

100-100

モロッコ王国ハウス平原地域

資源開発協力基礎調査報告書

第 3 年 次

平成 2 年 3 月

国際協力事業団
金属鉱業事業団

IR 5

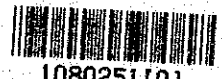
41
66.1
MOU

モロッコ王国ハウズ平原地域 資源開発協力基礎調査報告書

第 3 年 次

20716

JICA LIBRARY



1080251101

平成 2 年 3 月

国際協力事業団
金属鉱業事業団

国際協力事業団

20716

は し が き

日本国政府はモロッコ王国政府の要請に応え、同国の中西部に位置するハウズ平原地域の鉱物資源賦存の可能性を確認するため、地質調査等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、この調査の実施を金属鉱業事業団に委託することとした。本調査はその第3年次にあたるもので、金属鉱業事業団は4名の調査団を編成して、平成元年9月12日から平成元年12月18日まで現地に派遣した。

現地調査は、モロッコ王国政府関係機関、特に資源開発投資公社 Bureau de Recherches et de Participations Minières (BRPM) の協力を得て予定どおり完了した。

本報告書は、第3年次の調査結果をとりまとめたもので、最終報告書の一部となるものである。

おわりに、本調査の実施にあたってご協力をいただいたモロッコ王国政府関係機関ならびに外務省、通商産業省、在モロッコ日本国大使館及び関係各位の方々に衷心より感謝の意を表するものである。

平成2年2月

国際協力事業団

総裁 柳谷謙介

金属鉱業事業団

理事長 福原元一

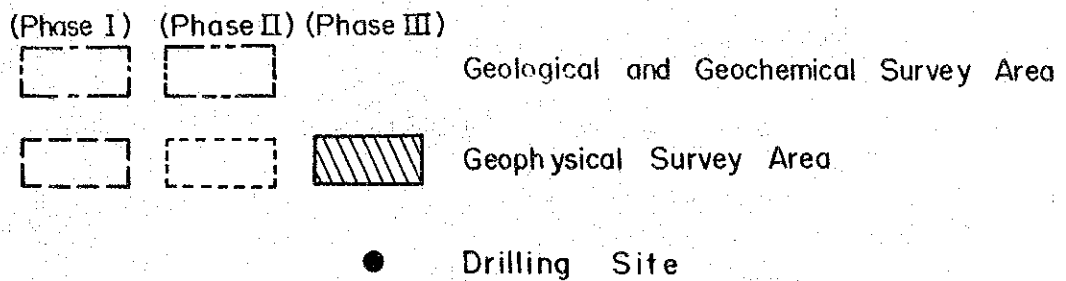
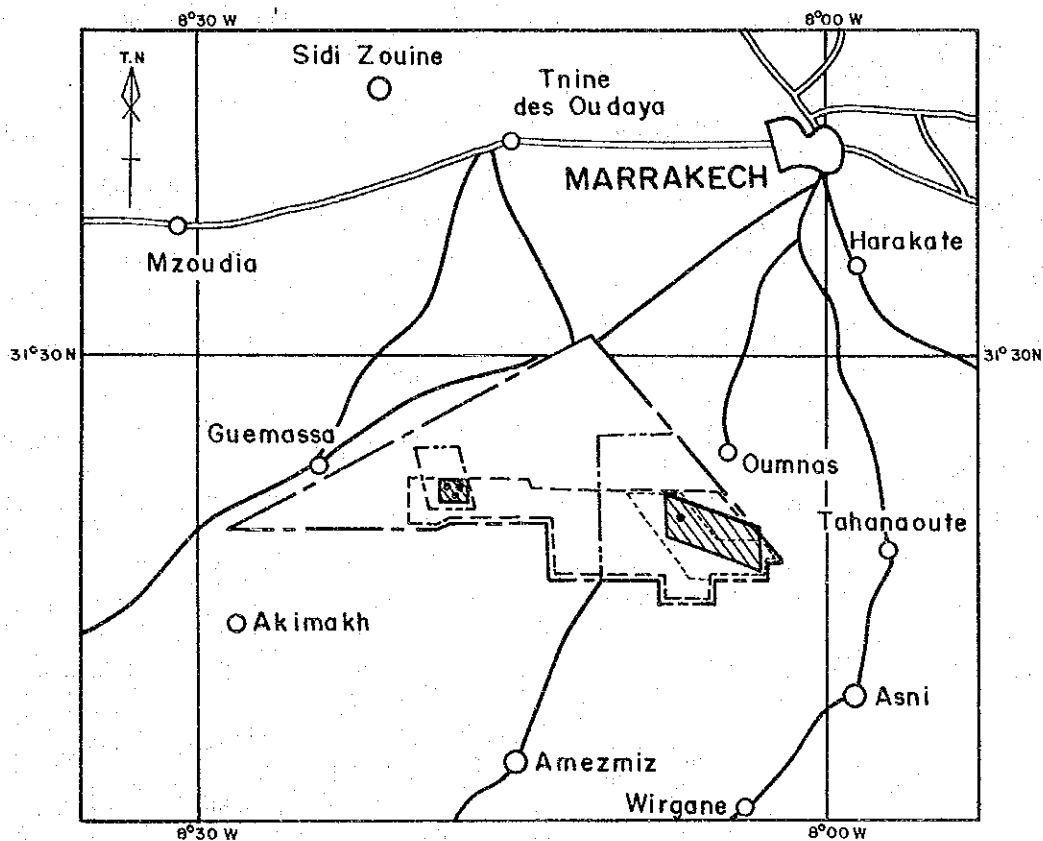
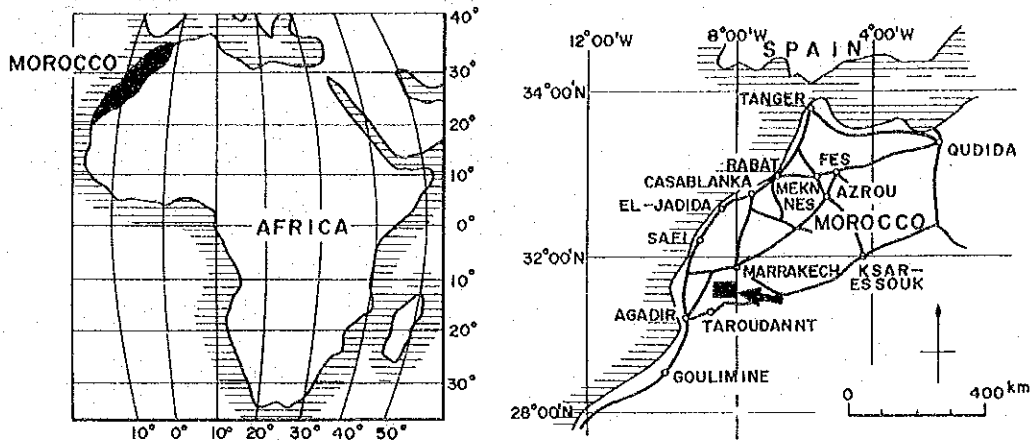


Fig. 1 Location Map of the Survey Area

要 約

本報告書は、モロッコ王国ハウズ平原地域資源開発協力基礎調査、第3年次の調査結果をとりまとめたものである。本調査の目的は、ハウズ平原地域において地質状況を解明し、鉱床賦存状況を把握することにある。

本年度は、第1年次及び第2年次調査で有望地区として抽出・選定された東部地区(Hajar-Anzourh地区)及び西部地区(Frizem地区)において次の調査を実施した。

物理探査IP法

東部地区：測線数 14測線，測線延長 20.2km，測点数 730点
 西部地区：測線数 3測線，測線延長 6.0km，測点数 240点
 合計：測線数 17測線，測線延長 26.2km，測点数 970点

ボーリング調査

東部地区：400m×1本
 西部地区：400m×3本
 合計：400m×4本，総掘進長 1,600m

(1) 物理探査

Hajar鉱床の鉱石は、低比抵抗 ($\rho = 10 \sim 20 \Omega m$) で、強いIP異常 (PFE = 10~20%) を示す。過去に実施された調査で、Hajar鉱床は強い磁気異常を示す。

第3年次は、第2年次に引き続き、東部地区のHajar層準伏在域及び西部地区のFrizem鉱徴帯でIP法探査を実施した。その結果、次の地区で強いIP異常帯を捕捉した。

地区	測定値		解析値		磁気異常	地質構造
	PFE (%)	AR (Ωm)	PFE (%)	ρ (Ωm)		
Hajar南西地区	3~4	30~50	20	12	中	Hajar鉱床の南西延長部
Lamrah地区	3~5	20~40	5~15	15~20	弱	Hajar層準の西方延長部
Frizem地区	5~6	20~40	10~25	10~20	強	Frizem西部鉱化帯の下部延長

(2) ボーリング調査

上記異常帯のうち、Lamrah地区とFrizem西部地区を選定し4本、総延長1,600mのボーリング調査を実施した。

その結果は次のとおりで、4孔とも、銅・鉛・亜鉛に富む鉍化帯の存在を確認した。主要鉍石鉍物は、黄銅鉍・方鉛鉍・閃亜鉛鉍・磁硫鉄鉍・黄鉄鉍である。

孔名	岩質	深度(m)	箇所	鉍化作用				I P異常	
				タイプ	鉍石鉍物	規模(m)	品位	PFE (%)	AR (Ωm)
MJMH-1	Sl-St	346~353	4	細脈	Py-Zn-Pb	0.1	Pb 6% Zn 7%	3~4	20~40
MJMH-2	Pb-St	130~380	4	網状脈	Py-Po-Zn-Cu	1.2	Pb 1% Zn 2%	5~6	30~40
MJMH-3	Pb-St	120~340	5	網状脈	Py-Po-Zn-Cu	1.3	Pb 1% Zn 2%	4~6	50~90
MJMH-4	Pb-St	150~240	4	細脈	Py-Po-Zn	0.3	Pb 1% Zn 2%	4~5	30~60

