

(c) 室内試験結果

【X線回折試験結果】

X線回折分析結果を巻末資料 I の 2.4 に示す。炭酸塩鉱物は、ほとんどがマグネサイトであり、微量のドロマイトを含むが、菱鉄鉱は認められなかった。また、炭酸塩鉱体下盤側の片岩の一部は、ノントロナイト、滑石、直閃石で構成されている。これらの鉱物組成や分析成分は、本鉱床の原岩がドロマイトなど Mg に富んだ岩石であったことを示唆する。酸化銅鉱石は、孔雀石、藍銅鉱、珪孔雀石の他、アントラー鉱、ボナタイトおよび胆礬の銅硫酸塩鉱物からなる。

【岩石・鉱石地化学分析】

48 元素の分析値の初等統計値をインテリムレポート巻末資料 I に示す。Au は最大 9.89ppm、Au 1ppm 以上は 14 試料で、多くの箇所でも金鉱化を確認した。ただし、自然金は鏡下では確認できなかった。化学分析値の主成分分析を行った。因子行列の第 2 主成分の中に、Au と強い正の相関(因子負荷量+0.7 以上)を持つ元素として Ag, As, Bi, Co, Cu, Ge, In, Ni, Se, Sn, Te, Zn が抽出され、また Au と強い負の相関を持つ元素として Cr が抽出された(インテリムレポート巻末資料 I)。

Au >1g/t, Cu >1%, Co>200ppm の異常域を示した地化学異常図を図 4.3.13 に示す。銅 1%以上の異常域は炭酸塩鉱石の分布範囲にほぼ相当する。金の 1g/t 以上の異常域は鉱石中の銅異常域と重なり、一部の金異常域は緑泥石片岩中に存在する。コバルト 200ppm 以上の異常域は、鉱床下盤側の緑泥石片岩中に分布する。

【流体包有物試験】

鉱床下盤の緑泥石片岩を切る孔雀石、褐鉄鉱を伴う石英脈の石英中には、流体包有物が大きさ 10-20 μm で観察された。流体包有物は、NaCl の結晶を含む多相包有物に富み、気相包有物も確認された。多相包有物の温度測定の結果、均質化温度は 240-320°C の範囲にあり、塩濃度は 33-39wt% NaCl eq. である(インテリムレポート巻末資料 I)。

【年代測定】

鉱床のマグネシア炭酸塩岩中のカミングトン閃石の K-Ar 年代測定は 745±84Ma と 673±47Ma を示した(インテリムレポート巻末資料 I)。これは原生代 Sturtian に相当し、鉱石母岩が生成された年代を示唆している。

(d) 考察

本鉱床の銅・金鉱化作用が、緑泥石片岩中の Mg に富んだマグネサイト、ドロマイト炭酸塩岩中とその周辺の片岩中に限られることは、鉱液が炭酸塩岩を交代して、鉱床が生成したことを示唆する。このため原岩の産状によって鉱体が原石の形態を反映して、レンズ状の形態を呈すると考えられる。

炭酸塩岩鉱体下部には磁鉄鉱とともに黄鉄鉱、黄銅鉱やコベリンなど硫化鉱物が生成されている。一方、鉱体上部は、褐鉄鉱の鉄酸化物、孔雀石、藍銅鉱、珪孔雀石、アントラー鉱、ボナタイトおよび胆礬などの銅炭酸塩鉱物および銅硫酸塩鉱物など酸化帯が発達し

ている。これは、鉱体上部が天水起源の浅部地下水中に溶存した酸素によって銅が酸化されたことを示す。

金の濃集部は、肉眼では孔雀石、藍銅鉱および珪孔雀石など酸化帯の銅鉱物に伴って認められた。また金の地化学異常域と銅の異常域が重なっていることも判明した。これらのことは、金と銅が鉱液からの沈澱までの過程で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。

磁鉄鉱-炭酸塩岩を切る石英脈や、片岩の層理面に平行に形成する、銅(含む金)鉱物を伴う石英脈は、深部からの熱水活動があった通路の証拠である。

また、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。コバルトおよびニッケルは、苦鉄質岩に多い成分であることから、炭酸塩岩の下盤あるいは周辺の苦鉄質岩からもたらされた可能性が考えられる。またクロムの減少は、鉱化流体が苦鉄質ないし超苦鉄質岩中のクロムを酸化し、溶脱した可能性が考えられる。

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。このうち、Co および Ni は前述したように周辺の苦鉄質岩を起源とする可能性が考えられる。また、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(例えば Thompson and Newlerry (2000)、佐藤(2000)参照)。

【リモートセンシング解析】

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 4.3.18 に示す。Guelb Moghrein の ASTER フォールス画像(図 4.3.18 の左下)と比演算処理画像(図 4.3.18 の右下)および Akjoujt 地域の広域地質図(図 4.3.12)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。
- しかし、Guelb Moghrein 鉱床の北方では、比演算画像の青は広い範囲で分布し、Amsaga 基盤岩(花崗岩、ミグマタイト)までも捕らえているため、良い結果にはなっていない。

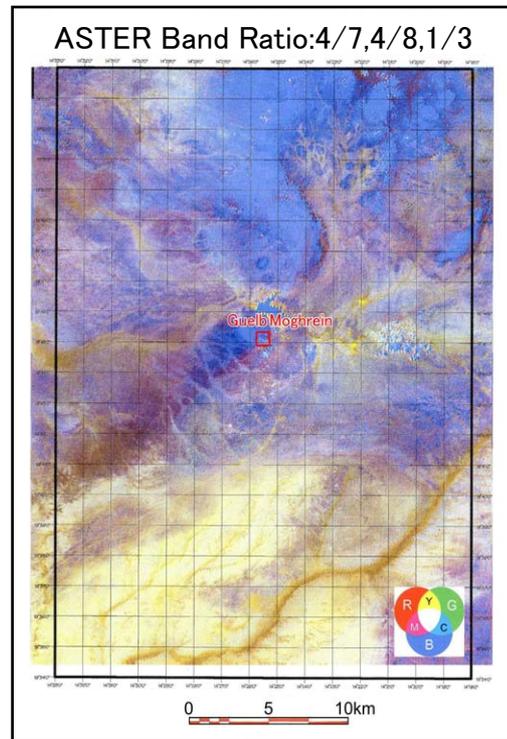
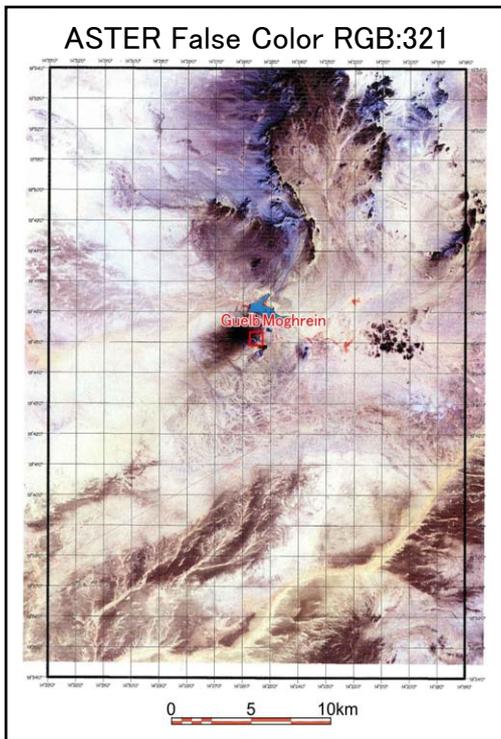
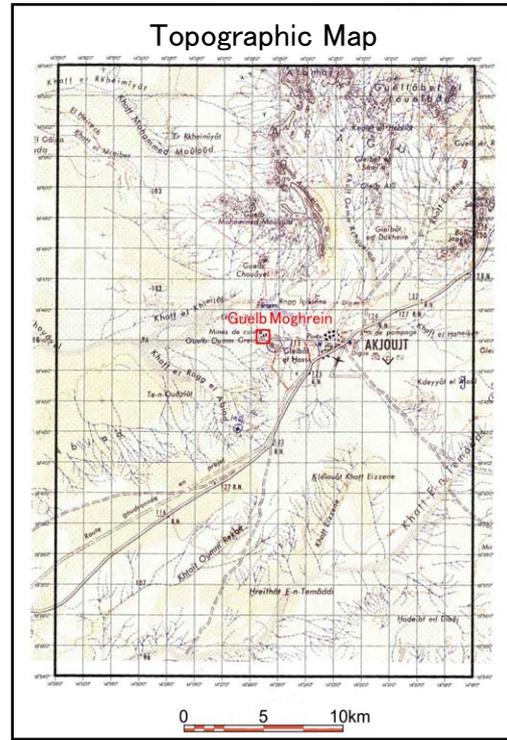
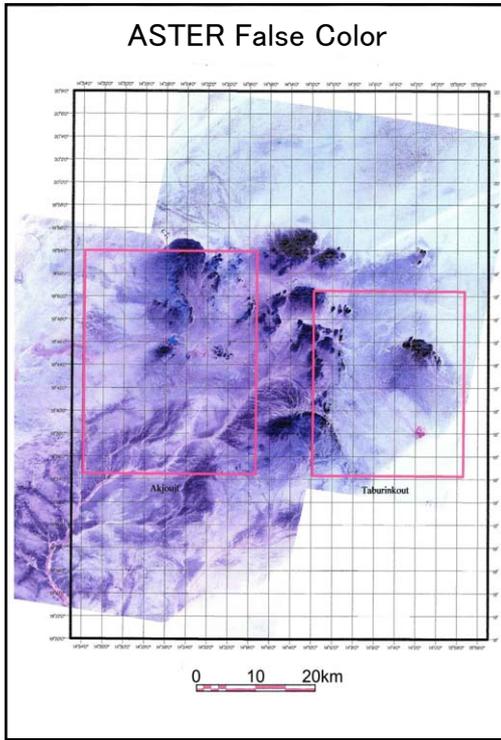


