

資源開発協力基礎調査報告書

地域開発計画調査オマーン国ラカー地域

最終報告書

平成2年9月

国際協力事業団  
金属鉱業事業団

ck5

JICA LIBRARY



1081411[9]

国際協力事業団

21020



資源開発協力基礎調査報告書  
地域開発計画調査オマーン国ラカー地域

最終報告書  
第1巻  
(総括)

平成2年2月

国際協力事業団  
金属鉱業事業団

鉱計資
C-R(3)
90-40



資源開発協力基礎調査報告書

地域開発計画調査オマーン国ラカー地域

最 終 報 告 書

第 1 卷

(総括)

平成 2 年 2 月

国 際 協 力 事 業 団  
金 属 鉱 業 事 業 団



## はしがき

日本国政府はオマーン国政府の要請に応え、同国の北部に位置するラカー地域の鉱物資源開発の可能性を確認するため、地質調査、物理探査、ボーリング調査などの鉱床探査及び鉱山開発のための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開発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、昭和63年度から平成元年度までの2ヶ年にわたって実施され、オマーン国政府関係機関である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年間の調査結果をとりまとめたものであり、総括（第1巻）、探査結果（第2巻）及び鉱山開発計画（第3巻）の3冊の報告書より成る

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





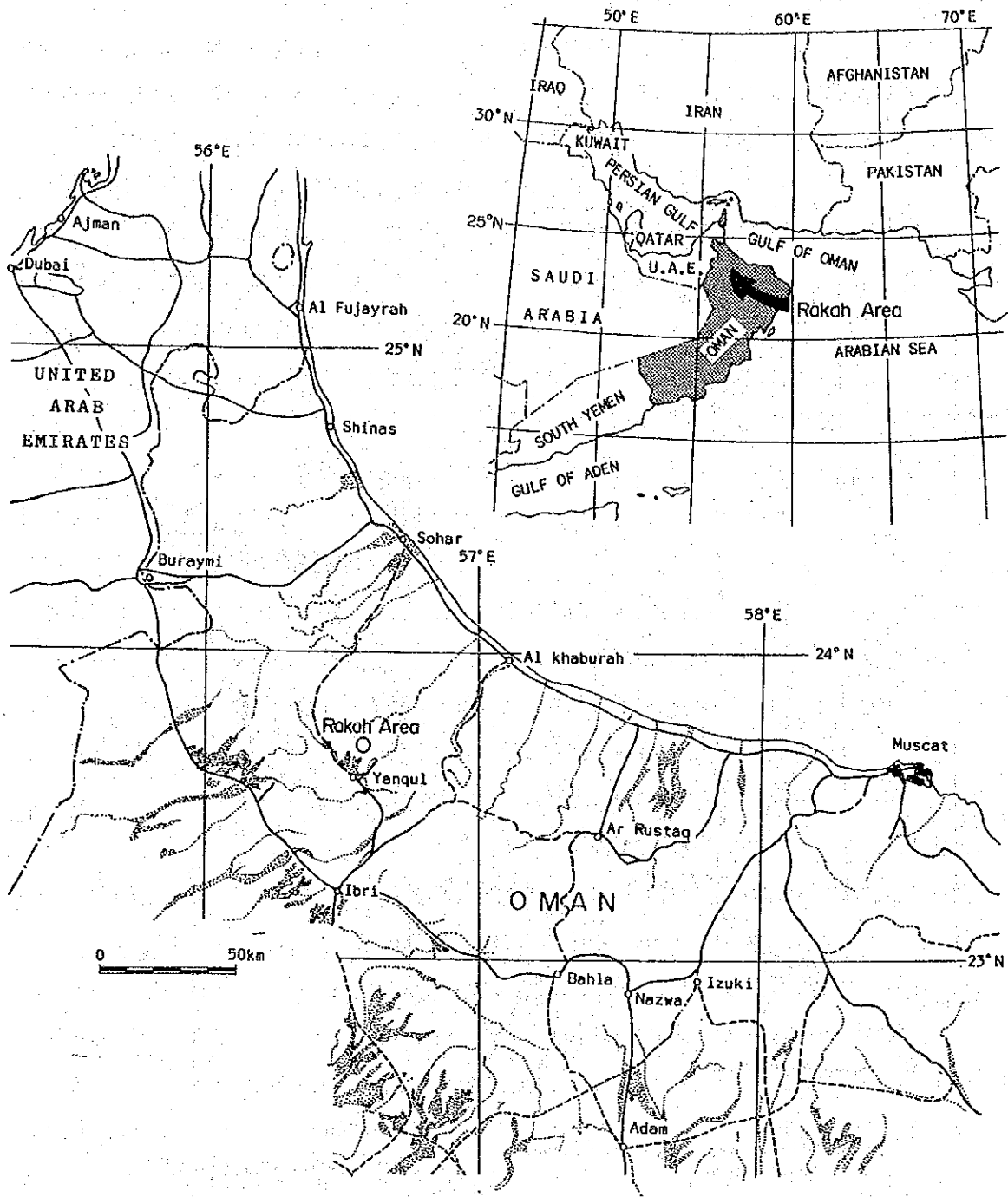


Fig. 1 Location map of the Rakah area

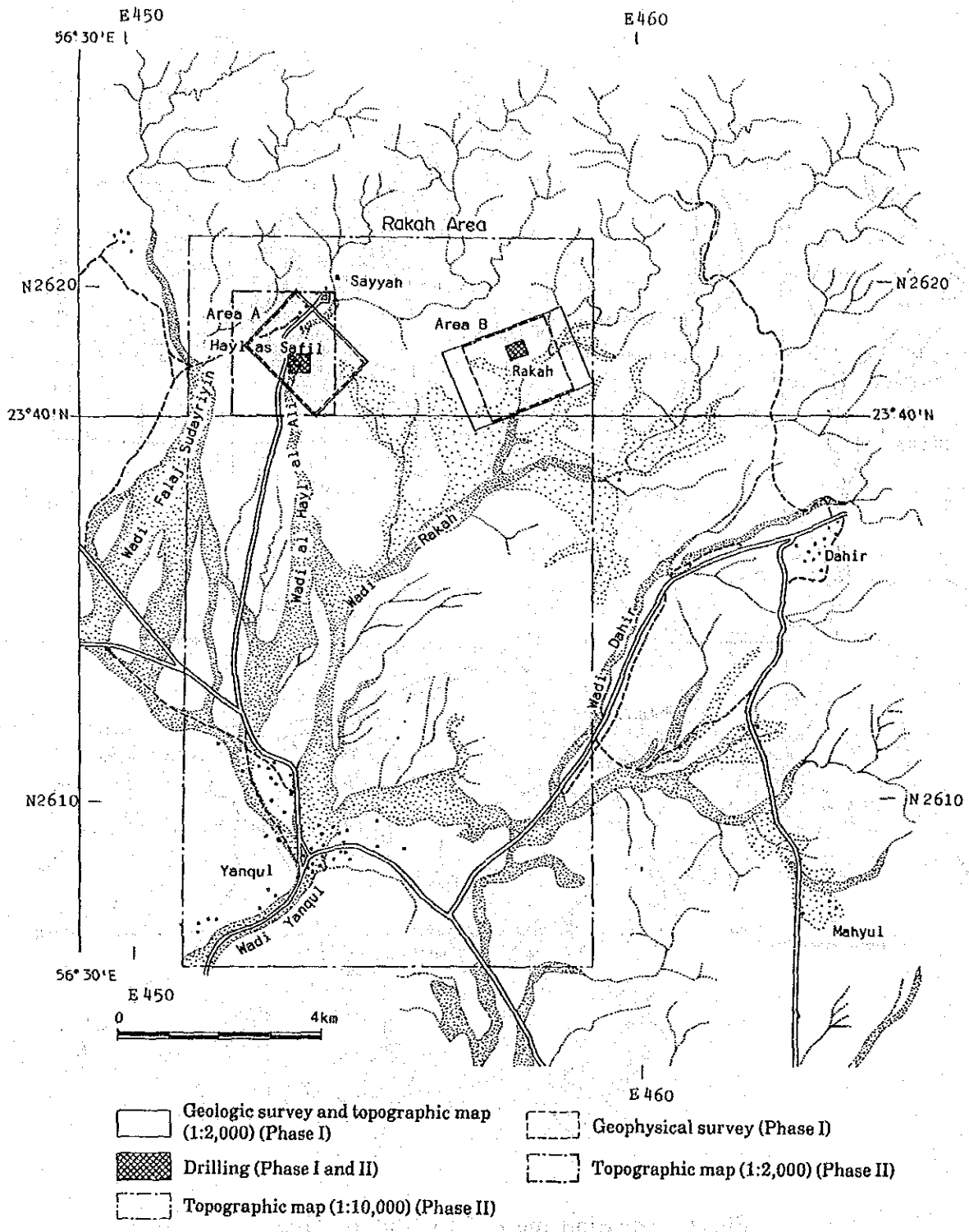


Fig. 2 Location map of survey areas

## 要 約

オマーン国ラカー地域の資源開発協力基礎調査は、ラカー地域で知られているハイル・アス・サヒル鉱床及びラカー鉱床に対し、その賦存状況を明らかにすることによりそのポテンシャルを解明し、新たな鉱量の獲得を計るとともに、この調査結果に基づきインフラストラクチャーの整備方針を含む鉱山開発のためのプレリミナリー・フィジビリティ・スタディーの実施を目的として行った。調査は、昭和63年度及び平成元年度の2年間で実施した。調査結果は、総括（第1巻）探査結果（第2巻）及び鉱山開発計画（第3巻）に分け取纏めた。

本調査で採用した探査手法は、地質調査、物理探査（CP法）、及びボーリング調査であり、このボーリング調査結果に基づき鉱量計算を行った。この鉱量計算結果に基づいて鉱山開発計画を作成した。これらの調査結果の要約は以下のとおりである。

ラカー地域は、オマーン山脈の大部分を構成するサマイル・ナップの分布域に位置し、その地質は、サマイル・オフィオライト及びオフィオライト上部堆積物より構成される。本地域の鉱床を賦存するサマイル火山岩類は、サマイル・オフィオライトの最上部に位置する。本地域の地質構造は、サマイル・オフィオライト衝上に伴う衝上断層群により特徴付けられ、インプリケート構造により見掛け上逆転した構造を示す。

鉱床は、キプロス型の銅鉱床とされており、既知のハイル・アス・サヒル鉱床（A地区）及びラカー鉱床（B地区）のいずれもサマイル火山岩類の下部に賦存する。両鉱床とも大規模なゴッサン化帯を伴い、その鉱質はストックワーク状鉱、塊状鉱及び珪質鉱より成る。鉱床は、ストックワーク状鉱の発達と比較的金品位の高い塊状鉱の存在により特徴付けられる。

ハイル・アス・サヒル鉱床及びその周辺地区（A地区）に対しては、地質精査、物理探査及びボーリング調査（12孔、計1,740.80 m）を行った。この結果本鉱床がオマーン国における最大級の銅鉱床の一つであり、その地質鉱量が10,533千トン、Cu 1.00%、Au 0.40g/tであることが明らかとなった。なお、本調査による獲得鉱量は約8,500千トンCu 0.73%、Au 0.26g/tである。

ラカー鉱床を中心とする地域（B地区）に対してもA地区と同様、地質精査、物理探査及びボーリング調査（11孔、計1,583.25 m）を行った。この結果、鉱床の分布範囲が明らかとなり、さらに鉱床は上下2層の鉱化帯より成ることが確認された。本調査による鉱量計算では4,750千トンCu 0.99%、Au 0.88g/tの地質鉱量を確認した。これに加えてラカー鉱床区域の地表で見られるゴッサン中には、比較的Au品位の高い部分がありその量は300千トンAu 5.0g/t、Ag 10.0g/t程度と推定された。

両鉱床に対する鉱量計算の結果得られた地質鉱量は15,303千トン、Cu 0.99%、Au 0.55g/tであった。

鉱山開発計画の結果では両鉱床とも露天掘り採掘法が最も適しており、そのカットオフ品位は

Cu 0.35%である。最適操業規模としては3,000 トン/日が考えられ、この場合の山命は8年である。設計したピットに基づいて計算した採掘対象鉱量は8,408 千トン、Cu 1.26%、Au 0.59g/tである。

本調査で行った選鉱試験結果に基づいて破碎、磨鉱は3段破碎1段磨鉱方式、浮選はバルク優先浮選方式を採用した。予想選鉱成績は、精鉱品位Cu 20.0%、Au 5.2g/t、実取率Cu 88.9%、Au 49.3%である。鉱害防止設備としては、捨石たい積場及び廃さいたい積場などを設計した。

組織及び人員計画ではソハール鉱山を参考としたが、できるだけ人員の削減に努め効率の良い組織を目指した。またオマーン人化を考慮した。輸送道路、用水、電力、通信などのインフラストラクチャーについては、その整備計画を立案した。

これらの計画より得られた起業費、操業費を基に財務分析を行った結果、6.40%の内部収益率が得られた。

本調査の結果、ハイル・アス・サヒル及びラカーの両鉱床に対する鉱化帯の全貌及びその鉱量の解明がなされ、必要な探査はほぼ完了した。従って、これら両鉱床に対し細部設計などさらに精度をあげた調査を実施するのであれば、以下の調査が必要であろう。

- ① ラカー鉱床分布域の地表で見られる、Au品位の比較的高いゴッサン帯の鉱量及び品位の確認。
- ② ラカー鉱床のゴッサン中の金及び塊状鉱中の金及び銅の回収方法の検討。
- ③ 各施設予定地において鉱床が賦存しないことを確認するためのボーリング調査。
- ④ 中古設備使用の可能性の検討。

本調査の結果得られた内部収益率は、鉱山開発に伴うリスクを考えると低いと考えられる。従って、細部設計を含む本格的なフィジビリティ・スタディに移行するかどうかは、ソハール製錬所の操業も含め検討することが重要である。

# 目次

はしがき

ラカー地域位置図

調査地区位置図

要約

目次

第1章 調査概要	1
1-1 調査の経緯及び調査目的	1
1-2 調査方法及び調査量	2
1-3 調査期間及び調査員	4
第2章 調査地域の状況	5
2-1 位置及び交通	5
2-2 調査環境	5
第3章 鉱業略史及び従来 of 調査	7
3-1 鉱業略史	7
3-2 A地区（ハイル・アス・サヒル鉱床）	7
3-3 B地区（ラカー鉱床）	8
第4章 ラカー地域の地質概要	9
第5章 探査結果	11
5-1 地質調査	11
5-2 物理探査	14
5-3 ボーリング調査	15
5-4 鉱量計算	17
5-5 探査結果の総合検討	18

