

Legend

- Lithology**
- Altuvai, colluvial and fluvial deposits
 - Aerocene formation
 - Andesitic volcanics with intercalated beds of sandstone and breccia
 - Tephritic volcanics with intercalated beds of sandstone and breccia
 - Intrusion
 - Dioritic - ore-bearing porphyry
 - Tonalite - quartz latite
 - Quartz diorite
 - Hydrothermal
 - Alteration zone
 - Zoned silicified zone
 - Quartz silicified zone
 - Siliceous argillized zone
 - Chertized zone (pyrolyzized zone)
 - Limestone - Jorotepe rich zone
 - Subite Cordillera rift zone (principally pyrite)
 - Fault (brown line shows inferred fault)
 - Geologic contact
 - Access road
- P-1 Geophysical survey line
- Geochemical anomalous zone
- Cu > 90 ppm
 - Cu > 30 ppm
 - Mo > 30 ppm
 - As > 100 ppm
 - Pb > 100 ppm
 - Pb > 300 ppm
- Drilling site
- Direction of drilling
- MJCV-1 No. of drillhole

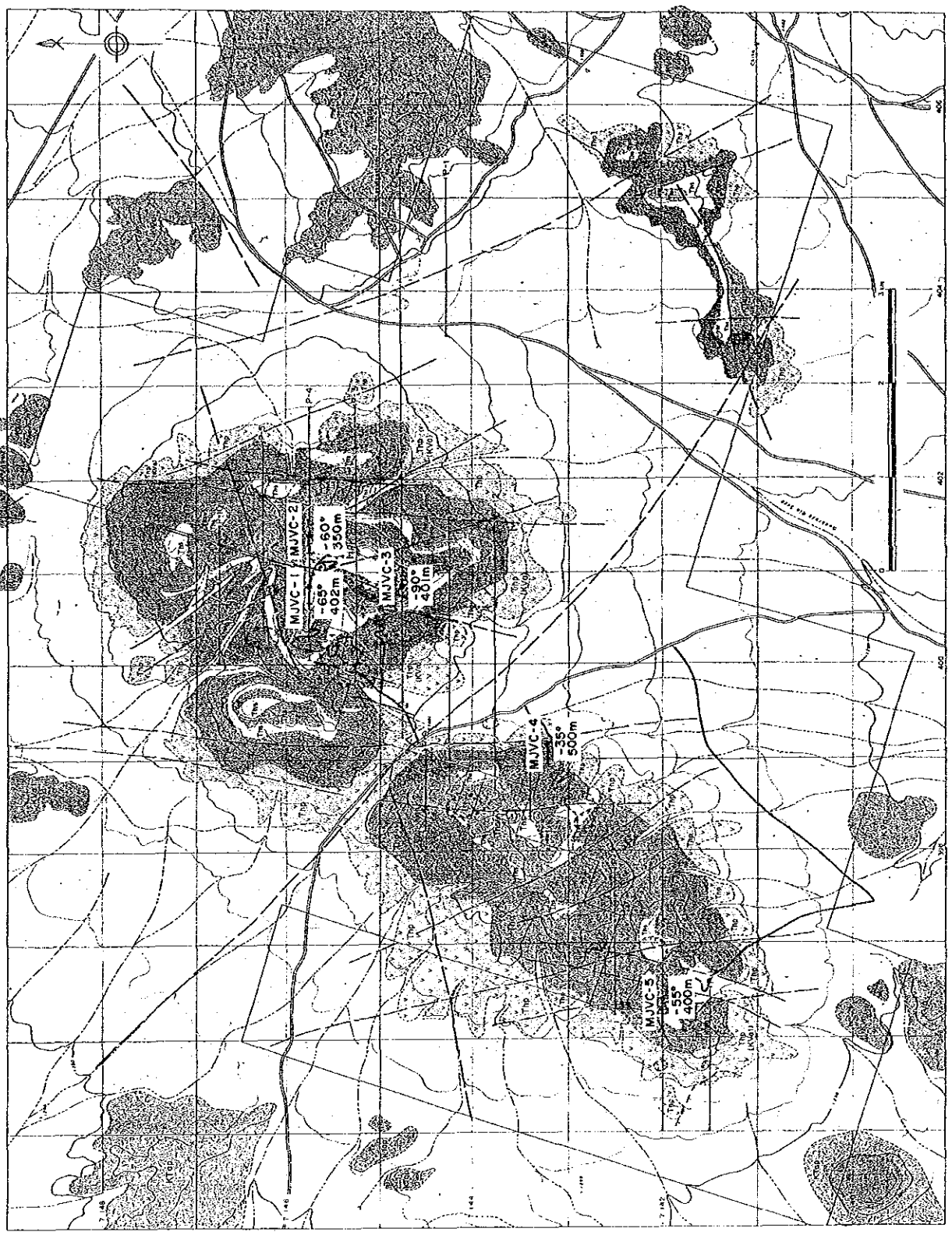


Fig. II-2-1
Location map of the drilling survey area
 (1 : 60,000)

Analysis of Existing Data, Phase I
 Veraguas Project, JICA/MMAJ-ENAMI

Table II-2-2 Equipments of drilling

ITEM	SPEC.	TOTAL	1st	2nd	3rd	REMARKS
DRILLING MACHINE		3	LY-44 (1)	LY-44 (2)	LY-38	set
DRILLING PUMP	BEAN ROYAL 434	3	1	1	1	set
DRILL RODS	HXWL	235	85	85	65	@ 3.05m/rod
	NXWL	430	170	140	120	@ 3.05m/rod
	BXWL	310	170	140		@ 3.05m/rod
INNER TUBE ASSEMBLY	HXWL	9	3	3	3	set
	NXWL	9	3	3	3	set
	BXWL	9	3	3	3	set
CORE BARREL ASSEMBLY	HXWL	9	3	3	3	set
	NXWL	9	3	3	3	set
	BXWL	9	3	3	3	set
CASING	HWCP	201	67	67	67	@ 3.05m/rod
	NXCP	300	100	100	100	@ 3.05m/rod
	BXCP	0				@ 3.05m/rod
DRILLING DEPTH	MJCV-1	402.0		402.0		m
	MJCV-2	350.0			350.0	m
	MJCV-3	401.0		401.0		m
	MJCV-4	500.0	500.0			m
	MJCV-5	400.0	400.0			m

Table II-2-3 Articles of consumption

ITEM	SPEC.	TOTAL	MJCV-1	MJCV-2	MJCV-3	MJCV-4	MJCV-5
TRICON BIT		3	1			1	1
DIAMOND BIT	HX	16	2	2	5	5	2
	NX	10	2	2	2	2	2
	BX	3	1				2
REAMING SHELL	HX	6	1	1	2	1	1
	NX	5	1	1	1	1	1
	BX	2	1				1
CASING SHOE	HX	5	1	1	1	1	1
	NX	5	1	1	1	1	1
	BX	0					
CEMENT	bag	22				12	10
BENTONITE	bag	384	132	79	100	36	37
REPONITE	kg	198	88	22	22	22	44
C.M.C.	kg	484	132	44	154	44	110
POLYMER	l	620	40	120	140	160	160
CAUST. SODA	kg	400	50	100		50	200
GYPSUM	bag	6			6		
GASOLINE	l	24130	4490	3560	4540	6450	5090

Table II-2-4 Program of drilling

Drilling Machine	Nov. 1993										Dec. 1993										
	06070809101112131415161718192021222324252627282930010203040506070809101112131415161718192021222324																				
LY-44 (1)	MJCV-4	*****																			
	MJCV-5	*****									*****										
LY-44 (2)	MJCV-3	*****																			
	MJCV-1	*****																			
LY-38																					
	MJCV-2																				

===== DRILLING ***** MOBILIZATION & DEMOBILIZATION

Table II-2-5 Summary of drilling activity (1)

M J C V - 1	PERIOD	TOTAL TURNS	WORKING TURNS	DAY OFF TURNS	TURN *WORKER	DAYS
MOBILIZATION	12/03	2	2	0	8	1.0
DRILLING	12/04-20	33	33	0	132	16.5
DEMOBILIZATION	12/20	1	1	0	4	0.5
TOTAL	12/03-12/20	36	36	0	144	18.0
DEPTH PLANNED	400.00 (m)		DRILLING	24.36 (m/drilling day)		
DEPTH DRILLED	402.00 (m)		SPEED	22.33 (m/total working day)		
OVER BURDEN	0.00 (m)		CASING	11.00 HWCP(m)		
CORE LENGTH	366.82 (m)			115.40 NXCP(m)		
CORE RECOVERY	91.25 (%)					

M J C V - 2	PERIOD	TOTAL TURNS	WORKING TURNS	DAY OFF TURNS	TURN *WORKER	DAYS
MOBILIZATION	12/11	2	1	1	4	1.0
DRILLING	12/12-22	22	22	0	88	11.0
DEMOBILIZATION	12/23	2	2	0	8	1.0
TOTAL	12/11-12/23	26	25	1	100	13.0
DEPTH PLANNED	350.00 (m)		DRILLING	31.82 (m/drilling day)		
DEPTH DRILLED	350.00 (m)		SPEED	26.92 (m/total working day)		
OVER BURDEN	0.00 (m)		CASING	1.65 HWCP(m)		
CORE LENGTH	312.92 (m)			103.50 NXCP(m)		
CORE RECOVERY	89.41 (%)					

M J C V - 3	PERIOD	TOTAL TURNS	WORKING TURNS	DAY OFF TURNS	TURN *WORKER	DAYS
MOBILIZATION	11/13	1	1	0	4	0.5
DRILLING	11/13-12/01	36	36	0	144	18.0
DEMOBILIZATION	12/01-03	3	2	1	8	1.5
TOTAL	11/13-12/03	40	39	1	156	20.0
DEPTH PLANNED	400.00 (m)		DRILLING	22.28 (m/drilling day)		
DEPTH DRILLED	401.00 (m)		SPEED	20.05 (m/total working day)		
OVER BURDEN	0.00 (m)		CASING	6.20 HWCP(m)		
CORE LENGTH	341.11 (m)			193.80 NXCP(m)		
CORE RECOVERY	85.06 (%)					

Table II-2-5 Summary of drilling activity (2)

MJCV-4	PERIOD	TOTAL TURNS	WORKING TURNS	DAY OFF TURNS	TURN *WORKER	DAYS
MOBILIZATION	11/07-08	3	2	1	8	1.5
DRILLING	11/08-27	38	38	0	152	19.0
DEMOBILIZATION	11/27-29	4	4	0	16	2.0
TOTAL	11/07-29	45	44	1	176	22.5
DEPTH PLANNED	500.00 (m)		DRILLING	26.32 (m/drilling day)		
DEPTH DRILLED	500.00 (m)		SPEED	22.22 (m/total working day)		
OVER BURDEN	1.70 (m)		CASING	1.70 HWCP(m)		
CORE LENGTH	446.54 (m)			195.90 NXCP(m)		
CORE RECOVERY	89.61 (%)					

MJCV-5	PERIOD	TOTAL TURNS	WORKING TURNS	DAY OFF TURNS	TURN *WORKER	DAYS
MOBILIZATION	11/29-12/01	4	3	1	12	2.0
DRILLING	12/01-17	33	33	0	132	16.5
DEMOBILIZATION	12/18-23	12	6	6	24	6.0
TOTAL	11/29-12/23	49	42	7	168	24.5
DEPTH PLANNED	400.00 (m)		DRILLING	24.24 (m/drilling day)		
DEPTH DRILLED	400.00 (m)		SPEED	16.33 (m/total working day)		
OVER BURDEN	1.45 (m)		CASING	3.05 HWCP(m)		
CORE LENGTH	366.10 (m)			167.95 NXCP(m)		
CORE RECOVERY	91.86 (%)					

TOTAL	PERIOD	TOTAL TURNS	WORKING TURNS	DAY OFF TURNS	TURN *WORKER	DAYS
MOBILIZATION	11/07-	12	9	3	36	6.0
DRILLING	11/08-12/22	162	162	0	648	81.0
DEMOBILIZATION	-12/23	22	15	7	60	11.0
TOTAL	11/07-12/23	196	186	10	744	98.0
DEPTH PLANNED	2050.00 (m)		DRILLING	25.35 (m/drilling day)		
DEPTH DRILLED	2053.00 (m)		SPEED	20.95 (m/total working day)		
OVER BURDEN	3.15 (m)		CASING	23.60 HWCP(m)		
CORE LENGTH	1833.49 (m)			776.55 NXCP(m)		
CORE RECOVERY	89.45 (%)					

をTableII-2-4及びTableII-2-5にそれぞれ示した。

ホーリング工事は掘進実績表に示したように孔径HX,NX,BXで実施され、表土・崖錐も含め89.45%のコア採取率が達成された。掘進能率は地質状況、特に粘土帯での孔の崩壊、破碎帯付近での逸水等により大きく変動し、孔別平均掘進能率は16.33~26.92m/作業日、全孔の平均は20.95m/作業日であった。

2-3 調査結果

上述のとおりホーリング掘進によるコア採取率は良好であった。これらの採取されたコアについては、全コアのカラー写真撮影及び肉眼観察を実施し、さらに鉱石分析用試料採取を行った。試料採取後の残試料は4mごとに蓋付き木箱に収納し現地倉庫に保存した。ホーリングコアの肉眼観察に基づいて、縮尺1/200のホーリング柱状図を作成した。鉱石分析に際しては、全コアをダイヤモンドカッターを用いて半割し、1m毎に分析試料とした。

全孔の柱状図をAppendix Aに、分析結果の一覧表をAppendix Bに示す。

ホーリングコア観察に際しては、必要と思われる鉱石及び岩石試料を採取し、研磨薄片観察及びX線回折分析を行うことにより、ホーリング柱状図並びにホーリング断面図の解析の参考とした。鉱石研磨薄片観察結果をTableII-2-6、X線回折分析結果をTableII-2-7に示す。

各ホーリング孔の地質状況・鉱化変質状況については、孔別記載の項目で詳述する。

2-3-1 MJCV-1

1. 概要

(1) 実施理由

本孔はバツアス山頂の西方400mに位置する。本孔周辺の熱水変質帯には、赤鉄鉱を伴う角礫構造が発達し、鉱液通路であったと考えられること、Cu異常域(>30ppm)及び100~300Ωmの中比抵抗域が分布することから、下部において鉱徴の存在が期待される。

(2) 結果の概略

本孔は熱水変質を受けた、安山岩質火山岩類と斑岩からなる。熱水変質は上位より強珪化帯、石英・絹雲母帯、珪質粘土帯、緑泥石帯に分帯される。斑岩中には黄鉄鉱が鉱染し、一部に黄銅鉱、輝銅鉱及びハパリ等の銅鉱物が微量認められる。特に、斑岩と安山岩質火山岩類との境界部付近で銅品位が高くなる傾向がある。

本孔の座標及び掘進実績は以下の通りである。

座 標 : 7,145,750.00N 400,850.00E 標高 1,830.00m

掘進実績 : 方向 N90° W 傾斜 -65° 深度 402.00m

2. 地質

(1) 岩相

深 度	原 岩	変 質 帯	鉱 化
0.00~ 72.05m	安山岩質溶岩	強珪化帯 - 石英・絹雲母帯	赤鉄鉱鉱染
72.05~123.75m	安山岩質自破碎溶岩	珪質粘土帯	赤鉄鉱鉱染
123.75~148.85m	同上(破碎帯)	珪質粘土帯	シヤロ-サイト・褐鉄鉱・赤鉄鉱顕著
148.85~196.40m	安山岩質自破碎溶岩	珪質粘土帯	シヤロ-サイト・褐鉄鉱・赤鉄鉱顕著
187.40~292.20m	斑岩(自破碎質)	珪質粘土帯	黄鉄鉱鉱染
292.20~318.00m	安山岩質自破碎溶岩	珪質粘土帯	シヤロ-サイト・褐鉄鉱・赤鉄鉱顕著
318.00~333.00m	同上(破碎帯)	珪質粘土帯	シヤロ-サイト・褐鉄鉱・赤鉄鉱顕著
333.00~353.50m	安山岩質自破碎溶岩	珪質粘土帯	赤鉄鉱鉱染
353.50~400.00m	斑岩(自破碎質)	緑泥石帯 一部加里石化	黄鉄鉱鉱染。

(2) 変質

強珪化帯及び石英・絹雲母帯は、約70mの厚さで山頂部を覆っている。両者の境界は明瞭でない。それらの下位には、カリウムを主とする珪質粘土帯が約300mの厚さを有して賦存する。NW-SE系、NE-SW系破碎帯及びその周縁部は、カリウム粘土化が著しく、シヤロ-サイト・褐鉄鉱・赤鉄鉱の濃集を伴っている。珪質粘土帯は下部で緑泥石化が強くなり、緑泥石帯に漸移している。

(3) 鉱化

安山岩を原岩とする強珪化帯、石英・絹雲母帯、珪質粘土帯では赤鉄鉱が鉱染状、フィルム状に産する。斑岩を原岩とする珪質粘土帯、緑泥石帯では、黄鉄鉱が鉱染状、フィルム状に産するが、後者により多く含まれる。鏡下では黄鉄鉱に伴い黄銅鉱・輝銅鉱・モリブデンが認められる。

3 鉱石分析結果

T.Cu品位が500ppm以上の箇所を鉱化範囲として以下に示す。

珪質粘土帯及び緑泥石帯の斑岩と安山岩質溶岩との境界付近で銅品位が高くなる傾向がある。

深度 m~ m	区間 m	T.Cu ppm	S.Cu ppm	Mo ppm	Au ppm	Ag ppm	T.Fe %	原岩	変質帯
194-195	1	820	520	8	<0.04	0.7	4.38	斑岩	珪質粘土帯
208-209	1	910	590	9	<0.04	0.6	4.00	斑岩	珪質粘土帯
291-292	1	540	400	6	<0.04	0.5	3.35	斑岩/安山岩	珪質粘土帯
352-354	2	670	375	22	<0.04	0.8	4.54	安山岩/斑岩	緑泥石帯

4. CSAMT結果との対比

本孔で捕捉した珪質粘土帯は、100-300Ωmの中比抵抗域にあることから、中比抵抗域は珪質粘土帯に対応すると考えられる。

2-3-2 MJCV-2

1. 概要

(1) 実施理由

本孔はベラカマ山頂の東方150m, MJCV-1の東方550mに位置する。本孔周辺の熱水変質帯は、0~300Ωmの低~中比抵抗域が分布することから、下部において鉱微の存在が期待される。

(2) 結果の概略

本孔は熱水変質を受けた安山岩質火山岩類と斑岩からなる。熱水変質は珪質粘土帯に分類され、235.30m以深ではカリウム粘土化の著しい破碎帯が連続し、ジャロサイト・褐鉄鉱・赤鉄鉱が濃集する。斑岩中には黄鉄鉱が鉱染し、一部にコペリット、輝銅鉱がフィルム状、鉱染状に認められる。特に、斑岩中に発達する破碎帯において銅品位が高くなる傾向がある。

本孔の座標及び掘進実績は以下の通りである。

座 標 : 7,145,750.00N 401,400.00E 標高 1,800.00m

掘進実績 : 方向 N90° W 傾斜 -60° 深度 350.00m

2. 地質

(1) 岩相

深 度	原 岩	変 質 帯	鉱 化
0.00~ 57.10m	安山岩質溶岩	珪質粘土帯	赤鉄鉱鉱染

57.10~ 91.80m	安山岩質火砕岩	珪質粘土帯	赤鉄鉱染
91.80~112.10m	安山岩質溶岩	珪質粘土帯	赤鉄鉱染
112.10~132.00m	同上(破砕帯)	珪質粘土帯	ジヤロ-サイト・褐鉄鉱・赤鉄鉱 顕著
132.00~158.20m	安山岩質自破砕溶岩	珪質粘土帯	赤鉄鉱染
158.20~235.30m	閃緑岩質斑岩(自破砕質)	珪質粘土帯	黄鉄鉱染
235.30~350.00m	同上(破砕帯)	珪質粘土帯	ジヤロ-サイト・褐鉄鉱・赤鉄鉱 顕著

(2) 変質

珪質粘土帯は地表から約300mの厚さを有して賦存する。本帯は下部で緑泥石帯に移行すると予想されるが本孔では確認されていない。NW-SE系、NE-SW系破砕帯及びその周辺部はカリ粘土に伴いジヤロ-サイト・褐鉄鉱・赤鉄鉱が顕著である。

(3) 鉱化

閃緑岩質斑岩に伴い黄鉄鉱が鉱染状、フィルム状に産する。158.00~165.00m間でコペリンが黄鉄鉱に伴い鉱染状に、206.75~207.15m間で閃亜鉛鉱・方鉛鉱がフィルム状に認められる。また、鏡下では黄銅鉱、磁硫鉄鉱が黄鉄鉱に伴い認められる。

3 鉱石分析結果

T.Cu品位が500ppm以上の箇所を鉱化範囲として以下に示す。珪質粘土帯の斑岩に発達する破砕帯において銅品位が高くなる傾向がある。

深度 m- m	区間 m	T.Cu ppm	S.Cu ppm	Mo ppm	Au ppm	Ag ppm	T.Fe %	原岩	変質帯
160-161	1	744	305	6	<0.04	1.0	7.04	閃緑岩質斑岩	珪質粘土帯
237-239	2	897	240	18	<0.04	0.9	4.52	同上(破砕帯)	珪質粘土帯
245-246	1	750	45	11	<0.04	<0.4	5.84	同上(破砕帯)	珪質粘土帯
291-293	2	1100	376	7	<0.04	0.5	3.24	同上(破砕帯)	珪質粘土帯
296-297	1	502	256	<5	<0.04	0.8	4.40	同上(破砕帯)	珪質粘土帯

4. C S A M T 結果との対比

本孔で捕捉した珪質粘土帯は、0-300Ωmの低~中比抵抗域にある。その中で0~20Ωmの低比抵抗域はジヤロ-サイト・褐鉄鉱・赤鉄鉱が濃集する粘土化の著しい破砕帯に対応する。また、

100-300Ω mの中比抵抗域は弱カリ化を受けた黄鉄鉱染閃緑岩質斑岩に対応することから、比抵抗値は粘土化変質の程度及び硫化鉱物の影響を受けていると考えられる。

2-3-3 MJC V-3

1. 概要

(1) 実施理由

本孔はMJC V-1の南方1,000m、ベラガス山の南側山腹に位置する。本孔周辺の熱水変質帯には、Cu異常域(>30ppm)及び0~100Ω mの低比抵抗域が分布することから、下部において鉱微の存在が期待される。

(2) 結果の概略

本孔は、熱水変質を受けた安山岩質火山岩類と斑岩からなる。熱水変質は上位より強珪化帯、珪質粘土帯、緑泥石帯に分帯される。緑泥石帯に属する斑岩中には黄鉄鉱が鉱染し、一部に黄銅鉱、輝銅鉱及びコヘリソ等の銅鉱物が微量伴なわれる。特に、安山岩質火山岩類との境界部付近で銅品位が高くなる傾向がある。

本孔の座標及び掘進実績は以下の通りである。

座 標 : 7,144,750.00N 400,850.00E 標高 1,717.32m

掘進実績 : 方向 -- 傾斜 -90° 深度 401.00m

2. 地質

(1) 岩相

深 度	原 岩	変 質 帯	鉱 化
0.00~ 68.50m	安山岩質溶岩	強珪化帯	赤鉄鉱鉱染
68.50~ 92.50m	安山岩質溶岩	珪質粘土帯	赤鉄鉱鉱染
92.50~123.20m	同上(破碎帯)	珪質粘土帯	ジャロサイト・褐鉄鉱・赤鉄鉱顕著
123.20~207.00m	斑岩	珪質粘土帯	赤鉄鉱鉱染
207.00~215.50m	安山岩質自破碎溶岩	珪質粘土帯	赤鉄鉱鉱染
215.50~229.50m	斑岩	珪質粘土帯	赤鉄鉱鉱染
229.50~256.20m	安山岩質自破碎溶岩	珪質粘土帯	赤鉄鉱鉱染
256.20~279.60m	同上(破碎帯)	珪質粘土帯	ジャロサイト・褐鉄鉱・赤鉄鉱顕著
279.60~317.70m	安山岩質自破碎溶岩	珪質粘土帯	赤鉄鉱鉱染
317.70~349.00m	斑岩(自破碎質)	緑泥石帯	黄鉄鉱鉱染

349.00~368.35m 安山岩質自破碎溶岩 緑泥石帯 赤鉄鉱染
 368.35~401.00m 斑岩 緑泥石帯 黄鉄鉱染

(2) 変質

強珪化帯は約70mの厚さで山稜部を覆っている。強珪化帯の下位には、カリンを主とする珪質粘土帯が200~300mの厚さを有して賦存する。NE-SW系破碎帯及びその周縁部はカリン粘土化が著しく、ジャロサイト・褐鉄鉱・赤鉄鉱の濃集を伴っている。珪質粘土帯は下部で緑泥石化が強くなり、緑泥石帯に漸移している。

(3) 鉱化

317.70m以深の緑泥石化を受けた斑岩中に黄鉄鉱染が顕著である。331.90~349.00m及び368.10~371.20m間で黄鉄鉱に伴い輝銅鉱がフィルム状、鉱染状に産するほか、鏡下で黄銅鉱、ハブリが認められる。

3 鉱石分析結果

T.Cu品位が500ppm以上の箇所を鉱化範囲として以下に示す。緑泥石帯の斑岩、特に安山岩質火山岩との境界部付近において銅品位が高くなる傾向がある。また、300~375m間でモリブデンが平均52.4ppm、最高213ppm含有される。

深度 m- m	区間 m	T.Cu ppm	S.Cu ppm	Mo ppm	Au ppm	Ag ppm	T.Fe %	原岩	変質帯
315-316	1	1100	804	69	<0.04	<0.4	2.58	安山岩/斑岩	珪質粘土帯
321-323	2	505	252	21	<0.04	<0.4	3.23	斑岩	緑泥石帯
332-333	1	770	396	36	<0.04	<0.4	2.68	斑岩	緑泥石帯
336-338	2	560	198	70	<0.04	<0.4	2.36	斑岩	緑泥石帯
346-349	3	1587	511	13	<0.04	<0.4	1.48	斑岩/安山岩	緑泥石帯
368-370	2	4650	1109	30	<0.04	<0.4	6.95	安山岩/斑岩	緑泥石帯
377-378	1	948	86	12	<0.04	<0.4	6.24	斑岩	緑泥石帯
389-390	1	1400	443	16	0.07	<0.4	6.80	斑岩	緑泥石帯
395-396	1	700	138	16	<0.04	1.3	10.24	斑岩	緑泥石帯

4. C S A M T 結果との対比

本孔で捕捉した地表から68.50mまでの強珪化帯は、300Ωm以上の高比抵抗域と対応する。本高比抵抗域はその東西両側で深部に垂れ下がる形状を呈していることから、珪化帯の下方への発達が予想される。珪質粘土帯は0-300Ωmの低～中比抵抗域にある。その中で0-20Ωmの低比抵抗域はシャロ-サイト・褐鉄鉱・赤鉄鉱が濃集する粘土化が著しい破碎帯に対応する。317.70m以深の緑泥石帯の黄鉄鉱鉱染斑岩は0-100Ωmの低比抵抗域にあるが、これは上位の変質の影響によると考えられる。

