

第3章 物理探査

3-1 調査目的

本調査では、ウルズイート地区オロンオボート鉱床周辺において金鉱化に伴う変質帯の地下深部及び周辺への連続性の把握並びに鉱化帯と地下構造との関係を解明するため、過渡現象電磁法 (Transient Electromagnetic Measurement ; 以下、TEM法と略す) を用いて本地域の比抵抗構造を求めた。

調査はFig. 11-3-1に示す様に、本鉱床周辺の面積約12km² (磁南北3 km, 磁東西4 km) の範囲内で行った。物理探査調査地域は地質準精査地域と同一である。

3-2 調査方法

3-2-1 TEM法の原理

TEM法は時間領域電磁法 (Time Domain Electromagnetic Method) とも呼ばれ、電磁誘導現象を利用して地下の比抵抗分布を測定する方法の一つであり、MT法・CSAMT法などの周波数領域の電磁法と対置されるものである。

地表面に設置されたループに電流が流れると、その電流は磁場を作る。その電流を急激に遮断すると、電磁誘導の法則で磁場の変動を妨げようとする方向に、地表に誘導電流が流れる。この誘導電流は、地下の比抵抗に応じて減少していくが、その電流の減衰を妨げようとする新しい誘導電流が順次発生し、見掛け上は渦電流が時間とともに地中深く入っていくような現象が生ずる。

これらの渦電流は、経路の地層の比抵抗に応じて減衰するため、それらの作る磁場を時間の関数として測定することにより、地下の比抵抗分布を知ることができる。たとえば地下が高比抵抗の場合は渦電流は急速に減衰していくが、低比抵抗の場合はゆっくりと減衰する。

TEM法の特徴は以下のとおりである。

- 1) 送信電流を遮断した後の過渡現象を測定するために、測定中に一次電磁場は存在せず、送信信号は非常に安定している。
- 2) 渦電流は時間とともに地下に浸透してゆき、地表付近の影響や地形の影響は時間とともに減衰するため、MT法などで問題となるスタティックシフトは生じない。
- 3) ニアフィールド現象が生じないため、送受信器間隔が小さくても深部探査が可能である。

4) 比抵抗の変化に対しては、MT法などの周波数領域の電磁法や直流比抵抗法よりも敏感で、等価層となりにくい。

また、本手法はループ状の送信源を用いるため電極を接地する必要がなく、受信コイルも地上に水平に設置するだけでよいため、岩石砂漠の調査に作業効率上適している。

3-2-2 使用機器

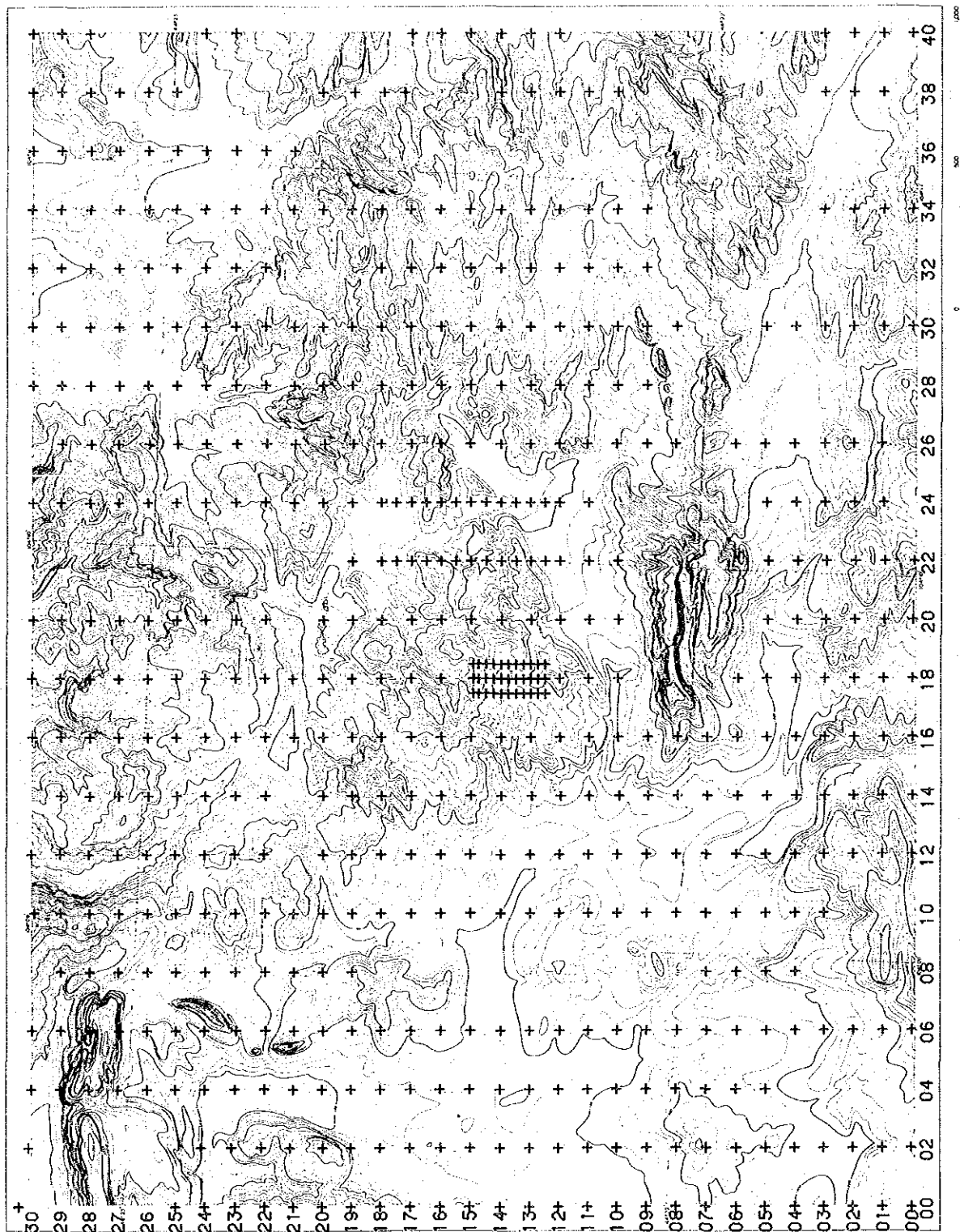
本調査でを使用したTEM装置は、カナダのGEONICS社製のPROTEM57(C)であり、その仕様を下表に示す。

	MODEL	SPECIFICATION	NUM
Receiver	PROTEM Receiver Model 57RX	BASE FREQUENCY : 3 · 7.5 · 30Hz or 2.5 · 6.25 · 25Hz TIME GATE : 20 channels	1
Coil		EFFECTIVE AREA : 100 m ²	1
Transmitter	TEM57 Transmitter Model TX	MAXIMUM CURRENT : 20 A OUTPUT VOLTAGE : 20/40 V CURRENT WAVEFORM : Bipolar rectangular current with 50% duty cycle	1
Generator	HONDA EM650	OUTPUT : 600 W/120 V/60Hz	1

受信器の基本周波数は3・30Hzを用いた。上表のとおり、本装置は各基本周波数に対し、20チャンネルのサンプリングゲートをもち、送信電流遮断後の減衰する二次磁場変化を測定する。次表には、各ゲートの送信電流遮断後の測定開始時刻及び中心時刻を示す。

GATE NO.	BASE FREQUENCY				GATE NO.	BASE FREQUENCY			
	30Hz		3 Hz			30Hz		3 Hz	
	START	CENTER	START	CENTER		START	CENTER	START	CENTER
1	0.0780	0.0867	0.771	0.857	11	0.775	0.858	7.69	8.56
2	0.095	0.108	0.943	1.066	12	0.942	1.066	9.43	10.64
3	0.120	0.138	1.19	1.37	13	1.189	1.37	11.87	13.70
4	0.157	0.175	1.55	1.74	14	1.555	1.74	15.51	17.40
5	0.193	0.218	1.93	2.17	15	1.922	2.17	19.23	21.70
6	0.242	0.278	2.42	2.77	16	2.41	2.77	24.14	27.70
7	0.313	0.351	3.13	3.50	17	3.12	3.50	31.21	35.00
8	0.389	0.438	3.88	4.37	18	3.88	4.37	38.80	43.70
9	0.487	0.558	4.86	5.56	19	4.86	5.56	48.61	55.60
10	0.628	0.702	6.27	6.98	20	6.25	7.03	69.59	70.30
					21 *)		7.81		78.06

Unit:ms *) End of gate 20



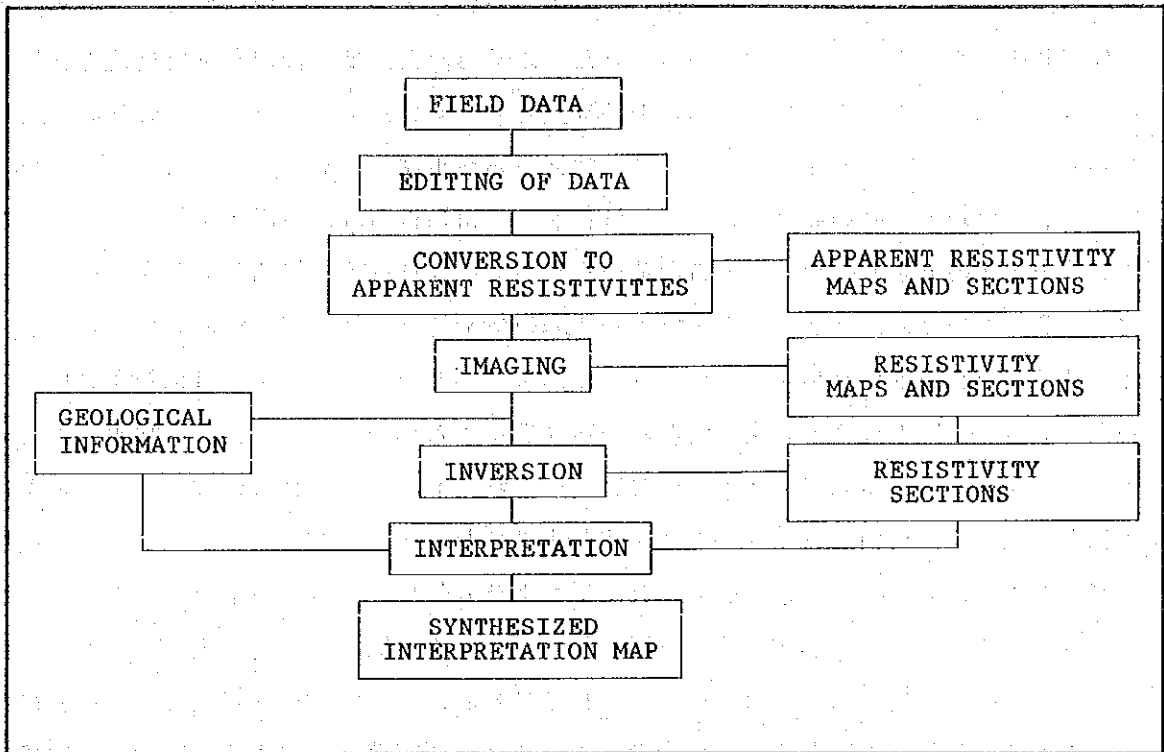
LEGEND

+ + + Stations

Fig. 11-3-1 Station location map

3-2-3 解析方法

本調査のデータ解析手順を下図に示す。



PROTEM57 (C) では測定電圧値 (V ; mV単位) は次式により磁場変化率 (dB/dt ; nV/ m²) に変換される。

$$dB/dt = V \cdot 192 / (2^n \cdot RXA/100) \quad (1)$$

ここで, RXA は受信コイルモーメント (m²) , n は受信器の液晶制御パネル上のゲイン設定値である。さらに, 磁場変化率は次式のとおり見掛比抵抗値 (ρ_a ; ohm-m) に変換される。

$$\rho_a = [\mu / (4 \pi t)] \cdot [0.4 \cdot \mu \cdot TXM / (t \cdot dB/dt)]^{2/3} \quad (2)$$

ここで, μ は真空の透磁率 ($4 \pi \cdot 10^{-7}$; H/m) , t は送信電流遮断経過時刻 (ms) である。また, TXM は送信器のモーメントであり, 送信ループ面積 (m²) と電流値 (A) を掛けたものである。

各観測点下の比抵抗構造を求める際には通常、1次元のインバージョンと呼ばれる手法が使われる。これは水平成層構造を仮定した各層の比抵抗・層厚を測定データから最小二乗法によって求めるものである。しかし、この方法では妥当な地下構造を求めるため、適切な初期モデルを設定する必要がある。また、求められた比抵抗構造を地質構造と比較する場合、層境界を水平方向に連続的に追跡延長させる必要があり、そこで地質学的な情報を必要とする。一方、近年イメージングと呼ばれる解析法が提唱されている (Fullagar, 1989; Eaton and Hohmann, 1989)。これは各ゲート毎に得られた電圧値を相当する深度と比抵抗値に変換できるため、深度方向及び水平方向の比抵抗の連続的な変化を等値線で図化できる。そのため、3次元的不均質物質の位置や比抵抗値を同定するのに適し、導電体の解像度が高いという長所を持つ。さらに、少量のランダムノイズには影響されにくい特徴がある。測定点近傍の3次元的不均質構造による影響 (バイアス) も従来の1次元インバージョンによる結果に比べて少ないという利点もある。これらの理由から、本調査では全測点の比抵抗構造をイメージング法から求めた。本調査では、イメージング比抵抗構造を求めるためにユタ大学で開発されたプログラム "IMAGE II" を用いた。このプログラムはトランシェント (測定電圧の時間変化) 曲線から比抵抗-深度曲線への変換を Fullagar (1989) のアルゴリズムにより行う。これは基本的に Raiche and Gallagher (1985) に基づくもので、各ゲート時間を深度に変換するために時間関数として透過深度 D_p を次式のように定義した。

$$D_p = \int_0^l V_p [\rho_a (l'), l'] dl' \quad (3)$$

ここで、 V_p 拡散速度、 $\rho_a (l')$ はゲート時間 l' における見掛比抵抗である。Raiche and Gallagher は V_p を磁場変化 (dB/dt) の極大値が伝搬する速度と定義したが、Fullagar は電場 E の極大値を用いている。

探鉱上注目すべき地域についてはイメージングの他に、より定量的な構造を把握するため、1次元インバージョンの解析を行った。これは地下構造を水平多層構造と仮定し、仮定した構造から計算された理論値と測定データを比較し、それらが十分一致するまで計算を繰り返し、最もよく一致した構造をその測点下での最適地下構造とするものである。使用したインバージョンプログラムは INTERPEX 社の "TEMIXGL" である。これは非線形最小二乗法をリッジリグレーション法により解くもので最大8層までの1次元解析が可能である。本調査では、インバージョンの初期モデルとしてイメージングの結果を参考にした。

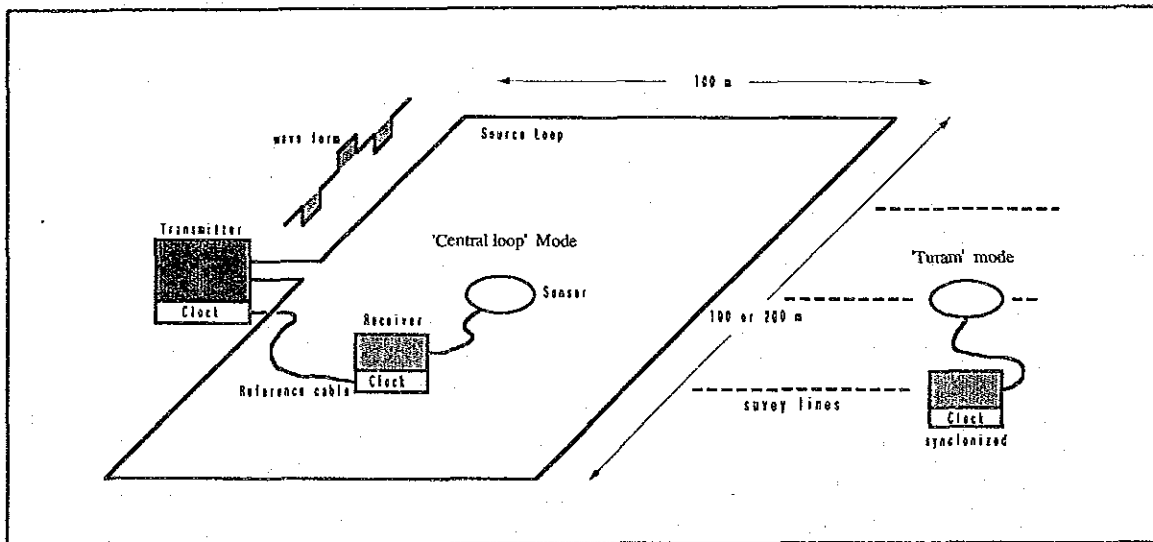
水平方向の構造変化が大きく、1次元インバージョンでは正確に地下構造を求められないと考えられる測線については、イメージングの結果をもとに2次元のモデル計算を行った。これはDuFort-Frankelの有限差分方程式により、不規則なグリッド上に与えられた2次元の比抵抗モデルからの電磁場応答を算出するものである。本調査で用いた2次元モデル計算プログラムはユタ大学で開発された“TDEM2D”である。

3-3 調査結果

3-3-1 TEM測定

測定は原則として、オロンオボート鉱床周辺の面積12km²の範囲内で開放トラバース法によって設定した磁南北100m、東西200mのグリッド上で行った (Fig. 11-3-1)。本鉱床中心部においては、精査を目的としてグリッド間でも測定した。測定点数は548点である。送受信器配置は、本地域の地形が石灰岩分布地域を除いて平坦な盆地や比較的なだらかな小丘であるため、大部分の測点では100m x 100mの正方形ループの中心で測定を行うセントラル・ループ配置で行った (下図参照)。一方、本調査地域中心部のツァガートルゴイ (Tsagaan Tolgoi) では、100m x 200mの矩形ループを用いたチューラム配置で測定を行った (Fig. 11-3-2)。これは固定された送信ループからの信号を測線に沿った多点の測定点で測定するもので、測定点間隔を密にした精査や送信ループの移動が困難な測定に有効である。また、調査地域北西部の石灰岩分布地域の一部でも100m x 100mの正方形ループを用いたチューラム (Turam) 配置で測定を行った。

測点番号は調査地域南西端を原点とし、原点からの距離を100m単位の整数2桁の東西 (X軸)・南北 (Y軸) 順の続き数字で表すものとする。例えば、測点1814は原点より東方1,800m、西方1,400mに位置する。以下の各平面図にはX・Y軸に上記2桁の整数値を記載した。



送信電流値は、100m x 100mの矩形ループの場合は約11.0~12.5Aであり、100m x 200mの矩形ループの場合は約9Aとした。調査地域内にはツァガートルゴイ周辺のボーリング作業用機材以外は磁場測定的人工的ノイズ源がないため、ほとんどの測点では256回または512回のスタッキングにより良好なデータを測定する事ができた。また、ボーリング用発電機周辺の測定は発電機停止中に行った。測点1616では送信ループ内に鋼鉄製ケー

シングの装填されたボーリング坑があり、そのため磁場極性が反転する現象が生じたため、解析から除外した。また、測定結果がその測点近傍のデータと著しく異なる場合は再測を行い、信頼性の高いデータ取得に努めた。

3-3-2 サンプル比抵抗測定結果

本調査地域内の代表的な岩石及び鉱石の比抵抗値を測定するため、Fig. 11-3-3に示した地点で合計43個のサンプリングを行った。サンプルは3 cm角に整形した後、水に24時間以上つけ、常温・常圧で比抵抗を測定した。岩石密度及びFEについても参考のために測定した。測定結果をTab. 11-3-1に示す。測定結果は以下のようにまとめることができる。

