

オマーン国鉦物資源開発計画調査

報 告 書

1979年9月

国 際 協 力 事 業 団

オマーン国鉱物資源開発計画調査

報 告 書

JICA LIBRARY



1044404[E0]

1979年9月

国 際 協 力 事 業 団

鉱計資

C R (3)

79-106

国際協力事業団	
受入 月日 昭和 71-48	218
	66.71
登録No. 08066	MPMN

は し が き

日本政府はオマーン国政府の要請に基づき、オマーンの経済発展にとって重要な鉱物資源賦存の可能性を確認するため、地質調査等を実施することとし、この調査を国際協力事業団に委託することとした。

当事業団は1979年3月15日から4月17日までの34日間にわたり、池田周作博士（大手開発株式会社）を団長とする5名の調査団を現地に派遣し、オマーン国政府をはじめとする関係機関の協力を得て地質調査、地化学探査を実施した。

本報告書は、現地調査並びに収集した資料に基づき帰国後解析、検討しその成果を取りまとめたものである。本報告書がオマーン国の鉱物資源開発の計画化に寄与するとともに我が国との経済交流及び友好親善の一助となれば誠に喜ばしいことである。

最後に、今回の調査に当られた団員各位に謝意を表すとともに調査実施に当たって御協力いただいたオマーン国政府関係機関の方々を始め、在サウジアラビア日本大使館、外務省及び通商産業省の関係各位に対し衷心より、感謝の意を表するものである。

1979年9月

国際協力事業団

総裁 法眼晋作

伝 達 状

国際協力事業団

総裁 法 眼 普 作 殿

このたび、オマーン国における鉱物資源開発計画調査の報告書をここに謹んで提出いたします。

本調査は、オマーン国政府の要請に基づき、国際協力事業団が技術協力の一環として実施したものであります。本計画調査は1979年3月15日から4月17日の間に、金属鉱業事業団、大手開発㈱、住鉱コンサルタント㈱及び日鉄鉱コンサルタント㈱の専門家計5名により、同国南部地域を主体に、北部、東部の3地域を対象に現地踏査を実施いたしました。

調査団は、オマーン国関係諸機関の協力により、資源情報、一般情報をできる限り収集いたしました。現地調査の終了に際しまして、本報告 ANNEX にみられます様な中間報告にとりまとめ、オマーン国政府に提出いたしました。

帰国後、調査団は調査結果および情報資料をもとに、試料の分析、解析、検討、有望地域についての探鉱計画の策定などの作業を行い報告書としてとりまとめました。

オマーン国は鉱物源に恵まれています。全土的には未調査地域がほとんどであり、開発されつつある鉱物資源も一部に過ぎない状況であります。本報告書の提出によりオマーン国の鉱物資源開発が一層活発化されることを切望して止みません。

最後に、本調査実施にあたりまして、多大のご協力を賜ったオマーン国政府の農業・漁業・石油・鉱物省の関係者、オマーン国管掌の在サウジアラビア日本大使館、日本政府、国際協力事業団ならびに金属鉱業事業団の関係各位に対し、心から謝意を表する次第であります。

1 9 7 9 年

オマーン国鉱物資源開発計画調査団

団 長 池 田 周 作

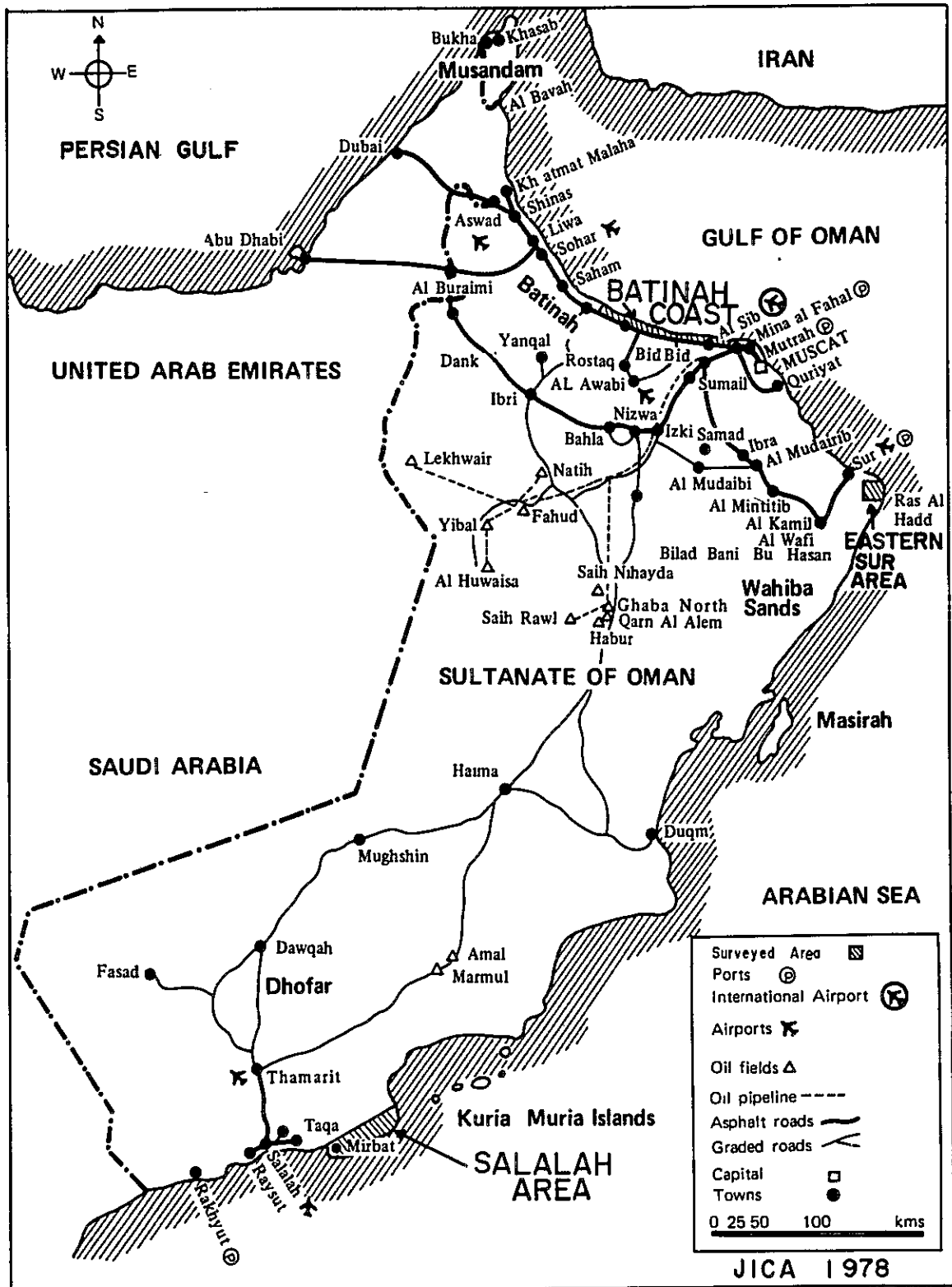


Fig. 1 Location map

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100

結論および今後の探査指針

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、鉱床に関する現地調査と室内研究作業等を実施した結果、Salalah地域及びSur 東部地域は今後も引続き調査を実施すべき地域であると考えられる。

1) Salalah 地域

本調査地域には、先カンブリア系の片麻岩類を貫いた酸性火成岩類とペグマタイトに伴う銅、鉛、磁硫鉄鉱、黄鉄鉱等の鉱徴が認められる。また片麻岩類を不整合に覆って分布するオルドビス系のMirbat砂岩層中のシルト岩薄層には放射能異常値を示す部分が認められる。

従来これらに関する詳しい調査がなされて居らず、乏しい資料と今回の調査結果のみから本調査地域の鉱床賦存の可能性を結論することは困難であるので、今後この可能性を確認するために下記に重点を置いて組織的な基礎調査を実施する必要がある。

- a. 酸性火成岩岩体及び周辺の調査
- b. Mirbat 砂岩層の分布や堆積構造の解明および放射能調査

これらの調査には1/50,000地形図の作成と空中写真地質解析を併せて実施することが望ましい。

2) Sur東部地域

本調査地域には二疊系～白亜系のHawasina層群に属するHalfa層(チャート、珪質頁岩及びシルト岩互層)中に比較的高品位の二酸化マンガン鉱床が胚胎され、その露頭が延長約6,000mに亘り断続的に分布している。調査地域南方には、さらにHawasina層群が広く分布しており、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ので、これらの地域に広域的な地質調査を実施して同様のマンガン鉱床賦存の可能性を追求し、且つ既知露頭の鉱床評価の為の精査や試錐調査を実施する必要がある。

3) Batinah 海岸地域

本調査地域の砂クロム鉱は濃集する可能性が少なく、初生のクロム鉄鉱露頭は品質的に問題があり、有望資源としての調査対象地域とはなり難い。

100

100

1

1

1

1

1

100

1

1

1

100

100

1

1

100

1

1

1

1

100

1

100

100

1

1

1

1

100

1

100

100

1

100

1

1

100

1

1

1

オマーン国鉍物資源開発計画調査報告書

目 次

伝 達 状

目 次

結論および今後の探査指針

第 I 編

第1章 序 論	1
1-1 調査の背景と目的	1
1-1-1 対象調査地域の選定	2
1-1-2 調査方法の策定	2
1-2 調査の内容	2
1-2-1 調査地域の概要	2
1-2-2 現地調査	4
1-2-3 国内作業	4
1-3 調査団の編成	4
1-4 調査期間および行程	4
第2章 オマーンの自然と産業	10
2-1 自 然	10
2-2 産 業	12
2-2-1 農 業	12
2-2-2 漁 業	14
2-2-3 鉍 業	14
2-2-4 製 造 業	14
第3章 鉍業の概要	15
3-1 鉍産物の状況	15
3-1-1 石 油	15
3-1-2 天然ガス	17

3-1-3 銅	17
3-1-4 その他	17
3-2 探鉱開発の状況	17
3-3 鉱業法及び外資政策	18
3-3-1 鉱業法	18
3-3-2 外資政策	18

第 II 編

第1章 地質鉱床の概要	21
1-1 地 質	21
1-1-1 Dhofar 地域	22
1-1-2 オマーン山脈地域	22
1-2 鉱 床	27
第2章 Salalah 地域	32
2-1 位置, 交通, 地形及び水系	33
2-1-1 位 置	33
2-1-2 交 通	33
2-1-3 地 形	33
2-1-4 水 系	37
2-2 空中写真地質解析	37
2-3 地 質	39
2-3-1 先カンブリア系	39
1) Juffa 片麻岩	39
2) Sath 片麻岩	46
3) 石英閃緑岩-花崗閃緑岩	48
4) ベグマタイト-石英脈	49
5) 岩株及び岩脈	50
2-3-2 オルドヴィス系 (Mirbat 砂岩層)	63
2-3-3 白亜系~第三系 (Umm er Radhuma 層)	71
2-3-4 第四系堆積物	71

2-4	年代測定結果	73
2-5	鉍床	76
2-5-1	金属鉍床	76
2-5-2	ウラン	77
2-5-3	その他	80
2-6	地化学探査	80
2-6-1	採取位置	80
2-6-2	採取方法	82
2-6-3	分析方法	82
2-6-4	分析結果	85
2-7	考察	85
第3章	Sur東部地域	87
3-1	位置, 交通, 地形	87
3-1-1	位置	87
3-1-2	交通	87
3-1-3	地形	87
3-2	地質	87
3-2-1	Ibra層	89
3-2-2	Halfa層	92
3-2-3	第三系石灰岩層	93
3-3	鉍床	93
3-3-1	鉍化帯	93
3-3-2	鉍石	96
3-4	考察	104
第4章	Batinah海岸地域	106
4-1	位置及び交通	106
4-2	地質, 鉍床概況	106
4-2-1	Sidab ~ Al Bustan地区	107
4-2-2	Seeb ~ Barka地区	107
4-2-3	Musanah, Wudam, Alwa ~ Badaj Ud地区	107
4-3	粒度分析及び化学分析	108

4-3-1 粒度分析	108
4-3-2 化学分析	108
4-4 Wadi Jahfan クロム鉄鉱床	108
4-4-1 位置及び交通	108
4-4-2 地質及び鉱床	112
4-5 分析結果	113
4-6 考 察	113

第 III 編

第1章 要約と結論	117
1-1 要 約	117
1-2 結 論	120
参 考 文 献	122

付 図, 付 表

MAP LIST

- Fig. 1 Location map
- Fig. 2 Petroleum concessions in Oman
- Fig. 3 Geologic map of the Sultanate of Oman
- Fig. 4 Schematized correlation of stratigraphic units in Oman and Saudi Arabia
- Fig. 5 Lines of major tectonic dislocation in the Oman Mountains
- Fig. 6 Structural framework of the Oman Mountains
- Fig. 7 Location map of mineral occurrences in the Oman Mountains
- Fig. 8 Geological map of the "Bowling Alley" area
- Fig. 9 Schematic route of helicopter and surface survey
- Fig. 10 Map showing roads and location of samples
- Fig. 11 Geological columnar section of Salalah area
- Fig. 12 Geological map of Salalah
- Fig. 13 Geologic cross sections of Salalah (1)
- Fig. 14 Geologic cross sections of Salalah (2)
- Fig. 15 Diagrams of $Q-P1-Kf$, $(FeO + Fe_2O_3) - (Na_2O + K_2O) - MgO$, and ACF
- Fig. 16 Geologic columnar section showing radioactivity of the Mirbat sandstone on the left bank of Wadi Marsham
- Fig. 17 Geologic columnar section showing radioactivity of the Mirbat sandstone on the left bank of Jabal Shereef
- Fig. 18 Location map of stream sediment samples near old lead trench
- Fig. 19 Location map of the Eastern Sur area
- Fig. 20 Geological map of the Eastern Sur area
- Fig. 21 Geological section of the Eastern Sur area
- Fig. 22 Schematic geological section around No. 1 ore deposit
- Fig. 23 Schematic columnar section of No. 1 ore deposit area
- Fig. 24 Triangle diagram showing relationship of the manganese ore composition between Oman and other countries
- Fig. 25 Map showing the location of beach sand samples on the Batinah Coast and distribution of ophiolite
- Fig. 26 Columnar section of pits for beach samples on the Batinah Coast
- Fig. 27 Cumulative frequency distribution of grain size of beach sand on a log - probability graph, Batinah Coast

TABLE LIST

Table 1	Brief information on the surveyed area
Table 2	Temperature and humidity in Muscat and Salalah
Table 3	Gross Domestic Products
Table 4	Estimate of Gross Domestic Product by Industrial Origin
Table 5	Oman Petroleum Oil production record
Table 6	Distribution of companies industry ownership
Table 7	Mineral resources in Oman
Table 8	List of result of microscopic observations (annex)
Table 9	Chemical composition and C. I. P. W. norm
Table 10	Chemical composition of various rocks
Table 11	Result of dating by K—Ar method
Table 12	Result of radioactive measurement at the Salalah area
Table 13	Emssion spectrochemical analysis
Table 14	Metal contents of stream sediments
Table 15	X—ray powder diffraction data for black manganese mineral and brown part of No. 1 ore deposit
Table 16	Result of chemical analysis of manganese ore in Oman compared with other typical manganese ores in the world
Table 17	Result of grain size analyses of beach sands on Batinah Coast
Table 18	Result of chemical analyses of beach sand

PHOTO. LIST

Photograph No. 1 — No. 32

ANNEX

List of result of microscopic observations

X—ray chart No. 1 — No. 6

Photomicro graphs No. 1 — No. 51

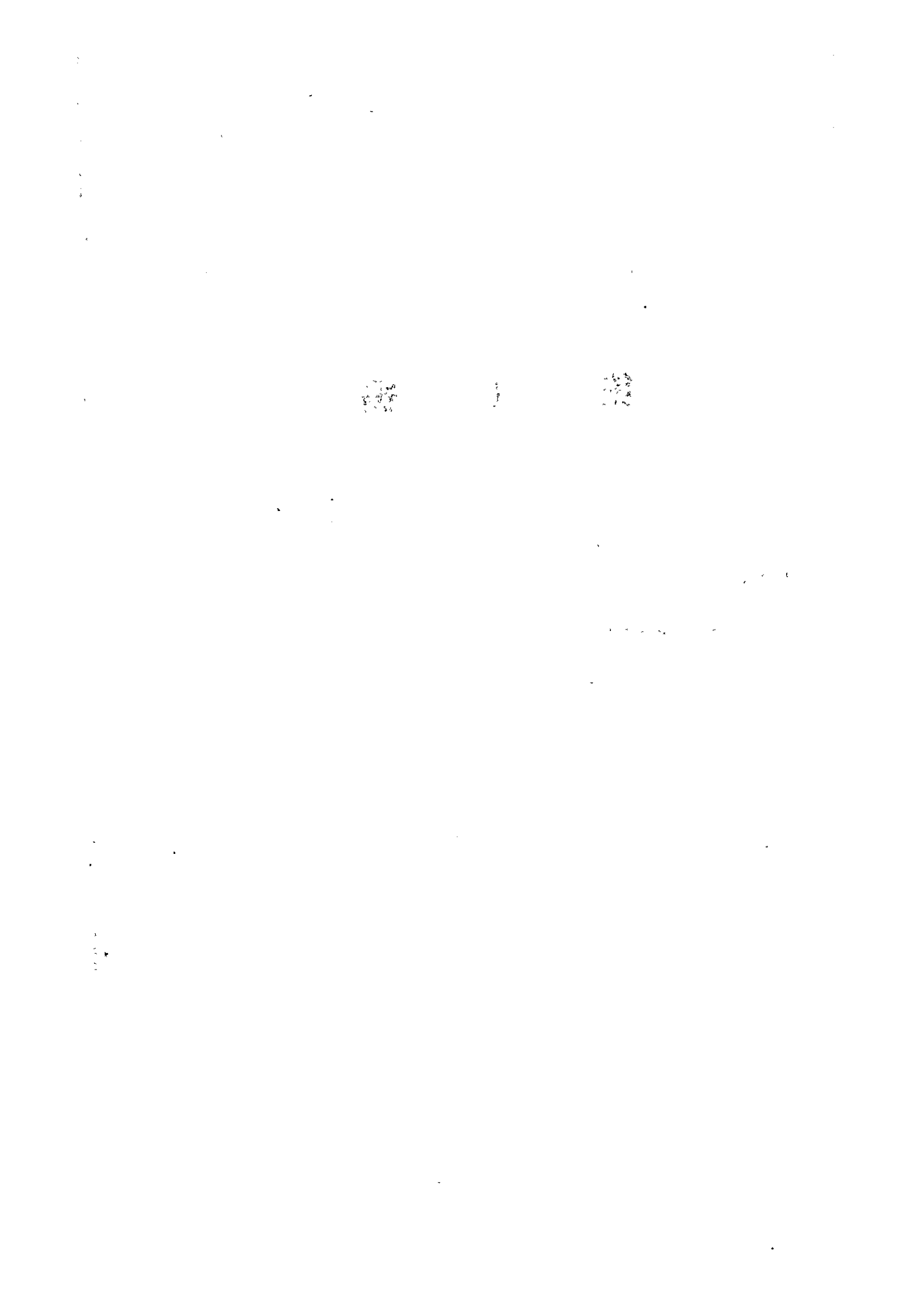
Geological map of Salalah

Geologic cross sections of Salalah (1)

Geologic cross sections of Salalah (2)

Interim report of the mineral resources development Plan of the Sultunate of Oman

第 I 編



第1章 序 論

1-1 調査の背景と目的

国際協力事業団は、オマーン国政府の要請に基づき、1978年2～3月に「オマーン国工業開発計画調査団」を派遣したが、その際鉱物資源に関する最近の情報を収集した。また、1978年11～12月、国際協力事業団と金属鉱業事業団は、鉱物資源関係プロジェクトの発掘を目的として調査団をオマーン国へ派遣し、関係政府機関と具体的意見交換及び現地視察を行なった。

その結果、オマーン政府は日本国政府に対して、同国の鉱物資源探査を要請すると共に、具体的な調査実施希望地域として3地域を挙げた。この要請に応じて国際協力事業団は本格的な鉱物資源開発調査の対象地域の選定と、その地域に適合した調査方法を策定するため、池田団長他4名からなる調査団を編成し、現地調査を実施した。

オマーン国は、日産約35万バレルの産油国であり、その収入は政府収入の約90%を占めている。しかし、将来石油生産量の低下が懸念されるので、石油産業に代わる収入源の開発が急務となって来ており、政府はその重点を天然資源をベースとした産業に置いている。

オマーン政府は、同国が地形・地質などから石油以外の鉱物資源賦存の可能性が高いとみて、農業・漁業・石油・鉱物省の鉱物局を中心に、鉱物資源の調査を開始しているが、専門家が少ないことや地形図も完備していないことなどから、全国土の概査も充分行なわれていない状態である。

鉱物資源は銅をはじめ、クロム、鉛、亜鉛、鉄、ニッケル、マンガン、石綿、石灰岩、大理石、ドロマイト、珪石、長石、滑石、石灰、石油、天然ガス等がある。現在、これら鉱物資源のうち、開発または開発準備中のものは、石油、銅、石灰岩、大理石、天然ガス等である。鉱物資源はその種類も多く、かなりの埋蔵量が期待されるので、オマーン政府は将来石油に代るべき有望資源と考えており、詳細な鉱物資源調査を熱望している。特にSalalah地域は政治、経済、社会的に重要な意義があると共に、地質鉱床に関する情報は極めて少ない地域であるため、調査の早期実施を強く要望している。

調査団は、現地調査結果と現地で収集した情報資料および国内解析結果から対象調査地域の選定と調査方法の策定について総合的な検討と考察をおこなった。その結果は、オマーン政府と現地で討論の後、本報告書にまとめられた。

本調査の目的は、オマーン国で本格的な鉱物資源開発を行なうための計画を作成するものであり、次の2つの内容を含む。

1-1-1 対象調査地域の選定

オマーン全土の地質の特質を既存資料より検討し、3地域の地質鉍床概査を実施、その概査結果より鉍床賦存の可能性の高い地域を選定する。

1-1-2 調査方法の策定

選定された地域に対し、最も効果的な調査方法を勧告する。

1-2 調査の内容

1-2-1 調査地域の概要

オマーン国より調査対象地域として提示された3地域(Salalah地域、Sur東部地域及びBatinah海岸地域)について、オマーン国関係機関と調査日程等について討議を行なった結果、Salalah地域はほとんど未踏査に近いこと、若干の銅、鉛、その他の露頭が存在すること等からこの地域を重点的に現地調査を実施した。

Salalah地域の地質は、従来より先カンブリア紀古生界及び白亜系～第三系堆積物の分布が報告されているが、基礎的かつ組織的な調査が実施されていないので、未知のことが多い。今回先カンブリア系岩石のK-Ar法による年代測定を実施した結果、片麻岩は約7.3億年、ペグマタイトは約5.7億年、岩脈類は約5.3億年であり、先カンブリア末期を示した。今回の調査における金属鉍物資源としては、岩脈やペグマタイト脈に随伴する方鉛鉍細脈をはじめ黄銅鉍、孔雀石、針鉄鉍、黄鉄鉍等が地域内に認められ、今後の精査により、更に確認されると考えられる。一方、放射能調査においては、白雲母・黒雲母片麻岩の中に $U_3O_8 = 0.003\%$ 、 $ThO_2 = 0.001\%$ のものがあり、Mirbat砂岩中にも $U_3O_8 = 0.004\%$ のウラン含有量を示した。Mirbat砂岩層は砂岩型ウラン鉍床の条件を一部満たしており、鉍床胚胎の可能性がある。

Sur東部地域のマンガン鉍床の分布するKhawa Al Jaramahは、標高50m前後の小山が散在する比較的平坦地である。マンガン鉍床は、チャートと珪質頁岩～シルト岩互層より成るHalfa層中に胚胎する堆積性のマンガン鉍床である。鉍床周辺は褶曲および断層が発達し、鉍体は寸断され錯綜している。目下確認される露頭延長は断続しながらも約6kmに及んでいる。そのうち、富鉍体は500m前後存続し、品位も良好である。鉍石は二酸化マンガンを鉍物はパイロルーサイトである。分析結果は $MnO_2 = 84\sim 87\%$ と高品位を示した。当マンガン鉍床の成因は、含マンガン・チャートが二次的風化・酸化作用により二酸化マンガンをチャート中に再濃集したと考えられるもので露天掘可能な鉍量は約50万トンが予想される。今後積極的に探査を推進すべき有望地域である。

Batinah海岸地域の砂クロム調査は、オフィオライト中のカンラン岩起源のクロム鉍物が漂砂として砂クロム鉍床を形成するかどうかを検討することであったが、1m深のピ

Table 1. Brief information on the surveyed area

Name	Location	Geology	Mineral deposit	Works in the past
Salalah	15°55' ~ 17°20' N 54°40' ~ 55°15' E 100 km east of Salalah City.	Gneiss, granodiorite, pegmatite, dykes of Precambrian age. Sandstone of Ordovician. Cretaceous ~ Tertiary layers, chiefly limestone.	Veins of copper, lead and iron accompanied to pegmatite or dykes. Uranium deposit in the Mirbat sandstone (Ordovician period) grade : $U_3O_8 = 0.004\%$	Geological mapping Geochemical prospecting (Cu, Pb, Zn) Radiometric survey.
Eastern Sur Area	22°20' ~ 22°30' N 59°45' ~ 59°50' E 25 km east of Sur	Hawasina group (sandstone, siltstone, limestone, shale, chert) of Permian to Cretaceous. Limestone of Late Cretaceous to Paleogene.	Sedimentary manganese deposits in alternations of siltstone and chert. Ore mineral is Pyrolusite, manganese dioxide. About 6 km in strike length. Grade : 86.93 ~ 42.24% in MnO_2 . Thickness: 0.10 ~ 5.0 m.	Geological mapping in scale 1 : 60,000.
Batinah Coast	23°30' ~ 23°50' N 57°30' ~ 58°40' E Coastal area between Muscat & Al Musanaa.	Hinterland : metamorphic rocks of Pre- Permian, Permian ~ Cretaceous layers (sandstone, shale, limestone, siltstone, chert), Ophiolite of Upper Cretaceous, limestone & dolomite of Paleogene. Coastal area : clastics of the rocks mentioned above.	Placer deposit of chromite derived from peridotite in ophiolite.	None

ット調査では重鉍物の濃度は薄く、極めて少量のクロム鉄鉍の確認に止まった。これだけの調査から結論を出すことは困難であるが、調査地区でのビット深度内ではクロム鉍床は有望視できないように思われる。以上、現地調査を実施した3地域についての概況は、第1表に示す通りである。

1-2-2 現地調査

現地調査では、地質層序、地質構造の概括的な把握、鉍床賦存状況の概要把握等を主眼において実施した。尚、Salalah地域においては、空中写真解析、地化学探査、放射能探査も行なった。

1-2-3 国内作業

現地で採取した試料を国内で下記のような分析・測定・観察等を実施した。尚、試料数は次の通りである。

岩石薄片	44	試料
研磨片	4	＃
X線粉末回折	6	＃
化石鑑定	3	＃
絶対年代測定	5	＃
岩石分析	10	＃
鉍石分析	25	＃
発光分光分析	10	＃
原子吸光分析	100	＃

1-3 調査団の編成

調査団の編成は、以下に示す通りである。

団長	池田周作	大手開発(株)嘱託	総括
団員	狩野一憲	金属鉍業事業団	業務調整
団員	浜地忠男	住鉍コンサルタント(株)	地質調査
団員	青山忠男	日鉄鉍コンサルタント(株)	地質調査
団員	鈴木強	大手開発(株)	地質調査

1-4 調査期間および行程

3月15日より4月17日まで34日間の現地調査行程は次の通りである。

日順	月日	曜日	滞 在 地	調 査 , 訪 問 先
1	3 / 15	木	機 内	東京発 先発隊 (池田・狩野)
2	16	金	ジ ョ ッ ダ	ジュッダ着
3	17	土		日本大使館訪問 (大口大使, 松本一等書記官)
			機 内	ジュッダ発
			機 内	東京発 後発隊 (浜地, 青山, 鈴木)
4	18	日	マ ス カ ッ ト	マスカット着
5	19	月	マ ス カ ッ ト	Ministry of Agriculture, Fisheries, Petroleum & Minerals 訪問 Mr.M.H.Kassim (Director of Petroleum & Minerals) Dr.Leif Carlson (Geologist) Mr.Omar Al Amin (Geologist) Mr.Fida Karim (General affairs)
6	20	火	マ ス カ ッ ト	M.A.F.P & M 討論及び打合せ Mr.M.H.Kassim Dr.Leif Carlson Mr.Omar Al Amin Muscat Area (Geological survey)
7	21	水	サ ラ ラ ー	シーブ空港発 サララー空港着 M.A.F.P & M (Salalah) 訪問 Mr.Omer Abdul Aziz (Manager)
8	3 / 22	木	サ ラ ラ ー	サララー空軍基地発 ヘリコプターによるサララー地域現地調査 (片 麻岩, 花崗岩類, ペグマタイト, 岩脈類, 石 灰石, 砂岩等の代表産地) サララー空軍基地着
9	23	金	サ ラ ラ ー	サララー空軍基地発 ヘリコプターにより, Kuria - Muria 諸島現 地調査 Al Qibliyah 島

