

Fig. II-4-2-11 Resistivity structure sections by Occams inversion in Azzouz

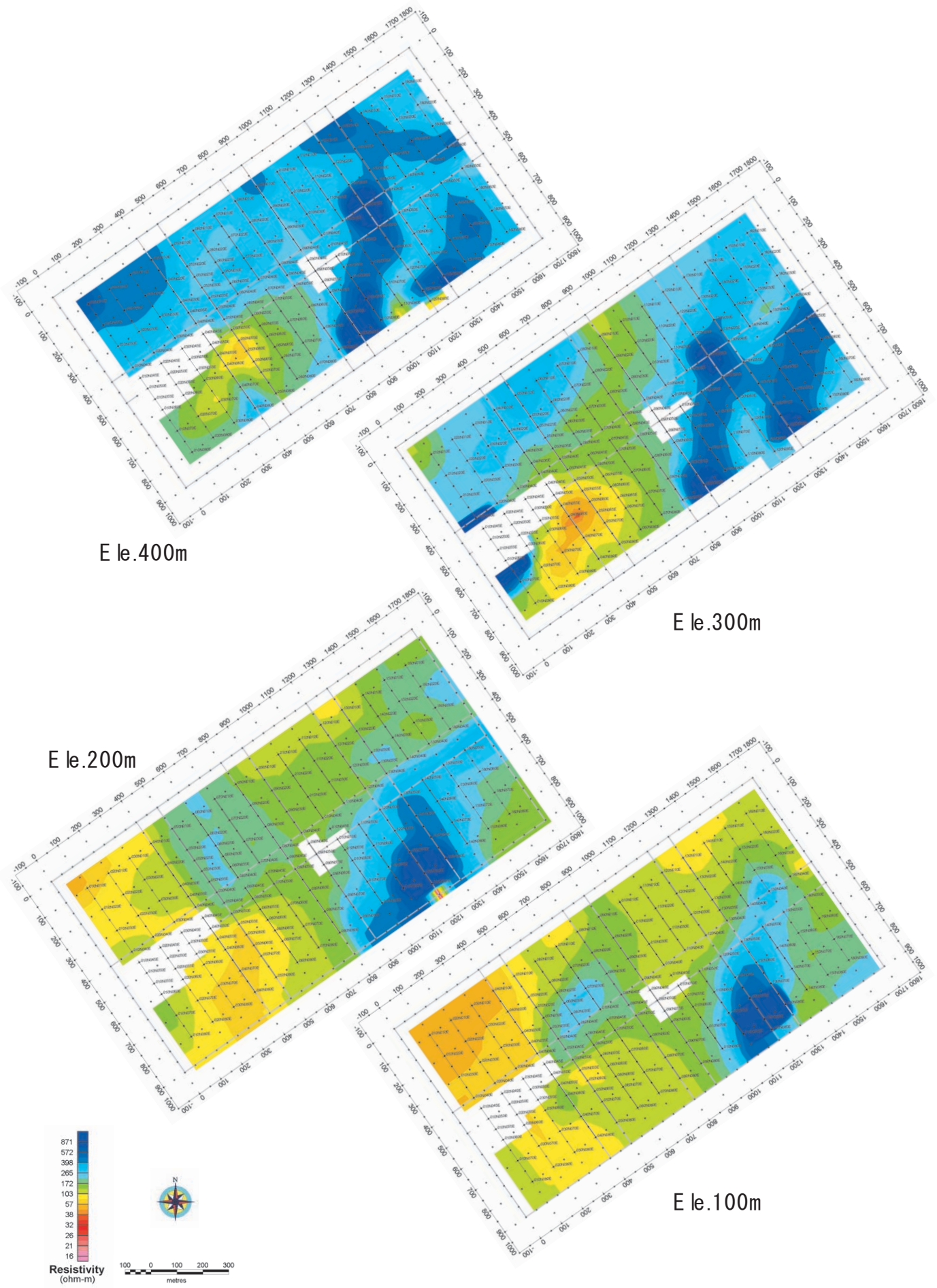


Fig. II-4-2-12 Resistivity distribution maps by Occams inversion in Azzouz

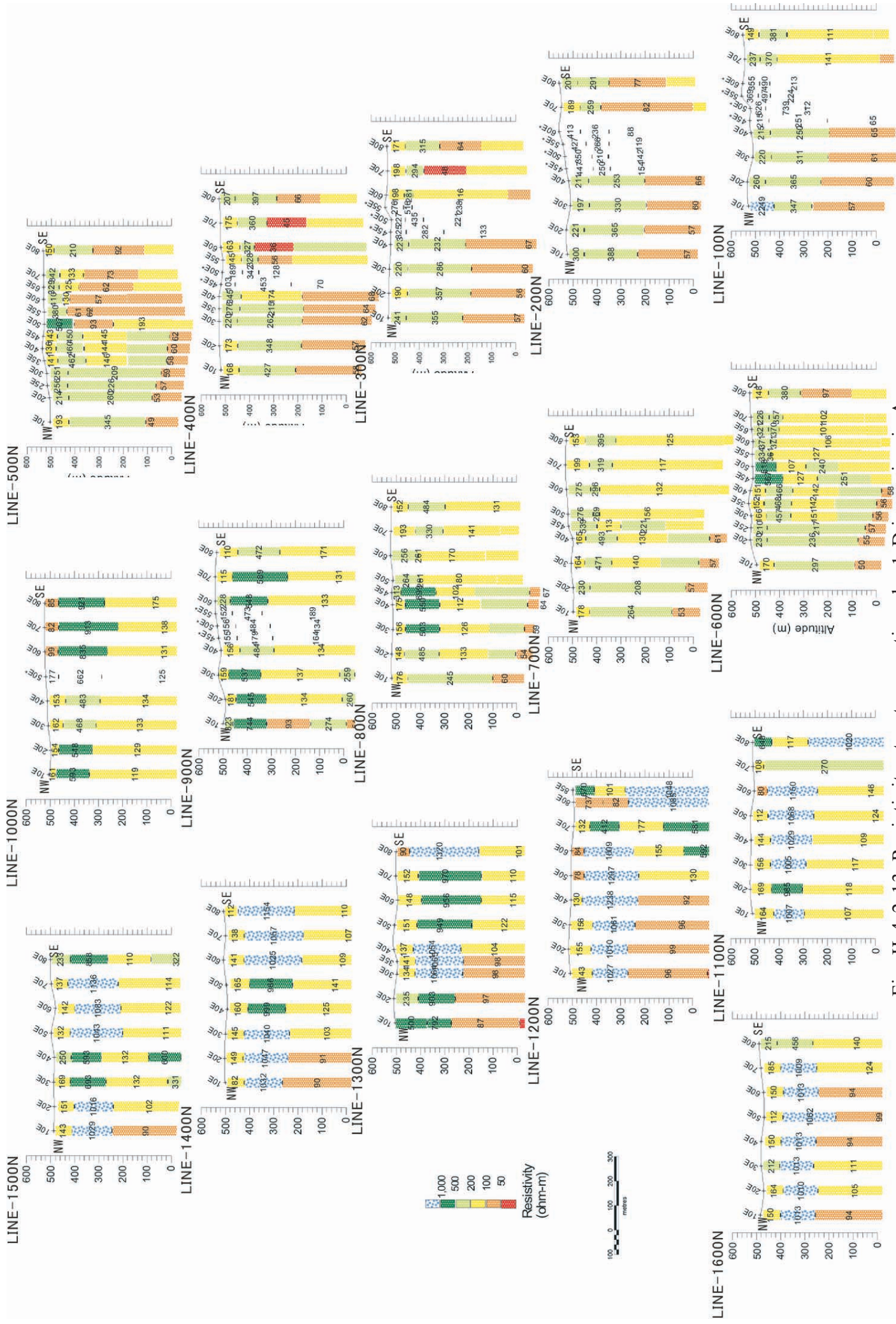


