

パキスタン回教共和国クズタール地域

資源開発協力基礎調査報告書

第3年次

平成元年11月

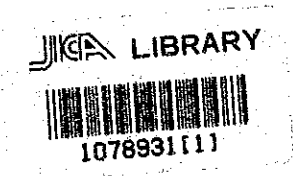
国際協力事業団
金属鉱業事業団

117
66.1

パキスタン回教共和国クズダール地域

資源開発協力基礎調査報告書

第3年次



20356

平成元年11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、パキスタン回教共和国政府の要請に応え、同国のバルチスタン州に位置するクズダール地域の鉱物資源賦存の可能性を確認するため、地質調査、地化学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。

本調査は昭和61年度を第1年次とする第3年次にあたり、金属鉱業事業団は4名の調査団を編成して、平成元年1月17日から平成元年8月4日まで現地に派遣した。現地調査はパキスタン回教共和国政府機関、石油天然資源省パキスタン地質調査所の協力を得て予定通り完了した。

本報告書は、本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、本調査実施にあたって御協力をいただいたパキスタン回教共和国政府機関ならびに外務省、通商産業省、在パキスタン日本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。

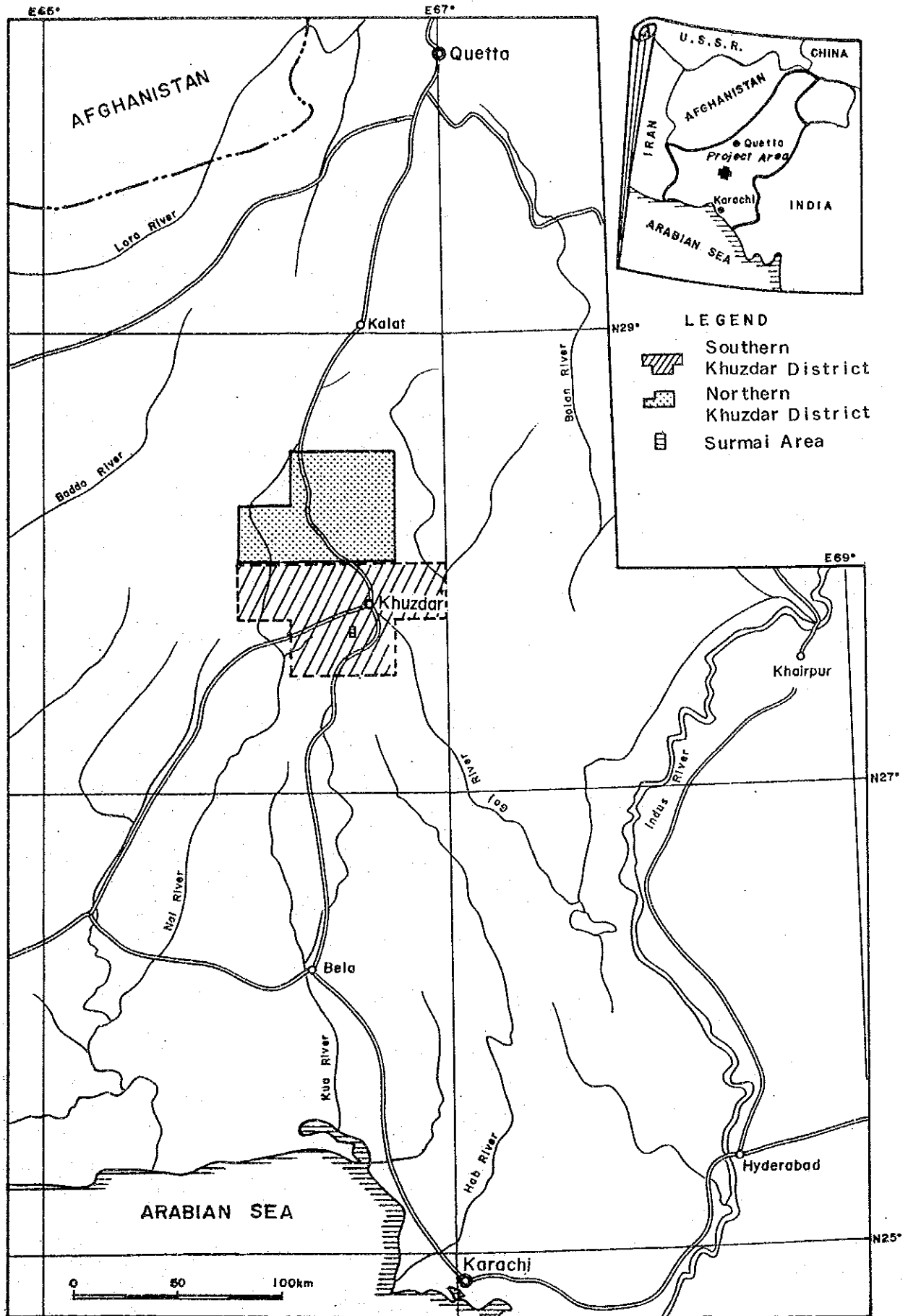
平成 元年 11月

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



第 1 圖 調查地域位置圖

要 約

本報告書は、パキスタン回教共和国クズダール地域において実施した資源開発協力基礎調査の第3年次調査の結果をとりまとめたものである。本調査の目的は、地質調査・地化学探査、物理探査及びボーリング調査により当地域に分布するミシシッピーバレー型鉛-亜鉛-亜鉛硫化鉱物の賦存状況を把握することにある。

第1年次調査では南部クズダール地域に対し地質調査・地化学探査を実施すると共に、同地域内のスルマイ地区に対し地質精査及び物理探査を実施した。第2年次調査では北部クズダール地域に対し地質調査・地化学探査を実施すると共に、上記スルマイ地区においてボーリング調査を実施し、地表に分布する鉛-亜鉛硫化鉱物帯(ゴッサン)の下部に鉛-亜鉛硫化鉱物が賦存することを確認した。

第3年次調査では第2年次に引続きスルマイ-I及びIII地区に対しボーリング調査を実施した。現地調査は平成元年1~8月に行われた。調査結果は以下のとおりである。

(1) 第3年次ボーリング調査により把握された地層は、下部のロライ部層ユニット-Iから上部のアンジラ部層ユニット-IIまでの範囲である。地層の構成岩石は主に石灰岩と頁岩で、0.2~10mの単層の厚さを呈し互層をなす。調査地区の地質は緩急の褶曲及び大小の断層を伴い、複雑な構造を呈す。

(2) 今年次に実施された9本のボーリングの内、8本で鉛-亜鉛硫化鉱物よりなる鉱物化帯を捕捉した。鉱物化層準は上位からA, B, Cの3層準に区分され、いずれもロライ部層ユニット-II~IIIの中に賦存する。鉱物化帯はこれらの層準内に多少位置を変えながら分布する。鉱物化帯の内、規模及び品位の面で有望と判断されるものはA層準中の鉱物化である。

(3) 鉱物化は、主に石灰岩を交代し鉱物化に分布する粉~粒状の閃亜鉛鉱及び方鉛鉱と、これらを切る菱鉄鉱及び方解石の脈~細脈から構成され、黄鉄鉱及び微量の黄銅鉱を伴う。鉱石試料に対する顕微鏡観察では、上記各鉱物の他、鉛-亜鉛炭酸塩鉱物及びエレクトラムの存在を確認すると共に、Pb-Bi及びPb-Sb系銀鉱物の存在が推定された。

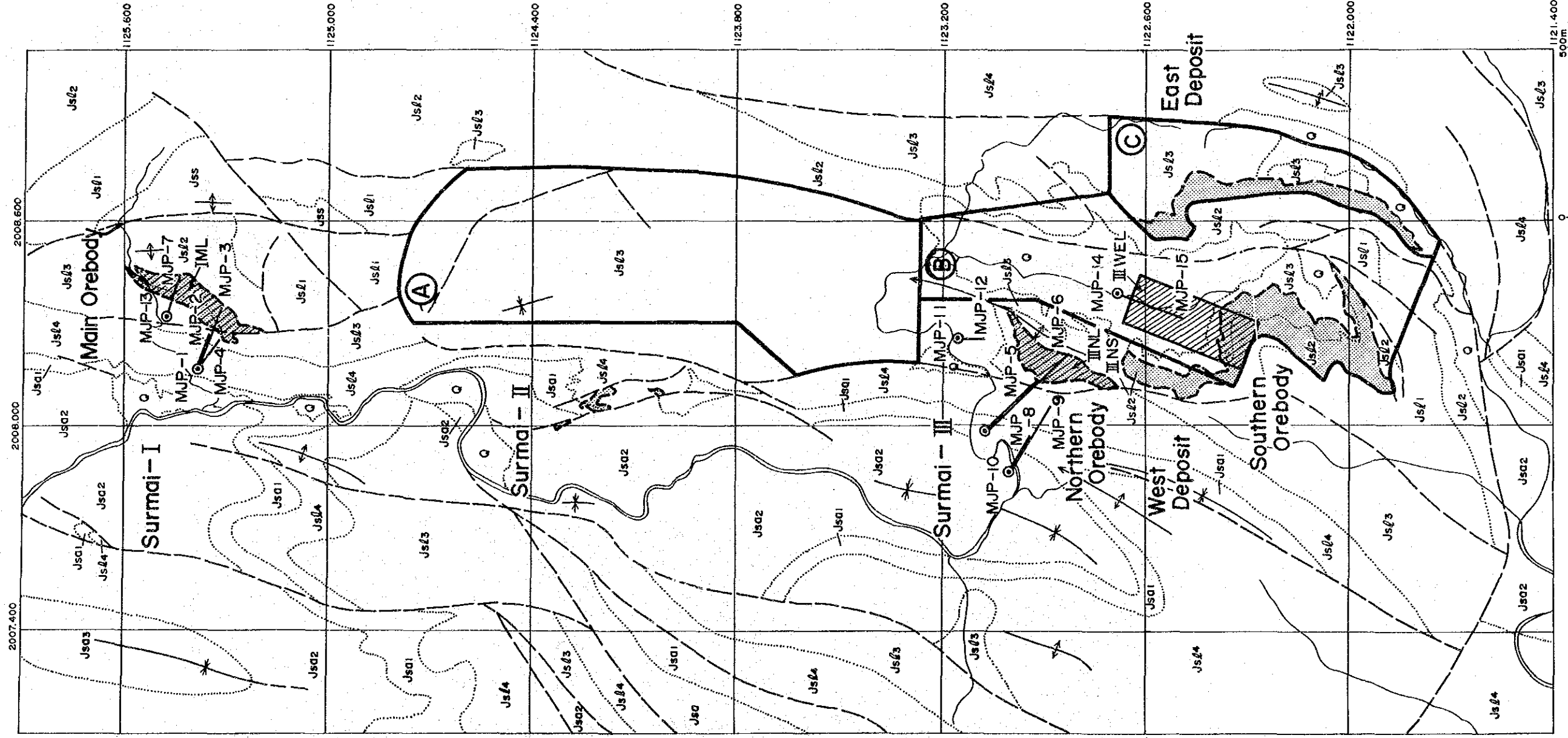
(4) スルマイ地区の地下水位面は地表から約100mのレベルにあると推察される。また酸化鉱物と硫化鉱物の境界面は、地表下約50m付近にあると判断される。

(5) 今年次ボーリング調査で把握された鉱物化帯の位置は、測点間隔が広すぎる場合を除き、第1年次に実施された物理探査(IP, SIP)のPFE異常域に合致する。

(6) これまでの調査結果を使用し、スルマイ-I 鉱床主鉱体、スルマイ-III 西鉱床北部鉱体及び西鉱床～東鉱床中間鉱体に鉱画を設定し埋蔵鉱量を計算した。これらの鉱量は予想鉱量と判断される。鉱量計算の結果、総鉱量30,513千t(Pb:0.66%, Zn:2.13%, Ag:7.4g/t)、内、硫化鉱:22,700千t、酸化鉱:7,813千tが計上された。上記鉱量の内、小鉱画の合計鉱量(硫化鉱)は870千t(Pb:2.03%, Zn:6.51%, Ag:23.4g/t)である。これらの鉱量及び品位は、現状では採算性が低いと判断される。

(7) 今後の探鉱対象となる、有望鉱床賦存のポテンシャルが高い地区はスルマイ-III 東鉱床地区、スルマイ-III 西鉱床～東鉱床中間地区及びスルマイ-II 東方地区の3地区である。

(8) 上記(6)の鉱量は、現状では採算性が低いと判断されるが、探鉱を継続すればより多くの高品位鉱量が得られる可能性がある。このため将来の調査としては、鉱化帯の形態、鉱況、連続性及び発展性を更に詳しく把握するため、鉱画設定地区にボーリング探鉱を継続することが望まれる。また、有望鉱床賦存のポテンシャルが高い上記3地区に対し、ボーリング調査を主体とした探鉱を実施することが望まれる。また、探鉱対象成分として金を加えるべきと考える。



Summary of the Survey in the Surmai Area

Methods	Contents
Geological Survey	10 Km ²
Geochemical Prospecting	10 Km ² , 205 samples
Geophysical prospecting	IP : Line : 7.8 Km, Points : 420 SIP : Line : 8.2 Km, Points : 410
Drilling	15 holes, Total Length : 5,012.8 m

Ore Reserve

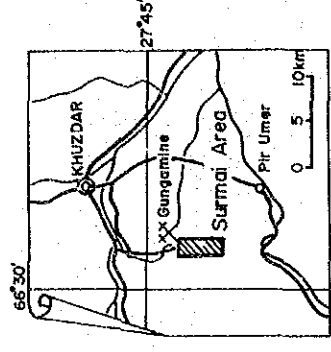
Name of Block	Tonnage (1,000 t)	Grade		
		Pb (%)	Zn (%)	Ba (%)
I ML	6,531	0.40	1.51	<0.01
				8.6

Surmai-III

Name of Blocks	Tonnage (1,000 t)	Grade		
		Pb (%)	Zn (%)	Ag (g/t)
III NL, III NS	9,321	0.68	3.06	6.8
III WEL	14,661	0.76	1.98	<0.01
				8.1

