オマーン国南部地域
資源開発協力基礎調査報告書

第三年次

昭和58年5月

国際協力事業団
金属鉱業事業団

オマーン国南部地域
資源開発協力基礎調査報告書

第三年次

昭和58年5月

国際協力事業団
金属鉱業事業団

はしがき

日本政府はオマーン国の要請に応え，同国南部地域の鉱物資源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カ年にわたって行われる予定で，昭和57年度が第三年次にあたり，金属鉱業事業団は9名からなる調査団を編成して，昭和57年11月8日から昭和57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。

本報告書は第三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

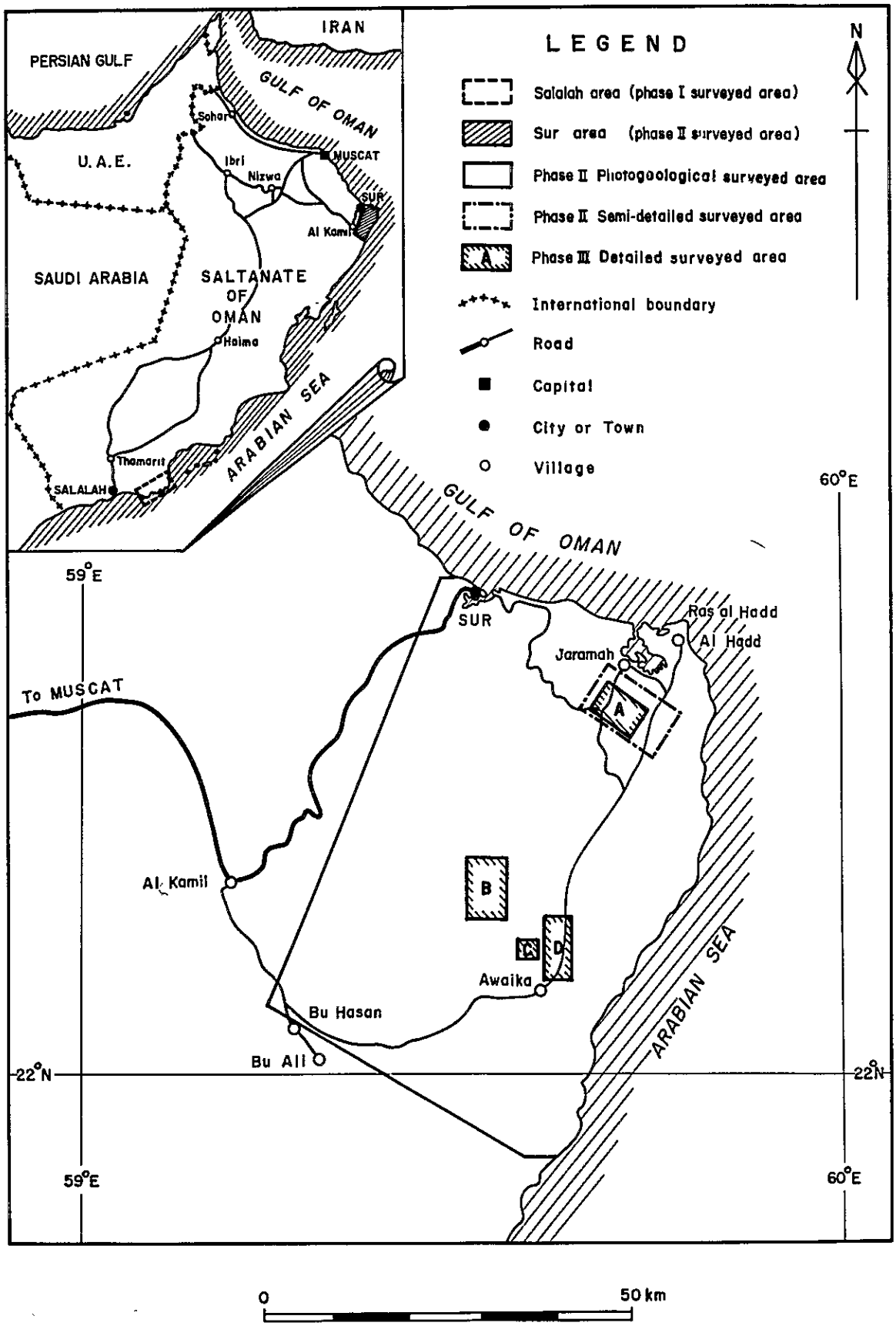


Fig. 1 Location Map of the Sur Area

目　　次

総　　論

各　　論

I. 地　質　調　査

Ⅱ. ボーリング調査

LIST OF ILLUSTRATION

LIST OF TABLES

LIST OF APPENDICES

要　　約

オマーン国南部地域における第三年次の調査では，スール地区のマンガン鉱床の産状・規模・連続性を解明し，鉱床のポテンシャルを評価することを目的として，トレンチを含む地質調査およびボーリング調査を実施した。

スール地区の地質層序は，下位より片麻岩，角閃岩，花崗岩および小岩脈からなる先カンブリア紀の基盤岩類，チャート・頁岩互層，石灰岩および玄武岩からなる三畳紀～白亜紀前期のハルファ層，石灰岩・砂質石灰岩および玄武岩からなるマーストリヒト期～第三紀中期の石灰岩層および段丘・ワジ堆積物からなる第四紀堆積物となる。

本年度調査地域にはハルファ層，石灰岩層および第四紀堆積物が分布している。ハルファ層は下部層・中部層・上部層に区分されるが，本年度はマンガン鉱床の胚胎する中部層を岩相および色調から，更に細分した。この結果，著しい褶曲および断層により極めて複雑な構造を呈するハルファ層の地質構造をより明確にすることができ，またマンガン鉱床の胚胎層準を明らかにすることができた。

マンガン鉱床はハルファ層の赤褐色チャート～泥質チャート・頁岩互層中に胚胎し，断続する数層の小規模鉱層およびマンガンノジュール帯からなり，その分布はハルファ層中部層の分布域のほぼ全域におよんでいる。鉱床の成因については鉱床の産状および微量元素から海底火山活動に関連した堆積鉱床と考えられる。

多数の鉱床露頭のうち，ほとんどの鉱床露頭は小規模である。また，ボーリング調査により，ほとんどの鉱層の傾斜方向の連続性も良くないことが判明した。

鉱床露頭の鉱量計算の結果，本年度調査地区の鉱床露頭の合計で埋蔵鉱量５２０,０００Ｔ平均品位MnO_2 ２９.５７％を得た。

以上の諸事実を総合的に検討・評価した結果，本地域にはマンガン鉱床が賦存しているが，鉱床の産状・規模・分布および鉱石の品質を考慮すると，鉱床開発のための条件は極めて厳しいものである。

総　　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ーラ（Salalah），スール（Sur），バチーナ（Batinah）の３地区について地質・鉱床予備調査が行われ，サラーラおよびスールの２地区が今後引き続き調査を必要とする地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地区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，サラーラ地区は第１年次より，スール地区は第２年次より，それぞれ現地調査を開始することとした。

本調査の第１年次調査は上記作業協定に従い，オマーン国南部のサラーラ地区において，昭和５５年９月２６日より同年１２月２５日までの３カ月間にわたって行われた。その結果，サラーラ地区に極く微弱な銅の鉱徴が認められたものの，引き続き調査を必要とするような鉱徴はなく，このため同地区に対する２年以降の調査は中止された。

このような経緯から，第２年次以降はスール地区のみを対象として実施されることとなった。

第２年次調査は昭和５６年１０月２３日より同年１２月２８日までの２カ月間にわたって実施された。調査の結果，既知マンガン鉱床の他にも，新たに多数のマンガン鉱床露頭が発見された。また，特に鉱床露頭の多い地区を第３年次調査の対象として抽出した。

本年度調査は第３年次調査にあたり，抽出された地区（Ａ地区・Ｂ地区・Ｃ地区・Ｄ地区）に対し，鉱床の産状・規模・連続性を解明し，鉱床ポテンシャリティーを評価することを目的として実施された。

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Fig１に示される４地区（Ａ地区・Ｂ地区・Ｃ地区・Ｄ地区）において，鉱床調査を主とする地質調査を，またＡ地区における最大規模の鉱床露頭に対し，地表下の連続性を把握するためのボーリング調査をそれぞれ実施した。なお，Ｂ地区においてはトレンチも合わせ実施した。

地質調査は４地区，総面積９５km^2 の区域において，昨年度調査結果にもとづいてあらかじめ図上で計画された調査ルートに沿い，縮尺１：5,０００の地質ルートマップを作成し，鉱床の分布・性状・規模・連続性および母岩との関係の把握に努めた。調査ルートの総延長は

Table 1 Outline of the Field Survey in Phase Ⅲ

	Survey Period	Name of Survey Area	Area	Amount of Survey Work	Number of Tested Samples (pcs)
Preparatory Survey	Nov. 8, 1982 ~ Nov. 14, 1982				
Geological Detailed Survey	Nov. 15, 1982 ~ Dec. 24, 1982	A B C D	25 km² 40 km² 5 km² 25 km²	Length of Survey Route 48.6 km 32.5 km 8.8 km 21.9 km	Chemical analysis of ore 207 Thin section 30 Polished section 15 X-ray diffractive analysis 14 Determination of fossil 20
Trenching Survey	Nov. 15, 1982 ~ Dec. 24, 1982	B		Length of Trench 375 m	
Drilling Exploration	Nov. 15, 1982 ~ Dec. 22, 1982	A		17 holes 300 m	Chemical analysis of ore 47 Polished Section 1 X-ray diffractive analysis 3
Withdrawing	Dec. 23, 1982 ~ Dec. 28, 1982				

１１１.８㎞に達した。トレンチはＢ地区において昨年発見された層厚約９ｍを有する鉱床露頭の走向方向の連続性を確認するため実施され，延長３７５ｍのトレンチが掘さくされた。野外調査は昭和５７年１１月８日から同年１２月２４日まで行われ，調査結果は縮尺１：10,000の地質図および縮尺１：２００のトレンチスケッチ図としてそれぞれとりまとめられた。

ボーリング調査はＡ地区の鉱床露頭のうち最大の連続性を有する露頭№１１０に対し，８箇所，１７孔，総掘進長３００ｍを実施した。ボーリング調査は昭和５７年１１月８日から同年１２月２８日まで行われた。

なお，本年度調査においては現地調査に先立ち，縮尺１：２0,０００の空中写真をもとにして調査地区全域について縮尺１：5,０００の地形図が日本国内で作成され，現地調査で使用された。

本年度現地調査の概要をTable １に示した。

地質調査およびボーリング調査結果の概略的解析・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にて随時実施され，現地調査終了時には石油鉱物省鉱物局に対して，調査結果の概要報告がなされた。結果の詳細な解析作業は日本へ携行した各種試料の分析・測定と並行して日本国内で実施され，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。

１－３　調査団の編成

本年度調査のための計画・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。

１）調査計画策定および折衝

日本国		オマーン国
岩崎　宏	金属鉱業事業団	Mohammed H. Kassim 石油鉱物省
山本恭久	金属鉱業事業団	
高坂晴男	大手開発株式会社	

２）現地調査

	日本国		オマーン国
団長	高坂晴男	大手開発㈱	Mohammed El Hassan Rogheim 石油鉱物省
地質調査	南野正彦	大手開発㈱	Cherian Zachariah
	阿部昭夫	〃	Adil Mansoor Mahfoodh
	柴田芳彰	〃	
	後根則文	〃	
ボーリング調査	成田雄司	〃	
	小原京蔵	〃	

1－4　従来の調査

本調査地域はオマーン山脈の南東端に位置し，地質の上ではオマーン山脈を構成する地質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）により行われ，その後Lees（１９２８）により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)先二畳紀および二畳紀中期～白亜紀後期の原地性陸成～浅海性堆積物，(3)二畳紀中期～白亜紀後期の異地性岩体，(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)の異地性岩体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岩体の上にのしあがったものであるとされている。本年度の調査地域には，これら４つの地質単元のうち(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）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。また，１９８１年に国際協力事業団（以下ＪＩＣＡという）・金属鉱業事業団（以下ＭＭＡＪという）は資源開発協力基礎調査の第２年次としてスール地区の地質・鉱床調査を実施した。

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，マンガン鉱床の生成を海底火山活動に関連づけて説明した。Carlson（１９７３）は調査地区Ａ付近のマンガン鉱床の調査を行ない，鉱床胚胎層の構造・連続性およびマンガン鉱物の産状について報告している。Coleman・Bailey（１９７４）はマンガン鉱床の胚胎層および上盤・下盤の岩相について述べ，また鉱石分析を実施した。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，マンガン鉱床の生成が海底火山活動と関連しているものと考察した。ＪＩＣＡ（１９７９）は本地域の地質・鉱床予察調査を実施し，マンガン鉱床の母岩の特徴，鉱床の産状と鉱石鉱物の同定および鉱石の化学分析を行なった。ＪＩＣＡ・ＭＭＡＪ（１９８１）はランドサット画像・空中写真の解析および現地検証調査により，広域地質および地質構造を明らかにし，また多数の鉱床露頭を発見した。さらに，既知鉱床分布域に対し，地質・鉱床調査を実施し，鉱床の分布状態・品位・性状の把握を図った。

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.

Crerar, D.A. and other (1982) Manganiferous Cherts of the Fraciscan Assemblage I. General Geology, Ancient and Modern Analogues, and Implications for Hydrothermal Convection at Oceanic Spreading Centers, Economic Geology vol. 77. No. 3 p.519–540

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.

Foreman, H.P. (1973) Radiolaria of Leg 10 with systematics and ranges for the families Amphipyndacidae, Artostrobiidae, and Theoperidae. in Initial Report of the D.S.D.P., 10 Washing D.C. (U.S. Government Printing Office) 407–474

———— (1977) Mesozoic Radiolaria from the Atlantic basin and its borderlands. in Development in Paleontology and Stratigraphy 6; stratigraphic micropaleontology of Atlantic basin and borderlands (ed. F.M. Swan) 305–320 Elsevier

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 Genootscap, 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. vo.61 No.3, p.431–461.

Iijima, A. (1982) Siliceous sediments, Earth vol.4 No.8, p.478–484. (in Japanese)

JICA (1979) Report on the survey for mineral resources development in the Sultanate of Oman.

JICA and MMAJ (1981) Report on geological survey of the Sultanate of Oman (Sur area) Phase 2

Krauskopt, K.B. (1979) Introduction to geochemistry, 2nd ed., New York, McGraw Hill p.617.

Pessagno, E.A. Jr (1977a) Upper Jurassic radiolaria and radiolarian biostratigraphy of the California Coast Ranges. Micropaleontology, 23. 56–113.

_____ (1977b) Lower Cretaceous radiolarian biostratigraphy of the Great Valley Sequence and Franciscan Complex, California Coast Ranges. Cushman Foundation for foraminiferal Research, Sep. Pub. No. 15, Washington.

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 Produktie Laboratorium, Rijswijk, The Netherland.

Roy, S. (1976) Ancient manganese deposits, in Wolf, K.H., ed., Handbook of stratabound and stratiform ore deposits. : Amsterdam, Elsevier Sci. Pub. Co. V7, p.395–476.

Schaaf, A., (1981) Late Early Cretaceous radiolaria from Deep Sea Drilling Project Leg. 62.
Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project, 62, Washington (U.S. Government Printing Office)

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１５０km，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A地区（面積２５km²），B地区（面積４０km²），C地区（面積５km²）およびD地区（面積２５km²）の４地区（総面積９５km²）からなる。

調査地域周辺の主要な都市としては，地域北西部に位置するスール（Sur），南西部のブーハッサン（Bu Hasan）およびブーアリ（Bu Ali）があり，また集落としてA地区の北東部のアルハッド（Al Hadd），北部のジャラマー（Jaramah）およびD地区南部のアウェイカ（Awaika）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。また現地調査のベースキャンプはA地区に近いジャラマー部落に設置された。

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 Kamil）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―ジャラマー間は３６０km，自動車では所要時間８時間である。このうちマスカット―アルカミール間２６０kmは舗装道路であるが，アルカミール―ジャラマー間１００kmは非舗装道路である。なお，調査地域内は四輪駆動車であればほぼ全域の通行が可能である。

2－2 地　　形

調査地域周辺の地形は地質的特徴を反映し，チャート・頁岩互層よりなる緩やかな丘陵地形（標高５０m～１５０m），石灰岩よりなる台地状ないし急峻な高地形（最高標高１４４２m）および礫層からなる段丘地形がある。

調査地域のうちA地区およびD地区は，それぞれNW－SE方向，N－S方向に伸びた丘陵地形であり，またC地区およびD地区には段丘地形が広く発達している。

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，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月までの夏季には気温４０℃以上となり，１１月から４月の冬季でも，夏季に比較しやや低下するものの全般に高温である。また気温の日変化も大きい。

調査地域の降雨量は少なく，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。本年度現地調査では１２月に降雨があり，調査地域周辺の道路が崩壊，交通困難な状況と

なったことがある。なお，マスカットの年間降雨量は平均１００㎜であるが，年により変化が大きく６０～３００㎜の幅がある。

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，あるいはオアシスに僅かに認められるにすぎない。

第3章　総合検討

本年度の調査により，調査地域の地質および鉱床について多くの基礎データが得られた。ここではスール地区のマンガン鉱床を評価するにあたり，重要と考えられるハルファ層の層序，地質構造および鉱床の産状・連続性・規模について総括的に述べ，また鉱床開発について検討した結果も述べる。

3－1　層　　序

本年度調査地域であるA・B・C・Dの4地区の地質は下位より三畳紀～白亜紀前期のハルファ層，マーストリヒト期～第三紀中期の石灰岩層（以下第三紀石灰岩層という）および第四紀堆積物からなる。

ハルファ層はチャート，頁岩および石灰岩からなり，下位より頁岩を主とする下部層，チャート・頁岩互層の中部層および頁岩を主とする上部層に区分される。さらに中部層は赤褐色チャート・頁岩互層（以下赤色互層という），灰白色チャート・頁岩互層（以下白色互層という）と灰白色チャート・赤褐色頁岩互層（以下中間色互層という）および頁岩層に細分される。赤色互層は本調査地域に3～6層認められ，マンガン鉱床胚胎層として重要である。

本地域ではハルファ層に火山活動は認められなかったが，第三紀石灰岩層には火山活動がある。またハルファ層および石灰岩層には小規模塩基性貫入岩がある。

3－2　地質構造

ハルファ層には白亜紀後期の大規模な衝上断層および第三紀中期の隆起運動によると考えられる著しい褶曲および断層が発達している。

ハルファ層の褶曲については2～3次オーダーの褶曲があり，これらが組み合わさり複雑な構造となっている。主要褶曲軸の方向は地区ごとに特徴があり，A地区ではE－W系ないしNE－SW系およびNW－SE系であり，B地区ではNNE－SSW系およびNW－SE系，C地区およびD地区ではN－S系ないしNNE－SSW系である。

鉱床胚胎層はこの褶曲により地表にて繰り返し認められる。

また，断層については，褶曲軸の方向と同一の方向のものと斜交するものとがある。

3－3　鉱床の産状

鉱床は三畳紀～白亜紀前期ハルファ層に認められ，特にハルファ層中部層の赤色互層を胚胎層として認められる。赤色互層は赤褐色チャート～泥質チャートと赤褐色頁岩からなるチャート優勢な互層である。

鉱床は赤色互層の層理に沿って胚胎し，胚胎層と共に褶曲しており，一般に急傾斜となっていることが多い。

鉱床は数層の断続的な小規模マンガン鉱層とマンガンノジュール帯からなる鉱層帯である。マンガン鉱層は黒色珪質な層状鉱であり一般にMnO_2 ２０～４０％を示し鉱床の主体となるものであり，マンガンノジュール帯は鉱層の上下盤にある母岩中にマンガン鉱物がスポット状あるいはレンズ状に認められ，MnO_2 １０％以下の低品位な部分である。

鉱石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り，多量の石英からなる。鉱石鉱物は少なくとも地表下約３０ｍまでは地表と同様な鉱物組合わせである。

３－４　鉱床の連続性

鉱床は数層のマンガン鉱層およびマンガンノジュール帯からなる鉱層帯とみなされる。単一の鉱層についてみるとほとんどの鉱層は厚さ２０cm以下，走向延長１０ｍ～２０ｍ以下である。したがって単一のマンガン鉱層は小規模で連続性に欠けるものである。しかし鉱層とノジュール帯からなる鉱層帯としては，走向方向への連続性があり，最大のもので走向延長1,５００ｍのものがある。

また，傾斜方向の連続性についてはボーリング調査により明らかとなり，走向方向の連続性に富む鉱層は傾斜方向の連続性も良く，地表下３０ｍ以上連続する鉱層が確認された。しかし走向方向の連続性に乏しい鉱層は傾斜方向にも連続性悪く，鉱層の傾斜方向の連続性については地表部と同様な傾向にあるものと考えられる。

３－５　鉱床の規模

本年度調査により厚さ１５cm以上，走向延長２０ｍ以上の鉱層からなる鉱床露頭をリストアップしたところ，露頭数６０に達した。これらの鉱床露頭について傾斜方向３０ｍまでの埋蔵鉱量を試算し，総埋蔵鉱量約５２０,０００Ｔ，平均品位29.５７％MnO_2，１9,９２％Ｍｎを得た。

	露頭数	埋蔵鉱量(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

このうち最大の鉱量を有する露頭はトレンチを実施した露頭№１５９であり，埋蔵鉱量

１５５,６０１Ｔ平均品位MnO_2 ３４.９４％を得た。次いでボーリングを実施した露頭№１１０であり埋蔵鉱量５３,４０３Ｔ平均品位MnO_2 ２３.０１％を得た。大部分の鉱床露頭は埋蔵鉱量5,０００Ｔ以下の小規模なものである。

３－６　鉱床開発について

スール地区に賦存するマンガン鉱床は，開発することは極めて難しいと考えられるが，仮にこの鉱床を開発する場合，どの位の原価が必要となるかについて，以下概算した結果を述べる。

１）操 業 規 模

埋蔵鉱量は地表から３０ｍ下部までの鉱量を計上すると約５２０,０００Ｔであるが，鉱層の形態が層状で連続性に欠けること，また広い範囲に鉱床が散在することなどから，小規模露天掘り採掘が適当と考える。また，採掘対象鉱量としては，鉱層の幅が小さく，急傾斜の場合が多いので地表から５ｍ下部までの鉱量とすると，鉱量は８６,０００Ｔとなる。この鉱量を５年間（年間３００日操業）で採掘すると日産５７Ｔの出鉱量となる。人員は３０名で構成されると考える。

２）採　掘　法

採掘は露頭部から露天掘りにより，鉱層の部分のみを対象とする。採掘機械は鉱石を破砕する水圧ブレーカーおよび掘さく機（バックホー型）による溝掘り方式で深さ５ｍまで採掘する。掘さく機は１台稼動とする。鉱層は幅が小さく，母岩の混入率が高く，掘さく機で採掘された粗鉱は採掘現場において手選で母岩を除去され塊状精鉱（平均品位Mn ２０％）として貯鉱される。人員は採掘関係８名，手選関係７名とする。

３）輸　　送

鉱床分布地は海に近いが，適当な港がないため，マスカットまで３６０㎞をトラックで輸送する。トラックは１０ｔ車５台を使用する。またローダーを１台使用する。輸送関係人員は10名である。

４）管　　理

採掘機械，トラックなどの修理工場および操業を維持する事務所を設置し，管理補助部門関係の人員を５名とする。

５）原　　価

前述のような操業規模，地理的条件が類似しているオマーン国のRajmi 鉱山の予算原価を参考に，スール地区の鉱床開発のための原価を求めた。

Rajmi 鉱山は政府出資１００％の会社の所有で，ソファールの北西に位置している。対象鉱種はクローム鉱で小規模露天掘りを行なっている。採鉱機械としてはさく岩機，コンプレッ

サー，ローダー，トラックを使用し，人員は３０名で操業している。

Rajmi 鉱山の予算原価

採掘費　ＵＳ＄２０／鉱石Ｔ

採掘費には手選費，物品費，償却費，管理費など現地におけるすべての費用が含まれる。

鉱石輸送費　ＵＳ＄２５／鉱石Ｔ

山許よりマスカットまで約３００㎞をトラックにより輸送する。輸送費には港における積込費が含まれる。

以上の数値を参考にしてスール地区のマンガン鉱床開発の原価を次のように求めた。

採掘費

マンガン鉱床の形態は塊状のクローム鉱床と比較し，薄い層状であるため，５ｍ深まで採掘する場合，母岩の採掘量が増加する。実際の剝土比はRajmi 鉱山の1.5倍以上は考えら，本鉱床の採掘費はRajmi鉱山の採掘費のUS＄２０／鉱石Ｔを越えるものとなる。