図 4.3.18 Akjoujt 地域および Guelb Moghrein 地域の衛星画像

(6) Guidimaka

調査地域には 5 つのクロム鉄鉍鉍床があり(BRGM, 1975)、本調査ではこのうち No.1、No.2、No.3 鉍床を調査した(図 4.3.19)。一方、BRGM は 1974 年、本地区のピット、トレンチ調査を行い、3 鉍体を発見した。それぞれの規模は 55m x 3m(北部レンズ)、10m x 1m(中央レンズ)、15m x 3m(南部レンズ)であり、1m 当たり鉍量 700-900t、平均品位 Cr_2O_3 25.5%を計上している(BRGM, 1975)。

No.1 鉍床は、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。泥質片岩の走向は $\text{N}10\text{-}20^\circ \text{E}$ 、傾斜は $40\text{-}60^\circ \text{W}$ である。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 4.3.20)。蛇紋岩中には層厚約 10-20m の緑泥石片岩を挟在する。片状蛇紋岩と緑泥石片岩の片理は走向 NE-SW 、傾斜 $60\text{-}65^\circ \text{SE}$ ないし $40\text{-}70^\circ \text{NW}$ を示す。これらの片理から蛇紋岩と緑泥石片岩からなるユニットは、 NE-SW 方向に軸を持つ背斜構造を示すと考えられる。クロム鉄鉍鉍体は蛇紋岩中に発達し、6 鉍体が認められる。鉍体は粗粒クロム鉄鉍からなり、鉍体規模は長さ 10-40m、厚さ数 m-15m である。蛇紋岩の分布する地表下には、潜頭のクロム鉄鉍鉍体が賦存している可能性がある。本鉍床は形態からポディフォーム型クロム鉍床に属する。

No.2 鉍床は Diaguili 村の北北東約 4km に位置し、規模は長径 90m、短径 70m である。蛇紋岩はクロム鉄鉍鉍体から南東方向に約 350m 離れて分布し、蛇紋岩とクロム鉄鉍鉍体との直接の関係は不明である(図 4.3.21)。No.3 鉍床は No.1 鉍床の北東約 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(図 4.3.22)。

各露頭のクロム鉍石の見込み品位は Cr_2O_3 30%程度であり、露頭毎の見込み品位に大きな違いは見られない。

肉眼的に蛇紋岩には径約 1mm のクロム鉄鉍、磁鉄鉍が鉍染している。鏡下では、蛇紋岩は橄欖石・輝石を交代する蛇紋石と脈状蛇紋石で構成される。クロム鉄鉍は粒径 0.5-1mm の他形で、外縁に沿って磁鉄鉍・赤鉄鉍化している(巻末資料 I の 2.3)。蛇紋岩の X 線回折分析ではリザーダイト、クリソタイルが同定された(巻末資料 I の 2.4)。緑泥石片岩は鏡下において、緑泥石の他に微量のチタン鉄鉍、磁鉄鉍が認められる(巻末資料 I の 2.3)。クロム鉄鉍石は鏡下において、クロム鉄鉍、磁鉄鉍、緑泥石、蛇紋石からなる。クロム鉄鉍は透明褐色-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(一部は磁鉄鉍化)している。

このクロム鉄鉍粒子を、X 線回折分析と EDX(エネルギー分散型 X 線分析装置)にて詳細に調べた結果、大部分がクロム鉄鉍(FeCr_2O_4)の固溶体である含鉄マグネシオクロマイト($\text{Fe,Mg}((\text{Cr,Al})_2\text{O}_4)$)であり、一部がクロム鉄鉍であることが判明した(巻末資料 I の 2.3 および I の 2.8)。含鉄マグネシオクロマイトは塊状をなし、割れ目が発達し、透過光で不透明、褐赤色から黄褐色を呈する。Untenbogaardt and Burke (1985)は、クロム鉄鉍の粒子

の中心部では Mg と Al に富み、外縁部では Fe と Cr の成分が高く、これは化学成分の違いによる累帯組織であることが一般的であると記載している。本鉍床のクロム鉄鉍は、含鉄マグネシオクロマイト粒子の周辺部や割れ目沿いに産する。クロム鉄鉍と含鉄マグネシオクロマイトはその産状からみて、化学成分の違いによって生成し、累帯組織を示していると考えられる。EDX による半定量分析の結果、Guidimaka 鉍床の含鉄マグネシオクロマイトの金属元素重量分率は Cr 35.0-45.6%, Fe 17.7-33.8%, Mg 2.3-8.9%, Al 2.0-15.5% を示した。一部の試料は EDX 測定前に酸化されており、これらの数値は参考値として扱うべきと考えられる。脈石鉍物として、無色葉片状の緑泥石、針状ないし葉片状の蛇紋石が含鉄マグネシオクロマイト粒子とその割れ目を埋めている(巻末資料 I の 2.3)。

一般に商業取引されるクロム鉍石の Cr_2O_3 含有量は 35-55% である。クロム鉍石は Cr_2O_3 含有量によって、表 4.3.1 のように分類される。本調査での分析結果、本地域のクロム鉄鉍の品位は Cr_2O_3 22.6-33.7% であり(巻末資料 I の 2.8)、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鉍物がクロム鉄鉍ではなく、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。 Cr_2O_3 含有量から、本地域の一部のクロム鉍石のみが、耐火物用途に適応できる。

表 4.3.1 クロム鉍石の分類

グレード	Cr_2O_3 (%)
Metallurgical grade	48%以上
Chemical grade	44%以上
Refractory grade	31%以上

(出典: 吉田國夫, 1992)

