

モロッコにおける地質鉱床と花崗岩系列

石原舜三¹⁾

1. まえがき

モロッコの地質について私が最初に知識を持ったのは、金属鉱業事業団の調査解析委員会の一員として北西アフリカ諸国の調査解析を担当した(金属鉱業事業団, 1974)昭和48年頃である。それまでモロッコと言えば、北米のロック・ショップではよく売っている古生代の化石標本(写真1)が素晴らしいために、堆積岩類の国なのだろうと漠然と考えていた。

モロッコの鉱物資源開発協力事業に関しては1970年代からまず専門家派遣の形で行われているが、その中核は1968年の赴任以来、30年以上に亘ってモロッコに在住され、モロッコに“魅せられた男”として日本のテレビでも放映されたことがある松任谷磁さんであろう。同氏の堪能なフランス語とモロッコ地質の深い知識によって、これまで多くの地質専門家や鉱物資源プロジェクト(国際協力事業団・金属鉱業事業団, 1977, 1981, 1986, 1991)が助けられてきたものと推察される。

同氏には本誌にも寄稿いただいたが、これはモロッコ在住の日本人の海外青年協力隊員に用意された普及講演を執筆願ったもので、大西洋の拡大・収束と共に運命を共にしてきたモロッコの地質が分かり易く解説されている。

筆者は国際協力事業団(JICA)のモロッコ鉱物資源探査技術向上プロジェクトの一員として花崗岩類に関係するマグマ熱水性鉱物資源の探査理論の講義のために、今年の2月に同地を初めて訪問した。訪問前は、スペインのヘルシニア期花崗岩の延長としてSタイプ-チタン鉄鉱系の両雲母花崗岩や黒雲母花崗岩類が分布するものと考えていたが、実際に検分すると思ったほど単純ではないもので



写真1 モロッコ名産の化石入り石灰岩化粧板(三井資源開発(株)寄贈・地質標本館所蔵, 登録番号GSJ F14880)。

あった。ここではモロッコの概要を紹介すると共に古生代後期の花崗岩類を花崗岩系列の立場から、また関連鉱床についても同地で見聞したものを記してみたい。

2. モロッコの国際協力事業と鉱物資源

モロッコはアフリカ大陸の北西端に位置し、大西洋と地中海に面している。従ってその構造発達史は、古くは西アフリカ剛塊の発達、新しくは2つの海の変化と密接に関わっている(Dallmeyer & Lecorche eds., 1991)。主要部は北緯27-36度にあり日本より少しだけ南に位置する。その概要は現地でお世話いただいた国際協力事業団モロッコ事

1) 地質調査所 顧問

キーワード: モロッコ, 花崗岩, チタン鉄鉱系, 磁鉄鉱系, 錫鉱床, 燐鉱床, ヘルシニア造山期, 螢石鉱床

務所の資料によると、国土面積49.5万km²、日本の約1.2倍、西サハラを含めると71万km²、人口2700万人、GNP1200米ドル/人(1996年)、1956年3月20日にフランス植民地から独立して以来、立憲君主制で元首はムラーイ・ハッサンII世国王である。国教はイスラム教である。

モロッコにおける国際協力事業団事業の重点課題は、地域開発支援、経済力強化、環境保全の3項目からなる。経済力強化は更に、

- (1) 漁業振興と水産資源の有効利用、
- (2) 観光振興、
- (3) 鉱物資源の開発、
- (4) 産業競争力の強化、
- (5) インフラ整備 に分けられる。

この中で日本との関係においては現在、(1)が最も重要で各種の技術協力事業が行われ、日本の蝸輸入は主にモロッコに依存しているとのことである。(2)の観光資源としては最近世界遺産に登録された、迷路で有名なモロッコ最古の王都フェズ、メディア、カスバ街道などのほか多くのものがある(写真2~5)がある。カスバ街道近郊ではアラビアのローレンス以来幾つもの映画の撮影が行われ、砂漠への憧れを抱く人達の観光熱を誘ってきた。筆者がラバト滞在中にも街で出会った日本人観光客もカサブランカで入国し、ラバト、フェズ、南方へ下ってカスバ街道からマラケッシュに抜ける予定とのことであった。

モロッコの鉱物資源については昨年特集号がフランスのBRGM(1998)から出版されたほど、この国にとっては重要である。金属資源の全てと非金

第1表 モロッコの主要鉱物資源生産量(単位トン)。

	1991年	1997年
非金属鉱物資源		
燐鉱石	17,970,000	23,084,000
重晶石	433,325	338,096
岩塩	108,806	257,500
螢石	74,600	103,800
ベントナイト	11,055	49,633
金属鉱物資源		
亜鉛精鉱	47,709	171,796
鉛精鉱	102,389	110,507
銅精鉱	42,202	37,344
鉄鉱石	98,676	11,965
マンガン鉱石	72,500	28,845
コバルト	2,953	7,137
回収銀	296	262
燃料鉱物資源		
瀝青炭	552,250	376,300

Michalski (1997) とAbarro *et al.* (1998) より。

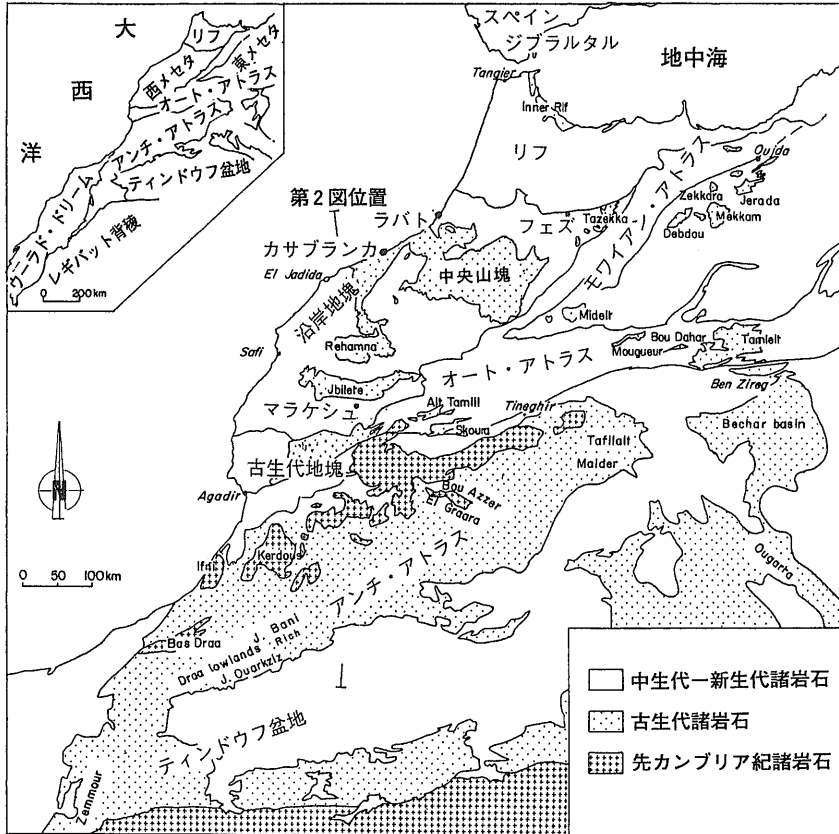
属資源の多くはヨーロッパを中心に輸出され、国の経済に重要な役割を果たしている。モロッコの資源では燐鉱床が飛び抜けて重要であり、生産量はアメリカ、中国に次いで第3位ではあるものの、世界最大の輸出国であり、また世界の確定鉱量の75%を保有して第1位であると言う。その鉱石のP₂O₅含有量は高く、また鉱床が地理的に港にも近いという利点を備えている。その他非金属資源としての重晶石、岩塩、螢石などが、金属資源としての亜鉛・鉛・銅・マンガン・コバルト・銀などが中程度に重要である(Michalski, 1997)。主要な鉱物資源の生産量を第1表に示す。



写真2 世界最大の迷路を持つ世界遺産フェズの遠望。



写真3 フェズの近くにあるローマ遺跡、ヴォルビリス。紀元前から3世紀末までキリスト教国として栄えた。



第1図
モロッコの地層年代区分
と構造区分
(Pique & Michard, 1989).