輸送費

本地域はマスカットまで３６０㎞あり，輸送費はその距離に比例させRajmi 鉱山の輸送費の２０％増のＵＳ＄３０／鉱石Ｔである。

したがって原価の合計はＵＳ＄５０／鉱石Ｔ以上となる。

６）鉱 石 価 格

マンガン鉱石の価格は，若干変動するがMn ４８％の鉱石で平均ＵＳ＄７０／Ｔ※ を想定するとMn １％当たり1.４６ＵＳ＄となる。

スール産鉱石の平均品位はMn２０％であり鉱石の価格は約ＵＳ＄２９／鉱石Ｔとなる。

※ 合金鉄年鑑（１９８２年度）

オーストラリア産マンガン鉱石輸入契約価格（ＦＯＢ）推移より

１９８１年	US$ 67.296/T(Mn48%)	US$ 1.402/T(Mn1%)
１９８０年	US$ 65.28 /T(Mn48%)	US$ 1.36 /T(Mn1%)
１９７９年	US$ 57.00 /T(Mn48%)	US$ 1.1875/T(Mn1%)

Mining Journal（１９８２年）より

マンガン鉱石価格　US$ 76.8/T(Mn48%)　US$ 1.60/T(Mn1%)

7）採　　算

鉱石価格ＵＳ＄２９／Ｔに対し，輸送費はＵＳ＄３０／Ｔであり，これだけでも採算性はなく，さらに採掘費をRajmi鉱山と同じにしても採掘費と輸送費の合計はＵＳ＄５０／Ｔとなり，全く採算に合わないことになる。

また開発のための条件として用途の検討があるが，スール地区の鉱石は電気性能が悪く乾電池には不適当であり，また鉱石中のSiO_2含有量が高いため，製鉄原料および化学製品原料としても不適当と考えられる。

第4章　結論および評価

本年度の調査から得られた結論および評価は次のとおりである。

1）ハルファ層はチャート・頁岩互層，頁岩，石灰岩からなり，下部層，中部層，上部層に区分される。

2）マンガン鉱床の卓越する中部層を，岩相および色調の差により，さらに細分することにより，鉱床胚胎層を明確にすることができた。鉱床胚胎層は赤色互層，即ち赤褐色チャートおよび赤褐色～淡褐色泥質チャートと赤褐色～淡褐色頁岩の互層であり，中部層に3～6層認められる。

3）放散虫化石による生層序学的検討によりA，B，C，D各地区の地層の対比が行なわれるとともに，本地区のチャートはジュラ紀末期（Tithonian）から白亜紀前期（Aptian）のものであることが明らかとなった。

4）赤色互層および白色互層など特徴ある地層を走向方向に調査することにより，ハルファ層の地質構造をより明確にすることができた。

5）地質構造はハルファ層の著しい褶曲構造で特徴づけられ，地区によりその主要褶曲軸の方向が異なり，A地区ではNW－SE系・E－W系・NE－SW系，B地区ではNE－SW系・NNE－SSW系・NW－SE系，C・D地区ではN－S系・NNE－SSW系を示す。

6）マンガン鉱床は，調査地区の広い範囲に分布している。

7）鉱床はチャート・頁岩互層の層理に整合的な数層のマンガン鉱層およびマンガンノジュール帯からなり，鉱床の主体はマンガン鉱層である。このマンガン鉱層は，小規模，断続的な層状ないしレンズ状形態を示す。

8）多くの鉱床露頭は急傾斜を示す。

9）ボーリング調査により，地表下少なくとも30 mまで鉱層の連続する個所が確認されたが，傾斜方向の連続性は走向方向と同様な傾向を示し良くない。

10）主要な鉱石鉱物はパイロリュース鉱であり，微量の水マンガン鉱およびクリプトメレーン鉱を伴う。

11）鉱石のマンガン品位はMnO_2　20％～40％で低品位であり，多量に石英を含むため高いSiO_2 含有量を示す。

12）今年度調査により得られた埋蔵鉱量（地表下30 m連続するものとして）は合計約520,000T平均品位MnO_2　29.57％である。このうち最大の鉱床露頭は鉱量155,601T　平均品位34,94％であるが，大部分の鉱床露頭は鉱量5,000T以下の小規模なものである。

13）スール地区のマンガン鉱床は上記の調査結果から，開発のための条件である鉱量・品位が小規模・低品位であり，また鉱床が急傾斜にて胚胎し，かつ分散しているなど採掘条件悪く，さらに選鉱を必要とするなど，開発条件は極めて厳しいものである。

各　　論

Ⅰ．地質調査

第1章　総　　説

本年度地質調査は昭和５６年度調査結果から抽出された４地区に対し，マンガン鉱床の産状・規模・連続性を解明し，鉱床の評価を目的として実施された。

調査地域はFig．１に示すようにジャラマー部落の南約５kmに位置するA地区（面積２５km^2），アウェイカ部落の北西約１６kmのB地区（面積４０km^2），北西約５kmのC地区（面積５km^2）および北約４kmのD地区（面積２５km^2）の４地区である。

調査地域の大部分は標高差２０m～３０mの丘陵地形および段丘地形の発達した地域であり，現地調査はワジ沿いおよび尾根沿いの調査ルートにおいて縮尺１：5,０００のルートマップを作成しながら実施された。また，調査結果は縮尺１：１０,０００の地質図にまとめられた。B地区では地質調査とともにトレンチを実施し，調査結果は縮尺１：２００のスケッチ図にまとめられた。

調査の結果，本地域は広範囲にわたり，第四紀堆積物に覆われ，地層の露出面積が少ないものの，ハルファ層の層序および地質構造がより明確となり，またマンガン鉱床の産状・規模・連続性を明らかにすることができた。

第2章　地　　質

2－1　地質概要

本調査地域はオーマン山脈の東南部に位置し，オーマ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）によるとオーマン山脈の地質はFig. I－1，Fig. I－2，I－3に示すように下位より，

1）先カンブリア紀―カンブリア紀の基盤岩類

2）先二畳紀の陸性堆積物

3）二畳紀中期―白亜紀後期の浅海性堆積物のハジャール累層群（Hajar Super Group）

4）二畳紀中期―白亜紀後期の大陸棚斜面堆積物のスメイニ層群（Sumeini Group）

5）二畳紀―白亜紀中期の遠洋性堆積物のハワシナ層群（Hawasina Group）

6）二畳紀―白亜紀後期のセマイル（Semail）オフィオライト

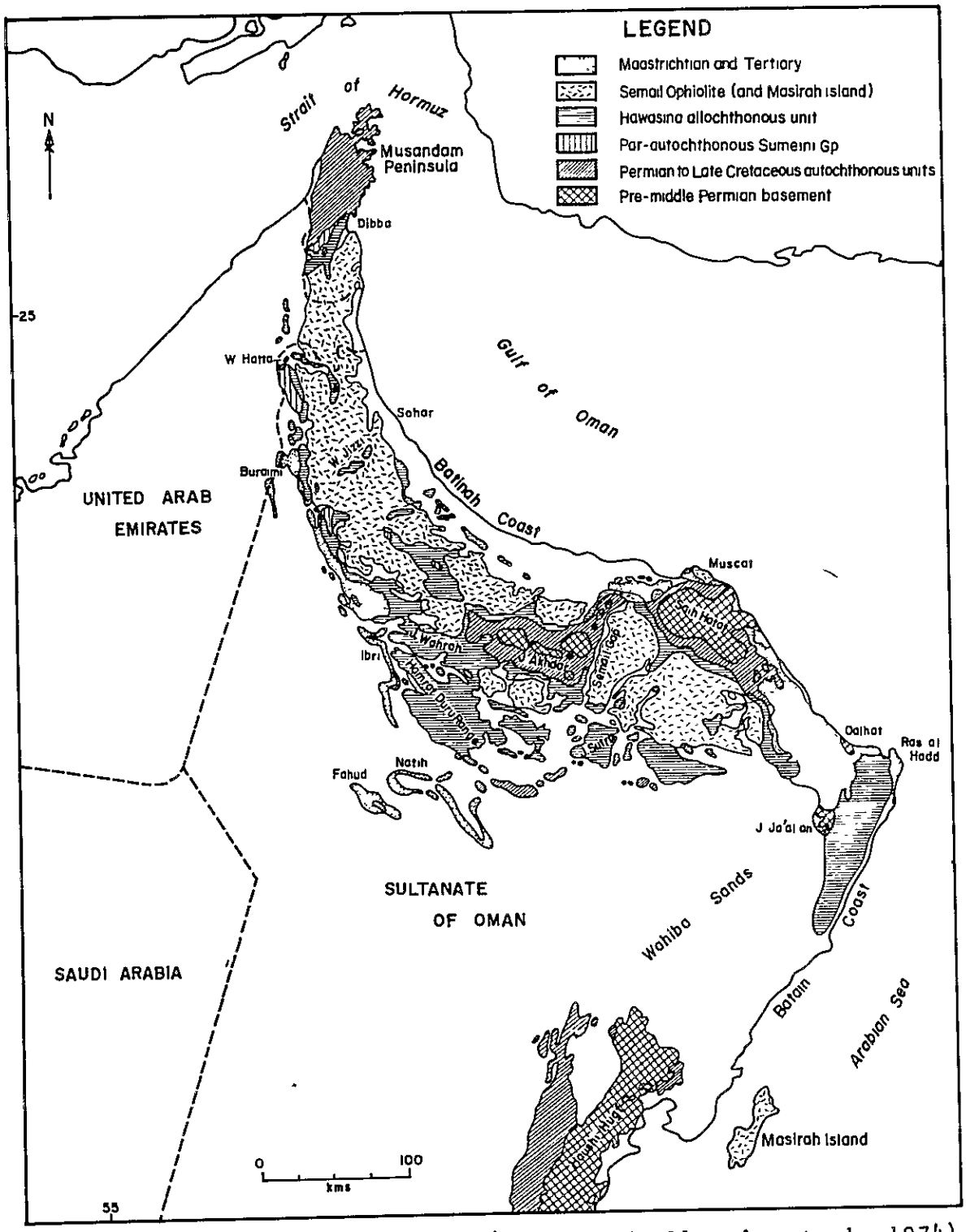
7）マーストリヒト期―第三紀中期の浅海性石灰岩

から構成されている。このうち基盤岩類，先二畳紀陸成堆積物，ハジャール累層群は原地性である。また，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にのった異地性の地層である。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。スール地区には先カンブリア紀の基盤岩類，ハワシナ層群中の三畳紀～白亜紀前期のハルファ層，白亜紀末期～第三紀中期の石灰岩層（以下第三紀石灰岩層という）および第四紀堆積物がある。また塩基性～酸性の貫入岩がある（Fig. I－4，I－5）。

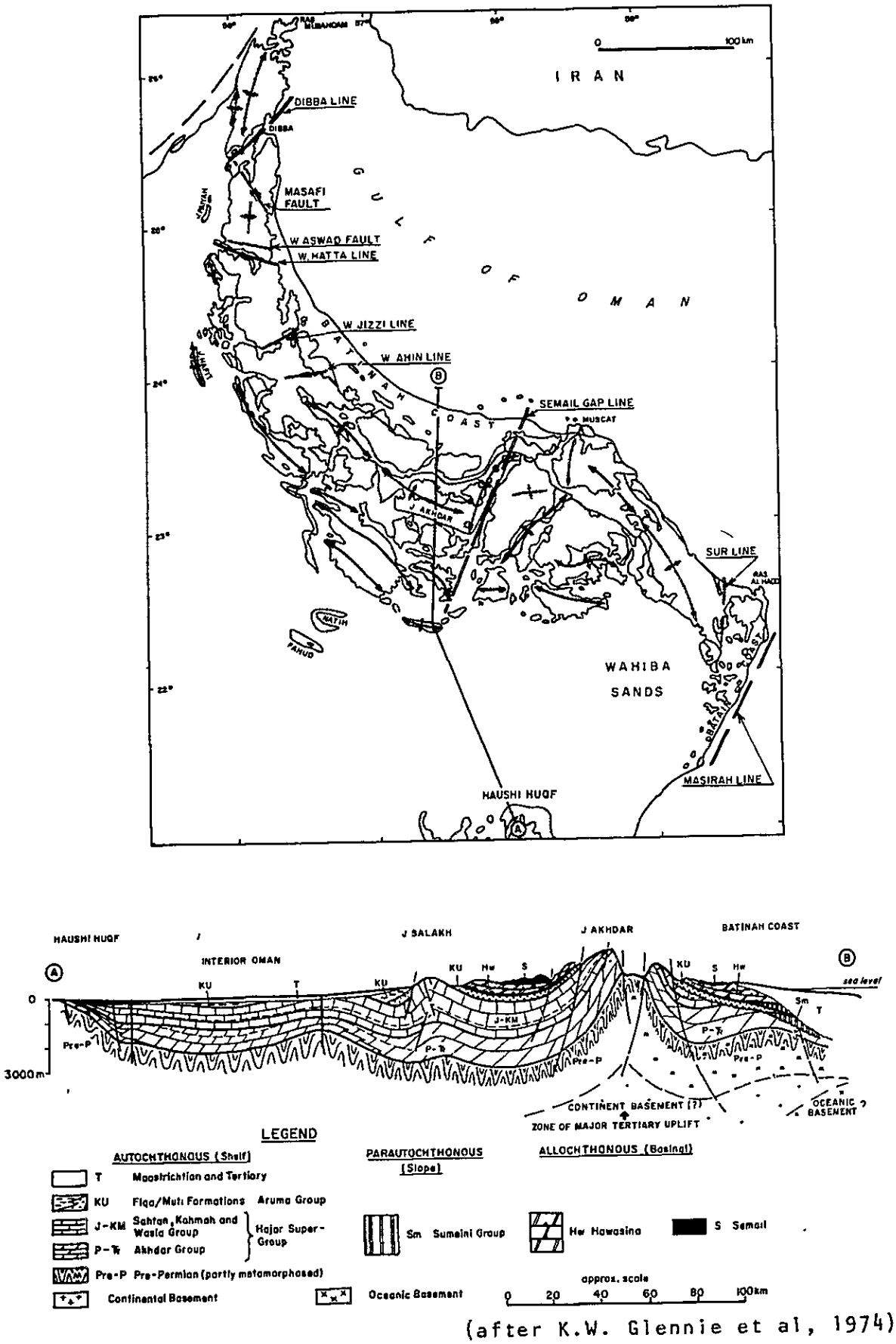
本年度の調査地域であるA地区，B地区，C地区，D地区の4地区には，上述の地層のうちハルファ層，第三紀石灰岩層および第四紀堆積物が分布し，また小規模な塩基性貫入岩が認められる。マンガン鉱床はハルファ層を母岩として胚胎されている（Fig. I－6，I－7，I－8，I－9，I－10）。

ハルファ層は各調査地区に分布し，チャートと頁岩の互層，頁岩および石灰岩からなる。昭和56年度調査では，ハルファ層は下部層，中部層，上部層に区分された。本年度はマンガン鉱床の卓越する中部層を岩相および特徴ある色調の差により赤色互層，白色互層，中間色互層および頁岩層に細分した。赤色互層は赤褐色チャートおよび赤褐色～淡褐色泥質チャートと赤褐色頁岩の互層であり，チャート優勢である。白色互層は灰白色チャートと灰白色頁岩の互層であり，チャートと頁岩の量比は等量ないし頁岩優勢である。中間色互層は灰白色～淡桃色チャートと赤褐色～淡褐色頁岩との互層であり，チャートと頁岩の量比は等量の場合が多いが，いずれかが優勢となる場合がある。中間色互層と白色互層は漸移関係にある。



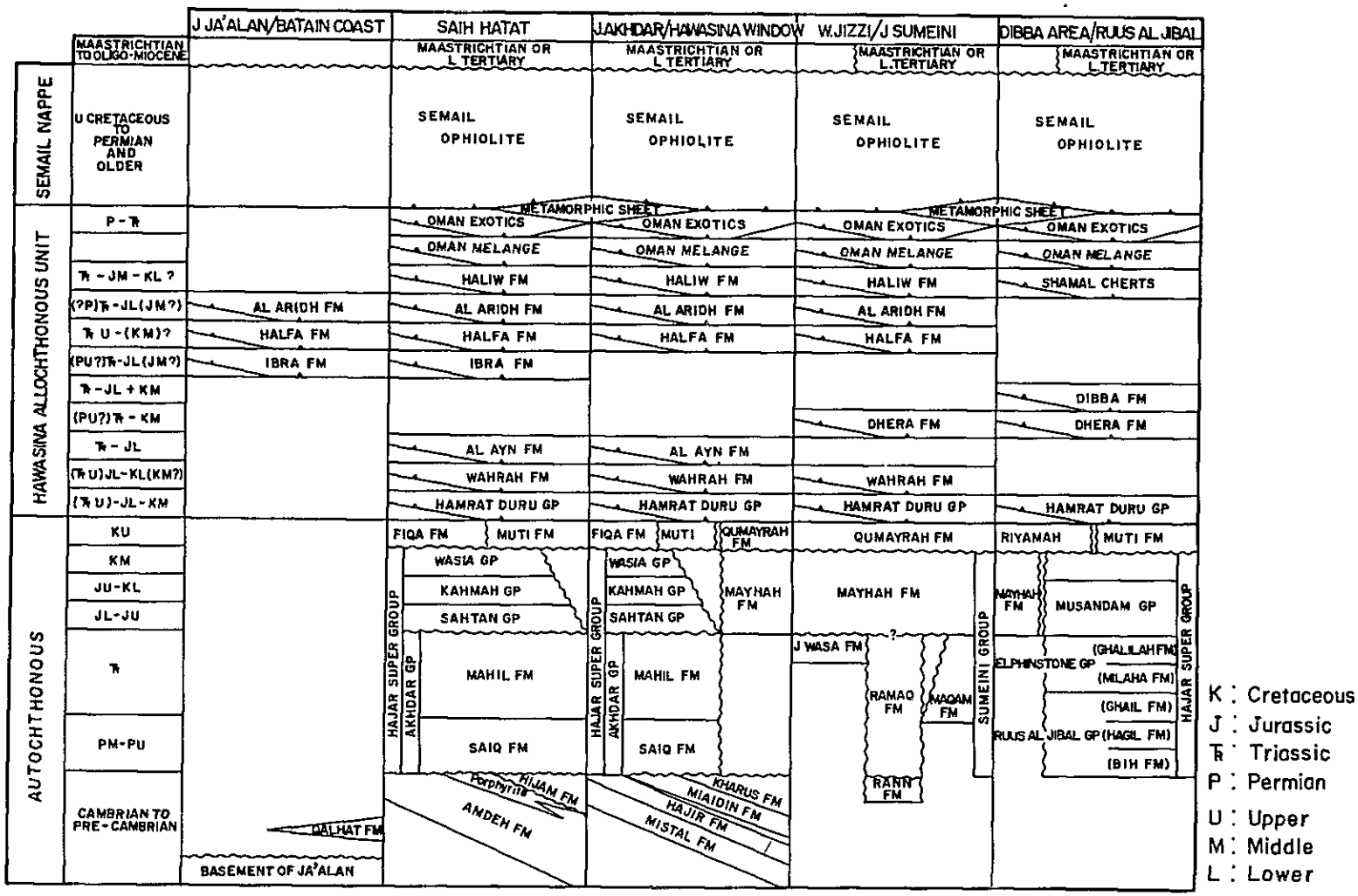
(after K.W. Glennie et al, 1974)

Fig. I—1 Geological Map of the Northern Oman



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

Fig. I—2 Geological Framework of the Northern Oman



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

Fig. I—3 Schematized Correlation of the Stratigraphic Units in the Oman Mountains

