

Fig. II - 29. Determination of the unknown parameters of Conducting half-plane

5-1-3 AR異常とEM異常の関連

E測線におけるAR異常とEM異常の関連についてのべる。各異常をまとめるとTable. II-9に示すとおりである。

Table. II-9 AR anomaly and EM anomaly

AR異常	EM異常	
	VLF法	誘導電磁法
測点8付近を中心とした垂直構造の応答体①で、この応答体の比抵抗は15Ωmを示す。	測点7~8付近を中心とした異常で良導体までの深度約25mまたは60m以上に位置する。傾斜はほぼ垂直。	測点7~8付近を中心とした異常で深度約26m, ρ/λ = 0.1Ω, 傾斜は、ほぼ垂直。

AR異常とEM異常はいずれも同地点で捕捉された。EM異常の良導体は、IPモデル計算結果の応答体①に対応しているものと考えられる。EMの結果からρ/λ = 0.1Ωの場合、比

抵抗値と地層の巾は次の関係になる。

ρ (Ωm)	t (m)
1	10
5	50
10	100
15	150

応答体①までの深度は地表から50mであり、これはEM結果とほぼ一致する。また、EM結果から $\rho = 10 \sim 15 \Omega m$ の場合、応答体の巾は100~150mとなるが、これは応答体①の巾とほぼ一致する。

5-2 Southern Part of Iscay Cruz

5-2-1 Surrounding Area of Chupa Mine FE異常について

Chupa 鉱床は、Iscay Cruz 鉱床の鉱化作用に関連して生成された鉱床と見られているので、両者にわたるC測線とH測線についてのべる。

シミュレーションの結果実測値と比較的よい一致をみた計算値と最終モデルをFig. II-30、とFig. II-31に示す。

(1) H測線 Fig. II-30 参照

強いFE示徴をもたらす応答体として①の比抵抗は5 Ωm 、FEは6%がよい近似を示す。応答体は地表浅部に板状構造を示している。

応答体②は、比抵抗15 Ωm 、FE 4.5%を示し、①の応答体に続いて深部にのび、①②を含めれば応答体の規模としては大きい。位置的にはChupa Mineに対応する。応答体④⑦は比抵抗10~20 Ωm 、FE 2~3.2%を示している。応答体④⑦に対応する地層は殆んどCarhuaz層で粘土質な変質帯である。

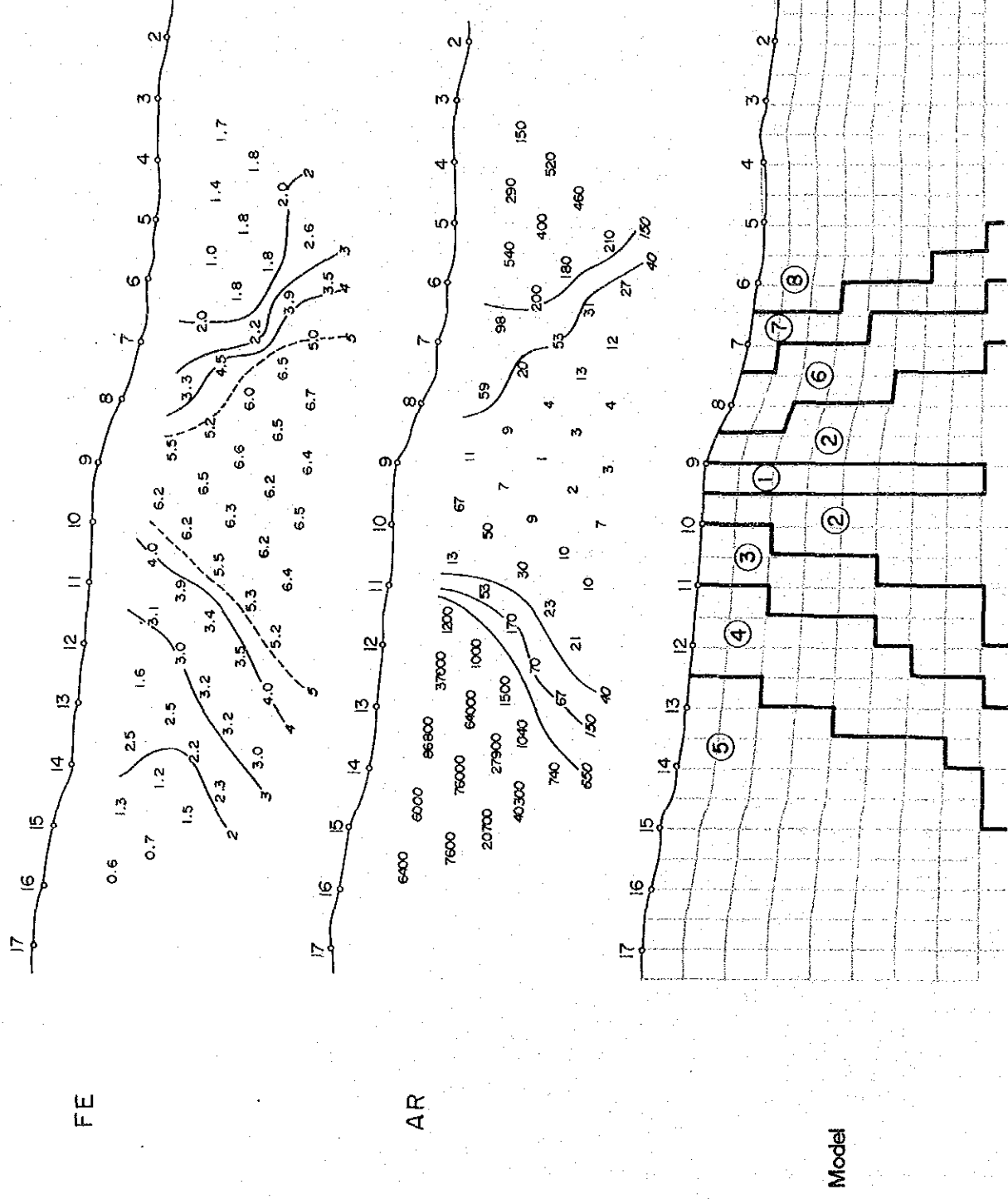
応答体⑥は比抵抗650 Ωm 、FE 1%とバックグラウンドを示す。ChuleC層、Pariatambo層に対応している。

応答体③は比抵抗50 Ωm 、FE 3.2%を示し、西傾斜で、応答体⑥の下へのびている。

(2) C測線 (Fig. II-31 参照)

強いFE示徴をもたらす応答体として①の比抵抗5 Ωm 、FE 6.5%がよい近似を示す。応答体は地表から垂直な柱状を示す。応答体②は、比抵抗15 Ωm 、FE 5%を示し、応答体①を囲む形で地表から深部にのびている。①②を含めれば、地表浅部から垂直柱状の中位

Field data



	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
AR (μm)	5	25	50	700	50000	100	400	750
FE (%)	6.5	5	3	2	1.5	3.3	2	1.5

Results of simulation

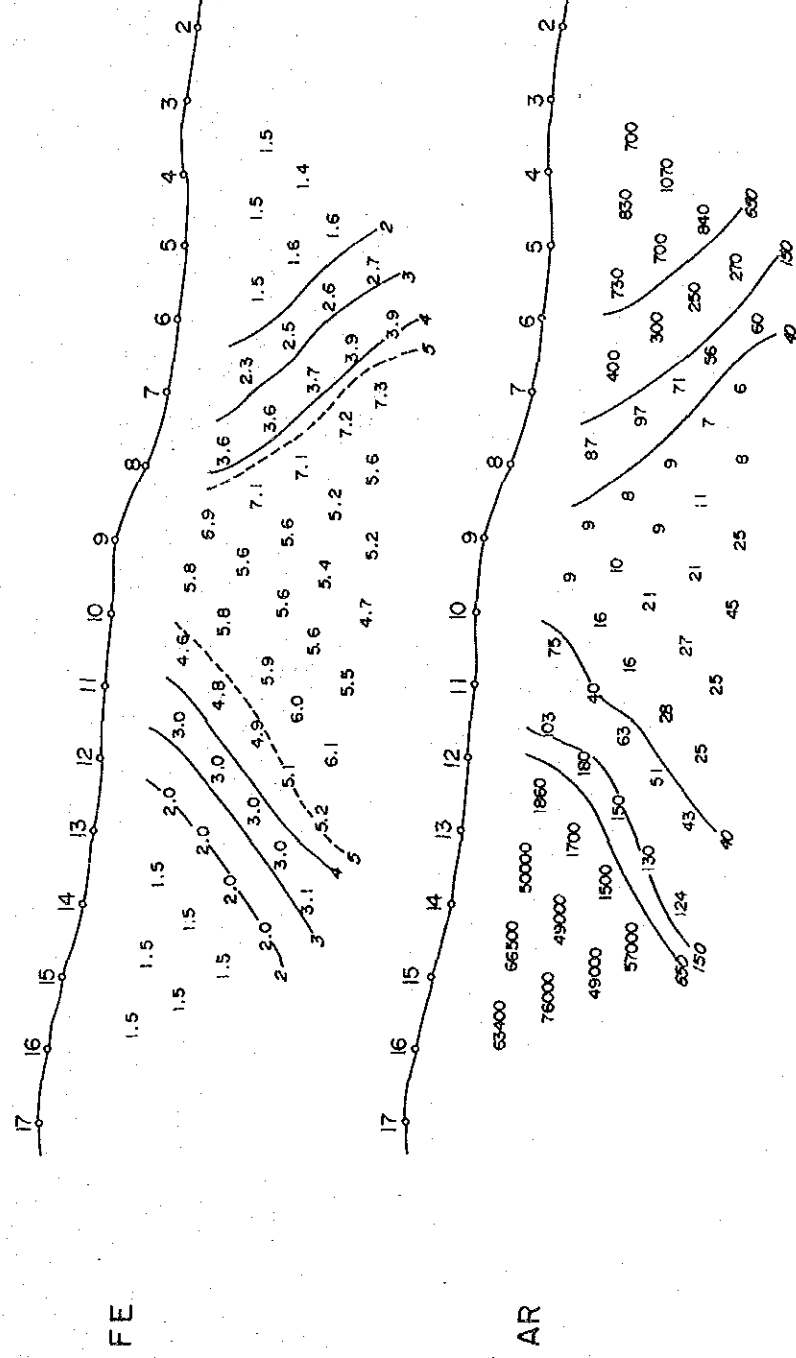


Fig. II-31. Field results and results of computer modeling on line-C

な規模の応答体である。

応答体③は比抵抗 $50 \Omega m$ FE 3.0% を示し、東傾斜で深部にのびている。これは Santa 層に対応している。応答体⑦、⑧は比抵抗 $400 \Omega m \sim 750 \Omega m$ と高く、FE は 1.5 ~ 2.5% とバックグラウンドに近い値で、Carhuaz 層に対応している。

応答体④、⑤は比抵抗 $700 \sim 50,000 \Omega m$ と非常に高く、FE は 1.5 ~ 2.0% でバックグラウンドを示し Chimu 層に対応している。

以上 Chupa Mine 周辺区域の解析結果を要約すれば、強 FE 異常をもたらした応答体は、C 測線では Santa 層および Santa 層と接する Carhuaz 層の一部上にみられる垂直柱状の応答体、H 測線では、Carhuaz 層、Farrat 層および Chupa 鉱床上にみられる台状応答体である。

5-2-2 C 測線の EM 異常について

(1) VLF 法

C 測線の測点 10 付近を中心とした同相成分の EM 異常について定量解析を実施した。

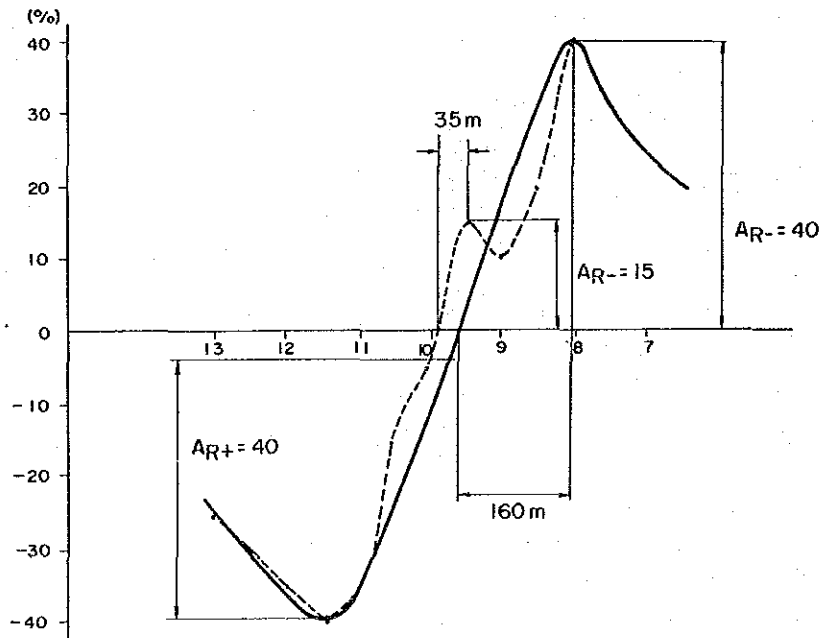


Fig. II-32. Determination of parameters for depth to top of Conductor and dip angle, Line-C

Fig. II-32 の同相曲線より $AR_- = 15\%$ $AR_+ = 4.0\%$

$$\frac{AR_- + AR_+}{2} = 2.75\% \quad X_{R-} + X_{R+} = 35m \quad \text{が得られる。}$$

Fig. II-18, II-19のダイヤグラムより良導体までの深度 $d \approx 25 m$

傾斜角 $\theta = 0^\circ$ が得られる。

平滑化した曲線に関しては, $AR_- = 40\%$, $AR_+ = 40\%$, $\frac{AR_- + AR_+}{2} = 40\%$

$X_{R-} + X_{R+} = 160 m$ である。Fig. II-18, II-19より深度 $d = 60 m$ 以深, 傾斜角 $\theta = 0^\circ$ が得られる。従ってこの異常は良導体までの深度 $25 m$ または $60 m$ 以深に存在する垂直板状の良導体によるものと考えられる。

(2) 誘導電磁法

測点10~11を中心とした同相-離相曲線の異常について定量解析を実施した。

Fig. II-28より同相の極小値は -18% 離相のそれは -15% 同相の極大値は $+7\%$ である。

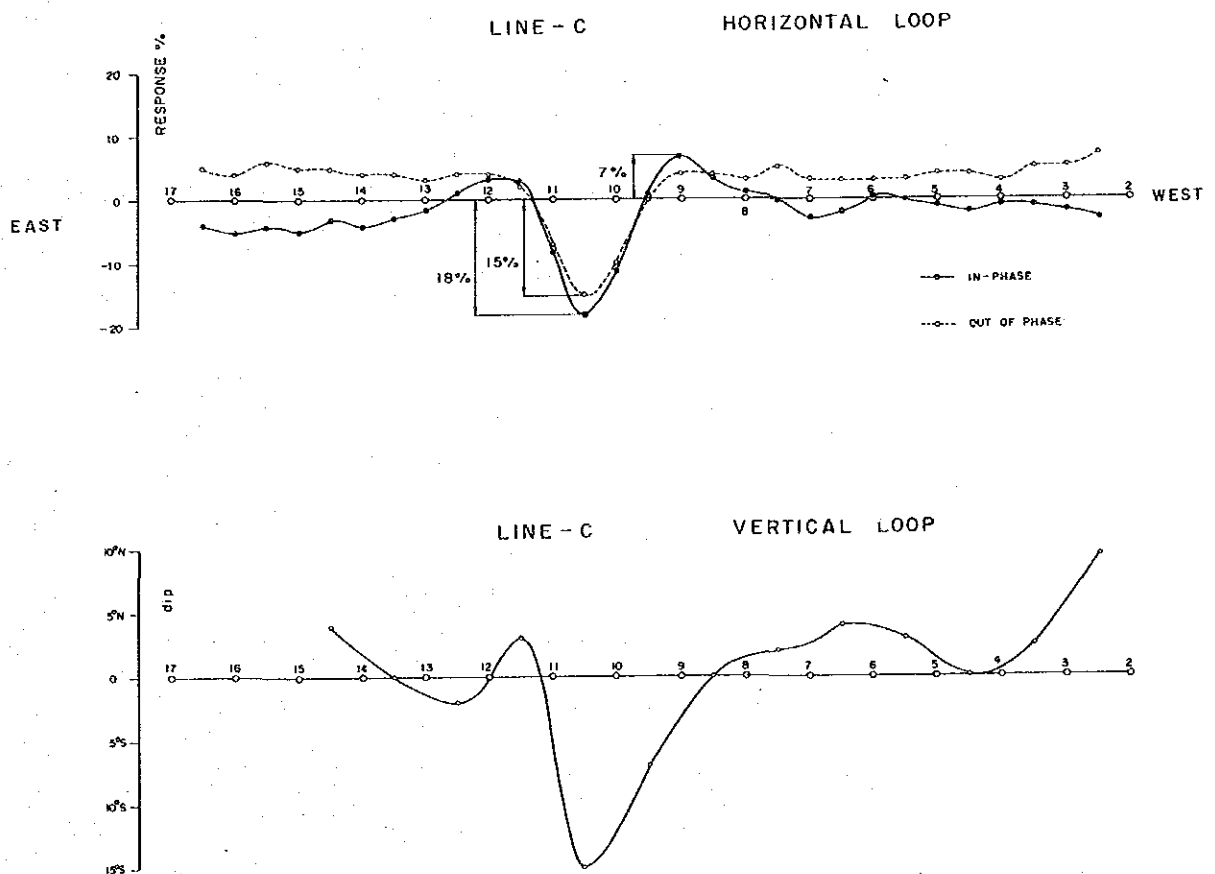


Fig. II-28-(b) Observed magnetic field curves of In-phase and Out-of-phase components

-18%と-15%より各傾斜角(θ)について λ/a d/a を求め図化すると Fig. II-33 の曲線①, ②になる。

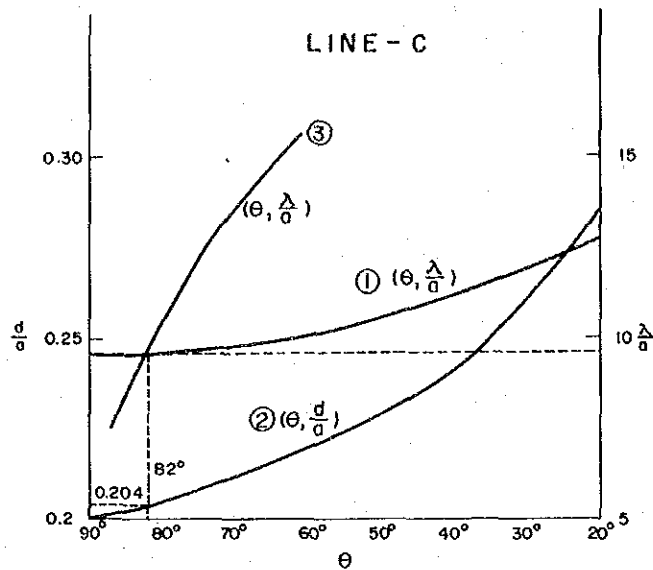


Fig. II-33. Determination of the unknown parameters of Conducting half-plane, Line-C

次に Fig. II-22 より 7% に対応する一連の d/a と θ を, $\lambda/a = 7.5, 10, 15$ について求めこれと Fig. II-33 の λ/a 曲線①との交点求めると下表の結果が得られる。

Table. II-10 Depth and dip corresponding to various values of response parameter.