燐鉱床は全て堆積性で、モロッコ中央部、メセタのウーラド・アブダン、ガンツール、メスカラ盆地と、同国南部のウエド・エダハブ盆地の古第三紀堆積岩類中に胚胎し、生物活動で燐が特定の層準に濃

集したものである。生産量の半分は燐酸や化学肥料に現地で加工され、原石ともどもヨーロッパを中心に輸出される。なお燐鉱石の開発・探鉱は国営燐開発公社、すなわち国王が独占権を保有してい

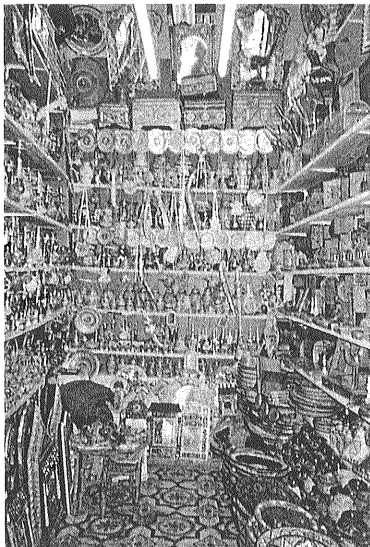


写真4
ラバトの旧市街、メディナの土産物店。



写真5
モロッコ式お茶の注ぎ方。注ぎ所は高いほど良い(BRPMの地質家カルビ氏)。

る。

金属鉱物資源のうち最も多量に出る鉛亜鉛は中生代の炭酸塩岩その他を母岩とし、アルプス造山期の鉱液の流動により生成したと考えられている層準規制型鉱床(ミシシッピー・バレー型方鉛鉱-閃亜鉛鉱-重晶石鉱床、口絵参照)、鉱脈型鉱床、そして炭酸塩岩中の割れ目充填鉱床から採掘される。アルジェリア国境に近いトウイシット・ブーゲル鉱床は例外的に非常に大規模で、全国生産量の65%を占めている。これは中生代の基盤とそれを覆うジュラ紀の炭酸塩岩との不整合面に著しく規制される層準規制型鉱床である。

銅鉱石は主に火山堆積性塊状硫化物鉱床(写真6)から得られ、残存鉱量はなお6,500万トン(Cu 1.2%, Ag 26 g/t)と推定されている(Asladay et al., 1998)。他にMo含有Cuスカルン鉱床もある。蛍石はその大部分が鉱脈型から得られるが、東部には炭酸塩岩を母岩とするミシシッピー・バレー型の蛍石鉱床、更には中生代のアルカリ岩系火山岩に関係する小規模な鉱脈がある。

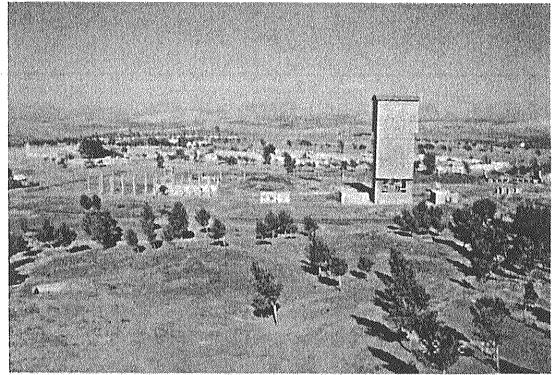


写真6 黒鉱型鉱床を採掘したケッタラ鉱山跡。

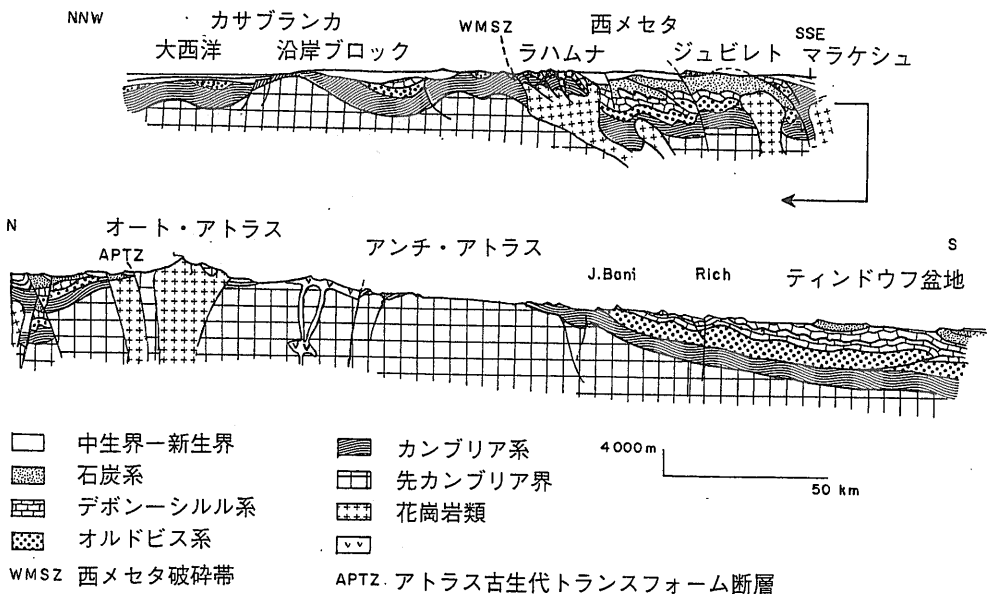
ブリア紀剛塊の一つ、西アフリカ剛塊の北部に位置する。剛塊北西縁沿いに中生代以降堆積作用が断続的に生じ、一部でカレドニア期の変動、広範囲にヘルシニア期の変形・変成作用と花崗岩類の貫入、そしてアルプス期に変形作用を受けた。地勢的に見てモロッコは現在5区に分けられており、それぞれが次のような特徴ある地質をもっている。

(1) 西サハラ区

西サハラ区は西アフリカ剛塊西北部のレギバット脊稜を中央に、その南に広がるタウデニ盆地、北縁からアンチ・アトラスまでのティンドウフ盆地西縁

3. モロッコの地質概要

モロッコは、アフリカ大陸に3つ存在する先カン



第2図 モロッコ中西部の南北地質断面図 (Pique & Michard, 1989).



