

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 3 年 次

平成 12 年 3 月

JICA LIBRARY



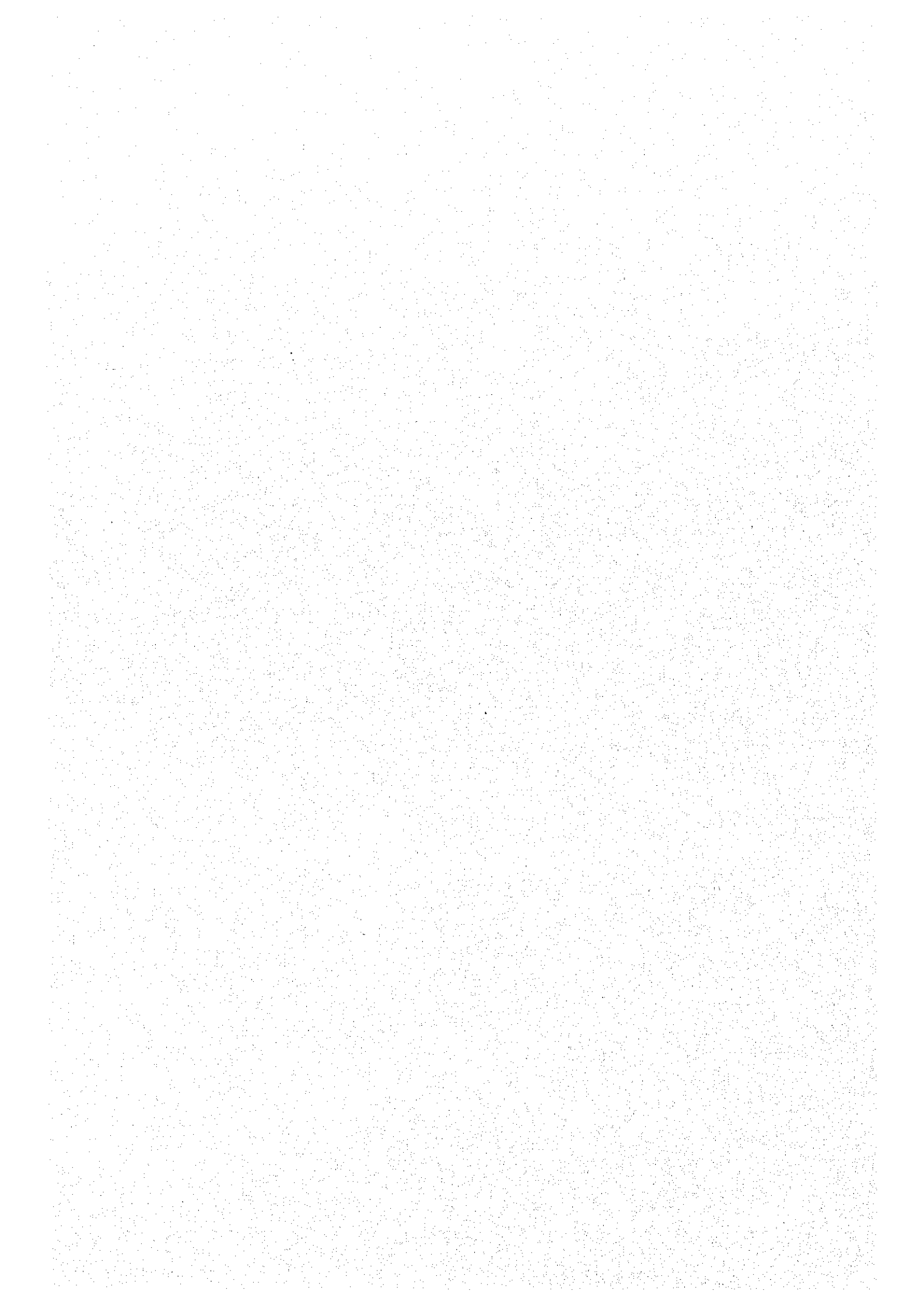
J 1159723 (4)

国際協力事業団
金属鉱業事業団

鉱業資

JR

00-023



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 3 年 次

平成 12 年 3 月

国 際 協 力 事 業 団
金 属 鉱 業 事 業 団



1159723 [4]

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10年度を第1年次とする3年次（最終年次）にあたり、金属鉱業事業団は6名の調査団を編成して平成11年12月7日から平成12年3月15日まで現地に派遣した。

現地調査はオマーン国政府機関、商業工業省鉱物局（元石油鉱物省鉱物局）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12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 田代直弘

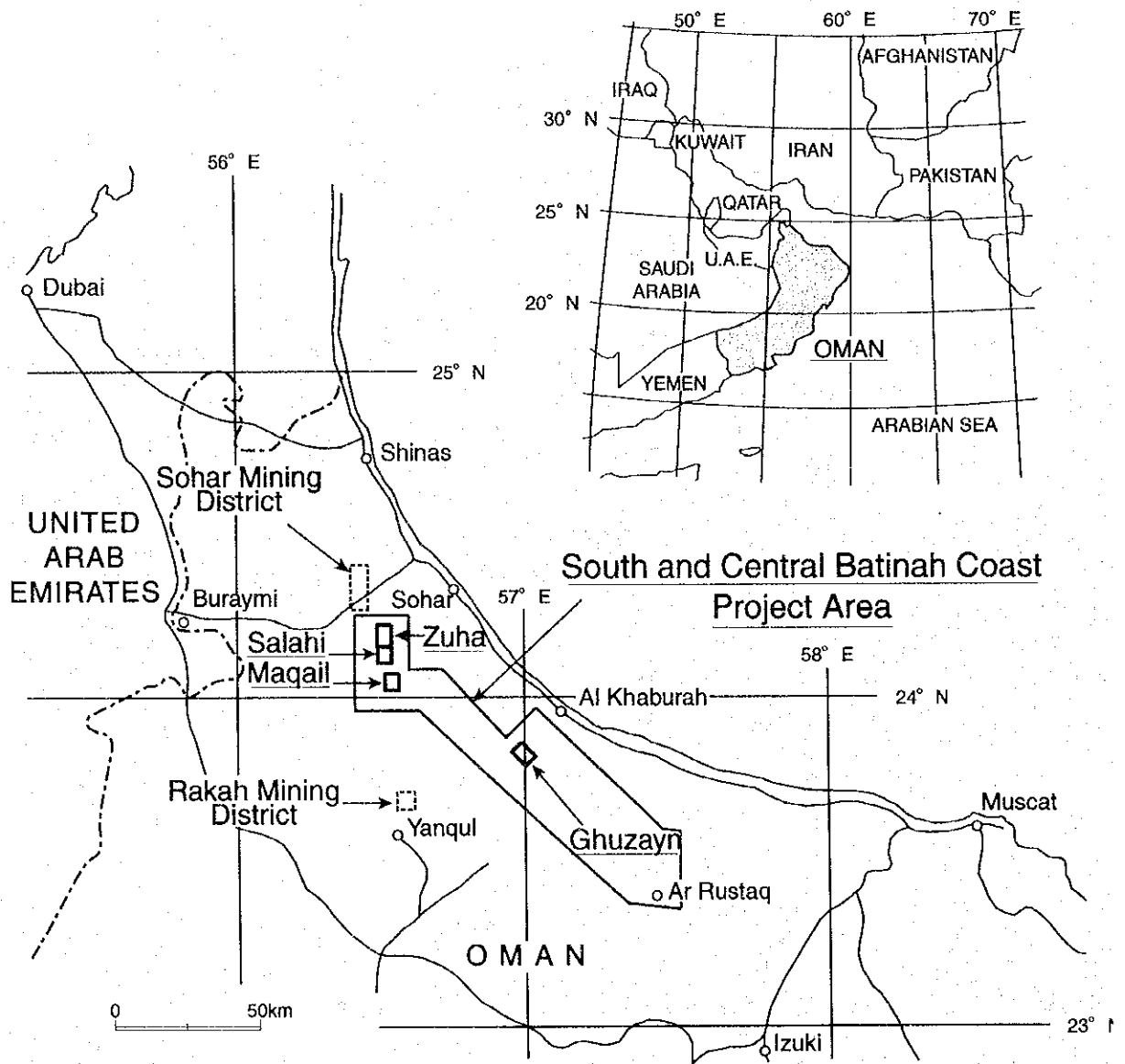


Fig.1 Location map of the surveyed area

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、全地域として見れば極めて限られた部分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3年次 (最終年次) にあたり、第2年次の結果に基づいてグザイン地区、ズーハ地区及びマケール地区では物理探査とボーリング調査、サラヒ地区では物理探査のみを実施した。その結果は以下の通りである。

グザイン地区には広い範囲に鉱化作用が認められるが、塊状硫化物鉱体の分布は中央部に限定されることが明らかになった。また、グザイン No.3 鉱体に対するボーリング調査の結果から、鉱体は西側の方が東側より膨らんだ形状を呈し、平均の厚さが厚くなっていること、鉱体が南北方向に 300m の連続性を持つことが判明した。この結果から No.3 鉱体の推定地質鉱量は約 860 万 t、平均銅品位は 1.5% と見積もられた。

ズーハ地区には地表徴候としてグザイン地区と同規模のゴッサンが存在し、その周辺部には酸化銅が多く認められる。TDIP 法調査では、ゴッサン周辺からその北方にかけて、鉱床胚胎層準の周辺に高分極率異常が検出された。しかしながら、顕著な低比抵抗異常は検出できなかった。TEM 法調査を TDIP 法調査の高分極率異常に対して実施したが、塊状硫化物鉱体の存在を示す異常は抽出できなかった。また、ゴッサン東方の高分極率異常部で実施したボーリング調査でも、下盤の V1-1 層中に優勢な黄鉄鉱化と鉱化変質が認められたのみであったことから、本地区には塊状硫化物鉱体は存在しないものと判断された。

マケール地区では、昨年度の調査地域の北方延長部において TDIP 法調査で低比抵抗異常を伴った分極率異常が2ヶ所で検出され、それらのうちの1ヶ所では顕著な TEM 異常が抽出された。しかし、この異常に対するボーリング調査では、下盤中に珪化及び黄鉄鉱化が認められたのみで、塊状硫化物鉱体を捕捉することはできなかった。

サラヒ地区はズーハ地区の南に位置し、銅鉱徴や鉱化変質が各所で認められる。本地区における TDIP 法調査では、下盤の V1-1 層及び鉱床胚胎層準の分布域に高分極率異常が認められたものの、それらの範囲内には低比抵抗異常は検出されなかった。したがって、本地区には塊状硫化物鉱体は存在しないものと判断された。

以上の結果から、南バチナコースト地域には各所に鉱化作用が認められるものの、経済性を持つ規模の塊状硫化物鉱体の存在はグザイン地区に限られることが明らかになった。このグザイン地区には3つの鉱体が存在し、それらの合計の推定鉱量は約1,400万tに達する。したがって、今後はさらに詳細な調査を行い、その経済性評価を行うことを提言する。しかしながらグザイン地区の鉱体は深度が深いこと及び金をほとんど伴わないことから、本地区単独での開発は現状では困難であることが予想される。したがって、すでに発見され、まだ未開発である（一部のゴッサン部のみは開発されている）ヤンクル地区の鉱床とセットにして経済性評価を行うことを提言するものである。

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	7
第 4 章 調査結果	16
4-1 物理探査	16
4-2 ボーリング調査	16
第 5 章 結論及び提言	18
5-1 結論	18
5-2 提言	19

