

オマーン国南部地域
資源開発協力基礎調査報告書

第二 年 次

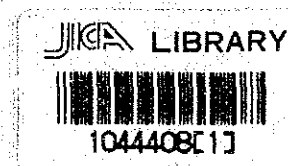
昭和 57 年 7 月

金属鉱業事業団
国際協力事業団



オマーン国南部地域
資源開発協力基礎調査報告書

第二年次



昭和 57 年 7 月

金属鉱業事業団
国際協力事業団

國際協力事業團	
受入 月日	57.9.16 '84.8.22
登録No.	310 66J 13466 MPN



Manganese Outcrop (No. 95) in Halfa Formation

Location: 5km South of Jaramah



Manganese Outcrop (No. 110) in Halfa Formation

Location: 5km South of Jaramah

は し が き

日本政府はオマーン国の要請に応え、同国南部地区の鉱物賦存の可能性を確認するため、地質調査等の鉱床探査に関する諸調査を実施することとし、その実施を国際協力事業団に委託した。国際協力事業団は本調査の内容が地質および鉱物資源の調査という専門分野に属することから、この調査の実施を金属鉱業事業団に委託することとした。

本調査は3ケ年にわたって行われる予定で、昭和56年度が第二年次にあたり、金属鉱業事業団は10名からなる調査団を編成して、昭和56年10月23日から昭和56年12月28日まで現地に派遣した。

現地調査はオマーン国政府関係機関、特に石油鉱物省鉱物局の協力を得て予定通り完了した。

本報告書は第二年次の調査結果をとりまとめたもので、最終報告書の一部となるものである。

おわりに本調査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外務省、通商産業省、在オマーン日本大使館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57年4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

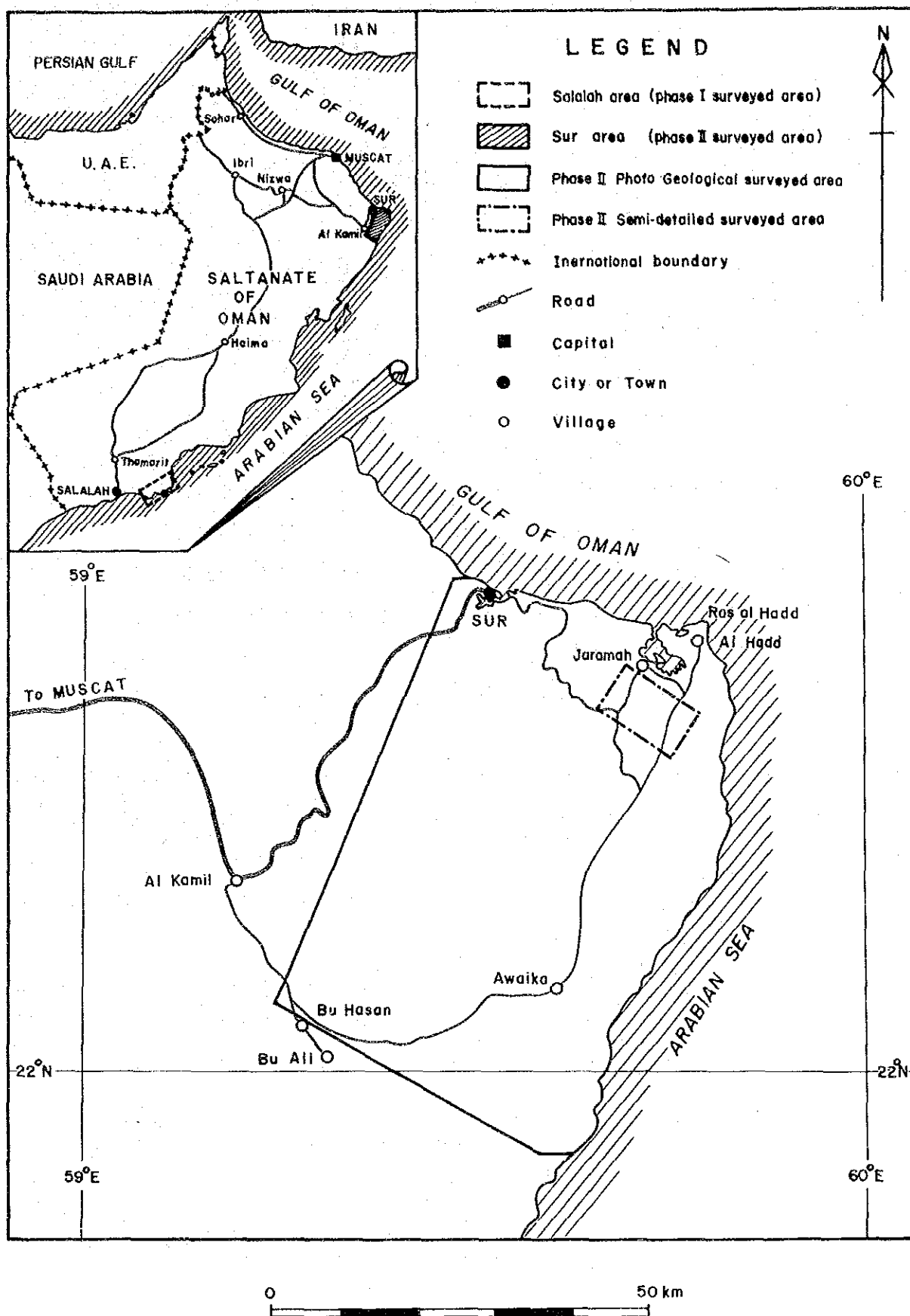


Fig. 1 Location Map of the Project Area

目 次

露 頭 写 真
は し が き
位 置 図
目 次
要 約

総 論

第1章 調査の概要	1
1-1 調査の経緯および目的	1
1-2 本年度調査の内容	1
1-3 調査団の編成	2
1-4 従来 の 調 査	3
1-5 参 考 文 献	5
第2章 調査地域の概要	7
2-1 位置および交通	7
2-2 地 形	7
2-3 気候および植生	8
第3章 総 合 検 討	9
3-1 層序区分について	9
3-2 マンガン鉱床の成因的考察	11
第4章 結論および将来への展望	13
4-1 結 論	13
4-2 将来への展望	14

各 論

I 写真地質調査

第1章 総 説	15
第2章 解析方法	16
2-1 ランドサット画像解析	16
2-2 空中写真解析	16
第3章 地 質	17
3-1 概 説	17
3-2 層 序	18
3-3 貫入岩類	25
3-4 地質構造および地史	28
第4章 鉾 床	31
4-1 概 説	31
4-2 鉾床の分布	31
4-3 鉾床の規模と性状	32
4-4 鉾床と地質構造の関係	34

II 地 質 調 査

第1章 総 説	35
第2章 地 質	36
2-1 概 説	36
2-2 層序および貫入岩	36
2-3 地 質 構 造	41

第3章 鈇 床	4 3
3-1 概 説	4 3
3-2 鈇床の分布	4 3
3-3 鈇床の規模と性状	4 3
3-4 鈇石分析	4 7
3-5 微量元素分析	4 8
3-6 鈇床と地質構造の関係	5 1

LIST OF ILLUSTRATIONS

- Fig. 1 Location Map of the Project Area
- Fig. 2 Recommended Area for Phase III Survey
- Fig. I-1 Index Map of Landsat Data
- Fig. I-2 Index Map of Aerial Photographs
- Fig. I-3 Landsat False Color Image and Interpretation Map
- Fig. I-4 Geological Map of the Northern Oman
- Fig. I-5 Geological Framework of the Northern Oman
- Fig. I-6 Schematized Correlation of the Stratigraphic Units in the Oman Mountains
- Fig. I-7 Geological Map of the Surveyed Area
- Fig. I-8 Generalized Stratigraphic Section of the Surveyed Area
- Fig. I-9 Geological Interpretation of Aerial Photograph
- Fig. II-1 Geological Map of the Semi-detailed Surveyed Area
- Fig. II-2 Geological Columnar Section of the Semi-detailed Surveyed Area
- Fig. II-3 Distribution Map of Manganese Outcrop No. 95
- Fig. II-4 Distribution Map of Manganese Outcrop No. 110
- Fig. II-5 Distribution Map of Manganese Outcrop No. 117
- Fig. II-6 Distribution Map of Manganese Outcrop No. 123
- Fig. II-7 Sketch of Manganese Ore (A064, C126)
- Fig. II-8 Sketch of Manganese Ore (C087, E011)
- Fig. II-9 Distribution Map of MnO₂ Content
- Fig. II-10 Distribution Map of Fe Content
- Fig. II-11 Distribution Map of Manganese Coefficient (Mn/Fe)
- Fig. II-12 Triangle Correlation Diagram for Mn-SiO₂-Fe and Fe-S-P
- Fig. II-13 Trend of Density in Emission Spectrography of Minor Elements in Manganese Ore
- Fig. II-14 Trend of Density in Emission Spectrography of Minor Elements in Chert
- Fig. II-15 Range of Content of 7 Minor Elements in Manganese Ore

LIST OF TABLES

Table 1	Outline of Field Survey in Phase II
Table I-1	Landsat Data Used
Table I-2	Characteristics Chart of Photogeological Units
Table I-3	Mean, Maximum, Minimum Content of Elements in Manganese Ore Samples
Table II-1	Brief Description of Main Manganese Outcrops
Table II-2	X-ray Powder Diffraction Data of Pyrolusite, Manganite and Cryptomelane
Table II-3	Mean, Maximum, Minimum Content of Elements in Manganese Ore Samples
Table II-4	Correlation, Coefficients among Content of Elements
Table II-5	Content of 7 Minor Elements in 3 Manganese Ore Samples
Table II-6	Correlation Coefficients between Mn and Minor Elements

LIST OF APPENDICES

Fig. A-1	Photograph of the Outcrops
Fig. A-2	Microphotograph of Thin Section
Fig. A-3	Microphotograph of Polished Section
Fig. A-4	Microphotograph of Fossil
Fig. A-5	Chart of X-ray Powder Diffractive Analysis
Fig. A-6	Correlation Curve between Density in Emission Spectrography and Content for 7 Elements
Table A-1	Description of Manganese Outcrops
Table A-2-1	Microscopic Observation of Thin Section (Sedimentary Rock)
Table A-2-2	Microscopic Observation of Thin Section (Igneous Rock and Metamorphic Rock)
Table A-3	Microscopic Observation of Polished Section
Table A-4-1	List of Fossil

Table	A-4-2	List of Radiolaria
Table	A-5	Result of X-ray Powder Diffractive Analysis
Table	A-6	Result of Chemical Analysis
Table	A-7	Result of Spectrographic Analysis
Table	A-8	Relation between Density in Emission Spectrography and Content for 7 Minor Elements.
Plate	I-1-1	Geological Map of the Photogeological Surveyed Area (1 : 50,000)
Plate	I-1-2	"
Plate	I-1-3	"
Plate	I-1-4	"
Plate	I-1-5	"
Plate	I-2	Geological Profile of the Photogeological Surveyed Area (1 : 50,000)
Plate	I-3-1	Geological Columnar Section of Halfa Formation in the Photogeological Surveyed Area (1 : 2,000)
Plate	I-3-2	Geological Columnar Section of Maastrichtian ~ Tertiary Limestone in the Photogeological Surveyed Area (1 : 5,000)
Plate	I-4	Relation Map between Manganese Ore Deposits and Geological Structure in the Photogeological Surveyed Area (1 : 100,000)
Plate	I-5	Location Map of the Tested Samples in the Photogeological Surveyed Area (1 : 100,000)
Plate	II-1	Geological Map of the Semi-detailed Surveyed Area (1 : 20,000)
Plate	II-2	Geological Profile of the Semi-detailed Surveyed Area (1 : 20,000)
Plate	II-3	Geological Columnar Section of the Semi-detailed Surveyed Area (1 : 2,000)
Plate	II-4	Relation Map between Manganese Ore Deposits and Geological Structure in the Semi-detailed Surveyed Area (1 : 20,000)
Plate	II-5	Location Map of the Tested Samples in the Semi-detailed Surveyed Area (1 : 20,000)

要 約

オマーン国南部地域における第二年次の調査では、既知マンガニ鉄床分布域およびその周辺の層序・地質構造の解明ならびに鉄床の分布状態・品位・性状の把握を図ることにより次年度以降の探鉄方針を確立することを目的として地質調査(準精査)が実施された。また、既知鉄床分布域の南部に対しては鉄床胚胎層の分布状況、広域的地質構造の解明、新鉄床の発見を目的として、ランドサット画像および空中写真解析ならびに現地検証調査が実施された。

調査の結果、本地域の地質層序は下位より先カンブリア紀の基盤岩類、三疊紀～白亜紀前期のハルファ層およびマーストリヒト期～第三紀中期の石灰岩層からなる。基盤岩類は片麻岩・角閃岩からなる変成岩とこれを貫く花崗岩と塩基性～酸性小岩脈からなる。ハルファ層は基盤岩類とテクトニック・コンタクト関係を示すもので、多数の放射虫を含むチャート、頁岩などの遠洋性堆積物および塩基性溶岩からなり岩相から下・中・上の3部層に細分される。ハルファ層中部層のチャートは放射虫化石の鑑定結果から、ジュラ紀末期～白亜紀前期であることが判明した。石灰岩層は基盤岩類およびハルファ層を不整合におおい、化石を多く含む石灰岩・砂質石灰岩・砂岩・礫岩の浅海性堆積物および塩基性溶岩からなる。この石灰岩層も岩相から下・上部層に分けられる。ハルファ層および石灰岩層中には塩基性～酸性の貫入岩が岩脈あるいは岩床として認められる。

地質構造は基盤岩類の分布を規制するN-S系構造、白亜紀後期の大規模衝上断層に起因するハルファ層の著しい褶曲の断層構造および第三紀の隆起運動に伴うN-S方向の褶曲、断層構造などで特徴づけられる。

ハルファ層にはN-S系、NE-SW系、E-W系、NW-SE系の褶曲軸があり、また転倒褶曲も多数みられ、極めて複雑な構造をなしている。

マンガニ鉄床はハルファ層のチャート・頁岩互層中にみられる泥質チャートを母岩とする層状鉄床で、一般に断続する小規模鉄層からなり、本年度の調査で既知露頭以外にも多数の露頭が発見され、その分布はハルファ層分布域のほぼ全域におよんでいる。多数の露頭のうち、大規模なものは既知鉄床およびアウェイカ北部、北西部にみられる。褶曲のため多数の鉄床露頭がみられるが、マンガニ鉄床胚胎層準は、母岩である泥質チャートの分布から、2～3層準であると推定される。鉄石鉄物は主に軟マンガニ鉄であり、他に水マンガニ鉄、クリプトメレーン鉄がある。鉄石分析結果、Mn品位は中程度のものである。鉄床の成因については鉄床の産状および微量元素から海底火山活動に関連した推積鉄床であると考えられる。

以上の諸事実を総合的に検討した結果、本地域はマンガニ鉄床賦存の有望地域であって、特に規模の大きい露頭が集中的に分布するジャラマー地区およびアウェイカ北部・北西部地区に対しては引き続き詳細な調査を行い、鉄床の規模・品位・性状をより詳細に把握することが必

要であると判断した。特に、本年度の調査が地表部分の観察のみにとどまったため、次年度ではトレンチあるいはショート・ボーリングなどを併用し、深部への連続性、品位変化などを明らかにすることが重要であり、併せて鉱床と褶曲・火成活動との関係把握が本地域の鉱床探査にとって最大の課題であると考えている。

總 論

第1章 調査の概要

1-1 調査の経緯および目的

日本政府はオマーン国政府の要請に応え、同国の鉱物資源賦存の可能性を確認するため、昭和54年3月15日より同年4月17日まで国際協力事業団による鉱物資源開発計画調査を実施した。この調査では、同国内のサララ(Salalah)・スール(Sur)・バチーナ(Batinah)海岸の3地域について地質・鉱床予備調査が行われ、サララおよびスール両地域が今後引き続き調査を必要とする有望区域として抽出された。

この調査結果にもとづき、日本・オマーン両国政府は抽出された2地域を対象とする資源開発協力基礎調査を、昭和55年度を初年次として実施することで合意し、日本政府は調査の実施を国際協力事業団および金属鉱業事業団に委託した。これを受けて、両事業団は昭和55年7月オマーン国石油鉱物省と本調査に関する作業協定を締結し、サララ地域は第一年次より、スール地域は第二年次よりそれぞれ現地調査を開始することとした。

本プロジェクトの第一年次調査は、上記作業協定に従い、オマーン国南部のサララ地域において、昭和55年9月26日より同年12月25日までの3ヶ月間にわたって行われた。その結果、サララ地域にはごく小規模な銅の鉱徴は認められたものの、引き続き探鉱を必要とするような鉱床は存在せず、このため同地域に対する第二年次以降の調査は中止された。

このような経緯から、本プロジェクトの第二年次にあたる本年度の調査はスール地域のみを対象として実施されることとなったが、同地域内にはオマーン国石油鉱物省鉱物局の調査および国際協力事業団による計画調査などからマンガン鉱床の賦存が知られている。

本年度調査の第一の目的は、既知鉱床分布域およびその周辺に対して地質準精査を行い、層序・地質構造を明らかにするとともに鉱床の分布状態・品位・性状を把握し、次年度以降の探鉱方針を確立することにある。また加えて、鉱床を胚胎する地層が既知鉱床分布域の南部にも広範囲に分布するため、この区域についてはランドサット画像および空中写真の解析ならびに現地における地質検証調査・既往調査資料の収集および検討などを実施し、鉱床胚胎層準の分布状況・広域的地質構造の解明・新鉱床の発見を図ることを第二の目的とした。

1-2 本年度調査の内容

上述の目的を達成するため、本年度はFig. 1に示される地域について、鉱床調査を主とする地質準精査および鉱床胚胎層準の追跡を主とする写真地質調査が実施された。

地質準精査は既知鉱床分布域およびその周辺を含む面積77km²の区域において、既往調査結果にもとづいてあらかじめ図上で計画された120kmの調査ルートに沿い、簡易測量によって1/5,000地質ルートマップを作成し、鉱床露頭の正確な位置づけおよび露頭相互の連続関係の

把握に努めた。

準精査地域内は地形的特徴の乏しい平坦～丘陵地で、各調査ルート相互の位置関係を地形図上で正確に知ることは極めて困難であるため、地域内中央部を通る東西方向の測量基線および、東・西両縁部を通る南北方向の基線をそれぞれ設置し、全ての調査ルートをこれらの基線に連絡せしめ、全域の位置関係の正確化を図った。

野外作業は、昭和56年11月6日より12月28日まで行われ、調査結果は1/20,000地質図として、とりまとめられた。

写真地質調査は、準精査地域を含む3,400km²の範囲について、ランドサット画像および1/60,000(黒白)・1/20,000(カラー)空中写真の解析を行うとともに、主要なルート219kmについては現地において地質検証調査を実施し、広域的な地質・地質構造、特に鉍床胚胎層準の分布状況の把握と鉍床露頭の発見を図った。ランドサット画像および空中写真の解析作業は、昭和56年9月10日より11月5日までおよび昭和57年1月6日より2月5日までの約3ヶ月間、また現地検証調査は地質準精査と併行して昭和56年11月6日より12月28日までそれぞれ行われ、これらの結果は1/50,000地質図としてとりまとめられた。

なお本年度の調査においても、調査地域の地形図が不備であるため、現地調査に先立って1/60,000および1/20,000空中写真をもとにして、調査地域全域について1/50,000地形図が、地質準精査地域については1/20,000地形図がそれぞれ日本国内で作成され、現地調査で使用された。

本年度の現地調査の概要をTable 1に示した。

地質調査および写真地質調査の結果の概略的な解析・検討は、調査の進捗に応じて日本・オマーン両国の調査員によってベースキャンプで随時実施され、現地調査終了時には石油鉍物省鉍物局に対して調査結果の概要が報告された。結果の詳細な解析作業は、日本へ持ち帰った各種試料の分析・測定と併行して国内で実施され、総合的な解析・検討のあと本報告書としてとりまとめられた。

本報告書の作成にあたり、大型有孔虫化石の鑑定について埼玉大学松丸照国教授に、放散虫化石の鑑定について京都大学公文富士夫氏に、さらに地質・鉍床・鉍石鉍物に関して弘前大学由井俊三教授、埼玉大学矢島敏彦教授ほかの諸氏にそれぞれ有益なご助言を賜った。ここに明記し、深謝の意を表します。

1-3 調査団の編成

本年度調査のための計画と折衝および現地調査に参加した調査員は次のとおりである。

Table 1 Outline of Field Survey in Phase II

	Survey period	Area	Length of survey route	Number of tested samples (pcs)
Preparatory survey	Oct. 23, 1981 } Nov. 5, 1981			
Photo geological survey	Nov. 6, 1981 } Dec. 22, 1981	3,400 km ²	219.0 km	chemical analysis of ore 15 spectrographic analysis 15 thin section 20 polished section 7 X-ray diffractive analysis 6 determination of fossil 17
Semi-detailed survey	Nov. 6, 1981 } Dec. 22, 1981	77 km ²	130.5 km	chemical analysis of ore 191 spectrographic analysis 35 thin section 17 polished section 19 X-ray diffractive analysis 24 determination of fossil 9
Compilation of existing data	Dec. 23, 1981 } Dec. 28, 1981			

1) 調査計画策定および折衝

(日 本 国)		(オマーン国)
森 脇 久 光	国際協力事業団	Mohammed Kassim 石油鉱物省
小 泉 俊 夫	金属鉱業事業団	
江 沢 忠 昭	"	
谷 口 洋 文	大手開発株式会社	
鈴 木 強	"	

2) 現地調査

		(オマーン国)
団 長	谷 口 洋 文 大手開発株式会社	
地質調査	南 野 正 彦 "	Naser Saleem 石油鉱物省
	野 並 集 "	Hareb Hamad "
	松 岡 正 章 "	
	山 川 正 "	
写 真 地質調査	柴 田 芳 彰 "	(Naser Saleem 石油鉱物省)
		(Hareb Hamad ")

1-4 従来 of 調査

本調査地域はオマーン山脈の南東端に位置し、地質的にはオマーン山脈の一部をなしている。オマーン山脈地域の地質に関する最初の調査はCarter(1850)によって行われ、その後Lees(1928)によって広範囲にわたる組織的な調査が実施された。以来、多数の調査・研究が実施されているが、それらのうち総括的な調査・記載を行ったものとしてK.W.Glennie et al(1974)が著名である。この報文によれば、オマーン山脈の地質は(1)先カンブリア紀～カンブリア紀の基盤岩類、(2)先二疊紀および二疊紀中期～白亜紀後期の原地性陸成～浅海性堆積物、(3)二疊紀中期～白亜紀後期の異地性堆積物、(4)白亜紀後期～第三紀の堆積物に大別され、これらのうち(3)の異地性堆積物は白亜紀の初期に始ったアラビアプレートの運動により、白亜紀後期の衝上断層によって原地性堆積物の上にのしあがったものであるとされている。調査地域にはこれら4つの地質単元のうち(1)、(3)、(4)が分布する。

調査地域およびその周辺の地質・鉱床に関する既往調査としてはB.M.Reinhardt・K.W.Glennie(1969)、L.E.Carlson(1973)、R.G.Coleman・E.H.Bailey(1974)などがあり、また最近のものとしてはI.M.Elboushi・C.Zachariah(1979)および国際協力事業団(1979)がある。

Reinhardt・Glennie(1969)は地域内に分布するマンガン鉱床とオマーン山脈の層序との関係を検討し、マンガン鉱床の形成を海底火山活動に関連づけて説明している。Carlson(1973)も地域北部に密集するマンガン鉱床の調査を行ない、鉱床胚胎層の構造・連続性を明らかにし、マンガン鉱物の産状についても言及している。Coleman・Bailey(1974)はマンガン鉱床の胚胎層および上下盤の岩相を明らかにして鉱石分析を実施し、Elboushi・Zachariah(1979)はマンガン鉱床およびその胚胎層の岩相変化について調査し、マンガン鉱床の形成が海底火山活動と密接に関連しているものと考察している。国際協力事業団(以下JICAという)と金属鉱業事業団(以下MMAJという)は、既に述べたとおり、現地へ計画調査団を派遣し、本地域の地質・鉱床予察調査を実施し、マンガン鉱床の母岩の特徴・鉱床の産状と構成鉱物の同定・鉱石の化学分析などを実施した(JICA, 1979)。

これら多くの既往調査の結果から調査地域の地質・鉱床を概観すると、調査地域は先カンブリア紀基盤岩類、白亜紀後期に衝上した異地性堆積物および、これらをおおう白亜紀後期～第三紀の堆積物より構成され、異地性堆積物中に海底火山活動に起因したとみられるマンガン鉱床が形成されており、鉱床は主として調査地域の北部に密集して、マンガン資源賦存の有望区域であるといえる。

1-5 参 考 文 献

- Bamba, T. (1976) Ophiolite and related copper deposits of Ergani mining district, southeastern Turkey, Bull. Miner. Res. Expl. Inst. Turkey, 86, p.36 - 50.
- Borchert, H. (1970) On the ore deposition and geochemistry of manganese, Mineral. Deposita (Berl.) 5, p.300 - 314.
- Carlson, L.E. (1973) Ras Al-Hadd area, Oman manganese deposit, Granges International Mining.
- Carney, J.N. and Welland, M.J.P. (1974) Geology and mineral resources of the Oman Mountain. Institute Geol. Soc., London Rept. No.27, p.1 - 49.
- Coleman, R.G. and Bailey, E.H. (1974) Mineral deposits and geology of Northern Oman, U.S.G.S. Project Report, Oman Investigations (IR) OM-1.
- Elboushi, I.M. and Zachariah, C. (1979) Ras Al-Hadd Manganese deposits, The Sultanate of Oman, Mineral department directorate general of petroleum and minerals, Muscat.
- Glennie, K.W. and others (1974) Geology of the Oman Mountains, Pt.I (Text) and Pt.II (Tables and Illustrations). Verh. Konink, Netherland Geolo. Mijnbowkundig Genootschap, Deel 31, p.1 - 423.
- Gealey, W.K. (1977) Ophiolite obduction and geologic evolution of the Oman Mountains and adjacent area, Geol. Soc. America Bull. v.88, p.1183 - 1191.
- Graham, G.M. (1980) Structure and sedimentology of the Hawasina Window, Oman Mountains, Unpub. report, Department of Earth Science, The Open Univ. p.1 - 422.
- Hewett, D.F. (1966) Stratified deposits of the oxides and carbonates of manganese, Econ. Geol. vol.61 No.3, p.431 - 461.
- JICA (1979) Report on the survey for mineral resources development in the Sultanate of Oman.
- Krauskopt, K.B. (1979) Introduction to geochemistry, 2nd ed., New York, Mc Graw Hill p.617.
- Pettijohn, F.J. (1957) Sedimentary rocks, Harpper and Brothers, New York, N.Y.
- Reinhardt, B.W. and Glennie, K.W. (1969) Some observation on mineral resources in the Oman Mountains, Koninklijke/Shell Exploration En Productie Laboratorium, Rijswijk, The Netherland.
- Roy, S. (1976) Ancient manganese deposits, in Wolf, K.H., ed., Handbook of strata-bound and stratiform ore deposits. : Amsterdam, Elsevier Sci. Pub. Co. V7, p.395 - 476.
- Shooji, R. (1971) Petrology of sedimentary rocks, Asakura-shoten, p.1 - 285 (in Japanese).

