

サウディ・アラビア王国ウム・アダマール地域
資源開発協力基礎調査報告書

(総括報告書)

平成 13 年 3 月

国際協力事業団

金属鉱業事業団

はしがき

日本国政府はサウディ・アラビア王国政府の要請に応え、同国のウム・アダマール地域の鉱物資源賦存の可能性を確認するため、既存データ解析、地質調査、物理探査、試錐調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年度から平成12年度にわたって実施され、サウディ・アラビア王国地質調査所の協力を得て、予定どおり完了した。

本報告書は、3カ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サウディ・アラビア王国政府関係機関ならびに外務省、経済産業省、在サウディ・アラビア王国日本大使館、ジェッダ総領事館及び関係各位の方々に衷心より感謝の意を表わすものである。

平成13年3月

国際協力事業団

総裁 齊藤 邦彦

金属鉱業事業団

理事長 田代 直弘

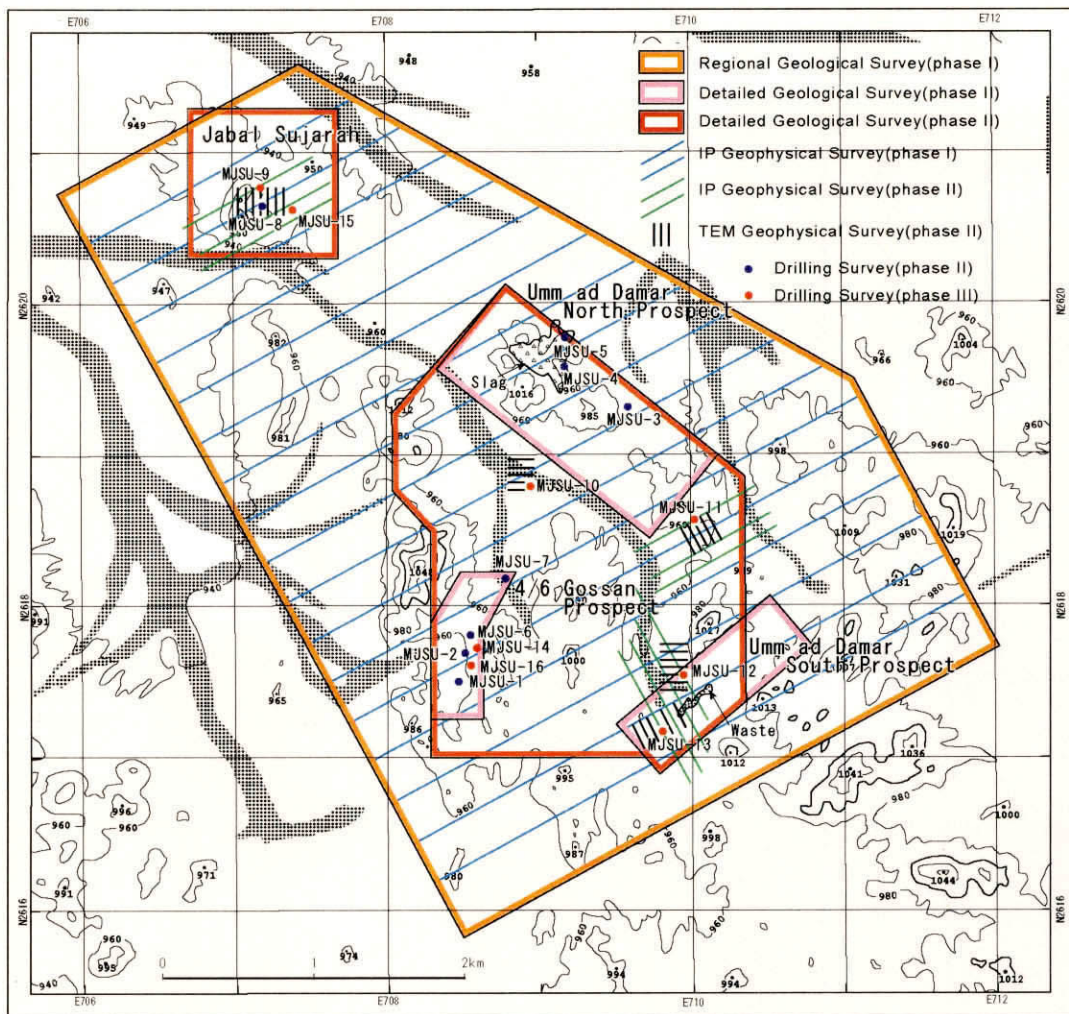
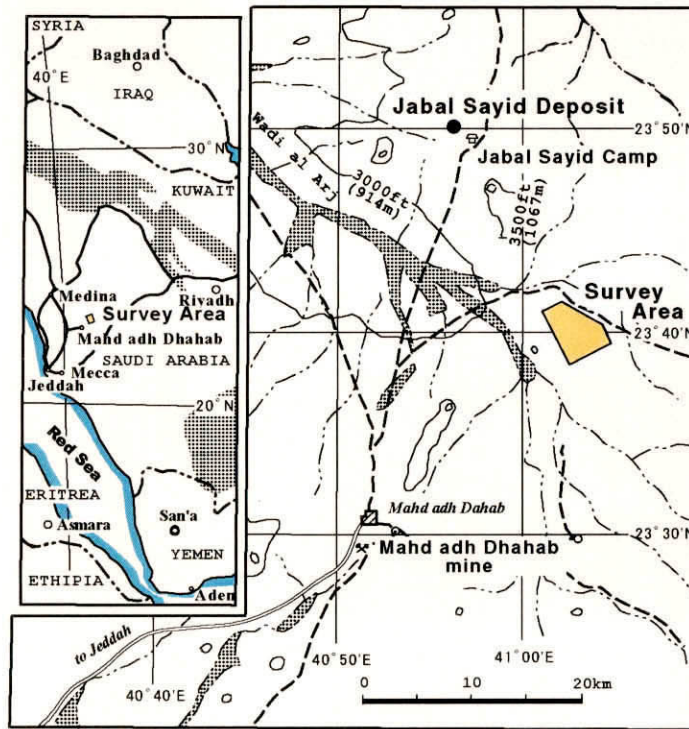


Fig. 1-1 Location Map of the Survey Area

要 約

ウム・アダマール地域において、既存データ解析、地質調査、物理探査（IP 法、TEM 法）及びボーリング調査（16 孔、延長 4,492.7m）が平成 10 年度より 3 年間にわたって実施された。その成果は以下の通り要約される。

1. 調査地域の地質は、原生代後期 Arj 層群の流紋デイサイト、デイサイトおよび安山岩とそれらの火砕岩を主体とするほか、ジャスパーを伴う。これらは閃緑岩、石英閃緑岩、トータル岩、安山岩、デイサイト、流紋デイサイトおよび玄武岩に貫かれている。これらを不整合に被覆して原生代後期 Mahd 層群の安山岩・同質火砕岩が調査地域の西端部に分布する。これらの岩石のうち、ジャスパーやデイサイト質角礫岩は調査地域北西部のJabal Sujarah周辺に偏在する。花崗岩類は調査地域の各所に見られるが、Umm ad Damar NorthプロスペクトからUmm ad Damar Southプロスペクトにかけての範囲に集中して分布する。

2. 調査地域には Jabal Sujarah 地区、Umm ad Damar North プロスペクト、Umm ad Damar South プロスペクト及び 4/6 Gossan プロスペクトの 4 箇所に、Cu 及び Zn を含む鉱化作用が認められる。Jabal Sujarah 地区、4/6 Gossan プロスペクト及び Umm ad Damar North プロスペクトの一部の鉱化作用は火山性塊状硫化物型 Cu-Zn 鉱化作用である。また、Umm ad Damar North プロスペクトに鉱脈型 Cu 鉱化作用が、Umm ad Damar South プロスペクトに鉱脈型 Cu-Zn 鉱化作用が賦存している。

3. 前記地区以外に IP 法物理探査により充電率異常が得られているが、高充電率異常を示す範囲には黄鉄鉱鉱染及び細脈などが分布しているのみであり、Au, Cu, Zn に乏しい。

4. Jabal Sujarah 地区に分布する鉱化作用は、Arj 層群のデイサイト質角礫岩類中の火山性塊状硫化物型 Cu-Zn 鉱化作用である。鉱化部は塊状鉱と礫状鉱からなり、黄鉄鉱鉱染帯を伴う。本地区には調査地域で最も高い充電率異常（海拔 800m で 30mV/V 以上）が約 200×200m の範囲を占め分布する。これら充電率異常は塊状鉱・礫状鉱の下盤に厚く発達する黄鉄鉱鉱染帯に起因して形成されたものである。この黄鉄鉱鉱染帯はほぼ黄鉄鉱のみからなり、Au, Cu, Zn ともに見るべきものはない。

塊状鉱または礫状鉱は数枚あり、間に挟まれる黄鉄鉱鉱染部を含む全体の鉱化帯の層厚は、6m 程度である。塊状鉱及び礫状鉱を含む鉱化帯の分布範囲は、走向方向に 200m 程度であり、傾斜方向に 250m 以上であろう。塊状鉱及び礫状鉱は、一部で Cu, Zn に富むことはあるが、その大部分は低品位であり、黄鉄鉱を主体とする。

5. Umm ad Damar North プロスペクトには5列の鉱脈型 Cu 鉱化帯の分布が推定される (No. 1~No. 5 鉱化帯と呼ぶ)。それらのうち、3列に対してボーリング調査が実施されている。各孔に見られる鉱脈及び網状脈は、Arj 層群のデイサイトや同質火砕岩を母岩とし、黄銅鉱-黄鉄鉱よりなる。脈石鉱物に乏しい。Au, Ag 品位は低く、鉱脈の盤際は緑泥石化変質が著しい。

No. 1 鉱化帯に対しては過去に5孔のボーリング調査が実施されており、本鉱化帯は厚さ平均4.8mでCu 1.40%である。No. 2 鉱化帯に対しては、2孔のボーリング調査が実施され、細脈群及び鉱染からなる2ないし3枚の鉱化帯を捕捉している。それらの平均厚さは3.5mで、品位はCu 2.38%である。No. 3 鉱化帯に対しては、4孔のボーリング調査が実施されており、UAD-11号孔では厚さ3.1m, Cu 1.87%を示す。No. 1 鉱化帯とNo. 2 鉱化帯の走向延長は400~500mが見込まれ、No. 3 鉱化帯については300m程度と考えられる。Cu以外の品位はAu及びZnともに低い。

No. 4 鉱化帯とNo. 5 鉱化帯に対しては、ボーリング調査が実施されていないが、地表採掘跡の分布から走向延長はそれぞれ200mと400m程度と予想される。

これら鉱脈型 Cu 鉱化帯のほかに、MJSU-5号孔で火山性塊状硫化物型鉱化帯を捕捉しているが、近隣の既存ボーリングに同様な鉱化作用を認めていないため、本鉱化帯は小規模なものと考えられる。