第6章 鉾山開発計画	19
6-1 ソハール鉾山の概況	19
6-2 操業規模の検討	19
6-3 採 鉾	20
6-4 選 鉾	20
6-5 鉾害防止設備	23
6-6 補助及び管理、組織及び人員	23
6-7 インフラストラクチャー	27
6-8 起業費、追加投資及び操業費	28
6-9 鉾山開発計画の総合検討	28
第7章 結論及び提言	32
7-1 結 論	32
7-2 将来への提言	35

参考文献 (References)

図表一覧表 (Figuers and Tables)



# 第1章 調査概要

## 1-1 調査の経緯及び調査目的

オマーン国北部のオマーン山脈地域は、メソポタミアの時代には銅の主要な生産地として知られていた。ラカー地域 (Fig.1) もこのオマーン山脈地域に属しその一部で古い採掘跡を見ることができる。この地域で近代的な探鉱活動が開始されたのは1970年代であり、1983年には北部のソハール地域において、オマーン国営鉱山社 (以下OMCO) によりラセイル (Lasail) 及びベイダ (Bayda) の両銅鉱山及びソハール銅製錬所の操業が開始された。この製錬所では、現在年産約15千トンの銅地金を生産している。生産された電気銅は、全量輸出されており、石油を除くと輸出金額の第1位を占める重要な輸出品目である。

しかしながら、ソハール地域の銅鉱山はいずれも1990年代の初めには終掘に至ると予想されることから、オマーン国政府としては、新鉱山の開発が緊急の課題であった。このため、既知のハイル・アス・サヒル (Hayl as Safil) 鉱床及びラカー (Rakah) 鉱床の分布するラカー地域が最も開発できる可能性が高いと判断し、オマーン国政府は日本国政府に対しこの地域に賦存する銅鉱床のポテンシャルの解明及び鉱山開発のためのプレリミナリー・フィジビリティ・スタディの実施を要請した。日本国政府はこの要請に応じて、国際協力事業団 (以下JICA) 及び金属鉱業事業団 (以下MMAJ) の調査団をオマーンに派遣し、1988年7月7日オマーン国石油鉱物省 (以下MPM) との間で、ラカー地域に対し資源開発協力基礎調査地域開発計画調査を行なうこととした。本調査の調査期間は、昭和63年度より平成元年度までの2年間である。

本調査の調査目的は、ラカー地域において地質調査、物理探査及びボーリング調査を行なうことにより既知のハイル・アス・サヒル鉱床及びラカー鉱床のポテンシャルを明らかにするとともに、これらの両銅鉱床に対する鉱量計算及び選鉱試験を含む鉱山開発計画とこれに関連するインフラストラクチャーの整備方針を明らかにしプレリミナリー・フィジビリティ・スタディにより総合評価を行なうことにある。

地質調査の目的は、特に既知鉱床の鉱床母岩である火山岩類の層序を確立することにより、今後の探鉱指針を得ることである。物理探査の目的は、既知鉱床の広がり明らかにすることにより、ボーリング調査の指針を得ること及び有望地を抽出することである。ボーリング調査の目的は、既知鉱床を生成した鉱化作用の特性の解明、賦存状況及び広がり確認を行うとともに、得られた結果に基づき鉱量の概要を明らかにすることにある。鉱山開発計画の目的は、得られた鉱量の最適採掘法を決定するとともに選鉱試験結果に基づき最適な鉱石処理方法を明らかにし、これらの結果より両鉱床開発の可能性を総合的に検討することである。

本調査による調査結果の概要を第1巻に探査結果を第2巻に、また鉱山開発のためのプレリミナリー・フィジビリティ・スタディの結果を第3巻にそれぞれ示す。

## 1-2 調査方法及び調査量

調査地区は、Fig. 2に示すA地区 (3 km<sup>2</sup>) 及びB地区 (4 km<sup>2</sup>) の2地区からなり、既知のハイル・アス・サヒル及びラカーの両鉱床は、それぞれの地区のほぼ中央部に位置する。この両地区に対し地質調査、流電電位法 (CP法) による物理探査及びボーリング調査をそれぞれ行った。このボーリング調査結果より両鉱床に対する鉱量計算を実施した。この結果を基に鉱山開発計画を作成した。本調査で行った調査の作業量をTable 1に示す。又、作業の流れをFig.3のフロー・チャートに示す。

Table 1 Summary of methods and amounts of work in this project

Work method	Phase I (1989)	Phase II (1990)	Total amounts
Geologic survey	Area A: 3 km <sup>2</sup> Area B: 4 km <sup>2</sup> (1:2,000)	—	Area A and B: 7km <sup>2</sup> in total (1:2,000)
Geophysical survey (CP method)	Area A: 3 km <sup>2</sup> 611 stations Area B: 2 km <sup>2</sup> 402 stations	—	Area A and B: 5km <sup>2</sup> and 1,013 stations in total
Drilling survey	Area A: 6 holes 898.70 m Area B: 6 holes 811.45 m	Area A: 6 holes 842.10 m Area B: 5 holes 771.80 m	Area A: 1,740.80m (12) Area B: 1,583.25 (11) 23 holes and 3,324.05m in total
Preparation of topographic map	Area A: 3.0 km <sup>2</sup> 1:2,000 Area B: 4.0 km <sup>2</sup> 1:2,000	Area A: 5.2 km <sup>2</sup> 1:2,000 Rakah Area: 112 km <sup>2</sup> 1:10,000	1:2,000: 12.2km <sup>2</sup> in total 1:10,000: 112km <sup>2</sup> in total
Laboratory studies			
Thin section	30 samples	6 samples	36 samples
Polished section	38 samples	16 samples	54 samples
X-ray diffraction analyses	11 samples	10 samples	21 samples
Whole rock analyses	30 samples	—	30 samples
Minor elements analyses	33 samples	—	33 samples
Ore assaying	265 samples (Au, Ag, Cu, Pb, Zn)	203 samples (Au, Ag, Cu, Zn)	468 samples
EPMA test	12 points	—	12 points
Physical property (PEF, resistivity)	24 samples	—	24 samples

\* : Including the mapped area completed in phase I.

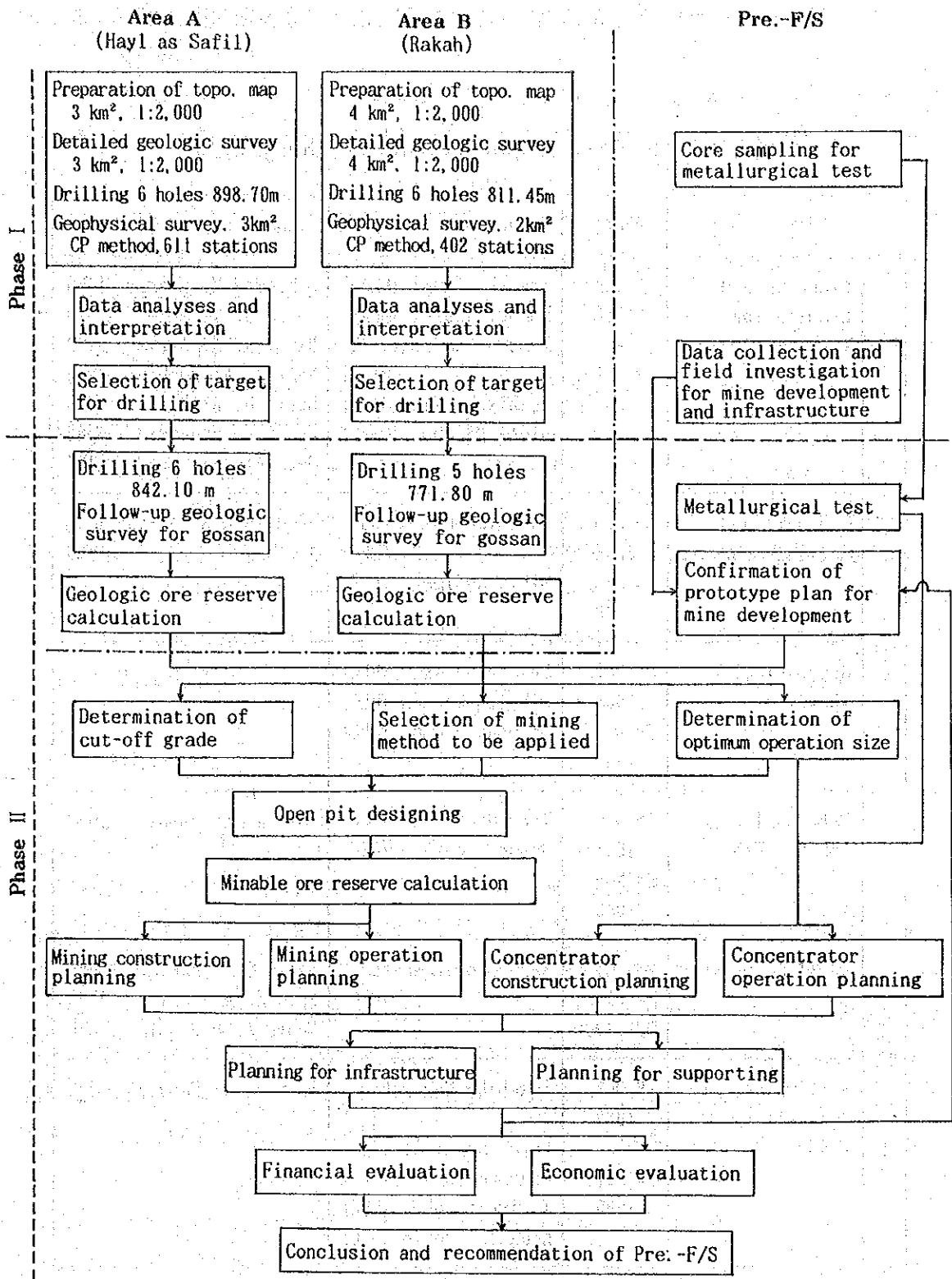


Fig. 3 Flowchart showing the work methods and amounts in this project

### 1-3 調査期間及び調査員

本調査に対する計画調整、事前調査協定折衝団及び現地調査団の調査期間及び団員をTable 2に示す。

Table 2 Period and participants for this project

	Items	Period	Japanese counterpart	Omani counterpart
Phase I (1988)	Planning and negotiation	30 June, 1988 ~ 9 July, 1988	Takeshi Izumi (MMAJ) Mayuri Jibiki (MFA) Mamoru Yamazaki (MITI) Yoshiyuki Kita (JICA) Hideo Hirano (MMAJ)	Mohammed H. Kassim (MPM) Salim O. Ibrahim (MPM) Hilal M. Al-Azri (MPM) Saif A. Al-Rashidi (MPM) Harib H. Al-Hashmi (MPM) Munir A. Haddadin (MPM) Omer Al-Amin (MPM)
	Geologic and drilling surveys	25 Sep. 1988~ 16 Jan. 1989	Takehiko Nagamatsu (BEC) Mikio Kajima (BEC)	Abdulla H.S. Al-yahya Ey (MPM)
	Geophysical survey	25 Oct. 1988~ 24 Dec. 1988	Susumu Sasaki (BEC) Kohei Sugawara (BEC) Hiroshi Hyodo (BEC)	
	Data collection for Pre-F/S	25 Oct. 1988~ 24 Nov. 1988	Toru Otani (BEC) Hayao Nakayama (BEC)	Saif A. Al-Rashidi (MPM)
Phase II (1989)	Drilling survey	25 July ~ 21 Oct. 1989	Takehiko Nagamatsu (BEC)	Salim O. Ibrahim (MPM) Said S. Al-Fori (MPM) Munir A. Haddadin (MPM)
	Preliminary feasibility study	19 Oct. 1989 ~ 9 Nov. 1989	Takehiko Nagamatsu (BEC) Hayao Nakayama (BEC) Kazumasa Okubo (BEC) Ichiro Sawabe (BEC) Kenkichi Horio (BEC)	Saif A. Al-Rashidi (MPM)

MFA: Ministry of Foreign Affairs, MITI: Ministry of International Trade and Industry  
BEC: Bishimetal Exploration Company Limited

## 第2章 調査地域の状況

### 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する面積30万 km<sup>2</sup>の国であり、ホルムズ海峡の南側も飛び地として領有している。人口は公称 150万人で首都はマスカット (Muscat) である (Fig. 1)。

オマーン国の北部には、オマーン湾に平行してオマーン山脈が走り、その最高峰は 3,000m に達する。本調査を行ったラカー地域は、このオマーン山脈の西麓にあり、ほぼ北緯23° 36′ 東経56° 24′ に位置する。

本調査地域は、既知のハイル・アス・サヒル鉱床を中心とするA地区及びラカー鉱床を中心とするB地区の2地区より成る。A地区の東方約4 kmにB地区は位置する (Fig. 2)。

首都のマスカットより地域南方のヤンクル (Yanqul) までは、イズキ (Izuki)、ニズワ (Nazwa) 及びイブリ (Ibri) を経由する舗装道路があり、交通は至便である (Fig. 1)。マスカットとヤンクル間は約 370kmで車行 4.5時間を要する。ヤンクルよりA地区までは、約13kmで未舗装であるが普通乗用車の通行は可能であり車行20分で到達する。A地区とB地区の間には数本の道路が通じているがいずれも未整備のためトラックのみ通行可能である。

本調査のためのベースキャンプは、初年度及び最終年度とも、A地区の北に隣接するサイヤ (S ayyah) 部落に設けた。

### 2-2 調査環境

#### (1) 地形及び水系

ラカー地域はオマーン山脈の西麓に位置するため、地形はなだらかである。

A地区は、北東端及び北西端に山岳地形が見られる以外は、段丘の発達により平坦な地形を示す。地区中央部には、メイン・ゴッサン (Main Gossan) 及びスモール・ゴッサン (Small Gossan) と呼称されている孤立した小丘が見られる。これらはいずれも鉱化帯が著しい風化作用を受けゴッサン化したものである。段丘は、中位及び下位の段丘が発達するが、これら段丘の段丘面は3 m~8 mの標高差を示す。本地区で見られる河川 (ワジ) の大部分は南流する。地区中央でメイン・ゴッサンの東側には、比較的規模の大きいワジ・アル・ハイル・アス・アリ (Wadi al Hayl al Ari) がある。地区西部及び東部で見られるワジは、それぞれワジ・ファラージ・スダイライ (Wadi Falaj Sudayriyin) 及びワジ・ラカー (Wadi Rakah) の支流である。

