

1-3 物理探査

1-3-1 調査方法

A地区では、ハイル・アス・サhil鉱床の連続性を調査し、ボーリング調査の指針を得ることを目的として、第1年次にA地区全域(3km²)に対し流電電位法による物理探査を行った。

(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明らかにし、これにより鉱体(良導体)の分布を把握する方法である。本手法の測定概念図を Fig.1-17 に示す。

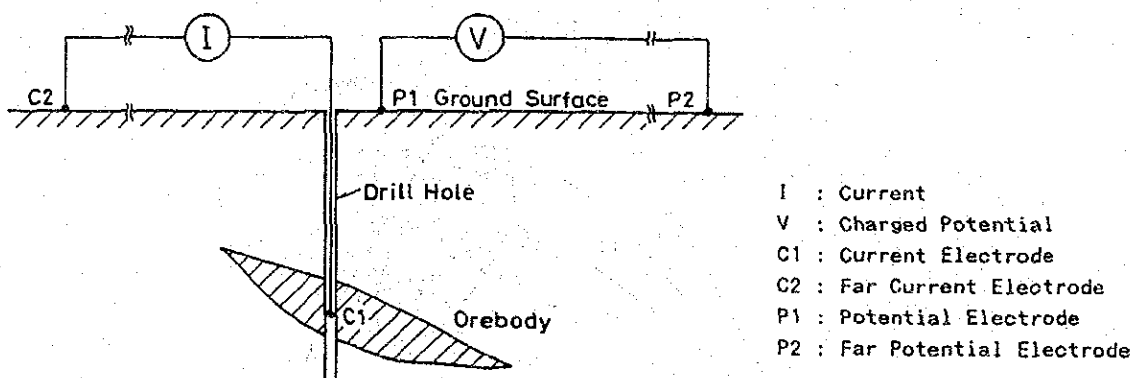


Fig. 1-17 Schematic illustration of charged potential method

本手法では、電流電極(C1)を単電極(mono-pole)とみなせるように遠電流電極(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と逆方向の遠地点(4km以上)に設置する。

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、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.1-18(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での電流電位 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の着鉱部に流すと、Fig.1-18 (b) に示すように、鉱体の分布方向に伸長するような電位分布が得られる。このように地表での電位分布より地下の鉱体（良導体）の分布及び形状を推定する方法が流電電位法である。

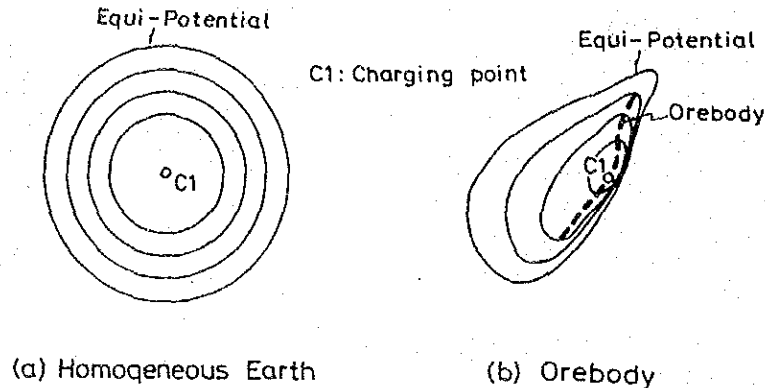


Fig.1-18 Model distribution patterns of charged potential

(2) 測定

3 km² の調査範囲に 611 点の流電電位測定点を 50m~100m 間隔で格子状に簡易測量で設定した。測定点座標の原点 (0, 0) は、X = N2619.00、Y = E453.00 に置き、南及び西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。測定点位置図を Fig.1-19 に示す。

電流電極 (C1) は、メイン・ゴッサン南東部の鉱化帯で最も厚い塊状鉱を捕捉している HS-14 孔内に設置した。また、スモール・ゴッサンの北側で確認されている鉱化帯と南の鉱化帯との関係を明らかにするため HS-7 孔にも電流電極 (C1) を設置した。

電 極 名	ボーリング番号	設置深度	備 考
電流電極 (C1)	HS-14	103m	メイン・ゴッサン南東部の鉱化帯
	HS-7	38m	スモール・ゴッサン北側の鉱化帯
遠電流電極 (C2)	MJO-B5	115m	ラカー鉱床

遠電位電極 (P2) は A、B 両地区の中間点の南方 4 km のワジ・ラカー (N2614.7、E455.1) に設置した。電流は、C1・C2 間に 1.0~1.5 A の交代直流電流 (0.1Hz) を流し、各測定点での単位を mV 単位で測定した。

(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。

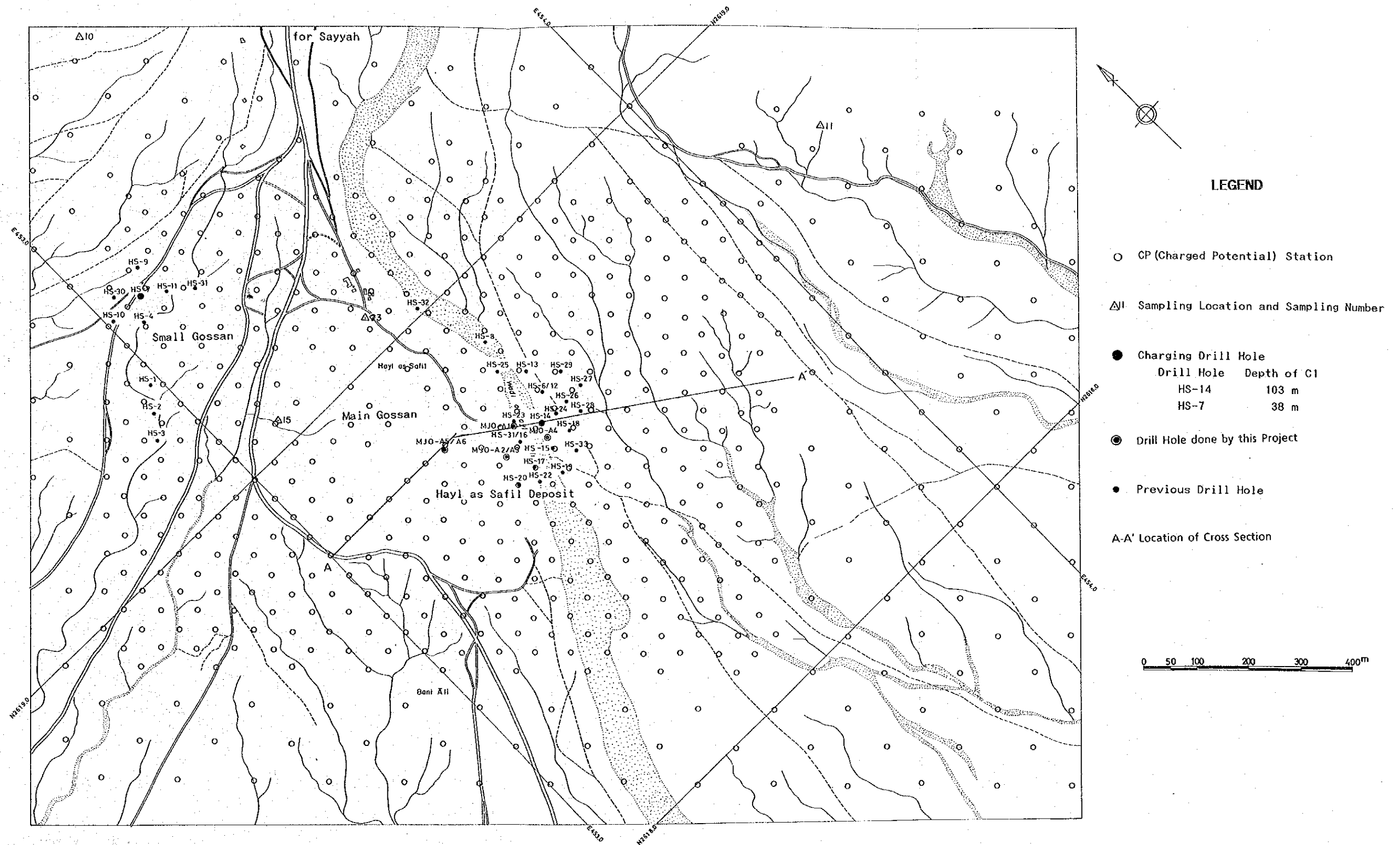


Fig.1-19 Location map of CP survey stations in Area A

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 2KW/115V	1

(4) 整理及び解析方法

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、電位分布図を作成した。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。

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

Fig.1-20 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。

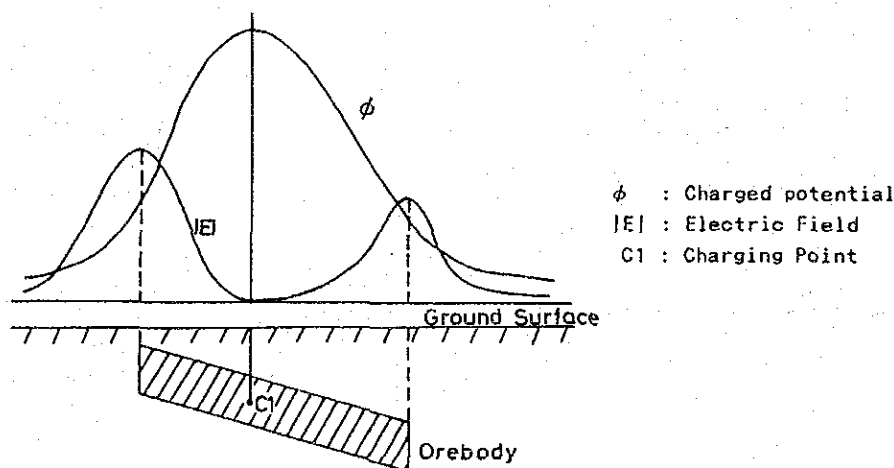


Fig.1-20 Model curve of charged potential and its electric field

電位及び電場の両分布図は、定性的な解釈にしか使えないので、良導体の分布を定量的に把握するため、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った。このシミュレーションでは、ボーリング調査で確認されている鉱体及び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。

