

オマーン国南バチナコースト地域
資源開発協力基礎調査報告書

第 2 年 次

平成 11 年 3 月

JICA LIBRARY



J1149207(1)

国際協力事業団
金属鉱業事業団

鉱業資源

CR(2)

99-050

オマーン国南バチナコースト地域
資源開発協力基礎調査報告書

第 2 年 次

平成 11 年 3 月

国 際 協 力 事 業 団
金 属 鉱 業 事 業 団



1149207 [1]

は し が き

日本国政府はオマーン国政府の要請に応え、同国の北部に位置する南バチナコースト地域の鉱物資源賦存の可能性を確認するため、地質調査、物理探査などの鉱床探査に関する諸調査を実施することとし、その実施を国際協力事業団に委託した。国際協力事業団は、本調査の内容が地質及び鉱物資源の調査という専門分野に属することから、調査の実施を金属鉱業事業団に委託することとした。

本調査は、平成9年度を第1年次とする2年次にあたり、金属鉱業事業団は9名の調査団を編成して平成10年9月24日から平成11年1月27日まで現地に派遣した。

現地調査はオマーン国政府機関、石油鉱物省鉱物局（現商業工業省鉱物局）の協力を得て予定どおり完了した。

本報告書は、本年次の調査結果を取りまとめたものである。

おわりに、本調査の実施にあたってご協力いただいたオマーン国政府関係機関ならびに外務省、通商産業省、在オマーン国日本国大使館及び関係各社の方々に衷心より感謝の意を表すものである。

平成11年3月

国 際 協 力 事 業 団
総 裁 藤 田 公 郎

金 属 鉱 業 事 業 団
理 事 長 桧 山 博 昭

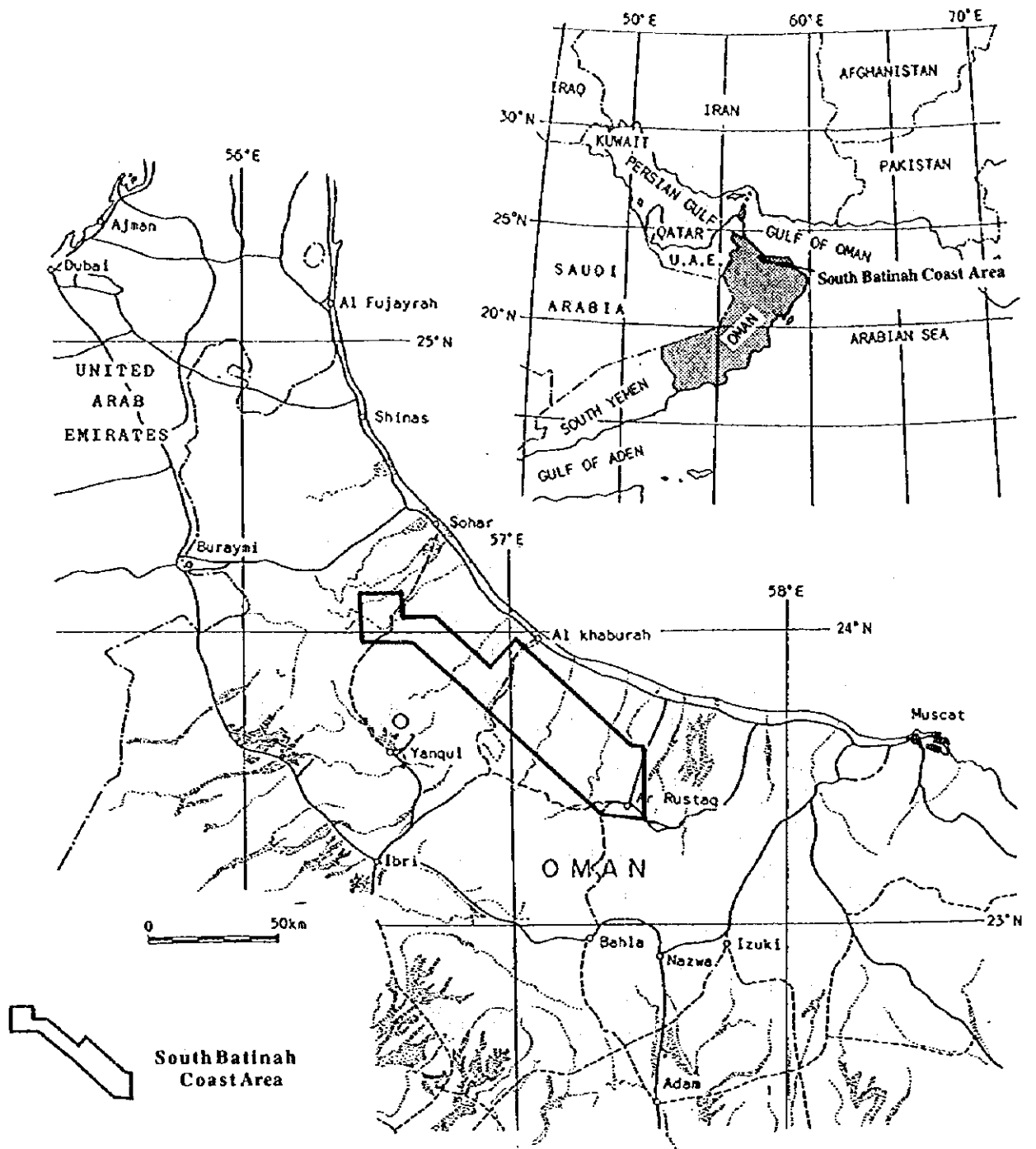


Fig.1 Location map of the South Batinah Coast area

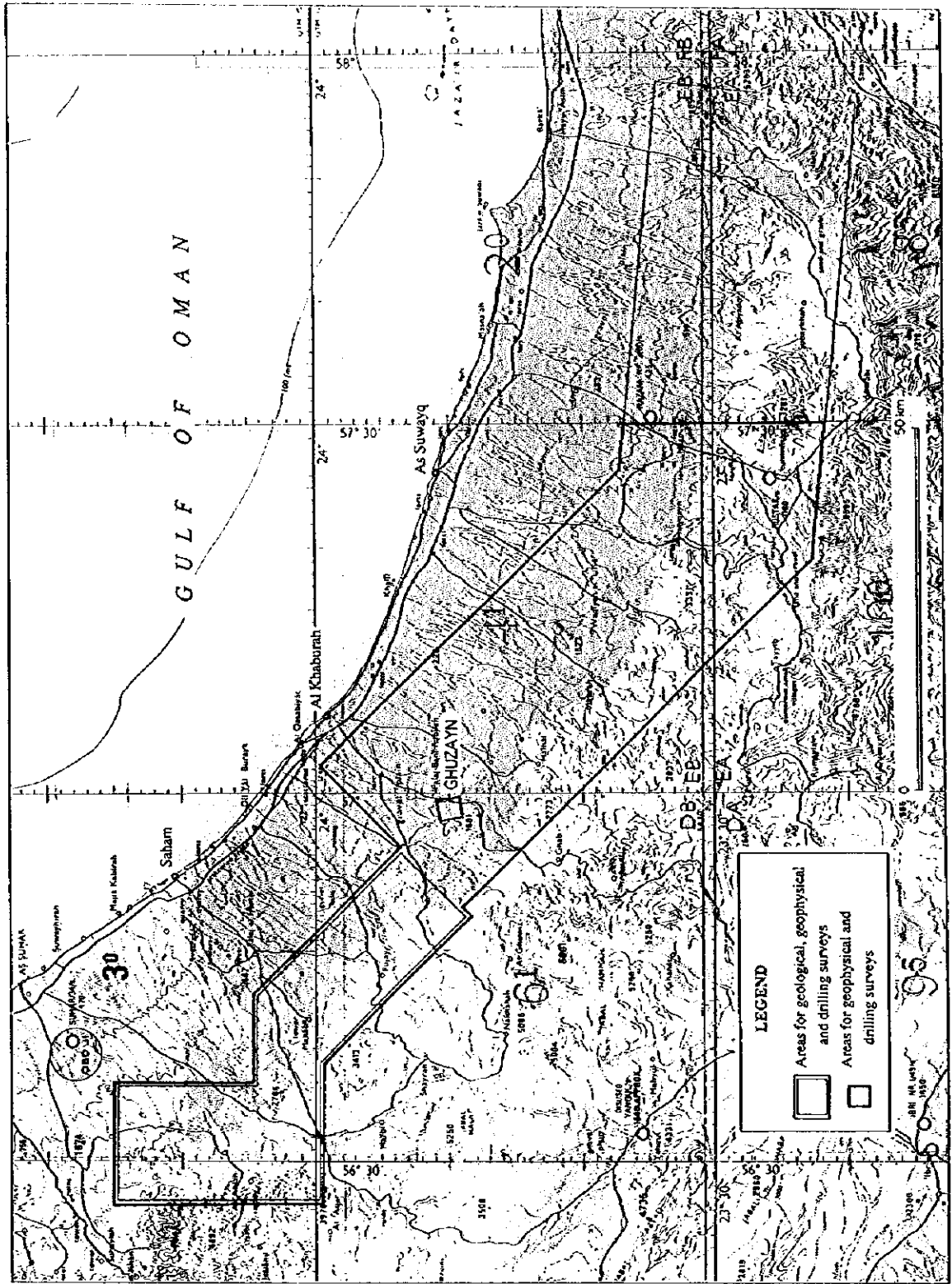


Fig.2 Location map of the survey areas



要 約

本調査は、日本国政府とオマーン国政府との間で平成9年6月17日付けで締結された Scope of Work に基づいてオマーン国南バチナコースト地域において実施した資源開発協力調査である。本地域では、すでに地表徴候のある既知鉱徴地を中心として、数々の探査が実施されてきた。しかしながら、それらは鉱徴地の極く近傍に限られており、全地域としてみれば極めて限られた範囲の探査が行われたのみである。平成7年度及び8年度に実施された中央バチナコースト地域資源開発協力基礎調査の結果、グザイン地区において2ヶ所で塊状硫化物鉱体（No.1及びNo.2鉱体）が捕捉され、バチナコースト地域にはなお大規模な塊状硫化物鉱床が存在している可能性が高いことが証明された。引き続き平成9年度からは南バチナコースト地域資源開発協力基礎調査が開始され、同年度にグザイン地区においてさらに3番目の塊状硫化物鉱体（No.3鉱体）を捕捉した。

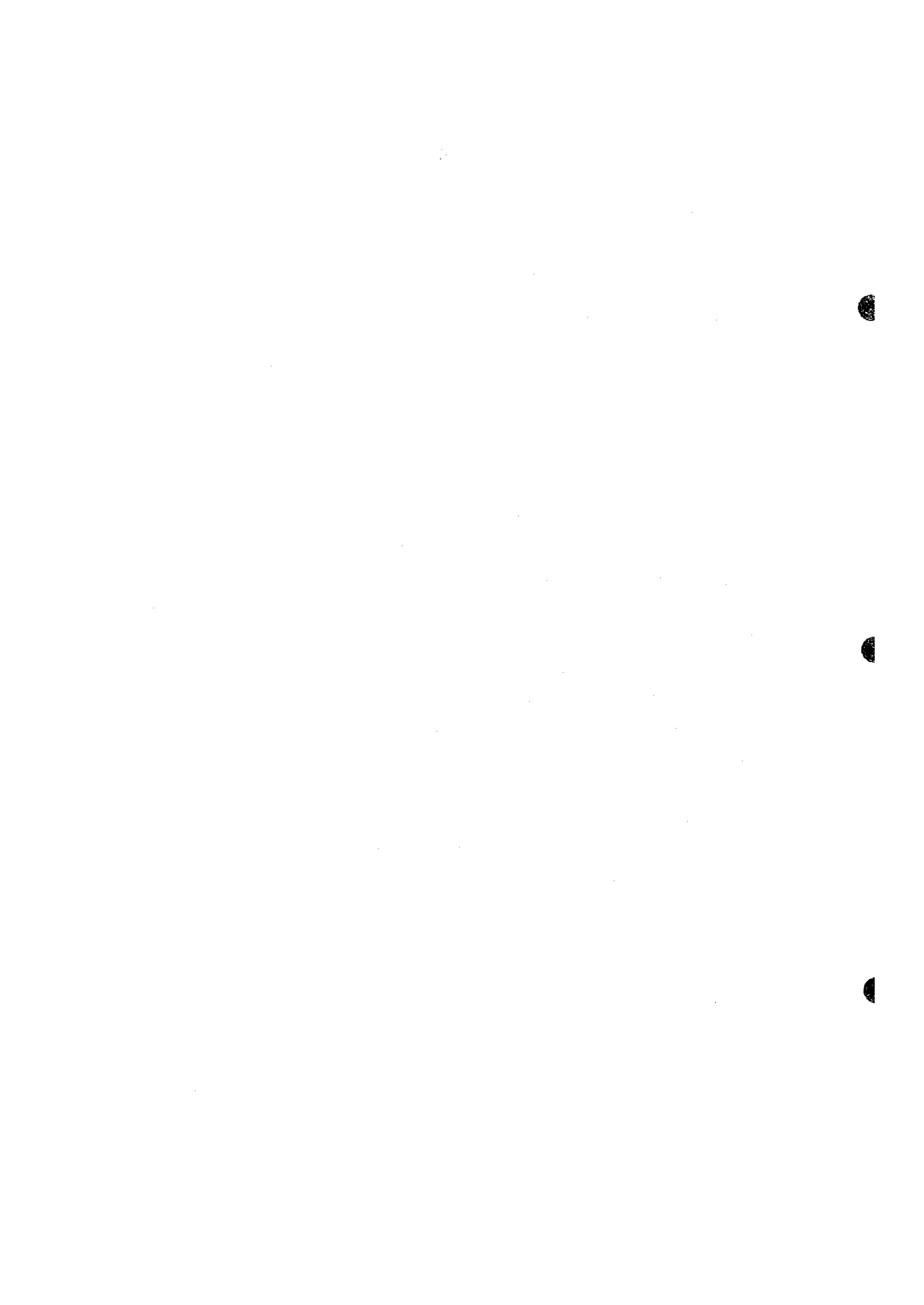
本年度は南バチナコースト地域資源開発協力基礎調査の第2年次にあたり、第1年次の結果に基づいてグザイン地区では物理探査とボーリング調査、サラミ地区、マハブ地区、ハラキラブ地区及びマケール地区では地質調査と物理探査を実施した。さらに、サラミ地区及びハラキラブ地区では物理探査の結果に基づいてボーリング調査を行った。また、ズーハ地区では地質調査を実施した。

グザイン地区で実施したNo.3鉱体の分布範囲を確認するための6孔のボーリング調査の結果、4孔で鉱体に着鉱し、No.3鉱体は東西約200m、南北約250mの楕円形の分布を示し、側方ではその厚さが急激に減じる半円盤状の形態を示すことが明かになった。

物理探査を実施した5地区のうち、サラミ地区とハラキラブ地区において有望な物探異常帯を検出した。これらの異常帯に対してそれぞれ2孔のボーリング調査を行った結果、サラミ地区では玄武岩岩脈の活動に伴って生成したものと考えられる強い黄鉄鉱の鉱染がコアのほぼ全体に認められ、ハラキラブ地区では強度な珪化及び粘土化変質を伴う黄鉄鉱の強い鉱染と網状脈が認められた。しかし銅の鉱化は弱く、塊状鉱を捕捉することはできなかった。上記の異常帯の他に、グザイン地区西部及びマケール地区において顕著な分極率異常がTDIP法調査によって抽出された。

ズーハ地区で行った地質調査では、銅鉱徴を伴う大規模なゴッサン、連続性のよい金属質堆積岩及び強い緑れん石化が確認されたことから、傾斜延長部であるゴッサンの東方に塊状硫化物鉱体の賦存が期待される。

以上の本年次の結果から、本地域の第3年次の調査として、塊状硫化物鉱床賦存の可能性が高いと考えられるグザイン地区の周辺部、マケール地区の周辺部及びズーハ地区において物理探査及びボーリング調査を行うことを提言する。



目 次

はしがき

調査地域位置図

要 約

目 次

第 I 部 総 論

第 1 章 序 論	1
1-1 調査の経緯及び目的	1
1-2 調査範囲及び作業の概要	1
1-3 調査団の編成	2
1-4 調査期間	5
第 2 章 調査地域の地理	6
2-1 位置及び交通	6
2-2 地形及び水系	6
2-3 気候及び植生	6
第 3 章 調査地域の既存地質情報	7
3-1 一般地質	7
3-2 鉱化作用及び鉱業略史	11
第 4 章 調査結果	16
4-1 地質調査	16
4-2 物理探査	16
4-3 ボーリング調査	17
第 5 章 結論及び提言	20
5-1 結 論	20
5-2 提 言	23

第Ⅱ部 各論

第1章 地質調査	25
1-1 調査の経緯及び目的	25
1-2 調査位置及び調査方法	25
1-3 地質調査の調査指針	25
1-4 地質調査結果	25
1-5 考察	40
第2章 TDIP法調査	45
2-1 調査の経緯及び目的	45
2-2 調査位置及び調査量	45
2-3 調査方法	45
2-4 解析方法	46
2-5 調査結果	49
2-5-1 物性測定	49
2-5-2 グザイン地区	52
2-5-3 サラミ地区	75
2-5-4 マハブ地区	109
2-5-5 ハラキラブ地区	129
2-5-6 マケール地区	159
2-6 考察	183
2-6-1 マハブ地区	185
2-6-2 マケール地区	185
第3章 TEM法調査	189
3-1 調査の経緯及び目的	189
3-2 調査位置及び調査量	189
3-3 調査方法	189
3-4 解析方法	192
3-5 調査結果	195
3-5-1 グザイン地区	195
3-5-2 サラミ地区	201
3-5-3 ハラキラブ地区	219