λ/a	d/a	θ
7.5	0.202	86
10	0.204	81
15	0.217	64

この表の λ/a と θ の関係を Fig. II-33 にプロットし③の曲線を得る。

前にプロットした λ/a 曲線①との交点を求めれば $\lambda/a = 9.6$, $d/a = 0.204$ が得られ, 傾斜角 θ は 82° とほぼ垂直に近い。また, 良導体の頂点の位置は傾斜角がほぼ垂直に近いことから同相成分の極小値を示す測点付近と考えられる。

比抵抗と地層巾の比 ρ/ϵ は $a = 90\text{ m}$ $f = 1600\text{ Hz}$ $\mu = 1$ とすれば, 5-1-2, (2)の(2)式より

$$\rho = \epsilon = 0.14\ \Omega \quad d \approx 1.8\text{ m} \text{ が得られる。}$$

良導体の深度および傾斜は VLF 法の結果とほぼ一致している。

5-2-3 AR異常とEM異常の関連

C測線におけるAR異常とEM異常の関連についてのべる。各異常をまとめるとTable. II-10に示すとおりである。

Table. II-11 AR anomaly and EM anomaly

AR異常	EM異常	
	IP法	誘導電磁法
測点9~10付近を中心としたほぼ垂直な応答体①でこの応答体の比抵抗は5Ωmを示す。	測点10付近を中心とした異常で、良導体までの深度約25mまたは60m以内に存在する。傾斜はほぼ垂直。	測点10~11付近を中心とした異常で、深度約18m、 $\rho/t = 0.14\Omega$ 傾斜はほぼ垂直。

AR異常とEM異常は、いずれもほぼ同地点で捕捉された。

EM異常の良導体は、IPモデル計算結果の応答体①に対応しているものとする。EM結果から $\rho/t = 0.14$ の場合、比抵抗と地層巾の関係は次のようになる。

ρ (Ωm)	t (m)
1	7
5	36
10	71
15	107

EM結果から $\rho = 5 \sim 10\Omega m$ の場合、応答体の中は36~71mとなるが、これは応答体①の中とほぼ一致する。

5-2-4 Cunsha PuntaおよびAntapampaのFE異常について

2ヶ所にFE示徴が捕捉されたが、特に顕著なFE示徴は、Iscay cruz 鉱床南端部(Antapampa)にあり、Chupa Mineより約2.5~3km南に位置している。何れもSanta層の石灰岩あるいは、ドロマイトが鉱化作用をうけており、本年度の地質調査で確認されたものである。

実測値と比較的よい一致をみた計算値と最終モデルをFig. II-34とFig. II-35に示す。

(1) A測線 (Fig. II-34参照)

強いFE示徴をもたらす応答体として、①の比抵抗 $20\ \Omega m$ 、FE 5%、②の比抵抗 $150\ \Omega m$ 、FE 6.5% ③の比抵抗 $80\ \Omega m$ 、FE 4.5%が良い近似を示す。

①および③の応答体はいずれも地表約 $50\ m$ 下に位置して板状構造を示している。②の応答体は地表浅部にあって、規模の小さい板状構造である。①と②の応答体は無鉱化石灰岩およびCarhuaz層に対応している。

⑥の応答体は比抵抗 $10\ \Omega m$ 、FE 3%を示し、①の応答体に接して、深部にのびている。規模は大きい。

⑤の応答体は比抵抗 $90\ \Omega m$ 、FE 3.2%で、①、③、⑥の応答体に接して分布している。⑤、⑥の応答体は比抵抗値に差はあるが低比抵抗であり、ほぼ同じFE値を持っている。

①~③、⑤、⑥の応答体は低比抵抗-中~強FE異常域であり、規模は非常に大きなものである。

④の応答体は比抵抗 $200\ \Omega m$ 、FE 2%で地表浅所から両側にのび、南端では深部へのびている。この応答体はCarhuaz層に対応する。

応答体⑦は比抵抗 $250\ \Omega m$ 、FE 2%で地表浅部にあって北側にのびており、Carhuaz層、Santa層およびChimu層に対応する。

⑧の応答体は比抵抗 $300\ \Omega m$ 、FE 3.5%で地表約 $50\ m$ 下に位置している。地表は鉱徴のみられるSanta層が分布している。

⑨の応答体は、比抵抗 $3\ \Omega m$ 、FE 2.2%で⑦、⑧の応答体の北側に位置している。この応答体はCarhuaz層に対応する。

(2) B測線 (Fig. II-35参照)

強いFE示徴をもたらす応答体として①の比抵抗 $80\ \Omega m$ 、FE 8%および②の比抵抗 $5\ \Omega m$ 、FE 5.5%がよい近似を示す。①の応答体は測点9付近、地表約 $100\ m$ 下に、ほぼ垂直構造を示し、②の応答体は①に接して、なお深部に広く存在している。応答体①の地表部には、鉱徴のみられるSanta層が分布している。

③および⑤の応答体は比抵抗 $100\ \Omega m$ 、FE 3~3.2%を示し、中央部付近より東側へ地表浅部から深部へと広範囲に存在している。

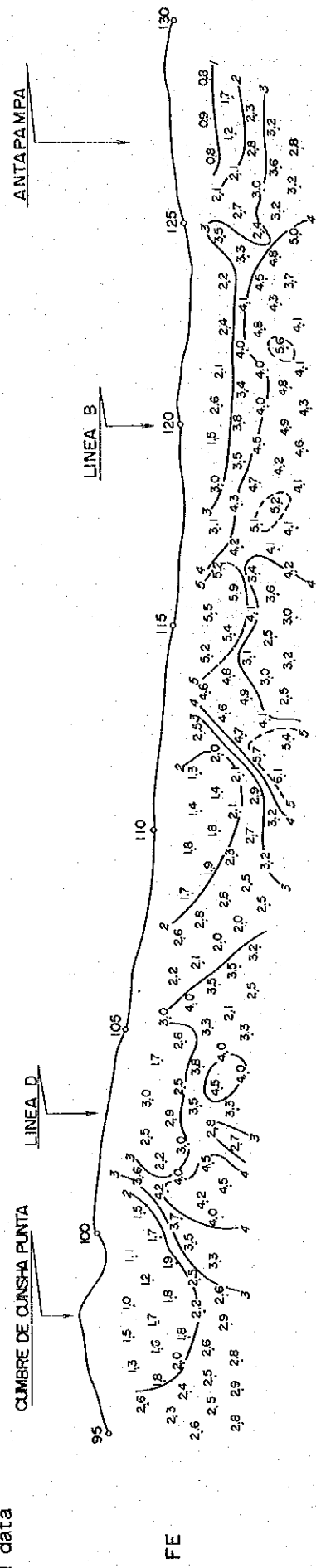
この応答体はCarhuaz層、Santa層およびChimu層に対応する。

応答体④は比抵抗 $1000\ \Omega m$ 、FE 5.5%を示し、地表浅部にある。地表には珪岩の露出がある。応答体⑦、⑨は比抵抗 $700\sim 3000\ \Omega m$ 、FE値は1.5%とバックグラウンドを示す。この応答体は、Farrat層およびPariahuanca層に対応する。

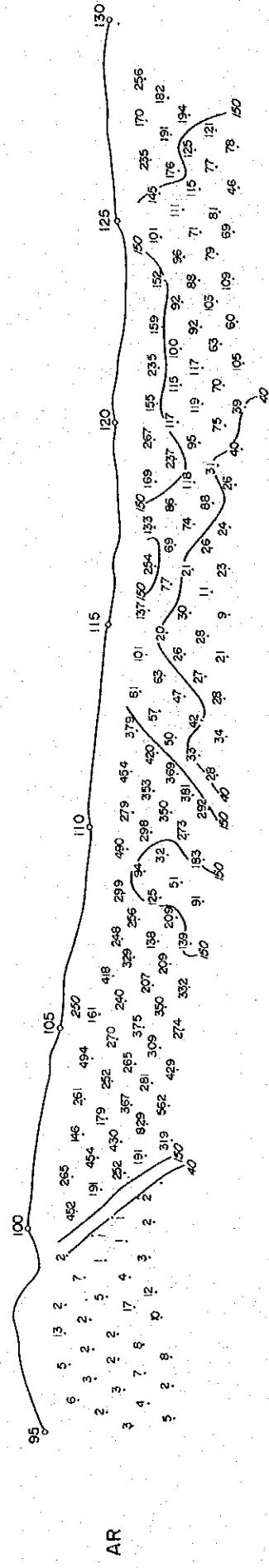
AntapampaのFE異常について要約すれば、強FE異常をもたらした応答体は、南北断

面に板状構造，東西断面はほぼ垂直構造を示している。応答体の深度は，南北断面は，測点115付近は地表浅所，測点120付近は地表約50 m下にあり，測点120付近で交叉する東西断面は地表約100 m下にあつて，両応答体は合致している。

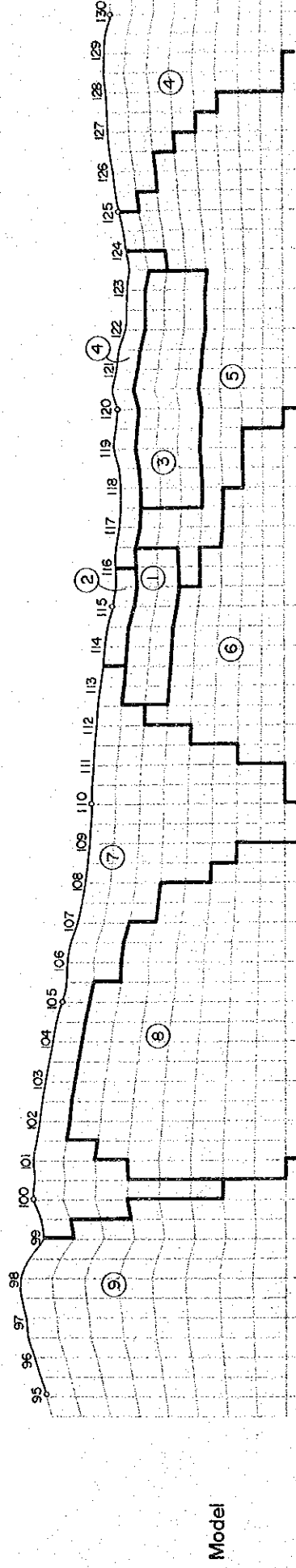
Field data



FE



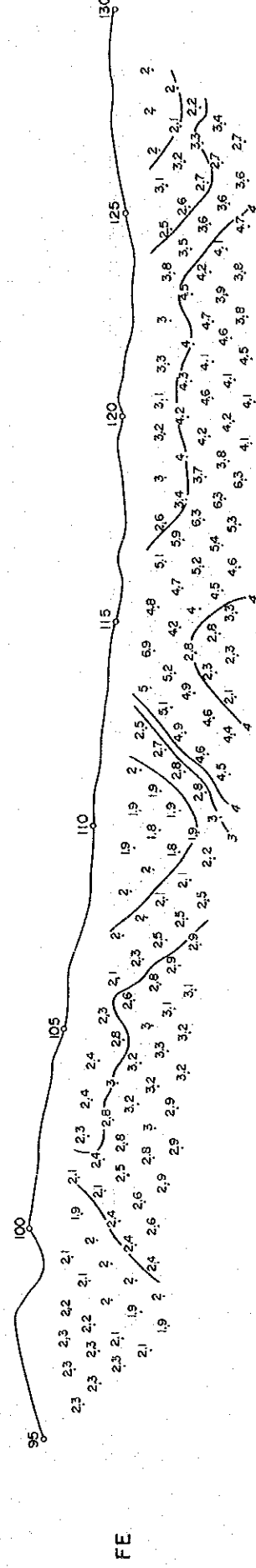
AR



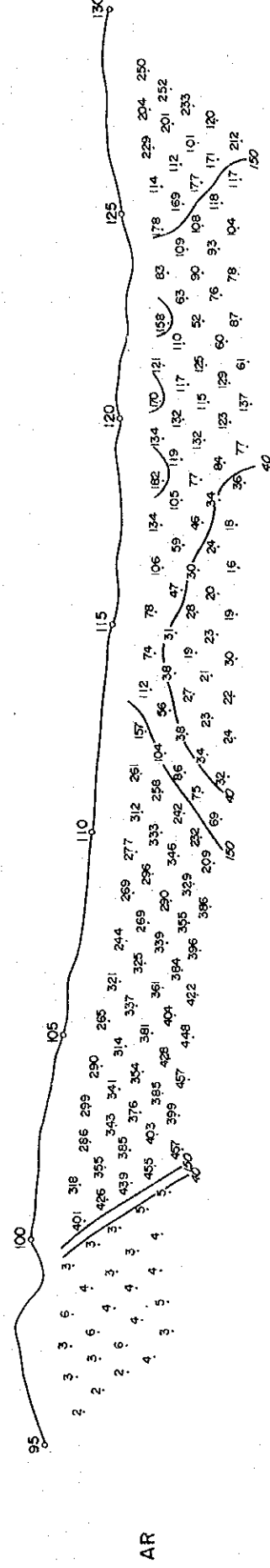
Model

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
AR (n.m)	20	150	80	200	90	10	250	300	3
FE (%)	50	6.5	4.5	2.0	3.2	3.0	2.0	3.5	2.2

Results of simulation



FE



AR

Fig. II -34. Field results and results of computer modeling on line-A

第6章 物理探査（IP法，EM法）結果 より推定される地下構造

調査域を3つに分けて考察を行った。物理探査結果より推定される地下構造は次のとおりである。なお、シミュレーションを行った測線については応答体で、行っていない測線については実測結果で考察した。

6-1 Northern part of Iscay Cruz

(P1. II-2-1, II-2-6, II-3-1~II-3-6参照)

この区域は、Iscay Cruz 鉱床の中でも、大規模なゴッサンが露出している。岩石試料の物性測定結果 (Table 3. 4 および Fig. II-24 参照) では、鉱床胚胎層準である Santa 層の石灰岩は $7,000 \Omega m$ で 1.2%，ドロストーンは $2,000 \Omega m$ で 4.7% の比抵抗および FE 値を示している。また、ゴッサンは $350 \sim 900 \Omega m$ の比抵抗で、FE 値は 1.3 ~ 8.2% とばらけている。

物性測定結果を加味し、IP 測定結果より推定すれば、この地区の Santa 層は中～高見掛比抵抗 (M～H) に対応すると考える。

ゴッサン上および Santa 層沿いの測線で捕捉された弱 FE 異常 (W) は、ゴッサンの分布に対応している。

地表で採取したゴッサンのうち、リモナイト化の多い試料などは強い FE 値をもっているが、部分的なものである。

全般的には、黒色ゴッサンであって硫化物ほど FE 値は強くない。全体的な弱 FE 異常の分布から、この付近には強 FE 異常をもたらすような硫化鉱物などの存在は量的に少ないものと考えられる。また、これは Central part, Southern part の見掛比抵抗に対して、この地域の見掛比抵抗が高いのも硫化物存在が少ないことを示すものと考えられる。Chimu 層に対応する見掛比抵抗は、G 測線の見掛比抵抗断面をみると、Santa 層に対応する見掛比抵抗より非常に高い。

6-2 Central part

(Table 3. 4 および Fig. II-24 参照)

この区域は、第4鉱徴分布域およびその周辺である。A 測線測点 67 ~ 68 付近 (南北断面) および E 測線 (東西断面) の強 FE 異常 - 超低見掛比抵抗 - 強 MF 異常は調査域最大のものである。以下南北断面、東北断面および測点 85 付近の Tinyag 湖周辺に分けて説明する。

6-2-1 Cumbre de Limpe

(1) 東西断面 (E測線 Fig. II-26参照)

地質所見によればSanta層の中は、100m前後と確認されていることから、推定される応答体①(あるいは良導体)は第4鉍徴を含むSanta層に対応するものとする。

測点7付近の地表は、殆んど赤鉄鉍であるが、方鉛鉍、閃亜鉛鉍などの鉍石鉍物のほか、黄鉄鉍が多くみられる。上述の応答体は、低比抵抗-強FEを示していることから、Santa層中の硫化物を伴う鉍化帯と考える。この応答体①に接して、深部に同程度の数値をもった応答体が推定されることから、上述鉍化帯は更に下部へ連続するものと推定する。また、VLF法で推定される60m以深の良導体は、Santa層下部への延長を示唆している。

(2) 南北断面 (A測線 Fig. II-25参照)

北測の第1、2および3鉍徴地の見掛比抵抗値と較べ、この付近の見掛比抵抗値は全体的に非常に低い。地表でみられる黄鉄鉍の量に関係して、見掛比抵抗差が出ているものと推定する。IPモデル計算結果による応答体は、測点65~67付近地表直下の板状応答体、および測点61~65付近地表約100m下に位置する板状応答体で、両者は南北方向に連続している。地表鉍徴は前項(1)と同じであり応答体①、②はいずれも、Santa層中の硫化物を伴う鉍化帯の存在を示し、その延長は測点61~67付近まで約600mにもおよぶものとする。