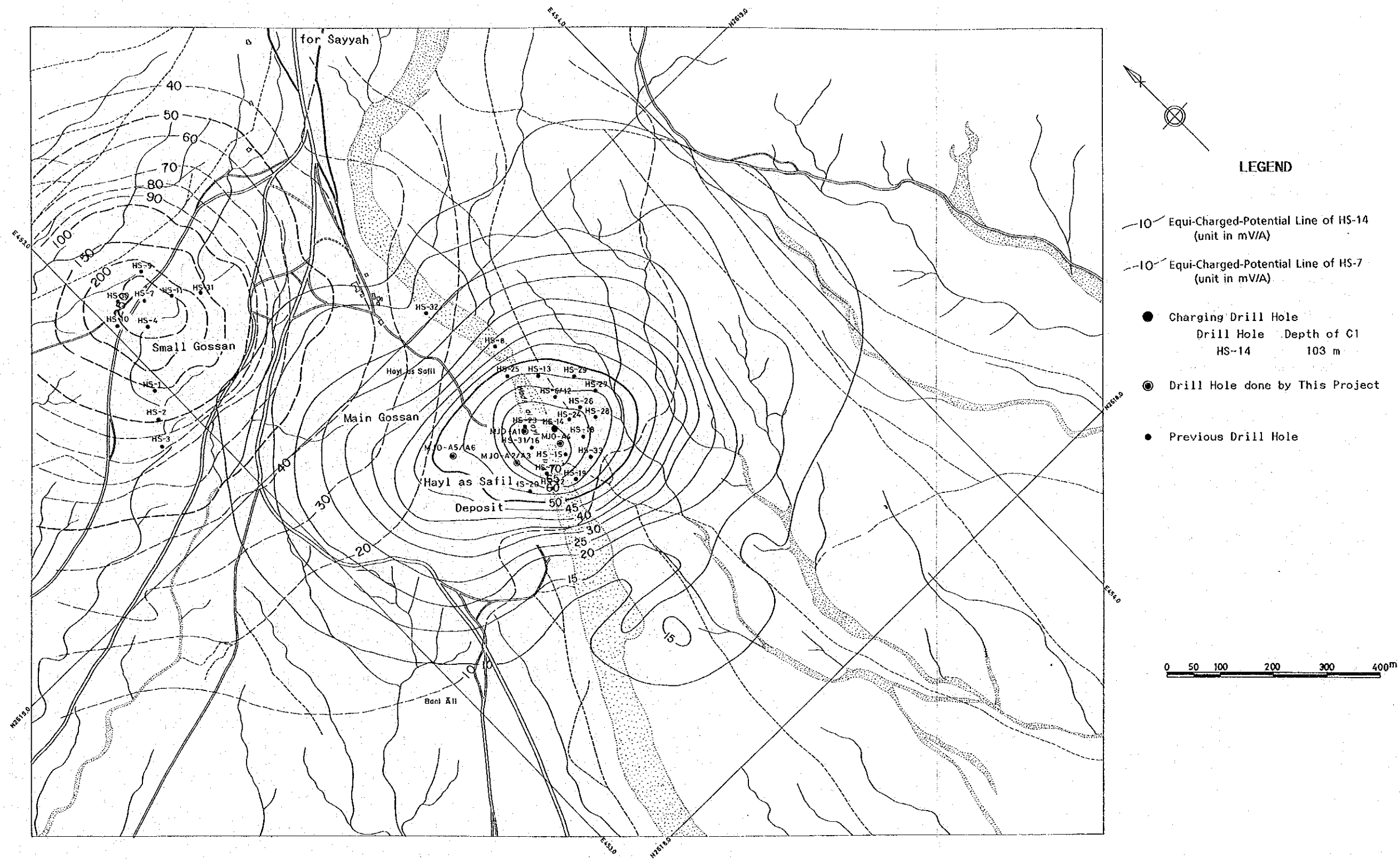


Fig. 1-21 Charged potential map for the drill holes HS-14 and HS-7 in Area A



Fig. 1-22 Electric field map for the drill hole HS-14 in Area A

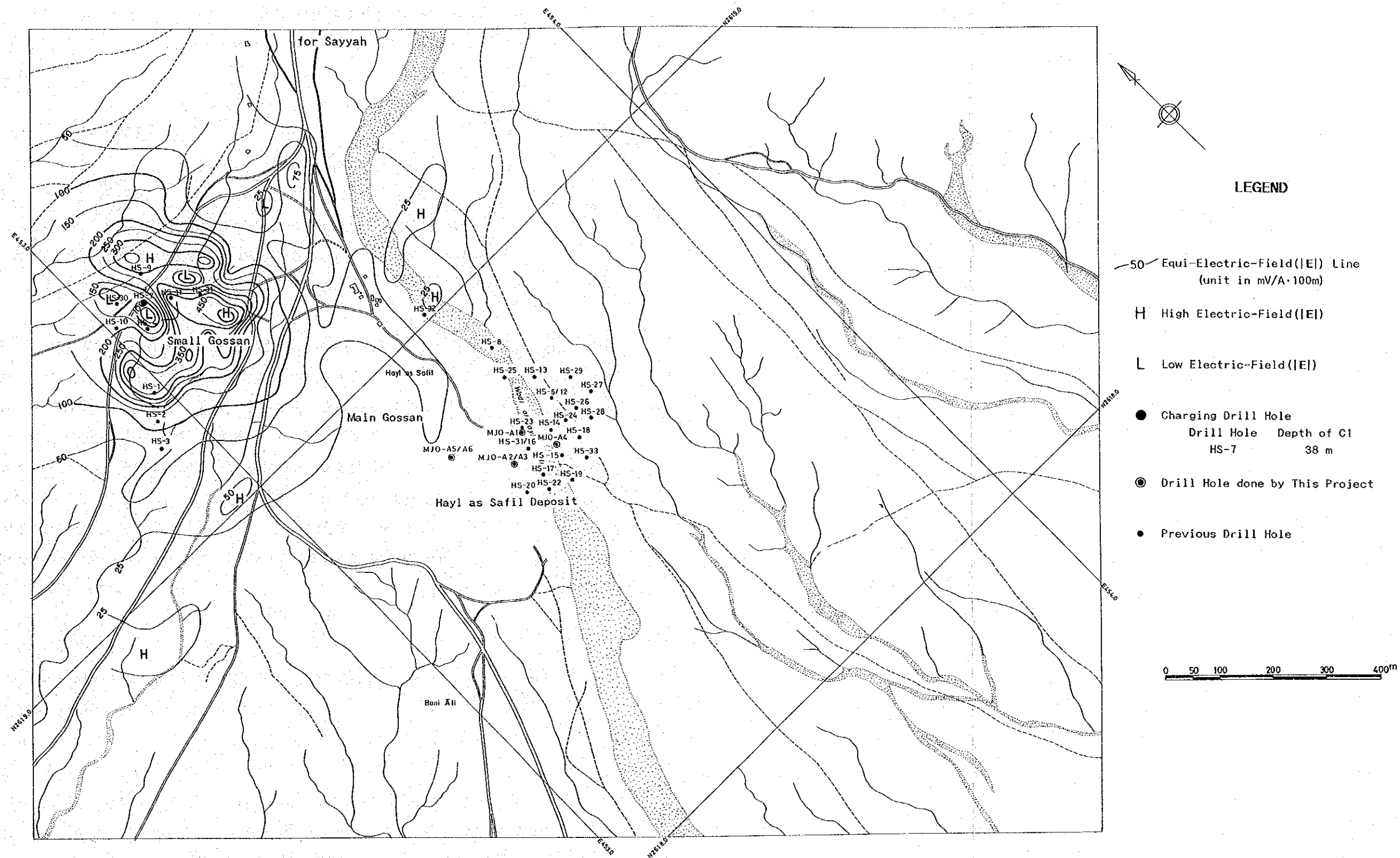


Fig. 1-23 Electric field map for the drill hole HS-7 in Area A

上記の方法で解析した結果、各測定点で得られた流電電位及び電場をAppendix 5及び 6に示す。HS-14 孔及びHS-7孔による電位分布図をFig.1-21に、また電場分布図をFig.1-22及びFig.1-23にそれぞれ示す。

1-3-2 調査結果

(1) 物性試験結果

A、B両地区より計24個の岩石及び鉍石試料をボーリング・コア及び地表より採取し、物性測定に供した。地表で採取した試料の採取位置をFig.1-19に示す。測定は、Zonge Engineering & Research Organization Inc. (米国) 製のSIP測定システムで行った。測定した物性は、比抵抗、PFE及び位相差である。

物性測定は、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賦存する状態での物性値を表わ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。測定値の解析は、A、B両地区とも同様の地質を示すことから合わせて行った。物性測定結果を Table 1-3に示す。

Table 1-3 より本調査地区 (A、B) の岩石・鉍石の比抵抗分布は、ゴッサン>下部噴出岩類 II (L II) >下部噴出岩類 I (L I) >ストックワーク状鉍>塊状鉍、であることが判明した。従って、塊状鉍に電流を流した場合には、周辺の岩石よりも塊状鉍及びストックワーク状鉍が低比抵抗であるため、電流が集中的に鉍体流れ、鉍体の分布状態を反映した流電電位分布が観測されると予想される。

(2) 電位分布

HS-14 孔及びHS-7孔による電位分布図では、それぞれ独自の分布を示し、これらのボーリング孔で捕捉した鉍化帯が連続していないことを示す。

(a) HS-14 孔電位分布

HS-14 孔による電位分布図 (Fig.1-21) ではHS-14 孔の西方に電位値73.5 mV/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、鉍体を含む良導体の分布形状を良く反映しているようである。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、メイン・ゴッサン側とスモール・ゴッサン側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。

Table 1-3 Values of physical properties

Sample No.	Area name	Drill hole	Sampled depth(m)	Descriptions	Resistivity ($\Omega \cdot m$)	PFE (%)	Phase difference ($^{\circ}$ rad)
1	A	MJO-A2	136.00	Pillow lava (LI)	963	0.3	2
2	B	MJO-B3	133.60	Pillow lava (LI)	878	10.4	94
3	B	MJO-B3	147.70	Pillow lava (LI)	545	0.5	3
4	B	MJO-B4	101.20	Pillow lava (LI)	191	0.2	1
5	B	MJO-B5	107.60	Pillow lava (LI)	731	6.0	53
6	B	MJO-B5	136.10	Pillow lava (LI)	1,380	1.2	7
7	B	MJO-B6	85.90	Pillow lava (LI)	545	0.5	3
Average values of Lower Extrusives I					747	2.7	23
8	A	MJO-A1	63.70	Pillow lava (LI)	366	0.2	1
9	A	MJO-A4	44.20	Massive lava (LI)	580	0.5	2
10	A	—	—	Pillow lava (LI)	2,450	1.6	10
11	A	—	—	Pillow lava (LI)	154	0.5	4
12	B	MJO-B2	52.20	Pillow lava (LI)	4,190	0.9	6
13	B	MJO-B3	55.20	Pillow lava (LI)	1,810	0.9	5
14	B	MJO-B3	80.10	Pillow lava (LI)	583	2.7	18
15	A	—	—	Pillow lava (Me)	957	4.3	19
Average values of Lower Extrusives II					1,390	1.5	8
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
Average values of stockwork ore					25.1	46.1	297
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
Average values of massive ore					1.12	11.7	103
23	A	—	—	Gossan	1,930	2.5	16
24	A	—	—	Gossan	3,500	0.5	4
Average values of gossan					2,715	1.5	10

(b) HS-7孔電位分布

HS-7孔による電位分布図 (Fig.1-21) 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と浅いことが原因であり、塊状鉱体の規模などによるものではない。

HS-7孔より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ないことから、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る。HS-14 孔の電位分布と同様に、この電位分布からもメイン、ゴッサンとスモール・ゴッサンが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は、1-3-1 (4) の項で述べたように、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かによる。

