

第 I 部 総 論

第1章 序論

1-1 調査の経緯及び目的

ウルグアイ東方共和国（以下、ウルグアイ）の産業は、農業・牧畜を主体としていたが、1995年のメルコスールの発足に協力し、これに積極的に参加してきたことでも分かるように、農業を主体とする産業から脱却し、鉱工業の発展を志向する産業の多角化を進めてきた。

1980年代になるとカナダ、アメリカなどの鉱山会社が同国に分布するグリーンストーン帯を世界で最後に残された金鉱床を胚胎する有望な地域の1つとして着目し、探鉱した結果、近年、南部でマホマ（Mahoma）鉱山やサンカルロス（San Carlos）鉱山、北部でサングレゴリオ（San Gregorio）鉱山といった金山を次々に発見し開発した。これを契機に同国は、遅れていた鉱業分野の発展・育成を目指すこととし、その一環として2000年2月10日、鉱物資源に関する資源開発協力基礎調査を日本政府に要請した。

金属鉱業事業団は、ウルグアイにおける鉱床胚胎の潜在性の高さを以前より認知しており、この要請を受け入れて同国の国家鉱山地質局（DINAMIGE：Dirección Nacional de Minería Geología）と2000年11月24日付けでScope of Work（実施細則）を締結した。

本調査は、グリーンストーン帯の分布するサンホセ（San Jose）地域及びアロジョグランデ（Arroyo Grande）地域（Fig. 1）において、平成12年度から平成14年度までの3ヶ年にわたって実施された資源開発協力基礎調査であり、地質状況及び鉱床賦存状況を解明することにより新規鉱床を発見すること、並びに我が国の進んだ探査技術を相手国機関に移転することを目的としている。

1-2 調査範囲及び作業の概要

調査対象地域は、ウルグアイの南部に位置するサンホセ地区及びアロジョグランデ地区の2地域で、その面積は合計12,000km²である。調査対象地域をFig. 2に示す。

第1年次は、既存データ解析、衛星画像解析、地質調査及び地化学探査からなり、地化学探査は土壌地化学探査及び岩石地化学探査からなる。既存データ解析及び衛星画像解析により調査対象地区（約2,500km²）を抽出し、地質調査及び地化学探査を実施した（Fig. I-1-1）。

第2年次は、空中物理探査、地質調査及び地化学探査からなり、地化学探査は土壌地化学探査及び岩石地化学探査からなる。主として空中物理探査によりZoneA、ZoneB、ZoneC、ZoneD及びZoneEを抽出し、各Zoneにおいて地質調査及び地化学探査を実施した（Fig. I-1-1）。

	Survey items	Survey contents	Survey areas				
			San Jose area				Arroyo Grande area
Phase I	Existing data analysis Satellite image interpretation	Geology and mineralization Area:12,000km ² Lineaments Extraction of Greenstone belt	San Jose area				Arroyo Grande areas
	Geological mapping Soil geochemical prospecting Rock geochemical prospecting	Area:2,500km ² at 1/100,000 scale Area:2,500km ² 2,021 Samples Area:2,500km ² 607 Samples	San Jose area Greenstone belt				Arroyo Grande area Greenstone belt
	Overall analysis	Selection of Survey areas	11 areas				2 areas
Phase II	Data interpretation	Extraction of 5 Survey zones	Zone A	Zone B	Zone C	Zone D	Zone E
	Aero-geophysical prospecting Magnetic/Radiometric survey	Area:12,000km ² Geological structure detection	San Jose area				Arroyo Grande area
	Geological mapping Soil geochemical prospecting	Area:400km ² 1/20,000 scale Area:400km ² 1,926 Samples	Zone A	Zone B	Zone C	Zone D	Zone E
	Overall analysis	Extraction of promising Areas	Zone A Anomaly		Zone C Anomaly		
Phase III	Soil geochemical prospecting	Along 162km 1,689 Samples		Mahoma Este area		Mundo Azul area	Andresito area
	Geological mapping Geophysical prospecting Electro-Magnetic(VLF-EM) Magnetic survey Trench Survey	Area:40km 1/20,000 scale Survey points: 2,662 Survey station interval:10m Line spacing:100m Length : 4,520m 4,520 Samples					
	Overall analysis	Mineralization model Selection of drilling sites		Mahoma Este area		Mundo Azul area	Andresito area