B地区の北側は急峻な山岳地形を示すが、地区の大部分では低い丘が散在しその間にワジが発達する。地区西部では上位段丘面が発達する。これ以外にも中位及び下位段丘面が見られる。地区中央部には、鉱化帯の風化したゴッサン帯が数ヶ所で見られ、これらはいずれも急峻な小丘を形成している。本地区の中央部には南西方向に流れるワジ・ラカーがある。これ以外のワジは、

いずれもワジ・ラカーの支流である。

## (2) 植生及び気候

ラカー地域の位置するオマーン山脈の西側は主として岩石砂漠より成り、オアシスやワジ沿いを除くと一般に植生は乏しい。

A地区では、メイン・ゴッサンの東側より南東側にかけて農地があり、ナツメヤシや野菜が栽培されている。この農業用水は、水路(Falaj)及び水井戸からの揚水により供給されている。この区域以外は、ワジ沿いにアカシヤの灌木が認められるのみで、特に段丘での植生は希である。

B地区では、水井戸からの揚水による小規模な農地とワジ沿いを除けば植生は、あまり認められない。

オマーン国の首都マスカットでは、年間平均降雨量が104.3mmであり乾燥した気候を示す。また、低緯度に位置することから気温は高く、夏季には40℃以上に達する日も多い。調査地域の北西約100kmでオマーン山脈の西麓に位置するブレイミィ(Buraymi)での過去3年間の気温及び降雨量をTable 3に示す。

Table 3 Monthly temperature and rainfall at Buraymi

	Temperature (°C)						Rainfall (mm)		
	1986		1987		1988		1986	1987	1988
	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.			
January	27	7	25	10	23	11	1.0	0.0	0.5
February	28	9	28	13	26	14	4.6	13.3	73.6
March	35	10	29	17	31	16	0.0	58.0	0.0
April	40	13	35	20	36	21	0.3	3.3	10.8
May	46	16	42	26	42	23	0.0	5.8	0.0
June	46	23	44	27	44	26	3.3	2.0	0.0
July	47	25	45	30	43	31	0.3	2.0	3.0
August	46	26	43	30	44	30	2.0	5.9	3.6
September	43	24	42	28	42	27	2.3	0.3	0.0
October	42	18	37	23	38	22	4.5	0.0	0.0
November	36	14	32	16	31	16	0.0	0.0	0.0
December	28	8	26	12	27	13	6.0	6.5	0.0



## 第3章 鉱業略史及び従来調査

### 3-1 鉱業略史

オマーンからの銅の産出は、5,000年前にさかのぼる。メソポタミアのシュメール(Sumer) 国に輸出され、伝説に語られている古代都市ウル(Ur)の宮殿を飾った多量の銅は、プレイミィとソハール(Sohar) の間にあったマガン(Magan) から送られたと伝えられている。この古代の銅の採掘、製錬はイスラム時代初期の西暦 860年～ 940年まで続いたと伝えられている。この古代の銅鉱山は、現在稼業中のラセイル(Lasai)及びその周辺地域と推定される。現在でもこの地域には、この時代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。

ラカー地域においても、ラカー鉱床やラカー鉱床の南東方4.5km に位置する、タウイ・ラカー(Tawi Rakah) 鉱床では各々数万トンのスラッグや製錬跡が見られる。製錬跡の状況からすると、これらはいずれもマガンと同時代に採掘及び製錬がなされたものと推定される。ラカー鉱床に対するこれまでの調査結果では、ゴッサン帯を中心として地表下38m 付近まで採掘跡が確認されており、またタウイ・ラカーでは露天掘の採掘跡が見られる。なお、この時代以降については、鉱業活動を行った記録は残されていない。

### 3-2 A地区 (ハイル・アス・サヒル鉱床)

1983年フランスのBRGMは、MPMより北部オマーン山脈地域に対する地質図幅調査工事を受注し、1985年までの間実施した。この図幅調査中ハイル・アス・サヒル部落近くで大規模なゴッサン帯を発見した。引き続き1985年MPMは、ハイル・アス・サヒル鉱床及びラカー鉱床を含む13の鉱徴地に対する探鉱工事をフランスのBRGMに対して発注した。この調査ではハイル・アス・サヒル鉱床に対し、地質精査、磁気探査及びIP法による電気探査、地化学探査及びHS-1孔よりHS-8孔までのボーリング調査(828.60m)を行い以下の結果が得られた。

- ① メイン・ゴッサン及びスモール・ゴッサンより成るゴッサン帯はいずれも下部火山岩類の最上部に位置する。メイン・ゴッサンとスモール・ゴッサンは、NE-SW系の断層により分断されている。
- ② 磁気探査による異常帯がメイン・ゴッサンの東側及びスモール・ゴッサンの南西方で見られる。
- ③ ゴッサン試料の化学分析結果では、Cu-Mo-As-Au の間に相関関係が認められる。
- ④ 8本のボーリング調査結果では、メイン・ゴッサンの南東で行ったHS-6孔で幅4.70m、Au 1.67g/t、Ag 14.6g/t、Cu 2.29%の塊状鉱とその下位のストックワーク状鉱を、またHS-7孔ではスモール・ゴッサンの北側で幅13.70m、Cu 3.69%の塊状鉱を捕捉した。

この調査の結果有望な鉱徴を捕捉したことから、MPMは独自でその延長部に対しボーリング

調査を行った。本地区において探鉱開始より本調査開始まで行ったボーリングは、合計33孔(4,463,30m)である(第2巻Table 1-5 参照)。このうち23孔(計3,551,15m)をメイン・ゴッサンの南東方で実施し、本調査開始までに以下の鉱量を計上した。

2,086千トン Cu 2.09% Au 0.97g/t Ag 6.86g/t

しかしながら、捕捉された鉱化帯が主として塊状鉱より構成されていたことから。その西側で見られるストックワーク状鉱やメイン・ゴッサンの鉱化帯は、この確認された鉱化帯とは別の鉱化作用により生成したと解釈されていた。

第1年次に実施した地質及びボーリング調査の結果では、それまでの考え方とは異なりA地区で見られる鉱化帯は、いずれも一連の鉱化作用によって生成したことが明らかとなった。このためMPMは、日本側の提案によりHS-34 孔よりHS-40 孔までの7本のボーリング調査を最終年次の調査開始前に実施し厚いストックワーク状鉱を確認した。このうち最も良好な結果がHS-35 孔で得られた錐進長104,40m、Cu 1.33%、Au 0.26g/t を示した。

### 3-3 B地区(ラカー鉱床)

ラカー鉱床のゴッサン帯は、1973年10月カナダのプロスペクション社(Prospection Ltd.)の行ったヘリコプターによる予察調査により発見された。引き続きプロスペクション社は、この鉱徴地に対する種々の調査を行い有望であるとの結論を得た。このため1976年4月より1977年10月までの間に42本のボーリング(計5,493,32)を行い(第2巻Table 2-3 参照)、4,150 千トン、Cu 1.31%、Zn 0.24%の鉱量を計上した。この鉱量に対しては、その後OMCO(1980年)(5,210 千トン、Cu 1.25%、Au 1.0g/t)及びMPM(1981年)(1,310 千トン、Cu 2.50%、Au 1.5g/t)により再評価がなされている。

1985年MPMより探査工事を受注したBRGMは、ラカー鉱床に対する既存試料の再解析を行った。この再解析の結果に基づきラカー鉱床の北西部を塊状鉱のポテンシャル区域として抽出し、この区域に対しIP及びSP法による電気探査と地表精査を行った。この電気探査の結果異常帯を捕捉したことから、この異常帯に対し3本のボーリング調査(計445.00m)を行った結果、1孔で8.00m(Cu 0.55%、Zn 0.09%、Au 9.6g/t、Ag 20g/t)の塊状鉱を捕捉している。

これらの調査結果では、いずれも地質構造と鉱床との関係が解明されていず鉱量のみ計上されていた。

## 第4章 ラカー地域の地質概要

オマーン山脈は、ヨーロッパより連続するアルプス・ヒマラヤ造山帯の一部を構成し、主として先カンブリア界から古生界及び中生界の現地生岩体（基盤）とその上位に衝上した異地生岩体（ナップ）より成る。異地生岩体は、下位のハウシナ・ナップと上位のサマイル・ナップより構成され二層構造を示す。ハウシナ・ナップは、主にハウシナ堆積岩類より構成される。サマイル・ナップは、サマイル・オフィオライト及びオフィオライト上部堆積物より構成される。

ラカー地域は、サマイル・ナップの分布域に位置し、サマイル・オフィオライト及びオフィオライト上部堆積物が見られる。サマイル・オフィオライトは、層序的に下位よりテクトナイト、層状岩体、ハイレベル斑れい岩、シート・コンプレックス及びサマイル火山岩類より構成される。サマイル・オフィオライトの上位には、小規模ながら主としてオリストストロームより成るオフィオライト上部堆積物が見られる。ラカー地域の模式層序をFig.4 に示す。

ラカー地域の地質構造発達史は、大きくサマイル・オフィオライトの生成（第1期）、サマイル・オフィオライトのオブダクト（第2期）及びオブダクト以降（第3期）の3つの時期に区分される。第1期は、白亜紀前期より中期にかけてサマイル・オフィオライトが古テチス海において生成発達した(Lippard et al., 1986)時期である。この時期この拡大軸と基盤をなすアラビア・プレートの間には、大規模なハウシナ堆積盆が存在しハウシナ堆積物を堆積したと考えられている。生成当時のオフィオライトの内部構造は、テクトナイト、層状岩体及びシート・コンプレックスに保存されている場合が多いが、ラカー地域で見られる内部構造からすると、この地域ではオマーン山脈地域に広く分布するオフィオライトの一般方向に一致する。第2期は、ハウシナ・ナップのオブダクトとオフィオライト上部堆積物の堆積に引き続き、サマイル・オフィオライトが大洋底より分離し、アラビアプレートの南西端(Oman Platform)の上にサマイル・ナップとしてオブダクトするまでの時期を示す。サマイル・ナップのオブダクトは、白亜紀に起きた(Coleman, 1981 and Lippard et al.)と考えられている。オブダクトに伴う衝上断層群及び褶曲群がオマーン山脈全域に発達するが、ラカー地域においてもこの時期の衝上断層群が発達しインブリゲート構造を示す。第3期は、サマイル・ナップの定置以降の構造であり、一般に地域性を有している。ラカー地域においてもこの時期の断層群が発達する。

オマーン山脈地域に見られる塊状銅鉱床は、サマイル火山岩類の下部に賦存し、キプロス型の銅鉱床とされている。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う。ラカー地域で確認されているハイル・アス・サヒル及びラカーの両鉱床もその生成環境よりキプロス型の銅鉱床と考えられ、サマイル火山岩類の下部に賦存する。

Geologic Time	Geological Unit	Columnar Section	Lithology	Volcanism	Mineralization	Remarks		
Quaternary	Holocene	Wadi Sediments, Detritus	Gravel, sand					
	Pleistocene	Lower Terrace Deposits	Gravel, sand					
		Middle Terrace Deposits	Gravel, sand					
		Upper Terrace Deposits	Gravel, sand			Calcrete		
Cretaceous	Supra-ophiolite Sediments	Olistostromes	Chert, shale, sandstone, basalt, serpentinite, limestone			Batinah Olistostrome		
		Suhayjah Formation	Chert, metalliferous sediment					
	Middle Volcanic Rocks	Middle Volcanic Rocks	Pillow lava Massive lava (sheet flow)					
		Lower Extrusives II	Metalliferous sediments Pillow and massive lavas				Dyke	
		Lower Extrusives I	Metalliferous sediments				Dyke	
	Samail Ophiolite	Samail Ophiolite	Ore deposit (Cu) Pillow and massive lavas Metalliferous sediments					(Basalt) (Andesite)
		Sheeted-dyke Complex	Sheeted-dykes					
		High-level Gabbro	Clinopyroxene gabbro					
	Early	Tectonites	Cumulate Sequence				Layered gabbro Clinopyroxene gabbro Olivine cpx gabbro	
							Harzburgite Chromitite (Cr)	
			Durite (L)					

Fig. 4 Stratigraphic columnar section of the Rakah area

## 第5章 探査結果

本調査では、地質調査、物理探査、ボーリング調査及びボーリング調査の結果に基づく鉱量計算を行った。Fig.5 及びFig.6 に各鉱床の全体像を示す。これらの調査結果及び調査結果に基づく総合検討結果の概要は、以下のとおりである。

### 5-1 地質調査

#### (1) A地区（ハイル・アス・サヒル鉱床）の地質及び鉱床

ラカー地域の西部に位置するA地区の地質は、サマイル・オフィオライト及びオフィオライト上部堆積物より構成されるが、段丘堆積物が広く発達することから、その分布範囲は限られる。サマイル・オフィオライトは、Fig.4 に示すように層序的に下位よりテクトナイト、層状岩体、ハイレベル斑れい岩、シート・コンプレックス及びサマイル火山岩類に区分される。サマイル火山岩類は、さらに下部火山岩類及び中部火山岩類に分けられるソハール地域で見られる上部火山岩類は本地域で欠く。本地域での鉱床母岩として重要な下部火山岩類は、下位より下部噴出岩類Ⅰ及び下部噴出岩類Ⅱに細分される。オフィオライト上部堆積物は、オリストストローム層より成りオフィオライトを覆って分布する。本地区の地質構造は、衝上断層群により特徴付けられ、これにより層序的に上位の火山岩類が構造的には最下位に認められ、一見逆転した構造を示す。断層は、NW-S E系が鉱床の近傍で発達する。

ラカー地域で見られる銅鉱床は、北部オマーン山脈地域で現在稼行中のラセイル鉱床及びベイダ鉱床と、その火山層序的な賦存位置が同じであること、塊状鉱中に堆積構造が認められることなど類似点が多いことから、ラセイル鉱床と同様キプロス型の銅鉱床であり、ほぼ同時期に生成した銅鉱床であると考えられる。ラセイル鉱床の生成には、下部噴出岩類Ⅱの火山活動と密接な関係が認められる (Bishimetal, 1987) が、本地域においても鉱床近傍では下部噴出岩類Ⅱが発達しておりこの火山活動と鉱床との関係が推定される。岩石化学的に検討した結果では、下部噴出岩類Ⅱはより早期の分化物である可能性が推定されており、ラセイル鉱床周辺で見られる下部噴出岩類Ⅱの傾向 (Bishimetal, 1987) と同様である。