(a) HS-14孔電場分布

HS-14 孔の電場分布図 (Fig.1-22) 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 200m (ワジ西岸のMJ0-A3孔の西方 100m付近)、北方 200m (HS-8孔付近)、南東方 200m及び南方 100mの付近にあると考えられる。また、MJ0-A5/A6 孔付近では、西方にさらに50mほど突出した分布を示している。

高電場異常群は、さらに北西方 (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方向でも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、良導体の分布が推定された地区では、NW-SE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、本地区の地質構造-断層構造の方向性を反映していると考えられる。電位分布と同様、電場分布でもメイン・ゴッサンとスモール・ゴッサンとの間には連続性が全く見られない。

(b) HS-7孔電場分布

HS-7孔の電場分布図 (Fig.1-23) では、HS-7孔の西方50m付近に低電場異常の中心が見られ、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、鉍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、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。従って、スモール・ゴッサン及びその北側の鉍化帯と、メイン・ゴッサン及びその南東側の鉍化帯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。設定した断面は、HS-14孔を通るNW-SE方向の断面とMJ0-A5孔を通るE-Wの断面を結んだもので、その会合点はMJ0-A5孔の東方30mの地点である。断面線の位置を Fig.1-19 に示す。

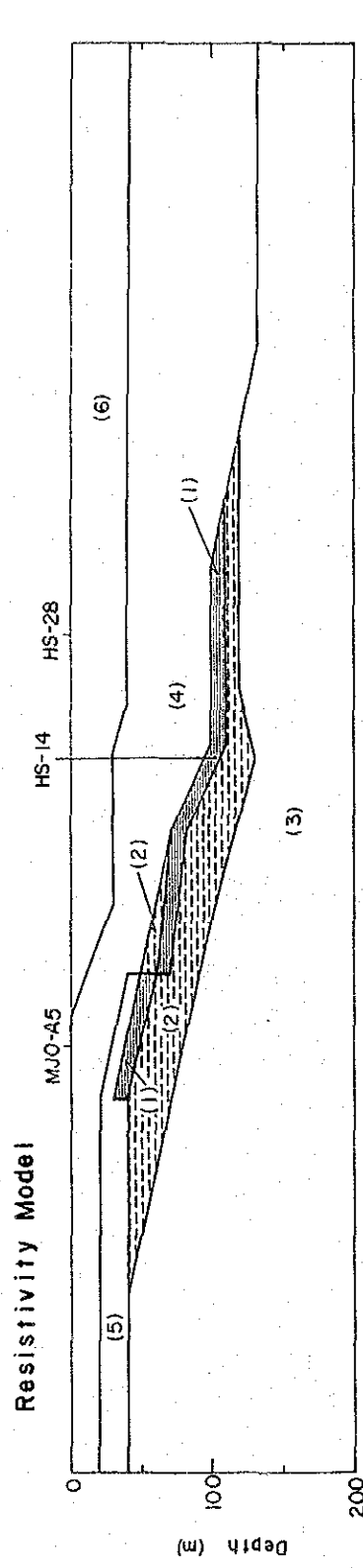
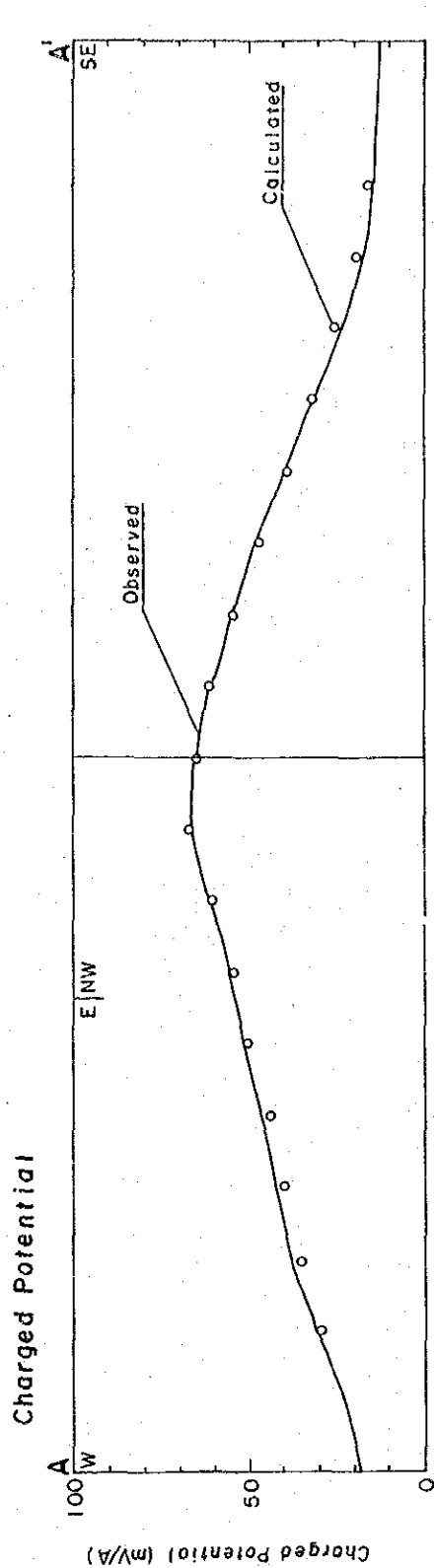
初期モデルは、断面線上及び断面線の周辺に位置するHS-14、MJ0-A5孔などの孔井データ、地表地質データ及び物性試験結果を基に構築した。各孔井をコントロール・ポイントとして、観測電位曲線に計算曲線がほぼ一致するまで比抵抗モデルの比抵抗及び形状を変化させ、最適比抵抗モデルを求めた。これにより得られた解析結果を Fig.1-24 に示す。

最終的に求められたモデルの各地層及び各鉍石の比抵抗は、塊状鉍が $1\Omega\cdot m$ 、ストックワーク状鉍が $5\Omega\cdot m$ 、下部噴出岩類Ⅰ (LⅠ) が $900\Omega\cdot m$ 、下部噴出岩類Ⅱ (LⅡ) が $1,000\Omega\cdot m$ 、ゴッサンが $3,500\Omega\cdot m$ 及び第四紀の段丘堆積物が $100\Omega\cdot m$ である。

このシミュレーションの結果によれば、鉍体 (塊状鉍及びストックワーク状鉍) は20m~50mの厚さで、南東側はHS-14孔の南東200m付近まで、西側はMJ0-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、塊状鉍はMJ0-A5孔の西50mからHS-14孔の南東150m付近まで層厚10mで連続することを示す。

(5) 物理探査結果の検討

物理探査結果の総合解析図を Fig.1-25 に示す。この図で見られるように、物理探査結果から推定されるハイル・アス・サヒル鉍床の主要部は、メイン・ゴッサンの南で行ったMJ0-A5/A6孔の西方20m~60m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幅の範囲を占め、さらに、HS-14孔の南東方200m付近まで張り出した形状で分布している。本主要部は、NW-SE及びWNW-ESE系の断層による構造的な規制を受けており、鉍体は比較的厚く分布すると考えられる。



Resistivity	Resistivity	Resistivity	Resistivity	Resistivity	Resistivity	Code	Unit	Unit
(1)	1	Massive Ore	(4)	1,000	Lower Extrusives II	(4)	Ω · m	Ω · m
(2)	5	Stockwork Ore	(5)	3,500	Gossan	(5)	Ω · m	Ω · m
(3)	900	Lower Extrusives I	(6)	100	Quaternary	(6)	Ω · m	Ω · m

Fig. 1-24 Results of model calculation and its resistivity structure for the Hayl as Safil deposit

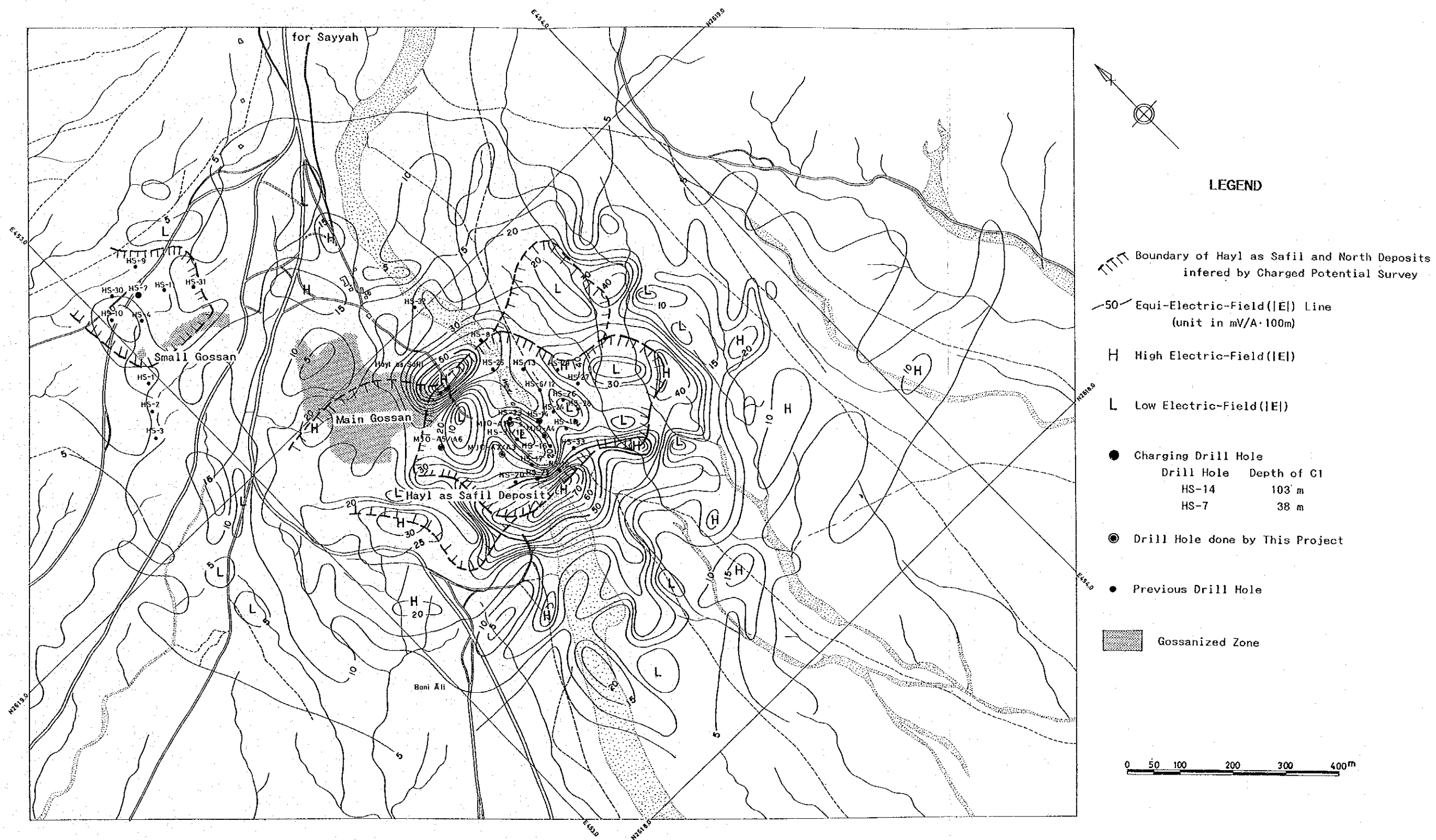


Fig. 1-25 Geophysical interpretation map of Area A

本主要部の北西方（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 付近まで張り出すが、この部分では鉍体が薄くなっているものと考えられる。また、HS-14 孔の北東方 360 m 付近まで見られる張り出しは、深部に賦存する鉍体を反映していると考えられる。