6. Umm ad Damar South の Arj 層群中に1列の鉱脈型 Cu-Zn 鉱化帯が分布する。本鉱化帯に対しては、過去に11孔のボーリング調査が実施され、そのうち4孔で鉱化帯を捕捉している。また、今回本鉱化帯の南西にて実施したボーリングには鉱脈型鉱化作用は認められなかった。この結果、鉱化帯の規模は、厚さ2.1~6.9m、走向延長300m程度、傾斜延長最大130mと予想される。本鉱化帯のCu品位は1.99~2.93%である。一部のボーリングではAu及びZn品位が得られており、それらはAu 0.3~1.1g/t, Zn 0.2~3.1%である。

7. 4/6 Gossan プロスペクトに認められる鉱化作用は、Arj 層群流紋デイサイト質凝灰岩類中の火山性塊状硫化物型 Cu-Zn 鉱化作用である。火山性塊状硫化物型 Cu-Zn 鉱化作用は、塊状鉱、珪質鉱、礫状鉱などからなり、黄銅鉱、閃亜鉛鉱や黄鉄鉱を含む。

本鉱化作用は、流紋デイサイト質凝灰岩類中に挟在する玄武岩質凝灰岩の上位及び下位(見掛け上)に合わせて3枚認められる。玄武岩質凝灰岩類の下位に分布する鉱化帯は、大きく2枚の鉱化部に分けられる。玄武岩質凝灰岩類の直下に位置する鉱化部はMJSU-2号孔で最も厚くなっており、厚さは3.7m程度と推定される。この鉱化部の品位は、Au 0.4g/t, Cu 0.96%, Zn 2.17%である。

前記鉱化部のさらに下位の鉱化部は、同じくMJSU-2号孔で最も厚く、その厚さは9.3m程度と考えられる。その品位はAu 0.4g/t, Cu 1.00%, Zn 3.67%である。

玄武岩質凝灰岩類の上位にも鉱化帯が分布する。これはMJSU-6号孔のみに認められ、平均品位は、Au 0.1g/t以下, Cu 0.69%, Zn 3.99%であり、厚さは2.5m程度と考えられる。

玄武岩質凝灰岩の下位に分布する2枚の鉱化部の規模は走向延長が100m程度、傾斜延長がそれぞれ60m以上及び120m以上と予想される。玄武岩質凝灰岩の上位に分布する鉱化帯は、1孔でのみ捕捉されたものであり、走向延長及び傾斜延長は大きく見積もってもそれぞれ100m程度であろう。

8. 本調査地域内にはかねてより3箇所の鉱徴地(Umm ad Damar North プロスペクト, Umm ad Damar South プロスペクト及び4/6 Gossan)が知られ、1966年以来、各鉱徴地を対象に限られた範囲で種々の調査が散発的に行われてきたが、最終的な評価には至っていなかった。このため本資源開発協力基礎調査では、既存データを踏まえ、既知鉱化帯の拡がりの確認と新鉱床の発見を目的として、調査地域全体を対象とする地質調査、物理探査及びボーリングによる総合的な評価を実施した。

包括的な物理探査(IP法)により抽出した異常帯に基づいてボーリング調査を実施した結果、これまで鉱徴の知られていなかったJabal Sujarahを含む3地区において、一部にAuを随伴するCu-Zn鉱化帯を新たに捕捉した。しかしながら、調査地域内に認められる鉱化帯は、部分的に高品位を示すものの、いずれも深部及び側方延長において収斂・分散する小規模なものであることが判明し、現市況下での開発は困難と判断される。また、物理探査結果から、今後さらに精密な調査を実施しても既知鉱化帯以上の規模の鉱化帯が発見される可能性は小さいものと思われる。

目 次

目 次

はしがき

調査地域位置図

要 約

目 次

付図付表一覧

第 I 部 総 論

第 1 章 調査の概要	1
1-1 調査経緯および目的	1
1-2 調査地域	1
1-3 調査期間及び調査員	2
第 2 章 調査地域の地理	6
2-1 位置および交通	6
2-2 地形および水系	6
2-3 気候および植生	6
第 3 章 既往調査の概要	6
第 4 章 調査地域周辺の一般地質	7
4-1 地質	7
4-2 地質構造	8
4-3 調査地域近隣の鉱床	8
第 5 章 調査地域の地質概要	15
5-1 地質	15
5-2 鉱化作用	15
第 6 章 結 論	23
6-1 調査結果	23
6-2 評 価	25

第Ⅱ部 各論

第1章 既存データ解析	27
1-1 調査地域の既存データ解析	27
1-2 調査地域近隣の鉱床	30
第2章 航空写真地質解析	33
2-1 解析方法	33
2-2 地質解析結果	33
第3章 地質調査	37
3-1 地質概要	37
3-2 地質層序	37
3-3 貫入岩類	39
3-4 地質構造	39
3-5 鉱化作用	40
3-6 調査地域に見られる鉱化作用と近隣の鉱床との比較	42
第4章 広域IP法物理探査	45
4-1 探査方法	45
4-2 探査結果	45
第5章 精密IP法物理探査	57
5-1 探査方法	57
5-2 探査結果	57
第6章 TEM法物理探査	65
6-1 探査方法	65
6-2 探査結果	65
第7章 ボーリング調査	91
7-1 Jabal Sujarah地区	91
7-2 Umm ad Damar North	99
7-3 4/6 Gossan プロスペクト	109
7-4 物理探査異常域	123

第8章 調査結果の総合検討	134
8-1 地質特性と鉱化作用との関係	134
8-2 物理探査結果と鉱化作用との関係	134
8-3 鉱化ポテンシャル	138

第Ⅲ部 結 論

第1章 調査結果	141
第2章 評 価	143

参考文献

巻末資料

Figures

Fig. 1-1	Location Map of the Survey Area
Fig. 1-2	Flowsheet of Survey
Fig. 1-3	Exploration Flowsheet
Fig. 1-4	Regional Geology of the Survey Area
Fig. 1-5	Geological Map of the Jabal Sayid Deposit
Fig. 1-6	Geological Map of the Mahd adh Dhahab Mine
Fig. 1-7	Geological Map of the Survey Area
Fig. 1-8	Mineralization Map of the Survey Area
Fig. 1-9	Integrated Interpretation Map
Fig. 2-2-1	Photogeological Interpretation Map
Fig. 2-4-1	Location Map of IP Survey Lines in the First Phase
Fig. 2-4-2	Resistivity Map (SL 900m)
Fig. 2-4-3	Resistivity Map (SL 800m)
Fig. 2-4-4	Chargeability Map (SL 900m)
Fig. 2-4-5	Chargeability Map (SL 800m)
Fig. 2-5-1	Location Map of IP Survey Lines in the Second Phase

Fig. 2-5-2	Chargeability Map (SL 900m)
Fig. 2-5-3	Chargeability Map (SL 800m)
Fig. 2-6-1	Location Map of TEM Survey
Fig. 2-6-2	Resistivity Structure Section (TB-12)
Fig. 2-6-3	Estimated Plate from 2-D Plate Modelling (TB-12)
Fig. 2-6-4	Resistivity Structure Section (TJ-18)
Fig. 2-6-5	Estimated Plate from 2-D Plate Modelling (TJ-18)
Fig. 2-6-6	Resistivity Structure Section (TM-27)
Fig. 2-6-7	Estimated Plate from 2-D Plate Modelling (TM-27)
Fig. 2-6-8	Resistivity Structure Section (TO-21)
Fig. 2-6-9	Estimated Plate from 2-D Plate Modelling (TO-21)
Fig. 2-6-10	Resistivity Structure Section (TP-18)
Fig. 2-6-11	Estimated Plate from 2-D Plate Modelling (TP-18)
Fig. 2-7-1	Detailed Geological Map of Jabal Sujarah
Fig. 2-7-2	Geological Section along MJSU-8
Fig. 2-7-3	Geological Section along MJSU-9
Fig. 2-7-4	Geological Section along MJSU-15
Fig. 2-7-5	Correlation of Sulfur Contents of Drill Holes in Jabal Sujarah
Fig. 2-7-6	Detailed Geological Map around MJSU-3
Fig. 2-7-7	Detailed Geological Map around MJSU-4 and MJSU-5
Fig. 2-7-8	Geological Section along MJSU-3
Fig. 2-7-9	Geological Section along MJSU-4
Fig. 2-7-10	Geological Section along MJSU-5
Fig. 2-7-11	Detailed Geological Map of 4/6 Gossan Prospect
Fig. 2-7-12	Geological Section along MJSU-1
Fig. 2-7-13	Geological Section along MJSU-2 and MJSU-14
Fig. 2-7-14	Geological Section along MJSU-6
Fig. 2-7-15	Geological Section along MJSU-7
Fig. 2-7-16	Geological Section along MJSU-16
Fig. 2-7-17	Comparison of Geologic Columns of Drill Holes in 4/6 Gossan Prospect
Fig. 2-7-18	Correlation of Mineralized Parts of 4/6 Gossan Prospect
Fig. 2-7-19	Detailed Geological Map around MJSU-10
Fig. 2-7-20	Detailed Geological Map around MJSU-11

Fig. 2-7-21	Detailed Geological Map around MJSU-12 and MJSU-13
Fig. 2-7-22	Geological Section along MJSU-10
Fig. 2-7-23	Geological Section along MJSU-11
Fig. 2-7-24	Geological Section along MJSU-12
Fig. 2-7-25	Geological Section along MJSU-13

Tables

Table 1-1	Amount of Work
Table 1-2	Duration of Survey and Participants
Table 2-1-1	Results of Drilling Exploration
Table 2-3-1	Correlation of Mineral Prospects
Table 2-4-1	Results of Laboratory Test in the First Phase
Table 2-5-1	Results of Laboratory Test in the Second Phase

Appendices

Appendix 1	Results of Microscopic Observation of Thin Sections
Appendix 2	Results of Microscopic Observation of Polished Sections
Appendix 3	Results of X-ray Diffraction Analysis
Appendix 4	Results of Fluid Inclusion Study
Appendix 5	Results of Ore Assay
Appendix 6	Location of Drill Holes

第 I 部 總 論

第 I 部 総 論

第 1 章 調査の概要

1-1 調査の経緯および目的

本調査は、金属鉱業事業団がサウディ・アラビア王国鉱物資源副省（Deputy Ministry for Mineral Resources, 以下“DMMR”と省略する）と1998年7月6日付けで締結したScope of Workに基づいて実施するウム・アダマール地域の資源開発協力基礎調査である。