Sl: 粘板岩, St: シルト岩, Pb: 千枚岩

Py: 黄鉄鉍, Po: 磁硫鉄鉍

捕捉された鉍石部は、広範囲にわたるが、いずれも小規模又は低品位の鉍染鉍、網状鉍又は脈状鉍であって、Hajarの塊状硫化物鉍床とは性格がやや異なり、開発対象とはなり難いことが判明した。

(3) 総括

一連の調査により、本地域の鉍化作用及び物性異常の性格に関して、次の事実が明らかとなった。

- ① Lamrah地区及びFrizem西部地区で捕捉された鉍石部は、その賦存様式、鉍石鉍物の量比などよりみて、堆積性塊状鉍体の下位及び周辺部に形成された網状鉍床であると考えられる。
- ② Lamrah地区のI P異常は、主として黄鉄鉍の鉍染に起因すること。このため強い磁気異常を伴わない。
- ③ Frizem西部地区の強I P異常及び強磁気異常は、黄鉄鉍・磁硫鉄鉍を主とする網状鉍に起因する。網状鉍は、塊状鉍に匹敵するほどの異常に高いPFE値を示す。

(4) 今後の課題

- ① Hajar 鉄床の南西域には、弱い I P 異常が認められるので、その原因を解明することが望ましい。
- ② Frizem 地区では、比較的浅所で大規模・高品位塊状鉄床の賦存を期待するのは難しい。しかし、I P 異常が深部へ向い強度を増す傾向が認められることから、深部では塊状鉄床が存在する可能性も考えられるので、開発の経済性を考慮した上で、研究・調査を続けることが望ましい。

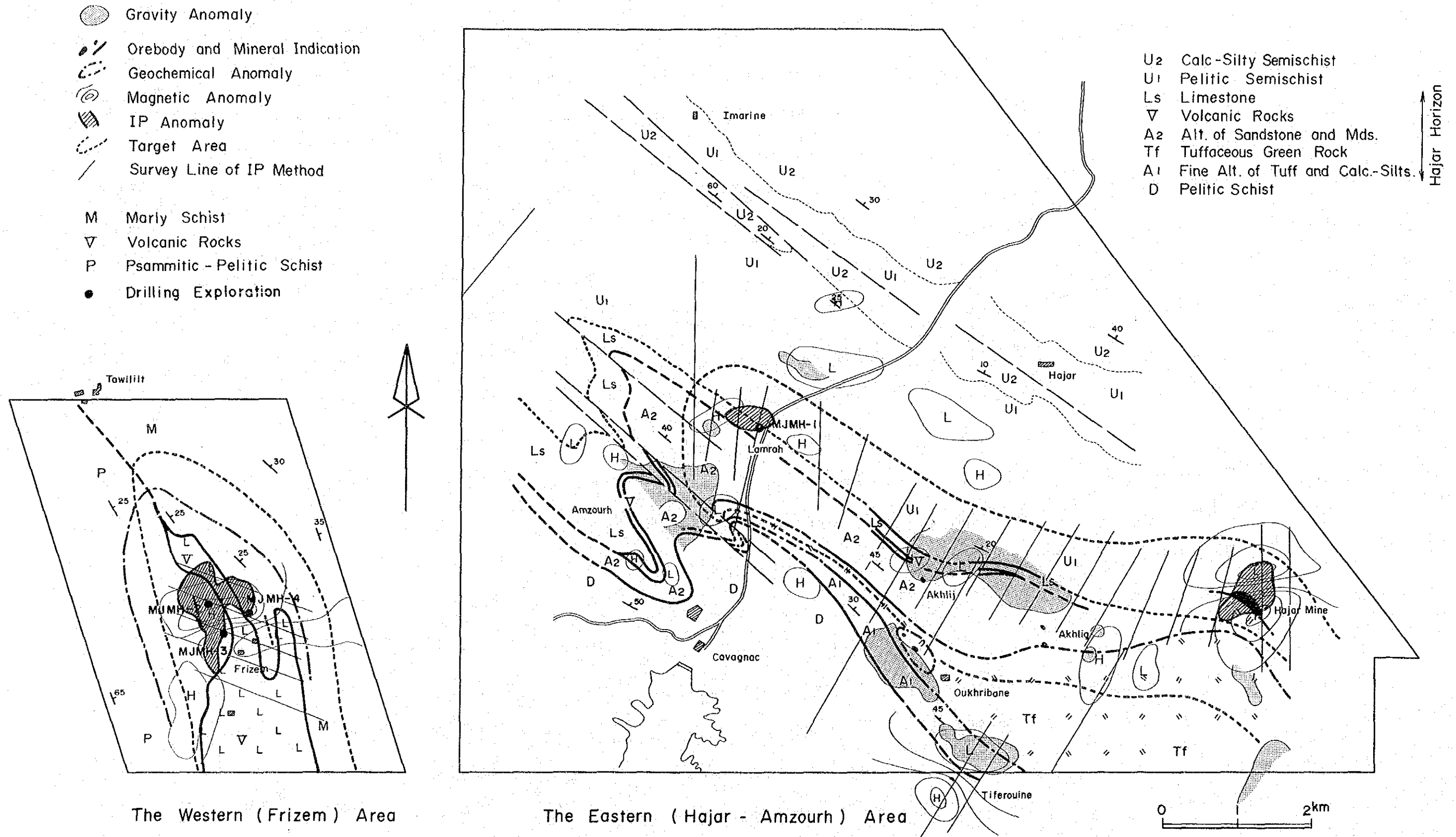


Fig. 2 Synthetic Map of the Exploration Results

モロッコ王国ハウズ平原地域報告書

目 次

はしがき	
調査位置図	
要 約	
総 論	
第1章 序 論	1
1-1 調査の経緯	1
1-2 第2年次調査の結論と提言	1
1-2-1 第2年次調査の結論	1
1-2-2 第2年次調査の提言	2
1-3 第3年次調査の概要	2
1-3-1 調査地域	2
1-3-2 調査目的	2
1-3-3 調査方法	3
1-3-4 調査団の編成	4
1-3-5 調査期間	4
第2章 調査地域の概要	5
2-1 地理及び水系	5
2-2 既往調査の概要	5
第3章 調査地域の地質概要	6
第4章 調査結果の総合検討	7
4-1 物理探査（IP法）調査結果	7
4-2 ボーリング調査結果	7
4-3 総合検討	8
第5章 結論及び提言	12
5-1 結 論	12
5-2 将来への提言	13

各 論

第 I 部 物理探査 (IP 法)

第 1 章 調査概要	I-1
1-1 IP法の原理	I-1
1-2 測定方法	I-4
1-2-1 測定作業	I-4
1-2-2 測定装置	I-5
1-2-3 岩石物性測定	I-6
1-3 解析方法	I-6
1-3-1 測定結果の表示	I-6
1-3-2 平面図のコンパイル	I-7
1-3-3 計算機によるモデル計算	I-7
1-4 測定仕様	I-7
第 2 章 調査結果	I-9
2-1 見掛比抵抗及び PFE の測定結果	I-9
2-1-1 各測線の見掛比抵抗	I-9
2-1-2 各測線の PFE	I-10
2-2 見掛比抵抗及び PFE 断面図	I-11
2-2-1 東 部 地 区	I-11
2-2-2 西 部 地 区	I-12
2-3 見掛比抵抗及び PFE 平面図	I-13
2-3-1 東 部 地 区	I-14
2-3-2 西 部 地 区	I-15
2-4 シミュレーション解析結果	I-16
第 3 章 考 察	I-19
3-1 調査結果のまとめ	I-19
3-2 既存調査と IP 法調査結果との対比	I-20
3-2-1 地質との対比	I-20
3-2-2 磁気異常との対比	I-21
3-2-3 ボーリング調査結果との対比	I-22

第Ⅱ部 ボーリング調査

第1章	ボーリング調査概要	Ⅱ-1
1-1	目 的	Ⅱ-1
1-2	ボーリング工事概要	Ⅱ-1
1-3	コア鑑定・解析	Ⅱ-1
第2章	ボーリング工事	Ⅱ-3
2-1	設営・運搬	Ⅱ-3
2-2	掘進作業	Ⅱ-3
2-3	移設・撤収	Ⅱ-5
2-4	掘進実績	Ⅱ-5
第3章	ボーリング孔の地質及び鉱化作用	Ⅱ-7
3-1	MJMH-1	Ⅱ-7
3-2	MJMH-2	Ⅱ-8
3-3	MJMH-3	Ⅱ-10
3-4	MJMH-4	Ⅱ-11
3-5	考 察	Ⅱ-12

