

第2章 地 化 学 探 査

2-1 調査目的及び内容

当地域の鉱化作用の地化学的特性を解析し、その異常分布状況及び地質構造とを総合的に解析する。この結果に基づき、地域内に潜頭銅鉱床の可能性ある場所を推定することを目的に、岩石410及び土壌154試料の地化学探査を実施した。分析元素は、両者ともAu、Ag、As、Sb、Hg、Cd、Co、Cu、Fe、Pb、Mn、Mo、Ni、V、Znの15成分である。

これらの分析結果をA-2、A-3に、また、試料採取位置図をFig. 2-2-1に示す。

岩石分析試料は、オルケッタ層下部層から67個採取しており、オルケッタ層上部層及びロ・ブラド層中からの試料数に比較して試料数が少ない。しかし、前者は、ほぼ安山岩溶岩び同質火砕岩であるが、後者は多様な岩石から構成され、試料採取密度に差異が生じた。しかし、オコイータを除外したオルケッタ層上部層のCu平均値は34ppm、オルケッタ層下部層は38ppmを示し、両者の差異は殆ど認められないと判断される。

同様に、オコイータ及び花崗閃緑岩を除く地域全体のCu平均値は28ppm、オコイータを含む地域全体のCu平均値33ppmを示し、両者の差異は殆ど認められないと判断される。

従って、試料採取密度及びCu異常帯の統計処理上の決定には、問題がないものと判断される。

2-2 調査結果

2-2-1 岩石地化学探査

岩石地化学探査に供した試料の基本統計量をTable 2-2-1及び関係解析資料をTable 2-2-1、Table 2-2-2、Fig. 2-2-2、Fig. 2-2-3に示す。

① 単元素濃集部と鉱徴地の関係

上記の各種解析資料に基づき、単元素の濃集部と鉱徴地及び地質との関係を考察する。しかし、相関分析ではCd及びMoは、Cuとの相関が殆ど認められないため、これを除外する。

*Au: 分析値の約21%がバックグランド値以上の値を示す。地域南東部の濃集部は、鉱徴地26-27(Cajon de Panama)、25-32、20-21にほぼ対応する。地域北部の濃集部は鉱徴地2、6、7に対応し、断層にも近接する。地域南西部の濃集部は、鉱徴地32にほぼ対応する。その他の濃集部と地質的との関係は不明である。オルケッタ層中の濃集部と酸化銅鉱の鉱徴地の対応は良くない。従って、全体として、両者の整合性はほとんど認められないと判断される。

()

0

()

Table 2-2-1 Fundamental Statistical Values

Element	Au	Ag	As	Sb	Hg	Cd	Co	Cu	Fe	Pb	Mn	Mo	Ni	V	Zn
Unit	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Maximum	1.93	72	538	80	12	5.4	46	>10000	9.99	4320	8278	50	82	400	1971
Minimum	nd	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	0.18	tr	1.89	tr	tr	tr	tr
Average	0.016309	0.920488	35.24878	3.271951	0.101098	0.129512	13.45366	287.6207	4.547024	44.47561	976.0916	3.153659	5.52439	99.13537	111.0634
Standard Deviasion	0.095904	5.142576	33.35147	5.452154	0.60033	0.344261	8.359528	1268.167	2.04453	221.7845	896.6099	4.700653	9.104428	67.26967	186.5665
Geometric Standard Deviasik	0.255786	0.333831	0.26163	0.171219	0.230994	0.142092	0.407138	0.746977	0.264903	0.450576	0.423711	0.392765	0.607119	0.432622	0.529951
Average of logarithm	-2.02791	-0.50714	1.466873	0.430584	-1.23658	-0.98525	0.998661	1.518015	0.595769	1.308458	2.841859	0.270274	0.333567	1.849521	1.786315
Geometric Mean	0.009377	0.311073	29.30033	2.695154	0.057998	0.103454	9.966926	32.96212	3.942477	20.25156	694.7984	1.863262	2.155593	70.71648	61.4208

Soil

Element	Au	Ag	As	Sb	Hg	Cd	Co	Cu	Fe	Pb	Mn	Mo	Ni	V	Zn
Unit	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Maximum	23.2	8.5	3060	24	3.7	5	33	3020	9.35	3380	7360	23	55	342	1336
Minimum	tr	tr	tr	tr	tr	tr	3	5	0.33	2	9.14	tr	tr	29	25
Average	0.163857	0.344805	61.66883	2.88961	0.089935	0.131818	18.23377	107.1688	5.179675	82.82468	1349.988	4.019481	5.915584	126.8442	175.8247
Standard Deviasion	1.868654	0.714353	244.6504	2.011606	0.325766	0.394853	6.813858	273.9738	1.501805	275.5785	841.5845	4.660319	7.111347	53.33016	197.9115
Geometric Standard Deviasik	0.368773	0.179321	0.29367	0.127895	0.219076	0.136907	0.200185	0.427305	0.170941	0.351238	0.280103	0.432465	0.522951	0.2095	0.327682
Average of logarithm	-2.00728	-0.56581	1.569741	0.429181	-1.25728	-0.98897	1.222151	1.743837	0.669079	1.664342	3.0598	0.372024	0.507528	2.058723	2.097673
Geometric Mean	0.009834	0.271762	37.13134	2.686462	0.055299	0.102573	16.67827	55.44171	4.897414	46.16806	1147.626	2.355182	3.217566	114.4782	125.2199

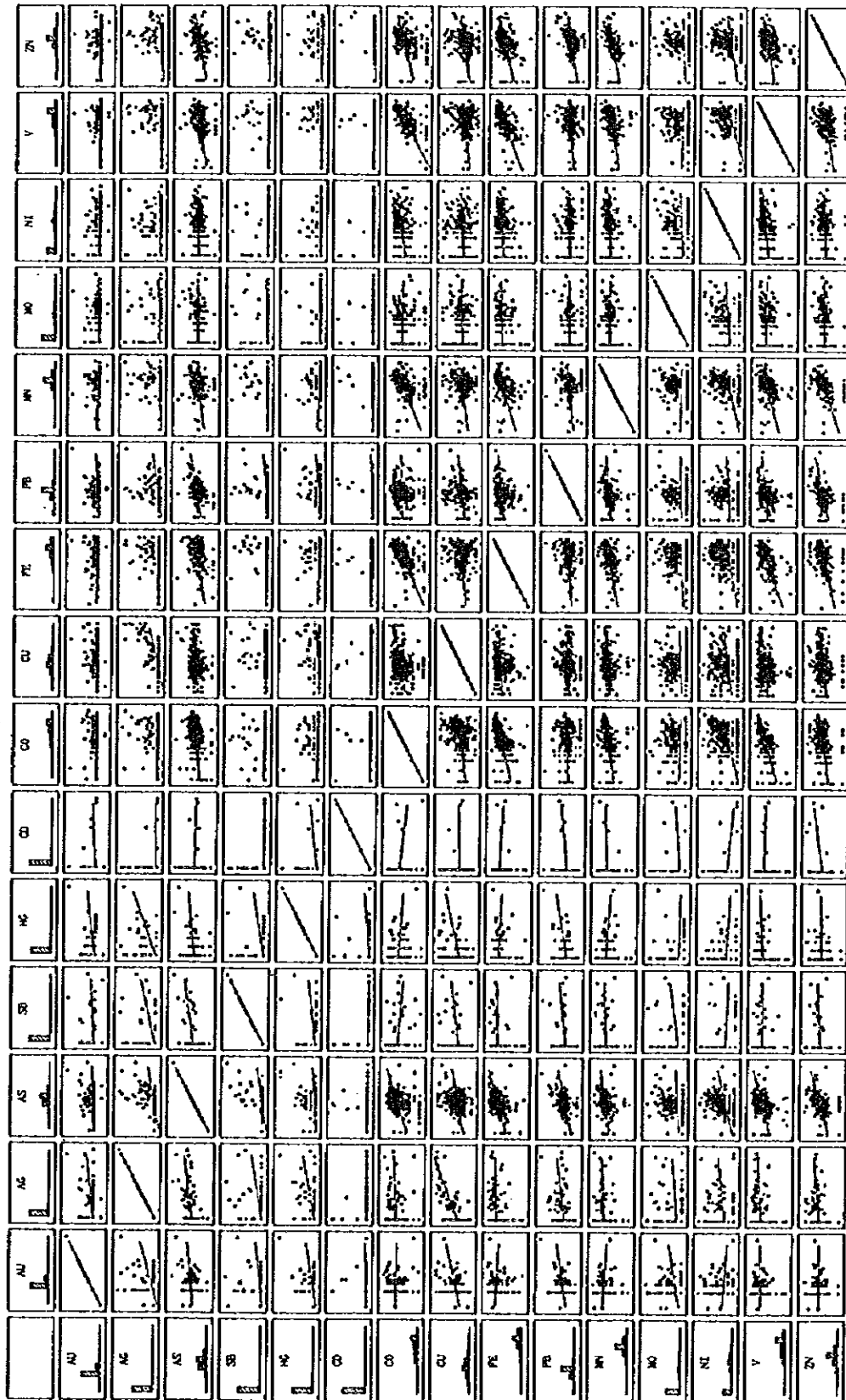
Table 2-2-2 Correlation matrix

Rock

STAT. BASIC STATS	* Significant (p<0.05)														
Element	AU	AG	AS	SB	HG	CD	CO	CU	FE	PB	MN	MO	NI	V	ZN
AU	1.00	.32*	.12*	.16*	.27*	.07	-.01	.21*	-.06	.19*	-.08	.11*	-.04	.01	.00
AG	.32*	1.00	.29*	.36*	.50*	.01	.06	.58*	.05	.25*	-.10*	.09	.10*	-.09	.16*
AS	.12*	.29*	1.00	.28*	.15*	-.03	.34*	.22*	.41*	.36*	.27*	.05	.19*	.36*	.40*
SB	.16*	.36*	.28*	1.00	.26*	-.02	-.09	.15*	.03	.18*	.05	.13*	-.03	-.01	.08
HG	.27*	.50*	.15*	.26*	1.00	.18*	-.07	.24*	-.06	.24*	-.10*	-.02	-.04	-.07	.02
CD	.07	.01	-.03	-.02	.18*	1.00	-.09	.02	-.06	.12*	.05	.05	-.06	-.04	.14*
CO	-.01	.06	.34*	-.09	-.07	-.09	1.00	.26*	.62*	.03	.43*	-.05	.35*	.75*	.34*
CU	.21*	.58*	.22*	.15*	.24*	.02	.26*	1.00	.14*	.15*	.16*	.05	.17*	.23*	.23*
FE	-.06	.05	.41*	.03	-.05	-.06	.62*	.14*	1.00	.14*	.43*	.05	.19*	.68*	.46*
PB	.19*	.25*	.36*	.18*	.24*	.12*	.03	.15*	.14*	1.00	.16*	.02	.05	.13*	.35*
MN	-.08	.10*	.27*	.05	-.10*	.05	.43*	.16*	.43*	.16*	1.00	-.03	.18*	.41*	.49*
MO	.11*	.09	.05	.13*	-.02	.05	-.05	.05	.05	.02	-.03	1.00	.12*	-.03	.05
NI	-.01	.10*	.19*	-.03	-.04	-.06	.35*	.17*	.19*	.05	.18*	.12*	1.00	.32*	.17*
V	.01	.09	.36*	-.01	.07	-.04	.75*	.23*	.68*	.13*	.41*	-.03	.32*	1.00	.32*
ZN	.00	.16*	.40*	.08	.02	.14*	.34*	.23*	.46*	.35*	.49*	.05	.17*	.32*	1.00