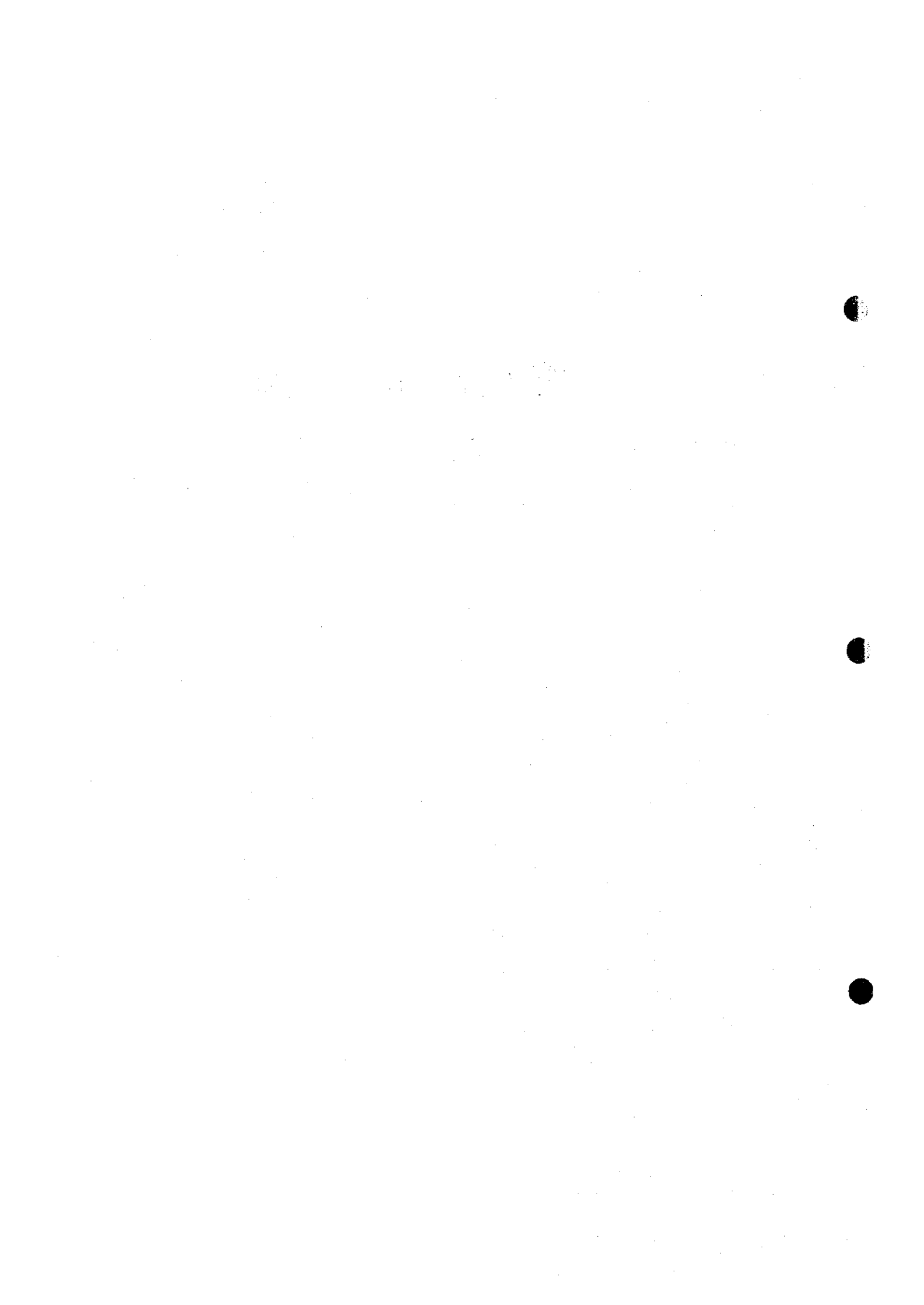
3-6 考察	257
3-6-1 グザイン地区	257
3-6-2 サラミ地区	257
3-6-3 ハラキラブ地区	269
第4章 ボーリング調査	273
4-1 調査の経緯及び目的	273
4-2 調査位置及び調査量	273
4-3 調査方法	273
4-4 ボーリング調査結果	273
4-4-1 グザイン地区	273
4-4-2 サラミ地区	284
4-4-3 ハラキラブ地区	285
4-5 考察	286
4-5-1 グザイン地区	286
4-5-2 サラミ地区	293
4-5-3 ハラキラブ地区	293

第Ⅲ部 結論及び提言

第1章 結論	303
第2章 将来への提言	308
参考文献	309
図表一覧	311
巻 末	



第 I 部 總 論



第1章 序論

1-1 調査の経緯及び目的

本調査は、日本国政府とオマーン国政府との間で平成9年6月17日付けで締結された作業協定 (Scope of Work) に基づいて、オマーン国南バチナコースト地域において実施する資源開発協力調査である。

本調査は、南バチナコースト地域に於いて地質状況及び鉱床賦存状況を解明することにより、新鉱床を発見することを目的とする。

本地域には塊状硫化物鉱床の存在が知られており、既に地表徴候のある既知鉱徴地を中心として、数々の探査が実施されてきた。しかしながら、それらは鉱徴地の極く近傍に限られており、全地域としてみれば極めて限られた範囲の探査が行われたのみである。これは対象となる地域が非常に広い範囲にわたって第四紀の堆積物に覆われていることが原因であり、従ってこの堆積物の下を如何に効率的に調査するかが本地域の探査の重要な課題である。

平成7年度及び8年度に実施された中央バチナコースト地域資源開発協力基礎調査の結果、グザイン地区において2ヶ所で塊状硫化物鉱体が捕捉された。さらに昨年度の南バチナコースト地域資源開発協力基礎調査(第1年次)によって同地区で3番目の塊状硫化物鉱体を捕捉した。この鉱体に着鉱したボーリング孔のうちMJOB-G30孔では、91.40mのコア長、平均銅品位2.68%を示した。これらの調査結果から、バチナコースト地域にはなお大規模な塊状硫化物鉱床が存在している可能性が高いことが証明され、継続した今後の調査の必要性が提言された。

1-2 調査範囲及び作業の概要

本調査の対象地域である南バチナコースト地域は、首都マスカット (Muscat) の西方に位置し、オマーン山脈とオマーン湾に挟まれた地域である。調査対象地域の位置図を Fig.1 及び Fig.2 に示す。

オマーンに分布する塊状硫化物鉱床は、キプロス型の銅鉱床で、主として玄武岩質の枕状溶岩からなる火山岩類中に層準規制を受けて胚胎する鉱床である。これまでのバチナコーストにおける3年間の調査結果から、次のような探査指針が得られた。

- 1) 本地域の塊状硫化物鉱床は層準規制を受けており、サマイル火山岩類中の下部火山岩の下部層 (V1-1) と上部層 (V1-2) の境界部に胚胎している。
- 2) 塊状硫化物鉱体の周辺には、鉱化変質として珪化と緑れん石化作用が顕著である。
- 3) 塊状硫化物鉱床と断層は、鉱床の生成において密接な関係を有している。
- 4) 下部火山岩類の金属質堆積岩が主として層状の磁鉄鉱からなり、それに銅の鉱化が認められる場合は、側方で塊状硫化物鉱体に漸移する可能性がある。

しかしながら、本地域は第四紀の堆積物に広く覆われていることから、鉱徴を地表で確認できる部分が限られている。そのため、本鉱床探査を効率的に行うための作業フローは次のとおりで

ある。

- 1) まず第一に地質調査による胚胎層準の追跡、鈳微地の抽出及び空中物理探査による磁気異常（鈳化作用にともなう磁性の消失）の抽出によって、探査ターゲットとなる地域を選定することである。
- 2) この選定された地域に対して地上物理探査を実施し、鈳床賦存ポテンシャルが高い地区を抽出する。
- 3) 地上物理探査の異常部についてボーリング調査を実施し、鈳床の存在を確認する。

このフロー中の地上物理探査については、第 1 段階は鈳化帯の把握のために TDIP 法、そして第 2 段階は鈳化帯からの鈳体の抽出のために TEM 法を用いることが最適である。さらにボーリング調査を効率的に行うためには、小ループ（50m×50m）による TEM 法調査を併用することが有効である。全体の探査フローを Fig. I-1-1 に示す。

本年度は南バチナコースト地域資源開発協力基礎調査の第 2 年次にあたり、第 1 年次の結果に基づいてグザイン地区では物理探査とボーリング調査、サラミ地区、マハブ地区、ハラキラブ地区及びマケール地区では地質調査と物理探査を実施した。さらに、サラミ地区及びハラキラブ地区では物理探査の結果に基づいてボーリング調査を行った。また、ズーハ地区では地質調査を実施した。本年度の物理探査、ボーリング調査及び地質調査の調査量、また室内試験の数量は、それぞれ Table I-1-1 及び Table I-1-2 に示す通りである。

1-3 調査団の編成

本調査の調査計画策定、折衝及び現地調査に参加した調査団員は、次の通りである。

(1) 調査計画策定及び折衝

(日本国側)

大迫 次郎 金属鈳業事業団海外部次長
上木 隆司 金属鈳業事業団海外部計画課課長代理

(オマーン国側)

Mohamed H. Kassim Al-Yafai Ministry of Commerce and Industry
Salim Omer Abdullah Ibrahim Ministry of Commerce and Industry

(2) 現地指導監督

菱田 元 金属鈳業事業団技術開発部
藤井 昇 金属鈳業事業団海外部計画課
片山 弘行 金属鈳業事業団技術開発部

Flow for massive sulphide deposits exploration in Batinah Coast

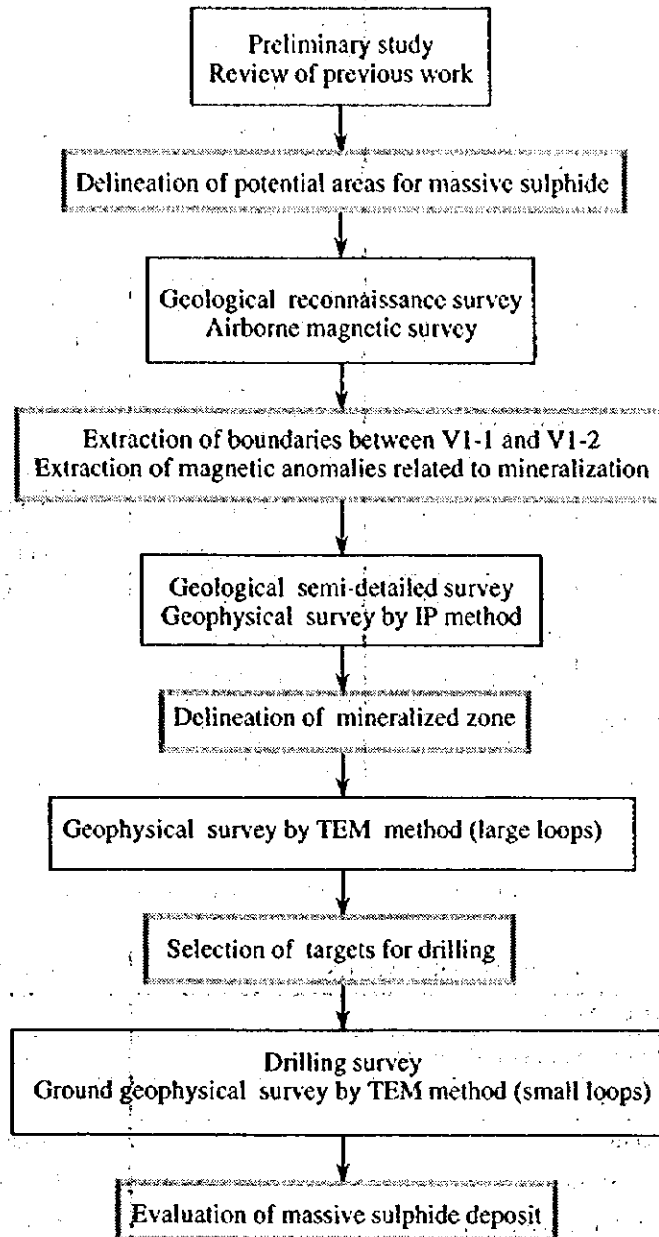


Fig. I-1-I - Flow for massive sulphide deposits exploration in Batinah Coast

Table I -1-1 Content and amount of work for Phase II

CONTENT AND AREA		AMOUNT OF WORK	
1. Geophysical Survey			
1) IP method		Total line length	Number of measurements
	Ghuzayn area	16.5 km	Total 4,484 points
	Mahab area	16 km	Total line length:
	Hara Kilab area	44 km	135.9 km
	Sarami area	44 km	
	Maqail area	15.4 km	
2) TEM method		Number of loops	Number of measurements
	Ghuzayn area	1 loops	Total 1,134 points
	Hara Kilab area	5 loops	Total length of loop:
	Sarami area	8 loops	33.6 km
3) IP tomography method		Total line length	Number of measurements
	Ghuzayn area	2.88 km	2,259 points
2. Drilling Survey			
		Total length	Grand total length
	Ghuzayn area	1,474.15 m	2,580.40 m
	Hara Kilab area	602.00 m	
	Sarami area	504.25 m	
3. Geological Survey			
		Survey route	
		54 km	

Table I -1-2 Laboratory work in Phase II

LABORATORY WORK	AMOUNT
1. Geophysical Survey	
1) Resistivity and polarizability measurement	33 samples
2. Drilling Survey	
1) Thin section	14 samples
2) Polished Section	13 samples
3) X-ray diffraction analysis	14 samples
4) Chemical analysis	
ore assay (6 elements: Fe,Cu,Zn,Ag,Au,Pb)	149 samples
3. Geological Survey	
1) Thin section	7 samples
2) X-ray diffraction analysis	7 samples
3) Chemical analysis	
ore assay (6 elements: Fe,Cu,Zn,Ag,Au,Pb)	23 samples

(3) 現地調査

(日本国側)

柴田 芳彰	三菱マテリアル資源開発㈱	総括,ボーリング調査,地質調査
田島 俊雅	三菱マテリアル資源開発㈱	物理探査
エスコバル太仁	三菱マテリアル資源開発㈱	物理探査
館原 秀博	三菱マテリアル資源開発㈱	物理探査
堀内 浩久	三菱マテリアル資源開発㈱	物理探査
佐々木 純一	三菱マテリアル資源開発㈱	物理探査
城森 信豪	三菱マテリアル資源開発㈱	物理探査
高橋 武春	三菱マテリアル資源開発㈱	物理探査
遠藤 晋	三菱マテリアル資源開発㈱	物理探査

(オマーン国側)

Salim Omer Abdullah Ibrahim Ministry of Commerce and Industry 総括

Durair Ismail Ali A'Shaikh Ministry of Commerce and Industry 地質調査

Saeed Bin Monsher Bin Atti Ba-lhaf Ministry of Commerce and Industry 物理探査

1-4 調査期間

本調査に伴うオマーン国での調査の期間は、以下の通りである。

(1) 現地計画策定及び折衝

平成 10 年 9 月 25 日～平成 10 年 9 月 30 日

(2) 現地指導監督

平成 10 年 11 月 15 日～平成 10 年 12 月 4 日

平成 10 年 12 月 10 日～平成 10 年 12 月 23 日

(3) ボーリング調査

平成 10 年 9 月 28 日～平成 11 年 1 月 27 日

(4) 物理探査

平成 10 年 10 月 1 日～平成 11 年 1 月 15 日

(5) 地質調査

平成 10 年 9 月 28 日～平成 10 年 11 月 21 日

第2章 調査地域の地理

2-1 位置及び交通

オマーン国は、アラビア半島の南東端に位置し、約 30 万 km² の面積を有する。人口は約 200 万人で、首都はマスカット (Muscat) である (Fig.1)。

本調査対象地域は、この首都マスカットの西に位置し、オマーン山脈及びオマーン湾に平行する面積約 2,900km² の範囲である。本地域の中心位置はほぼ北緯 23° 50' , 東経 57° 00' である。

首都マスカットから本地域の中央部に位置するカブラ (Al Khaburah) までは、海岸線を走る国道 1 号線を用いて 170km、車で約 2 時間を要する。

2-2 地形及び水系

調査対象地域はオマーン山脈のすそ野を形成する標高 100m から 1,000m の丘陵地とオマーン湾に沿う海岸平野 (バチナ海岸平野) からなる。

枯れ川であるワジはバチナ海岸平野をほぼ南北に流れ、南の丘陵地からオマーン湾に流れ込んでいる。主要なワジは東から西に、Wadi al Hawqayn, Wadi Mabrah, Wadi Halhal, Wadi al Hawasinah, Wadi Shafan, Wadi Sarami, Wadi Sakhin 及び Wadi al Hilti である。

2-3 気候及び植生

バチナ海岸平野の気候は半乾燥気候であるものの、オマーン山脈によって砂漠地方から切り離されているため高温多湿型の性格も併せ持っている。海から来る湿気がオマーン山脈に止められるため、冬季には山間地においては通常雨が降る。この雨は海岸平野に地下水を供給することから、そこではライム、マンゴ、タバコ等のオマーンの代表的な農作物の他に、多くの野菜や果物が栽培されている。しかし、耕作地を除くと植生は極めて乏しく、ワジの中及びその周辺部にアカシア等の疎らな植生が認められるのみである。

気温は夏期 (4 月から 10 月) には最高気温が 40°C、ときには 50°C に達し、湿度も日中で 40%、夜間には 100% 近くまで達する。しかし冬期 (11 月から 3 月) には最高気温は 25°C 前後まで下がる。

第3章 調査地域の既存地質情報

3-1 一般地質

オマーン北部の地質は、Fig.I-3-1 に示すように、概略的には南から海側に向かって原地性から準原地性である先後期二畳紀の堆積性基盤岩及びハジャー（Hajar）ユニット、ハワシナ（Hawasina）ナッペ（原地性である基盤の上位に衝上した異地性岩体）及びサマイル（Samail）ナッペ、原地性である第三紀の後ナッペユニット及び第四系からなる。

これらのうち本地域に分布するのは、ハワシナナッペ、サマイルナッペ、後ナッペユニット及び第四系である。

ハワシナナッペは、本調査地の中央部から北部にかけて局部的に分布する後期二畳紀～ジュラ紀のハムラット・ドウル（Hamrat Duru）層群、及び調査地域の中央部にわずかに分布する三畳紀のウマール（Umar）層群からなる。ハムラット層群は石英砂岩・頁岩・チャート・石灰岩・玄武岩・安山岩・ケラトファイアー、ウマール層群はチャート・石灰岩・角礫岩からなる。