Fig. II-4-2-13 Resistivity structure sections by 1-D inversion in Azzouz

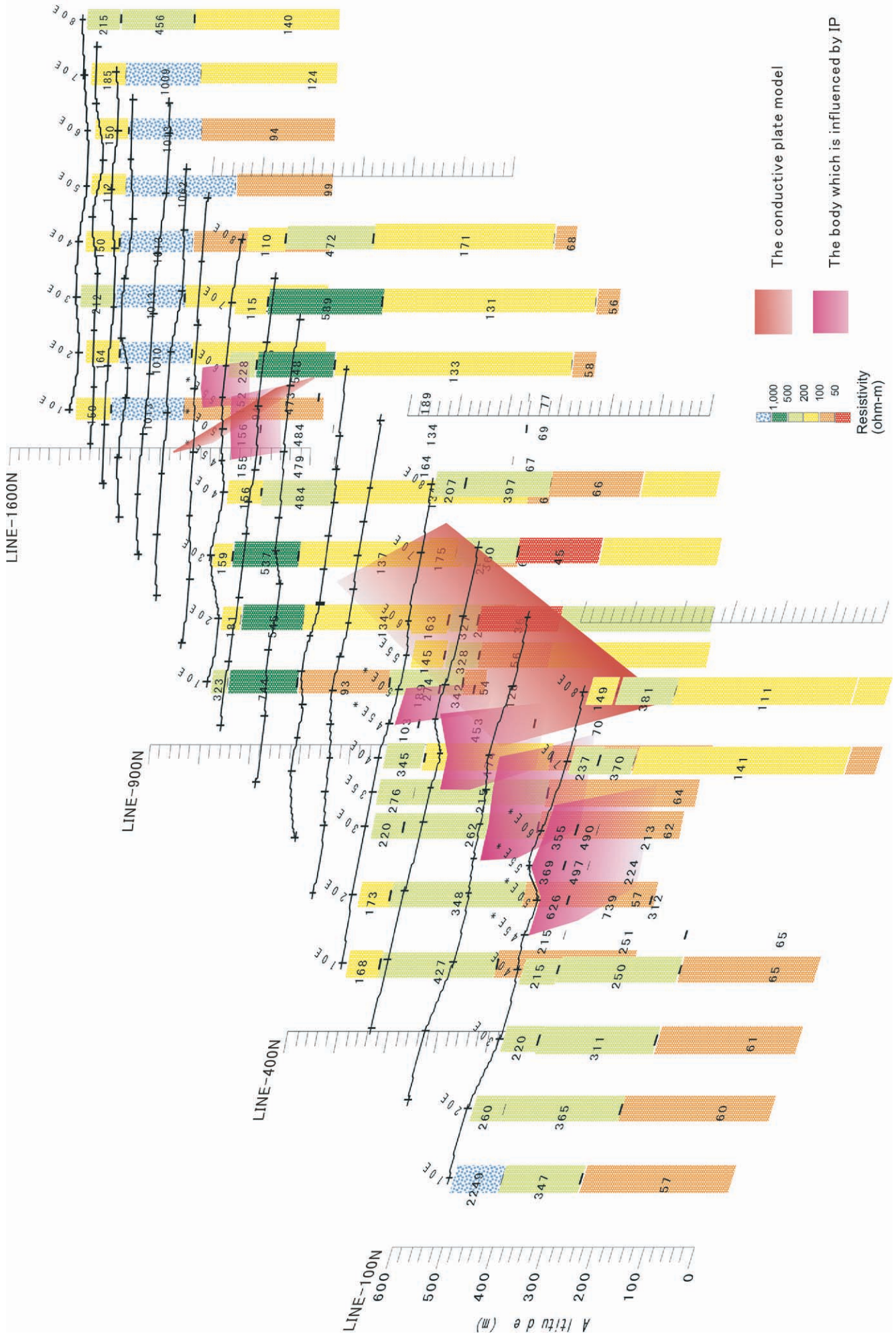
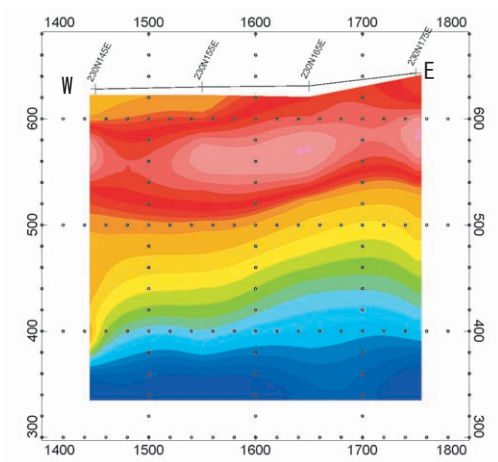
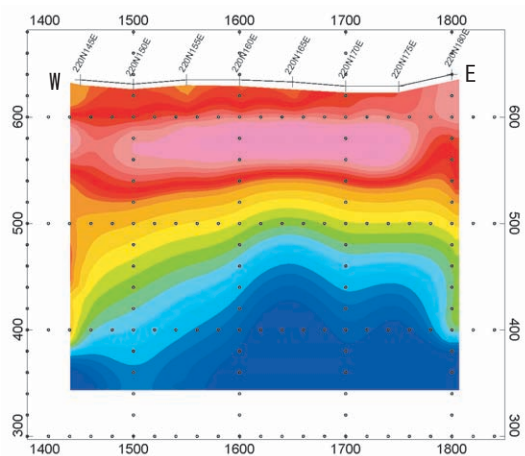