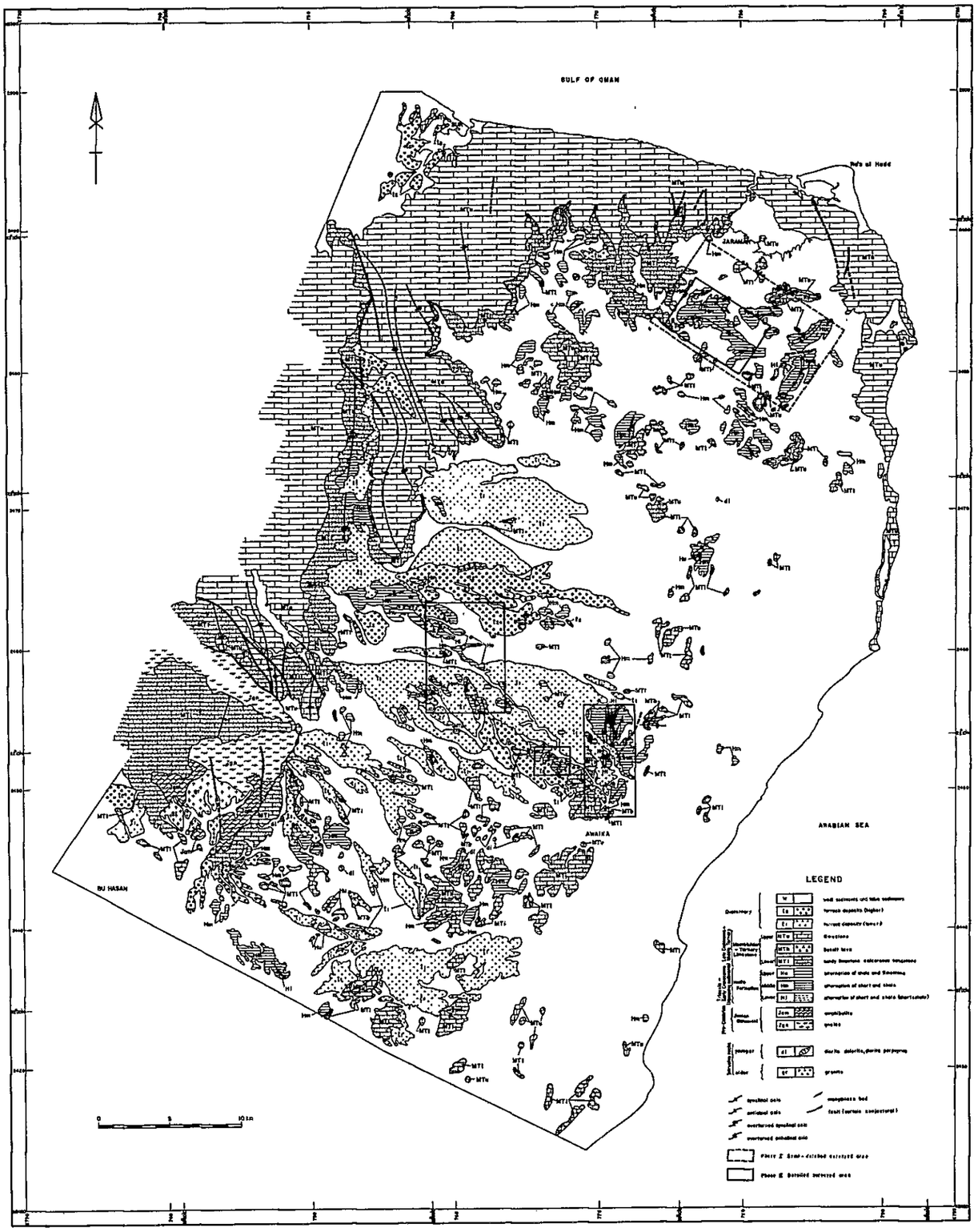


Fig. I—4 Geological Map of the Sur Area

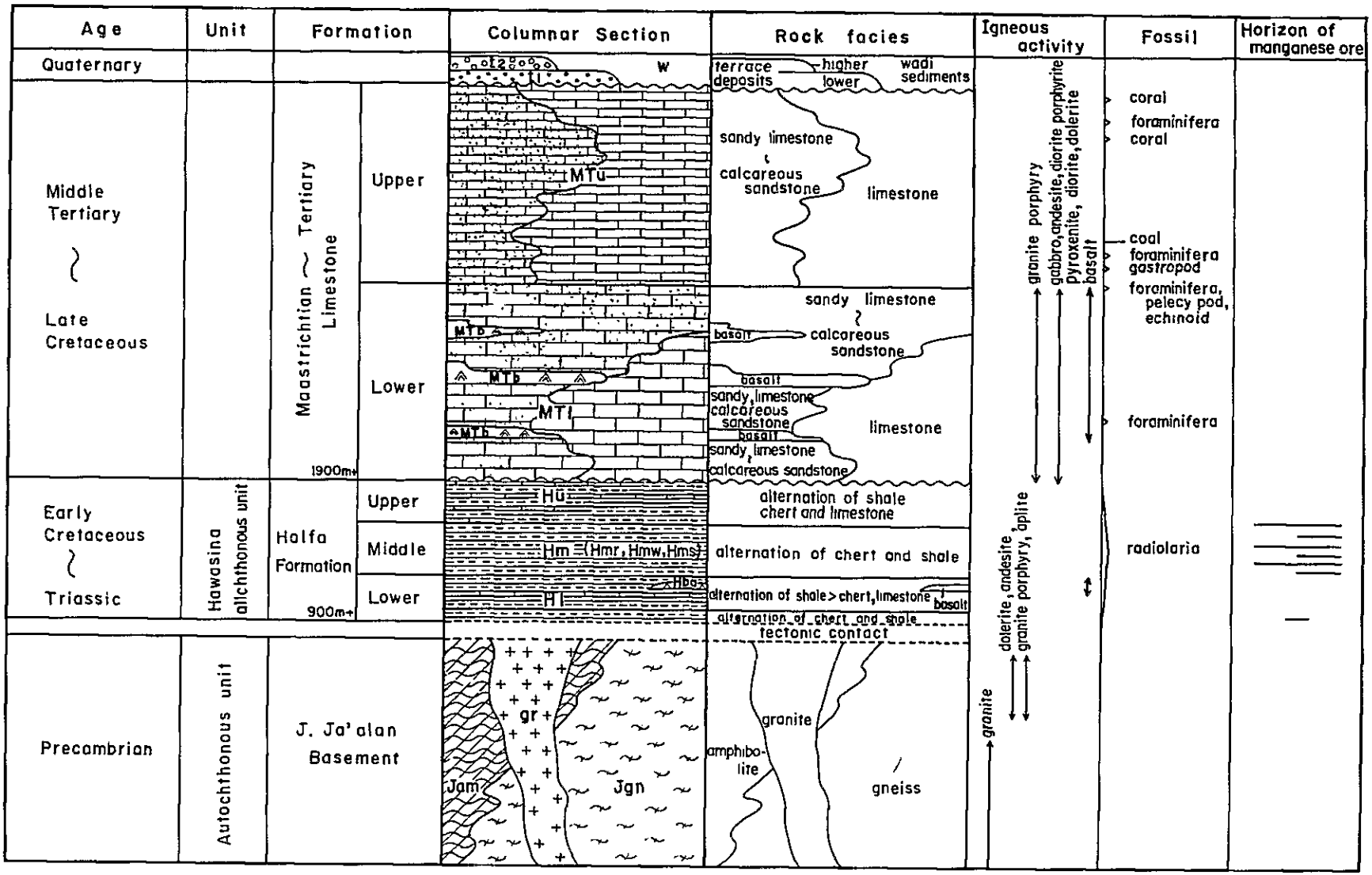
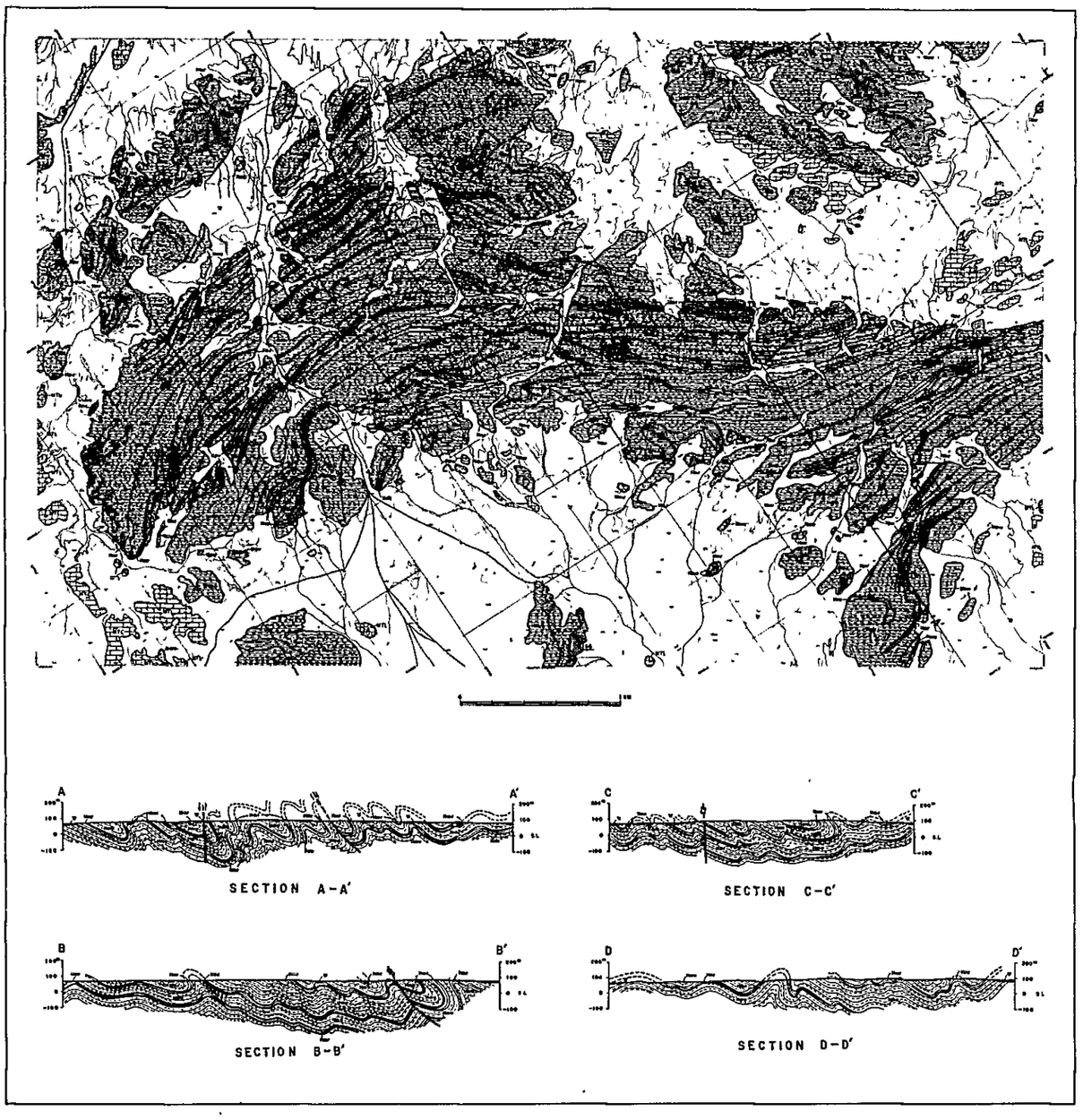


Fig. I—5 Schematic Geolegical Columnar Section of the Sur Area



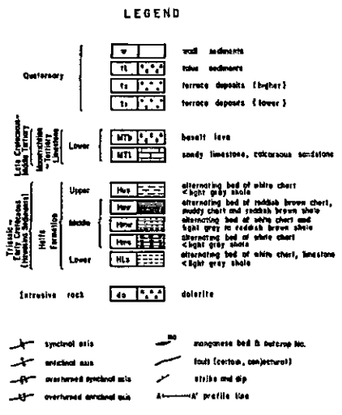


Fig. I—6 Geological Map of the Area A

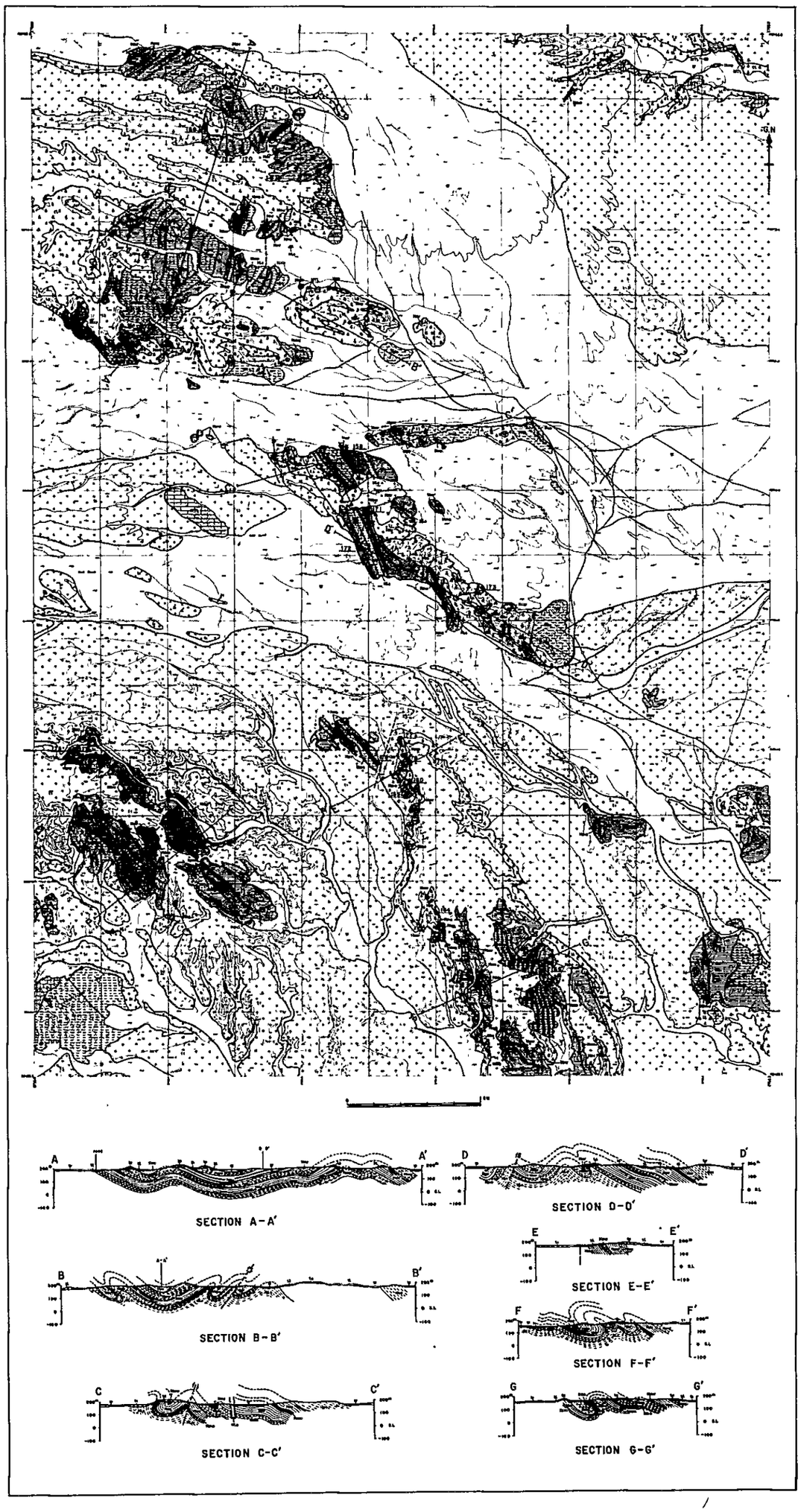
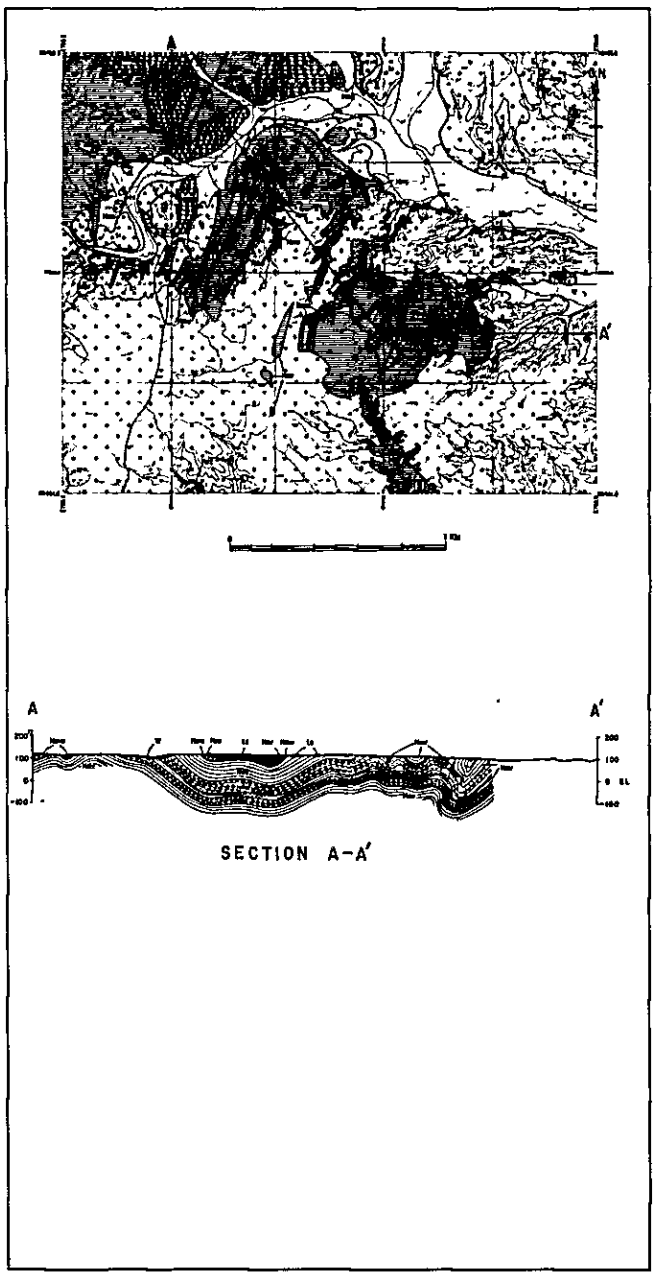


Fig. I—7 Geological Map of the Area B



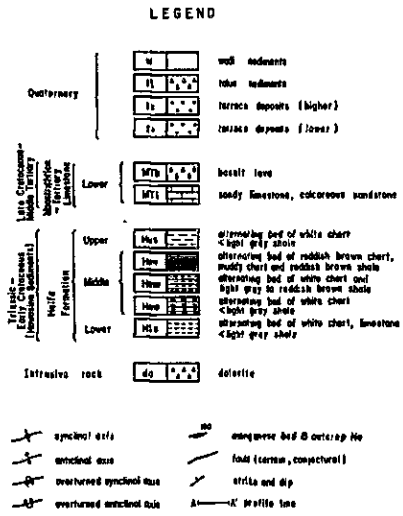
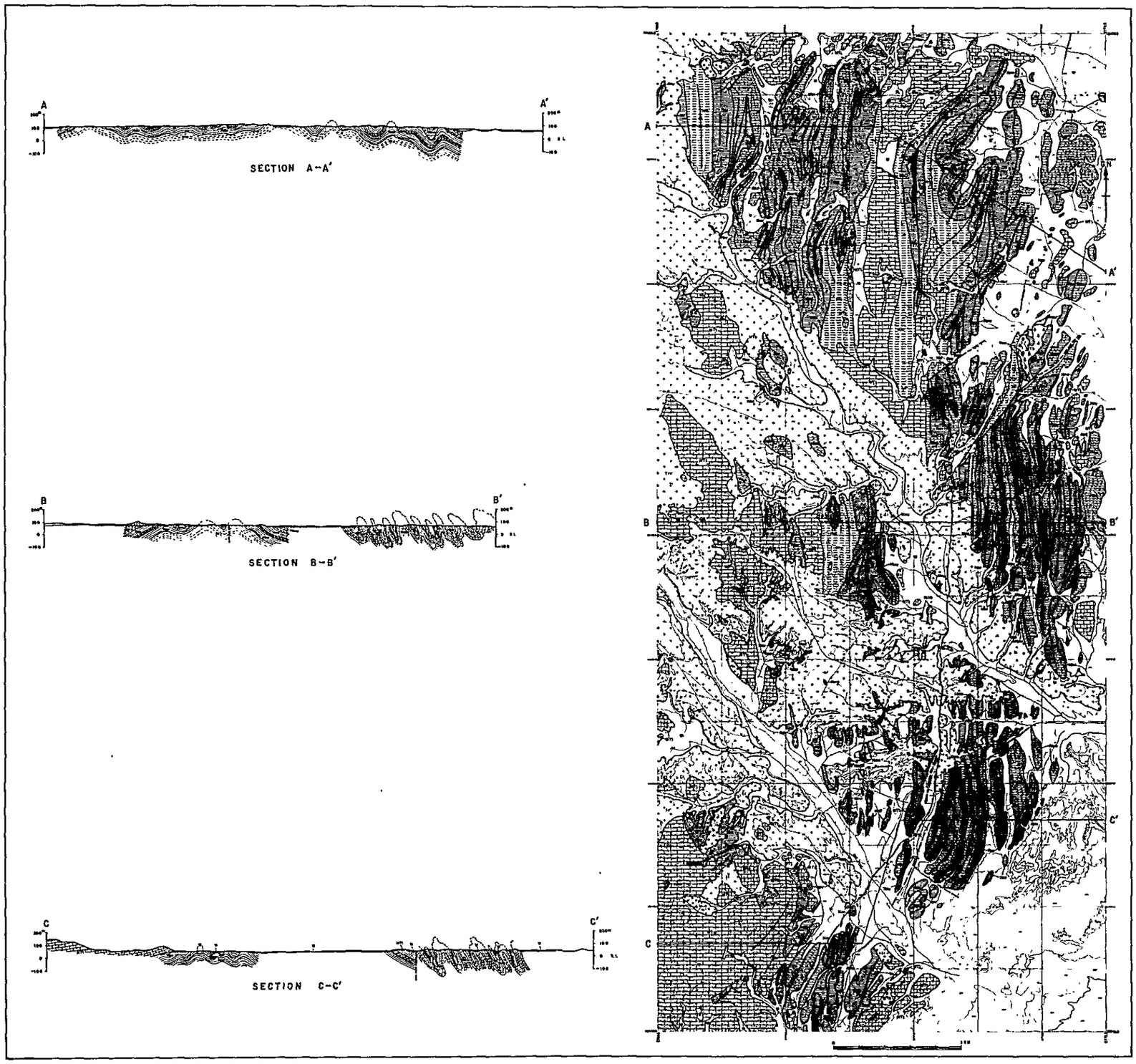


Fig. I—8 Geological Map of the Area C



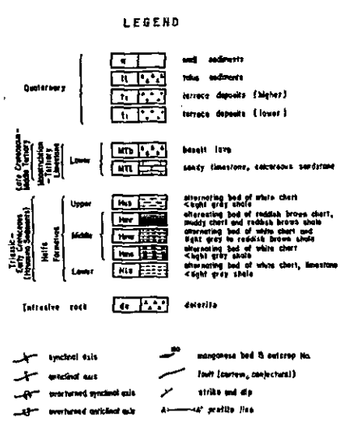


Fig. I—9 Geological Map of the Area D

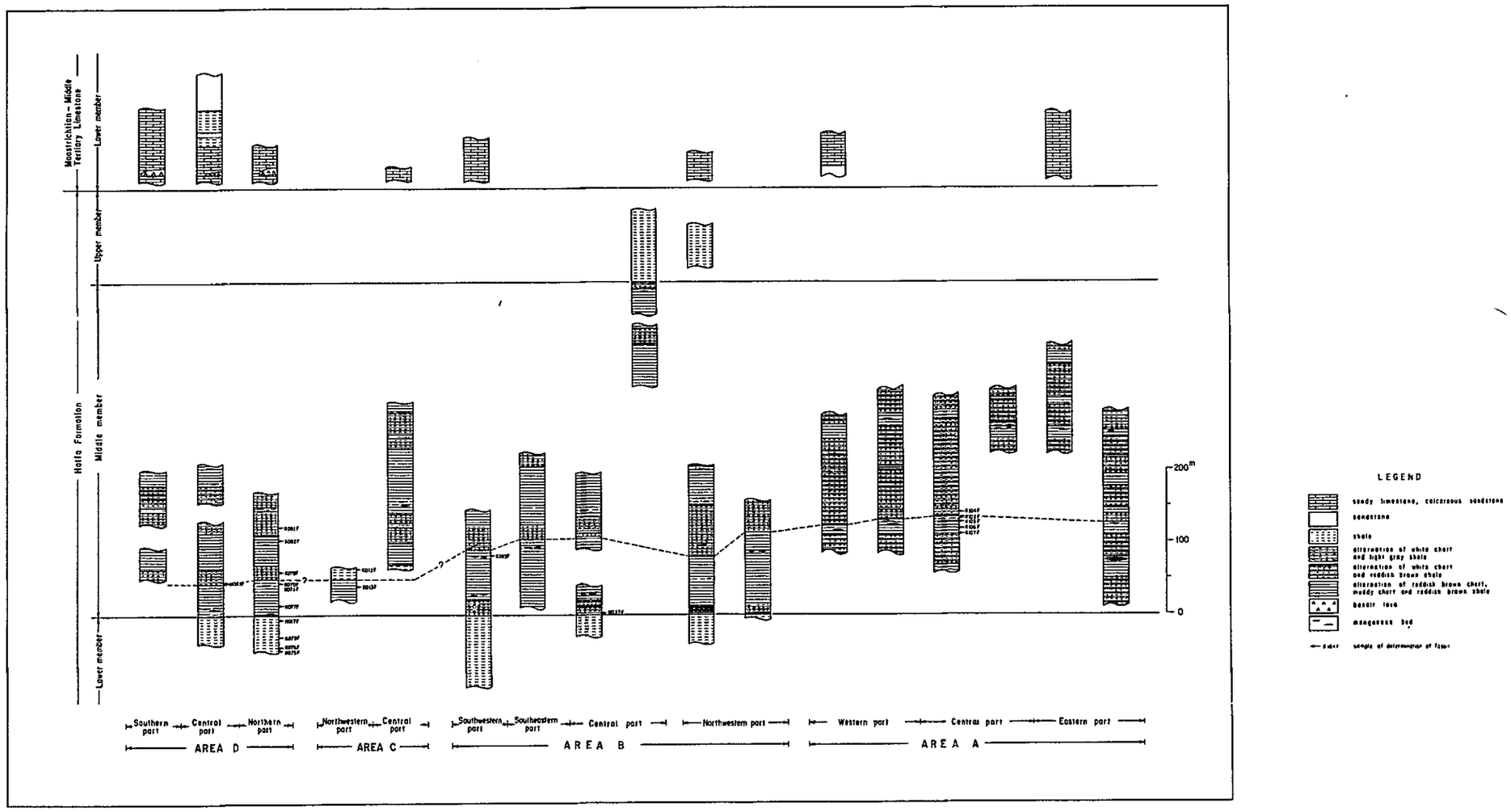


Fig. I—10 Geological Columnar Sections of the Surveyed Areas

これらの互層の分布状態を各地区別にみると，A地区では薄い赤色互層が繰り返し，またB，C，D地区では厚い赤色互層が繰り返し認められる。

また，下部層はチャート・頁岩互層および頁岩からなり，上部層はチャート・頁岩互層および石灰岩からなると定義されたが，本年度調査により下部層にも石灰岩を挾在していることが認められ，岩相の上から両部層を区別することは困難であるが，中部層を挾むという層位関係から両部層を区別した。また本地域のハルファ層中には火山活動を示すものは認められなかった。

第三紀石灰岩層はハルファ層を不整合に覆い，丘陵地あるいは低地にわずかに分布している。本年度調査地域では上部層は認められず，下部層のみであり，主として砂質石灰岩からなり，また玄武岩溶岩および凝灰岩も認められる。

第四紀堆積物はハルファ層および第三紀石灰岩層を覆い広範囲に分布する。特にB地区およびC地区における分布範囲は調査地域の８５％～７０％に達している。

貫入岩類にはB地区においてパイロキシナイトおよび粗粒玄武岩が，D地区において玄武岩がある。これらの貫入岩のうち，D地区の玄武岩はハルファ層中に貫入した岩脈であるが，他の貫入岩は第四紀堆積物で覆われハルファ層との関係は明らかではない。

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隆起運動の影響を強く受け，本地域の地質構造は極めて複雑となり，著しい褶曲および断層が発達している。本年度調査ではハルファ層中部層を細分し，特に赤色互層および白色互層を追跡し，地質構造の把握に努めた結果，褶曲構造には２～３次のオーダーの褶曲が組み合わさり，複雑な構造となっていることが明らかとなった。また主要褶曲構造の方向にはE－W系，NW－SE系，NE－SW系およびN－S系があり，各地区異なった方向を示し概略A地区はNW－SE系，B，C，D地区はN－S系といえる。断層には褶曲軸の方向と同一のものと斜交するものとがある。

以下各調査地区の地質につき述べる。

2－2　層　　序

2－2－1　A　地　区

A地区の層序は下位よりハルファ層中部層，第三紀石灰岩層下部層およびワジ堆積物よりなる。

1）ハルファ層中部層（Hmr，Hmw）

分布：本層は本地区に広く分布している。

岩相：チャートと頁岩よりなるが，それらは色調の相違および量比によって赤色互層（Hmr），白色互層および中間色互層（Hmw）に分けられ，これらの互層が繰り返し認められる。