測点72以南の地表付近から赤鉄鉍が少なくなり、黄鉄鉍が多くみられるが、Santa層は殆んど崖錐堆積物に覆われ露出も少なく、測点76付近では断層により東側にずれている。モデル計算による応答体⑤のFE値は、測点70~72付近でバックグラウンドを示すが、測点72付近から77付近にかけて応答体③は3.3~3.5%の値を示し、深部で北側の応答体③と連続するものとする。測点70~77付近の応答体のFE値がやや弱いのは、i) 硫化鉍染の程度が全体的に弱い。ii) 地表が崖錐に覆われていて測線がSanta層よりやや離れている。iii) 鉍化帯の規模が小さい等が考えられる。

6-2-2 Tinyag湖周辺 (A測線 P1. II-2-1参照)

測点85付近のTinyag湖周辺は、中~強FE(M~H)異常である。湖周辺は2次的堆積物で覆われており、殆んど褐鉄鉍化している。測点76付近の北側は、Santa層中に硫化物を伴う鉍化帯、測点87付近南側には、Santa層中に硫化物を伴うスカルン帯がみられるが、この付近は湖や崖錐によって覆われSanta層がはっきりしない所である。捕捉されたFE異常は、褐鉄鉍などの硫化物およびSanta層中の鉍化帯などの存在が重複して現われたものとする。

6-3 Southern Part of Iscay Cruz

(Table. 3. 4 および Fig. II-24 参照)

Surrounding Area of Chupa Mine, Cunsha Punta および Antapampa の 3ヶ所に分け以下説明する。

6-3-1 Surrounding Area of Chupa Mine

(1) Chupa Mine (H測線 Fig. II-30 参照)

Chupa 鉱床は、Pariahuanca 層の石灰岩に形成された高温交代鉱床である。IPモデル計算結果による応答体は、測点 6~7 付近の地表直下に板状①を示している。測点 5 付近には、Chupa Mine があってスカルン帯に閃亜鉛鉱、黄銅鉱を主とする鉱石鉱物を鉱染している。測点 6~7 付近の地表では Pariahuanca 層と Farrat 層の接触部や、これと接する Carhuaz 層の一部に黄鉄鉱がみられる。測点 5 付近で採取した磁鉄鉱の FE 値は 41%，比抵抗は $12 \Omega m$ と非常に低い。

上述の板状応答体は、Farrat 層および Carhuaz 層上にあり、地表にみられる黄鉄鉱の反映と考えられる。

この板状の応答体に接して、低比抵抗-強 FE の応答体②がモデル計算される。Chupa 鉱床は、 $70^\circ \sim 80^\circ$ 東傾斜であるので、応答体②は、Chupa 鉱床およびその周辺部に対応しているものとする。

2つの応答体①、②より推定して、Pariahuanca 層中の硫化物を伴うスカルン帯は、下部へ連続している可能性は大きい。Chupa 鉱床の南北方向への連続は、南側は測線不足で不明である。北方への連続について見掛比抵抗分布からみれば、H測線から C測線にかけて、低見掛比抵抗~中見掛比抵抗は、ほぼ地層に沿って連続し、岩質は均質なものと推定できる。しかし、FE異常分布および応答体の位置をみると、H測線上の Farrat 層および Pariahuanca 層上で捕捉された FE異常および応答体は、C測線上の各々の層状上ではみられない。従って、Chupa 鉱床が北側の C測線付近まで延びている可能性は非常に薄いものとする。

(2) C測線 (Fig. II-31 参照)

IPモデル計算による応答体①は、地表直下から垂直な柱状を示し、比抵抗は $5 \Omega m$ と計算された。

一方 EM異常により計算された良導体の傾斜は $82^\circ W$ 、とほぼ垂直を示し良導体までの深度約 $18 m$ と推定された。地質所見による Santa 層の巾は、約 $60 m$ 前後と確認されている。IPモデルの応答体①に対し、EM法による良導体の位置は少しずれるがいずれも両者は、Santa 層に対応するものとする。

測点10～11付近の地表はSanta層中に硫化物を伴うスカルンが確認されている。応答体①は、FE値も強いことからSanta層中の硫化物を伴うスカルンに対応すると考える。応答体①に付随して、比抵抗 $2.5\Omega m$ 、FE5%の応答体②が推定されることから、硫化物を伴うスカルンは下部へ延びている可能性があると考え。VLF法で推定される60m以深の良導体はSanta層下部への延長を示唆している。

Pariahuanca層の石灰岩が分布していると仮定されているC測線西端部付近の応答体③は、比抵抗 $750\Omega m$ 、FE1.5%と弱い。

(3) A測線 (P1. II-2-1参照)

測点86～99付近の超低見掛比抵抗は、変質による反映と考える。測点90～99付近の地表は、崖錐堆積物によって覆われているが、測点96～97付近でのトレンチによる調査によって、弱い粘土変質帯と推定している。測点89付近では、A測線のFE異常は弱いですが、Santa層を横切るC測線のFE異常は強いので、この付近は東西断面の東側へ鉍化変質が分布する可能性が強い。測点90～97付近のA測線はSanta層からすこし離れている。捕捉された中FE異常を含む弱異常は、Santa層中の硫化物を伴うスカルンによるものか、あるいは、弱い粘土質などによるものか不明である。

以上Surrounding Area of Chupa Mineについて述べたが、この区域は低見掛比抵抗が卓越していること、およびFE異常も東西断面に強い傾向があるなど興味ある区域と考える。

6-3-2 Cunsha Punta

(1) A測線 (Fig. II-34参照)

IPモデル計算結果による応答体④は、測点104付近地表浅部に、大規模な分布を示し、比抵抗 $300\Omega m$ と高く、FE値は3.5%と強くない。地質所見によれば測点103付近の地表には、Santa層中に硫化物を伴う鉍化帯が、また測点106付近には、Isca Cruz北部地域にみられる黒いゴッサンが確認されている。応答体④は、上述鉍徴に関係するものと考え、比抵抗値およびFE値よりみて、南北断面のSanta層中の硫化鉍染の程度は低いものと考え。

(2) D測線 (P1. II-2-4参照)

測点6付近以西の強FE異常の分布から、西傾斜で柱状の型状を示す応答体が考えられる。測点6付近の地表はSanta層中に硫化物を伴う鉍化帯が確認されている。また、測点5以西のCarhuaz層中にも黄鉄鉍が肉眼でみとめられる。

強FE異常は、Santa層および一部Carhuaz層に対応して捕捉されておりSanta層からCarhuaz層にかけて、硫化鉍染などによる変質がおよんでいる可能性がある。しかし、

強FE異常は中見掛比抵抗に対応し、MF異常も弱いことから、鉱化の程度が低いか、あるいは、単なる黄鉄鉱々染等が考えられる。

6-3-3 Antapampa

(1) A測線 (Fig. II-34 参照)

南北方向に連続する応答体は、測点113付近から測点123付近まで約1,100mにもおよぶ大規模なものである。

測点115付近の地表は、黄鉄鉱が多量に認められる。焼けはSanta層よりむしろ、Chimu層に多い。また、測点120付近の地表は、地質所見によればSanta層中に硫化物を伴う小規模なスカルンと、Isca Cruz北部区域にみられる酸化マンガン等による黒色ゴッサンが確認されている。

測点115付近地表直下の応答体②は、地表にみられる多い黄鉄鉱々化を示すと考える。その下に接している応答体①は、FEおよび比抵抗値より推定して、Santa層中の硫化物を伴うスカルンに対応するものと考えられ、応答体の位置から地表浅所に潜在している。

測点120付近の応答体②は、Santa層に対応している。

捕捉されたFE実測値はIsca Cruz北部の酸化マンガン等によるFE値と異って強い。応答体③のFE値および低比抵抗から推定すれば硫化物を伴う小規模なスカルンは、前述の応答体①とはほぼ連続的に連なり地表浅部に潜在して規模は大きい。また、2つの応答体の下部に低比抵抗で3%強のFE値をもつ応答体⑤、⑥がモデル計算される所から、鉱化帯は下部へ延びる可能性を示唆している。

(2) B測線 (Fig. II-35 参照)

IPモデル計算による応答体①は、測点9~10付近地表約100m下の垂直板状構造である。この応答体①は、A測線の測点120付近地表約50m下に計算された応答体③に対応している。

地表は、前項A測線でのべたとおり、Santa層中に硫化物を伴う小規模なスカルンと、酸化マンガンなどによる黒色ゴッサンが確認されている。応答体①は、Santa層に対応し、地表浅部より深部にのびている。この応答体①に接して、FE値5.5%、比抵抗5Ωmの応答体②が東側の深部に位置している。2つの応答体から推定して、Santa層中の硫化物を伴うスカルンは地表浅部から深部にのびている可能性があり深部では東側に拡がっているものと推定する。

前項(1)では、測点120付近の深部に計算された応答体から、スカルンが深部にのびる可能性を示唆した。B測線では、A測線と交叉する測点9~10付近の深部に低比抵抗-強FEの応答体がモデル計算されるので、硫化物を伴うスカルンが、深部へ延びている可能性

はより大きいものとする。測点2～3付近に推定される Pariahuanca 層の石灰岩には、Chupa Mine 上でみられるような FE 異常がなく、Chupa 鉱床が、連続している可能性は少ない。

第7章 結論および今後の探査指針

(Fig. II-36 参照)

7-1 結論

調査地域における物理探査 (IP法, およびEM法) によって得られた結果を要約すると次のとおりとなる。

(1) 本地域における注目すべきFE異常帯は, 次の3区域である。

すなわち,

- I) Cumbre de Limpe 第I異常帯
- II) Surrounding Area 第II異常帯
 of Chupa Mine
- III) Antapampa 第III異常帯

である。

I) 第I異常帯

この異常帯はA測線測点66~67およびE測線測点8~9を中心とした区域で, 第4鉍微分布域にある。強FE (5~6.5%) 低比抵抗 (10~100 Ωm) を示しており, Santa層中に硫化物を伴う鉍化帯の賦存が最も期待できる地帯である。またその伸びは南北断面に長く, 東西断面に短く, モデル計算に基いた規模は長さ約600~850m, 幅約50~100m, 深度延長約100~150mと想定される。EM解析による良導体の幅も約150mと計算され両者はほぼ一致している。

東西断面のSanta層の傾斜は, IPモデルおよびEM解析からはほぼ垂直と解釈され, 浅部から深部に連なると考えられる。

II) 第II異常帯

この異常帯は, H測線の測点5~7付近のChupa鉍床④から東側のSanta層⑤におよぶ部分, およびA測線とC測線の交叉する周辺の両者を含めた範囲である。この範囲内はいずれも低比抵抗-強FE異常に対応している。H測線上のモデル計算に基いた応答体は, Chupa鉍床に関係し, 長さ約300mで台状を示している。また, C測線上のモデル計算に基いた応答体は, 長さ約50mで垂直板状を示している。EM解析による良導体から傾斜8.2°W, とほぼ垂直を示し地層巾37~71mと解釈され, 両者はほぼ一致している。

賦存深度は④⑤共地表浅部から深部にのびる可能性を示唆している。東西断面にみられるFE異常から, Iscay Cruz鉍床と, Chupa鉍床の鉍化作用には関連性があるものと

推定する。また、第Ⅱ異常帯を含む広範囲に亘る低比抵抗帯は、この付近の東側にみられる貫入岩と、これに直交する東西方向に発達した断層による鉍化作用の影響によって捕捉されたものと考えれば、Tinyag湖からCunsha Puntaにおよぶ範囲は、非常に興味ある地域と云える。

Ⅲ) 第Ⅲ異常帯

この異常帯は、A測線測点115付近および測点120付近と、B測線測点9付近を中心とした区域で、本年度地質調査で確認された第7鉍徴分布域にある。

強FE(5~8%)低比抵抗(5~80Ωm)を示しており、硫化物を伴う鉍化帯の賦存が期待できる。モデル計算に基いた規模は①測点115付近は長さ約400m、厚さ約100m、②測点120付近は長さ約600m、深度延長約150m幅約100~150mと想定され、①②を含めば長さは1,000mにもおよぶと推察できる。賦存深度は①②とも浅部から深部にのびるものとする。

7-2 今後の探査指針

- (1) 以上述べたとおり、調査区域内で把握された3つの異常帯付近には有望鉍床が賦存している可能性が大きい。しかもその賦存深度は、地表浅所から約250m付近までと予想されるので、第Ⅰ、第Ⅱ異常帯に対しては試錐探鉍を実施することが望まれる。
- (2) 測点9以南からCunsha Puntaの間は、地表が崖錐堆積物に覆われていることおよび、地形的に制約されたこともあって、推定されたSanta層からやや離れて測線が設定された。南北断面の測線に沿うこの区間は、弱~中FE異常と低見掛比抵抗が対応し、地質構造上注目される区域でもある。しかし、この区域は電極接地に困難な所があるので、IP法よりむしろ、南北断面に交叉する東西断面に9Km(1.5Km×6測線)のEM法を実施し、良導体を確認することが望ましい。
- (3) 第Ⅲ異常帯は第Ⅰ異常帯に次ぐ鉍床賦存の可能性がIP調査によって指摘された。しかし、測点112~116付近の板状応答体に対し、その地表には無鉍化石灰岩およびその南部に黒いゴッサンが認められるのみであり、現時点では地表下にどの程度の規模の鉍化帯が予想できるのか明確でない。よって、D測線およびB測線を含めた間でSanta層に交叉する測線を設け、IP法を実施し、地下の鉍化帯の状況を明らかとした上で、本区域における試錐の実施を検討することが望ましい。

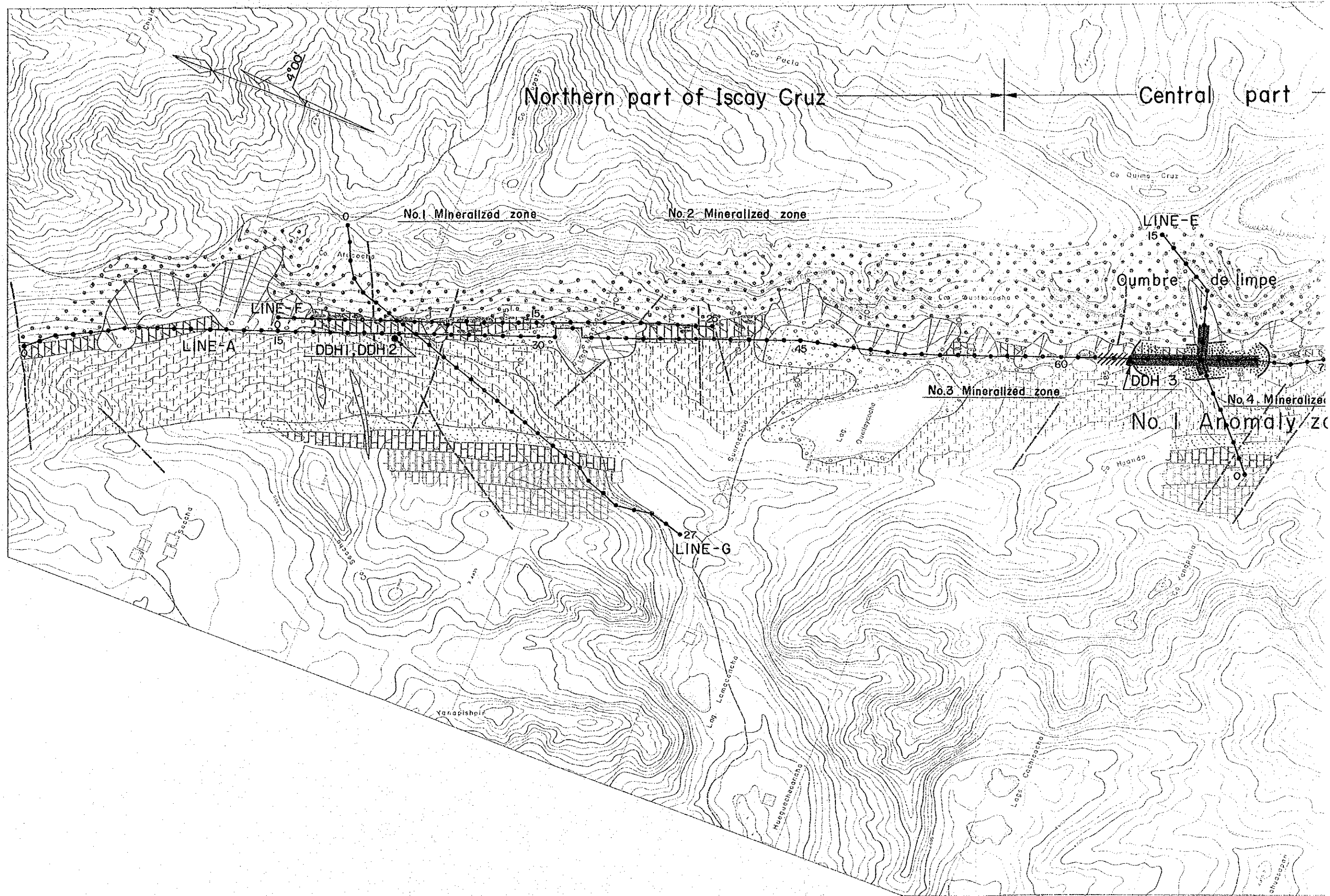
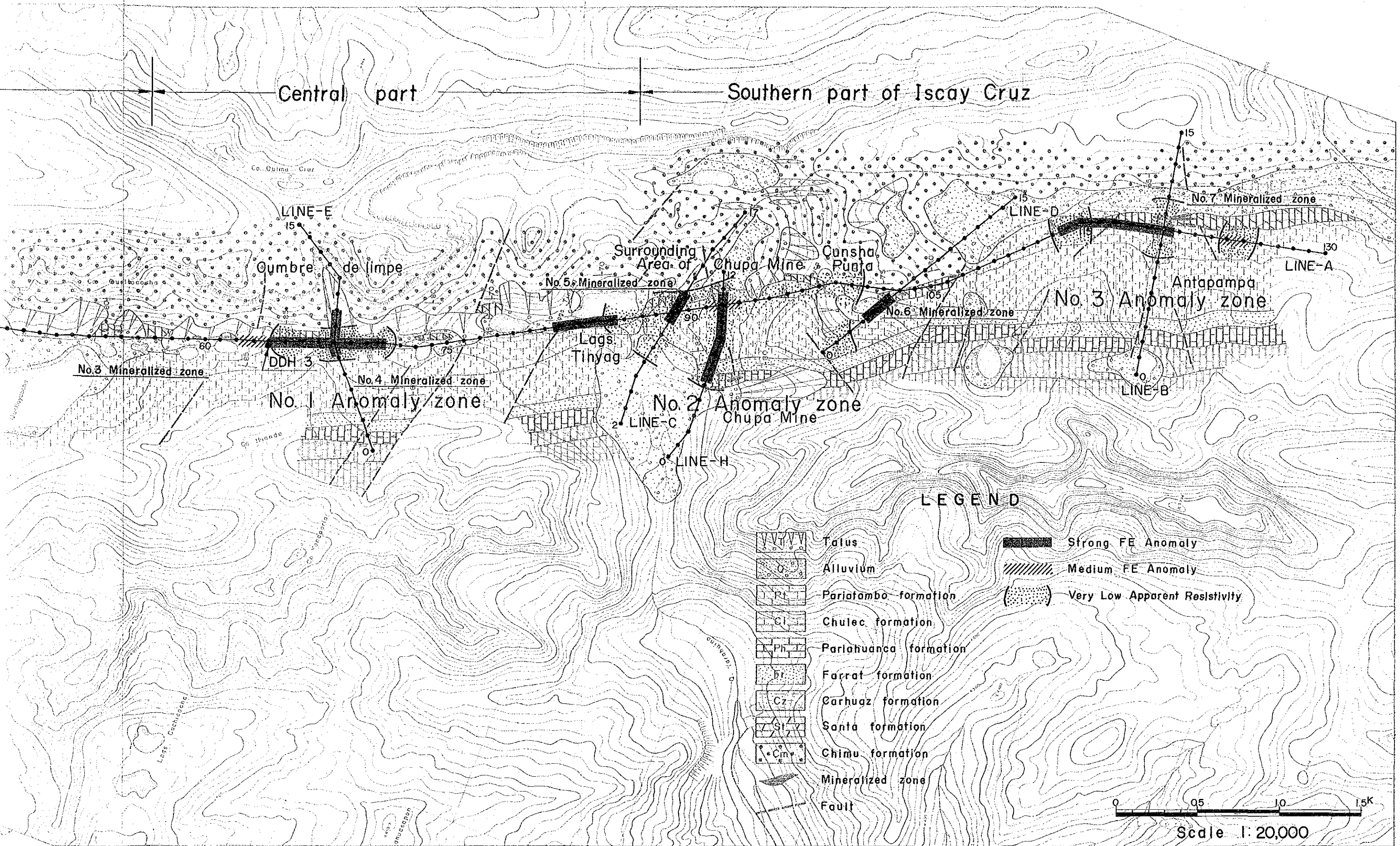


