

程ではほぼ同じ挙動を示したものと考えられる。

銅・金の鉱化は、Guelb Moghrein 鉱床では剪断帯や割れ目沿いに脈状、鉱染状に発達することが多い。従って、母岩に発達した構造運動の結果で形成された剪断帯や割れ目が、主要な鉱化熱水の通路になった可能性が考えられる。

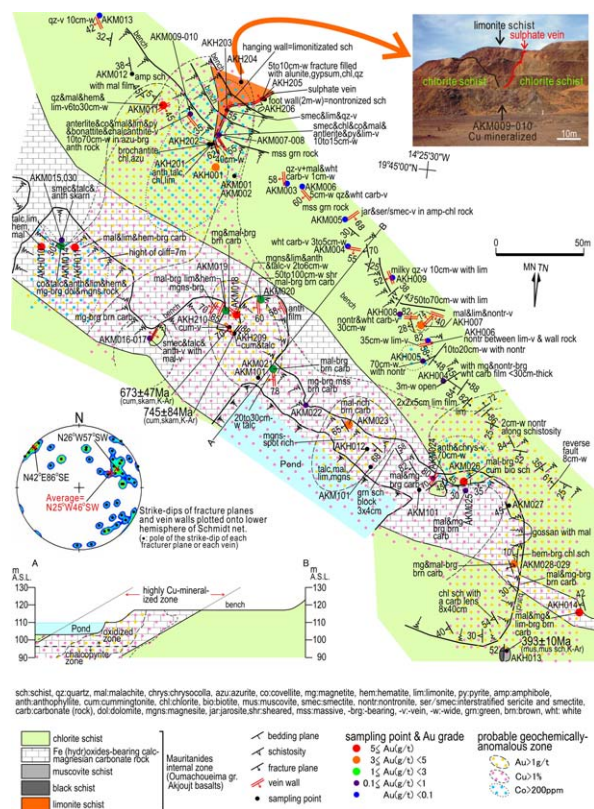


図 4.2.9 Guelb Moghrein 鉱床地質図および地化学図

孔雀石を伴うこれらの石英脈中に NaCl の結晶を含む多相包有物が普遍的に観察され、均質化温度が 240-320°C、塩濃度が 33-39wt% NaCl eq.を示した。このことは、高塩濃度の流体が銅・金鉱化作用に関与したことを示唆している。

Guelb Moghrein 鉱床における金鉱化作用の特徴は、元素濃度の主成分分析に見られるように、Au, Cu, Co, Ni, Zn, Ag, As が強い正の相関を持って沈澱したことにある。Au, Ag, Cu, As は、苦鉄質岩よりも中性あるいは中性に近い酸性で、酸化的な深成岩を伴う可能性が考えられる。

Guelb Moghrein と Tabrinkout を含む Akjoujt 地域の ASTER 画像と、Guelb Moghrein 鉱床周辺の ASTER 画像を図 4.2.10 に示す。Guelb Moghrein の ASTER フォールス画像(図 4.2.10 の左下)と比演算処理画像(図 4.2.10 の右下)および Akjoujt 地域の広域地質図(図 4.2.8)とを対比すると以下のことが判った。

- Guelb Mogreih 鉱床の胚胎層準である珪化ゴッサン、炭酸塩岩を含む Akjoujt 変玄武岩は、ASTER フォールスカラー画像で粗い肌理の茶の岩相で識別される。
- 同様に Guelb Moghrein 鉱床の南から南東にかけて分布する Akjoujt 変玄武岩は、

比演算処理(RGB: 4/8, 4/9, 1/3)では青(酸化鉄)ないし、赤紫(酸化鉄-炭酸塩鉱物)混じりの青緑で抽出されており、この比演算は有効である。

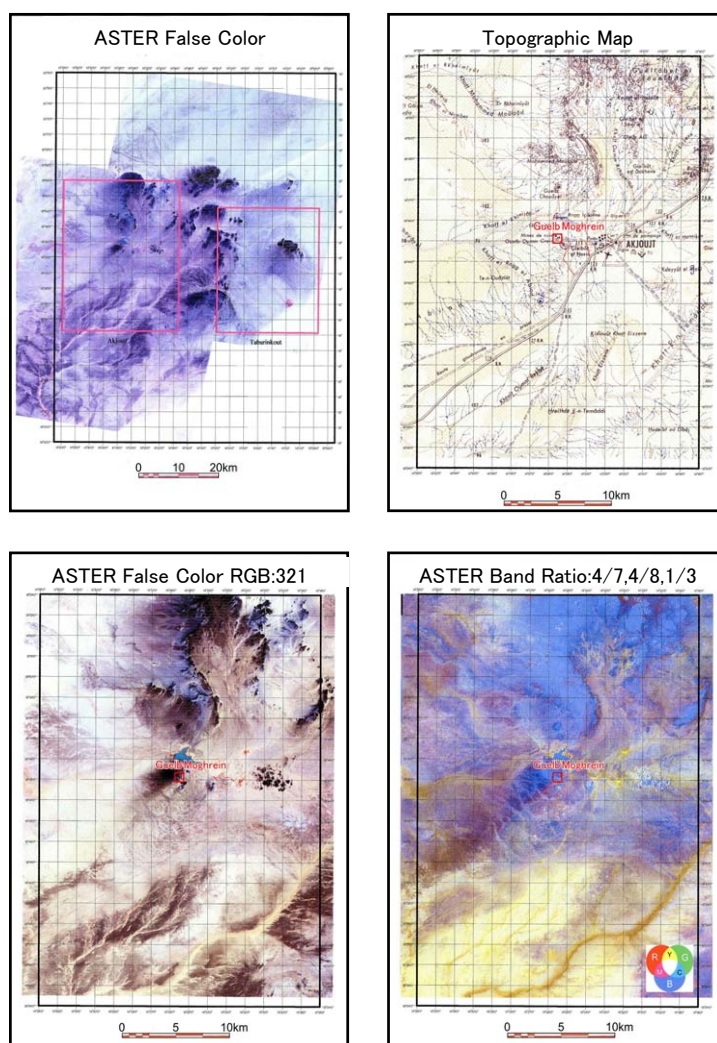


図 4.2.10 Akjoujt 地域および Guelb Moghrein 地域の衛星画像

## (6) Tabrinkout

Tabrinkout 銅・金鉱徴地はタンゲステンの鉱徴地として当初選定されたが、調査の結果は銅・金の鉱徴地として捕らえるべきとの結論になった。

Tabrinkout 鉱徴地での化学分析値の主成分分析では、Au と強い正の相関を持つ元素は、Guelb Moghrein 鉱床において明らかになった Au と強い正の相関を持つ元素と組み合わせが類似しており、両者の鉱化作用が同様な環境・メカニズムで形成されたことを示している。このことは、石英脈中の流体包有物試験結果からも裏づけられている。すなわち、Tabrinkout 鉱徴地の石英脈中の流体包有物には、Guelb Moghrein 鉱床同様に NaCl の結晶を含む多相包有物、気相包有物が普遍的に観察され、それらの均質化温度、塩濃度の範囲も Guelb Moghrein 鉱床の石英脈とほぼ同一の範囲であった。このことは、両地区の鉱化が同様な高塩濃度下で進んだことを示している。従って、Tabrinkout 鉱徴地の炭酸塩岩

下部には Guelb Moghrein 鉱床のような優良な鉱床が胚胎する可能性が高い。

#### (7) Kadiar

Kadiar 銅・金鉱徴地はモーリタニア変動帯の緑泥石・絹雲母片岩、変塩基性火山岩、蛇紋岩が分布する。鉱徴は主に緑泥石・絹雲母片岩中に形成されたレンズ状ないし塊状の珪化ゴッサンで、この珪化ゴッサン中に孔雀石の鉱染が認められる。地表下 20m までの酸化帯は Cu 1%を含有し、さらに深部 60m の硫化帯まで Cu 1%の鉱化作用が確認され、またボーリングによって Au 0.5-1.3g/t を確認されている。本調査では孔雀石を伴う珪化ゴッサンで最高 Cu 3.6%、Au 4.4g/t の品位を把握した。

#### (8) Indice 78

Indice 78 鉱徴地はモーリタニア変動帯の緑泥石片岩、緑泥石化安山岩中に形成された石英脈および孔雀石レンズである。本地域での銅と金の鉱化部は NNW-SSE の方向性を示す。この方向は石英脈の走向と共に、緑泥石片岩の片理方向と一致する。石英脈中には孔雀石等の二次酸化銅鉱、黄銅鉱、輝銅鉱、自然金が見られる。緑泥石片岩、緑泥石化安山岩中には、広範囲にわたり小規模な孔雀石からなる銅鉱化が細脈状、鉱染状に産する。南部の孔雀石・輝銅鉱石英脈で最高 Cu 9.7%、Au 19.3g/t の品位を確認している。石英の流体包有物から塩濃度の高い流体が鉱化に関与したとみられる。

#### (9) Oudelemguil

Oudelemguil 鉱床はモーリタニア変動帯のピクライト質玄武岩中に発達する含銀・孔雀石脈である。鉱脈は走向 N25-40° E、傾斜 30-55° W で、平行する 5 脈を確認した。脈幅 0.4-0.8m、最大延長 300m の規模を示す。本調査で最高 Cu 34.4%、Au 0.59g/t、Ag 196g/t の品位を確認した。

#### (10) Diaguili

Diaguili 鉱徴地は北東-南西方向に並ぶ比高約 10m の 3 つの小丘からなり、丘の延長は約 1km である。本地域は珪岩、礫岩、白雲母片岩、黒色片岩からなる。片岩類は南丘と中央丘の間の西に分布する。南丘は主として珪岩、北丘は礫岩からなり、中央丘は珪岩と礫岩からなる。本地域には石英ネットワーク、石英脈が主として珪岩中に、まれに片岩中、片状礫岩中に発達する。石英脈の幅は平均 10cm 以下の規模であるが、最大は 70cm である。本調査で石英脈中に鏡鉄鉱を確認したが、銅鉱化作用は確認できなかった。