本調査の目的は、同地域において地質状況およ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、および相手国機関に対して技術移転を図ることである。

第1年次調査として、平成10年度に地形図作成、既存データ解析、航空写真地質解析、地質調査及び広域IP法物理探査が実施された。航空写真地質解析は、調査地域を含む広域の断層・線構造・層理等の地質構造及び岩相分布を解明することを目的とした。地質調査は、地質及び地質構造と鉱化作用との関係を把握することを課題とした。広域IP法物理探査は、調査地域全域を対象とし、鉱化作用と地質構造に関連するIP異常帯の抽出を行うことを目的とした。作業量をTable 1-1 に示す。

第2年次調査として、平成11年度に地質精査、ボーリング調査（8孔、延長2,152.05m）、精密IP法物理探査及びTEM法物理探査が実施された。ボーリング調査は、第1年次の地質調査及び広域IP法物理探査により抽出された有望地域において、深部の鉱化状況を把握し、Au、Cu及びZnの品位分布の詳細を解明することを課題とした。精密IP法物理探査は、第1年次の地質調査及び広域IP法物理探査により推定された鉱化帯賦存予想範囲に対し、さらに精度を上げたIP法物理探査を実施し、鉱化作用と地質構造に関連するIP異常帯の抽出を行うことを目的とした。TEM法物理探査は、精密IP法物理探査により得られた異常帯を対象とし、火山性塊状硫化物型鉱床の存否を判定し、その位置・形状を推定する目的で実施した。地質調査は、精密IP法物理探査により得られた異常帯の一部を対象とし、地質及び地質構造と鉱化作用との関係を把握することを課題とした。

第3年次調査として、平成12年度にボーリング調査（8孔、延長2,340.65m）が実施された。ボーリング調査は、第1年次及び第2年次の地質調査、物理探査（IP法及びTEM法）及びボーリング調査により抽出された有望地域において、深部の鉱化状況を把握し、Au、Cu及びZnの品位分布の詳細を解明することを重点課題とした。

3カ年の調査の流れをFig. 1-2 及び Fig. 1-3 に示す。

1-2 調査地域

調査地域は、サウディ・アラビア西部に位置する。調査面積は18km²である（Fig. 1-1）。本地域は、アラビア半島西縁部の原生界分布域のほぼ中央北部に当たる。

1-3 調査期間及び調査員

各年次ごと及び調査手法ごとの調査期間及び調査員をTable 1-2に示した。

Table 1-1 Amount of Work

First Phase

Survey Method	Amount	
Topographic map (scale 1:10,000)	Areal extent	100 km ²
Topographic map (scale 1:5,000)	Areal extent	9 km ²
Photogeological interpretation	Areal extent	90 km ²
Geological survey	Area extent	18 km ²
	Laboratory works	
	Thin section	25 samples
	Polished section	8 samples
	X-ray diffraction analysis	10 samples
	Ore assay (Au,Ag,Cu,Pb,Zn,Fe)	33 samples
	Fluid inclusion	
	Homogenization temperature	14 samples
	Salinity	14 samples
Geophysical survey (IP method)	Length of survey lines	55.0 km
	Number of stations	1,962 points
	Measurement of rock resistivity and chargeability	36 samples

Second Phase

Survey Method	Amount	
Geological survey	Area extent	6 km ²
	Laboratory works	
	Thin section	13 samples
	Polished section	10 samples
	X-ray diffraction analysis	10 samples
	Ore assay (Au,Ag,Cu,Pb,Zn,S)	13 samples
Drilling exploration	Number of drill holes	8 holes
	Total drilled length	2,152.05 m
	Laboratory works	
	Thin section	73 samples
	Polished section	27 samples
	X-ray diffraction analysis	28 samples
	Ore Assay (Au,Ag,Cu,Pb,Zn,S)	419 samples
Geophysical survey (IP method)	Length of survey lines	10.0 km
	Number of stations	260 points
	Measurement of rock resistivity and chargeability	34 samples
Geophysical survey (TEM method)	Number of stations	319 points

Third Phase

Survey Method	Amount	
Drilling exploration	Number of drill holes	8 holes
	Total drilled length	2,340.65 m
	Laboratory works	
	Thin section	32 samples
	Polished section	20 samples
	X-ray diffraction analysis	60 samples
	Ore Assay (Au,Ag,Cu,Pb,Zn,S)	455 samples
	Measurement of rock resistivity and chargeability	50 samples

Table 1-2 Duration of Survey and Participants

年次	業務	期間	氏名	
			日本側	サウディアラビア王国側
第1年次	事前調査および協定折衝	1998. 6.25～1998. 7.8	笹口 健 ⁽⁴⁾ 岡島洋之 ⁽²⁾ 高橋達也 ⁽¹⁾ 辻本崇史 ⁽⁴⁾ 藤井 昇 ⁽⁴⁾ 西川信康 ⁽⁴⁾	Mohammed TAWFIQ ⁽⁶⁾ Ghazi ABDULHAY ⁽⁶⁾ Mohamad SAHL ⁽⁶⁾
	現地指導監督	1999. 3. 9～1999. 3.16 1999. 1.30～1999. 2. 7 1999. 3. 5～1999. 3.16	神谷太郎 ⁽³⁾ 辻本崇史 ⁽⁴⁾ 柴崎洋志 ⁽⁴⁾	
	地質調査	1999. 1.30～1999. 3.17	俣野米治 ⁽⁵⁾ 菊地良弘 ⁽⁵⁾	Ghazi ABDULHAY ⁽⁶⁾ Mohamad SAHL ⁽⁶⁾ Abdullah AL-JEHANI ⁽⁶⁾
	物理探査	1999. 1.30～1999. 3.17	山石 毅 ⁽⁵⁾ 杉山伸一 ⁽⁵⁾ 立川三郎 ⁽⁵⁾ 廣岡 知 ⁽⁵⁾ 岩崎任伯 ⁽⁵⁾	Ahmad ZAMZAME ⁽⁶⁾
第2年次	現地指導監督	2000. 2.26～2000. 2.28	柴崎洋志 ⁽⁴⁾	
	ボーリング調査	1999. 9. 5～1999.11.18	菊地良弘 ⁽⁵⁾	Ghazi ABDULHAY ⁽⁶⁾ Mohamad SAHL ⁽⁶⁾ Abdullah AL-JEHANI ⁽⁶⁾
	地質精査	2000. 1.25～2000. 2.28	菊地良弘 ⁽⁵⁾	Ghazi ABDULHAY ⁽⁶⁾ Mohamad SAHL ⁽⁶⁾ Abdullah AL-JEHANI ⁽⁶⁾
	物理探査	2000. 1.25～2000. 2.28	石橋利久 ⁽⁵⁾ 立川三郎 ⁽⁵⁾ 齋藤光義 ⁽⁵⁾	Ahmad ZAMZAME ⁽⁶⁾
第3年次	現地指導監督	2000.11.10～2000.11.15	縫部保徳 ⁽⁴⁾	
	ボーリング調査	2000. 9. 1～2000.11.15	俣野米治 ⁽⁵⁾	Ghazi ABDULHAY ⁽⁶⁾ Abdullah AL-JEHANI ⁽⁶⁾ Zaben AL-GHIDANY ⁽⁶⁾ Yahya AL-MUFAREEH ⁽⁶⁾ Yasser AL-GHANMY ⁽⁶⁾ Ayman NADERAH ⁽⁶⁾ Ahmad SARHAN ⁽⁶⁾

(注) ⁽¹⁾: 通商産業省資源エネルギー庁, ⁽²⁾: 外務省, ⁽³⁾: 国際協力事業団, ⁽⁴⁾: 金属鉱業事業団,

⁽⁵⁾: 日鉱探開株式会社, ⁽⁶⁾: サウディ・アラビア王国鉱物資源副省(現在はサウディ地質調査所)