写真7 アンチ・アトラス山地。遠くの雪山はオート・アトラス山脈。

の大西洋沿岸の西サハラ丘陵地帯の4つの地勢区からなる。一般に標高数百メートル以下の砂漠性台地である。

レギバット脊稜は始生界リンポポ・リベリア造山期の中～高度・高P/T比変成帯の岩石類と下部原生界エブルニア造山期の非変成帯の岩石類とからなる北西アフリカ剛塊の一部である。その内側には直径約1200kmのタウデニ盆地があって、後期原生代～デボン紀の浅海成の地層と白亜紀～鮮新世の湖成～淡水成の地層が堆積している。

レギバット盾状地の北側には、大西洋岸からティンドウフベシャールへと続く、東西に長いインフラ・カンブリア～古生界堆積盆地がある。レギバット盾状地南西方、南部のモーリタニア国境付近にかけては、オルドビス～デボン系のウエニ始生界と原生界後期のナッペを乗せたウーラッド・ドリム山地(ストウフ山地とも呼ぶ)がある。大西洋沿岸地帯は白亜系～中新統からなる低位丘陵地である。

(2) アンチ・アトラス区

アンチ・アトラス区は東北東-西南西系の長さ約600km、幅約100kmの山地で(写真7)、その東北東方にオート・アトラス山脈がある。北方からの湿気が遮られ、その南方は砂漠化する。地質的には先カンブリア界内座層とこれを覆う古生界とからなる。

中央部を東西に走るアンチ・アトラス主断層帯は、このパン・アフリカ造山期の縫合帯であるとされている。アンチ・アトラス山脈はこの断層帯を挟んで、2つの山脈がX型の形を持つ。断層から東に

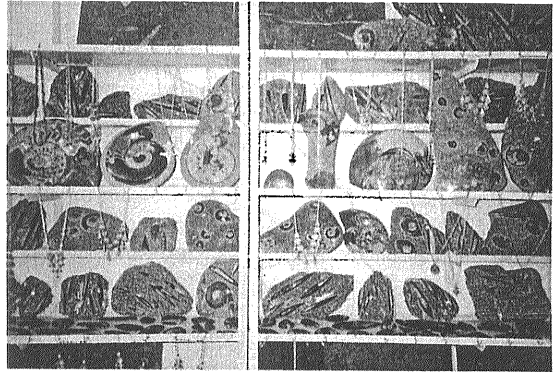


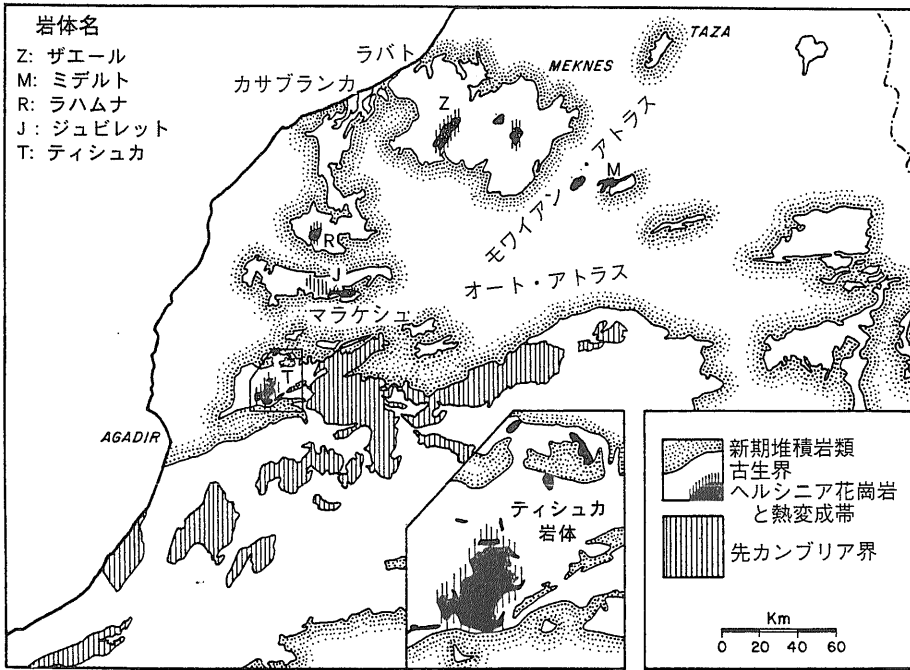
写真8 エルフードで見た化石ショップ。

は標高1300-2500mのサガロ山脈があり、更にその南と東にはマイデール・タフィラートの古生界構造盆地の緩やかな山並みが続く。この中のデボン系に見事な直角貝やアンモナイトなどの化石を含む炭酸塩岩層が胚胎し(口絵参照)、土産物となる(写真8)。

サガロの西は中新世後期のシルーア火山を含む標高1800-3300mのシルーア山塊であり、それは北に伸びてマラケッシュ・アトラスに連なる。サガロの西からは、アンチ・アトラス主断層帯に沿って、標高1300-1700mのプーアゼール・エルグララ内座層と西南西に大西洋岸まで伸びる標高1000-2600mの西部アンチ・アトラスがある。これが狭義のアンチ・アトラス山脈である。



写真9
頂上には雪が多いオート・アトラス山脈(2月)。



第3図
 モロッコにおけるヘルシニア期花崗岩類の分布 (Vogel et al., 1976).

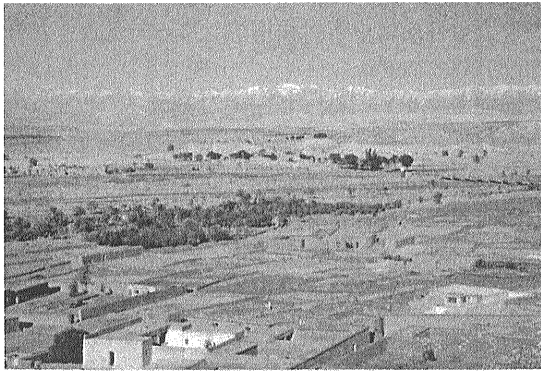


写真10 オート・アトラス山脈を背後にしたカスバ街道。



写真11 カスバ街道のカスバ、ここではこの様な“館”式カスバであるが、他にもラバトのメディナの如く“要塞”式カスバもある。

(3) アトラス区

アトラス区は3つの地勢区からなる。オート・アトラス(写真9)は幅60-100km, 長さ800kmで, モロッコ最高峰のトゥブカル山(4165m)をもち, 大西洋岸からアンチ・アトラスを経て東北東にアルジェリア国境近くまで伸びるモロッコの脊梁山脈である。これによって大西洋・地中海の水分が落とされ, その南縁のカスバ街道以南を砂漠化せしめ, サハラ砂漠へと続く。この東方延長はサハラ・アトラスでアルジェリアに入って北東に向きを変える。