#### (11) Guidimaka

Guidimaka 鉱床はモーリタニア変動帯の蛇紋岩体中に胚胎するポディフォーム型クロム鉄鉱鉱床である。調査地域には 5 つのクロム鉄鉱鉱床があり、本調査ではこのうち No.1、No.2、No.3 鉱床を調査した。No.1 鉱床は、Diaguili 村の東約 5km に位置し、南北方向に伸長する比高約 40m の丘の西側面に分布する。南北方向の丘は珪化泥質片岩からなり、蛇紋岩および緑泥石片岩が丘の北西部に露出する。泥質片岩には珪化あるいは含酸化鉄薄層が発達する。蛇紋岩は東西幅約 200m、南北延長約 500m の範囲で分布する(図 4.2.11)。蛇紋岩中には層厚約 10-20m の緑泥石片岩を挟在する。クロム鉄鉱鉱体は蛇紋岩中に発達

し、6 鉱体が認められる。鉱体は粗粒クロム鉄鉱からなり、鉱体規模は長さ 10-40m、厚さ数 m-15m である。蛇紋岩の分布する地表下には、潜頭のクロム鉄鉱鉱体が賦存している可能性がある。本鉱床は形態からポディフォーム型クロム鉱床に属する。

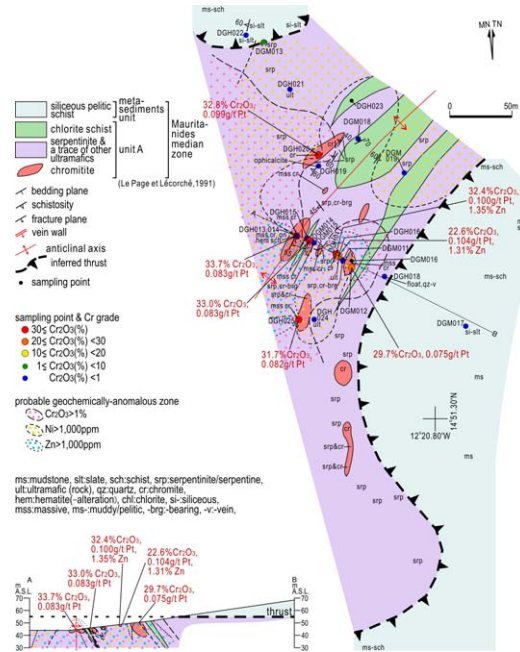


図 4.2.19 GuidimakaNo.1 鉱床地質図および地化学図

No.2 鉱床は Diaguili 村の北北東約 4km に位置し、規模は長径 90m、短径 70m である。蛇紋岩はクロム鉄鉱鉱体から南東方向に約 350m 離れて分布し、蛇紋岩とクロム鉄鉱鉱体との直接の関係は不明である。No.3 鉱床は No.1 鉱床の北東約 2km に、N-S 方向の蛇紋岩岩体の西側に 4m x 5m と、極めて小規模に露出している。

クロム鉄鉱石は鏡下において、クロム鉄鉱、磁鉄鉱、緑泥石、蛇紋石からなる。クロム鉄鉱は透明褐色-黄褐色で、粒径は 0.3-5mm であるが、多くの割れ目が走り、割れ目沿いに不透明化(一部は磁鉄鉱化)している。このクロム鉄鉱粒子を、X線回折分析と EDX にて詳細に調べた結果、大部分が含鉄マグネシオクロマイト(Fe,Mg)((Cr,Al)<sub>2</sub>O<sub>4</sub>)であり、一部がクロム鉄鉱であることが判明した。本調査での分析結果、本地域のクロム鉄鉱の品位は Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 22.6-33.7%であり、全般に低品位である。これは前述したように本地域のクロム鉱物がクロム鉄鉱ではなく、含鉄マグネシオクロマイトであることに帰因するためである。

本調査でクロム鉄鉱中の白金含有量は 0.07-0.104g/t を示した。白金品位の高い試料の EDX による半定量分析と EPMA による定性面分析の結果、自然オスミウム(Os)、輝イリジウム鉱((Ir,Ru)AsS)など 5 種類の白金族鉱物が認められた。

Guidimaka を含む Selibaby 地域の LANDSAT 画像と、Guidimaka 鉱床周辺の ASTER 画像を図 4.2.12 に示す。Guidimaka の ASTER フォールス画像(図 4.2.12 の左下)と HIS 処理画像(図 4.2.12 の右下)を対比すると以下のことが判った。

- Guidimaka 鉱床の胚胎層準である蛇紋岩は、ASTER フォールスカラー画像で灰緑

色を帯びた青色の小丘で、他の岩相と明瞭に識別される。

- 比演算処理(RGB: 4/8, 4/9, 1/3)では全体が濃い青となり全く識別に適さなかった。また、図示した HIS 処理(HIS: 8,7,4)でも荒れ地を除く、水系、農耕地、小丘等が淡褐色となり、良い結果にはならなかった。

Gidimaka 地域での蛇紋岩の抽出には、処理画像よりも、むしろ ASTER フォールスカラー画像が適していることが判明した。

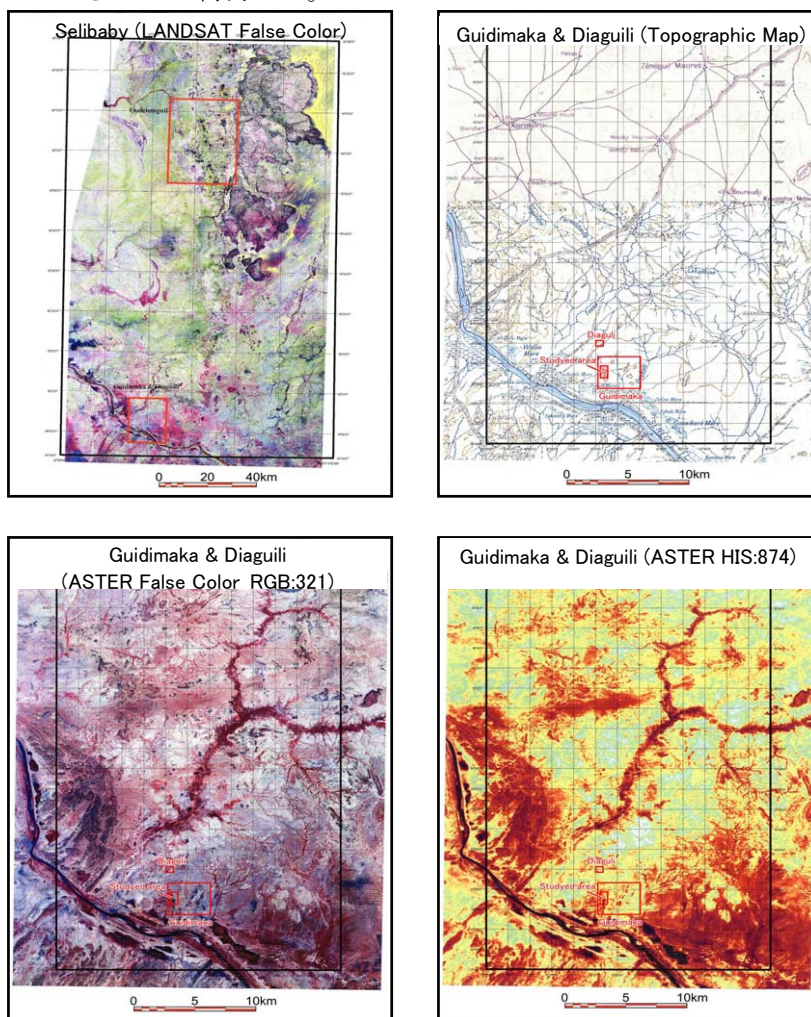


図 4.2.12 Selibaby 地域および Guidimaka 地域の衛星画像

## (12) Jreida-Lemsid

Jreida-Lemsid 地域は Nouakchott の北約 15km から 100km の大西洋岸沿いの地域であり、第四紀の海岸砂と砂丘堆積物が広く分布する。本調査では本地域中央部の Tanit-Lemsid 地区を調査した。本調査では、海岸砂と砂丘堆積物に深度約 5m のピットを、Tanit 地区で一辺 500m の正方形の頂部毎に 1 本(計 4 本)、Lemsid 地区で同じく 500m 間隔に 4 本、合計 8 本を掘削した。ピットの観察では赤褐色を呈す陸成砂層は、貝殻の破片を含む白色海成砂層よりもチタン鉄鉱を含む黒色の重砂に富んでいる。ピット全般、地表直下に厚さ数 cm のチタン鉄鉱濃集部(TiO<sub>2</sub> 2.8-5.1%)が存在するが、メータ単位での濃集