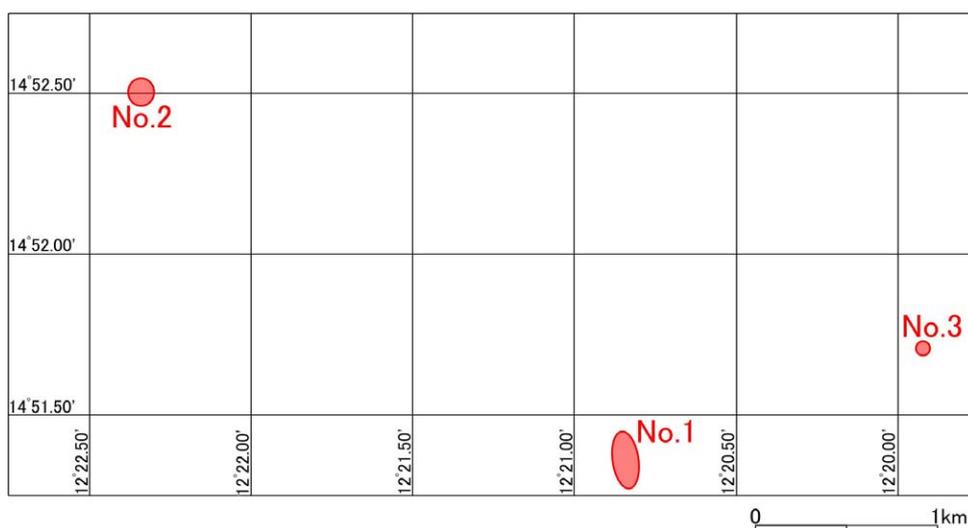


図 4.3.19 Guidimaka 鉍床の位置図

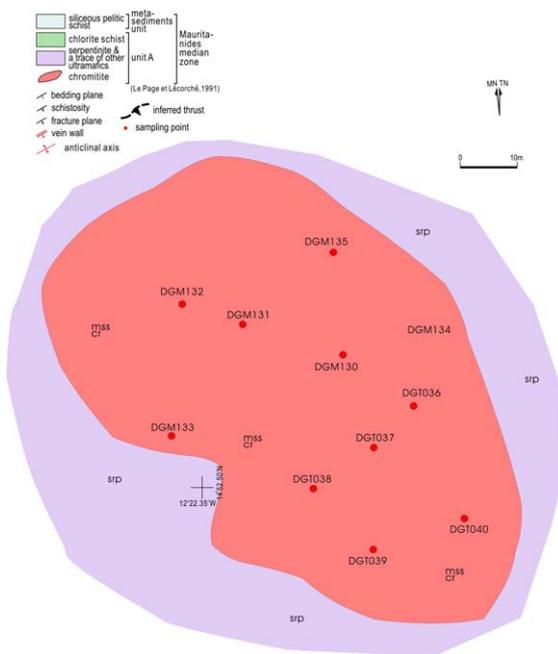


図 4.3.21 GuidimakaNo.2 鉍床地質図

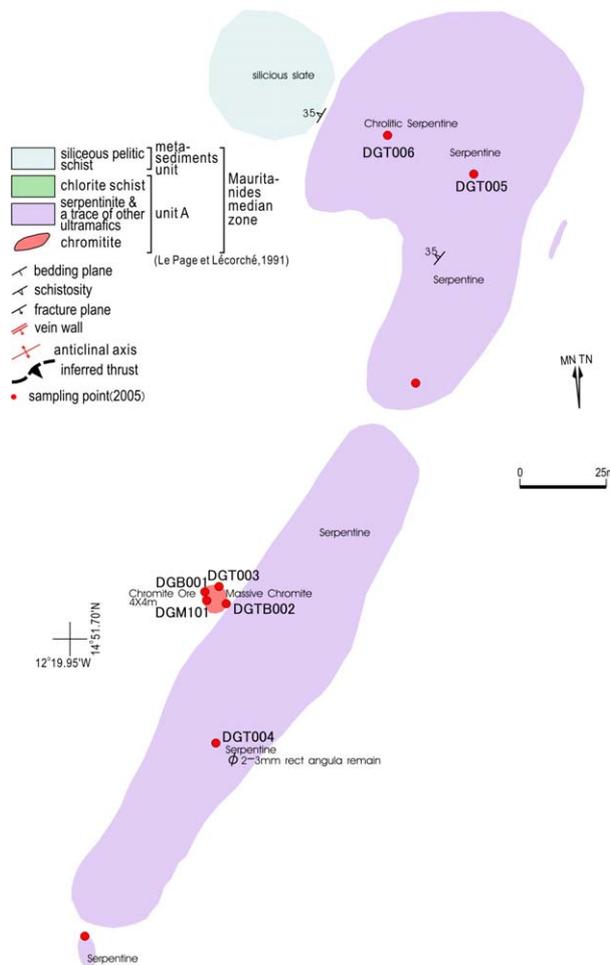


図 4.3.22 GuidimakaNo.3 鉍床地質図

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(巻末資料 I の 2.5)。白金品位の高い試料の研磨薄片中に、含鉄マグネシオクロマイトとクロム鉄鉱以外の金属鉱物が観察された。EDX による半定量分析と EPMA による定性面分析の結果、以下に示す 5 種の白金族鉱物が認められた(巻末資料 I の 2.8 および I の 2.3)。

自然オスミウム(Os), 輝イリジウム鉱((Ir,Ru)AsS), ラウラ鉱(RuS₂), アーリッヒマナイト(OsS₂), 銅イリドサイト(CuIr₂S₄)

オスミウム、アーリッヒマナイトおよび銅イリドスミンは、含鉄マグネシオクロマイト中に 0.003-0.005mm の大きさに産する。輝イリジウムとラウラ鉱は、含鉄マグネシオクロマイト粒子を埋める緑泥石中に 0.002-0.007mm の大きさに産出している。

また、白金族鉱物以外の硫化鉱物として、黄銅鉱、方鉛鉱のほか、ペントランド鉱(Ni,Fe)₉S₈、および針ニッケル鉱(NiS)のニッケル硫化鉱物が認められた(巻末資料 I の 2.8 および I の 2.3)。

室内試験の結果、Guidimaka 鉱床で検出した白金族元素(PGE)はオスミウム、イリジウム、ルテニウムであり、白金族鉱物(PGM)の産状は金属単体あるいは硫化物として、含鉄マグネシオクロマイトと共存していることが明らかとなった。本調査で化学分析を実施した白金族元素は白金、パラジウムのみであったが、今後はオスミウム、イリジウム、ルテニウムについても分析を行うことが望まれる。

【リモートセンシング解析】

Guidimaka、Diaguili 並びに Oudelemguil を含む Selibaby 地域の LANDSAT 画像と、Guidimaka 鉱床周辺の ASTER 画像を図 4.3.23 に示す。Guidimaka の ASTER フォールス画像(図 4.3.23 の左下)と HIS 処理画像(図 4.3.23 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。

Guidimaka 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。

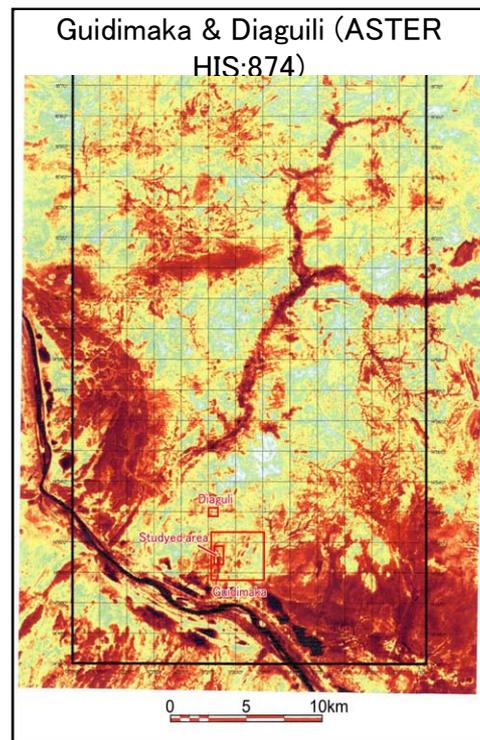
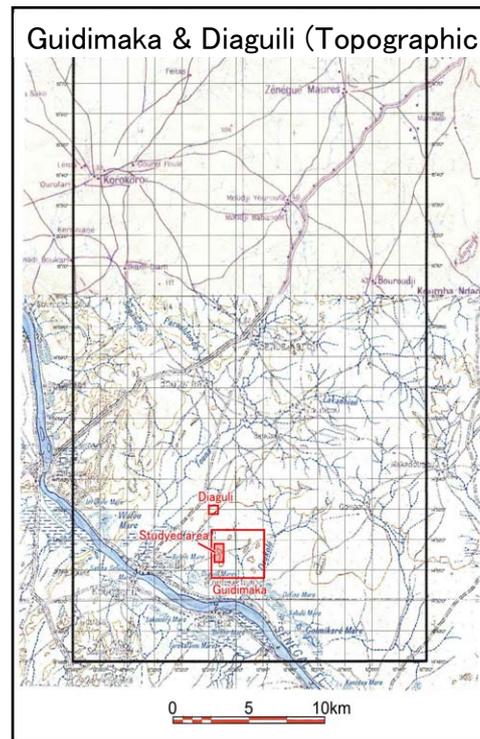
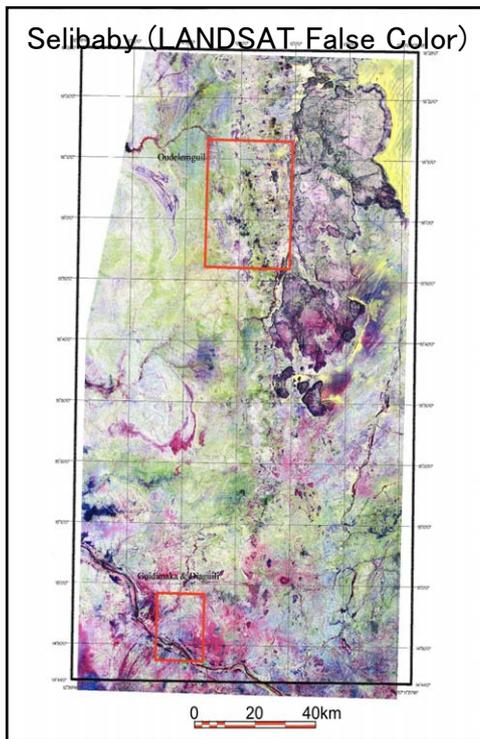


