

ウルグアイ東方共和国
サンホセ・アロジョグランデ地域
資源開発協力基礎調査報告書

第 3 年 次

平成 1 5 年 2 月

国際協力事業団
金属鉱業事業団

はしがき

日本国政府は、ウルグアイ東方共和国の要請に応え、同国の南部に位置するサンホセ・アロジョグランデ地域の鉱物資源賦存の可能性を確認するため、地質調査、地化学探査、物理探査およびボーリング調査等の鉱物探査に関する資源開発調査を実施することとし、その実施を国際協力事業団に委託した。国際協力事業団は、本調査の内容が地質および鉱物資源の調査という専門分野に属することから、調査の実施を金属鉱業事業団に委託することとした。

金属鉱業事業団は、平成 12 年度を本調査の第 1 年次とし、平成 13 年度を第 2 年次として調査を終了した。本年度は第 3 年次にあたり、4 名の調査団を編成して平成 14 年 9 月から平成 14 年 12 月まで現地に派遣し、現地調査を実施した。

現地調査は、ウルグアイ東方共和国および国家鉱山地質局（DINAMIGE）の協力を得て予定どおり完了した。

本報告書は、本年度の調査で実施した地質調査・地化学探査、物理探査の結果をとりまとめたもので、最終報告書の一部となるものである。

おわりに、本調査の実施にあたってご協力頂いたウルグアイ東方共和国政府関係機関ならびに外務省、経済産業省、在ウルグアイ東方共和国日本国大使館および関係各者の方々に衷心より感謝の意を表するものである。

平成 15 年 2 月

国際協力事業団
総 裁 川 上 隆 朗

金属鉱業事業団
理事長 松 田 憲 和



Fig.1 Location map of the project areas

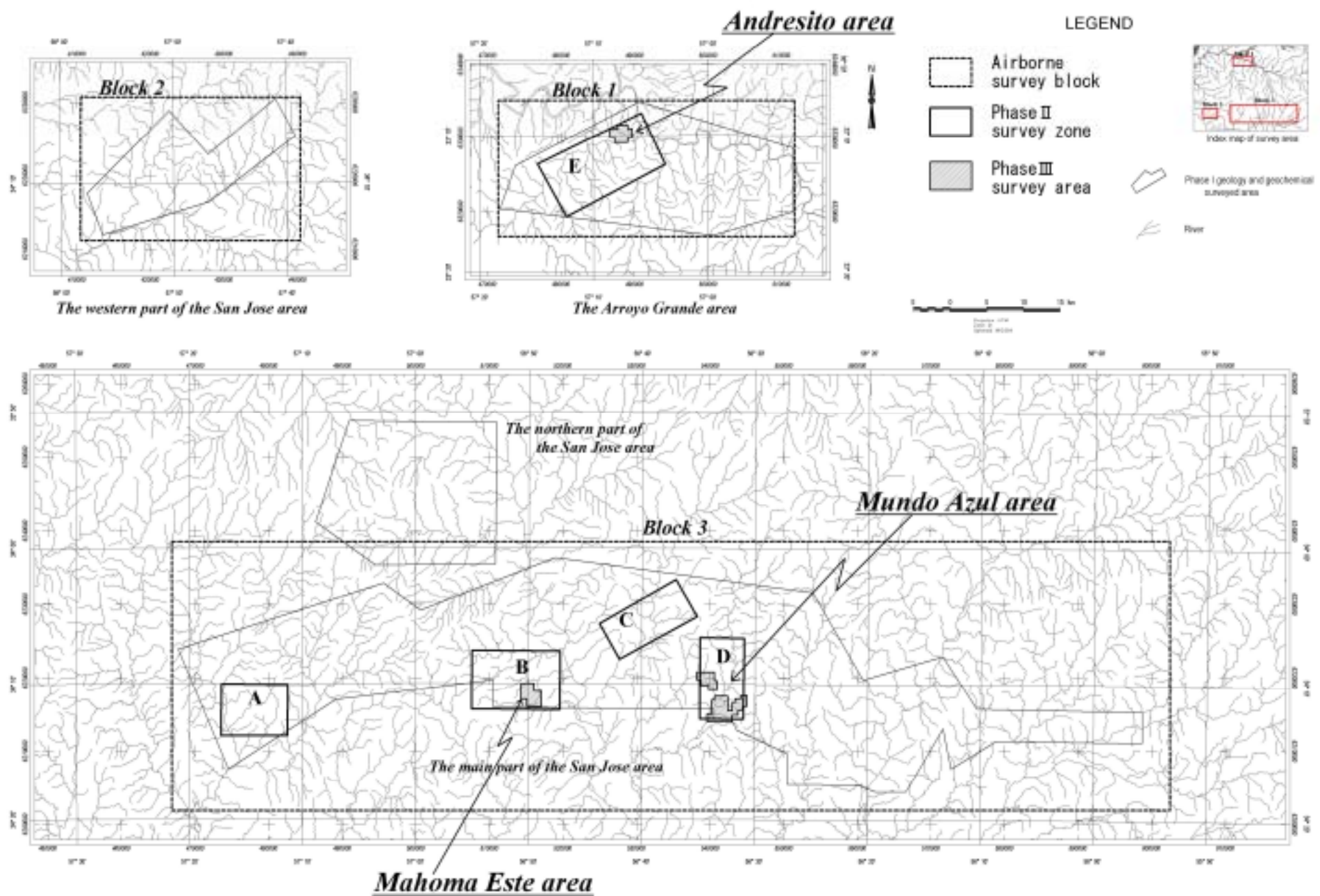


Fig.2 Location map of the Phase

要 約

本調査は、日本国政府とウルグアイ東方共和国との間で 2000 年 11 月 24 日に締結された実施細則に基づき、同国サンホセ・アロジョグランデ地域において実施した資源開発協力基礎調査である。

本調査は、平成 12 年度を第 1 年次、平成 13 年度を第 2 年次として調査を終了し、本年度は 3 年次にあたる。

第 1 年次の調査では、既存データ解析、衛星画像解析、地質調査、土壌地化学探査（1 試料/1km²）を行った。その結果、13 箇所の Au 異常値帯を補足し、これらを評価して、サンホセ地域に 4 箇所（Zone A～Zone D）、アロジョグランデ地域に 1 箇所（Zone E）、合計 5 箇所を鉱床が賦存する可能性のある地域として抽出した。

第 2 年次の調査は、第 1 年次の調査結果を受け、地質調査、土壌地化学探査（4～5 試料/1km²）、空中物理探査、および各種の室内試験を実施した。その結果、以下の 3 地区を鉱床が賦存する可能性の高い地域として抽出した。

- ・ Zone B の Au 土壌異常値が密に集る地域：マホマ東地区
- ・ Zone D の Au 土壌異常値が密に集る地域：ムンドアスール地区
- ・ Zone E の Au 土壌異常値帯と石英脈帯が重複する地域：アンドレシート地区

本年度の調査は、第 2 年次の調査結果の結果を踏まえ、上記の 3 地区で地質調査、土壌地化学探査、物理探査およびトレンチ調査を実施した。

地質調査としてグランドトールスを 2 万分の 1 のスケールで行なった。第 2 年次の地質調査の結果を検証し、精度を上げるとともに、土壌地化学探査および物理探査結果の異常値帯に赴き、異常値の現われた理由を調査した。

土壌地化学探査として、グリッド方式（200m×100m）の精密な探査を行った。分析の結果、マホマ東地区の南部、アンドレシート地区の西部および中央部で金の異常値帯を捕捉した。

物理探査探査として、電磁探査 VLF-EM および磁気探査を測線間隔 100m、測点間隔 10m で、上記 2 地域の金の探異常値帯で行った。各々の地域で電磁探査 VLF-EM および磁気探査の異常値帯を捕捉した。

トレンチ調査は、地質調査、土壌地化学探査、および物理探査の結果を総合的に検討し抽出した位置で行なった。トレンチの掘削幅は 1m で、原則として新鮮な岩盤が出るまで掘削する

こととし、2地域の合計掘削延長は4,520m、掘削量は8,130³であった。トレンチの底面および側面を200分の1のスケールでスケッチし、トレンチ方向のチャンネルサンプリングで底面の岩盤より幅1mで試料を採取し、総計4,520個を分析した。

本年度の調査の結果、以下の結論が得られた。

マホマ東地区

トレンチより採取した試料を分析した結果、調査地区南部の花崗岩体中の石英脈近辺に0.75ppm(幅1m)、0.54ppm(幅1m)、0.43ppm(幅1m)等の鉍徴を捕捉し、また、幅20m規模の剪断帯中に金を含む粗粒玄武岩の岩脈を確認することができた。剪断帯の一部には、レンズ状の石英脈が認められた。

鉍徴は、粗粒玄武岩の周辺を中心として、花崗岩体中に東西800m、南北500mと広く分布するが、最高の金品位が0.75ppmと低く、また連続性が悪い。

従って、本地区に鉍床の賦存する可能性は極めて低く、今後、調査を継続する必要はないものと判断される。

アンドレシート地区

トレンチより採取した試料を分析した結果、花崗閃緑岩中の石英脈近辺に2.06ppm(幅1m)、1.09ppm(幅1m)、0.31ppm(幅13m)等の鉍徴が認められた。

本地区の鉍徴は、最高の分析値が2.06ppm(幅1m)であり、全体として小規模で連続性が悪い。

従って、本地区に鉍床の賦存する可能性は極めて低く、今後、調査を継続する必要はないものと判断される。

ムンドアスール地区

土壌地化学探査で採取した980試料の分析値を解析したが、本地区で異常値帯を把握することができなかった。また、金のしきい値は8ppbで、最高の分析値は20ppbと極めて低い値であった。

本地区において、鉍床の賦存を示唆するような金の鉍徴を捕捉できなかったため、それ以後に予定していた物理探査およびトレンチ調査の実施を断念した。

従って、今後、本地区で調査を継続する必要はないものと判断される。

目 次

はしがき

調査地域位置図

要約

目次

図表目次

第 部 総 論

第 1 章 序論	1
1 - 1 調査の経緯および目的	1
1 - 2 第 1 年次および第 2 年次の調査の概要	1
1 - 3 本年度調査の概要	6
1 - 4 調査団の編成	8
1 - 4 - 1 現地作業監理	8
1 - 4 - 2 現地調査団	8
1 - 5 現地調査期間	8
第 2 章 調査対象地域の概要	9
2 - 1 位置および交通	9
2 - 2 地形および水系	9
2 - 3 気候および植生	9
第 3 章 第 1 年次の調査結果の概要	10
3 - 1 調査概要	10
3 - 2 調査結果	10
第 4 章 第 2 年次の調査結果の概要	11
4 - 1 調査概要	11
4 - 2 調査結果	11

第5章 本年度の調査結果	12
5 - 1 マホマ東地区	12
5 - 1 - 1 地質調査結果	12
5 - 1 - 2 土壌地化学探査	12
5 - 1 - 3 物理探査	12
5 - 1 - 4 トレンチ調査	13
5 - 1 - 5 まとめ	14
5 - 2 アンドレシート地区	15
5 - 2 - 1 地質調査	15
5 - 2 - 2 土壌地化学探査	15
5 - 2 - 3 物理探査	16
5 - 2 - 4 トレンチ調査	17
5 - 2 - 5 まとめ	18
5 - 3 ムンドアスール地区	19
5 - 3 - 1 地質調査	19
5 - 3 - 2 土壌地化学探査	19
5 - 3 - 3 まとめ	19
第6章 結論	20

第 部 各 論

第1章 調査の目的	23
第2章 調査対象地域の概要	23
2 - 1 位置及び交通	23
2 - 2 地質概要	24
2 - 2 - 1 基盤岩類	24
2 - 2 - 2 堆積岩類	25
2 - 2 - 3 貫入岩類	

第3章 調査の実施方法	32
3 - 1 調査項目	32
3 - 2 調査手順	32
3 - 3 調査・解析方法	35
3 - 3 - 1 地質調査	35
3 - 3 - 2 土壌地化学探査	35
3 - 3 - 3 物理探査	36
3 - 3 - 4 トレンチ調査	40
第4章 室内試験結果	42
4 - 1 試験結果	42
4 - 2 結果の概要	42
第5章 マホマ東地区調査結果	45
5 - 1 地質調査	45
5 - 2 土壌地化学探査	46
5 - 2 - 1 調査位置および調査量	46
5 - 2 - 2 解析結果	46
5 - 2 - 3 金の土壌地化学探査	47
5 - 3 物理探査	48
5 - 3 - 1 調査位置および調査量	48
5 - 3 - 2 電磁探査 VLF-EM	48
5 - 3 - 3 磁気探査	48
5 - 4 トレンチ調査	48
5 - 4 - 1 調査位置および調査量	48
5 - 4 - 2 地質	49
5 - 4 - 3 トレンチ試料分析結果の解析	51
5 - 4 - 4 トレンチ結果のまとめ	52
5 - 5 考察	53

第6章 アンドレシート地区の調査結果	79
6 - 1 地質調査	79
6 - 2 土壤地化学探査	80
6 - 2 - 1 調査位置および調査量	80
6 - 2 - 2 解析結果	80
6 - 2 - 3 金の土壤地化学探査	81
6 - 3 物理探査	81
6 - 3 - 1 アンドレシート地区 - 西	81
6 - 3 - 2 アンドレシート地区 東	82
6 - 4 トレンチ調査	83
6 - 4 - 1 調査位置および調査量	83
6 - 4 - 2 地質	84
6 - 4 - 3 トレンチ試料分析結果の解析	86
6 - 4 - 4 トレンチ結果のまとめ	87
6 - 5 考察	87

第7章 ムンドアスール地区の調査結果	111
7 - 1 地質調査	111
7 - 2 土壤地化学探査	111
7 - 2 - 1 調査位置および調査量	111
7 - 2 - 2 解析結果	111
7 - 2 - 3 金の土壤地化学探査	112
7 - 3 考察	113

第 部 結論および将来への提言

第1章 結論	123
第2章 将来への提言	126

参考文献 ······ 127

卷 末

图 表 目 次

List of Figures

Fig.1	Location map of the project areas	
Fig.2	Location map of the Phase survey areas	
Fig. -1-1	Survey contents and its flow from Phase to Phase	3
Fig. -2-1	Geological map of Uyuguay	27
Fig. -2-2	Geological map of greenstone belts surrounding Phase survey areas	29
Fig. -2-3	Schematic stratigraphic column of survey areas	31
Fig. -3-1	Field survey and interpretation flow during Phase	33
Fig. -4-1	Location map of samples for laboratory experiments	44
Fig. -5-1	Geological Map of Mahoma Este area	55
Fig. -5-2	Location map of soil samples	57
Fig. -5-3	Distribution map of Au anomalies of soil samples	58
Fig. -5-4	Results of soil geochemical survey in Mahoma Este areas	59
Fig. -5-5	Geophysical survey areas and transmitter dipole in Mahoma Este areas	61
Fig. -5-6	VLF filtered results map in Mahoma Este area areas	63
Fig. -5-7	Total magnetic intensity and Reduction to the pole in Mahoma Este area	65
Fig. -5-8	Location map of trenches in the Mahoma Este area	67
Fig. -5-9	Distribution map of Au anomalies from trench rock samples in Mahoma Este area	69
Fig. -5-10	Rose diagrams of Mahoma Este area and Andresito area	71
Fig. -5-11	Sketch of trench 515600(200-240m) in Mahoma Este	72
Fig. -5-12	Sketch of trench 515700(100-200m) in Mahoma Este	73
Fig. -5-13	Composite map of survey results in Mahoma Este area	75
Fig. -5-14	Schematic model of gold mineralization in the San Jose and Arroyo Grande area	77

Fig. -6-1	Geological map of Andresito area	89
Fig. -6-2	Results of soil geochemical survey in Andresito area	91
Fig. -6-3	Geophysical survey areas and transmitter dipole in Andresito area	93
Fig. -6-4	VLF filtered results in Andresito West area	95
Fig. -6-5	Total magnetic intensity and Reduction to the pole in Andresito West area	97
Fig. -6-6	VLF filtered results in Andresito West area	99
Fig. -6-7	Total magnetic intensity and Reduction to the pole in Andresito East area	101
Fig. -6-8	Location map of trenches in Andresito area	103
Fig. -6-9	Distribution map of Au anomalies from trenches rock samples in Andresito area	105
Fig. -6-10	Sketch of trench 487000(100-200m) in Andresito area	107
Fig. -6-11	Composite map of survey results in Andresito area	109
Fig. -7-1	Geological map of Mundo Azul area (North)	115
Fig. -7-2	Geological map of Mundo Azul area (South)	117
Fig. -7-3	Results of soil geochemical survey in Mundo Azul area (North)	119
Fig. -7-4	Results of soil geochemical survey in Mundo Azul area (South)	121

List of Tables

Tab. -1-1	Survey contents and coverage of Phase	5
Tab. -1-2	Number of laboratory experiments in Phase	5
Tab. -1-3	Survey contents and coverage of Phase	5
Tab. -1-4	Number of laboratory experiments in Phase	6
Tab. -1-5	Survey contents and coverage of Phase	6
Tab. -1-6	Number of laboratory experiments in Phase	7
Tab. -1-7	Amount of Survey on three areas in Phase	7
Tab. -3-1	Geophysical work coverage in Phase	37

Appendices

Appendix 1: Descriptions of thin sections, Descriptions of polished sections, Results of X-ray diffractive analysis, Homogenization temperature and salinity of fluid inclusions	A-1
Appendix 2: List of rock samples	A-11
Appendix 3: List of soil samples	A-13
Appendix 4: Assay results of soil samples	A-43
Appendix 5: Results of statistic analysis of soil assay, Basic Statistic, Correlation matrix, EDA Analysis (Histogram, EDA and cumulative frequency of each element of rock samples), Dendrogram, Factor Loading	A-67
Appendix 6: Distribution maps of elements (As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Li, Ni, Pb, Sr, V, Zn) of soil samples in the survey zone	A-81
Appendix 7: Results of geophysical survey	A-87
Appendix 8: Sketch of trenches	A-109
Appendix 9: Assay results of trench samples	A-159
Appendix 10: Results of statistic analysis of trench assay, Basic Statistic, Correlation matrix, EDA Analysis (Histogram, EDA and cumulative frequency of each element of soil samples), Dendrogram, Factor Loading	A-217
Appendix 11: Distribution maps of elements (As, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, V, Zn) of trench samples in the survey zone	A-229

第 部 總 論

第 部 総 論

第 1 章 序論

1 - 1 調査の経緯および目的

ウルグアイ東方共和国(以下、ウルグアイ)は、農業・牧畜を産業の主体としていたが、1980年代になるとカナダ、アメリカなどの鉱山会社が同国に分布するグリーンストーン帯を世界で金鉱床を胚胎する有望な地域の1つとして着目し、探鉱した結果、南部でマホマ(Mahoma)鉱山やサンカルロス(San Carlos)鉱山、北部でサングレゴリオ(San Gregorio)鉱山といった金山を次々に発見し開発した。これを契機に同国は、遅れていた鉱業分野の発展・育成を目指すこととし、その一環として2000年2月10日、鉱物資源に関する資源開発協力基礎調査を日本政府に要請した。

金属鉱業事業団は、この要請を受け入れて同国の国家鉱山地質局(DINAMIGE: Dirección Nacional de Minería Geología)と2000年11月24日付けでScope of Work(実施細則)を締結した。

本調査は、グリーンストーン帯の分布するサンホセ地域およびアロジョグランデ地域において、各種の調査を実施し鉱床の賦存状況を解明して新規に鉱床を発見することを目的とする。また、この調査をとおして、我が国の進んだ探査技術を相手国の関係機関に移転することを目的としている。

本調査は、平成12年度を第1年次として開始され、本年度は第3年次にあたる。

1 - 2 第1年次調査および第2年次の調査の概要

第1年次より第3年次までの調査の経緯をFig. -1-1に示す。

第1年次の調査では、ウルグアイの南部に位置するサンホセ地域およびアロジョグランデ地域の2地域、合計12,000km²の面積を調査対象地域とした。主要な調査は、既存データ解析、衛星画像解析、地質調査、土壌地化学探査(1試料/1km²)、岩石地化学探査、および室内試験で、その調査内容および数量をTab. -1-1に示す。また、室内試験の内容および数量をTab. -1-2に示す。

第1年次の調査の結果、金鉱床の賦存する可能性のある5地域を抽出した。

	Survey items	Survey contents	Survey areas				
			San Jose area				Arroyo Grande area
Phase I	Existing data analysis Satellite image interpretation	Geology and mineralization Area: 12,000km ² Lineaments Extraction of Greenstone belt	San Jose area				Arroyo Grande area
	Geological mapping Soil geochemical prospecting Rock geochemical prospecting	Area: 2,500km ² at 1/100,000 scale Area: 2,500km ² 2,021 Samples Area: 2,500km ² 407 Samples	San Jose area Greenstone belt				Arroyo Grande area Greenstone belt
	Overall analysis	Selection of Survey areas	11 areas				2 areas
Phase II	Data interpretation	Extraction of 5 Survey areas	Zone A	Zone B	Zone C	Zone D	Zone E
	Aero-geophysical prospecting Magnetic/Radiometric survey	Area: 12,000km ² Geological structure detection	San Jose area				Arroyo Grande area
	Geological mapping Soil geochemical prospecting	Area: 400km ² 1/20,000 scale Area: 400km ² 1,826 Samples	Zone A	Zone B	Zone C	Zone D	Zone E
	Overall analysis	Extraction of promising Areas	Zone A Anomaly		Zone C Anomaly		
Phase III	Soil geochemical prospecting	Along 102km 1,689 Samples			Mahama Ete area	Mundo Azul area	Androsito area
	Geological mapping Geophysical prospecting Electric Magnetic(VLF-EM) Magnetic survey Trench Survey	Area: 40km 1/20,000 scale Survey points: 2,662 Survey station interval 10m Line spacing: 100m Length : 4,520m 4,520 Samples					
	Overall analysis	Mineralization model Selection of drilling sites			Mahama Ete area	Mundo Azul area	Androsito area

Fig. I-1-1 Survey contents and its flow from Phase I to Phase III

Tab. -1-1 Survey contents and the coverage of Phase

Contents of Survey	Coverage	
Existing data analysis	Surveyed area	12,000 km ²
Geologic interpretation of Satellite image data	Surveyed area	12,000 km ²
Geological mapping and geochemical prospecting	Surveyed area	2,500 km ²
	Route length	630 km

Tab. -1-2 Number of laboratory experiments in Phase-I

Survey	Experiment items	sample
Geological survey Geochemical prospecting	Thin section of rock	67
	Thin section of mineral ore	38
	X-ray diffraction analysis	31
	Whole rock analysis ¹⁾	61
	Chemical analysis (rock) (Au, Ag, Cu, Pb, Zn, As, Sb, Hg)	607
	Chemical analysis (soil) ²⁾	2,021
	Fluid inclusion (homogenization temperature + salinity)	14
	Radiometric dating (K-Ar method)	6

1) Al₂O₃, CaO, Cr₂O₃, Fe₂O₃, MgO, MnO, P₂O₅, K₂O, SiO₂, Na₂O, TiO₂, LOI

2) Al, S, As, Ba, Be, Bi, B, Cd, Ca, Co, Cu, Ga, Fe, La, Pb, Mg, Mn, Hg, Mo, Ni, P, K, Sc, Ag, Na, Sr, S, Tl, Ti, W, U, V, Zn, Au

第2年次は、選定された5地域で、地質調査、土壌地化学探査(4~5試料/1km²)、空中物理探査および各種の室内試験を実施した。第2年次の調査内容および数量を Tab. -1-3 に、また、室内試験の内容および数量を Tab. -1-4 に示す。

第2年次の調査の結果、鉱床が胚胎する可能性の高い地域として、3地区を抽出した。

Tab. -1-3 Survey contents and coverage of Phase

Contents of Survey	Coverage	
Geological mapping and geochemical prospecting	Surveyed area	400km ²
	Route length	400km
	Scale	1/20,000
Geophysical prospecting	Surveyed area	12,000km ²
	Prospect length	27,000km

Tab. -1-4 Number of laboratory experiments of Phase

Survey	Experiment items	sample
Geological mapping Geochemical prospecting	Thin section of rock	20
	Polished section of ore	20
	X-ray diffraction analysis	20
	Chemical analysis (rock) (Au, Ag, Cu, Pb, Zn, As, Sb, Hg)	630
	Chemical analysis (soil) ¹⁾	1,926
	Fluid inclusion (homogenization temperature + salinity)	30
	Radiometric dating (K-Ar method)	5
Geophysical prospecting	Remanent magnetization	8

1) Al, Sb, As, Ba, Be, Bi, B, Cd, Ca, Co, Cu, Ga, Fe, La, Pb, Mg, Mn, Hg, Mo, Ni, P, K, Sc, Ag, Na, Sr, S, Tl, Ti, W, U, V, Zn, Au

1 - 3 本年度調査の概要

本年度は、第2年次で抽出された3地区で、地質調査、グリッド方式の土壤地化学探査、物理探査、トレンチ調査および各種の室内試験を実施した。抽出された3地区は、土壤地化学探査の異常値が集っているサンホセ地域のマホマ東地区、ムンドアスール地区、および土壤地化学探査の異常値帯と石英脈帯が重なっているアロジョグランデ地域のアンドレシート地区である(Fig.2、参照)。本年度の調査内容および数量を Tab. -1-5 に、また、室内試験の内容および数量を Tab. -1-6 に示す。また、各地区ごとの調査量を Tab. -1-7 に示す。

Tab. -1-5 Survey contents and the coverage of Phase

Contents of Survey	Coverage	
Geological mapping・Geochemical survey Geochemical survey	Total length of survey line	162km
	Surveyed area	45km ²
Geological survey Ground truth	Route length	40km
	Scale	1/20,000
Trench	Amount of excavating soil	8,130m ³
Geophysical survey VLF-EM	Measuring point	2,662
	Lines Interval	100m
	Measuring interval	10m
Magnetometric survey	Measuring point	2,662
	Lines interval	100m
	Measuring interval	10m

Tab. -1-6 Number of laboratory experiments in Phase

Survey	Experiment items	sample
Geological mapping/ Geochemical survey	Chemical analysis (trench samples)	4,520
	Thin section	20
	Polished section of ore	30
	X-ray diffraction analysis	30
	Fluid inclusion (homogenization temperature + salinity)	30
Geochemical prospecting	Chemical analysis (soil)	1,689
Geophysical prospecting	Remmanent magnetization	10

1) Al, Sb, As, Ba, Be, Bi, B, Cd, Ca, Co, Cu, Ga, Fe, La, Pb, Mg, Mn, Hg, Mo, Ni, P, K, Sc, Ag, Na, Sr, S, Tl, Ti, W, U, V, Zn, Au

Tab. -1-7 Amount of Survey on three areas in Phase

	Geochemical survey		Geological Mapping			Geophysical survey (VLF/EM・Magn.)
	Line length (km)	Chemical analysis	Ground- truth (km ²)	Trench survey		Measuring point
				Length (m)	Amount of Excavation (m ³)	
Mahoma Este area	26.4	399	20	2,245	3,220	1,105
Andresito area	30.2	310	20	2,275	4,910	1,557
Mundo Azul area	106.7	980	5			
Total	163.3	1,689	45	4,520	8,130	2,662

地質調査としてグラントルースとトレンチ調査を行った。グラントルースは、土壤地化学探査の試料採取と共に行い、調査面積：45km²、調査ルート長：40kmの調査を2万分の1のスケールで実施した。トレンチ調査では、掘削延長：4,520m、掘削量：8,130m³のトレンチを掘削し、を行いトレンチ方向で1m毎にチャンネルサンプルリングを行った。

地化学探査として、グリッド方式の土壤地化学探査を行い、200m の測線間隔で 100m 毎に試料を採取し、総計 1,689 個の試料を採取した。

物理探査として、地質調査・地化学探査の結果から抽出された地域で、電磁探査 VLF EM と磁気探査を測線間隔：100m、測点間隔：10m で行い、測点数：2,662 点を測定した。

室内試験では、地質調査のデータを補完しその解析精度を上げるため化学分析、岩石薄片鑑定、鉱石研磨片鑑定、X 線回折試験、流体包有物試験を行い、物理探査のデータ解析を補助するため残留磁気測定を行った。特に、化学分析では土壤地化学探査で採取した土壤試料およびトレンチ調査で採取した岩石試料を分析した。

1 - 4 調査団の編成

1 - 4 - 1 現地作業監理

現地作業監理員は、以下のとおりである。

原田 武 （金属鉱業事業団）

1 - 4 - 2 現地調査団

現地調査団は、以下のとおりである。

日 本 側	ウルグアイ東方共和国側
片野 孝（団長）	Dr. Carlos Soares de Lima (DINAMIGE)
エスコバル 太仁（物理探査）	Ing. Jorge Spoturno (DINAMIGE)
山縣 順一（地質調査・地化学探査）	Ing. Humberto Pirelli (DINAMIGE)
津田 和康（地質調査・地化学探査）	Ing. Richard Arrighetti (DINAMIGE)
	Ing. Javier Techera (DINAMIGE)

1 - 5 現地調査期間

本調査の現地調査期間は以下のとおりである。

現地調査：平成 14 年 9 月 2 日～平成 14 年 12 月 16 日

第2章 調査対象地域の概要

2 - 1 位置および交通

本年度の調査の対象となったマホマ東地区、ムンドアスール地区はサンホセ地域に、アンドレシート地区はアロジョグランデ地域に位置している（Fig.1、参照）。

マホマ東地区はサンホセデマーヨ市の北方約 30km、ムンドアスール地区は同市の北東 40km、アンドレシート地区は同市の北北西 140km に位置し、国土全体からみると南部にあたる。サンホセデマーヨ市は首都モンテヴィデオの北西 90km にあり、所要時間は自動車ですら約 1 時間半である（Fig.2、参照）。

これらの地区は舗装された国道が通り、また、国道のほかに県道や農道が網の目のように走り交通の便は極めて良い。

2 - 2 地形および水系

ウルグアイは、標高 514m が最も高い地点であり、国全体が緩慢な傾斜の丘陵地となっている。調査地域を含む国の南部は特に緩慢な丘陵地形を呈しているが、全体として対象地域の東部では南側に、西部では南西側に緩く傾斜している。風化土が広く分布し岩石の露出が少ない。

サンホセ地域およびアロジョグランデ地域は、いずれの地域においても、主流となる河川やその支流が樹枝状・均等に発達し、網の目のような分布を示している。

年間の降雨量は日本と比べ少ないが、一度雨が降ると傾斜が緩く粘土質の土壌で透水性が悪いため、川の合流点付近は湿地帯状になるところが多い。

2 - 3 気候および植生

世界の気候区分によれば、ウルグアイは温帯多雨の気候帯に区分される。温暖な気候で年間の平均気温は約 16 である。冬季の 6 月から 9 月においても平均気温が 10 を下回ることは少ない。夏季の 12 月から 3 月の平均気温は 23 である。モンテヴィデオの年間平均降雨量は 1,000 mm 程度であるが、9 月から 12 月が雨量も少なく気候が安定しフィールド調査に適している。

西欧人が入植する以前からこの地域は一面草原であった言われ、民家の周囲の防風林や街路樹などは輸入したユウカリやプラタナスなどが植えられている。

第3章 第1年次の調査結果の概要

3 - 1 調査概要

第1年次では、既存データ解析、衛星画像解析、地質調査、土壌地化学探査(1試料/1km²)を行った。

既存データ解析では、調査周辺地域の一般地質および鉱化作用について調査した。既存の文献、地質図等をカウンターパートである国家鉱山地質局(DINAMIGE)の図書館を主体に収集し、また、インターネットなどで検索した。調査結果は10万分の1の地形図にコンパイルした。

衛星画像解析では、サンホセおよびアロジョグランデの2地域(総面積は12,000km²)を対象に、JERS-1/SAR画像データおよびLANDSAT/TMデータを用い画像判読を行い、地質・地質構造解析、リニアメント解析を行った。

地質調査では、既存データ解析、衛星画像解析の結果で抽出したグリーンストーン帯が分布するサンホセ地域主要地区、サンホセ地域西部地区およびアロジョグランデ地域の3地域(約2,500km²)を対象とし、10万分の1の地形図・地質断面を作成した。

土壌地化学探査では、現河川の後背地を形成する河川堆積物が風化した土壌を試料として採取し分析した。採取密度が1試料/km²程度になるように設定し、B層土壌より2,021個の試料を採取した。