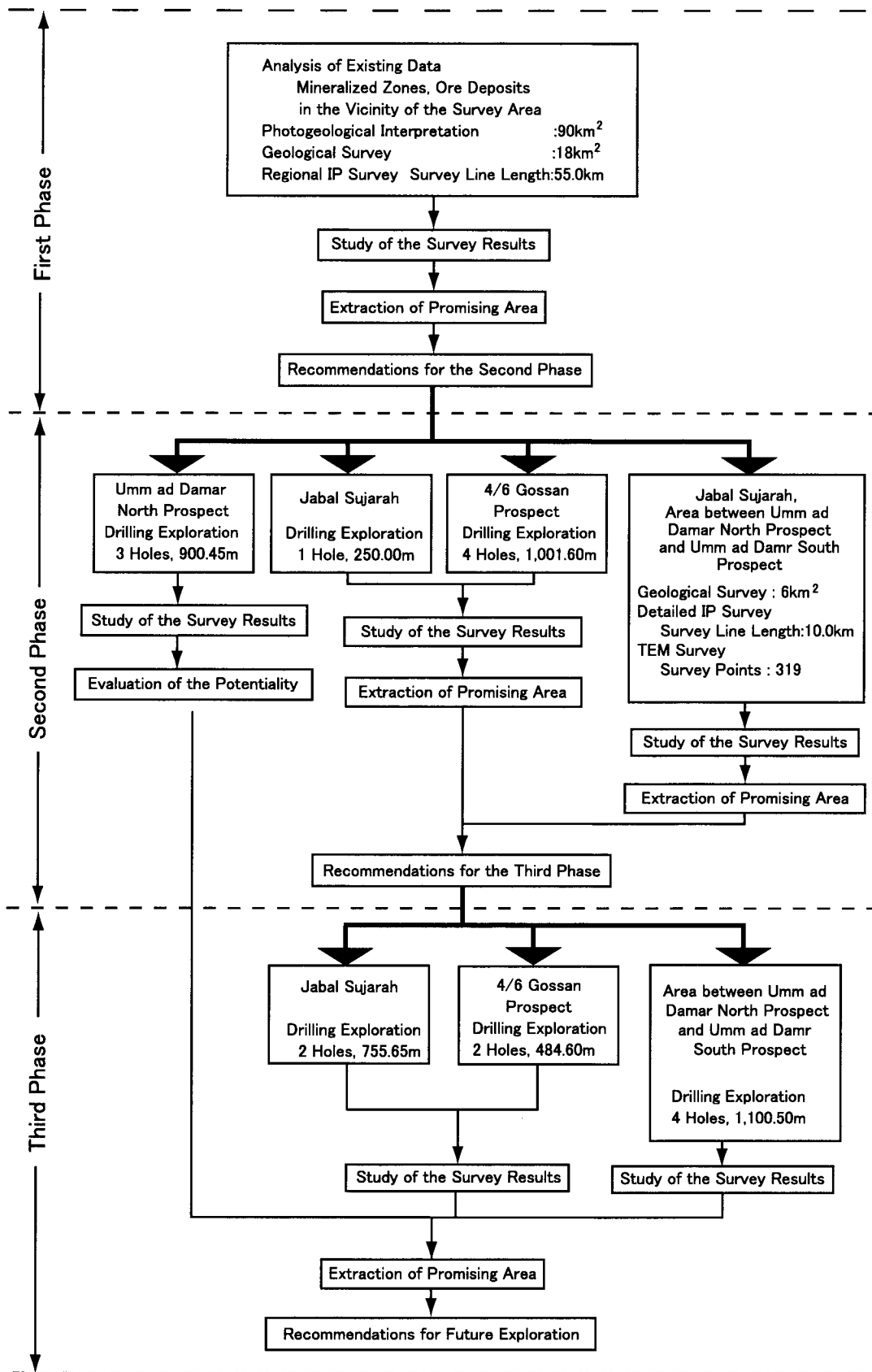
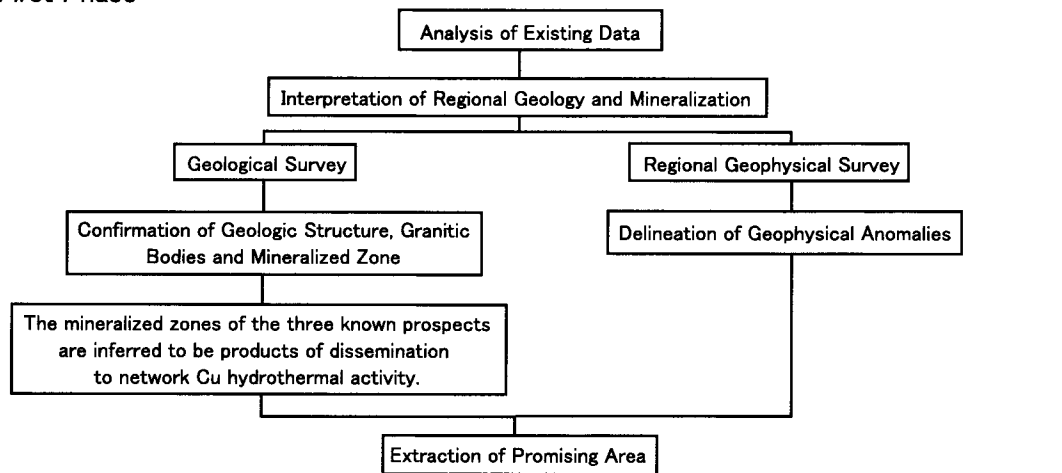
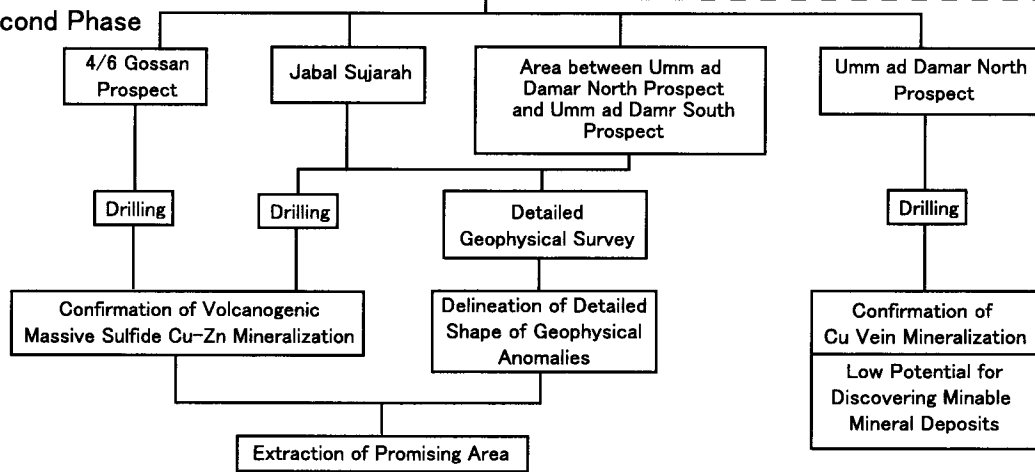


Fig.1-2 Flowsheet of Survey

First Phase



Second Phase



Third Phase

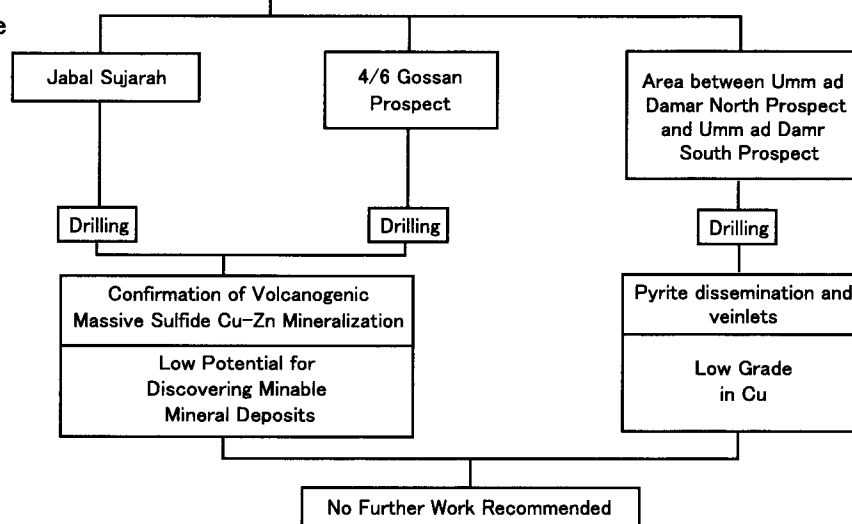


Fig.1-3 Exploration Flowsheet

第2章 調査地域の地理

2-1 位置および交通

調査地域はジェッダの北東約 300km に位置する。調査のベースキャンプとして、調査地域から北西方へ約 20 km 離れた Jabal Sayid 鉱床付近の DMMR キャンプ (Fig. 1-1 の上図で Jabal Sayid Camp と表示) を使用した。ベースキャンプから調査地域までは車で約 30 分を要する。

2-2 地形および水系

調査地域を含む広域の地形は、西より紅海、紅海沿岸平野部～丘陵地、Hijaz 山脈、Harat Rahat と呼ばれる玄武岩台地、サブカ分布地、小起伏山地に区分でき、調査地域は最も東側の小起伏山地に位置する。紅海沿岸から東に向い順次標高を上げ、Hijaz 山脈が 1,200～2,300m、Harat Rahat が最高 1,500m 程度、サブカ分布地と小起伏山地が 1,000～1,200m の標高を持つ。

調査地域の位置する小起伏山地は Hijaz 山脈東方の Najd Plateau の一部に当たり、調査地域には標高約 900m の平地に比高 50～100m の丘陵ないし山地が分布する。これら丘陵ないし山地は N-S ないし NW-SE 方向に伸長して分布することが多いが、調査地域南東部では様相を異にして、NE-SW 方向に伸びる。

調査地域には永久河川はないが、大きく見て北向き、または北西向きに高度を下げるワジが発達し、調査地域北西方にて Wadi al Arj に合流する。

2-3 気候および植生

サウディ・アラビアはアフリカ北部からアジアまで延びる大熱帯砂漠の中央に位置する。高原地帯では、夏は日中 40℃ 以上になるが、冬季には夜間 0℃ 前後に下がることも少なくない。調査地域の南西 25km に位置する Mahd ad Dhahab 市の年平均降雨量は 62mm である。

調査地域では植生が少なく、ワジ沿いにアカシアが生育しているのみである。

第3章 既往調査の概要

調査地域には、Umm ad Damar North, Umm ad Damar South および 4/6 Gossan の 3 プロスペクトが知られている。これらのプロスペクトでは、鉱染状ないし網状の主として黄鉄鉱、黄銅鉱よりなる鉱化部が、剪断帯中に全体として断続したレンズ状で胚胎するとされている。

Umm ad Damar North と Umm ad Damar South では、DGMR (1936～1965年)、BRGM (1969～1971年)、SEREM (Societe d' Etudes de Recherches et d' Exploitaion Minières) /US Steel (1976～1977年) および Riofinex (1981～1983年) により、空中物理探査、地上物理探査、

地質調査，試錐探査が実施されている。4/6 Gossanでは，1982年から1983年にかけて，Riofinexによりトレンチ調査，地化学探査，IP法物理探査等が，そして，1983年には試錐探査が実施されている。

調査地域における地上物理探査は，1961年から1983年にかけて断続的に行われてきたが，1982～1983年にRiofinexが実施した物理探査以外のものについては，調査位置が不明である。Riofinexが実施した物理探査範囲は，前述の3プロスペクトを含んでおり，IP法物理探査と磁気探査が行われている。その結果，充電率12.5 mV/V以上の異常域は，一部を除き，鉱化帯の分布域と一致する。

調査地域では，合計27孔の試錐探査が行われ，掘進総延長は4,821mに達する。これらの試錐はUmm ad Damar Northで12孔，Umm ad Damar Southで11孔と，2つのプロスペクトに集中しており，4/6 Gossanでは2孔と少ない。

第4章 調査地域周辺の一般地質

4-1 地質

Kemp et al. (1982)を基に，調査地域，Jabal Sayid鉱床およびMahd adh Dhahab鉱山を包含する地域（以下，本章において「本地域」と呼称する）の地質について以下に述べる（Fig. 1-4参照）。

本地域には，下位より原生代後期のArj層群，Mahd層群，Ghamr層群が分布する。それらを貫いて，Dhukhrトータル岩，Fufayriyahトータル岩，Bari花崗閃緑岩，Raghiyah Suiteの花崗岩類が分布する。

Arj層群は本地域の最下位層であり，本層群の基盤は不明である。本地域のArj層群は珪長質火山岩・同質火砕岩よりなるSayid層（Fig. 1-2のasa），安山岩・同質火砕岩よりなるJabal Azlam層（ajz），そして未区分岩（asz）に分けられる。Sayid層は暗灰色～緑色を呈する塊状の珪長質岩を主とし，堆積岩を伴う。Jabal Azlam層下部は玄武岩～安山岩質角礫岩・凝灰角礫岩と安山岩よりなり，上部は角礫岩，砂岩，円礫岩よりなる。本層群はMahd層群によって不整合に被覆される。

Mahd層群としては，本地域ではTulaymisah層とHaf層が分布する。Tulaymisah層は火山砕屑岩ユニット（mtv）と火山岩ユニット（mt）に細分される。Haf層は玄武岩，安山岩および流紋デイサイトよりなるJuraysiyah部層（mhj）と流紋岩，堆積岩よりなるZur部層（mhz）および未区分岩（mh）に区分される。