図 4.3.23 Selibaby 地域および Guidimaka 地域の衛星画像

4.4. 鉄床生成区

補足的現地地質調査で対象とした 13 鉄床を中心に鉄床生成区を、金鉄床、銅鉄床を中心に検討した。本調査の結果、モ国の鉄床生成区として、以下の 5 つの生成区が挙げられる(表 4.4.1、図 4.4.1)。

①縞状鉄鉄層(BIF)生成区、②BIF 内金鉄床生成区、③グリーンストーン帯内金鉄床生成区、④グリーンストーン帯内銅鉄床生成区、および⑤クロム鉄床生成区

表 4.4.1 鉄床生成区

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 縞状鉄鉄層(BIF)生成区

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

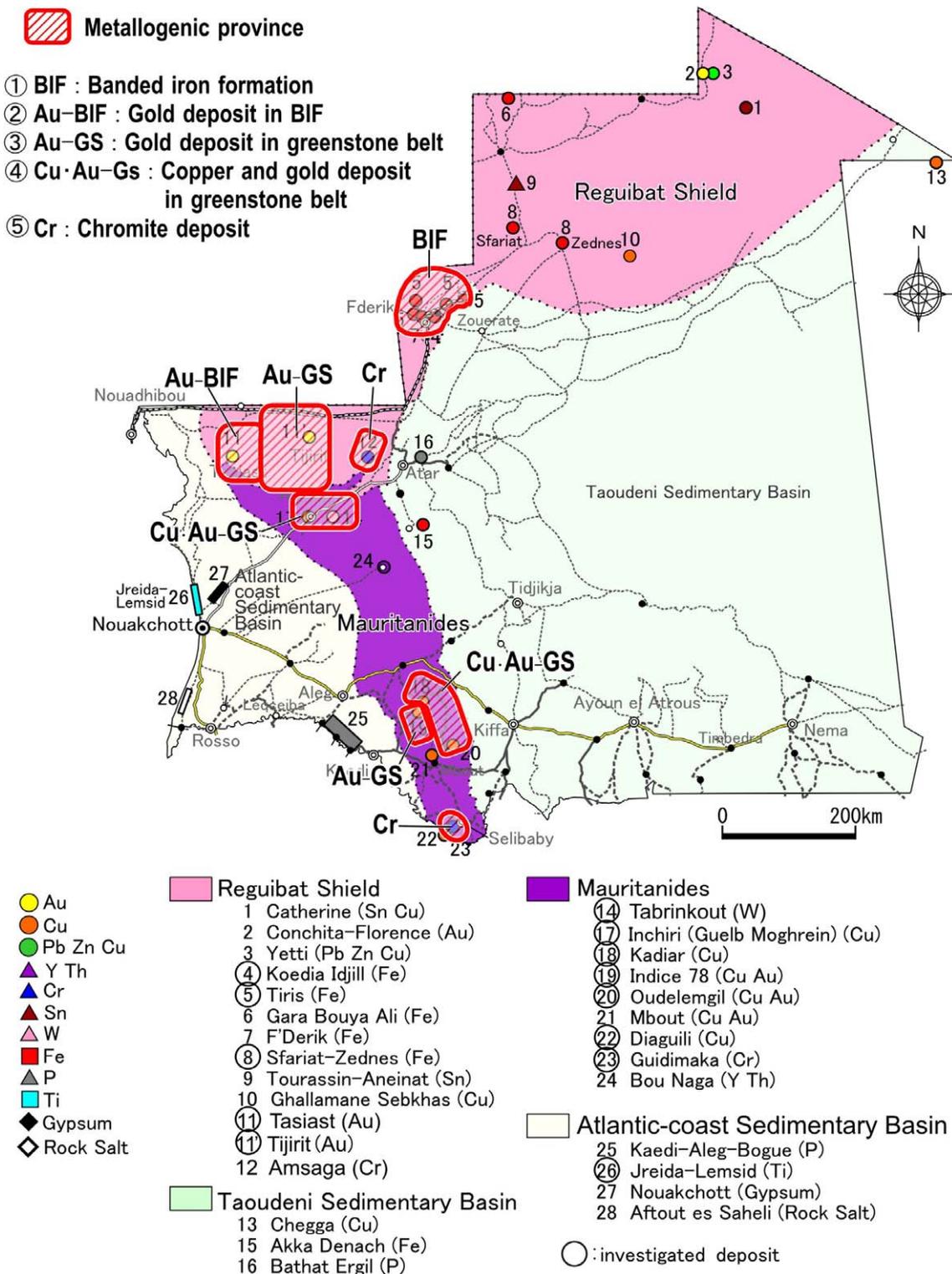


図 4.4.1 モーリタニアの鉱床生成区

③ グリーンストーン帯内金鉱床生成区

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)中に形成された鉱脈型金鉱床の生成区である。Reguibat 楯状地の原生界中に形成された金鉱脈は、構造線に伴って形成された断裂に沿って発達したものであり、Tijirit の Ator 鉱脈で代表される。また、モーリタニア変動帯中の金鉱脈として、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。本生成区の水銀脈の特徴は、Au 10g/t 以上の高品位水銀が存在することである。

本水銀床生成区は、地質区が Reguibat 楯状地とモーリタニア変動帯の 2 区にまたがってはいるが、成因的に同じ地質時代に形成されたか否かは、現在までのところ明らかではない。

④ グリーンストーン帯内銅金水銀床生成区

モーリタニア変動帯中に形成した熱水性交代性銅金水銀床の生成区であり、Akjoujt 地域の Guelb Moghreïn 水銀床、Tabrinkout 水銀地および Kadir 水銀地が存在する。水銀床は炭酸塩岩(一部はグリーンストーン)を母岩として、塊状、水銀染状、脈状の形態を呈する。また、Oudelemguil 水銀床も水銀脈の産状、水銀石水銀物の組み合わせから判断して、本水銀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水銀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 クロム鉄水銀床生成区

モーリタニア変動帯の超苦鉄質岩に伴うクロム鉄水銀床の生成区であり、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 水銀床が本調査で調査され、白金族水銀物(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水銀床が知られており、地質区は異なるが、本水銀床生成区に含めた。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。

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

リモートセンシングは、遠隔地から地表面付近の物質の光学的特性を観測することであり、普通は衛星や航空機からのデータが使われる。1シーンが数千平方キロメートルもの面積をカバーする衛星画像は、遠隔地を広い範囲にマッピングするのに理想的な方法である。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)。

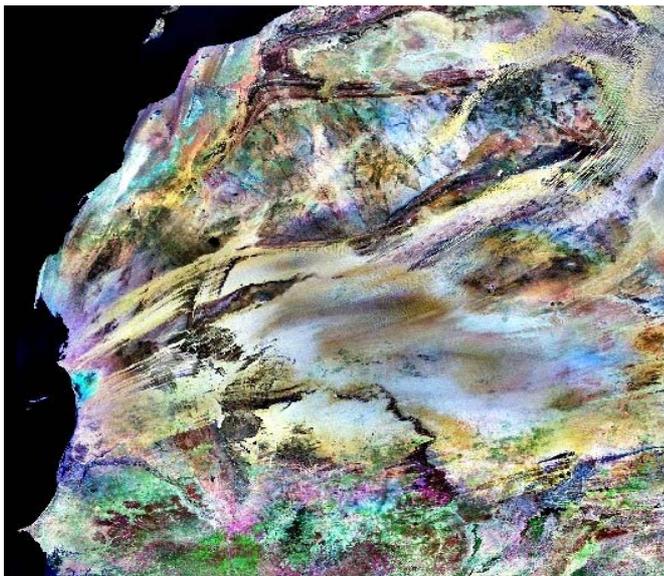


図 5.1.1
モ国の LANDSAT モ
ザイク画像
(source: ER Mapper
website).