Fig II-36 Relationship between geology and the locati



Relationship between geology and the location of the IP anomalies

REFERENCE LITERATURE

- CONEY, D.P. 1977, Model studies of the VLF-EM method of geophysical prospecting, *Geoexploration* 15, 19-35
- GEONICS LTD. 1964, EM-16 Operating Manual, Geonics Ltd., 2 Thorncliffe Park Drive, Toronto 17, Ont., Canada
- PAAL, G 1965, Ore prospecting based on VLF-radio signals, *Geoexploration* 3, 139-147
- PAAL, G 1968, Very low frequency measurements in northern Sweden, *Geoexploration* 6, 141-149
- PATERSON, N.R and RONKA, V. 1971, Five years of surveying with the very low frequency electromagnetics method, *Geoexploration* 9, 7-26
- HEILAND, C.A. 1946, *Geophysical Exploration*, Prentice Hall, New York
- GRANT, F.S. and WEST, G.F, 1965, *Interpretation Theory in Applied Geophysics*, McGraw-Hill Book Co., New York
- KAIKKONE, P. 1977, A finite element program package for electromagnetic modeling, *J. Geophys*, 43, 179-192
- KAIKKONEN, P. 1979, Numerical VLF modeling, *Geophysical prospecting*, 27 815-834
- NAIR, M.R etc., 1968, Experimental studies on the electromagnetic response of tilted conducting half-plane to a horizontal-loop prospecting system, *Geoexploration* 6, 207-244
- PHILLIPS, W.J. and RICHARDS, W.E, 1975, A study of the effectiveness of the VLF method for the location of narrow-mineralized fault zones, *Geoexploration* 13, 215-226
- OLSSON, O, 1980, VLF anomalies from a perfectly conducting half plane below an overburden, *Geophysical prospecting* 28, 415-434
- S.E.G, 1967 *Mining geophysics, Volume II*
- SCINTREX LTD. SE-600 Electromagnetic horizontal-vertical loop system
- TATSUGAMI, M, 1970, The VLF E.M method and instrument, *BUTSURI-TANKO* 23, No. 5
- S.E.G.J 1968, The latest progress in geophysical prospecting (20th anniversary) P. 193-196
- S.E.G. 1966, *Mining geophysics, Volume I*

J.S, Sumner 1976, Principles of Induced polarization for geophysical exploration

M.M.A 1980, Republic of Peru report on geological survey of the Oyon Area Vol. I

各 論

第Ⅲ部 ボーリング調査工事

第Ⅲ部 ボーリング調査工事

第1章	ボーリング調査工事概要	Ⅲ-4
1-1	目的	Ⅲ-4
1-2	工事概要	Ⅲ-4
1-3	コア鑑定および解析作業	Ⅲ-5
第2章	ボーリング調査工事	Ⅲ-6
2-1	資・機材搬入路	Ⅲ-6
2-2	ボーリング地点	Ⅲ-6
2-3	設管作業	Ⅲ-6
2-4	掘進作業	Ⅲ-7
2-5	移設・撤収作業	Ⅲ-10
2-6	掘進実績	Ⅲ-10
第3章	ボーリング孔の地質および鉍化作用	Ⅲ-12
3-1	DDH-1	Ⅲ-12
3-2	DDH-2	Ⅲ-13
3-3	DDH-3	Ⅲ-14
3-4	鉍化作用についての検討	Ⅲ-15

LIST OF TABLES

Table III-1	List of drilling equipment used
Table III-2	Supplies and drilling parts consumed
Table III-3	Preparation and removal
Table III-4	Operational results of drill hole, DDH-1
Table III-5	Operational results of drill hole, DDH-2
Table III-6	Operational results of drill hole, DDH-3
Table III-7	Summary operational data of each drill hole
Table III-8	Working time of each drill hole
Table III-9	Drilling meterage of diamond bits
Table III-10	Specifications of diamond bits
Table III-11	Assay results of the drilled core
Table III-12	Assay results of rock forming elements in the drilled core
Table III-13	Summary of X-ray diffraction test in the drilled core

LIST OF FIGURES

Fig. III-1	Progress record of diamond drilling, DDH-1
Fig. III-2	Progress record of diamond drilling, DDH-2
Fig. III-3	Progress record of diamond drilling, DDH-3
Fig. III-4	Geological section for DDH-1 and DDH-2
Fig. III-5	Geological section for DDH-3

LIST OF APPENDICES

- A. III - 1 Microscopic observation of the thin sections
- A. III - 2 Microscopic observation of the polished sections
- A. III - 3 Photomicrographs
 - 3 - 1 Polished section
 - 3 - 2 EPMA analysis
- A. III - 4 Charts of X-ray diffraction test

LIST OF PLATES

- Plate III - 1 Geologic drill log, DDH - 1
- Plate III - 2 Geologic drill log, DDH - 2
- Plate III - 3 Geologic drill log, DDH - 3

第1章 ボーリング調査工事概要

1-1 目的

ペルー共和国オヨン地域における第1年次の地質調査の結果、第2年次の調査地域として Iscay Cruz (イスカイクルス) 地区が抽出された。

本地区において地質構造と鉱化作用との関連を解明することを目的としてボーリング調査工事が実施された。

1-2 工事概要

1980年6月1日、日本から調査員1名が先発し、6月5日 Oyon (オヨン) に入った。6月9日からブルドーザー (FIAT-AD7) を使用して資・機材の搬入路延長20kmの建設を開始し、8月19日完了した。

1980年7月20日調査員4名が渡航し、7月24日から8月3日まで搬入路の建設に従事した。

また1980年5月下旬に横浜から船積み海上輸送した資・機材を Callao (カジャオ) 港において荷受けした後、8月4日からトラックにより現地へ輸送し、DDH-3から設営作業を開始した。

使用機材はTGM-3C (掘進能力: NQ 510m, BQ 660m) 1台で、3孔総掘進長564.00mが掘進された。

作業形態は原則として1方8時間の3交代制作業とした。各方の構成は原則として調査技士1名、作業員3名の編成とした。

掘進方法は、ワイヤーライン工法により掘進し、コア採取率および工程の向上に努めた。

ボーリング工事量は次の通りである。

孔名	掘進長 m	コア長 m	コア採取率 %
DDH-1	155.00	109.10	71.8
DDH-2	252.00	206.60	82.0
DDH-3	157.00	145.85	93.3
計	564.00	461.55	82.5

(注) コア採取率は表土を除く

ボーリング工事期間は8月20日から11月7日までの80日間であった。

1-3 コア鑑定および解析作業

ボーリング孔の全コアについて、岩質、変質および鉱化状況について鑑定が行われ、縮尺200分の1の地質柱状図にまとめた。

鉱石部についてはコア半片又は $\frac{1}{4}$ 片を採取して分析試料が調整され、銅、鉛、亜鉛、銀などの各元素について分析が行われた。

また、岩石および鉱石部の薄片および研磨片が作成され、顕微鏡による観察が行なわれた。さらに、試料の一部についてX線回折とX線マイクロアナリシスによる鉱物決定なども行われた。

分析・解析作用の主な内容とその個数は次のとおりである。

(1) 岩石薄片顕微鏡観察	13個
(2) 鉱石研磨片顕微鏡観察	11個
(3) 鉱石部の分析 (Ag, Cu, Pb, Zn, Fe, S)	72個
(4) 岩石の分析 (Ca, Mg, Mn, Fe, Si, Ba, Sr, Co)	18個
(5) X線回折	10個
(6) X線マイクロアナリシス	1個

第2章 ボーリング調査工事

2-1 資・機材搬入路

1980年6月6日先発した調査員1名がOyonに到着し、試錐現地の踏査が行なわれた。踏査結果にもとづいて、搬入路の建設計画と資・機材の搬入計画を立案すると共に、作業員の調達が行なわれた。また、Oyon市役所、警察署、土地共有組合との間に、ボーリング調査工事の用地の借用、放牧地内への立入許可ならびに搬入路の建設の了解をとりつけた。

搬入路はブルドーザー(FIAT-AD7)1台と現地作業員約20名により既設の道路9.5kmの補修、ブルドーザーによる切土、岩盤露出部の発破を行い、距離20kmに亘り巾員3mの搬入路が建設された。

搬入路は海拔4,030m~4,980mの高地にあり、海拔4,980mの峠を境として崖錐堆積地域が広範囲に拡がっていたため、崩壊、転石がひん発し、搬入路の維持、車輛の運行に度々支障を来たした。

車輛がスムーズに運行出来るように峠を中心として常時約10人~20人の作業員を配置して補修作業を行った。

2-2 ボーリング地点

Iscay Cruz地区はOyon部落よりPampahuay(パンパーウアイ)部落經由約28kmの位置にあり、所要時間は片道約2時間30分を要する。

各ボーリング孔の位置(経、緯距)および標高は次の通りである。

孔名	経距	緯距	標高
DDH-1	308.96 E	813.07 N	4,643 m
DDH-2	308.96 E	813.07 N	4,643 m
DDH-3	310.41 E	809.12 N	4,695 m

2-3 設営作業

2-3-1 資・機材の搬入

資・機材は通関後、1980年8月5日Callao港倉庫から6tトラック2台、8tトラック1台によってChurin(チュリン)、Oyon部落を經由して8月6日Pampahuay部落まで運搬された。Pampahuay部落からIscay Cruz地区DDH-3地点間約1.4km間は下記の日程で1tピックアップトラック2台で運搬された。

4.00 m ~ 9.00 m

HQ-WLダイヤモンドビットにて、ベントナイト泥水を使用し、頁岩層を掘進した。

7.30 mで岩質も安定したのでNWケーシングパイプを9.00 mまで挿入設置した。

9.00 m ~ 124.70 m

NQ-WLダイヤモンドビットにてベントナイト泥水を使用し、主として粘土を挟む頁岩層を124.70 mまで掘進した。117.20 mより粘土を挟む亀裂の多い頁岩層が連続し、孔内状況が非常に悪かった。

NQ-WLダイヤモンドビットを交換後ロッド降下中124.70 m附近で孔壁が崩壊、押し出しがありNQ-WLロッドのジャミング事故が生じた。事故回復に努めたが回収不能のため、NQ-WLロッドをそのままBWケーシングパイプに代用し、BQ-WL工法に切替えた。

124.70 m ~ 155.00 m

BQ-WLダイヤモンドビットにてベントナイト泥水を使用し粘土を挟む亀裂の多い頁岩層を155.00 mまで掘進し、目的を達成して終了した。

尚、153.00 mでBQ-WLダイヤモンドビットを交換後ロッドを降下中、残留スライムのため再度ジャミング事故を生じた。事故回復はNWケーシングシュおよびBWケーシングシュにて掘孔し、NQ-WLロッドとBQ-WLロッドを回収した。

2-4-2 DDH-2

掘進長：252.00 m

コア長：206.60 m

コア採取率：82.0 % (表土を除く)

掘進開始日：1980年10月9日

掘進終了日：1980年10月23日

0 m ~ 3.10 m

116 mmメタルクラウンにてベントナイト泥水を使用し、10 mm ~ 50 mmの崖錐堆積物を3.10 mまで掘進した。岩質が安定したのでHWケーシングパイプを3.10 mまで挿入設置した。

3.10 m ~ 30.50 m

HQ-WLダイヤモンドビットにてベントナイト泥水を使用し、比較的安定した頁岩、

岩脈、石灰岩層を30.50 mまで掘進した。岩質も安定したのでNWケーシングパイプを30.50 mまで挿入設置した。

30.50 m ~ 122.00 m

NQ-WLダイヤモンドビットにてベントナイト泥水を使用し、亀裂の多い粘土を挟む頁岩層および変質した石灰岩層を122.00 mまで掘進した。

一般的に軟弱な地層で掘進が困難となったのでBWケーシングパイプを122.00 mまで挿入設置した。

この間103.40 m ~ 104.60 m, 107.70 m ~ 121.00 mに2層のpb, Znの鉱染部を確認した。

122.00 m ~ 252.00 m

BQ-WLダイヤモンドビットによりベントナイト泥水を使用し、亀裂の多い、粘土を挟む頁岩層、変質した石灰岩層を252.00 mまで掘進し目的を達成し終了した。

その間122.00 m付近, 166.70 m付近は特に亀裂の著るしい破砕帯でBWケーシングパイプの延長挿入を試みたが、125.60 m以深の挿入は不可能であった。また202.20 m以深では0.40 m ~ 1.50 mの空洞が数箇所あったので逸水防止が不可能なためポンプ送水圧および泥水管理に注意しながら掘進した。

この間121.80 m ~ 122.70 m, 125.50 m ~ 131.00 m, 164.70 m ~ 183.90 mに3層のpb, Znの鉱染部を確認した。

2-4-3 DDH-3

掘進長：157.00 m

コア長：145.85 m

コア採取率：93.3 % (表土を除く)

掘進開始日：1980年8月20日

掘進終了日：1980年9月9日

0 m ~ 3.10 m

116 mmメタルクラウンにて清水で崖錐堆積物を3.10 mまで掘進した。岩質が安定したのでHWケーシングパイプを3.10 mまで挿入設置した。

3.10 m ~ 30.10 m

HQ-WLダイヤモンドビットにて清水およびベントナイト泥水を使用し、比較的安定した頁岩層を30.10 mまで掘進した。岩質も安定したのでNWケーシングパイプを30.10 mまで挿入設置した。

30.10 m ~ 63.60 m

NQ-WLダイヤモンドビットにてベントナイト泥水を使用し、主として頁岩層を63.60 mまで掘進した。

その間54.60 m ~ 63.60 mは粘土を挟む頁岩の破碎帯で逸水防止を行いながら掘進した。BWケーシングパイプを63.60 mまで挿入設置した。

63.60 m ~ 157.00 m

BQ-WLダイヤモンドビットにてベントナイト泥水を使用し、粘土を挟む頁岩、砂岩、泥灰岩、および石灰岩層を157.00 mまで掘進し目的を達成して終了した。

その間は全般的に亀裂が多く、コア詰りが激しかったが泥水管理に注意しながら掘進した。

この間104.60 m ~ 118.90 mに鉛、亜鉛、黄鉄鉱の鉱石部を捕捉確認した。

2-5 移設・撤収

2-5-1 移 設

DDH-1, DDH-2はDDH-3の北方約5.5 Kmに位置し、掘進開始までの移設、設営作業に4日間を要した。

2-5-2 撤 収

DDH-2からの撤収に際し天候が悪化したため搬入路の状態が悪くなったので、作業員15人~20人で補修しながらキャンプ(3 Km)まで資・機材を運搬し整備格納した。

ボーリングコアはLimaにあるINGEMMET(インヘメット)の倉庫に保管した。

2-6 掘進実績

2-6-1 作業能率

Table. III-7に示したとおり、ボーリング3孔、総掘進延長564.00 mの総掘進作業1方当り掘進長は3.20 m/方で、実掘進作業1方当りでは5.37 m/方であった。

掘進速度とビット回転数は次のとおりである。

	掘進速度	ビット回転数
硬岩	1.5 ~ 2.0 cm/分	500 ~ 600 r.p.m
中硬岩	2.0 ~ 3.0 cm/分	400 ~ 500 r.p.m
軟岩	3.0 ~ 4.0 cm/分	300 ~ 400 r.p.m