REFERENCES

LIST OF FIGURES

Fig. 1	Location Map of the Survey Area	
Fig. 2	Synthetic Map of the Exploration Results	
Fig. 3	Geotectonic Map of Northern Morocco	
Fig. 4	Geological Map of the Haouz Central Area	
Fig. 5	Schematic Geological Column of the Haouz Central Area	
Fig. I - 1	Geophysical Survey Area	1:100,000
Fig. I - 2	IP Survey Area with Survey Lines	1:50,000
Fig. I - 3	Apparent Resistivity and PFE Pseudo Section (Line E-1)	1:10,000
Fig. I - 4	Apparent Resistivity and PFE Pseudo Section (Line E-2)	1:10,000
Fig. I - 5	Apparent Resistivity and PFE Pseudo Section (Line E-3)	1:10,000
Fig. I - 6	Apparent Resistivity and PFE Pseudo Section (Line E-4)	1:10,000
Fig. I - 7	Apparent Resistivity and PFE Pseudo Section (Line E-5)	1:10,000
Fig. I - 8	Apparent Resistivity and PFE Pseudo Section (Line E-6)	1:10,000
Fig. I - 9	Apparent Resistivity and PFE Pseudo Section (Line E-7)	1:10,000
Fig. I - 10	Apparent Resistivity and PFE Pseudo Section (Line E-8)	1:10,000
Fig. I - 11	Apparent Resistivity and PFE Pseudo Section (Line E-9)	1:10,000
Fig. I - 12	Apparent Resistivity and PFE Pseudo Section (Line E-10)	1:10,000
Fig. I - 13	Apparent Resistivity and PFE Pseudo Section (Line E-11)	1:10,000
Fig. I - 14	Apparent Resistivity and PFE Pseudo Section (Line E-12)	1:10,000
Fig. I - 15	Apparent Resistivity and PFE Pseudo Section (Line E-13)	1:10,000
Fig. I - 16	Apparent Resistivity and PFE Pseudo Section (Line E-14)	1:10,000
Fig. I - 17	Apparent Resistivity and PFE Pseudo Section (Line W-1)	1:10,000
Fig. I - 18	Apparent Resistivity and PFE Pseudo Section (Line W-2)	1:10,000
Fig. I - 19	Apparent Resistivity and PFE Pseudo Section (Line W-3)	1:10,000
Fig. I - 20	Results of IP Modeling (Line E-2)	1:10,000
Fig. I - 21	Results of IP Modeling (Line E-14)	1:10,000
Fig. I - 22	Results of IP Modeling (Line W-1)	1:10,000
Fig. I - 23	Results of IP Modeling (Line W-2)	1:10,000
Fig. I - 24	Results of IP Modeling (Line W-3)	1:10,000
Fig. I - 25	Map of Geophysical Interpretation	1:50,000
Fig. II-1-1	Location Map of Drilling Site (1) Lamrah Area	1:10,000
Fig. II-1-2	Location Map of Drilling Site (2) Frizem Area	1:10,000
Fig. II-2-1	Progress Diagram of Drilling (1) MJMH-1	
Fig. II-2-2	Progress Diagram of Drilling (2) MJMH-2	

Fig.II-2-3	Progress Diagram of Drilling	(3) MJMH-3	
Fig.II-2-4	Progress Diagram of Drilling	(4) MJMH-4	
Fig.II-3-1	Relation of Drilling Site and IP Survey Section	(1)MJMH-1	1:10,000
Fig.II-3-2	Relation of Drilling Site and IP Survey Section	(2)MJMH-2	
		and MJMH-4	1:10,000
Fig.II-3-3	Relation of Drilling Site and IP Survey Section	(3)MJMH-3	1:10,000
Fig.II-4-1	Geological Section of Drilling Result	(1) MJMH-1	1:5,000
Fig.II-4-2	Geological Section of Drilling Result	(2) MJMH-2	
		and MJMH-4	1:5,000
Fig.II-4-3	Geological Section of Drilling Result	(3) MJMH-3	1:5,000

LIST OF TABLES

Tab. I - 1	Rock Properties in Phase II
Tab. I - 2	Rock Properties of Boring Core Samples
Tab.II-1	List of Existing Drillings in the Frizem Area

LIST OF APPENDICES

Ap.II-1-1	Process Data of Drilling	(1) MJMH-1
Ap.II-1-2	Process Data of Drilling	(2) MJMH-2
Ap.II-1-3	Process Data of Drilling	(3) MJMH-3
Ap.II-1-4	Process Data of Drilling	(4) MJMH-4
Ap.II-2	List of Used Equipments	
Ap.II-3	List of Main Articles of Consumption	
Ap.II-4	Drilling Meterage Of Diamond Bits	
Ap.II-5	List of Analyzed Samples	
Ap.II-6	Assay Results of Ore Samples	
Ap.II-7	Microscopic Observation of Thin Sections	
Ap.II-8	Microscopic Observation of Polished Sections	
Ap.II-9	Results of X-ray Diffractive Analysis	
Ap.II-10	Microphotographs	

LIST OF PLATES

PL. I - 1	IP Survey Area with Survey Lines	1:25,000
PL. I - 2	Apparent Resistivity Plan (n=1, 2.5Hz)	1:25,000
PL. I - 3	Apparent Resistivity Plan (n=2, 2.5Hz)	1:25,000
PL. I - 4	Apparent Resistivity Plan (n=3, 2.5Hz)	1:25,000
PL. I - 5	Apparent Resistivity Plan (n=4, 2.5Hz)	1:25,000
PL. I - 6	Apparent Resistivity Plan (n=5, 2.5Hz)	1:25,000
PL. I - 7	PFE Plan (n=1)	1:25,000
PL. I - 8	PFE Plan (n=2)	1:25,000
PL. I - 9	PFE Plan (n=3)	1:25,000
PL. I - 10	PFE Plan (n=4)	1:25,000
PL. I - 11	PFE Plan (n=5)	1:25,000
PL. I - 12	Results of IP Modeling	1:10,000
PL. I - 13	Map of Geophysical Interpretation	1:25,000
PL. II - 1	Geologic Drill Log (1) MJMH-1	1:200
PL. II - 2	Geologic Drill Log (2) MJMH-2	1:200
PL. II - 3	Geologic Drill Log (3) MJMH-3	1:200
PL. II - 4	Geologic Drill Log (4) MJMH-4	1:200

総論

第1章 序 論

1-1 調査の経緯

モロッコ王国は、各種の鉱物資源に富んでおり、鉱物資源開発を重点施策としている。

モロッコ王国ハウズ平原地域 (Haouz Central Area) 資源開発協力基礎調査は、モロッコ王国の要請に対して、日本国政府が派遣したプロジェクト選定調査団 (1986年11月) 及び事前調査協定折衝団 (1987年 6月) と相手国機関、資源開発投資公社 (BRPM) との間で次期資源開発協力基礎調査の対象地域として選定合意されたものである。本調査の目的は、ハウズ平原地域において詳細な地質状況を解明することにより、鉱床賦存状況を把握することにある。本年度調査は、昭和62年度を初年度とする第3年次に当る。第1年次及び第2年次調査として、地質調査・地化学探査及び物理探査 (CSAMT法・IP法・重力法) を実施し、鉱床賦存の有望地区として東部地区及び西部地区の2地区を抽出した (Fig. 1)。

1-2 第2年次調査の結論と提言

1-2-1 第2年次調査の結論

(1) 地質調査・地化学探査

① 東部地区では、酸性火山岩・同質火山砕屑岩・シルト岩・凝灰質泥岩・石灰岩などよりなるHajar層準が、西部地区では、酸性火山岩・同質火山砕屑岩よりなるPrizem層準が鉱床胚胎層準であることが指摘された。

② Hajar鉱床は海底噴気堆積鉱床 (submarine exhalative sedimentary deposit) であることが推察された。本鉱床では、上部に鉛・亜鉛・銅・銀を濃集する高品位・大規模な塊状～層状鉱床が形成され、その下部に亜鉛・銅を主とする網状鉱床及び鉱脈鉱床が形成されている。海底噴気堆積鉱床の特性から同一層準に同じタイプの鉱床が存在する可能性があることが指摘された。

(2) 物理探査 (IP法及び重力法)

① Hajar鉱床が低比抵抗でかつ強いIP異常域として捕捉され、IP法が本調査において有効な探査法であることが指摘された。

② Hajar 鉱床と同傾向の低比抵抗でかつ強いIPを示す異常は、Lamrah地区及びPrizem地区でも捕捉された。

③ 重力探査によって重力基盤構造が解明され、いくつかの高重力異常域が把握された。

高重力異常域と、大規模な塊状鉱床との結びつきを考えるのは難しいが、鉱床賦存の可能性が考えられた。

- ④ Lamrah地区における低比抵抗でかつ強いIP異常が得られた地域では、重力探査による異常は認められない。しかしながらこの地区は、弱い磁気異常とも一致するため、潜頭鉱床が存在する可能性が考えられた。
- ⑤ Frizem地区において、高比抵抗でかつ強いIP異常を捕捉した。この異常は硫化鉱床に起因する可能性が強いと考えられた。

1-2-2 第2年次調査の提言

第2年次調査の総合検討結果にもとづき、第3年次調査として下記調査を実施することが提案された。

- ① 第2年次のIP法物理探査により、Frizem地区で捕捉された低比抵抗・高IP異常帯の広がりと傾きを確認するためのIP法物理探査。
- ② Hajar層準の伏在域(Lamrah-Akhliji-Hajar鉱山を結ぶゾーン)におけるIP法物理探査。
- ③ Frizem地区及びLamrah地区で捕捉された低比抵抗・高IP異常帯に対するボーリング調査。

1-3 第3年次調査の概要

1-3-1 調査地域

ハウズ平原地域は、モロッコ王国の中西部、首都Rabat(ラバト)の南南西約330kmに位置する面積350km²の三角形の地域である。

第1年次調査により、鉱床賦存の有望地区として、Hajar鉱床を含みHajar鉱床層準が分布する東部地区(Hajar-Amzourh地区、面積約100km²)及びFrizem鉱化層準が分布する西部地区(Frizem地区、面積約20km²)が抽出された。

第2年次調査の結果、第3年次調査の対象地域として、東部地区のHajar鉱床層準伏在域、面積約15km²及び西部地区の鉱徴・物性異常帯分布域、面積約4km²が選定された。

1-3-2 調査目的

鉱化層準の地質層序・地質構造の詳細の解明、鉱化作用の特徴の把握、及び鉱床の伏在を予想させる物性異常帯の把握・抽出を調査の目的とした。

1-3-3 調査方法

調査方法として、物理探査IP法及びボーリング調査を実施した。

第3年次調査の概要は次のとおりである。

(1) 現地調査

Items	Eastern Area	Western Area
Geophysical Prospecting		
IP Method		
No. of lines (lms)	14	3
Length of lines (km)	20.2	6.0
No. of stations (pts)	730	240
Drilling Exploration		
Depth (m) × holes	400 × 1	400 × 3
Total length (m)	400	1,200