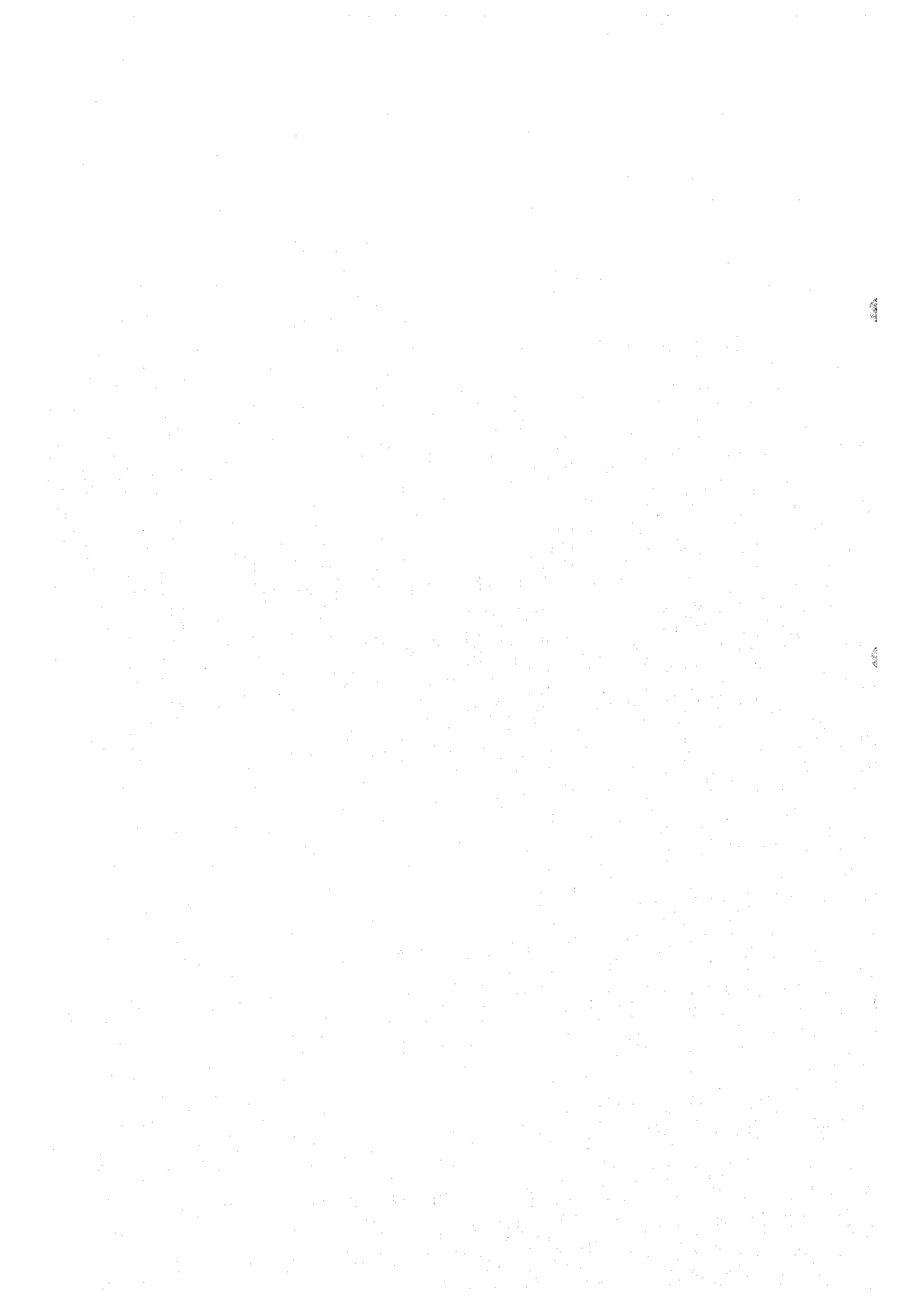
第Ⅱ部 各論

第1章 地質概要	23
1-1 地質層序	23
1-2 地質構造	26
1-3 各調査地区の地質及び鉱化作用	26
第2章 TDIP法調査	33
2-1 調査の経緯及び目的	33
2-2 調査位置及び調査量	33
2-3 調査方法	34
2-4 解析方法	36
2-5 調査結果	37
2-5-1 物性測定	37
2-5-2 グザイン地区	40
2-5-3 ズーハ地区	77
2-5-4 マケール地区	105
2-5-5 サラヒ地区	125
2-6 考察	151
2-6-1 グザイン地区	151
2-6-2 サラヒ地区	151
第3章 TEM法調査	157
3-1 調査の経緯及び目的	157
3-2 調査位置及び調査量	157
3-3 調査方法	157
3-4 解析方法	161
3-5 調査結果	162
3-5-1 グザイン地区	163
3-5-2 ズーハ地区	163
3-5-3 マケール地区	179
3-6 考察	207
3-6-1 グザイン地区	207
3-6-2 ズーハ地区	225
3-6-3 マケール地区	225

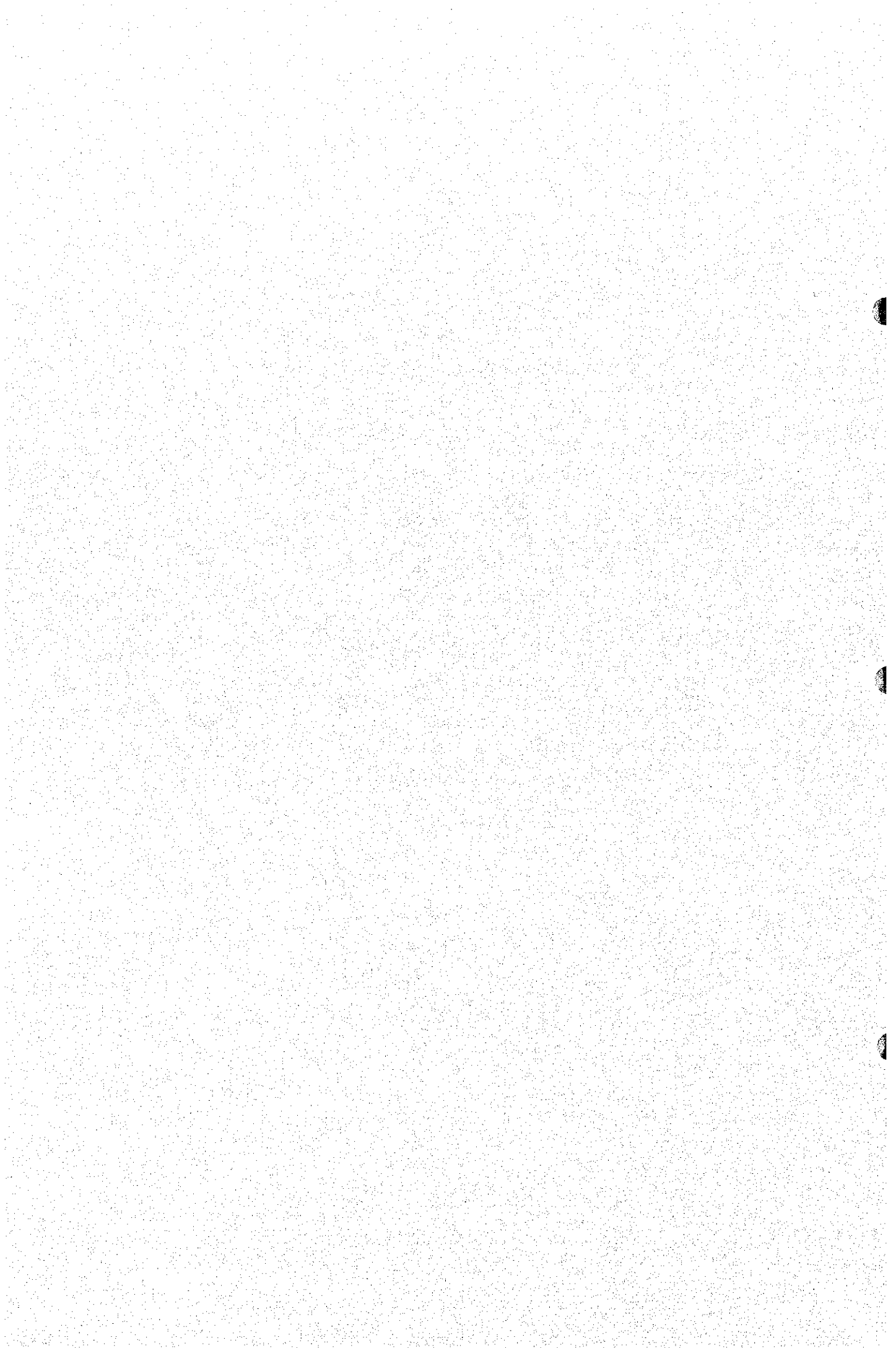
第4章	ボーリング調査	231
4-1	調査の経緯及び目的	231
4-2	調査位置及び調査量	231
4-3	調査方法	231
4-4	ボーリング調査結果	231
4-4-1	グザイン地区	231
4-4-2	ズーハ地区	238
4-4-3	マケール地区	239
4-5	考察	240
4-5-1	グザイン地区	240
4-5-2	ズーハ地区	240
4-5-3	マケール地区	249

第Ⅲ部 結論及び提言

第1章	結論	251
第2章	将来への提言	252
参考文献		253
図表一覧		255
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、全地域として見れば極めて限られた部分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。さらに平成9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。

平成10年度は新規鉱体の発見を目的として、グザイン、サラミ、マハブ、ハラキラブ、マケールの各地区において広範囲に物理探査を実施し、サラミ及びハラキラブで抽出した異常帯に対してボーリングを行った。しかしこれらのボーリング調査では新規の塊状硫化物鉱床を捕捉することはできなかった。

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 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される鉱床である。これまでのバチナコーストにおける4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類の下部層 (V1-1: Geotimes ユニット) と上部層 (V1-2: Lasail ユニット) 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) 下部火山岩類の金属質堆積岩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。

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、鉱微地の抽出及び空中物理探査による磁気異常（鉱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、鉱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、鉱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段階は鉱化帯の把握のためにTDIP法、そして第2段階は鉱化帯からの鉱体の抽出のために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 x 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。

本年度は南パチナコースト地域資源開発協力基礎調査の第3年次（最終年次）にあたり、第2年次の結果に基づいてグザイン地区、ズーハ地区及びマケール地区では物理探査とボーリング調査、サラヒ地区では物理探査のみを実施した。これらの調査量、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) 現地指導監督

藤井 昇 金属鉱業事業団調査事業部海外協力課
増田 一夫 金属鉱業事業団調査計画部調査計画課

(2) 現地調査

(日本国側)

柴田 芳彰	三菱マテリアル資源開発 (株)	総括, ボーリング調査
佐々木 純一	三菱マテリアル資源開発 (株)	物理探査
エスコバル 太仁	三菱マテリアル資源開発 (株)	物理探査
堀内 浩久	三菱マテリアル資源開発 (株)	物理探査
高橋 武春	三菱マテリアル資源開発 (株)	物理探査
遠藤 晋	三菱マテリアル資源開発 (株)	物理探査

(オマーン国側)

Salim Omer Abdullah Ibrahim	Ministry of Commerce and Industry	総括
Ali Salim Al-Rajhi	Ministry of Commerce and Industry	ボーリング調査

Flow for massive sulphide deposits exploration in Batinah Coast

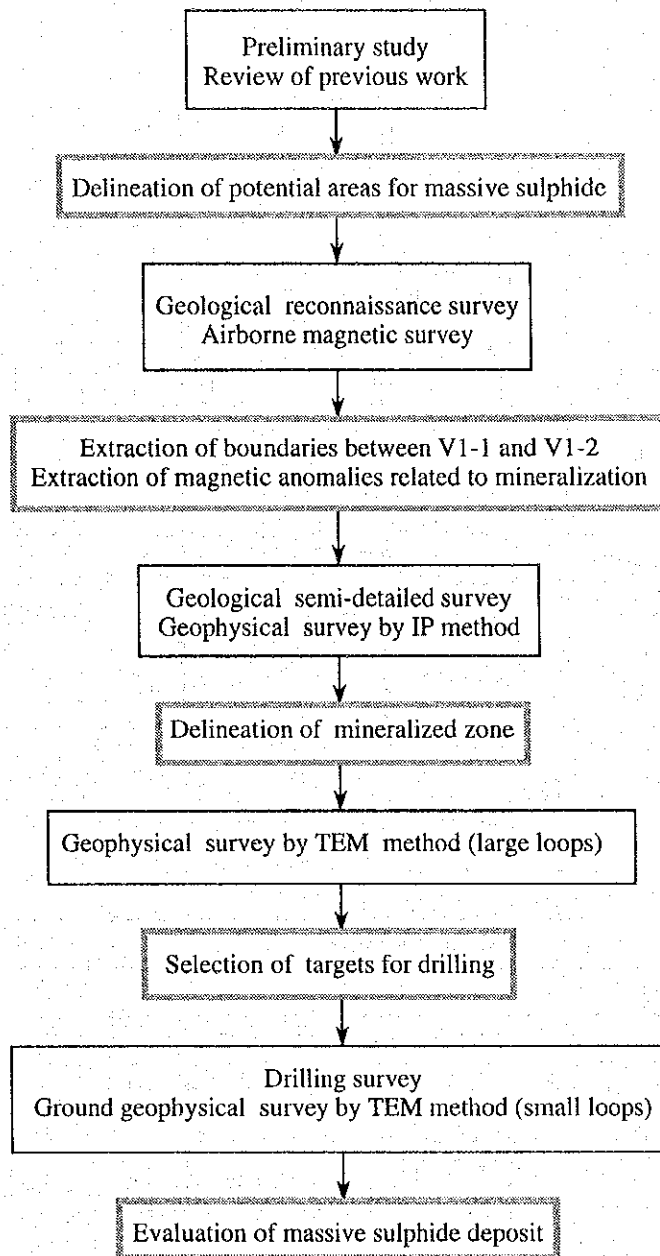


Fig. I -1-1 Flow for massive sulphide deposits exploration in Batinah Coast

Table I-1-1 Content and amount of work of Phase III

CONTENT AND AREA		AMOUNT OF WORK	
1. Geophysical Survey			
1) IP method		Total line length	Number of measurements
	Ghuzayn area	30.2 km	Total 3,232 points
	Zuha area	34.5 km	Total line length:
	Maqail area	12 km	98.3 km
	Salahi area	21.6 km	
2) TEM method		Number of loops	Number of measurements
	Ghuzayn area	2 loops	Total 972 points
	Zuha area	7 loops	Total length of loop:
	Maqail area	3 loops	28.8 km
2. Drilling Survey		Total length	Grand total length
	Ghuzayn area	1,153.5 m	2,135.80 m
	Zuha area	250.90 m	
	Maqail area	731.40 m	