尚、上記掘進実績は岩質が全般的に粘土を挟む亀裂の多い破砕帯のため掘進率が低下した。

2-6-2 コア採取率

Table. III-7 に示す通り、砂礫の表土層を除いた部分の総掘進長 555.10 m に対して 457.90 m のコアを採取した。

平均コア採取率は 82.5 % であった。

第3章 ボーリング孔の地質および鉱化作用

3-1 DDH-1

(1) 目的：高品位の亜鉛を含有する黒色ゴッサン下部の状況を明らかにするため、DDH-1が実施された。ボーリング位置は、ゴッサン露頭の規模・品位ともに最も優勢な個所が選定された。

(2) 位置：実施位置は、Isca Cruz 峠の南約200m、標高4,643.3mである。孔の方向は80°、傾斜は-50°、掘進深度は155mである。本孔の地表部には、露頭巾2.2mおよび5mの2層の黒色ゴッサンが露出しており、その分析品位は、各々次のとおりである。

	Ag (g/t)	Cu (ppm)	Pb (%)	Zn (%)
下盤側	tr	27	0.50	5.00
上盤側	4	27	0.21	4.61

(3) 岩質：4.3mで着岩、29.7mまでCarhuaz層が連続した。Carhuaz層は主に粘板岩質頁岩より成り、石灰質頁岩、砂岩、石灰岩を挟んでいる。全般的に、粘土化作用を受け、黄鉄鉱を鉱染している。

29.7mでSanta層となり、珪化した炭酸塩岩類が孔底まで連続した。炭酸塩岩類は、主に菱鉄鉱化、珪化を受けた頁岩、珪化・ドロマイト化された泥灰岩より成る。石灰岩は強い炭酸塩化作用によりほとんど残留していない。

菱鉄鉱は、通常、淡灰色で細粒結晶質、角礫化し、白色菱鉄鉱の細脈(CB-01-061, Table III-13参照)が発達し、微細な方鉛鉱・閃亜鉛鉱が鉱染している。酸化し黒褐色を呈する場合もある。泥灰岩は灰色・塊状であり、頁岩は黒色粘板岩質である。両者とも黄鉄鉱を鉱染している。

113.8m付近より破碎帯となり、コアはスラッジ化している。岩質の鑑定は困難であるが、酸化・粘土化された菱鉄鉱あるいはドロストーンが主体であると推定される。恐らく、Santa層下盤際の破碎帯でChimu層に近いのであろう。

(4) 鉱化作用および品位：黄鉄鉱の鉱染は全長にわたって認められ、特に珪化を強く受けた頁岩中で著しい。細粒の黄鉄鉱が密に鉱染し、この部分が暗灰色を呈し、独特なマダラ模様を画くことがある。

Santa層中の菱鉄鉱には、鉱石鉱物が鉱染している。微粒のため、肉眼での同定は困難であったが、X線回折により(CB-01-032, CB-01-057, Table III

- 13 参照), 閃亜鉛鉱と方鉛鉱が検出された。主要 2 個所の連続サンプリング試料の分析結果は次のとおりであり, 地表部黒色ゴッサンの品位と略均衡している。

深度(m)	間隔(m)	サンプル数	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)
49.0~63.2	14.2	14	10	0.01	0.65	3.48
67.0~78.7	11.6	7	8	0.01	0.58	4.18

- (5) 検討: 鉱石部の母岩は, 珪化作用を伴う菱鉄鉱であることが, X線回折により同定された (CB-01-032, CB-01-057, Table III-13 参照)。X線チャートにおける菱鉄鉱ピークは, 通常のものに比べ左へずれている。これはマンガン成分の多いマンガ菱鉄鉱の特性である。このことは化学分析によっても確認された (CB-01-032, CB-01-061, Table III-12 参照)。化学分析より推定される Mn・Fe のモル比は, 略 40 : 60 である。

従って, 地表の黒色ゴッサンはマンガ菱鉄鉱が酸化したもので, 化学的活性に富む Mn 元素の影響を強く蒙っていることが判明した。菱鉄鉱中の鉄床は低品位であるが, 埋蔵金属量の上で相当なポテンシャルが予測されるので, 将来の鉛・亜鉛資源として注目する必要がある。本区域における Santa 層の層厚は, 崖錐堆積物が被覆しているため不確実であったが, 約 80 m であることが確認された (Fig. III-4 参照)。

3-2 DDH-2

- (1) 目的: DDH-1 の更に下部の探査のため, DDH-2 が実施された。
- (2) 位置: DDH-1 と同位置で実施された。方向は 80° , 傾斜は -75° , 掘進深度は 252 m であった。
- (3) 岩質: 3.8 m で着岩, 52.9 m まで Carhuaz 層であった。Carhuaz 層は主に粘板岩質頁岩より成り, 石灰岩, 砂岩, ドロストーンを挟在し, 全体的に黄鉄鉱を鉱染している。30 m 付近には珩岩脈が出現した。
- 52.9 m で Santa 層となり, 孔底まで連続した。107.9 m までは石灰岩, 頁岩および泥灰岩が主で, 石灰岩, 菱鉄鉱を挟在する。全体的に黄鉄鉱を鉱染している。107.9 m より菱鉄鉱が優勢となり, 石灰岩, 泥灰岩, 頁岩と互層する。菱鉄鉱は微粒の方鉛鉱・閃亜鉛鉱を鉱染している。200 m 付近より破碎帯となり, 酸化作用および粘土化作用著しく, コア採取率は悪化する。この部分も菱鉄鉱を主とする泥灰岩, 頁岩などの互層帯と推定される。

- (4) 鉍化作用および品位：DDH-1同様，全面的に黄鉄鉍を鉍染している。鉛・亜鉛を鉍染するのは角礫化した菱鉄鉍で，主な鉍石部の品位は次のとおりである。

深 度 (m)	間 隔 (m)	サンプル数	Ag (g/t)	Cu (%)	Pb (%)	Zn (%)
107.9~121.0	13.1	5	3	0.01	0.09	4.35
124.9~130.8	5.9	2	6	0.02	0.19	4.51
220.9~231.7	10.8	5	5	0.01	1.06	4.46
240.5~252	11.3	5	3	0.01	0.73	4.92

- (5) 検討：ボーリングで把えられた主要な鉍石部は，Carhuaz層の下底より20mから40mのSanta層の上盤側に胚胎している。これは地表のゴッサンの発達状況とは必ずしも一致しない。菱鉄鉍中の鉛・亜鉛鉍床は，Santa層の層準規制を受け南北に細長く発達するが，局部的には不規則な形態をとると推定される。菱鉄鉍の成因は，堆積作用のみでは考え難く，続成作用および火成活動にもとづく変質作用の影響を強く受けているであろう。

3-3 DDH-3

- (1) 目的：地下での塊状黄鉄鉍体賦存の可能性を解明する目的で，DDH-3が実施された。本位置は，物理探査で把握された強いFE (frequency effect) およびAR (apparent resistivity) 異常帯の北縁に当り，本位置の北方約250mには方鉛鉍を伴う塊状黄鉄鉍体の小露頭がある。
- (2) 位置：Limpe峠の北方約400m，標高4,694.5mである。孔の方向は60°，傾斜-48°，掘進深度は157mである。口付位置として，地表部を厚く覆う新期堆積層をさけ，Carhuaz層頁岩・砂岩の小露頭部が選定された。
- (3) 岩質：0.9mで着岩，92.1mまでCarhuaz層であった。Carhuaz層は黒色頁岩を主とし，石灰質砂岩，石灰岩，赤色頁岩などを随伴する。頁岩は全体的に珪化を受け黄鉄鉍を鉍染している。
- 92.1mでSanta層となり，孔底まで連続した。孔底部は破砕帯でChimu層が近いと推定される。Santa層は主に石灰岩および泥灰岩より成り，ドロストーンおよび頁岩を伴う。104.6mより118.9mまで，14.3mの間，鉍体に着鉍した。鉍石部は塊状の黄鉄鉍および磁硫鉄鉍より成り，方鉛鉍と閃亜鉛鉍を鉍染している (Fig. III-5 参照)。

(4) 鉍化作用および品位：鉍石部の連続サンプリング試料の分析結果は次のとおりである。

深 度 (m)	間隔(m)	サンプル 数	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)	Fe(%)	S (%)
104.6~108.6(高品位部)	4.0	4	89	0.03	6.74	14.17	30.47	32.86
108.6~116.8(低品位部)	8.2	8	30	0.03	1.32	2.53	51.02	35.75
116.8~118.9(中品位部)	2.1	2	41	0.02	1.02	12.48	17.90	22.72
104.6~118.9(合計)	14.3	14	48	0.02	2.76	7.24	40.41	33.03

本鉍石部は、Fe・S分析値が示すように、塊状黄鉄鉍・磁硫鉄鉍が主体である。磁硫鉄鉍の比率が増すとPb・Zn品位は低下する。Pb・Zn高品位部は黄鉄鉍体が角礫化しポーラス(porous)な部分と一致している。

鉍体はSanta石灰質岩を直接交代している。鉍体の周辺部では珪化とドロマイト化の変質が著しい(CB-03-100, CB-03-121, Table III-13参照)。鉍体内の脈石は菱鉄鉍化が著しく、珪化と絹雲母化を伴っている(CB-03-105, 107, 110, 114, Table III-13参照)。

(5) 検討：本孔は下盤のChimu層珪岩までは達していないため、Santa層の実厚は未確認であるが、周囲の地質構造およびコアの層理面測定結果より約50mと推定される。なお、本孔の南約400mのLimpe峠で測定されたSanta層の層厚は酸性岩脈を含め約70mであった。Limpe峠では2層のゴッサン露頭が認められたが、本孔では鉍石部は一層のみであった。

3-4 鉍化作用についての検討

DDH-3で確認した塊状硫化鉍体とDDH-1および2で確認したPb・Zn鉍染鉍床とでは、鉍石鉍物の濃集の程度が全く異なる。しかし、塊状硫化鉍体内で鉍化をまぬがれた脈石部は主に菱鉄鉍と石英であり、Pb・Zn鉍染鉍の脈石と同質である。両者とも母岩の変質作用で一致しており、又角礫化が著しい点でも一致している。このことは両タイプの鉍化作用が成因的に同質であることを示唆している。Pb・Znの鉍染を伴う菱鉄鉍鉍床は塊状硫化鉍体の周辺部に発達しており、菱鉄鉍は硫化鉍体生成の際の続成作用(diagenesis)により生成された可能性も考えられる。塊状硫化鉍体は菱鉄鉍化と珪化以外に、周囲の母岩および中石に著しい変質作用を与えていない。Santa層内には酸性火成岩岩脈のほかには火山活動は認められないが、本鉍床が海底噴気堆積性鉍床(submarine exhalative sedimentary deposit)である可能性を完全には否定できない。

DDH-3で捕捉された塊状硫化鉍床鉍石部の検鏡によれば、黄鉄鉍は著しく角礫化してい

る。黄鉄鉱の割目をうめ、又黄鉄鉱を取囲んで閃亜鉛鉱や方鉛鉱が晶出している (CB-03-118, 他)。磁硫鉄鉱は黄鉄鉱を溶蝕し、これを取囲んで発達している (CB-03-113)。又、磁硫鉄鉱は閃亜鉛鉱を取込み、これを蚕食した特異な形態を呈している (CB-03-115)。このような鉱石鉱物の組織は、Chupa 鉱床などスカルン鉱床の鉱石鉱物組織とは明瞭に異っている。

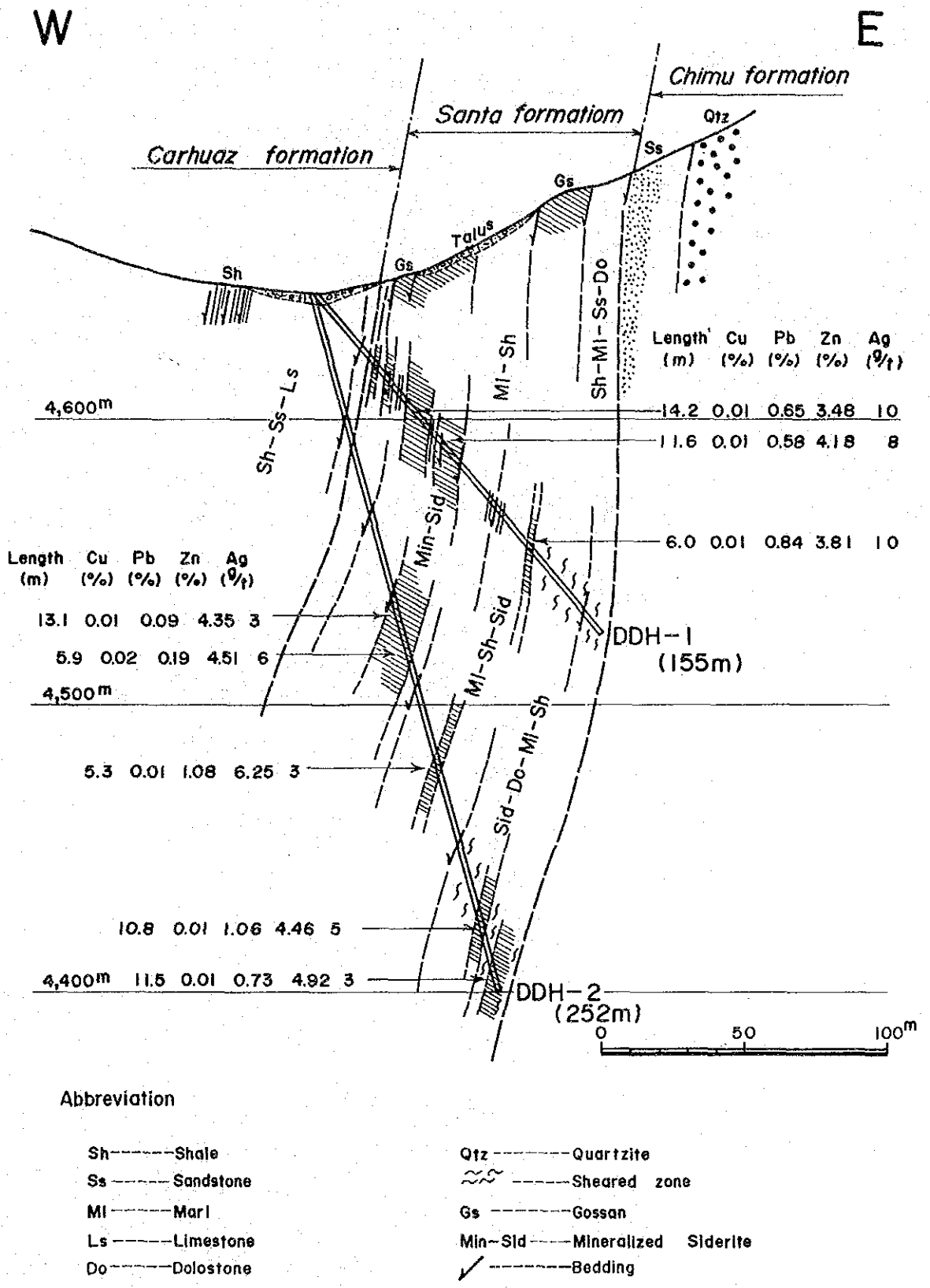
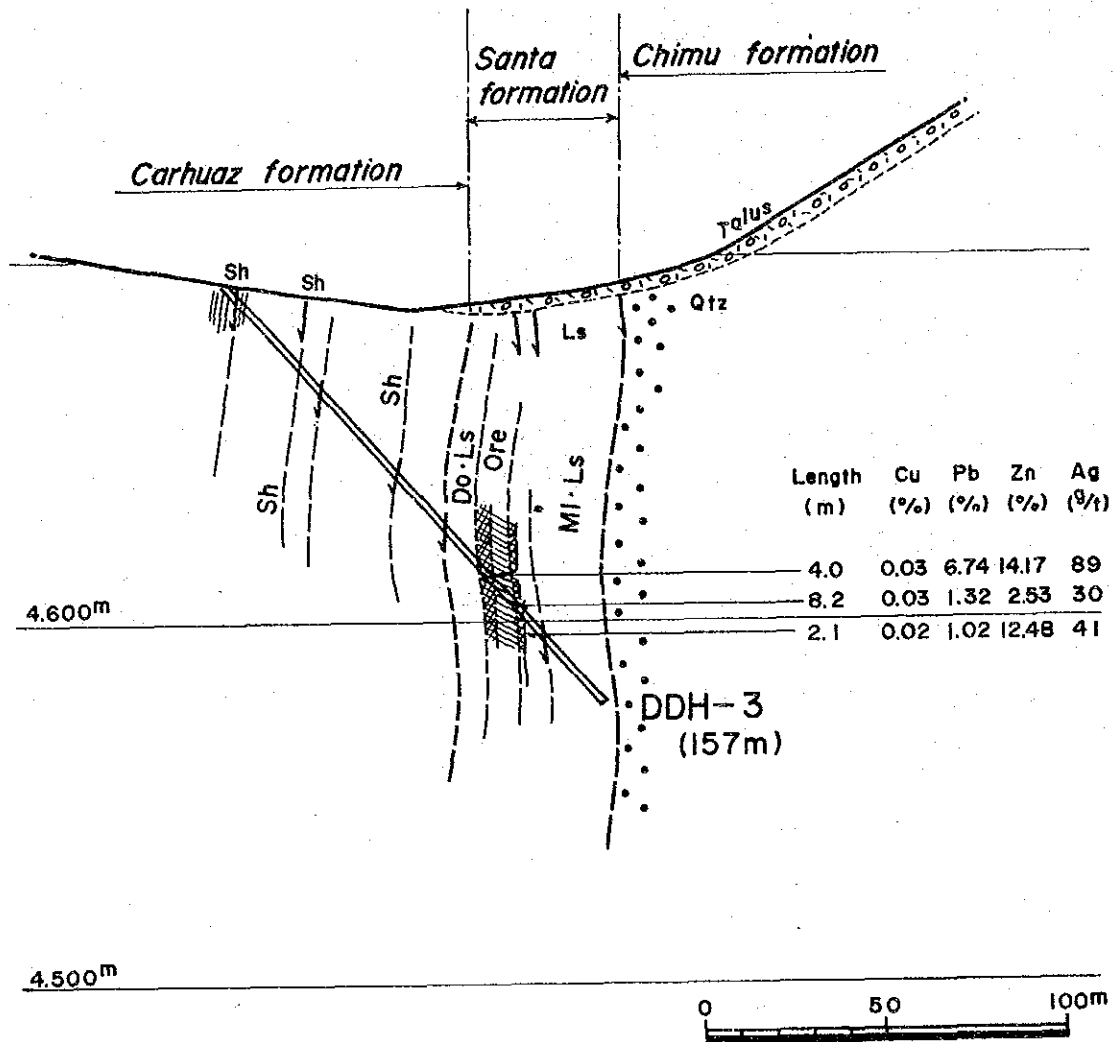


