

1972



オマーン國南部地域
資源開発協力基礎調査報告書

総括報告書

1972年3月

三井物産株式会社
国際協力事業部
金属鉱業課





オマーン国南部地域
資源開発協力基礎調査報告書

総括報告書

昭和58年5月

18733

国際協力事業団
金属鉱業事業団

JICA LIBRARY



1074881(2)

国際協力事業団

18733

は し が き

日本政府はオマーン国の要請に応え、同国南部の Salalah (サララ) 地区および Sur (スール) 地区の鉱物資源賦存の可能性を確認するため地質鉱床調査を実施することとし、この調査を国際協力事業団に委託した。

国際協力事業団は、調査内容が地質・鉱床および鉱物資源探査という専門的な分野に属することから、調査の実施を金属鉱業事業団に依頼することとした。

本調査は昭和55年から昭和57年まで3ヶ年間にわたって実施され、オマーン国政府関係機関の協力を得て予定通り完了した。本報告書は3ヶ年間の調査の結果をまとめたものである。

おわりに本調査の実施にあたって御協力をいただいたオマーン国政府関係機関ならびに通商産業省、外務省および関係各社の方々に衷心より感謝の意を表するものである。

昭和58年3月

国際協力事業団

総裁 有田 圭 輔

金属鉱業事業団

理事長 西 家 正 起

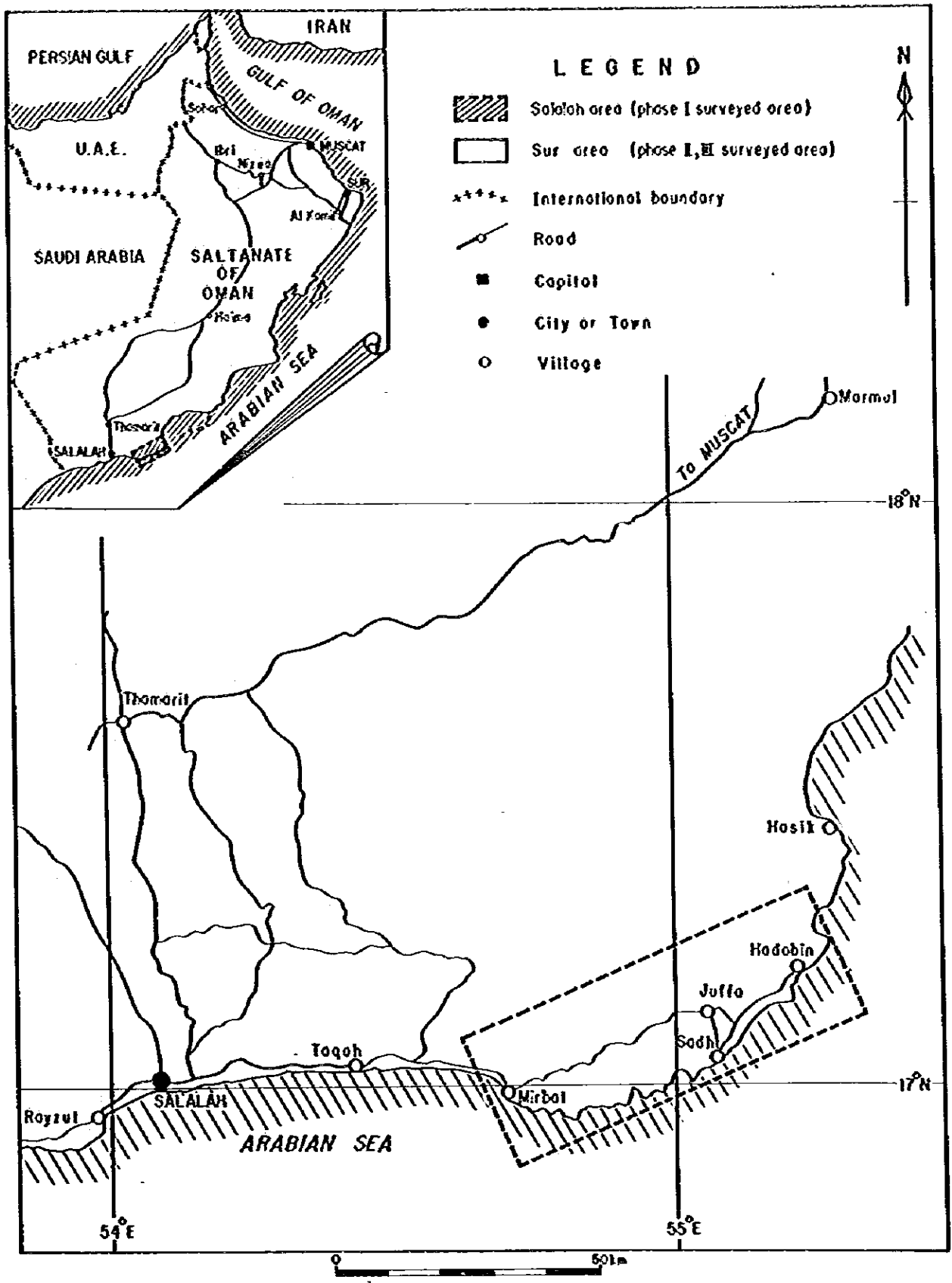


Fig. 1 Location Map of the Salah Area

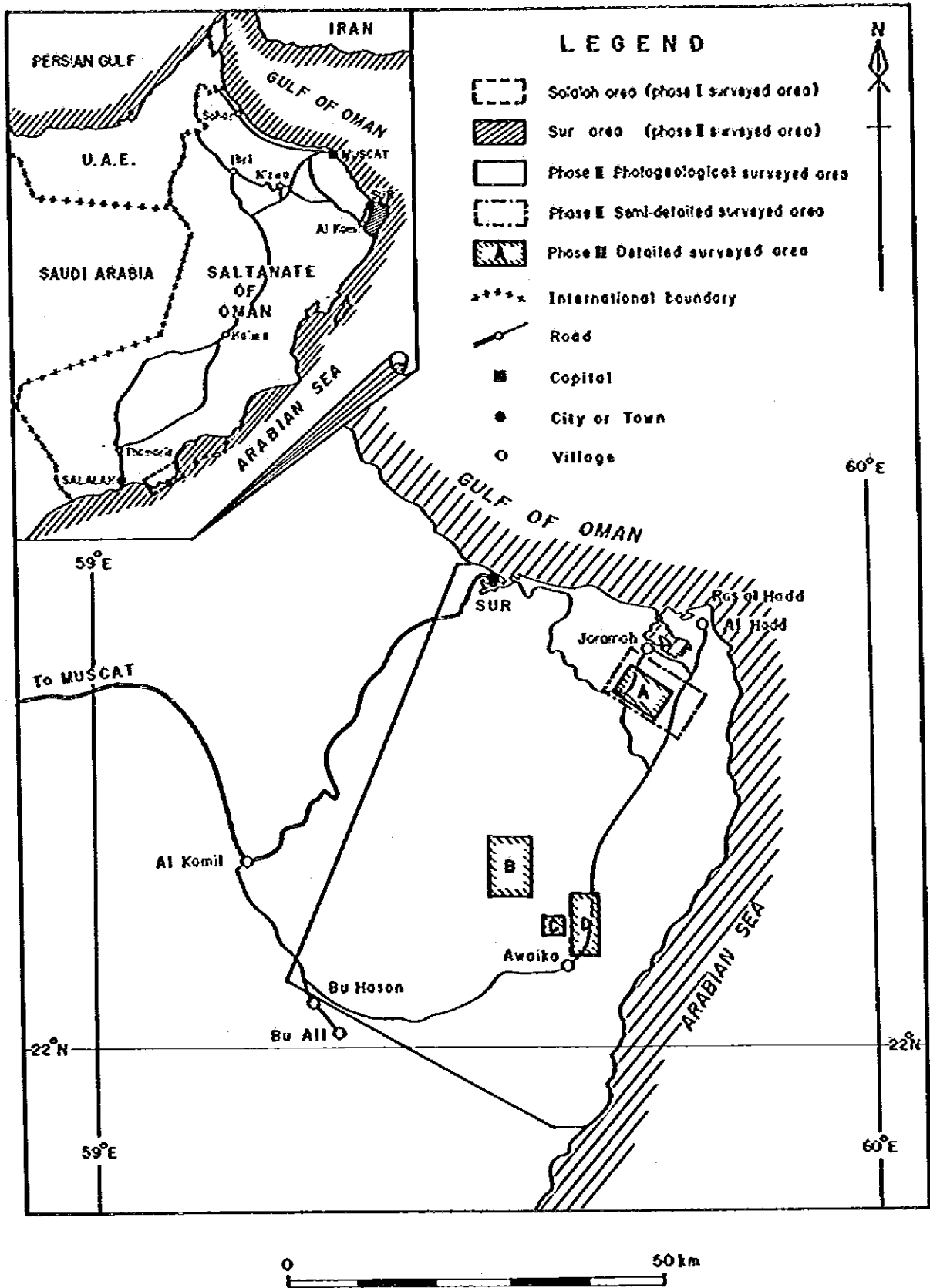


Fig. 2 Location Map of the Sur Area

目 次

は し が き
位 置 図
目 次
要 約

第I章 序 論

1 調査目的	1
2 調査概要	1
3 調査団員	1
4 位置および交通	1
4-1 Salalah地区	1
4-2 Sur地区	1
5 地形および気候	2
5-1 Salalah地区	2
5-2 Sur地区	2

第II章 SALALAH地区

1 概 説	3
2 地 質	3
2-1 地質概説	3
2-2 層 序	3
2-3 年代測定結果	7

2-4	先カンブリア系岩類の変成作用	8
2-5	地質構造	8
3	鉍床	10
3-1	金属鉍床	10
3-2	ウラン	11
3-3	その他の鉍物	11

第Ⅲ章 SUR 地区

1	概説	13
2	地質	13
2-1	地質概説	13
2-2	層序	14
2-3	貫入岩類	16
2-4	地質構造および地史	16
3	鉍床	17
3-1	鉍床概説	17
3-2	鉍床分布	18
3-3	鉍床の産状	18
3-4	鉍床の連続性	18
3-5	鉍床規模	19
3-6	主要鉍床露頭について	20
3-7	鉍石	21
3-8	鉍石分析	22
3-9	微量元素分析	22
3-10	鉍石の電気性能	23
3-11	鉍床と地質構造との関係	23
3-12	鉍床の成因	23

4	ボーリング調査	24
4-1	概説	24
4-2	調査結果	25
4-3	結果の要約	27
5	鉱床評価	27

第Ⅳ章 結論および評価

1	結論	29
1-1	Salalah 地区	29
1-2	Sur 地区	29
2	評価	30

LIST OF ILLUSTRATION

- Fig. 1 Location Map of the Salalah Area
- Fig. 2 Location Map of the Sur Area
- Fig. 3 Geologic Framework of the Arabian Peninsula
- Fig. 4 Schematized Correlation of Stratigraphic Units in Oman and Saudi Arabia
- Fig. 5 Geological Map of the Salalah Area
- Fig. 6 Schematic Geological Columnar Section of the Salalah Area
- Fig. 7 Diagram of Chemical Composition
- Fig. 8 Ratio of Chemical Composition
- Fig. 9 Geological Columnar Section of Mirbat Sandstone Formation
- Fig. 10 Schematic Profile of Mirbat Sandstone Formation
- Fig. 11 Distribution of Mirbat Occurrences and Chemical Analyses
- Fig. 12 Histogram of Radioactivity on the Basement Rocks
- Fig. 13 Histogram of Radioactivity on the Each Rock Facies of Mirbat Sandstone Formation
- Fig. 14 Histogram of Radioactivity on Mirbat Sandstone Formation
- Fig. 15 Comparison of Radioactivity and Grain Size on Mirbat Sandstone Formation
- Fig. 16 Geological Map of the Northern Oman
- Fig. 17 Geologic Framework of the Northern Oman
- Fig. 18 Schematized Correlation of the Stratigraphic Units in the Oman Mountains
- Fig. 19 Geological Map of the Sur Area
- Fig. 20 Schematic Geological Columnar Section of the Sur Area
- Fig. 21 Geological Map of the Area A
- Fig. 22 Geological Map of the Area B
- Fig. 23 Geological Map of the Area C
- Fig. 24 Geological Map of the Area D
- Fig. 25 Geological Columnar Sections in the Sur Area
- Fig. 26 Calculation Method of Manganese Ore Reserve
- Fig. 27 Geological Map of the Drilling Area (Manganese Outcrop No.110, No.136)
- Fig. 28 Geological Map of the Trenching Area (Manganese Outcrop No.159)
- Fig. 29 Trend of Density in Emission Spectrography of Minor Elements in Manganese Ore
- Fig. 30 Trend of Density in Emission Spectrography of Minor Elements in Chert

Fig. 31	Range of Content of Seven Minor Elements in Managanese Ore
Fig. 32	Location Map of Drilling Holes
Fig. 33-1~2	Geological Profile of the Drilling Area
Fig. 34	Geological Log and Assay
Table 1	Outline of the Field Survey in Phase I, II, III
Table 2	Member of the Survey Team in Phase I, II, III
Table 3	Chemical Composition and C.I.P.W. Norm
Table 4	Chemical Composition of Various Rocks
Table 5	Result of K-Ar Dating
Table 6	List of Manganese Outcrops
Table 7	Ore Reserve of Manganese Outcrops
Plate 1	Distribution Map of Manganese Outcrops (1:100,000)

要 約

本報告書は、オマーン国南部地域において、昭和55年度から昭和57年度までの3年間にわたって実施された鉱物資源開発のための協力基礎調査の結果をとりまとめたものである。本調査の目的はオマーン国南部地域の地質、地質構造、火成活動および鉱化作用の相互関係を解明し、鉱物資源賦存の可能性を明らかにすることである。

調査地域はSalalah(サララ)地区とSur(スール)地区であり、Salalah地区は昭和55年度に、Sur地区は昭和56年度および昭和57年度にそれぞれ調査が実施された。

Salalah地区はオマーン国の首都マスカットの南西約1000kmに位置し、アラビア海に面した面積1,500km²の範囲である。この地区に対し、地質調査および放射能測定が実施された。調査の結果、本地区の地質層序、地質構造および火成活動が明らかにされたが、鉱徴としてはベグマタイト中の微弱な銅およびバライト脈中の微弱な鉛を認めただけであり、またMirbat(マラバット)砂岩中にウラン鉱床胚胎の可能性も認められず、本地区の調査は昭和55年度の1年間で中止された。

Sur地区はマスカットの南東約150km、アラビア海およびオマーン湾に面した面積3,400km²の範囲である。昭和56年度は、全域を対象とした写真地質調査および既知マンガング床に対し地質調査が実施された。この結果、本地区の地質層序、地質構造の概略が解明され、また新たに鉱床露頭が多数発見された。昭和57年度は、鉱床露頭の密集した面積95km²に対し、トレンチを含む地質調査およびボーリング調査が実施された。2年間にわたる調査の結果、マンガング床の産状、規模、連続性が明らかとなった。

マンガング床はチャート・頁岩互層からなる三疊紀～白堊紀前期のHalifa(ハルファ)層に胚胎し、特に中部層に卓越している。このHalifa層は白堊紀後期の衝上断層および第三紀中期の隆起運動による著しい褶曲、断層のため極めて複雑な構造をなしている。鉱床胚胎層準は3～6層あるが、褶曲によりHalifa層分布域の全域に鉱床露頭が認められる。鉱床は成因的には火山起源の層状堆積鉱床と考えられ、断続する数層の小規模鉱層からなる。

ボーリング調査により、鉱層の傾斜方向の連続性も良くないことが判明した。

以上の調査結果から、Sur地区のマンガング床は小規模、低品位であり、また産状、分布などを考慮すると現時点における鉱床の開発は極めて厳しいものであるという結論を得た。

第1章 序 論

1. 調査目的

本調査はオマーン国南部のSalalah地区および北東部のSur地区に於てそれぞれ次の様な目的で実施された。

即ち、Salalah地区の調査は、アラビア半島の東南端に小規模に分布する先カンブリア系および古生界の地質層序を確立し、その地質構造や火成活動と鉱化作用の相互関係を解明して鉱床賦存の可能性を明らかにする目的で実施された。

又、Sur地区の調査はオマーン山脈東端に、マンガン鉱床を胚胎して広く分布する三畳紀～白堊紀のHalifa層の地質層序と地質構造を解明して、マンガン鉱床の賦存状況を明らかにする目的で実施されたものである。

2. 調査概要

本調査は1980年から1982年までの3年間にわたって実施され、その調査の概要はTable 1の通りである。

3. 調査団員

現地作業および解析作業はオマーン国石油鉱物省の協力を得て、金属鉱業事業団により実施された。各年度別の調査団員はTable 2の通りである。

4. 位置および交通

4-1 Salalah地区

本地区はオマーン国南部のDhofar州の州都Salalahの東部に位置する面積1,500km²の範囲である(Fig 1)。首都MuscatからSalalahまでは国際線および国内線が運行されているほか、Muscat-Salalah間の内陸部はハイウエーで結ばれている。

Salalahから調査地区の西部Mirbatのベースキャンプ地までは約70kmあり、さらに調査地区東部のHadabin部落まで約50kmで、この間トラック道路が通じている。Salalah-Mirbat間は自動車ですら約2時間を要する。

4-2 Sur地区

本調査地区は首都Muscatの南東方向で、オマーン山脈の南東端に位置する面積3,400km²の範囲である(Fig 2)。

首都MuscatよりJaramahのベースキャンプ地まではBid Bid, Ibra, Al Kamirお

Table 1 Outline of the Field Survey in Phase I, II, III

	1980	1981	1982
Period	Salalah Area 26 Sept. 1980 25 Dec. 1980	Sur Area 23 Oct. 1981 28 Dec. 1981	Sur Area 8 Nov. 1982 28 Dec. 1982
Geological survey and Photo-interpretation	Geo. - 1,500 km ² (1/50,000) Photo. - 1,500 km ² (1/50,000)	Geo. - 77 km ² (1/20,000) Photo. - 3,400 km ² (1/50,000)	Geo. - 95 km ² (1/10,000) Trench - 375m (1/200)
Drilling Exploration			17 holes Total length 300 m
	65	37	30
Thin Section	6	26	16
Polished Section	ore 20 rock 10	ore 206	ore 254
Assay	10	30	17
X-ray	5	-	-
K-Ar dating	12	26	20
Fossil	-	50	-
Spectrographic Analysis			

Laboratory Work

Table 2 Member of the Survey Team in Phase I, II, III

		1980	1981	1982
Japanese Member	Team Leader	Tsuyoshi Suzuki	Hirofumi Taniguchi	Haruo Kousaka
	Planning and Organization	Kyuzo Tadokoro Katsuzo Sawaya Kazunori Kano Hisamitsu Moriwaki	Hisamitsu Moriwaki Toshio Koizumi Tadaaki Ezawa	Hiroshi Iwasaki Takahisa Yamamoto
	Geologist	Kenji Wakita Akitsura Shibuya Kenichi Takizawa Yoshiaki Shibata	Masahiko Nouno Atsumu Nonami Masaki Matsuoka Tadashi Yamakawa Yoshiaki Shibata	Masahiko Nouno Akio Abe Yoshiaki Shibata Norifumi Ushirone
Omni Member	Drilling Operator			Yuuji Narita Kyoze Obara
	Planning and Organization	Mohammed Kassim	Mohammed Kassim	Mohammed Kassim
	Geologist	Dr. Leif Carlson Hilal Mohammed Al Ezri Mohammed I. Khalifa	Naser Saleem Hareb Hamad	Mohammed El Hassan Rughaim Cherian Zachariah Adil Mansoor Mahfoodh

及びAwaikaを經由する道路が利用され、Muscat - Jaramah間は約360km、自動車で約8時間を要する。

5. 地形および気候

5-1 Salalah 地区

本調査地区の地形は、この地域の地質を反映して大きく2つのタイプに分けられる。MirbatからHadabin 北方に至る本地区の主要な部分は、標高0~300mの準平原地形を示す。この準平原地形の北側のJabal Samhanでは標高差1,000~1,500mのエスカープメント(海底急崖)を伴った卓状地形が広く発達する。又、準平原内部にはNW-SE系の岩脈群により形成された尾根と水系が発達するほか、海岸付近ではJabal - Samhanと同じ白堊系~第三系堆積物が乗ってメサ地形を形成する。

5-2 Sur 地区

本調査地区の地形は、チャート・頁岩互層よりなる平坦又は緩やかな丘陵地形と、石灰岩よりなるエスカープメントを伴った高地形や台地地形によって特徴づけられる。調査地域の北縁部は標高100~200mを示し、西縁部一帯は標高500~1,400mの石灰岩から成る台地ないし高地となっている。

石灰岩に囲まれた中央部からアラビア海沿岸には、チャート・頁岩互層が分布し、全体に50~150mの緩やかな丘陵地形となっている。

第II章 SALALAH 地区

1. 総 説

地質鉱床調査の結果、層序、地質構造、火成活動および鉱化作用等について多くの基礎的データが得られた。

本地区に分布する各種岩類は、年代測定結果と合せて検討した結果、その層序が確立された。特にカンブリア系岩類はアラビア盾状地の形成時期に一致し、Mirbat 砂岩層は陸成層ではなく、浅所（浅海）性堆積層であることが判明した。

本地区に分布する鉱徴地は、数ヶ所でベグマタイト脈の一部に黄銅鉱、孔雀石、黄鉄鉱等の微小な鉱徴とMirbat 砂岩のパライト細脈中の方鉛鉱等が観察されるが、採行対象となり得るものは得られなかった。

ウラン鉱賦存の可能性を究明する為にMirbat 砂岩層の詳細な調査を実施した結果、同砂岩層中にウラン鉱床の産出する可能性は得られなかった。

2. 地 質

2-1 地 質 概 説

本調査地域の先カンブリア系岩類は、サウジアラビア南部、イエメンおよびアデンに分布する南部アラビア・コンプレックスの一部と考えられ、Juffa 片麻岩、Sadh 片麻岩（7.7～6.1 億年）とこれを買くカコウ閃緑岩類（7.6～6.0 億年）、ベグマタイト（5.7 億年）および石英モンゾニ岩（5.3 億年）等から成る。

Mirbat 砂岩層は本調査地域の西端に分布し、ドレライト岩脈（4.4 億年）を不整合に覆い、サウジアラビアからイエメンに発達する石炭紀～下部ペルム紀のWadid 砂岩に記載的岩相の特徴が類似する。

先カンブリア系基盤岩類やMirbat 砂岩層を不整合に覆って白亜系～第三系堆積岩類Umm er Radhuma 層が卓状地形やメサ地形を形成して分布する。

2-2 層 序

本調査地区の地質は下位より次の様に区分される（Fig. 6）。

先カンブリア系 (Juffa, Sadh 片麻岩)	片麻岩類, カコウ閃緑岩類, ベグマタイト脈および石英モンゾニ岩
下部古生界 (岩脈類)	塩基性岩脈 (ドレライト, 玄武岩および安山岩) 酸性岩脈 (石英斑岩, 流紋岩および石英安山岩)
上部古生界 (Mirbat 砂岩層)	礫岩, 砂岩, シルト岩, 頁岩および石灰岩