(2) 室内試験

岩石薄片	: 20 件
鉍石研磨片	: 10 件
X線回折分析	: 10 件
鉍石分析 (Ag, Cu, Pb, Zn)	: 62 件
比抵抗・IP測定	: 13 件

1-3-4 調査団の編成

第3年次の現地調査団の編成は次表のとおりである。

	日 本 側	モ ロ ッ コ 側
企画・調整	佐藤直樹 (MMAJ)	Assou LHATOUTE (BRPM)
企画・調整	小岩孝二 (MMAJ)	Ali BENNANI (BRPM) Ahmed LOUALI (BRPM) El Bachir BARODI (BRPM)
総括 ボーリング調査	中村仁一 (MINDECO)	Abderrahim CHBIHI (BRPM)
物理探査	木下和彦 (MINDECO)	Mohamed BERRADA (BRPM)
物理探査	大橋 正 (MINDECO)	Said QASRI (BRPM)
物理探査	武藤宏和 (MINDECO)	

MMAJ : 金属鉱業事業団

BRPM : Bureau de Recherches et de Participations Minieres

MINDECO : 三井金属資源開発株式会社

1-3-5 調査期間

第3年次調査期間は、平成1年9月12日～平成2年2月15日であり、その日程は次表のとおりである。

—— in Morocco in Japan

	1989 Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	1990 Jan.	Feb.
Mobilization & Arrangement	12-13 19-20		6-8	16-18		
Field Survey (Geophysics)	21	5				
Field Survey (Drilling)	14	15				
Laboratory Work			9	15		
Report Preparation				10	15	

第2章 調査地域の概要

2-1 地理及び水系

第1年次調査報告書参照。

2-2 既往調査の概要

1988年2月、Hajar 鉱山の開発のため、BRPM及びONA (Omnium Nord Africain)の出資によりCMG (Companie Miniere des Guemassa) が設立され、現在開坑中、200 t/d 規模で試験操業中である。その他の既往調査の詳細は第1年次報告書参照。

第3章 調査地域の地質概要

ハウズ平原地域は、モーリタニア・クラトンの縁辺部に発達した古生代地向斜帯に位置し、主として石炭～二畳系より成るが、そのほとんどが新第三紀～第四紀の堆積層に覆われている (Fig. 3)。

石炭～二畳系は、主として泥質・泥灰質の片岩・準片岩より成り、酸性火山岩類を挟在している。片岩・準片岩中には、片理面断層及び引摺褶曲が無数に発達しており、地質構造は著しく複雑であるが、地層の全体的なトレンドは、NNE-S SW乃至NW-SEを示し、東方乃至北東方へ傾斜している (Fig. 4)。

本地域の鉱床は、石炭～二畳系中に胚胎しており、東部地区のHajar鉱床のほか、西部地区のFrizem鉱徴帯が知られている。Hajar鉱床は地表下 150～500mに伏在する層状硫化物鉱床であり、Frizem鉱徴帯はレンズ状～脈状のゴッサンより成る。

本地域の鉱床及び鉱徴帯は、酸性火山活動と密接な関係を有しており、鉱床は特定の層準に胚胎していると考えられる。鉱床胚胎層準として特に重要なのは、酸性火山岩・同質火山碎屑岩・シルト岩・砂岩・凝灰質泥岩・石灰岩などの互層より成るHajar層準、及び酸性火山岩・同質火山碎屑岩より成るFrizem層準である (Fig. 5)。

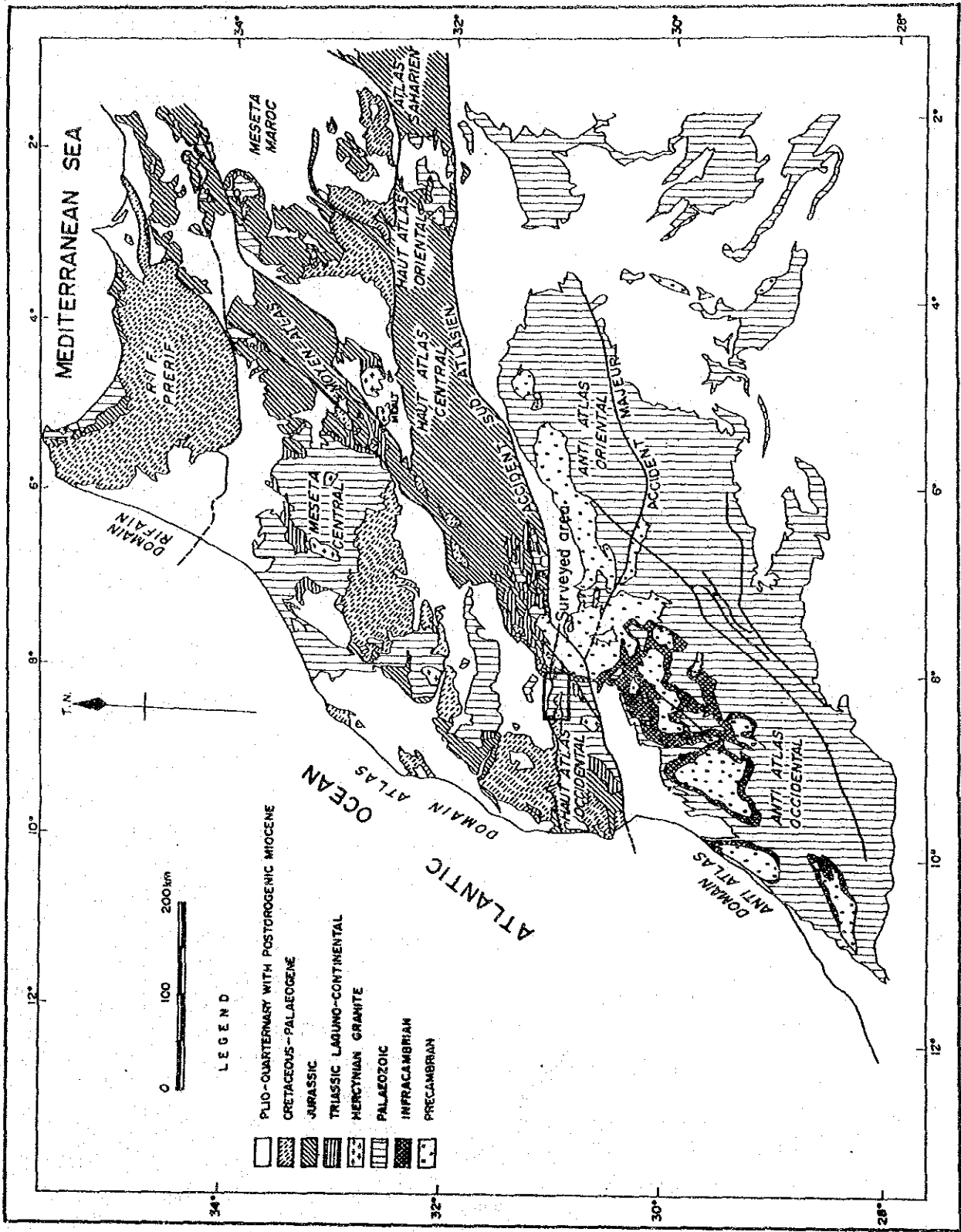
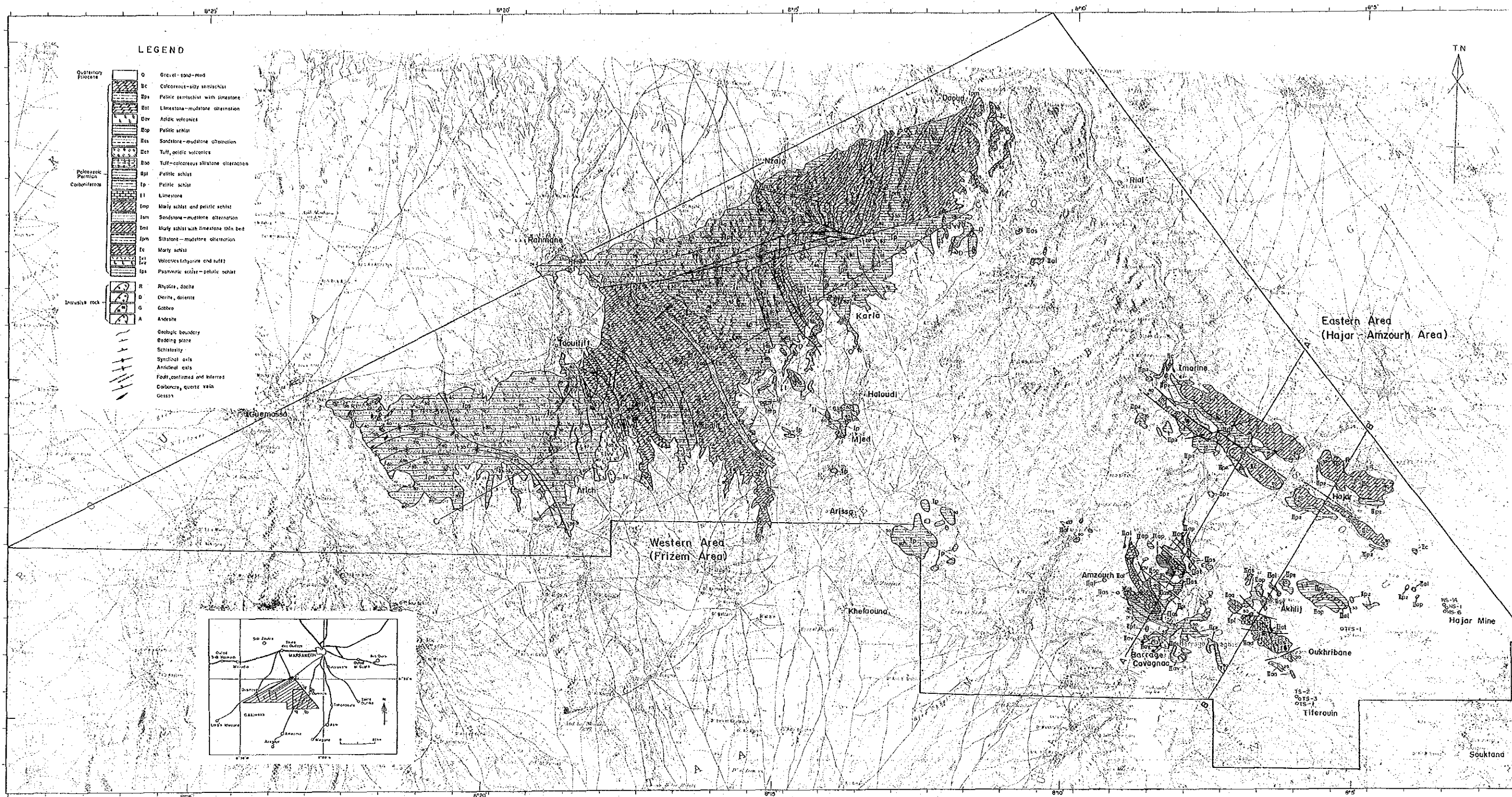