Strakhov, N.M. and
others (1967)

Behavior of minor elements in sedimentary manganese mineralization, *Bulletin of Geological Survey of Japan*, vol.19, No.5 (Translated in Japanese by Moritani, T., 1968).

Zantop, H. (1980)

Trace elements in volcanogenic manganese oxides and iron oxides, *The San Francisco Manganese deposit, Jalisco, Mexico, Econ. Geol.* vol.76, No.3, p.545 – 555.

Watanabe, T., Yui, S.
and Kato, A. (1970)

Bedded manganese deposits in Japan, a Review, Tatsumi, T. (editor), *volcanism and ore genesis*, Tokyo Univ. Press, Tokyo, p.119 – 142.

第 2 章 調査地域の概要

2-1 位置および交通

本年度の調査地域はオマーン国の首都マスカット (Muscat) の南東約 150 Km, オマーン山脈の南東端に位置し, 南西部には広大なワヒバ砂漠 (Wahiba Sands) がある。調査地域は Fig 1 に示すとおり, ほぼ

北縁: オマーン湾 (Gulf of Oman)

西縁: 北緯 $22^{\circ}26'$ ・東経 $59^{\circ}29'$ および北緯 $22^{\circ}05'$ ・東経 $59^{\circ}15'$ を結ぶ線

南縁: 北緯 $22^{\circ}05'$ ・東経 $59^{\circ}15'$ および北緯 $21^{\circ}51'$ ・東経 $59^{\circ}33'$ を結ぶ線

東縁: アラビア海 (Arabian Sea)

で囲まれる面積 $3,400 \text{ km}^2$ の区域である。

調査地域内および周辺的主要な都市・集落としては, 地域北西端に位置するスール, 南西端にあるブーハッサン (Bu Hasan) およびブーアリ (Bu Ali), 北東端のアルハッド (Al Hadd)・ジャラマー (Jaramah), 中央部に位置するアウェイカ (Awaika) などがある。これらのうちスールはこの地方最大の都市で, 漁港として栄えている。現地調査のベースキャンプは地質準精査地域に最も近いジャラマー部落に設置された。

首都マスカットよりベースキャンプまでの交通はビドビド (Bid bid), イブラ (Ibra), アルカミール (Al Kamir) およびアウェイカを経由する道路が利用され, マスカットージャラマー間は 360 km , 自動車では所要時間 8 時間である。このうち, マスカットーアルカミール間 260 km は舗装道路が完備されているが, アルカミールージャラマー間 100 km は非舗装道路である。調査地域内は西部の石灰岩が分布する高地を除けば, 緩やかな丘陵地帯であり, 4 輪駆動車であればほぼ調査地域全域の通行が可能である。

2-2 地 形

調査地域は主として異地性の堆積物であるチャート・頁岩互層と第三紀の石灰岩類よりなるが, 地形はこれらの地質的特徴をよく反映しており, チャート・頁岩互層よりなる平坦地ないし緩やかな丘陵地形と石灰岩類よりなる台地状ないし急崖を伴う急峻な高地形によって特徴づけられる。

調査域の北縁部は標高 $100 \sim 200 \text{ m}$ の石灰岩台地であり, アラビア海に面する海岸は標高差 100 m 前後の海食崖となっている。台地上面は小規模なカルスト様地形を示している。

西縁部一帯にも石灰岩が広く分布し, ほぼ南北に延びた標高 $500 \sim 1,400 \text{ m}$ の急峻な高地となっている。南西部の標高 $1,442 \text{ m}$ は本調査地域内の最高標高である。

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・頁岩互層が分布しており, 全

般には標高50 m前後の平坦地と50～150 m(最高200 m)の緩やかな丘陵地形となっている。また、低地部には石灰岩からなる標高差100 m前後の小丘陵が点在している。中央部より西側には2段の段丘が発達し、台地を形成している。水系としては、西縁部の高地から東方へ流下するワジ(Wadi)が深く地形を刻み込んで発達しているが、低地帯に達する前に伏流水となり、下流部の所々にオアシスを形成している。調査期間中には、洪水は全くみられなかった。

2-3 気候および植生

オマーン国は国土の80%以上が砂漠地帯であり、15%が山岳地帯、残りの5%が平野部である。気候区分の上では、調査地域を含む大部分の地域が乾燥型の気候に属している。

調査地域は、サウジアラビアのルブ・アル・ハリ砂漠から吹きつける熱風のため、5月から10月までの夏季では気温40℃以上となり、11月から4月の冬季でも、夏季に比較しやや気温は低下するものの全般に高温である。しかしながら日変化は大きく、とくに夏季には日中気温と夜間気温との差が大きい。

調査地域の雨量は観測資料がないため明らかではないが、降雨量は少なく、かつ冬季の1月に集中し、ワジが形成され、低地は湿地帯となる。なお、マスカットの年間降雨量は平均100 mmであるが、年による変化が大きく60～300 mmの幅があるといわれている。

植生は乾燥気候と砂漠地帯のため極端に乏しく、ワジ沿いおよびオアシスに僅か認められるにすぎない。

第3章 総合検討

本年度調査の結果、調査地域内の地質および鉱床について多くの基礎的データが得られた。調査結果は各論のそれぞれの項目で詳述されているため、ここでは今後の調査の実施にあたって最も重要な意義をもつ層序、特に鉱床胚胎層、および鉱床の成因的考察に的を絞り、本年度調査の結果と既存資料との総合的な検討を試みた。

3-1 層序区分について

本年度の調査の結果、調査地域の層序が明らかにされた。すなわち、下位より先カンブリア紀の基盤岩類、三畳紀～白亜紀前期のハルファ（Halfa）層、白亜紀最後期に相当するマーストリヒト（Maastrichtian）期から第三紀中期にかけて堆積した石灰岩層および第四紀堆積物に区分された。

基盤岩類は片麻岩・角閃岩からなる変成岩類とこれを貫く花崗岩および塩基性～酸性の岩脈類で構成され、地域の南西部に分布する。

ハルファ層は白亜紀後期に大規模な衝上断層によって原地性堆積物の上位にのしあがってきた異地性のハワシナ層群（Hawasina Group）の一部で、主としてチャート・頁岩互層、頁岩などの遠洋性堆積物からなり、低地帯の諸所に分布する。本層は後述のとおりマンガン鉱床胚胎層である。

マーストリヒト期～第三紀石灰岩層は、基盤岩類およびハルファ層を不整合におおって、地域の北縁～西縁部に分布するもので、石灰岩、砂岩、礫岩などからなる。

第四紀堆積物は段丘堆積層およびワジ堆積物などとして低地帯の大部分を占めて分布している。

このような層序区分は既往調査の結果と大筋において一致するが、既往調査ではいずれもハルファ層の下位にイブラ（Ibra）層を報告している。しかしながら、今回の調査結果ではイブラ層は存在しないと考えており、この点既往調査結果とは異なる。また、マンガン鉱床はハルファ層中に胚胎されるが、地質準精査地域のように、限られた範囲内に多数の鉱床が集中する現象は鉱床の形成がハルファ層のなかの比較的せまい層準に限定されることを暗示しており、このことからハルファ層の細分を試み、鉱床との関連性を検討した。また、ハルファ層の層厚は本年度の調査で700 m以上と算定されたが、この厚さは模式地での厚さに比較して著しく厚い。そこで、ここではイブラ層、ハルファ層の岩相区分および層厚の3点について述べる。

(1) イブラ層について

Glennie et al (1974)をはじめ Elboushi・Zachariah (1979), JICA (1979)

など、多くの報文はいずれも調査地域内にイブラ層が分布することを述べている。

イブラ層はハルファ層と同様ハワシナ層群の一部で、模式地であるイブラ付近ではグレインストーン、頁岩、砂岩、チャートなどからなるが、調査地域では砂岩が卓越するとされている。また、層序的にはハルファ層の下位にあり、両者はテクトニック・コンタクトで接すると考えられている。

今回の調査結果によれば、イブラ層分布地に露出する岩石は帯暗褐色の石灰岩および砂岩であり、またこれらは地形的にはハルファ層の上位に位置しており、ハルファ層の下位層とは考え難いことが明らかとなった。さらに、この石灰岩と同一岩相を示す石灰岩からマーストリヒト期を示す大型有孔虫化石が発見された。

これらの調査結果から、イブラ層とされてきた地層はハルファ層を不整合におおうマーストリヒト期～第三紀石灰岩層の下部層に相当するもので、調査地域にはイブラ層は露出していないものと結論づけた。

しかしながら、ジャラマー部落南西においては、ワジ中に暗灰色粗粒砂岩のみからなる小露出が観察されており、岩相的にはイブラ層に類似するものであり、イブラ層分布の有無は今後引き続き検討を要する事項である。

(2) ハルファ層の岩相区分について

マンガン鉱床胚胎層であるハルファ層はチャート・頁岩互層、頁岩、泥質チャート、礫岩、石灰岩などの岩相からなり、調査地域の広い範囲を占めて分布するが、著しい褶曲構造のため各岩相の繰り返しが多く認められ、構造は複雑である。

本年度の調査では、ハルファ層の構造および鉱床胚胎層準を把握するため地層の細分を試み、チャート・頁岩互層および頁岩の組合せと量比から、下位より下部層・中部層・上部層の3部層に細分した。

下部層はチャート・頁岩互層および頁岩からなり、準精査地域内およびアウェイカ西部に小範囲に分布する。中部層はチャート・頁岩互層を主とし、これに泥質チャート、頁岩、礫岩を伴う。本部層はハルファ層のなかでは最も広い分布域を示し、ほぼ全域で見られる。上部層はチャート・頁岩互層と石灰岩との繰り返しよりなり、写真地質調査地域内のアウェイカ西部および地域南縁部に小範囲に露出している。

これら各部層の判別は、ハルファ層全体に鍵層となるような特徴ある岩相をもたないことから、必ずしも容易とはいえないが、下部層は一般的に灰色のチャートと特徴ある黄白色頁岩よりなることで、また上部層は石灰岩を繰り返し挟在することからそれぞれ識別可能である。

マンガン鉱床は、これら3部層のうち中部層に集中的に胚胎し、ごく一部の鉱床が下部層に胚胎しているのが認められる。中部層はチャート・頁岩互層部分が主体で、これに泥質チャー

トを挟在するが、マンガン鉱床はこの泥質チャート部分に形成されている。すなわち、鉱床付近の岩相はマンガン鉱床-泥質チャート-頁岩優勢のチャート・頁岩互層-チャート優勢のチャート・頁岩互層となっており、この岩相変化は多くの場合鉱床を中心に両側にみられるが、鉱床の片側にのみ認められることもある。鉱床と泥質チャートは常に共存しており、泥質チャートに数層の単位鉱層が形成され、またその上・下盤にはしばしばノジュール状マンガン鉱物濃集部を伴っている。

このように、鉱床周辺の岩相変化と泥質チャートの存在は鉱床と密接な関係を有しており、詳細な岩相の観察・記載は鉱床胚胎層準の探査と追跡に活用できる。

(3) ハルファ層の層厚について

本調査地域に分布するハルファ層は下部層、中部層、上部層に分けられ、それぞれの厚さは200m以上、300m以上、200m以上と算定され総層厚は700m以上である。一方、Glennie et al (1974)によれば、ハルファ層は模式地では赤色～緑色チャートと珪質頁岩の互層よりなり、その厚さは130m以上となっている。

調査地域内にはハルファ層の上・下位層が分布しておらず、しかも著しい褶曲のため正確な厚さを算定することは極めて困難であるが、岩相変化とその追跡から推定断面図を作成して層厚を求めた。

模式地と調査地域との間にみられる層厚の差は、両者の岩相の対比から、模式地では中部層および下部層が欠除し、上部層のみが分布するためと判断し、130m以上とされた層厚は本地域の上部層の厚さを示しているものと解釈した。

3-2 マンガン鉱床の成因的考察

本年度の調査結果と既存資料から、地域内に賦存するマンガン鉱床の成因について考察を試みた。データが充分でなく、考察結果については今後引き続き補足検討を行う必要があるが、次にその結果を述べる。

本地域のマンガン鉱床はハルファ層の泥質チャートを母岩とし、断続的な2～5層の鉱層からなる層状鉱床である。鉱床の主要部は黒色珪質部を伴う層状鉱であり、その周辺にマンガンノジュール帯を伴う。

チャートの成因については諸説があり、またチャートを構成するシリカについても陸地起源説あるいは海底火山起源説がある(Pettijohn, 1957)。また、チャート・頁岩互層のチャートと塊状チャートではシリカの根源が異なり、互層のチャートは陸地起源、塊状チャートは海底火山起源とする考えがある(庄司, 1971)。さらに、同報文ではマンガン鉱床がしばしば塊状チャートに伴われ、この塊状チャートは海底火山活動による多量のシリカの急激な供

給により形成され、同時にマンガン鉱床も形成されると述べている。

本地域のマンガン鉱床は鉱床付近の岩相変化から頁岩優勢な堆積時（すなわちシリカの減少する過程）に多量のシリカを伴い形成されている。したがってこの多量のシリカは大陸起源のシリカよりも、火山活動などによる多量かつ急激なシリカの供給、濃集によるものと推察される。

また、本地域のマンガン鉱石は多量の SiO_2 を含有していることを特徴としており、Strakhov (1967) は SiO_2 と関係のあるマンガン鉱床は火山源堆積鉱床と考えている。

本鉱床の鉱石中の微量元素の含有量パターンは Strakhov (1967) の火山源堆積鉱床のパターンと類似している。また Mn と類似した挙動を示す微量元素として Sr, Ba があり、Borchert (1970), Zantop (1980) によると Sr, Ba は火山性堆積鉱床に濃集する元素と考えられている。

以上から本地域のマンガン鉱床は火山活動と密接な関係を有する鉱床と考えられ、初生鉱床は海底の火山活動により多量のシリカが供給され、同時に濃集した Mn により形成されたものと推察される。

初生鉱床はその後の続成過程において鉱石鉱物が変わり、また衝上断層、隆起運動などの変動運動により鉱床の形態は著しく変形していると考えられる。しかし層状、レンズ状、スポット状あるいは鉱染状のマンガン濃集部には初生鉱床形成時の鉱石組織が残存している。したがって鉱床の富鉱部は続成作用、褶曲などよりも初生鉱床形成時の堆積環境に規制されていると考えられる。

胚胎層であるハルファ層は著しく褶曲しており、鉱床の形態は褶曲構造を反映しており、鉱床と褶曲の関係を解明する必要があると考える。

また、ハルファ層には塩基性岩脈、岩床、溶岩があり、一部の岩脈ではマンガン鉱物を含む赤色珪化岩を伴い、またマンガン鉱床と密接な関係にあると考えられるアルカリ岩が認められるなど、鉱床とこれら火成岩の関係を解明することはマンガン鉱床の探鉱にとり重要である。

第4章 結論および将来への展望

4-1 結論

オマーン国南部地域における第二年次調査では、マンガン鉱床が賦存するスール地域において、層序・地質構造の解明と鉱床の分布・産状・規模・胚胎層準の把握を目的として、地質調査（準精査）および写真地質調査が実施された。

これらの調査結果と既存資料との総合的な検討から得られた結論は次のとおりである。

1. 調査地域に分布する地層は、岩相および化石の発見から、変成岩類とこれを貫く花崗岩類よりなる先カンブリア紀の基盤岩類、主としてチャート・頁岩からなる三疊紀～白亜紀前期のハルファ層、厚い石灰岩からなる白亜紀最後期マーストリヒト期～第三紀中期の石灰岩層に区分され、層序が明らかとなった。ハルファ層は白亜紀後期に大規模な衝上断層によって基盤岩類の上位にのし上った異地性遠洋性堆積物である。
2. 地域内にみられる地質構造には、基盤岩類の配列が示すN-S構造、ハルファ層にみられる衝上断層運動に伴う著しい褶曲および断層構造、石灰岩層に発達するN-S系の褶曲および断層構造があり、特にハルファ層の褶曲構造は同層分布域の全域におよび、著しい地層の繰り返しを伴う複雑な構造を呈している。
3. 鉱床はハルファ層の泥質チャートを母岩とする層状マンガン鉱床で、その分布はハルファ層分布域のほぼ全域におよぶが、ハルファ層中部層に特に集中している。
4. 鉱床の規模は、個々の鉱層としては走向延長200～300m、平均層厚10～30cmであるが、一般にはこれら単位鉱層が同一層準に多数配列し、延長数1000m、厚さ数mにおよぶ鉱床を形成している。地質調査（準精査）地域にみられる最大の鉱床は延長1500m、厚さ60cm、また写真地質調査地域にみられる最大の鉱床は延長300m、厚さ9mである。
5. 鉱石鉱物は軟マンガン鉱を主とし、これに少量の水マンガン鉱およびクリプトメレーン鉱を伴う。これらの鉱物は黒色珪質部に層状、脈状、レンズ状、スポット状、鉱染状などの濃集部をなして産するほか、ノジュール状をなして泥質チャート中にも含まれる。
6. 地質調査および写真地質調査区域から200個を超える鉱石試料を採取し、Mn, MnO₂, SiO₂, Fe, S, Pについて化学分析を行った結果、鉱石品位はMnO₂数%から80%まで変化に富むが、一般には20～40%である。また、この鉱床は高いSiO₂含有量で特徴づけられ、Fe, S, Pは極めて低い値を示した。
7. 鉱床はいずれもチャート・頁岩互層中に伴われる泥質チャート中のみ胚胎し、成因的には火山起源の堆積性鉱床であると考えられる。
8. 本年度の鉱床調査は既知鉱床が分布するジャラマー付近についてのみ実施されたが、写真地質調査区域内においても多数の鉱床露頭が発見され、そのなかには大規模・高品位露頭も

含まれている。したがって次年度では、両区域にみられる主要な露頭について詳細な鉍床調査を行う必要がある。

4-2 将来への展望

上述の結論にもとづき、本地域に対する次年度以降の調査方針と具体的範囲 (Fig. 2) として、次のとおり要望する。

1. 地質調査区域に分布する多数の鉍床露頭については、露頭相互の位置関係は本年度調査によってほぼ明らかにされたが、鉍床の産状・規模・連続性などについては複雑な褶曲構造とやや粗い調査ルート密度のため十分に解明されたとは言えない。特に、本年度の調査では鉍床の深部への調査は行われていない。そこで次年度では、有望な露頭が密集するA地区についてトレンチ・ショート・ボーリングを含む地質精査を行い、鉍床の水平的・垂直的連続性と品位変化を明らかにする。
2. 写真地質調査区域に分布する鉍床については、本年度調査ではその位置が確認され、少量の試験試料が採取されたにすぎない。したがって、次年度では規模の大きい露頭が分布するB, Cの2区域において、A地区と同精度の精査を行い、鉍床の全貌を明らかにする。
3. マンガン鉍床の成因を考察するため、鉍床および鉍床生成に関連あるとみられる火成岩について微量成分の定量分析を行い、検討する。
4. またマンガン鉍床はハルファ層中部層に集中してみられ、ハルファ層の堆積環境、特に中部層の堆積環境と鉍床の関係を検討する必要がある。
5. 既存資料によれば、調査地域の西方イブラ付近にはチャート、泥岩、石灰岩などからなるジュラ紀～白亜紀前期のワラー (Wahrah) 層が分布し、小規模ながらマンガン鉍床を伴うことが報告されている。本層は岩相・時代からハルファ層に対比されるもので、引き続き文献の収集を行い、比較検討を行うことが望ましい。