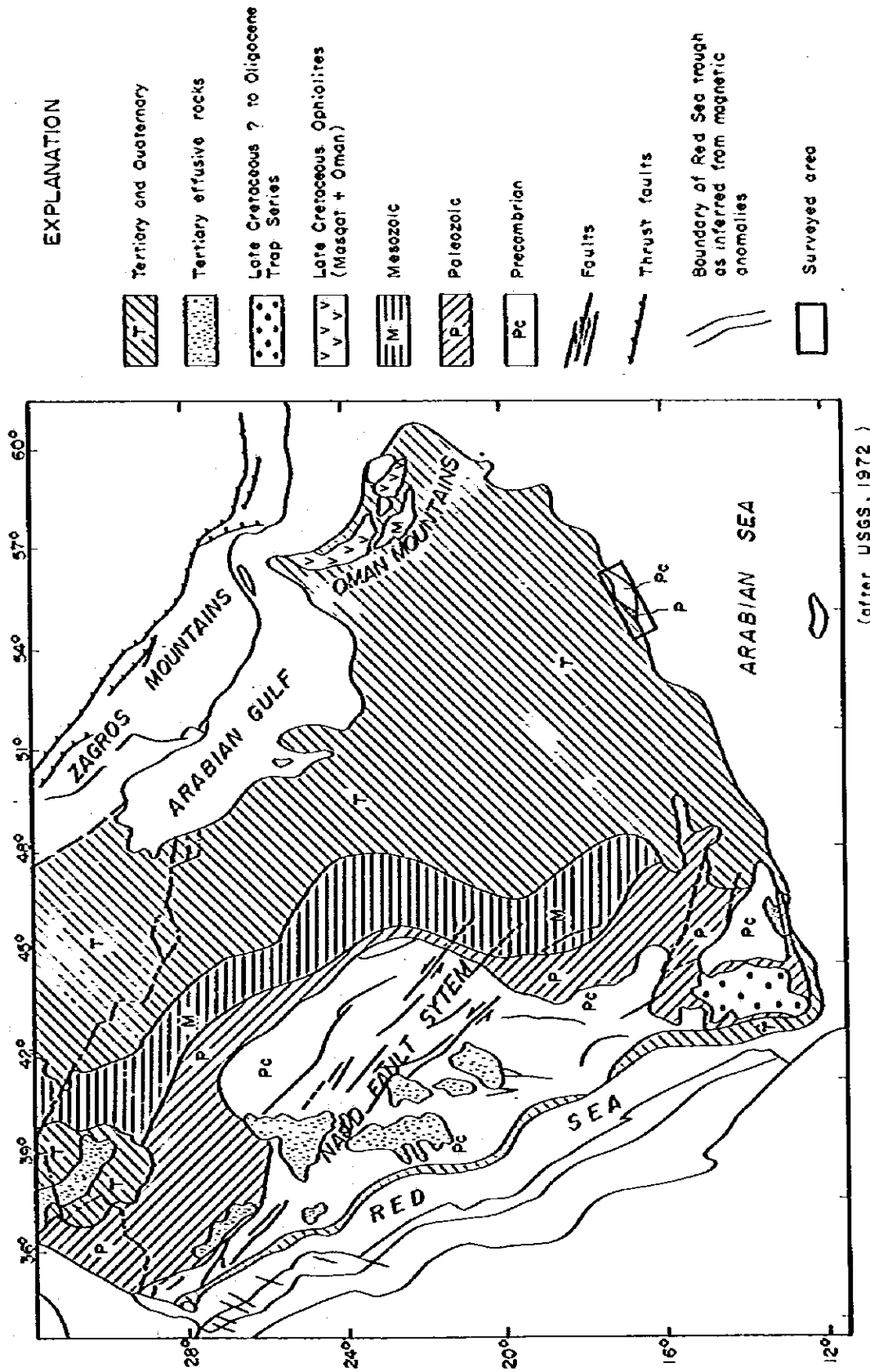


Fig. 3 Geologic Framework of the Arabian Peninsula

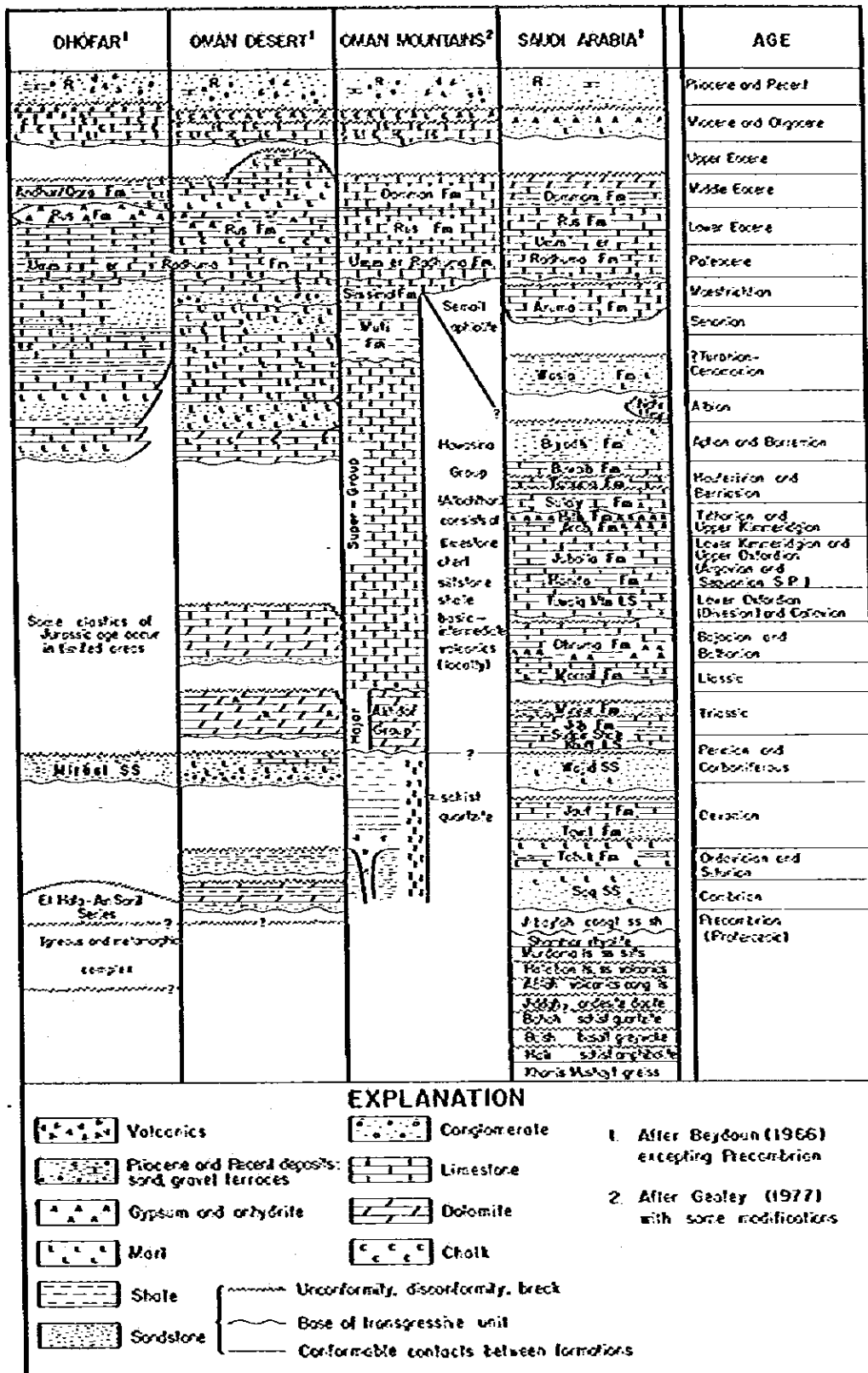


Fig. 4 Schematized Correlation of Stratigraphic Units in Oman and Saudi Arabia

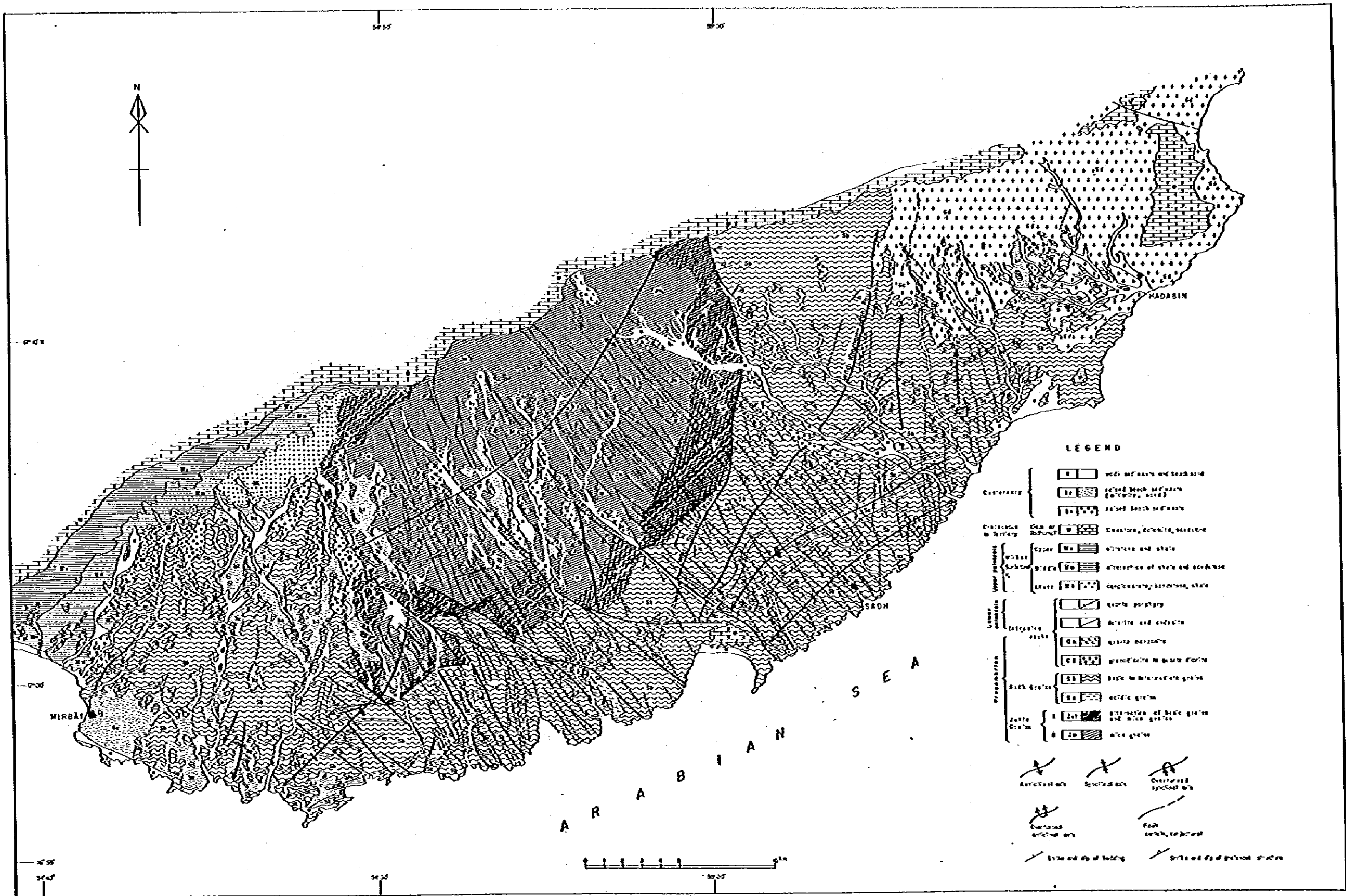


Fig. 5 Geological Map of the Salah Area

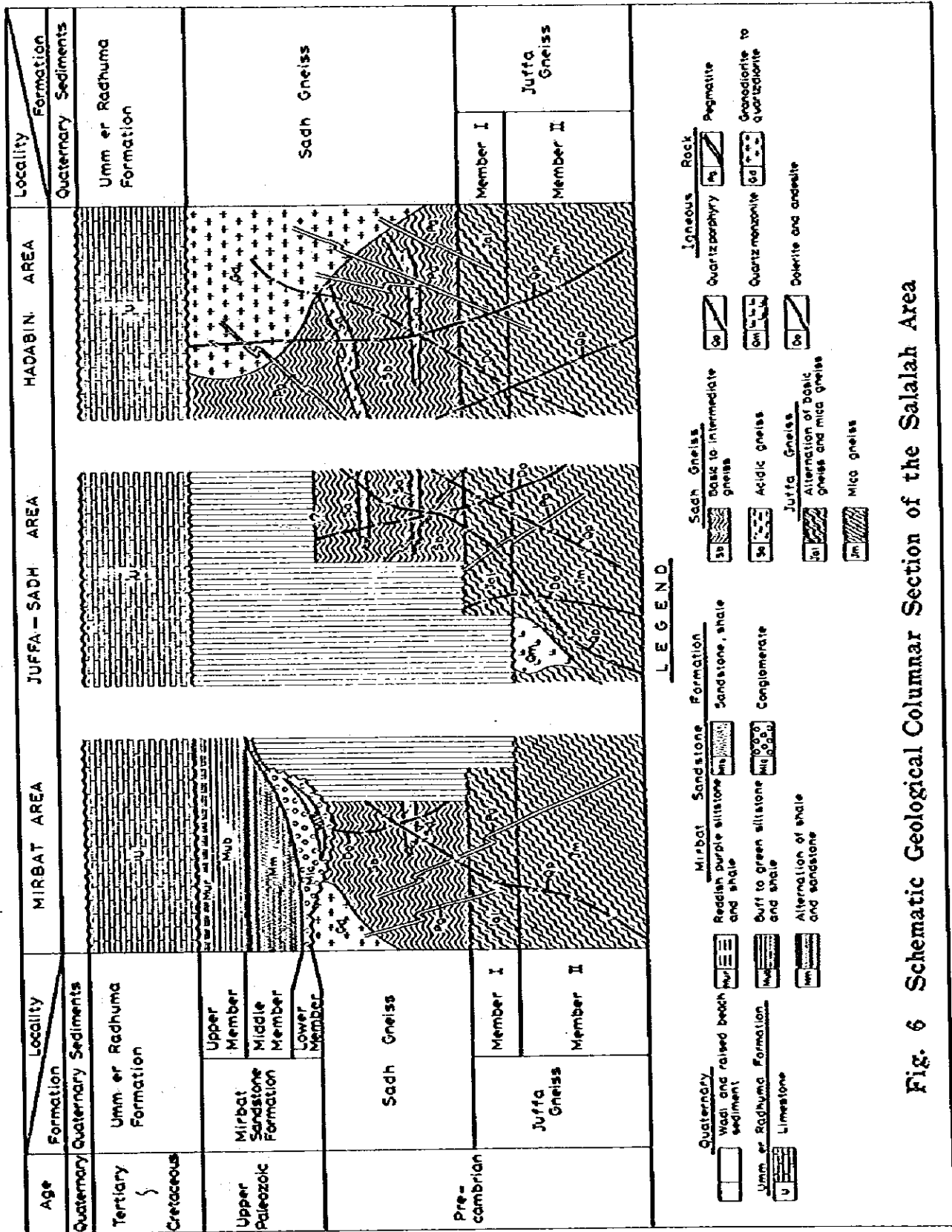


Fig. 6 Schematic Geological Columnar Section of the Salah Area

白亜系～第三系 (Umm er Radhuma層) 石灰岩, ドロマイト, シルト岩および砂岩

第四系

隆起海浜堆積物, 河川堆積物

2-2-1 先カンブリア系

1) Juffa片麻岩

本片麻岩は調査域の地質の最下部を構成し, 主に下部の雲母片麻岩から成るⅠ部層と, 上部の雲母片麻岩および塩基性片麻岩の互層からなるⅠ部層に細区分される。

a) Ⅰ部層

調査地域のほぼ中央部を占め, NE-SW方向の背斜構造のコア部を形成して楕円状に分布する (Fig. 5)。

主要岩相は灰白色雲母片麻岩で, 白雲母, 黒雲母, 石英, 長石, およびザクロ石から成る泥質および砂質堆積岩起源の片麻岩である。

b) Ⅰ部層

上記JuffaⅠ部層に乗り, 雲母片麻岩と塩基性片麻岩の互層で, Ⅰ部層をとり囲む様に分布する。

主要岩層は灰色～桃色雲母片麻岩と黒色～暗緑色塩基性片麻岩の互層である。雲母片麻岩の構成鉱物はⅠ部層のものと同じであるが, 塩基性片麻岩の構成鉱物はホルンブレンド, 斜長石, 緑ロン石, 石英, ザクロ石等である。

又, Juffa片麻岩の化学分析値は泥質, 砂質起源の雲母片麻岩と塩基性火成岩 (又は火山岩) 起源の片麻岩であることを示している。

2) Sadh片麻岩

本片麻岩はJuffa片麻岩の上位に乗り, Juffa片麻岩をとり囲む様に分布する。

主要岩相は塩基性～中性片麻岩から成り, 局所的に酸性片麻岩を挟在する。

塩基性片麻岩～中性片麻岩の主要構成構物はホルンブレンド, 斜長石, 緑ロン石, 石英, 黒雲母, ザクロ石であるが, 中性片麻岩では石英, 斜長石, 黒雲母が多くなり, ホルンブレンドが減少する。又酸性片麻岩はホルンブレンドを含まず, カリ長石が含まれる。

Sadh片麻岩はJuffa片麻岩と同様塩基性火山岩類, 泥・砂質堆積岩起源の片麻岩と, 酸性火山岩起源の片麻岩から構成されている。

3) カコウ閃緑岩

調査地域北東部のHadabin岩体と総域西部のMirbal岩体が分布する。

主要岩相はカコウ閃緑岩で, 一部石英閃緑岩や片麻状構造の発達した岩相を示す。特に

Table 3 Chemical Composition and C.I.P.W. Norm

Formation Name	Jufra Gneiss			Sidi Gneiss			Intrusive rocks						Pyramite dike	
	D-072 Wadi Khorhant	25-1-1 ^a Main Road	A-008 Wadi Hoyt, Said	A-021 Wadi Sheat	2H-A-109 ^a Wadi Adin	2B-A-110 ^a Wadi Adin	Mirbat rock D-026 Wadi Frenhal	Hadabin body C-204 Wadi Anb	Afraq rock H-02K Wadi Afraq	22-2 ^a Wadi Afraq	Asidic dike D-073 Wadi Khorhant	23-3-1 ^a Main Road		26-3-1 ^a Wadi Khorhant	26-3-1^{a} Wadi Khorhant
Rock Name	Epidote hornblende gneiss	Biotite gneiss	Biotite hornblende gneiss	Biotite hornblende gneiss	Hornblende gneiss	Hornblende gneiss	Granodiorite	Granodiorite	Quartz monzonite	Quartz monzonite porphyry	Quartz porphyry	Quartz porphyry	Dolerite	Dolerite
SiO ₂ %	46.49	45.26	48.86	47.98	49.80	37.16	70.44	71.07	74.58	73.84	78.99	78.99	49.35	54.62
TiO ₂	1.24	0.61	0.60	1.17	1.83	3.21	0.14	0.19	0.08	0.05	0.06	0.06	0.76	0.95
Al ₂ O ₃	16.11	17.34	14.70	13.82	20.41	14.08	16.27	15.72	13.36	13.27	13.48	13.60	16.60	16.44
FeO	4.17	4.40	0.96	0.60	4.03	3.34	10.88	0.32	0.76	0.64	1.03	0.52	1.55	3.23
MgO	6.93	3.70	3.92	1.69	6.43	11.68	1.58	1.54	1.51	1.11	2.44	1.26	6.93	4.92
MnO	0.25	0.11	0.14	0.04	0.23	0.22	0.05	0.06	0.09	0.04	0.03	0.01	0.19	0.11
CaO	7.78	1.08	1.56	0.41	4.14	6.99	0.67	0.51	0.42	0.12	0.11	0.12	8.98	3.41
Na ₂ O	12.47	1.33	1.85	1.58	7.71	9.26	2.29	1.91	2.10	0.48	0.83	0.08	7.49	6.82
K ₂ O	2.59	3.23	3.76	3.51	4.12	1.32	4.80	4.20	4.67	3.51	3.81	3.37	3.39	2.99
P ₂ O ₅	0.27	2.97	2.35	3.56	1.07	0.86	1.58	2.88	2.41	4.67	4.85	4.62	1.67	2.10
CO ₂	0.11	0.15	0.18	0.11	0.59	0.13	0.07	0.12	0.11	0.03	0.06	0.03	0.12	0.19
H ₂ O ⁽⁺⁾	1.09	1.07	0.83	0.28	1.48	2.48	0.53	0.30	0.30	0.09	0.36	0.32	2.47	1.82
H ₂ O ⁽⁻⁾	0.12	0.22	0.12	0.26	0.18	0.08	0.26	0.18	0.18	0.24	0.14	0.14	0.26	0.18
Total	99.42	99.59	99.83	99.29	99.40	99.39	99.59	99.44	99.38	99.73	99.73	99.81	99.55	99.72
Q	27.3	29.4	34.2	34.2	1.9		30.9	30.0	27.8	34.1	32.0	34.1	32.5	34.1
C	6.8	2.9	1.6				3.8	2.4	1.8	1.9	0.9	2.0	1.2	2.0
or	1.7	17.8	13.9	6.1	5.0	4.5	9.5	17.3	14.3	27.8	28.4	23.9	23.9	26.2
ab	20.4	27.3	32.0	29.9	34.6	17.3	40.4	35.7	39.3	29.9	32.0	28.3	32.5	28.3
an	32.3	5.8	8.3	7.0	26.7	26.4	4.1	8.6	9.5	1.9	2.5	3.3	4.2	3.3
wo	12.0			0.2	9.6	7.0								
en	8.0			0.1	5.3	4.7								
fs	3.1			0.1	3.9	1.8								
hy	1.5	4.9	3.9	1.0	1.3	3.9	1.7	1.3	1.6	0.2	0.8	0.3	0.3	0.3
pl	0.6	4.9	5.7	2.4	8.9	1.3	2.5	2.0	2.5	2.1	0.9	3.7	2.3	2.3
zo	6.2			6.2		9.3								
fs	3.0			4.6		3.9								
mt	6.0	2.1	1.4	0.9	5.8	5.1	0.5	1.2	0.9	1.4	1.4	0.7	0.7	1.2
u	2.4	1.2	1.2	0.5	2.3	6.1	0.3	0.3	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2
ap	0.3	0.3	0.3	1.3	0.3	1.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
ws							1.2							
Total	98.2	98.4	99.0	97.7	98.6	97.1	98.9	99.1	99.0	99.2	99.8	99.3	98.0	97.5
Chemical	22.1	72.4	75.3	85.2	40.7	24.2	10.8	83.0	81.6	91.8	92.4	88.0	85.6	50.4
D.I.	22.3	73.6	76.1	86.1	41.7	16.0	11.7	83.8	82.4	92.7	93.1	89.2	87.3	31.7

* ... JICA (1979)

Table 4 Chemical Composition of Various Rocks

Sample No. Composition	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
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	70.8	56.5	48.7	45.0	64.43	66.70
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	0.45	-	2.5	2.6	0.68	0.42
Al ₂ O ₃	16.88	7.29 ~ 11.32	10.81	15.70	15.34	13.33 ~ 16.94	13.18 ~ 16.92	14.67	12.33	12.9	18.5	20.6	19.8	15.51	16.20
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	3.1	4.4	1.1	1.1	1.73	0.92
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	0.2	0.7	8.35	9.9	3.12	2.80
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	-	-	-	-	0.09	0.10
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	0.2	0.2	4.3	5.6	3.27	2.10
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	1.2	0.9	6.6	7.8	4.98	4.60
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	5.85	4.6	4.03	4.65	4.02	3.80
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	7.73	10.2	1.4	1.55	1.29	1.30
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	-	-	nd	nd	0.25	0.10
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	1.35	3.9	1.8	1.6	1.12	1.03
H ₂ O ⁻	0.53	0.01 ~ 0.40	0.01	-	-	-	0.11 ~ 0.66	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	98.82		100.10						100.00	99.9	99.65	99.75	100.5	100.2	

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]
10. Rhyolite [USGS 1966 after Barthoux 1922]
11. Granular leucocratic microyenite [ditto]
12. Basalt of Gabal El Abd [ditto]
13. Basalt of Wadi Masour [ditto]
14. Hornblende quartz diorite of Arabian plutonics [Green Wood and Brown 1973]
15. Quartz diorite " [ditto]