日順	月日	曜日	滞在地	調査, 訪問先
				Al Hallamiyah 島 As Sawda 島 Al Hasikiyah 島 Sadah 着 Mr.Mohanmed Said (Manager of Sadah) Sadah 発 サララー空軍基地着
10	24	土	サララー	M.A.F.P & M (Salalah) 調査準備・打ち合せ Dr.Leif Carlson Mr.Omer Abdul Aziz
11	3/25	日	Wadi Shaat	サララー発 Mirbat 着 Mr.Amer Ali (Manager of Mirbat) 訪問 現地調査 (片麻岩, 岩脈, 方鉛鉱, 等採試) Wadi Shaat 着 (キャンプ基地)
12	26	月	Wadi Shaat	キャンプ基地発 WadiのStream Sediments 採試 キャンプ基地着
13	27	火	Wadi Shaat	キャンプ基地発 Juffa 着 情報収集 Wadi Hadabin 現地調査 Wadi Morir 現地調査 キャンプ基地着
14	28	水	Wadi Shaat	キャンプ基地発 Wadi Jish - Jesh 現地調査 Sadah 着 Mr.Mohammed Said 訪問 Wadi Kohrhant 現地調査 Wadi Ayn 現地調査 Ras Ayn 現地調査

日順	月日	曜日	滞 在 地	調 査 , 訪 問 先
				Mirbat キャンプ基地着 狩野サララー泊
15	3/29	木		キャンプ基地発 Mirbat 砂岩の下部層調査 キャンプ基地着 サララー空港発 狩野 シーブ空港着 マスカット泊 //
16	30	金		キャンプ基地発 Mirbat 砂岩の中・上部層調査 キャンプ基地着 シーブ空港発 狩野
17	31	土	サララー	キャンプ基地発 現地調査 Raysut 見学, サララー着 東京着 狩野
18	4/1	日	サララー	M.A.F.P & M (Salalah) 訪問, 結果報告 Dr.Leif Carlison Mr.Omer Abdul Aziz
19	2	月	マスカット	サララー空港発 シーブ空港着
20	3	火	マスカット	Ministry of Foreign Affairs 訪問 Mr.Mohammed Hassan Ali (Director of Technical Cooperation) Mr.Itusaa Alimussah (Temporary Japan Resident Ambassador) M.A.F.P & Mにて報告及び今後の打ち合せ Dr.Leif Carlson Dr.El Boushi (Chief Geologist)
21	4	水	マスカット	M.A.F.P & Mにて“サララー地域”現地報告 Mr.M.H.Kassim Dr.El Boushi

日順	月日	曜日	滞 在 地	調 査 , 訪 問 先
				Dr.Leif Carlson
22	5	木	マスカット	M.A.F.P & M訪問 Mr.M.H.Kassim 打ち合せ(池田) Wadi Jafhanクロム鉄鉱露頭調査 Mr.Cherian Zacharia(Geologist)同行
23	6	金	マスカット	Batinah海岸(Sidab, Al Bustan, Seeb, Barka, Musanaa, Wudam Alwa, Badaj Ud.) クロムサンド現地調査
24	7	土	スール	マスカット発 キャンプ基地着(スール東方Khawr Al Jaramah)
25	8	日	スール	キャンプ基地発 Khawr Al Jaramahのマンガン鉱床調査
26	4/9	月	マスカット	キャンプ基地発 Western Ibra 斑れい岩の調査 Eastern Bidbid 枕状溶岩の調査
27	10	火	マスカット	中間報告書作成
28	11	水	マスカット	M.A.F.P & M 中間報告書提出 Mr.M.H.Kassim Dr.El Boushi
29	12	木	マスカット	M.A.F.P & M訪問 Mr.M.H.Kassim 打ち合せ(池田)
			シンガポール	シーブ空港発(浜地, 青山, 鈴木) シンガポール空港着
30	13	金	ジェッダ	シーブ空港発 (池田) ジェッダ空港着 (池田) シンガポール空港発 (浜地, 青山, 鈴木) 東京着

日順	月日	曜日	滞 在 地	調 査 , 訪 問 先
3 1	1 4	土	シ ョ ッ ダ	日本大使館訪問 (池 田)
3 2	1 5	日	機 内	シ ョ ッ ダ 空 港 発
3 3	1 6	月	香 港	香 港 空 港 着
3 4	1 7	火	東 京	香 港 空 港 発 東 京 着

第2章 オマーンの自然と産業

2-1 自然

オマーン国は、アラビア半島の東南端に位置し、面積は約30万km²、南北にはほぼ1,000km、東西約400kmの幅をもつ長方形の国である。北東部はオマーン湾に接し、東はアラビア海に面しており、海岸線は2,000kmにも及んでいる。内陸部はアラブ首長国連邦、サウジアラビアおよび南イエメンの3つの国と接している。

国土のうち、80%以上が砂漠で、15%が山地であり、残りの数%が平野部である。山地地帯は北部と南部に偏在しており、北部の山脈には標高3,000mを示すものもある。北部のMusandan地区は飛び地となっており、軍事上重要な拠点である。中央部は標高200前後の礫砂漠が広がっている。また南部においては、東西に走る山脈があり、高原地帯を成している。

人口は、正確な調査がなされていないが、約100万人と推定され、人口の大半は北部の海岸地帯ならびに山地に分布しており、中央部は無人に等しい。南部の平野部と高原地帯は約10%と推定される。

北部は、弧状に走るオマーン山脈を中心に海岸平野部のBatinah地域と内陸側のDhahira地域およびWahiba砂漠よりなる。Batinah海岸平野は長さ300km幅5km前後の細長い平野で、この国の主要な農業地域であり、野菜柑橘類を生産している。内陸側も農業が盛んである。Wahiba砂漠は60~70mの高さの砂丘が連なった砂の砂漠である。

中央部は礫砂漠よりなる広大な平原であり、サウジアラビアとの国境に近い油田と中央部の数ヶ所の油田以外には、みるべきものはない。総延長700kmのパイプラインが首都圏の積み出し港まで延びている。

南部のDhofarは、高原地帯とSalalah平野からなり、その中心はSalalah市である。東西200kmにおよぶ山地は、東よりSamhan, Qara, Qamarと呼ばれ、標高1,000m前後の比較的なだらかな高原台地を形成している。

オマーンの気候は複雑で地域差が大きい。すなわち、北部海岸地域や内陸部では、夏と冬の気温の差が大きく、南部では冬は暖かく、夏は涼しい。降雨量は100mm前後で少ないが、北部・南部および山岳部は比較的雨量が多い。夏期は、南から季節風が吹き、暑い湿った風がオマーン全体を吹き抜ける。南岸のSalalah付近の海水温は冬の海水温より低くなる事もあり、このため、Dhofar南部の気温は26℃前後と低くなる。この時期はSalalah地方は霧が発生し、降雨量が多く、年間降雨量150mm前後のほとんどがこの時期に集中する。北部は高温多湿の気候で、夏の気温は35℃を越え湿度も95%前後となる。

Table 2 Temperature and Humidity (Relative) in Muscat and Salalah

	Temperature				Relative Humidity	
	Muscat Monthly averages 1952-1961		Salalah Monthly averages 1974-1976		Muscat Monthly averages 1952-1961	Salalah Monthly averages 1974-1976
	Max. °C	Max. °C	Max. °C	Max. °C		
January	27.0	16.5	26.8	15.7	67	59.0
February	28.7	16.3	29.5	18.1	69	59.5
March	32.4	18.6	29.4	18.9	63	66.2
April	35.6	21.4	31.5	23.1	62	70.0
May	39.6	25.1	31.8	24.5	54	82.0
June	40.9	27.1	31.4	25.6	57	83.9
July	40.9	27.4	28.9	24.6	69	85.2
August	37.2	26.2	28.1	23.5	73	87.7
September	36.4	26.1	28.5	22.8	69	82.0
October	34.9	23.3	30.7	20.4	62	69.8
November	31.7	20.2	30.3	17.8	59	57.5
December	29.0	17.9	28.2	16.7	66	62.2

(Source) Statistical Yearbook, August 1977

Table 3 Gross Domestic Products: Sectoral Distribution

	1976	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977*
1. Agriculture/Fishery	14.3	16.6	16.8	17.0	16.7	17.4	18.1	20.0	21.9
2. Mining (Petroleum)	12.0	71.6	73.9	76.4	94.5	389.0	473.7	575.0	530.8
3. Manufacturing	0.1	0.2	0.2	0.3	0.6	2.0	2.5	4.0	5.2
4. Construction	8.3	10.6	20.4	22.6	24.0	58.0	89.0	98.2	104.7
5. Transportation/ Communications	0.4	0.7	2.1	3.2	4.4	12.3	23.5	29.6	32.3
6. Electric Power	-	0.1	0.3	0.7	0.9	1.2	1.8	2.9	4.4
7. Wholesale/Retail Sale	1.0	1.6	2.8	3.8	8.3	27.2	48.1	47.0	60.4
8. Finance	0.1	0.6	0.7	0.8	0.9	3.5	8.9	9.4	11.8
9. Dwelling Ownership	1.2	1.5	2.1	2.5	2.9	4.8	9.3	14.2	14.2
10. Government Administration/ Defense	0.6	2.3	4.1	11.0	13.1	46.4	55.3	78.9	75.6
11. Services	0.8	1.0	1.7	2.5	3.1	6.7	8.4	10.0	11.6
12. Gross Domestic Products (At Market Value)	38.8	106.8	125.1	140.8	169.4	568.5	738.8	839.2	872.9
13. Net Factor Income Transfer	-3.6	-25.0	-24.0	-35.1	-40.1	-122.8	-127.8	-143.3	-116.9
14. Gross National Products (At Market Value)	35.2	81.8	101.0	105.7	129.2	445.7	611.0	694.6	756.0

(Note) *Preliminary estimates by the Central Bank Oman

(Source) IBRD, Central Bank of Oman (1977)

一方、山岳地域は降雨量も比較的多く夏は暑い。

冬期は北東の季節風が南海岸地域に吹くが、その勢力は弱く、北西方からの寒冷前線を伴った低気圧の南下のため、全国的に雨が多い。北部海岸地域は年間雨量100~150mmで、そのほとんどはこの時期であり、気温は15~20℃である。山岳地域は400~500mmの雨量で、気温は低く寒い。内陸部は大陸気候の特徴をもち、夏は暑く冬は寒い。一方、南部は降雨量も少なく、平均気温は20~23℃である。第2表にMuscatとSalalahの気温と湿度を示す。

2-2 産 業

オマーンの産業は、1967年以前には伝統的な農業・漁業以外はみるべきものはなかった。1967年に始まった石油の輸出は、オマーンに大規模の外貨収入をもたらしたが、前元首は封鎖的な政策に終始したため、経済・社会の改善は行なわなかった。1970年以降、サルタン・カブースの治下になると、近代化が推進され、インフラストラクチャーへの開発投資が始められた。1977年のオマーンの経済規模は873百万R.O.であり、1970年に比較すると名目ベースで約8倍の拡大を示しているが、この急成長は主として石油部門の拡大によるものである。オマーンの産業別GDP（市場価格）は第3表の通りである。

鉱業生産のほとんどは石油部門の付加価値によって占められている。このオイル・マネーによる収入の増加は開発投資の拡大をもたらし、これによって建設、運輸、通信、行政支出の各部門の成長が促進された。反面、農業、漁業、製造業等は低迷しGDPの比率は横ばいである。

又、5ヶ年計画では産業別付加価値の推移を第4表のように予測している。GDPでは1976年から1980年への年率にして実質成長率1.5%にとどまっている。このような目標にとどまったのは石油部門の減退が予想されるからである。

2-2-1 農 業

1967年における農漁業のGDPに占める比率は34%である。この数字が示すように農業はオマーンの主要産業であった。農業地域は、Batinah平野、Dhahira地域及び南部Dhofar等である。現在の耕地は約36,000haであり、農業人口はオマーンの約55%（農業専門者は約10万人）である。農業に関する最大の問題点は都市部への流出による農業人口の減少である。農業部門の生産性は低成長であり、生産地では自給自足の色彩が濃く、都市部は100%輸入に依存している。

牧畜から生産される酪農製品、食肉は農業総生産の約30%を占めているが、特にDhofarの山岳地帯は牧畜業に適しているため、将来有望視されている。

**Table 4 Estimates of Gross Domestic Product by industrial origin
(at 1976 prices)**

(Million Rial Omani)

Sector	1974*	1976	1977	1978	1979	1980
Agriculture and Fisheries	17.4	18	20	22	25	30
Petroleum and Mining of which	389.0	505	487	478	471	461
— Natural gas	—	—	(1)	(3)	(4)	(5)
— Copper	—	—	—	—	(5)	(6)
Manufacturing	2.0	3	6	9	17	25
Building & Construction	58.0	76	82	64	55	49
Transportation and Communication	12.3	25	25	22	20	19
Electricity and Water	1.2	5	6	7	9	10
Internal trade	27.2	28	31	35	39	44
Banking	3.5	10	11	12	13	14
Ownership of dwellings	8.8	12	17	22	28	34
Public administration and defence	46.4	61	69	79	89	100
Services and other sectors	6.7	15	17	17	10	20
Gross Domestic Product at market prices	568.5	758	771	767	776	806
Minus net factor income remittances abroad	-86.6	-135	-136	-122	-110	-102
Gross National Product at Market prices	481.9	623	635	645	666	704
Minus net indirect taxes	-2.3	-5	-5	-6	-7	-8
Gross National Product at factor cost	479.6	618	630	639	659	696

(Note) * 1974 figures are the most recent estimates prepared by the international Bank for Reconstruction and Development. Estimates for 1975 have not yet been prepared.

(Source) The Five-Year Development Plan 1976 – 1980

2-2-2 漁 業

オマーンの200カイリ領海内は、世界でも漁業資源の豊富な場所とみられている。概略の推定では、回遊魚230万トン/年、底魚類80万トン/年とみられるが、魚獲高は21万トン/年に過ぎない。漁業は農業と同様に古くから盛んにおこなわれ、漁民は1948年には2万5千人程度と推計されていたが、現在では1万人未満と思われる。漁民のうち半数は漁業以外に果樹園を有しており、大多数の場合、ディツの栽培をおこなっている。1976年から近代漁法の導入が開始され、生産が急速に伸びており、将来高成長が続くと期待されている。

2-2-3 鉱 業

現在のところ、鉱業の生産は原油の採掘がほとんど全てである。現在の35万バレル/日も今後数年は減少傾向になると予想されている。1977年の石油部門のオマーン経済に占める比重は政府歳入（海外からの援助受取を含む）の79%、輸出の99.8%となっている。ガス田は北部油田地帯にあり、1.4億立方フィート/日で80年間生産できる埋蔵量がある。石油以外の鉱物資源では銅、クロム、鉛、ニッケル、鉄、マンガン、石炭、石灰岩、大理石、ドロマイト、石綿等が確認されており、一部の資源は近い将来開発されるが、大部分のものは今後の調査に待つ所が大きい。鉱業に関して次章で詳述する。

2-2-4 製 造 業

1970年以前のオマーンの工業は、金銀細工による装飾品、銀銅細工による日常生活品、すき・くわの農機具、陶器、木綿織物、木造船等の伝統的手工業のみであった。近代的な工場は、製粉工場、石綿パイプ工場、清涼飲料工場、アルミ加工工場、家具製造工場等にすぎない。1977年の製造部門のGDPの比率は僅かに0.6%である。政府はこれを1980年までに3.1%に拡大する計画をたてているが、セメント等の大型プロジェクトが実現しない限り達成は困難視される。

第3章 鋳業の概要

3-1 鋳産物の状況

オマーンの鋳業の歴史は古く紀元前2,500年頃にさかのぼる。当時は地表近くの酸化銅鋳を主に採掘し、製錬も行なわれていた。オマーン山脈の随所に当時の鋳が散在している。しかし、近年に至るまで鋳業にはみるべきものはなかった。

1960年初頭から石油探査が本格化し、1964年に最初の石油が発見され、1967年生産及び輸出が開始された。以降生産量の大きな伸びはないが1975年12月に38万バレル/日の体制が確立された。

オマーンの鋳物資源に関する調査の歴史は、わずか30年弱である。国土の広いこと、地図の不備や専門家の少ないこと等により、いまだ調査不十分である。地域によっては未踏であり、今後の調査が期待されている。主な鋳産物につき以下に述べる。

3-1-1 石油

オマーンにおける石油産出はPDO (Petroleum Development Oman Ltd.) 社によるもので、油田はマスカットより250km内陸部のFahud地区とGhaba地区に大別され、Fahud地区の生産が主体である。油の産出実績は第5表の通りである。

Table 5 Oman petroleum oil production record

Quantity of Production		
Year	Annual Total (Million Barrels)	Daily Average (1,000 bls)
1967*	20.9	57
1968	87.9	241
1969	119.7	328
1970	121.3	332
1971	107.4	294
1972	102.8	282
1973	107.0	293
1974	105.8	290
1975	124.6	341
1976	133.8	367
1977	124.2	340

(Note) * Covering for months from August, when production started, to December.

(Source) Statistical Yearbook

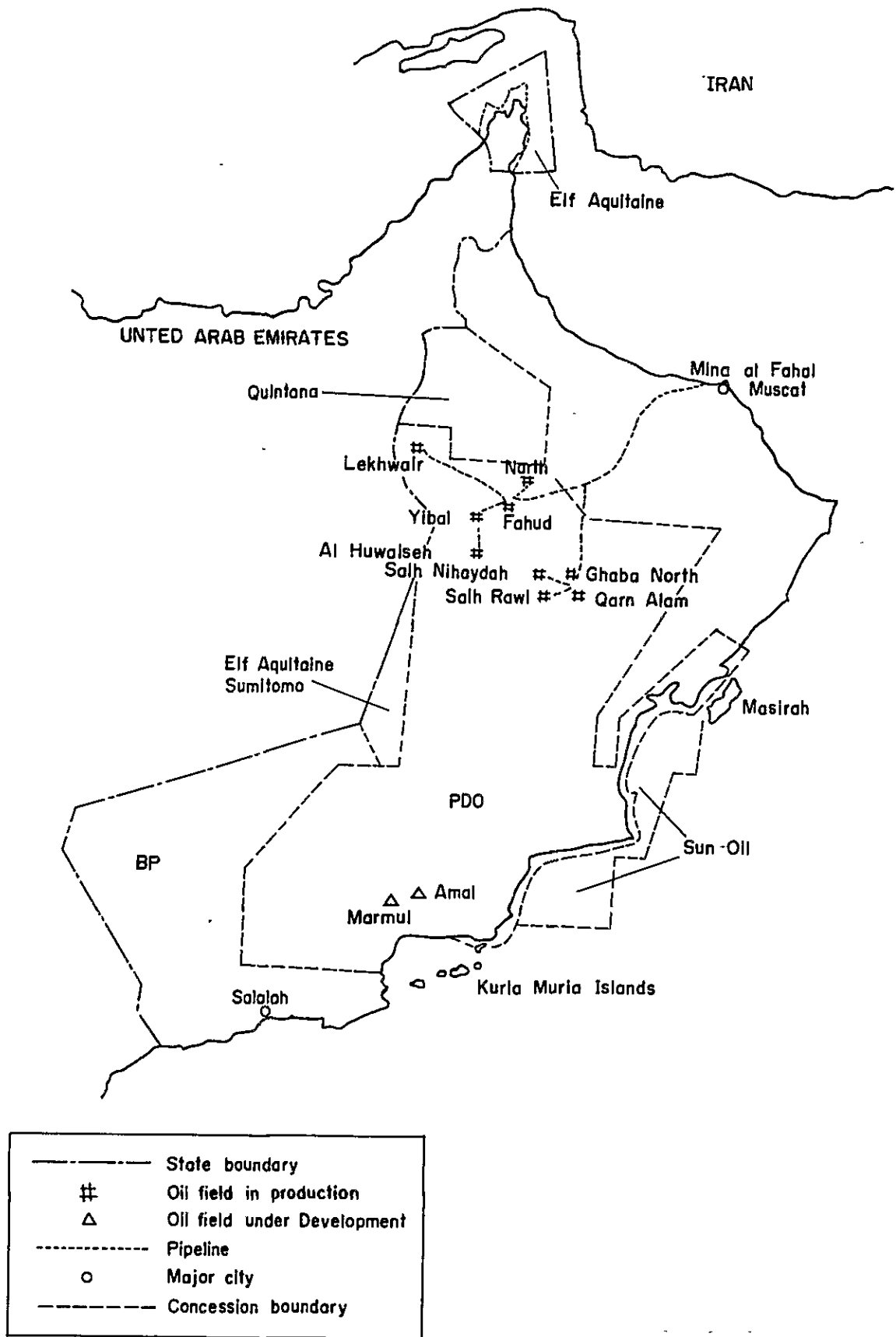


Fig. 2 Petroleum concessions in Oman

オマーン油田はいずれも小規模で油圧が低いが、原油は中～低硫黄で品質は比較的よいと評価されている。政府の5ヶ年計画によると、1980年の石油生産は122百万バレルに減少するだろうと予測され、新規油田開発に対し政府は非常に積極的である。石油鉱区図は第2図に示す通りである。

3-1-2 天然ガス

天然ガスは、随伴ガスとガス田ガスがあるが、随伴ガスの大部分は油田の圧力維持に使用されており、ガス田ガスのみが将来、工業用原料ならびに燃料として利用される。ガス田は主にYibal付近に存在し、目下、ガスから液化石油ガスと天然ガソリンの回収プラントが建設されている。

3-1-3 銅

銅はオマーンにおいて最も重要視される金属資源である。1973年政府とアメリカ並びにカナダの民間企業の合併による探鉱会社が、空中磁気探査をはじめ広域調査試験探鉱を実施し、Sohar近傍で3鉱体を発見し目下開発準備中である。確認された露頭、旧坑は100にも及んでおり、今後の探鉱開発に期待が寄せられる。

3-1-4 その他

クロム、鉄、鉛、亜鉛、マンガン、ニッケル、石灰岩、大理石、ドロマイト、石灰、石綿等の鉱物資源が報告されているが、一般地質調査の段階であり、鉱業開発や工業原料としての経済評価の見地から詳細な調査は、まだほとんど成されていない。

3-2 探鉱開発の状況

オマーンにおける多くの地質文献は、経済的に開発可能な地質・鉱床に関して詳述したものは非常に少ない。古い調査ではLees報文(1928)があり、銅の鉱化作用を記載している。本格的な鉱物資源調査は、PDO社の地質家によって1960年代の終りに行なわれ、その後逐年調査されてはいるが、主として北部のオマーン山脈周辺が多い。

オマーンの地質図は、Glennie・他(1974)による50万分の1のオマーン山脈周辺の地質図が唯一のものであり、これは1966年より1972年の7年間にわたり調査された。一方、地形図は10万分の1のモザイク地図があり、オマーンの北部と南部Dhofar地域の一部には、最近5万分の1の等高線入り地形図が作製されている。空中写真は、イギリス軍用地図があるが、その地図の範囲、精度については詳かでない。

地質・鉱床の関係機関は、農業・漁業・石油・鉱物省内の石油局・鉱物局であり、石油局は石油・ガスを鉱物局はその他鉱物資源を担当している。両局の地質・鉱床専門家のほとんどは外人アドバイザーで構成されており、広域調査並びに組織的な調査は人的にも物的にも諸外国の援助を受けざるを得ない実情である。

石油の開発に関しては、第2図に示した通りP D O社をはじめ、Oman Sun Oil Company , Elf Aquitaine Oman/Sumitomo , Quintana International Ltd. 及びBP Petroleum Development Ltd.等が積極的に実施している。

石油以外の鉱物資源探査は英国及び印度によって古くから行われており、特に英国はオマーン山脈をはじめ、マトラ島、その他全域にわたり断続的に実施している。最近の政府間調査では、ドイツは1978年 Dhofar 西方を、米国は1976~77年オマーン山脈地域を実施した。民間調査の顕著なものは、カナダのProspection Ltd.(Oman)の北部地域の銅調査、英国のTayler Woodrow -Towell Co. のDhofarにおける地化学探査等がある。

3-3 鉱業法及び外資政策

3-3-1 鉱業法

オマーン国は1970年鉱業法を制定し、金属鉱物(石油ガス・石綿を除く)の鉱業権は農業・漁業・石油・鉱物省が所轄しており、次の3形式がある。

- 1) 探査権 : 期間 18ヶ月
- 2) 試掘権 : 期間 3年
- 3) 採掘権 : 採掘許可は50年間有効、しかし、採掘権取得後5年以内に生産開始しない場合は権利消滅する。最大面積は225km²とされている。

尚、鉱業法は同国の社会経済情勢の急変期に制定されたため、実情にそわない点が多く、政府では附則の整備を急いでいる。

3-3-2 外資政策

民間投資は1976年の58百万R.O.(18.5%)から1980年には95百万R.O.(47.3%)へと拡大すると予測されている。1974年から1977年の資本の所有形態を純オマーン資本、外国資本、共同資本別に、産業部門別に分類し、それを第6表に示す。

Table 6 Distribution of companies industry/ownership

(In million R.O.)