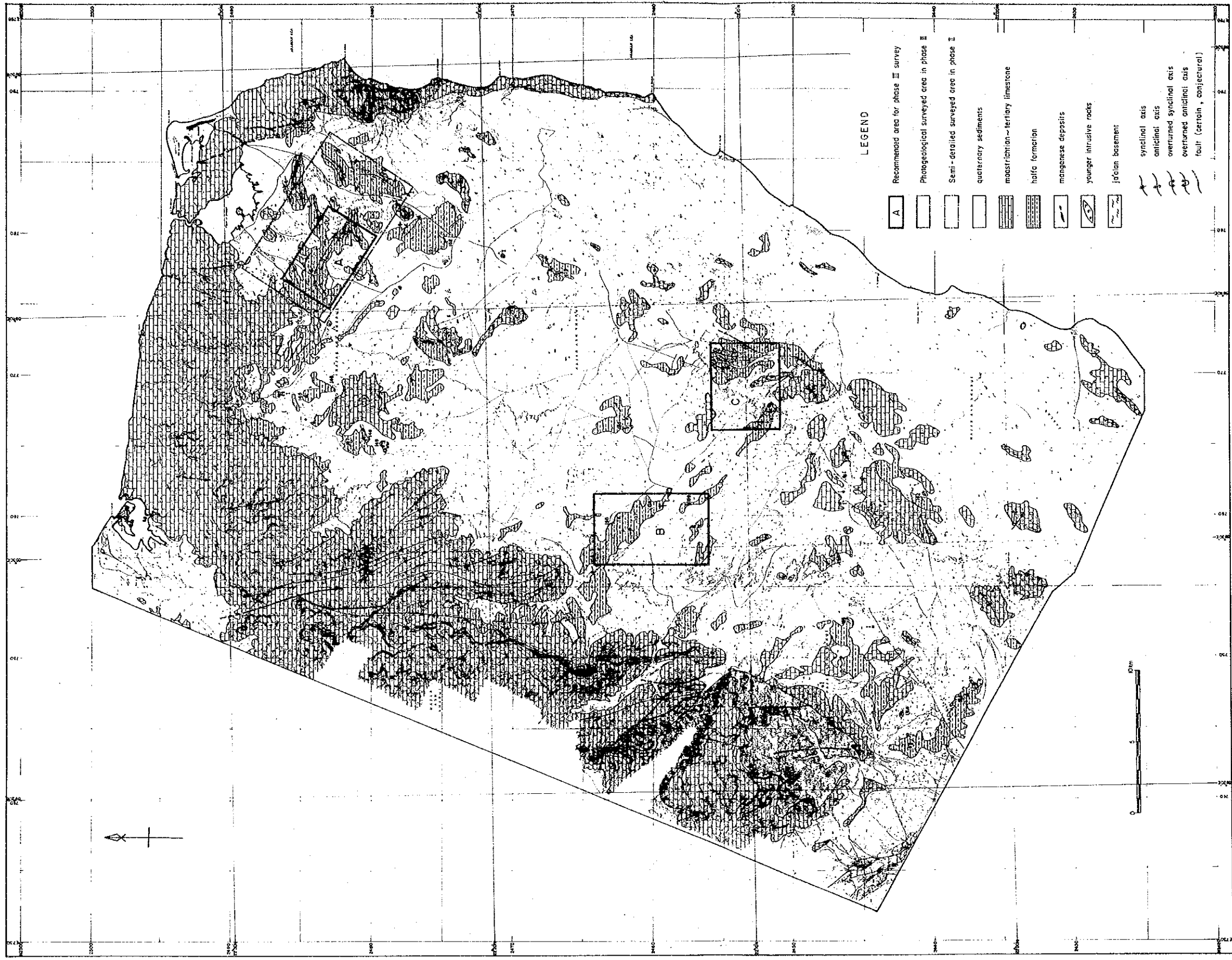


Fig. 2 Recommended Area for Phase III Survey

各 論

I 写真地質調査

第 1 章 総 説

本年度調査は鉾床調査を目的としているが、既往調査結果から、鉾床胚胎層が鉾床分布域の南東部にも、広く分布することが予想されており、この区域についても地質・鉾床に関する情報収集を行ない、広域的な地質・地質構造の把握と新鉾床の発見を図ることが計画された。

調査の対象として選ばれた区域は、面積が3,400 Km²と広いこと、乾燥気候のため植生に極めて乏しいことなどから、情報収集の手段としては、ランドサット画像および空中写真の解析が効果的であると判断され、写真地質調査が実施された。1/250,000 ランドサット画像、1/60,000 黒白空中写真、1/20,000 カラー空中写真の解析作業は、昭和56年9月10日より11月5日までの約2ヶ月間日本国内で行なわれ、1/50,000 予察図が作成された。この予察図にもとづいて、図から選定された調査ルートに沿って、11月6日より12月28日まで現地検証調査が実施され、岩相・地質構造の確認と問題点の解明が図られた。さらに現地調査の後、地質図の精度を向上させるべく、昭和57年1月6日より2月5日まで再解析作業が行なわれた。

この調査の結果、本地域の約60%は現世の砂におおわれ、地層の露出面積は少ないものの、概略的な地質状況、特に鉾床胚胎層の分布状況、地質構造が明らかにされ、多数のマンガン鉾床露頭の存在が確められた。

第 2 章 解 析 方 法

2-1 ランドサット画像解析

本地域はオーバーラップする画像を得ることが可能であるため、それぞれについて良質のデータを選び出し、さらにデジタル処理（幾何補正、ノイズ除去、コントラスト強調）を行なって、地質的情報をよりよく表現するフォルスカラー画像を得るよう努めた。画像の縮尺は1/250,000とし、得られた画像を実体視することにより主として、色合い、水系密度・肌理・抵抗性などから地層を区分し、同時にリニアメントも抽出した。

使用した画像のデータはTable I-1、その位置はFig. I-1に示すとおりである。

Table I-1 Landsat Data Used

	(1)	(2)
Imagery type	Landsat-3 (MSS)	Landsat-1 (MSS)
Identification No.	30073-05495	1197-05565
Exposed date	17 MAY 78	05 FEB 73
Scene center point	N 23° 01' 59" E 59° 08' 06"	N 21° 02' 48" E 60° 00' 44"
Path and Row	169, 44	168, 45
Products	Color composite Black & White (Band 7)	Color composite Black & White (Band 7)

2-2 空中写真解析

オマーン国石油鉱物省より貸与された1/60,000黒白空中写真（8ライン68枚）および1/20,000カラー空中写真（22ライン412枚）について実体鏡によって実体視し、地層の区分と岩石種の判定、地質構造の解析およびリニアメントの抽出と、その性質の判定を行なった。これらの判定に際しては、空中写真における色調・肌理・水系のパターンと密度、岩石の侵食に対する抵抗性等が詳細かつ総合的に検討された。判読の結果は空中写真の上に敷いたオーバーレイに記入され、さらに1/50,000の地形図上にコンパイルされて予察図が作成された。この作業はまず、1/60,000黒白空中写真についてならされ、次に1/20,000カラー空中写真についてより詳細に行なわれた。

使用した空中写真の番号および主点の位置はFig. I-2に示すとおりである。

以下、解析結果および現地調査結果について詳述する。

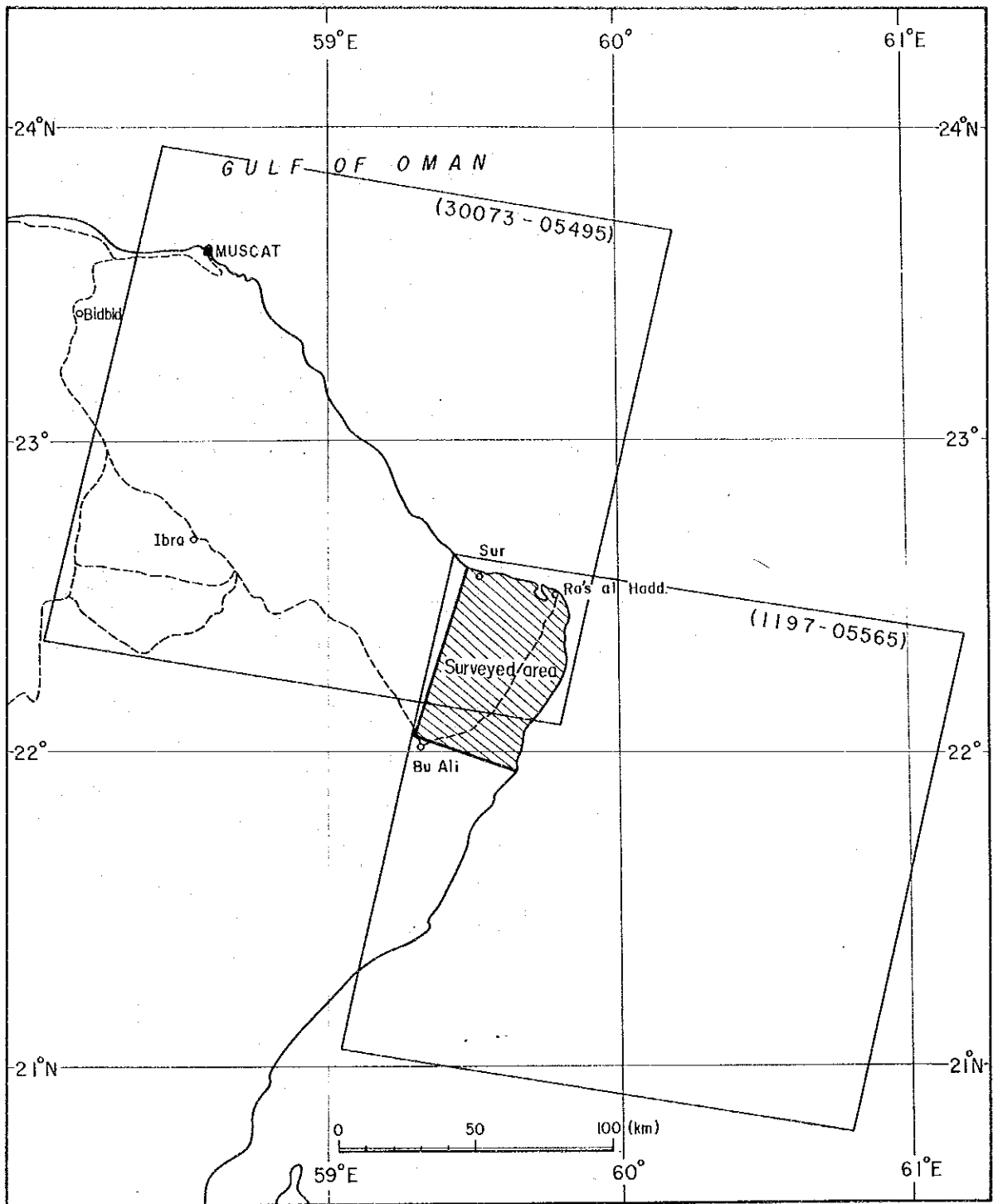


Fig. I-1 Index Map of Landsat Data

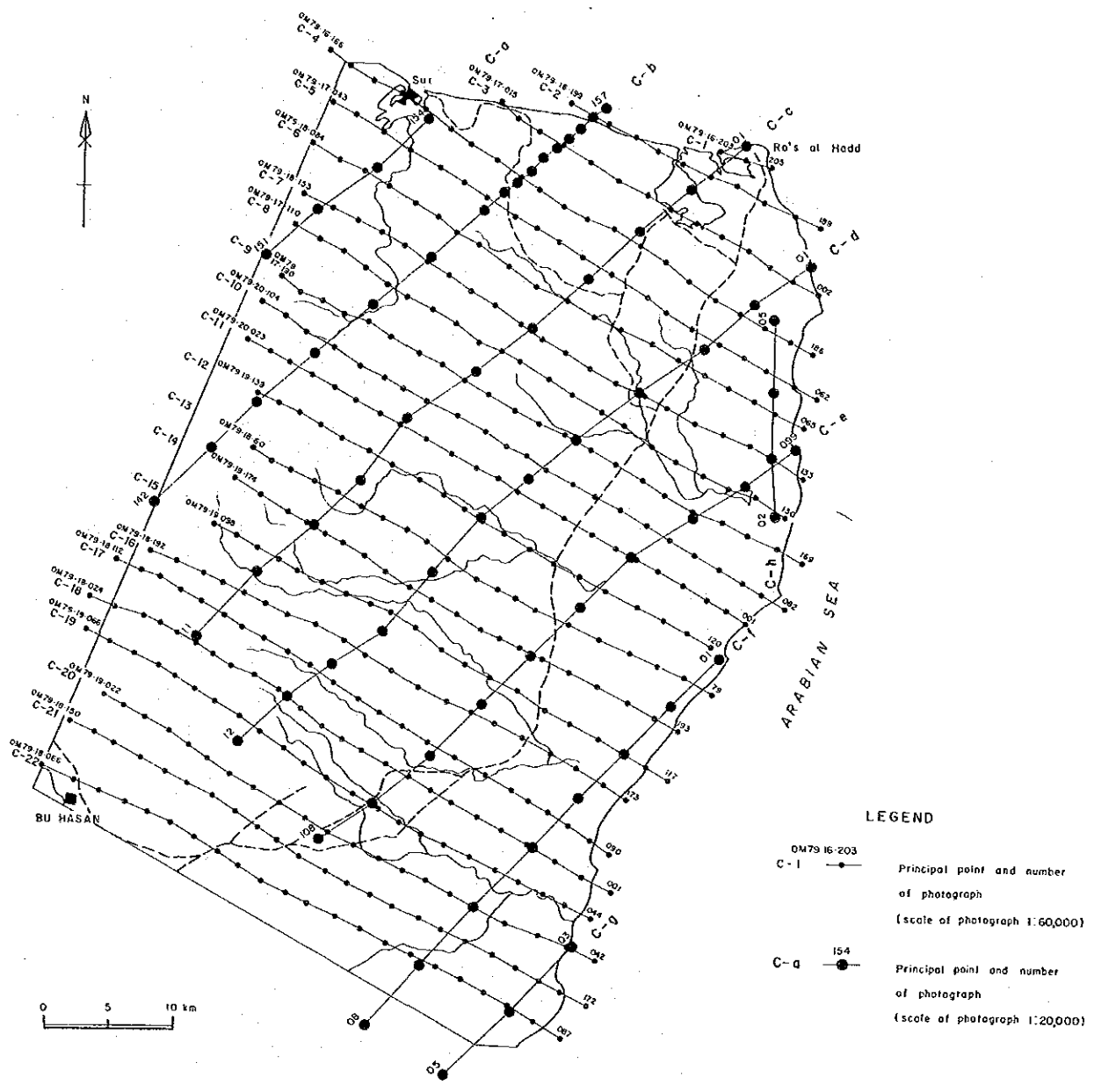
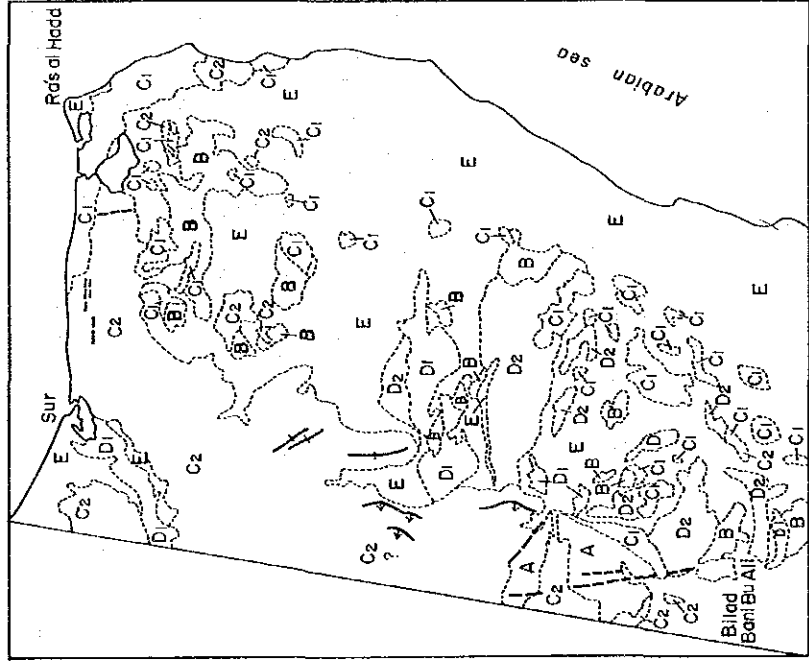
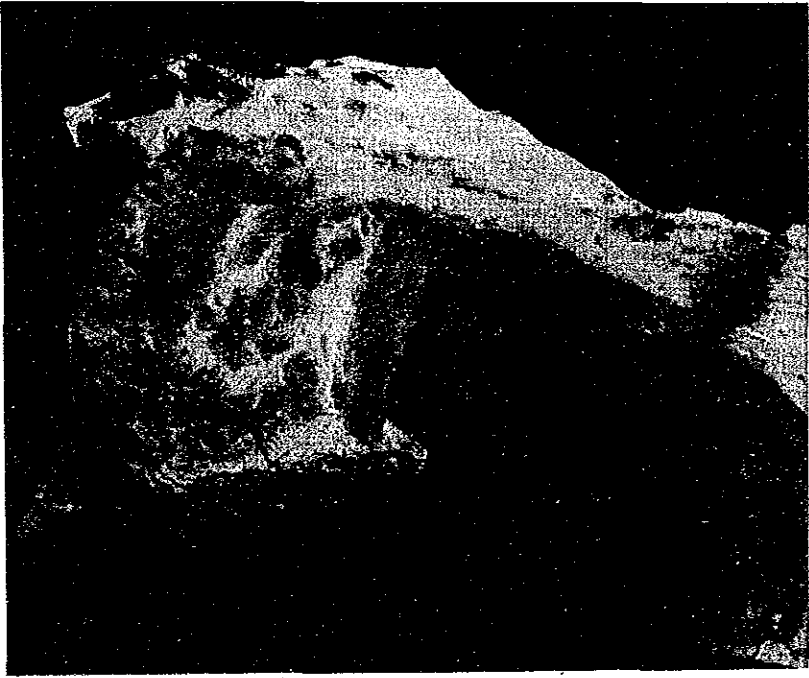


Fig. I-2 Index Map of Aerial Photographs



LEGEND

- A basement rocks
- B halfa formation
- C1 upper Cretaceous to tertiary calcareous rocks
C1...dark tone, C2...light tone
- D1 terrace deposits
D2...higher, D2...lower
- E wadi sediments, eolian and beach sand
- folding axis
- bedding plane

the reddish hue shows
vegetation on the image.



Fig. I -3 Landsat False Color Image and Interpretation Map

Table I-2 Characteristics Chart of Photogeological Units

Characteristics Units	Photo-characteristics		Morphological expression					Remarks	Lithology	The precambrian	The triassic to the middle cretaceous	The upper cretaceous to the middle tertiary	The quaternary	Intrusive Rocks	
	Color	Texture	Drainage		Rock properties									Older Intrusives	Younger Intrusives
			Pattern	Density	Cross section of Valley or Gully	Resistance	Bedding								
A ₁	light greenish grey	rough	parallel, trellis	high	V-form	moderate to high	none	medium density					Gneiss		
A ₂	light green to dark green	rough	parallel, trellis	high	V-form	low	none	medium density					Amphibolite		
B ₁	red to reddish brown	rough	fine dendritic, trellis	very high	gentle V-form	very low	well bedded	low density					Reddish alternation of chert and shale		
B ₂	white to light grey	rough	fine dendritic, trellis	very high	gentle V-form	very low	well bedded	low density					White alternation of chert and shale		
B ₃	light brownish grey	rough	parallel, trellis	medium	gentle V-form	low	well bedded	low density					Buff chert, shale and limestone		
C ₁	light brown to dark brown	uneven	subdendritic	medium to low	U-form	low	none, partly bedded	none					Sandy limestone, Massive limestone		
C ₂	brown	rough	fine dendritic	high	U-form	low	none	low density					Basalt lava		
C ₃	buff to light brown	smooth, even	trellis, parallel	low	V-form	high	well bedded	low density					Bedded limestone		
D ₁	brownish grey	very smooth, even	braided	low	U-form	low	none	none					Higher terrace deposits		
D ₂	brownish grey	very smooth, even	braided	low	U-form	low	none	none					Lower terrace deposits		
E	buff to light brown	smooth	braided	—	—	very low	—	—					Wadi sediments Talus deposits Beach&aeolian sand		
F ₁	light yellow	rough	parallel, trellis	high	V-form	low	—	medium density					Granite		
F ₂	brown	rough	—	—	—	low	—	—					Basic dike		
F ₃	light orange	rough	—	—	—	low	—	—					Acidic dike		
G ₁	dark green to black	rough	—	—	—	low, moderate	—	—					Basic intrusives		
G ₂	white	rough	—	—	—	moderate	—	—					Acidic intrusives		

第 3 章 地 質

3-1 概 説

本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。Glennie et al (1974)によるとオマーン山脈の地質は下位より

- 1) 先カンブリア紀-カンブリア紀の基盤岩類
- 2) 先二疊紀の陸性堆積物
- 3) 二疊紀中期-白亜紀後期の浅海性堆積物のハジャー累層群 (Hajar Super Group)
- 4) 二疊紀中期-白亜紀後期の大陸棚斜面堆積物のスメイニ層群 (Sumeini Group)
- 5) 二疊紀-白亜紀中期の遠洋性堆積物のハワシナ層群
- 6) 白亜紀後期のセマイル (Semail)・オフィオライト
- 7) マーストリヒト期-第三紀中期の浅海性石灰岩

から構成されている。このうち基盤岩類、先二疊紀陸性堆積物、ハジャー累層群は原地性である。スメイニ層群、ハワシナ層群、セマイル・オフィオライトは前記原地性の地層の上のった異地性の地層である。また、マーストリヒト期-第三紀中期の石灰岩は原地性および異地性の地層の上に不整合に堆積したものである。

これらの地層が示す一般構造は単一の湾曲した背斜構造であり、二つの顕著なカルミネーションが認められる。

本地域には上述したオマーン山脈を構成している地層のうち先カンブリア紀と考えられる基盤岩類、ハワシナ層群中の三疊紀-白亜紀前期のハルファ層、そしてマーストリヒト期-第三紀中期の石灰岩層が分布しており、これらを第四紀堆積物がおおっている。この他に塩基性および酸性の貫入岩類が認められる。

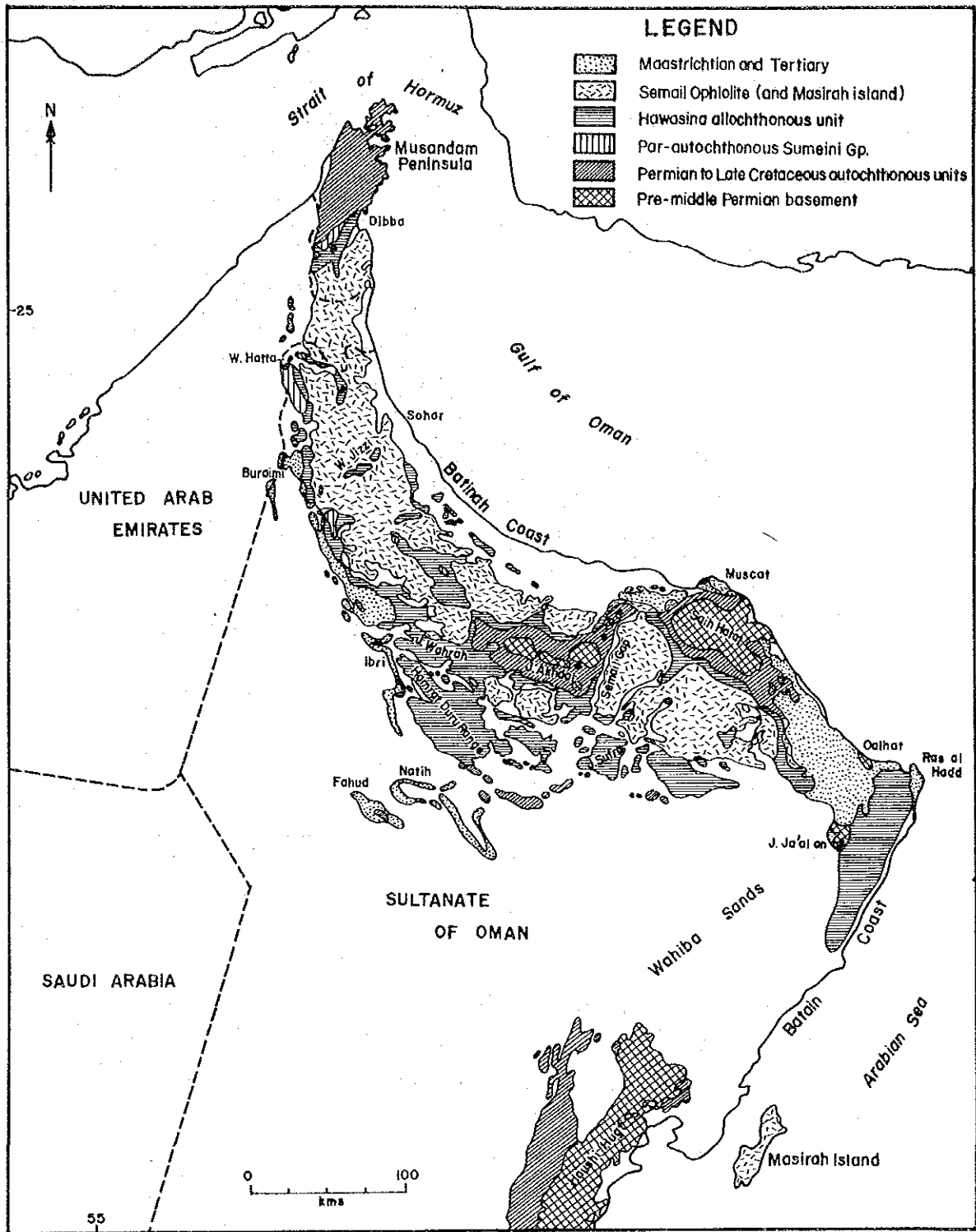
基盤岩類はジャバル・ジャラン (Jabal Ja'al an) に分布し、角閃岩および片麻岩よりなる変成岩と、これを貫く花崗岩と無数の塩基性および酸性岩岩脈からなる。