Fig. I-1-1 Survey contents and its flow from Phase I to Phase III

Tab. I-1-1 Contents and amount of works of the project

	Phase I	Phase II	Phase III
Existing Data Analysis	Survey area 12,000 km ²		
Geological Interpretation of Satellite Image Data	Survey area 12,000 km ²		
Geological Survey	Reconnaissance survey Survey area 2,580 km ² Survey route 649 km	Semi-detailed survey Survey area 400 km ² Survey route 400 km	Detailed survey Survey area 45 km ² Survey route 40 km
Geochemical Survey	Soil sampling Line length 649 km Soil samples 2,021 samples	Soil sampling Line length 400 km Soil samples 1,926 samples	Soil sampling Line length 40 km Soil samples 1,689 samples
Airborne Survey		Aeromagnetic and radiometric survey Survey area 12,000 km ² Line length 27,000 km	
Trench Survey			Trench survey Total length 4,520 m Amount of excavating soil 8,130 m ³ Mahoma Este(8trenches) 2,245 m Andresito(5trenches) 2,275 m
Laboratorial Studies	Geological and geochemical survey Thin section 67 samples Polished section 38 samples X-ray diffraction analysis 31 samples Whole rock analysis 61 samples Rock chemical analysis 607 samples Soil chemical analysis 2,021 samples Fluid inclusion 14 samples Dating 6 samples	Geological and geochemical survey Thin section 20 samples Polished section 20 samples X-ray diffraction analysis 20 samples Rock chemical analysis 630 samples Soil chemical analysis 1,926 samples Fluid inclusion 30 samples Dating 5 samples Geophysical survey Remanent magnetization 8 samples	Geological and geochemical survey Thin section 20 samples Polished section 30 samples X-ray diffraction analysis 30 samples Rock chemical analysis 4,520 samples (Trench samples) Soil chemical analysis 1,689 samples Fluid inclusion 30 samples Geophysical survey Remanent magnetization 10 samples

第3年次は、第2年次調査により抽出されたマホマ東地区（ZoneB）、アンドレシート地区（ZoneE）及びムンドアスール地区（ZoneD）の各地区について、地質調査、土壌地化学探査、物理探査及びトレンチ調査を実施した（Fig. I-1-1）。

本調査で実施した各手法の調査量及びそれに伴う室内試験の数量を Tab. I-1-1 に示す。

1-3 調査団の編成

本調査に係る調査計画策定、折衝、現地作業監理及び現地調査団の業務実施者は、以下のとおりである。

1-3-1 調査計画及び折衝

日 本 側	ウルグアイ東方共和国側
三平 圭祐 (国際協力事業団)	Dr. Carlos Soares de Lima (DINAMIGE)
千葉 明 (通商産業省)	Ing. Jorge Spoturno (DINAMIGE)
鈴木 哲夫 (金属鉱業事業団)	Ing. Humberto Pirelli (DINAMIGE)
本庄 鉄弥 (金属鉱業事業団)	Ing. Richard Arrighetti (DINAMIGE)
五十嵐 吉昭 (金属鉱業事業団)	Ing. Javier Techera (DINAMIGE)

DINAMIGE : Dirección Nacional de Minería Geología

1-3-2 現地作業監理

(1) 第1年次 :

伊藤 正 金属鉱業事業団

(2) 第2年次 :

藤井 昇 金属鉱業事業団

(3) 第3年次 :

原田 武 金属鉱業事業団

1-3-3 現地調査団

(1) 第1年次：

日 本 側	ウルグアイ東方共和国側
池田 則生 (団長、地質調査・地化学探査)	Dr. Carlos Soares de Lima (DINAMIGE)
武田 尚雄 (地質調査・地化学探査)	Ing. Jorge Spoturno (DINAMIGE)
後藤 信博 (地質調査・地化学探査)	Ing. Humberto Pirelli (DINAMIGE)
武田 進 (地質調査・地化学探査)	Ing. Richard Arrighetti (DINAMIGE)
大竹 正巳 (地質調査・地化学探査)	Ing. Eduardo Medina (DINAMIGE)
	Ing. Javier Techera (DINAMIGE)

(2) 第2年次：

日 本 側	ウルグアイ東方共和国側
片野 孝 (団長、地質調査・地化学探査)	Dr. Carlos Soares de Lima (DINAMIGE)
エスコバル 太仁 (空中物理探査)	Ing. Jorge Spoturno (DINAMIGE)
小関 武宏 (地質調査・地化学探査)	Ing. Humberto Pirelli (DINAMIGE)
大竹 正巳 (地質調査・地化学探査)	Ing. Richard Arrighetti (DINAMIGE)
津田 和康 (地質調査・地化学探査)	Ing. Javier Techera (DINAMIGE)

(3) 第3年次：

日 本 側	ウルグアイ東方共和国側
片野 孝 (団長、地質調査・地化学探査)	Dr. Carlos Soares de Lima (DINAMIGE)
エスコバル 太仁 (物理探査)	Ing. Jorge Spoturno (DINAMIGE)
山縣 順一 (地質調査・地化学探査)	Ing. Humberto Pirelli (DINAMIGE)
津田 和康 (地質調査・地化学探査)	Ing. Richard Arrighetti (DINAMIGE)
	Ing. Javier Techera (DINAMIGE)

1-4 調査期間

本調査に伴う各年次の現地調査期間は、以下のとおりである。

(1) 第1年次：

既存データ解析： 平成12年12月18日～平成13年1月20日

衛星画像解析： 平成12年12月20日～平成13年1月20日

地質調査及び地化学探査：

平成13年1月24日～平成13年3月5日

(2) 第2年次：

空中物理探査： 平成13年11月12日～平成14年1月16日

地質調査及び地化学探査：

平成13年10月24日～平成13年12月16日

(3) 第3年次：

地質調査及び土壌地化学探査：

平成14年9月2日～平成14年12月16日

物理探査： 平成14年10月5日～平成14年11月20日

第2章 調査対象地域の地理

2-1 位置及び交通

ウルグアイは、南アメリカ大陸の東海岸に位置し大西洋に面している。北はブラジルと国境を接し、南及び西はラプラタ川及びウルグアイ川（ラプラタ川支流）をはさんでアルゼンチンと接している。国土面積は 176,000km² で日本の約半分、人口約 316 万人(1996 年時)、首都のモンテヴィデオ(Montevideo)に全人口の半分弱が居住している。