赤色互層（Hmr）は赤色・赤褐色・灰褐色チャート～泥質チャートと赤褐色・淡褐色頁岩の互層である。チャートと泥質チャートは単層中で漸移関係にあり，チャートのみの単層は稀で，中心部がチャートでその周辺部が泥質チャートである場合が一般的である。泥質チャートのみからなる単層も多く認められる。単層の厚さはチャート～泥質チャートが２～２０cmで，頁岩は１～１０cm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り，２：１～１０：１である。赤色互層は本地区には少なくとも６層存在し，それぞれの厚さは５m～３０mである。この赤色互層にはマンガン鉱層を胚胎しており，鉱層周辺部では淡褐色泥質チャートとなり，頁岩も淡褐色となっている。赤色互層のチャートの検鏡結果は次のとおりである。

赤褐色チャート（試料Ｋ１０６）

玉髄質石英の集合よりなり，微晶質石英も多く認められる。砕屑性粒子は全く含まれていない。赤色ラミナが明瞭である。放散虫化石は多量存在し，最大径0.3㎜，平均径0.1㎜である。粘土鉱物（モンモリロナイト，絹雲母）と不透明鉱物が少量認められる。石英細脈が数本ある。

淡褐色泥質チャート（試料Ｋ１１２）

玉髄質石英と微晶質石英の集合よりなる。赤色ラミナやマンガン鉱物よりなる黒色ラミナが明瞭である。放散虫化石が多量にあり，最大径0.6㎜，平均径0.3㎜である。粘土鉱物（モンモリロナイト）が少量認められる。方解石がスポット状にある。

赤褐色泥質チャート（試料Ｋ１１３）

玉髄質石英と微晶質石英の集合よりなる。赤色ラミナが明瞭である。放散虫化石が多量にあり，最大径0.3㎜，平均径0.1㎜である。粘土鉱物（モンモリロナイト，カオリン，絹雲母）が少量認められる。

白色互層は白色・淡黄色・灰白色・淡紫色を示すチャートと頁岩よりなる。単層の厚さは２cm～２０cmである。チャートと頁岩との量比は等量ないし頁岩優勢である。本互層中にはマンガン鉱層は存在しない。この互層は分布範囲が小さく，次に述べる中間色互層と漸移関係にあるため地質図では特に区分していない。しかし白色互層は赤色互層に接して分布することが多く特徴的である。白色互層のチャートの検鏡結果は次のとおりである。

灰白色チャート（試料Ｋ１０４）

玉髄質石英の集合よりなり，微晶質石英も多く認められる。褐色ラミナが明瞭である。放散虫化石は中量存在し，最大径0.3㎜，平均径0.０１㎜である。粘土鉱物（絹雲母）

と不透明鉱物が少量認められ，方解石脈が数本ある。

中間色互層は白色～淡桃色のチャートと赤褐色～淡褐色頁岩よりなる。単層は２cm～２０cmである。本互層のチャートと頁岩の量比は等量の場合が多いが，いずれかが優勢になる場合もしばしば認められる。白色互層を含めた中間色互層の厚さは１０m～５０mである。本互層中には稀に厚さ１cm以下のレンズ状のマンガン鉱物濃集部が認められる。

赤色互層と白色互層を構成するチャートと頁岩を螢光X線による化学分析を行なった。その結果はTable A-7に示すが，赤色と白色の違いはFeの含有量により赤色互層はFe含有量が多いことが明らかとなった。

また，顕微鏡下の観察では放散虫化石の量に違いがあり，赤色互層の方が白色互層より放散虫化石が多く認められる。

層位関係：下位の地層が露出せず明らかではないが，下部層と整合関係と考える。

層　　厚：本地区では３６０m以上と推定される。

2）第三紀石灰岩層下部層（MT1）

分　　布：本層は本地区の西部および東部にわずかに分布している。

岩　　相：淡灰色砂質石灰岩であり，層理が発達している。また暗灰色砂質石灰岩が西部にて認められた。

層位関係：下位層との接触部を発見できず，明らかではないが，ハルファ層と不整合と考える。

層　　厚：本地区では９０m以上である。

3）ワジ堆積物

分　　布：本堆積物はワジおよび低地部に広く分布する。

岩　　相：砂・礫からなる。

２－２－２　B　地　区

B地区の層序は下位よりハルファ層，第三紀石灰岩層および第四紀堆積物よりなる。本地区には第四紀堆積物が広域に分布し，ハルファ層の露出は極めて悪い状態にある。

1）ハルファ層

本地区のハルファ層は下位より下部層，中部層，上部層に分けられる。以下各層について述べる。

下部層（H1）

分　　布：本地区西部および中央部の西側に分布している。

岩　　相：頁岩層を主とし，時に，灰白色チャートと互層をなす。全体的には黄白色を呈す

る。また，黒色あるいは，黒褐色の厚さ３～５cm程の石灰質層あるいは石灰質ノジュールを挾在する。

層位関係：下位の地層が露出せず明らかではないが，下位イブラ層とは，テクトニック・コンタクト関係にあると考えられている（Glennie et al １９７４）。

層　　厚：本地区南西部で１５０m以上と推定された。

中部層（Hmr，Hmw，Hms）

分　　布：露出部の大部分は本層に相当する。

岩　　相：本地区には赤色互層と白色互層と中間色互層があり，これらが繰り返し認められる。赤色互層は４層あり，層厚は３０m～９０mとＡ地区の赤色層より厚い。マンガン鉱床のほとんどは本互層に胚胎されている。赤色互層のチャートの検鏡結果は次のとおりである。

赤褐色泥質チャート（試料Ｇ１２５）

玉髄質石英と微晶質石英の集合よりなる。赤色ラミナが認められる。多量の放散虫化石が認められ，少量の粘土鉱物が認められる。

また，赤色互層中に黄色チャートのレンズが認められ，このチャートの検鏡結果は次のとおりである。

黄色チャート（試料Ｇ１２４）

微晶質石英よりなり，マンガン鉱物と褐鉄鉱が認められ，褐鉄鉱鉱染が著しい。石英脈が多数あり，これを方解石細脈が切っている。砕屑性粒子や放散虫化石はまったく認められない。

白色互層は４層あり，層厚は１０m～６０mである。中間色互層と漸移しているため地質図では区別していない。白色チャートの検鏡結果は次のとおりである。

灰白色チャート（試料Ｇ０６４）

玉髄質石英と微晶質石英の集合よりなる。弱いラミナが認められる。放散虫化石は中量で，少量の粘土鉱物が認められる。砕屑性粒子はまったく含まれない。

以上の互層の単層の厚さは各互層により著しい変化はなく，それぞれチャートは５cm～２０cm，頁岩は１cm～１５cmである。また本地区南東部には頁岩層（Hms）があり，チャートの薄層を挾在している。同様の岩相を示すものはＣ地区にも分布するが両者の層準は異なっていると思われ，この頁岩層は局部的な挾みと考える。

層位関係：下部層と整合関係であり，チャート・頁岩互層は次第に頁岩優勢となり，頁岩層へ漸移する。

層　　厚：本地区では約３００mと推定される。

上部層（Hu）

分　　布：本地区中央部の東側および東部に分布する。

岩　　相：下部層の岩相とほとんど差がなく，黄白色頁岩を主としている。本地区では層位関係から上部層と下部層を区別した。

層位関係：中部層とは整合関係である。

層　　厚：１００ｍ以上と推定される。

なお，本地区では上部層，中部層，下部層が分布しており，その合計の厚さは５００ｍ以上と推定される。しかし地層の褶曲による繰り返しがみられる本地区では，鍵層のないハルファ層の厚さをもとめることは非常に困難である。

2）第三紀石灰岩層下部層（ＭＴ１）

本地区には石灰岩層の下部層のみが分布している。

分　　布：全域に小規模な露出がみられる。

岩　　相：砂質石灰岩を主とし，表面は暗褐色～暗灰色を帯びる。石英粒を含み，粒度は中粒～粗粒である。

層位関係：ハルファ層との関係は直接には境界が観察されていないが，本層は不整合にハルファ層を覆っていると考えられる。

層　　厚：６０ｍ以上が推定される。

3）第四紀堆積物

第四紀堆積物は主に大小礫と砂から構成され，その分布範囲は本地区の８５％を占め，段丘堆積物および崖錐堆積物がある。

段丘堆積物は高位，低位の２段ある。高位段丘堆積物は本地区西部では標高２１０ｍ以上，東部では１８５ｍ以上に分布する。低位段丘堆積物は西部で１７５ｍ以上，東部で１６３ｍ以上に分布する。本年度は本地区の高位段丘堆積物に覆われたマンガン鉱層を対象に段丘堆積物中でトレンチを実施した。この段丘堆積物の厚さは１ｍ～３ｍ以上に達し，石灰岩の礫を主体とし，地表下１ｍ以深は基地がカルクリート状となり固結している。

２－２－３　Ｃ　地　区

Ｃ地区の層序は下位より，ハルファ層中部層，第三紀石灰岩層下部層および第四紀堆積物となる。

1）ハルファ層中部層（Ｈｍｒ，Ｈｍｗ，Ｈｍｓ）

分　　布：地区中央部から北西部の丘陵地に分布する。

岩　　相：赤色互層，白色互層および頁岩層からなる。赤色互層は４層認められ，これらの厚さは２０～９０ｍである。赤色互層は主に泥質チャート・頁岩からなり，単層の厚さはそれぞれ５ｃｍ～１５ｃｍ，１ｃｍ～５ｃｍでありチャート優勢である。赤色互層の上下境界付近，厚さ５ｍ～１０ｍの部分は全体に紫灰色を呈し頁岩優勢となり，後述の白色互層あるいは頁岩層と漸

移する。マンガン鉱床はこの赤色互層中に胚胎している。白色互層は大きく２層あり，厚さはそれぞれ４０ｍ，５０ｍである。本互層の単層の厚さは２cm～１０cmであり，やや頁岩優勢である。また本互層中に厚さ６０cmの黄褐色チャートを挟み極く稀れに厚さ５cm以下のレンズ状マンガンを含むときがある。頁岩層は厚さ３０ｍで灰色頁岩を主とする。頁岩はときに厚さ１０cmの白色泥質チャートや厚さ３cm～１０cmの含炭質物（？）黒色石灰質泥岩を挟む。

層位関係：下位層が露出せず明らかではないが，下部層と整合関係と考えられる。

層　　厚：２７０ｍ以上と推定される。

２）第三紀石灰岩層（ＭＴ１）

分　　布：地区東部に局部的に分布する。

岩　　相：本地区では下位に淡黄褐色含礫砂質石灰岩，上位に黒色多孔質凝灰質石灰岩が認められる。

層位関係：ハルファ層と不整合関係と考えられる。

層　　厚：２０ｍ以上と推定される。

３）第四紀堆積物

第四紀堆積物は高位段丘堆積物，低位段丘堆積物，崖錐堆積物およびワジ堆積物からなる。段丘堆積物はカルクリートおよび未固結砂，礫からなる。またワジ堆積物は未固結砂・礫である。

２－２－４　Ｄ　地　区

Ｄ地区の層序は下位より，ハルファ層（下部層，中部層），第三紀石灰岩層，第四紀堆積物となる。

１）ハルファ層下部層（Ｈ１）

分　　布：地区中央部から北部にかけて分布する。

岩　　相：黄白色～淡紫灰色を呈する頁岩層であり，灰白色チャートを挟在する。下位の頁岩中にときに厚さ２cm～５cmの淡桃色珪質石灰岩薄層を挟在する。この石灰岩薄層は緻密堅硬である。灰白色チャートの検鏡結果は次のとおりである。

灰白色チャート（試料Ｋ０７５）

微晶質石英と玉髄質石英の集合よりなる。粘土鉱物（モンモリロナイト）を含む。褐色ラミナが認められる。放散虫化石は中量含まれ，最大径0.2mm，平均径0.1mmである。不透明鉱物はほとんど含まれない。

淡赤色チャート（試料Ｋ０７６）

微晶質石英と玉髄質石英の集合よりなる。0.5mm～1.0mmのオーダーで放散虫化石をほとんど含まず，粘土鉱物（モンモリロナイト）を含む淡褐色な部分と放散虫化石を多

量に含む白色な部分の互層が認められる。放散虫化石の最大径は0.2㎜，平均0.08㎜である。

層位関係：下位層が露出せず明らかでない。

層　　厚：本地区内では50m以上と推定される。

2）ハルファ層中部層（Hmr，Hmw）

分　　布：丘陵地全域に分布する。

岩　　相：赤色互層は3層あり，下位2層の厚さは40m～50mである。最上位層は30m以上である。赤色互層は主に泥質チャートと頁岩の互層であり，チャートの厚さ2cm～10cm，頁岩の厚さ1cm～10cmで一般にチャート優勢である。赤色互層中にマンガン鉱床を胚胎する。赤色互層のチャートの検鏡結果は次のとおりである。

赤褐色泥質チャート（K073）

玉髄質石英と微晶質石英の集合よりなる。砕屑性粒子は全く認められない。弱い赤色ラミナが認められる。放散虫化石は多量に認められ，最大径0.4㎜，平均径0.15㎜である。少量の粘土鉱物（モンモリロナイト，絹雲母）が含まれ，不透明鉱物は殆ど認められない。

赤褐色チャート（試料K074）

玉髄質石英と微晶質石英の集合よりなる。赤色ラミナが認められる。放散虫化石は多量に存在し，最大径0.4㎜，平均径0.15㎜である。少量の粘土鉱物（カオリン，絹雲母）が含まれ，マンガン鉱物が脈状に認められ，石英脈，方解石脈が2～3本ある。

白色互層は3層認められ，チャートと頁岩の量比は一般に等量である。中間色互層は2～3層認められるが，厚さ5m～40mである。チャートと頁岩の量比は等量である。中間色互層は白色互層と漸移関係にあり，地質図ではその区別はしていない。

層位関係：下部層と整合関係である。

層　　厚：210m以上と推定される。

3）第三紀石灰岩層（MTl，MTb）

分　　布：地区北部と中央部の南側に分布する。

岩　　相：本層は黄褐色砂質石灰岩，灰色～暗灰色塊状石灰岩，灰色砂岩，淡緑灰色頁岩，暗灰色玄武岩溶岩，凝灰岩等からなる。砂質石灰岩は一般に細粒であるがときに粗粒となり，小円礫を含む。塊状石灰岩は場所により有孔虫化石を含む。暗灰色石灰岩は多孔質である。砂岩は淡灰色を呈するが風化面は暗灰色を呈する。玄武岩溶岩は地区中央部の東側および南東部に認められる。また凝灰岩は南部の丘陵に小分布しているのが認められ，この凝灰岩は玄武岩質～安山岩質であり，ハルファ層のチャート角礫を含む。また，ピソライトも認められた。玄武岩の検鏡結果は次のとおりである。

玄武岩（試料Ｋ００６）

組　　織：長柱状斑状組織

構成鉱物：普通輝石>斜長石>不透明鉱物

二次鉱物として方解石，緑泥石，緑簾石がある。斑晶は１㎜大の長柱状普通輝石よりなり，石基は斜長石，自形の不透明鉱物，普通輝石からなる。斑晶の普通輝石は方解石に一部交代されている。

層位関係：ハルファ層と不整合と考える。

層　　厚：１５０ｍ以上と推定される。

4）第四紀堆積物

第四紀堆積物は段丘堆積物，崖錐堆積物，ワジ堆積物であり，砂・礫からなる。

２－２－５　ハルファ層の対比および時代

本年度調査地域である４地区に分布するハルファ層は下位より下部層，中部層，上部層，に分けられるが，ハルファ層には著しい褶曲が発達し，また明瞭な鍵層となる地層がないため，各地区の対比は極めて困難である。

Ｂ，Ｃ，Ｄ地区については下部層の存在により対比され，また赤色互層および白色互層の層厚が厚く比較的対比は容易である。しかしＡ地区には中部層が分布するのみで，上部および下部層が分布せず，また，赤色互層が６層あり，Ｂ，Ｃ，Ｄ地区との対比は容易でない。しかし，Ａ地区の東側に下部層が露出し，Ａ地区東部の地層が中部層の中でより下位に位置し，この最下位の赤色互層がＢ，Ｃ，Ｄ地区の最下位の赤色互層と対比されるものとした。

また，各地区の下部層上位から中部層のチャート中の放散虫化石について，生層序学的検討を行なった。試料数は２０個であり，このうち４個の試料には放散虫化石は認められなかったが，残りの１６個の試料から保存の良い放散虫化石が抽出された。検討結果はTableA－３に示すが，次の３つの放散虫化石群が認められ，群集構成種をPessagno（１９７７　ａ，ｂ），Foreman（１９７３，１９７７）　Schaaf（１９８１）　などの分帯と比較して，それぞれの群集の時代を決めた。時代には多少の幅があり，一見重複しているところがあるが，群集１，２，３の上下関係は成立している。

群集１：Berriasian～Valanginian

Eucyrtidium (?) ptyctum, Protunuma sp., Thanarla conica, Parvicingnla citae, P. spp., Setocapsa sp., Archaeodictyomitra apiara, Paronaella sp.

などを特徴的に含む。

群集２：Valanginian～Barremian

Archaeodictyomitra apiara, Pseudodictyomitra carpatica,
Thanarla pulchra, Parvicingnla boesii, Alievium sp.,
Mirifusus sp.
などを特徴種とするが群集１と群集３との中間的な性質をもつ。

群集３：Barremian～Aptian

Cecrops septemporatus, Archaeodictymitra lacrimula,
Eucyrtis tenuis, E. micropora, Alievium helenae,
Sethocapsa trachyostraca, Thanarla pulchra
などを特徴種とする。

群集１の試料にはＫ０７７，Ｋ１０６がある。Ｋ０７７はＤ地区露頭№１６０の下盤の赤褐色チャートであり，Ｋ１０６はＡ地区の露頭№１１０の見掛上盤の褐色チャートである。

群集２の試料にはＫ０１３，Ｋ０７１，Ｋ０８１，Ｋ０８２，Ｋ１０３，Ｈ００３がある。Ｋ０７１，Ｋ０８１，Ｋ０８２はＤ地区露頭№１６０の上盤の赤色チャート，灰白色チャート，赤色チャートであり，これらは地質図上では下位よりＫ０７１，Ｋ０８２，Ｋ０８１となるが，ほぼ同時代のものであり，繰り返しがあるかもしれない。Ｋ１０３はＡ地区露頭№１１０の見掛下盤の赤色チャートである。Ｈ００３はＤ地区の白色互層の最下位のものである。

群集３の試料にはＫ０７８，Ｋ０９３，Ｋ１０４がある。Ｋ０７８はＤ地区露頭№１６０の上盤の白色互層中のチャートである。Ｋ０９３はＢ地区の露頭№１５９（トレンチ№３）の赤色チャートである。Ｋ１０４はＡ地区の露頭№１１０の見掛下盤の白色互層中のチャートである。

またThitonian～Berriasianの試料としてＫ０１２，Ｈ０３７がある。Ｋ０１２はＣ地区の頁岩層中のチャートであり，Ｈ０３７はＢ地区の最下位白色互層のチャートである。

また，Ｋ０７５，Ｋ０７６，Ｋ１０７については放散虫化石が認められるが，保存悪く上記の群集には入れてない。

以上から，本地区のチャートはジュラ紀末（Tithonian）から白亜紀前期（Aptian）までの時代を示し，また，同一群集に属する試料の地層がそれぞれ対比されるものと考えるとＡ地区の下位から２番目の赤色互層（群集１，２）はＣ地区，Ｄ地区の最下位赤色互層（群集１，２）と対比されるものと推察される。また，Ｂ地区の最下位赤色互層（群集３）の上部は，Ａ地区の最下位白色互層（群集３）およびＤ地区最下位白色互層（群集３）と同一時代のものであり，Ｂ地区の最下位赤色互層はＡ地区の下位から２番目の赤色互層，Ｃ，Ｄ地区の最下位赤色互層に対比されるものと推察される。

本地区には褶曲が著しく発達し，地層の繰り返しがあるが，放散虫化石の生層序学的手法に

より，A，B，C，D各地区の地層の対比を行なうことができた。今回対比されたA地区の下位から2番目の赤色互層には鉱床露頭№１１０が胚胎し，またB地区，D地区の最下位赤色互層には鉱床露頭№１５９，№１６０があり，主要鉱床の胚胎する赤色互層が同一層準ある可能性がある。

なお，ハルファ層中部層の層厚は５００ｍ以上となり，スール地区におけるハルファ層の層厚は９００ｍ以上と推定される。

2－3 貫 入 岩

貫入岩として粗粒玄武岩，安山岩．玄武岩，パイロキシナイトがある。

粗粒玄武岩はB地区及びD地区にて発見された。B地区の粗粒玄武岩はB地区北西部の崖錐堆積物中に小露頭としてあり，ハルファ層との関係は不明である。D地区の粗粒玄武岩はD地区南部に岩脈としてある。D地区南部のものは第三紀石灰岩層にあり，走向N２０W，幅２０cmの小規模なものである。また中央部西側には石灰岩中に小露頭として粗面安山岩があり，岩脈あるいは岩床として貫入したものと考えるが，第四紀堆積物に覆われ明らかではない。検鏡結果は下記のとおりである。

粗面安山岩　（試料H０１４）

組　　織：粗面岩状組織

構成鉱物：斜長石，不透明鉱物，方解石，緑泥石，カールスバッド双晶が多く，一部アルバイト－カールスバット複合双晶が認められる。An％＝４０％，二次鉱物として方解石，緑泥石が認められる。

玄武岩はD地区中央部に小岩脈としてハルファ層中に認められる。本岩は緑色を呈し，緻密・無斑晶質で，走向N－SないしNNE－SSW系を示し，幅１ｍ～５ｍである。本岩には急冷周縁相があり，母岩に黄鉄鉱鉱染が認められる。

パイロキシナイトはB地区南東端に小露頭として発見された。本岩は完晶質粗粒であり，検鏡結果は次のとおりである。

パイロキシナイト（試料K１５０）

組　　織：等粒状組織

構成鉱物：斜方輝石（紫蘇輝石）＞単斜輝石（普通輝石）≧カンラン石

二次鉱物としてジャモン石，方解石がある。２mm～１mmの自形の斜方輝石と１mm大の自形～半自形の単斜輝石よりなり，自形の0.４mm大のカンラン石が少量認められる。斜方輝石は離溶ラメラが認められ，一部劈開に沿って方解石に交代されている。粒間や単斜輝石の一部はジャモン石によって交代され，カンラン石はほとんど交代されている。

本岩は崖錐堆積物に覆われているため，ハルファ層との関係は明らかではない。

2－4　地質構造および地史

スール地区の地質構造は白亜紀後期の大規模な衝上断層および第三紀中期の隆起により大きく支配されている。これらの変動運動により，スール地区の地質の主要を構成するハルファ層には著しい褶曲および断層が発達している。

本年度の調査地区は主としてハルファ層からなるが，地質構造は各調査地区により若干異なっており，以下各地区ごとに，特にハルファ層の地質構造の特徴を述べる。

2－4－1　A　地　区

A地区のハルファ層には多くの褶曲や断層が観察され，複雑な構造を示している。褶曲の規模には3つのオーダーがあり，1）波長100m～500mの褶曲，2）波長1m～3m，稀に10m以上の褶曲，3）波長数cmの褶曲に分けられる。

1）の褶曲は本地区の主要な褶曲構造であり，その褶曲軸の走向は中央部ではNW－SE系となる。また，これらの褶曲のほとんどは南へ傾斜した褶曲軸を持つ転倒褶曲であり，かつタイトな褶曲である。2）の褶曲には1）の褶曲と直交する方向の褶曲軸をもつ開いた褶曲がある。このオーダーの褶曲は野外でよく観察される。3）の褶曲は2)の褶曲に伴ってみとめられる小規模なものである。

本地区には小規模な断層は非常に多く観察される。しかし地質図上に示すことができる規模の断層は多くない。多くの断層は褶曲軸の方向と斜交するが，並行のものもある。断層の方向としてはENE－WSW系，NW－SE系が多く，またNNE－SSW系およびE－W系もある。

2－4－2　B　地　区

B地区の主要な褶曲構造は北部ではNE－SW系ないしNNE－SSW系であるが中央部から南西部ではNW－SE系である。また南部から南東部ではE－W系，NW－SE系，NE－SW系とさまざまな褶曲軸の方向がみられる。北部のNNE－SSW系は大きな盆状構造をなしており，二次的と考えられるE－W系のうねりがある。

断層は地層の走向，褶曲軸の方向とほぼ並行のスラスト系の断層があり，またこれらの方向と斜交する断層として南西部ではNE－SW系，北西部ではNW－SE系の小断層が認められた。

2－4－3　C　地　区

本地区の主要褶曲構造はN－S系ないしNNE－SSW系の褶曲軸をもつものである。またこの褶曲に伴い小褶曲が発達し，その褶曲軸の方向はNNW－SSE系およびNNE－SSW