(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。衛星画像からその地域の概要を把握し、航空写真では見逃すような大きな構造のマッピングも可能となる。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)。

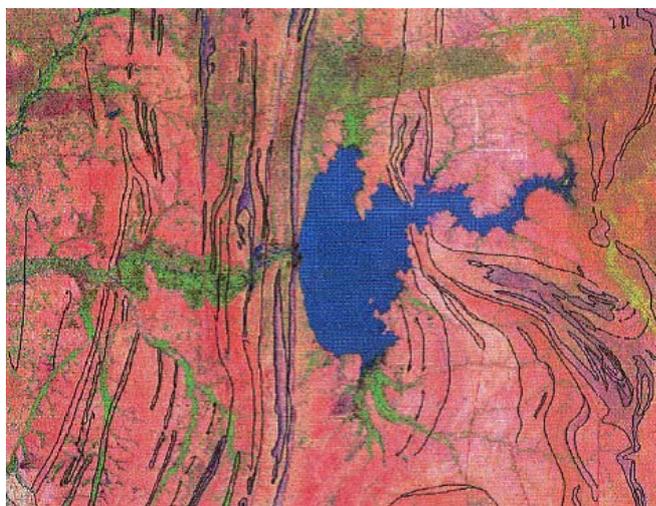


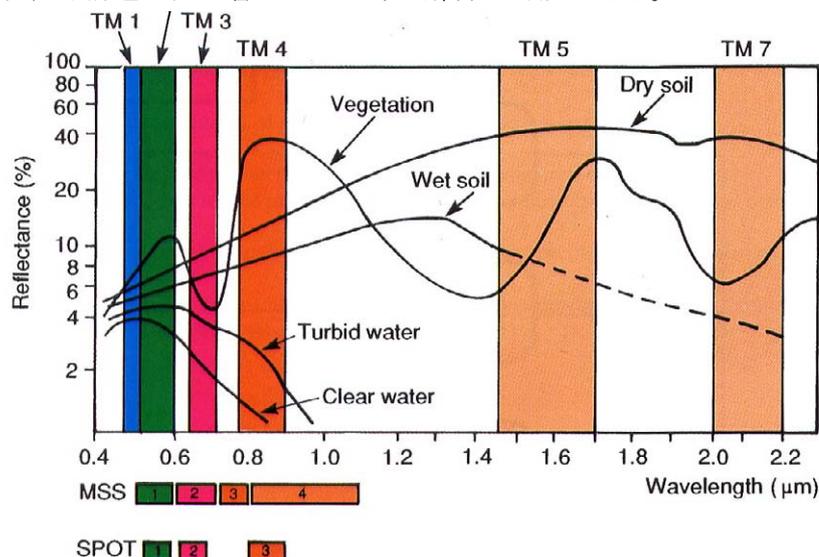
図 5.1.2
モ国 M'Bout 地域の
LANDSAT リニアメント
図 (出典: BGS)

ある程度の岩相解析は、画像の色調やテクスチャーに基づいて、パターンや形状認識も利

用し実行される。更に、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。更に多スペクトル画像は、従来の航空写真と違ってデジタルであり。コンピュータを使ってデータの自動処理、ストレッチや分類等の技術を使って岩相解析が実施できる。

(2) LANDSAT 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。LANDSAT のような多スペクトル衛星は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(図 5.1.3)、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。



(Lawrence et al., 1994)

図 5.1.3 スペクトル特性と LANDSAT MSS と SPOT のスペクトル

(3) ASTER 画像

ASTER 画像は、本調査の地質解析のための主要なデータソースとなっている。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(図 5.1.4)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。また、1シーンあたりの価格は US\$70~100 と、他の画像データよりも安価である。

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 5.1.5 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)。

Spectrum Composition of Optical Sensors

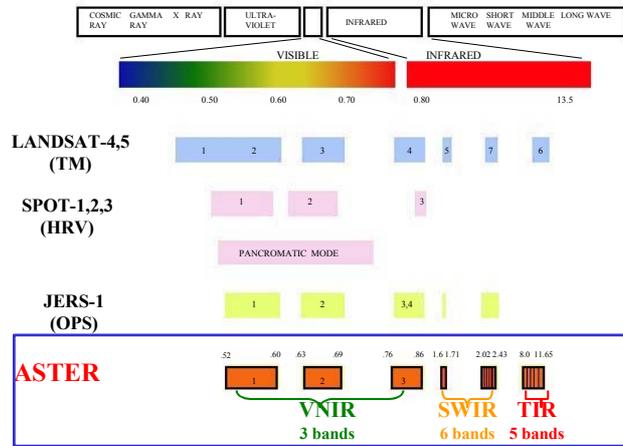
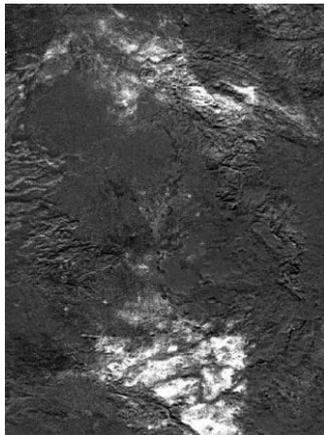


図 5.1.4 ASTER と他の衛星とのスペクトル分解能の比較 (source: ERSDAC)

LANDSAT TM



ASTER

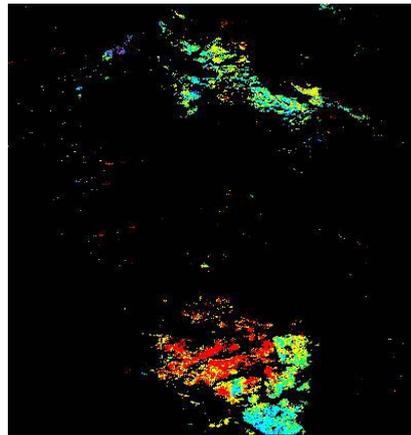


図 5.1.5 熱水変質マッピングにおける LANDSAT と ASTER の比較

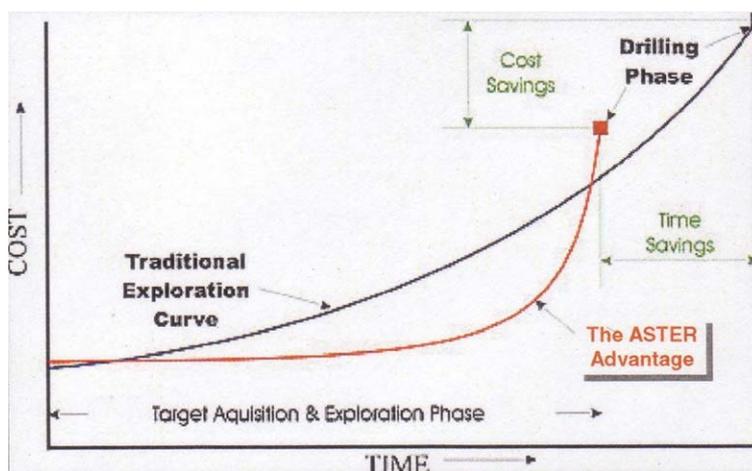
明礬石(alunite)が金鉱床の指標となる(source: Infoterra plc)

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 - 0.56 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 ₂ 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

(4) 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図 5.1.6 に示す。



(source: T. Coudahy, CSIRO, Australia)

図 5.1.6 ASTER の長所：探鉱時間とコストの節約

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 次元の表示技術として役に立つ。米国カリフォルニア州 Death Valley の例を図 5.1.7 に示す。