2-3-4 MJCV-4

1. 概要

(1) 実施理由

本孔はハハラ山(1,681m)の東側山麓、ツツァン鉱床の南東約1,500mに位置する。本孔周辺の熱水変質帯には、ツツァン鉱床が賦存すること、Cu,Mo異常域及び0~300Ωmの低～中比抵抗域が分布することから、下部において鉱徴の存在が期待される。

(2) 結果の概略

本孔は熱水変質を受けた安山岩質火山岩類と斑岩からなる。熱水変質は上位より石英・絹雲母帯、珪質粘土帯、緑泥石帯に分帯される。206m以深の珪質粘土帯、緑泥石帯に属する安山岩質火山岩類及び斑岩には黄鉄鉱が鉱染する。特に404.30m以深の加長石化、アムイト化を伴う緑泥石帯で黄鉄鉱鉱染が顕著であり、黄銅鉱鉱染を伴う。銅品位は前記箇所及び安山岩質火山岩類と斑岩との境界部付近で高くなる傾向がある。

本孔の座標及び掘進実績は以下の通りである。

座 標 : 7,143,220.00N 399,180.00E 標高 1,459.98m
掘進実績 : 方向 N90° W 傾斜 -35° 深度 500.00m

2. 地質

(1) 岩相

深 度	原 岩	変 質 帯	鉱 化
0.00~ 62.90m	安山岩質自破碎溶岩	石英-絹雲母帯	赤鉄鉱鉱染
62.90~171.50m	同上(破碎帯)	珪質粘土帯	シャロ-サイト・褐鉄鉱・赤鉄鉱顕著
171.50~206.00m	安山岩質自破碎溶岩	珪質粘土帯	赤鉄鉱鉱染
206.00~270.00m	斑岩(自破碎質)	珪質粘土帯	黄鉄鉱鉱染
270.00~331.15m	安山岩質自破碎溶岩	珪質粘土帯	黄鉄鉱鉱染

331.15~467.50m	安山岩質溶岩	緑泥石帯	一部加里石化	黄鉄鉱染
467.50~500.00m	斑岩(自破碎質)	緑泥石帯	一部加里石化	黄鉄鉱染

(2) 変質

石英-絹雲母帯は約50mの厚さで地表部を覆っている。その下位には、カリサイトを主とする珪質粘土帯が約100mの厚さを有して賦存する。本孔近傍を通るN-S系破碎帯の影響により、珪質粘土帯の大部分はカリ粘土化が著しく、ジャロサイト・褐鉄鉱・赤鉄鉱が濃集している。珪質粘土帯の下部ではカリ化が弱くなると共に、緑泥石化が強くなり、緑泥石帯に漸移する。緑泥石帯中の448.15-467.5m及び478.9-493.5m間は加里石、アルサイトに富む。

(3) 鉱化

206.0m以深の珪質粘土帯、緑泥石帯に属する斑岩、安山岩質火山岩類で、黄鉄鉱がフィルム状、鉱染状に認められる。とくに、404.30m以深の緑泥石帯で黄鉄鉱染が顕著で、その中の430.00~448.15m及び467.5m~500m間で黄銅鉱染が認められる。

3 鉱石分析結果

T.Cu品位が500ppm以上の箇所を鉱化範囲として以下に示す。珪質粘土帯下部及び緑泥石帯における斑岩と安山岩質火山岩類の境界部付近で銅品位が高くなる傾向がある。また、490m以深で金品位が高く、最高4.8ppm(492-493m)含有される。

深度 m- m	区間 m	T.Cu ppm	S.Cu ppm	Mo ppm	Au ppm	Ag ppm	T.Fe %	原岩	変質帯
206-209	3	2167	<10	7	0.06	<0.4	3.01	安山岩/斑岩	珪質粘土帯
238-239	1	1860	68	7	<0.04	<0.4	3.84	斑岩	珪質粘土帯
316-317	1	506	38	20	<0.04	0.6	4.24	安山岩	珪質粘土帯
399-400	1	710	<10	10	<0.04	0.6	5.60	安山岩	緑泥石帯
430-433	3	675	26	11	<0.04	1.2	7.81	安山岩	緑泥石帯
437-438	1	666	16	14	<0.04	<0.4	5.68	安山岩	緑泥石帯
471-474	3	611	19	24	<0.04	<0.4	4.32	斑岩	緑泥石帯
492-493	1	85	<10	20	4.80	<0.4	5.68	斑岩	緑泥石帯

4. CSAMT結果との対比

本孔で捕捉した62.90~171.50m間のジャロ-サイト・褐鉄鉱・赤鉄鉱が濃集するカリウム粘土化が著しい破碎帯は、0-100Ωmの低比抵抗域と対応する。206.0m以深の珪質粘土帯及び緑泥石帯の黄鉄鉱鉱染を伴う斑岩及び安山岩質溶岩は100-300Ωmの中比抵抗域と対応する。

2-3-5 MJCV-5

1. 概要

(1) 実施理由

本孔はハベラ山(1,681m)の南西側山稜部に位置する。本孔周辺の熱水変質帯には、0~300Ωmの低~中比抵抗域が分布することから、下部において鉱微の存在が期待される。

(2) 結果の概略

本孔は熱水変質を受けた安山岩質火山岩類と斑岩からなる。熱水変質は上位より強珪化帯、珪質粘土帯、緑泥石帯に分帯される。363.9m以深の緑泥石帯に属する閃緑岩質斑岩中には黄鉄鉱が鉱染し、鏡下で赤銅鉱の微弱鉱染が認められる。銅品位は斑岩及び破碎帯において高くなる傾向がある。

本孔の座標及び掘進実績は以下の通りである。

座 標 : 7,142,000.00N 396.400.00E 標高 1,550.00m

掘進実績 : 方向 N90° W 傾斜 -55° 深度 400.00m

2. 地質

(1) 岩相

深 度	原 岩	変 質 帯	鉱 化
0.00~219.10m	安山岩質溶岩	強珪化帯	赤鉄鉱鉱染
219.10~321.40m	同上(破碎帯)	珪質粘土帯	ジャロ-サイト・褐鉄鉱・赤鉄鉱顕著
321.40~363.90m	斑岩	珪質粘土帯	赤鉄鉱鉱染
363.90~400.00m	閃緑岩質斑岩	緑泥石帯	黄鉄鉱鉱染

(2) 変質

強珪化帯は約200mの厚さで山稜部を覆っている。珪質粘土帯は珪化帯の下部に100~300mの厚さを有して賦存する。本孔近傍を通るN-S系破碎帯の影響により、珪質粘土帯の大部分はカリウム粘土化が著しく、ジャロ-サイト・褐鉄鉱・赤鉄鉱が濃集している。321.4m以深に賦存する斑岩は363.9mで珪質粘土帯から緑泥石帯に移行する。

(3) 鉱化

363.90m以深の緑泥石帯に属する閃緑岩質斑岩は、黄鉄鉱鉱染が顕著である。黄鉄鉱と共生して、385.25以深で赤銅鉱が鉱染状に認められる。

3 鉱石分析結果

T.Cu品位が500ppm以上の箇所を鉱化範囲として以下に示す。

緑泥石帯の閃緑岩質斑岩及び安山岩質火山岩類と閃緑岩質斑岩との境界部に発達する破碎帯において銅品位が高くなる傾向がある。

深度 m- m	区間 m	T.Cu ppm	S.Cu ppm	Mo ppm	Au ppm	Ag ppm	T.Fe %	原岩	変質帯
280-292	12	540	127	<5	<0.04	<0.4	6.24	破碎帯	珪質粘土帯
364-367	3	1041	469	6	<0.04	<0.4	5.44	閃緑岩質斑岩	緑泥石帯

4. CSAMT結果との対比

本孔で捕捉した地表から206.90mまでの強珪化帯は、100Ωm以上の中～高比抵抗域と対応する。特に、300Ωm以上の高比抵抗域は本孔下部で深部に垂れ下がる形状を呈していることから、珪化帯の下方への発達が予想される。

珪質粘土帯の範囲は、0-100Ωmの低比抵抗域に対応する。その中で、0-20Ωmの低比抵抗域はジャロサイト・褐鉄鉱・赤鉄鉱が濃集するカリウム粘土化破碎帯に対応する。363.90m以深の弱黄鉄鉱鉱染斑岩も0-20Ωmの範囲にあるが、これは上位の変質の影響によると考えられる。

2-3-6 調査結果のまとめ

各孔において観察される岩石は、白亜紀T107°E層の安山岩質火山岩類と斑岩質貫入岩類及びこれらを原岩とする変質岩類からなる。以下、各岩石類の特徴について記載する。

1. 安山岩質火山岩類

本岩類は斑状～無斑晶の安山岩質溶岩、同質自破碎溶岩、凝灰岩、火山礫凝灰岩からなり、本地域の基盤を形成している。これら岩石は珪化、カリウム粘土化、絹雲母化、緑泥石化を受け初生鉱物は変質し、原岩の組織が不明瞭な箇所が多い。

2. 斑岩質貫入岩類

本岩類は安山岩質及び閃緑岩質斑岩からなり、岩脈状、ストック状に安山岩質火山岩類を貫いて産するが、肉眼的に凝灰岩質、自破碎溶岩質のサブホルネック組織を呈し安山岩質火山岩類と境界が不明瞭な箇所がある。本岩は石英、斜長石の斑晶を有するが、珪化、カリウム粘土化、絹雲母化、緑泥石化、カリウム長石化、アルサイト化を受け初生鉱物は変質している。

3. 変質岩類

本岩類は上記岩石類を原岩として熱水変質を被ったもので、ベラグア山及びオハラ山の山体を構成している。ENAMI(1987)の変質分帯を基に、上位より強珪化帯、石英-絹雲母帯、珪質粘土帯、緑泥石帯の4帯に分類した。

(1) 強珪化帯、石英・絹雲母帯

ベラグア山及びオハラ山の山稜を50~200mの厚さで覆っている。両者は互いに指交関係にあり、境界は不明瞭である。本帯は緻密塊状の二次石英の集合体で、結晶粒間に絹雲母、カリウムが充填した産状を呈しており、アルサイト、トリアルサイトの細脈、赤鉄鉱の鉱染・フィルムが認められる。

(2) 珪質粘土帯

本帯は強珪化帯、石英・絹雲母帯の下位に100~300mの厚さで分布する他、破碎帯沿いに発達する。主に石英、カリウム、絹雲母、パイロフィライトからなり、アルサイト、トリアルサイトの細脈が認められる。本帯には赤鉄鉱の鉱染・フィルムが普遍的に認められるが、破碎帯沿いでは赤鉄鉱、褐鉄鉱、ジャロサイト、トリジャロサイトがカリウム粘土と共に濃集して産する。

また、本帯は下部に行くに従い、カリウム化が弱くなるとともに緑泥石化が認められ緑泥石帯に漸移する。緑泥石の出現と共に黄鉄鉱の鉱染・フィルムが認められる。

(3) 緑泥石帯

本帯は原岩である安山岩、斑岩の初生有色鉱物が緑泥石化したもので、原岩の組織が残存している。斑岩は石英、斜長石の斑晶が残存するが、鏡下では石英は融食石英化、斜長石は絹雲母化、カリウム化を受けている。MJCv-4では石膏、無水石膏の細脈が発達するほか、448.15m以深の緑泥石帯で緑泥石化に伴いカリウム長石化、アルサイト化が顕著である。

4. 鉱化作用

安山岩質火山岩を原岩とする強珪化帯、石英・絹雲母帯、珪質粘土帯では赤鉄鉱・鉱染が普遍的に認められる。特に本地域に発達するN-S系、NE-SW系、NW-SE系の断裂系に沿って、赤鉄鉱、褐鉄鉱、ジャロサイトが濃集する。

珪質粘土帯下部及び緑泥石帯の斑岩及び安山岩質火山岩類では、黄鉄鉱が鉱染状、フィルム

状に産し、黄銅鉱、輝銅鉱、コペリツ、赤銅鉱、閃亜鉛鉱、方鉛鉱が伴われる。

本帯で各孔毎に認められる鉱石鉱物を以下に示す。

銅鉱物	その他
MJCV-1 黄銅鉱・輝銅鉱・コペリツ	
MJCV-2 黄銅鉱	閃亜鉛鉱・方鉛鉱
MJCV-3 黄銅鉱・輝銅鉱・コペリツ	
MJCV-4 黄銅鉱	
MJCV-5 黄銅鉱・コペリツ・赤銅鉱	

今回の鉱石分析の結果、銅品位は最高7000ppmであり鉱体を直接捕捉するには至らなかったが、以下の箇所で銅鉱化を捕捉した。

- ①斑岩中の緑泥石帯と珪質粘土帯との変位部(MJCV-4)。
- ②珪質粘土帯下部及び緑泥石帯の斑岩と安山岩質火山岩類との境界部(MJCV-1,3,4)
- ③斑岩中及び近接する破碎帯(MJCV-2,5)

なかでも、MJCV-3孔の300m以深は銅鉱化(最高T.Cu7000ppm,368-369m)と重複してモリブデン鉱化(平均52.4ppm(300-375m),最高213ppm)を捕捉しており、斑岩銅鉱床の特徴を示している。その他、MJCV-4孔490m以深の緑泥石帯でAu0.6-4.8ppmの金鉱化を捕捉した。

5. CSAMT結果との対比

上記の地質、変質及び鉱化の状況とCSAMT結果とを対比すると、以下の対応があることが明らかになった。

高比抵抗域(300Ω m以上)：強珪化帯または新鮮岩。MJCV-3 & MJCV-5孔の周辺で認められる

高比抵抗域の深部への垂れ下がり、強珪化帯の下方への発達を示すと予想される。

また、深部の高比抵抗域は変質の弱い斑岩のストック状岩体の賦存が予想される。

中比抵抗域(100-300Ω m)：弱カリウム化を受けた珪質粘土帯下部及び緑泥石帯の黄鉄鉱鉱染を伴う安山岩及び斑岩。

低比抵抗域(100Ω m以下)：珪質粘土帯。特に、粘土化の著しい破碎帯は、20Ω m以下の範囲と対応する。

2-4 考 察

2-4-1 地質及び鉱化変質

本年度実施した5孔2,053mのボーリングデータを用いてをボーリング断面図及び総合柱状図を作成し、地質構造や鉱化作用の広がり及びそれらの関連を検討した。各孔のボーリング断面図をFig.II-2-2(1)~(4)、総合柱状図をFig.II-2-3(1)~(5)に示す。

1. ベラグアス山頂地区(MJCV-1 & MJCV-2)

本地区は熱水変質を受けた安山岩質火山岩類と斑岩からなり、共役するNE-SW及びNW-SE方向の断裂系が発達している。斑岩はMJCV-1孔、MJCV-2孔とも標高約1,650mで出現し連続することから、東西断面に近いNE-SW方向の断裂系に規制されて貫入したと推定される。

熱水変質は上位から強珪化帯-石英・絹雲母帯指交部、珪質粘土帯、緑泥石帯に分帯される。珪質粘土帯の下部及び緑泥石帯はカリナイト、緑泥石の他に石英、絹雲母、黄鉄鉱が普遍的に認められ、Lowell & Guilbert(1970)による斑岩銅鉱床の熱水変質区分のフリック帯に対応する。これらの変質帯は角礫構造を有し、マトリックスはカリナ化、絹雲母化を受け、赤鉄鉱、褐鉄鉱、ジヤロサイトがストックワーク状に発達することから、熱水活動の際に角礫化作用が起こったと考えられる。

銅鉱化は珪質粘土帯下部及び緑泥石帯の斑岩と安山岩質火山岩類との境界部及び斑岩中の破碎帯沿いに認められるが、T.Cu500-1100ppmと低いこと、MJCV-2孔に示されるように少量の鉛・亜鉛の鉱化作用を伴うことから、本地区は鉱化の中心から離れていると推定される。

2. ベラグアス山南地区(MJCV-3)

本地区は熱水変質を受けた安山岩質火山岩類と斑岩からなり、共役するNE-SW及びNW-SE方向の断裂系が発達している。斑岩は標高1,600mレベル以深で安山岩質火山岩類を岩脈状に切っていることから、周辺のストック状岩体から分岐侵入したと推定される。

熱水変質はベラグアス山頂地区と同様に、上位から強珪化帯-石英・絹雲母帯指交部、珪質粘土帯、緑泥石帯に分帯される。ベラグアス山頂地区と同様に、珪質粘土帯の下部及び緑泥石帯はカリナイト、緑泥石の他に石英、絹雲母、黄鉄鉱が普遍的に認められ、Lowell & Guilbert(1970)による斑岩銅鉱床の熱水変質区分のフリック帯に対応する。これらの変質帯は角礫構造を有し、マトリックスはカリナ化、絹雲母化を受け、赤鉄鉱、褐鉄鉱、ジヤロサイトがストックワーク状に発達することから、熱水活動の際に角礫化作用が起こったと考えられる。

また、CSAMTの結果から、MJCV-3孔の東西両側において、強珪化帯に対応する高比抵抗域

が深部に垂れ下がる形状を呈していることは、当箇所が熱水変質の中心であり強珪化帯が下方まで発達していることを暗示している。

銅鉛化はMJC-3孔300m以深の緑泥石帯の斑岩中、特に安山岩質火山岩類との境界部付近において捕捉され、T.Cu500-7000ppmの箇所が10箇所計14m存在する。また、当箇所はモリブデン鉛化も重複しており、300-375m間で平均52.4ppm、最高213ppm含有されていることから、斑岩銅鉛床の特徴を示している。従って、本地区は斑岩銅鉛床の賦存が期待され、今後も探鉛を継続する必要がある。

3. オペラ山東地区(MJC-4)

本地区は熱水変質を受けた安山岩質火山岩類と斑岩からなり、N-S方向の断裂系が発達している。斑岩は標高1,350mレベル以深で安山岩質火山岩類を岩脈状に切っていることから、周辺のストック状岩体から分岐侵入したと推定される。

熱水変質は上位から石英・絹雲母帯、珪質粘土帯、緑泥石帯に分帯される。MJC-4孔206m以深の珪質粘土帯の下部及び緑泥石帯は、カリウム、緑泥石の他に石英、絹雲母、石膏、硬石膏、黄鉄鉛からなり、その中の448.15-467.5m、478.9-493.5m間の緑泥石帯は、アルカイト、カリ長石に富む。従って、前者は、Lowell & Guilbert(1970)による斑岩銅鉛床の熱水変質区分のフリック帯に、後者はカリ質帯にそれぞれ対応する。これらの変質帯は自破碎構造を有し、マトリックスは珪化、カリ化、絹雲母化を受け、赤鉄鉛、ジヤロサイト、褐鉄鉛がネットワーク状に発達することから、熱水活動の際に角礫化作用をともなったと考えられる。また、62.9-171.5m間の破碎帯はカリ粘土化が著しく、赤鉄鉛、ジヤロサイト、褐鉄鉛が濃集していることから、N-S方向の断裂帯が熱水の通路であった可能性がある。

銅鉛化はMJC-4孔206m以深の珪質粘土帯下部及び緑泥石帯の斑岩と安山岩質火山岩類の境界部付近及び前述のカリ質帯際で認められ、T.Cu500-3200ppmの箇所が計7箇所13m存在する。また、490m以深のカリ質帯際でAu0.6-4.8ppmの金鉛化を捕捉した。また、本地区周辺部は銅、モリブデンの地化学異常がN-S~NNW-SSE方向の断裂系に規制されて分布すること、その北西延長約1,500mにサファイト銅鉛床が賦存することから、本地区は斑岩銅鉛床の賦存が期待され、今後も探鉛を継続する必要がある。

4. オペラ山南西地区(MJC-5)

本地区は熱水変質を受けた安山岩質火山岩類と斑岩からなり、N-S方向の断裂系が発達している。斑岩は標高1,300mレベル以深で連続することから、ストック状岩体の存在が推定される。

強珪化帯はMJC-5孔の孔口から206.9m間まで連続すること、強珪化帯に対応するCSAMTの

高比抵抗域が下方に垂れ下がる形状を呈していることから、強珪化帯が下方に発達していることを暗示している。206.9m以深の珪質粘土帯及び緑泥石帯は、カリナイト、緑泥石の他に石英、絹雲母、石膏、硬石膏、黄鉄鉱からなり、Lowell & Guilbert(1970)による斑岩銅鉱床の熱水変質区分のフリック帯に対応する。

これらの変質帯は塊状緻密であり、角礫構造を示す箇所は少ないが、219.1-321.4m間の破砕帯はカリ粘土化が著しく、赤鉄鉱、シヤロサイト、褐鉄鉱が濃集していることから、N-S方向の断裂帯が熱水の通路であった可能性がある。

銅鉱化は斑岩とN-S系断裂系が交差する280-292m間で平均T.Cu540ppm、斑岩中の緑泥石帯と珪質粘土帯との境界部の364-367m間で平均T.Cu1,041ppmあることから、銅鉱化は斑岩中の変質環境の変化及び熱水の通路であるN-S系断裂帯に規制されたと推測される。

2-4-2 流体包有物均質化温度測定

ボーリング調査にて採取した白色鉄物脈14試料について、両面研磨薄片を作成し、流体包有物均質化温度測定を行ったが、5試料は流体包有物が認められず、9試料について測定した。

均質化温度測定には、温度コントロー及び加熱ステージにメラー社製FP5(Control Unit)及びFP52(Hot Stage)をそれぞれ使用し、気泡消失時の温度を1°Cの精度で計測した。

測定した包有物は、1試料中に石英と硬石膏の両方に含有するものが観察されたため、石英中のものが8試料、方解石と硬石膏中のものが各1試料であり、全て液相・気相の2相からなる流体包有物であった。これら包有物は成因的に一次であり、大きさは2~25 μ で、不規則粒状を示すものが多い。測定した121個の実験結果をTable II-2-8、流体包有物均質化温度分布図をFig. II-2-4に示す。

均質化温度は128~364°Cの範囲に分布する。均質化温度300°C以上は、全て緑泥石帯中の銅鉱徴を伴う箇所の石英脈、硬石膏脈であることから、黄銅鉱など初生銅鉱物の生成温度と関係があると考えられる。同じ緑泥石帯でも加長石化を伴う箇所の石英脈、方解石脈は、200°C以下の均質化温度を示すものが多く、一次鉄化後の熱水により生成したと考えられる。

また、強珪化変質帯の石英の均質化温度は176-297°Cで、珪化による二次石英の晶出温度を示していると考えられる。

E

W

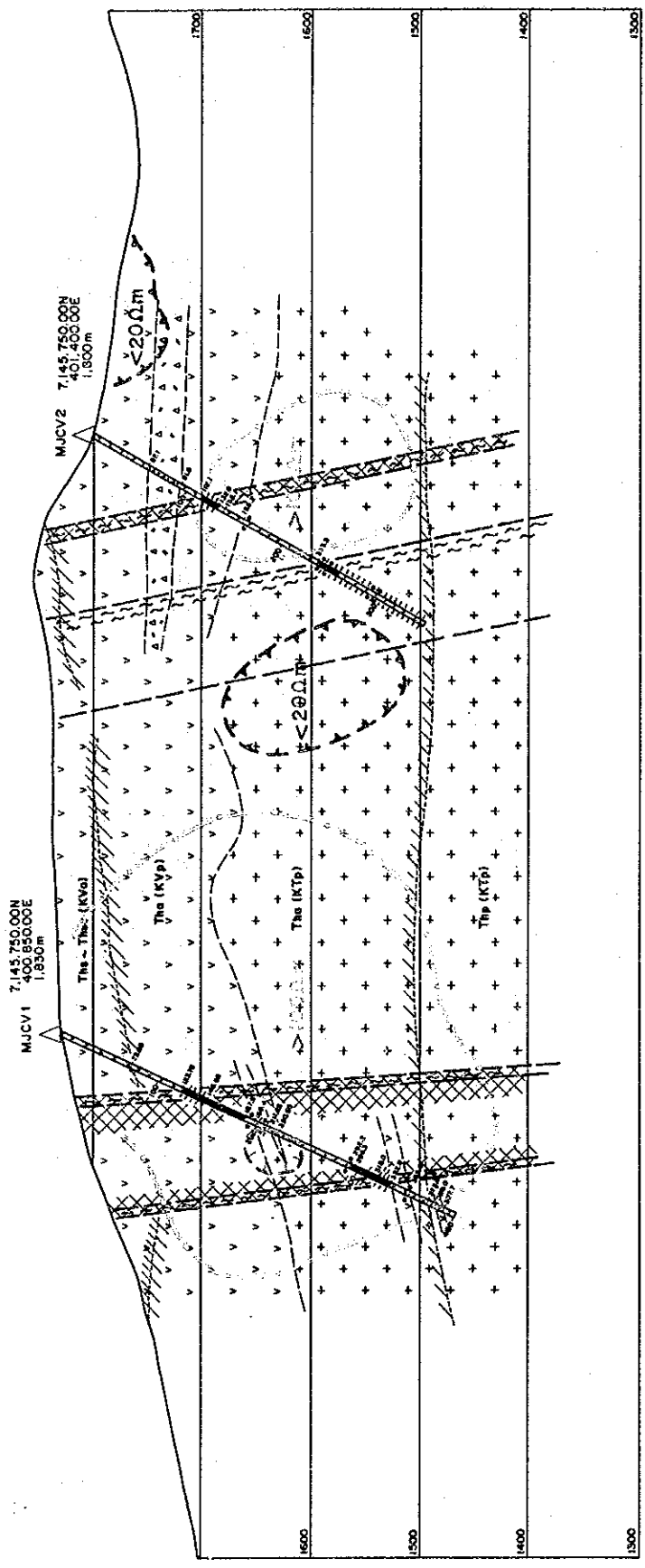


Fig. II-2-2(1)
 Geologic profile of the drift hole
 MJCY-182
 (1 : 6,000)
 Drilling Survey, Phase I
 Veraguas Project, JICA/MMAU-ENAMI

401500E

401000E

400500E

Legend

Acropurite formation

KVa ∇

Andesitic lava and subvolcanic lava

KVg ∇

Andesitic tuff and pyroclasts

KTp $+$

Dioritic-andesitic porphyry

KTp $+$

Hydrothermal Alteration zone

Ths [Intensely silicified zone]

Thq [Quartz sericitized zone]

Ths [Siccous argillized zone]

Thp [Chloritized zone (Propylitized zone)]

