

第Ⅱ部 各 論

第1章 A地区

1-1 調査方法

A地区は、ハイル・アス・サヒル鉱床を含む面積3km²の地区である。本地区において行った調査方法及びその作業量は以下のとおり。

地質調査： 面積3km²，縮尺1：2,000

物理探査： 流電電位法 面積3km²，611点

ボーリング調査： 6孔 計898.70m

本調査で採取した試料のうち室内試験に供した試料の試料数をTable II-1-1に示す。これらの調査結果を以下に示す。

1-2 地質調査

1-2-1 地質

1. 地質概説

オマーン山脈は、ヨーロッパよりヒマラヤへ連続するアルプス・ヒマラヤ造山帯の一部を構成し、主として先カンブリア界から古生界及び中生界の現地生岩体（基盤）とその上位に衝上した異地生岩体（ナップ）より成る。異地生岩体は、下位のハワシナ・ナップ及び上位のサマイル・ナップより構成され二層構造を示す。ハワシナ・ナップは主にハワシナ堆積岩類より成り、サマイル・ナップは、サマイル・オフィオライト及びオフィオライト上部堆積物より構成される。

ラカー地域は、サマイル・ナップの分布域に位置する。本地域は、サマイル・オフィオライト及びオフィオライト上部堆積物が分布する。サマイル・オフィオライトは、層序的に下位よりテクトナイト、層状岩体、ハイレベル斑れい岩、シート・コンプレックス及び火山岩類より成る。サマイル・オフィオライトの上位には、小規模ながら主としてオリストストロームより成るオフィオライト上部堆積物が見られる。本地域の模式層序表をFig. II-1-1に又構造断面図をFig. II-1-2に示す。

A地区は、ラカー地域の西部に位置する。本地区は、その大半を段丘堆積物によって覆われており、オフィオライト及びオフィオライト上部堆積物の分布範囲は限られる。本地区の地質図をFig. II-1-3及びPlate II-1-1に、又地質断面図をPlate II-1-2に示す。

本地区の地質構造は、2条の衝上断層がほぼ東西方向に認められ、層序的には下位のテク

Table II-1-1 Number of Samples for Laboratorial Studies in the Project

Area	Method	Thin Section	Polished Section	Whole Rock Chemical Analyses	Minor Elements Chemical Analyses	X-ray Diffraction Analyses	Ore Assay (Au, Ag, Cu, Pb, Zn)	EPMA	Physical Properties Measurement
Area A	Surface	7	-	7	8	-	-	-	5
	Drilling	5	18	6	7	5	132	2	8
	Sub-Total	12	18	13	15	5	132	2	13
Area B	Surface	9	-	9	9	-	-	-	-
	Drilling	9	20	8	9	6	133	10	11
	Sub-Total	18	20	17	18	6	133	10	11
Total		30	38	30	33	11	265	12	24
Remarks		Table II-1-2	Table II-1-7 (Area A) Table II-2-3 (Area B)	Table II-3-1	Table II-3-3	Table II-1-8 (Area A) Table II-2-4 (Area B)	Appendix 4 (Area A) Appendix 8 (Area B)	Table II-2-5	Table II-1-3

Geologic Time	Geological Unit	Columnar Section	Lithology	Volcanism	Mineralization	Remarks	
Quaternary	Holocene	Wadi Sediments, Detritus	Gravel, sand				
	Pleistocene	Lower Terrace Deposits	Gravel, sand				
Middle Terrace Deposits		Gravel, sand					
Upper Terrace Deposits		Gravel, sand					
Cretaceous	Supra-ophiolite Sediments	Olistostromes	Chert, shale, sandstone, basalt, serpentinite, limestone		Calcrete Batinah Olistostrome		
		Suhaylah Formation	Chert, metalliferous sediment				
	Middle Volcanic Rocks		Pillow lava				
		Lower Volcanic Rocks	Lower Extrusives II			Massive lava (sheet flow) Metalliferous sediments Pillow and massive lavas Metalliferous sediments	Dyke
			Lower Extrusives I			Ore deposit: (Cu) Pillow and massive lavas Metalliferous sediments	Dyke
	Ophiolite	Sheeted-dyke Complex				Sheeted-dykes	
		High-level Gabbro				Clinopyroxene gabbro	
		Cumulate Sequence				Layered gabbro Clinopyroxene gabbro Olivine cpx. gabbro	
	Early	Tectonites				Harzburgite Chromitite (Cr) Dunite (L)	

Fig. II-1-1 Stratigraphic Columnar Section of the Rakah Area

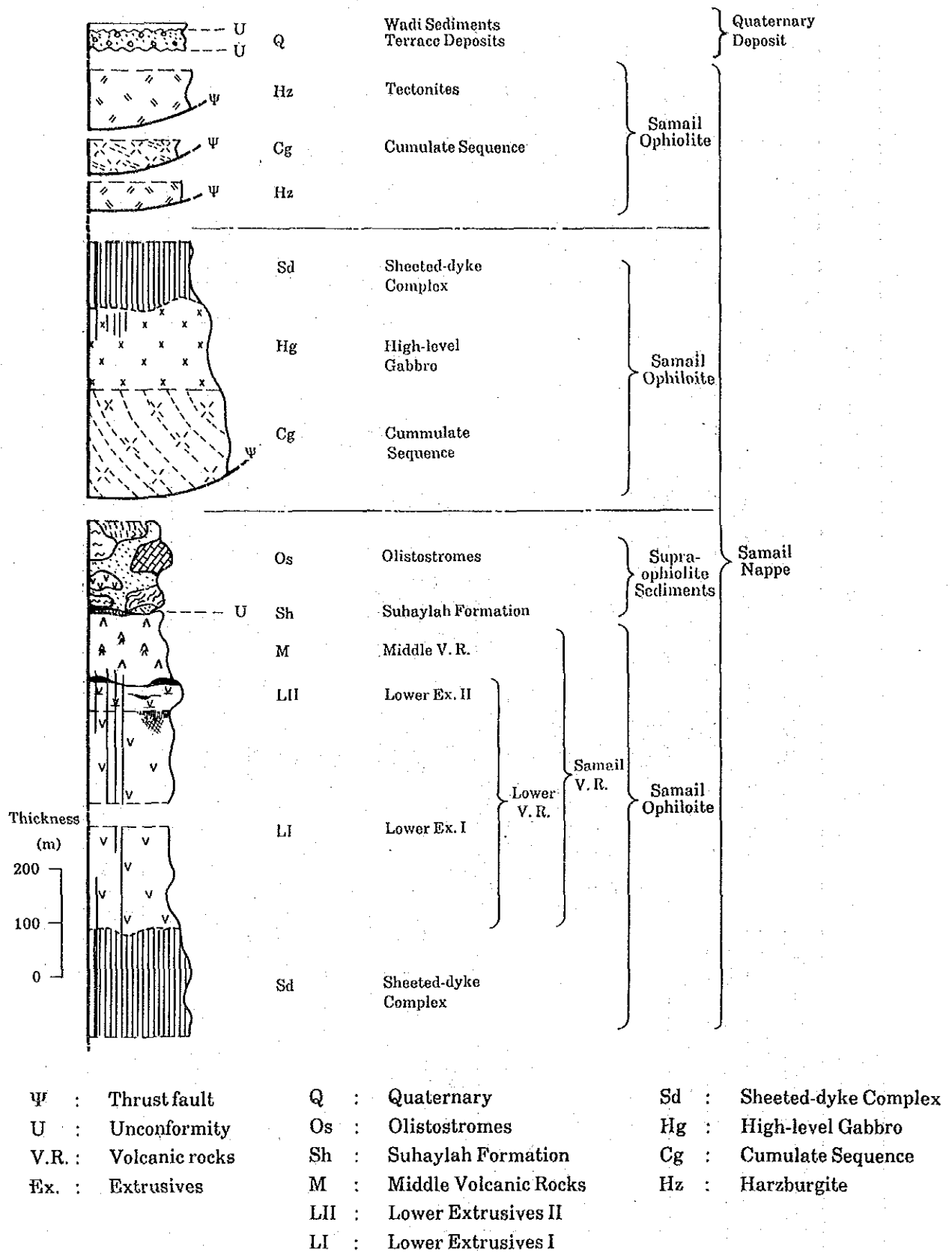
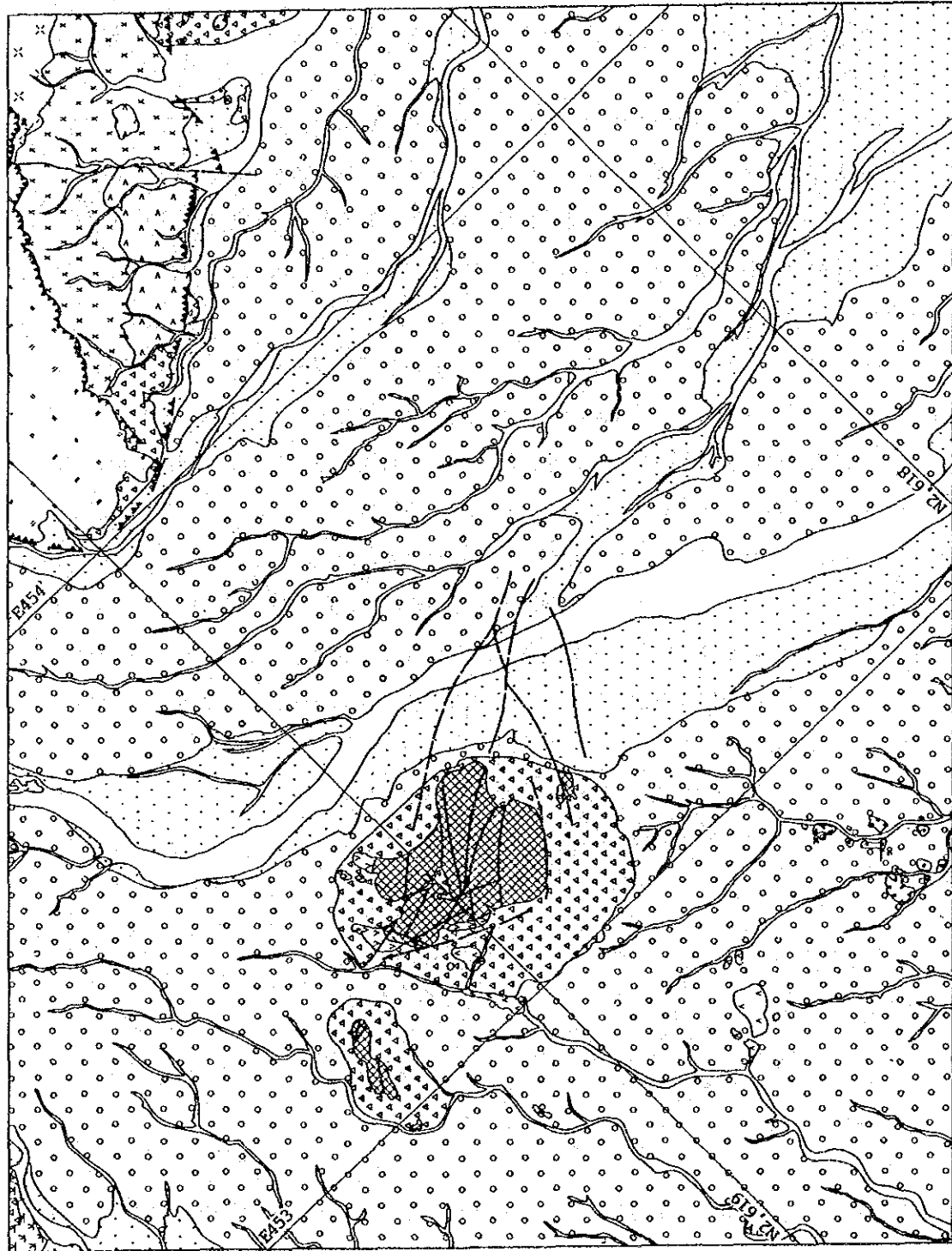


Fig. II-1-2 Tectonostratigraphic Section of the Rakah Area



LEGEND

- Wadi sediments
- Debris
- Lower Terrace Deposits
- Middle Terrace Deposits
- Upper Terrace Deposits
- Olistostromes
- Suhaylah Formation
- Middle Volcanic Rocks
- Lower Extrusives II
- Lower Extrusives I
- Sheeted-dyke Complex
- High-level Gabbro
- Cumulate Sequence
- Tectonites
- Gossan
- Contact
- Stratification
- Fault
- Thrust fault



Fig. II-1-3 Geologic Map of Area A

トナイトが構造上最上位に、又層序的には上位の火山岩類が構造的には最下位に認められ一見逆転した構造を示すのを特徴とする。

断層は、NW-SE系及びNE-SW系の2系統が見られる。本地区の構造図をFig. II-1-4に示す。

2. 地質各説

(1) サマイル・オフィオライト

本地区に分布するサマイル・オフィオライトは、下位よりテクトナイト、層状岩体、ハイレベル斑れい岩、シート・コンプレックス及びサマイル火山岩類より構成される。

(a) テクトナイト

テクトナイトは、本地区北東部の丘陵地にほぼE-W方向に伸長して分布する。本岩は、主としてハルツバージャイトから成り、ダナイト、斜方輝石斑れい岩、クロミタイト及び斜方輝石岩岩脈を伴う。全体的には、WNW-ESEの方向性が認められるが、その内部構造は不明瞭である。本地区における本岩の厚さは80m以上と推定される。

ハルツバージャイト (Hz)

ハルツバージャイト (Hz) は、テクトナイトの主要構成岩である。本岩は暗褐色から暗緑色を呈し、直径1~8mmのバスタイト化した斜方輝石が認められる。局所的にその構成鉱物の量比に差が認められ、小規模ながら互層状を呈する箇所が下部において観察される。本岩の断裂沿いには厚さ1~10cm、走向延長1~5mのマグネサイト脈が多く見られる。これらはほぼN60°~80°Wの走向で東に急傾斜する。

ハルツバージャイトの面構造は不明瞭であるが岩体の西部では、NNW-SSEの走向で東に約60°傾斜する非常に弱い面構造が見られる。本岩と下位のハイレベル斑れい岩体とは衝上断層で接するが、衝上断層面に沿って幅数mから十数mの範囲が破碎されている (Fig. II-1-5)。

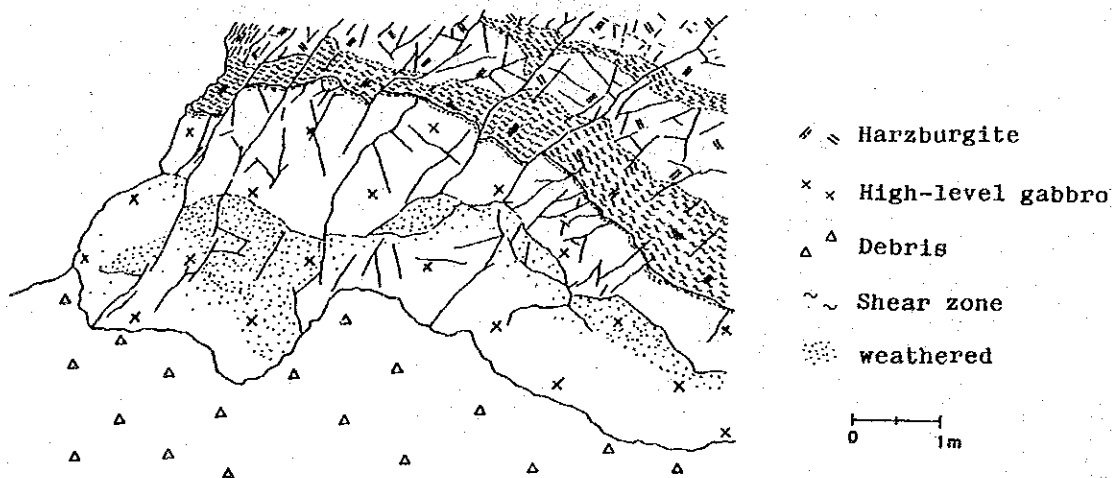


Fig. II-1-5 Sketch of Thrust Fault between Tectonites and High-level Gabbro

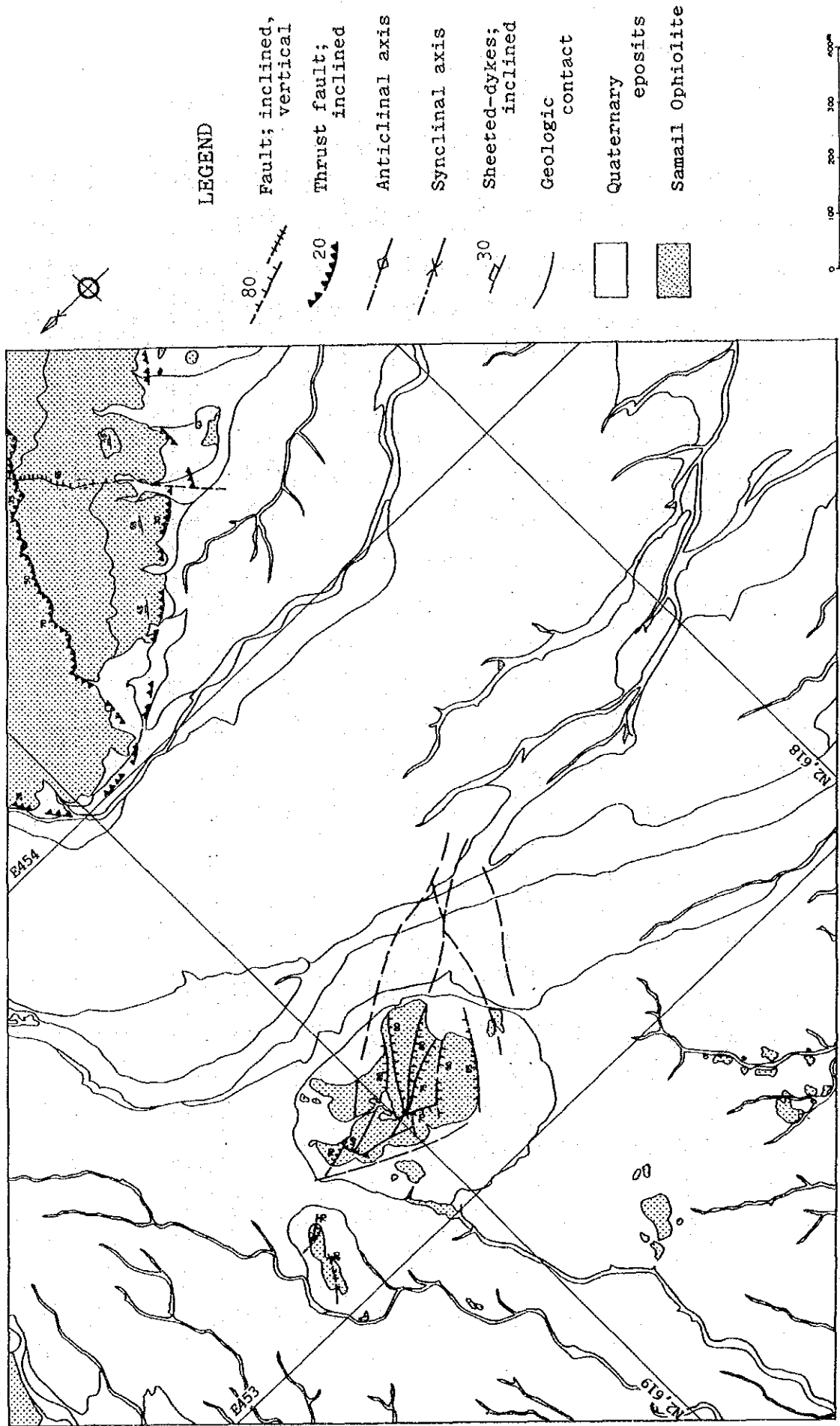


Fig. II-1-4 Structural Map of Area A

検鏡結果 (M008)

岩石名: ハルツバージャイト

組織: ボーフィロクラスティック組織

構成鉱物: かんらん石は完全に蛇紋石と磁鉄鉱に変質し, 網状組織を示す。斜方輝石は 0.4~3m/m で半自形~他形を示し, 殆ど変質し蛇紋石及び少量の緑泥石, 透角閃石が認められる。また, 単斜輝石から成る離溶ラメラが観察される。1m/m 以下のクロム鉄鉱を極く少量含有する。

尚, 本調査で行った薄片の検鏡結果をTable I-1-2に示す。

ダナイト (Du)

本岩は, 北東部のハルツバージャイト中に分布するレンズ状の岩体で厚さ1~10m, 延長数mから数百mの小規模岩体である。本岩体は一般にN10°~40°Wの走向を示し東側に30°程度傾斜する。本岩とハルツバージャイトとの境界は不明瞭な場合が多く漸移している。本岩中にはクロミタイトが賦存する。

クロミタイト (Cr)

本地区の4箇所でクロミタイト (Cr) の露頭が確認された。これらはいずれもテクトナイトの下位と境をなす衝上断層付近に分布する。本岩はダナイトに漸移し, ハルツバージャイトとは断層関係で接するが, 斑れい岩を伴う場合もある。厚さは数十cmから2~3mで長さ数mから20mのレンズ状ないし芋状の形状を呈する。クロム鉄鉱は, 塊状又は鉱染状を示す。Fig. II-1-6にクロミタイトの産状を示す。

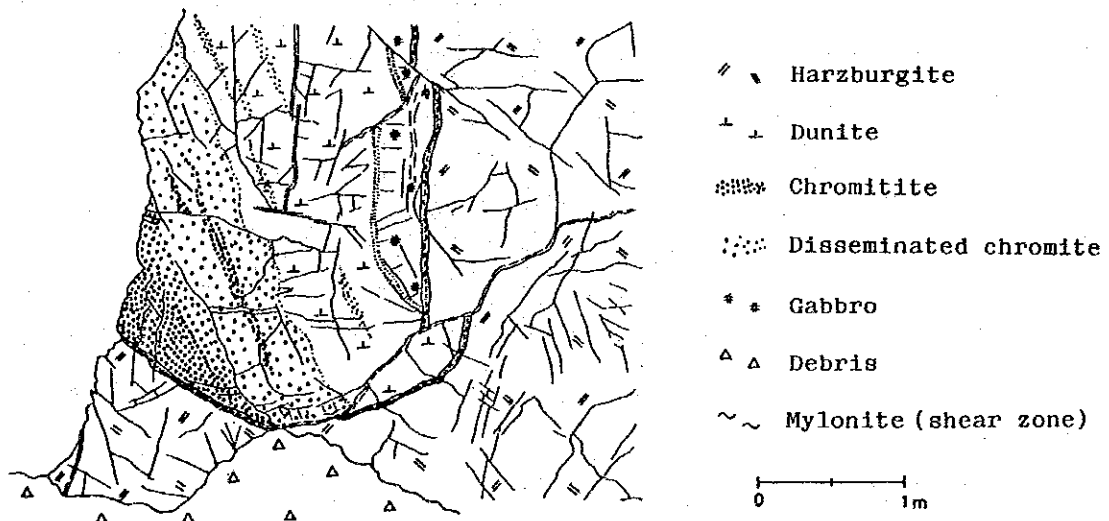


Fig. II-1-6 Sketch of Chromitite Showing

斜方輝石斑れい岩 (G a)