Ghamr層群としては，本地域には凝灰質メンバー（ggt）とKharzah層が分布する。Kharzah層は，更に苦鉄質岩ユニット（gka），珪長質岩ユニット（gkr）および堆積岩ユニット（gks）に細分される。

Dhukhrトータル岩（dt）はハンレイ岩～トロニエム岩・花崗閃緑岩からなるが，ほとんど

は石英閃緑岩～トータル岩である。Dhukhrトータル岩とArj層群との関係は明らかではない。トータル岩のU-Pb年代（ジルコン）として、 $816 \pm 4\text{Ma}$ が報告されている。

Fufayriyahトータル岩 (ht) は、石英閃緑岩～トータル岩の組成を示す。

Bari花崗閃緑岩 (bg) はMahd層群を貫き、Mahd層群に接触変成作用を与えている。本岩は、未変成のGhamr層群に被覆され、トータル岩～トロニエム岩の組成を示す。

Raghiyah花崗岩類はDayahin花崗岩 (rda) , Assharah花崗岩, Dumah花崗閃緑岩に区分され、Assharah花崗岩は更にモンゾニ花崗岩 (rag) と花崗岩 (ram) に、Dumah花崗閃緑岩は花崗閃緑岩 (rdg) と石英モンゾニ閃緑岩 (rdd) に細分される。

調査地域には、これらのうち、主にArj層群のSayid層とJabal Azlam層が分布する。

4-2 地質構造

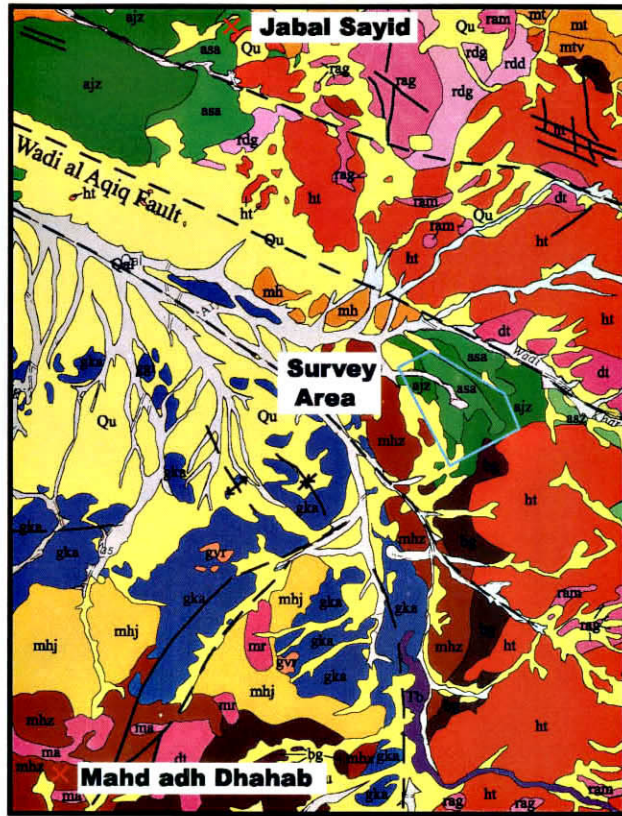
本地域では、Arj層群の分布はJabal Sayid鉱床周辺と調査地域周辺に限られる。調査地域周辺のArj層群の分布範囲はその北東方をNW-SE走向の Wadi al Aqiq 走向移動断層によって、南方をBari花崗閃緑岩・Dhukhrトータル岩によって、西方をMahd層群によって限られ、三角形の分布を示す。

4-3 調査地域近隣の鉱床

調査地域の北西約20kmにJabal Sayid鉱床が、また、南西25kmにMahd adh Dhahab鉱山が分布する。

Jabal Sayid鉱床は、下位にストックワーク状鉱体を伴う層準規制型塊状硫化銅鉱床であり、No. 1～No. 4の4鉱体よりなる。鉱体はSayid層の珪長質岩類の上部に胚胎し、化学的沈殿物であるチャート・炭酸塩岩層やジャスパーに覆われる (Fig. 1-5)。塊状鉱体の硫化鉱物は、主に黄鉄鉱、磁硫鉄鉱、閃亜鉛鉱、黄銅鉱である。ストックワーク状鉱体の硫化鉱物は主に、黄鉄鉱と黄銅鉱であり、閃亜鉛鉱は少ない。ストックワーク状鉱体の母岩である火砕岩は緑泥石化作用を受けている。1985年にBRGMが実施したフィージビリティ調査の結果では、本鉱床の鉱量は、No1鉱体とNo. 2鉱体を合わせて、19.93百万トン (Cu 2.68%) である。

Mahd adh Dhahab鉱山は、古代 (3,000B. P.) より採掘され、現在も坑内掘が行われている。本鉱山の鉱化作用は、鉱脈型 Au-Ag-Cu-Zn鉱化作用であり、鉱化作用の時期は649Maである。本鉱山の鉱床はMahd層群Haf層の安山岩質凝灰岩、安山岩、集塊岩、砂岩等中に胚胎する (Fig. 1-6)。主な鉱石鉱物は、黄銅鉱、方鉛鉱、閃亜鉛鉱、黄鉄鉱である。脈石は石英、緑泥石である。母岩は珪化作用、緑泥石化作用およびカリ長石交代作用を受けている。1992年の残存鉱量は114万トン (Au 31.8 g/t, Ag 167 g/t, Cu 0.87%, Zn 3.24%) である。



Simplified from Kemp et al. (1982)

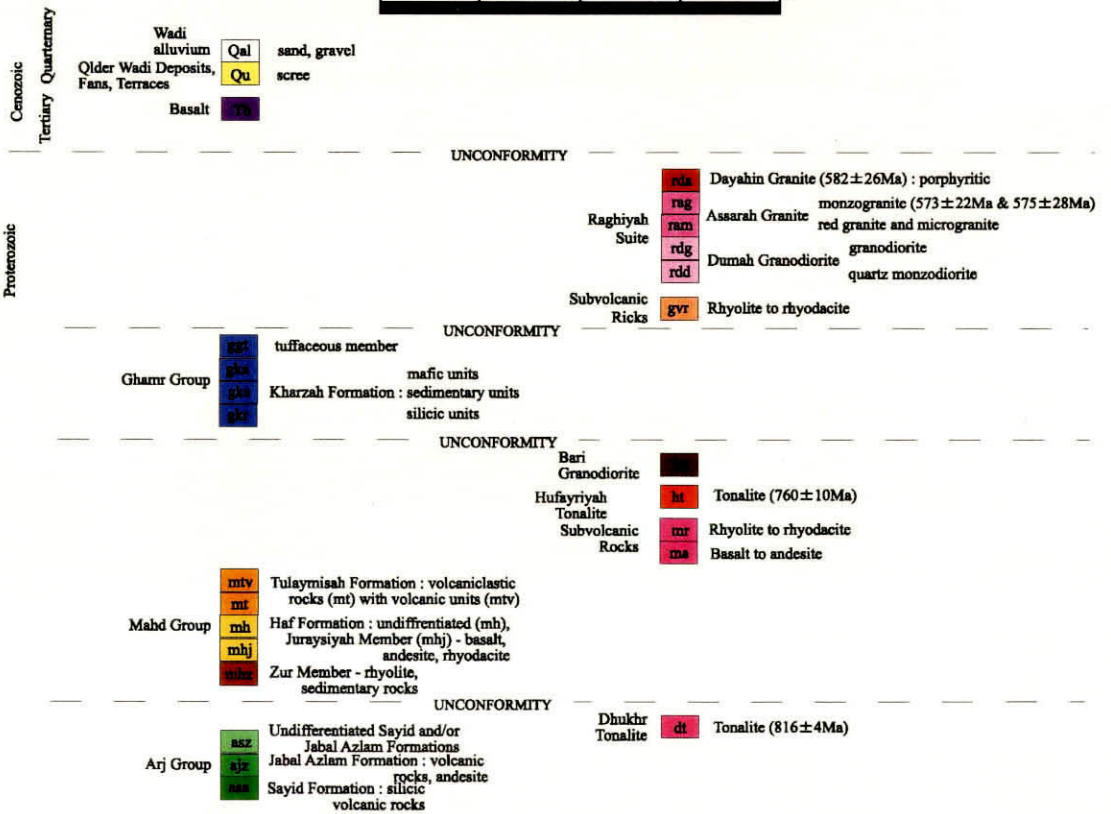
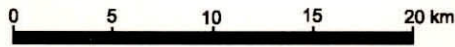
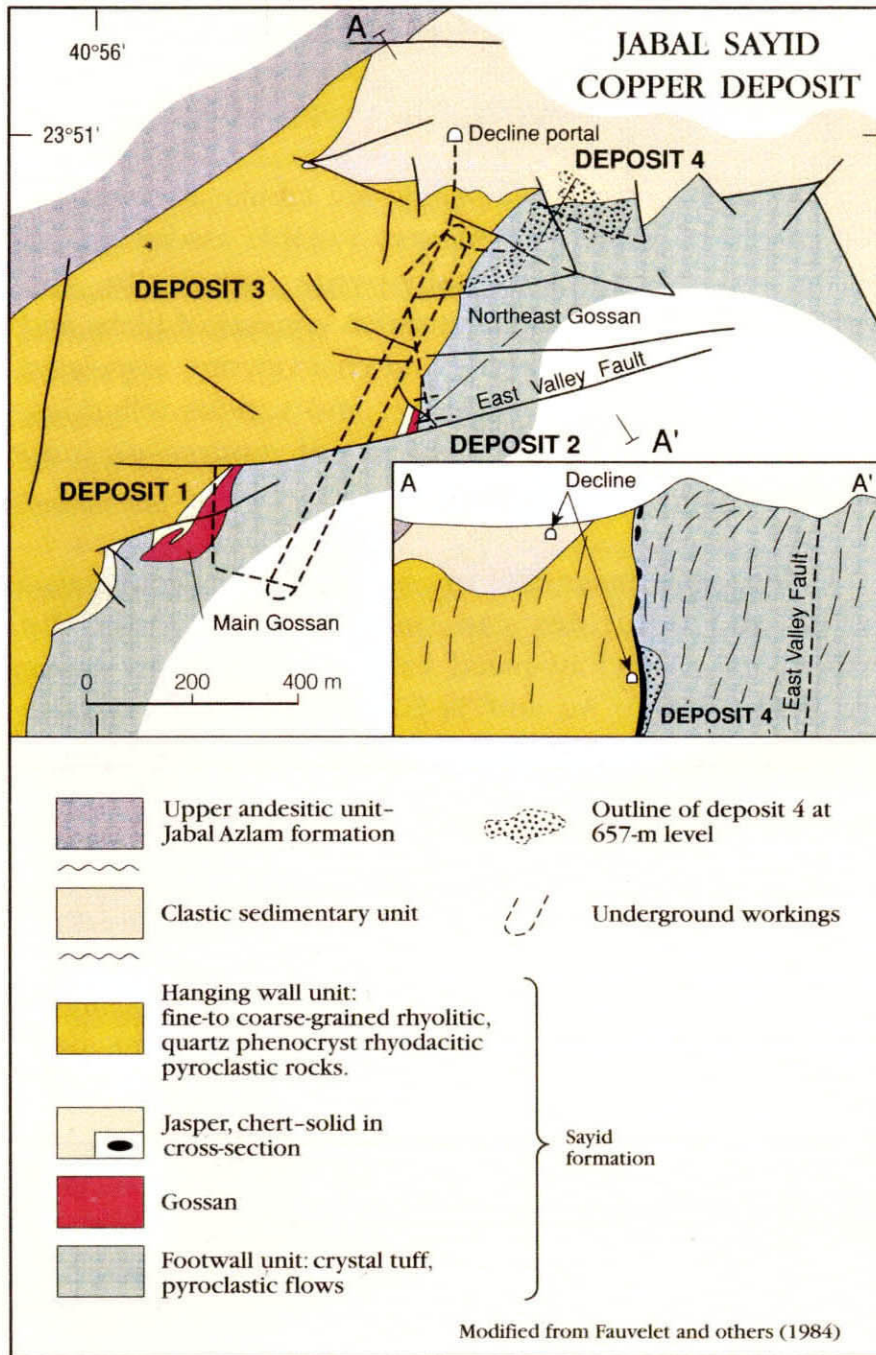
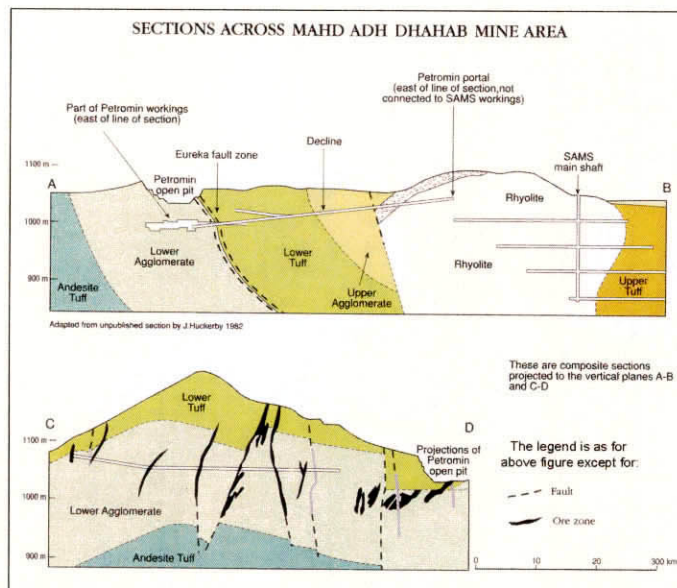
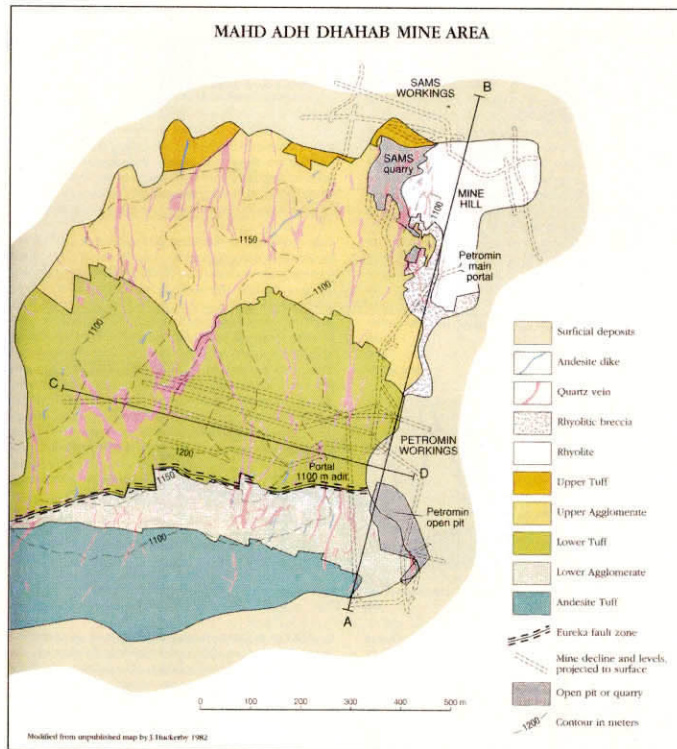