- 1) 比抵抗値は258 ~44,200ohm-m の範囲に分布している。
- 2) ツァガーントルゴイの鉱石のみの測定用サンプルは採取することができなかったの
で、鉱石としては石英脈に付着したサンプルを測定した。岩石ごとの平均値は石英
脈が最も高く、18,000ohm-m 以上であり、ツァガーントルゴイの鉱床のマッピング
をする場合、この高比抵抗の石英脈に注目することになる。その場合、石英脈と周
辺の母岩である砂岩との比抵抗コントラストは6~7倍程度と考えられる。
- 3) 石灰岩及び頁岩の比抵抗値の平均は5,000ohm-m以上である。
- 4) 調査地域南西部及び南東部に分布するdiorite は平均約3,000ohm-mである。断層及
び石英脈周辺の変質diorite は250 ~1,200ohm-mと低い比抵抗値を示す。
- 5) 調査地域北東部に分布する石英安山岩は390 ~1,910ohm-mの範囲にあり、平均約
700ohm-mであり、周辺の頁岩及び砂岩との比抵抗コントラストは約4~10倍程度で
ある。
- 6) FE値は概して低く、0.0 ~0.6 %である。
- 7) 岩石密度は変質安山岩及びdiorite が平均2.8g/cc と最も高い。daciteは平均2.46
g/ccで最も低い。他のサンプルの岩石密度は2.6 ~2.7g/cc であり、diorite 以外
の密度コントラストはせいぜい0.2g/cc 程度である。

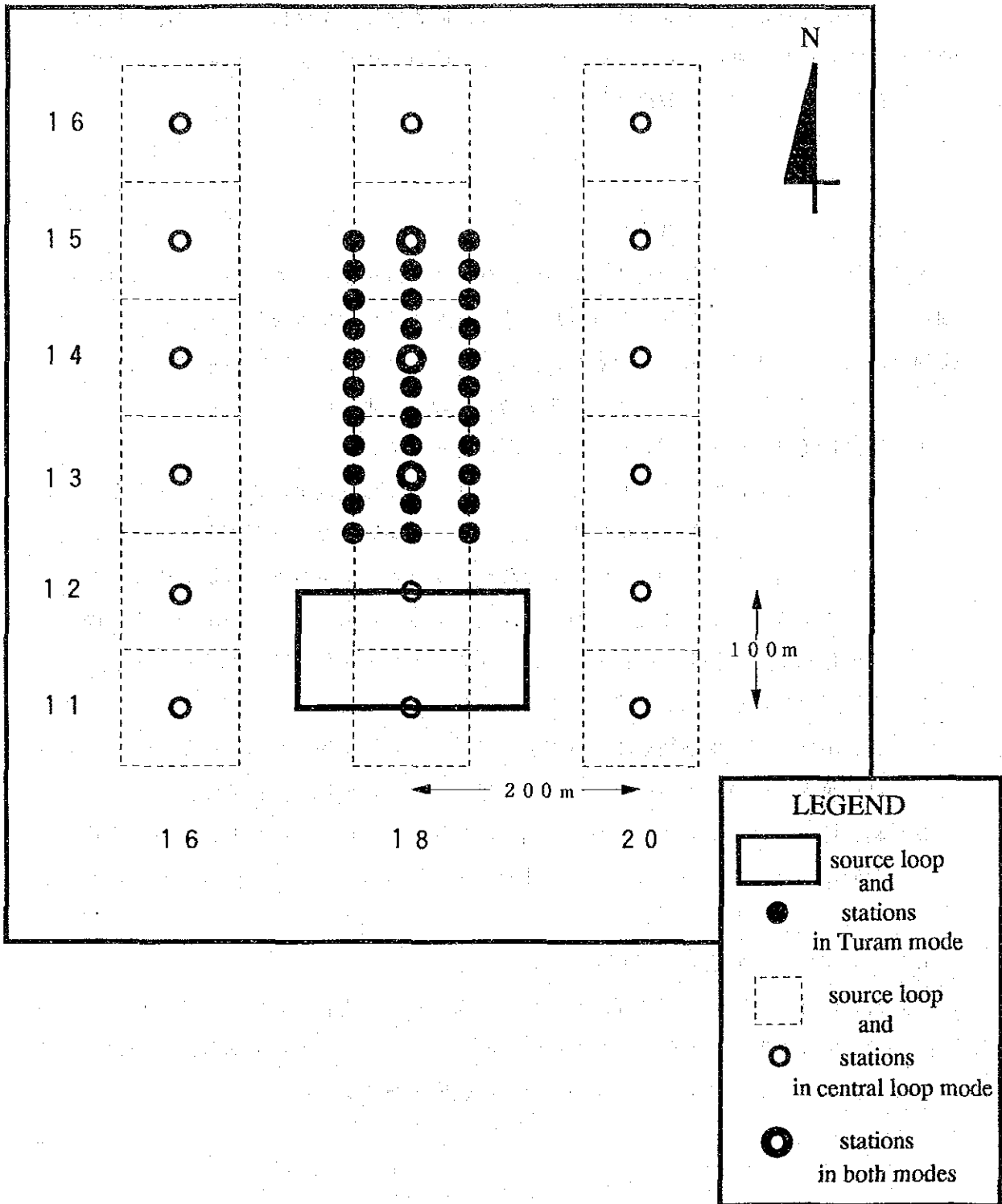
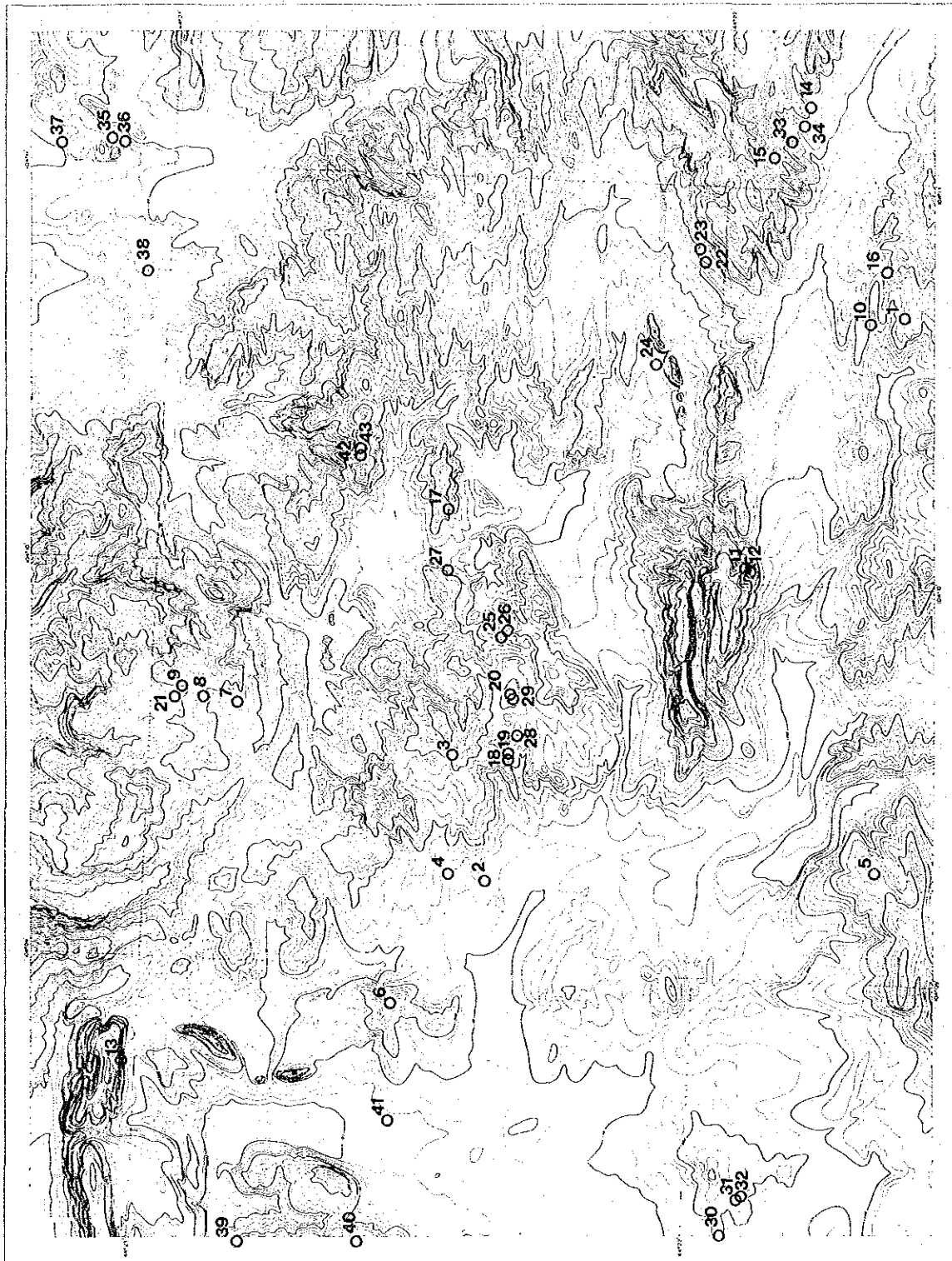


Fig. II-3-2 TEM survey configurations at Tsagaan-Tolgoi



LEGEND

○15 Sampling Point

Fig. II-3-3 Rock samples location map

Tab.II-3-1 Rock Properties

NO	ROCKNAME	RESISTIVITY (ohm-m)		DENSITY (g/cc)		FE (%)	COMMENT			
		MEAN	AVE	MEAN	AVE					
1	sandstone	3,420	2,974	2.68	2.67	0.4	with Qtz vein fine, core			
2		4,190		2.66		0.4				
3		1,410		2.62		0.3				
4		2,720		2.67		0.4				
5		4,390		2.66		0.4				
6		5,470		2.71		0.5				
7		1,650		2.70		0.4				
8		2,160		2.65		0.4				
9		3,870		2.67		0.5				
10	limestone	6,550	7,903	2.72	2.72	0.3				
11		10,500		2.69		0.4				
12		20,200		2.76		0.4				
13		10,600		2.65		0.5				
14		7,040		2.83		0.5				
15	2,350	2.66	0.4							
16	quartz	15,100	18,774	2.66	2.63	0.4				
17		6,170		2.61		0.4				
18		20,200		2.64		0.4				
19		15,300		2.60		0.4				
20		44,200		2.63		0.3				
21		34,400		2.64		0.5				
22	altered andesite	2,350	4,480	2.83	2.84	0.3				
23		8,540		2.85		0.3				
24	altered diorite	658	511	2.71	2.71	0.2	pyrhytization			
25		348		2.69		0.2				
26		488		2.74		0.4				
27		258		2.78		0.0				
28		1,210		2.62		0.4				
29	diorite	1,410	5,168	2.78	2.88	0.3	boring core micro micro			
30		6,760		2.90		0.5				
31		13,800		2.93		0.5				
32		11,300		2.95		0.5				
33		1,780		2.84		0.5				
34		7,200		2.86		0.4				
35	dacite	390	707	2.32	2.46	0.2				
36		903		2.56		0.4				
37		1,910		2.62		0.4				
38		514		2.35		0.2				
39	shale	3,640	8,719	2.70	2.71	0.4	greenish gray silicified silicified, fg			
40		15,300		2.76		0.5				
41		11,900		2.68		0.6				
42		2,510		5,950		2.68		2.69	0.4	black shale
43		14,100		2.69		0.6		black shale		
	AVERAGE		3,880		2.69	0.4				

3-3-3 見掛比抵抗分布

TEM 法調査データを解析する前に、本調査地域の比抵抗構造を大局的に把握するために、各ゲートごとの見掛比抵抗値を使って平面図 (PL. 11-3-2 ~ 4) 及び断面図 (PL. 11-3-5 ~ 7) を作成した。

Fig. 11-3-4~6 は、基本周波数30Hz使用時の第2・6・12ゲートの見掛比抵抗平面図であり、一次磁場遮断後 $t = 0.108, 0.278, 1.06\text{ms}$ 経過時の見掛比抵抗値を用いている。本図に対応する深度は、平均的比抵抗値を 100ohm-m と仮定した場合、概ね $70, 120, 230\text{m}$ に対応する。

見掛比抵抗平面図 ($t=0.108\text{ msec}$, Fig. 11-3-4)

調査域北西部、南部及び東部では 200ohm-m 以上の高比抵抗が見られる。これらは概ね石灰岩・頁岩・片岩類の分布域に相当する。中央部には北東-南西方向に 100ohm-m 以下の低比抵抗帯があり、その北側にはそれとほぼ平行し、 150ohm-m 以上の比抵抗帯がある。また、北部には $50\sim 100\text{ohm-m}$ の非常に均質な比抵抗部が広く分布する。さらに北東部には 50ohm-m の低比抵抗部が分布する。

見掛比抵抗平面図 ($t=0.278\text{ msec}$, Fig. 11-3-5)

本図の大局的な傾向は、前図 (Fig. 11-3-4) とよく一致する。北東部ではより顕著な低比抵抗部を形成し、部分的に 10ohm-m 以下の見掛比抵抗を呈する。これにより、この低比抵抗帯が 100m 以深まで発達していると考えられる。

見掛比抵抗平面図 ($t=1.06\text{ msec}$, Fig. 11-3-6)

本図では、調査域北西部、南部及び東部の高比抵抗部は前2図 (Fig. 11-3-4・5) と同様に見られる。一方、断層に沿った低比抵抗帯は $100\sim 150\text{ohm-m}$ に比抵抗が上昇する傾向がある。

見掛比抵抗断面は全測線につき作成した (PL. 11-3-5 ~ 7)。なお、以後特に断らない限り、測線は南北方向のものを表すものとする。また断面図中に示された測点番号は煩雑を避けるため断面方向の座標値は省略して表示する場合がある。例えば、南北測線18の断面図中の測点14は測点番号1814を示す。ここでは、測線02・18・34の見掛比抵抗断面図を Fig. 3-3-7 (a) ~ (c) に示す。

見掛比抵抗断面図（測線02, Fig. 11-3-7(a)）

測点19・20付近を境に構造が大きく変化し、その北側では200ohm-m以上の高比抵抗部が深部まで連続している。その南側には、特に浅部で低比抵抗部が見られ、これは概ねワジの位置に一致する。さらに南側（測点06～09）には200ohm-m以上の高比抵抗部がある。本測線ではこの高比抵抗部は浅部に限られるが、北東方向に連続する傾向がみられる。

見掛比抵抗断面図（測線18, Fig. 11-3-7(b)）

測線中央部の150ohm-m以上の高比抵抗部は測線02に見られた高比抵抗部の北東延長部に相当する。これより北側では50～100ohm-mの非常に均質な比抵抗を示す。石英脈が地表に露出するツァーガントルゴイ（測点14）付近では見掛比抵抗は150ohm-m前後で比較的一定している。測点10～12の100ohm-m以下の低比抵抗部は断層に一致している。測点05・06は地形的に低地部に相当する。

見掛比抵抗断面図（測線34, Fig. 11-3-7(c)）

本測線の見掛比抵抗は測点21・22を境に北側で50ohm-m以下と低く、南側では300ohm-m以上で安定した比抵抗値を示す。北側の低比抵抗帯は比較的深部まで達しており、その範囲も広く、調査地域外へ広がる傾向を示している。また、測点21・22の見掛比抵抗構造の急変部は調査地域中央部の断層の北東延長部に一致する。

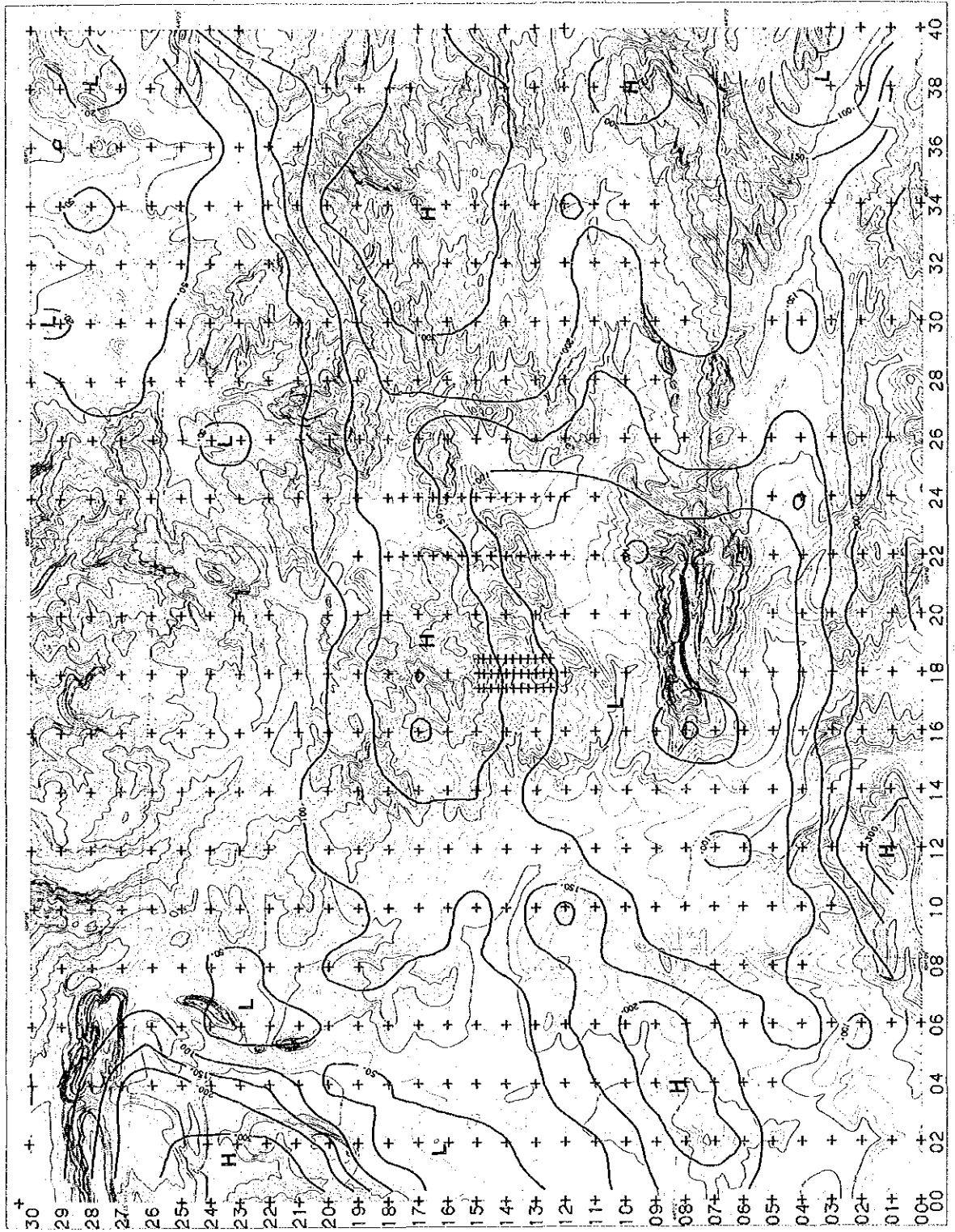
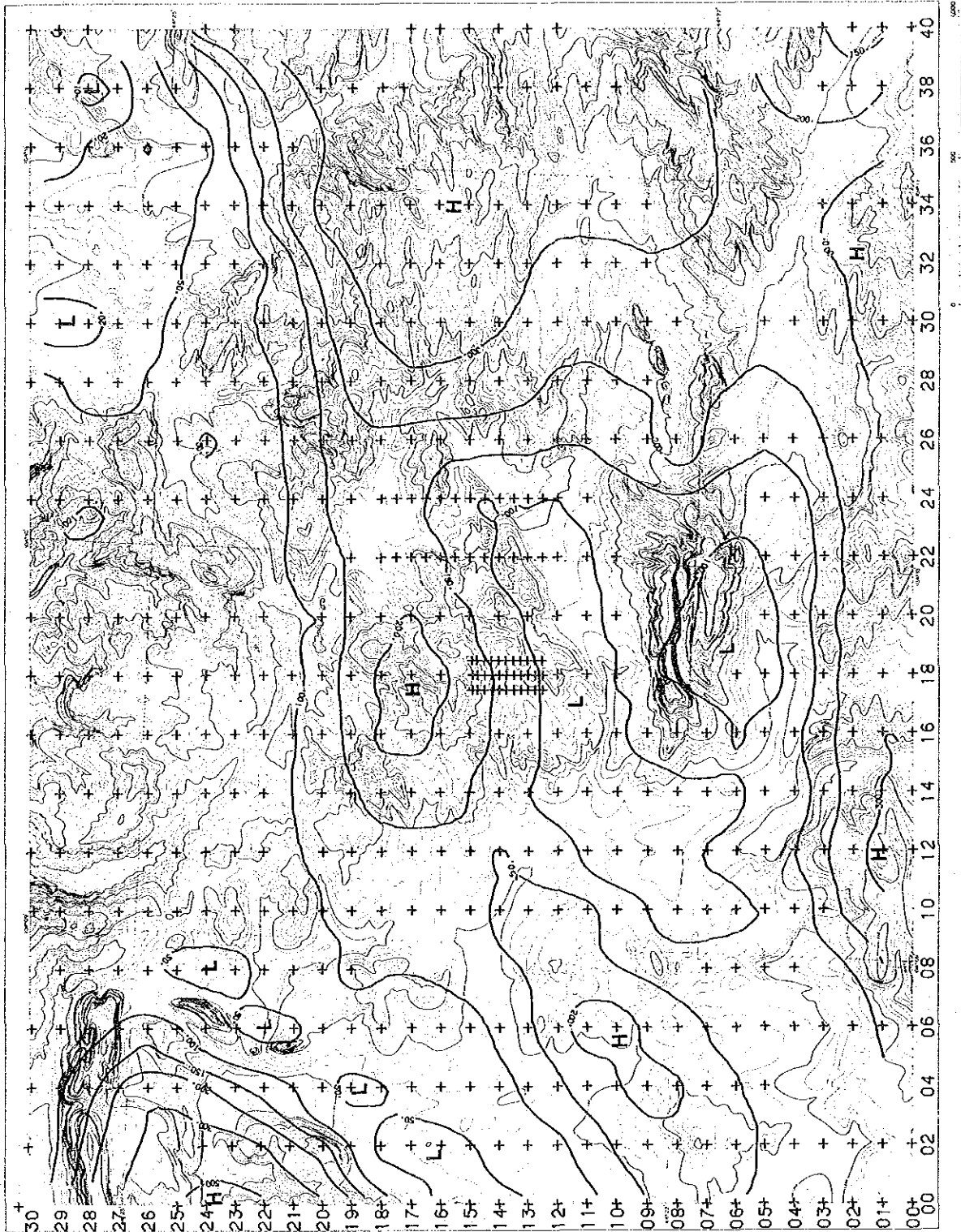
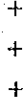