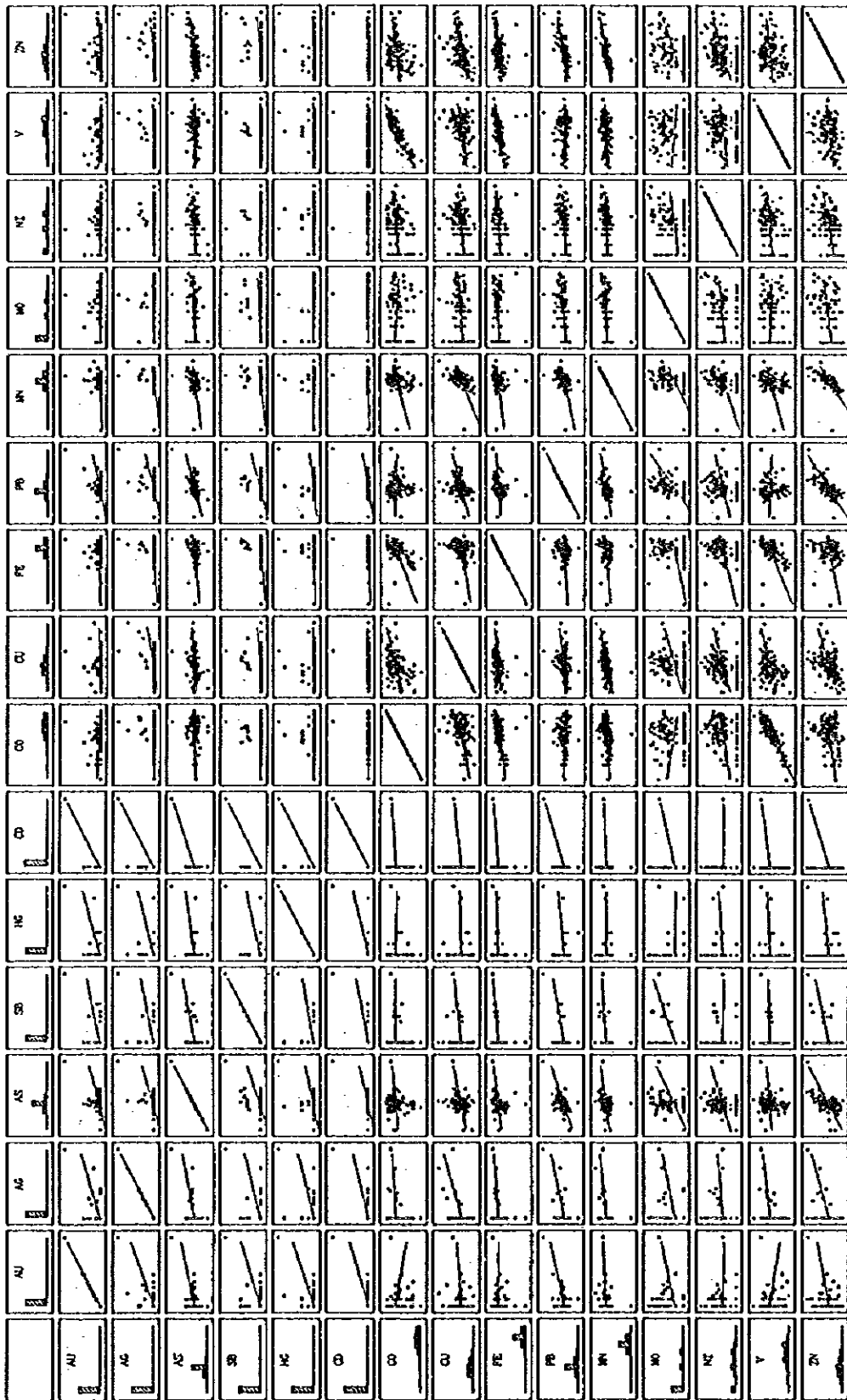
Soil

STAT. BASIC STATS	* Significant (p<0.05)														
Element	AU	AG	AS	SB	HG	CD	CO	CU	FE	PB	MN	MO	NI	V	ZN
AU	1.00	.62*	.44*	.48*	.57*	.74*	-.18*	.09	-.01	.42*	.09	.14	-.02	-.17*	.20*
AG	.62*	1.00	.45*	.43*	.47*	.68*	.07	.41*	.14	.43*	.23*	.14	.08	.12	.32*
AS	.44*	.45*	1.00	.48*	.32*	.53*	.09	.24*	.20*	.56*	.26*	.27*	.22*	.07	.49*
SB	.48*	.43*	.48*	1.00	.38*	.60*	-.01	.19*	.18*	.41*	.17*	.27*	-.02	.04	.29*
HG	.57*	.47*	.32*	.38*	1.00	.68*	-.02	.04	.07	.20*	.00	-.01	.07	.05	.12
CD	.74*	.68*	.53*	.60*	.68*	1.00	.06	.11	.11	.43*	.06	.11	-.00	.10	.25*
CO	-.18*	.07	.09	.01	-.02	.06	1.00	.40*	.44*	-.03	.27*	-.19*	.21*	.90*	.24*
CU	.09	.41*	.24*	.19*	.04	.11	.40*	1.00	.25*	.35*	.49*	.26*	.31*	.38*	.45*
FE	-.01	.14	.20*	.18*	.07	.11	.44*	.25*	1.00	.14	.17*	.15	.21*	.47*	.24*
PB	.42*	.43*	.56*	.41*	.20*	.43*	-.03	.35*	.14	1.00	.36*	.47*	.19*	-.05	.69*
MN	.09	.23*	.26*	.17*	.00	.06	.27*	.49*	.17*	.36*	1.00	.27*	.24*	.26*	.63*
MO	.14	.14	.27*	.27*	-.01	.11	-.19*	.26*	.15	.47*	.27*	1.00	.21*	-.10	.40*
NI	-.02	.08	.22*	-.02	.07	-.00	.21*	.31*	.21*	.19*	.24*	.21*	1.00	.19*	.42*
V	-.17*	.12	.07	.04	.05	.10	.90*	.38*	.47*	-.05	.26*	-.10	.19*	1.00	.19*
ZN	.20*	.32*	.49*	.29*	.12	.25*	.24*	.46*	.24*	.69*	.63*	.40*	.42*	.19*	1.00



Rock

Fig. 2-2-2(1) Scatter diagram matrix



Soil

Fig. 2-2-2(2) Scatter diagram matrix

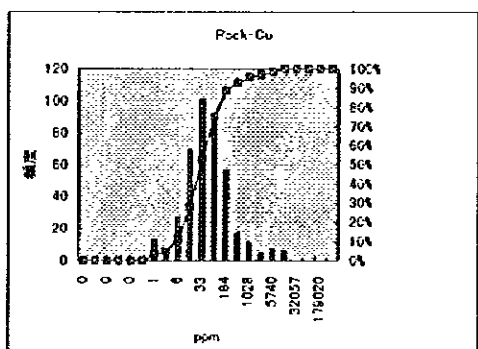
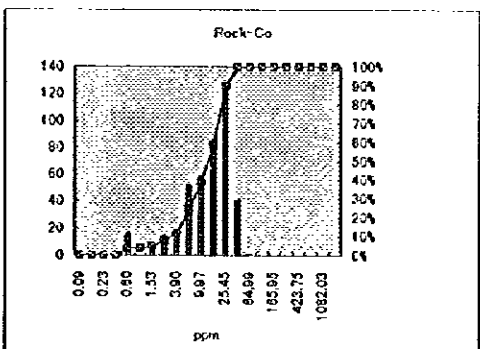
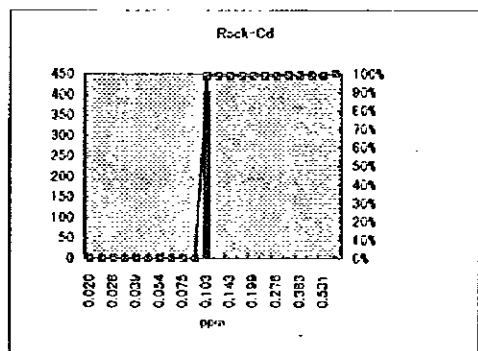
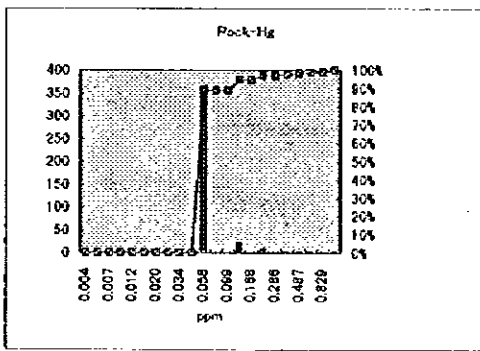
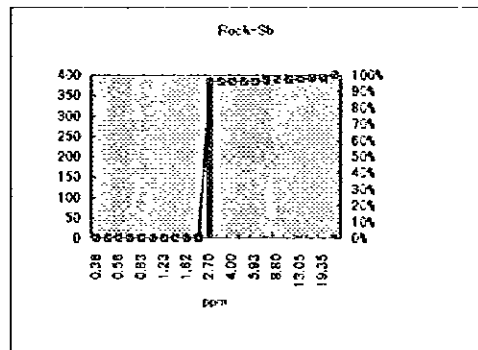
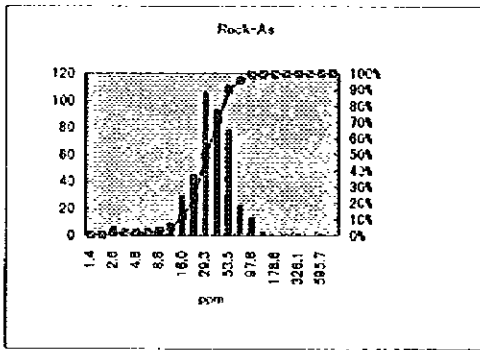
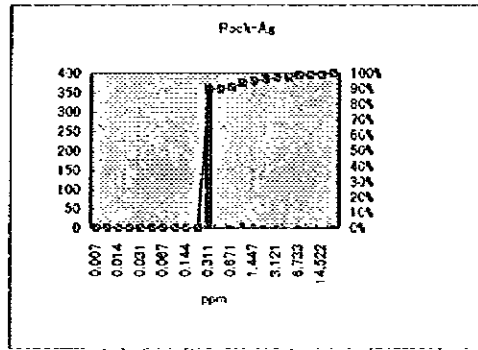
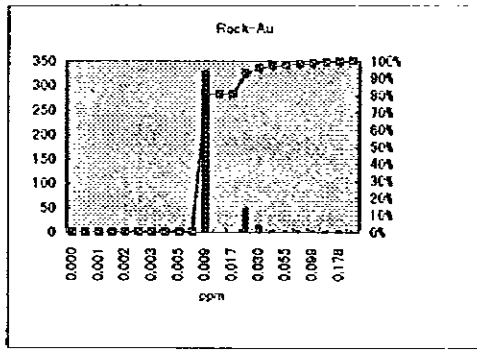


Fig. 2-2-3(1) Histograms and cumulative curve of element (Rock Samples)

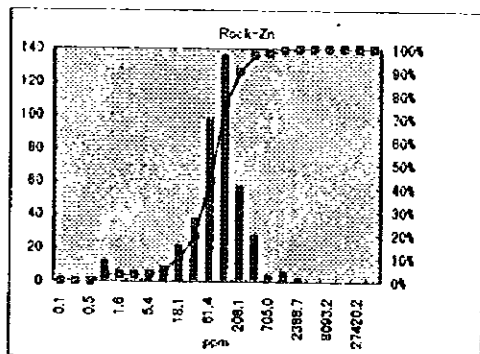
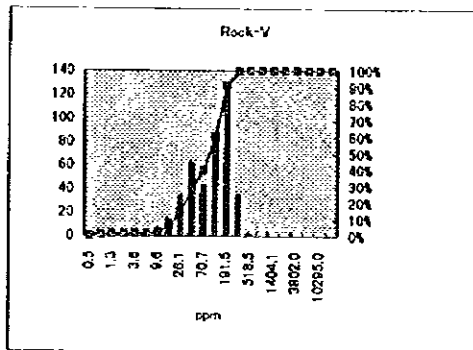
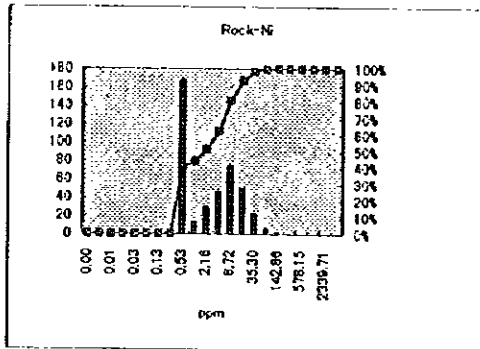
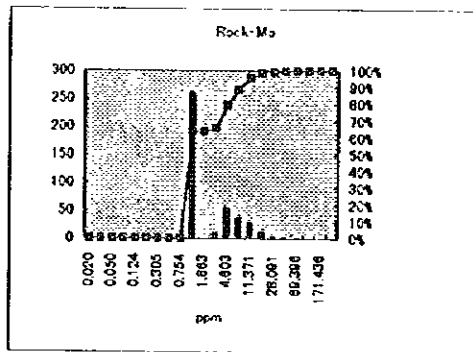
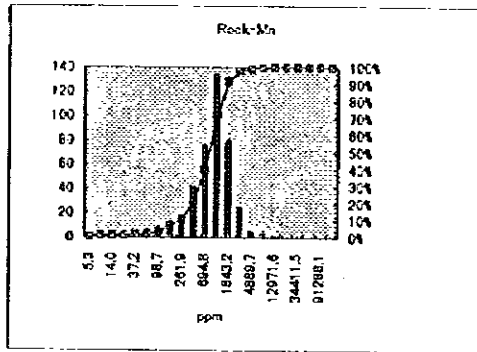
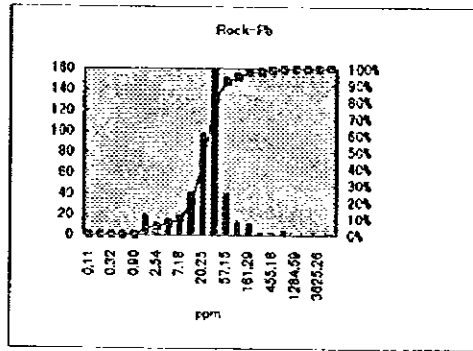
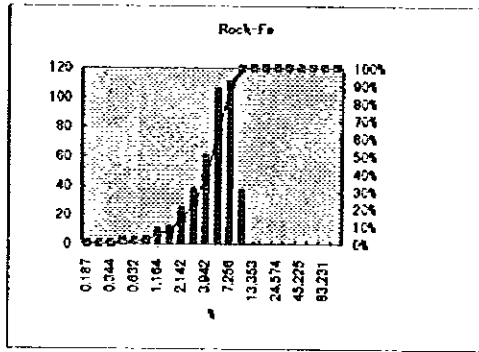


Fig. 2-2-3(2) Histograms and cumulative curve of element (Rock Samples)

