

オマーン国中央バチナコースト地域
資源開発協力基礎調査報告書

総括報告書

平成9年3月

JICA LIBRARY



J 1136932 (9)

国際協力事業団
金属鉱業事業団

鉱調資

J R

97-045

オマーン国中央バチナコースト地域
資源開発協力基礎調査報告書

総括報告書

平成9年3月

国際協力事業団
金属鉱業事業団



1136932 (9)

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中央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7年度から平成8年度までの2ヶ年にわたって実施され、オマーン国政府機関、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、2ヶ年の調査結果をと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9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 清 瀧 昌 三 郎

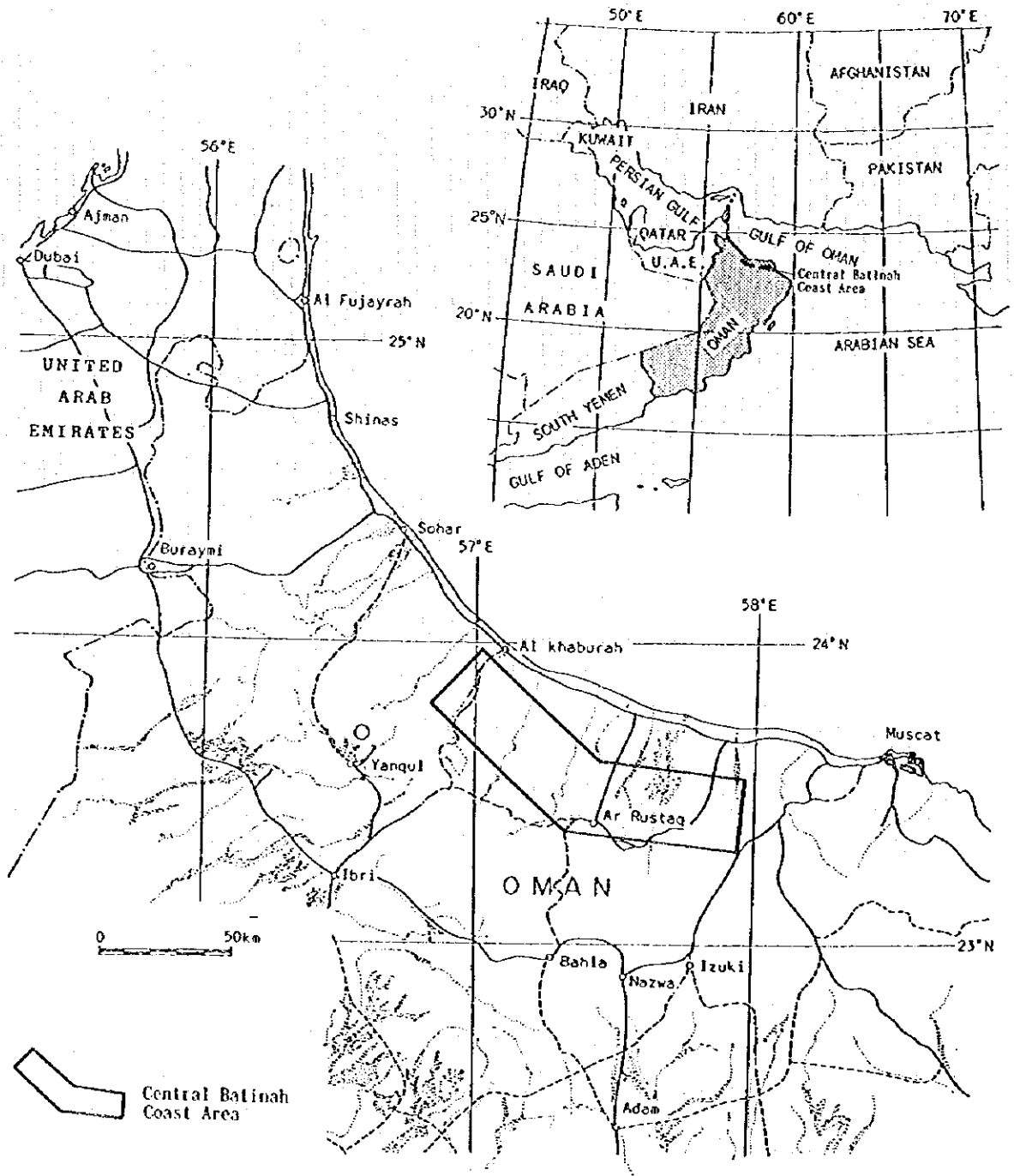


Fig.1 Location Map of the Central Batinah Coast area

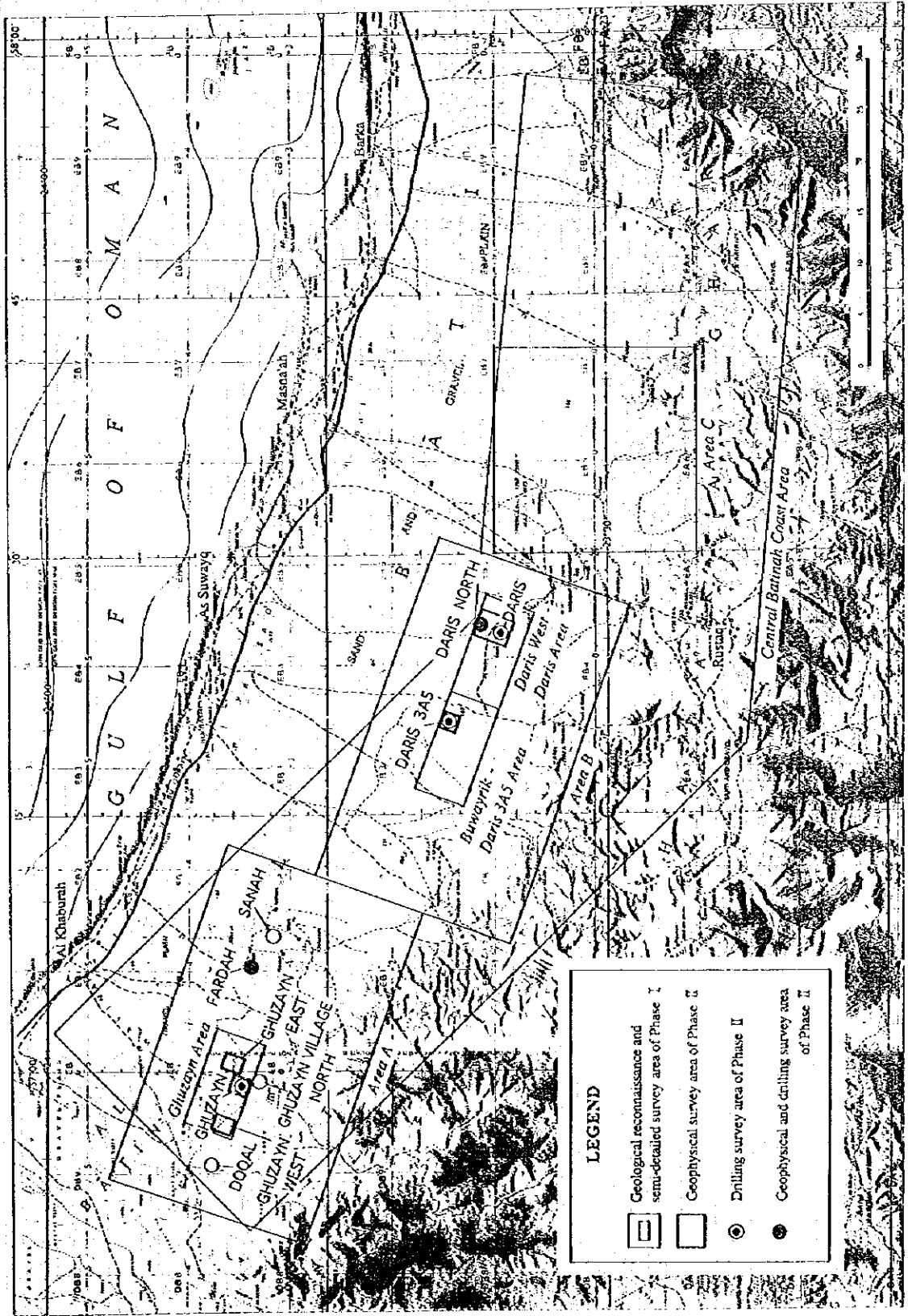


Fig.2 Location map of the survey areas



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7年2月7日付けで締結された作業協定 (Scope of Work) に基づいて、オマーン国中央バチナコースト地域において平成7年度と平成8年度に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。これは本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、この堆積物の下を如何にして効率的に調査するかが本地域の探査の重要課題である。

第1年次では地質調査と物理探査を実施した。地質調査はA、B、Cの3地区における地質概査と、A地区内のグゼイン (Chuzayn) 地区、B地区内のブワイリク (Buwayrik) ・ダリス (Daris) 3A5地区及びダリス西部・ダリス地区における地質準精査、物理探査は地質準精査地区内におけるT D I P法及びT E M法である。

塊状硫化物鉱床の賦存は下部火山岩類中の下部層 (V1-1層) と上部層 (V1-2層) の境界部に期待されることから、この境界部を概査地区全域で追跡し、その分布を明らかにした。その結果、A地区及びB地区ではその境界部が広く分布しているのに対し、C地区ではシート状岩脈群を中部火山岩類 (V2層) が直接覆っており、V1-1及びV1-2層が欠如していることから、C地区には鉱床が賦存する可能性は低いことがわかった。

概査地区ではすでにグゼイン、ダリス3A5及びダリスにゴッサンの存在が知られているが、A地区内における地質調査の結果、新たにドカール (Doqal)、ファルダー (Fardah)、サナー (Sanah)、グゼイン部落北方及びクライヤ (Qulayyah) において有望なゴッサンを発見した。これらのうち、ドカールとファルダーで採取した試料からは金及び銀を検出した。

準精査地区内のグゼイン地区、グゼイン西部地区、グゼイン東部地区、ダリス3A5地区及びダリス地区の5地区において、T D I P法調査を実施した結果、グゼイン地区ではゴッサンの北と西に有望なI P異常を捕捉し、ダリス地区においてもゴッサンの周辺に明瞭なI P異常が確認された。またダリス3A5地区においては、比較的分極率の高いゾーンがゴッサンから西の方に伸びているのが確認された。

I P異常に対して実施したT E M法調査では、グゼイン地区で、ゴッサンのすぐ北方の浅部及び北東方の深部にT E M異常を検出した。またダリス地区では、ゴッサンから地区の北東部にかけて北東方向に伸びる浅部の異常、ゴッサンの西方から北西方向に伸びる浅部の異常及び地区の北西部における深部の異常を捕捉した。

第2年次では、第1年次に実施した地質調査と物理探査の結果に基づいて、ボーリング調査及び物理探査を行った。ボーリング調査はグゼイン地区、ダリス地区 (中央部及び北部)、ダリス3A5地

区及びファルダー地区において、物理探査はファルダー地区、サナー地区、グゼイン村北部地区及びドカール地区においてT D I P法調査を、グゼイン地区、ダリス地区（北部）、ファルダー地区、サナー地区及びドカール地区においてT E M法調査を実施した。

グゼイン地区におけるボーリング調査の結果、ゴッサンの北方と西方の2ヶ所において塊状硫化物鉱床を捕捉した。ゴッサンの北方で捕捉した塊状硫化物鉱体（グゼイン北部鉱体）はMJ0B-G3孔で最大コア長7.95mを示し、その平均品位は4.66%であった。またゴッサンの西方で捕捉した鉱体（グゼイン西部鉱体）はMJ0B-G14孔で最大コア長37.1mを示し、その平均品位は1.88%であった。

グゼイン地区で実施したT E M法調査の結果は、上述のボーリング調査で捕捉した2ヶ所の塊状硫化物鉱床の分布範囲を明瞭に示した。その結果から、西部鉱体はさらに北方へ延長しており、東西150m×南北300m程度の規模を有しているものと考えられる。これに対し北部鉱体は小規模で、東西150m×南北100m程度の規模と考えられる。このT E M法調査の結果はまた、上記2ヶ所以外にも3ヶ所で塊状硫化物鉱体が分布する可能性が高い有望な異常を抽出した。

ドカール地区で実施したT D I P法調査の結果は、グゼイン地区に類似したI P異常の特徴を示しており、引き続き実施したT E M法調査も顕著な異常を捉えた。したがって、本地区にも塊状硫化物鉱体が分布する可能性が高いと考えられる。

以上の調査結果から、本地域においては今後さらにグゼイン地区及びドカール地区の2地区における塊状硫化物鉱床の存在とその分布範囲を正確に把握するためのボーリング調査及び物理探査（T D I P法、T E M法）を実施する必要がある。また、上記2地区の周辺部及びダリス地区中央西部においても塊状硫化物鉱床が存在する可能性があると考えられるため、物理探査（T D I P法、T E M法）を実施し、鉱床賦存のポテンシャル評価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 1 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	1
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	8
第4章 調査結果	14
4-1 地質調査結果	14
4-2 物理探査結果	19
4-3 ボーリング調査結果	20
第5章 結論及び提言	30
5-1 結 論	30
5-2 提 言	30

第 II 部 各 論

第 1 章 地質調査	33
1-1 調査地域の地質層序	33
1-2 調査地域の地質構造	37
1-3 調査地域の塊状硫化物鉱床	38
1-4 地質概査の調査結果	38
1-5 地質準精査の調査結果	40
1-6 精査地区の選定	40
第 2 章 グゼインードカール地域の精査	42
2-1 地質及び鉱化作用	42
2-2 グゼイン地区の調査結果	47
2-2-1 物理探査	47
2-2-2 ボーリング調査	57
2-3 ドカール地区の調査結果	60
2-3-1 物理探査	60
2-4 その他の地区の調査結果	62
第 3 章 ファルダ―サナー地域の精査	83
3-1 地質及び鉱化作用	83
3-2 ファルダ地区の調査結果	83
3-2-1 物理探査	83
3-2-2 ボーリング調査	89
3-3 サナー地区の調査結果	89
3-3-1 物理探査	89
第 4 章 ダリス―ダリス 3 A 5 地域の精査	103
4-1 地質及び鉱化作用	103
4-2 ダリス地区の調査結果	108
4-2-1 物理探査	108
4-2-2 ボーリング調査	110
4-3 ダリス 3 A 5 地区の調査結果	122
4-3-1 物理探査	122
4-3-2 ボーリング調査	122

第5章 調査結果についての考察	128
5-1 グゼインードカール地域	128
5-2 ファルダ―サナー地域	136
5-3 ダリス―ダリス3 A 5 地域	136
第6章 調査手法についての考察	138
6-1 オマーンにおける塊状硫化物鉱床探査の調査フロー	138
6-2 オマーンにおける塊状硫化物鉱床探査のための最適地上物理探査手法	138
6-2-1 調査手法の選択	138
6-2-2 適用結果	140

第 III 部 結論及び提言

第1章 結 論	153
第2章 将来への提言	154
参考文献	155
図表一覧	157

第 I 部 総 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7年2月7日付けで締結された作業協定 (Scope of Work) に基づいて、オマーン国中央バチナコースト地域において平成7年度と平成8年度の2ヶ年にわたって実施された資源開発協力調査である。

本調査は、中央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説明することにより、新鉱床を発見することを目的として実施された。

本地域では、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して効率的に調査するかが本地域の探査の重要課題であった。

1-2 調査範囲及び作業の概要

本調査の対象地域である中央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。本調査の作業の概要をFig. 1-1-1にフロー図として示す。