系がある。

小断層は多数存在するが，比較的大きい断層として西部にE－W系の断層がある。

2－4－4　D　地　区

主要な褶曲構造はN－S系ないしNNE－SSW系の褶曲軸の方向であり，波長50m～100m以上の褶曲である。これらの褶曲のうち東部から南部の褶曲は東側に傾斜した転倒褶曲である。また，北東部では顕著なNE－SW系の褶曲がみられ，北東方向にプランジしている。また，これらの多くの褶曲により，地層の繰り返しがみられる。

第三紀石灰岩層にも褶曲が発達しているが，褶曲軸の方向はハルファ層中のものと類似している。

断層には顕著なものとして，NE－SW系があり，この他小規模なものとしてN－S系，E－W系がある。

貫入岩の方向もD地区の主要構造であるN－S系ないしNNE－SSW系を示している。

2－4－5　地　　史

本調査地域を含むスール地区の地史を，Glennie et al（1974）のオーマン山脈の構造発達史を参考に，まとめると概略，次のとおりである。

二畳紀から三畳紀にかけてはスール地区の北東方に，浅海域があり，塩基性火山活動を伴ない礁性石灰岩が形成された。三畳紀に，これらの石灰岩の周辺には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，ハワシナ堆積盆が形成され始め，ハルファ層の堆積はこの時期に始まった。また海嶺の形成および海底火山活動も開始された。白亜紀中期までハワシナ堆積盆には堆積環境の差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）が形成され，ハルファ層はこの一部で遠洋性堆積物であるチャートおよび頁岩からなる。またハルファ層堆積時には海底火山活動があり，スール地区のマンガン鉱床はこの火山活動と関連して生成されたものと考える。鉱床生成時期は放散虫化石からジュラ紀末から白亜紀前期と推定される。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ホームの上にのり，さらに海洋底地殻であるオフィライトもハワシナ層群の上にのり上げた。この衝上断層によりハルファ層に著しい褶曲，断層が形成された。白亜紀末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，また塩基性火山活動を伴い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。

第3章　鉱　　床

3－1　鉱床概要

スール地区には従来より，マンガン鉱床が知られていたが，昨年度の調査により，さらに多数のマンガン鉱床露頭が発見され，その分布はスール地区のほぼ全域におよぶことが明らかとなった。

鉱床は一般に数層のマンガン鉱床による鉱層帯を形成し，ハルファ層中部層の赤色互層中に主として胚胎している。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以上となる鉱層帯がある。

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。

鉱石品位は平均MnO_2　２９.５７％であり，低品位である。

鉱床胚胎層は中部層中に３～６層あり，褶曲により地表で繰り返し認められる。

鉱床の成因としては鉄床の産状および微量元素から火山性層状堆積鉱床であろうと考察されている。

本年度は，鉱床露頭の集中する４地区の鉱床調査，Ｂ地区の露頭№１５９を対象としたトレンチおよびＡ地区の露頭№１１０を対象としたボーリング調査をそれぞれ実施した。以下その調査結果を述べる。なお，ボーリング調査については後述をする。

3－2　鉱床分布

スール地区のマンガン鉱床はハルファ層中部層の分布域のほぼ全域にて認められ，広範囲に鉱床が散在している。

しかし，比較的鉱床が集中して認められる地区は，本年度調査の対象地区であり，特にジャラマーの南５kmのＡ地区およびアウェイカの北西約１６kmのＢ地区には多数の鉱床露頭が認められた。

主要鉱床露頭としてリストアップしたものはTableＩ－１に示すとおりであるが露頭数６０に達した。スール地区全域の鉱床分布はFig.Ｉ－４，PlateＩ－５に，また各地区の鉱床分布はFig.Ｉ－６，Fig.Ｉ－７，Fig.Ｉ－８，Fig.Ｉ－９にそれぞれ示した。

3－3　鉱床胚胎層

本年度調査ではマンガン鉱床の卓越するハルファ層中部層を岩相および特徴ある色調の差により，赤色互層，白色互層，中間色互層および頁岩層に細分し，鉱床胚胎層を明確にすることができた。

鉱床胚胎層は赤色互層であり，赤色互層以外ではＣ地区の１個所にて白色互層中に小レンズとしてマンガン鉱層が認められただけである。この赤色互層は赤褐色チャート～泥質チャート

Table I—1 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	12.84
59	N2482	E781	N65W 65~70N	150	0.20	do	do	A009 A014 A012	21.17	13.55
60	N2482	E781	N65W 85S~60N	80	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 C063A~C074A F088A~F095A H085A~H143A	26.68	17.29
114	N2482	E778	N25W 70N	70	0.85	do	do	C047A~C049A	17.71	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	0.84	layer	do	D054A D058A D055A D061A D063A D067A D066A	23.67	15.00
140	N2484	E776	E–W/50S N50E/55N	500	0.47	do	do	J087A~J107A B092A B096A B095A B098A~B101A J073A~J075A	27.68	17.54
142	N2484	E776	N45E 50S	300	0.29	do	do	B084A~B086A B091A	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	N4E 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	100	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	21.20
174	N2458	E758	N-S 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	N40W 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	N38W 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 E076A 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	N30E 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 K055nA 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	N2454.5	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			

と赤褐色頁岩の互層であり，マンガン鉱層付近では淡褐色泥質チャート・頁岩互層となることが多い。一般に泥質チャートと漸移関係にあり，互層を構成するチャート単層は中心部がチャート，単層の周辺部が泥質チャートとなっている。また泥質チャートには葉理が発達することを特徴としている。鏡下では，泥質チャートは，赤鉄鉱が縞状に濃集することによる葉理およびわずかな粘土鉱物が認められ，これらの特徴以外にはチャートと泥質チャートには差は認められない。また赤色互層のチャートと頁岩の量比はチャート優勢である。このチャート～泥質チャート単層と頁岩単層による成層の型は飯島（１９８２）のTriple Layered あるいはLaminatedのタイプに相当すると考える。赤色互層の上下位の地層は白色互層あるいは中間色互層であり，白色互層となる場合が多い。

鉱床胚胎層である赤色互層はＡ地区では層厚５ｍ～３０ｍで６層あるが，Ｂ，Ｃ，Ｄ地区では層厚２０ｍ～９０ｍと厚く，また層準は３～５層認められる。また，放散虫化石の生層序学的な対比から露頭№１１０，№１５９，№１６０を胚胎する赤色互層が同一層準である可能性が推察される。

なお，赤色チャートと白色チャートの違いはFe含有量の差によるものであり，また検鏡結果によると放散虫化石の量の差も認められ，堆積環境の差異によるものと考えられる。

３－４　鉱 床 規 模

スール地区には多数のマンガン鉱床露頭があるが，本年度は，層厚１５cm以上，長さ２０ｍ以上の鉱層からなる鉱床露頭を主要鉱床露頭としてリストアップしたものがTable I－1である。これらの露頭に対し下記のような鉱量計算基準を設定し，スール地区，特にＡ，Ｂ，Ｃ，Ｄ地区の埋蔵鉱量の試算を実施した。

鉱量計算基準

長　さ：鉱床は数層の断続的な鉱層からなる鉱層帯であり，この鉱層帯の走向方向の長さ。ただし，鉱量計算には鉱層が不連続であることから，長さに８０％をかけた値を採用した。

厚　さ：鉱層の平均の厚さ。鉱量計算には鉱層の形態がレンズ状であることから，厚さに８０％をかけた値を採用した。

深　さ：傾斜方向に３０ｍまで連続するものと推定され，地表下３０ｍまでの鉱量を求めた。ただし，長さが３０ｍ以下の鉱床の場合は，深さを減少させた。

比　重：鉱石がパイロリュース鉱（比重5.1）と石英（比重2.65）から構成されると仮定し，計算によりMnO_2品位と鉱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。

なお，鉱量計算の方法についてはFig.A－6に示した。各鉱床露頭に対して実施された鉱量

Table I—2 Ore Reserve of Manganese Outcrops

(Area A)

Outcrop No.	Lateral Length (m)	F_1	Thickness (m)	F_2	Dip Side Length (m)	Specific Gravity	Ore Reserve (t)	Average Grade MnO_2(%)	Contents MnO_2(t)	Number of Samples
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)	F_1	Thickness (m)	F_2	Dip Side Length (m)	Specific Gravity	Ore Reserve (t)	Average Grade MnO_2(%)	Contents MnO_2(t)	Number of Samples
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)	F_1	Thickness (m)	F_2	Dip Side Length (m)	Specific Gravity	Ore Reserve (t)	Average Grade MnO_2(%)	Contents MnO_2(t)	Number of Samples
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)	F_1	Thickness (m)	F_2	Dip Side Length (m)	Specific Gravity	Ore Reserve (t)	Average Grade MnO_2(%)	Content MnO_2(t)	Number of Samples
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	2,880	19.0*	547.2	
						D Total	30,965	33.36	10,330.3	
						A,B,C,D Total	521,927	29.57	154,343.6	

*estimated grade

計算の結果はTable I－2に示すとおりであるが，これを地区別にまとめると次のようになる。

	露頭数	埋蔵鉱量（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

4地区の総埋蔵鉱量は約520,000T，平均品位MnO_2 29.57％ を得た。地区別にみるとB地区の鉱量は，総鉱量の48％に相当し，またA地区の鉱量は，総鉱量の41％に相当し，両地区にマンガン鉱床が多数あることがわかる。各露頭別にみると最大の露頭はB地区のトレンチを実施した露頭№159の155,601T・平均品位MnO_2 34.94％であり，次いでA地区のボーリングを実施した露頭№110の53,403T・平均品位MnO_2 23.01％である。この2つの露頭の鉱量は総鉱量の40％に相当する大きいものであるが，大部分の露頭は鉱量5,000T以下の小規模なものである。なお，露頭№110の鉱量はボーリング調査の結果も考慮されている。

また，各露頭の品位についてみると，最高MnO_2 85％を示すものがあるが，鉱量 354Tと小規模であり，また鉱量5,000T以上の露頭で最高MnO_2 40.77％を示すものがあるが，全体の平均品位はMnO_2 29.57％と低品位である。

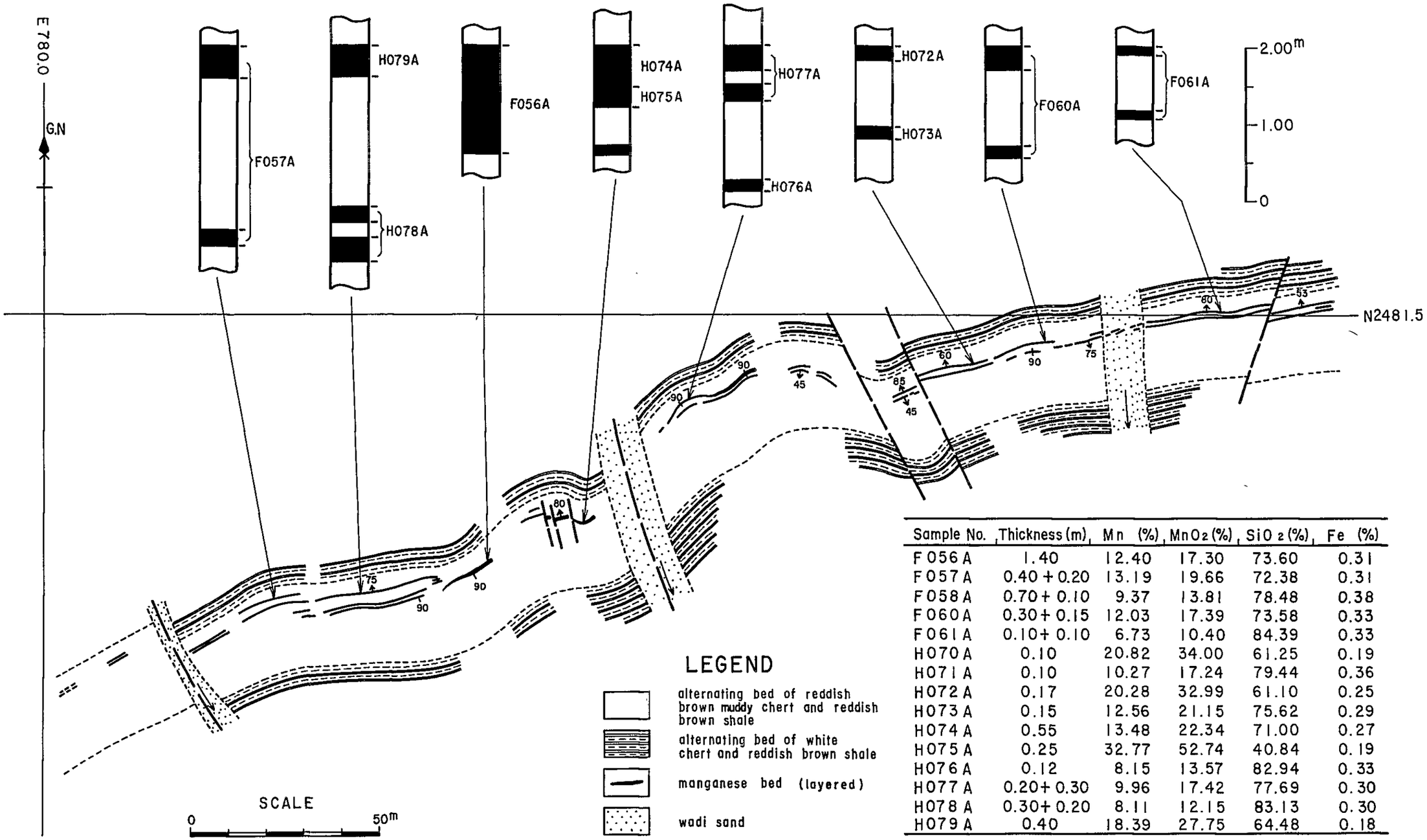
今回の鉱量計算は，傾斜方向30mまでの鉱量を算出したものであるが，スール地区のマンガン鉱床は多数の小規模・低品位鉱床からなるものと考えられる。

3－5 主要鉱床露頭

多数の鉱床露頭のうち，比較的規模の大きい鉱床露頭について，その産状・規模・連続性，品位について以下述べる。

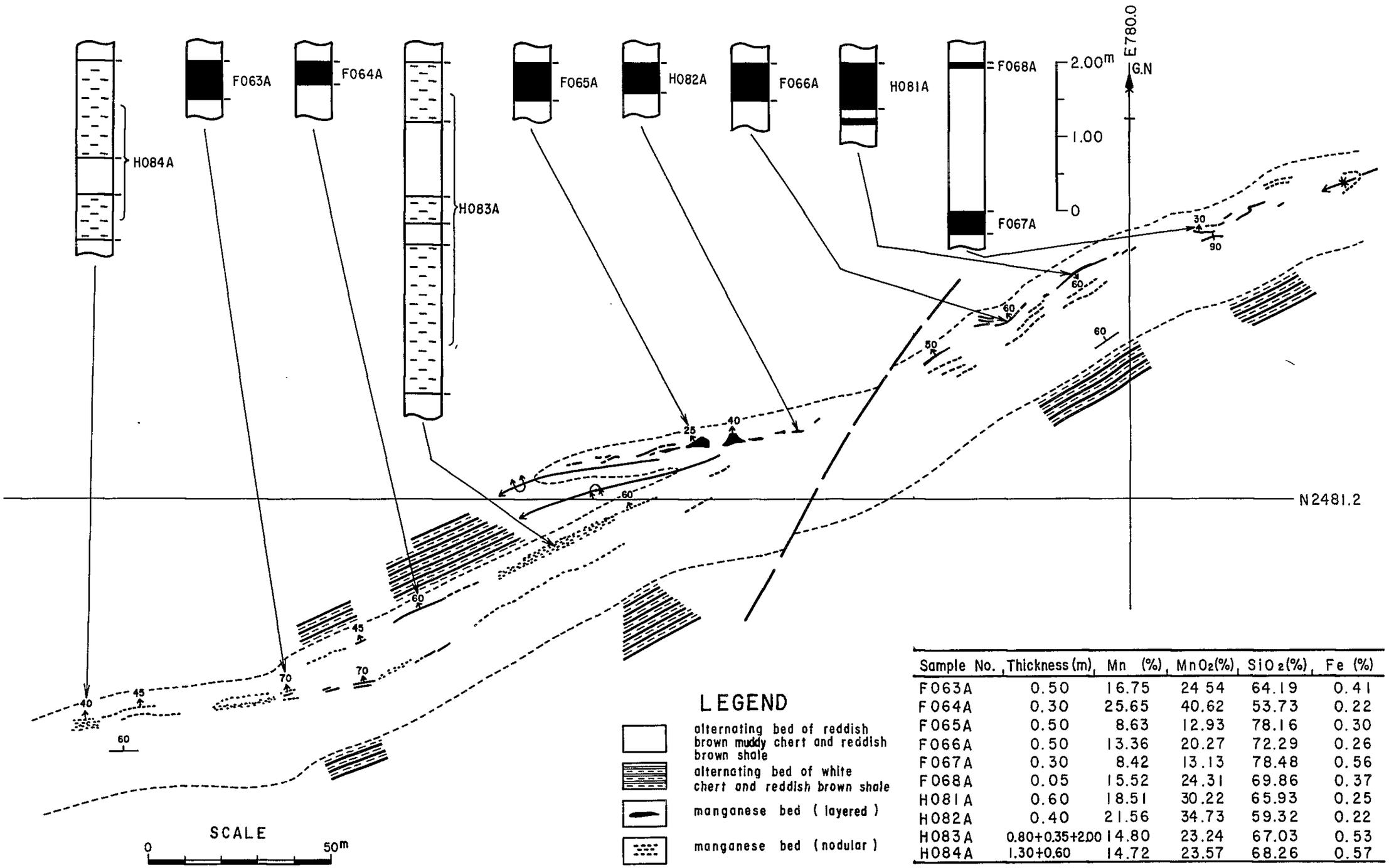
3－5－1 №69露頭

№69露頭はA地区東南部に位置し，走向N70E・傾斜55～90Nを示す赤色互層中に胚胎する2層のマンガン鉱層からなる。Fig.I－11 は№69露頭の産状・分布を示したものである。上盤の鉱層は厚さ10cm～140cm，長さ10m～50mのものであり，下盤の鉱層は厚さ10cm～30cm，長さ10m～50mであり，それぞれ鉱層は断続的である。また2層の鉱層は赤色互層のうち上盤側に胚胎されている。鉱床は小断層に切られており，断層の方向にはNNE－SSW系とNW－SE系がある。本鉱床露頭の鉱量計算の結果，埋蔵鉱量



Sample No.	Thickness (m)	Mn (%)	MnO_2 (%)	SiO_2 (%)	Fe (%)
F056A	1.40	12.40	17.30	73.60	0.31
F057A	0.40 + 0.20	13.19	19.66	72.38	0.31
F058A	0.70 + 0.10	9.37	13.81	78.48	0.38
F060A	0.30 + 0.15	12.03	17.39	73.58	0.33
F061A	0.10 + 0.10	6.73	10.40	84.39	0.33
H070A	0.10	20.82	34.00	61.25	0.19
H071A	0.10	10.27	17.24	79.44	0.36
H072A	0.17	20.28	32.99	61.10	0.25
H073A	0.15	12.56	21.15	75.62	0.29
H074A	0.55	13.48	22.34	71.00	0.27
H075A	0.25	32.77	52.74	40.84	0.19
H076A	0.12	8.15	13.57	82.94	0.33
H077A	0.20 + 0.30	9.96	17.42	77.69	0.30
H078A	0.30 + 0.20	8.11	12.15	83.13	0.30
H079A	0.40	18.39	27.75	64.48	0.18

Fig. I—11 Geological Sketch Map of the Manganese Outcrop No. 69



Sample No.	Thickness (m)	Mn (%)	MnO_2(%)	SiO_2(%)	Fe (%)
F063A	0.50	16.75	24 54	64.19	0.41
F064A	0.30	25.65	40.62	53.73	0.22
F065A	0.50	8.63	12.93	78.16	0.30
F066A	0.50	13.36	20.27	72.29	0.26
F067A	0.30	8.42	13.13	78.48	0.56
F068A	0.05	15.52	24.31	69.86	0.37
H081A	0.60	18.51	30.22	65.93	0.25
H082A	0.40	21.56	34.73	59.32	0.22
H083A	0.80+0.35+2.00	14.80	23.24	67.03	0.53
H084A	1.30+0.60	14.72	23.57	68.26	0.57

Fig. I—12 Geological Sketch Map of the Manganese Outcrop No. 71

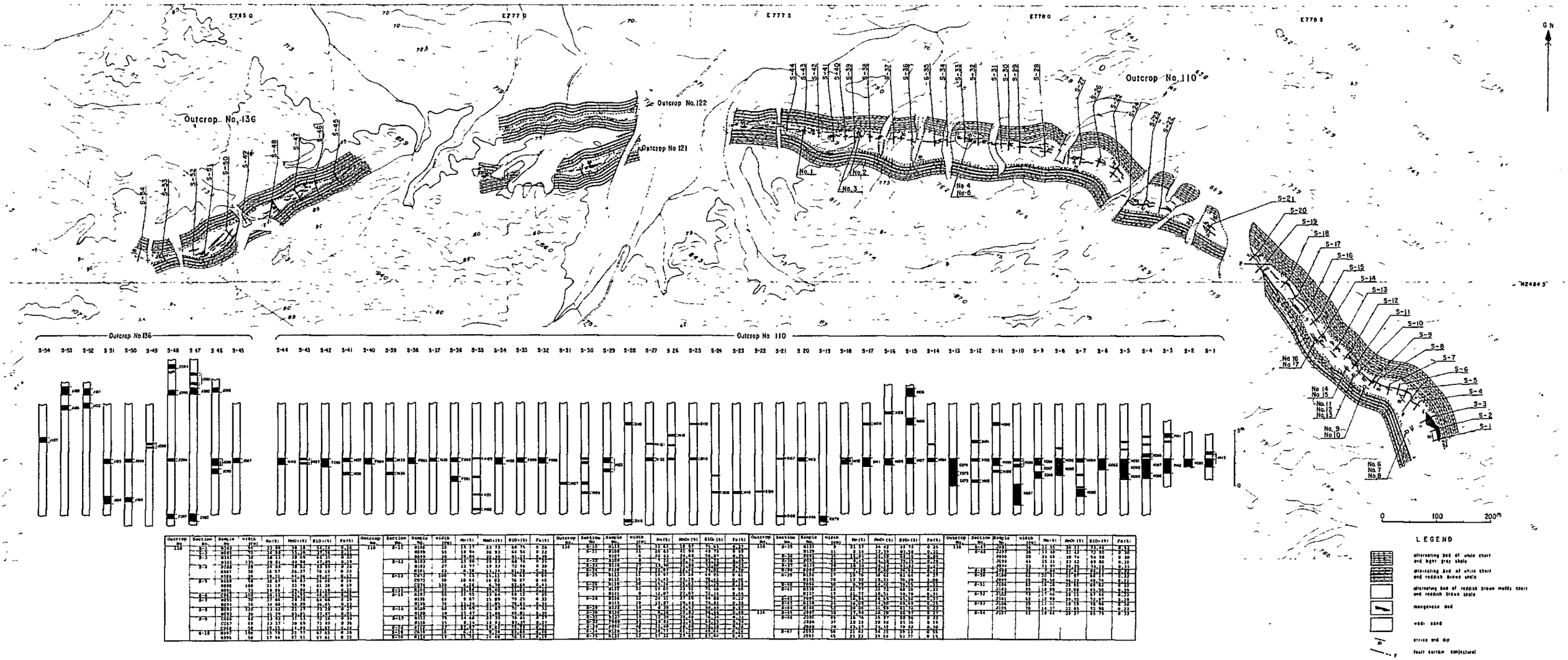


Fig. 27 Geological Map of the Drilling Area (Manganese Outcrop No. 110, No. 136)