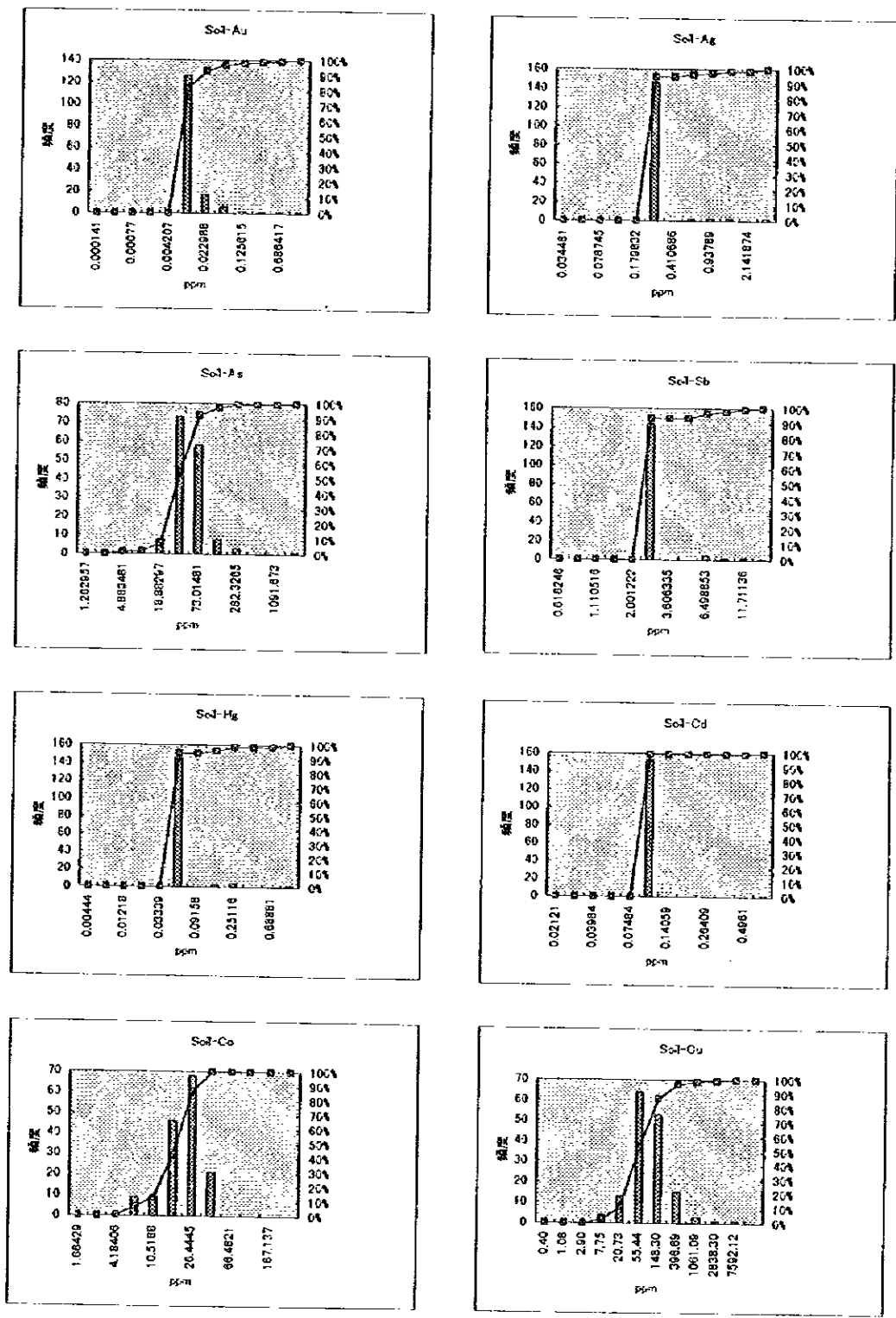


Fig. 2-2-3(3) Histograms and cumulative curve of element (Soil Samples)

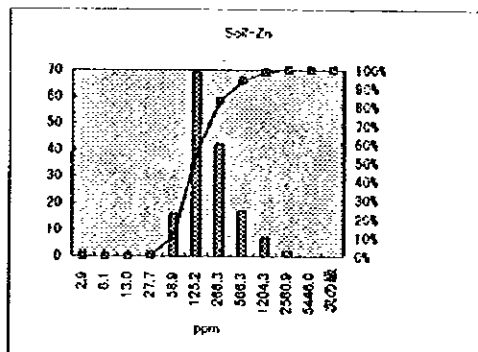
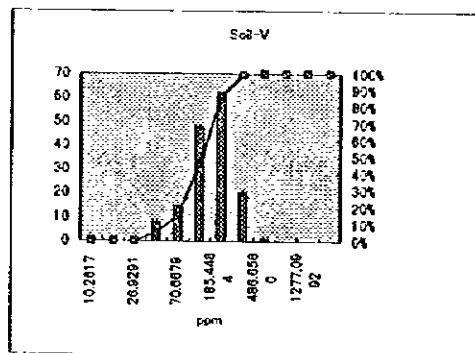
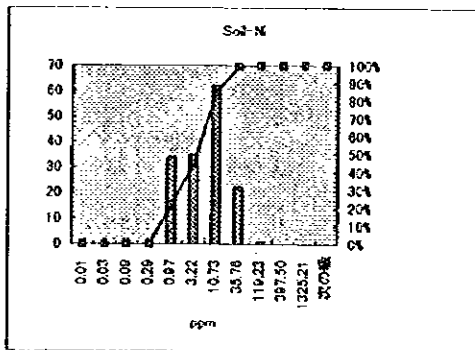
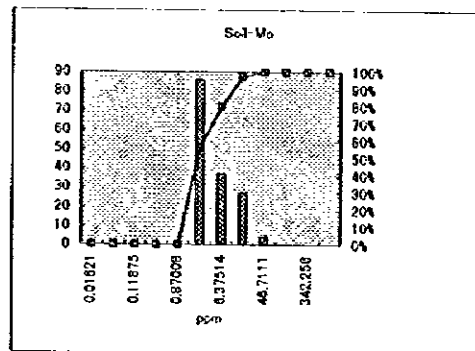
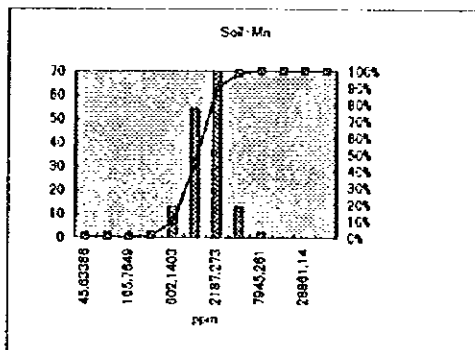
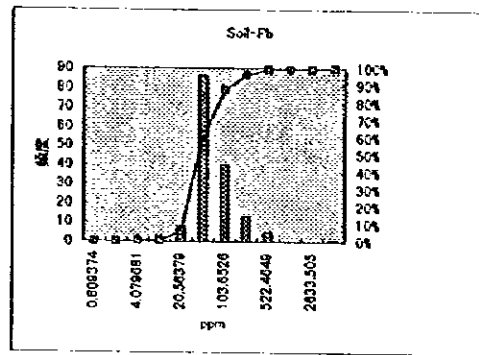
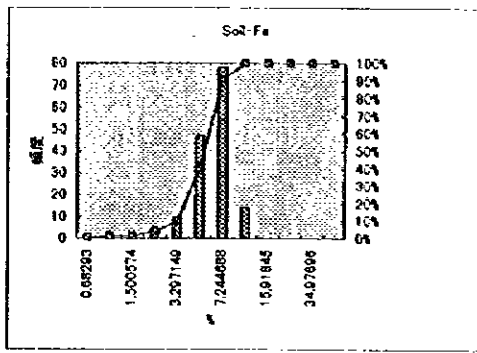


Fig. 2-2-3(4) Histograms and cumulative curve of element (Soil Samples)

- *Ag: 分析値の約 10 % がバックグラウンド値以上の値を示す。地域北部の濃集部は、
 鉍微地 5、6、7にほぼ対応し、断層に近接する。地域南半分の濃集部は、
 鉍微地 16、25-32、地域東部の濃集部は、鉍微地26-27、23にほぼ対応す
 る。しかし、全体として、両者の整合性は殆ど認められないと判断される。
- *As: 全体にバックグラウンドより高い値を示す。地域北部の濃集部は、鉍微地7、南
 東部のものは鉍微地25-32、26-27 にほぼ対応する。しかし、全体として、
 両者の整合性は殆ど認められないと判断される。
- *Sb: 分析値の約 5 %がバックグラウンド値以上の値を示す。地域東半分の濃集部は、
 鉍微地 7、24、23、26-27、25-28、31にほぼ対応する。しかし、全体と
 して、両者の整合性は殆ど認められないと判断される。
- *Hg: 分析値の約 10 % がバックグラウンド値以上の値を示す。
 地域北半分の濃集部は、鉍微地 5-7にほぼ対応し、断層にも近接する。地域
 東部の濃集部は、鉍微地 26-27 にほぼ対応する。地域西部の濃集部は分析
 値が少なく信頼性に欠ける。しかし、全体として、両者の整合性は殆ど認め
 られないと判断される。
- *Co: 地域全体がバックグラウンド値以下である。
 地域中央部の濃集部は、鉍微地密集地域にほぼ対応する。地域南東部の濃集
 部は、鉍微地25-32、21-22-23にほぼ対応する。地域北西部の濃集部と地質
 との関係は不明である。全体として、Coは、相対的に安山岩質岩石のオルケ
 ッタ層で高く、中性岩のロ・ブラド層で低い値を示す傾向が認められ、両地
 層の構成岩を反映している可能性がある。全体として、両者の分布は多少関
 連する可能性がある。
- *Cu: 濃集部は鉍微地にほぼ対応している。
 地域南西部の濃集部は、花崗閃緑岩及びデイサイトの分布にほぼ対応する。
 しかし、地域西部の大規模な濃集部と地質との関係は不明である。
- *Fe: 地域全体がバックグラウンド値以下で、濃集部と鉍微地との関連が不鮮明であ
 り検討の対象にはならない。
 しかし、相対的にFeは、安山岩質岩石のオルケッタ層で高く、中性岩のロ
 ・ブラド層で低い傾向が認められ、両地層の構成岩を反映している可能性が
 ある。
- *Pb: 分析値の約 5 %がバックグラウンド値以上の値を示す。地域東半分の濃集部
 は、鉍微地に21-22-23、25-28-32、26-27 にほぼ対応する。
 しかし、Pbは、相対的にオルケッタ層中の二次銅鉍の鉍微地では低い値を
 示す傾向が認められる。しかし、全体として、両者の整合性は殆ど認めら
 れないと判断される。
- *Mn: 地域全体がバックグラウンド値以下で、濃集部と鉍微地の分布の関連が不鮮明

であり検討の対象にはならない。

*Ni: 分析値の約 69 % がバックグラウンド値以上の値を示す。

濃集部は、かなり分散しているが、鉱徴地との規則的な対応性は認められない。Niの濃集部は、相対的に安山岩質岩石のオルケッタ層で高く、中性岩のロ・プラド層で低い傾向が認められ、両地層の構成岩を反映している可能性がある。

*V: 地域全体がバックグラウンド値以下の値を示すが、全体的に、ほぼ鉱徴地の分布に対応している。

しかし、地域西部、南西部の大規模な濃集部と地質的との関係は不明である。相対的にVの濃集部は、安山岩質岩石のオルケッタ層で高く、中性岩のロ・プラド層で低い値を示す傾向が認められ、両地層の構成岩を反映している可能性がある。従って、両者の分布は多少関連する可能性がある。

*Zn: 分析値の約 10 % がバックグラウンド値以上の値を示す。

地域東部の濃集部は、必ずしも鉱徴地に対応していない。

むしろ、Znの濃集部は、相対的に安山岩質岩石のオルケッタ層で低く、中性岩のロ・プラド層で高い値を示す傾向が認められ、両地域の鉱化作用の相違を反映している可能性がある。従って、全体として、両者の整合性は殆ど認められないと判断される。

②銅異常帯と他元素濃集部との関係

当調査は銅鉱床を主要探査目的とするため、本項では、Table 2-1-2の分析元素の相関係数に基づき、Cuの異常帯とこれに相関する他元素の濃集部の関係を検討する。従って、Table 2-2-2でCuと95%以下の相関関係を示すCd、Moは検討の対象外とする。Cuの異常帯は、基本統計量及びHand book of geochemistry Vo 1.3を参考に77ppm以上とした。

*Au: 地域北半分に分布する濃集部は、鉱徴地5、6、7のCu異常帯の一部にほぼ対応する。

地域南半分に分布する濃集部は、鉱徴地20、25-32、26-27、33のCu異常帯にほぼ対応する。しかし、二次銅鉱の鉱徴地地域では、相対的に低い値を示す傾向が認められる。地域西部の大規模な濃集部と地質との関係は不明である。地域南西部の濃集部は、花崗岩類の影響の可能性がある。しかし、これ以外のCu異常帯にはAu濃集部を作っていない。従って、全体的に、両者の整合性は認められないと判断される。

*Ag: 地域北部の濃集部は鉱徴地5、地域東部の濃集部は鉱徴地23、中央西部の濃集部は鉱徴地16、地域南東部の濃集部は、鉱徴地25のCu異常帯の一部にほぼ対応する。しかし、これ以外の大部分のCu異常帯にはAg濃集部

が全く認められない。従って、両者の整合性は認められないと判断される。

- * As: 地域東半分の濃集部は、不鮮明ながら鉱徴地のCu異常帯にほぼ整合的である。しかし、西半分の濃集部とCu異常帯の関連性は全く不明瞭である。従って、両者の間には整合性は殆ど認められないと判断される。
- * Sb: 地域北部の濃集部は鉱徴地 7、地域東部の濃集部は、鉱徴地23、26-27、25-32のCu異常帯の一部にほぼ対応する。しかし、これ以外の大部分のCu異常帯にはSb濃集部が全く認められない。従って、両者の整合性はほとんど認められないと判断される。
- * Hg: 地域北部の濃集部は、鉱徴地5-7、地域東部の濃集部は鉱徴地26-27のCu異常帯の一部にほぼ対応するのみである。
しかし、これ以外の大部分のCu異常帯にはHg濃集部が全く認められない。従って、両者の整合性は殆ど認められないと判断される。
- * Co: 濃集部は、全体として鉱徴地のCu異常帯とほぼ対応している。
地域西部及び南西部の大規模なCu異常帯と地質との関係は不明である。
全体として、Coの値は、相対的に安山岩質岩石のオルケッタ層で高く、中性岩のロ・プラド層で低い値を示す傾向が認められ、両地層の構成岩を反映している可能性がある。全体として、両者の分布は多少関連する可能性がある。
- * Fe: 濃集部とCu異常帯の分布の間には関連性が全く認められない。
- * Pb: 地域東半分の濃集部は、鉱徴地のCu異常帯にほぼ対応する。南東に分布する濃集部は、Cu異常帯にほぼ対応する。しかし、地域西半分の濃集部とCu異常帯の関連性が全く不明瞭である。また、二次銅鉱の鉱徴地域では、Pbは、相対的に低い値を示す傾向が認められる。従って、両者の整合性は認められないと判断される。
- * Mn: 濃集部が不明瞭で、Cu異常帯との関連性は全く不明である。
- * Ni: 濃集部のかなりの部分が鉱徴地のCu異常帯の分布とほぼ対応する傾向を示す。
しかし、一部ではこれと逆の現象も認められる。従って、両者は多少関連する可能性がある。
- * V: 全体に不明瞭ながら濃集部と鉱徴地のCu異常帯がほぼ対応する。
従って、両者は多少関連する可能性があると判断される。
- * Zn: 地域東半分では濃集部の一部が、鉱徴地のCu異常帯と不鮮明ながらほぼ対応する。
しかし、地域西半分の濃集部とCu異常帯の関連性が全く不明瞭である。
従って、両者の整合性は認められないと判断される。