Promising Zone for Future Prospecting

- Ⓐ East of Surmai-II
- Ⓑ Zone between West and East Deposits
- Ⓒ Vicinity of East Deposit



LEGEND
LOWER JURASSIC Shirinab Formation

- Q Alluvium
- Jsa3 Anjira member-III
- Jsa2 Anjira member-II
- Jsa1 Anjira member-I
- Jsl4 Loralai member-IV
- Jsl3 Loralai member-III
- Jsl2 Loralai member-II
- Jsl1 Loralai member-I
- Jss Spingwar member
- Mineralization
- Anticline
- Syncline
- Fault
- Bedding traces
- Drilling site
- Area of ore Reserve

第2図 スルマイ地区調査結果総括図

目 次

はしがき	
調査地域位置図	
要 約	
スルマイ地区調査結果総括図	
目 次	
付図付表一覧	

第 I 部 総 論

第1章 序 論	1
1-1 調査の経緯	1
1-2 第1年次調査の結論と提言	2
1-2-1 第1年次調査の結論	2
1-2-1-1 南部クスダール地域	
1-2-1-2 スルマイ地区	
1-2-2 第1年次調査の提言	3
1-2-2-1 南部クスダール地域	
1-2-2-2 スルマイ地区	
1-3 第2年次調査の結論と提言	4
1-3-1 第2年次調査の結論	4
1-3-1-1 北部クスダール地域	
1-3-1-2 スルマイ地区	
1-3-2 第2年次調査の提言	6
1-3-2-1 スルマイ地区	
1-4 第3年次調査の概要	6
1-4-1 調査地域	6
1-4-2 調査目的	6
1-4-3 調査方法及び調査量	7
1-4-4 調査団の編成	7
1-4-5 調査期間	7

第2章 調査地域の地理	9
2-1 位置, 交通, 地形及び水系	9
2-2 気候及び植生	9
第3章 一般地質	10
3-1 調査地域周辺の地質概要	10
3-1-1 パキスタンの地質概要	10
3-1-2 クズダール地域及びスルマイ地区の地質概要	11
3-2 従来 of 調査	13
第4章 調査結果の総合検討	25
4-1 地質構造、鉍化作用の特性と鉍化規制について	25
4-2 物理探査異常と鉍化作用との関係について	26
4-3 鉍床賦存のポテンシャルについて	26
第5章 結論及び提言	27
5-1 結論	27
5-2 将来への提言	28

第 II 部 各 論

第1章 ボーリング調査	29
1-1 調査経緯及び孔別位置、方向、掘進長	29
1-2 地区別調査目的	30
1-3 地質及び鉍化作用	31
1-3-1 地質概要	31
1-3-2 鉍化作用	31
1-4 ボーリング工法、使用機材及び作業形態	32
1-4-1 工 法	32
1-4-2 使用機材	32
1-4-3 作業形態	32
1-5 掘進状況	33

第2章 調査結果	41
2-1 ボーリング孔の地質及び鉍化作用	41
2-1-1 地質概要	41
2-1-2 地質層序	42
2-1-3 孔別、地質及び鉍化作用	43
2-1-4 地質構造	61
2-1-4-1 スルマイ-I	
2-1-4-2 スルマイ-III	
2-1-5 鉍化作用	64
2-1-6 鉍量計算	
2-1-6-1 スルマイ-I	
2-1-6-2 スルマイ-III	
2-1-6-3 鉍量計算集計	
第3章 考察	89
3-1 地質構造、鉍化作用の特性と鉍化規制について	89
3-2 物理探査異常と鉍化作用との関係について	90
3-3 鉍床賦存のポテンシャルについて	92
第III部 結論及び提言	
第1章 結論	93
第2章 将来への提言	94
参考文献	95
写真	97
巻末資料	

付 図

第 1 図	調査地域位置図
第 2 図	スルマイ地区調査結果総括図
第 I-1-1 図	調査範囲図
第 I-3-1 図	調査地域周辺の地質、地質構造及びミシシッピーバレー型 Pb, Zn, Ba 鉱床分布図
第 I-3-2 図	クズダール地域地質層序図
第 I-3-3 図	クズダール地域地質概略図
第 I-3-4 図	スルマイ地区地質層序図
第 I-3-5 図	スルマイ-I, II 地質及びボーリング位置図 (縮尺 1:10,000)
第 I-3-6 図	スルマイ-III 地質及びボーリング位置図 (縮尺 1:10,000)
第 I-3-7 図	スルマイ地区地質断面図(縮尺 1:10,000)
第 II-1-1 図	スルマイ地区地質図及びボーリング位置図(スルマイ-I)
第 II-1-2 図	スルマイ地区地質図及びボーリング位置図(スルマイ-III) (縮尺 1:5,000)
第 II-2-1 図	スルマイ地区コアスケッチ
第 II-2-2 図	ボーリング層序対比図
第 II-2-3 図	ボーリング地質断面図(MJP-7, 13)
第 II-2-4 図	ボーリング地質断面図(MJP-8, 9, 10)
第 II-2-5 図	ボーリング地質断面図(MJP-11, 12)
第 II-2-6 図	ボーリング地質断面図(MJP-14, 15)
第 II-2-7 図	ボーリング地質断面図(MJP-5, 6, 14)
第 II-2-8 図	ボーリング地質断面図(MJP-8, 9, 10, 15)
第 II-2-9 図	ボーリング地質断面図(MJP-1, 2, 3)
第 II-2-10 図	ボーリング地質断面図(MJP-1, 4)
第 II-2-11 図	ボーリング地質断面図(MJP-5, 6)
第 II-2-12 図	スルマイ-I 主鉱体鉱画概念図
第 II-2-13 図	スルマイ-III 北部鉱体鉱画概念図
第 II-2-14 図	スルマイ-III 西鉱床～東鉱床中間鉱体鉱画概念図

付 表

第 I-2-1 表	ジャコババッドにおける月平均気温及び月降雨量
第 II-1-1 表	孔別位置、方向及び掘進長
第 II-2-1 表	岩石薄片検鏡結果一覧表
第 II-2-2 表	鉱石研磨薄片検鏡結果一覧表
第 II-2-3 表	鉱石分析結果一覧表(1)～(3)
第 II-2-4 表	鉱量計算総括表

写 真

- 写真-1 調査員
- 写真-2～3 岩石薄片顕微鏡写真
- 写真-4～9 鉍石研磨片顕微鏡写真

卷末資料

1. 使用機器一覧表
2. ダイヤモンドビット使用一覧表
3. 消耗品の使用明細表
4. 作業時間総括表
5. 掘進作業実績表
 - 5-1 MJP- 7号掘進作業実績表
 - 5-2 MJP- 8号掘進作業実績表
 - 5-3 MJP- 9号掘進作業実績表
 - 5-4 MJP-10号掘進作業実績表
 - 5-5 MJP-11号掘進作業実績表
 - 5-6 MJP-12号掘進作業実績表
 - 5-7 MJP-13号掘進作業実績表
 - 5-8 MJP-14号掘進作業実績表
 - 5-9 MJP-15号掘進作業実績表
6. 掘進成績総括表
 - 6-1 MJP- 7号掘進成績総括表
 - 6-2 MJP- 8号掘進成績総括表
 - 6-3 MJP- 9号掘進成績総括表
 - 6-4 MJP-10号掘進成績総括表
 - 6-5 MJP-11号掘進成績総括表
 - 6-6 MJP-12号掘進成績総括表
 - 6-7 MJP-13号掘進成績総括表
 - 6-8 MJP-14号掘進成績総括表
 - 6-9 MJP-15号掘進成績総括表

7. 掘進工程図

- 7-1 MJP- 7号掘進工程図
- 7-2 MJP- 8号掘進工程図
- 7-3 MJP- 9号掘進工程図
- 7-4 MJP-10号掘進工程図
- 7-5 MJP-11号掘進工程図
- 7-6 MJP-12号掘進工程図
- 7-7 MJP-13号掘進工程図
- 7-8 MJP-14号掘進工程図
- 7-9 MJP-15号掘進工程図

8. ボーリング柱状図(1/200)

- 8-1 MJP- 7号柱状図
- 8-2 MJP- 8号柱状図
- 8-3 MJP- 9号柱状図
- 8-4 MJP-10号柱状図
- 8-5 MJP-11号柱状図
- 8-6 MJP-12号柱状図
- 8-7 MJP-13号柱状図
- 8-8 MJP-14号柱状図
- 8-9 MJP-15号柱状図

添付図

- PL. II-2-1 ボーリング地質断面図(MJP-7, 13)
- PL. II-2-2 ボーリング地質断面図(MJP-8, 9, 10)
- PL. II-2-3 ボーリング地質断面図(MJP-11, 12)
- PL. II-2-4 ボーリング地質断面図(MJP-14, 15)



Phot. -1 Survey Team

1. Mr. Subhani
2. Mr. Bhagwandas
3. Mr. Ichinose
4. Mr. Kawamura
5. Mr. Sasaki
6. Mr. Wakamatsu

第 I 部 總 論

第 I 部 総論

第 1 章 序論

1-1 調査の経緯

日本国政府は、パキスタン回教共和国(The Islamic Republic of Pakistan : 以下パキスタンと略称)政府からの資源開発協力基礎調査に関する要請に応じ事前調査団を派遣、昭和61年10月、同国との間にバルチスタン(Baluchistan)州クズダール(Khuzdar)地域に対する鉱物資源探査事業に関する協定書(Scope of Work)を締結した。その概要は、同地域の鉱物資源賦存の可能性の確認を目的とし、3ヶ年にわたり地質調査、地化学探査、物理探査及びボーリング探鉱による調査を実施するものである。

これに基づき両国政府は第1年次調査として、クズダール町周辺のジュラ系石灰岩分布範囲 1,350km²(南部クズダール地域、1/50,000地形図 6枚分: 面積、約 3,900km²)に対する地質概査、地化学探査、及びその範囲の内で鉛-亜鉛鉱化作用の賦存が知られているスルマイ(Surmai)地区、面積 10km²に対する地質精査、地化学探査、またスルマイ地区とその周辺に対する物理探査を実施することに合意した。金属鉱業事業団は7名からなる調査団を編成、昭和61年12月から昭和62年4月まで現地調査を実施し、昭和62年6月に第1年次調査報告書を完成した。

第2年次調査としては、第1年次調査の結論及び提言に基づき、第1年次のクズダール地域、地質・地化学探査調査範囲の北部にあたる地域のジュラ系石灰岩分布範囲 940km²(北部クズダール地域、1/50,000地形図 5枚分: 面積、約 3,250km²)に対する地質・地化学探査、及びスルマイ地区に対するボーリング調査(6本、2,250m)が立案された。金属鉱業事業団は6名からなる調査団を編成、昭和62年11月から昭和63年8月まで現地調査を実施し、昭和63年10月に第2年次調査報告書を完成した。

第3年次調査としては、第2年次調査の結論及び提言に基づき、スルマイ地区に対するボーリング調査(9本、2,750m)が立案され、平成元年1月から同年8月まで現地調査が実施された。

なお、スルマイ地区における調査結果を総括し第2図に示した。

1-2 第1年次調査の結論と提言

1-2-1 第1年次調査の結論

1-2-1-1 南部クズダール地域

(1) 本地域に分布するジュラ系石灰岩類はジュラ紀初期に対比されるシリナブ層から構成され、下位から砂岩を主とするスピングワ部層、石灰岩を主とするロライ部層、石灰岩と頁岩の互層を主とするアンジラ部層に区分される。

(2) シリナブ層の構造方向はクズダールノットの大構造に伴い、本地域の南部及び東部ではN-S~NNW-SSE、北部~西部へ移るにしたがいE-W~NE-SWへと変化する。累重する各部層はこの方向に沿う軸を持つ背斜、向斜など複雑な褶曲構造を呈す。

(3) 本地域内にはグンガ、スルマイの他、マルホール、ランジラキ、東シュ克蘭及びシュ克蘭の各鉱徴地が、地域中央部に約25km連続する巾の狭いゾーン中に分布する。これらの鉱床はオフィオライトの活動に関連するミシシッピーバレー型の鉱化作用により形成されたと判断される。各鉱床ともゴッサン(酸化露頭)として露出しているが地下水面以下では初生の硫化鉱として賦存していると予想される。鉱化作用の成分はグンガが鉛-亜鉛-重晶石、他は鉛-亜鉛を主とする。

(4) 各鉱徴地の鉱化作用は層理に沿って母岩を交代した層状の鉱床、断層や割れ目に胚胎する鉱床との組み合わせで構成される。前者のうちグンガはアンジラ部層に他はロライ部層に胚胎し、後者はほぼシリナブ層全層に胚胎する。品位及び規模の面を考慮すると鉱床として有望と考えられるのは前者である。

(5) マルホール~シュ克蘭鉱徴地帯には4箇所の鉱徴地が分布し、いずれも部分的には優勢な鉱況を呈し下部への発展が期待出来る箇所も見られる。しかし各鉱床とも複雑な構造をなすためその連続性に不明確な点が多い。

(6) 地化学探査の結果ではPb, Zn, Hgが、その地化学的挙動に、互いに高い相関を示しゴッサンを中心とする異常域を、Baはその外側に異常域を形成することが判明した。このことは、本地化学探査が新地域におけるミシシッピーバレー型鉛-亜鉛鉱床の鉱床胚胎有望地域の抽出に有効であることを示している。Pb, Zn, Hgの組み合わせによるAランクの異常域は後述のスルマイ地区と共にマルホール~シュ克蘭鉱徴地帯にも表れ、後者に対する、物理探査を併用した地質鉱床精査などの探鉱の必要性を示唆した。