Fig. 3 Geotectonic Map of Northern Morocco



LEGEND

Quaternary	Q	Gravel-sand-mud
Recent	Rc	Colloidal-silty silt-schist
Quaternary	Qp	Patric silt-schist with limestone
Recent	Rcl	Limestone-mudstone alternation
Quaternary	Qv	Acidic volcanics
Recent	Rps	Patric schist
Quaternary	Qs	Sandstone-mudstone alternation
Recent	Rst	Tuff-acidic volcanics
Quaternary	Qta	Tuff-colloidal siltstone alternation
Recent	Rpl	Patric schist
Quaternary	Qp	Patric schist
Recent	Rl	Limestone
Quaternary	Qmp	Mary schist and patric schist
Recent	Rsm	Sandstone-mudstone alternation
Quaternary	Qml	Mary schist with limestone thin bed
Recent	Rpm	Siltstone-mudstone alternation
Quaternary	Qc	Mary schist
Recent	Rv	Volcanic tuff and tuff
Quaternary	Qpa	Patric schist-patric schist
Recent	R	Rhyolite, dacite
Quaternary	D	Diorite, dolerite
Recent	G	Gabbro
Quaternary	A	Andesite

Intrusive rock

Geologic boundary
 Bedding plane
 Schistosity
 Synclinal axis
 Anticlinal axis
 Fault, confirmed and inferred
 Colloidal, quartz vein
 Geyser

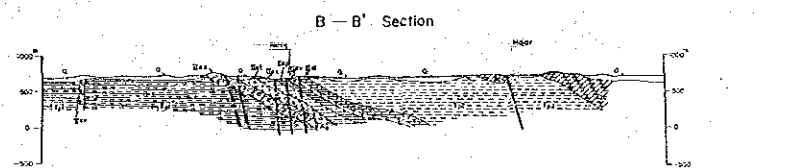
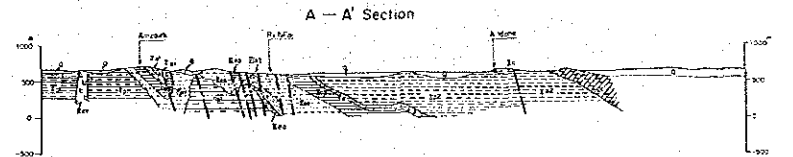
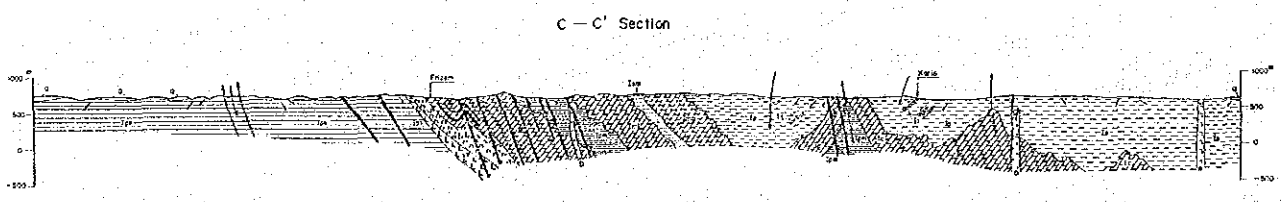
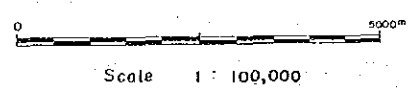
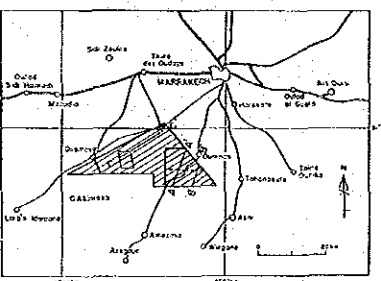
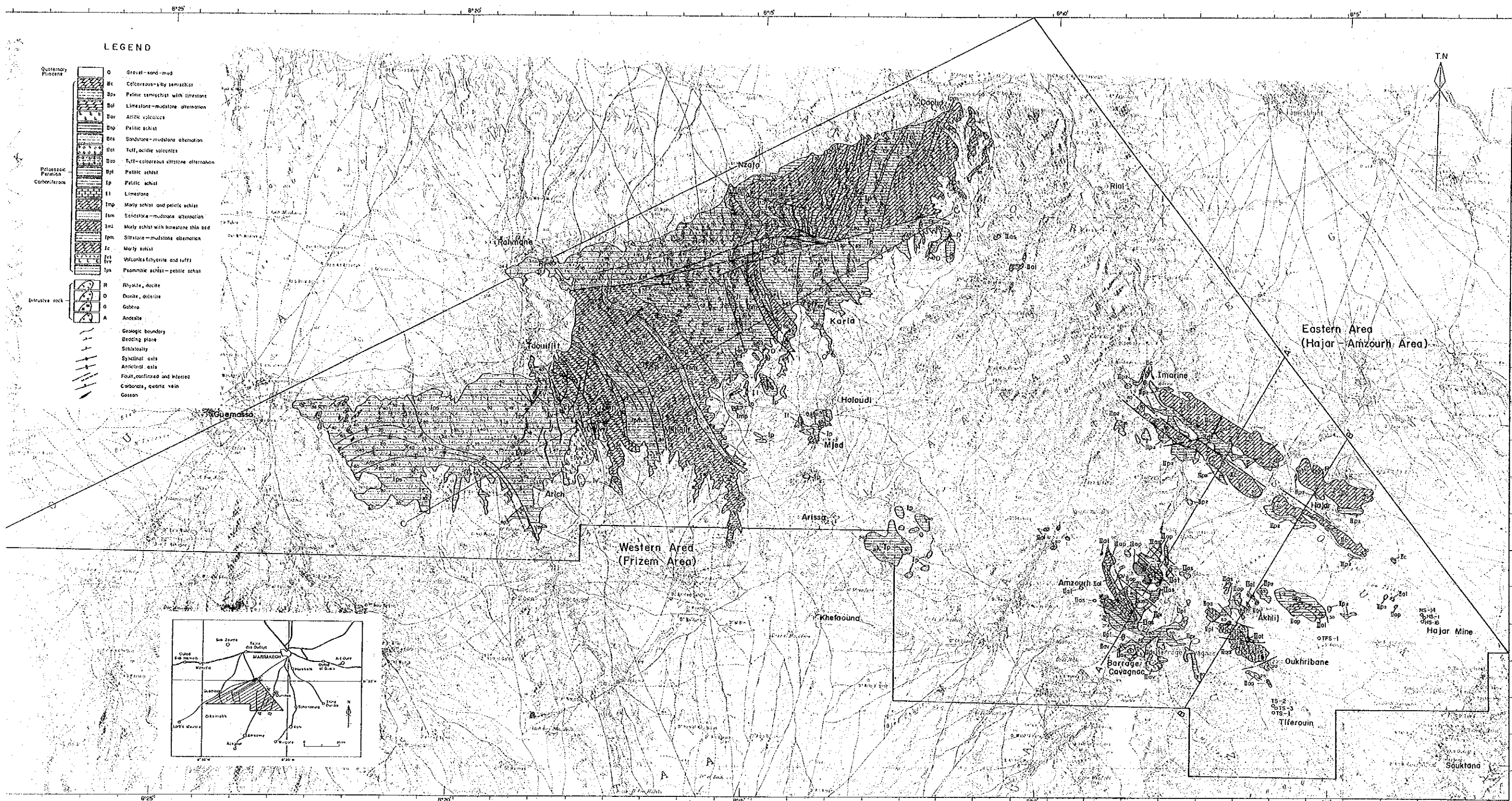