本岩は、ハルツバージャイトに伴われる幅数十cmから1m程度の小規模岩体でレンズ状又は楕円形の形状を示す。走向は一般にNW-SEで40°~60°NEに傾斜する。本岩の周辺に見られるハルツバージャイトは、蛇紋岩化が著るしく境界はやや不明瞭である。

斜方輝石岩脈 (D')

本岩脈は、ハルツバージャイト中に見られる。幅は数cmから数10cmであり不規則で波状を呈する場合もある。岩脈の走向は、NW-SEからNNW-SSEで傾斜は一定していない。本岩は緑灰色を呈し粗粒な斜方輝石より構成される。

(b) 層状岩体 (Cg)

本岩体は地区の東端に極く狭い範囲を占め分布する。層序的に下位のテクトナイトとは、衝上断層で接する。層序的上位のハイレベル斑れい岩とは漸移関係にある。本岩体の厚さは150m以上と推定される。

本岩は、主に単斜輝石斑れい岩より構成され少量のかんらん石斑れい岩を挟在しており、厚さ数mmから数10cmの明瞭な層状構造が認められる。層状構造は、N-SからNNW-SSEの走向で東に30°~50°傾斜する。

単斜輝石斑れい岩は、淡緑灰色ないし灰緑色で中粒ないし粗粒岩から成り、単斜輝石より成るラミナが明瞭に見られる。かんらん石斑れい岩は、厚さ20m~30mで暗緑褐色を示し、かんらん石は殆ど灰褐色の蛇紋石と褐鉄鉱に輝石は大部分緑泥石に変わっている。本岩中には、ぶどう石、炭酸塩鉱物及び緑れん石の細脈が見られる。

(c) ハイレベル斑れい岩 (Hg)

本岩は、地区の東部に分布し、層状岩体の上位に位置する。本岩は、100m~150mの層厚を示す。下位の層状岩体及び上位のシート・コンプレックスとは漸移関係にあるが、その漸移帯の厚さは薄く数10mと推定される。本岩の上部では多数の幅30cmから1mの岩脈が見られるが、希に厚さ5mから10mのストック状を示すドライトの貫入が認められる。

本岩は、淡緑灰色から緑灰色で、主として単斜輝石斑れい岩から成り希に角閃石斑れい岩が見られる。本岩の造岩鉱物は、上部では細粒であるが下部は中粒ないし粗粒でその一部には斑れい岩質ペグマタイトが認められ粒度変化に富む。変質は、緑泥石化及び緑れん石化が顕著で、特に岩脈の周辺部で強度の変質が見られる。尚、本岩の一部には、弱い鉱化作用も認められる。

検鏡結果 (M011)

岩石名：ハイレベル斑れい岩

組織：完晶質，斑状組織

構成鉱物：主として斜長石，普通角閃石及び普通輝石から成る。斜長石は，多量で0.2～1.5m/mの自形～半自形を示しセリサイト化が著るしい。普通角閃石は，緑色を呈し0.3～2.5m/mで自形～半自形を示し，緑泥石化，透角閃石化を受けている。普通輝石は，0.2～1m/mで半自形～他形を示し部分的に角閃石化及び緑泥石化を受けている。このほか極く少量のりん灰石，赤鉄鉱及び褐鉄鉱化した不透明鉱物が認められる。本岩は全体的に強度の変質を受けており，変質鉱物としては緑泥石，角閃石，セリサイト，緑れん石，スフェーンなどが見られる。

(d) シート・コンプレックス (Sd)

本岩は，地区の東部で小規模に分布する。下位のハイレベル斑れい岩とは漸移関係にあるが上位は断層によって切られその関係は不明である。本岩の層厚は100m以上と推定され，一般にN40°～70°Wの走向で35°～75°Nの傾斜を示す。

本岩は，暗灰色から緑灰色を呈し，その70%以上がドレライト及び玄武岩岩脈より構成される。各岩脈は，厚さ30cmから1mの範囲でやや不規則であり，幅数cmの急冷縁相を伴う。下位ではその基質部が斑れい岩質になっている。一般に緑れん石化が顕著である。

本岩帯の南西端には，NW-SE方向で30°NEの傾斜を示す厚さ数mの破碎帯が見られるが，これは衝上断層と推定される。この破碎帯の下位には不明瞭ながら玄武岩質枕状溶岩と岩脈が見られ後述サマイル火山岩類の下部に相当するものと推定される。

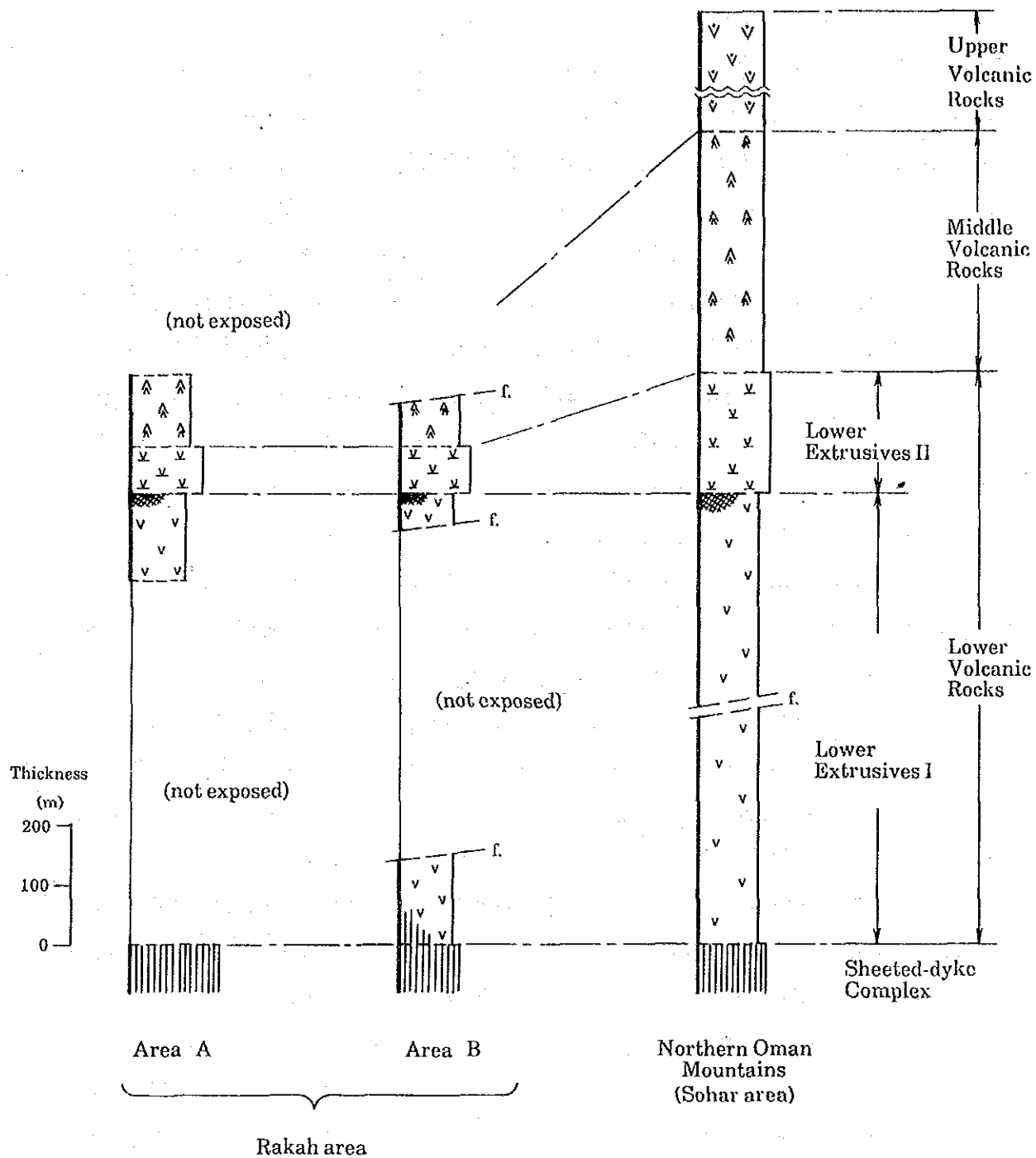
(e) サマイル火山岩類

サマイル火山岩類は，下位より下部火山岩類，中部火山岩類及び上部火山岩類に区分(Bishimetal, 1987)されているが，本地区ではこのうち下部火山岩類及び中部火山岩類が分布する。下部火山岩類は，更に枕状溶岩の性質の差より下部噴出岩類Ⅰ及び下部噴出岩類Ⅱに細分される。

北部オマーン山脈地域におけるサマイル火山岩類の層序とラカー地域のものとの対比をFig. II-1-7に示す。

下部噴出岩類Ⅰ (L I)

本岩類は，地区の北西端及びメイン・ゴッサンの北側にその分布は限られる。弱変質部では，暗緑灰色から淡褐緑色を示すが，強度変質部は暗緑色から灰褐色でその組織の



- ▽ ▽ Upper Volcanic Rocks
- △ △ Middle Volcanic Rocks
- ▽ ▽ ▽ Lower Extrusives II
- ▽ ▽ ▽ Lower Extrusives I
- Mineralized zone
- f. : fault

Fig. II-1-7 Correlation of Samail Volcanic Rocks

大部分が消失している。本岩類は枕状溶岩を主とし少量のマッシュ溶岩を挟む。枕状構造を示す溶岩の直径は 0.6m～1.0mである。また不明瞭な気孔が石英もしくは方解石により充填されている。枕状溶岩の基質を構成するハイアロクラスタイトの厚さは、2cmから3cmでその一部にはピロー・ブレッチャーを少量伴う。

下部噴出岩類Ⅱ (LⅡ)

本岩類は、地区の北端及びメイン・ゴッサンの南側に小規模な分布が見られるのみである。厚さは、20m以上と推定される。本岩類は、紫灰色又は淡緑灰色を呈し、枕状溶岩と少量のマッシュ溶岩より構成される。枕状構造を示す溶岩の直径は 0.3m～0.6mで下部噴出岩類Ⅰに比較して小さい。気孔が見られるがこれらは、沸石、方解石、緑れん石及び緑泥石などで充填されている。枕状溶岩の基質を構成するハイアロクラスタイトは、1cm～3cmと薄くピロー・ブレッチャーを伴う場合が多い。一般に強く変質しており緑れん石や方解石の細脈が見られる。

本岩類中には、3枚のメタリフェラス堆積物が認められるが、これらは層厚2cm～6cmでN20°～40°E, 30°～40°Eの走向及び傾斜を示す。

検鏡結果 (M015)

岩石名：枕状溶岩

組織：集斑状組織

構成鉱物：斑晶は少量の斜長石、中量の普通輝石から成る。斜長石は、0.4m/m大の自形を呈する。普通輝石は、0.4～0.6m/mで自形～半自形の柱状結晶であり波状消光を示し、緑泥石化及び緑れん石化を受けている。石基は、少量の0.1m/m以下の針状斜長石、普通輝石、不透明鉱物及びガラスから成り、ガラスは脱ハリ化を受け多量の緑れん石、緑泥石、斜長石、スメクタイトが認められる。不透明鉱物は、一部赤鉄鉱化している。

中部火山岩類 (M)

中部火山岩類は、メイン・ゴッサンの西側に分布しており噴出岩類とメタリフェラス堆積物より構成される。噴出岩類は、暗緑灰色から緑灰色で枕状溶岩 (Me) とマッシュ溶岩 (Mms) より構成される。枕状溶岩はメイン・ゴッサンの南東方の小露頭で良く見られる。枕状をなす溶岩の直径は 0.6m～1.2mで比較的大きく不規則な形状を示す。

マッシュ溶岩は、メイン・ゴッサンの西から南西にかけて分布し、細粒～中粒のドレライトより成る。本岩では、緑泥石化した輝石の斑晶が認められる。

メタリフェラス堆積物は、マッシュ溶岩中に見られる。本岩は、暗赤褐色でその層厚

は5cmから12cmである。

尚、本地区に見られる噴出岩類のルート柱状図をFig. II-1-8に示す。

検鏡結果 (M003)

岩石名：枕状溶岩

組織：インターサータル組織

構成鉱物：斑晶は、斜長石、普通輝石から成る。斜長石は、多量で0.5~1.5m/mの自形を示す。普通輝石は、少量で0.5m/m大の自形~半自形を呈する。石基は多量の短冊状の斜長石、普通輝石及び少量のチタンオーゾナイト、極く少量のハイパーシオン、不透明鉱物からなる。全体に変質を受けており、多量の方解石、及び少量の緑泥石、緑れん石及びスメクタイトが認められる。

検鏡結果 (M005)

岩石名：マッシュ溶岩

組織：サブオフィティック組織

構成鉱物：斑晶は、斜長石、普通輝石から成る。斜長石は、0.5~2m/mで多量で長柱状の自形を示し、変質を受け緑泥石化している。普通輝石は少量であるが、1m/m大で自形~半自形を呈している。石基は、斜長石、普通輝石及び少量の不透明鉱物から成る。全体に強く変質し、多量のセリサイト、スメクタイト、緑泥石、スフェーン及び緑れん石が見られる。

(2) オフィオライト上部堆積物

本層は、地区の東部及び南西部に見られバティナ・オリストストローム (Os) より構成される。オリストストローム層を構成するオリストリスは、カオテック構造を示し赤色頁岩、赤色チャート、暗灰色石灰岩、玄武岩溶岩及び層状石灰岩などより構成される。オリストリスの規模は、数十mより数百m程度と推定される。本層とオフィオライトの関係は露出が無いため不明である。

(3) 第四紀層

本地区で見られる第四紀層は、段丘堆積物、崖錐堆積物及びワジ堆積物に区分される。

(a) 段丘堆積物 (Qt)

本地区では、広い範囲に段丘面が発達する。段丘面は中位段丘面及び下位段丘面に区分されるが、B地区で見られる上位段丘面は本地区では見られない。

中位段丘面は、標高680mより720mの間にあり地区全体に広く分布する。段丘堆積物 (Qtm) は、礫及び砂より構成され、その厚さが40mに達する部分もある。礫は、主

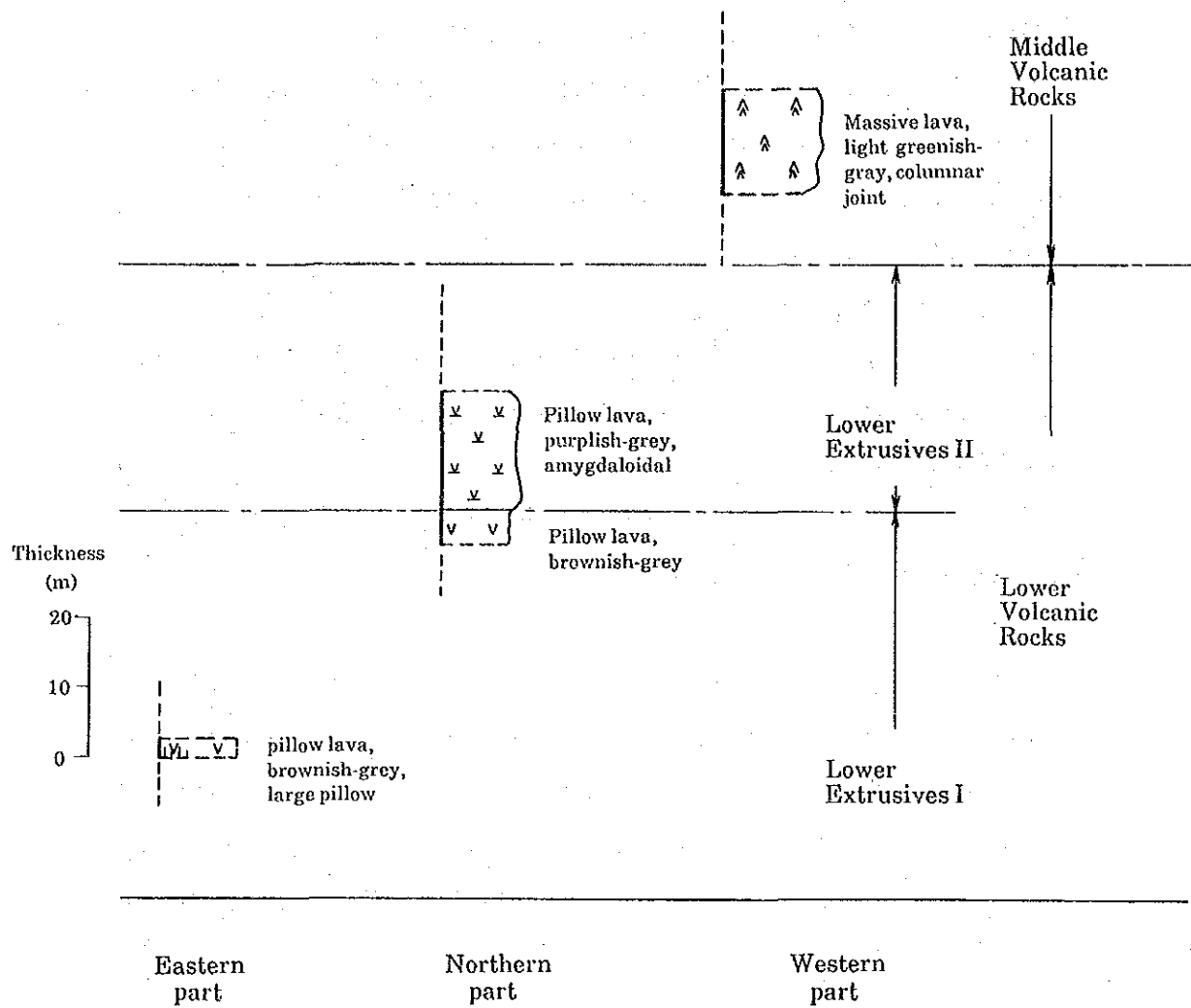


Fig. II-1-8 Columnar Sections of Volcanic Rocks in Area A

として斑れい岩及びハルツバージャイトからなる円礫及び亜円礫で、その径は1 cmから60 cm程度で淘汰は良くない。希に細粒から粗粒の砂の薄層を挟む。基質部は、小礫を含む粗粒の砂より成るが、カルクリート化し固結している部分が多い。

下位段丘面は、標高 675 mより 710 mの間に位置し、主要なワジ沿い及びその周辺部に分布する。この分布より旧ワジの幅が 100 m～ 200 mであったことがわかる。下位段丘面と中位段丘面との間には 3 m～ 8 mの標高差がある。段丘堆積物 (Qt1) は、中位段丘面とほぼ同様である。

(b) 崖錐堆積物 (Qd)

崖錐堆積物の分布は、メイン・ゴッサン及びスモール・ゴッサン周辺部と地区の北東部に見られる。本堆積物は主に角礫より構成され数 mの厚さを有する。

(c) ワジ堆積物 (Qw)

ワジに沿って分布し、主として円礫及び亜円礫より構成される。礫は殆ど斑れい岩及びハルツバージャイトの礫である。

(4) 貫入岩類

本地区には、玄武岩質から安山岩質の岩脈が東端部に分布している。本岩は暗緑色から緑灰色を呈し、やや粗粒であるが 2～3 cmの明瞭な急冷縁を有する。一般に変質を受け、緑れん石脈及び炭酸塩鉱物の細脈を伴う。岩脈の幅は 30 cm～ 2 mであり、一般に NW-SE の走向で、NE へ 30°～50° 傾斜しており、シート・コンプレックスの走向及び傾斜と一致している。本岩はシート・コンプレックスと同質であり、下部火山岩類を供給した岩脈と考えられる。

1-2-2 地質構造

ラカー地域の地質構造発達はサマイル・オフィオライトの生成 (第 1 期)、サマイル・オフィオライトのオブダクション (第 2 期) 及びオブダクション以降 (第 3 期) の 3 つの時期に区分される。

第 1 期には、サマイル・オフィオライトが古テチス海の拡大軸において白亜紀前期から中期にかけて生成発達し (Lippard et al., 1986)、アラビアン・プレートとの間には大規模なハワシナ堆積盆が存在していたと考えられている。Fig. II-1-9 の (1) にそれぞれの配置を示す。生成当時のオフィオライトの内部構造は、一般にシート・コンプレック、層状岩体及びテクトナイトに保存されている場合が多い。ラカー地域は A 及び B 地区いずれもシート・コンプレックスに内部構造が認められ、その方向は概ね NW-SE 方向であり、その方向はオマーン山脈に広く分布するオフィオライトの一般方向と一致している。