Industry Description	Pure Omani		Foreign		Mixed		Total	
	No. of Comp.	Amt of Capital	No. of Comp.	Amt of Capital	No. of Comp.	Amt of Capital	No. of Comp.	Amt of Capital
Commerce	3,200	57.19	11	1.32	198	9.15	3,409	67.65
Industry	442	7.21	-	-	24	1.66	466	8.87
Big Constr.	856	18.02	15	38.86	47	7.64	918	64.52
Transport	115	3.17	1	15	3	0.21	119	18.38
Finance	2	1.01	14	11.10	3	2.50	19	14.60
Hotels	80	3.50	1	0.002	1	1.00	82	4.50
Fisheries	2	0.03	-	-	1	0.03	3	0.06
Oil	1	0.01	11	13.91	1	0.06	13	13.98
Metal & Stone	5	0.08	-	-	-	-	5	0.08
Services	524	4.59	1	0.002	7	0.13	532	4.73
Others	68	3.35	4	0.95	8	0.52	80	4.82
Total	5,295	98.15	58	81.14	293	22.90	5,646	202.19

(Source) Central Bank of Oman, Annual Report 1977

外国資本のみの企業は58社で、企業全体に対し1%と少ないが、資本は全体の40%でありその投資規模は大きい。外国資本のみの企業の投資傾向は、企業数および資本金の両面において大半を占めているもの——石油部門、金融部門；少数の外国資本により独占されているもの——建設部門、運輸部門；外国資本の参入の少ない部門——その他である。これまでの外国資本の流入は主にオマーン経済の基盤産業である石油、金融、建設、運輸部門が中心である。しかし、工業部門の育成には外国資本に期待するところ大きく、外国資本の導入を促進するため、外資系企業への優遇策が必要であると思われる。

外資政策の基本は1973年に発布され、その後1977年に改定された外資法で規定されている。その主なものは

- 1) 申請：商工省
- 2) 資本金：15千R.O以上であること
- 3) 出資メンバー：オマーン人を最低1名加えること。
- 4) オマーン側の出資割合
 - a. 下記b, cに規定する業種以外の一般会社の場合は35%以上
 - b. 公共施設、不動産、海運、航空の各会社の場合は51%以上
 - c. 印刷会社および情報関連会社の場合は2/3以上
- 5) 必要と認められた場合：銀行保証を必要とする。

鉱山開発を外国資本によるか、国が行なうかはオマーン政府の政策にかかっているが、

オマーン山脈周辺の銅の探鉱については、政府が51%で残りが民間であった。また、この銅山開発のOman Mining and Co.の出資率は政府75%、民間25%である。

第 II 編

第1章 地質鉱床の概要

1-1 地 質

オマーン国の公表された資料は、北部のオマーン山脈以外は極めて乏しい。第3図にオマーン国の概略地質図第4図にDhofar, オマーン砂漠, オマーン山脈とサウジアラビアの層序対比模式図を示してある。層序対比模式図のうち、オマーン山脈についてはGealey (1977)の図を多少簡略化して作成し、ほかの地域についてはBeydoun (1966)の対比図に先カンブリア系を加えて作成した。

オマーン国の大部分は、アラビア半島の地質の特徴を示している。すなわち、アラビア半島のうち、最も広く最も詳細に地質調査が行なわれているサウジアラビアでは、先カンブリア系(現在までの年代測定の結果では、12.0億年より若い)の楕状地の上に、カンブリア系以降の地層がほとんど造構造運動を受けずに堆積している。一方、オマーンではサウジアラビアで広く分布していた先カンブリア系は、わずかにDhofarのSalalah東方とKurja Muria諸島にわずかに分布するにすぎない。

古生界は、北部ではSayh Hatatをはじめ、Akhdar, Haushi, 及びHagfの諸山に、中央部においては、Masira湾周辺のHuqf地域に、南部ではMirbat北東部及びSalalah西方に分布し、主に礫岩、珪岩、砂岩、泥岩、石灰岩等から構成されている。

中生代の三畳系、ジュラ系、白亜系はオマーン山脈のほぼ全域、Masiraの島、Huqf, Dhofar南部に分布し、石灰岩、ドロマイト、頁岩、砂岩、チャート、礫岩、変成岩及びオフィオライト等から成っている。

第三系は、Sur-Qurayatの東海岸、Ibri-Buraimiの丘陵部、Huqf及び南部のWatif-Salalah-Abarut等に分布しており、構成岩石は主として石灰岩、ドロマイト等である。

これらのうち、堆積岩類は現在の石油の胚胎層を成しており、又、純粋な石灰岩はセメントの原料となり得るものである。

Dhofarでは先カンブリア系の基盤上に局部的に古生代やジュラ紀の堆積岩が分布する以外には、ほとんど白亜紀のAptian-Barremian以降の堆積岩が広く分布している。

オマーン砂漠では先カンブリア系の露出はなく、Hagf-Haushi付近に古生層が分布するほかは、白亜系のAptian-Barremian以降の堆積岩が広く分布している。

オマーン山脈は他の地域とは異なった地質状況を示している。オマーン山脈はペルシャ湾口ホルムズ海峡南からSur南方まで延長約650km、幅最大数10kmに及び、その最高峰は標高3,018mに達している。白亜紀初期に始まったアラビアプレートの運動により、トルコ、イランの下部にアラビアプレートは潜り込み、トルコ、イランの海洋殻は折りた

たまれた後、潜り込んだアラビアプレート上の堆積物と共に、北～北東方から白亜紀末 (Maestrichtian 初期) にアラビアプレートの上に大規模に衝上し、更にその上に白亜紀末 (Maestrichtian 後期) 以降の堆積岩が堆積している。本来堆積した場所にあった堆積岩は第4図の柱状図の左半分に、又、衝上したものは右半分に示してある。Hawasina 層群は移動した堆積岩であり、Semoil オフィオライトは大洋殻であると考えられている。

1-1-1 Dhofar 地域

本地域の先カンブリア系および古生界は、極めて小範囲に露出しているにすぎない。Mirbat 東方地域および Kuria Muria 諸島の片麻岩類と火成岩類の地質調査は、従来ほとんど行なわれておらず、乏しい情報に基いて、南イエメン本土や Socotra 島及びソマリアの地質と対比されて、先カンブリア系とされていた。今回の調査結果では 7.5～5.5 億年が得られ、先カンブリア系であることが確認された。

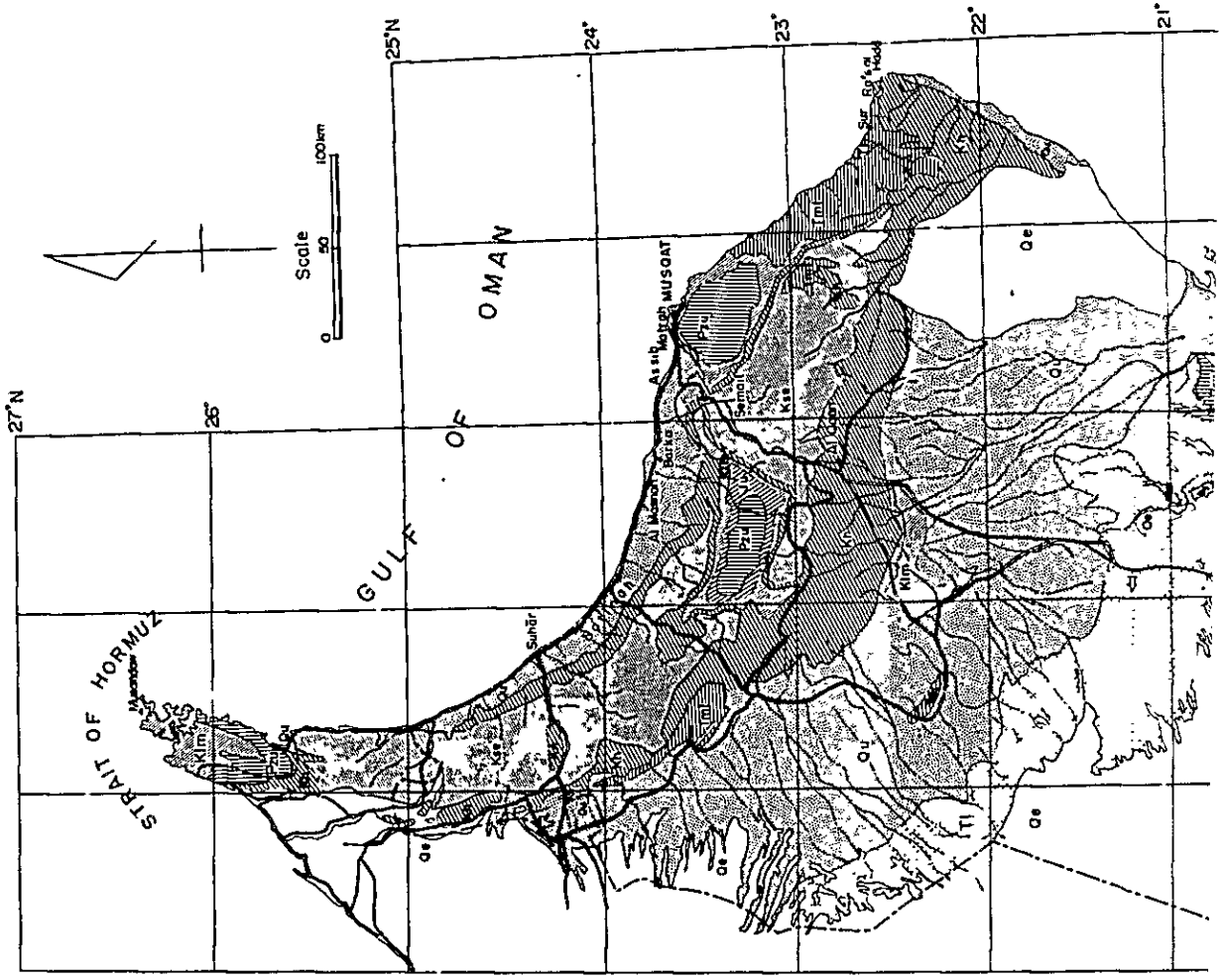
Salalah 西方の南イエメンとの国境近くの El Hota 及び Ain Sarit には雑色を呈するグレイワック砂岩、珪岩及び頁岩が極めて小範囲に分布しており、白亜紀の堆積岩により覆われている。この地層は著しく褶曲しており、見掛上の厚さは 3,000m に達し、石英脈に貫かれ、準平原化している。Beydoun (1966) によると、岩相は南イエメンの Ghabar 層群の上部に類似しているとして、その時代を主としてカンブリア紀とした。又、彼は本岩類は Mirbat 地域に分布する変成岩類のような岩石からその物質が供給された可能性が多いとしている。

Mirbat 砂岩は Mirbat 地域で先カンブリア系を不整合に覆って極めて小範囲に露出した主として砂岩からなる地層で、その層厚は約 1,300m に及び、白亜紀の堆積岩により不整合に覆われている。本岩の時代は化石が未産出のため不明である。しかし、Beydoun (1966) は、本岩は前述の El Hota および Ain Sarit の褶曲した地層よりは後期であると仮定し、又、オマーン砂漠の褶曲していない下部オールドヴィス系と類似していると考えて、その時代を仮にオールドヴィス紀とした。

白亜紀中期から始まる主として石灰岩からなる地層は上述の古い地層を覆って Jabal Samhan の海拔数 100m 以上の地域に、又、古い地層が欠如する場合には山地の基底部分から発達しており、Dhofar 地域の主要部分を構成している。Qarn Shaiba 地域には Jabal Qara 方向に大規模な背斜軸がある。

1-1-2 オマーン山脈地域

オマーン山脈の最も古い岩石は、Sayh Hatat や Akhdar 山の背斜(ドーム状)のコアに現われる先カンブリア系～カンブリア系の変成岩類で、構成岩類は千枚岩、片岩、珪岩等である。これの上部層は石灰岩、礫岩、砂岩、頁岩等の本質的に Autochthonous (原地性堆積物) で構成されている。二疊紀～白亜紀の Hawasina group は、オマーン



LEGEND

- | | | |
|-------------|----|---|
| Quaternary | Qe | Eolian sand |
| | Qu | Gravel, sand and silt |
| Tertiary | Tj | Limestone, chalk, marl and evaporite |
| | Tr | Limestone, dolomite, shale and chert |
| | Tm | Limestone and marl |
| | Cr | Limestone, marl and sandstone |
| Mesozoic | Ju | Limestone and marl |
| | Pz | Limestone, dolomite shale and sandstone |
| Paleozoic | Pz | Mitbar sandstone |
| | Pr | El Hata and Ainsart Group |
| Precambrian | Pr | Gneiss and schist |
-
- | | | |
|------------|----|------------------|
| Cretaceous | Cr | Semall Ophiolite |
| | Cr | Hawesina Group |

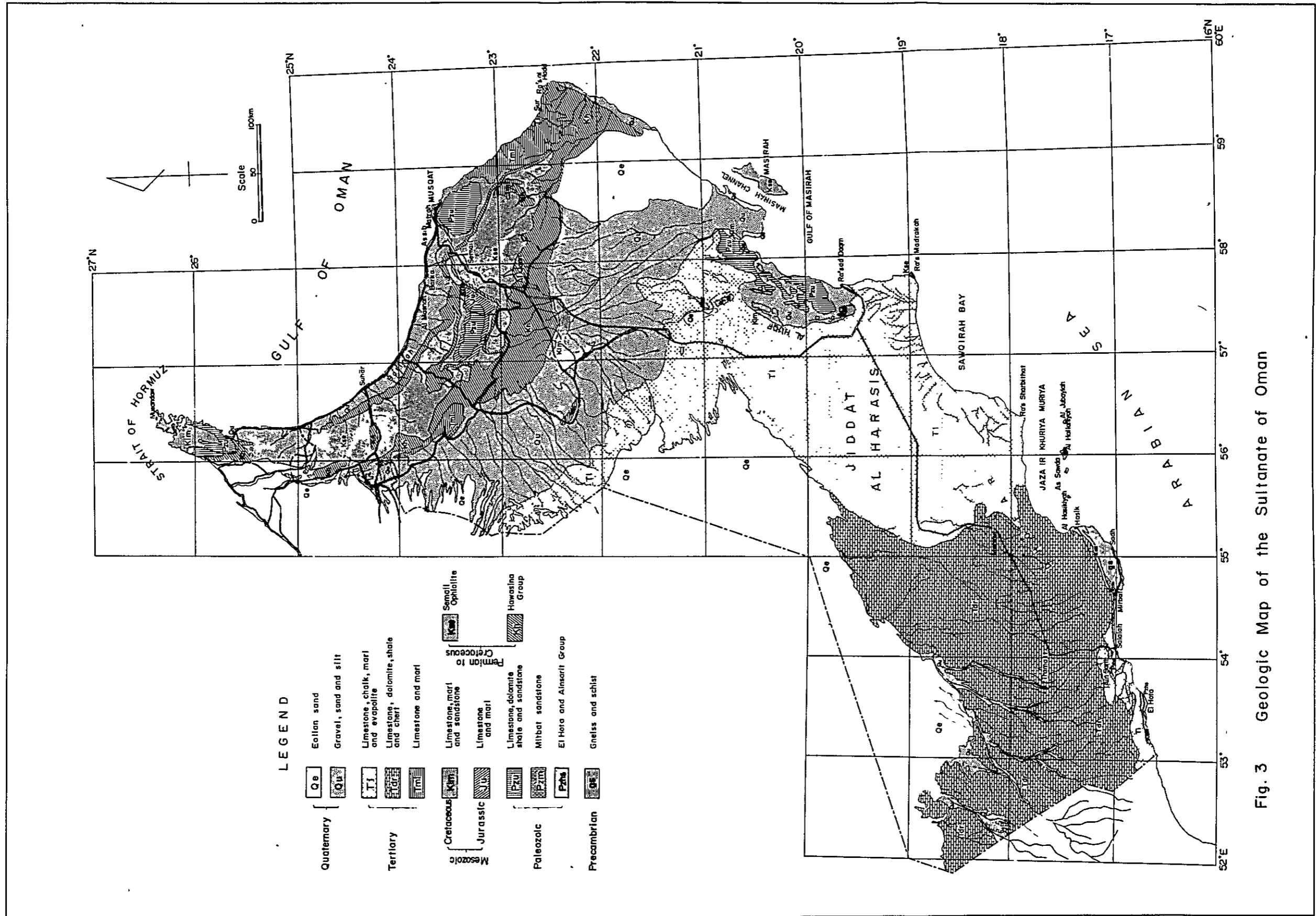


Fig. 3 Geologic Map of the Sultanate of Oman

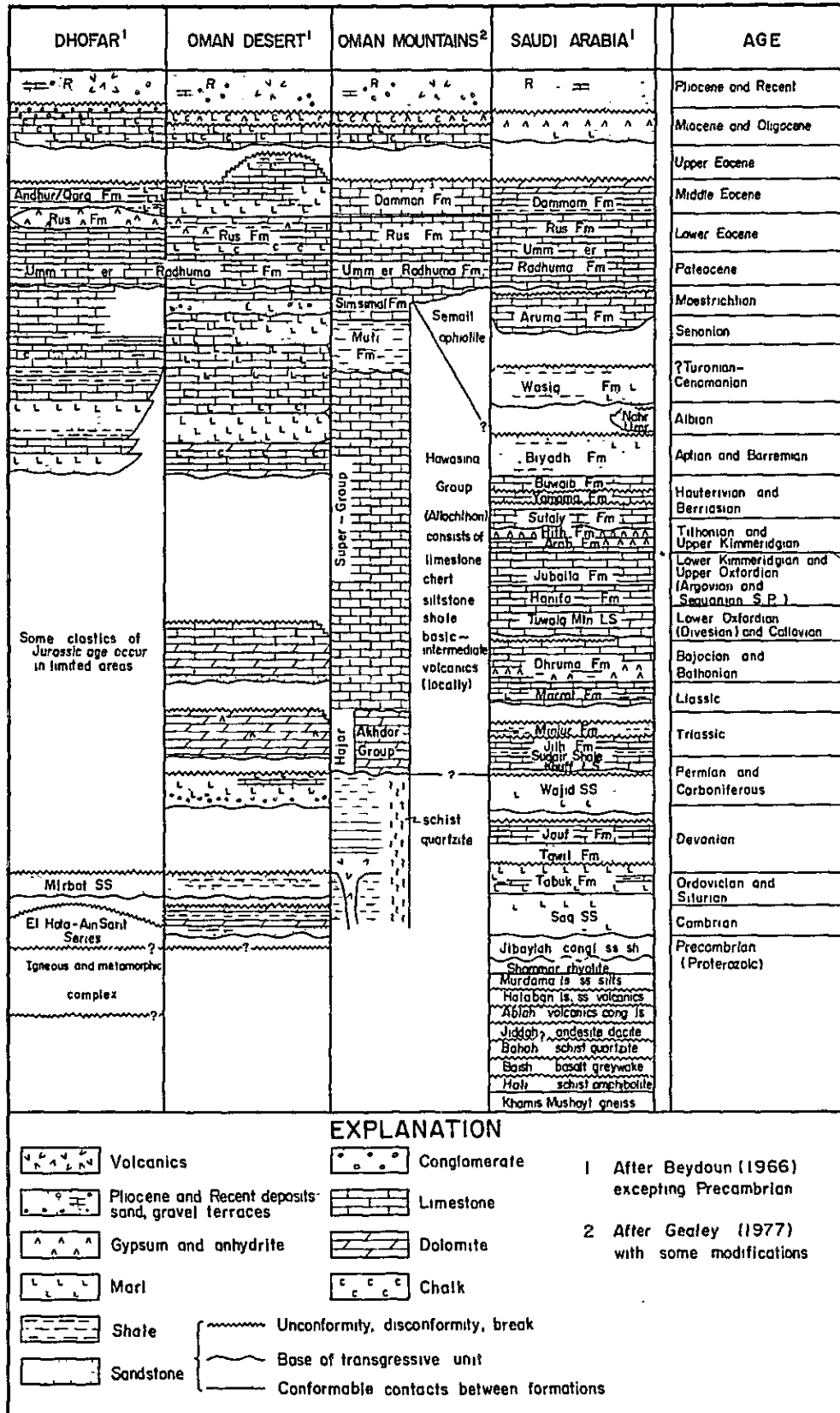


Fig. 4 Schematized correlation of stratigraphic units in Oman and Saudi Arabia

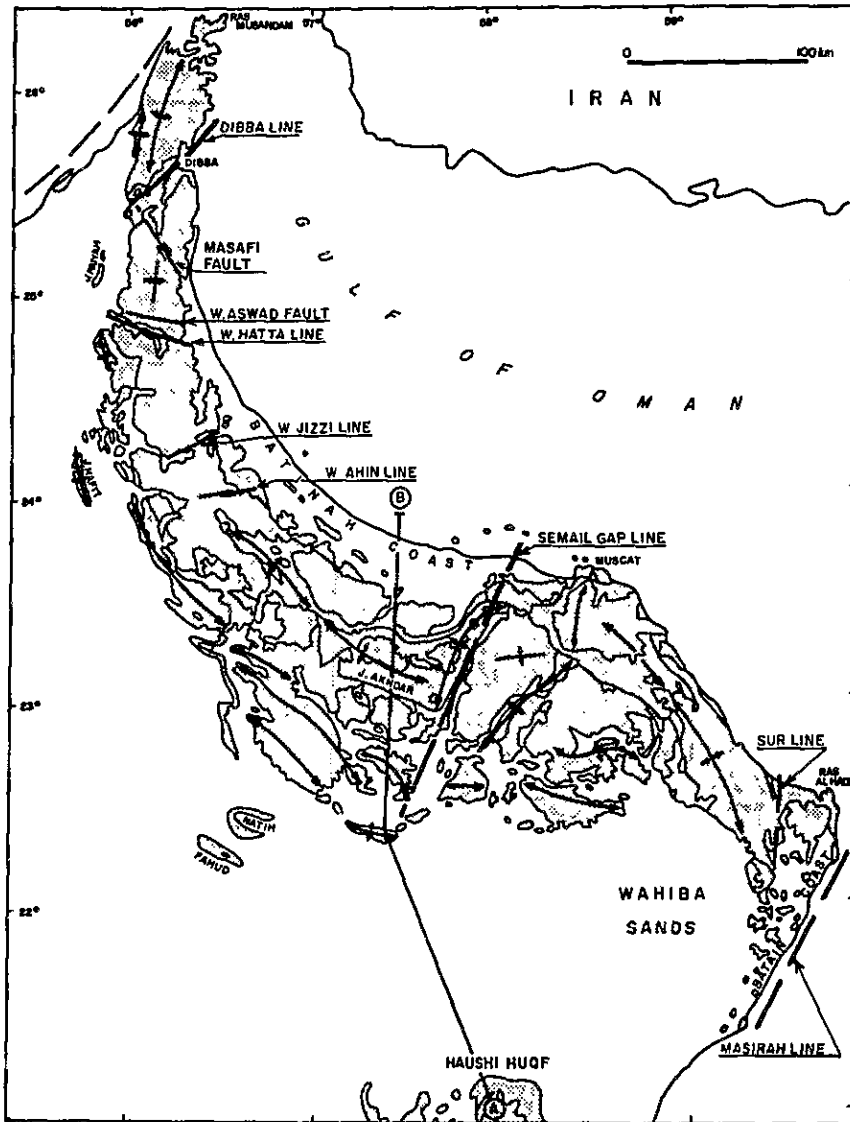


Fig.5 LINES OF TECTONIC DISLOCATION IN THE OMAN MOUNTAINS

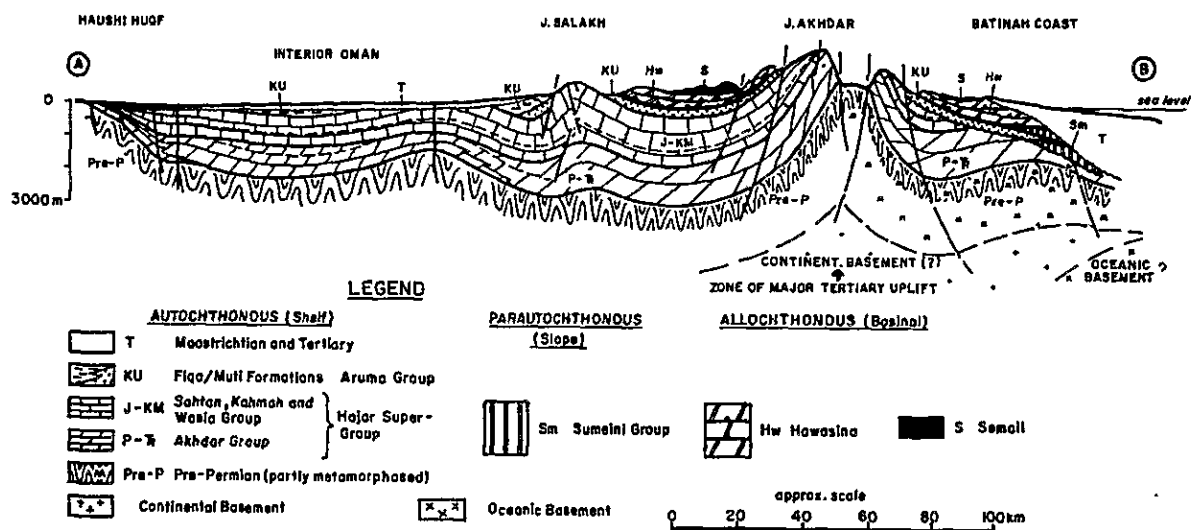


Fig.6 STRUCTURAL FRAMEWORK OF THE OMAN MOUNTAINS

(BY K. W. GLENNIE, ET., (1974))

山脈の全域、特に山脈の南、北、両斜面及び東部地域に広く分布し、その厚さは数 1,000 m を示す滑動地塊である。構成岩類はチャート、砂岩、シルト岩、頁岩を主とし、局部的に粗粒玄武岩を伴なう。Semail オフィオライトはオマーン山脈及び Masira 島に滑動地塊として長さ 500 km 以上にわたり、広範囲に分布している。オフィオライトは下部よりカンラン岩、斑れい岩、輝緑岩、それに枕状構造をもつ玄武岩より成る。このオフィオライトは北部地域の金属鉱床のほとんどに関係しており、鉱物資源探査の上から最も重要な岩石である。この岩石は、白雲母及び黒雲母による K-Ar の年代測定において 85 ± 5 百万年とされ、前～中期白亜紀としているが、Senonian とする説もある。上部白亜紀～古第三紀は、シルト岩、頁岩、チャート質石灰岩等で構成され浅海性堆積とみられ、その厚さは東部オマーン山脈においては約 2,500 m であり、西方オマーン山脈では約 2,000 m とやや薄くなっている。

厚さは東部オマーン山脈では約 2,000 m とやや薄くなっている。

オマーン山脈は西部では南北方向、中央部では北西方向、東部では東西から南東方向に湾曲するが、これは地質構造と密接な関係（第 6 図 Glennie, 他, 1974）を有している。断層は北西系と北東系が卓越し、又、褶曲もオマーン山脈全域にわたり発達しており、オマーン山脈は西方では南北方向、東方では北西-南東の複雑な背斜のおしかぶせ構造を呈している。

1-2 鉱 床

オマーンにおける鉱物資源には、石油、天然ガス、銅、クロム、マンガン、鉛、亜鉛、石灰岩、大理石等数多く知られている。現在、稼行中のものは、石油、天然ガス、石灰岩、及び大理石等であり、開発中のものは銅である。

オマーン山脈周縁の金属鉱物の産地は第 7 図に示す通りである。これら金属鉱物は、Semail オフィオライトと関連が深い。特に、銅、鉄、鉛、亜鉛等の鉱床は枕状溶岩の噴出に伴って形成されたものと考えられている。

オマーンの鉱物資源を第 7 表にまとめた。

オマーンの銅鉱山の歴史は古く、B.C. 2,500 年頃に開発されている。初期のイスラム時代のいくつかの古い銅鉱山は、プロシャン銅鉱を主対象に稼行している模様である。これはその時代の製錬技術が硫化鉱よりも容易に溶融できたためであろうと推定される。金属鉱物で最も有望視される銅鉱床の 1 例を、Sohar 西方 30 km の Bowling Alley でみると、第 8 図に示す通り南北 40 km の地域内に 9 鉱体あり、いずれも下盤が斑れい岩または輝緑岩、上盤が枕状溶岩である。Hawasina の堆積岩は一般に走向 $N30^{\circ} \sim 40^{\circ} W$ 、傾斜 $60^{\circ} \sim 70^{\circ}$ 東落してある。鉱体は $NS \sim N10^{\circ} W$ 、 $30^{\circ} \sim 70^{\circ} E$ の走向傾斜を示し、北に

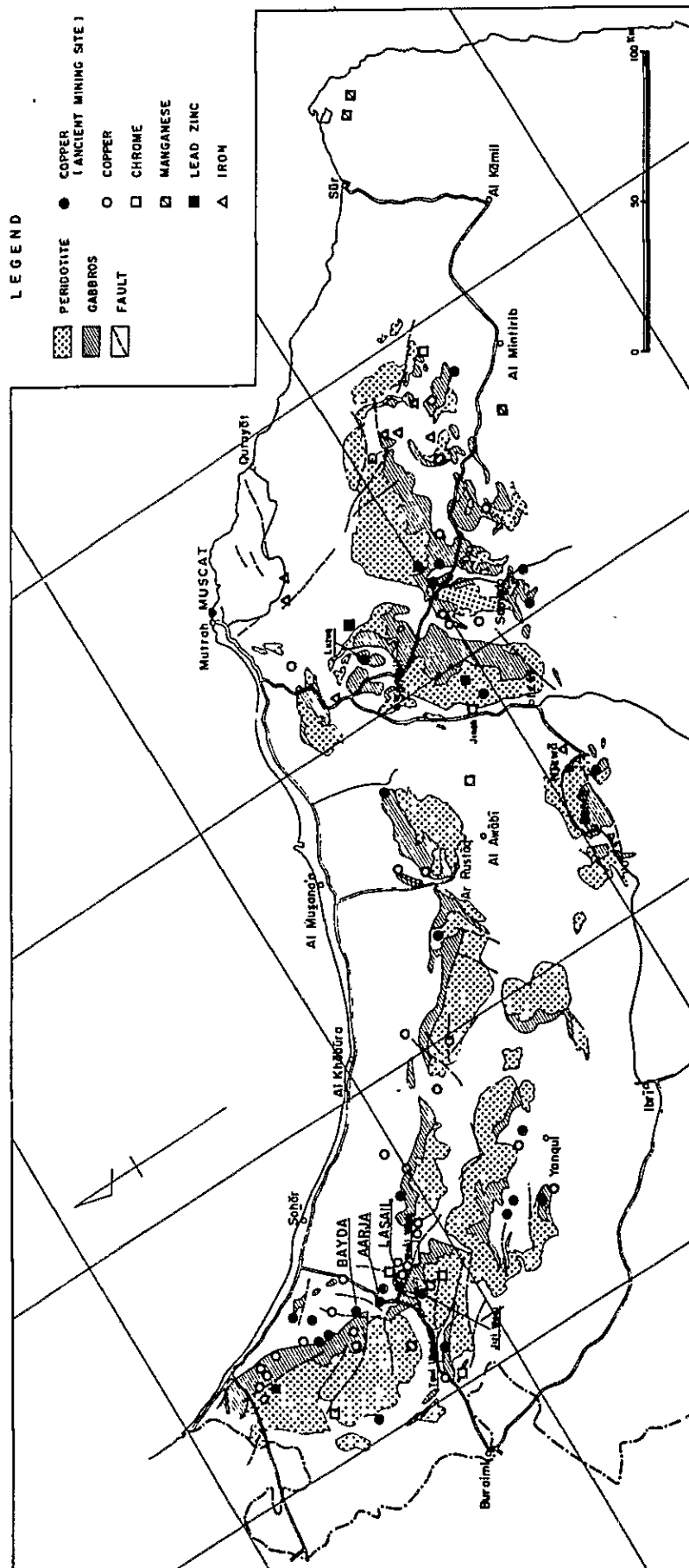


Fig. 7 Location map of mineral occurrences in the Oman Mountains (by J I C A 1978)