第1年次には地質調査と物理探査を実施した。地質調査はA、B、Cの3地区における地質概査と、A地域内のグゼイン (Chuzayn) 地域、B地域内のブワイリク (Bwayrik) - ダリス (Daris) 3 A 5 地域及びダリス西部 - ダリス地域における地質準精査を行い、物理探査は地質準精査地域内のグゼイン地区、グゼイン東部地区、グゼイン西部地区、ダリス地区及びダリス 3 A 5 地区におけるIP法調査及びグゼイン地区とダリス地区におけるTEM法調査を実施した。

第2年次では、第1年次に実施した地質調査と物理探査の結果に基づいて、ボーリング調査及び物理探査を行った。ボーリング調査はグゼイン地区、ダリス地区、ダリス 3 A 5 地区、ダリス地区 (北部) 及びファルダ (Fardah) 地区において、物理探査はファルダ地区、サナー (Sanah) 地区、グゼイン村北部地区及びドカール (Doqal) 地区においてTDIP法調査を、グゼイン地区、ダリス地区 (北部)、ファルダ地区、サナー地区及びドカール地区においてTEM法調査を実施した。

本調査で実施した各手法ごとの調査量及びそれに伴って実施した室内試験の数量をTable 1-1-1に示した。

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、次のとおりである。

(1) 調査計画策定及び折衝

(日本国側)

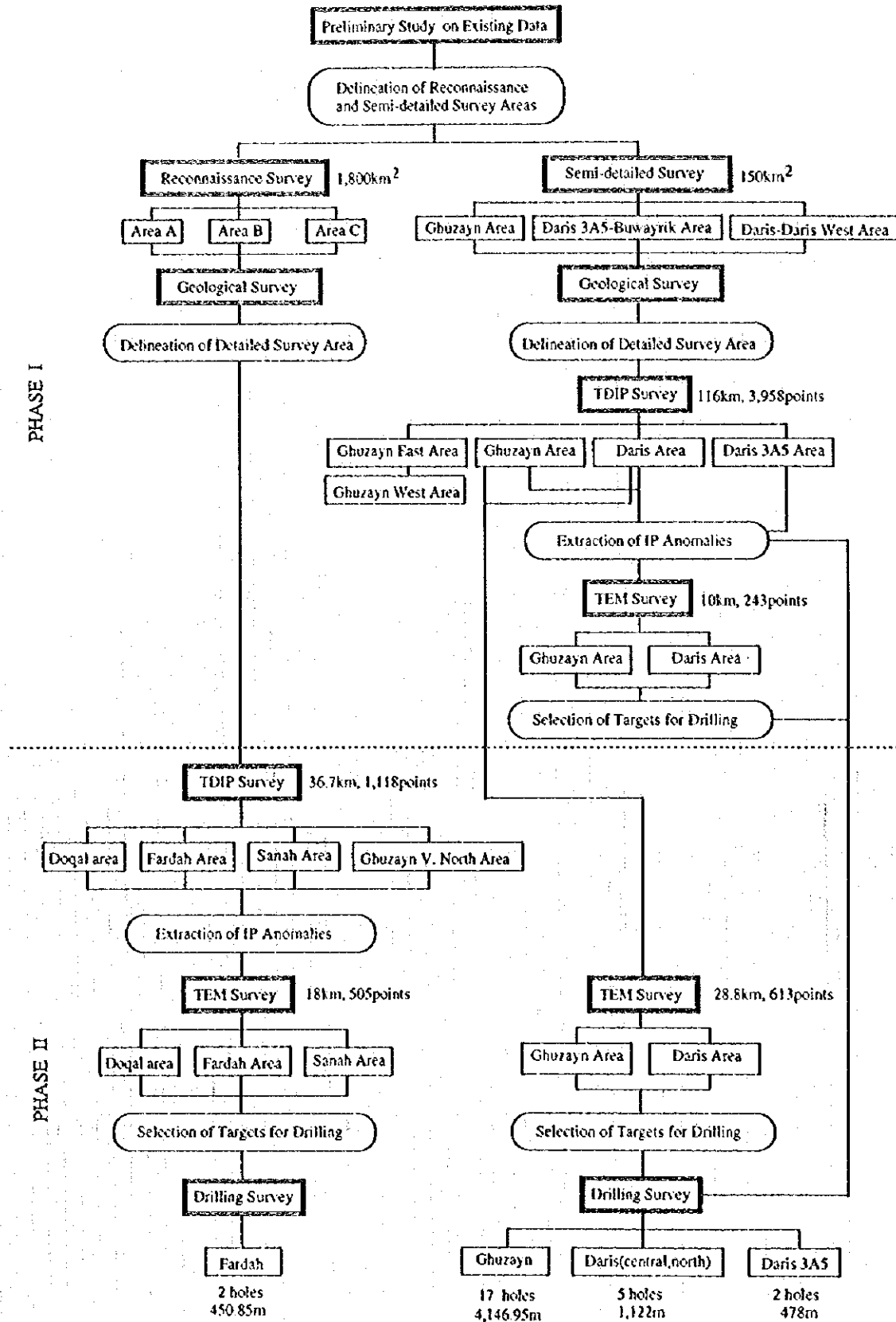


Fig. I-1-1 Flow of the project

Table I-1-1 Amounts of works

	Phase I		Phase II	
Reconnaissance Geological Survey	Area coverage Survey route	1,800 km ² 50 km		
Semi-detailed Geological Survey	Area coverage Survey route	150 km ² 81 km		
(Laboratory Work)	Thin section Polished section X-ray diffraction Chemical analysis of ore	21 samples 20 samples 22 samples 56 samples		
TDIP Survey	Survey area Line length Measurements Laboratory work	Ghuzayn, Ghuzayn East Ghuzayn West, Daris Daris 3A5 116 km 3,958 points 21 samples	Survey area Line length Measurements Laboratory work	Doqal, Fardah, Sanah Ghuzayn village north 36.7 km 1,118 points 20 samples
TEM Survey	Survey area Line length Measurements	Ghuzayn Daris(central) 10 km 243 points	Survey area Line length Measurements	Ghuzayn, Fardah Sanah, Doqal Daris(north) 46.8 km 1,018 points
Drilling Survey			Ghuzayn area Daris area (central, north) Daris 3A5 area Fardah area (Total amount)	17 holes, 4,146.95 m 5 holes, 1,122.00 m 2 holes, 478.00 m 2 holes, 450.85 m (26 holes, 6,197.80 m)
(Laboratory Work)			Thin section Polished section X-ray diffraction Chemical analysis of ore	30 samples 12 samples 20 samples 325 samples

森輪 厚彦 金属鉱業事業団海外部計画課課長代理
 西川 信康 金属鉱業事業団海外部計画課課長代理
 松本 和子 国際協力事業団鉱工業開発調査部資源開発調査課

(オマーン国側)

Mohammed bin Hussain Kassim Director General
 Ministry of Petroleum and Minerals
 Hilal Mohamed Sultan Al-Azri Deputy Director General
 Ministry of Petroleum and Minerals
 Said Salim Al Fori Director
 Ministry of Petroleum and Minerals
 Salim Omer Abdullah Ibrahim Director
 Ministry of Petroleum and Minerals

(1) 現地指導監督

中村 研治 金属鉱業事業団海外部計画課課長
 大野 克久 金属鉱業事業団海外部計画課

(2) 現地調査

(日本国側)

柴田 芳彰	大手開発(株)	総括, ボーリング調査
梶間 幹雄	大手開発(株)	ボーリング調査
後藤 求	大手開発(株)	地質調査
田島 俊雅	大手開発(株)	物理探査
石川 亮平	大手開発(株)	物理探査
佐々木 純一	大手開発(株)	物理探査
笠置 敏郎	大手開発(株)	物理探査
高橋 武春	大手開発(株)	物理探査
遠藤 晋	大手開発(株)	物理探査

(オマーン国側)

Salim Omer Abdullah Ibrahim	Ministry of Petroleum and Minerals	総括
Mohammed Salem Al-Battashi	Ministry of Petroleum and Minerals	地質調査
Hussain Abubaker Al-Zubaidy	Ministry of Petroleum and Minerals	物理探査
Durair Ismail A' Shaikh	Ministry of Petroleum and Minerals	ボーリング調査
Mohammed Salieh Hamed Al-Araimi	Ministry of Petroleum and Minerals	ボーリング調査

1-4 調査期間

本調査に伴う各年次の現地調査の期間は、以下のとおりである。

第1年次

(1) 地質調査 平成7年10月10日 ～ 平成8年1月9日

(2) 物理探査 平成7年10月10日 ～ 平成8年1月9日

第2年次

(1) ボーリング調査 平成8年7月9日 ～ 平成8年12月26日

(2) 物理探査 平成8年9月17日 ～ 平成8年12月7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3,300km²の範囲である。本地域の中心位置はほぼ北緯23°30′, 東経57°30′である。

首都マスカットから本地域の中央部に近いアススウェイク (As Suwaiq) までは、海岸線を走る国道1号線を用いて130km, 車で1時間30分を要する。

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 Ajal, Wadi Bani Kharus, Wadi Ma'awil, Wadi al Abiad, Wadi Far', Wadi al Hawoayn, Wadi Wadiyah, Wadi Mabrah, Wadi Hahhal 及び Wadi al Hawasinah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、ここではライム、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、アカシア等の植生が認められるのはワジの中及びその周辺部のみである。

気温は夏期 (4月から10月) には平均気温が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。冬期 (11月から3月) の平均気温は25℃前後である。

第 3 章 調査地域の既存地質情報

3-1 一般地質

本地域の地質は、Fig. 1-3-1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の先後期二畳紀の基盤岩及びハジャー（Hajar）ユニット、ハワシナ（Hawasina）ナッペ（原地性の基盤の上位に衝上した異地性岩体）及びサマイル（Sarail）ナッペ、原地性の第三紀の後ナッペユニット及び第四系からなる。

先後期二畳紀の基盤岩は本調査地の西端に分布し、玄武岩質から安山岩質の枕状溶岩からなる。

ハジャーユニットは本調査地の東端及び中央南端に分布し、石灰岩とドロマイトからなる後期二畳紀のアフダル（Akhdar）層群、砂岩及び石灰岩からなるジュラ紀のサータン（Sahtan）層群、石灰岩からなるジュラ紀から白亜紀のカーマー（Kahmah）層群、石灰岩からなる白亜紀のワシア（Wasia）層群、及び礫岩・石灰質岩・角礫岩・石灰岩・砂岩・チャートからなるムティ（Mutl）層から構成される。

ハワシナナッペは本調査地の西端及び中央南端に分布する後期二畳紀からジュラ紀のバイド（Baid）層とハムラット（Hamrat）層群、及び調査地域の主に北西に分布する三畳紀のウマール（Umar）層群からなる。バイド層は炭酸塩岩から、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・ケラトファイアーから、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る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（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、原地性から準原地性の先後期二畳紀の基盤岩、ハジャーユニット、異地性のハワシナナッペ及びサマイルナッペが、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。原地性の第三紀の後ナッペユニット及び第四系はその後バチナコーストに下位とは不整合関係で堆積した。積重構造を形成するサマイルナッペは西側のハイライン（Haylayn）ブロックと東側のルスタク（Rustaq）ブロックの2つのブロックから構成され、調査対象地域中央南部からバチナ海岸のバルカ（Barka）西方の10km付近に延びる北東-南西系の断層及び線状構造によって区分される。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

本調査対象地域には、銅、金及びクロムの鉱床・鉱徴地が分布する。

これらのうち、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オマーン山脈北部をモデルとして模式的に示したものがFig. I-3-2である (Bishimetal, 1987)。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キプロス型の銅鉱床と考えられている。キプロス型の銅鉱床は、大洋底で生成したと考えられる含銅硫化鉄鉱床で、下盤側に塩基性火山岩類を伴っている。

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) 及びベイダ (Bayda) 鉱床、ラカー (Rakah) 地域のハイル・アス・サヒル (Hayl as Sahil) 鉱床及びラカー鉱床が挙げられる。このうち最大の規模であるラセイル (Lasail) 鉱床の概要を例として以下に示す。

ラセイル鉱床

- 鉱床賦存位置 : 下部火山岩類の下部噴出岩類と上部噴出岩類の境界部。
- 鉱体の広がり : 600 m (N-S) × 300 m (E-W)。
- 鉱体の延長と厚さの比 : 12:1 (厚さに対して広がり大きい)。
- 鉱体数 : 1 鉱体 (衛星鉱体を伴わない)。
- 主要構成鉱物 : 黄銅鉱, 黄鉄鉱。
- 主要随伴鉱物 : 閃亜鉛鉱, 赤鉄鉱, 磁鉄鉱, 石膏, 石英。
- 鉱石の産状 : 塊状黄銅鉱・黄鉄鉱, 塊状黄鉄鉱, 網状黄鉄鉱。
- 随伴鉱物の産状 : 側方部及び上部に赤鉄鉱, 磁鉄鉱及び鉄石英を伴う。
- 鉱物の累帯分布 : 明瞭。
- 鉱物の組織 : コロフォーム組織及び堆積組織 (側方部), 交代組織 (中央部)。
- 下盤側の鉱化作用 : 黄鉄鉱-石英網状鉱。
- 下盤側の変質作用 : 緑泥石化及び強珪化。

