩, A: 安山岩, R: 流紋岩, TB: 粗面玄武岩, TA: 粗面安山岩, T: 粗面岩), 7: リットマン指数(δ)。



中国東部, 中間帯の中生代火山岩類の SiO₂—全アルカリ図

1: 廬江—樅陽, 2: 南京—燕湖, 3: 銅陵及び娘娘山, 4: 山東省, 5-7: 第5図と同じ。

図5 中国東部中生代火山岩類のシリカー全アルカリ図(陸, 1982)。

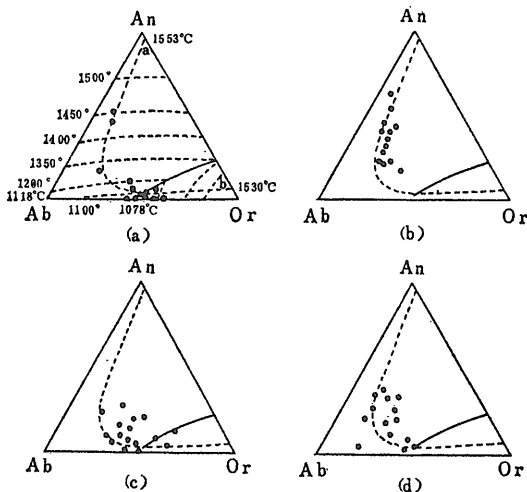


図6 岩石区ごとのノルム三角図(An-Ab-Or).

- 外帯: (a) 平陽(浙江省南部: 南岩石区)
- (b) 延辺(吉林省東南部: 北岩石区)
- 中間帯: (c) 廬江-樅陽(安徽省南部: 中岩石区)
- (d) 寧蕪(南京~安徽省蕪湖: 中岩石区)

An (灰長石) Ab (曹長石) Or (正長石). (a)図で数字付きの破線は液相面の等温線; 4つの三角形に共通する破線が固相分離線(ソルバス); 三角形内の実線はコーテクティック線; 黒点は各サンプルの位置.
出典は呉ほか(1982).

陸側には中生代火山岩の分布が少ない。呉ほか(1982)はクラプレートの北上に伴う岩石区境界を考えている。両者に共通する要点は 南京の西方及び西北方に多量のアルカリ岩が出ることにあり これが両者の中間帯・中岩石区に一致する点である。呉ほか(1982)の説明によると クラプレートは南岩石区の南方からもぐり込んでサブダクション帯を形成し 北岩石区に向かうほど深くなる。中岩石区はその中間でリフト帯のように地殻が割れやすくなっている。ここでマグマと地殻物質との混熔が生じたと考えているようだ。それが図6であり(a)と(b)の北・南岩石区(外帯)の岩石化学分析値はほぼソルバス上にのるので地殻下部又は上部マントルから

発生したマグマがそのまま分別結晶して上昇して噴火した。しかし中岩石区(中間帯(c)(d))ではソルバスから著しく分散し また黒雲母のような含水鉱物を多量に含むことなどから 水の多い発生源を持ち多量の地殻物質と混溶したとする。

図7は希土類元素パターンである。左は北・南岩石区のもので花崗岩も比較している。図7左では著しいユーロピウム異常(Euの落ち込み)が見られ 斜長石の結晶分離によるとみられる。北と南のパターンに違いはない。ところが中岩石区ではユーロピウム異常がみられない。アルカリ岩の比較としてニューブリテン島の例を図7右の点線で示しているが 重希土類(Euより右)は同じ範囲におさまるものの 軽希土類では著しく隕石標準より高い値を示している。そこで中岩石区のアルカリ岩はマントル上部に発生源をもち地殻物質と著しく混溶したと考えるのである。

図8はプーグ異常のおおまかな見取り図である。これによるとチベットの厚い地殻と共に顕著なものは 北京とベトナム北部を結ぶ線上及びその北北東への延長線を境にする落差である。この北北東-南南西方向の境界(-100から-50程度の値)から東では 重力の高異常が目立つ。東北地方北西部を除くとこれが中生代火山岩の分布する大部分の領域である。重力値の正の場所に注目すると これはハルピン 渤海湾 東海 台湾海峡 南海へと連なり 大陸地殻がうすいと考えられる。図8ではベトナム北部から北京に伸びる大構造に次いで 上海近辺を通る西北西-東南東の中構造も読みとれる。アルカリ岩の分布域はまさにこの中構造の北方にあり 大陸地殻のうすいところである。

もう一度 図8のベトナム北部-北京線以東を見よう。特に上海-南京以南の華南地方で著しいが 重力異常の伸び方向が北北東-南南西であることが明らかである。この地域の構造線・主要断層もこの方向に沿う。図2と比較して 上海-南昌-南寧以南の浙江-福建・広東三省を中心とする中生代火山岩地域は 一つ

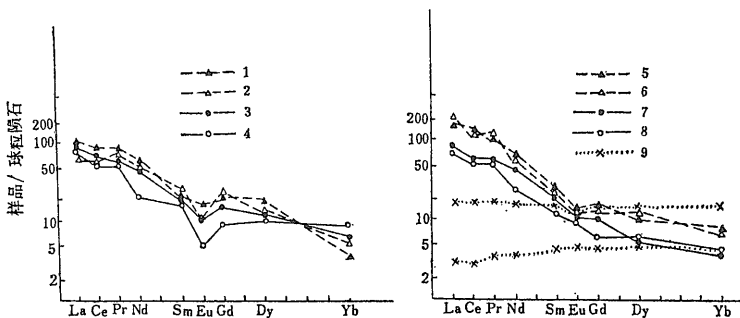


図7 各岩石区別希土類パターン(呉ほか1982).