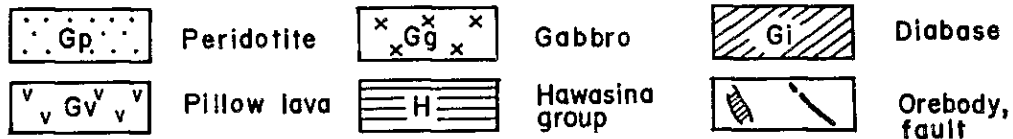
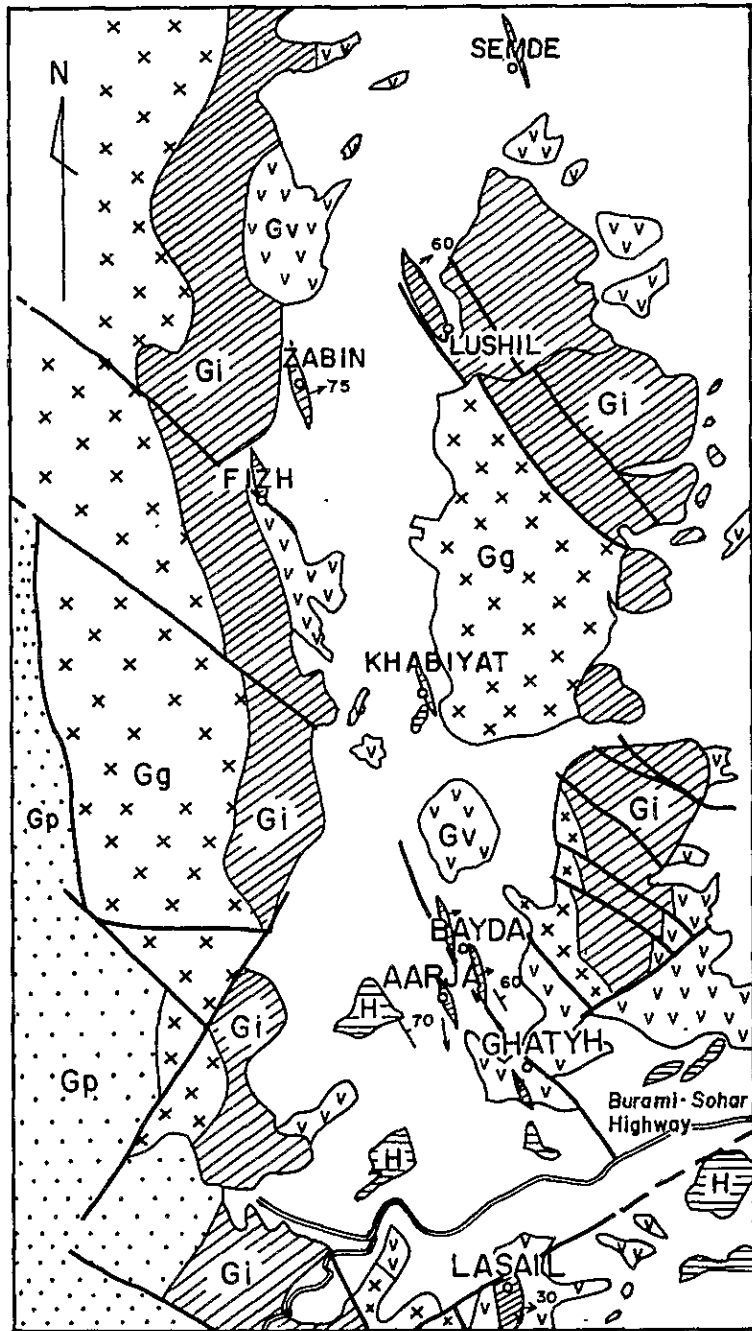


Fig. 8 Geological map of the "Bowling Alley" area
(Compiled from U.S.G.S. and others)

Table 7 Mineral Resources in Oman

Ores	Location & Name of Deposit	Geology	Type of Ores	Ore Reserves and Grade of Ore	Production	Remarks	
Hydrocarbon Petroleum	Fahud { Lekhwair Nalth Yibal Al Hurwaisah	Middle-Lower Cretaceous & Upper Middle Permian	bedded	5,900 x 10 ⁶ barrels	350 x 10 ³ b/d	now under prospecting at the offshore of Musandam Isl. the offshore of Masirah Isl. the NW of Central Oman	
	Ghaba { Ghaba North Ossan Alam Nihaydah Sah Rawl	ditto	ditto				
	Dhofar { Amo Marmul	ditto	ditto	heavy & light	under construction	production in 1980, 30 x 10 ³ b/d	
Gas	Fahud Yibal	ditto	ditto	140 million ft ³ /day x 80 years		oil gas and natural gasoline are partly obtained	
Metals	Copper	Sohar { Bayda Aarja Lasail Rakah	massive or vein	12 x 10 ⁶ tons Cu = 2.10%	under construction	20,000 t/y Cu	
		Wadi Waal	ditto	vein			4.14 x 10 ⁶ tons Cu = 1.36%, Zn = 0.19%
		Wadi Jizzi	ditto	massive			250 x 10 ³ tons
		Nizwa	ditto	vein			
	Masira Island	ditto	ditto			average width of vein: 2m length 200m networks of thin veins (1 cm ±) average width of vein 1.5m lower part might be hopeful average width of vein: 0.3m length 200m	
	Chromium	Farfar	in peridotite at contact with gabbro	massive	160,000 tons. Cr ₂ O ₃ = 39%		thickness: 10 - 15m, length: 150m
		Jinah	ditto	ditto	Cr ₂ O ₃ = 37%		maximum thickness: 10m, length 50m
		Al Awabi	ditto	ditto	Cr ₂ O ₃ = 42%, Al ₂ O ₃ = 24.5%		ditto 10m, length: 35m
		Masakirah	ditto	ditto	Cr ₂ O ₃ = 36%, Al ₂ O ₃ = 21.4%		
	Iron	Ghazayr	ophiolite	ditto			thickness 3m, length: 100m
Sayh Hatat Mayh		contact between metamorphic & limestone	ditto	150 x 10 ⁶ tons		width 100m, abandoned adit.	
Nickel, Lead & Zinc	Hadadibah Nujum	ophiolite	vein	chipped sample from a vein 1.35m wide Cu = 3.0%, Pb = 15%, Zn = 7%			
	Dhofar, East of Mirbat	Precambrian dyke	ditto	chipped sample Pb = 48.6%, Ag = 4.6 g/t		grade is the result of chemical analyses at this time	
		ophiolite	vein			in veins of pyrrhotite & quartz	
Manganese	Sur Jaramah	alternation of siltstone & chert	bedded			in the area of present survey, hopeful. Mn nodule type	
	Ibra Hammah	Trias to Cretaceous	ditto			ditto	
	Sohar Mulayginah	ditto	ditto				
Nonmetals	Limestone	Muscat Rusayl	limestone of Trias to Cretaceous	ditto	several hundred million tons CaO = 55.2%		for mostly aggregate, partly slaked lime Construction of a cement-plant of a million tons a year is under discussion.
		Oman Mountains					
	Marble	Chubrah	ditto	ditto	partly best quality	under production	thickness 10m, pale grey or reddish grey
		Babbid	ditto	ditto	ditto		thickness 20m, width 120m, length 200m, milky white.
	Dolomite	Muscat Sayh Hatat	Trias. to Paleogene	ditto	MgO = 20.7%		So far unutilized
		Dhofar	ditto	ditto	MgCO ₃ = 45.14%		
	Coal	Sur	ditto	ditto	10 x 10 ⁶ tons anthracite		details unknown
Asbestos		ophiolite	vein	unknown	2,500 t/month	details unknown, used to make asbestos cement pipe.	

(Compiled from Greenwood, I.E.G.M. and others)

進むに従い東方に雁行配列している。鉍体は塊状ないし網状、一部角礫状、鉍石鉍物は黄銅鉍、黄鉄鉍（時に白鉄鉍）を主とし、斑銅鉍、磁鉄鉍、砒よう銅鉍及び閃亜鉛鉍等から成り、一般に細粒である。地表付近では、孔雀石、赤鉄鉍、褐鉄鉍等が多い。

断層系としてはNW系とNE系が卓越するが、NW系はNE系に切断されている。一般に鉍体の周縁は断層が発達して、地質が複雑化し珪化作用や黄鉄鉍化作用も集中する傾向が認められるが、このような事実は重要な探査指針になる。

クロム鉍床周辺は断層、破碎帯が発達し鉍体を寸断している。水平的にも鉍床の規模、品位が変化しやすい事より、オマーンにおけるクロム鉍床は大鉍床は期待できそうにない。しかし、クロムは広大な分布を示すカンラン岩中に賦存するため、十分な調査が実施されていない現在、今後高品位鉍の発見の可能性はある。

又、マンガン鉍床はHawasina層の赤色チャート中に数ヶ所発見されており、今後の精査で見つかる可能性は大きい。

Dhofar地域の鉍床については、従来、鉍徴の記載はほとんどない。西隣の南イエメンの基盤岩類にも方鉛鉍以外の金属鉍物は知られていない。このことは未だ組織的地質調査が実施されたことがないためかも知れない。ただ、Kuria Muriaの諸島のAl Qibliyah島およびAl Hasikiyah島には、19世紀末オランダ人より磷酸肥料の原料としてグアノが盛大に採掘されている。また、石油に関しては、最近では東部DhofarのMarmul付近で軽質油が発見され、西部Dhofarでもかつての探鉍を見直すために新しい探鉍が行なわれる計画である。

第2章 Salalah 地域

本調査地域は、オマーン政府が日本政府に対して調査を要請した3地域のうちで、オマーン政府がその経済的・政治的背景から最も開発を要望している地域である。

現地調査の計画打合せの席上、オマーン側よりこの地域の調査に重点を置いた調査の実施を重ねて要望があったので、可能な限り調査日数をこの地域に充当し、オマーン側の要望に答えることとした。

本調査地域の地質は従来から先カンブリア系、古生界および白亜系～第三系堆積物等の分布が報告されているが、実際には本調査地域に関する公表された資料は非常に少ない。

Beydoun (1966) はアラビア半島のアデン東部および Dhofar 地域の地質を述べているが、この中で Mirbat 砂岩層を南イエメン国境付近に分布する El Hota 層や、Ain Sarit 層より後期の堆積物と仮定し、又、岩相がオマーン砂漠の下部オールドヴィス系に類似するものと考えて、その時代をオールドヴィス紀とした。彼は白亜紀以後の堆積物についても述べているが、この地域の基盤岩である変成岩類については詳述していない。

本調査地域に関する現地調査を実施した例としては、西独政府の行った Dhofar 地域の隣鉱石の調査、英国のコンサルタント会社 Taylor Woodrow-Towell Co. の行った Dhofar 地域の鉱物調査（河川の堆積物の地化学探査）及び同国の Mackay & Shnellman Ltd. の行った Dhofar 地域の地質概査等がある。しかしこれらの調査報告書はいずれも未公表である。

隣鉱石の調査は主として Umm er Radhuma 層や Rus 層等の石膏を含む地層を対象として行なわれたもので、基盤岩類の分布する本調査地域は重要視されていない。

Taylor Woodrow - Towell Co. の行なった Dhofar 地域の鉱物調査は Wadi の堆積物の地化学探査及び空中写真地質解析を行ったものである。

地化学探査の報告では本調査地域の Wadi の堆積物は粒子のサイズが粗く、80メッシュ以下を採取することは非常に困難であることが述べられており、今回の調査においても同様の条件が確認された。又、地化学探査によるペースメタルの異常値は捕捉されていないが、本地域の様に乾燥地帯で粗粒の Wadi 堆積物の地化学探査結果は実際に鉱床探査に有効かどうか疑問視されている。

空中写真解析は本調査地域に関するまとまった地質資料で、基盤の変成岩類から白亜～第三系堆積物までの層序区分およびそれらの分布の概要を示しており、今回の調査に大変参考になった。

Mackay & Shnellman Ltd. の行った地質概査は鉄鉱石の調査を主たる目的として行われたものであるが、その他の金属鉱物およびウランの調査も合わせて実施された。

特にウランは航空測線 4本と地上測線 2本を実施して Juffa 及び Williams Ville においてバックグラウンドの 4倍の放射能値を捕捉したと報告している。

今回の調査ではこれらの 1つ Juffa の同一地点での調査では放射能異常は検出されなかった。

以上の通り本調査地域の地質及び鉱床に関する公表、未公表の資料は極めて乏しく、且つ、いずれも概査的な報告の域を出ていない。従ってこれまでに金属鉱床、ウラン鉱床等の鉱床探査を目的とした基礎的、且つ、組織的な調査を実施した例はないので、今回の調査では以上の様な事実を踏まえて今後、本調査地域の基礎的且つ組織的な鉱床探査を実施するために必要な種々の野外情報及び試料を収集し、層序の区分、岩石の年代測定・化学分析等を実施した。

尚、本調査は限られた調査期間内に最大の効果を上げるため、先ずヘリコプター調査により地域全般の岩相及び地質層序の概要を把握し、更に主要地点にキャンプを設営して調査を実施した。

2-1 位置、交通、地形及び水系

2-1-1 位置

本調査地域はオマーン国南部の Dhofar 地域にあり、オマーン国第 2 の都市 Salalah の東方約 73 km で調査地域の西端 Mirbat 部落に達する。

調査地域は、これより東北東に約 30 km × 70 km (約 2,000 km²) の広さで分布する。

緯度経度は次の通りである。

北緯 15° 55' - 17° 20'

東経 54° 40' - 55° 15'

2-1-2 交通

本調査地域までの道路は Salalah より Taqa 部落まで舗装道路が完備しているが、これより東部は砂利道となっている。調査地域内では Mirbat より Sakh 部落までトラック道路が通じるが、かなりの悪路である。Mirbat 部落より中央部 Juffa までは、トラック道路の拡張工事実施中で近い将来完成の見込みである。調査地域内の主要な Wadi は四輪駆動車による通行可能なものも多く、野外調査に利用できる。

今回の調査ではヘリコプター及び四輪駆動車を利用したので、その模式的な調査ルートを第 9 図に示す。

2-1-3 地形

本調査地域の地形は、基本的に大きく 2 つのタイプに分けられる。(第 10 図)。

Mirbat から Hadabin 北方に至る本地域の主要な部分は、標高 0 ~ 300 m の侵食作用の

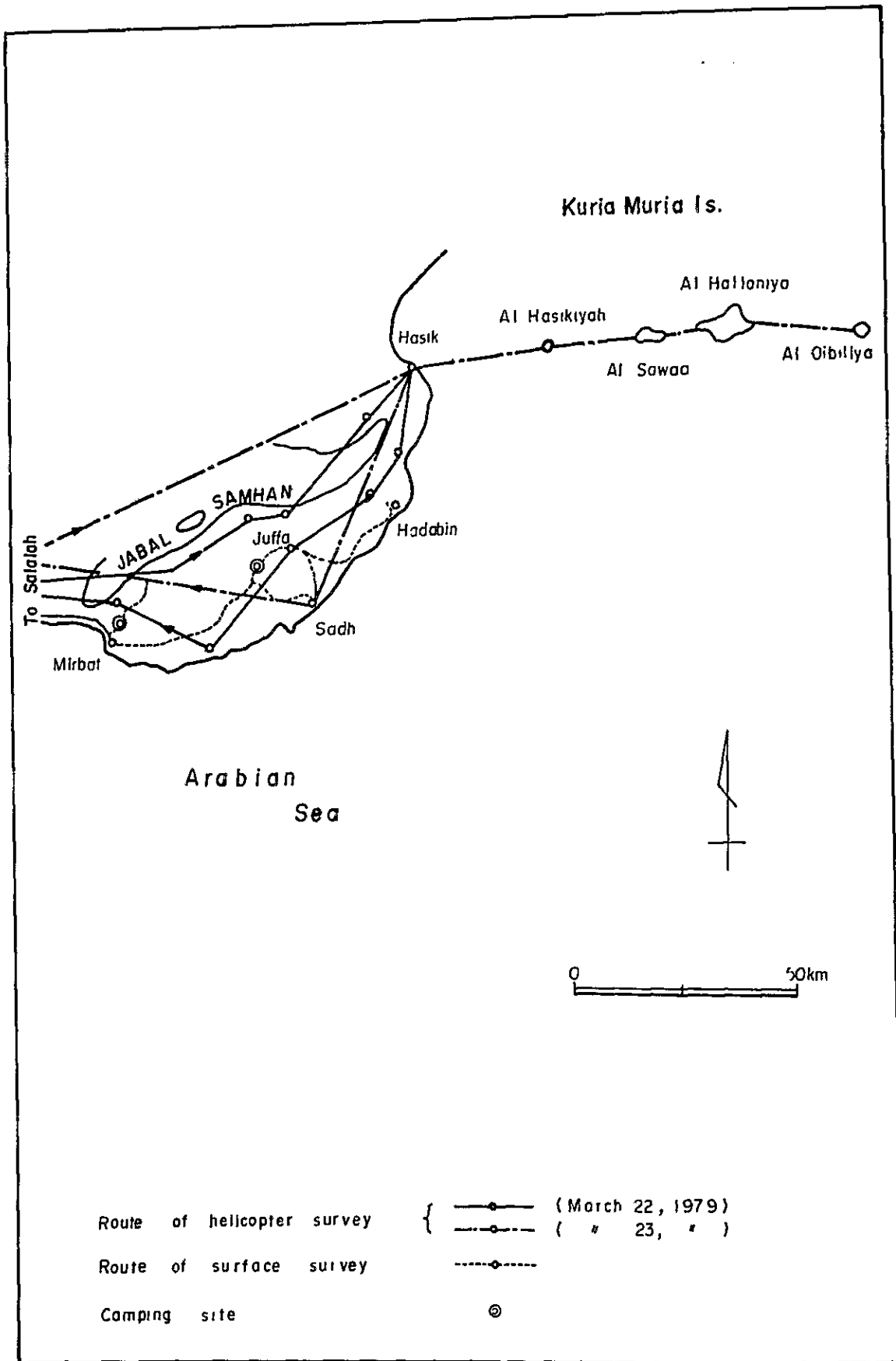


Fig. 9 Schematic route of helicopter and surface survey

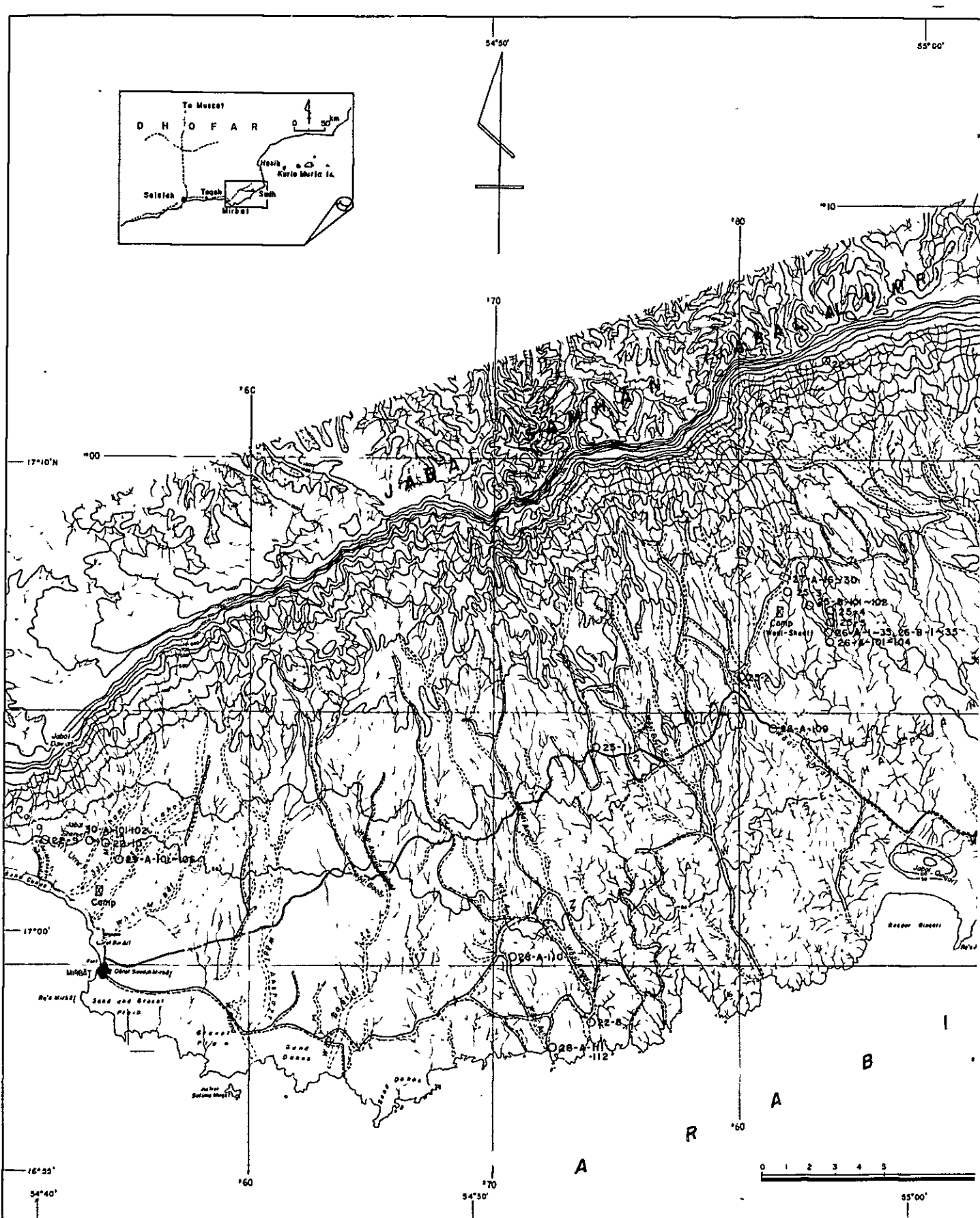


Fig. 10 Map showing roads and locations

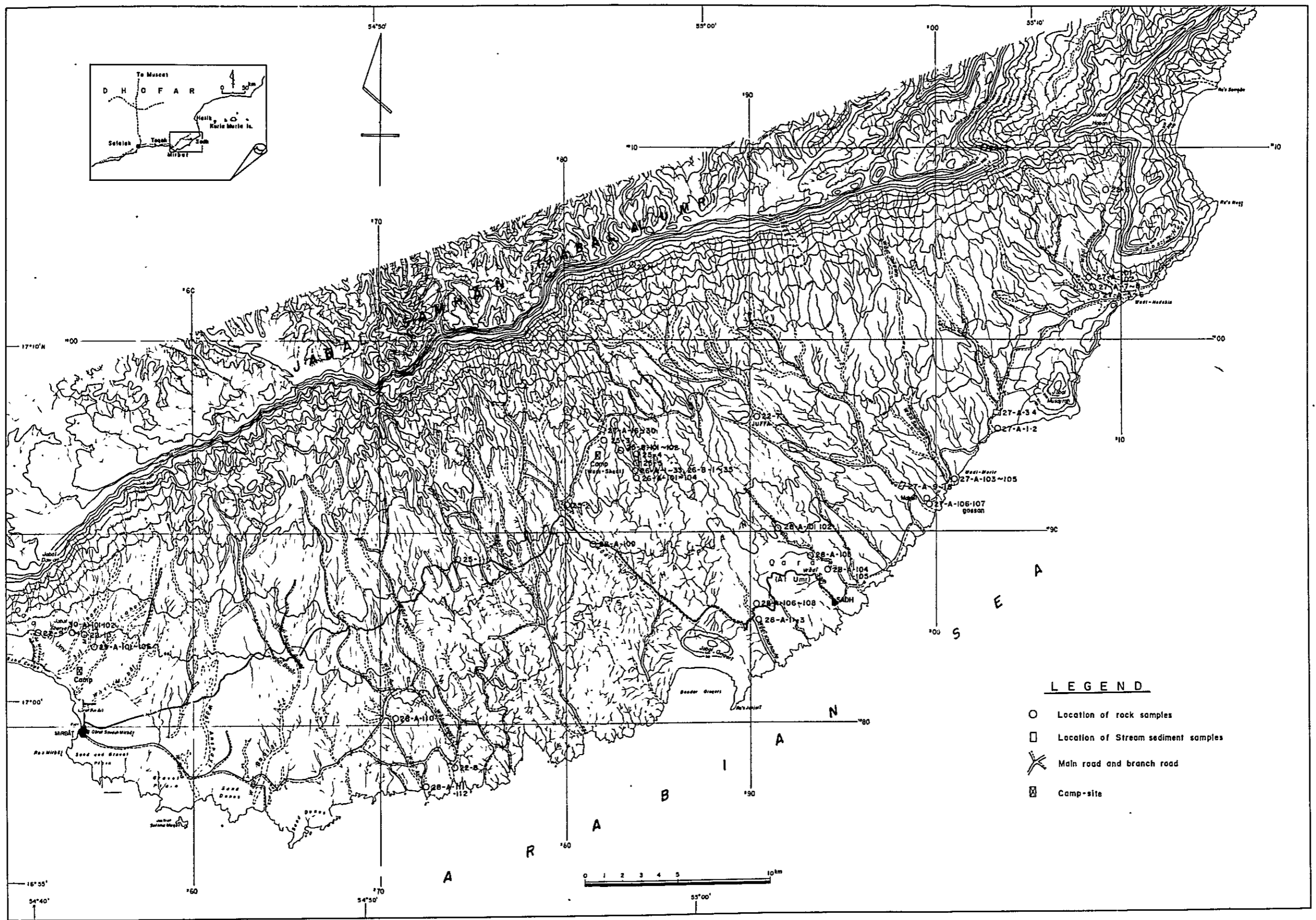


Fig.10 Map showing roads and locations of samples

進んだ平坦な準平原地形を示す。一方、この準平原地形の北側は Jabal Samhan と呼ばれる標高差 1,000~1,500m のエスカープメント（海底崖）を伴った卓状地形が広く発達し、異なる地形が対比的に分布する。

準平原地形の中央部はアラビア橋状地の一部と考えられ、その主要部分は先カンブリア系片麻岩類及び貫入火成岩類から構成される。

準平原内の平坦な地形に起伏を与えるものは NW-SE 方向に貫入した無数の岩脈群で、起伏の尾根部を構成している。

Jabal Samhan の卓状地の表面は、平坦な地形を示し、白亜系～第三系の水平な堆積岩（Umm er Radhuma 層[※]）で構成され、上記先カンブリア系岩類の準平原地形との間にエスカープメントを伴った典型的な古期卓状地で、主要水系の発達する所は削剝作用が進み刻りの深い幼年期の地形を示す。

エスカープメントの麓で標高 300~600m 付近には崖錐堆積物が分布し、比較的急な斜面を形成している。

準平原地形の内部で海岸に近い Jabal Qinquri, Jabal Musayrah 及び Jabal Nuss 等の山頂部には、Jabal Samhan と同じ白亜系～第三系堆積物が乗って、メサ地形を示す。

2-1-4 水 系

本調査地域に分布する水系は全て雨期（モンスーン期）にのみ流水のある Wadi と呼ばれる涸れ沢である。

準平原に発達する水系の主要方向は NW-SE 系で、西側の Mirbat 部落周辺では N-S 系又は NNE-SSW 系が発達する。これらの水系は全て海側に向かって流れ、その水系パターンは樹枝状、平行状及び長方形等を示す。

これらは岩脈の影響を強く受けてその方向に平行なパターンを基本として発達し、特にその影響の大きい所では平行状のパターンが強調される。

Jabal Samhan 卓状地に発達する水系の方向は E-W 系 N-S 系及び NE-SW 系などを示して内陸部に向かって流入する。

水系のパターンは、主流が深く削剝されて兩岸に急峻な崖を伴い、支流が短い格子状パターンが特徴的で、更に樹枝状パターンの水系も加わっている。

2-2 空中写真地質解析

本調査地域は乾燥地帯に属し、植生が非常に少なく、岩盤の露出状況が良く、空中写真解析に適している。

※本報告書では上位の堆積岩は調査対象ではないので、上位の堆積岩を一括して Umm er Radhuma 層と呼ぶ。

空中写真解析から得られる情報は、地質調査を実施する上で短期間に効果的な作業を行うための補助手段として非常に有効である。

オマーン国が所有する本調査地域周辺の空中写真は軍事用の1/60,000白黒写真で、調査地域(約2,000km²)全域がカバーされている。これらの空中写真の鮮明度は明瞭で、地質解析用として充分使用に耐え得るものである。今回の調査で空中写真地質解析を実施するに当たり、前述のTaylor Woodrow - Towell Co. (1977)の資料は非常に参考になった。

写真上で観察される主な地質は先カンブリア系の片麻岩類で細かな線状模様の発達する雲母片麻岩と複雑な縞状模様を有する(角閃石)片麻岩から成る。

これらの片麻岩類の境界は明瞭ではないが、前者は比較的なめらかな地形と、片麻構造の方向を示すと見られる細かな線状模様が観察され、後者はやや粗く複雑な縞模様が観察されることから、大まかに両者を識別することは可能である。

これら片麻岩類を貫いて火成岩類が、バンリス状、岩株状及び岩脈状に分布する。調査地域北東部に明るい色調を示してバンリス状貫入岩体が広く分布する。

この岩体は場所により色調の変化を示すことから、種々岩相変化があるものと考えられたが、地表調査の結果石英閃緑岩や花崗閃緑岩等の岩相を示すことが判明した。

Juffa北西部に片麻岩よりも明るい色調を示して岩株状貫入岩体が識別される。又、岩脈群の一部がこの岩体と連続している。

調査地域の主要部分にNW-SE系及びN-S系等の方向を示して岩脈群が発達する。これらの岩脈群は地表調査の結果では石英斑岩及び粗粒玄武岩に区別されるが、白黒写真上では識別が困難である。しかし、カラー空中写真を使用すれば識別可能と考えられる。

Mirbat付近では先カンブリア系の各岩類を不整合に覆って層理の明瞭な緩傾斜の砂岩、頁岩の互層(Mirbat砂岩層)が分布する。この互層は北東部に向かって先カンブリア系および白亜系～第三系堆積物(Umm er Radhuma層)の間で楔形状にせん滅する。

調査地域の北側には大きなエスカープメントが発達している。この上部は水平～緩傾斜の層理の明瞭な石灰岩が広く分布する。

同様の堆積物は海岸付近の小さな山の山頂部に残存してメサ地形を形成している。

写真上で識別される地質構造は、先カンブリア系片麻岩類の片麻構造の方向はNE-SW系を示し、Wadi AhamiltからWadi Bayt Said付近にかけてNE-SW系背斜構造が認められる。