Fig. 4 Geological Map of the Haouz Central Area



Scale 1 : 100,000

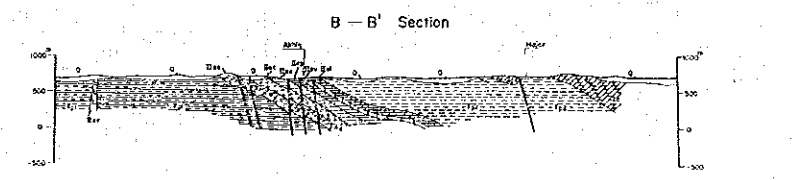
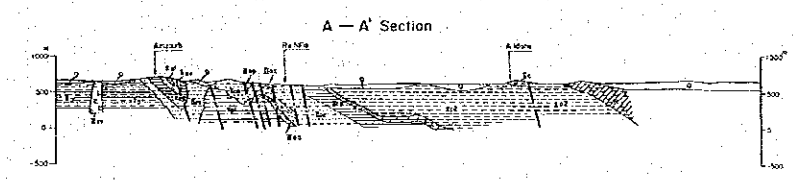
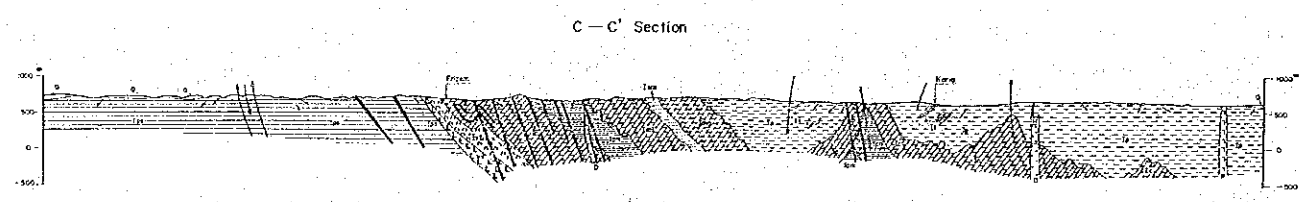
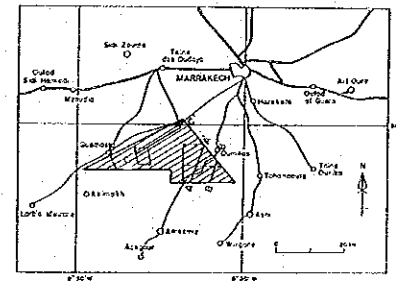


Fig. 4 Geological Map of the Haouz Central Area

Geological Age	Fm	Stratigraphic Column	Lithology	Thickness	Area	Tectonic Movement	Igneous Activity	Mineralization				
Quaternary	Q		Gravel-sand-mud	+120	Eastern Area	Alpine Hercynian	Rhyolite Dacite Gabbro	Massive sedimentary type				
Tertiary												
Cretaceous												
Jurassic												
Triassic												
Permian	IIc		Calcareous-silty-semischist	+400								
	IIp2		Pelitic semischist (slate-limestone-siltstone)	±900								
Carboniferous	IIa		Volcanics and alternation zone (limestone-rhyolite-tuff-sandstone-slate)	±500					Western Area	Hajar Hz	Dacite Rhyolite 294 Ma 303 Ma	Massive sedimentary type
	IIpl		Pelitic semischist (slate)	+1500								
	Ip		Pelitic schist (slate-limestone)									
	Ic		Marly schist with sandstone and limestone	+1500								
	Iv		Volcanics (rhyolite-tuff-slate)	±200	Western Area	Frizem Hz	Rhyolite 328 Ma	Massive sedimentary type				
	Ips		Pelitic schist (slate-siltstone)	+1500								

Fig 5 Schematic Geological Column of the Haouz Central Area

第4章 調査結果の総合検討

4-1 物理探査 (IP法) 調査結果

Hajar 鉱床は、強い磁気異常を伴い、その鉱石は低比抵抗 ($AR \approx 20 \Omega m$) 及び強い IP 効果 ($PFE \approx 15\%$) を示す。

Hajar タイプの鉱床探査では、磁気探査とともに IP 法探査が有効であることが、第2年次に実施した Hajar 鉱床近辺での IP 法探査で確認された。

第3年次は、東部地区の Hajar 層準伏在分布域及び西部地区の Frizen 鉱徴帯で IP 調査を実施した。その結果、第2年次調査とあわせ、次のような地表下に伏在する物性異常帯を把握した。

(1) 東部地区

東部地区では、Hajar 鉱床域と Lamrah 地区で、顕著な IP 異常及び低比抵抗異常を検出した。両地区以外では、鉱床探査上注目に値する物性異常は捕捉されなかった。

Hajar 鉱床域 (HJ-1) : $PFE=5\sim6\%$, $AR=20\sim40 \Omega m$

Hajar 南西域 (E-14) : $PFE=3\sim4\%$, $AR=30\sim50 \Omega m$

Lamrah 地区 (LM-2, E-2) : $PFE=3\sim5\%$, $AR=20\sim40 \Omega m$

(2) 西部地区

西部地区 (Frizen 地区) では、広範囲に低比抵抗異常を伴う IP 異常帯を捕捉した。

IP 異常帯は Frizen 地区西部に偏って発達し、IP 異常帯は東方下部でその面積が拡大し、異常の強度を増大している。

Frizen 西部地区 (W-1, FZ-1, W-2, W-3) : $PFE=5\sim6\%$, $AR=20\sim40 \Omega m$

4-2 ボーリング調査結果

(1) 東部地区

伏在 IP 異常帯 ($PFE=3\sim5\%$) 及び低比抵抗異常帯 ($AR=20\sim40 \Omega m$) が捕捉された Lamrah 地区でボーリング調査 MJMH-1 を実施した。

ボーリング調査の結果は、主として粘板岩・シルト岩互層が連続した。本互層中に広範囲に黄鉄鉱の鉱染が認められたほか、346m—353mの7m間に鉛・亜鉛の細脈を認め、本互層が顕著な鉱化作用を伴うことが確認された。本互層は、Hajar 層準の一部

(Has) に対比される。鉍化細脈4本の平均品位は次のとおりである。

孔名	サンプル数	平均幅 (m)	Ag (g/l)	Cu (%)	Pb (%)	Zn (%)
MJMH-1	4	0.15	8	0.05	6.39	6.91

(2) 西部地区

西部地区 (Frizem地区) のFrizem西部鉍化帯は、流紋岩・同質火砕岩の下位に位置している。

Frizem西部鉍化帯及びその東方下部延長部は、広範囲に伏在IP異常帯 (PFE=5~6%)、低比抵抗異常帯 (AR= 20~40Ω m) 及び磁気異常帯を形成している。これらの異常帯に対して、3箇所ボーリング調査MJMH-2, MJMH-3, MJMH-4を実施した。

ボーリング調査の結果は、いずれも主として千枚岩・シルト岩互層より成り、広範囲に銅・鉛・亜鉛の鉍化作用を認めた。鉍石部は脈状、細脈状、網状及び鉍染状で母岩と漸移関係を示す。

鉍石鉍物は、主として黄銅鉍・方鉛鉍・閃亜鉛鉍・磁硫鉄鉍・黄鉄鉍である。脈石鉍物は石英・方解石・ドロマイト・菱鉄鉍を主とする。

本互層中のシルト岩は、その鉍物組成と組織からみて凝灰岩起源であると推定される。本互層は流紋岩・同質火砕岩下位の泥質片岩 (Ips) の最上部に対比され、本互層はFrizem地区における主要な鉍化層準を構成していることが明らかとなった。

主要鉍石部の分析値は次のとおりである。

孔名	サンプル数	平均幅 (m)	Ag (g/l)	Cu (%)	Pb (%)	Zn (%)
MJMH-2	4	1.2	10	0.23	0.91	1.44
MJMH-3	5	1.3	6	0.17	0.99	1.62
MJMH-4	4	0.3	8	0.11	0.88	1.82

4-3 総合検討

(1) 岩石試料の物性測定結果

第1年次・第2年次調査で実施した物性測定結果を平均値で示す。

	試料数	比抵抗値 (Ωm)	P F E (%)	密度 (g/cc)	帯磁率 (10^{-5} cgs/emu)
第四紀層	7	73 (50 ~ 120)	1.1 (1 ~ 2)	2.21 (2.0 ~ 2.5)	2
基盤岩類	18	510 (300 ~ 800)	0.8 (0.2 ~ 4)	2.70 (2.6 ~ 2.8)	2
Hajar 鉱石	8	18 (14 ~ 23)	15 (12 ~ 20)	4.25 (3.8 ~ 4.6)	530

() : 分布範囲

Hajar 鉱床の鉱石は、バックランドである基盤岩類とは著しく物性を異にし、帯磁率で 250 倍、比抵抗値 (ρ) で約 1/30 倍、P F E 値で約 20 倍、密度で約 2.2 倍の値を示す。

この測定結果は、磁気探査及び I P 法探査が Hajar タイプの鉱床探査に有効であることを示している。

(2) 手法別物理探査結果のまとめ

本地域で実施された各種の物理探査結果及び地質・地化学調査により抽出された物性異常帯は次のとおりである (Fig. 2)。

地 区	磁気異常	AR 値	IP 異常	重力値	地化学異常	鉱 床 タ イ プ
① Hajar 鉱 床	SSS	L	SSS	M	—	塊状 (Po・Pb・Zn)
② Hajar 南西地区	SS	L	SS	H	—	
③ Akhlig 地 区	W	M	W	M	—	鉱染 (Po・Zn)
④ Akhlij 地 区	W	L	W	H	—	
⑤ Lamrah 地 区	W	L	SS	M	—	
⑥ Tiferouine 地区	SSS	M	W	H	—	鉱染 (Po・Py・Mg)
⑦ Oukhribane 地区	W	M	W	H	SS	鉱染 (Py・Cu)
⑧ Amazourh 地 区	SS	—	—	—	SS	脈状 (Py・Zn・Cu)
⑨ Frizem 東部地区	SSS	L	SS	—	SSS	塊状 (Py・Po・Zn・Pb)
⑩ Frizem 西部地区	SSS	L	SSS	—	SSS	

SSS = Very strong H = high
SS = strong L = low
W = weak M = medium

磁気異常は主として磁硫鉄鉱・磁鉄鉱の総量に起因し、FE異常は主として硫化物の総量に起因すると推定される。Hajarタイプの鉱床探査には、磁気探査が最も有効であるが、磁硫鉄鉱に換って黄鉄鉱に富む鉱床の場合には、IP法調査がより有効であると考えられる。

