

### 3) Umm er Radhuma層

本層は Jabal Samhan の南側に崖を成して、先カンブリア系や Mirbat 砂岩層を不整合に覆って、高所に分布するので、ヘリコプター調査の初日に 2ヶ所調査したにすぎない。22-2は石灰岩で  $5\mu\text{r/hr}$ 、22-3は砂岩で、 $10\mu\text{r/hr}$ を示した。22-3付近の石灰岩はいずれも  $5\mu\text{r/hr}$ でバックグラウンドと同じ値を示している。

### 4) 砂・礫

ワジの堆積物や raised beach の砂礫層は一般に  $5\mu\text{r/hr}$ を示す。また、Mackay and Schnellman Limited (1977)により報告された Juffa の飛行場の傍の放射能異常地付近は  $5\sim 6\mu\text{r/hr}$ を示し、彼等が掘ったピット(その試料のウラン含有量は  $18\sim 21\text{ppm U}_3\text{O}_8$ と報告されている)の砂礫も  $5\sim 6\mu\text{r/hr}$ (22-7地点)を示し、何らの放射能異常も認められなかった。恐らく彼等がウランを含んだ礫をすべて採取したので、放射能異常が認められなかったものと考えられる。

### 2-5-3 その他

上記以外の鉱物資源については今回の調査では割愛した。

## 2-6 地化学探査

本調査地域は乾燥地帯に属し、6月～9月のモンスーン期以外は降雨が無く、従って一年の大部分は河川に流水が無い。又、植生がほとんどなく、表土(腐蝕土)の生成に乏しい地域のため、土壌探査は適用できない。このような環境の地域で Wadi (モンスーン期のみ流水のある枯れ沢)の河川堆積物による地化学探査が適用し得るかどうかが、又、Wadi のいかなる地点での採試が有効か等を検討するため、調査地域の広い範囲からテストサンプルを採取することを当初の目的とした。しかし、1978年英国のコンサルタント会社 Taylor Woodrow - Towell Co. が本調査地域全般にわたって Wadi の河川堆積物による地化学探査を既に実施済であることが、現地到着後判明した。この調査は  $1\text{km}^2 - 1$ 試料の割合で 80メッシュの試料が採試されたもので、分析の結果 Pb, Cu, Sb 等の弱い異常値が捕捉されたのみである。従って、今回の調査では当初の予定を変更し、上記の弱い異常値の中から Wadi Shaat 東部の Pb トレンチ、Sb および Cr 異常値を含む小 Wadi を 200m 間隔の密度の高い採試により、どの程度変化が捕捉し得るか、又、広い Wadi では採試位置により変化が認められるかどうか等を検討した。

### 2-6-1 採取位置

調査地域の Wadi Shaat キャンプの東約 2km に方鉛鉱の細脈をトレンチした跡が知られている。しかし、T.W.T. の実施した採試間隔  $1\text{km}^2 - 1$ 試料による地化探結果では Pb 異常値が捕捉されていない。今回の調査では、この流域で採試間隔を 150m～200m に

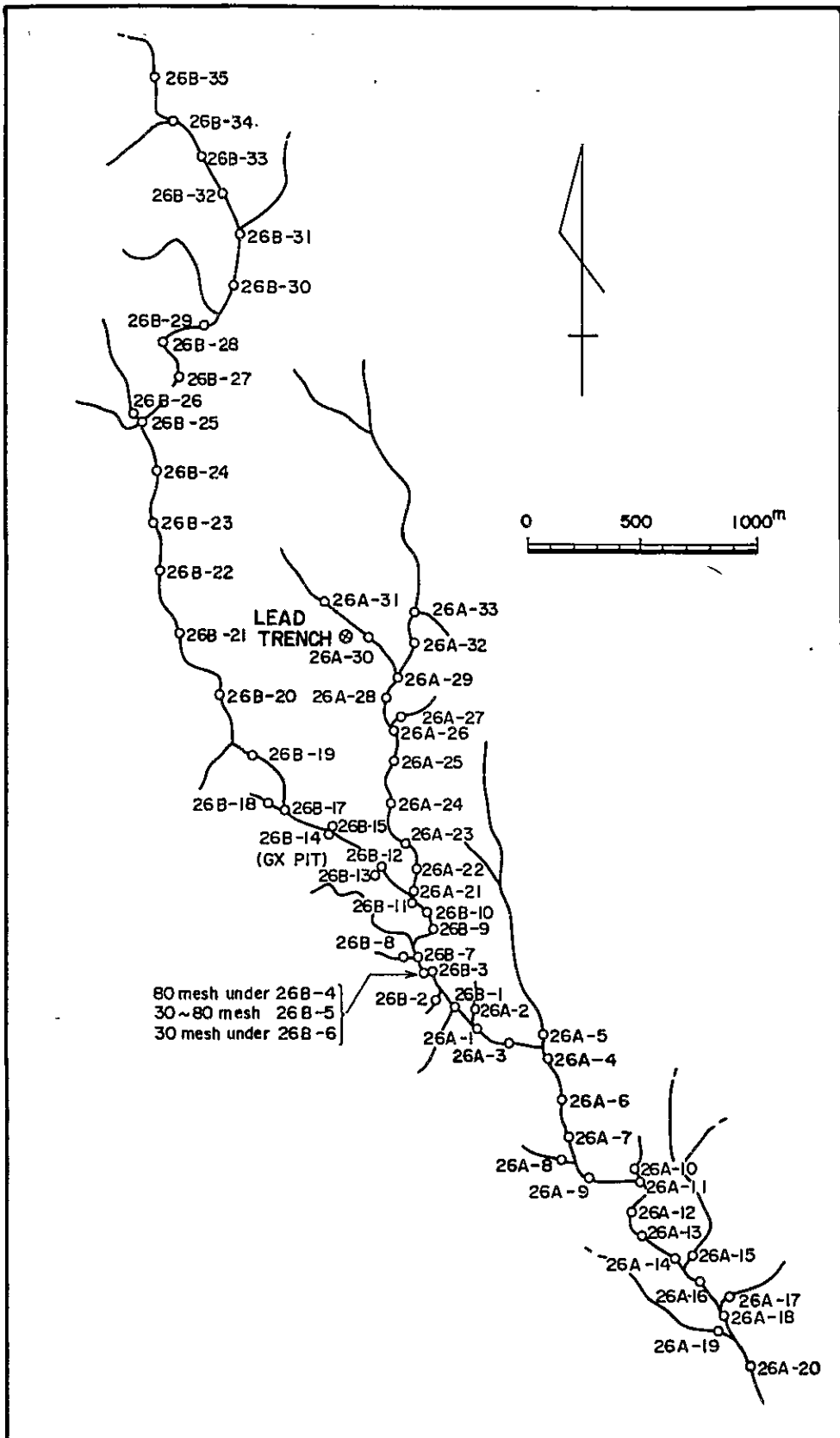


Fig.18 Location map of stream sediment samples near old lead trench

密度を上げて実施した(第18図)。Wadi MahallおよびWadi Shaatでは河床を横切って10~20m間隔の採試を行った。その他Wadi Khorhaufa - W. Hadabin等付近に「焼け」又は、転石のある流域においても採試した。

#### 2-6-2 採取方法

調査地域のWadiは今回の調査時期には流水がなく、流水中の川底に沈積した川砂を採取することはできないが、できる限り流水時の川床と考えられる地点を選んで採試した。支流がある場合本流の合流点付近及び支流からも採試する様努力した。調査地域の河川の後背地は主に片麻岩類、花崗岩類であり、且つ、乾燥気候のため砂粒の磨耗が悪く、石英粒、長石粒、および雲母フレーク等を多く含む川砂で、一般に粒度が粗く80メッシュ以下を採試することは非常に困難であるため、30メッシュ以下を採試した。採試された100~200gの試料は、ビニール袋に入れられCu, Pb, Zn, Tiの分析のため、全量日本に送られた。

#### 2-6-3 分析方法

本調査地域の非鉄金属鉱床の地化探査に有効な指示元素を見出すため、調整された全試料から10試料を選出して発光分光分析を実施した。(第13表)

この結果、主要非鉄金属成分は全般に反応が非常に弱く変化に乏しいことが判明したが、Cu, Pb, Tiに若干の変化が認められることからZnも加えた4成分について全試料を定量分析した。Cu, Pb, Znは原子吸光分析法Tiは比色法により分析した。

##### 1) 原子吸光分析法(Cu, Pb, Zn)

試料1gに王水(HCl 3:HNO<sub>3</sub> 1:H<sub>2</sub>O 1)20ml, 塩酸5ml, を加えサンドパス上で白煙が上がるまで加熱蒸発乾固する。放冷後塩酸(1+1)8mlを加えて加温溶解し、放冷後100mlメスフラスコに移入して水を加えて全量を20mlに調整し、稀釈振とうした後、その溶液を原子吸光光度計で測定する。

測定波長は、 Cu : 3248Å°

Pb : 2833Å°

Zn : 2138Å°

##### 2) 比色法(Ti)

試料5gに塩酸20mlを加えサンドパス上で蒸発乾固する。放冷後濃硝酸5ml, 過塩素酸を加え更に10~20mlを数回色が消えるまで繰り返し加えた後、サンドパス上で乾固直前まで白煙を発生する。冷却した後、水30mlを加えて加温溶解する。溶液を100mlメスフラスコに移し、リン酸5ml, 過酸化水素水5mlを加え100mlまで稀釈し、軽く振とうした後光電比色計(420mμ)により比色する。

**Table 13 Emission spectrochemical analysis**

Composition Sample No.	Ag	B	Co	Cr	Cu	K	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	Pb	Sb	Sn	Ti	V	Zn
26-A-1	-	-	-	1	1	4	3	1	-	5	0	-	-	-	3	1	-
26-A-10	-	-	-	1	1	4	4	2	-	5	1	-	-	-	3	1	-
26-A-20	-	-	-	1	0	4	3	1	-	5	0	-	-	-	3	1	-
26-A-30	-	-	-	1	0	4	4	2	-	5	0	0	-	-	3	1	-
26-B-10	-	-	-	1	0	4	3	1	-	5	0	-	-	-	3	1	-
26-B-20	-	-	-	1	0	4	3	1	-	5	0	-	-	-	3	1	-
26-B-30	-	-	-	1	0	4	3	1	-	5	0	-	-	-	3	1	-
26-B-35	-	-	-	1	0	4	3	1	-	5	0	-	-	-	3	1	-
27-A-3	-	-	-	1	0	4	3	1	-	5	0	-	-	-	3	1	-
27-A-25	-	-	-	1	0	4	3	1	-	5	0	-	-	-	3	1	-

Al, Fe, Si : all sample ..... 5  
 - : nil                    3 : medium  
 0 : feeble                4 : strong  
 1 : very weak            5 : very strong  
 2 : weak

**Analysis condition**

Quartz prism spectro-camera : intermediate focus method, 10 μm slit

Electric power : D.C 280V, 5A, continuous arc, 30 sec. exposure

Film : Din 19, 20°C 5 min. develop

Table 14 Metal content of stream sediments

Ser. No.	Sample No.	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm	Ti %	Ser. No.	Sample No.	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm	Ti %
1	26-A-1	21	6	44	-	51	26-B-18	25	6	53	-
2	2	23	6	55	-	52	19	19	3	37	-
3	3	18	6	50	-	53	20	23	3	38	-
4	4	27	6	42	-	54	21	19	3	39	0.12
5	5	26	3	55	-	55	22	19	0	44	-
6	6	15	3	34	-	56	23	21	6	43	-
7	7	18	6	35	-	57	24	30	6	40	-
8	8	29	3	52	-	58	25	19	3	34	-
9	9	35	6	41	-	59	26	24	10	49	-
10	10	26	3	54	-	60	27	20	0	39	-
11	11	20	3	35	0.11	61	28	20	0	38	-
12	12	15	3	34	-	62	29	25	0	38	-
13	13	19	6	31	-	63	30	16	0	32	-
14	14	19	6	39	-	64	31	21	0	41	0.13
15	15	19	6	45	-	65	32	20	0	35	-
16	16	14	6	32	-	66	33	15	3	34	-
17	17	25	10	64	-	67	34	24	3	45	-
18	18	22	13	36	-	68	35	16	3	34	-
19	19	18	13	49	-	69	27-A-1	3	3	21	-
20	20	17	10	46	0.16	70	2	5	3	25	-
21	21	17	10	32	-	71	3	11	3	39	-
22	22	19	6	43	0.19	72	4	4	0	25	-
23	23	21	10	49	-	73	5	3	0	19	-
24	24	17	3	32	-	74	6	13	3	56	-
25	25	22	10	45	-	75	7	13	0	35	-
26	26	19	6	39	-	76	8	15	0	47	-
27	27	27	9	60	-	77	9	21	3	34	-
28	28	21	6	47	-	78	10	16	3	27	-
29	29	19	6	52	0.20	79	11	22	3	36	-
30	30	29	20	55	-	80	12	25	3	37	-
31	31	34	13	60	-	81	13	22	3	41	-
32	32	29	6	44	-	82	14	21	3	43	-
33	33	22	3	46	-	83	15	20	3	36	-
34	26-B-1	30	3	41	0.17	84	16	21	3	43	-
35	2	18	6	45	-	85	17	37	3	56	-
36	3	22	6	36	-	86	18	20	3	45	-
37	4	18	12	39	-	87	19	22	3	57	-
38	5	17	6	43	-	88	20	23	3	44	-
39	6	17	6	48	-	89	21	16	0	48	-
40	7	22	6	37	-	90	22	18	3	52	-
41	8	25	6	39	-	91	23	19	3	50	-
42	9	17	3	38	-	92	24	55	6	52	-
43	10	17	3	36	-	93	25	17	3	53	-
44	11	17	3	36	-	94	26	19	3	54	-
45	12	15	3	34	-	95	27	19	3	47	-
46	13	29	12	57	-	96	28	20	6	56	-
47	14	19	6	44	-	97	29	22	6	65	-
48	15	19	6	47	-	98	30	23	6	56	-
49	16	21	10	46	-	99	28-A-1	16	6	43	-
50	17	19	6	40	-	100	2	18	0	47	-

Ser. No. 1 ~ 68 east of Wadi Shaat  
 69 ~ 76 : West of Jabal Musayrah and Wadi Hadalsin  
 77 ~ 83 : Wadi Mahall  
 84 ~ 98 : Wadi Shaat  
 99 ~ 100. Wadi Khorhant

#### 2-6-4 分析結果

上記の分析法による分析の結果は、第14表の通りである。Cuの値は3~55 ppm, Pbの値は0~20 ppm, Znの値は19~65 ppm, Tiの値は11~27 ppmを示す。これらの値は地殻のクラーク数に比べて等しいかあるいは低い、また世界の同様の地質、気候条件の地域の値に比べても低い値を示す。しかし、Wadi Shaat 東方の方鉛鉛細脈の露頭直下の試料 Ser.No 30は20ppmのPbの値を示し、これのみ他の値より高く異常値と考えられる。これは露頭の影響を反影したものと解釈されるが、これより約200m下流ではバックグラウンドの数値に下る。Wadi MahallやWadi Shaatでは河床を横切って10~20m間隔の採試を実施、採試位置による分析値の変化を検討したが、いずれも大きな差異は認められない。その他Wadi HadabinやWadi Khorhaufa等の試料にも上記の各試料との有意差は認められず、地域差母岩の差による変化も認められない。

今回の調査結果及びTaylor Woodrow Towell Co.の調査結果等を検討した結果、次の事が考えられる。Wadi Shaat東の方鉛鉛細脈露頭付近で、鉍化作用の影響を反影したと考えられる試料は1点のみ捕捉されている。この地域の採試間隔は200mであるので鉍化作用の影響が地化学探査で捕捉される範囲の最大は200m以内と考えられる。これは広域探査の場合の採試間隔のスケールからはずれを示している。又、本調査地域全般にわたって主要金属成分の各分析値は非常に変化が少なく、採試地域の差、母岩による差、或いは同一河床を横切った場合採取位置による差等いずれの場合も差異は認められない。又、同一試料を粒度別に分析した結果(26-B-4~6)でも差異が認められない事からも、本地域における河川堆積物の地化学探査は広域探査の手段としては適応性に乏しいと考えらる。

#### 2-7 考 察

本調査地域の地質、鉍床に関する試料は既述の如く極めて乏しく、また現地調査を実施した例も少なく、いずれの調査も概査の域を出ていない。

今回の調査で地質層序調査、鉍床調査および地化学調査を実施した結果、次のことが判明した。

1) 地質層序の分類は下記の通り従来の分類とはほぼ同様の分類がなされたが、先カンブリア系の層序、岩相区分及び地質時代についてはより明確になった。

##### a. 先カンブリア系

Juffa 片麻岩 — 含ザクロ石白雲母-黒雲母片麻岩(7.34億年)

Sadh 片麻岩 — 角閃石片麻岩及び石英閃緑岩片麻岩からなる注入片麻岩  
(6.62億年)

石英閃緑岩，花崗閃緑岩－バソリス状岩体（6.40億年）

ペグマタイト 一脈状，網状（5.76億年）

岩株，岩脈 一角閃石アダメロ岩岩株（5.37億年）及び粗粒玄武岩，石英斑岩岩脈

b. オルドヴィス系

Mirbat 砂岩層 一礫岩，砂岩，シルト岩

c. 第三系

Umm er Radhuma層 一石灰岩，砂岩

d. 第四系堆積物

隆起海浜堆積物，海岸砂～風成砂，河川砂礫

2) 鉍床の調査では先カンブリア系の酸性火成岩，ペグマタイトに伴う銅，鉛，磁硫鉄鉍等の弱鉍微帯と，先カンブリア系及びMirbat砂岩層中に放射能異常値を捕捉した。

3) 非鉄金属類の鉍化作用は先カンブリア系の酸性火成岩類の活動に密接に関係するものと考えられ，特に岩株状アダメロ岩岩体やバソリス状花崗閃緑岩岩体の周辺部及び岩脈状石英斑岩岩体の集中した場所等に於ける鉍化作用の有無を調査することが今後重要な調査目的の一つとなる。

4) ウランは先カンブリア系中の異常値を示す地区では多くを期待し難いが，Mirbat砂岩層中の異常値については，砂岩型ウラン鉍床胚胎の可能性を究明する必要がある。

5) 河川堆積物の地化学探査は80メッシュ以下の細粒堆積物の採取は非常に困難で，一般に金属成分の値が低く，採取位置及び粒度の差による変化は認められない。このことは試料採取地域に顕著な鉍化帯が存在しないことも考えられるが，Wadi Shaat東部の方鉛鉍脈露頭付近で1試料のみ周辺より高い値を示すことから，鉍化帯に極めて近い試料は高い値を示すが，少し離れると急激に値が下る可能性があり，広域的な探査の手段としての適応性に乏しいと考えられる。

## 第3章 Sur 東部地域

本調査地域のKhawr Al Jaramahに堆積性起源と考えられるマンガン鉱床の賦存が知られて居る。これまでに行われた同マンガン鉱床の調査はオマーン国鉱山局がその一部の調査を実施しているのので、今回の調査はその範囲を含めて概査を実施した。

### 3-1 位置, 交通, 地形

#### 3-1-1 位置

本調査地域はMuscatの東南Sur漁港より直距離約25km東方で、北緯 $22^{\circ}20'$ ~ $22^{\circ}30'$ 東経 $59^{\circ}45'$ ~ $59^{\circ}50'$ に位置する(第19図)。

#### 3-1-2 交通

オマーン国の首都MuscatよりBidbid, Ibra, Al Kamilを径て約350km, 自動車では8時間にて調査地域に達する。Muscat - Al Kamil間は舗装道路が完備し, Al Kamil-調査地域は非舗装の悪路である。調査地域内はゆるやかな丘陵地帯で4輪駆動車によればほとんど全域の通行が可能である。

#### 3-1-3 地形

調査地域の地形はゆるやかな丘陵の発達する地形を示すが、更にKhawr Al Jaramah湾南部及びRas Al Hadd岬の低地帯, 調査地域中央部の丘陵地帯, 調査地域の北部-東部の高地帯に3分される。

低地帯は雨期になると湿地帯となり, 乾期には表層部が乾燥して自動車の通行も可能となる。丘陵地帯は準平原化したゆるやかな丘陵が分布し, 調査地域の南部に向って次第に標高が高くなる。高地帯は調査地域の海岸に沿って北部~東部に分布し, 白亜~第三系石灰岩層から成りやや急峻な地形を示す。

### 3-2 地質

本調査地域はオマーン山脈の東南端に位置し, オマーン山脈を構成する地質の一部が本調査地域内にも分布する。本調査地域の地質は中部二疊紀~中部白亜紀のHawasina層群に属するIbra層(上部二疊紀~下部ジュラ紀)とHalfa層(三疊紀~中部白亜紀)及び第三系石灰岩類から成る(第20, 21図)。

Hawasina層群はオマーン山脈を構成する地質の重要なメンバーで, オマーン山脈の研究と共に多くの研究がなされて居る。“Hawasina”の名称はG.M. Lees(1928)によりオマーン山脈中部のWadi Hawasinaを模式地として用いられたのが始まりで, その後H.E. Kapp & P.G. Lleuellyn(1965)によりHawasina層群として用いられてい