Table I-1-2 Laboratory work in Phase III

LABORATORY WORK	AMOUNT
1. Geophysical Survey	
Resistivity and polarizability measurement	30 samples
2. Drilling Survey	
Chemical analysis ore assay (6 elements: Au,Ag,Cu,Pb,Zn,Fe)	82 samples

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) 現地指導監督

平成 12 年 1 月 25 日 ～ 平成 12 年 2 月 6 日

平成 12 年 2 月 4 日 ～ 平成 12 年 2 月 9 日

(2) ボーリング調査

平成 11 年 12 月 7 日 ～ 平成 12 年 3 月 15 日

(3) 物理探査

平成 11 年 12 月 7 日 ～ 平成 12 年 3 月 10 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(Mascat)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℃、ときには 50℃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℃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 (Samil) 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、ガプロ、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 (Hadhranut) 層からなり、調査地域の東縁から北縁のバチナ海岸平野の南部に線状に分布する。アルマ層はポリミ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。

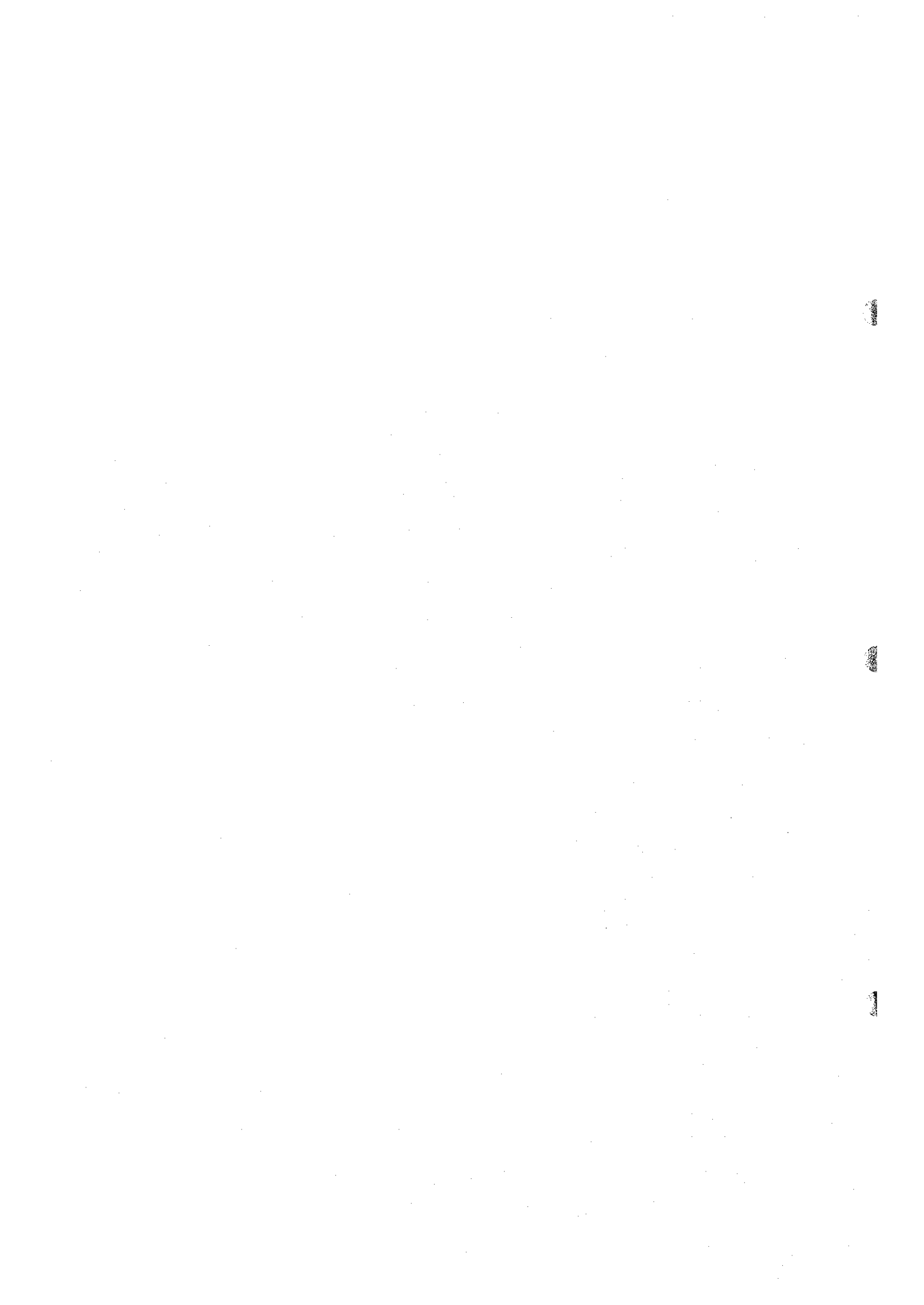
第四系は、中央部から東縁ないし北縁に広く分布する扇状地堆積物、段丘堆積物、河川堆積物及び崩壊性堆積物からなる。

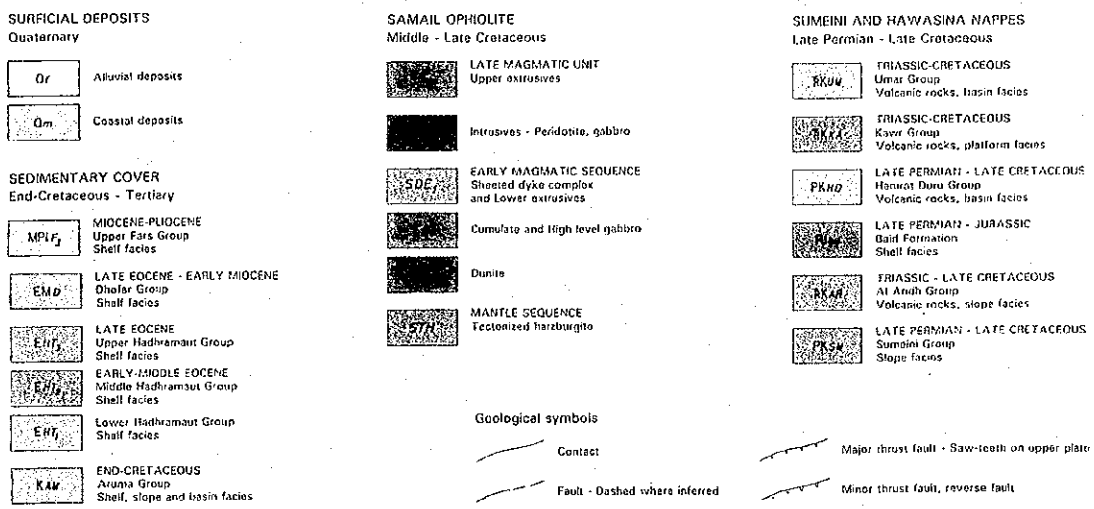
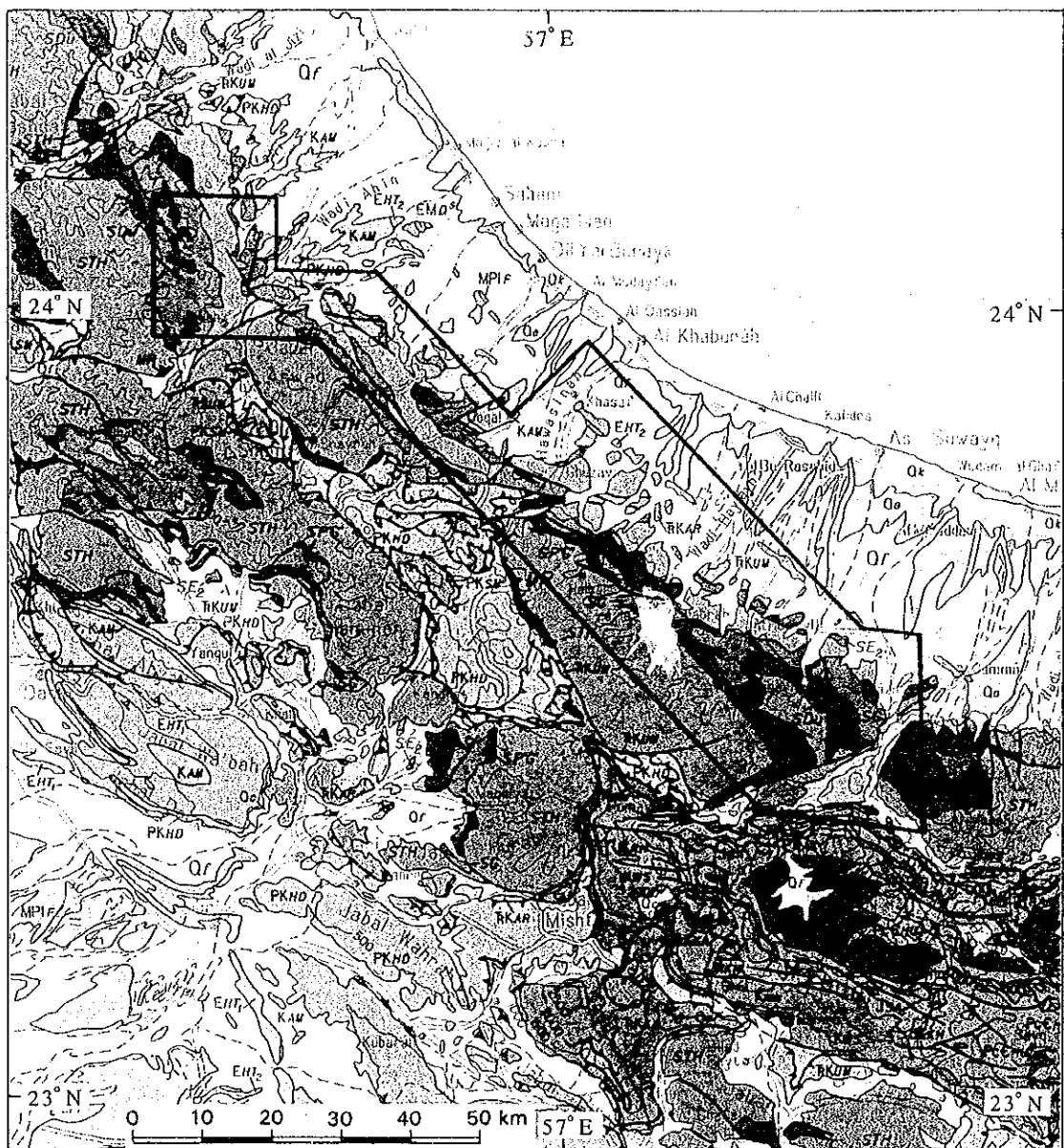
本調査対象地域の地質構造は、ハワシナナッペ及びサマイルナッペが先後期二畳紀の堆積性基盤岩及びハジャーユニットとともに、白亜紀後期にアラビア盾状地に付加されるときに形成された積重構造を主要構造とする。第三紀の後ナッペユニット及び第四系はその後にバチナコーストに下位とは不整合関係で堆積した。多くの衝上断層が発達しており、第三紀以前の積重構造の境界部を形成するとともに、積重構造を形成する原地性及び異地性のブロックをスライスしている。さらに高角断層が良く発達し、各ブロックを切り、地質的境界を転移させている。これら断層は主に第三紀以前に形成されたものである。