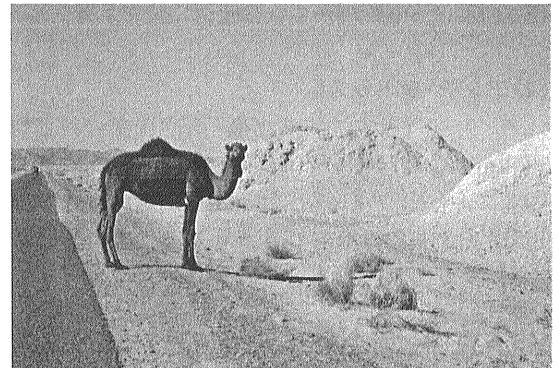


写真12 カスバ街道沿いのカナートとラクダ、オート・アトラス山脈の雪解け水を蒸発を防ぐため地下水路で運ぶ、この盛り土の7-8m下に水路。

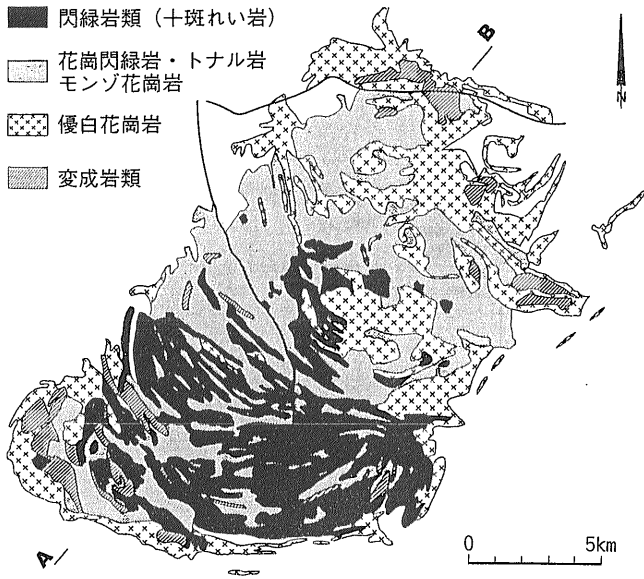


写真13 モワイアン・アトラス山地とウリ鉛鉱山跡。



第4図 ティシュカ岩体の地質図と断面図 (Gasquet et al., 1992)。

モワイアン・アトラス(写真13)はオート・アトラス中央部から北東に分裂する延長200km, 最大幅70kmの山脈で, 最高峰はブー・ナッスール(3340m)である。リフ近くで東に向きを変えて独立山塊の連鎖になるが, そのアルジェリア側をテル・アトラス山脈と呼ぶ。これらに囲まれた中生界からなる高原はオート・プラトーである。地質では東部メセタとして記載することもある。

アトラス区は主としてジュラ紀以降の炭酸塩岩・泥質岩からなり, 所々に古生界内座層とそれを取

り巻く三畳系の赤色泥質岩・玄武岩などがあるが, それらが新生代に入ってからゲルマン型褶曲を受けた。マラケッシュの南には先カンブリア界と古生界からなる大きい内座層であるウズラグ山地がある。

(4) 西メセタ・大西洋沿岸区

これはモワイアン・アトラスから西または西北西に伸びる, 古生界開折準平原台地の西メセタ, 丘陵地帯のラハムナとジェビレット小山脈およびそれらの間や沿岸部の中生界・第三系平原-台地からなる。メセタ-ラハムナ-ジェビレットは地形とはほぼ直交する走向を持った一連の古生界褶曲山地である。沿岸平野部から台地部にかけて三畳系以降の岩石がこれを覆うが, 特に白亜紀以降の湾入部には厚い堆積物が発達する。

(5) リフ区

リフは北西アフリカ剛塊上の原地性堆積物及び準原地性ナッペに, アルボラン・小プレート自体とその上や周辺に堆積したものが, ナッペとなって乗り上げてきたアルプス変動帯である。地中海西部

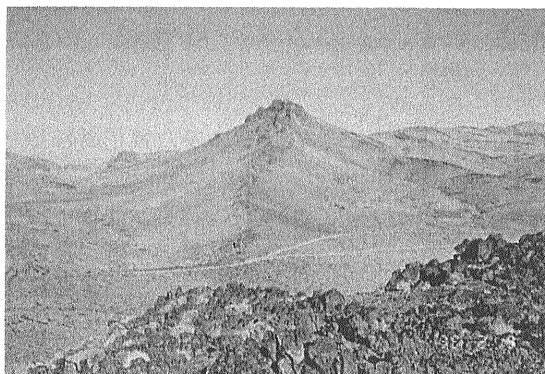


写真14 岩沙漠に尾根として残る珪化帯。

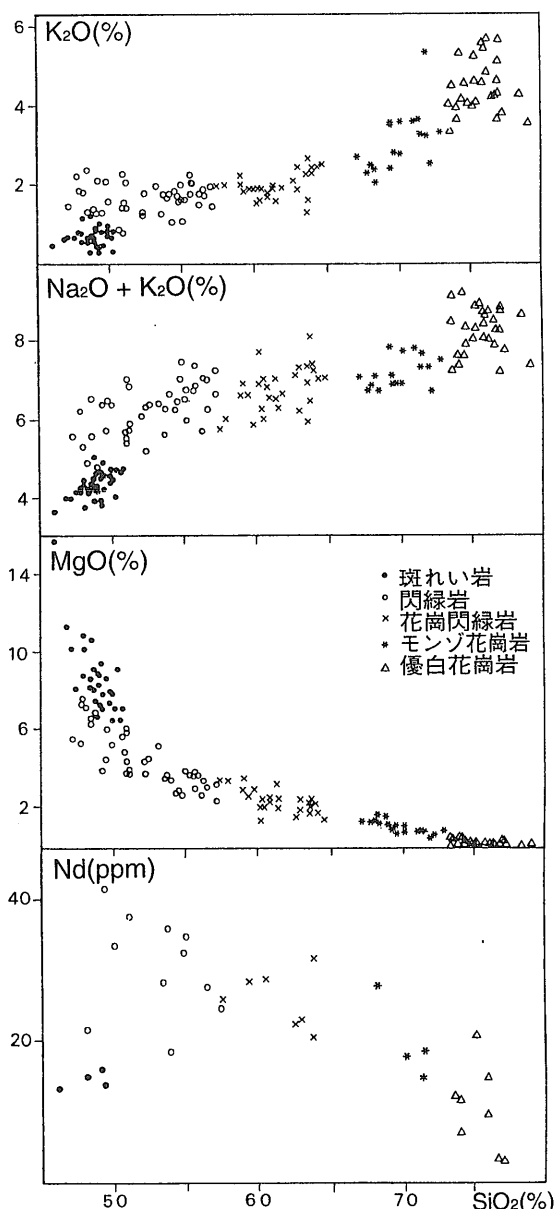
の湾曲にほぼ平行で、重複した山並みをもつ最大幅130kmの山地で、中央脊稜部のティディギン山は2456mである。新第三紀に入ってから地中海の狭まりによって、変成を伴う多くのナッペを作りながら隆起してきただけに、開析を進んでおらず海岸平野部は少なく、標高差は大きい。

4. ヘルシニア期花崗岩類と花崗岩系列

ヘルシニア期花崗岩類はイベリア半島からスペイン、フランス中央部の中央山塊にかけてヨーロッパ南部に広く露出しており、多数の鉱床を伴っている。モロッコにおいても最も卓越する貫入岩類はこの時期のものである。これらは古生代の堆積岩・変成岩類からなる地塊に小規模な(200km²以下)岩体として露出しているに過ぎないが、地塊全体が一般に負の重力異常を示すことから判定して、地下ではより大きな岩体として潜在している可能性が高い。