第 2 期は、サマイル・オフィオライトが大洋底から分離しオフィオライト上部堆積物の堆積

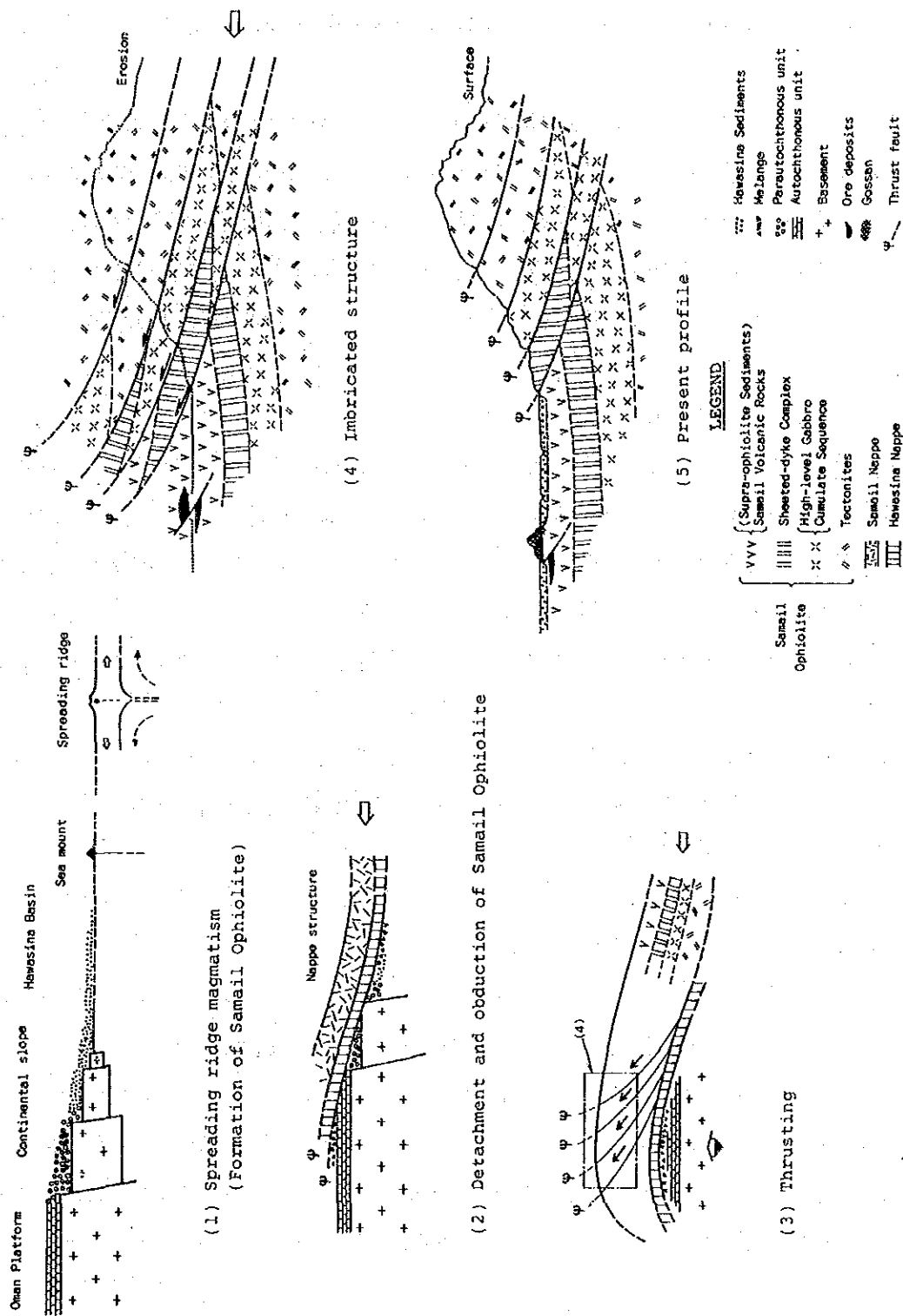


Fig. II-1-9 Tectonic History of Samail Ophiolite in the Rakah Area

に引き続き、アラビアン・プレートの南西端 (Oman platform) の上にサマイル・ナップとしてオブダクトするまでの時期をさす。サマイル・オフィオライトのオブダクションは白亜紀後期に生じたと考えられている。(Coleman, 1981 and Lippard et al., 1986) (Fig. II-1-9(2))。

オブダクションに伴う衝上断層群及び褶曲群がラカー地域を含めオマーン山脈全域に発達している。これらの一般方向はNNW-SSEからNW-SE方向を示す。ラカー地域にも衝上断層が認められ、NW-SEからE-W方向を示す幾つかの衝上断層群から成っている。各スラスト・シートは正常層序を示しているが、層序的に下位の岩相が上位に載っており、見掛上逆転している。その成因は、やや小規模なスラスト・シートがサマイル・ナップの衝上に伴ない形成され (Fig. II-1-9(3))、次々と衝上したインプリケート構造によると考えられる (Fig. II-1-9(4)・(5))。

次に、サマイル・ナップの定置以降に関わる構造が認められ、一般に地域性を有している。

A地区では2本の衝上断層及び断層群が発達している。衝上断層は地区の北東部に認められ、NNW-SSE方向を示し、Nに緩やかに傾斜している。上位の衝上断層はテクトナイトと層状岩体及びハイレベル斑れい岩との間に存在し、下位のものはハイレベル斑れい岩及びシート・コンプレックスと火山岩類との間に存在する。衝上断層に伴う破碎帯は幅1~5mを有する。

断層はN-S、NE-SW及びNW-SEの3方向が認められ、殆ど高角断層 (70°~90°) であるが、一部低角断層 (40°~50°) が推定される。A地区の地質構造図をFig. II-1-4に示す。

1-2-3 鉱化作用

1. 鉱化作用の概要

A地区において見られる鉱化帯は、地表で見られるメイン・ゴッサン、スモール・ゴッサンとボーリング探鉱により捕捉されているメイン・ゴッサン南東方の鉱化帯 (ハイル・アス・サヒル鉱床) 及びスモール・ゴッサンの北側で捕捉された鉱化帯とが知られている。これまでの調査結果では、メイン・ゴッサンとハイル・アス・サヒル鉱床は別の鉱化作用により生成したとされている。これらの鉱化帯のうちメイン・ゴッサン南東方の鉱化帯は、これまでのボーリング調査により 2,086千トン Cu 2.09%, Au 0.97g/t, Ag 6.86 g/t の鉱量がM P Mにより計上されている (Haddadin, 1988)。

本調査の結果では、これらの鉱化帯は一連の鉱体で断層及び浸食により孤立したものと考えられる。鉱化帯は、下部噴出岩類Iの最上部に賦存し、下部噴出岩類IIに覆われる。鉱化帯は、下位よりストックワーク状鉱、塊状鉱及び珪質鉱に区分される。ゴッサン帯は、い

れもストックワーク状鉱の風化帯である。

本地区においては、地表精査のほか後述の6本のボーリング調査を行った。これらの調査結果に基づき作成した地質図及び地質断面図をそれぞれ Fig. II-1-10及びFig. II-1-11に示す。

2. 鉱化帯

(a) メイン・ゴッサン

メイン・ゴッサンは、本地区のほぼ中央部に位置し、300m (N-S) × 240m (E-W) の規模を有し、段丘面と標高差約90mの小丘の頂部を形成している。ゴッサン帯の厚さは50m以上と推定される。このゴッサン帯は、ENE-WSWの走向で南に10°~20°傾斜する。本ゴッサンは、その北側で下位の下部噴出岩類Iの上に載るのが見られるが、ゴッサンと下部噴出岩類Iとの境界は比較的明瞭である。本ゴッサンの南方60mには小規模なゴッサンの露頭があるが、この露頭とメイン・ゴッサンの間には、小規模な下部噴出岩類IIの露頭が点在する。またメイン・ゴッサンの西側には、中部火山岩類に属するマツシブ溶岩が見られる。

断層は、NW-SE系が卓越し北東方向に傾斜する正断層が多い。メイン・ゴッサンとその南方の小規模ゴッサンとの間に見られる下部噴出岩類IIは、断層によりこれらのゴッサン帯と接するものと考えられる。特に、メイン・ゴッサンの南端では、幅1~2mの破砕帯を伴うWNW方向の断層帯が見られる。

メイン・ゴッサンの鉱化帯は、著しい風化作用のため完全にゴッサン化しており、硫化鉱物などは残存していない。この鉱化帯は、強度の珪化及び角礫化と網状石英脈の発達することで特徴付けられる。角礫は、強度の珪化を受けた火山岩類、鉄石英、石英、褐鉄鉱針鉄鉱及び赤鉄鉱などのほか、再角礫化を受けた角礫も認められ少なくとも3~4回の角礫化作用を受けている。角礫の基質は、赤褐色を呈し赤鉄鉱を伴う場合が多い。これらの角礫は、鉱化作用末期の不毛石英脈により切られている。角礫化の強度及びその構成礫の場所による差はあまり認められない。鉄石英の角礫も上部に若干多い傾向はあるが、中部や下部においても認められる。尚、少量ではあるが、銅の二次鉱物がゴッサン帯の下部で見られる場合がある。

(b) ハイル・アス・サヒル鉱床

本鉱床は、これまでの探鉱活動により発見された鉱床で累計23孔(3,551.15m)のボーリングが実施されている。本調査でも計6孔(898.70m)のボーリングを実施している。鉱床は、厚い段丘堆積物により覆われており露頭は見られない。

ボーリング調査の結果では、鉱床は、下部噴出岩類Iの最上部に位置し、下部噴出岩類

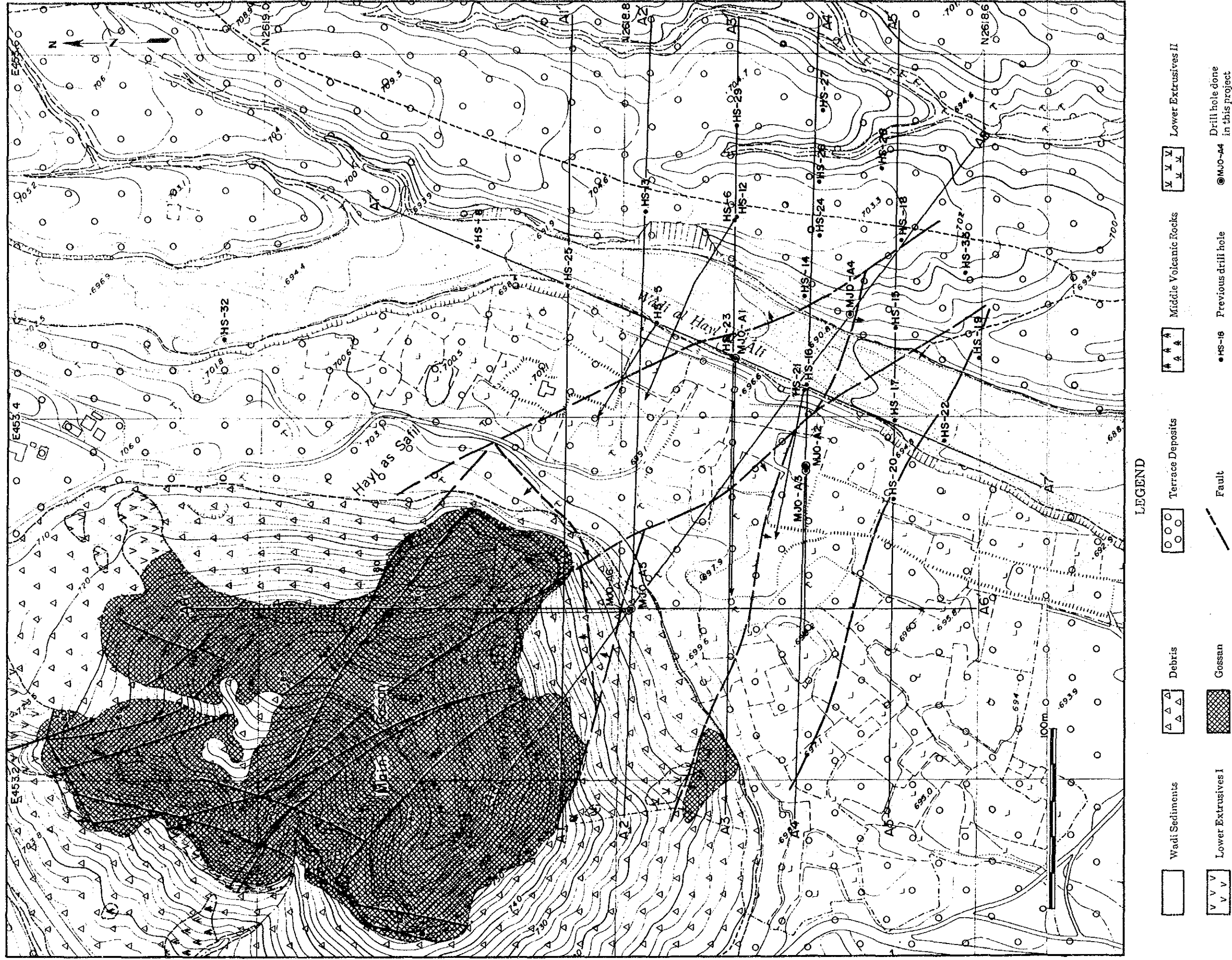


Fig. II-1-10 Geologic Map of the Hayl as Safil Deposit Area

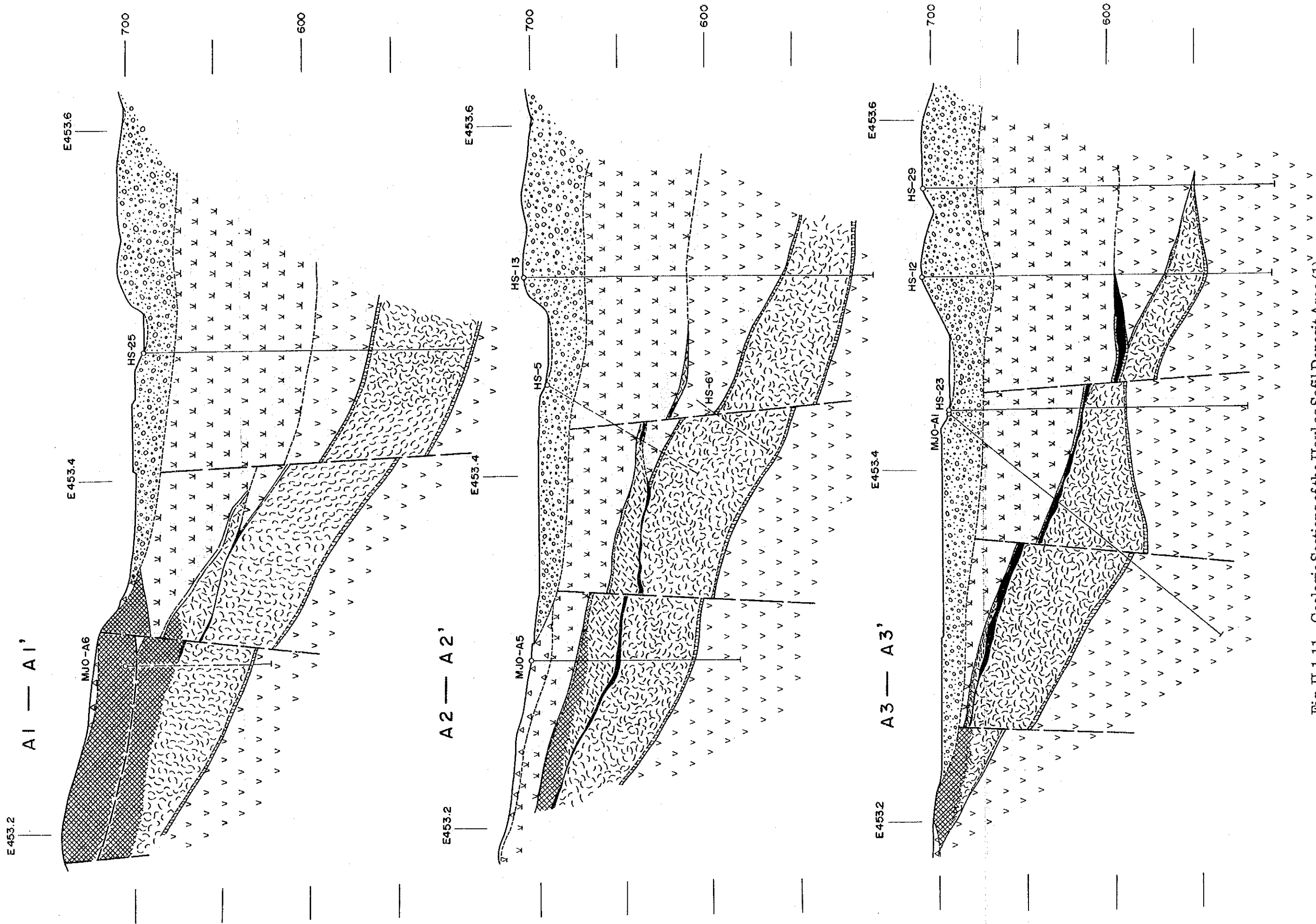
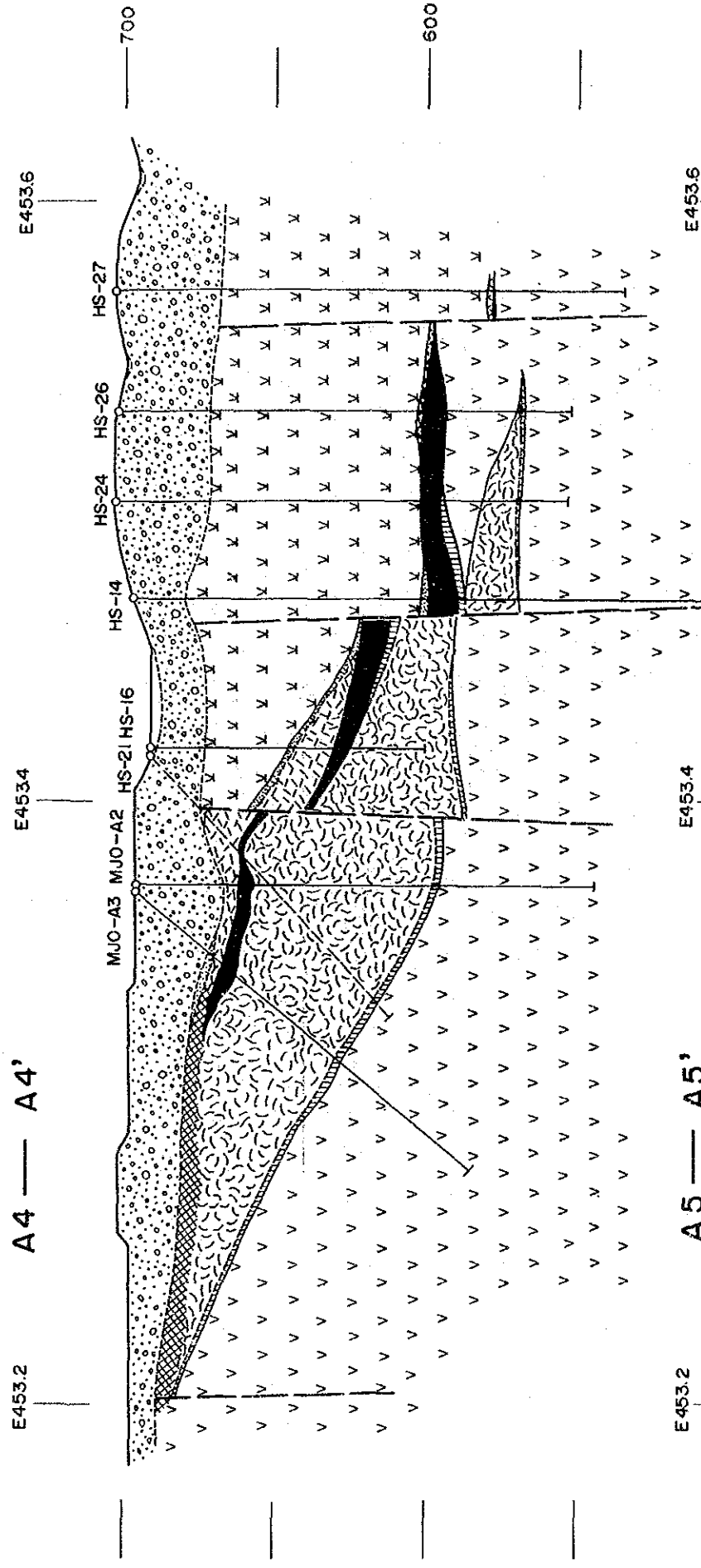
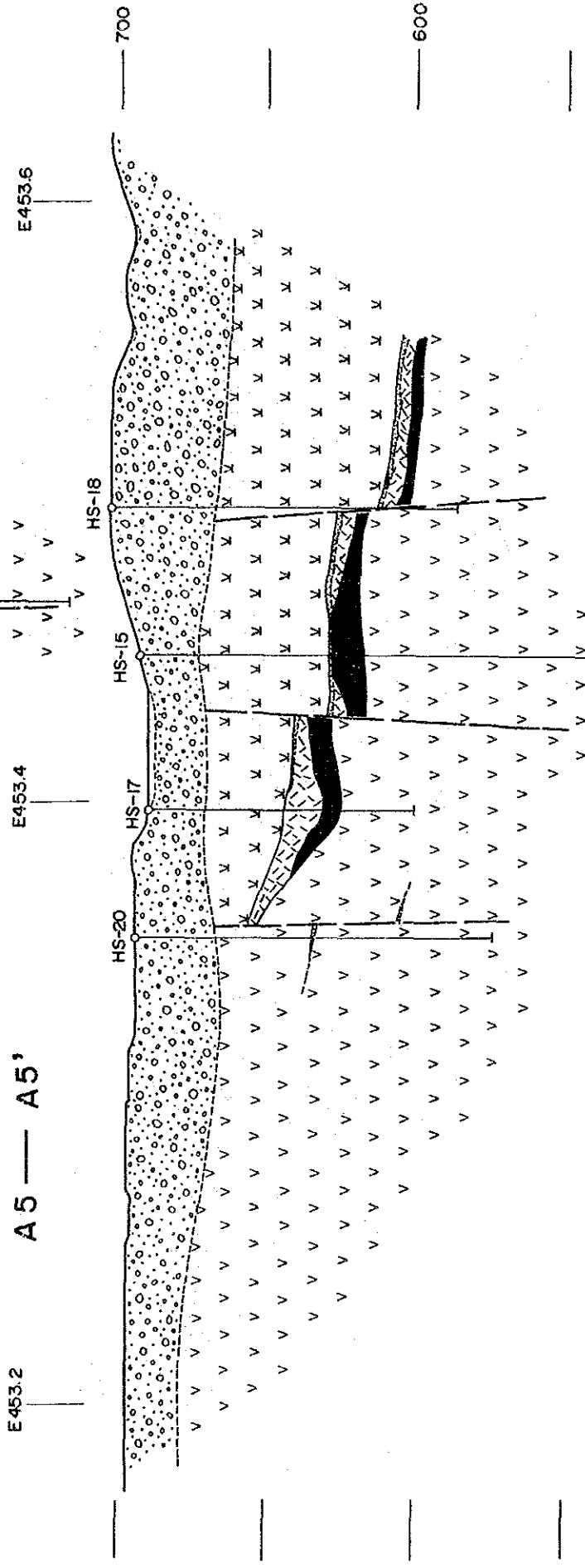


Fig. II-1-11 Geologic Sections of the Hayl as Safil Deposit Area (1)