1-2-1-2 スルマイ地区

(1) 本地区にはシリナブ層の3部層が分布しロライ部層はⅠ～Ⅳの4ユニットに、またアンジラ部層はⅠ～Ⅲの3ユニットに細分される。

(2) 本地区の地質は南北の構造方向を呈し東半部は背斜構造をなす隆起帯、西半部は向斜構造をなす沈降帯を形成する。

(3) 本地区にはミシシッピーバレー型と考えられる鉛-亜鉛鉱床のゴッサンから成る鉱徴地が、上記隆起帯沿いに断続的に3箇所分布し、北からスルマイ-Ⅰ、Ⅱ、Ⅲと呼称される。鉱化作用の形態は層理に沿って母岩を交代した層状鉱床と、断層や割れ目に胚胎する鉱床との組み合わせで構成される。前者はスルマイ-Ⅰ及びスルマイ-Ⅲに分布し大規模な鉱床はロライ部層のユニット-Ⅱ～Ⅲに発達する。後者はスルマイ-Ⅱ及び前者の周辺に分布するがいずれも規模が小さく発展性がない。地表での鉱況が良く地質構造から下部への発展が期待出来る範囲はスルマイ-Ⅰの主鉱体及びスルマイ-Ⅲの西鉱床の最北部、西傾斜を呈す鉱体(北部鉱体)の下部、の2箇所である。

(4) 地化学探査の結果ではクズダール地域と同様に Pb, Zn, Hgが、その地化学的挙動に、互いに高い相関を示しゴッサンを中心とする高異常域を形成し、Baはその外側に異常域を形成する。

(5) 物理探査の結果ではスルマイ-Ⅰの主鉱体の下部、及びスルマイ-Ⅲの西鉱床北部鉱体の下部に硫化鉱にもとずくと思われるAランクの示徴が得られた。

(6) 以上の結果から鉱床、特に鉛、亜鉛硫化鉱からなる有望な鉱床の賦存が予想される範囲は、スルマイ-Ⅰの主鉱体の下部及びスルマイ-Ⅲの西鉱床北部鉱体の下部の2箇所である。

1-2-2 第1年次調査の提言

1-2-2-1 南部クズダール地域

(1) 第1年次の調査ではミシシッピーバレー型鉱化帯に対する地化学探査の有効性が判明した。今後の調査では、新たな鉱床賦存有望地域を抽出するため、本年度地域外部、特にオフィオライト分布地域周辺のジュラ系石灰岩類分布範囲に地化学探査を併用した地質概査を実施すべきと考える。

1-2-2-2 スルマイ地区

(1) スルマイ-Ⅰの主鉱体及びスルマイ-Ⅲの西鉱床北部鉱体は、地質調査により地表鉱況が最も良いと判断され、地質構造の面からも下部への連続が期待できる。物理探査の結果でもこれら2鉱体の下部にAランクの示徴が得られた。今後の調査では、これらの鉱体の下部への連続及び酸化鉱から硫化鉱への変化を確認するためボーリング探鉱を実施すべ

きと考えられる。

1-3 第2年次調査の結論と提言

1-3-1 第2年次調査の結論

1-3-1-1 北部クズダール地域

(1) 北部クズダール地域に分布するジュラ系石灰岩類は、ジュラ紀初期に対比されるシリナブ層から構成され、下位から石灰質砂岩を主とするスピングワ部層、石灰岩と頁岩の互層を主とするロライ部層及びアンジラ部層に区分される。

(2) シリナブ層の分布は大きく8地区に区分され、これらを構成する岩体はクズダールノットの大構造に伴い、北へ緩く突出する湾曲構造をなして東西に配列する。累重する各部層はこの方向に沿う軸を持つ背斜、向斜など複雑な褶曲構造を呈す。

(3) 北部クズダール地域内には、南部クズダール地域(第1年次調査地域)のスルマイ～シュ克蘭ゾーン中に見られるような鉍徴地は分布せず、地域最南部に褐鉄鉍、菱鉄鉍及び方解石の網状細脈が小規模に見られるのみである。南北クズダール地域の鉍徴の分布を総合的に見れば、南部クズダール地域南西部のオフィオライト分布域のまわりにスルマイ～シュ克蘭ゾーンの鉍徴地が配列し、北部クズダール地域は、さらにその北側外郭部にあたる。

(4) 北部クズダール地域に対する地化学探査の結果では、有望な異常域は認められなかった。各成分とも異常値は散在し、絶対値も低い。複合異常域の最高ランクは、バリウム系のCランクであり、鉛-亜鉛系では最低ランクとしたEランクしか認められない。南北クズダール地域の複合異常域の分布を総合的に見れば、南部クズダール地域南西部のオフィオライト分布域のまわりに、スルマイ～シュ克蘭ゾーンの鉍徴地を反映する鉛-亜鉛系の高～低程度の異常域が、さらにその外側にバリウム系の異常域が配列することが認められる。北部クズダール地域最南部に分布する、鉛-亜鉛系Eランクの複合異常域は上記鉛-亜鉛複合異常域の北部末端部にあたる。

(5) 第1年次及び第2年次の、地化学探査の全データを使用して行った総合的な検討の結果では、鉛-亜鉛系の有望な異常域はいずれも第1年次調査範囲のスルマイ～シュ克蘭ゾーンと、その周辺に分布することが明確になった。

(6) 以上の検討の結果、北部クズダール地域における鉍床賦存のポテンシャルは非常に低いと判断される。

1-3-1-2 スルマイ地区

(1) スルマイ地区にはシリナブ層の3部層が分布し、ロライ部層はI~IVの4ユニットに、またアンジラ部層はI~IIIの3ユニットに細分される。この内、第2年次ボーリング調査により把握された地層は、下位のロライ部層ユニット-Iから上位のアンジラ部層ユニット-Iの範囲である。地層の構成岩石は主に石灰岩と頁岩で、この他、両者と泥灰質頁岩との互層が2種類分布する。これら4種の岩石は、0.2~10mの単層の厚さを呈し互層をなす。

(2) ボーリング調査実施範囲の地層は、スルマイ-I、III地区とも、緩く褶曲しながら60°~70°で西に傾斜する。また上記範囲中央部には、急傾斜で西に傾き、落差300~400mを呈す断層が分布する。

(3) 地表に分布する鉛-亜鉛酸化露頭の下部に対して実施された、MJP-1~6の6本のボーリングの内、MJP-1を除く5本でミンシッピーバレー型と考えられる、鉛-亜鉛硫化鉱よりなる鉱化帯を捕捉した。鉱化は、主に石灰岩を交代し鉱染状に分布する粉~粒状の閃亜鉛鉱及び方鉛鉱と、これらを切る菱鉄鉱及び方解石の脈~細脈から構成される。

(4) 鉛-亜鉛硫化鉱鉱化作用が胚胎する層準は、各ボーリングにおいて合致し、また地表の鉛-亜鉛酸化露頭の層準とも合致することから、同鉱化作用が層準規制されていることが明確である。ボーリングで把握された鉱化層準は、いずれもロライ部層ユニット-IIの中に分布し、上位からA、B、Cの3層準に区分される。

(5) 鉛-亜鉛硫化鉱の分布範囲は、地表下約100mにある地下水位面と、上記(2)の断層により制限される。

(6) スルマイ-Iにおいて把握された鉱化の内、有望な鉱化は、MJP-3号におけるA層準中の深度169.1~172.9m(地表下、約180m)に分布し、 $\text{Pb}+\text{Zn}$:5.11%を呈す。スルマイ-IIIにおいて把握された鉱化の内、有望な鉱化は、MJP-6号におけるA層準中の2箇所、深度168.5~172.4m、185.6~188.1m(地表下、約140m)に分布し、各々、 $\text{Pb}+\text{Zn}$:9.60%、 $\text{Pb}+\text{Zn}$:6.87%を呈す。

(7) スルマイ-I地区において、MJP-3号で把握された鉱化は、第1年次に実施された物理探査(IP、SIP)のC測線で検出されたPFE異常域に対応する。またスルマイ-III地区では、物理探査異常が明瞭には検出されていなかった位置でMJP-6により鉱化が把握された。この鉱化が物理探査で検出されなかった原因は、スルマイ-III地区における測点間隔(100m。スルマイ-I地区では50m。)が広すぎたためと推察される。

(8) スルマイ-I及びIIIとも、A層準中の鉱化は品位的に期待が持て、規模の面でも、着鉱位置の周辺に発展する可能性が強い。またB層準及びC層準中の鉱化は、規模が小さく連続性に安定を欠くが、部分的に高品位を呈すため探鉱を継続する価値はあると判断される。

1-3-2 第2年次調査の提言

1-3-2-1 スルマイ地区

(1) 第2年次に実施されたスルマイ-Iの主鉱体及びスルマイ-IIIの西鉱床の北部鉱体に対するボーリング調査により、地表に分布する鉛-亜鉛酸化鉱帯(ゴッサン)の下部で、鉛-亜鉛硫化鉱帯を把握した。第3年次調査では、これら硫化鉱帯の形態、鉱況、連続性を更に詳しく把握するため、本年次着鉱位置の周辺部に対してボーリング探鉱を実施すべきと考える。

1-4 第3年次調査の概要

1-4-1 調査地域

第3年次の調査範囲は、第1図に示されるとおりパキスタンの中央部から少し南に位置し、第1-1-1 図のとおり次の経緯点に囲まれた範囲である。

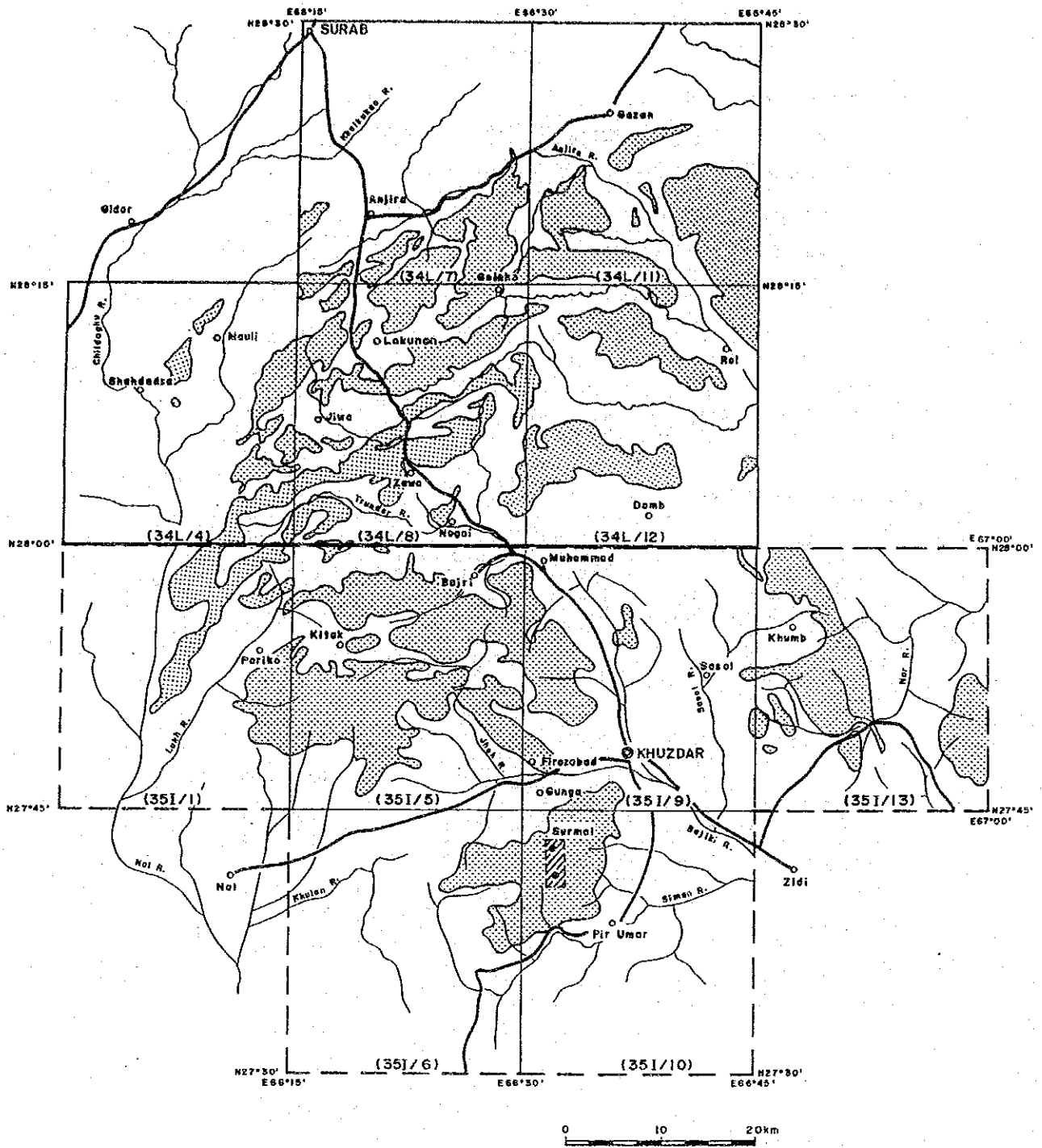
(1) スルマイ地区

北緯	27° 43' 17"	東経	66° 31' 26"
"	27° 43' 17"	"	66° 32' 41"
"	27° 40' 37"	"	66° 31' 38"
"	27° 40' 37"	"	66° 32' 51"

なお上記スルマイ地区の範囲はパキスタン国土地理院(The Survey of Pakistan)発行の縮尺1/50,000地形図、シートNo. 35-I/10に含まれる。

1-4-2 調査目的

第2年次に実施された、スルマイ-Iの主鉱体及びスルマイ-IIIの西鉱床北部鉱体に対するボーリング調査では、地表に分布する鉛-亜鉛酸化鉱帯(ゴッサン)の下部で、鉛-亜鉛硫化鉱帯を把握した。本年次のボーリング調査は、上記の着鉱の周辺部及びスルマイ-IIIの西鉱床と東鉱床の中間部の鉱床賦存状況を把握することを目的とする。また、同調査によりスルマイ地区における鉱化帯の地球化学的特性及び詳細な地質構造を解明することにより、鉱化帯の形成機構及び賦存状況を考察することを重点課題とする。