3-2 鉱化作用及び鉱業略史

3-2-1 鉱床概要

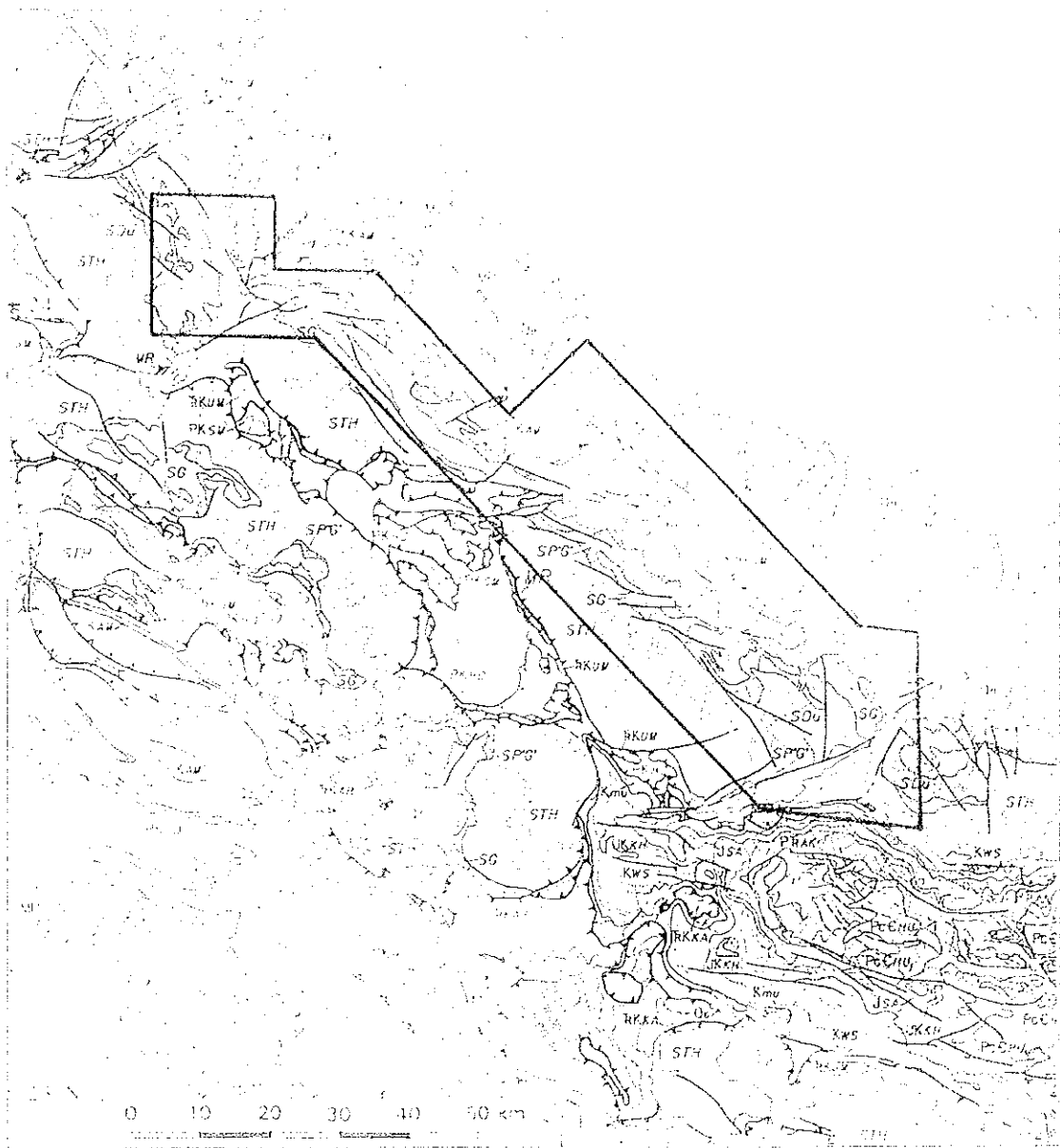
本地域の探査ターゲットである銅の鉱床及び鉱徴地について、そのタイプと胚胎位置との関係を模式的に示したものが Fig.I-3-2 である。このような鉱床タイプのうち、本地域で経済性が期待





Ministry of Petroleum and Minerals (1993)

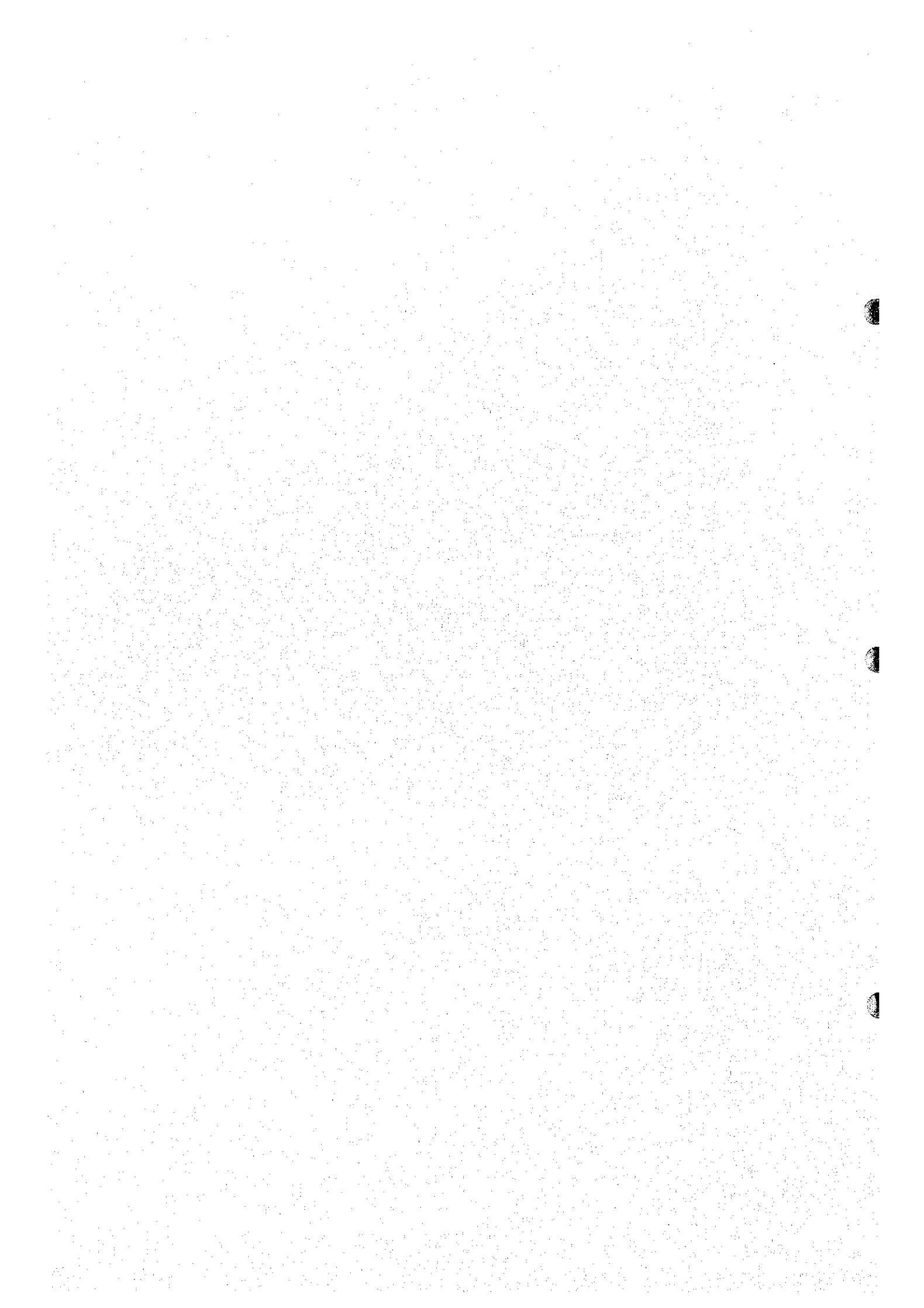
Fig. I -3-1 Geologic map of the South Batinah Coast area.



The map shows the distribution of military units across the region. The 2nd Battalion's area of operations is highlighted by a thick black line. Units are labeled with abbreviations such as STH, SPG, SO, RKUM, PKSW, RKKA, KWS, JSA, PHAK, and SKKH. The map also features a scale bar from 0 to 50 km and various geographical markers.

Map of the 2nd Battalion's Area of Operations

Figure 1: Operational area of the 2nd Battalion



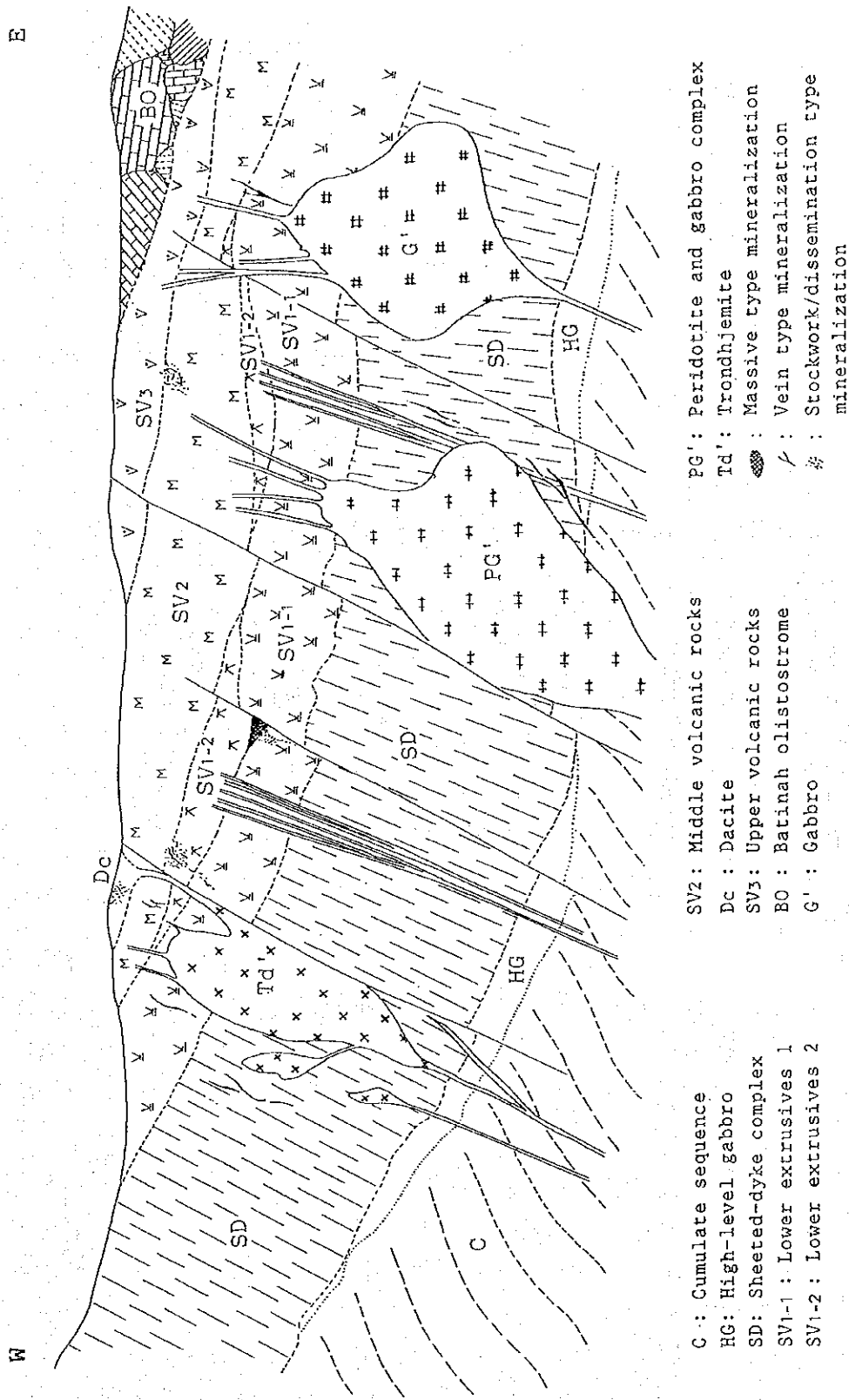


Fig. I -3-2. Schematic distribution of Samail Volcanic Rocks and mineralization in Sohar area