以上の結果、Au、Ag、As、Sb などの高濃集部が、Cuの異常帯の一部に対応するものの、Cu元素以外に有効な指示元素の存在しないことが確認された。従って、Cuの異常帯は、地域西半分では二次銅鉱の鉱徴地の分布をほぼ反映していると結論し得る。

③地層別安山岩類のCuの検討

地域全体のCuの平均分析値は33ppmを示すが、オルケッタ層下部層の安山岩質岩石は38ppm、オルケッタ層上部層の安山岩質岩石は34ppm、オコイータは176ppmを示す。また、ロ・プラド層の安山岩質岩石のCuの平均分析値は18ppm、オコイータのそれは81ppmを示す。従って、Cu元素は安山岩質岩石、特に、オルケッタ層のオコイータ中に異常に濃集し、これらを反映してオルケッタ層が二次銅鉱を主体とするCuの異常帯の分布を網羅することが確認された。

Table 2-2-3 Geometrical Means of Principal Rocks

Rock	No.	Au (ppm)	Ag (ppm)	As (ppm)	Sb (ppm)	Hg (ppm)	Cd (ppm)	Co (ppm)	Cu (ppm)	Fe (%)	Pb (ppm)	Mn (ppm)	Mo (ppm)	Ni (ppm)	V (ppm)	Zn (ppm)
Horqueta F. Lower Mem.	67	0.010	0.3	32	3	0.1	0.1	17	38	4.65	12	831	2	3	101	64
Horqueta F. Upper Mem.	110	0.009	0.3	32	3	0.1	0.1	14	34	5.13	19	762	1	3	116	58
Lo Prado F.	159	0.010	0.3	27	3	0.1	0.1	6	27	3.15	24	650	2	1	44	61
Ocoita (in Horqueta F.)	15	0.009	0.4	43	3	0.1	0.1	26	177	6.23	23	1487	1	5	165	146
Lo Prado F. Tuff etc.	68	0.011	0.4	27	3	0.1	0.1	6	27	2.64	24	533	2	1	37	49
Ocoita (in Lo Prado F.)	19	0.009	0.4	39	3	0.1	0.1	13	81	5.21	30	996	3	2	115	129
Andesite (Intrusive)	24	0.009	0.3	40	3	0.1	0.1	20	67	5.41	30	928	2	4	135	116

④主成分分析

地化学探査結果を多角的に検討し、各元素の濃度分布の原因と鉱化作用及び地質との関係を考察するため、主成分分析を実施した。解析に際して、検出限界以下の分析値の多いAu、Ag、Sb、Hg、Cd、Mo を対象から除外した。その結果を Table 2-2-3、Table 2-2-4 及びFig. 2-2-4 に示す。

第1主成分(P1)～第5主成分(P5)までの累積寄与率は82.4%であり、分析結果の大部分、または、地域の主要な地化学的特性を説明しているといえる。従って、P5までの主成分分布図を作成・検討した結果を以下に要約する。

*P1: Co、Fe、V を高く評価している。

一部に対応の悪い部分もあるが、全体的、相対的に高得点域は、安山岩質岩石の分布を反映している傾向が認められる。

*P2: As、Pb、Znを高く、Co、Fe、Ni、Vを低く評価している。

全体的、相対的に高得点域は、ロ・プラド層の分布を、低得点域はオルケッタ層を反映している傾向が認められる。

*P3: Fe、Mn、Vを高く、Cu、Ni を低く評価している。

全体的に高得点的の分布は、不規則であり、地質及び鉱徴地との対応が

Table 2-2-4 Result of principal component analysis

1. Rock

Engen value and contribution ratio

	Engenvalue	Contribution ratio(%)	Cumulative Engen value	Cumulative Cont. ratio(%)
P1	3.64335	40.48167	3.64335	40.48167
P2	1.27639	14.18208	4.91974	54.66375
P3	0.95260	10.58450	5.87234	65.24825
P4	0.79599	8.84130	6.66833	74.09255
P5	0.75199	8.35543	7.42032	82.44798
P6	0.56400	6.26667	7.98432	88.71465
P7	0.47613	5.29029	8.46044	94.00491

Principal component loading factor

	As	Co	Cu	Fe	Pb	Mn	Ni	V	Zn
P1	0.17000	0.21857	0.11546	0.21809	0.09338	0.17804	0.11769	0.22199	0.18261
P2	0.29448	-0.31677	0.13824	-0.13282	0.59689	0.02364	-0.21408	-0.25858	0.30019
P3	-0.07454	-0.00597	-0.65019	0.28401	-0.07862	0.35391	-0.60184	0.02136	0.20743
P4	-0.19665	0.07057	0.78858	0.06859	-0.28371	0.07364	-0.70656	0.02778	0.01296
P5	0.49034	0.15517	-0.12288	0.28525	0.18764	-0.70139	-0.37498	0.31017	-0.45261
P6	-0.90270	0.14852	0.00011	0.03376	0.82995	0.02603	-0.05045	0.40256	-0.28439
P7	-0.46591	-0.03971	-0.02745	0.43142	-0.12162	-0.88436	0.10779	-0.08363	0.93630

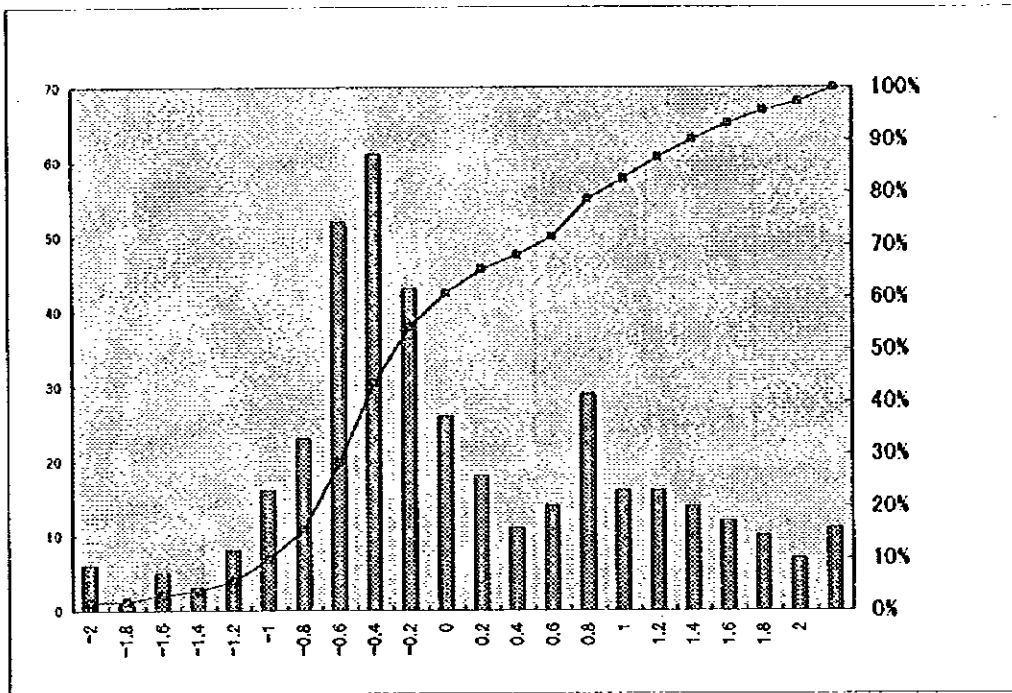
2. Soil

Engen value and contribution ratio

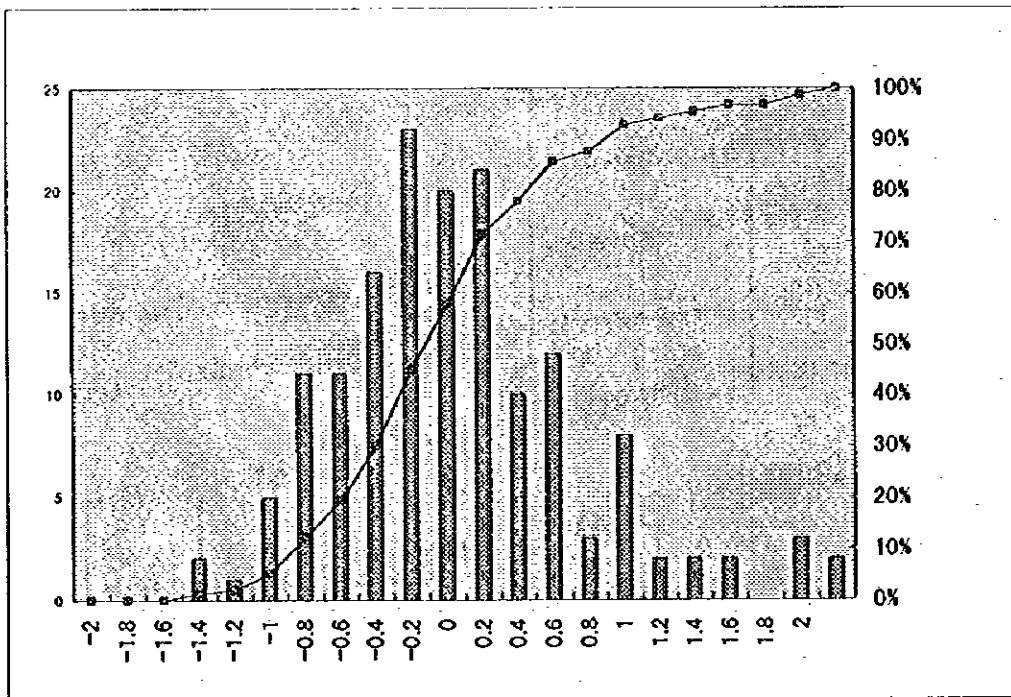
	Engenvalue	Contribution ratio(%)	Cumulative Engenvalue	Cumulative Cont. ratio(%)
P1	3.53800	39.31115	3.53800	39.31115
P2	1.93702	21.52246	5.47503	60.83361
P3	0.88365	9.81838	6.35868	70.65200
P4	0.81826	9.09182	7.17694	79.74382
P5	0.58651	6.51673	7.76345	86.26055
P6	0.52498	5.83306	8.28842	92.09360
P7	0.41830	4.64783	8.70673	96.74143
P8	0.19515	2.16834	8.90188	98.90977

Principal component loading factor

	As	Co	Cu	Fe	Pb	Mn	Ni	V	Zn
P1	0.54695	0.61868	0.71243	0.52600	0.58499	0.68587	0.51510	0.59286	0.80151
P2	-0.44284	0.69599	0.03267	0.37156	-0.62951	-0.16408	-0.06657	0.72641	-0.40258
P3	0.49188	0.01999	-0.34109	0.50837	0.19001	0.45128	-0.13739	0.04312	-0.07765
P4	-0.06466	-0.10060	-0.09369	0.09187	-0.16178	-0.22901	0.83469	-0.10118	-0.00252
P5	0.35009	0.23367	-0.01260	-0.55658	-0.00492	-0.22453	0.07952	0.20109	-0.01694
P6	-0.01651	-0.08292	0.59181	0.05483	0.10015	-0.32949	-0.03312	-0.08381	-0.19460
P7	-0.36787	0.11060	-0.11380	-0.06938	0.36522	-0.25991	-0.00938	0.08461	0.21161
P8	0.02106	0.01930	0.05347	0.01106	-0.23536	0.14032	-0.08435	-0.07936	0.32071



Rock Samples (P4)



Soil Samples (P1)

Fig. 2-2-4 Histogram and cumulative curve of Principal Component

不明瞭である。

*P4: Cu を高く、Niを低く評価している。

全体的に高得点域は、鉱微地分布をほぼ網羅し、Cuの異常帯にもほぼ整合する傾向を示す。地域北西部及び地域中央北部から北東～南西方向に大規模な鉱微地を作わない高得点域が抽出されている。

*P5: As、Fe、Vを高く、Mn、Ni、Znを低く評価している。

全体的に高得点的の分布は、不規則であり、地質及び鉱微地との対応が不明瞭である。

以上の結果、P1～P5のうちでは、相対的にP4が当地域のCu鉱化作用の地化学的特性を示す成分であると判断し得る。また、P2はロ・ブラド層中のCu鉱化作用が、オルケッタ層中の鉱化作用に比較してPb、Zn に富み、両層中の鉱化作用の微妙な相違を反映しているものと解釈し得る。

2-2-2 土地化学探査

土地化学探査に供した試料の基本統計量及び各種の解析資料は前述のとおりである。

①単元素濃集部と鉱微地の関係

各単元素の濃集部と鉱微地及び地質の関係を考察する。しかし、相関分析ではAu、Hg、CdとCuの相関がほとんど認められないため、これらを除外する。

*Ag: 分析値の95 %が検出限界以下である。

調査地域東端の濃集部のみが鉱微地 23、29にほぼ対応する。従って、両者の間には整合性は殆ど認められないと判断される。

*As: 分析値の約80 %がバックグラウンド値以上の値を示す。

しかし、濃集部と鉱微地の分布は必ずしも対応しない。全体として、Asは、相対的にオルケッタ層で低く、ロ・ブラド層で高い値を示す傾向が認められ、両地域の鉱化作用の性質の相違を反映している可能性がある。従って、両者の整合性は殆ど認められないと判断される。