LEGEND

- Southern Khuzdar District
 - Northern Khuzdar District
 - Jurassic Limestone
 - Surnai Area
 - Drilling Site
- (35I/6) Topo. Sheet Number

第 I-1-1 圖 調查範圍圖

第2章 調査地域の地理

2-1 位置, 交通, 地形及び水系

クズダール地域はパキスタン西部、バルチスタン州のほぼ中央に位置する。南部クズダール地域の中央には人口約20,000人のクズダール町があり生活物資はここで調達出来る。

スルマイ地区はクズダール町の南西約15kmに位置し、同町からの車による所要時間は約45分である。州都クエッタはクズダールの北方約270km、カラチは南方約350kmにあり、両市までの車による所要時間は、各々5時間と7時間半である。また1988年よりカラチ～クズダール～クエッタ間の航空路が開設され、週3便の飛行機便がある。クズダールからカラチ及びクエッタへの直行便による所要時間は、各々1時間40分と1時間10分である。

クズダール地域平野部の標高は約1,200m、また地域内の最高峰の標高は2,100mである。同地域周辺の地質は主にジュラ系及び白亜系の石灰質堆積岩類から成り、それらの激しい褶曲、断層構造を反映し、地形は非常に急峻である。特にジュラ系石灰岩の上位に累重する白亜系の石灰岩は比高300～500mの山塊を形成する 경우가多く、その周縁部は急崖をなす。

クズダール地域周辺は、北から南に約300～400km流下しアラビア海に注ぐナル(Nal)、クア(Kua)、ハブ(Hab)、ゴジ(Goj)など数本の河川の最上流地域にあたる。同地域の東部はナル川の支流から形成される南北系の、また北～中央～西部にかけてはゴジ川の上流にあたるアンジラ川及びその支流から形成される東西系の水系に区分される。河川は通常、枯沢で、いわゆるワジの形態をなすが、降雨時には短時間で濁流となる。

言語はウルドゥ語と共に英語が公用語として使われている。山地住民は地方言語を話しウルドゥ語が通じない場合が多い。住民は敬けんなイスラム教徒で、純朴である。

2-2 気候及び植生

調査地域周辺の気候は、大きく4～10月の夏期と11～3月の冬期に区分される。気温は最夏期の5～8月には日中、日陰で40°Cを超え、直射日光下では50°Cに達する。また冬期の12～1月の最低気温は零下となる。6月中旬～8月中旬はモンスーン期で、しばしば強風を伴う豪雨が降るが、その他の時期には殆ど降雨が無い。年間降雨量は150mm程度、湿度は約50%である。調査地域周辺の気候に関する公式資料が得られないため、当地域の東方約150kmに位置し、その気候が似ていると思われるジャコババッド(Jacobabad)の気候資料を参考のため第1-2-1表に示した。調査地一帯は岩山～岩砂漠の様相を呈し、植生はワジ沿いに、まばらに生える小灌木と、平地～山肌のわずかな草のみである。

第I-2-1表 ジャコバッドにおける月平均気温及び月降雨量

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年
気温(°C)	14.9	18.3	24.2	30.3	34.7	37.0	35.0	33.6	31.9	27.9	22.0	16.8	27.2
降雨量(mm)	7.8	3.8	6.2	1.6	4.6	4.6	38.5	5.9	0.3	3.3	1.3	2.9	93.9

理科年表による。(統計期間;1951~1980年の平均)

第3章 一般地質

3-1 調査地域周辺の地質概要

3-1-1 パキスタンの地質概要

白亜紀後期に南の Gondwana 大陸から分離し北上を続けたインド亜大陸は新生代始新世にアジア大陸と衝突し、長大なヒマラヤ山脈で代表される褶曲帯とそれに平行に走る衝上断層帯の形成など地球の歴史上、最も激しい地殻変動を起こした。パキスタンの地質構造はこの地殻変動を明瞭に反映している。ヒマラヤ地方で東西に走る旧 2大陸間の断層、褶曲帯は、その西と東の端に当たるパキスタンのカシミールとインドのネファ地方とにおいて北へ突出する対曲(syntaxis)を形成しながら、いずれも南に向かって屈曲する。パキスタン西部を南下する西側の断層、褶曲帯はパキスタン中軸帯(Axial Belt)と称されるマージナル帯(Marginal Zone)と主褶曲帯(Major Fold Belt)に区分され、中軸帯はアラビア海を南北に走るトランスフォーム断層であるオーエン破砕帯(Owen Fracture Zone)に連続する。パキスタンの地質構造はこの中軸帯を境として東側がインド-パキスタンプレート、すなわちインド楯状地及びその上の大陸棚性堆積物の分布域、西側がルツ-アフガンブロック(Lut-Afgan Blocks)と称される主に第三紀のフリッシュ堆積物の分布域に区分される。

クズダール地域は、上記主褶曲帯中の南部に位置し中生代~第三紀の堆積岩及びオフィオライトから構成されるキルタール褶曲帯に含まれる。キルタール褶曲帯は南部のカラチ周辺から北端部のクズダール周辺まで南北方向の地質構造を呈しながら約 400km連続するが、クズダール周辺でその方向が急激かつ複雑に東西に変化するため、地質構造区分上クズダール周辺地域はクズダールノットと称される。

上記オフィオライト周辺の中生代炭酸塩岩には低温熱水による属準規制型と考えられる鉛-亜鉛-重晶石鉱床(ミシシッピーバレー型)が分布する。当地域周辺の地質、地質構造及びミシシッピーバレー型鉛-亜鉛-重晶石鉱床の分布を第I-3-1図に示した。

3-1-2 クズダール地域及びスルマイ地区の地質概要

(1) クズダール地域

クズダール地域の地質は主に石灰質堆積岩類から構成され、ジュラ系、白亜系及び第三系に大別される。ジュラ系は初～中期ジュラ紀とされるシリナブ層(Shirinab Formation)から成り、下位から石灰質砂岩を主とするスピングワ部層(Spingwar Member)、及び石灰岩と頁岩の互層を主とするロラライ部層(Loralai Member)、アンジラ部層(Anjira Member)の3部層に区分される。白亜系は下位から、初期の、石灰岩を伴うマールから成るゴルー層(Goru Formation)及びセンバー層(Sembar Formation)、後期の、チャートを伴う石灰岩から成るパール層(Parh Formation)及び砂岩から成るパブ砂岩層(Pab Sandstone)に区分される。また第三系は始新統とされる、基底部に砂岩を伴う石灰岩、頁岩から成るジャンプロ層群(Jamburo Group)である。この他、小範囲にオフィオライト帯の一部である、異地性の各種塩基性岩から構成されるメランジェ(Melange)の分布が見られる。クズダール地域周辺の地質層序を第I-3-2図に、また鉱徴地の分布を記入した南北クズダール地域の地質概略図を第I-3-3図に示した。

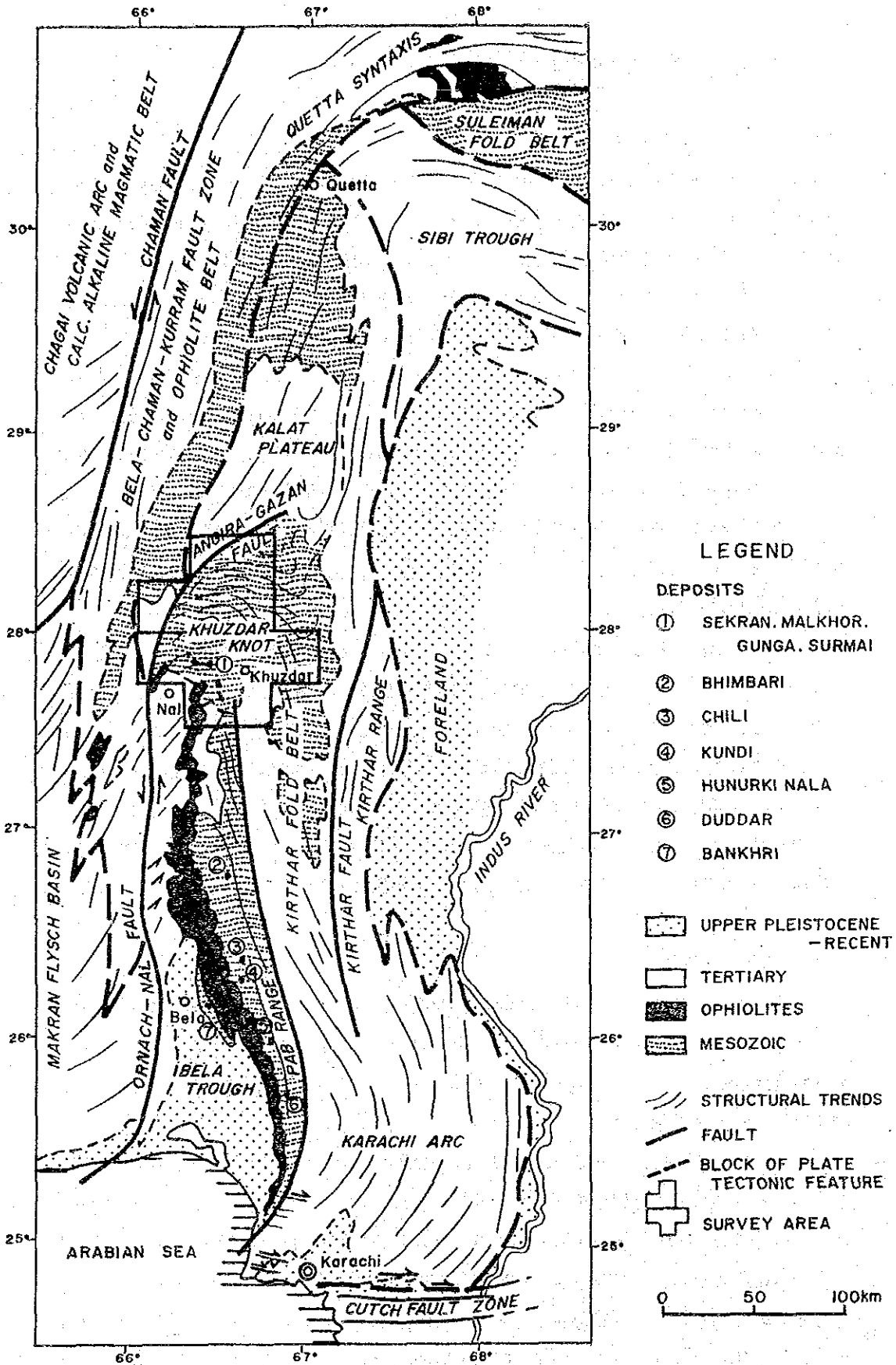
南北クズダール地域の地質は、クズダールノットの構造を反映し、南部クズダール地域の中央部を中心に、北へ突出した東西系の構造方向を呈す。調査対象とされたジュラ系シリナブ層は、南北クズダール地域内に、上記の構造方向に沿って大きくI～XIの11岩体に分かれ分布する。シリナブ層は局部的には激しい褶曲構造を呈すが岩体毎に見れば背斜構造をなして、中心部に、より下位の地層が露出する隆起部を形成している。

南北クズダール地域には8箇所のミシシッピバレー型鉛-亜鉛鉱床の鉱徴地が、上記の岩体-IVから岩体-IIにかけて、約25km連続する中約2kmの狭いゾーン(スルマイ～シュ克蘭ゾーン)中に分布する。

(2) スルマイ地区

スルマイ地区にはシリナブ層の3部層が分布する。本地区では地層構成の特徴からロラライ部層をI～IV、アンジラ部層をI～IIIのユニットに細分した。第I-3-4図に本地区の地質層序図を示した。また第I-3-5～I-3-7図にボーリング実施位置を入れた地質平面図及び地質断面図を示した。

スルマイ地区内には、南北4kmにわたって断続的にスルマイ-I、II、IIIの3箇所の鉱徴地が分布する。鉱徴は暗赤褐色を呈すゴッサンから成り、アンジラ-IIIを除くシリナブ層の全部層に胚胎する(第I-3-5～7図参照)。ゴッサンは主に褐鉄鉱から成る多孔質～塊状の酸化鉄から構成される。大規模なゴッサンの賦存形態は、層理に沿って母岩を交代し厚層状をなすものであり、ロラライ部層ユニット-IIの上部からユニット-IIIの下部にかけて胚胎する。大規模なゴッサンはスルマイ-I及びIII地区に分布する。スルマイ-II地区には多くの小規模なゴッサンが断層沿いに分布するが、いずれも発展は期待出来ない。