ハルファ層は本地域に広く分布しており赤色あるいは灰色を呈するチャートと頁岩の互層を主とし、チャート中には放散虫化石が多く認められ、マンガン鉱床を胚胎している。ハルファ層は岩相から上部層・中部層・下部層に区分される。

石灰岩層は基盤岩類およびハルファ層を不整合におおい、主として大型有孔虫を多量に含む石灰岩からなり、石英質砂岩および砂質石灰岩を挟在している。岩相から上部層と下部層に区分される。

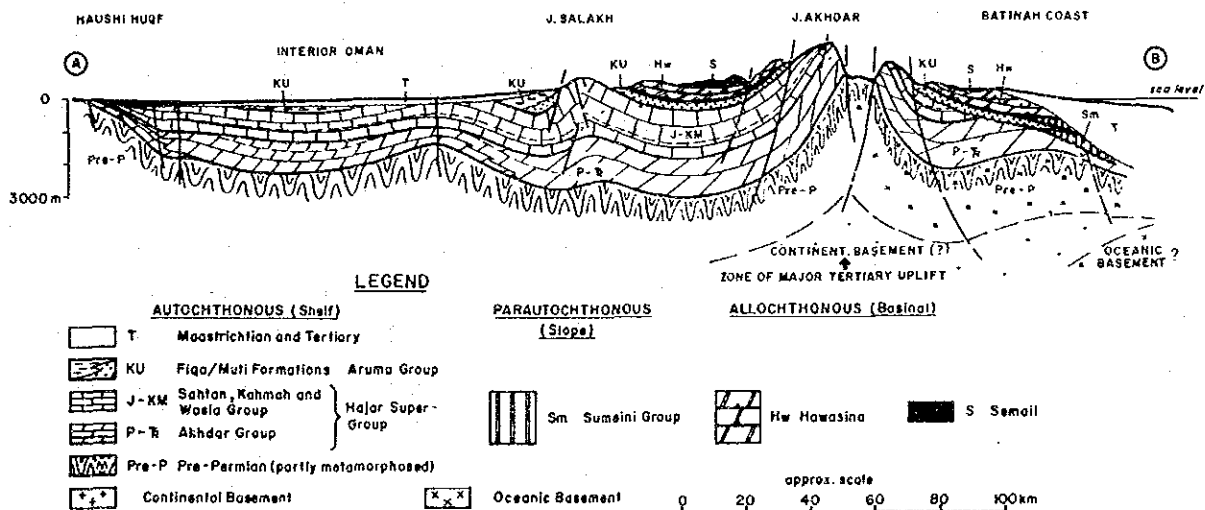
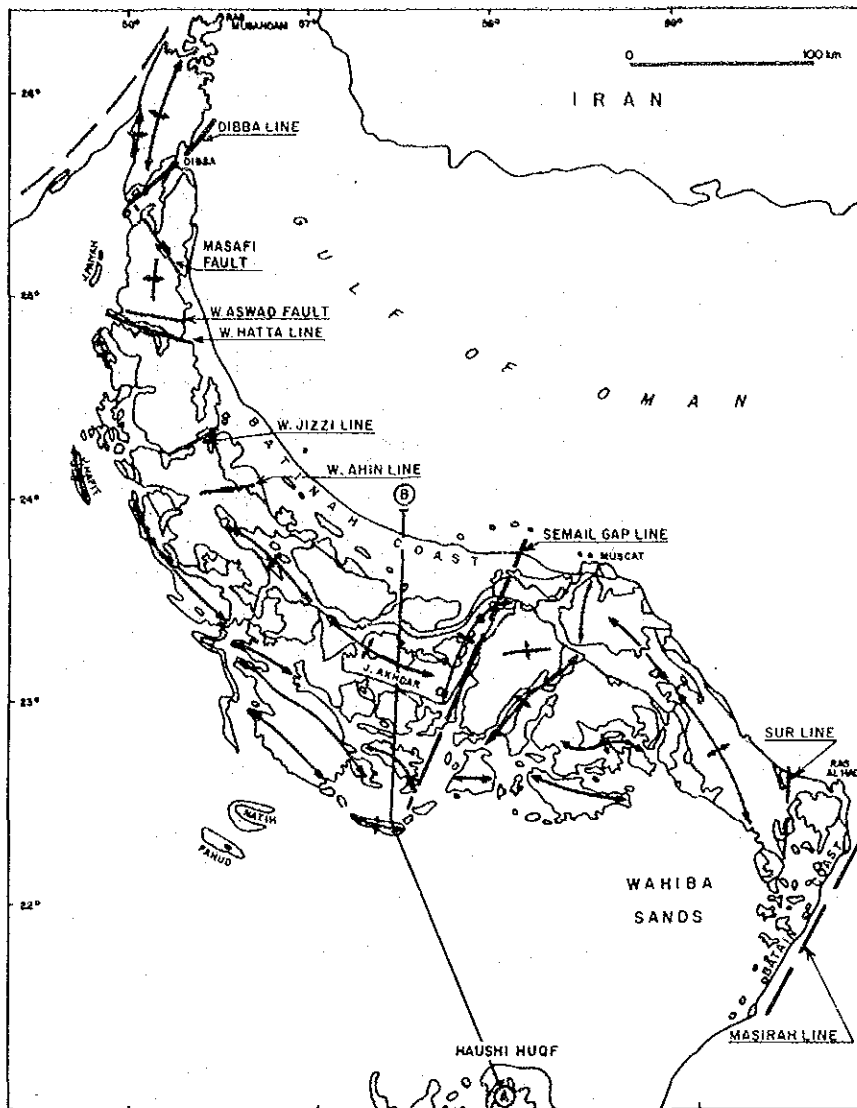
第四紀堆積物は段丘堆積物・ワシ堆積物・海浜砂および風成砂からなる。

貫入岩類には先カンブリア紀の変成岩類を貫く花崗岩と粗粒玄武岩および花崗斑岩岩脈、またハルファ層と石灰岩層の一部を貫く玄武岩・安山岩・閃緑岩および閃緑玢岩がある。



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

Fig. I-4 Geological Map of the Northern Oman



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

Fig. I-5 Geological Framework of the Northern Oman

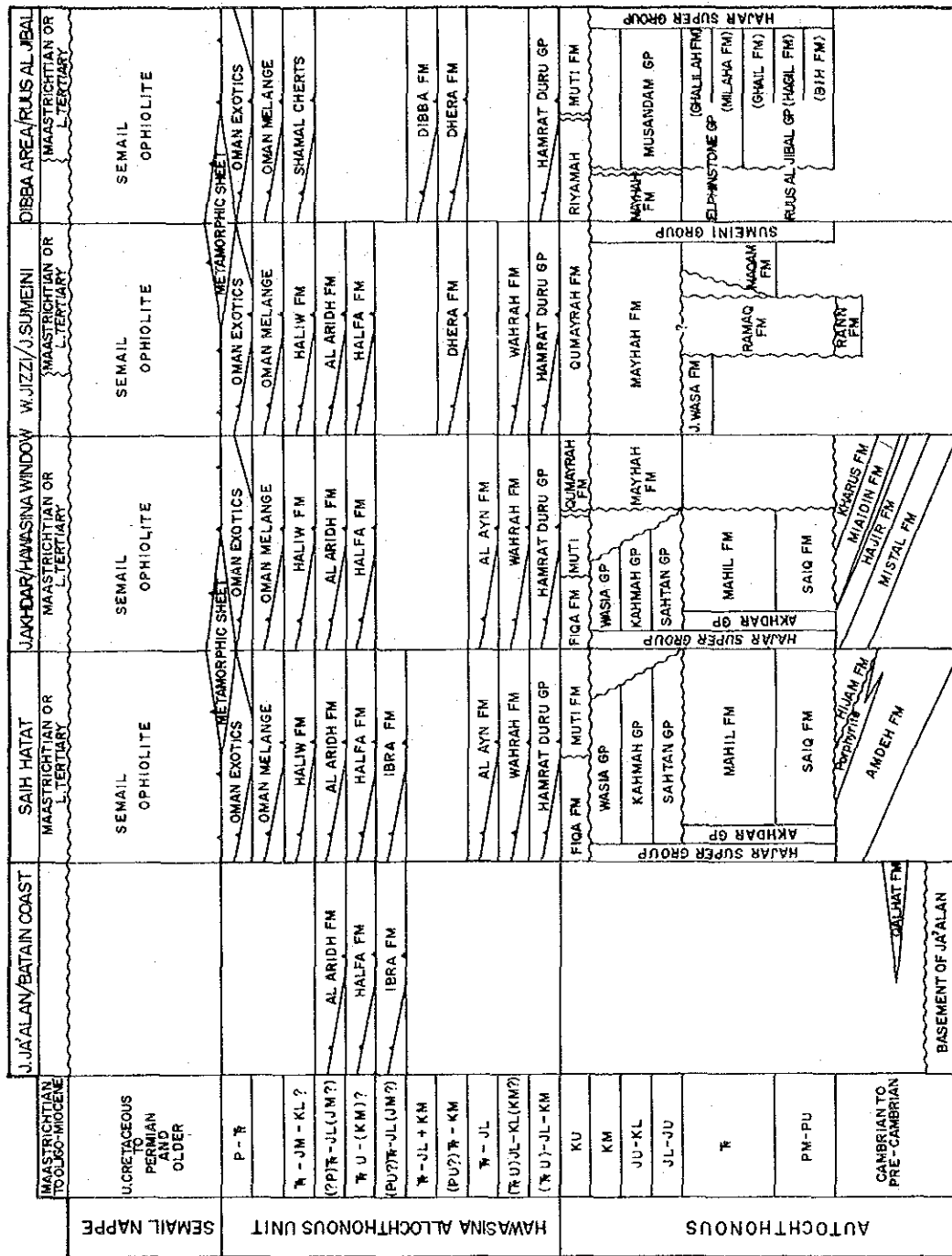


Fig. I-6 Schematized Correlation of the Stratigraphic Units in the Oman Mountains

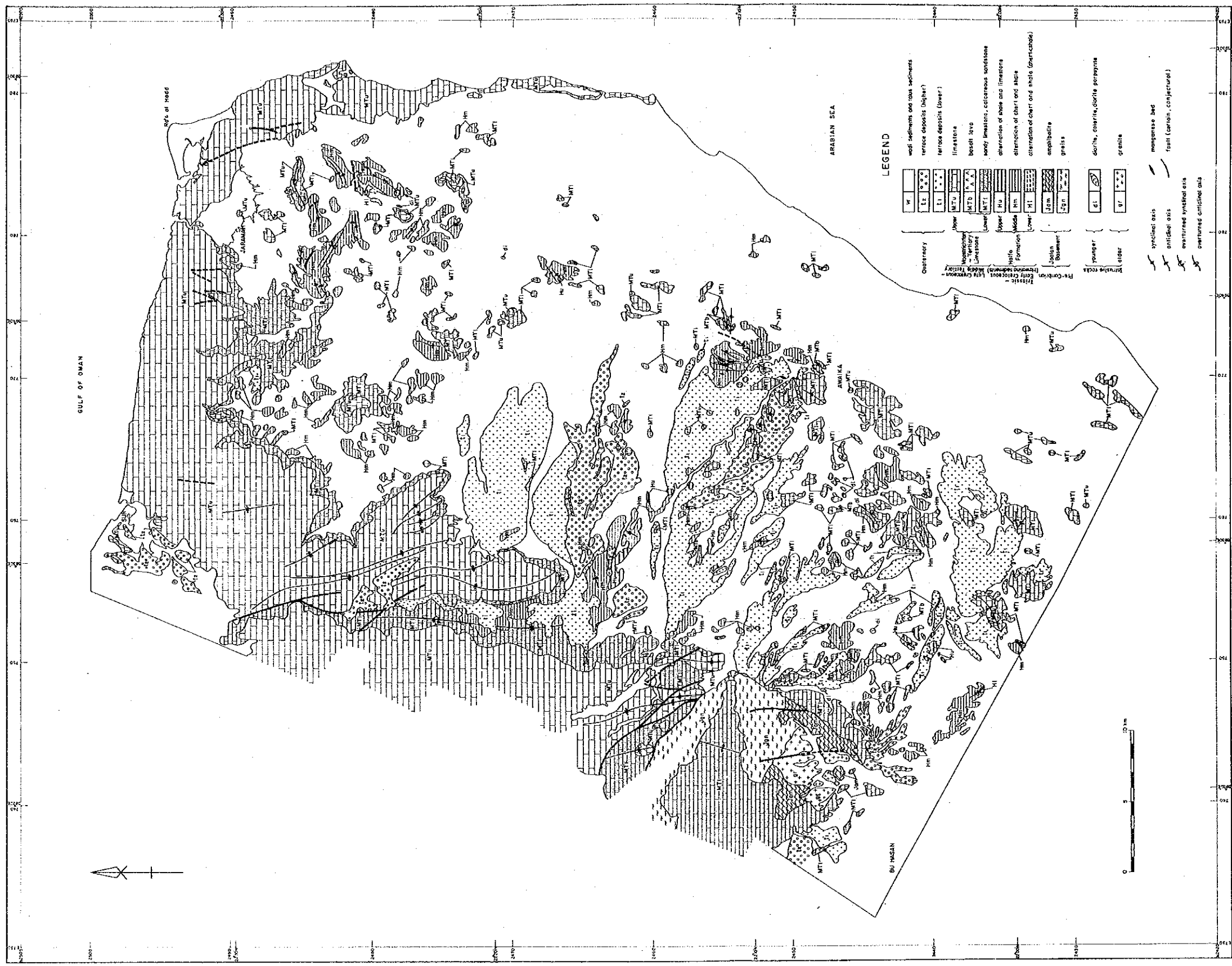


Fig. I-7 Geological Map of the Surveyed Area

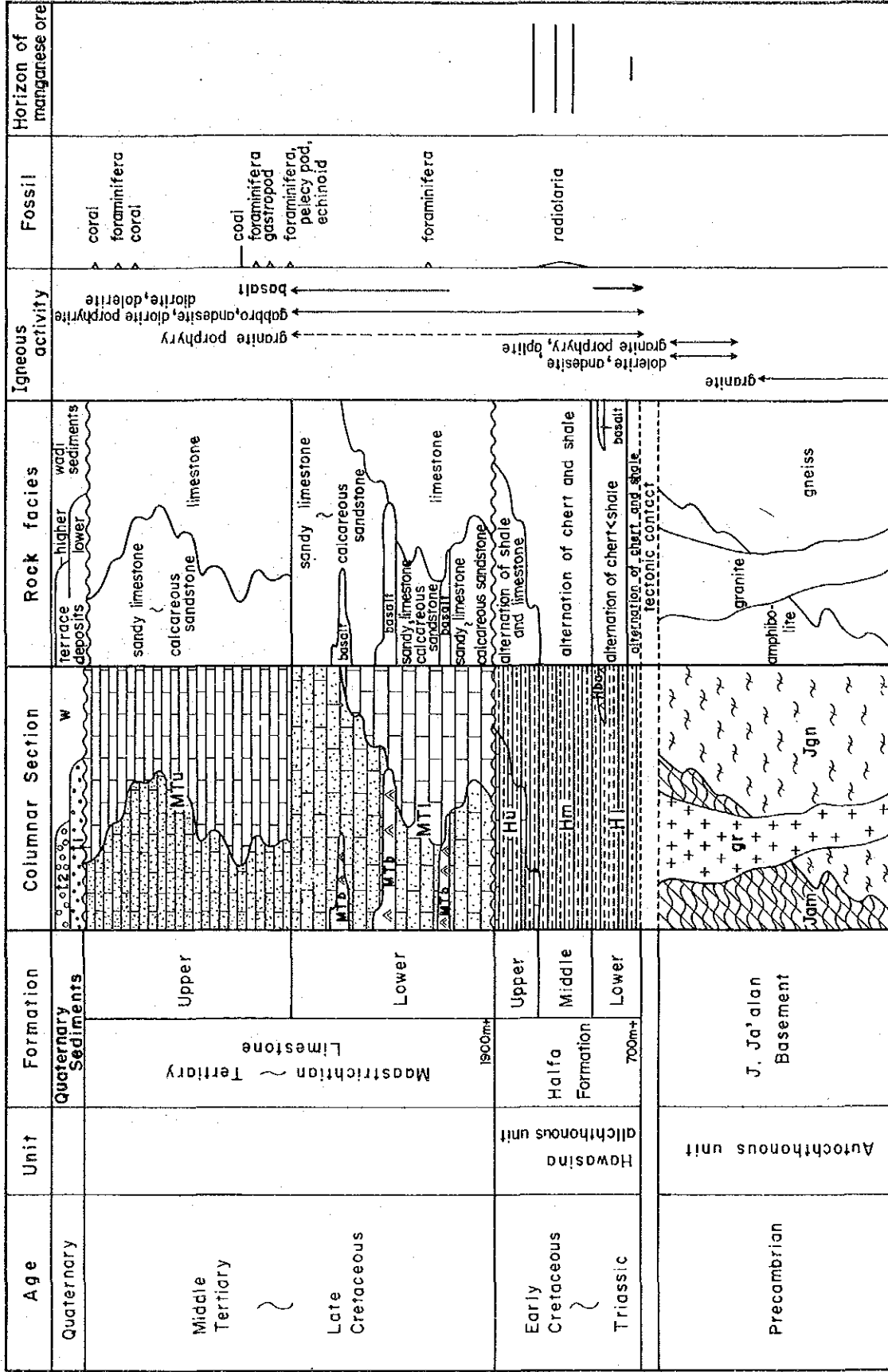


Fig. I-8 Generalized Stratigraphic Section of the Surveyed Area

本地域は白亜紀後期のハルファ層の衝上断層を引きおこした構造変動と第三紀中期の褶曲および断層を形成した構造変動の影響を強く受け、本地域の地質構造は極めて複雑であり、褶曲および断層が著しく発達している。

ハルファ層には波長50m～200mと1m～5mの褶曲が多数認められ、これらの褶曲軸はいろいろな走向を示す。また、石灰岩層にはN-S系、NNW-SSE系の軸をもつ波長1km～5kmの褶曲が発達し、これらを切る同じ方向性の断層が認められる。

3-2 層 序

3-2-1 基盤岩類

分布：本地域南西部のジャバル・ジャランに露出している。

岩相：本岩類は変成岩とそれを貫く花崗岩を塩基性および酸性の岩脈からなるが、ここでは変成岩類のみについて述べ、貫入岩類は後述する。

変成岩類は角閃岩と片麻岩からなる。いずれも塊状を呈し、片麻状組織の発達はよくない。野外観察では、角閃岩は暗緑色を示し、粗粒の角閃石と斜長石および緑レン石が認められ、片麻岩はピンクがかった灰白色を示し、石英、カリ長石、斜長石が認められる。また一部で閃緑岩～閃緑玢岩様の岩相を示す。

角閃岩および閃緑玢岩の検鏡結果は下記のとおりである。

角閃岩 (E096)

組 織：等粒状組織

構成鉱物：斜長石は2mm～3mm大の他形結晶を示し、黒雲母・普通角閃石の間を埋めるようにある。黒雲母は1mm～2mm大のフレークであり、緑泥石化している。普通角閃石は2～3mm大の半自形結晶を示し多数あり、一部は緑レン石化している。

また、チタン石がわずかに認められる。

閃緑玢岩 (E095)

組 織：細粒等粒状組織

構成鉱物：1mm～2mm大の半自形カリ長石・斜長石・黒雲母および他形普通角閃石からなり、わずかに他形石英も認められる。変質鉱物として緑泥石・緑レン石がある。

岩相および貫入岩類との関係はサララ地域の変成岩類に類似する点が多い。また、E-W

方向の小岩脈が発達する。

層位関係：本岩類は本地域の基盤をなしており、上部白亜系～中部第三系の石灰岩層に不整合でおおわれている。三疊紀～白亜紀前期のハルファ層との関係は野外で直接観察することができないが、構造的なもの(テクトニック・コンタクト)と考えられる。

本変成岩類の時代は、本岩類中の花崗岩がK.W. Glennie他(1974)による年代測定の結果、 858 ± 16 m.y.を示すこと、サララ地域のジュファ(Juffa)片麻岩、サッド(Sadh)片麻岩、花崗閃緑岩類が $770 \sim 600$ m.y.を示すこと(JICA, 1979)等から、先カンブリア紀であると考えられる。

空中写真上の特徴：本変成岩類のうち、片麻岩(ユニットA₁)は淡灰緑色を呈し、抵抗性が比較的高い。水系は密度が高く、主として平行状、部分的に格子状の様相が認められる。谷はV字状で山稜は角ばっており、起伏が激しく荒い肌理を示す。節理および断層が多く観察される。

角閃岩(ユニットA₂)は淡緑～暗緑色を呈し、低い抵抗性を示すので、片麻岩や花崗岩(ユニットF₁)と明瞭にカラー空中写真上で識別できる。水系は片麻岩同様に密度が高く、格子状および平行状の様相が認められる。谷は開いたV字状で山稜は角ばっているが、片麻岩ほど険しくはない。

片麻岩、角閃岩ともに同じ走向を示す無数の岩脈(ユニットF₂, F₃)によって貫かれていることが空中写真上で明瞭である。

3-2-2 ハルファ層

ハルファ層はGlennie et al(1974)によりワヒバ砂漠北方のハルファ付近を模式地として命名されたものである。

本調査地域ではハルファ層は調査地域の周縁部を除く、ほぼ全域に丘陵地形を示して分布する。

本層は岩相により下位より下部層・中部層および上部層に区分することができ、各層の特徴は次のとおりである。

1) 下部層(H1)

分布：アウェイカの北10 Km, ジャワビ(Jawaybi)西方5 Kmおよび準精査地域の東部に小規模に分布している。

岩相：チャート・頁岩互層および頁岩層である。互層のチャートは赤色および灰白色であり、灰白色を呈することが多く、また互層の頁岩は赤褐色を呈する。また頁岩層は淡黄色～淡褐色を呈し、本層の上位にみられる。準精査地域では頁岩層中に厚さ約10 mの玄武岩溶

岩が挟在されている。本層の一部でマンガン鉱床が認められる。

層位関係：下位の地層が露出せず、関係は明らかではない。Glennie et al(1974)によると模式地においてハルファ層は下位のイブラ層とテクトニック・コンタクト関係にある。

層 厚：層厚は北部の準精査地域で200 m以上と推定された。

2) 中部層 (Hm)

分布：本地域一帯に広く分布する。

岩相：チャート・頁岩互層を主とし、泥質チャートおよび頁岩薄層を挟在する。

チャート・頁岩互層のチャート単層は一般に厚さ2 cm～20 cmであり、赤色および灰白色を呈する。チャートの表面は脱色され、白色を呈し泥岩様あるいは砂岩様外観を示す。また、チャート中には球形の放射虫化石が多数含有されている。頁岩の単層は厚さ3 cm～5 cmであり、赤褐色～紫褐色を呈する。チャート・頁岩互層はチャート優勢互層と頁岩優勢互層があり、頁岩優勢互層はマンガン鉱床胚胎層準付近にみられる。

泥質チャートはチャート・頁岩互層に挟在され、マンガン鉱床の胚胎母岩である。本岩は淡褐色を示すが、赤褐色の縞により葉理が認められ、岩相的には珪質頁岩に相当する部分もある。

赤色チャートおよび泥質チャートの検鏡結果については、準精査地域の項にて述べる。

また準精査地域の西部には、チャートおよび頁岩からなる礫岩層が分布している。この礫岩は中部層の上位にあり、構造的な変動あるいは海底地すべりなどにより形成されたものと推定されるが、詳細については明らかではない。

層位関係：下部層とは整合関係であり、チャート・頁岩互層が徐々に頁岩優勢となり下部層の頁岩に漸移する。

層 厚：層厚は準精査地域で300 m以上と推定され、南部では、230 mと推定される。

3) 上部層 (Hu)

分布：アウェイカの西方および南西方に分布している。

岩相：チャート・頁岩互層と石灰岩が繰り返し認められる。チャート・頁岩互層は赤褐色を呈し、厚さ5～10 cmであり、頁岩の単層は石灰質で淡灰～帯紫淡灰色を呈し、厚さ10～30 cmである。石灰岩は淡灰色を呈し、層理がよく発達している。上位の石灰岩に二枚貝化石が認められたが、鑑定不可能であった。

本層は岩相からGlennie et al(1974)の模式地におけるハルファ層に対比されるものと

考える。

層位関係：中部層との関係は明らかではないが、整合関係にあると考える。

層厚：層厚は200 m以上と推定された。

本調査地域では、ハルファ層と上下位層との関係は上位層であるアルアリッド層および下位層であるイブラ層が露出していないため明らかではないが、Glennie et al(1974)によるとハルファ層は上下位層とテクトニック・コンタクト関係にあるとされている。

本地域の南西部に露出する先カンブリア紀の基盤との関係はマーストリヒト期～第三紀石炭層におおわれ、不明であるが、Glennie et al(1974)のFig. 7.17におけるハルファ層のナップ前縁の位置から、基盤とはテクトニック・コンタクト関係にあると推定される。

本地域では上下位層がみられないことと、ハルファ層の著しい褶曲による地層の繰り返しがあることから、ハルファ層の層厚を求めることは、極めて困難である。今回は頁岩優勢互層および頁岩層を対比することにより、本地域のハルファ層の層厚は700 m以上と推定された。模式地では層厚130 m以上と推定されており、本地域の層厚より薄い、模式地では本地域の中部層および下部層が露出していないためと考えられる。

化石、および時代：ハルファ層の時代は、Glennie et al(1974)によるとハルファ層にあるマンガン鉱染チャートとオマーン山脈南西部に分布するジュラ紀後期～白亜紀前期のワラー(Wahrah)層中のマンガン鉱染チャート・泥岩が対比されること、およびハルファ層に三疊紀後期の化石が産出したことから、ハルファ層は少なくとも三疊紀後期～白亜紀前期に堆積したものと考えられる。今回準精査地域の調査においてハルファ層中部層のチャートに含有されている放散虫化石に対し層位学的な解析鑑定を行った。チャート中の放散虫化石は保存良く、フッ酸処理により、チャートから抽出した。

チャートから抽出された放散虫化石には下記のものがある(Fig. A-4参照)

試料 C123 赤色泥質チャート

Pantaneillum corriganensis Pessagno

P. sp

Parvicingula cosmoconica (Foreman)

Mirifusus mediodilatatus (Rust)

Pseudodictyomitra sp.