Fig. II-3-4 Apparent resistivity pseudo-map (t=0.108msec)



LEGEND

Stations



20



50



100



150



200



300



500

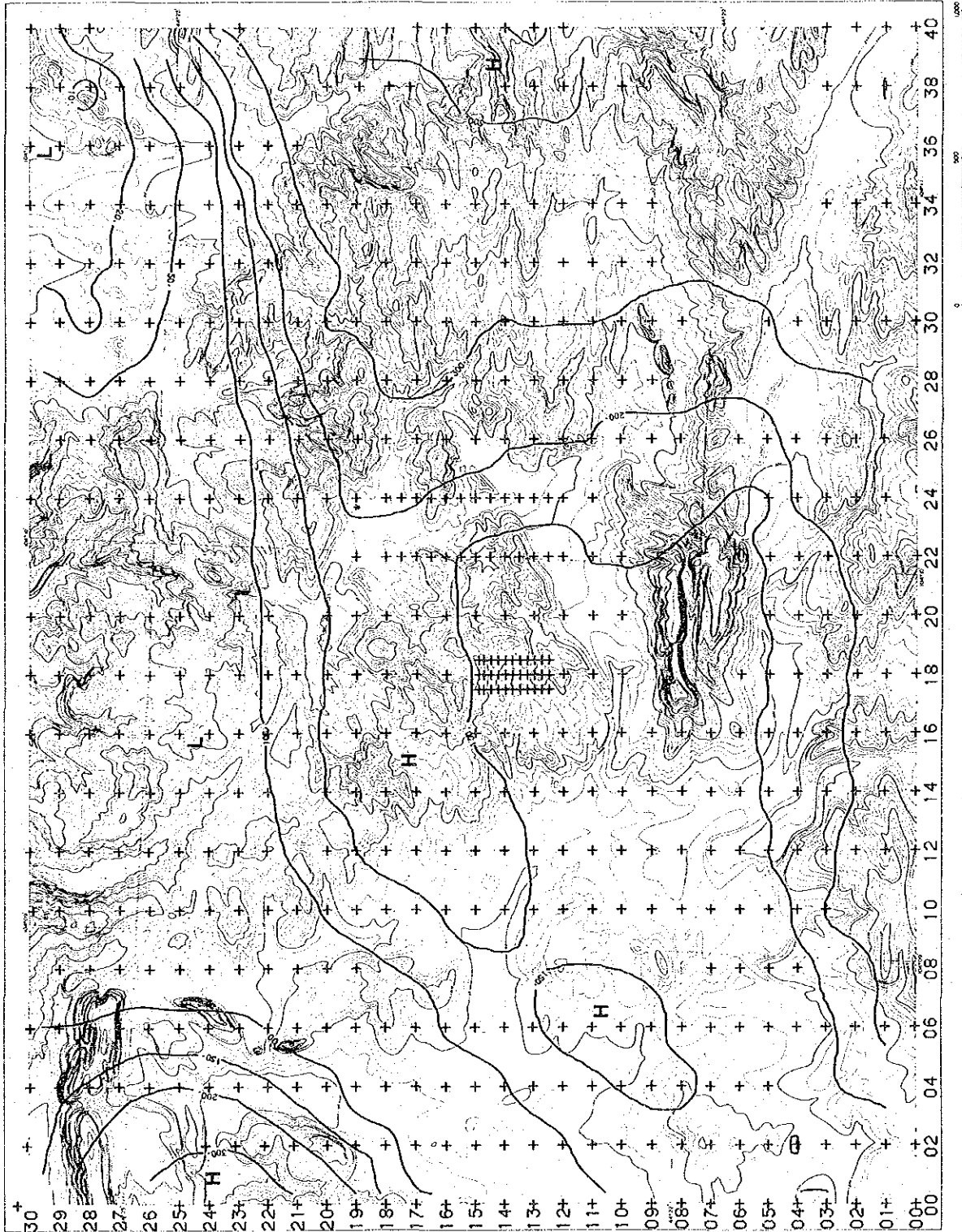


Resistivity contours
(ohm-m)

H High Resistivity Zones

L Low Resistivity Zones

Fig. II-3-5 Apparent resistivity pseudo-map (t=0. 278msec)



LEGEND

+ + + Stations

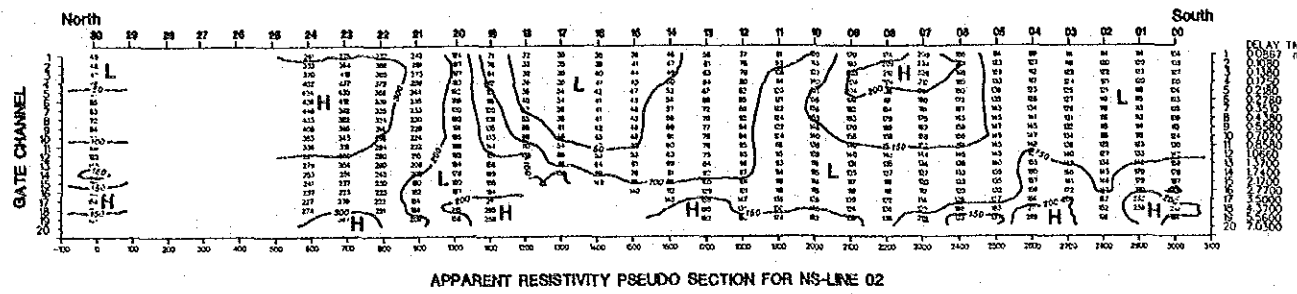
20
50
100
150
200
300
500
Resistivity contours
(ohm-m)

H High Resistivity Zones

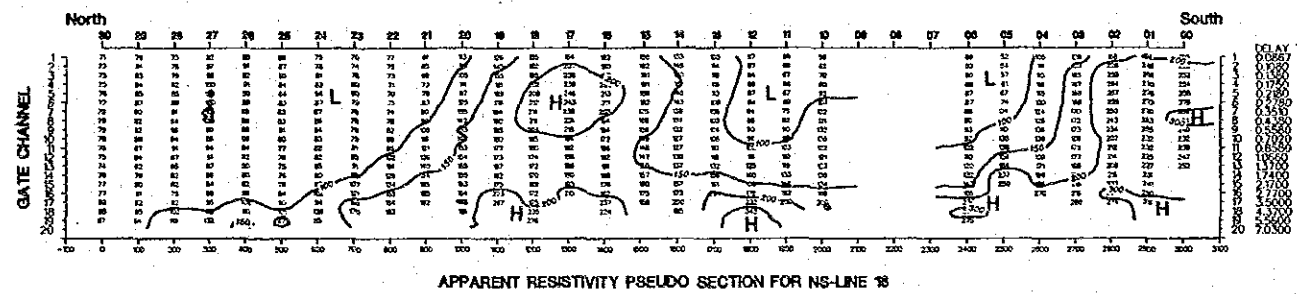
L Low Resistivity Zones

Fig. II-3-6 Apparent resistivity pseudo-map (t=1.06msec)

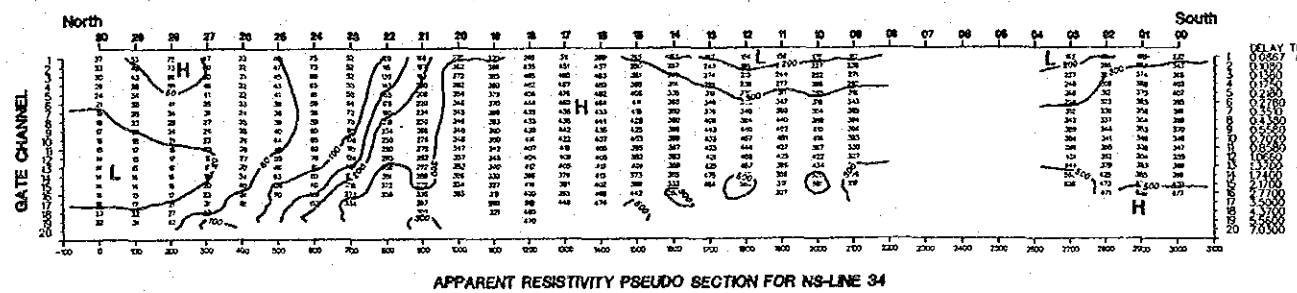
(a)



(b)



(c)



LEGEND

15 Station Number
 ┌ Topography

20
 50
 100
 150
 200
 300
 500

Resistivity Contours
 ($\Omega \cdot m$)

H High Resistivity Zone
 L Low Resistivity Zone

Fig. II-3-7 Apparent resistivity pseudo-sections for NS lines 02, 18 and 34

3-3-4 比抵抗構造

1) イメージング

イメージングとインバージョン結果の比較 (Fig. II-3-8)

本調査では、全測点データをイメージングにより比抵抗構造へ変換したが、イメージングの有効性を検証するため、インバージョン法による解析結果と比較した。

Fig. II-3-8は、測線18の測定データをイメージング法とインバージョン法により解析した結果を比較したものである。比抵抗構造の形状については特に高比抵抗部についてはよく一致している。インバージョンによる測線中央部の第3層の低比抵抗はイメージングの結果では測点11・12付近から北側に傾斜する比抵抗部として捕捉されている。測線北側の第3層低比抵抗部はイメージングでは検出されていない。イメージングは比抵抗構造が「高」から「低」に変化する場合は低比抵抗部を比較的よく検出できるもの、北側で低比抵抗層が捕捉されていないのは第2層と第3層の比抵抗コントラストが中央部に比べて少ないからと考えられる。また本地域のように比較的地質構造が水平方向に変化がある場合、1次元インバージョンで得られた解には十分注意が必要と考えられる。以上を総合すれば、イメージングの結果は層構造断面にある種の空間フィルターをかけたような映像を提供すると考えられる。

イメージングにより得られた結果を用いて1,150・1,100・1,050・1,000 m準平面図を作成した (PL. II-3-8 ~ 11)。Fig. II-3-9~12は各々1,150・1,100・1,050・1,000 mの比抵抗平面図である。

比抵抗イメージング平面図 (1,150 m準, Fig. II-3-9)

本平面図は概ね地下50m程度の比抵抗値を示す。南東部の200~300ohm-m以上の高比抵抗部が見られる。これは石灰岩・緑色片岩・砂岩分布域に相当する。また、中央部を北東-南西方向に延びる150ohm-m以上の高比抵抗部が顕著である。その南側にほぼ平行して100ohm-m以下の低比抵抗部が捕捉されている。これは本調査地域のほぼ中央を東北東に延びる断層及び(オロンオポート断層)その西南西延長部に一致している。なお、上述の東部高比抵抗部から北-北西方向に向け比抵抗が急に低くなる箇所があるが、ここはオロンオポート断層にほぼ一致する。

調査域北部では50~100ohm-m程度の均質な比抵抗値を示す。その東側の平野部において50ohm-m以下の広域の低比抵抗部が見られる。その中央部では10ohm-m程度の低比抵抗値を示し、調査地域外へも連続する傾向が見られる。

調査域北西部では北西に向かうに従い、比抵抗値が高くなる。同じく北西部には50ohm-m以下の低比抵抗帯が北東-南西方向に延びている。これは調査域西端部でワジと一致す

るが、北部においてはその位置は400m以上離れ一致しない。

比抵抗イメージング平面図 (1,100 m準, Fig. 11-3-10)

本図は大局的に1,150m準平面と一致している。中央部の断層に平行した高比抵抗帯は比抵抗値の変化はややなだらかになるものの、連続性はより鮮明になっている。

北部の均一な概ね100 ohm-m以下の比抵抗値を呈する地域はさらに広がっており、緑色片岩及び砂岩の分布域に相当する。

北東部の500 ohm-m以下の低比抵抗部はやや範囲が狭くなるものの、依然として東西600m以上の広がりを持っている。

北西部では石灰岩の分布域に一致して高比抵抗部が捕捉されている。

比抵抗イメージング平面図 (1,050 m準, Fig. 11-3-11)

本図では1,150m準平面に見られた調査地域中央部の断層に沿った低比抵抗帯が200 ohm-m以上の高比抵抗帯に変化するのが特徴である。また断層の北側の断層と平行した高比抵抗帯はその形状はぼんやりしたものとなる。

調査域東・南・北西部の石灰岩・緑色片岩・砂岩分布域では地表部ほど顕著ではないものの、250 ohm-m以上の高比抵抗を呈する。

北東部の低比抵抗部はその南の緑色片岩分布域から樹枝状に高比抵抗部が伸び、その形状は複雑に変化している。

比抵抗イメージング平面図 (1,000 m準, Fig. 11-3-12)

本図では200 ohm-m以上の比抵抗の地域が広がってくる。地域中北部には東西方向に延びた200 ohm-m以下の比抵抗をもつ地域が見られる。

中央部のほぼ断層に沿った地域では300 ohm-m以上の高比抵抗帯が連続している。

また、500 ohm-m以上の高比抵抗域は深度が増すにつれて狭くなり、本図では東端部の一部の石灰岩分布域に限られ、全体的な比抵抗コントラストも低下する。

全測線につきイメージングによる比抵抗断面図を作成した(Pl. 11-3-12~14)。測線02・18・24・34の比抵抗断面図をFig. 11-3-13に示す。また、Fig. 11-3-2に示した調査地域中央部のツァガントルゴイ周辺の比抵抗断面図をFig. 11-3-14に示す。

比抵抗イメージング断面図 (測線02, Fig. 11-3-13(a))

本断面中央部には20~50ohm-mの低比抵抗部が広く分布し、一部では20ohm-m以下の比抵抗を示す。これらは本断面ではほぼワジの位置に対応する。これより北側(測点21~24)では砂岩・緑色片岩分布域で地下500m以深まで200ohm-m以上の高比抵抗を呈する。本測線南側では頁岩及び安山岩の分布する小丘(測点07~09)で地下100m付近まで200ohm-m以上の高比抵抗を示す。この高比抵抗帯は、北東方向に調査地域中央部まで連続する。

比抵抗イメージング断面図 (測線18, Fig. 11-3-13(b))

本断面は、ツァガートルゴイの地表露出した石英脈(測点14付近)を南北に切るものである。本断面の高比抵抗部の中心は石英脈の地表露出部よりも300mほど北側(測点17)にあり、調査地南西部から北東方向に連続する高比抵抗帯を形成する。

測点11・12付近の50~100ohm-mの低比抵抗部はオロンオボート断層に一致している。この低比抵抗帯は断層に沿って南西方向に連続する。また、この低比抵抗帯は地表下100m程度までで、それ以深は急速に比抵抗が増加し、地表下150m以下では周辺部より比抵抗が高くなる。さらにこの低比抵抗帯は北側-北西側へ傾斜しており、この傾向は測線16~24まで見られる(Pl. 11-3-13)。

測点05付近の低比抵抗部はワジに一致している。

測点22以北の緑色片岩分布域では比抵抗構造は均質なものとなり、比抵抗は50~100ohm-mである。

測点06以南の比抵抗構造は80~1,000ohm-mの非常に変化に富んだ複雑な比抵抗構造を呈する。この内、200ohm-m以下の比抵抗層が45度近い急角度で南方へ傾斜している。

比抵抗イメージング断面図 (測線24, Fig. 11-3-13(c))

本断面は、オロンオボート断層が地表に露出している部分を南北に切るものである。地表踏査から断層は測点14付近を測線に対してほぼ45度の角度で北東-南西方向に走ることが確認されている。断層近傍の測点12~14の地表直下では100ohm-m以下の低比抵抗帯が捕捉されている。測線18でも指摘された断層部の低比抵抗帯と北方方向への傾斜が見られ、また本測線では低比抵抗帯の深部で比抵抗が急増する傾向がより明瞭に捉えられている。

測線北部の泥質片岩の分布域では測線18と同様50~100ohm-mの比抵抗変化の少ない構造を呈している。この中で、測点23・24の地表部には50ohm-m以下の低比抵抗部が見られ、この低比抵抗部は測線26にも連続する。

測線南部の砂岩・頁岩分布域では200ohm-m前後の比抵抗層が南方へ傾斜する傾向がみられる。

比抵抗イメージング断面図（測線34, Fig. 11-3-13(d)）

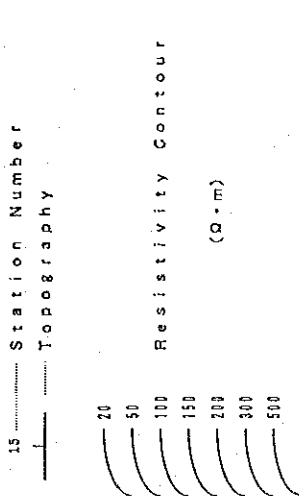
本断面では、測点23・24を境に南北で構造が大きく異なる。南側では、緑色片岩・石灰岩が分布しており、400m以深まで高比抵抗で一定している。北側の平野部では急激に比抵抗が低下し、50ohm-m 低比抵抗部が広範囲に分布している。さらに、測点27～30では20ohm-m 以下の低比抵抗部があり、北方に向けて広がる傾向がある。この低比抵抗部は測線28～40にかけて広く捕捉されている（PL. 11-3-13・14）。