層は認められない。

以上の 13 鉱床・鉱徴地での調査結果を、表 4.2.1 にまとめる。

表 4.2.1 各鉱床の調査結果

	地域	鉱種	調査結果
4	Koedia Idjill	Fe	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 鉱床は後期原生代のイタビライト層(縞状鉄質珪岩)中に賦存するスペリオール型 BIF。</li> <li>● 鉱体は塊状、葉片状の細粒赤鉄鉱。Fe 品位は 67-68%。</li> </ul>
5	Tiris	Fe	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 鉱床は始生代の変鉄質珪岩、レプチナイト、角閃岩中の粗粒磁鉄鉱。Fe 品位は 35-42%。</li> <li>● BIF 起源の碎屑物の変成作用による産物とみられる。</li> </ul>
8	Sfariat	Fe	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 始生代の片岩、片麻岩、石灰岩、花崗岩類等で構成され、構造帯をなし、岩石は著しく破断される。</li> <li>● 片岩中に BIF が発達。走向 N40-70° W、傾斜 30-50° N を呈す。</li> </ul>
11	Tasiast	Au	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 鉱床は始生代緑色岩体中の磁鉄鉱-BIF を母岩とした熱水性金鉱床(金鉱化は原生代)。</li> <li>● 絹雲母-緑泥石片岩、角閃石片岩および BIF は白雲母化を受け、更に白雲母はカオリナイト、ディカイトに変質</li> <li>● 角閃石片岩は磁鉄鉱に富み、しばしば粗粒ザクロ石を産す。磁硫鉄鉱の細脈、レンズが緑泥石片岩中に発達。自然金は磁硫鉄鉱と共存</li> <li>● 地表では浅成富化作用により、BIF は赤鉄鉱化、褐鉄鉱化、ノントロナイト化、カオリナイト化を受け石英細脈を伴い、金品位が高い BIF は、ノントロナイト化が著しい。</li> </ul>
	Tijirit	Au	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 始生代の塩基性岩(玄武岩・斑禰岩)、炭酸塩岩が分布。NE 方向の断裂帯を形成。</li> <li>● 鉱床はこれら断裂帯沿いに熱水が上昇して胚胎した含金石英脈鉱床。</li> <li>● 石英脈は走向 N10°-20° E、これに斜行する N20° W 方向の雁行配列を形成。</li> <li>● 鉱化部は赤鉄鉱化ないし褐鉄鉱化を呈し、孔雀石、自然金を確認。</li> </ul>
14	Tabrinkout	Au, Cu	<ul style="list-style-type: none"> <li>● モーリタニア変動帯の緑泥石片岩と炭酸塩岩が分布。</li> <li>● 炭酸塩岩中に孔雀石が鉱染し、片岩中に含金孔雀石石英脈を確認。</li> <li>● 化学分析値の主成分分析と流体包有物の温度・塩濃度の類似性から、Guelb Moghrein 鉱床タイプの胚胎可能性が有る。</li> </ul>
17	Guelb Moghrein	Cu, Au	<ul style="list-style-type: none"> <li>● モーリタニア変動帯中の緑色片岩中に層状、レンズ状に存在する含磁鉄鉱-マグネシウム鉄質炭酸塩岩を交代した熱水性の酸化鉄-銅-金鉱床(IOCG)</li> <li>● 黄銅鉱、磁硫鉄鉱などの硫化鉱物は、炭酸塩岩レンズ中の磁鉄鉱粒子周辺に鉱染状、細脈状に晶出し、また炭酸塩岩と緑泥石片岩の境界に細脈状に産す。</li> <li>● 地表では浅成富化作用を受け酸化帯となり、マラカイトが磁鉄鉱-炭酸塩岩鉱石中に鉱染する。銅品位は初成の硫化帯では 0.4% Cu で酸化帯では 2.7% Cu。</li> <li>● 高塩濃度流体が磁鉄鉱-炭酸塩岩鉱体中の破碎帯を上昇して、熱水変質と銅・金鉱化をもたらしたと考えられる。</li> </ul>
18	Kadiar	Cu, Au	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 緑泥石片岩・蛇紋岩体中に狭在するレンズ状ないし塊状の炭酸塩岩(?)を交代した含金珪化酸化鉄鉱体で、鉱体の方向は片岩の片理面にほぼ平行し、N-S 方向を呈す</li> <li>● 地表の鉱化作用として、孔雀石を主とする二次酸化銅鉱が珪化酸化鉄鉱体の裂罅沿いに認められる</li> </ul>
19	Indice 78	Cu, Au	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 緑泥石片岩、緑泥石化安山岩中に形成された石英脈および孔雀石レンズ</li> <li>● 含金石英脈として、幅 4-10m、長さ 40-60m、6 脈が存在し、孔雀石、黄銅鉱、輝銅鉱、自</li> </ul>

			然金を確認。
20	Oudelemguil	Cu	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ピクライト質玄部岩(褐鉄鉱化・弱珪化)に発達する孔雀石脈で、走向 N25°-40° E、傾斜 30°-55° W、幅 0.4-0.8m、最大延長 300m。</li> <li>● 本調査の地質調査で地磁気異常を確認</li> </ul>
22	Diaguili	Cu	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 珪岩中に発達した石英ネットワーク、石英脈。脈の方向は NE 系と NW 系</li> <li>● 石英脈中に赤鉄鉱を確認するが、銅鉱化作用は認められない</li> </ul>
23	Guidimaka	Cr	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 蛇紋岩中に胚胎する塊状クロム鉄鉱床で、長さ 10m~40m、厚さ数 m~15m で、8 鉱体を確認</li> <li>● マグネシオクロマイトが主体であるため、Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> が 22-33%と低い。</li> <li>● クロム鉄鉱中に Pt 品位 0.07-0.1g/t を示す白金族鉱化を把握し、EPMA にて PGM(主として硫化物)を確認。</li> </ul>
26	Jreida-Lemsid	Ti	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 赤褐色陸成砂層にチタン鉄鉱を含む重砂が発達</li> <li>● チタン鉄鉱濃集部は厚さ数cmで認められる</li> </ul>

### 4.3. 鉱床生成区

補足的現地地質調査で対象とした 13 鉱床を中心に鉱床生成区を、金鉱床、銅鉱床を中心に検討した。本調査の結果、モ国の鉱床生成区として、以下の 5 つの生成区が挙げられる(表 4.3.1、図 4.3.1)。

①縞状鉄鉱層(BIF)生成区、②BIF 内金鉱床生成区、③グリーンストーン帯内金鉱床生成区、④グリーンストーン帯内銅金鉱床生成区、および⑤クロム鉄床生成区

表 4.3.1 鉱床生成区

Metallogenic province	Geologic province	Deposit type	Deposit	Metal	Mineralization age
① Banded iron formation (BIF)	Reguibat Shield	BIF origin clastics deposit	Tiris El Rhein, El Aouj	Fe	Archean
		Superior-type BIF	Koedia-Idjill T014, M' Haoudat	Fe	Proterozoic
② Gold deposit in BIF (greenstone)	Reguibat Shield	Mesothermal disseminated and network deposit	Tasiast	AU	Proterozoic
③ Gold deposit in greenstone belt	Reguibat Shield	Hypothermal vein	Tijirit Ator	Au	Proterozoic
	Mauritanides	Mesothermal vein	Indice 78	Au	?
④ Copper and gold deposit in greenstone belt	Mauritanides	Carbonate replacement copper and gold deposit (IOCG?)	Guelb Moghrein Tabrinkout (Kadiar, Oudelemguil)	Cu, Au	Late Proterozoic
⑤ Chromite deposit	Mauritanides	Orthomagmatic chromite deposit	Guidimaka	Cr, PGE	Late Paleozoic
	Reguibat Shield	Orthomagmatic chromite deposit	Amsaga	Cr	?

#### ① 縞状鉄鉱層(BIF)生成区

Reguibat 楯状地に生成した鉄鉱層の生成区であり、Tiris 鉱床群と Koedia-Idjill 鉱床群が存在する。Tiris 鉱床群は Archean の Algoma 型と考えられる BIF を起源する

碎屑物の変成鉄床とみられる。一方、Koedia-Idjill 鉄床群は、Tiris 鉄床群が胚胎した地質環境の後に原生代に生成した Superior 型の BIF であり、位置的に Tiris 鉄床群の鉄鉄床と同一範囲内に胚胎している。このため、Tiris 鉄床群および Koedia-Idjill 鉄床群を同一生成区として取り扱った。鉄鉄床資源として 10 億トン以上の埋蔵鉄量を保有している。

## ② BIF 内金鉄床生成区

Reguibat 楯状地のグリーンストーン帯内の BIF 中に生成した金鉄床の生成区であり、Tasiast 鉄床で代表される。母岩の磁鉄鉄層が形成した年代(始生代)と金鉄化の年代(原生代)とは異なっているが、母岩の断裂に沿って鉄染状あるいは網状の形態を呈する熱水性(中-低熱水)金鉄床である。Tasiast 地域の Piment 地区で重点的に探鉄が進められ、鉄量(含む予想鉄量)約 25 百万 t が計上されている。Piment 地区の北方や南方にも同種の金鉄化作用の賦存の可能性が考えられる。

## ③ グリーンストーン帯内金鉄床生成区

Reguibat 楯状地のグリーンストーン帯中、あるいはモーリタニア変動帯(グリーンストーン帯)中に形成された鉄脈型金鉄床の生成区である。Reguibat 楯状地の原生界中に形成された金鉄脈は、構造線に伴って形成された断裂に沿い発達したものであり、Tijirit の Ator 鉄脈で代表される。また、モーリタニア変動帯中の金鉄脈として、Indice 78 が有り、その形成は本変動帯の構造線に関与して生成したと考えられる。

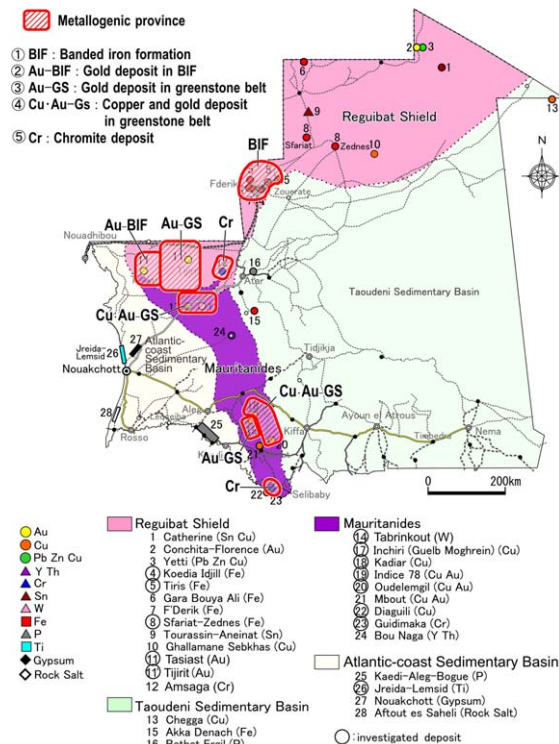


図 4.3.1 モーリタニアの鉄床生成区

## ④ グリーンストーン帯内銅金鉄床生成区



モーリタニア変動帯中に形成した熱水性交代性銅金鉱床の生成区であり、Akjoujt 地域の Guelb Moghreïn 鉱床、Tabrinkout 鉱徴地および Kadir 鉱徴地が存在する。鉱床は炭酸塩岩(一部はグリーンストーン)を母岩として、塊状、鉱染状、脈状の形態を呈する。また、Oudelemguil 鉱床も鉱脈の産状、鉱石鉱物の組み合わせから判断して、本鉱床生成区に組み入れた。モ国では銅資源の重要なタイプを胚胎する生成区である。生成年代は後期古生代で、同一時期にグリーンストーン帯中に鉱化作用が生じたと考えられる。また、IOCG の可能性の具体化も今後の生成区を明らかにしていく重要な課題である。

#### ⑤ クロム鉄鉱床生成区

モーリタニア変動帯の超苦鉄質岩に伴うクロム鉄鉱床の生成区であり、ポディフォーム型を呈する。モ国南部のモーリタニア変動帯の Guidimaka 鉱床が本調査で調査され、白金族鉱物(PGM)を伴うことが判明した。Reguibat 楯状地の西部の Amsaga には、同様なポディフォーム型クロム鉄鉱床が知られており、地質区は異なるが、本鉱床生成区に含めた。地質区の相違と本生成区の関係の解明は今後の課題である。