Fig. III-4. Geological Section for DDH-1 and DDH-2 (S80°W — N80°E)

WSW

ENE



Abbreviation

Sh-----Shale
 MI-----Marl
 Ls-----Limestone
 Do-----Dolostone
 Qtz-----Quartzite

High grade ore
 Low grade ore
 Bedding

Fig. III-5. Geological Section for DDH-3 (S60°W - N60°E)

Table III-1 List of drilling equipment used

Item	Model	Quantity	Capacity, Type, and Specification
Drilling Machine	TGM-3C	1	Capacity NQ 510m, BQ 660m Inner Diameter of Spindle 93mm Weight (except engine) 2,300kg
Engine for Drill	F4L-912	1	Diesel Engine 1,800 rpm/55 PS ~ 1,500 rpm/41 PS
Pump	NAS-3C	1	Piston ϕ 75 mm Capacity 130,72,39,22 ℓ /min Pressure 26 ~ 40 Kg/cm ²
"	NES-100B	1	Piston ϕ 60 mm Capacity 100,50,71,35.5 ℓ /min Pressure 18 ~ 50 Kg/cm ²
"	MS-303	1	Piston ϕ 25 mm Capacity 25 ~ 41 ℓ /min Pressure 35 Kg/cm ²
Engine for pump	2T-90L	1	Diesel Engine 1,800 rpm/20 PS
"	NS-130C	1	Diesel Engine 1,800 rpm/8.5 PS
"	NS-65C	1	Diesel Engine 1,800 rpm/5.5 PS
Generator	YSG-3.5	2	3.5KVA, 220V, 60c/s
Engine for Generator	NS-65C	2	Diesel Engine 1,800 rpm/5.5 PS
Mud Mixer	MCE-200	1	Volume 200 ℓ , 800 ~ 1,000 rpm/min
Derrick	DCP9-6A	1	Steel structural derrick (Vertical, inclination) Weight 2.4 ton Lifting 6m height
Rod Holder	RH-85	1	Hand Type
Drill Rods	HQ-WL	11	3.00 m/PC
"	NQ-WL	41	3.00 m/PC
"	BQ-WL	91	3.00 m/PC
Casing Pipes	HW	3	3.00 m/PC
"	NW	11	3.00 m/PC
"	BW	41	3.00 m/PC

Table III-2 Supplies and drilling parts consumed

Description	Specification	Unit	Quantity		
			DDH-1	DDH-2	DDH-3
Light oil		ℓ	1,200	1,800	950
Mobil oil		ℓ	35	50	90
Hydraulic oil		ℓ	-	-	121
Grease		kg	0.5	0.5	4
Bentonite	50kg/bag	Bag	75	26	60
Libonite		kg	55	33	60
Tel-cellose		kg	17	15	18
Cement	40kg/bag	Bag	2	2	3
Tel-stop		kg	-	-	-
Emale 20C		ℓ	20	20	20
Metal crown	116mm	Pc	1	1	1
Single core tube	114mm x 0.5m	Set	-	-	1
Double core tube	114mm x 1.5m	"	-	-	-
Wire line core barrel	HQ x 1.50m	"	-	-	1
"	NQ x 3.00m	"	-	-	1
"	BQ x 3.00m	"	-	-	1
Inner tube assembly	HQ x 1.50m	"	-	-	1
"	NQ x 3.00m	"	-	-	1
"	BQ x 3.00m	"	-	-	1
Outer tube	HQ x 1.50m	Pc	1	-	-
"	NQ x 3.00m	"	-	1	-
"	BQ x 3.00m	"	1	1	-
Inner tube	HQ x 1.50m	"	-	1	-
"	NQ x 3.00m	"	-	1	-
"	BQ x 3.00m	"	1	1	-
Casing metal shoe	HW	"	1	1	1
"	NW	"	1	1	1
"	BW	"	-	-	1
Rag		kg	4	10	5
Core box		Pc	23	46	32
Wire	10#	kg	5	5	25
"	12#	"	4	4	10
Nail		"	5	5	5
Wire rope	6mm x 550m	Roll	0.5	0.5	0.5
"	12mm x 40m	"	1	1	1
Manila rope	18mm x 30m	Pc	1	1	2
Vinyl rope	8mm x 100m	"	1	1	1
Pump packing		"	4	4	4
Valve steel ball	38.1ϕ	"	8	8	-

Supplies and Drilling Parts Consumed-Continued

Description	Specification	Unit	Quantity		
			DDH-1	DDH-2	DDH-3
Piston rod		Pc	2	-	-
Guide pipe	HQ	"	-	1	-
"	NQ	"	1	1	-
"	BQ	"	1	1	-
Guide coupling	HQ	"	1	1	-
"	NQ	"	1	1	-
"	BQ	"	1	1	-
Suction hose	50mm x 4.5m	"	-	1	-
Water swivel packing		"	-	3	3
Water swivel spindle		"	1	1	-
V-belt	TGM-3CxF4L912	Set	1	1	-
"		Pc	-	4	-
Core lifter	HQ	"	1	1	1
"	NQ	"	2	3	2
"	BQ	"	1	3	2
Core lifter case	HQ	"	1	1	1
"	NQ	"	1	2	1
"	BQ	"	1	2	1

Table III-3 Preparation and removal

Item	Hole No.		DDH-1		DDH-2		DDH-3		Days	Man-shifts	Days	Man-shifts	Days	Man-shifts	Days	Man-shifts																		
	In	Out	1st Sep. '80	16th Sep. '80	8th Oct. '80	19th Aug. '80	4th Aug. '80	11th Sep. '80									12th Sep. '80																	
Preparation	Preparation and removal																																	
																		Access road	2	30														
																		Haulage	5	60	0.5			7	70									
																		Installation	4	40	0.5	4	4	2.5	20									
																		Water pipe	4	40														
Removal																																		
																		Test run, etc.	11	130	1	12	16	166										
																		Dismounting	1	10			2	20										
																		Pipe removal																
																		Haulage																
Total	Grand Total				1	10	-	2	20	1	12	18	186																					
																		12	140	1	12	18	186											

Table III-4 Operational results of drill hole, DDH-1

Working Period	Period			Number of Days	Actual Working Days	Day Off	Total Number of Workers	
	Preparation	1st Sep.'80 ~ 16th Sep.'80			16	11	5	130
Drilling	17th Sep.'80 ~ 6th Oct.'80			20	20	-	518	
Removing	7th Oct.'80			1	1	-	10	
Total	1st Sep.'80 ~ 7th Oct.'80			37	32	5	658	
Drilling Length	Planned Length	m	Over-burden	m	Core Recovery for each 100 m section			
	Increase or Decrease in Length	m	Core Length	m	Depth of Hole	Section	Total	
	Length Drilled	m	Core Recovery	%	0 ~ 100 m	95.1 %	95.1 %	
Working Time	Drilling	107°00'	16.6 %	15.8 %	100 ~ 155 m	37.7 %	71.8 %	
	Hoisting & Lowering Rod	7°30'	1.2 %	1.1 %				
	Hoisting & Lowering I.T.	40°00'	6.2 %	5.9 %				
	Miscellaneous	105°30'	16.3 %	15.6 %	Efficiency of Drilling			
	Repairing	188°00'	29.1 %	27.6 %	155.00 m/Working Period		4.19 m/day	
	Others	198°00'	30.6 %	29.2 %	155.00 m/Working Days		4.84 m/day	
	Sub Total	646°00'	100 %	95.2 %	155.00 m/Drilling Period		7.75 m/day	
	Removing	Preparation	16°00'	-	2.4 %	155.00 m/Net Drilling Days		7.75 m/day
		Moving	16°00'	-	2.4 %	Total workers/ 155.00 m		4.25 Man/m
	Grand Total	678°00'	-	100 %	Total Drilling Workers/ 155.00m		3.34 Man/m	
Casing Pipe Inserted	Pipe Size & Meterage	Inserted Length (%) Drilling Length	Recovery of Casing Pipe		Hoisting & Lowering Rod	Hoisting & Lowering I.T.		
	HW 6.00 m	3.9 %	100 %		15 Times	156 Times		
	NW 9.00 m	5.8 %	100 %		Remarks			
	BW 123.00 m	79.4 %	100 %		I.T.: Inner Tube			

Table III-5 Operational results of drill hole, DDH-2

Working Period	Period				Number of Days	Actual Working Days	Day Off	Total Number of Workers	
	Preparation	8th Oct. '80				1	1	-	75
	Drilling	9th Oct. '80 ~ 23th Oct. '80				15	15	-	319
	Removing	24th Oct. '80				1	1	-	36
	Total	8th Oct. '80 ~ 24th Oct. '80				17	17	-	430
Drilling Length	Planned Length	m	Over-burden	m	Core Recovery for each 100 m section				
	Increase or Decrease in Length	m	Core Length	m	Depth of Hole	Section	Total		
	Length Drilled	m	Core Recovery	%	0 ~ 100 m	95.7 %	95.7 %		
Working Time	Drilling	131°00'	25.8 %	25.2 %	100 ~ 200 m	82.6 %	89.5 %		
	Hoisting & Lowering Rod	14°00'	2.8 %	2.7 %			200 ~ 252 m	55.1 %	82.0 %
	Hoisting & Lowering I.T.	63°00'	12.4 %	12.1 %	Efficiency of Drilling				
	Miscellaneous	158°00'	31.1 %	30.3 %	252.00 m/Working Period		14.8 m/day		
	Repairing	6°00'	1.2 %	1.2 %	252.00 m/Working Days		14.8 m/day		
	Others	136°00'	26.7 %	26.2 %	252.00 m/Drilling Period		16.8 m/day		
	Sub Total	508°00'	100 %	97.7 %	252.00 m/Net Drilling Days		16.8 m/day		
	Removing	Preparation	12°00'	-	2.3 %	Total workers/ 252.00 m		1.71 Man/m	
		Moving	-	-	- %				
	Grand Total	520°00'	-	100%	Total Drilling Workers/ 252.00 m		1.27 Man/m		
Casing Pipe Inserted	Pipe Size & Meterage	Inserted Length (%)	Drilling Length	Recovery of Casing Pipe	Hoisting & Lowering Rod	9 Times	Hoisting & Lowering I.T.	252 Times	
	HW 3,10 m	1.2 %		100 %	Remarks				
	NW 30,50 m	12.1 %		100 %	I.T.: Inner Tube				
	BW 125,60 m	49.8 %		100 %					

Table III-6 Operational results of drill hole, DDH-3

Working Period	Period				Number of Days	Actual Working Days	Day Off	Total Number of Workers	
	Preparation	4th Aug.'80 ~ 19th Aug.'80				16	16	-	170
	Drilling	20th Aug.'80 ~ 9th Sep.'80				21	21	-	416
	Removing, Log.	10th Sep.'80 ~ 12th Sep.'80				3	3	-	55
	Total	4th Aug.'80 ~ 12th Sep.'80				40	40	-	641
Drilling Length	Planned Length	150.00 m	Over-burden	0.90 m	Core Recovery for each 100 m section				
	Increase or Decrease in Length	m	Core Length	145.85 m	Depth of Hole	Section	Total		
	Length Drilled	157.00 m	Core Recovery	93.3 %	0 ~ 100 m	92.5 %	92.5 %		
Working Time	Drilling	83°00'	17.1 %	12.5 %	100 ~ 157 m	94.2 %	93.3 %		
	Hoisting & Lowering Rod	12°00'	2.5 %	1.8 %					
	Hoisting & Lowering I.T.	89°00'	18.4 %	13.4 %					
	Miscellaneous	118°00'	24.3 %	17.8 %	Efficiency of Drilling				
	Repairing	3°00'	0.6 %	0.5 %	157.00 m/Working Period		3.93 m/day		
	Others	180°00'	37.1 %	27.1 %	157.00 m/Working Days		3.93 m/day		
	Sub Total	485°00'	100 %	73.1 %	157.00 m/Drilling Period		7.48 m/day		
	Removing	Preparation	76°00'	-	11.5 %	157.00 m/Net Drilling Days		7.48 m/day	
		Moving	102°00'	-	15.4 %	Total workers/ 157.00 m		4.08 Man/m	
	Grand Total	663°00'	-	100 %	Total Drilling Workers/ 157.00 m		2.64 Man/m		
Casing Pipe Inserted	Pipe Size & Meterage	Inserted Length (%)	Recovery of Casing Pipe		Hoisting & Lowering Rod 8 Times		Hoisting & Lowering I.T. 178 Times		
	HW 3.10 m	2.0 %	100 %		Remarks I.T.: Inner Tube				
	NW 30.10 m	19.2 %	100 %						
	BW 63.60 m	40.5 %	100 %						

Table III-9 Drilling meterage of diamond bits

Item	Size	Type	Bit No.	Drilling meterage by drill hole. Unit meter			Total
				DDH-1	DDH-2	DDH-3	
Bit	HX	HQ-WL	E-1959			26.50	26.50
			E-2802		27.40		27.40
			C-8057	5.00			5.00
			Total	5.00	27.40	26.50	58.90
	NX	NQ-WL	OT-1			47.20	47.20
			OT-2			46.30	46.30
			J-1466	59.00			59.00
			J-1467	56.70			56.70
			18782		38.60		38.60
			18783		42.20		42.20
			18784		10.70		10.70
			Total	115.70	91.50	93.50	300.70
	BX	BQ-WL	OT-3			21.50	21.50
			OT-4			12.40	12.40
			OT-5	15.00			15.00
			J-1471	15.30			15.30
			J-1477		40.50		40.50
			J-1480		46.70		46.70
			873456		42.80		42.80
			Total	30.30	130.00	33.90	194.20

Table III-10 Specifications of diamond bits

Size	Type	Carats per bit	Matrix	Stones per carat	Water way	Number	Remark
HX	HQ-WL	40	T ₁		6	E-1959	Reset
		"	Z		6	E-2802	"
		"	Z		6	C-8057	"
NX	NQ-WL	30	T ₁		4	OT-1	Reset
		30	T ₁		4	OT-2	"
		30	Y		4	J-1466	"
		30	Z		4	J-1467	"
		30	E		4	18782	"
		30	E		4	18783	"
		30	E		4	18784	"
BX	BQ-WL	20	T ₁		4	OT-3	Reset
		20	T ₁		4	OT-4	"
		20	T ₁		4	OT-5	"
		20	Y		4	J-1471	"
		20	Z		4	J-1477	"
		20	Z		4	J-1480	"
		20	E		4	873456	"

Table III-11 Assay results of the drilled core

(1)

No.	Sample No.	Depth (m)	Rock Type	Cu (%)	Pb (%)	Zn (%)	Ag (g/t)	Fe (%)	S (%)
1	CB-01-031	29.7~31.1	Sid	0.006	2.50	7.05	10	21.59	2.43
2	CB-01-032	31.1~32.5	Sid	0.005	1.60	5.40	5	19.38	0.48
3	CB-01-039	38.1~39.3	Sid	0.008	1.20	6.25	7	8.53	0.76
4	CB-01-040	39.3~41.2	Sid	0.012	2.20	6.15	12	9.75	3.24
5	CB-01-050	49.0~50.0	Sid	0.014	2.00	4.80	26	-	-
6	CB-01-051	50.0~51.0	Sid	0.008	0.24	0.85	10	-	-
7	CB-01-052	51.0~52.0	Sid	0.007	0.61	2.80	3	-	-
8	CB-01-053	52.0~53.0	Sid	0.007	0.95	3.40	15	-	-
9	CB-01-054	53.0~54.0	Sid	0.005	0.72	4.70	7	-	-
10	CB-01-055	54.0~55.0	Sid	0.005	0.40	4.20	5	-	-
11	CB-01-056	55.0~56.0	Sid	0.006	0.42	2.60	7	-	-
12	CB-01-057	56.0~57.0	Sid	0.008	0.60	2.70	10	-	-
13	CB-01-058	57.0~58.0	Sid	0.008	0.92	2.00	9	-	-
14	CB-01-059	58.0~59.0	Sid	0.007	0.86	4.00	6	-	-
15	CB-01-060	59.0~60.0	Sid	0.006	0.28	3.50	5	-	-
16	CB-01-061	60.0~61.0	Sid	0.008	0.29	4.20	8	-	-
17	CB-01-062	61.0~62.0	Sid	0.005	0.35	3.40	2	-	-
18	CB-01-063	62.0~63.2	Sid	0.009	0.48	5.20	27	-	-

(2)

No.	Sample No.	Depth (m)	Rock Type	Cu (%)	Pb (%)	Zn (%)	Ag (g/t)	Fe (%)	S (%)
19	CB-01-068	67.0~68.5	Sid	0.007	0.13	4.10	7	-	-
20	CB-01-069	68.5~70.0	Sid	0.005	0.10	3.80	2	-	-
21	CB-01-071	70.0~72.0	Sid	0.006	0.20	6.40	16	-	-
22	CB-01-073	72.0~73.9	Sid	0.004	0.31	3.40	6	-	-
23	CB-01-075	73.9~75.8	Sid	0.005	0.73	4.00	9	-	-
24	CB-01-077	76.3~77.5	Sid	0.006	2.50	5.40	9	-	-
25	CB-01-078	77.5~78.7	Sid	0.015	0.40	1.60	8	-	-
26	CB-01-097	95.8~97.7	Sid	0.005	0.45	3.00	8	-	-
27	CB-01-112	111.6~112.7	Sid	0.006	0.58	3.00	4	-	-
28	CB-01-113	112.7~113.8	Sid	0.008	0.75	3.60	10	-	-
29	CB-01-114	113.8~117.2	Sid	0.010	0.98	4.20	13	-	-
30	CB-01-151	149.8~151.4	Sid	0.007	0.34	1.60	18	-	-
31	CB-01-152	151.4~155.0	Sid	0.025	0.42	13.98	59	-	-
32	CB-02-111	107.9~111.0	Sid	0.01	0.11	4.48	1	-	-
33	CB-02-114	111.0~114.0	Sid	0.01	0.07	4.30	2	-	-
34	CB-02-117	114.0~117.0	Sid	0.01	0.10	3.88	2	-	-
35	CB-02-119	117.0~119.0	Sid	0.01	0.11	4.60	2	-	-
36	CB-02-121	119.0~121.0	Sid	0.01	0.06	4.70	7	-	-