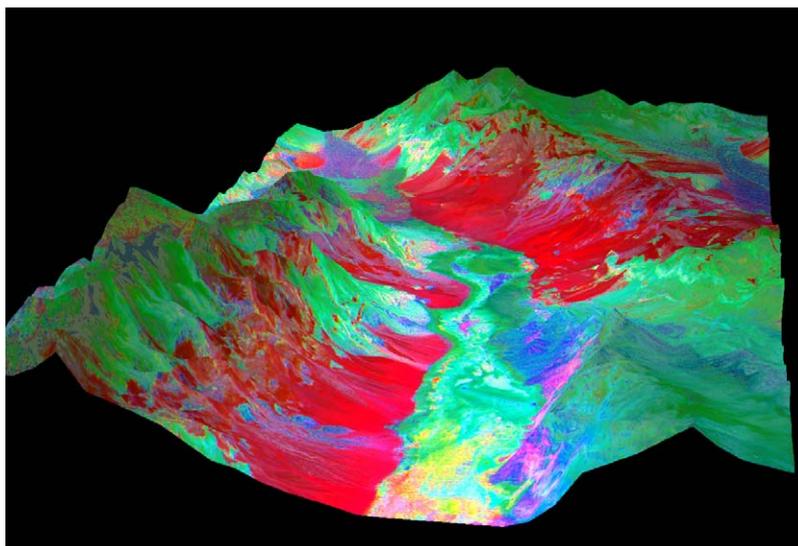


図 5.1.7 Death Valley における ASTER 鉱物マップと
ASTER DEM マップとの重ね合わせ鳥瞰図
Red = Quartzite Green = Carbonate Yellow-Pink = Evaporites (source, USGS)

(5) リモートセンシング解析の有効性

- 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。デジタル処理された LANDSAT-ETM 画像を、PRISM プロジェクトの SIGM データベースに格納された地質図と比較した。補足的地質調査の一部として、グラウンドトルースを実施した。鉱物同定のためにスペクトル測定用のサンプルを採取した。

図 5.1.8 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 5.1.9)。

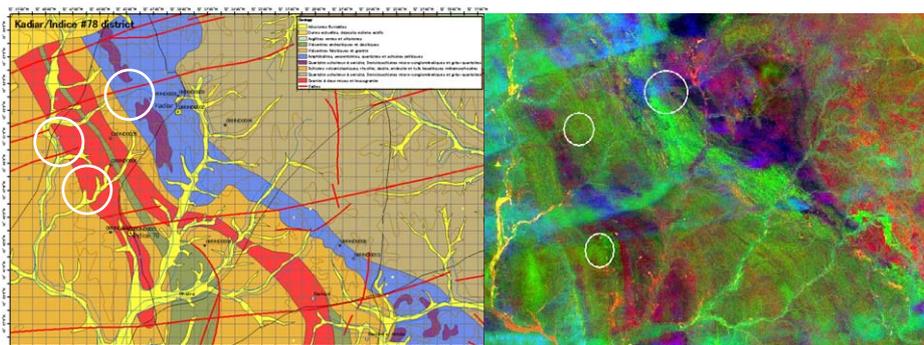
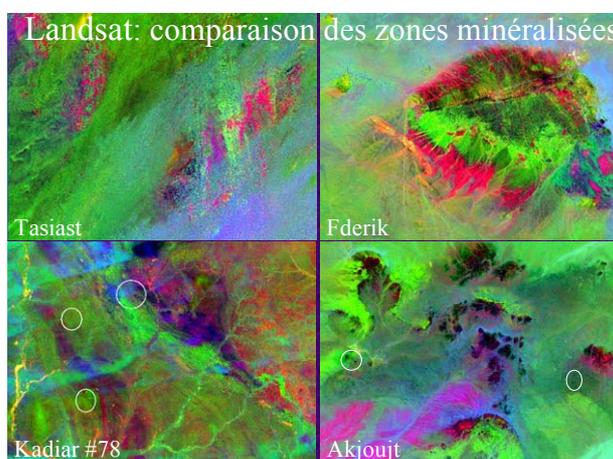


図 5.1.8 Kadiar 地域の地質図(左)と LANDSAT 処理画像(右)

図 5.1.9 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

資源探査に利用されるリモートセンシング解析についてはインテリムレポート巻末資料 I の 3.2 に詳述した。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、図 5.1.10 のフローチャートに沿って実施する。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

解析に用いる人工衛星データは、インターネットを通じて入手するが、Web の検索サイトから、アーカイブデータから解析範囲、シーンごとに雲量及び雲の分布状況、画質、観測年月日を調べ、解析に妥当なデータについて Web を通じて入手する。

ASTER の場合、

<http://imsweb.aster.ersdac.or.jp/ims/html/MainMenu/MainMenu.html>

LANDSAT の場合

<http://edcwww.cr.usgs.gov/>

b. 地形図、地質図、GIS データの入手

調査対象地域に関係する地形図、地質図、GIS データ等を入手する。これらがデジタルデータであればそのまま利用可能であるが、紙図面の場合にはスキャナーを用いてデジタルデータ化する。

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、地質図、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。ここでは、まず 1/20 万地形図の 4 隅の点を基準点とし、UTM 座標系(28 系)にて幾何補正処理を行った。地質図やその他の GIS データについても同様に幾何補正処理を行った。衛星データの幾何補正処理は、地形図と衛星データの両方で明瞭な個所(道路交点、地形の屈曲部等)を地上基準点として 20 点程度選定し、各基準点の誤差が数ピクセル以内になるよう基準点を調整する。

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。データサイズの調整とは、これらの画素サイズを揃えることを示し、画像の合成(フォールスカラー合成等)やオーバーレイ処理を可能にする。具体的には、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。ただし、LANDSAT の場合についても同様である。

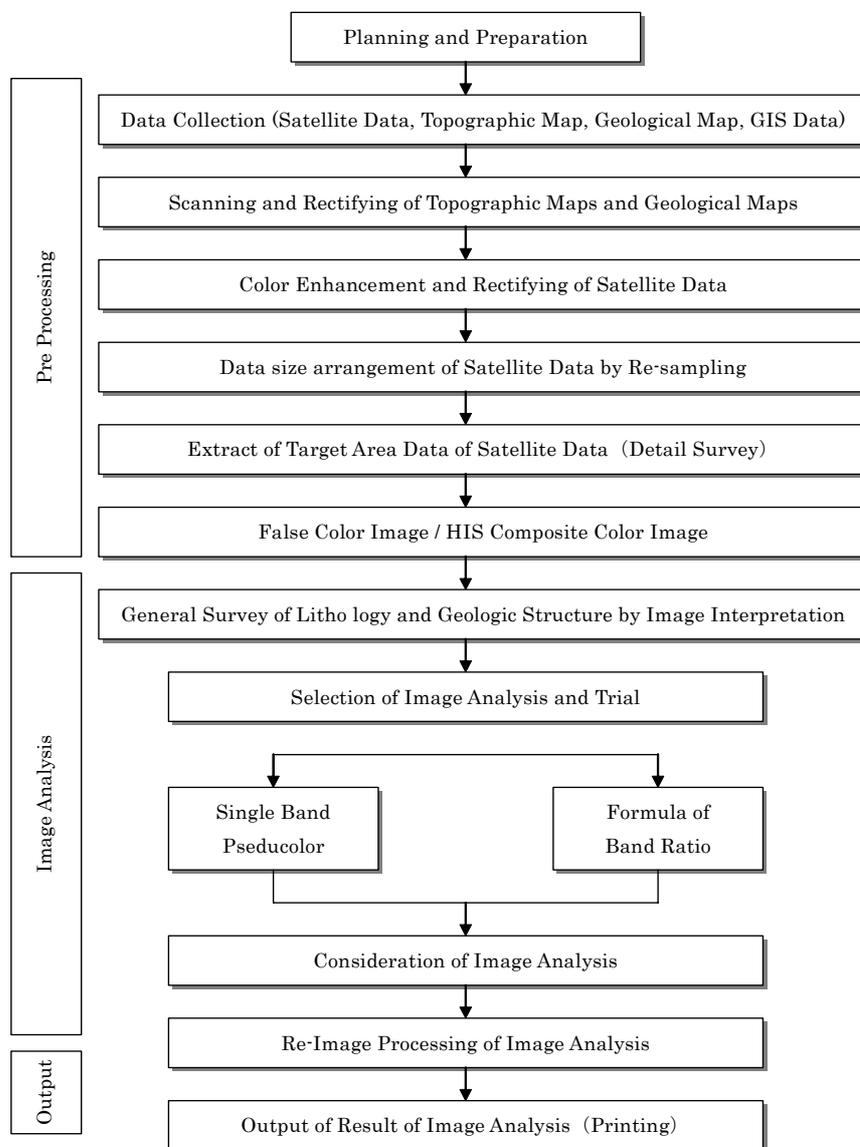


図 5.1.10 画像解析のフローチャート

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 5.1.11 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。