スモール・ゴッサン及びその北側の鉍化帯は、東西、南北それぞれ 200m 幅で分布する孤立した鉍化帯で、ハイル・アス・サヒル鉍床の主要部とは連続していないと考えられる。

1-4 ポーリング調査

1-4-1 調査工事内容

ポーリング調査は、2年度にわたって実施した。第1年次は、MJ0-A1孔よりMJ0-A6孔までの6本（計898.70m）、最終年次は、MJ0-A7孔よりMJ0-A12孔までの6本（計842.10m）、合計12本1,740.80mの調査を行った。工事の実施は下請けとし、現地のインド系ポーリング会社で探鉱関係のポーリングに実績のある Lalbuksh Contracting and Trading Est.社を使用した。

本調査で実施した各孔の掘進実績を、Table 1-4 に示す。本地区では、本調査以外にMPM及びBRGMによるポーリング調査がなされている、これらのポーリング孔の一覧をTable 1-5 に示す。各ポーリング孔の位置は、簡易測量により決定した。ポーリング孔の位置をFig. 1-10に示す。

本調査には、第1年次に2台、最終年次に3台の試錐機を使用した。使用した試錐機の名称及びその能力と実施した孔番号は、以下のとおりである。

試錐機名	能力	実施ポーリング孔
JOY RAMROD II	455 m(NX)、650 m(BX)、825 m(AX)	MJ0-A1、A2、A3、A6
VOL 35	205 m(NX)、350 m(BX)、430 m(AX)	MJ0-A4、A5、A11
VOL 90	300 m(NX)、400 m(BX)、500 m(AX)	MJ0-A7、A9、A10、A12
VOL 180	600 m(NX)、760 m(BX)、980 m(AX)	MJ0-A8

これらの機械のうち、JOY RAMROD IIはアメリカ製、VOL 35、90 及び 180はいずれもインド製の試錐機である。各ポーリング孔の作業工程及び進捗状況を Appendix 7 に示す。

本地区には、厚い段丘堆積物（20m～30m）がありこれが崩落し易いこと、鉱化帯は珪化が著しく堅硬であることなどから掘進に時間を要した。特に、第1年次にメイン・ゴッサンの南麓で行った MJ0-A5 及び MJ0-A6 孔と最終年次その西側で行った MJ0-A10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、ゴッサンが堅硬であること、崩落し易いこと及びゴッサン中に空洞があることなどから、ビットの消耗が激しく、またその掘進に時間を要した。さらに、MJ0-A6孔及び MJ0-A10孔では、ロッド切断事故が発生した。このため、MJ0-A5、A6及び A10の3孔では、途中よりBXにサイズを落して実施した。

ポーリング孔は、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のワイヤーラインで掘進するか、最初NXで掘進しその後で拡孔してNWのケーシングを挿入する方法によった。掘進中崩落箇所に着した場合は、拡孔して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ポーリング柱状図を、Appendix 8に示す。また、本地区で実施したポーリングのコアより採取し室内試験に供した試料数は、以下のとおり。

Table 1-4 List of drill holes completed in Area A in this project

Hole number	Coordinates	Elevation (m)	Drill length (m)	Bearing	Inclination	Core length (m)	Core recovery (%)	Period: from to	Casing (m)
MJO-A1	N 2618.737 E 453.434	691.0	200.60	270°	-50°	197.60	98.5	8 Oct. '88 20 Oct. '88	NWC 15.00
MJO-A2	N 2618.698 E 453.373	695.8	151.15	—	Vertical	133.30	88.2	26 Nov. '88 10 Dec. '88	NWC 25.00
MJO-A3	N 2618.698 E 453.371	695.8	143.00	270°	-50°	136.05	96.4*	12 Dec. '88 26 Dec. '88	NWC 3.00
MJO-A4	N 2618.673 E 453.458	695.5	150.75	—	Vertical	136.25	90.4	3 Oct. '88 16 Oct. '88	NWC 3.00
MJO-A5	N 2618.793 E 453.295	704.1	120.10	—	Vertical	98.45	84.3*	1 Dec. '88 23 Dec. '88	NWC 11.50 NX 56.70
MJO-A6	N 2618.794 E 453.294	704.1	133.10	0°	-50°	106.70	81.4*	27 Dec. '88 13 Jan. '89	NWC 27.00 NX 72.65
MJO-A7	N 2618.794 E 453.200	717.3	100.30	—	Vertical	95.20	94.9	14 Aug. '89 21 Aug. '89	NWC 3.00
MJO-A8	N 2618.831 E 453.563	705.8	240.05	—	Vertical	215.90	89.9	28 Jul. '89 31 Aug. '89	HX 27.50
MJO-A9	N 2618.650 E 453.596	696.3	150.20	—	Vertical	139.90	93.1	28 July '89 5 Aug. '89	NWC 6.00
MJO-A10	N 2618.795 E 453.200	717.3	120.55	0°	-50°	106.65	91.1*	22 Aug. '89 5 Sep. '89	NWC 3.00 NX 28.50
MJO-A11	N 2618.794 E 453.241	714.5	100.65	—	Vertical	99.90	99.3	17 Aug. '89 24 Aug. '89	NWC 3.70
MJO-A12	N 2618.690 E 453.637	697.8	130.35	—	Vertical	114.95	88.2	6 Aug. '89 12 Aug. '89	NWC 7.50
Total	1,740.80 m (Phase I: 898.70 m, Phase II: 842.10 m)								

* : Excluding cave zones.

Table 1-5 List of drill holes completed by MPM and BRGM in Area A

Hayl as Saffil 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	2618.646	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
HS-34	2618.740	453.302	697.8	101.60	-	-90°	29 Jan. '89	8 Feb. '89	MPM
HS-35	2618.797	453.366	698.8	157.65	-	-90°	11 Feb. '89	2 Mar. '89	MPM
HS-36	2618.828	453.419	700.0	200.15	-	-90°	6 Mar. '89	30 Mar. '89	MPM
HS-37	2618.872	453.443	699.2	200.95	-	-90°	3 Apr. '89	29 Apr. '89	MPM
HS-38	2618.697	453.235	697.1	100.20	-	-90°	30 Apr. '89	11 May '89	MPM
HS-39	2618.979	453.183	742.0	200.50	72°	-63°	4 June '89	4 July '89	MPM
HS-40	2618.871	453.378	701.2	147.75	-	-90°	18 June '89	13 July '89	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

試験項目	第1年次	最終年次	合計試料数	備考
薄片	5 枚	3 枚	8 枚	Table 1-1
研磨片	18 枚	5 枚	23 枚	Table 1-6
EPMA試験	2 試料	—	2 試料	Table 2-5
全岩分析	6 件	—	6 件	Appendix 2
微量成分分析	7 件	—	7 件	Appendix 2
粉末X線回析	5 試料	6 試料	11 試料	Table 1-7
鉱石分析	132 件	60 件	192 件	Appendix 8
物性試験	8 試料	—	8 試料	Table 1-3
選鉱試験	100 kg	—	100 kg	Volume III

ボーリングで捕捉した鉱化帯のコアは、岩石切断機で切断した。切断したコアのうち第1年次はその2分の1を選鉱試験に、4分の1を鉱石分析に供し、残りの4分の1を保管した。最終年次には、コアのサイズがN Xの場合その4分の1を、またB Xの場合その2分の1を鉱石分析試料とし、残りを保管した。鉱石分析試料の試料採取間隔は、塊状鉱の場合1 mストックワーク状鉱の場合2 mを原則とした。鉱石分析成分としては、第1年次 Au、Ag、Cu、Pb及び Zn の5成分としたが、Pb品位が著しく低かったことから、最終年次には Au、Ag、Cu及び Zn の4成分とした。鉱石分析結果を、Appendix 8のボーリング柱状図中に示す。

1-4-2 調査結果

(1) ボーリング調査

ボーリング調査では、第1年次当初計画の4本のボーリング(MJ0-A1 ~ A4)を行った結果、鉱体が西方に連続することが予想されたため2本のボーリング(MJ0-A5/A6)を追加ボーリングとして実施した。最終年次は、第1年次実施した地質調査及び物理探査結果に基づき鉱体の端末部に対する調査を主として行った。

(a) MJ0-A1 (方位 270°、傾斜-50°、掘進長200.60m)

本孔は、HS-23 孔(垂直)と同位置より既知鉱体の西方延長部を調査するため、本孔の結果は、以下のとおり。

- 0.00 ~ 23.60 m 段丘堆積物。礫及び砂。
- 23.60 ~ 76.70 m 下部噴出岩類II。枕状溶岩を主とし、マッシブ溶岩及びピロー・ブレッチャーを挟む。緑泥石化。基質は赤鉄鉱化。
- 76.70 ~ 77.60 m 枕状溶岩。強粘土化、角礫化。

77.60 ~ 77.75 m	赤鉄鉱-粘土帯。
77.75 ~ 78.60 m	黄鉄鉱に富む塊状鉱。珪質角礫を伴う。
78.60 ~ 85.30 m	硫化鉱物に富む (30~80vol.%) ストックワーク状鉱。
85.30 ~ 129.90 m	ストックワーク状鉱。母岩は強珪化及び角礫化した枕状溶岩。石英網状脈が発達する。
129.90 ~ 133.30 m	強緑泥石化帯。132.30m~133.20m : ストックワーク状鉱。
133.30 ~ 200.60 m	下部噴出岩類 I。枕状溶岩。緑泥石化及び赤鉄鉱化。196.70 m~197.30m : 破碎帯 (角礫化)。

捕捉した鉱化帯は、上盤を粘土化帯 (厚さ: 1.05m) 下盤を緑泥石化帯 (厚さ: 3.40m) で境されており、鉱化帯と上下盤の火山岩類との境界は明瞭である。上下盤の火山岩類中には、硫化鉱物は認められない。鉱化帯中の硫化鉱物は上部に濃集しており、その最上部では塊状鉱を、さらにその下位では硫化鉱物に富むストックワーク状鉱を形成する。しかし、大部分のストックワーク状鉱は、変化が少なく上部、下部とも同様の産状を示す。

鉱石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、それ以外では、低品位ながら安定した鉱況を示す。本鉱で捕捉した鉱化帯の平均鉱況は、以下のとおり。

深度: 77.75m ~ 130.15m、掘進長: 52.40 m

Au 0.50g/t、Au 2.2g/t、Cu 0.60%、Pb <0.01%、Zn 0.39%

全体的に見ると Cu 品位に比較して Au 品位が高い傾向を示す。

(b) MJO-A2 孔 (傾斜-90°、掘進長151.15m)