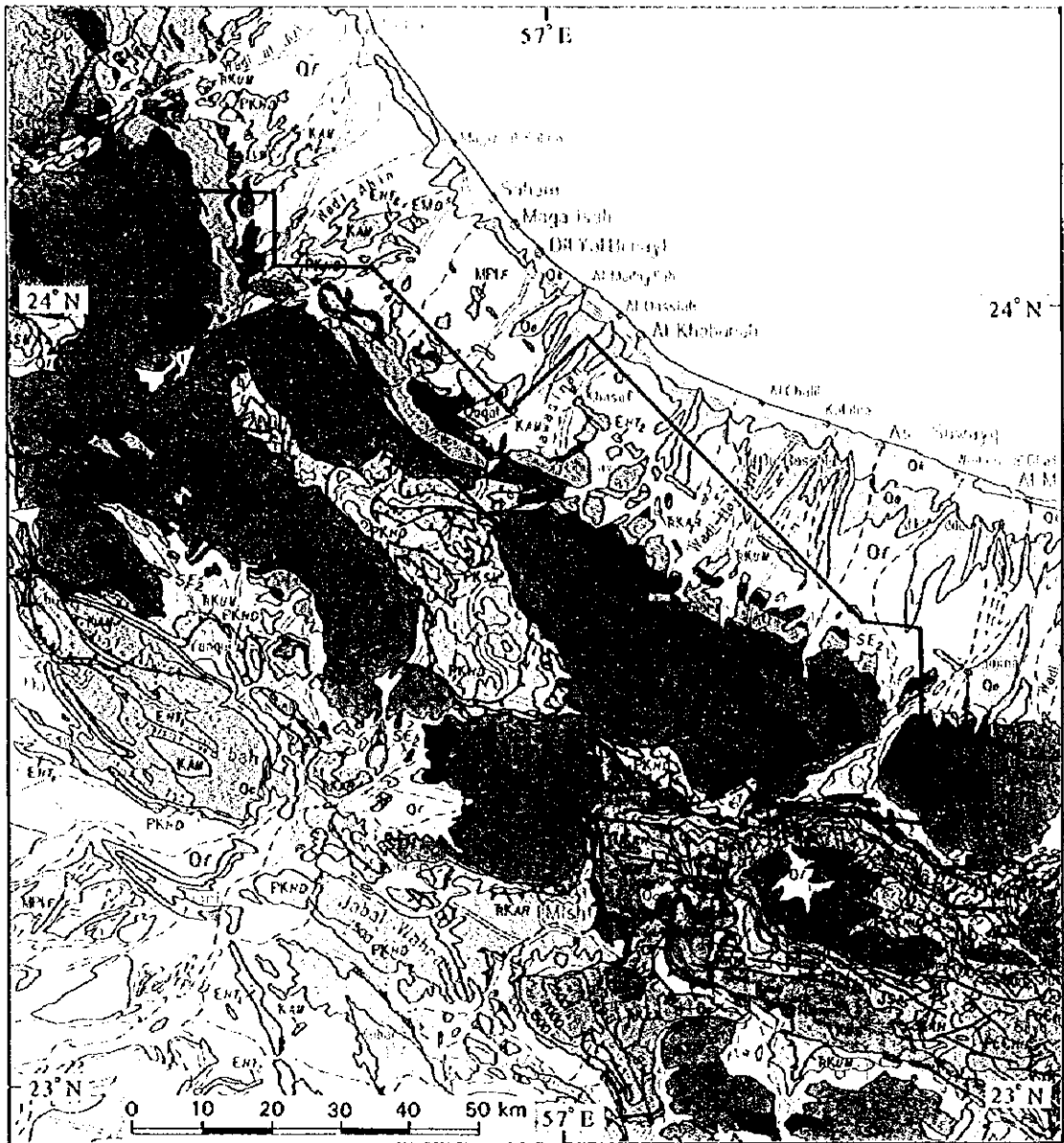
サマイルナッペは調査地域の大部分を占めて分布しており、主にオフィオライト（海洋地殻起源）からなる。オフィオライトは、最下位に変成岩層を持ち、下位からテクトナイト（ハルツバージャイト）、ダナイト、ガブロ、シート状岩脈群及び下部火山岩類からなる初期火成活動シーケンスと、ウェーライト・ダナイト・斑れい岩・トロニエマイト・花崗岩及び上部火山岩類からなる後期火成活動ユニットからなる。

後ナッペユニットは白亜紀最上部のアルマ（Aruma）層及び第三紀のハドラムット（Hadhramut）層からなり、調査地域の東縁から北縁のパチナ海岸平野の南部に線状に分布する。アルマ層はポリクティック角礫岩及び泥灰岩からなり、またハドラムット層は石灰岩・炭酸塩岩・泥灰岩からなる。

第四系は、中央部から東縁ないし北縁に広く分布する扇状地堆積物、段丘堆積物、河川堆積物及び崩壊性堆積物からなる。

本調査対象地域の地質構造は、ハワシナナッペ及びサマイルナッペが先後期二畳紀の堆積性基盤岩及びハジャーユニットとともに、白亜紀後期にアラビア盾状地に付加されるときに形成された積重構造を主要構造とする。第三紀の後ナッペユニット及び第四系はその後にパチナコーストに下位とは不整合関係で堆積した。多くの衝上断層が発達しており、第三紀以前の積重構造の境界部を形成するとともに、積重構造を形成する原地性及び異地性のブロックをスライスしている。さらに高角断層が良く発達し、各ブロックを切り、地質的境界を転移させている。これら断層は主に第三紀以前に形成されたものである。





SURFICIAL DEPOSITS

Quaternary

- Or** Alluvial deposits
- On** Coastal deposits

SEDIMENTARY COVER

End Cretaceous - Tertiary

- MPF** MIOCENE FLOCCENS Upper Fans Group Shelf facies
- EMD** LATE EOCENE - EARLY OLIocene Dhufar Group Shelf facies
- ENT** LATE EOCENE Upper Ma'abirah Group Shelf facies
- EMD** EARLY MIOCENE EOCENE Middle Ma'abirah Group Shelf facies
- EMD** Lower Ma'abirah Group Shelf facies
- KAM** END CRETACEOUS Anzuma Group Shelf, slope and basin facies

SAMAL OPHIOLITE

Middle - Late Cretaceous

- LATE MAGMATIC UNIT** Upper intrusions
- Intrusions - Peridotite ophiolite**
- EARLY MAGMATIC SEQUENCE** Shallow dyke complex and Lower intrusions
- Composite and High level gabbro**
- Dunite**
- MANTLE SEQUENCE** Textured by diapirism

SURFICIAL AND HAWASSIA NAFFES

Late Permian - Late Cretaceous

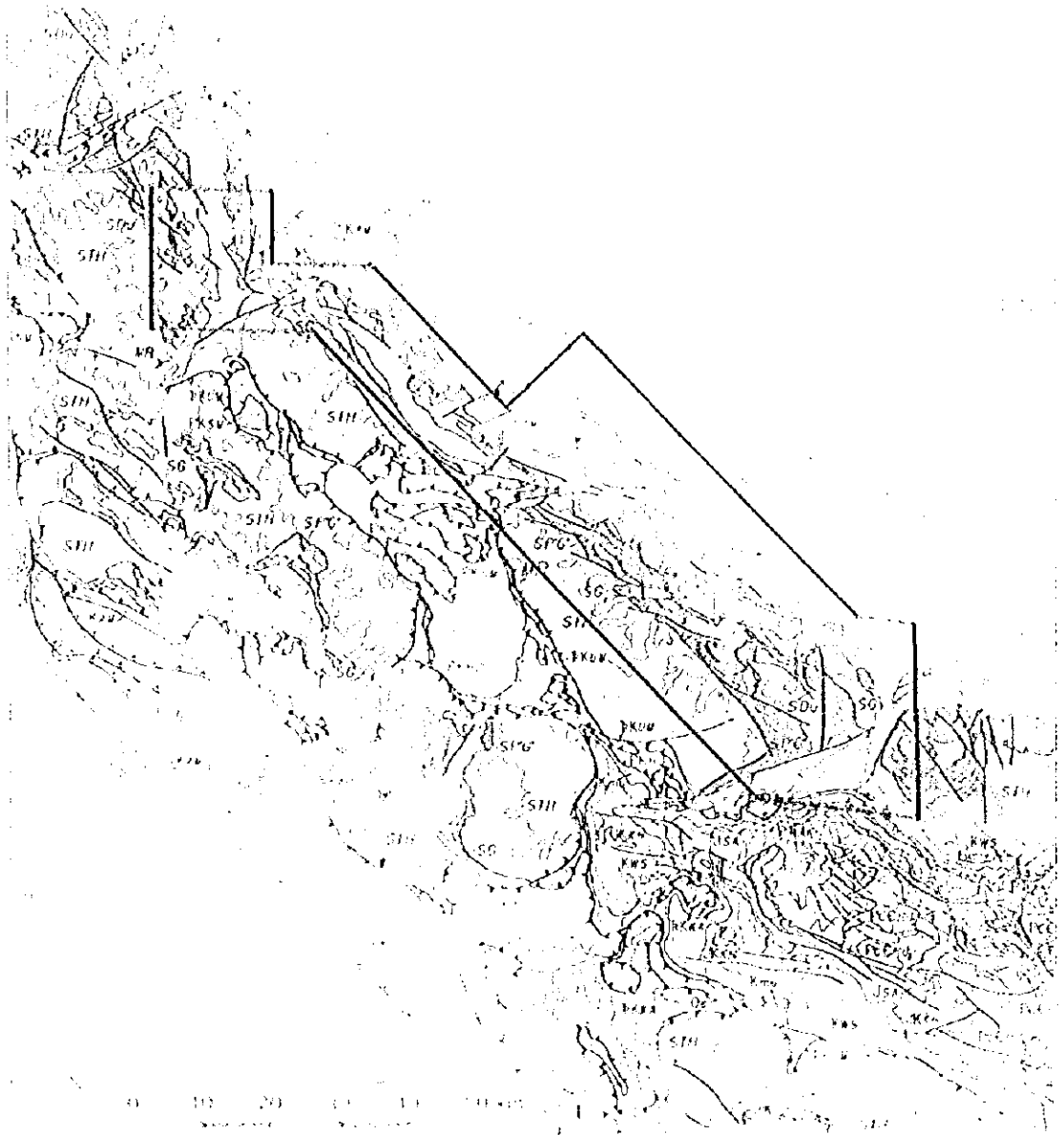
- TRASSIC CRETACEOUS** Umm Group Volcanic rocks, basin facies
- TRASSIC CRETACEOUS** Kawa Group Volcanic rocks, platform facies
- LATE PERMIAN - LATE CRETACEOUS** Al-Hamad Group Volcanic rocks, basin facies
- LATE PERMIAN - JURASSIC** Bad' Formation Shelf facies
- TRASSIC - LATE CRETACEOUS** Al-Rasaf Group Volcanic rocks, slope facies
- LATE PERMIAN - EARLY CRETACEOUS** Sura Group Shelf facies

Geological symbols

- Contact
- - - Fault - Dashed where inferred
- Normal Fault - Saw tooth convex up
- Strike-slip Fault - Reverse fault

Ministry of Petroleum and Minerals (1993)

Fig. I-3-1 Geologic map of the South Batinah Coast area



Map 10. Geological Map of the ...

Geological Survey of India, Bangalore



3-2 鉱化作用及び鉱業略史

3-2-1 鉱床概要

本地域の探査ターゲットである銅の鉱床及び鉱微地について、そのタイプと胚胎位置との関係を模式的に示したものが Fig.I-3-2 である。このような鉱床タイプのうち、本地域で経済性が期待できる塊状硫化物鉱床について以下に述べる。

オマーン山脈地域に見られる塊状硫化物鉱床は、いずれもサマイル火山岩類を構成する下部火山岩類中に位置し、層準規制を受けている。鉱床は、形態及び構成鉱物の特性より、大洋底で生成したキプロス型の銅鉱床と考えられている。

オマーン山脈地域に分布する代表的なキプロス型の銅鉱床としては、ソハール (Sohar) 地域のラセイル (Lasail) 鉱床、アアジャ (Aarja) 鉱床及びベイダ (Bayda) 鉱床、ラカー (Rakah) 地域のラカー鉱床及びハイル・アス・サヒル (Hayl as Sahil) 鉱床、それに本資源開発協力調査で発見したグザイン (Ghuzayn) 鉱床が挙げられる。

グザイン鉱床のこれまでの調査結果に基づいて、その地質構造及び鉱化変質の特徴を模式的に示したものが Fig.I-3-3 である。この図に示すように、鉱体部には以下のような地質構造及び鉱化変質の特性が認められる。

地質構造特性

- (1) 鉱体は下部火山岩類の下部噴出岩類 (V1-1) と上部噴出岩類 (V1-2) の境界部に賦存する。
- (2) 鉱体の片側は鉱体生成前の断層によって境されており、その断層付近で鉱体の厚さが最も厚い。
- (3) 鉱体は側方部では堆積構造を持ち、磁鉄鉱に富む金属質堆積岩に漸移する。

鉱化変質特性

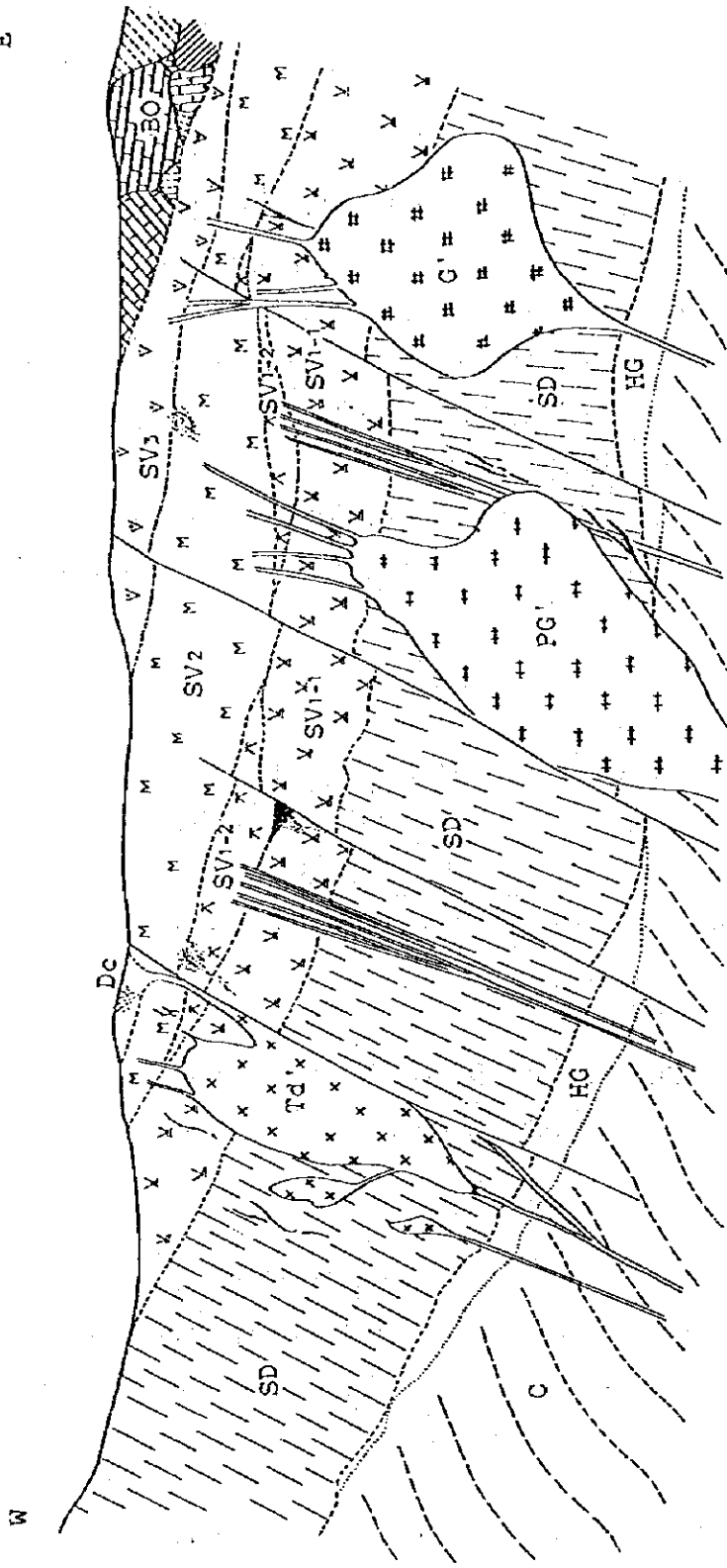
- (1) 鉱化変質は珪化、Mg 緑泥石 (Chlinochlore) 化及び緑れん石化からなる。
- (2) これらの変質は鉱体に近いほど強く、下盤側でより強い。

3-2-2 鉱業略史

オマーン国北部のオマーン山脈地域は、メソポタミアの時代には銅の主要な生産地であったことが知られている。この古代の銅の採掘、製錬はイスラム時代初期の西暦 940 年頃まで続いたと伝えられている。この時代に稼行された銅の鉱床は、現在のラセイル鉱床やラカー鉱床と推定され、現在でもこの地域でこの時代のもと考えられる多量のスラッグや製錬跡を見ることができる。

オマーン山脈地域において銅鉱床を主な対象とする近代的な探査は、1960 年代にカナダの Prospection Ltd.により始められ、現在知られているソハール地域のラセイル鉱床、ベイダ鉱床、アアジャ鉱床やラカー地域のラカー鉱床に対してこの時期にボーリング調査を含む探査が実施さ

E



- | | | | |
|---------|-----------------------|-------|---|
| C : | Cumulate sequence | PG' : | Peridotite and gabbro complex |
| HG : | High-level gabbro | Td : | Trondhjemite |
| SD : | Sheeted-dyke complex | M : | Massive type mineralization |
| SV1-1 : | Lower extrusives 1 | / : | Vein type mineralization |
| SV1-2 : | Lower extrusives 2 | ⊗ : | Stockwork/dissemination type mineralization |
| SV2 : | Middle volcanic rocks | | |
| Dc : | Dacite | | |
| SV3 : | Upper volcanic rocks | | |
| BO : | Batinah olistostrome | | |
| G' : | Gabbro | | |