Geophysical anomalous zone

$\rho < 20 \Omega \cdot m$

$100 \Omega \cdot m$

$\rho > 300 \Omega \cdot m$

Minealization

Linonite and Jarosite rich zone

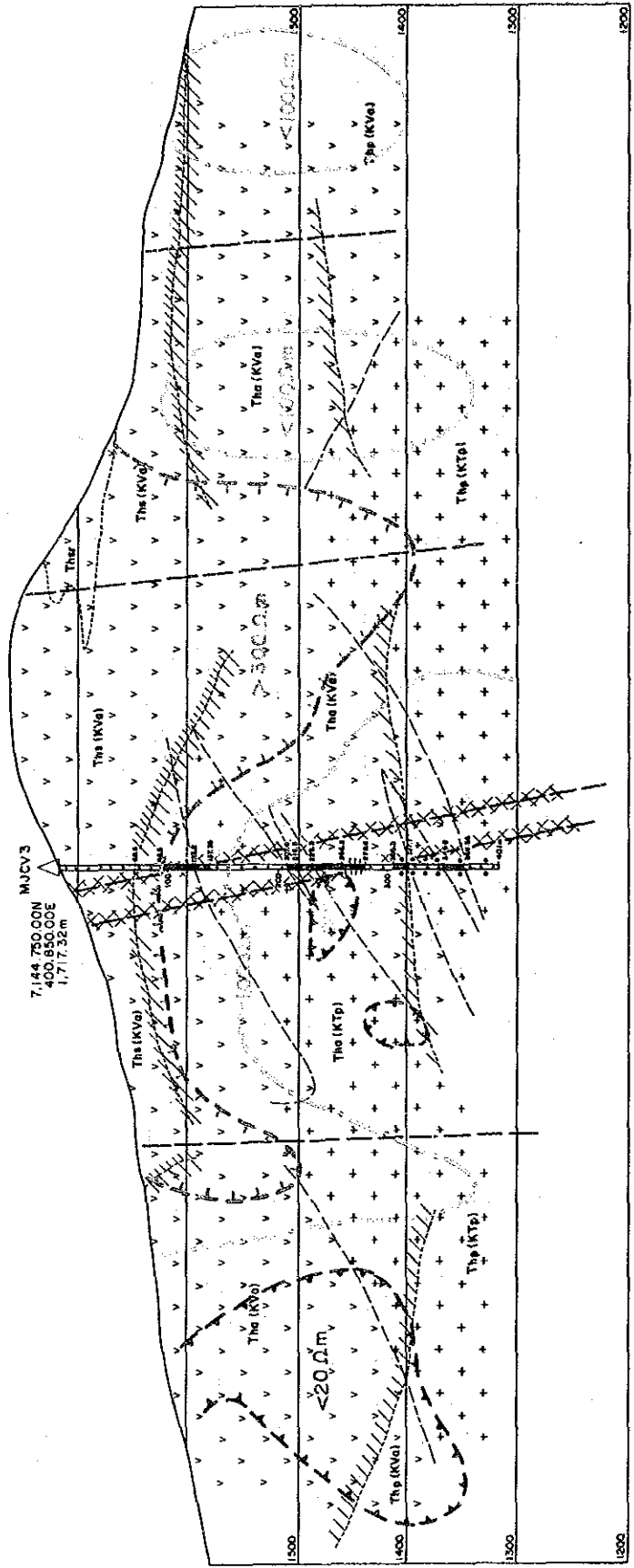
Fault (broken line shows inferred fault)

Fractured zone

Geologic contact

E

W



Geologic profile of the drill hole
MJC3
(1:6,000)

Drilling Survey, Phase I
Vereguas Project, JICA/MMAU-ENAMI

401 000E

400 500E

Geophysical anomalous zone

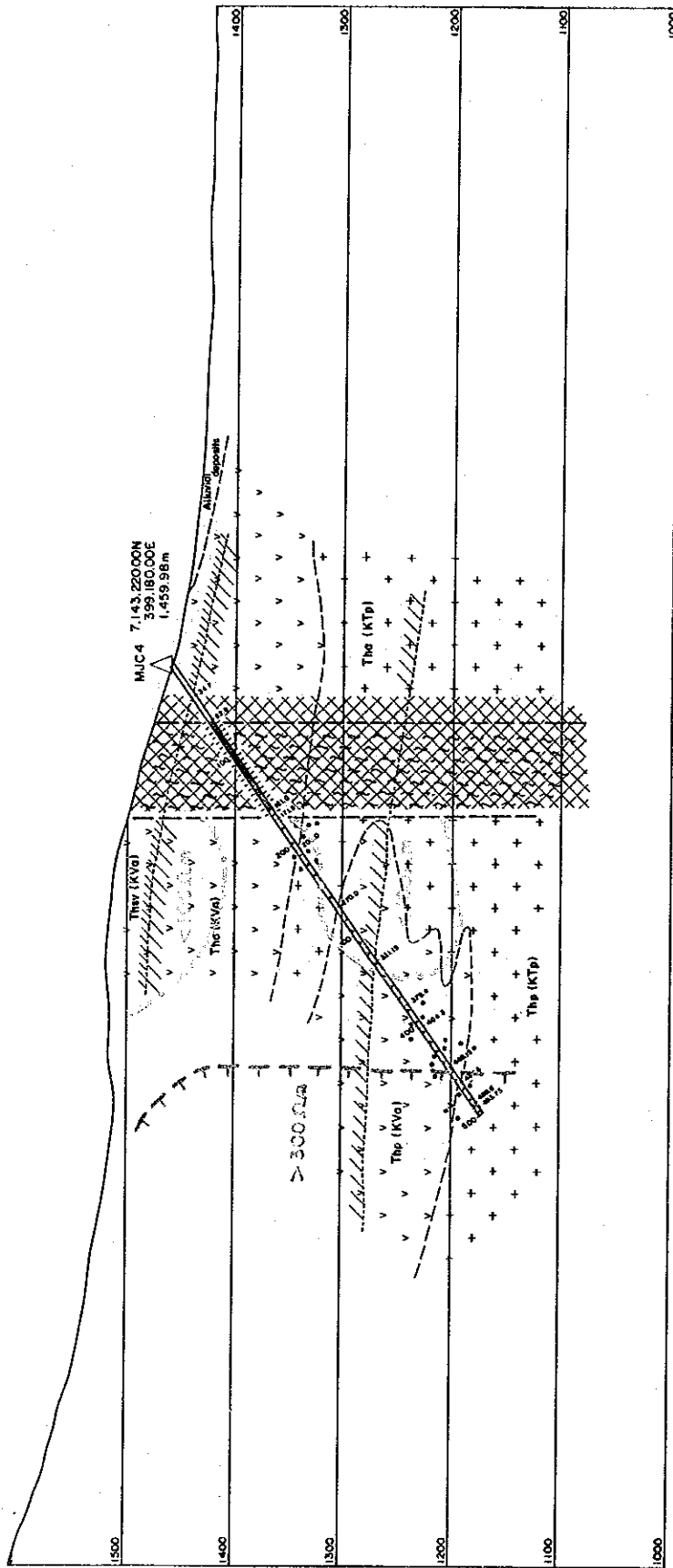
Mineralization
 Limonite and Jarosite rich zone
 Fault (broken line shows inferred fault)
 Fracture zone
 Geologic contact

Hydrothermal Alteration zone
 Intensity silicified zone
 Quartz silicified zone
 Siliceous argillized zone
 Chloritized zone (Propylitized zone)

Legend
 Aeropyrite formation
 Andesitic lava and auto-brecciated lava
 Andesitic tuff and pyroclasts
 Intrusion
 Doleritic-andesitic porphyry

E

W



399 500E

3000 66E

398 500E

Fig. II-2-2 (3)

Geologic profile of the drill hole
 MUCV-4
 (1 : 6,000)

Drilling Survey, Phase I
 Varaguan Project, JICA/MMAUJ-ENAMI

Legend

- Aerpuerto formation
 - Kva
 - Ktp
- Andesitic tuff and pyroclasts
- Dioritic - andesitic porphyry

- Hydrothermal Alteration zone
 - Intensely silicified zone (Ths)
 - Quartz silicified zone (The)
 - Siliceous argillized zone (Tho)
 - Chloritized zone (Propylitized zone) (Thp)

- Mineralization
- Limonite and Jarosite rich zone
- Fault (broken line shows inferred fault)
- Fractured zone
- Geologic contact

- Geophysical anomalous zone
 - 20.0m
 - 100.2m
 - 300.0m

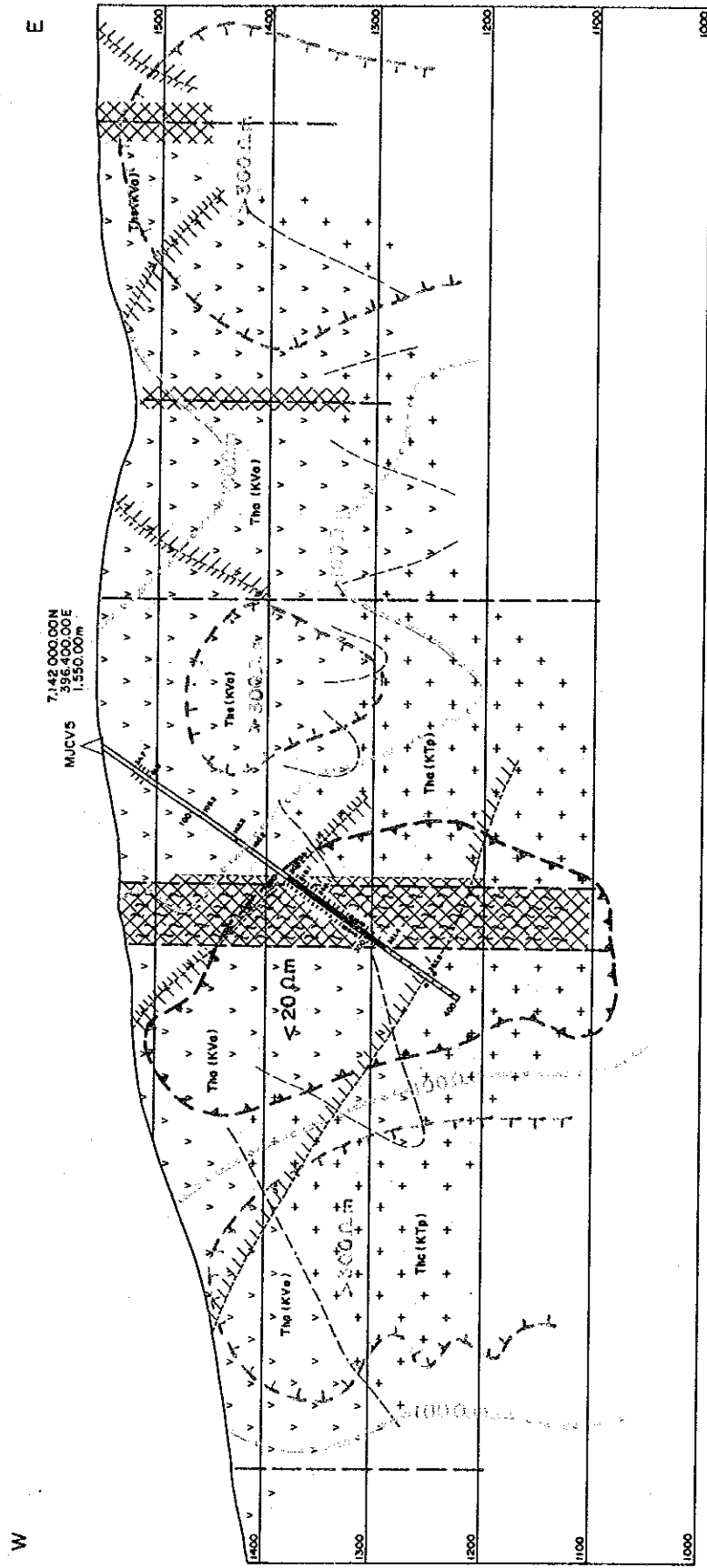


Fig. II-2-2 (4)
 Geologic profile of the drill hole
 MUCV-5
 (1 : 6,000)
 Drilling Survey, Phase I
 Verapue Project, JICA/MMAJ-ERAMI

- Legend**
- Aeropyrite formation**
 - KVo Andesitic tuff and autobrecciated lava
 - KVo Andesitic tuff and pyroclasts
 - Intrusion**
 - KTp Dioritic-andesitic porphyry
 - Hydrothermal Alteration zone**
 - The Biotitely silicified zone
 - The Quartz marlized zone
 - The Siliceous argillized zone
 - The Chloritized zone (Propylitic zone)
 - Geophysical anomalies zone**
 - The < 20m
 - The 100m
 - The > 300m
 - Other features**
 - The Mineralization
 - The Limonite and Jarosite rich zone
 - The Fault (broken line shows inferred fault)
 - The Fractured zone
 - The Geologic contact

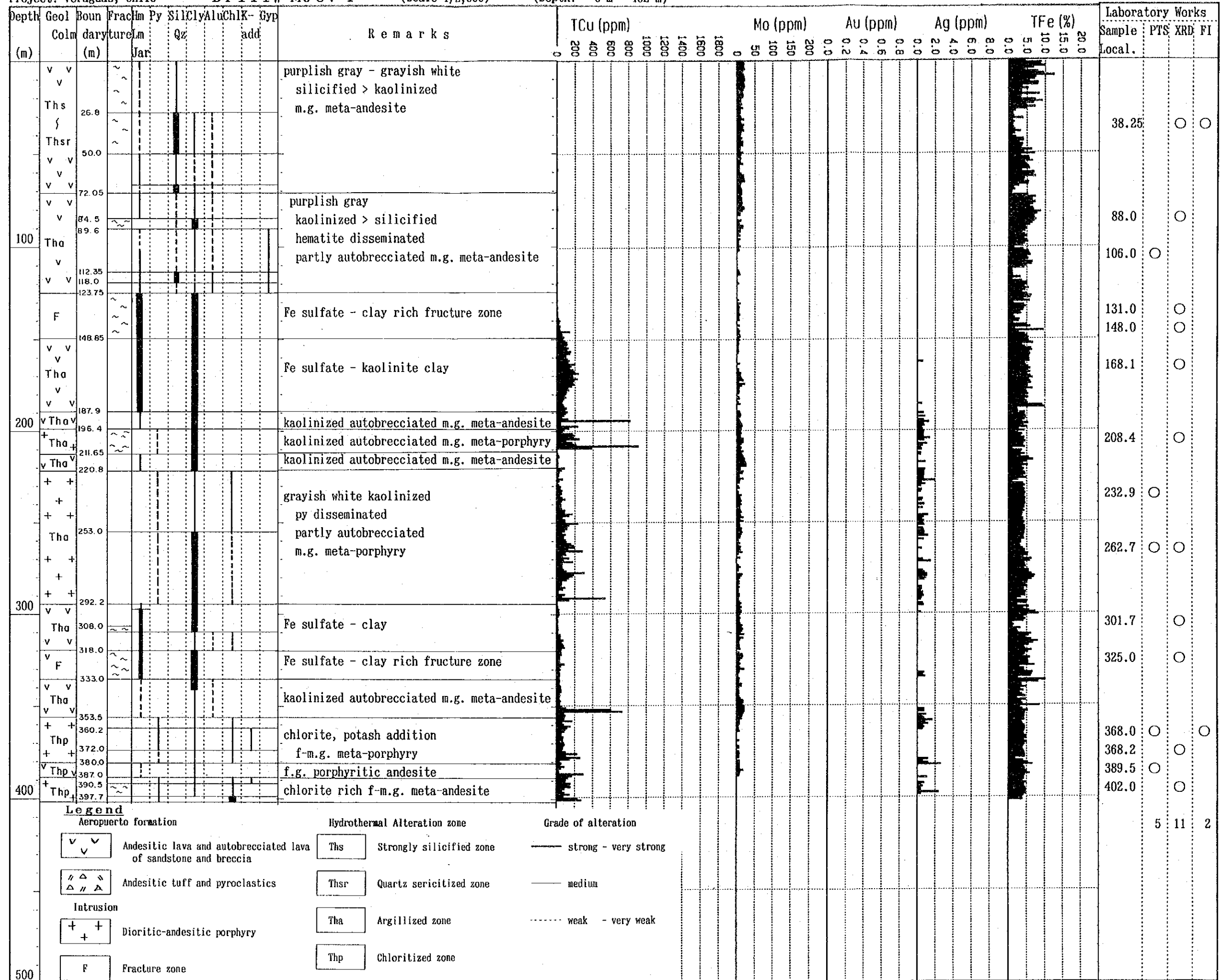


Fig. II-2-3(1) Synthetic column for MJC V-1 (1:2,000)

Depth (m)	Geol Colm	Boun dary (m)	Fracture Jar	Py Lm	Sil Qz	Cly Alu	Chl K	Gyp add	Remarks	TCu (ppm)		Mo (ppm)		Au (ppm)		Ag (ppm)		TFe (%)		Laboratory Works			
										0	200	0	50	0.0	0.2	0.4	0.8	0.0	2.0	4.0	8.0	0.0	5.0
	v v								purplish gray - grayish white kaolinized hematite disseminated partly autobrecciated m.g. meta-andesite											7.0			
	v v	19.8																		33.8			
	Tha	35.7																		50.0			
	v v																			61.0			
	v v	57.1																		91.8			
100	Tha	91.8							whitish gray kaolinized hematite disseminated andesitic pyroclastics											98.35			
	v v								purplish gray kaolinized hematite disseminated porphyritic andesite											112.1			
	F	112.1							Fe sulfate - clay rich fracture zone											132.0			
	v v	132.0																		138.1			
	Tha	138.1							purplish gray kaolinized hematite dissem- inated autobrecciated m.g. meta-andesite											158.2			
	v v	158.2																		165.0			
	+ +	165.0							grayish white pyrite disseminated autobrecciated m.g. dioritic porphyry											200.0			
200	Tha																			206.75			
	+ +																			207.15			
	+ +																			233.0			
	+ +	235.3																		242.8			
	F	242.8							purplish gray kaolinized hematite disseminated meta-porphyry fracture zone											300.6			
300		300.6																					
	+ +								grayish white kaolinized m.g. meta-porphyry														
	Tha																						
	+ +																						
	+ +																						
	+ +																						
									(350.00m END)												5	8	1
400																							
500																							

Fig.II-2-3(2) Synthetic column for MJCv-2 (1:2,000)

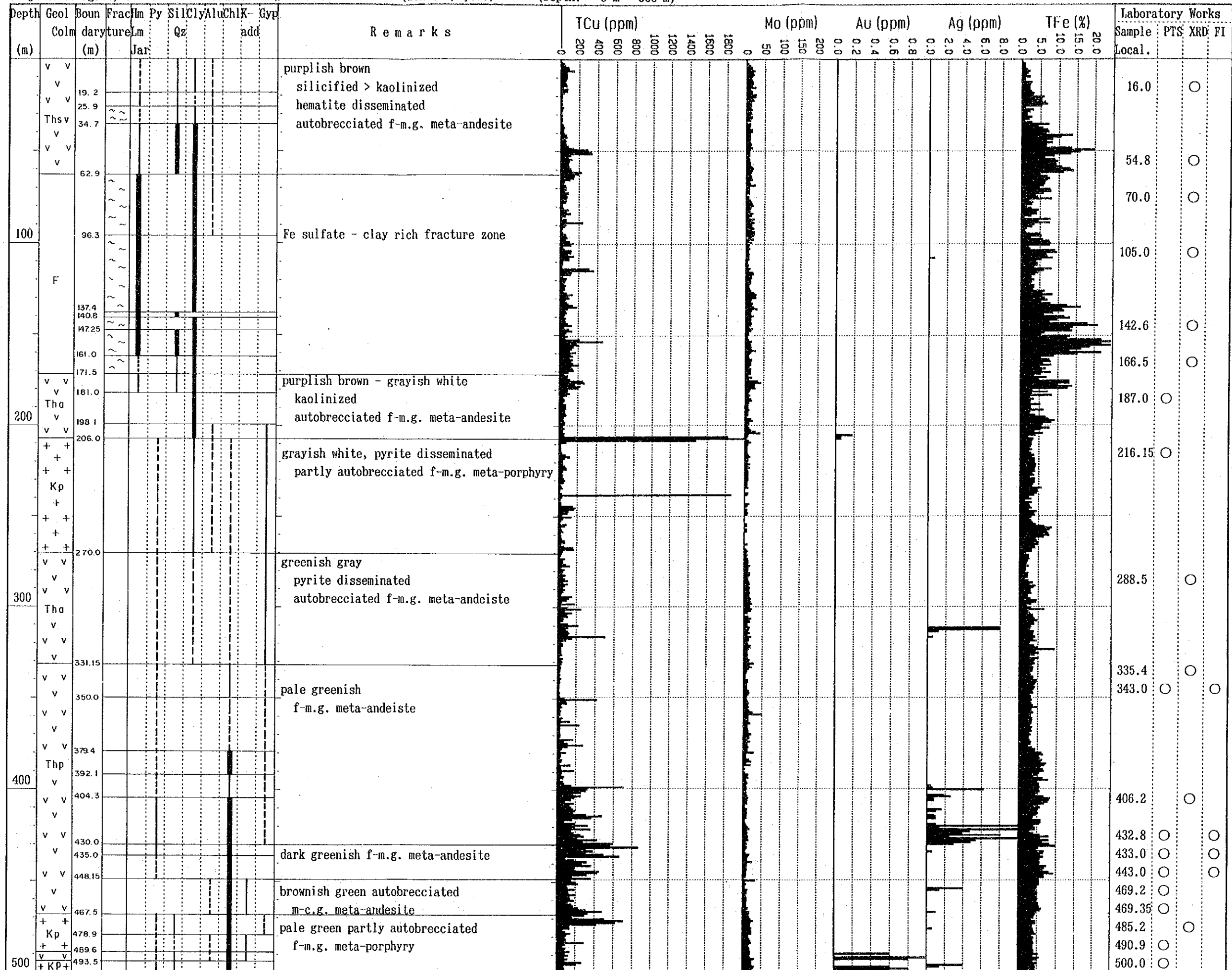


Fig.II-2-3(4) Synthetic column for MJC V-4 (1:2,000)

Table II-2-6 Results of the microscopic observation (Polished thin section)

Sample			Phenocryst		Original texture of igneous rock	Alteration Mineral											Ore Mineral									Remarks		
No Drill Hole	Depth (m)	Original Rock	Alt. Zone	QzPl		Remarks	Qz	Ab	Bt	Se	Ch	Ka	Aa	Gp	Ca	Py	Pm	Cc	Pv	Cp	Cu	Gn	Sp	Mt	Hm		Lm	Ge
1	M/CV-1	106.00	Kva	Tha																								
2	1	232.90	Kp	Tha	corrosion Qz	⊙																						
3	1	262.70	Kp	Tha	corrosion Qz	⊙																						
4	1	368.00	Kp	Thp																								
5	1	389.50	Kp	Thp																							Cu minerals included in Py	
6	M/CV-2	158.70	Kp	Tha																								
7	2	157.50	Kp	Tha																								
8	2	200.00	Kp	Tha	corrosion Qz	⊙																						
9	2	206.75	Kp	Tha	corrosion Qz	⊙																						
10	2	207.15	Kp	Tha	corrosion Qz	⊙																						
11	M/CV-3	141.00	Kp	Tha	corrosion Qz	⊙																						
12	3	221.50	Kp	Tha	corrosion Qz	⊙																						
13	3	340.50	Kp	Thp		⊙																						
14	3	362.00	Kva	Thp																								
15	3	368.20	Kva	Thp																								
16	3	371.20	Kp	Thp																								
17	M/CV-4	187.00	Kva	Tha	corrosion Qz	⊙																						
18	4	216.15	Kp	Tha																								
19	4	343.00	Kva	Thp																								
20	4	432.80	Kva	Thp																								
21	4	433.00	Kva	Thp		⊙																						
22	4	443.00	Kva	Thp																								
23	4	469.20	Kp	Thp		⊙																						
24	4	490.90	Kva	Thp		⊙																						
25	4	500.00	Kvp	Thp		⊙																						
26	M/CV-5	139.00	Kva	Ths																								
27	5	351.05	Kp	Tha																								
28	5	364.35	Kp	Thp																								
29	5	371.20	Kp	Thp																								
30	5	385.25	Kp	Thp		⊙																						
31	5	399.70	Kp	Thp		⊙																						

[abundance]
 ⊙:abundant
 ○:common
 △:minor
 ·:rare

[Mineral names]
 Qz:quartz
 P1:plagioclase

[Mineral names]
 Qz:quartz
 Ab:albite
 Bt:biotite
 Se:sericite
 Ch:chlorite

[Mineral names]
 Ka:kaolinite
 Aa:anhydrite
 Gp: gypsum
 Ca:carbonate

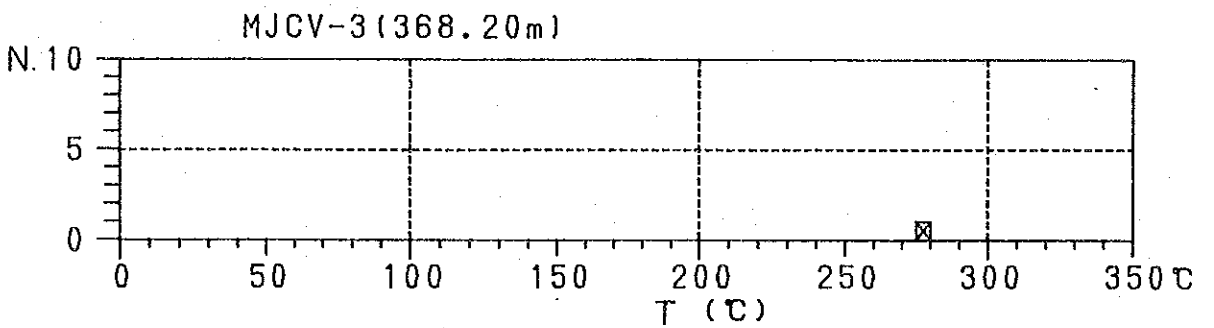
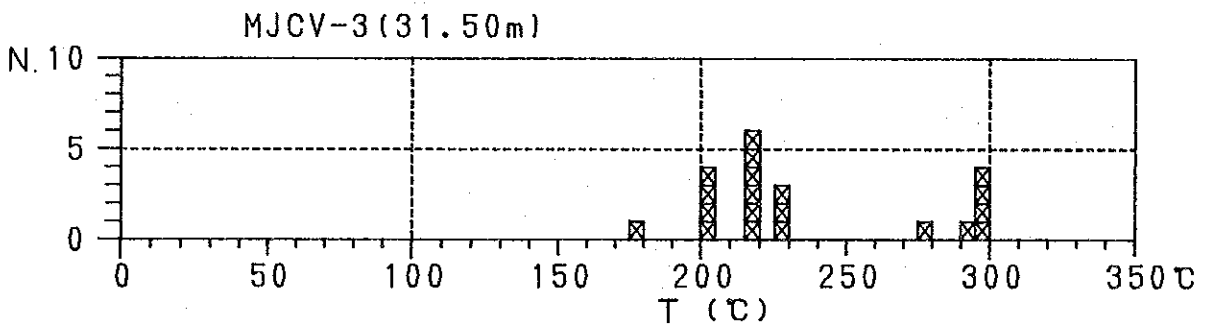
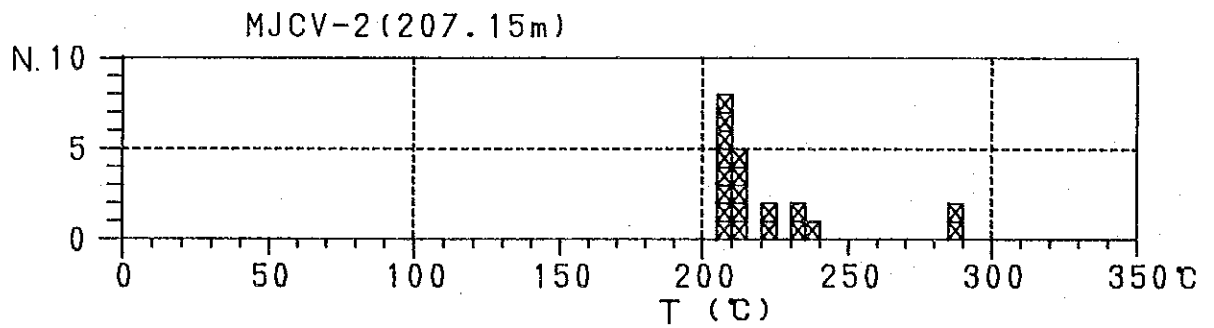
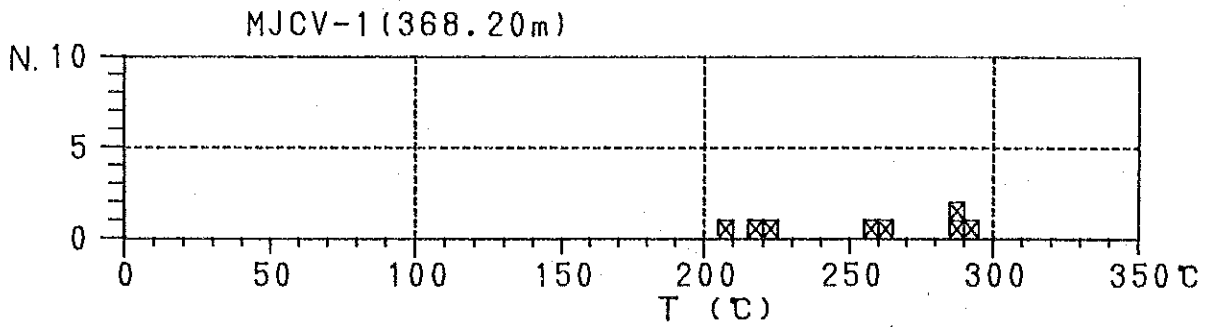
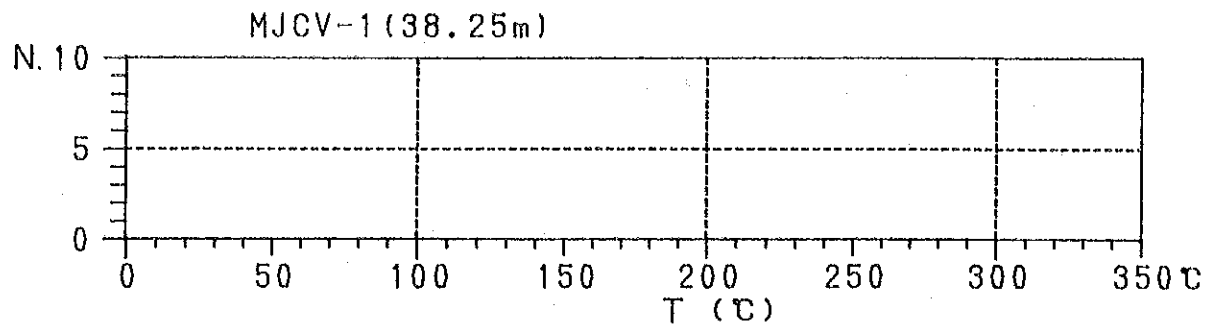
[Mineral names]
 Py:pyrite
 Po:pyrrhotite
 Mc:marcasite
 Cc:chalcopyrite
 Cv:covellite
 Ch:chalcocite