本調査の対象地域はサンホセ(San Jose)地域とアロジョグランデ(Arroyo Grande)地域の2地域からなり、これらはモンテヴィデオの北方に位置し、国土全体からみると南部にあたる。

サンホセ地域は、首都モンテヴィデオの北西約 90km の地点を中心に東西約 220km、南北約 50km で、東西に細長い長方形となっている。当地域内には、東側より国道 5、3、23、54 線が南北方向に走り、東部にトリニダ(Trinidad)市、西部にカルドナ(Cardona)市などの県(department)庁所在地があり、また、同地域に南接してサンホセデマーヨ(San Jose de Mayo)市が存在する。今年度の現地調査のベースキャンプ地としたサンホセデマーヨ市は、首都モンテヴィデオから国道 1 号線で約 50km 北西に向かい続いて国道 3 号線を 30km ほど北上した位置にあり、所要時間は自動車ですら約 1 時間半である。

アロジョグランデ地域は、首都モンテヴィデオの北西約 140km の地点を中心に東西約 50km、南北約 20km の東西に長い長方形となっている。サンホセデマーヨ市より国道 3 号線を北北西に 90km ほどで当地に至る。モンテヴィデオ市より自動車ですら 2 時間半程度である。

国道は全線舗装されており、調査地域には国道のほか県道や農道が網の目のように走り交通の便は極めてよい。

2-2 地形及び水系

ウルグアイは、標高 514m が最も高い地点であり、国全体が緩慢な傾斜の丘陵地となっている。調査対象地域を含む国の南部は特に平坦に近い丘陵地形を呈しているが、全体として対象地域の東部では南側に、西部では南西側に緩く傾斜している。風化土が広く分布し岩石の露出が少ない。地形は地質を反映することがあり、花崗岩質岩の貫入岩などはローカルな丘を形成していることがある。

サンホセ地域では、東部をサントルシア(Santa Lucia)川が、中部をサンホセ川が南流し、西部ではロザリオ(Rosario)川やサンフアン(San Juan)川が南西方向に流れ、これ

らの河川が水系の骨格を形成し、いずれの河川もラプラタ川に注いでいる。アロジョグランデ地域では、ネグロ（Neguro）川が西方にながれウルグアイ川に合流し、当地の主要な水系を構成している。いずれの地域においても、これらの河川の支流は樹枝状・均等に発達し、網の目のような分布を示している。年間の降雨量は日本と比べ少ないが、一度雨が降ると傾斜が緩く粘土質の土壌で透水性が悪いため、支流の合流点付近は湿地帯状になるところが多い。

2-3 気候及び植生

世界の気候区分によれば、ウルグアイは温帯多雨の気候帯に区分される。温暖な気候で年間の平均気温は約 16℃である。冬季の 6 月から 9 月においても平均気温が 10℃を下回ることは少ない。夏季の 12 月から 3 月の平均気温は 23℃である。モンテヴィデオの年間平均雨量は 1,000mm 程度であり、多雨地域としては降雨量が少なく、調査対象地域の降水量もほぼこの程度と考えられる。9 月から 12 月が、雨量も少なく気候が安定しフィールド調査に適している。

調査対象地域は、傾斜の緩慢な丘陵地形を活用した牧草地となり、河川に沿いに広葉樹が点在している。西欧人が入植する以前からこの地域は一面草原で、民家の周囲の防風林や街路樹などは輸入したユウカリやパルムなどが植えられている。一部に、パルプの原料とするため、ユウカリが植林されている。

第3章 調査対象地域の既存地質情報

3-1 地質概要

ウルグァイの地質は、ウルグァイ国土の40%を占めて同国の南部に広く分布する先カンブリア界の基盤岩類、すなわち広義のリオデラプラタ・クラトン (Rio de la Plata Craton) と、中生代以降の堆積岩類、さらにこれを覆う玄武岩の溶岩台地からなっている。このリオデラプラタ・クラトンを覆うデボン系以降の二畳系堆積岩類、白亜系玄武岩台地がウルグァイの中央部から北部一帯を通りブラジル国境にかけて分布し、新生界が同国東部から大西洋岸にかけての地域と同国の西部と南部に分布している (Fig. I-3-1)。

先カンブリア界は、同国南部のピエダアルタ・テレーン (Piedra Alta Terrane)、その東側に位置し南北方向の構造を持ったニコペレス・テレーン (Nico Perez Terrane)、さらに同国南東部に分布するクチジャディオニシオ・テレーン (Cuchilla Dionisio Terrane) の3つのテレーン (Terrane) に大別されている (Fig. I-3-1)。テレーン境界はマイロナイト化、ミグマタイト化した構造線で接しており、その地質時代は原生代中期～カンブリア紀前期と考えられ、幾度かの変成作用、構造運動を受けている。

本調査対象地域は、ピエダアルタ・テレーンの南縁部に位置するサンホセ地域及び北縁部に位置するアロジョグランデ地域からなり、周辺地質は主として基盤の複合岩類 (pCCcb) 及び緑色岩類を含むグリーンストーン (pCCps, pCCag, pCCsjo)、古期花崗岩類 (pCCG) 及び新期花崗岩類 (pCC) からなる。調査地域周辺の地質図を Fig. I-3-2 に、また模式地質柱状図を Fig. I-3-3 に示す。