以上のような既往調査結果を総合的に検討し、第3年次のボーリング調査のターゲットとして、Frizem西部地区とLamrah地区を選定した。

(3) ボーリング調査結果と物理探査結果との対比

Lamrah地区で1本、Frizem西部地区で3本のボーリングを実施したが、4孔とも広範囲にわたって鉱化作用の存在を確認した。しかし、捕捉された鉱石部は、いずれも小規模又は低品位の鉱染鉱、網状鉱又は脈状鉱であり、開発対象とはなり難いことが判明した。

ボーリング調査結果と物理探査データの対比を下記に示す。

孔名	岩質	深度(m)	箇所	鉱化作用				IP異常	
				タイプ	鉱石鉱物	規模(m)	品位	PFE(%)	AR(Ω m)
MJMH-1	Sl-St	346~353	4	細脈	Py-Zn-Pb	0.1	Pb 6% Zn 7%	3~4	20~40
MJMH-2	Ph-St	130~380	4	網状脈	Py-Po-Zn-Cu	1.2	Pb 1% Zn 2%	5~6	30~40
MJMH-3	Ph-St	120~340	5	網状脈	Py-Po-Zn-Cu	1.3	Pb 1% Zn 2%	4~6	50~90
MJMH-4	Ph-St	150~240	4	細脈	Py-Po-Zn	0.3	Pb 1% Zn 2%	4~5	30~60

Sl: 粘板岩, St: シルト岩, Ph: 千枚岩

Py: 黄鉄鉱, Po: 磁硫鉄鉱

他方、ボーリング・コアより採取した岩石・鉱石試料の物性値は下記のとおりである。

地区	鉱種(鉱石鉱物)	サンプル数	比抵抗値(Ω m)	PFE(%)
Lamrah地区	母岩	4	1205 (550~2200)	2.6 (1.0~4.3)
	鉱染鉱(Py)	1	230	5.6
Frizem地区	母岩	4	983 (110~1700)	0.8 (0.3~1.2)
	網状鉱(Py-Po-Zn-Cu)	3	166 (98~300)	11.5 (5.8~17.4)
	脈状鉱(Py-Po-Cu-Zn)	1	12	12.0

() : 分布範囲

上記2表より、本地区の物性値と鉱化様式に関して、次のように推論された。

- ① 黄鉄鉱・磁鉄鉱及び黄鉄鉱・磁硫鉄鉱網状鉱は、磁硫鉄鉱・黄鉄鉱脈状鉱又は塊状鉱に匹敵するほどの異常に高いPFE値を示す。
- ② Lamrah地区のIP異常帯が磁気異常帯を伴わないのは磁石鉱物として黄鉄鉱を主とするためである。
- ③ Frizem西部地区の強IP異常及び強磁気異常は、黄鉄鉱・磁硫鉄鉱の網状鉱の賦存に起因するもので、比較的浅所で高品位塊状鉱床の賦存は期待し難いと考えられる。

第5章 結論及び提言

5-1 結 論

(1) 物理探査 I P 法

第2年次及び第3年次の I P 法探査により、次の地区で、地表下に伏在する顕著な I P 異常（高 P F E 値）及び低比抵抗異常（低 A R 値）を確認した。

地 区	測 定 値		解 析 値		磁気異常	地 質 構 造
	PFE (%)	AR (Ωm)	PFE (%)	ρ (Ωm)		
Hajar南西地区	3~4	30~50	20	12	中	Hajar鉱床の南西延長部
Lamrah地区	3~5	20~40	5~15	15~20	弱	Hajar層準の西方延長部
Frizem地区	5~6	20~40	10~25	10~20	強	Frizem西部鉱化帯の下部延長

上記の物性異常帯は、硫化鉱床賦存の可能性を示唆するものと解釈された。

(2) ボーリング調査

上記の物性異常帯に対して、Lamrah地区で1本、Frizem地区で3本のボーリング調査、総延長 1,600mを実施した。その結果、4孔とも広範囲にわたって銅・鉛・亜鉛・磁硫鉄鉱・黄鉄鉱の鉱化作用の存在を確認した。しかし捕捉された鉱石部は、いずれも低品位又は小規模な鉱染鉱、網状鉱又は脈状鉱であり、開発対象とは考え難いことが判明した。なお、Lamrah地区が弱磁気異常を示すのは、構成鉱物が黄鉄鉱を主とするためであることが判明した。

他方、ボーリング・コアより採取した岩石・鉱石試料の物性値測定結果から、磁硫鉄鉱・黄鉄鉱の鉱染鉱及び網状鉱は、塊状鉱に匹敵する程度の異常に高い P F E 値を示すことが判明した。これは I P 異常が必ずしも塊状鉱床の存在を指示するものではないことを意味する。

(3) 総合検討

ボーリング調査により捕捉された鉱石部は、銅・鉛・亜鉛を含み、磁硫鉄鉱のほかに黄鉄鉱に富む鉱染・網状・脈状鉱床であり、これは大規模な堆積性塊状硫化鉱床の下部周辺部の鉱化作用に対比される。

これまでの調査により、Hajar層準及びFrizen層準を中心に、顕著な鉍徴及び物性異常帯が存在することが判明したが、大規模・鉍品位鉍床の確認にまでには至らなかった。

本地域の調査では、多様な探査手法が採用された。最も有効な手法は磁気探査とIP法探査であるが、磁気異常は磁鉄鉍・磁硫鉄鉍の濃集量に規制され、必ずしも硫化鉍床の存在を指示しないこと、又、IP法では塊状鉍床と鉍染・網状鉍床の区別が難しいことなどが判明した。

5-2 将来への提言

- ① Hajar鉍床の南西域には、弱いIP異常が認められるので、その原因を解明することが望ましい。
- ② Frizen地区では、比較的浅所で大規模・高品位塊状鉍床の賦存を期待するのは難しい。しかし、IP異常が深部へ向い強度を増す傾向が認められることから、深部では塊状鉍床が存在する可能性も考えられるので、開発の経済性を考慮した上で、研究・調査を続けることが望ましい。

各論 第 I 部

物理探査 (IP法)



Fig. I-1 Geophysical Survey Area

第1章 調査概要

本調査地域では空中磁気探査が古く実施され、その結果がHajar 鉱床の発見につながっているが、それ以降は有効な物理探査がなされていない。本調査の第1年次にはCSAMT法が実施され、有望な低比抵抗異常が抽出された。次いで第2年次には、サンプル物性測定からHajar 鉱床の鉱石は $20 \Omega \cdot m$ 程度の低比抵抗、15%程度のIP異常を示し、鉱石の密度も $4.5 g/cm^3$ 程度と周囲の岩石密度に比べて十分に大きいことから、IP法及び重力探査法が採用された。

今回の第3年次調査は、Fig. I-1に示した東部(Lamrah~Akhlilj~Hajar 地区)と西部(Prizem地区)の2地区を対象としてIP法を実施した。

本章では、本調査に用いられたIP法の原理、測定方法、解析方法などとともに、実際の測線や測定点などの測定仕様についても説明する。

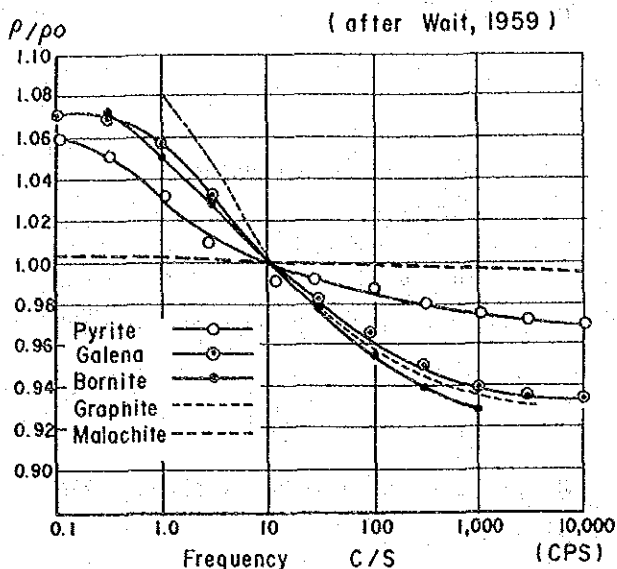
1-1 IP法の原理

IP法とは、強制分極現象(IP現象)にもとづく探査手法である。この現象は岩石内に電流が流れる際の電子伝導域である鉱物粒子と、イオン伝導域である空隙水との境界に生じる電気化学的な分極現象である。

大地に直流電流を流した時、受信電位電極間に電位差を生じる。この直流電流を切ると、2電極間の電位差は直ちに零にはならず、数秒ないし数分かかって減衰することが多い。逆に突然電流を流した場合、2電極間の電位差はすぐに一定にはならず、数秒ないし数分後に定常状態となる。このように、受信される電位差を時間の関数としてとらえたものを時間領域のIP現象という。

一方、大地に交流電流を流す場合には、測定される電位差が周波数を用いた関数となり、この現象を周波数領域のIP現象という。時間領域のIP現象と周波数領域のIP現象は、理論的には等価であるが、実際の測定上はいくつかの差異を生じる。以下に、本調査で実施した周波数領域のIP法の説明を行う。

次図に示すように硫化鉱物、黒鉛等の比抵抗は周波数の関数に近似できる。一般に、鉱物の比抵抗は周波数の増加とともに減少する。周波数変化に伴う比抵抗の変化を測定し、大地のIP現象の存在を検出しようとする測定法が周波数法である。



Matrix andesite 2.0-0.84mm dia.