[Mineral names]
 Cu:cuprite
 Gn:garnet
 Sp:sphalerite
 Mt:magnetite
 Hm:hematite
 Lm:limonite

[Mineral names]
 Ge:goesite

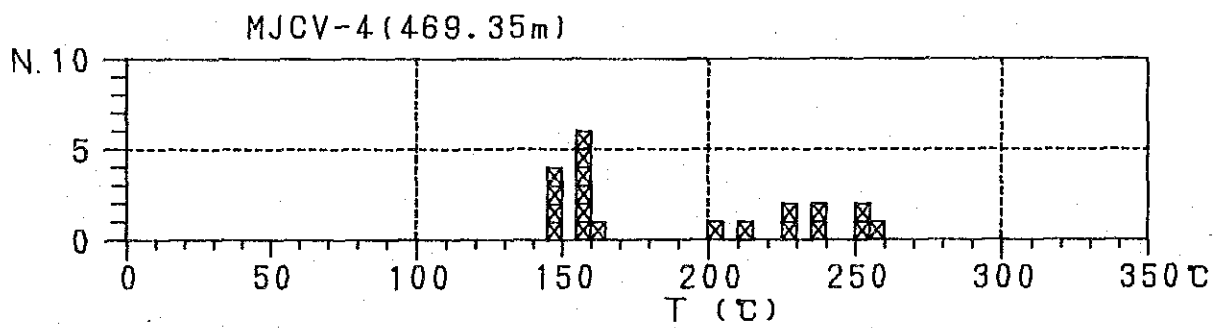
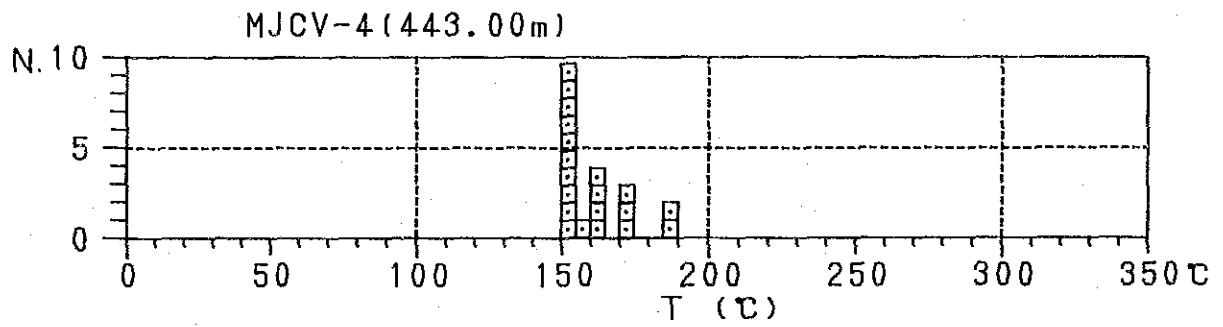
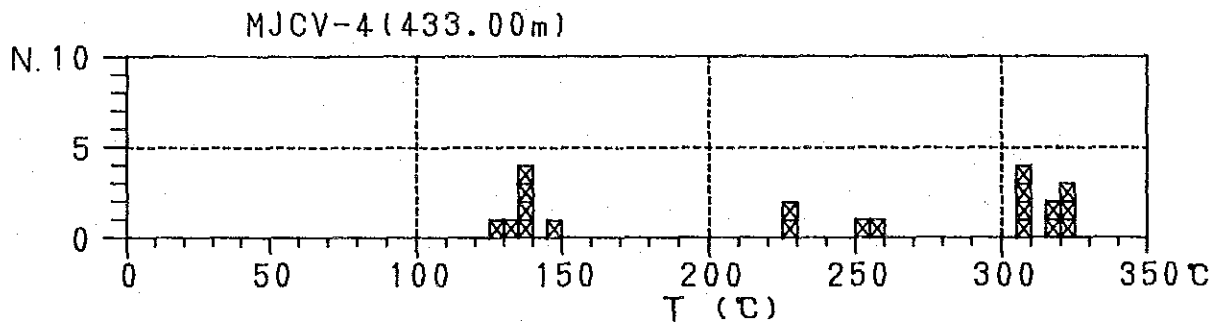
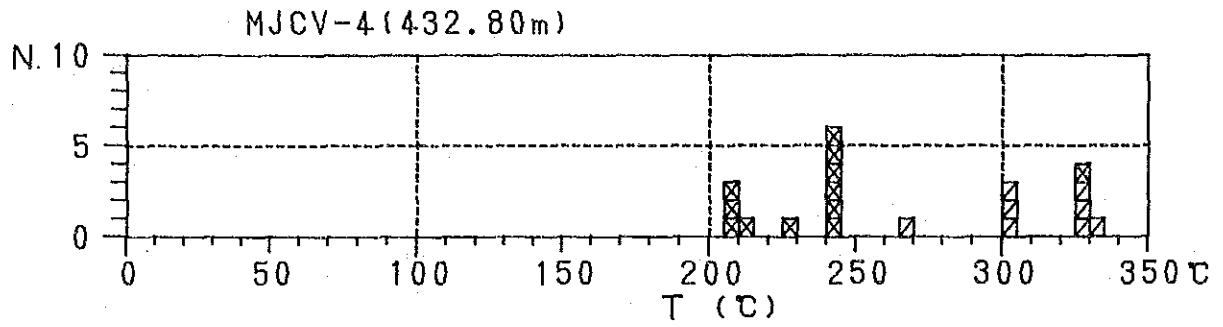
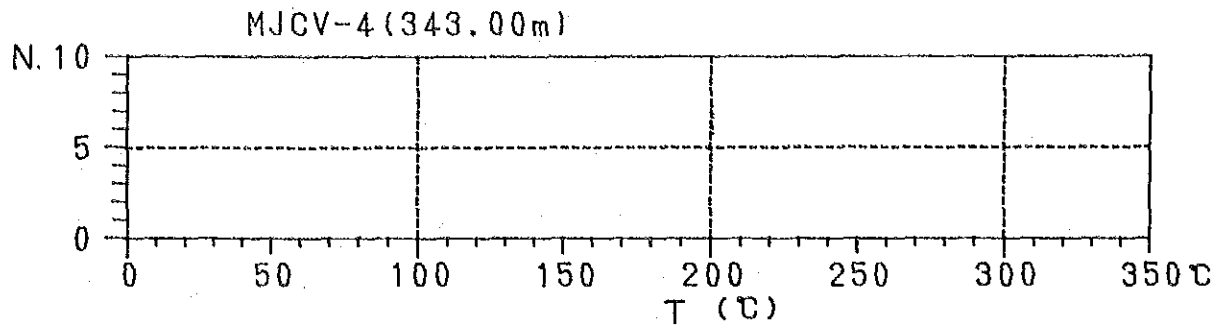
Table II-2-8 Homogenization temperature measurement of fluid inclusion

Drill Hole	Depth (m)	Original rock	Alteration zone	T. Cu ppm	Mineral	grain size(μ) Min. Max.	Numbers of inclusions	Min. (C°)	Max. (C°)	Ave. (C°)	S.D. (C°)
MJCV-1	38.25	Kva	Ths	5	no inclusion		0				
MJCV-1	368.20	Kp	Thp	73	quartz	5×2~20×10	8	209	290	253.9	31.7
MJCV-2	207.15	Kp	Tha	80	quartz	3×3~20×10	20	209	286	223.4	23.1
MJCV-3	31.50	Kva	Ths	16	quartz	5×3~25×10	20	176	297	236.4	39.0
MJCV-3	368.20	Kva	Thp	7,000	quartz	5×2	1		277		
MJCV-4	343.00	Kva	Thp	26	no inclusion		0				
MJCV-4	432.80	Kva	Thp	868	quartz anhydrite	6×3~20×10 10×3~20×12	11 9	268 207	334 241	312.2 228.0	19.9 15.2
MJCV-4	433.00	Kva	Thp	868	quartz	6×4~25×10	20	128	320	237.4	78.9
MJCV-4	443.00	Kva	Thp	366	calcite	8×4~20×10	20	150	189	161.4	11.6
MJCV-4	469.35	Kp	Thp	294	quartz	5×3~20×10	20	149	258	190.5	41.1
MJCV-5	16.15	Kva	Ths	14	no inclusion		0				
MJCV-5	139.00	Kva	Ths	14	no inclusion		0				
MJCV-5	364.35	Kp	Thp	1,620	quartz	10×6	1		364		
MJCV-5	385.25	Kp	Thp	182	no inclusion		0				



⊠ 石英 Quartz
 □ 方解石 Calcite
 ▣ 硬石膏 Anhydrite

Fig.II-2-4 Distribution of homogenization temperature of fluid inclusion (1)



⊠ 石英 Quartz
 □ 方解石 Calcite
 ▣ 硬石膏 Anhydrite

Fig.II-2-4 Distribution of homogenization temperature of fluid inclusion (2)

第3章 ヘラグアス地域地化学探査

3-1 調査目的

本調査は塩類皮殻(caliche)及び岩石を媒体とした地化学探査である。塩類皮殻とは蒸発量が降水量を上回る乾燥気候下で、地下水中に溶けていた塩類が毛管上昇し、地表に析出して出来る皮殻である。米国ユタ州では銅鉱床を数10mにわたって覆う礫層の表層近くの円礫を膠着する塩類皮殻に顕著な銅の異常が認められることが報告されている(Erickson and Marranzino, 1960)。これは乾燥気候下において沖積層及び崩積層の下部に鉱床が存在する場合、金属元素が水分の蒸発及び発散により表層に運搬され、塩類皮殻に固定されるためであり、塩類皮殻の地化学異常が沖積層及び崩積層下の鉱床の存在を示唆するものと考えられる。よって、本地域の沖積層及び崩積層の分布域に対して塩類皮殻を媒体とした地化学探査を適用し、本手法の有効性の確認及び新たな鉱床賦存有望地区の抽出を目的とした。

岩石地化学探査は調査地域の南東部に位置し、珪化変質を主体とする変質を受けている山体を対象とした。この変質帯は調査地域の周辺部に孤立して位置していることから、ENAMIによる基礎調査が組織的には実施されていない。よって、この変質帯の性質を把握し、鉱化作用との関連を検討するために岩石地化学探査を実施した。

3-2 調査方法

3-2-1 試料採取

本地域における塩類皮殻のまとまった分布域は、ヘラグアス山からオハラ山に続く山稜の東西両側の山麓及び平坦部にあり、これらをFig.II-3-1に示すように、パンプ地区(Pampa District)及び北西地区(Northwest District)として塩類皮殻採取の対象とした。岩石については、地域南東部の変質を受けているパンプ南地区(Pampa South District)を採取の対象とした。試料採取位置をFig.II-3-2に示す。

試料採取個数は、塩類皮殻がパンプ地区で104試料、北西地区で75試料の計179試料、岩石はパンプ南地区で49試料、サツァン鉱床で2試料の計51試料である。

塩類皮殻は東西の測線を設定し、測線上にて200m間隔を原則として採取した。測線間隔はパンパ地区で500m、北西地区で400mを原則とした。予定された採取地点に塩類皮殻が存在しない場合で、その周囲に坑と呼ばれるピットが存在し、ピット底又は掘り出された土中に塩類皮殻が存在する場合、これを採取の対象とした。採取量は約200gを目安とした。塩類

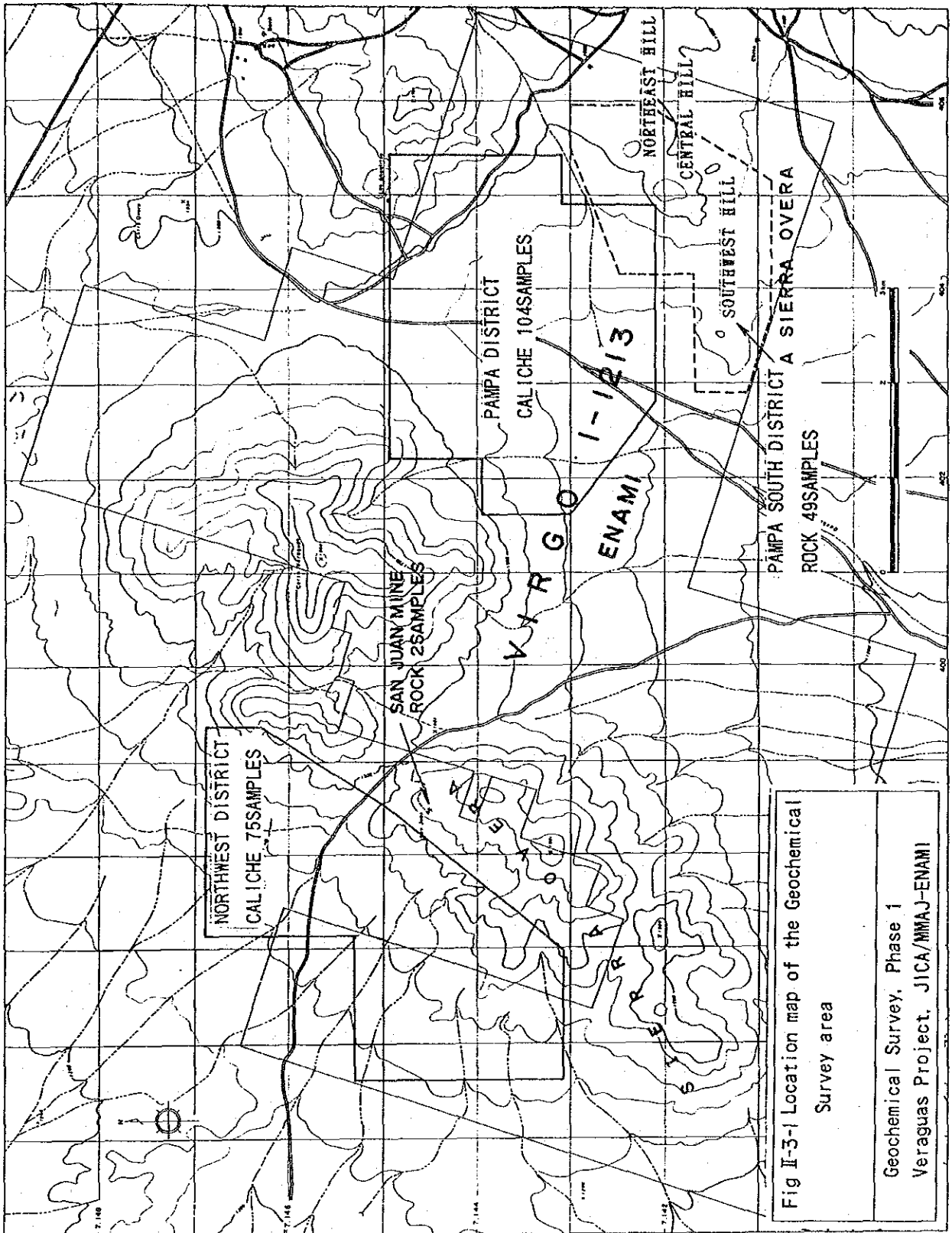
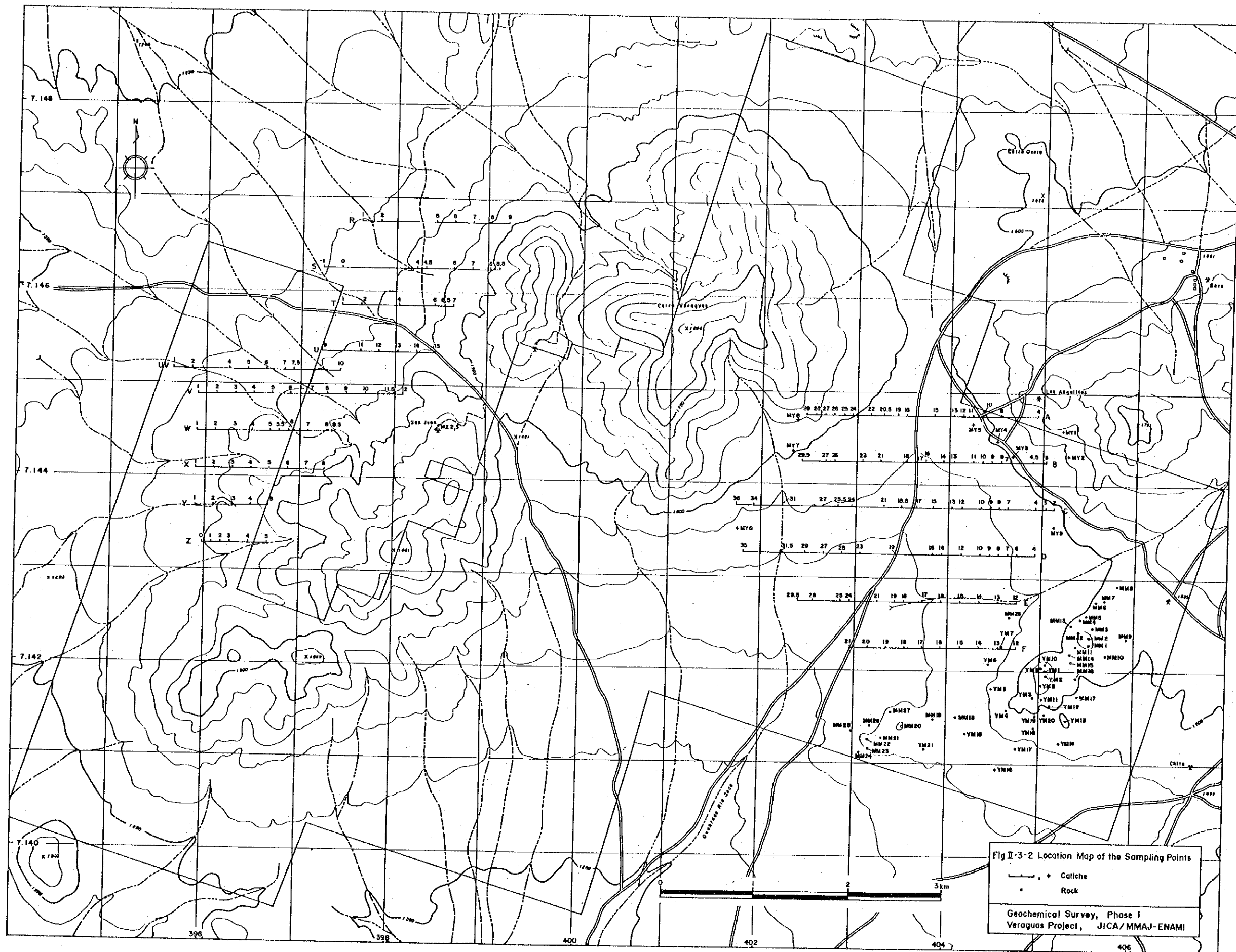


Fig II-3-1 Location map of the Geochemical
 Survey area

Geochemical Survey, Phase 1
 Veraguas Project, JICA/MMAJ-ENAMI



皮殻に岩片が含まれる場合は、岩片をなるべく除去するようにした。

岩石は採取地点が均等に配置されるよう100m～400m間隔で採取を行った。試料は現場で小割りして、風化面の少ないものを採取した。採取量は約200gを目安とした。

3-2-2 化学分析及び粉末X線回折

化学分析は、塩類皮殻179試料、岩石51試料について実施した。分析は別の分析業者であるCSMEC社が実施した。分析成分、検出限界及び分析方法をTableII-3-1に示す。

粉末X線回折は、塩類皮殻10試料、岩石51試料実施した。塩類皮殻は鉱物組成の把握、岩石は変質分帯を行うことを目的とした。作業は日鉄鉱業三鷹研究開発センターで実施した。

3-3 調査結果

3-3-1 塩類皮殻地化学探査

1. 化学分析値統計処理

TableII-3-2に化学分析値の基本統計量を、TableII-3-3に相関行列を示す。相関行列において SiO_2 、 Fe_2O_3 、Clが互いに正の相関を示し、このグループがSと負の相関を示すのが特徴的である。CuについてはT.CuとS.Cuの間の0.384033が最大の相関係数であり、他の化学成分とは相関を示さないことより、Cuの挙動は他の化学成分の挙動と独立していると考えられる。このことはCuの濃集が特定の化学成分の塩に選択的に行われているのではなく、Cuの濃集現象は鉱床の存在に由来することを示唆している。

基本統計において平均値+標準偏差以上のものを地化学異常とし、測線上で2点以上地化学異常が連続するものを地化学異常域とする。ただし、以下の3例については例外とする。

- ・例外1：測線上で2点の地化学異常が連続しても、その間隔が300m以上の場合は地化学異常域としない。
- ・例外2：補足的に測線間で採取した試料が地化学異常を示し、その試料と測線上の1点以上の地化学異常を示す試料の間隔が300m以内の場合、これらを地化学異常域として扱う。
- ・例外3：Sについては、平均値+標準偏差以上を示す試料が存在しないため、平均値+2/3標準偏差以上を地化学異常とする。

SについてはFig.II-3-3のヒストグラムに示すように、化学分析値の低い方に分散が大きい
ため、平均値+標準偏差以上を示す試料が存在しない。

Table II-3-1 Analytical method and detectable limits of the chemical analysis

Component	Detection limit	Analytical method
Cl	0.1 %	Volumetric
CO ₂	0.1 %	Combution
T.Cu	10 ppm	Atomic Absorption
S.Cu	10 ppm	Atomic Absorption
SiO ₂	0.2 %	Fusion-Gravimetry
FeO	0.05%	Volumetric
Fe ₂ O ₃	0.05%	Atomic Absorption
S	0.1 %	Fusion-Gravimetry
SO ₄	0.1 %	Leaching-Gravimetry

Table II-3-2 Statistical parameter of caliche geochemistry (179 samples)

	Geometric average	Standard deviation	$M + 1/2\sigma$	$M + \sigma$
Cl	0. 1 1 %	0. 5 3 2 4 0	0. 2 0 %	0. 3 8 %
CO ₂	0. 1 5 %	0. 3 7 8 0 5	0. 2 3 %	0. 3 6 %
T. Cu	3 8 ppm	0. 9 4 4 9 0	1 1 2 ppm	3 3 3 ppm
S. Cu	1 5 ppm	0. 3 8 3 5 1	2 4 ppm	3 7 ppm
SiO ₂	2 0. 1 %	0. 2 1 3 6 3	2 5. 7 %	3 2. 8 %
FeO	0. 2 6 %	0. 3 5 9 2 7	0. 3 9 %	0. 5 9 %
Fe ₂ O ₃	1. 1 6 %	0. 4 8 1 8 1	2. 0 3 %	3. 5 3 %
S	1 0. 5 %	0. 2 7 6 6 1	1 4. 4 %	1 9. 8 %
SO ₄	9. 3 %	0. 2 2 0 4 6	1 2. 1 %	1 5. 5 %

M : Geometric average

σ : Standard deviation (logrithm)

Table II-3-3 Matrix of the correlation coefficients of caliche geochemistry (179 samples)

	Cl	CO ₂	Cu(total)	Cu(soluble)	SiO ₂	FeO	Fe ₂ O ₃	S	SO ₄
Cl	1.000000								
CO ₂	-0.274130	1.000000							
Cu(total)	0.034167	0.021159	1.000000						
Cu(soluble)	-0.064651	0.252002	0.384033	1.000000					
SiO ₂	0.444277	-0.460078	0.028721	-0.152339	1.000000				
FeO	-0.566777	0.275972	-0.026804	0.086318	-0.092928	1.000000			
Fe ₂ O ₃	0.442740	-0.416133	0.120085	0.061605	0.762872	-0.207961	1.000000		
S	-0.555028	0.401023	-0.107414	0.044791	-0.782289	0.344057	-0.647946	1.000000	
SO ₄	-0.296923	0.138774	-0.061406	0.039615	-0.413341	0.233088	-0.329591	0.731009	1.000000