*Sb: 分析値のほぼ全てが分析検出限界以下の値を示し、濃集部は殆ど認められない。従って、両者の相関は全く認められないと判断される。

*Co: 全体的に地域北西部では高く、南東部では高い傾向が認められる。

地域中央部及び東部の濃集部と鉱微地の分布は不鮮明ながら対応している。しかし、全体として、Co濃集部と鉱微地の分布は対応していない。地域北部の大規模な濃集部と地質との関係は不明である。従って、両者の整合性は殆ど認められないと判断される。

*Cu: 地域東半分では濃集部と鉱微地の分布はほぼ対応している。

しかし、地域西半分ではCuは、鉱微地で低い値を示す傾向がある。地域

北西部の大規模な濃集部と地質との関係は不明である。従って、両者の整合性は不明瞭であると判断される。

*Fe: 全体的に均一で濃集部は殆ど認められない。

*Pb: 濃集部と鉱徴地との関係は必ずしも対応しない。

むしろ、Pbは、相対的に、地域西半分のオルケッタ層で低く、ロ・ブラド層で高い値を示す傾向が認められ、両地域の鉱化作用の性質の相違を反映している可能性がある。

*Mn: 地域全体が均一で濃集部は殆ど認められない。

*Mo: 分析値のほぼ52%が分析検出限界以下の値を示す。

調査地東半分の濃集部は、鉱徴地の分布と不鮮明ながらも対応する。しかし、地域西半分の濃集部と鉱徴地の分布は対応しない。むしろ、Moは、相対的に、地域西半分のオルケッタ層で低く、ロ・ブラド層で高い値を示す傾向が認められ、両地域の鉱化作用または地質の相違を反映している可能性がある。地域北西端の濃集部は分析値が少なく信頼性に欠ける。従って、両者の整合性は殆ど認められないと判断される。

*Ni: 分析値のほぼ22%が分析検出限界値以下の値を示す。

調査地東半分の濃集部は鉱徴地の分布と不鮮明ながらも対応する。しかし、地域西半分の濃集部と鉱徴地の分布は対応しない。むしろ、Niは、相対的に、地域西半分のオルケッタ層で低く、ロ・ブラド層で高い値を示す傾向が認められ、両地域の地質の相違を反映している可能性がある。地域北西端の濃集部は分析値が少なく信頼性に欠ける。従って、両者の整合性は殆ど認められないと判断される。

*V: 全体として、濃集部と鉱徴地の分布は不鮮明ながらほぼ対応する。

従って、両者は相関する可能性がある。

*Zn: 地域全体として濃集部と鉱徴地の分布の関係は不鮮明である。

②銅異常帯と他元素濃集部との関係

土壌についても、岩石地化学探査解析と同じ理論で検討する。Cuの異常値は、岩石の異常値に連動させて、土壌のCu平均分析値55ppmを岩石のCu平均分析値33ppmで除し、これに岩石の異常帯の限界値77ppmを乗して130ppmとした。しかし、Au、Hg、Cdは、相関分析でCuとの相関がほとんど認められないため、これらを除外する。

*Ag: 濃集部は、鉱徴地23、29のCuの異常帯に対応するのみであり、両者の整合性は殆ど認められないと判断される。

*As: 濃集部とCuの異常帯の関係は全体としては不鮮明であるが、相対的にCuの異常帯では低い傾向が認められる。従って、全体的に、両者の整合性は

殆ど認められないと判断される。

*Sb: 濃集部とCuの異常帯の間には、全く整合性は認められない。

*Co: 中央部から北にかけての濃集部は、ほぼCuの異常帯に整合的であるが、これ以外では不明瞭である。従って、両者の整合性は認められないと判断される。

*Fe: 地域全体で濃集部が不明瞭で、両者の整合性は全く認められない。

*Pb: 濃集部と鉱微地23、29のCu異常帯との対応以外は不鮮明である。従って、両者の整合性は全く認められないと判断される。

*Mn: 地域全体で濃集部が不明瞭で、両者の整合性は全く認められない。

*Mo: 全体としては濃集部とCuの異常帯の間には、整合性は全く認められない。地域北西端の濃集部は分析値が少なく信頼性に欠ける。

*Ni: 地域中央部の濃集部は、鉱微地11-13、19、地域東部の鉱微地25、23のCuの異常帯にほぼ対応する。しかし、全体的には両者の分布には規則性がない。従って、両者の整合性は認められないと判断される。

*V: 濃集部とCuの異常帯の間には全体的に不明瞭ながら整合性が認められる。従って、両者の間に多少関連する可能性があるとは判断される。

*Zn: 地域東半分に濃集部が認められるが、地域西半分では殆ど認められない。むしろ、相対的に、地域西半分のオルケッタ層で低く、ロ・ブラド層で高い値を示す傾向が認められ、両地域の鉱化作用の性質の相違を反映している可能性がある。従って、両者の整合性は殆ど認められないと判断される。

以上の結果、単元素の濃集部とCuの異常帯との整合性は、岩石に比較して信頼性が低いと判断し得る。従って、Cuの異常帯の抽出には、岩石地化学探査結果のみで目的の達成はし得ると結論される。

③地層別安山岩類のCuの検討

土壌のCu含有量は、基本的には岩石のCu含有量を正確に反映していないため、この検討を割愛する。

④主成分分析

土壌についても、岩石と同様な目的で主成分分析を実施する。

P1～P4までの累積寄与率は79.4%であり、岩石とほぼ同じ値となるので、P4までの主成分分布図を作成・検討した結果を以下に要約する。

*P1: 9元素全てを高く評価している。高得点域は、鉱微地分布をほぼ網羅し、Cuの異常帯にもほぼ整合する傾向を示す。地域北西部には鉱微地を作わない大規模な高得点域が抽出されている。

*P2: Co、Fe、Vを高く、As、Pb、Znを低く評価している。全体的に高得点

域はオルケッタ層の、低得点域はロ・ブラド層の分布を反映している傾向が認められる。

*P3: As、Fe を高く、Cu、Mn、Niを低く評価している。高得点域の分布と鉱徴地及び地質との関連性は不明瞭である。

*P4: Niを高く、Mnを低く評価している。低得点域が地域北東半分の鉱徴地分布にほぼ整合的であるが、南西半分の高得点域と鉱徴地及び地質との関連性は不明瞭である。

以上の結果、土壌の主成分分析では、P1が当地域のCu鉱化作用に関係する地化学的特性を比較的明瞭に示すものと判断し得る。

以上の岩石及び土壌地化学探査の解析結果は以下に要約される。また、各種の解析結果図をFig. 2-2-5、Fig. 2-2-6、Fig. 2-2-7、Fig. 2-2-8、Fig. 2-2-9に示す。

*岩石分析によるCu異常帯は、鉱徴地の分布とほぼ整合的であり、鉱化作用を反映している。しかし、他元素の濃集部と鉱徴地の間には明瞭な関係が認められない。

*Au、Ag、Sbなどの高濃集部が、Cu異常帯の一部に対応するものの、全体的にCu異常帯と各元素濃集部の間には明瞭な関係が認められない。

*オルケッタ層の安山岩質岩石中にCu元素が濃集し、特に、オコイータには異常に濃集する。

*土壌分析によるCuの異常帯は、岩石のCu異常帯に比較して小規模であり、岩石のCu異常帯に含まれる。従って、調査地域の土壌の異常帯は、岩石の異常帯で代表し得る。

*主成分分析では、岩石及び土壌の高得点域が、主要鉱徴地及びCu異常帯の分布をほぼ網羅する。

2-3 異常帯と鉱化作用の関係

以上を結果に基づき、当地域で抽出された異常帯及び高得点域と鉱化作用の解析結果図をFig. 2-2-5、Fig. 2-2-6、Fig. 2-2-7、Fig. 2-2-8、Fig. 2-2-9に示す。これらに基づく考察・評価は以下に要約される。

(1) Cu異常帯: A-1 ~A-19の19ヶ所の異常帯は、鉱徴地の約80% 網羅し、これらの鉱化作用を反映しており、当地域の銅鉱化作用の岩石地化学探査解析図といえる。従って、鉱徴地を含まない異常帯についてのみ考察する。

*異常帯A-2 及びA-3 は、北に近接する異常帯A-1 と一括し得ると判断される。

*異常帯A-5 及びA-6 は、一括し得ると判断される。当異常帯はオルケッタ層下部層中に分布し、地質及び鉱化作用との関連性は不明ではあるが、大

規模な分布を示すため、他の手法と併せて検討する。

*異常帯 A-13 は、南西に近接する異常帯A-14と一括し得ると判断される。

*異常帯A-12、A-16及びA-18は、試料数が少なく信頼性が低いと判断し得る。

(2) 岩石の高得点域：R-1～R-26の26ヶ所の高得点域うち、比較的大規模な分布を示すR-1、R-4、R-5、R-9、R-12、R-14、R-16 などの高得点域は、鉍微地の約80%を網羅し、これらの鉍化作用を反映しており、当地域の銅鉍化作用の土地化学探査解析図といえる。従って、鉍微地を含まない高得点域についてのみ考察する。

*高得点域R-2 は、岩石地化学探査のAu濃集部の一部に重複しており、地質との関連性は不明であるが注目すべきと判断される。

*高得点域R-3 は、南西に近接するR-4 と一括し得ると判断される。

*高得点域R-5 は、オルケッタ層下部層中に分布し、地質との関連性は不明であるが、大規模な分布を示すため、他の手法と併せて検討する。

*高得点域R-11、R-13、R-15、R-17、R-18、R-29、R-20は、R-14と一括し得ると判断される。

*高得点域R-21、R-22 は、試料数が少なく信頼性が低いと判断し得る。

(3) 土壌の高得点域：S-1 ～S-5 の5ヶ所の高得点域のうち、S-2 は鉍微地の約75%を網羅しており、当地域の鉍化作用を反映しており、当地域の銅鉍化作用の土地化学探査解析図といえる。従って、鉍微地を含まない高得点域について考察する。

*高得点域S-1 は、オルケッタ層下部層中に分布し、地質との関連性が不明であるが、大規模な分布を示すため、他の手法と併せて検討する。

*高得点域S-4 及びS-5 は、試料数が少なく信頼性が低いと判断し得る。

(4) 総合解析結果

以上の岩石及び土壌のCu異常帯並びに高得点域から、さらに探査標的地を絞るため、これらのCu異常帯と高得点域が重複する範囲をFig. 2-2-9 に示す。

*地域北部のG-1、G-2、G-3 は、同一の異常帯と判断され、Auの濃集部ともほぼ一致し、注目すべき地域と判断されるが、デイサイト溶岩ドームに関連する可能性もある。

*地域中央部のG-4 は、ラス・ギアス鉍山の鉍微地を反映しているが、調査地域外である。

*地域東端のG-5 は注目すべき地域であるが、小規模なパナマ金鉍微地

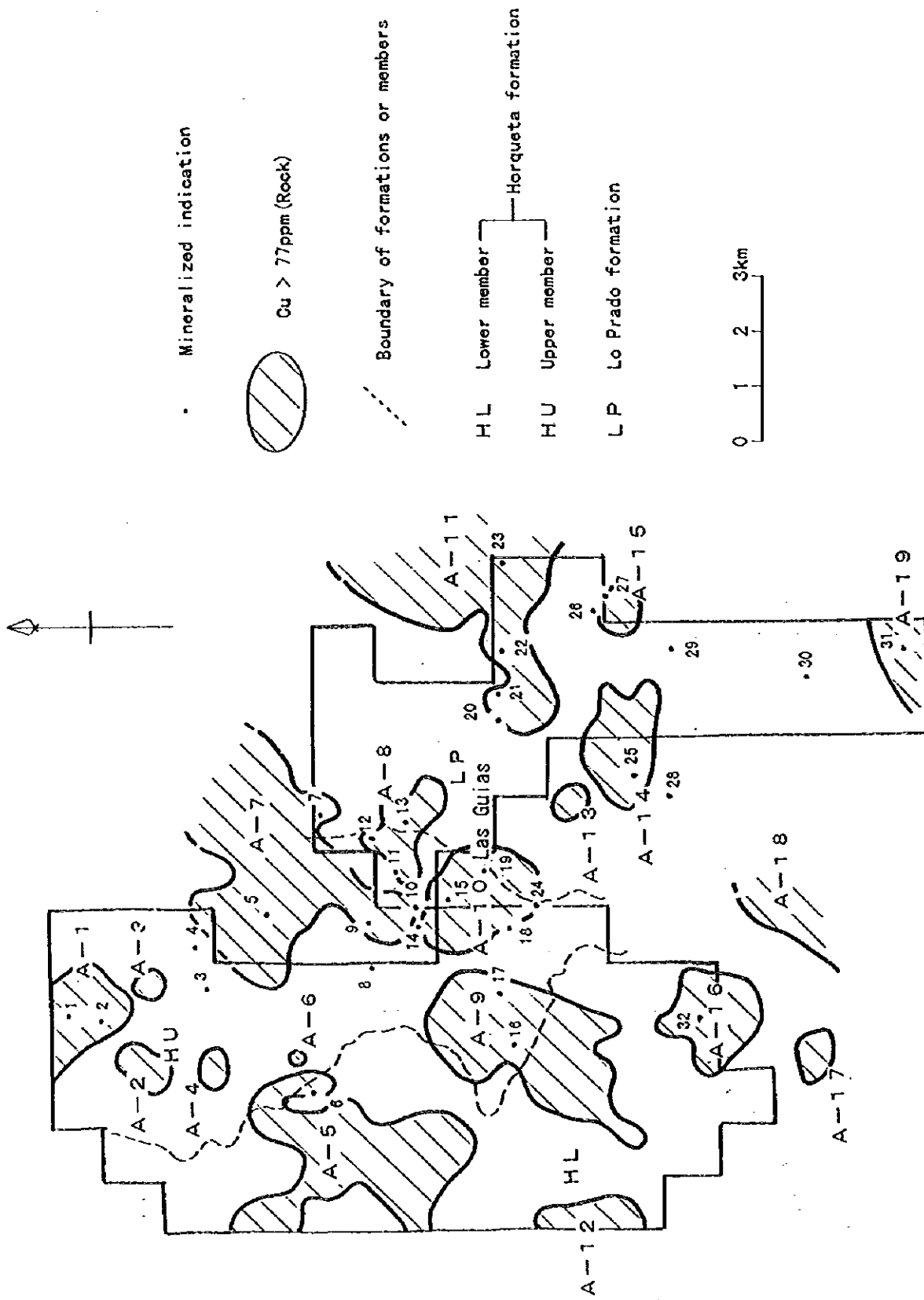


Fig. 2-2-5 Distribution map of Cu anomaly (rocks)