- 北岩石区: 1: 玄武玢岩ダイク 2: オリビンソレイアイト玄武岩
 - 南岩石区: 3: 石英粗面玄武岩 4: 花崗岩
 - 中岩石区: 5: 粗面安山岩 6: 準長石粗面安山岩 7: 石英粗面岩 8: 粗面岩 9: ニューブリテン・ロバウ島アルカリ岩
- 横軸は右ほど重い希土類元素(原子番号順) 縦軸は隕石の希土類パターンを標準とした比.

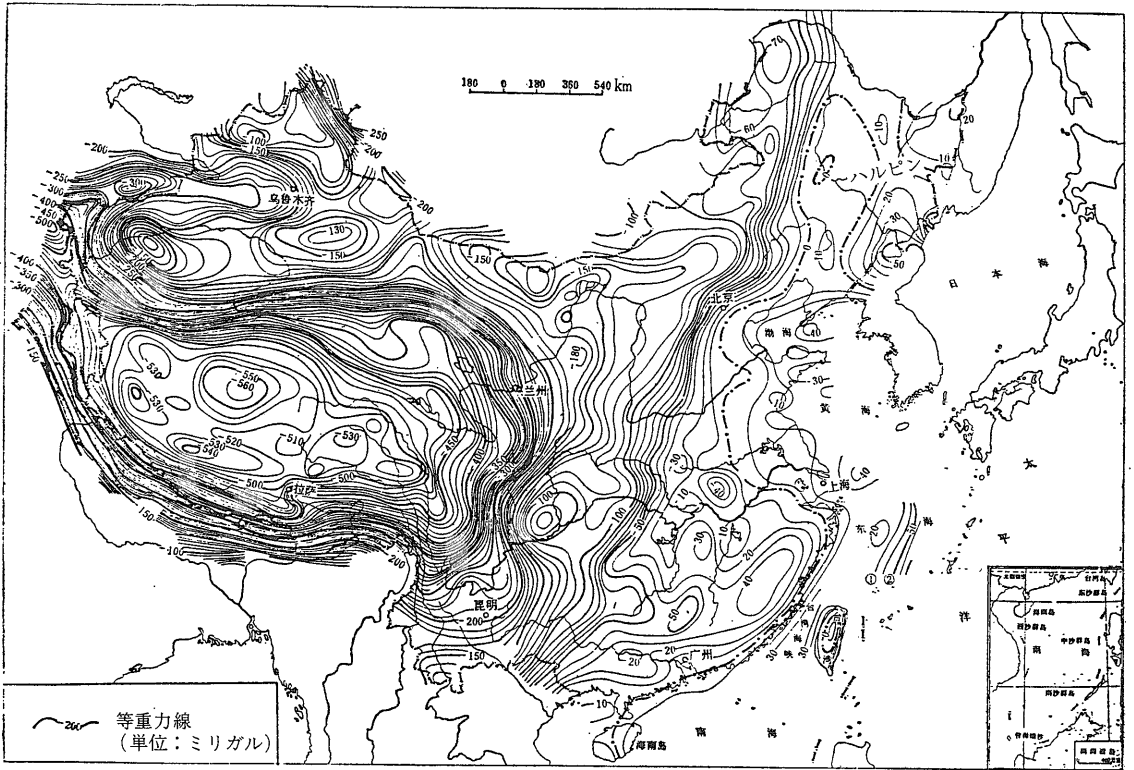


図8 中国のブーゲ重力異常図(周・劉, 1979による)
 実線は等重力線、一点鎖線は0(ミリガル)でこれより東南方が正異常。

の岩石区としてばかりでなく、一つの構造区としても扱えるだろう。ここはサブダクション帯のもぐり込みからあまり離れていない比較的大陸地殻がうすくなっている中でやや大陸地殻が厚い地域と言える。図9にそのおよその範囲にあたる地名・省名を示した。ここは中生代以後ずっと陸域であったと考えられて

いる。その理由は第一に淡水性の魚や貝の化石を含む堆積岩が広く分布し第二に溶結凝灰岩が広く分布することにある。

代表的な火山構造を浙江省東部に見てみよう(図10)。これは紹興-江山断裂帯によって西境を定められる。断裂系としては北北東-南南西方向と北西-南東方向の線状断裂系(リニアメント)が顕著である。これに斜交する北西-南東方向のリニアメントも著しい。小規模な北北西-南南東方向も一部見られるようだ。