### 4.4. 鉱床モデル

#### 4.4.1. Tiris 鉄鉱層群

本鉱床群では採鉱対象の粗粒磁鉄鉱が、先カンブリア期(少なくとも 1.7Ga 以前)の Tiris 層群の珪岩、レプチナイト、および角閃岩中に、層厚約 100m、延長約 1km の規模でレンズ状ないし鉱染状に胚胎している。鉱石が大規模に胚胎する層位は、各鉱床内においては限られている。

先カンブリア界(特に、1.9Ga 以前)に胚胎する鉄鉱床はそのほとんど全てが縞状鉄鉱層であり、本鉱床群の上記のような胚胎様式は特異である。しかし、「1)本鉱床群においても元来は縞状鉄鉱層として鉄成分が濃集し、2)その後何らかの過程を経て他の岩石中に鉄成分が分散された」可能性はありうる。

可能な分散過程の 1 つとして、Tiris 層群が受けた角閃岩相の変成作用の高温により、縞状鉄鉱床中の鉄成分が他の岩石中へ拡散・注入された可能性が考えられる。しかし、本鉱床群の地質図では、珪岩、レプチナイト、角閃岩各地層間の境界はシャープな成層境界面として描かれており、高温に起因した化学成分の顕著な拡散、各種岩種間での化学的混合/融合が過去に生じたとは考え難い。

別の可能な分散過程として、機械的な分散が考えられる。すなわち、縞状鉄鉱層が風化・碎屑化した後、花崗岩質岩類起源の碎屑物、苦鉄質火成岩起源の碎屑物と機械的に混合し

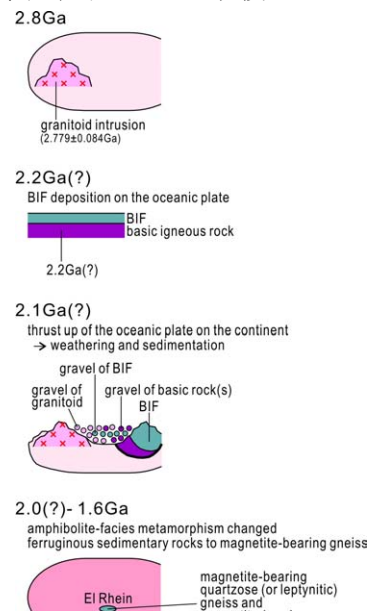


図 4.4.1 Tiris 鉄鉱層群の  
鉱床モデル

て鉄酸化物が拡散、その後変成作用を受けて、石英碎屑物に富む部分が含磁鉄鋳珪岩、石英・長石碎屑物に富む部分が含磁鉄鋳レプチナイト、苦鉄質碎屑物に富む部分が含磁鉄鋳角閃岩になった可能性が考えられる。苦鉄質碎屑物の供給源には、種々な岩種の可能性が考えられる。図 4.4.1 では、便宜的に、縞状鉄鋳床がアルゴマ型で、苦鉄質火成岩を伴っていたとして作図している。

#### 4.4.2. Koedia-Idjill 縞状鉄鋳層群

本鋳床群は、先カンブリア界 Idjill 層群中に胚胎する典型的な縞状鉄鋳層である。母岩である Idjill 層群は 7つのナップから構成されている。7つのナップのうち、3つは小規模ないし地層露出部が狭く、地質的性格が必ずしも明確ではない。一方、残り 4つのナップ (unit)を構成する地層は、各々異なる岩相を示す。すなわち、la broche unit(②)は礫岩、l'Achouil unit(③)は泥質片岩、Tazadit unit(④)は縞状鉄鋳層、M'Haoudat unit(⑦)は縞状鉄鋳層—玄武岩質片岩(部分的に赤鉄鋳が鋳染)—変玄武岩で占められ、ユニット毎に岩相が変化する。以下に、各 unit の岩相を示し、その地質的意味合いを考察する。

##### (1) La broche unit

La broche unit は礫岩からなり、その一部には、鉄酸化物およびシリカでこう結された正珪岩の細—巨円礫が認められる。その岩相から、正珪岩からなる陸地近くの浅海で、縞状鉄鋳層形成時と同様な、鉄・シリカの海水への放出・海底への沈澱が進行していたことが理解される。上記礫岩の生成機構は次のように考えられる。1)リフトバレーが誕生し、大陸が分裂を開始した。→2)分裂開始直後のリフトバレーは狭く、引き裂かれた大陸から供給された正珪岩の細—巨円礫がリフトバレー近傍の浅海に堆積した。→3)円礫がリフトバレーから放出された鉄およびシリカによりこう結された。

##### (2) l'Achouil unit

l'Achouil unit は泥質片岩からなり、その堆積作用は比較的遠洋の環境で進行したと考えられる。すなわち、リフトバレーの活動が続いて、海洋底が一層拡大し、遠洋環境を持つ海域が生じたものと思われる。

##### (3) Tazadit unit

Tazadit unit は、縞状鉄鋳層からなり、碎屑岩を欠く。海洋底の拡大が進行し続けて、l'Achouil unit よりも更に遠洋の環境、すなわち陸地からの碎屑物がほとんど届かない環境を持つ海域が誕生していたものと考えられる。このような環境下で海嶺からの鉄およびシリカの放出が再開、それら放出物が海底に堆積して縞状鉄鋳層が誕生したものと考えられる。

##### (4) M'Haoudat unit

M'Haoudat unit は、玄武岩質片岩および変玄武岩に富み、玄武岩質片岩中には赤鉄鋳の鋳染が認められる。このことから、縞状鉄鋳層形成時に、海嶺とは異なる別の玄武岩質火山の活動があり、玄武岩を噴出、更に玄武岩質火山碎屑物を放出したものと考えられる。

##### (5) Idjill 層群の衝上

以上のように、リフトバレー/海嶺による海洋底拡大を背景にして、変化に富む堆積作用が進行し、Idjill 層群が誕生した。その後、2.0Ga(?)頃に Idjill 層群は Tiris 層群が分布する大陸地殻上に衝上したと考えられる。この時、Idjill 層群はスラストにより少なくとも7つのナップに分割された。その後、これら衝上地塊は、緑色片岩相の変成作用を受けた。

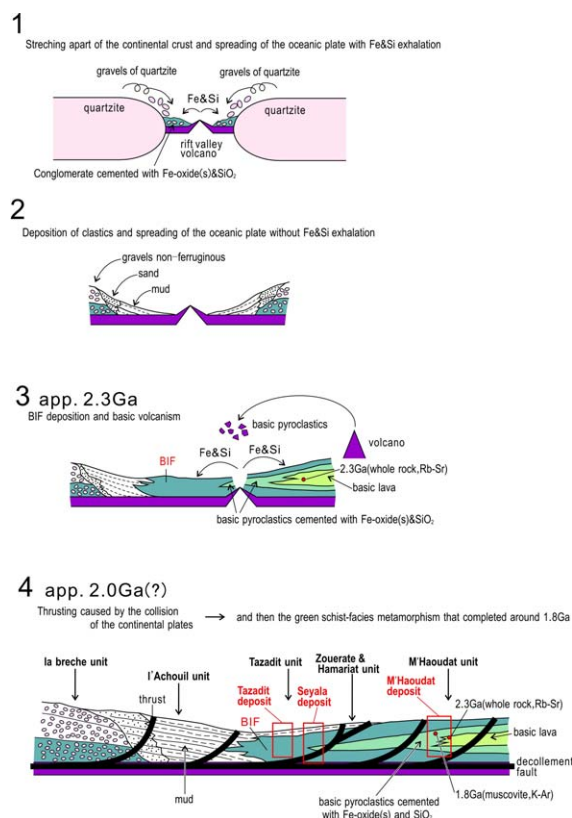


図 4.4.2 Koedia-Idjill 縞状鉄鉱層群の鉱床モデル

#### 4.4.3 Tasiast 金鉱床

##### (1) 熱水作用のステージ

本鉱床は、アルゴマ型縞状鉄鉱層を貫く含自然金石英脈、同鉄鉱層中の自然金鉱染として鉱化した熱水鉱床である。本鉱床における熱水作用の影響は、金鉱化の他にも、1)磁硫鉄鉱鉱染、2)タングステン鉱化、3)著しい白色粘土化帯形成として確認できる。後2者および金鉱化は、1)流体包有物の均質化温度、および2)粘土鉱物の鉱物組み合わせに基づく推定生成温度から、各々異なる温度環境下で生じたと推定される。均質化温度から厳密に生成温度を求めるには圧力補正が必要であるが、本鉱床の胚胎環境からは1.5kb程度の圧力を想定され、生成温度は均質化温度+100℃程度とみられる。

最も高温で生じたのはタングステン鉱化で、その温度は約380℃である。鉱化流体の塩濃度は約37% NaCl eq.である。次に熱水作用の影響は白色粘土化で、その温度は約200℃である。鉱化流体は、粘土鉱物の種類から中性-弱酸性、縞状鉄鉱床から著しく鉄が溶脱されていることから還元状態にあったと推定される。更に金鉱化が生じ、その温度は約

250°Cである。鉍化流体の塩濃度は 26% NaCl eq.と推定される(図 4.4.3)。

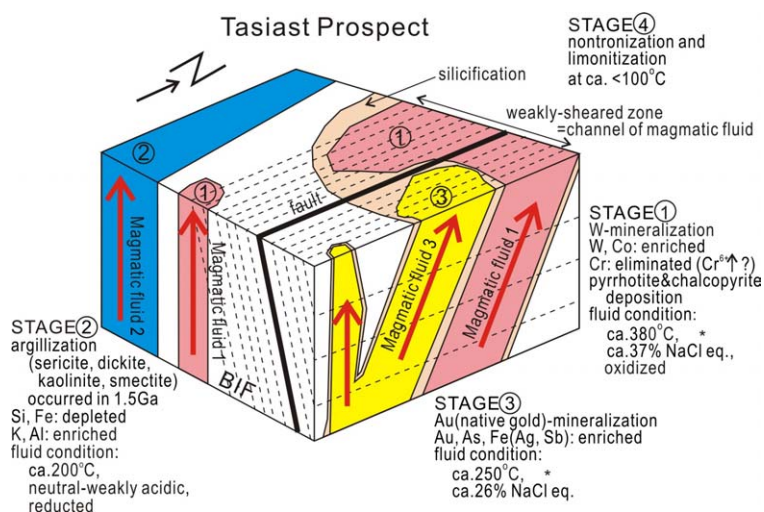


図 4.4.3 Tasiast 金鉍床の鉍床モデル

## (2) 鉍化流体の流路

Au 1g/t 以上の高 Au 鉍化域の一部では、断裂による地層の破碎を示し、鉍化流体が破碎帯およびその周辺のゆるみ部を経由して上昇してきた可能性を示唆している。破碎帯の発達方向は、概略 N-S 方向であると推定される。