A地区の中央部に位置するハイル・アス・サヒル鉱床は、孤立した小丘を形成するメイン・ゴッサン及びスモール・ゴッサンとその周辺で段丘堆積物により覆われた鉱化帯より構成される。地質調査の結果では、これらの鉱化帯は一連の大規模な鉱化帯 (900m×400m) でこれがオブダクト及びオブダクト後の構造運動及び浸食作用により分断されたことを示す。鉱床は、下部噴出岩類Ⅰの最上部に位置し、その一部は下部噴出岩類Ⅱにより覆われる。鉱床はNW-S E方向に伸長するが、この方向はシート・コンプレックスの方向とほぼ同一であり、オフィオライトの一般

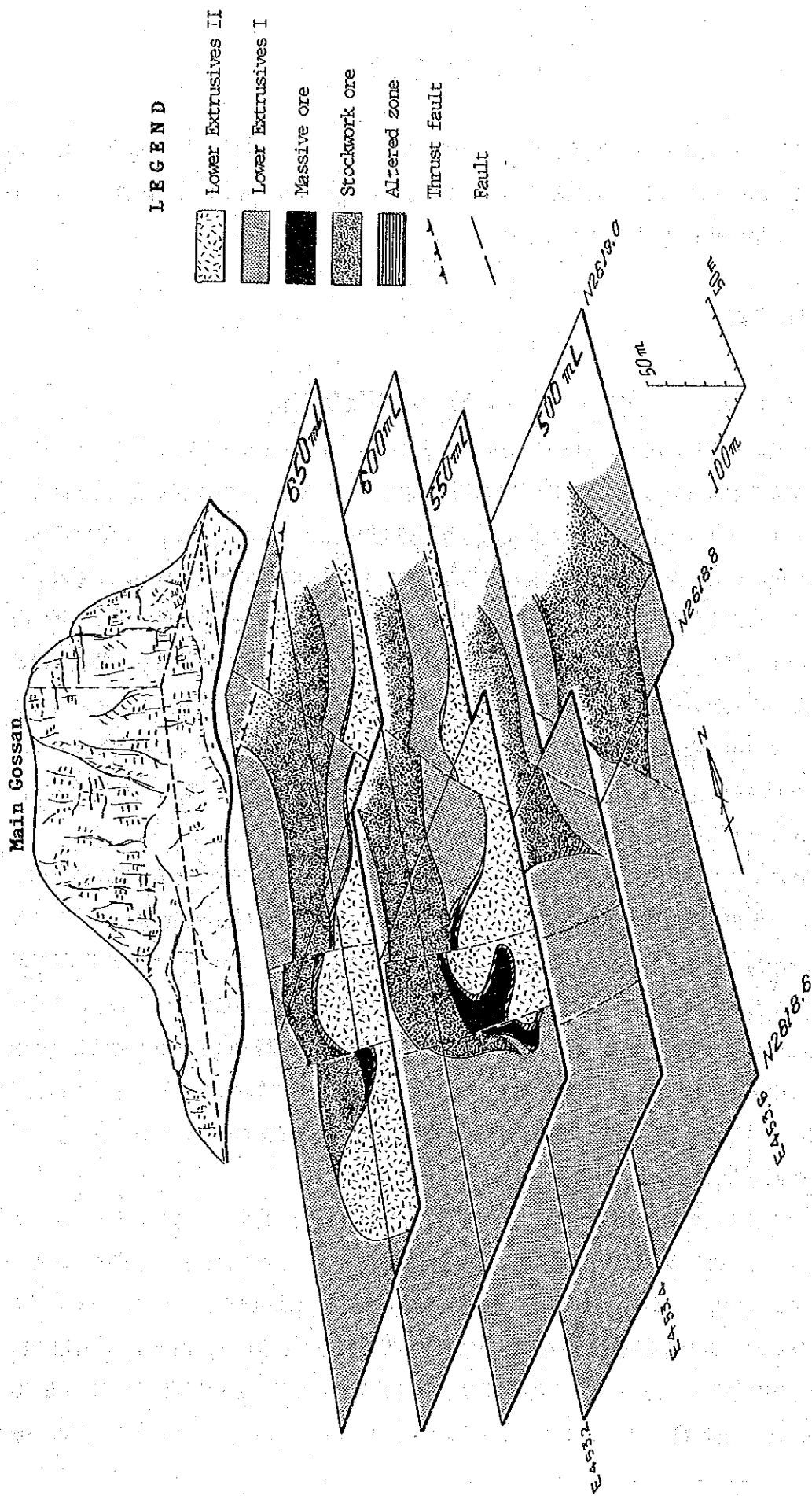


Fig. 5 Three dimensional illustration for the Hayl as Safil deposit



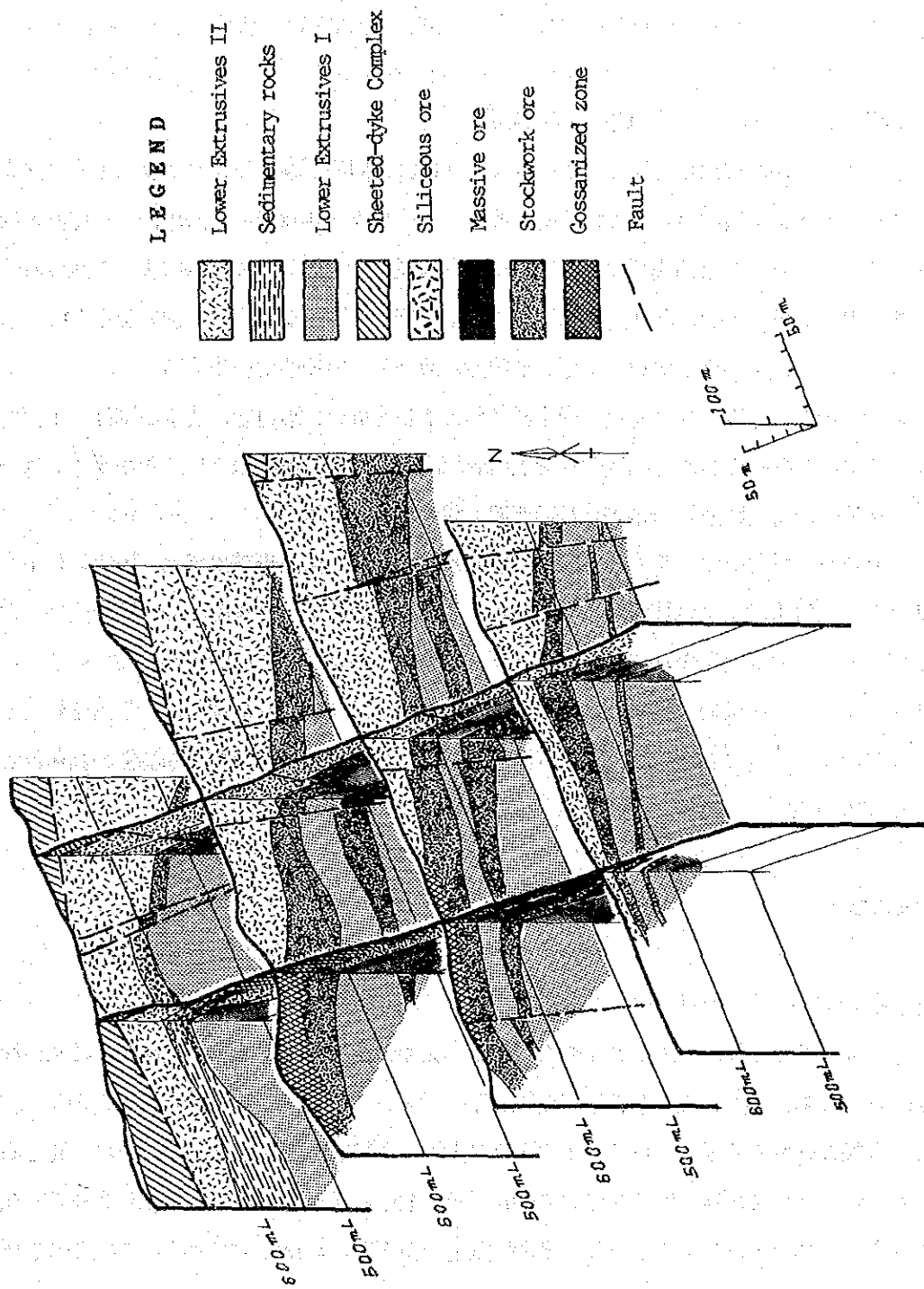


Fig. 6 Three dimensional illustration for the Rakah deposit.

走向ともほぼ一致する。

鉱山開発計画に関連し、ゴッサン化帯中のAu、Ag品位を明らかにするため試料を採取し鉱石分析を行ったが、一般にAu、Ag品位は1.0g/t以下と低く高品位部は認められなかった。

## (2) B地区（ラカー鉱床）の地質及び鉱床

本地区はラカー地域の東部に位置し、その地質はA地区と同様、サマイル・オフィオライト及びオフィオライト上部堆積物より構成される。サマイル・オフィオライトの層序は、A地区と同様である。オフィオライト上部堆積物は、スハイラ層及びオリストストローム層より構成され、スハイラ層はラカー鉱床周辺に散在し火山岩類を覆って分布する。ラカー鉱床地域及びその周辺では、鉱床母岩である下部火山岩類のうち下部噴出岩類Ⅱが広い範囲に分布する。

B地区の地質構造は、A地区と同様、衝上断層群により特徴付けられる。衝上断層は、主要なもの2条のほか、これに伴われた副次的な衝上断層が認められ、これによりオフィオライトは一見逆転した構造を示す。断層は、NW-SE方向の断層が卓越する。

本地区で見られる鉱化帯は、ラカー鉱床のみである。ボーリング調査結果では、上部鉱化帯及び下部鉱化帯の二枚の鉱化帯が確認されているが、このうち上部鉱化帯は鉱床分布域の西部で地表に達し著しいゴッサン化を受けている。ゴッサン化帯の一部は過去に採掘がなされている。このゴッサン化帯及びその周辺で見られるゴッサン・ズリより試料を採取し鉱石分析した結果、その一部で比較的高い値（最高値：Au 13.7g/t、Ag 21.1g/t）が得られ、さらにAu品位の見られる試料もかなり広い範囲に分布する。

## 5-2 物理探査

### (1) A地区（ハイル・アス・サヒル鉱床）

ハイル・アス・サヒル鉱床の広がりを明らかにするため、第1年次に流電電位法による物理探査を実施した。本調査では、以下の結果が得られた。

- ① 物理探査結果より推定されるハイル・アス・サヒル鉱床の主要部は、MJ0-A5/A6 孔の西方20m～60mに西端、HS-8孔の北方20m付近に北端、HS-19 孔付近に南端及びHS-14 孔の東方 140m付近に東端があり、東西、南北それぞれ 250m幅の範囲を示す。この主要部では、断層による構造規制を受けており、鉱体は比較的厚く分布すると考えられる。
- ② ①の主要部の北西方（メイン・ゴッサンの南半部）及び主要部の西端より 100m西方まで張り出しが見られるが、この部分では鉱体が薄くなっていると考えられる。HS-14孔の北東方 360m付近まで見られる張り出しは、深部に賦存する鉱体を反映していると考えられる。

- ③ スモール・ゴッサン及びその北側の鉍化帯は、孤立した鉍化帯でハイル・アス・サヒル鉍床の主要部とは連続していないと考えられる。

この物理探査結果に基づき最終年次にボーリング調査を行ったが、この調査結果はこの物理探査結果と良く一致しており、物理探査で推定された範囲が鉍床の分布範囲であることを示す。

## (2) B地区 (ラカー鉍床)

A地区と同様、B地区においてもラカー鉍床の広がりを明らかにするため、第1年次に流電電位法による物理探査を行った。本調査の結果は、以下のとおり。

- ① ラカー鉍床を構成する上部及び下部の二つの鉍化帯は電気的には連続し、多少の凸凹が見られるものの、それぞれの分布域は類似しており、MJ0-B5孔を中心として東西 400m 南北 100mの範囲に分布する。
- ② 物理探査の結果より推定すると、ラカー鉍床は西側ではNW-SE方向に伸長しゴッサン化帯を包含して分布する。北西端は、NE-SW系の衝上断層で限られる。東側では、36孔の東方 100m付近まで張り出して分布する。
- ③ 電場分布の状況からすると、ラカー鉍床はE-W系、NW-SE系及びNE-SW系の断層構造により規制されていることを示す。

この物理探査結果に基づいて、ラカー鉍床周縁部に対するボーリング調査を最終年次に行ったが、東側で実施したボーリング孔では、弱い鉍化帯を捕捉したのみである。

## 5-3 ボーリング調査

### (1) A地区 (ハイル・アス・サヒル鉍床)

第1年次には、追加ボーリング2本を含む6本のボーリング調査を行い、厚いストックワーク状鉍を含む鉍化帯を捕捉した。最終年次には、鉍化帯の広がりを明らかにするため、主として鉍化帯の端末部に対し6本のボーリングによる調査を実施した。この調査により、ハイル・アス・サヒル鉍床は、レンズ状の形態をなし、鉍体の主要部では400m (E-W) × 300m (N-S)の広がりを示し220m下部まで連続することが明らかとなった。

本調査及び既存のボーリング調査の結果を総合すると、ハイル・アス・サヒル鉍床の特徴として以下があげられる。

- ① 鉍化帯は、下盤側を強緑泥石化帯、上盤側を粘土化帯で境されており母岩の火山岩類との境界は明瞭である。鉍質は、下位よりストックワーク状鉍、塊状鉍及び珪質鉍に区分される。ストックワーク状鉍は中央部で最も発達し大規模な鉍化帯を形成し、塊状鉍は周辺部で発達する。鉍床の中央部では、ストックワーク状鉍と塊状鉍は直接するが、側

方部ではストックワーク状鉱と塊状鉱との間に下部噴出岩類Ⅰの枕状溶岩を挟む。

- ② スtockワーク状鉱は、著しい珪化と大規模な角礫化のくり返しにより特徴付けられ、網状の石英脈が発達する。全体的に見ると、鉱床の中央部付近で鉱況は良好であるが、鉄石英の角礫が全般に見られるなど、鉱質及び鉱況の上下方向の変化はあまり見られない。
- ③ 塊状鉱も著しい角礫化を受けており、その基質部分も硫化鉱物により充填されている。この角礫中の黄鉄鉱には、コロホーム組織がみられる。塊状鉱は一般にCu品位が高く、またAu、Agもストックワーク状鉱に比較して高い値を示す。
- ④ 珪質鉱の産状はストックワーク状鉱に類似するが、鉄石英の量が多く、また粘土を伴う場合が多い。
- ⑤ 鉱石鉱物としては、黄鉄鉱、黄銅鉱のほか少量の閃亜鉛鉱を伴う。また、鉱床が地表に近い部分では、鏡下で斑銅鉱、輝銅鉱及び銅藍などの銅の二次富化鉱物が認められる。