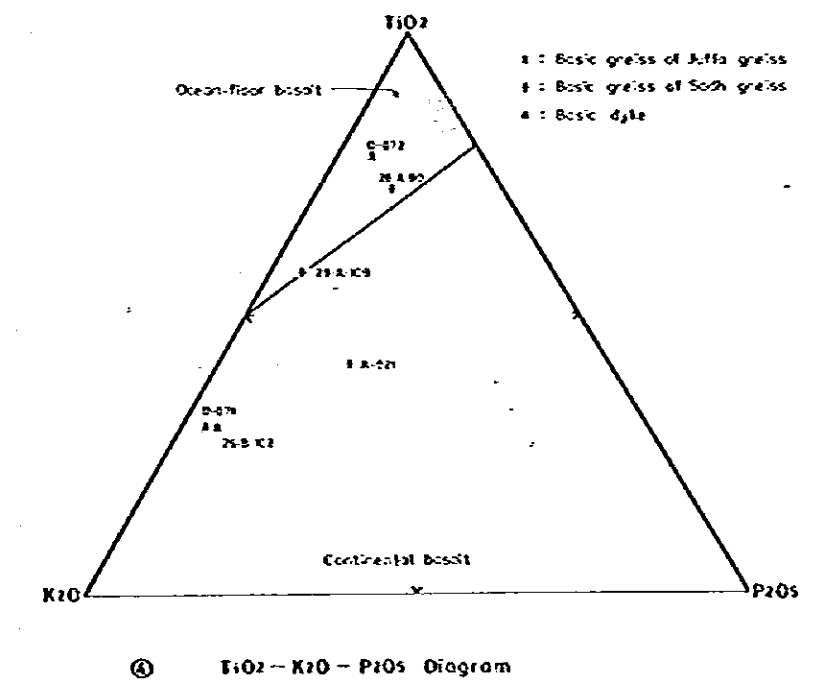
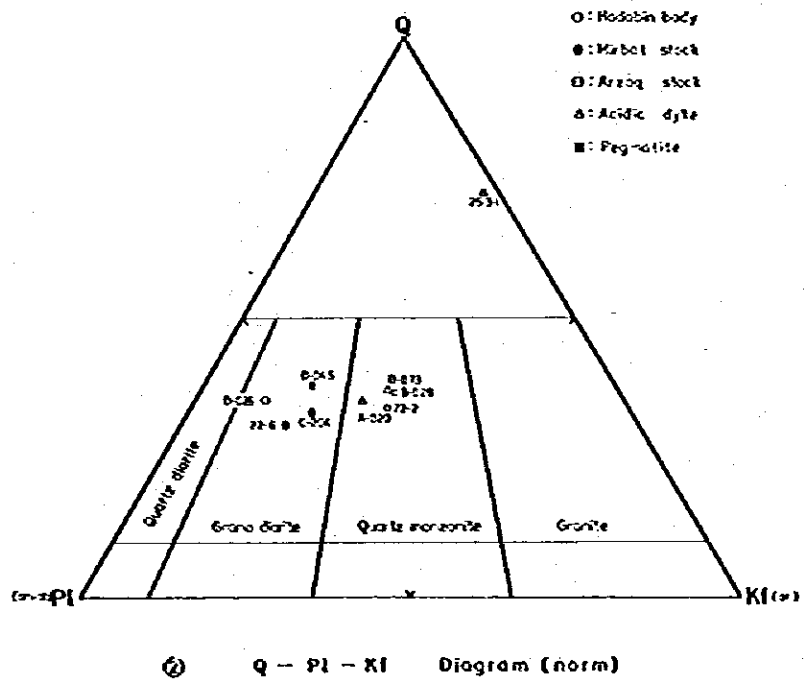
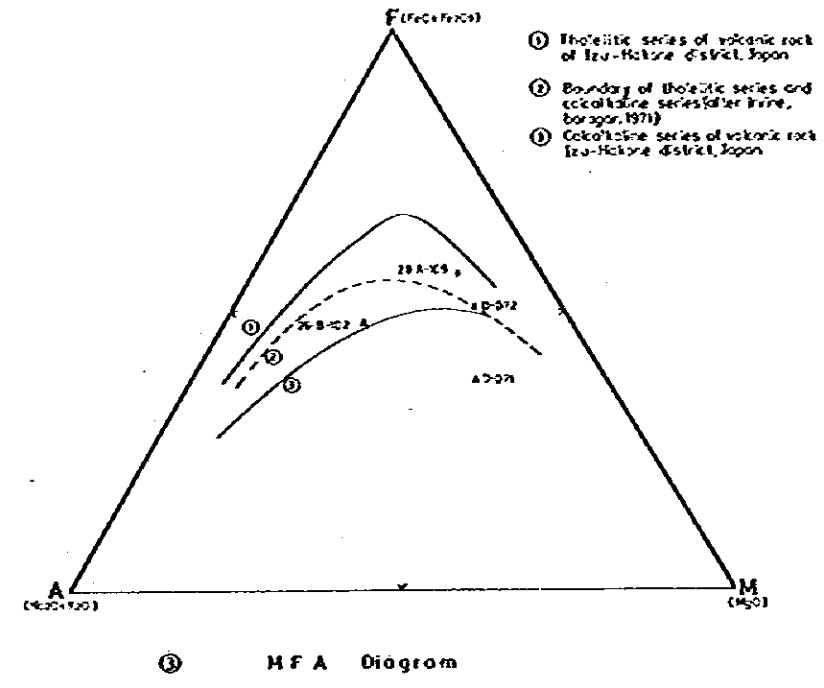
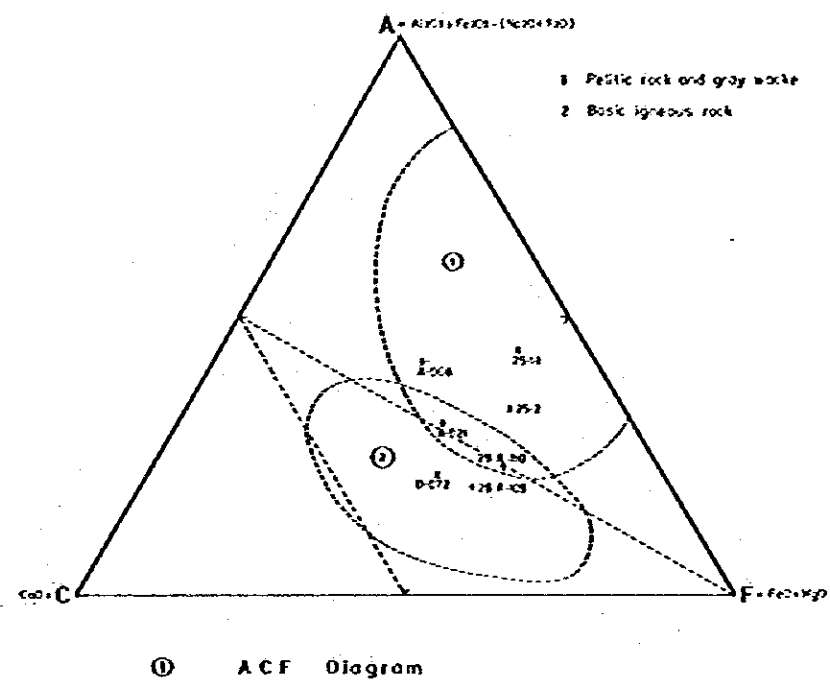
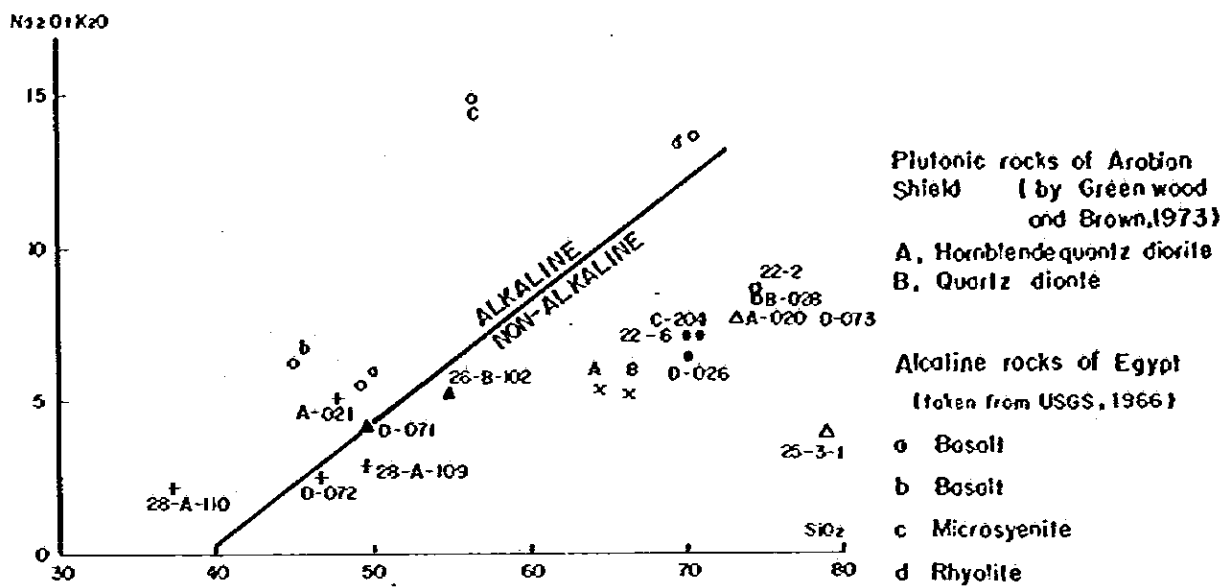
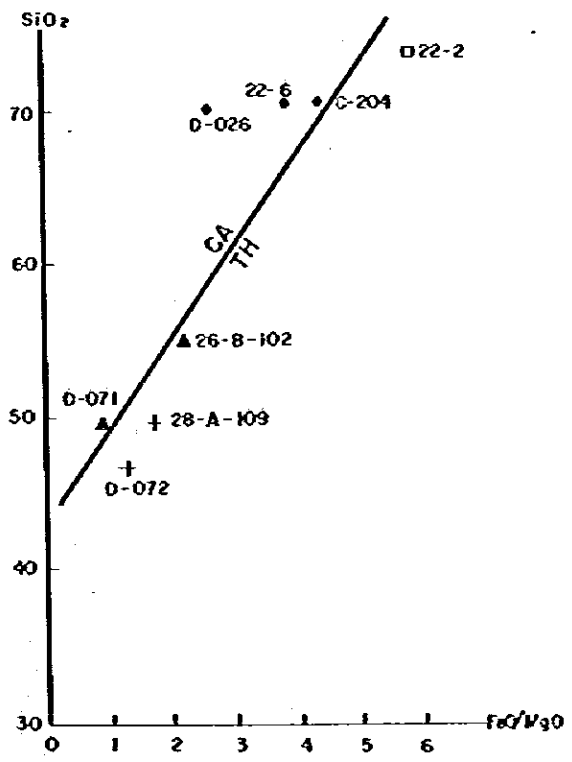


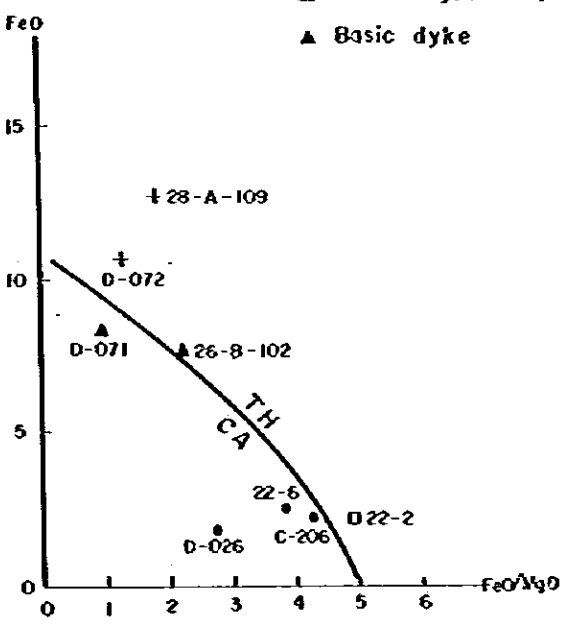
Fig. 7 Diagram of Chemical Composition



① (NO₂O + K₂O) - SiO₂ RATIO (from Kuno, 1966)



② SiO₂ - FeO/MgO RATIO (from Miyoshiro, 1974)



③ FeO - FeO/MgO RATIO (from Miyoshiro, 1974)

Fig. 8 Ratio of Chemical Composition

Hadabin岩体は外側の部分に片麻状構造が発達し、不規則貫入形態を示し内部に向って均質となる。Mirbat岩体は南北に伸長する小岩体で片麻状構造は弱い。

4) ペグマタイト脈

本調査地域のペグマタイト脈は先カンブリア系片麻岩類およびカコウ閃緑岩類中に発達する。主に片麻岩類中に発達し、石英-カリ長石-白雲母から成るペグマタイトで、稀少元素やウラン鉱物等は含まない。

5) 石英モンゾニ岩

調査地域の北部に岩株状に分布する。

赤灰色～赤褐色完晶質岩で、肉眼的には酸性岩岩脈と似るが、K-Ar年代測定結果、両者は異なる。

主要造岩鉱物は、石英、斜長石、カリ長石、黒雲母、白雲母から成る。

2-2-2 下部古生界 (岩脈類)

本調査地域には多数の塩基性および酸性岩脈群が先カンブリア系岩類を貫いてNW-SE、N-SおよびNE-SW方向で全域に分布する。

1) 塩基性岩脈

一般にNW-SE系の貫入方向が卓越する岩脈で、その規模は幅3～5m、延長数km～数10kmの連続性を示す。

主要岩相はドレライトや玄武岩で、安山岩～閃緑岩も認められる。

造岩鉱物は斜長石、輝石、黒雲母、石英、セリサイト等から成り、しばしば変質して緑泥石が生成している。

本岩脈は先カンブリア系岩類に貫入し、Mirbat砂岩層およびUmm er Radhuma層に不整合に覆われる。

K-Ar放射年代測定結果オールドヴィス紀～シルル紀の貫入である。

2) 酸性岩脈

地域中央部で先カンブリア系岩類を貫いてNW-SE方向を示して発達する。

脈幅は一般に2～3mで延長数10kmに亘って連続する。岩相は、赤灰色～赤褐色の石英斑岩で、岩脈周縁部で流紋岩に変化することがある。

主要造岩鉱物は斜長石、石英、カリ長石から成りセリサイト変質が著しい。

上記塩基性岩脈を切る関係にあり、Mirbat砂岩層およびUmm er Radhuma層に不整合に覆われる。

2-2-3 上部古生界 (Mirbat 砂岩層)

調査地域の西部に帯状に分布する。

本層は礫岩、砂岩、シルト岩、頁岩および石灰岩よりなり、岩相から上、中、下の3部層に区分される。

下部層は厚い礫岩層が主体である、礫質砂岩層や砂岩・頁岩互層を挟在し、その基底部に基底礫岩を伴う。

中部層は砂岩・頁岩互層が発達し、下部層との境界部に石灰岩層を挟在する。

砂岩は淡黄色～黄褐色の石英質砂岩又はアルコーズ砂岩で、一般に層理が発達して居り、斜交層理やリップルマークを認める。

上部層は厚い頁岩およびシルト岩から成る。一般に赤紫色を呈し、層理が良く発達する。砂岩との互層部ではリップルマークが認められる。

本層の構造は一般にNE-SW系の走向を示し、北西方向に10～15°傾斜している。又堆積環境は、東方から碎屑物の供給が行われ、沈降運動の激しい急速な堆積から次第に緩やかな堆積環境に移行しているが、常に浅所の堆積環境であった。

本層の堆積の時代は明確な対比は困難であるが、上部古生代(石炭紀～下部ペルム紀)と推定される。

2-2-4 白堊系～第三系 (Umm er Radhuma層)

本層は調査地域の北側のJubal Samhanで、エスカープメントを伴って広く分布する他に、海岸付近でノサ状に分布する。

主要岩相は層理の発達した淡黄色～白色の石灰岩および泥灰岩で局所的にドロマイト質石灰岩を挟在し、最下部に砂岩、礫岩を伴うことがある。

石灰岩中から産する化石は下部～中部始新世の大型有孔虫の *Nummulites globulus Leymerie*, 1846および小型底生有孔虫の *Soritunae*, *Cyclamininae*, *Alveolinidae* 等が多い。

本層の堆積時代は、これら化石から白堊紀～古第三紀と推定される。

2-2-5 第四系堆積物

本堆積物は隆起海浜堆積物、海浜砂および河川の砂礫等から成る。

隆起海浜堆積物は分級度の悪い礫、砂、シルトから成るものと、ミリオライトや砂から成り多量の貝殻を含む細粒堆積物に分けられる。海岸の一部には海浜砂や風成砂が認められるが、分布はせまい。河川堆積物は主な河川に砂、礫として分布するが、本地域は流水が少なく、河川も短いので、分級度が悪く細粒砂に乏しい。

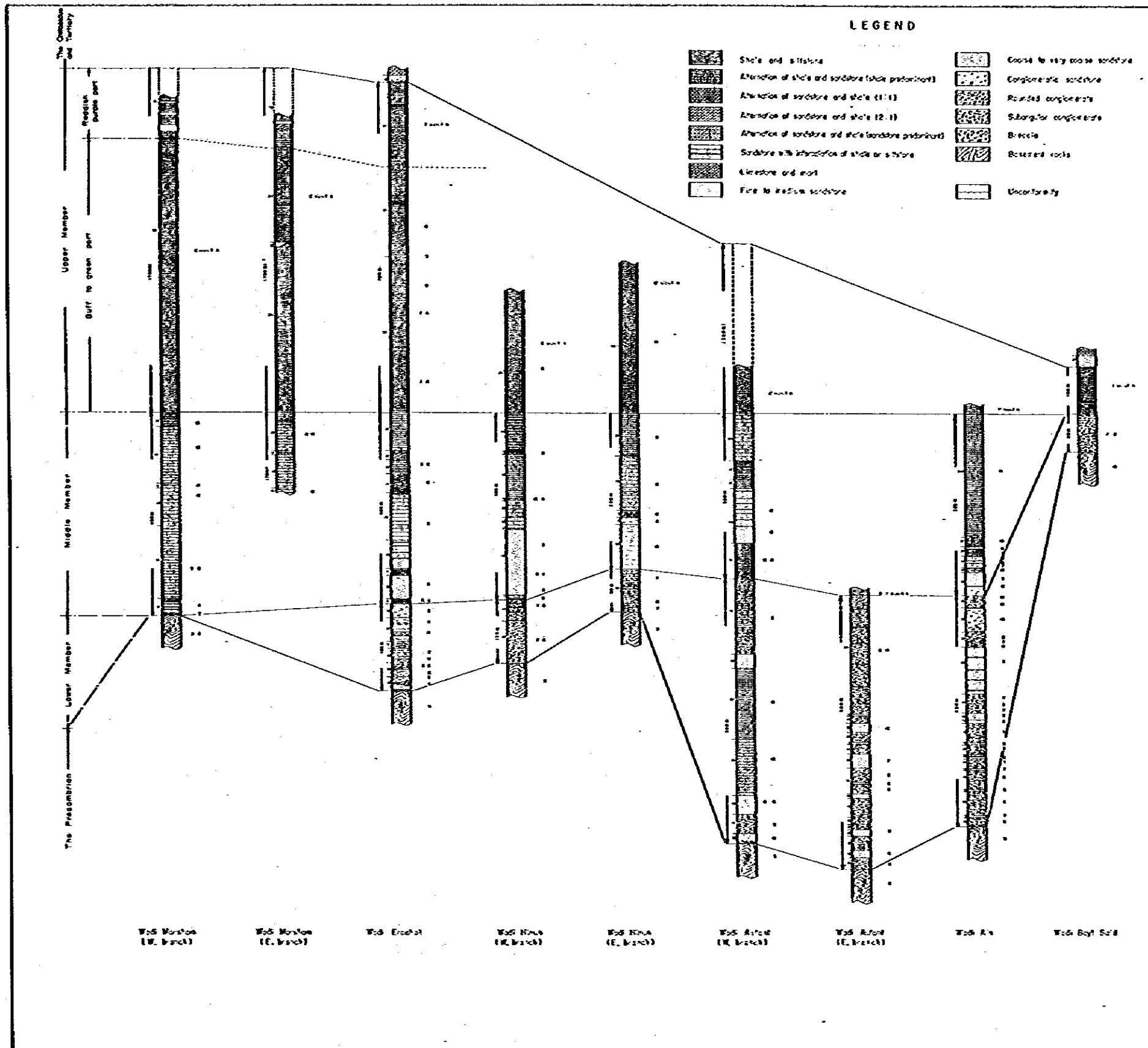


Fig. 9 Geological Columnar Section of Mirbat Sandstone Formation

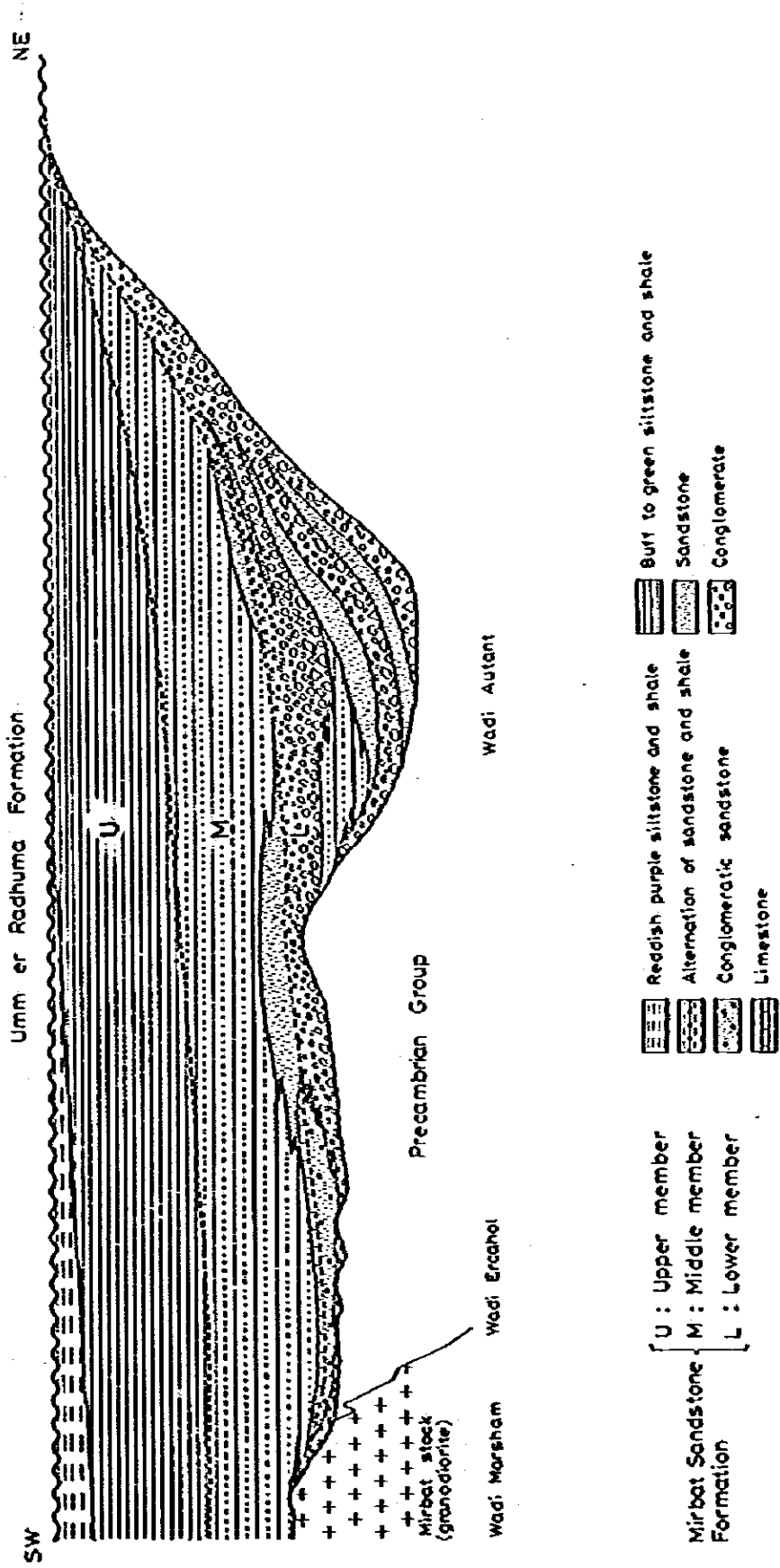


Fig. 10 Schematic Profile of Mirdat Sandstone Formation

2-3 年代測定結果

本調査地域の変成岩類および火成岩類の年代測定を実施した。測定法は可能な限り新鮮な試料についてK-Ar法によって行った。測定結果は次の通りである。

含ザクロ石・白雲母・黒雲母片麻岩 (Juffa片麻岩)	734 ± 36	m. y.
角閃石片麻岩 (Sadh片麻岩)	662 ± 33	m. y.
酸性片麻岩 ()	638 ± 32	m. y.
カコウ閃緑岩 (Hadabin岩体)	713 ± 36	m. y.
・ ()	640 ± 32	m. y.
・ (Mirbat 岩体)	727 ± 36	m. y.
ペグマタイト	576 ± 28	m. y.
石英モンゾニ岩	537 ± 26	m. y.
ドレライト岩脈	438 ± 22	m. y.
石英斑岩脈	374 ± 19	m. y.

以上の結果、本調査地域の変成岩類および火成岩類は3グループに大別できる。即ち

(1) グループ (770 ~ 600 m. y.)

Juffa片麻岩, Sadha片麻岩, カコウ閃緑岩類

(2) グループ (600 ~ 510 m. y.)

ペグマタイト, 石英モンゾニ岩

(3) グループ (460 ~ 350 m. y.)