3 - 2 調査結果

本地域の地質は、基盤の複合岩類およびグリーンストーンを主体とし、これらに貫入する古期花崗岩類、および新期花崗岩類等の貫入岩から構成される。上位には白亜系、新第三系、第四系が不整合に被覆する。本調査地域の地質構造は、東 - 西、北西 - 南東方向の断層によって特徴づけられる。東 - 西方向の断層は、サンホセ地域主要地区の南部においては、南側のサンホセ層と北側のパソセベリノ層の境界となっている。

地質調査で得られた石英脈が多く分布する石英脈帯として13地域、土壌地化学探査で得られた5ppb以上のAu分析値分布域を総合し、第2年次以降で調査が望まれる5地域(Zone A ~ Zone E)を抽出した。

第2年次以降の調査として、地質調査、土壌地化学探査(4~5試料/1km²)、空中物理探査の実施が提案された。

第4章 第2年次の調査結果の概要

4 - 1 調査概要

第2年次では地質調査、土壤地化学探査および空中物理探査を実施した。

地質調査は、土壤地化学探査の試料採取にあわせ実施した。5万分の1の地質図を作るとともに、鉱徴地の調査を行なった。

土壤地化学探査は、地質調査と同様の地域でグリッド方式を目標に実施した。採取密度は4~5試料/km²となるように計画し、1,926個の試料を採取し分析して、その結果をコンピュータに入力し解析した。

空中物理探査は、サンホセ地域、アロジョグランデ地域のグリーンストーン帯をカバーする12,000km²の地域で、空中磁気探査および放射能探査を250m間隔で実施し、解析した。

4 - 2 調査結果

5箇所のZoneの地質は、いずれもグリーンストーンが広く分布しており、その後に入入した古期花崗岩類、新期の花崗岩類とともにグリーンストーン帯を形成している。

鉱徴地として17箇所の石英脈帯を捕捉した。鉱徴地はグリーンストーンを構成する塩基性の変火山岩類、花崗岩質の貫入岩類、およびグリーンストーン帯中の断層と密接に関係し分布している。

土壤地化学探査において、合計6箇所のAu異常値帯を捕捉した。6箇所のAu異常値帯は、異常値が密に分布し、分布範囲が広く、そのうち5箇所は地質調査で捕捉した石英脈帯とオーバーラップしている。

空中磁気探査からグリーンストーン帯の地層や金鉱床の生成を規制すると考えられる断裂帯を把握することができ、放射能探査から金鉱床と関係する可能性の高い花崗岩類を捕捉することができた。

地質構造と石英脈帯の関連性、地質構造とAu土壤異常値帯の関連性、空中物理探査で得られた高磁気帯とAu土壤異常値帯の関連性を検討した結果、捕捉したAu土壤異常値帯の中で鉱床の最も期待できる地域は、石英脈帯とオーバーラップするZone Eの北東部(アンドレシート地区)、Au土壤地化探異常値が密集するZone Bの南部(マホマ東地区)、およびZone Dの南部(ムンドアスール地区)と判断された。

また、第3年次の探査手法として、地質調査、土壤地化学探査(グリッド方式)、物理探査およびトレンチ調査が提案された。

第5章 本年度の調査結果

5 - 1 マホマ東地区

5 - 1 - 1 地質調査結果

本地域の地質は、北部、東部および南部にグリーンストーン帯を構成するサンホセ層 (pCCsjo) が分布し、南西から南部にかけて花崗岩体 (pCC) が貫入しており、この岩体中に磁性の強い粗粒玄武岩 (dolerite) の岩脈が貫入している (Fig. -5-1、参照)。

サンホセ層は、雲母片岩を主体にこれと互層を成す緑色片岩から成り、一部にレンズ状の石英細脈ないし珪化岩を狭在している。本地域では、主に $N70^{\circ} W$ 、 $30^{\circ} S$ の走向傾斜であるが、花崗岩の周辺では貫入の影響を受け、花崗岩の縁と平行となる傾向を示す。

花崗岩は強く変質を受け、珪長質鉱物は白雲母化し、苦鉄質鉱物は緑泥石化および緑簾石化している。岩体の一部は珪化し、東 - 西方向の石英細脈が認められる。この他、花崗岩、アプライト、微晶質花崗岩などの岩脈が多数サンホセ層中に分布している。

粗粒玄武岩は、地表で観察された露頭は1箇所のみであるが、磁性が強く、その分布する位置は、第2年次調査の空中磁力探査で捕捉した東北東 - 西南西方向に延長する高磁気異常値帯内であった。

5 - 1 - 2 土地化学探査

土地化学探査をグリッド方式 (200m × 100m) で実施し、本地区南西部の花崗岩体中に金の異常値帯を捕捉した。異常値帯は、東 - 西ないし東北東 - 西南西の方向に延長している。また、この岩体の周縁部付近やサンホセ層中に検出限界以上の分析値が分布することが分かった (Fig. -5-3、参照)。

5 - 1 - 3 物理探査

電磁探査 VLF EM および磁気探査を、地質調査の結果を考慮し、土地化学探査で捕捉した花崗岩体に分布する異常値帯を対象に行った。

(1) 電磁探査 VLF-EM

探査地域のほぼ中央部を東北東 - 西南西に延長する低異常値帯を捕捉し、この低異常値帯に沿って北側および南側に高異常値帯が分布している (Fig. -5-6、参照)。低異常値帯は、第2年次の空中磁気探査で把握した高磁気異常値帯にほぼ一致している。

この他、探査地域の北部および南部にも、東北東 - 西南西に延長する低異常値帯と、これと対を成すような高異常値帯が分布している。

(2) 磁気探査

探査範囲のほぼ中央部を東北東 - 西南西に延長する高異常値帯を捕捉した(Fig. -5-7、参照)。この高異常値帯は、第2年次の空中磁気探査で把握した高磁気異常値帯にほぼ一致し、磁性の強い粗粒玄武岩の岩脈を反映しているものと判断される。

5 - 1 - 4 トレンチ調査

トレンチ調査は、土壌地化学探査の異常値帯、電磁探査 VLF-EM の高・低異常値帯が分布する地域を対象に行った。

トレンチは、掘削幅は1mで原則として新鮮な岩盤が出るまで掘削することとし、合計の掘削延長は2,245m、掘削量は3,220m³であった。トレンチ調査では200分の1のスケールでトレンチの底面および側面スケッチし、底面の岩盤からトレンチ方向のチャンネルサンプリングを行い、1m毎の試料を採取し、合計2,245個の試料を分析した。

分析の結果は、以下のとおりである。

トレンチ 515600 では、金 0.43ppm(幅 1m)、0.18ppm(幅 1m)、0.29ppm(幅 1m)、0.75ppm(幅 1m)の品位が花崗岩中の石英脈或いは粗粒玄武岩中に確認された。

トレンチ 515700 では、金 0.15ppm(幅 2m)、0.2ppm(幅 1m)、0.21ppm(幅 1m)、0.20ppm(幅 1m)、0.23ppm(幅 1m)、0.21ppm(幅 1m)、0.13ppm(幅 3m)、0.16ppm(幅 1m)、0.27ppm(幅 2m)の品位が花崗岩中の石英脈或いは粗粒玄武岩中に確認された。

トレンチ 515800 では、金 0.48ppm(幅 1m)、0.31ppm(幅 1m)、0.54ppm(幅 1m)、0.25ppm(幅 2m)、0.31ppm(幅 1m)の品位が花崗岩中の石英脈或いは粗粒玄武岩中に確認された。

トレンチ 515900 では、金 0.18ppm(幅 1m)、0.17ppm(幅 1m)、0.31ppm(幅 5m)、0.14ppm(幅 1m)、0.24ppm(幅 3m)、0.14ppm(幅 1m)、0.14ppm(幅 1m)、0.14ppm(幅 2m)の品位が花崗岩中の石英脈或いは粗粒玄武岩中に確認された。

トレンチ 516000 では、金 0.19ppm(幅 1m)、0.18ppm(幅 1m)の品位が花崗岩中の石英脈中に確認された。

トレンチ 516100 では、金 0.34ppm(幅 1m)、0.26ppm(幅 2m)の品位が花崗岩中の石英脈或いは粗粒玄武岩中に確認された。

花崗岩中に分布する石英脈は、花崗岩マグマ固結末期の残液に伴う鉍化作用によって形成されたものと考えられる。

金の鉍徴は、花崗岩の分布域で東西に 800m、南北に 500m 以上とかなり広く分布するが、トレンチ試料の分析値が最高で 0.75ppm と低いばかりでなく、鉍徴地周辺の分析値が全般に低い値となっており、鉍床の賦存する可能性は極めて低いものと判断される。

5 - 1 - 5 まとめ

本地区の調査結果は以下のとおりで Fig. -5-13 に示す。

本地域は、グリーンストーン帯を構成するサンホセ層 (pCCsjo) の片岩類が広く分布し、これを花崗岩 (pCC) が貫入した地域である。花崗岩は、ほぼその中央部を東北東 - 西北西方向で磁性の強い粗粒玄武岩 (dd) 岩脈の貫入を受けており、また、広く白雲母化し、ペグマタイト及びアプライトの貫入を受け、石英の細い脈が認められる。

本地区で 399 個の土壤試料を採取し統計処理を行い、各元素の相関係数を求めたところ金と高い相関を示す元素は認められなかった。金のしきい値を 12 ppb とし、それ以上を異常とした結果、本地区南部でまとまった金の異常域を抽出した。全体的に金の異常域の分布は東-西系のトレンドを示すが、分析値の高品位域は円形を示し、東西に 800m 以上と南北に 500m 以上の連続と広がりを持ち、96ppb が金の最大品位であった。

物理探査は、土壤地化学探査で捕捉した花崗岩体に分布する異常値帯を対象に行い、電磁探査 VLF-EM および磁気探査とともに 1,105 点を測定した。探査地域のほぼ中央部を ENE - WSW 方向に延長する低異常値帯、およびこの低異常値帯に沿い北側および南側に分布する高異常値帯を捕捉した。低異常値帯は、粗粒玄武岩の貫入を反映したもので、高異常値帯は割れ目を示唆しているものと思われた。

トレンチ調査は、土壤地化学探査の異常値帯、電磁探査 VLF-EM の高・低異常値帯、磁気探査の高異常値帯を対象に行い、掘進長 2,245m で掘削量 3,220m³ を掘削した。トレンチ調査の結果、1m から 20m 幅の剪断帯が確認され、垂直な粗粒玄武岩の岩脈が貫入している。剪断帯の一部には、レンズ状の石英脈が確認された。

トレンチ方向のチャンネルサンプリングで 1m 毎に採取した試料を採取し分析した結果、以下に示す金の高品位部が得られた。

- ・トレンチ 515600 : 0.43ppm(幅 1m)、0.75ppm(幅 1m)
- ・トレンチ 515800 : 0.48ppm(幅 1m)、0.31ppm(幅 1m)、0.54ppm(幅 1m)

・トレンチ 516100 : 0.34ppm(幅 1m)、0.26ppm (幅 2m)

これらの金の異常域は、花崗岩中の石英脈ないし粗粒玄武岩の岩脈近辺に現われる傾向を示す。

花崗岩中の石英脈周辺の鉱徴は、花崗岩マグマ固結末期の残液に伴う鉱化作用によって形成されたものと考えられる。

金の鉱徴は花崗岩の分布域で東西に 800m、南北に 500m 以上とかなり広く分布するが、トレンチ試料の最高の分析値が 0.75ppm と低いばかりでなく、鉱徴地周辺の分析値が全般に低い値となっており、本地区に鉱床の賦存する可能性は極めて低いものと判断される。

従って、今後、本地区で調査を継続する必要はないものと判断される。

5 - 2 アンドレシート地区

5 - 2 - 1 地質調査

本地区に地質は、アロジォグランデ層 (pCCag) が東部から中央部をとおり西部に花崗岩類 (pCCG) が北部に、花崗閃緑岩体 (pCC) が南西部に分布している。アロジォグランデ層および花崗閃緑岩体に多数の粗粒玄武岩の岩脈が貫入している (Fig. -6-1、参照)。

本地区のアロジォグランデ層は、主に変玄武岩から成り、変玄武岩に挟まれるように堆積岩が分布する。北東部の花崗岩類は、アロジォグランデ層と東北東 - 西南西方向の断層で接し、ミグマタイト化し断層方向に圧砕されている。南西部の花崗閃緑岩は、北部で石英の少ない岩相となり斑レイ岩化している。

調査地区の西北西部、変玄武岩が分布する地域には 4 条の石英脈が露出し、西南西部の花崗閃緑岩が分布する地域には金粒の観察される石英脈が認めらる。また、花崗閃緑岩の分布する地域には石英の転石が多く散在している。

5 - 2 - 2 土壤地化学探査

調査地域の東部およびほぼ中央部に異常値帯を捕捉した (Fig. -6-2、参照)。

東部の異常値帯の北側は変玄武岩および変斑レイ岩の分布する地域であり、南側は花崗閃緑岩の分布する地域である。

中央部の異常値帯は、変玄武岩の分布する地域であり、この地域には粗粒玄武岩の岩脈が分布している。この他、北東部の花崗岩類に異常値が散在している。

5 - 2 - 3 物理探査結果

物理探査を土壤地化探査で捕捉した金の異常値帯の分布する西部（アンドレシート地区 - 西）および中央部（アンドレシート地区 - 東）で行った。

（ 1 ） アンドレシート地区 - 西

1) 電磁探査 VLF-EM

探査地域の西部と南西部に異常値帯を捕捉した（Fig. -6-4、参照）。

西部の異常値帯は粗粒玄武岩の岩脈の存在するため、南西部の異常値帯は花崗閃緑岩と変斑レイ岩の境界が存在するため、分布するものと推定される。

2) 磁気探査

探査地帯のやや北部を東北東 - 西南西の方向で高異常値帯が横断し、南部および北部が低異常値帯となっている（Fig. -6-5、参照）。

高異常値帯は変玄武岩および変斑レイ岩の分布域で、北部の低異常値帯は花崗岩類の分布域と一致し、南部の低異常値帯は花崗閃緑岩の分布域とほぼ一致する。

（ 2 ） アンドレシート地区 東

物理探査を土壤地化探査異常値帯の分布する中央部（アンドレシート地区 - 東）で行った

1) 電磁探査 VLF - EM

東 - 西方向で低・高異常値帯が延長する傾向を示し、やや西部に顕著な異常値帯が認められる。露頭が少なくその原因は不明であるが、低異常値帯付近には粗粒玄武岩が分布している（Fig. -6-6、参照）。

2) 磁気探査

本地域の磁気は、北東部が高く南西部が低くなっており、この結果は第 2 年次の空中磁気探査の結果とほぼ同じ傾向となっている。また、本地域には北西 - 南東方向に延長する強弱の磁気帯が分布しているが、露頭が少なくその理由は不明である（Fig. -6-7、参照）。

5 - 2 - 4 トレンチ調査

トレンチ調査は、土壤地化学探査の異常値帯、電磁探査 VLF-EM の高・低異常値帯が分布する地域を対象に行った。

トレンチ調査では、トレンチの掘削幅は 1m で原則として新鮮な岩盤が出るまで掘削することとし、合計の掘削延長は 2,275m、掘削量は 4,910m³であった。地質調査は 200 分の 1 のスケールでトレンチの底面および側面をスケッチし、底面の岩盤でトレンチ方向のチャンネルサンプリングを行い、1m 毎に試料を採取し、合計 2,275 試料を分析した。

分析の結果は、以下のとおりである。

トレンチ 486900 の 15m～16m(幅 1m)で金 0.95ppm、94m～95m(幅 1m)で金 1.09ppm の品位が石英脈で確認された。

トレンチ 487000 の 22m～26m(幅 4m)で金 0.29ppm、68m～69m(幅 1m)、118m～119m(幅 1m)で金 0.22ppm、134m～135m(幅 1m)で金 2.06ppm、136m～149m(幅 13m)で金 0.31ppm の品位が石英脈で確認された。

トレンチ 487100 の 158m～159m(幅 1m)及び 196m～197m(幅 1m)で金 0.08ppm の品位が石英脈で確認され、253m～254m(幅 1m)で金 0.16ppm、277m～278m(幅 1m)で金 0.57ppm、319m～320m(幅 1m)で金 0.09ppm、424m～429m(幅 5m)で金 0.11ppm、466m～467m(幅 1m)で金 0.12ppm の品位がアロジョグランデ層に貫入する粗粒玄武岩付近で確認された。

トレンチ 487200 の 44m～46m(幅 2m)で金 0.20ppm、98m～99m(幅 1m)で金 0.35ppm、124m～125m(幅 1m)で金 0.09ppm、145m～148m(幅 3m)で金 0.19ppm の品位が石英脈で確認され、369m～370m(幅 1m)で金 0.11ppm、388m～392m(幅 4m)で金 0.15ppm の品位が斑レイ岩及びアロジョグランデ層に貫入する粗粒玄武岩付近で確認された。

トレンチ 488500 の 55m～56m(幅 1m)では、金 0.39ppm の品位が石英脈で確認された。

トレンチ調査地域南西部の花崗閃緑岩が分布する地域で捕捉した土壤地化学探査の金異常値帯は、花崗閃緑岩中に分布する石英脈を反映し、トレンチ調査地域北部の変玄武岩中で捕捉した金異常値帯は、粗粒玄武岩の岩脈およびその周辺に分布する石英脈を反映したものと判断される。

花崗閃緑岩中に分布する石英脈は、花崗閃緑岩マグマ固結末期の残液に伴う鉱化作用によって形成されたものと考えられる。

トレンチ調査地域南西部の花崗閃緑岩中の石英脈およびその周辺に認められる鉱徴は、この地域としては高い金の分析値を示すものが多いが、連続性が悪いばかりでなく規模が

小さいため、鉱床の賦存する可能性は極めて低いものと判断される。

5 - 2 - 5 まとめ

本地区の調査結果は以下のとおりである (Fig. -6-10、参照)。

本地域は、グリーンストーン帯を構成するアロジョグランデ層 (pCCag) の変玄武岩が広く分布し、この北部に花崗岩類 (pCCG) が、南部に花崗閃緑岩 (pCC) が貫入している。また、アロジョグランデ層および岩花崗閃緑岩には、多数の粗粒玄武岩の岩脈が分布している。変玄武岩の分布する地域、および花崗閃緑岩の分布する地域には、多数の石英脈が認められる。

土壤地化学探査は、アンドレシート地区の全域で行い、本地区の西部および中央部で金異常値帯を捕捉した。西部の異常値帯は、北側の変玄武岩分布域と南側の花崗閃緑岩分布域に位置し、本地区中央部の異常値帯は変玄武岩の分布域に位置する。

物理探査は、土壤地化学探査で捕捉した金の異常値帯で実施し、電磁探査 VLF-EM で粗粒玄武岩の岩脈やアロジョグランデ層と花崗閃緑岩の境界部等を捕捉した。

トレンチ調査では、土壤地化学探査の異常値帯、かつ、物理探査で捕捉した異常値帯で実施した。

トレンチ底面からトレンチ方向のチャンネルサンプリングで 1m 毎に採取した試料を採取し分析した結果、以下に示す金の高品位部が得られた。

- ・ トレンチ 486900 : 0.95ppm(幅 1m)、1.09ppm(幅 1m)
- ・ トレンチ 487000 : 2.06ppm(幅 1m)、0.31ppm(幅 13m)
- ・ トレンチ 487200 : 0.15ppm(幅 4m)

これらの高品位部は、花崗閃緑岩中の石英脈近辺あるいは粗粒玄武岩の岩脈付近に分布している。

花崗閃緑岩中に分布する石英脈は、花崗閃緑岩マグマ固結末期の残液に伴う鉱化作用によって形成されたものと考えられる。

トレンチ調査地域南西部の花崗閃緑岩中の石英脈およびその周辺に認められる鉱徴は、2.06ppm(幅 1m)、1.09ppm(幅 1m)と、この地域としては高い金の分析値を示すものもあるが、連続性が悪いばかりでなく規模は小さいため、鉱床の賦存する可能性は極めて低いものと判断される。

従って、今後、本地区で調査を継続する必要はないものと判断される。

5-3 ムンドアスール地区

5-3-1 地質調査

本地区の北部地域の地質 (Fig. -7-1、参照)、南部地域の地質 (Fig. -7-2、参照) は以下のとおりである。

本地区の北部地域の地質は、南部にサンホセ層 (pCCsjo) が、北部に花崗岩類 (pCCG) が分布し、この花崗岩類に粗粒玄武岩の岩脈が貫入している。サンホセ層は、粘板岩、千枚岩、変砂岩等からなり、全体として東北東 - 西南西方向の走行で傾斜はほぼ垂直である。花崗岩類は、黒雲母花崗岩、花崗閃緑岩等からなり、東 - 西方向の断層でサンホセ層に接し、断層付近はマイロナイト化している。

本地区の南部地域の地質は、東部にサンホセ層 (pCCsjo) が、西部に花崗岩類 (pCCG) が分布し、この花崗岩類に粗粒玄武岩の岩脈が貫入している。サンホセ層は、主に緑色片岩、黒雲片岩が分布し、走行は東 - 西系のものが多い。花崗岩類は、黒雲母花崗岩、花崗閃緑岩等からなり、苦鉄質鉱物は緑泥石化している。

5-3-2 土壤地化学探査

土壤地化学探査で採取した 980 試料の分析値を解析したが、本地区の北部地域 (Fig. -7-3、参照) および南部地域 (Fig. -7-4 参照) とともに顕著な異常値帯を把握することができなかった。

本地区の南部地域において数点の異常値からなる異常値帯を補足したが、その範囲は狭く、最高の分析値が 20ppb と極めて低い値であった。

5-3-3 まとめ

土壤地化学探査で採取した 980 試料の分析をし、それらの分析値を解析したが、本地区で顕著な異常値帯を把握することができなかった。金のしきい値は 8ppb で、最高の分析値は 20ppb と極めて低い値であった。

本地区で鉱床の賦存を示唆するような金の鉱徴を捕捉できなかったため、土壤地化学探査以後に予定していた物理探査およびトレンチ調査の実施を断念した。

従って、今後、本地区で調査を継続する必要はないものと判断される。

第6章 結論

マホマ東地区、アンドレシート地区およびムンドアスール地区で調査を行い、得られた結論は以下のとおりである。

マホマ東地区

トレンチ方向のチャンネルサンプリングで1m毎に採取した試料を採取し分析した結果、以下に示す金の高品位部が得られた。

- ・ トレンチ 515600 : 0.43ppm(幅 1m)、0.75ppm(幅 1m)
- ・ トレンチ 515800 : 0.48ppm(幅 1m)、0.31ppm(幅 1m)、0.54ppm(幅 1m)
- ・ トレンチ 516100 : 0.34ppm(幅 1m)、0.26ppm(幅 2m)

これらの金異常域は、花崗岩中の石英脈ないし粗粒玄武岩の岩脈近辺に現われる傾向を示す。

花崗岩中の石英脈周辺の鉱徴は花崗岩マグマ固結末期の残液に伴う鉱化作用によって形成されたものと考えられる。

金の鉱徴は、花崗岩の分布域で東西に800m、南北に500m以上とかなり広く分布するが、トレンチ試料の分析値が最高で0.75ppmと低いばかりでなく、鉱徴地周辺の分析値が全般に低い値となっており、本地区に鉱床の賦存する可能性は極めて低いものと判断される。

従って、今後、本地区で調査を継続する必要はないものと判断される。

アンドレシート地区

トレンチ方向のチャンネルサンプリングで1m毎に採取した試料を採取し分析した結果、以下に示す金の高品位部が得られた。

- ・ トレンチ 486900 : 0.95ppm(幅 1m)、1.09ppm(幅 1m)
- ・ トレンチ 487000 : 2.06ppm(幅 1m)、0.31ppm(幅 13m)
- ・ トレンチ 487200 : 0.15ppm(幅 4m)

高品位部は、主にトレンチ調査地域南西部に貫入した花崗閃緑岩中の石英脈付近に認められる。

花崗閃緑岩中における石英脈周辺の金の鉱徴は、花崗閃緑岩マグマ固結末期の残液に伴う鉱化作用作用によって形成されたものと考えられる。

トレンチ調査地域南西部の花崗閃緑岩中の石英脈およびその周辺に認められる鉱徴は、

2.06ppm (幅 1m)や 1.09ppm (幅 1m)と高い金の分析値を示すものもあるが、連続性が悪いばかりでなく規模が小さいため、鉱床の賦存する可能性は極めて低いものと判断される。

従って、今後、本地区で調査を継続する必要はないものと判断される。

ムンドアスール地区

土地化学探査で採取した 980 試料の分析をし、それらの分析値を解析したが、本地区で顕著な異常値帯を把握することができなかった。金のしきい値は 8ppb で、最高の分析値は 20ppb と極めて低い値であった。

本地区で鉱床の賦存を示唆するような金の鉱徴を捕捉できなかったため、土地化学探査以後に予定していた物理探査およびトレンチ調査の実施を断念した。

従って、今後、本地区で調査を継続する必要はないものと判断される。

第 部 各 論

第 部 各 論

第 1 章 調査の目的

第 1 年次（平成 12 年度）および第 2 年次（平成 13 年度）の調査で有望地域として抽出されたマホマ東地区、ムンドアスール地区およびアンドレシート地区の 3 地区（Fig.1、Fig.2、参照）において、地質調査、地化学探査および物理探査を実施し、地質構造の把握、空中磁気データと地表露頭との対比、鉱化状況の把握、鉱化モデルの構築などを実施するとともに、鉱床胚胎有望地区を抽出し、トレンチ調査の結果から金鉱化帯の性状を把握することを目的とする。

第 2 章 調査対象地域の概要

2 - 1 位置および交通

本年度は、マホマ東地区、ムンドアスール地区およびアンドレシート地区の 3 地区を調査の対象とした。

マホマ東地区およびムンドアスール地区はサンホセ(San Jose)地域、アンドレシート地区はアロジョグランデ(Arroyo Grande)地域の 2 地域にそれぞれ位置する。

マホマ東地区は、サンホセデマーヨ(San Jose de Mayo)市の北方約 30km に、ムンドアスール地区は同市の北東約 40km に位置する。サンホセデマーヨ市は、首都モンテヴィデオから国道 1 号線で約 50km 北西に向かい、続いて国道 3 号線を 30km ほど北上した位置にあり、所要時間は自動車ですら約 1 時間半である。

アンドレシート地区は、サンホセデマーヨ市より国道 3 号線を北北西に 150km ほどの所に位置し、モンテヴィデオより自動車ですら 2 時間半程度である。

国道は全線舗装されており、調査地域には国道のほか、県道や農道が網の目のように走り交通の便は極めてよい。

2 - 2 地質概要

ウルグアイの地質を Fig. -2-1 に示す。調査地域は、Piedra Alta Terrane の Colonia-Florida and Arroyo Grande belt と示されるグリーンストーン帯に位置する。

調査地域周辺の地質図を Fig. -2-2 に、また、模式地質柱状図を Fig. -2-3 示す。

基盤の複合岩類(pCCcb、pCCanf)およびグリーンストーン(pCCsjo、pCCsj、pCCps、pCCag)

を主体とし、これらに貫入する古期花崗岩類 (pCCG) および新期花崗岩類 (pCC) 等の貫入岩から構成される。上位には白亜系、新第三系、第四系が不整合に被覆する。

2 - 2 - 1 基盤岩類

基盤の複合岩類は、始生代の時代未詳の岩石であるが、少なくともグリーンストーンが堆積した約 26 億年以前に形成された。サンホセ地域主要地区の西縁部および東部、サンホセ地域西部地区の北側、アロジョグランデ地域の南縁部に分布する。上位層とは、サンホセ地域西部地区では北西 - 南東方向の断層で、アロジョグランデ地域では東西方向の断層でそれぞれ接している。主として、片岩類、片麻岩、珪岩、角閃岩、花崗岩類等の岩石からなり、ミグマタイト、ホルンフェルス化等を伴う。花崗岩類は、変成作用により弱く片理構造が発達する。

2 - 2 - 2 堆積岩類

(1) グリーンストーン

グリーンストーンを構成する地層は、比較的高度の変成作用を被ったサンホセ層 (pCCsjo)、セロデサンファン層 (pCCsj) およびアロジョグランデ層 (pCCag)、ならびに弱変成作用を被ったパソセベリノ層 (pCCps) より成る。

サンホセ地域主要地区では、主として東西方向の断層を境界として、南側に比較的高度の変成作用を受けたサンホセ層が、北側に弱変成作用を被ったパソセベリノ層が分布する。サンホセ地域西部地区には、一部基盤の複合岩類と断層を境して弱変成作用を受けたセロデサンファン層が分布する。アロジョグランデ地域には、弱～中程度の変成作用を受けたアロジョグランデ層が広く分布する。

グリーンストーンを構成する各岩石は、いずれも変成作用を受けており、原岩は堆積岩と火山岩に区分される。

原岩を堆積岩とするグリーンストーンは、泥岩から砂岩を起源とする泥質片岩、砂質片岩、雲母片岩、珪質岩を起源とする石英片岩、および塩基性から中性の火山噴出物を起源とする緑色片岩が主なものである。

火山岩は酸性から塩基性の多種類の岩石が分布するが、塩基性のものには変成し、緑色岩となっているものが多い。サンホセ層には玄武岩、流紋岩および角閃岩等の変成岩が、パソセベリノ層には玄武岩、斑レイ岩、角閃岩等の変成岩が、アロジョグランデ層には玄

武岩、流紋岩、角閃岩等の変成岩が分布する。アロジョグランデ地域を除く地域では玄武岩、斑レイ岩および角閃石等の塩基性の変成岩類が卓越する。

(2) 上位の地層

グリーンストーンの上位の地層は、白亜系(Ksa)、新第三系(Tr)および第四系(Q)で、本地域の全域に散在するが、その分布範囲は狭い。

白亜系は、アロジョグランデ地域において下位層を不整合に被覆する。主として珪化岩、めのう化した砂岩・礫岩の互層、細粒砂岩等から構成される。

新第三系は、サンホセ地域主要地区の東部、サンホセ地域西部地区の中央部に散在し、下位層を不整合に被覆する。主として泥岩、細粒砂岩、円礫岩、角礫岩等から構成される。

第四系は、礫、砂、粘土等から構成される。

2 - 2 - 3 貫入岩

本地域には、古期花崗岩類(pCCG)、新期花崗岩類(pCC)、および粗粒玄武岩(dd)や斑レイ岩(gb)が分布する。

古期花崗岩類は、サンホセ地域主要地区の西部～中東部、サンホセ地域西部地区、アロジョグランデ地域の中央部および北部において、それぞれストックとして分布する。主として、中粒～粗粒の等粒状もしくは斑状の黒雲母花崗岩、白雲母花崗岩、花崗閃緑岩、閃緑岩、石英閃緑岩等から構成され、変成作用を受けている。全体的に風化が著しく、褐鉄鉱で鉱染されている。一般に塊状であるが、断層近傍では圧砕作用を被ることが多い。これらの岩石のうち、花崗閃緑岩が最も普遍的に分布する岩石で、サンホセ地域主要地区の中西部に分布する花崗閃緑岩における東 - 西、北西 - 南東方向の断層付近では、断層の方向と調和的なマイロナイト化による著しい面構造が発達する。

新期花崗岩類は、サンホセ地域主要地区、サンホセ地域西部地区およびアロジョグランデ地域の全域において、ストックとして散在する。主として、中粒～粗粒の等粒状もしくは斑状の黒雲母花崗岩、白雲母花崗岩、両雲母花崗岩、角閃石花崗岩、優白質花崗岩、花崗閃緑岩、閃緑岩、トータル岩等の岩相を示し、部分的にアブライトを伴う。古期花崗岩類と比較して、やや不均質である。

粗粒玄武岩は、サンホセ地域主要地区の中央部および西縁部において北東 - 南西方向の岩脈として分布し、主に新期花崗岩類を貫き、緑色塊状の岩質を特徴とする。

斑レイ岩は、主にサンホセ地域主要地区の中西部においてサンホセ層およびパソセベリノ層を貫き、ストック状に露出する。

サンホセ地域主要地区の中西部、マホマ鉱山の母岩に相当する古期花崗岩類の花崗閃緑岩は、 $1960 \pm 140\text{Ma}$ の K-Ar 年代値である。この値は、既存資料の 22 億年以前の年代値に比べて有意に若い値である。これは、マイロナイト化による再結晶化およびマホマ鉱山の鉱化変質作用による若返りの影響が考えられる。