なお、ボーリングの調査結果によれば、地表でみられる大規模なゴッサン化帯の大部分は、ストックワーク状鉱が著しい風化作用を受けゴッサン化したことを示す。

## (2) B地区 (ラカー鉱床)

第1年次には、ラカー鉱床の鉱化作用の特性と鉱況を確認し、さらにそれまでの調査で高い値が得られているAuの賦存状況を解明するため、主として鉱床の中央部にたいして6本のボーリングを行った。最終年次には、地質調査及び物理探査の結果より予想されたラカー鉱床の広がりを確認するため、下部及び周縁部に対し5本のボーリングを実施した。本調査結果及び既存のボーリング調査結果を基に解析した結果、ラカー鉱床は、東に傾斜する2枚の鉱化帯より成りその広がり300m (E-W) × 300m (N-S) 程度であり220m下部まで連続することが明らかとなった。

本調査結果を含むこれまでの調査結果によれば、ラカー鉱床の特徴として以下があげられる。

- ① 鉱化帯は、下部噴出岩類Ⅰの最上部に位置し、下部鉱化帯及び上部鉱化帯の二枚より成る。これらの鉱化帯の間は、弱い鉱化作用を受けた火山岩類(下部噴出岩類Ⅰ)を挟む。東部では、この火山岩類が消滅し鉱化帯は一枚となる。
- ② 鉱質は、ストックワーク状鉱を主とし塊状鉱及び珪質鉱より構成される。塊状鉱及び珪質鉱は、既知鉱床の北西部に分布し、下部噴出岩類Ⅰ及びⅡの境界部に見られる堆積岩類と密接な関係を示す。珪質鉱の原岩はチャートである。
- ③ スtockワーク状鉱の母岩は、緑泥石化が顕著で珪化及び角礫化を伴う枕状溶岩である。鉱化帯の上下盤には強緑泥石化帯が見られ、下盤及び上盤の火山岩類との境界は明瞭である。鉱石鉱物は、鉱染及び網状脈として見られ、黄銅鉱及び黄鉄鉱と少量の閃亜鉛鉱より成る。また、鉱化帯が地表に近い場合には、斑銅鉱、輝銅鉱、銅藍などの二次富化

鉱物が鏡下で認められる。

- ④ 塊状鉱は細粒黄鉄鉱を主とし、著しい角礫化を受けた塊状硫化鉱である。この塊状鉱は地下浅部に賦存することから、銅鉱物はいずれも二次富化鉱物である。黄鉄鉱には、鏡下でコロホーム組織やフランボイダル組織が見られる。この塊状鉱中にはAu及びAgが濃集しており、その最良部はAu 16.8g/t、Ag 35.8g/t (MJ0-B1, 38.80m~39.80m) の値を示した。この濃集部でのAu及びAgの賦存状況を明らかにするため研磨片による観察を行ったが確認できず、多分黄鉄鉱中に随伴するものを推定される。
- ⑤ 珪質鉱は、主として塊状鉱の上位に見られることから、地表近くに賦存しておりその大部分がゴッサン化を受けている。この珪質鉱の一部には、著しいAuの濃集する部分があり、その鉱況は掘進長: 5.95m、Au 62.91g/t、Ag 124.9g/t (MJ0-B8, 18.75m~24.70m) であった。

なお、地表で見られるゴッサン化帯の大部分は、上部鉱化帯のストックワーク状鉱がゴッサン化したものである。

#### 5-4 鉱量計算

本調査を含むこれまでの調査により、ハイル・アス・サヒル鉱床地区で52本、ラカー鉱床地区で56本のボーリング調査がなされている。本調査の結果、これら両鉱床の形状がほぼ明らかになったため、これらのボーリング調査結果を基に、両鉱床に対する地質鉱量の計算を行った。計算では、Cu 0.20%をカット・オフ品位とした。また、この鉱量計算結果に基づいて第3巻で述べる鉱山開発計画を作成した。本調査で計上された両鉱床の合計地質鉱量は、15,303,827トンCu 0.9%、Zn 0.14%、Au 0.55g/t、Ag 2.44g/tである。

##### (1) ハイル・アス・サヒル鉱床の地質鉱量

ハイル・アス・サヒル鉱床に対する鉱量計算は、メイン・ゴッサンの南半部より南及び東の地区で、これまでのボーリング調査により鉱化帯の形状及び鉱況が明らかとなっている区域に対して行った。この鉱量計算の結果得られたレベル別鉱画図及びブロック別の鉱量表をAppendix 17及び18にそれぞれ示す。ハイル・アス・サヒル鉱床に対するこの鉱量計算により以下の地質鉱量が計上された。

鉱量 (t)	Cu %	Zn %	Au g/t	Ag g/t	Cu (t)	Zn (t)	Au (kg)	Ag (kg)
10,553,091	1.00	0.13	0.40	2.59	105,167.29	13,208.12	4,183.17	27,384.82

鉱画設定範囲の北側などでさらに鉱量の増加が予想されるが、その量は限られると考えられるので、本調査で行った鉱量計算により期待される鉱量の大部分は計上できたものと思われる。本調査の開始以前にMPMにより計上されていたハイル・アス・サヒル鉱床の鉱量は、2,086千ト

ンCu 2.09%、Au 0.97g/tであるので、本調査により約8,467千トン、Cu 0.73%、Au 0.26g/tの地質鉱量が発見されたことになる。

## (2) ラカー鉱床の地質鉱量

ラカー鉱床に対する鉱量計算は、上部及び下部の両鉱化帯に対し行った。本調査により鉱床の広がり確認されているので、期待される地質鉱量の大部分はこの鉱量計算により計上されたと考えられる。ラカー鉱床に対し計上された地質鉱量は以下のとおり。

鉱量(t)	Cu %	Zn %	Au g/t	Ag g/t	Cu (t)	Zn (t)	Au (kg)	Ag (kg)
4,750,736	0.99	0.18	0.88	2.11	46,824.39	8,511.18	4,163.77	10,020.31

この鉱量に加え、ラカー鉱床ではゴッサン中にAu品位の高い部分があり、その量および品位は300千トン、Au 5.0g/t、Ag 10.0g/t程度と推定される。ただし、この鉱石の正確な量を把握するには今後の調査が必要である。

## 5-5 探査結果の総合検討

本調査で実施した地質及びボーリングの調査結果を総合すると、ハイル・アス・サヒル鉱床とラカー鉱床は、Fig.4及びFig.5のような形状を示す。また、ラカー地域の銅鉱床は以下の過程を経て生成したものと推定される。

- ① 拡大軸での火成活動による、下部噴出岩類I（サマイル火山岩類、下部噴出岩類）の噴出及び堆積。
- ② 拡大軸での下部噴出岩類IIの火成活動に関連した、深部割れ目と角礫化帯の形成及び鉱化溶液の上昇。下部噴出岩類Iの最上部角礫化帯でのストックワーク状鉱の生成及び海底面に達した溶液による塊状鉱及び珪質鉱の生成。
- ③ 上昇熱水による角礫化の繰り返しと鉱化帯の拡大。
- ④ 下部噴出岩類IIの噴出。海底風化より鉱体の隔離。
- ⑤ サマイル・ナップのオブダクト、このオブダクトに伴う衝上断層群による、大構造の規制及び鉱体の移転。
- ⑥ オブダクト後の断層及び褶曲などの構造運動による鉱体の小規模な転移。
- ⑦ 第四紀堆積物の堆積。

ここで考えられた鉱床生成の過程は、ソハール地域で知られている鉱床と同様である。このような過程で鉱床が生成したとすれば、この種の銅鉱床の探査には下部噴出岩類IIの火成活動に注目することが重要である。

本調査の結果では、両鉱床の全貌がほぼ解明されたので、既知鉱床の近傍でのポテンシャルは限られると考えられる。



## 第6章 鋳山開発計画

### 6-1 ソハール鋳山の概況

現在、ソハール鋳山の操業はOMCOにより実施されている。採鋳操業はラセイル鋳床とベイダ鋳床の坑内採掘及び1989年より新たに開始されたアージャ鋳床の露天掘り採掘によっておりその年間粗鋳生産量は約1,100千トン、粗鋳銅品位は1.60%である。

選鋳処理を行った後、銅精鋳は直接付属製錬所へ送鋳される。精鋳量は年間約78,000トン、銅品位21.2%である。

製錬では年間約15,000トンの電気銅が生産され、これは全量輸出されている。主な輸出先は日本、韓国、台湾及びオランダである。

本ハイル・アス・サヒル鋳床及びラカー鋳床が鋳山として操業されることとなれば、ソハール鋳山と同様OMCOにより操業されることとなるので、ソハール鋳山の操業データは本鋳山開発計画を立案する上で重要であり、これらを参考として本開発計画を作成した。

### 6-2 操業規模の検討

ハイル・アス・サヒル鋳床及びラカー鋳床を坑内採掘法で採掘する場合、計算で得られたカットオフ品位はCu 1.25%であり、露天掘り採掘法の場合はCu 0.35%である。

本開発計画では両鋳床共、次の理由から露天掘り採掘法を採用することとした。

- ①鋳体が比較的浅所に賦存する。
- ②鋳体の高品位部が比較的上部に分布している。
- ③両鋳床共銅品位が比較的低く、坑内採掘法のカットオフ品位を上回る鋳量は、地質鋳量ベースで2,400千トン程度と極めて少ないが、露天掘りのカットオフ品位を上回る鋳量は10,000千トンを上回り、総稼採含銅量は2倍程度となる。
- ④本鋳床の鋳量の大部分を占めるストックワーク状鋳の良鋳部は鋳化帯中で安定していないので、坑内採掘法で高品位部を選択的に採掘する事は難しいが、露天掘り採掘では低品位鋳も、まとめて採掘するのでこの点は問題とならない。
- ⑤降雨量が極めて少なく、露天掘りに適している。
- ⑥大規模なずりたい積場がピット近くに得られる。
- ⑦経済性のある剥土比でピット設計が可能である。

ハイル・アス・サヒル鋳床及びラカー鋳床の露天掘りピットの設計のため、最大許容剥土比を計算した。ハイル・アス・サヒル鋳床が11.33、ラカー鋳床が6.78である。

上記の結果を踏まえ、最適操業規模を決定するためいくつかの予備的計画を作成し、その財務分析を行った。その結果、最適操業規模は3,000トン/日であることが明らかとなった。

Fig.7 に予想される鉱山の全体配置図を示す。

### 6-3 採 鉱

ハイル・アス・サヒル鉱床及びラカー鉱床のピット設計は、ピット斜面の傾斜角を両鉱床の岩質が比較的堅固である事等を勘案して、45°とした。また、ピットの大きさ、深さ及び形状は、鉱石の採掘実収率を出来る限り高く保ちつつ剥土比を最小にするようにして設計した。

ピットのベンチ高さは10mと比較的低いものとした。これは本計画で重機の機動性を重視することから、使用する採鉱重機が比較的小型のものとなった事による。

設計の結果、ハイル・アス・サヒル鉱床の最大許容剥土比11.33 に対し設計剥土比3.44、ラカー鉱床の最大許容剥土比6.78に対し設計剥土比4.13となった。

両鉱床のピット設計の結果、採掘対象鉱量は以下の通りである。なお選鉱試験により銅の回収が非常に困難である事が判明したラカー鉱床の塊状鉱は採掘対象鉱量には計上せず、別途ストックパイルに貯鉱しておく事とした。

	鉱量 (t)	銅品位 (%)	金品位 (g/t)
ハイル・アス・サヒル鉱床	6,284,436	1.28	0.58
ラカー鉱床	2,123,833	1.22	0.62
合 計	8,408,269	1.26	0.59

鉱体を露出させるため必要な初期剥土量は、ハイル・アス・サヒル鉱床が12,000千トン、ラカー鉱床が3,136 千トンである。2年間の起業期間中にハイル・アス・サヒル鉱床の剥土を完了させ、ラカー鉱床の剥土は粗鉱生産開始後初年度及び2年度に実施することとした。

剥土に使用する採鉱重機は、初期剥土工事から引き続き操業に移行出来るよう、操業に使用するものと同一の機種とした。

なおラカー鉱床のゴッサンの内、金品位の高いものは将来の経済的な回収の可能性を残すためラカー鉱床の塊状鉱と同様に別途ストックパイルに貯鉱する事とした。

またハイル・アス・サヒル鉱床の採掘に先立ちワジ (Wadi al Hayl al Ali)の切り替え工事が必要である。

採鉱生産は、初年度の鉱石生産量は、操業の立ち上がりであることを考慮して平常年の80%程度とした。2年目以降は1,080,000t/ 年を維持するとしている。ズリの採掘は、操業が進行するにつれ減少してゆくように計画した。