第I-3-1図 調査地域周辺の地質、地質構造及び
 ミシシッピーバレー型Pb, Zn, Ba鉱床分布図

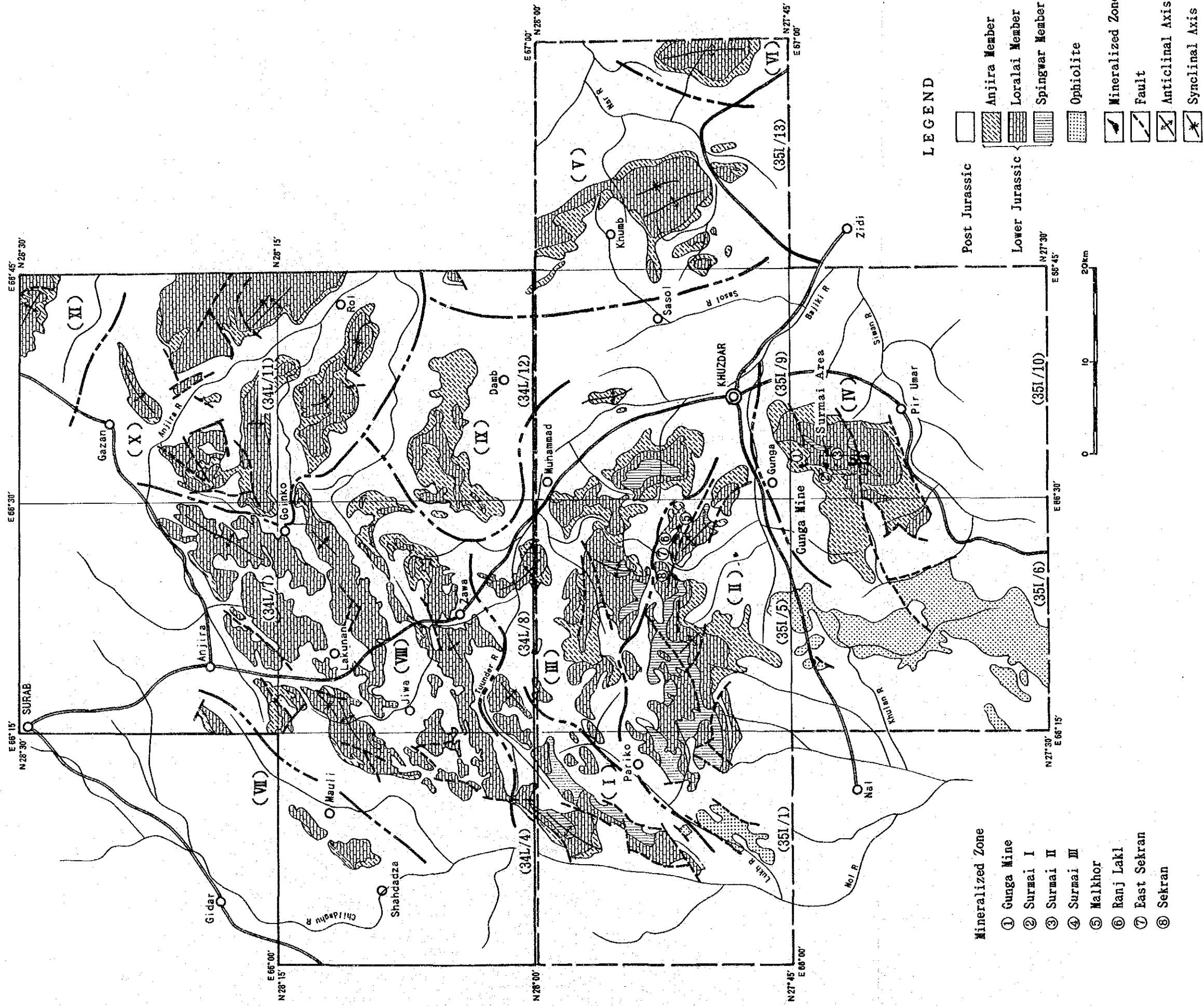
3-2 従来の調査

バルチスタン州に関する既存の統一的な地質図は、1961年にハンティング社(Hunting Survey Co., Ltd.)により作成された縮尺 1:253,440地質図 [Reconnaissance Geology of Part of West Pakistan、以下HSC(1961)と略称。]があり、ジュラ系の頁岩、砂岩を伴う石灰岩層はズィディ層(Zidi Formation)として一括された。

1977年、GSPはそれまでのデータを総括し、ジュラ系をジュラ紀初～中期に対比してシリナブ層とし、これを下位から、スピングワ、ロラライ及びアンジラの3部層に区分(Stratigraphy of Pakistan:GSP 1977)、その後これに基づきバルチスタン州の図幅調査を進めている。

第 I-3-2 図 クズダール地域周辺 地質層序図

Geologic age		Hunting Survey Corp. (1961)		Cooperative Exproation (1987)		Thick-ness	Lithology
Tertiary		Jamburo group		Jamburo group		+100	Ls, shale, ss
Cre-taceous	Late	Parh series	PabS. s.	Pab Sandstone		+490	Sandstone
			Parh group	Parh Limestone		+270	Ls, chert
	Early			Goru formation & Sembar formation		+540	Marl, ls
Jura-ssic	Late	Zidi formation					
	Mid		Shirinab formation	Anjira member		+290	Ls, shale
	Early			Loralai member		+380	Ls, shale
				Spingwar member		+240	Ss, shale, ls



第 I-3-3 図 クズダール地域地質概略図

Geologic age	Group			Lithology	Thickness (m)	Columnar Section	Mineralization	
	Formation	Member	Unit					
Quaternary			Stream bed deposits	Boulder, cobble, pebble, sand, silt.				
			Alluvial deposits	Sand, silt, clay, detritus.				
			Terrace deposits	Boulder, pebble sand, silt clay				
	Unconformity							
Early Jurassic	Shirinab	Anjira	III	Limestone, thick bedded	+50		Gu	
			II	Interbedded limestone and shale, contains ammonites.	100~ 180		S II	
			I	Interbedded limestone and shale. Limestone thin to thick bedded contains ammonite.	30 50			
		Loralai	IV	Limestone grey, thick to massive, mottled with a zone of thin interbedded limestone and shale.	80 100			
			III	Limestone and shale interbedded.	100			
			II	Limestone dark grey, thin to med bedded, mottled, fossiliferous.	150		S III	
			I	Limestone with very minor shale. Limestone grey thick to massive with some oolitic bed.	100 120			
		Spingwar		I	Interbedded limestone and shale with minor marl. Limestone grey, thin bedded, mottled and oolitic occasionally. Shale of black colour.	100 150		
					Interbedded sandstone and shale.	+200		S I

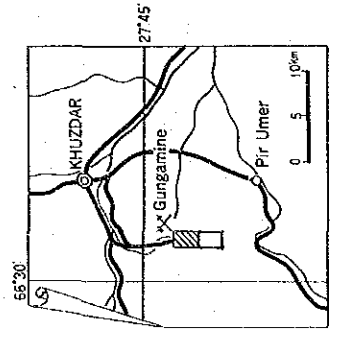
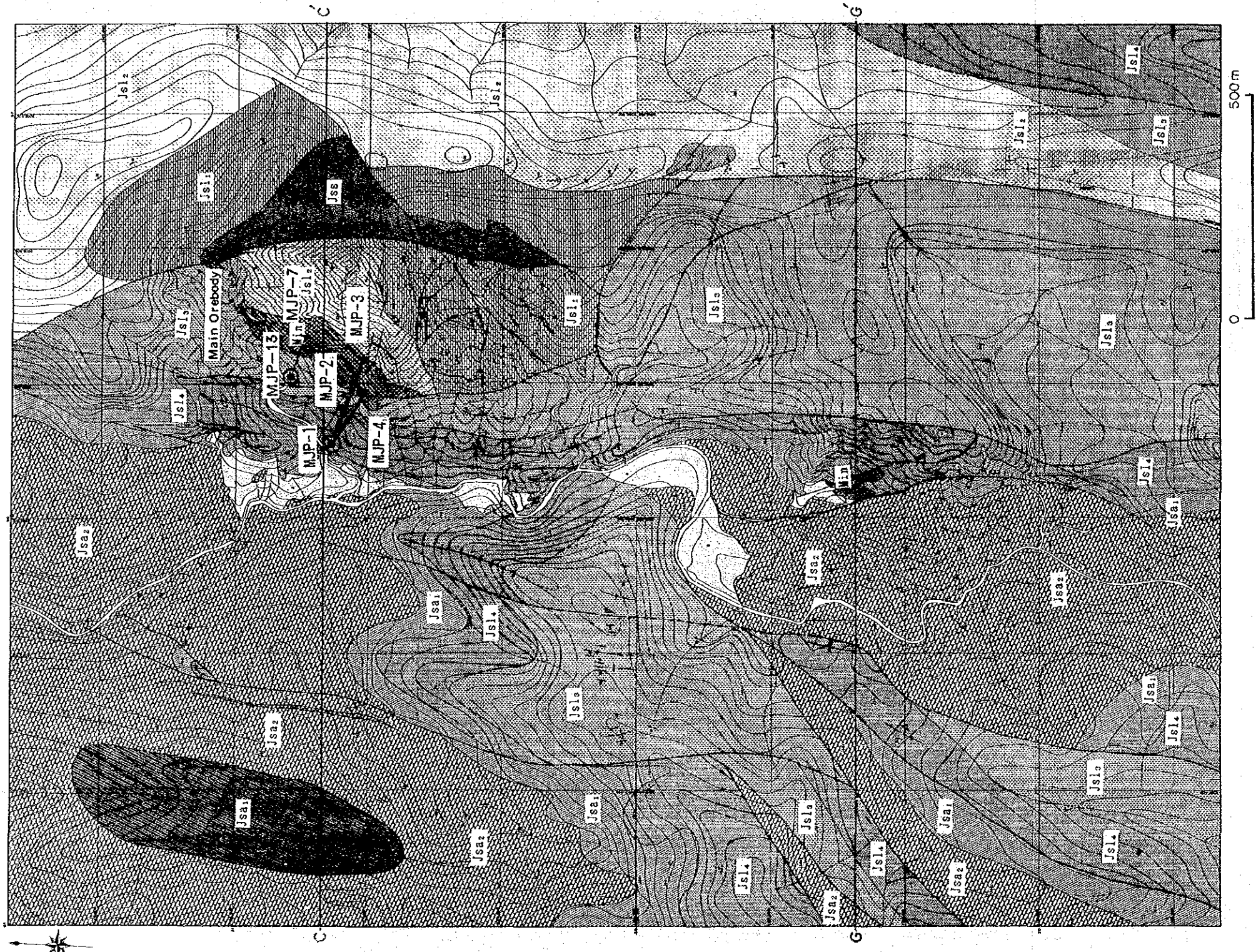
Note Gu:Gunga, S I :Surmai-I, S II :Surmai-II, S III :Surmai-III

Mineralization

| : Large bedded type mineralization.

: Small mineralization in faults, fractures, joints and bedding planes.

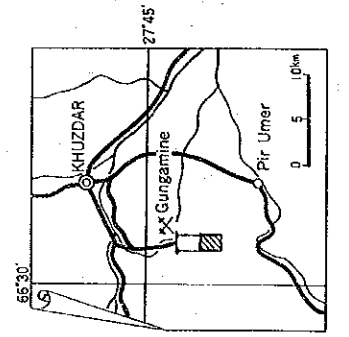
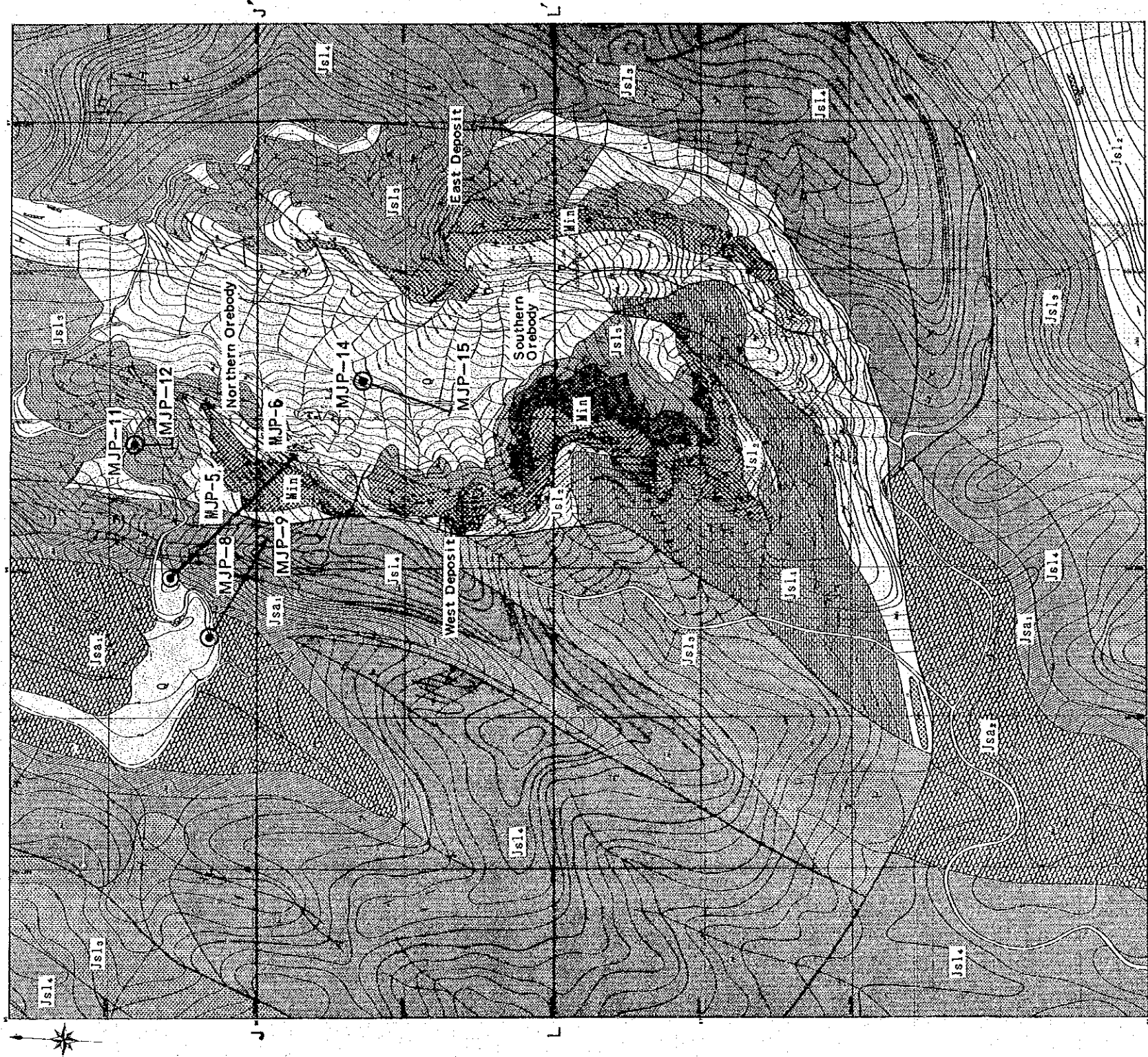
第 I -3-4 図 スルマイ地区地質層序図