基盤の複合岩類は、片麻岩、片岩類、ミグマタイト、角閃岩等から構成されている。

グリーンストーンは、サンホセ地域において、変玄武岩や緑色片岩を主とし、角閃岩、変流紋岩、石英片岩、珪岩、変砂岩、スレート～千枚岩等から構成される弱変成度の Paso Severino 層 (pCCps) が同地域中部～東部に分布し、西部～南部では同岩相に僅かに片麻岩を挟在する比較的高変成度の San Jose 層 (pCCsjo) が分布している。またアロジョグランデ地域では、San Jose 層と類似岩相で弱～中変成度の Arroyo Grande 層 (pCCag) が分布している。

花崗岩類は、pCCG 及び pCC 共に中粒～粗粒で等粒状の角閃石－黒雲母花崗閃緑岩、中粒で斑状の角閃石－黒雲母花崗閃緑岩、中粒～粗粒の優白質花崗岩から構成され、後者が多少不均質な様相を呈する。それぞれ部分的にマイロナイト化を被り、面構造が認められる。

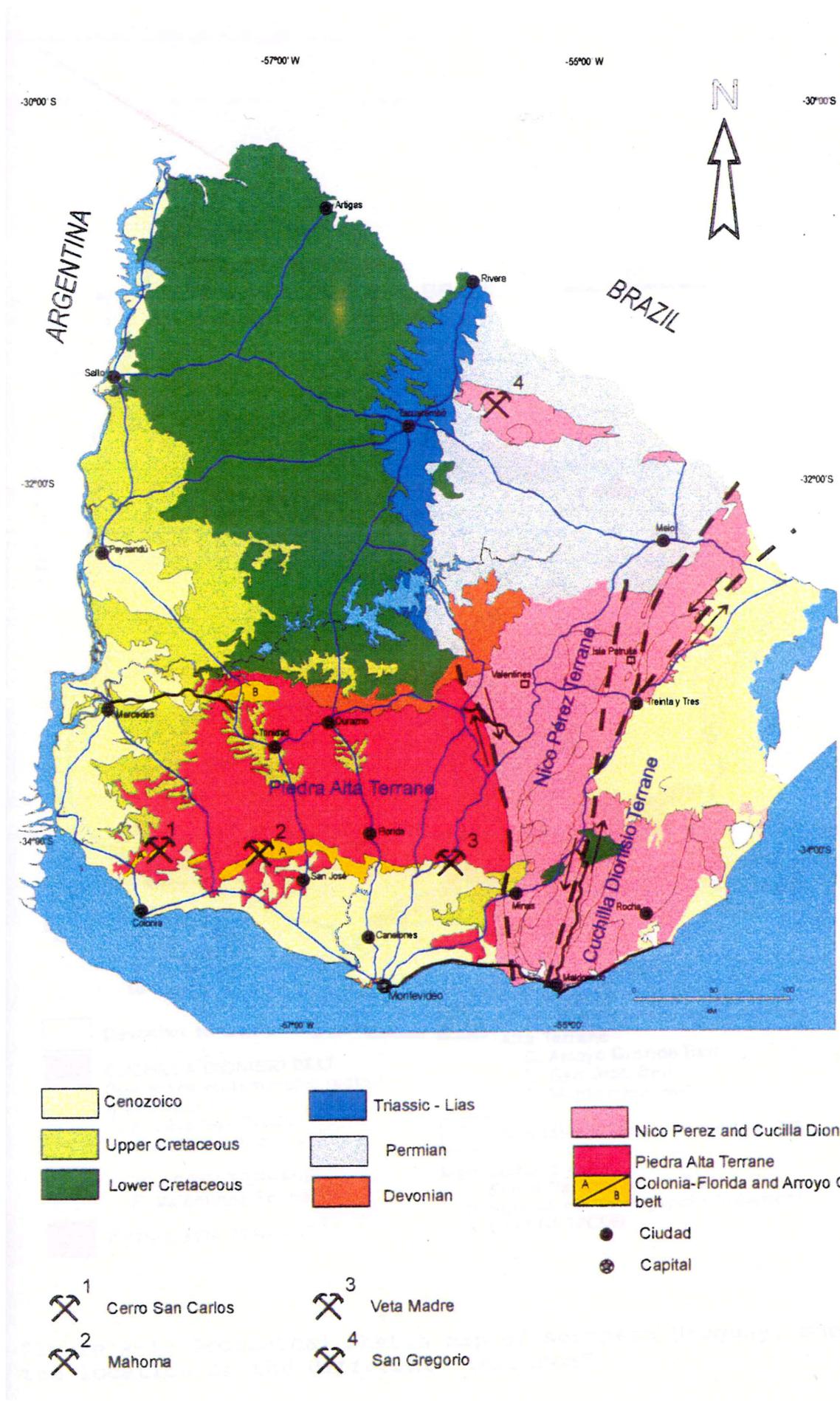


Fig. I-3-1 Geological map of Uruguay

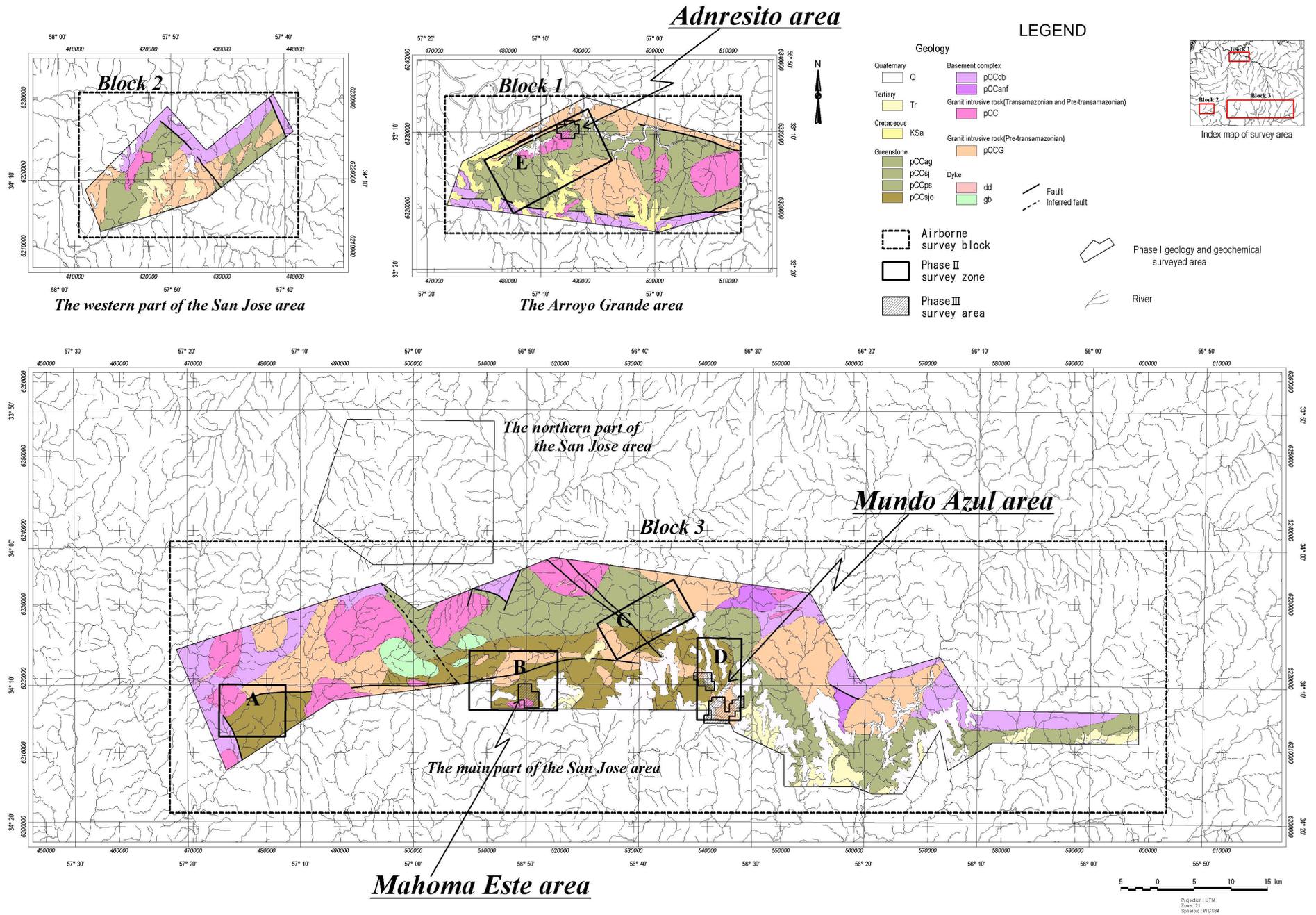


Fig. I-3-2 Geological map of the San Jose and Arroyo Grande area

Age (Ma)	Units	Events	Domain
1,400-1,800	Doleritic dykes	Distensive environments	
1,845 1,900	Pintos granite	<i>CRATONIZATION</i>	
1,900-1,970	Aplites and granitic dykes Leucogranite dykes		
2,000-2,070	Granite-gneissic complex Granitic dyke Isla Mala Gabbroic Complex Mahoma-Guaycuru		TRANSAMAZONIAN OROGENESIS
2,070-2,100		Metamorphism, migmatization, granitization and folding	
2,100	Leucogranite	3 rd deformation phase	
2,180 2,225	Southern granite A. Virgen leucogranite	Syncolisional Paso Lugo fault Late orogenic	
2,270-2,290	A. Grande granodiorite Hornblendites Isla Mala leucogranite San Jose Granodiorite	Distensive, 2 nd deformation phase <i>MYLONITIZATION</i>	PRE TRANSAMAZONIAN
2,291-2,386	Marincho main granodiorite		
2,450	Isla Mala granodiorite		
2,500-2,544	<i>San Jose metamorphic belt</i> Alkaline granite	Metamorphism+1 st deformation phase	
	<i>Arrojo Grande metamorphic belt</i> Complejo Basal	Metamorphism+1 st deformation phase	ARCHEAN

Stratigraphy in accordance with PRECIOZZI et al.(1999). Modified.