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 (Aaja) 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・サフィール (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の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 Propection 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、Propection 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 24,000 トン/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

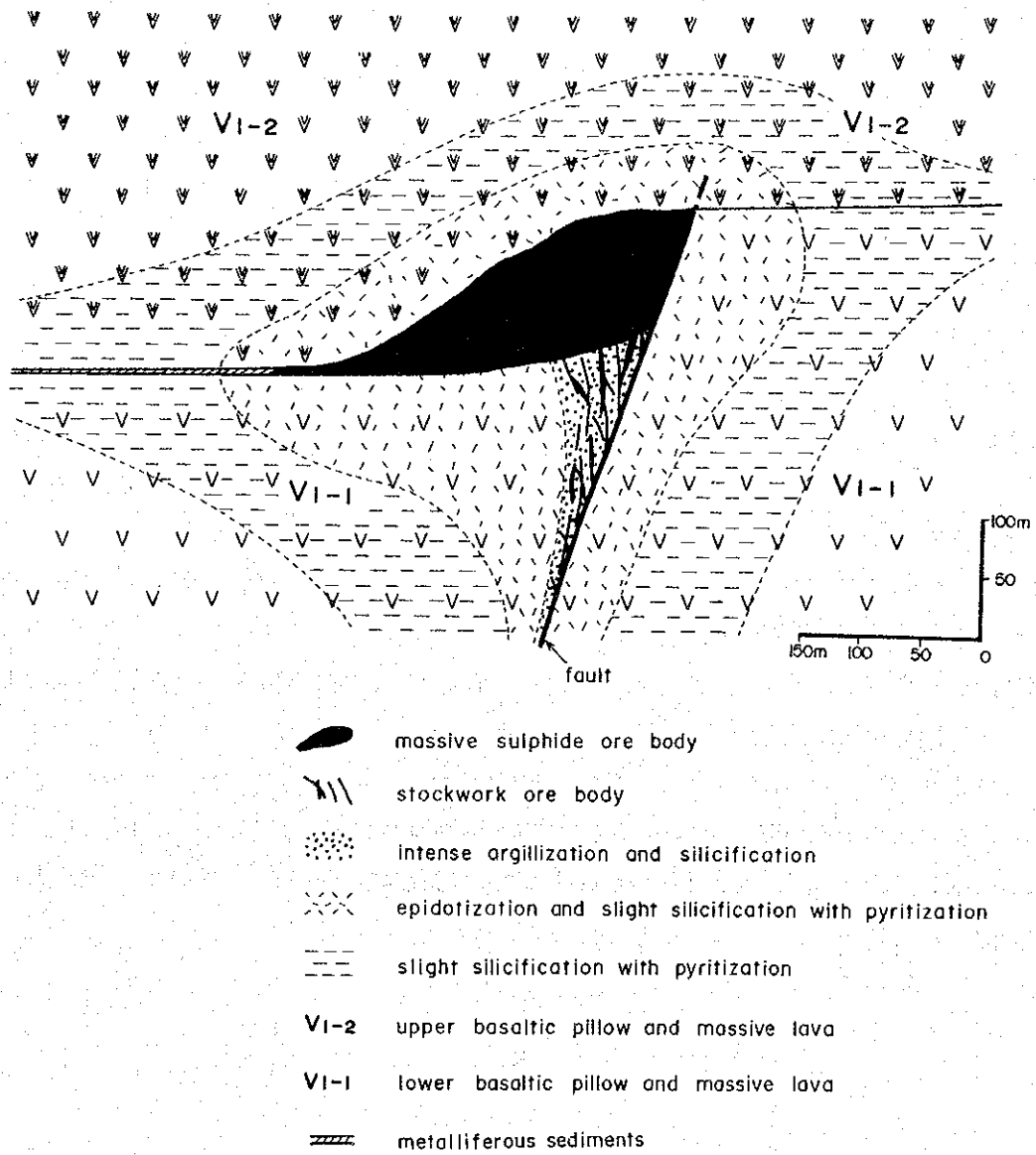


Fig. I -3-3 Schematic model of massive sulphide deposits in Ghuzayn area

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・サフィール (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 ケ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・サフィー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, プワイリク, 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・サフィー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(Aaja)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・サフィール鉱床に対しては、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), アルアスガール(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・サフィー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・サフィー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

本年度は昨年度までの調査結果に基づいて、グザイン地区、ズーハ地区、マケール地区及びサラヒ地区において物理探査及びボーリング調査を行った。

4-1 物理探査

4-1-1 TDIP 法調査

TDIP 法調査は鉍化帯の抽出を目的として、グザイン地区、ズーハ地区、マケール地区及びサラヒ地区において実施した。

グザイン地区では、既調査実施地区の西方及び東方延長部において調査を実施したが、下部火山岩類の下部噴出岩類（V1-1層）分布域に高分極率異常、中部火山岩類（V2層）分布域に低比抵抗異常が認められたのみで、鉍床胚胎層準の分布域には鉍化帯を示唆する異常は得られなかった。

ズーハ地区では、V1-1層分布域のみならず、鉍床胚胎層準の分布域にも高分極率異常が検出された。しかしながら低比抵抗異常は、V2層の分布域以外では顕著なものは認められなかった。

一方マケール地区では、本年度の調査範囲の北部、南部及び西部で分極率の高異常が検出され、それらのうち西部の異常はやや低い比抵抗異常を伴うものであった。

また、サラヒ地区では V1-1 層分布域と鉍床胚胎層準分布域に高分極率異常が検出されたが、低比抵抗異常は V2 層分布域で認められたのみで、塊状硫化物鉍の鉍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。

4-1-2 TEM 法調査

本年度の TDIP 法調査で鉍床胚胎層準分布域に広い分極率異常が検出されたズーハ地区と低比抵抗異常を伴う分極率異常が検出されたマケール地区において合計 10 ループの TEM 法調査を実施した。さらにグザイン地区においても、昨年度までの調査で得られた IP 異常域でまだ TEM 法調査でカバーされていない部分について、2 ループの TEM 法調査を実施した。

その結果、マケール地区では 3 ループのうち 1 つのループにおいて塊状硫化物鉍床を示唆する高磁場異常が検出された。しかしズーハ地区においては高磁場異常は検出できなかった。一方グザイン地区では、ゴッサンの東部で実施したループにおいて浅部に高磁場異常が検出された。

4-2 ボーリング調査

ボーリング調査はグザイン地区、マケール地区及びズーハ地区の 3 ケ所で実施した。

グザイン地区では、グザイン No.3 鉍体の分布範囲を確認するために 3 孔のボーリング調査を実施するとともに、昨年度 IP 異常が検出された地区西部の A'Ruwydhat と本年度の TEM 法調査で浅部の異常を確認したゴッサンの東部でそれぞれ 1 孔のボーリング調査を実施した。その結果、No.3 鉍体はその西側と東側で非対称であり、西側の方が厚く、さらに西縁では急激に

薄くなることがわかった。また鉍体の南縁から北方 300m のところで実施した G44 孔でも約 3m の塊状鉍を捕捉したことから、本鉍体が 300m の連続性をもつこと及び鉍体の下底が南北方向では北に 20 度の勾配で単調に傾斜していることが明らかとなった。一方、A'Ruwydhat で実施したボーリング調査では、広範囲の強い珪化帯を捕捉したものの、弱い黄鉄鉍の鉍染しか認められず、ゴッサンの東部におけるボーリング調査でも変質、鉍化とも弱いものしか認められなかった。

ズーハ地区では、IP 異常帯中のゴッサンの東方で 1 孔のボーリング調査を実施したが、下盤中に強い黄鉄鉍化及び鉍化変質が認められたものの、塊状鉍を捕捉することはできなかった。

マケール地区では TEM 異常と IP 異常に対して 3 孔のボーリング調査を実施した。その結果、いずれも上盤及び下盤中に強い珪化や黄鉄鉍の鉍染が認められたものの、塊状鉍を捕捉することはできなかった。

第5章 結論及び提言

5-1 結論

本年度は本調査の最終年度にあたり、昨年度までの調査結果に基づいてグザイン地区、ズーハ地区、マケール地区、サラヒ地区において物理探査及びボーリング調査を実施した。各地区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

グザイン地区には広い範囲に鉍化作用が認められるが、塊状硫化物鉍体の分布は中央部に限定されることが明らかになった。また、グザイン No.3 鉍体に対するボーリング調査の結果から、鉍体は西側の方が東側より膨らんだ形状を呈し、平均の厚さが厚くなっていること、鉍体が南北方向に 300m の連続性を持つことが判明した。この結果から No.3 鉍体の推定地質鉍量は約 860 万 t、平均銅品位は 1.5%と見積もられた。

(2) ズーハ地区

ズーハ地区には地表徴候としてグザイン地区と同規模のゴッサンが存在し、その周辺部には酸化銅が多く認められる。TDIP 法調査では、ゴッサン周辺からその北方にかけて、鉍床胚胎層準の周辺に高分極率異常が検出された。しかしながら、顕著な低比抵抗異常は検出できなかった。TEM 法調査を TDIP 調査の高分極率異常に対して実施したが、塊状硫化物鉍体の存在を示す異常は抽出できなかった。また、ゴッサン東方の高分極率異常部で実施したボーリング調査では、下盤の V1-1 層中に優勢な黄鉄鉍化と鉍化変質が認められたのみであった。したがって、本地区には塊状硫化物鉍体は存在しないものと判断される。

(3) マケール地区

マケール地区では、昨年度の調査地域の北方延長部において TDIP 法調査で低比抵抗異常を伴った分極率異常が 2ヶ所で検出され、それらのうちの 1ヶ所では顕著な TEM 異常が抽出された。しかし、この異常に対するボーリング調査では、下盤中に珪化及び黄鉄鉍化が認められたのみで、塊状硫化物鉍体を捕捉することはできなかった。

(4) サラヒ地区

サラヒ地区はズーハ地区の南に位置し、銅鉍徴や鉍化変質が各所で認められる。本地区における TDIP 法調査では、下盤の V1-1 層及び鉍床胚胎層準の分布域に高分極率異常が認められたものの、それらの範囲内には低比抵抗異常は検出されなかった。したがって、本地区には塊状硫化物鉍体は存在しないものと判断された。

5-2 提言

南バチナコースト地域には各所に鉱化作用が認められるが、経済性を持つ規模の塊状硫化物鉱体の存在はグザイン地区に限られることが明らかになった。このグザイン地区には3つの鉱体が存在し、それらの合計の推定鉱量は約1,400万tに達することから、今後はさらに詳細な調査を行い、その経済性評価を行うことを提言する。

しかしながらグザイン地区の鉱体は深度が深いこと及び金をほとんど伴わないことから、本地区単独での開発は現状では困難であることが予想される。したがって、すでに発見され、まだ未開発である（一部のゴッサン部のみは開発されている）ヤンクル地区の鉱床とセットにして経済性評価を行うことを提言するものである。