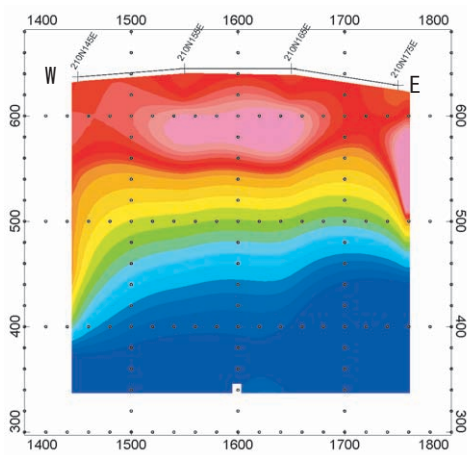
Fig. II-4-2-14 The resistivity structure model by TEM in Azzouz



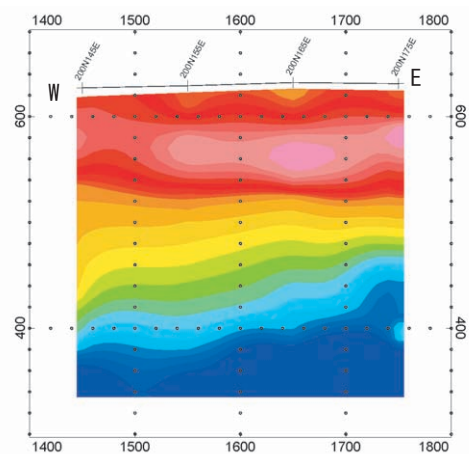
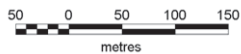
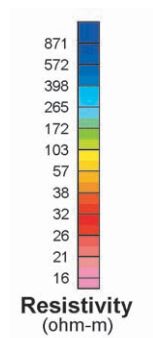
LINE-2300N