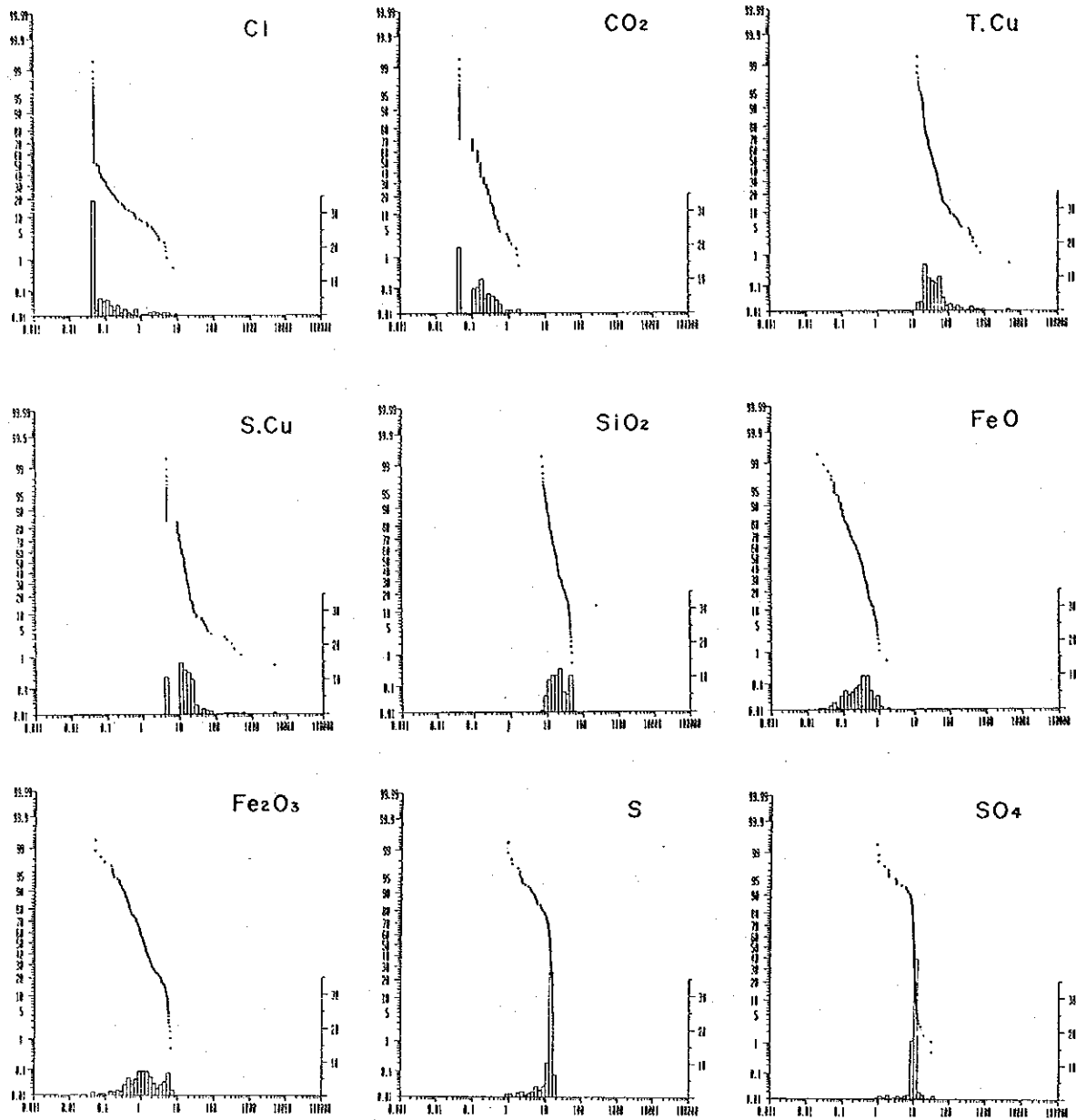


Fig II-3-3 Frequency distribution and cumulative distribution of the chemical analysis results of caliche

ハ°ソハ°地区及び北西地区について、各成分の地化学異常及び地化学異常域をFig.II-3-4~15に図示する。なお、T.Cu, S.Cu, については平均値+1/2標準偏差以上を示す試料も参考に図示した。

2. ハ°ソハ°地区

T.Cu : ハ°ソハ°鉱床周辺に地化学異常が4点存在し、鉱床近傍の2試料が地化学異常域を形成する。平均値+1/2標準偏差以上を示す6試料もハ°ソハ°鉱床の周囲に分布する。

S.Cu : ハ°ソハ°鉱床周辺に8試料からなる地化学異常域が形成されている。平均値+1/2標準偏差以上を示す10試料のうち6試料が地化学異常域の周囲に分布している。

Fe0 : ハ°ソハ°鉱床及びその南南東部にかけて地化学異常が存在し、D測線において地化学異常域を形成する。地区の西部にも散点的な地化学異常が存在し、大局的にはNNW-SS E方向に連なる傾向を示す。

Fe203 : ハ°ソハ°鉱床の近傍において1試料が地化学異常を示す。また、地区西部において散点的な地化学異常が認めれる。地区南西部に2試料からなる地化学異常域が存在する。Fe0の地化学異常と重複するのは1試料のみである。

S : ハ°ソハ°鉱床の周辺に2試料からなる地化学異常域が2箇所存在し、その周囲に地化学異常を示す6試料が散在する。A測線の西側にも地化学異常を示す4試料が存在する。

S04 : 地区ほぼ中央のD測線上に地化学異常を示す1試料が存在する。これはSの地化学異常とは重複しない。

Si02 : 散点的な地化学異常が10試料存在する。1試料を除いて地区西部に存在している。

C02 : 散点的な地化学異常及び3箇所の2試料からなる地化学異常域がハ°ソハ°鉱床周辺からその南方にかけて分布する。

Cl : 散点的な地化学異常が地区南西部に分布する。A測線にも2試料の地化学異常が存在する。

3. 北西地区

T.Cu : W測線に2試料からなる地化学異常域が分布する。その周囲に平均値+1/2標準偏差以上を示す3試料が分布する。

S.Cu : W測線に3試料からなる地化学異常域が分布する。これにT.Cuの地学異常域の分布が含まれる。その周囲に平均値+1/2標準偏差以上を示す2試料が分布する。

Fe0 : W測線に2箇所、S測線の地化学異常域が分布する。東側の3試料からなる地化学異常域はS、Cuの地化学異常域と重複する。

Fe203 : 5箇所の地化学異常域が分布する。これらのうちS~T測線、V~X測線、Y~Z測線のもの、V~X測線の10試料からなる地化学異常域にT、Cu、S、Cu、Fe0の地化学異常が重複する2試料の分布が含まれる。

S : X測線に2試料からなる地化学異常域が存在する。

S04 : 地区北部の4試料が地化学異常を示す。これらのうちT測線の2試料が地化学異常域を形成する。これらはSの地化学異常とは重複しない。

Si02 : 3箇所の比較的まとまった地化学異常域が分布する。これらはFe203の地化学異常域の分布とよく調和する。

C02 : 2箇所の地化学異常域が分布する。これらのうちW測線のものにFe0の地化学異常域の分布が含まれる。

C1 : 2試料からなる地化学異常域が3箇所に分布する。これらのうちS測線及びZ測線のもものがSi02及びFe203の地化学異常域の分布に含まれている。

4. 粉末X線回折結果

TableII-3-7に示すように、代表的な10試料について粉末X線回折を実施した結果、9試料で石膏が、8試料で曹長石が、7試料で石英が検出された。塩類皮殻は基本的には石膏、曹長石、石英からなることが判明した。その他の鉱物として硝石、岩塩、セピライトがそれぞれ1試料に検出された。

3-3-2 岩石地化学探査

1. 化学分析値統計処理

TableII-3-4に化学分析値の基本統計量を、TableII-3-5に相関行列を示す。基本統計において着目されるのは、Si02の平均値が48.7%であることである。

採取試料はFig.II-3-18に示すように、火山岩類を原岩とした変質岩類と貫入岩であり変質岩類の大半は肉眼的に珪化~強珪化変質を受けており、Si02の添加を受けたと予想されるが、Si02平均値が48.7%であるということは、原岩が玄武岩組成であったことを示唆している。また、R.A.Daly(1933)による玄武岩の平均化学組成においてFe0、Fe203の値はそれぞれ6.37%、5.38%であるのに対し、本件においてはそれぞれ0.97%、1.49%と著しく低い

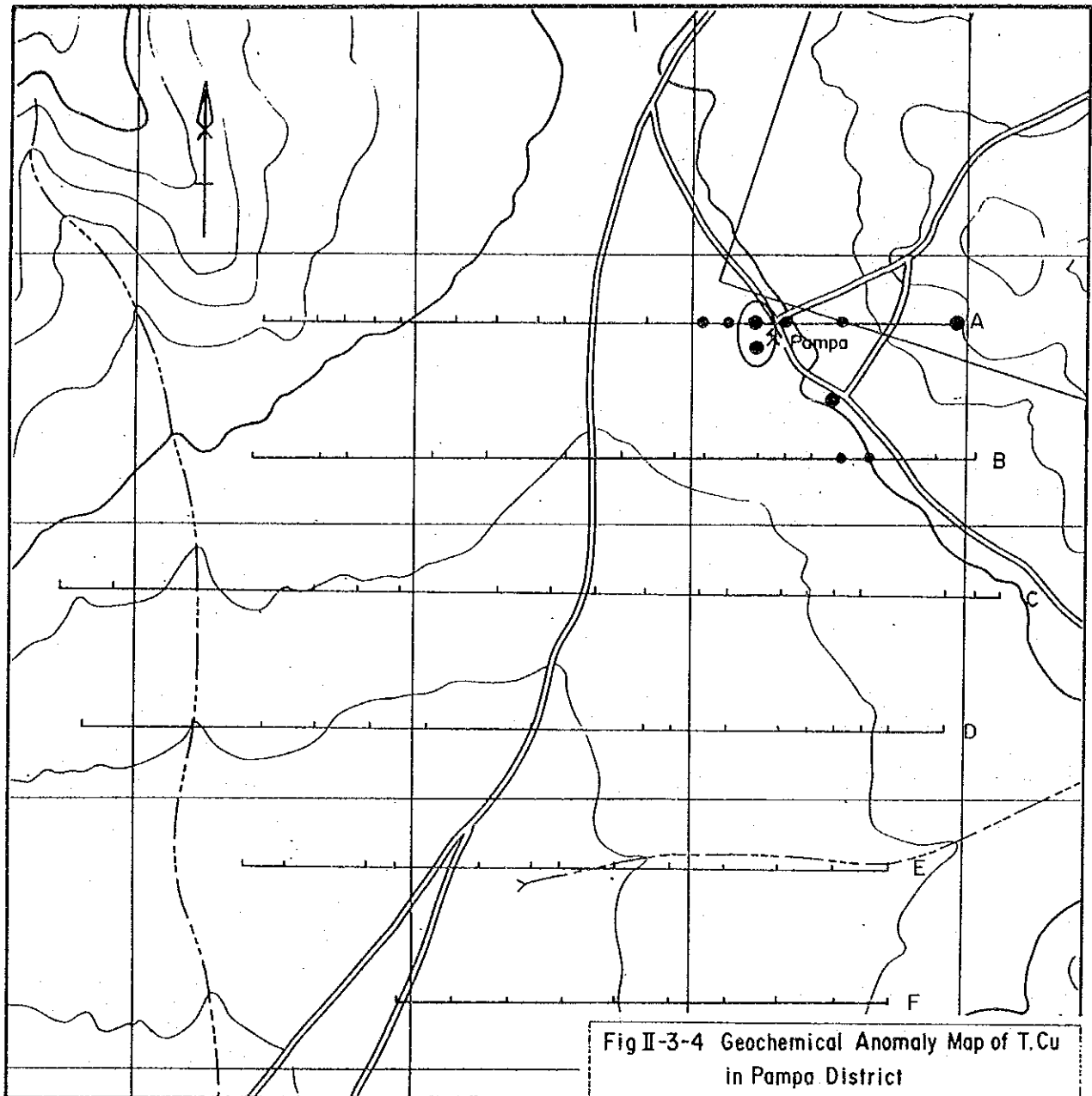


Fig II-3-4 Geochemical Anomaly Map of T. Cu
in Pampa District

- Sampling line
 - Anomaly, $T. Cu \geq 333\text{ppm}(M + \sigma)$
 - Subanomaly,
 $333\text{ppm} > T. Cu \geq 112\text{ppm}(M + 1/2\sigma)$
 - Anomaly area of T. Cu
- M: Geometric average
 σ : Standard deviation

Geochemical Survey, Phase 1
 Veraguas Project, JICA/MMAJ-ENAMI

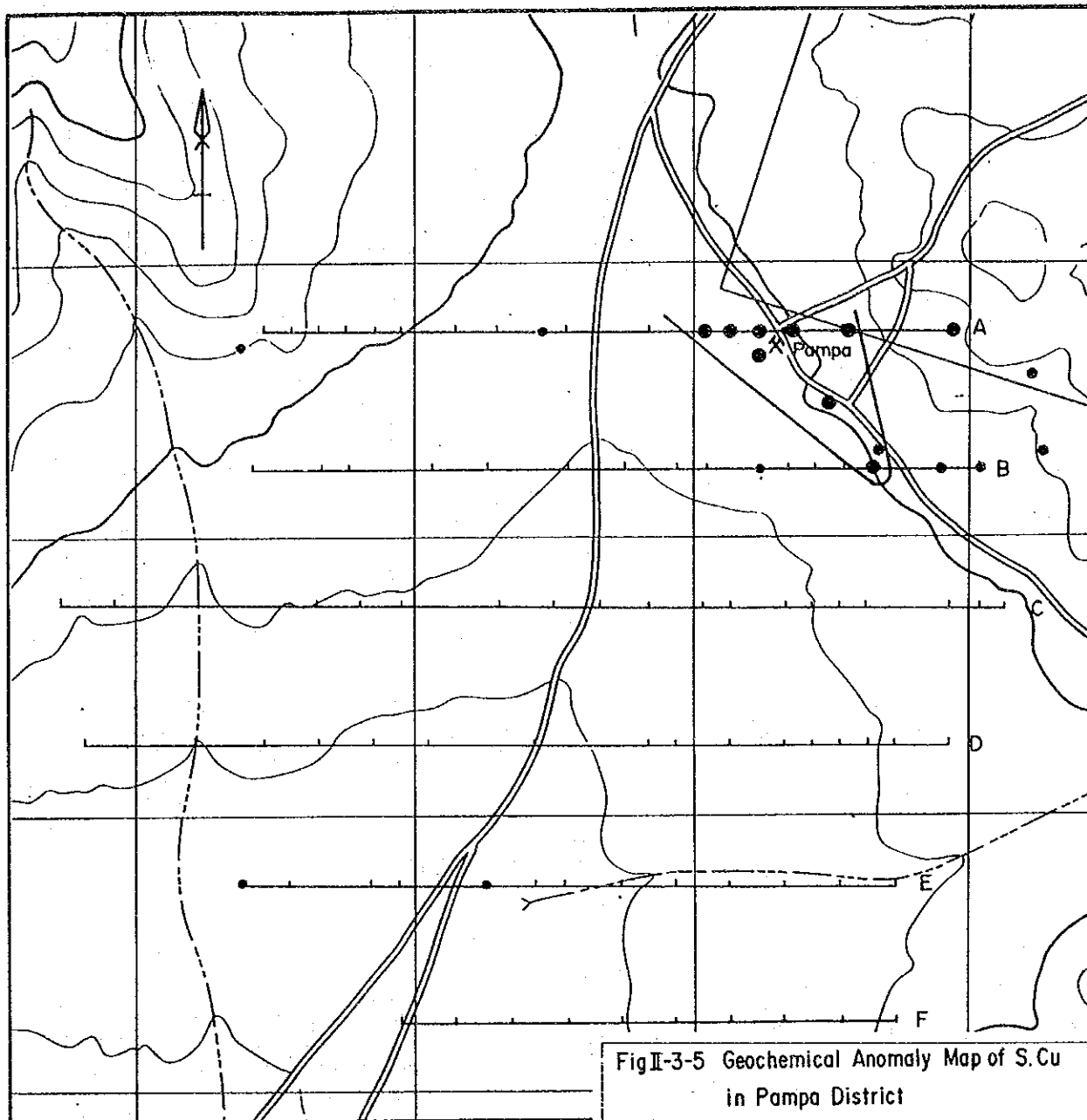


Fig II-3-5 Geochemical Anomaly Map of S. Cu
in Pampa District

- Sampling line
 - Anomaly, S. Cu $\geq 37\text{ppm}(M + \sigma)$
 - Subanomaly,
 $37\text{ppm} > \text{S. Cu} \geq 24\text{ppm}(M + 1/2\sigma)$
 - Anomaly area of S. Cu
- M: Geometric average
 σ : Standard deviation

Geochemical Survey, Phase 1
 Veraguas Project, JICA/MMAJ-ENAMI

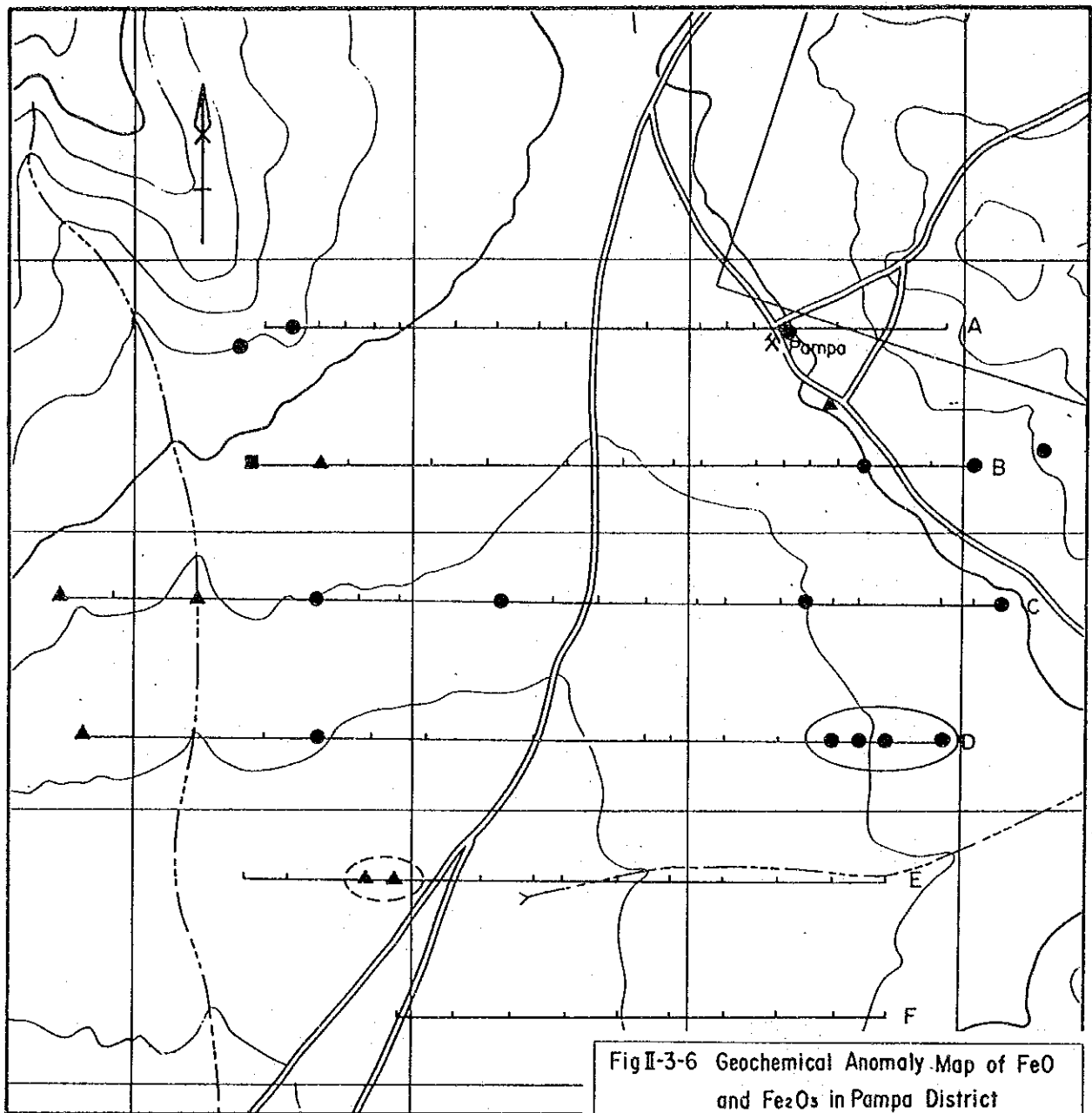


Fig II-3-6 Geochemical Anomaly Map of FeO and Fe₂O₃ in Pampa District

- Sampling line
- FeO $\geq 0.59\%(M + \sigma)$
- ▲ Fe₂O₃ $\geq 3.53\%(M + \sigma)$
- FeO and Fe₂O₃
- Anomaly area of FeO
- Anomaly area of Fe₂O₃
- M: Geometric average
- σ : Standard deviation

Geochemical Survey, Phase 1
Veraguas Project, JICA/MMAJ-ENAMI

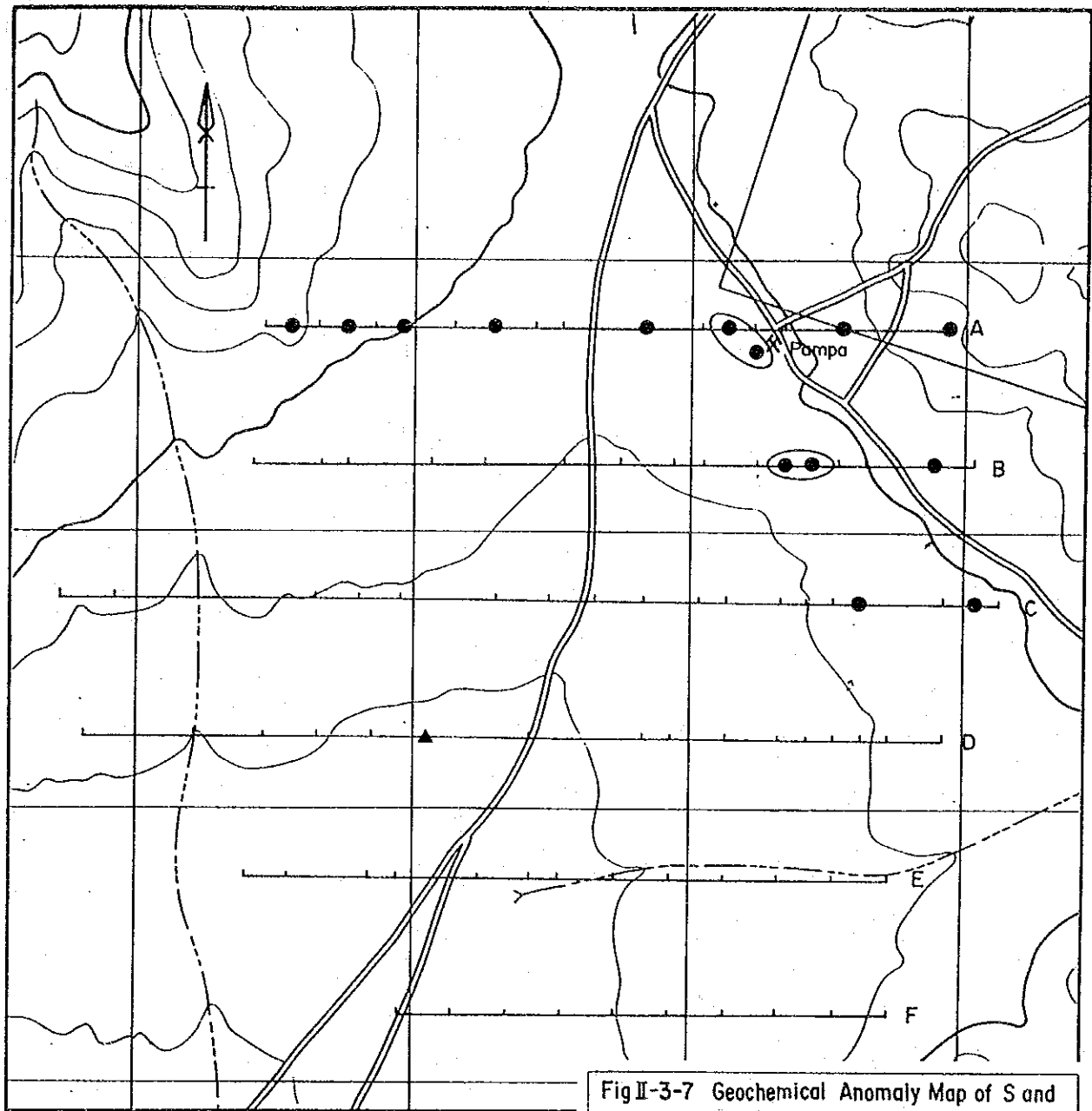
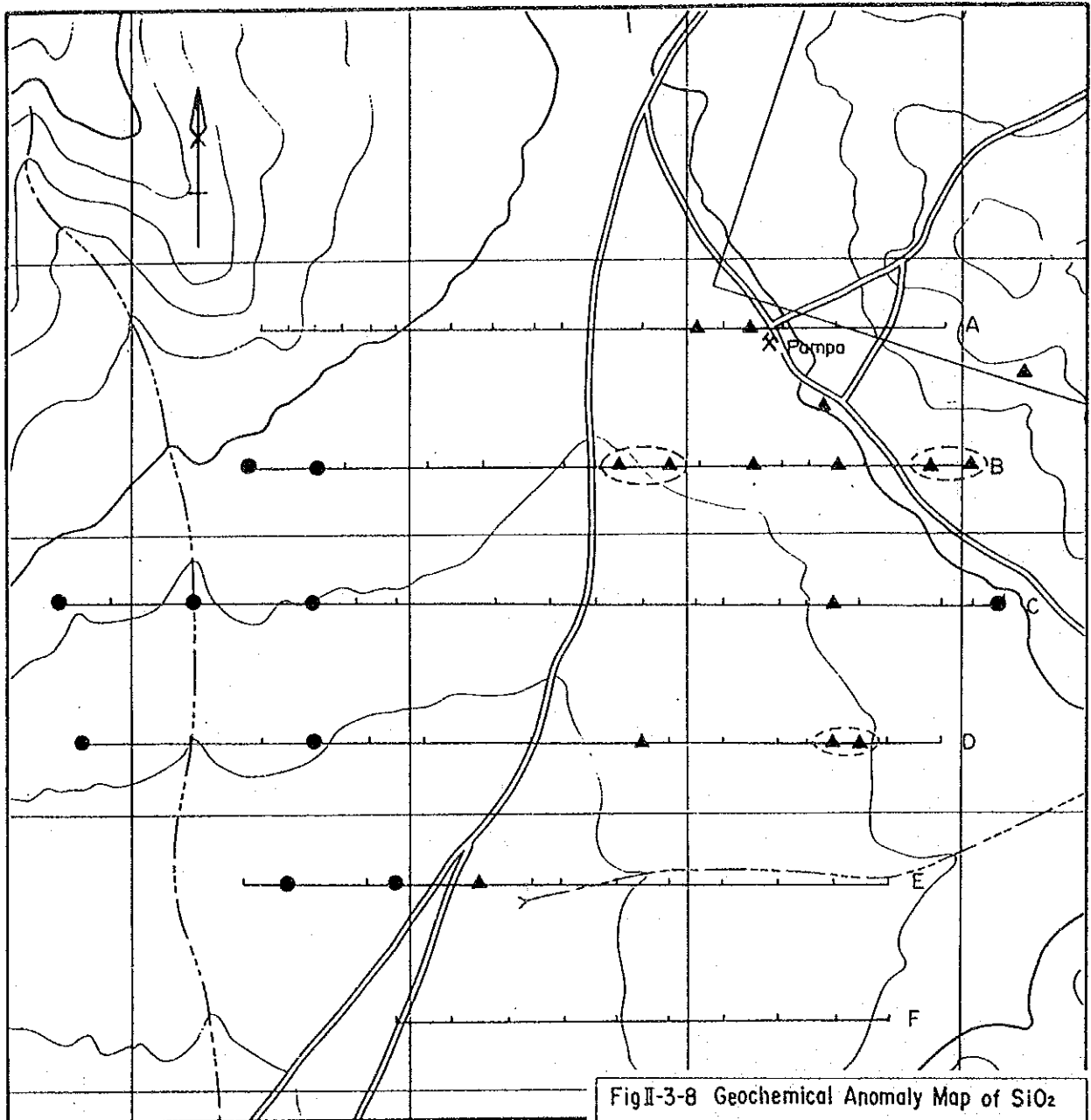