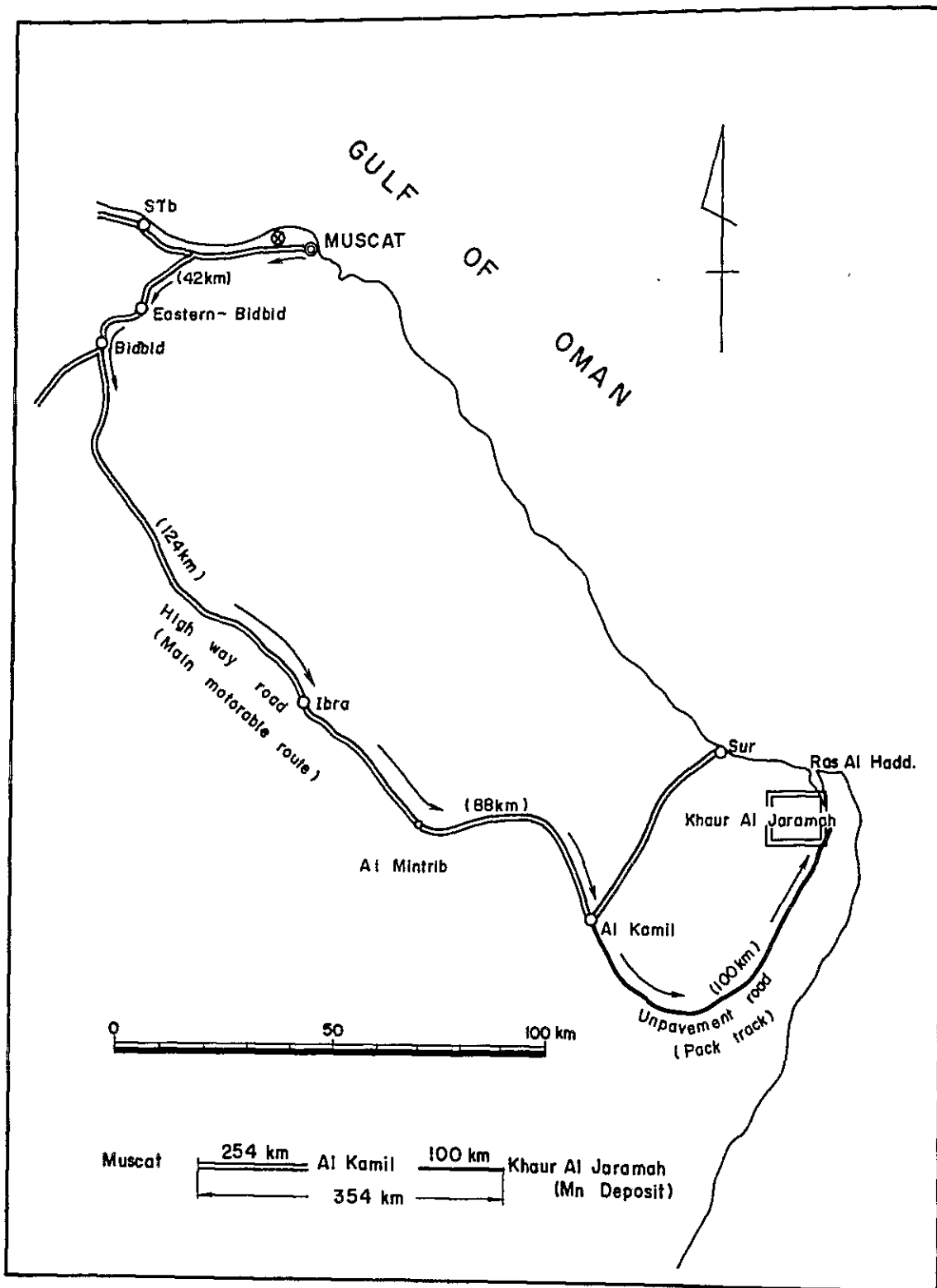


Fig.19 Location map of the Eastern Sur area

る。Hawasina 層群はアラビア・プレートの周辺に堆積した外洋性堆積物と乱流堆積物からなり、白亜紀末に活動したアラビア・プレートの運動によりイラン・プレートの海洋地殻と共にアラビア・プレート上に衝上したもので、著しい褶曲、断層構造を伴っている。

本層群は地域的变化、岩相変化等により多数の地層（11の層名が付されている）に細分されて居り Ibra 層や Halfa 層はその一部である。Hawasina 層群を構成する岩類は主に石灰岩岩屑、Grainstone 又は石英砂岩等の乱流堆積物が層理の発達したチャートの層準に互層を示して発達したものと、チャートを主とする細粒堆積物から成り、著しい褶曲、断層構造が特徴的で、Ibra 層は前者の岩相を示し、Halfa 層は後者の岩相をもつ。

### 3-2-1 Ibra 層

本層は J.Harembowre & J.Horstink (1967) によりオマーン山脈東南の町 Ibra 付近を模式地として命名されたものである。

#### 分 布

本調査地域では主に Khawr Al Jaramah 湾の南の低地帯に現世堆積物の間に小丘を形成して点在する他、東南部に小範囲分布する。

#### 岩 相

模式周辺の岩相は再結晶質石灰岩巨礫層、Grainstone、頁岩、泥岩、砂岩およびチャート等からなり、上部に褐色石英砂岩が発達する。本調査地域内に分布する Ibra 層は褐色～暗灰色の細～中粒砂岩と灰色シルト岩互層からなり模式地の上部に挟在する褐色石英質砂岩の岩相に対比可能と推定される。模式地周辺の砂岩中には塩基性火成岩岩屑が包有されている (Glennie 他, 1974) が本調査地域の砂岩は石英粒の間に濃緑色を示す海緑石を包有するものが特徴的である。

本層の砂岩、シルト岩互層部には級化層理が発達する現象が野外で観察され明らかに乱流堆積物 (タービダイト) の特徴を示して居る。即ち本層は深海の堆積環境に浅海性堆積物が流入して堆積したものである。

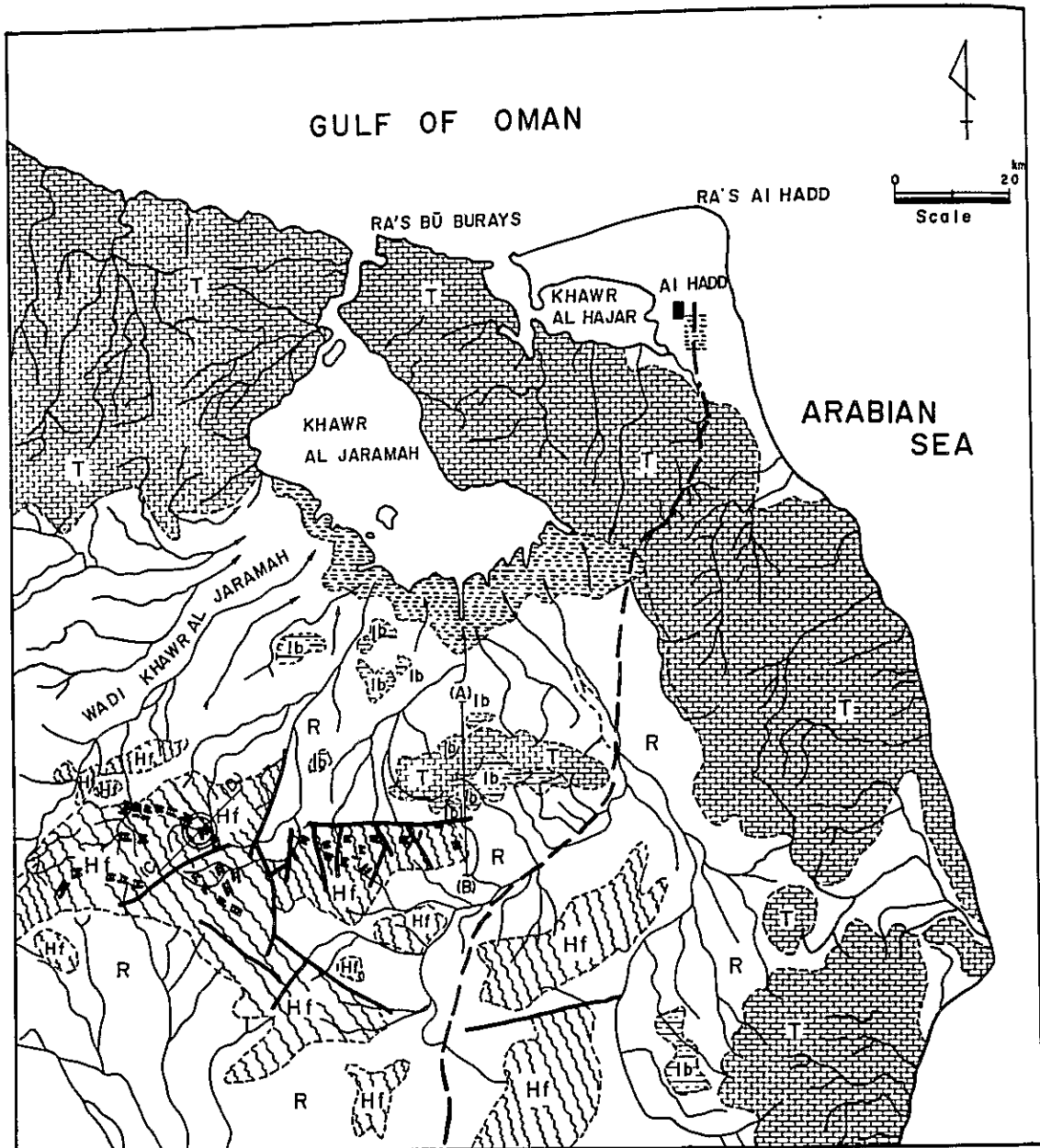
#### 時 代

本層は有孔虫など微化石の研究 (Glennie 他, 1974) により二疊紀後期～ジュラ紀初期の堆積物と考えられている。

#### 層位関係

本調査地域内の Ibra 層の露出は範囲が狭いので上下の層位関係は不明な点が多いが Halfa 層とは走向、傾斜の変化から断層関係で接すると推定される。

第三紀石灰岩類とは調査地域中央部で明瞭な不整合関係が観察される。尚、本層の層厚は露出状況が悪く不明だが、模式地の層厚を参考にすると 200 m 以下と推定される。



**LEGEND**

- |  |                    |     |  |
|--|--------------------|-----|--|
|  | Recent gravel bed  |     | NO I manganese deposit area                  |
|  | Tertiary limestone | (A) | (B) Geological section line                  |
|  | Halfa formation    | (C) | (D) NO I manganese deposit area section line |
|  | Ibra formation     |     |  |
|  | Wadi               |     |  |
|  | Sabkha             |     |  |
|  | Fault              |     |  |
|  | Manganese bed      |     |  |
|  | road               |     |  |

Fig. 20 Geological map of the Eastern Sur area  
(by M.A.F.P.M of Oman)

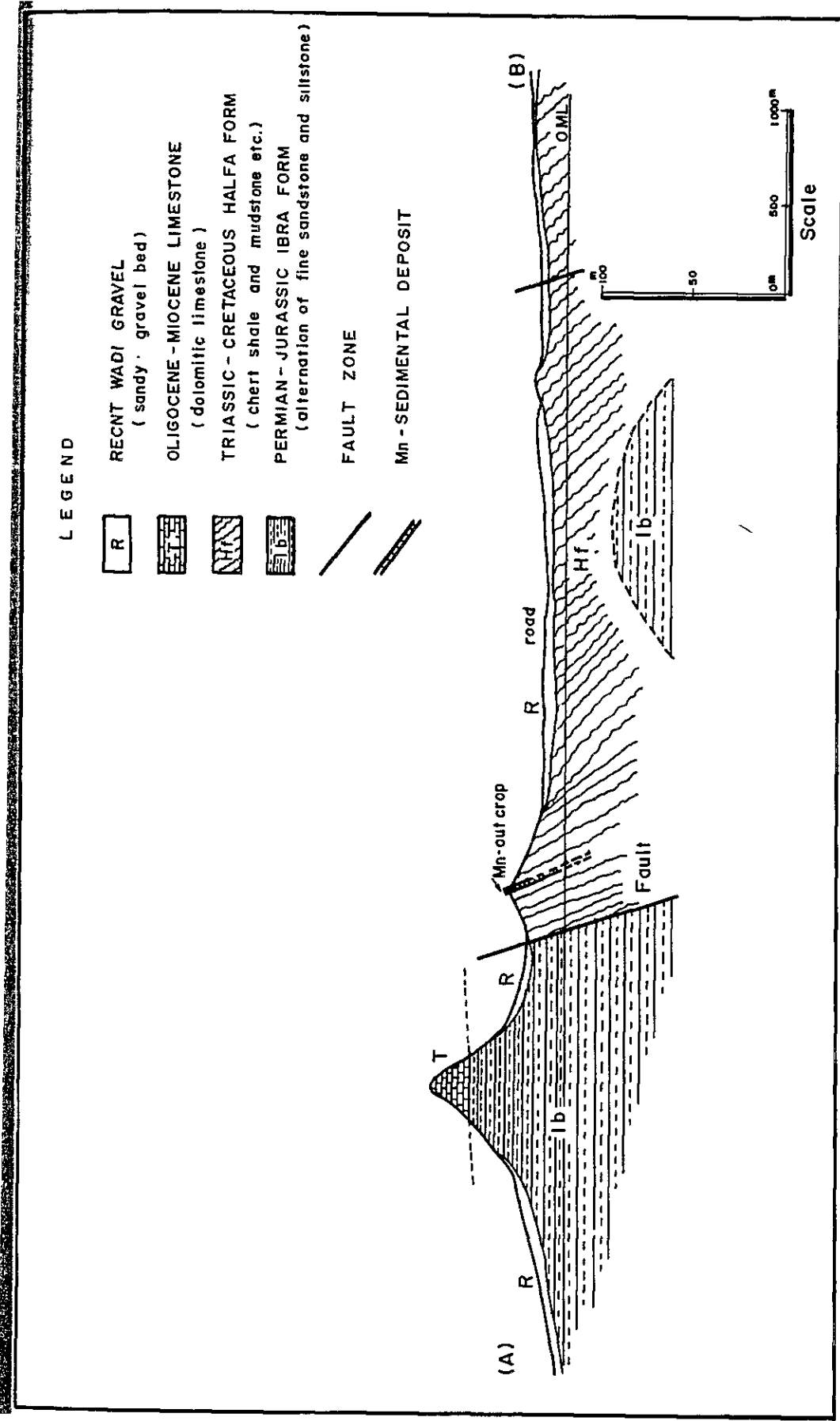


Fig. 21 Geological section of the Eastern Sur area

### 3-2-2 Halfa層

本層はK.W. Glennie他(1974)によりオマーン山脈東南のHawasina部落付近を模式地として命名されたものである。

#### 分 布

本調査地域中央～南部に丘陵地形を示して広く分布する。

#### 岩 相

模式地周辺では赤色～緑色チャートと珪質頁岩互層から成り、チャート中には多量の放散虫が包有される。

本調査地域に於いても同様の岩相が分布するが、やや頁岩の割合が多い。

チャートおよび頁岩等は遠洋性堆積物であり本層中に浅海性堆積物を伴わないことから本層の堆積環境は碎屑物の堆積の場から遠く離れた深海底の環境であったことを示している。頁岩又はシルト岩は淡灰色～赤褐色を示し珪質なものが多い。チャートは一般に数cm～10数cmで風化面は白色～淡灰色を呈し、新鮮な面は赤色を示す場合が多い。このチャートには多量の放散虫が包有されて居り、肉眼では透明な粒子として観察されるが、鏡下(顕微鏡写真38, 39)では直径0.1～0.3mm大の球顆状を示し石英により置き換えられ、放散虫をとり囲むチャートの部分は泥質物及び鉄分で汚濁されている。

本調査地域に含マンガン・チャートが発達し、その中に二酸化マンガン鉱物が濃集して鉱化帯を形成していることが認められている。これらの含マンガン・チャートの層準はジュラ紀末期から白亜紀初期にかけて形成されたことがオマーン山脈東南部に分布する本層の研究から判明して居る。近年の深海底マンガン・ノジュールの研究例や遠洋性堆積物の研究例等からHalfa層中の含マンガン・チャート層中のマンガン鉱物の鉱染も深海底の堆積環境で行われ、母岩のチャートは深海底の赤色粘土が起源であると考えられている(Glennie他, 1974)。

本層は野外では明瞭なチャートと珪質頁岩互層と著しく発達した褶曲、断層構造が特徴的に観察される(写真25)。

#### 時 代

本層のチャートからは多量の放散虫を産出するが、全て石英に置換されて居り種の区別は困難である。

模式地周辺では遠洋性の*Lamelli branches*(弁鰐類)を産出し三畳紀から白亜紀中期の堆積物と考えられている。

#### 層位関係

本層は下位のIbra層とは断層関係を示すと推定され(前述)、第三紀石灰岩類に不整合に覆われる。

本層は著しい褶曲と断層を伴って広範囲に分布する為、見掛け上大きな層厚を示す。模式地周辺の本層の層厚は130mと薄く、本調査地域内でも同一層準がくり返し分布するので実際の層厚は薄いと考えられる。

### 構 造

本層は褶曲、断層構造が発達する為一般走向、傾斜を把握することは困難であるが、走向はE-W系が優勢と考えられる。褶曲構造は色々なタイプの褶曲構造が発達し、含マンガン・チャートの層準等がくり返して分布する。断層の主な方向はN-S系、E-W系、NW-SE系およびNE-SW系等が推定されるが、これら主要断層の他に小断層が褶曲構造と共に無数に発達する。

#### 3-2-3 第三系石灰岩層

本層は上記Hawasina層群等を伴って白亜紀後期に起った海洋地殻の衝上運動が終了した後に、これらの各地層を覆って主に第三紀に堆積した浅海性石灰岩堆積層およびマール等から構成される。化石産出が知られていない為詳しい時代は不明だが周辺の地質から第三紀の堆積物として推定した。

### 分 布

第三紀層の主要分布地域はSur漁港より西方に広範囲に分布する。本調査地域内に分布する本層はこの広範囲に分布する第三紀層の東端末部に位置し、Khawr Al Jaramah湾の西側から調査地域の東南端にかけて海岸線に平行に高地形を形成して巾4~5kmの水平な帯状をなして分布している。

### 岩 相

一般に灰色~暗灰色塊状または層状の石灰岩~ドロマイト質石灰岩から成り、マールの薄層を挟在する。

本層の下部には基底礫岩層が発達し、基底礫を構成するものは主に石灰岩類で、少量の砂岩、チャート等を伴って石灰質砂岩によりセメントされている。

これらの風化面は灰白色~淡黄色を示し局部的に酸化鉄の浸み込みにより褐色を呈し、石英岩礫や石灰質砂岩の一部は溶脱して多数の小穴を作っている。

### 層位関係

下位層とは基底礫岩を伴って明瞭に不整合関係を示す。

#### 3-3 鉍 床

##### 3-3-1 鉍 化 帯

本調査地域に分布するマンガニ鉍床は、前述Halfa層中に胚胎する鉍床で、主要鉍石鉍物はパイロルーサイトからなる。本調査地域には多数の鉍化帯露頭が分布するが、これら