塩基性および酸性岩脈群

に分けられる。

- (1) グループ (770 ~ 600 m. y.) のJuffaおよびSadh片麻岩は層序的に前者が下位で、後者が上位であり、両者共に同じ広域変成作用を覆っている。770 ~ 600 m. y. は変成年代の時間的レンジを示す。

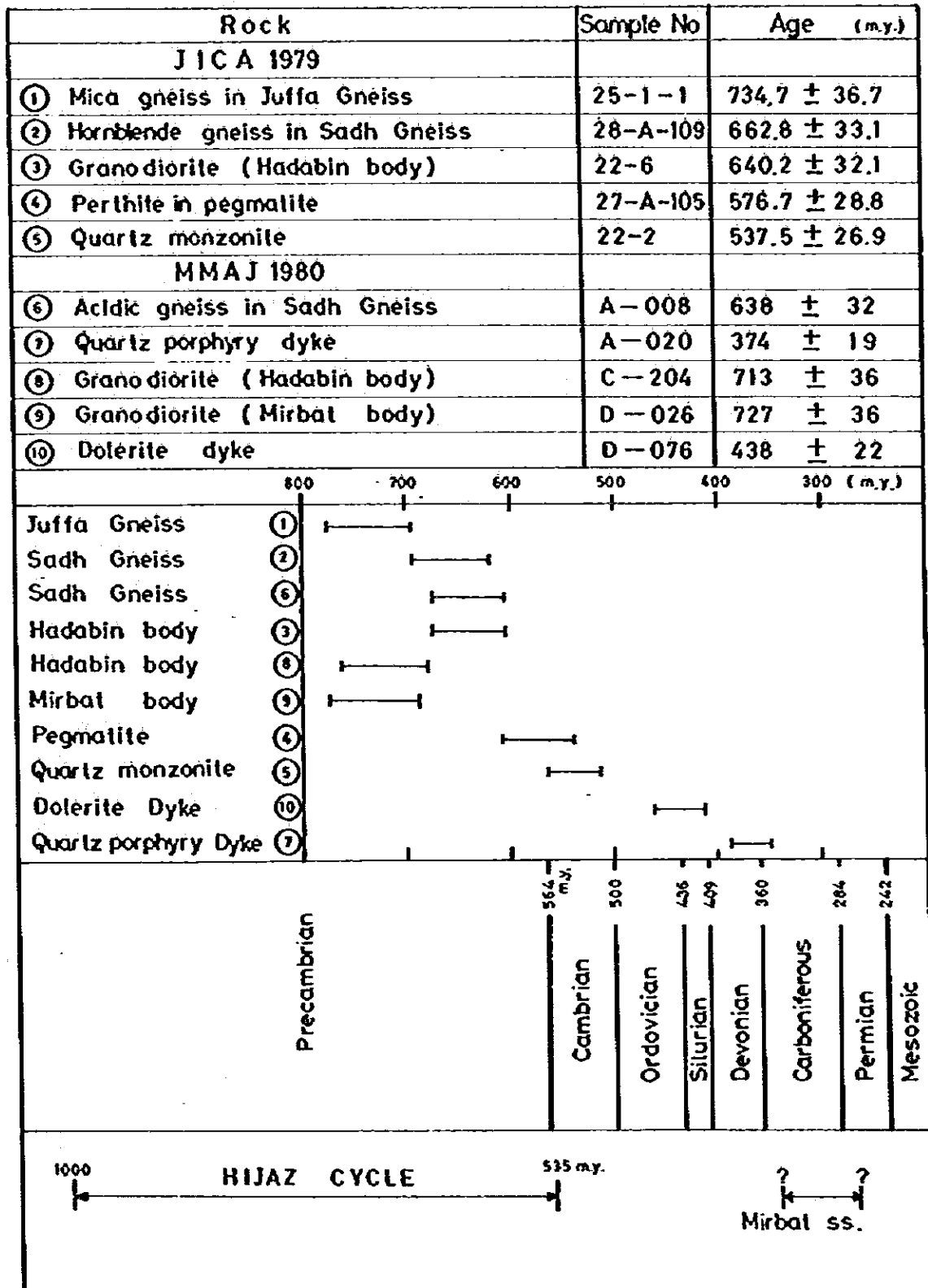
カコウ閃緑岩脈は上記変成岩類の変成末期に貫入した岩体で、変成岩類を形成した広域変成作用を一部蒙り、変成岩類と同じ年代を示している。

- (2) グループ (600 ~ 510 m. y.) のペグマタイトは、カコウ閃緑岩類の貫入末期又は広域変成時の再成ペグマタイトとして生成されたもので、その年代は(1)グループ生成直後に生成されたことを示している。

石英モンゾニ岩は、野外では石英斑岩脈に岩相が酷似するが、年代測定結果、カコウ閃緑岩類の活動末期に貫入したことが判明した。

- (3) グループ (460 ~ 350 m. y.) のドレライト、石英斑岩岩脈は(1)(2)グループの各岩類を切る関係にあり、且つ石英斑岩はドレライトを切るが、年代測定結果も野外調査結果と一致

Table 5 Result of K—Ar Dating



する。

(1)グループおよび(2)グループの生成年代770~510 m. y. は、アラビア盾状地を形成したHijaz造山期1,000~535 m. y. に一致する。

一方Mirbat砂岩層は化石も含まず、年代測定も出来ないが上部オルドビス紀~下部石炭紀のドレライトや石英斑岩岩脈を不整合に覆うことや、アラビア盾状地のWajid砂岩(下部ペルム紀およびそれより古い時代)に対比され、その堆積年代は上部古生代の石炭紀から下部ペルム紀と推定された。

2-4 先カンブリア系岩類の変成作用

本調査地域の先カンブリア系変成岩類は、泥質~砂質起源の雲母片麻岩、塩基性火成岩(火山岩)類起源の塩基性片麻岩、砂質堆積物又は酸性火山岩類起源の酸性片麻岩と、これらの中間的性格を有する中性片麻岩から成る。

これらの変成岩類の鏡下の観察結果、主要造岩鉱物組合せは次の通りである。

雲母片麻岩—白雲母、黒雲母、石英>斜長石>ザクロ石、緑レン石、カリ長石

塩基性片麻岩—ホルンブレンド>斜長石、緑レン石>石英、ザクロ石、黒雲母

酸性片麻岩—石英、斜長石>黒雲母、カリ長石>白雲母、ザクロ石、緑レン石

中性片麻岩—石英、斜長石、黒雲母>ホルンブレンド>ザクロ石

Juffa片麻岩は主に雲母片麻岩から成り塩基性片麻岩を挟在する。

Sadh片麻岩は主に塩基性片麻岩および中性片麻岩から成り、酸性片麻岩を挟在する。この様にJuffa片麻岩は泥質な成分がより多く、Sadh片麻岩はマフィックな成分が多い。各変成岩に共通する変成鉱物は、石英、斜長石、黒雲母、緑レン石、ザクロ石で、緑レン石—角閃岩相から角閃岩相低温部の変成相に特徴的な鉱物組合せとなっている。

2-5 地質構造

本調査地域の主要な地質構造の方向は、NE—SW系、NW—SE系およびN—S系を示している。

2-5-1 先カンブリア系の褶曲構造

本地域の先カンブリア系の基本的地質構造の方向はNE—SW系の背斜構造である。背斜構造の中軸部にJuffa片麻岩が分布し、その周辺にSadh片麻岩が分布する。又地域の北東部や南西部に小規模なN—S系背斜構造および向斜構造が分布する。

2-5-2 貫入岩類の構造

1) カコウ閃緑岩類

Hadabin 岩体は直径 20 km 以上のパンリス状貫入形態を示し Mirbat 岩体は直径 2 km 程度のストック状貫入形態を示す。前者の貫入の方向は不明瞭だが後者は N-S 系に伸張した方向を示す。

2) 石英モンゾニ岩

直径 2 km 程度で、NW-SE 系方向に伸張した形態を示す。

3) 岩脈群

主要貫入方向は NW-SE 系である。

地域北東部および南西部で N-S 系の貫入も認める。

2-5-3 断層構造

断層の主要方向は NW-SE 系および NE-SW 系が発達する。

1) NW-SE 系断層

本地域西側から東側にかけて Wadi Ain 断層, Wadi Bayt Said 断層, および Wadi Shaat 断層等がほぼ平行に配列している。

2) NE-SW 系断層

本地域北西側から南東側にかける Wadi Shiliyarn 断層および Wadi Khorhant-Atah 断層が分布する。

以上 NW-SE 系断層は先カンブリア系の褶曲構造を切る関係を示し、NE-SW 系断層は走向断層の性格を示して分布する。又、断層の割目にドレライト岩脈が貫入し、更にそれが破砕、転移していることから、先カンブリア系褶曲時に形成された断層が岩脈群貫入後も再運動したことを示している。

2-5-4 Mirbat 砂岩層の堆積構造

Mirbat 砂岩層の一般走向は NE-SW、傾斜は NW で緩やかな単斜構造的分布を示す。一方、基底部は、基盤の原地形を反影して不規則な形状を示し、基盤の窪みに礫岩層を厚く堆積している。下部層および中部層はアバット状堆積構造を示し、層内に斜交層理が認められ極めて浅所の堆積を示す。上部層は細粒堆積物による静穏な堆積環境を示す。

2-5-5 Umm er Radhuma 層の堆積構造

本層はほとんど水平か、ゆるやかに北又は北東に傾斜して Jabal Samhan 台地を広く覆って分布する。新第三紀中新世以後の隆起運動によりエスカープメントやメサ地形が形成された。

3. 鉱 床

3-1 金属鉱床

Salalah地域に於ける金属鉱床についての情報は、従来から極めて少ない。これまでに知られている鉱徴地としてはJuffa片麻岩に貫入した酸性岩脈に沿って方鉛鉱をわずかに包有する石英細脈、Sadh片麻岩中に黄鉄鉱から二次的に生成した針鉄鉱結晶やペグマタイト脈の一部にスポット状に孔雀石・褐鉄鉱および針鉄鉱等が随伴するもの等である。

本調査の結果新たに確認された主な鉱徴は次の通りである (Fig. 11)。

1) Wadi Shiliyarnの銅鉱徴

Wadi Shiliyarn下流でSadh-Hadabin道路との交点付近から上流に向って約3kmの間に6ヶ所の銅鉱徴が分布する。付近の地質はSadh片麻岩の中性片麻岩および酸性片麻岩から成り、この中に発達するペグマタイト脈中に黄鉄鉱、褐鉄鉱、黄銅鉱およびその二次鉱物の輝銅鉱や孔雀石が散点する。

又、Wadi Shiliyarn中流のJuffa片麻岩中のペグマタイト脈にも黄銅鉱、孔雀石が散見する。これらのペグマタイト脈の脈巾は一般に約10cm~2m程度で、) 主な鉱徴の分析結果は下流域のものはCu = 0.07~0.3%, 中流域のものはCu = 0.39%を示す。

2) Wadi Hinunの銅鉱徴

Wadi HinunとMirbat-Juffaの道路の交点から約4.5kmと7.5km上流にそれぞれペグマタイト脈に伴った少量の孔雀石が認められる。これらの鉱徴の中で孔雀石が濃集する部分の分析値はCu = 0.25~0.38%を示す。

3) Wadi Baqlatの銅鉱徴

Wadi BaqlatとMirbat-Juffa道路の交点付近に分布するペグマタイト脈に少量の孔雀石および褐鉄鉱が散点する。この鉱徴の中で孔雀石の濃集する部分の分析値はCu = 0.11%を示す。

本地域の銅鉱物はペグマタイト脈中のみ認められ、他の岩脈類やカコウ閃緑岩周辺部、あるいは石英モンゾニ岩等には認められない。

上記の分析数値はいずれも数cmの範囲に銅鉱物が濃集した部分の品位で、脈巾全体としての品位はさらに低くなり、これら鉱徴の規模、品位共に経済的価値のあるものは認められない。

4) パライト細脈中の方鉛鉱の鉱徴

Mirbat砂岩層の下部層の一部にパライト一方解石細脈がE-W方向に数本分布し、それらのあるものに方鉛鉱の微粒結晶が散点する。方鉛鉱結晶の大きさは0.5~2mm大で、他の硫化鉱物や二次鉱物は認められない。これら方鉛鉱を含む部分の分析値はPb = 0.12%を示す。

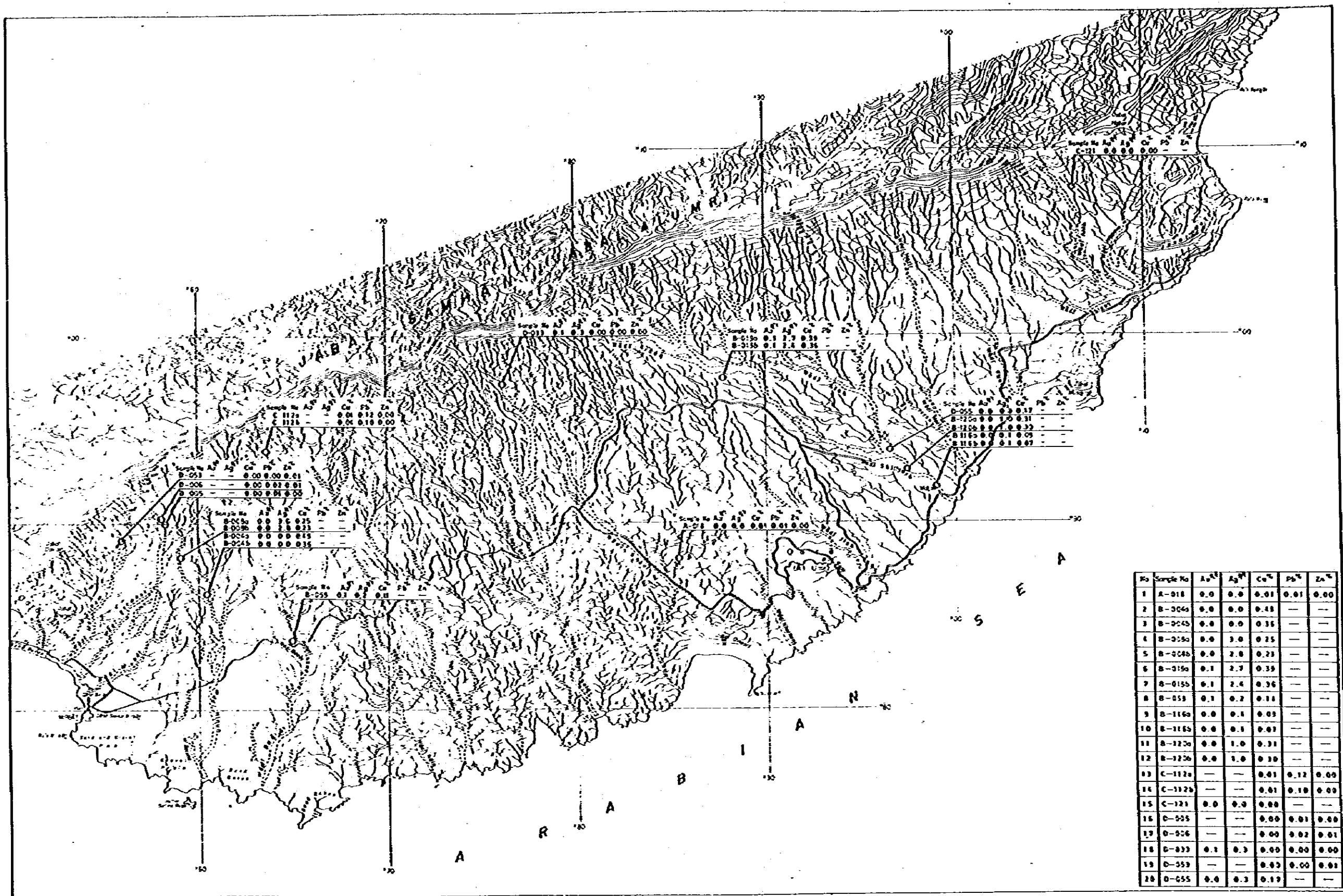


Fig. 11 Distribution of Mirbat Occurrences and Chemical Analysis

3-2 ウ ラ ン

本調査地域の先カンブリア系岩脈類およびMirbat砂岩層の分布する地域の放射能測定結果はSada片麻岩の一部に $U_3O_8 = 0.003\%$ 、 $Th = 0.001\%$ およびMirbat砂岩層中のシルト岩の一部に $U_3O_8 = 0.04\%$ の分析値が報告されている。

本調査では砂岩型ウラン鉱床や脈状ウラン鉱床の可能性を解明する為にMirbat砂岩層の堆積構造の調査と放射能測定を、より詳細に実施し併せて先カンブリア系岩類や買入岩類の放射能も測定した。

3-2-1 Mirbat砂岩層の放射能測定結果

Mirbat砂岩層は下部層、中部層および上部層の3部層に区分される。これら砂岩層は浅所の堆積を示す堆積構造を示しているが、中部に石灰岩を挟在し、比較的淘汰の良い砂岩層を挟在することから陸成堆積層ではないと考えられる。この砂岩層中で測定された放射能値は $2 \sim 16 \mu R/h$ を示し、そのヒストグラムは $7 \sim 10 \mu R/h$ でピークを示す(Fig. 14)。

この測定値を部層別、サイズ別に見ると下部層および中部層等で種々のサイズの粒子から構成される所では、粒子のサイズが小さくなるに従って放射能が高くなる傾向を示す。

粒子サイズ毎に放射能測定値を対数に取り、その平均をグラフにすると一次函数の相関関係を示す(Fig. 13)。Mirbat砂岩層の基底部にチャンネル構造的な堆積構造が見られウランの濃集が期待されたが、 $2 \sim 16 \mu R/h$ でウランの濃集が見られない。

以上Mirbat砂岩層は浅所海成堆積物で、放射能異常値を示す所は認められず、ウラン鉱床の可能性は低いと考えられる。

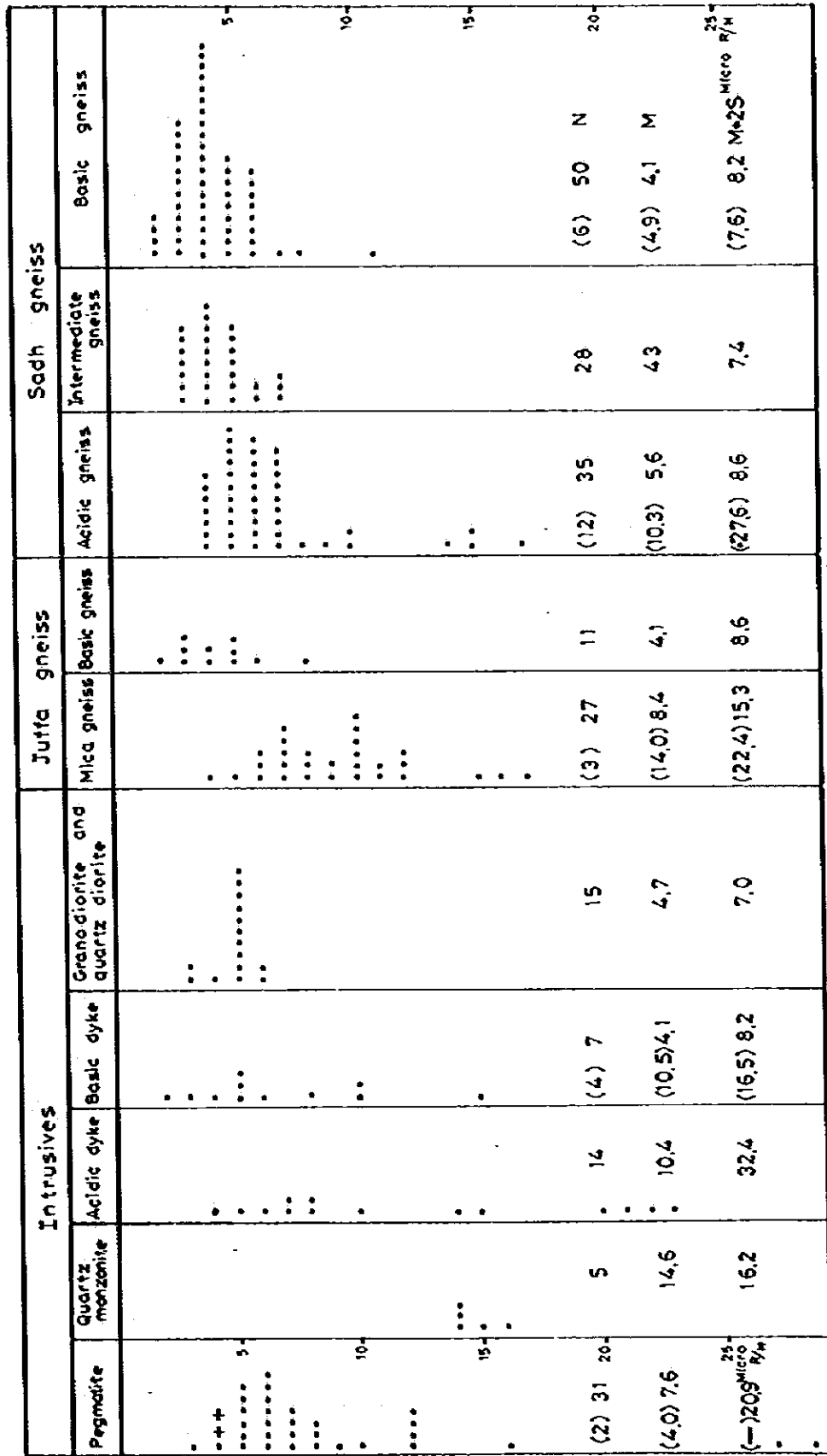
3-2-2 先カンブリア系および買入岩類の放射能測定結果

先カンブリア系および買入岩の放射能測定結果のヒストグラムはFig. 12, 13の通りである。

先カンブリア系片麻岩類、塩基性岩脈、カコウ閃緑岩は $5 \mu R/h$ で低く酸性岩脈、石英モンゾニ岩や雲母片麻岩は $7 \sim 15 \mu R/h$ で、Kの含有量が高いことが影響している。ベグマタイトは $6 \mu R/h$ がピークで放射能鉱物を含有する値ではない。

3-3 その他の鉱物

本調査地域には再結晶性ベグマタイト脈が広範囲に分布する。ベグマタイト脈の規模は脈巾数cmから2m前後で、延長数mから150m程度の小規模脈である。石英、長石の多くは不純物が多く良質なものは少なく稼行価値に乏しい。



Note : Symbol + shows quartz vein, bracketed number means the number of samples

Fig. 12 Histogram of Radioactivity on the Basement Rocks

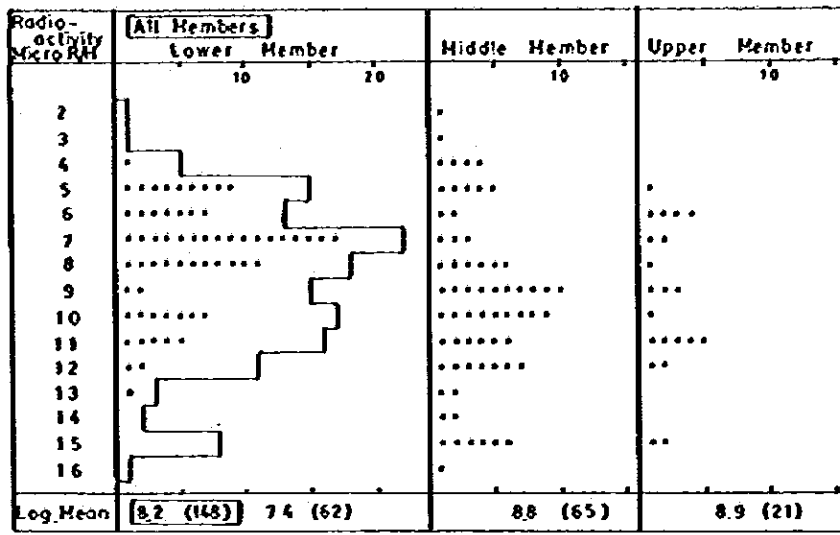
Radio-activity Micro R/H	Upper Member of Mirbat Sandstone Formation					
	Conglomerate	Very coarse sandstone	Coarse sandstone	Medium ~ fine sandstone	Siltstone ~ shale	Limestone
2						
3						
4						
5						
6					....
7					.	
8					.	
9					...	
10					.	
11					.....
12					..	
13						
14						
15					..	
16						
Log. mean	Micro R/H		5.9 (2)		9.4 (19)	
M ± 2 σ	Micro R/H		8.2		16.8	

Radio-activity Micro R/H	Middle Member of Mirbat Sandstone Formation					
	Conglomerate	Very coarse sandstone	Coarse sandstone	Medium ~ fine sandstone	Siltstone ~ shale	Limestone
2						
3						
4	.		.			
5		.	....	
6				..		
7		..	..	.
8		..			....
9			.	....	.....
10			.	...	.....
11				..	.....
12				..	.....
13					..	
14					..	
15				.	.....
16					.	
Log. mean	4.0 Micro R/H (11)	6.9 (4)	6.1 (3)	9.5 (15)	11.1 (33)	2.8 (3)
M ± 2 σ	— Micro R/H	10.1	10.8	15.5	16.8	5.1