Fig II-3-7 Geochemical Anomaly Map of S and SO₄ in Pampa District

- Sampling line
 - S $\geq 16.0\%(M+2/3\sigma)$
 - ▲ SO₄ $\geq 15.5\%(M+\sigma)$
 - Anomaly area of S
- M:Geometric average
 σ :Standard deviation

Geochemical Survey, Phase 1
 Veraguas Project, JICA/MMAJ-ENAMI



FigII-3-8 Geochemical Anomaly Map of SiO₂
CO₂ in Pampa District

- Sampling line
 - SiO₂ ≥ 32.8%(M+σ)
 - ▲ CO₂ ≥ 0.36%(M+σ)
 - Anomaly area of CO₂
- M:Geometric average
σ:Standard deviation

Geochemical Survey, Phase 1
Veraguas Project, JICA/MMAJ-ENAMI

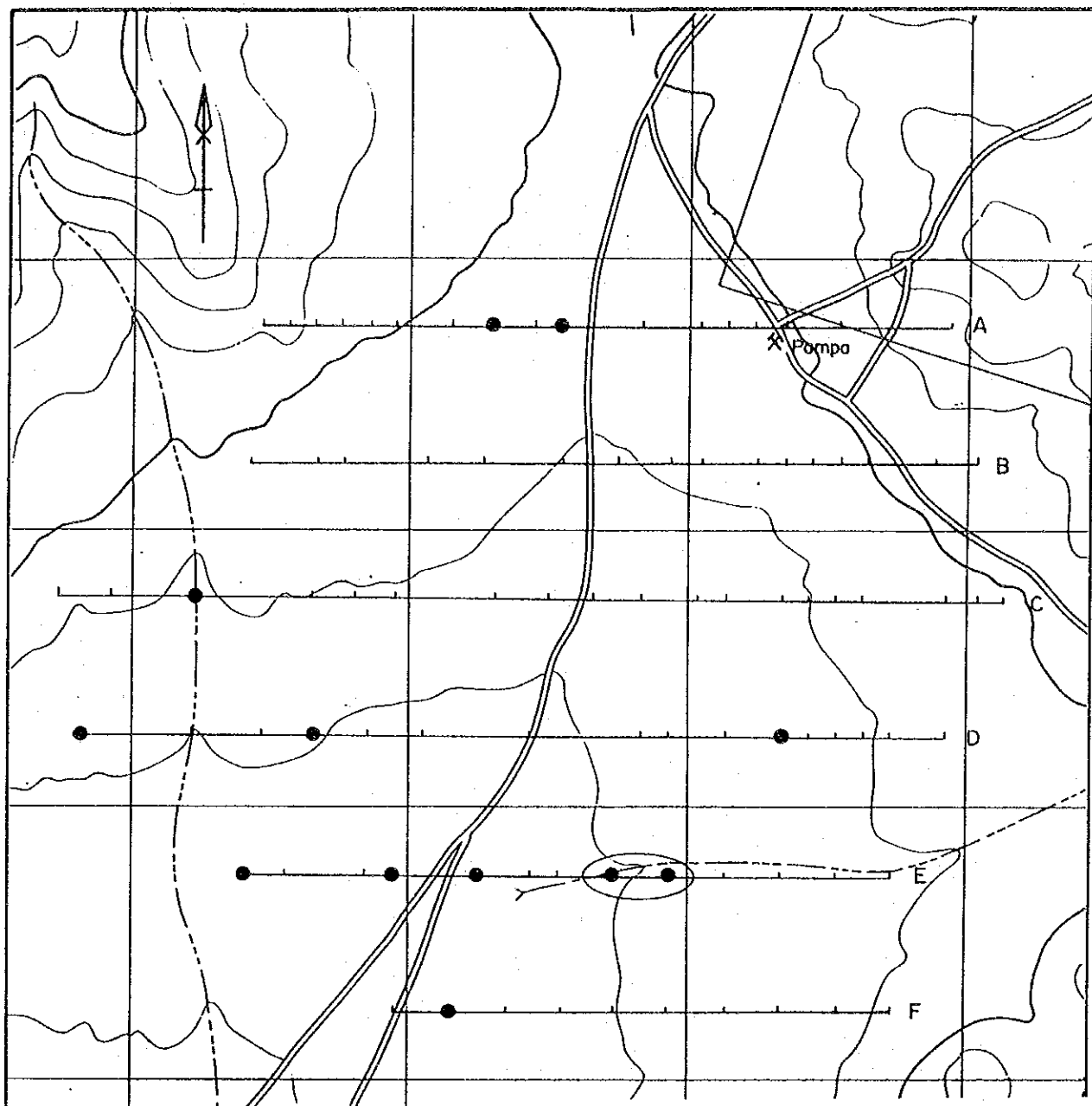
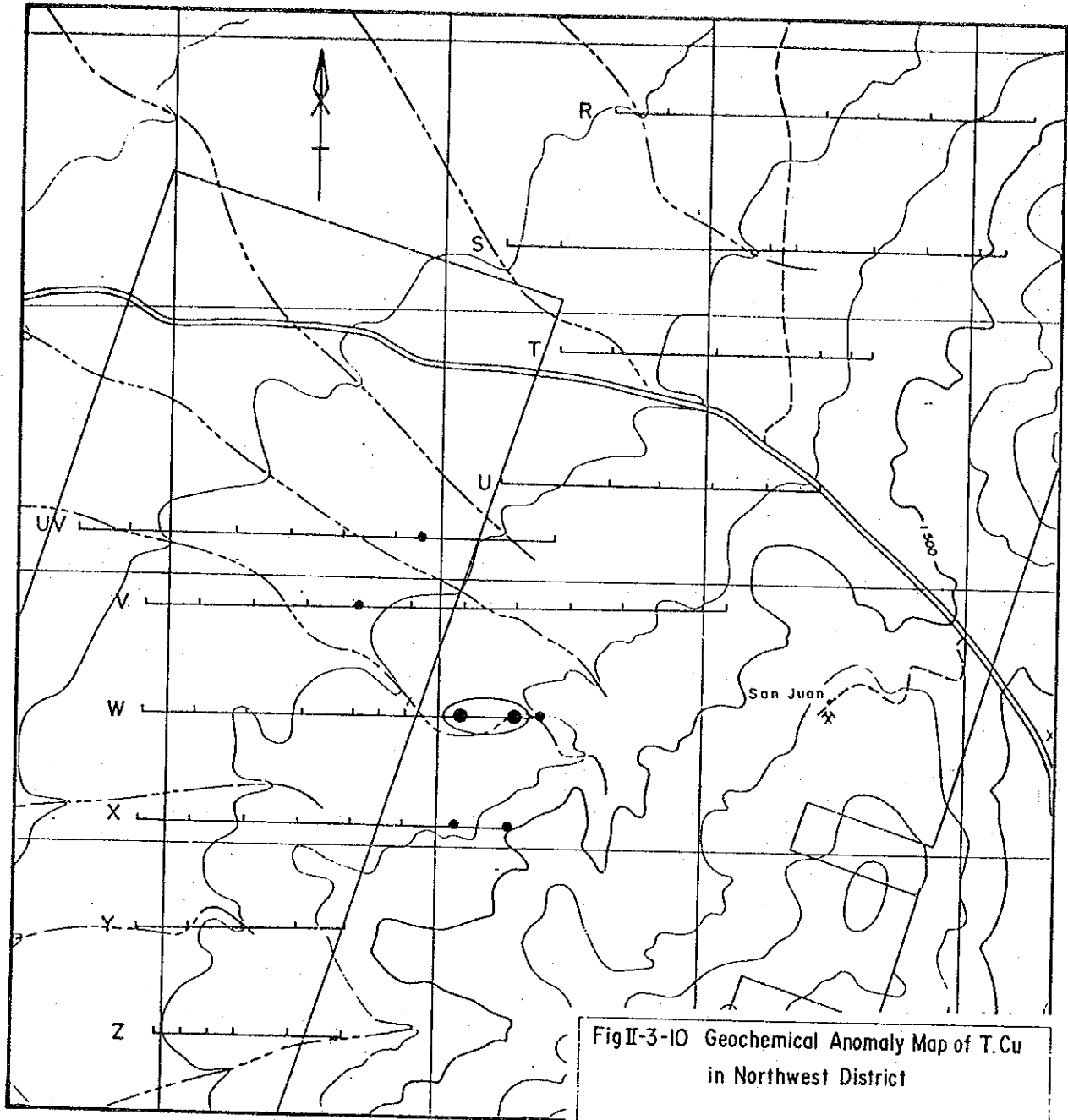


Fig II-3-9 Geochemical Anomaly Map of Cl in Pampa District

- Sampling line
 - $Cl \geq 0.38\%(M + \sigma)$
 - Anomaly area of Cl
- M: Geometric average
 σ : Standard deviation

Geochemical Survey, Phase 1
 Veraguas Project, JICA/MMAJ-ENAMI



FigII-3-10 Geochemical Anomaly Map of T.Cu
in Northwest District

- Sampling line
 - Anomaly, $T. Cu \geq 333ppm(M + \sigma)$
 - Subanomaly,
 $333ppm > T. Cu \geq 112ppm(M + 1/2 \sigma)$
 - Anomaly area of T.Cu
- M: Geometric average
 σ : Standard deviation

Geochemical Survey, Phase 1
 Veraguas Project, JICA/MMAJ-ENAMI

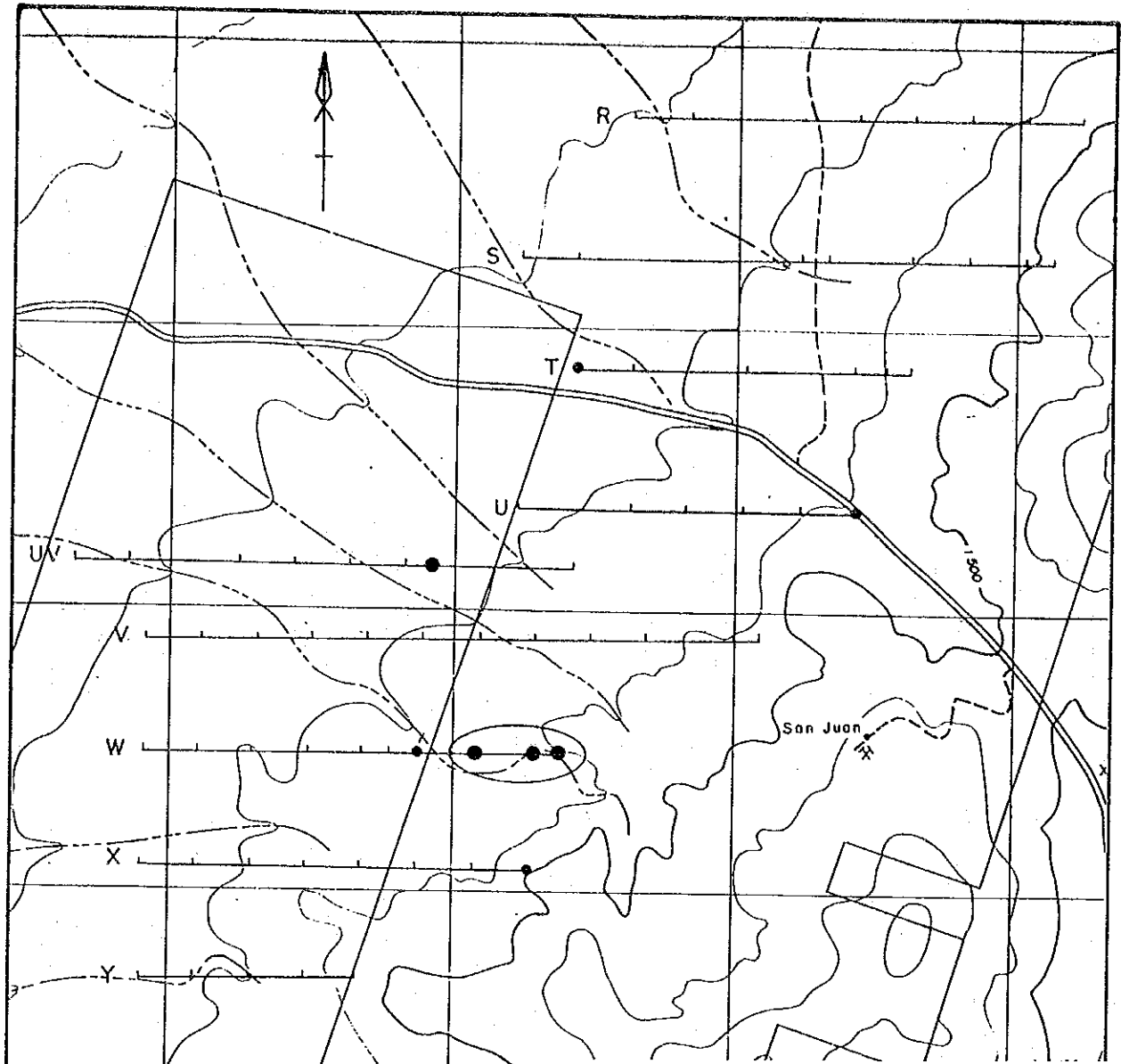
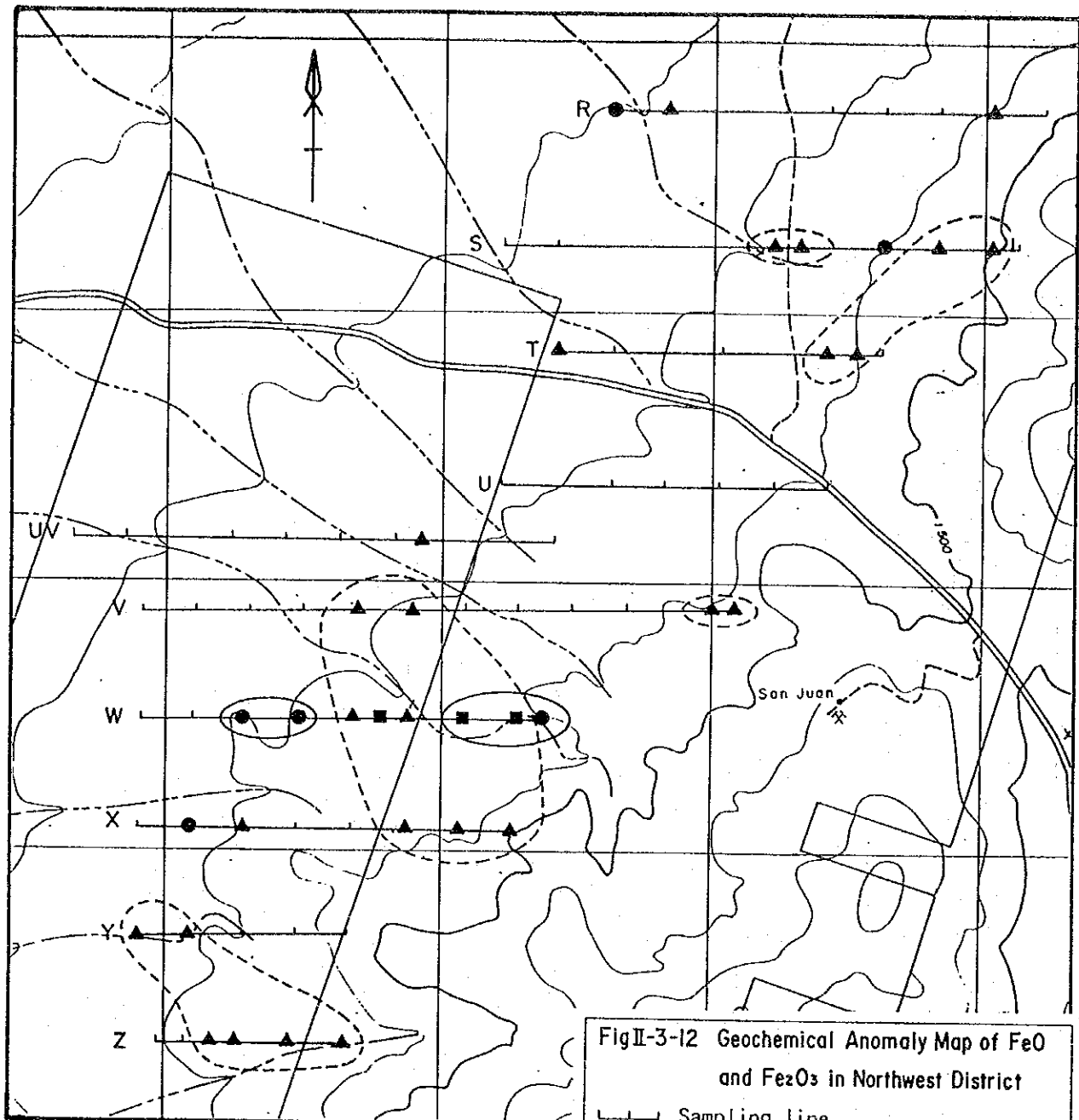


Fig II-3-II Geochemical Anomaly Map of S. Cu in Northwest District

┌───┐ Sampling line
 ● Anomaly, S. Cu $\geq 37\text{ppm}(M + \sigma)$
 • Subanomaly,
 $37\text{ppm} > \text{S. Cu} \geq 24\text{ppm}(M + 1/2\sigma)$
 ○ Anomaly area of S. Cu

 M: Geometric average
 σ : Standard deviation
 Geochemical Survey, Phase 1
 Veraguas Project. JICA/MMAJ-ENAMI



FigII-3-12 Geochemical Anomaly Map of FeO and Fe₂O₃ in Northwest District

- Sampling line
- FeO $\geq 0.59\%(M + \sigma)$
- ▲ Fe₂O₃ $\geq 3.53\%(M + \sigma)$
- FeO and Fe₂O₃
- Anomaly area of FeO
- ⊖ Anomaly area of Fe₂O₃
- M: Geometric average
- σ : Standard deviation

Geochemical Survey, Phase 1
Veraguas Project, JICA/MMAJ-ENAMI

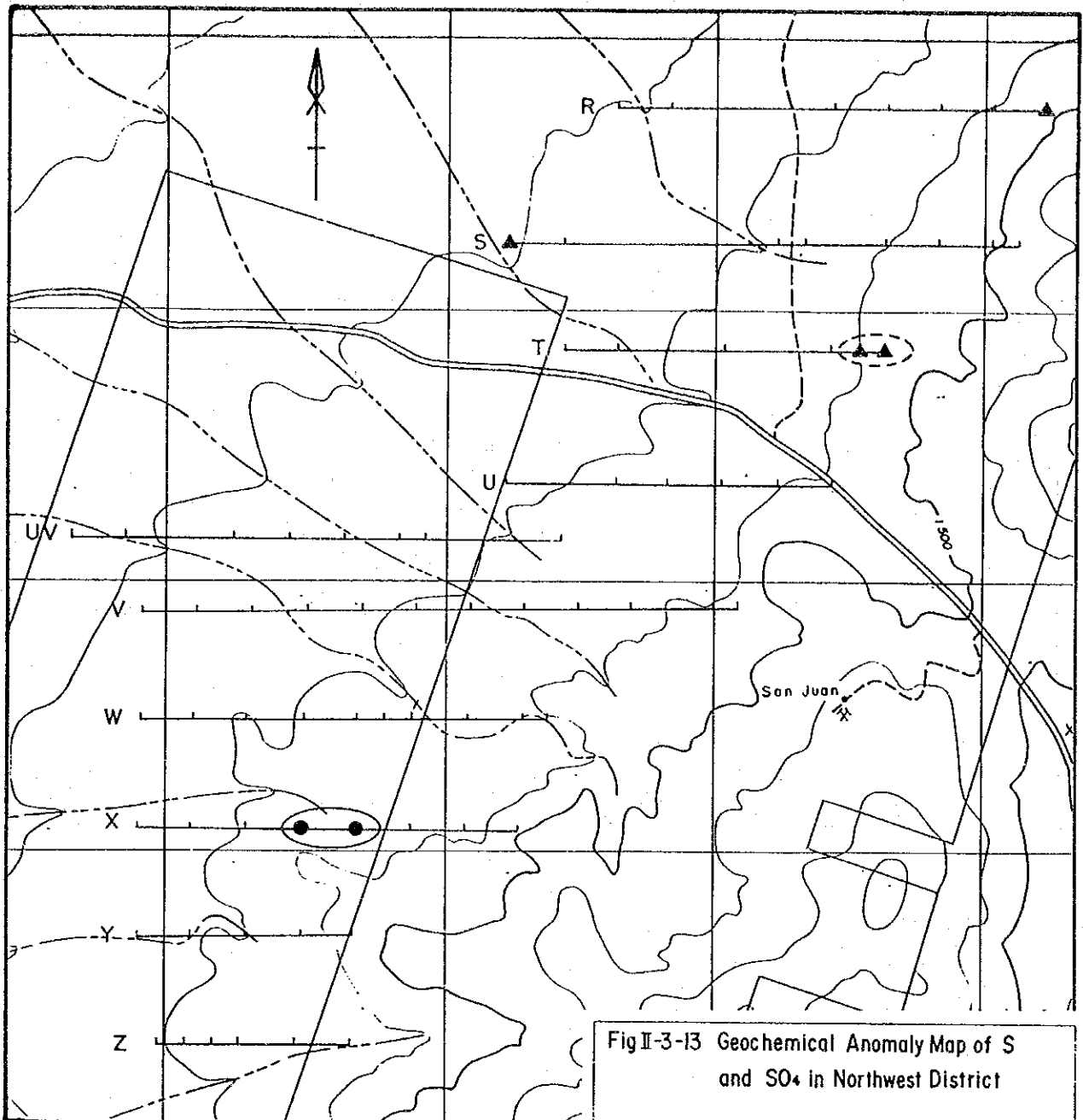
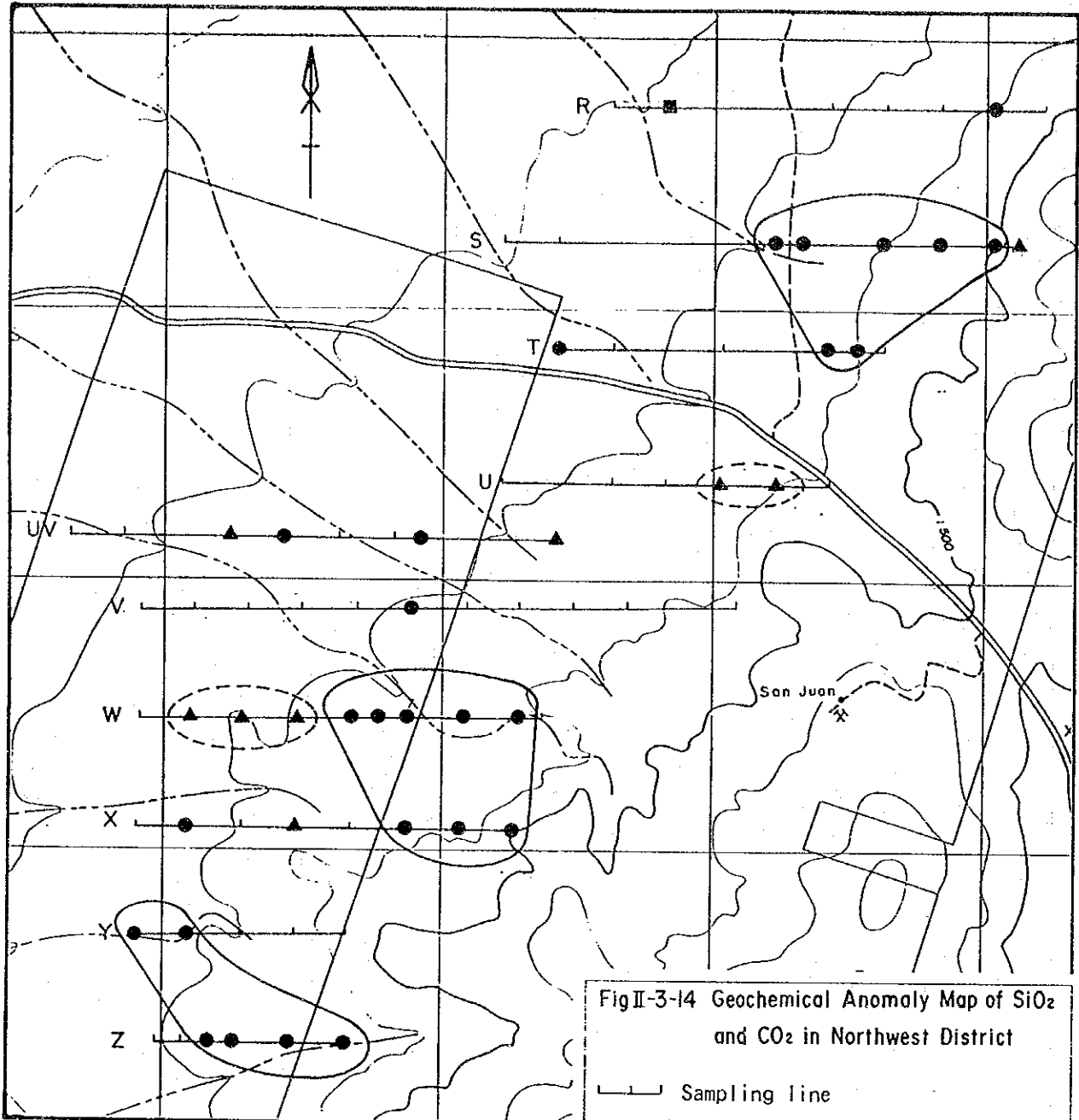


Fig II-3-13 Geochemical Anomaly Map of S and SO₄ in Northwest District

- Sampling line
- S $\geq 16.0\%(M+2/3\sigma)$
- ▲ SO₄ $\geq 15.5\%(M+\sigma)$
- Anomaly area of S
- ⊖ Anomaly area of SO₄

- M: Geometric average
- σ : Standard deviation

Geochemical Survey, Phase 1
Veraguas Project. JICA/MMAJ-ENAMI



FigII-3-14 Geochemical Anomaly Map of SiO₂ and CO₂ in Northwest District

- Sampling line
- SiO₂ ≥ 32.8% (M + σ)
- ▲ CO₂ ≥ 0.36% (M + σ)
- SiO₂ and CO₂
- Anomaly area of SiO₂
- ⊖ Anomaly area of CO₂