## (3) 鉍化年代

金鉍化が白色粘土化とほぼ同時期(1.5Ga)に生じたとした場合、本鉍床の母岩中の角閃石片岩から分離した角閃石、および同じく黒雲母-白雲母片岩から分離した白雲母の K-Ar 閉鎖年代(1.8-1.7Ga)よりも 2-3 億年若いことになる。結晶片岩中の鉍物の閉鎖年代は変成作用の終了時期を示すと考えられるので、変成作用(地殻変動)の終了時期から 2-3 億年も経過した後に金鉍化が生じたこととなる。

井澤(1993)は、全地球規模で見た場合、1.5Ga が金鉍化のピーク時期の 1 つであり、その時生じた金の総量が 600 トンに達すると試算している。1.5Ga に、Tasiast 地域を含めて、全地球的に金鉍化を促すような何らかの地質学的な条件が実現した可能性が考えられる。

### 4.4.4 モーリタニア変動帯中の銅・金鉍床

本鉍床(図 4.4.4 参照)は、緑色岩中に挟在される炭酸塩岩を交代して生じたスカルン型鉄酸化物・銅・金(IOGC)鉍床と考えられている。鉍床近傍では、緑色岩は緑色片岩相の(黒雲母-)緑泥石片岩を主体とし、角閃石を含む変斑れい岩、角閃岩を伴う。緑泥石片岩中には黒色泥質片岩・白雲母片岩の小規模ブロックが 1 つ確認できた。また、鉍床周辺の広い範囲にわたって緑色片岩中にアルゴマ型縞状鉄鉍層の挟在が認められ、緑色岩全体が始生界である可能性が指摘されている。

本鉍床では、鉍化前に炭酸塩岩内および近傍の緑色岩中に鉄マグネシウムスカルンを生じている。前述の anatexis で生じたマグマが本鉍床直下まで上昇して来て炭酸塩岩を加熱

し、スカルン化を引き起こしたものと推定される。その後、鉄酸化物(磁鉄鉱を主体とし、黄鉄鉱および磁硫鉄鉱を極少量伴う)の晶出、銅硫化物(黄銅鉱ほか)の晶出、および金鉱化がほぼ同時に生じて、炭酸塩岩またスカルンの一部を交代した。

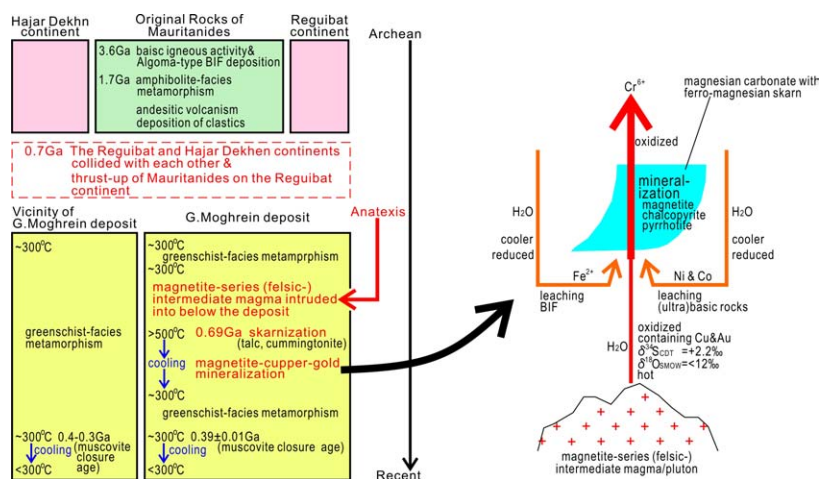


図 4.4.4 Guelb Moghrein 銅・金鉱床の鉱床モデル

## 4.5. 有望地域の選定

### 4.5.1 有望地域

本調査におけるこれまでの鉱床の調査で Reguibat 楯状地での有望地域として、Tasiast 地域(Au)、Tijirit 地域(Au)および Amsaga 地域(Cr)が挙げられる。また、モーリタニア変動帯では、Akjoujt 地域(Cu, Au: Guelb Moghrein 鉱床、Tabrinkout 鉱徴地)、Guidimaka 地域(Cr, PGM)が挙げられる。

表 4.5.1 有望地域

Geologic province	Mineralization	Promising area	Exploration target
Reguibat shield	Mesothermal gold disseminated and network	• Tasiast	• Magnetite bearing BIF • Hydrothermal alteration with nontronite
	Hypothermal quartz gold vein	• Tijirit	• Quartz vein in basic rock • Tectonic
	Podiform chromite	• Amsaga	• Serpentinite
Mauritanides	Carbonate replacement copper and gold	• Akjoujt	• Carbonates in basic schist
	Podiform chromite	• Selibaby	• Serpentinite in greenstone belt

### 4.5.2 有望鉱床と鉱化作用

#### (1) Tasiast 地域

Tasiast 地域の Piment 鉱床は、Reguibat 楯状地のグリーンストーン帯内の磁鉄鉱を含む BIF 中に、鉱染状あるいは網状の形態で胚胎する熱水性金鉱床である。緑泥石片岩ないし角閃石片岩は磁鉄鉱に富み、ザクロ石の斑状変晶を産する。磁硫鉄鉱の細脈、レンズが磁鉄鉱-緑泥石片岩中にみられ、自然金は磁硫鉄鉱と共存している。地表では BIF は浅成富化作用により赤鉄鉱化、褐鉄鉱化、ノントロナイト化、カオリナイト化を受けて石英細脈を伴っている。Piment 地区では重点的に探鉱が実施され、Piment の主要鉱

体は BIF の走向方向である N-S 方向に約 1km、平均幅 25m であり、Au 50g・m 以上の高品位鉱は南にプランジしていることが判明している。予想鉱量を含む埋蔵鉱量は約 25 百万 t、金量 208 万 oz(65t)、平均品位 Au 2.6g/t が計上されている。

Piment 地区の北約 5km と南南東約 10km にも同様に珪化、白色粘土化、ノントロナイト化などを受けた BIF が分布する。これらの地区の地表下にも Tasiast Piment と同様の金鉱化作用が存在する可能性が考えられ、2・3 の金鉱床の胚胎が期待される。

## (2) Tijirit 地域

Tijirit 地域の Ator 鉱脈は、Reguibat 楯状地の原生界グリーンストーン帯中に形成された金-石英脈である。本地域は NNE-SSW を示す構造線が顕著に発達しており、金-石英脈はこれらの構造線に伴って形成された断裂に沿って生成したものである。Ator 脈および付近の金-石英脈の特徴は、孔雀石からなる銅鉱化が認められ、Au 10g/t 以上の高品位鉱が局部的に存在することである。Ator 地区の石英脈の下部は未探鉱であり、下部への鉱化作用の連続性は未確認である。周辺の調査はまだ十分に実施されておらず、含金-石英脈がさらに賦存する可能性があり、本地区での地質調査の必要性は高い。

また Ator 地区の南西約 30km 付近には土壌の地化学探査で Au 100ppb の異常が、東西 6km、南北 8km の範囲にまとまって分布している。本地区では Ator 地区と同様の地質環境がみられることから、Ator 地区の南西部に含金-石英脈の賦存が期待できる。

更に、Ator 地区の南西約 110km の Tijirit 西地区は、Tasiast 地域の南東延長部に相当し、グリーンストーンが NE-SW 方向に伸長して分布している。地化学探査の金異常が本地区に 30km x 5km の範囲で抽出されており、本地区で Tasiast と同じタイプの熱水性の細脈状ないし網状金鉱床が胚胎する可能性がある。金鉱床有望地域の一つである。

## (3) Akjoujt 地域

Akjoujt 地域の Guelb Moghrein 鉱床と Tabrinkout 鉱徴地は、モーリタニア変動帯中に形成した熱水性交代性銅金鉱床である。鉱床は緑色片岩中に存在する含磁鉄鉱-炭酸塩岩を交代している。緑泥石片岩中には粗粒の磁鉄鉱粒子が見られ、炭酸塩岩レンズを狭在している。黄銅鉱、磁硫鉄鉱の硫化鉱物は、炭酸塩岩レンズの磁鉄鉱粒子周辺に鉱染状、細脈状に晶出している。地表部では緑色片岩を含金-孔雀石石英脈が貫き、また孔雀石が炭酸塩岩中に鉱染している。現在、Guelb Moghrein 鉱床では、確定埋蔵鉱量 23.6 百万 t、品位 Cu 1.88%、Au 1.41g/t、Co 143ppm が計上されている。

Guelb Moghrein 鉱床と Tabrinkout 鉱徴地の間、約 40km の間にはゴッサンからなる銅・金の鉱徴地がある。これらの鉱徴地については、一部でボーリング、トレンチ調査がされているが、十分に探鉱は実施されていない。今後、新たな調査によって良好な銅・金の鉱化作用が捕捉される可能性があり、有望地域の一つに数えられる。

## (4) Selibaby 地域

Selibaby 地域の Guidimaka 鉱床は、モーリタニア変動帯の蛇紋岩体中に胚胎するポディフォーム型クロム鉄鉱床である。鉱床の規模は長さ 10-40m、厚さ数 m-15m で、

今までの本調査で 8 鉱体を確認している。クロム鉱物は大部分が含鉄マグネシオクロマイトであるため、クロム品位は  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  22-33%と低品位であった。しかし、本調査でクロム鉄鉱中に Pt 品位 0.07-0.1g/t を示す白金族鉱化作用を検知し、金属単体である自然オスミウム、白金族の硫化鉱物を確認した。

本地域には 5 つのクロム鉄鉱鉱床が確認されており、本調査では 3 鉱床を調査した。本調査で白金族鉱物を確認したため、本地域の別のクロム鉄鉱鉱体でも白金族鉱物が賦存する可能性が高い。

#### (5) Amsaga 地域

Reguibat 楯状地に属する Amsaga 地域には、斜長岩複合岩体中の蛇紋岩に伴ってクロム鉄鉱徴が胚胎する。Guelb El Foulet クロム鉄鉱徴地では約 4,000 x 300m、El Heinrich では約 10km x 500m の鉱化帯を形成している。

Amsaga 地域のクロム鉄鉱石の分布域は Selibaby 地域の Guidimaka 鉱床の分布域(約 4km x 3km)よりも広い。本地域での白金族鉱物に関するデータは皆無である。地質のバックグラウンドの条件は Guidimaka 鉱床と類似しており、白金族鉱物の賦存が期待される地域である。