LINE-2200N

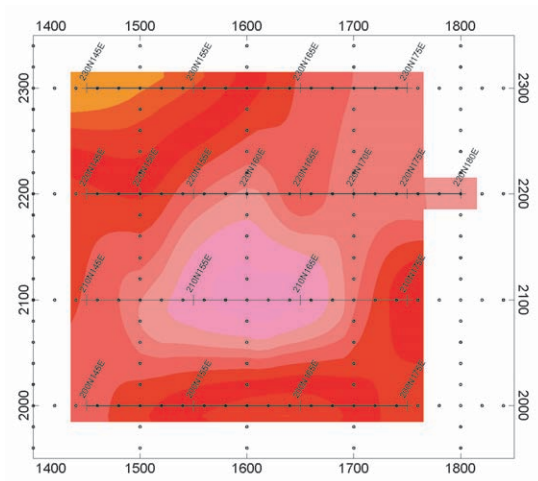


LINE-2100N

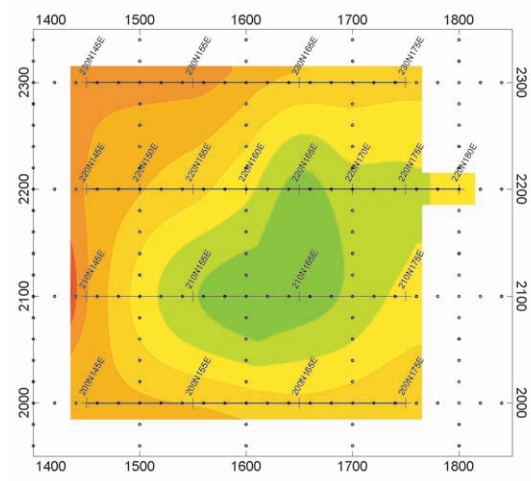


LINE-2000N

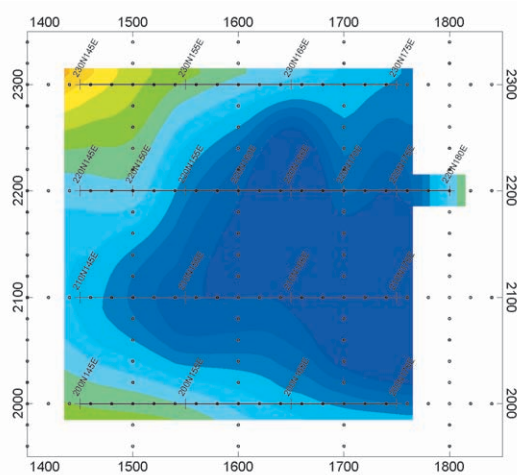
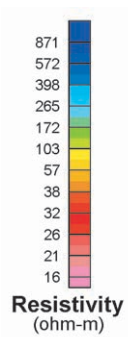
Fig. II-4-2-15 Resistivity structure sections by TEM in Khefawna



E le. 600m



E le. 500m



E le. 400m

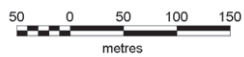


Fig. II-4-2-16 Resistivity distribution maps by TEM in Khefawna

第5章 ボーリング調査

5-1 第2年次ボーリング調査

第2年次物理探査の結果を受けて、MJTK-IP-1地区の下図の位置でボーリング調査（2孔）を実施した。

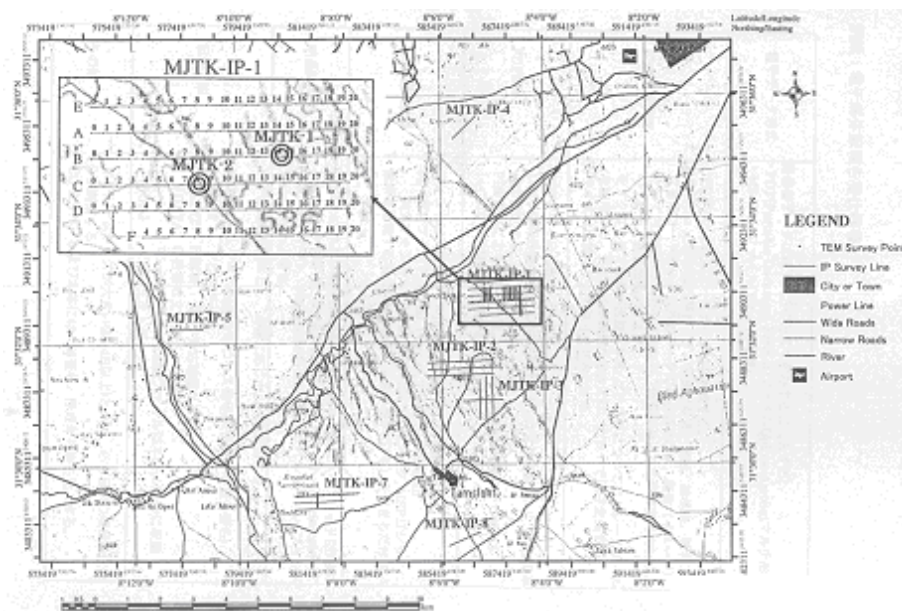


Fig.II-5-1-1 Location of MJTK-1 and MJTK-2

その結果、同地区中央部の磁気異常は火成岩の一種である斑レイ岩に対応することが判明した。また斑レイ岩の東側の1孔(MJTK-1)では、泥質片岩と砂質片岩に閃亜鉛鉱を含む細脈が多数認められた。低比抵抗は、泥質片岩に含まれる石墨にも関係すると考えられる。これらの状況を、Fig.II-5-1-1に示す。