本孔は、既存のHS-21 孔で捕捉されている厚いストックワーク状鉱の西方延長部を調査するため実施した。本孔の実施結果は、以下のとおり。

0.00 ~ 30.00 m	段丘堆積物。礫及び砂。
30.00 ~ 30.70 m	ゴッサン・ソイル
30.70 ~ 32.45 m	角礫化珪質鉱。珪質角礫を黄銅鉱・黄鉄鉱が充填。
32.45 ~ 34.80 m	珪質ゴッサン (角礫化珪質鉱)。
34.80 ~ 39.40 m	塊状鉱。35.50m~38.20m : ゴッサン化。黄鉄鉱に富む。
39.40 ~ 96.20 m	ストックワーク状鉱。強珪化及び角礫化。角礫の基質を黄銅鉱・黄鉄鉱が充填。網状黄銅鉱・黄鉄鉱及び石英脈が発達する。
96.20 ~ 96.70 m	粘土化帯。黄鉄鉱鉱染。
96.70 ~ 99.10 m	強緑泥石化帯。黄鉄鉱細脈及び鉱染。
99.10 ~ 101.95 m	緑泥石化及び赤鉄鉱化帯。
101.95 ~ 151.15 m	枕状溶岩を主としマッシュ溶岩を挟む。下部噴出岩類 I。

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の境界は明瞭である。

本孔では、ストックワーク状鉍を主とする厚い鉍化帯を捕捉した。鉍況は、低品位ではあるが上部から下部まで比較的安定している。最下部の低品位部を除いた本孔の平均鉍況は、以下のとおり。

深度：30.00m～93.40m、掘進長：63.40m

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

なお、最上部の珪質鉍及び塊状鉍では、比較的高い Au の値 (1.1g/t～2.9g/t) を示す。

(c) MJ0-A3孔 (方位 270°、傾斜 -50°、掘進長143.00m)

本孔は、MJ0-A2孔と同一位置より、鉍化帯の西方延長部を確認するために行った。掘進結果は、以下のとおり。

0.00 ～ 31.20 m	段丘堆積物。礫及び砂。
31.20 ～ 33.30 m	粘土帯。
33.30 ～ 34.30 m	ゴッサン・ソイル。
34.30 ～ 35.00 m	珪質ゴッサン。
35.00 ～ 36.95 m	ゴッサン (塊状鉍源?)。
36.95 ～ 41.10 m	塊状鉍。珪質各礫を少量伴う。
41.10 ～ 43.00 m	空隙。
43.00 ～ 43.70 m	粘土帯。角礫化。
43.70 ～ 85.90 m	ストックワーク状鉍。強珪化及び角礫化。網状石英脈及び黄鉄鉍・黄銅鉍脈。黄鉄鉍鉍染。
85.90 ～ 88.10 m	強緑泥石化帯。
88.10 ～ 143.00 m	枕状溶岩。下部噴出岩類 I。122.10～122.30m：粘土化破碎帯。 142.70～142.80m：破碎帯。

本孔で捕捉した鉍化帯の産状は、MJ0-A2孔と類似するが、全般にMJ0-A2孔に比較して硫化鉍物の量が多い (15～70vol.%) 傾向を示す。

鉍石分析の結果では、鉍況は良好で鉍化帯の平均品位は以下のとおりであった。

深度：36.20m ～ 85.90m、掘進長：49.70m

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

特に、最上部の塊状鉍は、見掛けよりも高品位 (Cu 10.94%) を示した。この原因は、黄銅鉍がかなり細粒であるためと考えられる。

(d) MJ0-A4孔(傾斜-90°、掘進長150.75m)

MPMの行った HS-14孔及び HS-15孔で厚い高品位塊状鉱を捕捉していたことから、この高品位塊状鉱の性状を明らかにすること及び選鉱試験用の試料として高品位塊状鉱を採取することを目的として、本孔をこれら2孔の間点で実施した。本孔の実施結果は、以下のとおり。

0.00 ~ 22.10 m	段丘堆積物。礫及び砂。
22.10 ~ 80.75 m	枕状溶岩。少量のマッシブ溶岩及びピロー・ブレッチャーを挟む。 下部噴出岩類Ⅱ。
80.75 ~ 81.15 m	粘土帯。黄鉄鉱鉱染。
81.15 ~ 82.30 m	塊状鉱。
82.30 ~ 83.20 m	珪質鉱。黄銅鉱・黄鉄鉱鉱染。82.50 ~ 82.80m : 粘土帯含黄鉄鉱 鉱染。
83.20 ~ 92.00 m	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 鉱染及び鉱糸。
92.00 ~ 95.30 m	角礫化・緑泥石化帯。黄鉄鉱鉱染。
95.30 ~ 150.75 m	枕状溶岩。下部噴出岩類Ⅰ。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。

本孔で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%)であったが HS-14孔及び HS-15孔に比較して、掘進長 1.15 mとかなり薄かった。塊状鉱の上下盤には粘土帯が見られることから、断層による転移により見掛け上薄くなっている可能性も考えられる。捕捉した鉱化帯の鉱況は、以下のとおり。

深度 : 80.75m ~ 92.00m、掘進長 : 11.25m

Au 0.47g/t、Ag 4.1g/t、Cu 1.49%、Pb<0.01%、Zn 0.28%

Auの品位は、ストックワーク状鉱(0.1~ 0.4g/t)に比べ塊状鉱(1.2 ~ 2.2g/t)が高い値を示す。

(e) MJ0-A5孔(傾斜-90°、掘進長120.10m)

MJ0-A1孔よりMJ0-A4孔までを行った結果、鉱体がさらに西方へ延びることが明らかとなったため、メイン・ゴッサンと既知鉱体との関係を明らかにすることを目的として、本孔を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。

0.00 ~ 10.90 m	崖錐堆積物。珪質ゴッサン角礫を主とする。
10.90 ~ 24.90 m	ドレライト質マッシブ溶岩。弱角礫化。20.80 ~ 24.90m : 枕状溶 岩、粘土化及び緑泥石化。下部噴出岩類Ⅱ。

24.90 ~ 25.90 m	ゴッサン・ソイル。赤鉄鉱、褐鉄鉱及び粘土。
25.90 ~ 34.20 m	珪質ゴッサン。珪質角礫を伴う赤鉄鉱・褐鉄鉱・粘土帯。
34.20 ~ 48.70 m	珪質鉱。角礫化、珪化及び粘土化。黄鉄鉱・黄銅鉱鉱染。43.30 ~ 44.30 m : 強角礫化・粘土化帯。
48.70 ~ 51.70 m	塊状鉱。少量の珪質角礫を伴う。
51.70 ~ 53.40 m	珪化帯。角礫化及び弱ゴッサン化。黄鉄鉱鉱染。石英・黄鉄鉱脈。
53.40 ~ 56.70 m	空隙。掘進不能のためNXよりBXに落して掘進。
56.70 ~ 63.95 m	珪質ゴッサン。角礫化及び珪化。基質：赤鉄鉱・褐鉄鉱。
63.95 ~ 92.30 m	ストックワーク状鉱。強珪化及び角礫化。硫化鉱物：15~35vol.%。
92.30 ~ 94.15 m	石英脈を伴う赤鉄鉱・緑泥石帯。
94.15 ~ 120.10 m	枕状溶岩及びマッシブ溶岩。緑泥石化及び赤鉄鉱化。石英・方解石細脈。下部噴出岩類 I。

本孔により捕捉されたストックワーク状鉱と MJ0-A1 孔 A2 孔及び A3 孔で捕捉されたストックワーク状鉱とは、同様の産状及び鉱石鉱物の共生関係を示すことから、一連の鉱化作用により生成したことを示している。また、既知鉱体とメイン・ゴッサンは、連続した鉱体であることが明らかとなった。本孔では、深度 63.95m までゴッサン化が及んでおり、メイン・ゴッサン及びその周辺部ではかなりの深部までその一部がゴッサン化を受けていることを示す。

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（46.20 m~51.70 m、5.50m、Au 1.66g/t、Cu 7.91%）。また、ストックワーク状鉱も一部で高品位を示す（63.95 m ~ 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。

深度： 34.20m ~ 90.00m、掘進長： 55.80m

Au 1.03g/t、Ag 6.1g/t、Cu 1.66%、Pb<0.01%、Zn 0.14%

(f) MJ0-A6 孔（方位 0°、傾斜 -50°、掘進長 133.10 m）

本孔は、メイン・ゴッサン下部の構造及び鉱化帯の状況を明らかにするため、MJ0-A5 孔と同一地点よりメイン・ゴッサンに向け実施した。本孔の結果は、以下のとおり。

0.00 ~ 8.60 m	崖錐堆積物。珪質ゴッサン角礫。
8.60 ~ 15.90 m	マッシブ溶岩。風化及び粘土化。下部噴出岩類 II。
15.90 ~ 24.95 m	ゴッサン・ソイル。含珪質角礫。
24.95 ~ 36.70 m	珪質ゴッサン。角礫化。25.50 ~ 26.00m : 空隙。
36.70 ~ 37.70 m	ゴッサン・ソイル。含珪質角礫。
37.70 ~ 43.10 m	珪質ゴッサン。39.20 ~ 40.70m : 空隙。

- 43.10 ～ 45.30 m ゴッサン・ソイル。含珪質角礫。針鉄鉱及び褐鉄鉱。
- 45.30 ～ 48.05 m 珪質ゴッサン。珪化及び角礫化。褐鉄鉱及び赤鉄鉱。
- 48.05 ～ 78.10 m ストックワーク状鉱。黄鉄鉱鉱染。黄銅鉱・黄鉄鉱鉱染角礫。
- 78.10 ～ 81.30 m 強緑泥石化、角礫化帯。黄鉄鉱鉱染。
- 81.30 ～ 133.10 m 枕状溶岩及びマッシブ溶岩。緑泥石化。下部噴出岩類Ⅰ。

本孔では、72.65 mでロッド切断事故が発生したため孔径をNXよりBXに落して実施した。ゴッサン・ソイルの産状からすると43.10 m～45.30 mの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、MJ0-A5孔に類似する。鉱石分析結果では、MJ0-A5孔に比較して以下の様な低い値を示す。

深度： 52.00m ～ 79.30m、 掘進長： 27.30m

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

尚、鉱化帯の上部では、ゴッサン化が著しく硫化鉱物が認められなかったことから鉱石分析は、実施しなかった。

(g) MJ0-A7孔(傾斜-90°、掘進長100.30m)

本孔は、MJ0-A5及びMJ0-A6孔で捕捉した鉱化帯の西方延長部を確認するためMJ0-A5孔の西方約95mの位置で行った。

- 0.00 ～ 12.80 m 枕状溶岩。風化及び弱粘土化。10.50 ～ 12.80m：銅の酸化二次鉱物を伴う。下部噴出岩類Ⅱ。
- 12.80 ～ 22.30 m ゴッサン・ソイル。粘土化枕状溶岩を伴う。
- 22.30 ～ 27.60 m 珪質ゴッサン。強角礫化。
- 27.60 ～ 29.80 m ゴッサン・ソイル。
- 29.80 ～ 48.90 m 枕状溶岩。緑泥石化及び弱珪化。29.80 ～ 32.20m、34.90～ 36.10 m：銅の二次酸化鉱物を伴う。
- 48.90 ～ 100.30 m 枕状溶岩。赤鉄鉱-石英細脈多し。下部噴出岩類Ⅰ。