Radio-activity Micro R/H	Lower Member of Mirbat Sandstone Formation					
	Conglomerate	Very coarse sandstone	Coarse sandstone	Medium ~ fine sandstone	Siltstone ~ shale	Limestone
2						
3						
4						
5	....	..	..	.
6	.....	.		
7	.....		.	.
8	.....	.	.	....
9	.		.			
10	..			....	.
11	.		.	.	..
12				.	.	
13	.				.	
14						
15						
16						
Log. mean	7.1 Micro R/H (35)	5.5 (5)	7.2 (6)	8.7 (12)	11.0 (4)	
M ± 2 σ	10.8 Micro R/H	8.6	12.9	13.6	12.5	

Note: Bracketed number shows number of samples

Fig. 13 Histogram of Radioactivity on the Each Rock Facies of Mirbat Sandstone Formation



Note: Bracketed number shows number of samples

Fig. 14 Histogram of Radioactivity on Mirbat Sandstone Formation

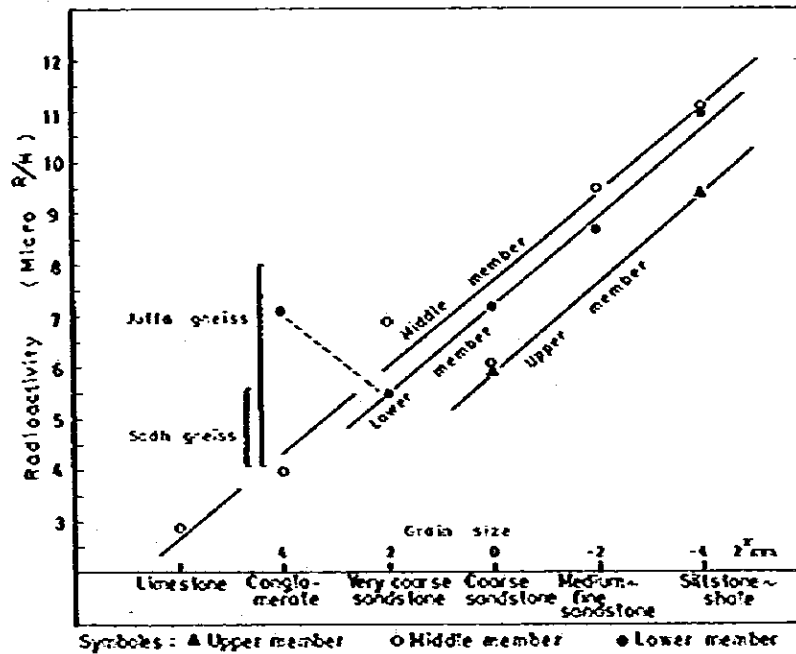


Fig. 15 Comparison of Radioactivity and Grain Size on Mirbat Sandstone Formation

JIOA (1979) 報告では、川砂の発光分光分析結果有用稀元素鉱物の存在を示す様な指示元素は検出されなかった。Juffa片麻岩からSadh片麻岩境界部にチタン鉱物の結晶が点在するが極めて少量である。又本地域にはルチルキルメナイト等のビーチサンドを堆積する様な海岸が無く、ビーチサンド鉱床の可能性も乏しい。

第Ⅲ章 SUR 地区

1. 総 説

本地区に於ける調査は、1981年および1982年に実施された。1981年は広域の地質構造の解明・既知マンガン鉱床分布域およびその周辺の層序、地質構造の解明、更に新鉱床の発見を目的として地質調査と写真地質解析並びに現地検証調査を実施した。1982年の調査は1981年の調査結果から抽出された4地区に対してマンガン鉱床の評価を目的として地質調査およびボーリング調査を実施した。

2年間に亘る調査の結果、地質層序、地質構造および鉱床について多くのデータが得られた。特に本地域のマンガン鉱床は、三疊紀～白亜紀前期のHalifa層中に産出することから、Halifa層の層序および地質構造が解明され、またボーリング調査結果と合わせてマンガン鉱床の産出層準および鉱床の性状・規模等がより詳細に解明された。

2 地 質

2-1 地 質 概 説

本調査地域はオマーン山脈の東南部に位置し、オマーン山脈を構成する地層の一部が本地域にも分布する。

本地域に分布する地質は下位より、先カンブリア系基盤岩類、三疊紀～白亜紀前期のHalifa層およびマーストリヒト期～第三紀の石灰岩層が分布し、これらを第四紀堆積物がおおっている。他に小規模な塩基性および酸性貫入岩が認められる。

基盤岩類はJabal Jaalanに分布し、角閃岩および片麻岩等の変成岩類とこれを貫くカコウ岩と無数の塩基性および酸性岩脈からなる。

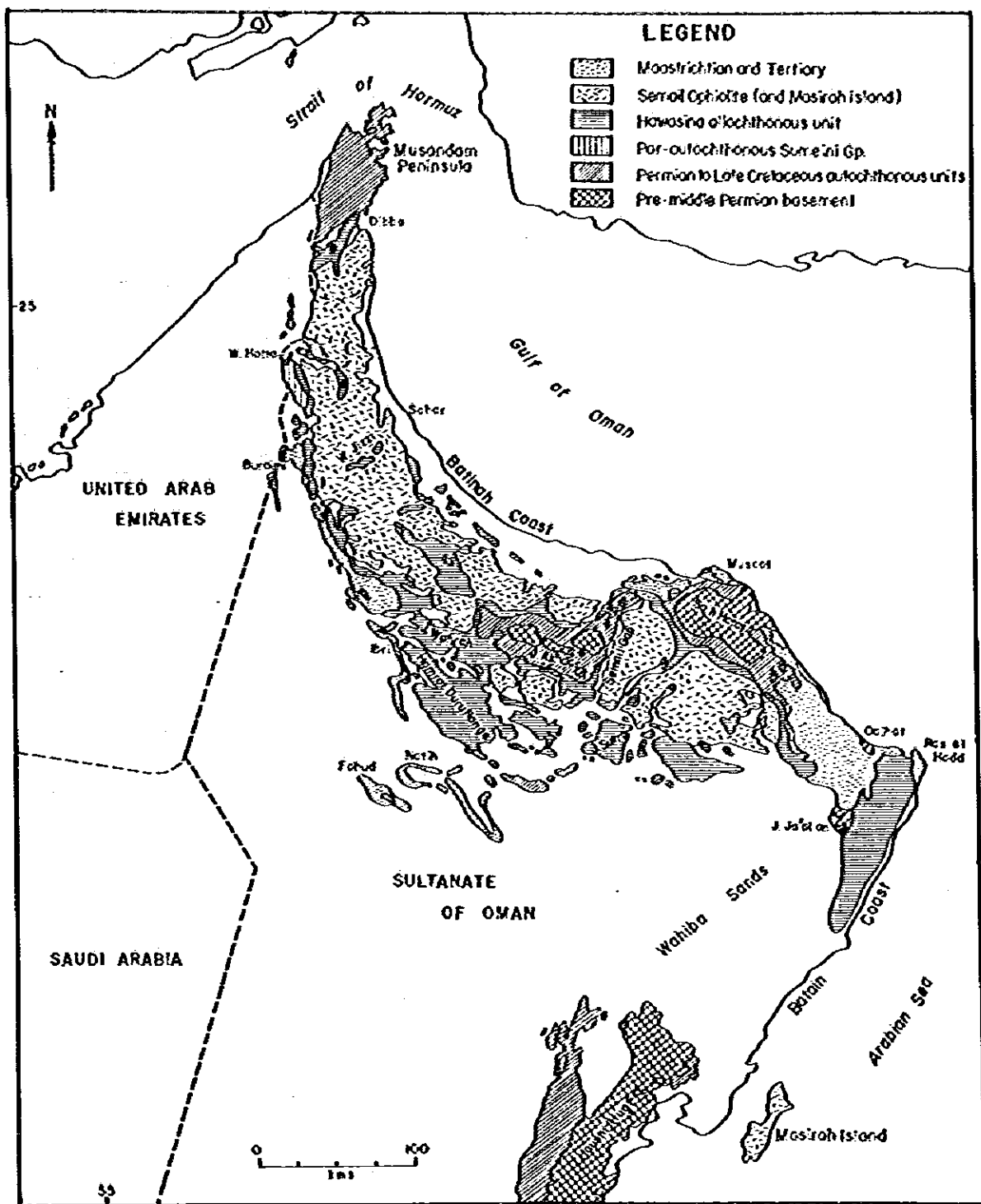
Halifa層は本地域に広く分布しており、チャートと頁岩の互層から成り、上部層・中部層・下部層に区別される。マンガン鉱床を産出する中部層はその色調により更に3～4層に細区分される。

石灰岩層は基盤岩およびHalifa層を不整合におおい、主に大型有孔虫を多量に含む石灰岩からなり、石英質砂岩や砂質石灰岩を挟在する。

第四紀堆積物は段丘堆積物、海浜砂および風成砂から成る。

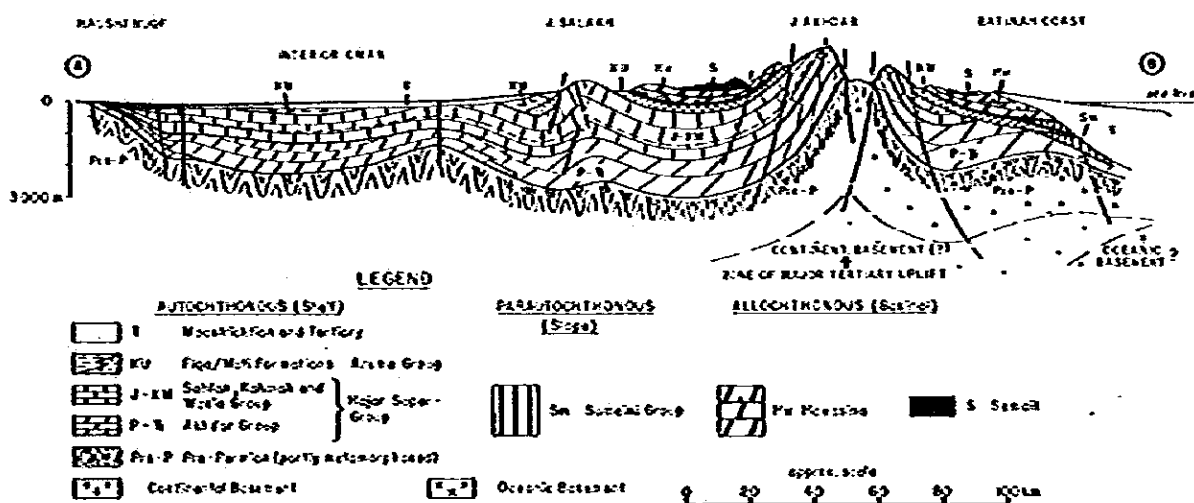
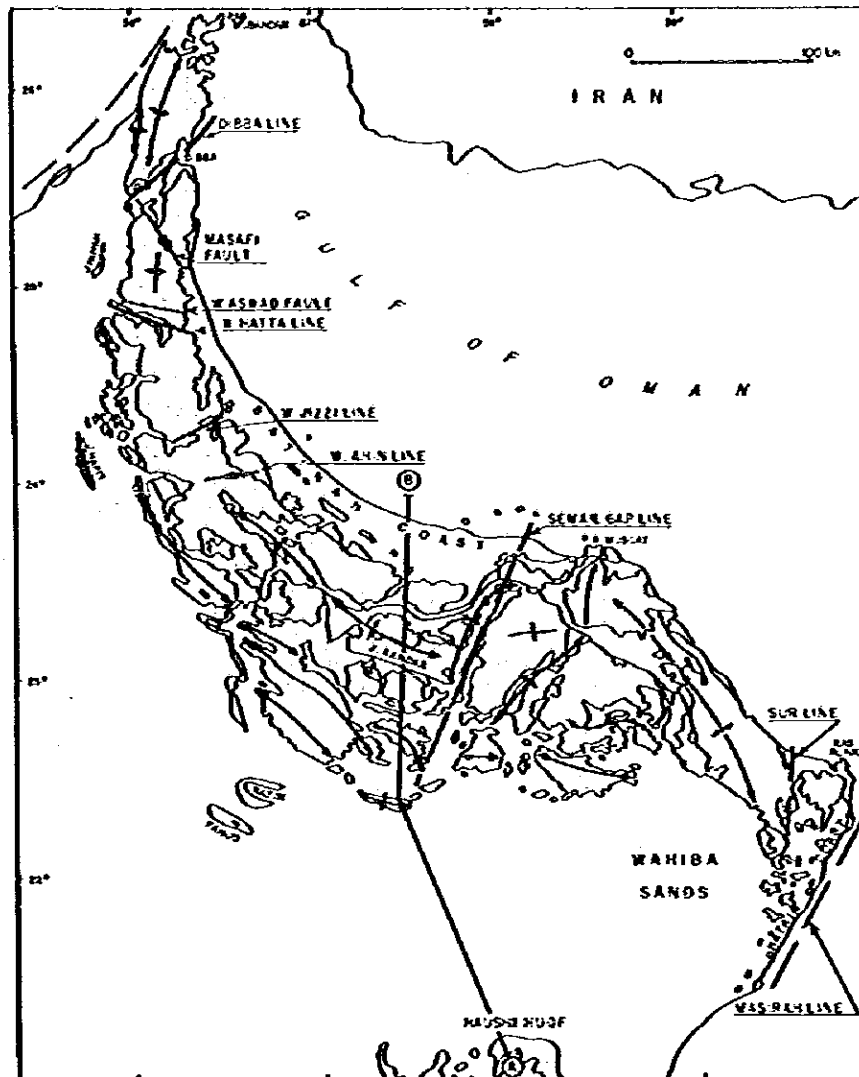
貫入岩類には先カンブリア紀の変成岩類を貫く粗粒玄武岩、安山岩、花崗斑岩とHalifa層と石灰岩層の一部を貫く粗粒玄武岩、玄武岩、安山岩、閃緑岩等がある。

※ Jaramah 部落の南約5 kmのA地区 (2.5 km²)、Awaika 部落の北西約1.6 kmのB地区 (4.0 km²)、北西約5 kmのC地区 (5 km²) および北約4 kmのD地区 (2.5 km²)



(after K.W. Glennie et al, 1974)

Fig. 16 Geological Map of the Northern Oman



(after K.W. Glennie et al, 1974)

Fig. 17 Geological Framework of the Northern Oman

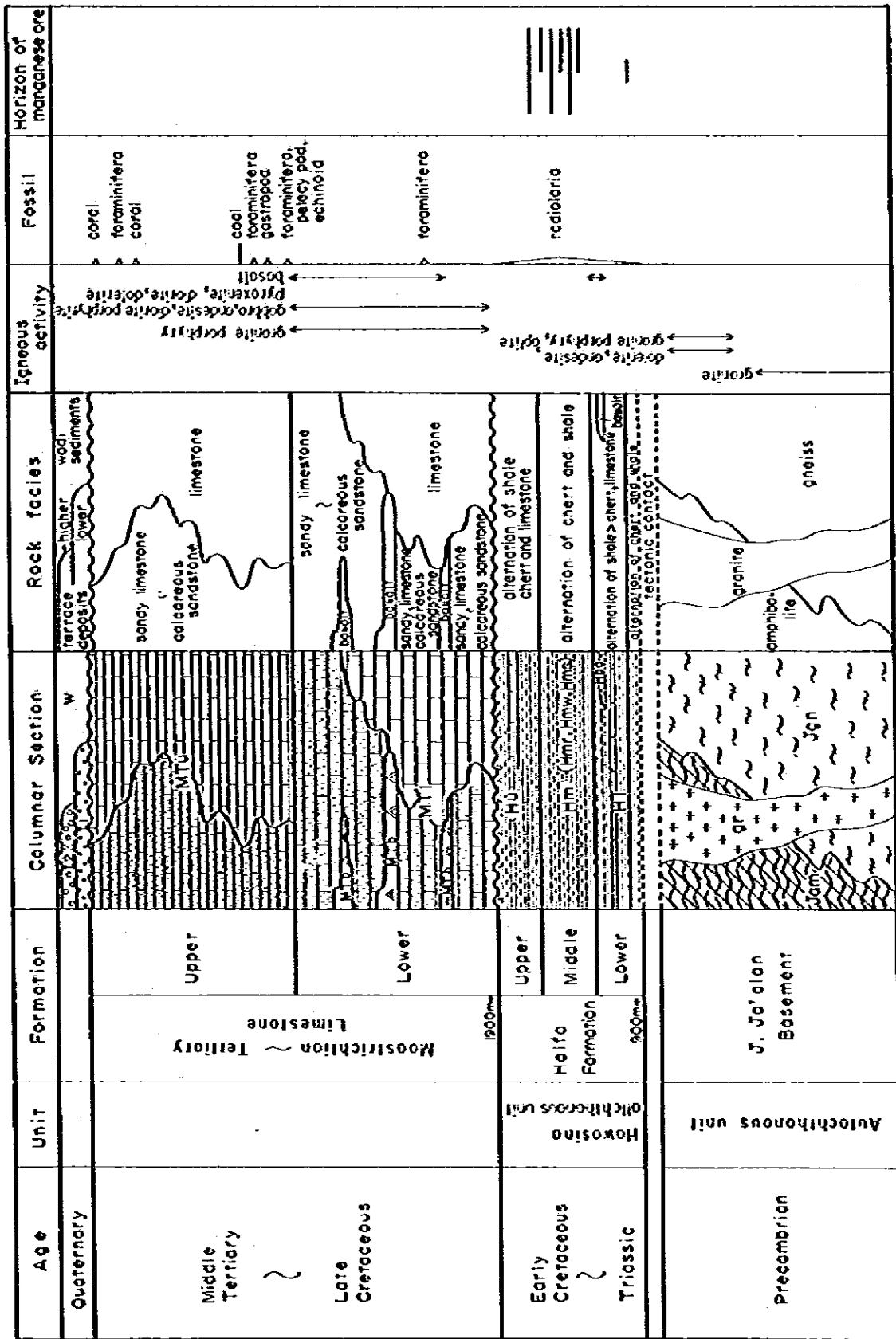
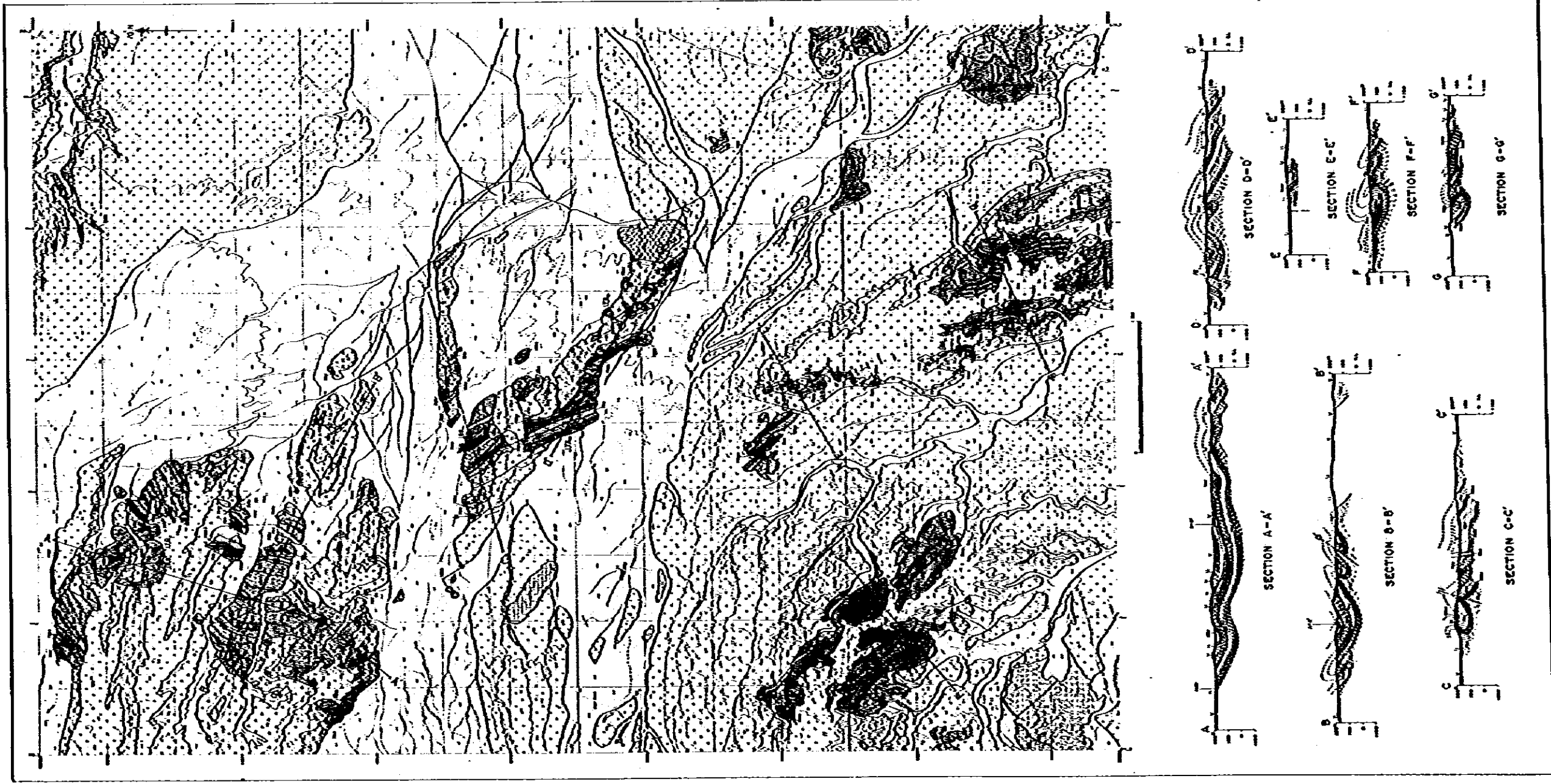


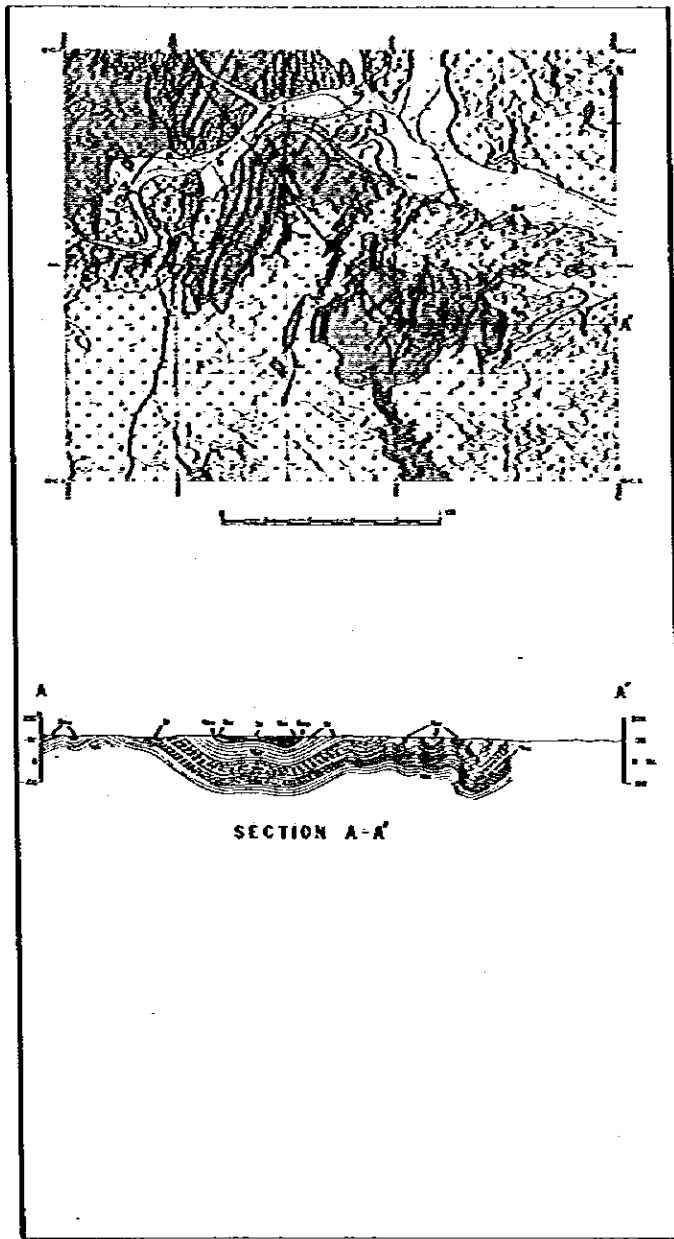
Fig. 20 Schematic Geological Columnar Section of the Sur Area