Mirbat砂岩層は走向NW-SE系、傾斜NW方向の緩傾斜を示す。Umm er Radhuma層はほとんど水平でわずかに北に傾動する傾向を示す他、東部では東に傾く。

主要断層はNW-SE系と若干のNE-SW系の組み合わせがBandar Qinqari湾から

Wadi Aingalf 中流にかけて発達し、他に E-W 系及び NEE-SWW 系断層が Jabal Nuss 付近では上記 Umm er Radhuma 層を切って分布する。

2-3 地 質

本調査地域の地質層序は前述の Beydoun (1966) や Taylor Woodrow - Towell Co. (1977) 等、極めて少ない資料を参考に且つ、現地の野外情報、岩石、鉱石試料の顕微鏡的鑑察、化学成分分析、K-Ar 法年代測定等多くの室内研究データから下位より上位に向って先カンブリア系、オールドヴィス系、白亜系～第三系、及び第四系に大別される(第11～14図)。

2-3-1 先カンブリア系

本調査地域の先カンブリア系は Beydoun (1966) により南イエメンやソマリア等の先カンブリア系(120億年より若い)に対比されている。

Taylor Woodrow - Towell Co. (1977) はこの先カンブリア系を2つの岩相に分け、下位のものを雲母質緑泥質片岩と呼び、上位のものを片麻岩と呼び、更にこの片麻岩は花崗岩質片麻岩、及び角閃石片麻岩の互層から構成されているとしている。

今回の調査結果、先カンブリア系は下記の様に分類された。

Juffa 片麻岩 — 含ザクロ石白雲母-黒雲母片麻岩を主とし、一部角閃石片麻岩、石英閃緑岩片麻岩を挟在。

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

石英閃緑岩・花崗閃緑岩 — パソリス状の貫入形態を示して分布

ペグマタイト・石英脈 — 脈状・網状形態を示して上記の各岩相中に胚胎

岩株及び岩脈 — 角閃石アダメロ岩岩株及び粗粒玄武岩・石英斑岩岩脈からなる。

Juffa 片麻岩は T.W.T の雲母質緑泥質片岩に、Sadh 片麻岩は花崗岩質片麻岩～角閃石片麻岩にそれぞれ対応する。

1) Juffa 片麻片

本片麻岩の名称は今回の調査で初めて使用するものである。地域のほとん中央部にある軍用キャンプ地 Juffa が本片麻岩の分布する範囲に最も近い部落で、この名をとり Juffa 片麻岩と仮称する。

分 布

Mirbat 部落の東約 10km の Wadi Ahमित 付近から NE 方向に Wadi Bayt Said 及び Wadi Shaat 等を経て Juffa の北方に至り、本調査地域の中央部を占めて延長約 35 km 幅 10～15 km の範囲に分布する(第12図)。

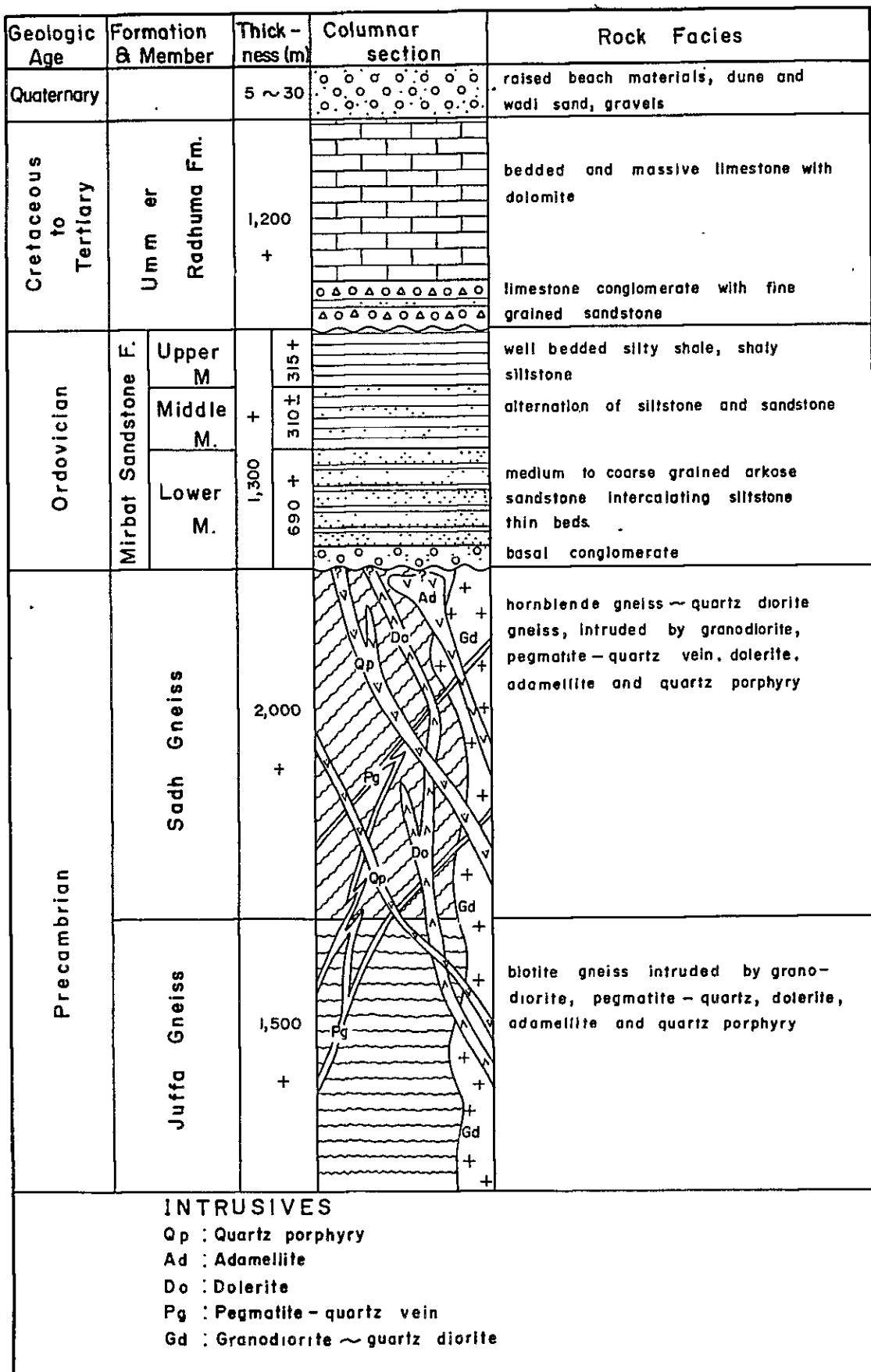


Fig. II Geological columnar section of Salalah area (Mirbat - Sadh)

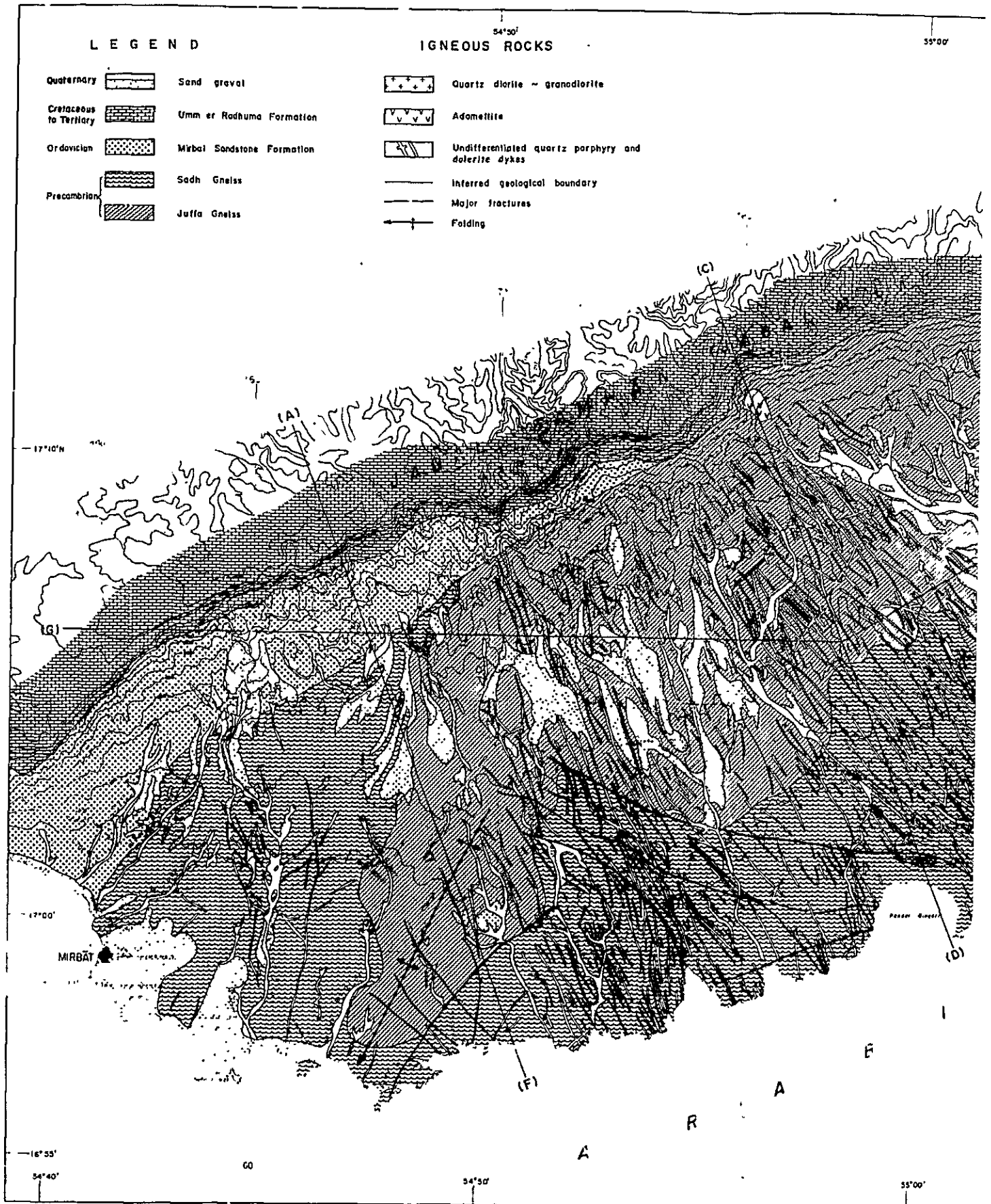


Fig. 12 Geologic map of Salah area (by Taylor Woodrow - Towell)

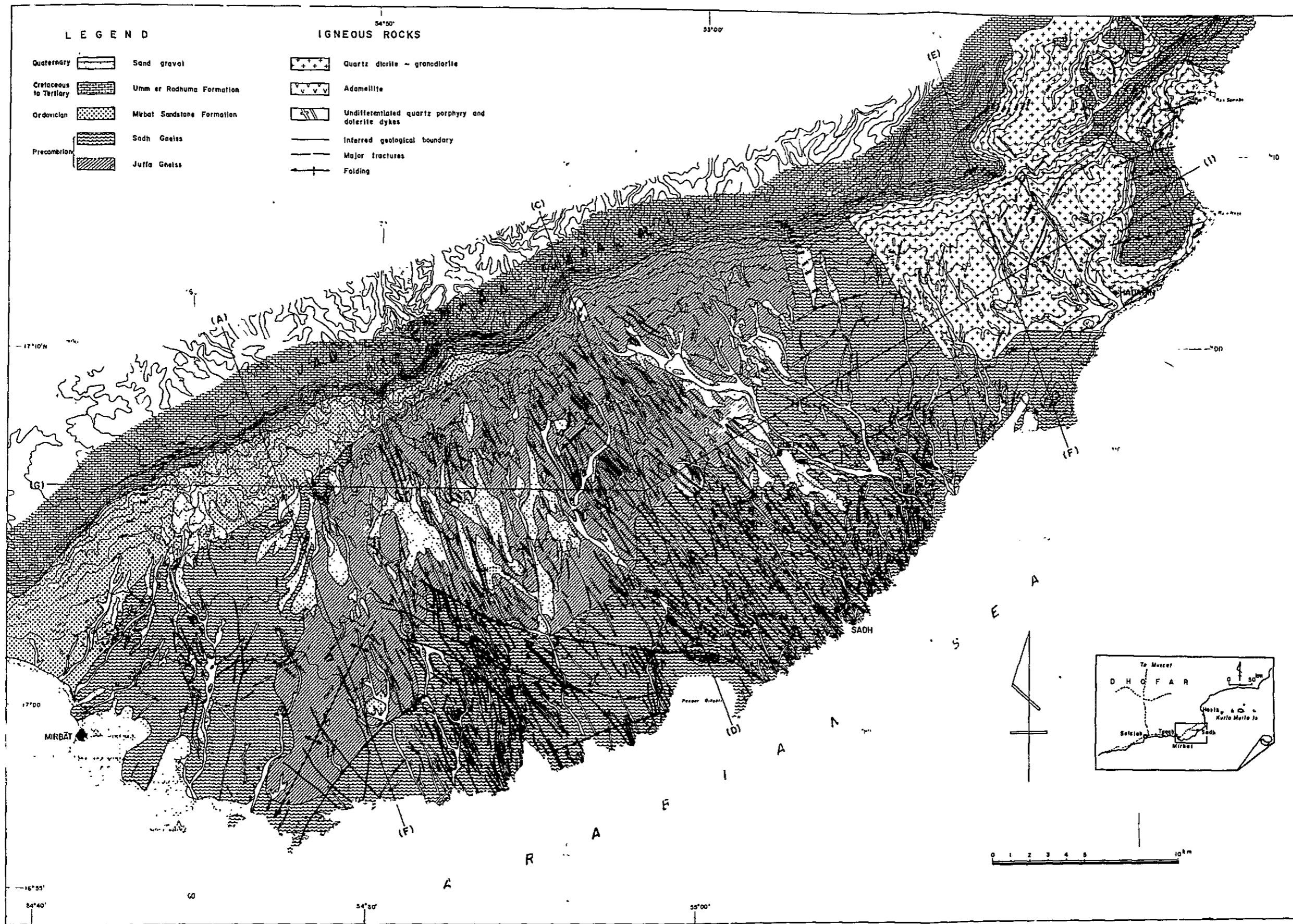


Fig. 12 Geologic map of Salah area (Mirbat - Sadh)
 (by Taylor Woodrow - Towell Co. 1978 and others)

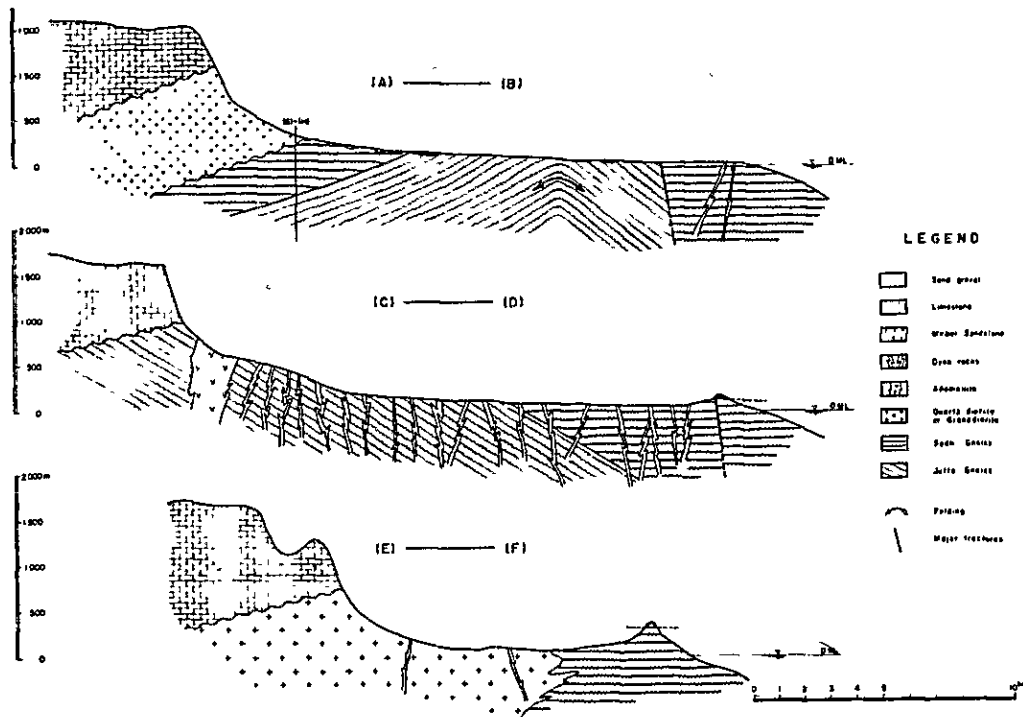


Fig 13 Geological cross sections of Salalah area (1)

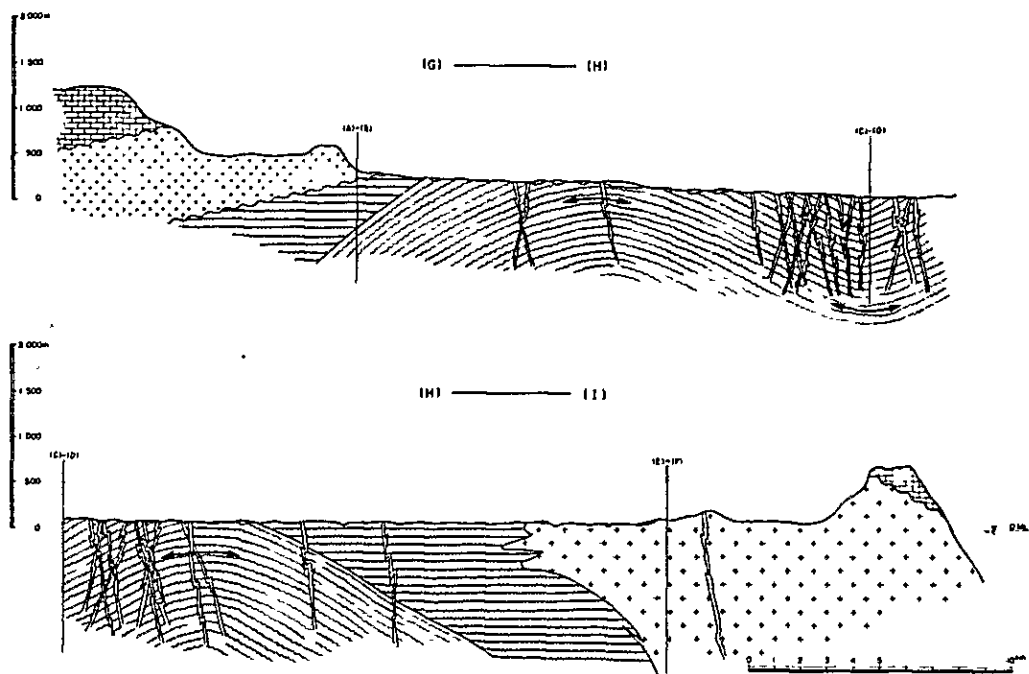


Fig.14 Geological cross sections of Salalah area (2)

岩 相

含ザクロ石白雲母-黒雲母片麻岩(写真1, 2)を主要岩相とし, その中に一部角閃石片麻岩(写真2)及び石英閃緑岩片麻岩(写真3, 4)等の岩相を挟在する。

含ザクロ石白雲母-黒雲母片麻岩は灰色を呈し, 薄い縞状の片麻状構造が発達している。

野外の観察では見掛け上片岩に似る岩相を示し, T.W.T報告書も片岩としたが, 今回の調査では肉眼的, 顕微鏡的に鉱物粒子が粗粒であること(顕微鏡写真1~4), 片麻状構造が発達すること(同顕微鏡写真1及び写真3)や斜長石の含有量が20%以上であること(第8表刊末)等の理由から片麻岩に分類した。

鏡下では石英, 斜長石, 黒雲母, 白雲母, ザクロ石等が主要鉱物で若干の磁鉄鉱, アパタイトを随伴する。無色鉱物(石英, 斜長石)と有色鉱物(黒雲母, 白雲母等)からなる完晶質片麻状構造が顕著に認められる。

石 英 : 1.5 ~ 3.0 mmの他形結晶を示し, 斜長石と雲母類の間を埋めて分布

斜長石 : 15~30mmの半自形~他形結晶を示して雲母類, 石英の間に分布, 一部セリサイトに変化。

黒雲母 : 1 mm以下のフレークが同一方向に平行配列して片麻状構造を形成する。新鮮な結晶は赤褐色~淡褐色の多色性を示すが, 一部緑泥石に変化。

白雲母 : 1 ~ 1.5 mm無色の高複屈折率を示して片麻状構造に平行状又は一部斜交状に分布。

ザクロ石 : 0.5 mm以下の等方体結晶を示して黒雲母の結晶間に少量分布。

磁鉄鉱 : 雲母類に伴って不透明鉱物として少量分布。

アパタイト : 無色の微晶として少量分布。

これ等の造岩鉱物の量比関係は次の通り

斜長石 ≥ 石英 > 黒雲母 ≥ 白雲母 > ザクロ石 > 磁鉄鉱・アパタイト

本片麻岩の試料25-1-1及び25-2の化学成分及びC.I.P.Wノルム値は第9表に示される通りである。

これらの化学成分は日本の領家変成帯に産出する千枚岩, 非変成砂岩及び黒雲母片麻岩の化学成分(第10表)に類似し, 鏡下の鑑察では多量の雲母類を包有し, 堆積岩起源と推定される。又, 各成分から算出されたC.I.P.W.ノルム値の中, 石英, 斜長石, カリ長石の値から作成されたQ-P1-Kfダイアグラム(第15-A図)では, 花崗閃緑岩の領域-Felsic rockの領域にプロットされるが, その化学成分は火成岩類に比べてCaO, K₂O成分が少ないことから, この片麻岩を火成岩起源とするには困難である。一方, (FeO + Fe₂O₃) - (Na₂O + K₂O) - MgOダイアグラム(第15-B図)上では酸性火成岩類とは明瞭に異なるグループにプロットされる。更にJuffa片麻岩及びSadh片麻岩中の角閃石片麻岩

の分析値からモル比で $[Al_2O_3 + FeO_2 - (Na_2O + K_2O)]$, CaO , $(FeO + MgO)$ の ACFダイアグラム (第15-C図) を作成した。このACFダイアグラムは変成岩の化学組成と鉱物組成の間の関係を示すのに有効で P. E. Eskola (1939) により、示されたものであるが、このダイアグラム上では本片麻岩は明瞭に泥質岩とグレイワッケの領域にプロットされる。以上の諸事実から Juffa 片麻岩の含ザクロ石白雲母 - 黒雲母片麻岩の原岩は泥岩・砂岩互層であると考えられる。

角閃石変麻岩は暗灰色～暗緑灰色を示し、上記含ザクロ石白雲母 - 黒雲母片麻岩中に幅数 m の層状を成して調和的に挟在している (写真2)。本岩は角閃石、斜長石が同一方向に配列した完晶質片麻状構造を示し、後述の Sadh 片麻岩の一岩相である角閃石片麻岩と同一岩相を示す。この角閃石片麻岩は Juffa 片麻岩の上部に多く挟在し、Wadi Ahamilt, Wadi Ayn 及び Wadi Shaat 等では Sadh 片麻岩との境界付近に多く産し、上記含ザクロ石・白雲母 - 黒雲母片麻岩と互層を構成する産状が観察される (写真5, 6)。

石英閃緑岩片麻岩は含ザクロ石白雲母 - 黒雲母片麻岩に片麻状構造の平行～斜交関係を示す産状が観察される (写真3)。

野外の観察では本岩相は後述の Sadh 片麻岩の石英閃緑岩片麻岩の岩相又は、花崗閃緑岩の岩相に似るが今回の調査では Wadi Shaat 東側の小さな Wadi 内において観察したのみで、その連続性、層位的位置関係等について不明な点が多い。

構造

Juffa 片麻岩の片麻状構造の一般的な方向は NE-SW 方向を示して分布し、ゆるやかな傾斜を示している (写真3, 5)。

Wadi Ahamilt から Wadi Bayt Said 上流にかけて背斜構造が NE-SW 方向に発達しており、本片麻岩はこの背斜構造のコアを形成し、背斜構造の東翼では更に Juffa 付近までゆるやかなうねりを示して分布する。

Wadi Aingalf および Wadi Ayn 付近では断層の影響を受けて傾斜及び片麻状構造の方向が乱れる。

層位関係

Juffa 片麻岩は調査地域の最下部を構成して分布し、上位の Sadh 片麻岩とは互層関係又は漸移する。

野外では、Juffa 片麻岩の上部付近に角閃石片麻岩の挟在する割合が多く且つ、Sadh 片麻岩との境界に向ってその量を増す傾向が観察される。すなわち、境界部付近は角閃石片麻岩と含ザクロ石白雲母 - 黒雲母片麻岩の互層を経て角閃石片麻岩～角閃石石英閃緑岩に移行する。

今回の調査では含ザクロ石白雲母 - 黒雲母片麻岩の消える点を Juffa 片麻岩の上限と

した。

Juffa 片麻岩は後述のペグマタイト-石英脈、岩株及び岩脈類により貫かれ、Wadi Aingalf 上流からWadi Shaat 上流にかけてMirbat 砂岩層に不整合に覆われ、調査地域北方（海岸近くの一部分）では、Umm er Radhuma 層により不整合に覆われる。

2) Sadh 片麻岩

本岩の名称は調査地域の海岸の中央部にあるSadh 部落の名をとりSadh 片麻岩と仮称する。

この名称は従来からフィードネームとして用いられていた様ではあるが、その基準が不明なので今回の調査では後述の岩相を示す片麻岩について使用する。

分布

Juffa 片麻岩をとり囲む様に、これの西側-南側-東側にかけて広く分布する。

Mirbat 部落付近では背斜構造の西翼にJuffa 片麻岩上に乗る、且つ、Mirbat 砂岩層に不整合に覆われて三角形に分布する。背斜構造の東翼側ではJuffa 片麻岩の上に乗る、Wadi Ayn, Wadi Khorhaufa, Sadh 部落, Wadi Shiliyarn 上流部やJabal Musayrah 付近にかけて広く分布する。

Hadabin 付近で石英閃緑岩-花崗閃緑岩バソリスに貫かれて分布が中断するが、調査地域北東端に再び露出する（第12図）。

岩相

野外の観察によれば、非常に多様な岩相変化を示すが、基本的には角閃石片麻岩相と石英閃緑岩片麻岩相に大別されるが、所によっては片麻状構造の不明瞭な塊状の斑れい岩や角閃岩と呼ぶべき岩相を呈するものがある。野外の複雑な岩相は、その場における両者の岩相の占める割合、同化の程度などから見掛け上多様な岩相を示す注入片麻岩と考えられる。

角閃石片麻岩は肉眼的に黒灰色～暗灰緑色を示す塊状片麻状岩相を示し、石英閃緑岩の岩相と混在、同化して形成される片麻構造の暗色部～黒色部を占めるが、全体として角閃石片麻岩、又は、角閃岩であろう。

鏡下では粗粒の角閃石、斜長石と少量の石英が主要構成鉱物で、若干の磁鉄鉱、スフェン、アバタイトを伴う完晶質片麻状構造が発達する（顕微鏡写真11～14）。

角閃石 : 3.0～3.5mm大で多量の半自形結晶が同一方向に配列する。結晶は比較的新鮮で、緑色～淡緑色の多色性を示す。

斜長石 : 1.0～2.0mm大で半自形～他形結晶を示して角閃石の結晶の間に平行に配列。結晶の大部分はセリサイト、緑れん石に変質している。

石英 : 1.0～3.0mm大の他形結晶を示し、角閃石、斜長石の結晶の間を埋めて平

行に配列する。

磁鉄鉱 : 0.5~0.2mm大で角閃石結晶中に点在。

その他 : スフェン、アバタイト等が角閃石に伴って若干認められる。

大部分の試料は共通してセリサイトに変質し、一部は緑泥石、ゾイサイト、緑れん石及び稀に蛇紋石に変質している。

これらの造岩鉱物の量的関係は次の通り

角閃石>斜長石>石英>磁鉄鉱>アバタイト他

本岩相の試料 28-A-109, 28-A-110 の化学成分及び C. I. P. W ノルム値は第 9 表に示される。28-A-110 は絹雲母化作用を著しく蒙り、他の化学成分と比較することは、困難だが、28-A-109 の化学成分は R. A. Daly (1933) の basalt や diabase の化学成分に類似し、且つ日本の三波川変成帯の actinolite epidote schist (H. Shibata 1968) に類似し(第 10 表)、これらの試料の化学分析から得られた化学成分は前述の ACF ダイアグラム(第 15-C 図) 上でも本片麻岩は塩基性火成岩を原岩とする領域にプロットされることを示している。

以上の室内研究結果や野外の観察結果から角閃石片麻岩は Juffa 片麻岩と漸移すること等から角閃石片麻岩の原岩は、塩基性溶岩流~同質碎屑岩類と推定される。

石英閃緑岩片麻岩は、酸性火成岩が原岩と考えられ、優白色~緑灰色の塊状~片麻状岩相を示す。この片麻岩は角閃石片麻岩と混在、同化して形成される片麻状構造の白色部を占め(写真 7, 9)時には塊状の産状を示す。