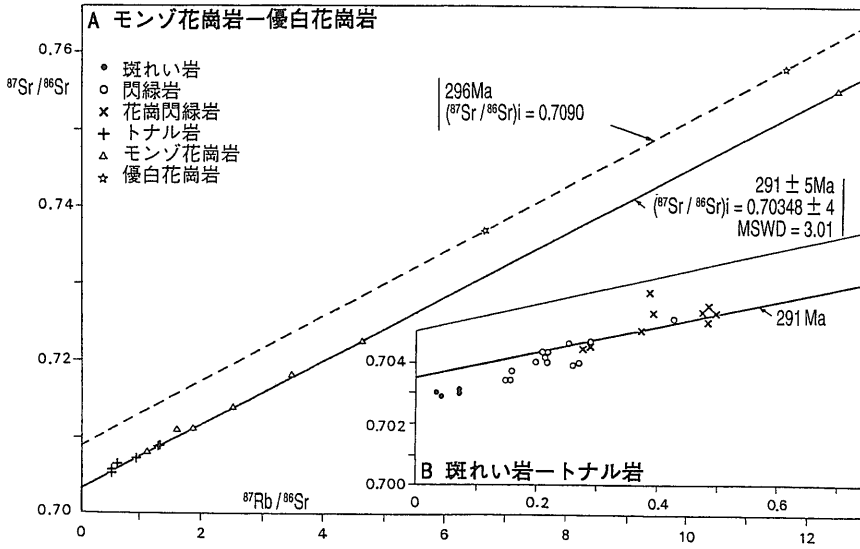
花崗岩類は周囲の下部カンブリア紀火山・堆積岩類に非整合的に貫入し、熱変成作用を伴う(第3図)。岩質的にはその多くが花崗閃緑岩と花崗岩であり、シリカ幅で言えばSiO₂ 65-85%である。放射性年代は340-240Maを示す(Vogel and Walker, 1975)。最大の岩体はマラケッシュ南方のティシュカ岩体である。これはドーム状に貫入した北北東方向に23km、西北西に13kmの岩体で(第4図)、中心が谷で解析され、地形的に2000mの標高差が得られるために多く研究がある(Vogel *et al.*, 1976; Gasquet *et al.*, 1992; Fernandez & Gasquet, 1994)。

ティシュカ岩体はかんらん石斑れい岩から優白花崗岩に至る幅広い組成を持つが、その主体は閃緑岩・花崗閃緑岩・花崗岩であり、一部に両雲母花崗岩があるものの全体的にIタイプの的である。南西部に苦鉄質岩が卓越し、北東部や周縁部に珪長質岩が多い(第4図)。苦鉄質岩と珪長質岩はシャープな境界で密接に混じり合って産出し、ゼブラ岩と呼ばれる。これはマグマ混合の重要な証拠であり、ティシュカ岩体はその模式地の一つとされている。一般にマグマ混合岩では苦鉄質岩が珪長質岩に取り込まれるが、ここでは花崗岩類が斑れい岩-閃緑岩類にポッド状に含まれることが多く、興味



第5図 ティシュカ岩体のハーカー図 (Gasquet *et al.*, 1992)。

深い。ポッド状花崗岩は桃色の優白質花崗岩と黒雲母花崗岩に分けられ、ポッドは雨滴状で、一般にその伸長方向は垂直である。その長さは10mから最大の場合には400mに達し、幅は一般に長さの1/3-1/2である。ポッドと比較して周辺の苦鉄質岩相は著しい流理片状構造を示し、同時生成の両マグマが粘性の相連で異なる片状構造を示すものと考えられる。閃緑岩と同源と思われる安山岩岩脈

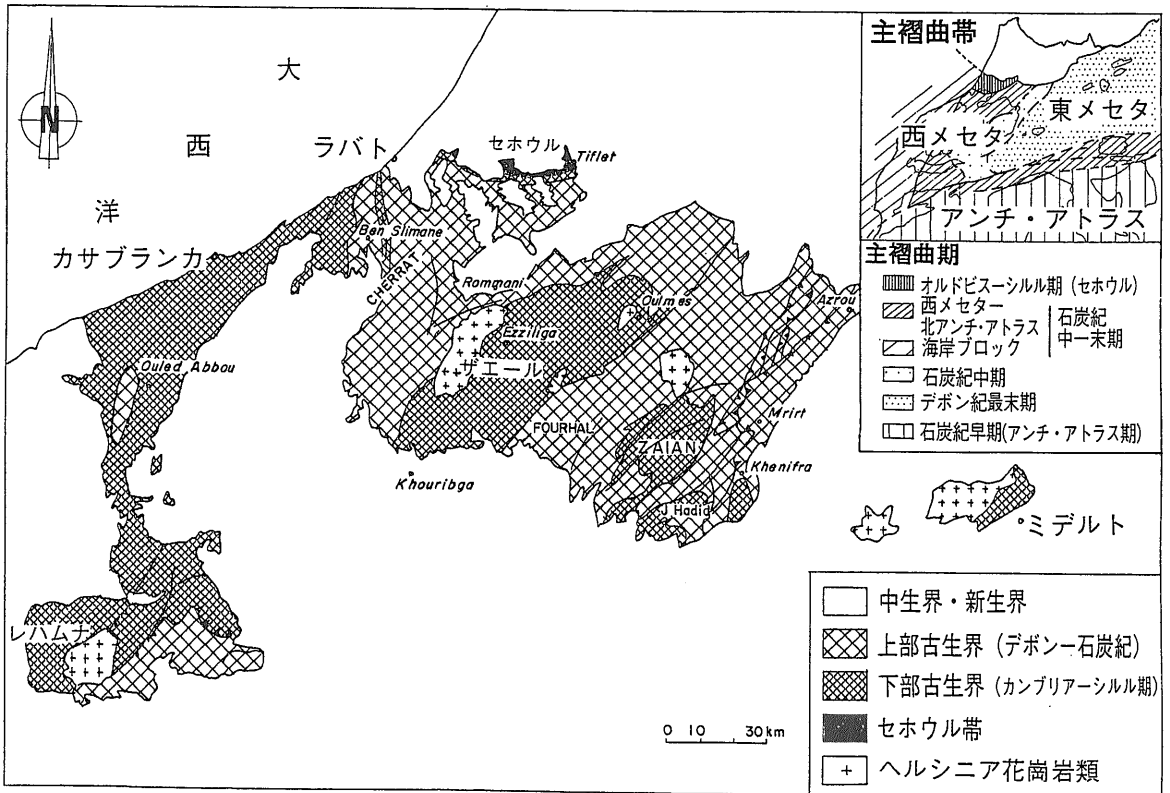


第6図
ティシュカ岩体、花崗岩類 (A) と鉄鈣質岩類 (B) の Sr-Nd 同位体比 (Gasquet *et al.*, 1992).

がポッドを切断している。

ティシュカ岩体のシリカ含有量は SiO₂ 46.0-78.5 % と大きな変化を示し、アルカリ含有量は斑れい岩を除き K₂O+Na₂O 5.0-8.5 % であって(第5図) 全体的にアルカリに富み、亜アルカリ岩的である。カ

リウム含有量もアルカリ量と大体調理的であるが、閃緑岩—トナル岩—花崗閃緑岩で一定含有量であり、花崗岩へ向けてシリカと正の相関性を示す。マグネシウムはシリカと負の相関性を示し、斑れい岩には特に高いものがある。



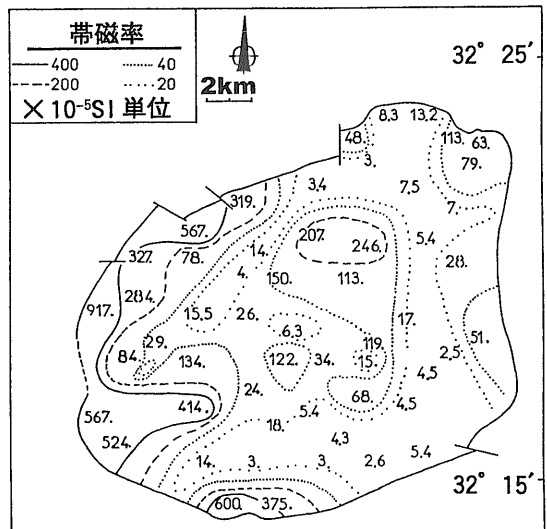
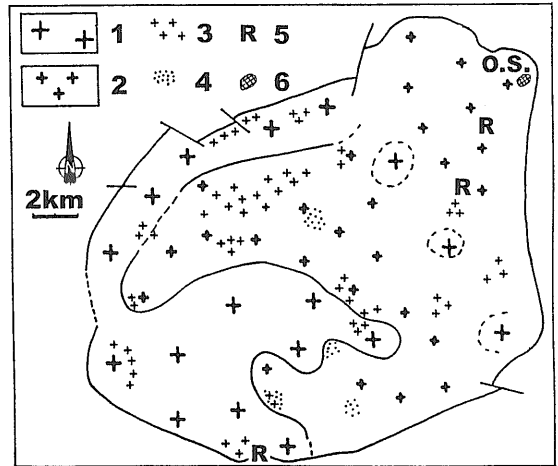
第7図 モロッコ中部の地質図 Pique and Michard (1989).