Fig.1-4 Regional Geology of the Survey Area



DGMR(1994)

Fig1-5 Geological Map of the Jabal Sayid Deposit



DGMR(1994)

Fig.1-6 Geological Map of the Mahd adh Dhahab Mine

第5章 調査地域の地質概要

5-1 地質

調査地域の地質は、原生代後期 Arj層群の流紋デイサイト・同質火砕岩 (Fig. 1-7のAr), デイサイト・同質火砕岩 (Ad), 角礫岩 (Adb), 安山岩・同質火砕岩 (Aa) 及びジャスパー (Aj) よりなり、この他、ボーリング孔では流紋デイサイト質火砕岩中に挟在する玄武岩質凝灰岩が確認されている。これらのArj層群は閃緑岩・石英閃緑岩 (D), トーナル岩 (T) の花崗岩類, 安山岩・斑状安山岩 (a), デイサイト・斑状デイサイト (d), 流紋デイサイト (r) 及び玄武岩・斑状玄武岩 (b) に貫かれる。

これらを不整合に被覆して原生代後期 Mahd層群の安山岩・同質火砕岩 (Ha) が調査地域の西端部に分布する。Arj層群は広域的な緑泥石・緑レン石化変質を受けており、また、一部に片理が発達する。

Arj層群の走向は、Umm ad Damar South及びその東方で、NE方向を示すが、調査地域内のその他の地域ではNW~N方向を示す。本層群の傾斜は60°以上である。また、Mahd層群は走向がNNW方向で、傾斜は20~40° Wである。

断層は、NE-SW系が主である。調査地域の北東端部にはWadi al Aqiq断層にほぼ平行なNW-SE系の断層の存在が推定される。

5-2 鉱化作用

調査地域ではJabal Sujarah地区、Umm ad Damar Northプロスペクト、Umm ad Damar Southプロスペクト及び4/6 Gossanプロスペクトの4箇所鉱化作用が認められる (Fig. 1-8及び Fig. 1-9)。

Jabal Sujarah地区、4/6 Gossanプロスペクト及びUmm ad Damar Northプロスペクトの一部の鉱化作用は火山性塊状硫化物型Cu-Zn鉱化作用である。また、Umm ad Damar Northプロスペクトに鉱脈型Cu鉱化作用が、Umm ad Damar Southプロスペクトに鉱脈型Cu-Zn鉱化作用が賦存している。

これらのプロスペクトでは、地表下30~40mにわたって酸化帯が形成されているため、地表部では酸化銅鉱を含む、褐鉄鉱及び赤鉄鉱を主体としたゴッサンが認められるのみである。

以下に各地区の鉱化作用について述べる。

(1) Jabal Sujarah地区

本地区の地表部における鉱化変質作用として、著しい炭酸塩岩化作用を受けた珪長質角礫岩がSujarah山の南西部に露出するのみで、古代採掘跡やゴッサンは認められない。

今回のボーリング調査で新たに発見された鉱化作用は火山性塊状硫化物型Cu-Zn鉱化作用である。

(2) Umm ad Damar Northプロスペクト

本プロスペクトの地表には大量のカラミが分布し、カラミ分布域を取り囲む西方の小山 (West Hill) と南東方の小山 (Southeast Hill) には多くの古代採掘跡が分布する。採掘跡は Southeast Hill の南東方の丘陵地にも分布している。本プロスペクトの地質は、主に Arj 層群の流紋デイサイトとデイサイトよりなり、これらを貫いて、閃緑岩が北東部に分布する。鉍化作用は Arj 層群中のみ認められ、閃緑岩中には認められない。

古代採掘跡やトレンチ内のゴッサンの分布、及びボーリング調査の結果から、West Hill、カラミ分布域及び Southeast Hill で各 1 列、Southeast Hill の南東方の丘陵で 2 列の、計 5 列の鉍化帯の分布が推定された。