### 6-4 選 鉱

選鉱試験による各鉱種の選鉱特性は、次のようである。

ハイル・アス・サヒル鉱 : 銅鉱物と黄鉄鉱の結合が緻密でありかつ鉱石の一部が酸化を

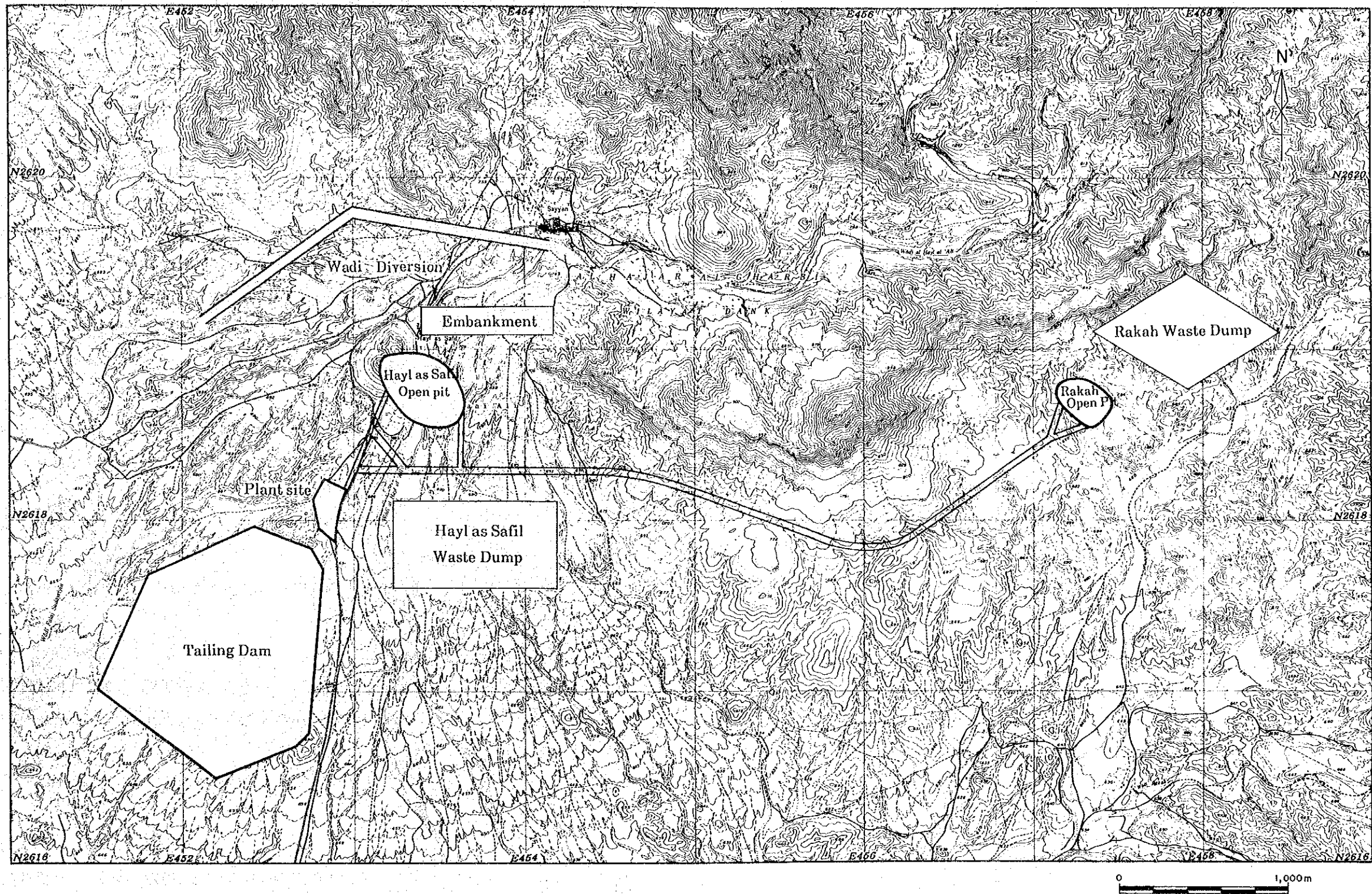


Fig.7 General mine layout



受けているので両者の分離はあまり良好ではない。

ラカー・ストックワーク状鉱：黄銅鉱、黄鉄鉱共粒径が比較的粗く両者の分離は容易である。

ラカー塊状鉱：非常に微細な銅鉱物と硫化鉄鉱物が緻密に結合し、また鉱石が著しく酸化していることから選鉱による選別は全く不可能である。

鉱石中の金は浮選工程で硫化鉄鉱物と挙動を共にして抑制されるため、実収率は50%以下である。

選鉱工場の設計は、破碎、磨鉱は本計画の操業規模が比較的小さいことから自生粉碎方式によるコスト低減効果が少ないので、3段破碎1段磨鉱の従来方式を採用した。浮選は選鉱試験の結果、銅及び金の実収率が最も高いバルク優先浮選方式を採用した。予想選鉱成績は、精鉱品位銅20.0%、金5.20g/t、実収率は銅88.9%、金49.3%である。選鉱設備の設計に関しては、鉱石を非常に細かく磨鉱する必要があること、銅鉱物の浮遊度が低いため浮選時間が長く多数の浮選機を必要とすることから、起業費操業費は比較的高くなる。

選鉱用水は7.5m<sup>3</sup>/min必要であり、この内1.5m<sup>3</sup>/minは主として廃さいたい積場でロスとなるので、1.5m<sup>3</sup>/minの新水の補給が必要である。

工場の所要動力は約3,800kwである。Fig.8に選鉱のフロー・チャートを、Fig.9に選鉱工場の全体のレイアウトを示す。

### 6-5 鉱害防止設備

ハイル・アス・サヒル鉱床の近傍及びラカー鉱床の近傍にそれぞれ約10,000千m<sup>2</sup>及び約6,000千m<sup>2</sup>の捨石たい積場を設計した。いずれのたい積場も十分な面積の敷地を確保できることから極めて安全な設計となった。

選鉱工場建設予定位置の南方、2つのワジに挟まれた小高い平地に平地式廃さいたい積場を設計した。当地域は極めて降雨量の少ない地域であるが、底設暗きょを設け予想される雨水流入量の4倍の排水能力を確保した。本設計も十分な面積の確保が可能なることから、極めて安全な設計となった。

これらの他、ビット廃水処理及び採鉱運搬道路の粉じん防止対策を計画した。

### 6-6 補助及び管理、組織及び人員

補助及び管理部門として、経理、資材、総務及び人事が必要である。現在操業中のソハール鉱山ではこれらに加えてエンジニアリング部門が独立した部門として補助部門中に存在するが、本計画による操業規模は、製錬を持たないことからソハール鉱山の操業規模よりも相当小さくなる見込みなので、エンジニアリング部門は独立させずそれぞれ採鉱、選鉱部門の中にその機能を持

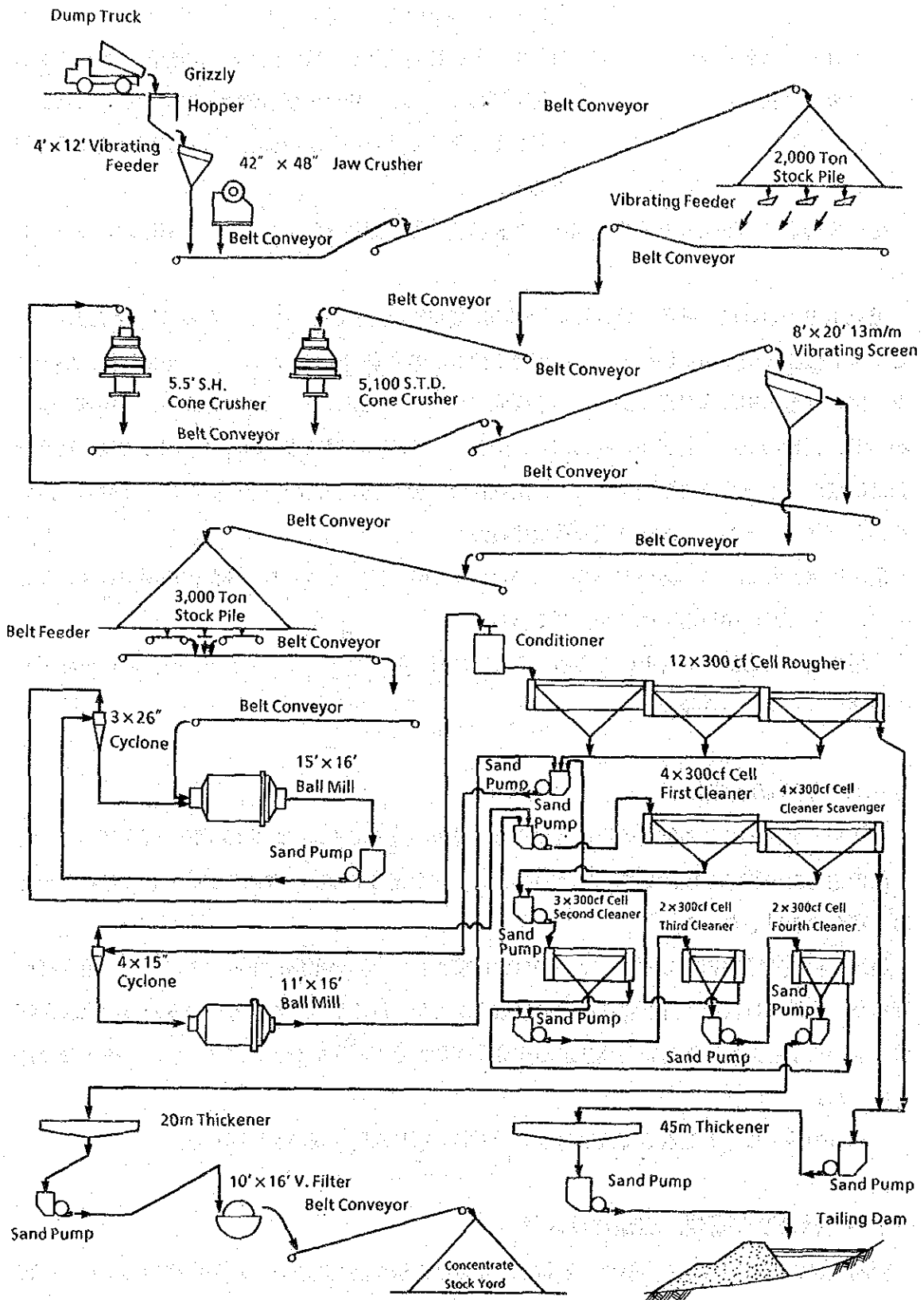
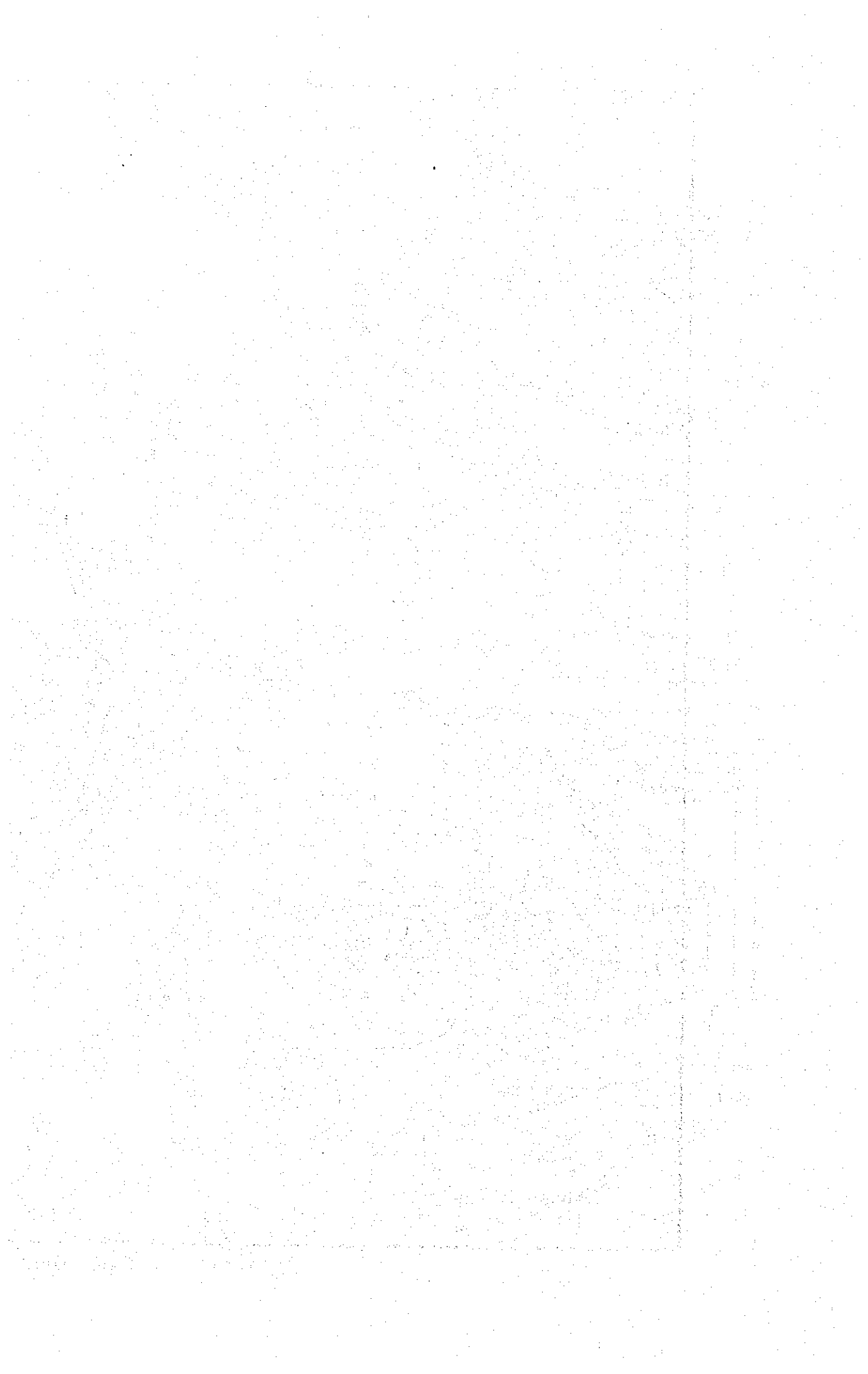


Fig. 8 Mineral processing plant flowchart



Fig. 9 General layout of mineral processing plant





たせた。

組織及び人員計画は、基本的には現在操業中で操業環境の類似しているソハール鉱山の考え方を踏襲した。各部門の人員面では人数を出来る限り削減し効率の良い組織を目指したが、一方ではアマニゼーションを組織的に推進するため、操業開始後5年間は若干の人員増を見込んだ。本鉱山の操業に必要な人員は最盛期で390名である。

鉱山操業開始時のオマーン人比率をソハール鉱山の現状から推定すると、当初からオマーン人化が可能なものの比率は全従業員中の30%未満と予想されるが、本オマーン人化計画を推進することにより、5年後には全従業員中の50%以上に向上させる事が可能である。

## 6-7 インフラストラクチャー

鉱山建設用及び操業用の資機材の輸送経路は、現地調査の結果から、マスカット～ニズワ～イブリ～ヤンクル～鉱山建設予定位置が妥当である。このルートはほとんど舗装されており特別な起業工事費は必要ない。

銅精鉱はトラック輸送によりソハール製錬所に送られる。輸送ルートは鉱山～ヤンクル～イブリ～レイミ～ソハール製錬所で、全長288kmである。このルートものほとんど舗装されており特別の起業工事費は必要ない。

本開発計画では主に選鉱操業のため、毎分1.5 m<sup>3</sup>、一日当たり約2,200 m<sup>3</sup>の新水を必要とする。選鉱以外の部門の用水必要量は極めて少ない。新水が確保出来るか否かは、本プロジェクトの死命を制する問題であるが、利水権の問題を別とすれば、現地調査の結果技術的には新水の確保は地下水の利用により可能であると考えられる。