ティシュカ岩体の全岩分析値は全鉄量 (Fe_2O_3) で表されているために鉄の酸化・還元状態は不明であるが、Vogel *et al.* (1976) は代表的7岩相についてモード組成を表しており、そのうちの苦鉄質岩について次の不透明鉱物量を報告している。苦鉄質閃緑岩 ($n=16$) $1.2 \pm 0.3\%$ 、石英閃緑岩 ($n=9$) $1.3 \pm 0.4\%$ 、花崗閃緑岩 ($n=11$) $0.8 \pm 0.5\%$ 、またポッド状花崗岩類については不透明鉱物量を報告していない。従ってこの岩体はその大部分がチタン鉄鉱系に属し、一部の閃緑岩類が磁鉄鉱系に属するものと判断される。

Gasquet *et al.* (1992) はティシュカ岩体のストロンチウム・ネオジウム同位体比を求めた。モンゾ花崗岩-優白花崗岩類からは良いアイソクロンが得られ、Sr 初生値は 0.70348 (年齢 291 ± 5 Ma)、Nd 初生値は 0.51243 (年齢 283 ± 24 Ma) である (第6図)。一方、閃緑岩-トナル岩-花崗閃緑岩では良いアイソクロンが得られず (第6B図)、初生値や年代を求めることが出来ない。Gasquet *et al.* (1992) は他の地球科学データも含めて、その原因は起源の多様性にあり、斑れい岩類は枯渇した上部マントル物質の部分熔融、閃緑岩-トナル岩-花崗閃緑岩はその分化作用と地殻物質の同化作用、により生じたものと考えた。花崗岩類は苦鉄質ないし中間的な火成岩起源と推定された。

(1) メセタ地域

この地域ではジュビレットとラハムナ岩体が大きい。共に主体は狭義の花崗岩類である。前者はマラケシュのすぐ北方にあって (第7図)、電気石十両



第8図 ラハムナ岩体の地質図(上)と帯磁率(下) (A. Qalbi 私信)。1粗粒斑状花崗岩, 2細-中粒斑状花崗岩, 3細粒黒雲母花崗岩, 4細粒アプライト質花崗岩, 5流紋岩, 6ペグマタイト。

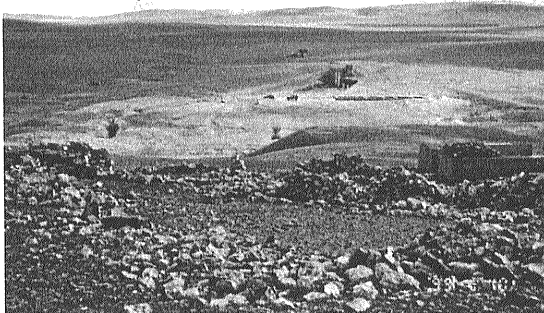
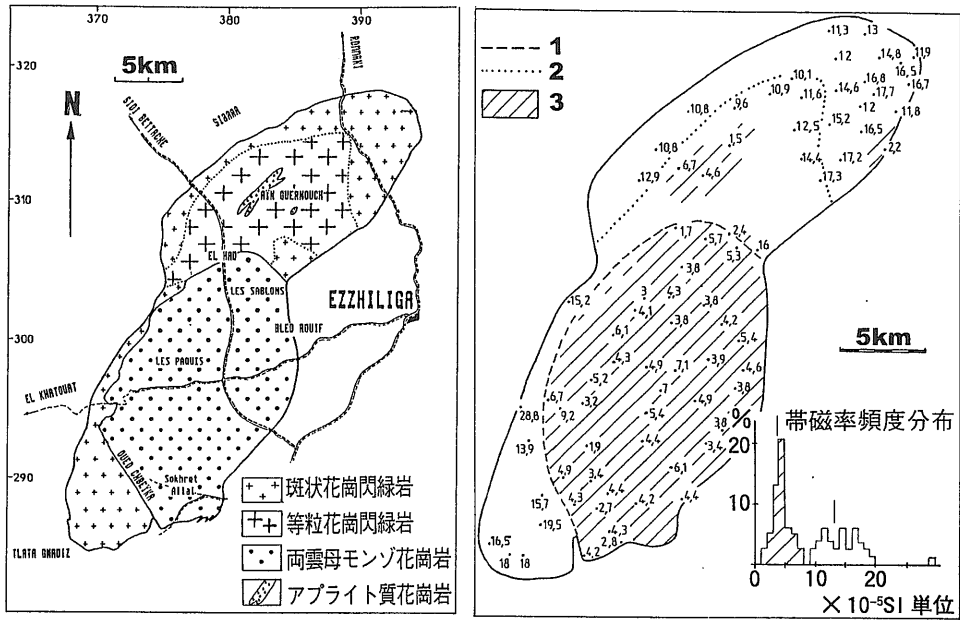


写真15 ラハムナ花崗岩に関係するブ・アザールW鉱山跡。



写真16 ラハムナ花崗岩体に局在する白雲母ペグマタイト。



第9図 ザエル岩体の地質図(左)と帯磁率(右)(A. Qalbi私信)。1花崗閃緑岩類の境界、2花崗閃緑岩と両雲母モンゾ花崗岩の境界、帯磁率が 9×10^{-5} SIより低い部分。

雲母ないし堇青石-黒雲母花崗岩からなる。珪線石も含まれることもあり、非常に過アルミナ性すなわちSタイプのである。従ってチタン鉄鉱系に属するものと考えられる。

ラハムナ岩体はマラケシュの北方約90kmの平野部に在り露出は良くないがほぼ円形に画かれている。西側周縁部の粗粒斑状花崗岩、東側の中-細粒斑状花崗岩から主に構成され、局部的に細粒花崗岩、アプライト質花崗岩が分布する(第8図上)。一部にペグマタイトがあり、錫・タングステンが採鉱された(写真15, 16)。

この岩体については帯磁率の測定がある(第8図

下)。その大部分は磁鉄鉱系の下限である 300×10^{-5} SI以下であり、チタン鉄鉱系に属することが明らかである。筆者の測定箇所も1カ所ではあるが、桃色黒雲母花崗岩が 0.3×10^{-3} SIを示したに過ぎない。

(2) 東部地域

ラバトから東南東のミデルトにかけての中央山塊にも小岩体が分布する(第7図)。ザエル岩体は北北東に伸長する 10×40 kmの岩体で、北西側周縁部にやや斑状の花崗閃緑岩、中央北部に等粒状花崗閃緑岩(写真18)、同南部に両雲母花崗岩が