(3)

No.	Sample No.	Depth (m)	Rock Type	Cu (%)	Pb (%)	Zn (%)	Ag (g/t)	Fe (%)	S (%)
37	CB-02-127	124.8~127.7	Sid	0.03	0.08	4.20	2	-	-
38	CB-02-130	127.7~130.7	Sid	0.02	0.30	4.80	10	-	-
39	CB-02-148	144.7~148.3	Is	0.02	0.22	1.50	2	-	-
40	CB-02-169	166.7~169.0	Sid	0.01	1.05	7.40	2	-	-
41	CB-02-172	169.0~172.0	Sid	0.01	1.10	5.36	3	-	-
42	CB-02-222	220.9~222.9	Sid	0.01	1.15	4.38	1	-	-
43	CB-02-224	222.9~224.9	Sid	0.02	0.70	4.39	2	-	-
44	CB-02-226	224.9~226.9	Sid	0.01	1.16	4.29	8	-	-
45	CB-02-228	226.9~228.9	Sid	0.02	1.38	4.80	8	-	-
46	CB-02-231	228.9~231.7	Sid	0.01	0.95	4.46	5	-	-
47	CB-02-241	240.5~243.0	Sid	0.01	0.79	4.26	3	-	-
48	CB-02-246	243.0~246.0	Sid	0.01	1.40	6.20	6	-	-
49	CB-02-248	246.0~248.0	Sid	0.02	0.62	4.90	2	-	-
50	CB-02-250	248.0~250.0	Sid	0.01	0.10	4.46	1	-	-
51	CB-02-252	250.0~252.0	Sid	0.01	0.39	4.29	1	-	-
52	CB-03-068	68.3~68.8	Sh	0.010	0.01	0.03	2	6.85	6.55
53	CB-03-098	98.0~98.5	Do	0.008	0.80	0.42	8	3.05	1.03
54	CB-03-103	103.0~103.8	M1	0.010	0.35	0.58	12	8.10	3.60

(4)

No.	Sample No.	Depth (m)	Rock Type	Cu (%)	Pb (%)	Zn (%)	Ag (g/t)	Fe (%)	S (%)
55	CB-03-104	103.8~104.6	Ore	0.009	1.85	2.30	27	11.30	5.53
56	CB-03-105	104.6~105.6	Ore	0.030	8.25	18.05	118	27.31	38.07
57	CB-03-106	105.6~106.6	Ore	0.042	11.00	16.36	95	17.17	37.44
58	CB-03-107	106.6~107.6	Ore	0.026	5.50	17.85	75	30.12	19.82
59	CB-03-108	107.6~108.6	Ore	0.023	2.20	4.40	68	47.29	36.12
60	CB-03-109	108.6~109.6	Ore	0.028	0.70	1.30	30	56.63	33.88
61	CB-03-110	109.6~110.6	Ore	0.024	1.10	2.10	28	54.82	37.72
62	CB-03-111	110.6~111.6	Ore	0.020	1.00	1.80	20	51.71	36.92
63	CB-03-112	111.6~112.6	Ore	0.014	1.65	3.60	32	46.69	34.43
64	CB-03-113	112.6~113.6	Ore	0.016	2.05	3.30	30	51.91	36.82
65	CB-03-114	113.6~114.6	Ore	0.093	2.10	2.70	32	44.48	31.36
66	CB-03-115	114.6~115.7	Ore	0.010	1.52	3.40	35	50.20	37.48
67	CB-03-116	115.7~116.8	Ore	0.012	0.50	2.00	30	51.71	37.09
68	CB-03-117	116.8~117.9	Ore	0.030	1.35	12.29	38	28.26	30.75
69	CB-03-118	117.9~118.9	Ore	0.008	0.65	12.69	45	6.50	13.89
70	CB-03-119	118.9~120.1	Do	0.012	0.07	1.75	4	4.45	3.63
71	CB-03-120	120.1~121.3	Do	0.008	0.55	2.50	6	5.65	21.27
72	CB-03-125	125.0~125.5	M1	0.008	0.01	0.01	4	12.10	13.90

Ls --- Limestone, Sh --- Shale, M1 --- Marl, Do --- Dolostone, Sid --- Siderite

Table III-12 Assay results of rock forming elements in the drilled core

No.	Sample No.	Depth (m)	Rock Type	Ca (%)	Mn (%)	Fe (%)	Mg (%)	Ba (%)	Sr (%)	SiO ₂ (%)	Co (%)
1	CB-01-008	7.5- 8.5	Ss	6.00	0.13	2.50	0.75	-	-	66.54	-
2	CB-01-032	31.1-32.5	Sid	1.05	12.70	19.48	1.23	-	-	19.43	-
3	CB-01-057	56.0-57.0	Sid	1.04	4.85	6.80	0.50	-	-	65.96	-
4	CB-01-061	60.0-61.0	Sid	1.35	16.20	26.40	0.48	-	-	3.54	-
5	CB-01-081	80.5-81.5	Ml	15.45	0.12	2.15	0.70	-	-	25.54	-
6	CB-01-151	149.8-151.4	Altered r.	0.11	0.03	0.80	0.01	-	-	75.95	-
7	CB-03-065	64.8-65.0	Ss	9.00	0.06	1.45	0.60	-	-	74.49	-
8	CB-03-086	85.8-86.0	Ss	7.00	0.13	6.25	0.72	-	-	59.78	-
9	CB-03-095	94.8-95.0	Ls	38.22	0.07	0.70	0.85	-	-	5.03	-
10	CB-03-100	99.8-100.0	Do	16.29	0.26	2.75	3.50	0.010	0.032	21.38	0.005
11	CB-03-105	104.8-105.0	Ore	0.37	0.17	2.45	0.18	-	-	76.82	-
12	CB-03-114	113.8-114.0	Ore	0.16	2.20	28.92	0.55	0.003	0.038	37.01	0.004
13	CB-03-121	120.8-121.0	Do	17.53	5.80	6.45	3.20	0.003	0.018	8.61	0.005
14	CB-03-124	123.8-124.0	Ls	20.49	0.09	0.90	3.50	-	-	22.41	-
15	CB-03-131	130.8-131.0	Sh	0.30	0.11	3.45	0.60	-	-	65.25	-
16	CB-03-139	138.8-139.0	Ls	30.90	0.07	1.10	1.25	0.010	0.050	11.67	0.007
17	CB-03-145	144.8-145.0	Ml	14.49	0.05	1.95	2.90	-	-	31.91	-
18	CB-03-153	152.8-153.0	Ls	23.29	0.09	1.40	3.75	0.007	0.058	14.70	0.004

Ss --- Sandstone, Ml --- Marl, Ls --- Limestone, Do --- Dolostone, Sid --- Siderite, Sh --- Shale

Table III-13 Summary of X-ray diffraction test in the drilled core

Sample No.	Mineral		Quartz	Calcite	Dolomite	Siderite	Fluorite	Gypsum	Kutnahorite	Sericite	Chlorite	Kaolinite	Sphalerite	Galena	Pyrite	Pyrrhotite
	Rock Name															
CB-01-032	Siderite		⊙			⊙							○	○		
CB-01-057	Siderite		⊙			⊙						○	○	○		
CB-01-061	Siderite		○			⊙	●					●				
CB-01-151	Altered r.		⊙									⊙	○	○		
CB-03-100	Dolostone		⊙	●	⊙					●					●	
CB-03-105	Ore		⊙			○					⊙		⊙			
CB-03-107	Ore		○			⊙				○			⊙	⊙	○	
CB-03-110	Ore		●			○				●			○	○	○	⊙
CB-03-114	Siderite		⊙			⊙						○	●		●	
CB-03-121	Dolostone		○			○		○	⊙						○	

⊙ Very abundant ○ Common ● Very rare
 ⊙ Abundant ○ Rare

APPENDICES
PART I
GEOLOGICAL DATA

A. I-1 List of geochemical samples

Index of Geological Units

Qt----- Quaternary
 Cs ----- Casapalca formation
 Cd ----- Celendin formation
 Jm ----- Jumasha formation
 Ph ----- Pariahuanca formation
 Cz ----- Carhuaz formation
 St ----- Santa formation
 Cm ----- Chimu formation
 Ig ----- Igneous rocks

Index of Analysis

G ----- Geochemical assay
 T ----- Thin section
 P ----- Polished section
 X ----- X-ray diffraction test
 E ----- EPMA (electron probe microanalysis)
 O ----- Assay of ore
 R ----- Complete analysis of rock
 D ----- Isotopic age determination
 M ----- Analysis of rock-forming elements

List of Geochemical Samples (1)

NO.	Sample No.	Location	Geological Unit	Rock Name	G	T	P	X	E	O	R	D	M
1	NO-301	IC-5	St	Limestone	○								○
2	NO-302	IC-5	St	Crystalline limestone	○								
3	NO-303	IC-5	St	Gossan	○								
4	NO-304	IC-5	St	Ore (Zn, Py)			○	○		○			
5	NO-305	IC-5	St	Limestone									○
6	NO-306	IC-5	St	Green skarn (Py)		○				○			
7	NO-307	IC-5	St	Siderite ore (Zn, Py)						○			
8	NO-308	IC-5	St	Ore (Py, Zn, Cu)			○			○			
9	NO-309	IC-5	St	Oxide ore				○					
10	NO-310	IC-5	St	Limestone	○								○
11	NO-311	IC-5	Cm	Brecciated quartzite	○								
12	NO-312	G4	St	Gossan (Py, Cp)	○			○					
13	NO-313	G4	St	Altered rock	○			○					
14	NO-314	IC-4	St	Skarn (Py, Cp)			○			○			
15	NO-315	IC-4	St	Skarn (Py, Cp)						○			
16	NO-317	G4	St	Dolostone	○			○					
17	NO-319	G4	Ph	Limestone									○
18	NO-320	G4	St	Ore (Py, Zn, Pb, Cp)			○	○		○			
19	NO-321	G4	Jm	Limestone									○
20	NO-322	IC-5	St	Brecciated gossan				○					
21	NO-323	IC-5	St	Limestone	○								○
22	NO-324	IC-5	St	Gossan				○					○

List of Geochemical Samples (2)

NO.	Sample NO.	Location	Geological Unit	Rock Name	G	T	P	X	E	O	R	D	M
23	NO-325	IC-5	St	Hematite gossan	○			○					
24	NO-329	G4	St	Limestone	○								○
25	NO-330	G4	St	Limestone	○								
26	NO-332	G4	Ig	Phylolite	○	○							
27	NO-333	G4	Cm	Gossan	○			○					
28	NO-334	G4	Ig	Altered rhyolite	○	○		○			○		
29	NO-335	G4	Cm	Quartzite	○								
30	NO-341	G4	Jm	Limestone	○								
31	NO-342	G4	Cz	Gossan						○			
32	NO-343	G4	Ig	Granite prophyry	○	○					○		
33	NO-345	G4	St	Limestone	○								
34	NO-346	G4	St	Skarn				○		○			
35	NO-347	G4	St	Siliceous limestone	○	○							
36	NO-350	G4	Ig	Granodiorite	○	○					○		
37	NO-351	G4	St	Gossan (Py)						○			
38	NO-352	G4	St	Skarn		○				○			
39	NO-361	G3	Jm	Stibnite ore			○						
40	NO-364	G4	Cd	Marl	○								
41	NO-367	G4	Cs	Red shale		○							
42	NO-368	G4	Ig	Granite porphyry		○							
43	NO-369	G4	Ph	Ore (Pb, Zn)			○				○		
44	NO-373	G4	Ig	Diorite		○					○		○

List of Geochemical Samples (3)

NO.	Sample NO.	Location	Geological Unit	Rock Name	G	T	P	X	E	O	R	D	M
45	NO-374	G4	Ig	Granodiorite		○							
46	NO-375	G3	St	Limestone	○	○							
47	NO-376	G3	Ig	Granite porphyry								○	
48	NO-381	IC-1	St	Gossan		○		○					○
49	NO-382	IC-1	St	Gossan				○					
50	NO-383	IC-1	St	Gossan				○					
51	NO-384	IC-1	St	Gossan				○					
52	NO-385	IC-1	St	Siderite patch in Gs.				○					
53	NO-387	IC-1	St	Gossan with barite		○							
54	NO-388	IC-1	St	Dolostone				○					○
55	NO-389	IC-1	St	Gossan				○					
56	NO-392	IC-2	St	Dolostone									○
57	NO-394	IC-2	St	Calcite vein in Ls.				○					
58	NO-395	IC-2	St	Quartz network in Do.				○					
59	NO-401	G4	Jm	Ore (Zn)		○	○	○		○			
60	NO-402	G4	Jm	Actinolite skarn (Zn)			○			○			
61	NO-403	G4	Jm	Epidote skarn (Pb, Zn)						○			
62	NO-404	G4	Jm	Garnet skarn						○			
63	NO-405	G4	Jm	Massive pyrite ore						○			
64	SO-206	G4	St	Limestone	○								
65	SO-208	G4	Ig	Rhyolite	○								
66	SO-215	G4	Ig	Quartz porphyry		○							

List of Geochemical Samples (4)

NO.	Sample NO.	Location	Geological Unit	Rock Name	G	T	P	X	E	O	R	D	M
67	SO-216	IC-4	St	Altered shale				○					
68	SO-217	G4	Jm	Limestone	○								
69	SO-218	G4	Ph	Limestone	○								
70	SO-219	G4	St	Limestone	○								
71	SO-220	G4	St	Limestone	○								
72	SO-221	G4	St	Limestone	○								
73	SO-222	G4	Ph	Limestone	○								
74	SO-223	G4	Ph	Limestone	○								
75	SO-224	G4	Ph	Limestone	○								
76	SO-226	G4	Ph	Limestone (skarn)						○			
77	SO-227	G4	Ig	Diorite	○								
78	SO-228	G4	St	Siliceous limestone						○			
79	SO-229	G4	Ph	Limestone	○								
80	TO-227	G4	Cz	Rhodochrosite (Pb, Zn)				○					
81	IC-501	IC-4	St	Gossan	○								
82	IC-502	IC-4	St	Gossan	○								
83	IC-503	IC-4	St	Gossan	○								
84	IC-504	IC-4	St	Gossan	○								
85	IC-505	IC-4	St	Gossan	○								
86	IC-506	IC-4	St	Gossan	○								
87	IC-507	IC-4	St	Gossan	○								
88	IC-508	IC-4	St	Gossan	○								

List of Geochemical Samples (5)

NO.	Sample NO.	Location	Geological Unit	Rock Name	G	T	P	X	E	O	R	D	M
89	IC-509	IC-4	St	Skarn	○								
90	IC-510	IC-4	Qt	Gossan (limonite)	○								
91	IC-511	IC-3	St	Gossan	○								
92	IC-512	IC-3	St	Gossan	○								
93	IC-514	IC-4	St	Gossan	○								
94	IC-515	IC-4	St	Gossan	○								
95	IC-516	IC-4	St	Gossan	○								
96	IC-517	IC-4	St	Gossan	○								
97	IC-518	IC-4	St	Gossan	○								
98	IC-519	IC-4	St	Gossan	○								
99	IC-520	IC-4	St	Gossan	○								
100	IC-601	IC-5	St	Gossan	○								
101	IC-602	IC-5	St	Gossan	○			○					
102	IC-603	IC-5	St	Gossan	○								
103	IC-604	IC-5	St	Gossan	○								
104	IC-605	IC-5	St	Gossan	○								
105	IC-606	IC-5	St	Gossan	○								
106	IC-607	IC-5	St	Gossan	○								
107	IC-608	IC-5	St	Gossan	○								
108	IC-609	IC-5	St	Gossan	○								
109	IC-610	IC-5	St	Gossan	○								
110	IC-611	IC-5	St	Gossan	○								

List of Geochemical Samples (6)

NO.	Sample NO.	Location	Geological Unit	Rock Name	G	T	P	X	E	O	R	D	M
111	IC-612	IC-5	St	Gossan	○								
112	IC-613	IC-5	St	Gossan	○								
113	IC-614	IC-5	St	Gossan	○								
114	IC-615	IC-5	St	Gossan	○								
115	IC-616	IC-5	St	Gossan	○								
116	IC-617	IC-5	St	Gossan	○								
117	IC-618	IC-5	St	Gossan	○								
118	IC-619	IC-5	St	Gossan	○								
119	IC-620	IC-5	St	Gossan	○			○					
120	IC-621	IC-5	St	Gossan	○								
121	IC-622	IC-5	St	Gossan	○								
122	IC-623	IC-5	St	Gossan	○								
123	IC-624	IC-5	St	Gossan	○								
124	IC-625	IC-5	St	Gossan	○								
125	IC-626	IC-5	St	Gossan	○								
126	IC-627	IC-5	St	Gossan	○								
127	IC-628	IC-5	St	Gossan	○								
128	IC-629	IC-5	St	Gossan	○								
129	IC-630	IC-5	St	Gossan	○								
130	IC-631	IC-5	St	Gossan	○								
131	IC-632	IC-4	St	Gossan	○								
132	IC-633	IC-5	St	Gossan	○								

List of Geochemical Samples (7)