- M: Geometric average
- σ: Standard deviation

Geochemical Survey, Phase 1
 Veraguas Project, JICA/MMAJ-ENAMI

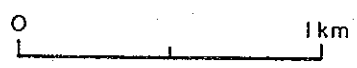
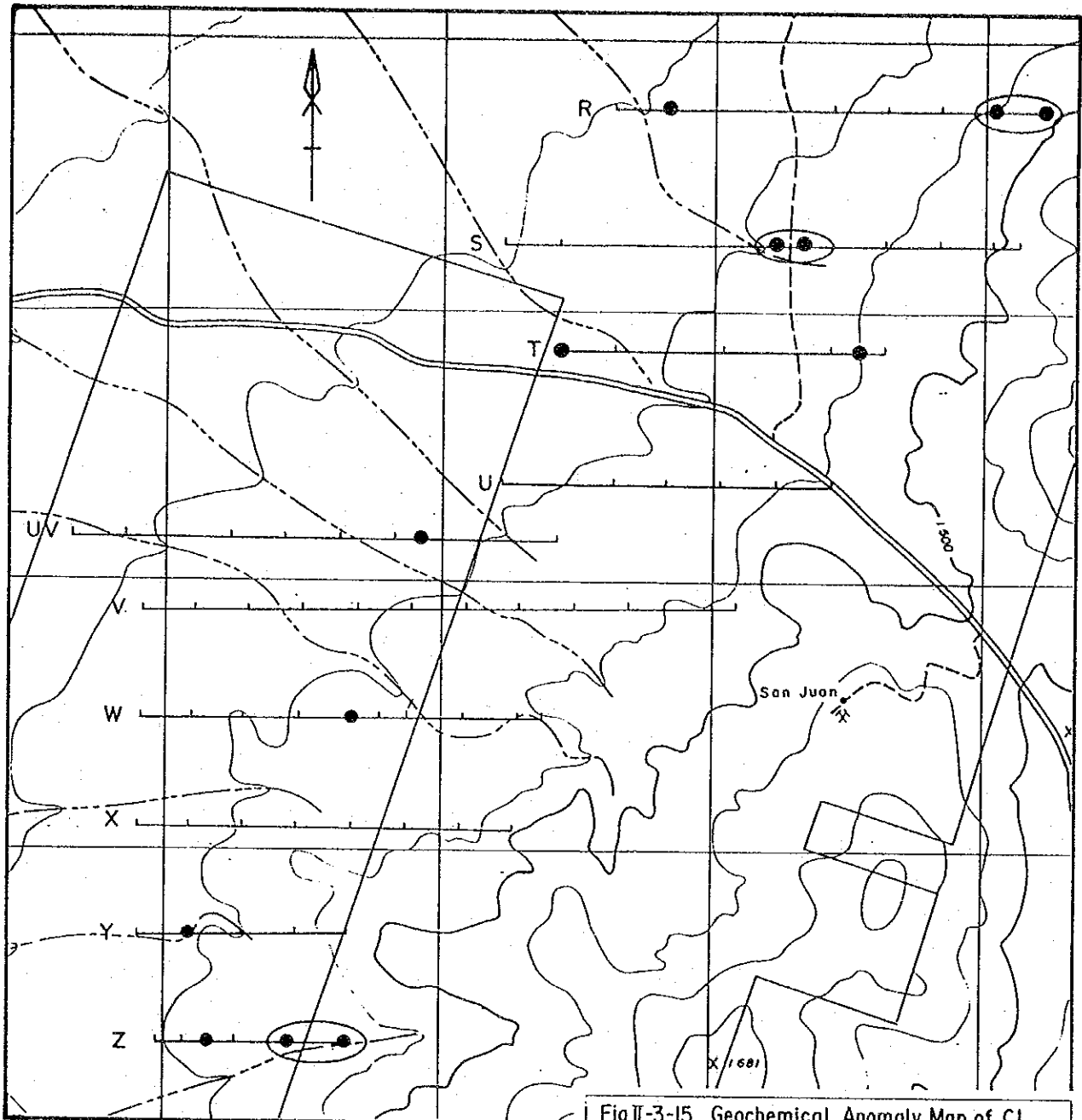


Fig II-3-15 Geochemical Anomaly Map of Cl in Northwest District

- Sampling line
 - $Cl \geq 0.38\% (M + \sigma)$
 - Anomaly area of Cl
- M: Geometric average
 σ : Standard deviation

Geochemical Survey, Phase 1
 Veraguas Project, JICA/MMAJ-ENAMI

値を示すのが特徴的である。

相関行列において絶対値で0.5以上を示すのは同類の化学成分であるT.Cu-S.Cu, S-S04の組合せのみである。絶対値が0.5未満で弱い相関ながら着目されるのはSがT.Cu, Fe203と負の相関を示すことである。

基本統計において平均値+標準偏差以上の値を地化学異常とし、2試料以上連続する地化学異常を地化学異常域とする。ただし、これらの間隔が500m以上の場合は地化学異常域とはしないことにする。

なお、化学分析を実施した9成分のうちT.Cu, S, Fe0, Fe203について考察を行うものとし、他の成分についてはAppendix Dに分析値を示すに留める。理由はS.CuについてはT.Cuと、S04 (soluble S) についてはS(total S) と高い正の相関を示し、銅及び硫黄の挙動はT.Cu及びSによって代表されるからである。SiO₂, CO₂, Clについては考察に値する地化学異常が得られなかったからである。地化学異常及び地化学異常域をFig.II-3-19~20に示す。

2. 地化学異常

地化学異常について記述するにあたって、 $10^{\circ}30'$ 南地区の山体を構成するNE-SW方向に連なる三つの丘について、北東側より北東丘、中央丘、南西丘と呼称する(Fig.II-3-1)。

T.Cu: 地化学異常が7試料存在する。うち4試料が北東丘の北東に分布し、そこに2試料からなる地化学異常域を形成している。中央丘と南西丘の間にも2試料からなる地化学異常域が分布する。

S: 北東丘の頂上の周囲に地化学異常が3試料存在し、2試料が地化学異常域を形成する。中央丘の南及び南西丘の南西に地化学異常がそれぞれ1試料存在する。

Fe0: 北東丘の北東に3試料からなる地化学異常域が分布する。このうち2試料はT.Cuについても地化学異常を示す。中央丘の東にも3試料からなる地化学異常域が分布する。

Fe203: 南西丘の東に2試料からなる地化学異常域が分布し、T.Cuの地化学異常域と一致する。南西丘の西にも3試料からなる地化学異常域が分布する。

3. 粉末X線回折結果

変質分帯を目的として、化学分析を行った51試料全てについて粉末X線回折を実施した(TableII-3-7)。本地区の変質は、変質鉱物の組合せにより、酸性変質帯、弱酸性変質帯、

Table II-3-4 Statistical parameter of rock geochemistry (49 samples)

	Geometric average	Standard deviation	$M + 1/2\sigma$	$M + \sigma$
Cl	0.06%	0.18088	0.07%	0.09%
CO ₂	0.06%	0.27208	0.08%	0.12%
Cu (total)	30 ppm	0.46401	52 ppm	88 ppm
Cu (soluble)	12 ppm	0.51891	21 ppm	38 ppm
SiO ₂	48.7%	0.12127	56.0%	64.4%
FeO	0.97%	0.37524	1.49%	2.29%
Fe ₂ O ₃	1.49%	0.72012	3.42%	7.84%
S	1.0%	0.88546	2.9%	8.0%
SO ₄	0.7%	0.55813	1.3%	2.4%

M : Geometric average

σ : Standard deviation (logrithm)

Table II-3-5 Matrix of the correlation coefficients of rock geochemistry (49 samples)

	Cl	CO ₂	Cu (total)	Cu (soluble)	SiO ₂	FeO	Fe ₂ O ₃	S	SO ₄
Cl	1.000000								
CO ₂	-0.073914	1.000000							
Cu (total)	0.003720	-0.190456	1.000000						
Cu (soluble)	-0.056366	-0.198680	0.916829	1.000000					
SiO ₂	-0.038580	0.272376	-0.005175	0.007531	1.000000				
FeO	-0.395539	-0.065766	0.223817	0.215141	-0.126701	1.000000			
Fe ₂ O ₃	0.209292	-0.155107	0.265699	0.089808	-0.147019	-0.077094	1.000000		
S	-0.201777	-0.111123	-0.410125	-0.275615	-0.325842	0.124773	-0.468391	1.000000	
SO ₄	-0.137391	-0.111343	-0.256536	-0.177422	-0.162009	-0.013488	-0.277293	0.683570	1.000000

フ°ヒ°ライト帯，非変質帯に区分できる。それぞれの鉱物組合わせを以下に示す。なお，繁雜を避けるためにカリツ，ダイヤクイトを一括してカリツとして扱い，明ハソ石，ナトアアイト，ミナミアイトを一括して明ハソ石として扱うことにする。

- 酸性変質帯　：石英－カリツand/or明ハソ石
- 弱酸性変質帯：石英－カリツand/or明ハソ石－方解石
- フ°ヒ°ライト帯　：緑泥石－曹長石
- 非変質帯　　：造岩鉱物である角閃石の出現

Fig.II-3-21に変質分帯図を示す。酸性変質帯は野外における珪化岩に相当し，付随的な変質鉱物として石膏，硬石膏，ダイアスポアを伴い，金属鉱物として赤鉄鉱を伴う。弱酸性変質帯は酸性変質帯の組合せに方解石が加わり，酸性変質の低温側の変質帯と位置づけられ，野外においては珪化及び粘土化岩に相当する。フ°ヒ°ライト帯は野外におけるフ°ヒ°ライトに相当し，付随的な変質鉱物として絹雲母，方解石，カリツ等を伴い，金属鉱物として赤鉄鉱を伴う。

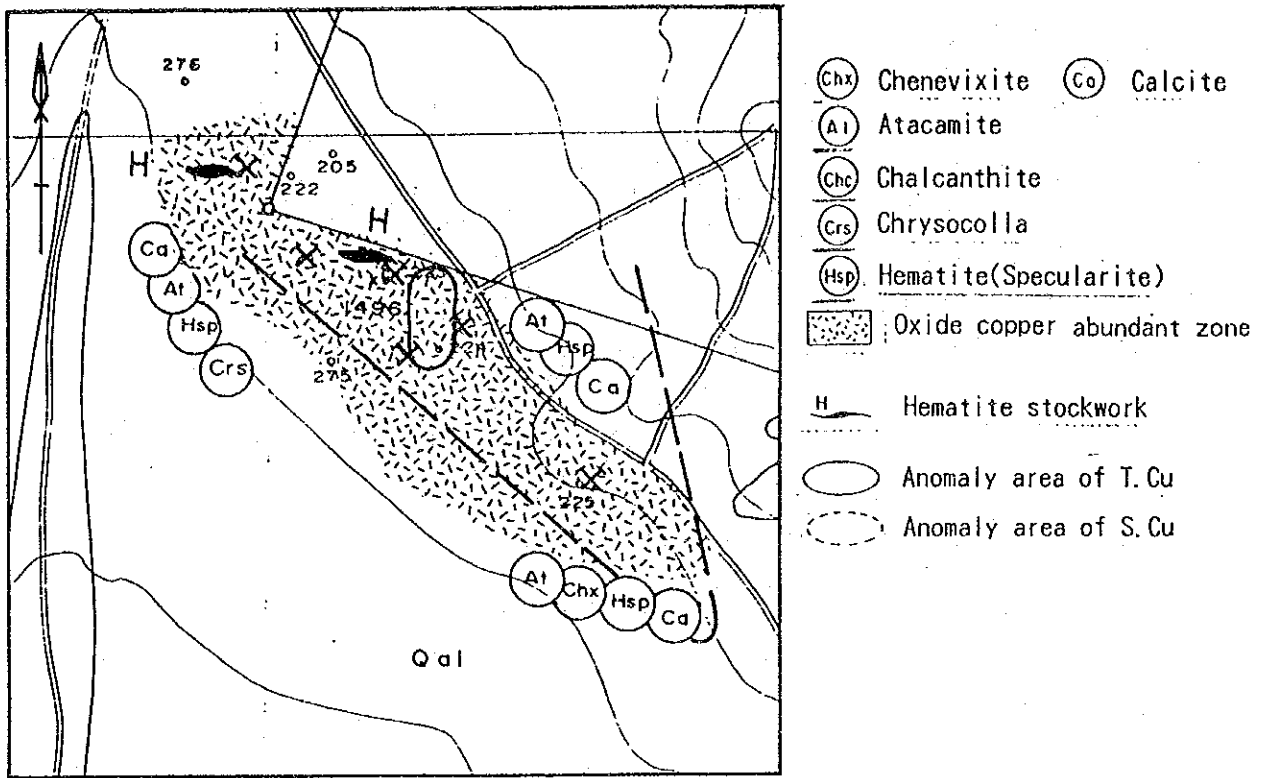
3-4 考察

3-4-1 塩類皮殻地化学探査

地化学異常域総括図をFig.II-3-17に示す。ハソハ°鉱床周辺においてT.Cu及びS.Cuの地化学異常域が存在するのは，沖積～崩積層下における銅鉱物の存在に対応したものであると考えられる。特にT.Cuの地化学異常域は，Fig.II-3-16に示すように，鉱床近傍に限られることから，銅の鉱化作用の存在を示唆するものと考えられる。

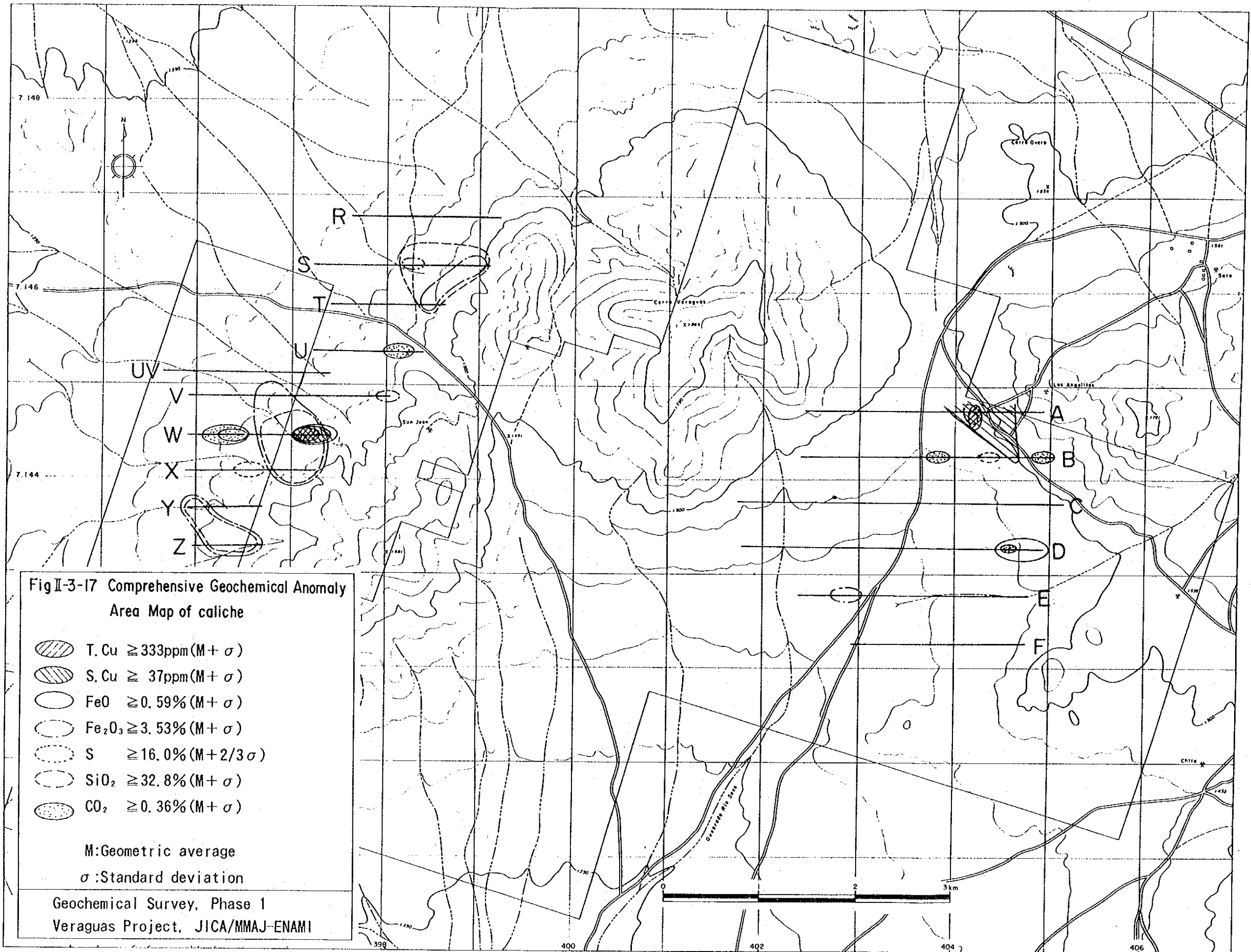
ハソハ°鉱床周辺以外にT.Cu及びS.Cuの地化学異常域が存在するのは，北西地区のW測線東端であり，ハソハ°鉱床周辺と同様にT.Cuの地化学異常域はS.Cuの地化学異常域に含まれている。よって，W測線東端において沖積～崩積層下に銅の鉱化作用が存在していることが期待される。ただし，これらの地化学異常域は河川跡に沿って形成されていることから，地化学異常の銅の起源は沢地形の上流側に存在している可能性もある。

また，ハソハ°鉱床周辺において，T.Cu及びS.Cuの地化学異常域にSの地化学異常域が伴われるのに対し，W測線東端ではFeO，Fe₂O₃及びSiO₂の地化学異常域が伴われることから，後者で期待される銅の鉱化作用のタイプは前者とは違ったものである可能性がある。ハソハ°鉱



0 500m

FigII-3-16 Geochemical Anomaly area of
 T. Cu and S. Cu at Pampa Mine
 Geochemical Survey, Phase 1
 Veraguas Project, JICA/MMAJ-ENAMI



床では脈石の方解石の存在に対応してCO₂の散点的な地化学異常が存在するのに対し(Fig. II-3-8), W測線東端ではCO₂の地化学異常が存在せず, 伴われる地化学異常の組み合わせから, 期待される銅の鉱化作用は鉄鉱物と共存し, 強珪化又は石英脈に伴われるものであることが予想される。一方, 赤鉄鉱及び鏡鉄鉱を比較的豊富に伴うH°NH°鉱床周辺において, FeO, Fe₂O₃の地化学異常域が存在しないのに対し, W測線東端においてこれらの地化学異常域が存在することも特徴的である。北西地区では顕著なSiO₂の地化学異常域が存在し, これらの分布がFe₂O₃の地化学異常域の分布とよく調和することから, SiO₂に富む塩類皮殻にFe₂O₃が濃集し, 残留するというメカニズムが存在することが予想される。

3-4-2 岩石地化学探査

Fig. II-3-22の地化学異常域総括図に示すように, T.Cuの地化学異常域は2箇所存在する。うち1箇所はFe₂O₃の地化学異常域と一致し, あと1箇所はFeOの地化学異常域と一部重複する。これらはSの地化学異常域とは重複しない。

Fe₂O₃の地化学異常については, 粉末X線回折により検出されている鉄鉱物は赤鉄鉱のみであるので, 赤鉄鉱の含有量に起因していると考えられる。このことは, Fig. II-3-23に示すように, 赤鉄鉱の分布域にFe₂O₃の地化学異常域が出現していることにより支持される。赤鉄鉱の成因については, 火成活動により生成された磁鉄鉱が酸性熱水活動により赤鉄鉱に交代されたと考えられる。Barnes and Kullerud(1961)による鉄鉱物の安定領域図(Fig. II-3-24)は, 磁鉄鉱が酸素に富む環境で硫酸性の酸性熱水にさらされると赤鉄鉱に交代されうること示している。事実, 条痕及び磁性から赤鉄鉱と判定される不透明鉱物が鏡下で等軸晶系を示すのが観察され, 自形磁鉄鉱が赤鉄鉱に交代されながら等軸晶形の仮像を残していると考えられる。

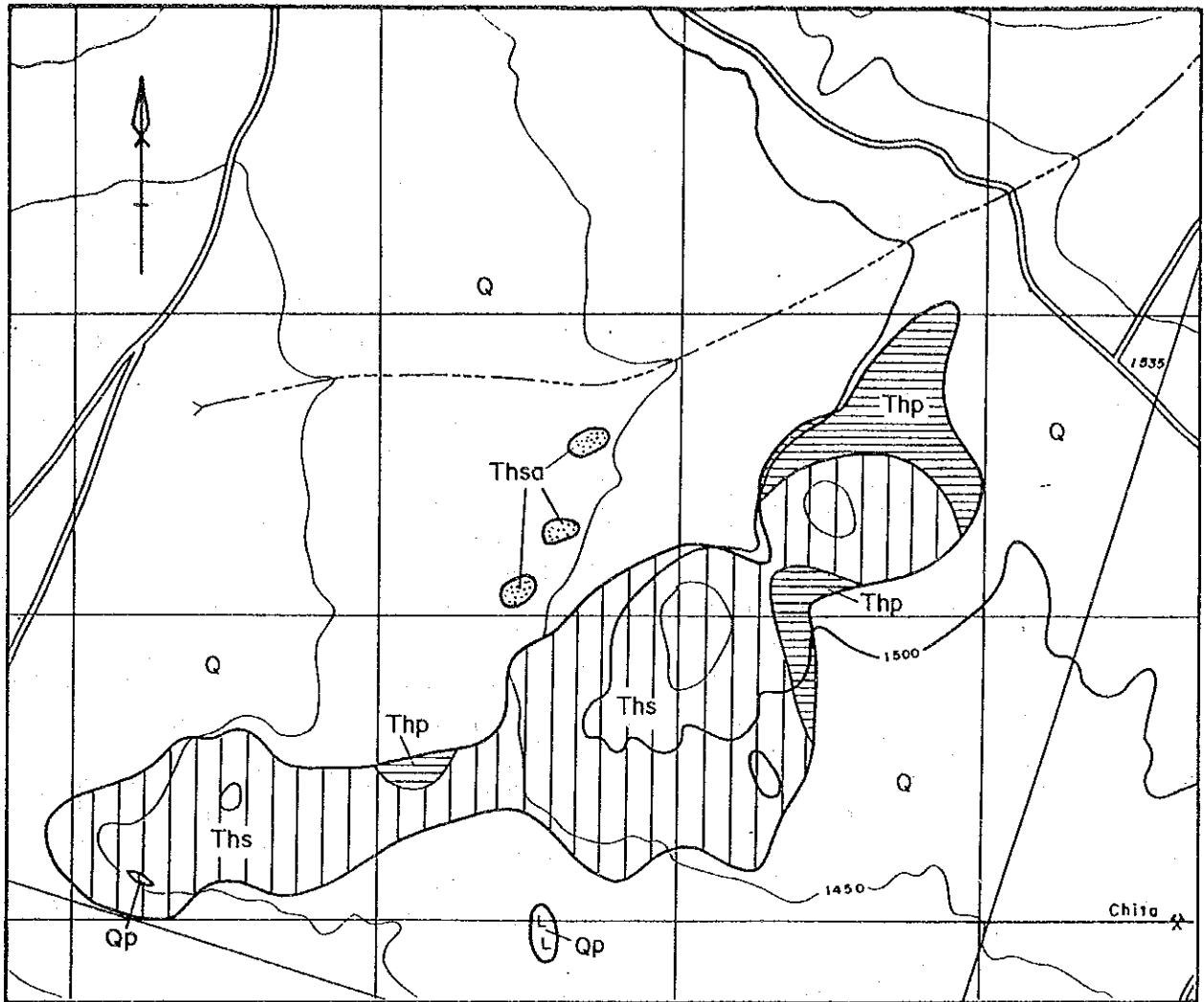
FeOの地化学異常域は赤鉄鉱を伴うF°H°ライト帯の分布と調和的である(Fig. II-3-23)。このことより, 変質作用の進行がF°H°ライト化で留まった酸性熱水活動の相対的に弱かった場において, 磁鉄鉱の赤鉄鉱への交代が完全に行われておらず, 粉末X線回折では検出されない程度の微量の磁鉄鉱が残存していることが予想される。しかし, このことはFeOが2.29%以上を地化学異常としながら, 試料に磁性がないことより考え難く, F°H°ライト帯に出現する緑泥石のFe²⁺が寄与しているものと考えられる。緑泥石の存在がFeOの地化学異常の形成に寄与するのは, 試料の大半を占める酸性変質帯において赤鉄鉱が存在するものの, 造岩鉱物のFeの溶脱が顕著であるためと考えられる。これは, 化学分析値統計処理の項で

述べたように、本地区の岩石が平均値においてFeに乏しいことと調和的である。

Sが平均値+1/2標準偏差以上を示す試料の分布域及び硫酸塩鉱物が出現する試料の分布をFig.II-3-25に示す。Sが平均値+1/2標準偏差以上を示す試料の全てにおいて明礬石、石膏、硬石膏が出現しており、Sの濃集は硫酸塩鉱物の生成に起因していることが明らかである。

本地区の酸性熱水変質は、加里石、絹雲母、黄鉄鉱等が欠如していることから、斑岩銅鉱床の熱水変質を特徴づけるフリック変質やカリウム質変質とは異質であると判断される。また、カリウム鉱床の強変質岩では、黄鉄鉱の二次鉱物であるジヤロ-サイトが産するの比べ、本地区では黄鉄鉱・ジヤロ-サイトが認められないことは、本地区の変質帯は鉱化作用と無縁であったことを示している。

上記の考察に基づくと、赤鉄鉱は磁鉄鉱から変化したものであり、T.Cuの地化学異常を示す7試料(Fig.II-3-19)のうち、6試料に赤鉄鉱が存在していることから(Fig.II-3-23)、本地区のT.Cuの地化学異常は火成活動の際に生成した磁鉄鉱に若干のCuが伴われていたことに起因すると考えられる。また、本地区の酸性熱水変質は、斑岩銅鉱床の熱水変質とは異質で、鉱化作用を伴う可能性は少ないと考えられる。