もう一つの特徴は環状盆地構造が多数見られ白亜紀火山岩を主とする地層がその中に分布している点である。ジュラ紀火山岩地域にも似た構造が多い。これはカルデラ構造を意味している。資源衛星による画像にも環状構造は明らかである。この地域の火成活動の注目すべき形式と言えらる。図6にも示した平陽の詳しい火山構造を図11に見ることができる。この西南の地域に火山の中心をとりまく環状割れ目とそれを切る放射状割れ目の産状が鮮かである。流紋岩の流れ方向や地層の走向傾斜から平陽岩体は明らかに周囲が隆起して中心が陥没した長径15km程度のカルデラである。中心が再隆起しまた流紋岩熔岩の大規模な環状噴出も見られるところからパイエス型に近いのではな

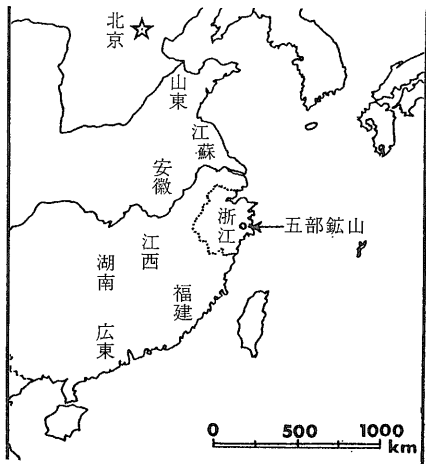


図9 浙江省と五部鉞山
 南京地質鉞産研究所々管の6省と周辺の位置も示した

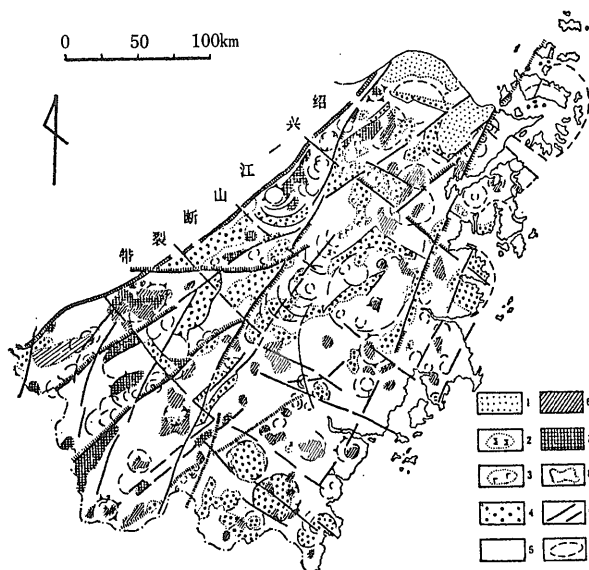


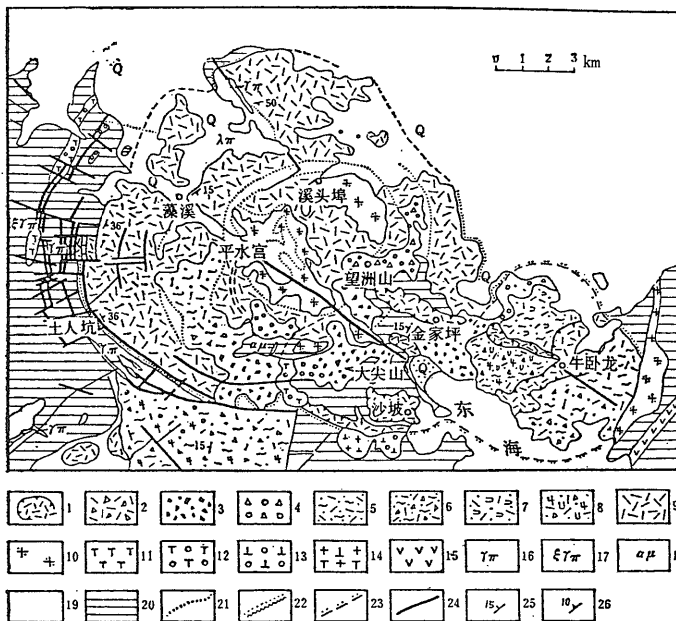
図10 浙江省東部中生代地域の火山構造(水, 1981)

- 1: 第四系平原
- 2: 新生代塩基性・超塩基性岩
- 3: 第三～第四紀玄武岩
- 4: 白亜紀火山岩・堆積岩
- 5: 後期ジュラ紀火山岩
- 6: 後期ジュラ紀貫入岩
- 7: 基盤変成岩
- 8: 地質体境界線
- 9: 火山被覆層線状断裂
- 10: ランドサット画像による構造
- 11: 火山盆地
- 12: 火山ドーム
- 13: 火山性基盤断裂噴火帯
- 14: 紹興—江山断裂帯