NO.	Sample NO.	Location	Geological Unit	Rock Name	G	T	P	X	E	O	R	D	M
133	IC-634	IC-5	St	Gossan	○								
134	IC-635	IC-5	St	Gossan	○								
135	IC-636	IC-5	St	Gossan	○								
136	IC-637	IC-5	St	Gossan	○								
137	IC-638	IC-5	St	Gossan	○								
138	IC-639	IC-5	St	Gossan	○								
139	IC-640	IC-5	St	Gossan	○								
140	IC-641	IC-5	St	Gossan	○			○					
141	IC-642	IC-5	St	Gossan	○								
142	IC-643	IC-5	St	Gossan	○								
143	IC-644	IC-5	St	Gossan	○								
144	IC-645	IC-5	St	Gossan	○			○					
145	IC-646	IC-5	St	Gossan	○								
146	IC-647	IC-5	St	Gossan	○								
147	IC-648	IC-5	St	Gossan	○								
148	IC-649	IC-5	St	Gossan	○								
149	IC-650	IC-5	St	Gossan	○								
150	IC-651	IC-5	St	Gossan	○								
151	IC-652	IC-5	St	Gossan	○								
152	IC-653	IC-5	St	Gossan	○								
153	IC-654	IC-5	St	Gossan	○								
154	TP-201	G4	Ph	Ore (Zn, Pb)	○								○

List of Geochemical Samples (8)

NO.	Sample NO.	Location	Geological Unit	Rock Name	G	T	P	X	E	O	R	D	M
155	TP-202	G4	Ph	Ore						○			
156	TP-203	G4	Ph	Ore (Zn)			○			○			
157	TP-204	G4	Ph	Ore (Zn)		○		○		○			
158	TP-205	G4	Ph	Ore						○			
159	TP-206	G4	Ph	Ore				○		○			
160	TP-207	G4	Ph	Ore (Zn)			○			○			
161	TP-208	G4	Ph	Ore (Zn)		○				○			
162	TP-209	G4	Ph	Ore (Zn)						○			
163	TP-210	G4	Ph	Ore (Zn)						○			
164	TP-211	G4	Ph	Ore (Zn, Py)						○			
165	TP-212	G4	Ph	Ore (Zn, Po)						○			
166	TP-213	G4	Ph	Ore (Zn)						○			
167	TP-214	G4	Ph	Ore (Zn, Po)						○			
168	TP-215	G4	Ph	Ore						○			

A. I-2 Microscopic observation of the thin sections

(1)

Sample No.	Rock Type	Microscopic Observation
NO-306	Silicified rock (St)	The rock is composed of quartz, chlorite and opaque minerals which are mainly pyrite, and shows clastic texture. Granular quartz is surrounded by chlorite and fine-grained felsic minerals. Opaque minerals occurs in dotted euhedral form.
NO-314	Skarnized limestone (St)	Quartz, carbonate, limonite, chlorite, apatite, zircon and opaque minerals are observed in this section. Quartz shows various grain size from 6 mm of single crystal to 0.05 mm in aggregate. Carbonate contains limonite and chlorite. Chlorite shows fibrous aggregates. Opaque minerals exist often with carbonates.
NO-315	Tremolite skarn (St)	Main constituent minerals are amphibole, carbonate, epidote, quartz and chlorite. Amphibole occurring in aggregated form is mostly altered to chlorite and carbonates. Epidote occurs together with amphibole. Coarse crystals of quartz are up to 3 mm in diameter and carbonate up to 2 mm contain subhedral amphibole and epidote grains. Apatite, limonite and opaque minerals are also observed.
NO-317	Dolostone (St)	The rock is composed of carbonates and talc, and shows granular texture. Carbonates of 0.05 ~ 0.2 mm grain size and needle-shaped talc of 0.05 mm size coexist.
NO-332	Altered rhyolite (Ig)	The rock is composed of fine-grained quartz and sericite. Their grain sizes are about 0.01 ~ 0.05 mm. Pseudomorphs of feldspar which has been completely replaced by sericite are observed in parts.
NO-334	Altered rhyolite (Ig)	This rock is composed of fine-grained quartz and pyrophyrite. Their grain sizes are about 0.02 mm.

Microscopic Observation of the Thin Sections

(2)

Sample No.	Rock Type	Microscopic Observation
NO-343	Granite porphyry (Ig)	<p>Porphyritic texture is seen. Main minerals are plagioclase, quartz, orthoclase and biotite. Phenocrystic euhedral plagioclase shows zonal structure and albite twinning. Quartz crystals are subhedral and up to 2 mm in size. Biotite is usually subhedral and brown to light yellow in color. Groundmass is composed of fine-grained plagioclase, quartz and orthoclase. Accessory minerals are apatite, zircon and opaque minerals.</p>
NO-347	Siliceous limestone (St)	<p>Clastic texture and microfolding are observed. Constituent minerals are quartz, opaque minerals, epidote, chlorite and glassy materials. Their grain sizes are very fine less than 0.1 mm. Veinlet of prehnite occurs in this section.</p>
NO-350	Granodiorite (Ig)	<p>Main constituent minerals are plagioclase, quartz, orthoclase, hornblend and biotite. Porphyritic texture is seen. Phenocrysts of plagioclase are up to 40 mm, which show zonal structure and albite twinning. Quartzs are up to 1.5 mm in size. Orthoclases, up to 4 mm, include plagioclase crystals. Hornblend is replaced by felsic minerals in parts. Biotite of brown and light yellow colors is partly altered to chlorite. Groundmass is composed of quartz and feldspar. Sphene, apatite and opaque minerals are observed as accessory minerals.</p>
NO-352	Garnet skarn (St)	<p>Garnet, carbonates and quartz are main minerals. Garnet of pale green shows anomalous anisotropism and banding structure in the margin. Garnet is weakly altered to chlorite in parts. Carbonates and quartz occur among euhedral garnets.</p>
NO-367	Red shale (Cs)	<p>The rock is composed of carbonates seemed to be dolomite and minor quartz. Carbonates occur as aggregate. Fine-grained limonite occurs in dotted-form.</p>

Microscopic Observation of the Thin Sections

(3)

Sample No.	Rock Type	Microscopic Observation
NO-368	Granite porphyry (Ig)	<p>This rock is nearly same with the sample NO-343. However, the groundmass is coarser and alteration is stronger. Carbonitization of plagioclase and mafic minerals is characteristic.</p>
NO-373	Diorite (Ig)	<p>Plagioclase and hornblende are main minerals and porphyritic texture develops. Phenocrysts of plagioclase are subhedral up to 4 mm in size and show albite twinning. In the Groundmass plagioclase exists with minor amount of quartz and orthoclase. Feldspare are partly altered to sericite. Hornblende is mostly altered to chlorite. Epidote occurs in parts. Opaque minerals occur in dotted-form. Apatite and sphane are also observed.</p>
NO-374	Granodiorite (Ig)	<p>The rock shows granular texture composed of plagioclase, quartz, orthoclase and hornblende. Subhedral grains of plasioclase have albite twinning and contain mirmekitic quartz and orthoclase in the marginal parts. Quartz is anhedral and exists with orthoclase in intergraphic relation. Hornblende is strongly altered to chlorite accompanied with opaque minerals. Apatite and sphane are contained as accessory minerals.</p>
NO-375	Limestone (St)	<p>Main constituent minerals are carbonates with small amount of opaque minerals. Carbonates show very fine-grained, less than 0.01 mm making aggregates. Coarser grains of carbonates occur in dotted-form and veintets in parts.</p>
NO-381	Black gossan (St)	<p>Main minerals are opaque minerals seemed to be limonite and chalcedonic quartz.</p>
NO-387	Barite in black gossan (St)	<p>Aggregates of barite accompanied with opaque minerals which seems to be limonite are observed. Barite shows euhedral elongated crystals about 1 mm in length.</p>

Microscopic Observation of the Thin Sections

(4)

Sample No.	Rock Type	Microscopic Observation
NO-401	Zn ore (Jm)	Sphalerite, chlorite, epidote and opaque minerals are main constituent minerals. In sphalerite, zonal structure is observed showing various colors from colorless to dark brown. Anhedral epidote exists with chlorite.
SO-215	Altered quartz porphyry (Ig)	Typical porphyritic texture develops in this rock. Quartz and pseudomorph of feldspar which is completely altered to sericite are occasionally observed as phenocrysts. Groundmass is composed of fine-grained feldspar, quartz, sericite and a small amount of chlorite.
TP-204	Zn ore (Ph)	Sphalerite, chlorite, quartz, carbonates and opaque minerals are recognized in this section. Brownish sphalerite is sometimes enclosed by quartz grains. Chlorite and carbonates coexist closely.
TP-208	Tremolite skarn (Ph)	The rock is tremolite-epidote skarn. Subhedral tremolite shows elongated up to 3 mm in length and also fibrous in parts, and pale green to colorless. Reddish sphalerite and opaque minerals occur in parts. Minor amount of quartz and carbonates is also observed.

A. I-3 Microscopic observation of the polished sections

(1)

Sample No.	Rock Type	Microscopic Observation
NO-304	Zn-pyrite ore (St)	<p>This is composed of sphalerite, hematite, magnetite, pyrite and minor amount of galena and chalcopyrite. Very small inclusions of chalcopyrite can be seen in sphalerite of large euhedral crystals.</p> <p>Galena is minor amount and occurs in coexisting with sphalerite and pyrite.</p>
NO-308	Zn-pyrite ore (St)	<p>Constituent minerals are pyrite, sphalerite, galena and chalcopyrite.</p> <p>Sphalerite shows euhedral to subhedral, up to 2 mm, and contains many exsolution bodies of chalcopyrite and a minor amount of galena. On the other hand, pyrite of euhedral crystals contains a small amount of inclusions of sphalerite and galena.</p>
NO-314	Pyrite ore (St)	<p>This is mainly composed of iron oxides, magnetite and hematite. Sulfide minerals can't be seen.</p> <p>Magnetite shows medium-grained granular crystals, up to 0.3 mm across, sometimes forming aggregates.</p> <p>Hematite shows acicular, up to 0.2 mm across, and occurs in coexisting with magnetite.</p>
NO-320	Pb-Zn pyrite ore (St)	<p>It is mainly composed of pyrrhotite, pyrite and marcasite, with subordinate amount of sphalerite and galena.</p> <p>Pyrrhotite is almost replaced by marcasite which partly produce so called "bird's eye" texture.</p> <p>Marcasite shows colloform texture and forms alternating layers with pyrite.</p> <p>Sphalerite shows subhedral to euhedral and occurs in coexisting with pyrrhotite and marcasite.</p>
NO-361	Stibnite ore (Jm)	<p>There is a minor amount of ore minerals in this sample. It is composed of pyrite and pyrrhotite, with subordinate amount of chalcopyrite.</p> <p>Pyrite and Pyrrhotite show very fine-grained size, up to 0.05 mm</p>

Microscopic Observation of the Polished Sections

(2)

Sample No.	Rock Type	Microscopic Observation
<p>NO-361 (Cont.)</p> <p>NO-369</p>	<p>Ag-Pb-Zn ore (Ph)</p>	<p>across, and are scattered in gangue minerals. Sphalerite and galena can not be seen in this section.</p> <p>It is mainly composed of pyrite and galena, with subordinate sphalerite and chalcopyrite.</p> <p>Galena shows euhedral to subhedral forms and contains a minor amount of two unknown minerals in the large crystal.</p> <p>In reflected light one is pale greenish grey and shows distinct anisotropy. The other is grey to brownish grey in reflected light, but the anisotropy is not present.</p> <p>Sphalerite contains many inclusions and blebs of pyrite and galena, and is partly replaced by galena. There is a small amount of chalcopyrite.</p>
<p>NO-401</p>	<p>Ag-Pb-Zn ore (Jm)</p>	<p>Main constituent minerals are sphalerite, galena and pyrite with accessory chalcopyrite.</p> <p>Sphalerite shows large crystals and contains a little exsolution bodies of chalcopyrite.</p> <p>Subhedral to anhedral galena is embedded in coexisting with sphalerite and pyrite.</p>
<p>NO-402</p>	<p>Pb-Zn ore (Jm)</p>	<p>It is mainly composed of sphalerite and galena, with subordinate amount of pyrite and chalcopyrite.</p> <p>Sphalerite after forming large crystals contains exsolution bodies of chalcopyrite and occurs in coexisting with galena, chalcopyrite and pyrite. Galena commonly show euhedral to subhedral forms and is partly embedded in large crystals of pyrite.</p>
<p>TP-203</p>	<p>Zn-magnetite ore (Ph)</p>	<p>It is mainly composed of sphalerite and magnetite, accompanied with pyrrhotite, chalcopyrite and pyrite. Large crystals of sphalerite enclose many medium-grained magnetite in euhedral granular crystals and also contain exsolution bodies of chalcopyrite and pyrrhotite.</p> <p>Pyrite is partly replaced by marcasite.</p>

Microscopic Observation of the Polished Sections

(3)

Sample No.	Rock Type	Microscopic Observation
<p>TO-203 (Cont.)</p> <p>TP-207</p>	<p>Zn ore (Ph)</p>	<p>There is a minor amount of unknown mineral like galena, which shows strong anisotropy. It seems to be a kind of Pb-Bi-S minerals.</p> <p>It is mainly composed of sphalerite and pyrite, with subordinate amount of pyrrhotite and chalcopyrite. Sphalerite contains a lot of exsolution bodies of pyrrhotite and chalcopyrite. Pyrrhotite and pyrite are mostly replaced by marcasite, and marcasite partly produce so called "bird's eye" texture. There is a minor amount of unknown minerals like to be Pb-Bi-S minerals.</p>
<p>TP-211</p>	<p>Zn pyrite ore (Ph)</p>	<p>It is mainly composed of pyrite, sphalerite and chalcopyrite, with subordinate amount of pyrrhotite and galena. Coarse grained sphalerite contains exsolution bodies, partly orientated, of chalcopyrite, pyrrhotite and pyrite. A small amount of chalcopyrite veinlets is embedded in sphalerite. Pyrite is weekly replaced by marcasite.</p>

A. I-4 Photomicrographs of rock and ore samples

A. I-4-1 Thin section

Sample No.	Location	Geological Unit	Rock Type
NO - 343	G 4	Ig	Granite porphyry
NO - 350	G 4	Ig	Granodiorite
NO - 373	G 4	Ig	Diorite
NO - 387	IC - 1	St	Barite in black gossan
SO - 215	G 4	Ig	Altered quartz porphyry
TP - 208	G 4	Ph	Tremolite skarn

Abbreviations

Qt : Quartz
 Pl : Plagioclase
 Bt : Biotite
 Hb : Hornblende
 Ep : Epidote
 Ba : Barite
 Tr : Tremolite
 Ser : Sericite
 Cal : Calcite



Sample No. NO-343

Rock Type: Granite porphyry



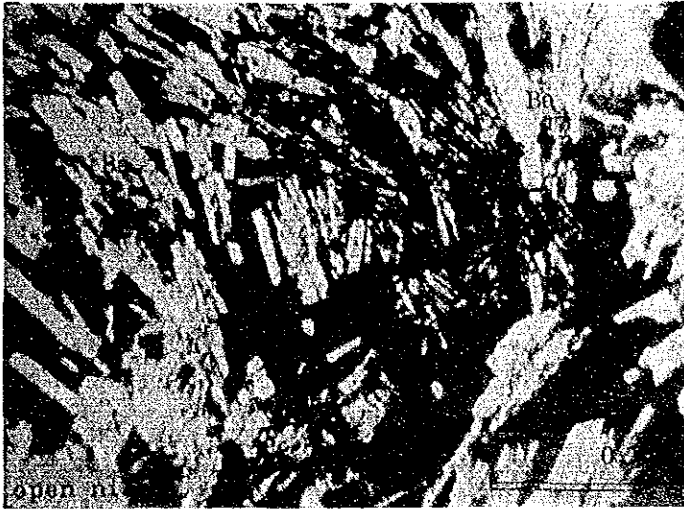
Sample No. NO-350

Rock Type: Granodiorite



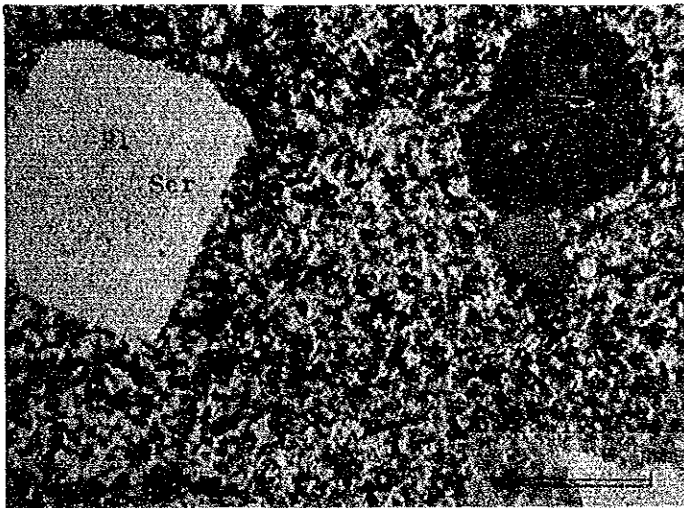
Sample No. NO-373

Rock Type: Diorite



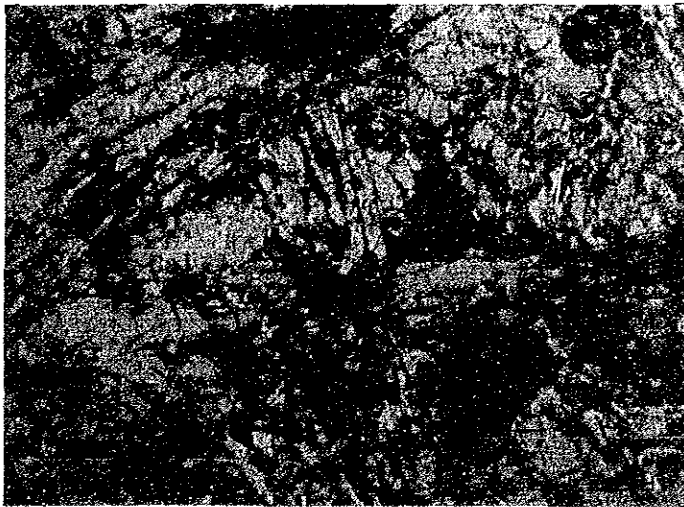
Sample No. NO-387

Rock Type: Barite in
black gossan



Sample No. SO-215

Rock Type: Altered
quartz porphyry



Sample No. TP-208

Rock Type: Tremolite skarn