新期花崗岩類は、サンホセ地域西部地区の両雲母花崗岩より $1690 \pm 120\text{Ma}$ 、サンホセ地域主要地区の中西部に分布する白雲母花崗岩および黒雲母花崗岩よりそれぞれ $1240 \pm 100\text{Ma}$ 、 $1750 \pm 120\text{Ma}$ 、アロジョグランデ地域の優白質花崗岩より $1980 \pm 130\text{Ma}$ の値が得られた。既存資料による新期花崗岩類の形成年代は約 18 ~ 20 億年であり、トランスアマゾニアン造山運動 (Transamazonian orogenesis) 時の火成活動に関連づけられている。

サンホセ地域西部地区の両雲母花崗岩、サンホセ地域主要地区の黒雲母花崗岩 (AR129)、およびアロジョグランデ地域の優白質花崗岩の年代値は、誤差の範囲内で既存資料の年代値に一致している。若い年代値が得られたサンホセ地域主要地区の白雲母花崗岩は、鏡下において著しいマイロナイト化を被っていることから、再結晶化による年代値の若返りが考えられる。

サンホセ地域主要地区の東部の角閃岩が示す年代値は $2000 \pm 280\text{Ma}$ である。この岩石は既存資料のうち 50 万分の 1 地質図では基盤岩の複合岩類に分類されている。

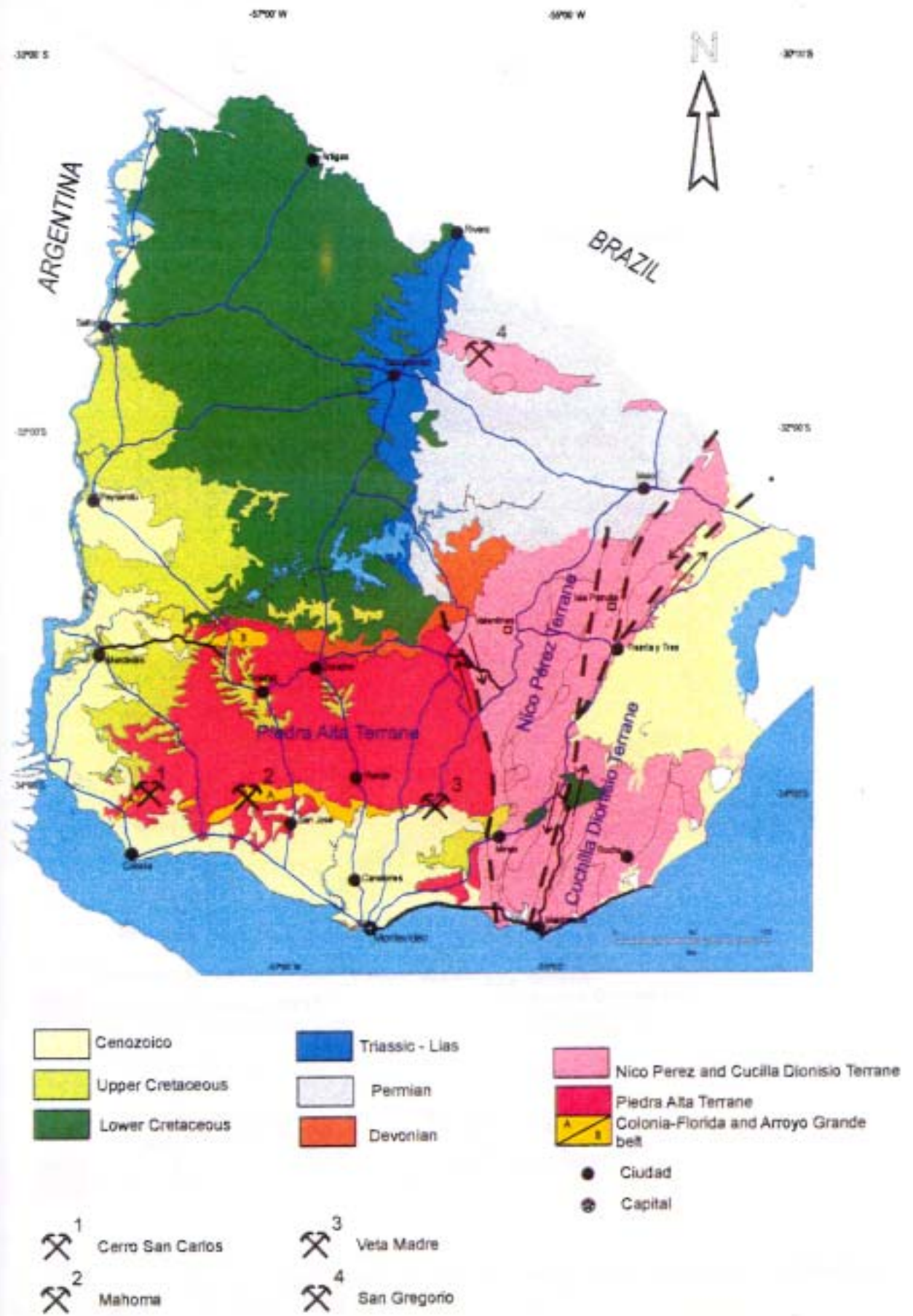


Fig. -2-1 Geological map of Uruguay

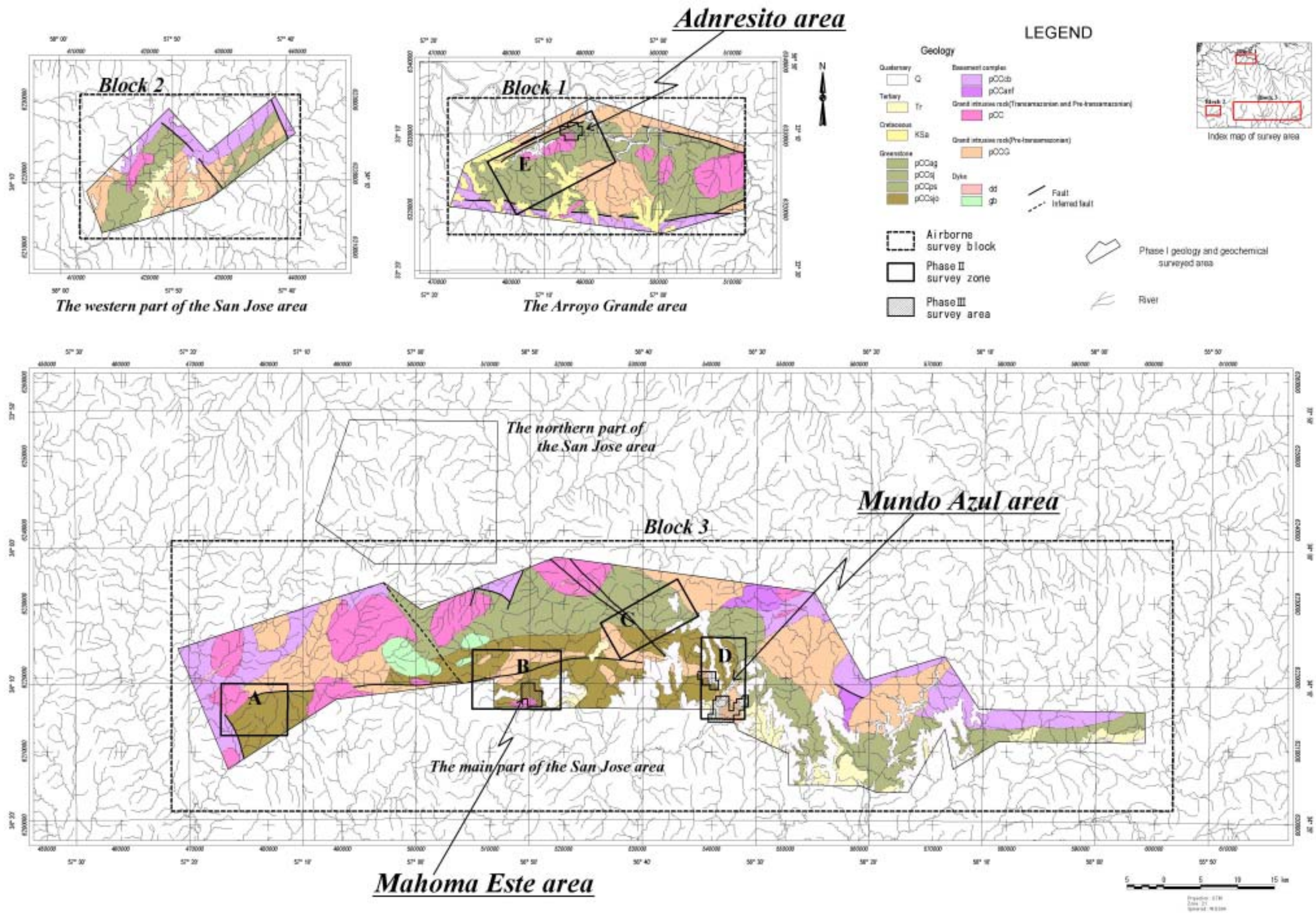


Fig. -2-2 Geological map of greenstone belts surrounding Phase I survey area

Age (Ma)	Units	Events	Domain
1,400-1,800	Doleritic dykes	Distensive environments	
1,845 1,900	Pintos granite	<i>CRATONIZATION</i>	
1,900-1,970	Aplites and granitic dykes Leucogranite dykes		
2,000-2,070	Granite-gneissic complex Granitic dyke Isla Mala Gabbroic Complex Mahoma-Guaycuru		TRANSAMAZONIAN OROGENESIS
2,070-2,100		Metamorphism, migmatization, granitization and folding	
2,100	Leucogranite	3 rd deformation phase	
2,180 2,225	Southern granite A. Virgen leucogranite	Syncolisional Paso Lugo fault Late orogenic	
2,270-2,290	A. Grande granodiorite Hornblendites Isla Mala leucogranite San Jose Granodiorite	Distensive, 2 nd deformation phase <i>MYLONITIZATION</i>	PRE TRANSAMAZONIAN
2,291-2,386	Marincho main granodiorite		
2,450	Isla Mala granodiorite		
2,500-2,544	<i>San Jose metamorphic belt</i> Alkaline granite	Metamorphism+1 st deformation phase	
	<i>Arrojo Grande metamorphic belt</i> Complejo Basal	Metamorphism+1 st deformation phase	ARCHEAN

Stratigraphy in accordance with PRECIOZZI et al.(1999). Modified.

Fig. I-3-3 Schematic stratigraphic column of survey area

第3章 調査の実施方法

3 - 1 調査項目

本年度は、地質調査、地化学探査、物理探査、トレンチ調査および各種の室内試験を行った。地質調査としてグラントルースを行い、地化学探査として精密土地化学探査を行った。物理探査としては、電磁探査 VLF EM および磁気探査を行った。また、トレンチ調査として、トレンチ内の地質調査、チャンネルサンプリングによる岩石試料の採取・分析を実施した。

室内試験は、地質調査として岩石薄片鑑定、鉱石研磨片鑑定、X線回折試験、流体包有物試験を行い、化学分析として土地化学探査の土壌試料と、トレンチ調査からの岩石試料を分析した。また、物理探査のデータ解析を補助するため、残留磁気を測定した。

3 - 2 調査手順

本年度に実施した地質調査・地化学探査、物理探査およびトレンチ調査を進めるための調査解析フローを Fig. 3-1 に示す。

地質調査・地化学探査を実施し、地質構造図および地化学探査結果図を作成する。地質調査で得られる地表露頭の状況や地化学探査で得られる土地化学探査異常値と、第2年次調査で得られている空中磁気探査結果を対比し、地質構造と土地化学探査異常値の関係、空中磁気探査結果と土地化学探査異常値の関係等を考察し、物理探査の実施位置を選定する。

物理探査として、電磁探査 VLF-EM および磁気探査を実施し、地下地質構造を把握する。地下地質構造と空中磁気データの対比、地下地質構造と土地化学探査異常値の対比などの検討を行い、トレンチ調査位置を選定する。

トレンチ調査では、トレンチ内の地質調査を行い、岩石サンプルを採取・分析して、地質構造を詳細に把握し、鉱化作用の状況を把握する。

地質調査・地化学探査、物理探査およびトレンチ調査の結果を総合的に解析し、鉱化帯と地質構造の関係を明らかにし、鉱床モデルを構築して、鉱床胚胎有望地区を抽出する。

なお、物理探査の実施位置および方向、トレンチ調査の実施位置、およびそれらの方向に関しては、金属鉱業事業団の監督員が決定することとした。

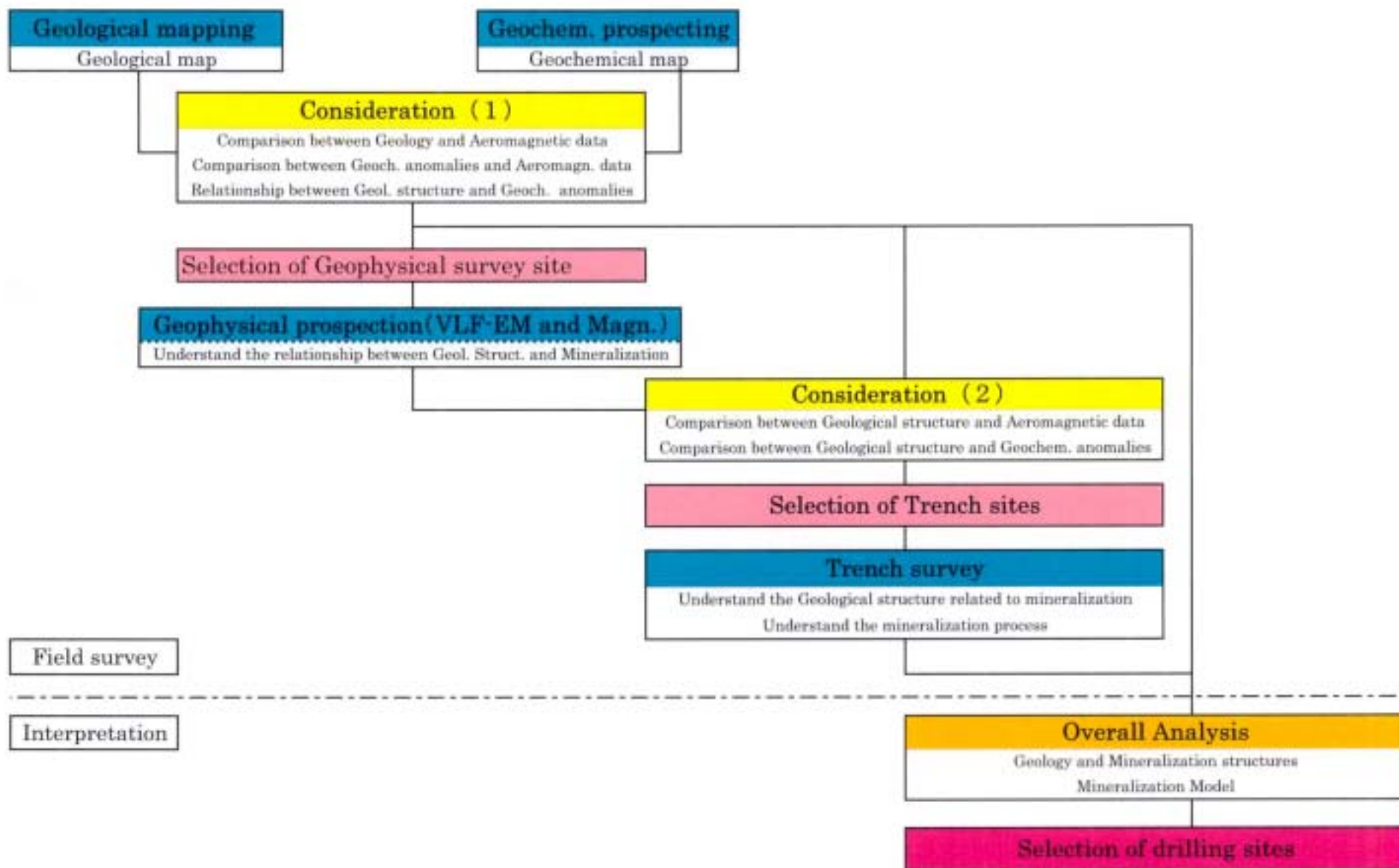


Fig. II-3-1 Field survey and interpretation flow during Phase III

3 - 3 調査・解析方法

3 - 3 - 1 地質調査

地質調査として、グラントルースを行った。

グラントルースは、土壤地化学探査の試料採取に併せて行った。2 万分の 1 の地形図に、土壤地化学探査で試料を採取する測線を書き込み、この測線およびその周辺で行った。調査位置は、GPS、地形図、航空写真で確認した。

地質調査では、第 2 年次の地質調査結果を確認し、またその精度を上げるとともに、特にグラントルースでは土壤地化学探査の異常値帯および物理探査の異常値帯が現れた周辺を踏査し、その理由を明らかにするよう努力した。

調査の結果は、作成したルートマップを基に 2 万分の 1 の地形図にまとめた。

3 - 3 - 2 土壤地化学探査

(1) 試料採取方法

土壤地化学探査における土壤試料は、測線間隔：200m、採取間隔：100m で採取した。採取位置は、簡易測量を行い GPS でチェックした。

試料は、土壤の B 層より採取した。一般に、地表より数 10cm で B 層に達するので、シャベルで試料を採取する穴を掘削し、B 層土であることを確認した上でそこから金のナゲット効果を避けるための十分な量として 1.0 kg 以上を採取した。採取位置、採取した試料の状況、周辺の地質など記載した。

(2) 土壤試料の前処理

土壤試料の前処理は、DINAMIGE 分析室で行った。採取した試料を紙の箱に移し、乾燥機で 56 の温度で乾燥した後、乳鉢で粉碎して 80 メッシュの篩にかけ、約 100g の試料を分離器で分別し、Lakefield 分析所に送付した。また、80 メッシュ以下の試料を 150g ほど DINAMIGE に保管した。

(3) 化学分析

分析元素は Al、Sb、As、Ba、Be、Bi、B、Cd、Ca、Co、Cu、Fe、Pb、Mg、Mn、Mo、Ni、P、K、Ag、Na、Sr、Zr、Sn、Ti、W、Li、V、Zn、Cr、Au の 31 元素である。分析方法として、Au は Fire Assay-AA 法、それ以外の成分は Acqua Regia/ICP 法で実施した。化学分析は、

ブラジルのミナスジェライス(Minas Gerais)州、ベロ・オリゾンテ(Belo Horizonte)にあるレイクフィールド・ジオソル社(LAKEFIELD GEOSOL LTD)で実施した。

(4) 解析方法

土壌試料の化学分析データを対象に統計処理を実施した。化学分析データをコンピューターに入力し、基本統計量を求め、単変量解析および多変量解析を行った。

単変量解析では、元素毎のヒストグラム、累積頻度分布図を作成するとともに、各元素の基本統計値を計算した。各元素の相関を知るために、相関係数を計算し、検討した。各元素のしきい値は、主にEDA(Exploratory Data Analysis)法(Kurzl H.; 1988)より得られたU.Fence値を使用し、Auのしきい値は累積頻度分布図から読みとった。

多変量解析には、各成分間の相関関係により、関係する因子を抽出する手法である因子分析法を採用した。

3 - 3 - 3 物理探査

(1) 調査項目

物理探査として、電磁探査 VLF-EM および磁気探査を実施した。電磁探査 VLF-EM 法および地上磁気探査により、地質構造、断層構造などを明らかにし、鉱床探査に資するデータを供することを目的としている。

(2) 調査数量および仕様

物理探査はマホマ東地区、アンドレシート地区で実施し、平成 14 年 10 月 9 日に開始し同年 11 月 15 日に完了した。電磁探査 VLF-EM 法および地上磁気探査は、Tab. -3-1 の通り、100m 間隔の測線において 10m 間隔で測定を行い、合計 2,662 点を測定した。これらの探査の測線及び測点の測量は、コンパスまたはエスロンテープを用いた開放トラバース測量により行った。

なお、物理探査実施時の写真を現場作業写真集に示す。

Tab. -3-1 Geophysical work coverage in Phase

調査地域	測線数	測線長(km)	測点数	面積(km ²)
マホマ東地区	15	10.9	1,105	1.00
アンドレシート地区 - 東	9	8.35	844	0.74
アンドレシート地区 - 西	13	6.2	713	0.72
計	37	25.45	2,662	2.46

(3) 測定方法

1) 電磁探査 VLF-EM

電磁探査 VLF-EM においては、15-30kHz、100Hz ステップの受信周波数範囲を有す可搬型 VLF 受信機を使用して、測線上に設定した測点で一次磁場/二次磁場の振幅比(real)、位相比(imaginary)を測定した。また、全ての振幅比、位相比は、原則として3回以上の測定によるものとした。

2) 磁気探査

1nT (ナナテラ) 以上の精度を有する可搬型プロトン磁力計を使用して、測線上に設定した測点で全磁力を測定する。

全ての磁力値は、原則として3回以上の測定によるものとし、測定作業実施中は、測定開始時から測定終了時まで測定地域内にある固定点において連続磁気測定を行い、磁気嵐及び地磁気日変化の資料とする。なお、固定点における観測地が著しい変動を示した場合は、この期間に行った測定値を棄却し再測を実施することとした。

(4) 測定機器

1) 電磁探査 VLF-EM

送信機には、Geonics 社製 TX27 を用い、16.55kHz の信号を両端に接地した約 1,000m のケーブルに送信した。最大送信電流は 4A である。発電は、ガソリンエンジン発電機である。

受信機も Geonics 社製 IGS-2/VLF-4 である。センサーには2つのコイルがあり、同相鉛直成分の感度は 1% 以下、傾斜角は ±15 度である。周波数同期は自動であり、15-29kHz の帯域 150Hz で、どの周波数にも同期が取れる。受信機は、送信周波数の 16.55 kHz に

固定している。

2) 磁気探査

全磁力を測定するためプロトン磁力計を用いた。測定機は米国 EG&G Geometrics 社製の G-856AX であり、その分解能は 0.1nT (ナナス)、測定精度は 0.5 nT である。3 回の測定値の平均を記憶することにより、測定精度が向上し、能率が向上した。固定観測点に使用した機器は、同じ Geometrics 社製 G-818 であり、その分解能は 1nT である。

(5) データの取得

1) 電磁探査 VLF EM

データ取得は自動傾斜補正付きの 2 本のセンサーを背中に背負い、測定機は胸に保持する。磁気探査と同じ測点で 10m ごとに VLF データを観測した。受信機では、垂直磁場の (inphase) と離相成分 (quadrature) を水平一次磁場のパーセントで測定し、また、水平磁場、垂直同相成分、垂直離相成分を測定する。二つの垂直成分は水平成分で正規化される。

受信機 (測定者) は、送信電線の方向と同じ方向を向いて測定する。

2) 磁気探査

測定地域が決定された時点で、国際標準地球磁場 2000 (IGRF: International Geomagnetic Reference Field) による全磁力図を用いて、測定機のレンジを設定する。なお、調査の対象と成った地域の全磁力値はおよそ 23,220nT であった。

地上磁気探査の場合、日変化を測定するため定点観測を行う。これには、2 台目の磁気探査機を用い、道路や人工構築物の影響のない平穏な地点に定点観測を設置する。測定は 5-10 分間隔で実施する。本調査では、10 分間隔で 1nT の精度の観測を実施した。この定点観測値を日変化補正に利用するため、各測定点における測定時刻を記録する必要がある。一日の測定が終わると、取得されたデータは PC に転送される。定点で日変化を測定したデータも同様の Format で PC に転送される。

(6) データ処理

1) 電磁探査 VLF EM

VLF 結果のプロット

測線上のデータを解析するため、断面上に種々のパラメータがプロットされる。まず、断面には測定データ（即ち、 H_z/H_x の同相成分と離相成分）がパーセントで示される。水平成分と垂直成分は同じ周期で変動しているが位相が異なるため両者の合成ベクトルは楕円を描く。この楕円の長軸と水平軸とのなす角を傾斜角(tilt angle)、楕円長軸と短軸との比を扁平率(ellipticity)というが、近似的にそれぞれ同相成分と離相成分と同じである。

フィルター

測定されたデータを強調し、傾斜角のクロスオーバーを見やすくするため、観測結果にフィルター処理を施す。Fraser フィルターと Karous-Hjelt フィルターがよく使われている。これらのフィルター処理により、測定データが平滑化され、同相成分はクロスオーバー（測定値が0を切る点）で最大となり、異常源の直上で最大になる。また、このリニアフィルターを施すことにより等価電流密度に変換し、等価電流密度が高い部分が低比抵抗に一致することを示す。ここでいう等価電流密度は、測点間隔と同じ深度に電流が集中していると考えた場合の電流密度である。この処理を行うことで異常物体の上にピークが現れ、注目する深度を変えれば擬似断面図が得られる。

2) 磁気探査

日変化補正

データ補正として日変化補正を行った。定点で観測された日変化データをもとに、観測データの時刻から日変化分を補正する。定点における朝の値を基準とし、これ以降のデータに対してその変化量を加算または減算する。この場合、定点とフィールドでの磁気変化は同一であると仮定している。

格子データ

日変化とノイズを除去した後、補正済みのデータを格子データに変換する。離散データを格子状にすることにより、測定結果が見やすくなるだけでなく、データ処理を迅速に処理することが可能になる。物理探査の場合には、測線上で観測された測点密度は、測線間の測点密度より密である。本調査では、測線間隔が 100m であるのに対し、測線

上の測点間隔は 10m である。これらのデータの格子化には、最小極率化法を用いた。

一旦、データが格子化されると全磁力値 (TMI) をコンターで描くことができる。

次に 2 種のデータ処理を行う。2 次空間フィルター処理と特定断面に関する定量解析である。前者は、同心円状パワースペクトラムであり、距離による重みをもたせている。これは測定された磁場からその波長スペクトルにより深度情報を帯域に分割することであり、深部、中深部、浅部、ノイズに分類している。

さらに 2 次空間フィルターを用いればデータの特性を強調することができる。ここでは極磁気異常 (RTP: Reduction to the pole) 以下のフィルター図を作成した。

極磁気異常は、地域により伏角が異なる場合でも、あたかも磁気北極で測定したかのような異常図が得られるので解析に役立つ。また、上方接続図は、主要な磁気異常体のモデル化に役立つ。アナリティカル・シグナルは、各格子データの東西水平成分、南北水平成分、鉛直成分の各自乗和の平方根であり、構造解析に役立つ。

データ処理では IGRF2000 による磁気異常を参照した。

データ処理に関し得られた資料を Appendix 7 に示す。

3 - 3 - 4 トレンチ調査

トレンチ調査では、トレンチを掘削し、トレンチ内の地質調査を行い、試料を採取した後、埋め戻した。トレンチより採取した試料は分析し、分析結果を解析した。

(1) 掘削及び埋め戻し

トレンチ掘削位置については、地質調査、土壤地化学探査、物理探査の結果から抽出された掘削予定位置に赴き、トレンチが掘削できるかどうか現地で確認した上、掘削位置を決定した。湿地帯、河川の近く、地形が険しくバックホーが入れない区域は、掘削不可能な地域として除外した。掘削位置は、簡易測量および GPS を用いて決定した。

バックホーにより、岩盤が露出するまで掘削し、掘削幅は 1m とした。掘削後、岩盤面および側壁面が観測できるように、人力でクリーンアップした。トレンチ調査が完了した後は、調査地周辺が牧場であるため、家畜の保護および安全を期して、なるべく早くバックホーで埋め戻し、人力で最終的に整地し、ほぼ掘削前の状態に復元した。

(2) トレンチの地質調査

岩盤の露出するトレンチの底面と土壌が露出する側面を 200 分の 1 のスケールで実測によるスケッチを行い、同時にトレンチの概要が分かるように写真を撮影した。底面の岩盤よりチャンネルサンプリングで連続サンプリングし、1m 毎にプラスチック製のサンプル袋に入れ、分析用試料とした。また、必要に応じて室内試験用試料も採取した。

(3) 採取試料の前処理

トレンチから採取した試料は、サンプル袋より紙の箱に移し、乾燥機で乾燥した後、小豆大に粉砕し、約 200g を分離器で分別し、分析所に送付した。また、200g 程度を分別し、保存試料として DINAMIGE に保管した。

重要な岩石は、原則としてすべて標本を残すこととし、硬質岩は破断面 1 面を残して、6cm × 4cm × 2cm に整形した。

(4) 化学分析

分析元素は Al、Sb、As、Ba、Be、Bi、B、Cd、Ca、Co、Cu、Fe、Pb、Mg、Mn、Mo、Ni、P、K、Ag、Na、Sr、Zr、Sn、Ti、W、Li、V、Zn、Cr、Au の 31 元素である。分析方法として、Au は Fire Assay-AA 法、それ以外の成分は 4 acid digestion/ICP 法で実施した。化学分析は、ブラジルのミナスジェライス(Minas Gerais)州、ベロ・オリゾンテ(Belo Horizonte)にあるレイクフィールド・ジオソル社(LAKEFIELD GEOSOL LTD)で実施した。

(5) 解析

トレンチより採取した岩石試料の化学分析結果は、データの統計処理するため、コンピューターに入力し、基本統計量を求め、単変量解析および多変量解析を行った。

単変量解析では、各元素のヒストグラム、累積頻度分布図を作成するとともに、各元素の統計値を計算した。計算は、検出限界以下の値を示すものに対して、検出限界値の半分の値を用いて計算した。

各元素の関係の相関係数を計算し検討した。各元素の異常値は、主に累積頻度分布図から読みとり、他に EDA (Exploratory Data Analysis) 法(Kurzl H.; 1988)を参考にした。

多変量解析としては、各成分間の相関関係により、関係する因子を抽出する手法である因子分析法を採用した。

第4章 室内試験結果

室内試験として、岩石薄片鑑定、鉍石研磨片鑑定、X線回折試験、流体包有物試験（均質化温度＋塩濃度測定）、残留磁気測定、土壌およびトレンチ試料の化学分析を行なった。岩石薄片鑑定、鉍石研磨片鑑定、X線回折試験、流体包有物試験（均質化温度＋塩濃度測定）及び残留磁気測定等に用いた試料の採取位置を Fig. -4-1 に示し、そのリストを Appendix 2 に示す。

土壌およびトレンチ試料の化学分析結果については、それぞれ各地域の調査結果の「土壌地化学探査」および「トレンチ調査」の項で述べる。

4 1 試験結果

岩石薄片鑑定、鉍石研磨片鑑定、X線回折試験、流体包有物試験（均質化温度＋塩濃度測定）および残留磁気測定の結果を Appendix 1 に示す。なお、岩石化学分析用試料のうち、硫化鉍物などを含み Au を含有している可能性の高い石英を鉍石研磨片鑑定、流体包有物試験（均質化温度＋塩濃度測定）用の試料とした。

4 - 2 結果の概要

22 件の岩石薄片鑑定および 30 件の X線回折試験では、現地では鑑定しにくいグリーンストーンや貫入岩の鉍物組成や変成鉍物が明らかになった。

岩石薄片鑑定の結果、グリーンストーンには、斑晶がほとんど認められず、2 次鉍物の石英、緑泥石、黒雲母、白雲母、絹雲母がほぼ普遍的に存在し、アクチノ閃石、褐鉄鉍、不透明鉍物などを含むものがある。X線回折試験では、この他、カリ長石、斜長石、方解石などが認められた。

花崗岩(pCC)には、石英、カリ長石、斜長石、黒雲母、2 次鉍物の石英、緑泥石、絹雲母をほぼ普遍的に含み、この他、方解石、アパタイト、褐鉄鉍、不透明鉍物などを含むものがある。X線回折試験では、この他、カオリン、黄鉄鉍、束沸石が認められる。

30 件の鉍石研磨片を鑑定した結果、13 試料で金が確認された。石英を脈石鉍物とし、量は少ないがほとんどの試料で黄鉄鉍、褐鉄鉍、針鉄鉍が認められた。金が認められる試料では、これらの鉍物が多く観察される傾向を示した。

30 件の流体包有物試料は、Au を含むと考えられる乳白色半透明石英、および黒色不透明な石英を対象として行った。均質化温度の測定結果では、最低が 149 で、最高 402 を示