Fig. I-3-3 Schematic stratigraphic column of survey area

3-2 鉱化作用及び鉱業略史

3-2-1 鉱化作用

本調査対象地域には、サンホセ地域を中心にマホマ鉱床やサンカルロス鉱床などの金鉱床が分布するが、これらの鉱床は採掘期間が短く、地質構造、鉱床形態やその成因などを記した報告が非常に少なく、グリーンストーン帯中の花崗閃緑岩類と密接に関連するものと思われるが、詳細は不明である。以下にマホマ鉱床の鉱化作用について、その概要を述べる。

マホマ鉱床は、含金石英脈鉱床で、東西方向の破碎帯に沿って配列する3条の鉱脈からなり、走向N70°E、傾斜75°Nで母岩である花崗閃緑岩を切っている。可能採掘量は169~330千トン、品位8.9~11.8g/tと見積もられている。鉱石鉱物は、エレクトラムの他、硫化鉱物として、黄鉄鉱、黄銅鉱、方鉛鉱、閃亜鉛鉱に加え、二次鉱物としてコベリン、輝銅鉱が認められる。硫化鉱物は石英に付随して細脈状、鉱染状を呈するが、時に方鉛鉱（ごく微量の閃亜鉛鉱を伴う）は不規則な形状の凝集体として産する。

3-2-2 鉱業略史

ウルグアイにおけるグリーンストーン帯に胚胎する金鉱床は、古くから知られており、1882年のMaesoによる記載がある。しかし、現実には有望な地域として着目され、海外の資源関連企業が盛んに探鉱するようになったのは1980年代以降であり、その結果、サンホセ地域ではマホマ鉱床及びサンカルロス鉱床、その他リベラ地域ではサングレゴリオ鉱床等が発見・開発されている。サングレゴリオ鉱床は稼行中であり、その周辺では多くの鉱区が設定され、探鉱活動が現在も行われているが、詳細は不明である。

マホマ鉱床は、モンテヴィデオの北西約130km、サンホセ地域のほぼ中央部に位置する。同鉱床は、1986年~1990年にラクミネラル(Lac Mineral)社による地化学探査（沢砂及び土壌）と空中電磁探査を組み合わせた探鉱手法によって発見された。その後、ボーリング調査による鉱量確認後、F/Sが作成され、1992年にレアゴールド(Rea Gold)社の子会社であるアメリカンリソース(American Resources Corp.:ARC)社によって採掘が開始された。当時の生産量は330トン/日であった。1993年には一時中断したが、1994年に再開され、1995年12月に鉱量の枯渇から操業を停止し、現在はカナダのレアゴールド(Rea Gold)社が鉱業権者である。

サンカルロス鉱山は、サンホセベルトの西端近くに位置し、マホマ鉱山と同様に、ラクミネラル(Lac Mineral)社によって探査・開発がなされた。脈状ないし鉱染状の石英に伴う小

規模な鉱床で、露天掘りで採掘された。現在、終掘した採掘跡は埋め戻されている。

第4章 調査結果

4-1 第1年次

第1年次では、サンホセ地域主要地区、サンホセ地域西部地区及びアロジョグランデ地域の3地域を取り囲む12,000km²の面積において、既存データ解析及び衛星画像解析を実施し、地質及び地質構造と鉱化作用の関係を把握するために地質調査、土壤地化学探査、岩石地化学探査を実施した。

既存データ解析から、調査対象地域内の地質、地質構造、鉱床及び鉱徴地の概要を把握した。その結果、金鉱床はグリーンストーン中に分布する花崗閃緑岩類と密接に関連するものと推定され、これらの知見を基に、調査対象地域（12,000km²）から現地調査を実施する調査対象地区（約2,500km²）の抽出を実施した。

衛星画像解析では、JERS-1/SAR 画像データ及びLANDSAT/TM データを用いて、リニアメント解析及び画像解析を実施した。リニアメント解析結果から、顕著ではないものの、アロジョグランデ地域東部及びサンホセ地区ではN-S方向が発達し、全地域ではE-W方向のリニアメントは発達しない。特にマホマ鉱山北部地区で、環状に配列するリニアメントが高密度帯を形成し、アロジョグランデ地域東部では、他の地域に較べて、リニアメント密度が高い。画像解析結果から、鉱床賦存の必要条件として、(1)ENE-WSW方向とNW-SE方向に発達する断層が存在すること、(2)地質ユニットgs（主にpCCps及びpCCsjoに相当）並びにG（主にpCCG及びpCCに相当）の分布地域及びその近傍であること及び(3)断層とはスケールを異にするが、地質構造を示すと考えられるリニアメントが集中することが挙げられる。

本地域の地質は、基盤の複合岩類(pCCcb、pCCanf)及びグリーンストーン(pCCsjo、pCCsj、pCCps、pCCag)を主体とし、これらに貫入する古期花崗岩類(pCCG)及び新期花崗岩類(pCC)等の貫入岩から構成され、その上位には白亜系、新第三系、第四系が不整合に被覆する。地質構造的には、E-W、NW-SE方向の断層によって特徴づけられる。両断層は、サンホセ地域主要地区南部及びアロジョグランデ地域において、グリーンストーンの片理に概ね調和的であり、グリーンストーンの岩相分布域を規制する傾向が認められる。また、露頭単位では断裂の変位は確認されないが、周辺地域の地質分布を考慮すると、NW-SE方向の断裂は、右横ズレの成分をもっていると判断される。

土壤地化学探査は、河川堆積物が風化し、土壤化した試料2,021件を対象に、Au等の34元素について、化学分析及び統計処理による単変量・多変量解析を行った。その結果及び地