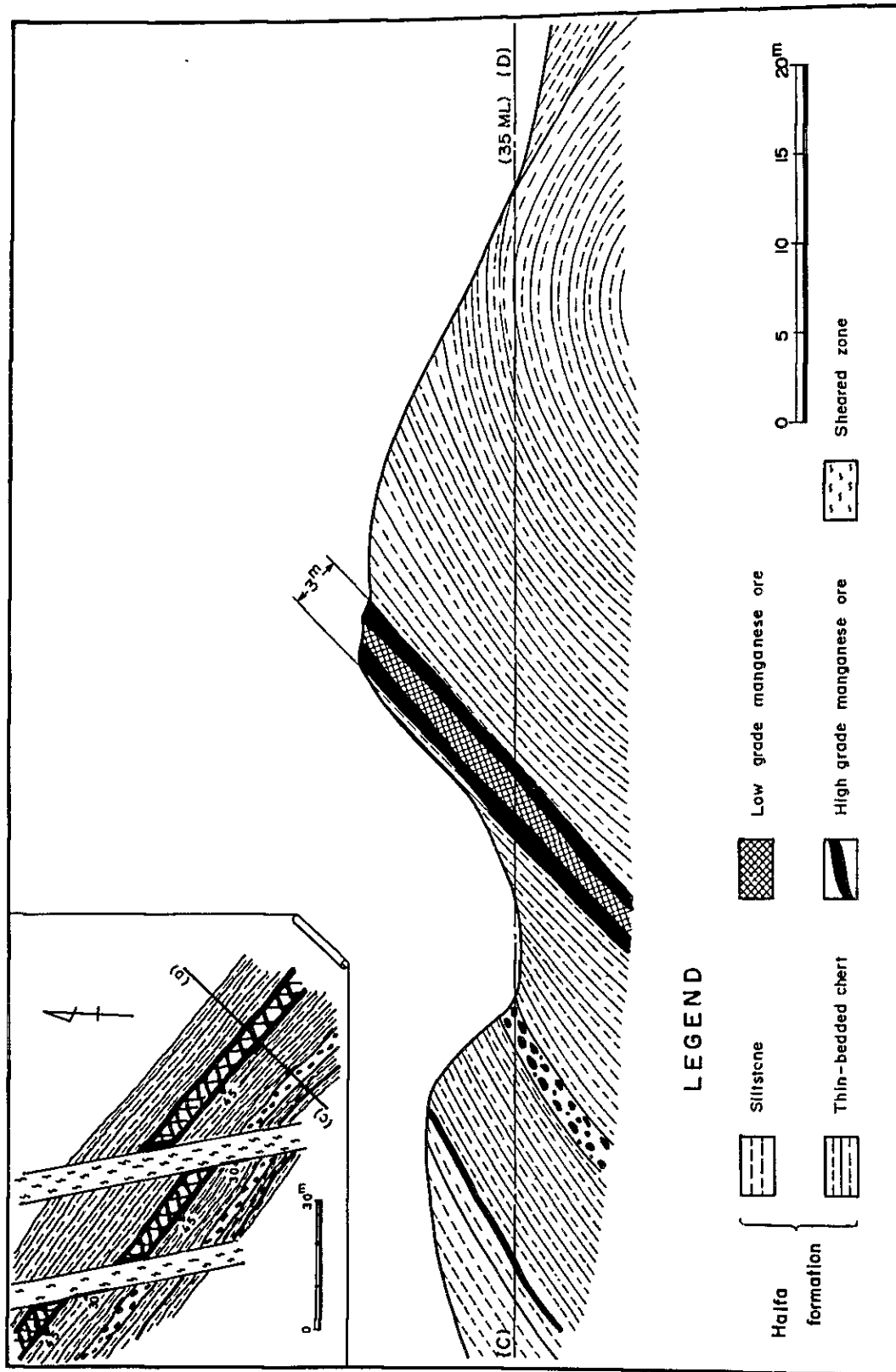


Fig. 22 Schematic geological section around the NO.1 ore deposit

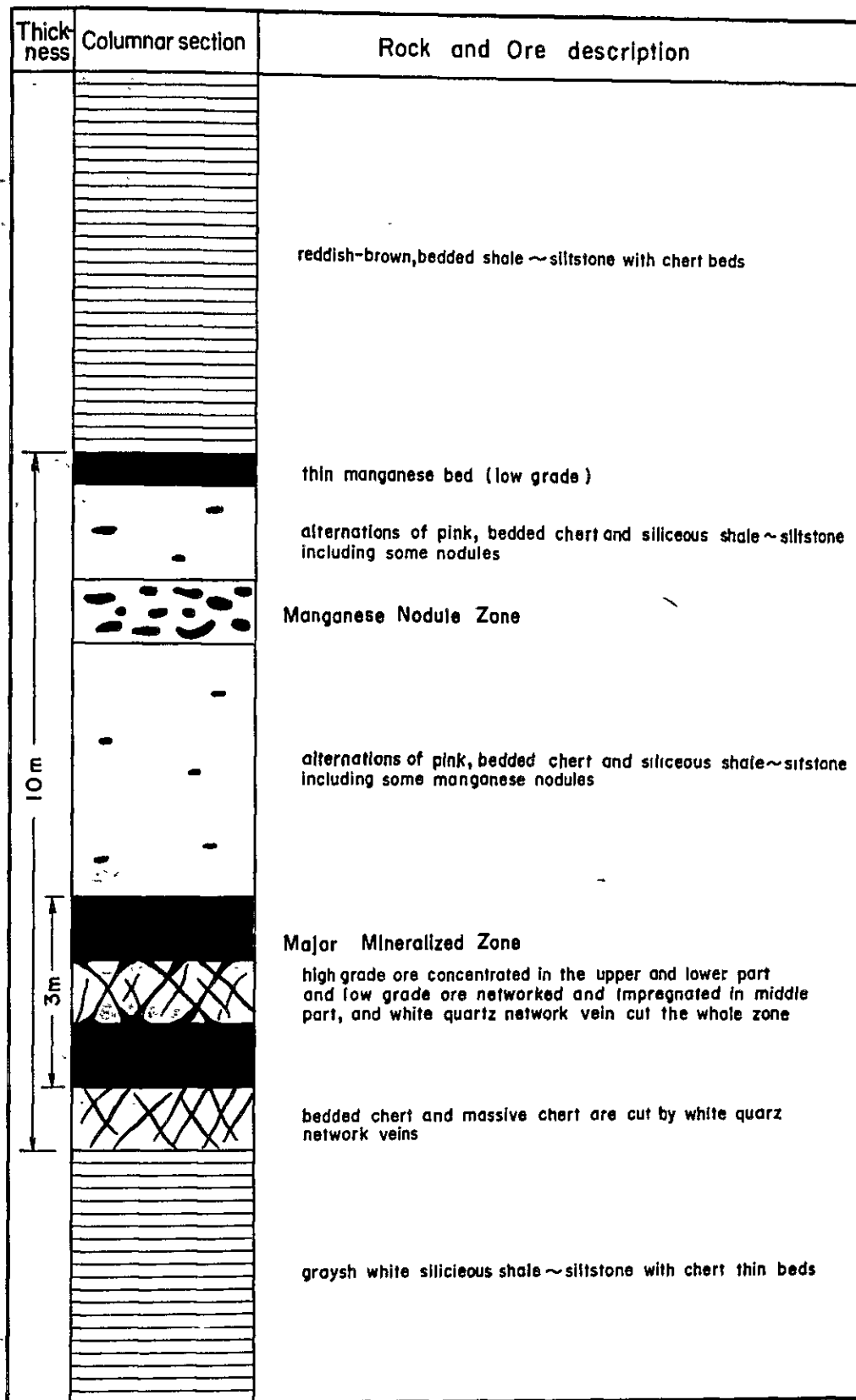


Fig. 23 Schematic columnar section of No.1 ore deposit area



鉍化帯の主要母岩は Halfa 層中のチャートの卓越した部分で、その層理に調和的に胚胎する。

鉍化帯は一般走向は E-W 系（一部 NW-SE 系）で傾斜は  $50^{\circ} \sim 80^{\circ}$  を示し、複雑な断層や褶曲を伴い断続しながら走向方向に約 6 km 追跡出来、小丘の頂部を形成して分布する（写真 26）。

単位鉍体の延長は数 10 m の規模で、鉍体中の膨縮も著しい。これらの中で調査地域のほぼ中央部に位置する NW-SE 系鉍体は比較的規模も大きく品位も良好で第 1 鉍体と呼ばれている（22 図）。

鉍化帯を中心とする上下盤の母岩の地質的变化（Geological Succession）の型は本調査地域全般に亘って共通性が認められるのでその 1 例として第 1 鉍体周辺の Geological Succession を示す（第 23 図）。

鉍化帯下盤は灰白色で層理の発達した珪質頁岩が卓越し、局部的に珪化および酸化作用を蒙り茶褐色に汚濁して若干のチャートの薄層を挟在する。

鉍化帯の下盤際は層理の発達した（一部塊状を示す）チャートを主体とし若干の泥岩薄層を伴い白色の網状石英脈が発達する。

鉍化帯は 3 つに分けられ、下部に主要鉍化部 (Major mineralized part)、中部に含マンガン・ノジュール帯、上部に低品位鉍薄層が分布する。下部の主要鉍化部は鉍化帯全体の中で最も高品位鉍の産出する部分で、特にその上、下盤に高品位鉍が濃集しその中に白色石英の網状脈が発達する。中間部は母岩のチャートが残存する低品位部であるが、しかし、この部分にも脈状又は網状に高品位部が発達する場合もある。

鉍化帯の中部は層理の発達した赤色チャート及び珪質頁岩～シルト岩互層で、長径数 10 cm 以下のダ円状～レンズ状マンガン鉍を包有し、厚さ 1～2 m のマンガン・ノジュール帯を構成する。

鉍化帯の上部は厚さ 10 cm 以下の低品位鉍の薄層が分布する。鉍化帯の上盤は数 m～10 数 m に亘って層理の発達した赤褐色の頁岩～シルト岩を主とし、若干のチャート薄層を挟有し、さらに上位に向かって次第に鉍化帯下盤と同質の灰白色珪質頁岩～シルト岩になる。

以上の様に第 1 鉍体付近に於ける「鉍化帯下盤の灰白色珪質頁岩～チャートの卓越した母岩に胚胎する鉍化帯～鉍化帯上盤の赤褐色頁岩～シルト岩」の組合せは、他の鉍化帯に於ても認められる場合が多く、局部的に断層褶曲等でこの組合せの一部が欠如することはあっても複雑な地質構造を呈する本地域に於て鉍化帯の上、下盤を追跡する場合非常に有効な手掛りとなる。

### 3-3-2 鉍 石

鉍化帯を構成する主要鉍石は二酸化マンガんで、顕微鏡鑑察、X線粉末回折（X線チャート 5.6）及び化学成分の分析結果（第 15 表）等からパイロルーサイトと同定された。

野外の肉眼観察ではこのパイロルーサイトの濃集した高品位部は軟質又はやや硬質で黒色の金属光沢を示し、やや粗鬆な結晶や球顆状・針状結晶の集合体から構成される。又風化面にしばしば暗褐色、緻密質なマンガン・チャートが網状又はパッチ状に残存して突起部を形成するのが認められる。又低品位部は黒色緻密質マンガン・チャートで白色石英細脈に貫かれる。

高品位部の試料(8-A-104)の鏡下の鑑察(顕微鏡写真40, 41)では、クリーム色～白色で正方晶系の半自形結晶が発達し、次のような性質を示す。

反射多色性：黄白色～暗灰色を示す。

反射異方性：顕著で黄色～黄褐色～緑青色～灰色を示す。

直消光及び双晶：認められる。

以上の性質はRamdahr(1969)のPyrolusiteの記載に一致することからPyrolusiteと同定出来る。

又、低品位部の試料(8-A-103)は薄片を作成し顕微鏡鑑察を行った(顕微鏡写真42～45)。

肉眼的には黒色、フリント質で塊状の含マンガン・チャートが主要な部分を占め、これらの割目に沿ってフィルム状に二酸化マンガン(パイロルーサイト)の針状結晶が発達し、更に鉍化帯を切って白色石英の細脈が網状に分布する。

鏡下の鑑察(顕微鏡写真42～45)では母岩のチャート部と、これを交代した二酸化マンガン及びこれらを切る石英細脈が認められる。チャートの部分は微細な石英粒の集合から構成され二酸化マンガんに交代されて、斑模様を示して分布する。このチャート中には多量の放散虫が産出するが、その外殻が石英及び二酸化マンガンにより交代されて輪状を示して残存するものが鏡下で鑑察される(顕微鏡写真44, 45)。

二酸化マンガンはパイロルーサイトと同定されたもので、黒色塊状、球顆状又は羽毛状を呈してチャートを交代して分布する。

石英細脈は、やや粗粒の石英結晶の集合から成り上記チャートの部分や二酸化マンガンの部分を明瞭に切る関係が認められる。

顕微鏡鑑察に使用した高品位鉍試料8-A-104及び低品位鉍試料8-A-103を用いてX線粉末回折を実施した(第15表, X線チャート5, 6)。

高品位鉍を構成する黒色鉍物は第16表及びX線チャート5に示される通り全てパイロルーサイトのピークを示し、A.S.T.M.のパイロルーサイトのX線粉末回折データに良く一致する。

高品位鉍の褐色硬質を構成するものは主として石英で、少量のパイロルーサイト( $d=3.11$ )と含マンガン方解石( $d=2.97$ )を伴う(第16表, X線チャート6)。

調査には 1/50,000 地形図及び空中写真解析を併用することが望ましい。

Table 5 X-ray power diffraction data for black manganese mineral and brown part of No. 1 ore deposit

I			II	
2θ	d (meas.)	I	d (meas.)	I
28.7	3.11	100	3.14	100
37.4	2.40	20	2.41	50
41.1	2.20	15	2.21	10
43.0	2.10	10	2.13	25
			1.81	5
56.7	1.62	20	1.63	20
59.5	1.55	10	1.56	25

CuKα radiation

I Black ore mineral (Sample No. 8-A-104) of No.1 deposit.

II Pyrolusite A.S.T.M. 12-716

I			II	
20.8	4.27	20	4.26	35
26.6	3.35	100	3.34	100
28.7	*3.11	10		
30.1	**2.97	6		
36.5	2.46	6	2.46	12
39.4	2.29	6	2.28	12
40.2	2.24	3	2.24	6
42.4	2.13	4	2.13	9
45.7	1.99	2	1.98	16
50.1	1.82	12	1.82	17
54.9	1.67	4	1.62	7
			1.66	3
59.9	1.54	6	1.54	15

CuKα radiation

\* strongest line of pyrolusite

\*\* strongest line of manganoan calcite (A.S.T.M. 2-0714)

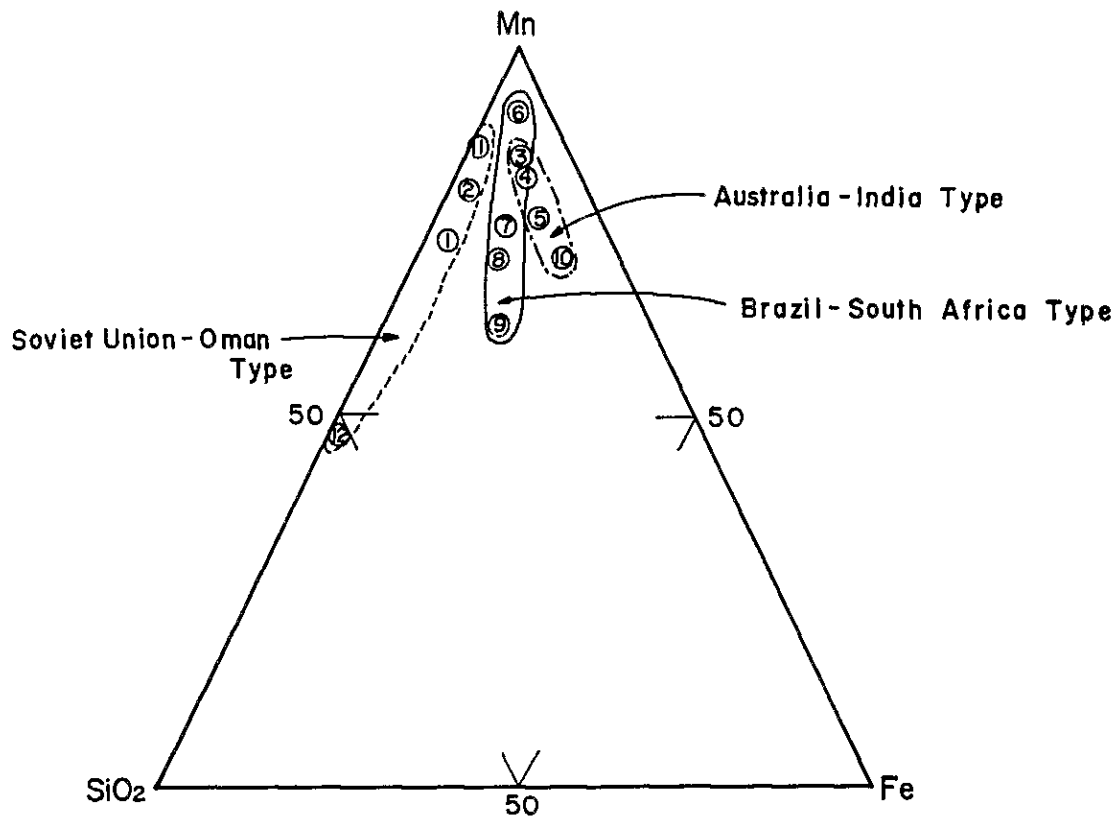
I Hard brown part (Sample No. 8-A-104) of No.1 deposit.

II Quartz, A.S.T.M. 5-0490

**Table 16 Result of chemical analyses of the manganese ores in  
Oman compared with other typical manganese ores in the world**

Location, Sample No.		Mn %	MnO <sub>2</sub> %	Fe %	SiO <sub>2</sub> %	P	Remarks
Oman	No.1 outcrop 8-A-102	53.09	83.87	0.27	8.43	0.075	11
	ditto -103	35.01	54.40	0.49	38.67	0.053	12
	ditto -104	54.96	86.93				
	No.3 outcrop -107	53.18	84.07				
	No.4 outcrop -108	39.54	61.50				
	N.W. end of the ore zone -111	28.30	42.24				
Soviet Union	Nikopol No. 1	43 ~ 45		2.5	14	0.25	1
	Tchiaturi 1st.	46 ~ 48		1.5	10	0.18	2
Gabon	Massive ore	48		5.0	4	0.15	3
Brazil	Matto Grasso	48		6.0	4	0.15	4
	Miudo	42		8.0	5	0.10	5
Australia	Grade 1	53 ~ 54		1.5	1.5 ~ 3.0	0.10	6
	Standard	47 ~ 48		7.0	9	0.13	7
India	C.P.M.O (Oriental)	48		7.5	12	0.16	8
	Nagpur	40 ~ 42		11.0	15	0.26	9
South Africa	Hotazile	48 ~ 50		14.0	6	0.05	10

Note: The ores in Oman are randomly collected. The grade of other typical manganese ores in the world means quality in the case of trade. Number in remarks is same as in Fig. 23.

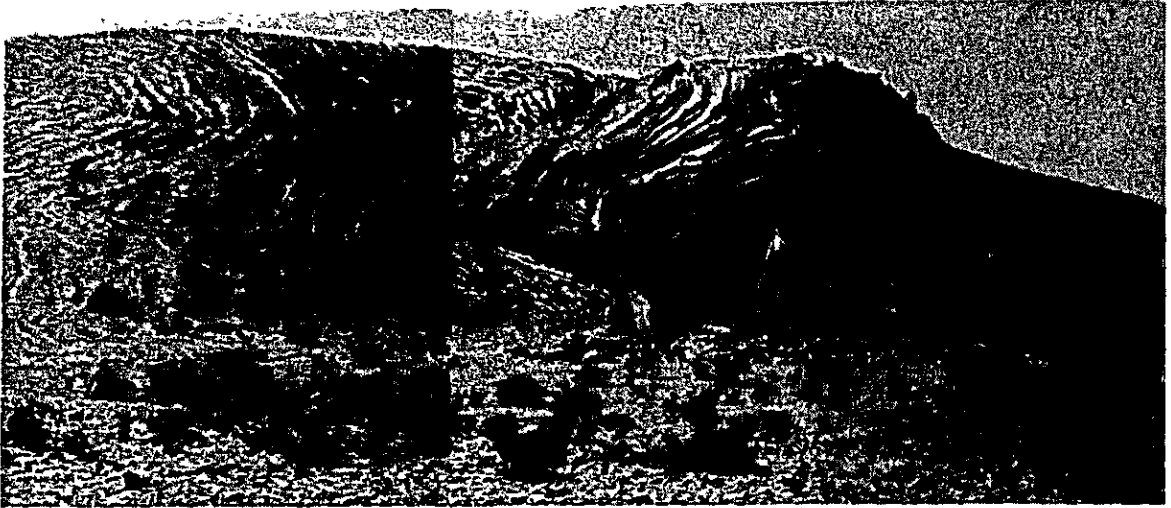


- |                 |                |                                      |                |
|-----------------|----------------|--------------------------------------|----------------|
| ① Nikopol NO. 1 | } Soviet Union | ④ C. P. M. O (oriental)              | } India        |
| ② Tchiaturi Ist |                | ⑤ Nagpur                             |                |
| ③ Massive-ore   | — Gabon        | ⑩ Hotazile                           | — South Africa |
| ④ Grosso        | } Brazil       | ⑪ Khawr Al. Jaramh<br>High grade ore | } Oman         |
| ⑤ Miudo         |                | ⑫ High grade ore<br>Low grade ore    |                |
| ⑥ Grade-I       | } Australia    |                                      |                |
| ⑦ Standard      |                |                                      |                |

Fig. 24

Triangle diagram showing relationship of the manganese ore composition between Oman and other countries.

Photo. 25 Folding structure of the Halfa formation



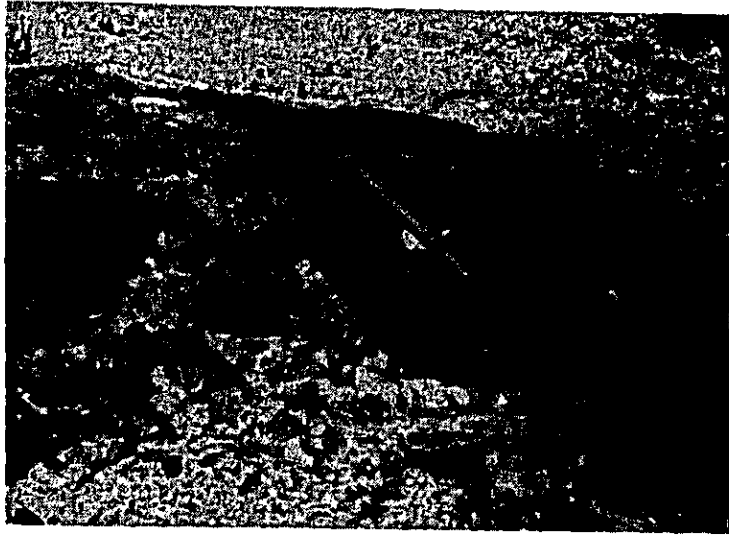
The Halfa formation composed of alternations of white chert (white part) and red siltstone (black part) shows a complex folding, and several faults are seen in the right.

Photo. 26 NW extention of No.1 ore deposit



The ridges of slightly darker color compared to the slope represent a manganese ore zone which extends northwestward from the No. 1 ore deposit.

Photo. 27 Manganese ore deposit in the east to No.2 outcrop



Manganese bed shows a kink folding.

Photo 28. Manganese ore deposit close to the east end of ore zone



Two low grade manganese beds exist in thin-bedded chert.