Mita sp. B Pessagno

Thanarla aff. conica (Aliev)

試料 F001-1 赤色チャート

Pantaneonium corrigianensis Pessagno

P. sp.

Acaeoniotyle umbilicata (Rust)

Archaeospongoprimum sp.

Alievium helenae Schaaf

Pseudocrucella (?) sp.

Parvicingula boesii (Parona)

P. cosmoconica Foreman

P. cf. *citae* Pessagno

Hsuum sp.

xitus (?) sp.

Archaeodictyomitra sp.

Mitra sp.

Thanrla aff. *conica* (Aliev)

T. aff. *conica* (Aliev)

T. cf. *conica* (Aliev)

Sethocapsa trachyostraca Foreman

S. *trachyostraca* Foreman

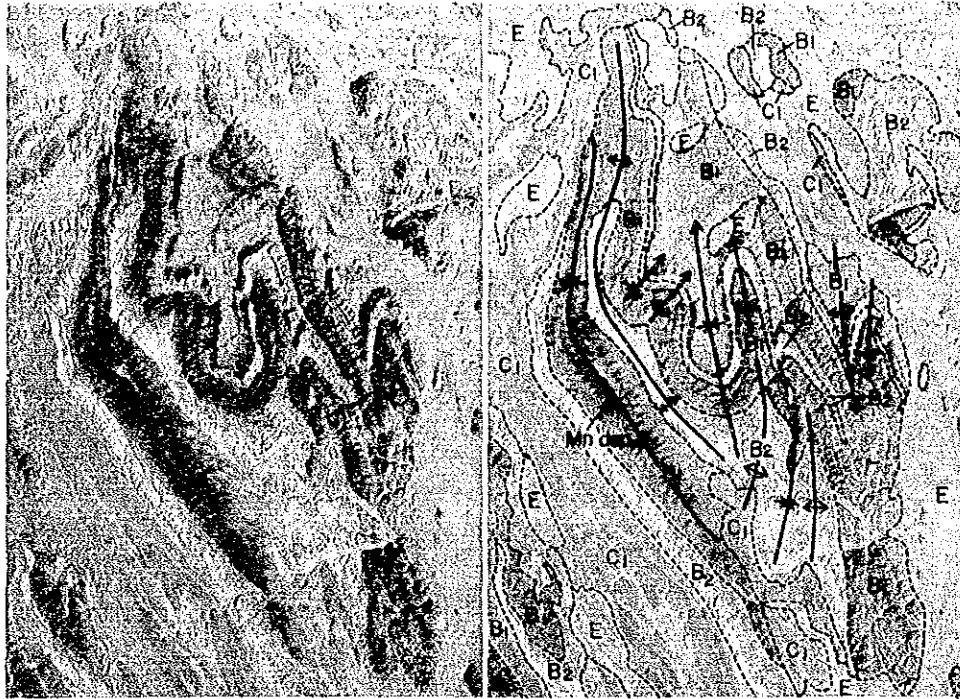
S. *leiostraca* Foreman

Syringocapsa agolarium Foreman

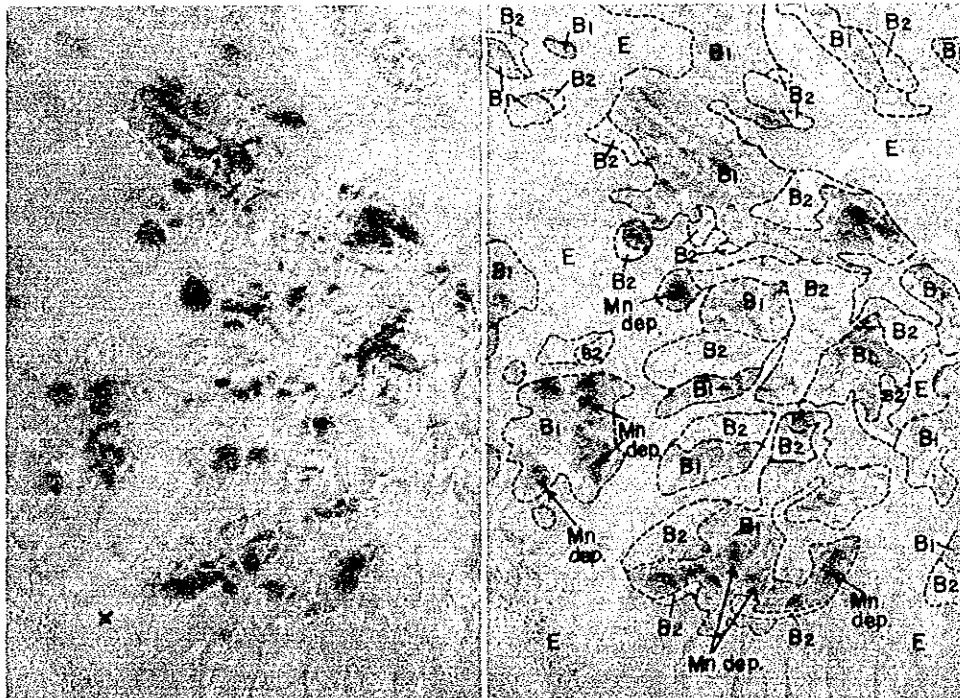
S. *agolarium* Foreman

その他のチャート中の放散虫についてはTable A-4-2に示すが、これらの放散虫化石の鑑定の結果、ハルファ層中部層の放散虫化石は、ジュラ紀末期のティトン(Tithonian)期から白亜紀前期のバランジユ(Valanginian)期のものであることが判明した。

空中写真上の特徴：カラー空中写真上では赤色および帯赤色のチャート・頁岩互層(ユニットB₁)と白色のチャート・頁岩互層(ユニットB₂)は明瞭に識別され、一部の複雑な構造を示す地域以外は容易に追跡することができる。この他に上部の頁岩、チャートおよび石灰岩からなる層(ユニットB₃)も識別される。



Halfa Formation shows folding structure ,
north of Awaika, Photo no. OM 79-19-187-188



Mn deposits in Halfa Formation, South of
the semi-detailed survey area, Photo no. OM 79-17-138-139



Fig. I-9 Geological Interpretation of Aerial Photograph

ユニット B₁ と B₂ はともにほぼ同様な性質を持ち、非常に低い抵抗性、高い水系密度、細かい樹枝状および格子状の水系模様、そして荒い肌理を示す。しかしユニット B₂ のうち頁岩の卓越する部分は滑らかな肌理を示す。ユニット B₃ は B₁、B₂ とはやや異なった性質を持ち、淡い灰褐色を呈し、中程度の水系密度、平行状および格子状の水系模様、石灰岩がチャートや頁岩よりやや高い抵抗性を示す等の特徴が認められる。

また空中写真ではマンガン鉱床および鉱床胚胎層準は全体に黒褐色～赤褐色を呈することを特徴とし、チャート・頁岩層が全体に白色を呈することと対照的であり、鉱床胚胎層の追跡には、空中写真の解析が非常に有効である。Fig. I-9 は空中写真解析の例である。

3-2-3 マーストリヒト期-第三紀石灰岩層

本層は石灰岩および砂質石灰岩よりなり、砂質および塊状の石灰岩の卓越する下部層と層理の発達した石灰岩の卓越する上部層に分けられる。

1) 下部層 (MT1)

分布：調査地域の東南部を除く周縁部および中央部に小丘として分布している。

岩相：砂質石灰岩あるいは塊状のやや固結度の悪い石灰岩を主とし、固結度の悪い石英質粗粒砂岩および層理の発達した石灰岩を挟在する。砂質石灰岩は一般に灰色を呈し、表面は暗褐色を帯び、石英粒に富み稀れに白雲母を含んでいる。石灰岩の検鏡結果は準精査の項で述べる。

また、アウェイカの北東には玄武岩溶岩を挟在する石灰岩露頭がある。玄武岩は玄武岩質細粒～粗粒凝灰岩を伴い、杏仁状構造を有し、枕状構造を呈している。この石灰岩・玄武岩露頭はワジ堆積物中に独立して露出し、他の石灰岩層との関係は明らかでなく、本層の石灰岩とは異なる可能性 (Oman Exotics?) もあるが、石灰岩の岩相の類似性からこの露頭をマーストリヒト期～第三紀石灰岩層とした。玄武岩の検鏡結果は下記のとおりである。

玄武岩 (E065)

組織：斑状組織

構成鉱物：1 mm～5 mm 大の普通輝石斑晶が多数あり、またわずかに 1 mm～2 mm の自形紫蘇輝石が認められる。石基は斜長石・単斜輝石の自形結晶からなり、変質鉱物として緑レン石、炭酸塩鉱物がある。

層位関係：本層は基盤岩類およびハルファ層を不整合におおっており、調査地域の南西部では基盤岩類との不整合面が認められる。不整合面直上部は石灰岩の垂円礫を主体とし、花崗岩およびチャートの垂円礫からなる石灰質礫岩となっている。

化石および時代：本層は化石に富み、大型有孔虫・二枚貝・サンゴ・巻貝が認められる。化

石はTable A-4-1に示すが、鑑定の結果、白亜紀最末期（マーストリヒト期）～始新世前期であることが判明した。

層 厚：本層の層厚は860 m以上である。

空中写真上の特徴：下部層のうち、砂質石灰岩および塊状石灰岩（ユニットC₁）の一般的特徴は、淡褐色～暗褐色を呈し、抵抗性が低く、後述する上部層（ユニットC₃）よりなる台地状丘陵の斜面を形成している。水系密度は中程度～低く、亜樹枝状の水系模様が認められ、谷は主としてU字状、山稜は丸味を帯びている。ユニットC₁はジャバル・ジャランに分布するもののように高い抵抗性を示す部分を挟在している。玄武岩溶岩（ユニットC₂）もユニットC₁中に挟在されるもので、褐色を呈し、一般に抵抗性は低いがジャワビ北方のものはやや高い。水系は密度が高く、細かい樹枝状の模様を示す。

2) 上部層（MTu）

分布：調査地域の東南部を除く周縁部に分布している。

岩相：層理のよく発達した化石に富む淡灰色石灰岩が主であるが、メサジーン（Methathen）周辺では砂質石灰岩が卓越するなど、南部に向かい次第に砂質となる傾向がある。また準精査地域では固結度の悪い白色石灰岩もみられる。

層位関係：下部層とは整合関係にある。

化石および時代：大型有孔虫に富み、ウニの化石を含む部分もある。化石はTable A-4-1に示すが1化石の鑑定結果、始新世前期のクイズ期であることが判明した。

層 厚：本層の層厚は1,060 m以上である。

空中写真上の特徴：上部層の石灰岩（ユニットC₃）は空中写真上でも細かくよく発達した層理が観察される。本ユニットの特徴は、高い抵抗性、低い水系密度、粗い格子状と平行状の水系模様、平坦な地形と滑らかな肌理を示すことである。

3-2-4 第四紀堆積物（W）

本地域の第四紀堆積物は、高位と低位の段丘礫層・ワジ堆積物・崖錐堆積物・海浜砂および風成砂からなる。

空中写真上の特徴：高位の段丘礫層（ユニットD₁）は灰褐色を呈し、低い水系密度、組みひも状の水系模様、平坦な地形を示す。非常に滑らかな肌理を持つ。低位の段丘礫層（ユニットD₂）は後述のユニットE₁とほぼ同様な特徴を示すが、色調がやや明るく、肌理はやや粗い。また、散点状に植生が認められる。

ワジ堆積物、崖錐堆積物、海浜砂および風成砂（ユニットE）は淡黄色～淡褐色を呈し、滑らかな肌理を示す。ワジ堆積物には散点状の植生が認められる。

3-3 貫入岩類

3-3-1 古期貫入岩類

1) 花崗岩

分布：ジャバル・ジャラン

岩相：粗粒～中粒の花崗岩であり、普通角閃石を含み節理が発達している。花崗岩中にはカリ長石・石英のペグマタイトの細脈が発達している。検鏡結果は下記のとおりである。

花崗岩 (E092)

組織：等粒状組織

構成鉱物：1 mm～5 mm大の他形石英，カリ長石，斜長石が認められ，また1 mm大の半自形～他形黒雲母，普通角閃石がある。黒雲母は一部で緑泥石化している。

空中写真上の特徴：本岩(ユニットF₁)は淡黄色を呈し，抵抗性が低い。水系は密度が高く，平行状と格子状の水系模様が認められる。谷はV字状で山稜は角ばっているが，片麻岩ほど険しくない。角閃岩(ユニットA₂)とは色調の差によって容易に区別することができる。

2) 塩基性岩脈

分布：ジャバル・ジャラン

岩相：安山岩・粗粒玄武岩がある。安山岩岩脈は幅1 m～3 mと小規模のものであり，走向N70W°，傾斜45°Nで10 m～50 m間隔で変成岩および花崗岩中に貫入している。また粗粒玄武岩も幅3 mの小岩脈をなしている。検鏡結果は下記のとおりである。

安山岩 (E093)

組織：サブオフィチック組織

構成鉱物：1 mm～5 mm大の自形～半自形の斜長石，および1 mm大の半自形普通輝石が多くみられ，また不透明鉱物も多く認められる。変質鉱物として緑泥石，緑レン石が全体にあり変質作用を受けている。

粗粒玄武岩 (E097)

組織：斑状組織，サブオフィチック組織

構成鉱物：斑晶として自形の斜長石および半自形の普通輝石，紫蘇輝石が多く認められ，わずかに緑泥石が生成している。

空中写真上の特徴：塩基性岩脈類（ユニット F₂）は褐色で抵抗性は角閃岩および花崗岩とほぼ同程度で低い。

3) 酸性岩岩脈

分布：ジャバル・ジャラン

岩相：淡桃色半花崗岩岩脈および赤褐色を呈する細粒花崗斑岩がある。検鏡結果は下記のとおりである。

半花崗岩（E082）

組織：文象組織

構成鉱物：1 mm大の他形石英，1 mm～2 mm大の他形カリ長石，斜長石などが文象状をなし，わずかに他形普通角閃石が認められる。変質鉱物として，少量の緑泥石および緑レン石がある。

花崗斑岩（E094）

組織：斑状組織，微文象組織

構成鉱物：2 mm～3 mm大の他形石英，5 mm大の半自形カリ長石および斜長石が斑晶としてあり，またわずかに黒雲母も認められる。石基は0.1 mm大の他形石英，半自形カリ長石および斜長石からなる。変質鉱物として緑レン石・絹雲母が生じている。

空中写真上の特徴：酸性岩岩脈（ユニット F₃）は淡いオレンジ色を呈し，抵抗性は塩基性岩岩脈と同様に低い。

3-3-2 新期貫入岩類

1) 塩基性貫入岩類

粗粒玄武岩はアウェイカの西方および準精査地域に岩脈としてみられる。アウェイカ西方の粗粒玄武岩は石灰岩層およびハルファ層のチャート中に貫入している。準精査地域の粗粒玄武岩および閃緑玢岩は後述する。ハルファ層に貫入した粗粒玄武岩の検鏡結果は下記のとおりである。

粗粒玄武岩（E062）

組織：長柱斑状組織

構成鉱物：カリ長石および1 mm大の自形のアルカリ角閃石，1 mm～2 mm大の自形普

通輝石が斑晶としてあり、また自形黒雲母の斑晶も認められる。その他少量の燐灰石、スフェーンがあり、変質鉱物として緑レン石、沸石がある。本岩はアルカリ角閃石を含むことからアルカリ粗粒玄武岩と考える。

試料 E 0 6 2 はアルカリ粗粒玄武岩に属し、アルカリ岩はカルクアルカリ岩に比べ Mn を多量に含有することが、地球化学的に知られている。また、トルコ共和国のアルプス造山帯のエルガニー (Ergani) 地域のマンガン鉱床は、アルカリ輝緑岩に伴われることが報告されている (Bamba, 1976)。したがって、ハルファ層中にマンガン鉱床の成因と密接な関係にあるアルカリ岩が、貫入岩としてではあるが存在するという事は、本地域のマンガン鉱床の成因を考えるうえで重要であると考えられる。

閃緑岩はアウェイカ西方の層理の発達した石灰岩中に、層理に沿って岩床状に貫入しており、著しい急冷周縁相が観察される。検鏡結果は下記のとおりである。

閃緑岩 (E 0 6 4)

組織：サブオフィテック組織

構成鉱物：自形斜長石が多く、半自形普通輝石、半自形普通角閃石、半自形紫蘇輝石および半自形～自形黒雲母が斑晶としてある。黒雲母は緑泥石化している。また黒雲母は石基中にも微晶として認められる。変質鉱物としては絹雲母・炭酸塩鉱物がある。

斑レイ岩は暗緑色を呈する緻密・堅硬な岩石である。本岩は孤立した露出を示すため、ハルファ層および石灰岩層との関係は明らかではないが、岩脈あるいは岩床として貫入しているものと考えられる。検鏡結果は下記のとおりである。

角閃石斑レイ岩 (E 0 4 7)

組織：圧碎状組織

構成鉱物：1 mm～2 mm 大の半自形斜長石、他形普通角閃石が多くみられ、わずかに普通輝石がある。普通角閃石の一部は緑泥石に変わっている。

安山岩は準精査地域西方のワジ堆積物中にあり、ハルファ層との関係は不明であるが、岩脈状に貫入したのものと考える。検鏡結果は下記のとおりである。

安山岩 (E024)

組織：斑状組織

構成鉱物：自形斜長石が斑晶としてあり、その他自形普通輝石・自形普通角閃石・紫蘇輝石・半自形石英がある。また石基は斜長石・単斜輝石・鉄鉱物からなり、変質鉱物として緑泥石・絹雲母・方解石が認められる。

空中写真上の特徴：本岩(ユニットG₁)はいずれも暗緑色～黒色を示すが、抵抗性が低いものと中程度のものがある。

2) 酸性貫入岩類

花崗斑岩が前記安山岩岩脈付近に岩脈としてある。検鏡結果は下記のとおりである。

花崗斑岩 (E025)

組織：斑状組織

構成鉱物：斑晶として半自形石英、1mm～2mm大の自形斜長石があり、石基は珪酸鉱物・斜長石からなる。変質鉱物として緑泥石・炭酸塩鉱物がある。

空中写真上の特徴：本岩(ユニットG₂)は極めて小規模な分布であり、明確な特徴の把握はできないが、白い色調と中程度の抵抗性を示す。

3-4 地質構造および地史

本調査地域はオマーン山脈の東南端に位置し、オマーン山脈の地質および地質構造と一連のものである。Graham(1980)によるとオマーン山脈の地質構造は、つぎの3つの変動運動の結果形成されたものと考えられている。

- 1) 白亜紀後期のナップの定地に関係した褶曲および衝上断層
- 2) 上記の褶曲および衝上断層を横切る断層
- 3) 第三紀の褶曲

本調査地域には基盤岩類・ハルファ層・石灰岩層が分布しているが、広範囲に分布し、マンガニ床を胚胎するハルファ層は、前記の主要変動運動を受け極めて複雑な地質構造をなしている。

3-4-1 基盤の地質構造

先カンブリア紀の片麻岩・角閃岩および花崗岩からなる基盤岩類は本地城南西部のジャバル・ジャランに露出している。スールの西部に先二畳系が露出しており Glennie et al(1974)

によると基盤はN-S方向に伸びた地塊状のものと考えられている。花崗岩は片麻岩および角閃岩中に貫入したものであり、またNW-SE方向の塩基性、酸性の小岩脈がみられる。

3-4-2 ハルファ層の地質構造

ハルファ層はハワシナ層群を構成するものの一つであり、三疊紀～白亜紀前期のチャートおよび頁岩からなり、調査地域に広く分布している。ハワシナ層群の地質構造は前記の主要変動運動による褶曲・断層が発達している。これらの褶曲軸の方向および衝上断層の走向は、現在の海岸線とほぼ並行に、オマーン山脈の西部から東方へN-S方向・NW-SE方向・E-W方向・N-S方向を示している。本調査地域はE-W方向からN-S方向に転ずる位置に相当し、著しく発達した短波長の褶曲による地層の繰り返しが見られ、複雑な地質構造をなしている。本地域のハルファ層の褶曲軸の方向は、N-S系・NE-SW系が全般的に優勢であるが、この他にもE-W系・NW-SE系があり、褶曲軸の方向は一定していない。また褶曲に伴い断層が発達し、主要なものとしてNE-SW系およびNW-SE系がある。