図11 浙江省南部平陽の白亜紀火山環状構造(水, 1981)

白亜紀初期から後期にかけての活動

- 1: 流紋岩と推定火道
- 2: 流紋岩質集塊岩(火道周辺相)と爆発重相
- 3: 集塊岩・集塊角礫岩・角礫熔岩
- 4: 流紋岩質凝灰角礫岩・角礫熔岩凝灰岩・角礫熔結凝灰岩
- 5: 流紋岩質熔結凝灰岩
- 6: 流紋岩質角礫熔結凝灰岩
- 7: 流紋岩質熔岩凝灰岩
- 8: 石英安山岩質含角礫凝灰熔岩
- 9: 流紋岩
- 10: カリ長石花崗岩・カリ長石花崗斑岩
- 11: 正長石斑岩
- 12: 石英正長石斑岩
- 13: 石英閃緑岩
- 14: 花崗閃緑岩
- 15: 安山岩質斑岩
- 16: 花崗斑岩
- 17: カリ長石花崗斑岩
- 18: 流紋岩質斑岩
- 19: 石英安山岩質斑岩
- 20: 噴火底
- 21: 地質体の空間的対応連絡線
- 22: 異時期火山境界線(推定)
- 23: 火山構造境界線
- 24: 断層 25: 走向傾斜
- 26: 流紋の走向傾斜



いだろうか。浙江省には このタイプの中生代火山が多数ある。次節でお話する五部鉱山も このタイプに似たカルデラの周囲に出現している。

本節の締め括りに 火山岩体の年代を見よう(図12)。浙江省西部には華南地塊が形成される前の古生代カレドニア期や先カンブリア紀雪峰期造山運動の名残りがブロック状にしばしば見られるが この中の火山岩は主として貫入岩であり 時代は二疊紀後期から白亜紀までである。杭州—紹興から南西に向く中央部では 上記と異なり噴出相が広く分布し 大体白亜紀のものが多くジュ

ラ紀も少しある。部分的に古生代のものもある。東部はおおむね白亜紀後期で 第三紀はじめの暁新世の値を示すものもある。五部鉱山のまわりは白亜紀中～後期の1億年前から暁新世(6千万年前)くらいの年代の火山岩測定例がある。それでは五部鉱山に移ろう。

浙江省黄岩 五部鉱山

五部鉱山に行くには杭州から道路沿いにジープで旅しなければいけない。往路だけで一日がかりである。

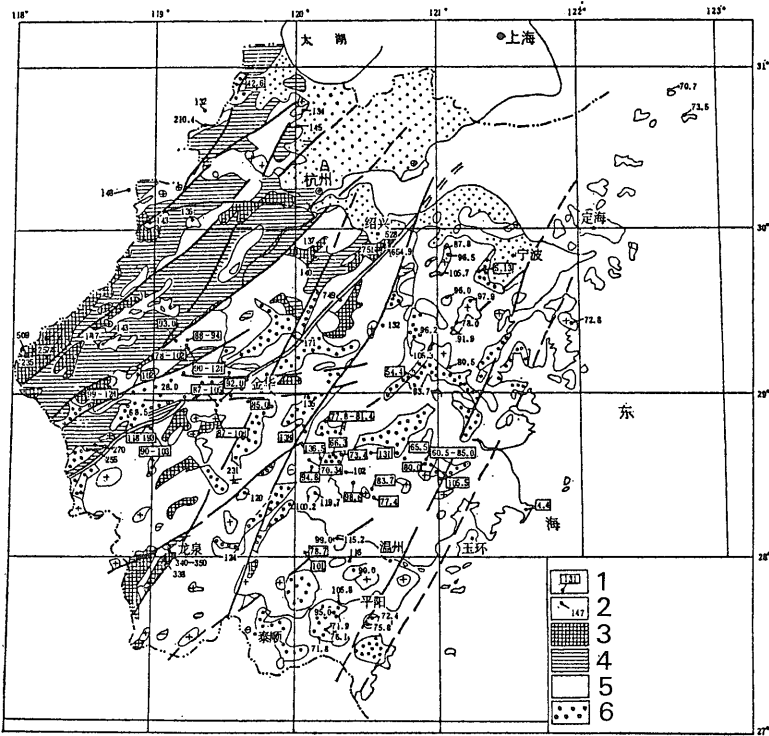


図12 浙江省中生代火山岩の分帯と同位体年令(水, 1981)

太実線や太破線は主要構造線を示す

- 1: 火山岩年令
- 2: 貫入岩年令
- 3: 雪峰期褶曲基盤
- 4: カレドニア期～インドシナ期褶曲基盤
- 5: ジュラ紀後期火山岩層
- 6: 白亜紀火山盆地

途中 ^{ルーシュン}魯迅の生まれ故郷 ^{ラオチユウ}老酒で有名な大都市 紹興を通り また平安時代の初めに比叡山延暦寺を建てた最澄が留学した天台を通過する。温州みかんの故里に近づくころが黄岩市に入るところである。道を内陸の西方へとり 川沿いに上っていくと水庫湖のほりになる。