3-2-2 鉱業略史

オマーン山脈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

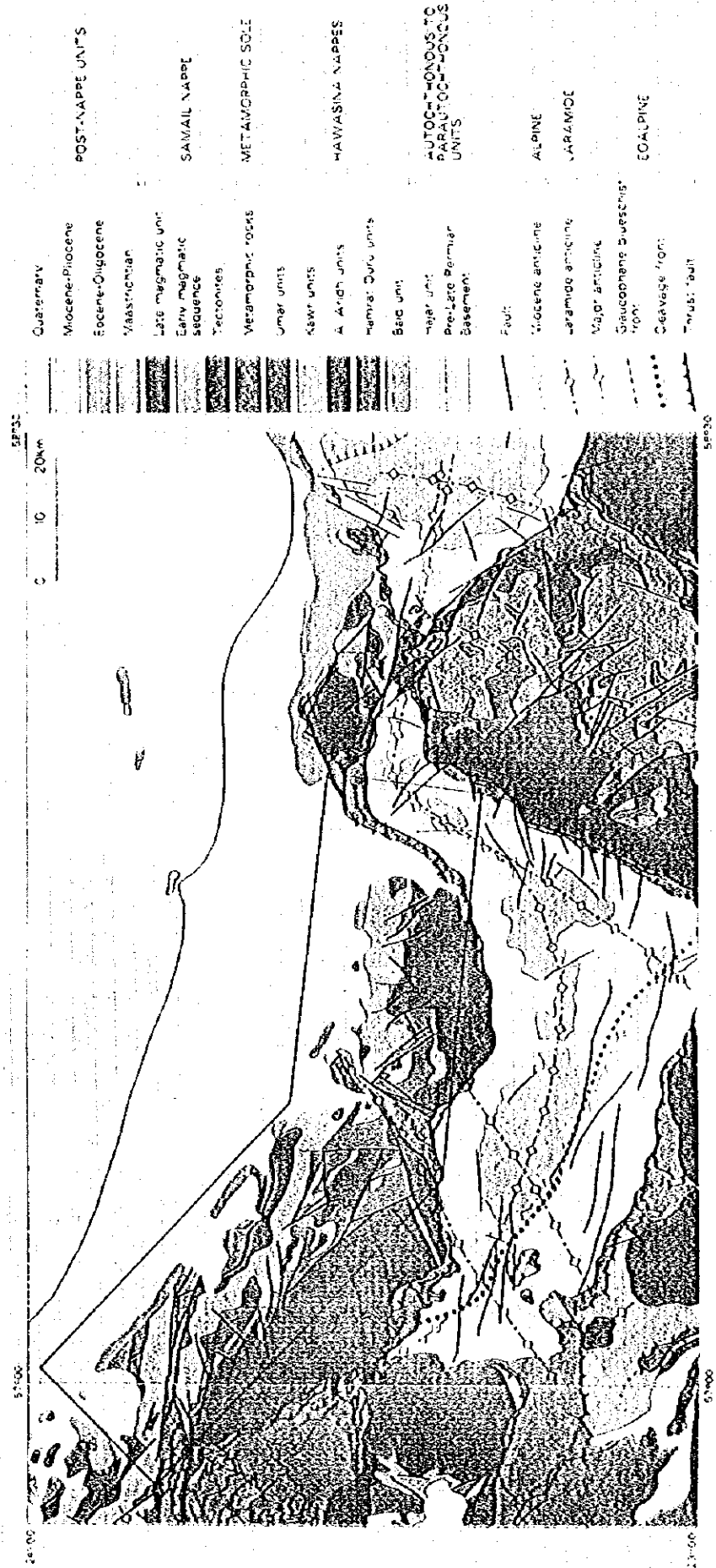
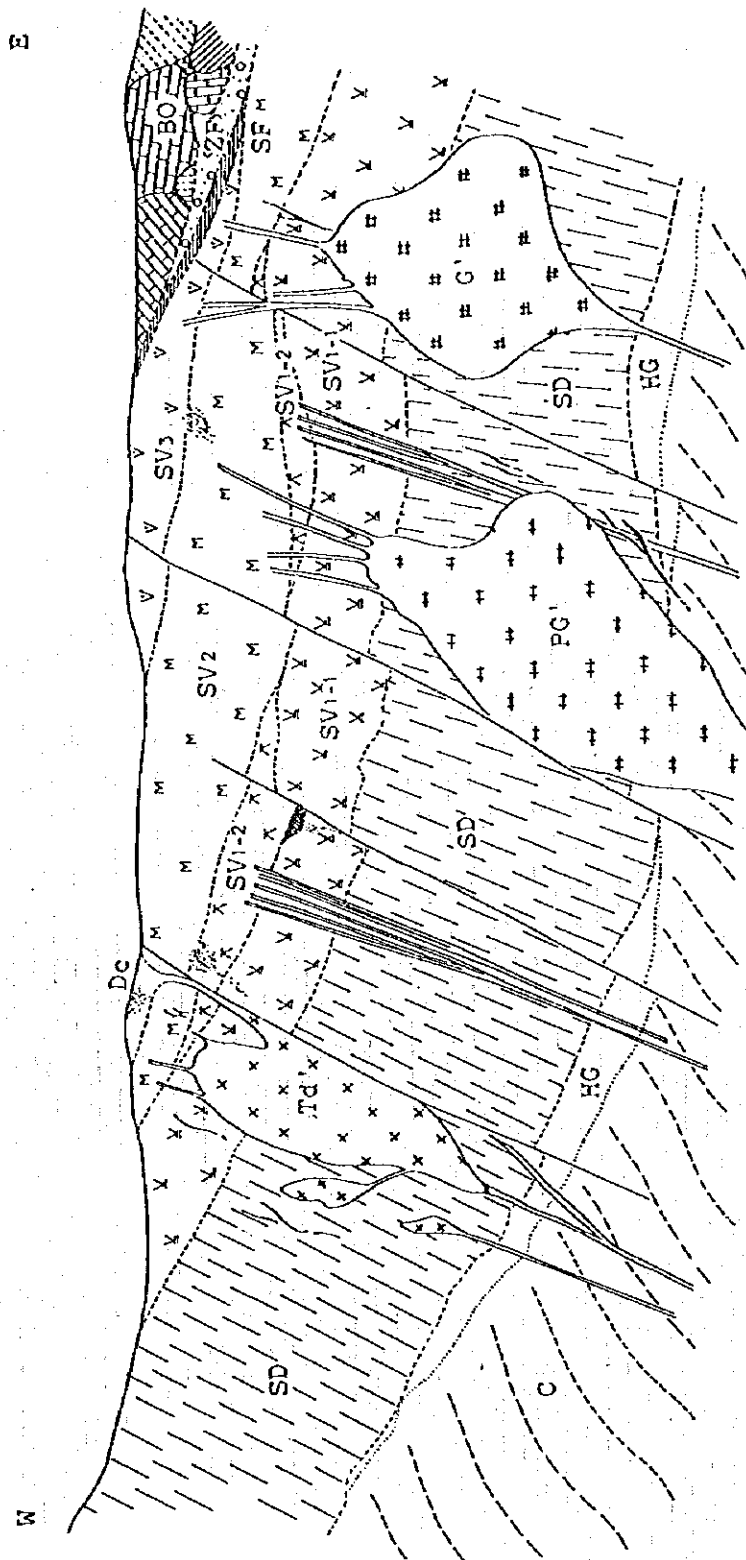


Fig. I-3-1 Geologic map of the Central Batinah Coast area





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

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

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(Aarja)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、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)によりラセイル及び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年に国際入札によりソハール製錬所を中心とする8,000km²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探査をBRGMに発注し、1986年までの間実施した。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、本協力調査の対象となるグゼイン、ブワイリク、ダリス西部、ダリス3A5、ダリス及びアルアジャール(Al Ajal)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(Lasai l)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%
ラセール西(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積極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895,042t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年から開始されており、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 地質調査結果

これまでにオマーン国内において実施されたソハール地域に代表される塊状硫化物鉱床の探査から得られた探査指針のうち、次の2つの指針を重要視して調査を実施した。

(1) 火山岩類中で鉱床を胚胎する層準規制が認められることから、火山岩類の層序を明らかにすることが重要である。

(2) 比較的規模の大きな鉱床では、中央部は変質作用による消磁のため磁性が著しく低くなるという磁気特性が認められる。なお、側方部では磁鉄鉱が生成して高い磁性を示す場合もある。

(2) の磁気特性については、1990年～1992年に石油鉱物省が実施した空中磁気探査によって鉱化作用に関連すると考えられる磁気境界帯が抽出されている (Fig. 1-4-1及び1-4-2)。したがって、本調査ではこの磁気境界帯が分布する範囲を調査最優先地区として位置づけ、Fig. 2 に示すようにA、B及びCの3地区を第1年次の調査対象地区として設定した。さらに、それらの地区内で既に鉱床あるいは鉱徴が確認されているところを準精査地区として選定した。

4-1-1 地質概査

本調査地域で塊状硫化物鉱床が賦存する可能性が高いA、B及びCの3地区において、地質状況の把握と鉱徴地の確認を行うための調査を実施した。また、鉱化作用と磁気境界帯の関連についての検討も行った。

塊状硫化物鉱床の賦存は下部火山岩類中の下部層 (V1-1層) と上部層 (V1-2層) の境界部に期待されることから、この境界部を全地区で追跡し、その分布を明らかにした。その結果A及びB地区ではその境界部が広範囲に分布しているのに対し、C地区ではシート状岩脈群を中部火山岩類 (V2層) が直接覆っており、V1-1及びV1-2層が欠如していることから、C地区には鉱床が賦存する可能性は低いことがわかった。

すでにグゼイン、ダリス3 A 5及びダリスにはゴッサンの存在が知られているが、A地区内のドカール (Doqal)、ファルダー (Fardah)、サナー (Sanah)、グゼイン部落北方及びクライヤ (Qulayyah) において、新たにゴッサンを発見した。

磁気境界帯は、ゴッサンが生成しているほとんどのところで抽出されており、探査の指標として非常に有効と考えられるが、一方地表に鉱化作用を示唆するような兆候が認められない地域においても各所で磁気境界帯が抽出されており、鉱化作用のみならず火山岩類のフローユニットの境界あるいは貫入岩と被貫入岩の境界などを示している可能性がある。

4-1-2 地質準精査

準精査地区として選定されたグゼイン地域、フワイリク-ダリス3 A 5地域及びダリス-ダリス西部地域において、地質状況及び鉱化状況を把握し、鉱床賦存のポテンシャルを評価するために、詳細な地質調査を実施した。

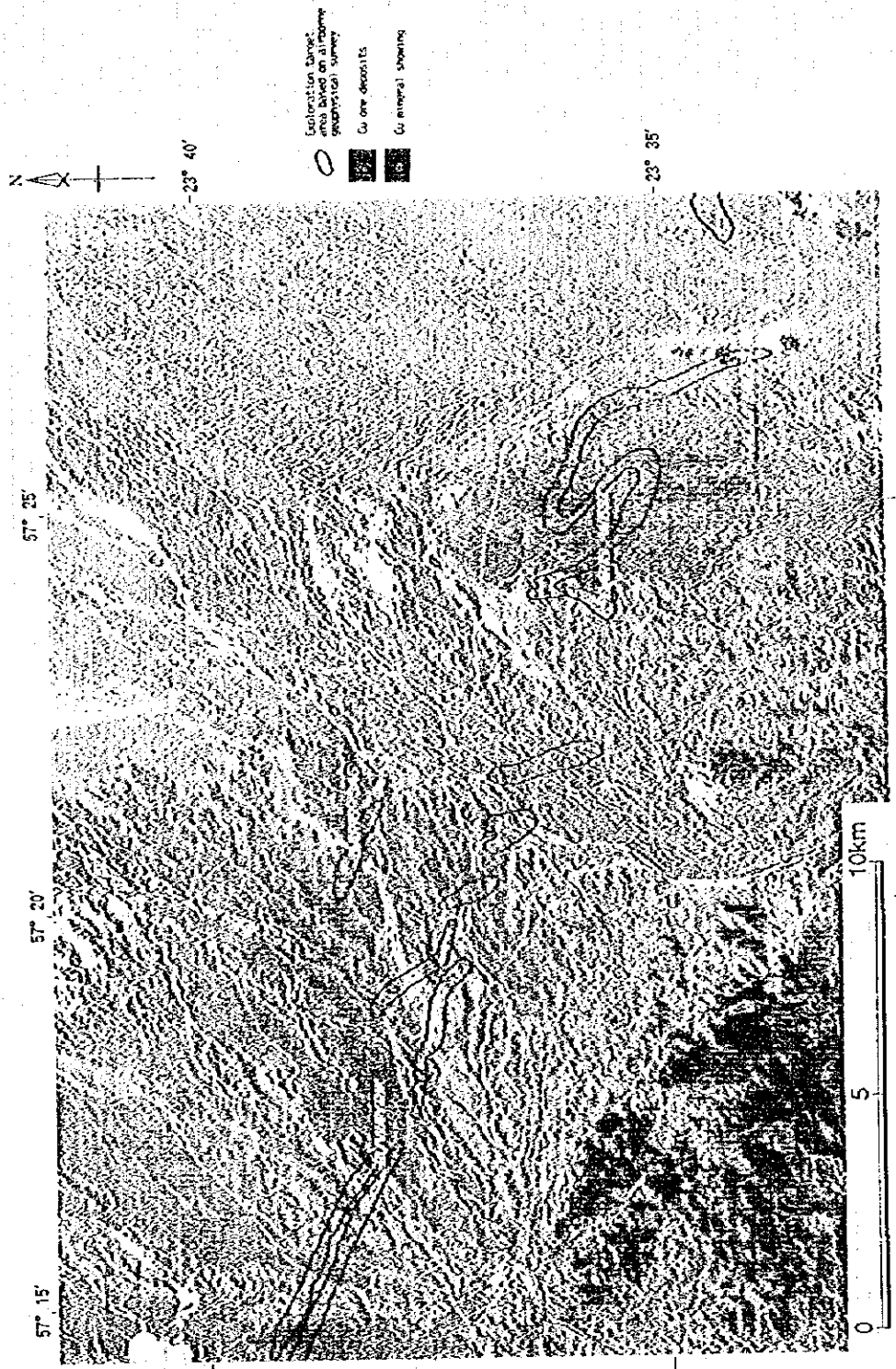
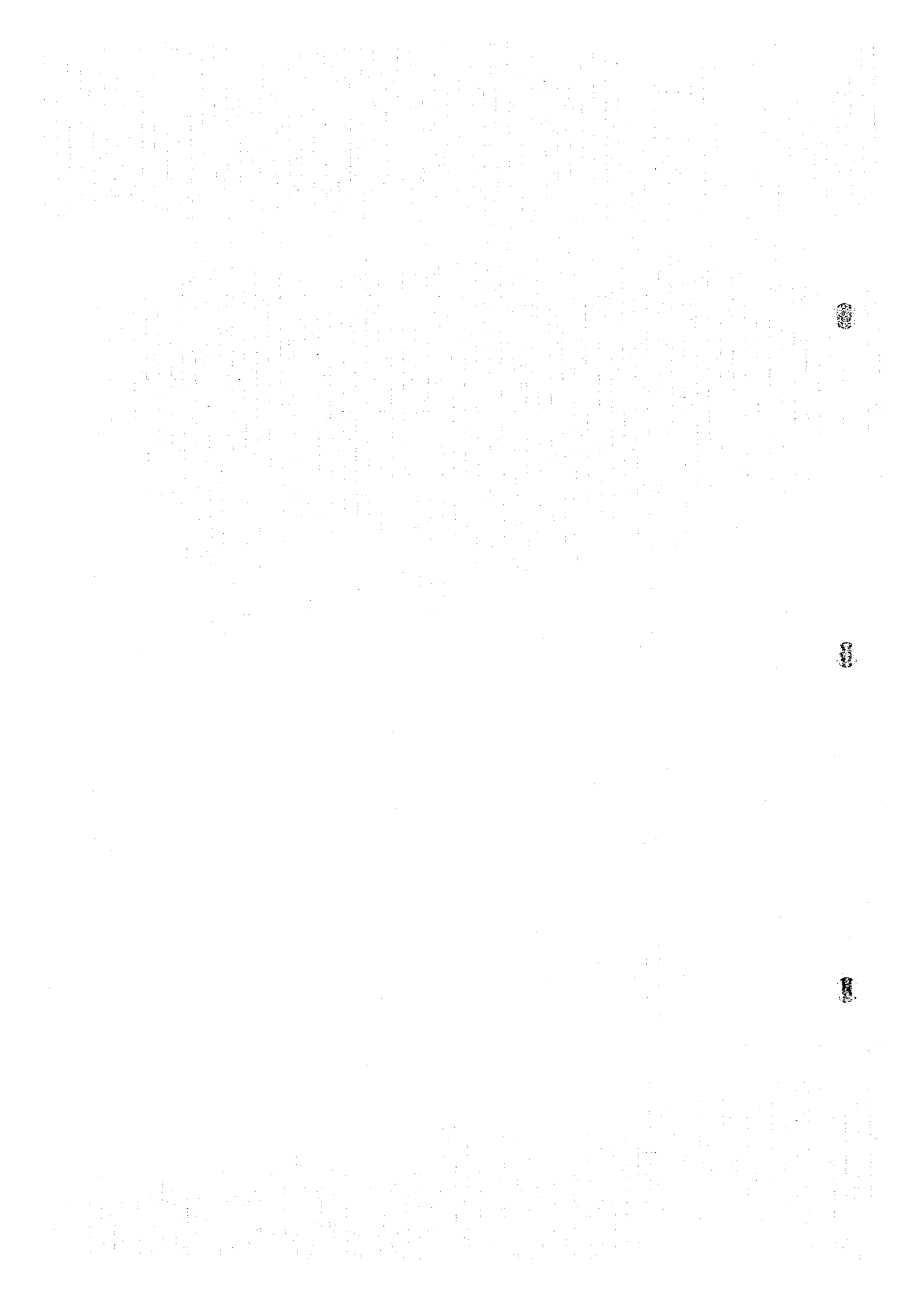