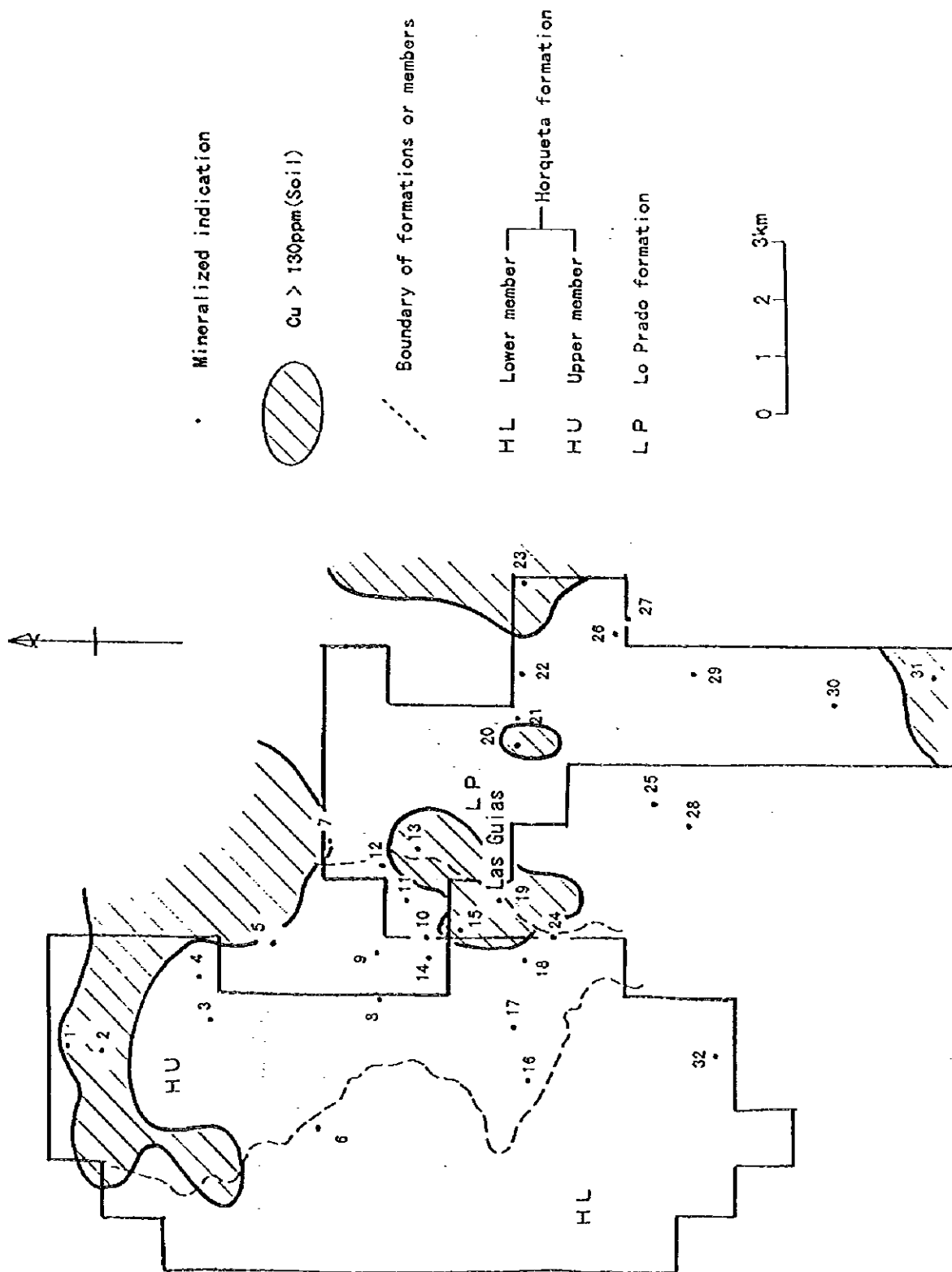


Fig. 2-2-6 Distribution map of Cu anomaly (soils)

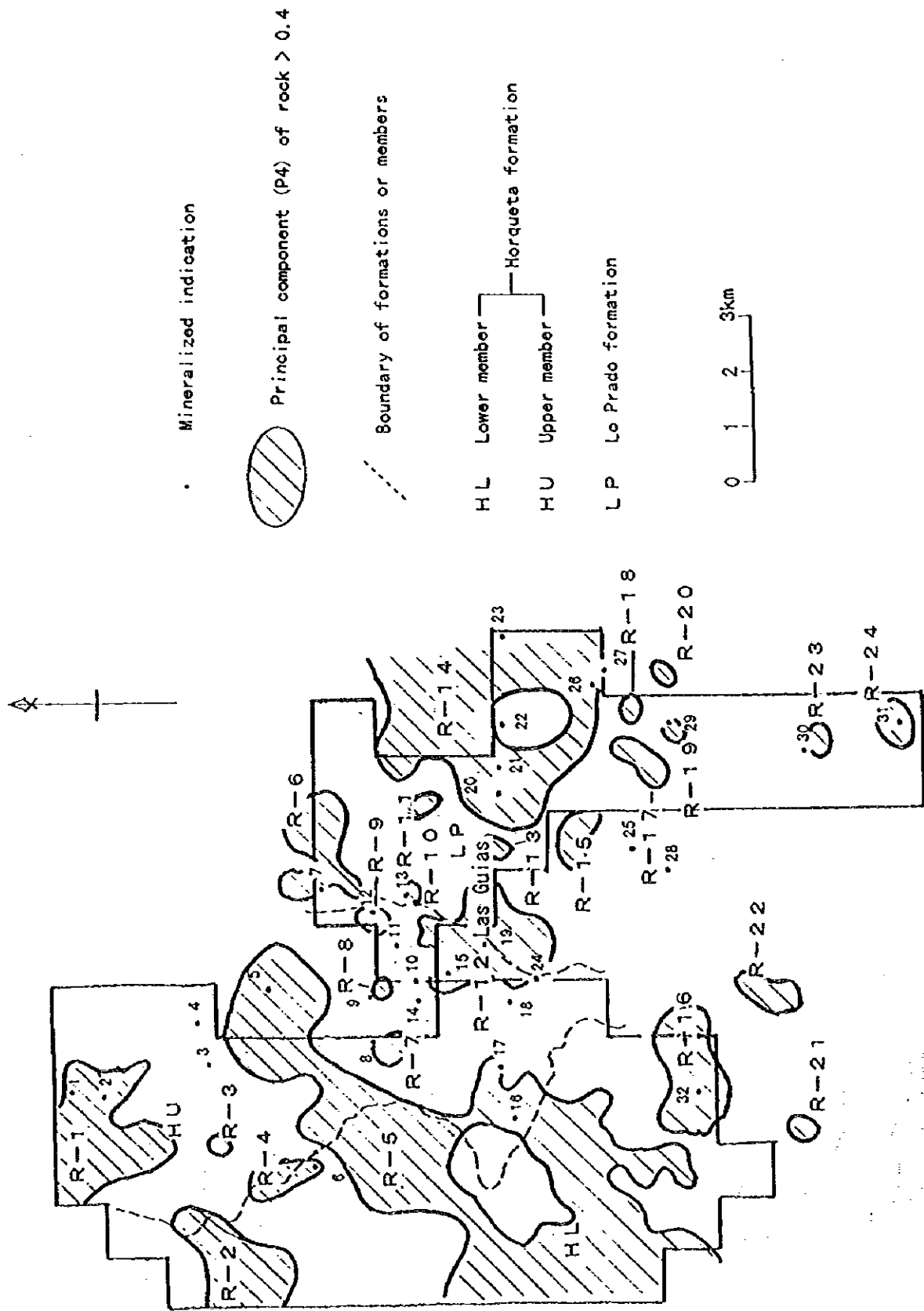


Fig. 2-2-7 Distribution map of principal component (rocks)

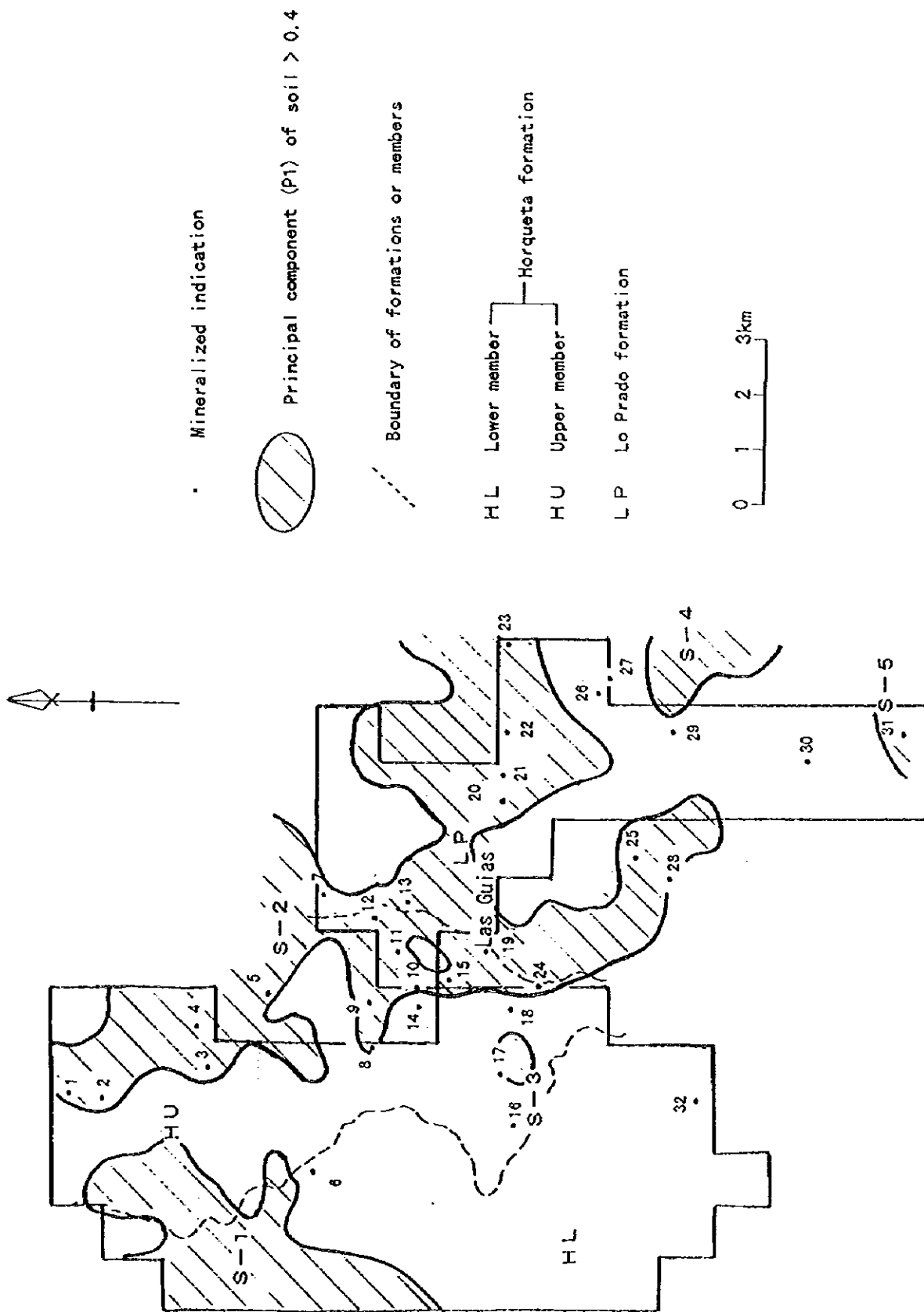


Fig. 2-2-8 Distribution map of principal component (soils)