Fig. I -3-2 Schematic geologic model in Batinah Coast

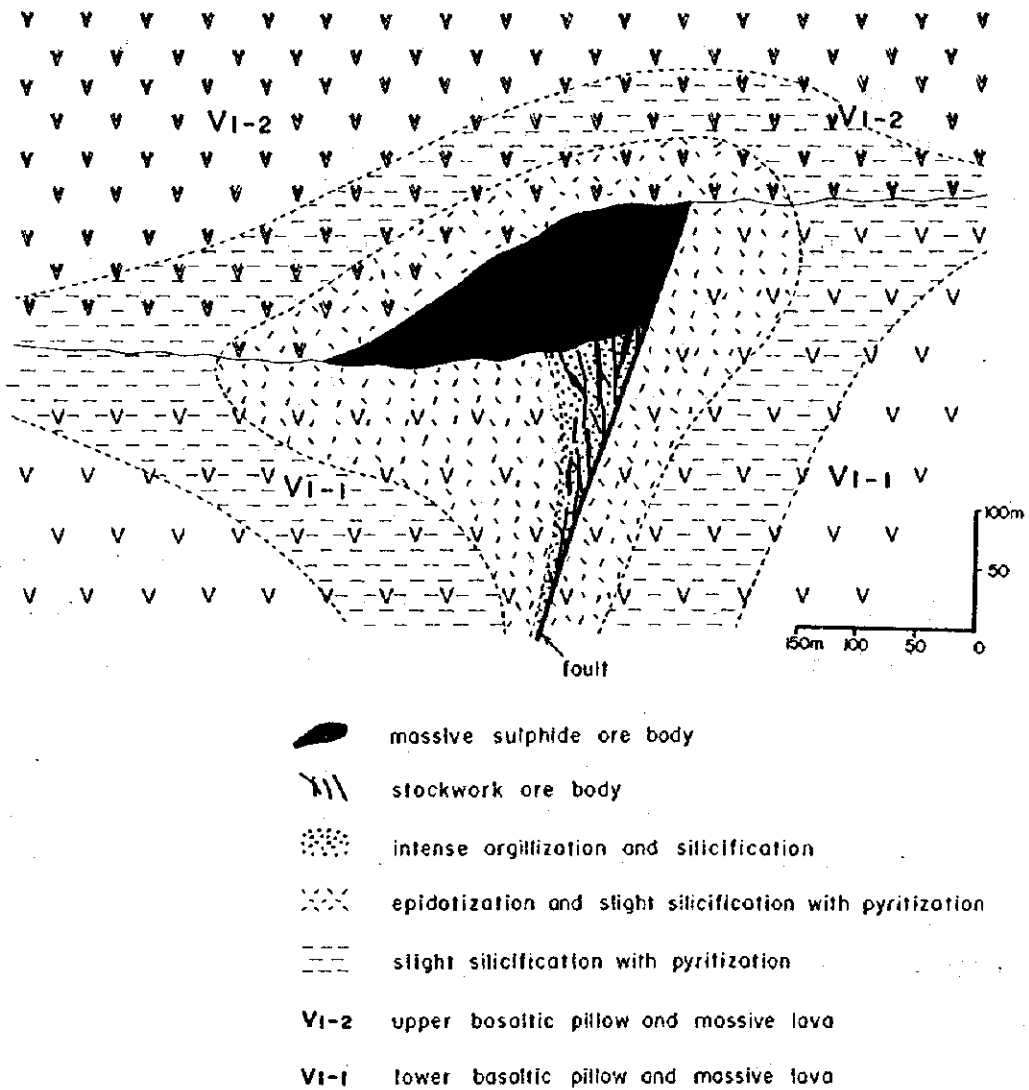


Fig. I-3-3 Schematic model of massive sulphide deposits in Ghuzayn area

れ、鉱床の賦存が確認された。

1970年代にはオマーン国政府は、Prospection Ltd.の所有していた利権を買収し、ソハール地域の鉱山開発に着手した。この結果1983年、オマーン国政府の全額出資により設立されたOMCO（オマーン国営鉱山社）によりラセイルとベイダの両鉱山及びソハール銅製錬所の操業が開始された。この製錬所の能力は、銅地金24,000t/年である。

オマーン政府は、このソハール製錬所に対し原料の安定供給を図るため、1984年に国際入札によりソハール製錬所を中心とする8,000 km²の範囲に対する銅鉱床探査を大手開発(株)に発注した。調査は1987年までの4年間実施され、既知鉱床周辺において新たに鉱量を獲得するとともに、多くの鉱徴地を確認した。

一方、フランスのBRGMは、1983年にオマーン国政府より北部オマーン山脈地域に対する地質図幅作成調査プロジェクトを受注し、1985年までの間実施した。この図幅調査中オマーン山脈の西麓に位置するハイル・アス・サヒル(Hayl as Sahil)部落近くで大規模なゴッサン帯を発見すると共に、幾つかの鉱徴地を確認した。

1985年にはオマーン国政府は、図幅作成調査中に発見された主要な13ヶ所の銅の鉱徴地に対する調査をBRGMに発注し、1986年までの間物理探査及びボーリング調査が実施された。この結果ハイル・アス・サヒル部落近くのゴッサン帯において塊状硫化物鉱床の賦存を確認した。なお、本協力基礎調査の対象地区内に位置するマハブ(Mahab) 6、マフムーン(Mahmum)、ビルモーセン(Bir Mohsen)、グザイン、ブワイリク、ダリス西部、ダリス3A5及びダリスの各鉱徴地は、この13の鉱徴地に含まれる。

1988年には、ハイル・アス・サヒル鉱床とラカー鉱床の開発の可能性を明らかにするため、オマーン国政府はその調査を日本政府に要請した。この要請に対して日本政府は、国際協力事業団及び金属鉱業事業団を通じて、この地域に対して資源開発協力基礎調査・地域開発計画調査を実施し、その開発の可能性を調査した。

一方、OMCOは、ラセイル、ベイダ両鉱床の鉱量が枯渇してきたことから、ソハール製錬所への原料供給のため1988年にソハール地域のアアジャ鉱床の開発に着手したが、1993年にはこの鉱床も終掘しており、現在は海外からの買鉱により操業を続けている。終掘した各鉱床の総生産量と品位を以下に示す。

鉱山名	総生産量	品位
ラセイル(Lasail)鉱山	9,183,677t	1.42%
アアジャ(Aarja)鉱山	2,561,887t	0.97%
ベイダ(Bayda)鉱山	790,891t	1.60%
ラセイル西(Lasail West)鉱山	434,478t	1.02%

このような背景よりオマーン国政府とOMCOは、引き続き国内鉱山開発のため精力的に探鉱

活動を実施している。特に、ハイル・アス・サヒル鉱床に対しては、重点的に探鉱を実施しており、これまでに既知鉱床の周辺部でアルジャディード (Al Jadeed)、アルアスガー (Al Asghar)、アルビシャラ (Al Bishara) という 3 つの衛星鉱体を確認している。これらの探査によって捕捉された鉱量は、ハイル・アス・サヒル鉱床とその衛星鉱体及びラカー鉱床を併せて合計約 11 百万 t、銅平均品位 1.44%、金平均品位 0.73g/t である。

また、1994 年にはラカー鉱床の地表部のゴッサンを対象としてラカー金鉱山が操業を開始し、年間 500kg の金を生産している。このラカー金鉱床とハイル・アス・サヒル鉱床の衛星鉱体であるアルビシャラ鉱床のゴッサン部を合計した確認鉱量は 895,042 t で、その金品位は 5.23g/t である。

さらに、これまで実施した探鉱結果の見直しを行うため、オマーン国政府はオマーン山脈北東側の地域に対して 1990 年より 1992 年までヘリコプターによる空中磁気探査を実施し、鉱化作用に関連する磁気異常帯の抽出を行った。この結果に基づいた物理探査を主とする調査が 1995 年から開始され、本協力調査もその一環として位置付けされている。

第4章 調査結果

4-1 地質調査

昨年度の地質調査の結果、有望であると判断されたサラミ地区、マハブ地区、ハラキラブ地区及びマケール地区の周辺部において探査指針に基づく地質調査を行い、物理探査を行う必要のある範囲の選定を行った。各地区の地質調査の結果は以下のとおりである。

サラミ地区では、下盤である V1-1 層中に各所で銅の鉱化作用が認められ、北部では上盤の V1-2 層分布域に小規模なゴッサンを伴う広い珪化帯が存在することが明かになった。この珪化帯に隣接する V1-1 層中に強い緑れん石化も認められた。また一部の金属質堆積岩には磁鉄鉱と酸化銅を伴うものも認められた。

ハラキラブ地区では、古代に銅鉱石の採掘・製錬が行われた鉱山跡が 2 箇所存在し、中央部には部分的にゴッサン化した珪化帯が広く分布している。南部のマハブ村に近いところでは鉱山跡付近同様に強い緑れん石化を伴う V1-1 層が認められた。

マケール地区には磁鉄鉱を多く含む厚い金属質堆積岩が発達しており、地区中央部を南北に走る断層に沿ってゴッサン化が認められる。これら金属質堆積岩およびゴッサン中には銅の鉱化が認められる。北部の金属質堆積岩が厚く発達しているところでは V1-1 層中に強い緑れん石化が認められる。

マハブ地区では、磁鉄鉱を多く含む金属質堆積岩が存在し、V1-1 層中にはやや強い緑れん石化が認められるところがある。しかし、断層によって切られているため、鉱床の賦存が期待できる範囲は限られている。

ズーハ地区にはグザイン地区のゴッサンとほぼ同規模のゴッサンが存在し、その周辺には酸化銅が多く生成している部分が認められ、古代の製錬跡も存在する。V1-1 層中に強い緑れん石化が認められるところがあり、連続性のよい金属質堆積岩も発達していることから、鉱床賦存の可能性は高いと考えられる。地質構造はやや複雑で、衝上断層、正断層、褶曲が認められた。

4-2 物理探査

物理探査手法として精査地区を抽出するために TDIP 法、その精査地区内における鉱化範囲の絞り込みとボーリング地点の選定のために TEM 法を用いた。

TDIP 法は分極率と比抵抗の 2 つのパラメーターを同時に測定できることから、分極率異常を作った低比抵抗異常（メタルファクター異常部）部の平面的分布域を抽出でき、その拡がりから鉱化作用が及んでいる地域（鉱化帯）を推定できる。しかし、測線に沿った探査であるために測線下のみならず側方からの影響をも受け、異常体の位置の特定及びその特性の把握に限界があり、ボーリング地点を決定するためにはさらに精度の良いデータを取得する必要がある。

これに対して、TEM 法は比抵抗に関するデータが得られるのみであるが、側点直下からの応答が得られ、かつ電導体に対する感度が高いため、比抵抗異常体の位置を特定するのに優れてい

る。したがって、TDIP法で抽出される高メタルファクター異常部に対してTEM法による調査を実施することにより、塊状硫化物鉱体が分布する可能性を示す低比抵抗異常部の位置を精度良く把握することができる。

4-2-1 TDIP法調査

TDIP法調査はグザイン地区、サラミ地区、マハブ地区、ハラキラブ地区及びマケール地区において鉱化帯の抽出を目的として行った。

グザイン地区では、グザイン No.3 鉱体の北西約 1km において、顕著な高分極率異常帯（A'Ruwydhat IP 異常帯）が抽出されたが、この異常帯中には顕著な低比抵抗異常は検出されなかった。

サラミ地区では、北部に広範囲の非常に高い分極率異常（Omah No.1 IP 異常帯）が抽出され、その南方にも小規模な高分極率異常（Omah No.2 IP 異常帯）が検出された。これらの異常帯はやや低い比抵抗値を示す部分を伴っており、その部分のメタルファクターは極めて高い値を示した。

ハラキラブ地区では、中央部に低比抵抗異常を伴う顕著な高分極率異常帯（Dhahwa IP 異常帯）が検出された。この異常帯も高いメタルファクター値を示した。

マケール地区では、中央部に南北方向に連続する顕著な高分極率異常が認められるが、この異常域内には低比抵抗異常が検出されなかった。

マハブ地区では鉱化作用に起因すると考えられる異常は認められなかった。

4-2-2 TEM法調査

TDIP法調査で異常が検出されたグザイン地区、サラミ地区及びハラキラブ地区で合計 14 ループのTEM法調査を実施した。

グザイン地区ではA'Ruwydhat IP 異常帯に対してTEM法調査を実施したが、TEM異常は検出できなかった。

サラミ地区ではOmah No.1 IP 異常帯の中央部と西部の2ヶ所に、またハラキラブ地区においてはDhahwa IP 異常帯の中央部で鉱化作用に起因すると考えられるTEM異常が検出された。

4-3 ボーリング調査

グザイン地区、サラミ地区及びハラキラブ地区の3ヶ所でボーリング調査を行った。

グザイン地区では、グザイン No.3 鉱体の分布範囲を確認するために6孔のボーリング調査を実施した。その結果、4孔で鉱体に着鉱し（Table.I-4-1）、No.3 鉱体は東西約 200m、南北約 250mの規模で、側方ではその厚さが急激に減じる半円盤状の形態を示していることが明らかになった。昨年度と本年度で着鉱した8孔のボーリング結果から計算したNo.3 鉱体の概算推定鉱量は約800万tで、その平均銅品位は1.4%である。

Table I -4-1 Summary of drilling results in Ghuzayn area

Ore Body Name	Bore Hole NO.	Type of Ore	Depth (m)		Thickness (m)	Average Grade	
			from	to		Cu%	Zn(%)
Ghuzayn Ore Body No.3	(Phase II: 1998)						
	MJOB-G35	massive sulphide	127.25	133.35	6.10	0.80	0.04
	MJOB-G36	massive sulphide	177.00	231.25	54.25	1.14	0.05
	MJOB-G37	massive sulphide	255.05	259.15	4.10	1.59	0.08
	MJOB-G39	massive sulphide	188.05	188.95	0.90	0.84	0.09
	(Phase I: 1997)						
	MJOB-G30	massive sulphide	110.40	201.80	91.40	2.68	0.01
		massive sulphide (high grade part)	114.40	126.40	12.00	7.71	0.01
	MJOB-G31	massive sulphide	109.30	181.30	72.00	1.66	0.04
		stockwork	181.30	213.25	31.95	0.27	0.01
	MJOB-G32	massive sulphide	169.35	209.00	39.65	1.13	0.05
	MJOB-G33	stockwork	223.20	230.95	7.75	0.70	0.04
	massive sulphide	230.95	247.40	16.45	0.83	0.06	

サラミ地区では、TEM 異常に対して 2 孔のボーリング調査を実施した結果、強度の黄鉄鉱の鉄染及び微脈が岩脈中及び上部層（V1-2 層）中に発達していることが明らかになった。

一方、ハラキラブ地区の Dhahwa IP 異常帯中の TEM 異常に対して実施した 2 孔のボーリング調査では、2 孔とも V1-2 層中における強度の鉄化作用の存在を確認した。この鉄化作用は、強い珪化と粘土化を伴う強度な黄鉄鉱化で、黄鉄鉱の鉄染と微脈を主とするが、部分的には黄銅鉄も伴うことを確認した。

第5章 結論及び提言

5-1 結論

本年度の調査結果は以下のように結論付けられる。

(1)グザイン地区

グザイン No.3 鉱体について実施したボーリング調査によって、本鉱体は東西約 200m、南北約 250mの規模を有し、側方ではその厚さが急激に減じる半円盤状の形態を示していることが明らかになった (Fig.I-5-1)。昨年度と本年度で着鉱した 8 孔のボーリング結果から計算した No.3 鉱体の概算推定鉱量は約 800 万 t で、その平均銅品位は 1.4%である。

グザイン地区西部で IP 法調査によって検出された A'Ruwydhat IP 異常帯は、TEM 法調査では顕著な異常は検出されなかったが、地表に銅鉱化を伴う珪化帯及び石英脈が認められること、分極率が非常に高いことから、ストックワーク鉱の賦存が期待できる。

(2)サラミ地区

IP 法調査で 2 ケ所の異常帯 (Omah No.1 及び No.2 IP 異常帯) を検出し、そのうちの Omah No.1 IP 異常帯の中央部と西部に TEM 高異常部が抽出された。この TEM 高異常は、ボーリング調査の結果から、岩脈の貫入に関連して生成したものと考えられる主として黄鉄鉱からなる鉱化部に対応するものであることが明らかになった。

(3)ハラキラブ地区

IP 法調査によって本地区の中央部に検出された Dhahwa IP 異常帯中に顕著な TEM 高異常部が抽出された。この異常に対するボーリング調査では、V1-2 層中に黄銅鉱を一部に伴う黄鉄鉱の強い鉱染と多数の微脈が認められた。しかしこの鉱化作用は、ターゲットとしている塊状硫化物鉱を生成した鉱化作用より後期の鉱化作用によるものと考えられる。

また、最南部にもやや高い分極率異常が IP 法調査によって検出されており、この付近の V1-1 層は強い緑れん石化を受けており、銅の鉱徴も認められることから、近傍に鉱床の賦存が期待できる。

(4)マケール地区

IP 法調査によって中央部に南北方向に連続する顕著な高分極率異常が検出されたが、この異常域内には低比抵抗異常が検出されなかった。しかし、この高分極率異常及び地表の鉱徴から、近傍に鉱床の賦存が期待できる。