Fig.1-4-1 Significant magnetic contact zone on Landsat image in the central survey area



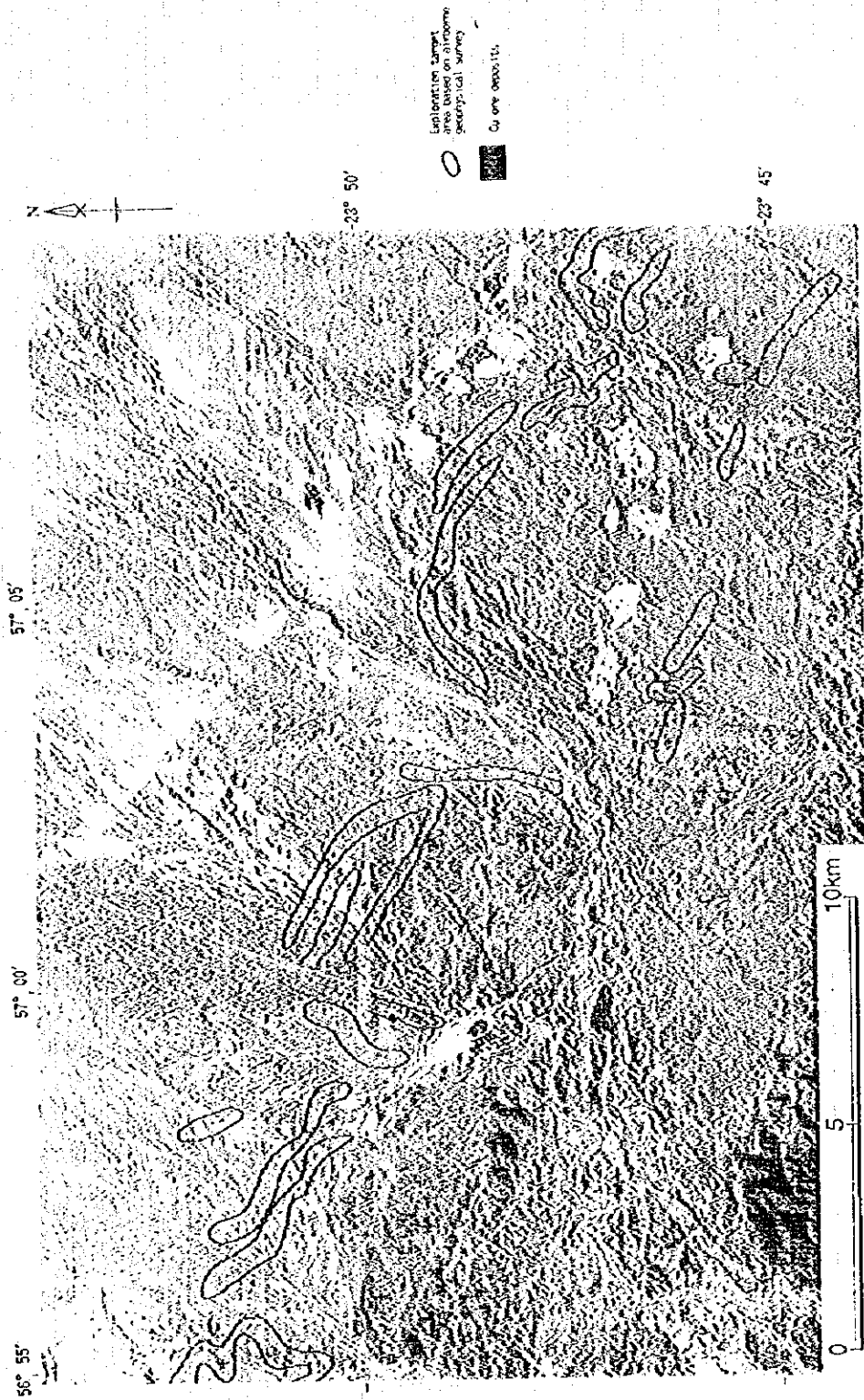
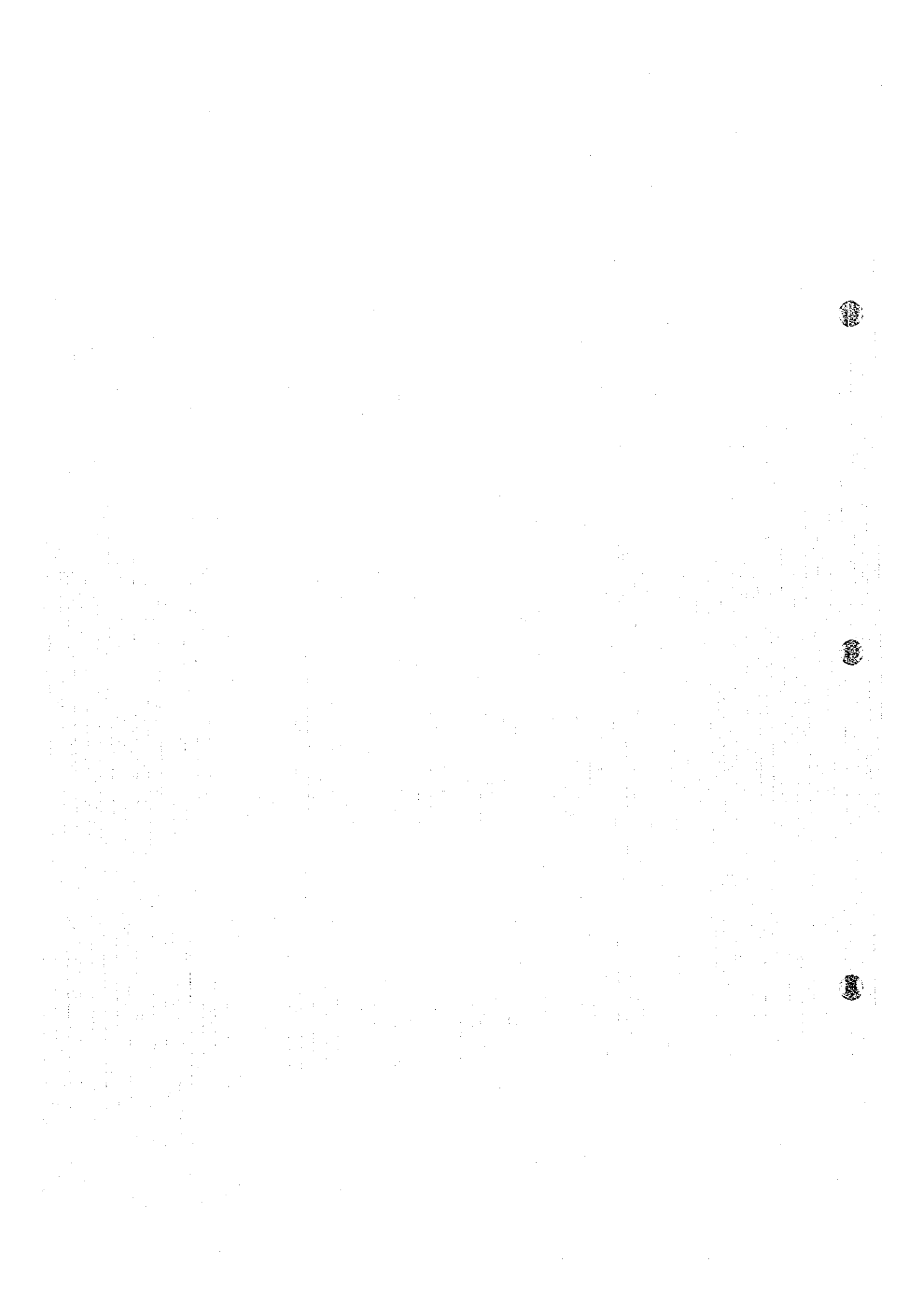


Fig.1-4-2 Significant magnetic contact zone on Landsat image in the western survey area



その結果、各地区及び探鉱地の鉱化状況について以下のような事実が得られた。

- (1) グゼイン準精査地域中央のゴッサンは、東西200m×南北400mの規模を有し、V1-1層との境界に近いV1-2層中に存在している。
- (2) グゼイン準精査地域では中央のゴッサンの他に、東部では連続性のある含銅石英脈、西部では広範囲にゴッサン化した玄武岩の分布を確認した。
- (3) ダリス3A5探鉱地のゴッサンはV2層中に存在している。
- (4) ブワイリク探鉱地にはわずかに弱い珪化が認められるのみで、有望な鉱徴は何も認められない。
- (5) ダリス探鉱地のゴッサンは10m×30mの規模であり、V1-2層中に存在している。
- (6) ダリス西部探鉱地はシート状岩脈群の分布域にあり、一部の岩脈に黄鉄鉱の鉱染が認められるのみで、有望な鉱徴は何も認められない。

4-2 物理探査結果

物理探査手法として鉱化作用が及んでいるゾーンを抽出するためにTDIP法、そのゾーンの中から鉱床賦存部を抽出するために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、分極率異常を伴った低比抵抗異常（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

地質調査の結果から、TDIP法調査地区としてグゼイン地区、グゼイン西部地区、グゼイン東部地区、グゼイン村北部地区、ドカール地区、ダリス3A5地区及びダリス地区を精査地区として選定し、TDIP法調査を実施して鉱化作用に関連するIP異常帯の抽出を行った。

グゼイン地区においては、ゴッサンを含む中央部に広い高分極率異常域が認められ、この中に分布する小規模な低比抵抗域が高メタルファクター部として抽出された。

ダリス地区においてもゴッサンの北側に北西-南東方向に伸張した広い範囲の高分極率異常域が認められ、主としてこの縁辺部に小規模な比抵抗の低い部分が分布し、これらが高メタルファクター部として抽出された。さらにこの北方にも北西-南東方向に帯状に分布する広範囲の高メタルファクター部が抽出された。この調査結果をFig. 1-4-3に示す。

ドカール地区では、調査地区の中央部に広範囲の高分極率異常が抽出され、その中に低比抵抗異常を示す部分が存在することが確認された。メタルファクターは調査地区の中央部で最も高い値を示し、その分布は南北に伸張する傾向が認められた。この調査結果をFig. 1-4-4に示す。

ファルダール及びサナー地区では、ゴッサン（粘土質）の北側に北西-南東方向に連続する顕著な低比抵抗異常帯が抽出された。しかし分極率は火山岩類の分布域内では低い値しか得られなかったため、酸化鉱体（ゴッサン）の賦存のみが期待された。

ダリス3A5地区に関しては、地区全体が異常に低い比抵抗を示すために良好なデータの取得が困難であったが、比較的分極率の高いゾーンがゴッサンから西の方に伸びているのが確認された。

しかし、グゼイン西部地区、グゼイン東部地区及びグゼイン村北部地区については、火山岩類の分布域には分極率及び比抵抗とも異常値を示す部分が認められず、鉱床賦存の可能性はないものと判断された。

4-2-2 TEM法調査

T D I P法調査によって高メタルファクター異常の分布が確認されたグゼイン地区、ダリス地区及びドカール地区、広範囲の低比抵抗異常帯が抽出されたファルダール及びサナー地区においてTEM法調査を実施し、これらの地区の比抵抗構造の解明と塊状硫化物鉱床賦存の可能性が高い部分の抽出を行った。グゼイン地区で実施したTEM法調査では、後述するボーリング調査で捕捉された2ヶ所の塊状硫化物鉱床の分布範囲が明瞭な高磁場異常として示された。その分布範囲の規模は、西部鉱体が東西150m×南北300m程度、北部鉱体は小規模で東西150m×南北100m程度であると推定された。このTEM法調査では、上記2ヶ所以外にも3ヶ所で塊状硫化物鉱体が分布する可能性が高い有望な高磁場異常を抽出した（Fig. 1-4-5）。

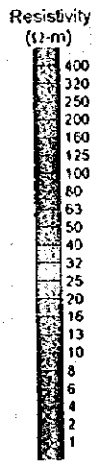
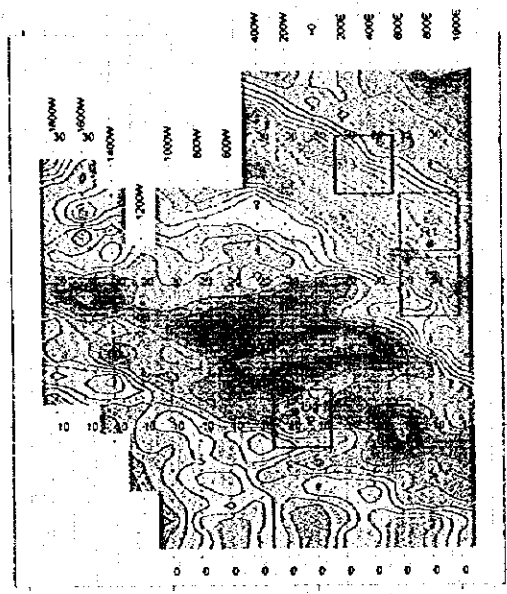
ダリス地区の中央部での結果では、高磁場異常部は調査地区の東部の浅部、南部の中深部及び中央部の深部に抽出された。また同地区の北部では、T D I P法調査で抽出された高メタルファクター部にオーバーラップするように広範囲の高磁場異常部が捕捉された。

ドカール地区ではT D I P法調査で抽出したメタルファクターの値の高い部分に対してTEM調査を行った結果、高磁場異常がメタルファクターの最も高い部分にオーバーラップするように抽出された。ファルダール及びサナー地区については、T D I P法調査で抽出された低比抵抗異常部の中心部付近に北西-南東方向に伸張した高磁場異常が抽出された。

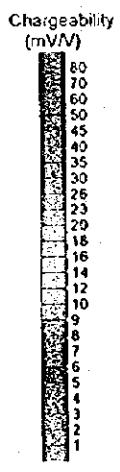
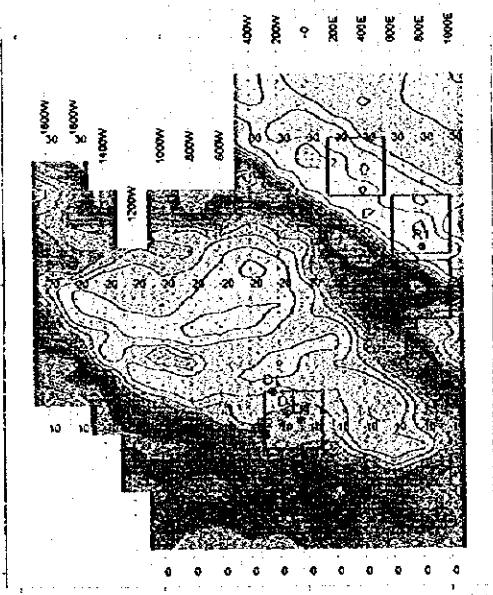
4-3 ボーリング調査結果

第1年次及び第2年次の物理探査結果に基づいて、グゼイン、ダリス、ダリス3A5及びファルダールの4地区において、合計26孔、総掘進長6,197.80mのボーリング調査を実施した。