LEGEND

	Quaternary deposits
	Tertiary deposits
	Cretaceous deposits
	Paleogene deposits
	Mesozoic deposits
	Paleozoic deposits
	Precambrian deposits
	Unconsolidated deposits
	Fault
	Fold
	Contour
	River
	Road
	Railroad
	Boundary

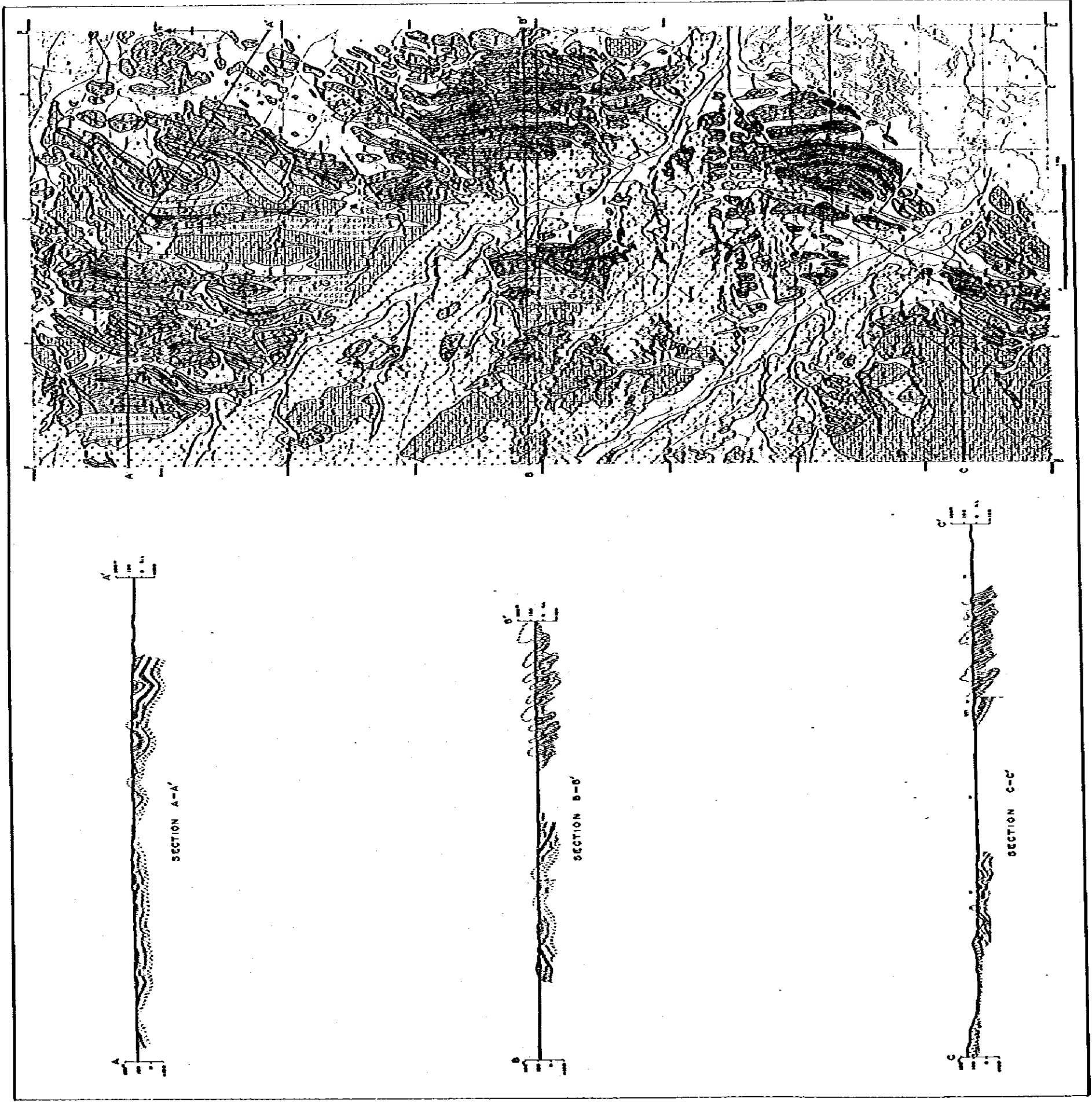
Fig. 22 Geological Map of the Area B



LEGEND

- | | | |
|------------|--|---|
| Quaternary | | alluvium |
| | | recent alluvium |
| | | recent alluvium (high) |
| | | recent alluvium (low) |
| Tertiary | | sandstone |
| | | sandstone, calcareous sandstone |
| Cretaceous | | Cretaceous bed of fine detritus |
| | | Cretaceous bed of medium to coarse detritus |
| | | Cretaceous bed of coarse detritus |
| | | Cretaceous bed of coarse detritus, calcareous |
| Devonian | | Devonian |
| | | Devonian |
-
- | | | | |
|--|--------------|--|--------------------|
| | anticline | | syncline |
| | normal fault | | fault, strike-slip |
| | normal fault | | strike-slip |
| | normal fault | | strike-slip |

Fig. 23 Geological Map of the Area C



LEGEND

	Sandstone
	Shale
	Limestone
	Dolomite
	Quartzite
	Schist
	Gneiss
	Granite
	Diorite
	Basalt
	Andesite
	Rhyolite
	Tuff
	Conglomerate
	Breccia
	Sandstone with shale
	Shale with limestone
	Limestone with shale
	Shale with sandstone
	Sandstone with limestone
	Limestone with sandstone
	Sandstone with dolomite
	Dolomite with sandstone
	Sandstone with quartzite
	Quartzite with sandstone
	Sandstone with schist
	Schist with sandstone
	Sandstone with gneiss
	Gneiss with sandstone
	Sandstone with granite
	Granite with sandstone
	Sandstone with diorite
	Diorite with sandstone
	Sandstone with basalt
	Basalt with sandstone
	Sandstone with andesite
	Andesite with sandstone
	Sandstone with rhyolite
	Rhyolite with sandstone
	Sandstone with tuff
	Tuff with sandstone
	Sandstone with conglomerate
	Conglomerate with sandstone
	Sandstone with breccia
	Breccia with sandstone
	Sandstone with fault
	Fault
	Strike-slip fault
	Normal fault
	Thrust fault
	Anticline
	Syncline
	Unconformity
	Topographic contour
	Stream
	Road
	Railroad
	Boundary

Fig. 24 Geological Map of the Area D

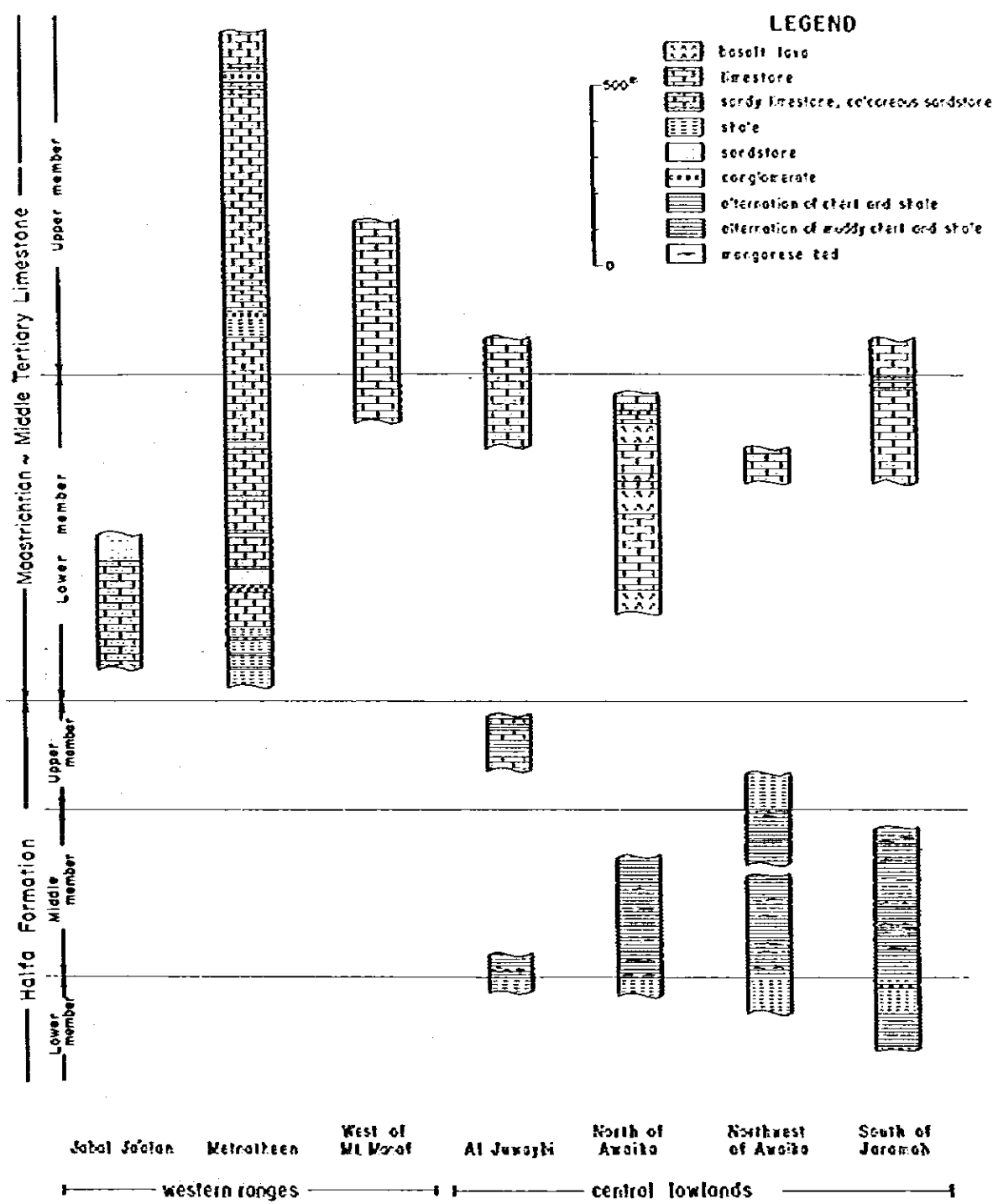


Fig. 25 Geological Columnar Sections in the Sur Area

地質構造は、白亜紀後期のHalifa層の衝上運動と第三紀中期の隆起運動の影響を強く蒙り極めて複雑となり、著しい褶曲や断層が発達する。

褶曲構造は2～3次のオーダーの褶曲の組合せが多く、主要な褶曲軸の方向はE-W系, NW-S-E系, NE-SW系およびN-S系などがある。

断層の方向は褶曲軸の方向に一致するものと、斜交するものが認められる。

2-2 層 序

調査地域の主要部分を占める地質の層序は、下位よりHalifa層、第三紀石灰岩層および第四紀堆積物である。

2-2-1 Halifa層

Halifa層は調査地域の丘陵地に分布し、主としてチャートおよび頁岩の互層からなる。本層は写真地質調査によって下部層、中部層および上部層に区分されチャート・頁岩互層はその色調により赤色互層、白色互層および中間色互層等に細分される。

1) Halifa層下部層

B地区およびD地区に分布する。

主要岩相は黄白色～淡紫灰色の頁岩からなり、局所的に灰白色チャートと互層部を形成する。他にB地区では黒色～黒褐色石灰質ノジュールを挟在し、D地区では淡い棕色珪質石灰岩の薄層を挟在する。

下位層との関係はtectonic contactと考えられている (Glennie et al, 1974)。

2) Halifa層中部層

A地区からD地区までマンガン鉱床が分布する全ての地域に分布する。

主要岩相はチャート・頁岩互層で、赤色互層、白色互層および中間色互層からなる。

赤色互層は色調が赤色、赤褐色、灰褐色のチャート又は泥質チャートと色調が赤褐色、淡褐色の頁岩による互層である。各単層の厚さはチャート～泥質チャートが2cm～20cmで、頁岩は1cm～10cmである。また両者の量比はチャート～泥質チャートが優勢である。

この赤色互層は調査地域の主要マンガン鉱床を産出する層準で鉱床探査上極めて重要なKey bedとなる。A地区では6層存在し、それぞれの厚さは5m～30m、B地区では4層で30m～90m、C地区では4層で20m～90m、D地区では3層存在し、厚さは30m～50mを示す。

白色互層は色調が白色、淡黄色、灰白色、淡紫色のチャートと頁岩の互層で、各単層の厚さは2cm～20cm程度である。チャート/頁岩の量比関係はほぼ等量か頁岩優勢である。A地区の白色互層中にはマンガン鉱床は存在しないが、B地区では稀に5cm以下のレンズ状マンガン

鉄を包有することがある。A地区では1層で層厚10mを示し、B地区では4層で層厚は10m~60m、C地区では2層あり40mおよび50mの層厚を示す。D地区では3層あり層厚は5m~40mを示す。

中間色互層は白色、淡桃色のチャートと赤褐色、淡褐色の頁岩よりなる互層である。チャート/頁岩の量比関係はほぼ等量を示す。A地区では本層中に稀に厚さ1cm以下の偏平なノジュール状のマンガン鉄が認められる。A地区では層厚10m~50mを示し、B地区では10m、C地区では分布せず、D地区では2~3層存在し、その層厚は5m~40mである。これらの中間色互層はいずれも白色互層と漸移関係にあり、地質図上では両者まとめて白色互層と表現されている。その他A地区、B地区およびC地区には頁岩層が分布する。

3) Halfa 層上部層

B地区にのみ分布が認められる。岩相は下部層とほとんど差がなく、黄白色頁岩が主体である。

B地区では中間に中部層を挟む層位関係から上部層と下部層を区別した。

4) Halfa 層の時代

チャート中の放射虫化石の生層序学的検討を行ない、本地区のチャートはジュラ紀末期(Tithonian)から白亜紀前期(Aptian)までのものであることが判明した。

2-2-2 第三紀石灰岩層

石灰岩層は、その岩相から下部層および上部層に区分される。

下部層は調査地域の北部、南部および西部に分布しているほか、小露頭が地域全体の低地に広く散点状に認められる。低地のA地区~D地区に分布するものは全て下部層に相当する石灰岩である。

岩相は主として淡灰色~暗灰色砂質石灰岩からなり、砂岩や頁岩を挟むことがある。砂質石灰岩は一般に中~粗粒の石英粒を含み、石灰質礫を含むことがある。下位のHalfa層とは不整合関係と考えられる。上部層は、調査地域北部や西部の卓状地又は高地に分布する。

岩相は塊状の固結度の悪い、多孔質な白色~淡灰色石灰岩で、孔隙には多数の方解石結晶が認められる。

2-2-3 第四紀堆積物

砂、礫から構成され、地域内の低地に広く分布する。分布範囲は調査地域の50%以上におよぶ、東部には、砂丘の発達がわずかに認められる。

A地区ではワジ堆積物のみ分布するが、B地区~D地区では大小の礫、砂からなる段丘堆積物とワジ堆積物および崖線堆積物が分布する。

2-3 貫入岩類

調査地域に分布する貫入岩類は、粗粒玄武岩、玄武岩、パイロキシナイトなどの塩基性～超塩基性岩類である。

粗粒玄武岩はB地区およびD地区でHalifa層および第三紀石灰岩層の一部を岩脈状又は岩床状に貫いて小規模に分布する。玄武岩はD地区でHalifa層中に小岩脈状に分布する。パイロキシナイトはB地区の崖錐中に小露頭として認められるのみで、Halifa層との関係は明らかではない。

2-4 地質構造および地史

2-4-1 地質構造

調査地域の地質構造は白亜紀後期の衝上運動と第三紀中期の隆起運動に支配されている。

褶曲軸の方向はHalifa層中ではN-S系、NE-SW系およびE-W系が認められる。石灰岩層ではN-S系およびNNW-SSE系の波長の長い褶曲が発達する。断層の主なものはN-S系およびNW-SE系が認められる。

貫入岩は調査地域の東部にNE-SW系の岩脈が発達するほかHalifa層中に岩床状構造を示すものがある。

A地区～D地区の調査地区は主にHalifa層が分布して居り、各地区毎に地質構造が若干異なる。

A地区…3つのオーダーの褶曲が認められる。

- 1) 波長100～300mの褶曲で本地区の主要な褶曲構造である。NW-SE系、E-W系およびNE-SW系の方向がある。
- 2) 波長1～3mの褶曲で、1)と同じ褶曲軸を有するタイトな褶曲と直交する開いた褶曲が観察される。
- 3) 波長数cmの褶曲で、2)の褶曲に伴って出来たもの。

断層は小断層が多数観察される。ENE-WSW系、NE-SW系が多い。

B地区…主要な褶曲構造の方向はNE-SW系又はNNE-SSW系である。ほかに南部でE-W系、NW-SE系およびNE-SW系が認められる。

断層は走向に平行な衝上断層と、これに斜交する断層が認められる。

C地区…主要褶曲構造はN-S系又はNNE-SSW系で、他にNNE-SSW系の小褶曲がある。

断層はE-W系小断層が多数分布する。

D地区…主要褶曲構造はN-S系又はNNE-SSW系で、波長50～100mを示す、他にNE-SW系も認められる。これらの褶曲によりHalifa層中でのくり返しが観察

される。断層はNE-SW系が顕著で、他にN-S系およびE-W系小断層を認める。貫入岩の方向はN-S系またはNNE-SSW系を示す。

2-4-2 地 史

Sur 地区の地質はOman山脈の地質の一部を構成しておりOman山脈の構造発達史が調査地域の構造発達史でもある。

二疊紀から三疊紀にかけて浅海性石灰岩と、陸上からの砕屑物の混入による石灰質な浅海性堆積物 (Ibra層) が形成された。その後、三疊紀後期~ジュラ紀初期に地域は沈降し、Hawasina盆地が形成され、Halfa層の堆積が開始された。又、この時期には海嶺の形成および海底火山活動が開始した。

ジュラ紀~白亜紀中期に様々なタイプの岩相を示す堆積物 (Hawasina層群) が厚く堆積したが、Halfa層はこの一部で遠洋性堆積物であるチャート・頁岩互層から成る。Sur 地区のマンガン鉱床はこの時期の火山活動と関連して生成されたものと考えられている。白亜紀後期から開始したアラビアプレートとイランプレートの衝突による大規模な衝上新層運動により、Hawasina層群は現地性のアラビアプラットフォーム上に押し上げられ、更に海洋底地殻のオフィオライトもHawasina層群の上に押し上げられた。この衝上新層運動によってHalfa層中に著しい褶曲と断層が形成された。白亜紀後期から第三紀中期にかけて本地区は陸化あるいは浅海性の堆積環境となり、厚い石灰岩が形成された。

3. 鉱 床

3-1 鉱 床 概 説

Sur 地区には従来より、マンガン鉱床が知られていたが、第2年次の調査により、さらに多数のマンガン鉱床露頭が発見され、その分布はSur地区のほぼ全域におよぶことが明らかとなった。また、第3年次の調査により、鉱床の産状・連続性・規模が明らかとなった。

鉱床は一般に数層のマンガン鉱層による鉱層帯を形成し、Halfa層中部層の赤色互層中に主として産出している。単一の鉱層は小規模・断続的であるが、鉱層帯として走向方向に追跡され、その長さは1,500mとなるところがある。

マンガン鉱物はパイロリュース鉱を主とし、微量のクリプトメレーン鉱および水マンガン鉱がある。

鉱石品位は MnO_2 20~40%で低品位である。

鉱床産出層は中部層中に3~6層あり、褶曲により地表では繰り返し認められる。

鉱床の成因としては火山性層状堆積鉱床であろうと考察されている。

以下調査の結果について述べる。

3-2 鉄床分布

Sur 地区のマンガン鉄床はHalifa層中部層の分布域のほぼ全域にて認められ、広範囲に鉄床が散在している。

しかし、比較的鉄床が集中して認められる地区は、第3年次調査の対象地区であり、特にJaramahの南5kmのA地区およびAwaikaの北西約1.6kmのB地区に多数の鉄床露頭が認められる。Sur地区全域の鉄床分布はFig. 19, Plate 1K, また各地区の鉄床分布はFig. 21, Fig. 22, Fig. 23, Fig. 24にそれぞれ示した。また、Table 6は主要鉄床露頭についてまとめたものである。

3-3 鉄床の産状

鉄床は三畳紀～白亜紀前期のHalifa層にあり、特にHalifa層中部層の赤色互層を胚胎層として認められる。赤色互層の他は一部で白色互層および下部層のチャート・頁岩互層に認められたにすぎない。

赤色互層は赤褐色チャート～泥質チャートと赤褐色頁岩の互層であり、マンガン鉄層付近では淡褐色を呈する。チャート単層は中心部がチャートであり、単層の周辺部が泥質チャートとなり、チャートと泥質チャートは漸移関係にある。鏡下においてもチャートと泥質チャートの差は、泥質チャートに赤色ラミナおよび粘土鉄物が認められるだけである。またチャートと頁岩の量比は2:1ないし、10:1でチャート優勢互層である。赤色互層の上・下位層は白色互層となる場合が多い。白色互層は灰白色チャートと頁岩の互層であり、チャートと頁岩の量比は等量かあるいは頁岩優勢である。

鉄床は赤色互層の層理に並行な数層の小規模マンガン鉄層と、マンガンノジュール帯からなる鉄層帯である。マンガン鉄層は、黒色層状な珪質部にマンガン鉄物が濃集するものであり、マンガンノジュール帯は鉄層の周辺にある母岩中にマンガン鉄物がスポット状あるいはレンズ状に認められる部分である。鉄層の大きさは、幅20cm以下で長さ10m～20m以下のものが多く、最大のもので幅3m、長さ120mに達するものがある。マンガンノジュール帯は幅10m以上になることもある。

鉄床胚胎層は、著しい褶曲を受けており、鉄床は母岩とともに褶曲し、地表では一般に急傾斜を示すことが多い。

3-4 鉄床の連続性

鉄床は数層の小規模鉄層からなる鉄層帯であり、単一の鉄層は上記のとおり、走向方向の長さ10m～20m以下の場合が多い。また、長さ100m以上となる鉄層もあるが稀れであり、単一のマンガン鉄層は小規模、連続性に乏しいものである。しかし、この鉄層は走向方向に漸

Table 6 List of Manganese Outcrops

(Area A)

Outcrop No.	Location		Strike dip	Lateral Length (m)	Average Thickness (m)	Mode of Ore	Host Rock	Ore Sample No.	Average Grade	
	Latitude	Longitude							MnO ₂ (%)	Mn(%)
56	N2482	E781	E-W 85S~85N	50	0.30	layer	muddy chert/shale	A068 A069	19.95	12.34
59	N2482	E781	N65W 65~70N	150	0.20	do	do	A009 A014 A012	21.17	13.55
60	N2482	E781	N65W 85S~60N	60	0.15	do	do	A016 A018	27.26	17.98
64	N2482	E780	N80W~E-W 55~65S	140	0.20	do	do	A070 A071	27.83	18.12
68	N2484	E780	N70E 25S	150	0.40	do	do	D026A D030A D028A D032A	21.17	13.98
69	N2481	E780	N80E 90	300	0.61	do	do	F056A~F058A F060A, F061A H070A~H076A H078A, H079A	19.69	12.87
71	N2481	E780	N80E 55N	350	0.50	do	do	F063A~F068A H081A~H084A	24.70	15.21
72	N2481	E780	N45E 60N	140	0.30	do	do	F074A~F076A	30.79	20.12
73	N2483	E780	N30W 50S	250	0.90	do	do	D034A	19.83	12.61
76	N2481	E770	N85E 80W	300	0.45	do	do	F077A~F080A	13.24	9.07
95	N2483	E779	N50W 45S	350	0.85	do	do	D039A~D042A D044A, D047A D049A	19.40	11.66
110	N2485	E778	E-W/75N N45W/30S	1510	0.60	do	do	B107A~B116A C061A~C074A F088A~F095A H085A~H143A	26.68	17.29
114	N2482	E778	N25W 70N	70	0.85	do	do	C047A~C049A	12.71	11.50
116	N2482	E777	E-W 50S	430	0.43	do	do	B137A B140A B139A	16.18	10.33
117	N2484	E777	N80W 55S	500	0.29	do	do	B141A~B145A	19.94	12.84
120	N2485	E777	E-W 60S	50	0.62	do	do	A029A A032A A031A	12.26	8.01
121	N2485	E747	N75E 70~80N	140	0.30	do	do	A034A A038A A036A A039A	16.65	10.73
123	N2484	E777	N75W 40S	650	0.34	do	do	B043A~B045A B120A~B124A	31.57	20.39
124	N2483	E777	N65E 70S	65	0.40	do	do	B136A	58.15	36.74
132	N2484	E777	N30~60E 70N	160	0.30	do	do	A043A~A045A	11.95	7.68
133	N2483	E777	N40E 70N	200	0.24	layer lens	do	B103A B106A B105A	19.35	12.43
136	N2485	E776	N70E 80S	500	0.81	layer	do	D054A D058A D055A D061A D063A D067A D066A J087A~J107A B092A B096A B095A B098A~B101A J073A~J075A B084A~B086A B091A	23.67	15.00
140	N2484	E776	E-W/50S N50E/55N	500	0.47	do	do		27.68	17.54
142	N2484	E776	N45E 50S	300	0.29	do	do		26.59	17.51