水庫湖は付近の民衆が人海戦術で造りあげた大きな人造湖であり 周囲一帯に豊富な水資源と電力を供給する。新中国の建国がいかに一般中国人の誇りと情熱を引き起こしたかの例証の一つであろう。静かで美しい湖である。ここをフェリーで渡ると 日本の山間の水田風景によく似た農地に出る。いくつかの丘を越えて扇状地を下に開く山間の谷をのぼると五部鉱山だ。

五部鉱山には 500 人の労働者が働く。経営組織は日本に似ていて 鉱山技師の ^{ワンロンシン}汪榮興主席を ^{チェンデミン}陳徳明・^{クワイイルシュニアン}魏瑞宣 副主席が補佐し 採鉱部・電気部・浮選部を置いている。しかし上部団体は日本と異なり省政府の鉱業会社が担当している。出鉱量は月4000トン程度で そのうち鉛が 1.4% 亜鉛が 2.6% と銀を少量含むという。浙江省で首位を占める鉛・亜鉛鉱床で シェアが鉛50%亜鉛25%というには 人数が多いのにやや小規模な印象を受ける。開山は1970年代初期。安価な水力発電の供給があり エネルギーコストは低くてすむ。この点は有利だ。けれども 輸送手段には悩まされて

1983.11.

いるらしく 特に水庫湖上のフェリー運搬が独占企業によるものため 相当ペラボウな料金をとられているという。中国では競争が禁じられることが多いせいか独自のフェリー船を持ってない。そこで山中に道路を拓きトラック輸送に切替えることを考えているそうだ。

鉱山地質家の ^{ファンイ}章瑜氏から地質の説明を受けた。これ

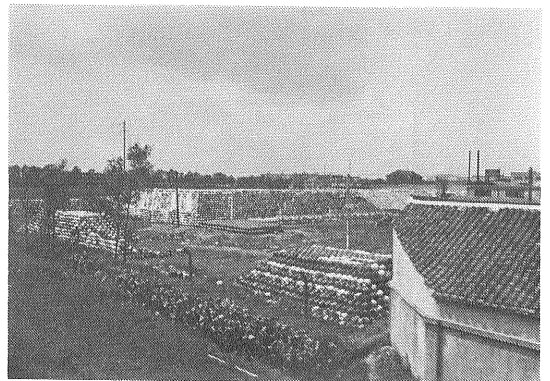


写真4 紹興市の市街路端

壁のように積み上げられているのは陶器製の老酒樽。魯迅が生まれたこの町は老酒の大生産地として有名である。肥沃な浙江省の水田からとれる上等の米を発酵させて造る名酒は日本でもおなじみ。残念ながら時間の都合で指をくわえたまま通過した。

表3 五部鉱山周辺の層序 (章瑜氏による).

紀	層群	層	サイクル	部	層	岩	相		
(第三紀層を欠く)									
白 亜	館 頭 層 群	C 層		赤灰色流紋岩質溶結凝灰岩					
		B 層	上部	珧長岩, 凝灰角礫岩, 集塊岩					
			中部	火山弾, 熔結凝灰岩					
			下部	熔結凝灰岩					
基底部	ガラス質凝灰岩								
紀 上 部	朝 川 層 群	A 層	第 3 サイクル	上部~中部	火砕岩, 堆積岩, レンズ状凝灰角礫岩, 中性~基性のはさみを含む				
				下部	ガラス質凝灰岩, 熔結凝灰岩				
			第 2 サイクル	上部	基性凝灰角礫岩				
		中部		凝灰岩と凝灰角礫岩, 熔結凝灰岩, 泥岩					
		下部		凝灰岩と凝灰角礫岩, 熔結凝灰岩					
		第 1 サイクル	上部	中性結晶~ガラス質凝灰岩, 中性熔岩					
			下部	黒色頁岩, 泥岩, 礫岩, 砂質礫岩 (オリビン玄武岩礫を含む)					
		ジュ ラ 紀 上 部	磨 石 山 層 群	上 層		流紋岩質~石英安山岩質熔岩			
				中 層		凝灰岩, 熔結凝灰岩, 流下火山灰, 降下火山灰, ガラス質凝灰岩, 火山礫凝灰岩, シルト岩, 砂岩, 泥岩			
下 層				流紋岩質~石英安山岩質溶結凝灰岩, 堆積岩, 火砕岩, 基底礫岩					