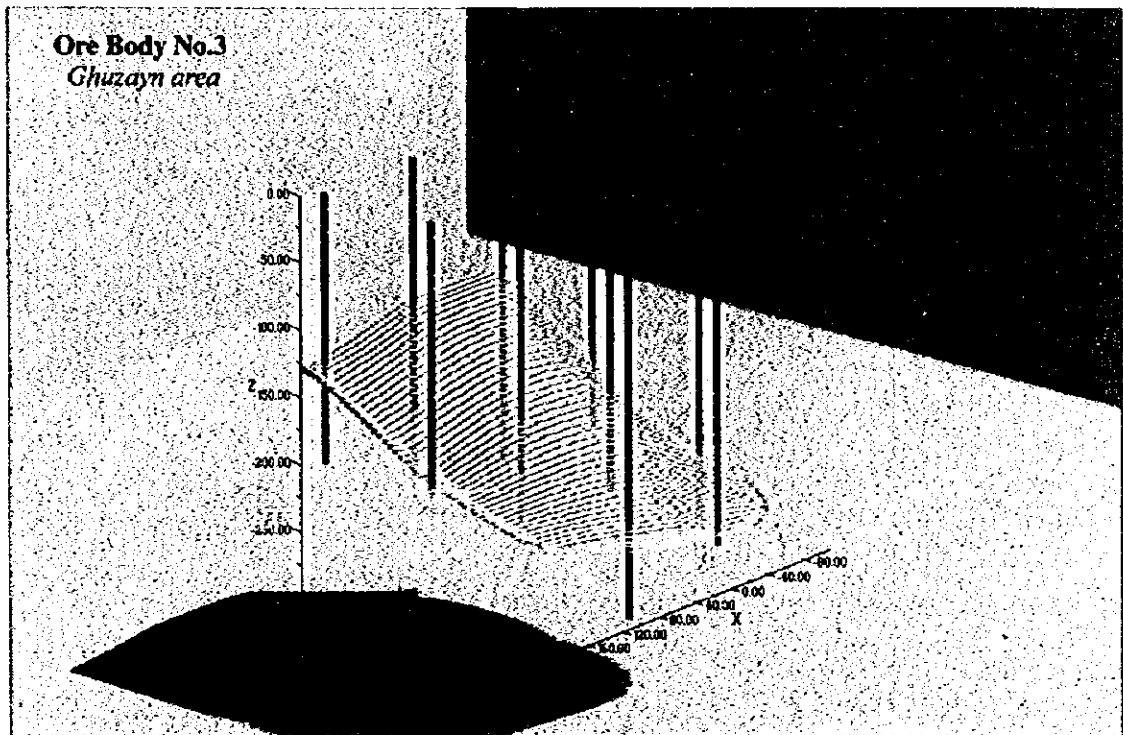
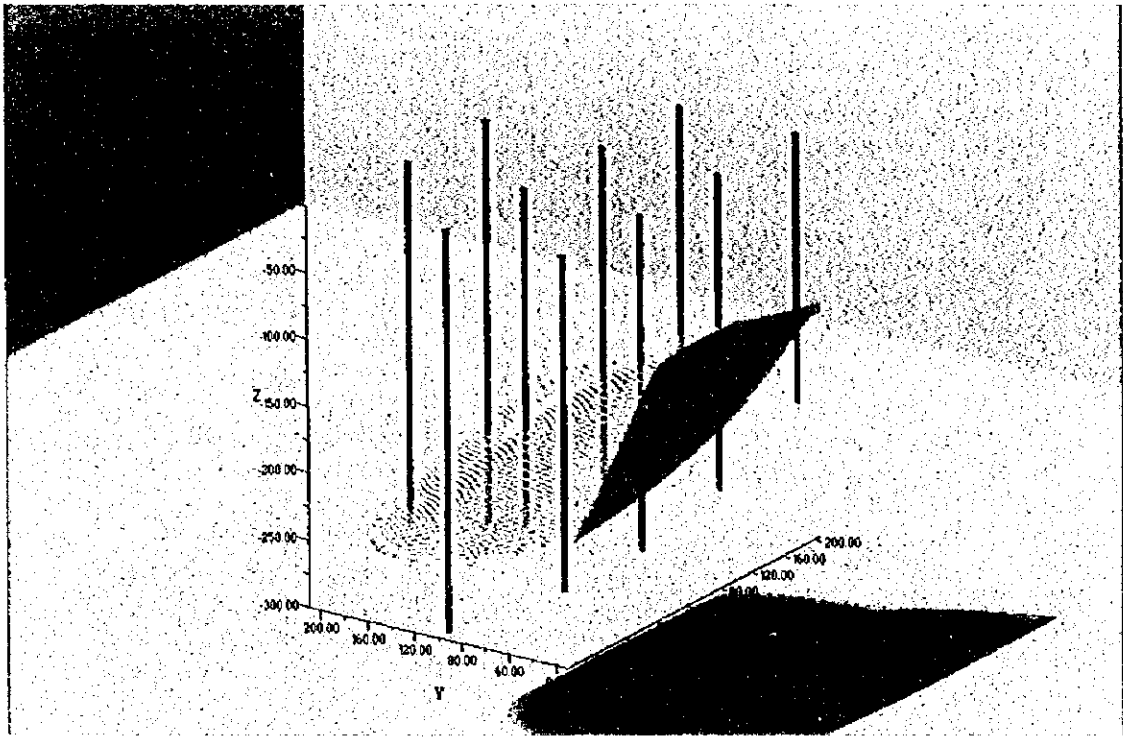


Fig. I -5-1 Schematic view of Ghuzayn Body No.3

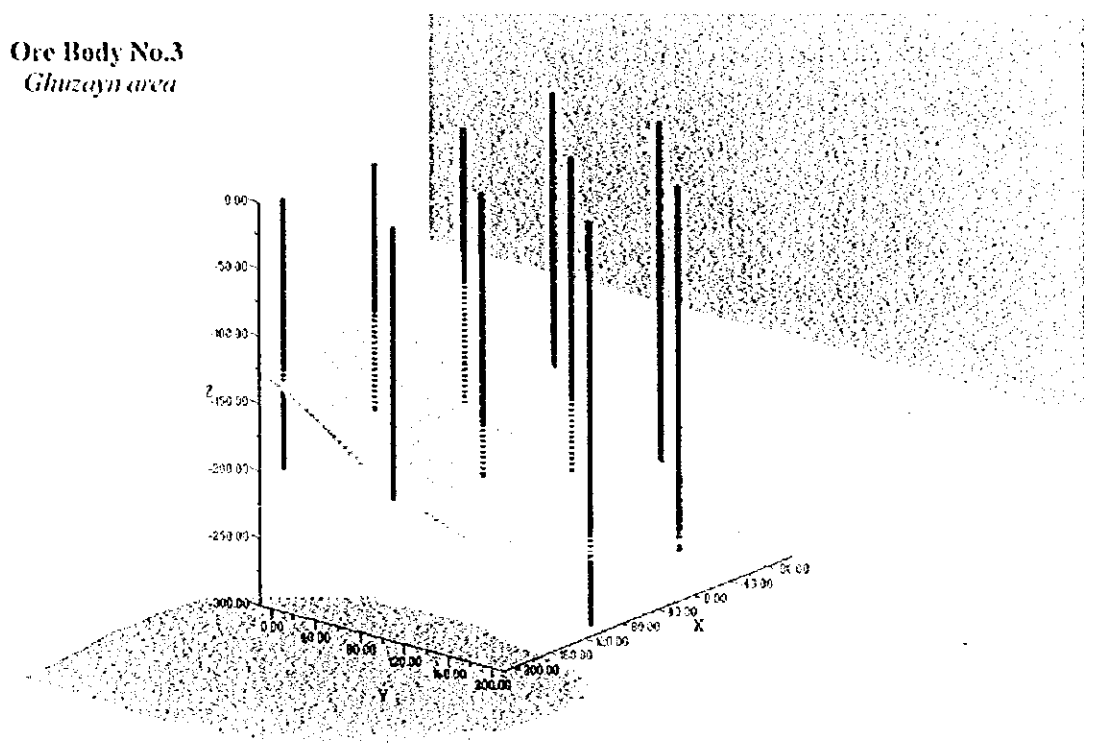
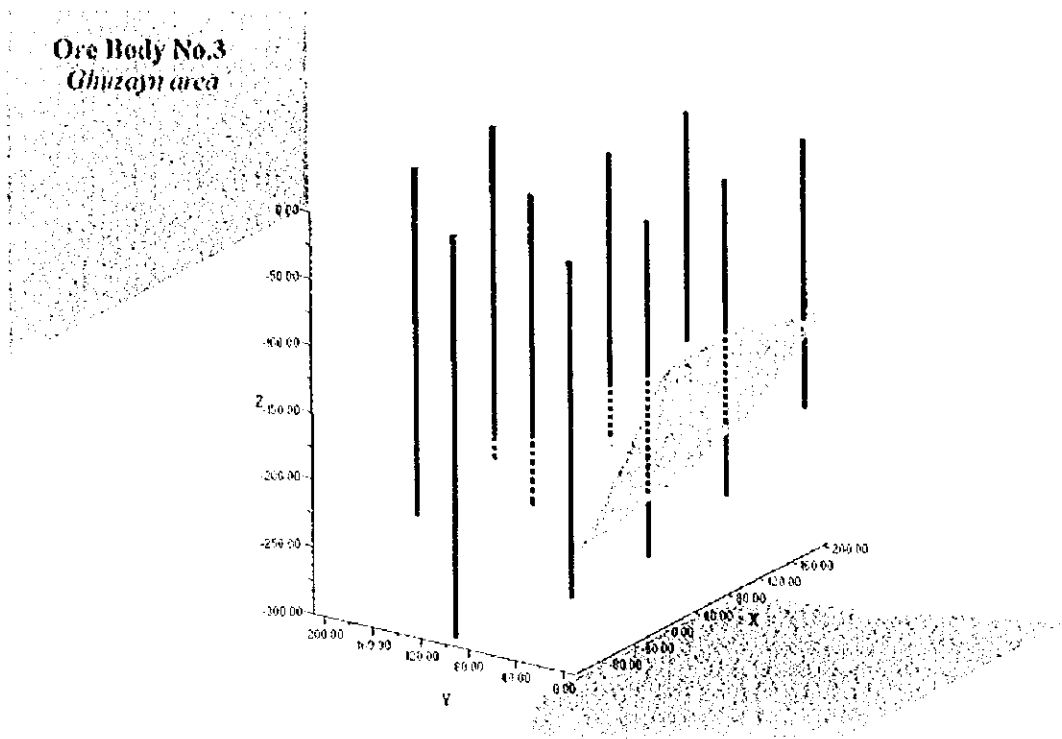


Fig. 1-5-1 Schematic view of Gluzayn Body No.3



(5)マハブ地区

本地区では鉍化作用に起因すると考えられる物探異常が検出されなかったことから、本地区には塊状硫化物鉍体は存在しないと考えられる。

(6)ズーハ地区

ズーハ地区にはグザイン地区のゴッサンとほぼ同規模のゴッサンが存在し、その周辺には酸化銅が多く生成している部分が認められ、古代の製錬跡も存在する。また V1-1 層中に強い緑れん石化が認められるところがあり、連続性のよい金属質堆積岩も発達していることから、鉍床賦存の可能性は高いと考えられる。

5-2 提言

本年度の調査によって鉍床賦存のポテンシャルが高いと判断された以下の地区において、引き続き物理探査及びボーリング調査を実施することを提言する。

(1)グザイン地区

No.3 鉍体について、その南部における鉍体の分布と品位を確認するためのボーリング調査を実施するとともに、A'Ruwydhah IP 異常帯についても鉍化状況の把握のためにボーリング調査を実施する。また、TDIP 法調査を既実施地区の東方及び西方にさらに延長して実施し、塊状硫化物鉍体賦存の可能性を調査する。

(2)ハラキラブ地区

最南部に抽出された IP 異常（やや高い分極率異常）について、その南方延長部の TDIP 法調査を行う。

(3)マケール地区

本年度の調査で検出された IP 異常（高分極率異常）の北及び南方延長部の追跡調査を行う。

(4)ズーハ地区

ズーハ地区では過去に Prospection Ltd.及び石油鉍物省によるボーリング調査が行われているが、それらはいずれもゴッサンの下部を探査したものである。したがって、地層の傾斜延長方向である東側のワジに有望な探査余地が残されており、ここで物理探査及びボーリング調査を行うことを提案する。



第Ⅱ部 各 論

100

100

100



第1章 地質調査

1-1 調査の経緯及び目的

第1年次に調査対象地域北西部において既知鉱徴地とその周辺部の詳細な地質調査を実施し、サラミ、マフムーン、マハブ3、マハブ4、ハラキラブ及びマケール南の6つの鉱徴地を採鉱有望地として抽出した。

本年度は上記の採鉱有望地について、さらにそれらの周辺部と昨年度調査対象外であったズーハ地区について鉱床胚胎層準の連続性を確認し、鉱化及び変質状況を詳細に把握することを目的として地質調査を実施した。また、この地質調査の結果に基づいてIP法調査の範囲を設定した。

1-2 調査位置及び調査方法

地質調査を実施したのは Fig. II-1-1 に示す、サラミ地区、マハブ地区、ハラキラブ地区、マケール地区及びズーハ地区の5地区である。なお、グザイン地区においても補足的なサンプリングを行った。

調査に当たっては、既存の縮尺10万分の1～5万分の1の地形図及び縮尺2万分の1の航空写真を使用してルートマップを作成した。踏査に当たっては、衛星画像、航空写真及び既存資料を活用した。調査結果は縮尺約20,000分の1の地質図にまとめた。

1-3 地質調査の調査指針

グザイン地区において、平成8年度から昨年度までの調査で捕捉された塊状硫化物鉱床周辺の地質及び鉱化状況から、塊状硫化物鉱床の調査について以下のような探査指針が得られた。

- (1) 本地域の塊状硫化物鉱床は層準規制を受けており、サマイル火山岩類の下部火山岩類のV1-1とV1-2の境界部に胚胎されている。
- (2) 塊状硫化物鉱体の周辺には、鉱化変質として珪化と緑れん石化作用が顕著である。
- (3) 塊状硫化物鉱床と断層は、鉱床の生成において密接な関係を有している。
- (4) U1が層状の磁鉄鉱から主としてなり、それに銅の鉱化が認められる場合は、側方で塊状硫化物鉱体に漸移する可能性がある。

1-4 地質調査結果

1-4-1 地質概要

本調査地域の地質概要を以下にまとめた。総合柱状図を Fig. II-1-2 に示す。

本地域の地質は、主にサマイル・オフィオライト、オフィオライト最上部層（以下バチナ・オリストストロームと称す）及び原地性の第三系・第四系からなる。これらのうち本年度の地質調査の範囲に分布するのは、サマイル・オフィオライトのうちの集積岩ガブロ（CG）、シート状岩

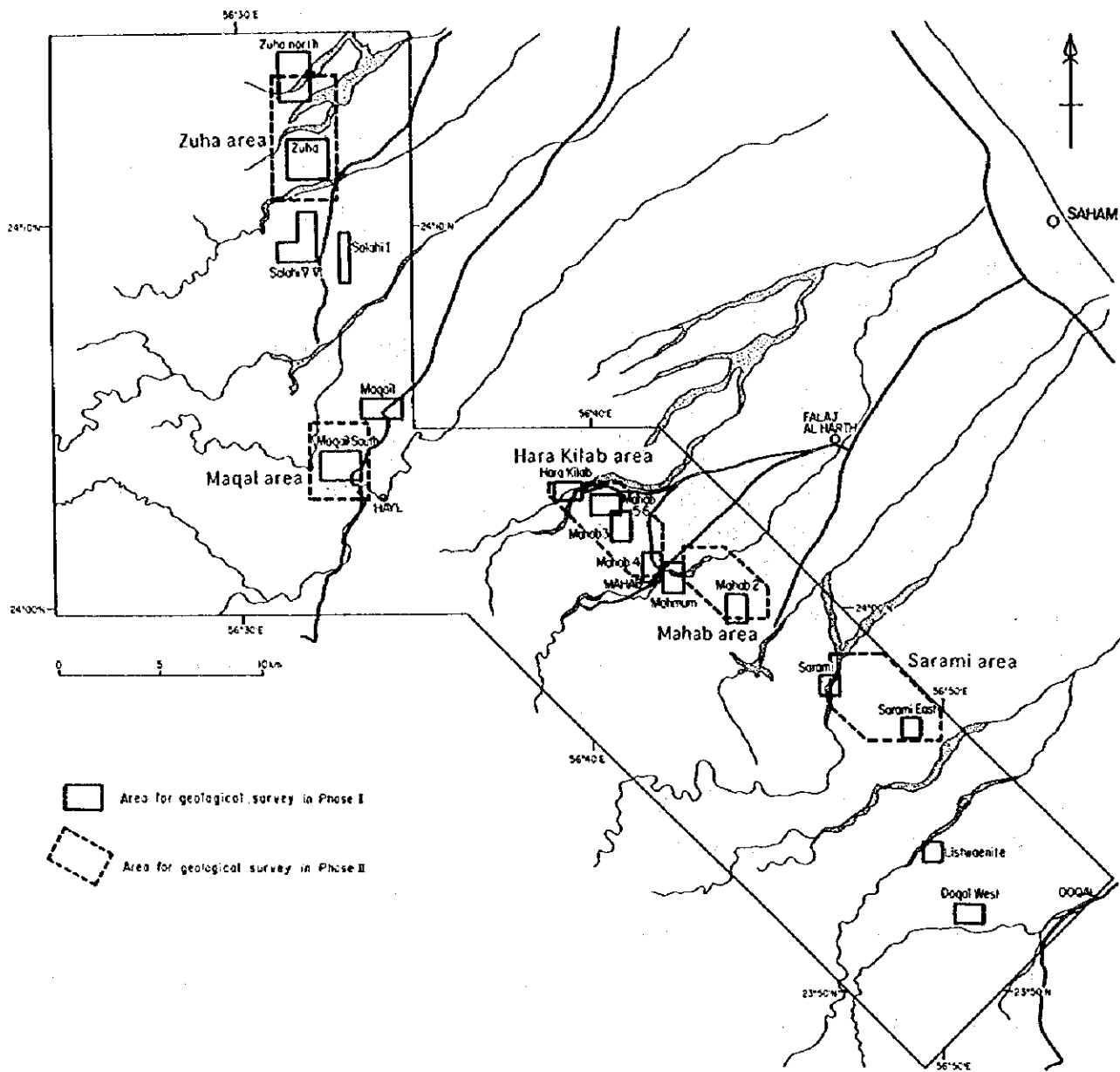


Fig. II -1-1 Location map of geological survey area

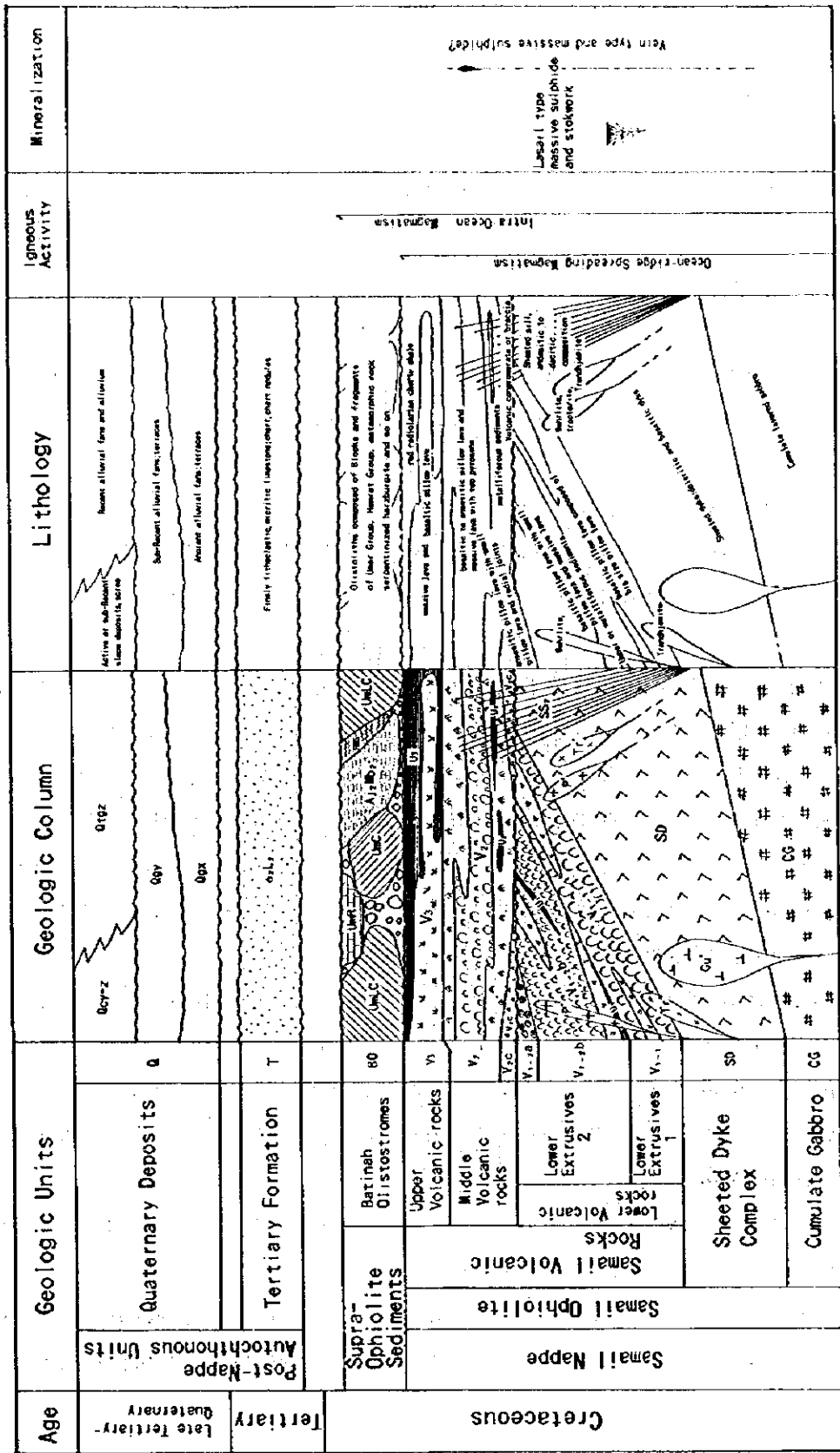


Fig. II-1-2 Stratigraphic columnar section of survey area

脈群 (SD) 及びサマイル火山岩類 (SV), 貫入岩類 (I), それにバチナ・オリストストローム (BO) 及び第四系である。

(a) 集積岩ガブロ (CG)