これらの構造は白亜紀後期の大規模な衝上断層運動および第三紀中期の褶曲を形成した隆起運動により形成されたものと考えられる。

ハルファ層と基盤との関係は明らかではないが、テクトニック・コンタクトの関係でハルファ層が基盤の上に衝上しているものと推定される。

ハルファ層には小規模な塩基性および酸性の岩脈・岩床がみられる。貫入岩の方向はN-S方向あるいはNNE-SSW方向に伸長したものが多く、これらの方向はハルファ層の褶曲軸の卓越する方向および石灰岩層の褶曲軸の方向と同じである。貫入岩の貫入時期については、ハルファ層に塩基性溶岩があり、一部の貫入岩はハルファ層堆積時の火成活動に関連したものと考えられるが、一方堆積後の火成活動によるものもあると考えられ、詳細については明らかではない。

3-4-3 石灰岩層の地質構造

石灰岩層は基盤岩類、ハルファ層を不整合におおい調査地域の周縁部に分布している。

石灰岩層にはN-S系・NNW-SSE系の波長1 Km～5 Kmの褶曲が発達し、またこれらを切るほぼ同方向の断層もみられる。褶曲・断層は第三紀の隆起運動に伴うものと考えられ、Glennie et al (1974)はN-S方向に伸長する基盤の構造を反映したのと考えている。

石灰岩層には塩基性岩床がみられるが、詳細はあきらかではない。

3-4-4 地 史

前述の地質構造および基盤岩類・ハルファ層・石灰岩層・貫入岩の分布に基づき、また

Glennie et al (1974) のオマーン山脈の構造発達史を参考に、本調査地域の地史を概略的にまとめると次のとおりである。

二畳紀から三畳紀にかけては、調査地域の北東方は、浅い海域であり、礁性石灰岩が形成され、またこの時期に塩基性火山活動があった。三畳紀には、これらの石灰岩の周辺には陸上から砕屑物が混入し、石灰質の浅海性堆積物（イブラ層）が形成された。その後三畳紀後期～ジュラ紀初期にかけ、この地域はさらに沈降し、ハワシナ盆が形成された。ハルファ層の堆積はこの時期に始まり、また海嶺の形成および海底火山活動が開始された。ジュラ紀中期～白亜紀中期にはハワシナ堆積盆地には堆積環境の変化に応じて種々の特徴ある岩相を示す堆積物（ハワシナ層群）が厚く形成された。ハルファ層は遠洋性堆積物であるチャートおよび頁岩からなり、マンガン鉱床はこの時期に形成されたものとする。またハルファ層堆積時には海底火山活動があり、塩基性岩脈・岩床および溶岩が形成された。この時期の後半には海嶺付近にオフイオライトが形成され始め、その後白亜紀後期から末期にかけて大規模な衝上断層運動が生じ、ハワシナ層群は原地性のアラビアプラットフォームの上へのり上げ、さらにオフイオライトもハワシナ層群の上へのり上げた。本調査地域ではこの時期にハルファ層が基盤岩類へのり上げ、この衝上断層によりハルファ層に著しい褶曲および断層が形成されたものとする。白亜紀末期から第三紀中期にかけては本地域は浅海性の堆積環境となり、厚い石灰岩が形成された。第三紀中期以後上昇運動があり、この運動に伴い緩い褶曲および断層が生じた。その後本地域は隆起、侵食され現在みられるような地質となった。

第4章 鉄 床

4-1 概 説

本調査地域には、従来よりマンガン鉄床が知られていたが、今回の調査によりさらに数多くのマンガン鉄床の露頭が発見され、ハルファ層の分布地全域にわたり露頭が発見され、ハルファ層の分布地全域にわたり露頭が分布していることが明らかとなった。

マンガン鉄床はチャート・頁岩互層に挟在される泥質チャートを母岩とし、厚さ10cm～200cmを有し、走向延長20m～30m、ときに150mの2～5層の鉄層からなる層状鉄床である。一般にはこれらの小規模鉄層が同一層準で断続的であるが走向方向に連続する。最大走向延長は1,500m、また単位鉄層の最大幅が9mにも達するものがある。またマンガン鉄層の周辺にはレンズ状～スポット状の多数のマンガンノジュールを含むマンガンノジュール帯がある。

主要鉄石鉄物は軟マンガン鉄であり、その他水マンガン鉄およびクリプトメレン鉄が認められる。鉄石は黒色珪質部にマンガン鉄物が層状・レンズ状あるいは鉄染状に濃集する層状鉄と泥質チャート中にレンズ状・スポット状に濃集するノジュール状鉄に分けられる。

化学分析の結果、本地域の鉄石は中程度のMn品位と高い含有量のSiO₂を特徴とすることが判明した。

マンガン鉄床はハルファ層の著しい褶曲のため、地表では何回も繰り返し認められているが、鉄床母岩である泥質チャートの分布状況から、鉄床胚胎層準は2～3層準存在するものと考えられる。

鉄床胚胎層の追跡には、マンガン鉄床および泥質チャートが赤色～暗褐色の特徴ある色調を示すことから、空中写真による地質構造解析が非常に有効であり、カラー空中写真にみられるダークトーン部分の多くは現地調査の結果、鉄床露頭であった。

ここでは空中写真解析および現地調査により発見された鉄床について述べる。なお地質準精査地域の鉄床は後述する。

4-2 鉄床の分布

本地域には第四紀堆積物である段丘堆積物およびワジ堆積物がハルファ層をおおい広い範囲に分布している。このため、ハルファ層の露出はわずかであるが、Plate I-4に示すようにマンガン鉄床の露頭はハルファ層中部層分布域のほぼ全域に認められる。また鉄床はハルファ層の中部層に主としてあり、ハルファ層上部層には認められず、下部層には小規模な鉄床がわずか認められるにすぎない。

これらの数多くのマンガン鉄床露頭のうち比較的規模・品位の大きい露頭は地質準精査地域

およびアウェイカ北部・北西部に分布する。

4-3 鉱床の規模と性状

4-3-1 規 模

マンガン鉱床露頭の分布状況から調査地域を北部・中央部・南部に分け、各地区の鉱床について述べる。

1) 北部地区

マンガン鉱床露頭は多数存在するが比較的まとまった鉱床露頭は9ヶ所である。これらの鉱床露頭は0.10 m～2.00 mの幅をもち、断続的であるが20 m～500 m追跡可能である。Mn品位は3.459%～6.359% (MnO₂)を得た。このうち、最大の鉱床露頭は褶曲しているが一般走向NE-SWを示し、平均幅0.40 mで、断続的であるが走向方向に500 m追跡される。

2) 中央部地区

マンガン鉱床露頭は多数存在するが、比較的まとまった鉱床露頭は9ヶ所である。これらの鉱床露頭は厚さ0.10～9.00 mで、断続的であるが走向方向に50～600 m追跡される。またMn品位は1.308%～5.943% (MnO₂)である。最大の鉱床露頭はアウェイカの北西1.3 kmに位置し、走向N20°W、傾斜50°NEで、最大厚さ9 mを有し、走向方向に300 m連続する。Mn品位は採試幅9 mで2.586% (MnO₂)である。本露頭の厚さは本調査地域内で最大のものであり、高品位部は厚さ40 cmで、黒色珪質部中にマンガン鉱物が層状をなして濃集するのが認められる。黒色珪質部には微粒マンガン鉱物の鉱染もみられ、また石英細脈が発達している。この露頭の南東延長部は段丘礫層が発達し、露頭の連続性は明らかではないが南東1.5 km地点に厚さ2 m、Mn品位3.234% (MnO₂)のマンガン鉱床露頭があり、延長部の可能性が強い。

また、アウェイカ北方8 kmには厚さ2 m、走向方向に600 m追跡されるMn品位6.062% (MnO₂)の2層のマンガン鉱層からなる鉱床露頭がある。

中央部地区のマンガン鉱床の規模は、北部・南部に比較し大きいものが多い。

3) 南部地区

マンガン鉱床露頭は6ヶ所認められた。これらの鉱床露頭は幅0.3 m～1.5 mで走向方向に30 m～200 m追跡される程度で北部、中央部の露頭に比較すると小さいが、Mn品位は3.660%～7.104% (MnO₂)と高い値を示す。

4-3-2 鉱石およびマンガン鉱物

マンガン鉱床の鉱石は次の2つのタイプに分けられる。

1) 層状鉍

これは緻密・塊状の黒色珪質部にマンガン鉍物が層状・レンズ状あるいは鉍染状の濃集形態を示し、本地域のマンガン鉍床の主体となるものである。黒色珪質部は微粒マンガン鉍物が鉍染状に含有されたものである。層状鉍の一部には細脈状のマンガン鉍物があり、石英が網状脈として認められる部分もある。また、角礫化した層状鉍もある。

2) ノジュール状鉍

これは層状鉍の胚胎母岩である泥質チャート中に発達する。レンズ状およびスポット状のマンガン鉍物濃集部からなる鉍石であり、いわゆるマンガンノジュール帯を形成している。

鉍石鉍物は層状鉍またノジュール状鉍とも軟マンガン鉍を主とし、一部で水マンガン鉍、クリプトメレーン鉍が認められる。鉍石鉍物の検鏡結果およびX線回折の結果は、地質準精査の項で述べる。

4-3-3 鉍石分析結果

本地域の鉍石試料15個について化学分析が実施された。分析成分は $Mn \cdot MnO_2 \cdot SiO_2 \cdot S \cdot Fe$ およびPの6成分であり、分析結果は準精査地域の鉍石分析結果とともにTable A-6に示す。なお鉍石試料はチャンネル・サンプリングされたものである。

各成分の平均、最高、最低値はTable I-3に示されている。

Mn品位については最高7.104% (MnO_2 , 採試幅30cm)、最低1.308% (MnO_2 , 採試幅2.5m)が得られ、平均4.305% (MnO_2)で、この値は後述の準精査地域のMn品位より高い。

SiO_2 の分析値が平均4.368%と高いことは、本地域の鉍石が黒色珪質部からなる層状鉍を主とするためである。 $Fe \cdot S \cdot P$ についてはそれぞれ最高0.39%・0.25%・0.083%で、かなり低い値である。

このような鉍石分析から、本地域のマンガン鉍床は中程度のMn品位、高含有量の SiO_2 を特徴とし、 $F \cdot S \cdot P$ は微量といえる。

また、マンガン係数(Mn/Fe)は34.669~56.31と変動幅が大きいがマンガン単金属鉍石といえる。

Table I-3 Mean, Maximum, Minimum Content of Elements in Manganese Ore Samples

element	photo geological surveyed area		
	average (%)	maximum (%)	minimum (%)
Mn	27.46	45.07	8.77
MnO ₂	43.05	71.04	13.08
SiO ₂	43.68	77.02	4.31
Fe	0.23	0.39	0.12
S	0.13	0.25	0.04
P	0.036	0.083	0.008
number of analyzed samples : 15			

4-4 鉱床と地質構造の関係

本地域のマンガング鉄床はヘルファ層の泥質チャートを母岩として胚胎し、調査地域の全域にわたってみられる。多数の鉄床露頭のうち、比較的規模の大きいものは準精査地域およびアウェイカの北部・北西部にみられ、これらはいずれもヘルファ層の褶曲軸の方向と同じ走向を示している。ヘルファ層には白亜紀後期の衝上断層および第三紀中期の隆起運動により著しい褶曲がみられるが、マンガング鉄床もこれらの変動により泥質チャートとともに著しく褶曲しており、繰り返し地表部でみられているものと考えられる。したがって、鉄床はヘルファ層の地質構造と密接に関係している。

また、本地域のマンガング鉄床はヘルファ層中に形成された同生鉄床と考えられ、マンガング鉄床の富鉄部は、初生鉄床生成時の堆積環境に大きく支配されているものと推察される。

また小規模ではあるが、ヘルファ層中には岩脈、岩床、あるいは溶岩があり、後述の微量元素の挙動から、鉄床の生成は火山活動に関連したものであることが考えられる。

Ⅱ 地質調査

第 1 章 総 説

本調査地域には従来より、マンガン鉱床露頭が知られており、今年度は Fig.1 に示すラス・アル・ハッドの南西 1.0 Km, ジャラマー部落の南 5 Km に位置する面積 7.7 km² の範囲に対し、地質層序、地質構造の解明ならびに鉱床の分布状態・品位・性状の把握を図ることにより次年度以降の探鉱方針を確立することを目的として地質調査（準精査）が実施された。

本調査地域は全くの砂漠地帯であり、また調査地域の 50 % 以上は第四系の砂・礫によりおおわれている。

調査地域の大部分は 50 m ~ 100 m の丘陵地形であり、標高差がなく、特徴のない地形を考慮し、調査地に設置した基線に沿って、500 m 間隔に基線と直交する調査ルートを設置した。現地調査はこの調査ルートに沿って 100 m 間線と簡易コンパスにより 1/5,000 のルートマップを作成しながら実施された。

調査の結果、本地域にはハルファ層、石灰岩層、第四系が分布し、ハルファ層には多数のマンガン鉱床露頭の存在することが明らかとなった。

第2章 地 質

2-1 概 説

地質準精査地域には下位より、三疊紀～白亜紀前期のハルファ層およびマーストリヒト期～第三紀中期の石灰岩層が分布し、これらを第四紀のワジ堆積物がおおっている。調査地域東部には塩基性貫入岩類がみられる。

ハルファ層はチャートと頁岩の互層を主とし、調査地域内の丘陵地に広く分布している。写真地質調査のところで述べたように、ハルファ層は岩相の特徴から下部層・中部層および上部層に分けられるが、本地域には下部層および中部層が分布し、上部層はみられない。本地域のハルファ層には多数のマンガン鉱床がみられ、チャート・頁岩互層に挟在される泥質チャートを胚胎母岩としている。

石灰岩層はハルファ層を不整合におおい分布しており、標高100 m以上の小山をなし、また標高50 m以下の低地にも散点状に小露出がみられる。

第四紀堆積物は砂・礫を主とするワジ堆積物であり、その分布範囲は調査地域の50%以上を占め、他の岩石の露出を極めて悪くしている。

貫入岩類としては、粗粒玄武岩および閃緑玢岩があり、これは東部地区のハルファ層およびワジ堆積物中に小規模岩脈あるいは岩床として認められる。

調査地域の地質構造は非常に複雑であり、ハルファ層には波長の短い褶曲が著しく発達し、その褶曲軸にはN-S系・E-W系・NW-SE系・NE-SW系があり、一定せず極めて複雑な構造となっている。また褶曲に伴う小断層が多数発達しているが、大きいものとして写真地質解析によるE-W系およびNW-SE系の断層がある。

2-2 層序および貫入岩

2-2-1 ハルファ層

ハルファ層は本調査地域の丘陵地に分布しており、主として、チャートおよび頁岩の互層からなる。写真地質調査では岩相により下部層・中部層および上部層に区分されたが、本調査地域にはこのうち下部層および中部層が分布し、下部層は下部チャート・頁岩互層(H1a)および下部頁岩層(H1s)に細分され、中部層は中部チャート・頁岩互層(Hm)である(Fig 2-2)。

本地域でのハルファ層の層厚は500 m以上であると推定される。

1) 下部チャート・頁岩互層(H1a)

分布：本層は地域東南部のラス・アル・ハッドーアウェイカ間道路付近の低地および丘陵地

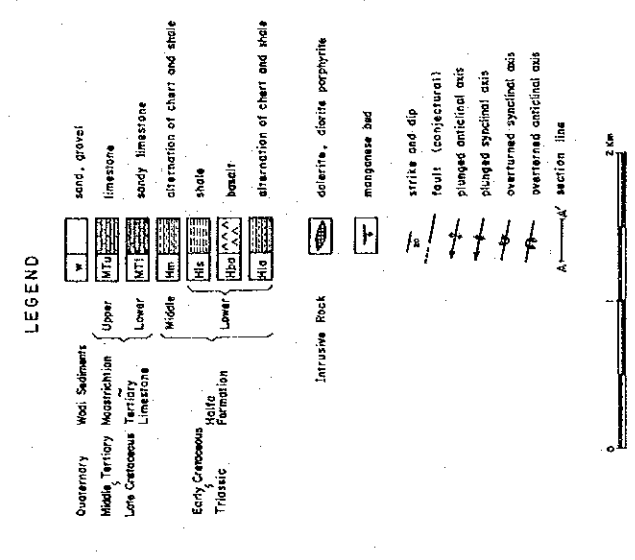
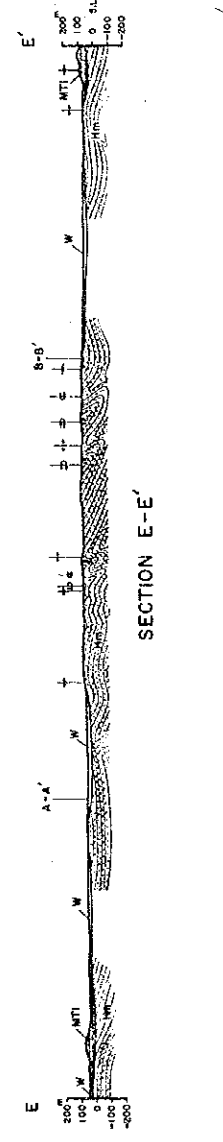
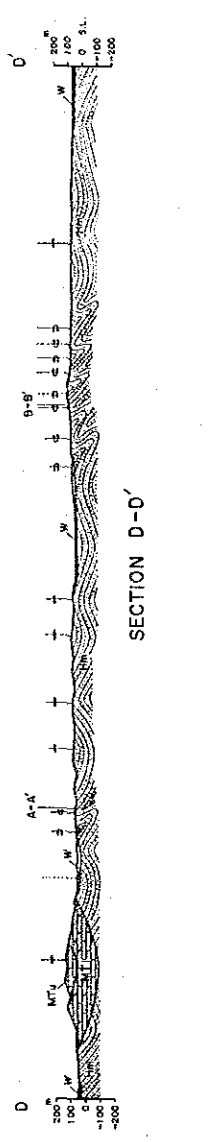
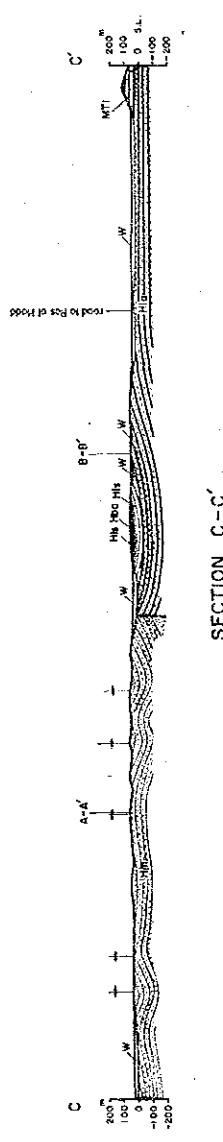
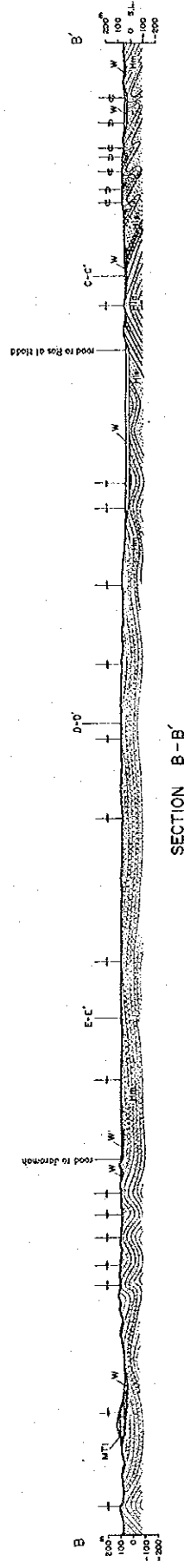
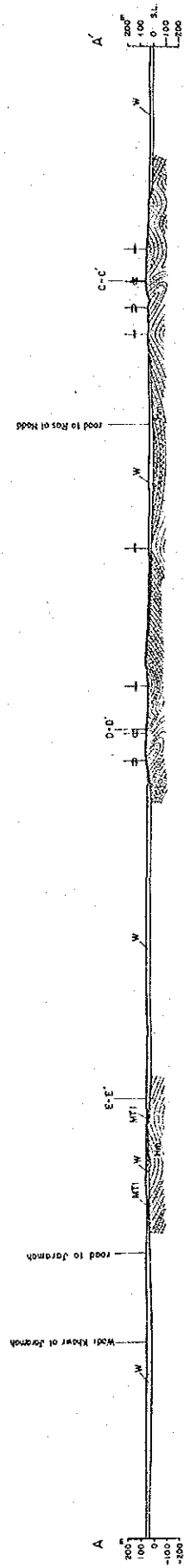
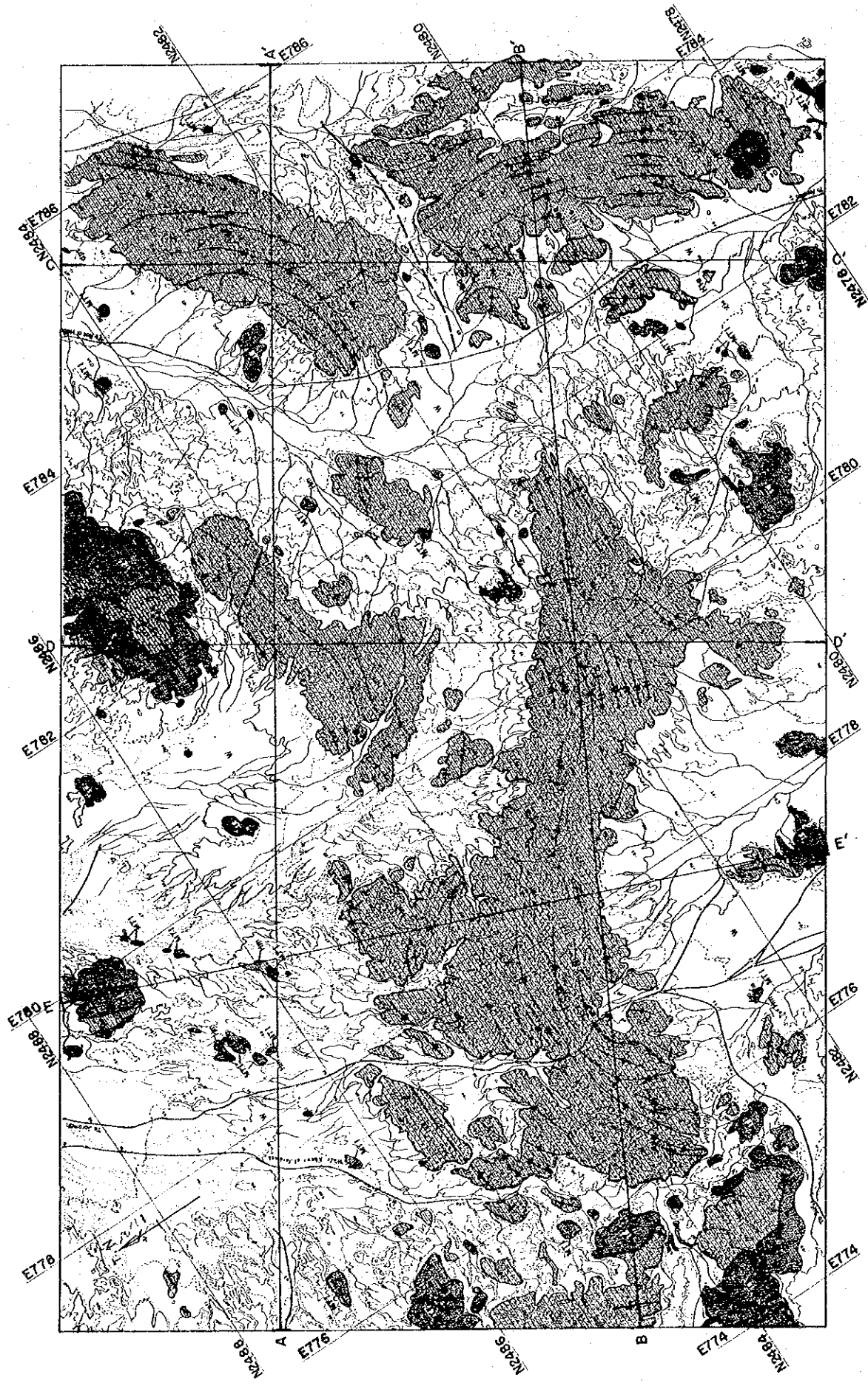