### 4.6. 調査指針と探査方法

本調査で実施した現地地質調査の結果から、上述した有望鉱床について調査指針と探査方法を以下のとおりリコメンドする。

#### (1) Tasiast 地域

##### 1) 調査指針

- 金鉱化作用に関連した緑泥石片岩ないし角閃石片岩中の BIF は、磁鉄鉱に富んでいる。
- 地表での変質鉱物の観察は重要であり、特に浅成富化作用ではあるがノントロナイトの存在は金鉱化の指標となりうる。ノントロナイトは脈状、鉱染状の形態で、赤鉄鉱化・褐鉄鉱化した BIF 中に産出する。
- 地表下のポーリングコアでは、高変成度を示すザクロ石の斑状変晶は、金と共存する磁硫鉄鉱の周辺に生成している。地表でのザクロ石の存在は、その周辺に金鉱化があることを示唆している。

##### 2) 探査方法

- 広域的にグリーンストーン帯中からこれらの鉱床の母岩となる含磁鉄鉱-BIF を選別するために、空中磁気探査は有効な探査方法と考えられる。
- Tasiast 型の熱水性(中熱水)金鉱床の鉱体胚胎地を特定するために、熱水変質鉱物の識別と変質累帯の作成は、重要な探査手法である。

#### (2) Tijirit 地域

##### 1) 調査指針

- 含金石英脈は、グリーンストーン帯中の NNE-SSW 系の断裂に伴って生成したと見ら

れ、石英脈は NNE-SSW 系と NW-SE 系方向の雁行配列を示す。

- 石英脈中に金鉱化が認められれば、孔雀石で代表される銅鉱化を伴う。
- 2) 探査方法
- 広域的には、衛星画像による NNE-SSW 系リニアメントと、ENE-WSW 系あるいは NW-SE 系リニアメントとの交会部を中心とした地質踏査を実施する。
  - 孔雀石などの二次酸化銅鉱の存在は金鉱化を示唆するため、石英脈の露頭観察では銅鉱化の有無を調べることは重要である。

### (3) Akjoujt 地域

#### 1) 調査指針

- 鉱床地表部は珪化ゴッサンが著しく、風化に強く小丘を形成する。
- 黄銅鉱などの硫化鉱物は、炭酸塩岩中の磁鉄鉱粒子近傍および下盤の緑泥石片岩と炭酸塩岩の岩相境界部で鉱染状、細脈状の形態で晶出する。

#### 2) 探査方法

- Akjoujt 地域の緑泥石片岩中の鉱床の母岩となる含磁鉄鉱-炭酸塩岩を抽出するため、空中磁気探査は有効な手法である。
- 地表部で銅や金鉱化が捕捉された場合は、石英脈や断裂沿いに深部まで鉱化が及んでいる可能性があり、下盤の緑色片岩中までのボーリング探鉱が必要である。

### (4) Selibaby 地域

#### 1) 調査指針

- 鉱床は蛇紋岩中に小規模(10-40m)、低品位( $\text{Cr}_2\text{O}_3$  22-33%)で胚胎するポディフォーム型クロム鉱床である。
- PGM は単体あるいは硫化鉱物として、含鉄マグネシオクロマイトまたは脈石の緑泥石中に微小粒子で存在していることが明らかとなった。PGM の賦存状態によってはクロム鉱石の付加価値が高まる。

#### 2) 探査方法

- 蛇紋岩中からクロム鉱体を抽出するため、磁気探査は有効な手法である。
- PGE の賦存状態を把握するため、クロム鉱体下部の探査が必要であり、ボーリング調査が望まれる。

### (5) Amsaga 地域

#### 1) 調査指針

- クロム鉱床は Selibaby 地域の Guidimaka 鉱床と同様に蛇紋岩中に賦存する。ポディフォーム型クロム鉱床の可能性が大きい。

#### 2) 探査方法

- 蛇紋岩中からクロム鉱体を抽出するため、磁気探査は有効である。
- 蛇紋岩の分布と片状構造の解析は、クロム鉱床の賦存箇所の予想に役に立つと考えられる。



## 第5章 資源評価

### 5.1 リモートセンシングデータ処理

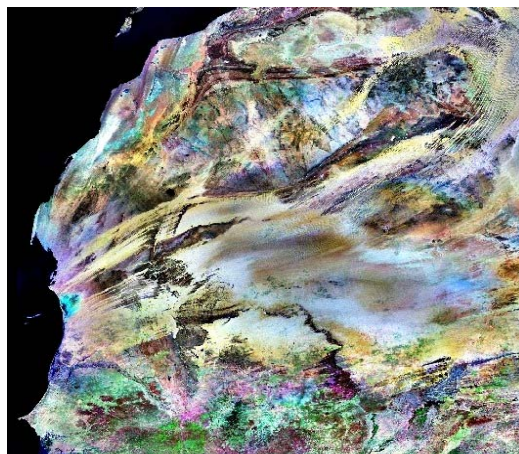
#### 5.1.1 衛星画像の概要

植生の少ないモ国は、リモートセンシングマッピング作成の最適地である(図 5.1.1)。

図 5.1.1

モ国の LANDSAT モ  
ザイク画像

(source: ER Mapper  
website).

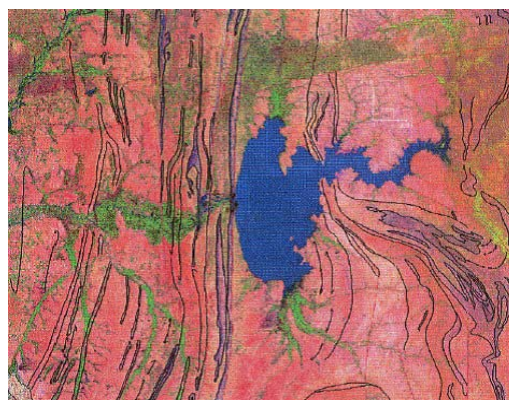


#### (1) 地質解析

リモートセンシングによる地質解析には、構造解析と岩相解析がある。構造解析には、単純なリニアメントの解析(断層、トレンド、脈)と複雑な構造の解析(褶曲、ドーム、堆積盆)の2つがある。(図 5.1.2)。

図 5.1.2

モ国 M'Bout 地域の  
LANDSAT リニアメント  
図 (出典: BGS)



多バンドスペクトル画像を作成することで、各種の岩石や鉱物の特徴的なスペクトルを利用して、より高精度の解析が迅速に実施できる。

#### (2) LANDSAT 画像と ASTER 画像

LANDSAT 画像は、1枚が約 170km×170km をカバーし、1973 年以來リモートセンシングによる地質解析の中心的なデータになっている。地表面を可視波長域のスペクトルで見ることに加え、赤外域のスペクトルも検出でき(巻末資料 13)、局地的な岩相や構造と表土層のタイプ等の解析が可能である。

ASTER は可視域 (VNIR) ~短波長赤外域 (SWIR) ~熱赤外域 (TIR) まで LANDSAT の 2 倍の 14 バンド(巻末資料 14)の情報を持つとともに、60km×60km のシーンに対して地表をより詳細 (解像度 15~90m) に見ることができ、デジタル標高モデル(DEM)データも

含んでいる。ASTER 画像が、鉱物のマッピングをする上で LANDSAT-TM データより優れている例を図 5.1.3 に示す。ASTER の画像データからは、熱水変質のゾーンが抽出可能であるだけでなく、様々な種類の鉱物同定に利用できる (表 5.1.1)。

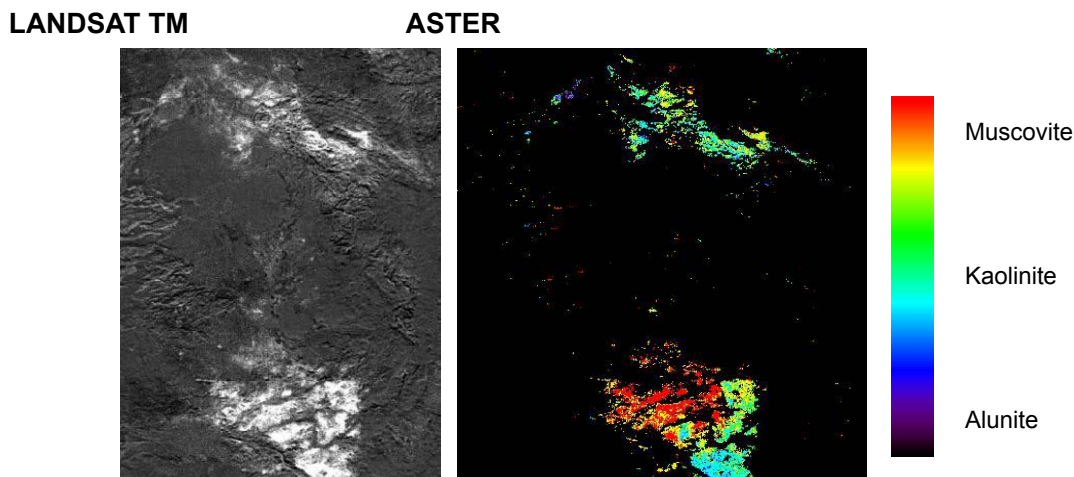


図 5.1.3 熱水変質マッピングにおける LANDSAT と ASTER の比較

明礬石(alunite)が金鉱床の指標となる(source: Infoterra plc)

表 5.1.1 ASTER の鉱物識別能力 (source: USGS)

ASTER SPECTRAL REGION/ SPATIAL RESOLUTION	BAND CENTER, MICROMETERS	COMPOSITIONAL INFORMATION
VNIR / 15 m	B1 - 0.66 B2 - 0.66 B3 - 0.81	FERRIC AND FERROUS IRON AND REE ABSORPTION
SWIR / 30 m	B4 - 1.65 B5 - 2.17 B6 - 2.21 B7 - 2.26 B8 - 2.33 B9 - 2.40	- AL-O-H IN CLAYS, MICAS, SULFATE MINERALS - CO <sub>2</sub> IN CARBONATES - Mg-O-H IN AMPHIBOLES, MICAS - H-O-H IN EVAPORITES, CLAYS
TIR / 90 m	B10 - 8.30 B11 - 8.65 B12 - 9.10 B13 - 10.00 B14 - 11.30	- SILICATE MINERALS, ESPECIALLY SHIFT TO SHORTER WAVELENGTHS - SULFATE MINERALS - CARBONATE MINERALS