— 整合的 …… 不, 又は非整合

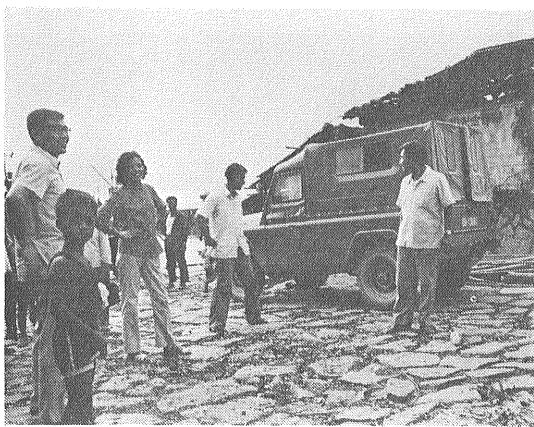


写真5 浙江省黄岩^{ホアンイェ}西方の波止場でフェリーを待つ。
左端は82年春に來日した陸志剛氏、右の女性は運転手の黄佩芳^{ホワンペイファン}さん、我々の乗ったジープを背景に82年秋に來日した若水^{ニホミヅ}氏、右が姚蕙^{ニョウヰ}一氏。この4氏が筆者と行を共にした



写真6 五部鉱山490m坑口にて若い地質家達と共に
左から4人目が章榮興^{チャンエイキョウ}主席、右へ3人目が章瑜^{チャンヨ}氏。現場では全員平等であるところが中国らしい。

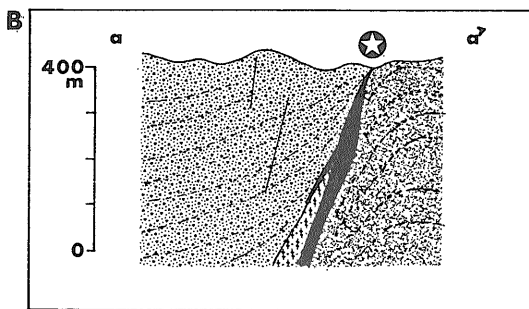
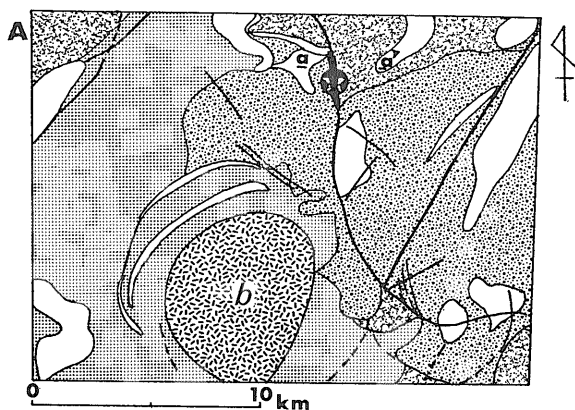
は万国共通の現象で 地質家が鉱山を訪問すると現地の地質担当者から説明を受けるのが普通である。間に同行の陸志剛氏の英訳をはさむので二重手間ではあるもの お互いに熱心なせいか訪山中の会議は毎晩夕食後にも及び 筆者も日本の経験を披露するなど活発な意見交換ができた(あまり熱心すぎたせいか間に立つ陸氏は最終日に疲れて倒れてしまったほどでありまことに申し分けなかったと思っている)

章瑜氏の話は いずれ南京から出版されるというので簡略化して御紹介すると まず一般の層序は表3のようである。この地域に分布するのは ジュラ紀と白亜紀の火山岩・堆積岩(砂岩・泥岩)を主とする。また概略の地質スケッチを図13に示した。

層序は浙江省東部の火山地域として単純であり典型的である。張・黄(1982)によれば 中国東部のジュラ紀は大規模な中性・酸性岩が噴出して三疊紀にわずかに残っていた海侵区域も陸化してしまった。この時強い圧縮場にあった。白亜紀も中酸性岩活動がジュラ紀に次いで大きかったものの燕山期構造運動後期の主要な伸張応力場の時期に火山活動は少なかった。白亜期後期以後も伸張応力場にあり 白亜期後期の火成活動は少なく 第三紀に入って塩基性岩が噴出したという。

五部鉱山でも大規模な珪長質火山活動があり カルデラ形成に伴う陥没周辺の基底礫岩と見られるものが最下部に観察されている。その上にうすい碎屑性堆積岩を何枚かはさんで大量の流紋岩～石英安山岩質の熔結凝灰岩や凝灰岩 熔岩が噴出している。これはジュラ紀上部に対比されている。磨石山層群(表3)である。

ジュラ紀上部の上層は特に全面的な珪長質火山噴出活動に彩られる。これは日本の黒鉱鉱床の鉱層の下盤が全面的な珪長質火山活動に見舞われた状態とよく似てい



- | | |
|---------|-------------|
| 石英モンゾニ岩 | 珪長質火山岩 |
| 上部白亜紀 | 石英斑岩 |
| 下部白亜紀 | 鉱床 |
| ジュラ紀 | 断裂系 |
| 五部鉱床位置 | 半山斑状石英モンゾニ岩 |

図13 五部鉱山周辺の地質概略(章瑜氏による)