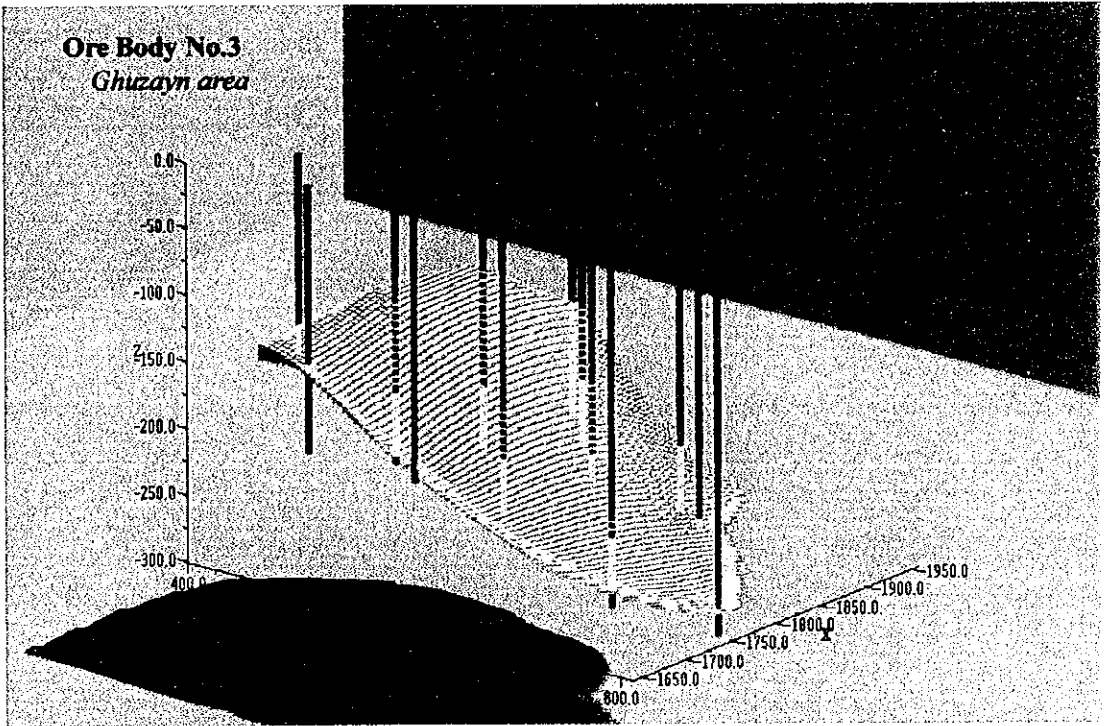
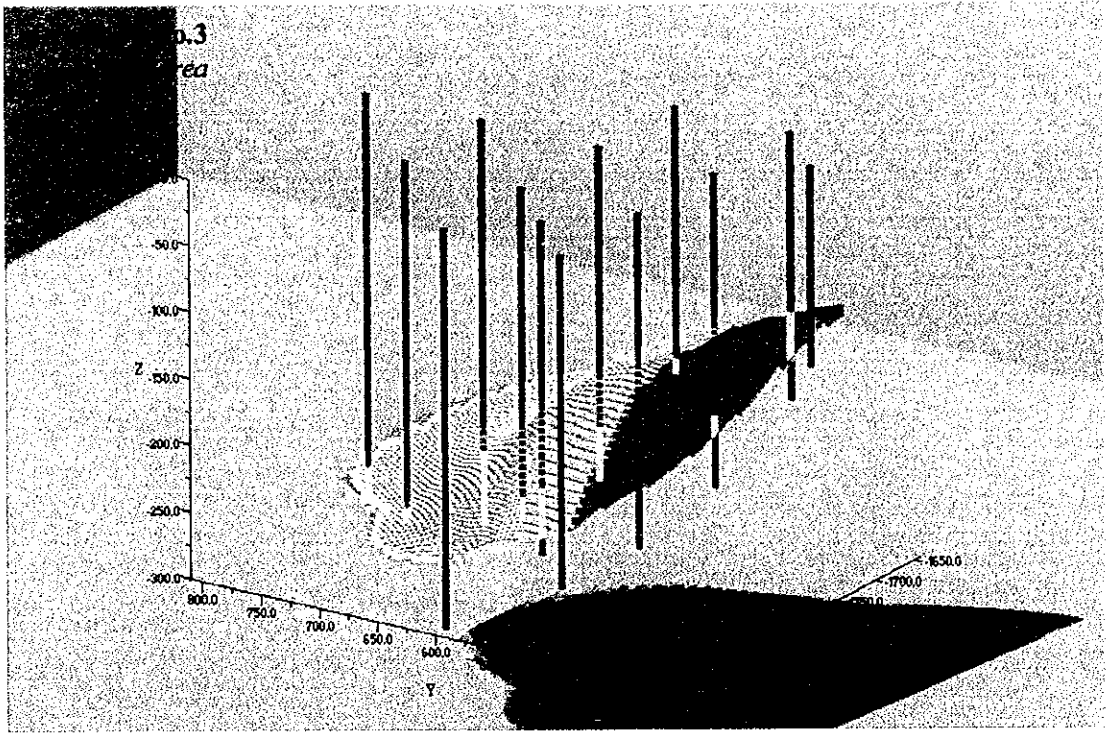
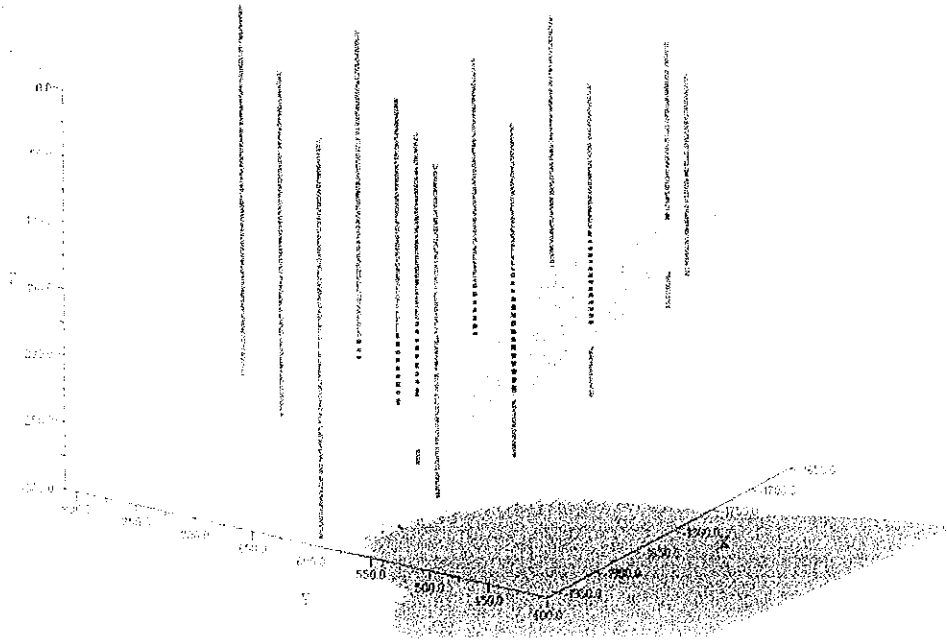


Fig. I -5-1 Schematic view of Ghuzayn No.3 ore body

Ore Body No.3
Ghuzayn area



Ore Body No.3
Ghuzayn area

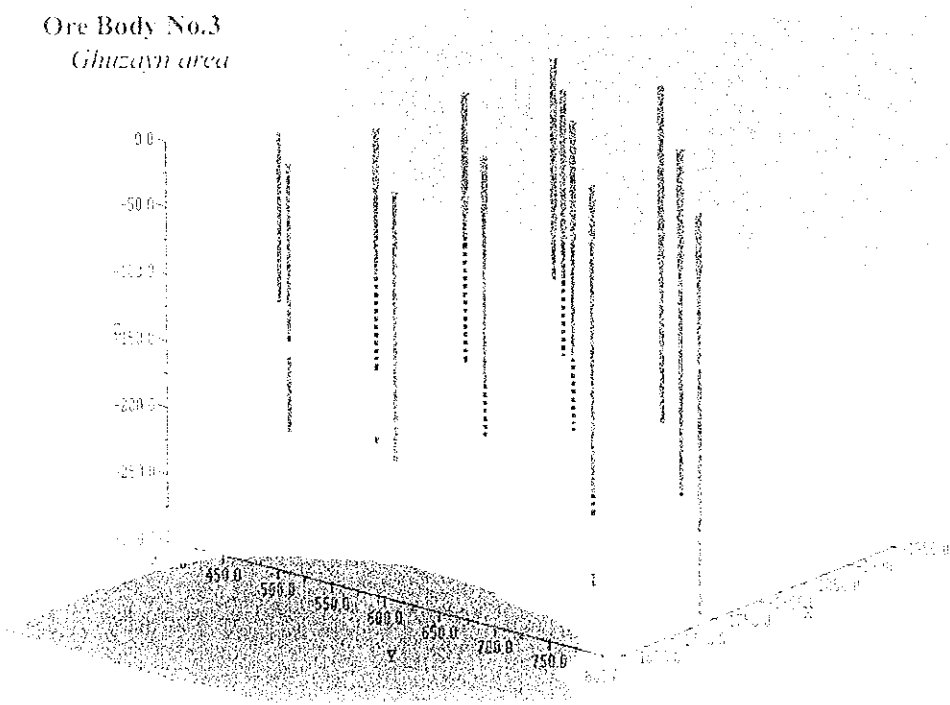
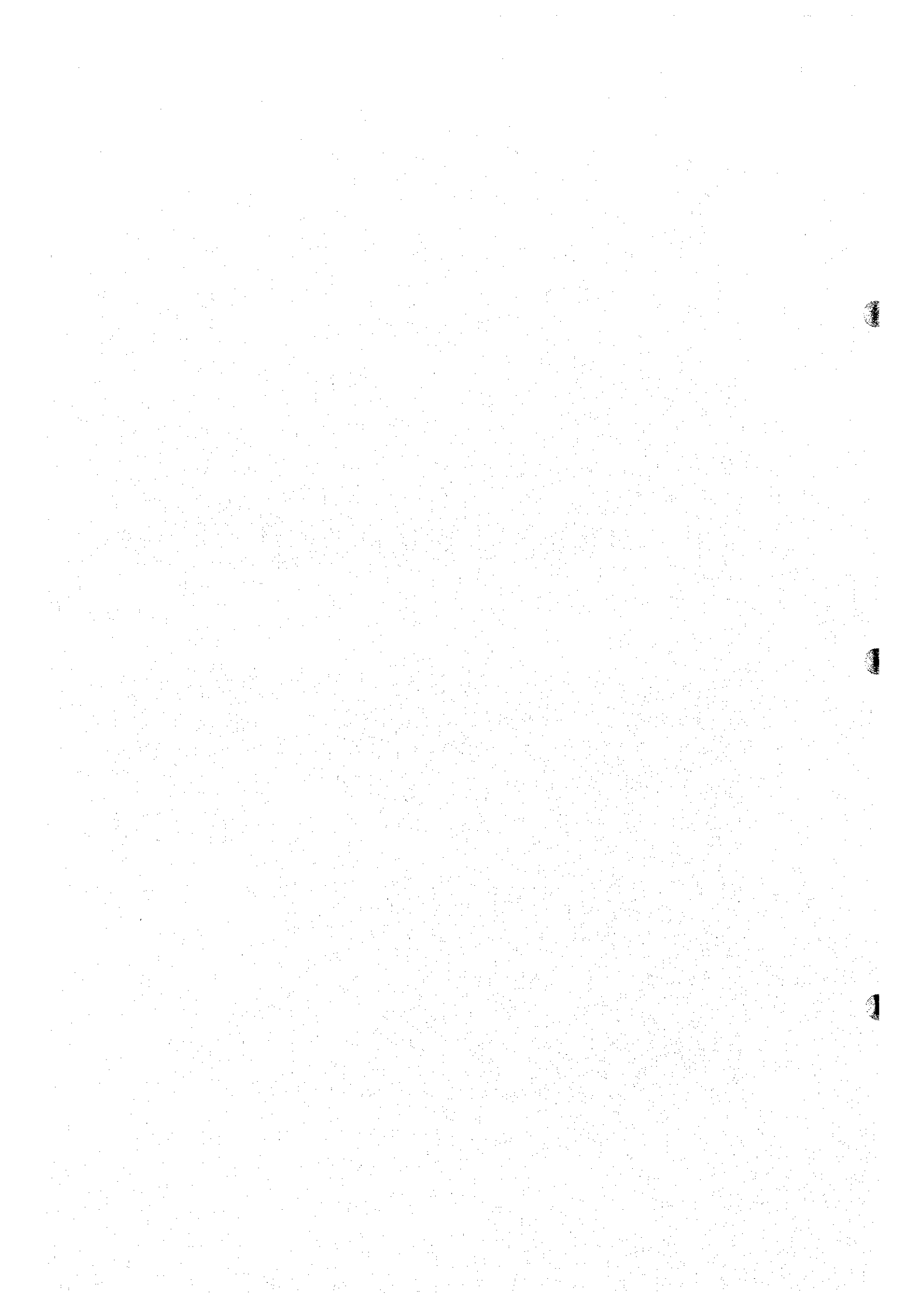
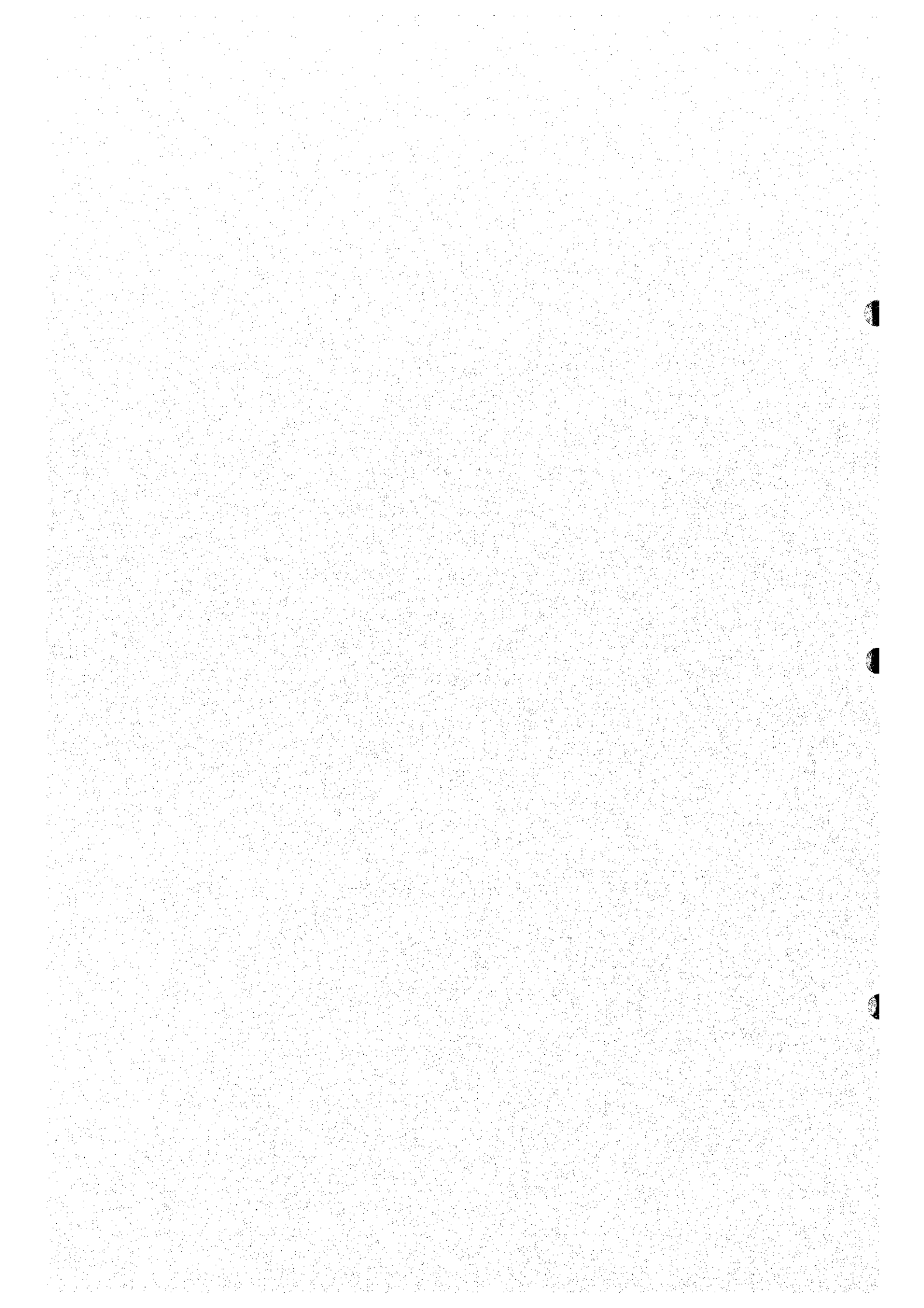