本孔は、鉱体の西端部で実施したが、捕捉した鉱化帯が浅かったことから全般にゴッサン化を受けており硫化鉱物は認められない。このため銅の二次富化が見られる最上部及び最下部を除くと、Cu及びZnの鉱石分析結果は低い値を示す。珪質ゴッサン帯の最下部では、Au 1.5g/t 及びAg 5.6g/t の値を示すが、これ以外の箇所ではAu及びAgはほとんど認められない。本孔で捕捉した鉱化帯の最上部及び最下部の鉱況は以下のとおり。

深度： 10.50m ～ 16.80m、 掘進長： 6.30 m

Au Tr、 Ag Tr、 Cu 1.94%、 Zn 0.27%

深度：29.80m ～ 32.20m、掘進長：2.40 m

Au Tr、 Ag Tr、 Cu 1.02%、 Zn 0.16%

(h) MJO-A8孔(傾斜-90°、掘進長240.05m)

本孔は、ハイル・アス・サhil鉱床を構成するストックワーク状鉱の北東延長部の鉱況を確認するため行った。本孔の結果は、以下のとおり。

0.00 ～ 35.10 m	段丘堆積物。礫及び砂。
35.10 ～ 37.50 m	マッシブ溶岩。下部噴出岩類Ⅱ。
37.50 ～ 126.70 m	枕状溶岩。緑泥石化及び弱角礫化。下部噴出岩類Ⅱ。
126.70 ～ 128.10 m	枕状溶岩。強緑泥石化及び角礫化。
128.10 ～ 179.10 m	枕状溶岩。緑泥石化及び赤鉄鉱化。下部噴出岩類Ⅰ。
179.10 ～ 183.90 m	角礫化枕状溶岩。緑泥石化及び赤鉄鉱化。下部噴出岩類Ⅰ。
183.90 ～ 184.85 m	赤鉄鉱帯。
184.85 ～ 209.70 m	ストックワーク状鉱。
209.70 ～ 210.30 m	破碎帯。強緑泥石化帯。
210.30 ～ 240.05 m	枕状溶岩。緑泥石化及び赤鉄鉱化。下部噴出岩類Ⅰ。

本孔では、厚さ 24.85mのストックワーク状鉱を捕捉したが、西方 95 mの位置で行っているHS-25 孔と比較すると鉱体幅が薄くなっている。また、北部で実施しているHS-8孔やHS-37 孔と同様上部における鉱況は不良である。本孔で捕捉したストックワーク状鉱の良好部の平均鉱況は、以下のとおり。

深度：192.85m ～ 208.85m、掘進長：16.00 m

Au 0.21g/t、 Ag 0.55g/t、 Cu 0.75%、 Zn 0.09%

(i) MJO-A9孔(傾斜-90°、掘進長150.20m)

第1年次に行った電気探査の結果、ハイル・アス・サhil鉱床が更に南東方向へ広がることが期待されたため、本孔を既知鉱床の南東延長部で実施した。本孔の結果は以下のとおり。

0.00 ～ 24.00 m	段丘堆積物。礫及び砂。
24.00 ～ 31.20 m	マッシブ溶岩。弱緑泥石化及び赤鉄鉱化。下部噴出岩類Ⅱ。
31.20 ～ 42.20 m	ピロー・ブレッチャー。基質：強赤鉄鉱化。下部噴出岩類Ⅱ。
42.20 ～ 49.10 m	枕状溶岩。弱緑泥石化。下部噴出岩類Ⅱ。
49.10 ～ 53.10 m	ピロー・ブレッチャー。強赤鉄鉱化、弱緑泥石化。
53.10 ～ 88.70 m	枕状溶岩。角礫化及び弱緑泥石化。下部噴出岩類Ⅱ。
88.70 ～ 89.40 m	強緑泥石化破碎帯。黄鉄鉱鉱染。

- 89.40 ~ 102.30 m 珪化緑泥石化枕状溶岩。網状石英-赤鉄鉱細脈。下部噴出岩類 I。
- 102.30 ~ 137.70 m 枕状溶岩。緑泥石化及び赤鉄鉱化。下部噴出岩類 I。
- 137.70 ~ 144.60 m 枕状溶岩。網状石英-赤鉄鉱細脈。下部噴出岩類 I。
- 144.60 ~ 150.20 m 枕状溶岩。緑泥石化。

本孔では、深度 88.70m ~ 89.40m (掘進長 : 0.70m) の間で黄鉄鉱の鉱染を伴う鉱化帯を確認したが、その鉱況は不良 (Au Tr、Ag Tr、Cu 0.06%、Zn 0.21%) であった。捕捉した鉱化帯はその西側で下部噴出岩類 II と I の境界部に賦存する塊状鉄の東方延長部に当たると推定される。

(j) MJO-A10 孔 (方位 0°、傾斜 -50°、掘進長 120.55m)

本孔は、MJO-A7 孔で捕捉した鉱化帯の北方延長部及びメイン・ゴッサン下部の鉱況を確認するため MJO-A7 孔と同一位置より真北に向けて実施した。本孔の結果は、以下のとおり。

- 0.00 ~ 7.20 m 枕状溶岩。風化及び弱角礫化。下部噴出岩類 II。
- 7.20 ~ 9.60 m 強粘土化及び風化帯。褐鉄鉱及び赤鉄鉱。
- 9.60 ~ 37.90 m 珪質ゴッサン。強角礫化。褐鉄鉱及び赤鉄鉱。 26.50 ~ 28.50 m、
36.00 ~ 37.50 m : 空隙。
- 37.90 ~ 39.10 m ビロー・ブレッチャー。粘土化及び風化。下部噴出岩類 I
- 39.10 ~ 65.80 m 枕状溶岩。強緑泥石化。石英-方解石-赤鉄鉱細脈多し。下部噴出
岩類 I。
- 65.80 ~ 72.00 m ビロー・ブレッチャー。緑泥石化及び赤鉄鉱化。下部噴出岩類 I。
- 72.00 ~ 104.55 m 枕状溶岩。緑泥石化及び赤鉄鉱化。下部噴出岩類 I。
- 104.55 ~ 120.55 m 枕状溶岩。緑泥石化及び珪化。弱角礫化。下部噴出岩類 I。

本孔で捕捉した鉱化帯は、MJO-A7 孔と同様ほぼ完全にゴッサン化を受けており硫化鉱物は、認められなかった。鉱石分析結果では、Au 品位の比較的高い部分 (25.60 ~ 26.50 m : Au 5.4g/t、
28.50 ~ 30.50 m : Au 3.7g/t) が認められるが、Cu 及び Zn は低い値を示す。本孔で捕捉したゴ
ッサン帯の平均鉱況は、以下のとおりであった。

深度 : 7.20 m ~ 37.90m、掘進長 : 30.70m

Au 0.89g/t、Ag 4.50、Cu 0.15%、Zn < 0.27%

(k) MJO-A11 孔 (傾斜 -90°、掘進長 100.65m)

第 1 年次行った MJO-A5 孔で確認した鉱化帯の西方延長部の鉱況を明らかにするため、MJO-A5 孔
と最終年次に行った MJO-A7 孔との中間点で本孔を実施した。本孔の掘進結果は以下のとおり。

- 0.00 ~ 4.00 m マッシュ溶岩。ドレライト質。弱角礫化。下部噴出岩類 II。
- 4.00 ~ 18.95 m 枕状溶岩。角礫化及び緑れん石化。下部噴出岩類 II。

18.95 ~ 24.00 m	マッシブ溶岩。弱角礫化。下部噴出岩類Ⅱ。
24.00 ~ 27.65 m	枕状溶岩。角礫化。銅の酸化二次鉱物富化。下部噴出岩類Ⅱ。
27.65 ~ 28.20 m	粘土化帯。
28.20 ~ 42.30 m	珪質ゴッサン化帯。強角礫化。褐鉄鉱、赤鉄鉱化及び針鉄鉱。
42.30 ~ 53.35 m	ストックワーク状鉱。強珪化及び角礫化。
53.35 ~ 53.70 m	粘土化帯。弱黄鉄鉱鉱染。
53.70 ~ 68.00 m	枕状溶岩。緑泥石化及び角礫化。下部噴出岩類Ⅰ。
68.00 ~ 100.65 m	枕状溶岩。弱角礫化。下部噴出岩類Ⅰ。

本孔では、上部より下部に向かって銅の二次富化帯、珪質ゴッサン及びストックワーク状鉱を捕捉した。これらは一連の鉱化帯である。鉱化帯の厚さは、MJ0-A5孔より薄くMJ0-A7より厚い。銅の二次富化帯では、Cu品位が高く（掘進長 3.65 m、Cu 3.77%）、また、珪質ゴッサンの一部では、比較的 Au 品位の高い部分（掘進長 2.00 m、Au 5.6g/t）が見られる。本孔で捕捉した鉱化帯の平均鉱況は、以下のとおり。

深 度	掘進長	Au (g/t)	Ag (g/t)	Cu (%)	Zn (%)	
24.00~27.65 m	3.65 m	0.05	0.82	3.77	0.08	二次富化帯
28.20~42.30 m	14.10 m	1.06	6.52	0.16	0.01	珪質ゴッサン帯
42.30~53.35 m	11.05 m	0.21	4.74	1.38	0.01	ストックワーク状鉱

(1) MJ0-A12孔（傾斜-90°、掘進長130.35m）

第1年次に行った電気探査の結果に基づき、ハイル・アス・サhil鉱床の南東延長部への広がりを確認するためMJ0-A9孔と同様、既知鉱床南東延長部で本孔を行った。本孔の結果は以下のとおり。

0.00 ~ 23.00 m	段丘堆積物。礫及び砂。
23.00 ~ 52.70 m	枕状溶岩。角礫化。方解石、石英細脈多し。下部噴出岩類Ⅱ。
52.70 ~ 63.20 m	枕状溶岩。角礫化、緑泥石化及び赤鉄鉱化。下部噴出岩類Ⅱ。 メタリフェラス堆積物の薄層を挟む。
63.20 ~ 69.40 m	枕状溶岩。赤鉄鉱化。下部噴出岩類Ⅱ。
69.40 ~ 92.00 m	枕状溶岩。緑泥石化及び弱赤鉄鉱化。下部噴出岩類Ⅱ。
92.00 ~ 95.30 m	塊状鉱。角礫化。
95.30 ~ 95.70 m	枕状溶岩。方解石-石英細脈を伴う。下部噴出岩類Ⅰ。
95.70 ~ 130.35 m	枕状溶岩。石英-赤鉄鉱細脈多し。下部噴出岩類Ⅰ。

既知鉱床で確認されている塊状鉱の南東延長部は、HS-27 孔及びMJ0-A9孔の周辺では確認できなかったが、更にこれらのボーリングの東側で実施した本孔では、高品位の塊状孔を捕捉した。