し、温度別の件数をみると、150 未満が 1 件、150~200 が 11 件、200~250 が 8 件、250~300 が 6 件、300 ~350 が 3 件、350 以上が 1 件であった。測定結果の約 6 割が 150~250 に集中する。特に金を伴う石英の分析結果では、マホマ東地区で 4 件(200~230 に集中)、アンドレシート地区で 7 件(200~300 に散在)が認められる。塩濃度の測定結果では、0.6~>23% NaCl を示し、0~10% NaCl が 16 件、10~20% NaCl が 8 件(>19% NaCl を 1 件含む)、>20% NaCl 以上が 6 件であった。

残留磁気測定に用いられた試料は、マホマ東地区より 6 試料、アンドレシート地区より 5 試料で構成され、岩種はアプライト、花崗岩、花崗閃緑岩、片岩、粗粒玄武岩、変玄武岩、斑レイ岩の酸性岩から塩基性岩までを網羅している。交流消磁は、多段階交番磁場消磁により、20mT でほぼ安定した磁化ベクトルが得られたため、残留磁気データとして 20mT の交番磁場消磁段階の測定データを採用した。20mT 交流消磁の自然残留磁気強度を比較検討すると、塩基性岩である粗粒玄武岩、変玄武岩、斑レイ岩は $10^{-4} \sim 10^{-2}$ kA/m 台の比較的強い磁気強度を持ち、片岩及び酸性岩であるアプライト、花崗岩、花崗閃緑岩は $10^{-6} \sim 10^{-7}$ kA/m 台の比較的弱い磁気強度を有しており、一般的な岩石の磁気強度に調和的な傾向を示している。

土壌の化学分析およびトレンチ試料の化学分析については、それぞれ各地域の調査結果の「土壌地化学探査」および「トレンチ調査」の項で述べる。

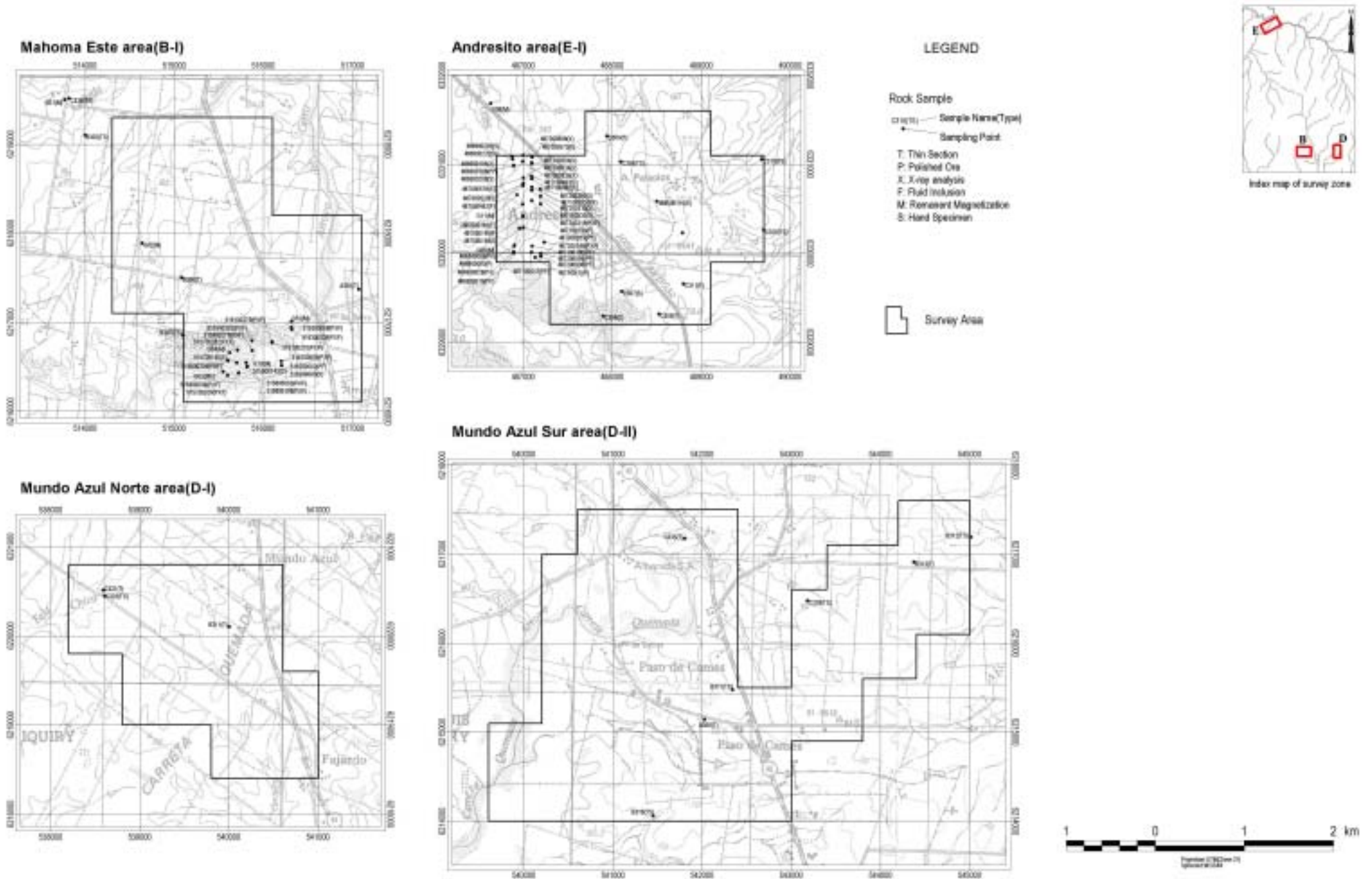


Fig. -4-1 Location map of rock samples for laboratory experiments

第5章 マホマ東地区調査結果

5 - 1 地質調査

本地区の地質図を Fig. -5-1 に示す。

本地区の北東部および南部にグリーンストーン帯を構成するサンホセ層(pCCsjo)が分布し、南西部から南部にかけて花崗岩 (pCC)が貫入している。また、サンホセ層中にはアプライト、花崗岩質岩脈の貫入が、花崗岩中には粗粒玄武岩 (dolerite) 岩脈の貫入が、それぞれ認められる。

サンホセ層は、黒雲母片岩を主体に、これと互層を成す緑色片岩が分布し、部分的にレンズ状の石英細脈ないし珪化岩を狭在している。本地区周辺では、N70°W、30°S の走向傾斜であるが、花崗岩周辺では貫入の影響を受け、走向が花崗岩の縁辺部と平行になる傾向を示す。顕微鏡観察結果では、安山岩質、デーサイト質変質岩、また部分的には片岩および凝灰岩も含む。変成作用により、石英、斜長石、アクチノ閃石、白雲母および緑簾石が二次鉱物として構成されている。

花崗岩は、強く変質し、珪長質鉱物は白雲母化し、苦鉄質鉱物は緑泥石化および緑簾石化している。一部は珪化し、東 - 西方向の石英細脈が認められる。顕微鏡観察結果およびX線回折結果からは、一般的に均質組織および粘土鉱物が認められ、一部に圧砕岩が確認される。特徴的な鉱物としては、燐灰石、ジルコン、蛍石などが多く認められ、部分的にアプライトおよびペグマタイトの岩脈を伴う。トレンチ調査の結果、花崗岩中に数 ppb 単位の金異常が確認された。

粗粒玄武岩の岩脈は、東北東 - 西南西方向に延長し、地表近くで風化が激しいが、強い磁性を持つ。トレンチ調査の結果、複数のトレンチで同方向に延長する脈幅数十センチメートルから十数メートルの岩脈が確認された。

花崗岩中に貫入するその他の岩脈として、多数のアプライトおよびペグマタイトが確認され、東西方向または東北東 - 西南西方向へ延長することが確認された。

第2年次の空中磁気探査でグリーンストーン帯に東北東 - 西南西ないし東 - 西方向で細長く延長する多数の高磁気帯を補足した。この高磁気帯の成因を調べるため、地質調査を行なうとともに、カッパーメータで高磁気帯周辺の帯磁率を測定した。

マホマ東地区の南部に分布する東北東 - 西南西方向の高磁気帯は、磁性の強い粗粒玄武岩の岩脈により形成されたものと判断される。貫入を受けた花崗岩の帯磁率は、 $0.01 \sim 0.10 \times 10^{-3}$ (SI) であり、粗粒玄武岩粒の帯磁率は $5.0 \sim 50 \times 10^{-3}$ (SI) であった。

マホマ東地区の北西部に接して分布する東北東 西南西方向の高磁気帯は、雲母片岩を主体とする堅固な片岩類が連続して分布し、雲母片岩中に磁鉄鉱が認められ、帯磁率は $5.0 \sim 15.0 (\times 10^{-3})$ と周辺の地層に比べ高いため、磁性の強い片岩類により形成されているものと思われる。

本地区の北西方向、数キロメートルに分布する東北東 西南西方向の高磁気帯は、岩石の露出の悪い地域に位置し、周辺の地質は不明であるが、空中磁力探査の高磁気帯分布域に磁鉄鉱を含む珪化した粗粒玄武岩の転石が複数分布し、高いものは帯磁率が $80 (\times 10^{-3})$ 以上であるため、磁性の強い粗粒玄武岩により形成されているものと思われる。

5 - 2 土壌地化学探査

5 - 2 - 1 調査位置及び調査量

土壌地化学探査はマホマ東地区の全域で行った。

マホマ東地区で採取した土壌採取試料数は 399 個である。マホマ東地区、アンドレシート地区およびムンドアスール地区で採取した土壌試料位置図を Fig.11-5-2 に示し、その異常値の分布を Fig. 11-5-3 に示す。また、土壌の概要、周辺の地質等および採取位置等を記したリストを Appendix 3 に示す。

5 - 2 - 2 解析結果

(1) 統計処理結果

採取した土壌試料の分析結果を Appendix 4 に示す。これらの分析結果をコンピューターに入力し、統計処理を行った。統計処理の結果を Appendix 5 に示す。

本調査に採用した 31 元素のうち Ag、Sb、B、Bi、Be、Mo、Sn および W の各元素は、大部分が検出限界以下の値を示す。

各元素の関係を明らかにするため、相関係数を求めたところ、Au と高い相関を示す元素は認められなかった。

(2) 単変量解析結果

各成分の統計処理結果を検討し、Appendix 4 に示した基本統計量、EDA 法および累積頻度分布図を基本にしきい値を決めたが、Upper Fence 或いは Mean+2SD の値はしきい値を決める際の参考とした。以下に、各元素のしきい値を示す。

Au : 12 ppb , As : 10 ppm , Cu : 18 ppm , Pb : 40 ppm ,
Zn : 52 ppm , Ba : 85 ppm , Cd : 2.0 ppm , Sr : 30 ppm ,
Li : 20 ppm , Cr : 18 ppm , Co : 8 ppm , Ni : 8.5 ppm ,
V : 39 ppm

このしきい値を用い、Appendix 5 に示すように各成分の地化学異常分布図を作成した。

なお、Au のしきい値を 12 ppb とした。それ以上を異常とした結果、本地区南部でまとまった金異常域を抽出することができた。全体的に金異常域の分布は、東-西系のトレンドを示すが、高品位の分析値は円形を示す。

(3) 多変量解析結果

多変量解析の手法としては、因子分析法を採用し、31 成分から抽出された因子と各元素の関係は以下の通りである (Appendix 5、参照)。

第 2 因子 : Al-Pb-Zr

第 3 因子 : Cr-Ni

第 4 因子 : Ti-Zr

第 6 因子 : Co-Mg

5 - 2 - 3 金の土壤地化学探査

マホマ東地区、アンドレシート地区およびムンドアスール地区の金の異常値分布を Fig. -5-3 に示す。また、マホマ東地区の土壤地化学探査における金の分析結果を解析し作成した異常値帯の分布を Fig. -5-4 に示す。

金の異常値帯は、本地域の南部に貫入する花崗岩体の分布域中に捕捉した。異常値はこの岩体の南東部周縁部に分布している。この他、数点の異常値がサンホセ層中に分布している。金異常値帯は、東西に 800m、南北に 500m 以上の連続と広がりを持ち、96ppb が金の最大品位である。花崗岩体中の金異常値は、第 2 年次調査の空中磁力探査で捕捉された東北東 - 西南西方向に延長する高磁気異常値帯とほぼ一致しており、金異常は磁気異常を構成する地質構造と密接な関係にあると考えられる。

金異常域と他の成分の異常域を重ねた結果、金異常域と関係する成分は認められない。

5 - 3 物理探査

5 - 3 - 1 調査位置および調査量

物理探査は、土地化学探査で捕捉した調査地区南部の花崗岩体に分布する異常値帯を対象に行った。物理探査の実施位置を Fig. -5-5 に示す。測点数は電磁探査 VLF-EM、磁気探査ともに 1,105 点であった。

5 - 3 - 2 電磁探査 VLF-EM

電磁探査 VLF-EM の結果を Fig. -5-6 に示す。本図は Fraser フィルター処理したもので測定データが平滑化され、同相成分はクロスオーバー（測定値が 0 を切る点）で最大となり、異常源の直上で最大になるように表示されている。

探査地域のほぼ中央部を東北東 - 西南西方向に延長する低異常値帯、およびこの低異常値帯に沿い北側および南側に分布する高異常値帯を捕捉した。この他、探査地域の北部では小規模であるが東北東 - 西南西方向の低異常値帯とこれと対を成すような高異常値帯を、南部で東 - 西方向に点在する異常値帯を捕捉した。

探査地域のほぼ中央部を東北東 - 西南西方向に延長する低異常値帯は、粗粒玄武岩の貫入を反映したもので、高異常値帯は割れ目を示唆しているものと思われる。南部に点在する東 - 西方向の異常値帯は、サンホセ層と花崗閃緑岩の境界部に位置している。

なお、東部の変化の少ない地域はサンホセ層の分布域と一致している。

5 - 3 - 3 磁気探査

磁気探査の結果を Fig. -5-7 に示す。極磁気異常（RTP）は、重力を鉛直方向に微分して得られ、異常体の磁化方向と外部磁場方向がともに鉛直を向いたときに期待される全磁力異常を示している。

探査範囲のほぼ中央部を東北東 - 西南西方向に延長する赤色で示される高異常値帯を捕捉した。この高異常値帯は、第 2 年次の空中磁気探査で把握した高磁気異常値帯にほぼ一致している。

5 - 4 トレンチ調査

5 - 4 - 1 調査位置および調査量

トレンチ調査は、土地化学探査の異常値帯、電磁探査 VLF-EM の高・低異常値帯、磁気

探査の高異常値帯を対象に行った。本地区のトレンチ位置を Fig.11-5-8 に示す。

また、調査量は以下の通りである。

トレンチ名	方向	掘進延長	掘削量
Trench 515600	N-S	240m	411m ³
Trench 515700	N-S	350m	452m ³
Trench 515800	N-S	325m	464m ³
Trench 515900	N-S	400m	468m ³
Trench 516000	N-S	200m	328m ³
Trench 516100	N-S	350m	467m ³
Trench 516200	N-S	250m	364m ³
Trench 516300	N-S	130m	266m ³
合計		2,245m	3,220m ³

5 - 4 - 2 地質

トレンチ調査の結果を Fig. 11-5-9 に示し、実測によるトレンチのスケッチを Appendix 8 に示す。

(1) 土壌

トレンチ調査では、土壌を A、B および C 層に区分した。場所によって C 層が欠如する。A 層は土壌の表層部にあたり、一般に黒色粘土質で、石英岩片および風化岩岩片を含む場合が多い。B 層は、暗褐色で構造的なものは認められないが、C 層は花崗岩を反映し黄褐色であり、石英脈や剪断帯と思われる構造を残しているところがある。

粗粒玄武岩の岩脈は黒色で、花崗岩に比べ強く風化を受け、3m 以上まで掘削しても新鮮な岩石が露出しないことが多く、岩脈の上部には拳(こぶし)大の花崗岩の転石が覆っている場合がある。不整合時、粗粒玄武岩の岩脈は花崗岩より深く侵食を受けたものと思われ、周辺の花崗岩が落ち込んだものと思われる。

(2) 岩盤

トレンチ調査を実施した地域の主要な原岩は、白雲母花崗岩で南東部にサンホセ層が分布する。

花崗岩は、部分的にアプライトおよびペグマタイトの岩脈を伴い、粗粒玄武岩の貫入を受けている。顕微鏡観察の結果、白雲母花崗岩は、石英、斜長石、カリ長石、白雲母からなるが、燐灰石およびジルコンも確認された。

サンホセ層は、堆積岩を原岩とする結晶片岩類および緑色岩で構成され、トレンチ調査地域の南東部に分布する。

粗粒玄武岩は、東西方向或いは東北東-西南西方向に伸びた分布を示し、数十センチメートルから十数メートル幅の岩脈が確認された。本地区最大の粗粒玄武岩の岩脈は、磁性が強く、ほぼ東北東 西南西方向の剪断構造に沿って貫入したものである。

(3) 地質構造

本地区のトレンチ調査において、露出している岩相の割れ目と内部構造の方向性を調べるため、ステレオネット法による検討を行い、Fig. 5-10 に示すように、マホマ東地区及びビアンドレシート地区のローズダイアグラムを作成した。本地区のローズダイアグラムをみると、割れ目は東 - 西方向に集中するものの、東北東 西南西、北東 - 南西および北西 - 南東方向の割れ目も多く発達する傾向が認められた。

東北東 西南西方向の割れ目の代表的なものとして、白雲母花崗岩中に数メートルから十数メートルの剪断帯が確認され、剪断帯はほぼ垂直で、強い破碎を受け、部分的には絹雲母 - 黄鉄鉱に富むレンズ状の石英脈を含む。トレンチ 515600 からトレンチ 516200 でみられるようにこの剪断構造に沿って粗粒玄武岩の岩脈が認められた。その近傍でレンズ状の石英脈を伴う割れ目が存在することある。この他の粗粒玄武岩の岩脈も東北東-西南西方向に延長したものが多し。

トレンチ 516200 で確認された白雲母花崗岩とサンホセ層 (pCCsjo) の境界は、東西方向の断層と判断された。また、白雲母花崗岩中に分布するペグマタイトおよびアプライトの岩脈は東 - 西系の方向性を有しているものが多し。

(4) 鉱化作用

岩盤の分布するトレンチ底面において、チャンネルサンプリングによる試料を 1m 毎に採取し、分析を実施した。分析結果を Appendix 9 に示す。粗粒玄武岩の岩脈内およびその周辺、または石英脈分布域周辺に金の鉱徴が確認された。また、微量ではあるが、花崗岩中に金が確認されている。

各トレンチにおける分析結果は以下のとおりである。

トレンチ 515600 では、金 0.43ppm(幅 1m)、0.18ppm(幅 1m)、0.29ppm(幅 1m)、0.75ppm(幅 1m) { Fig. -5-11、参照 } の品位が花崗岩中の石英脈或いは粗粒玄武岩中に確認された。

トレンチ 515700 では、金 0.15ppm(幅 2m)、0.2ppm(幅 1m)、0.21ppm(幅 1m)、0.20ppm(幅 1m)、0.23ppm(幅 1m) { Fig. -5-12、参照 }、0.21ppm(幅 1m)、0.13ppm(幅 3m)、0.16ppm(幅 1m)、0.27ppm(幅 2m) の品位が花崗岩中の石英脈或いは粗粒玄武岩中に確認された。

トレンチ 515800 では、金 0.48ppm(幅 1m)、0.31ppm(幅 1m)、0.54ppm(幅 1m)、0.25ppm(幅 2m)、0.31ppm(幅 1m) の品位が花崗岩中の石英脈或いは粗粒玄武岩中に確認された。

トレンチ 515900 では、金 0.18ppm(幅 1m)、0.17ppm(幅 1m)、0.31ppm(幅 5m)、0.14ppm(幅 1m)、0.24ppm(幅 3m)、0.14ppm(幅 1m)、0.14ppm(幅 1m)、0.14ppm(幅 2m) の品位が花崗岩中の石英脈或いは粗粒玄武岩中に確認された。

トレンチ 516000 では、金 0.19ppm(幅 1m)、0.18ppm(幅 1m) の品位が花崗岩中の石英脈中に確認された。

トレンチ 516100 では、金 0.34ppm(幅 1m)、0.26ppm(幅 2m) の品位が花崗岩中の石英脈或いは粗粒玄武岩中に確認された。

花崗岩中の石英脈試料による研磨片観察の結果(Appendix 1、参照)、一般に石英は乳白色で、他の鉱物は認められないものの、10 試料のうち 3 試料で金が確認された。試料番号 515800108 では、黄鉄鉱-褐鉄鉱-針鉄鉱が確認され、金も観察された。本地区の金鉱化は、東西方向、東北東 西南西方向に伸びる垂直からやや南傾斜のレンズ状石英脈、または粗粒玄武岩の岩脈に関連していると考えられる。

本地区のレンズ状石英脈から採取した流体包有物試験の結果(Appendix 1、参照)、均質化温度の平均は 197.3 を示し、塩濃度は 13.6 % NaCl であった。

また、トレンチより採取した試料による X 線回折試験の結果(Appendix 1)、石英、スメクタイト、絹雲母などの変質鉱物が検出された。

5 - 4 - 3 トレンチ試料分析値結果の解析

(1) 統計処理結果

トレンチより採取した岩石試料の分析結果を Appendix 9 に示す。これらの分析結果をコンピューターに入力し、統計処理を行った。統計処理の結果を Appendix 10 に示す。

本調査に採用した 31 元素のうち Ag、Sb、Bi、Cd、Mo、Sc、Sn および W の各元素は、大

部分が検出限界以下の値を示す。

各元素の関係を明らかにするため、相関係数を求めた。この結果、Au と高い相関を示す元素は認められなかったが、As が 0.254 と弱い相関を示した。

(2) 単変量解析結果

各成分の統計処理結果を検討し、Appendix 10 に示した基本統計量、EDA 法及び累積頻度分布図を基本にしきい値を決め、Upper Fence 或いは Mean+2SD の値は、しきい値を決める際に参考にした。以下に各元素のしきい値を示す。

Au : 47 ppb ,	As : 23 ppm ,	Cu : 42 ppm ,	Pb : 70 ppm ,
Zn : 53 ppm ,	Ba : 57 ppm ,	Ca : 0.12 % ,	Sr : 20 ppm ,
Mg : 0.2 % ,	Li : 80 ppm ,	Cr : 90 ppm ,	Co : 30 ppm ,
Ni : 36 ppm ,	V : 90 ppm ,	Mn : 0.05 % ,	Ti : 0.5 % ,
Y : 12 ppm ,	Zr : 170 ppm		

このしきい値を用い、Appendix 11 に示すように各成分の地化学異常分布図を作成した。金異常域と他の分析成分の異常域を重ねた結果、金異常域と関係する成分は砒素のみであった。

5 - 4 - 4 トレンチ結果のまとめ

トレンチ調査を実施した地域は、サンホセ層(pCCsjo)に貫入した白雲母花崗岩(pCC)が分布し、この岩体に粗粒玄武岩が貫入する。割れ目は、東 - 西方向が顕著で、東北東 西南西、北東 - 南西および北西 - 南東方向の割れ目も多く発達する傾向が認められた。

東北東 西南西方向の割れ目の代表的なものとして、トレンチ 515600 からトレンチ 516200 でみられるように白雲花崗岩中に数メートルから十数メートルの剪断帯が確認され、剪断帯はほぼ垂直で、強い破碎を受け、部分的には絹雲母 - 黄鉄鉱に富むレンズ状の石英脈を含む。この剪断構造に沿って、粗粒玄武岩の岩脈が認められ、その近傍でレンズ状の石英脈を伴う割れ目が認められる。この他の粗粒玄武岩の岩脈も東北東 - 西南西方向に延長したものが多い。また、トレンチ 516200 では、サンホセ層 (PCCsjo) と花崗岩が接する断層を観察することができた。

トレンチ底面において、1m 毎にチャンネルサンプリングによる試料を採取し、分析を行った結果、代表的な高金品位部は以下のとおりである。

- ・トレンチ 515600 : 0.43ppm(幅 1m)、0.75ppm(幅 1m)
- ・トレンチ 515700 : 0.27ppm(幅 2m)
- ・トレンチ 515800 : 0.48ppm(幅 1m)、0.31ppm(幅 1m)、0.54ppm(幅 1m)
- ・トレンチ 515900 : 0.31ppm(幅 5m)、0.24ppm(幅 3m)、
- ・トレンチ 516000: 0.19ppm(幅 1m)、
- ・トレンチ 516100: 0.34ppm(幅 1m)、0.26ppm(幅 2m)

これらの金異常域は、花崗岩中の石英脈ないし粗粒玄武岩の岩脈近辺に現われる傾向を示す。東西に 500m、南北に 300 m以上の広がりを持つが、金の最高品位が 0.75ppm で、全般に品位が低い。

5 - 5 考察

マホマ東地区の調査結果を Fig. 5-13 に示す。

本地域の地質は、北部、東部および南部にグリーンストーン帯を構成するサンホセ層 (pCCsjo) が分布し、南西から南部にかけて花崗岩体 (pCC) が貫入しており、この岩体中に磁性の強い粗粒玄武岩 (dolerite) の岩脈が貫入している。花崗岩は強く変質を受け、珪長質鉱物は白雲母化し、苦鉄質鉱物は緑泥石化および緑簾石化している。

土壤地化学探査の結果、金の異常値帯を本地域の南部に貫入する花崗岩体の分布域中に捕捉することができ、検出限界以上の分析値が本岩体の南東部周縁部に分布することが分かった。この他、数点の異常値がサンホセ層中に分布している。金のしきい値は 12ppb で、最大金品位は 96ppb であった。

電磁探査 VLF EM および磁気探査は、地質構造を考慮し、土壤地化学探査で捕捉した花崗岩体に分布する異常値帯を対象に行った。本調査により、探査地域のほぼ中央部を東北東 - 西南西方向に延長する低異常値帯を捕捉し、この低異常値帯に沿って北側および南側には高異常値帯が分布していることが分かった。磁気探査の結果、探査範囲のほぼ中央部を東北東 - 西南西方向に延長する高異常値帯を捕捉することができた。これは、第 2 年次の空中磁気探査で把握した高磁気異常値帯にほぼ一致しており、磁性の強い粗粒玄武岩の岩脈を反映しているものと判断される。

トレンチ調査は、土壤地化学探査の異常値帯、電磁探査 VLF-EM の高・低異常値帯、磁気探査の高異常値帯を対象に行った。東 - 西から東北東 - 西南西方向の割れ目が顕著で、1m ~ 20m 幅の剪断帯が確認され、この剪断帯に粗粒玄武岩の岩脈がほぼ垂直に貫入してい

る。剪断帯の一部には、レンズ状の石英脈が確認された。

トレンチ底面から 1m 毎にチャンネルサンプリングした試料を採取し分析した結果、以下の高品位部を把握することができた。

- ・トレンチ 515600 : 0.43ppm(幅 1m)、0.75ppm(幅 1m)
- ・トレンチ 515800 : 0.48ppm(幅 1m)、0.31ppm(幅 1m)、0.54ppm(幅 1m)
- ・トレンチ 516100: 0.34ppm(幅 1m)、0.26ppm(幅 2m)

これらの金の異常域は、花崗岩中の石英脈ないし粗粒玄武岩の岩脈近辺に現われる傾向を示す。

花崗岩中の石英脈周辺の鉍徴は花崗岩マグマ固結末期の残液に伴う鉍化作用によって形成されたものと考えられる。

金の鉍徴は花崗岩の分布域に東西に 800m、南北に 500m 以上とかなり広く分布するが、トレンチより採取した試料の分析の最高値が 0.75ppm(幅 1m)と低いばかりでなく、鉍徴地の分析値が全般に低い値となっており、石英脈の分布する下部等に鉍床が存在することも考えられるが、その可能性は極めて低いものと判断される。