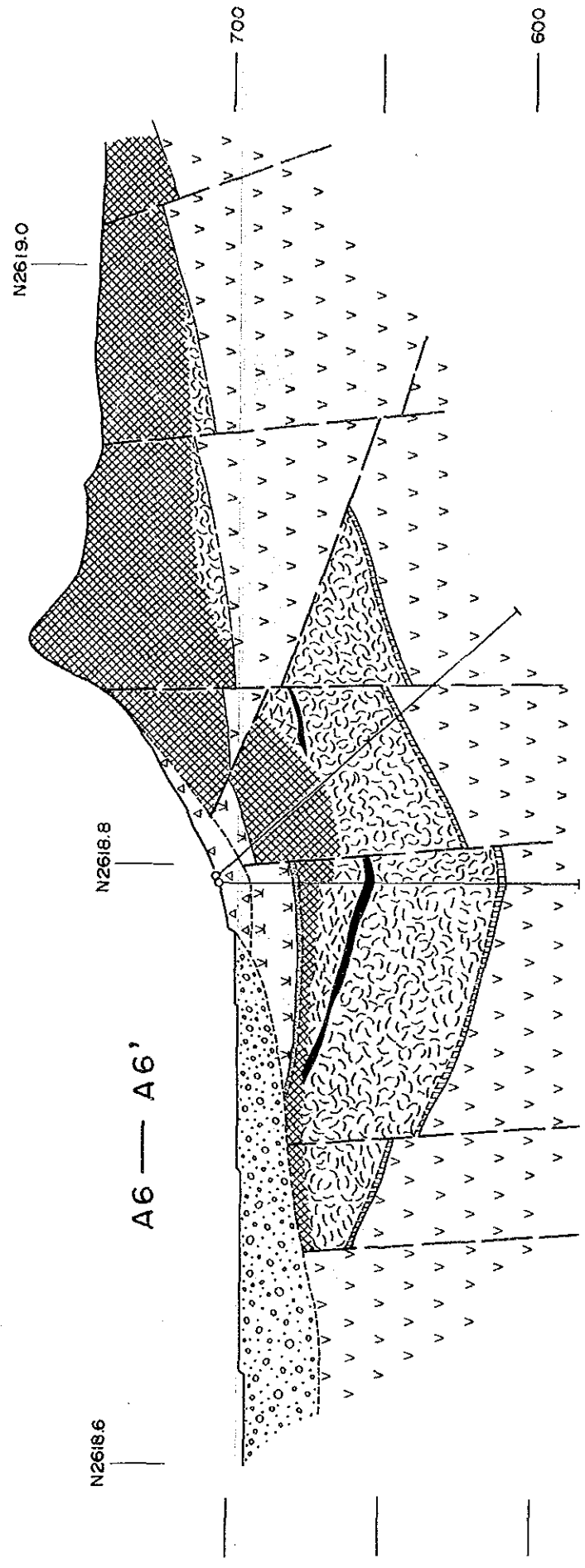
A4 — A4'



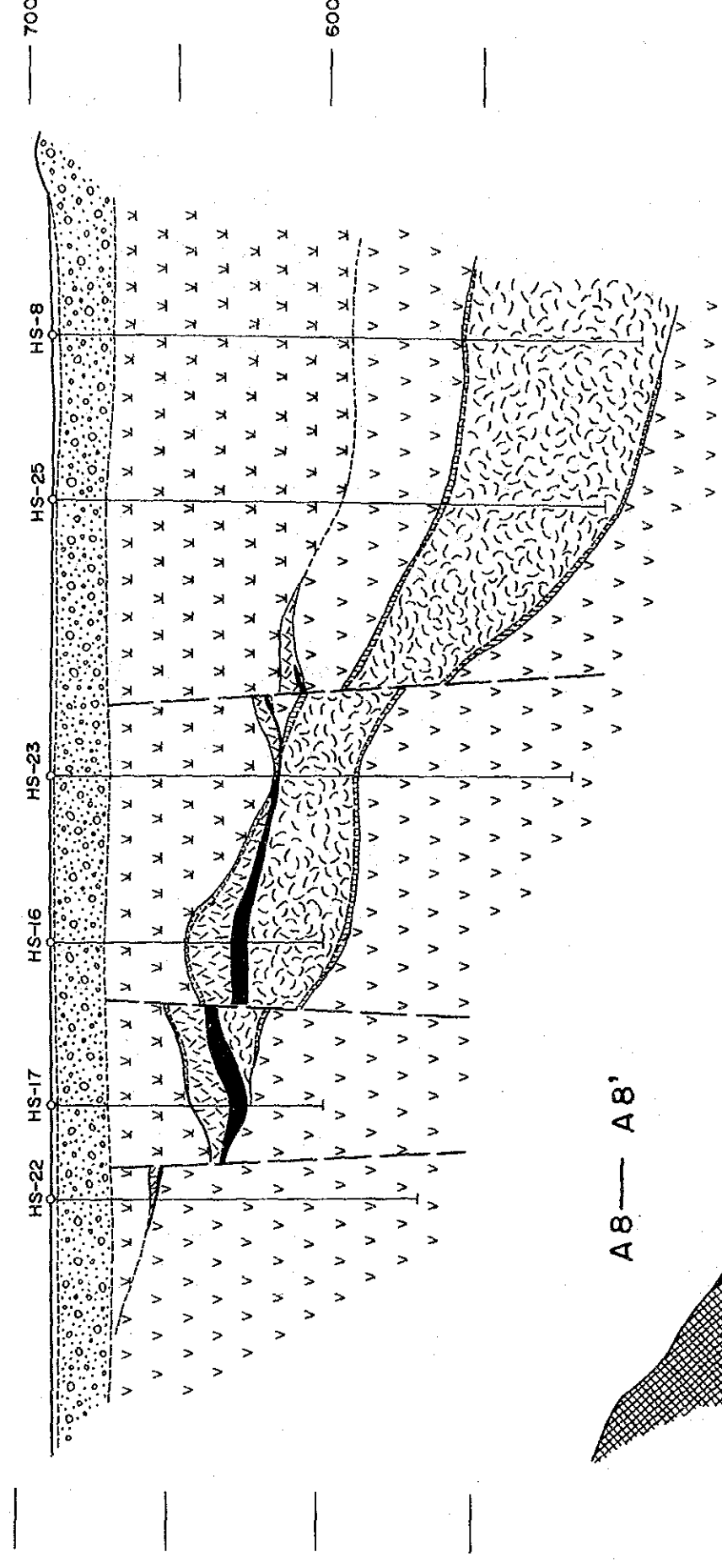
A5 — A5'



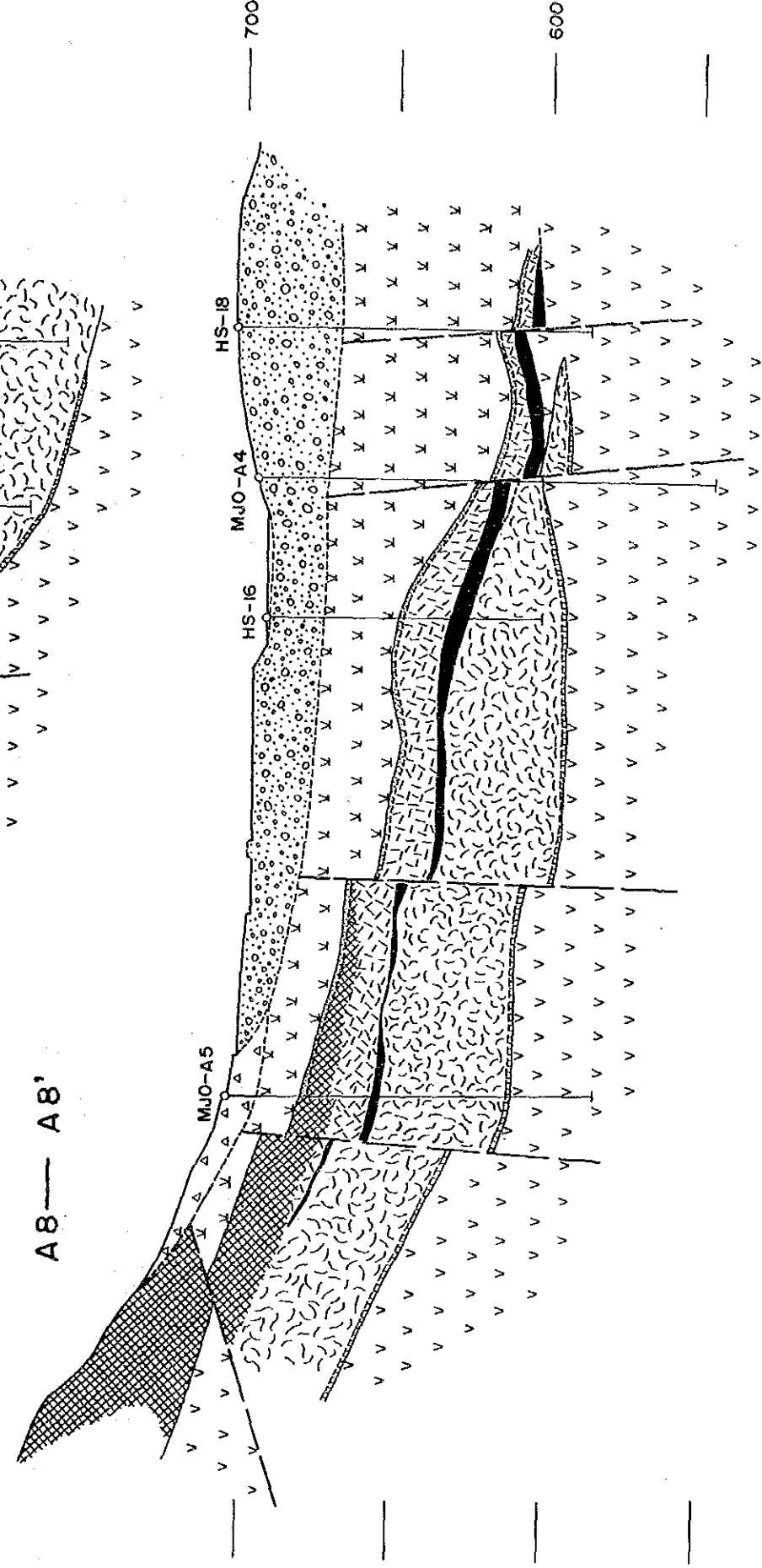
A6 — A6'



A7 — A7'



A8 — A8'



LEGEND

- Wadi Sediments
- Lower Extrusives I
- Stockwork ore
- Debris
- Gossanized zone
- Agillized and clay zone
- Terrace Deposits
- Lower Extrusives II
- Siliceous ore
- Strongly chloritized zone
- Massive ore
- Fault

⊥ Drill hole

IIに覆われる。これまでのボーリングにより確認されている鉱床の広がりには、200m (N-S) × 180m (E-W)であったが、本調査の結果では、本鉱床は更に西側へ広がりメイン・ゴッサンの鉱化帯に連続する。

鉱床は、下位よりストックワーク状鉱、塊状鉱、珪質鉱より構成される。鉱体の最下部には厚さ数mで弱い黄鉄鉱の鉱染を伴う強緑泥石化帯を挟み下盤の下部噴出岩類Iと接する。鉱体の最上部には、灰白色の粘土化帯が見られ、下部噴出岩類IIに覆われる。鉱体と上下盤の火山岩類は、明瞭に境されており火山岩類中には、硫化鉱物は認められない。鉱化帯は、最大70mの厚さを有し、北東方向に広がっている。南西方向では、鉱化帯が地表に達し浸食により消失しているものと推定される。

ストックワーク状鉱は本鉱体の大部分を構成し、端末部で緑泥石化の強い部分あるのを除けば産状及び共生鉱物の差異は、あまり認められない。鉱石の産状は、黄鉄鉱の鉱染を伴う強珪化作用と弱緑泥石化作用を受けた火山岩類の角礫の基質を主として黄銅鉱及び黄鉄鉱を伴う石英脈や鉄石英が充填する。この石英により充填された鉱石が再度角礫化しその割れ目に沿って黄銅鉱-黄鉄鉱の細脈や石英脈が見られ、これを更に閃亜鉛鉱-黄鉄鉱-石英の細脈が切るが、この閃亜鉛鉱-黄鉄鉱-石英脈も鉱化作用の末期と思われる不毛石英脈により切られている。鉱化帯が更に数度の角礫化を受けているような産状を示す部分もある。鉄石英の角礫は、下部から上部まで少量ながら見られる。

塊状鉱は、鉱体中央部ではストックワーク状鉱の直上に見られ漸移関係で接するが、鉱体の東側では塊状鉱とストックワーク状鉱との間に下部噴出岩類Iを挟む。塊状鉱の鉱質及びその厚さは、ストックワーク状鉱の発達する中央部と側方部(東部)とでは異なっている。中央部では、厚さは数mである。これに対し、側方部では厚さが10m以上でその銅品位が6%以上を示す部分もあり黄銅鉱に富んでいる。また、ストックワーク状鉱に比較してAuが濃集しておりその一部が7g/t以上の値を示す部分(HS-14)もある。鉱石は、中粒~細粒の黄鉄鉱の角礫とこれを充填する細粒の黄鉄鉱及び黄銅鉱より成る。鏡下では、後述のボーリングの項で示すとおり、コロホーム組織がみられる。

珪質鉱は、強珪化及び角礫化した火山岩類より成り基質は白色~灰色粘土及び硫化鉱物により充填され、更に黄鉄鉱-石英脈により切られている。珪質鉱は、鉱体の最上部に位置することから、東部のものを除くとゴッサン化を受けている場合が多い。

(c) スモール・ゴッサン

スモール・ゴッサンは、メイン・ゴッサンの北西方300mに位置し、その広がりには120m×30m程度である。このゴッサン帯では、NW方向の断層及び割れ目が発達する。

スモール・ゴッサンの鉱化帯は、メイン・ゴッサンの鉱化帯と同様風化作用により完全

にゴッサン化しており硫化鉱物は認められない。本鉱化帯も著るしい珪化と角礫化により特徴付けられるが、メイン・ゴッサンに比較してより珪質であり粘土を伴う部分もある。従って、このゴッサン帯はハイル・アス・サヒル鉱床で確認されている最上部の珪質鉱がゴッサン化したものである可能性が強い。角礫の基質には、赤鉄鉱及び褐鉄鉱が見られ局部的には針鉄鉱も認められる。

(d) スモール・ゴッサン北側の鉱化帯

この鉱化帯は、BRGMにより、スモール・ゴッサンの北方100mの位置で行ったボーリング(HS-7)により捕捉された鉱化帯である。鉱質は、塊状鉱を主としその上位に粘土化したゴッサン帯を伴う。この塊状鉱は浅部(28.55m~42.25m)で捕捉されており鉱況は13.70m、Cu3.69%をしめし良好である。塊状鉱の上位で捕捉されたゴッサン帯は、スモール・ゴッサンのゴッサン帯と似ていることから、この鉱化帯はスモール・ゴッサンに連続するものと思われる。尚、この鉱化帯に対し引き続き行ったボーリング調査結果では、その延長部を確認していない。また、これらのボーリング結果では、この鉱化帯の北側は衝上断層により切られていることを示している。

1-3 物理探査

本調査地区では物理探査として、現在把握されているハイル・アス・サヒル鉱床の連続性を調査し、今後のボーリング調査の指針を得ることを目的として、調査地区(3km²)に611点の測定点を設定し、流電電位法(Charged Potential Method; CP法)を実施した。

流電電位測点位置図をFig. II-1-12に示す。

1-3-1 調査方法

1. 流電電位法の概要

流電電位法は、露頭あるいはボーリング孔で確認された鉱体(良導体)に電流電極(C1)を設定し、他の電流電極(遠電流電極:C2)はできるだけ遠方に設置し、対象地域で電位電極(P1)を移動して電位分布を得て、鉱体の分布を把握するために広く行われている方法であ

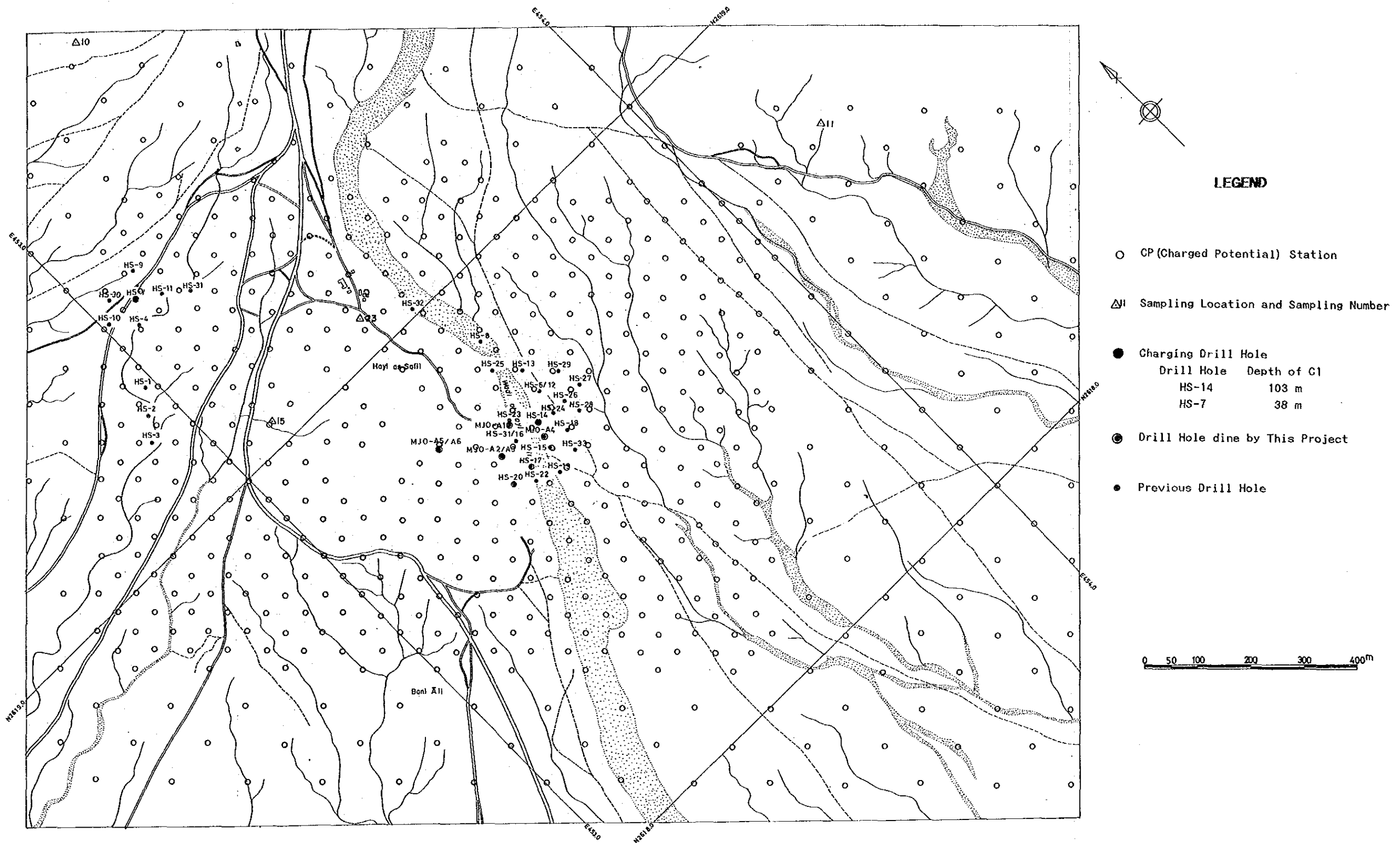


Fig. II-1-12 Location Map of CP Survey Stations in Area A

る。本手法では、電流電極(C1)を単電極(mono-pole)としてみなせるまで遠電流電極(C2)を無限遠に置くことが望ましく、通常4km以上離れた地点にC2を設置する。また、遠電位電極(P2)は基準電位(0 mV)としてC1・C2間の中間点またはC2の反対方向の遠方の地点(4km以上)に設置する。

本手法の測定概念図はFig. II-1-13のとおりである。

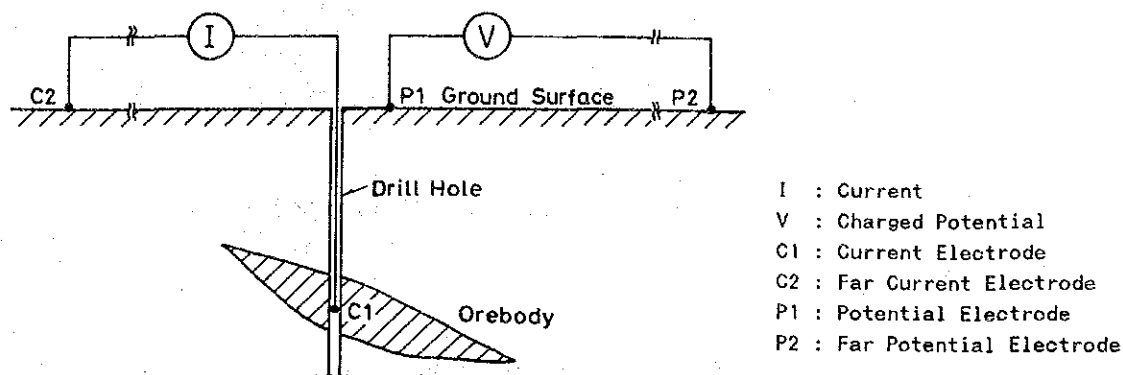


Fig. II-1-13 Schematic Illustration of Charged Potential Method

本手法は鉱体流電法とも呼ばれ、英語では、Charged Potential Methodの外に *mise-a-la-masse method*, *excitation-at-the-mass method* とも呼称されている。本手法は金属鉱床探査の外に、近年、地熱貯留層の分布を把握する目的で地熱調査にも利用されている。

均質な大地の地下の1点で電流を流した時の地表の電位分布は、Fig. II-1-14 (a)のように電流電極を中心とした同心円状の分布を示す。C1・P1間の距離を r 、C1の鏡像点とP1間の距離を r' 、大地の比抵抗を ρ 、供給電流を I とすると、点P1での流電電位 V は次式で表される。

$$V = (\rho I / 4\pi) \cdot (1/r + 1/r')$$

一方、電流を鉱体の露頭部またはボーリングで確認された鉱体に流すと、Fig. II-1-14 (b) に示すように、鉱体の分布状況に対する方向に伸長するような電位分布が得られる。この地表での電位分布から地下の良導体(鉱体)の分布・形状を推定する方法が流電電位法である。

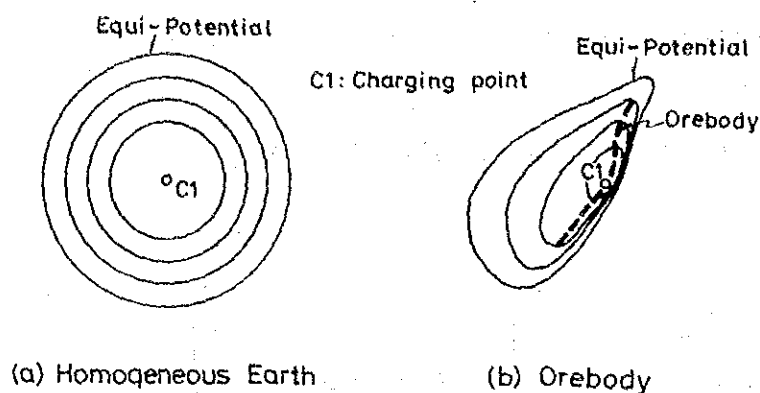


Fig. II-1-14 Charged Potential Distribution

2. 測定

本地区では、 3 km^2 の調査面積に 611 点の流電電位測定点を $50\sim 100\text{ m}$ 間隔で格子状に簡易測量で設定した。測定点位置図を Fig. II-1-12 に示す。測定点座標の原点 $(0, 0)$ は $X = N2619.00$, $Y = E453.00$ に置き、南及び東方向をそれぞれ正として、 m 単位で各測定点の座標を決定した。