比抵抗イメージング断面図（ツァガーントルゴイ, Fig. 11-3-14(a), (b), (c)）

本図は測線18を中心とした南北3断面である。ここでは、3断面ともに測点13直下にはほぼ垂直に幅70m 程度の高比抵抗の脈状構造が捕捉された。また、この高比抵抗部は西側で明瞭である。この付近は大局的には、南から北に向けて100～150ohm-mの比抵抗帯が落ち込む形状を呈する。

地表では測点14付近に石英脈が東西方向に露出するが、本調査では捕捉されていない。

LEGEND



H High Resistivity Zone
 L Low Resistivity Zone

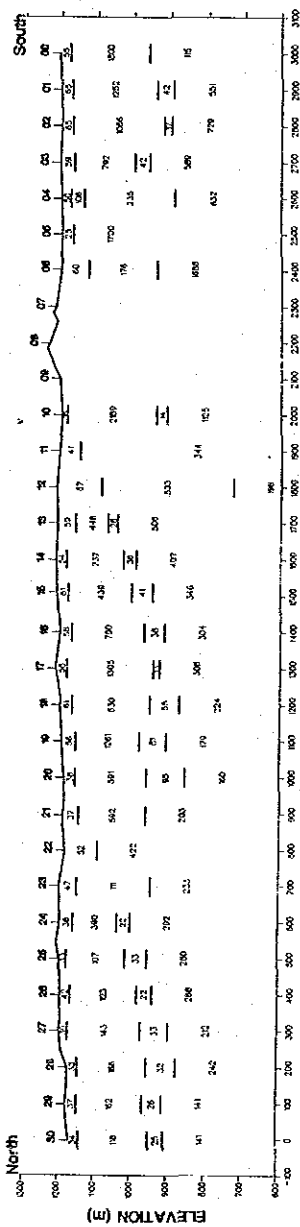
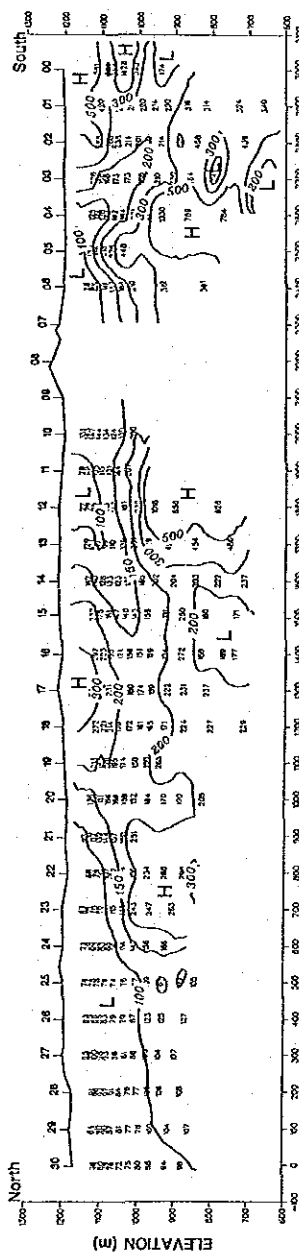
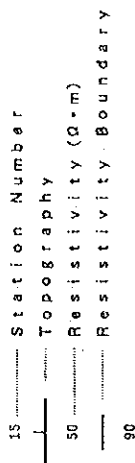


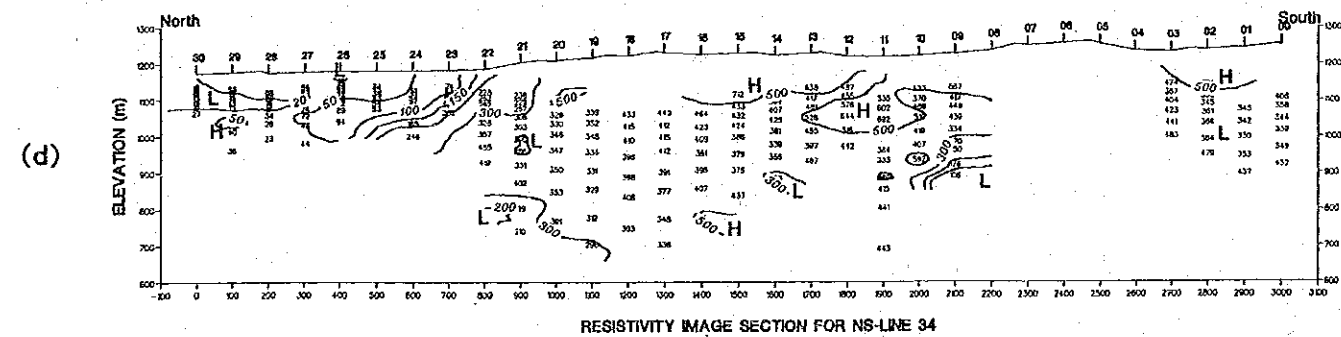
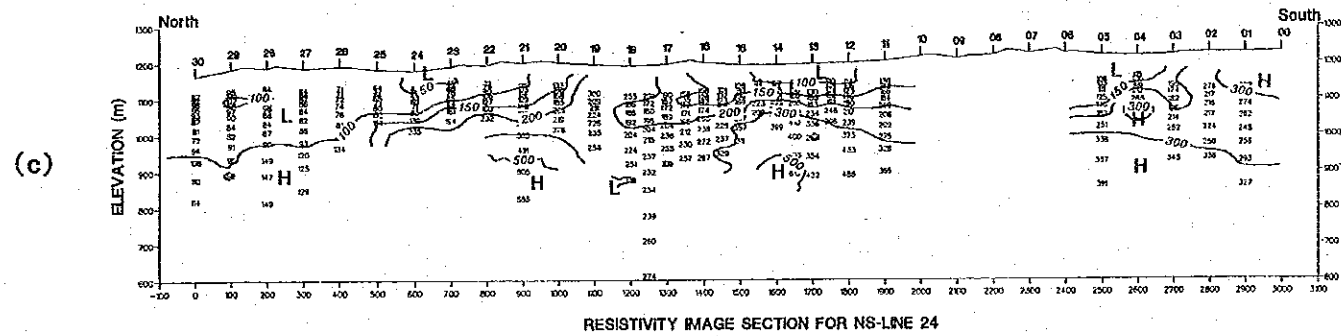
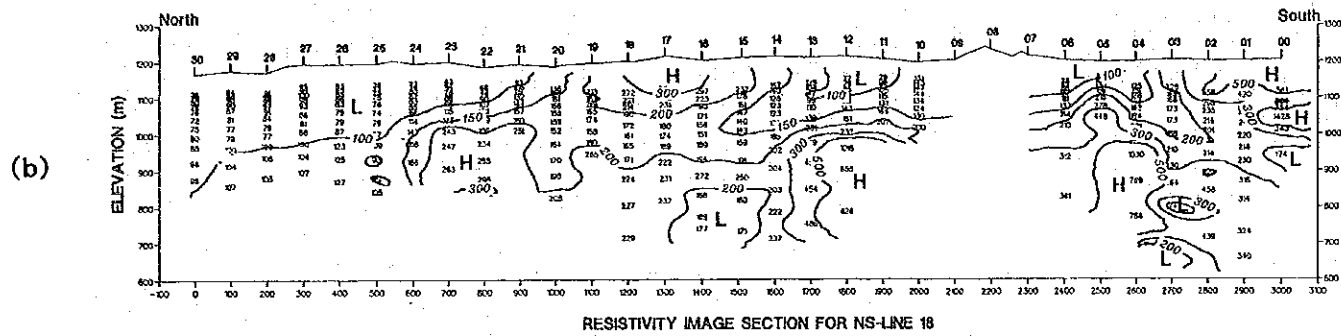
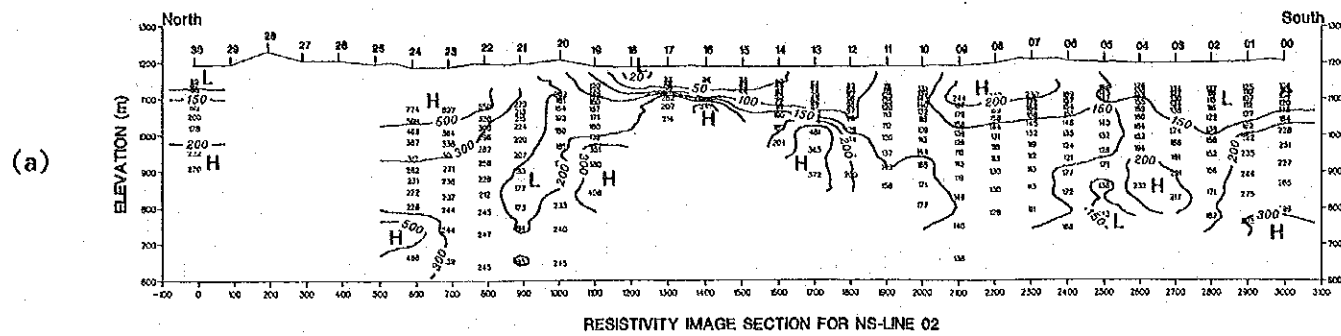
Fig. II-3-8 Comparison of imaging and inversion results for NS line 18



LEGEND

- Stations
- Resistivity contours (ohm-m)
- High Resistivity Zones
- Low Resistivity Zones

Fig. II-3-11 Resistivity image at the 1050m level



LEGEND

15 Station Number
 ——— Topography

20
 50
 100
 150
 200
 300
 500

Resistivity Contours
 ($\Omega \cdot m$)

H High Resistivity Zone
 L Low Resistivity Zone

Fig. II-3-13 Resistivity image sections for NS lines 02, 18, 24, and 34

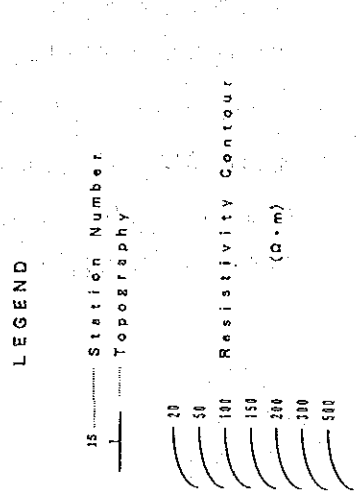
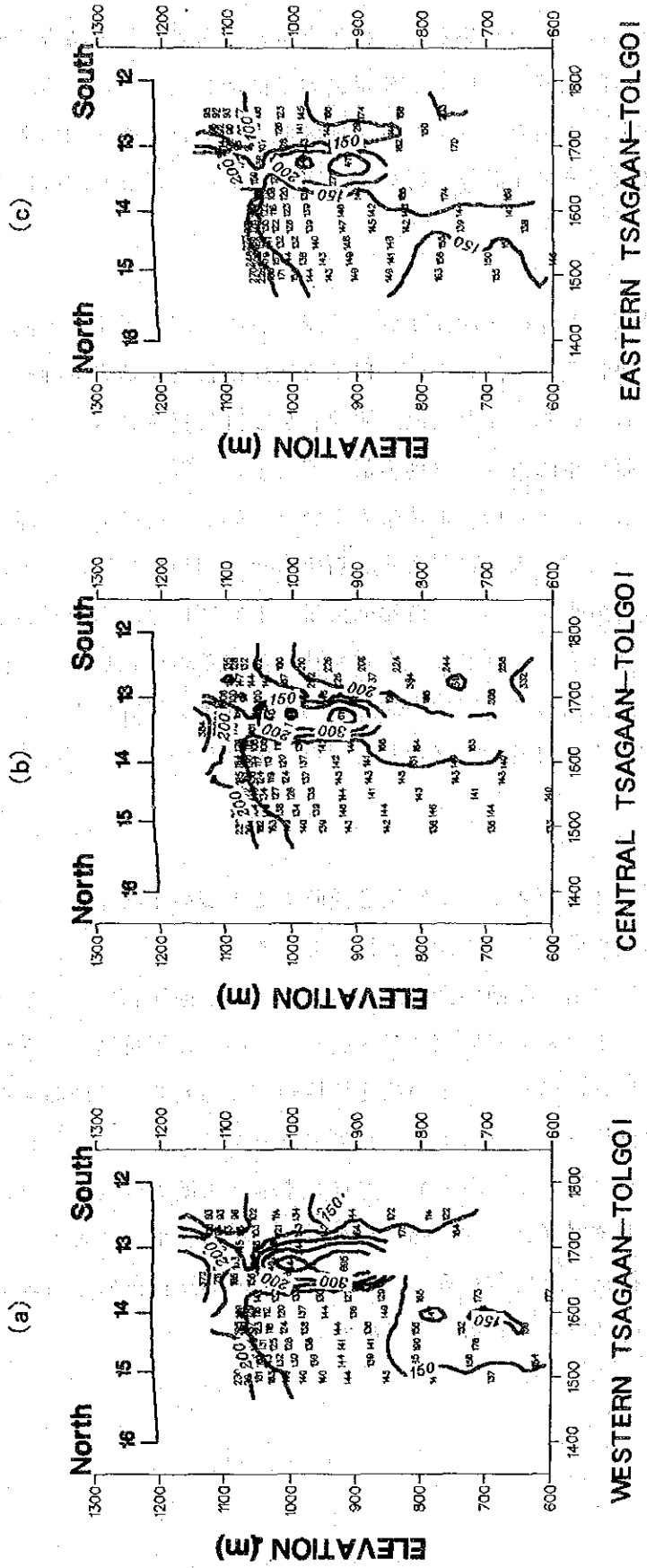


Fig. II-3-14 Resistivity image sections of the Tsagaan Tolgoi area

2) 1次元インバージョン計算

イメージング処理により得られた結果から、探鉱上重要と考えられる調査地域北東部及びオロンオポート断層周辺部地域についてより定量的な構造を把握するため、1次元インバージョンを行った。なお、ツァガーントルゴイ地区については2次元構造変化が大きいと考えられるため、2次元モデル計算を行い、1次元インバージョン解析による検討は行わなかった。

調査地域北東部

Fig. 11-3-15 は調査地域北東部の1次元インバージョンの結果を示す。本低比抵抗帯の中心部は、南北測線30~38に見られ、10ohm-m以下の低比抵抗帯が地表下50~90mに10~100m程度の厚さで捕捉されている。また、南北測線30及び38に見られるように、これらの10ohm-m以下の低比抵抗帯は東西方向には地表部へ連続する。さらに、北方には若干浅くなる傾向を呈している。また、この低比抵抗帯の下層は100ohm-m前後で、北部一帯の地表付近に見られた砂岩類を主とするように見える。石灰岩及び緑色片岩層は、上述の低比抵抗帯の南限を境するように分布しており、低比抵抗帯の下層部には、石灰岩層と見られる高比抵抗帯は見られず、あってもかなり深いと考えられる。この低比抵抗帯は概ね石英安山岩分布域に相当するが、Fig. 11-3-15中の測点3029・3030・3629等のように10ohm-m以下の低比抵抗層と石英安山岩露岩域とは必ずしも一致していない。

オロンオポート断層

Fig. 11-3-16(a)・(b)はオロンオポート断層を横断する地域の1次元インバージョンの結果を示す。本断面では測点間隔50mで測定を行っている。

Fig. 11-3-16(a)は測線22に沿った断面図で、オロンオポート断層は中央やや南側に位置する。断層近傍には400m以上の幅で表層部に20~90ohm-mの低比抵抗層が見られ、その下部(地表下50~140m)には400ohm-m以上の高比抵抗層が見られる。この高比抵抗値と周辺の比抵抗基盤層との比抵抗コントラストは1.6倍以上である。

Fig. 11-3-16(b)は測線24に沿った断面図で、オロンオポート断層は測点2414付近にある。断層近傍では表層に低比抵抗層(20~50ohm-m)があり、その下部(地表下20~100m以下)には400ohm-m以上の高比抵抗層が見られる。この断層近傍の高比抵抗値と周辺部の比抵抗基盤層との比抵抗コントラストは1.4倍以上である。

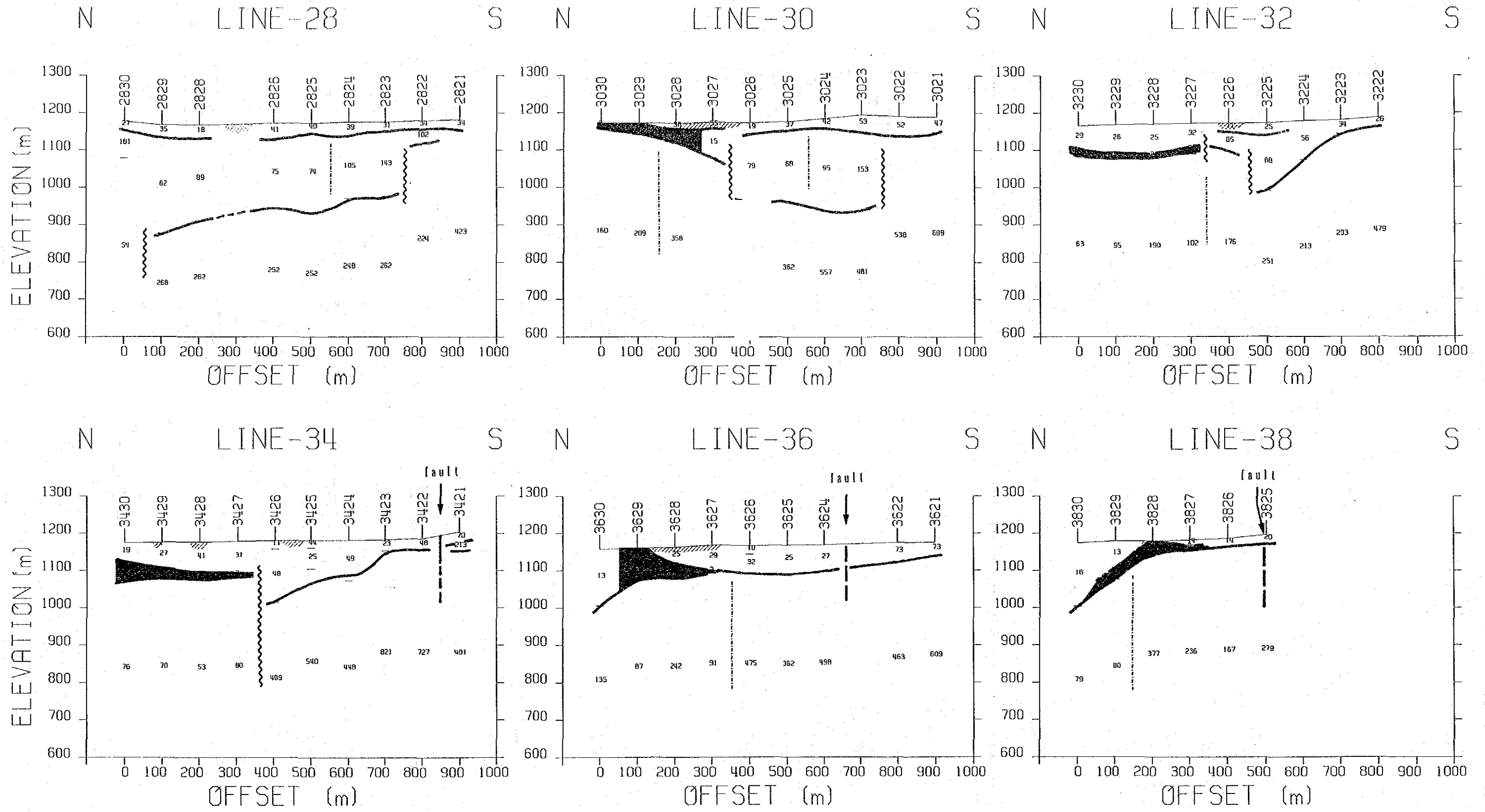
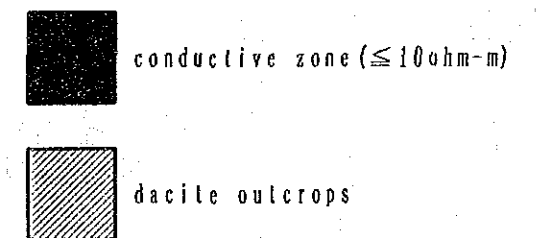
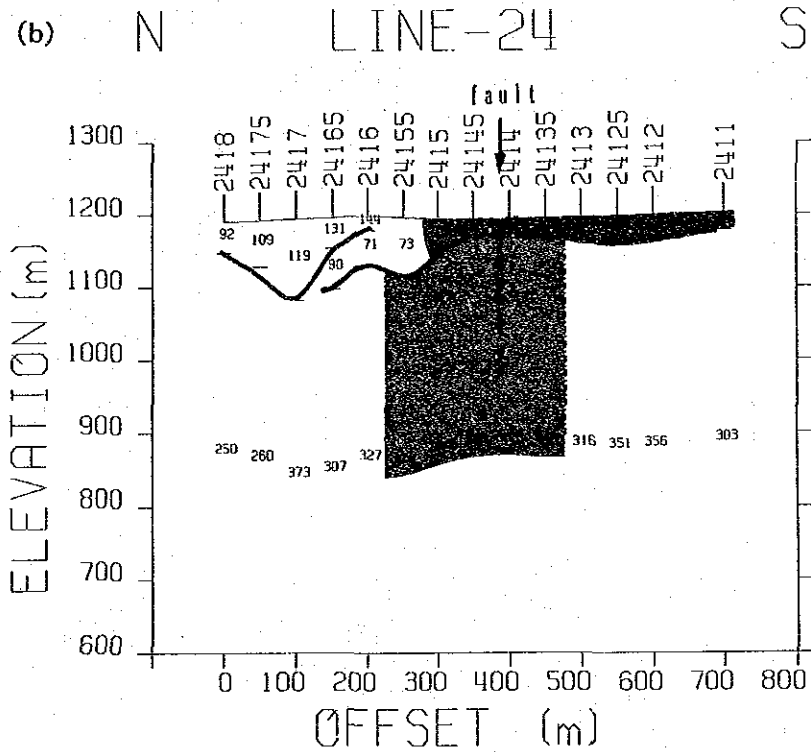
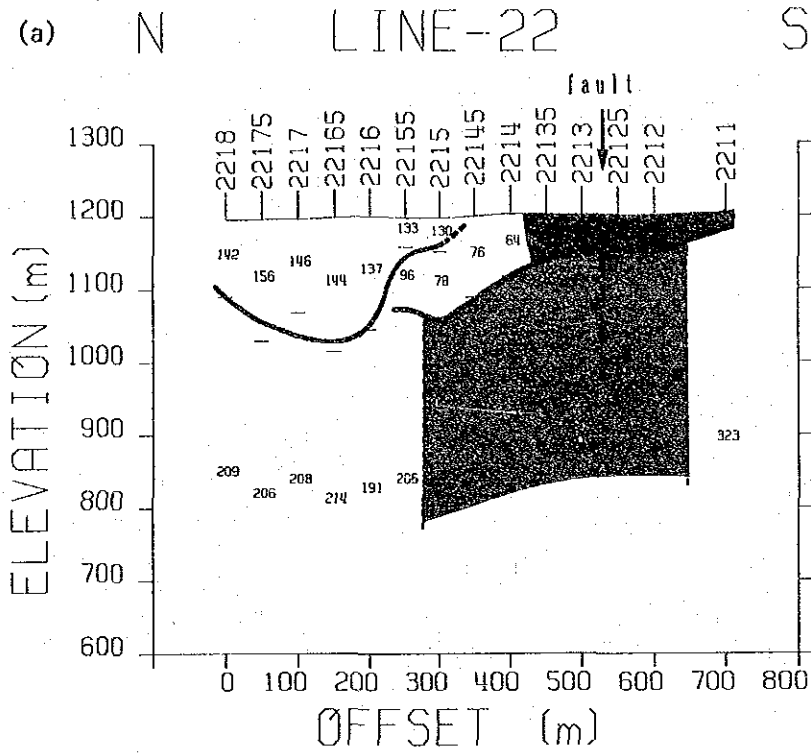