(3) 4/6 Gossanプロスペクト及び周辺部

本プロスペクトの地質は、流紋デイサイト質火砕岩を主とし、玄武岩質凝灰岩を挟在する。

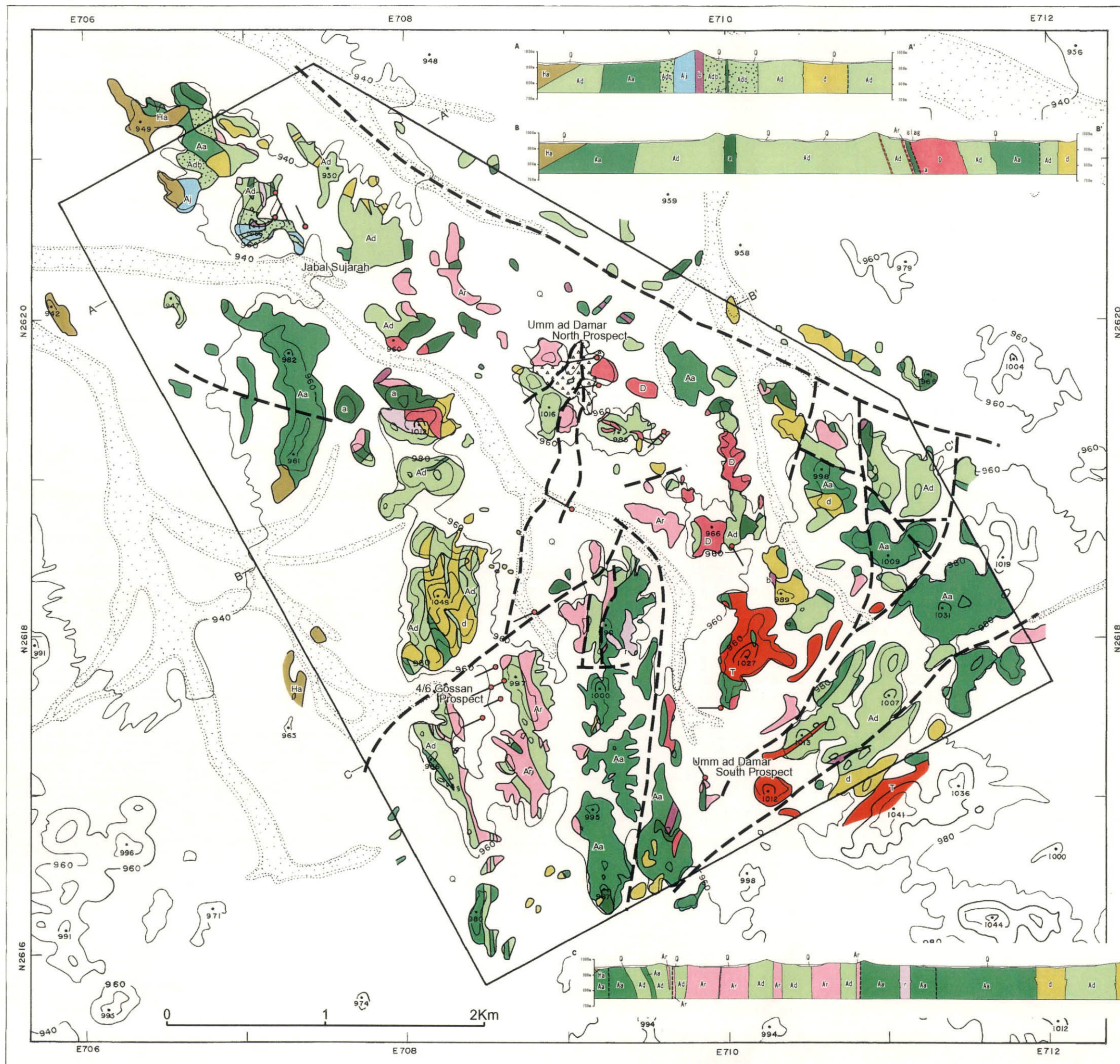
本プロスペクトでは、1983年に2孔のボーリング調査が実施されており、UAD-14号孔では厚さ 2.1m、Au 16.1 g/t、Ag 449.8 g/t、Cu 1.15%、Zn 0.25%、Pb 1.02%を示す。ただし、この鉍化部は二次富化帯のものと見られ、鉍石鉍物の組み合わせや鉍石の産状についての記載は無い。また、第1年次にトレンチ内で採取した試料 (grab sample) も、Au 3.7 g/t と Ag 287 g/t、Au 1.6 g/t と Ag 23.6 g/t を示し、本プロスペクトの鉍化作用は Au、Ag 品位が高いことを裏づけている。

今回のボーリング調査により、本地区の鉍化作用は火山性塊状硫化物型 Cu-Zn 鉍化作用と鉍脈型 Cu-Ag 鉍化作用に区分される。後者は脈幅が狭い。

(4) Umm ad Damar Southプロスペクト

本プロスペクトの地質は、流紋デイサイト、安山岩、安山岩質凝灰岩、デイサイト質凝灰岩よりなる。

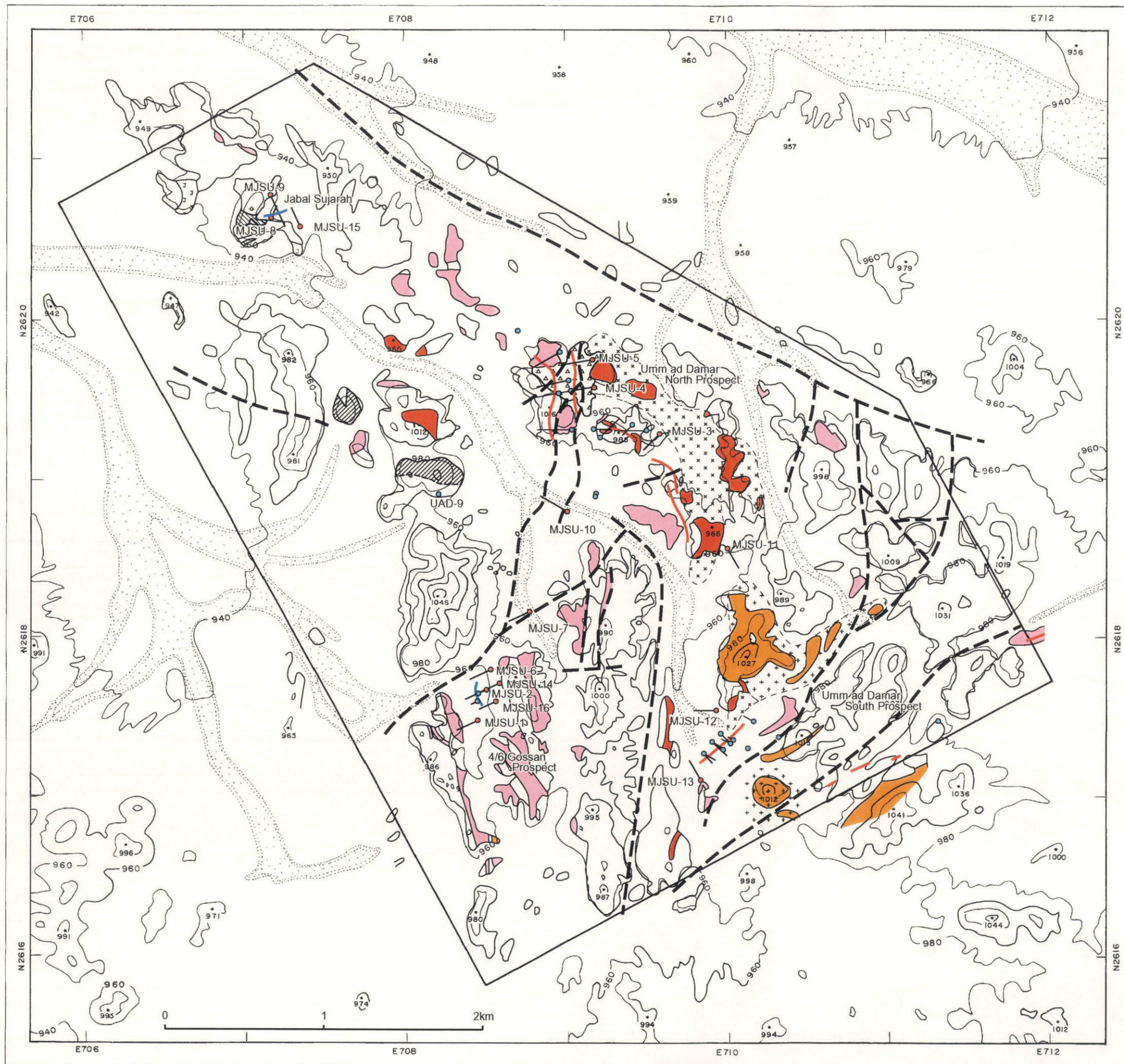
Umm ad Damar South には 17箇所に採掘跡が確認される。それらうち、酸化銅鉍が認められる採掘跡及びトレンチ中に認められるゴッサンの分布から、本地域の主な鉍化帯は 1 列と推定される。本鉍化帯に対しては、UAD-4号孔も含め過去に 11孔のボーリング調査が実施されており、UAD-2号孔では厚さ 6.9m、Cu 1.99%を示す。ただし、これらのボーリング孔の鉍化部の Au 品位についてはデータが無い。なお、第1年次に本鉍化帯の地表で採取した 7 試料のうち、2 試料 (grab sample) は Au 6.2g/t、Au 3.0g/t を示し、Umm ad Damar North プロスペクトと異なり、本鉍化帯では Au 品位が高い。



AGE	SEDIMENTARY AND VOLCANIC ROCKS	INTRUSIVE ROCKS
CENOZOIC QUATERNARY	Q Sand, Gravel	
	MAHD GROUP (Haf Foramation) Ha Andesite, Andesitic pyroclastic rocks, Conglomerate	
LATE PROTEROZOIC		T Tonalite
	BARI GRANODIORITE, HUFAYRIYA TONALITE	D Quartz diorite, Diorite
		b Basalt, Porphyritic basalt
		a Andesite, Porphyritic andesite
		d Dacite, Porphyritic dacite
		r Rhyodacite
	ARJ GROUP (Jabal Azlam & Sayid Formations)	Aa Andesite, Andesitic pyroclastic rocks
	Ad Dacite, Dacitic pyroclastic rocks (Adb:Breccia)	
	Ar Rhyodacite, Rhyodacitic pyroclastic rocks	
	Aj Jasper	

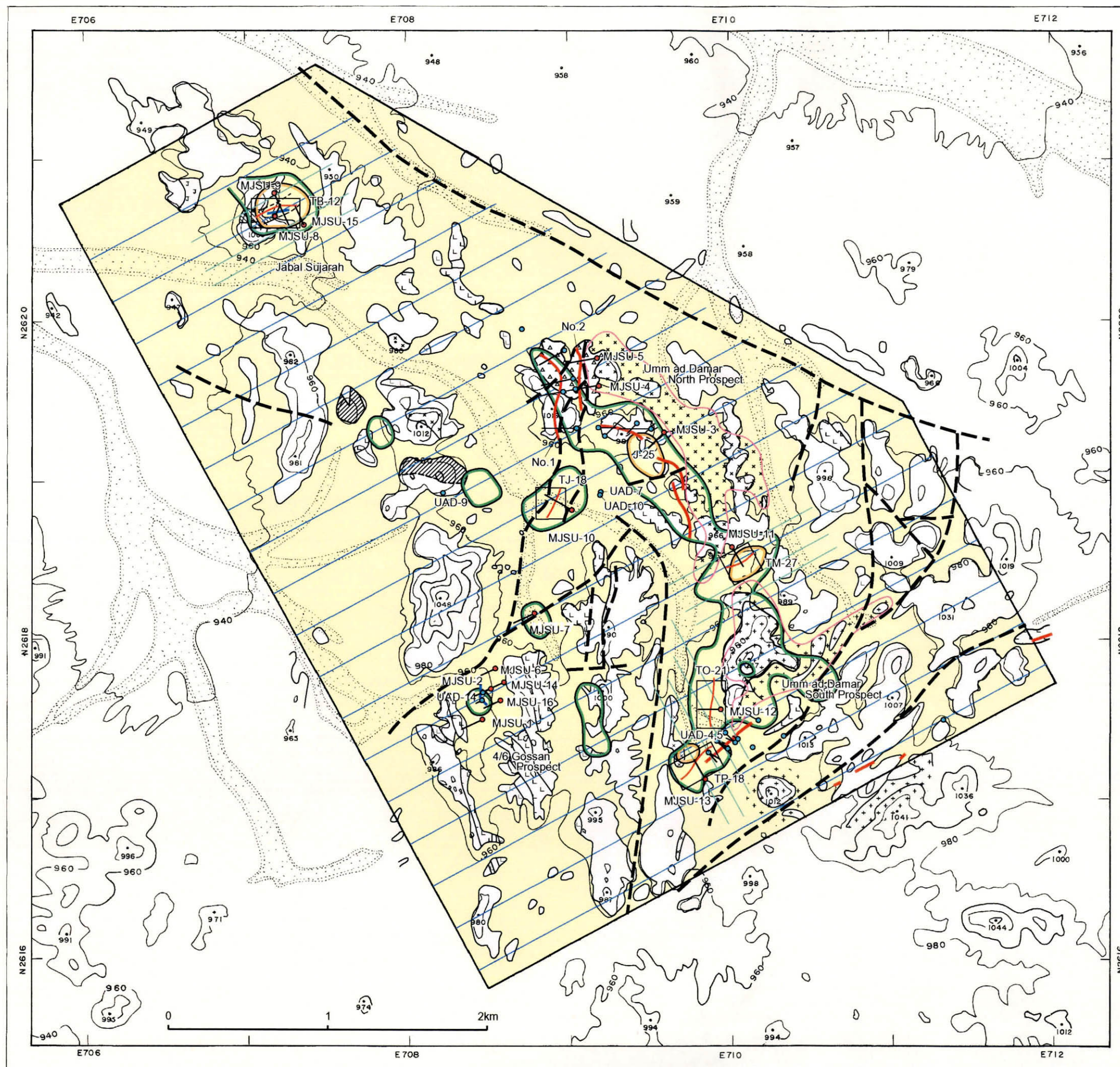
- Fault
- MMAJ drill hole(1999 & 2000)