質調査により鉍化の可能性が期待された 13 鉍化帯（鉍化帯 A～鉍化帯 L）との関係を検討した結果、鉍化帯 A、B、E、G、H 及び L が有望地域として抽出された。

岩石地化学探査は、石英脈や鉍床母岩、607 件を対象に、Au、Ag、Cu、Pb、Zn、As、Sb、Hg の 8 元素について、化学分析及び統計処理による単変量・多変量解析を行った。Au の分析結果から、最大値 19,890ppb を含む石英脈 23 件及び鉍床母岩 18 件の異常値を得た。石英脈では、塩基性火山岩類を母岩とするもので 19,890ppb～5ppb、花崗岩類中は 5,370ppb～37ppb、その他は 562ppb～14ppb を示した。鉍床母岩となる塩基性変火山岩類では 37ppb～5ppb、花崗岩類が 291ppb～9ppb、その他が 354ppb～9ppb である。以上より、岩石地化学異常帯及び地質調査より期待された 13 鉍化帯（鉍化帯 A～鉍化帯 L）との関係を検討した結果、鉍化帯 A、E、G、H、K 及び L が有望地域として抽出された。

4-2 第 2 年次

第 2 年次では、第 1 年次の調査結果を受け、空中物理探査、地質調査、土壤地化学探査を実施した。

空中物理探査は、対象面積 12,000km²、測線総延長 27,495km に対し、測定高度を約 120m として固定翼航空機により磁気探査及び放射能探査を実施した。放射能探査では、エネルギー強度の比較的弱い U や Th には顕著な傾向が見られないが、K には磁気探査の異常と整合性のあるリニアメントが検出されている。すなわち、K 異常と磁気異常の重複する地域の中から、今後の有望地域を選定することができると考えられる。磁気探査からグリーンストーン帯の地層や金鉍床の生成を規制すると言われている断裂帯を把握することができ、放射能探査から金鉍床と関係する可能性の高い花崗岩類を捕捉することができた。また Au 土壤異常値帯は、磁気鉛直分布図に示される磁気異常値帯と関連性を持って分布し、断裂帯を良く示す高磁気帯の位置と土壤地化学探査の結果から得られた Au 土壤異常値帯の位置を対比したところ、N60° E の方向性で調査地域全体に連続して分布する高磁気帯が、東－西方向の高磁気帯及び北西－南東方向の高磁気帯と交差する地域に、Au 土壤異常値帯が分布することが判明した。

地質調査を実施した 5 箇所 Zone は、花崗岩類を基盤とし、その上位にはグリーンストーンが広く分布しており、その後に入貫した古期花崗岩類、新期花崗岩類とともにグリーンストーン帯を形成している。グリーンストーンは、一部凝灰岩を含む泥質～砂質の変堆積岩と酸性～塩基性の変火山岩から構成される。EW 方向に延長するグリーンストーン帯と調和的に片理が

発達している。グリーンストーンは、EW系の断層を境に基盤岩類と接し、グリーンストーン帯中では、NE-SW系の断層が卓越する。花崗岩類は、断層を境にしてグリーンストーンと接する産状が顕著である。調査の結果、石英脈帯は17箇所では捕捉され、グリーンストーンを構成する塩基性の変火山岩、花崗岩質貫入岩及びグリーンストーン帯中の断層と密接に関係して分布する傾向が認められる。

土壌地化学探査は、地質調査と同様の地域において実施した。採取密度は4~5個/km²となるように計画し、風化した土壌のB層から1,926個を採取し、分析及び解析を実施した。その結果、合計6箇所のAu土壌異常値帯を捕捉した。異常値の分布は比較的密に、かつ広範囲であり、そのうち5箇所は地質調査で捕捉した石英脈帯とオーバーラップしている。

4-3 第3年次

第3年次では、第1年次及び第2年次の調査結果を受け、地質調査、土壌地化学探査、物理探査及びトレンチ調査を実施した。

調査対象地域の地質は、グリーンストーン帯を形成するサンホセ層（サンホセ地域）及びアロジョグランデ層（アロジョグランデ地域）に古期花崗岩類（pCCG）及び新期花崗岩類（pCC）が貫入し、さらに多数の粗粒玄武岩の岩脈がそれらを貫いている。サンホセ層（pCCsjo）は雲母片岩、アロジョグランデ層（pCCag）は変玄武岩を主とし、古期花崗岩類（pCCG）は黒雲母花崗岩、花崗閃緑岩等から構成され、白雲母化、緑泥石化、緑簾石化、一部は珪化やマイロナイト化を伴う。貫入岩類は、主に東-西系及び東北東-西南西系の方向性を有する磁性の強い粗粒玄武岩岩脈、他にマホマ東地区において、主に東-西系を有するペグマタイトやアプライト岩脈が認められる。

土壌地化学探査は、地質調査と同様の地域において実施した。土壌試料は、測線間隔200m、採取間隔100mのグリッド形式により、主にB層から合計1,689個を採取後、分析及び解析を実施した。その結果、マホマ東地区では花崗岩体中に金異常域（東西800m以上、南北500m以上）を、アンドレシート地区では西部（アンドレシート地区-西）及び中央部（アンドレシート-東）の2箇所それぞれ金異常値帯を捕捉した。