### (3) ASTER 画像データによる解析方法

ASTER の短波長赤外域と熱赤外域のデータは、鉱物資源調査に非常に有効である。各種の鉱物資源探査の指標となる鉱物は、直接 ASTER 画像から識別することができる(表 5.1.1)。これは、初期的な野外調査や土壌・岩石サンプルの地化学分析を補完するため、調査の大きな時間的節約になり、ボーリング地点をより短時間で決めることが可能となる。ASTER の利点と言われている内容を巻末資料 15 に示す。

ASTER のデータを使うもう 1 つの利点は、デジタル標高モデル(DEM)が提供されるために、ASTER による鉱物マップを 3 次元的地形上に重ねて表現することができる点である。これは、鉱床の分布状態を仮想空間上で可視化する助けになり、地質モデルの構築や 3 次元

的表示技術として役に立つ。米国カリフォルニア州 Death Valley の例を巻末資料 16 に示す。以上衛星画像の特徴をまとめると以下のようになる。

- LANDSAT-TM と ETM 画像は、広範囲の地質マッピングに有効である。
- 新しい ASTER 衛星データは様々なタイプの鉱床に伴う鉱物のマッピングに有効。
- ASTER 画像によって作られる鉱物マップは、従来の調査に比べて時間とコストを大幅に節約できる。
- ASTER の DEM は、画像データの 3 次元可視化を可能にし、鉱床のモデル化に役立てることができる。

### 5.1.2 鉱物資源探査開発のターゲット

本調査では、LANDSAT-ETM 画像をモ国における既知の鉱化帯の調査に利用した。図 5.1.4 に、モ国の南部鉱化帯の M'Bout-Kadiar 地域の解析例を示す。本地域でのマッピングに有効であった画像処理過程を、他の調査地域の画像にも適用したため、異なる調査地の比較が可能となった(図 5.1.5)。

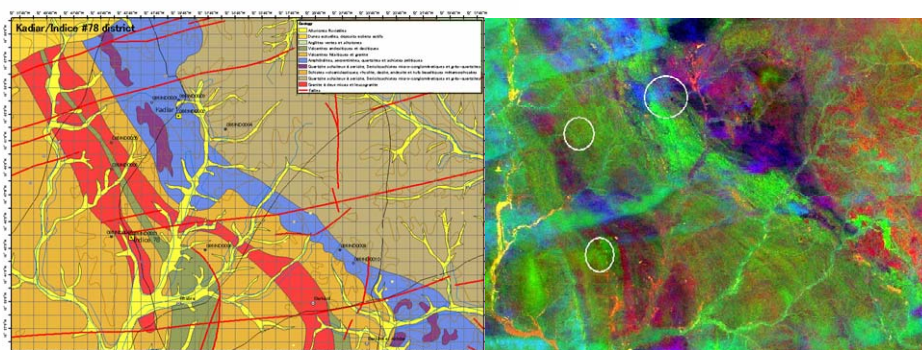


図 5.1.4 Kadiar 地域の地質図(左)と LANDSAT 処理画像(右)

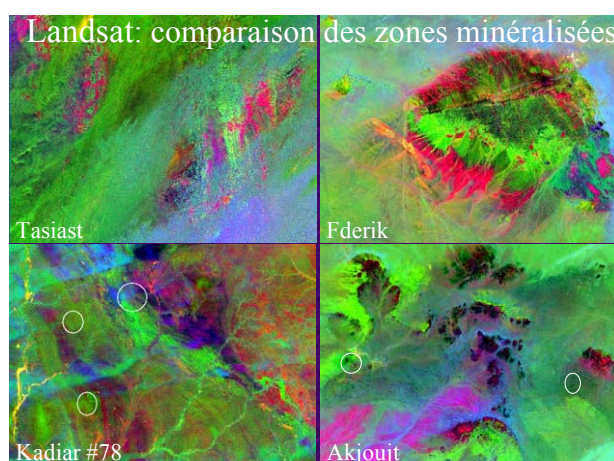


図 5.1.5 LANDSAT の同一処理方法による鉱化帯の比較 (RGB 5/7 4/5 3/1)

#### (1) リモートセンシング解析の手法

リモートセンシング解析は、鉱物のスペクトル特性を利用して実施する(巻末資料 17)。

解析は、大きく①前処理、②解析、③出力に分けられる。

#### ① 前処理

前処理は、人工衛星データの入手から解析に入るまでの準備段階にあたるもので、全体工程の約 50～60%を占める。

##### a. データの検索と入手

##### b. 地形図、地質図、GIS データの入手

##### c. 色調補正及び幾何補正処理

色調補正は、入手した衛星データをディスプレイ上に表示し、ヒストグラムを変更して明瞭な画像にすることを意味する。

幾何補正処理は、衛星データ、地形図、地質図、GIS データについて、それぞれが比較対照或はオーバーレイ処理ができるように同一座標系に変換するものである。

##### d. 衛星データのデータサイズの調整及び再配列

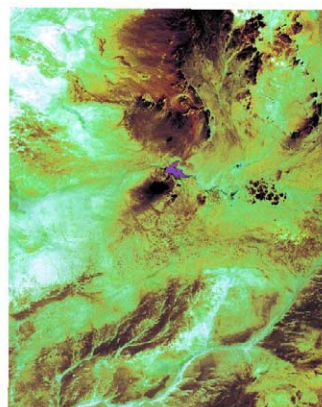
衛星データの 1 画素は、センサーの地上分解能に対応している。ASTER の場合、VNIR が 15m、SWIR が 30m、TIR が 90m の 3 種類の分解能、LANDSAT の場合、可視～近赤外域が 30m、熱赤外域が 60m、モノクロ可視域が 15m の 3 種である。ASTER の場合、総てのバンドを最小の分解能の 15m にリサンプリングすることにより、VNIR、SWIR、TIR の任意のバンド合成が可能となる。

##### e. ターゲット・エリアの切り出しと画像作成

補正済みの衛星データ、地形図、地質図の各データについて、調査対象となるターゲット・エリアの切り出しを行う。切り出した各バンドデータから 3 バンド分を用いて、フォールスカラー合成画像或は HIS 色彩強調画像を作成し、調査の基本的な画像とする。あわせて同じ範囲の地形図、地質図を出力し、解析に用いる。図 5.1.6 は、Akjoujt 地域を例として ASTER のバンド 3, 2, 1 を用いて作成したフォールスカラー画像と HLS 色彩強調画像を示す。



False Color Image



Composite Color

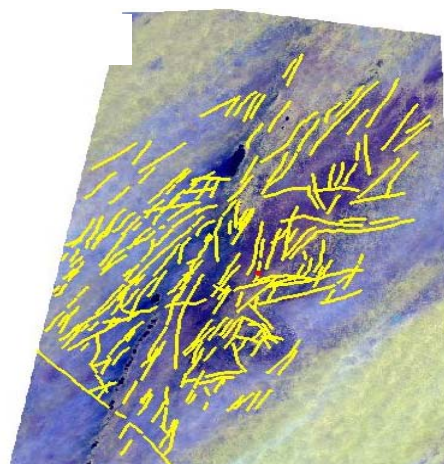
図 5.1.6 Akjoujt 地域のフォールスカラー画像及び HIS 色彩強調画像

## ② 画像解析

画像解析は、画像判読と画像処理に分かれる。

### a.画像判読

画像判読は、フォーンスカラー合成画像や HIS 彩度強調画像及び地質図等を利用して地質構造を判読する方法である。岩相及びリニアメントの抽出に重点が置かれる。図 5.1.7 は、Tijirit におけるリニアメント抽出の事例である。



### b.画像解析

画像解析は、リモートセンシング解析用ソフトウェアが保有する各種の解析機能を用いて、さまざまな演算や統計処理を行うことである。鉱物を対象とした主な画像解析は、単バンドレベルスライス、比演算処理等がある。どの手法が調査対象地域において最適であるかは、調査地域の地形、地質、岩相、鉱物のスペクトル特性等から判断し、いくつかのトライアルを必要とする(巻末資料 18)。

図 5.1.7 Tijirit のリニアメント抽出

## (2) リモートセンシングと探査ターゲットプロセスの概要

鉱化帯(Akjoujt 地域、M'bout 地域など)に対して、衛星リモートセンシングの有効性を検証するために、グラントルースを行った。LANDSAT-ETM データは、広範囲の一般地質マッピングに非常に有効であるが、調査サイトのスケールでの鉱物のマッピングには限界がある。ASTER 画像データは、浅熱水変質帯や中熱水変質帯、更に珪化帯等に伴う多くの鉱物の同定や、経済価値の高い大理石の同定等に、LANDSAT と比べてより有効であることが判明した。また、ASTER は砂漠の砂や沖積層に覆われた鉱化帯を検出するために、夜間の熱画像が用意されている。本調査によって供与された携帯型スペクトロメータ(POSAM)は、野外踏査で得られたサンプルのスペクトル特性を調べるために使われた。これは ASTER の多スペクトル衛星画像と結合することでより有効になると考えられる。

## (3) リモートセンシングと鉱物資源探査ターゲットのための提案

各地区に対してグラントルースを実施し、ASTER 画像解析の鍵となる岩相や構造を決め、更に POSAM を用いたスペクトロメータによる分析のために試料採集等を行う。ASTER 夜間熱赤外画像は、鉱化帯が新しい堆積物に覆われている場合に有用であり、各地区の画像を入手すべきである。鉱物資源調査地のグラントルースデータ、スペクトル特性と熱赤外画像は、ASTER 画像による鉱物マッピングの有効性と鉱床のモデリングを大きく進展させる。またモ国では、多くの鉱化帯が新生代の砂や沖積層に覆われているために、空中物理探査データ(重力/磁気/放射能)が有効である。最優先サイト以外の有望地区に対しても、鉱化帯が発見できる可能性があるため、ASTER 画像で調査しておくべきである。ASTER 画像を使った調査地の選定は、既存の調査データ(化学、物理探査、ボーリングデータ)と共に、

GIS データベースとして結合し、総合的に活用すべきである。

#### (4) 鉱物資源のターゲット

リモートセンシング解析からの探査ターゲットは、画像判読、画像解析及び調査地域の地形、地質、岩質等の情報を加味して最適解析が行われ、具体化する。タイプ毎の地質環境を特徴づけるデータが所得されていけば、リモートセンシングの解析精度が向上する。例えば、変質の特徴がグランドトールズや POSAM 等の測定で得られていけば、リモートセンシング解析に効果があがる(図 5.1.8)。