Figure 1-3-3: 3D Perspective views of Ghuzayn No.3 Ore Body



第Ⅱ部 各 論



第1章 地質概要

1-1 地質層序

南バチナコースト地域には異地性のサマイル・オフィオライト及びオフィオライト最上部層のバチナ・オリストストローム、それらを不整合に覆う第三紀から第四紀にかけての原地性の堆積物が分布している。本調査地域の地質層序を Fig. II-1-1 に示す。

これらのうち本年度の調査地域に分布するのは、サマイル・オフィオライトのうちのシート状岩脈群 (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。

1-1-1 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~細粒ガプロより構成される。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現れ, それらとは漸移関係にある。

1-1-2 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。

(1) 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・ブ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節理が発達する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, 塊状硫化物鉱体に側方漸移することがある。

(2) 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。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, 珪質のものが多い。本岩は V2 中に挟在される。北部のサラヒ地区 (Bishimetal(1987)における Salahi I 鉱徴地) では, この U2 が金の鉱化作用を受けている。

(3) 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。一方枕状溶岩は, 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。

(4) 貫入岩類

貫入岩類は, カンラン岩 (P¹), ガブロ (Gu¹), トロニエマイト (Tr¹) 及び後期ドレライト岩脈などが認められる。カンラン岩 (P¹) 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。ガブロ (Gu¹) は, 閃緑岩の岩相を示すものも含み, トロニエマイト (Tr¹) 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ブロの岩相を示すものもある。

1-1-3 オフィオライト最上部層 (パチナ・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。

1-1-4 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。

1-2 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。

1-3 各調査地区の地質及び鉱化作用

グザイン地区、ズーハ地区、マケール地区及びサラヒ地区の地質図をそれぞれ Fig. II-1-2～Fig. II-1-5 に示す。

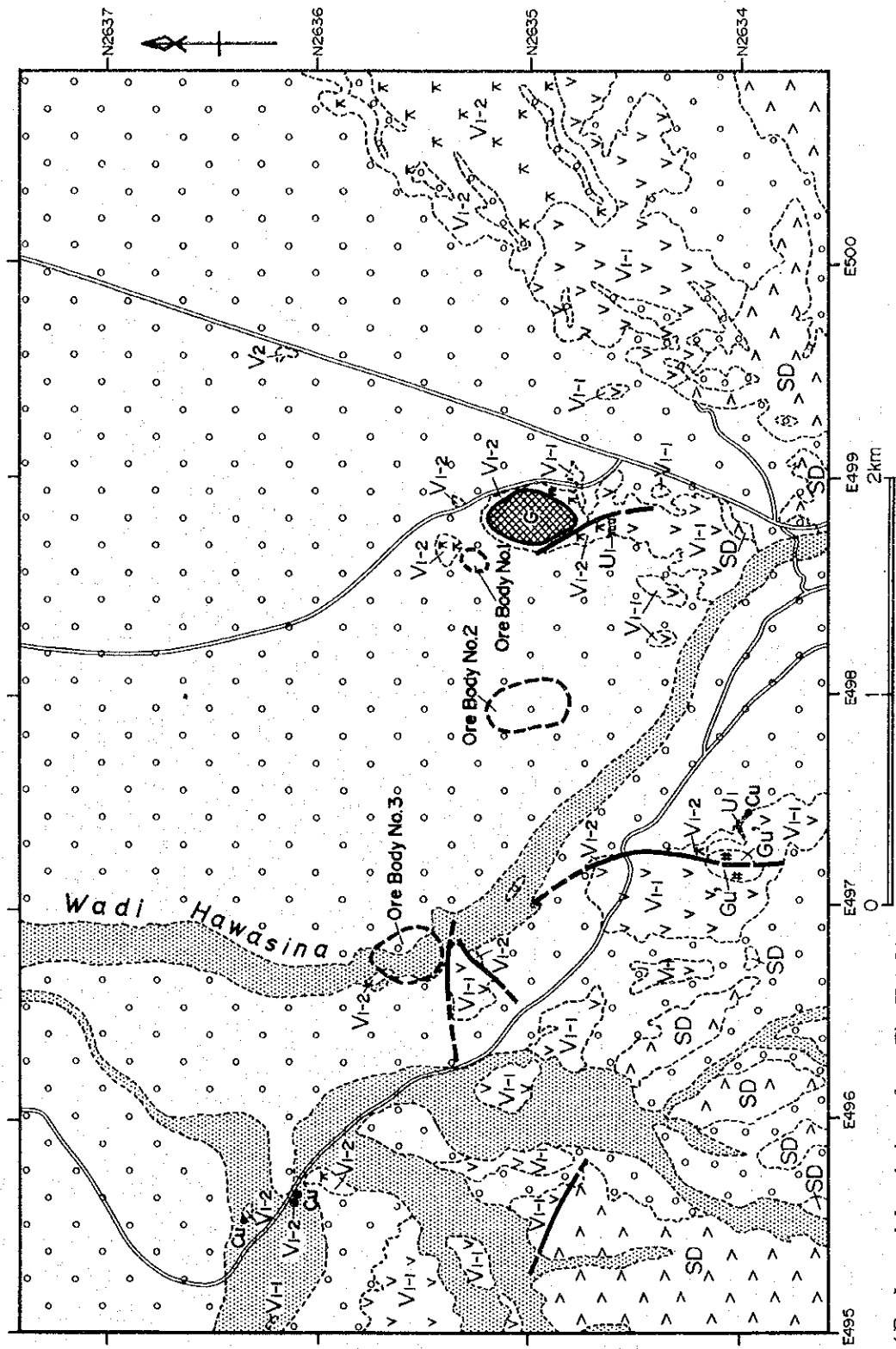
1-3-1 グザイン地区

本地区の地質はサマイル・オフィオライトの SD, V1-1, V1-2, U1, V2 と第四紀の扇状地堆積物及び沖積層から主としてなる。

本地区には大規模な珪質のゴッサンが存在し、これは標高約 60m の丘の頂部（約 100m×200m）に分布している。このゴッサンは、V1-1 と V1-2 の境界部付近の黄鉄鉱・黄銅鉱染及び網状脈帯に形成された酸化鉱体である。このゴッサンの周囲には酸化銅が生成しており、U1 は多量の磁鉄鉱を含んでいる。グザイン地区にはこのゴッサンのほかにも酸化銅を伴い多量の磁鉄鉱を含む U1 が南部に、鉱染状に酸化銅を伴う珪化帯が西部に、酸化銅を伴う U1 及び黄銅鉱を含む石英脈が東部に存在する。