Fig. II-3-15 Resistivity sections of the northeastern survey area







 conductive zone
 resistive zone

Fig. 11-3-16 Resistivity sections of NS lines 22 and 24 around the Olon Ovoot fault

3) 2次元モデル計算

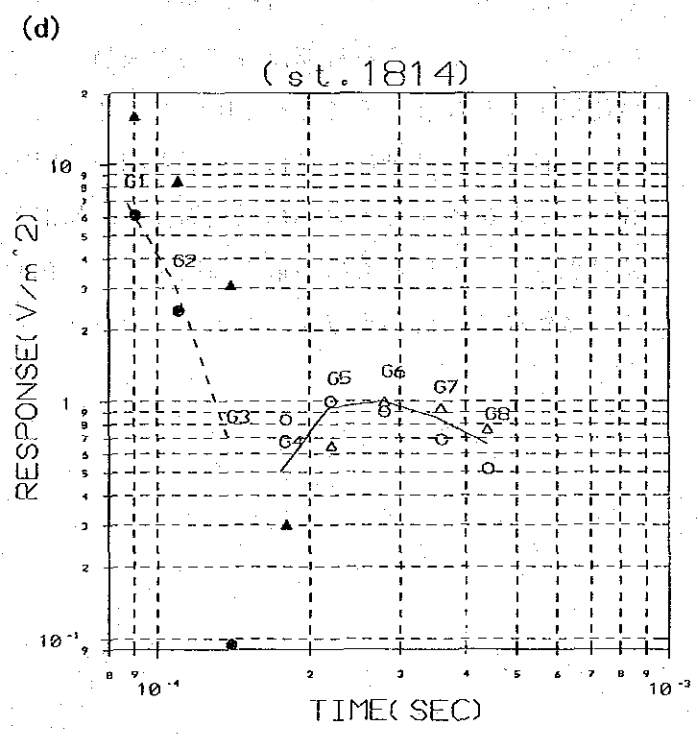
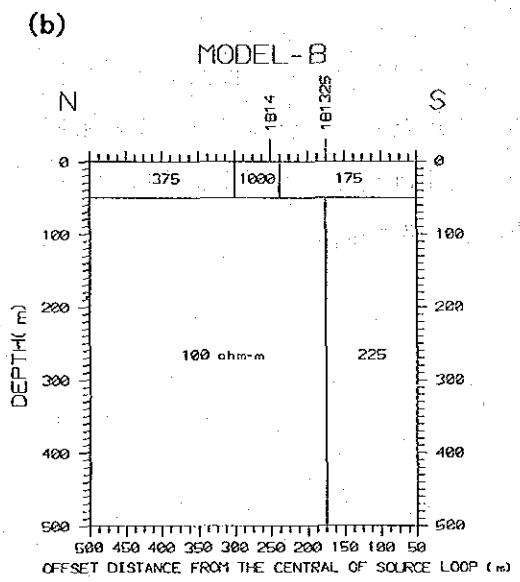
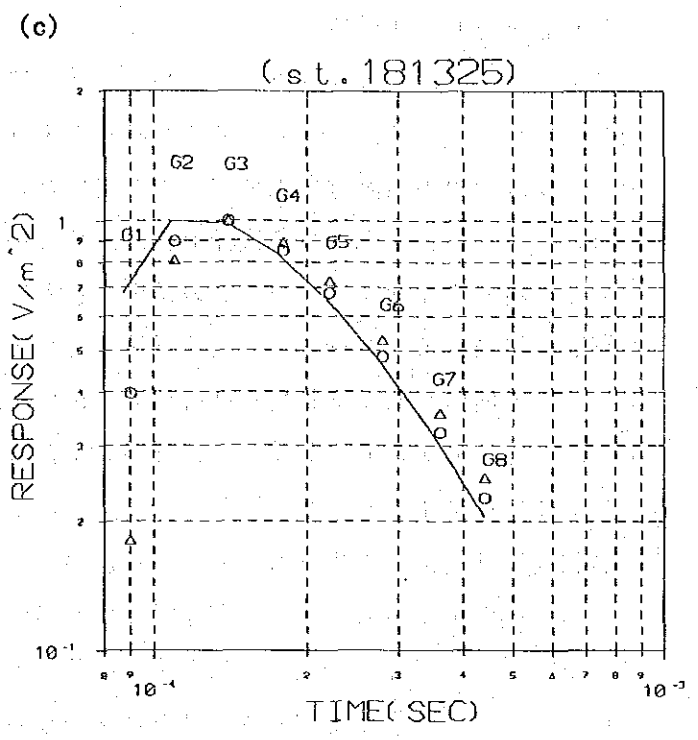
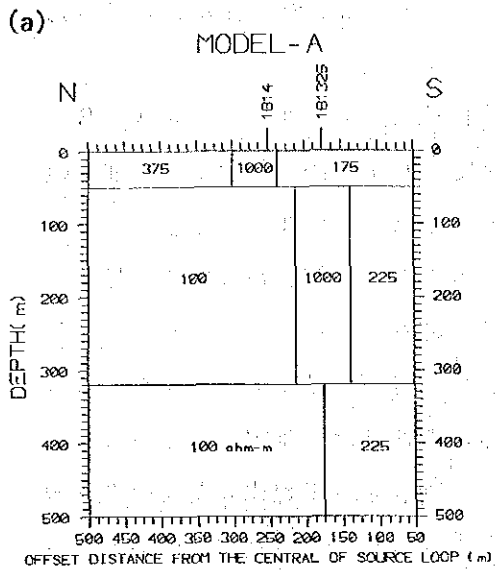
イメージングによりツァガートルゴイにて捕捉された脈状高比抵抗部の検証及び定量的精度を高めるため、2次元のモデル計算を実施した。モデル計算には、測線18に沿ったチューラム配置の精査測定点のデータを用いた。

Fig. 11-3-17(a)・(b)は2次元モデル計算に用いた比抵抗構造モデル(モデルA・B)である。両モデル共イメージングの結果を参考にして設定したが、測点1814下には地表の石英脈に相当する1,000ohm-mの高比抵抗体を与えてある。また、モデルAにはイメージングによって抽出された脈状高比抵抗部を50mの深度に75mの中で、270 mの厚さで与えてある。一方、モデルBは脈状高比抵抗部を持たないものである。

モデル計算結果をFig. 11-3-17(c)・(d)に示す。Fig. 11-3-17(c)はイメージングによって脈状高比抵抗部が抽出された測点181325のものである。ここでは、測定点で得られたPROTEM57(C)の第1～8ゲートの測定電圧値を最大電圧値で割って、正規化したものを実線で示してある。Fig. 11-3-17(d)は近傍に石英脈の地表露出部のある測点1814の結果である。

Fig. 11-3-17(c)ではモデルAの計算結果のうち、特に脈状高比抵抗部の情報を含んでいると考えられる第3ゲート以後の一致度が高い。第1・2ゲートの測定値はモデル計算値に比べ大きい。これは測点181325の表層近くに与えた表層比抵抗値(175ohm-m)より低い比抵抗体が存在することを示唆している。

Fig. 11-3-17(d)では、送信ループと測点の距離がFig. 11-3-17(c)に比べ離れるため、第3ゲートと第4ゲートの間に電圧極性の反転部がある。そのため、モデル計算による電圧値は正(+)の極性を持つ最大電圧値で正規化している。本測定点のモデル計算値についても脈状高比抵抗部を与えたモデルAの方が測定値との一致度が高い。



- observed response curve (+)
- - - observed response curve (-)
- MODEL-A positive value
- MODEL-A negative value
- △ MODEL-B positive value
- ▲ MODEL-B negative value

Fig. II-3-17 2D-modeling of the Tsagaan Tolgoi area

3-4 考察

本調査ではオロンオポート鉱床を中心とする地域においてTEM調査を行い、イメージング及び1次元インバージョンにより、その構造を求めた。以下には本調査で明らかになった結果について考察する。

イメージングと1次元インバージョン

南北測線18のイメージング結果を1次元インバージョンの結果と比較すると、比抵抗構造が水平方向に変化が大きい場合、処理結果表示の簡易性から特にイメージングで得られた断面図は実際の比抵抗構造を歪めることなく表示できると考える。また、通常の1次元層構造モデルを仮定する1次元インバージョンに比べ、3次元不均質構造による効果を受けにくい(Pellerin and Hohmann, 1990)。しかし、より定量的解析をするためにはインバージョンの結果が参考になると考える。本調査では広域的な低比抵抗構造の捉えられた北東部(測線28~38)及びオロンオポート断層沿い(測線22・24)につき、捕捉された低比抵抗帯周辺域のインバージョンを行ったが、その他の測定データは全てイメージングによる解析を行った。なお、ここではインバージョンの初期モデルとしてイメージングの結果を参考にしたが、これにより迅速に最適モデルを推定することができた。

本調査でイメージングによって得られた比抵抗値は数ohm-m~数百ohm-mであり、全体的に比抵抗コントラストは低い。得られた比抵抗構造からは、断層及びワジに沿った低比抵抗帯、石灰岩分布域での高比抵抗等大局的な地質構造と矛盾のない比抵抗マッピングが行えたと考える。

ツァーガントルゴイ

オロンオポート鉱床の石英脈地表露出部は、比抵抗構造的には南西-北東の走向を呈するオロンオポート断層に沿った低比抵抗帯とそれに平行する150ohm-m以上の高比抵抗帯の漸移部に位置する(Fig. 11-3-18 参照)。詳細にみると、ツァーガントルゴイはその高比抵抗部の南方突出部に相当する。この高比抵抗帯は石英脈を直接的に捕捉しているというより、シルル系砂岩類を中心とした地質構造を表しているものと考えられる。これはツァーガントルゴイ周辺の石英脈が今回使用したPROTEM57(C)のサンプリングレートで検出できるほど十分な深さ(50~100m以上)まで達していない、あるいは石英脈と石英脈周辺の鉱染部の高・低比抵抗が相殺されている可能性もある。ツァーガントルゴイで行ったチューラム配置による精査では測点181325(測点1813より25m北の測点)の直下にほぼ垂直に幅70m程度の200ohm-m以上の高比抵抗の脈状構造が捕捉された(Fig. 11-3-14)。また、この高比抵抗部は西側で明瞭である。二次元モデル計算の結果では測点181325の下に脈状高比

抵抗体 (1,000ohm-m) を含むモデルが測定値を満足する結果が得られている (Fig. II-3-17 参照)。これらは、石英脈をとらえているものと考えられる。

オロンオボート断層

1,150m及び1,100m準平面図 (Fig. II-3-9・10) で見られたオロンオボート断層に沿った50~100ohm-mの低比抵抗部は、断層沿いの熱水変質帯を捕捉している可能性がある。この低比抵抗部の北東延長部では断層に沿って地表下20~120m以深では400m以上の幅で400ohm-m以上の高比抵抗となり、周辺部と比べ2倍程度の比抵抗コントラストを呈する (Fig. II-3-16)。さらに、地表には変質帯も存在することから、この高比抵抗層は断層に沿った珪化帯を捕捉している可能性がある。また、断層南西部に沿った低比抵抗帯には測点1005付近に地下水位2mほどの井戸もあり、地形的に低平地でもあることから、本低比抵抗帯のうち南西部のものについては地下水脈の可能性も考えられる。

北東部の低比抵抗域

調査地域北東部の低比抵抗域は南北測線32~36を中心に南北400m、東西800m以上の範囲に広がり、さらに北方へ拡大する傾向がある (Fig. II-3-15)。インバージョンで求めた比抵抗はその中心部で10ohm-m以下で、部分的に5ohm-m以下となる。また、層厚は10~50mである。この低比抵抗層は中心部で最も深く、周辺で浅くなる傾向がある。本低比抵抗域は概ね石英安山岩分布域に相当し、サンプル比抵抗測定結果でも石英安山岩は本調査域の中では相対的に最も低比抵抗を示している。しかしながら、1次元インバージョンの結果 (Fig. II-3-16 参照) からは石英安山岩の露岩はむしろ表層に20~50ohm-mの比抵抗層が見られる所に分布する様に見え、10ohm-m以下の低比抵抗層と石英安山岩露出域は必ずしも一致しない。一方、この低比抵抗分布域では測量作業中に磁気異常が確認された地域でもある。これらから、本低比抵抗域は磁硫鉄鉱物類を捕捉している可能性がある。また、上記の低比抵抗帯から南西方向に向かう測点2624を中心とする小規模な低比抵抗帯は地質調査で捕捉された断層を示している可能性がある。

西部の北東-南西方向の低比抵抗部

調査地域西部の北東-南西方向の低比抵抗部 (Fig. II-3-18) は西端部ではワジとほぼ一致するが、北部では400m以上離れる。そのため、伏在断層を捕捉している可能性がある。

本調査で探鉱上注目される比抵抗異常域は次のとおりである。

- 1) ツァガーントルゴイの測点1813を中心とした地域（脈状高比抵抗異常）
- 2) 調査地域北東部の測線32～36を中心とした地域（広域的低比抵抗異常）
- 3) オロンオボート断層に沿った測点2413を中心とした地域（浅部：低比抵抗異常，深部：高比抵抗異常）

本調査では、ウルズィート地区オロンオボート鉱床区域において金鉱化に伴う変質帯の地下深部及び周辺への連続性の把握並びに鉱化帯と地下構造との関係を解明するためにTEM調査を行い、地質構造のマッピング及び鉱床に関連すると考えられる比抵抗異常域を抽出することができた。また、本地域周辺は植生の非常に少ない緩やかな地形を呈しており、送信ループの展開など、TEM調査の作業上適した場所と考えられ、今後の探鉱にも活用が期待される。

来年度はツァガーントルゴイ及びオロンオボート断層に沿った地域にて脈状構造抽出を目的とした3成分TEM調査（精査）を行う事が望ましいと考える。また、調査域北東部で捕捉された低比抵抗域を中心とした地域において低比抵抗部と鉱床の関連性を検証するためのボーリング調査を行うことが望ましい。

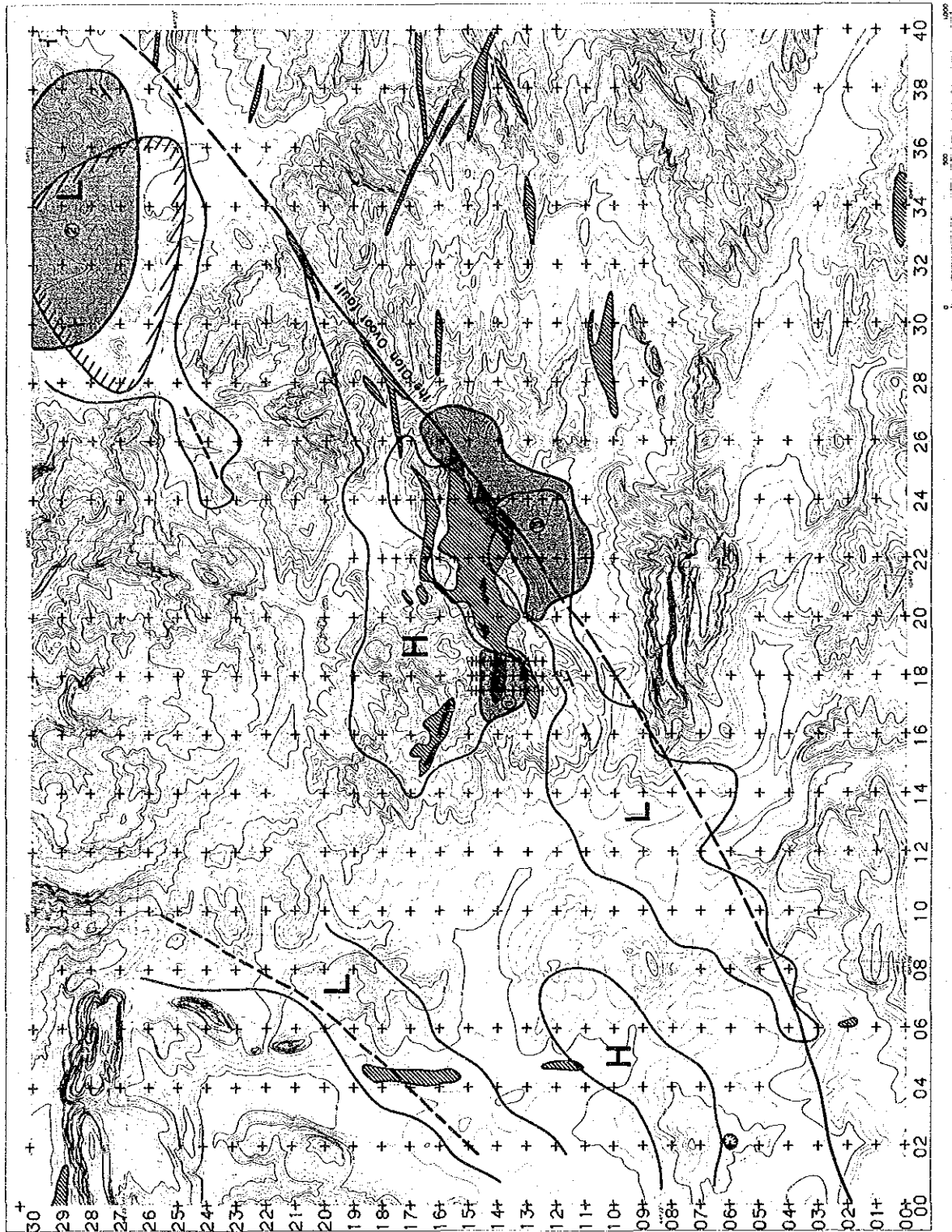


Fig. II-3-18 Map of geophysical interpretation

第4章 地化学探査

4-1 調査目的

オロンオボート鉱床の石英脈帯とその周辺の母岩の金鉱化の実態を解明し、鉱床の拡がり、連続性及び地表付近の概略の品位分布を把握することを目的とする。

4-2 調査方法

地化学探査は、オロンオボート鉱床周辺の面積 1 km^2 の範囲で実施した (Fig. II-4-1)。ベースキャンプは調査地域の南東5 kmに置いた。調査は原則として日本側技術者1名とモンゴル側技術者1名からなる班を編成し、調査測線を分担して作業を行った。