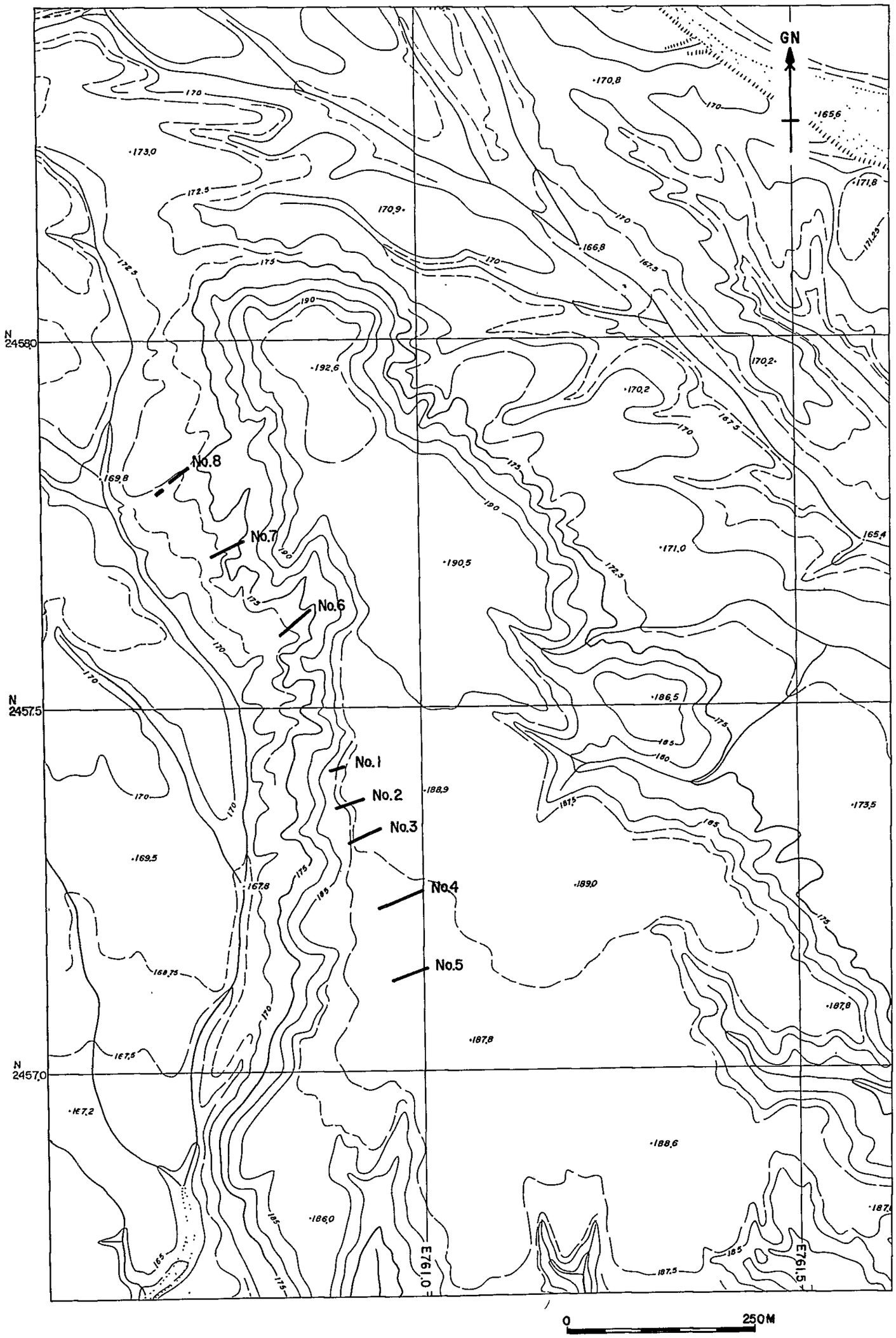
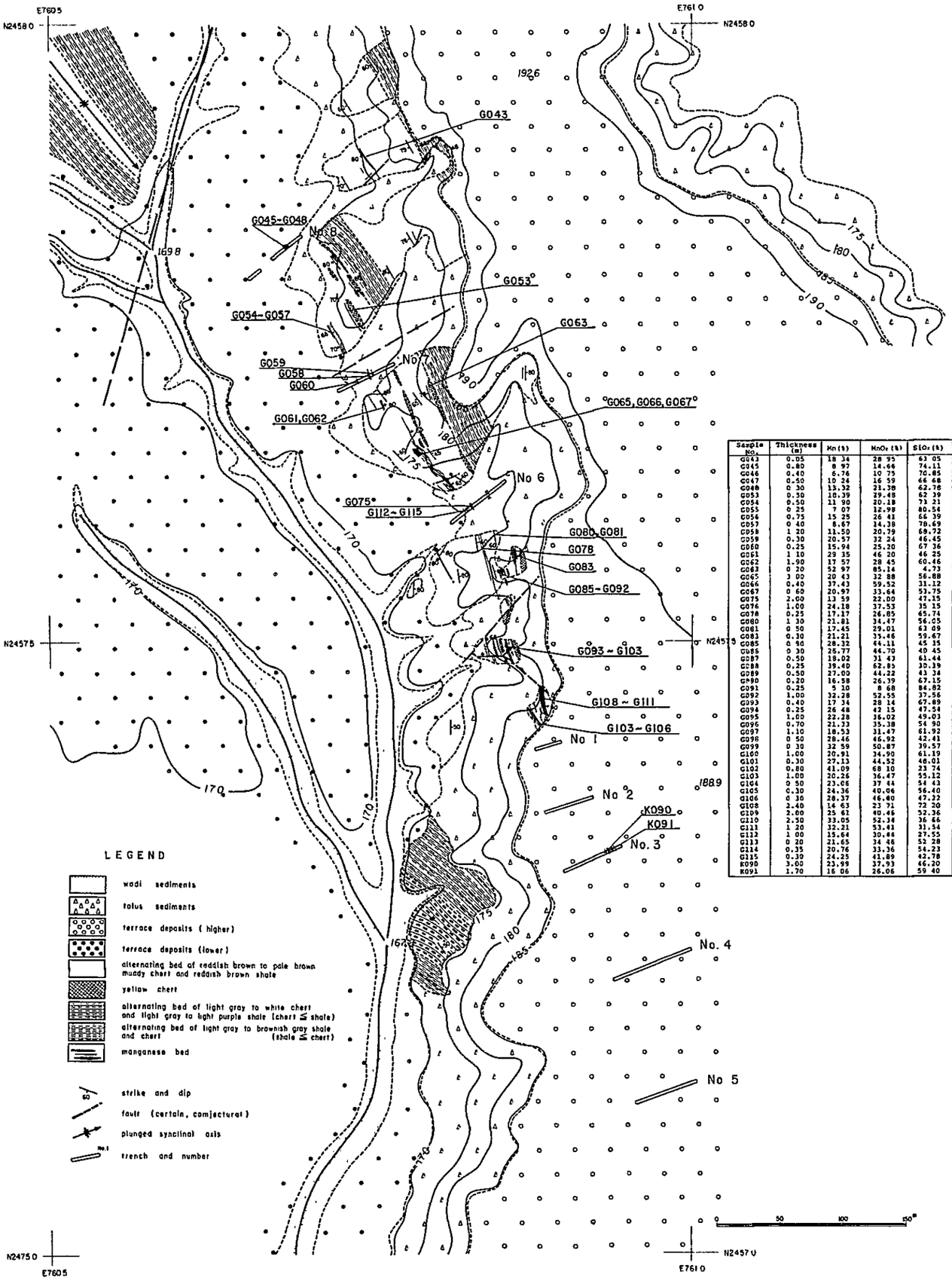


Fig. I—14 Location Map of the Trenches



Sample No.	Thickness (m)	Mn (%)	MnO_2 (%)	SiO_2 (%)	Fe (%)
G043	0.05	18.34	28.95	63.05	0.27
G045	0.80	8.97	14.66	74.11	0.60
G046	0.40	6.76	10.75	70.85	1.16
G047	0.50	10.24	16.59	66.68	1.00
G048	0.30	13.32	21.38	62.76	1.04
G053	0.30	18.39	29.48	63.39	0.53
G054	0.50	11.90	20.18	73.21	0.63
G055	0.25	7.07	12.98	80.54	0.79
G056	0.75	15.25	26.41	66.39	0.63
G057	0.40	8.67	14.38	78.69	0.68
G058	1.20	11.50	20.79	68.72	0.66
G059	0.30	20.57	32.24	46.45	1.46
G060	0.25	15.94	25.20	67.36	0.25
G061	1.10	29.35	46.20	46.25	0.20
G062	1.90	17.57	28.45	60.46	0.27
G063	0.20	52.97	85.14	4.73	0.07
G065	3.00	20.43	32.88	56.88	0.25
G066	0.40	37.43	59.52	31.12	0.11
G067	0.60	20.97	33.64	53.75	0.24
G075	2.00	13.59	22.00	47.15	0.74
G076	1.00	24.18	37.53	35.15	0.45
G078	0.25	17.17	26.85	45.74	0.22
G080	1.30	21.81	34.47	56.05	0.22
G081	0.50	17.45	29.01	63.09	0.41
G083	0.30	21.21	35.46	59.67	0.52
G085	0.90	28.32	44.11	45.15	0.20
G086	0.30	25.77	44.70	40.45	0.34
G087	0.50	19.02	31.43	61.44	0.31
G088	0.25	39.40	62.85	30.19	0.10
G089	0.50	27.00	44.22	43.34	0.20
G090	0.20	16.58	26.39	67.15	0.19
G091	0.25	5.10	8.68	84.82	0.81
G092	1.00	32.28	52.55	37.56	0.11
G093	0.40	17.34	28.14	67.89	0.25
G094	0.25	26.48	42.15	47.54	0.20
G095	1.00	22.28	36.02	49.03	0.22
G096	0.70	21.33	35.38	54.90	0.56
G097	1.10	18.53	31.47	61.92	0.58
G098	0.50	28.46	46.92	42.41	0.37
G099	0.30	32.59	50.87	39.57	0.19
G100	1.00	20.91	34.90	61.19	0.17
G101	0.30	27.13	44.52	46.01	0.10
G102	0.80	41.09	68.10	23.74	0.06
G103	1.00	20.26	36.47	55.12	0.30
G104	0.50	23.06	37.84	54.43	0.19
G105	0.30	24.36	40.06	56.40	0.17
G106	0.30	28.37	46.80	47.22	0.33
G108	3.40	14.63	23.71	72.20	0.17
G109	2.00	25.61	40.46	52.36	0.15
G110	2.50	33.05	52.34	36.66	0.13
G111	1.20	32.21	53.41	31.54	0.17
G112	1.00	15.64	30.44	27.55	0.65
G113	0.20	21.65	34.48	53.28	0.27
G114	0.35	20.76	33.36	54.23	0.20
G115	0.30	24.25	41.89	42.78	0.48
K090	3.00	23.99	37.93	46.20	1.14
K091	1.70	16.06	26.06	59.40	0.41

Fig. I—15 Geological Map of the Trenching Area (Manganese Outcrop No. 159)

Sample No.	Thickness (m)	Mn (%)	MnO_2(%)	SiO_2 (%)	Fe (%)
K004	0.60	18.17	29.28	66.76	0.30
K050	0.25	30.22	48.82	41.96	0.16
K051	0.25	12.77	20.15	72.80	0.37
K052	0.50	15.55	24.73	69.46	0.27
K053a	0.33	30.11	48.30	45.02	0.18
K053b	0.35	14.02	22.90	70.46	0.28
K054	1.40	18.92	30.89	64.51	0.25
K055a	0.70	16.68	26.38	69.17	0.25
K055b	0.60	31.56	49.96	43.27	0.16
K055c	1.70	28.17	45.59	43.55	0.18
K056	0.17	29.00	46.22	46.55	0.16
K057a	0.25	36.75	59.63	34.11	0.13
K057b	0.30	19.48	30.86	57.87	0.27
K058a	0.80	25.73	42.63	45.88	0.14
K058b	0.20	23.36	37.89	47.99	0.21
K059	0.29	39.39	64.05	26.22	0.90
K060	1.50	32.24	51.75	36.27	0.15
K061	1.10	40.62	61.12	31.90	0.15
K062	0.20	15.45	24.45	67.01	0.34
K063	0.40	19.03	30.55	58.91	0.34
K064	0.15	6.83	11.02	82.26	0.51

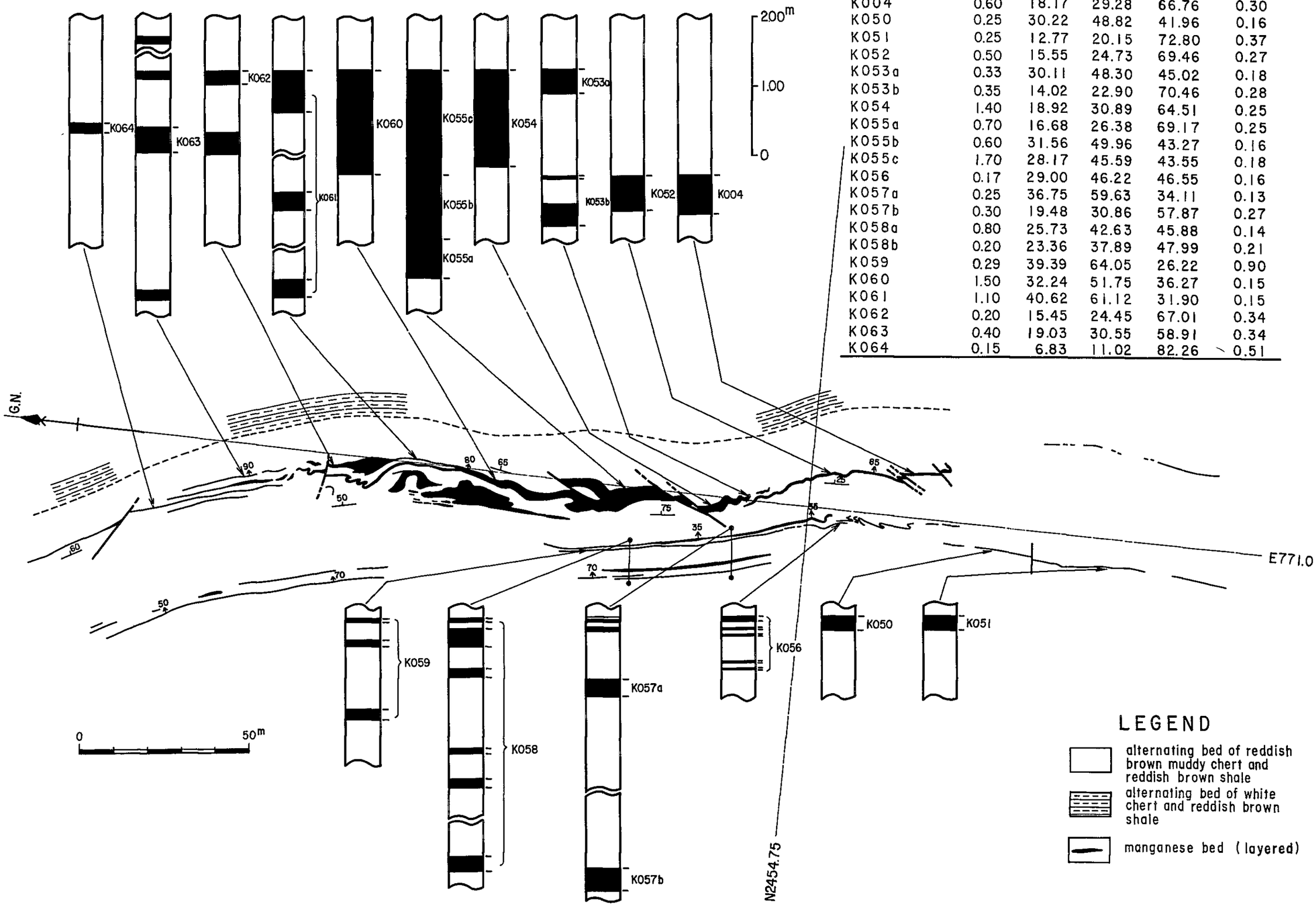


Fig. I—16 Geological Sketch Map of the Manganese Outcrop No. 160

１０,５４０Ｔ（走向延長３００ｍ，層厚0.６１ｍ，傾斜延長３０ｍ）平均品位$MnO_2$１9.69％を得た（Table Ｉ－２参照）。

３－５－２　№７１露頭

№７１露頭はＡ地区の東南部にあり，№６９露頭の南１５０ｍに位置する（Fig.Ｉ－１２)。本露頭は走向ＥＮＥ－ＷＳＷ・傾斜３５～６０Ｎを示す。赤色互層中に胚胎し，２～３層の鉱層からなる。各鉱層の厚さは５cm～５０cmであり，長さは１０ｍ～１５ｍと短く，レンズ状およびスポット状にマンガン鉱物濃集部があるノジュール帯が広く発達している。鉱量計算の結果，埋蔵鉱量１０,４１６Ｔ（走向延長３５０ｍ，層厚0.５０ｍ，傾斜延長３０ｍ）平均品位MnO_2　２4.７０％を得た。

３－５－３　№１１０露頭

№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，赤色互層は東側で走向Ｎ４５Ｗ・傾斜３０～８０Ｓ，中央部から西側では走向Ｅ－Ｗ・北傾斜を示す（Fig.Ｉ－１３）。なお放散虫化石の生層序学的検討から，東側は逆転していることが判明した。東側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側では，Fig.Ⅱ－２－1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。

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鉱層の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５３,４０３Ｔ（走向延長1,５１０ｍ，層厚0.６０ｍ，傾斜延長３０ｍ）平均品位$MnO_2$２３.０１％を得た。なお，ボーリング調査の結果は後述する。

3－5－4　№136露頭

№136露頭はA地区の№110露頭の西側約900mに位置するものである。露頭は走向N60～70E・傾斜北を示す赤色互層中にあり，多数の小さな鉱層からなる。鉱層の大きさは厚さ10cm～30cmであり，長さ5m～50mである。鉱層の数は2層以上である(Fig. I－13参照)。この露頭には地層の走向とほぼ同じ方向の褶曲軸が多数あり，小さな背斜・向斜構造が認められる。

埋蔵鉱量は24,763T（走向延長500m，層厚0.84m，傾斜延長30cm）平均品位MnO_2 23.67%を得た。

3－5－5　№159露頭

№159露頭は昨年度の調査で発見されたもので，B地区南部の高位段丘の西側崖に露出している（Fig　I－15)。

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区にて計画され，南側延長部では50～100m間隔で5本，北側延長部では100m間隔で3本，計8本・総延長375mが掘さくされた(Fig.I－14, Plate.I－3)。

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からは北方440m追跡され，また南へはトレンチ№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，上盤側に薄い白色互層を挾み，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，一部の黄色チャート中にはマンガン鉱物が認められる。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が，成因については明らかではない。

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－SE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№3からトレンチ№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3m以上に達し鉱床の延長部を把握することができなかっ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№184に層準的に連続するものと推定される。

3－5－6　№160露頭

№160露頭はD地区の北東部に位置し，走向ほぼN－S・傾斜50～80Eを示す赤色互層中にあり，1～4層の鉱層からなる。鉱層の最大厚さは1.70mであるが変化に富む。しかし長さは連続性もあり，走向延長120mに達する（Fig. I－16）。

露頭付近では小さな褶曲が認められるが，全体的には東に傾斜した単斜構造を示す。また，NE－SW系およびNW－SE系の小断層がある。

本露頭には下盤側にさらに2層の鉱層があり，それぞれ別の露頭番号が付けられ，下記のような鉱量を得た。

№160　埋蔵鉱量15,686T（走向延長250m，層厚0.95m，傾斜延長30m）
　　平均品位　MnO_2　40.77%

№192　埋蔵鉱量　3,748T（走向延長110m，層厚0.50m，傾斜延長30m）
　　平均品位　MnO_2　45.91%

3－6　鉱　　石

鉱石はマンガン鉱物の濃集形態などから層状鉱とノジュール状鉱に大別される。鉱石鉱物として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，水マンガン鉱が認められる。

層状鉱はいわゆるマンガン鉱層であり層状・緻密・塊状の黒色珪質部（黒色チャートともいう）中にマンガン鉱物が層状，レンズ状あるいは鉱染状に濃集するもので，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あるいは層状に濃集している部分である。厚いマンガン鉱層ではマンガン鉱物濃集部が厚さ10cm～15cmとなり，鉱層の上下盤際に認められることがある。層状鉱の中には石英の分泌脈が網状に発達することがある。また層状鉱の一部でコロホーム組織の認められたこともある。研磨片の顕微鏡観察結果は次のとおりである。

試料番号（G058）

層理面が認められ，黒色珪質部はパイロリュース鉱と泥質物の混合体である。マンガン濃集部は粗粒のパイロリュース鉱からなるが，粒度は一様ではなく，石英に富む部分では特に粗粒となっている。細粒の部分には放散虫化石が多く認められる。

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或いは大部分は水マンガン鉱の仮像である可能性がある。

ノジュール状鉱は層状鉱の周囲の赤色互層中に，レンズ状あるいはスポット状にマンガン鉱物が濃集するものである。レンズ状濃集部の大きさは厚さ0.5cm～2cm，長さ3cm～10cmである。レンズの平面形態は不規則でアメーバ状を呈することもある。ノジュールの鏡下の観察結果は次のとおりである。

試料番号（K０６９）

内核と外殻に大別される。外殻は径0.５～１㎜程度の微細なパイロリュース鉱結晶の集合体よりなり，かつ，多数の放散虫化石を含み，放散虫化石の一部は方解石で交代されている。またパイロリュース鉱集合体は微細な石英と方解石の不規則集合体を含み，かつ両者の細脈にて貫かれている。内核は径１０～２０μ程度のやや粗粒のパイロリュース鉱の自形または半自形の集合体よりなり，放散虫化石はほとんど認められない。これはパイロリュース鉱の再結晶によるものと考えられる。

また赤色互層中の割れ目に石英と共に粗粒マンガン鉱物が認められることがある。このマンガン鉱物はパイロリュース鉱であり，再結晶したものであり，続成の過程で生じたものと考える。

研磨片の顕微鏡観察結果はTableA－２に示すが，本年度も，X線粉末回折法によりマンガン鉱物および脈石鉱物の同定を行った。同定結果はTable A－４に示すように昨年と同様で，パイロリュース鉱と微量のクリプトメレーン鉱および水マンガン鉱が検出された。脈石鉱物として，石英，方解石がある。またボーリングの試料において菱マンガン鉱の可能性のある回折線が得られた。

鉱石の検鏡と合わせ母岩であるチャートの検鏡結果は，前述のように，玉髄質石英および微晶質石英を主とし，石英の再結晶組織が認められない。さらに，変質鉱物は若干のモンモリロナイト・絹雲母であり，強い変成度を示す変質鉱物はまったくない。したがってマンガン鉱物の生成過程として次のようなことが推察される。

鉱石鉱物の大部分はパイロリュース鉱であり，脈石の大部分は石英である。これらの鉱物の結晶形態，結晶粒度・組織などに若干の変化が認められるが，このようなことは珪質堆積物とマンガン酸化物が埋没続成作用の結果として容易に理解することができる。すなわちハルファ層中部層のメンバーとしてコロイド状ないし非晶質珪質物と非晶質二酸化マンガン鉱ないし潜晶質パイロリュース鉱（または水マンガン鉱）が同時に堆積した。珪質堆積物（オパールA）はオパールC.Tを経て石英に変わり，他方二酸化マンガン鉱物はパイロリュース鉱の細粒となり，泥質物の少ない高品位部では結晶成長が進み，かつ空隙部の周辺部や分泌石英脈およびその周辺で結晶成長がさらに進んだものと考えられる。

３－７　鉱石の分析結果

本年度は，鉱石試料２０７個に対し化学成分Mn，MnO_2，SiO_2，Fe　の４成分を分析した。その分析結果は，TableA－５に示した。また，ボーリング調査においても鉱徴部の試料４７個についてTableA－６に示すように同様な化学分析を実施しており，ここではボーリング調査の分析結果もあわせ述べる。

分析結果から，分析値の最大値，最低値は次のとおりである。

Mn　：　1.74％～52.97％

MnO_2　：　2.89％～85.14％

SiO_2　：　4.73％～86.93％

Fe　：　0.01％～　6.28％

鉱量計算の結果では，マンガン品位の平均はMn 20％，MnO_2 29％であり，各試料についてみると，かなりバラツキがある。これはマンガン鉱物の濃集部がレンズ状あるいはスポット状の形態を示し，マンガン鉱層の品位分布は一定せず，不規則なためである。またノジュール状鉱はMnO_2 10％以下である。

SiO_2は全体に高い値を示すが，これは鉱石を構成している多量の石英によるためである。

Feは一般に0.5％以下であるが，ノジュール状鉱では1％以上を示すものがある。これはFe 含有量の高い赤褐色チャートを含むためである。特にボーリングの鉱徴部の分析結果で高いFe含有量を示した。

マンガン係数（Mn/Fe）をみると，1.54～4129 とバラツキが著しい。しかしボーリング試料では1.54～45.1と小さい幅を示した。鉱石のタイプでは，ノジュール状鉱はFe含有量が高くマンガン係数は低い値を示す。

MnとMnO_2 の比により鉱石の酸化度を検討したが，0.51～0.77を示した。この値は各露頭間では規則性は認められなかった。また，ボーリング試料の値は0.57～0.77を示し，各試錐孔につき孔口から深部への変化をみたが，一定の傾向は認められなかった。

3－8　鉱石の電気特性

スール地区のマンガン鉱床の鉱石の用途試験として，乾電池試験を行なった。この試験により鉱石の電気特性が下記のように判明した。なお，同時に実施された化学分析の結果も記す。