予想電力需要は主に選鉱操業のため約4,000kwであり選鉱以外の部門の使用量は極めて少ない。この電力はハイル変電所から約23kmの送電線を建設する事により供給される。

オマーンにおける通信網は主要都市間のマイクロウェーブと近距離域内の有線により構成されている。本プロジェクトではヤンクル電話局から約13kmの有線による電話回線を設置する事により電話及びファクシミリによる通信手段を得ることとした。

住宅施設は、ヤンクルの市街地に設けることとした。ヤンクルには従業員やその家族の生活に必要な商店、学校、クリニック、モスレム教会等諸施設が整っている。

社宅の戸数は妻帯者用高級社宅7戸、中級社宅17戸、低級社宅25戸及び独身者用103室である。なお、ソハール鉱山同様、かなりの数のオマーン人従業員が自宅から通勤することとなる見込みである。

## 6-8 起業費、追加投資及び操業費

本開発計画の起業費は総額US\$54,815,500である。その内訳をTable 4に示す。

Table 4 Summary of construction cost

Item	Construction cost	Percentage
	(US\$1,000)	(%)
Mining	19,172.7	35.0
Concentrator	21,562.6	39.3
Mine general items	2,935.6	5.4
Infrastructure	3,124.7	5.7
Sub-total	46,795.6	85.4
Contingency	2,506.3	4.6
Design, Engineering and Construction management fee	5,513.6	10.1
Sub-total	8,019.9	14.6
Total	54,815.5	100.0

追加投資として操業開始以降の年度に計上した起業費はUS\$3,328,000であり、操業初年度に行うラカー鉱床の剥土工事費及び採鉱重機の追加或は更新費である。ラカー鉱床の剥土工事費はUS\$1,410,300、重機購入費はUS\$1,917,700である。

採鉱操業費は、採鉱処理費を運搬距離の差からラカー鉱床の鉱石とそれ以外（ハイル・アス・サヒル鉱床の鉱石及び両鉱床のズリ）とに分けて計算した。ラカー鉱床の鉱石処理費はUS\$1.539/トン、それ以外はUS\$1.121/トンである。

選鉱費はUS\$4.462/トンである。補助及び管理部門の操業費はUS\$1,566,900/年、精鉱輸送費はUS\$10.0/トンである。

この他にオマーン人化推進のための新人従業員教育費として、US\$303,100/年を操業開始後5年間計上した。

仕上りコストは、銅価でポンド当りUS\$99.7である。

## 6-9 鉱山開発計画の総合検討

鉱山開発計画の財務分析及び経済分析の前提条件として、本鉱山は財務的に既存のソハール鉱山、製錬所から独立した事業所であるとみなして計算を行った。また製錬費及び製錬実収率についてはソハール製錬所の実績値ではなく、英国Commodities Research Unit Ltd.社のCopper Studies等を参考とし、現在の世界的に標準的な製錬条件を適用した。これは本鉱山の開発可能性を出来る限り客観的に評価するためである。

本計画の財務分析のため年度別生産計画表、年度別収入計算表、損益計算及びキャッシュ・フロー計画を作成し、その結果プロジェクトに対する内部収益率6.40% 自己資本に対する内部収益率0.50% を得た。またこの結果に対し感度分析を行った。その結果本プロジェクトの内部収益率は銅の価格に対して最も敏感であることが明らかになった。Table 5 に損益計算計算及びキャッシュ・フロー計画を、Table 6 及びFig.10に感度分析結果を示す。

経済分析のため損益計算及びキャッシュ・フロー計画を作成した結果、プロジェクトに対する内部収益率8.90%、自己資本に対する内部収益率7.96% を得た。

本調査より、以上のような結果が得られハイル・アス・サヒル鉱床及びラカー鉱床の開発計画及びこれに関連するインフラストラクチャーの整備方針が解明できた。また本計画に関する総合評価が解明された。

また技術的な面の今後の課題として、ゴッサン・ズリ中の金の経済的な回収方法及びラカー塊状鉱に対する浸出法或は特に高品位の鉱石に対する直接製錬処理方法の検討が必要であることが明らかになった。

捨石たい積及び廃さいたい積場の予定地に対しては、建設に先だって経済的価値を有する鉱床が存在しないことをボーリング等によって確認しておく必要がある。

Table 5 Annual profit (loss) and cash flow (financial evaluation)

	Year -2	Year -1	Year 1	Year 2	Year 3	Year 4	Year 5	Year 6	Year 7	Year 8	Total	IRR		
												Metal Price		
												(US\$/lb)	100	6.40% as R.O.I.
														0.50% as R.O.E.
<b>(Unit : US\$1,000)</b>														
<b>(PROFIT &amp; LOSS STATEMENT)</b>														
1. NET REVENUE			19,009.8	25,362.7	25,151.8	26,220.7	24,830.7	16,263.0	21,020.9	16,272.1	177,131.6			
2. COSTS														
Direct Operating Costs														
Mining			2,872.9	5,268.6	4,870.3	4,548.2	3,432.9	2,684.4	2,560.8	2,295.7	28,538.8			
Concentrator			3,784.7	4,819.0	4,819.0	4,819.0	4,819.0	4,819.0	4,819.0	4,819.0	37,517.4			
Supporting			1,566.9	1,566.9	1,566.9	1,566.9	1,566.9	1,566.9	1,566.9	1,566.9	12,535.2			
Conc. Transportation			507.7	704.0	671.7	753.7	663.1	434.3	561.4	434.5	4,730.5			
Training Cost			303.1	303.1	303.1	303.1	303.1	0.0	0.0	0.0	1,515.6			
Sub-total			9,035.3	12,661.7	12,231.0	11,985.9	10,785.0	9,514.5	9,508.1	9,115.1	84,837.5			
Royalty			925.1	1,282.9	1,224.0	1,373.4	1,208.4	791.4	1,023.0	791.9	8,620.1			
Depreciation			6,001.1	7,976.5	7,976.5	8,048.5	8,204.0	8,204.0	8,204.0	8,204.0	62,815.4			
Interest			4,804.3	4,614.6	3,925.0	3,172.0	2,059.9	961.8	448.1	0.0	19,985.8			
Total Costs			20,765.8	26,535.7	25,356.8	24,577.7	22,257.3	19,471.8	19,183.2	18,111.9	176,259.8			
3. PROFIT BEFORE TAX			-1,756.0	-173.0	-204.7	3,643.0	2,573.4	-3,208.8	1,837.7	-1,839.9	871.8			
4. INCOME TAX			0.0	0.0	0.0	96.3	176.1	0.0	0.0	0.0	272.4			
5. NET PROFIT AFTER TAX			-1,756.0	-173.0	-204.7	3,546.7	2,397.3	-3,208.8	1,837.7	-1,839.9	599.4			
<b>(CASH FLOW STATEMENT)</b>														
Net Profit After Tax			-1,756.0	-173.0	-204.7	3,546.7	2,397.3	-3,208.8	1,837.7	-1,839.9	599.4			
Depreciation			6,001.1	7,976.5	7,976.5	8,046.5	8,204.0	8,204.0	8,204.0	8,204.0	62,816.4			
Equity	13,703.8										13,703.8			
Loan	6,181.0	41,862.4									48,043.4			
Capital Expenditure	-19,322.9	-85,492.4									-54,815.4			
Interest During Construction	-561.9	-4,111.2									-4,673.1			
Additional Capital Expenditure			-2,348.0	0.0	-350.0	-630.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-3,328.0			
Working Capital Increase (Decrease)			0.0	-906.6	107.7	61.3	309.2	317.6	1.6	2,377.0	0.0			
Loan Repayment			-1,897.1	-6,896.8	-7,529.5	-11,120.8	-10,981.3	-5,136.7	-4,481.2	0.0	-48,043.4			
Net Generated Cash			0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5,562.1	14,303.2			
<b>PRINCIPAL</b>														
Net Generated Cash			48,043.4	39,249.5	31,720.0	20,589.2	9,617.9	4,481.2	0.0	0.0	14,303.2			
Capital Expenditure			0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5,562.1	8,741.1			
Repayment Flow Adjustment			-19,884.9	6,896.8	7,529.5	11,120.8	10,981.3	5,136.7	4,481.2	0.0	-61,747.3			
Interest Flow Adjustment			4,804.3	4,614.6	3,925.0	3,172.0	2,059.9	961.8	448.1	0.0	19,985.8			
Cash Flow Out and In			6,701.4	11,511.5	11,454.4	14,292.8	13,041.2	5,098.5	10,491.4	8,741.1	20,585.2			
Discounted Cash Flow at			5,408.1	18,689.3	36,979.9	8,982.9	8,449.2	3,713.5	-6,004.4	4,701.9	-0.0			
<b>(RATE OF RETURN TO THE EQUITY)</b>														
Net Generated Cash			0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5,562.1	8,741.1			
Capital Expenditure			-13,703.8							0.0	-13,703.8			
Cash Flow Out and In			-13,703.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5,562.1	8,741.1			
Discounted Cash Flow at			0.50%	-13,635.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-5,318.7	6,317.2			

Table 6 Sensitivity analysis on the FIRR (project)

Cu price	Capital cost	Operating cost				
		+20%	+10%	0%	-10%	-20%
-20%	+20%	-16.24	-12.59	-9.34	-6.37	-3.63
	+10%	-15.02	-11.25	-7.88	-4.81	-1.96
	0%	-13.66	-9.75	-6.25	-3.05	-0.07
	-10%	-12.12	-8.04	-4.39	-1.04	2.08
	-20%	-10.35	-6.08	-2.23	1.30	4.60
-10%	+20%	-8.49	-5.63	-2.96	-0.45	1.92
	+10%	-7.03	-4.05	-1.28	1.32	3.80
	0%	-5.38	-2.28	0.61	3.34	5.89
	-10%	-3.50	-0.26	2.78	5.61	8.19
	-20%	-1.33	2.09	5.28	8.15	10.87
0%	+20%	-2.31	0.13	2.46	4.68	6.73
	+10%	-0.63	1.92	4.34	6.58	8.67
	0%	1.27	3.93	6.40	8.68	10.88
	-10%	3.44	6.18	8.70	11.10	13.43
	-20%	5.91	8.72	11.38	13.94	16.43
+10%	+20%	2.98	5.16	7.15	9.04	10.88
	+10%	4.86	7.03	9.08	11.07	13.00
	0%	6.89	9.13	11.29	13.38	15.42
	-10%	9.19	11.55	13.84	16.06	18.24
	-20%	11.87	14.39	16.84	19.23	21.56
+20%	+20%	7.55	9.41	11.23	13.00	14.72
	+10%	9.48	11.44	13.35	15.21	17.03
	0%	11.69	13.76	15.77	17.74	19.67
	-10%	14.24	16.44	18.58	20.68	22.74
	-20%	17.24	19.59	21.89	24.15	26.37

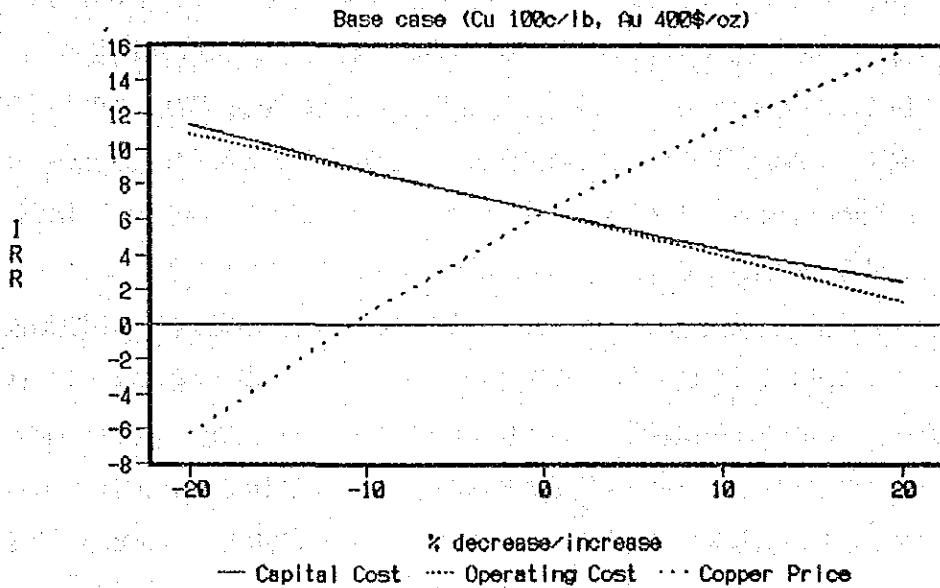


Fig. 10 FIRR sensitivity analysis

## 第7章 結論及び提言

### 7-1 結論

本調査ではラカー地域で知られていたハイル・アス・サヒル鉱床（A地区）及びラカー鉱床（B地区）に対しそのポテンシャルを解明するため地質調査、流電電位法による物理探査及びボーリング調査を実施するとともに、これらの両鉱床開発のための鉱量計算及び選鉱試験を含むプレリミナリー・フィジビリティ・ステディを行った。探査の結果では両鉱床の全貌がほぼ解明され約8,500千トンの銅鉱石を発見することができ、両鉱床を合わせて約15,300千トンの地質鉱量が確認された。

確認された鉱量に基づいて最適採掘法及び最適操業規模を決定し、さらに選鉱試験の結果に基づいて選鉱方式を決定するとともに選鉱工場を設計した。これらの結果と鉱山開発に必要なインフラストラクチャーの整備を含む事項を決定し起業費及び操業費を算出した。これらの結果に対し財務分析を行った結果内部収益率6.40%を得、さらに経済分析の結果では内部収益率8.90%の値が得られた。