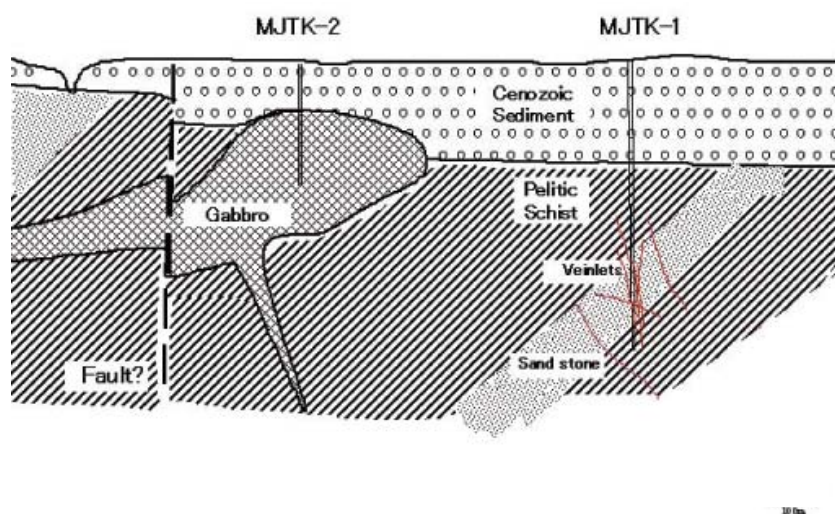


Fig.II-5-1-2 Conceptual Section around MJTK-1

付近の川底の細粒砂岩は西傾斜である。一方、東方で実施した地震波探鉱（反射法弾性波探査）の結果では、石炭系を含む古生界は緩やかな東傾斜となっている。従って、大局的にみた場合、MJTK-1 の東方に非対称の背斜構造が存在する可能性が考えられる。

MJTK-1 で、泥質片岩の下に砂質岩があらわれ更にその下にまた泥質岩がでてきたので、横臥褶曲の可能性も考えられるが、横臥褶曲とする構造的な特徴はみられず、むしろ下の泥質岩は、次の2点で上の泥質岩と異なる。

1. 片理が少なく塊状に近い。
2. 磁硫鉄鉱を含むことがある。

MJTK-1 で観察される硫化物を含む脈が、直接に塊状硫化物鉱床と関係するとは考えにくい。周辺より熱水作用で溶出-移動-沈殿したと考えられる。これらの脈は、白色の石英・炭酸塩に褐色～暗灰色の閃亜鉛鉱が伴われている。時に赤色を帯びた淡灰色の重晶石を伴う。脈の方向は、ラミナ・片理に沿うものや交差するものなど多様であるが、概して急傾斜である。熱水（鉱液）は、主要には、片理よりはむしろ、構造運動あるいはマグマの活動でできた割れ目に沿って移動したと考えられる。細脈が胚胎する裂罅は逆断層的なものがあり幅もせまいので、張力的なものでなく剪断的なものが多いと推定される。またこれらの脈は緑泥石脈を切っていることから、岩石のアルカリ性的な変質よりも後に、熱水活動で形成されたと考えられる。

当該地区では、MJTK-1 でみられる熱水性の閃亜鉛鉱脈やMJTK-2 でみられる斑レイ岩などの存在から判断して、かつて火成活動が活発であったと考えられ、塊状硫化物鉱床の周辺で一般的なバイモダルな火成活動が想定できるが、現段階で得られている岩芯は、周辺の塊状硫化物鉱床の形成以後に生成した岩石のみであり、塊状硫化物鉱床の下盤岩石として期待される、まとまった流紋岩の活動を示す根拠は得られていない。