0 1 km

Fig I-3-18 Geological Map of Pampa South District

LEGEND

Quaternary

□ Q : Alluvium, colluvium

Altered Volcanics

▨ Ths : Silicified rock

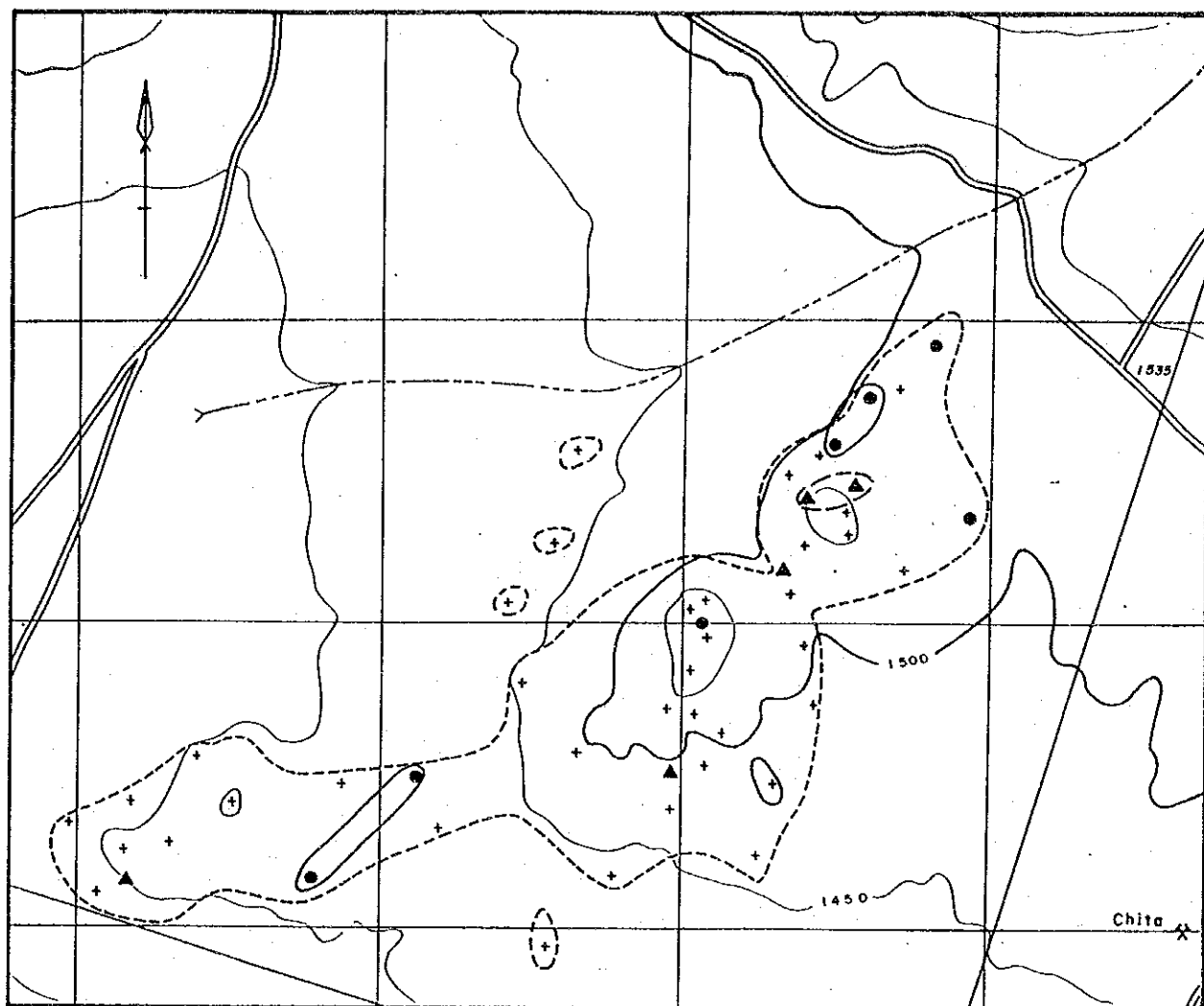
▩ Thsa : Silicified and Argilized rock

▧ Thp : Propylitic rock

Intrusion

⊙ Qp : Quartz porphyry

Geochemical Survey, Phase 1
Veraguas Project, JICA/MMAJ-ENAMI



0 1 km

FigII-3-19 Geochemical Anomaly Map of T.Cu and S in Pampa South District

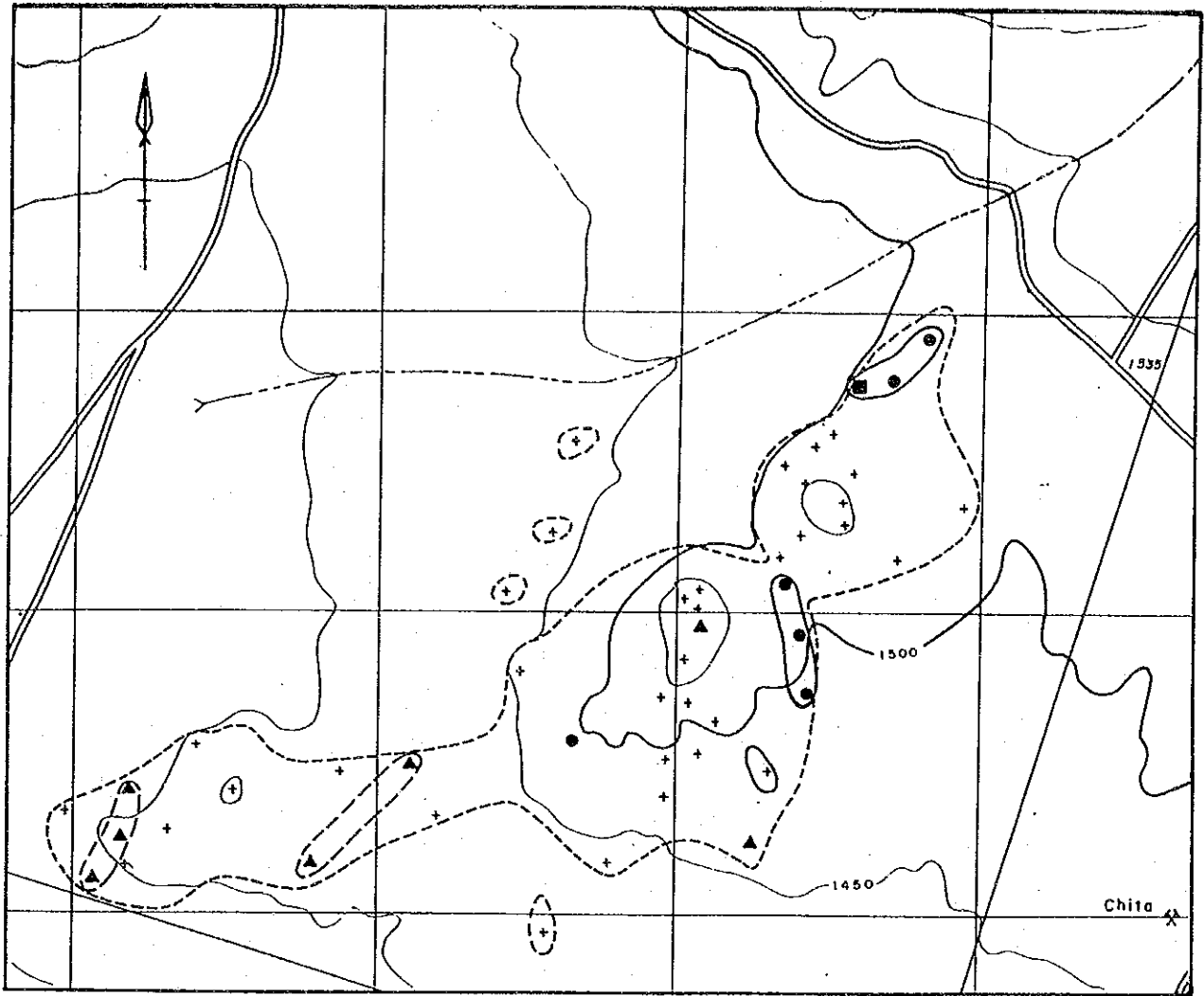
- + Sampling point
- Outline of outcrop
- T. Cu $\geq 88\text{ppm}(M + \sigma)$
- ▲ S $\geq 8.0\%(M + \sigma)$
- Anomaly area of T. Cu
- Anomaly area of S

M: Geometric average

σ : Standard deviation

Geochemical Survey, Phase 1

Veraguas Project, JICA/MMAJ-ENAMI



0 1km

Fig I-3-20 Geochemical Anomaly Map of FeO and Fe₂O₃ in Pampa South District

- + Sampling point
- Outline of outcrop
- FeO $\geq 2.29\% (M + \sigma)$
- ▲ Fe₂O₃ $\geq 7.84\% (M + \sigma)$
- FeO and Fe₂O₃
- Anomaly area of FeO
- Anomaly area of Fe₂O₃

M: Geometric average
 σ : Standard deviation

Geochemical Survey, Phase 1
 Veraguas Project, JICA/MMAJ-ENAMI

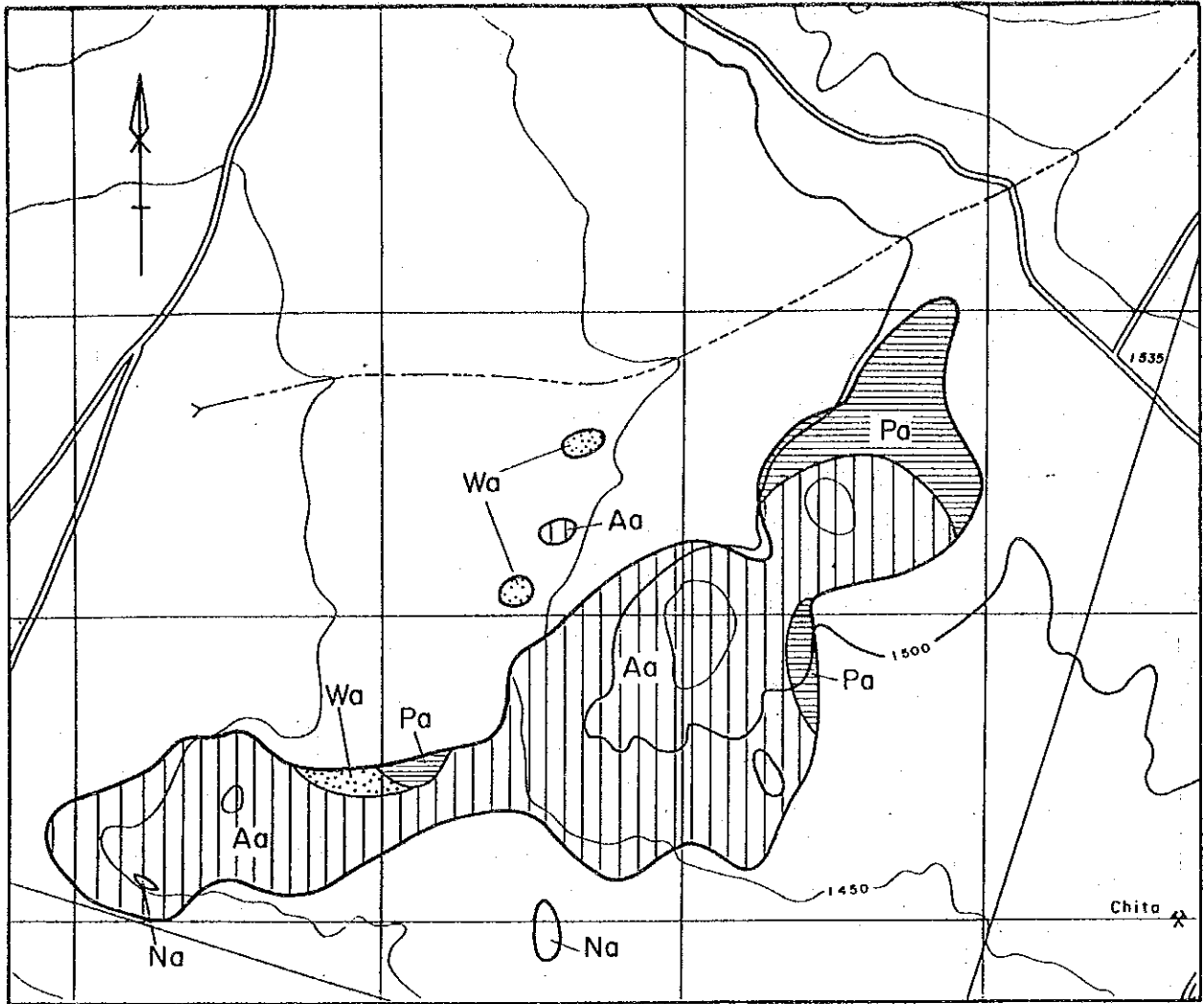




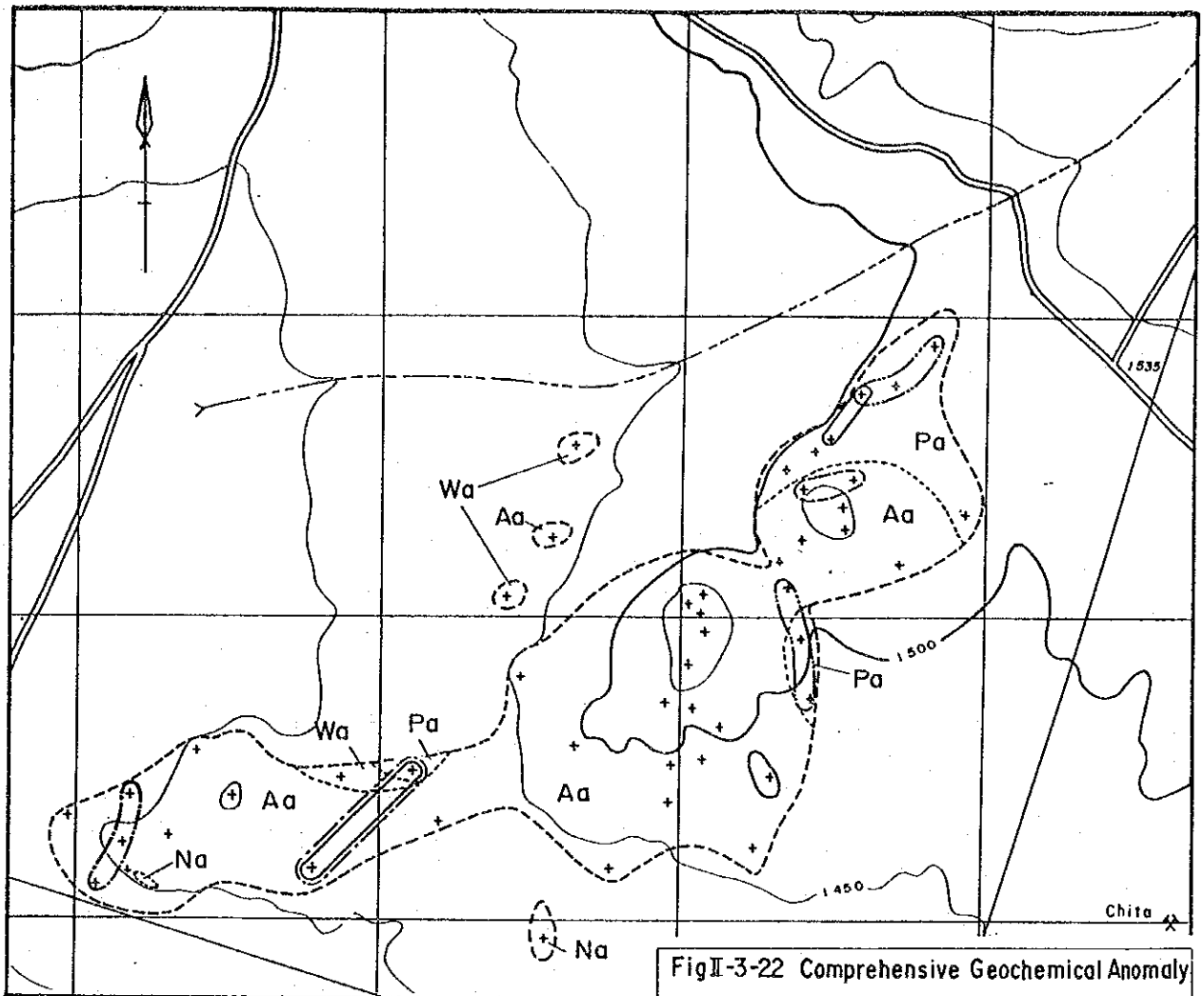


Fig I-3-21 Alteration Map of Pampa South District

-  Aa: Acidic altered zone
-  Wa: Weakly acidic altered zone
-  Pa: Propylitic altered zone
-  Na: No altered zone

Geochemical Survey, Phase 1
 Veraguas Project, JICA/MMAJ-ENAMI



FigII-3-22 Comprehensive Geochemical Anomaly Area Map of Pampa South District

- + Sampling point
- T. Cu $\geq 88\text{ppm}(M + \sigma)$
- - - S $\geq 8.0\%(M + \sigma)$
- · · FeO $\geq 2.29\%(M + \sigma)$
- · - Fe₂O₃ $\geq 7.84\%(M + \sigma)$
- - - - Alteration boundary
- Aa: Acidic altered zone
- Wa: Weakly acidic altered zone
- Pa: Propylitic altered zone
- Na: No altered zone

- M: Geometric average
- σ : Standard deviation

Geochemical Survey, Phase 1
 Veraguas Project, JICA/MMAJ-ENAMI

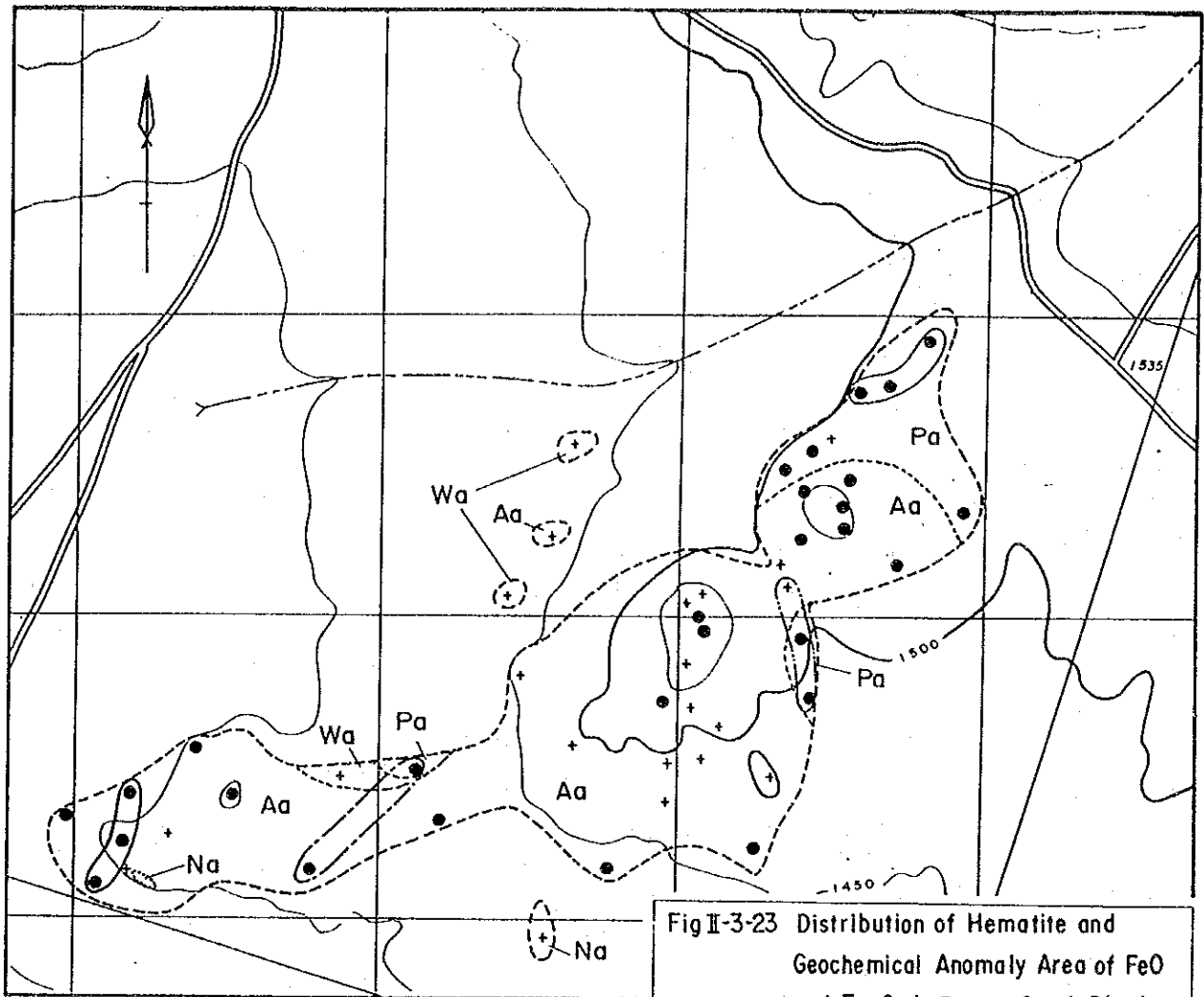
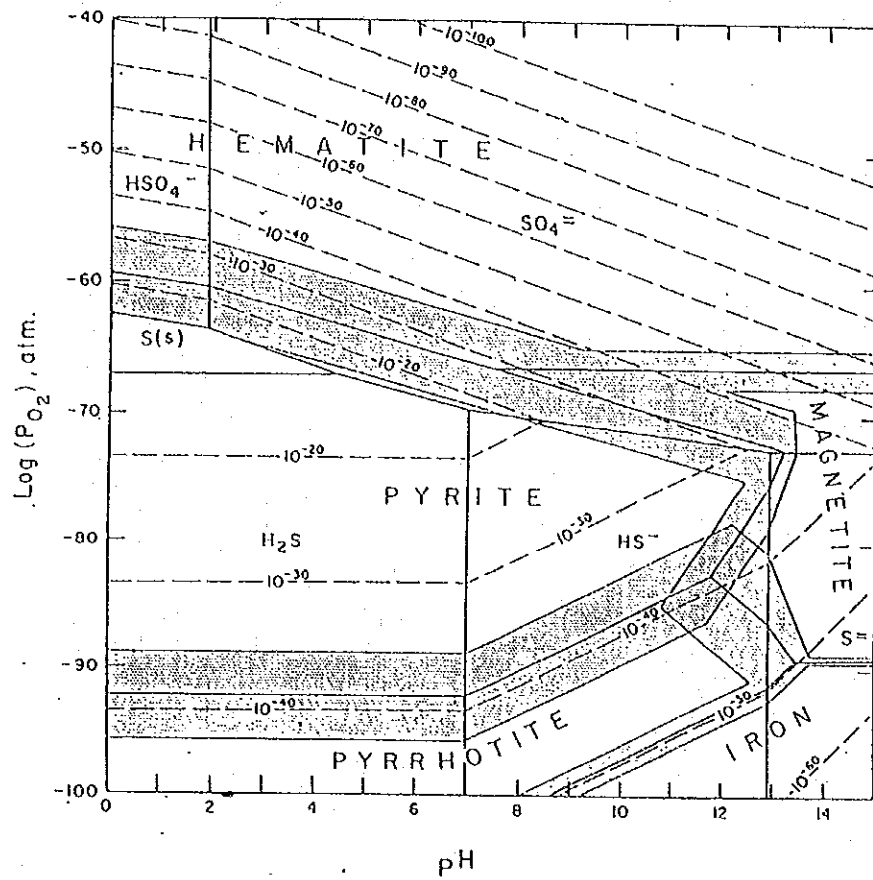


Fig II-3-23 Distribution of Hematite and Geochemical Anomaly Area of FeO and Fe₂O₃ in Pampa South District

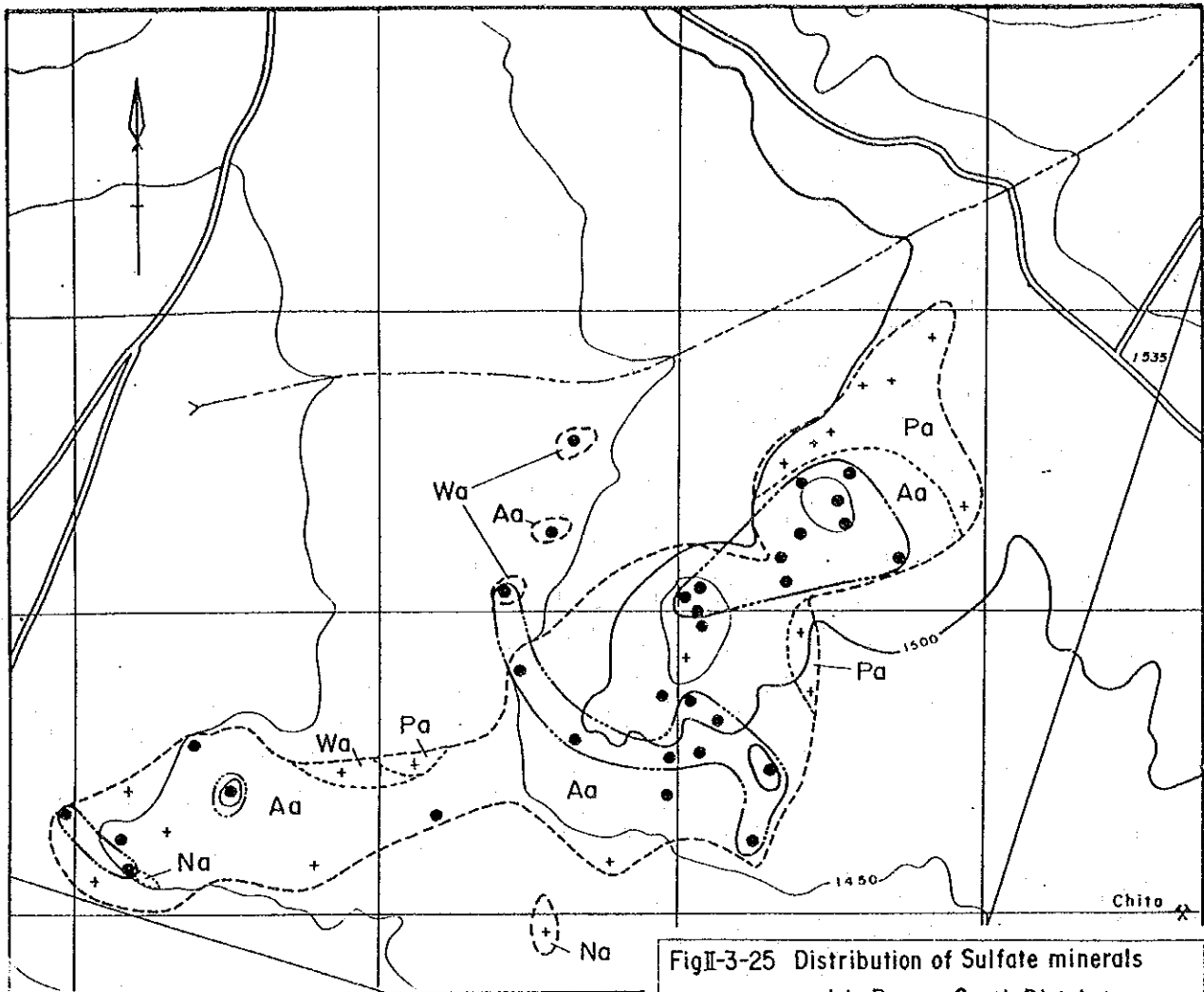
- + Sampling point
- Hematite (detected by X-ray diffraction)
- FeO $\geq 2.29\%(M + \sigma)$
- ◌ Fe₂O₃ $\geq 7.84\%(M + \sigma)$
- - - Alteration boundary
- Aa: Acidic altered zone
- Wa: Weakly acidic altered zone
- Pa: Propylitic altered zone
- Na: No altered zone
- M: Geometric average
- σ : Standard deviation

Geochemical Survey, Phase 1
Veraguas Project, JICA/MMAJ-ENAMI



FigII-3-24 Stable fields of iron minerals
by barnes and Kullerud (1961)

Equilibrium relations between iron oxides, iron sulfides, and aqueous solutions at $(\Sigma S) = 0.001 \text{ m}$ and 25° C . Dashed lines are contours of P_{S_1} in atmospheres. Heavy lines bound the areas of predominance of each ion or molecule. Shaded zones indicate the uncertainty in the limits to the fields of stabilities of the various minerals.



FigII-3-25 Distribution of Sulfate minerals and in Pampa South District

- + Sampling point
- Sulfate mineral (Alunite group, gypsum, anhydrite detected by X-ray diffraction)

○ $S \geq 2.9\% (M + 1/2\sigma)$

----- Alteration boundary

Aa: Acidic altered zone

Wa: Weakly altered zone

Pa: Propylitic altered zone

Na: No altered zone

M: Geometric average

σ : Standard deviation

Geochemical Survey, Phase 1

Veraguas Project, JICA/MMAJ-ENAMI