カラー合成画像は、ASTER や LANDSAT のようなマルチバンドデータから 3 バンド分

を選択して、3原色(Red, Green, Blue)を割り付けて合成するとさまざまなカラー合成画像ができる。フォールスカラー合成画像は、人間の目では見えない赤外域を3バンドの中を含むことからこのように呼ばれる。上記の例では、バンド3に赤、バンド2に緑、バンド1に青を割り付けて合成している。

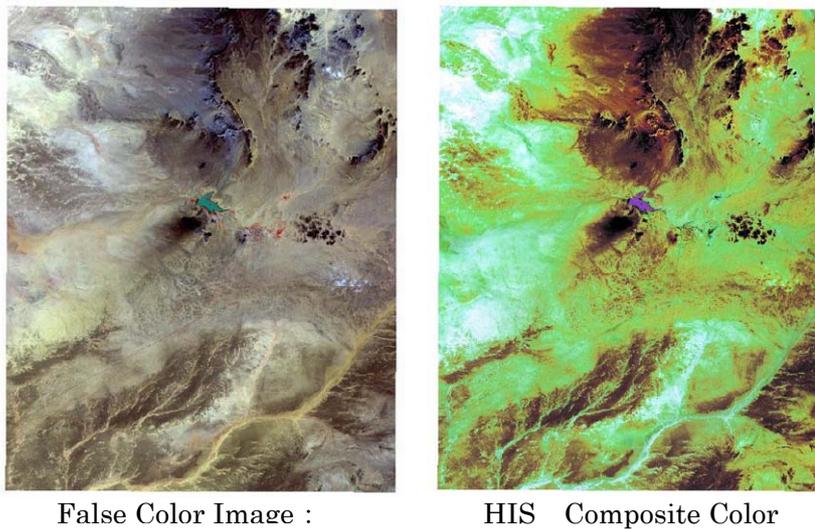


図 5.1.11 Akjout 地域のフォールスカラー画像及び HIS 色彩強調画像

HIS 彩度強調画像は、3原色の RGB の代わりに HIS(Hue :色相、Intensity : 明度、Saturation : 彩度)を用いて強調処理を行うものである。一般に変質帯や岩相の識別に適していると言われる。

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、フォール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。画像判読は、調査地域における地形、地質等の知見から実施する必要があり、岩相及びリニアメントの抽出に重点が置かれる。図 5.1.12 は、Tijirit におけるリニアメント抽出の事例である。

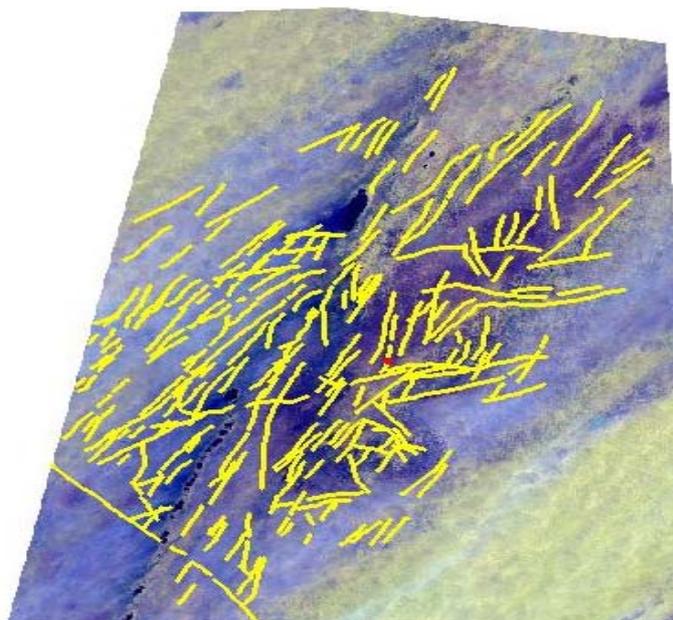


図 5.1.12 Tijirit におけるリニアメント抽出

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。表 5.1.2 は、ASTER、表 5.1.3 は LANDSAT による鉱物の画像解析手法を既存資料からまとめたものである。本調査では、これらを参考にして画像解析を行った。

表 5.1.2 ASTER による解析手法

Mineral Commodity	Spectral Absorption (μm)	ASTER	
		Band	Image processing
Ironic oxide	0.4~0.6	Band1	RGB: 321 false color image (green) Ratio:(Band1/Band2 or Band1/Band3)
	0.8~1.0	Band2	
Calcite		Band8	RGB: 865 false color image (greenish-blue) Ratio:(Band6+Band9)/Band8
Kaorinite Montmorilonite		Band6	RGB: 865 false color image (reddish-violet)
Alunite		Band5	RGB: 865 false color image (yellow) (Band5+Band7)/Band6
Silicate	8~12		(Band11×Band11)/(Band10×Band12)
Carbonate		Band14	Band13/Band14
SiO ₂			Band13/Band12
Vegetation		Band2	Band3/Band2

表 5.1.3 LANDSAT のよる解析手法

Mineral Commodity	Spectral Absorption (μm)	LANDSAT	
		Band	Method of image analysis
Ironic oxide	0.4~0.6	Band1	RGB: 321 false color image (green) Ratio:(Band1/Band2 or Band1/Band3)
	0.8~1.0	Band2	
Vegetation			Band4/Band3

(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

- いくつかのキーになる鉱化帯(特に Akjoujt 地域の鉄-銅-金 鉱化帯、M'bout 地域の銅-金-鉄-マンガン-バリウム鉱化帯及び Kadiar 銅鉱化帯)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ことが分かった。しかし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。
- ASTER は、更に砂漠の砂や沖積層に覆われた(図 5.1.13)鉱化帯を検出するために、また特に物理探査やボーリングのデータと結合して解析する場合を想定して、夜間の熱画像が用意されている。

- 5) 本調査によって供与された携帯型スペクトロメータは、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。

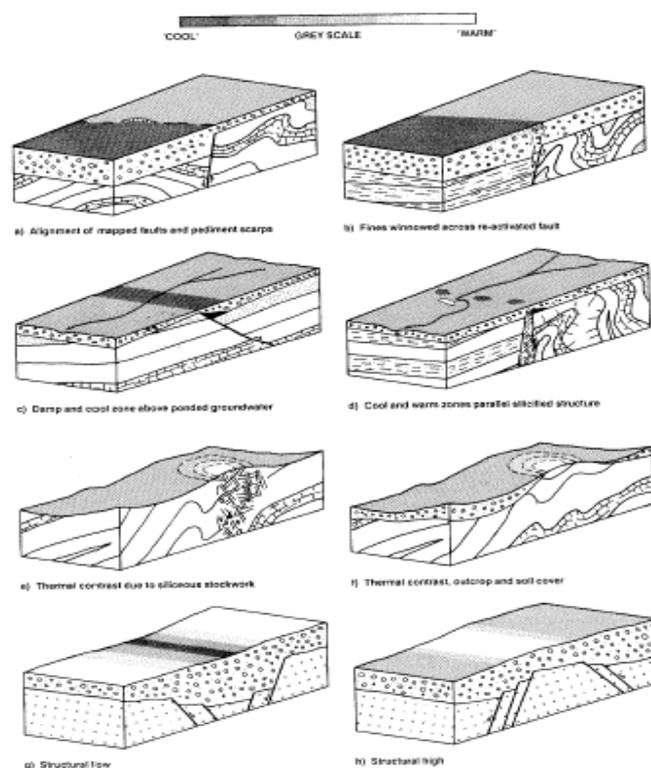


図 5.1.13 各種の伏在地質構造(潜頭鉍化帯を含む)と、それらの地表に現れる夜間熱赤外イメージ・パターン

(3) リモートセンシングと鉍物資源探査ターゲットのための提案

1) 第 1 段階：

- 本調査によって鉍化の可能性が高いと判断された地区の ASTER 画像を購入する。
- 各地区に対してグラントルースを実施し、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、鉍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るべきである。

注 1：鉍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 画像による鉍物マッピングの有効性と鉍床のモデリングを大きく進展させる。