調査測線は、鉱脈の走向を勘案し、磁南北方向の測線を東西方向に10 m間隔で101本設定した。試料採取間隔は、原則として石英脈帯では2.5 m、変質帯では5~10 m、それ以外では20 m以上とした。踏査ルート長は、基準線測量を含め29.4 km、採取した試料数は2,076個である。地化学探査試料は、ポケットコンパスと間縄を用いた簡易測量により縮尺1/1,000でルートマップを作成しつつ採取した。

地化学探査試料採取に当たっては、必要に応じてピット掘りを行い、原地性の未風化岩を採取した。また、モンゴル側が実施したトレンチ及びボーリングのコアについても可能なものについてスケッチと試料の採取を行った。

鉱石及び鉱化の認められる岩石については、鉱石成分分析、研磨片による検討、流体包有物の均質化温度測定を実施した。また鉱化作用の時代を決定するため、石英脈中の白雲母と脈際変質帯のセリサイトについてK-Ar法による年代測定を実施した。

鉱石分析は、金及び銀の2成分について実施した。分析は、王水抽出原子吸光法で行い、乾式分析で検定を行った。検出限界は、Au: 0.1~600 ppm, Ag: 0.3~600 ppmとした。

地化学分析は、金及び銀の2成分について行った。分析は、ICP法で行い、検出限界は、Au: 1 ppb~10 ppm, Ag: 0.2 ppm~200 ppmとした。

4-3 調査結果

4-3-1 地質

地化学探査地域の地質は、シルル系とこれを貫く貫入岩類からなる (Fig. II-4-2)。

シルル系は、海成層起源の結晶片岩類からなり、地化学探査地域の大部分を占めて露出する。下位より、シルト岩、中~細粒砂岩及び緑色片岩からなる。本層は、オロンオボート鉱床付近でその走向をNW-SEからNE-SWに方向転換し、その東の端をNE-SW系のオロン

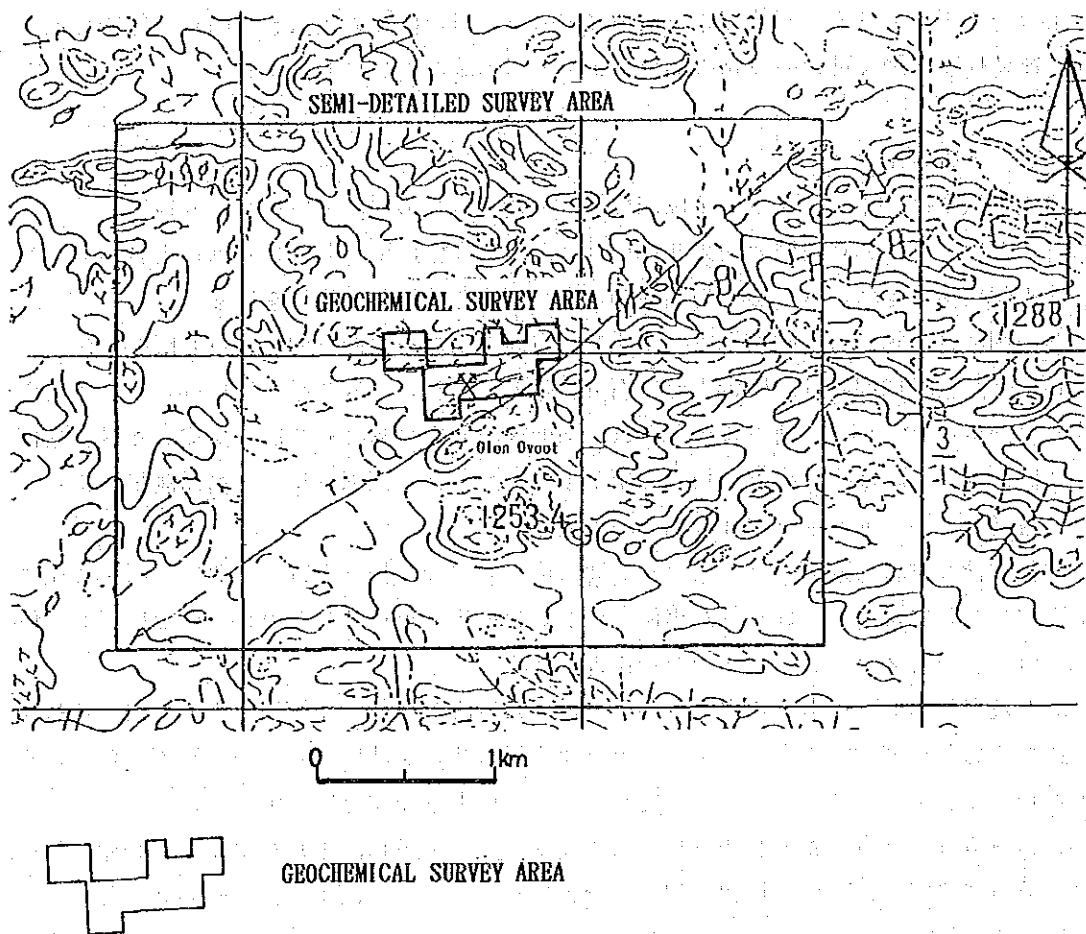
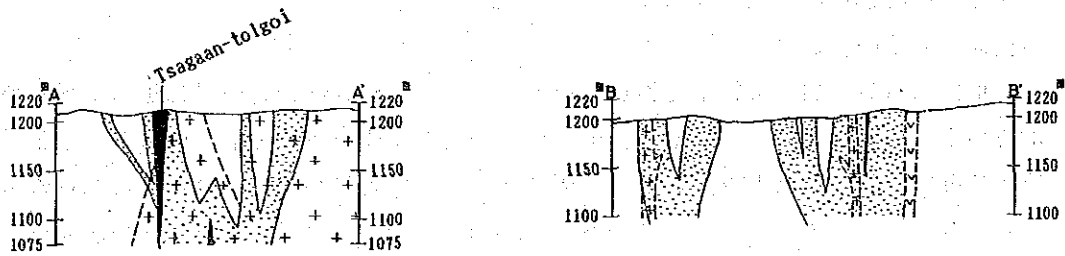
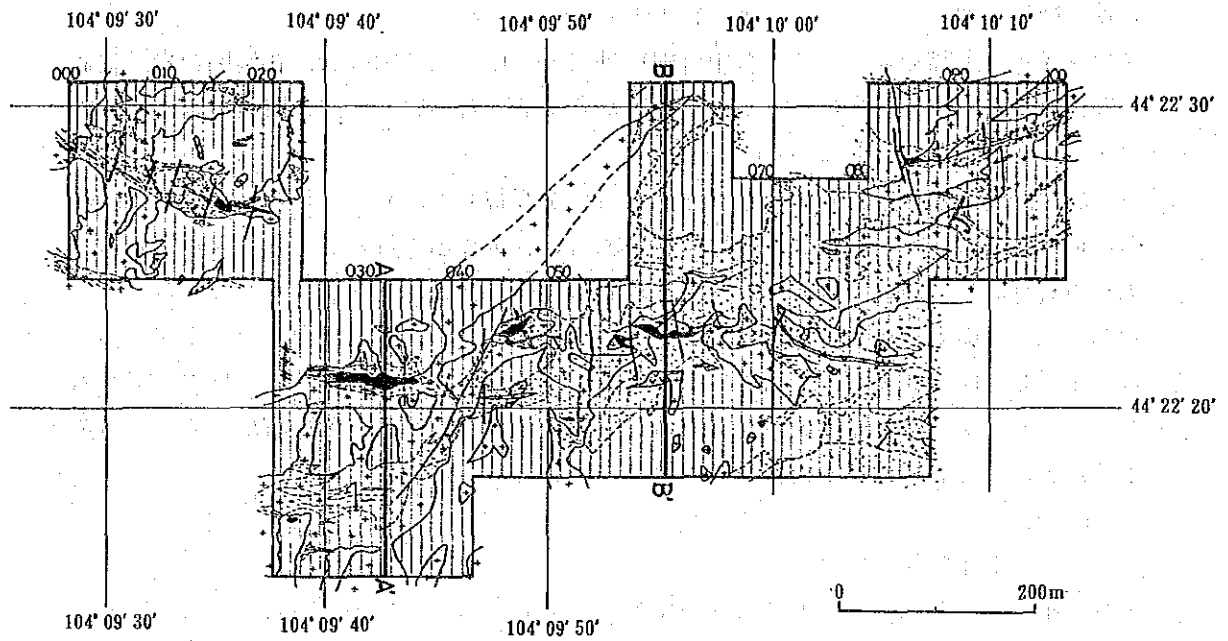


Fig. II-4- 1 Location map of the geochemical survey area



Legend

- quartz vein and quartz vein zone
- altered zone (pyritization and silicification)
- trachyte
- diorite, microdiorite, diorite porphyry
- sandstone, shale, phyllite, tuffaceous schist
- quaternary (dune sand, gravel)
- fault
- trench

Fig. I-4- 2 Geologic map of the geochemical survey area

オボート断層で切られている。

貫入岩は、中～細粒閃緑岩、中～細粒花崗閃緑岩、玄武岩質安山岩、玄武岩、粗面岩などからなる。閃緑岩や花崗閃緑岩は、地域全体に小貫入岩体として分布する。玄武岩質安山岩は、準精査地域の南西部に小貫入岩体として認められる。

オロンオボート鉱床は、シルル系中～細粒砂岩及び中～細粒閃緑岩、花崗閃緑岩、玄武岩質安山岩などの貫入岩を母岩とする石英脈からなる。石英脈の周辺と断層沿いには黄鉄鉱化・珪化変質帯が発達している。

石英脈は、最大幅20m×延長50～100mのものが6帯あり、オロンオボート断層の西側に弧状に配列している。石英脈帯の総延長は約1,000mに達する。このほかオロンオボート鉱床の石英脈の周辺には最大幅200mに達する珪化・黄鉄鉱化変質帯が発達する。

これらの石英脈の流体包有物の均質化温度は、オロンオボート鉱床の北部と東部で250℃以上を示し、オロンオボート鉱床の中心をなすTsagaan Tolgoi周辺では250℃以下であった。ツァガートルゴイの脈際変質帯のK-Ar年代は $301 \pm 15 \text{Ma}$ （石炭紀末）、石英脈中の白雲母のそれは $283 \pm 14 \text{Ma}$ （二疊紀の初め）であった。

4-3-2 地化学探査結果

金及び銀の2成分について累積頻度図を作成してしきい値を決定し（Fig. II-4-3）、各成分ごとに異常値分布図を作成した（Fig. II-4-4, II-4-5）。また、分析値について統計的な検討を行い各成分間の相関性について検討した（Table II-4-1）。

その結果は以下のとおりであった。

金：金は、石英脈周辺に特に濃集している。とくにTsagaan Tolgoiでは鉱石レベルの濃集が認められ、金品位3.3 g/tで1500m²の平面的な規模を有する。このほか、地化学探査地域の東西両側の石英脈や変質帯の一部にも金の濃集が認められた。これらのものを合計するとオロンオボート鉱床全体で約2,500m²（3.2 g/t Au）の鉱床面積が見込まれる。

銀：銀は全般に低濃度であった。オロンオボート鉱床の中心部及び変質帯などが異常値を示した。銀については経済的な価値は認められない。

分析結果から各成分相互間の相関性について検討した結果、金と銀の間には明瞭な相関性は認められなかった。また、地質図との対比において、母岩による系統的な違いも認められない。

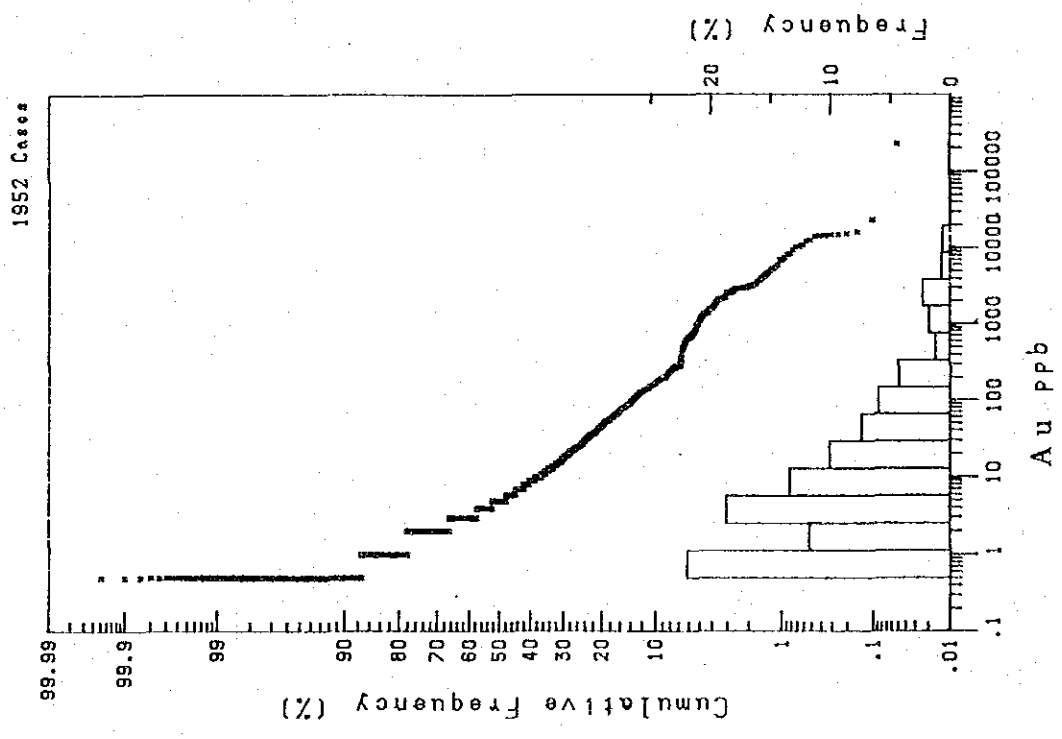
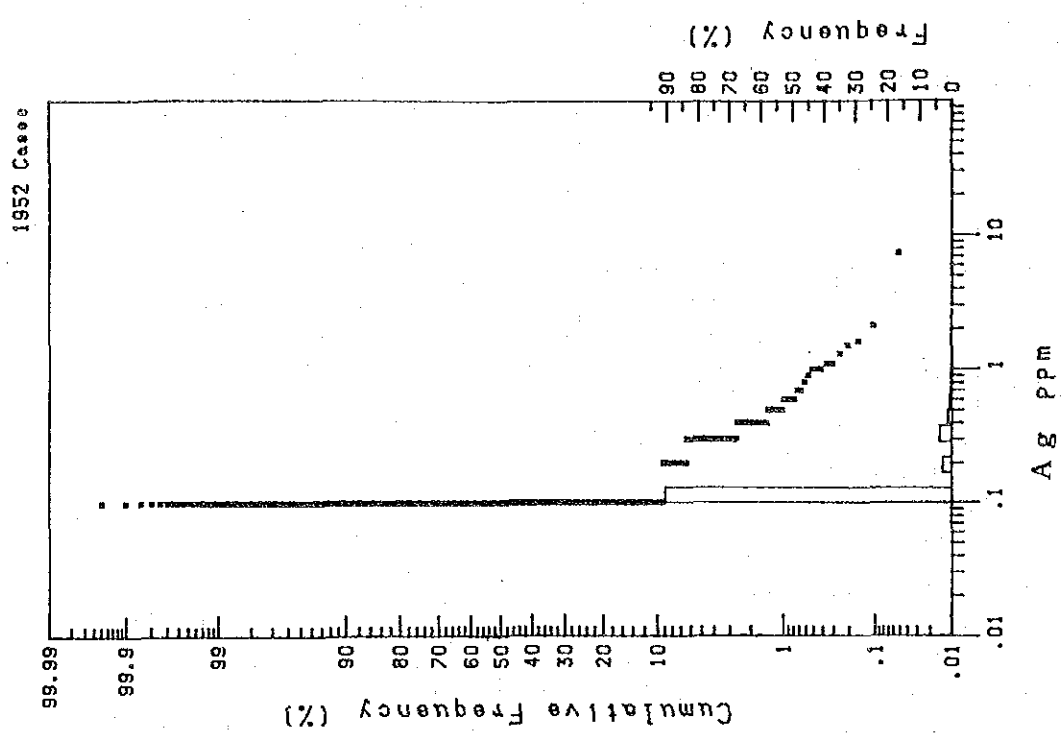


Fig. I-4-3 Cumulative frequency curves of assay results in geochemical survey area (Au, Ag)