Fig. II-1 Geological Map of the Semi-detailed Surveyed Area

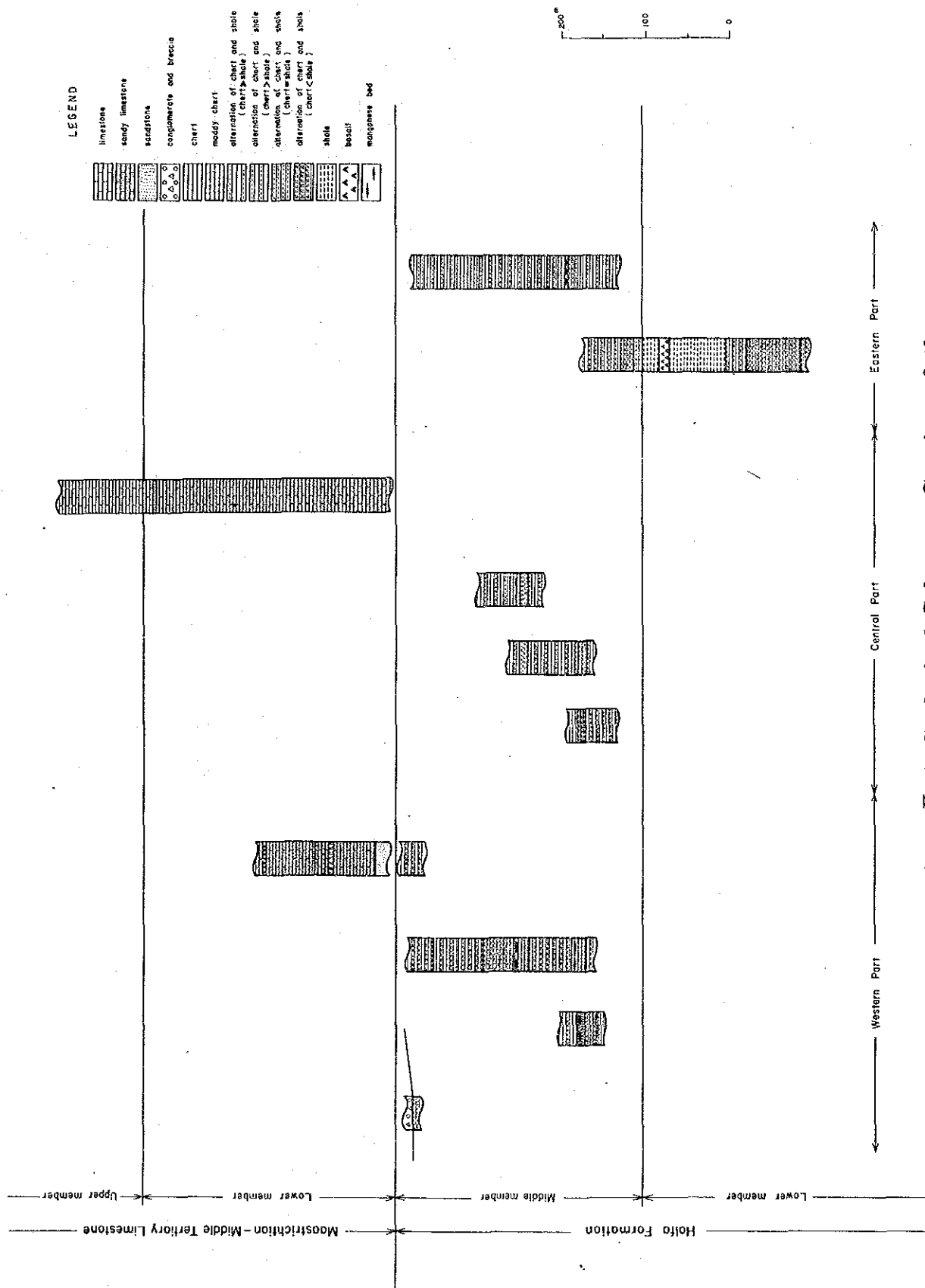


Fig. II -2 Geological Columnar Section of the
Semi-detailed Surveyed Area

に分布している。

岩相：チャート・頁岩互層であり、チャートは部分的に赤色を示すこともあるが、灰色チャートが多い。頁岩は赤褐色を呈する。またチャートの表面は脱色され白色化し見掛上砂岩～泥岩様岩相を示す。本層の下位はチャート優勢互層であるが上位に向って頁岩優勢互層となる。本層にも小規模マンガン鉱床があり、このマンガン鉱床は赤色泥質チャートの層理に沿って、厚さ5 cmの層状をなし胚胎している。また本層中には粗粒玄武岩の岩床があり、粗粒玄武岩と接する互層は珪化され緑色を帯びた灰白色を示す。

層位関係：下位層が露出せず不明である。

層厚：層厚は100 m以上と推定される。

2) 下部頁岩層(H1s)

分布：本層はラス・アル・ヘッドーアウェイカ間の道路の東側にほぼ南北に分布している。

岩相：淡褐色～黄白色を呈し、葉理の発達がみられる。本層は、塊状の部分と板状に割れている部分がある。本層には層厚約10 mの玄武岩溶岩(Hba)がみられる。玄武岩は緑灰色～暗緑色を呈し、方解石により充てんされる孔隙を有する杏仁状構造がみられる。また分泌脈と考えられる方解石細脈が網状に認められる部分もあり、玄武岩全体は風化によりオニオン構造を呈している。

層位関係：本層の下位および上位との関係は漸移関係であり、チャートの薄層あるいはレンズ状チャートを挟在する割合が大きくなり、チャート・頁岩互層となる。

層厚：本層の層厚は100 mである。

3) 中部チャート・頁岩互層(Hm)

分布：本層は調査地域のほぼ全域にわたり分布する。

岩相：本層はチャート・頁岩互層を主体とし、マンガン鉱床胚胎層である泥質チャートおよび頁岩薄層を挟在している。また西部地区には礫岩がみられる。

チャート・頁岩互層は一般に厚さ10 cm～15 cmのチャート単層および厚さ3 cm～5 cmの頁岩単層からなるチャート優勢互層が多い。しかし、チャートと頁岩の比が1：1あるいは1：2の頁岩優勢互層もあり、頁岩優勢な互層は頁岩層に漸移するようである。また頁岩優勢互層は、マンガン鉱床胚胎層である泥質チャートの上下盤にも認められる。チャート・頁岩互層のチャートは、透明感のある赤色、あるいは灰白色を呈し、非常に堅硬、緻密な岩相を示す。しかし赤色チャートおよび灰白色チャートは、いずれも表面が脱色化され白色を呈し、多孔質砂岩あるいは、泥岩様の岩相を示すことが多い。また、全体に白色化されたチャートもある。

赤色チャートの検鏡結果は次のとおりである。

赤色チャート (F001-1)

微晶質石英の集合からなり、球形の放散虫化石が多数みられる。また玉髄質石英も認められ、泥質成分のない典型的なチャートである。本試料ではチャートが角礫化し、割れ目の部分に粗粒石英が認められる。この角礫化の原因は、チャートの収縮、脱水によるものと考えられ、石英は再結晶したものである。

チャート・頁岩互層の頁岩は、赤褐色を呈し、まれに灰色を呈することもある。この頁岩中にも、放散虫の化石がわずかに認められる。

淡褐色～赤褐色泥質チャートは、岩質的には珪質頁岩とも考えられ、葉理が発達し、淡褐色と褐色の縞をなす。泥質チャートは、チャート・頁岩互層中に2～3層みられ、最大厚さ30mに達し、マンガン鉱床の母岩であり、マンガンノジュール帯が形成されている。

検鏡結果は下記のとおりである。

泥質チャート (D106)

粘土鉱物が多く認められるが、碎屑性粒子は全く含まれていない。球形種の放散虫化石が多く認められ、放散虫の石英化はほとんど認められない。

泥質チャート (C123)

葉理が発達し、粘土鉱物が多く、少量の絹雲母片を含む。球形の放散虫化石を多量に含む。全体に微晶質石英からなり、玉髄質石英もある。

泥質チャート (C124)

葉理が発達し、粘土鉱物、少量の絹雲母が認められる。マンガン鉱物がスポット状に点在している。球形の放散虫化石があり、石英は微晶質であり、玉髄質石英もある。

頁岩薄層はチャート・頁岩互層中に挟在されており、赤色～淡褐色を呈する。検鏡結果は次のとおりである。

赤色頁岩 (A006(b))

弱い葉理が認められ、粘土鉱物が多く、極く少量の絹雲母片がある。網目状に鉄鉱物があり、これにより葉理を形成している。極く少量の球形放散虫化石が認められる。碎屑性粒子は認められない。

礫岩は西部地区に分布している。本礫岩は巨礫～細礫大の歪円礫～円礫からなり、これらの

礫はチャート、頁岩およびチャート・頁岩互層のものであり、基質部もチャートおよび頁岩の細粒からなる。石灰岩の礫は認められない。一部で級化構造が観察された。また、礫岩中にはチャート・頁岩互層の1 m～2 m大のブロックもある。礫岩がチャート・頁岩互層の上に位置していることから、ハルファ層堆積後の構造的な運動、あるいは海底地すべりのような原因により、形成されたものと推察する。礫岩は、ハルファ層中部層の一部として地質図に示した。

層位関係：下位の下部層とは、整合関係である。

層厚：本層の層厚は300 m以上と推定される。

本調査地域ではハルファ層の層厚は500 m以上と推定されたが、実際には褶曲による著しい地層の繰り返しがあり、またハルファ層の下位層が露出していないこと、および上位は、石灰岩層に不整合におおわれていることなどから、ハルファ層の層厚を求めることは、極めて困難である。しかし、今回は岩相、とくに頁岩優勢互層および頁岩、また泥質チャート層を鍵層として対比することにより、層厚を推定した。

2-2-2 マーストリヒト期～第三紀石灰岩層

本石灰岩層は、岩相から下部層および上部層に区分される。層厚は400 m以上と推定される。

1) 下部層 (MT1)

分布：調査地域の北部・南部・西部に分布しているほか、小露頭が地域全域の低地に広く散点状に認められる。

岩相：下部層は、石灰岩を主とし、石灰質礫岩、砂岩および頁岩からなる。

石灰岩は淡灰色～灰色、中粒、砂質石灰岩であり、石英粒を含み、まれに白雲母も認められる。石灰岩の表面は、暗褐色を呈することが多い。検鏡結果は下記のとおりである。

石灰岩 (F023)

50 μ大のペレットを含む粗晶質石灰岩である。

石灰岩 (D003)

50 μ大のペレットを含む、粗晶質石灰岩である。砕屑性粒子として、50 μ大の石英片を含んでいる。

石灰質礫岩は東部地区に分布しており、礫は中礫大の、灰色～淡灰色石灰岩の円礫からなる。基質部も石灰質である。

砂岩は灰色～帯緑色中粒の石灰質砂岩であり、石灰岩中に挟在されている。検鏡結果は下記

のとおりである。

砂岩 (A 0 5 5, B 1 3 5)

淘汰不良の角ばった石英, カリ長石および斜長石片からなる中粒砂岩である。基質はマイクライト質の炭酸塩鉱物からなる。試料 A 0 5 5 はイブラ層の岩相と類似している。また, 試料 B 1 3 5 では赤色石灰質泥岩の小片を含む。

頁岩は淡灰色を呈し, 淡灰色石灰岩と互層状にわずかに認められる。

層 厚: 下部層の層厚は 3 0 0 m 以上である。

層位関係: 本層とハルファ層との関係は, 直接境界が観察されていないが, 石灰岩層はハルファ層を, 不整合におおっているものと考ええる。

2) 上部層 (MTu)

分布: 本層は北部地区に分布している。

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

層 厚: 1 0 0 m 以上と推定される。

層位関係: 下位層との境界は崖錐などによりおおわれ, 明瞭ではないが, 下位層とは整合関係にあると考える。

本石灰岩層は石灰岩および砂岩の岩相から, 花崗岩または片麻岩の岩体から遠く離れていず, 極く浅い, かつ水流の移動の大きい環境で生成されたものと考えられる。

2-2-3 第四紀堆積物

第四紀堆積物は砂・礫から構成され, 地域内の低地に広く分布する。分布範囲は調査面積の 5 0 % 以上に及ぶ。東部には, 砂丘の発達がわずかにみられる。

2-2-4 貫入岩類

貫入岩類としては, 東部地区に粗粒玄武岩および閃緑玢岩がある。

粗粒玄武岩は暗緑色~灰緑色を呈し, ハルファ層下部チャート・頁岩互層中の層理面に沿って認められ, 粗粒玄武岩とハルファ層の接触部は珪化していることから, 粗粒玄武岩は岩床状をなしてハルファ層に貫入したものと考ええる。本岩床の厚さは 2 m である。

粗粒玄武岩の検鏡結果は下記のとおりである。

粗粒玄武岩 (D075)

組織：斑状組織

構成鉱物：1 mm～2 mm大の自形普通角閃石・普通輝石を斑晶とし，その他不透明鉱物も認められる。石基は，普通角閃石・単斜輝石・斜長石からなり，変質鉱物として沸石が認められる。また，チタン石も含む。

本岩は斜方輝石を含まず，普通角閃石はチタン輝石成分を含み，アルカリ粗粒玄武岩に属するものと考えられる。

閃緑玢岩は第四紀堆積物である砂・礫層中に，NE-SW方向を示して認められる。閃緑玢岩の厚さは2 m～5 mであり，周辺に赤色あるいは黄白色珪化岩を伴い，岩脈状あるいは岩床状に貫入したものと考えられる。珪化岩には網状石英が発達し，わずかに赤鉄鉱が認められ，割れ目にマンガン鉱物が認められるが，このマンガン鉱物は，初生的なものか，あるいは二次的なものか，明らかではない。検鏡結果は下記のとおりである。

閃緑玢岩 (B131-1, B131-3)

組織：斑状組織，サブオフィティック組織

構成鉱物：2 mm～3 mm大の自形普通輝石を斑晶とし，石基は1 mm～0.1 mm大の斜長石・黒雲母からなる。変質鉱物として緑泥石がある。また，試料B131-3では，斜長石・紫蘇輝石も斑晶として認められ，変質鉱物として沸石，炭酸塩鉱物が認められた。

2-3 地質構造

本調査地域の地質は，三疊紀～白亜紀前期のハルファ層，これを不整合におおう，マーストリヒト期～第三紀石灰岩層および第四紀堆積物からなる。

ハルファ層には短波長の褶曲が著しく発達し，また，褶曲に伴う小断層も多数あり，複雑な地質構造となっている。

褶曲軸の方向をみると，全体的にハルファ層の構造は東部ではN-S系からNE-SW系を示し，中央部ではE-W系，中央部から西部にかけてはE-W系からNE-SW系，西部ではNE-SW系を示す傾向がある。また中央部地区の褶曲軸については，東側の褶曲軸は西方へプランジし，西側の褶曲軸は東方へプランジしている。これらの褶曲構造により，東部地区が全体に盛り上り，ハルファ層下部層が露出し，中央部および西部地区に，ハルファ層中部層が分布する地質構造となっている。

石灰岩層には，NE-SW系・E-W系・NW-SE系の波長の長い褶曲が発達している。

断層は空中写真により推定された、E-W系・NW-SE系がある。

貫入岩は東部地区に塩基性岩脈・岩床が認められる。岩脈の方向は、NE-SW系であり、岩床はハルファ層下部層の互層中に認められる。

本地域の褶曲・断層は白亜紀後期のハルファ層の衝上断層運動、および第三紀中期の隆起運動により、形成されたものと推察される。また、西部地区には、ハルファ層中部層の上に礫岩が分布しているが、この礫岩は、構造的成因によるものか、海底における地すべりなどによるものかあきらかではない。

第 3 章 鈹 床

3-1 概 説

本調査地域にはマンガン鈹床露頭が従来より知られているが、今回の調査により Plate II-4, Table A-1 に示すように、さらに多数のマンガン鈹床露頭が発見された。

マンガン鈹床露頭は調査地域のほぼ全域に分布しているが、比較的良好な露頭は調査地域中央部より西部にかけてみられる。このうち最大の露頭は、平均層厚 0.6 m で、断続的であるが走向方向に 1,500 m 連続してみられ、Mn 品位は 23.90% (MnO_2) である。

マンガン鈹床はハルファ層の泥質チャートを母岩として胚胎し、厚さ 10 cm ~ 30 cm を有し、走向延長 20 m ~ 30 m の 2 ~ 5 層の鈹層からなる層状鈹床である。鈹石は黒色緻密な珪質部にマンガン鈹物が層状・レンズ状あるいは鈹染状にある層状鈹と、泥質チャートにマンガン鈹物がレンズ状・スポット状にみられるノジュール状鈹に分けられる。

鈹石鈹物は軟マンガン鈹を主とするが、一部で水マンガン鈹およびクリプトメレーン鈹が認められた。また、鈹石中には放散虫化石が多数あり、コロホーム組織が認められる。

鈹石の化学分析の結果、本地域のマンガン鈹石は、中規模の Mn 品位であり、 SiO_2 含有量が多いことを特徴とする。また、微量元素の分析結果から本地域のマンガン鈹床は火山源堆積性鈹床の可能性が強いということが判明した。

今回得られた調査結果から、本調査地域のマンガン鈹床は、遠洋性堆積物であるチャート・頁岩互層の形成される堆積環境において生成され、海底の火山活動に関連した堆積性層状鈹床と推察される。以下調査の結果について述べる。

3-2 鈹床の分布

マンガン鈹床露頭はハルファ層分布地のほとんどにみられ、Plate II-4 に示すように調査地域全域にわたり、Table A-1 に示すように記載された露頭数は 143 に及んだ。このうち特に鈹床露頭が集中して認められるのは、調査地域の中央部から西部地区にかけてである。

また、マンガン鈹床露頭はハルファ層下部層にもあるが、少なく、大部分の露頭はハルファ層中部層に胚胎している。中部層には鈹床母岩である泥質チャートが 2 ~ 3 層挟在され、著しい褶曲のため地表では繰り返し認められる。このため鈹床露頭が数多くみられるものとする。

3-3 鈹床の規模と性状

3-3-1 鈹床の規模

マンガン鈹床は泥質チャートを母岩とし、断続的に走向方向に連続する小規模マンガン鈹層からなり、また上下方向にも数層のマンガン鈹層がみられる。単一のマンガン鈹層の平均的な

大きさは、走向延長20～30 m、厚さ10 cm～30 cmである。規模の大きいマンガン鉱床は、走向延長150 mに達し、また厚さ3 mのものもある。

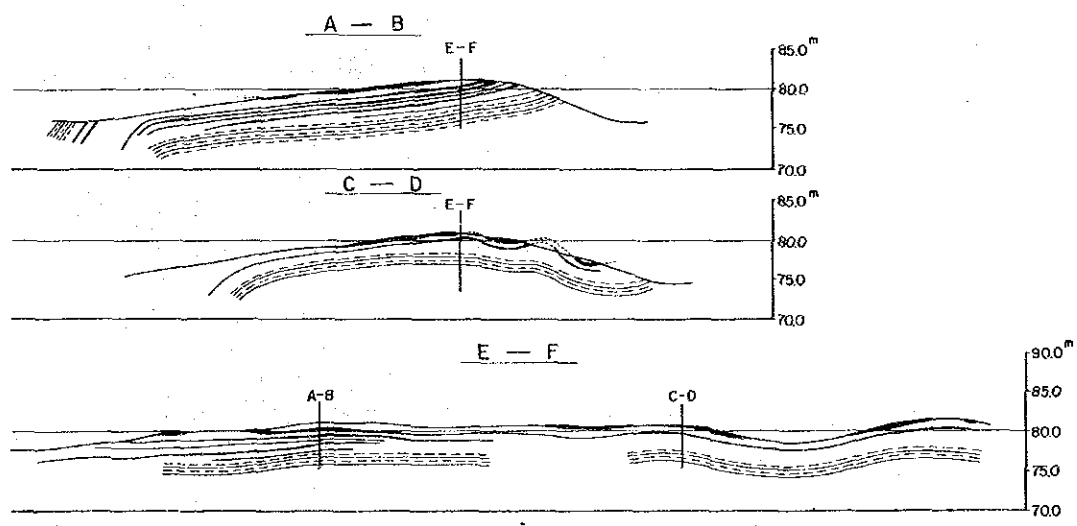
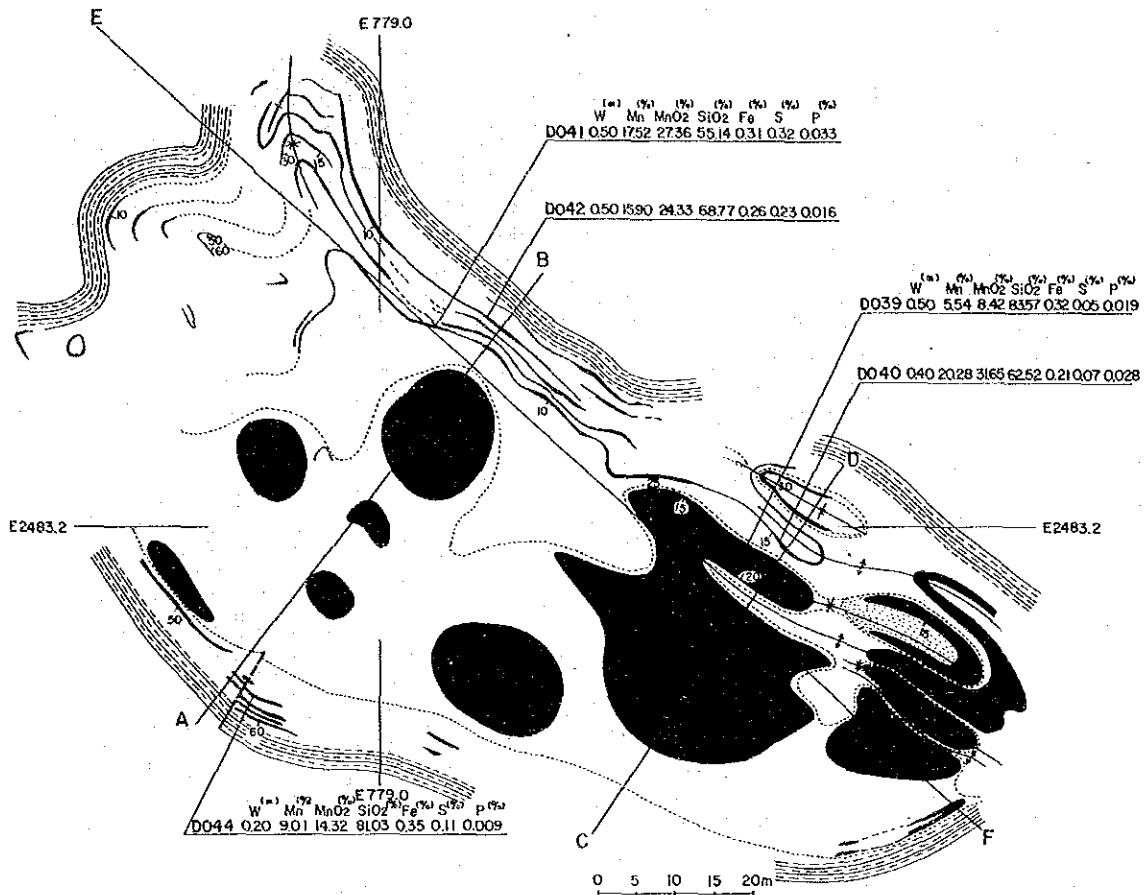
泥質チャートにはマンガン鉱物がレンズ状あるいはスポット状に濃集しており、いわゆるマンガンノジュール帯をなしている。このマンガンノジュール帯の厚さは膨縮しているが、最大30 mにおよぶ場合がある。