- LEGEND**
- | | | | |
|--|-------------------------|--|------------------|
| | Q Alluvium | | Dip (Normal) |
| | Jsa3 Anjira Member-III | | Dip (Overturned) |
| | Jsa2 Anjira Member-II | | Anticline |
| | Jsa1 Anjira Member-I | | Syncline |
| | Jsl4 Loralai Member-IV | | Fault |
| | Jsl3 Loralai Member-III | | Bedding traces |
| | Jsl2 Loralai Member-II | | Profile line |
| | Jsl1 Loralai Member-I | | Drilling site |
| | Jss Spingwar Member | | |
| | Min Mineralization | | |

LOWER JURASSIC
Shirinab Formation

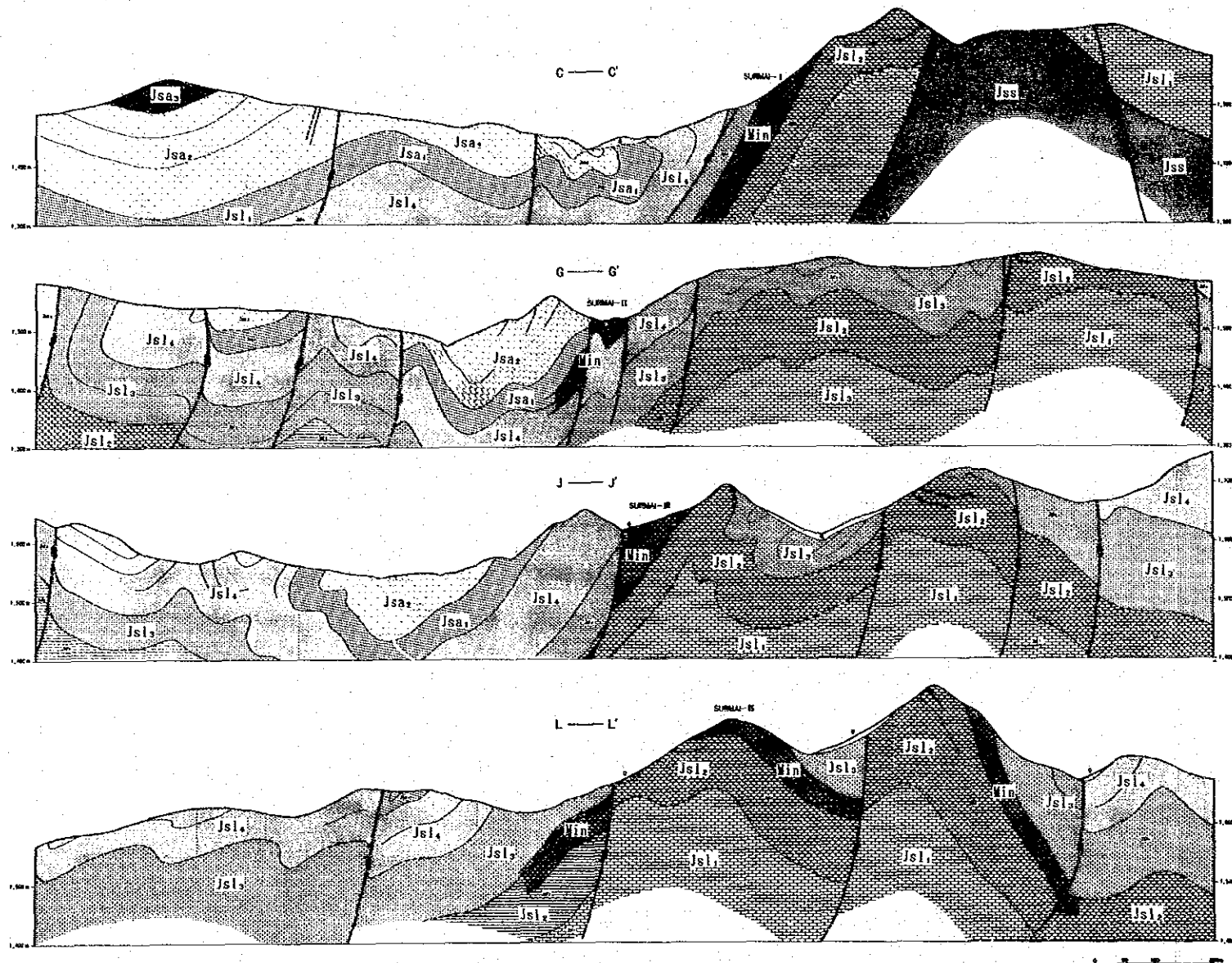
第I-3-5 図 スルマイ-I, II 地質及びボーリング位置図



- LEGEND**
- | | | | |
|--|-------------------------|--|------------------|
| | Q Alluvium | | Dip (Normal) |
| | Jsa3 Anjira Member-III | | Dip (Overturned) |
| | Jsa2 Anjira Member-II | | Anticline |
| | Jsa1 Anjira Member-I | | Syncline |
| | Jsl4 Loralai Member-W | | Fault |
| | Jsl3 Loralai Member-III | | Bedding traces |
| | Jsl2 Loralai Member-II | | Profile line |
| | Jsl1 Loralai Member-I | | Drilling site |
| | Jss Spingwar Member | | |
| | Min Mineralization | | |

LOWER JURASSIC
Shirinab Formation

第I-3-6図 スルマイ-III, 地質及びボーリング位置図



LEGEND

- LOWER JURASSIC
Shirinab Formation
- Q Alluvium
 - Jsa₃ Anjira Member-III
 - Jsa₂ Anjira Member-II
 - Jsa₁ Anjira Member-I
 - Jsl₄ Loralai Member-IV
 - Jsl₃ Loralai Member-III
 - Jsl₂ Loralai Member-II
 - Jsl₁ Loralai Member-I
 - Jss Spingwar Member
 - Min Mineralization
- Fault
 - - - Bedding traces
 — Profile line

第1-3-7図 スルマイ地区地質断面図

第4章 調査結果の総合検討

4-1 地質構造、鉍化作用の特性と鉍化規制について

第1年次地表調査の結果、スルマイ地区における鉍化作用の形態は、ほぼ層理に沿って母岩を交代した層状鉍床と、断層や割れ目に胚胎する鉍床とで構成され、連続性及び品位の面で有望な鉍化は前者であること、また前者の大規模なものは、スルマイ-I及びⅢ鉍徴地のロラライ部層ユニット-II～Ⅲに発達し、小規模な後者を伴うことが判明した。第2、3年次にスルマイ-I及びⅢ鉍徴地で実施されたボーリング調査で把握された鉍化層準は、いずれも地表に分布する層状鉍床のゴッサンの層準とほぼ合致した。すなわち、地表ゴッサンは層準規制をうけて形成された、初生の硫化鉍が酸化され形成されたという第1年次における推察は正しいと判断される。

これまでのボーリング掘進時の逸水箇所分布、及び石灰岩に見られる赤鉄鉍化の分布から、スルマイ地区の地下水位面は地表から約100mのレベルにあると推察される。またMJP-7号で酸化鉍から硫化鉍への漸移帯が把握されたことから、それらの境界面は、地下水位面より浅く地表下約50m付近にあると判断される。

スルマイ地区の中央部には全域を南北に走る、落差300～400mで西傾斜の正断層が分布し鉍化層準を切っている。これまでのスルマイ-I主鉍体及びスルマイ-Ⅲ北部鉍体に対するボーリング調査では、鉍化はいずれもこの断層の下盤側で把握されており、上盤側で実施されたボーリングの内、最も深く掘進されたMJP-10号(-90°, 500m)でも鉍化を把握出来なかった。またスルマイ-Ⅲ西鉍床～東鉍床中間地区では、南北及び東西の走向を呈す数本の断層により鉍化帯が分断されていることが判明した。

上記のように鉍化帯の分布範囲は層準規制されると共に、断層により分布範囲を制限されている。

スルマイ地区鉛-亜鉛鉍床の鉍化作用は一般的なミシシッピーバレー型鉛-亜鉛鉍床の特徴と大部分の点で合致する。両者の相違点としては、その色調から閃亜鉛鉍のFe含有量が比較的多いと考えられることなどがあるが、特に銀品位が一般的なミシシッピーバレー型鉛-亜鉛鉍床の値(1～3g/t)に比べ高いことが挙げられる。すなわち鉍量計算全範囲の平均銀品位は7.4g/t、小鉍画の平均品位は23.4g/t、またこれまでの分析値の最高値は670g/tである。今回ボーリングコアより採取した30個の鉍石試料研磨片の顕微鏡観察を詳細に行った結果、21個の試料でエレクトラムの存在が確認あるいは推定されると共に、その内1個で金粒が確認された。また5個の試料でPb-Bi、Pb-Sb系銀鉍物の存在が推定された。すなわちスルマイ地区の鉛-亜鉛鉍化作用に伴う銀品位は大部分エレクトラムに因すること、また鉍石に金が含有されている可能性が高いことが推察される。なおスルマイ地区エレクトラム

中の金-銀含有比は、その色調から1:5~10程度と推定される。

北米のミシシッピーバレー型鉛-亜鉛鉱床は、一般に大規模坑内採掘(柱房式採掘法)により30~50t/人・方の高能率で採掘されており、その平均的な粗鉱品位はPb+Znで約10%を示している。通常、ある鉱床の鉱量・品位の評価については、予想される鉱山操業形態、金属単価など多要素により決定されるカットオフ品位に基づいてなされる。スルマイ地区におけるカットオフ品位が算出されていないため確実なことは言えないが、総埋蔵鉱量30,513千トン(Pb:0.66%, Zn:2.13%, Ag:7.4g/t)及び小鉱画の合計埋蔵鉱量(硫化鉱)870千トン(Pb:2.03%, Zn:6.51%, Ag:23.4g/t)の鉱量及び品位は、現状では採算性が低いと判断される。

今回の鉱量計算における鉱画の設定について、大鉱画は着鉱部の連続性を重視し低品位部を含む広い範囲に設定した。今後、これまでのボーリングの中間部にボーリング調査が追加されれば、低品位部を除く着鉱部の連続性が明らかとなり、より高い品位で正確な鉱量の鉱画を設定することが可能である。また小鉱画についてもボーリング調査が追加されれば、その設定数が増加すると共に、より正確な鉱量を把握することが可能である。

4-2 物理探査異常と鉱化作用との関係について

第1年次に実施された物理探査(IP/SIP法)により把握された異常域の位置と、今年次ボーリング調査により把握された鉱化帯の位置は、比較的良く合致することが判明した。ボーリングコアの物性測定データを用いたモデルシミュレーションによる再解析が実施されれば、より精度の向上が図れると予想されることから、ミシシッピーバレー型の鉛-亜鉛鉱床に対する探鉱方法として、IP/SIP法が有効な手段であると判断される。

4-3 鉱床賦存のポテンシャルについて

これまでボーリング調査が実施された3地区の内、スルマイ-I主鉱体についてはその西及び東側に分布する断層により鉱床賦存範囲が制限されており、鉱画設定範囲外に鉱床が発展する可能性は低い。スルマイ-III北部鉱体地区については、鉱画設定範囲の北方に鉱床が緩い傾斜で伸びている可能性があり、更に北方のスルマイ-II鉱徴地東方のロライ部層ユニット-IIIが分布する広い地区が新たな探鉱余地として挙げられる。なおこの地区は第1年次に実施された物理探査の範囲外である。スルマイ-III西鉱床~東鉱床中間地区については、鉱床が断層により分断されている可能性が強いが、比較的高い品位を示し着鉱部のまとまりが良いこと、断層中に高品位の鉱石礫が含まれること、また今回鉱画が設定された部分以外の範囲が広いことなどから、有望な探鉱余地と判断される。

スルマイ-III東鉱床はゴッサンの規模が大きく、また連続性が良いこと及び深部への発展も予想されることから、これまでも最も有望な探鉱余地として挙げられてきた。今年次

のボーリング調査で、隣接する西鉱床～東鉱床中間地区において、比較的高品位の着鉱が得られたことにより更に有望性が増した。

すなわち、今後の探鉱対象となる、有望鉱床賦存のポテンシャルが高い地区はスルマイ-Ⅲ東鉱床地区、スルマイ-Ⅲ西鉱床～東鉱床中間地区及びスルマイ-Ⅱ東方地区の3地区である。

第5章 結論及び提言

5-1 結論

(1) 第3年次ボーリング調査により把握された地層は、下部のロライ部層ユニット-Iから上部のアンジラ部層ユニット-IIまでの範囲である。地層の構成岩石は主に石灰岩と頁岩で、0.2～10mの単層の厚さを呈し互層をなす。調査地区の地質は緩急の褶曲及び大小の断層を伴い、複雑な構造を呈す。

(2) 今年次に実施された9本のボーリングの内、8本で鉛-亜鉛硫化鉱よりなる鉱化帯を捕捉した。鉱化層準は上位からA, B, Cの3層準に区分され、いずれもロライ部層ユニット-II～Ⅲの中に賦存する。鉱化帯はこれらの層準内に多少位置を変えながら分布する。鉱化帯の内、規模及び品位の面で有望と判断されるものはA層準中の鉱化である。

(3) 鉱化は、主に石灰岩を交代し鉱染状に分布する粉～粒状の閃亜鉛鉱及び方鉛鉱と、これらを切る菱鉄鉱及び方解石の脈～細脈から構成され、黄鉄鉱及び微量の黄銅鉱を伴う。鉱石試料に対する顕微鏡観察では、上記各鉱物の他、鉛-亜鉛炭酸塩鉱物及びエレクトラムの存在を確認すると共に、Pb-Bi及びPb-Sb系銀鉱物の存在が推定された。

(4) スルマイ地区の地下水位面は地表から約100mのレベルにあると推察される。また、酸化鉱と硫化鉱の境界面は、地表下約50m付近にあると判断される。

(5) 今年次ボーリング調査で把握された鉱化帯の位置は、測点間隔が広すぎる場合を除き、第1年次に実施された物理探査(IP, SIP)のPFE異常域に合致する。

(6) これまでの調査結果を使用し、スルマイ-I 鉱床主鉱体、スルマイ-Ⅲ西鉱床北部鉱体及び西鉱床～東鉱床中間鉱体に鉱画を設定し埋蔵鉱量を計算した。これらの鉱量は予想鉱量と判断される。鉱量計算の結果、総鉱量30,513千t(Pb:0.66%, Zn:2.13%, Ag:7.4g/t)、内、硫化鉱:22,700千t、酸化鉱:7,813千tが計上された。上記鉱量の内、小鉱画の合計鉱量(硫化鉱)は、870千t(Pb:2.03%, Zn:6.51%, Ag:23.4g/t)である。これらの鉱量及び品位は現状では採算性が低いと判断される。