鏡下では粗粒の斜長石、石英と少量の黒雲母、角閃石及び若干の磁鉄鉱、アバタイト等から成る等粒状完晶質構造を示す。

片麻状構造は鏡下で顕著でない部分もあるが、野外写真 7~10 に示す様に片麻状構造の発達する部分では白雲母、黒雲母および角閃石等の有色鉱物が一定方向に配列しているのが鑑察される(顕微鏡写真 7~10)。

斜長石 : 5.0 mm 以下の半自形結晶を示しアルバイト双晶が明瞭である。一部、又は大部分が白雲母、セリサイトに変化。

石英 : 2.0~5.0 mm 大の他形結晶を示して斜長石や角閃石の間に分布。

角閃石 : 2.0~5.0 mm 大の半自形結晶で、新鮮なものは緑色~黄緑色の多色性を示す。一部、又は大部分緑れん石、ゾイサイト、緑泥石等に変化している。

磁鉄鉱 : 1.0 mm 大の不透明鉱物として普遍的に分布する。一部は赤味のある針鉄鉱に変化している。

黒雲母 : 1.0 mm 以下のフレークがほぼ平行に配列、一部緑泥石に変化。

その他 : 0.5 mm 以下の白雲母、スフェンの小結晶が少量散点する。

Sadh 片麻岩は以上の角閃石片麻岩相と石英片麻岩相が互いに混在し、同化して形成さ

れた多様な岩相を示す片麻岩で、原岩はそれぞれ塩基性～酸性火成岩と考えられる注入片麻岩である。

構造

Sadh 片麻岩の片状構造の方向は一般に Juffa 片麻岩の分布を囲む様に分布するが、Wadi Aingalf や Wadi Shiliyarn 付近では、本岩体内部では断層の影響を受けて複雑な方向と急傾斜を示す。

層位関係

下位の Juffa 片麻岩とは角閃石片麻岩と含ザクロ石白雲母-黒雲母片麻岩の互層状関係～指交状関係を経て漸移する。

全域にわたってペグマタイト-石英脈、岩株～岩脈状火成岩類や石英閃緑岩～花崗閃緑岩パソリスに貫かれる。

Mirbat 部落北東部では Mirbat 砂岩層により不整合に覆われ、Juffa 北部では Umm er Radhuma 層により不整合に覆われる。

3) 石英閃緑岩-花崗閃緑岩

分布

本調査地域の北東部に直径約 20 km のパソリス状形態を示して広く分布する。他に Mirbat 部落の北方約 3 km に Mirbat 砂岩層の不整合面直下に小規模な岩体が分布する。

岩相

灰色～淡灰色花崗岩質岩で、鏡下では石英、カリ長石斜長石等を主要構成鉱物とし、少量の白雲母、黒雲母と磁鉄鉱等を伴う等粒状完晶構造を示す(顕微鏡写真 15～20)。

石英 ; 5.0～8.0mm 大の大型他形結晶を示して長石類の結晶の間を埋めて分布する。

結晶中には微小の液体～ガス包有物が常に認められる他に黒雲母が稀に包有される。

カリ長石 : 5.0 mm 以下の自形～半自形結晶で、微文象構造、又は微斜長石構造が特徴的で、他の結晶の間にも間填状に分布する。

斜長石 : 2.0～5.0mm の自形～半自形結晶を示し、新鮮な結晶はカールスパッド双晶、アルバイト双晶が発達するが、多くの結晶は羽毛状にセリサイトは白雲母に変化している。

角閃石 : 4.0 mm 以下の半自形結晶で新鮮な結晶は強い多色性を示す。

結晶の一部はゾイサイトに変化し、磁鉄鉱、アパタイト、スフェンを包有する。

黒雲母 : 1.0～3.0mm 大の自形～半自形結晶を示して他の結晶の間に分布する。

新鮮な結晶は褐色～淡褐色の多色性を示し、一部緑泥石及び緑れん石に変化している。磁鉄鉱、アパタイトを伴う。

白雲母 : 0.5～0.7mm大の微小結晶として少量認められる。

磁鉄鉱 : 0.5mm以下の大きさの不透明鉱物として石英結晶中又は他の結晶の間に分布し、微小なアパタイトを包有する。

スフェン : 2.0mm以下の褐色で複屈折率の高い自形結晶を示し、黒雲母又は角閃石に伴って少量分布する。

本岩類は一般にセリサイト化、緑泥石化、緑れん石化及びゾイサイト化等の弱い変質作用を受けている。石英閃緑岩は少量のカリ長石を含むか又は全く含まない。一方花崗閃緑岩は相当量のカリ長石を含んでいる、これらの岩石は共に多量の斜長石を含む。またトロンエム石は地質図外で石英閃緑岩中に岩脈状をなして産出する。試料22-5-1, 22-6は化学成分、Q-Kf-P1ダイヤグラム(第15-A図)等から石英閃緑岩及び花崗閃緑岩の領域を示し、境下の鑑察結果と合わせて石英閃緑岩～花崗閃緑岩が本岩の主要岩相と考えられる。

構造

主要岩体は調査地域東部にバソリス状形態を示して広く分布する。Mirbat部落の北部ではMirbat砂岩層の基底礫の供給源となっている。

これらの岩体の貫入による周辺部への構造的影響については今回の調査では不明な点が残されたので今後の精査に待たねばならない。

層位関係

調査地域東部でSadh片麻岩を貫いて分布するが、ペグマタイトー石英脈、岩株状アダメロ岩、岩脈状石英斑岩～粗粒玄武岩に各所で貫かれている。

Mirbat北部ではMirbat砂岩層に不整合に覆われ、東部のバソリス岩体はUmm er Radhuma層に不整合に覆われている。

4) ペグマタイトー石英脈

分布

調査地域の先カンブリア系の露出する地域全域に亘って脈状、網状形態を示して分布する。

最大幅数mに達するものもあるが、一般に1m前後のものが多い。

岩相

石英脈はほとんど石英からなり、肉眼的に他の鉱物を含有しない、またペグマタイトはピンク色のカリ長石の巨晶や雲母類(白雲母、黒雲母)の集合結晶および石英からなり粗粒の花崗岩質岩相を示す。

鏡下(顕微鏡写真21, 22)では石英, パーサイト, 斜長石からなる花崗岩質~ペグマタイト質構造を示す。

石英 : 5.0 mm大の他形結晶がモザイク状にペグマタイト部を占める。

パーサイト: 巨大なカリ長石の結晶中に葉片状にNa長石の微小結晶を包有し, 石英や斜長石の結晶間に巨晶をなして分布する。

斜長石 : 6.0 mm大の半白形結晶がアルバイト双晶を示して発達し, 結晶中には0.3 mm以下の自雲母結晶, 石英の微晶を多数包有する。

これらの造岩鉱物の量比関係は次の通りである。

石英=斜長石>パーサイト

層位関係

Juffa片麻岩, Sadh片麻岩及び石英閃緑岩-花崗閃緑岩を切って無数に発達するが, 後述の粗粒玄武岩, 石英斑岩岩脈に明瞭に切られる(写真13)。

5) 岩株及び岩脈

本調査地域に産する火成岩類には, 前述の石英閃緑岩-花崗閃緑岩パソリスの他に若干の岩株状酸性岩と多数の岩脈状塩基性岩, 酸性岩が発達する。

分布

岩株状岩体はJuffa キャンプ北西部約13 kmの位置に直径約100 mの規模で分布するものが最大で, その他調査地域北東部の石英閃緑岩・花崗閃緑岩パソリス岩体中に小規模に分布する。岩脈状岩体の分布方向は, NW-SE系が最も多く, 調査地域の中央部に発達する。また, N-S系を示すものは, 調査地域西部Mirbat付近や, 調査地域東部Hadabin付近に分布する。その他若干のNE-SW系がこれらと斜交して分布する。一般に幅10~30 m, 延長数kmに達する。

岩相

a. 岩株状岩体

肉眼的には, 赤灰色~赤褐色の完晶質岩である。鏡下(顕微鏡写真27, 28)では, 石英, カリ長石, 斜長石, 角閃石, 磁鉄鉱等からなる完晶質等粒状組織が鑑察される角閃石アダメロ岩である。

カリ長石: 最大2.5 mmの半自形~他形結晶で, カールスパット及びパーサイト組織が発達する。

石英 : 最大2.0 mmの他形結晶でカリ長石の結晶の間を埋めて分布する。

斜長石 : 最大2.5 mm大の半自形結晶でアルバイト組織が発達し, 局部的にセリサイト化する。

角閃石 : 0.8 mm大の小結晶で多色性及び屈折率が高く一部緑泥石化する。磁鉄鉱

は角閃石に付随して、小結晶状に発達、しばしばアバタイトの微晶を含む。

この角閃石アダメロ岩は緑泥石化及びセリサイト化作用を弱く受けている。これら造岩鉱物の量的関係は次の通りである。

カリ長石>石英>斜長石>角閃石>磁鉄鉱ほか、

本岩体は鏡下の鑑察結果、角閃石アダメロ岩～角閃石石英モンゾニ岩に属す岩相と考えられる。また、化学成分分析結果(第9表)では、SiO₂の量が多いことからR.A.Dalyの分析値のアルカリ花崗岩に似るが、今回は試料数も少ないことから鏡下の鑑察結果をとり、角閃石アダメロ岩とした。

b. 岩脈

野外では、塩基性岩相(粗粒玄武岩)及び酸性岩相(石英斑岩～流紋岩質石英安山岩)が観察される。鏡下の鑑察ではそれぞれ粗粒玄武岩及び石英斑岩に分類される。

粗粒玄武岩 (顕微鏡写真23～26)

斑晶と石基の顕著な完晶質斑状構造を示す。斑晶は斜長石、石英、普通輝石から成る。

斜長石 : 2～4mm大の自形～半自形結晶で、カールスパッド双晶が発達し、一部又は大部分セリサイト、白雲母及び炭酸塩に変化している。

石英 : 2mm以下の半自形～他形結晶が散点する。

普通輝石 : 1～2mm大の小結晶として少量分布するが、大部分緑泥石、炭酸塩鉱物に変化し、一部はモンモリロナイトに変化している。

石基 : 1mm以下のカールスパッド双晶の発達した斜長石ラス、モンモリロナイト化、黒雲母化、緑泥石化した輝石、黒雲母のフレーク、間填状に分布する石英の微晶及び磁鉄鉱等からなる完晶質な間粒状組織が発達する。

これら造岩鉱物の量比関係は次の通りである。

斜長石>輝石>石英≧黒雲母>磁鉄鉱、ほか

以上本岩相は顕微鏡鑑察及び化学成分分析結果から粗粒玄武岩であることが判明した。

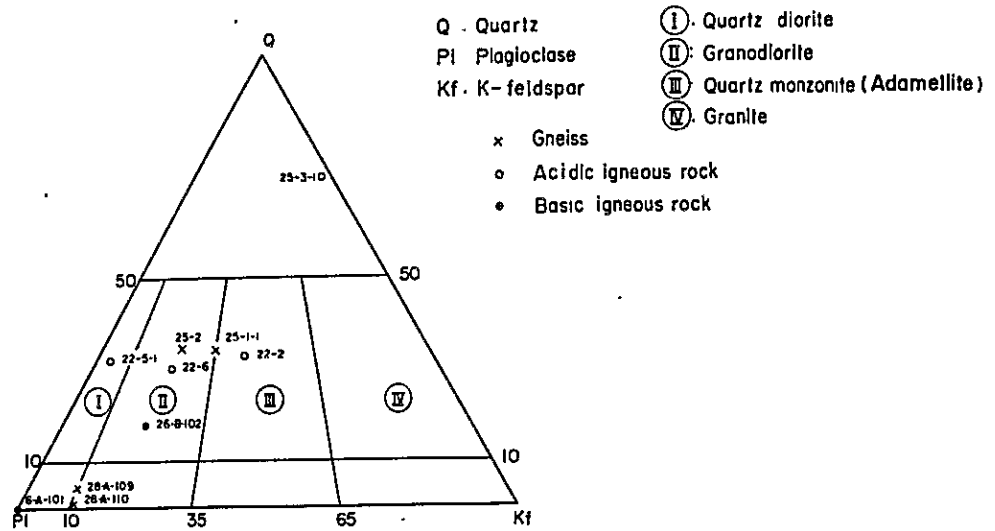
石英斑岩 (顕微鏡写真29, 30)

斑晶と石基の顕著な完晶質斑状構造を示す。

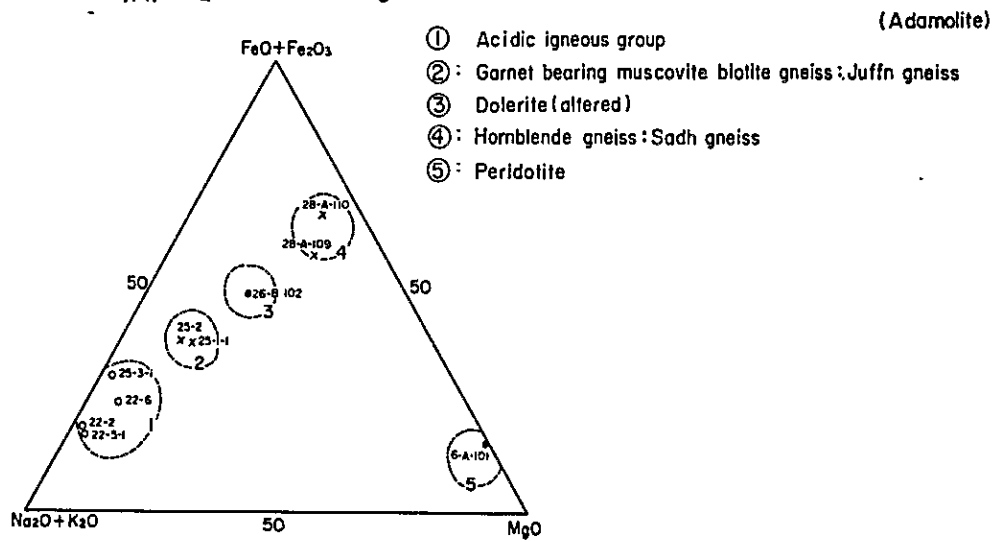
石英 : 2～3mm大の自形結晶が発達、珪化作用を強く蒙った所では結晶の囲りを更に二次石英のマントルがとり巻いている。

斜長石 : 2mm以下の自形～半自形結晶を示し、セリサイト、白雲母、炭酸塩および緑れん石に変化している。

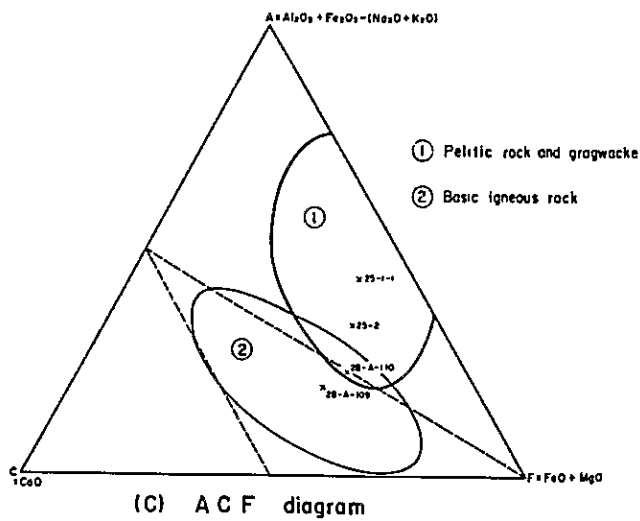
石基 : 石英の微晶0.5mm大の斜長石ラス、最大1mmの白雲母等から成るモザイク組織が顕著で、石英-長石のミルメカイト、またはグラノフィリック



(A) Q-Pl-Kf diagram (Norm)



(B) (FeO+Fe₂O₃)-(Na₂O+K₂O)-MgO diagram



(C) A C F diagram

Fig. 15 Diagrams of Q-Pl-Kf, (FeO+Fe₂O₂)-(Na₂O+K₂O)-MgO, and A C F

Table 9 Chemical composition and C.I.P.W norm.

Area	Salalah area									Batinah Coast
Sample No.	25-1-1	25-2	28-A-109	28-A-110	22-6	22-5-1	26-B-102	25-3-1	22-2	6A-101
Rock name	Biotite gneiss	Biotite gneiss	Hornblende gneiss	Hornblende gneiss	Grano-diorite	Trondh-jemite	Dolerite	Quartz porphyry	Adamellite	Peridotite
SiO ₂ %	65.26	68.86	49.80	37.16	70.39	72.82	54.62	78.99	74.29	42.39
TiO ₂	0.61	0.60	1.35	3.21	0.21	0.07	0.95	0.06	0.14	0.10
Al ₂ O ₃	17.54	14.70	14.08	12.63	15.55	16.03	16.44	12.93	13.27	2.21
Fe ₂ O ₃	1.40	0.96	3.54	10.88	0.76	0.12	3.23	0.52	1.03	3.95
Feo	3.70	3.92	9.56	11.68	1.85	1.26	4.92	1.26	1.11	3.52
MnO	0.11	0.14	0.22	0.55	0.06	0.01	0.11	0.01	0.02	0.11
MgO	1.98	1.56	6.99	8.76	0.65	0.30	3.41	0.12	0.34	37.08
CaO	1.33	1.85	10.19	9.36	2.10	2.69	6.82	0.20	0.48	1.50
Na ₂ O	3.25	3.76	2.03	1.32	4.67	5.68	2.99	0.13	3.81	0.03
K ₂ O	2.97	2.35	0.86	0.77	2.41	0.45	2.10	3.80	4.85	0.03
P ₂ O ₅	0.15	0.18	0.15	0.51	0.11	0.04	0.19	0.06	0.06	0.02
CO ₂	-	-	-	-	-	-	1.94	-	-	0.44
H ₂ O (+)	1.07	0.83	0.38	2.48	0.14	0.15	1.82	1.21	0.09	8.00
H ₂ O (-)	0.22	0.12	0.18	0.08	0.23	0.08	0.18	0.52	0.24	0.42
Total	99.59	99.83	99.33	99.39	99.13	99.70	99.72	99.81	99.73	99.80

Q	27.3	29.4	1.9		27.8	30.7	13.0	62.3	32.0	
C	6.8	2.9			1.8	1.2	1.6	8.3	0.9	0.5
Or	17.8	13.9	5.0	4.5	14.5	2.8	12.2	22.3	28.4	
ab	27.3	32.0	17.3	11.0	39.3	48.2	25.2	1.0	32.0	
an	5.8	8.3	26.7	26.4	9.5	13.4	20.9	1.1	2.5	4.7
di	wo		9.6	7.0						
	en		5.3	4.7						
	fs	4.9	3.9	3.9	1.8					
hy	en	4.9	5.7	12.0	3.9	1.6	0.7	8.5	0.3	0.8
	fs			8.9	1.5	2.5	2.1	5.0	1.8	0.9
Ol	fo			9.3						37.4
	fa			3.9						1.5
mt	2.1	1.4	5.1	15.7	1.2	0.2	4.6	0.7	1.4	5.8
il	1.2	1.2	2.6	6.1	0.5	0.2	1.8	0.2	0.3	0.2
ap	0.3	0.3	0.3	1.3	0.3		0.3			
cc							4.4			
Total	98.4	99.0	98.6	97.1	99.0	99.5	97.5	98.0	99.2	91.5
Q+Or+ab	72.4	75.3	24.2	15.5	81.6	81.7	50.4	85.6	92.4	0
D.I	73.6	76.1	24.5	16.0	82.4	82.1	51.7	87.3	93.1	0

Table 10 Chemical composition of various rocks

Sample No. Composition	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SiO ₂	63.50	69.60 ~ 77.74	79.03	49.06	50.48	45.31 ~ 47.63	66.34 ~ 74.12	70.18	73.30
TiO ₂	0.71	0.18 ~ 0.50	0.40	1.36	1.45	1.51 ~ 3.37	0.15 ~ 0.39	0.39	0.11
Al ₂ O ₃	16.88	7.29 ~ 11.32	10.81	15.70	15.34	13.33 ~ 16.94	13.18 ~ 16.92	14.47	12.33
Fe ₂ O ₃	2.18	0.73 ~ 1.05	0.55	5.38	3.84	3.98 ~ 6.67	0.62 ~ 2.14	1.57	2.58
FeO	3.25	0.66 ~ 2.62	1.63	6.37	7.78	4.69 ~ 7.97	0.70 ~ 2.81	1.78	1.28
MnO	0.05	0.01 ~ 0.07	0.04	0.31	0.20	0.16 ~ 0.21	0.01 ~ 0.02	0.12	0.02
MgO	2.23	0.72 ~ 1.94	0.94	6.17	5.79	5.34 ~ 7.67	0.51 ~ 2.33	0.88	0.26
CaO	0.64	1.57 ~ 4.23	1.68	8.95	8.94	7.09 ~ 11.59	2.08 ~ 5.85	1.99	0.46
Na ₂ O	1.97	1.56 ~ 2.96	3.08	3.11	3.07	2.33 ~ 3.38	3.09 ~ 5.10	3.48	4.55
K ₂ O	4.00	2.14 ~ 3.16	1.43	1.52	0.97	0.52 ~ 0.67	0.24 ~ 2.45	4.11	4.20
P ₂ O ₅	0.18	0.07 ~ 0.18	0.08	0.45	0.25	0.04 ~ 0.27	0.02 ~ 0.06	0.19	0.05
H ₂ O+	2.70	0.73 ~ 2.00	0.39	} 1.62	} 1.89	} 3.03 ~ 4.15	0.58 ~ 1.62	} 0.84	} 0.86
H ₂ O-	0.53	0.01 ~ 0.40	0.01				0.11 ~ 0.66		
Total	98.82		100.10						

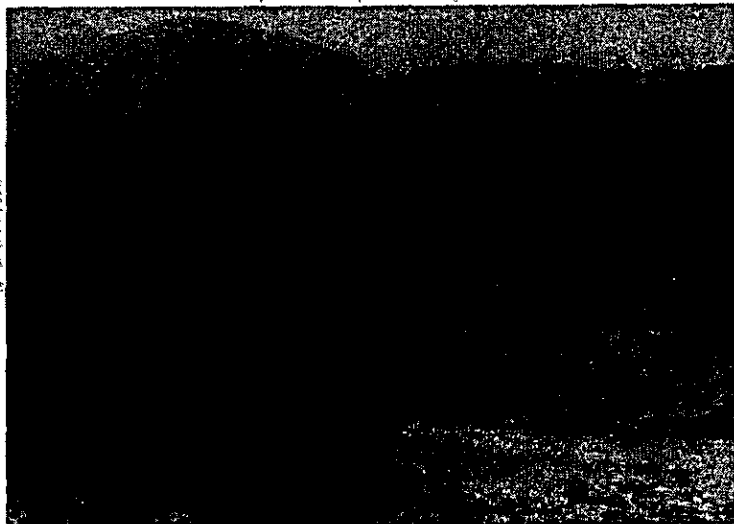
1. Average of 17 slates and their metamorphosed equivalents in the northern Kiso district in Japan [Katada M. (1967)]
2. Range in Compositions of 7 non-metamorphosed sandstone [ditto]
3. Biotite-gneiss [ditto]
4. All basalt (198 samples) [Daly, R.A. (1933)]
5. All diabase (90 samples) [ditto]
6. Actinolite epidote schist (4 samples) [Shibata H. (1968)]
7. Trondjemite (9 samples) [ditto]
8. All granite (546 samples) (Daly)
9. Alkaline granite (12 samples) (Daly)

Photo. 1 Juffa gneiss (25-1)



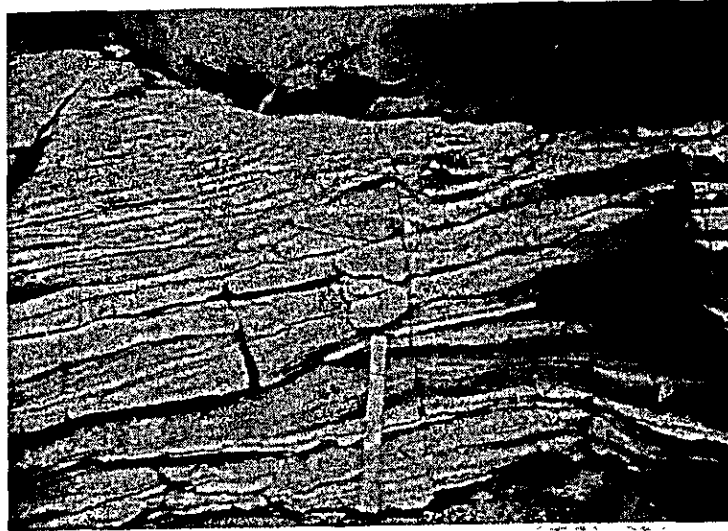
The Juffa gneiss showing a typical appearance of thin-banded structure composed of dark (biotite, muscovite) and light (quartz and plagioclase) parts.

Photo. 2 Juffa gneiss (25-1)



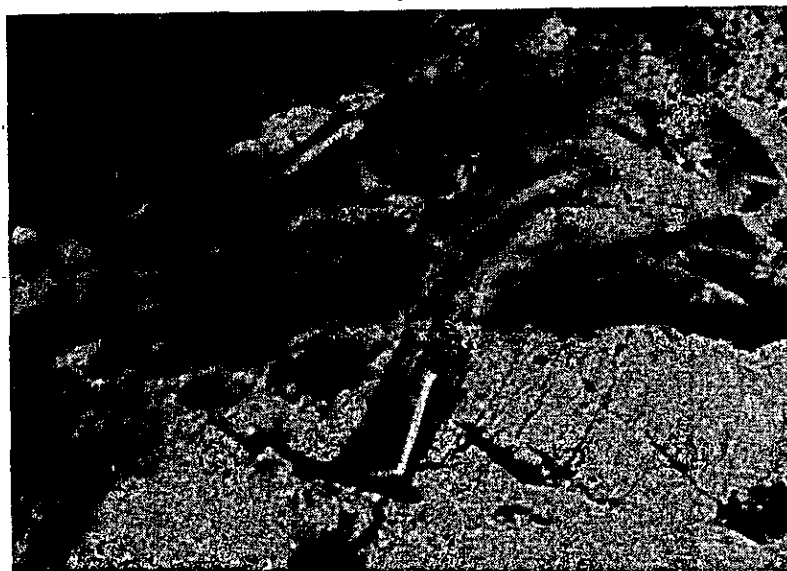
The hornblende gneiss, a few-meter-thick, black part distributing approximately horizontally in the middle of photograph, exists as an intercalation of granet bearing muscovite-biotite gneiss.

Photo. 3 Juffa gneiss (26-B-101~ 103)



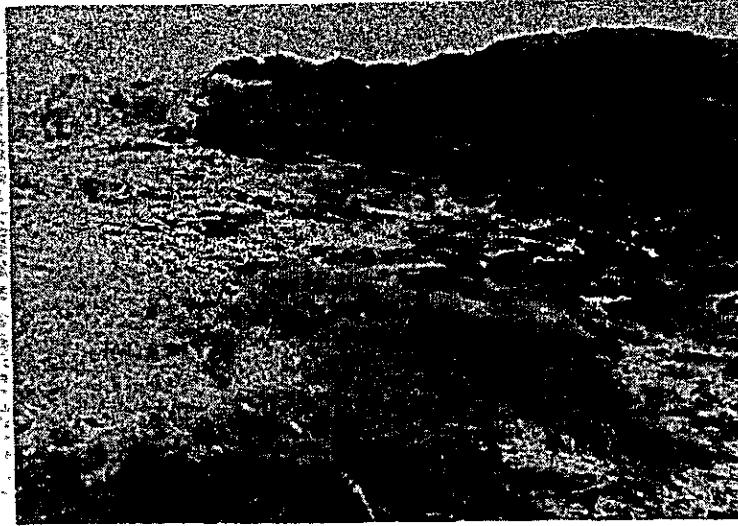
The Juffa gneiss showing a typical gneissose structure. A dolerite dyke, the upper part, cuts clearly the gneissosity.