Electrolyte 5% 0.01N NaCl solution

Mineral 3% by solid volume 2.0-0.84 mm

鉱物の比抵抗と周波数の関係

周波数法によるIP測定値を表示する係数として、無次元のPFE (Frequency effect またはPercent frequency effect) がある。PFEはこの報告書では下記のように定義する。

$$PFE = \frac{R_1 - R_2}{R_2} \times 100 (\%) \quad \text{①}$$

ここで、 R_1 は低い方の周波数で測定した時の見掛比抵抗値、 R_2 は高い方の周波数で測定した場合の見掛比抵抗値である。PFEの表示方法は研究者により多少異なっているが、その相違は主として①式の分母を R_1 または $(R_1 R_2)^{1/2}$ とする所で、①式と大きな差はない。

電流電極対と電位電極対を大地に設置して見掛比抵抗を測定した時、見掛比抵抗値は次式により表わされる。

$$R = K \frac{\Delta V}{I} \quad (\Omega \cdot m) \quad \text{②}$$

ここで、

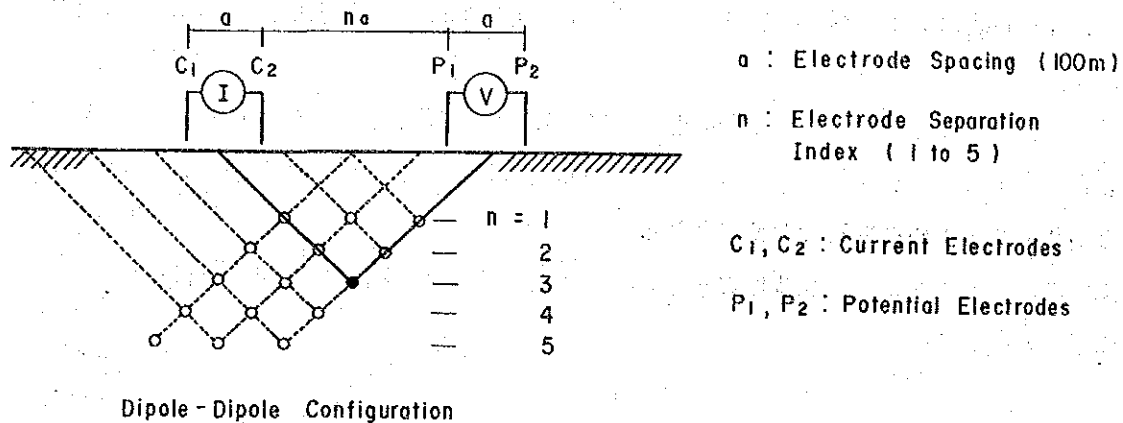
R : 見掛比抵抗値 ($\Omega \cdot m$)

K : 電極配置により決まる幾何係数

I : 電流電極対より大地への印加電流 (ampere)

ΔV : 電位電極対間の電位差 (volt)

IP法の測定には、次図に示すようなdipole-dipole電極配置がよく使用され、今回の調査もこれを採用した。



IP法の測定においては、送信電流の作る磁場や電流の漏洩が直接受信機に影響を与える、いわゆるカップリングが問題となる。そこで、dipole-dipole電極配置を使用して送信機と受信機を離すことにより、電流を流す電線と電位を測定する電線の距離を保つことでカップリングを小さくできる。本調査では電極間隔 a を 100m とし、隔離係数 n を 1 から 5 まで変化させて測定した。探査深度は n が大きくなると増加するが、概略の目安として、

$$\text{探査深度} = \frac{n+1}{2} a \quad \text{③}$$

で表わされる。例えば、 $n=1$ では約 100m、 $n=5$ では約 300m が見掛けの探査深度となる。前図に示したように、③式の見掛け探査深度に測定された見掛け抵抗を表示する方法は、直角二等辺三角形法による擬似断面表示と称されて広く用いられており、本報告書においても使用した。

なお、dipole-dipole電極配置における②式の係数 K は次式で与えられる。

$$K = \pi \cdot a \cdot n \cdot (n+1) \cdot (n+2) \quad \text{④}$$

1-2 測定方法

1-2-1 測定作業

今回の調査では、前述のように周波数法によるdipole-dipole電極配置を用いてIP法を実施した。送信機の電源としてエンジン発電機を使用した。発電された50Hzの交流は送信機内で整流・平滑化がなされ、インバータ回路によって極低周波交番電流として電流電極に流される。

電位電極として非分極性の電極を使用し、得られた電位は受信機内のフィルターで不要な周波数のノイズが除去されてから電位差計で読み取られる。この受信機の電源はノイズの影響を小さくするために乾電池が使用される。

測定のための作業は測線測量作業とIP測定作業の2つに大別されるが、それぞれについて以下に説明する。

(1) 測線測量作業

IP測線の配置はFig. I-2 (PL. I-1) に示す。測線の設定は、牛方製のポケットコンパスとエスロンテープを用いて行った。エスロンテープで斜距離を測定し、ポケットコンパスにより方位角と傾斜角を測定した。測点位置に石を積み上げ、ペンキで測点番号を記入した。

(2) IP測定作業

a) 電流電極埋設及び配線

測定に先立ち、約40cm×40cmのアルミ板を電流電極として使用し、縦横約1m、深さ60cm～1m程度の電極孔を掘って埋設した。埋設に際し、接地抵抗を下げるために塩水とペントナイトの混合液を20～40ℓ程度、各電極孔に流し込んだ。測定作業の効率化のため、常に電極設置を先行させた。本調査地域の特に西部地区では地表面が固く、縦横約1m、深さ60cm～1mの穴を掘るのに困難を極めた。接地抵抗が十分に低くならない所では、さらに塩水を流し込んだり、電極孔を拡大したりして、接地抵抗が100～500Ω程度になるよう配慮した。

配線は電線間のカップリング及び漏洩電流による測定誤差をできる限り少なくするため、電位電線と電流電線が交叉または近接することがないように測定方法を考慮し、電線の絶縁抵抗は最高に保った。

b) I P 測定

測定は流電・送信班、配線・切替え班、受信・測定班の3者に分かれ、トランスミッターの交信によって行った。受信側の電位電極は、銅-硫酸銅水溶液による非分極電極を使用した。これは、飽和硫酸銅水溶液で満たされた素焼の壺の中に、コイル状に巻いた銅線を電極として入れたものである。銅イオンを介在することによって、電極（銅線の中の電子伝導）と、大地（主に間隙水の中のイオン伝導）との分極を小さくすることができる。電位電極の設置には電流電極用の電極孔を利用し、壺の周辺に飽和硫酸銅水溶液または水を1~5ℓほど流して、接地抵抗が100Ω~1kΩ程度になるように務めた。

1-2-2 測定装置

本調査で使用した測定機器と、その主な仕様は次のとおりである。

(1) 送信器

・ 横浜電子研究所製 MI-5609	入力電圧	AC 90~130 V
	出力電圧	50~800 V
	出力電流	0.01~4 A
	周波数	0.1, 0.3125, 1.25, 2.5, 5.0 Hz
	負荷抵抗	200 Ω~40 kΩ

(2) 受信器

・ 横浜電子研究所製 DF-58Z	感 度	100 μV ~ 10 V、5レンジ
	入力抵抗	2 MΩ
	分解能	感度 0.1~1%、FE 0.1%
	ノイズ	入力換算 5 μV p-p
	誤 差	0.5% FE、1 mV ~ 10 V

(3) エンジン発電機

・ ホンダ EC2000X	出 力	2 kVA (60 Hz)、1.7 kVA (50 Hz)
	連続運転時間	約 2.5時間 (60 Hz)
	燃料タンク容量	3.3 ℓ
	乾燥重量	37 kg

1-2-3 岩石物性測定

仕様により、ボーリング調査で得られたコアから、次の計13個の岩石試料を採取した。

ボーリング孔	採取深度 (m)	試料数
MJMH-1	101, 201, 255, 301, 400	5
MJMH-2	141, 183, 220, 247, 317	5
MJMH-3	92, 126, 141	3

岩石試料は2~4 cmの円柱体に整形して約24時間水道水に浸した後、飽和硫酸銅水溶液に浸した濾紙を介して銅の電極板で挟み、比抵抗値及びPFE値の測定を行った。測定の際、野外測定の比抵抗値に近づけるためには岩石試料中の電流密度を小さくした方がよいが、測定電位も小さくなってS・N比が悪くなるため、 $3 \mu A/cm^2$ 程度の電流を使用した。岩石コア物性測定結果をTab. I-2に示し、また、既存の岩石サンプルの物性測定結果もTab. I-1として添付した。

Tab. I-1によれば、Hajar 鉱床の鉱石は平均比抵抗 $18 \Omega \cdot m$ 、PFE 15.4%と、それ以外の岩石の値と大きな差が認められる。Quaternaryの岩石類の平均比抵抗は $73 \Omega \cdot m$ と中程度、PFEは1.1%と小さい。また、Permian ~Carboniferous の古期岩石類の場合、平均比抵抗は $510 \Omega \cdot m$ と高く、PFEは0.8%と小さい。鉱石の主要鉱物である磁硫鉄鉱の比抵抗については、 $2.0 \cdot 10^{-6} \sim 1.6 \cdot 10^{-4} \Omega \cdot m$ と極めて小さい(Keller 1966) ことが知られている。Hajar 鉱床の鉱石は、この低比抵抗鉱物が高比抵抗の石英等の鉱物内に分散しているため、全体としては $20 \Omega \cdot m$ 程度の比抵抗になったと考えられる。

他方、Tab. I-2に示した岩石コアの比抵抗及びPFEを見ると、比抵抗値は最小 $12 \Omega \cdot m$ (MJMH-3, 126 m) ~最大 $2,200 \Omega \cdot m$ (MJMH-1, 301 m) の範囲に分布する一方、PFE値は最小0.3% (MJMH-2, 183 m) ~最大17.4% (MJMH-2, 141 m) を示しており、前述のTab. I-1の結果と整合的である。また、サンプルNo.12 (MJMH-3, 126 m) をはじめとする鉱染されたコアも、いずれも高PFEであると同時に比較的比抵抗を示している。

1-3 解析方法

1-3-1 測定結果の表示

測定された見掛比抵抗及びPFEは、直角二等辺三角形法による擬似断面表示を用いて各断面図に示した。