物理探査は、土壌地化学探査の結果捕捉されたマホマ東地区及びアンドレシート地区の金異常域を対象に、総測点数2,662点におよぶ電磁探査VLF-EM及び磁気探査を実施した。電磁探査VLF-EMでは、マホマ東地区の探査地域ほぼ中央部をENE-WSW方向に延長する低異常値帯及び低異常値帯に沿い、その北側及び南側に分布する高異常値帯を捕捉した。低異常値

帯は、粗粒玄武岩の貫入を反映したもので、高異常値帯は割れ目帯を顕著に示唆しているものと思われる。アンドレシート地区も同様に、粗粒玄武岩の岩脈やアロジョグランデ層と花崗閃緑岩の岩相境界部等を捕捉した。磁気探査では、電磁探査 VLF-EM で捉えた低異常値帯に調和的な高磁気異常帯を捕捉し、粗粒玄武岩の貫入を反映したものであると判断された。

トレンチ調査は、マホマ東地区及びアンドレシート地区において、土壌地化学探査の異常値帯、電磁探査 VLF-EM の高・低異常値帯及び磁気探査の高異常値帯を対象に総掘進長 4,520m、総掘削量 8,130 m³を実施した。その結果、マホマ東地区では、1m から 20m 幅の剪断帯が確認され、一部にはレンズ状の石英脈が確認された。また、分析結果から、トレンチ 515600 で金 0.18ppm～0.75ppm (最高値)、トレンチ 515700 で金 0.13ppm～0.27ppm、トレンチ 515800 で金 0.25ppm ～0.54ppm、トレンチ 515900 で金 0.14ppm～0.31ppm (幅 5m) の品位が花崗岩中の石英脈或いは粗粒玄武岩中に確認された。アンドレシート地区では、トレンチ 486900 で金 0.95ppm～1.09ppm、トレンチ 487000 で金 0.22ppm～2.06ppm、トレンチ 487100 で金 0.08ppm～0.57ppm、トレンチ 487200 で金 0.09ppm～0.35ppm、トレンチ 488500 で金 0.39ppm の品位が石英脈中或いは粗粒玄武岩の岩脈付近で確認された。

第5章 結論及び将来への提言

5-1 結論

サンホセ・アロジョグランデ地域において、3年間実施された調査は、既存データ解析、衛星画像解析、空中物理探査、地質調査、土壌地化学探査、トレンチ調査等である。最終年度まで調査を実施した地区は、マホマ東地区、アンドレシート地区及びムンドアスール地区であり、その結果は、以下の通りである。

(1) マホマ東地区

本地区では、総掘進長 2,245m、総掘削量 3,220m³ におよぶトレンチ調査を実施し、鉱床賦存状況の把握を行った。その結果、花崗岩または粗粒玄武岩中に胚胎する含金石英脈（金品位：0.13～0.75ppm）が確認され、本地区における金異常は、花崗岩中の石英脈及び粗粒玄武岩中に含まれている石英脈等を反映したものと判断された。したがって、石英脈及びその周辺に認められる金の鉱徴は、花崗岩マグマ固結末期の残液に伴う鉱化作用によって形成されたものと考えられる。

しかし、金の鉱徴は花崗岩の分布域にかなり広く分布するものの、最大金品位が 745ppb と低いばかりでなく、鉱徴地の分析値が全般に低い値となっており、石英脈の分布する下部等に鉱床が存在することも考えられるが、その可能性は極めて低いものと判断される。

(2) アンドレシート地区

本地区では、総延長 2,275m、総掘削量 4,910m³ におよぶトレンチ調査を実施し、鉱床賦存状況の把握を行った。その結果、石英脈中または粗粒玄武岩岩脈付近に認められる鉱化帯（金品位：0.1～2.06ppm）は、花崗閃緑岩マグマ固結末期の残液に伴う鉱化作用によって形成されたものと考えられる。

しかし、トレンチ調査地域南西部では、高い金の分析値を示すものが多いものの、連続性が悪く、小規模であるため、鉱床の賦存する可能性は極めて低いものと判断される。

(3) ムンドアスール地区

本地区は、ムンドアスール地区北部及びムンドアスール地区南部に2地区に区分されており、それぞれにおいて鉱徴地把握のため、土壌地化学探査を実施した。その結果、北部では

有望と思われる異常値を捕捉できなかった。また、南部では中央部に異常値帯を補足したものの、その範囲は狭く、最高値が 20ppb と極めて低い値であった。

したがって、鉱床を反映するような金の異常値帯を捕捉できなかったため、物理探査以降の調査を断念することとなった。

5-2 将来への提言

3年間の調査結果を踏まえて、サンホセ・アロジョグランデ地域のマホマ東地区、アンドレシート地区及びムンドアスール地区の3地区に対する将来への提言は、以下の通りである。

(1) マホマ東地区

トレンチ調査結果から、花崗岩または粗粒玄武岩中に胚胎する含金石英脈(金品位:0.13~0.75ppm)が確認されたが、連続性が悪く、小規模・低品位であることから、今後、調査を継続する必要はないと考える。

(2) アンドレシート地区

トレンチ調査結果から、石英脈中または粗粒玄武岩岩脈付近に認められる鉱化帯(金品位:0.1~2.06ppm)は、連続性が悪く、小規模で低~中品位であることから、今後、調査を継続する必要はないと考える。

(3) ムンドアスール地区

土壤地化学探査結果から、本地区における有望な金の鉱徴は捕捉できなかった。したがって、今後、調査を継続する必要はないと考える。