Aは平面図 Bは五部鉱山のa-a'東西断面。鉱体の厚さは5ないし10mまで。走向方向の延長は約3.5km。Bは縦横同比。

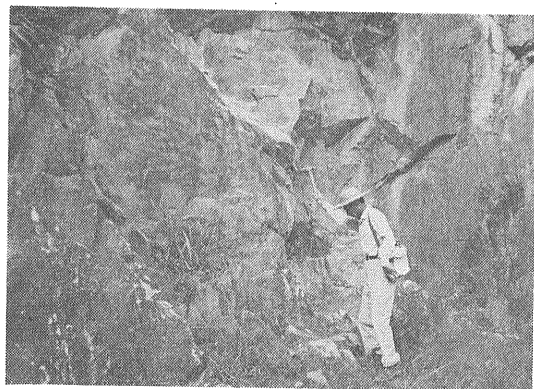


写真7 ジュラ紀流紋岩(下盤)

鉱体から東南へ1kmほど離れたところ。ハンマーをふり下ろしている章瑜氏のスタイルは典型的な中国地質家である。

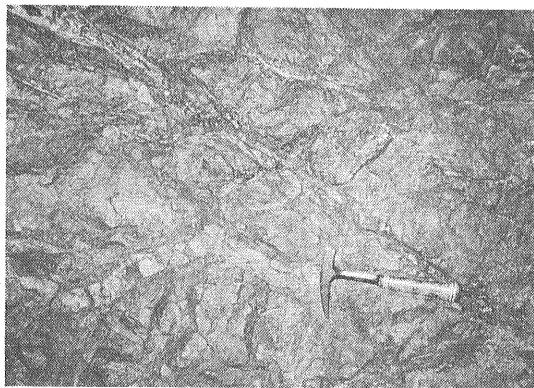


写真8 下盤の菱マンガン鉱・鉛・亜鉛鉱脈。490mレベル No.5坑道の網状脈。



写真9 下盤に近い鉱体の礫状鉱.
490mレベル No.8坑道. 白色部は粘土化変質で 黒色
礫状部が方鉛鉱・閃亜鉛鉱鉱石.



写真10 火山礫を含むレンズ状塊状鉱石.
490mレベル No.8坑道. 鉱体の中央部付近.

る。この時自破碎流紋岩が多量に出ているが これも日本の黒鉱下盤に似る。日本の黒鉱ではこの下盤に鉛・亜鉛の網状脈が石英・粘土を伴って走ることが多いがここでもよく似た網状脈が走る(写真8)。ただし黒鉱下盤に炭酸塩鉱物が出るのは秋田県松木鉱床や島根県石見鉱床など例が少ないがここでは多量に菱マンガン鉱(炭酸マンガン)が伴う。マンガンが多い点で黒鉱と根本的に異なるようだ。

ジュラ紀と白亜紀とは断層不整合又は非整合で断絶しているという。そして方鉛鉱・閃亜鉛鉱を主とする鉱床の主要部は白亜紀朝川層群アソチオプの下部(第1サイクル下部;表3)に集中する。この層準は凝灰岩もあるが黒色頁岩のような泥質物が多い。日本の黒鉱ではM2頁岩とよぶ鉱床を含む鉱層上盤堆積物に相当している。図13に示すように五部鉱山は北北西—南南東に走る断層に沿う鉱脈ということになっている。筆者はゆえに裂罅充填れつが鉱床であろうと信じて垂直にきり立つ太い鉱脈

か带状構造の発達した鉱脈を想像していた。この予想はみごとに裏切られ 実際の鉱石は網状脈か又は塊状鉱石であったのである。おまけに写真9に見られる礫状鉱が変質岩中に散在する箇所もあり これは鉱床の下盤ジュラ紀寄りなのでまるで黒鉱を見ている錯覚にすら襲われる。ここは断層帯の中なのだ 破碎されているのだと自ら言い聞かせつつ しかしまともな断層面がみつからないので途方に暮れる。

“断層帯”の中の鉱石には網状脈とレンズ状塊とが代表的である。レンズ状塊の中には写真10のように火山礫混じりのものも見られ ここでも「黒鉱か?」と錯覚を起こしそうになる。火砕堆積物を交代したものが断層破碎に伴って混合したものと説明してもいかにも苦しい。鉱体の中央から上盤ぎわにかけて 鉱石の細脈が時々層理に並行する。五部地域の地層の傾斜は一般にそれほど急ではないが 五部鉱床を含む部分は断層に沿

って 70° から 80° ほどの急傾斜になっている場合がある。図13のb(半山斑状石英モソナイト)を中心とするカルデラ陥没の北東壁に当るのが五部鉱山なので その意味では自然かも知れない。この断層帯の形成時期についてはまだ再考の余地があるだろう。断層が北北西—南南東に走るのも 浙江省全体の北北東又は北東の大構造に斜交していて興味深い。