(7) 今後の探鉱対象となる、有望鉱床賦存のポテンシャルが高い地区はスルマイ-Ⅲ東鉱床地区、スルマイ-Ⅲ西鉱床～東鉱床中間地区及びスルマイ-Ⅱ東方地区の3地区である。

5-2 将来への提言

将来の調査では、鉱化帯の形態、鉱況、連続性及び発展性を更に詳しく把握するため、鉱画設定地区にボーリング探鉱を継続すると共に、有望鉱床賦存のポテンシャルが高い上記3地区に対し、ボーリング調査を主体とした探鉱を実施することが望まれる。また、探鉱対象成分として金を加えるべきと考える。

第Ⅱ部 各論

第 II 部 各 論

第 1 章 ボーリング調査

1-1 調査経緯及び孔別位置、方向、掘進長

スルマイ地区の鉍徴は古くから知られていたが、本格的な調査は1984~1985年に実施されたGSPによる図幅調査(未公刊)をきっかけに開始された。本地区にはミシシッピーバレー型と考えられる鉛-亜鉛の鉍徴地(ゴッサン)が南北の方向に断続的に3箇所分布し、北からスルマイ-I、II及びIIIと呼称される。

第1年次調査では各鉍徴地の中間及び周辺部を含む東西2km、南北5kmの範囲に対し、縮尺1:2,000での地質鉍床調査を行うとともに地化学探査及び物理探査を実施した。この結果スルマイ-I及びIIIの下部に対するボーリング探鉍が提言され、これに基づき第2年次調査としてスルマイ-I及びIII地区に設けられた各1基地から、計6孔(MJP-1~6、2,255.8m)のボーリング調査が実施された。

第3年次調査では第2年次の提言に基づき、スルマイ-I地区で1箇所、スルマイ-III地区で3箇所設けられた計4基地から、計9孔のボーリングが実施された。各孔毎の位置、方向及び掘進長を第II-1-1表に示す。また各孔の位置を第II-1-1図及び第II-1-2図に示す。なお各孔の掘進は、スルマイ-IIIに対するMJP-9、8号、スルマイ-Iに対するMJP-7、13号、スルマイ-IIIに対するMJP-15、14、12、11、10号の順で実施された。

コアの調査は、柱状図を縮尺1:200で作成すると共に、全コアのカラー写真撮影を実施した。解析にあたっては着鉍部の鉍石成分分析、鉍石研磨片及び岩石薄片の観察など室内試験の結果を活用した。

第II-1-1表 孔別位置、方向及び掘進長

Drill No.	Area, Coordinates(X, Y), Altitude(H)				Direction	Angle	Length
	Area	X	Y	H	from T. N.		
MJP- 7	Surmai-I	2, 008, 315	1, 125, 475	1, 477	108°	-50°	150.5
MJP-13	ditto	ditto	ditto	ditto	-	-90°	351.0
MJP- 8	Surmai-III	2, 007, 858	1, 123, 002	1, 542	121°	-70°	401.0
MJP- 9	ditto	ditto	ditto	ditto	121°	-40°	301.0
MJP-10	ditto	ditto	ditto	ditto	-	-90°	500.3
MJP-11	ditto	2, 008, 247	1, 123, 150	1, 567	-	-90°	251.0
MJP-12	ditto	ditto	ditto	ditto	180°	-60°	151.0
MJP-14	ditto	2, 008, 382	1, 122, 689	1, 641	-	-90°	351.0
MJP-15	ditto	ditto	ditto	ditto	200°	-50°	300.2
Total							2, 757.0

1-2 地区別調査目的

(1) スルマイ-I

第1年次地質調査の結果、スルマイ-I主鉱体は地表ゴッサンの鉱況が優勢で、その下部にミシシッピーバレー型、鉛-亜鉛硫化鉱床の賦存が予想された。また物理探査の結果でも同鉱体の下部に硫化鉱床に基づくと考えられるAランクの示徴が得られた。

第2年次には主鉱体下部における硫化鉱床賦存の確認、その連続性、鉱況の把握及び地質構造を明らかにすることを目的として4本のボーリング(MJP-1~4)が実施され、地表下約180mの位置に鉛-亜鉛硫化鉱を把握した。

本年次には上記鉱体北部の下部における硫化鉱床賦存の確認、その連続性、鉱況の把握及び地質構造を明らかにすることを目的として2本のボーリング(MJP-7,13)が実施された。

(2) スルマイ-III

第1年次地質調査の結果、スルマイ-III西鉱床最北部の鉱体は地表ゴッサンの鉱況が優勢で、その下部にミシシッピーバレー型、鉛-亜鉛硫化鉱床の賦存が予想された。また物理探査の結果でも同鉱体の下部に硫化鉱床に基づくと考えられるAランクの示徴が得られた。

第2年次には同鉱体下部における硫化鉱床賦存の確認、その連続性、鉱況の把握及び地質構造を明らかにすることを目的として2本(MJP-5~6)のボーリングが実施され地表下約

140mの位置に鉛-亜鉛硫化鉱を把握した。

本年次には上記着鉱部の北部延長部に対して2本(MJP-11~12)、南部延長部に対して3本(MJP-8~10)、計5本のボーリングが実施された。また西鉱床と東鉱床の中間部に対し2本(MJP-14~15)のボーリングが実施された。これらのボーリングは、いずれも、その対象とする位置における硫化鉱床賦存の確認、その連続性、鉱況の把握及び地質構造を明らかにすることを目的としている。

1-3 地質及び鉱化作用

1-3-1 地質概要

スルマイ地区にはシリナブ層の3部層が分布する。スピングワ部層は北西部の小範囲に、アンジラ部層は西半部の北から南へ3箇所に分かれて分布し、その他の範囲にはロライ部層が分布する。本地区では地層構成の特徴からロライ部層をI~IV、アンジラ部層をI~IIIのユニットに細分した。本地区は南北方向の軸を持つ背斜の西翼部にあたり大きくは西落としの構造をとるが、部分的に激しい褶曲構造が見られる。特にスルマイ-III地区には、南北に伸びる2本の背斜構造が分布し、複雑な構造をなす(第I-3-4~7図参照)。

1-3-2 鉱化作用

スルマイ地区内には、南北4kmにわたって断続的にスルマイ-I、II、IIIの3箇所の鉱徴地が分布する。鉱徴は暗赤褐色を呈すゴッサンから成り、アンジラ-IIIを除くシリナブ層の全部層に胚胎する(第I-3-5~7図参照)。ゴッサンは鉱化溶液による交代作用により形成された初生の鉛-亜鉛硫化鉱床が風化し、酸化露頭となったものと考えられ、主に褐鉄鉱から成る多孔質~塊状の酸化鉱から構成される。大規模なゴッサンの賦存形態は、層理に沿って母岩を交代し厚層状をなすものであり、ロライ部層ユニット-IIの上部からユニット-IIIの下部にかけて胚胎する。大規模なゴッサンはスルマイ-I及びIII地区に分布する。スルマイ-II地区には多くの小規模なゴッサンが断層沿いに分布するが、いずれも発展は期待出来ない。

スルマイ-I鉱徴地のゴッサンは南北900m、東西300mの範囲に分布する。鉱徴地北半部には主鉱体のゴッサンが南北450m、東西60~80mの範囲に分布し、その走向及び傾斜は母岩と同様にN30°E、50~70°Wを示す。鉱徴地南半部には母岩の割れ目、層理及び小断層に沿って多くの小規模なゴッサンが発達するが、いずれも発展性がない。

スルマイ-III鉱徴地のゴッサンは南北1.5km、東西0.7kmの範囲に分布し、西鉱床及び東鉱床に区分される。西鉱床は走向延長1.5km、厚さ50~60mの規模を呈し北部鉱体と南部

鉱体に区分される。北部鉱体は西側背斜の西翼に位置し、傾斜40~60°W、厚さ60~70m、走向延長400mの規模を呈す。南部鉱体の大部分は同背斜の東翼に位置し広い分布範囲を示すが、まとまりが悪く品位も低い。東鉱床は東側背斜の東翼に位置し、傾斜50~80°E、走向延長1.1km、厚さ30~50mの規模を呈す。両鉱床は当鉱徴地中央部の第四紀層に覆われた部分で、母岩と同じ向斜構造をとりながら連続していると予想される。

ゴッサンの構成鉱物は、肉眼観察では褐鉄鉱、方解石、菱鉄鉱及び珪化石英は一般的に見られ、白鉄鉱、黄鉄鉱、方鉛鉱は微量、その他、菱亜鉛鉱の可能性のある白色粉が小晶洞に見られた。また閃亜鉛鉱は発見出来なかった。第2年次に実施されたX線回折では菱亜鉛鉱を除く上記各鉱物の他、赤鉄鉱、苦灰石及び異極鉱が少量~微量検出された。

1-4 ボーリング工法、使用機材及び作業形態

1-4-1 工法

礫を含む表土部(層厚1.10~11.5m)については、HXシングルビット(φ114.3mm)により普通工法で掘進し、HXケーシングメタルシューで拡掘の後、HXケーシングを挿入設置した。岩盤に移行した後は、NQ(φ79mm)およびBQ(φ62mm)のオーバーサイズビットを用いたワイヤーライン工法とした。岩石は主として石灰岩及び頁岩で、特に石灰岩は亀裂及び割れ目が発達しており、しばしば逸水を伴った。浅部の逸水についてはケーシングパイプによる拡掘延長をおこない、その後はテルストップおよびセメントミルク等を圧入して逸水防止に努めた。

1-4-2 使用機材

試錐機はLongyear社のL-38を使用した。試錐機、ポンプなど使用機械の形式、仕様は巻末資料-1に示した。またダイヤモンドビット使用状況を巻末資料-2に、消耗品の使用明細を巻末資料-3に示した。

1-4-3 作業形態

(1) 作業形態

設営、移転、撤去作業は1日1方、掘進作業は1方8時間の3交代制で実施した。掘進作業の1方構成人員は、日本側技術者1名、パキスタン人作業員3名の計4名で編成した。日本側、パキスタン側調査団ともクズダール町に家を借り上げてキャンプとして使用し、試錐現場までジープで通勤した。

(2) 機材運搬

第2年次工事終了後スルマイ-Ⅲ現場に保管していた主要機械類は、トラック及びトラクターで今年次の現場へ運搬した。日本から海上輸送された、ベントナイトその他の補充

資材は、カラチに陸揚げの後、トラックで運搬しクズダールに借り上げたストックヤードにて開梱、保管した。

(3) 用水

試錐用水はグンガ周辺の川から採水し、試錐現場まで6~10kmをトラックで運搬した。

(4) 撤収

調査終了後、全資機材をトラックでクズダールのストックヤードまで運搬し、日本へ返送する機材類の梱包作業を行った。梱包された機材類はカラチまでトラックで運搬し、輸出手続きの後、日本へ海上輸送した。コアはGSPによりクエッタ及びカラチの倉庫に保管された。

1-5 掘進状況

各孔毎の掘進状況は下記のとおりである。なお作業時間総括表を巻末資料-4、掘進作業実績表を巻末資料-5、掘進成績総括表を巻末資料-6、また掘進工程図を巻末資料-7に示した。

(1) MJP-7号

表土および風化岩を、HXダイヤモンドビットでベントナイト泥水を使用し深度3.10mまで掘進、HXケーシングメタルシューで3.10mまで拡張した後、HXケーシングパイプを挿入設置した。その後は、NQワイヤーライン工法で、ベントナイト泥水およびマッドオイルを使用して掘進した。浅部の石灰岩は頻繁に全量逸水を伴うので、3~6m掘進毎に、NXケーシングダイヤシューで拡張延長を行い、NXケーシングパイプを40.10mに設置した。以降の逸水に際してはテルストップおよびセメントミルクを圧入して逸水防止をおこない、150.50mまで掘進した。

(2) MJP-8号

表土および風化岩を、HXダイヤモンドビットで、ベントナイト泥水を使用し深度9.10mまで掘進、HXケーシングメタルシューで6.10mまで拡張の後、HXケーシングパイプを挿入設置した。その後は、NQワイヤーライン工法で、ベントナイト泥水およびマッドオイルを使用して掘進した。NXケーシングダイヤシューによる拡張延長は掘進と併行しておこない、38.10mにNXケーシングパイプを挿入設置した。その後、240.40mまで掘進しBXケーシングパイプを挿入設置した。以降は、BQワイヤーライン工法で、ベントナイト泥水およびマッドオイルを使用して401.00mまで掘進した。なお石灰岩層の掘進に際しては、しばしば全量逸水し、その都度テルストップおよびセメントミルクを圧入して逸水防止に努めた。

(3) MJP-9号

表土および風化岩を、HXダイヤモンドビットで、ベントナイト泥水を使用し深度12.00mまで掘進、HXケーシングメタルシューで10.00mまで掘削した後、HXケーシングパイプを挿入設置した。その後は、NQワイヤーライン工法で、ベントナイト泥水およびマッドオイルを使用して掘進、NXケーシングダイヤシューによる掘削延長は掘進と併行しておこない、24.10mにNXケーシングパイプを挿入設置した。以降の掘進に際しては、頻りに逸水層に達し、その都度逸水防止に努めたが深度90.70mでの逸水は岩石の割れ目が大きく、ミルク状の逸水防止剤は、すべて流出した。このためセメント団子をビニール袋に包み、割れ目部に投入しロッドで突き固め、硬化後に掘削洗滌する作業を繰り返しおこなったが効果がなく、以降は逸水掘りを実施したが用水運搬が間に合わないため、99.10mまで掘進した後、BXケーシングパイプを挿入設置した。その後、BQワイヤーライン工法で、ベントナイト泥水およびマッドオイルを使用して掘進したが、深度106.90mおよび110.90mでの逸水が止まらないため、BXケーシングダイヤシューで掘削、延長し111.10mに設置した。以降の掘進中もしばしば全量逸水したが、その都度逸水防止に努めて301.00mまで掘進した。