写真17 ザエル花崗岩の露岩風景。

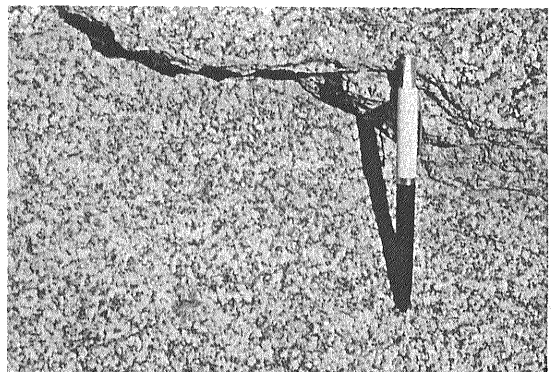


写真18 ザエル花崗岩の主岩相の一つ、花崗閃緑岩。

分布する(第9図左)。帯磁率の測定結果(第9図右)によると、全てが 28.8×10^{-5} SI以下であり、チタン鉄鉱系であることを示す。両雲母花崗岩は 9.2×10^{-5} SIと特に低い。

ミデルト西方の岩体は各種の小岩体から構成される。筆者の今回の予察調査ではメデルト細粒花崗岩は 0.1×10^{-3} 以下の非常に低い帯磁率を示したが、ザイダ石英閃緑岩(写真19, 20)は $13-16 \times 10^{-3}$ SIの高い帯磁率を示し、磁鉄鉱系の帯磁率を示すものが明らかに存在する。ペルドレアン花崗岩体では黒雲母花崗岩が 0.1×10^{-3} SI、石英閃緑岩-花崗閃緑岩が $2.8-0.6 \times 10^{-3}$ SIを示し、この岩体はチタン鉄鉱系に属することを示した。

5 花崗岩に関する鉱床

チタン鉄鉱系花崗岩類に関する鉱物資源としては錫・タングステン・フッ素などが典型的であるが、モロッコでは螢石が大規模で、次いで若干の錫石鉱床が発見されている。

(1) 螢石鉱床

モロッコの螢石生産量は年間約10万トンで、世界の上位を占めている。現在は全量がヘルシニア期花崗岩起源のエル・ハマン鉱山から得られている(写真21)。

エル・ハマン鉱床は中部モロッコの北部に位置する(第3図参照)。シルル紀-石炭紀の堆積岩類が北東-南西の走向をもって広く分布し、それはペルム紀の褶曲作用とホルンフェルス化、一部にスカルン化を伴っている。河底には小規模に花崗岩が

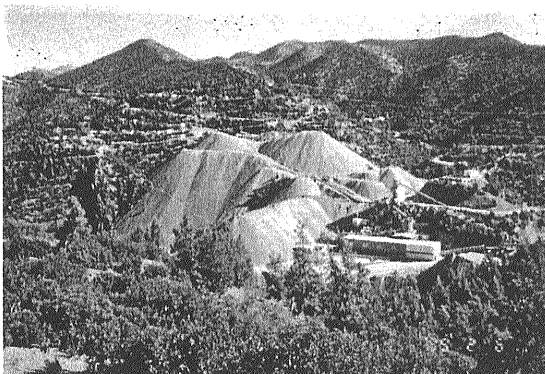


写真21 エル・ハマン螢石鉱山展望。

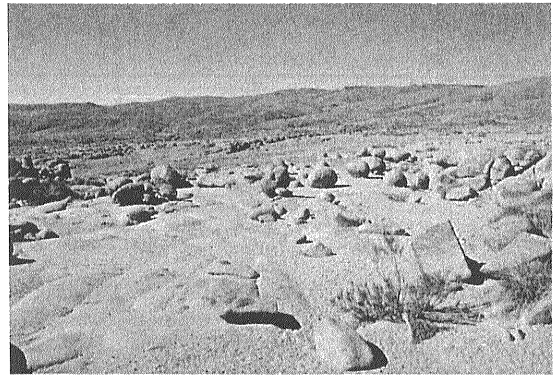


写真19 ザイダ花崗岩の露岩風景。

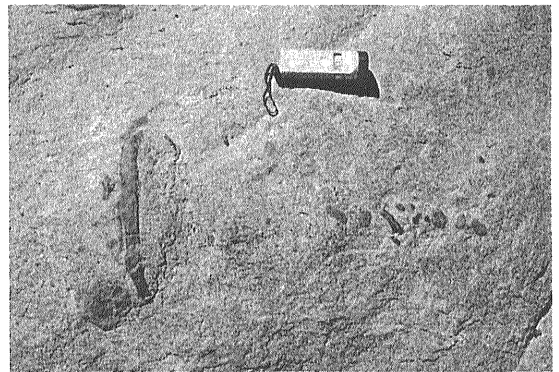


写真20 苦鉄質エンクレープが多いザイダ花崗岩。

露出し(写真22, 23)、熱変成作用はこの花崗岩の熱によるものと考えられる(第10図)。

螢石脈は北東-南西方向の鉱脈約30条からなり、ホルンフェルス化帯の内外に広く分布する。その構成鉱物には水平的なゾーニングが認められ、中心部は厚い螢石-方解石-磁硫鉄鉱脈、螢石-重晶石脈、薄い螢石-硫化物脈、輝安鉄脈である。

主要な螢石-方解石脈は断層に沿って胚胎し、3時期の鉱化作用が認められる。第1期が経済的に最も重要で、塊状の、時には数立方メートルに達する方解石と螢石からなり、また熱水性破碎角礫岩などを伴っている。これはヘルシニア期の破碎作用中に生じた展張期に上昇した熱水によって形成されたものと考えられる(Jebrak et al., 1988)。

第2期の鉱脈は螢石、磁硫鉄鉱その他の硫化物が縞状構造を示すもので、これは破碎帯の最活動に沿って鉱化作用が生じたものと考えられる。第3期は石英-菱鉄鉄脈である。

流体包有物の研究によると螢石は 110° C程度で

晶出したものと考えられるが、硫化物は少量産出する黄錫鉱、鉄に富む閃亜鉛鉱、硫砒鉄鉱、磁硫鉄鉱、ビスマス鉱物の組合せから、より高温（～270°C）で沈殿したものと思われる。