捕捉した塊状鉱の鉱質は、既知鉱床の塊状鉱と同質であり、鉱床の末端を示す磁鉄鉱などの鉱物は認められない。本孔で捕捉した塊状鉱の平均鉱況は、以下のとおり。

深度：92.00m ～ 95.30m、掘進長：3.30m

Au 3.60g/t、Ag 31.18g/t、Cu 4.82%、Zn 1.09%

(2) 研磨片観察結果

A地区のハイル・アス・サhil鉱床に対して行ったボーリング調査で確認した鉱化帯よりコアを採取し、研磨片による顕微鏡観察を行った。研磨片試料としては、この地区より第1年次15試料を、また最終年次5試料を採取した。これに加えて、塊状鉱の試料が少なかったことから、第1年次HS-17孔からも3試料を採取し検鏡した。これらの研磨片に対する顕微鏡による観察結果をTable 1-6に示す。また、顕微鏡写真をAppendix 14に示す。

検鏡の結果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($(\text{FeZn})\text{S}$)であるが、その大部分は黄鉄鉱と黄銅鉱である。黄鉄鉱は、全般に角礫化を受け割れ目が発達する。塊状鉱及び珪質鉱では、コロホーム組織を示す黄鉄鉱が認められる。黄銅鉱は、黄鉄鉱の結晶の間、角礫の基質及び割れ目に晶出している場合が多い。閃亜鉛鉱は、黄鉄鉱及び黄銅鉱を切るか、これらの鉱物の結晶の間を充填する産状を示す。また、一部の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、二次富化作用により生成したものと考えられる。また、これらの鉱物は、少量ながらかなりの深部まで認められる。なお研磨片の観察結果では、いずれの試料からも金及び銀の鉱物は検出できず、その賦存状況を明らかにすることができなかった。

(3) EPMA試験結果

ボーリング孔より採取した鉱石試料に対し鉱物の組織を明らかにするためEPMA (Electron probe micro-analyser) による分析試験を行った。試験には、HS-17孔で捕捉した塊状鉱の中央部に当たる深度61.55mより採取した試料を用いた。この試料は、主として黄鉄鉱及び黄銅鉱より成り少量の閃亜鉛鉱を伴う。EPMA試験では、採取した試料より鉱石研磨片を作製し、この研磨片にカーボンを蒸着した後、閃亜鉛鉱の定量分析及び黄銅鉱の定性分析を行った。試験の結果は、B地区の結果も含めてTable 2-4に示す。また、得られた画像をAppendix 15に示す。

分析結果では、閃亜鉛鉱のFe/Zn比は1/15～1/109であり極めてZnに富むことを示す。また、閃亜鉛鉱中にはCuが0.6～1.4%含有されているが、鏡下では閃亜鉛鉱が黄銅鉱を交代しており残された微細な黄銅鉱の粒子が見られることから、この黄銅鉱によると考えられる。黄銅鉱の定性分析結果ではCu、Fe及びS以外の元素は検出されず、殆ど不純物は含まれていないことを示す。

Table 1-6 Observation results of polished sections for the Hayl as Saff deposit

Hole No.	Depth (m)	Occurrence	Pyrite	Chalcopyrite	Covellite	Chalcosite	Bornite	Sphalerite	Cuprite	Malachite	Gangue and alteration minerals
MJO-A1	78.40	Massive py ore with fragments of jasper.	⊙	•	•	•	•	•	•	•	○ with hematite
MJO-A1	82.60	Pyrite disseminations (stockwork ore).	○	•	•	•	•	•	•	•	⊙ mostly quartz
MJO-A1	92.30	Py veinlet and disseminations (stockwork ore).	○ partly brecciated	•	•	•	•	•	•	•	⊙ mostly quartz
MJO-A2	36.70	Massive pyrite ore.	⊙ brecciated, colloform	•	•	•	•	•	•	•	○ mostly quartz with hematite
MJO-A2	39.20	Massive py ore with fragments of jasper.	⊙ fractured, brecciated	•	•	•	•	•	•	•	○
MJO-A2	51.70	Secondary enrichment of disseminated py-cp ore.	○ partly fractured	•	•	•	○	•	•	•	⊙ mostly quartz with hematite
MJO-A2	75.10	Py-cp veinlet in chloritized pillow lavas (stockwork ore).	⊙	•	•	•	•	•	•	•	⊙
MJO-A2	93.10	Py-cp veinlet and disseminations (stockwork ore).	●	•	•	•	•	•	•	•	⊙
MJO-A3	40.80	Secondary enrichment of massive py-cp ore.	⊙ fractured, brecciated	•	•	•	•	•	•	•	○
MJO-A3	50.60	Partly brecciated cp-py ore.	⊙ fractured, brecciated	○	•	•	•	•	•	•	○
MJO-A4	81.20	Massive cp-py ore, partly brecciated.	⊙ brecciated	○	•	•	•	•	•	•	●
MJO-A4	89.30	Secondary enrichment of disseminated py-cp ore.	○ fractured	•	•	•	•	•	•	•	⊙
MJO-A5	34.40	Siliceous pyrite ore.	⊙ fractured, colloform	•	•	•	•	•	•	•	○ mostly quartz
MJO-A5	49.90	Massive pyrite ore.	⊙ fractured	•	•	•	•	•	•	•	○ mostly quartz
MJO-A5	52.50	Siliceous py ore with fragments of jasper.	○	•	•	•	•	•	•	•	⊙ mostly quartz
MJO-A8	199.60	Cp-sp-py veinlet (stockwork ore).	○ partly fractured	○	•	•	•	•	•	•	⊙
MJO-A11	25.90	Cuprite-malachite veinlet in pillow lava (oxidized zone).	○	•	•	•	•	•	○	○	⊙
MJO-A11	44.60	Siliceous pyrite ore with jasper.	⊙ fractured	•	•	•	•	•	•	•	⊙ mostly quartz with hematite
MJO-A12	92.20	Fine- to medium grained massive py-cp ore.	⊙ colloform, framboidal	○	•	•	•	•	•	•	●
MJO-A12	94.10	Massive cp-rich pyrite ore.	⊙	⊙	•	•	•	•	•	•	•
HS-17	61.55	Massive cp-py-sp ore.	○	⊙	•	•	•	•	•	•	• with hematite
HS-17	63.10	Massive cp-py ore.	○	⊙	•	•	•	•	•	•	• with hematite
HS-17	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

(4) 微量成分分析結果

ソハール地域のラセイル鉱床と本地域のハイル・アス・サヒル鉱床の鉱石を地化学的に比較し、その特性に差があるかどうか明らかにするため、メイン・ゴッサンより採取した1試料(N010)に対し24元素の分析を行った。この分析結果をAppendix 2の表中に示す。

ラセイル鉱床では、上盤側及び側方部でMn、Zn及びBaが高い値を示し、下部のストックワーク上鉱ではCoが高くMn及びZnは低い値を示す(Bishimetal, 1987)ことが知られている。本調査で採取した試料は、ストックワーク状鉱がゴッサン化した試料であるが、この分析結果ではCoがラセイル鉱床の20分の1以下の値を示す。一般にCoは、移動し難い元素であるのでこの違いは、鉱化帯を生成した鉱化溶液に差があった可能性が推定される。

(5) X線回折試験結果

ハイル・アス・サヒル鉱床の上下盤を成す火山岩類と鉱化帯の変質を明らかにするため、第1年次及び最終年次に全岩による粉末X線回折試験を行った。本調査に供した試料は、ボーリングのコアより採取した。その試料数は11試料である。X線回折によるチャートの作成は、三菱金属(株)中央研究所で行った。この粉末X線回折試験により得られた結果をTable 1-7に示す。

鉱床の下盤を成す下部噴出岩類I(LI)より6試料を採取した。同定された変質鉱物は、石英、緑泥石、ス멕タイト、緑泥石/ス멕タイト混合層鉱物、方解石及び沸石などである。この結果によれば、下部噴出岩類Iは珪化及び緑泥石化が顕著であることがわかる。顕微鏡の観察結果でも、石英は二次鉱物であることを示す。しかしながら、鉱床の南東端で行ったMJ0-A12孔より採取した試料では、石英は出現していない。このことは、鉱床端末部の下盤では珪化作用が弱いことを示すと考えられる。また、下部噴出岩類Iでは、全般にス멕タイトが認められる。変成鉱物としては、一部の試料で緑れん石、ぶどう石及びパンベリー石などが同定されており、全般に弱い変成作用を受けている。

ストックワーク状鉱からは、4試料を採取し本試験に供した。同定された鉱物は、石英、緑泥石、ス멕タイト、セリサイト/ス멕タイト混合層鉱物、カオリナイト、方解石、黄銅鉱及び黄鉄鉱である。これらの鉱物のうち、セリサイト/ス멕タイト混合層鉱物、カオリナイト及び黄銅鉱は、それぞれ1試料より出現した。下部噴出岩類I及びIIでは斜長石や普通輝石が同定されているが、この鉱石試料ではこれらの鉱物が認められず、著しい変質を受けていることを示す。鉱床西部で行ったMJ0-A11孔より採取した試料では、緑泥石は出現せずカオリナイトが同定されており、この孔の周辺がより強い変質作用を受けているようである。

鉱床の上盤を成す下部噴出岩類IIより1試料を採取した。この結果では、緑泥石は認められるが石英は出現せず斜長石が見られることから、下部噴出岩類Iに比較してその変質は弱いと考えられる。また、少量のパンベリー石が認められ弱い変成作用を受けている。

Table 1-7 Results of X-ray diffraction analyses in Area A

Hole number	Sampled depth (m)	Geologic unit	Quartz	Plagioclase	Augite	Amphibole	Chlorite	Smectite	Chlorite/smectite	Sericite/smectite	Kaolinite	Epidote	Prehnite	Pumpellyite	Pyrophyllite	Sphene	Analcite	Laumontite	Epistilbite	Natroalunite	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
MJO-A8	209.85	LI	◎				◎		△				●	●	●				●				●			
MJO-A8	193.20	Ore	◎				◎			●											●	△				
MJO-A10	42.90	LI	◎	●	●		○	○	●							●				●				●		
MJO-A10	58.90	LI	○	●	○	●	○	○											●		●			●	△	
MJO-A11	49.40	Ore	◎								△										●	○				
MJO-A12	99.90	LI		*○	△		△	●									●		△		○			●	△	*Ardesine

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

1-5 考察

ハイル・アス・サhil鉱床を中心とするA地区において第1年次に地質調査、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。第2年次に当たる最終年次には、第1年次の調査結果に基づきボーリング調査を実施した。これらの調査結果の詳細は、前述のとおりである。

本調査の結果、Fig. 1-26のレベル・シートに示す様に、ハイル・アス・サhil鉱床の全貌がほぼ明らかとなり、この鉱床がオマーン山脈地域における最大級の銅鉱床であることを示した。