(Area B)

Outcrop No.	Location		Strike dip	Lateral Length (m)	Average Thickness (m)	Mode of Ore	Host Rock	Ore Sample No.	Average Grade	
	Latitude	Longitude							MnO ₂ (%)	Mn(%)
155	N2463	E759	N22W 56S	50	0.65	layer	gray chert/ purple shale	H045A	41.11	25.92
158	N2460	E760	N10W 73S	150	2.37	lens	muddy chert/ shale	H041A H044A H043A E026A	39.78	22.73
159	N2458	E761	N20~35W 45N	590	4.15	layer	do	E027A G045A~G048A G054A~G062A G065A~G067A G075A~G078A G080A~G083A G085A~G106A G112A~G115A K090A K091A	34.94	21.48
168	N2463	E759	N41E 76S	70	0.60	do	do	H046A	34.56	21.85
169	N2463	E760	N16E 46S	50	1.30	do	do	H049A	41.47	25.61
170	N2463	E760	N25E 56N	50	0.70	do	do	H047A	65.74	40.08
171	N2460	E760	folded	160	0.25	do	do	H040A	46.99	29.24
172	N2460	E760	N20W 75N	350	0.45	do	do	H038A H039A	47.16	29.01
173	N2459	E761	N25E 70S	40	0.80	lens	do	H033A	34.07	21.70
174	N2458	E758	N-5 40E	10	0.70	layer	do	K019A	71.29	44.37
175	N2458	E758	N20W 55N	40	0.20	do	do	K020A	24.74	14.71
176	N2458	E758	N25W 45N	30	0.30	do	do	K022A	45.14	28.55
177	N2458	E761	N10W 72N	20	0.15	do	do	G014A	31.72	20.06
178	N2458	E761	N10W 80S	50	0.70	lens	do	G009A	17.48	10.44
179	N2458	E761	N32W 80S	30	0.05	layer	do	G043A	28.95	18.34
180	N2458	E761	N18W 65S	20	0.20	do	do	G063A	85.14	52.97
181	N2457	E759	N30W 45N	60	0.40	do	do	K024A	35.44	22.48
182	N2457	E759	N35W 40N	130	0.28	nodule	do	K027A	71.49	44.61
183	N2457	E759	N55W 75S	40	0.70	layer	do	K026aA K026bA	34.94	22.04
184	N2457	E761	N15W 50N	370	1.30	do	do	G116A G119A G117A G121A G122A G123A	26.50	14.75
185	N2457	E763	N25E 45N	100	0.45	do	do	K016A K017A	36.42	22.22
186	N2456	E762	N15E 60S	40	0.30	do	do	G026A	23.49	13.29
187	N2456	E762	N70E/55N N60W/60N	110	0.30	do	do	G028A G029A	45.54	28.38

(Area C)

Outcrop No.	Location		Strike dip	Lateral Length (m)	Average Thickness (m)	Mode of Ore	Host Rock	Ore Sample No.	Average Grade	
	Latitude	Longitude							MnO ₂ (%)	Mn(%)
161	N2452	E767	N50W/40S N5W/65S	250	1.35	layer	muddy chert/ shale	J024A E016A J025A	13.90	8.71
188	N2452.5	E766.5	N12E/74S N5E/60S	70	0.50	do	do	H023A H028A	46.54	29.69
189	N2452.5	E767	N75W 23S	70	0.25	do	do			
190	N2452	E766.5	N10E 80S	80	0.30	do	do	H029A	47.07	29.68
191	N2451	E767	folded	100	0.30	do	do			

(Area D)

Outcrop No.	Location		Strike dip	Lateral Length (m)	Average Thickness (m)	Mode of Ore	Host Rock	Ore Sample No.	Average Grade	
	Latitude	Longitude							MnO ₂ (%)	Mn(%)
160	N2456	E771	N-S 80E	250	0.95	layer	muddy chert/ shale	K004A K050A~K052A K053aA K054A K053bA K055aA K0556A K55cA K060A~K064A E037A	40.77	25.58
192	N2456	E771	N-S 55E	110	0.50	do	do	K056A K057bA K057aA K058aA K058bA K059A	45.91	28.18
193	N2451.5	E770.5	folded	40	0.20	do	do			
194	N2453.5	E769	N60E 45S	100	0.30	do	do	H011A	20.35	12.60
195	N2452	E770.5	folded	50	0.25	do	do			
196	N2452.5	E771.5	N5E 85S	230	0.15	do	do			
197	N2452.5	E771.5	N15W~N10E 78E	260	0.25	layer lens	do			
198	N2448	E770	N-S~N10E 60W	250	0.20	layer	do			

続的に存在し、また鉄層周辺はマンガンジュール帯となり、鉄層帯としては、走向方向に連続性があり、最大のもので1,500 m 追跡されるものがある。

また、傾斜方向への連続性については、第3年次に実施されたボーリング調査により明らかとなった。このボーリング調査では、地表から30 m 下部まで鉄層が連続していることを確認したところもあるが、傾斜方向の連続性は地表の走向方向と同様に良くないと考えられる。

3-5 鉄床規模

多数のマンガン鉄床露頭から、層厚15 cm以上、長さ20 m以上の鉄層からなる鉄床露頭をリストアップしたものがTable 6 である。これらの鉄床露頭に対し、下記のような鉄量計算基準を設定し、埋蔵鉄量を求めた。鉄量計算の方法についてはFig. 26 に示す。

鉄量計算基準

長さ：鉄床は数層の断続する鉄層からなる鉄層帯であり、この走向方向の長さの80% (鉄層の断続性による) をかけたもの。

厚さ：鉄層の平均的な厚さであり、試料採取地点の厚さの80% (鉄層の形態による) をかけたもの。

深さ：地表下30 m までは連続するものと推定した。

比重：鉄石はパイロリュース鉄 (比重5.1) と石英 (比重2.65) からなるものと考え計算によりMnO₂ 品位と鉄石比重の関係を示すグラフを作成し、このグラフから求めた。

この結果総埋蔵鉄量は約520,000T、平均品位はMnO₂ 29.57%、Mn 19.92%を得た。

	鉄床露頭数	埋蔵鉄量 (T)	平均品位 (MnO ₂ %, Mn %)	
A地区	24	214,880	23.59	15.10
B地区	23	250,545	36.04	24.06
C地区	5	25,537	19.60	12.29
D地区	8	30,965	33.36	20.68
計	60	521,927	29.57	19.92

なお、各鉄床露頭の鉄量はTable 7 に示すとおりである。このうち最大の鉄量を有する鉄床露頭は、トレンチを実施した露頭6159であり、埋蔵鉄量 155,601 T、平均品位MnO₂ 34.94%を得た。しかし、ほとんどの鉄床露頭は鉄量5,000T以下で小規模なものである。したがって、スール地区のマンガン鉄床は全体的に小規模なものが多数分布しているものと、考えられる。

Table 7 Ore Reserve of Manganese Outcrops

(Area A)

Outcrop No.	Lateral Length (m)		Thickness (m)		Dip Side Length (m)	Specific Gravity	Ore Reserve (t)	Average Grade MnO ₂ (%)	Contents MnO ₂ (t)	Number of Samples
	F ₁	F ₂	F ₁	F ₂						
56	50	80	0.30	80	30	3.00	864	19.95	172.4	2
59	150	80	0.20	80	30	3.04	1,751	21.17	370.7	3
60	80	80	0.15	80	30	3.15	725	27.26	197.6	2
64	140	80	0.20	80	30	3.16	1,698	27.83	472.6	2
68	150	80	0.40	80	30	3.04	3,502	21.17	741.4	4
69	300	80	0.61	80	30	3.00	10,540	19.69	2,075.3	15
71	350	80	0.50	80	30	3.10	10,416	24.70	2,572.8	10
72	140	80	0.30	80	30	3.37	2,717	30.79	836.6	3
73	250	80	0.90	80	30	3.00	12,960	19.83	2,570.0	1
76	300	80	0.45	80	30	2.87	7,439	13.24	984.9	5
95	350	80	0.85	80	30	3.01	17,193	19.40	3,335.4	7
110	1,510	80	0.60	80	30	3.07	53,403	23.01	12,288.1	121
114	70	80	0.85	80	30	2.96	3,381	17.71	598.8	3
116	430	80	0.43	80	30	2.94	10,437	16.18	1,688.7	3
117	500	80	0.29	80	30	3.01	8,379	19.94	1,670.8	4
120	50	80	0.62	80	30	2.87	1,708	12.26	209.4	3
121	140	80	0.30	80	30	2.95	2,378	16.65	395.9	4
123	650	80	0.34	80	30	3.24	13,747	31.57	4,339.9	5
124	65	80	0.40	80	30	3.85	1,921	58.15	1,117.1	1
132	160	80	0.30	80	30	2.86	2,635	11.95	314.9	2
133	200	80	0.24	80	30	3.00	2,764	19.35	534.8	2
136	500	80	0.84	80	30	3.08	24,837	23.67	5,878.9	26
140	500	80	0.47	80	30	3.16	14,258	27.68	3,946.6	10
142	300	80	0.29	80	30	3.14	5,245	26.59	1,394.6	3

A Total 214,880 22.67 48,708.2

(Area B)

Outcrop No.	Lateral Length (m)		Thickness (m)		Dip Side Length (m)	Specific Gravity	Ore Reserve (t)	Average Grade MnO ₂ (%)	Contents MnO ₂ (t)	Number of Samples
	F ₁	F ₂	F ₁	F ₂						
155	50	80	0.65	80	30	3.45	2,153	41.11	885.1	1
158	150	80	2.37	80	30	3.41	23,275	39.78	9,258.8	4
159	590	80	4.15	80	30	3.31	155,601	34.94	54,369.1	52
168	70	80	0.60	80	30	3.31	2,669	34.56	922.4	1
169	50	80	1.30	80	30	3.45	4,306	41.47	1,785.7	1
170	50	80	0.70	80	30	4.04	2,715	65.94	1,790.3	1
171	100	80	0.25	80	30	3.57	1,714	46.99	805.4	1
172	350	80	0.45	80	30	3.58	10,820	47.16	5,105.5	2
173	40	80	0.80	80	30	3.29	2,021	34.07	688.6	1
174	10	100	0.70	80	24	4.19	563	71.29	401.5	1
175	40	80	0.20	80	30	3.10	476	24.74	117.8	1
176	30	80	0.30	80	30	3.54	612	45.14	276.1	1
177	20	100	0.15	80	24	3.24	187	31.72	59.3	1
178	50	80	0.70	80	30	2.97	1,996	17.48	348.9	1
179	30	80	0.05	80	30	3.19	92	28.79	26.6	1
180	20	100	0.20	80	24	4.61	354	85.14	301.4	1
181	60	80	0.40	80	30	3.33	1,534	35.44	543.8	1
182	130	80	0.28	80	30	4.18	2,921	71.49	2,088.5	1
183	40	80	0.70	80	30	3.31	1,779	34.94	621.7	2
184	370	80	1.30	80	30	3.13	28,906	26.50	7,660.1	6
185	100	80	0.45	80	30	3.34	2,886	36.42	1,051.0	2
186	40	80	0.30	80	30	3.08	710	23.49	166.8	1
187	110	80	0.30	80	30	3.55	2,249	45.54	1,024.2	2

B Total 250,545 36.04 90,298.6

(Area C)

Outcrop No.	Lateral Length (m)		Thickness (m)		Dip Side Length (m)	Specific Gravity	Ore Reserve (t)	Average Grade MnO ₂ (%)	Contents MnO ₂ (t)	Number of Samples
	F ₁	F ₂								
161	250	80	1.35	80	30	2.90	18,792	13.90	2,612.1	2
188	70	80	0.50	80	30	3.51	2,359	46.54	1,097.9	2
189	70	80	0.25	80	30	3.0	1,008	19.0*	191.5	
190	80	80	0.30	80	30	3.58	1,650	47.09	776.7	1
191	100	80	0.30	80	30	3.0	1,728	19.0*	328.3	

C Total 25,539 19.60 5,006.5

(Area D)

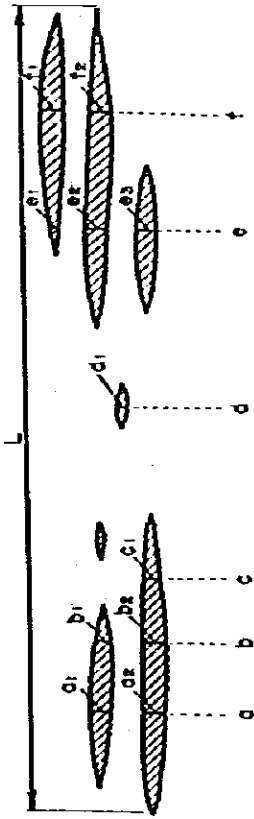
Outcrop No.	Lateral Length (m)		Thickness (m)		Dip Side Length (m)	Specific Gravity	Ore Reserve (t)	Average Grade MnO ₂ (%)	Content MnO ₂ (t)	Number of Samples
	F ₁	F ₂								
160	250	80	0.95	80	30	3.44	15,686	40.77	6,395.2	15
192	110	80	0.50	80	30	3.55	3,748	45.91	1,720.7	6
193	40	80	0.20	80	30	3.0	460	19.0*	87.4	
194	100	80	0.30	80	30	3.02	1,740	20.35	354.1	1
195	50	80	0.25	80	30	3.0	720	19.0*	136.8	
196	230	80	0.15	80	30	3.0	1,987	19.0*	377.5	
197	260	80	0.25	80	30	3.0	3,744	19.0*	711.4	
198	250	80	0.20	80	30	3.0	2,850	19.0*	547.2	

D Total 30,965 33.36 10,330.3

*estimated grade

A,B,C,D Total 521,927 29.57 154,343.6

Schematized Distribution of Manganese Ore Beds



- Ta = a1 + a2
- Tb = b1 + b2
- Tc = c1
- Td = d1
- Te = e1 + e2 + e3
- Tf = f1 + f2

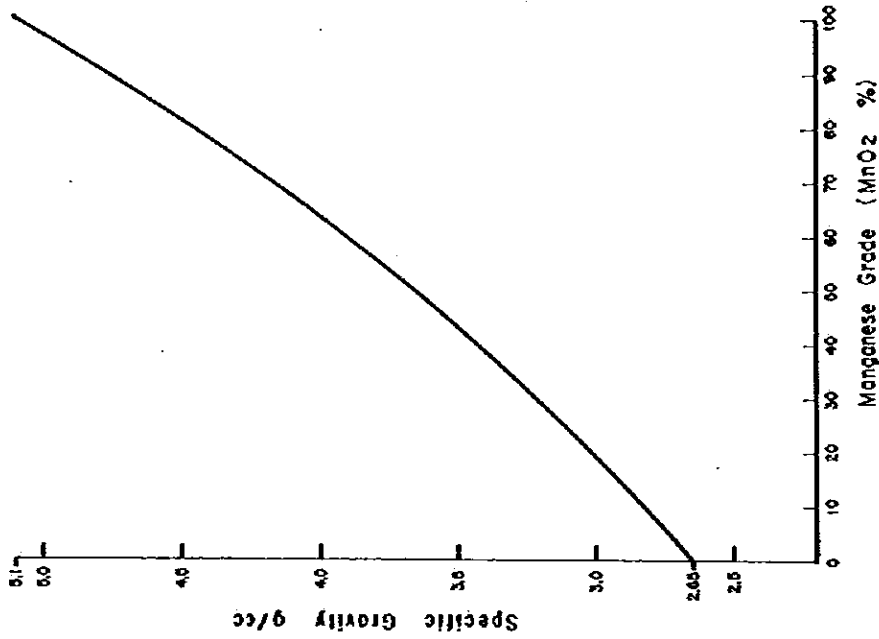
thickness of manganese layers in each sampling sites

$$\text{Ore Reserve} = L \times F_1 \times T \times F_2 \times D \times S$$

- L : length of strike side
- F₁ : length factor (0.8)
- T : average thickness
- F₂ : shape factor (0.8)
- D : length of dip side (30m)
- S : specific gravity

$$T = \frac{T_a + T_b + T_c + T_d + T_e + T_f}{n}$$

n : number of sampling site



Correlation Curve between Manganese Grade (MnO₂) and Specific Gravity

Fig. 26 Calculation Method of Manganese Ore Reserve

3-6 主要鉱床露頭について

多数の鉱床露頭のうち、ボーリング調査が実施された露頭 $\#110$ と、トレンチが実施された露頭 $\#159$ について以下述べる。

3-6-1 露頭 $\#110$

$\#110$ 露頭はA地区の中央部から西部にかけての標高75m~90mの丘陵地に位置している。露頭は赤色互層中に胚胎し、赤色互層は東斜で走向N45W・傾斜30~80S、中央部から西斜では走向E-W・北傾斜を示す(Fig. 27)。東斜の互層はゆるく波うっている程度であるが中央部から西斜では、Fig. 33-1に示すように地層の走向方向と同じ方向の褶曲軸をもつ小さな背斜・向斜構造があり、全体的には北に傾斜している。またNE-SW系の断層があり鉱層を切っているのが認められる。鉱床露頭は大小のマンガン鉱層からなり、厚さ最大2mの鉱層もあるが、一般的には10cm~20cmが多い。また、長さは最大100mに達するものもあるが一般には短かく、10m~30m以下のものが多い。鉱層の数、厚さ、長さとも露頭東部が優勢である。また、鉱層の周辺にはマンガノジュール帯が発達している。母岩の赤色互層は赤褐色~淡褐色を示し、泥質チャートが卓越している互層である。この赤色互層の北側には、白色互層が認められ、両互層の境界は明瞭であるが、南側は、中間色互層となり、境界は不明瞭である。なお白色互層は見掛下盤であるが放射虫化石の生層序学的検討によると、逆転していることが判明し、白色互層は鉱床の上盤であることがわかった。

本露頭の下部の連続性を把握するためボーリング調査が実施された結果、東部で実施された $\#9$ 孔の深度24.7mにて鉱層を把握し、地表露頭が少なくとも30mは連続していることが明らかとなった。しかし他の試錐孔の着鉱深度をみると、傾斜方向には余り連続性なく、地表における走向方向と同様に断続的であると考えられる。

鉱量計算の結果、埋蔵鉱量53403T。(走向延長1510m, 層厚0.60m, 傾斜延長30m), 平均品位MnO₂ 23.01%を得た。なお、ボーリング調査の結果は後述する。

3-6-2 露頭 $\#159$

$\#159$ 露頭は第2年次の調査で発見されたもので、B地区南部の高位段丘の西斜崖に露出している(Fig. 28)。

本年度は、この露頭の南・北延長を確かめるためトレンチを実施した。トレンチは段丘堆積物および崖錐堆積物の分布地にて計画され、露頭の南斜延長部では50m~100m間隔で5本、北斜延長部では100m間隔で3本、計8本総延長375mが掘さくされた(Fig. 28)。

鉱床は、走向N-S~N40W・傾斜50Nを示す赤色互層中に胚胎し、多数のマンガン鉱

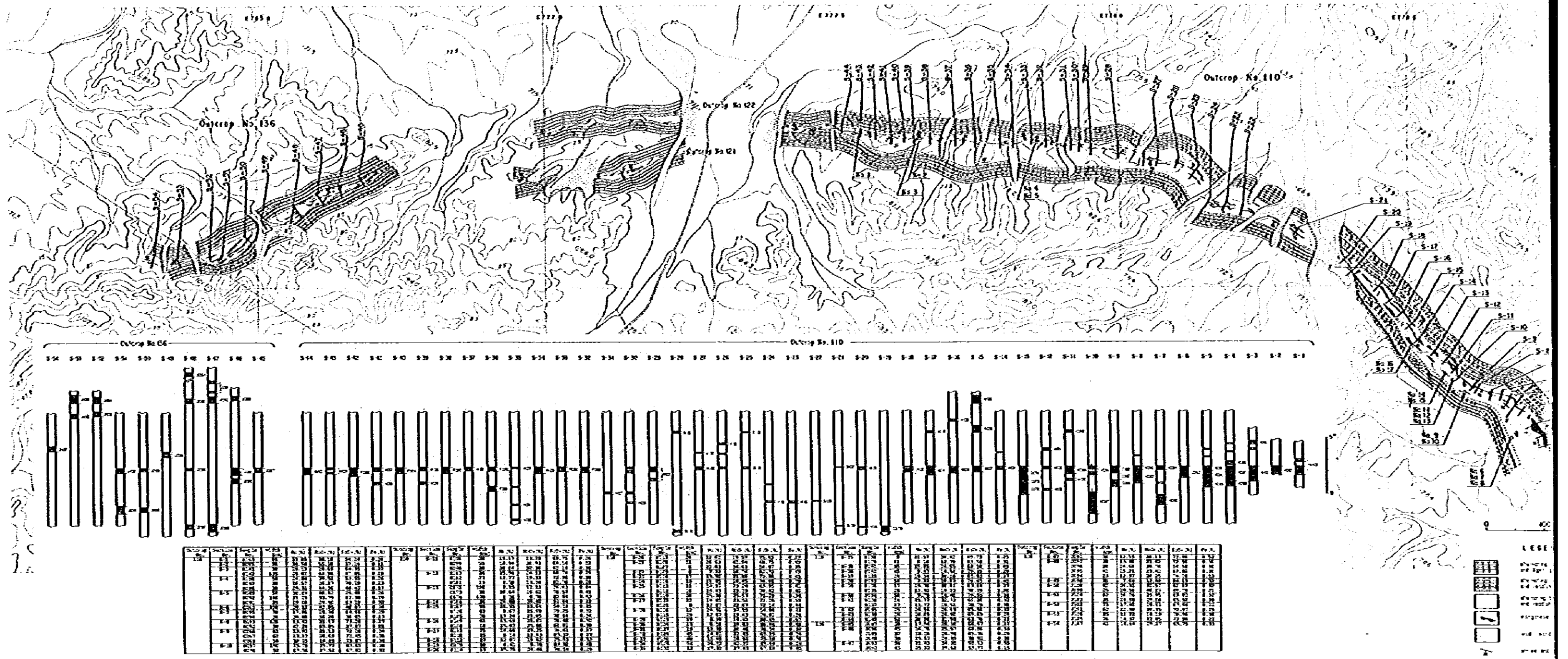


Fig. 1-13 Geological Map of the Drilling Area (Manganese Outcrop No. 110, No. 136)

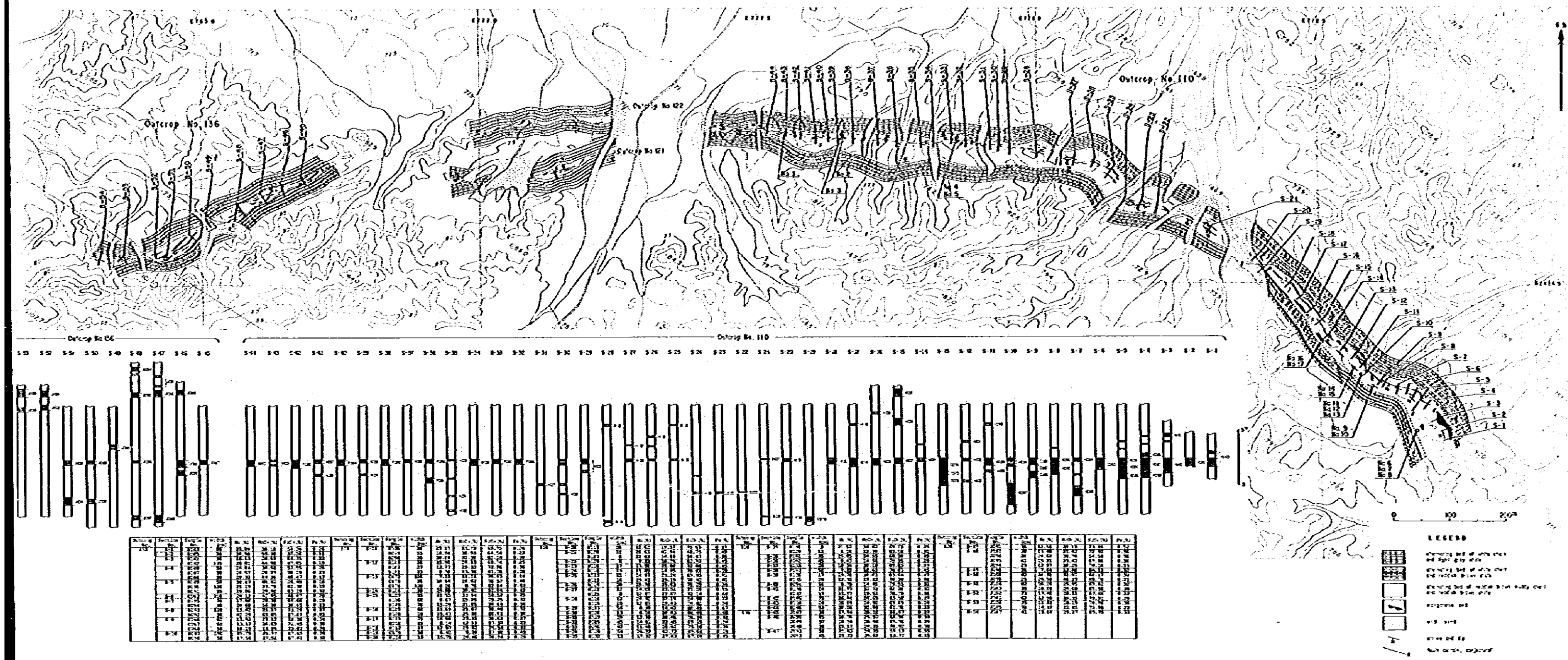


Fig. I-13 Geological Map of the Drilling Area (Manganese Outcrop No. 110, No. 136)