従って、本地区で調査を継続する必要はないものと判断される。

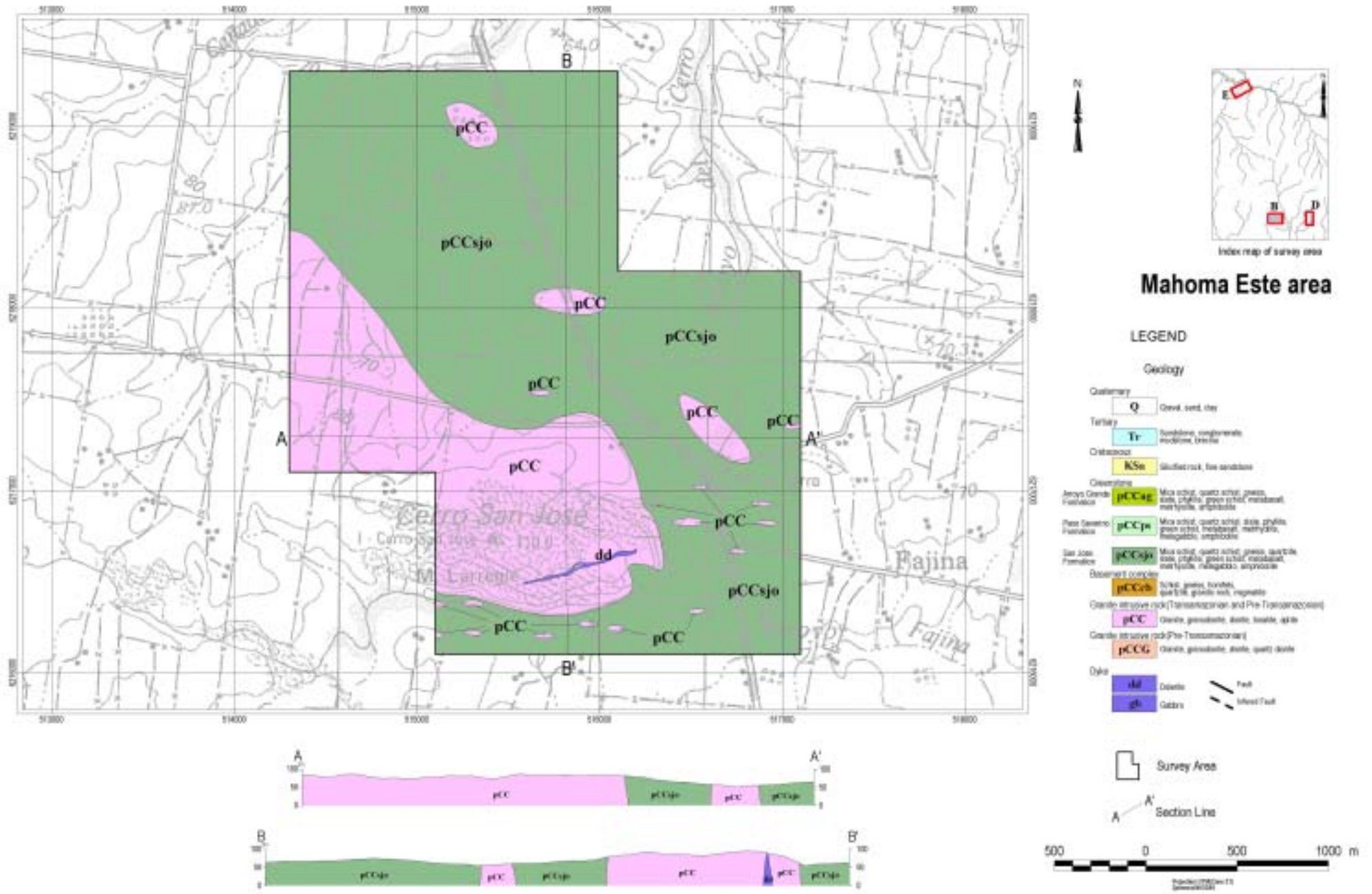


Fig. -5-1 Geological map of Mahoma Este area

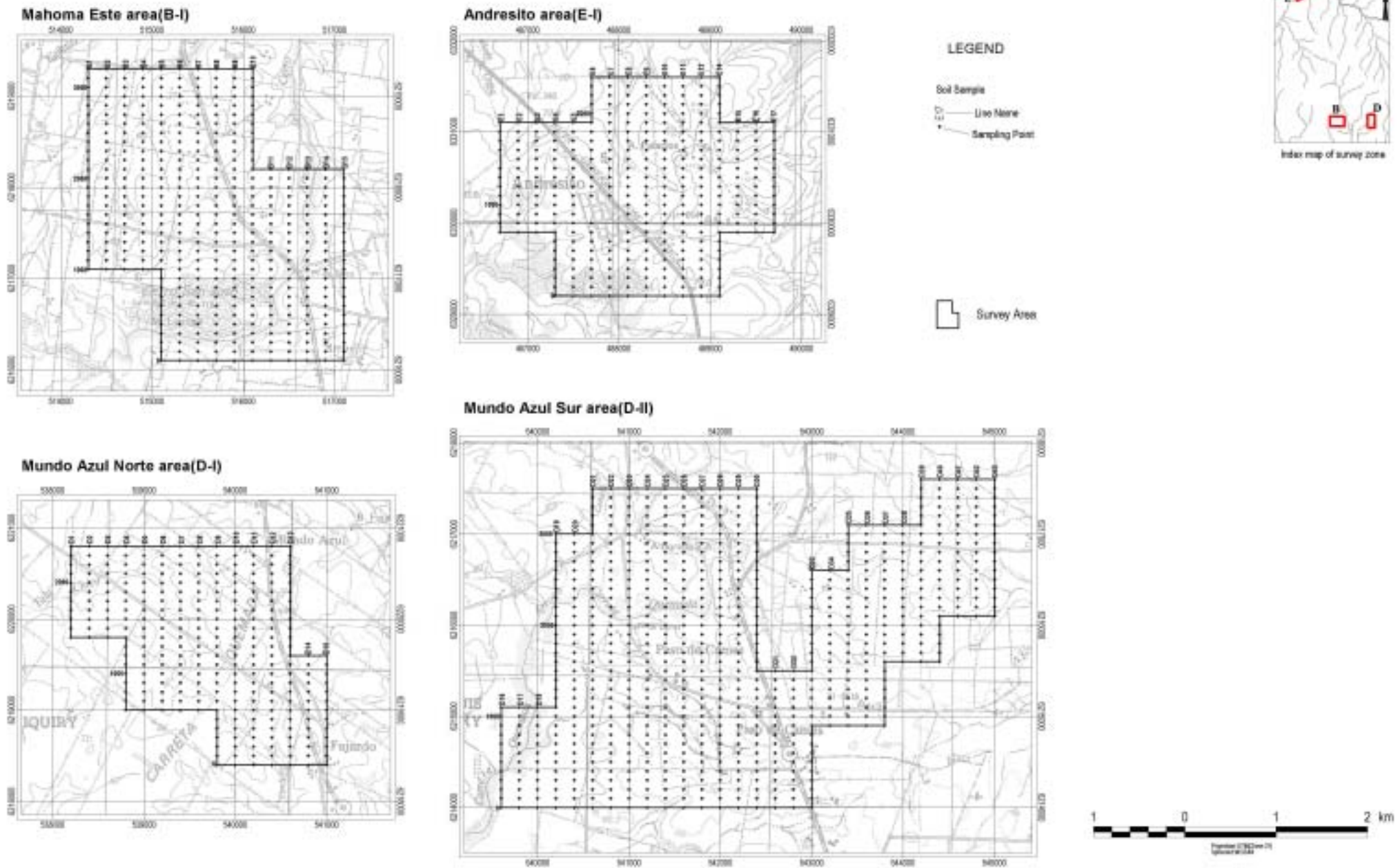
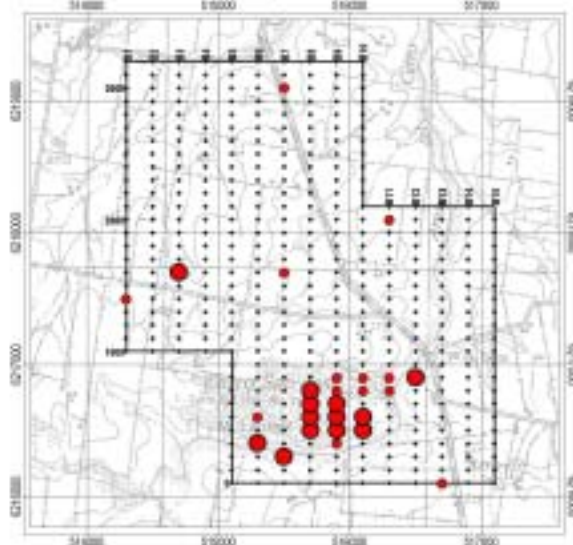
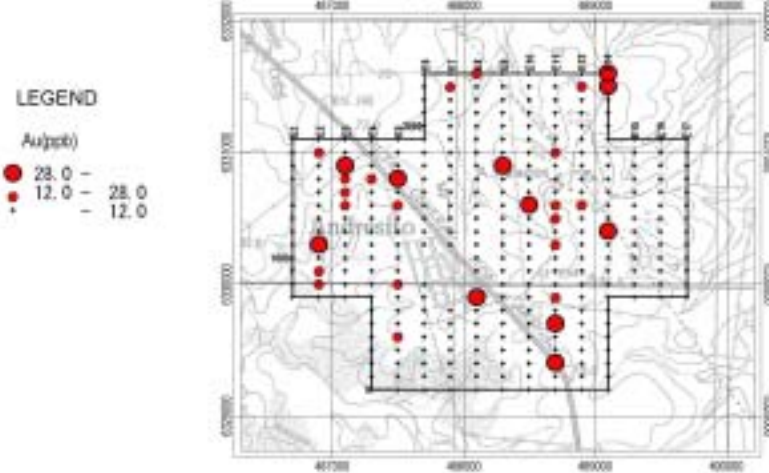


Fig. -5-2 Location map of soil samples

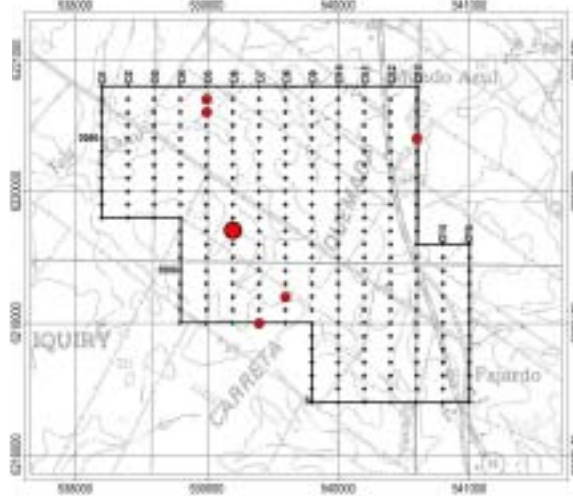
Mahoma Este area(B-I)



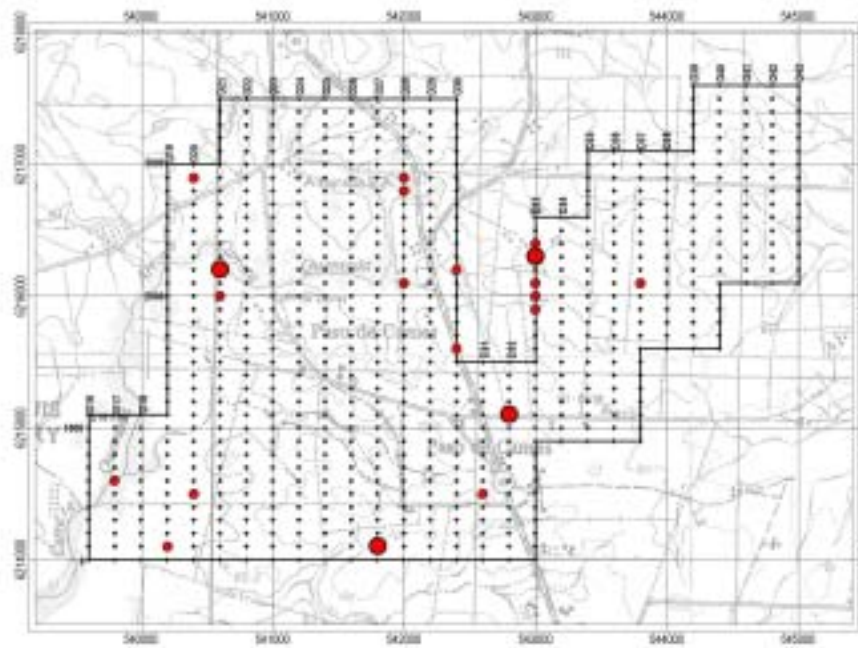
Andresito area(E-I)



Mundo Azul Norte area(D-I)



Mundo Azul Sur area(D-II)



LEGEND



LEGEND

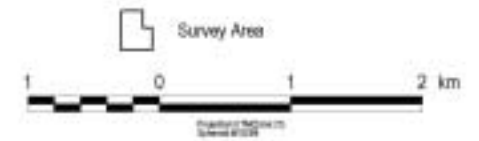
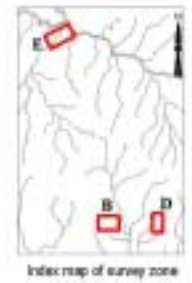


Fig. -5-3 Distribution map of Au anomalies of soil samples

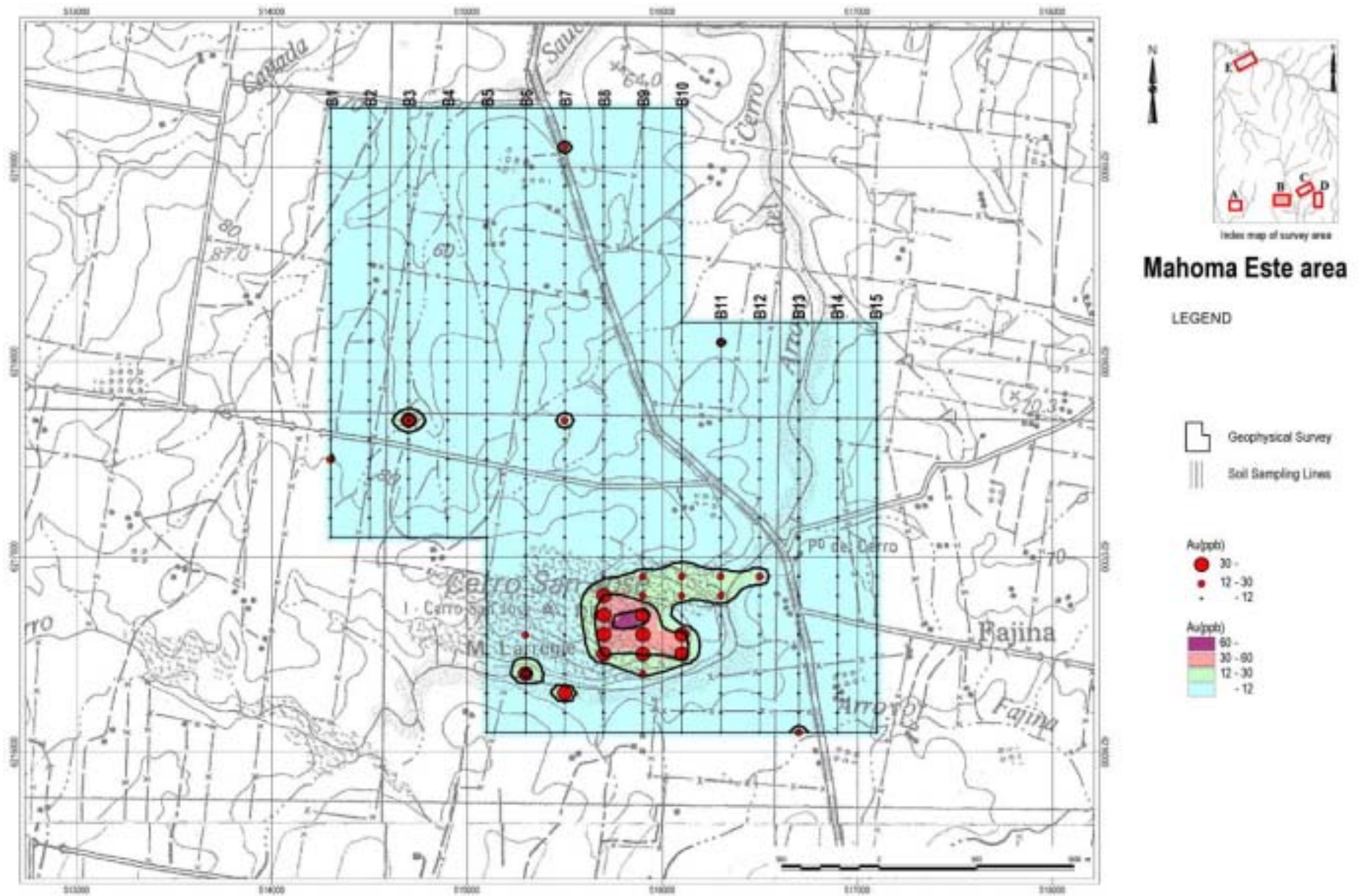


Fig. -5-4 Result of soil geochemical survey in Mahoma Este area

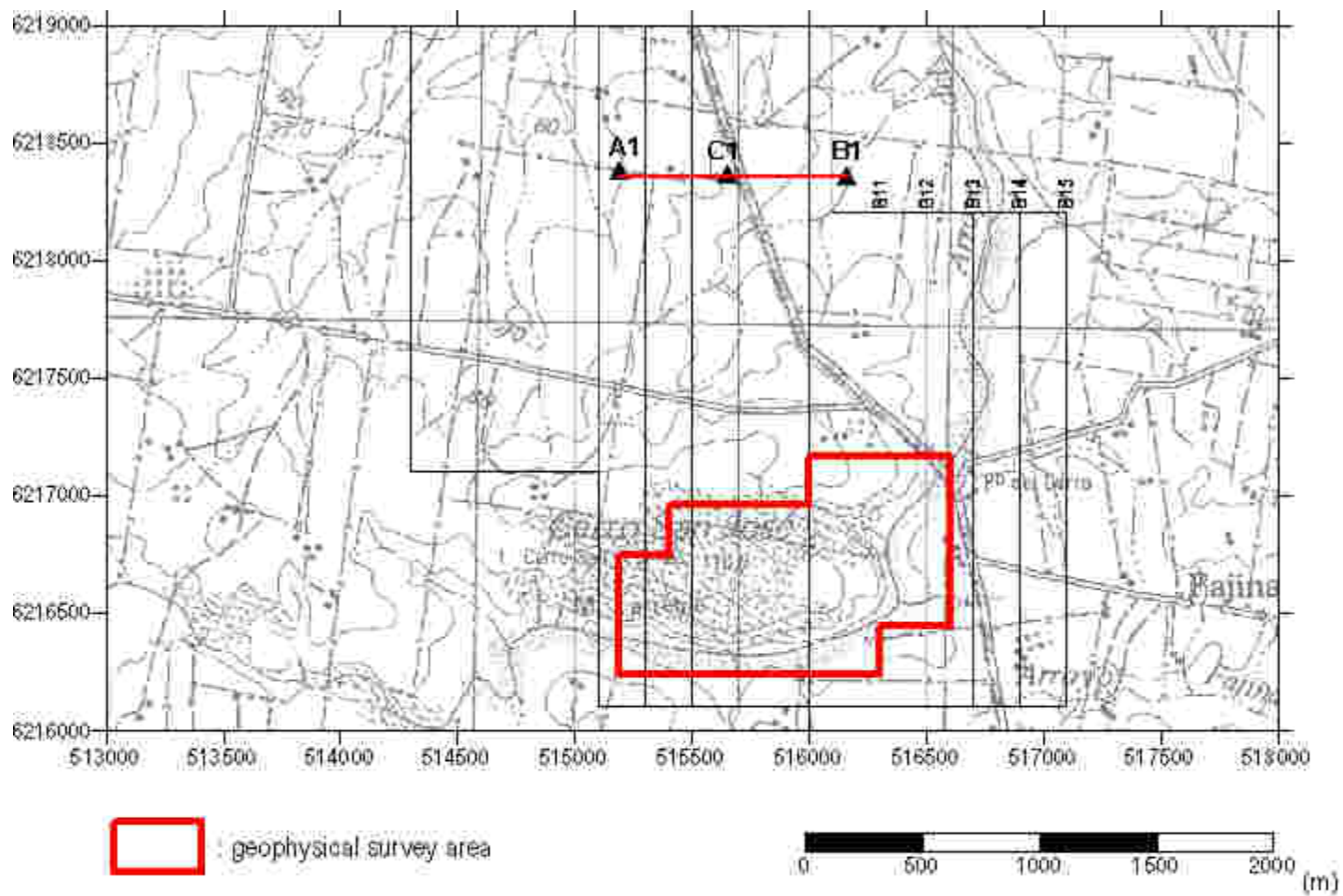
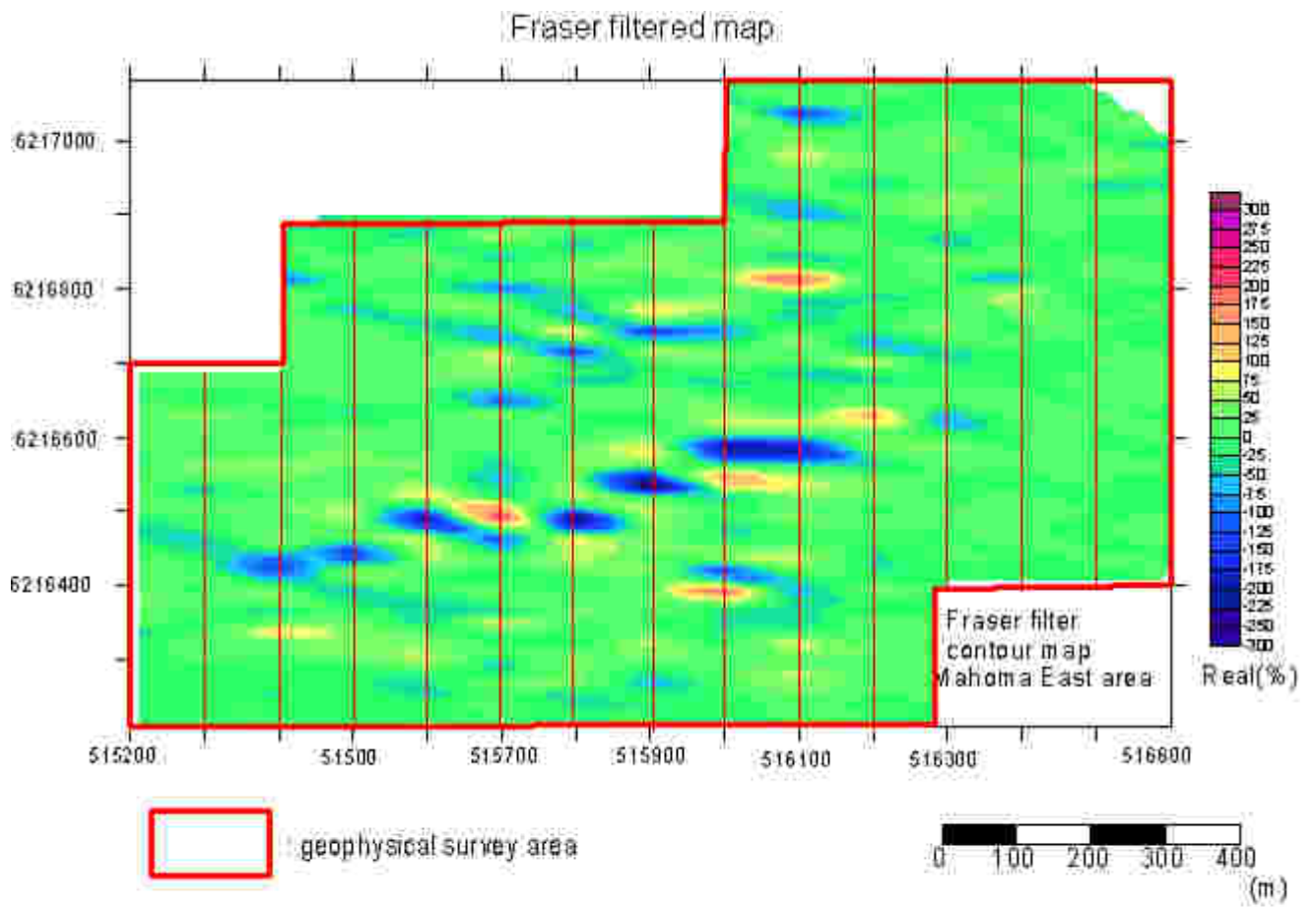


Fig.II-5-5 Geophysical survey area and transmitter dipole in Mahoma Este area



Equivalent current density pseudo-section along profile 516000

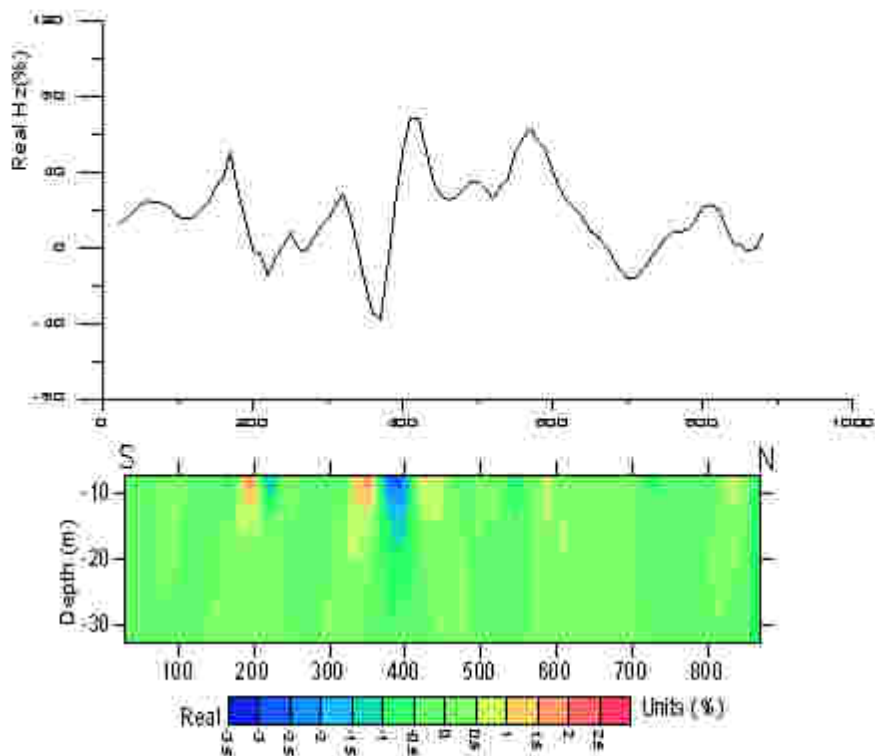


Fig.II-5-6 VLF filtered results in Mahoma East area

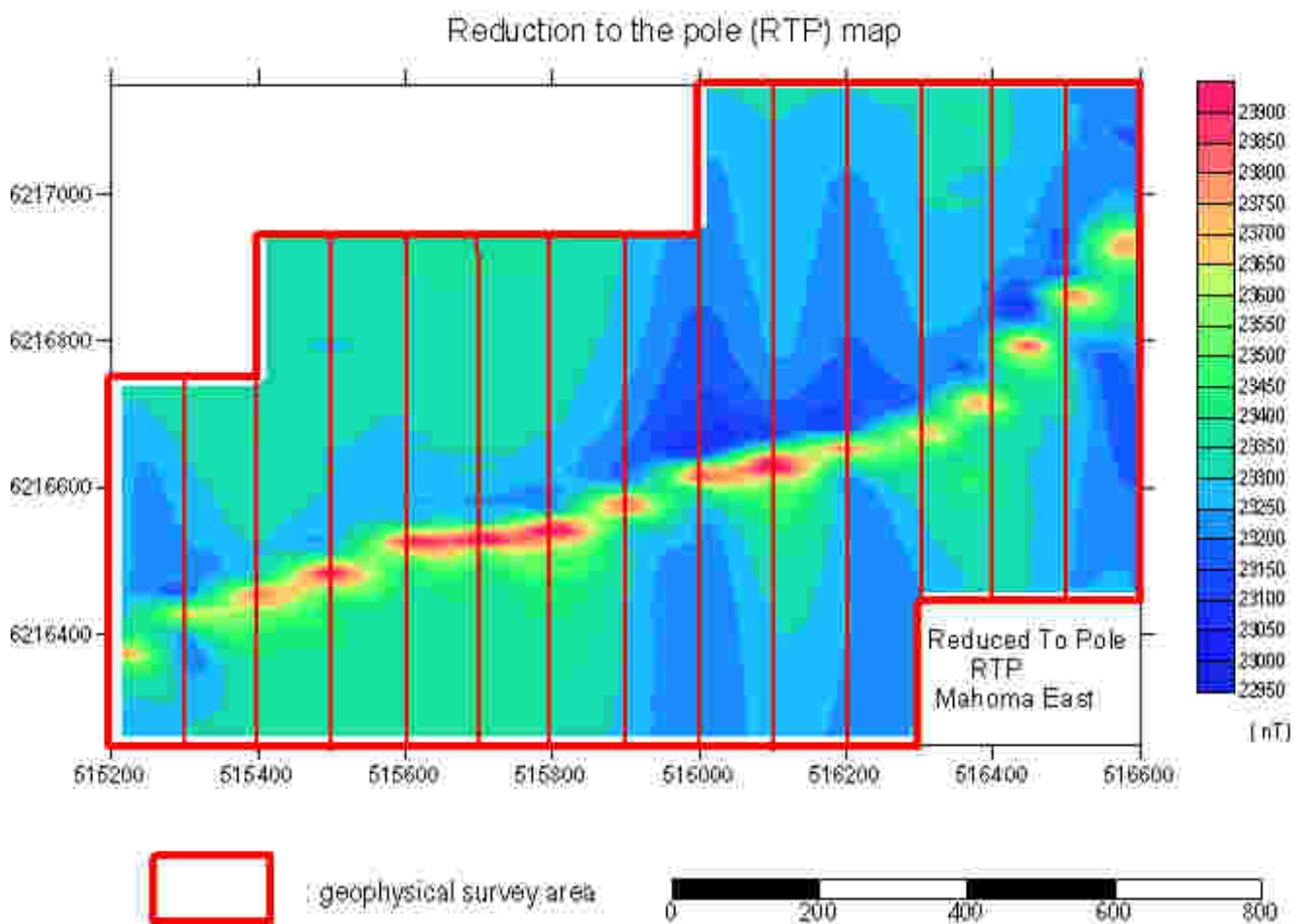
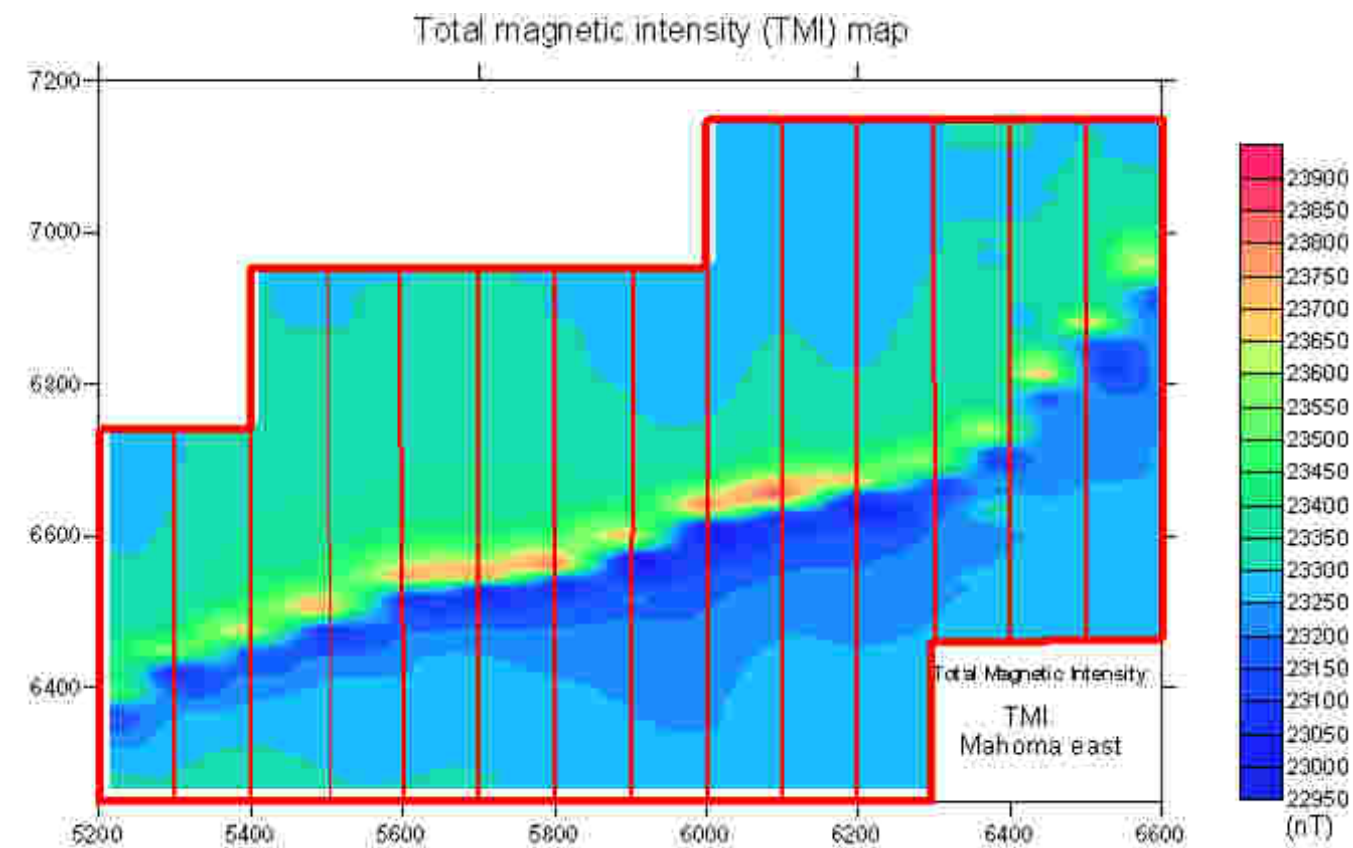


Fig.II-5-7 Total magnetic intensity and reduction to the pole in Mahoma Este area