本地域の多くのマンガン鉱床露頭のうち最大のもは、露頭No 110であり、マンガン鉱層は断続的であるが、走向方向に1,500 m追跡できる。この鉱層の平均層厚は0.6 mであり、最大1.7 mである。Mn品位は平均23.90% (MnO₂)である。この鉱層の上下盤には、マンガンノジュール帯が形成され、厚さ30 mに達するところもあり、また小規模なマンガン鉱層が3～4層認められる。マンガンノジュール帯の良好部は幅2 mでMn品位8.70% (MnO₂)を示した。

走向方向に断続的であるが、300 m以上追跡可能なマンガン鉱床露頭は下記のとおりである。

Table II-1 Brief Description of Main Manganese Outcrops

outcrop No.	strike	dip	length (m)	mean width (m)	MnO ₂ (%)
30	N75E	70S	350	0.3	15.41
69	N80E	90	300	0.6	16.51
71	N80E	55N	350	0.4	21.49
76	N85E	80N	300	0.3	13.24
95	N50W	45S	350	1.0	19.40
110	EW~N45W	90~60S	1,500	0.6	23.90
116	EW	50S	430	0.3	16.18
117	N80W	55S	500	0.3	19.94
123	N75W	40S	650	0.3	29.11
136	N70E	80S	500	1.7	15.41
146	N30~50E	55S	500	0.4	27.52



- LEGEND
- | | | | |
|--|--|--|----------------------------|
| | alternation of chert and shale | | strike and dip |
| | pale brown-red muddy chert | | fault certain, conjectural |
| | pale brown muddy chert with manganese nodule | | sinclinal axis |
| | manganese bed | | anticlinal axis |
| | wadi sand | | overturned anticlinal axis |
| | | | overturned synclinal axis |

Fig. II-3 Distribution Map of Manganese Outcrop No.95

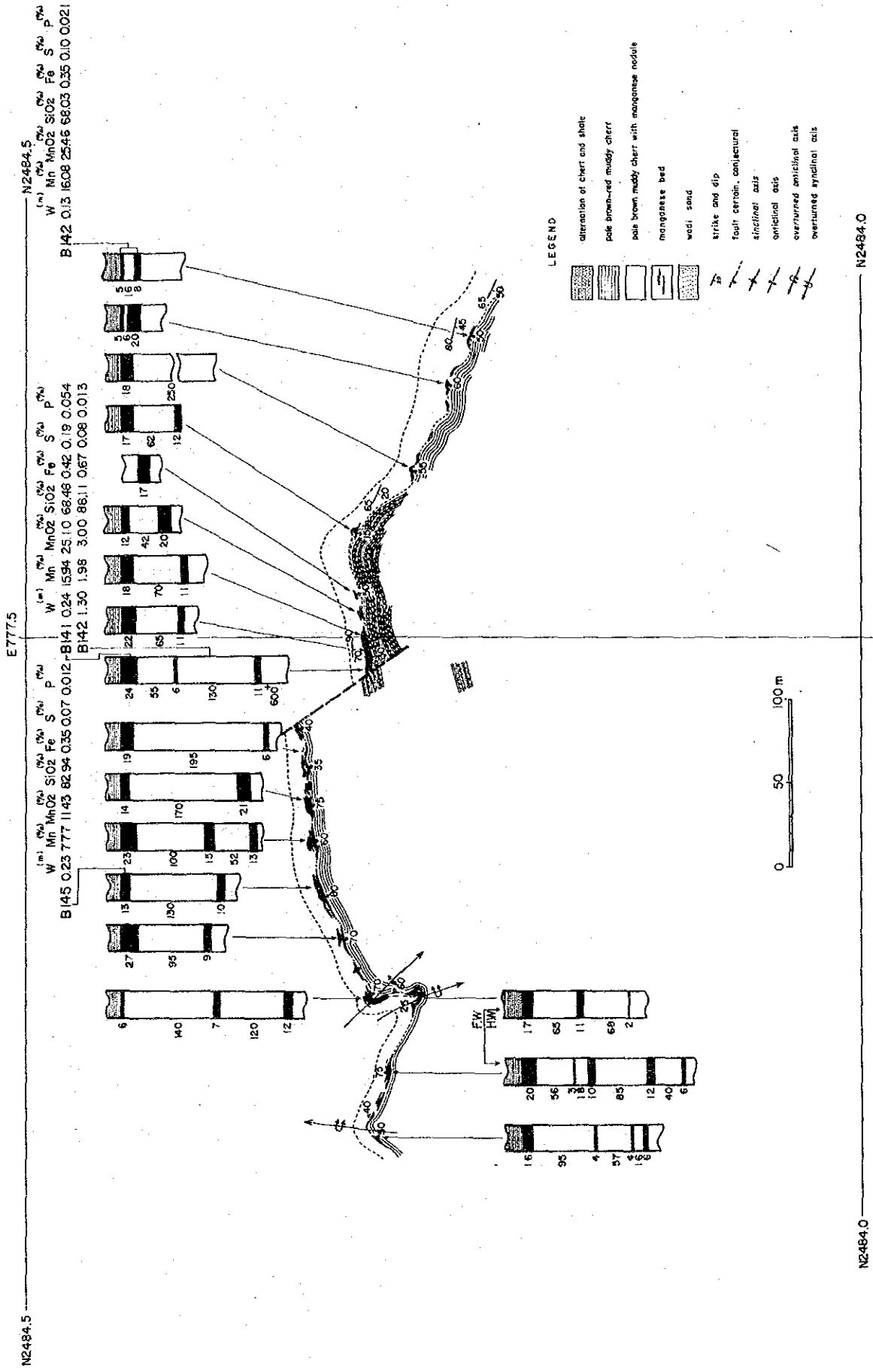


Fig. II-5 Distribution Map of Manganese Outcrop No. 117

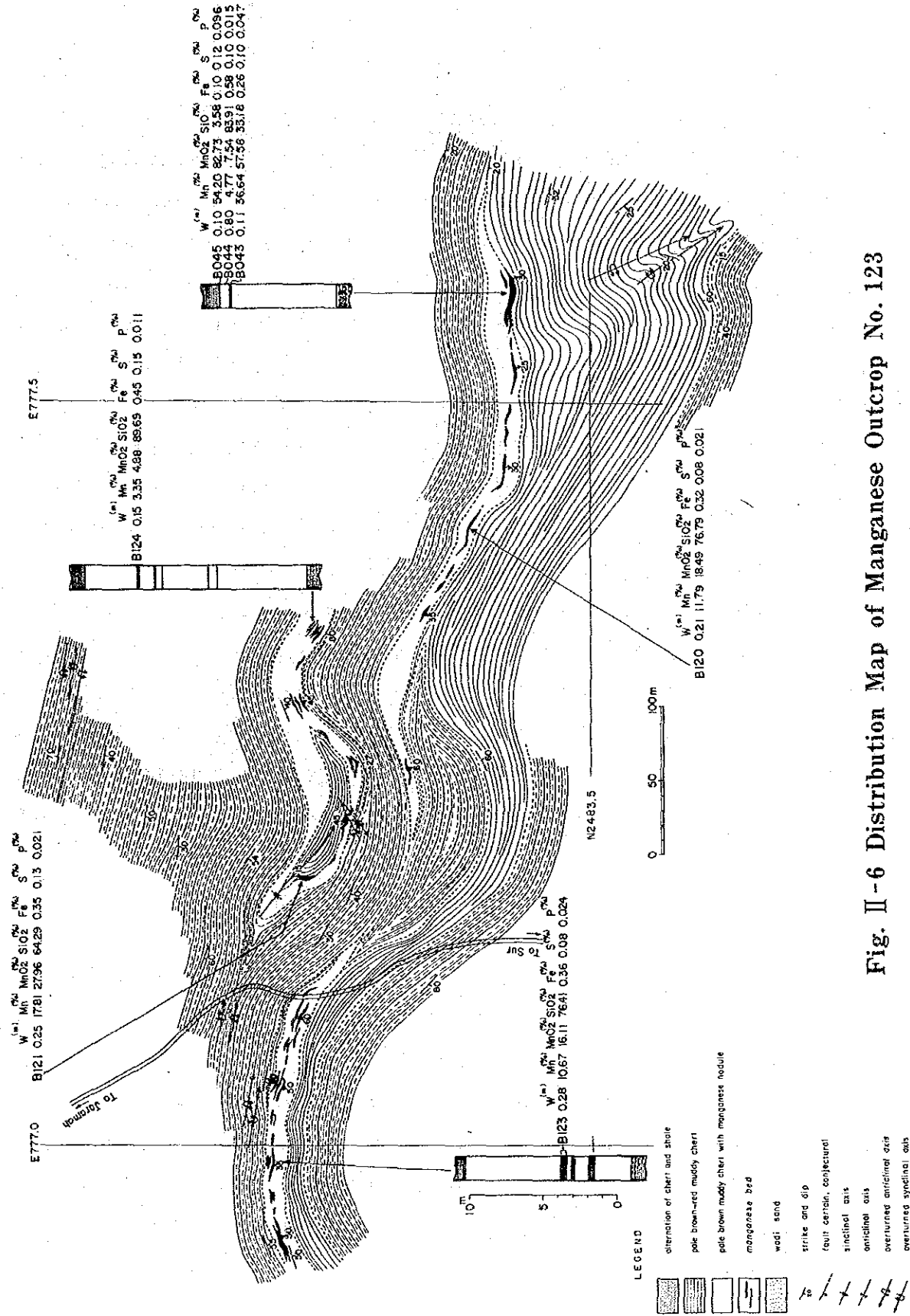


Fig. II-6 Distribution Map of Manganese Outcrop No. 123

3-3-2 鉍床の性状

1) 鉍床胚胎層

マンガン鉍床の胚胎層およびその上下盤については、下記のとおりである。

マンガン鉍床は泥質チャート之母岩として胚胎されている。泥質チャートには葉理が発達しており、岩相的には珪質頁岩とも考えられる。しかし他の頁岩層およびチャート・頁岩互層の頁岩は珪質でないことから泥質チャートと区別される。泥質チャートにはマンガン鉍物がレンズ状あるいはスポット状に濃集しており、マンガンノジュール帯を形成している。マンガンノジュール帯の泥質チャートは淡褐色を呈し、マンガン鉍層はマンガンノジュール帯に3~4層認められることが普通である。

一般にチャート・頁岩互層はチャートと頁岩の量比が2:1~3:1のチャート優勢互層であるが、泥質チャートの上下盤の互層はチャートと頁岩の量比が1:1の互層となる。またチャートがなく頁岩のみの場合もあり、マンガン鉍床胚胎層の上下盤は頁岩優勢な岩相となる。

マンガン鉍床およびその上下盤については、Elboushi-Zachariah(1979), JICA(1979)が、岩相に特徴があり、下位より鉍化帯下盤の灰白色珪質頁岩(泥質チャート)―チャートの卓越した母岩に胚胎する鉍化帯―鉍化帯上盤の赤褐色頁岩であると報告されている。今回の調査ではこのような岩相の組み合わせの認められるマンガン鉍床露頭もあるが、上下盤ともチャート・頁岩互層の露頭もあり一定ではないようである。ただしマンガン鉍床および胚胎層付近は全体に赤色を帯び、上下位のチャート・頁岩互層が全体に白色を呈することは対照的であり、色調の差により鉍床胚胎層を追跡することは可能である。チャート・頁岩互層が白色を呈することは、チャート表面が脱色により白色を帯びることによるが、チャート内部の色は赤色あるいは灰白色である。

2) マンガン鉍石

マンガン鉍床の鉍石は4-3-2で述べた層状鉍およびノジュール状鉍に大別される。

層状鉍では、マンガン鉍物は1cm~3cmの層状、あるいはレンズ状濃集部を形成し、また鉍染状をなすこともある(Fig. II-7, II-8)。厚いマンガン鉍層では、マンガン鉍物濃集部が厚さ10cm~15cmとなり、鉍体の上下盤際に認められる。また、層状とレンズ状形態が組み合わせたり、網状を呈することもある。層状鉍では分泌石英細脈が網状に発達する場合もある。また一部の層状鉍では、コロホーム組織が認められた(Fig II-8)。

また層状鉍を構成する黒色珪質部は微粒のマンガン鉍物が含有され黒色を呈しており、検鏡結果は下記のとおりである。

黒色珪質部 (F 0 4 9)

微晶質石英と微粒マンガン鉱物とが認められ、マンガン鉱物は層状に濃集している。濃集部の下面は明瞭な境界を示し、層理面上にマンガン鉱物が沈澱生成したものと考えられる。放散虫化石が多く含有され、マンガン鉱物濃集部では特に保存よく、石英化がすすんでいない。なお、X線回折ではマンガン鉱物の同定はできず非晶質なものと考えられる。

層状鉱の一部は黒色珪質部が角礫化し、割れ目にマンガン鉱物が認められるものがある。また細脈状に粗粒マンガン鉱物が認められることもあるが、この細脈は黒色珪質部にのみ発達している (Fig Ⅱ-8)。

ノジュール状鉱は層状鉱の周辺にあり、マンガンノジュール帯を構成する鉱石である (Fig Ⅱ-7, Ⅱ-8)。ノジュール状鉱のマンガン鉱物はレンズ状、スポット状に濃集部を形成しており、レンズ状濃集部の大きさは厚さ0.5~2 cm、長さ3~10 cmである。レンズの平面的な形態は不規則でアメーバ状を呈することもある。また厚さが増し楕円体となることもある。この楕円体が接合し表面がぶどう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。

マンガン鉱床の典型的な鉱石のスケッチをFig. Ⅱ-7およびFig Ⅱ-8に示す。

3) マンガン鉱物

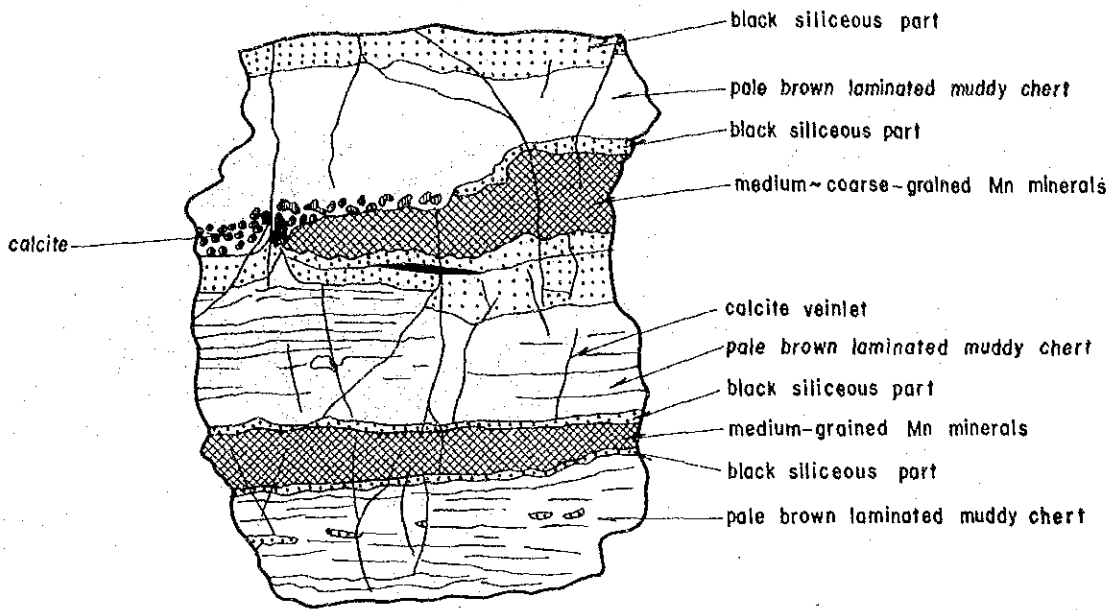
マンガン鉱物はX線回折および顕微鏡観察の結果、軟マンガン鉱がほとんどであり、一部で水マンガン鉱が認められた。水マンガン鉱は従来の調査において報告されていない鉱物である。またクリプトメレーン鉱も認められた。

軟マンガン鉱

肉眼では淡鋼灰~鉄灰色金属光沢を示し、条痕は黒色である。極細粒~粗粒板状結晶として認められ、本地域のマンガン鉱床のもっとも主要な鉱石鉱物である。鏡下では反射色：黄白色、多色性：淡黄白~暗灰色、異方性：顕著であり、柱状・繊維状・放射状を示す。またコロイド組織、ウーリテイク組織、コロホーム組織を示すことが多い (Table A-3)。また、繊維状、放射状を示す軟マンガン鉱は水マンガン鉱の仮像と考えられる。軟マンガン鉱の集合体の中に放散虫化石が認められることが多く、放散虫の外殻が軟マンガン鉱に交代されているものもある。

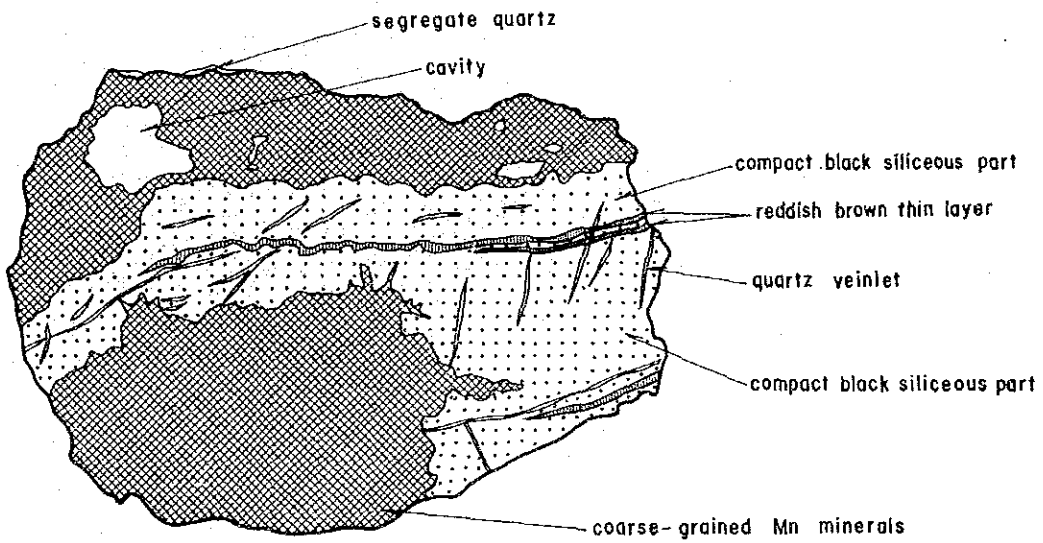
水マンガン鉱

写真地質調査地域の試料E 0 3 0の顕微鏡観察およびX線回折により検出された



0 5 cm

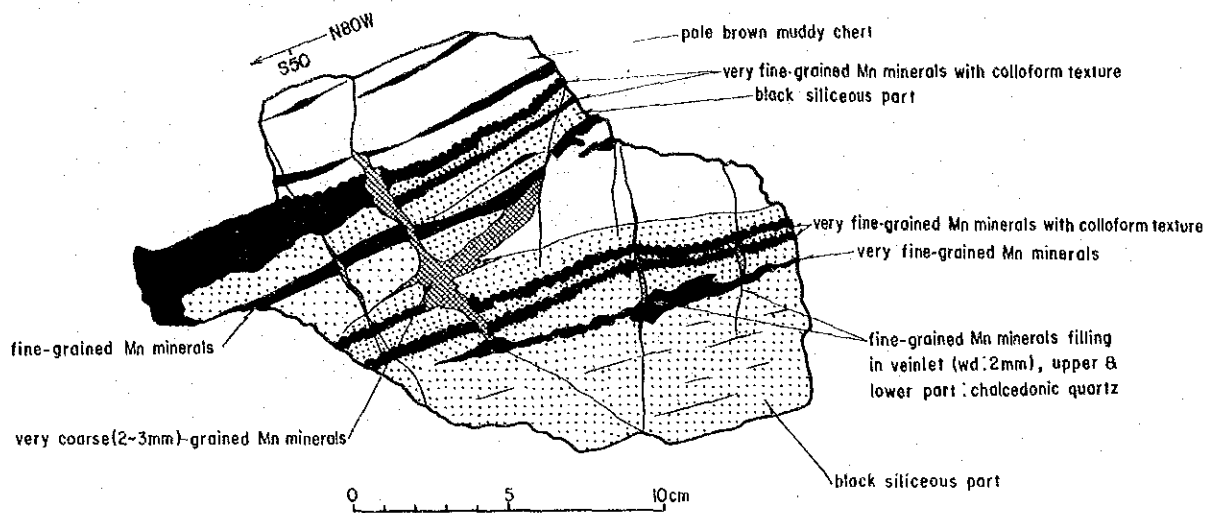
Sample No. A064



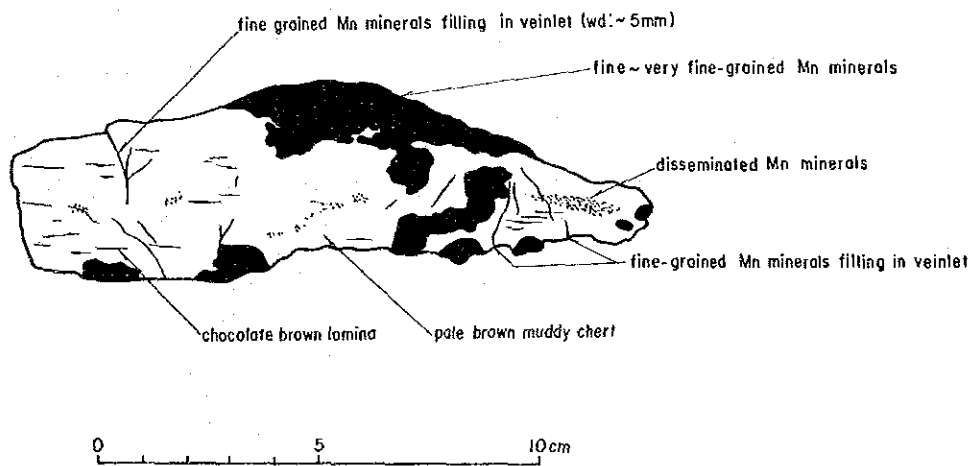
0 5 cm

Sample No. C126

Fig. II-7 Sketch of Manganese Ore (A064, C126)



Sample No. C087



Sample No. E011

Fig. II-8 Sketch of Manganese Ore (C087, E011)

**Table II-2 X-ray Powder Diffraction Data of
Pyrolusite, Manganite and Cryptomelane**

ASTM						Samples			
Pyrolusite		Manganite		Cryptomelane		E030		B106	
d(A)	I	d(A)	I	d(A)	I	d(A)	I	d(A)	I
				6.90	90			6.96	58C
				4.90	80			4.90	47C
						4.24	35Q	4.25	16Q
								4.09	100S
3.48	10			3.45	10				
		3.40	100			3.40	100M		
						3.34	100Q	3.35	100Q
3.14	100			3.10	80	3.12	100P	3.12	100P+C
						3.03	100Cl		
		2.64	60			2.64	25M		
		2.53	5						
2.41	50	2.41	20	2.46	10	2.46	9Q	2.46	5Q
						2.41	27M	2.41	55P
				2.39	100	2.40	21P	2.40	100C
		2.28	50						
2.21	10	2.23	5	2.19	20	2.28	7M+Q	2.28	7Q
		2.20	5	2.15	60				
2.13	25					2.12	8Q	2.13	6Q
						2.11	13P	2.11	14P
1.98	15					1.98	5P+Q	1.98	11P+Q
				1.92	10				
1.81	5			1.83	60	1.82	16Q	1.82	23P
		1.78	20			1.78	9M		
1.68	1	1.71	40			1.72	9M		
		1.67	30			1.67	30M		
1.63	50	1.64	40	1.64	30	1.64	9M	1.62	25P
						1.63	24P		
						1.61	2Q		
1.56	25					1.56	9P	1.56	13P
				1.54	60	1.54	11Q	1.54	6Q
				1.52	40				
		1.50	20						
		1.44	30						
1.43	15								
1.40	15								
				1.35	50				
		1.33	10						

Abbreviations

Q : quartz Cl : calcite S : stilbite
P : pyrolusite M : manganite C : cryptomelane