本調査の結果を基にハイル・アス・サhil鉱床を中心とするA地区の探鉱について現時点で考察すると、以下が重要な事項として挙げられる。

- ① ハイル・アス・サhil鉱床は、下部噴出岩類Ⅰの最上部に位置し下部噴出岩類Ⅱによって覆われる。本地域の北方ソハール地域では、この下部噴出岩類Ⅱの発達する地区に既知鉱床は賦存しており、この下部噴出岩類Ⅱの火山活動と鉱床生成との関連性が現時点では、充分予想される。従って、今後このタイプの鉱床を探索する場合には、下部噴出岩類Ⅱの発達する地域に注目することが重要と考えられる。
- ② ハイル・アス・サhil鉱床は、サマイル・オフィオライトのオブダクトに伴う構造運動により大規模に、またオブダクト後の構造運動により小規模に転移している。従って鉱体の形状を明らかにするには、オブダクト後の断層運動の解析とともにオブダクト時に形成された衝上断層群の解析が重要であると考えられる。なお、Fig. 1-27には、これらの構造運動により鉱床がどのように転移したかを示す。
- ③ ソハール地域で見られる既知の鉱床は、主として塊状鉱より成る。一方、ハイル・アス・サhil鉱床は、主にストックワーク状鉱より構成される。このストックワーク状鉱は、母岩の著しい角礫化の繰り返しにより、大部分の硫化鉱物が母岩中で沈殿したためと考えられる。この様に鉱床を構成する鉱質は、鉱床生成の場の違いにより異なってくるので、このことを充分考慮して探鉱することが重要である。
- ④ 本調査開始以前の調査結果では、ボーリング調査で捕捉した塊状鉱とメイン・ゴッサンの鉱化帯は、別の鉱化作用により生成したと解釈されていた。しかしながら、後期の中部火山岩類の火山活動に係付けられる鉱化作用は、これまでの調査では小規模なものしかないので、大規模な鉱化帯がある場合には、この時期に生成したと考える方が間違いが少ないと考えられる。
- ⑤ ハイル・アス・サhil鉱床の北端及び南端でMPMが行ったボーリング孔ではいずれも鉱化帯中で磁鉄鉱が認められる。ソハール地域のラセイル鉱床でも磁鉄鉱は鉱床の端末部に認められるので、鉱床の広がり調査する場合有力な指針になるものと考えられる。
- ⑥ 本調査で実施した流電電位法による物理探査結果では、鉱床の広がりを明瞭に捕捉している。本調査地区の様に鉱床をボーリング調査で確認している場合、鉱化帯の広がりを確認

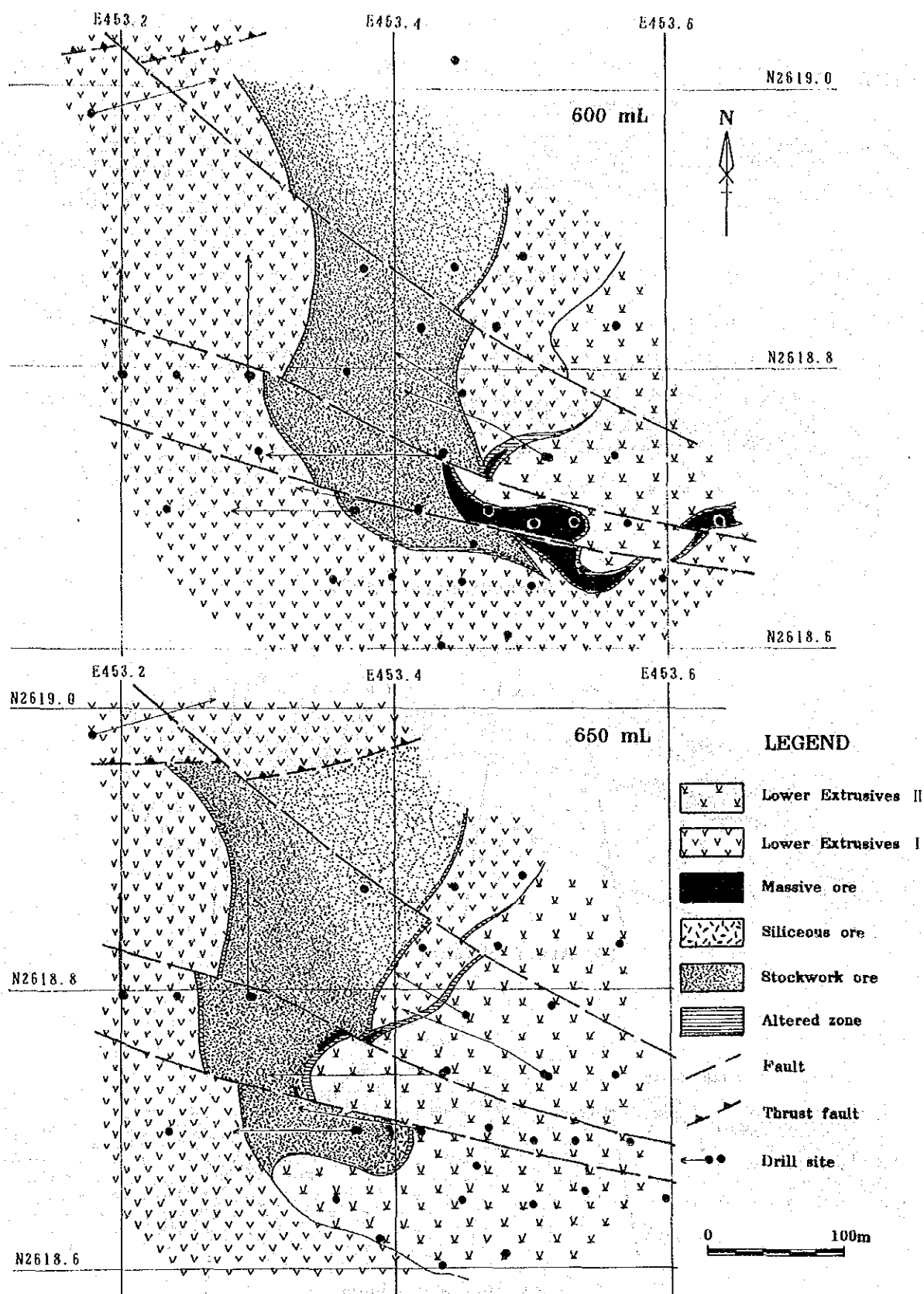


Fig. 1-26 Geologic plan maps of the 600 m and 650 m levels in the Hayl as Safil deposit

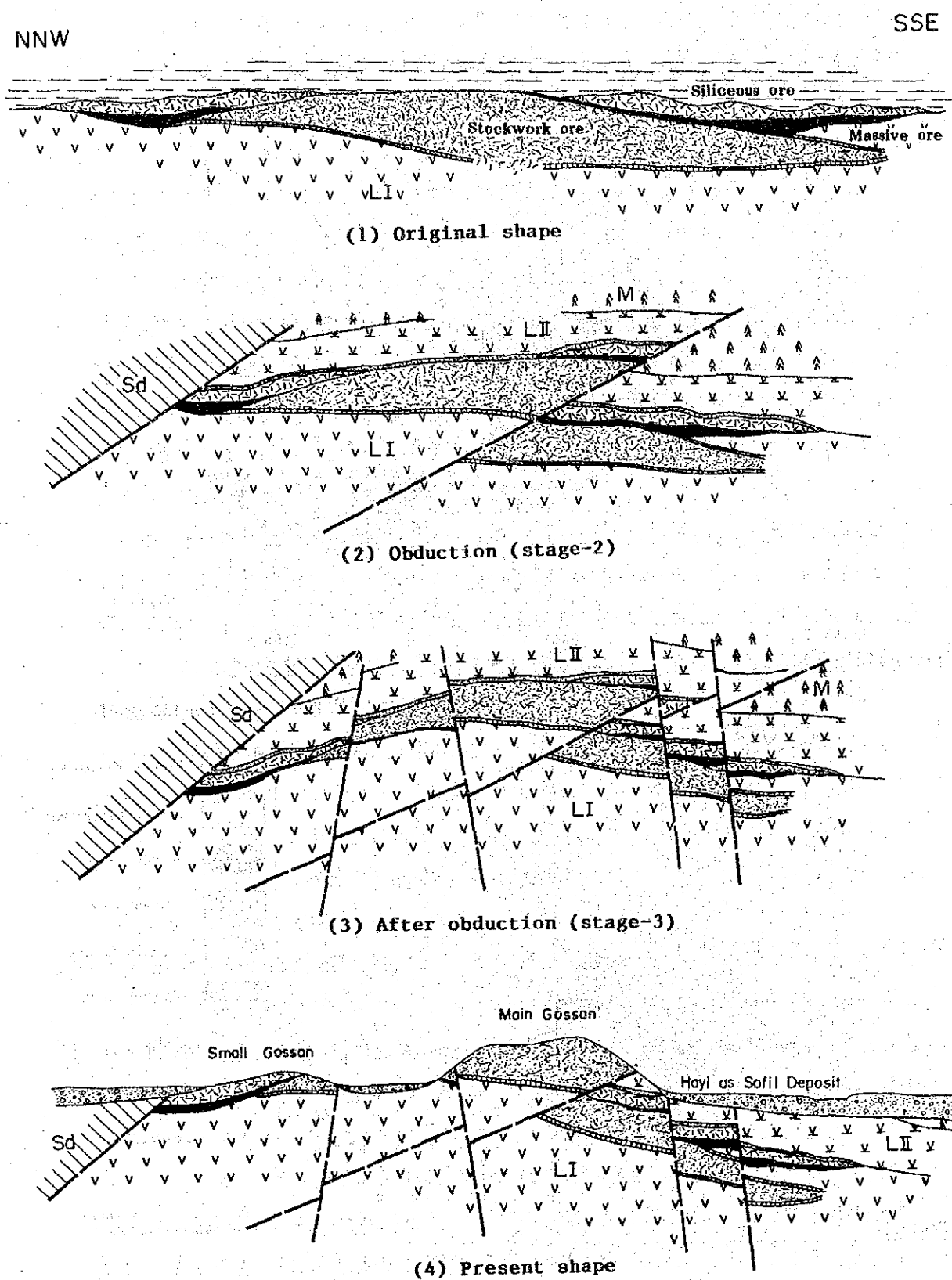


Fig. 1-27 Schematic history of the Hayl as Safil deposit

する手法としては、本手法が非常に有効であると考えられる。

- ⑦ 本調査開始までのボーリング調査は、銅品位が高いことから塊状鉱の分布域に集中していた。しかしながら、鉱山の開発には品位とともに量も重要な要素であるので、低品位でも量が見込める場合には、これに注目することが重要と考えられる。また、探鉱の初期の段階であっても、地質構造や鉱化帯の全貌を明らかにするためのボーリング調査も同時に行うことが効率的な探鉱を行うには重要と考えられる。

本調査により鉱床の全貌が明らかとなったが、鉱床の北側、特にメイン・ゴッサンの直下及び東側ではボーリングの本数が少ないことから、鉱況の解明が不十分となっている。従って、この区域に対し若干の追加ボーリングが必要と考えられる。ただし、本調査結果からするとこの区域の鉱質はストックワーク状鉱と推定されるので、高品位鉱の賦存は期待できないと考えられる。