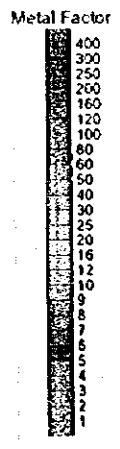
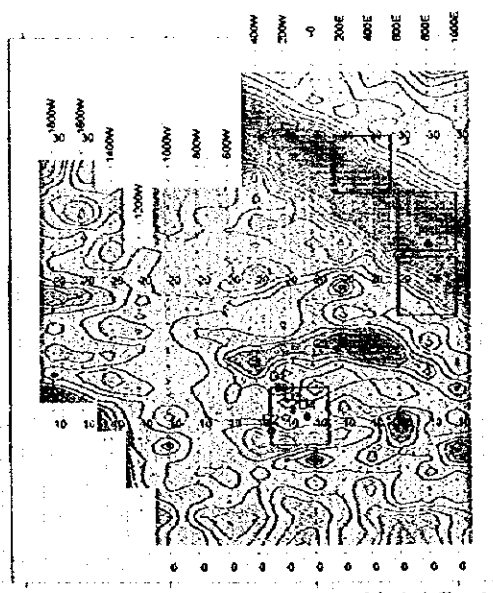
その結果グゼイン地区において、ゴッサンの北方と西方の2ヶ所において塊状硫化物鉱床を捕捉した。ゴッサンの北方ではMJ08-G3孔とG13孔で塊状硫化物鉱体を捕捉し（グゼイン北部鉱体）、MJ08-G3孔では塊状部のコア長が7.95m、その銅平均品位は4.66%を示した。またゴッサンの西方の鉱