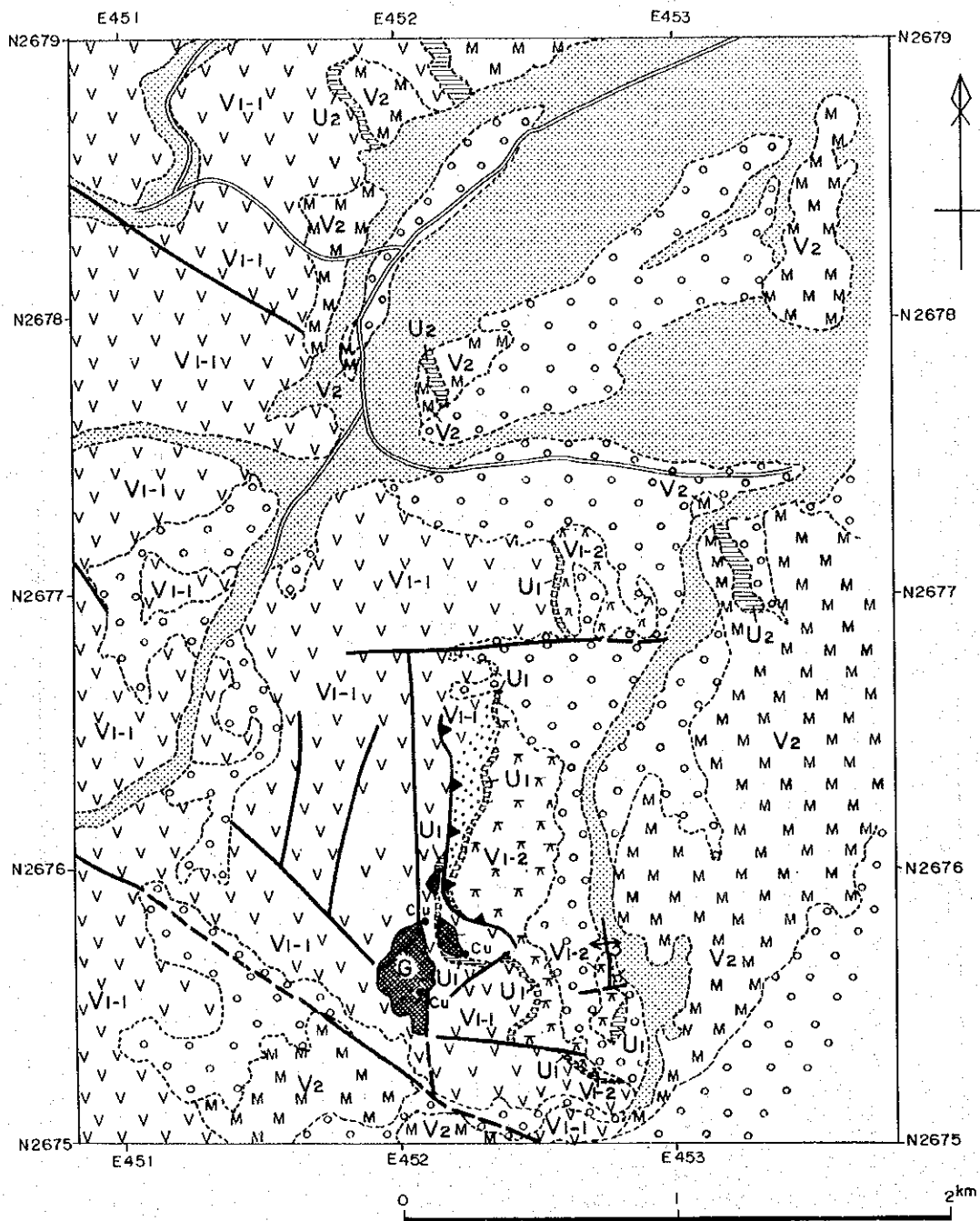
1-3-2 ズーハ地区

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



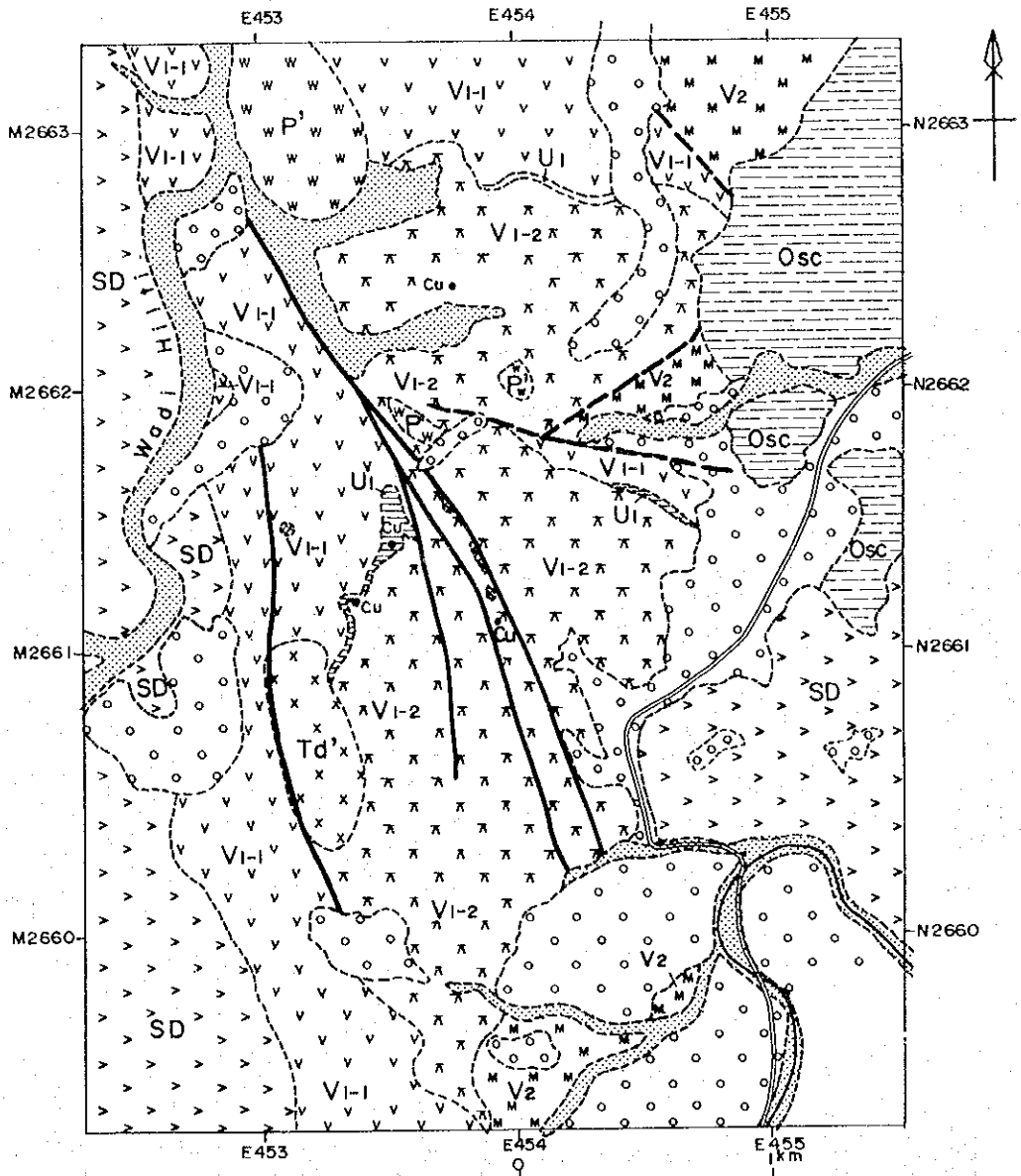
(For Legend description refer to Fig. II-1-5.)

Fig. II-1-2 Geologic map of Ghuzayn area



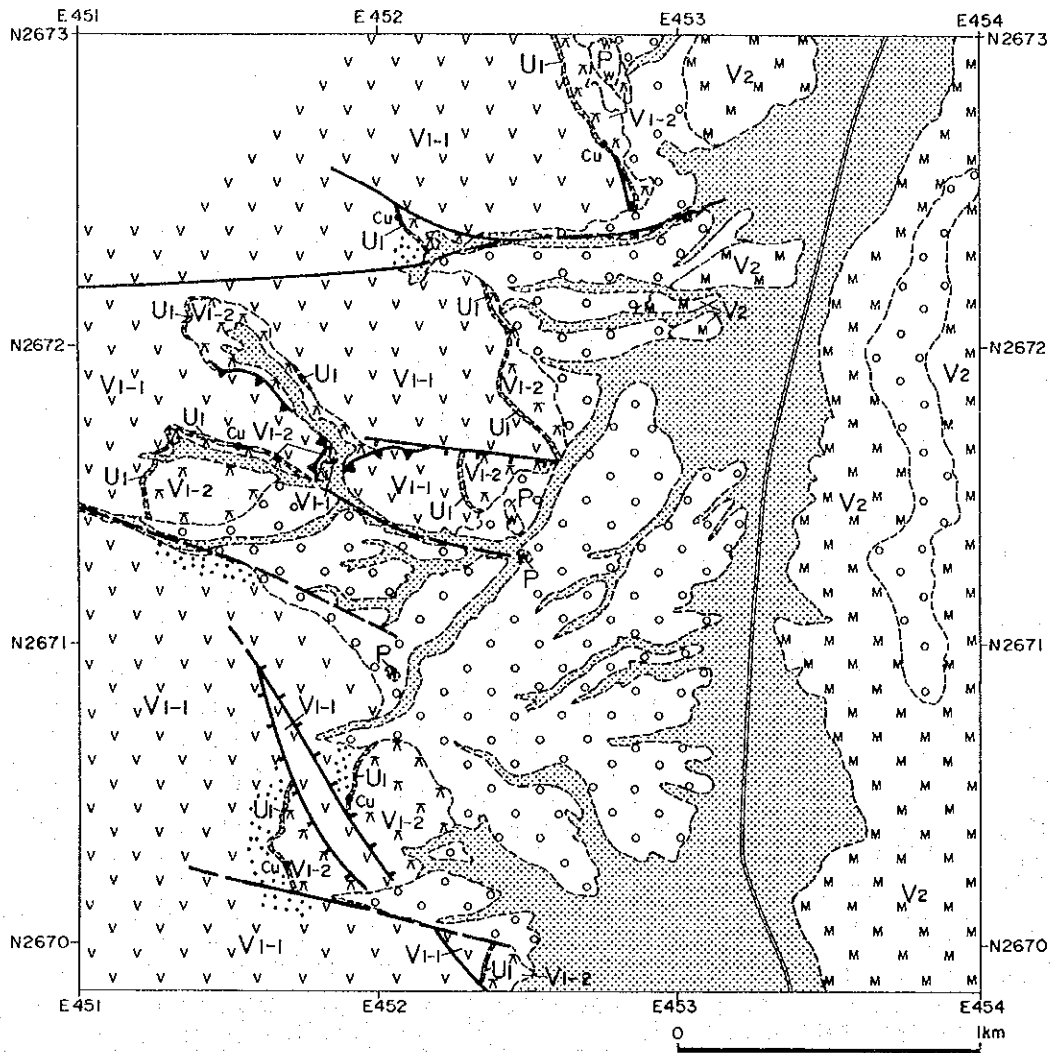
(For Legend description refer to Fig. II-1-5.)

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



(For Legend description refer to Fig. II-1-5.)

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



LEGEND

		Wadi sediments		ECONOMIC GEOLOGY SYMBOLS
		Alluvial fans and alluvium		G
Batinah Olistostrome		Limestone dominant facies		
		Chert dominant facies		
Middle extrusives		Basaltic pillow lava and massive lava		Cu
		Metalliferous sediments		
Lower extrusives		Metalliferous sediments		
		Lower extrusive 2; basaltic pillow lava and massive lava		
		Lower extrusive 1; basaltic pillow lava and massive lava		
Sheeted-dyke Complex		Doleritic and basaltic dyke		
Intrusive Rocks		Trondhjemite		
		Peridotite		
		Gabbro		
				STRUCTURAL FEATURES

Fig. II-1-5 Geologic map of Salahi area

する。

地質はサマイル・オフィオライトの V1-1, V1-2, U1, V2 と第四紀の扇状地堆積物及び沖積層からなる。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と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。

本地区では 1974 年~1976 年にかけて Prospection Ltd. がボーリング調査、地質調査、地化学探査及び物理探査、1985 年に Bishimetal Exploration Co. が地質調査及び地化学探査、さらに 1991 年に石油鉱物省がボーリング調査を実施している。これらのうちボーリング調査の結果を Table II-1-1 に示す。

1-3-3 マケール地区

本地区はサハムの西南西 40km に位置し、Shibeibat 部落の周辺部である。

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。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。

1-3-4 サラヒ地区

本地区はズーハ地区の南に隣接しており、マケール地区の約 9km 北に位置する。

地質は主にサマイル・オフィオライトの V1-1, V1-2, U1, V2, 第四紀の扇状地堆積物及び沖積層でからなる。V1-1 と V1-2 の境界部付近には 3ヶ所でカンラン岩の貫入が認められる。東西系の断層がよく発達しており、一部には衝上断層も存在する。南部には V1-2 の生成時期とほぼ同時期に生じたものと考えられる北西-南東系の断層も認められた。

鉱徴としては、U1 中に酸化銅や磁鉄鉱が伴われるのが各所で認められ、緑れん石化が強い部分も数ヶ所で認められた。特に北部に露出する磁鉄鉱に富む U1 は厚さが 2m に及び、層理が発達し、かつ酸化銅を伴っており、塊状硫化物鉱体の末端部の様相を呈するものである。

Table II-1-1 Summary of previous drilling works in Zuha area

Holes	Coordinate		Executed length (m)	Direction	Inclination	Executer and Year	Description
	N (km)	E (km)					
59-1	2,675.480	452.120	91.44	N80°W (280°)	-60°	Prospection Ltd. 1976	-8.38m~-10.52m: gossan zone. Pyrite and minor chalcopyrite disseminations. Silicification and chloritization in places. The highest grade is 0.18%Cu(-44.19m~-46.08m).
59-2	2,675.430	452.125	91.44	N80°W (280°)	-60°	Prospection Ltd. 1976	Random specks of pyrite and chalcopyrite. The highest grade is 0.42%Cu(-58.06m~-59.44m).
59-3	2,675.410	451.955	91.44	N80°W (280°)	-60°	Prospection Ltd. 1976	Specks of pyrite in places. Epidote and hematite are observed.
59-4	2,675.435	452.095	45.72	-	-90°	Prospection Ltd. 1976	Specks of pyrite in places. Rod broken, hole was abandoned.
ZU-1	2,675.900	452.350	187.30	S45°W (225°)	-60°	DNPM 1991	Massive sulphide was not detected.
ZU-2	2,675.750	452.450	251.00	S80°W (260°)	-60°	DNPM 1991	Massive sulphide was not detected.