この試験は単1型2Ω連続放電試験として行なわれ，試験に使用した試料は次のとおりである。

試験試料

スール地区に分布するマンガン鉱床露頭から採取した鉱石試料のうちチャートを取り除きマンガン鉱物のみを抽出し，約1kgを試験試料とした。試料は200 mesh以下に粉砕された。

この試料の化学分析結果は下記のとおりである。

化学分析結果

水　分	0.32％	Fe	1,233ppm
MnO_2	90.05％	Pb	13ppm
HCℓ 不溶分	4.42％	Cu	826ppm
SO_4	0.18％		

試験方法は下記のとおりである。

試料とアセチレンブラックと電解液（３０％塩酸亜鉛）を５０％：8.3％：４1.7％の割り合いで合剤をつくり，これをハンドプレスにてＵＭ－１型乾電池を作成し，気温２０℃にて２Ωの放電抵抗を接続し，保持時間を求めた。この試験の結果は次のとおりである。

試験結果

単１型２Ω連続放電性能

	短絡電流	回路電圧	閉路電圧	放電性能		
				1.1 V	1.0 V	0.9 V
スール産鉱石	4.7 A	1.568 V	1.34 V	３０分	６２分	１０５分
参考値	5.0 A	1.639 V	1.41 V	５３分	１１１分	１７１分

参考値は通常乾電池として使用されているマンガン鉱石の性能である。

以上の試験の結果，スール地区のマンガン鉱石は不純物は少ないが，電気性能としては，乾電池用マンガン鉱石の約５５％であり，乾電池用としては適してないことが判名した。

Ⅱ．ボーリング調査

第1章　総　　説

ボーリング調査は昨年の調査結果に基づき，Ａ地区最大の鉱床露頭である№１１０露頭の下部の連続性を把握するために実施された。

ボーリング実施位置はFig.Ⅱ－１に示すように，№１１０露頭の東部においてボーリング地点５個所・１２孔，西部においてボーリング地点３個所・５孔がそれぞれ実施された。

ボーリングの工法はパーカッション工法であり，現地作業は昭和５７年１１月８日から開始され，１７孔・総掘進延長３００００mが掘進され，同年１２月２８日全作業を終了した。

ボーリング孔の地質状況の把握は，１m間隔にて採取されたカッティングの観察により行なわれた。また，鉱徴部については，カッティングを５０cmないし１m間隔にて採取し，Mn・MnO_2・SiO_2・Fe の４成分について化学分析を実施した。分析試料数は４７個であり，その結果はTable Ａ－６に示した。

以下，作業の詳細および結果について述べる。

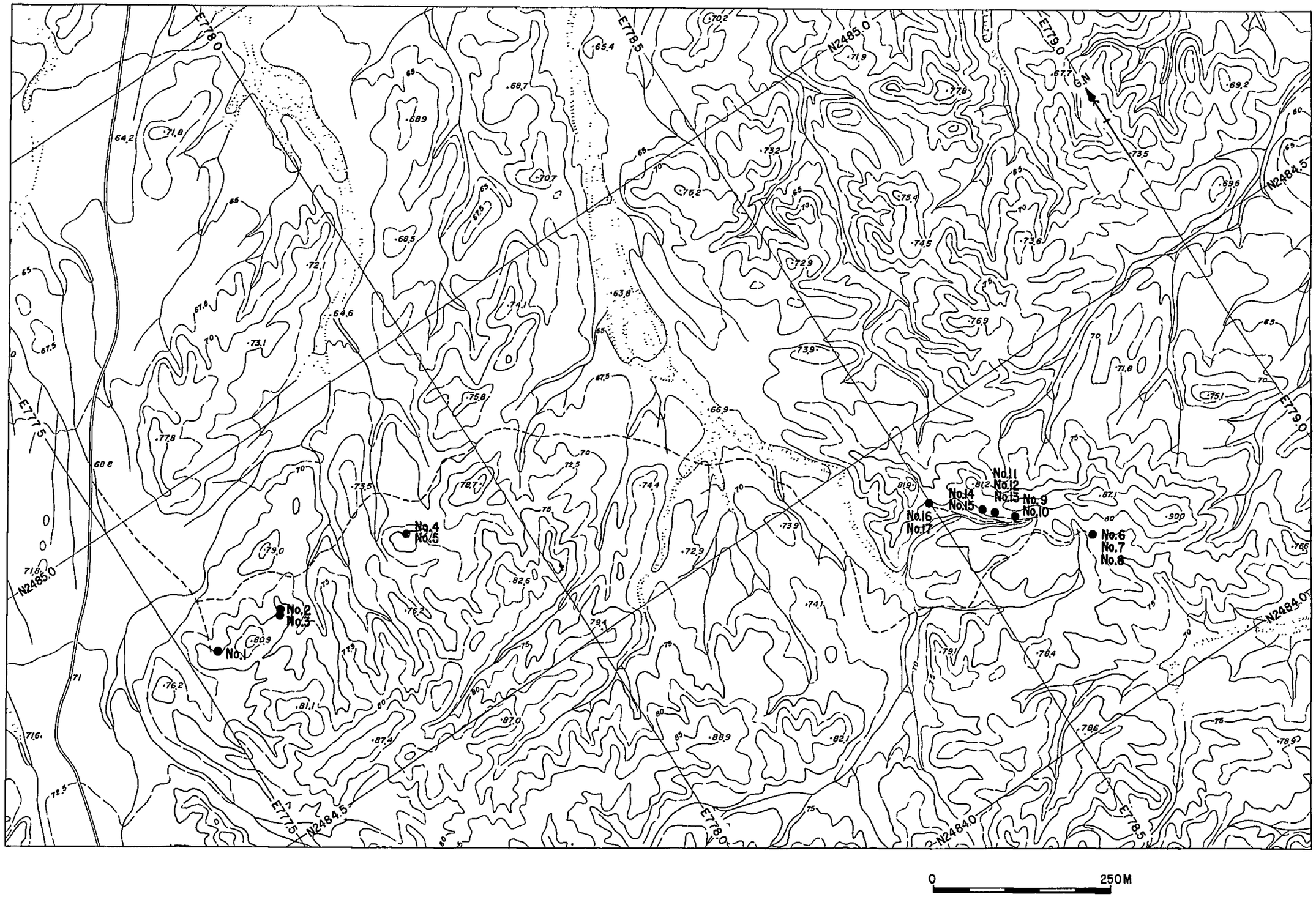


Fig. Ⅱ—1 Location Map of the Drill Holes

第2章　ボーリング工法および使用機械

ボーリング工法としてパーカッション工法を採用した。また，本調査地域の地質が，チャート優勢なチャート・頁岩互層であり，また互層が亀裂に富んでいることなどからダウンザホールを採用することとし，大口径のボーリング機械を使用した。

使用した機材とその仕様はTable Ⅱ－1のとおりである。

Table II—1 Drilling Equipment and Consumed Materials

A. Drilling Equipment

Article	Model	Specifications	Quantity
Drilling Machine	Model "THS-70" (Tone Boring Co.)	Capacity : 150 m/m, 150 m Dimension : Height 1,390 mm Length 1,770 mm Width 1,125 mm Weight (without Power Unit) : 950 kg	1 set
	Swivel Head	Spindle speed : 50, 100, 200 r.p.m.	1 set
	Hoist	Type : Planetary Gear Type Capacity : 1,800 kg	1 set
	Oil Pump	Type : Gear Type, Variable Delivery Capacity : 26 ℓ/min Pressure : Max. 70 kg/cm² Ord 20 kg/cm²	1 set
Power Unit	Model "F2L912" (Mitsui Deuts Co.)	Diesel Engine : 4 Cycle Air-cool Revolution : 1,800 r.p.m. Related power : 25.5 P.S.	1 set
Drill Rods		BW x 3.0 m BW x 1.5 m BW x 1.0 m	20 pcs 3 pcs 3 pcs
Down-the-Hole Hammer	AH-80 (Acker Drill Co.)		2 sets
Drilling Tools			1 set
Engineering Tools			1 set
Compressor	375 Sulliscrew	Rotary screw 375 CFM	1 set

B. Consumed Materials

Article	Specification	Unit	Quantity
Diesel oil	Engine	ℓ	2,730
Turbine oil	Compressor	ℓ	75
Gasoline	Jeep	ℓ	500
Grease	Machine	kg	10
Down-the-hole hammer	85ϕ	set	1
Chuck spanner		pce	1
Jug		pce	1
Sling wire	12 m/m, 13 m	pce	1
Iron wire	No. 10	kg	60
Waste cloth		pce	10
Pipe	2" x 5.5 m	pce	1
Cement		pack	3
Hammer bit	85ϕ	pce	9

第3章　ボーリング作業

3－1　設 営 作 業

ボーリング機材の運搬は，マスカットからジャラマーのボーリング現場近くの集積地まではトラック輸送（マスカット―ジャラマー間３６０㎞所要時間約８時間）を行った。

ボーリング現場での各ボーリング地点間の運搬はＪＣＢ（掘さく用重機），小型トラックおよび人力にて行なわれた。

ベースキャンプからボーリング現場までは約５㎞でジープで所要時間１５分である。

また，各ボーリング地点における整地作業はＪＣＢにより実施した。地表付近は風化により岩石もろく，１ｍ以上の堀り下げを必要とした。

3－2　移 設 作 業

ベースキャンプから№１１０露頭の西部に位置する集積地までは既設の道路があるが，ボーリング現場は道路がなく，標高７５ｍ～９０ｍの丘陵地形であり，北へ流れるワジがある。

したがって移設作業のため，集積地から№１１０露頭の東部まで，各ボーリング地点を経由した道路を新設した。道路は幅約３ｍ，延長距離1,８００ｍでありＪＣＢにより整地された。

ボーリング地点間の移動は，ボーリング機械本体とエンジン部を分離し，ＪＣＢおよび小型トラックにより運搬移動した。

3－3　掘 進 作 業

本地域の地質状況からボーリング工法はパーカッション工法を採用した。

各孔の掘進状況はTableⅡ－２に示すとおりである。

3－4　カッティング採取状況

カッティングの採取に際しては孔口にカッティング採取用具を設置し，これからカッティングを１ｍ間隔にて採取した。カッティングの大きさは最大径３㎜のものがあるが径１㎜以下のものが大部分である。また鉱徴部は５０㎝～１ｍ間隔にてカッティングを採取した。鉱徴部のカッティングは分析に供するため，採取には特に注意して行なった。

3－5　撤 収 作 業

№１７孔の掘さく終了後，ボーリング機械・櫓の解体ならびに梱包などの撤収作業に入り，ボーリング機械・コンプレッサーなどの重機材およびその他部品等はトラックにてマスカットに輸送した。またカッティング試料の全量は石油鉱物省の要請により，マスカットの石油鉱物

省鉱物局にて保管することとなった。全機材の運搬・撤収は昭和５７年１２月２４日完了した。

Table II—2 Result of Drilling Operation

Hole No.	Periods	Direction	Inclination	Drilling		Number of drilling shift		Number of worker		Working Hours						
				Bit size	Drilling length	Drilling	Total	Engineer	Assistant	Drilling	Hoisting & others	Sub total	Installation& dismounting	Haulage	Road construction & others	Total
				m/m	m	shift	shift			hour	hour	hour	hour	hour	hour	hour
1	24 Nov.~ 26 Nov.	–	90°	85	15.5	5	15	15	30	7.45	19.15	27.00	18.00	18.00	9.00	72.00
2	27 Nov.~ 28 Nov.	–	90°	85	18.3	2	5	5	10	10.20	9.40	20.00	1.00	3.00	–	24.00
3	29 Nov.~ 30 Nov.	–	90°	85	20.0	3	4	4	8	9.30	4.00	13.30	4.30	–	–	18.00
4	1 Dec.~ 2 Dec.	180°	75°	85	14.0	1	3	3	6	6.15	1.45	8.00	3.40	4.00	–	15.40
5	2 Dec.~ 3 Dec.	–	90°	85	14.5	1	2.5	2.5	5	7.00	1.40	8.40	4.50	–	–	13.30
6	4 Dec.~ 5 Dec.	–	90°	85	17.0	1	3	3	6	7.10	2.20	9.30	2.45	3.00	–	15.15
7	5 Dec. 6 Dec.	60°	75°	85	18.0	3	4	4	8	13.20	4.10	17.30	–	–	–	17.30
8	6 Dec. 7 Dec.	240°	80°	85	21.0	3	4	4	8	14.15	4.05	18.20	0.30	–	–	18.50
9	8 Dec. 10 Dec.	55°	75°	85	24.7	4	6	6	12	22.10	3.20	25.30	1.00	6.20	–	32.50
10	12 Dec. 13 Dec.	–	90°	85	19.0	2	3	3	6	10.40	0.50	11.30	3.30	–	–	15.00
11	13 Dec. 14 Dec.	260°	75°	85	21.0	3	4	4	8	13.25	1.15	14.40	1.20	3.20	–	19.20
12	14 Dec. 15 Dec.	–	90°	85	16.5	2	3	3	6	10.05	1.05	11.10	1.30	–	–	12.40
13	15 Dec. 16 Dec.	240°	85°	85	15.5	2	3	3	6	9.45	1.15	11.00	2.00	–	–	13.00
14	17 Dec. 18 Dec.	55°	75°	85	19.0	2	4	4	8	10.30	1.30	4.00	2.00	4.00	–	20.00
15	18 Dec. 19 Dec.	–	90°	85	15.0	2	3	3	6	8.40	1.20	10.00	3.00	–	–	13.00
16	20 Dec. 21 Dec.	60°	75°	85	19.0	3	5	5	10	12.30	2.15	14.45	1.00	3.15	6.00	25.00
17	21 Dec. 22 Dec.	–	90°	85	12.0	1	2	2	4	6.40	0.20	7.00	3.00	–	–	10.00

第4章 調 査 結 果

4－1 概　　説

ボーリング調査はA地区における最大のマンガン鉱床露頭である№１１０の地表下における連続性の把握を目的として，１７孔（８個所）・掘進総延長３００.００ｍを実施した。

鉱床露頭№１１０はA地区のほぼ中央部に位置し，標高７５ｍ～９０ｍの丘陵地の尾根にある。露頭の一般走向・傾斜は，東部でＮ４５Ｗ・３０～８０Ｓであり，中央部より西部にかけては走向ほぼＥ－Ｗで北に傾斜している。また東部の方が西部に比較し，鉱層の層厚は厚くなる傾向にある（Fig Ｉ－１３）。

このような地表鉱況により，試錐孔１７孔のうち１２孔は東部にて，残り５孔は西部にて実施した。

この結果，着鉱部の大部分が２０ｍ以浅であるが１１孔にて着鉱し，もっとも深い位置にてマンガン鉱を捕捉したのは№９孔の深度２４.７０ｍである。

以下各孔ごとの地質および着鉱状況・鉱石品位について述べるが，詳細な柱状図は縮尺１：２００にてFig．Ａ－５に示した。なお，今回のボーリング調査では，カッティングの観察により岩相を区分したが，特にカッティングの色調により赤色チャート，白色チャート，褐色～淡褐色チャート，黒色チャートに区分した。黒色チャートはマンガン鉱物を含むものであり，鉱石とみなせる。なお，頁岩については微粉状となっているため明らかでない。

また，Fig．Ⅱ－２－１～２に示すように各孔の地質により，地質断面図を作成した。

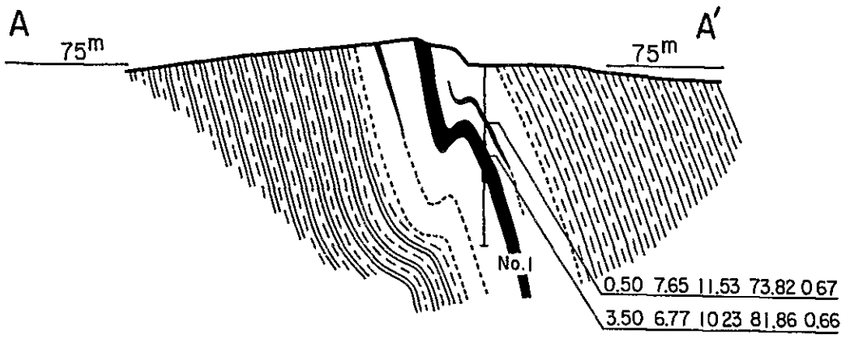
4－2 孔 別 地 質

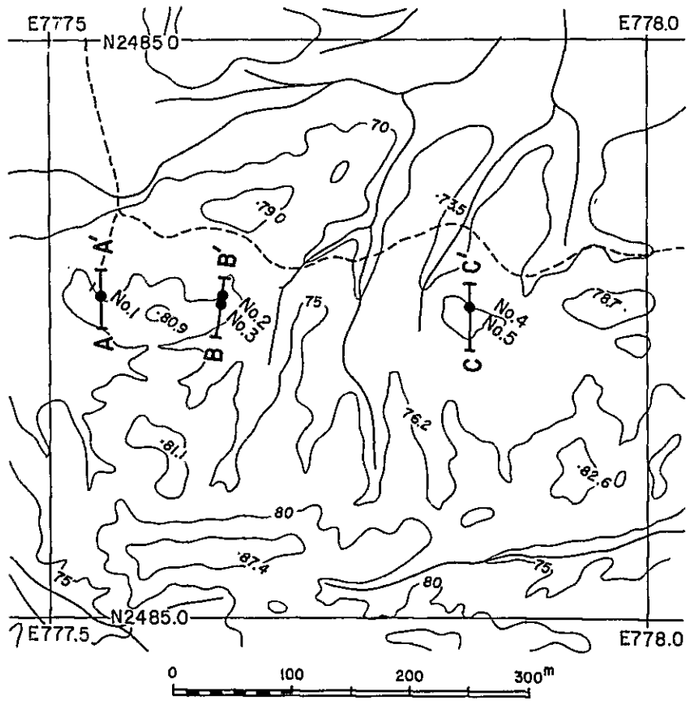
4－2－1 №1孔

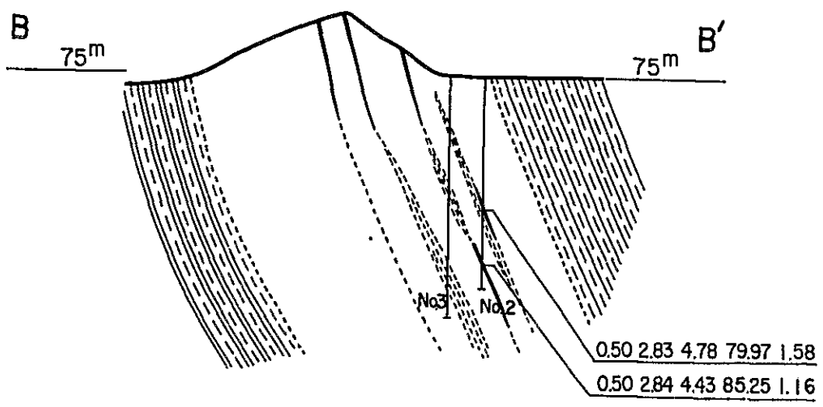
№1孔はFig．Ⅱ－１に示すように露頭№１１０の西部における下部延長を，把握するため実施された。ボーリング地点付近は走向Ｎ７０Ｅ・傾斜８０Ｎを示す灰白色～淡桃色チャートと赤褐色頁岩の互層であり，南側には走向Ｅ－Ｗ・傾斜８５Ｎの厚さ１ｍのマンガン鉱層が露出している。

ボーリング孔では孔口から深度3.００までは赤色チャートと白色チャート，3.００ｍから4.５０ｍまでは黒色チャートをわずかに含む赤色チャート，4.５０ｍから5.００ｍまではマンガン鉱石，5.００ｍから6.５０ｍまでは褐色チャート，6.５０ｍから１０.００ｍまではマンガン鉱石，１０.００ｍから１１.５０ｍまでは褐色チャート，１１.５０ｍから１３.５０ｍまでは赤色チャートと白色チャート，１３.５０ｍから１５.５０ｍまでは赤色チャートと淡褐色チャートである。

本孔では２個所にて着鉱したが，断面図（Fig．Ⅱ－２－１）に示すように，下位の着鉱部







LEGEND

- alternating bed of white chert and light gray shale
- alternating bed of white chert and reddish brown shale
- alternating bed of reddish brown muddy chert and reddish brown shale
- manganese layered ore
- manganese nodular ore

Sampling width (m)	Mn (%)	Content of MnO_2(%)	Elements SiO_2(%)	Fe (%)
0.50	7.65	11.53	73.82	0.67

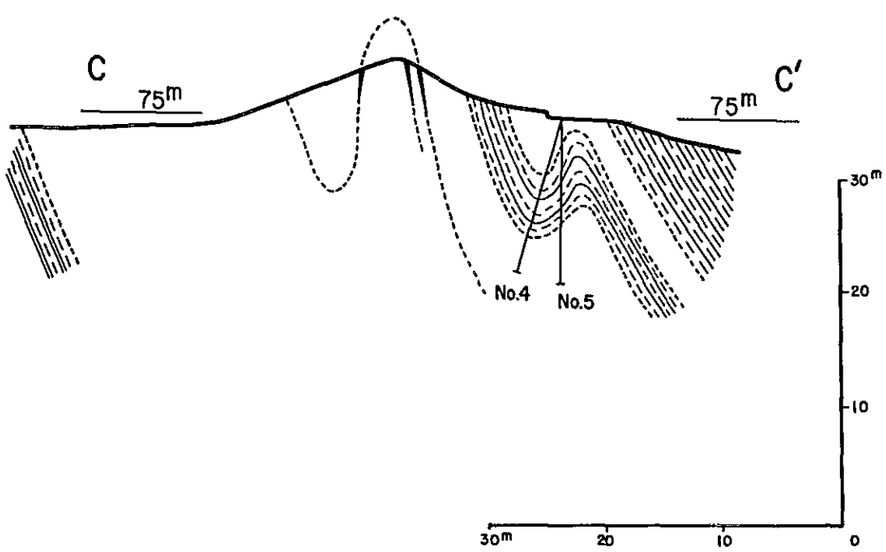
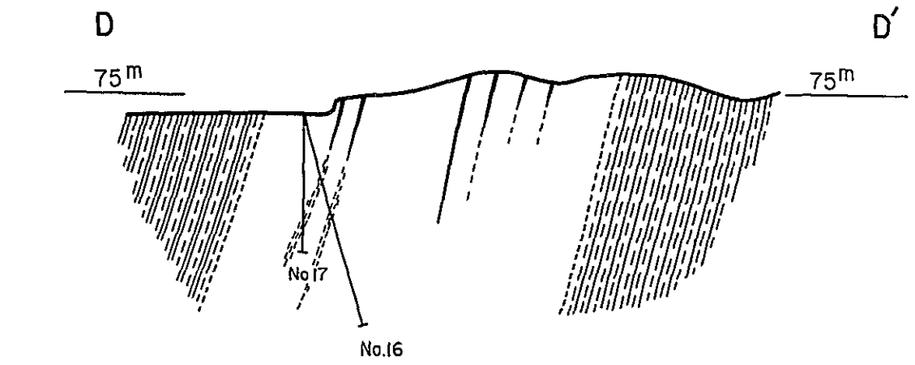
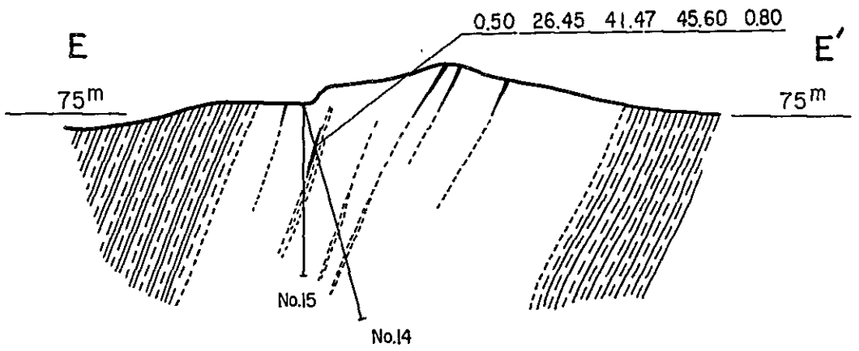
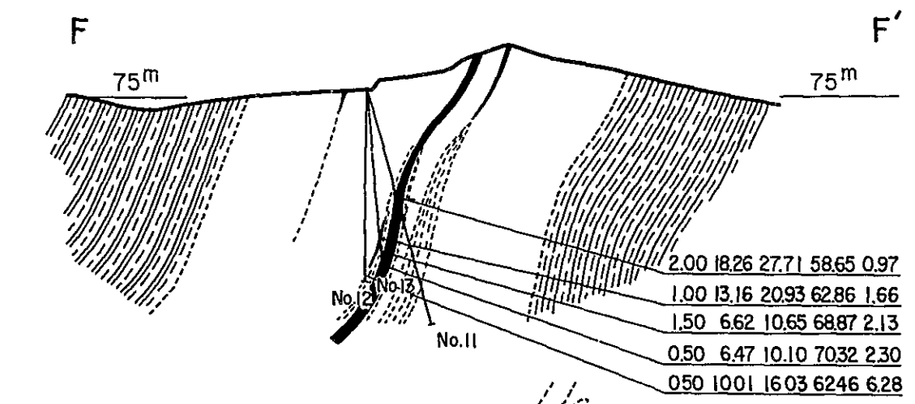
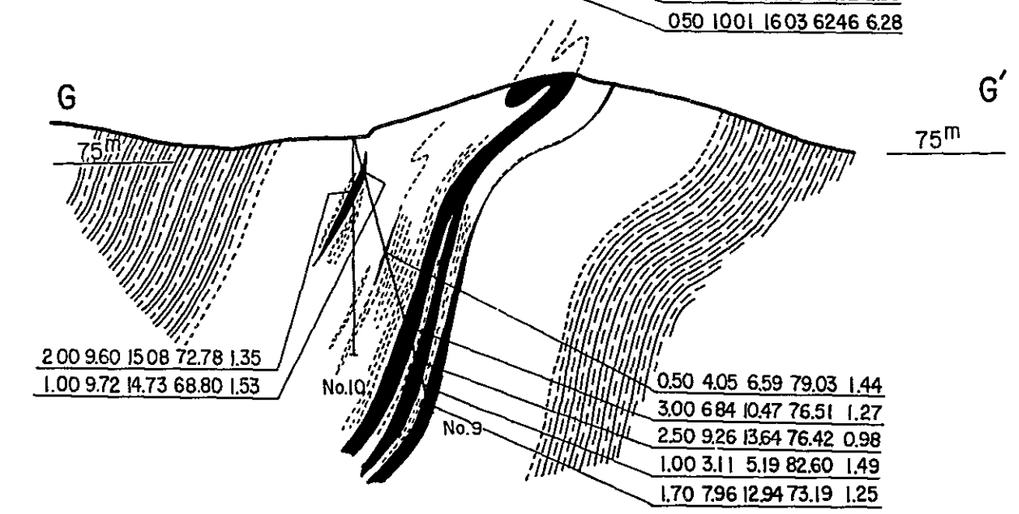