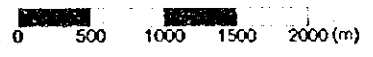
Resistivity



Chargeability



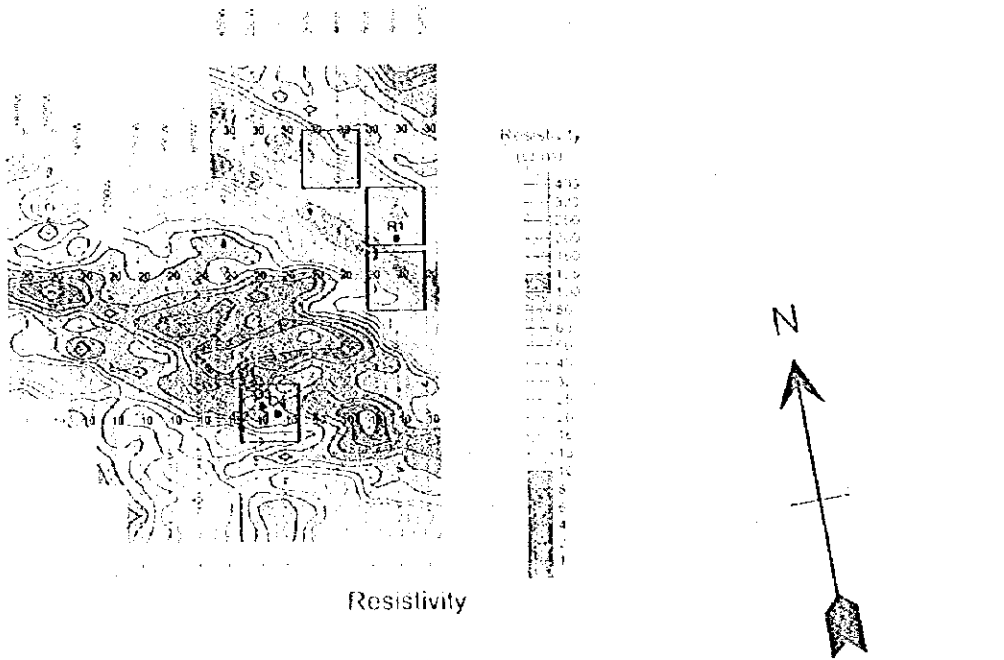
- Borehole
- TEM survey area



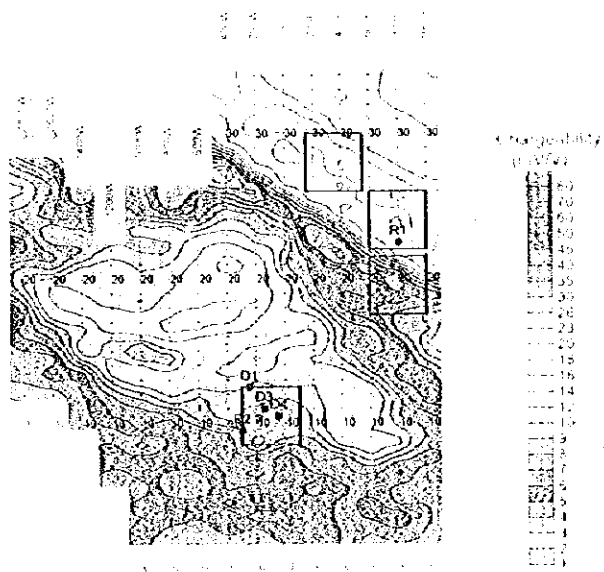
Daris Area
TDIP Survey
N=3

Metal Factor

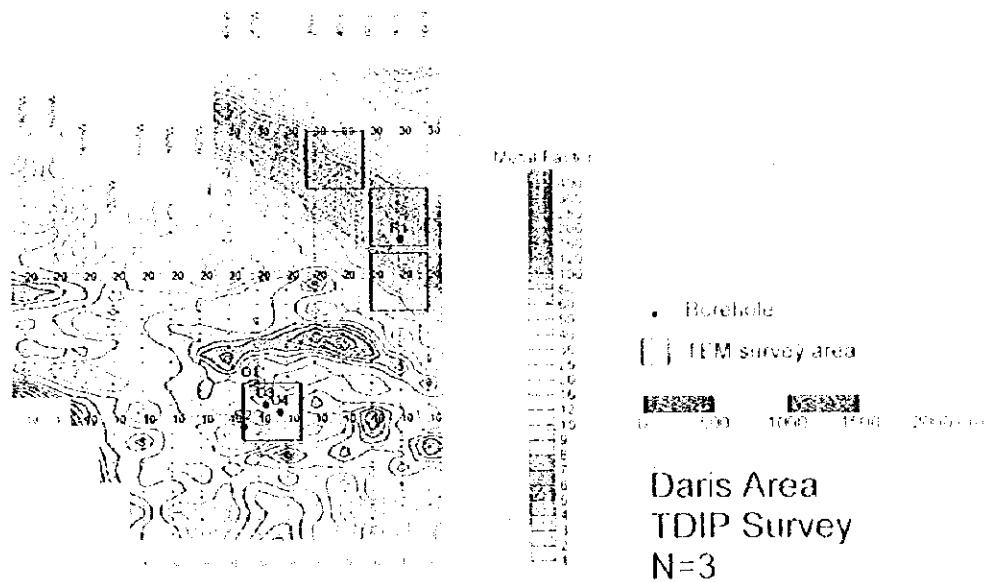
Fig. I-4-3 IP plane map in Daris area



Resistivity

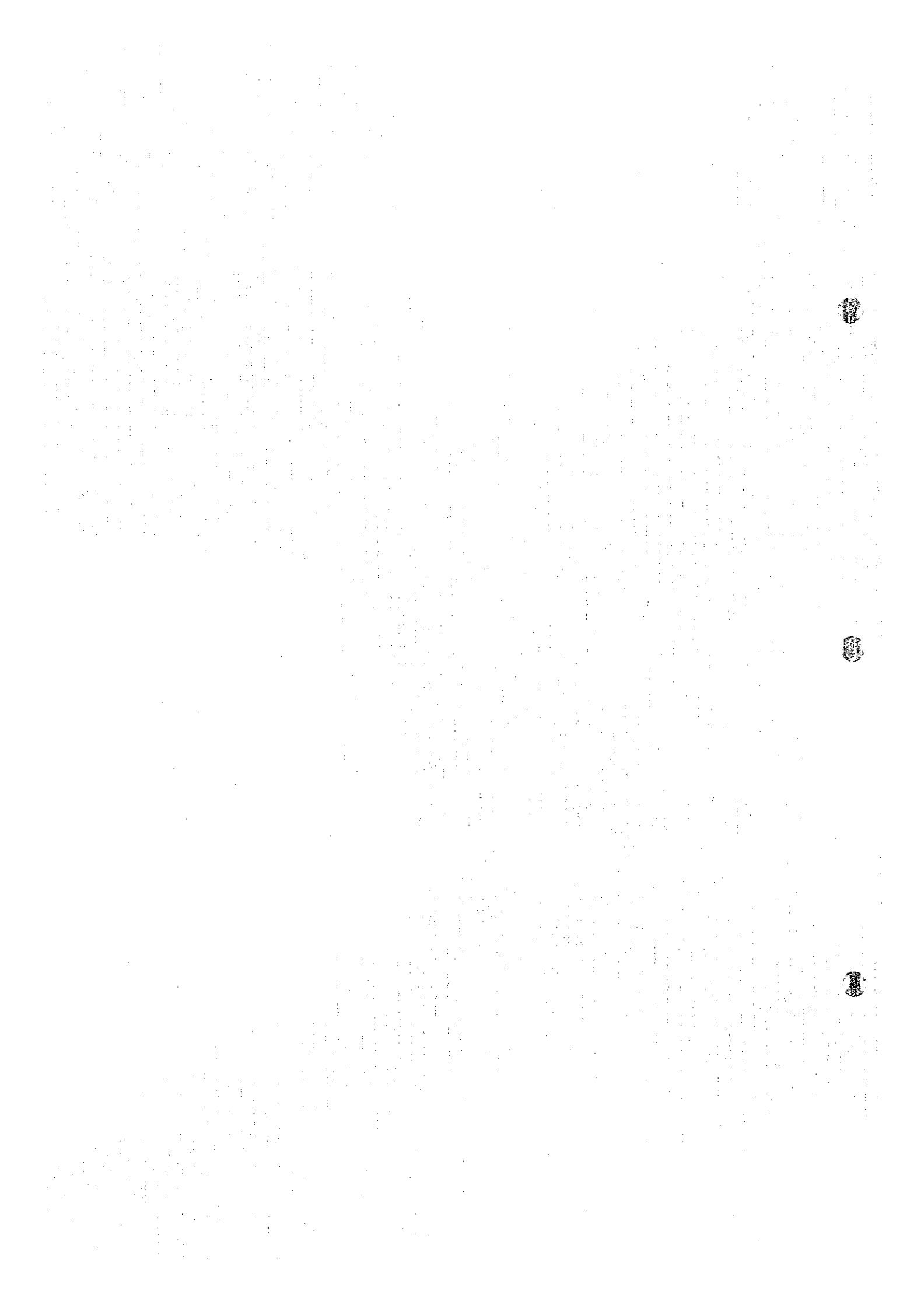


Chargeability



Metal Factor

Fig 1-4-3 IP plane map in Daris area



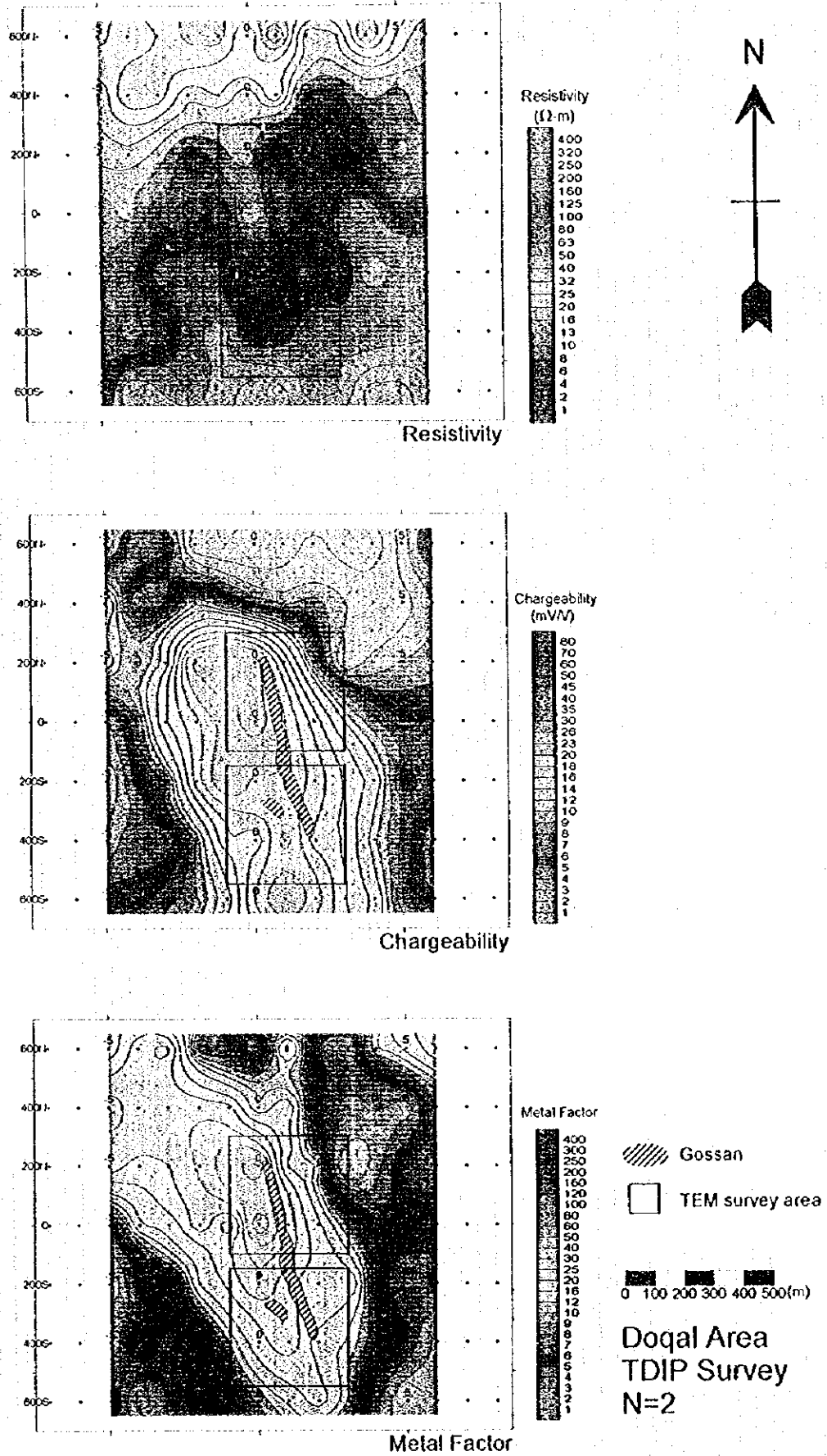


Fig.1-4-4 IP plane map in Doqal area

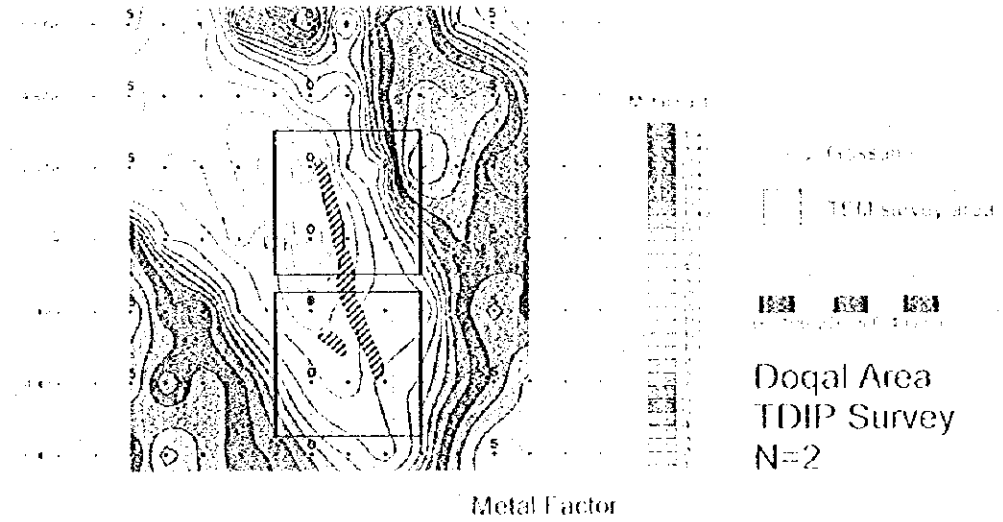
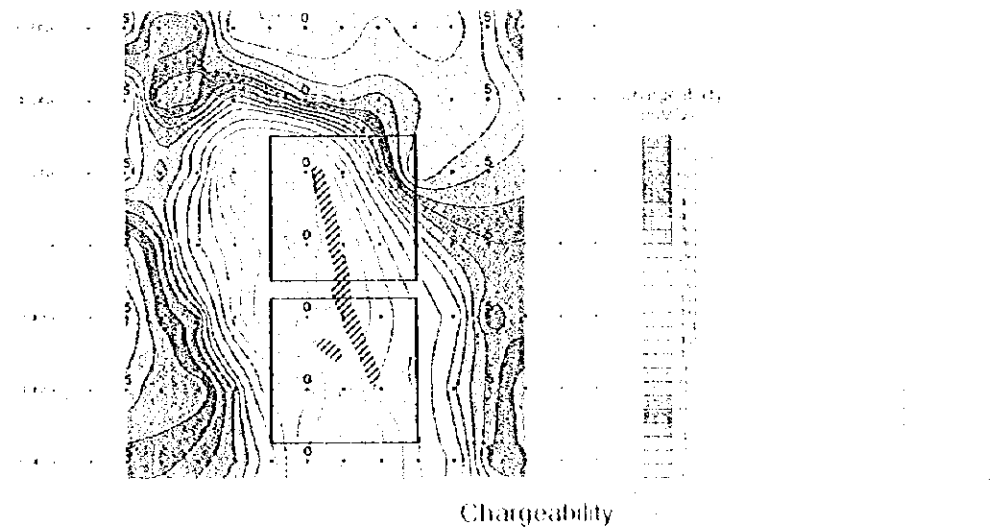
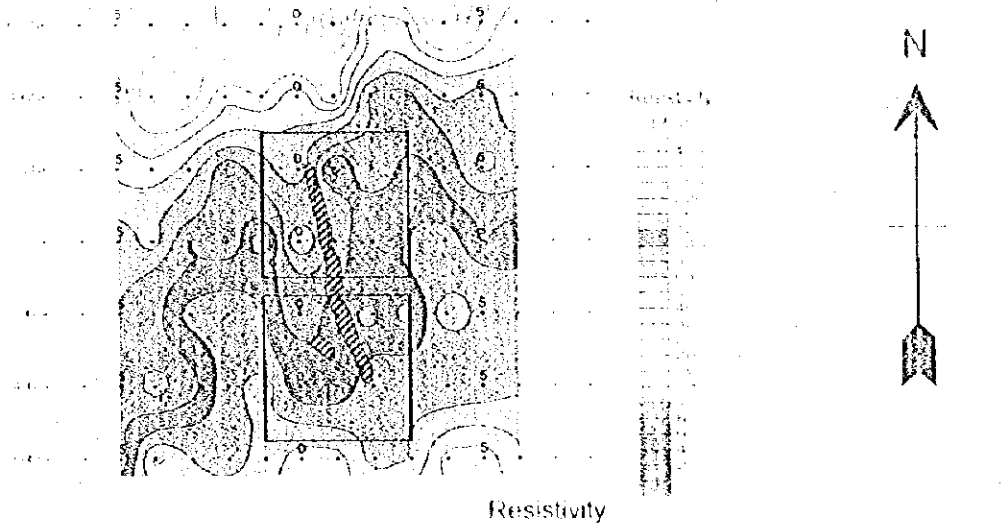


Fig 11.4 IP plane map in Doqal area



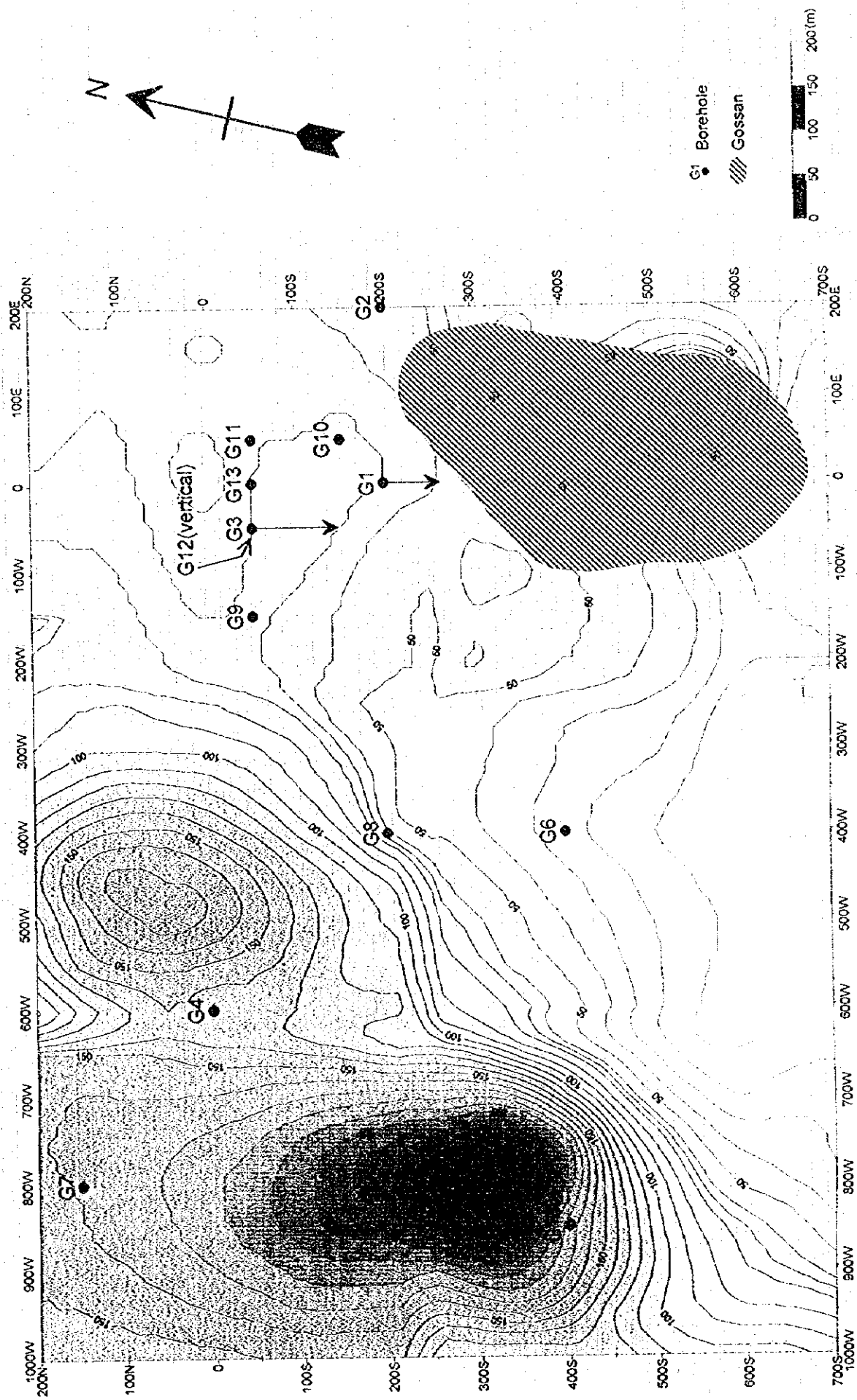
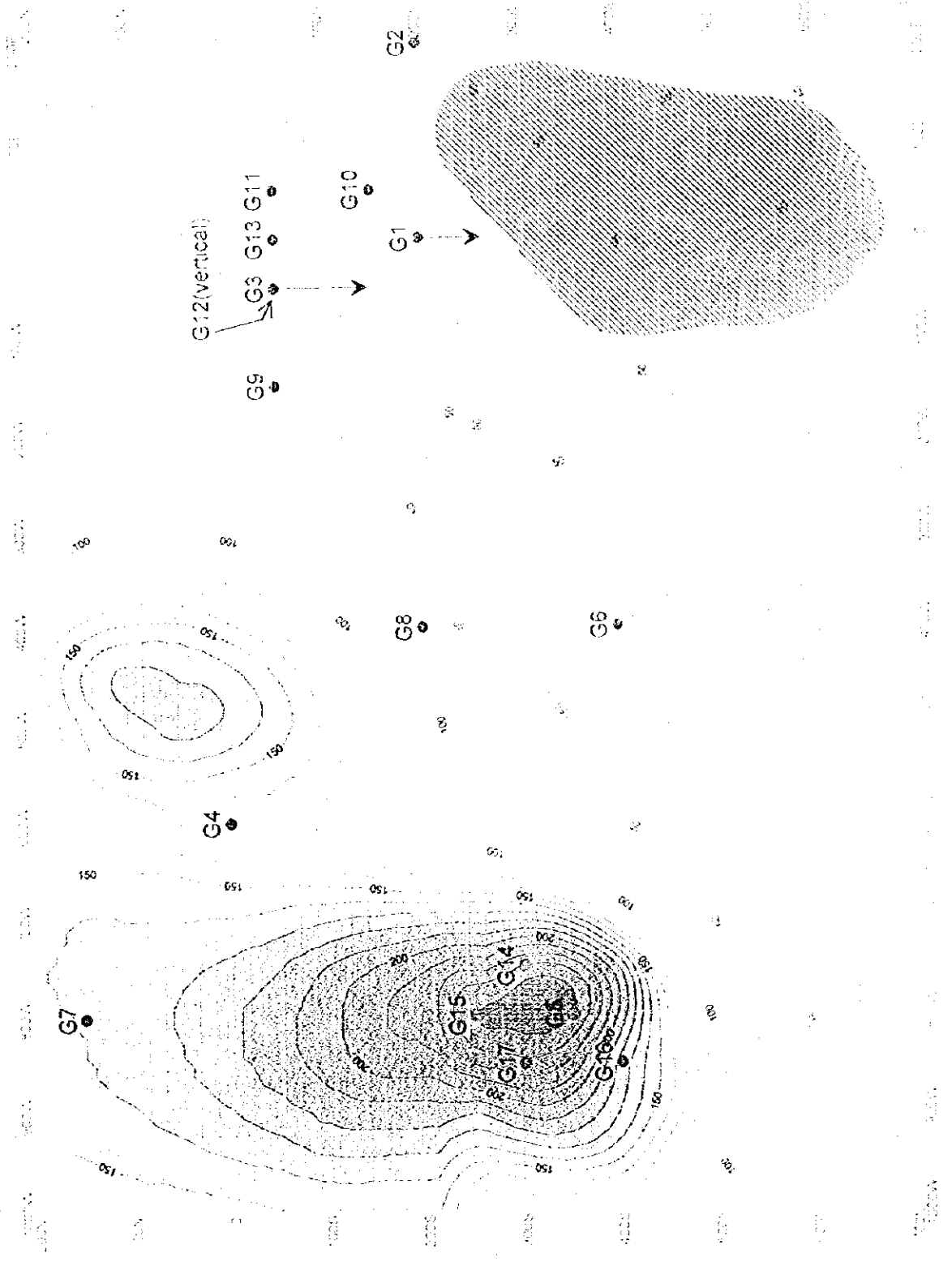


Fig.1-4-5 TEM response compiled map in Ghuzayn area



- Boundary
 - Station
-
- 100m
150m





体（グゼイン西部鉱体）はMJ0B-G5孔、G14孔、G15孔、G16孔及びG17孔で捕捉され、それらにおける塊状鉱体部のコア長とその銅平均品位は、それぞれ33.7mで1.47%、37.1mで1.88%、29.9mで1.55%、2.5mで1.63%、6.9mで1.17%を示した。なお着鉱部の深度は、北部鉱体が130mから154m、西部鉱体は134mから220mの間であった。以上の塊状硫化物鉱体のほかに、MJ0B-G3孔とG14孔では塊状鉱体の下部に鉱架とネットワークからなるストックワーク鉱体が存在するのを確認した。これらの主要部のコア長とその銅平均品位は、それぞれ36.6mで0.47%と65.75mで0.61%であった。これらの結果をとりまとめたのがTable 1-4-1である。ボーリングの位置及び鉱体の位置をFig. 1-4-6に示す。

グゼイン地区で実施したボーリング調査はまた、この地区の火山岩類及び塊状硫化物鉱体が北東-南西性の走向を持ち、北西方向に20度～30度傾斜した地質構造を一般に示していることを明らかにした。

なお、ダリス、ダリス3 A 5及びファルダー地区におけるボーリング調査では、塊状硫化物鉱床を捕捉することはできなかった。

Table I-4-1 Summary of results on drilling survey in Ghuzayn Area

Ore Body Name	Bore Hole NO.	Type of Ore	Depth (m)		Thickness (m)	Average Grade	
			from	to		Cu%	Zn(%)
Ghuzayn Northern Body	MJOB-G3	stockwork(upper)	115.15	133.00	17.85	0.22	0.01
		massive sulphide	133.45	138.60	5.15	4.85	0.04
		massive sulphide	140.00	142.80	2.80	3.77	0.06
		stockwork(lower)	142.80	166.65	23.85	0.40	0.11
		stockwork(lower)	167.15	179.90	12.75	0.59	0.03
		stockwork(lower)	185.35	233.50	48.15	0.27	0.02
		stockwork(lower)	246.10	247.25	1.15	0.30	0.17
		stockwork(lower)	279.50	288.20	8.70	0.15	2.66
		MJOB-G13	massive sulphide	152.80	154.40	1.60	0.17
Ghuzayn Western Body	MJOB-G5	stockwork	134.00	136.90	2.90	0.33	0.01
		massive sulphide	136.90	170.60	33.70	1.47	0.04
	MJOB-G14	massive sulphide	119.80	164.75	37.10	1.88	0.04
		stockwork	164.75	171.50	6.75	2.74	0.44
		stockwork	171.50	230.50	59.00	0.37	0.32
	MJOB-G15	(metaliferous sediment)	178.85	179.20	0.35	2.10	0.01
		massive sulphide	179.20	212.30	29.90	1.55	0.05
	MJOB-G16	stockwork	186.30	186.90	0.60	0.14	0.04
		massive sulphide	186.90	189.40	2.50	1.63	0.05
	MJOB-G17	massive sulphide	215.90	222.80	6.90	1.17	0.05