(4) MJP-10号

表土および風化岩を、HXダイヤモンドビットで、ベントナイト泥水を使用し深度10.10mまで掘進、HXケーシングメタルシューで9.10mまで掘削した後、HXケーシングパイプを挿入設置した。その後は、NQワイヤーライン工法で、ベントナイト泥水およびマッドオイルを使用して掘進、これと併行してNXケーシングダイヤシューによる掘削延長をおこない、48.10mにNXケーシングパイプを設置した。その後は逸水防止に努めつつ298.00mまで掘進し、BXケーシングパイプを挿入設置した。以降はBQワイヤーライン工法で、ベントナイト泥水およびマッドオイルを使用して500.30mまで掘進した。

(5) MJP-11号

表土および風化岩を、HXダイヤモンドビットで、ベントナイト泥水を使用し深度4.10mまで掘進、HXケーシングメタルシューで3.10mまで掘削した後、HXケーシングパイプを挿入設置した。その後は、NQワイヤーライン工法で、ベントナイト泥水およびマッドオイルを使用して掘進し、これと併行してNXケーシングダイヤシューによる掘削延長を行い、24.10mに設置した。その後、150.10mまで掘進した後、BXケーシングパイプを挿入設置した。以降はBQワイヤーライン工法で、ベントナイト泥水およびマッドオイルを使用し251.00mまで掘進した。なお、石灰岩の掘進に際しては、しばしば全量逸水を伴ったが、その都度テルストップおよびセメントミルクの圧入をおこなって逸水防止につとめた。

(6) MJP-12号

表土および風化岩を、HXダイヤモンドビットで、ベントナイト泥水を使用し深度3.10mまで掘進、HXシングメタルシューで掘削して1.60mに設置した。その後は、NQワイヤーライン工法で、ベントナイト泥水およびマッドオイルを使用して掘進、NXケーシングダイヤシューによる掘削延長は掘進と併行しておこない、27.10mにNXケーシングパイプを設置した。その後、39.10mまで掘進した時点(6月7日2の方)に豪雨があり、河川の増水により泥水バックが流出すると共に現場敷地の一部が決壊した。このため櫓後部の基礎が不安定となり、掘進を一時中断して櫓の組み替え作業を実施した。その後掘進を再開し逸水防止に努めつつ151.00mまで掘進した。

(7) MJP-13号

表土および風化岩を、HXダイヤモンドビットで、ベントナイト泥水を使用し深度4.10mまで掘進、HXケーシングメタルシューで3.10mまで掘削した後、HXケーシングパイプを設置した。その後は、NQワイヤーライン工法で、ベントナイト泥水を使用して掘進、NXケーシングダイヤシューによる掘削延長を掘進と併行して行い、63.10mに設置した。その後、逸水防止に努めつつ210.40mまで掘進し、BXケーシングパイプを挿入設置した。以降はBQワイヤーライン工法で、ベントナイト泥水およびマッドオイルを使用して351.00mまで掘進した。

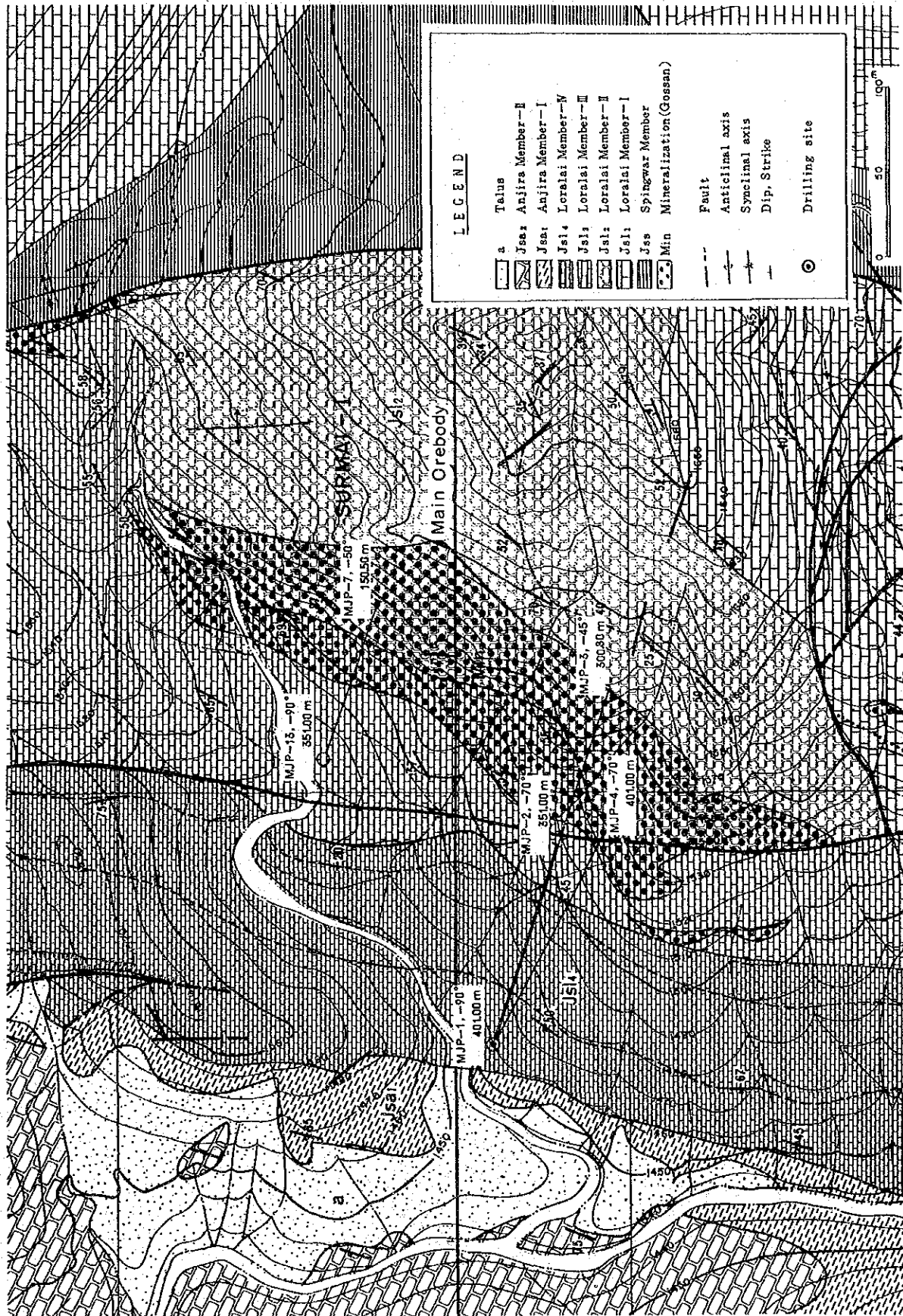
(8) MJP-14号

表土および風化岩を、HXダイヤモンドビットで、ベントナイト泥水を使用し深度6.10mまで掘進、HXケーシングメタルシューで5.10mまで掘削した後、HXケーシングパイプを設置した。その後は、NQワイヤーライン工法で、ベントナイト泥水およびマッドオイルを使用して掘進、NXケーシングダイヤシューによる掘削延長を掘進と併行して行い、36.10mにNXケーシングパイプを設置した。その後、逸水防止に努めつつ210.40mまで掘進し、BXケーシングパイプを挿入設置した。以降は、BQワイヤーライン工法で、ベントナイト泥水およびマッドオイルを使用して掘進、石灰岩層の掘進に際しては頻繁に全量逸水を伴ったが、その都度テルストップ、わら屑、セメントミルク等の圧入をおこなって逸水防止に努めながら351.00mまで掘進した。本孔ではBXケーシングパイプの回収作業が困難となり、ケーシングカッターによる切断を行って、深度181.00mまでを抜管した。

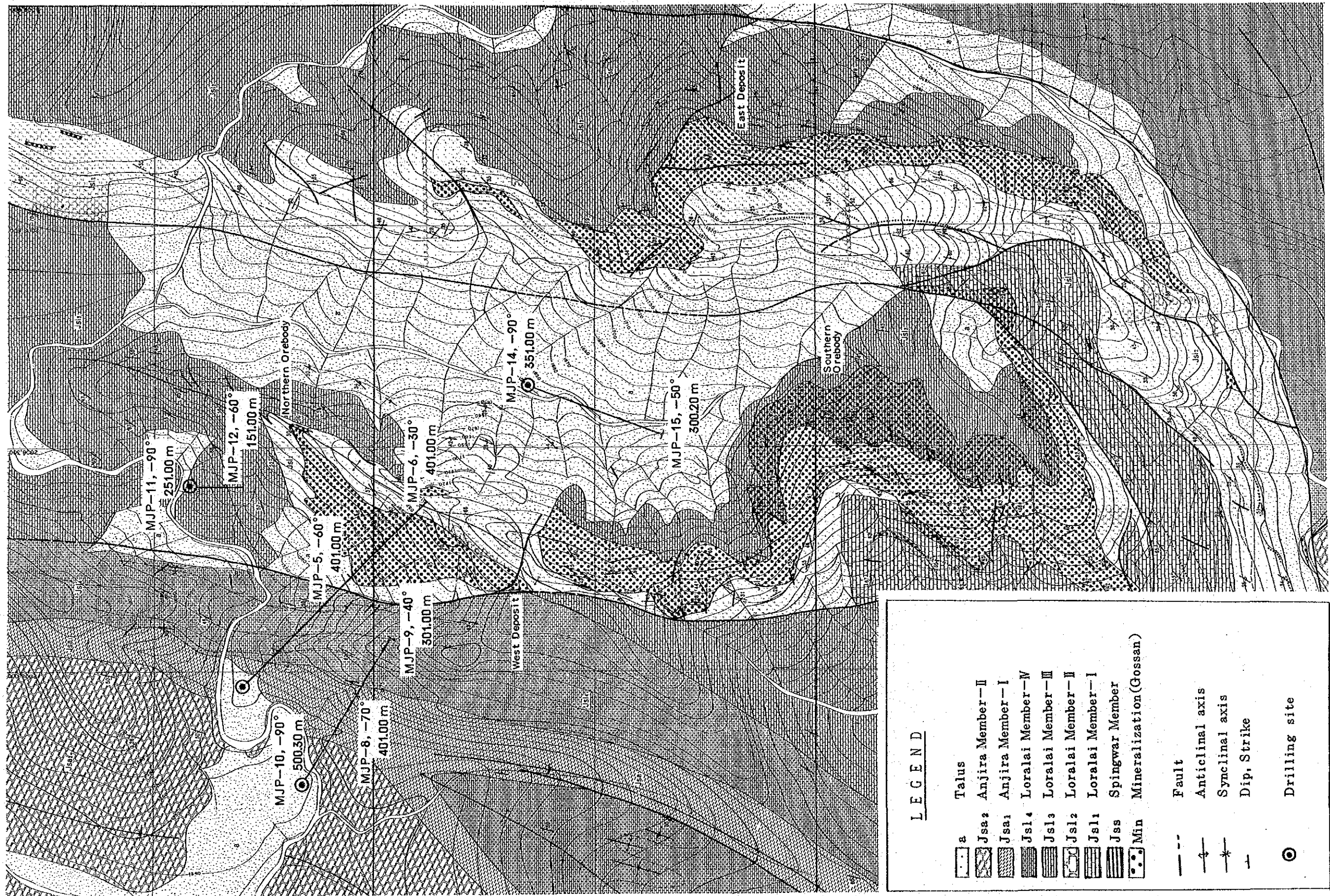
(9) MJP-15号

表土および風化岩を、HXダイヤモンドビットで、ベントナイト泥水を使用し深度4.00mまで掘進、HXケーシングメタルシューで3.10mまで掘削した後、HXケーシングパイプを設置した。その後は、NQワイヤーライン工法で、ベントナイト泥水およびマッドオイルを使用して掘進、これと併行してケーシングシューによる掘削延長をおこない、HXケーシングパイプ

を7.60mに、またNXケーシングパイプを48.10mに設置した。頁岩層は粘土化が著しく頻繁にコア詰まりを生じ、また石灰岩層は、しばしば全量逸水を伴ったが逸水防止に努めながら180.10mまで掘進し、BXケーシングパイプを挿入設置した。以降はBQワイヤーライン工法で、ベントナイト泥水およびマッドオイルを使用して掘進した。なお、逸水の都度テルストップ、セメントミルクの圧入をおこなって逸水防止に努めたが、深度232.60m、233.80m及び234.40mでの逸水は、岩石の割れ目が大きいため逸水防止剤の効果が得られず、逸水箇所へセメント団子を投入しロッドで突き固める作業を繰り返し、この間15方を要した。その後、深度254.30mで再び全量逸水したため、テルストップの圧入による逸水防止作業を行った。この作業実施中、上部の崩壊によりロッドの引揚げが重くなったため試錐機の油圧で250.60mまでロッドを引揚げた。その後、ジャッキアップおよびノッキング作業をおこなったが動かず、BXケーシングパイプを回収した後、BXケーシングダイヤシュアで180.10m～250.60m間を拡張して抑圧されたロッドを回収した。BXケーシングは253.96mまで拡張延長し設置した。以降も逸水防止に努めつつ300.20mまで掘進した。掘進を終了し、BXケーシングパイプを回収した後、5月7日～5月11日の5日間は、イスラム教の祭日(Bid)で休業とした。休業明けの5月12日に解体作業を実施した。



第II-1-1 図 スルマイ地区地質図及びボーリング位置図(スルマイ-I)



第II-1-2 図 スルマイ地区地質図及びボーリング位置図 (スルマイーⅢ)