この部分にパイロルーサイトと共に含マンガン方解石が共存することは本地域の鉍床の初生鉍物の種類を暗示する興味ある事実と考えられる。

本調査地域から得られた露頭部の試料の分析結果は第16表に示される通りである。この結果、高品位部の試料はMn 53.09~54.96%, MnO<sub>2</sub> 83.87~84.07%を示し、低品位部の試料はMn 28.30~35.01%, MnO<sub>2</sub> 42.24~54.40%を示し、いずれもFeおよびPの含有量が非常に少ない特徴がある。世界の主要マンガン産出国ソ連(堆積鉍床)、ガボン(風化残留鉍床)、ブラジル(風化残留鉍床)、オーストラリア(変成鉍床)、インド(風化残留鉍床及び変成鉍床)及び南アフリカ共和国(変成鉍床)等から生産されるマンガン鉍石の分析値(第16表)と比較すると、ソ連の堆積型鉍床NikopleやTchiaturi等の分析値にFe及びPの値が少ない点で類似する(第24図)。

### 3-4 考 察

本調査地域のマンガン鉍床はHawasina層群のHalfa層に胚胎され、主要マンガン鉍物はPyrolusiteである。

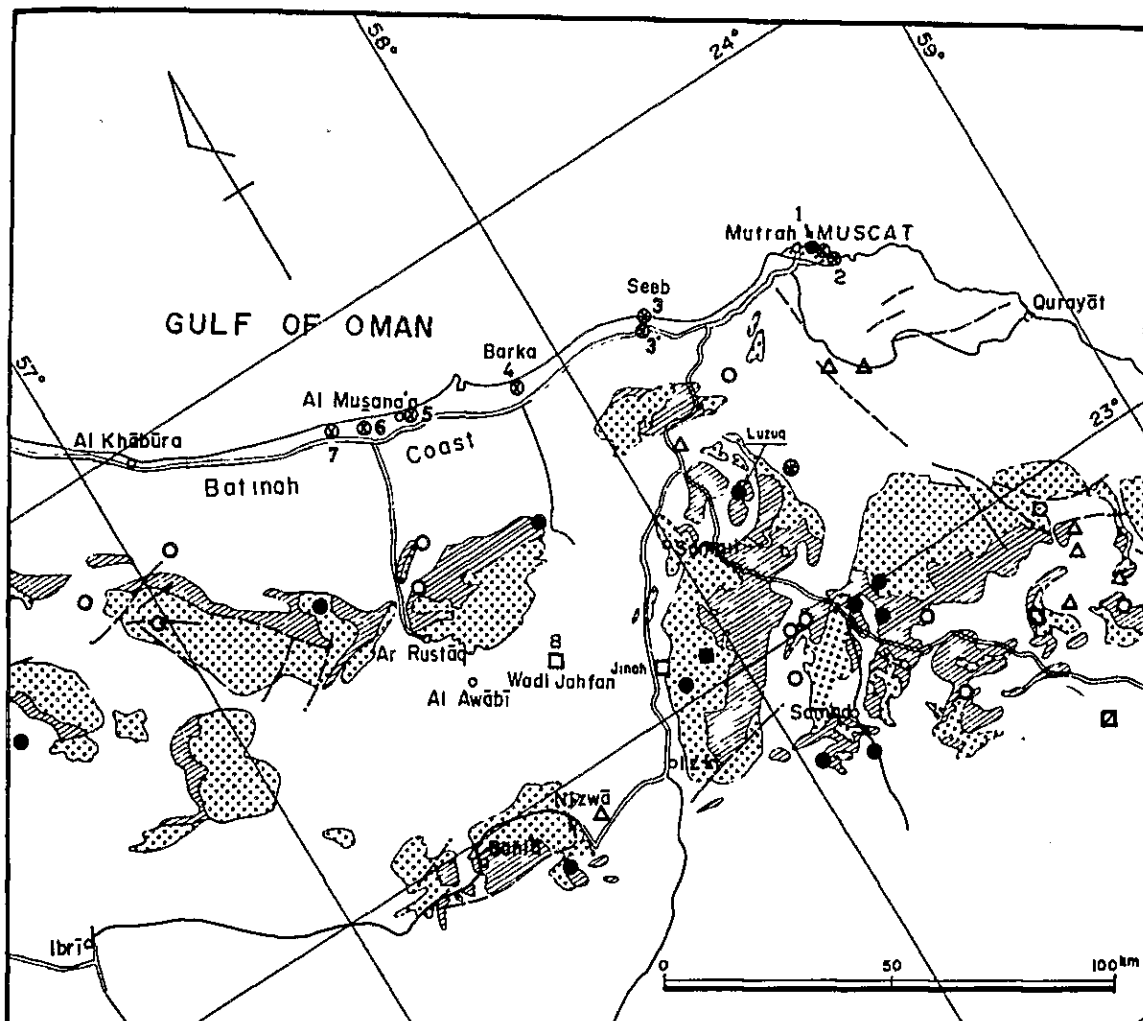
又、鉍化帯の分布形態はほぼ母岩の層理に調和的で、同一層準にレンズ状~ノジュール状マンガン鉍石を伴い、数kmに亘って追跡が可能な事や鉍化帯はチャートの卓越した母岩に胚胎すること等から本地域のマンガン鉍床は堆積性含マンガン・チャートが起源で、風化作用および酸化作用により二酸化マンガン鉍のパイロルーサイトが含マンガン・チャート等に二次的に濃集して形成されたものと考えられる。

鉍化帯の露頭は約6kmに亘って分布するが、断層及び褶曲を蒙り断続する。単位鉍化帯の延長は一般に数10mで鉍化帯の巾は数m~10mを示す。酸化帯の深さは不明であるが調査地域の標高が約30mを示すことから、少なくとも30m下部まで連続すると考えられる。

今回採取した試料のみから本地域の鉍床全体の品位を算出することは非常に困難であるが、前述の分析値からMn:30~55%, MnO<sub>2</sub>:42~86%, Fe:0.2~0.5%, SiO<sub>2</sub>:8~45%, P:0.005~0.07%が期待される。また、これらの分析値はソ連の堆積型マンガン鉍床に類似することから今後の調査により大規模鉍床に発展することが期待される。

今後これら鉍化帯の詳細な分布、形態および下部への連続性を把握する為には、少なくとも1/5,000地形図による地表調査を実施し、更にトレンチ調査、ピット調査および試錐調査を併用することが望ましい。

本調査地域以南にはHawasina層群が広く分布し、マンガンの「焼け」を伴うHalfa層の露出も認められることから今後の採鉍余地が広く、この種の鉍床発見の可能性が高いと考えられるので、この地域に於ける広域的な地質調査を実施することが必要である。この



### EXPLANATION

LOCATION	TOWNNAME	SAMPLE NO.	Peridotite	Copper (Ancient mining site)
1	Sidab Beach	6-A-1	[Stippled pattern]	●
		6-A-2		○
2	Al - Bustan	6-A-3	[Diagonal hatching]	□
		6-A-4		⊠
3	Seeb Beach	6-A-5	[Dashed pattern]	⊗
3'	ditto	6-A-6		△
3'	ditto	6-A-7	[Diagonal hatching]	⊗
		6-A-8		△
4	Barka Beach	6-A-8	[Diagonal hatching]	⊗
5	Al - Musanaa	6-A-9		[Diagonal hatching]
		6-A-10	⊗	
6	Wudam Alwa	6-A-11	[Diagonal hatching]	⊗
7	Bada'j Ud	6-A-12		⊗
8	Wadi Jahfan	5-A-101 (Chromite deposit)	[Diagonal hatching]	⊗

JICA, 1978

Fig.25 Map showing the location of beach sand samples on the Batinah Coast and distribution of ophiolite.

## 第4章 Batinah 海岸地域

オマーン国の首都Muscatから隣国アラブ首長国連邦の一つFujairah国に通じる北西部の海岸地帯を約16 kmの巾で延びているBatinah平原があり、この平原の海浜中に砂クローム鉱床が賦存する可能性が考えられMuscatから北部のSaham町近くのBadaJ・Ud部にいたる延長150 kmにわたってピット掘りによる海浜調査を実施した。さらに、後背地はBatinah平原とはほぼ並行してオマーン山脈の一連のJabal Akhdarが屹立しており、この山中のWadiに初生のクローム鉄鉱床の露頭が分布し、これを観察した。

### 4-1 位置及び交通

オマーン国の北東部は、比較的肥沃な海岸地帯と標高3,000 mのJabal Akhdarがそびえる山岳地帯からなっている。前者の海岸地帯は、Batinah平原(海岸)と称され、Muscatから北部都市のSoharにいたるまで巾約16 kmで延びている(第25図)。一方、後者の山岳地帯は、Batinah平原とはほぼ並行して山地を形成しているが、そのほとんどが不毛の岩石地帯である。しかし所によって地下水の豊富な肥沃な地域も散在し、井戸あるいは地下運河による灌漑農業も早くから行われている。

首都圏とBatinah海岸線に平行してSoharの主要都市を結ぶ主要幹線アスファルト道路はオマーン国唯一交通量の多いところである。

今回は、北部都市Soharに至る250 kmの海岸線のうち、およそ3/5にあたる延長150 kmにわたって海浜調査を実施した。

### 4-2 地質、鉱床概況

本地域の地質は、先二疊紀の変成岩類、上部三疊紀～中部白亜紀のHawasina層群およびSemail オフィオライトから構成されている(第25図)。

基盤の変成岩類は、珪岩を主体とし一部片岩並びに千枚岩、時には角閃岩を伴っている。Hawasina層群は、石灰岩、砂岩、頁岩、シルト岩及びチャート等よりなる。Semail オフィオライトは、最上部は枕状熔岩、中部では粗粒玄武岩または斑れい岩、下部においてカンラン岩などの塩基性火成岩から成り、オマーン褶曲山脈を形成している。Semail オフィオライト中のカンラン岩の分布地域には、ところどころにクローム鉄鉱の鉱徴が知られており、今回調査の対象となった砂クローム鉄鉱は、これらに由来すると考えられる。Batinah海岩地域はいくつかの区域に分けられる、即ちMuscat東部の後背山地が主として低変成度の蛇紋岩化作用を受けた塩基性岩類が分布する地区(Sidab～Al Bustan地区)と、一様にカンラン岩のみで構成している地区(Seeb～Barka地区)及び主として斑

れい岩が分布する地区 (Musanaa ~ Badaj · Ud地区) に分けられる。本調査ではこのうち7ヶ所を選定してピット掘による砂クロム鉄鉱床確認調査を行った、1 mの深さの柱状図は第26図の通りである。

#### 4-2-1 Sidab - Al Bustan 地区

Sidab 海岸は、漁港を拡張するために現在港湾の浚渫工事が進められており、Al Bustanは遠浅の為、Muscat 市民海水浴場として知られている。また Sidab 海岸付近は、弱い蛇紋岩化した塊状のカンラン岩が海岸線に迫って屹立しているために海浜の規模は極めて小さい。後者の Al Bustan 海浜地は、打ち上げ砂浜の巾約 30 m、延長およそ 1.2 km にわたる規模であるが、ところどころに濃緑色の岩盤が露出しており、その海浜部のほぼ中央部付近をピット掘りした結果は、いずれも 50 m 前後で基盤のカンラン岩が露出することから見て本地区の海浜砂は極めて薄いことが確認された。この地区では、粗～中粒砂が主体をなしており、これらを 60メッシュで篩分けして重鉱物の量を測定した結果 20% の重鉱物と若干の砂鉄が含有していることが判明した。

重鉱物の大半は、カンラン石で、次いで透輝石、クロム鉄鉱、茶褐色角閃石の量比順で含有されており、クロム鉄鉱は極く微量含有されるのみである。

#### 4-2-2 Seeb - Barka 地区

Seeb 付近は、オマーン国の国際飛行場が在り、これより西部の Barka にかけて、各種の公共施設や農園地及び民家等が密集している地帯である。

本地区の 70 km 区間は上記の如き環境の他に、海岸沿いの砂層は他地区より深い砂全体の淘汰が他地区に比べて比較的不充分であり、泥または砂利混りの部分が多く、さらに貝殻も多く含まれている。肉眼的にも重鉱物は極めて少量と判定されるので、試料は採取したが粒度分布の試験は割愛した。

#### 4-2-3 Musanaa ~ Wudam Alwa ~ Badaj Ud 地区

Barka 市街地の西方 60 km の海岸線沿いには、上記の 3 漁村が点在する他は砂浜の発達した地区である。また、波打ち際の表面に若干の黒砂の分布が認められたので、この周辺に重鉱物の有含が期待された。試料を 60メッシュで篩分けした後の重鉱物は、重量比で全体の 50% を占めそれに僅かながら磁鉄鉱が認められた。

重鉱物を鑑定した結果、その大部分はカンラン石で占められており、次いで透輝石、時にはエチリン輝石も見られる。しかしクロム鉄鉱は非常に少く、極く稀れに認められる程度である。

### 4-3 粒度分析及び化学分析

#### 4-3-1 粒度分析

Batinah 海岸の各地区で採取した試料のうち、Al Bustan の 6-A-3 と Wudam Alwa の 6-A-11 の試料について粒度分析を行った。その結果は第 17 表の通りである。この結果表を基にして粒径累積分布を解析したのが第 27 図である。本図は、粒度分布が正規分布を示すかどうかを判別するために対数確率紙を用いている。

6-A-3 は、90% が砂の粒子から構成されており、分布曲線の勾配は急である。一方、6-A-11 は、勾配は一般に緩く、したがって 6-A-3 よりも淘汰が不良であることを示している。また、累積分布が 50% となる中央値は、6-A-3 が  $2^{-0.65} = 0.64$  mm, 6-A-11 は、 $2^{-1.75} = 0.30$  mm で前者が大きい値を示している。

6-A-3 の基盤はカンラン石で、しかも後背地が山梁をなして海岸線に迫っている海岸砂で、6-A-11 は、その巾が 10 数 km におよぶ Batinah 平原が控えており、そのため海浜砂は、多種の淘汰作用を受けて現在の状態になったものと考えられ、上記の差は両者の淘汰の過程の差異に基づくものと考えられる。また、第 27 図から判るように、いずれも粒径累積分布は全体が直線とならず、単一の淘汰作用によって生成されたものでないことを暗示しているが、細かく見ると 6-A-3 では、全体の 90% を占める粒径  $2^{-1.74}$  mm 以上の粗粒部が、ほぼ直線をなして正規分布を示しており、また、6-A-11 では、全体の 30% を占める粒径  $2^{-0.75}$  mm 以上の粗粒部がほぼ正規分布をなしており、これらの部分はそれぞれ波浪による淘汰作用を示しているものと考えられる。

#### 4-3-2 化学分析

Batinah 海岸 3 地区 7 ヶ所において、ピット掘りによって採取した試料並びに Wadi Jahfan 地区のクロム鉄鉱などの分析表を一括して第 18 表に示した。

海浜砂の  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  は、Barka 地区の 0.05% を最低値とし、最高値は Bada j Ud 地区の 0.43% に過ぎず、したがって全体の 12 試料の平均品位は 0.155% にとどまった。少ない試料と 1 m 深度のデータのみから云えば Batinah 海岸の砂クロム鉄床は低品位の可能性が高い。因みに Sidab 海岸のカンラン岩の  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  の品位は 0.21% である。

### 4-4 Wadi Jahfan クロム鉄鉱床

オマーン山脈を形成する Semail オフィオライト中に初生のクロム鉄鉱露頭の存在が知られているが、今回その一部を調査した。

#### 4-4-1 位置及び交通

Muscat (Gulf Hotel) より西方へ、Seeb を経て Batinah 海岸のアスファルト道路をおよそ 7.4 km で Barka に至り、これより南のオマーン山脈に向う。途中 Afi 並びに

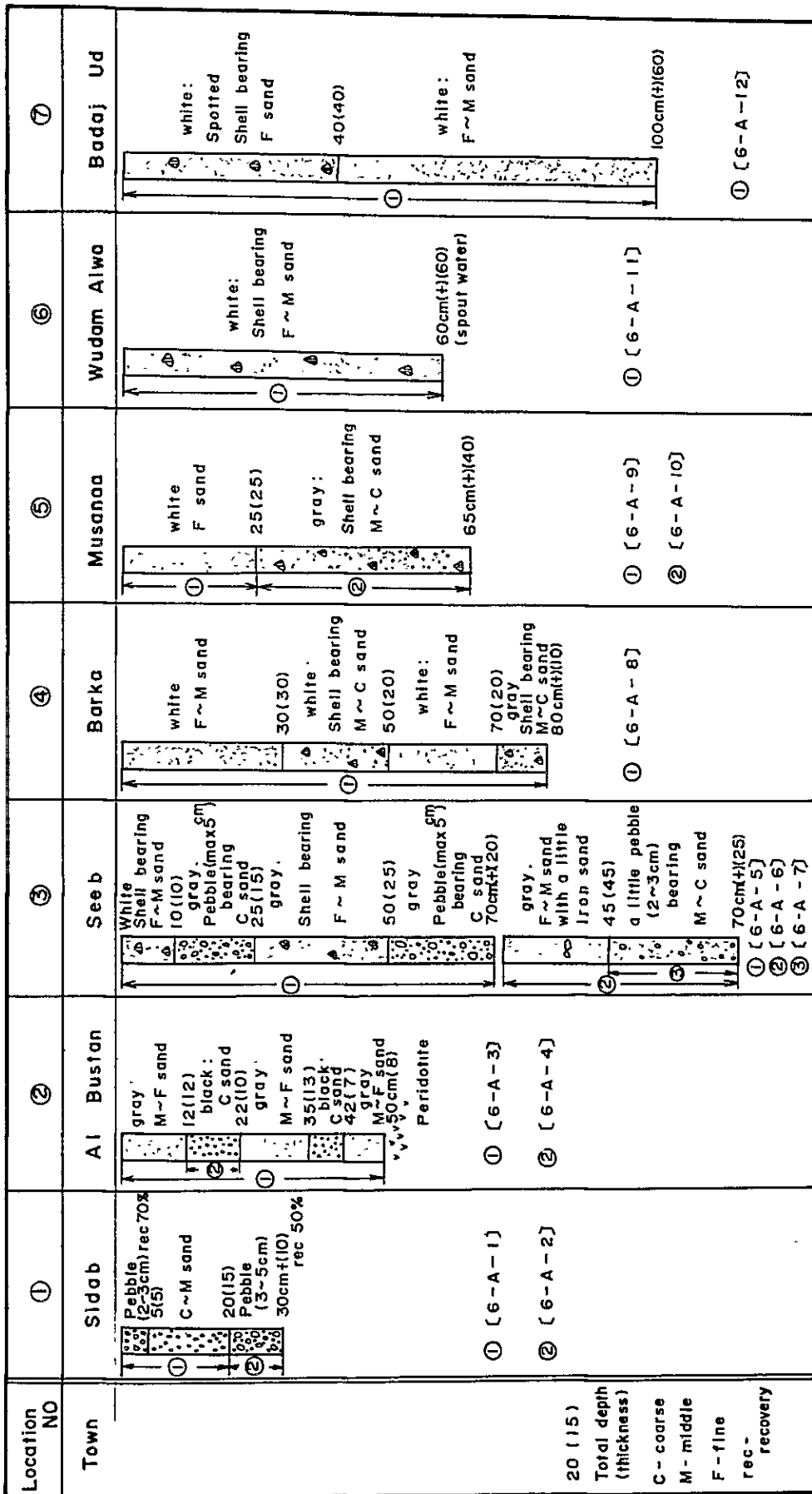


Fig. 26 Columnar section of pits for beach sand samples on Batinah Coast

Table 17 Result of grain size analyses of beach sands on Batinah Coast

Sieve	Size	Size 2 <sup>x</sup> mm	Sample			No.		
			6 - A - 3			6 - A - 11		
			g	%	%*	g	%	%*
>4	>4.76	2.25	6.80	2.27	2.27	22.30	7.43	7.43
8	2.38	1.25	13.92	4.64	6.91	16.80	5.60	13.03
16	1.19	0.25	54.95	18.32	25.23	19.77	6.59	19.62
30	0.59	-0.75	81.71	27.24	52.47	21.30	7.10	26.72
50	0.30	-1.74	108.10	36.03	88.50	65.80	21.93	48.65
60	0.25	-2.00	27.90	9.30	97.80	57.09	19.03	67.68
100	0.15	-2.74	6.10	2.03	99.83	71.36	23.79	91.47
<100	<0.15	2.74	0.52	0.17	100.00	25.58	8.53	100.00
			300.00	100.00		300.00	100.00	

\* cumulative %

6-A-3: Al Bustan

6-A-11: Wudam Alwa

Table 18 Result of chemical analyses of beach sand

Chemical analyses Sample No.	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	FeO %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	MgO %	CaO %	SiO <sub>2</sub> %	Cr/Fe	Location
6-A-1	0.13	-	-	-	-	-	-	-	1 Sidab
" -2	0.14	-	-	-	-	-	-	-	
" -3	0.15	2.57	-	0.95	14.00	-	11.84	-	2 Al Bustan
" -4	0.08	-	-	-	-	-	-	-	
" -5	0.18	-	-	-	-	-	-	-	3 Seeb
" -6	0.33	-	-	-	-	-	-	-	
" -7	0.07	-	-	-	-	-	-	-	
" -8	0.05	-	-	-	-	-	-	-	4 Barka
" -9	0.09	-	-	-	-	-	-	-	5 Musanaa
" -10	0.07	-	-	-	-	-	-	-	
" -11	0.14	3.36	-	1.95	14.70	-	20.24	-	6 Wudan - Alwa
" -12	0.43	-	-	-	-	-	-	-	7 Budaj - Ud
" -101 (peridotite)	0.21	-	-	-	-	-	-	-	7 Sidab
5-A-101 (massive ore)	34.65	16.39	0.44	21.80	14.60	0.60	1.37	2.07	8 Wadi - Jahfan

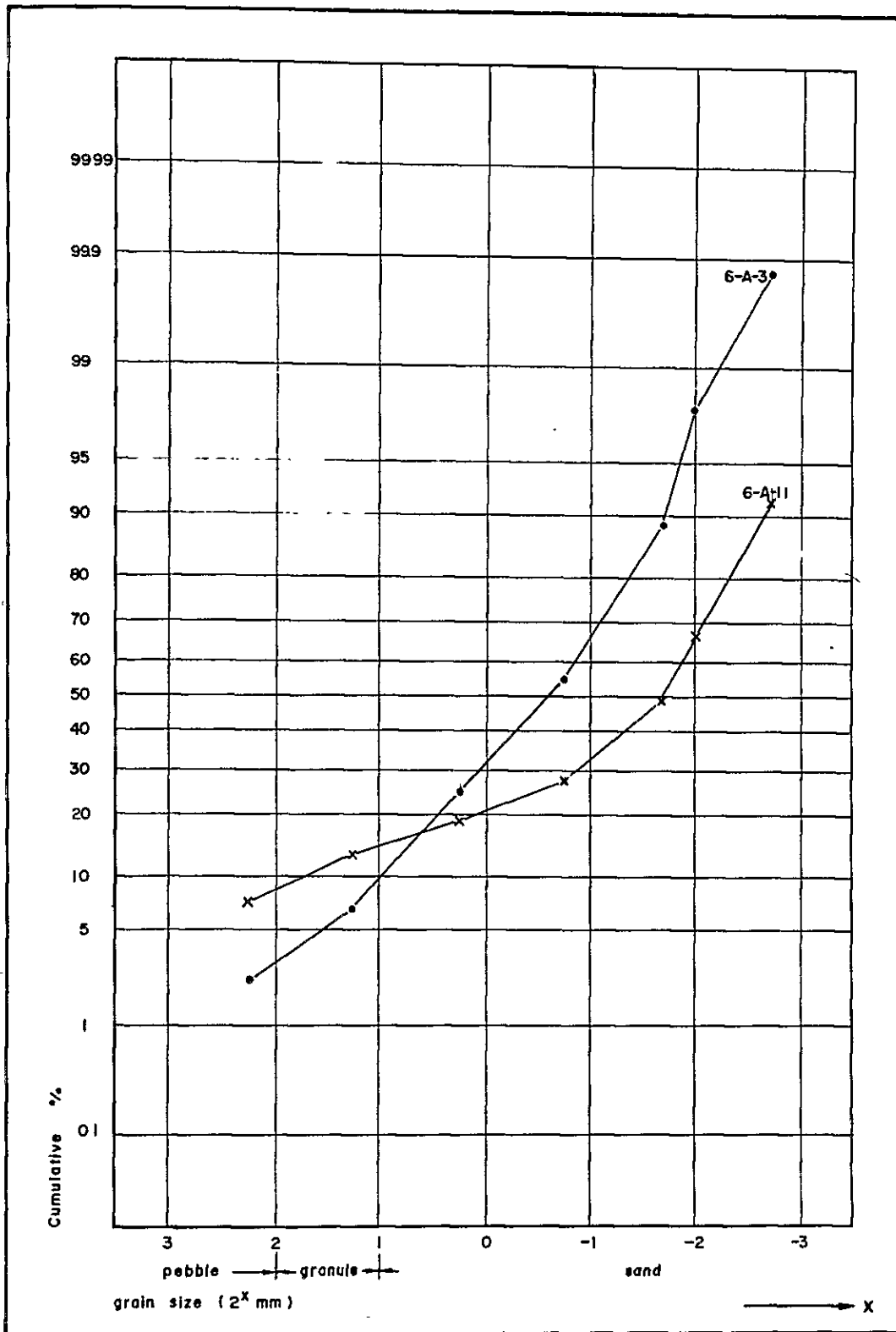


Fig. 27 Cumulative frequency distribution of grain size of beach sand on a log-probability graph, Batinah Coast