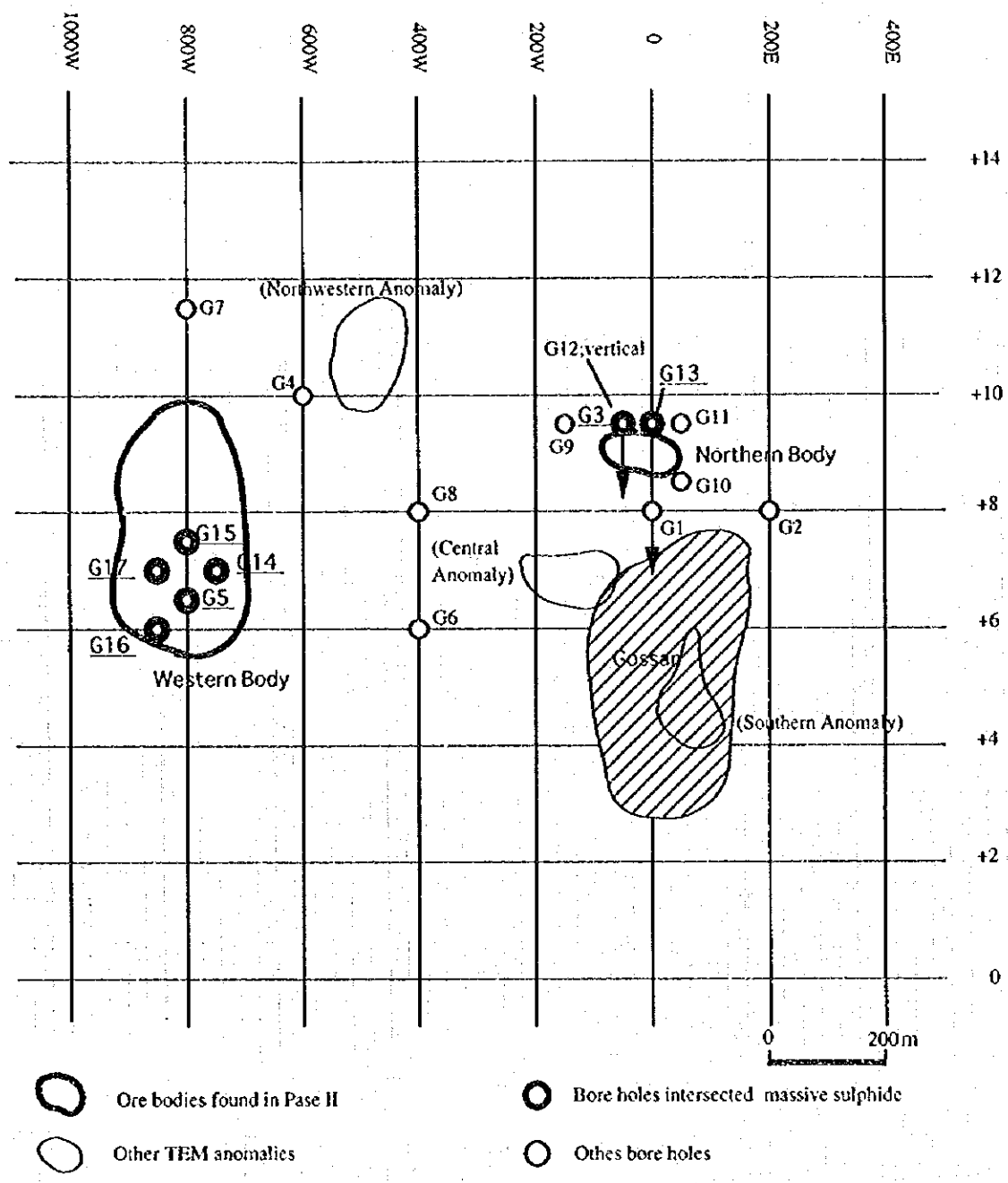


Fig.I-4-6 Location map of Ore bodies, TEM anomalies and bore holes in Ghuzayn area

第 5 章 結論及び提言

5-1 結論

1995年から1996年までの2ヶ年にわたって実施した、地質調査、物理探査及びボーリング調査からなる本調査の結果は、以下のように結論付けられる。

- (1) グゼイン地区におけるボーリング調査の結果、ゴッサンの北方と西方の2ヶ所において塊状硫化物鉱床を捕捉した。ゴッサンの北方で捕捉した塊状硫化物鉱体（グゼイン北部鉱体）はMJ0B-G3孔で最大コア長7.95mを示し、その平均品位は4.66%であった。またゴッサンの西方で捕捉した鉱体（グゼイン西部鉱体）はMJ0B-G14孔で最大コア長37.1mを示し、その平均品位は1.88%であった。
- (2) グゼイン地区で実施したTEM法調査の結果は、上述のボーリング調査で捕捉した2ヶ所の塊状硫化物鉱床の分布範囲を明瞭に示した。その結果から、西部鉱体はさらに北方へ延長しており、東西150m×南北300m程度の規模を有しているものと考えられる。これに対し北部鉱体は小規模で、東西150m×南北100m程度の規模と考えられる。このTEM法調査の結果はまた、上記2ヶ所以外にも3ヶ所で塊状硫化物鉱体が分布する可能性が高い有望な異常を抽出した。
- (3) ドカール地区で実施したTDIP法調査の結果は、グゼイン地区に類似したIP異常の特徴を示しており、引き続き実施したTEM法調査も顕著な異常を捉えた。したがって、本地区にも塊状硫化物鉱体が分布する可能性が高いと考えられる。
- (4) ダリス地区では、中央部と北部で実施したボーリング調査では塊状硫化物鉱体を新たに捕捉することはできなかった。しかし、本地区ではグゼイン地区より広範囲に高分極率異常域が抽出され、その縁辺部では低比抵抗部がいくつか存在し、高メタルファクター部を形成していることが明らかになった。したがって、新規の塊状硫化物鉱体が存在している可能性があると考えられる。
- (5) オマーンにおける銅鉱床探査では、第四紀層の広い被覆のために地上物理探査が探査の重要なポイントを握っている。この2年間の調査からオマーンにおけるキプロス型塊状硫化物鉱床の物理探査手法として、第1段階の鉱化帯の把握のためにTDIP法、そして第2段階の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との結論を得た。さらにボーリング調査を効率的に行うためには、小さいループ（50m×50m）によるTEM法調査を併用することが望ましいと考えられる。

5-2 提言

第2年次調査によってグゼイン地区において有望な塊状硫化物鉱床を捕捉したことにより、本調査地域の鉱床賦存ポテンシャルが高いことが証明され、また探査ターゲット地域の抽出のために用いた物理探査手法及びその解析処理手法についてもその有効性が証明されたことから、引き続き以下の地

区において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) グゼイン地区

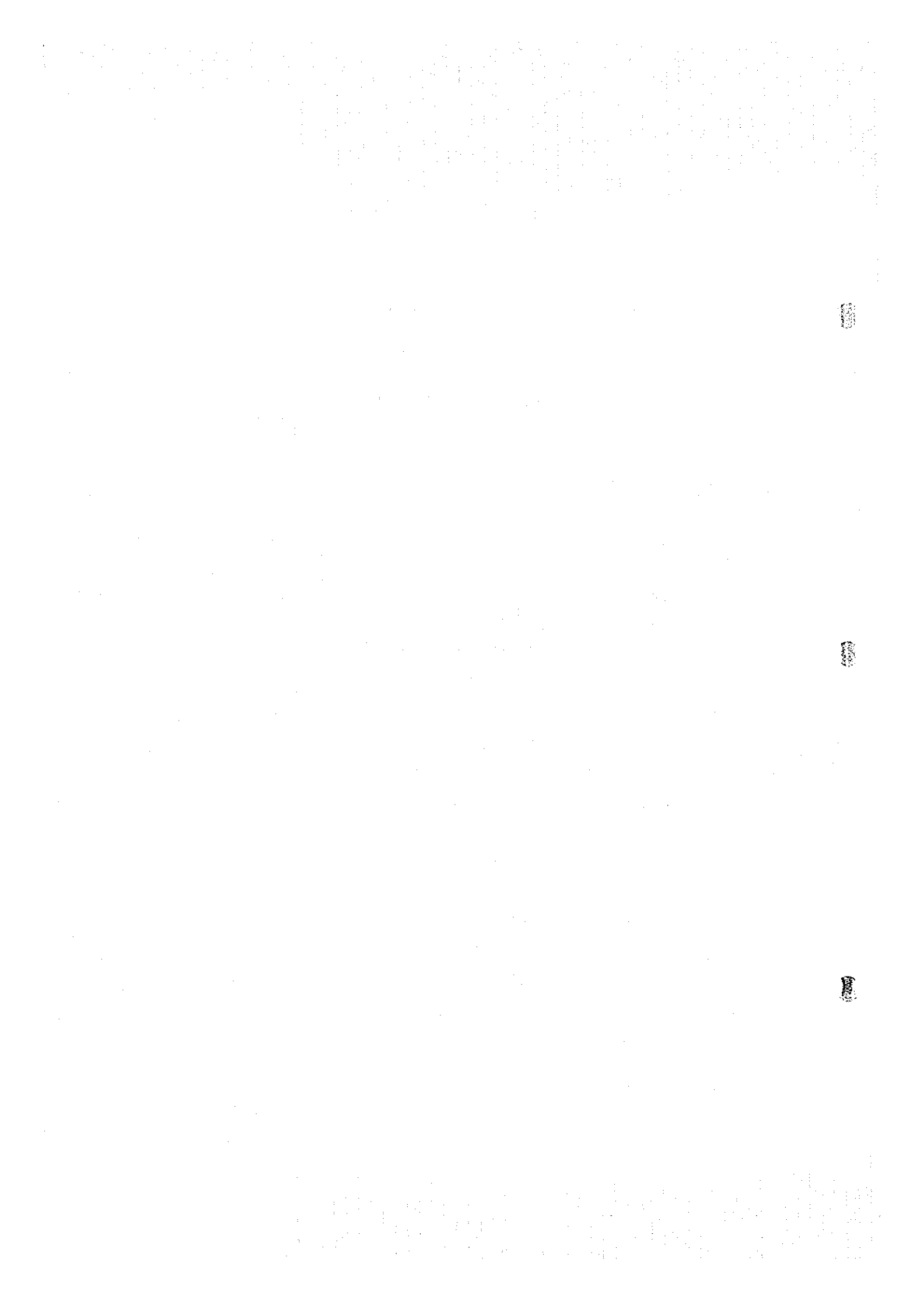
1. 第2年次のボーリング調査で捕捉した西部及び北部鉱体についてその詳細を確認するためのボーリング調査を実施するとともに、小さいループ(50m×50m)のTEM法調査を行って塊状硫化物鉱体の分布範囲を詳細に把握する。
2. TEM法調査において抽出された5つの異常部のうち、ボーリングですでに塊状硫化物鉱体の存在が確認されたもの以外の異常部に対して、ボーリング調査を実施するとともに小ループのTEM法調査を行う。
3. TDI P法調査を第1年次に実施した範囲の東西の延長部において実施し、周辺部における塊状硫化物鉱床存在の可能性を調査する。

(2) ドカール地区

1. TEM法調査で抽出された異常部に対してボーリング調査を実施し、塊状硫化物鉱床の存在を調査する。
2. 第2年次のTEM法調査結果によるとまだ異常部が北に連続しているため、さらに北にループを設けて調査するとともに、IP異常が連続して抽出された西部においてもTEM法調査を実施する必要がある。
3. TDI P法調査を第2年次に実施した範囲の外側まで延長して実施し、周辺部における塊状硫化物鉱床存在の可能性を調査する。

(3) ダリス地区

1. 第1年次のTDI P法調査によって抽出された中央部の広範囲な高分極率異常部の西半部についてTEM法調査を実施し、塊状硫化物鉱床存在の可能性を調査する。



第 II 部 各 論



第 1 章 地質調査

1-1 調査地域の地質層序

中央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。

1-1-1 サマイル・オフィオライト

サマイル・オフィオライトは下部よりテクトナイト（ハルツバージャイト）、集積層、高位ガブロ、シート状岩脈群、サマイル火山岩類及び貫入岩類からなるが、このうちのサマイル火山岩類中に塊状硫化物鉱床が胚胎されている。

(1) テクトナイト(TII)

テクトナイトは、ほとんどが褐色に風化したハルツバージャイトからなり、ほかに小規模のダナイトとレールゾライトを伴う。

(2) 集積層(C)

集積層は、ダナイト質集積岩、カンラン岩質集積岩、カンラン岩質集積岩及びガブロ、層状ガブロ質集積岩及び板状ラミナ状ガブロ質集積岩からなる。ダナイト質集積岩はクロムスピネルダナイト、単斜輝石ダナイト、トロクトライト及びウェールライトからなる。カンラン岩質集積岩はダナイト、ウェールライト、トロクトライト、単斜輝石岩及び一部レールゾライトとの互層からなる。カンラン岩質集積岩及びガブロはウェールライト、トロクトライト、単斜輝石岩及びダナイトと互層するガブロからなる。層状ガブロ質集積岩はほとんどがガブロからなり、トロクトライト、ウェールライト及び単斜輝石岩を挟在する。板状ラミナ状ガブロ質集積岩は集積層上部に位置し、鉱物の水平配列を形成している。

(3) 高位ガブロ(HIG)

高位ガブロは集積層の上位に位置し、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。

(4) シート状岩脈群(SD)

シート状岩脈群(SD)は幅0.5mから3mの岩脈から構成され、細粒～中粒のドレライトから細粒ガブロよりなる。岩脈の縁辺部には急冷相が発達する。このシート状岩脈群はその上位のサマイル火山岩類の下部火山岩類とは漸移関係にある。

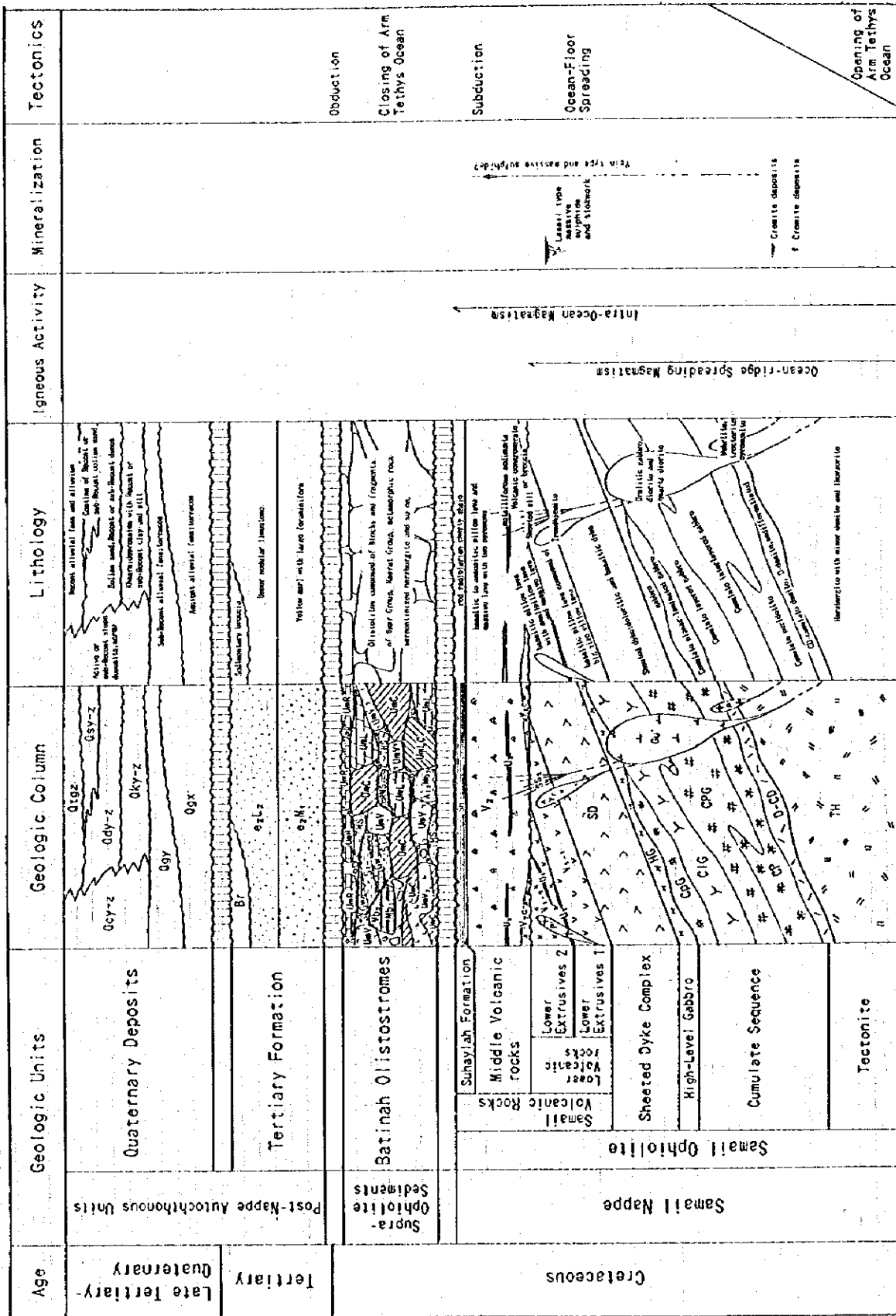


Fig.II-1-1 Straigraphic columnar section of survey area

(5) 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)、上部火山岩類及びスハイラー層(Sh)に分けられるが、本地域にはこのうち上部火山岩類は分布しない。