5-2 第3年次ボーリング調査

第3年次物理探査結果を受けて、MJTK-3,4,5及び6の4孔井を下図の位置で掘削した。

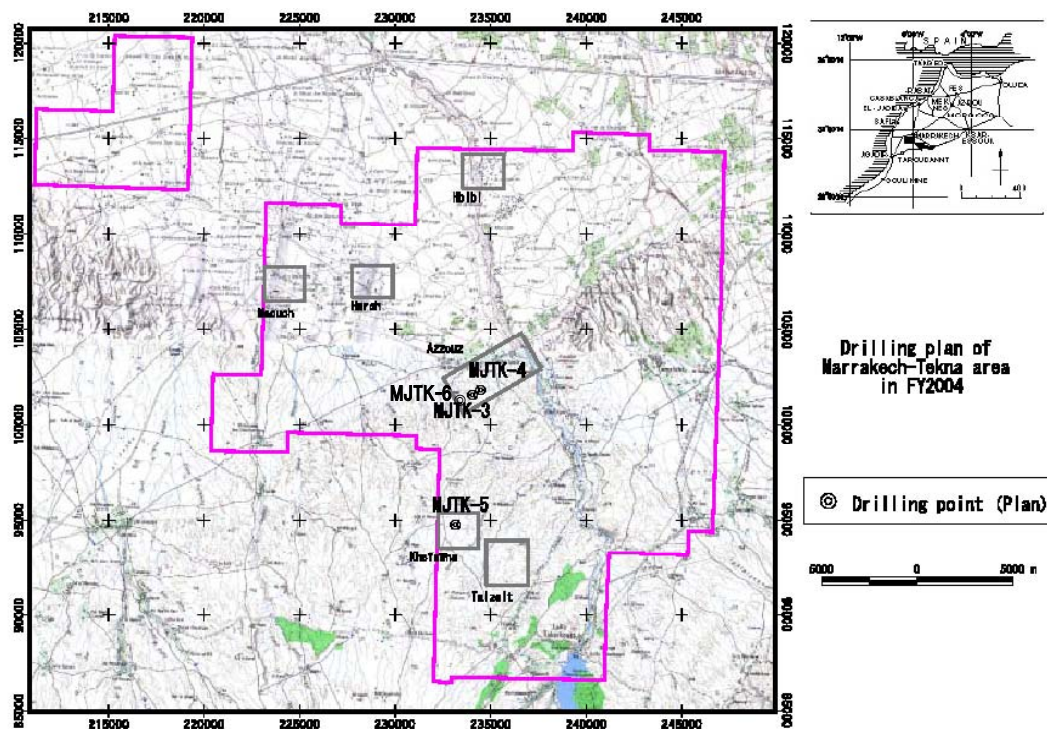


Fig.II-5-2-1 Location of MJTK-3,4,5 and 6

本地域の地表及びボーリングコア中には、変成を受けた堆積岩類が分布する。堆積岩は、泥質～シルト質が主体で、砂質の部分があり、概して石灰質である。これらは数 mm 単位の互層をなすこともあり、同様な岩相が繰り返す。

本地域の片理は変成作用を伴う構造運動で形成されたとされており、層理と片理が同方向であるものが一般的であることから、比較的褶曲軸に近い方向を持っていると思われる。一方、層理と片理が大きく異なる場所は、背斜や向斜に近い部分と推定される。

ボーリング調査の結果、泥質～シルト質片岩の堆積岩中に、主として磁硫鉄鉱、方解石、閃亜鉛鉱、黄銅鉱及び方鉛鉱からなる硫化物濃集部が認められた。主要元素の含有量を Table II-5-2-1 に示す。これらは二次的堆積物或いは脈状の特徴をそれぞれ示し、周辺の鉱床と類似する特徴をもつが、このような硫化物濃集部を伴う鉱床の生成に関しては未だ明確に解明されていない。

硫化物濃集部の産状として、楔状～不規則状の異質礫（泥質岩、凝灰質岩）が取り込まれており、それらは列状に配列したり、一部に引きずられたような産状を示すものもある。また、タービダイト様の泥岩中に薄層状に硫化物が見られる箇所も多い。これらの産状からは、母岩、硫化物を含む海底での再堆積作用があったことが推測され、硫化物濃集部の鉱化作用は複数回の二次的堆積物の可能性がある。

Table II-5-2-1 The Result of Chemical Analysis of MJTK,3,5 and 6

SAMPLE	Au	Ag	As	Ca	Cu	Fe	Mn	S	Pb	Zn
DESCRIPTION	ppm	ppm	ppm	%	ppm	%	ppm	%	%	%
MJTK-3 62.7-62.75m	0.035	2.4	<2	3.45	202	5.1	1350	4.3	0.02	8.45
MJTK-3 76.3-76.4m	0.73	6	>10000	24.1	91	4.45	24100	3.6	0.26	0.58
MJTK-3 80.5-80.6m	0.022	6.8	1605	6.58	787	>50	4620	8.83	0.32	0.41
MJTK-3 99.5-99.6m	0.038	6.1	287	2.46	6460	19.8	1425	7.26	0.05	8.07
MJTK-3 99.6-99.7m	0.146	6	1795	1.32	2470	>50	635	7.75	0.06	2.15
MJTK-3 148.2-148.3m	0.114	7.4	1095	8.07	483	20.3	6520	>10.0	0.08	6.96
MJTK-3 319.2-319.4m	0.033	18.7	1380	7.59	1210	38.3	4830	9.32	1.51	2.58
MJTK-3 340.3-340.4m	NSS	8.8	5510	1.66	792	>50	952	7.12	0.15	0.23
MJTK-3 473.4-473.6m	0.101	10.3	1075	0.71	1530	31.8	409	>10.0	1.07	3.22
MJTK-6 90.7-90.8m	0.042	18.2	47	14.6	4900	23.9	3690	>10.0	2.41	1.65
MJTK-6 101.2-101.3m	0.096	3	695	0.37	429	18.3	1960	>10.0	0.24	0.33
MJTK-6 125.2-125.3m	0.112	3.5	338	1.02	2900	42.1	8230	>10.0	0.05	0.10
MJTK-6 134.6-134.7m	0.087	19.7	1055	14.2	3210	25.7	13050	>10.0	0.84	0.35
MJTK-5 256.7-256.8m	0.15	1	40	0.41	5770	38	2050	8.76	0.03	0.02
MJTK-5 358.9-359.0m	0.322	1	19	0.63	2160	29.6	1600	7.25	0.02	0.02
MJTK-5 466.6-466.7m	0.03	0.5	7	0.64	2020	25.5	637	7.57	0.01	0.01