Nakhaiなどの部落を経て約40 kmでクロム鉄鉱露頭の分布するWadi Jahfanに達する。

#### 4-4-2 地質及び鉱床

クロム鉄鉱露頭は、蛇紋岩化作用をうけた変質カンラン岩中にレンズ状に胚胎する塊状緻密質のクロム鉄鉱で、亜金属光沢～金属光沢を示し、鉄黒色を呈する。

露頭の規模は最大巾約9 m、延長約30mを示してWadi Jahfan左岸に分布する。鉱体は断層に切れ延長約10 mの3つのブロックに分断され、さらに緩傾斜の断層で鉱体の下部が切られて下方への連続性に乏しい産状を示す。

これら露頭付近の母岩はカンラン岩で、蛇紋岩化作用を著しく蒙り風化と共に全体が黄褐色～褐色に変質している。特に、鉱体下盤側のカンラン岩は破碎されているが、結晶質のカンラン石および輝石類が良く観察される。鏡下では全体が茶灰色を示し、カンラン石、普通輝石、蛇紋石およびクロム鉄鉱の完晶質構造を示している。

カンラン石 : 全体の40%の比率を占め、5m/m以下の他形結晶の無色の集合体をなしている。カンラン石特有の高い屈折率と、多色性は淡黄～オレンジ黄を著しく示す。大部分が蛇紋石と少量の滑石に変化している(顕微鏡写真48, 49)。

普通輝石 : 5m/m以下の無色の他形結晶を示し、多色性は非常に弱い。壁開や斜方消光がよく発達している。

クロム鉄鉱 : 1m/m程度の濃褐色等粒～半等粒の結晶でカンラン石及び普通輝石の基質中に分布している。

蛇紋石 : 薄片中では、無色～淡黄色で屈折率は比較的low網状細脈を示し、カンラン石、普通輝石のすべてを切っている。  
網状細脈状蛇紋石は全体の35%を占める。

炭酸塩細脈 : おそらく滑石と思われる微細脈がすべての完晶質の前記鉱物を完全に切って分布している。

クロム鉄鉱は肉眼では、磁鉄鉱に似た黒色の金属光沢を示す緻密塊状のクロム鉄鉱を主要構成鉱物とし若干の斜長石の斑晶と不規則な形を示す灰色の炭酸塩鉱物(菱苦土石鉱)などを認める。鏡下では、クロム鉄鉱は自形～半自形(2.5m/m±)の結晶の集合体となっている(顕微鏡写真46, 47)。この結晶粒はすべて暗褐色、半透明構造を示し、一部の結晶粒には多量の斜長石の小結晶粒(0.2m/m)を含んでいる。斜長石は、クロム鉄鉱の間を埋めて分布し弱いアルバイト双晶を示すが全体が変質して低複屈折率を示している。炭酸塩鉱物は、明らかに斜長石の一部が変質した産状を示す。

#### 4-5 分析結果

Wadi Jahfan 地区の鉻石の化学分析結果は第 19 表の通りである。 $\text{Cr}_2\text{O}_3$ の品位が34~35%を示し、鉄鋼用(48%以上)や化学工業用(44%以上)には適しない。又アルミナ分が21~22%と比較的高く、ピコタイト系のクロム鉄鉻の成分に近い。

日本に於ける耐火物用のクロム鉄鉻の品質基準は、

- |  |       |
|--|-------|
| 1) $\text{Cr}_2\text{O}_3$                         | 30%以上 |
| 2) $\text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$ | 60%以上 |
| 3) $\text{SiO}_2$                                  | 5%以下  |

となっている。

今回の分析結果では、1)と3)の基準は満たされているが、2)では56.5%であり、耐火物用として最適とは云えない。

#### 4-6 考 察

Muscatの海浜を始点とし、北々西に延びる Batinah 海岸線に沿って延長150km間の7ヶ所の海浜において1m前後のピット掘りを行なった。種々解析を行った結果、調査した範囲内では、砂クロム鉻は濃集の可能性が少なく、有望資源とは考えられない。

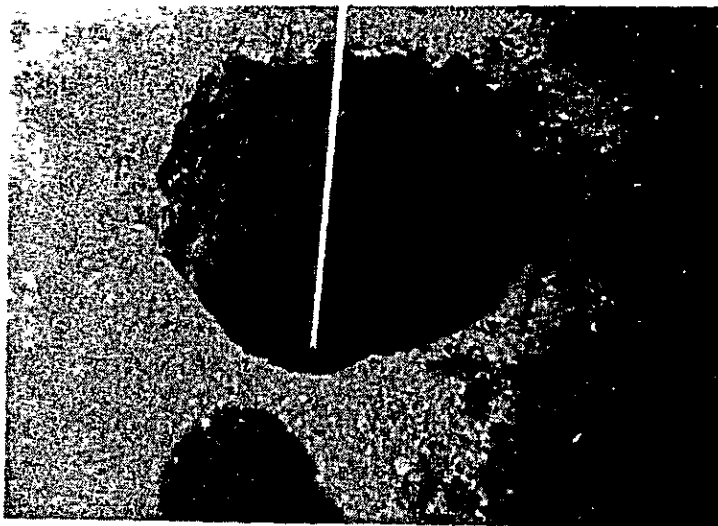
Wadi Jahfan地区のクロム鉄鉻の露頭はカンラン岩中に胚胎する初生クロム鉻床であるが、鉻量的に問題があるばかりでなく、品質的にも冶金用ならびに化学用には適性を欠き、耐火物用として辛うじて利用出来る鉻石である。しかしながら、今回行った露頭だけの調査のみでこの型の鉻床を結論づけることは早計であり、この地域一帯に存在する初生クロム鉻床の性質や規模を確認するには、今後更に調査を行う必要がある。

Photo. 29 Beach sand sampling at Barka



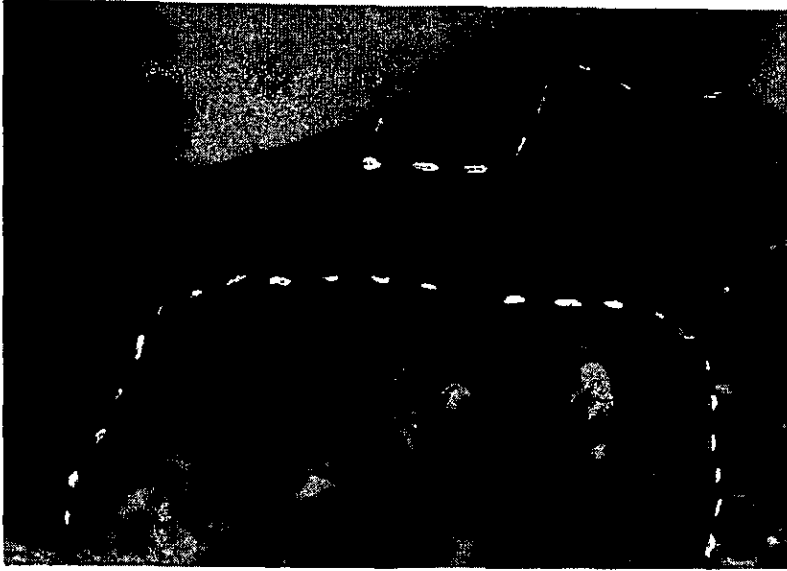
The beach at Barka develops 20 to 30 meters in width.

Photo 30 Pit for beach sand sampling



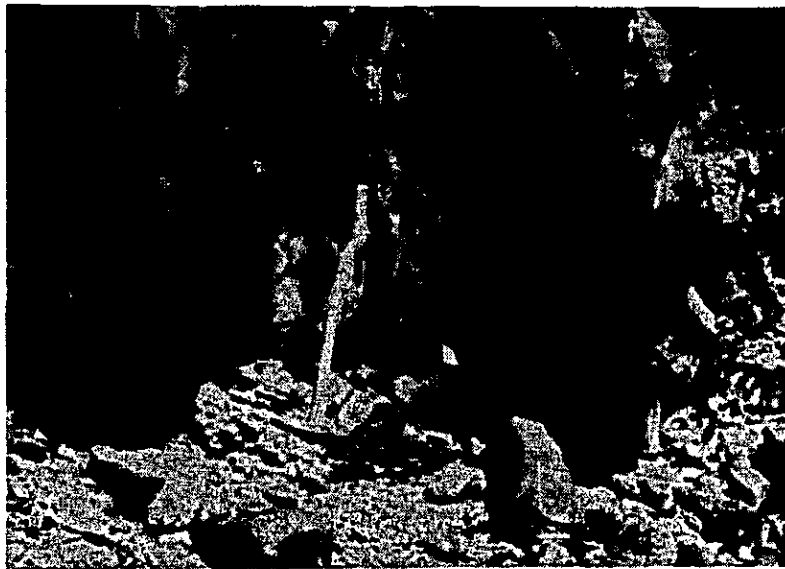
The white spots represent shells.

Photo. 31 Chrome deposit at Wadi Jahfan (S-A-101)



The chrome deposit occurs in somewhat serpentinized periodotite.

Photo. 32 Chrome deposit cut by a fault



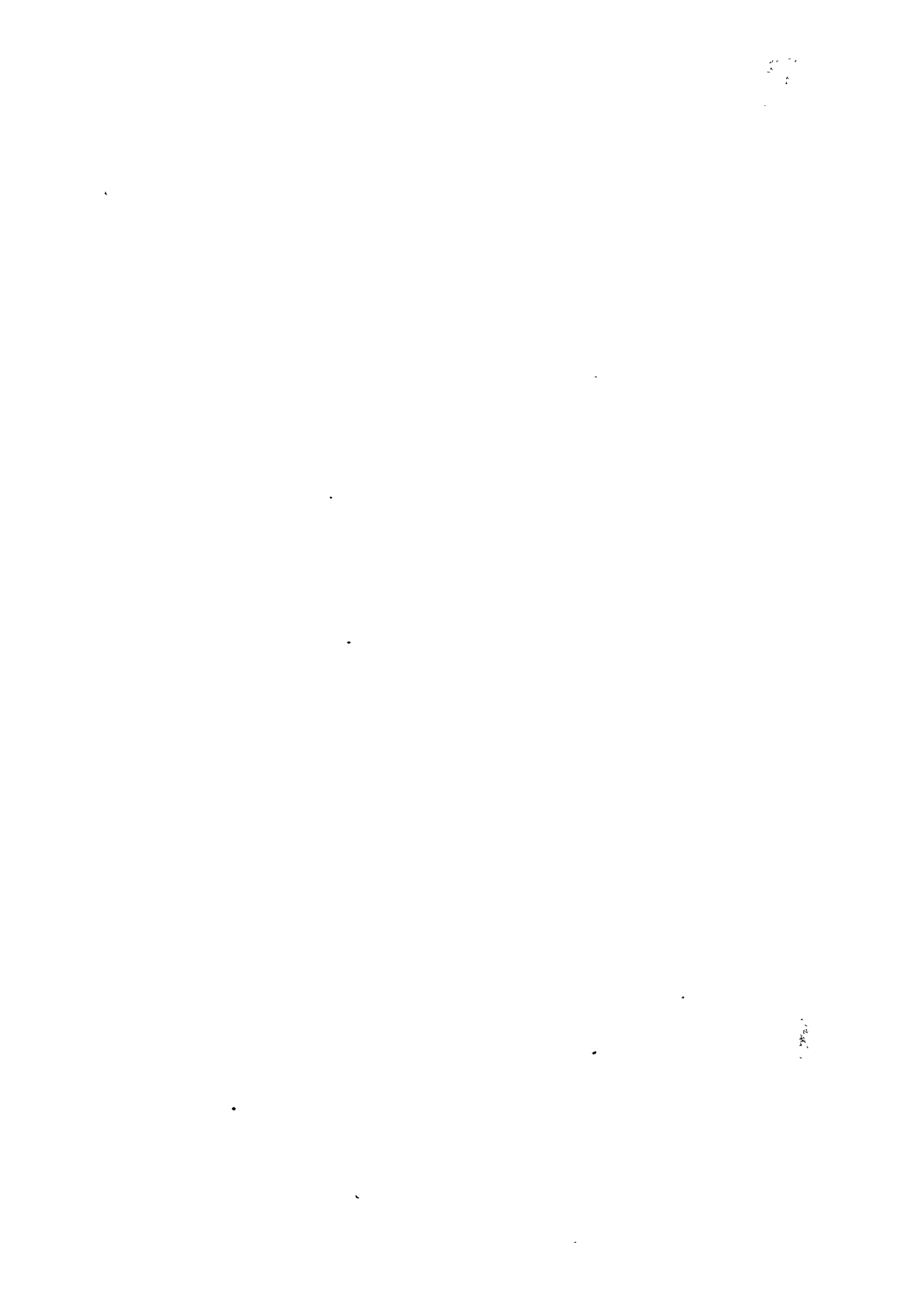
The chromite ore body which is seen in the upper part of the top photograph is cut clearly by a gently dipping fault at its bottom.

1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10.

11. 12. 13. 14. 15.

16. 17. 18. 19. 20.

# 第 III 編



## 第1章 要約および結論

### 1-1 要 約

#### 1-1-1 Salalah 地域

##### 1) 地 質

本調査地域の地質は先カンブリア系基盤岩類、オールドヴィス系 Mirbat 砂岩層、白亜系～第三系 Umm er Radhuma 層および第四系堆積物からなる。

##### a. 先カンブリア系基盤岩類

含ザクロ石白雲母-黒雲母片麻岩からなる Juffa 片麻石と角閃石片麻岩、石英閃緑岩片麻岩又は角閃石岩等からなる Sath 片麻岩を主とし、各種火成岩類やペグマタイト-石英脈がこれら片麻岩を貫いて広く分布する。

K-Ar 法による年代測定結果から、これら先カンブリア系岩類の順序は次の様になる。

Juffa 片麻岩 (7.34 億年), Sath 片麻岩 (6.62 億年), 花崗閃緑岩 (6.40 億年), ペグマタイト脈 (5.76 億年), 及び石英斑岩岩株-岩脈 (5.37 億年) を示すが、これらの年代は先カンブリア紀後期の末期を示すものと考えられる。

Juffa 片麻岩は調査地域のほぼ中央にゆるやかな NE-SW 系背斜構造を示して分布し、これをとり囲む様に Sath 片麻岩が分布する。これらの片麻岩を貫いて火成岩類及びペグマタイト脈が分布するが、特に岩脈類は NW-SE 系統が卓越して無数に分布する。

火成岩類の年代測定値には大きな差が無いことは、これらの火成岩類の活動は花崗閃緑岩岩体の活動を主体とし、これから分化した一連の火成活動により形成されたものと考えられ、銅、鉛、他の鉱化作用はこれらの火成岩類のうち酸性火成岩の活動に密接に関係した熱水鉱化作用と考えられる。

##### b. オールドヴィス系 Mirbat 砂岩層

調査地域の西部に先カンブリア系岩類と白亜系～第三系石灰岩の間に楔形状をなして分布する。本層は化石を産しないが、Beydoun (1964) により、オマーン砂漠の Huqf 近くに分布する褶曲していない下部オールドヴィス系に対比されている。

本層は下部層、中部層及び上部層に分けられ、粒度は下部から上部に向かって細粒となり、また、先カンブリア系との不整合面上には、ほとんどその場所に堆積した基底礫岩が分布している。しばしばチャンネル構造、リップルマーク、斜層理等浅所の堆積構造が認められ、一般に  $N10^{\circ} \sim 40^{\circ} E$  の走向および緩かな NNW 傾斜を示しており、顕著な断層や褶曲は認められない。

##### c. 白亜系～第三系 Umm er Radhuma 層

主として石灰岩からなる本層は地域北部で先カンブリア系基盤岩と Mirbat 砂岩層を急



崖の上部において覆い、Jabal Samhanの卓状地を形成しており、ほとんど水平に分布して北方や東方に極めて緩く傾斜している。また、海岸付近では小さな山の頂に分布してメサを形成する。

#### d. 第四系堆積物

調査地域中央部の標高100~200m付近には隆起海浜堆積物が分布し、海岸付近には海岸砂や風成砂丘が分布し、さらに主要河川には粗粒の砂や礫が分布する。

### 2) 鉍 徴 帯

#### a. 金属鉍床

Wadi Shaat東方の地化学探査を行った地区のWadi付近にはJuffa片麻岩を貫く酸性火成岩岩脈中に方鉛鉍-石英細脈、網状脈が認められ、トレンチ跡から得られた試料の分析値は $Pb = 36.66\%$ を示すが他の鉍物は認められない。岩脈の中が狭いので鉍脈の連続性は期待出来ない。

Sadi西方のWadi Khorhantのペグマタイト中に孔雀石、黄鉄鉍および褐鉄鉍を認め、この試料の分析値は $Cu = 0.32\%$ を示す。これらは鉍染状、細脈状の産状を示すが連続性に乏しいと思われる。

Wadi MorirやWadi Hadabinのペグマタイト中の小規模な「焼け」および転石のX線粉末回折結果、赤鉄鉍および針鉄鉍を認めるのみである。

Ras Aynのペグマタイトに磁硫鉄鉍、黄鉄鉍を認めるが、細脈状~レンズ状を示し連続性に乏しい。

以上の鉍化作用はいずれも酸性火成岩岩脈やペグマタイトに密接に関係し、脈状形態の産状を示すが連続性に乏しく、これらの露頭のみから経済的な鉍床賦存の可能性を結論することは困難であるが、本調査地域の先カンブリア系中の酸性火成岩類の活動に関係したと考えられる銅及び鉛の鉍化作用が存在することは興味深い。しかし、サウジアラビアの様な中性~酸性火山岩類と密接な関係のある大規模な卑鉄金属鉍床は存在しないものと考えられる。今後これらの事実は探査の大きな参考となると考えられるので、鉍床賦存の可能性を究明するため引き続き調査する必要がある。

#### b. ウ ラ ン

放射能調査の結果Wadi Aynの河口近くの左片でSadh片麻岩の一部、白雲母-黒雲母-磁鉄鉍片麻岩に放射能異常が認められ、その分析値は $U_3O_8 = 0.003\%$ 、 $ThO_2 = 0.001\%$ を示す。Mirbat砂岩層の細粒堆積物(シルト岩等)には一般にバックグラウンドの3倍近くの放射能異常が認められ、一つの試料の分析値は $U_3O_8 = 0.004\%$ を示す。この値は普通のシルト岩の10倍以上である。

周辺の地質状況から見てカナダ、南アフリカ共和国又はオーストラリア等の先カンブリ

ア系に発達する様な石英礫岩型、再生花崗岩型及び脈状型ウラン鉱床等の賦存の可能性は少ないが、先カンブリア系中のペグマタイト脈中には、ウランを副成分として含む鉱物の産出の可能性はある。一方Mirbat砂岩層のウランに関しては、同層がウランが地下水から定着される“砂岩”型ウランの母層となる可能性が大きい。

砂岩型ウラン鉱床の胚胎母岩は陸成堆積物でチャンネル構造の様な古い流路があり、透水層の下盤に不透水層が分布し、炭質物の様な還元環境を形成する物質を含む場合にウラン鉱床が地下水から定着されて形成される。Mirbat砂岩層はこれらの条件の一部を満たしており、もしも、高い放射能異常と炭質物が今後発見されれば、ウランのポテンシャルはさらに大きくなるものと考えられるので、今後堆積構造の解明と放射能調査を詳細に実施する必要がある。

その分布が期待されたCalcreatは分布しないので、本地域にCalcreat型ウラン鉱床の可能性はない。

#### c. その他の鉱物

上記以外の鉱物資源については今回の調査では割愛した。

### 3) 地化学探査

乾燥地帯に属する本調査地域でワジ堆積物による地化学探査が適用し得るかどうか、またWadiのいかなる地点での探査が有効か等について、広い範囲からテストサンプルを採取して検討した結果、Wadi Shaat東方の方鉛鉱細脈露頭付近で200m以内の範囲で鉱化作用の影響を捕捉した以外には地域全般にわたって主要金属成分の分析値は非常に変化が少なく、広域的な探査の手法としては適応性に乏しいことが判明した。

#### 1-1-2 Sur東部地域

##### 1) 地質

本調査地域の地質は中部二疊紀～中部白亜紀のHawasina層群に属するIbra層(上部二疊紀～下部ジュラ紀)とHalfa層(三疊紀～中部白亜紀)及び第三紀層などからなる。