(a) 下部火山岩類(SV1)

下部火山岩類(SV1)は下部噴出岩類(V1-1)、上部噴出岩類(V1-2)及び金属質堆積岩(U1)からなる。下部噴出岩類は下位のシート状岩脈群とは漸移的關係にあり、下部噴出岩類と上部噴出岩類とは整合的關係にある。なお、金属質堆積岩は上部噴出岩類中に挟まれている。

下部噴出岩類(V1-1)は玄武岩質溶岩で、大部分は直径1.5mから2mの大きな茶褐色の枕状溶岩から主としてなり、ほかに茶褐色から灰色の塊状溶岩、シート状溶岩、ハイアロクラスライト及びピロープレッチャーからなる。風化した岩石表面は割れ方が鋭く、ギザギザしており、尖ったものが多い。本岩類の枕状溶岩は、無斑晶質あるいは非顕晶質で厚いインターピロー(10cm~40cm)を有するのが特徴である。塊状溶岩は数10cmから数mの厚さを有し、厚い塊状溶岩には柱状節理が発達する場合が多い。

上部噴出岩類(V1-2)は玄武岩質から安山岩質の溶岩で、淡緑色から紫灰色の枕状溶岩より主としてなる。本岩類は下部噴出岩類とは漸移的關係にあり、下部噴出岩類との境界付近には金属質堆積岩及び厚い塊状溶岩が発達することが多い。枕状溶岩のサイズは直径1.5mに達することもあるが、一般には10cmから1mで、下部噴出岩類中の枕状溶岩と比較してより小さい。また本岩類の枕状溶岩は、斑晶質かつポーフィリティックで、バリオール様組織を示すことがあり、インターピローが薄い(5cm~10cm)のが特徴である。本岩類は上部に放射状節理の発達する小型から中型の枕状溶岩を伴う。

塊状硫化物鉱床は、この下部火山岩類中の上部噴出岩類と下部噴出岩類との境界部に胚胎されており、上部噴出岩類の初期の活動に伴って形成されたものと考えられている。この層準規制は本鉱床の探査において最も重要な指針であるため、上述した上部噴出岩類と下部噴出岩類の識別は極めて重要である。Table 11-1-1に既述した両者の特徴を比較して示した。

金属質堆積岩(U1)は一般にアンバーと呼称されているもので、暗褐色の放散虫化石を含む一般に鉄及びマンガン成分に富む金属質堆積岩である。

(b) 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(V2c)、シート状シル(SS2)、噴出岩類(V2)、金属質堆積岩(U2)からなる。本岩類はシート状岩脈群及び下部火山岩類を不整合で被覆する。

火山円礫岩から角礫岩(V2c)は、円礫~角礫からなる砂礫岩質のマトリックスと、シート状岩脈群及び下部火山岩類の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。

シート状シル(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。

噴出岩類(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。塊状溶岩は露頭では灰色、褐灰色、緑色、青灰色、オレンジ色と多種の色を示し、

Table II-1-1 Comparison of pillow lavas in Samail Ophiolite

Pillow Lavas	Rock Type	Color	Size and Shape	Petrographic Features	Field Observation Features
Pillow lava(V2) of Middle Volcanic rocks	Basalt to andesite	Light green	Size: 0.6m to 2.5m in across. (large sized pillow) Irregular shape.	Sub-ophytic and partially porphyritic textures. Phenocryst: Clinopyroxene and coarse groundmass.	Dominant metaliferous sediment layer. Rugged surface. Amigdaloidal texture.
Pillow lava(V1-2) of Lower extrusive 2. Lower Volcanic rocks	Basalt	Light greenish gray	Size: 0.3m to 0.5m in across. (small sized pillow) Closely packed.	Porphyritic texture. Phenocryst: Clinopyroxene and orthopyroxene	Dominant metaliferous sediment layer. Variole-like texture. Thin interpillows(1cm to 5cm in thickness).
Pillow lava(V1-1) of Lower extrusive 1. Lower Volcanic rocks	Basalt to andesite	Dark brown and greenish brown	Size: 0.6m to 1.2m in across. (medium sized pillow) Round to oval shape, elongated tube with radial cooling joint.	Aphyric and aphanitic texture. Phenocryst: Clinopyroxene	Thick interpillows(5cm to 40cm in thickness).

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。また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、直径0.5mから1mの大きさのものが主体で、1.5mに及ぶものは稀である。

金属質堆積岩(U2)はアンバーと称されるもので、黒色から黒褐色の放射虫化石を含む金属質堆積岩である。本岩は噴出岩類(V2)中に挟在する。

(c) スハイラー層(Sh)

スハイラー層(Sh)はサマイル火山岩類の最上部に位置し、赤褐色の放射虫化石を多く含むチャート質頁岩からなる。本層は中部火山岩類の噴出岩(V2)を整合で被覆する。

(6) 貫入岩類

貫入岩類は、カンラン岩、ウラライト質ガブロ、トロニエマイト及び後期ドレライト質岩脈からなる。

1-1-2 オフィオライト最上部層

オフィオライト最上部層は、テーチス海形成に伴って形成された堆積物がテーチス海の閉塞に伴って衝上運動が開始されてから再移動再堆積したオリストリスからなる。この堆積物をバチナ・オリストストロームと呼んでいる。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。

1-1-3 第三紀～第四紀原地性堆積岩類

異地性ナップ形成後に堆積した原地性の堆積岩類で、第三系及び第四系からなる。第三系は第三紀の後期晩新世から前期始新世の大型有孔虫を含む黄色泥灰岩、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及び準現世扇状地堆積物、現世の扇状地堆積物及び沖積層などからなる。

1-2 調査地域の地質構造

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ときに形成された積重構造を主要構造とする。ナップ形成後の原地性の第三紀層及び第四紀層はバチナ海岸に下位とは不整合関係で堆積した。積重構造を形成するサマイル・ナップは西側のハイライン(Haylayn)ブロックと東側のルスタック(Rustaq)ブロックの2つのブロックから構成され、調査対象地域中央南部からバチナ海岸のBarka西の10km付近に延びる北東-南西系の断層及び線上構造によって区分される。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、また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。

1-3 調査地域の塊状硫化物鉱床

本調査地域に分布する塊状硫化物鉱床は、中期から後期白亜紀のネオテチス海の閉塞の時期における海洋内サブダクションと背島弧での海洋の拡大に関係して、拡大軸付近での熱水の循環によって形成されたと考えられている。

北部オマーン山脈における鉱床探査の結果から、Bishimetal (1987) は塊状硫化物鉱床形成のプロセスを次のように推論した。それを模式的に図示したものがFig. II-1-2である。

- (1) 下部噴出岩類(VI-1)の噴出後、海洋の拡大に伴って、マグマ溜り緑片部において主要な正断層或いは断層に沿った岩脈の貫入が起こった。上部噴出岩類(VI-2)はこの貫入活動に伴って後に噴出した。
- (2) この貫入活動の初期に、すでに存在する主要な熱水循環と重なるように局所的な熱水循環が岩脈群の周辺で起こった。
- (3) この局所的な熱水循環が鉱床を形成する重金属を含む多量の熱水溶液をもたらした。この熱水溶液は、主要断層に平行する多数の断層を通して上昇し、下部噴出岩類からなる海洋底の上に放出された。
- (4) 海洋底の上に放出された重金属に富む熱水溶液は、下部噴出岩類が形成する比較的大きな凹地に流れ込み、鉱石鉱物を晶出し、塊状硫化物鉱床を形成した。
- (5) その後、塊状硫化物鉱床は上部噴出岩類によって被覆された。

本調査地域には既知鉱床としてグゼイン(Ghuzayn)、ダリス(Daris)及びダリス3 A 5 鉱床がある。これらの詳細については以下の章で述べる。

1-4 地質調査の調査結果

本調査地域で塊状硫化物鉱床が賦存する可能性が高いA、B及びCの3地区において、地質状況の把握と鉱床の確認を行うための調査を実施した。また、鉱化作用と磁気境界帯の関連についての検討も行った。

塊状硫化物鉱床の賦存は下部火山岩類中の下部噴出岩類(VI-1)と上部噴出岩類(VI-2)の境界部に期待されることから、この境界部を全地区で追跡し、その分布を明らかにした。その結果A及びB地区ではその境界部が広範囲に分布しているのに対し、C地区ではシート状岩脈群を中部火山岩類(V2)が直接覆っており、VI-1及びVI-2層が欠如していることから、C地区には鉱床が賦存する可能性は低いことがわかった。

すでにグゼイン、ダリス3 A 5 及びダリスにはゴッサンの存在が知られているが、A地区内のD

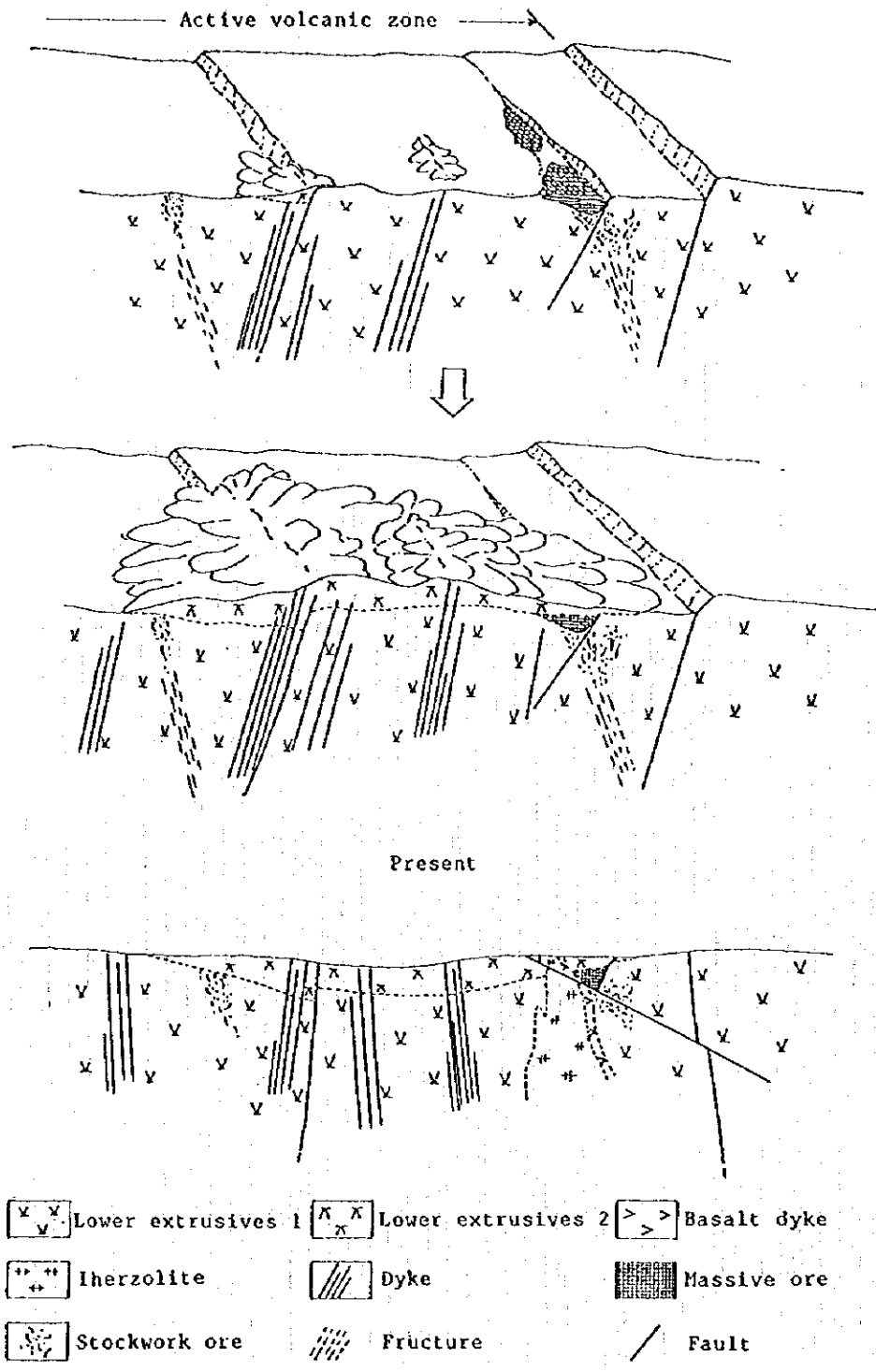


Fig.II-1-2 Schematic formation processes of massive sulphide deposits in Sohar

カール (Doqal), ファルダール (Fardah), サナー (Sanah), グゼイン部落北方及びクライヤ (Qulayyah) において、新たにゴッサンを発見した。

磁気境界帯は、ゴッサンが生成しているほとんどのところで抽出されており、探査の指標として非常に有効と考えられるが、一方地表に鉍化作用を示唆するような兆候が認められない地域においても各所で磁気境界帯が抽出されており、鉍化作用のみならず火山岩類のフローユニットの境界あるいは貫入岩と被貫入岩の境界などを示している可能性がある。

1-5 地質準精査の調査結果

準精査地区として選定されたグゼイン地域、ブワイリク-ダリス3 A 5 地域及びダリス-ダリス西部地域において、地質状況及び鉍化状況を把握し、鉍床賦存のポテンシャルを評価するために、詳細な地質調査を実施した。

その結果、各地区及び探鉍地の鉍化状況について以下のような事実が得られた。

- (1) グゼイン準精査地域中央のゴッサンは、東西200m×南北300mの規模を有し、V1-1層との境界に近いV1-2層中に存在している。
- (2) グゼイン準精査地域では中央のゴッサンの他に、東部では連続性のある含銅石英脈、西部では広範囲にゴッサン化した玄武岩の分布を確認した。
- (3) ダリス3 A 5 探鉍地のゴッサンはV2層中に存在している。
- (4) ブワイリク探鉍地にはわずかに弱い珪化が認められるのみで、有望な鉍徴は何も認められない。
- (5) ダリス探鉍地のゴッサンは10m×30mの規模であり、V1-2層中に存在している。
- (6) ダリス西部探鉍地はシート状岩脈群の分布域にあり、一部の岩脈に黄鉄鉍の鉍染が認められるのみで、有望な鉍徴は何も認められない。

1-6 精査地域の選定

概査及び準精査地域における地質調査の結果から、TDIP法調査地区として以下のように9地区を選定した。

- (1) グゼイン-ドカール地域
 - ・グゼイン地区
 - ・グゼイン東部地区
 - ・グゼイン西部地区
 - ・グゼイン村北部地区
 - ・ドカール地区
- (2) ファルダール-サナー地域
 - ・ファルダール地区
 - ・サナー地区
- (3) ダリス-ダリス3 A 5 地域

- ・ダリス地区
- ・ダリス3 A 5地区