当初、地区内の電流電極 (C1) を MJO-A 4 孔に設置する予定であったが、同孔の塊状鉱体が薄かったため、隣接する HS-14 孔内に設置した。また、スモール・ゴッサン北部に確認されている北部鉱床とハイル・アス・サhil 鉱床との関係を把握するために、HS-7 孔に電流電極 (C1) を設置した。なお、孔井内の電流電極は、各孔井内で認められた塊状鉱体の中央の深度に設置した。遠電流電極 (C2) は B 地区の MJO-B 5 孔内に、遠電位電極は A、B 両地区の中間点の南方 4 km のワジ・ラカー (Wadi Rakah) に設置した。遠電位電極 (P2) の位置を Fig. II-1-15 に示す。

各孔井内の電流電極設置深度は以下のとおりである。

電極名	孔井番号	設置深度	備考
電流電極 (C1)	HS-14	103m	ハイル・アス・サhil 鉱体に設置 北部鉱体に設置
	HS-7	38m	
遠電流電極 (C2)	MJO-B 5	115m	

C1・C2間に $1.6\sim 1.5\text{ A}$ の交代直流電流 (0.1 Hz) を流し、各測定点での電位を mV 単位で測定した。

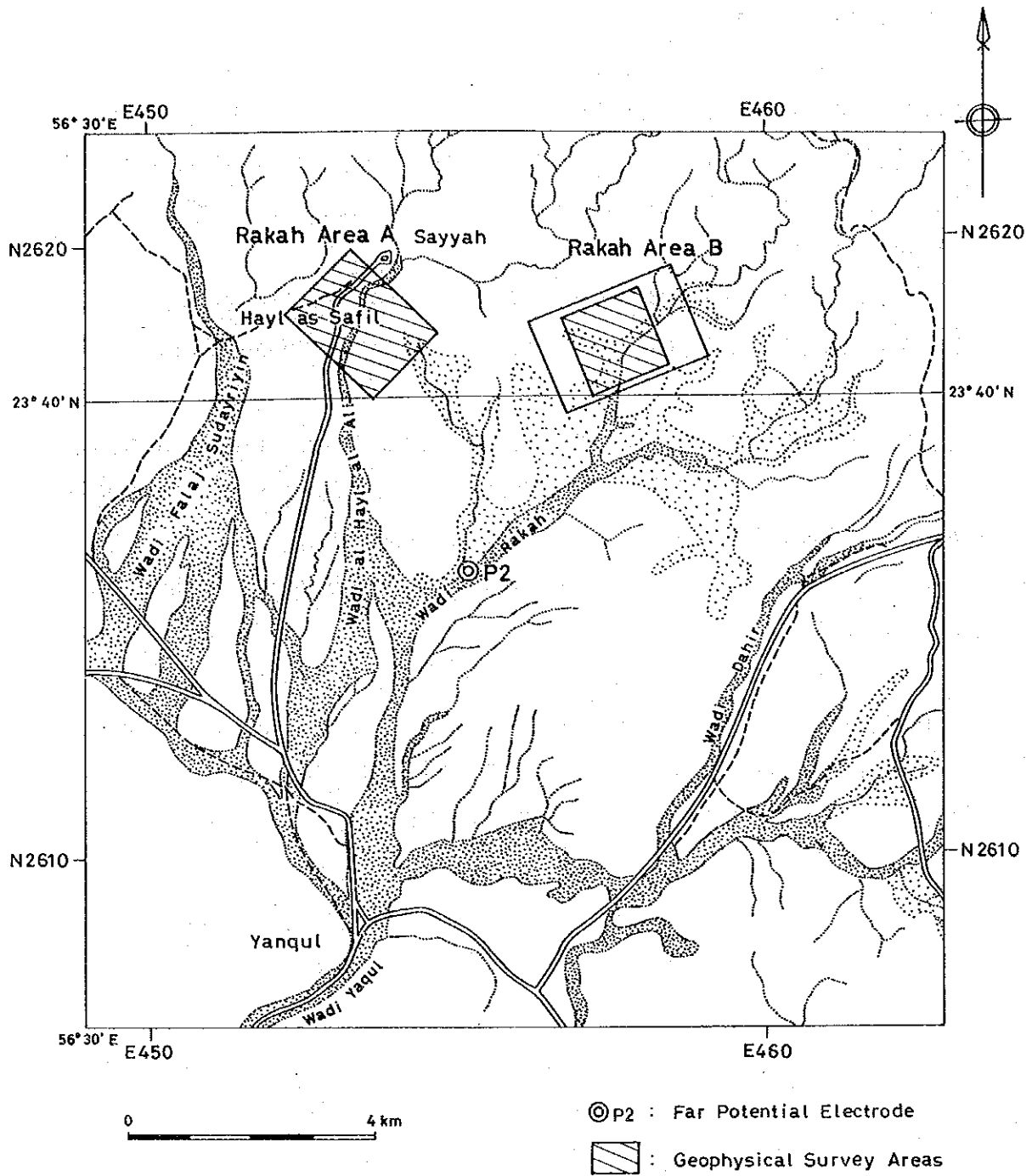


Fig. II-1-15 Location Map of Far Potential Electrode

3. 調査使用機器

本調査に使用した測定システムは以下のとおりである。

機器名	モデル名	製作会社	仕様	台数
発信機	CH-T7801	千葉電子研究所	出力 800V/3A/0.1Hz	1
受信機	Model 27	John Fluke MFG Co. (U. S. A.)	直流電圧 0.01mV ~1KV	3
発電機	GPU-2000	Geonics Inc. (Canada)	最大出力 2 KW/115V	1

4. 整理・解析方法

現地で測定した電位を流電電流値で割り、単位電流当たりの流電電位（単位mV/A）を算出し、各ボーリング孔の電位分布図を作成した。また、各測定点の流電電位をAppendix 1に示す。

電位分布図では、電流を流したボーリング孔周辺に高電位が現れ、良導体の形状を反映して周囲に向かって電位が低下しており、良導体の伸長方向を推定できるような分布が得られるが、電位分布図から直接良導体の境界を推定するのは困難である。

ここで、電場Eは、流電電位を ϕ 、等電位線に直交する単位法線ベクトルをhとすると、次式で表される。

$$|E| = |\partial\phi / \partial h|$$

Fig. II-1-16に示すように、電位の水平1次微分である電場の極値は良導体の境界にほぼ一致するので、良導体の平面的な分布を把握するのに有効である。測定流電電位から電場を求め、電場分布図を作成した。

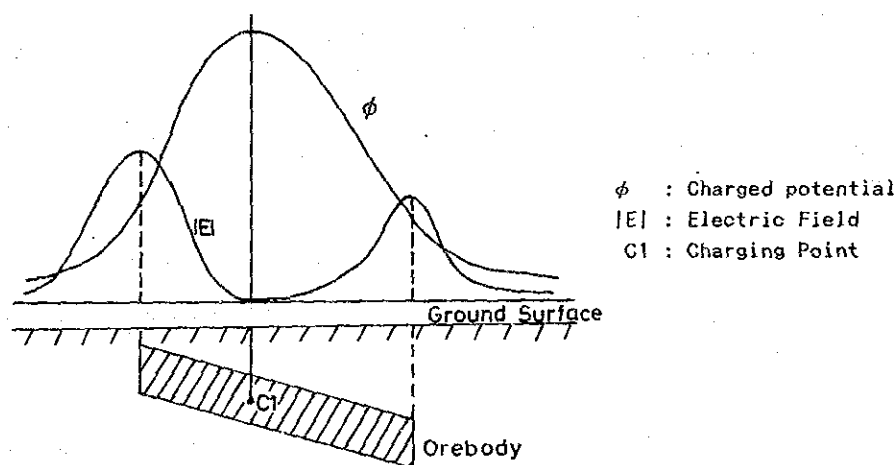


Fig. II-1-16 Model Curve of Charged Potential and Its Electric Field

本調査地区で求められた電場の強度及び方位角をAppendix 2 に示す。

上記2種類の分布図は定性的な解釈に用いられるが、良導体の分布を定量的に把握するためには、電流電極を設置したボーリング孔を通る断面を切り、2次元有限要素法によるモデル・シミュレーションを行う。各ボーリング孔で確認されている鉱体及び各地層・岩石の分布と後述する物性試験結果を参考にして、初期モデルを構築し、観測電位曲線に合致するまでモデルの形状・深度等を繰り返し変更して、最適モデルを求めた。

1-3-2 調査結果

1. 物性試験結果

A, B両地区合わせて計24個の岩石・鉱石試料をボーリング・コア及び地表から採取し、物性測定に供した。地表で採取した岩石試料採取位置をFig. II-1-12に示す。測定はZonge Engineering & Research Organization Inc. (米国)製のSIP測定システムで行い、測定した物性は比抵抗、PFE及び位相差である。

物性測定結果をTable II-1-3に示す。

物性測定は、岩石・鉱石試料が賦存する状況に類似させるため強制湿潤状態で行った。室内で測定した物性値は、かならずしも地下に岩石・鉱石が賦存する状態の物性値を表しているとは言えないが、各物性値を傾向的に反映していると考えられる。

岩石・鉱石別の各物性の平均値をTable II-1-4に示す。Table II-1-4より、本調査地区(A, B)の岩石・鉱石試料の比抵抗分布は、ゴッサン>下部噴出岩類II(LII)>下部噴出岩類I(LI)>ストックワーク状鉱>塊状鉱、であることが判明した。

したがって、塊状鉱体部に電流を流した場合には、周辺の岩石よりも塊状鉱体及びストックワーク状鉱体が低比抵抗であるため、電流が集中的に鉱体を流れ、鉱体の分布状況を反映した流電電位分布が観測されることが予想される。

2. 電位分布

(1) HS-14孔電位分布

HS-14孔の電位分布図をFig. II-1-17に示す。本電位分布図では、HS-14孔の西方に電位値73.5mV/Aのピークがみられ、HS-14孔の西方(メイン・ゴッサンの南方)、南東方及び北東方へ等電位線が張り出しており、鉱体を含む良導体の分布形状を反映した分布を示している。

HS-14孔の北200m付近及び南西200m付近は電位傾度が大きく、良導体の境界が想

Table II-1-3 Physical Properties

Sample No.	Area Name	Drill Hole	Depth Sampled (m)	Rock/Ore Name	Resistivity ($\Omega \cdot m$)	PFE (%)	Phase Difference (-mrad)
1	A	MJO-A2	136.00	Pillow Lava (L I)	963	0.3	2
2	B	MJO-B3	133.60	Pillow Lava (L I)	878	10.4	94
3	B	MJO-B3	147.70	Pillow Lava (L I)	545	0.5	3
4	B	MJO-B4	101.20	Pillow Lava (L I)	191	0.2	1
5	B	MJO-B5	107.60	Pillow Lava (L I)	731	6.0	53
6	B	MJO-B5	136.10	Pillow Lava (L I)	1,380	1.2	7
7	B	MJO-B6	85.90	Pillow Lava (L I)	545	0.5	3
8	A	MJO-A1	63.70	Pillow Lava (L II)	366	0.2	1
9	A	MJO-A4	44.20	Basaltic Lava (L II)	580	0.5	2
10	A	-----	-----	Pillow Lava (L II)	2,450	1.6	10
11	A	-----	-----	Pillow Lava (L II)	154	0.5	4
12	B	MJO-B2	52.20	Pillow Lava (L II)	4,190	0.9	6
13	B	MJO-B3	55.20	Pillow Lava (L II)	1,810	0.9	5
14	B	MJO-B3	80.10	Pillow Lava (L II)	583	2.7	18
15	A	-----	-----	Pillow Lava (Me)	957	4.3	19
16	A	MJO-A1	82.60	Stockwork Ore	4.25	62.9	370
17	A	MJO-A1	92.30	Stockwork Ore	14.8	37.3	259
18	A	MJO-A4	89.30	Stockwork Ore	91.4	32.3	216
19	B	MJO-B5	47.70	Stockwork Ore	9.12	33.6	251
20	B	MJO-B5	69.00	Stockwork Ore	5.97	64.6	389
21	A	MJO-A1	78.40	Massive Ore	1.26	4.9	46
22	A	MJO-A4	81.20	Massive Ore	0.97	18.5	159
23	A	-----	-----	Gossan	1,930	2.5	16
24	A	-----	-----	Gossan	3,500	0.5	4

Table II-1-4 Average Values of Physical Properties

Rock/Ore Name	Resistivity ($\Omega \cdot m$)	PFE (%)	Phase difference (-mrad)	Number of Samples (pcs)
Pillow Lava (L I)	747	2.7	23	7
Pillow Lava (L II)	1,390	1.5	8	8
Stockwork Ore	25.1	46.1	297	5
Massive Ore	1.12	11.7	10	2
Gossan	2,720	1.5	10	2

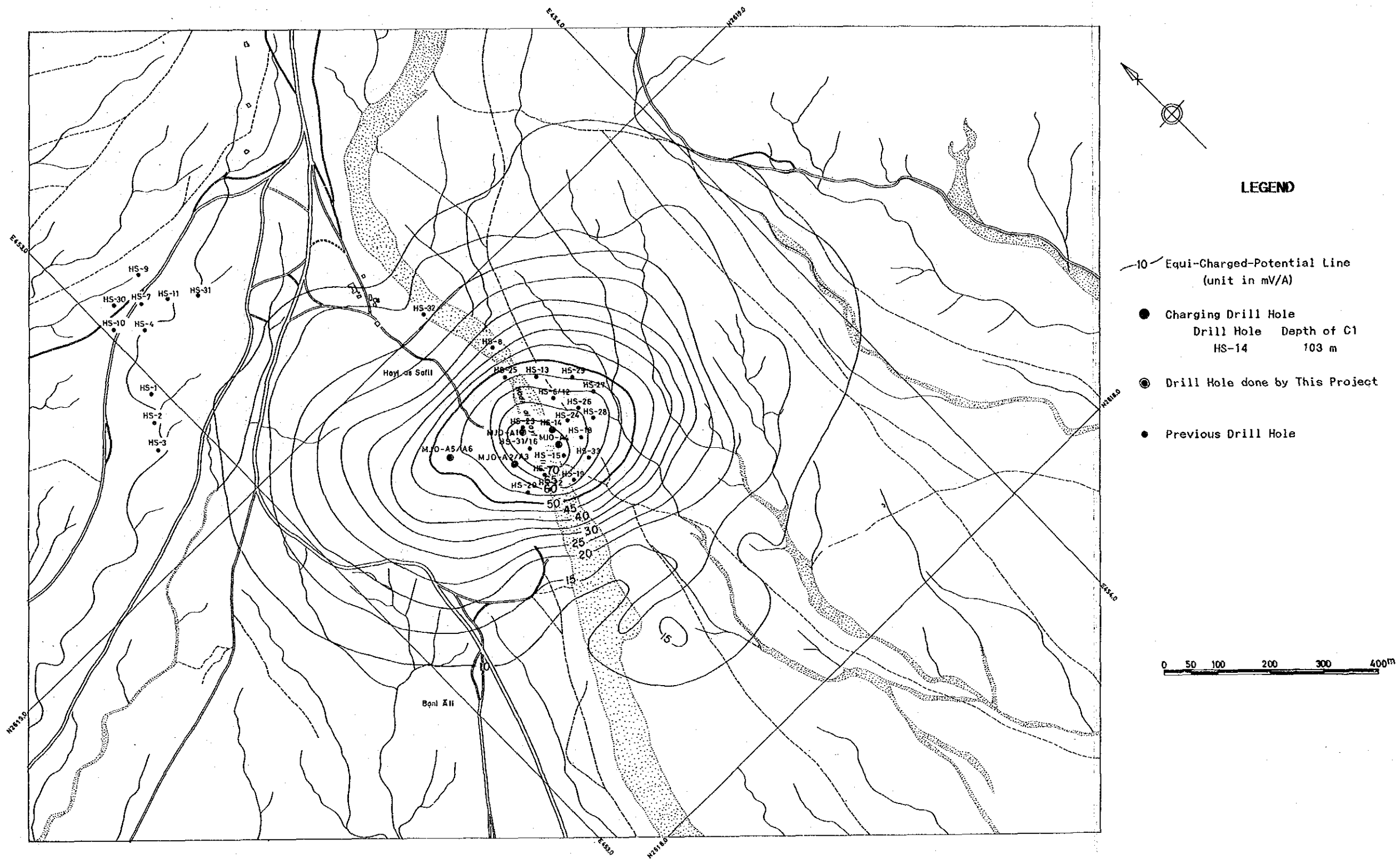


Fig. II-1-17 Charged Potential Map (HS-14)

定される。等電位線の西方への張り出しはメイン・ゴッサンの南半部までであり、スモール・ゴッサンへは伸びておらず、ハイル・アス・サヒル鉱体と北部鉱体とは電氣的に絶縁状態にあり、連続していないと考えられる。

(2) HS-7孔電位分布

HS-7孔の電位分布図をFig. II-1-18に示す。本電位分布図では、電位のピーク（最大電位値；592mV/A）がHS-7孔の南方50m地点にあり、やや南北方向に伸びた比較的まとまった分布を示している。なお、流電電位値がHS-14孔に比べ8倍以上の高電位を示しているのは、本孔の電流電極設置深度が38mと浅いことだけによるものであり、塊状鉱体の規模等によるものではない。

HS-7孔の東西南北の各方向の約150m付近ではそれぞれ最大の電位傾度を示し、良導体の境界を反映していると考えられる。HS-7孔の南側では、メイン・ゴッサン方向への等電位線の張り出しが見られず、スモール・ゴッサンの南端が良導体の境界であると考えられ、HS-14孔の電位分布図と同様に、本図からも北部鉱体とハイル・アス・サヒル鉱体とは連続していないことが推定される。

3. 電場分布

鉱体に電流を流して得られる電場分布では、1-3-1で述べたように、鉱体を含む良導体の分布域が低電場異常域となり、良導体の境界が高電場異常を示す。このような電場分布の特性を利用して、鉱体を含む良導体の分布域を推定することができる。なお、高・低電場異常は周囲と比較して相対的に電場強度が高いかまたは低い分布を示している。

(1) HS-14孔電場分布

HS-14孔による電場分布図をFig. II-1-19に示す。

本図では、HS-14孔周辺の低電場異常群を取り囲むように、高電場異常群が分布している。連続する高電場異常群は、鉱体を含む良導体の境界にほぼ一致すると考えられることから、良導体の境界は、HS-14孔の西方20m付近（ワジ西岸のMJO-A3孔の西方100m付近）、北方200m付近（HS-8孔付近）、南東方200m付近及び南方100m付近にあると考えられる。また、MJO-A5/A6付孔近では西方にさらに50mほど突出した分布を示している。

さらに、高電場異常群は北西方（メイン・ゴッサンの南半部）、北東方及び南東方にも延びており、これら3方向では良導体の賦存が期待されるが、高電場異常群の電場強度が低くなっていることから、良導体が薄くなっている、良導体が深部に賦存している、良導体の比抵抗が増加している、ことなどが考えられる。

これら高電場異常群に囲まれた良導体が分布すると推定された地区では、NW-SE

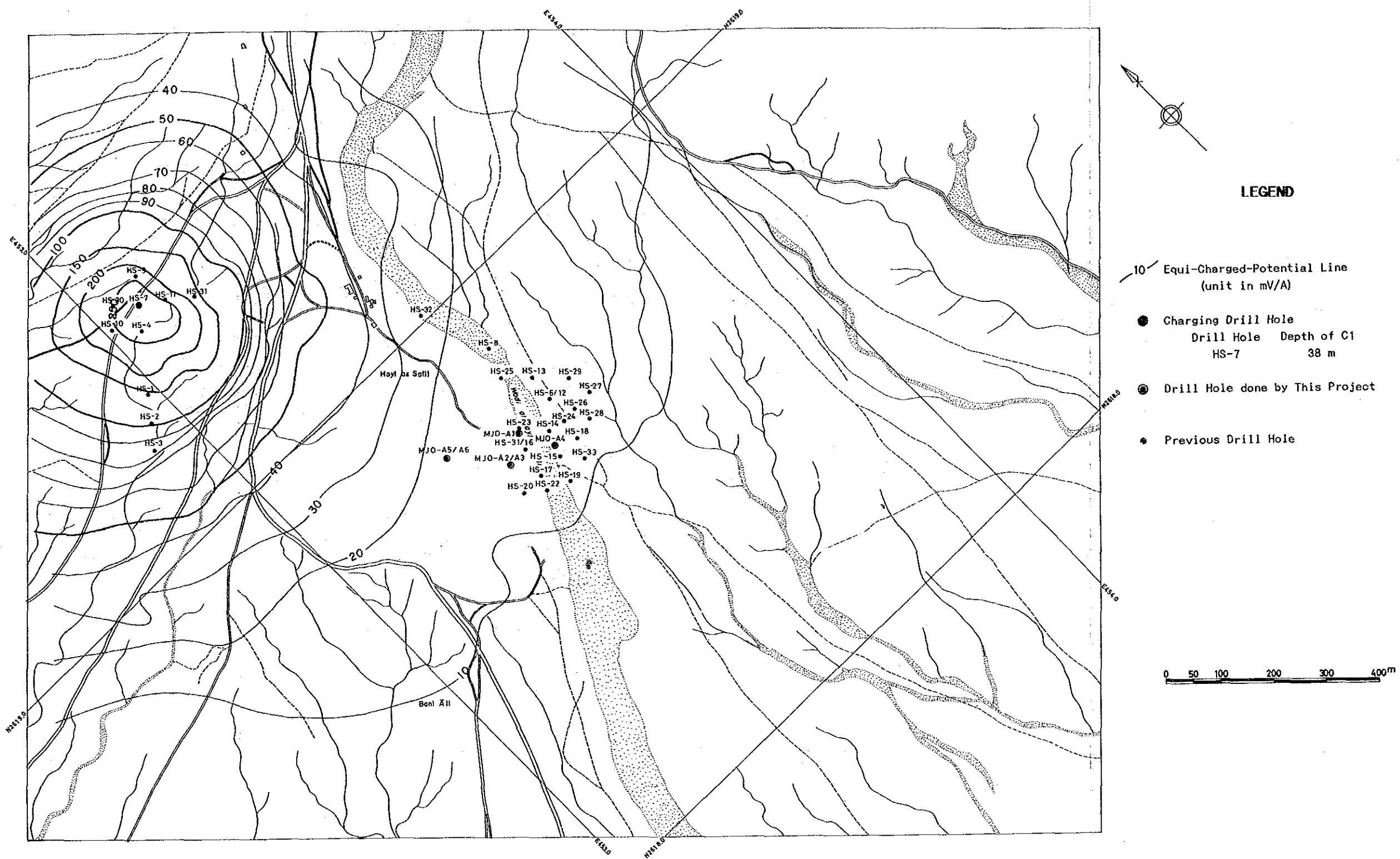


Fig. II-1-18 Charged Potential Map (HS-7)