Photo. 4 Juffa gneiss (22-3-2)



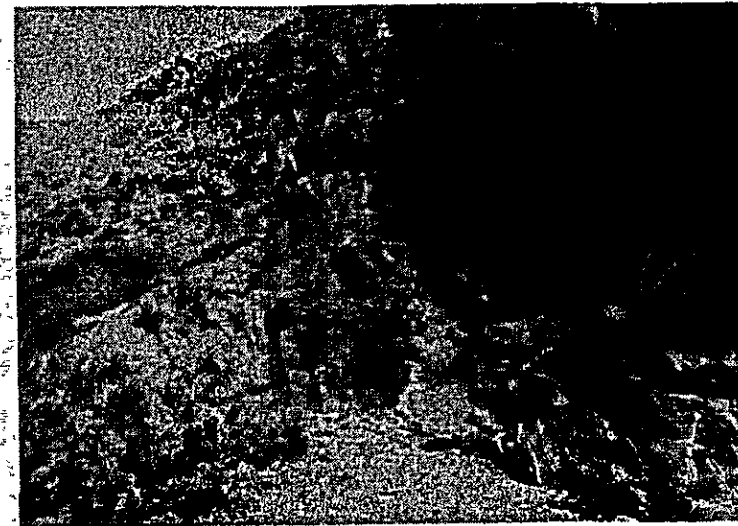
Biotite gneiss (black part along the hammer) in muscovite-biotite-quartz diorite (white part)

Photo. 5 The boundary between Juffa gneiss and Sadh gneiss (28-A-109)



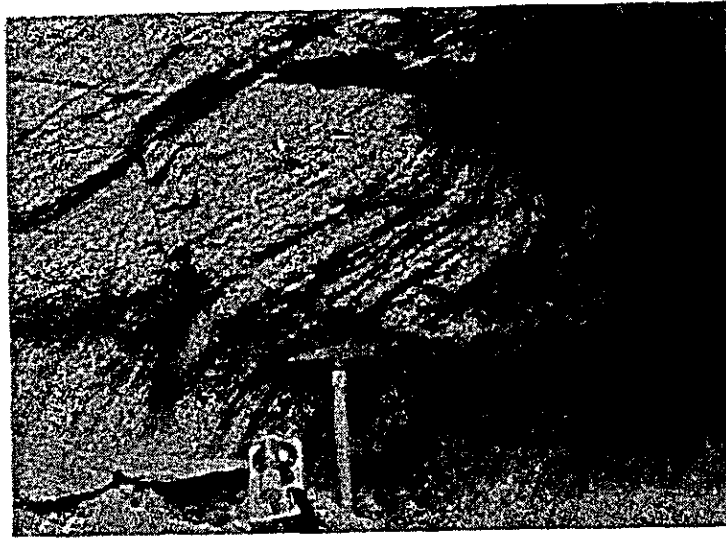
The Sadh gneiss overlies Juffa gneiss at Wadi Shaat. The Sadh gneiss (black, upper part) forming a steep slope and the Juffa gneiss (gray, lower part) forming a gentle slope show a common gneissosity.

Photo. 6 Ditto (28-A-110)



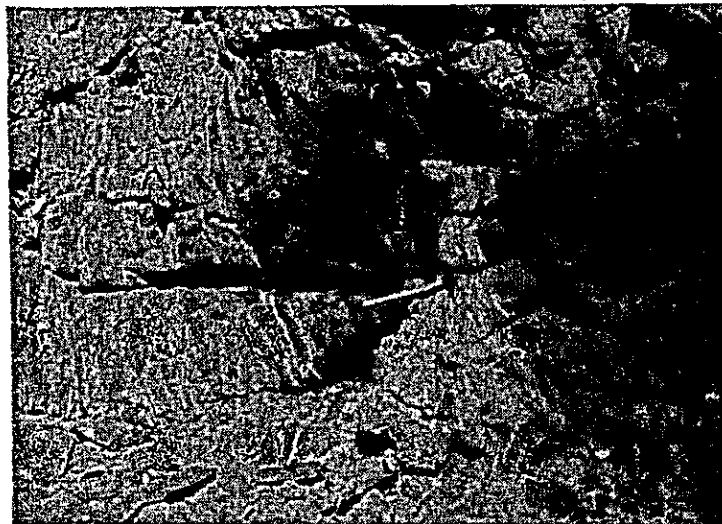
The Sadh gneiss (black, right part) occupies apparently an upper position to the Juffa gneiss (gray, left part) at Wadi Ain. The Juffa gneiss has intercalations of hornblende gneiss (black part) and the both gneisses seem to have a gradual transition.

Photo. 7 Sadh gneiss (28-A-104)



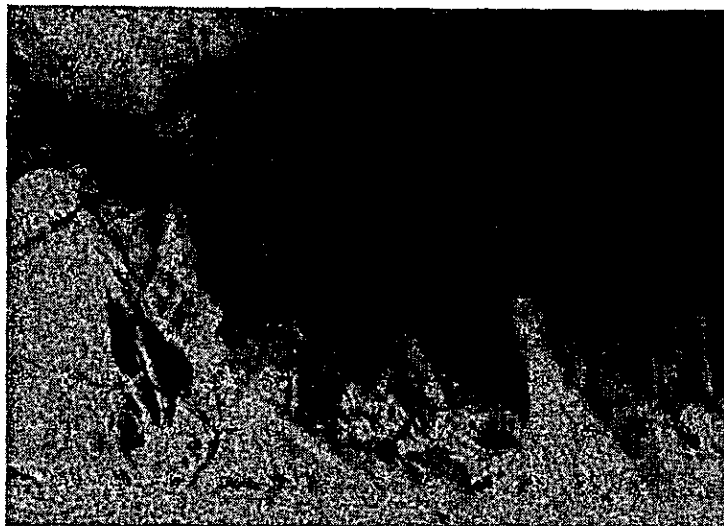
The Sadh gneiss showing a typical gneissose structure composed of banded dark hornblende gneissose part and light quartz dioritic part at Wadi Jish Jesh.

Photo. 8 Sadh gneiss and Juffa gneiss (28-A-110)



The Sadh gneiss showing various appearances on one outcrop at Wadi Ain. This part is very close to the boundary between Juffa gneiss and Sadh gneiss.

Photo. 9 Sadh gneiss (28-A-101 ~ 102)



The Sadh gneiss showing a typical mode of occurrences on the bank of Wadi Jish Jesh. Black part is hornblendite or hornblende gneiss, gray part is gneissose hornblende rich quartz diorite, and white part is hornblende poor quartz diorite. The white part cutting the gneissosity is pegmatite.

Photo. 10 Sadh gneiss (28-A-101 ~ 102)



ditto

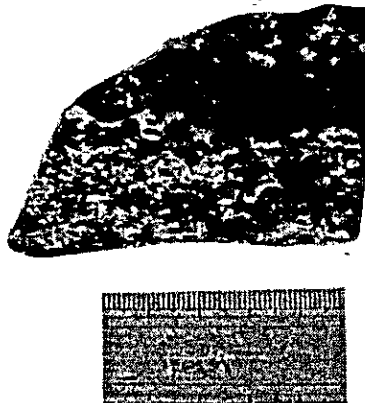
Veins (narrow white part in the gray, left middle part) and a pool (white, left, irregular part) in the Sadh gneiss.

Photo. 11 Sadh gneiss (22-8)



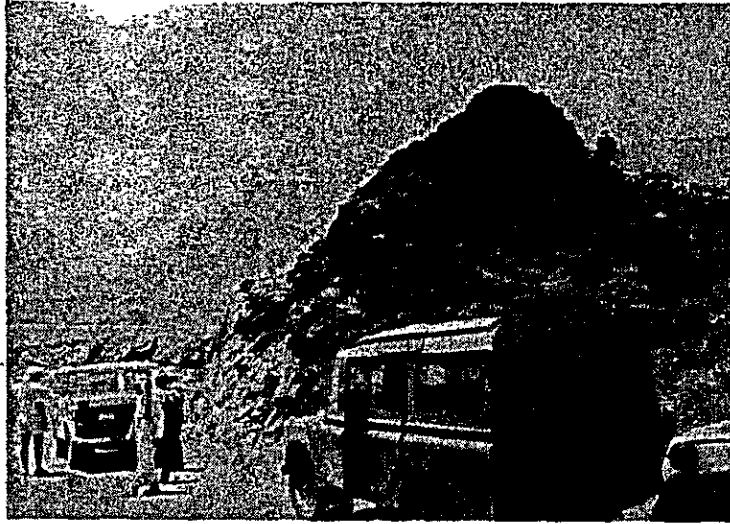
The polished surface of the Sadh gneiss near the mouth of Wadi Aingalf showing a typical banded structure. This rock shows the highest radioactivity in the surveyed area.

Photo. 12 Sadh gneiss (28-A-102)



The polished surface of the Sadh gneiss at Wadi Jish Jesh showing a parallel arrangement of hornblende crystal (black part).

Photo. 13 Granophyre dyke cutting quartz-vein (25-3-2)



The near-vertical granophyre dyke about 30 meters in width, which makes a ridge cuts the quartz vein which is white and runs apparently horizontally.

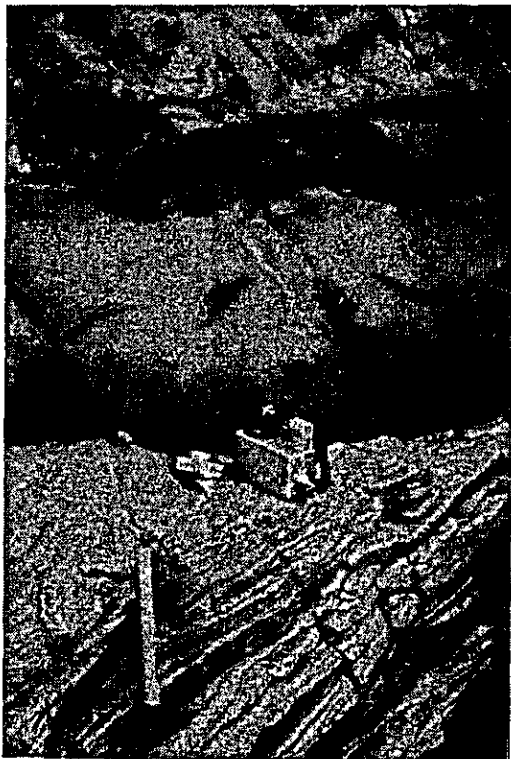


Photo. 14 Quartz porphyry and dolerite dykes (26-B-101 ~ 103)

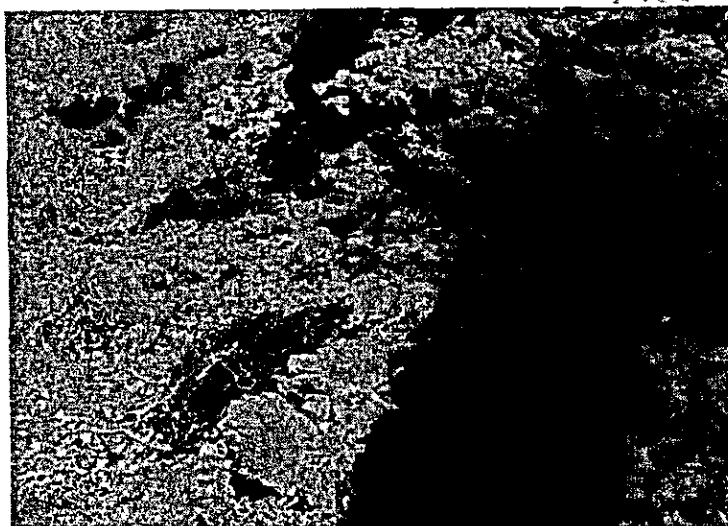
A dolerite dye, middle black part, cuts the Juffa gneiss, lower banded part, and a quartz porphyry dyke, upper white ~ gray part, cuts the dolerite dyke in which quartz porphyritic veinlets develop.

Photo. 15 Dykes in Juffa gneiss



Dykes (darker elongating part) develop and some form continuous ridges because of their higher resistance for weathering (from the vicinity of old lead pit).

Photo. 16 Dolerite dyke cutting pegmatite (26-A-101 ~ 104)



A dolerite dyke (black part) cuts a pegmatite dyke (white part) along strike side and both dykes are shifted about 3 meters to the left side by a fault.

組織の鑑察されるものもある(試料25-3-2)。石基中の斜長石は大部分セリサイトに変化する他、炭酸塩鉱物が晶洞を埋めて発達する。本岩相は鏡下の鑑察では石英斑岩、含白雲母グラノファイヤー等の岩相を示す。化学成分分析を行った試料25-3-1は珪化作用を強く蒙ったことを裏付けており、本来の化学成分を表わすものではない。

構造

粗粒玄武岩、石英斑岩々脈群は先カンブリア系の準平地帯に広く分布し、一部斜交又は、直交するが大部分はNW-SE方向に平行配列するケースが多く、この地形的に準平地帯の凸部(尾根部)を形成し、且つ、主要水系はこれら岩脈の間に平行に発達している。この方向は、本地域の変成岩類のNE-SW系褶曲軸と直交する主応力方向NW-SEに一致して形成された張力割目に沿って貫入したものと考えられる。

層位関係

以上の岩株状岩体及び岩脈状岩体は、Juffa片麻岩、Sadh片麻岩、石英閃緑岩-花崗閃緑岩及びペグマタイトを切る関係が野外で明瞭に観察される。粗粒玄武岩と石英斑岩の前後関係は25-4地点や26-A-101~26-A-104地点で石英斑岩が粗粒玄武岩を明瞭に切る現象が観察される。石英斑岩、角閃石アダメロ岩岩株の関係はほとんど同一時期で、Juffaキャンプ北西部のアダメロ岩体では、岩株状岩体から石英斑岩々脈が放射状に派生しているのが観察される。即ち、これらは同一マグマから供給されて岩相分化し、且つ、貫入形態を異にした岩体と考えられる。上位層のMirbat砂岩層との関係は、今回の調査では不明だが、K-Ar年代測定結果、約5.5億年と先カンブリア末紀の貫入を示しており、オルドヴィス紀に対比されるMirbat砂岩相には不整合に覆われるものと推定される。

2-3-2 オルドヴィス系(Mirbat砂岩層)

分布

本層はSalalah地区西部において先カンブリア系片麻岩類および侵入花崗岩類を不整合に覆って、全体として緩く北北西に傾斜しており、Mirbat部落北北西約2kmの海岸付近から角閃石アダメロ岩岩株(22-2地点)の西南西方向約3.5kmの海拔約900mに至る北北東~北東方向に基盤岩類を覆っている。本岩類の上位には、Jabal Samhanを形成する白亜紀~第三紀のUmm er Radhuma層が分布し、崖の上部の海拔1,000m前後で本層を微弱な傾斜不整合で覆っている。本層は西部で厚く、東方は先カンブリア系とUmm er Radhuma層との間に楔形状に消失する。

岩相

本層は層厚690m前後の主としてアルコース砂岩からなる下層部、層厚325m前後

の砂岩及びシルト岩からなる中部層，層厚315m前後の頁岩及び砂岩からなる上部層に区分される(Taylor Woodrow - Towell Co.,Ltd. 1977)。

下部層は基底礫岩に始まり，層理がよく発達したアルコース砂岩(細礫を含むものから細粒まで)中にシルト岩を挟む。

中部層は主として細粒～中粒砂岩とシルト岩との互層からなる。

上部層は基底は2～8m厚さの不規則な下面をもつ塊状砂岩に始まり，残りは頁岩質シルト岩及びシルト岩質頁岩からなり，その上半部は砂岩の挟みが発達する。

今回の調査では，Wadi Marshamにおいて基盤岩から下部層の一部の，また，Jabal Shereefにおいて中部層と上部層の一部の地質柱状図を作成した。これらを第16図及び第17図にそれぞれ示す。

1) Wadi Marsham

第16図のようにやや絹雲母化された先カンブリア系の石英閃緑岩侵入岩体の直上に厚さ1～3mの基底礫岩が発達している。礫岩の礫は石英閃緑岩の垂角礫状の大礫～巨礫で不整合面の一部はN15°E, 20°NW, N50°E, 10°NWの走向傾斜を示す(写真17)。石英閃緑岩及び基底礫岩の一部には後生的な赤色ジャースパー脈が不規則に発達する。

10～22m : 粗粒砂岩及び礫岩から成り，一部シルト岩が挟在する。

22～35.5m : 主として中粒砂岩から成り，上部4mは層理が良く発達した中粒砂岩と細粒砂岩の互層から成る。

35.5～42.5m : 泥岩と細粒砂岩の互層からなる。

42.5～50m : 中粒～粗粒砂岩中に花崗岩質の大礫の円礫を含み，稀に径1mに及ぶ花崗岩質の巨礫を含む。

50～67.5m : 層厚約20cmの中粒砂岩と層厚約50cmのシルト質細粒砂岩又は，シルト岩の互層からなる。

67.5～71.3m : 桃紫色の塊状粗粒アルコース砂岩からなる。

71.3m～ : 層厚30cmの中粒砂岩と層厚5～10cmのシルト岩の互層から成る。

下部層の下部に分布する砂岩は一般にアルコース質で，基底部付近は陶汰も悪く，基底礫岩が基盤岩の石英閃緑岩の垂角礫の大礫～巨礫から構成されていることはこの石英閃緑岩からあまり離れていない堆積物であることを示している。また，その走向はN10°E～N35°Eで，傾斜は下部で40°，上部で15°である。また，礫岩の基質の砂質部の充填部や砂岩の基質が炭酸塩鉱物から構成される場合が多い(顕微鏡写真33, 34)。

2) Jabal Shereef

Jabal Shereefは比高約170mで平地から突出した小さな山で，Mirbat砂岩層の中部層と上部層の一部が極めて良好に露出している(写真19)。

Member (Total thickness)	Columnar section	Lithology (Thickness)	Radioactivity (μ R/Hr)	Remarks
Lower member (80m)	(775m)	buff and gray alt of m ss (30cm thick) and sls	•75.0m 12 ~ 16 (sls)	
		(70m) (7m+)	•71.0m 12 ~ 16 (m.ss)	
	(60m)	(38m) purple c arkose ss		•N 25°E NW 15°
		blackish gray alt of m. ss (20cm thick) and silty ss or sls (50cm thick)	•62.0m 9 ~ 12 (sls)	
	(50m)	(17.5m)	•52.5m 6 ~ 8 (m.ss.)	•N 20°E NW 18°
	(40m)	(7.5m) gray c. ~ m ss. rarely with subangular granite cobbles	•45.0m 6 ~ (m ss.)	•N 20°E NW 35°
		(7m) gray ~ buff sls. with thin m. ss seams	•38.0m 6 (m ss)	well-bedded N 10°E NW 20°
	(30m)	(4m) buff alt of m and f. ss.	•32.5m 9 (f. ss)	•N 30°E NW 22°
		(9.5m) gray ~ buff m arkose ss rarely with f. ss inter	•27.5m 5 (m ss) •23.0m 5 (m ss.)	•N 35°E NW 40°
	(20m)	(2m) congl with c ss		
(2.2m) c. ss				
(2m) alt of massive m ss and f ss		•16.5m 15 (sls)	29-A-103	
(10m)	(50m) buff c. ss. with granite boulders	•13.0m 6 (m ss)		
	(1~3m) congl	•10.5m 5 (congl)	29-A-101 (Matrix of congl)	
Pre-C. (0m)	(10m+)	quartz diorite	•5.0m 5	intrusive rock of Precambrian basements

Abbreviations

sandstone	: ss.	coarse-grained	: c.	alternation	: alt.
siltstone	: sls	medium-grained	: m.	intercalation	: inter.
mudstone	: ms	fine-grained	: f		
shale	: sh.				

Fig. 16 Geologic columnar section showing radioactivity of the Mirbat sandstone on the left bank of Wadi Marsham

Member (Total Thickness)	Columnar section	Lithology (Thickness)	Radioactivity (μR/Hr)	Remarks
Upper member (168m)	(160m)	buff - gray alt of sls. and sh with 5cm thick f ss.	•144.6m 11 (sls) •140.7m 11 (") •134.0m 12 (") •126.2m 12 (") •123.0m 14 (") •117.8m 10 (")	
	(150m)			
	(140m)			
	(130m)			
	(120m)			
	(53m+)			
Middle member	(110m)	massive m ss with f. ss., sls and sh (20cms) inter (7m)	•113.2m 12 (") •108.2m 9 (m. ss)	
	(100m)	buff ~ gray alt of m ss, f. ss., sls. and sh.	•105.6m 13 (sls) • 98.6m 15 (") • 93.3m 10 (m ss.)	•N15°E W14° •N30°E NW8°
	(90m)	buff-gray 10cm alt of f ss and sls. (7m)	• 87.6m 12 (sls)	
	(80m)	buff massive m ss with f ss and sls (4m)	• 81.8m 9 (m ss)	
	(70m)	buff alt of m ss, f ss and sls (4m)	• 75.0m 6 (")	•N40°E NW12° cross bedding
	(60m)	buff massive m. & c ss (4m)	• 70.3m 5 (")	
	(50m)	buff 20-30cm alt of f ss. and sls. (7m)	• 66.7m 10 (f ss) • 64.0m 11 (sls)	•N35°E NW15°
	(40m)	buff sls with f ss inter (6m)	• 58.0m 14 (sls)	
	(30m)	buff alt of m ss and sls (4m)	• 56.0m 14 (sls) • 55.0m 8 (m. ss)	channel structure
	(20m)	buff 10cm alt. of sls and f ss. (4m)	• 52.0m 11 (sls) • 51.5m 8 (m. ss)	
	(10m)	buff 30-60cm alt of m ss and sls (6m)	• 43.4m 8 (m ss)	•N30°W SW12°
	(0m)	buff, gray, white, purple sls with 15cm alt f. ss inter. (19.6m)	• 36.6m 10 (f ss.) • 28.0m 10 (sls.)	ripple mark • N - S W10°
(20m)	(3.4m) buff m ss with pebbles	• 21.0m 10 (m ss)	•N25°W SW10°	
(10m)	buff massive m ss with 20-30cm thick f ss inter. (12m)	• 14.0m 10 (m. ss) • 9.8m 14 (sls)	•N6°E W8°	
(0m)	buff massive m ss with 70 ~ 80 cm thick f ss. inter. (8m)	• 2.5m 15 (f. ss.)	•N60°E W10°	

Abbreviations are same as those of Fig. 15

Fig. 17 Geologic columnar section showing radioactivity of the Mirbat sandstone at Jabal Shereef

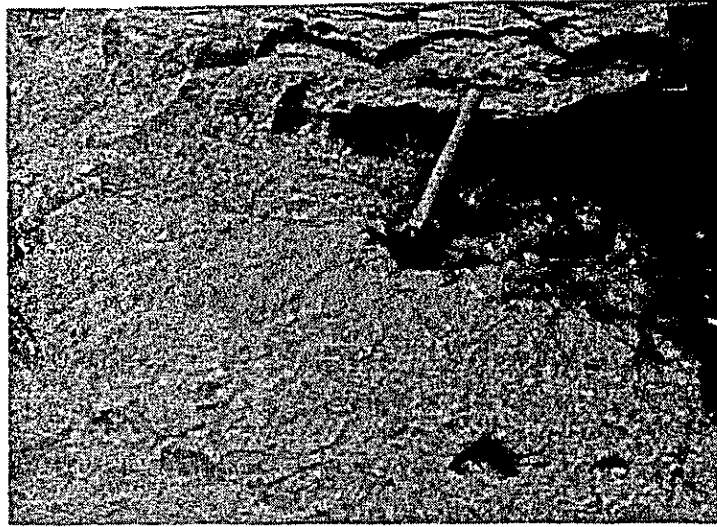
- 0～23.4 m : 主として中粒砂岩から成り、特に最上部 3.4 m の部分は石英砂粒が多く、淡緑色の片麻岩の中礫を含んでいる。
- 23.4～43 m : 雑色のシルト岩が厚さ 15 cm 前後の細粒砂岩を挟んでいる。36.6 m では砂岩の上面にリップルマークが観測され（写真 20）波浪の方向は N50° E—S50° W の方向である。
- 43～57 m : 主として中粒砂岩とシルト岩の互層から成るが、中間 4 m はシルト岩と細粒砂岩の互層から成る。
53 m 前後にはチャンネル構造が観察され（写真 21）ここでは粗粒砂岩の下面が凸状にたれ下り、下盤の粗粒砂岩との間に分布するシルト岩の厚さもやや大きくなり、上盤の砂岩はチャンネル部でややその粒度が大となる。この砂岩は走向方向に追うと同様なチャンネル構造が所々観察される。
- 57～70 m : 主としてシルト岩から成り、上半部は細粒砂岩との互層から成る。
- 70～82 m : 主として塊状の中粒～粗粒砂岩から成り、中間 4 m は中粒砂岩・細粒砂岩及びシルト岩の厚さ 10 cm 前後の互層から成り、この中に 77 m 付近で斜層理が観察される（写真 22）。
- 82～89 m : 細粒砂岩とシルト岩の 5 cm 前後の互層から成る。
- 89～108 m : 厚さ 1 m 前後の中粒砂岩と 10～50 cm の細粒砂岩～シルト岩の互層から成る。
- 108～115 m : 厚さ 20 cm 前後の細粒砂岩・シルト岩・頁岩を挟む塊状の中粒砂岩から成る。
- 115～168 m : （頂上）まではシルト岩と頁岩の互層で厚さ 5 cm 以下の細粒砂岩を挟んでいる。

以上のように、Jabal Shereef では 0～115 m までは中粒砂岩が分布しているが、その量は全体の半分以下であり、115 m 以上ではほとんどシルト岩と頁岩から成る。ここでは上部層と中部層との境界を一応中粒砂岩を含まない部分と含む部分との境界としたが、今後の調査によってはその境界が変わる可能性がある。チャンネル構造やリップルマークが観察されたことは、波浪あるいは流水の作用のもとに Mirbat 砂岩層が堆積したことを示している。走向および傾斜は一般には N—S～N40° E, 8°～15° W～NW であるが、局部的に N25° W～N30° W, 10°～12° SW である。基底部と比較して傾斜は緩い。

構造

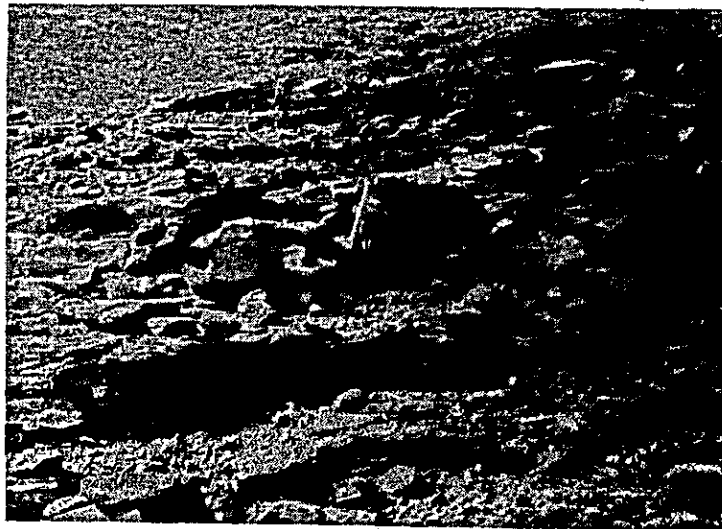
本層は一般に NNW へゆるく傾斜している。下部層の走向は N10°～35° E で、傾斜は基底部で 40° NW, その上部では 15° を示す。中～上部層の走向は N—S, N40° E で

Photo. 17 Basal conglomerate of Mirbat sandstone formation (29-A-101)



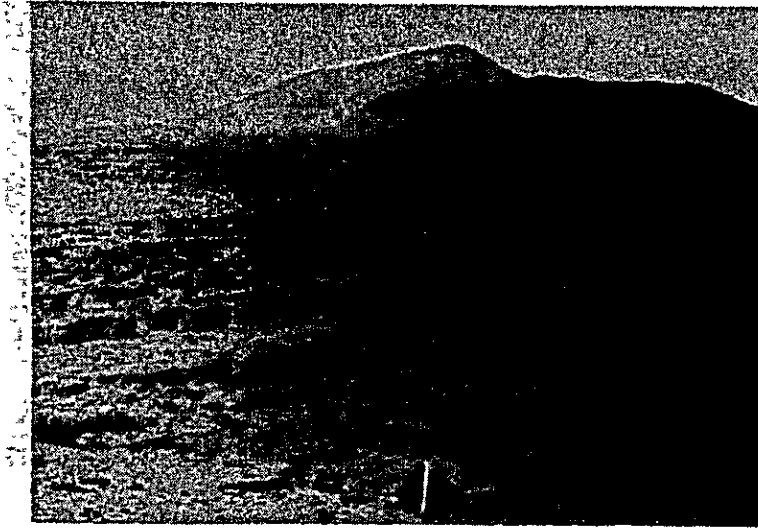
Basal conglomerate is composed of subangular and subround Precambrian muscovite-quartz diorite gravels up to boulder size and sandy matrix. The matrix consists of grains of abundant quartz diorite, quartz, plagioclase, muscovite and matrix of carbonate.

Photo. 18 The Lower member of Mirbat sandstone formation (22-10)



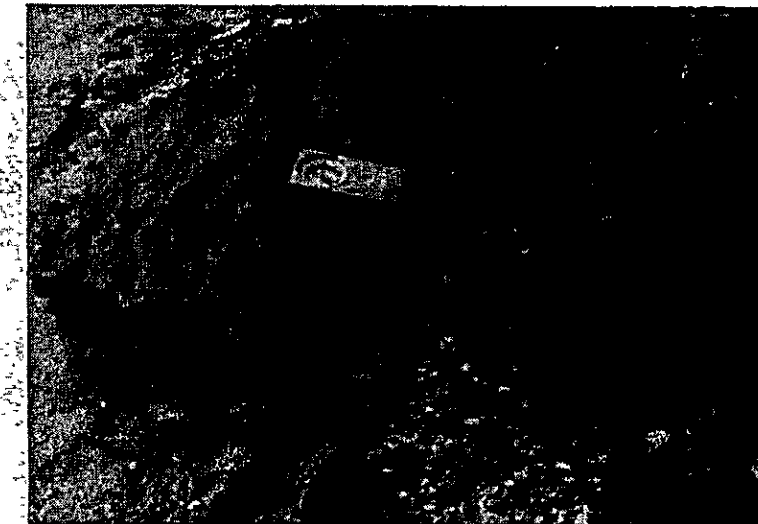
Coarse-grained, arkose sandstone of the uppermost part of the Lower member.