一方、硫化物濃集部は、岩石が比較的堅硬な部分に多い傾向があるが、これは通りがよい割れ目ができやすいことに起因する可能性がある。また、硫化物の濃集が片理に沿うものがあるが、これは変成作用の後、その割れ目に沿って脈状の鉱化作用が起こったと推定される。磁硫鉄鉱は黄鉄鉱が変成作用で変化したものとした場合、黄鉄鉱の鉱化作用が変成作用の前にあったと考えられる。本地域の鉱化作用の大部分はこの初期の黄鉄鉱-閃亜鉛鉱-黄銅鉱-方鉛鉱の鉱化作用からなり、黄鉄鉱は変成作用によって磁硫鉄鉱に変わったものと考えられる。

本地域の鉱化作用の周辺は緑泥石化及び絹雲母化を示すが、珪化は弱い。母岩は方解石が多く長石類が残存している。近傍の Hajar 鉱床では上盤や周辺では緑泥石化、鉱床の下盤や近傍では珪化・絹雲母化とされており、本地区は上盤或いは周辺の変質を示していると考えられる。

鏡下では、各試料とも磁硫鉄鉱が卓越し、閃亜鉛鉱、方鉛鉱、黄銅鉱、黄鉄鉱と共生関係にある。薄層状の組織を示すが、脈状或いは網状組織も認められる。

硫黄同位体比は Hajar 鉱床の値と類似する。Azzouz 地区では、MJTK-3 孔に比して MJTK-6 孔が火山岩起源とする熱水鉱床の近傍の示徴を得た。

そして、岩芯試料の比抵抗と充電率の負の相関と充電率と磁化率の正の相関は、比抵抗と充電率の変化は磁硫鉄鉱の量比と関係していることを示した。MJTK-5 孔では深度 360m 付近で磁硫鉄鉱が多く、同鉱化帯が磁気異常の原因と考えられる。その他の孔井についても、磁硫鉄鉱などの濃集部は I P 異常の主要な原因と考えられる。MJTK-3 孔の深部に分布する比抵抗異常は破碎帯の連続帯に相当した。

以上より、今回掘削した孔井でみられた鉱化作用の性状は、次のように要約できる。

① 鉱化帯は産状・組織から泥質～シルト質片岩の堆積岩中に発達した、磁硫鉄鉱、方解石、閃亜鉛鉱、黄銅鉱及び方鉛鉱などの二次的堆積物或いは鉱脈からなる硫化物濃集部が随所に連続する。

② 母岩の変質から、本地域は塊状硫化物鉱床の上盤或いは周辺部に相当する。

③ 硫黄同位体比からは、火山岩を起源とする熱水活動が存在する可能性が得られており、近傍に火山性塊状硫化物鉱床が潜在する可能性もある。

④ 磁気異常、比抵抗・充電率異常は磁硫鉄鉱を含む硫化物濃集部と一致し、これらの鉱化帯を捉えていたと考えられる。

第 III 部
結論及び提言

第Ⅲ部 結論及び提言

第1章 結論

本地域の地表及びボーリングコア中には、変成を受けた堆積岩類が分布する。堆積岩は、泥質～シルト質が主体で、砂質の部分があり、概して石灰質である。これらは数 mm 単位の互層をなすこともあり、同様な岩相が繰り返す。

本地域の片理は変成作用を伴う構造運動で形成されたとされており、層理と片理が同方向であるものが一般的であることから、比較的褶曲軸に近い方向を持っていると思われる。一方、層理と片理が大きく異なる場所は、背斜や向斜に近い部分と推定される。

ボーリング調査の結果、泥質～シルト質片岩の堆積岩中に、主として磁硫鉄鉱、方解石、閃亜鉛鉱、黄銅鉱及び方鉛鉱からなる硫化物濃集部が認められた。これらは二次的堆積物或いは脈状の特徴をそれぞれ示し、周辺の鉱床と類似する特徴をもつが、このような硫化物濃集部を伴う鉱床の生成に関しては未だ明確に解明されていない。

硫化物濃集部の産状として、楔状～不規則状の異質礫（泥質岩、凝灰質岩）が取り込まれており、それらは列状に配列したり、一部に引きずられたような産状を示すものもある。また、タービダイト様の泥岩中に薄層状に硫化物が見られる箇所も多い。これらの産状からは、母岩、硫化物を含む海底での再堆積作用があったことが推測され、硫化物濃集部の鉱化作用は複数回の二次的堆積物の可能性がある。