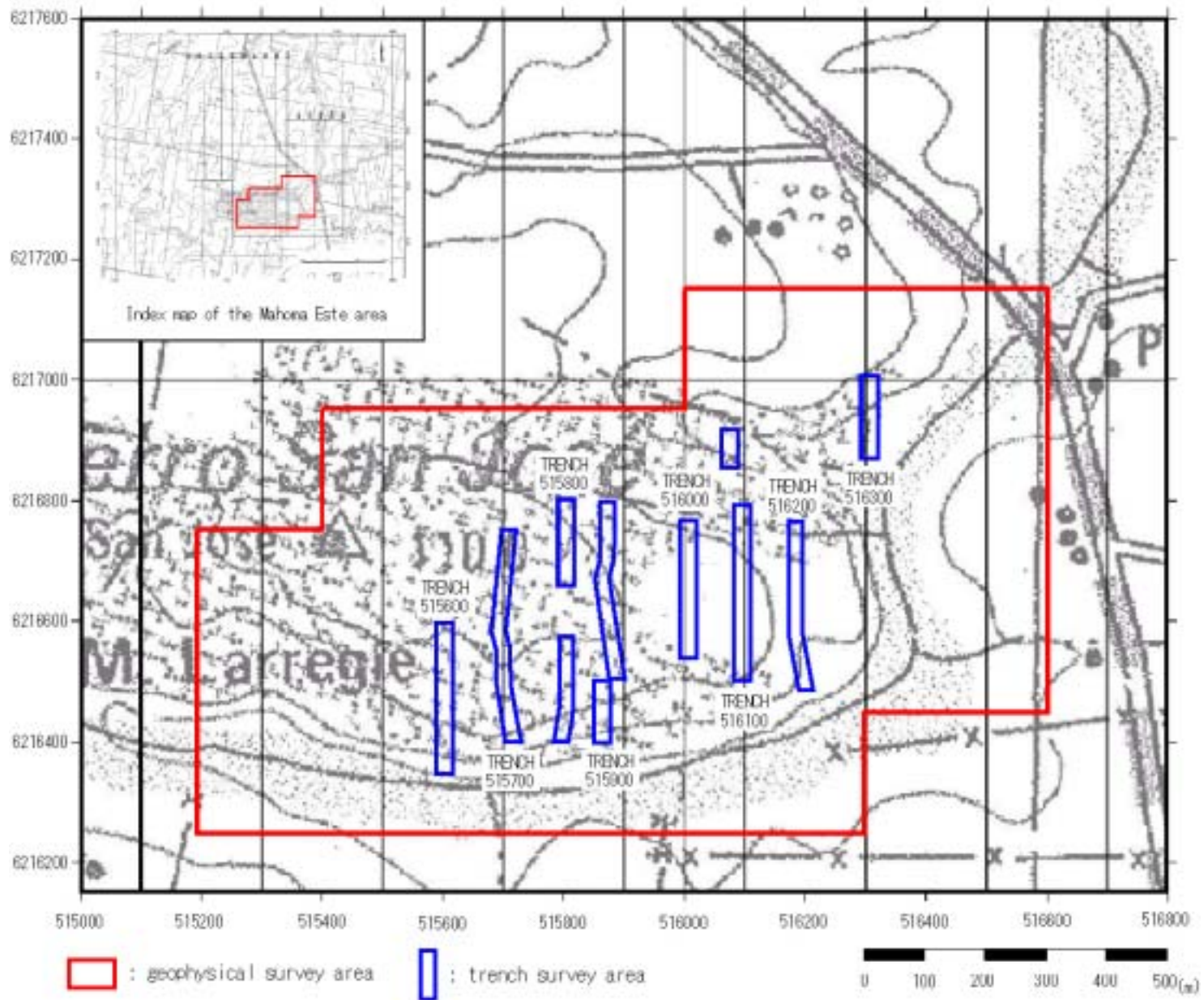


Fig. -5-8 Location map of trench in Mahoma Este area

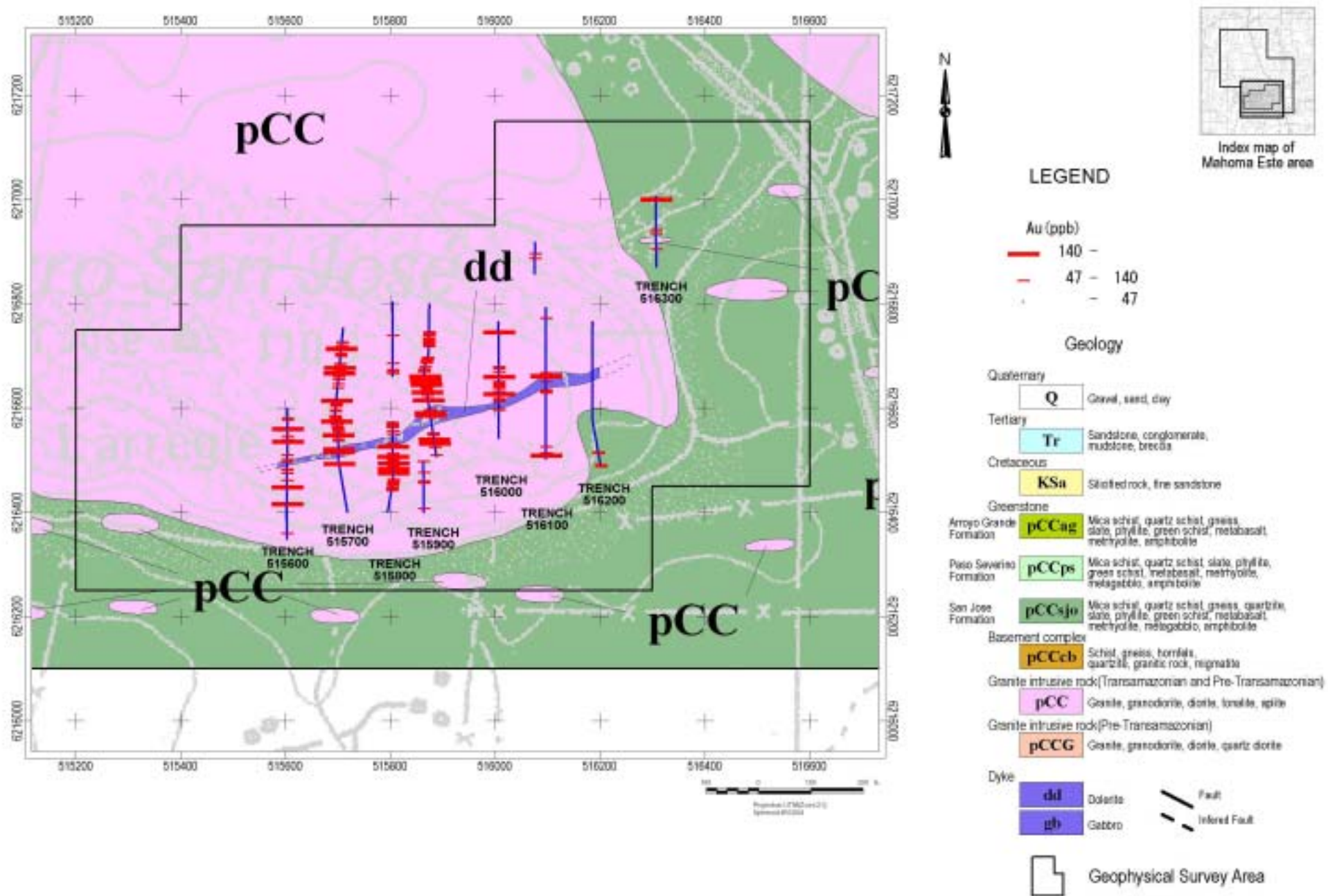
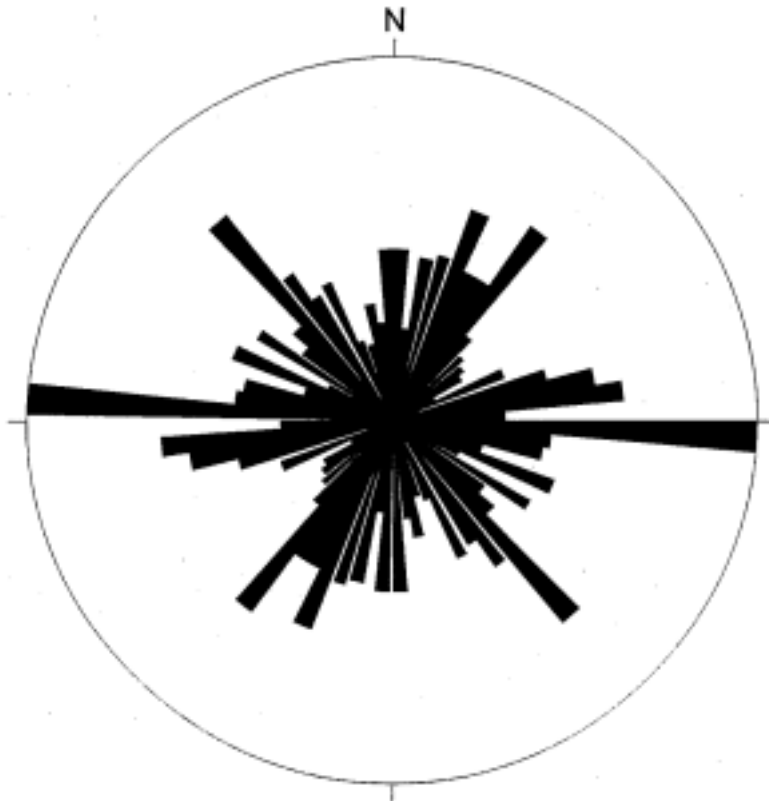


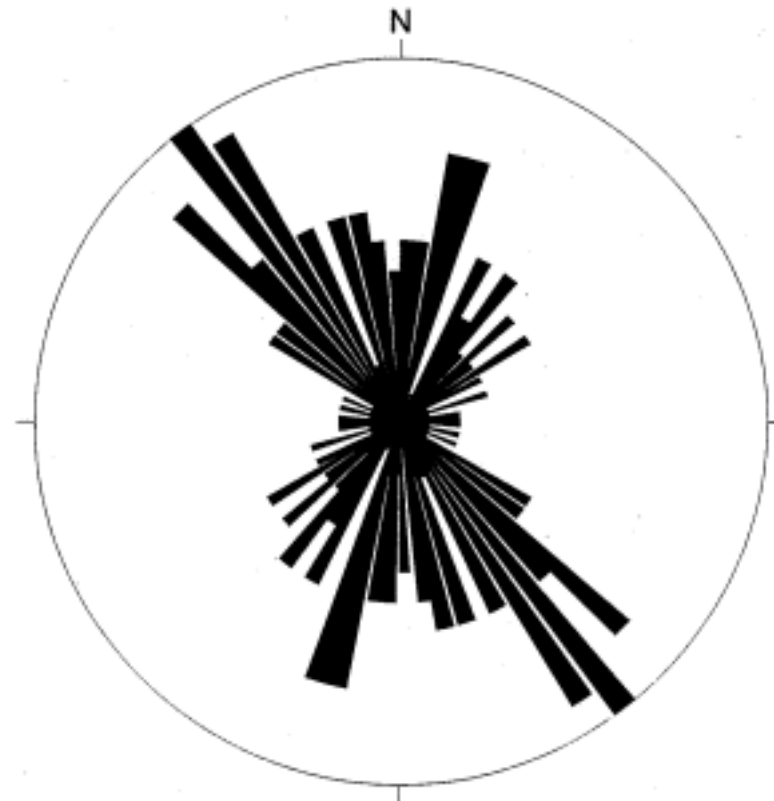
Fig. -5-9 Distribution map of Au anomalies from trench rock samples in Mahoma Este area

Mahoma Este area



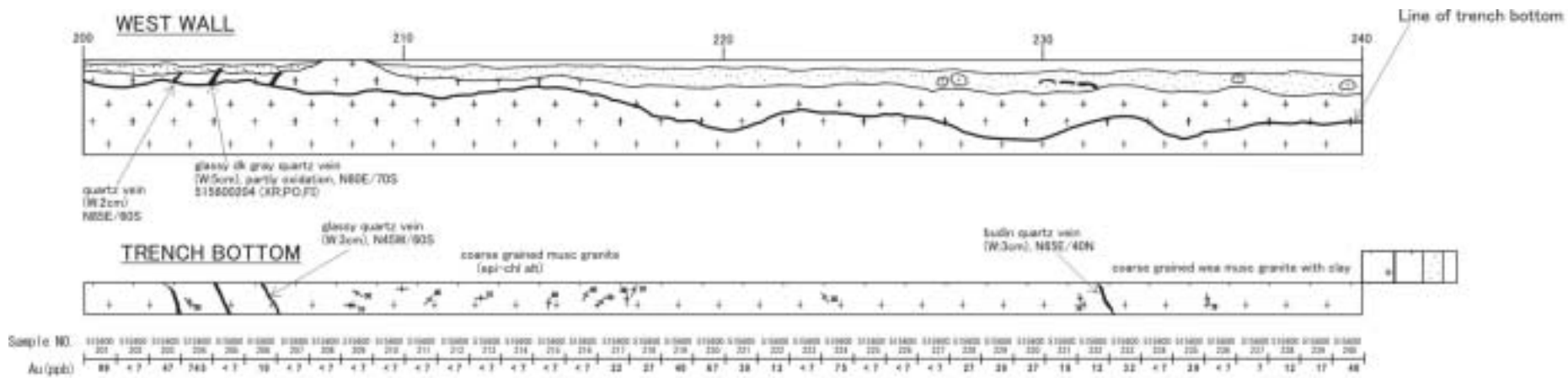
n=809
Largest petal: 55 values
Strike direction: 5 classes

Andresito area



n=168
Largest petal: 12 values
Strike direction: 5 classes

Fig. -5-10 Rose diagrams of Mahoma Este and Andresito area



LEGEND



(Scale: 1/200)



Fig. II-5-11 Sketch of trench 515600(200-240m) in Mahoma Este area

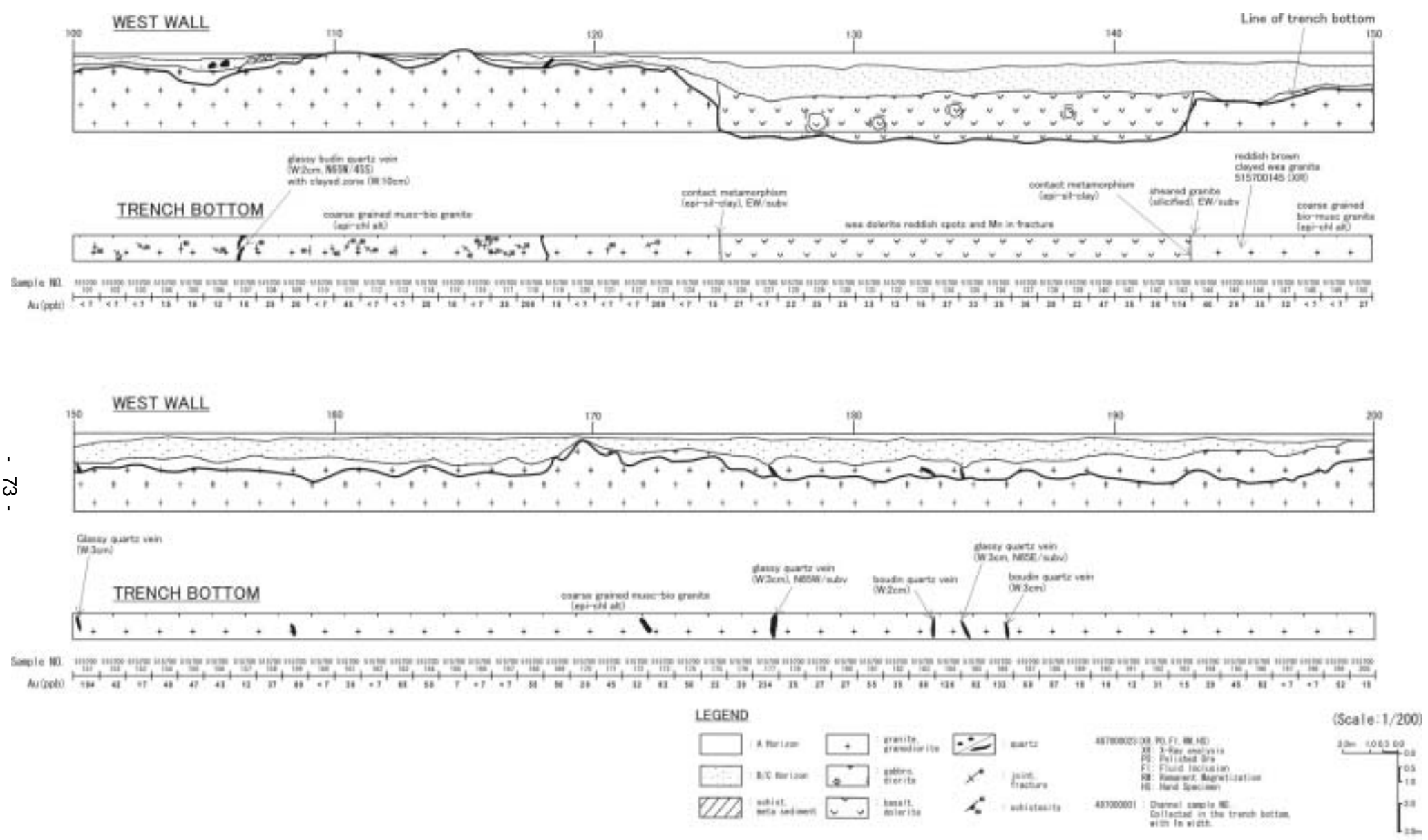


Fig. II-5-12 Sketch of trench 515700(100-200m) in Mahoma Este area

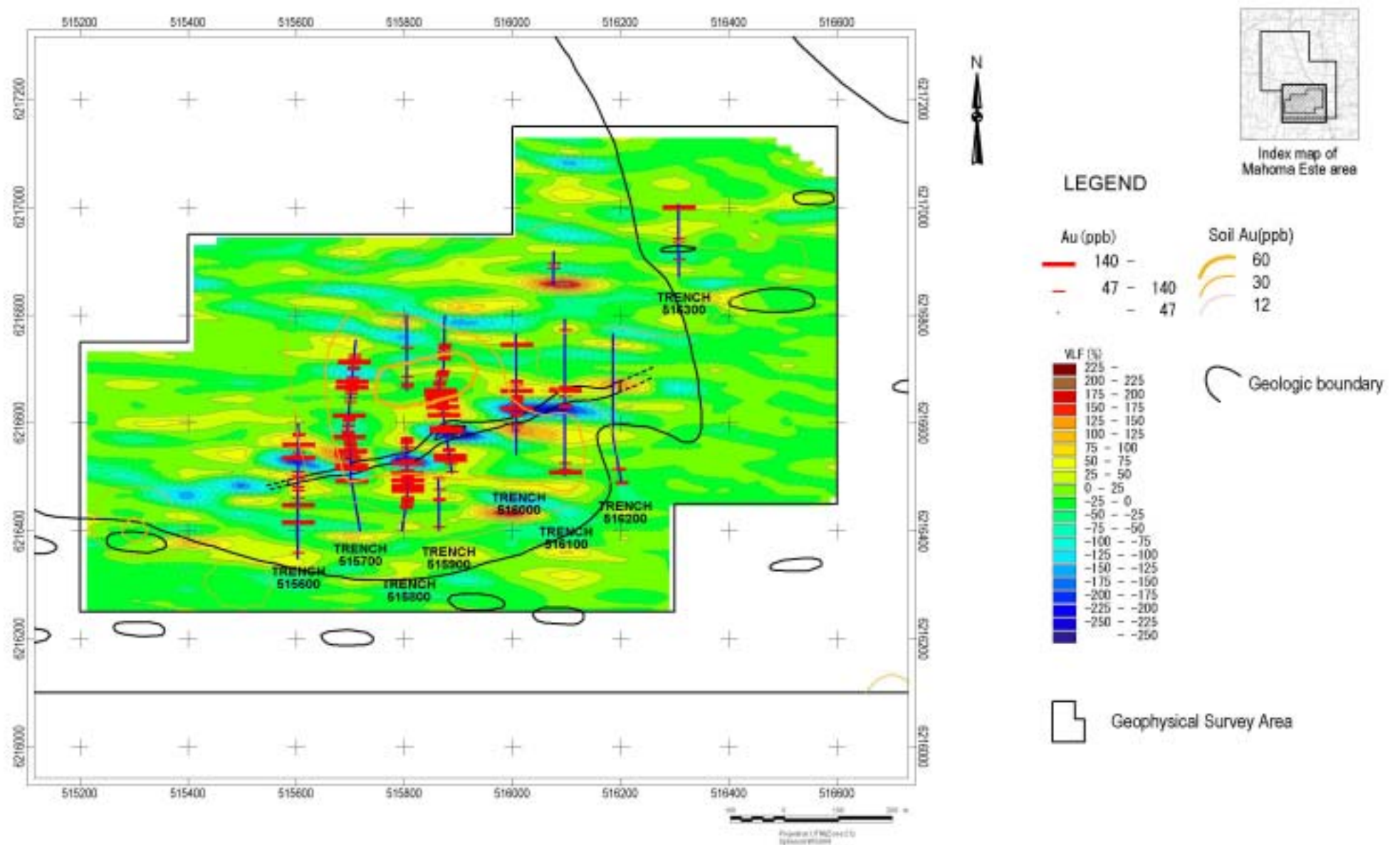
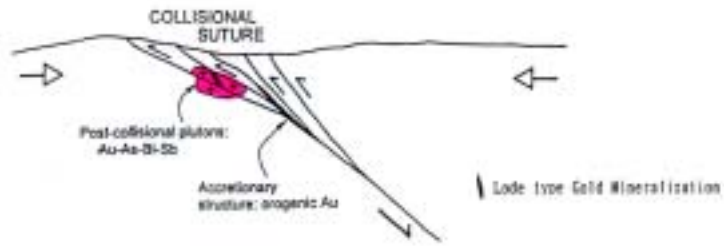
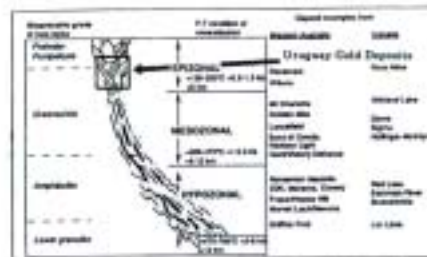


Fig. -5-13 Composite map of survey results in Mahoma Este area



Schematic tectonic setting of intrusion related and position of orogenic lode gold deposits.

Source: Sillitoe and Thompson, 1998.



Schematic section showing the crustal evolution of lode gold deposits and examples from Mexico, Australia and Canada.
Source: Sillitoe and Thompson 1998

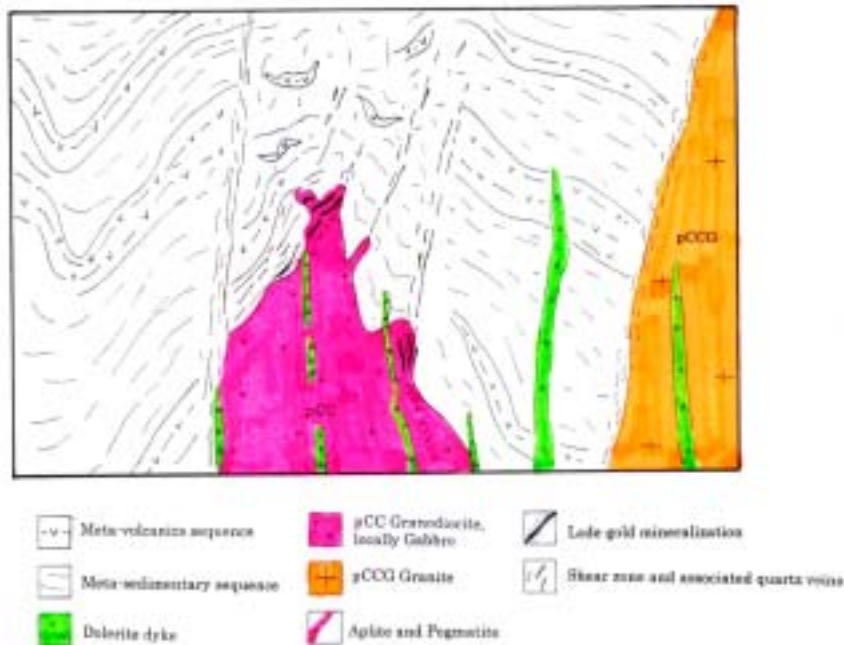


Fig. -5-14 Schematic model of gold mineralization in San Jose and Arroyo Grande area

第6章 アンドレシート地区の調査結果

6-1 地質調査

本地区の地質を Fig. -6-1 に示す。

本地区はアロジヨグランデ層 (pCCag) がほぼ全域に分布し、北東部は花崗岩類 (pCCG) が、南西部は花崗閃緑岩 (pCC) が貫入している。アロジヨグランデ層および花崗閃緑岩に多数の粗粒玄武岩の岩脈が貫入している。

本地区のアロジヨグランデ層は、主に変玄武岩から成り、変玄武岩に挟まれるように堆積岩が分布する。変玄武岩は、原岩が分からぬほど変質し、淡緑色化している。北東部の花崗岩類は、アロジヨグランデ層と東北東 - 西南西方向の断層で接していると思われ、ミグマタイト化し、断層方向に圧砕されている。

南西部の花崗閃緑岩は、北側では石英の少ない岩相となり、斑レイ岩化している。花崗閃緑岩の苦鉄質鉱物は弱く緑泥石化し、また、その一部は緑簾石化しているが、変質の度合いは花崗岩類 (pCCG) に比べ弱く、部分的に珪化している。斑レイ岩は、完晶質で長石は白雲母化、絹雲母化し、苦鉄質鉱物は緑泥石化、緑簾石化している。

粗粒玄武岩の岩脈は、調査地域の南西部に位置し、東北東 - 西南西の方向性を持ち、一部は磁性を有している。

調査地域西北西部の変玄武岩が分布する地域では、4条の石英脈ないし珪化岩が露出し、西南西部の花崗閃緑岩が分布する地域には、金粒の観察される石英脈が認められた。花崗岩の分布するこの地域には、石英の転石が多く散在している。

第2年次の空中磁気探査でグリーンストーン帯に東北東 - 西南西ないし東 - 西方向で細長く延長する多数の高磁気帯を補足した。この高磁気帯の成因を調べるため地質調査を行なうとともに、カップメータで高磁気帯周辺の帯磁率を測定した。

アンドレシート地区北部に東北東 - 西南西方向に延長する高磁気帯は、磁性の強い粗粒玄武岩の細い岩脈が多数貫入したため形成されているものと判断される。貫入を受けた変玄武岩の帯磁率は 0.3×10^{-3} (SI) 程度であるのに対し、粗粒玄武岩粒の帯磁率は $3.0 \sim 30 \times 10^{-3}$ (SI) であった。

本地区の北西方向、数キロメートルに分布する東北東 - 西南西方向に延長する高磁気帯は、その分布域付近では露頭が皆無となるため、岩石の帯磁率を測定することはできなかったが、付近の沢に磁鉄鉱を含む砂が多く分布していたことから、磁性の強い粗粒玄武岩の貫入によって形成されているものと推定される。

マホマ東地区の調査結果をも含めて考察すると、グリーンストーン帯に細長く延長する高磁気帯は、構造運動や変成作用により形成され、剪断帯の一部が磁鉄鉱などにより磁気を帯び、さらに剪断帯に沿って磁性の強い粗粒玄武岩が貫入して形成されたものと思われる。

6 - 2 土壤地化学探査

6 - 2 - 1 調査位置及び調査量

土壤地化学探査は、アンドレシート地区の全域で行なった。

アンドレシート地区で採取した土壤試料数は、310 個である。採取した土壤試料位置図を、前記の Fig. -5-2 に示した。また、採取した土壤試料の採取位置、土壤の概要および周辺の地質等を Appendix 3 に示す。

6 - 2 - 2 解析結果

(1) 統計処理結果

採取した土壤試料の分析結果を Appendix 4 に示す。これらの分析結果をコンピューターに入力し、統計処理を行った。統計処理の結果を Appendix 5 に示す。

本調査に採用した 31 元素のうち Ag、Sb、Be、Bi、Mo、Sn 及び W の各元素は、大部分が検出限界以下の値を示す。

各元素の関係を明らかにするため、相関係数を求めたが、Au と高い相関を示す元素は認められなかった。

(2) 単変量解析結果

各成分の統計処理結果を検討し、Appendix 5 に示した基本統計量、EDA 法及び累積頻度分布図を基本にしきい値を決め、Upper Fence 或いは Mean+2SD の値はしきい値を決める際に参考にした。以下に、各元素のしきい値を示す。

Au : 12 ppb ,	Ba : 140 ppm ,	Cu : 17 ppm ,	Pb : 20 ppm ,
Zn : 68 ppm ,	As : 10 ppm ,	Sr : 57 ppb ,	Cr : 60 ppm ,
Cd : 1.2 ppm ,	Co : 14 ppm ,	Ni : 32 ppm ,	V : 58 ppm ,
Li : 15 ppm			

このしきい値を用い、Appendix 6 に示すように各成分の地化学異常分布図を作成した。

(3) 多変量解析結果

多変量解析の手法としては、因子分析法を採用し 31 成分から抽出された因子と各元素の関係は以下の通りである (Appendix 5、参照)。

第 1 因子 : Co-Ni-Cu

第 3 因子 : Sr-Ba

第 7 因子 : P -Va

6 - 2 - 3 金の土壌地化学探査

土壌地化学探査における金の分析結果を解析し作成した異常値帯の分布を Fig. -6-2 に示す。

この図に示すとおり、調査地域の西部およびほぼ中央部に異常値帯を捕捉した。

西部の異常値帯は、北側と南側に別れ、北側は変玄武岩および変斑レイ岩の分布する地域と思われ、最高値は 60ppb で 8 点の異常値から構成される。南側は花崗閃緑岩の分布する地域であり、最高値は 33ppb である。

中央部の異常値帯は、変玄武岩の分布する地域であり、最高値は 40ppb で 5 点の異常値から構成されるが、検出された異常値の値はばらついている。

この他、北東部の花崗岩類、南部の花崗閃緑岩に異常値が散在している。

なお、西部の異常値帯を「アンドレシート地区 - 西」、中央部の異常値帯を「アンドレシート地区 - 東」と呼ぶこととする。

6 - 3 物理探査

物理探査は、アンドレシート地区 - 西、アンドレシート地区 - 東で行なった。実施位置を Fig. -6-3 に示す。

6 - 3 - 1 アンドレシート地区 - 西

(1) 調査位置および調査量

物理探査は、土壌地化学探査で捕捉したアロジョグランデ層 (pCCag) の変玄武岩に分布する異常値帯及び花崗閃緑岩体 (pCC) に分布する異常値帯を対象に行った。測点数は、電磁探査 VLF-EM および磁気探査ともに 844 点である。

(2) 電磁探査 VLF-EM

電磁探査 VLF-EM の結果を、Fig. -6-4 に示す。本図は Fraser フィルター処理したもので測定データが平滑化され、同相成分はクロスオーバー（測定値が 0 を切る点）で最大となり、異常源の直上で最大になるように表示されている。

探査地域の西部と南西部に異常値を捕捉した。西部の低異常値は、粗粒玄武岩の岩脈の存在に対応することが推定される。

南西部の異常値帯は粗粒玄武岩の岩脈、ないし花崗閃緑岩と変斑レイ岩の境界部に対応することが推定されるが、湿地帯となっており詳細は不明である。

(3) 磁気探査

磁気探査の結果を Fig. -6-5 に示す。左図の極磁気異常 (RTP) は、擬似重力を鉛直方向に微分して得られ、異常体の磁化方向と外部磁場方向がともに鉛直を向いたときに期待される全磁力異常を示している。

極磁気異常 (RTP) をみると、探査地域の北部を東北東 - 西南西方向で高異常値帯が横断し、南部および北部が低異常値帯となっている。高異常値帯は、変玄武岩および変斑レイ岩の分布域で、北部の低異常値帯は花崗岩類と、南部の低異常値帯は花崗閃緑岩の分布域とほぼ一致する。

6 - 3 - 2 アンドレシート地区 - 東

(1) 調査位置および調査量

物理探査は、土壤地化学探査で捕捉したアロジヨグランデ層 (pCCag) の変玄武岩が分布する地域を対象に行った。測点数は、電磁探査 VLF-EM および磁気探査ともに 713 点である。

(2) 電磁探査 VLF-EM

電磁探査 VLF-EM の結果を Fig. -6-6 に示す。本図は Fraser フィルター処理したもので測定データが平滑化され、同相成分はクロスオーバー（測定値が 0 を切る点）で最大となり、異常源の直上で最大になるように表示されている。

東西方向で低・高異常値が延長する傾向を示し、やや西部に顕著な異常値帯が認められる。露頭が少なくその原因は不明であるが、西部の低異常値帯付近には粗粒玄武岩が分布し、堅固な岩脈が低異常値帯を形成しているものと思われる。

なお、北東部は高圧線の影響を受け、正確なデータを取ることはできなかった。

(3) 磁気探査

磁気探査の結果を Fig. -6-7 に示す。下図は極磁気異常 (RTP) を示したもので、擬似重力をさらに鉛直方向に微分して得られ、異常体の磁化方向と外部磁場方向がともに鉛直を向いたときに期待される全磁力異常を示している。

RTP 図をみると、探査地域の磁気は北東部が高く、南西部が低くなっている。この結果は、第2年次の空中磁気探査の探査結果とほぼ同じ結果となっている。本地域は、変玄武岩の分布する地域であるが、露頭が少なく磁気に変化する理由は不明である。

6 - 4 トレンチ調査

トレンチ調査は、アンドレシート地区 - 西およびアンドレシート地区 - 東で行なった。両地区とも土壌地化学探査の異常値帯、電磁探査 VLF-EM の高・低異常値帯が分布し、鉱床賦存の可能性の高い地域を対象とした。

6 - 4 - 1 調査位置および調査量

本地域で実施したトレンチ位置を Fig. -6-8 に示した。本地域で実施したトレンチ調査の調査量は、以下の通りである。

トレンチ名	方向	掘進延長	掘削量
Trench 486900	N-S	300m	690m ³
Trench 487000	N-S	700m	1,512m ³
Trench 487100	N-S	600m	1,356m ³
Trench 487200	N-S	475m	1,018m ³
Trench 488500	N-S	200m	334m ³
	合計	2,275m	4,910m ³

地質調査の結果から、東 - 西方向に地層が分布すること、また、物理探査の結果から異常値帯が東 - 西方向に延長することから、南北方向のトレンチ掘削が効率的であると判断された。