これらIbra層およびHalfa層は、アラビア・プレートの周辺部に堆積した乱流堆積物と外洋性堆積物をそれぞれ主要構成物とし、白亜紀末に活動したアラビア・プレートの運動により海洋地殻と共にアラビア・プレート上に衝上したもので、著しい褶曲、断層構造を伴っている。

##### a. Ibra層

本地域に分布するものは褐色～暗灰色の細粒～中粒砂岩と灰色シルト岩互層からなり、砂岩中には濃緑色の海緑石を包有するのが特徴的で、級化層理の発達した乱流堆積の産物と考えられている。

Khawr Al Jaramah湾の南に小範囲分布するのみであるが、Halfa層とは断層関係を

示すものと推定される。

#### b. Halfa層

赤色～緑色チャートと珪質頁岩又はシルト岩互層からなり明瞭な層理と著しい褶曲、断層構造が特徴的である。本層は遠洋性の深海堆積物と考えられ、チャート中には多量の放射虫が包有されている。また本層中には含マンガンチャートの層準が発達し、地表付近で二酸化マンガン鉱物がチャート中に濃集して鉱化帯を形成して調査地域の中央部に分布している。

#### c. 第三系石灰岩類

灰色～暗灰色塊状または層状の石灰岩～ドロマイト質石灰岩からなりマールの薄層を挟在する。基底部に基底礫岩を伴い上記各層を明瞭に不整合に覆って地域北東部から東部の海岸線に平行に分布する。

#### 2) 鉄 床

本調査地域のマンガン鉄床は、Halfa層中の含マンガン・チャート層が地表付近で二次的風化、酸化作用によってチャート中に二酸化マンガンが濃集して鉱化帯を形成したもので、主要鉄石鉱物はパイロルーサイトから成る。本地域には多数の鉱化帯露頭が分布するが、一般走向E-W系を示し、複雑な褶曲、断層構造を伴って約6 km追跡可能である。これらの露頭から得られた試料の分析結果高品位部ではMn=53.09～54.96%、MnO<sub>2</sub>=83.87～84.07%を示し、低品位部ではMn=28.30～35.01%、MnO<sub>2</sub>=42.24～54.40%を示し、いずれもFeおよびPの含有量が低い性質を示す。

以上の既知露頭の他に、本調査地域の南方にもHawasina層群が広く分布して居り、その中にはマンガンの「焼け」を伴うHalfa層の露出も認められる。

#### 1-1-3 Batinah 海岸地域

本調査地域の砂クロム鉄床調査は、深さ約1 mのピット調査によるが、重鉄物の濃度が低く、砂クロム鉄の濃集の可能性が少ないと考えられる。またWadi Jahfamのカンラン岩中のクロム鉄鉄床の露頭は断層で切られ、水平的、垂直的に連続性に乏しく、品質的には耐火物用として利用し得る程度である。本調査地域は今後有望資源の調査対象地域として選出するには困難である。

#### 1-2 結 論

以上オマーン国より調査対象地域として提示された3地域の地質、鉄床に関する現地調査と室内研究資料を総合的に検討した結果、Salalah地域及びSur 東部地域は今後も引き続き調査すべきであると考えられる。

### 1-2-1 Salalah地域

今回の調査で先カンブリア系中の酸性火成岩類やペグマタイトに伴う銅、鉛その他の鉱徴があり、Mirbat 砂岩層中に放射能異常値を捕捉していることから、今後この地域の鉱床賦存の可能性を究明するために下記に重点を置いた基礎調査を実施する必要がある。

- a. 酸性火成岩岩体とその周辺に於ける鉱化作用の有無の調査
- b. Mirbat 砂岩層の分布、堆積構造の調査と放射能調査

これらの調査を実施する為には1/50,000地形図の作成と、フィールドチェックを含む空中写真地質解析を併せて実施することが望ましい。

### 1-2-2 Sur 東部地域

優勢なマンガン露頭が分布することや、調査地域南方にもHawasina層群が広く分布して、その中にはマンガンの「焼け」を伴うHalfa層の露出も認められることから、今後下記に重点を置いて引続き調査を実施する必要がある。

- a. 広域的な地質調査

地形図(1/50,000)作成と空中写真地質解析及び現地調査を実施してHawasina層群中のHalfa層の分布、地質構造を解明して広域的なマンガン鉱床胚胎の可能性を追求。

- b. 既知露頭の鉱床評価

既知露頭及び周辺地質を精査し、トレンチおよびピットによる地表部の調査と、さらに試錐探査による酸化帯の下部への連続性および品位の変化の解明。

## References

- Beydoun, Z. R., 1966, Geology of the Arabian Peninsula – Eastern Aden Protectorate and part of Dhufar. U. S. Geol. Surv. Prof. Paper, 560–H, P. H1–49.  
1970, Southern Arabia and northern Somalia: comparative geology. Phil. Trans. Roy. Soc. Lond. A. 267, p 267–292.
- Brown, G. F. and Jackson, R. O., 1960, The Arabian Shield: Internat. Geol. Cong., 21st, Copenhagen 1960, Rept. 21, Pt. 9, p. 69–77.
- Carney, J. N. and Welland, M. J. P., 1974, Geology and mineral resources of the Oman Mountains. Institute Geol. Soc. London Rept. No. 27, p. 1–49.
- Daly, R. A., 1933, Igneous rocks and the depth of the earth. p. 9–10, McGraw-Hill Book Company, Inc., New York.
- Delfour, J., 1975, Volcanism and mineral deposits of the Arabian-Nubian Shield. p. 1–36. Ministry of Petroleum and Mineral Resources, Saudi Arabia B. R. G. M. Saudi Arabia Mission.
- Gealey, W. K., 1977, Ophiolite obduction and geologic evolution of the Oman Mountains and adjacent areas. Geol. Soc. America Bull., v.88, p.1183–1191.
- Geukens, F., 1966, Geology of Arabian Peninsula – Yemen. U. S. Geol. Surv. Prof. Paper, 560–B, p. B1–23.
- Glennie, K. W. and others, 1974, Geology of the Oman Mountains, Pt. 1 (Text) and Pt. II (Tables and Illustrations). Verh. Konink. Nederlands Geolo. Mijnbouwkundig Genootschap, Deel 31, p. 1–423.
- Greenwood, J. E. G. M. and Loney, P. E., 1968, Geology and mineral resources of the Trucial Oman Range. Inst. Geol. Sci. London, Unpublished report, p. 1–108.
- Heremboire, J. and Horstink, J., 1967, Mesozoic nappes in the Oman Mountains, a hypothesis. Unpublished PD (Oman) Report.
- Ishihara, S. and others, 1967, Uranium content of Upper Paleozoic slate and Neogene siltstone. Rept. Geol. Surv. Japan, No. 232, p. 221–231.  
(in Japanese with English abstract).
- Kapp, H. and Llewellyn, P. G., 1965, The geology of the Central Oman Mountains. Unpublished PD (Oman) Report.
- Katada, M., 1967, Ryoke metamorphic belt in the northern Kiso district, Nagano prefecture. Rept. Geol. Surv. Japan, No. 223, p 1–38.  
(in Japanese with English abstract)
- Lees, G. M., 1928, The geology and tectonics of Oman and of parts of southeastern Arabia. Quart. Jour. Geol. Soc. London, v. 84, p. 585–670.

- Perters, Tj. and Kramers, J. D., 1974, Chromite deposits in the ophiolite complex of Northern Oman. *Miner. Deposita*, v. 9, p. 253–259.
- Powers, R. M. and others, 1966, Geology of the Arabian Peninsula – Sedimentary geology of Saudi Arabia. U. S. Geol. Surv. Prof. Paper, 569–D, p. D1–147.
- Roberts, R. J. and others, 1975, Mineral deposits in western Saudi Arabia. U. S. Geol. Surv. Saudi Arabian Project Report 201, p. 1–60.
- Saudi Arabia Directorate General of Mineral Resources, 1976, Mineral resources activity 1390–1395 A. H. (1970–1975 A. D. ). A report of the first Saudi Arabia Five–Year Development Plan.
- Shibata, H., 1968, Description on the rocks of Japan, II, p. 152. Asakura Shoten, Tokyo.  
(in Japanese)
- , 1968, ditto, IV, p. 128. ditto.
- Welland, M. J. P. and Mitchell, A. H. G., 1977, Emplacement of the Oman ophiolite: A mechanism related to subduction and collision. *Geol. Soc. America Bull.*, v. 88, p. 1081–1088.



# ANNEX



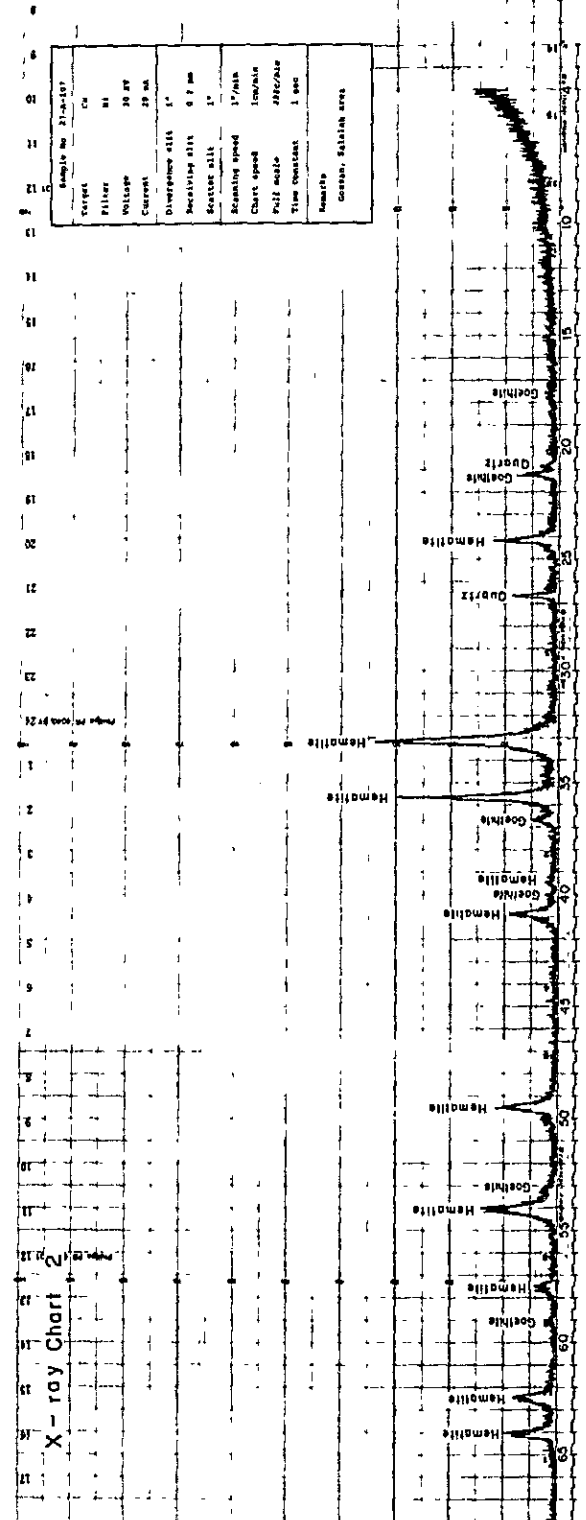
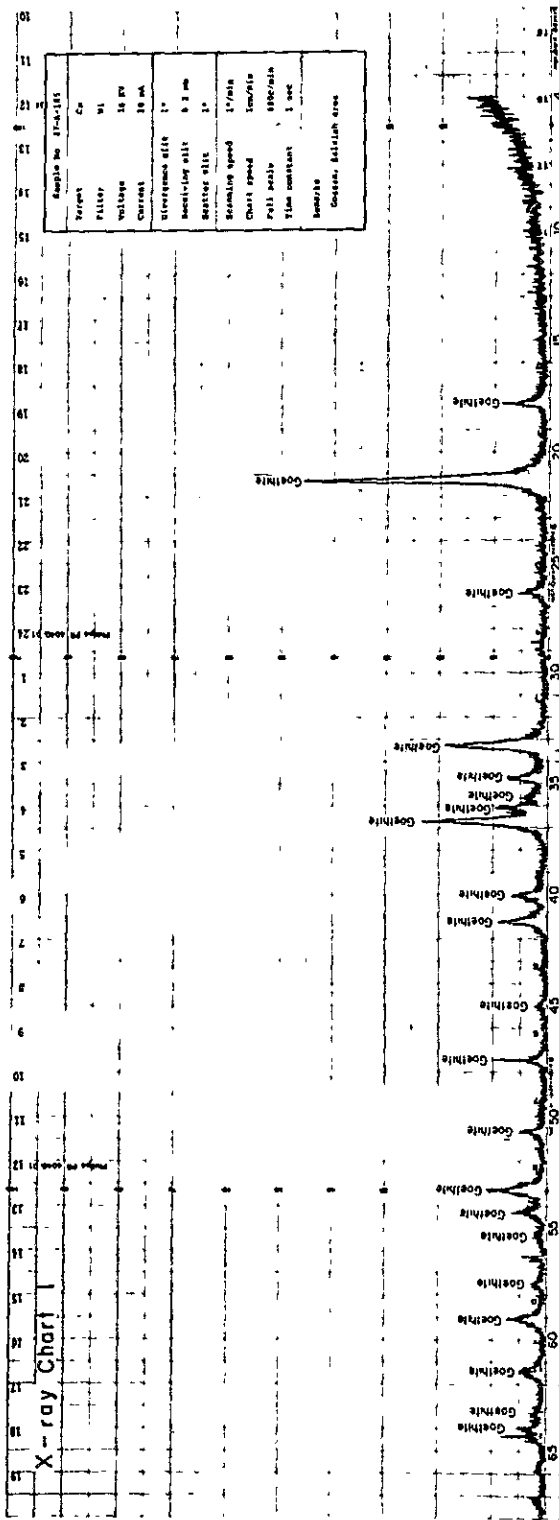


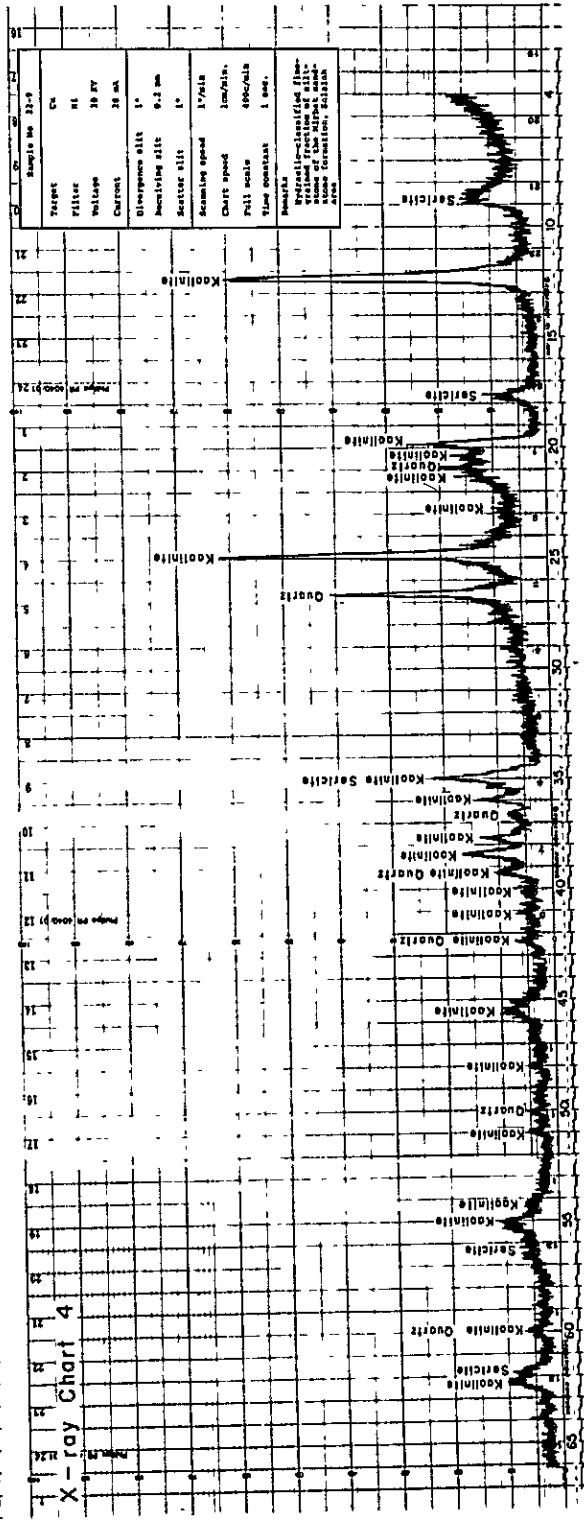
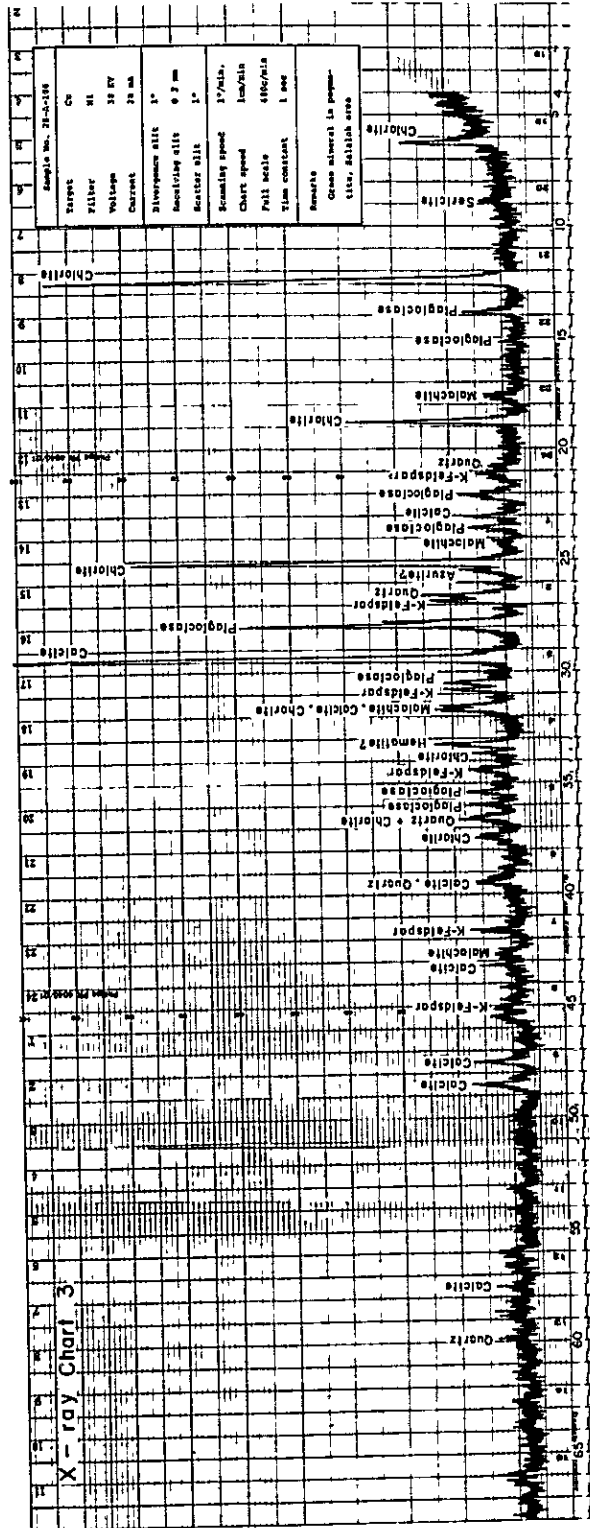
Table 8 List of result of microscopic observation (thin section)

Area	Group	Sample No.	Rock name	q	pl	kf	bio	mus	hb	py	ol	ga	mt	chr	ap	sph	ser	chl	sep	ep	zol	ca	Remarks
Salalah	Jufra gneiss	22-3-2	bio gneiss	○	○		○						●	●	●	●	●	●					holocrystalline, gneissose texture, & dioritic
		25-1-1	ga bearing mus bio gneiss	○	○		○						●	●	●	●	●	●					ditto
	Sadh gneiss	25-2	ditto	○	○		○						●	●	●	●	●	●					ditto
		22-8	mus mt injection gneiss	○	○		○						●	●	●	●	●	●					ditto
		27-A-103	gneissose bio q diorite	○	○		○						●	●	●	●	●	●					granitic, ca veinlets coarse grained, almost all bio is altered to ep and chl.
		28-A-101	gneissose bio hb q diorite	○	○		○						●	●	●	●	●	●					equigranular, felsic part
		28-A-102	hb gneiss	○	○		○						●	●	●	●	●	●					equigranular, felsic part, gabbroic
		28-A-103	hb gneiss	○	○		○						●	●	●	●	●	●					equigranular, felsic part, q dioritic
		28-A-104	gneissose hb q diorite	○	○		○						●	●	●	●	●	●					felsic part, little goethite is present
		28-A-109	hb gneiss	○	○		○						●	●	●	●	●	●					felsic part, q gabbroic
		28-A-110	hb gneiss	○	○		○						●	●	●	●	●	●					felsic part, q dioritic
		28-A-111	gneissose hb gabbro	○	○		○						●	●	●	●	●	●					equigranular, holocrystalline, medium-grained
		22-3-1	mus bio q diorite	○	○		○						●	●	●	●	●	●					dyke in 22-5-2, coarse-grained
		22-5-1	trondjemite	○	○		○						●	●	●	●	●	●					ditto
		22-5-2	bio hb diorite	○	○		○						●	●	●	●	●	●					equigranular, carbonate vein
22-6	mus bio granodiorite	○	○		○						●	●	●	●	●	●					porphyritic xenolith in granodiorite		
27-A-101	hornblende	○	○		○						●	●	●	●	●	●					calcite veinlets		
29-A-102	mus q diorite	○	○		○						●	●	●	●	●	●					Kf shows perthite structure		
27-A-105	mus pl q perthite pg	○	○		○						●	●	●	●	●	●					intergranular texture, q is secondary, strongly altered		
25-1-2	py dolerite	○	○		○						●	●	●	●	●	●					ditto		
26-A-103	bio py q dolerite	○	○		○						●	●	●	●	●	●					whole py phenocryst is altered to chl and ca		
26-B-102	bio py dolerite	○	○		○						●	●	●	●	●	●					ditto		
22-2	hb adamellite	○	○		○						●	●	●	●	●	●					ditto		
23-3-1	q porphyry	○	○		○						●	●	●	●	●	●					equigranular		
25-3-2	mus bearing granophyre	○	○		○						●	●	●	●	●	●					ditto		
26-B-101	q porphyry	○	○		○						●	●	●	●	●	●					ditto		
22-3-3	sandstone	○	○		○						●	●	●	●	●	●					matrix is composed of fine-grained silicate and spherulitic goethite bedding structure		
22-9	siltstone	○	○		○						●	●	●	●	●	●					very coarse, matrix is composed of carbonate		
22-10	arkose sandstone	○	○		○						●	●	●	●	●	●					granitic rock granules are abundant, matrix is composed of carbonate		
29-A-101	sandstone (matrix of coag)	○	○		○						●	●	●	●	●	●					coarse, matrix is composed of ser. kaolinite, limonite and ca.		
29-A-103	sandstone	○	○		○						●	●	●	●	●	●					pyroclastic and radiolaria are rare, unknown black material exists.		
8-A-101	massive chert	○	○		○						●	●	●	●	●	●					radiolaria is abundant, dust like tiny brownish red mineral is abundant		
8-A-103	low grade ore	○	○		○						●	●	●	●	●	●					holocrystalline		
8-A-112	radiolaria chert	○	○		○						●	●	●	●	●	●					ditto		
5-A-101	chromite ore	○	○		○						●	●	●	●	●	●					ditto		
5-A-102	py bearing peridotite	○	○		○						●	●	●	●	●	●					ditto		
6-A-101	of bearing pyroxhite	○	○		○						●	●	●	●	●	●					peridotite fragment is present about 20%, carbonate represents shells		
6-A-3	beach sand	○	○		○						●	●	●	●	●	●					hyperthene is present about 5%		
6-A-3	beach sand (heavy part)	○	○		○						●	●	●	●	●	●					sep occurs as rock fragments, carbonate represents shells		
6-A-11	beach sand	○	○		○						●	●	●	●	●	●					ditto		
6-A-11	beach sand (heavy part)	○	○		○						●	●	●	●	●	●					ditto		