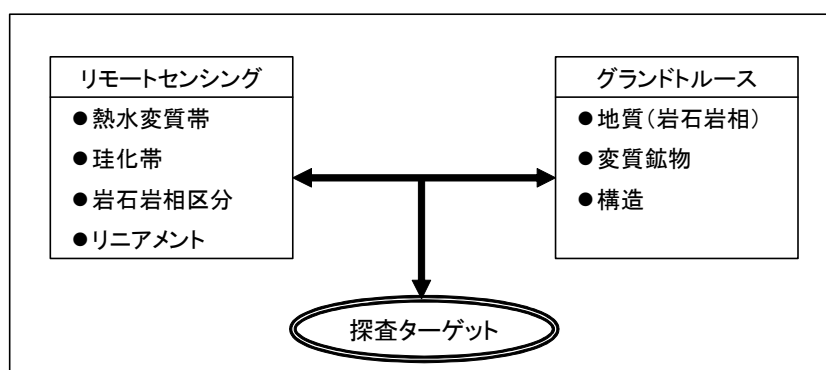


図 5.1.8 リモートセンシング解析と探査ターゲット

## 5.2 各地質区と鉱床タイプ

各地質区は構成している地質と構造及び各地質区の発達史によって鉱床タイプが相違する。各地質区を特徴づける鉱床タイプは鉱床の規模を規制することが多く、有力な探査ターゲットとなり、且つポテンシャル評価の基礎を成す。

### 5.2.1 各地質区における鉱床の特徴

#### (1) Reguibat 楯状地

東部では金、銅・錫、鉛・亜鉛等の鉱徴地がある。具体的には、Conchita-Florence 金鉱徴地(ミグマタイト中の含金石英脈)、Catherine 銅・錫鉱徴地(グライゼン)、Yetti 鉛・亜鉛鉱徴地(断裂に伴う熱水硫化鉱物脈)であり、中央部では主に鉄鉱床・鉄鉱徴地が胚胎し、開発されている。例えば、Koedia-Idjill 鉄鉱床、Tiris 鉄鉱床、Gara Bouya Ali 等である。また、西部では主に金鉱床、クロムの鉱徴地が胚胎する。Tasiast 地域の鉄・金、レアアース、ニッケル鉱床や Amsaga 地域のクロム鉱徴地(正マグマ・クロム鉱床)である。なお、Reguibat 楯状地では 1998 年にキンバーライトが発見され、ダイヤモンドの存在が確認された(17 箇所キンバーライトが存在)。

#### (2) Taoudeni 堆積盆

Taoudeni 堆積盆では銅・燐等の鉱徴地が知られている。具体的には、Chegga 銅鉱徴地(鉄に富む砂岩中の銅鉱染)、Akka Danach(砂泥質片岩中の赤鉄鉱濃集)、Bathat Ergil(珪岩相砂岩中の磷酸塩鉱物)等である。

#### (3) モ国変動帯

グリーンストーンベルトのモ国変動帯には金・銅・クロム・レアアース等の多くの鉱徴地が判明している。Guelb Moghrein 鉱床(火山-堆積岩中の炭酸塩岩交代性金・銅鉱染状鉱床)、Kadir 銅鉱徴地(マグネシウム-鉄に富む炭酸塩岩中の銅鉱染)、Guidimaka(蛇紋岩中の塊状クロム鉄鉱床)、Bou Naga(アルカリ貫入岩に伴うトリウム・リチウム鉱床)等である。

#### (4) 大西洋岸堆積盆

大西洋岸堆積盆には石膏・岩塩・磷酸塩、チタン鉄鉱の鉱徴地が分布している。Kaedi-Aleg-Boghe 磷鉱床、大西洋海岸沿いのチタン鉄鉱床、Nouakchott 北方の石膏、Afrou-Sahali の第四紀岩塩鉱床などである。

表 5.2.1 地質区と鉱化作用

地質区		岩石	鉱化作用
Reguibat 楯状地	東部	● 花崗岩 ● ミグマタイト	● グライゼン(Cu, Sn) ● 含金石英脈 ● 鉛亜鉛鉱脈
	中央	● 鉄質珪岩、レプチナイト ● イタビライト	● 縞状鉄鉱床(BIF)
	西部	● 塩基性片岩、鉄質珪岩 ● 花崗岩 ● 角閃岩、蛇紋岩	● BIFに伴う金鉱床 ● ペグマタイト(Li, Be) ● クロム鉱床(層状、鉱染状)
モ国変動帯		● 塩基性片岩、炭酸塩岩 ● 蛇紋岩 ● アルカリ花崗岩	● 金銅鉱染状鉱床 ● 銅鉱染状鉱床 ● 塊状クロム鉱床 ● アルカリ貫入岩に伴う Th, Li 鉱床
Taoudeni 堆積盆		● 砂岩 ● 砂質泥質片岩 ● 珪質砂岩	● 砂岩中の銅鉱染 ● 片岩中の赤鉄鉱濃集 ● 磷酸塩鉱物
大西洋岸堆積盆		● ドロストーン、石灰岩 ● 海岸砂	● 磷酸塩鉱床 ● チタン漂砂鉱床

#### 5.2.2 開発対象鉱床

現在、非鉄金属の開発対象鉱床として、Guelb Moghrein 鉱床と Tasiast 鉱床が挙げられる。この 2 鉱床は、モ国にとっての資源評価のための具体的な事例となる。精密探査の結果、地質鉱床や鉱化作用のデータが蓄積されてきており、次期からの探査にとり効果的な材料となる。

##### (1) Guelb Moghrein 鉱床

Guelb Moghrein 鉱床は、Nouakchott の北東 250km に位置する Akjoujt 市市街の西約 5km に位置し、鉱床は炭酸塩岩交代銅・金鉱床である。鉱床は 1955 年から開発され、Akjoujt 鉱山と呼ばれたモ国でかつて稼働していた唯一の銅・金鉱山であった。1978 年に休山した。1997 年、豪州系企業の参入によって企業化調査が行われ、確定埋蔵鉱量 23.6 百万トン、平均品位 Cu 1.88%, Au1.41g/t が計上された。2004 年後半に MCM 社(加)が権利を取得し再開発の具体化を開始した。同社は 2006 年に、年産銅精鉱 1.2 万トンを生産開始する予定である。周辺地域には、銅の鉱化示徴が広域に亘り多数認められており、同様のタイプの鉱床賦存が十分に期待される。

## (2) Tasiast 鉱床

Tasiast 鉱床は、Nouakchott の北 300km に位置する熱水性金鉱床である。鉱床は、堆積性の縞状鉄鉱層の層理面やクラック沿いに、金が生成した熱水性金鉱床と見られる。

2004 年 4 月、カナダの Tasiast Gold 社はボーリング探査に基づく F/S 調査を終了し、埋蔵鉱量 9 百万トン、平均品位 Au3.06g/t、金量 88 万オンス(約 28.5 トン)に対する開発に着手した。鉱山は年間 12 万オンスの生産を 2006 年後半から予定している。周辺には、金の鉱化示徴が多数確認されている。

### 5.3 資源評価方法

#### 5.3.1 資源評価の現状と方法

現在モ国には、政府としての鉱物資源に関する評価基準はなく、またそれらに関連する法令等もない。現在の開発対象鉱物資源の経済性評価は、探査活動・鉱山開発を行っている当事者(鉱業権保有者)或は欧米系のコンサルタント会社によって実施されている。資源評価の基礎となる鉱量計算の方法については、モ国政府自体の探査活動が準備段階であることも関係し、OMRG、DMG とも技術を保有していない。ただし、鉄鉱山を管理する SNIM では鉄鉱山の鉱量計算を実施している。現状では、投資促進への指針や目標に対する資源量が具体的でなければ、探査活動に影響を及ぼす。Tasiast の金資源量は約 30t で、Akjoujt の銅金属量は約 45 万 t、金は 32t である。同様なタイプの鉱床が胚胎する条件が認められれば、賦存期待量としての算出は可能である。

OMRG にとって資源評価とは、即ち資源量や予想鉱量を算出することである(図 5.3.1)。調査の進展と共に期待値の精度を向上していくことである。例えば Akjoujt 地域では、既存調査や本調査から Guelb Moghreïn 鉱床と類似の鉱徴を 50km×20km(約 100km<sup>2</sup>)で 5~6 箇所発見できる可能性があり、金属量として、銅 300 万 t、金 200t を含有する鉱床胚胎が期待できる。また Tasiast-Tijirit 地域では、既存調査及び本調査のデータから Tasiast 鉱床と類似の鉱徴を示す 30km×40km のブロック(約 1,200km<sup>2</sup>)を少なくとも 30 箇所程度発見できるポテンシャルがある。金量として 300~900t 程度胚胎する可能性が期待される。

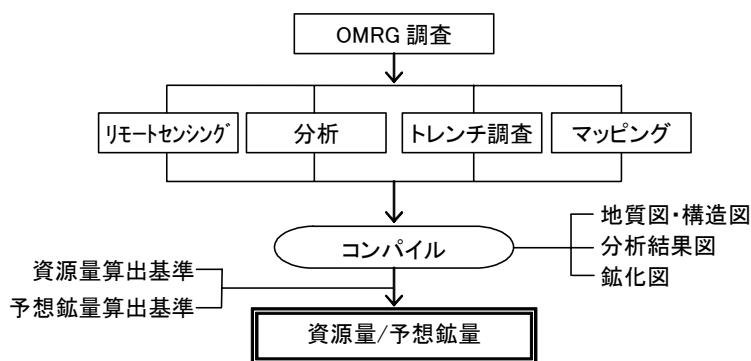


図 5.3.1 OMRG による資源評価



### 5.3.2 SNIM 鉄鉱山

鉄鉱石の生産と採鉱を行っている国営公社 SNIM 鉱山調査部では、Tazadit 地区 TO14、El Rhein、M' Haoudat 等の採掘箇所の周辺部において、ボーリング調査を行い、採掘鉱量の増加に努めている。SNIM は独自の分析所と地質技術者を保有しており、採掘による変動を加味して、毎年埋蔵鉱量の見直しを実施している(表 4.2.1)。

SNIM の有する鉱量計算技術を、モ国の地質技術者が共有できるようにしていくことが必要であり、将来はモ国の各鉱床の資源量を算出し、かつ資源量自体を評価できるよう向上していかなければならない。