注 2：モ国では、多くの鉍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。

2) 第 2 段階

- 最優先サイト以外の有望地区に対しても、鉍化帯が発見できる可能性があるので、

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、具体化していく。本調査においては、補足的地質調査とリモートセンシング解析等から、ポテンシャルの総合的な解析を行い、当面の探査ターゲットを金と銅にした。既に述べたように、Akjoujt と Tijirit をそのターゲットの例とした。リモートセンシング解析からの探査ターゲットをより具体的に鮮明にしていくためには、モ国の地質鉱床の調査データを充実させていく必要がある。金と銅の鉱床タイプも多数存在するために、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ルースや 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 5.1.14)。Akjoujt と Tijirit-Tasiast 地域は開発対象となっており、地質鉱床に関する詳細データが増大しており、今後リモートセンシング解析を利用すれば新しいポテンシャル地域等探査ターゲットがより具体的となることが期待できる。

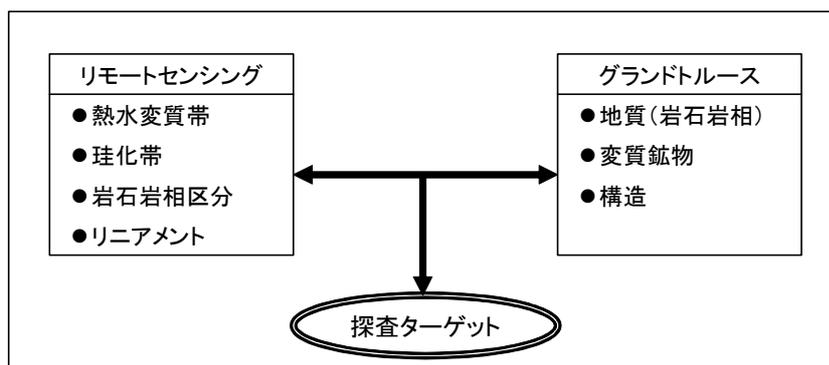


図 5.1.14 リモートセンシング解析と探査ターゲット

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。

- 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

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。

- Koedia-Idjill 鉄鉱床 縞状赤鉄鉱鉱床
- Tiris 鉄鉱床 磁鉄鉱鉱床
- Gara Bouya Ali 針鉄鉱鉱石
- Sfariat-Zednes 磁鉄鉱鉱床
- Tourassin-Aneinat 花崗岩中の錫地化学異常地
- Ghallamane Sebkhass 銅地化学異常地

西部では主に金鉱床、クロムの鉄徴地が胚胎する。

- Tasiast 地域の鉄・金、レアアース、ニッケル鉱床 縞状鉄鉱層中の断裂沿いに生成した金鉱床、ペグマタイト中の Li, Be, Ta 鉄徴地、超塩基性岩中のニッケル鉄徴
- Amsaga 地域のクロム鉄徴地 正マグマ・クロム鉄床(層状、鉄染状)

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。それ以降、2000 年までに 17 箇所キンバーライトの存在が明らかとなっている。

(2) Taoudeni 堆積盆

Taoudeni 堆積盆では銅・燐等の鉄徴地が知られている。

- Chegga 銅鉄徴地 鉄に富む砂岩中の銅鉄染
- Akka Danach 砂泥質片岩中の赤鉄鉄濃集
- Bathat Ergil 珪岩相砂岩中の燐酸塩鉄物

(3) モ国変動帯

グリーンストーンベルトであるモ国変動帯には金・銅・クロム・レアアース等の多くの鉄徴地が判明している。

- Guelb Moghrein 鉄床 火山一堆積岩中の炭酸塩岩交代性金・銅鉄染状鉄床
- Kadir 銅鉄徴地 マグネシウム-鉄に富む炭酸塩岩中の銅鉄染
- Guidimaka 蛇紋岩中の塊状クロム鉄鉄床
- Bou Naga アルカリ貫入岩に伴うトリウム・リチウム鉄床

(4) 大西洋岸堆積盆

大西洋岸堆積盆には石膏・岩塩・燐酸塩、チタン鉄鉄の鉄徴地が分布している。

- Kaedi-Aleg-Boghe 鉄床 セネガル川沿いの始新統ドロマイト-石灰岩に伴う燐酸塩堆積物
- 大西洋海岸沿いのチタン鉄鉄床 第四紀の海岸砂と砂丘堆積物がある。これらチタン鉄鉄の濃集は堆積サイクル (第四紀の Nouakchott 海進) に関係する。
- Nouakchott 北方の石膏 砂丘中の石膏層
- Afrou-Sahali 第四紀の岩塩鉄床

以上述べた地質区と胚胎する鉄床・鉄徴地との関係を表 5.2.1 に示す。

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。エネルギー価格の高騰や選鉱処理工程の問題から 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 6 月、First Quantum Minerals(加)は、Guelb Moghrein Mines d'Akjoujt SA 社から Guelb Moghrein 銅・金プロジェクト開発に関わる権益 80%を取得した。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 年中に、年産銅精鉱 1.2 万トンを生産開始する予定である。平均品位 Cu1.88%及び Au1.4g/t で埋蔵鉱量は 2,370 万 t である(金属量: Cu44.6 万 t, Au32t)。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。計上鉱量の詳細は、企業所有データのため公開されておらず、資源評価はできない。現状は小規模生産であるが、周辺での鉱量が確認できれば中規模級でも年間 4~5 万 t の金属銅の生産は可能な範囲と考えられる。

(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。鉱床周辺は始

生代 Amsaga 層を基盤とし、鉄質珪岩、緑泥石片岩、砂質片岩、変角閃岩等の被覆岩からなる。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。同社によれば、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。鉱山ライフは 10 年以下である。周辺には、金の鉱化示徴が多数確認されており、Tasiast 鉱床で蓄積されているデータを利用し、今後本格的な探査が促進されれば、同様な鉱床開発が複数可能となるポテンシャルが十分ある。資源評価を行えるデータが開示されていないため、その採算性については不明である。品位から推定すると、露天掘での開発で十分な採算性を有するよう見える。しかし、インフラや人材調達での問題を抱えており、それらのコスト負担は無視できない。

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。モ国の資源量は政府から公表されている(表 2.5.1 参照)が、数値が過去のものであり、モ国の資源量の実情に見合っていない。

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。例えば、鉱山開発対象となっている Guelb Moghrein 銅・金鉱床と Tasiast 金鉱床では、ともにカナダ系コンサルタント会社がカナダ政府の基準に基づいて鉱量・品位・含有金属量等の評価を行った。これらの資源評価の結果は DMG に報告され、登録されている。

また、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。しかし、鉄鉱床の鉱量計算方法は非鉄金属鉱床のものと比較すると複雑ではなく、そのまま適応できない。

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。本調査において、資源量を評価し、算出できる鉱床は上記以外にはない。まだ鉱化示徴を確認し鉱化作用を検討するレベルの調査段階であるため、まず資源賦存ポテンシャルの期待値として算出することである。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。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 Moghrein 鉱床と類似の鉱徴を 50km×20km(約 100km²)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

を含有しう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 1,200km²)を少なくとも 30 個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。また、外国ジュニア企業がターゲットとしているストックワーク金鉱床については、更に金量 50t/個×4 個=200t のポテンシャルが期待される。従って、Akjoujt 地域および Tasiast-Tijirit 地域だけで銅 300~500 万 t、金 700~1,500t オーダーの埋蔵を有する可能性がある。以上から、OMRG としては、調査に基づき資源量や予想鉱量を算出し、外資に提供することが望ましく、外国企業による探査の契機となりうる。

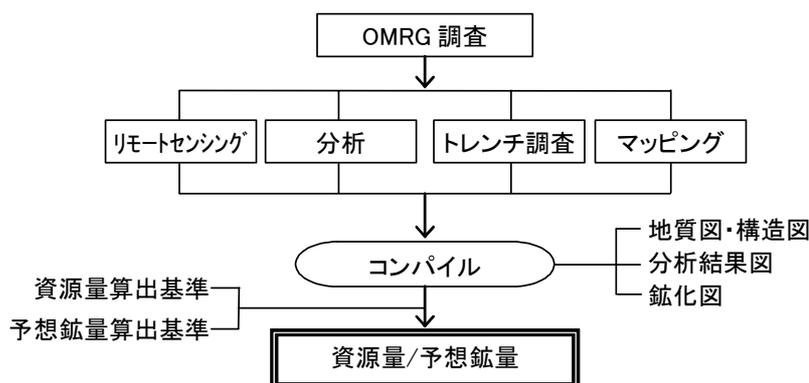


図 5.3.1 OMRG による資源評価

5.3.2 SNIM 鉄鉱山

鉄鉱石の生産と探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 等の採掘箇所周辺の周辺部において、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。