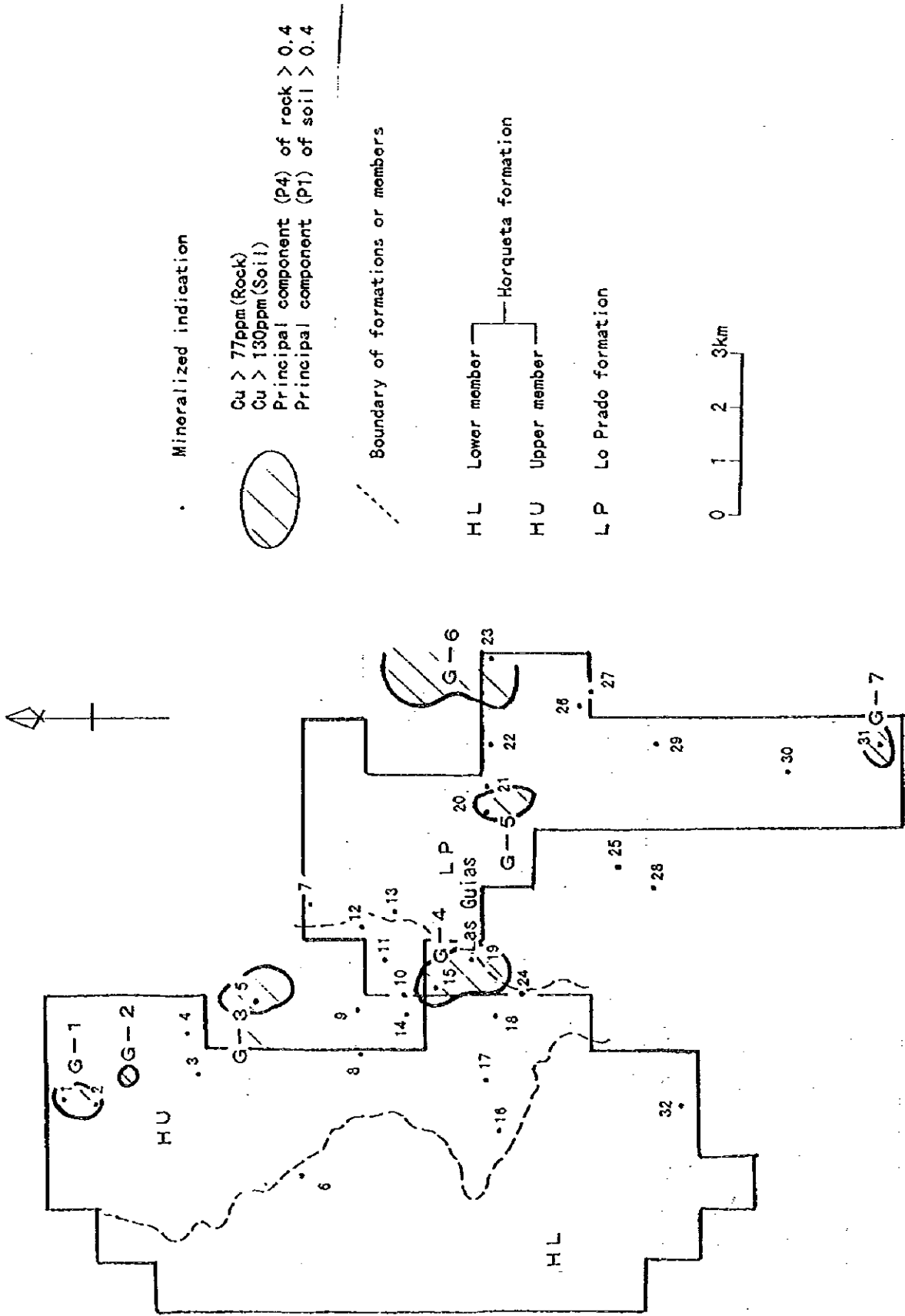


Fig. 2-2-9 Interpretation map of geochemical survey

を反映している。

* 地域東端及び南東端のG-6、G-7は、試料数が少なく信頼性が低い。

従って、当地域のように、地表に多数の鈹微地が知られ、かつ、オコイータのような高濃度のCuを含む岩石の分布する地域では、地域全体が異常帯、または、自然汚染地帯となり、地化学探査による潜頭銅鈹床の賦存を推定することは困難であると結論される。また仮に、既知鈹微地と同タイプ、同規模の鈹微が地下浅所に賦存するならば、地化学探査によって捕捉しうるものと判断される。

3)

4)

5)

第3章 物理探査

3-1 調査目的・内容および使用主要機材

本物理探査の目的は、IP法により調査地域内における鉱化作用を反映する可能性のある比抵抗構造及びIP異常域を抽出し、さらに、TEM法によりこれらの異常域の深部への連続性を解明することである。目標探査深度は地表下500mである。

現地調査では、調査地の地形条件及び植生の伐採禁止等の制約によって、規則的な測線の設定は出来なかった。測線及び測点位置をFig. 2-3-1に示す。

調査結果と、調査地域に分布する岩石および鉱石の電気的性質を比較するため、地表露頭から採取した岩石・鉱石試料の比抵抗およびIP効果を室内で測定した。

調査内容および使用機材をTable 2-2-1、2-2-2、2-2-3に示す。

Table 2-3-1 調査内容

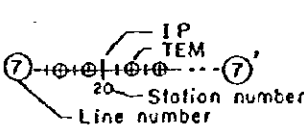
	IP法調査	TEM法調査
測線延長	20.3km	20.3km
測線数	10本(東西・南北方向各5本)	10本(東西・南北方向各5本)
測点数	1,820点 (n=6の測点は除く)	195点
測定方法	時間領域IP法	ループループ法(鉛直磁場測定)
電極配置など	ダイポールダイポール配置	Central-Loop法およびOut-Loop法
電極間隔など	電極間隔(a)=50m、 電極隔離係数(n)=1~5 (6まで測定した測点もある)	送信ループの形：原則60m×60m 受信点：送信ループ中央およびループの中心から60~200m離れた位置

Table 2-3-2 IP調査法使用機材一覧表

発電機	HONDA製 ET-4500、出力：4500vA
送信器	千葉電子製、CH-96T、CH-96PA、最大出力900v、0~15A
受信器	SCINTREX社製、IPR-12、8 Channel、入力レンジ：50μv~14v
電流電極	銅製網を埋設し、その周囲に大量の水を撒いた。
電位電極	銅-硫酸銅系非分極性電極



LEGEND



- Sandstone (La Pinda Formation)
- Pyroclastic (La Pinda Formation)
- Andesite lava (Upper Horqueta Member)
- Andesite pyroclastic (Upper Horqueta Member)
- Creta (Upper Horqueta Member)

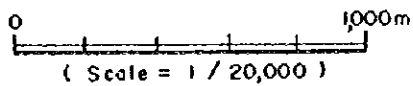


Fig.2-3-1 Location Map of the surveyed Lines and Geology

Table2-3-3 TEM法調査使用機材一覧表

送信器	Geonics 社製 EM57、最大出力 20A、送信周期：25Hz (HI) 及び 2.5Hz (LO)、遮断時間 115 μ 秒 (5x5m8 回巻きループ)、同期：水晶発振器及び同軸ケーブル、13kg、発電機電源使用
受信器	Geonics 社製 PROTEM-D、サンプル 86.7 μ 秒～7.03m 秒 (HI) 及び 867 μ 秒～70.3m 秒、20 チャンネル、電池電源使用
送信ループ	原則として 60m x 60m 正方形ループ、地形・植生により変更
受信コイル	モーメント 200m ² 、直径 1m、空芯、周波数帯域 60kHz

3-2 測定方法

3-2-1 物性測定

物理探査対象域に分布する代表的な岩石、酸化銅を伴う岩石及び鉱石の 40 試料を採取し、これらの比抵抗及び IP 効果（分極率）を実験室で測定した。

試料を 1 辺約 2cm～3cm の立方体に整形し、水道水に数日間浸した後、時間領域法で測定した。分極率の測定には、現地調査と同じ時間帯（信号遮断後 450m 秒～1770m 秒）の減衰曲線を積分し算出した。

3-2-2 IP法調査

(i) 測線設定及び測量

ダイポール・ダイポール電極配置の場合、本来直線上に電極を配置するのが原則であるが、本調査地域の大部分は地形が険しく棘の多い木が密生し、かつ樹木の伐採が厳しく禁じられているため、直線状の測線設定は困難であった。従って、測線の一部では比較的直線的な小道を利用しているため、屈曲している部分もある。

測線設定は縮尺 25,000 分の 1 の地形図上の特徴ある点を基点して、ポケットコンパスとエスロン製間縄を用いた簡易測量により実施した。

測点間隔は水平距離 50m である。

なお、TEM 法調査にも IP 法と共通の測線及び測点を利用した。

(ii) IP測定

強制分極法 (Induced Polarization Method) の略称が IP 法で、岩石の電気化学的性質を利用し、大地の電気的分極効果 (IP 効果) を測定するものである。時間領域 (Time Domain) 測定法と周波数領域 (Frequency Domain) 測定法に大別される。広範囲の全ての周波数・時間でそれぞれ誤差の無い測定をすれば、両者の測定はフーリエ変換によって等価のものとなる。現実的には多くの周波数で測定するのは経済的に困難である。近年ではコンピュータ関連技術の進歩により、より情報量の多い時間領域測定方法が普及している。本調査でも時間領域測定方法を使用した。

IP測定では、流電電線と電位測定電線の間での電磁カップリングはあたかもIPのように測定され、大きなノイズ源となっている。本調査では、上記の電磁カップリング現象の最も起りにくい電極配置、ダイポール-ダイポール電極配置（エルトラン電極配置とも呼ばれる）を使用した。

ダイポール-ダイポール電極配置の見掛比抵抗 ρ_o は次のとおりである。

$$\rho_o = n(n+1)(n+2)\pi a \frac{V}{I}$$

ここに

- π : 円周率、3.1415...
- V : 測定電位差 (volt)
- I : 電流値 (ampere)
- a : 電極間隔 (m)
- n : 電極隔離係数

本調査では調査測線が屈曲している部分を含むため、見掛比抵抗は上記式によって計算せず、各電極の位置を基に、下式によって算出した。

$$\rho_o = 2\pi \left(\frac{1}{C_1 P_1} - \frac{1}{C_1 P_2} - \frac{1}{C_2 P_1} + \frac{1}{C_2 P_2} \right)^{-1} \frac{V}{I}$$

ここに

- C_1, C_2 : 電流電極位置
- P_1, P_2 : 電位電極位置
- V : 測定電位差 (volt)
- I : 電流値 (ampere)

測定では電流電極間に矩形波電流を流し、電位電極間の電位変化を測定した。測定電位差は電流遮断とともに零に近くなり、その後、時間とともに徐々に零に向かい減衰する。電流が流れている時に電位電極間に生じる電位差 (V_p) と電流遮断後、ある程度の時間経過後 (数100 m秒~1秒位) の電位差 (V_{av}) との比を1000倍し、これをIP効果の大きさを表す指数として、分極率 (チャージアビリティー、Chargeability、単位 mv/v) と定義する。実際の V_{av} はある時間内の電位差減衰曲線を積分し、その時間で除した平均値を使っている。

$$V_{av} = \frac{\int_{t_1}^{t_2} V_i(t) dt}{(t_2 - t_1)}$$

本調査での分極率測定の時間は450m秒~1770m秒間である。

3-2-3 TEM法調査

電磁探査法としては、信号源となる電流の周波数を変化させ、探査深度をコントロ

ールする周波数領域の探査法が主に使われてきた。近年、エレクトロニクスやコンピュータ技術の進歩に伴って、時間領域の電磁探査法が普及してきた。本調査に利用した時間領域電磁探査法（TEM=Transient Electromagnetic 法、IDEM=Time Domain Electromagnetic 法と呼ばれることもある）は、地表に設置した送信ループに流れる電流を急激に遮断すると大地内には渦電流が誘導される。その渦電流が地下へ向かって浸透していく現象を地表に設置した受信コイルで測定し、地下の比抵抗分布を求める方法である。

TEM法では、送信信号電流が遮断された後、送信ループからの1次磁場（地下の比抵抗情報を含まない電磁場、測定においては大きなノイズ信号となる）の無い状態で測定する。このため、送信ループの径、並びに、送信-受信ループ間の距離は、探査深度とは直接関係がなくなる。TEM法の調査機器は、その探査深度や調査目的に応じ多くのものが市販されており、鉱山探査や地下水探査など多くの目的に対し広く使用されている。

TEM法の特徴は以下に要約される。

- ループを地表に設置するだけで測定可能であるため、露岩地帯や砂漠など電極の接地困難な地域でも地下比抵抗分布の調査が実施できる。
- 直流電気探査法やCSAMT法のような周波数領域電磁探査法に比べ、地下比抵抗変化に対し敏感である。
- 地形や地表付近の比抵抗変化の影響を受け難い。特にMT法、CSAMT法、直流電気探査法で問題となるスタティックシフトが生じないため、地下深部の比抵抗構造が正確に求められる。
- 蓄電池で駆動する小型測定装置が市販されており、地形の急峻な地域でも調査が可能である。
- 水平多層インバージョン、多層解析(Occam's Inversion)、プレートプログラム、及び2・3次元解析プログラムなど多くの解析プログラムが開発されている。

調査に先立ち調査方法の試験を実施し、送信ループの大きさは原則として一辺60mの正方形と決めた。実際の測定では地形状況により、送信ループの大きさは変化させた。

受信点(測点)は送信ループの中心点および、送信ループの外でループの中心から送信ループの1辺の約1倍から3倍までの距離で測定した。

実際の測定は下記のとおりである

1. 送信信号として、約10Aの矩形波電流を25Hzで送信ループに通電した。
2. 受信点が送信ループから近い場合、即ち測点が送信ループの中心にある場合は、送信器と受信器をケーブルで結び同期させた。受信点が送信ループの外にある場合は、水晶クロックを利用し送信器と受信器を同期させた。

3. 受信点では、鉛直方向の磁場変化を空芯コイルで測定した。測定は送信信号遮断後 86.7 μ 秒から 7.03m 秒の間、対数的にほぼ等時間間隔に設けた 20 ゲートで測定した。同一測点で最低 60 秒間(3000 スタック)継続測定した。測定結果は、電圧の減衰曲線として現場で表示確認し、ノイズの多いものについては測定を繰り返した。
4. 測定結果は受信器内の記録装置に記録し、宿舎で RS232C ケーブルによってパーソナルコンピュータへ転送した。

3-3 解析方法

3-3-1 IP法調査

IP 法調査結果を、見掛比抵抗及び分極率擬似断面図に表示した。見掛比抵抗値の算出は、測線の水平的な屈曲を考慮に入れて実施した。

これら擬似断面を基に、各測線毎に地形を考慮した二次元順解析を実施し、地下比抵抗及び IP 構造を決定した。解析に使用したソフトウェアは米国 Interpex 社製 RESIXIP2D である。

3-3-2 TEM法電磁探査

測定電圧を磁場変化率($\delta B / \delta t$)に変換する。

$$\frac{\partial B}{\partial t} = \frac{V_0 \cdot 19200}{E \cdot 2^n}$$

ここで、E (m^2) : 受信コイルのモーメント

n : 受信器の増幅器の利得

磁場変化率は、次式によって見掛比抵抗 ρ_o に変換される。次式は測定時間の後期において、地下比抵抗分布と近似した値を示す式で、late time の見掛比抵抗式と呼ばれる。

$$\rho_o = \frac{\mu}{4\pi t} \left[\frac{0.4 \mu T_{sm}}{t \cdot \frac{\partial B}{\partial t}} \right]^{\frac{2}{3}}$$

ここで μ : 真空中の透磁率 ($4\pi \times 10^{-7} H/m$)

t : 送信電流遮断後の時間

T_{sm} : 送信ループのモーメント (S -ア 面積と送信電流の積)