6 - 4 - 2 地質

トレンチ調査の結果を Fig. -6-9 に示し、実測によるトレンチのスケッチを Appendix 8 に示す。

(1) 土壌

トレンチ調査では、土壌を A、B および C 層に区分した。場所によって C 層が欠如する場合、また B 層と C 層の境界が不明なため区別できない場所が多い。A 層は土壌の表層部にあたり、一般に黒色粘土質で、石英岩片および風化岩岩片を含む場合がある。B 層は、一般に暗褐色で構造的なものは認められないが、石英岩片および風化岩の岩片が本層にも点在する。C 層は、原岩にもよるが、黄褐色が主で、石英脈と剪断帯と思われる構造を有する。C 層は一般に風化変質の少ない層で、原岩中の石英脈および剪断構造が残っているため、鉱化作用と関連する構造が見られる。

(2) 岩盤

トレンチ調査を実施した地域には、北部及び北東部に花崗岩質圧砕岩 (pCCG) が、中部にアロジョグランデ層 (pCCag) が、南部に花崗閃緑岩 (pCC) が分布する。本地区のアロジョグランデ層は、主に変玄武岩からなり、変玄武岩に挟まれるように片岩が分布する。北東部の花崗岩類は、アロジョグランデ層と東北東 - 西南西方向の断層で接し、ミグマタイト化し、断層方向に圧砕されている。南部の花崗閃緑岩を囲むように変斑レイ岩が分布し、変斑レイ岩とアロジョグランデ層の境界は断層で接している。

アロジョグランデ層中に多数の花崗岩質岩脈が貫入し、また本地域全体に粗粒玄武岩の岩脈が認められる。粗粒玄武岩の岩脈は、北東系で北へ傾斜する。また、アロジョグランデ層及び花崗閃緑岩中に分布する石英脈も北東系で南へ低傾斜する。

(3) 地質構造

トレンチで確認されたアロジョグランデ層中の片理は、東西系の走向を示す。しかし、ステレオネット法により作成したローズダイアグラムでは本地区全体の割れ目は、北西系が最も強く、次に北北東系の割れ目が多いことが判明した (Fig. -5-10、参照)。

北部の花崗岩類とアロジョグランデ層は、東北東 - 西南西方向の断層で接し、断層付近

は同方向の剪断帯も発達している。Fig. -6-1の地質図に示すように、アロジョグランデ層中に多数の花崗岩質岩脈が、東北東 - 西南西方向に分布、また、花崗閃緑岩中に同方向に多くの粗粒玄武岩岩脈の貫入も認められる。本地区南西部の花崗閃緑岩中には、金粒の観察される石英脈が認められ、これらの石英脈は、東西方向ないし東北東 - 西南西方向に延長し、北へ低傾斜している。

(4) 鉱化作用

岩盤の分布するトレンチ底面でチャンネルサンプリングによる試料を1m毎に採取し、分析を実施した。分析結果をAppendix 9に示す。鉱徴は、主に石英脈およびその近辺に分布し、一部、粗粒玄武岩の岩脈付近に認められる。

各トレンチにおける分析結果は主なものは以下のとおりである。

トレンチ 486900 の15m～16m(幅1m)で金0.95ppm、94m～95m(幅1m)で金1.09ppmの品位が石英脈で確認され(Fig. -6-11、参照)。

トレンチ 487000 の22m～26m(幅4m)で金0.29ppm、68m～69m(幅1m)、118m～119m(幅1m)で金0.22ppm、134m～135m(幅1m)で金2.06ppm、136m～149m(幅13m)で金0.31ppmの品位が石英脈で確認された。

トレンチ 487100 の158m～159m(幅1m)及び196m～197m(幅1m)で金0.08ppmの品位が石英脈で確認され、253m～254m(幅1m)で金0.16ppm、277m～278m(幅1m)で金0.57ppm、319m～320m(幅1m)で金0.09ppm、424m～429m(幅5m)で金0.11ppm、466m～467m(幅1m)で金0.12ppmの品位が斑レイ岩及びアロジョグランデ層に貫入する粗粒玄武岩付近で確認された。

トレンチ 487200 の44m～46m(幅2m)で金0.20ppm、98m～99m(幅1m)で金0.35ppm、124m～125m(幅1m)で金0.09ppm、145m～148m(幅3m)で金0.19ppmの品位が石英脈で確認され、369m～370m(幅1m)で金0.11ppm、388m～392m(幅4m)で金0.15ppmの品位が斑レイ岩及びアロジョグランデ層に貫入する粗粒玄武岩付近で確認された。

トレンチ 488500 の55m～56m(幅1m)で金0.39ppmの品位が石英脈で確認された。

また、トレンチより採取した石英脈試料の研磨片観察の結果(Appendix 1、参照)、16件のうち10件で金粒が観察されており、487000の142m付近や486900の93m付近などから採取された金を伴う試料では、黄鉄鉱、針鉄鉱および褐鉄鉱が観察された。

本地区のレンズ状石英脈から採取した流体包有物試験の結果(Appendix 1、参照)、均質化温度の平均は257.1 を示し、塩濃度は10.1% NaClであった。

また、トレンチから採取した試料の X 線回折試験の結果（Appendix 1、参照）、石英、カオリン、白雲母などの変質鉱物が検出された。

6 - 4 - 3 トレンチ試料分析結果の解析

（1）統計処理結果

トレンチから採取した岩石試料の分析結果を Appendix 9 に示す。これらの分析結果をコンピューターに入力し、統計処理を行った。統計処理の結果を Appendix 10 に示す。

本調査に採用した 31 元素のうち Ag、Sb、Be、Bi、Cd、Mo、Sc、Sn 及び W の各元素は、大部分が検出限界以下の値を示す。

トレンチ試料の分析結果によると、Co、Cr、Cu、Ni、V 及び Zn の各成分の異常は、斑レイ岩およびアロジヨグランデ層の接触面付近で広く分布する（Appendix 9、参照）。

各元素の関係を明らかにするため、相関係数を求めた。この結果 Au と高い相関を示す元素は認められなかったが、As が 0.254 と弱い相関を示した。

（2）単変量解析結果

各成分の統計処理結果を検討し、Appendix 9 に示した基本統計量、EDA 法及び累積頻度分布図を基本にしきい値を決め、Upper Fence 或いは Mean+2SD の値をしきい値の決定に際し参考にした。以下に、各元素のしきい値を示す。

Au : 75 ppb ,	As : 100 ppm ,	Cu : 57 ppm ,	Pb : 64 ppm ,
Zn : 160 ppm ,	Ba : 590 ppm ,	Ca : 1.5 % ,	Sr : 130 ppm ,
Mg : 2.2 % ,	Li : 33 ppm ,	Cr : 57 ppm ,	Co : 44 ppm ,
Ni : 80 ppm ,	V : 110 ppm ,	Mn : 0.1 % ,	Ti : 0.65 % ,
Y : 24 ppm ,	Zr : 62 ppm		

このしきい値を用い、Appendix 11 に示すように、各成分の地化学異常分布図を作成した。

金異常域と他の分析成分の異常域を重ねた結果、金異常域と関係する成分は砒素のみである。

6 - 4 - 4 トレンチ結果のまとめ

トレンチ調査を実施した地域には、北部及び北東部に花崗岩質圧砕岩（pCCG）が、中部

にアロジヨグランデ層 (pCCag) が、南部に花崗閃緑岩 (pCC) が分布する。アロジヨグランデ層中に多数の花崗岩質の岩脈が貫入し、また花崗閃緑岩中に粗粒玄武岩の岩脈が貫入している。花崗岩質の岩脈は全体に北東系で北へ傾斜するが、アロジヨグランデ層及び花崗閃緑岩中に分布する石英脈は北東系で南へ低傾斜する。

トレンチで確認されたアロジヨグランデ層中の片理は東西系であるが、ステレオネット法による検討結果から認められる本地区全体の構造は、北西系が最も強く、次に北北東系の割れ目が多いことが判明した。本地区南西部の花崗閃緑岩中に金粒の観察される石英脈が認められ、これら石英脈は東西方向或いは東北東 - 西南西方向に延長し、北へ低傾斜している。

岩盤の分布するトレンチ底面より、チャンネルサンプリングによる試料を 1m 毎に採取し、分析した結果、各トレンチの代表的な高金品位は以下のとおりである。

- ・トレンチ 486900 : 15m ~ 16m(幅 1m)で 0.95ppm、94m ~ 95m(幅 1m)で 1.09ppm
- ・トレンチ 487000 : 118m ~ 119m(幅 1m)で 0.22ppm、134m ~ 135m(幅 1m)で 2.06ppm、136m ~ 149m(幅 13m)で 0.31ppm
- ・トレンチ 487100 : 277m ~ 278m(幅 1m)で 0.57ppm、319m ~ 320m(幅 1m)で 0.09ppm、
- ・トレンチ 487200 : 98m ~ 99m(幅 1m)で 0.35ppm、145m ~ 148m(幅 3m)で金 0.19ppm、369m ~ 370m(幅 1m)で 0.11ppm、388m ~ 392m(幅 4m)で 0.15ppm
- ・トレンチ 488500 : 55m ~ 56m(幅 1m)で金 0.39ppm

これらの金異常域は、花崗閃緑岩中の石英脈ないしアロジヨグランデ層の石英脈に密接に関係して分布する。1 m 幅で 2.06ppm、1.09ppm とこの地域では、高い値を示すものもあるが、鉱徴の連続性は悪く、小規模である。

6 - 5 考察

アンドレシート地区の調査結果を Fig. -6-11 に示す。

本地域は、グリーンストーン帯を構成するアロジヨグランデ層 (pCCag) の変玄武岩が広く分布し、この北部に花崗岩類 (pCCG) が、南部に花崗閃緑岩 (pCC) が貫入している。また、アロジヨグランデ層および花崗閃緑岩には、多数の粗粒玄武岩の岩脈が分布している。変玄武岩の分布する地域、および花崗閃緑岩の分布する地域には、多数の石英脈が認められる。

土壤地化学探査により、本地区の西部および中央部で金の異常値帯を捕捉した。西部の

異常値帯は、北側の変玄武岩分布域と南側の花崗閃緑岩分布域に位置し、中央部の異常値帯は変玄武岩の分布域に位置する。金のしきい値は 12ppb で西部の異常値帯の最高値は 60ppb で 8 点の異常値から構成される。南側は花崗閃緑岩の分布する地域であり、最高値は 33ppb である。中央部の異常値帯は、変玄武岩の分布する地域であり、最高値は 40ppb で 5 点の異常値から構成されるが、検出された異常値の値はばらついている。

物理探査は、土壌地化学探査で捕捉した金の異常値帯で実施し、電磁探査 VLF EM で粗粒玄武岩の岩脈やアロジヨグランデ層と花崗閃緑岩の境界部等を捕捉した。

トレンチ調査は、土壌地化学探査の異常値帯、かつ、物理探査で捕捉した異常値帯で実施した。トレンチで確認されたアロジヨグランデ層中の片理は、東西系の走向を示す。しかし、ステレオネット法により作成したローズダイアグラムでは本地区全体の割れ目は、北西系が最も強く、次に北北東系の割れ目が多い。

トレンチよりトレンチ方向のチャンネルサンプリングで 1 m 毎に採取した試料を分析して得られた、代表的な高品位部は以下のとおりである。

- ・トレンチ 486900 : 0.95ppm(幅 1m)、1.09ppm (幅 1m)
- ・トレンチ 487000 : 2.06ppm (幅 1m)、
- ・トレンチ 487100 : 0.57ppm(幅 1m)

これらの鉱徴は、花崗閃緑岩中に分布する石英脈およびその近辺に分布し、花崗閃緑岩マグマ固結末期の残液に伴う鉱化作用によって形成されたものと考えられる。

トレンチ調査地域南西部の花崗閃緑岩中の石英脈およびその周辺に認められる鉱徴は、2.06ppm (幅 1m)や 1.09ppm (幅 1m)と高い金の分析値を示すものもあるが、連続性が悪いばかりでなく規模が小さいため、鉱床の賦存する可能性は極めて低いものと判断される。

従って、今後、本地区で調査を継続する必要はないものと判断される。

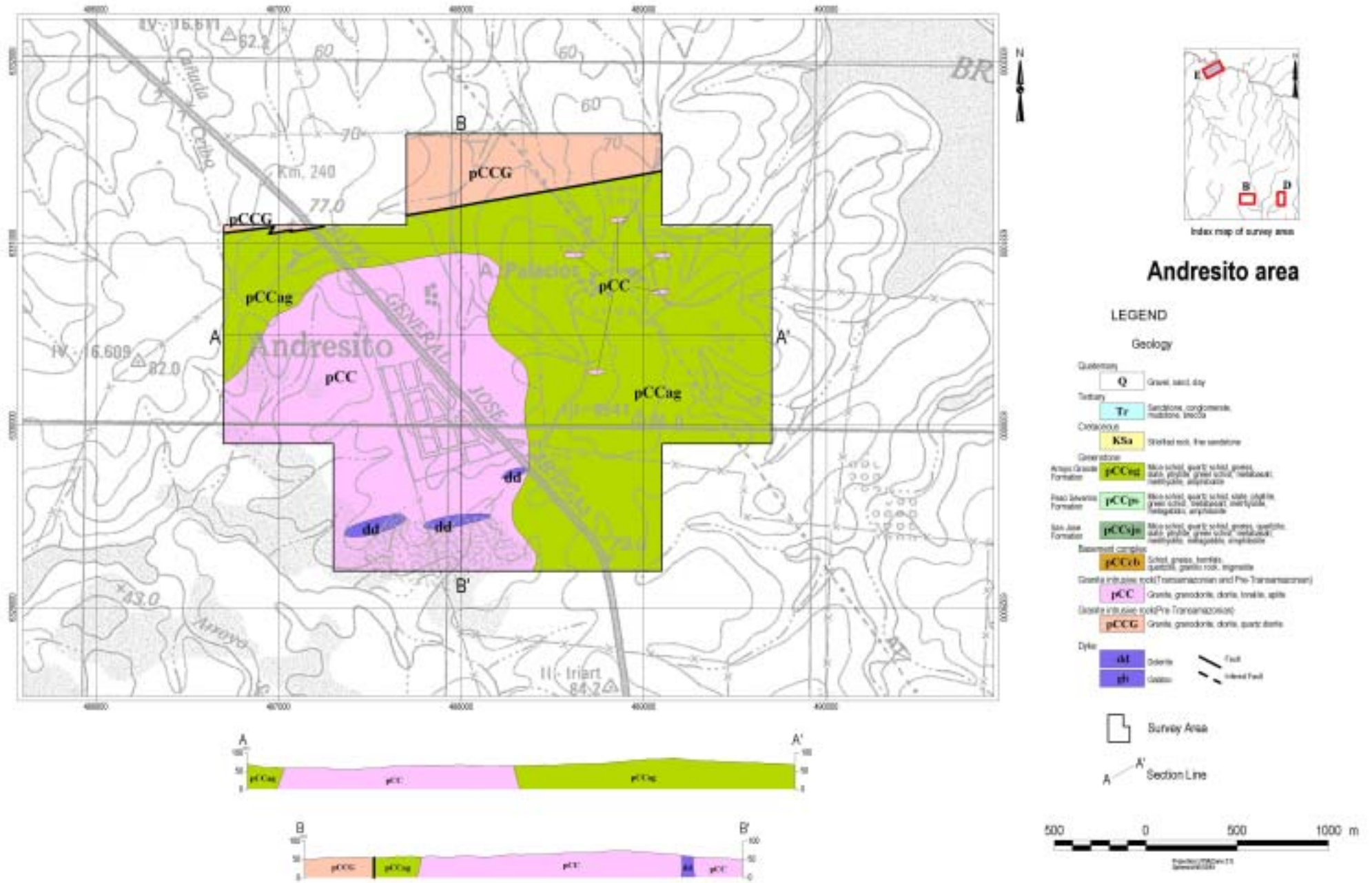


Fig. -6-1 Geological map of Andresito area

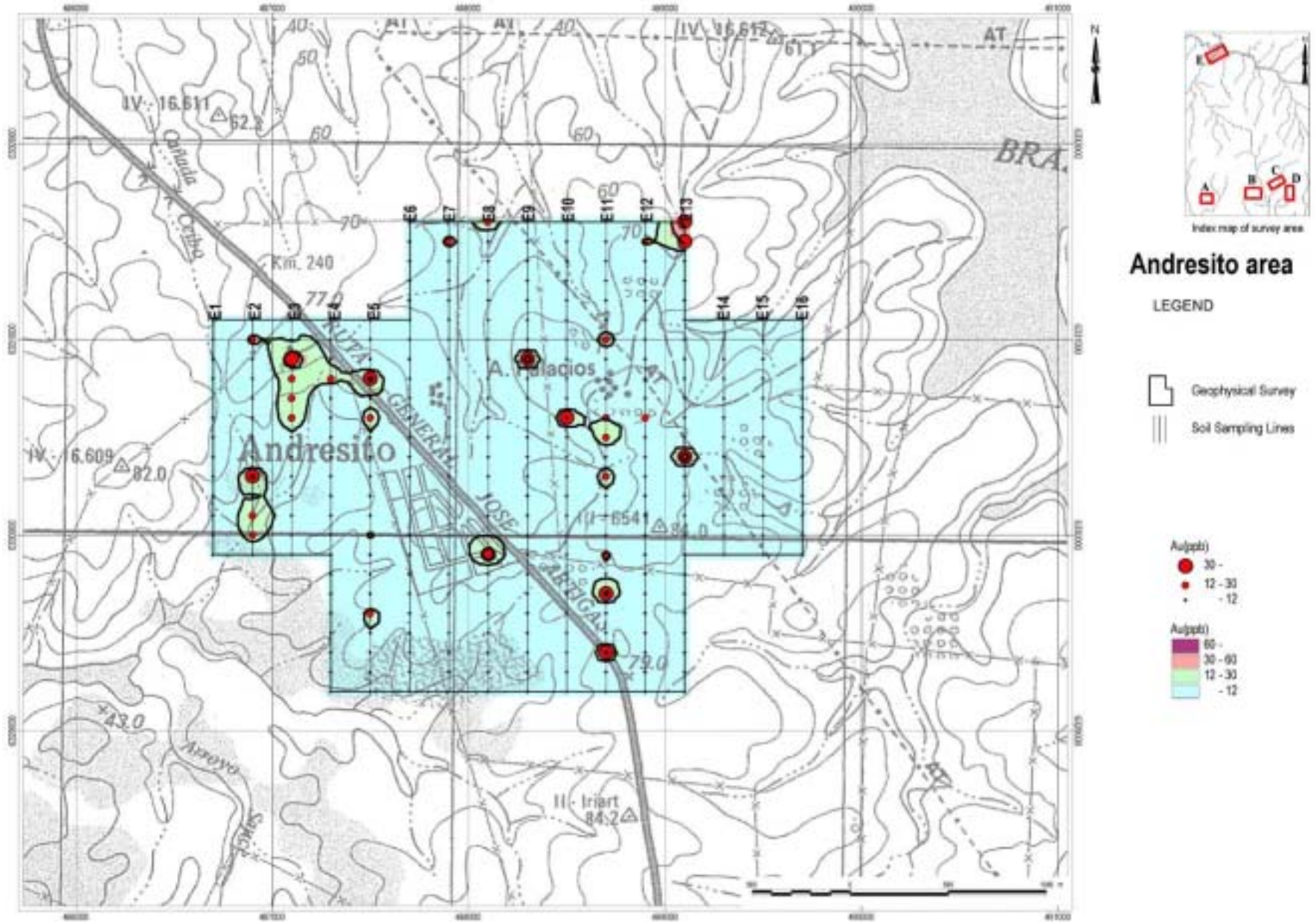


Fig. -6-2 Result of soil geochemical survey in Andresito area

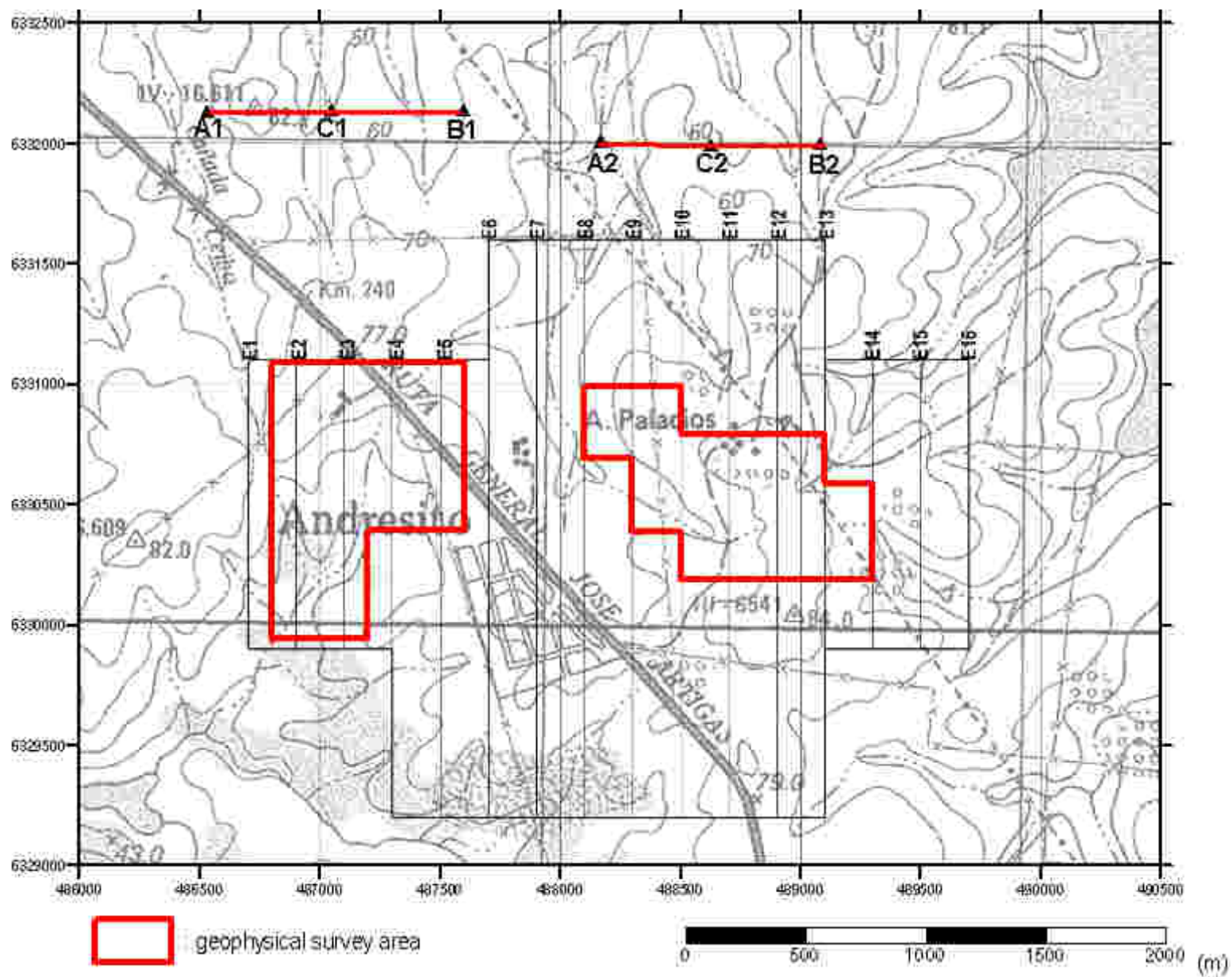
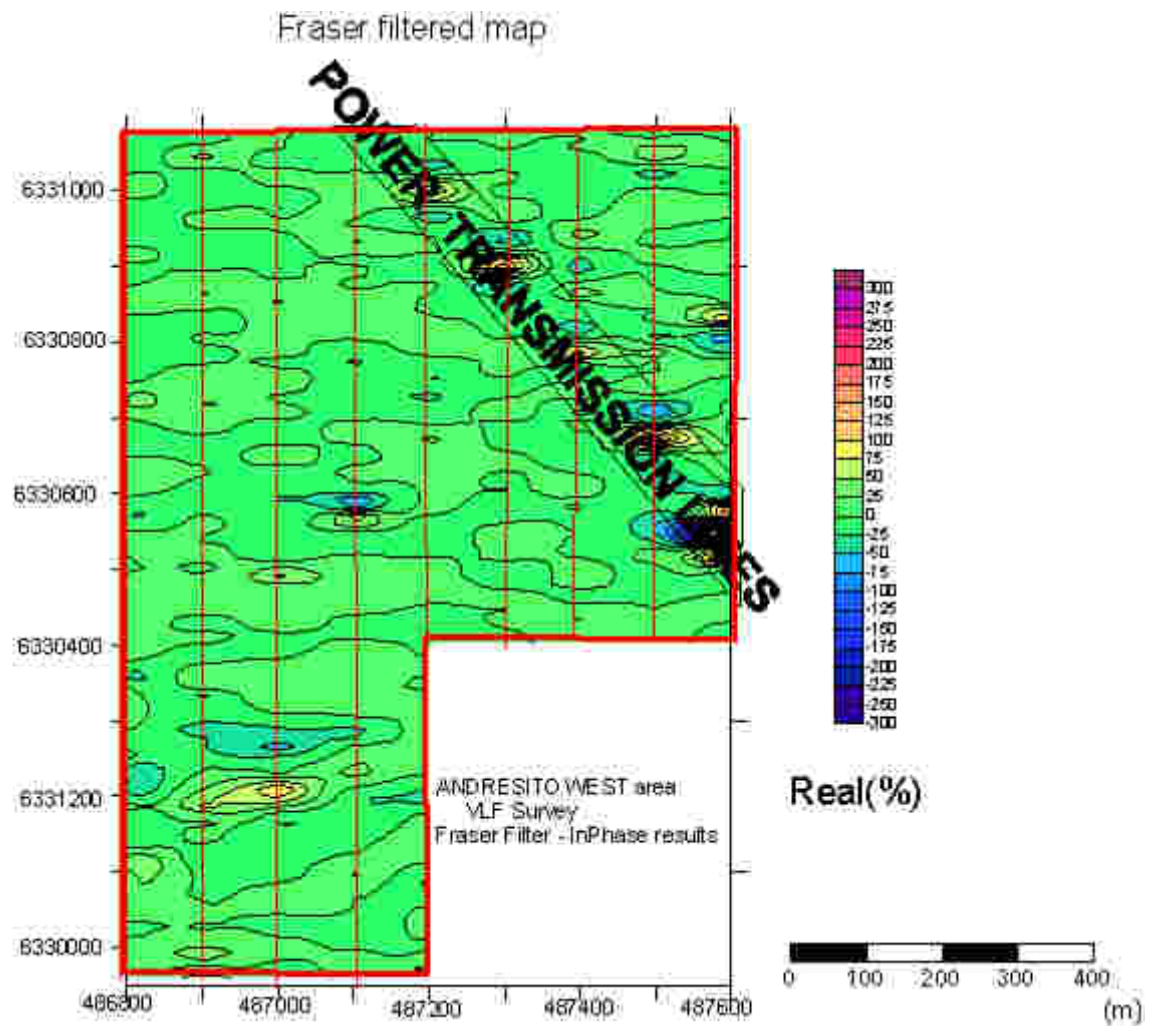


Fig.II-6-3 Geophysical survey areas and transmitter dipoles in Andresito area



Equivalent current density pseudo-section along profile 487000

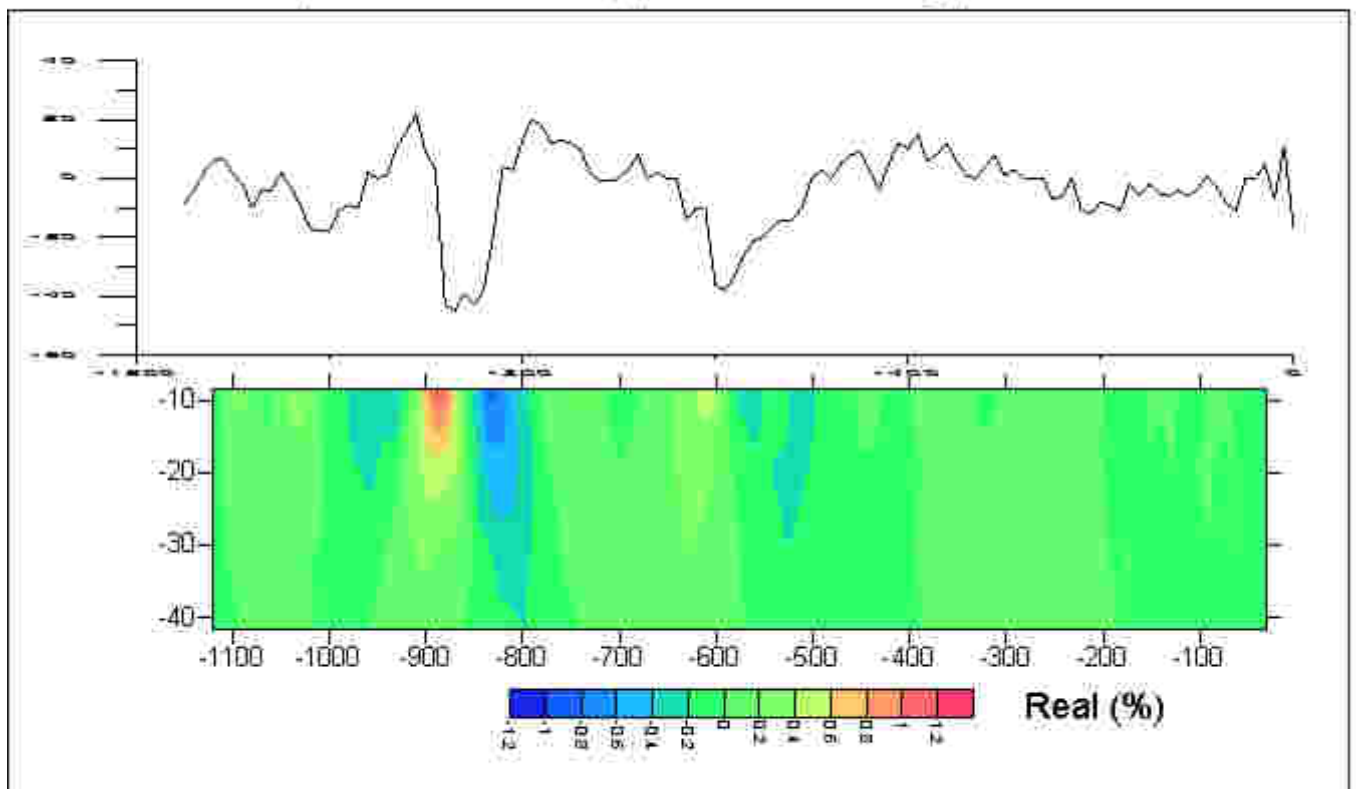


Fig II-6-4 VLF filtered results in Andresito West area

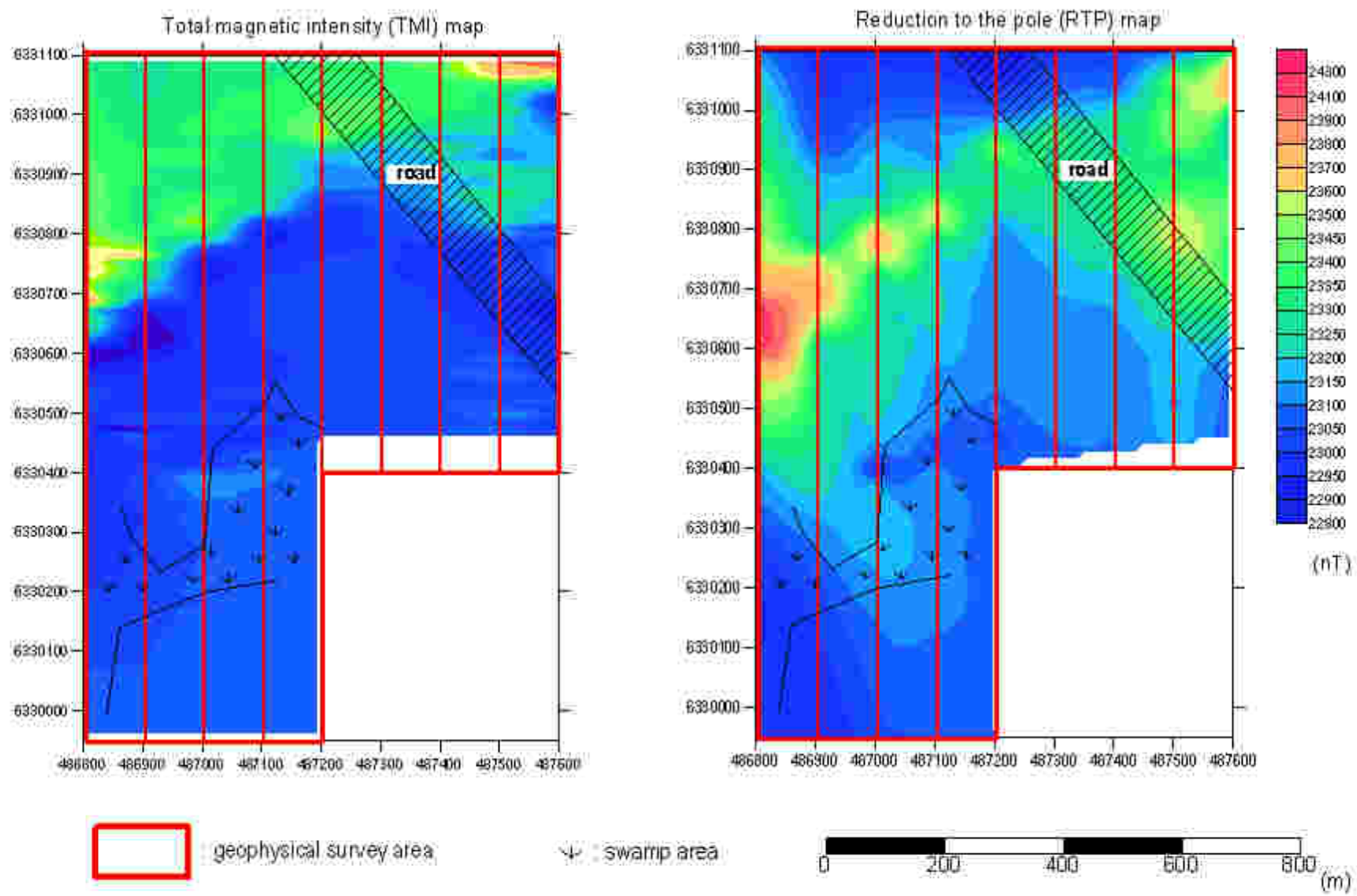


Fig.II-6-5 Total magnetic intensity and Reduction to the pole in Andresito West area