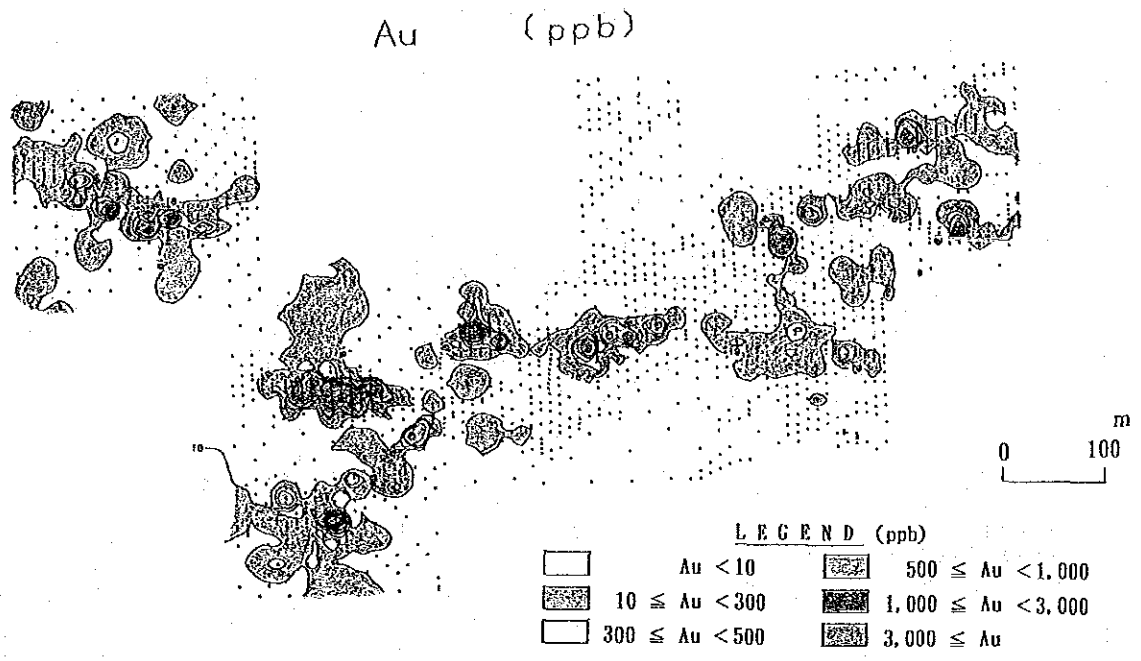


Fig. II-4- 4 Distribution of gold in the geochemical survey area

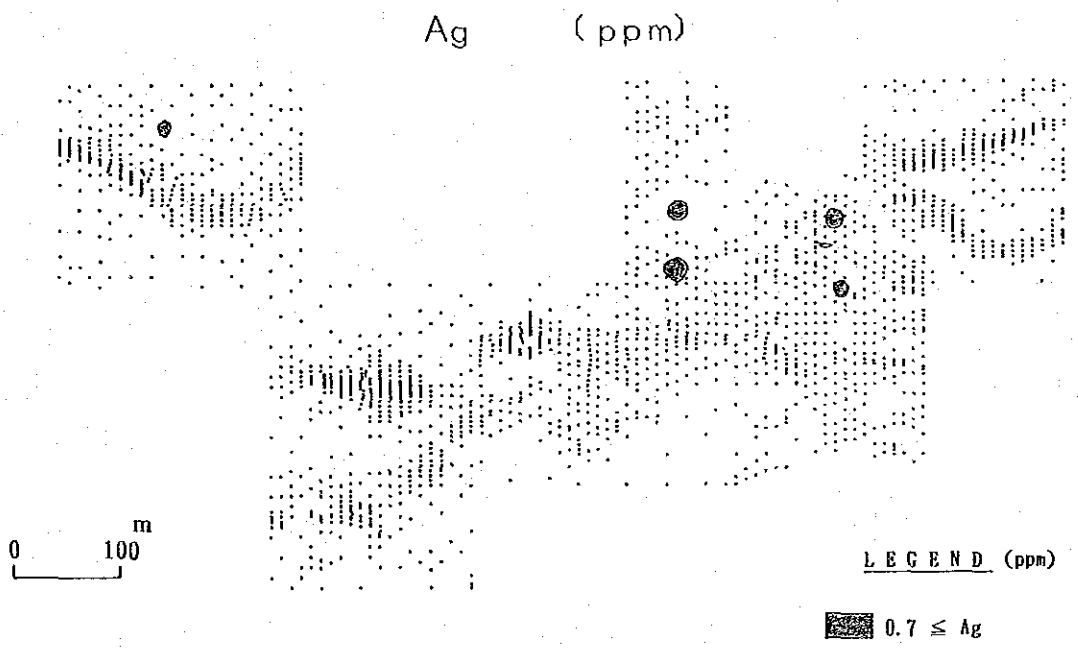


Fig. II-4- 5 Distribution of silver in the geochemical survey area

Table 1-4-1 Statistical numbers on gold and silver in the geochemical survey

	Au	Ag
試料数	1952	1952
最大値	223000	7.3
最小値	0	0.1
平均	365.13	0.13
Auとの相関係数	1	0.1658**

**：有意(有意水準=0.001)

4-4 考察

今回の地化学探査では最小試料採取間隔が鉍脈を横断する方向に 2.5m 以上であったため、オロンオポート鉍床の東西両側の幅が狭い石英脈については鉍画を設定するにはいたらなかったが、これらの部分でも点々と鉍石レベルの金品位が検出されており、よりきめ細かな調査によりさらに鉍床面積の増加が可能と考えられる。

また、オロンオポートの金は一般にかなり粗粒であり、まれに石英脈近傍の母岩中にも金を産出することから、地表付近で確認される金品位については二次富化作用の影響を考慮する必要がある。したがって、オロンオポート鉍床のポテンシャルを評価するためにはこの点に十分配慮しつつ深部及び側方への石英脈と金品位の連続性をきめ細かく確認する必要がある。

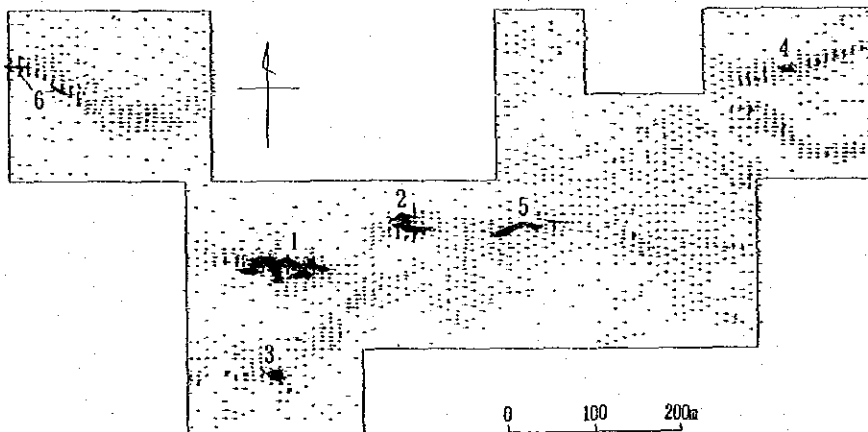
石英脈近傍の母岩中産出する金については、石英脈形成後の珪化黄鉄鉍化変質帯との関係にも注意を払う必要がある。

オロンオポート鉍床が銀に乏しいことについては、本鉍床の石英脈がベースメタルに乏しく、銀黒を伴わないことから、本質的な性格と考えて良いであろう。

Table I-4-2 Ore-blocks and ore-grade of the Olon Ovoot deposit

Block No.	Size (m ²)	Average grade (Au g/t)	Numbers of samples(pcs)	Note
1	1,500	3.3	60	Tsagaan Tolgoi(massive quartz ~quartz vein)
2	500	2.3	15	150 m west from Tsagaan Tolgoi(wide quartz vein)
3	140	7.3	5	130 m south from Tsagaan Tolgoi(qz v and host rock)
4	90	1.9	4	630 m northeast from Tsagaan Tolgoi (qz v)
5	250	2.0	3	280 m east from Tsagaan Tolgoi (wide qz v)
6	50	2.7	5	250 m ~330 m northwest from Tsagaan Tolgoi (qz v)
Total	2,530	3.2	92	

Note: Numbers in this table should be taken for "Potential" because of the number of the analysed samples are too few to evaluate gold deposit. Closer sampling is required to consolidate the workable area and the ore grade.



第5章 調査結果の総合検討

5-1 ウルジート地区の地質・鉱床モデルについて

これまでの調査結果、ウルジート地区の金鉱化作用は、少なくとも二畳紀の初期（オロンオポート、オンホ及びハルマクタイ北）と白亜紀（ソロゴイ）のものがあり、このほか石炭紀後期（オロンオポート）にもあった可能性がある。そこで、同一地域で重複して鉱化作用があったと考えられるものについてはこの様な点にも注意を払いつつ、地質状況、流体包有物の均質化温度、変質鉱物組み合わせなどのデータに基づいて、ウルジート地区の鉱床モデルを作成した（Fig. II-5-2）。

ここで、各鉱徴の位置は、現在それらの鉱徴の削剥レベルを示す。

各鉱徴の地質的・鉱床学的な性質は本モデルでおおむね矛盾無く説明でき、ソイリグ、ソロゴイ、ハルマクタイ北などの区域の鉱徴や、ツァガンウーラ西方、オンホ西部、オロンオポート北などの鉱徴は、潜頭金鉱床の探査対象として注目される。

一方、ソイリグ・ハルマクタイ北の2区域の鉱徴は、流体包有物の均質化温度データがきれいな正規分布を示すことから、ただ1度の鉱化作用により形成された可能性が高いと考えられる。これに対してオロンオポート、トグシヒ、ソロゴイ、の各区域の流体包有物の均質化温度は幾つものグループが認められ、鉱化作用の繰り返しの可能性が示された。また、ウルジート地区の石英脈や珪化岩には、鉱液が沸騰した証拠とされるHydro-fracturing現象が広く観察される。

ウルジート地区における金の濃集機構を考えると、一般に言われるように地下浅所での金の濃集を可能にする self-sealing effectや、鉱化作用の繰り返しの必要があるかもしれない。各鉱徴内部で金の濃集位置を特定するためにはさらに個別にデータを加え、より詳細な熱水流動モデルを完成させていく必要がある。

以上の知見に基づいて、ウルジート地区の主要な鉱徴について総合的なポテンシャル評価を行った。その結果、オロンオポート鉱床の他にソイリグ、ソロゴイ、ハルマクタイ北の各地域に高い得点を示す鉱徴が見出された（Table II-5-1）。

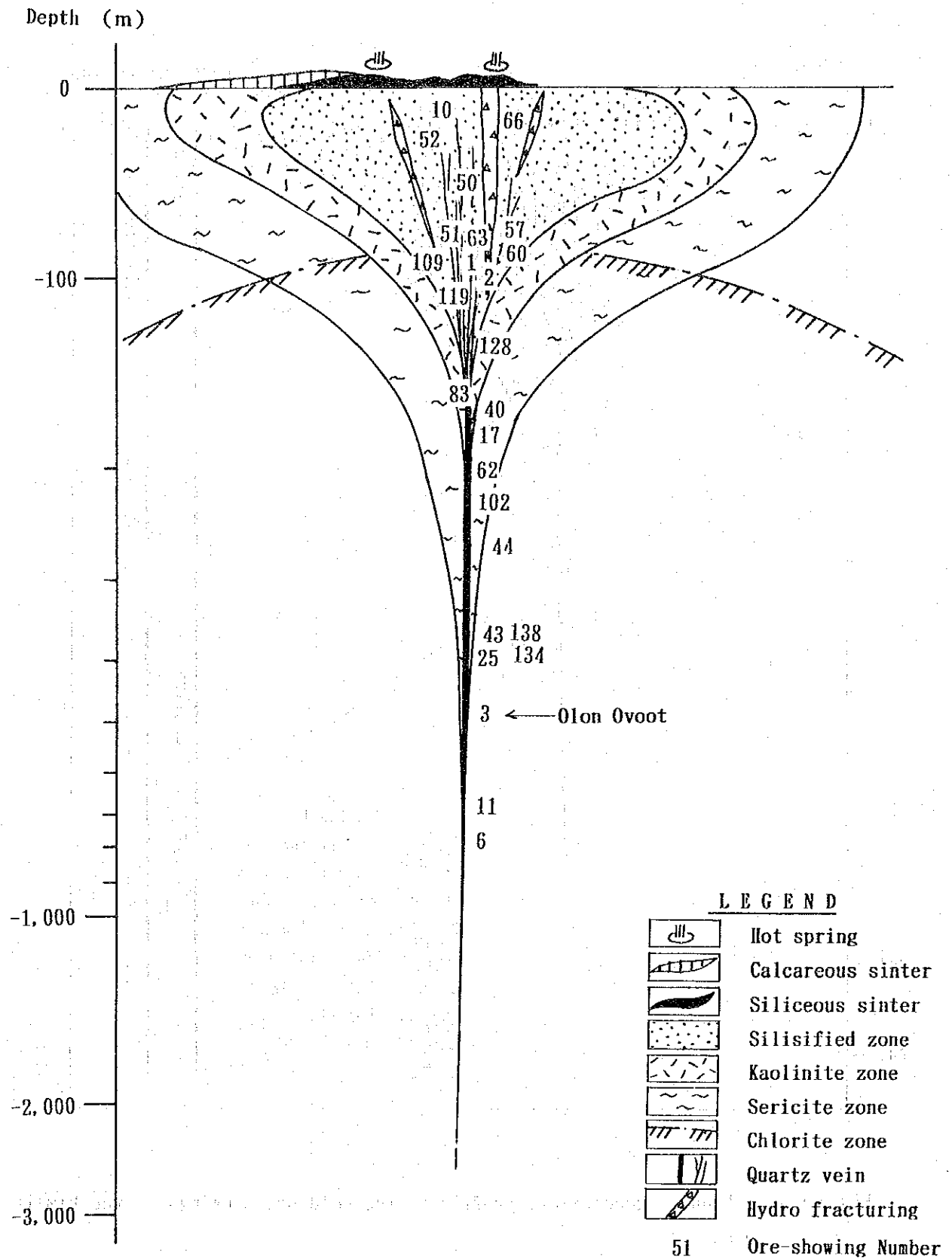


Fig. 1-5-1 Erosion levels of the ore-showings in the Ulziit area

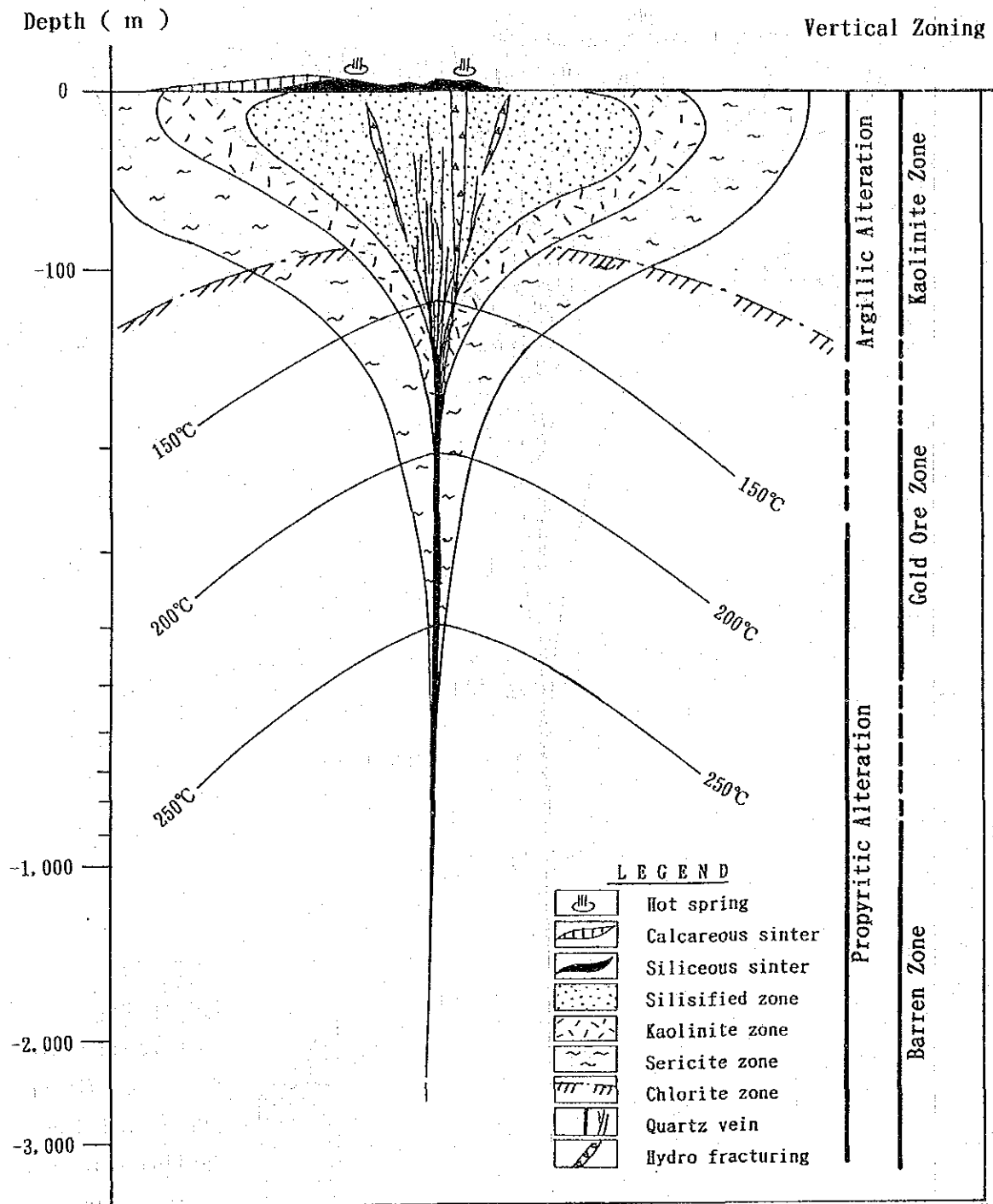


Fig. I-5-2 Schematic geochemical profile of the gold ore-showings in the Ulziit area

第6章 既存データ解析

6-1 調査目的

ドルノト地区の既往調査データを収集・整理・解析することにより、同地区の広域地質状況を状況を把握し、これと地区内の鉱床及び鉱徴地との関係を説明することにより、有望地区の抽出を行うことを目的とする。

6-2 調査方法

モンゴル側から提供されたドルノト地区の物理探査に関する代表的な報告書試料を中心に、地質調査技師3名がモンゴル側と共同してデータの収集・整理と解析を行った。本作業は、ウランバートルで行い、期間はナーダム前後の1週間を当てた。

各報告書について下記の事項を中心に調査した。

- a. 実施時期、実施主体、調査目的及び調査対象範囲
- b. 調査の具体的な手法
- c. 調査結果
- d. 調査結果に基づき実施されたフォロー調査の内容と結果。
- e. 有望地区の抽出

6-3 調査結果

1952年から1990年にかけて実施された代表的な調査報告書が8部提示された (Table II-6-1)。これらの報告書について調査・解析した結果は以下のとおりである。

6-3-1 ドルノト地区の地質及び構造

1. 地質

ドルノト地区の地質は、上部原生界、古生界、中生界及び新生界からなる。

上部原生界-下部古生界は、海成頁岩起源の各種緑色～黒色変成岩類からなり、地区の北部にNE系の伸びを示して露出する。

古生界は、デボン紀のグレーワッケ及び酸性火山噴出物を主とする二畳系～三畳系からなる。前者は地区北部の上部原生界の周辺に分布し、後者は地区の中央部一帯に分布する。

中生界は、地区の中央部に広く露出する。三畳紀の堆積岩類及びジュラ紀の末期から白亜紀の初期にかけての玄武岩・安山岩・粗面安山岩・粗面岩などの多様な火山岩類を

Table II-6-1 List of previous survey works in the Dornod Area

No.	Reg. No.	Survey Method	Performance	Age	Purpose	Conductor	Results
1	1264	Gravity Survey line span 3 ~ 4 km point distance 1km gravimeter FKA No. 27 accuracy 0.5mgal	9,800 km ² (whole Choibalsan basin)	1952	Oil	Ministry of Petroleum Industry, USSR HBAHOBA	① Gravity map (1:100,000 2mgal interval) ② discovery of Sumin-nuur basin ③ no density data
2	1762	Aero-magnetic Surv. line span 1.8 km flight alt 200±20m magnetometer AMM-13 navigation topo map	205,000 km ² E area 156,000km ² W area 49,000km ²	1966 ~ 1967	general prospective	Ministry of Mining, MPR. B. N. BUDENBAT A. N. URSOE	① Magnetic anomaly map 1: 200,000 1:1,000,000
3	2060	Gravity Survey line span 3 ~ 4 km presumed D. 2.67 gravimeter FKA-7T	5,700 km ² measuring 738 pts Ulz R. to Inalkin R.	1972 ~ 1973	Sn, W granite pluton- greisen	MPR-USSR JV	A blind pluton was predicted near by Chuluun Haraat. no density data
4	2447	Aero γ -ray 1: 25,000 Auto γ -ray 1: 10,000 " 1: 25,000 " 1: 200,000 Man γ -ray Radio Act. 1: 10,000 Trench	32,600 km ² 647 km ² 2,392 km ² 1,062 km ² 5,291 pts 71 km ² 168,800 m ³	1972 ~ 1974	U	Ministry of Geology, USSR / MPR JV	Aero- γ -ray map 1: 25,000 Aero-magnetic map 1: 50,000 1: 200,000 83 anomalies were extracted.
5	2416	Gravity Survey Car borne Man borne	600 km ² 487 km ² 113 km ²	1976 ~ 1977	U	Ministry of Geology, USSR / MPR JV	Many Uranium ore-showings were discovered.
6	2459	Root Geol. Surv. Geochemical Surv. Trench Boring γ -logging Radio Activation M. Electric (I. P., S. P.) Car-Magne (1/10,000, 1/25,000)	2,912 km 26,734 pcs 287,904 m ³ 113,929 m 112,929 m 106,890.5 m 402.6 km 563 km ²	1986 ~ 1989	Poly-metal	Ministry of Geology, USSR / MPR JV	Ore-reserve of Ulaan and Muhar was increased. Avtartolgoi ore deposit was discovered.
7	4441	Geol Surv. 1:50,000 " (Root) Geochemical Survey Panning Trench Pit Boring Magnetic Survey	1,250 km ² 17,115 km ² 42,292 pcs 3,708 pcs 456,474 m ³ 277.5 m 2,226.1 m 644 km ²	1986 ~ 1990	Poly-metal	Mongolia O. Gombobaatar B. Tsogtsaihan	Geologic map (1:50,000) Many polymetallic ore deposit such as Altan Tolgoit, Salhiit, Umnug were discovered.
8	4555	Geol. Surv. 1:200,000 " 1:50,000 Geophys-Geochem cplx	40,000 km ²	1989 ~ 1990	Poly-metal, Ag, Sb, F	Ministry of geo-	discovery of Baits (poly metal) and Huhur (Cu-Au, Cu-Sn)