集積岩ガブロ (CG) は, 集積層の最上位に現れ, 集積層とシート状岩脈群とを分けている。本岩は等粒状の角閃石ガブロからなり, 粒度変化に富む。

(b) シート状岩脈群 (SD)

シート状岩脈群 (以下, SD と略す) は, 幅 0.5m~3.0m の岩脈のみから構成され, 細粒から中粒のドレライト~細粒ガブロより構成される。岩脈の縁には急冷相が発達する。SD はサマイル火山岩の下部噴出岩の下位に位置し, それらとは漸移関係にある。

(c) サマイル火山岩類 (SV)

サマイル火山岩類 (SV) は, 下部火山岩類 (SV1), 中部火山岩類 (SV2) 及び上部火山岩類 (SV3) に分けられる。下部火山岩類と下位のシート状岩脈群とは漸移関係にある。

下部火山岩類 (SV1): 下部火山岩類 (以下, SV1 と略す) は, 下部噴出岩類 (以下, V1-1 と略す), 上部噴出岩類 (以下, V1-2 と略す) 及び下部金属質堆積岩 (以下, U1 と略す) からなる。

V1-1 は化学組成的に分化した玄武岩質から安山岩質の溶岩で構成され, 大部分は直径 1.0m から 2.0m の大きな茶褐色の枕状溶岩からなり, ほかに茶褐色から灰色の塊状溶岩, ハイアロクラスタイト及びピロー・プレッチャーからなる。V1-1 の枕状溶岩は無斑晶質で, 厚いインターピロー (5cm~40cm) を有するのが特徴である。塊状溶岩は数 10cm から数 m の厚さを呈し, 厚い塊状溶岩には柱状節理が発達する。

V1-2 は, 化学組成的には V1-1 より未分化な玄武岩質溶岩で, 直径 10cm から 1.0m の淡緑色から紫灰色の枕状溶岩より主としてなり, 数 10cm から数 m の厚さの塊状溶岩を伴う。V1-2 は特に直径 10cm から 30cm 程度の小さいピローからなる枕状溶岩が多く認められることが特徴である。また, V1-2 の枕状溶岩は, 斑晶質で, バリオール組織を示すことがあり, 伴うインターピローが薄い (1cm~5cm) ことも特徴である。

本岩の上部には放射状摂理の発達する小型から中型の枕状溶岩を挟在する。また, V1-1 との境界部には U1 及び厚い塊状溶岩が発達することが多い。

U1 はいわゆるアンバーと呼称されるもので, 暗褐色の放散虫化石を含む鉄分に富む堆積岩である。特に層状の磁鉄鉱を主体とし, 銅の鉱化が認められる場合には, 塊状硫化物鉱床に側方漸移することがある。

中部火山岩類 (SV2) : 中部火山岩類 (SV2) は火山円礫岩から角礫岩 (以下, V2c と略す), シート状シル (以下, SS2 と略す), 中部噴出岩類 (以下, V2 と略す) 及び中部金属質堆積岩 (以下, U2 と略す) からなる。

V2c は, 円礫岩質から角礫岩質の砂礫からなるマトリックスと, SD 及び下部火山岩ブロック及び岩片から構成された再移動堆積物からなる。一般に, 本岩は SD 及び SV1 を不整合で被覆する。

SS2 は灰色の安山岩質からデイサイト質のシート, シル及び岩脈からなる。

V2 は, 単斜輝石と斜方輝石の両輝石を含む安山岩質枕状溶岩及び塊状溶岩からなり, 塊状溶岩を主体とする。塊状溶岩は灰色, 褐灰色, 緑色, 青灰色, オレンジ色と多種の色彩を持ち, 特に風化面では溶岩の急冷相がオレンジ色を示すことが多い。溶岩の中央部では緑色から青灰色を示す。最下部の塊状溶岩は茶褐色を示すことが多い。塊状溶岩は岩相的には粗粒玄武岩質である。枕状溶岩は紫色, 緑色及び緑灰色を呈し, 形の歪んだ枕状溶岩からなる。枕状溶岩は直径 0.5m から 1.0m のものを主体とし, 1.5m を越えるものは稀である。

U2 は, U1 と比較すると鉄分が少なく, 珪質のものが多く, 本岩は V2 中に挟在される。北部の Salahi I 鉱徴地では, この U2 が金の鉱化作用を受けている。

上部火山岩類 (SV3) : 上部火山岩類 (SV3) は, ドレライト質塊状溶岩 (sheet flows) を主体とする上部噴出岩類 (以下, V3 と略す) 及び上部金属質堆積岩 (以下, U3 と略す) からなる。本岩類は, 調査地域北部の Salahi 鉱徴地付近に広く分布する。

V3 の塊状溶岩は柱状節理が良く発達し, 淡緑灰色を呈する。このような塊状溶岩のシート・フローは, ひとつのユニットが最大で厚さ 170m に達する。

V3 の枕状溶岩は, 上部火山岩類の最下部, 中部及び最上部に認められ, 一般に暗緑灰色を呈する。枕状溶岩は, 直径 0.6m から 1.2m のものを主体とする。

U3 は, 上部火山岩類の最下部及び中部に認められ, 桃色頁岩及びジャスパーを伴った赤褐色の鉄分に富む堆積物を主体に構成され, 緑灰色の珪質頁岩及びチャートを挟在する。

(d) 貫入岩類

貫入岩類は, カンラン岩 (P'), ガプロ (Gu'), トロニエマイト (Tr') 及び後期ドレライト岩脈などが認められる。カンラン岩 (P') はウェーライト, トロクトナイト, 含斜長石ダナイト及び含カンラン石輝岩からなる。ガプロ (Gu') は, 閃緑岩の岩相を示すものも含み, トロニエマイト (Tr') はほかに石英閃緑岩の岩相のものも含む。後期ドレライト岩脈には細粒ガプロの岩相を示すものもある。

本調査地区の Mahab-3 鉱徴地及び Mahab-4 鉱徴地においては, V1-1 と V1-2 の境界に沿ってトロニエマイト (Tr') が, Sarami では同境界にガプロ (Gu') が貫入している。

(e) オフィオライト最上部層 (バチナ・オリストストローム)

オフィオライト最上部層は、テチース海形成時の堆積物がテチース海の閉塞に伴う衝上運動によって再移動・再堆積したオリストリスからなる。この堆積物は、一般にバチナ・オリストストロームと呼ばれている。本層は三疊系から白亜系の堆積岩類及び火成岩類のオリストリスから形成されている。

(f) 異地性ナップ形成後の現地性堆積岩類

異地性ナップ形成後の現地性堆積岩類は、第三系及び第四系からなる。第三系は、後期暁新世から前期始新世の大型有孔虫化石を含む黄色泥灰岩、上部ノジュール状石灰岩及び堆積性角礫岩からなる。第四系は、段丘堆積物を構成する古扇状地堆積物、準現世扇状地堆積物、活動中の準現世斜面崩壊堆積物、現世から準現世の粘土・シルトからなるカグラ堆積物、現世から準現世の砂丘を構成する風成砂、現世の扇状地堆積物及び沖積層からなる。

1-4-2 地質構造

本地域の地質構造は、異地性ナップのサマイル・オフィオライト及びオフィオライト最上部層 (バチナ・オリストストローム) が白亜紀後期にアラビア盾状地に付加される時に形成された積重構造を主要構造とする。ナップ形成後の現地性の第三系及び第四系は下位の層とは不整合関係でバチナ海岸に堆積した。また、多くの衝上断層が発達し、第三紀以前の積重構造の境界部を形成したり、積重構造を形成する現地性及び異地性のブロックをスライスしている。さらに高角断層も良く発達し、ブロック状に地質的境界を転移させている。

1-4-3 各調査地区の地質及び鉱化作用

各調査地区の地質図を Fig. II-1-3~Fig. II-1-5 及び Fig. II-1-7~Fig. II-1-8 に示す。

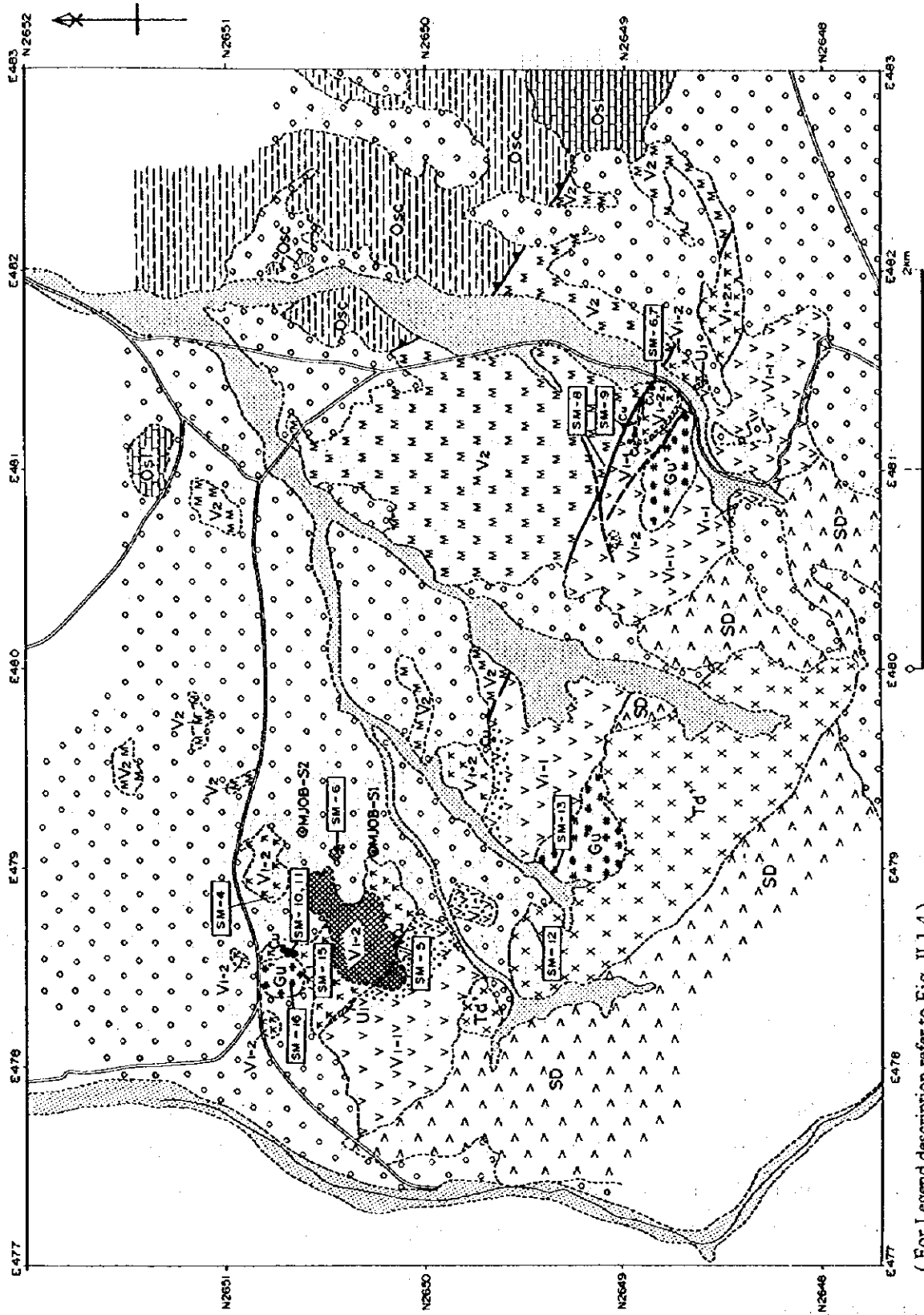
(1) サラミ地区

本地区は、バチナコースト沿いの主要都市サハム (Saham) の南南西約 20km に位置する。

地質は主にサマイル・オフィオライトの V1-1, V1-2, U1, V2, バチナ・オリストストロームの石灰岩と層状チャート、第四紀の扇状地堆積物及び沖積層で構成され、V1-1 と V1-2 の境界に沿ってガブロの貫入が認められる (Fig. II-1-3)。

本地区では、北部には V1-2 が V1-1 を広く覆って分布するが、南部では V1-1 と V2 が NW-SE 系の断層で直接に接しており、V1-2 は断層の西側にわずかに分布するのみである。U1 は厚さ 5~30cm で、北部では珪質で鉄分を多く含むが、南部では泥質である。南部ではこの U1 の上位に厚さ 10m の塊状溶岩が認められる。本地区における V1-2 及び U1 の一般的な走向は N45° E で、傾斜は 20° SW である。

鉱徴としては、珪化した V1-2 が北西部に広く分布しており、ここでは玄武岩岩脈が多数貫入



(For Legend description refer to Fig. II-1-4.)

Fig. II-1-3 Geologic map of Sarami area

しており、これに平行する N-S 系の脈状ゴッサンが各所に認められる。このゴッサンの一部には酸化銅の鉱化が認められた。酸化銅の鉱化は、これ以外に、V1-1 中の各所で小規模なゴッサンに伴って、また北西部の一部の磁鉄鉱に富む U1 中にも認められた。南部では、V1-1 と V2 が接する NW-SE 系の断層に沿って幅 2~3m の石英細脈を伴う珪化帯が存在し、この中に著しい酸化銅の鉱化が認められた。これらのゴッサン及び珪化帯の銅及び金の化学分析結果は以下のとおりである。なお、試料の採取位置は Fig. II-1-3 上に併せて示した。

SM-4	: Cu: 0.57%, Au: <0.01	: 珪化した V1-2 中に分布する脈状ゴッサン
SM-5	: Cu: 0.76%, Au: 0.01	: 珪化した V1-2 中に分布する脈状ゴッサン
SM-6	: Cu: 0.21%, Au: <0.01	: 珪化した V1-2 中に分布する脈状ゴッサン
SM-7	: Cu: 2.11%, Au: <0.01	: 酸化銅を伴う珪化帯
SM-8	: Cu: 0.04%, Au: 0.42	: V1-1 中の小規模ゴッサン
SM-9	: Cu: 1.54%, Au: 0.06	: 酸化銅を伴う珪化帯 (SM-7 の延長部)
SM-10	: Cu: 0.06%, Au: 0.05	: 珪化した V1-2 中に分布する脈状ゴッサン
SM-11	: Cu: 0.07%, Au: 0.07	: 珪化した V1-2 中に分布する脈状ゴッサン

一方、緑れん石化は V1-1 と V1-2 の境界付近の V1-1 中に認められ、ほとんどの部分では軽微なものであったが、北西部の V1-2 の珪化部周辺では強い緑れん石化が認められた。

(2) マハブ地区

本地区は、サハムの南西約 25km、マハブ村の東方約 4km に位置する。

地質は主にサマイル・オフィオライトの SD, V1-1, V1-2, U1 と第四紀の扇状地堆積物及び沖積層で構成され、SD 中の NW-SE 系の断層に沿ってガプロの貫入が認められる (Fig. II-1-4)。岩脈及び U1 の走向もこの断層と平行的で、NW-SE 系である。北部には Wadi Mahmum に沿って左横ずれの大きな変位を持つ E-W 系の断層も存在し、これと上述の NW-SE 系の断層のために本地区の V1-2 の分布は限られている。

鉱徴としては、U1 が磁鉄鉱を伴っており、この U1 に近接する V1-1 には顕著な緑れん石化が認められる。

また、本地区南部にはマハブ 2 鉱徴地が位置し、SD 中の上述した NW-SE 系断層に沿って比較的大きなゴッサンが存在する。ゴッサン中には、酸化銅の鉱徴も数多く認められる。このゴッサンに対して、1976 年に Prospection Ltd. がボーリング調査を実施し、ゴッサンの下部で幅数メートル程度の硫化物が鉱染した珪化・緑泥石化帯を確認している。