Fig.1-7 Geological Map of the Survey Area



- Arj Group rhyodacite, rhyodacitic pyroclastic rocks
- Arj Group jasper
- Diorite
- Tonalite
- Slag
- Fault
- Carbonatization
- Silicification
- Vein-type mineralization
- Massive sulfide-type Mineralization
- Previous drill hole
- MMAJ drill hole (1999 & 2000)

Fig.1-8 Mineralization Map of the Survey Area



- IP anomaly (chargeability > 15mV/V)
- IP anomaly (chargeability > 24mV/V)
- Conductive plate estimated from TEM survey
- Quaternary gravel & sand
- Arj Group rhyodacite, rhyodacitic pyroclastic rocks
- Major plutonic bodies
- Other rocks
- Slag

- Fault
- Carbonatization
- Silicification
- Vein-type mineralization
- Massive sulfide-type mineralization
- Previous drill hole
- MMAJ drill hole (1999 & 2000)
- IP survey line (1998)
- IP survey line (1999)
- TEM survey (1999)

Fig.1-9 Integrated Interpretation Map

第6章 結論

6-1 調査結果

ウム・アダマール地域において、既存データ解析、地質調査、物理探査（IP法、TEM法）及びボーリング調査（16孔、延長4,492.7m）が実施され、以下の結論が得られた。

1. 調査地域の地質は、原生代後期 Arj層群の流紋デイサイト、デイサイトおよび安山岩とそれらの火砕岩を主体とするほか、ジャスパーを伴う。これらは閃緑岩、石英閃緑岩、トータル岩、安山岩、デイサイト、流紋デイサイトおよび玄武岩に貫かれている。これらを不整合に被覆して原生代後期 Mahd層群の安山岩・同質火砕岩が調査地域の西端部に分布する。これらの岩石のうち、ジャスパーやデイサイト質角礫岩は調査地域北西部のJabal Sujarah周辺に偏在する。花崗岩類は調査地域の各所に見られるが、Umm ad Damar NorthプロスペクトからUmm ad Damar Southプロスペクトにかけての範囲に集中して分布する。

2. 調査地域にはJabal Sujarah地区、Umm ad Damar Northプロスペクト、Umm ad Damar Southプロスペクト及び4/6 Gossanプロスペクトの4箇所、Cu及びZnを含む鉱化作用が認められる。Jabal Sujarah地区、4/6 Gossanプロスペクト及びUmm ad Damar Northプロスペクトの一部の鉱化作用は火山性塊状硫化物型Cu-Zn鉱化作用である。また、Umm ad Damar Northプロスペクトに鉱脈型Cu鉱化作用が、Umm ad Damar Southプロスペクトに鉱脈型Cu-Zn鉱化作用が賦存している。

3. 前記地区以外にIP法物理探査により充電率異常が得られているが、高充電率異常を示す範囲には黄鉄鉱鉱染及び細脈などが分布しているのみであり、Cu、Znに乏しい。

4. Jabal Sujarah地区に分布する鉱化作用は、Arj層群のデイサイト質角礫岩類中の火山性塊状硫化物型Cu-Zn鉱化作用である。鉱化部は塊状鉱と礫状鉱からなり、黄鉄鉱鉱染帯を伴う。本地区には調査地域で最も高い充電率異常（海拔800mで30mV/V以上）が約200×200mの範囲を占め分布する。これら充電率異常は塊状鉱・礫状鉱の下盤に厚く発達する黄鉄鉱鉱染帯に起因して形成されたものである。この黄鉄鉱鉱染帯はほぼ黄鉄鉱のみからなり、Au、Cu、Znともに見るべきものはない。

塊状鉱または礫状鉱は数枚あり、間に挟まれる黄鉄鉱鉱染部を含む全体の鉱化帯の層厚は、6m程度である。塊状鉱及び礫状鉱を含む鉱化帯の分布範囲は、走向方向に200m程度であり、傾斜方向に250m以上であろう。塊状鉱及び礫状鉱は、一部でCu、Znに富むことはあるが、その大部分は低品位であり、黄鉄鉱を主体とする。

5. Umm ad Damar Northプロスペクトには5列の鉱脈型Cu鉱化帯の分布が推定される（No. 1

～No. 5 鉱化帯と呼ぶ)。それらのうち、3列に対してボーリング調査が実施されている。各孔に見られる鉱脈及び網状脈は、Arj 層群のデイサイトや同質火砕岩を母岩とし、黄銅鉱-黄鉄鉱よりなる。脈石鉱物に乏しい。Au, Ag 品位は低く、鉱脈の盤際は緑泥石化変質が著しい。

No. 1 鉱化帯に対しては過去に5孔のボーリング調査が実施されており、本鉱化帯は厚さ平均4.8mでCu 1.40%である。No. 2 鉱化帯に対しては、2孔のボーリング調査が実施され、細脈群及び鉱染からなる2ないし3枚の鉱化帯を捕捉している。それらの厚さは3.5mで、品位はCu 2.38%である。No. 3 鉱化帯に対しては、4孔のボーリング調査が実施されており、UAD-11号孔では厚さ3.1m, Cu 1.87%を示す。No. 1 鉱化帯とNo. 2 鉱化帯の走向延長は400～500mが見込まれ、No. 3 鉱化帯については300m程度と考えられる。Cu以外の品位はAu及びZnともに低い。

No. 4 鉱化帯とNo. 5 鉱化帯に対しては、ボーリング調査が実施されていないが、地表採掘跡の分布から走向延長はそれぞれ200mと400m程度と予想される。

これら鉱脈型Cu 鉱化帯のほかに、MJSU-5号孔で火山性塊状硫化物型鉱化帯を捕捉しているが、近隣の既存ボーリングに同様な鉱化作用を認めていないため、本鉱化帯は小規模なものと考えられる。

6. Umm ad Damar South の Arj 層群中に1列の鉱脈型Cu-Zn 鉱化帯が分布する。本鉱化帯に対しては、過去に11孔のボーリング調査が実施され、そのうち4孔で鉱化帯を捕捉している。また、今回本鉱化帯の南西にて実施したボーリングには鉱脈型鉱化作用は認められなかった。この結果、鉱化帯の規模は、厚さ2.1～6.9m, 走向延長300m程度、傾斜延長最大130mと予想される。本鉱化帯のCu品位は1.99～2.93%である。一部のボーリングではAu及びZn品位が得られており、それらはAu 0.3～1.1g/t, Zn 0.2～3.1%である。

7. 4/6 Gossan プロスペクトに認められる鉱化作用は、Arj 層群流紋デイサイト質凝灰岩類中の火山性塊状硫化物型Cu-Zn 鉱化作用である。火山性塊状硫化物型Cu-Zn 鉱化作用は、塊状鉱、珪質鉱、礫状鉱などからなり、黄銅鉱、閃亜鉛鉱や黄鉄鉱を含む。

本鉱化作用は、流紋デイサイト質凝灰岩類中に挟在する玄武岩質凝灰岩の上位及び下位（見掛け上）に合わせて3枚認められる。玄武岩質凝灰岩類の下位に分布する鉱化帯は、大きく2枚の鉱化部に分けられる。玄武岩質凝灰岩類の直下に位置する鉱化部はMJSU-2号孔で最も厚くなっており、厚さは3.7m程度と推定される。この鉱化部の品位は、Au 0.4g/t, Cu 0.96%, Zn 2.17%である。

前記鉱化部のさらに下位の鉱化部は、同じくMJSU-2号孔で最も厚く、その厚さは9.3m程度と考えられる。その品位はAu 0.4g/t, Cu 1.00%, Zn 3.67%である。

玄武岩質凝灰岩類の上位にも鉱化帯が分布する。これはMJSU-6号孔のみに認められ、平

均品位は、Au 0.1g/t 以下、Cu 0.69%、Zn 3.99%であり、厚さは2.5m程度と考えられる。

玄武岩質凝灰岩の下位に分布する2枚の鉱化部の規模は走向延長が100m程度、傾斜延長がそれぞれ60m以上及び120m以上と予想される。玄武岩質凝灰岩の上位に分布する鉱化帯は、1孔でのみ捕捉されたものであり、走向延長及び傾斜延長は大きく見積もってもそれぞれ100m程度であろう。

6-2 評価

本調査地域内にはかねてより3箇所の鉱徴地（Umm ad Damar North プロスペクト、Umm ad Damar South プロスペクト及び4/6 Gossan）が知られ、1966年以来、各鉱徴地を対象に限られた範囲で種々の調査が散発的に行われてきたが、最終的な評価には至っていなかった。このため本資源開発協力基礎調査では、既存データを踏まえ、既知鉱化帯の拡がりの確認と新鉱床の発見を目的として、調査地域全体を対象とする地質調査、物理探査及びボーリングによる総合的な評価を実施した。

包括的な物理探査（IP法）により抽出した異常帯に基づいてボーリング調査を実施した結果、これまで鉱徴の知られていなかったJabal Sujarahを含む3地区において、一部にAuを随伴するCu-Zn鉱化帯を新たに捕捉した。しかしながら、調査地域内に認められる鉱化帯は、部分的に高品位を示すものの、いずれも深部及び側方延長において収斂・分散する小規模なものであることが判明し、現市況下での開発は困難と判断される。また、物理探査結果から、今後さらに精密な調査を実施しても既知鉱化帯以上の規模の鉱化帯が発見される可能性は小さいものと思われる。