ラカー地域に対し本調査で行った探査及び鉱量計算の結果以下の結論が得られた。

- ① ラカー地域はスマイル・ナップの分布域に位置し、その地質はスマイル・オフィオライト及びオフィオライト上部堆積物より構成される。スマイル・オフィオライトは、下位よりテクトナイト、層状岩体、ハイレベル斑れい岩、シート・コンプレックス及びスマイル火山岩類より構成される。スマイル火山岩類は、下部火山岩類及び中部火山岩類に区分される。このうち下部火山岩類は、さらに下位より下部噴出岩類Ⅰ及び下部噴出岩類Ⅱに細分される。既知の両鉱床はいずれも下部噴出岩類Ⅰの最上部に賦存する同生鉱床で、下部噴出岩類Ⅱにより覆われる。オマーン山脈地域におけるこの種の鉱床は、この下部噴出岩類Ⅱの発達する地域に見られ、この噴出岩類と成因的に関係する可能性を示唆している。
- ② ラカー地域の構造は、スマイル・オフィオライトのオブダクトに伴う衝上断層群によってその大構造が規制されている。この衝上断層群によって形成された各スラスト・シートは見かけ上逆転した構造を示す。オブダクト後の構造としては断層及び弱い褶曲構造が見られ、これらが小構造を規制する。既知の両鉱床ともこれらの構造運動によって転移する。
- ③ ラカー地域の両鉱床の鉱石は、下位よりストックワーク状鉱、塊状鉱及び珪質鉱より構成され、このうちストックワーク状鉱が最も発達する。塊状鉱及び珪質鉱はいずれも下部噴出岩類ⅠとⅡの境界部に位置する。ハイル・アス・サヒル鉱床は、顕著な珪化及び角礫化により特徴付けられ、また全般に石英-赤鉄鉱（ジャスパー）を伴う。ラカー鉱床のストックワーク状鉱は顕著な緑泥石化により特徴付けられる。また、塊状鉱及び珪質鉱は下部噴出岩類ⅠとⅡの境界部に挟まれた堆積岩類と密接な関係を示す。鉱石鉱物は、両鉱床

とも黄鉄鉱、黄銅鉱、閃亜鉛鉱、銅藍、輝銅鉱及び斑銅鉱が見られる。これらの鉱石鉱物のうち銅藍、輝銅鉱及び斑銅鉱の大部分は二次富化により生成したものである。

- ④ A地区及びB地区で行った流電電位法による物理探査の結果に基づいてボーリング調査を行ったが、この結果では物理探査により推定された鉱化帯の広がり が正確であることを示し、鉱化帯を捕捉したボーリング孔による流電電位法が非常に有効な手法であることを示す。
- ⑤ 両鉱床に対する鉱量計算の結果得られた地質鉱量は、以下のとおりである。

	鉱量 (t)	Cu %	Au g/t	Cu (t)	Au (kg)
ハイル・アス・サヒル鉱床	10,553,091	1.00	0.40	105,167.29	4,183.17
ラカー鉱床	4,750,736	0.99	0.88	46,824.39	4,163.77
合 計	15,303,827	0.99	0.55	151,991.68	8,346.94

このうち本調査で発見された地質鉱量は約8,500千トン Cu 0.73%、Au 0.26g/t である。

ハイル・アス・サヒル鉱床に対する鉱量計算結果は、ボーリングの密度が一部で低いため若干その精度が低い。ラカー鉱床の鉱量計算結果では、Au及びAg品位の分析結果が少ないことからその精度が若干低いと考えられる。

- ⑥ Au品位の比較的高いラカー鉱床のゴッサン化帯及びゴッサン・ズリの量は約300千トンと見積もられ、その品位はAu 5.0 g/t、Ag 10.0 g/t 程度と推定される。この鉱石は、鉱山を開発する場合には採掘の範囲に含まれるので、この折りに鉱石分析試料を採取しその品位及び量を明らかにすることが必要である。

探査の結果確認された地質鉱量を基に、ハイル・アス・サヒル及びラカーの両鉱床に対する鉱山開発のためのプレリミナリー・フィジビリティ・スタディを行い以下の結論が得られた。

- ① ラカー地域の両鉱床に対する最適採掘法は、鉱体の形状、鉱量、品位分布などより露天掘り採掘法である。露天掘りの場合そのカットオフ品位は、計算上でCu 0.35%を示す。最適操業規模としては3,000トン/日が考えられる。また、この場合予想される山命は8年である。
- ② ビットは、ビット斜面の傾斜角を45°とし、鉱石の採掘実収率をできる限り高く保ちつつ剥土比を最小にするよう設計した。この結果ハイル・アス・サヒル鉱床の剥土比は3.44、ラカー鉱床の剥土比は4.13となった。設計したビットにより採掘可能な鉱量（採掘対象鉱量）は、以下のとおり。

	鉱量 (t)	Cu %	Au g/t	Cu (t)	Au (kg)
ハイル・アス・サヒル鉱床	6,284,436	1.28	0.58	80,436.1	3,657.64
ラカー鉱床	2,123,833	1.22	0.62	25,924.1	1,313.68
合 計	8,408,269	1.26	0.59	106,360.2	4,971.32

- ③ 選鉱工場の設計は選鉱試験結果に基づき行い、破碎、磨鉱は3段破碎1段磨鉱方式、浮選はバルク優先浮選方式を採用した。予想選鉱成績は精鉱品位Cu 20.0%、Au 5.20g/t、実収率はCu 88.9%、Au 49.3%である。
- ④ 鉱害防止設備としては、捨石堆積場、廃さいたい積場を設計した。これらの設備は設計されたピット及び選鉱工場の近傍で適地が得られた。また、ピットからの廃水処理及び鉱石運搬道路の粉じん防止対策を計画した。
- ⑤ 補助及び管理部門の計画では、ソハール鉱山と異なりエンジニアリング部門を独立させずそれぞれ採鉱、選鉱部門にその機能を持たせた。
- ⑥ 組織及び人員計画は、ソハール鉱山の考え方を参考にし、人員面では人数を削減してできるだけ効率の良い組織を目指した。本鉱山の操業に必要な人員は、その最盛期で390名である。また、最終的には、全従業員の50%をオマーン人とした。
- ⑦ インフラストラクチャーは、鉱山建設及び操業用の資機材輸送経路、銅精鉱輸送経路、用水、電力、通信及び住宅施設の整備方針を立案した。このうち資機材及び銅精鉱の輸送については既存の道路が利用でき起業工事費は必要ない。用水については利水権の問題を除けばその確保は可能である。
- ⑧ 本開発計画の起業費は、US\$ 54,815,500である。本開発計画の財務分析のため損益計算及びキャッシュ・フロー計画を作成した。これによる本計画の内部収益率は6.40%である。さらに経済分析を行った結果では、内部収益率が8.90%を示した。

本調査の結果、ラカー地域で知られていたハイル・アス・サヒル及びラカーの両鉱床の解明がなされ大幅な発見鉱量を獲得することができた。さらに、この鉱山開発計画により両鉱床の開発計画及びこれに関連するインフラストラクチャーの整備方針を明らかにすることができた。

財務分析の結果ではその内部収益率が6.40%であるので、鉱山開発のリスクを考慮するとこれら両鉱床の開発にはこの点に対する配慮が必要である。



## 7-2 将来への提言

ラカー地域に対し本調査で実施した地質調査、物理探査、ボーリング調査及び鉱量計算の結果により、ハイル・アス・サヒル鉱床及びラカー鉱床の鉱化帯及びその鉱量の全貌が解明され、必要な探査はほぼ完了した。引き続き実施した鉱山開発のためのプレリミナリー・フィジビリティ・スタディでは、最適採掘法、最適操業規模、選鉱方式及び選鉱工場などが検討、計画及び設計され、ハイル・アス・サヒル及びラカーの両鉱床に対する技術的な必要事項の解明がなされ、これらの鉱床の開発を阻害するような技術的な問題点のないことが明らかとなった。さらに、この鉱山開発計画で起業費、操業費などに基づいて財務分析及び経済分析を行った。この結果財務分析では内部収益率6.40%が、また経済分析では内部収益率8.90%が得られた。

得られた内部収益率は、鉱山開発のリスクを考えると低いと考えられるが、感度分析結果では銅価格がUS\$1.10/pound以上であれば内部収益率が10%以上になることを示している。従って、これらの両鉱床に対し細部設計を含む本格的なフィジビリティ・スタディに移行するかどうかは、ソハール製錬所の操業も含めて検討することが重要と考えられる。

これらの両鉱床に対し鉱山開発のためさらに精度をあげた調査を実施するのであれば、以下の調査が必要であろう。

- ① ラカー鉱床の地表に分布するAu品位の比較的高いゴッサン化帯及びゴッサン・ズリの鉱量及び品位を確認するための10mグリッドを目安とする浅いボーリングによる調査。ただし、この分布域は、ラカー鉱床を開発する場合剥土の対象区域に含まれるので、この折組織的に分析試料を採取することにすれば当面の調査は不要である。なお、Au品位が高い場合には、将来回収の対象になる可能性が考えられるので、この部分については剥土の折別処理することが必要である。
- ② ゴッサン・ズリ中の金の経済的な回収方法及びAu、Cu品位の高いラカー鉱床塊状鉱に対する浸出法或は特に高品位の鉱石に対する直接製錬処理方法の検討が必要である。
- ③ 捨石たい積場、廃さいたい積場及び選鉱工場などの予定地に対しては、建設に先だって経済的価値を有する鉱床が存在しないことをボーリングなどで確認しておくことが必要である。
- ④ 主として選鉱工場で使用する用水は、ヤンクルの南方で確保することが技術的に可能であるが利水権の問題が予想されるのでその解決が必要である。
- ⑤ 本鉱山開発計画では中古設備の使用は考えなかったが、起業費を低くするためには中古設備の使用も考えられるのでその検討が必要である。

## REFERENCES

### For Exploration

1. Alpan S. (1986): United Nation Mission Report for Rakah Area, United Nations Department of Technical Cooperation for Development
2. Bishimetal Exploration Co., Ltd. (1987): Report on a Copper Exploration Programme in the Northern Part of the Oman Mountains, Vol. I-X, Ministry of Petroleum and Minerals, Sultanate of Oman
3. BRGM (1985): Detailed and Semi-detailed Exploration for the Daris, Mahab, Rakah, Shinas, Ghuzayn, Wadi Andam, Washihi and Al Ajal Areas - Interim Report, Ministry of Petroleum and Minerals, Sultanate of Oman
4. BRGM (1985): Detailed and Semi-detailed Exploration for the Daris, Mahab, Rakah, Shinas, Ghuzayn, Wadi Andam, Washihi and Al Ajal Areas - Final Report, Ministry of Petroleum and Minerals, Sultanate of Oman
5. BRGM (1986): Detailed and Semi-detailed Exploration for Copper and Associated Gold in the Daris, Mahab-Hara Kilab, Rakah, Hayl as Safil, Tawi Rakah, Ghuzayn and Shinas Areas, Progress Report No. 1, Ministry of Petroleum and Minerals, Sultanate of Oman
6. Coleman R. G. (1981): Tectonic Setting of Ophiolite Obduction in Oman, *J. Geophys. Res.* 86, 2497-2508
7. Development Council (1987): Statistical Year Book, Technical Secretariat, Sultanate of Oman
8. Gass I. G. (1982): Ophiolite, *Scientific American*, 247, 2, 122-131
9. Gass I. G. (1984): Ophiolite and Ocean Lithosphere, *Geol. Soc. Spe. Pub.* 1-431
10. Geoterrex Ltd. (1974): Interpretation Report Airborne Electromagnetic Survey Barringer Input System of the Mullaq, Ibra and Rakah Areas
11. Glennie K. W., Boeuf M. G. A., High-Clarke M. W., Moody-Stuart M., Pilaar W. F. W. and Reinhardt B. M. (1974): Geology of the Oman Mountains, *Kon, Nederlands Geol. Mijb. Ben. Var. Verh.* 31
12. Haddadin M. A. (1988): Report for Hayl as Safil Deposit, Ministry of Petroleum and Minerals, Sultanate of Oman
13. Lippard S. J., Shelton A. W. and Gass I. G. (1986): The Ophiolite of Northern Oman, *Memoir No. 11, The Open University*, 1-178
14. Miyashiro A. and Kushiro I. (1977): *Petrology I · II · III*, Kyoritsu Syuppan

15. Prospection Ltd. (1974): Report of Field Investigations September to December, 1973 Concession No. 1 Area
16. Prospection Ltd. (1974): Report of Field Investigations April to June, 1974 Concession No. 1 Area
17. Prospection Ltd. (1976): Report of Field Investigations January to March, 1976 Concession No. 1 Area
18. Prospection Ltd. (1976): Report of Field Investigations July to September, 1976 Concession No. 1 Area
19. Prospection Ltd. (1977): Report of Field Investigations April to June 1977 Concession No. 1 Area
20. Villey M., Bechennec F., Beurrier M., Le Metour J. and Rabu D. (1986): Geological Map of Yanqul, Sheet NF40-2C, Scale 1:100,000, Explanatory Notes, Ministry of Petroleum and Minerals, Sultanate of Oman

#### **For Mine Development**

1. Golder Associates (1979): Oman Mining & Co. Sohar Copper Project - Mine Design and Detailed Engineering, Volume One, Geology, Ore Reserves, Mining and Executive Summary
2. Golder Associates (1979): Oman Mining & Co. Sohar Copper Project - Mine Design and Detailed Engineering, Volume Two, Mine Design and Definitive Cost Estimates
3. U.S. Bureau of Mines (1987): Bureau of Mines Cost Estimating System Handbook  
1. Surface and Underground Mining
4. U.S. Bureau of Mines (1987): Bureau of Mines Cost Estimating System Handbook  
2. Mineral Processing
5. AIME (1979): Open Pit Mine Planning and Design
6. AIME (1968): Surface Mining
7. Caterpillar Inc. (1988): Caterpillar Performance Handbook, edition 19
8. AIME (1985): SME Mineral Processing Handbook volume 1
9. AIME (1982): Design and Installation of Comminution Circuits
10. C.L. Apline & G.O. Argall, Jr. (1972): Tailing Disposal Today, Miller Freeman Publications
11. Development Council (1988): Statistical Year Book, Technical Secretariat, Sultanate of Oman

## FIGURES

Fig. 1	Location map of the Rakah area	
Fig. 2	Location map of survey areas	
Fig. 3	Flowchart showing the work methods and amounts in this project	3
Fig. 4	Stratigraphic columnar section of the Rakah area	10
Fig. 5	Three dimensional illustration for the Hayl as Safil deposit	12
Fig. 6	Three dimensional illustration for the Rakah deposit	13
Fig. 7	General mine layout	21
Fig. 8	Mineral processing plant flowchart	24
Fig. 9	General layout of mineral processing plant	25
Fig. 10	FIRR sensitivity analysis	31

## TABLES

Table 1	Summary of method and amounts of work in this project	2
Table 2	Period and participants for this project	4
Table 3	Monthly temperature and rainfall at Buraymi	6
Table 4	Summary of construction cost	28
Table 5	Annual profit (loss) and cash flow (financial evaluation)	30
Table 6	Sensitivity analysis on the FIRR (project)	31