Fig. II-1-19 Electric Field Map (HS-14)

系、WNW-ESE系及びN-S系の等電場強度線が卓越している。これらの等電場強度線の方向性は、当該地区の地質構造-断層構造の方向性を反映していると考えられる。

電位分布 (Fig. II-1-17) と同様に、ハイル・アス・サヒル鉱体と北部鉱体との間には連続性が全く見られない電場分布となっている。

(2) HS-7孔電場分布

HS-7孔の電場分布図をFig. II-1-20に示す。

HS-7孔の西方50m付近に低電場異常の中心がみられ、これを取り囲んで高電場異常群が分布している。

高電場異常群の分布から、鉱体を含む良導体の南端はスモール・ゴッサンの南端付近にあり、東端はHS-7孔の東方100m付近、西端は同孔の西方150m付近及び北端は北方100m付近に位置している。したがって、北部鉱体を含む良導体は南東方のハイル・アス・サヒル鉱体とは連続していないことが判明した。

4. モデル・シミュレーション

HS-14孔による電位分布で見られた西方及び南東方への等電位線の張り出しを定量的に評価するために、HS-14孔を通る断面線を設定し、2次元有限要素法によるモデル・シミュレーションを行った。断面線位置をFig. II-1-21に示す。

設定した断面は、HS-14孔を中心としたNW-SE方向の断面で、HS-14孔の北側では、HS-14孔から北西方向にMJO-A5孔の東30mまで伸び、MJO-A5孔を過ぎてさらに西方に伸びる断面である。

解析結果をFig. II-1-22に示す。

初期モデルは、断面線上及び断面線周辺に位置するHS-14、MJO-A5孔などの孔井データ及び物性試験結果を基に構築した。各孔井をコントロール・ポイントとして、観測電位曲線に計算曲線がほぼ一致するまで比抵抗モデルの比抵抗及び形状を変化させ、最適比抵抗モデルを求めた。

最終的に求められたモデルの各地層及び各鉱体の比抵抗は、塊状鉱体が $1\Omega\cdot m$ 、ストックワーク状鉱体が $5\Omega\cdot m$ 、下部噴出岩類I(LI)が $900\Omega\cdot m$ 、下部噴出岩類II(LII)が $1,000\Omega\cdot m$ 及びゴッサンが $3,000\Omega\cdot m$ 、さらに第四紀層が $100\Omega\cdot m$ である。

鉱体(塊状鉱 $1\Omega\cdot m$ 及びストックワーク状鉱 $5\Omega\cdot m$)は20~50mの厚さで、南東側はHS-14孔の南東200m付近まで、西側はMJO-A5孔の西200m付近まで分布するが、両端ではそれぞれ薄くなって消滅する。このうち、塊状鉱体はMJO-A5孔の西50mからHS-14孔の南東150m付近まで層厚10mで分布している。

MJO-A5孔付近から西方に10~20mの厚さのゴッサンに相当する $3,500\Omega\cdot m$ の高比

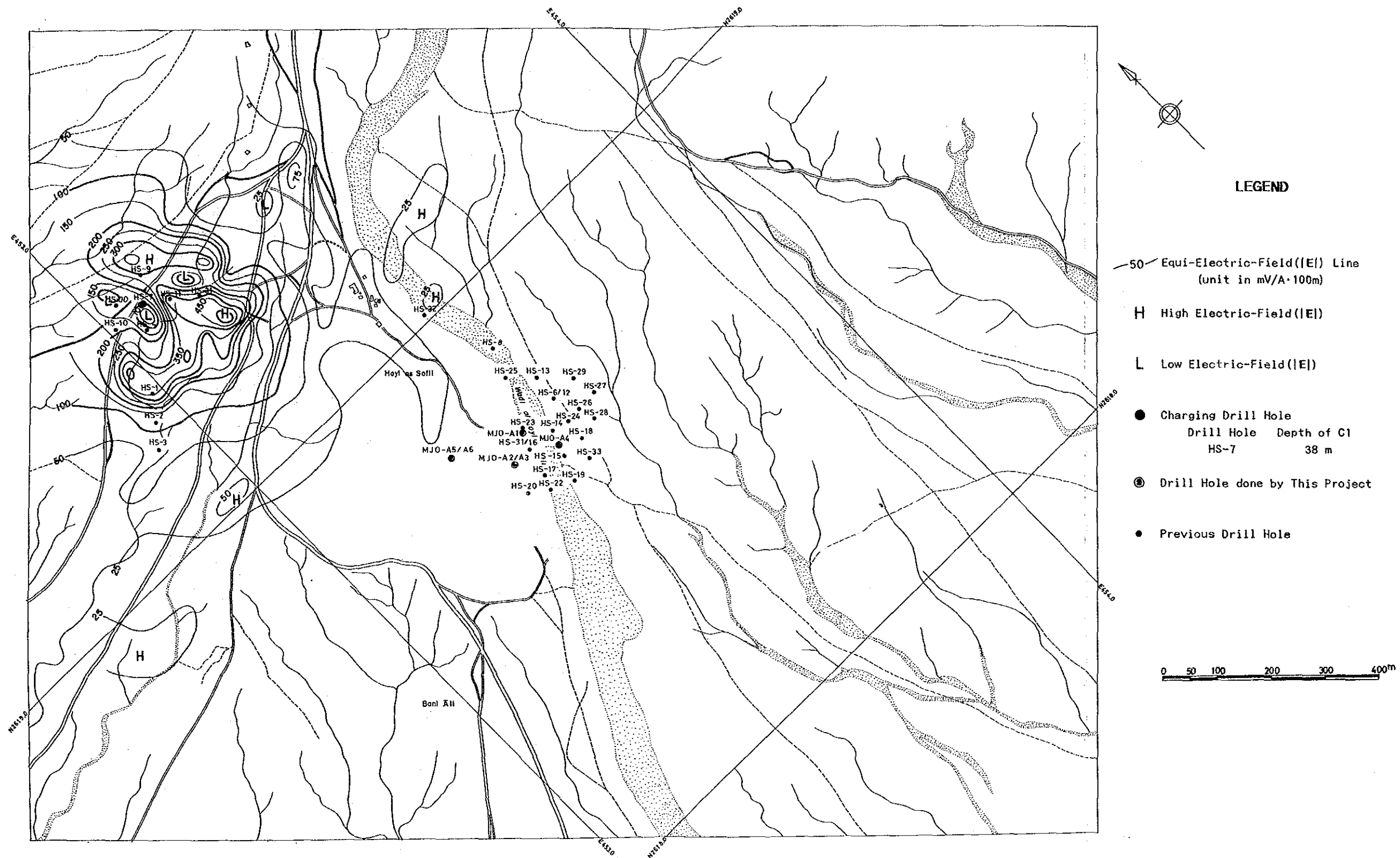


Fig. II-1-20 Electric Field Map (HS-7)

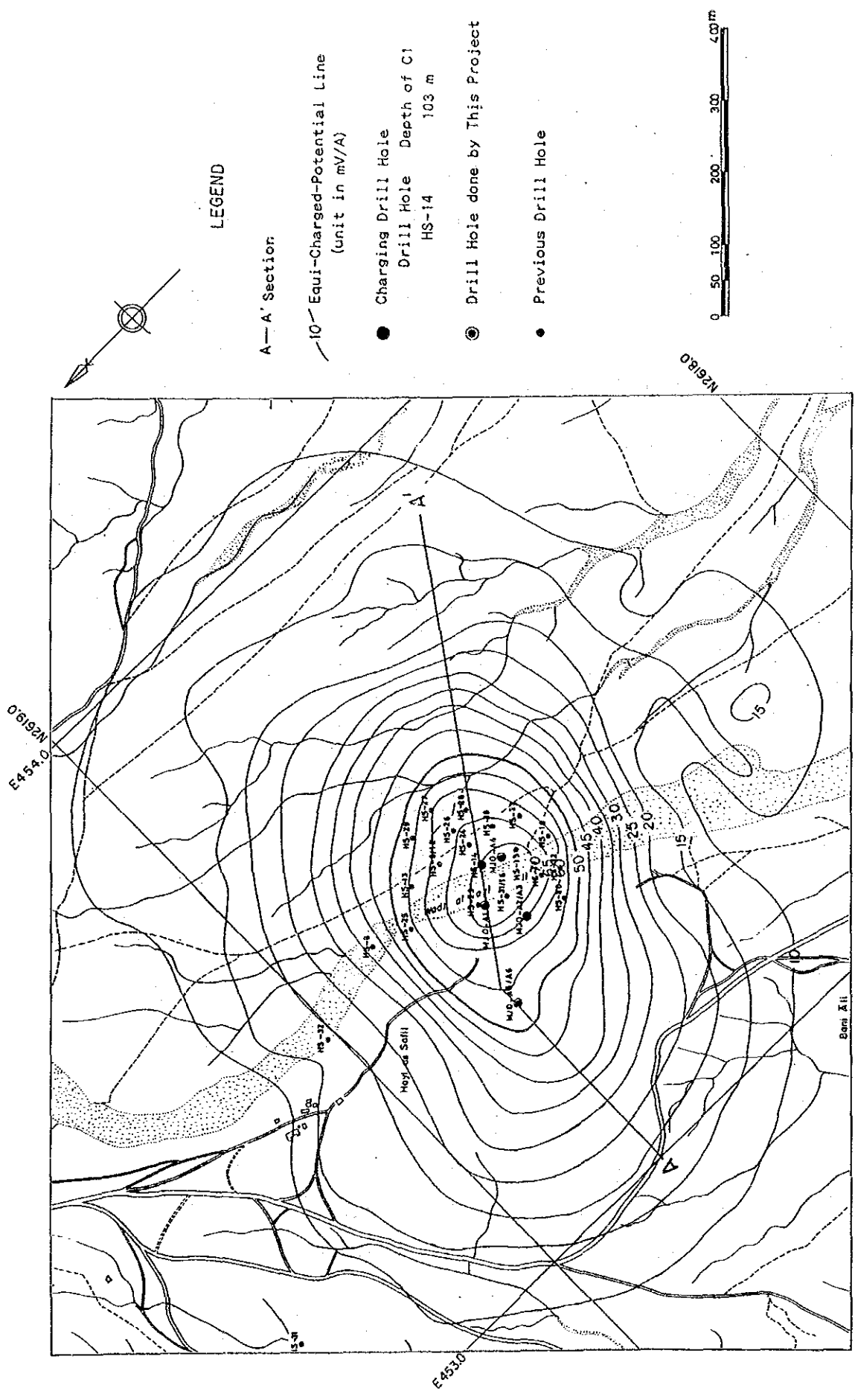


Fig. II-1-21 Location Map of Section

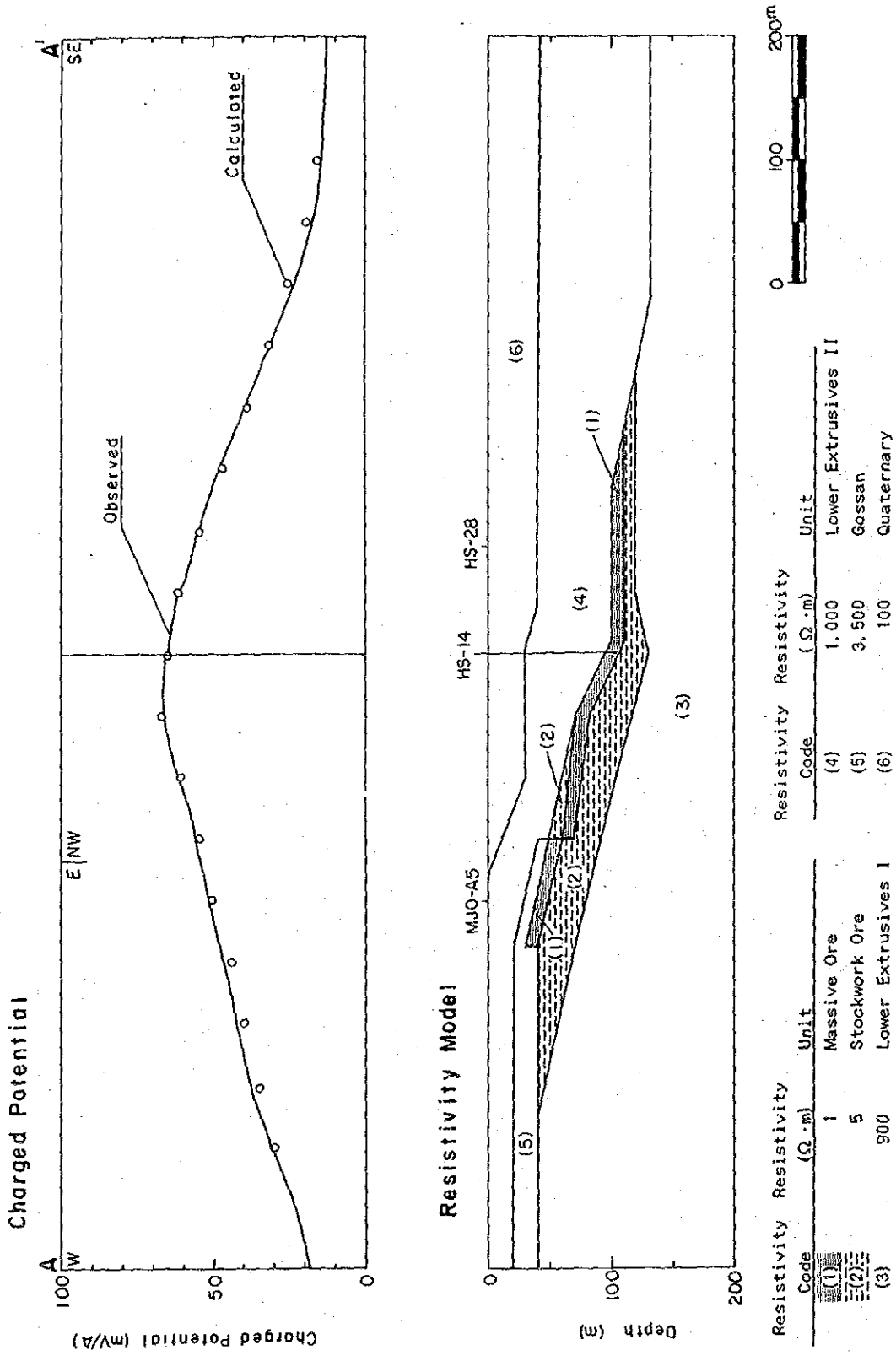


Fig. II-1-22 A-A' Section

抵抗層を、また、MJO-A5孔の南東には30~40mの厚さの段丘堆積物に相当する $100\Omega \cdot m$ の比抵抗層を設定した。

5. 物理探査結果のまとめ

A地区内に611測定点を設定し、HS-14孔及びHS-7孔の塊状鉱体部に電流電極(C1)を設置して、2孔による流電電位を測定した。さらに、流電電位から電場分布を求め、ハイル・アス・サhil鉱床については2次元モデル計算を行って、塊状及びストックワーク状鉱体を含む良導体の分布域の把握に努めた。物理探査結果をまとめてFig. II-1-23に示す。物理探査結果から推定されるハイル・アス・サhil鉱体の主要部は、調査地区中央部を南に走るワジ西岸のMJO-A5/A6孔の西方20~60m付近に西端、HS-8孔の北方20m付近に北端、HS-19孔付近に南端及びHS-14孔の東方140m付近に東端があり、東西、南北それぞれ250m幅の範囲に分布し、さらに、HS-14孔の南東方20m付近まで張り出した形状で分布している。特に、北西端ではMJO-A5、MJO-A6両孔で塊状及びストックワーク状鉱体が確認されており、流電電位法結果を支持している。本主要部はNW-SE系及びWNW-ESE系の断層群による構造的な規制を受けており、鉱体が比較的厚く分布していると考えられる。

また、本鉱体は主要部の北西方-メイン・ゴッサンの南半部一帯及び主要部の西端から西方100m付近までさらに張り出しており、この張り出し部分では鉱体が薄くなっているものと考えられる。

一方、HS-14孔の北東方360m付近まで見られる張り出しは、深部に賦存する鉱体を反映していると考えられる。

北部鉱体は、その南端がスモール・ゴッサンの南縁付近にあり、東西、南北それぞれ200m幅で分布する孤立した鉱体で、南東方のハイル・アス・サhil鉱体とは連続していないと考えられる。

1-4 ボーリング調査

1-4-1 調査工事内容

Fig. II-1-10に示す位置においてMJO-A1よりMJO-A6までの6本(計898.70m)のボーリング調査を行った。工事は、現地地下請け(Lalbuksh Contracting and Trading Est.)により実施した。各孔の掘進実績を、Table II-1-5に示す。又本地区で本調査開始までに行ったボーリングの一覧をTable II-1-6に示す。これまでに行っているボーリングの位置は、ポケットコンパスで再測量し決定した。

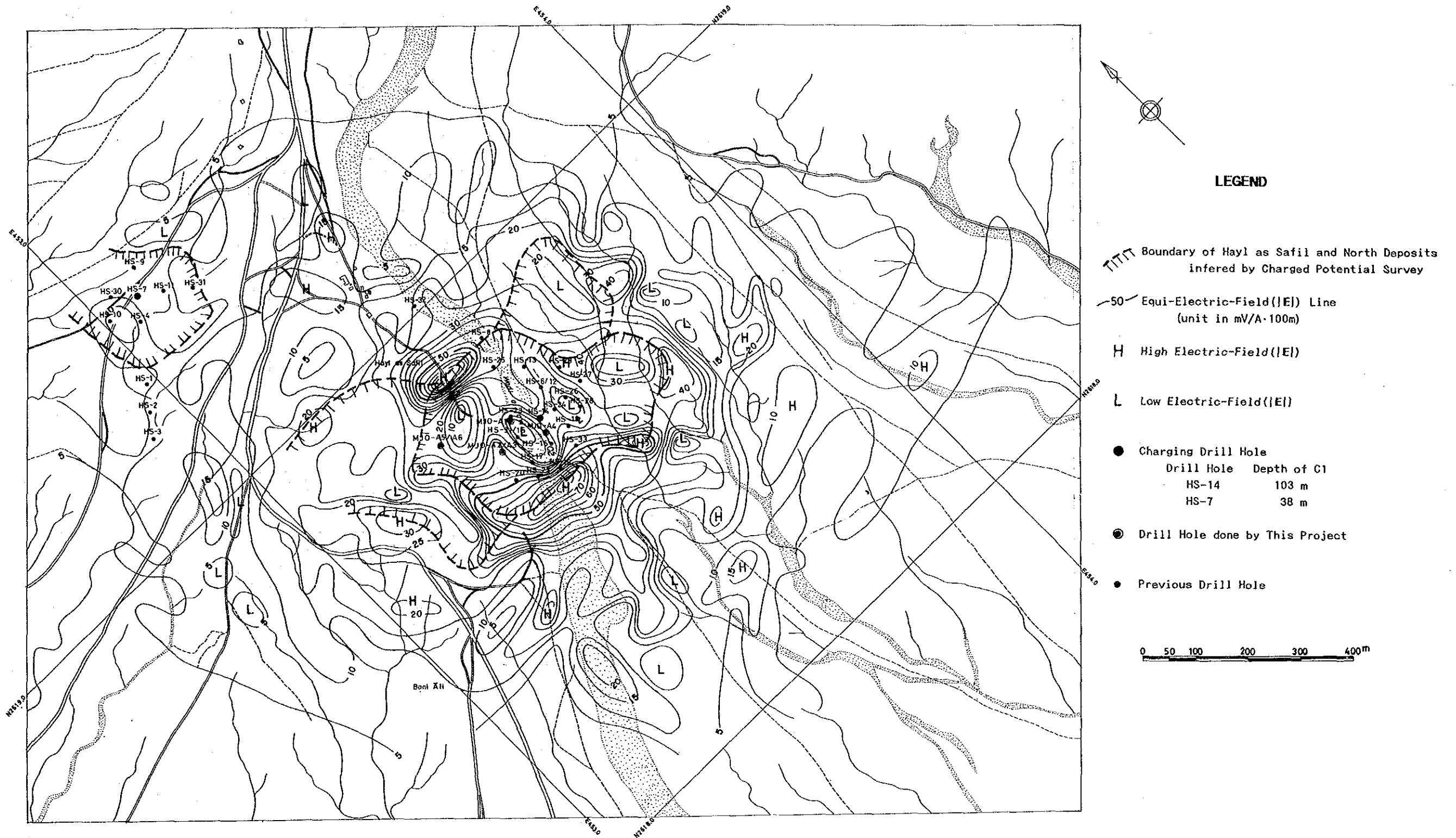


Fig. II-1-23 Geophysical Interpretation Map of Area A

Table II-1-5 Details of Drill Holes Completed in Area A

Hole Number	MJO-A1	MJO-A2	MJO-A3	MJO-A4	MJO-A5	MJO-A6
Coordinates	N 2618.737 E 453.434	N 2618.698 E 453.373	N 2618.698 E 453.371	N 2618.673 E 453.458	N 2618.793 E 453.295	N 2618.794 E 453.294
Drill Length	200.60 m	151.15 m	143.00 m	150.75 m	120.10 m	133.10 m
Bearing	270°	-	270°	-	-	0°
Inclination	-50°	Vertical	-50°	Vertical	Vertical	-50°
Core Length	197.60 m	133.30 m	136.05 m	136.25 m	98.45 m	106.70 m
Core Recovery	98.5%	88.2%	96.4%*	90.4%	84.3%*	81.4%*
Period:						
From	8 October 1988	26 November 1988	12 December 1988	3 October 1988	1 December 1988	27 December 1988
To	20 October 1988	10 December 1988	26 December 1988	16 October 1988	23 December 1988	13 January 1989
Casing	15.00 m	25.00 m	3.00 m	3.00 m	11.50 m (NW) 56.70 m (NX)	27.00 m (NW) 72.65 m (NX)
Remarks			Terminated at the depth of 143.00m due to heavy caving Cave zone: 1.90m		56.70m~120.10m BX Cave zone: 3.30m	72.65m~133.10m EX Cave zone: 2.00m

* Except cave zone

本調査には、2台の試錐機を使用し、主として12時間一方にて行った。使用した試錐機の名称及び能力は、以下のとおり。

JOY RAMROD II		VOL35	
N X	455m	N X	205m
B X	650m	B X	350m
A X	825m	A X	430m

6本のボーリングのうちMJO-A4及びA5孔は、VOL35で実施し残りの孔は、JOY RAMROD IIを使用した。VOL35はインド製またJOY RAMROD IIはアメリカ製の機械である。各孔の作業工程及び進捗状況をAppendix 3に示す。