Photo. 19 Jabal Shereef



Jabal Shereef is composed of largely the Middle member of the Mirbat sandstone formation which consists of alternations of sandstone and siltstone and/or shale. The uppermost part of about 53 meters is composed of the Upper member.

Photo. 20 Ripple mark



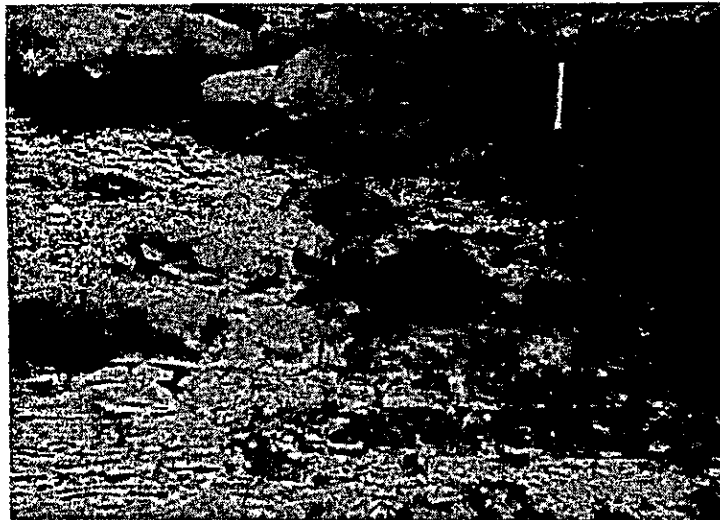
Ripple mark is present on medium-grained sandstone of the Middle member on the slope of Jabal Shereef.

Photo. 21 Channel structure



Channel structure is present in massive medium-grained sandstone of the Middle member on the slope of-Jabal Shereef.

Photo. 22 Cross-bedding



Channel structure is present in massive medium-grained sandstone on the slope of Jabal Shereef.

傾斜は 8° ～ 15° である。全体に著しい断層および褶曲構造は認められない。

時 代

Mirbat 砂岩層はすでに述べたように、Beydoun (1966)により、オマーン砂漠の Huqf - Houshi 付近の古生層の一部と対比されてオールドヴィス紀とされた。

2-3-3 白亜系～第三系 (Umm er Radhuma 層)

本層は西部では Mirbat 砂岩層を、そのほかでは先カンブリア系を不整合に覆い分布する。本層は Jabal Samhan の崖のほぼ海拔 1,000m 以上に分布し、北西方向に向い卓状地を形成する (写真 23, 24)。また、Hadabin 北東方向の Jabal Nuss 及び Jabel Habarit では、先カンブリア系の上に前者は海拔約 500m、後者は約 900m 以上の山嶺にはほぼ平坦に分布し、両者は連続している。また、Hadabin 南西の Jabal Musayrah および Jabal Qinqari の河口付近では海岸付近に前者は海拔 200m 以上、後者は 50m 以上の比較的低位に小範囲に外座層として分布する。

従来、この地区の石灰岩の下部は白亜紀とされており (Beydoun, 1966), その上に Paleocene ~ Lower Eocene の Umm er Radhuma 層が分布して Jabal Samhan の南東の崖の上部を形成している。今回の調査は、金属鉱物を目的としており、ほとんど調査をしていないので、これらを白亜紀～古第三紀の石灰岩として地質上で区分してあり、便宜的に Umm er Radhuma 層と呼ぶ。

22-3 地点では、白雲母黒母石英閃緑岩の上に角～亜角状の石灰岩の大礫～巨礫を含む厚さ 10～20m の石灰岩礫岩が分布しており、この中に厚さ数 10 cm の赤紫色の細粒砂岩 (顕微鏡写真 35, 36) が挟在する。鏡下で亜角状の石英粒とこれを填める球顆状の褐鉄鉱と不規則な形を呈する細粒の珪酸塩類からなる (22-3-3)。

尚、本層の石灰岩からは石灰質有孔虫 *Rotaria* SP が産出し、これら石灰岩類は浅海性外洋堆積物であることを示している。

2-3-4 第四系堆積物

本堆積物は隆起海浜堆積物、海浜砂及び主要河川の砂礫等から成り、本地域の西側では Mirbat 砂岩層を、そのほかでは先カンブリア系を不整合に覆って点在する。

1) 隆起海浜堆積物

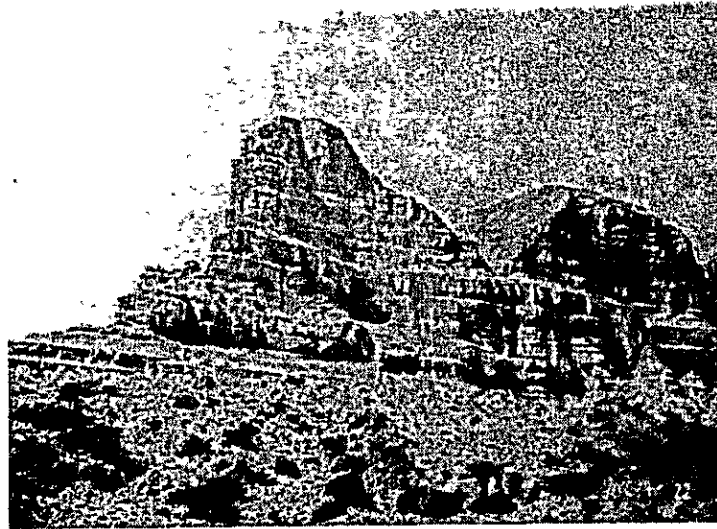
主に Mirbat 部落北部から Juffa 付近にかけて標高 100～200m の尾根部、又は山頂部に分布し局部的には海岸付近の低地にも分布する。二枚貝や巻貝等の貝殻を多量に含む礫、砂、シルトなどから成り、極めて分級度の悪い堆積物である。

2) 海岸砂及び風成砂

Mirbat 部落とその東側及び Jabal Musayrah 西側の海岸付近に分布する。

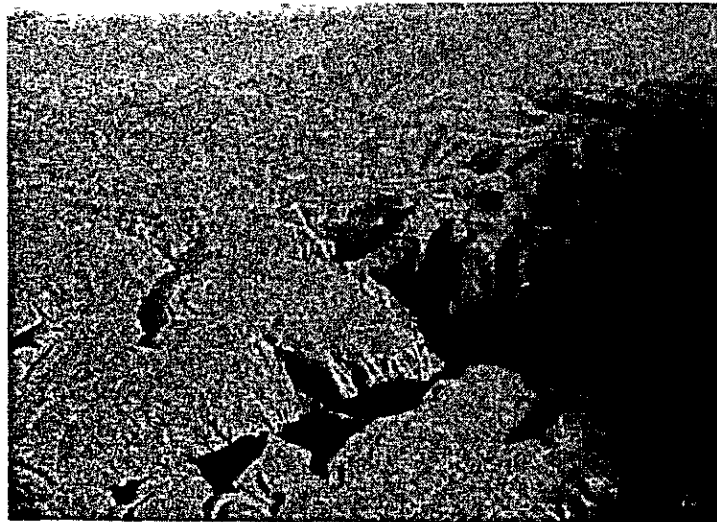
主に海成の砂から成るが、Mirbat の東の Wadi Anshayr 付近では風成砂による砂丘

Photo. 23 Umm er Radhuma formation (near 22-2)



The Umm er Radhuma formation (well-bedded part) unconformably overlies the Precambrian basement rock and make a near-vertical escarpment of Jabal Samhan.

Photo. 24 Umm er Radhuma formation



A typical topography of the near-horizontally bedding Umm er Radhuma formation on Jabal Samhan, from helicopter.

が発達している。

3) 河川の砂礫

河川の主なものは数10m～数100mの川巾を示すが、それらの川床を埋めて粗粒の砂、礫や巨礫が分布する。本地域は流水が少ないため、分級度が悪く、又、細粒砂が非常に少ない。

2-4 年代測定結果

先カンブリア系の各型の岩石のうち、可能な限り新鮮な試料についてK-Ar法による年代測定を実施した。その結果を第11表に示す。

25-1-1はJuffa片麻岩類に属する含ザクロ石白雲母-黒雲母片麻岩で変質鉱物を全く含まない雲母類が多い試料である。28-A-109はSadh片麻岩類に属する角閃石片麻岩で、ほぼ70%の平行配列した角閃石の間に斜長石・石英が分布するもので斜長石はほとんどセリサイトおよび緑れん石に変わっている。22-6は石英閃緑岩～花崗閃緑岩類のうち最も変質が少ない白雲母黒雲母花崗閃緑岩である。27-A-105はSadh片麻岩類を貫くペグマタイト中のパーサイト構造を呈するカリ長石である。22-2は岩株状を呈し、一部が岩脈状に分枝している一部がセリサイト化と緑泥石化された角閃石アダメロ岩である。

第11表では計算結果として年代と標準偏差 σ が与えられている。誤差は実験した研究所の経験的な誤差として5%が考えられるが、これは理論的な標準偏差のはほぼ2倍である。

誤差を考慮に入れた結果は、

25-1-1	$(734.7 \pm 36.7) \times 10^6$ 年
28-A-109	$(662.8 \pm 33.1) \times 10^6$ 年
22-6	$(640.2 \pm 32.0) \times 10^6$ 年
27-A-105	$(576.7 \pm 28.8) \times 10^6$ 年
22-2	$(537.5 \pm 26.9) \times 10^6$ 年

である。

それぞれの誤差を考慮に入れると、25-1-1と28-A-109、28-A-109と22-6及び27-A-105と22-2とは、それぞれほぼ同じ時期に生成されたものとしても差し支えないように考えられる。特に25-1-1と28-A-109との関係は、野外の観察では前者が後者の下位に分布しているが、ほぼ同じ時期の変成作用を受けたと考え、あるいはほぼ7億年前後の年代に変成されたものと推論される。ほかの3種類の火成岩の生成時代は、野外観察の前後関係と一致する。

一般に先カンブリア紀と古生代の境界は5.64億年である。本地域のアダメロ岩岩株の

Table 1 Result of dating by K-Ar method

Sample No.	(1) K %	(2) ⁴⁰ K 10 ⁻⁴ %	(3) ⁴⁰ Ar cc/gx10 ⁻⁵	(4) ⁴⁰ Ar g/gx10 ⁻⁸	(5) ⁴⁰ Ar 10 ⁻⁶ %	(6) ⁴⁰ Ar/ ⁴⁰ K 10 ⁻²	(7) Age 10 ⁶ years	(8) Ave. Age 10 ⁶ years	(9) σ 10 ⁶ years	(11) Rad ⁴⁰ Ar %
25-1-1	2.72	3.247	9.95	17.76	17.76	5.470	757.5	734.7	18.1	98.5
	2.66	3.176	9.03	16.11	16.11	5.072	711.9			98.2
28A-109	0.66	0.788	2.04	3.64	3.64	4.619	658.6	662.8	16.4	92.7
	0.67	0.800	2.10	3.75	3.75	4.688	666.9			95.5
22-6	1.97	2.352	5.96	10.63	10.63	4.520	646.7	640.2	16.4	89.9
	1.95	2.328	5.79	10.34	10.34	4.442	633.6			88.6
27A-105	9.43	11.26	25.94	46.31	46.31	4.113	597.1	576.7	14.2	98.8
	9.48	11.32	24.00	42.84	42.84	3.785	556.2			98.6
22-2	3.75	4.478	9.17	16.37	16.37	3.656	539.8	537.5	13.4	90.5
	3.74	4.466	9.06	16.17	16.17	3.621	535.2			90.6

- 25-1-1 : Garnet bearing muscovite biotite gneiss
 28A-109: Hornblende gneiss
 22-6 : Muscovite biotite granodiorite
 27A-105: Perthite in pegmatite
 22-2 : Hornblende adamellite

$$T = \frac{1}{\lambda} \ln \left(1 + \frac{\lambda}{\lambda_e} \cdot \frac{{}^{40}\text{Ar}}{{}^{40}\text{K}} \right)$$

T = time

λ_β = disintegration constant from ⁴⁰K to ⁴⁰Ca

λ_e = disintegration constant from ⁴⁰K to ⁴⁰Ar

λ = total constant

The constants for the age calculation are : $\lambda_\beta = 4.962 \times 10^{-10} \text{ yr}^{-1}$,

$\lambda_e = 0.581 \times 10^{-10} \text{ yr}^{-1}$, ${}^{40}\text{K} = 1.167 \times 10^{-4}$ atom per atom of natural potassium.

(Convention on decay constants, Subcommittee on Geochronology, 25th International Geological Congress, 1976)

(1), (3) and (11) were measured. (4) was calculated by $(3) \times 40\text{g}/22410\text{cc} = (3) \times 1.785 \times 10^{-3}$

(2) was calculated by $(1) \times 1.167 \times 10^4 \times \frac{40}{39.1} = (1) \times 1.194 \times 10^4$ (9) is standard deviation

$$\sigma = \left[\sigma_K^2 + \sigma_x^2 + \sigma_{40/38}^2 \left(\frac{1}{\gamma} \right)^2 + \sigma_{36/38}^2 \left(\frac{1-\gamma}{\gamma} \right)^2 \right]^{1/2}$$

σ_K = standard deviation of K

σ_x = standard deviation of calibration for tracer ³⁸Ar

$\sigma_{40/38}$ = standard deviation of ratio of ⁴⁰Ar/³⁸Ar of Mass spectrometer measurement

$\sigma_{38/36}$ = ditto ³⁸Ar/³⁶Ar ditto

γ = ratio of radiogenic ⁴⁰Ar to total ⁴⁰Ar

The following parameters are held in general in this experiment.

$\sigma_K = 1\%$ $\sigma_x = 2\%$ $\sigma_{40/38} = 1\%$ $\sigma_{38/36} = 2\%$

Table 12 Result of radioactive measurements at the Salalah area

Location	Lithology	$\mu\text{r/hr}$	Remarks
22-1	Limestone	5	Late Cretaceous ~ Early Tertiary
22-2	Hornblende adamellite (stock)	14 ~ 15	
22-3	Muscovite biotite quartz diorite	10	
	Pegmatite (dyke)	6 ~ 7	
	Sandstone	10	Late Cretaceous ~ Early Tertiary
22-5	Trondhjemite (dyke)	4	
	Biotite hornblende quartz diorite	2	
22-6	Muscovite biotite gradodiorite	6 ~ 8	
22-7	Gravel, sand	5 ~ 6	Raised beach
22-8	Biotite muscovite magnetite gneiss	33 ~ 35	Granodioritic
	Pegmatite (dyke)	14 ~ 15	
22-9	Siltstone	15	Mirbat sandstone
	Medium-grained sandstone	8 ~ 9	ditto
22-10	Coarse-grained arkose sandstone	6 ~ 10	ditto
25- 1	Muscovite biotite gneiss	15	Quartz dioritic
	Hornblende gneiss	5	Intercalation in biotite gneiss
25- 2	Muscovite biotite gneiss	6	Quartz dioritic
	Dolerite (dyke)	5	
25- 3	Granophyre (dyke)	15 ~ 20	Carbonitization, epidotization
	Muscovite biotite gneiss	15 ~ 20	
25- 4	ditto	15	
25- 5	Microdiorite? (dyke)	10	Host rock of lead mineralization
26-A-101	Hornblendite	2	
	Serpentinite	5	
26-B-101	Quartz porphyry (dyke)	21 ~ 24	Sericitization, carbonitization
	Dolerite (dyke)	13	ditto
	Quartz diorite	12	
104	Muscovite biotite gneiss	13	
27-A-101	Hornblendite	4	Xenolith in granodiorite
	Granodiorite	5	
27-A-103	Gneissose biotite quartz diorite	8	
27-A-105	Pegmatite (dyke)	13 ~ 15	
28-A-101	Biotite hornblende gneiss	8	Quartz dioritic
28-A-102	Hornblende gneiss	5	Dioritic
28-A-103	Hornblende gneiss	5	Quartz dioritic
28-A-104	Gneissose hornblende quartz diorite	5	
28-A-106	Pegmatite (dyke)	6	
28-A-109	Hornblende gneiss	5	Quartz dioritic
	Biotite gneiss	10	
28-A-110	Hornblende gneiss	3	Quartz dioritic
28-A-111	Gneissose hornblende gabbro	5	

Note: Radioactivity was measured with Aloka γ -ray scintillation survey meter (Type TCS-121C).

年代測定結果は 5.37 ± 0.27 億年を示しており、誤差の範囲を考慮すれば先カンブリア紀としても差支えない。サウジアラビアの先カンブリア系のうち最も古いものは12億年を示し (Delfour, 1975), また南イエメンの Eastern Granite は2個の試料の黒雲母の Rb/Sr 法により $6.00 \sim 6.40$ 億年の範囲が与えられている (Brown and Jackson, 1960)。これらの時代と比較して今回の測定結果は妥当な年代範囲を与えている。

2-5 鉱 床

Salalah 地域の鉱床については、従来、鉱徴の記載は極めて少なく、銅、鉛、鉄等につき産地不明で記述されているに過ぎない。今回の調査は主として金属鉱物およびウランを主眼に踏査した。

2-5-1 金属 鉱 床

当地域での既知の鉱徴帯は、ほとんどないので次のような地区を調査した。

1) Wadi Shaat

現地は Sadh の北西約 13 km の標高 100 m (第10図参照) の山腹にあり、Juffa 片麻岩中の岩脈に胚胎する方鉛鉱-石英の細脈~網状脈である。その走向・傾斜は $N60^\circ E$, 垂直と推定される。現地にはトレンチ (1 m × 3 m) 跡がある。鉱石鉱物は普通の立方体の結晶をなす方鉛鉱のみであり、鏡下でも方鉛鉱しか認められない (顕微鏡写真 37)。母岩を含む約 5 cm の試料の分析結果では、 $Pb = 36.66\%$, $Zn = < 0.01\%$, $Au = 0.2$ g/t, $Ag = 6$ g/t である。分析品位は高いが、脈幅の小さいこと及び現地の鉱徴帯の規模よりみて、鉱脈の連続性は余り期待され難いものと考えられる。

2) Wadi Morir

Sadh 北東約 9 km の Wadi Morir の Sadh 片麻岩中のペグマタイトは暗褐色の六面体鉱物 (最大 7 cm の結晶) を数多く随伴している。X線粉末回折の結果 (X線チャート 1) 針鉄鉱と鑑定された。針鉄鉱の中央部には六面体黄鉄鉱が多く存在し、針鉄鉱は黄鉄鉱からの二次的鉱物であると考えられる。

3) Wadi Hadabin

鉱石は産地不明の 10 cm 前後の焼けの転石であり、現地と推定される場所は、Sadh 北東約 22 km の Jabal Nuss 南西方向の標高 50 m の Wadi Hadabin 支流で海岸寄りである。鉱物はペグマタイト中の石英を随伴する赤鉄鉱、針鉄鉱及び黄鉄鉱である。当試料の現地での観察においてペグマタイト鉱物の存在の可能性が強いことから、X線粉末回折 (X線チャート 2) を実施したが、赤鉄鉱針鉄鉱の存在しか認められなかった。

4) Wadi Khorhant

Sadh 西方約 4 km の Sadh 片麻岩中には、2 ~ 3 m 幅の北北西走向のペグマタイトが

数多く分布しており、このペグマタイトは孔雀石、褐鉄鉱、針鉄鉱及び黄鉄鉱等を多く随伴している。特に針鉄鉱が顕著であり、その大きさは掌大～小豆粒大である。孔雀石は淡緑色を示し、褐鉄鉱と密接に関係し、一般にはフィルム状をなして産出している。

鉱石鉱物は一般にペグマタイトの上・中・下部にアトランダムに10cm前後の塊状となって賦存している。X線粉末回折(X線チャート3)においても孔雀石と認められた。また、分析結果ではCu = 0.32%と比較的低品位である。しかし、Wadi Khorhantのペグマタイト中に孔雀石が確認できたことは、今後探鉱上極めて意義深いものと考えられる。

5) Ras Ayn

Mirbatの東方約19kmのRas Aynには、Sadh片麻岩中のペグマタイトに磁硫鉄鉱、黄鉄鉱の細脈(局部的に10cm×15cmの塊状)が認められた。鉱石鉱物及び石英はペグマタイトの上盤側に賦存している。分析結果において、Fe = 37.37%、Cu = <0.01%である。

以上のように今回の金属鉱床においては、少量の方鉛鉱、黄鉄鉱、磁硫鉄鉱、赤鉄鉱、針鉄鉱等の鉱物が局部的に数ヶ所認められた。いずれも岩脈及びペグマタイトに付随した熱水鉱脈型と推定される。ペグマタイト鉱物は期待されたが、今回の踏査ではみられなかったけれど今後発見される可能性はあると考えられる。

2-5-2 ウラン

今回Salalah地区において、地質調査と同時に各種岩石の放射能を測定した。使用した測定器は日本製のAloka γ -ray scintillation surveymeterで、U・Th・K全体の放射能が測定された。この放射能測定器のバックグラウンドは、Salalahのホテル、2つのキャンプ地で常に5 μ r/hrである。尚、測定にあたっては時定数を10秒前後として付近の岩石を連続的に測定した。

第12表は地表上調査およびヘリコプター調査(22-1~22-10)の際の放射能探査結果である。また、第16図及び第17図はMirbat砂岩層の一部の柱状図と放射能探査結果である。Mirbat砂岩層の一部を特に詳細に調査した理由は、同岩層が調査地域内で唯一の礫岩・砂岩・シルト岩・頁岩のような碎屑源物質から構成される地層であり、先カンブリア系を不整合に覆って緩く傾斜していること、及びヘリコプター調査の第1日目にJabal Shereefの中腹(22-9地点)のシルト岩が、バックグラウンドの3倍、即ち、15 μ r/hrの異常値を示したからである。

1) 先カンブリア系

先カンブリア系はすでに述べたように、白雲母-黒雲母片麻岩類、角閃岩~角閃石片麻岩類、石英閃緑岩~花崗閃緑岩類、ペグマタイト、粗粒玄武岩脈及びグラノファイアー~石英斑岩脈に区分されるが、各々の放射能強度は各々の岩相の特長を良く表わしている。

白雲母-黒雲母片麻岩類は一般に $10 \mu\text{r/hr}$ 以上を示し、角閃石片麻岩は $5 \mu\text{r/hr}$ 前後を示している。この放射能の差は両者が相接する場合には明瞭に表われる。即ち、25-1 地点では白雲母-黒雲母片麻岩は $15 \mu\text{r/hr}$ を示すが、その中に挟有される厚さ 15cm の角閃石片麻岩は $5 \mu\text{r/hr}$ を示し、また、28-A-109 地点 (Jabal Qinqari 北西方約 10km Wadi Shaat の近く) では下位に分布する白雲母-黒雲母片麻岩は $10 \mu\text{r/hr}$ を示すが、上位に分布する角閃石片麻岩は $5 \mu\text{r/hr}$ を示すに過ぎない。この放射能強度の差は雲母含有の有無と鏡下における岩質の差、即ち、鏡下で白雲母-黒雲母片麻岩が石英閃緑岩~花崗閃緑岩質であるのに対して角閃石片麻岩は、石英閃緑岩質、ときに閃緑岩質である点、即ち、前者がより酸性である点によるものと考えられる。

白雲母-黒雲母片麻岩のうち 22-8 地点 (Khoradin 地区 Wadi Ayn 河口近くの左岸) では角閃石片麻岩中の巾 $2 \sim 3 \text{cm}$ の黒い縞とピンクの縞から構成される厚さ $50 \text{cm} \sim 1 \text{m}$ 、長さ約 10m に及ぶ白雲母-黒雲母片麻岩は $33 \sim 35 \mu\text{r/hr}$ を示し、先カンブリア系の中では最も強い放射能異常を示した (写真 11)。

この試料の分析結果は、

$$\text{U}_3\text{O}_8 = 0.003 \%$$

$$\text{ThO}_2 = 0.001 \%$$

を示した。

兩種の片麻岩類中には、時に $20 \sim 30 \text{m}$ の厚さの岩床状に分布する超塩基性岩が発達する。これらは 26-A-101 地点や 27-A-101 地点にみられる角閃石岩、蛇紋岩 (一部放射状緑閃石、滑石が発達する) 及び角閃石輝岩のように $2 \sim 5 \mu\text{r/hr}$ を示し、むしろバックグラウンドと同じか低い値を示す。

調査地域東部に広く分布する石英閃緑岩~花崗閃緑岩類 (22-3, 22-5, 22-6) や片麻岩類の中に進入する石英閃緑岩~花崗閃緑岩の小岩体 (26-B-101, 27-A-101) は $4 \sim 12 \mu\text{r/hr}$ を示し、著しく高いものはなかった。

ペグマタイトは $6 \sim 15 \mu\text{r/hr}$ を示した。第 12 表の値は 4 個しか示していないが、測定地点では何本かのペグマタイト脈を連続的に測定しており、最高値はバックグラウンドの 3 倍を示している。この理由は雲母やカリ長石によるものと考えられる。

粗粒玄武岩の測定値は $5 \mu\text{r/hr}$ と $13 \mu\text{r/hr}$ の 2 つしかない。 $13 \mu\text{r/hr}$ を示す 26-B-101 地点では、白雲母黒雲母片麻岩 (見掛けの厚さは約 1.5m で $13 \mu\text{r/hr}$ を示す) を巾約 1m の粗粒玄武岩脈が貫き、更にこの上盤側を巾 $2 \sim 3 \text{m}$ の石英斑岩脈がほぼ平行に貫いており、この石英斑岩は $21 \sim 24 \mu\text{r/hr}$ と高い放射能を示すもので、この地点の粗粒玄武岩の測定値は上下盤の岩石の影響を受けているものと考えられる。

グラノファイア-石英斑岩などの岩脈の 2 個の測定値 (25-3 及び 26-B-101) は

15~24 $\mu\text{r/hr}$ で比較的高い放射能を示している。一方、岩株状のアダメロ岩（周辺では白雲母-黒雲母片麻岩中に岩脈状を呈する，22-2）も14~15 $\mu\text{r/hr}$ と比較的高い異常を示す。

以上のように、先カンブリア系の放射能測定結果は、放射能は粗粒玄武岩、蛇紋岩~輝岩が最も低く、ついで角閃岩~角閃石片麻岩、石英閃緑岩~花崗閃緑岩、白雲母-黒雲母片麻岩、中性~酸性岩脈類に高くなるといえる。

2) Mirbat 砂岩層

第16図及び第17図に示されるように、Wadi Marshamの左岸の一部で、下部層の下部、Jabal Shereefのふもとから頂上まで中部層上部と上部層の下部の地質柱状図が作成され、同時に放射能測定が実施された。

Mirbat 砂岩層の基盤を成す白雲母石英閃緑岩は5 $\mu\text{r/hr}$ とバックグラウンドと同じ値を示す。これを不整合に覆う礫岩にはじまる粗粒~細粒砂岩はほぼ厚さ40mに及び、一般に5~7 $\mu\text{r/hr}$ を示す。但し、基底に近い厚さ2mのシルト岩を含む中粒砂岩と細粒砂岩の互層は12~15 $\mu\text{r/hr}$ を示す。50mから57.5mまでのシルト質砂岩~シルト岩(50cm)と中粒砂岩(20cm)の互層帯では、シルト岩は一般に9~12 $\mu\text{r/hr}$ 、中粒砂岩は6~8 $\mu\text{r/hr}$ を示す。また、70mから7mの同様な互層帯(但し、厚さはシルト岩が5~10cm、中粒砂岩は30cm)ではシルト岩は12~16 $\mu\text{r/hr}$ 、中粒砂岩は12~14 $\mu\text{r/hr}$ を示す。

一方、中部層上部では中粒砂岩はほとんどが10 $\mu\text{r/hr}$ 以下を示しているチャンネル構造がみられる53~57mの中粒砂岩とシルト岩の互層でも、シルト岩は14 $\mu\text{r/hr}$ を示すのに、中粒砂岩は8 $\mu\text{r/hr}$ と低い値を示している。また、細粒砂岩及びシルト岩(しばしば頁岩を伴う)は、一般に10~15 $\mu\text{r/hr}$ (一般にシルト岩の方が高い)を示している。また、上部層の下部と考えられる5cm以下の細粒砂岩の挟みを伴うシルト岩と頁岩との互層は10~14 $\mu\text{r/hr}$ を示す。

以上のようにMirbat 砂岩層の野外における放射能強度は、中粒~粗粒砂岩は低く、一般に10 $\mu\text{r/hr}$ 以下でシルト岩~頁岩はやや高く10~15 $\mu\text{r/hr}$ である。

ヘリコプター調査の初日に採取したJabal Shereef中腹の中部層のシルト岩(22-9)の分析結果は、 $\text{U}_3\text{O}_8 = 0.004\%$ で一般のシルト岩中のウラン含有量の約10倍以上を示している。鏡下では主に0.1~0.01mm大の石英粒からなり、少量の0.1mm以下の白雲母片及び球顆状褐鉄鉱が認められる。

このシルト岩を水ひ(写真31, 32)して細粒部をX線粉末回折(X線チャート4)を行った結果、セリサイトおよびカオリナイトが同定された。ウランは恐らくこのような粘土鉱物に吸着されているものと考えられる。