上記のようにして得られた見掛比抵抗値を基にして、コンピュータによる水平多層構造インバージョンを実施した。本調査の解析では、米国 Interpex 社製のソフトウェア TEMIX-XI を使用した。

この計算プログラムでは、地下比抵抗構造を水平多層と仮定し、初期値として適当な地下構造を与える。この初期値の地下構造の上で、同様な調査を実施した場合の磁気応答を計算し、その結果と実際に測定したデータの相違を比較する。相違を最小にするように地下構造を変化させ、相違が最小になった時の地下構造を、測点周辺での最適比抵抗構造とする方法である。

3-4 解析結果

3-4-1 物性測定

調査地域で採取した40個の母岩、鉱石の比抵抗及び分極率をTable 2-3-4に示す。なお、個々の測定結果の詳細を巻末資料A-13に示す。

Table 2-3-4 物性測定結果総括表

試料名 (個数)	比抵抗 ($\Omega \cdot m$)	分極率 (mv/v)
安山岩類 (16)	1210 ~ 8850	0 ~ 1
オコイータ (16)	1320 ~ 4980	0
オコイータ (鉱石) (8)	19 ~ 1930	0 ~ 57

岩石別の平均比抵抗は、安山岩類 4390 Ωm 、オコイータ 1100 Ωm 、鉱石 54 Ωm を示す。また、岩石別の平均分極率は、鉱石が 45mv/vを示し、それ以外は 0mv/vを示す。以上の事実から調査地では、比抵抗及び分極率の値の相違により鉱石と岩石の識別が可能であると判断しうる。

3-4-2 IP法調査

現地調査で得られた各測定点の分極率及び見掛け比抵抗値を用いて作成した疑似断面図及び疑似平面図を、Fig. 2-3-2(1)~2-3-5(5)に示す。測定された分極率は、ほぼ 2~4 mv/vの値を示し、局部的に 10mv/v以上の高異常分布が見られる。また、見掛け比抵抗値は 500~1000 Ωm 程度を示し、局部的に 100 Ωm 以下、或いは 1000 Ωm 以上の比抵抗異常がみられる。

ここで、便宜上、比抵抗 ρ の大きさを次のように分類する。

$$\begin{aligned} \rho \leq 600 \Omega m & : \text{低比抵抗} \\ 600 \Omega m < \rho \leq 2000 \Omega m & : \text{中比抵抗} \\ 2000 \Omega m < \rho & : \text{高比抵抗} \end{aligned}$$

次に各測線ごとの2次元解析結果をFig. 2-3-6(1)~(10)に示す。本解析では各測線ごとの測定結果を最もよく表す分極率分布及び比抵抗分布を求めた。その結果、地表下浅部の比抵抗構造、並びに、分極率 10mv/v以上の分極率異常体(以下、単に異

常体と呼ぶ)が解析された。浅部の大まかな比抵抗構造は水平多層を成し、地表下より 300 Ω m の低比抵抗層、600 Ω m の低比抵抗層、及び 1500 Ω m の中比抵抗層の 3 層構造に解析された。低比抵抗層と中比抵抗層との境界深度は地表下-100 m ~ -200 m 程度である。

解析によって求められた異常体を以下に示す。

- ・測線 1 の測点 No. 43 ~ 47 間の地表付近 ~ -50 m に存在する台形状異常体。
分極率 15 mV/v、比抵抗値 600 Ω m を示す。
- ・測線 2 の測点 No. 20 ~ 40 間の地表付近 ~ -150 m に存在する二つの台形状異常体
分極率 15 mV/v、比抵抗値 300 ~ 1500 Ω m を示す。
- ・測線 2 の測点 No. 56 ~ 60 間の地表-50 ~ -150 m に存在する台形状異常体。
分極率 15 mV/v、比抵抗値 300 ~ 600 Ω m を示す。
- ・測線 3 の測点 No. 9 ~ 10 間の地表 ~ -100 m に存在する逆三角形異常体。
分極率 20 mV/v、比抵抗値 300 ~ 1500 Ω m を示す。
- ・測線 4 の測点 No. 6 ~ 20 間の地表付近 ~ -100 m に存在する台形状異常体。
分極率 15 mV/v、比抵抗値 600 Ω m を示す。
- ・測線 5 の測点 No. 16 の地表付近 ~ -50 m に存在する長方形異常体。
分極率 15 mV/v、比抵抗値 300 Ω m を示す。
- ・測線 5 の測点 No. 28 ~ 33 の地表 ~ -100 m に存在する長方形異常体。
分極率 15 mV/v、比抵抗値 300 Ω m を示す。
また、その異常体中において測点 No. 29 の地表下に 30 mV/v の長方形異常体が存在する。
- ・測線 5 の測点 No. 51 ~ 55 の地表下-50 ~ -150 m に存在する台形状異常体。
分極率 15 mV/v、比抵抗値 200 Ω m を示す。
- ・測線 5 の測点 No. 60 ~ 63 の地表付近 ~ -150 m に存在する台形状異常体。
分極率 15 mV/v、比抵抗値 5000 Ω m を示す。
- ・測線 6 の測点 No. 20 ~ 22 の地表下 ~ -150 m に存在する三角形異常体。
分極率 30 mV/v、比抵抗値 600 ~ 1500 Ω m を示す。
- ・測線 7 の測点 No. 8 ~ 16 の地表付近 ~ -200 m に存在する台形状異常体。
分極率 10 mV/v、比抵抗値 1000 Ω m を示す。
- ・測線 7 の測点 No. 39 ~ 50 の地表付近 ~ -200 m に存在する長方形異常体。
分極率 15 mV/v、比抵抗値 300 Ω m を示す。
また、その異常体中において測点 No. 40 の地表下に 30 mV/v の長方形異常体が存在する。
- ・測線 8 の測点 No. 5 ~ 10 の地表下 ~ -200 m に存在する三角形異常体。
分極率 15 mV/v、比抵抗値 300 Ω m を示す。
- ・測線 9 の測点 No. 13 ~ 15 の地表下 ~ -100 m に存在する三角形異常体。

N

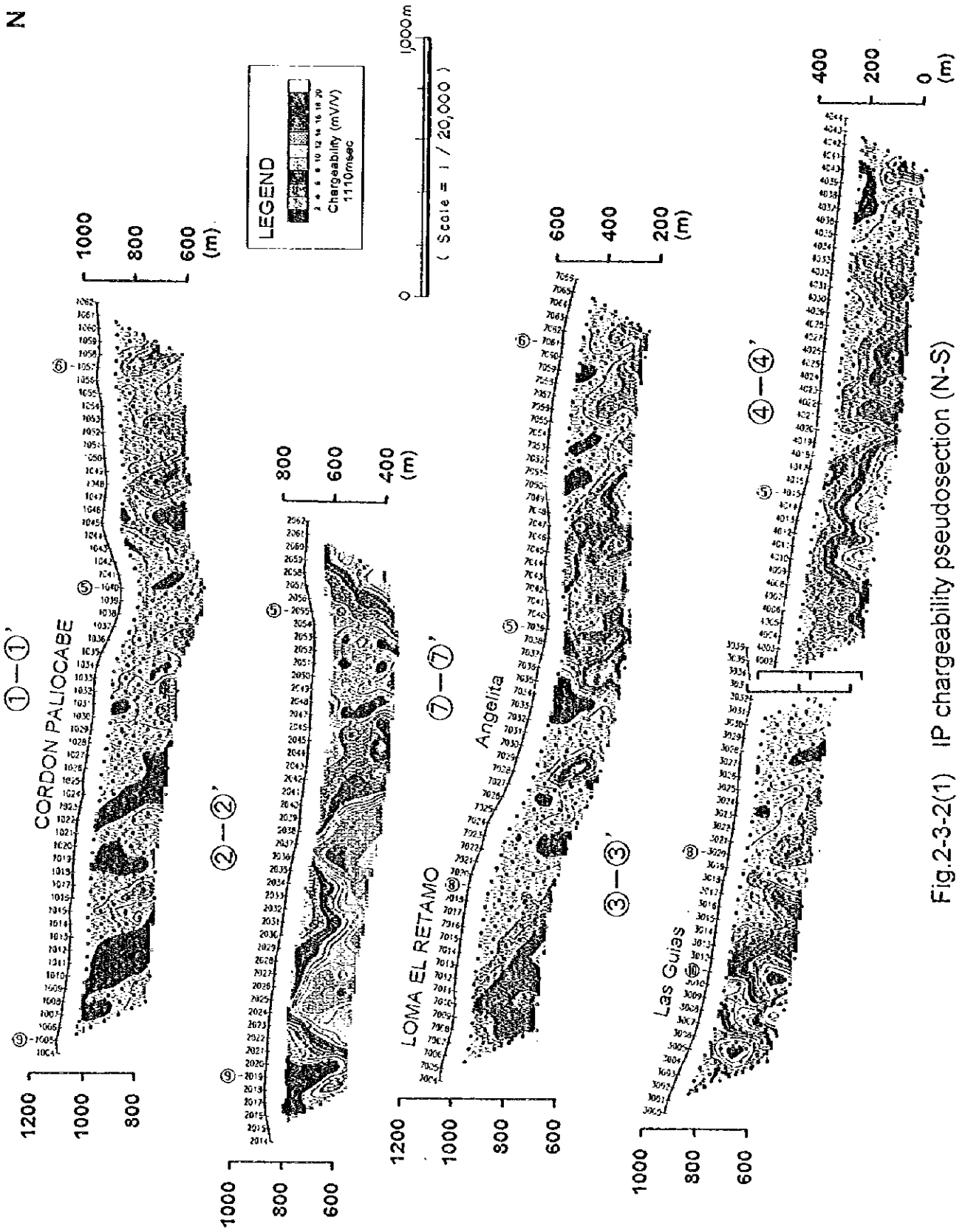


Fig.2-3-2(1) IP chargeability pseudosection (N-S)

S

W

E

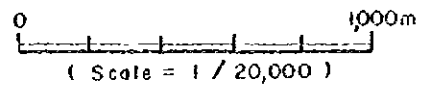
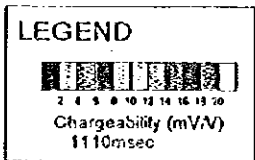
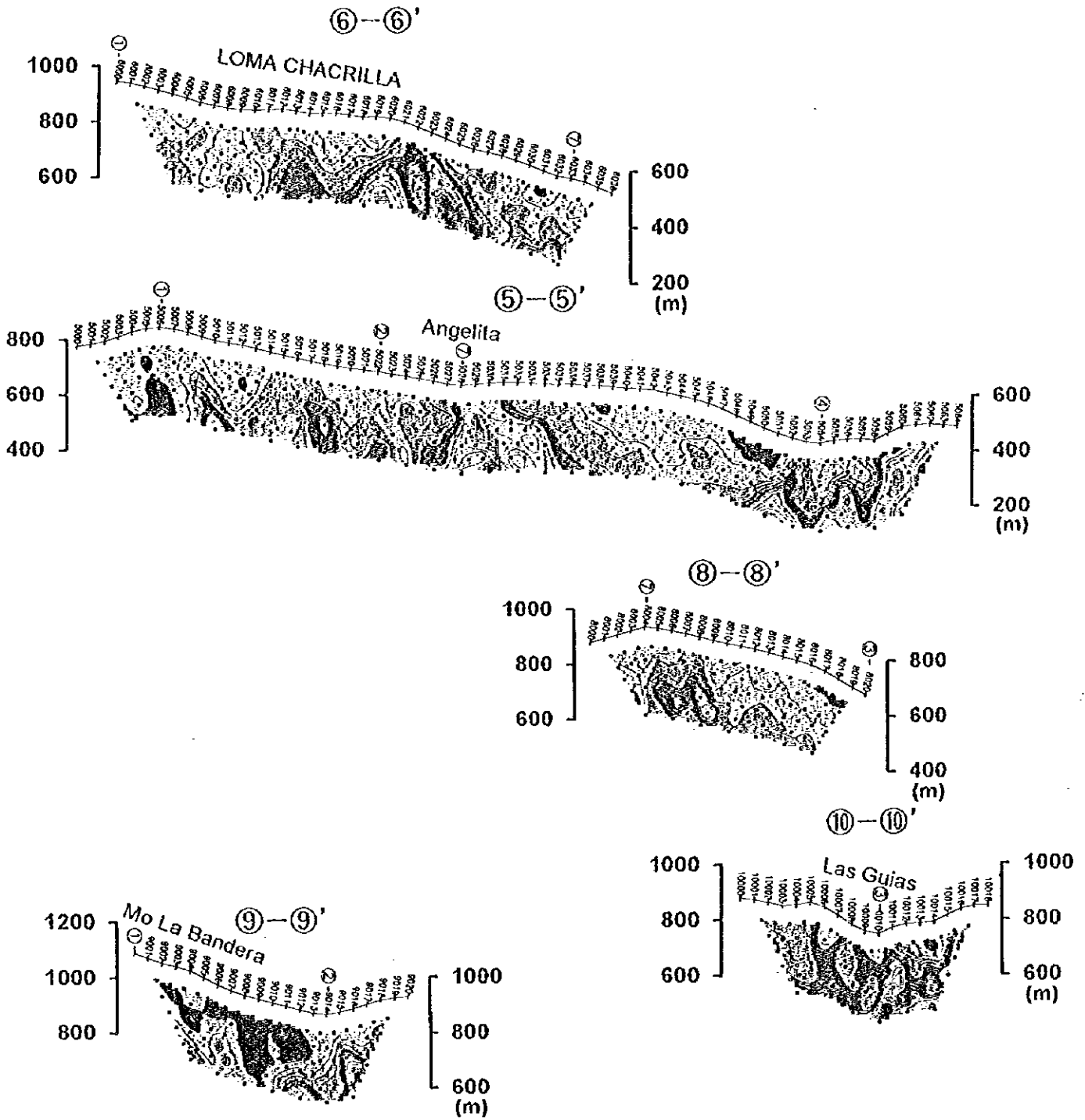


Fig.2-3-2(2) IP chargeability pseudosection (E-W)