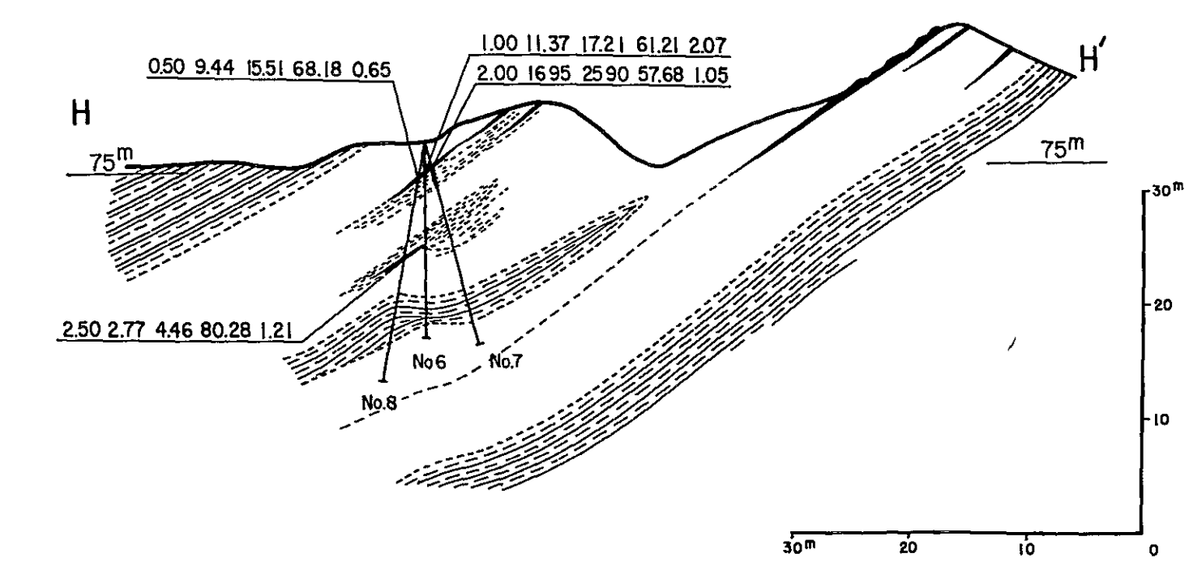
Fig. II—2—1 Geological Profile of the Drilling Area (No. 1~5)

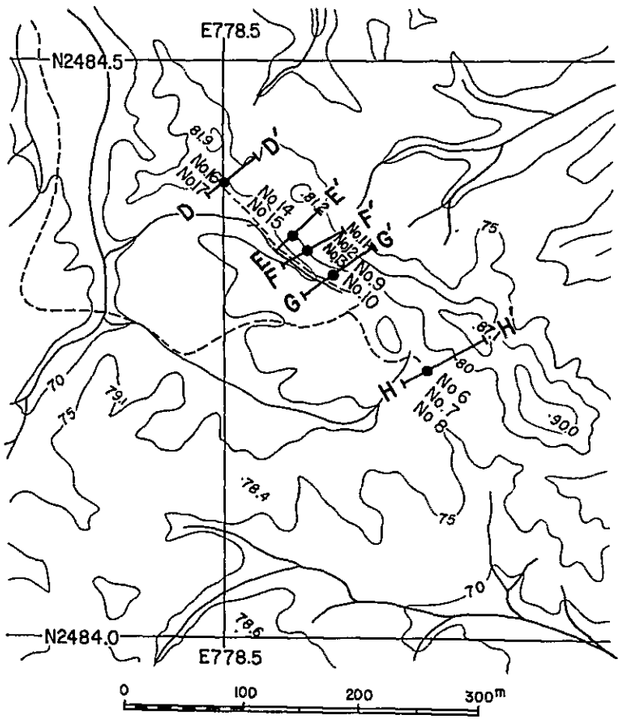












LEGEND

- alternating bed of white chert and light gray shale
- alternating bed of white chert and reddish brown shale
- alternating bed of reddish brown muddy chert and reddish brown shale
- manganese layered ore
- manganese nodular ore

Sampling width (m)	Mn (%)	Content of Elements MnO_2(%)	SiO_2(%)	Fe (%)
1.00	18.55	27.60	58.65	0.95

Fig. II—2—2 Geological Profile of the Drilling Area (No. 6~17)

は地表露頭の下部延長と考えられ，露頭と着鉱部の間に小さな向斜・背斜構造があるものと推定される。着鉱部の分析品位は下記のとおりであるが，MnO_2 １０％前後であり低品位である。

試料番号	深度（m）	区間長(m)	Mn（%）	MnO_2（%）	SiO_2（%）	Fe（%）
L 1	4.50～ 5.00	0.50	7.65	11.53	73.82	0.67
L 2	6.50～ 7.00	0.50	5.23	8.04	84.71	0.86
L 3	7.00～ 7.50	0.50	7.55	11.46	80.31	0.67
L 4	7.50～ 8.00	0.50	9.05	14.08	77.01	0.61
L 5	8.00～ 8.50	0.50	4.94	7.49	83.17	0.88
L 6	8.50～ 9.00	0.50	5.27	7.70	85.26	0.63
L 7	9.00～ 9.50	0.50	9.71	14.77	76.61	0.49
L 8	9.50～10.00	0.50	5.65	8.04	85.94	0.47

4－2－2　№2孔

№2孔はFig．Ⅱ－1に示すように露頭西部の下部延長を把握するため実施された。ボーリング地点の地質は走向N７０E・傾斜７０Nを示す灰白色チャートと赤褐色頁岩の互層である。また，南側には走向N６０E・傾斜６０～７０Nで厚さ２０～３０cmの露頭がある。

ボーリング孔では孔口から１０.０００mまでは赤色チャートを主とするが，4.００m～6.００m間および8.００m～１０.００m間では白色チャートも認められる。１０.００mから１１.００mまでは褐色チャートであり，１１.００mから１１.５０mまでマンガン鉱石に着鉱した。11.50mから１３.００mまで褐色チャートが続き，また１５.５０mまで赤色チャートと白色チャートとなる。１５.５０mから１６.００mまでマンガン鉱石となり，１６.００mから孔底１８.３０mまでは赤色チャート，白色チャートをわずか含む褐色チャートである。

本孔では２個所にて着鉱したが，断面図（Fig．Ⅱ－２－１）に示すように，着鉱部は主要露頭の延長部ではなく，主要露頭の北側にある厚さ１０cmの小露頭の下部延長と考える。着鉱部の分析品位は下記のとおりであり，MnO_2 品位は低品位である。

試料番号	深度（m）	区間長(m)	Mn（%）	MnO_2（%）	SiO_2（%）	Fe（%）
L 9	11.00～11.50	0.50	2.83	4.78	79.97	1.58
L 10	15.50～16.00	0.50	2.84	4.43	85.25	1.16

4－2－3　№3孔

№3孔はFig．Ⅱ－1に示すとおり，露頭西部の№2孔の南側にて実施された。ボーリング地点の地質は赤褐色チャートと赤褐色頁岩の互層である。

ボーリング孔では孔口から8.００mまで赤色チャートを主とし，3.００m～5.００m間で黒

色チャートが認められ，4.００m～7.００m間で白色チャートが認められる。8.００mから１1.００mまでは褐色チャートと共に少量の黒色チャートが認められる。１1.00mから15.00mまでは赤～紫色チャートを主とし，白色チャートを伴なう。１5.００mから孔底２０００mまでは褐色チャートを主とし，わずかに黒色チャートが認められる。

本孔では着鉱しなかったが，少量の黒色チャートが3個所にて認められ，これらは断面図（Fig. Ⅱ－2－1）に示すように地表露頭の下部延長および№2孔着鉱部の上部延長と考えられる。したがって本孔付近の鉱層は走向方向にも，傾斜方向にも連続性に乏しいと考える。

4－2－4　№4孔

№4孔はFig. Ⅱ－1に示すとおり，露頭西部の下部延長を把握するため実施された。ボーリング地点の地質は褐色泥質チャートおよびチャートと赤褐色頁岩の互層からなり，灰白色チャートと灰白色頁岩の薄い互層がみられる。互層の走向はＮ７０ＥないしＥ－Ｗであり，小さな背斜構造および向斜構造がある。孔口から5.００m間は赤色チャートであり，5.００m～6.００m間は赤色チャートと白色チャートとなり，6.００mから１1.００mまでは白色チャートとなる。１1.００mから孔底１4.００までは赤色チャートである。

本孔では着鉱しなかったが断面図（Fig. Ⅱ－2－1）に示すように，向斜構造および背斜構造の存在が明確となった。

4－2－5　№5孔

№5孔は№4孔と同一ボーリング地点で実施され，露頭のより深部延長の把握を目的とした。

ボーリング孔では孔口から1.００m間は赤色チャートと白色チャートであるが，1.００mから9.００mまでは白色チャートであり，9.００mから孔底１4.５０mまでは白色チャートと赤色チャートとなる。

本孔では着鉱しなかったが，断面図（Fig. Ⅱ－2－1）に示すように，本孔の白色チャートは№4孔の白色チャートおよび地表の灰白色チャート・頁岩互層に連続し，向斜・背斜構造が明確となった。

4－2－6　№6孔

№6孔はFig. Ⅱ－1に示すように露頭東端部にて実施され，露頭下部の連続性を究明することを目的としている。ボーリング地点の地質は褐色泥質チャートと頁岩の互層であり，走向Ｎ４５Ｗ・傾斜１５～４０Ｓを示す。また厚さ2.００mの鉱層が斜面に沿って認められる他，その下盤側に５０cmの鉱層が認められる。

ボーリング孔では孔口から1.００m間は赤紫色チャートと白色チャートであるが，1.００m

から2.00m間は黒色チャートを伴う褐色チャートとなり，2.00m～3.00m間はマンガン鉱石となった。3.00mから9.50mまでは褐色チャートを主体とし，7.00m～9.50m間にわずかに黒色チャートが認められる。9.50mから16.00mまでは赤色チャートおよび白色チャートであり，特に14.00m～15.00m間は白色チャートのみとなる。16.00mから孔底17.00m間は淡褐色チャートである。

本孔では1個所にて着鉱したが，断面図（Fig. Ⅱ－2－2）に示すように，この着鉱部はボーリング孔の北東側7mにある鉱層の延長部である。対象とした露頭の延長は把握できなかった。着鉱部の分析品位を下に示す。

試料番号	深度（m）	区間長(m)	Mn（%）	MnO_2（%）	SiO_2（%）	Fe（%）
L 11	2.00～2.50	0.50	11.18	16.98	61.74	2.07
L 12	2.50～3.00	0.50	11.55	17.44	60.68	2.07

4－2－7　№7孔

№7孔はFig. Ⅱ－1に示すように№6孔と同一ボーリング地点にて実施され，露頭下部の把握を目的とした。

ボーリング孔では孔口から2.00m間は赤色チャートと褐色チャートであり，2.00m～4.00m間にて着鉱した。4.00mから11.00mまでは褐色チャートに富み，4.00m～8.00m間ではわずかに黒色チャートが認められた。11.00mから13.00mまでは赤色チャートと白色チャートであり，13.00mから16.00m間は白色チャートのみである。16.00mから孔底18.00mまでは赤色チャートである。

本孔では1個所にて着鉱したが，この着鉱部は№6孔の着鉱部と同一のものである。着鉱部の分析品位は下記のとおりである。

試料番号	深度（m）	区間長(m)	Mn（%）	MnO_2（%）	SiO_2(%)	Fe(%)
L 13	2.00～3.00	1.00	21.04	32.00	49.41	0.88
L 14	3.00～4.00	1.00	12.86	19.80	65.94	1.21

4－2－8　№8孔

№8孔はFig. Ⅱ－1に示すように№6孔と同一ボーリング地点にて実施され，露頭下部の把握および白色チャートの確認を目的とした。

ボーリング孔では孔口から1.00m間は赤色チャートと白色チャートであり，1.00mから3.00mまでは少量の黒色チャートを含む赤色チャートである。3.00m～3.50m間にマンガン鉱石が認められた。3.50mから8.00m間は，褐色チャートを主とし，少量の黒色チャートが認められる。8.00mから10.50m間にマンガン鉱石が認められた。10.50mから

孔底２１.００ｍまでは，主に赤色チャートであるが，このうち１５.００ｍ～１８.００ｍ間は白色チャートである。

本孔では２個所にて着鉱したが，このうち上位の着鉱部は№６孔の7.００ｍ～9.５０ｍ間に認められた黒色チャート部に連続すると考えられ，また下位の着鉱部は№６孔の7.００ｍ～9.５０ｍ間に認められた黒色チャート部に連続すると考えられる。したがって本孔においても主要鉱層を把握することができず，断面図（Fig.Ⅱ－２－２）に示すように主要鉱層は，さらに深部に胚胎しているものと推定される。着鉱部の分析品位は下記のとおりであるが低品位である。

試料番号	深度（ｍ）	区間長(ｍ)	Mn（%）	MnO_2(%)	SiO_2(%)	Fe(%)
Ｌ１５	3.00～ 3.50	0.50	9.44	15.51	68.18	0.65
Ｌ１６	8.00～ 8.50	0.50	3.04	5.03	83.23	1.45
Ｌ１７	8.50～ 9.00	0.50	2.58	4.10	80.19	1.67
Ｌ１８	9.00～10.00	1.00	1.74	2.89	81.48	0.65
Ｌ１９	10.00～10.50	0.50	4.75	7.40	75.04	1.62

４－２－９　№９孔

№９孔はFig.Ⅱ－１に示すように露頭東部の比較的連続性のある露頭の下部を把握するために実施された。ボーリング地点の地質は走向Ｎ４５Ｗ・傾斜６０～７０Ｓを示す褐色泥質チャート・頁岩互層であり，北側に層厚２ｍの鉱層があり，また小規模な鉱層が３層ある。

ボーリング孔では孔口から２５０ｍまでは褐色チャートおよび赤色チャートであり，２.５０ｍから3.５０ｍ間でマンガン鉱石が認められた。3.５０ｍから１０.００ｍまでは一部で赤色チャートとなるが，主として褐色チャートである。１０.００ｍから１１.５０ｍ間にてマンガン鉱石となり，１１.５０ｍから，１６.００ｍ間は少量の黒色チャートを含む褐色チャートとなる。１６.００ｍから２４.７０ｍまでマンガン鉱石に着鉱した。

本孔では３個所にて着鉱したが，上位２個所は小規模鉱層と考えられ，下位の着鉱部が地表の厚さ２ｍの鉱層と連続するものと考えられる。しかし下位の着鉱部は厚いがMnO_2品位は低い。断面図（Fig.Ⅱ－２－２）に示すように，ゆるく褶曲しているが地表から約３０ｍまで鉱層が連続することが明らかとなった。着鉱部の分析品位は下記のとおりであるが，高品位部は２１.００～２１.５０ｍ間のMnO_2 32.22%である。他の着鉱部はMnO_2 5.19%～17.88%と低品位である。

試料番号	深度（m）	区間長(m)	Mn(%)	MnO_2(%)	SiO_2(%)	Fe(%)
L 20	2.50～ 3.00	0.50	11.65	17.25	65.60	1.48
L 21	3.00～ 3.50	0.50	7.79	12.20	71.99	1.58
L 22	10.00～10.50	0.50	4.05	6.59	79.03	1.44
L 23	16.00～16.50	0.50	9.94	14.98	71.79	0.92
L 24	16.50～17.00	0.50	5.67	9.20	76.31	1.55
L 25	17.00～17.50	0.50	4.08	7.10	75.48	2.01
L 26	17.50～18.00	0.50	8.50	13.22	75.32	1.26
L 27	18.00～18.50	0.50	7.19	10.97	77.33	1.14
L 28	18.50～19.00	0.50	5.66	7.32	82.81	0.74
L 29	19.50～20.00	0.50	4.79	7.54	78.64	1.80
L 30	20.00～20.50	0.50	6.01	8.46	85.25	0.57
L 31	20.50～21.00	0.50	8.79	12.54	77.26	0.83
L 32	21.00～21.50	0.50	21.76	32.22	54.03	0.99
L 33	21.50～22.00	0.50	4.94	7.45	86.93	0.69
L 34	22.00～23.00	1.00	3.11	5.19	82.60	1.49
L 35	23.00～24.00	1.00	5.99	9.49	77.94	1.26
L 36	24.00～24.70	0.70	10.79	17.88	66.41	1.23

また，試料L２６，L３２，L３５についてはX線回折，L３２については研磨片による顕微鏡観察によりマンガン鉱物および脈石鉱物の同定をおこなった。この結果はTableA－２，TableA－４に示すが，L３２にはクリプトメレーン鉱が比較的多く検出された。またL３５にて菱マンガン鉱の可能性あるX線回折線を得た。

４－２－１０　№１０孔

№１０孔は№９孔と同一ボーリング地点にて実施され，露頭のより深部延長を把握することを目的とした。

ボーリング孔では孔口から3.００ｍまでは赤色チャートと白色チャートであり，3.００ｍから褐色チャートとなり，4.００ｍ～6.００ｍ間にてマンガン鉱石に着鉱した。6.００ｍから孔底１9.００ｍまでは褐色チャートを主とし，１０ｍ，１５ｍ，１６ｍ付近にて少量の黒色チャートが認められた。

本孔では１個所にて着鉱したが，断面図（Fig. Ⅱ－２－２）に示すようにこの着鉱部はボーリング地点の小規模鉱層の延長部であり，また１０ｍ～１６ｍ付近の少量の黒色チャートは

№9孔の１０ｍ付近の着鉱部に連続するものと考える。着鉱部の分析品位は次のとおりであるが，低品位である。

試料番号	深度（ｍ）	区間長(ｍ)	Mn（%）	MnO_2(%)	SiO_2(%)	Fe(%)
Ｌ３７	4.00～5.00	1.00	10.95	17.88	65.30	1.98
Ｌ３８	5.00～6.00	1.00	8.25	12.28	80.25	0.71

４－２－１１　№１１孔

№１１孔はFig．Ⅱ－１に示すように露頭東部の下部延長を把握することを目的として実施された。ボーリング地点の地質は褐色泥質チャート・頁岩の互層であり，走向Ｎ４５Ｗ・傾斜７５～８５Ｓを示す。北側に層厚1.9ｍと0.5ｍの鉱層がある。

ボーリング孔では孔口から8.５０ｍまでは赤色チャートを主とし，8.５０ｍから１２.５０ｍまでマンガン鉱石が認められた。１２.５０ｍ～１３.５０ｍ間は黒色チャートを含む褐色チャートであり，１３.５０ｍから１８.００ｍまでは褐色チャートを含むマンガン鉱石である。18.00ｍから孔底２１.００ｍまでは褐色チャートである。

本孔では２個所にて着鉱したが，断面図（Fig．Ⅱ－２－２）に示すように，それぞれの着鉱部が地表の２つの鉱層に連続するものと考えられる。２個所の着鉱部のうち上位着鉱部の分析品位は下記のとおりである。

試料番号	深度（ｍ）	区間長(ｍ)	Mn（%）	MnO_2(%)	SiO_2(%)	Fe(%)
Ｌ３９	9.50～10.50	1.00	13.52	21.36	63.82	1.43
Ｌ４０	10.50～11.50	1.00	22.99	34.05	53.48	0.51

４－２－１２　№１２孔

№１２孔は№１１と同一ボーリング地点にて実施され，露頭下部の把握を目的とした。

ボーリング孔の地質は孔口から１５.００ｍまで赤色チャートを主とし，わずかに白色チャートを伴なう。１５.００ｍから１６.００ｍまで黒色チャートを伴う褐色チャートとなり，16.00ｍから１６.５０ｍまで鉱石である。

本孔の着鉱部は断面図（Fig．Ⅱ－２－２）に示すように，№１１孔の着鉱部に連続するものと考える。着鉱部の分析品位は下記のとおりである。Feは6.２８%と極めて高い値を得た。このFeは，チャート中のFe含有量を示すと考えられる。

試料番号	深度（ｍ）	区間長(ｍ)	Mn（%）	MnO_2(%)	SiO_2(%)	Fe(%)
Ｌ４１	16.00～16.50	0.50	10.01	16.03	62.46	6.28

4－2－13　№13孔

№13孔は№11孔と同一ボーリング地点にて実施された。

ボーリング孔の地質は，孔口から12.50mまで赤色チャートを主とし12.00mから12.50m間にてわずかに黒色チャートが認められ，12.50mから15.50mまでマンガン鉱石に着鉱した。

本孔の着鉱部は，№11孔の着鉱部に連続するものである。着鉱部の分析品位は下記のとおりである。良好部は深度12.50m～13.00m間のMnO_2 26.32％である。下位の方で高いFeの含有量を示した。

試料番号	深度（m）	区間長（m）	Mn(％)	MnO_2(％)	SiO_2(％)	Fe(％)
L 42	12.50～13.00	0.50	16.23	26.32	59.27	1.37
L 43	13.00～13.50	0.50	10.08	15.53	66.44	1.95
L 44	13.50～14.00	0.50	5.96	9.92	72.46	1.99
L 45	14.00～15.00	1.00	6.95	11.02	67.08	2.20
L 46	15.00～15.50	0.50	6.47	10.10	70.32	2.30

4－2－14　№14孔

№14孔はFig．Ⅱ－1に示すように露頭東部の下部把握を目的として実施された。ボーリング地点の地質は走向N50W・傾斜60Sを示す褐色泥質チャートの頁岩互層であり，北側には多数の鉱層がある。

ボーリング孔では孔口から3.50mまでは褐色チャートを主とし，3.50m～4.00m間で鉱石に着鉱した。4.00mから孔底19.00mまでは褐色チャートを主とし，一部で黒色チャートが認められる。

本孔では1個所着鉱したが，この着鉱部は高品位であるが断面図（Fig．Ⅱ－2－2）に示すように小規模鉱層と考える。着鉱部の分析品位は下記のとおりであるが，高いMnO_2品位を得た。

試料番号	深度（m）	区間長(m)	Mn(％)	MnO_2(％)	SiO_2(％)	Fe(％)
L 47	3.50～4.00	0.50	26.45	41.47	45.60	0.80

4－2－15　№15孔

№15孔は№14孔と同一ボーリング地点にて実施され，露頭下部の把握を目的とした。

ボーリング孔の地質は孔口から5.50mまで赤色チャートを主とし，5.50mから孔底15.00mまで褐色チャートを主とする。このうち6.50mから9.00m間でわずかに黒色チャートが認められた。