Abbreviations

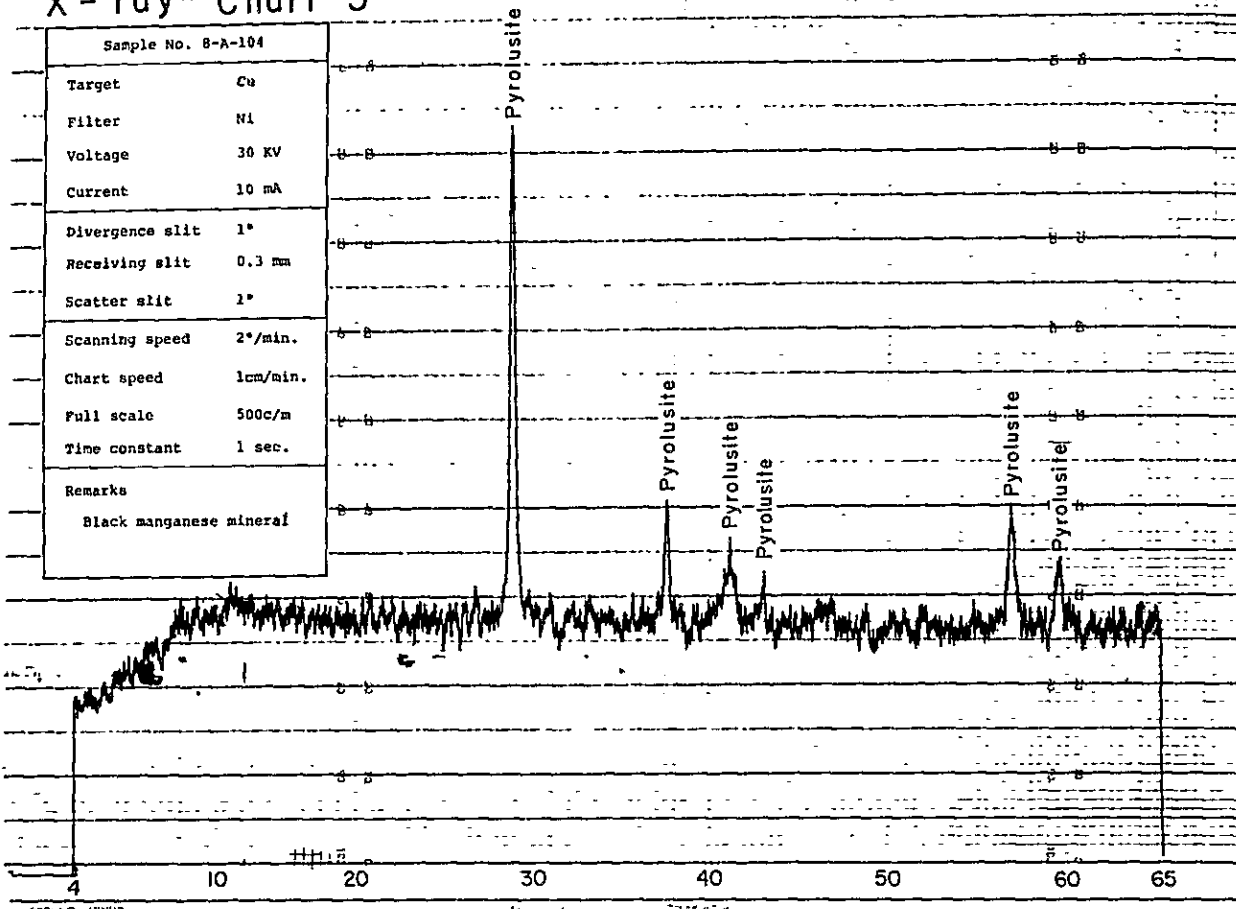
Umm : Umm er Radhuma formation q : quartz pl : plagioclase kf : potash feldspar bio : biotite mus : muscovite hb : hornblende py : augite ol : olivine ga : garnet mt : magnetite  
 chr : chromite ap : apatite sph : sphene ser : sericite chl : chlorite tef : serpentinite ep : epidote zol : zoisite ca : carbonate mont : montmorillonite  
 ● abundant ○ common ● rare





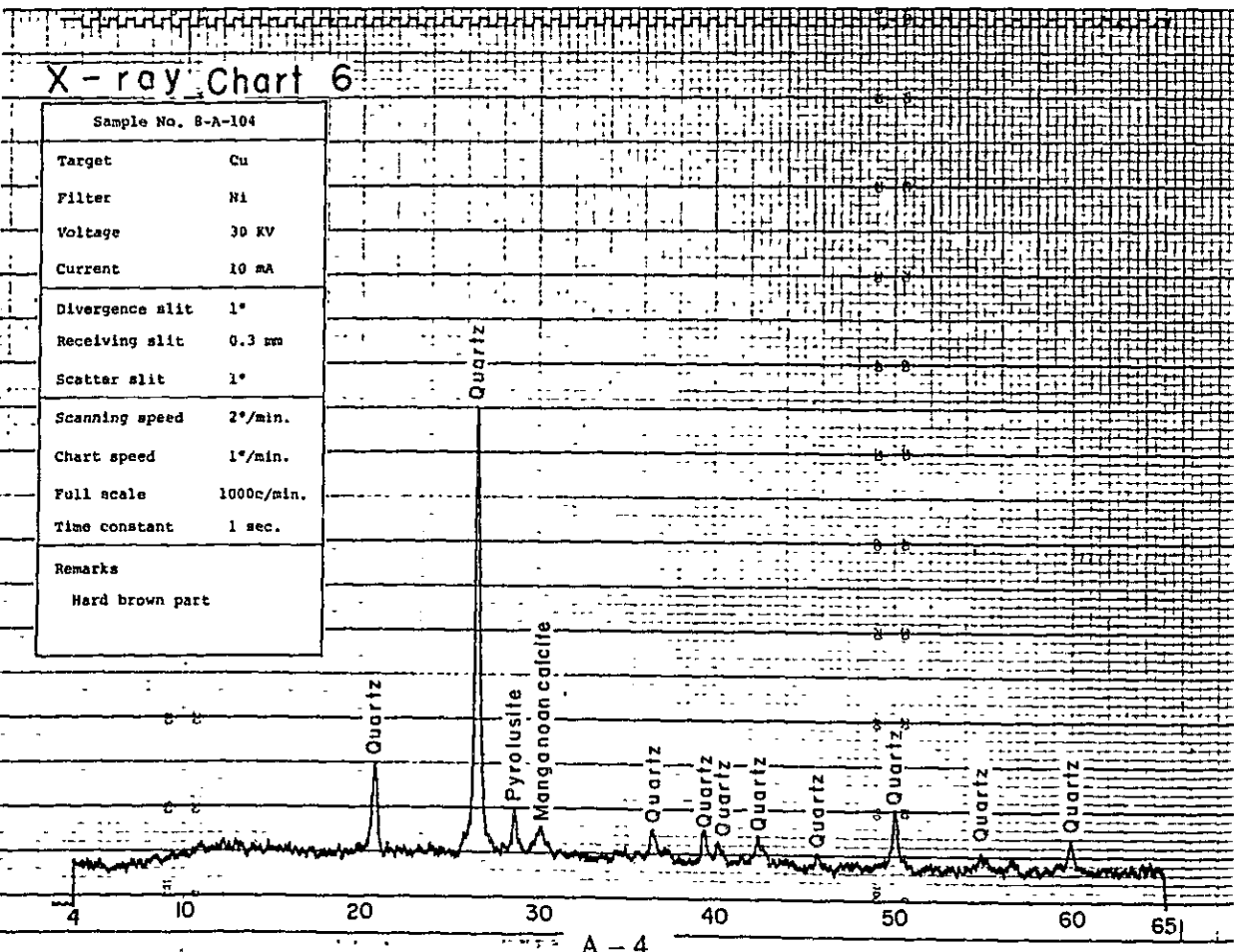
# X-ray Chart 5

Sample No. 8-A-104	
Target	Cu
Filter	Ni
Voltage	30 KV
Current	10 mA
Divergence slit	1°
Receiving slit	0.3 mm
Scatter slit	1°
Scanning speed	2°/min.
Chart speed	1cm/min.
Full scale	500c/m
Time constant	1 sec.
Remarks	Black manganese mineral



# X-ray Chart 6

Sample No. 8-A-104	
Target	Cu
Filter	Ni
Voltage	30 KV
Current	10 mA
Divergence slit	1°
Receiving slit	0.3 mm
Scatter slit	1°
Scanning speed	2°/min.
Chart speed	1°/min.
Full scale	1000c/min.
Time constant	1 sec.
Remarks	Hard brown part



## Photomicrographs

### Abbreviations

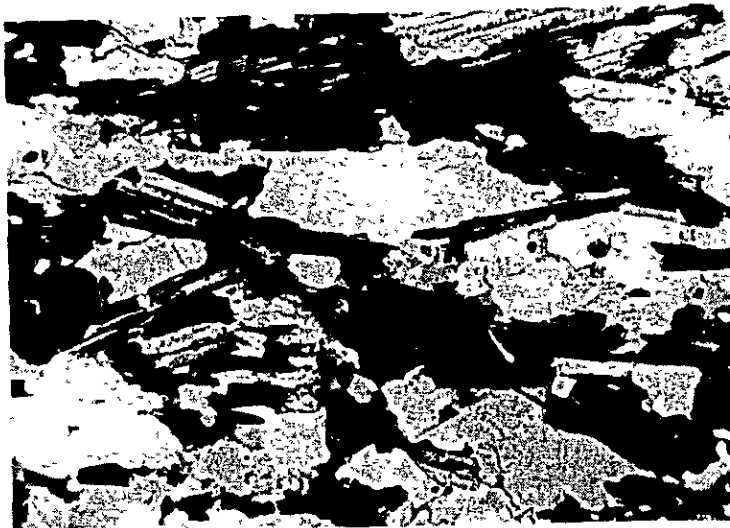
q	quartz
pl	plagioclase
kf	potash feldspar
bio	biotite
mus	muscovite
hb	hornblende
py	augite
ol	olivine
ga	garnet
mt	magnetite
chr	chromite
sph	sphene
ap	apatite
ser	sericite
chl	chlorite
sep	serpentine
ep	epidote
zoi	zoicite
ca	carbonate
gal	galena
pyr	pyrolusite
rad	radiolarian

Photo micrograph 1



Only lower polar

Photo micrograph 2

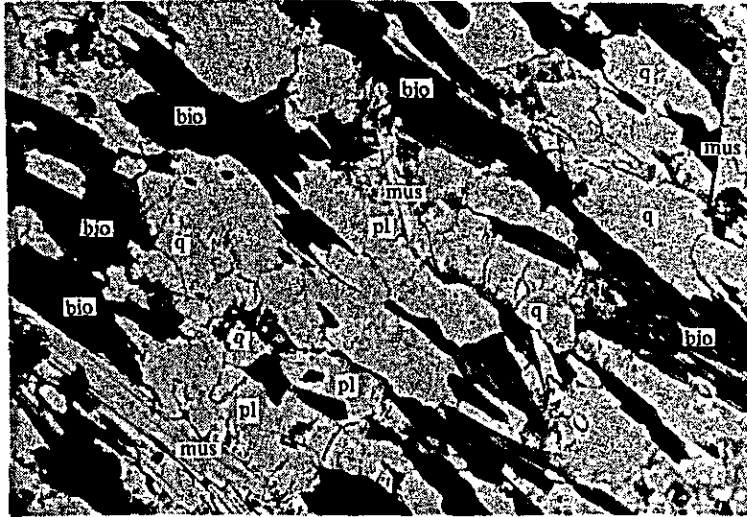


Crossed polars



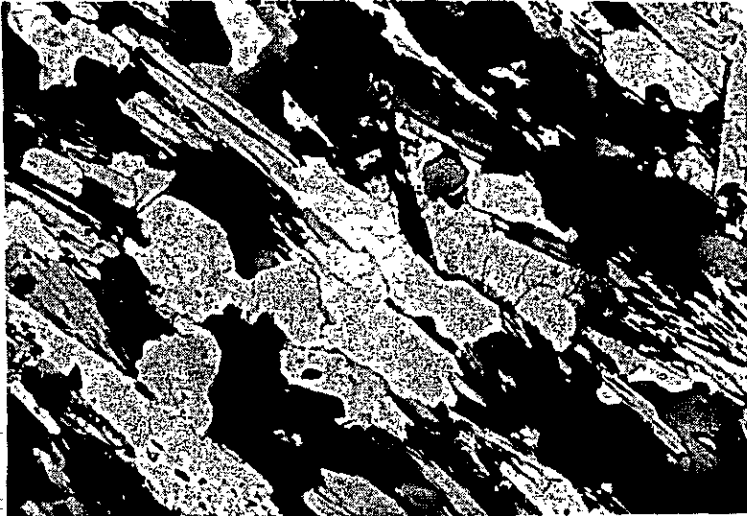
- Sample No. : 25-1-1  
Rock name : Garnet bearing muscovite-biotite gneiss, Juffa gneiss  
Locality : West of Wadi Bayt Said, Salalah area  
Observation : The rock is holocrystalline and colorless minerals (quartz and plagioclase) and mafic minerals (biotite and muscovite) are alternatively arranged in parallel showing gneissose structure. Garnet, magnetite and apatite are also present as accessory minerals.  
Quartz : Maximum 3 mm, xenomorphic  
Plagioclase : Maximum 1.5 mm, hypidiomorphic ~ xenomorphic.  
Biotite : Maximum 1 mm, brown, parallel arrangement along gneissose structure.  
Muscovite : Maximum 1 mm, parallel arrangement along gneissose structure.  
Garnet : Maximum 0.5 mm, associating with biotite.

Photomicrograph 3



Only lower polar

Photomicrograph 4



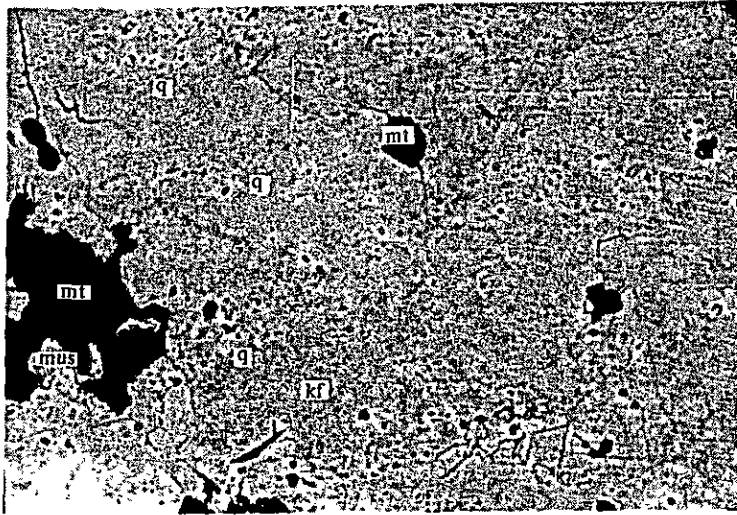
Crossed polars

0 1 mm

Sample No. : 25-2  
Rock name : Garnet bearing muscovite-biotite gneiss. Juffa gneiss.  
Locality : West of Wadi Bayt Said, Salalah area.  
Observation : Same as the photomicrograph 1 and 2.

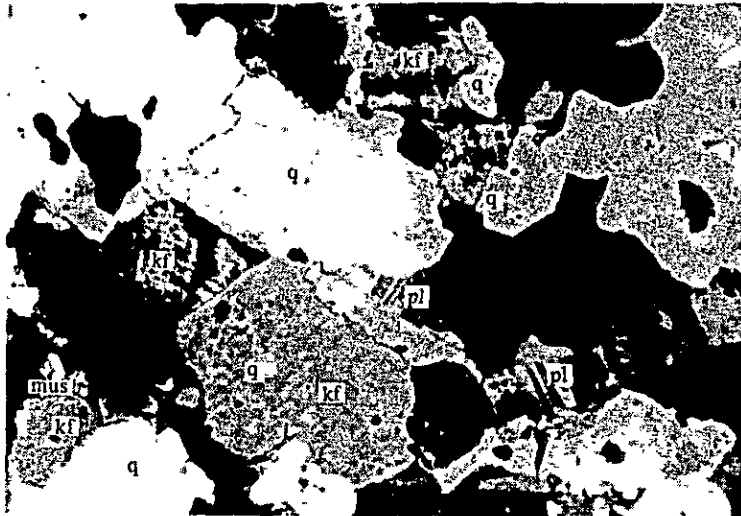


Photomicrograph 5



Only lower polar

Photomicrograph 6

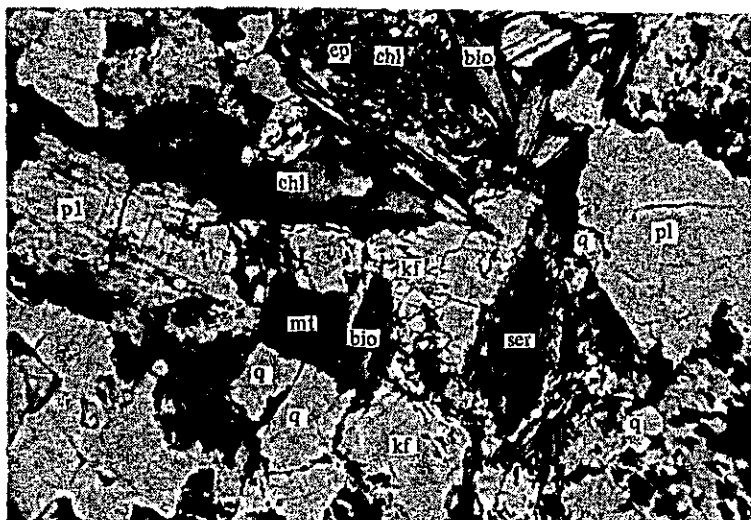


Crossed polars



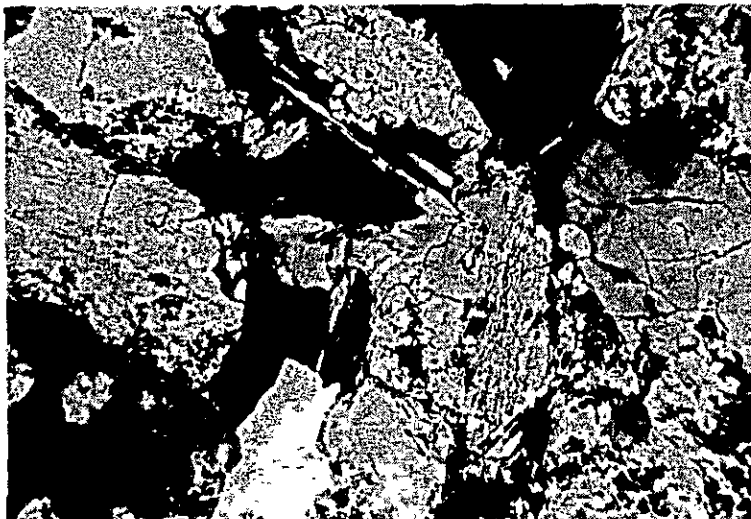
- Sample No. : 22-8  
Rock name : Muscovite magnetite injection gneiss, Sath gneiss  
Locality : Near the mouth of Wadi Aingalf  
Observation : The rock is holocrystalline and composed of quartz, K-feldspar plagioclase, abundant magnetite, muscovite, biotite and sphene.  
Epidote and chlorite are secondary-altered minerals. Small carbonate veins are also recognized.  
Quartz : Maximum 2 mm, xenomorphic, many small liquid inclusion.  
K-feldspar : Maximum 0.5 mm, xenomorphic, abundant microcline and scarce perthite structures.  
Plagioclase : Maximum 2 mm, idiomorphic ~ hypidiomorphic, characteristic albite twinning and alternation to sericite.  
Magnetite : Maximum 0.5 mm, distribution along the banded structure.  
Muscovite : Maximum 0.5 mm.  
Biotite : Maximum 0.5 mm, brown, mostly epidotized and chloritized.