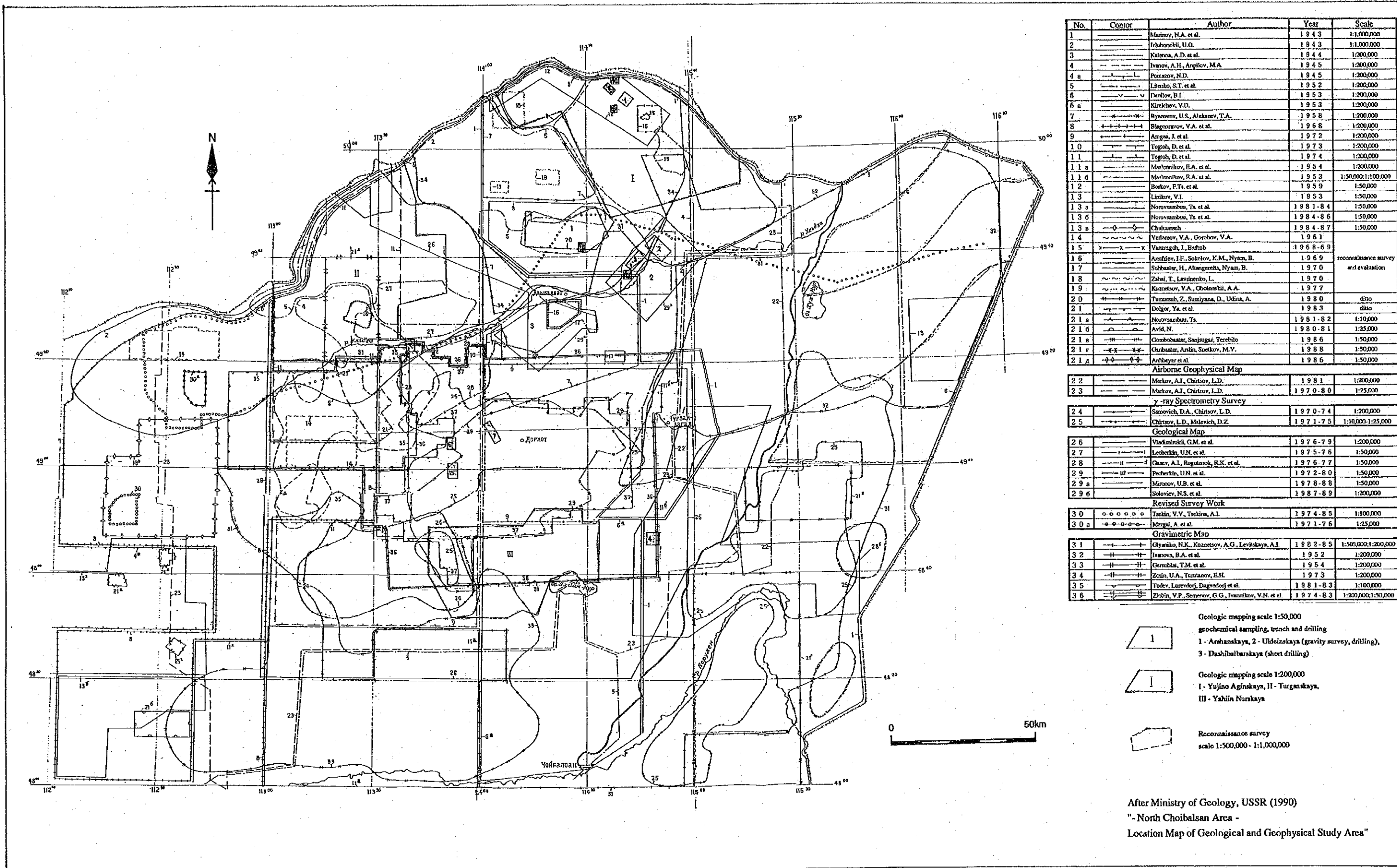


Fig. I-6- 1 Distribution map of the previous survey works in the Dornod area

主とする陸成層からなる。

新生界は、地区の中央部の谷間に分布する古第三系—新第三系と地区の北端部に分布する第四系からなる。

2. 構造

本地区は、中央モンゴル褶曲帯に位置し、その構造は北東—南西方向に伸長する褶曲古生層と、これを基盤として地区の中央部に形成された中生代のチョイバルサン堆積盆により特徴づけられる。チョイバルサン堆積盆は、チョイバルサンの北西約50kmに中心を置く東西約180km×南北約150kmの楕円形を呈する。本堆積盆は、その縁辺部に沿ってジュラ紀の末から白亜紀の初期にかけて塩基性～中性～酸性火山岩類の激しい火山活動を伴っており、その中央部には炭層を伴う陸成堆積物が分厚く堆積している。

これらの構造は、重力探査の結果によく現れている。

6-3-2 鉱床

本地区では、ジュラ紀の末期から白亜紀の初期にかけての激しい火山活動に伴ってツァヴ、オラーン、ムホル、デルゲルムンフ、サルヒート、バヤンウール等の多金属鉱床や、いくつかの金鉱床などが形成されている。その主なものをFig. II-6-2に示す。

6-4 考察

本地区の中央部は広く中生代の火山噴出物によって覆われており、バヤンズーンとバヤンウール間の火山岩地帯は、多金属鉱床や金鉱床が存在する可能性が高いと考えられる。とくに、チョイバルサン堆積盆の縁辺部に高重力異常帯が存在すればその周辺が有望と考えられる。



LEGEND 0 50 100km

- | | | |
|--|--|--|
| Lithography | | |
| Younger Sediments
(K ₁ -K ₃) | | continental sediments |
| Volcanic Rocks
(J-K ₁) | | acidic |
| | | intermediate |
| Granitoids
(MZ ₁₋₂) | | acidic |
| | | intermediate |
| | | geologic boundary |
| | | fault |
| Marks | | boundary of tectonic belt |
| | | upheaval block |
| | | Possible area for polymetallic ore deposit |
- | | |
|----|------------------------|
| ◎◎ | Ore deposit/Oreshowing |
| ☆ | Au |
| ◎ | Ag, Pb, Zn |
| △ | Sn |
| ▽ | W |
| □ | Mo |
| ★ | U |
| ▲ | CaF ₂ |

Fig. I-6-2 Interpreted map of the existing data

第Ⅲ部 結論及び将来への提言

第Ⅲ部 結論及び将来への提言

第1章 結論

1-1 ウルジート地区

以上の調査結果から結論として下記のことが言える。

1-1-1 オロンオポート鉱床

1. オロンオポート鉱床は、最大幅20m×延長50～150mの6帯の石英脈からなり、その総延長は1,000mに達する。
2. オロンオポート鉱床には鉱石レベルの金の濃集が認められる。
3. 金は石英脈を中心として濃集しており、変質帯の一部にも金の濃集が認められる。
4. 地表では、石英脈を中心として約2,500m²の鉱床面積が確認できた。
5. 脈幅2.5m未満の部分でも点々と鉱石レベルの金品位が検出されており、このような部分についてよりきめ細かい調査を実施することにより、さらに鉱床面積の増加が期待できる。
6. 物理探査結果、オロンオポート鉱床は80°以上の傾斜で地表下数100mまで連続する高比抵抗帯として捕らえられ、深部探鉱により鉱量の大幅な増加が期待できる。
7. 断層沿いに高比抵抗帯が伸びており、潜頭石英脈が期待される。
8. 石英脈は、TEM法により測定点を調査対象の規模に合わせて密に配置することによって、高比抵抗帯として迅速かつ明瞭に捕らえることができる。
9. 金の濃集部の鉱床学的条件は、以下のようであった。
 - ① 鉱化年代は、 $283 \pm 14\text{Ma}$ (P₁, 石英脈中の白雲母) 及び $301 \pm 15\text{Ma}$ (C₂, 脈際変質粘土) であった。
 - ② 金の濃集部は、流体含有物の均質化温度が170℃～250℃の範囲に位置する。
 - ③ 金の濃集部の脈際変質はセリサイト・緑泥石相であり、部分的にカオリナイトが認められる。
 - ④ 金の濃集部とAg, Hg, As, Sb, W, Moの各元素間には明瞭な相関性は認められなかった。

1-1-2 地質概査地域

1. ソイリグ、ソロゴイ、ハルマクタイ北などの各区域に大規模な石英脈や塊状珪化岩

が多数存在する。

2. それらは地表でいずれも低品位でリスクはあるが、下記の理由により潜頭金鉱床の探査対象として十分価値があると考えられる。

- ① 鉱化年代は、 $286 \pm 15\text{Ma}$ (P_1 , ソロゴイ区域の脈際変質粘土) 及び $274 \pm 14\text{Ma}$ (P_1 , 脈際変質粘土) でオロンオポートと同じである。
- ② 石英脈は、乳白色石英が主体をなし、流体包有物の均質化温度が 220°C 以下のものが多い。
- ③ 石英脈や珪化岩は、地区全体で5億トン以上に達すると推定される。
- ④ 脈際変質はセリサイト相ないし緑泥石・セリサイト相である。
- ⑤ 塊状珪化岩は地表近くで形成されたものと考えられる。
- ⑥ 一部に地表で形成されたと考えられる珪質温泉沈殿物や石灰質温泉沈殿物が存在する。
- ⑦ ソロゴイ区域のモリト鉱徴では温度が高い部分 (220°C 付近) に金品位の上昇傾向が認められる。
- ⑧ 金の濃集に好適なhydro-fracturingが認められる。
- ⑨ 流体包有物からも一部に鉱液の沸騰があったことが推定される。

3. オンホ区域とツァガンウーラ区域の一部にも潜頭金鉱床の探査対象となるものがある。

4. タヒルガウーラ、トグシヒ及びウンドルウダの各区域の鉱徴は、小規模かつ石英脈の密度が低いため、資源探査の対象とはならない。

5. ウルジート地区には今回調査したもの以外にも大規模な鉱化帯があると推定される。

1-1-3 その他の特記事項

物理探査の結果、オロンオポート鉱床の北東約2 kmに低比抵抗帯が補足された。本低比抵抗帯は下記の地質的条件を備えており、磁鉄鉱及び磁硫鉄鉱または磁硫鉄鉱を含むスカルン型又は堆積性塊状硫化物鉱床が存在する可能性を示している。

1. デボン紀石灰岩の存在
2. 閃緑岩や花崗閃緑岩などの小貫入岩体の存在
3. 熱水作用を伴う断層線上に位置する
4. 付近の石灰岩に緑色銅鉱物を伴う小規模なスカルンが存在すること
5. 緑色結晶片岩帯の上盤の泥質結晶片岩帯に位置する (strata-bound massive sulfide deposit の存在の可能性)
6. 測量のコンパスを狂わせる程の磁気異状を伴っている。

Table M-1-1 Feasibility evaluation of major ore showings in Ulziit Area

Area	No.	Description					Evaluation					TOTAL SCORE	Note
		PYSI x 10 ³ t	POG g/t	D ₂₅₀ m	Form M/V	Dv Tm ³ km ²	PYSI	POG	D ₂₅₀	Form	Dv		
Olon Ovoot	1	180	3	300	V	150	2	2	2	1	2	16	Horimt Hudag
	2	200	3	300	V	160	2	2	2	1	2	16	N. Olon Ovoot
	3	3,670	3	-50	M/V	3,000	3	2	5	2	3	180	Olon Ovoot
	6	1,102	3	-310	V	600	2	2	0	1	2	0	Unegt Uul
Tahilga Uula	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tsagaan Uula	10	1,290	3	400	V	700	3	2	1	1	2	12	Z. Hailhan U.
	11	6,610	3	400	M/V	1,000	3	2	1	2	3	36	
Dugshih	17	470	3	230	V	1,910	2	2	3	1	3	36	
	25	150	3	10	V	600	2	2	5	1	2	80	
	40	165	3	230	V	1,100	2	2	3	1	3	36	
	41	440	3	*	V	3,000	2	2	*	1	3	≤ 12	
Onh	43	730	3	50	V	400	2	2	5	1	2	40	Onh
	44	14,700	3	190	V	3,400	4	2	4	1	3	96	N. Onh
Soirig	50	1,100	3	350	V	6,000	3	2	2	3	3	108	N. Nunh Ts. T
	51	70,800	3	350	V	44,500	4	2	2	3	4	192	Nunh Ts. T.
	52	9,200	5	380	M/V	3,600	3	3	2	2	3	108	Zalaa Uul
Sologoi	57	49,000	5	350	M/V	1,100	4	3	2	2	3	144	Dersen Us II.
	60	30,600	5	350	M/V	890	4	3	2	2	2	96	Korit
	62	29,400	3	210	M/V	860	4	2	3	1	2	48	Futur Us
	63	27,500	3	350	V	3,200	4	2	2	2	3	96	Ulziit Ovoo
	64	19,800	3	*	M/V	8,500	4	2	*	3	3	≤ 72	Sologoi B.
	65	107,000	3	430	M	10,100	5	2	1	3	4	120	H. Ts. T.
	68	29,400	3	*	M	10,900	4	2	*	3	4	≤ 96	
	69	6,100	3	*	M	5,000	3	2	*	3	3	≤ 54	
	70	18,300	3	*	M	10,000	4	2	*	3	4	≤ 96	
73	13,700	3	*	M	35,000	4	2	*	3	4	≤ 96		
Undur Uda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
North Harmag-tai	83	1,470	3	260	V	660	3	2	3	1	3	54	
	84	6,120	3	*	M	10,000	3	2	*	3	4	≤ 192	
	102	2,700	3	190	M/V	44,000	3	2	4	2	4	192	
	109	4,200	3	310	V	1,750	3	2	2	1	3	36	
	119	2,400	3	300	V	2,500	3	2	2	1	3	36	
	128	3,300	3	290	V	4,800	3	2	3	1	3	54	
	134	4,700	3	0	M	5,600	3	2	5	3	3	270	
	138	14,700	3	80	M	10,400	4	2	5	3	4	480	
	141	6,120	3	*	M	1,670	3	2	*	3	3	≤ 54	

PYSI: Potential Volume of Silica (in thousand tons)
 POG: Potential Ore Grade (g/t)
 D₂₅₀: Depth of the 250°C line of homogenization temperature of the fluid inclusions from the ground surface (m)
 Form: Massive (I: width ≥ 5 m) or Vein (V: width ≤ 5 m)
 Dv: Density of veins (in thousand m³ / km²)
 *: No data
 -: Nothing worthy of evaluation

Total score = PYSI × POG × D₂₅₀ × Form × Dv

Score allocation of the factors

Score	PYSI t	POG g/t	D ₂₅₀ m	Form M/V	Dv m ³ / km ²
5	10 ⁴ ≤ n	30 ≤ n	0 ≤ D < 100		10 ⁴ ≤ Dv
4	10 ³ ≤ n < 10 ⁴	10 ≤ n < 30	100 ≤ D < 200		10 ³ ≤ Dv < 10 ⁴
3	10 ² ≤ n < 10 ³	5 ≤ n < 10	200 ≤ D < 300	M	10 ² ≤ Dv < 10 ³
2	10 ¹ ≤ n < 10 ²	3 ≤ n < 5	300 ≤ D < 400	M/V	10 ¹ ≤ Dv < 10 ²
1	10 ⁰ ≤ n < 10 ¹	1 ≤ n < 3	400 ≤ D < 500	V	10 ⁰ ≤ Dv < 10 ¹
0	n < 10 ⁰	n < 1	500 ≤ D < 200		Dv < 10 ⁰

本低比抵抗帯は、地表下50～100mで東西600m×南北600mの規模を有し、なお北東方向に物理探査区域外に広がっている。

1-2 ドルノト地区

1. バヤンゾーン・オラーン・デルゲルムフ・ツァヴ・バヤンウール間はドルノト地区の最も重要な多金属鉱床帯である。
2. これらの区域より南のチョイバルサン堆積盆はジュラ紀の末期から白亜紀の初期にかけての各種岩質の火山が白亜紀の堆積岩の下に埋没していると推定される。
3. したがって、チョイバルサン堆積盆のバヤンゾーンとバヤンウールの間には潜頭多金属鉱床が期待される。
4. ドルノト地区の石炭層を含む白亜系は、固結度が低く、ジュラ紀から白亜紀にかけての火山岩は周辺の砂やシルトを主とする部分に比較して密度が大きいと考えられる。
5. したがって、チョイバルサン堆積盆北部の高重力、異常帯周辺は潜頭多金属鉱床探査対象として注目される。
6. この地域に対しては、1974年から1983年にかけて旧ソ連により1:50,000及び1:200,000重力図として取り纏められているが、1992年9月時点でこれらの報告書はモンゴル国に供与されていない。

第2章 第3年次への提言

2-1 ウルジート地区

2-1-1 オロンオポート鉱床

オロンオポート鉱床については、今後鉱量の確保に向け以下の調査を実施することが望ましい。

1. 物理探査により確認された高比抵抗帯に対する深部延長確認ボーリング
2. 東西両側の石英脈に対するよりきめ細かい鉱脈調査
3. オロンオポート鉱床の石英脈の延長確認物理探査
4. 準精査区域北西部の石英脈群に対するきめ細かい鉱脈調査

2-1-2 地質概査地域

1. ウルジート地区からツァガーンズヴラグ地区にかけてのより広い範囲を対象とした広域鉱微地調査
2. ソイリグ、ソロゴイ、ハルマクタイ北などの各区域の主要な石英脈や塊状珪化岩に対する地質調査・脈質調査・鉱石分析・流体包有物の均質化温度測定調査・変質帯調査及び年代測定調査などからなる鉱微地評価調査

2-1-3 その他の特記事項

物理探査によりオロンオポート鉱床の北東約2 kmに補足された高磁気・低比抵抗帯については以下の調査を実施することが望ましい。

1. 低比抵抗帯の広がりを明らかにするための物理探査（TEM法）
2. 高磁気異常帯の広がりを明らかにするための物理探査（磁力探査法）

2-2 ドルノト地区

ドルノト地区における潜頭多金属鉱床探査では、広域重力探査が初期段階では必要かつ有効と考えられる。したがって、本地区については旧ソ連の調査データを入手・解析した後、具体的な調査方法について検討することが望ましい。