一方、硫化物濃集部は、岩石が比較的堅硬な部分に多い傾向があるが、これは通りがよい割れ目ができやすいことに起因する可能性がある。また、硫化物の濃集が片理に沿うものがあるが、これは変成作用の後、その割れ目に沿って脈状の鉱化作用が起こったと推定される。磁硫鉄鉱は黄鉄鉱が変成作用で変化したものとした場合、黄鉄鉱の鉱化作用が変成作用の前にあったと考えられる。本地域の鉱化作用の大部分はこの初期の黄鉄鉱-閃亜鉛鉱-黄銅鉱-方鉛鉱の鉱化作用からなり、黄鉄鉱は変成作用によって磁硫鉄鉱に変わったものと考えられる。

本地域の鉱化作用の周辺は緑泥石化及び絹雲母化を示すが、珪化は弱い。母岩は方解石が多く長石類が残存している。近傍の Hajar 鉱床では上盤や周辺では緑泥石化、鉱床の下盤や近傍では珪化・絹雲母化とされており、本地区は上盤或いは周辺の変質を示していると考えられる。

鏡下では、各試料とも磁硫鉄鉱が卓越し、閃亜鉛鉱、方鉛鉱、黄銅鉱、黄鉄鉱と共生関係にある。薄層状の組織を示すが、脈状或いは網状組織も認められる。

硫黄同位体比は Hajar 鉱床の値と類似する。Azzouz 地区では、MJTK-3 孔に比して MJTK-6 孔が火山岩起源とする熱水鉱床の近傍の示徴を得た。

そして、岩芯試料の比抵抗と充電率の負の相関と充電率と磁化率の正の相関は、比抵抗と充電率の変化は磁硫鉄鉱の量比と関係していることを示した。MJTK-5 孔では深度 360m 付近で磁硫鉄鉱が多く、同鉱化帯が磁気異常の原因と考えられる。その他の孔井についても、磁硫鉄鉱などの濃集部は IP 異常の主要な原因と考えられる。MJTK-3 孔

の深部に分布する比抵抗異常は破碎帯の連続帯に相当した。

以上より、今回掘削した孔井でみられた鉍化作用の性状は、次のように要約できる。

①鉍化帯は産状・組織から泥質～シルト質片岩の堆積岩中に発達した、磁硫鉄鉍、方解石、閃亜鉛鉍、黄銅鉍及び方鉛鉍などの二次的堆積物或いは鉍脈からなる硫化物濃集部が随所に連続する。

②母岩の変質から、本地域は塊状硫化物鉍床の上盤或いは周辺部に相当する。

③硫黄同位体比からは、火山岩を起源とする熱水活動が存在する可能性が得られており、近傍に火山性塊状硫化物鉍床が潜在する可能性もある。

④磁気異常、比抵抗・充電率異常は磁硫鉄鉍を含む硫化物濃集部と一致し、これらの鉍化帯を捉えていたと考えられる。

第2章 提言

磁気異常のみでは、その異常が鉍床本体なのか、周辺の硫化物濃集部帯なのかは、判断は困難である。近傍の下盤の火山岩類が熱源に近い鉍床本体を示すことことから、重力探査による地質構造の把握が望ましい。また、硫化物の硫黄同位体のような分析ツールの利用は新規堆積物の下部におけるボーリング探査手法の捕捉として有効といえる。

Azzouz 地区では MJTK-6 孔では同位体比から火山活動に起因する熱水活動の徴候が得られた。磁気異常は西部にも分布しており、それらの延長に沿って重力探査を実施することで、火山性塊状硫化物鉍床の下盤に相当する火山岩を捉えられる可能性がある。

Khefawna 地区の磁気異常は小規模であり、今回のボーリング調査で補足された磁硫鉄鉍の鉍化帯が磁気異常の原因と考えられるので、これ以上の探鉍余地はほとんどないと考えられる。

参考文献

Reference

- JICA and MMAJ(1988):Report on geological and geophysical survey in the Haouz Central are ,morocco.(Phase I)
- JICA and MMAJ(1989):Report on geological and geophysical survey in the Haouz Central are ,morocco.(Phase II)
- JICA and MMAJ(1988):Report on geophysical survey in the Haouz Central are ,morocco. (Phase III)
- WATANABE Yasushi(2001):Chishitu News no.561,p.25-37
- Methodes et Techniques d' Exploration Miniere et Principaux Gisements. BRPM,325p. El Bachir Barodi, Yasushi Watanabe, Abdellah Mouttaqi et M'hamed Annich, (2002)
- Coggon J.H(1971):Electromagnetic and Electrical Modeling by Finite Element Method. Geophysics,Vol.36,No.1,115-132
- Geological Survey of Japan(1993):Cishitu News, No.467, 69P.
- Rijo Luiz(1977):Modeling of Electric and Electromagnetic Data. PhD.Thesis. University of Utah.
- Flis, M.F., Newman,G.A., and Hohmann, G. W., 1989, Induced polarization effects in time-domain electromagnetic measurements. Geophysics, 54, 514-523.