蛍石の希元素パターンは早期から晩期へ、全含有量の低下、La/Yb比の著しい低下で特徴づけら

れる。これは恐らく鉱液中のCO₂フェガシティの低下を反映するものである。

(2) 錫鉱床

エル・ハマン鉱床の東南東約6kmにはアシュマシュ鉱床があり(写真24, 25)、蛍石鉱床と同じく

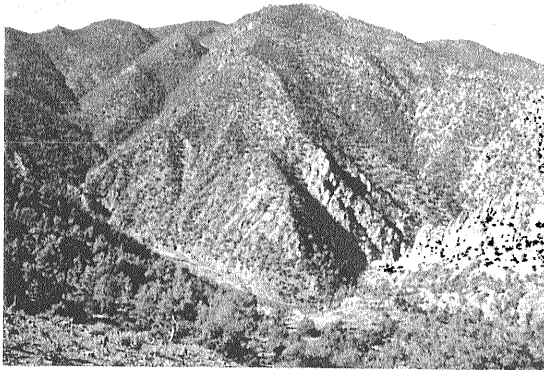


写真22 潜在花崗岩体の一部が露出するエル・ハマン鉱山付近の峡谷。



写真23 峡谷底に露出する細粒花崗岩と電気石化変質。

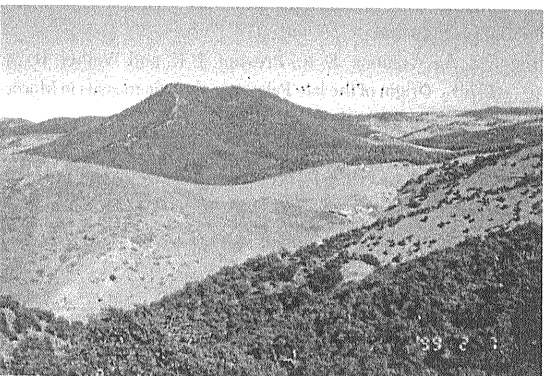
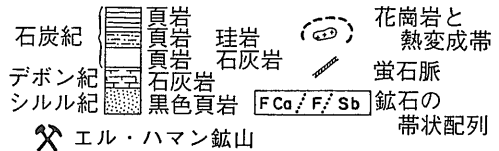
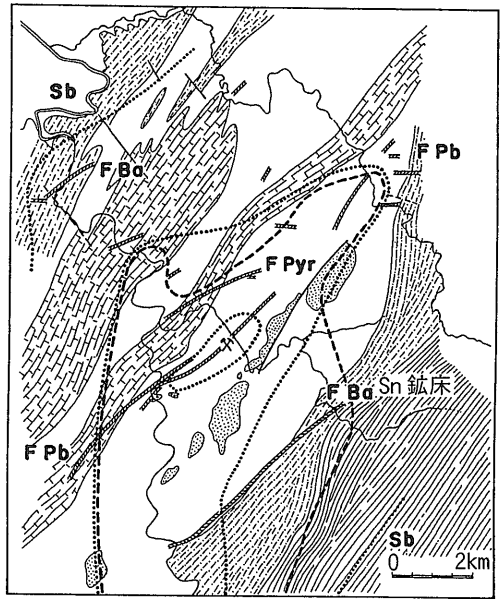


写真24 アシュマシュ錫鉱床遠望。遠方の森の中にある。



第10図 エル・ハマン鉱床付近の地質図 (A. Qalbi 私信)。Ba 重晶石, F 蛍石, Pb 方鉛鉱, Pyr 磁硫鉄鉱, Sb 輝安鉱。



写真25 アシュマシュ錫鉱床。錫石鉱化・電気石化角礫岩。

潜在する花崗岩体から鉱液がもたらされ、鉱床を生成したのと考えられる。母岩は同じく古生代の砂岩と頁岩で、鉱床は鉱脈型であるが電気石化と珪化が著しい角礫岩である。主要な鉱脈は5条あり、走向N70°E、傾斜75°Nである。

電気石化が顕著な角礫岩のマトリックスに錫石が鉱染し、他に少量の磁硫鉄鉱・黄鉄鉱・黄銅鉱・黄錫鉱・輝銅鉱などが付随する。豎坑により堀下がった立入坑道とボーリング探鉱によって、2種類の鉱量計算、Sn 1% 500万トンおよびSn 0.7% 1000万トンが報告されている(Barodi & Chbihi, 1998)。

6. むすび

モロッコの花崗岩類と関連鉱床について概観した。花崗岩類はヘルシニア期に属する。最大のテイシカ岩体は斑れい岩から花崗岩に至る幅広い組成を持ち、Iタイプ的であるが主にチタン鉄鉱系のようなものである。その他の岩体についても主としてチタン鉄鉱系と思われるが、磁鉄鉱系も存在する。個々の岩体について花崗岩系列の量比を明らかにすることが当面の課題である。モロッコには、エルツゲビルゲやスペインのように分化が進みF, Li, Pなどの揮発性成分に富むアルミナに過剰なチタン鉄鉱花崗岩が多くは見つかっておらず、この点がSn, Wなどの金属鉱床に乏しい原因の一つと考えられる。今後の探査としては現在露出する分化したチタン鉄鉱系岩体の周辺に同様の潜在岩体の頂部(キューボラ)を重力探査やボーリングで発見することがまず必要である。エル・ハマン-アシュマッシュ鉱床地域についても現在の川底に露出している岩体は十分に分化しているとは言えず、他の潜在岩体を発見しその鉱化能力を地化学的に評価することが全体の鉱床量評価に不可欠である。

謝辞：文献について教えて戴いたBRPMの松任谷滋・A. Qalbi両氏に感謝する。

文 献

- Abarro, A., Bouchta, R. and Barodi, E. B. (1998) : L' activite miniere au Maroc. Chron. Rech. Miniere, no. 531-532, 3-8.
- Asladay, A., Barodi, E. B., Maacha, L. and Zinbi, Y. (1998) : Les mineralizations cupriferes du Maroc. Chron. Rech. Miniere, no. 531-532, 29-44.
- Barodi, E. B. and Chbihi, A. (1998) : Le gisement stannifere d' Achmmach, Maroc. Chronique de la Recherche Miniere, no. 531-532, 55-63.
- BRGM (1998) : Les ressources miniere du Maroc. Chronique de la Recherche Miniere, no. 531-532, 185 p.
- Dallmeyer, R. D. and Lecorche, J.P. (eds., 1991) : The West African orogens and circum-Atlantic correlatives. Springer-Verlag, 397 p.
- Fernandez, A. N. and Gasquet, D. R. (1994) : Relative rheological evolution of chemically contrasted coeval magmas : example of the Tichka plutonic complex (Morocco). Contrib. Mineral. Petrol., 116, 316-326.
- Gasquet, D., Leterrier, J., Mrini, Z. and Vidal, P. (1992) : Petrogenesis of the Hercynian Tichka plutonic complex (Western High Atlas, Morocco) : Trace element and Rb-Sr and Sm-Nd isotopic constraints. Earth Planet. Sci. Lett. 108, 29-44.
- Jebrak, M., Touray, J.C. and Giret, P. (1988) : Geochemical characteristics and genesis of fluorite deposits in Morocco. Proc. 7th Quad. IAGOD Sym. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, 287-295.
- 金属鉱業事業団(1974) : 昭和48年度調査解析委員会報告書-北・西アフリカ諸国の調査・解析. 155 p.
- 国際協力事業団・金属鉱業事業団(1977) : モロッコ王国 アンチ・アトラス地区の鉱物資源開発基礎調査報告書
- 国際協力事業団・金属鉱業事業団(1981) : モロッコ王国 オート・ムルヤ地域の鉱物資源開発基礎調査報告書
- 国際協力事業団・金属鉱業事業団(1986) : モロッコ王国 オート・アトラスの鉱物資源開発基礎調査報告書
- 国際協力事業団・金属鉱業事業団(1991) : モロッコ王国 ハウズ平原地域の鉱物資源開発基礎調査報告書
- Michalski, B. (1997) : The mineral industry of Morocco and Western Sahara. Minerals Yearbook, v. III, 65-69.
- Pique, A. and Michard, A. (1989) : Moroccan Hercynides : A synopsis. The Paleozoic sedimentary and tectonic evolution at the northern margin of West Africa. Amer. J. Sci., 289, 286-330.
- Vogel, T. A. and Walker, B. M. (1975) : The Tichka Massif, Morocco - an example of contemporaneous acidic and basic plutonism. Lithos 8, 29-38.
- Vogel, T. A., Williams, E. R., Preston, J. K. and Walker, B. M. (1976) : Origin of the late Paleozoic plutonic massifs in Morocco. Geol. Soc. America, Bull., v.87, 1753-1762.

ISHIHARA Shunso (1999) : Geology, ore deposits and the granitoid series in Morocco.

< 受付 : 1999年7月1日 >