(3) ハラキラブ地区

本地区は、サハムの南西約 25km に位置しており、北はハラキラブ鉱徴地、南はマハブ 4 鉱

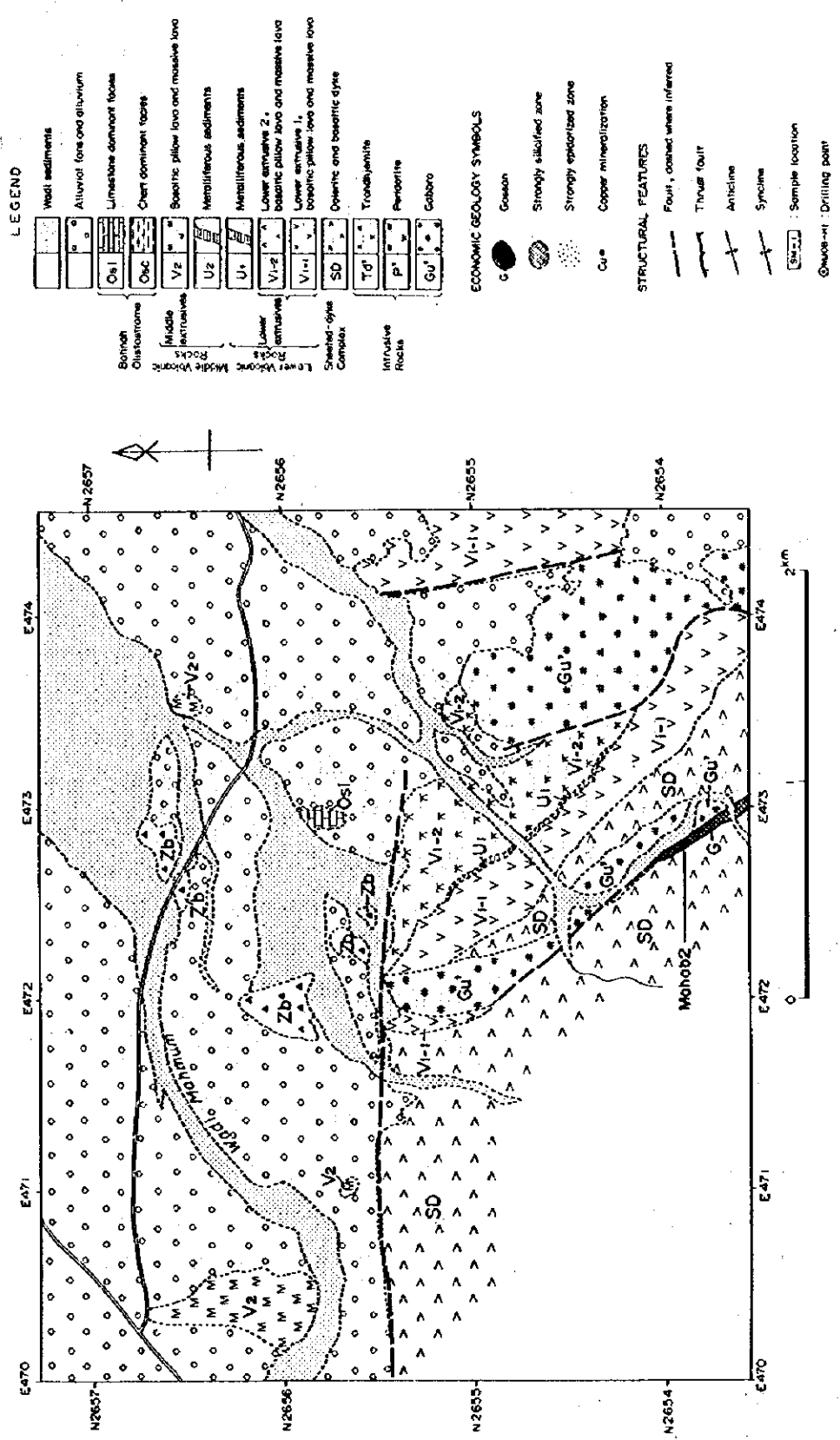


Fig. II-1-4 Geologic map of Mahab area

微地までをカバーする範囲である。

本地域の地質は、Fig. II-1-5 に示すように、主としてサマイル・オフィオライトの SD, V1-1, V1-2, U1, V2, パチナ・オリストストロームの石灰岩と層状チャート、第四紀の扇状地堆積物及び沖積層からなる。これらのほかに V1-1 と V1-2 の境界に沿ってトロニエマイトの貫入が認められる。U1 はトロニエマイトが各所に貫入していることから断続的な分布を示す。V1-2 及び U1 の一般的な走向は N30° W で、傾斜は東へ 20° 程度である。

本地区内には主要な鉱微地としてハラキラブ、マハブ 3 及びマハブ 4 の 3 つがある。以下にそれらの概要を述べる。

ハラキラブ鉱微地

本鉱微地には粘土質ゴッサンが認められ、その分布は 100m×150m である。1976 年に Prospection Ltd. が実施したボーリング調査によって、このゴッサンの下部で小規模な初生の塊状硫化物鉱体が捕捉されている (Fig. II-1-6)。ゴッサン周辺には、多くの鉱滓 (からみ) や酸化銅の付着したズリが存在する。

マハブ 3 鉱微地

V1-1 と V1-2 の境界付近に酸化銅に富むゴッサンが存在し、露頭での鉱微としては顕著なものである。旧鉱山の鉱滓 (からみ) もハラキラブ鉱微地よりも多い。ただし、ゴッサンの北方にはトロニエマイトが大規模に露出し、1976 年に Prospection Ltd. が実施したボーリングでは、ゴッサン直下 30~40m 付近で既にトロニエマイトを確認している。また、このボーリングによってゴッサンの下部にほとんど黄鉄鉱からなる塊状鉱体を捕捉している。

マハブ 4 鉱微地

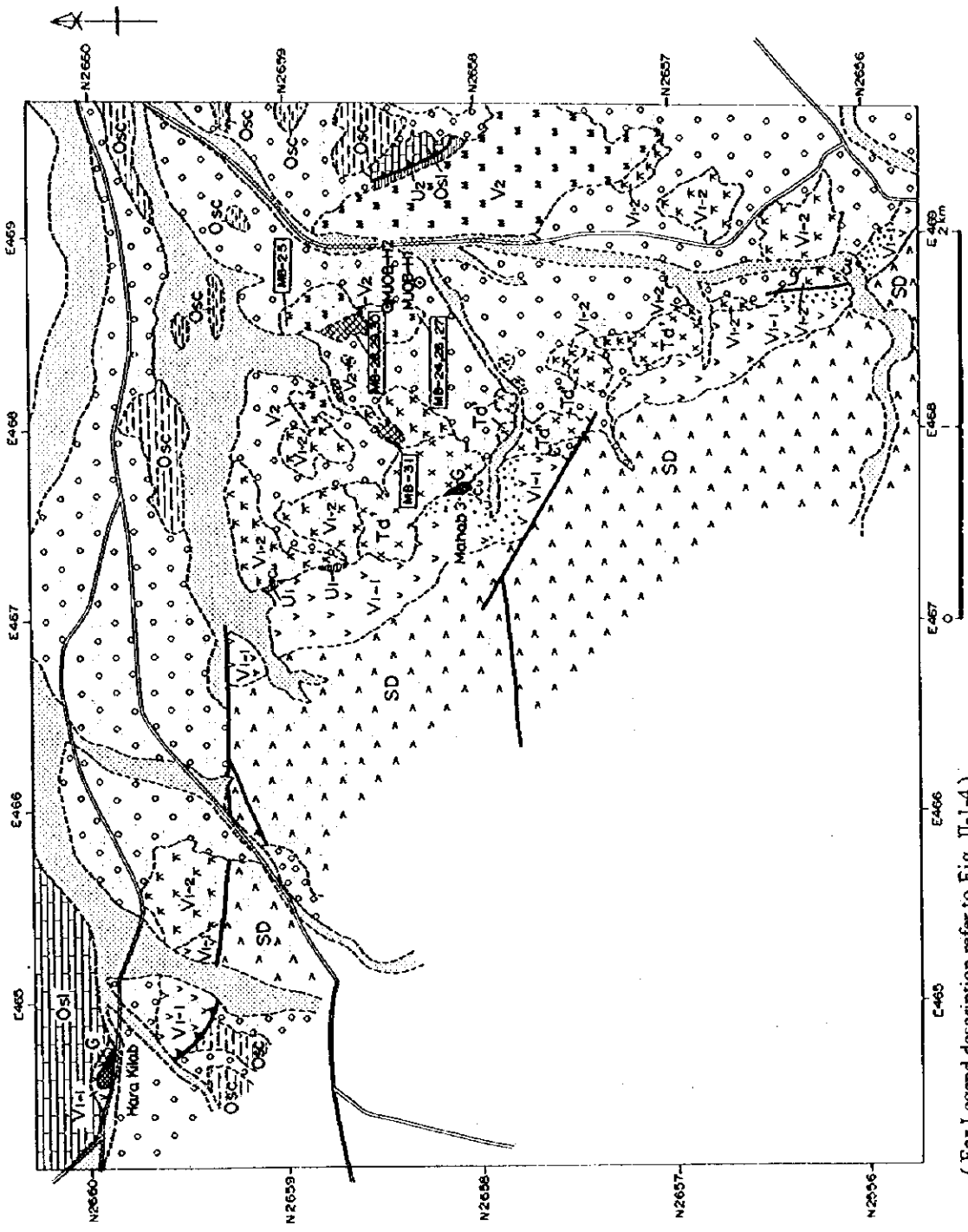
本鉱微地には、薄いながら比較的連続性の良い金属質堆積岩が露出する。ただし、地表部での銅の鉱微は弱く、金属質堆積岩もかなり珪質である。また、V1-1 と V1-2 の境界部の断層に沿って、酸化銅を伴う褐鉄質ゴッサンが認められる。

これらのほかの鉱微として、強度な緑れん石化がマハブ 3 鉱微地周辺とマハブ村の北で認められた。またマハブ 3 鉱微地とその東方の Dhahwa 部落との間には鉄やけを伴う珪化部が広く分布する。この珪化部の金と銅の化学分析結果は以下のとおりである。なお、試料の採取位置は Fig. II-1-5 上に併せて示している。

MB-28 : Cu:<0.01%, Au:<0.01g/t : ゴッサン化した珪化帯

MB-29 : Cu:<0.01%, Au:<0.01g/t : ゴッサン化した珪化帯

MB-30 : Cu:0.05%, Au:<0.01g/t : ゴッサン化した珪化帯



(For Legend description refer to Fig. II-1-4.)

Fig. II-1-5 Geologic map of Hara Kilab area

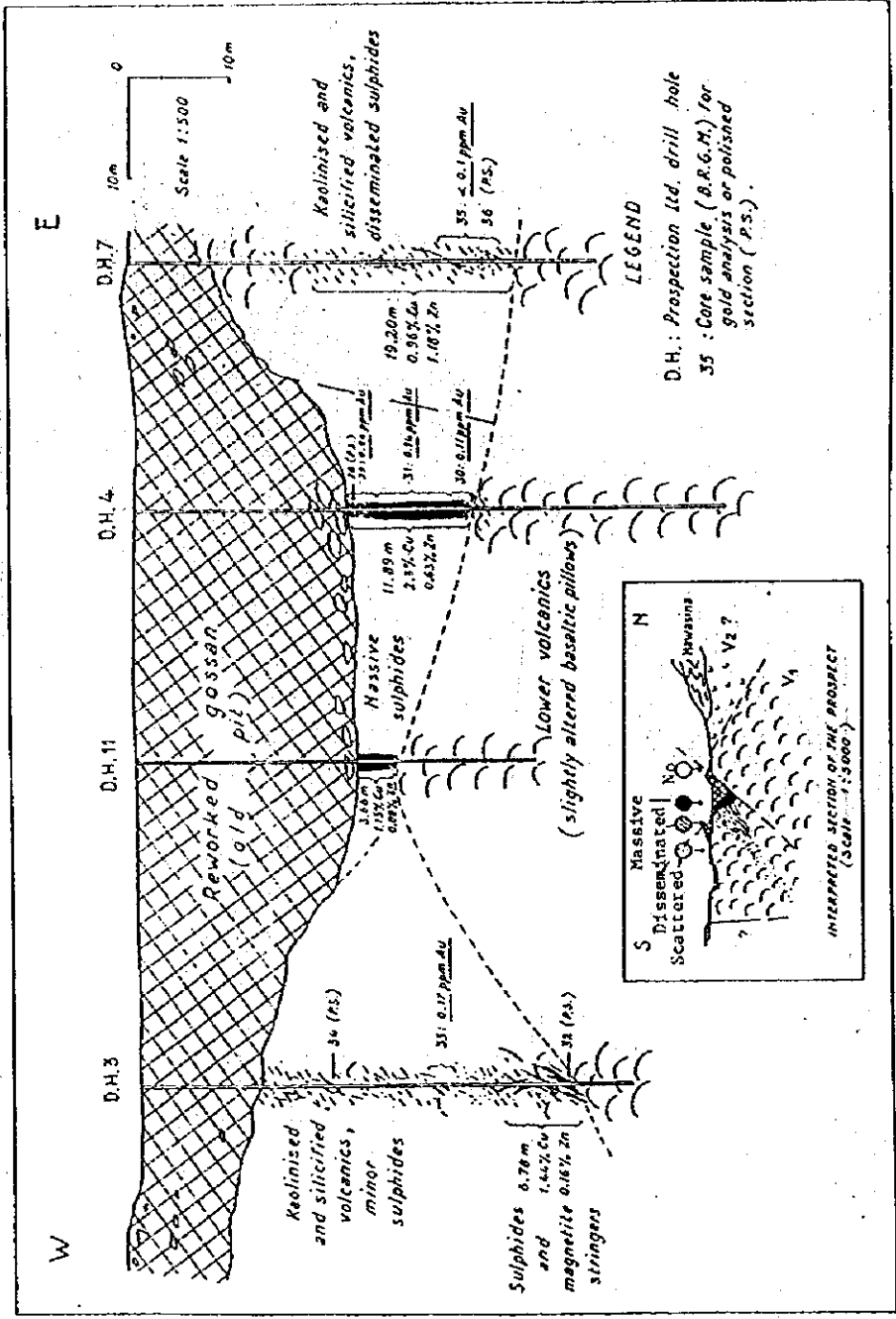


Fig. II-1-6 Cross section of borehole site in Hara Kilab area

MB-31 : Cu:<0.01% , Au:<0.01g/t : ゴッサン化した珪化帯

(4) マケール地区

本地区はサハムの西南西 40km に位置し、昨年度地質調査を実施したマケール南鉱徴地を含む範囲である。

地質は主にサマイル・オフィオライトの SD, V1-1, V1-2, U1, V2, パチナ・オリストストロームの層状チャート、第四紀の扇状地堆積物及び沖積層で構成される。本地区では U1 がよく発達しており、特に中央部の西側では厚さ 2m に及ぶところもあり、ここでは層理が明瞭で、磁鉄鉱に非常に富む。中央部から南部にかけては V1-2 中に玄武岩及びドレライトの岩脈が多数貫入しており、NNW-SSE 系の断層も存在する。

鉱徴としては、U1 が磁鉄鉱に富み、酸化銅の鉱化が各所で認められることから、その延長部で塊状硫化物鉱床へ移行する可能性がある。また、上述の NNW-SSE 系の断層に沿って珪化帯が存在し、その各所に酸化銅の鉱化が認められる。北部の V1-2 に認められた石英脈の化学分析結果は下記のとおりである。

MQ-13 : Cu:1.12% , Au:<0.01g/t : 石英脈 (走向 N35W), 幅 50cm

(5) ズーハ地区

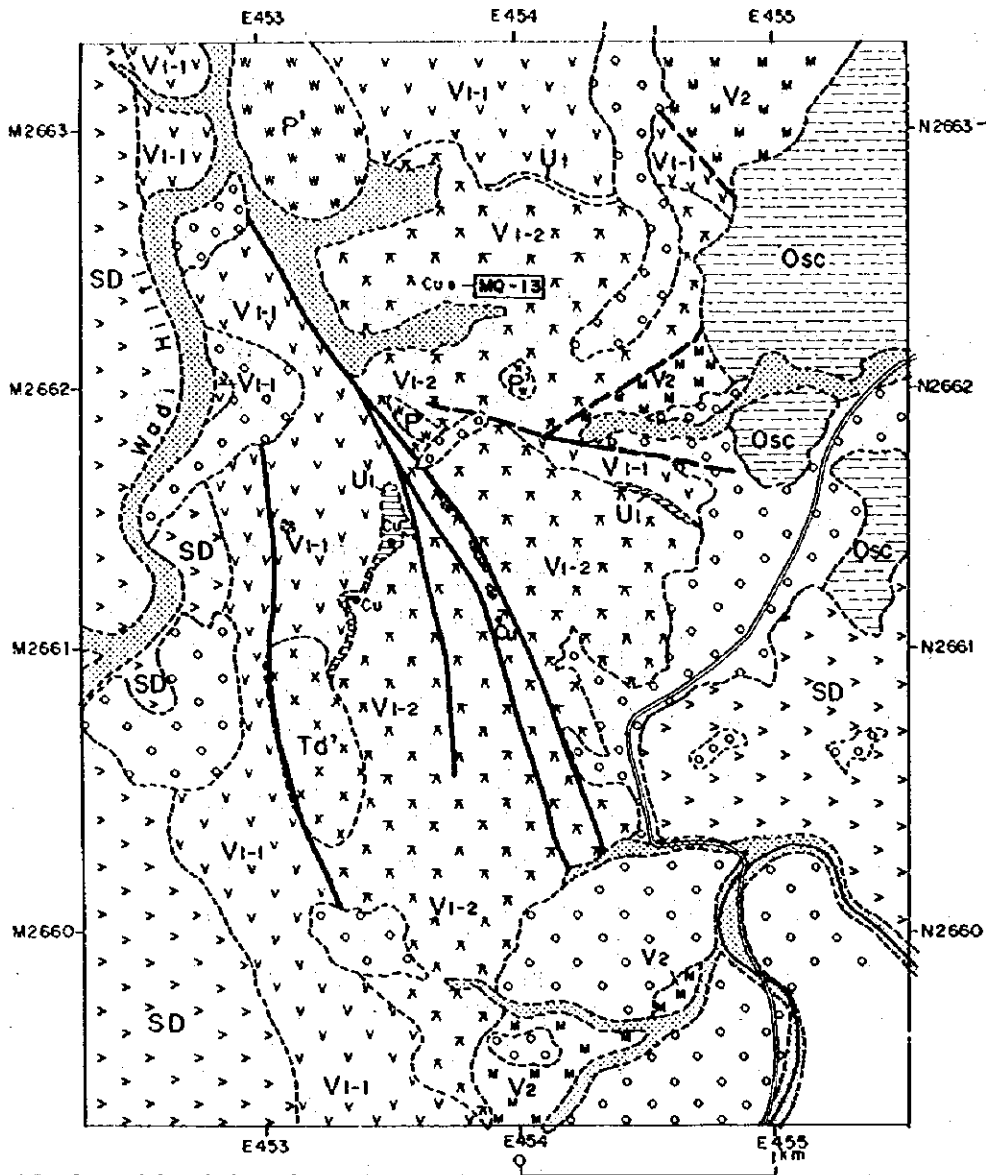
本地区はサハムの西 35km に位置しており、南パチナコースト地域の調査範囲の最北部に位置する。