Photomicrograph 7



Only lower polar

Photomicrograph 8

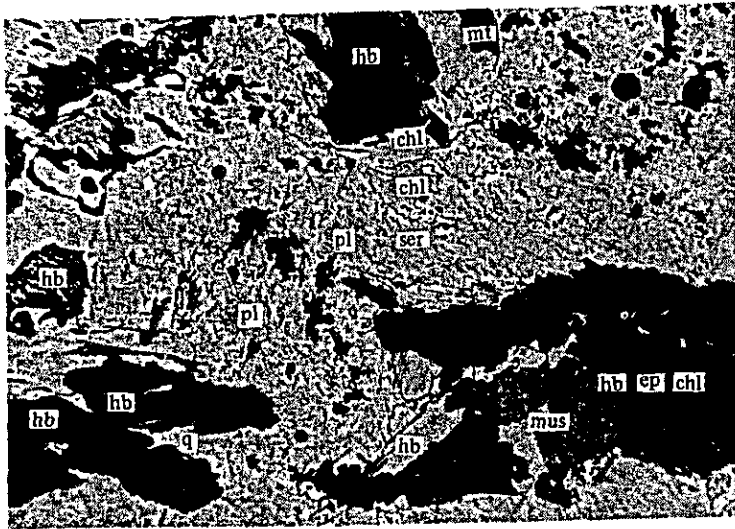


Crossed polars



- Sample No. : 27-A-103  
Rock name : Gneissose biotite quartz diorite, *Sadh gneiss*.  
Locality : Near the mouth of Wadi Shiliyarn, Salah area.  
Observation : The rock is holocrystalline and composed of plagioclase, quartz, K-feldspar and biotite, and sphene and magnetite are present as accessory minerals.  
Plagioclase : Maximum 5 mm, xenomorphic ~ hypidiomorphic. Sericitized, epidotized and zoicitized in some parts.  
Quartz : Maximum 0.5 mm, xenomorphic  
K-feldspar : Maximum 0.6 mm, xenomorphic ~ hypidiomorphic  
Biotite : Maximum 1 mm, idiomorphic, arranged nearly parallel, somewhat chloritized and epidotized.

Photograph 9



Only lower polar

Photomicrograph 10



Crossed polars



- Sample No. : 28-A-104  
 Rock name : Gneissose hornblende quartz diorite, Sadh gneiss.  
 Locality : Wadi Jish Jesh, Salalah area.  
 Observation : The rock is holocrystalline and composed of plagioclase, quartz, hornblende as well as accessory magnetite and sphene showing gneissose structure. Abundant secondary minerals such as sericite, muscovite, epidote, chlorite, zircon and goethite are produced.  
 Plagioclase : Maximum 5 mm, hypidiomorphic, sericitized in some parts.  
 Hornblende : Maximum 5 mm, green ~ yellowish green, mostly epidotized, zoicitized and chloritized.  
 Quartz : Maximum 2 mm, xenomorphic.  
 Magnetite : Some altered to reddish goethite.  
 Sphene : Associated with hornblende and magnetite.

Photomicrograph 11

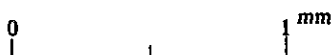


Only lower polar

Photomicrograph 12

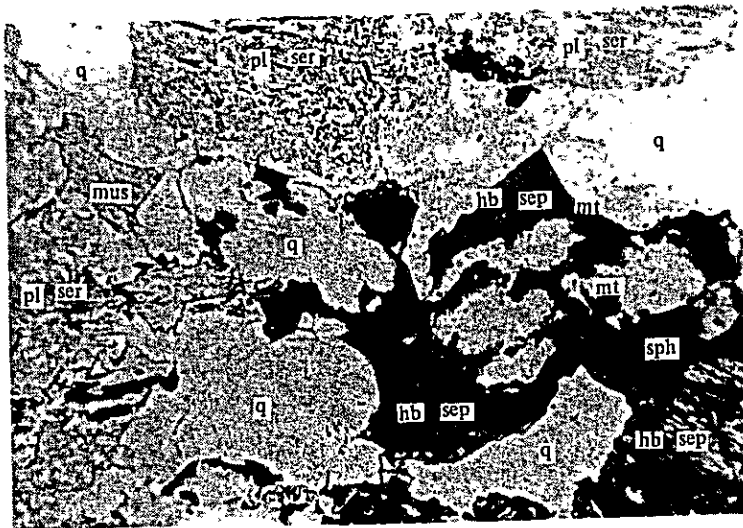


Crossed polars



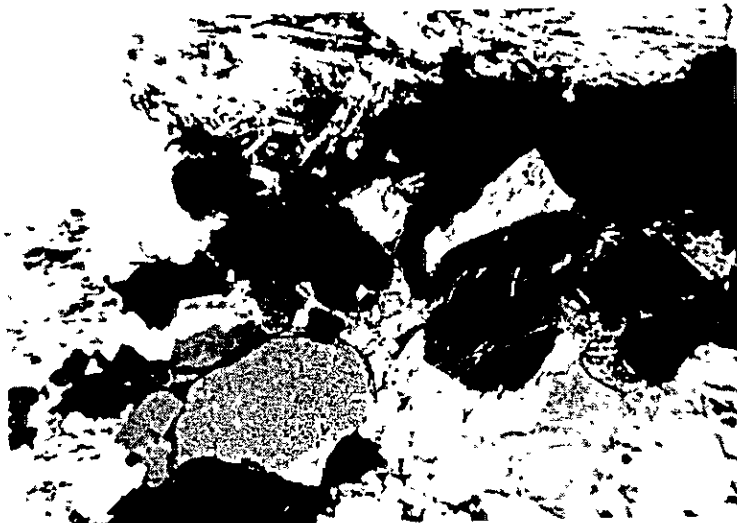
- Sample No. : 28-A-109  
Rock name : Hornblende gneiss, Sath gneiss.  
Locality : West of Wadi Shaat, Salalah area.  
Observation : The rock is holocrystalline and composed of abundant hornblende, plagioclase, quartz as well as accessory magnetite, sphene and apatite.  
Hornblende : Maximum 3.5 mm, green to light green, hypidiomorphic, parallel-arranged.  
Plagioclase : Maximum 1 mm, xenomorphic, wholly sericitized and epidotized.  
Quartz : Maximum 2 mm, xenomorphic, intercalated between the parallel arranged hornblende crystal.  
Magnetite : enclosed in hornblende crystals.  
Sphene : enclosed in hornblende crystals.  
Apatite : enclosed in hornblende crystals.

Photomicrograph 13



Only lower polar

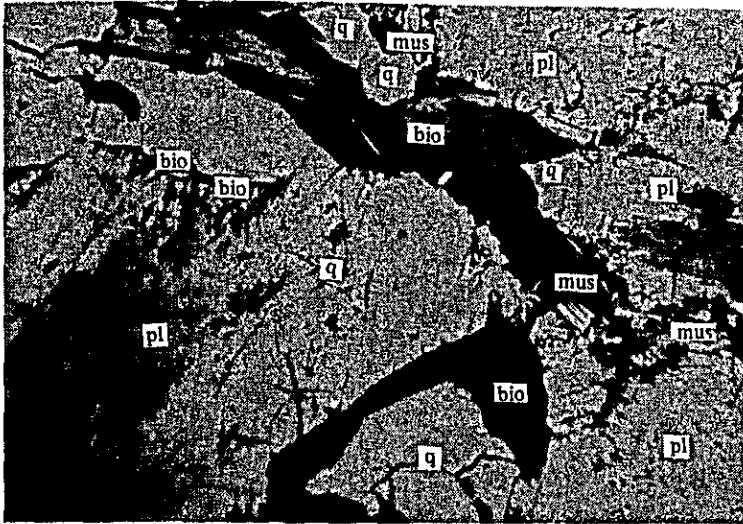
Photomicrograph 14



Crossed polars

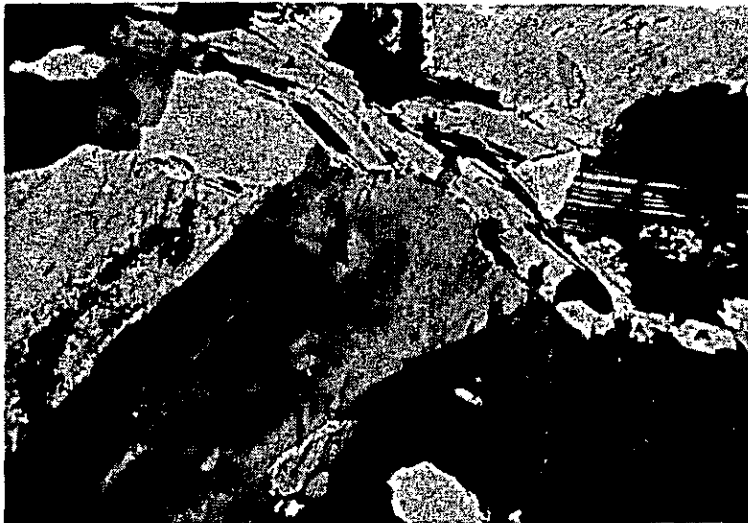
- Sample No. : 28-A-110  
Rock name : Hornblende gneiss, Sadh gneiss.  
Locality : Wadi Ayn, Salalah area.  
Observation : The rock is holocrystalline and composed of abundant hornblende, plagioclase and quartz as well as accessory magnetite, sphenes and apatite.  
Hornblende: Maximum 3 mm, green to yellowish green, hypidiomorphic, parallel-arrangement, serpentinized in some parts.  
Plagioclase : Maximum 2 mm, hypidiomorphic ~ xenomorphic, mostly sericitized.  
Quartz : Maximum 3 mm, xenomorphic.  
Sphenes : Associated with magnetite and hornblende.  
Apatite : Enclosed in hornblende.

Photomicrograph 15



Only lower polar

Photomicrograph 16

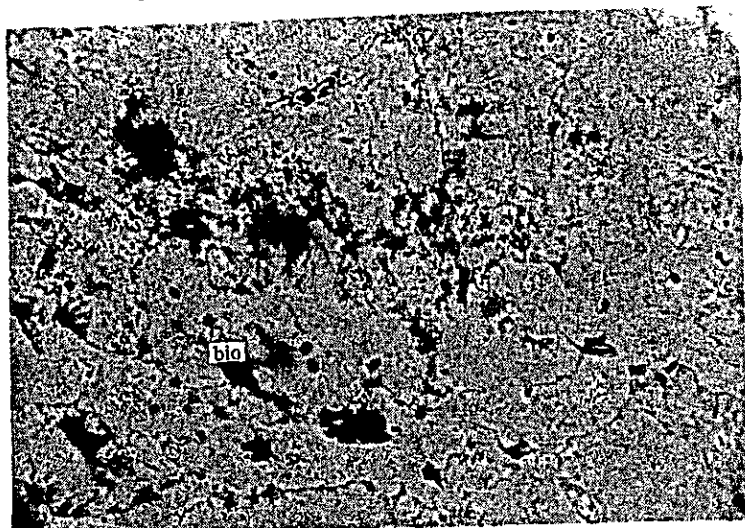


Crossed polars



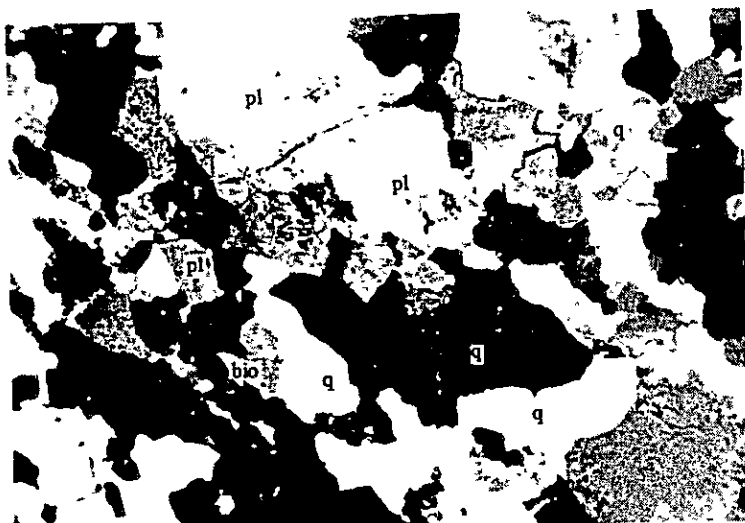
- Sample No. : 22-3-1  
Rock name : Muscovite biotite quartz diorite  
Locality : The middle part of escarpment of eastern Jabal Samhan, Salalah area.  
Observation : The rock is medium-grained and holocrystalline and composed of quartz, plagioclase, and biotite as well as accessory K-feldspar, muscovite, sphene and magnetite. Some parts are altered to sericite, epidote and chlorite.  
Quartz : Maximum 8 mm, xenomorphic.  
Plagioclase : Maximum 5 mm, hypidiomorphic ~ idiomorphic. Some parts sericitized and epidotized.  
K-feldspar : Maximum 1 mm, xenomorphic.  
Biotite : Maximum 1 mm, hypidiomorphic, brown to yellowish brown, some parts epidotized and chloritized.  
Magnetite : Maximum 0.4 mm, associated with and included in biotite, including apatite.

Photomicrograph 17



Only lower polar

Photomicrograph 18

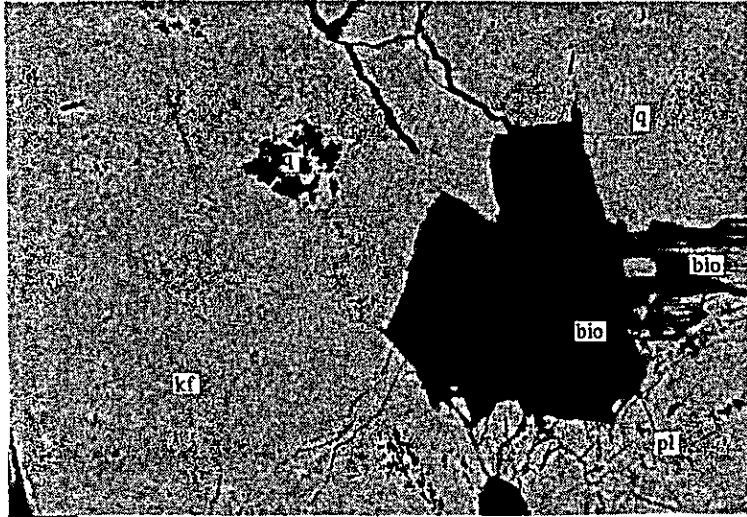


Crossed polars



- Sample No. : 22-5-1  
Rock name : Trondjemite  
Locality : About 12 km south of Hasik, Salalah area.  
Observation : The rock is holocrystalline and composed of abundant quartz and plagioclase and a very small amount of muscovite and biotite. Some parts are altered to chlorite and epidote.  
Quartz : Maximum 6 mm, xenomorphic, including liquid and gas inclusions, some showing mosaic structure.  
Plagioclase : Maximum 5 mm, xenomorphic.  
Muscovite : Maximum 1 mm.  
Biotite : Maximum 1 mm, brown to light brown some parts chloritized and epidotized.

Photomicrograph 19



Only lower polar

Photomicrograph 20



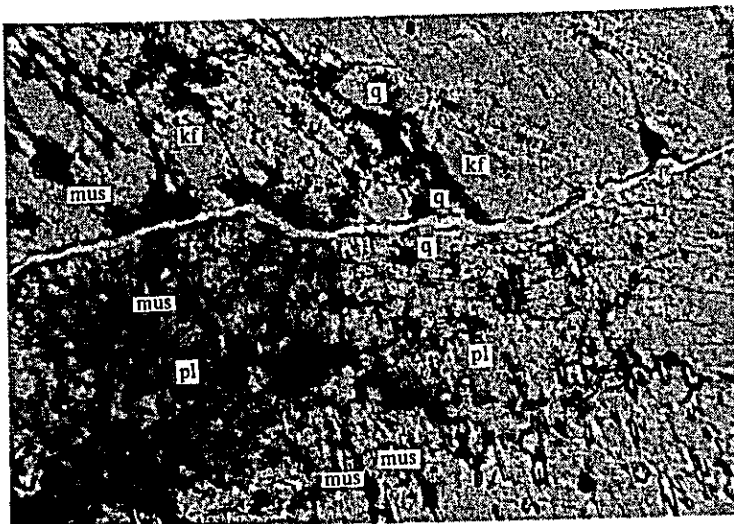
Crossed polars



- Sample No. : 22-6  
Rock name : Muscovite biotite granodiorite.  
Locality : Ridge west of Wadi Hadabin upstream, Salalah area.  
Observation : The rock is holocrystalline, equigranular and composed of quartz, K-feldspar plagioclase and a small amount of biotite and muscovite as well as accessory magnetite and sphene. Carbonate veinlets are present. Some parts are altered to sericite, chlorite and epidote.  
Quartz : Maximum 5 mm, xenomorphic.  
K-feldspar : Maximum 5 mm, hypidiomorphic, microcline structure.  
Plagioclase : Maximum 4 mm, hypidiomorphic, much sericitized.  
Biotite : Maximum 1.2 mm, idiomorphic ~ hypidiomorphic, brown to light brown, some parts chloritized and epidotized.

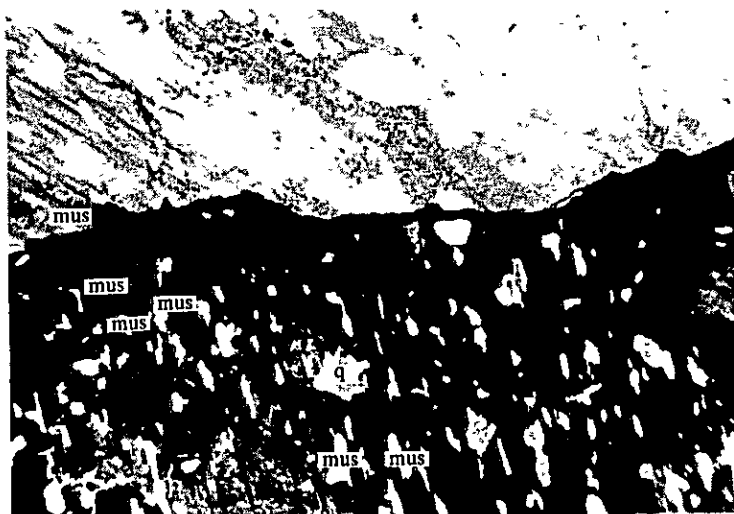


Photomicrograph 21



Only lower polar

Photomicrograph 22

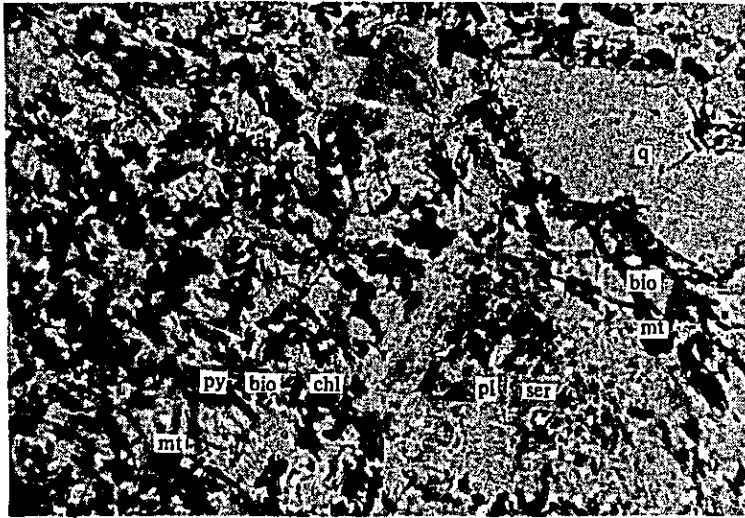


Crossed polars



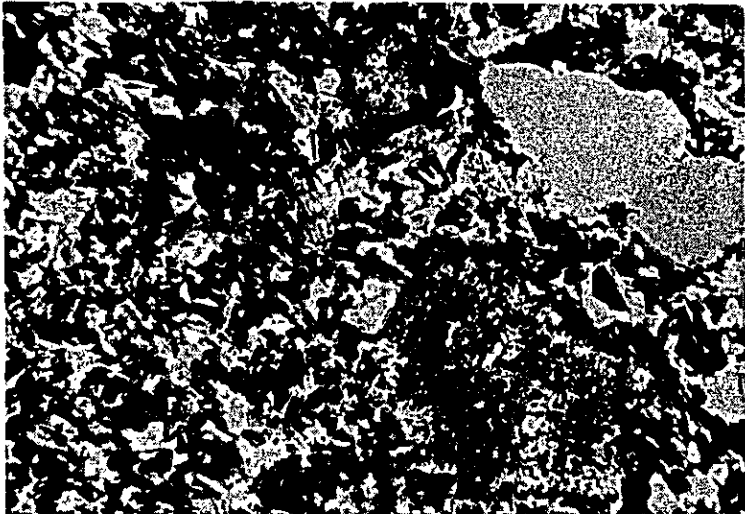
- Sample No. : 27-A-105  
Rock name : Muscovite-plagioclase-quartz-perthite pegmatite.  
Locality : Wadi Morir, Salalah area.  
Observation : The rock is very coarse-grained and composed of quartz, perthite plagioclase and muscovite. Huge crystals of potash feldspar with perthite structure are present.

Photomicrograph 23

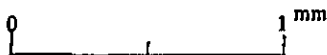


Only lower polar

Photomicrograph 24



Crossed polars



Sample No. : 26-A-103  
Rock name : Biotite augite quartz dolerite.  
Locality : 3 km SE of Wadi Shaat camp site, Salalah area.  
Observation : The rock is holocrystalline and has porphyritic texture. Phenocryst is composed of plagioclase (maximum 4 mm) quartz (maximum 2 mm) and chloritized pyroxene (maximum 2 mm). Groundmass is composed of plagioclase lath, monoclinic pyroxene, biotite flakes, quartz and magnetite. These groundmass minerals show intergranular texture. Carbonitization, sericitization and chloritization are observed and especially, whole pyroxene is altered to chlorite and carbonate.