朝川層群第1サイクルには ほかに中性～塩基性の熔岩を産するが これも黒鉱直上の玄武岩質安山岩熔岩を思い出させる。黒鉱ではよく上盤や鉱体に石英斑岩が突っこんで一部鉱染をうけることがある。“横盤”とも称する。上でも下でもないからである。五部鉱床にも石英斑岩が突っこんでいる(図13B)。これはボール状をなすことも多く 鉛・亜鉛鉱脈が網状に走ったり 小さなレンズ状塊が入っていたり また炭酸マンガンを脈に切られたりする(写真11)。鉱床最上部には縞状鉱石も見られる。なお塊状鉱石中の方鉛鉱・閃亜鉛鉱には細粒の密雑した鉱石も多い。玄武岩脈が下盤ジュラ紀や鉱体・上盤黒色頁岩を切るところがよくある。

朝川層群第2サイクルでは 下位の礫を多量にもつ凝灰角礫岩が目立つ(写真12)。これも黒鉱上盤に似る。その中間に数枚の赤色泥質岩を含むが 赤色を別として黒鉱地域のM1頁岩に相当するといえるだろう。この上盤内にもほんの少し鉱石脈が走ることがあるがまれである。さらに上位層では もっと鉱石脈は少なく しかし石英脈や方解石脈が卓越する。その岩相については表3にある通りである。

なお石英の流体包有物充填温度は200°C程度 硫黄同位体は $-4 \sim +6\text{‰}$ (方鉛鉱・閃亜鉛鉱・黄鉄鉱) と言う。

以上見てきたように 五部鉱山のジュラ紀～白亜紀の火山岩層序を仔細に観察すると如何に日本の第三紀黒鉱

鉱床地帯に似ているかが明らかであろう。更に似ている点がある。それは角礫岩脈の存在である。日本の黒鉱地域では鉱体内外に角礫岩脈が普遍的に見られ その中に中新世末期の黒雲母花崗岩円礫がよく見つかる。黒鉱層の時代はその前の中新世後半である。五部鉱山にも「隠爆角礫岩」と称するパイプ状角礫岩脈があり 中にカリ長石花崗斑岩角礫～亜円礫が多量に含まれる。

これらは似たようなパイプ型カルデラ活動が起きているためであるらしい。五部のカルデラ中心部には半山岩体(図13b)と呼ばれる斑状石英モソニ岩が出ており白亜紀末と見られている。周辺岩は熱変質のためにホルンフェルス化し 岩体周囲には急冷縁が発達してそのすぐ内側には捕獲岩も目立つ。これはパイプ型に特徴的な中心ドームであろう。岩系も同様カルケアルカリ岩系に属する。大陸地殻の厚さは日本のグリーンタフ地域にくらべるとかなり厚く 浙江・福建・広東三省の内陸部は 飛弾の山奥なみの厚さを予想させる。しかし海岸沿いではうすい。黒鉱鉱床は大陸地殻が少しうすいグリーンタフ地域に発達するが 五部鉱山周辺が第三紀ではなく中生代であることを考えればこれも当然かもしれない(図8参照)。

日本の黒鉱鉱床の最大の特徴は1500万年前の第三紀中新世後半のわずかに100万年間程度の“短い”期間に数枚の鉱層が全国的に一斉に発生した特異性にある。したがって特定の層序的位置 黒鉱層準をさがすことで新たな黒鉱が発見できると考えられた。実際 この新しい見方(堀越 1960)は大成功を収めたし 現在でも基本的に継承されている。五部鉱床は 断層帯に沿う急角度に傾斜した鉱脈鉱床だから 火山層序が以ていても鉱床自体はまったく異なると予想されたが その実態は以上見てきた通りであった。おまけに衝動的な分布図を現場で示された。現在採掘中の五部鉱山の他にもカルデラ周辺やカルデラ内いくつかのよく似た鉛・亜鉛鉱床があるという。その胚胎層の大部分は白亜紀朝川層群特にその下部なのである。黒鉱地域では 上盤に鉱脈ができることは普通なので いくつかの鉱脈が朝川層群上部やその上に続いたとしても当然なのである。あるいは 今までに観察されている小さな鉱脈の更に深部に黒鉱もどきの鉱石が眠っているのだろうか。不可解な気持ちをいだきながら五部鉱山をあとにしたのは5日目の早朝4時であった。〈続く：文献は次回に掲載〉

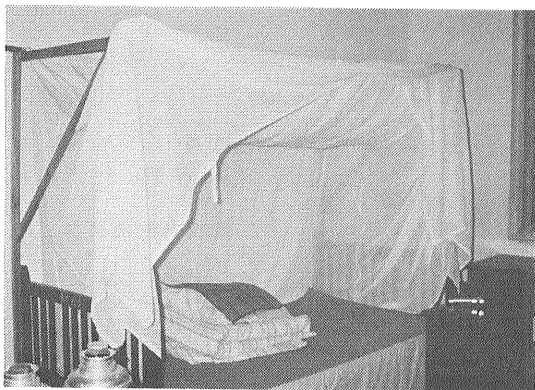


写真13 五部鉱山宿舎の中国式ベッド。
白い蚊帳は効果的に蚊をシャットアウトしてくれた。