地質はサマイル・オフィオライトの V1-1, V1-2, U1, V2, U2 と第四紀の扇状地堆積物及び沖積層からなる。本地区の中央部から南部にかけて、つまりズーハ鉱徴地には V1-2 が分布するが、北部のズーハ北鉱徴地付近では V1-1 を V2 が直接覆っており、V1-2 は分布しない。V1-2 中には塊状溶岩が比較的多く認められ、U1 の上位にも柱状節理がよく発達した最大 5m の厚さを有す塊状溶岩が存在する。U1 は連続性がよく、地区全体に分布しており、30cm~50cm の厚さを示す。本地区のゴッサンはこの U1 が側方変化したもので、U1 からゴッサンに移り変わるころでは急激に厚さを増し、急に激しい角礫化が認められるようになる。地質構造はやや複雑で、衝上断層、正断層、褶曲が存在し、地層の繰り返しが認められる。

鉱徴としては、上述したようにゴッサンが存在し、その規模はグザイン地区のゴッサンに匹敵するものである。このゴッサンの周辺には酸化銅が多く生成している部分が認められ、古代の製錬跡も存在する。また、ゴッサン周辺の V1-2 との境界部に近い V1-1 中には強い緑れん石化も認められる。ゴッサン及びゴッサン化した U2 の化学分析結果は以下のとおりである。

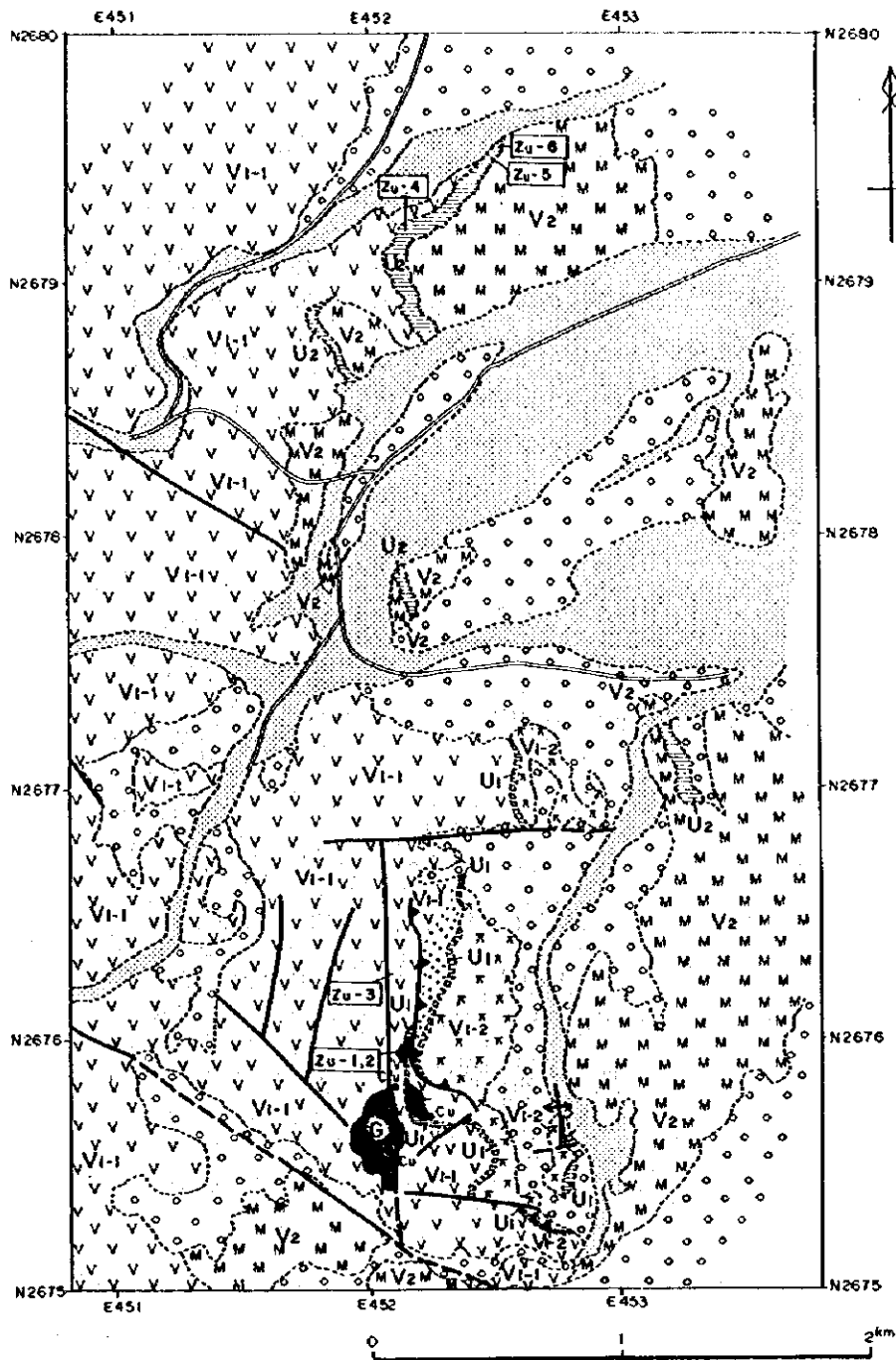
ZU-1 : Cu:0.58% , Au:<0.01g/t : 主ゴッサン周辺の褐鉄鉱質ゴッサン

ZU-2 : Cu:0.04% , Au:0.01g/t : 主ゴッサン周辺の赤鉄鉱質ゴッサン



(For Legend description refer to Fig. II-1-4.)

Fig. II-1-7 Geologic map of Maqail area



(For Legend description refer to Fig. II-1-4.)

Fig. II-1-8 Geologic map of Zuha area

ZU-3 : Cu:<0.01% , Au:0.1g/t : 主ゴッサン北方の断層沿いの赤鉄鉱質ゴッサン

ZU-4 : Cu:<0.01% , Au:<0.01g/t : ゴッサン化した V2 の金属質堆積岩

ZU-5 : Cu:<0.01% , Au:<0.01g/t : ゴッサン化した V2 の金属質堆積岩

ZU-6 : Cu:0.02% , Au:<0.01g/t : ゴッサン化した V2 の金属質堆積岩

(6) グザイン地区

グザイン地区の西部の A'Ruwydhat 部落付近において、珪化帯と珪化脈のサンプリングを行い、それらの化学分析を実施した。Fig.II-1-9 の地質図上にサンプル採取位置を示した。

これら珪化帯と珪化脈は V1-2 中に分布している。珪化帯は露頭の規模が 5m×15m 程あり、褐鉄鉱等による鉄やけが著しく、石英の細脈を伴っている。銅の鉱化をうけており、割れ目に沿って酸化銅が生成している。一方、珪化脈は幅 10cm~20cm で、やや珪化した枕状溶岩中に認められた。緑れん石を伴っており、酸化銅の鉱化が認められる。これらの化学分析値は以下のとおりである。

GW-100 : Cu: 0.86% , Au: <0.01g/t : 珪化帯のチャンネルサンプリング, サンプリング幅 6.6m

GW-101 : Cu: 0.31% , Au: <0.01g/t : 珪化帯のチャンネルサンプリング, サンプリング幅 4m

GW-102 : Cu: 0.14% , Au: <0.01g/t : 珪化帯のチャンネルサンプリング, サンプリング幅 3.6m

GW-103 : Cu: 3.02% , Au: <0.01g/t : 珪化脈, 幅 10~20cm

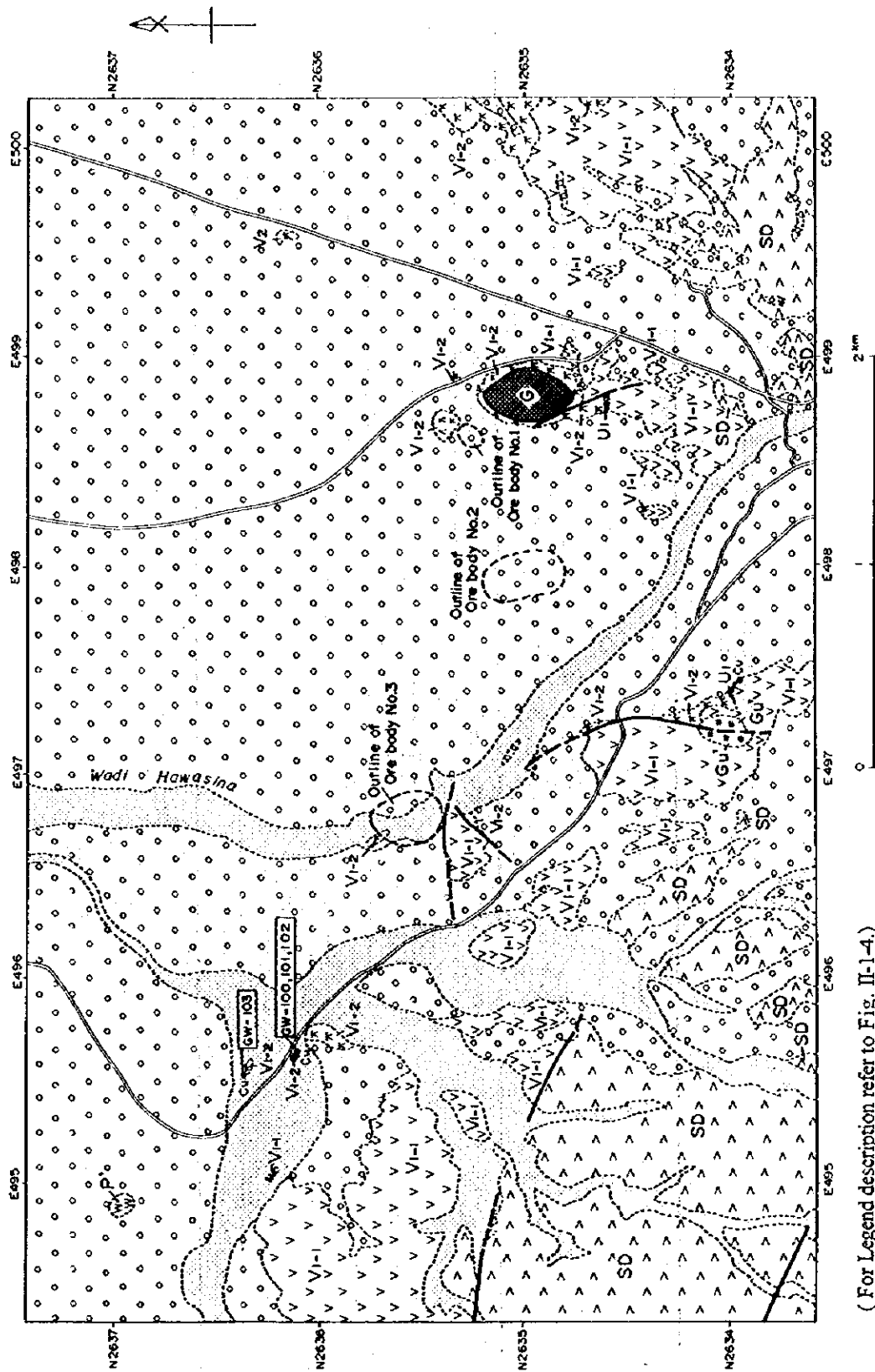
1-5 考察

各地区の地質調査の結果についての考察は以下のとおりである。

サラミ地区では、下盤である V1-1 中に各所で銅の鉱化作用が認められ、北部では上盤の V1-2 分布域に小規模なゴッサンを伴う広い珪化帯が存在することが明らかになった。この珪化帯に隣接する V1-1 中に強い緑れん石化も認められた。また一部の金属質堆積岩には磁鉄鉱と酸化銅を伴うものも認められた。したがって、特に北部の強い緑れん石化を蒙った V1-1 を周辺に伴う珪化帯の部分が最も有望視される。

ハラキラブ地区では、古代に銅鉱石の採掘・製錬が行われた鉱山跡が 2 箇所存在し、中央部には部分的にゴッサン化した珪化帯が広く分布している。南部のマハブ村に近いところでは鉱山跡付近同様に強い緑れん石化を伴う V1-1 が認められた。本地区では、小規模ながらも塊状硫化物鉱床の存在がすでに確認されており、各所に鉱徴が認められることから、鉱床賦存の可能性は高いと考えられる。

マケール地区には磁鉄鉱を多く含む厚い U1 が発達しており、地区中央部を南北に走る断層に沿ってゴッサン化が認められる。これら U1 およびゴッサン中には銅の鉱化が認められる。U1 が磁鉄鉱に富み、酸化銅の鉱化が各所で認められることから、その延長部において U1 が塊状硫化物鉱床へ移行する可能性がある。



(For Legend description refer to Fig. II-1-4.)

Fig. II-1-9 Geologic map of Ghuzayn area

Table II-1-1 Description of thin sections of surface samples

Ser. No.	Sample No.	Coordination		Rock Name	Geo. Unit	Texture	Minerals												Remarks											
		N (km)	E (km)				Primary Minerals						Secondary Minerals																	
1	SM-12	2649.46	478.75	Quartz diorite	Intrusives	Equigranular.	Quartz	Plagioclase	Hornblende	Biotite	Clinopyroxene	Olivine	Apatite	Spinel	Glass	Opaque minerals	Quartz	Albite	Illite	Chlorite	Epidote	Zoisite	Actinolite	Pumpellyite	Prehnite	Calcite	Smectite	Opaque minerals	Pseudomorph	Pse: Ho and Bi
2	SM-13	2649.34	479.02	Gabbro	Intrusives	Equigranular.	Quartz	Plagioclase	Hornblende	Biotite	Clinopyroxene	Olivine	Apatite	Spinel	Glass	Opaque minerals	Quartz	Albite	Illite	Chlorite	Epidote	Zoisite	Actinolite	Pumpellyite	Prehnite	Calcite	Smectite	Opaque minerals	Pseudomorph	OM: pyrite, Pse: Cpx
3	SM-14	2648.60	481.36	Basalt	V1-2	Basaltic	Quartz	Plagioclase	Hornblende	Biotite	Clinopyroxene	Olivine	Apatite	Spinel	Glass	Opaque minerals	Quartz	Albite	Illite	Chlorite	Epidote	Zoisite	Actinolite	Pumpellyite	Prehnite	Calcite	Smectite	Opaque minerals	Pseudomorph	OM: pyrite
4	SM-15	2650.60	478.55	Dolerite	Dike	Ophtic	Quartz	Plagioclase	Hornblende	Biotite	Clinopyroxene	Olivine	Apatite	Spinel	Glass	Opaque minerals	Quartz	Albite	Illite	Chlorite	Epidote	Zoisite	Actinolite	Pumpellyite	Prehnite	Calcite	Smectite	Opaque minerals	Pseudomorph	OM: pyrite
5	SM-16	2650.67	478.48	Micro-gabbro	Intrusives	Equigranular.	Quartz	Plagioclase	Hornblende	Biotite	Clinopyroxene	Olivine	Apatite	Spinel	Glass	Opaque minerals	Quartz	Albite	Illite	Chlorite	Epidote	Zoisite	Actinolite	Pumpellyite	Prehnite	Calcite	Smectite	Opaque minerals	Pseudomorph	OM: pyrite
6	MB-24	2658.20	488.51	Basalt	V2	Intersertal amygdaloidal	Quartz	Plagioclase	Hornblende	Biotite	Clinopyroxene	Olivine	Apatite	Spinel	Glass	Opaque minerals	Quartz	Albite	Illite	Chlorite	Epidote	Zoisite	Actinolite	Pumpellyite	Prehnite	Calcite	Smectite	Opaque minerals	Pseudomorph	
7	MB-25	2658.93	488.45	Basalt	V2	Intersertal amygdaloidal	Quartz	Plagioclase	Hornblende	Biotite	Clinopyroxene	Olivine	Apatite	Spinel	Glass	Opaque minerals	Quartz	Albite	Illite	Chlorite	Epidote	Zoisite	Actinolite	Pumpellyite	Prehnite	Calcite	Smectite	Opaque minerals	Pseudomorph	

☉ : abundant ○ : common ● : a little * : rare
 OM: Opaque minerals, Pse: pseudomorph, Cpx: clinopyroxene, Ho: hornblende, Bi: biotite

Table II-1-2 Results of X-ray diffraction analyses of surface samples

Ser. No.	Sample No.	Coordinate		Lithology(Formation)	Identified Minerals											
		N(km)	E(km)		Quartz	Plagioclase	Chlorite	Calcite	Montmorillonite	Epidote	Gypsum	Heulandite	Pyrite	Hematite		
1	MB-26	2,658.20	468.51	Minerals filling in vesicles in pillow lava(V2)	●	○	●					◎				
2	MB-27	2,658.20	468.51	Minerals filling in vesicles in pillow lava(V2)	○	○	○					◎				
3	MB-28	2,658.60	468.45	Silicified and argillized pillow lava(V2)	○	○	○		●							●
4	MB-29	2,658.60	468.45	Silicified and argillized pillow lava(V2)	○	○	●				◎					●
5	MB-31	2,658.45	467.89	Silicified and argillized pillow lava(V1-2)	○	○	○	○								
6	MB-32	2,658.45	467.89	Silicified and argillized pillow lava(V1-2)	◎	●	●	○								○
7	SM-17	2,649.96	478.80	Epidotized interpillow of pillow lava(V1-1)	○	○	●				○					

◎ abundant
 ○ common
 ● rare
 ○ very rare

マハブ地区では、磁鉄鉱を多く含む U1 が存在し、V1-1 中にはやや強い緑れん石化が認められるところがある。しかし、断層によって切られているため、鉄床の賦存が期待できる範囲は限られている。

ズーハ地区にはグザイン地区のゴッサンとほぼ同規模のゴッサンが存在し、その周辺には酸化銅が多く生成している部分が認められ、古代の製錬跡も存在する。V1-1 中に強い緑れん石化が認められるところがあり、連続性のよい U1 も発達していることから、鉄床賦存の可能性は高いと考えられる。

補足調査を行ったグザイン地区西部の A'Ruwydhat 部落付近は、銅鉄化を伴った珪化帯及び珪化脈の存在から、地表下浅部に鉄化帯が存在する可能性が高いと考えられる。