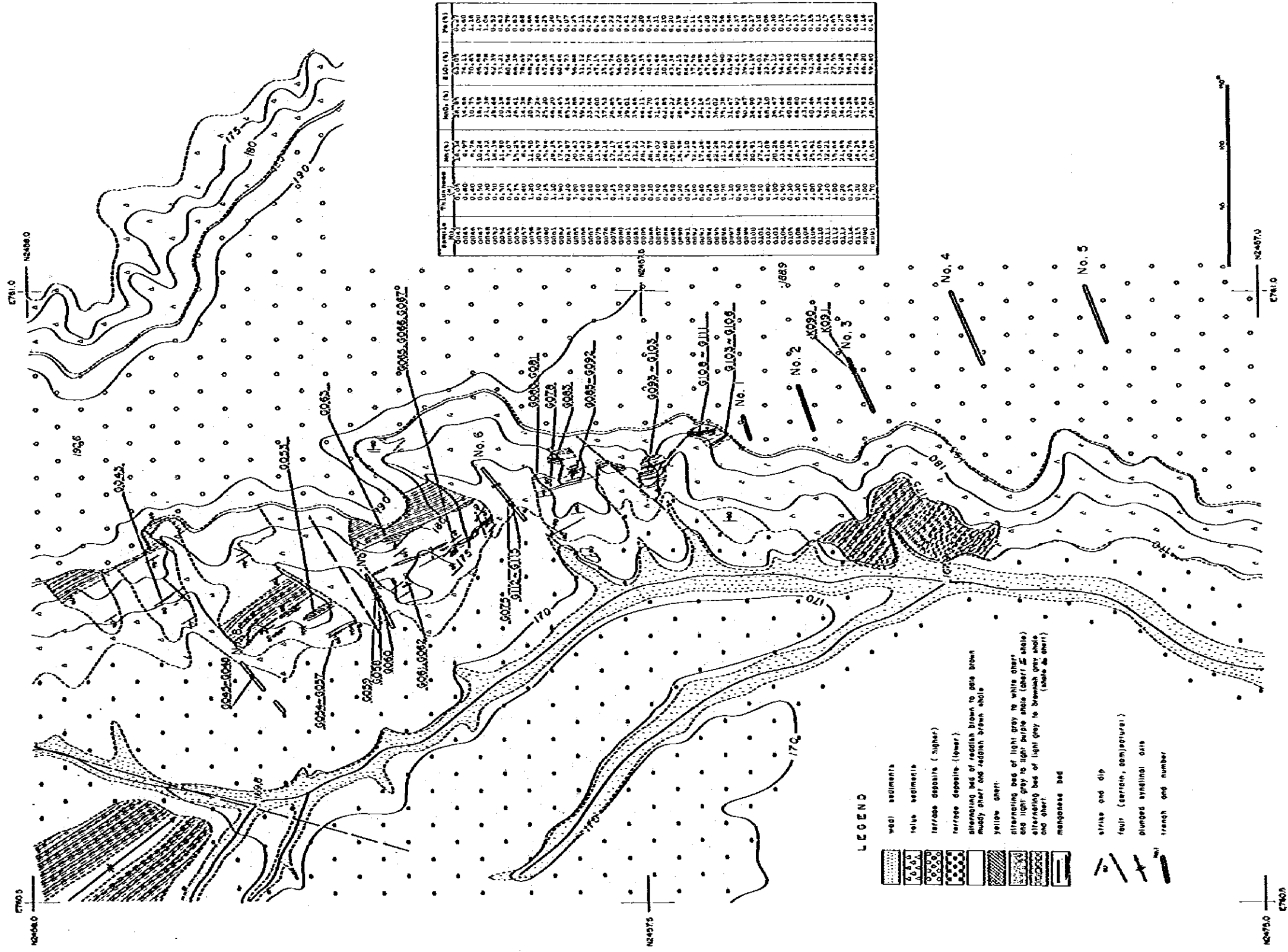


Fig. 28 Geological Map of the Trenching Area (Manganese Outcrop No. 159)

層からなる。露頭主要部では11層の鉱層が認められ、これらは断続的であるが段丘崖より北方440m追跡され、また南へはトレンチ底3にて2層の鉱層を把握し、約150mの連続が推定された。鉱層の最大層厚は3mであるが、長さは最大50mであり、膨縮著しい形態を示す。本露頭は赤色互層を母岩としているが、上盤側に白色互層を挟み、もう一枚の赤色互層がある。この赤色互層には、小規模なマンガン鉱層が認められるだけである。赤色互層と白色互層の境界部には黄色チャート（黄色珪質岩）がレンズ状に認められ、また黄色チャートと赤色互層の境界にマンガン鉱層が認められることもある。

この黄色チャートは厚さ3m以上を示すところもある。

本露頭付近の地質構造は、ゆるく波状に東側へ傾斜しており、全体には走向NW-SW系およびNE-SW系の単斜構造と考えられる。またNW-SE系およびNE-SW系の断層があり、鉱床を転移させている。

鉱量は南側のトレンチ底3からトレンチ底8までの間を見積り、埋蔵鉱量155,601T（走向延長590m、層厚4.15m、傾斜延長30m）平均品位 MnO_2 34.94%を得た。この埋蔵鉱量はスール地区最大のものである。

今回のトレンチでは段丘堆積物が厚く（3m以上）鉱床の延長部を把握することができなかつたトレンチもあるが、この露頭の南側延長部は段丘の南崖にある赤色互層中のマンガン鉱床露頭に層準的に連続するものと推定される。

3-7 鉱石

マンガン鉱床の鉱石は層状鉱とノジュール状鉱に大別される。

1) 層状鉱

層状鉱は緻密・塊状の黒色珪質部にマンガン鉱物が層状・レンズ状あるいは鉱染状の濃集形態を示し、本地域のマンガン鉱床の主体となるものである。黒色珪質部は微粒マンガン鉱物が鉱染状に含有されているものである。層状鉱では分泌石英が細脈状に認められることもある。

また、一部の鉱石でコロホーム組織が認められた。

2) ノジュール状鉱

ノジュール状鉱は赤色互層中に認められるレンズ状およびスポット状のマンガン鉱物濃集部からなる鉱石であり、マンガンノジュール帯を構成するものである。レンズ状濃集部の大きさは厚さ0.5cm~2cmであり、レンズの平面的な形態は不規則でアモーバ状を呈することもある。稀れにチャートの割れ目を充てんし、分泌石英を伴い、細脈状にマンガン鉱物が認められることもある。

3) マンガン鉱物

X線粉末回折法および研磨片の顕微鏡観察の結果、本鉱床のマンガン鉱物はパイロリュース鉱を主体とし、微量のクリプトメロン鉱および水マンガン鉱を伴うものである。またパイロリュース鉱は劈開面の特徴などから、パイロリュース鉱の一部あるいは、その大部分は水マンガン鉱の仮像である可能性が考えられる。また、試錐孔の試料は、地表のマンガン鉱物と同様の組み合わせを示しているが、一部の試料から菱マンガン鉱らしき回折線が検出された。

3-8 鉱石分析

本地区の鉱石についてMn, MnO₂, SiO₂, Fe, P, Sの6成分の化学分析を行なった。この結果MnO₂は20~40% (平均MnO₂ 29.57% Mn19.92%)の品位を示し、本地区の鉱石品位は低品位なものであることが判明した。しかし、Fe, P, Sはそれぞれ平均0.33%, 平均0.03%, 平均0.12%と低い値を示した。なお、本鉱石は高いSiO₂含有量を示すが、これは黒色珪質部を構成する石英によるものである。

またMn係数(Mn/Fe)は非常にバラツキのある値を示し、特に低い値はノジュール状鉱であり、高い値は層状鉱に認められる。またボーリング孔のMn/MnO₂には一定の傾向は認められなかった。

3-9 微量元素分析

鉱石およびチャート中の微量元素について発光分光分析による分析を行った。試料数は50個であり、対象とした微量元素は26成分である。分析結果はFig. 29, Fig. 30に示すように、各試料間および各露頭間の顕著な変化は明らかではない。しかし、Fig. 30の母岩であるチャートの中の変動傾向をみるとMnと類似した変化を示すものはCo, Ba, Srであることが明らかとなった。これらの元素のうちBa, SrはBorchert(1970), Zantop(1980)によると火山性堆積鉱床に濃集する元素であると考えられている。また試料3個について、7成分の微量元素の定量分析を行った。この分析値から試料50個の7成分の含有量を求め、その数値の分布範囲を各成分ごとに表示したのがFig. 31である。これによるとSur地区の鉱石中の微量元素は漸新世鉱石と火山性鉱石の微量元素と類似した分布域を示しているが、CuとZnに同じピークをもつ火山堆積性鉱石に近いものと考察される。

以上の鉱石および母岩中の微量元素の分析から、Sur地区のマンガン鉱床は火山活動に関連して形成された可能性があるという結論を得た。

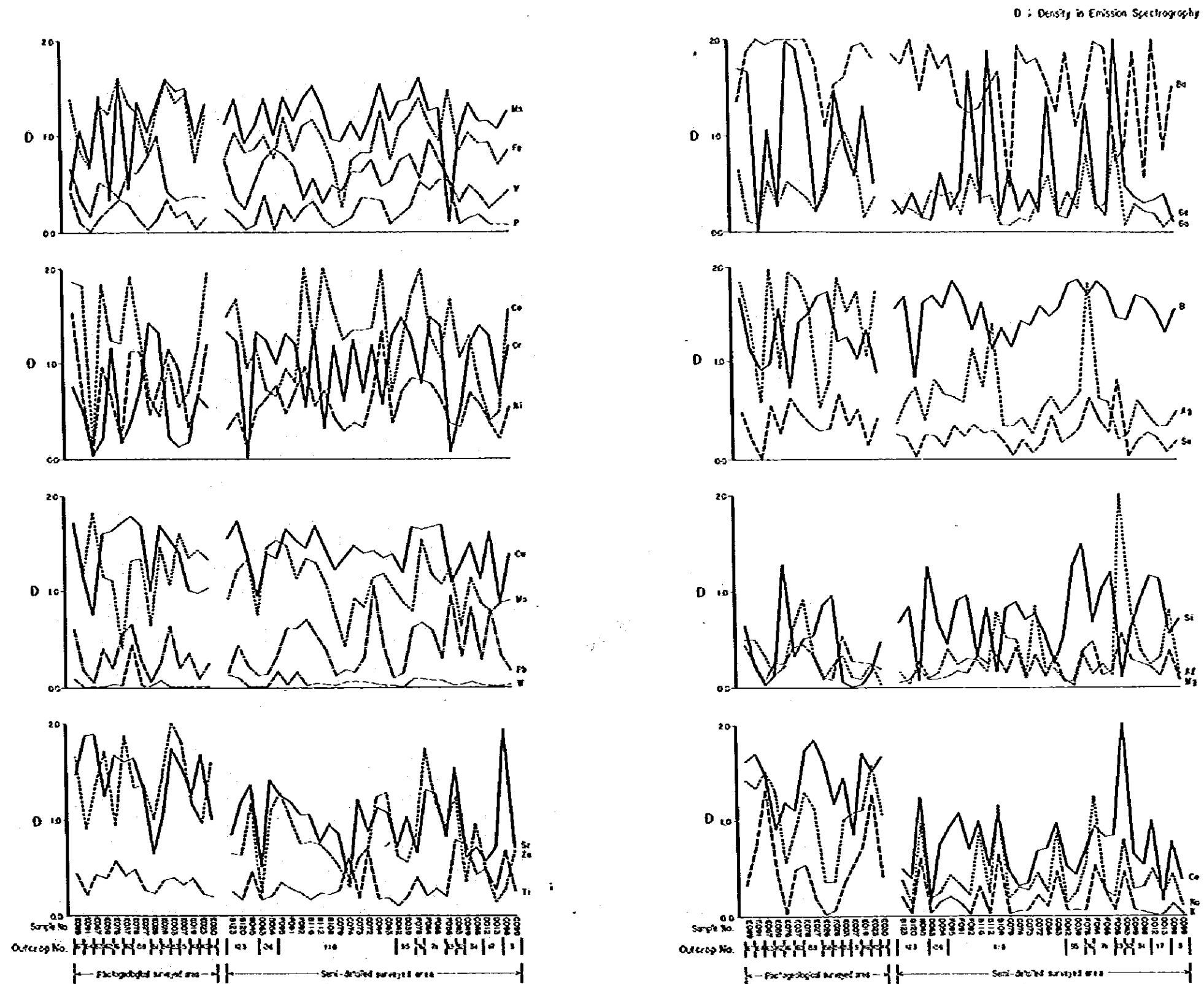


Fig. 29 Trend of Density in Emission Spectrography of Minor Elements in Manganese Ore

D: Density in Emission Spectrography

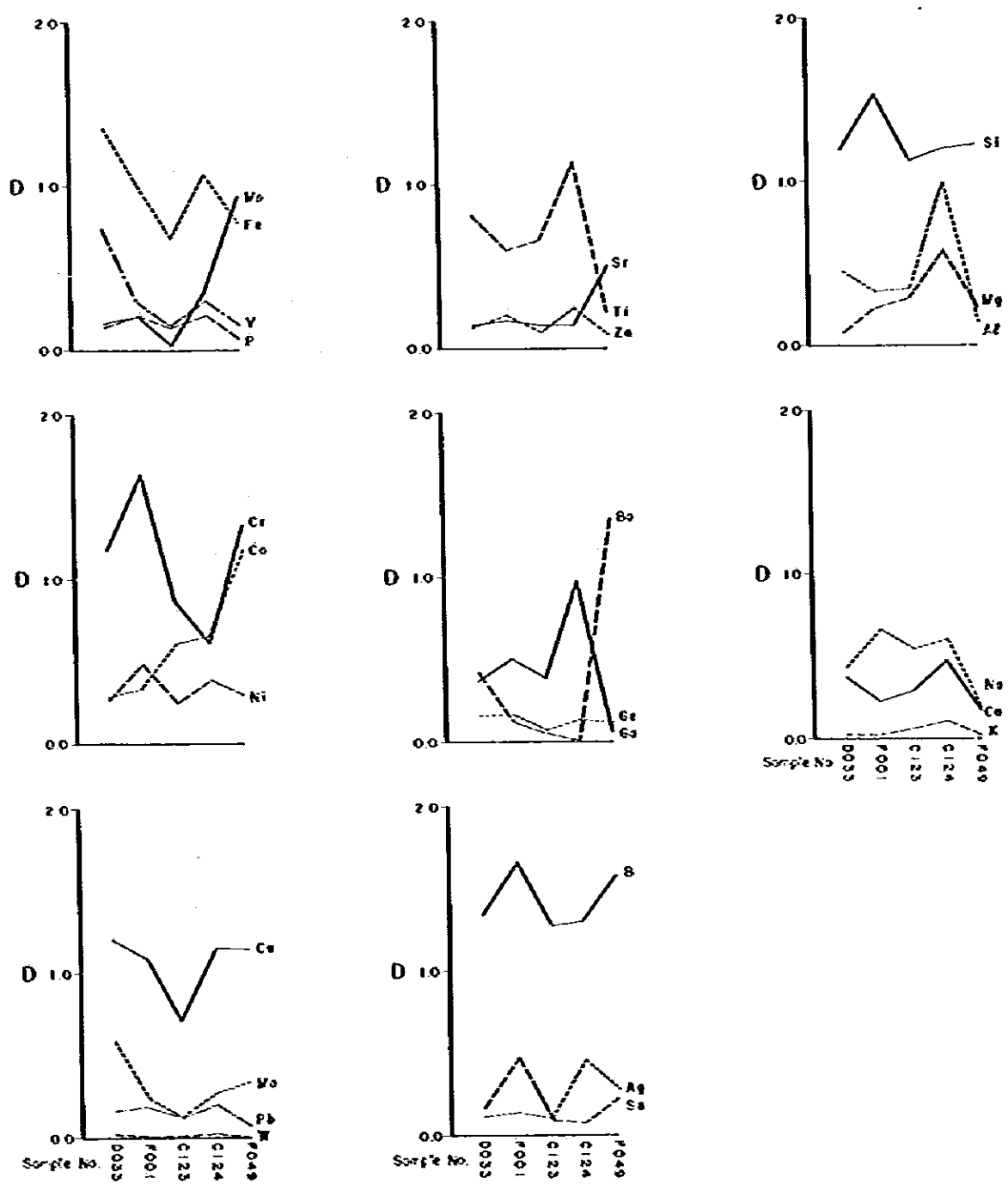
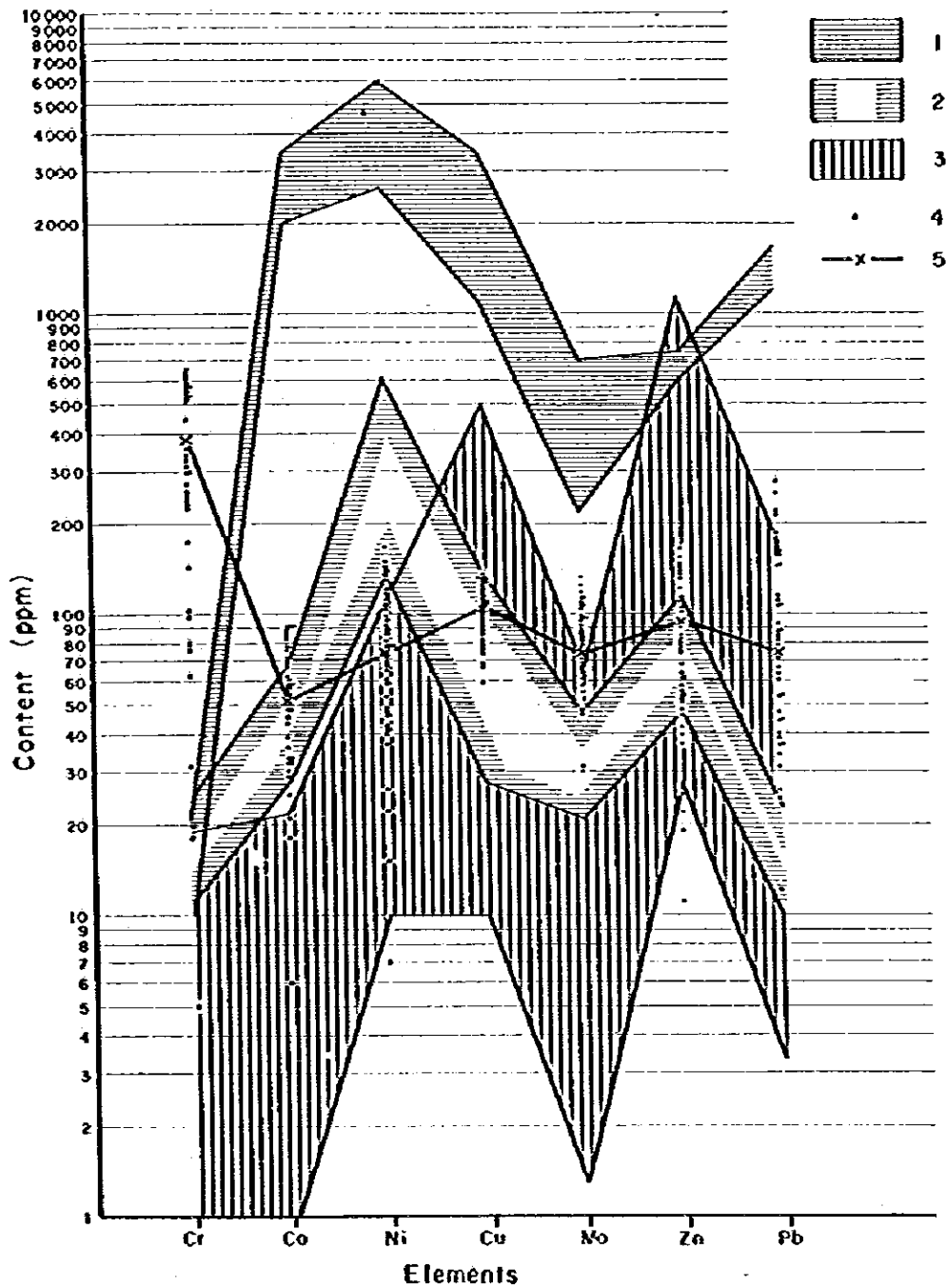


Fig. 30 Trend of Density in Emission Spectrography of Minor Elements in Chert



1. manganese ore in recent ocean floor
2. oligocene manganese oxide ore
3. volcanogenic sedimentary manganese ore
4. manganese ore in sur oreo
5. mean values

Fig. 31 Range of Content of Seven Minor Elements in Manganese Ore

3-10 鉛石の電気性能

マンガン鉛石はその用途として、乾電池に使用されている。Sur 地区の鉛石が乾電池の原料として適しているかどうかを判定するため、電気性能試験を実施した。この試験は単1型2Ω連続放電試験といわれ、実際に Sur 地区の鉛石を原料として乾電池を製造して2Ωの抵抗を接続し、放電させ、その保持時間を求めたものである。結果は下記のとおりであるが、参考値は、現在、乾電池用原料として使用されているマンガン鉛石の試験結果である。

	短絡電流	回路電圧	閉路電圧	放電性能		
				1.1V	1.0V	0.9V
Sur 産鉛石	4.7A	1.568A	1.34V	30分	63分	105分
参考値	5.0A	1.639A	1.41V	53分	111分	171分

いずれの値も参考値を下まわり、放電性能は参考値の約55%であり、Sur 地区の鉛石は乾電池に適さないことが判明した。

3-11 鉛床と地質構造との関係

本地域のマンガン鉛床はHal fa層分布地のほぼ全域に認められるが、特に多く分布している地区はAwaikaの北西16kmの地区(第3年次調査B地区)およびJaramahの南5kmの地区(第3年次調査A地区)である。これらの地区の主要地質構造は各々N-S系、E-W系である。マンガン鉛床は同生鉛床と考えられ、初生鉛床は堆積環境により支配されたものと思われるが、その後の焼成作用、また著しい褶曲作用、断層作用を受け、現在に至っている。したがって鉛床はHal fa層とともに褶曲し変形しているが、鉛床の分布あるいは鉛床の富鉛部と褶曲との関係は余りないように思われる。また、本地域にはHal fa層に溶岩、岩脈、岩床があるが、鉛床との直接的な関係を明らかにすることはできなかつた。また、鉛層あるいはその周囲のチャート中の割れ目を充てんして脈状に粗粒パイロリュース鉛が認められるが、これは焼成過程における分泌脈か、あるいは褶曲・断層による割れ目への分泌と考えられる。しかし、この分泌脈は、規模が小さく、富鉛部を形成するものではない。

3-12 鉛床の成因

第2年次および第3年次の調査結果と既存の資料からSur 地区のマンガン鉛床の成因について考察を試みた。

本地域のマンガン鉛床はHal fa層のチャート・頁岩互層を母岩とし胚胎し、断続的な数層の鉛層からなる同生層状鉛床である。鉛床の主要部は黒色珪質部を伴う層状鉛であり、その周辺は低品位マンガンノジュール帯となっている。