本地区には、厚い(20m~30m)段丘堆積物がありこれが崩落しやすいこと、更に鉍化帯は珪化が著るしく堅硬であることなどから掘進に時間を要した。特に、メイン・ゴッサンの麓で行ったMJO-A5及びA6孔では、珪質の崖錐堆積物及び珪質ゴッサン中を掘進したため、ビットの消耗が激しく又ロッド切断事故が発生した。更に、割れ目空間に逢着しセメンテーションができなかったことなどからMJO-A5孔及びA6の両孔は、途中よりサイズをBXに落として実施せざるを得なかった。

ボーリング孔は通常3.00mまでロータリー・ビットで掘進しNWのケーシングを挿入した後NXのワイヤーライン工法で掘進した。NXで掘進中崩落箇所に逢着した場合は、拡孔してNWのケーシングを延長するか、セメンテーションを行った。

本調査の結果得られた各孔のボーリング柱状図をAppendix 4に示す。また、本地区で行ったボーリングのコアより採取し室内試験に供した試料数をTable II-1-1に示す。

これらの結果は、本章及び第II部の第3章に示す。

本調査で行った6本のボーリング孔は、いずれも鉍化帯を確認した。捕捉した鉍化帯より、鉍石分析試料及び選鉍試験試料を採取するため、岩石切断機により切断し(コアの半分を選鉍試験用試料に、また4分の1を鉍石分析試料に、更に残りの4分の1の試料を保管することとした。

本地区で行ったボーリングで捕捉した鉍化帯及び鉍石分析試料の採取状況は、以下のとおり。

孔 番	着鉍深度及び錐進長	鉍石分析試料 採取延長	鉍石分析 試料数
MJO-A1	77.60 ~ 133.30m (55.70m)	53.30m	28
MJO-A2	30.00 ~ 101.95m (71.95m)	66.20m	34
MJO-A3	31.20 ~ 88.10m (56.90m)	47.70m	25
MJO-A4	80.75 ~ 95.30m (14.55m)	9.65m	6

Table II-1-6 List of Previous Drill Holes in Area A

Hayl as Safil Deposit Area

Hole No.	Coordinates		Elevation (m)	Depth (m)	Bearing	Inclination	Period		Done by
	N	E					Started	Completed	
* HS-5	2618.781	453.451	692.0	105.00	301°	-54°	9 Jan. '86	15 Jan. '86	BRGM
HS-6	2618.737	453.509	703.5	177.60	303°	-50°	17 Feb. '86	28 Feb. '86	BRGM
HS-8	2618.880	453.494	692.8	193.90	-	-90°	8 Mar. '86	25 Mar. '86	BRGM
HS-12	2618.736	453.511	703.5	200.05	-	-90°	27 Jan. '87	19 Feb. '87	MPM
HS-13	2618.787	453.514	704.3	200.10	-	-90°	15 Feb. '87	28 Feb. '87	MPM
HS-14	2618.698	453.468	696.5	200.05	-	-90°	29 Feb. '87	13 Mar. '87	MPM
HS-15	2618.648	453.449	694.0	150.00	-	-90°	16 Mar. '87	1 Apr. '87	MPM
HS-16	2618.698	453.417	690.5	90.00	-	-90°	27 Sep. '87	8 Oct. '87	MPM
HS-17	2618.649	453.398	689.8	90.00	-	-90°	11 Oct. '87	19 Oct. '87	MPM
HS-18	2618.645	453.499	702.9	116.25	-	-90°	21 Oct. '87	2 Nov. '87	MPM
HS-19	2618.601	453.432	694.5	152.10	-	-90°	4 Nov. '87	15 Nov. '87	MPM
HS-20	2618.649	453.356	694.9	120.00	-	-90°	17 Nov. '87	28 Nov. '87	MPM
HS-21	2618.698	453.416	690.5	119.30	280°	-42°	1 Dec. '87	16 Dec. '87	MPM
HS-22	2618.620	453.389	689.2	120.50	-	-90°	19 Dec. '87	26 Dec. '87	MPM
HS-23	2618.739	453.435	691.0	170.50	-	-90°	28 Dec. '87	9 Jan. '88	MPM
HS-24	2618.690	453.501	703.1	150.00	-	-90°	12 Jan. '88	21 Jan. '88	MPM
HS-25	2618.830	453.475	692.6	181.00	-	-90°	25 Jan. '88	5 Feb. '88	MPM
HS-26	2618.690	453.531	702.2	150.25	-	-90°	20 Feb. '88	1 Mar. '88	MPM
HS-27	2618.689	453.571	704.1	168.55	-	-90°	3 Mar. '88	14 Mar. '88	MPM
HS-28	2618.656	453.537	702.2	150.30	-	-90°	16 Mar. '88	25 Mar. '88	MPM
HS-29	2618.737	453.561	704.3	200.15	-	-90°	27 Mar. '88	9 Apr. '88	MPM
HS-32	2619.020	453.445	695.0	170.55	-	-90°	9 Mar. '88	25 May '88	MPM
HS-33	2618.610	453.481	700.8	175.00	-	-90°	27 Mar. '88	9 June '88	MPM

Small Gossan Area

Hole No.	Coordinates		Elevation (m)	Depth (m)	Bearing	Inclination	Period		Done by
	N	E					Started	Completed	
* HS-1	2619.263	452.980	701.5	50.00	-	-90°	24 Dec. '85	27 Dec. '85	BRGM
* HS-2	2619.223	452.948	701.0	50.00	-	-90°	28 Dec. '85	29 Dec. '85	BRGM
* HS-3	2619.182	452.917	701.8	79.00	-	-90°	29 Dec. '85	31 Dec. '85	BRGM
* HS-4	2619.357	453.055	702.8	65.00	-	-90°	2 Jan. '86	6 Jan. '86	BRGM
HS-7	2619.399	453.087	708.5	108.10	-	-90°	3 Mar. '86	6 Mar. '86	BRGM
HS-9	2619.437	453.118	707.0	101.15	-	-90°	1 Dec. '86	16 Dec. '86	MPM
HS-10	2619.399	453.013	707.0	111.50	-	-90°	14 Jan. '87	26 Jan. '87	MPM
HS-11	2619.368	453.127	708.0	116.50	-	-90°	18 Dec. '86	11 Jan. '87	MPM
HS-30	2619.430	453.049	707.8	110.70	-	-90°	21 Apr. '88	28 Apr. '88	MPM
HS-31	2619.337	453.168	706.1	120.20	-	-90°	30 Apr. '88	5 May '88	MPM

* Percussion drill hole

MJO-A5	24.90 ~ 94.15m (69.25m)	54.75m	26
MJO-A6	15.90 ~ 81.30m (65.40m)	27.30m	13
計	333.75m	258.90m	132

鉍石分析試料は1m~2m間隙で採取することを原則とし鉍質によりその採取間隙を決定した。分析結果をAppendix 4に示す。

選鉍試験に供するため採取した試料は以下のとおり。

MJO-A1 :	76.60m ~ 80.60m ,	91.70m ~ 95.50m
	108.40m ~ 112.0m ,	114.80m ~ 115.70m
MJO-A2 :	38.80m ~ 40.30m ,	46.10m ~ 48.85m
	49.90m ~ 50.80m ,	53.80m ~ 63.45m
	86.70m ~ 88.70m ,	
MJO-A4 :	81.10m ~ 82.50m	
HS-17 :	59.50m ~ 60.20m	

尚、高品位塊状鉍の試料が少なかったことから1987年MPMの実施したHS-17孔からも塊状鉍の試料を採取した。

1-4-2 調査結果

1. ボーリング結果

(1) MJO-A1

本孔は、HS-23 (垂直) の位置より既知鉍床の西方延長部を確認するため、方位270° 傾斜-50° で行った。本孔の結果は以下のとおり。

0 ~ 23.60m	段丘堆積物。礫及び砂。
23.60 ~ 76.70m	下部噴出岩類Ⅱ。枕状溶岩を主とし、マッシュ溶岩及びピロー・ブレッチャーを挟む。緑泥石化。基質は赤鉄鉍化。
76.70 ~ 77.60m	枕状溶岩。強粘土化、角礫化。
77.60 ~ 77.75m	赤鉄鉍-粘土帯。
77.75 ~ 78.60m	黄鉄鉍に富む塊状鉍。珪質角礫を伴う。
78.60 ~ 85.30m	硫化鉍物に富む (30~80vol.%) ストックワーク状鉍。
85.30 ~ 129.90m	ストックワーク状鉍。母岩は強珪化した枕状溶岩。 石英網状脈が発達する。
129.90 ~ 133.30m	強緑泥石化帯。132.30m~133.20m: ストックワーク状鉍。
133.30 ~ 200.60m	下部噴出岩類Ⅰ。枕状溶岩。緑泥石化及び赤鉄鉍化。 196.70m~197.30m: 破碎帯 (角礫化)。

本孔で捕捉した鉍化帯は、上盤を粘土化帯、下盤を緑泥石化帯で境されており、鉍化帯

と上下盤の火山岩類との境界が明瞭である。上下盤の火山岩類中には硫化鉍物は、見られない。硫化鉍物は、最上部に濃集しておりその一部は塊状鉍を形成する。ストックワーク状鉍は、変化が少なく上部も下部も同じような産状を示す。本孔の岩芯のスケッチをFig. II-2-14に示す。

鉍分析結果でも最上部及び最下部で若干Au及びCu品位が高い傾向を示すが、それ以外はあまり差が認められない。77.75mより130.15m(52.40m)間の平均品位は、Au 0.50g/t, Ag 2.2g/t, Cu 0.60%, Pb < 0.01%, Zn 0.39%であり、Cu品位に比較してAu品位が高い傾向が認められる。

(2) MJO-A2

本孔は、HS-21孔で捕捉した比較的Cu品位の高いストックワーク状鉍の西側への連続性を確認するために行った。本孔の結果は、以下のとおり。

0 ~ 30.00m	段丘堆積物。礫及び砂。
30.00 ~ 30.70m	ゴッサン・ソイル。
30.70 ~ 32.45m	角礫化珪質鉍。基質：黄鉄鉍黄銅鉍。
32.45 ~ 34.80m	角礫化珪質鉍。ゴッサン化。
34.80 ~ 35.50m	塊状鉍。
35.50 ~ 39.40m	塊状鉍。ゴッサン化。
39.40 ~ 96.20m	ストックワーク状鉍。強珪化及び角礫化。網状石英脈。 基質：黄鉄鉍・黄銅鉍。網状黄鉄鉍・黄銅鉍脈及び鉍染。
96.20 ~ 96.70m	粘土化帯。黄鉄鉍鉍染。
96.70 ~ 99.10m	強緑泥石化帯。黄鉄鉍細脈及び鉍染。
99.10 ~ 101.95m	緑泥石化帯及び赤鉄鉍化帯。
101.95 ~ 151.15m	下部噴出岩類I。枕状溶岩を主としマッシュ溶岩を挟む。

本孔では、段丘堆積物直下より鉍化帯を捕捉した。最上部で珪質鉍及び塊状鉍を確認していることからすると、鉍化帯はほとんど浸食されていないものと推定される。本孔でも下盤に緑泥石化帯を挟んでおり、鉍化帯と下盤の火山岩類とは明瞭に識別できる。

本孔では、厚い鉍化帯(71.95m)を捕捉したがその品位も低品位ではあるが上部から下部まで比較的安定した鉍況を示す。本孔の平均鉍況は以下のとおりである。

30.00m ~ 93.40m 63.40_m

Au 0.55g/t, Ag 2.7g/t, Cu 0.87%, Pb < 0.01%, Zn 0.19%

尚、最も鉍況の良かった部分は、85.40m ~ 87.40mの2.00m間で、Au 0.6g/t, Cu 4.92%を示す。

(3) MJO-A3

本孔は、MJO-A2孔と同一位置より鉱化帯の西方延長を確認するために行った。本孔の方向は270°、傾斜は-50°である。

0 ~ 31.20m	段丘堆積物。礫及び砂。
31.20 ~ 33.30m	粘土帯。
33.30 ~ 34.30m	ゴッサン・ソイル。
34.30 ~ 35.00m	珪質ゴッサン。角礫化。
35.00 ~ 36.95m	ゴッサン。塊状鉱？。
36.95 ~ 41.10m	塊状鉱。珪質角礫を少量伴う。
41.10 ~ 43.00m	割れ目空間。
43.00 ~ 43.70m	粘土帯。角礫化。
43.70 ~ 85.90m	ストックワーク状鉱。強珪化及び角礫化。網状石英脈及び黄鉄鉱・黄銅鉱脈。黄鉄鉱鉱染。
85.90 ~ 88.10m	強緑泥石化帯。
88.10 ~ 143.00m	下部噴出岩類Ⅰ。枕状溶岩。122.10~122.30m：粘土化破碎帯。142.70~142.80m：破碎帯。

本孔で捕捉した鉱化帯は、MJO-A2孔のものと同様の産状を示すが、全般にMJO-A2孔のものに比較して硫化鉱物の量（15~70vol.%）が多い傾向が見られる。

鉱石分析の結果では、鉱況は良好でその平均品位は以下のとおりである。

36.20m ~ 85.90m 49.70m

Au 1.09g/t, Ag 9.5g/t, Cu 2.52%, Pb < 0.01%, Zn 0.13%

特に最上部の塊状鉱は高品位（Cu 10.94%）を示している。

(4) MJO-A4

既存のボーリングHS-14及びHS-15孔で比較的厚い高品位塊状鉱を捕捉していたことから、本孔はこれら2孔の間において、この高品位鉱の性状を明らかにすること及び選鉱試験用の試料を採取するために行った。

0 ~ 22.10m	段丘堆積物。礫及び砂。
22.10 ~ 80.75m	下部噴出岩類Ⅱ。枕状溶岩を主とし少量のマッシュ溶岩及びピロー・プレッチャーを挟む。
80.75 ~ 81.15m	粘土帯。黄鉄鉱鉱染。
81.15 ~ 82.30m	塊状鉱。
82.30 ~ 83.20m	珪質鉱。黄銅鉱・黄鉄鉱鉱染。

- 82.50 ~ 82.80m : 粘土帯含黄鉄鉱。
- 83.20 ~ 92.00m ストックワーク状鉱。角礫化及び珪化, 緑泥石化。
黄鉄鉱・黄銅鉱鉱染及び鉱条。
- 92.00 ~ 95.30m 角礫化, 緑泥石化帯。黄鉄鉱鉱染。
- 95.30 ~ 150.75m 下部噴出岩類 I。枕状溶岩。石英, 方解石及び赤鉄鉱細脈を伴う。101.20~101.80m: 強緑泥石化, 粘土化破碎帯。
122.40~122.60m: 強緑泥石化破碎帯。

本孔の結果では, 捕捉された塊状鉱は品位良好 (Au 1.2g/t, Ag 4.5g/t, Cu 3.24%, Zn 0.34%) ではあるが薄く (1.15m), 塊状鉱の上下盤には, 粘土帯が見られた。このことからすると断層により塊状鉱から切られ見掛上薄くなっている可能性も考えられる。 鉱石分析結果は以下のとおり

		Au g/t	Ag g/t	Cu %	Pb %	Zn %
80.75 ~ 83.20m	2.45m	1.5	7.1	3.44	<0.01	0.40
83.20 ~ 86.90m	3.70m	0.2	4.2	1.14	<0.01	0.40
88.50 ~ 92.00m	3.50m	0.1	4.0	1.17	<0.01	0.18

この結果が示すように, 塊状鉱の Au 及び Ag は比較的高い値を示す。鉱化帯 (80.75m ~ 92.00m) の平均品位は 11.25m, Au 0.47g/t, Ag 4.1g/t, Cu 1.49%, Pb < 0.01%, Zn 0.28% である。

(5) MJO-A5

本孔は, 既知鉱床とその北西約 200m に位置するメイン・ゴッサンとの関係を明らかにするため追加ボーリングとして行った。本孔の結果は, 以下のとおり。

- 0 ~ 10.90m 崖錐堆積物。珪質ゴッサン角礫を主とする。
- 10.90 ~ 24.90m 下部噴出岩類 II。ドレライト質マッシュ溶岩。弱角礫化。
20.80 ~ 24.90m: 枕状溶岩, 粘土化及び緑泥石化。
- 24.90 ~ 25.90m ゴッサン・ソイル。赤鉄鉱, 褐鉄鉱及び粘土。
- 25.90 ~ 34.20m 珪質ゴッサン。珪質角礫を伴う赤鉄鉱・褐鉄鉱・粘土帯。
- 34.20 ~ 48.70m 珪質鉱。角礫化, 珪化及び粘土化。黄鉄鉱・黄銅鉱鉱染。
43.30 ~ 44.30m: 強角礫化, 粘土化帯。
- 48.70 ~ 51.70m 塊状鉱。少量の珪質角礫を含む。
- 51.70 ~ 53.40m 珪質帯。角礫化及び弱ゴッサン化。
黄鉄鉱鉱染。石英-黄鉄鉱脈。
- 53.40 ~ 56.70m 割れ目空間。充填不能のため NX による掘進継続困難。BX に

落して掘進。

- 56.70 ~ 63.95m 珪質ゴッサン。角礫化及び珪化。基質：赤鉄鉱・褐鉄鉱。
- 63.95 ~ 92.30m ストックワーク状鉱。強珪化及び角礫化。黄鉄鉱黄銅鉱
(15~35vol.%)
- 92.30 ~ 94.15m 石英脈を伴う赤鉄鉱・緑泥石帯。
- 94.15 ~ 120.10m 下部噴出岩類Ⅰ。枕状溶岩及びマッシュ溶岩。緑泥石化及び赤鉄鉱化。石英・方解石細脈。

本孔で捕捉されたストックワーク状鉱の産状及び鉱石鉱物の共生関係は、MJO-A1、A2及びA3孔で捕捉されたストックワーク状鉱と同様である。この結果からすれば、既知鉱床とメイン・ゴッサンは一連の鉱化作用により形成されたものと考えられる。又本孔では、ゴッサン化が63.95mまで及んでおり、メイン・ゴッサン及びその周辺部ではかなりの深部までゴッサン化していることが明らかとなった。ストックワーク状鉱には、多量の黄鉄鉱が認められる。

鉱石分析結果では、塊状鉱及びその直上の珪質鉱の鉱況が良好である(46.20m~51.7m, 5.50m, Au 1.66g/t, Cu 7.91%)。また、ストックワーク状鉱にも局部的に高品位を示す部分もある(63.95m~68.00m, 4.05m, Au 1.24g/t, Cu 3.47%)。

本孔で捕捉した鉱化帯の平均鉱況は以下のとおりである。

- 34.20m~90.00m 55.80m
Au 1.03g/t, Ag 6.1g/t, Cu 1.66%, Pb < 0.01%, Zn 0.14%

(6) MJO-A6

本孔は、MJO-A5孔と同一地点より方向0°傾斜-50°で行った。本孔の目的は、メイン・ゴッサンの下部の状況を解明することである。

- 0 ~ 8.60m 崖錐堆積物。珪質ゴッサン角礫。
- 8.60 ~ 15.90m 下部噴出岩類Ⅱ。マッシュ溶岩。風化及び粘土化。
- 15.90 ~ 24.95m ゴッサン・ソイル。含珪質角礫。
- 24.95 ~ 36.70m 珪質ゴッサン。角礫化。25.50m~26.00 : 割れ目空間。
- 36.70 ~ 37.70m ゴッサン・ソイル。含珪質角礫。
- 37.70 ~ 43.10m 珪質ゴッサン。39.20m~40.70m : 割れ目空間。
- 43.10 ~ 45.30m 含珪質角礫ゴッサン・ソイル。針鉄鉱及び褐鉄鉱。
- 45.30 ~ 48.05m 珪質ゴッサン。珪化及び角礫化。褐鉄鉱及び赤鉄鉱。
- 48.05 ~ 78.10m ストックワーク状鉱。黄鉄鉱鉱染。
銅鉱-黄鉄鉱鉱染角礫。

78.10 ~ 81.30m 強緑泥石化, 角礫化帯。黄鉄鉱染。

81.30 ~ 133.10m 下部噴出岩類 I。枕状溶岩及びマッシュ溶岩。緑泥石化。

本孔は, 72.65mでロッド切断事故が発生したため孔径をNXよりBXに落として実施した。ゴッサン・ソイルの産状からすると 43.10m~ 45.30m間は塊状鉱であった可能性が強いと判断される。鉱化帯の産状は, MJO-A5孔と同様である。

鉱石分析結果では, MJO-A5孔に比較するとかなり低い値を示す。平均鉱況は以下のとおり。

52.00m~ 79.30m 27.30m

Au 0.27g/t, Ag 1.4g/t, Cu 0.53%, Pb < 0.01%, Zn 0.18%

尚, 本孔ではゴッサン化が著るしく, 鉱化帯の上部では硫化鉱物は認められなかったことから, 分析は行っていない。

2. 研磨片観察結果

A地区のボーリング調査で捕捉した鉱化帯の岩芯より研磨片を作成し観察を行った。研磨片試料として15試料を採取した。本調査で行ったボーリングの大部分は, 既知鉱床の西側延長部を確認するための孔であったため, 既知鉱床でこれまでにを行ったボーリング孔(HS-17)より3試料を採取した。これらの試料に対する観察結果をTable II-1-7に示す。

検鏡結果で確認された鉱石鉱物は, 黄鉄鉱 (FeS_2), 黄銅鉱 ($CuFeS_2$), 銅藍 (CuS), 輝銅鉱 (Cu_2S), 斑銅鉱 (Cu_5FeS_4)及び閃亜鉛鉱 ($(FeZn)S$)であるが, その大部分は, 黄鉄鉱及び黄銅鉱より成る。黄鉄鉱は, 一般に角礫化を受け割れ目の発達するものが多い。塊状鉱及び珪質鉱の一部には, コロホーム組織を示す黄鉄鉱が認められる。黄鉄鉱の結晶間, 角礫の基質及び割れ目に黄銅鉱が晶出している場合が多く, この黄銅鉱を切るかその結晶間を充填して閃亜鉛鉱が見られる。HS-17孔の深度 61.55mで採取した試料では閃亜鉛鉱中に黄銅鉱の病変が認められる。銅藍, 輝銅鉱及び斑銅鉱は, 黄銅鉱の一部がこれらの鉱物に換わった産状を示しており二次富化により生成したものと考えられる。また, これらの鉱物は, かなりの深部でも認められるので, 二次富化が深部まで及んでいることを示している。尚, 検鏡結果では, 自然金は確認できなかった。

3. EPMA試験結果

A地区のボーリングコアから得られた鉱石試料について, 鉱石研磨片を作製しこの研磨片にカーボン蒸着した後, EPMA (Electron Probe Microanalyser) による分析試験を行った。試験試料はボーリング孔HS-17の塊状鉱の中央部に相当する深度 61.55mから採取した。この試料は主として黄鉄鉱及び黄銅鉱から成り, 少量の閃亜鉛鉱を含有している。EPMA試験は閃亜鉛鉱の定量分析及び黄銅鉱の定性分析を行った。試験結果をB地区の結果を

Table II-1-7 Results of Microscopic Observation for Polished Sections
in the Hayle as Saffil Deposit

Hole No.	Depth (m)	Occurrence	Pyrite	Chalcopyrite	Covellite	Chalcoite	Bonite	Sphalerite	Native Gold	Gangue minerals and alteration minerals
MJO-A1	78.40	massive py ore with fragment of jasper	⊙	●	●	●	●	*		○ with hematite (●)
"	82.60	py dissemination	○	●	●	●	●	*		⊙ mostly quartz
"	92.30	py veinlet and dissemination	○ fractured, partly brecciated	●	●	●	●	*		⊙ mostly quartz
MJO-A2	36.70	massive py ore	⊙ brecciated fractured colloform dendritic	●	●	●		●		○ mostly quartz with hematite (●)
"	39.20	massive py ore with fragment of jasper	⊙ brecciated	●	●	●		*		○
"	51.70	secondary enrichment of disseminated py-cp ore	○ partly fractured	●	●	●	○	*		⊙ mostly quartz with hematite (●)
"	75.10	py-cp veinlet in chloritized pillow lava (?)	⊙	●	●	●	●	*		⊙
"	93.10	py-cp veinlet and py-cp dissemination	●	●	●			*		⊙
MJO-A3	40.80	secondary enrichment of massive py-cp ore	⊙ fractured brecciated	●		●	●	●		○
"	50.60	partly brecciated cp-py ore	⊙ fractured brecciated	○		●	●	*		○
MJO-A4	81.20	massive cp-py ore, partly brecciated	⊙ brecciated	○	●	●		●		●
"	89.30	secondary enrichment of disseminated py-cp ore	○ fractured	●		●	●	●		⊙
MJO-A5	34.40	siliceous py ore	⊙ fractured colloform	●		●		*		○ mostly quartz
"	49.90	massive py ore	⊙ fractured	●		●		*		○ mostly quartz
"	52.50	siliceous py ore with fragment of jasper	○	●	●	●		*		⊙ mostly quartz
HS-17	61.55	massive cp-py-sp ore	○	⊙				●		● with hematite (●)
"	63.10	massive cp-py ore	○	⊙				●		● with hematite (●)
"	64.80	disseminated py-cp ore in chloritized pillow lava (?)	○	●				●		⊙ with hematite (●)

* : chalcopyrite disease ⊙ : abundant ○ : common ● : rare ● : very rare py : pyrite cp : chalcopyrite sp : sphalerite

含め第2章の Table II - 2 - 5 に示す。

閃亜鉛鉱はFe/Zn比が1/55~1/109で極めてZnに富んでいる。ソハール地域のラセイル鉱床でもZnに富む同様の閃亜鉛鉱が知られている。また閃亜鉛鉱中にCuが0.6~1.4%含有しており、鏡下では閃亜鉛鉱が黄銅鉱を交代し、微細な黄銅鉱粒子が散在していることと一致する。

黄銅鉱の定性分析では、Cu、Fe及びSから成り、他の元素は検出されず、殆ど不純物は含有されていない。

4. 微量成分分析

ソハール地域のラセイル鉱床と本地域のハイル・アス・サヒル鉱床を比較するため、メイン・ゴッサンより採取した1試料(NOIO)に対し24元素の分析を行った。分析結果は、Table II - 3 - 3 (第3章) に示す。

ラセイル鉱床では、上盤側及び側方部でMn、Zn及びBaが高い傾向を示し、下部のストックワーク状鉱ではCoが高くMn及びZnは低い値を示す。本調査で採取した試料は、ストックワーク状のゴッサン化したものであるが、Mn及びCoは低い値を示している。特にCoはラセイル鉱床の20分の1以下の値である。Coは比較的移動し難い元素であるので、この差は鉱化帯を生成した鉱化溶液の性格が若干異なる可能性が考えられる。

5. X線回折結果

鉱床の上下盤を成す火山岩類と鉱床の変質を明らかにするため、ボーリングの岩芯より採取した5試料に対し全岩による粉末X線回折を行った。X線回折によるチャート作成は、三菱金属(株)中央研究所で実施した。このX線回折結果を Table II - 1 - 8 に示す。

A地区では、下部噴出岩類I(LI)より2個の試料を採取した。この結果では、下部噴出岩類Iは、珪化及び緑泥石化が顕著である。検鏡結果でも石英は、二次鉱物であることを示している。また、変質鉱物としてスメクタイトがかなり認められる。変成鉱物としては、ぶどう石、パンペリー石が見られ弱い変成作用を受けていることを示す。

ストックワーク状鉱より2個の試料を採取した。X線回折の結果では、強度の珪化及び緑泥石化を示す。またストックワーク状鉱の縁辺部に当るMJO-A4孔の試料には、スメクタイトが見られる。

鉱床の上盤を成す下部噴出岩類II(LII)は、緑泥石化を示すが下部噴出岩類Iに比較して変質は弱いようである。また少量ながらパンペリー石が認められ弱い変成作用を受けてい

Table II-1-8 Results of X-ray Diffraction Analyses in Area A

Sample No.	Geol. Unit	Quartz	Plagioclase	Augite	Chlorite	Smectite	Prehnite	Pumpellyite	Epidote	Sphene	Analcite	Calcite	Pyrite	Chalcopyrite	Hematite	Titanomagnetite (?)	Remarks
MJO-A1 111.00	ORE	◎			◎								○	○			
MJO-A1 172.00	LI.	◎	△*	○	◎	△	●	○		●						●	*labradorite
MJO-A4 59.20	LII.		◎*		◎			●				○			△	●	*oligoclase
MJO-A4 91.20	ORE	◎			◎	○							△				
MJO-A4 143.70	LI.	●	◎*	◎	○	○			●	●	○	△				△	*labradorite

◎: abundant ○: common △: rare ●: very rare

ることを示す。

本調査の結果、鉬床の下盤及び鉬体の一部でスメクタイトの存在が確認されたが、スメクタイトは水に接すると膨れる性質があることから、本鉬床を採掘する場合この点を考慮する必要がある。

1-5 考 察

前述のとおり第1年次の調査としてA地区において地質調査、流電電位法による物理探査及びボーリング調査を行った。これらの調査結果を基に本地区で見られる鉬化作用の特性とその規模及び生成環境について考察するとともに、本地区で期待される鉬量及び今後の探鉬について言及する。

1. ハイル・アス・サヒル鉬床の特性

オマーン山脈地域で知られているソハール地域のラセイル、ベイダ鉬床は、いずれもその下位にストックワーク状鉬を伴う塊状含銅硫化鉄鉬床でサマイル・オフィオライトの上部に位置するサマイル火山岩類中に賦存する。

サマイル火山岩類は、下部火山岩類、中部火山岩類及び上部火山岩類に区分される(Bishimetal, 1987)。更に、下部火山岩類は、下位より下部噴出岩類I及び下部噴出岩類IIに細分される。ソハール地域の両鉬床は、いずれも下部噴出岩類Iの最上部に位置し、下部噴出岩類IIに

覆われる。これらの鉱床は、キプロス型の銅鉱床でありこの鉱床生成には、下部噴出岩類Ⅱに関連した火成活動が重要な役割をはたしたものと考えられる(Bishimetal, 1987)。

本地区で見られる鉱化帯は、上述の両鉱床と同様で下部噴出岩類Ⅰの最上部に位置し下部噴出岩類Ⅱに覆われる。鉱化帯は、NW方向に配列しており南側よりハイル・アス・サヒル鉱床、メイン・ゴッサン、スモール・ゴッサン及びスモール・ゴッサンの北側の鉱化帯がある。これらの鉱化帯のうちハイル・アス・サヒル鉱床とメイン・ゴッサンの規模が大である。これまでの調査結果では、これらの鉱化帯は異なった鉱化作用により生成したものとされていた。しかしながら本調査の結果、ハイル・アス・サヒル鉱床のストックワーク状鉱とメイン・ゴッサンのゴッサンが同様の産状を示すこと、ボーリングの結果ハイル・アス・サヒル鉱床の西側延長部がメイン・ゴッサンの直下まで達していることなどが明らかとなったため、これらの鉱化帯は同一の鉱化作用により形成された一連の鉱化帯であることが考えられる。物理探査結果もこれらが一連の鉱化帯であることを示している。従って、現在までに明らかとなっている事実を総合するとFig II-1-24に示すような変遷を経て現在に至ったものと考えられる。このうち(1)は鉱床生成時、(2)はオブダクションに伴う衝上断層及び低角断層の発達(3)はオブダクション後の断層活動(4)は現在の状態を示す。メイン・ゴッサンとスモール・ゴッサンが完全に分離していることは、物理探査結果でも明瞭に示している。

ハイル・アス・サヒル鉱床に対するボーリング調査結果によれば、本鉱床は以下の特徴がある。

- (i) 鉱石は、下位よりストックワーク状鉱、塊状鉱及び珪質鉱に区分される。ストックワーク状鉱は中心部で、塊状鉱は側方部で発達する。中央部では、塊状鉱とストックワーク状鉱が直接するが、側方部ではこれらの鉱化帯の間に下部噴出岩類Ⅰの枕状溶岩を挟む。
- (ii) スtockワーク状鉱は、大規模で著しい珪化と角礫化のくり返しが見られ網状の石英脈が発達する。鉄石英の角礫も全般に見られ、赤鉄鉱化を全般に受けている。鉱質の上下方向の変化は、あまり見られない。
- (iii) 鉱化帯の上盤は粘土化帯を挟み下部噴出岩類Ⅱと接する。一方鉱化帯の下盤は厚さ数mの強緑泥石化帯を挟む。鉱化帯と上下盤の火山岩類の関係は明瞭で、火山岩類中に硫化鉱物は認められない。
- (iv) 鉱石鉱物は、黄鉄鉱及び黄銅鉱で少量の閃亜鉛鉱が見られる。このほか銅の二次富化鉱物として銅藍、輝銅鉱及び斑銅鉱が鏡下で確認されているが、これはかなりの深部まで見られる。珪質鉱及び塊状鉱も角礫化を受けている。角礫化した黄鉄鉱の一部には、コ

NNW

SSE

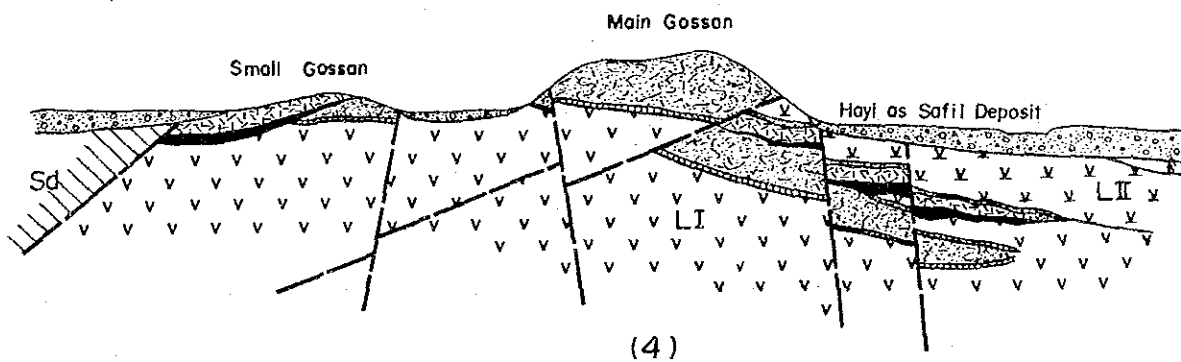
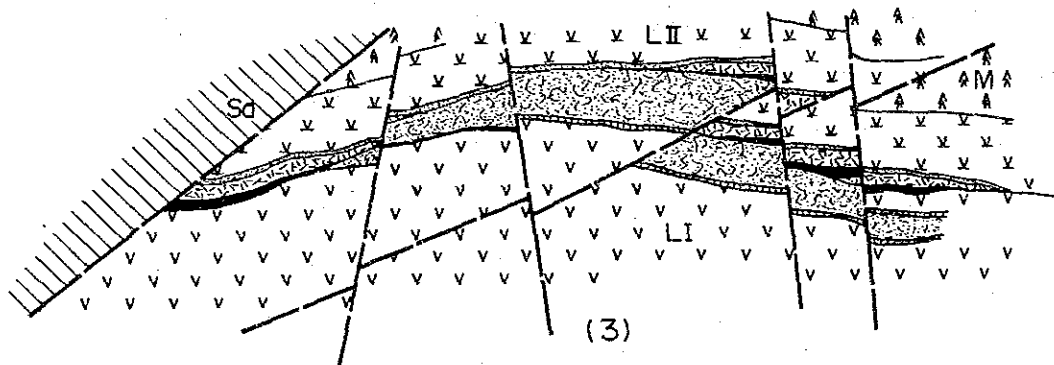
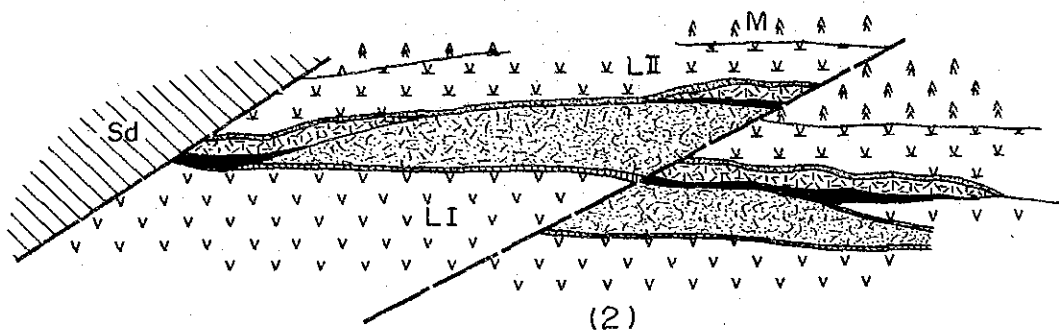
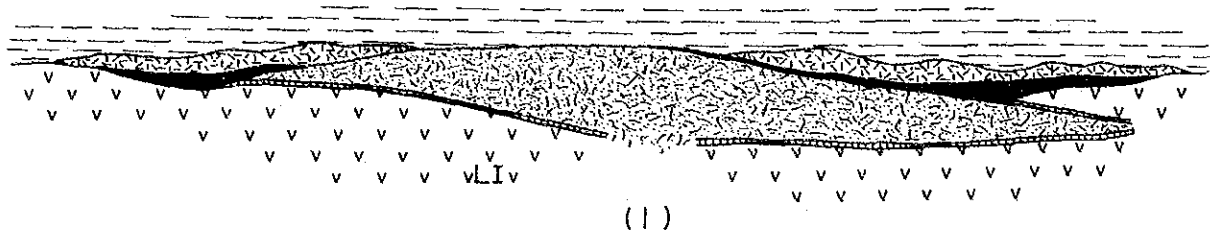


Fig. II-1-24 Schematic History of the Hayl as Safil Deposit

ロホーム組織が認められる。

本鉱床は、NW-S E方向に伸長するがこの方向はシート・コンプレックスの方向とほぼ同一であり、サマイル・オフィオライトの一般走向ともほぼ一致している。このことは、鉱床の場がこれらの大構造に支配されている可能性を示す。

ハイル・アス・サヒル鉱床の大部分を構成するストックワーク状鉱は、角礫化が顕著であり、鉱体の中央部では塊状鉱の厚さが薄くなっている。このことは、鉱体の中央部を中心とする角礫化のくり返しにより空隙が常に存在したことから、本鉱床を生成した鉱化熱水が海面上まで達せず角礫の基質中に沈澱したためと考えられる。ラセイル鉱床では、上盤側方部で鉄石英が見られるが、本鉱床では鉄石英の角礫が鉱化帯全般に見られる。このことも角礫化のくり返しがあったためと考えられる。

Fig. II-1-25にハイル・アス・サヒル鉱床の鉱化帯の等厚線図を示す。この図でも明らかに鉱体の厚さはメイン・ゴッサンに向かって急激にその厚さを増している。MJO-A2孔で捕捉したストックワーク状鉱の厚さは56.80mであるがその南方約50mで実施しているHS-17孔では、珪質鉱と塊状鉱を捕捉したのみでストックワーク状鉱を欠く。このことは、角礫化帯がNW方向のゾーンに沿って形成したものと考えられるのでこのゾーンの外側では、ストックワーク状鉱は期待できないようである。

2. 期待鉱量

本調査で行ったボーリングは、MJO-A4孔を除くといずれもハイル・アス・サヒル鉱床の西側延長部を確認するために実施したものである。これらのボーリングではいずれも厚いストックワーク状鉱とその上位の珪質鉱及び塊状鉱を捕捉している。捕捉した鉱化帯の厚さは平均43.60mで平均鉱況は、以下のとおりであった。

Au 0.73g/t, Ag 4.5g/t, Cu 1.27%, Pb <0.01%, Zn 0.20%

MPMが本調査開始前に既存のボーリング資料に基づいて行った鉱量計算結果では、2,086千トンAu 0.97g/t, Cu 2.09%を計上している。本調査では、この鉱量計算した範囲の外側で鉱化帯の連続が確認されており、現時点でのその規模は150m×150m程度である。従って3,000千トン程度の鉱量増が期待される。しかしながら、既知鉱床とメイン・ゴッサン間のボーリング結果が少ないことから引き続きその鉱況の確認が必要である。

尚、メイン・ゴッサンの南で行ったMJO-A5及びA6孔の結果では、かなりの深部までゴッサン化が進んでいることを示している。このことからするとメイン・ゴッサンはそのほとんどがゴッサン化しているものと考えられるので鉱量の計上は困難と予想される。

3. ポテンシャル

本調査の結果では、これまでに確認された鉱床分布域の更に外側へ鉱化帯が広がる可能性を

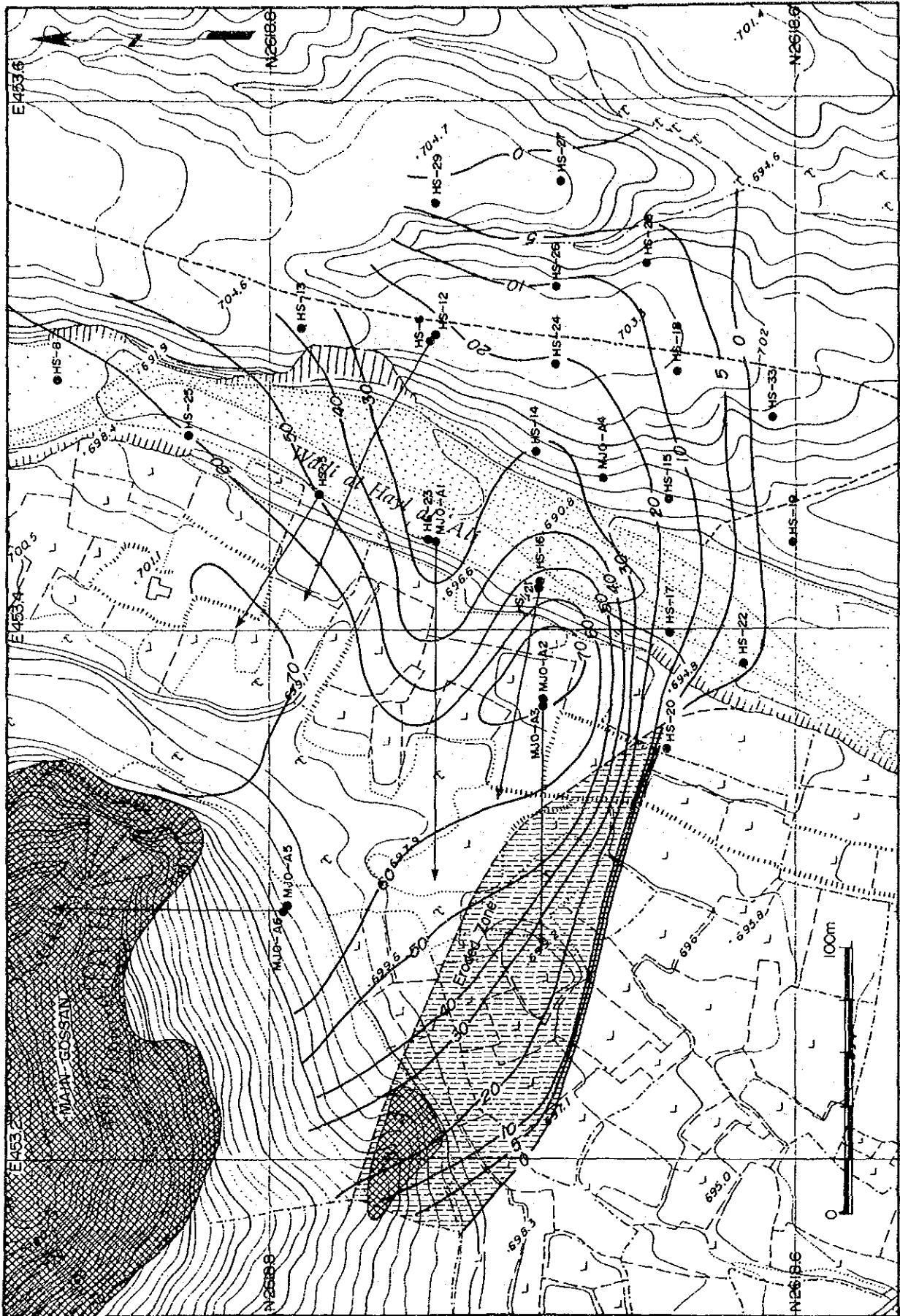


Fig. II-1-25 Distribution Map of Mineralized Zone in the Hayl as Safil Deposit

示している。特に物理探査結果では、既知鉱床を良く捕捉しており更に外側への広がりがその一部で見られる。これらを総合的に考察すると以下の箇所が有望地として抽出できる。

- (i) メイン・ゴッサンの南半部：MJO-A 6孔で捕捉した鉱化帯の東及び西側延長部で主として低品位ストックワーク状鉱が期待される。
- (ii) メイン・ゴッサンの南側：MJO-A 5孔で捕捉し鉱化帯の西方延長部、鉱化帯の周縁部と予想されることから高品位鉱賦存の可能性もある。
- (iii) ハイル・アス・サヒル鉱床の北東延長部：HS-8孔の東方。低品位ながら厚いストックワーク状鉱の賦存が予想される。
- (iv) ハイル・アス・サヒル鉱床の南東延長部：HS-28孔の南東方、既知鉱床の高品位塊状鉱が連続している可能性がある。