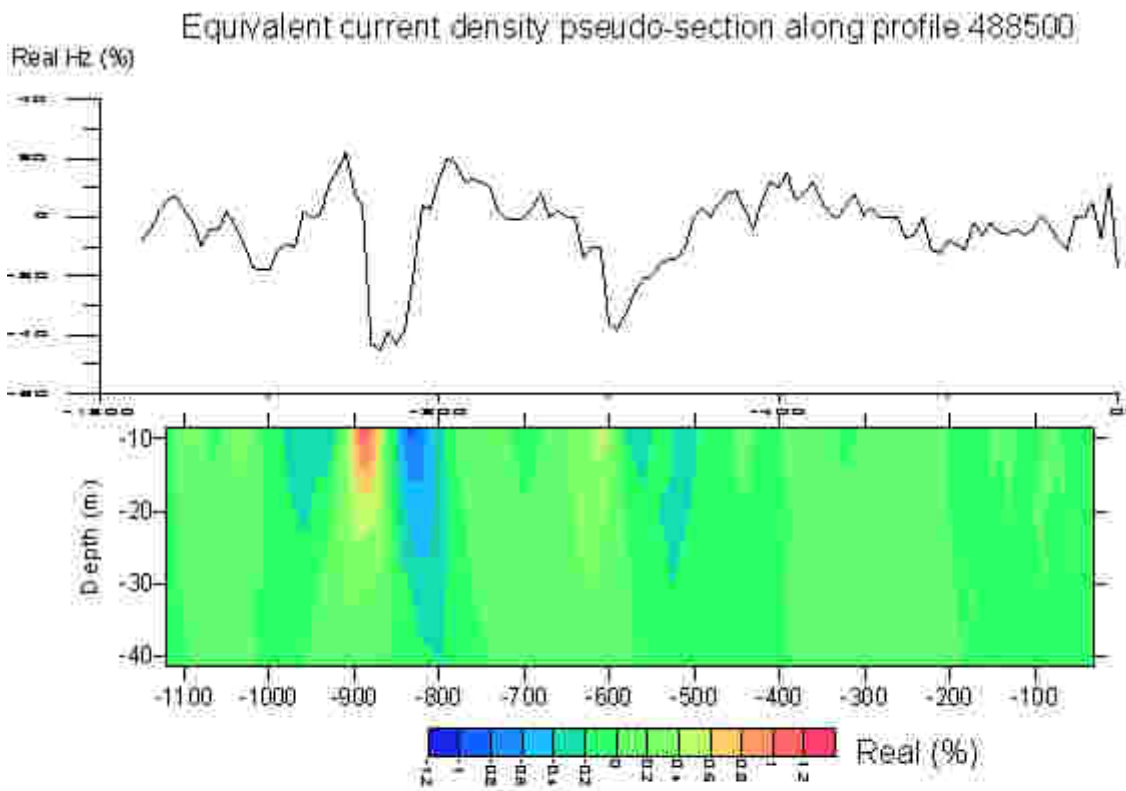
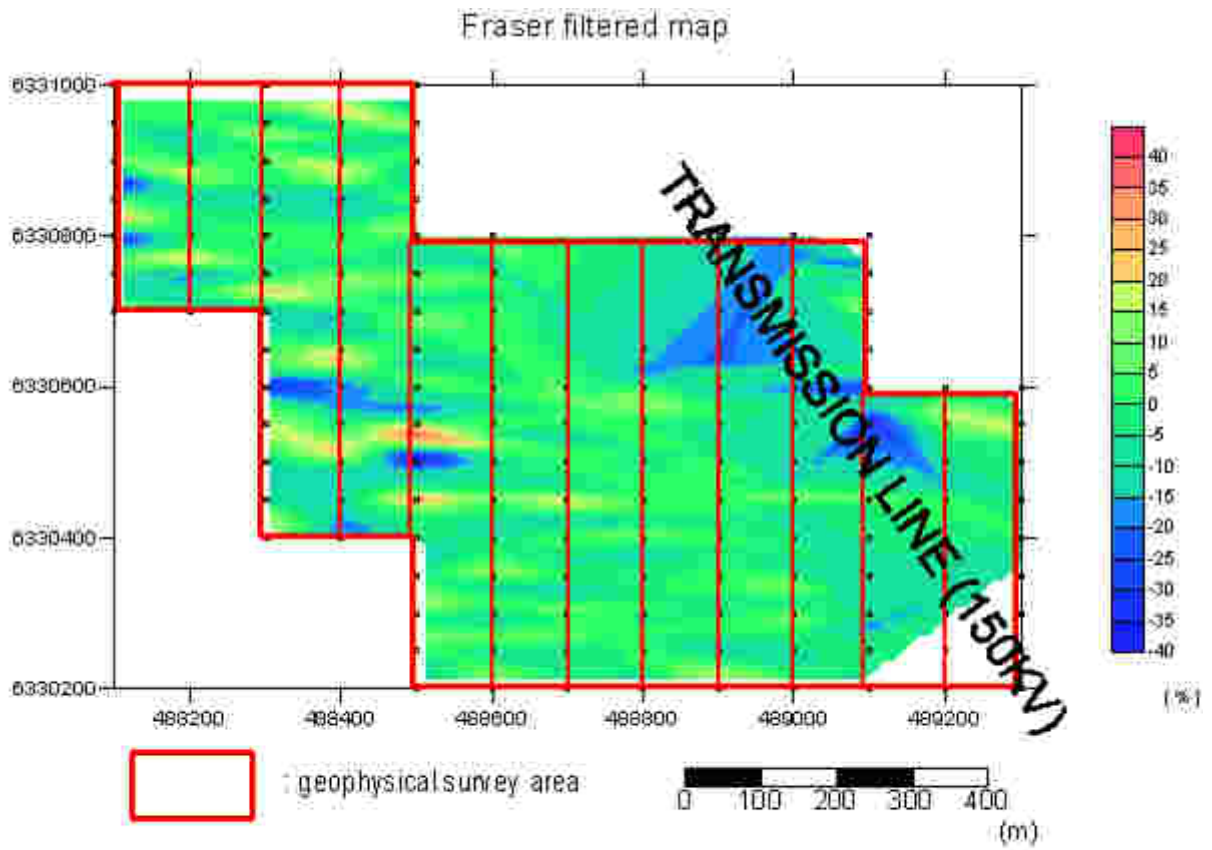


Fig II-6-6: VLF filtered results in Andresito East area

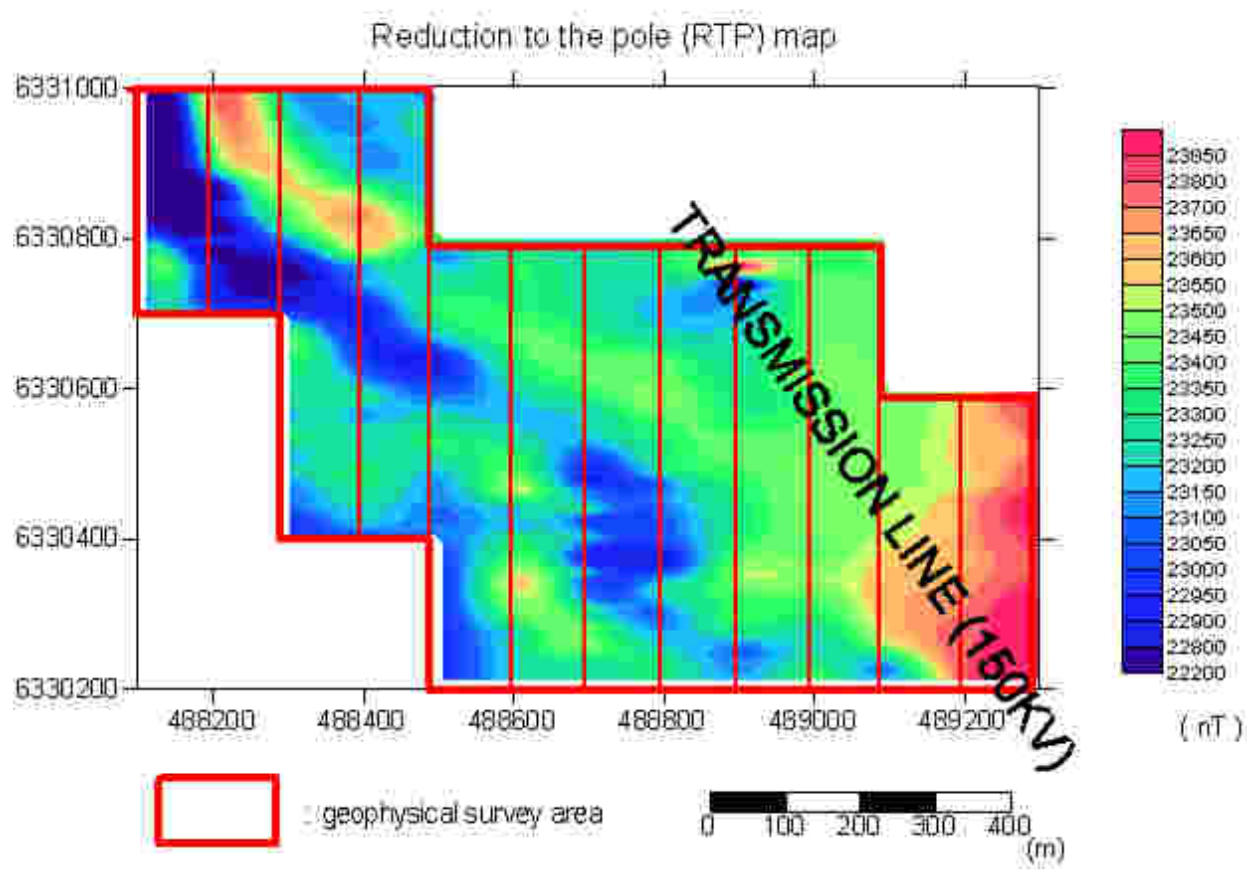
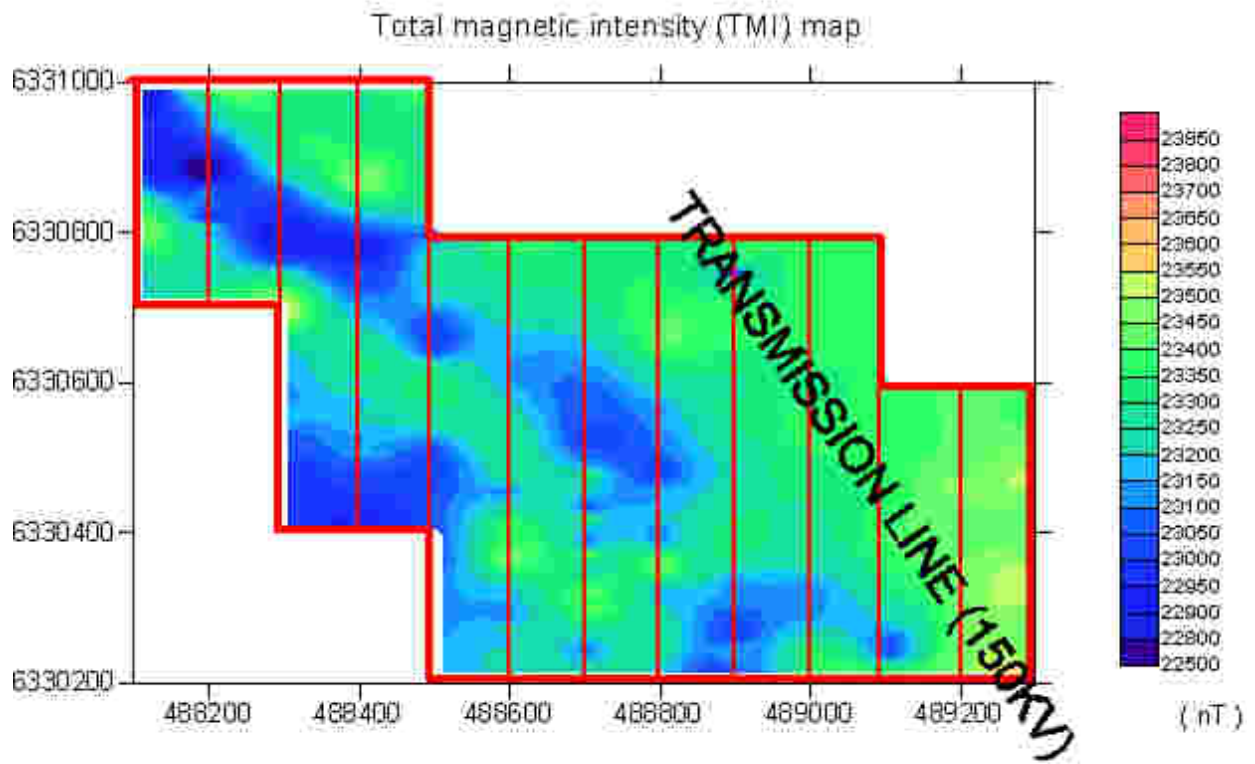


Fig II-6-7 Total magnetic intensity and Reduction to the pole in Andresito East area

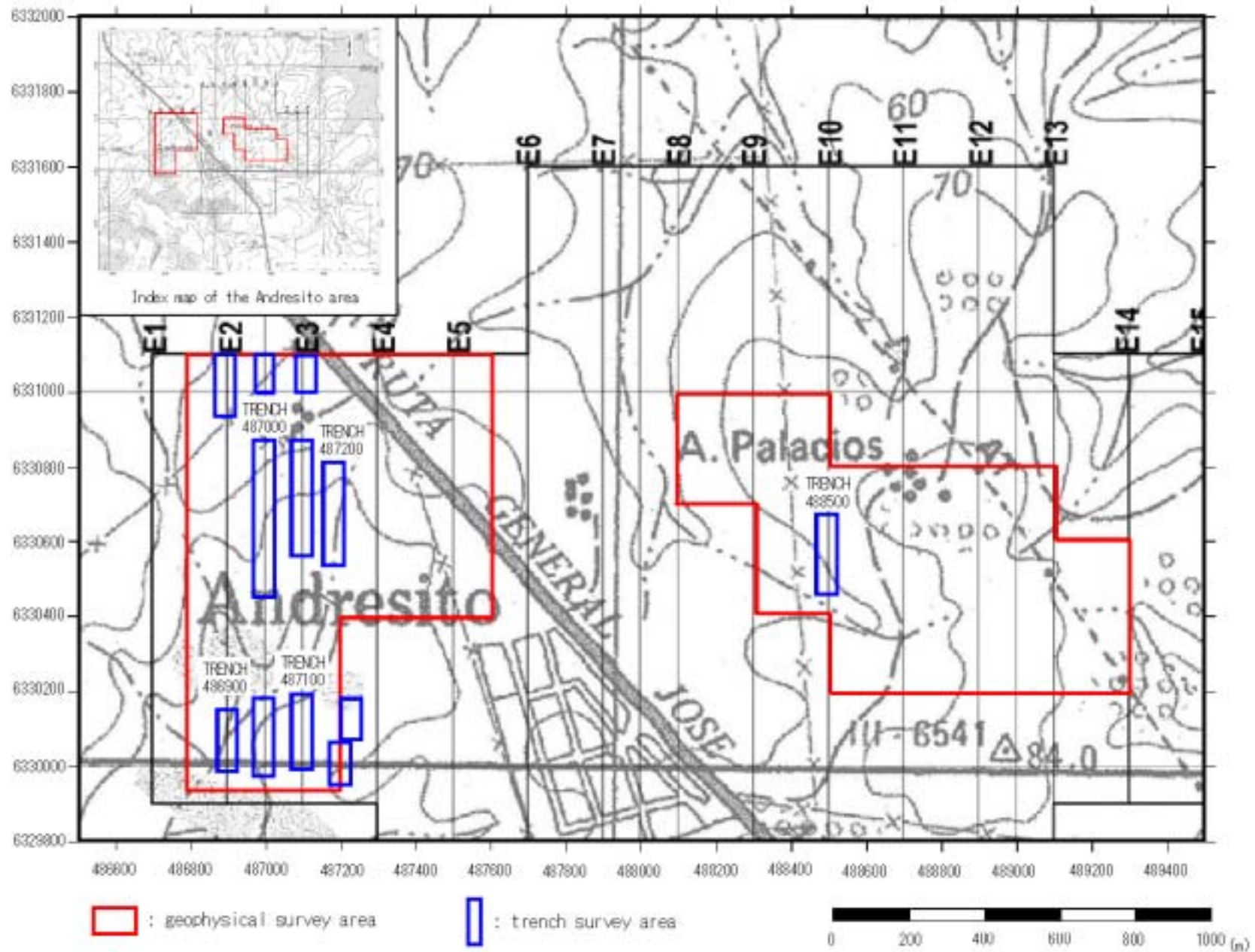


Fig. -6-8 Location map of trench in Andresito area

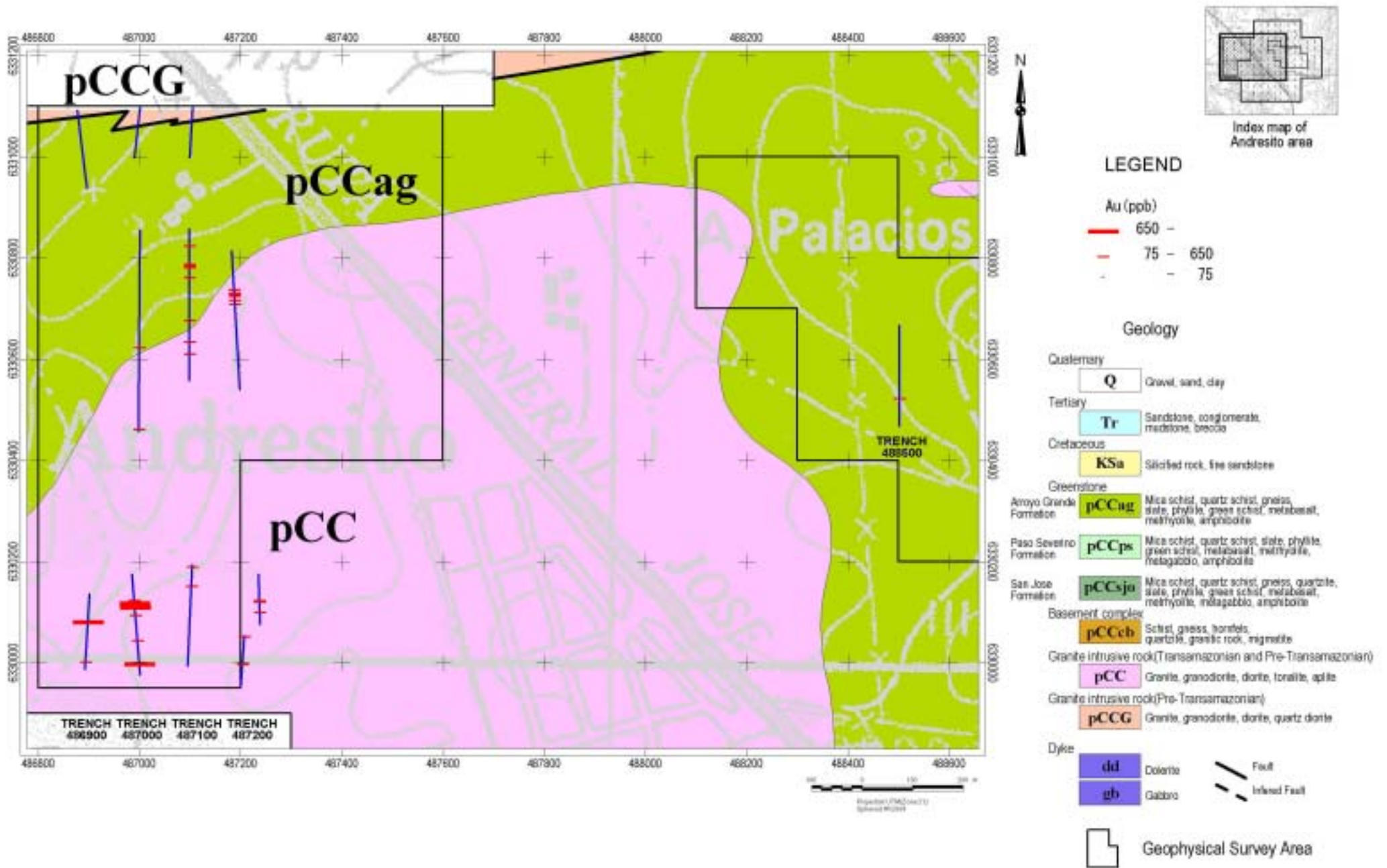


Fig. -6-9 Distribution map of Au anomalies from trench rock samples in Andresito area

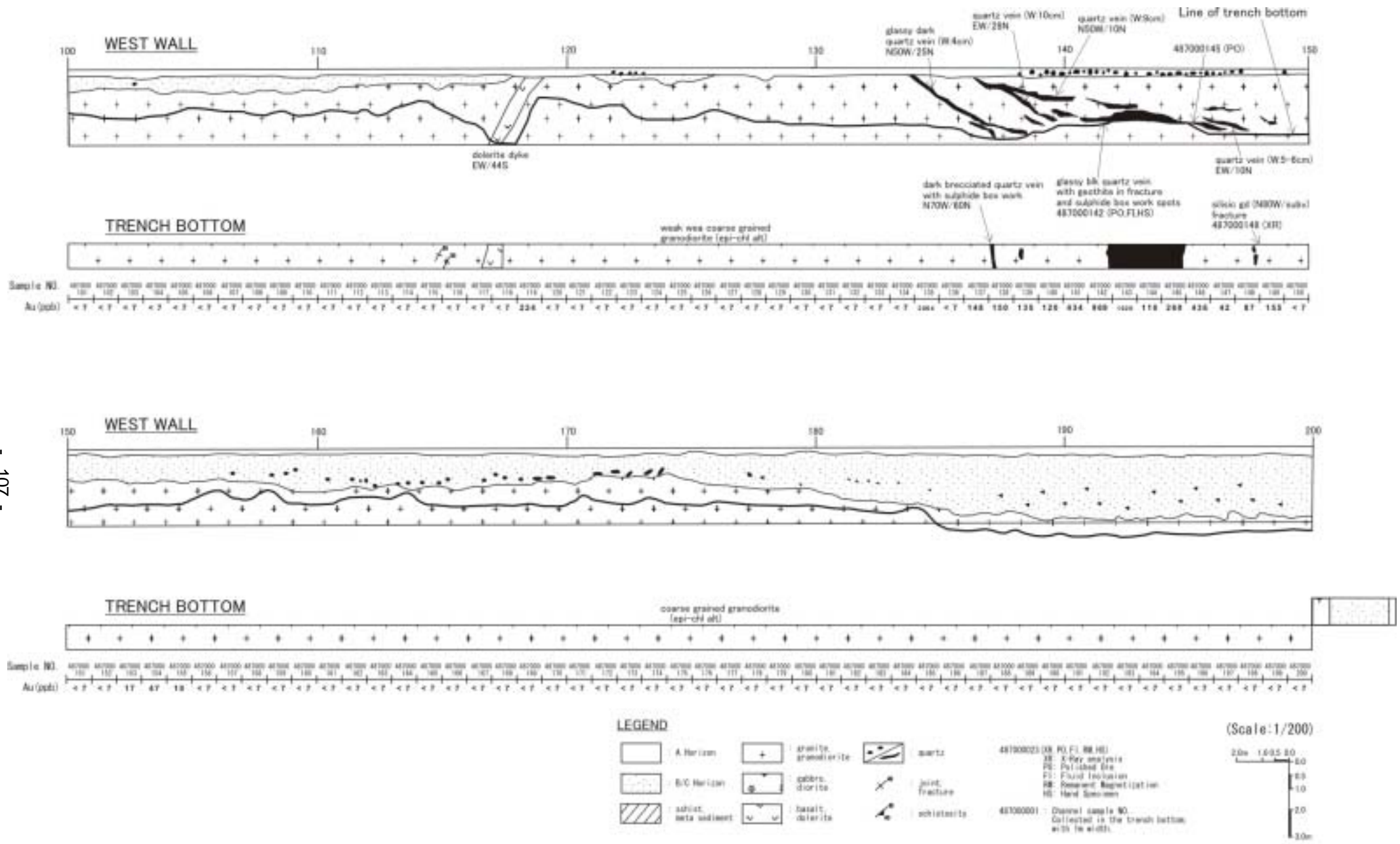


Fig. II-6-10 Sketch of trench 487000(100-200m) in Andresito West area

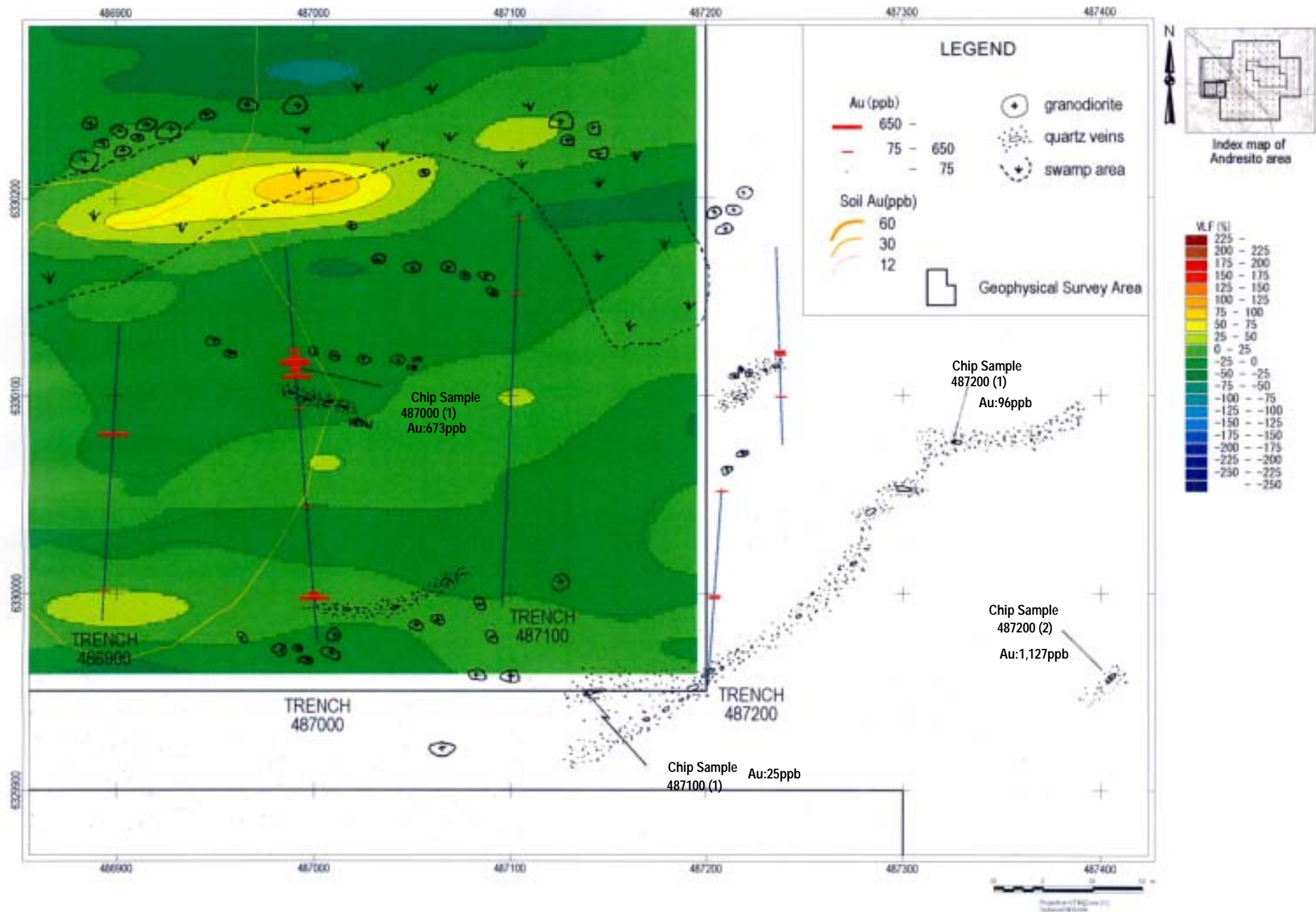


Fig. -6-11 Composite map of survey results in Andresito area

第7章 ムンドアスール地区の調査結果

ムンドアスール地区は Fig.1 に示すように、ムンドアスール地区北部とムンドアスール地区南部に2地区に区分される。

7 - 1 地質調査

本地区北部の地質を Fig. -7-1 に、南部の地質を Fig. -7-2 に示す。

本地区は、グリーンストーンであるサンホセ層 (pCCsjo) 及びパソセベリノ層 (pCCps) を主体とし、これらに貫入する古期花崗岩類 (pCCG) 等の貫入岩から構成される。

サンホセ層は、泥岩～砂質岩、粘板岩、珪岩、千枚岩等と塩基性～中性火山岩類を原岩とする変流紋岩、変玄武岩、緑色岩から構成される。

ムンドアスール地区北部は、南側にサンホセ層が分布し、北側に花崗岩類 (pCCG) が分布し、花崗岩類には粗粒玄武岩が貫入している。サンホセ層は、粘板岩、千枚岩、変砂岩が主で、全体的に東北東 - 西南西方向の走向で垂直傾斜である。花崗岩類は、黒雲母花崗岩、花崗閃緑岩などからなり、東西系の断層でサンホセ層と接し、断層付近はマイロナイト化している。

ムンドアスール地区南部は、東側にサンホセ層中が分布し、西側に花崗岩類 (pCCG) が分布しており、この花崗岩類に粗粒玄武岩が貫入している。サンホセ層は、主に緑色片岩、黒雲母片岩などからなり、苦鉄質鉱物は緑泥石化している。粗粒玄武岩は、花崗岩類に東北東 - 南南西方向で貫入している。

7 - 2 土地化学探査

7 - 2 - 1 調査位置及び調査量

土地化学探査は、ムンドアスール全地区で行った。

土地化学探査で実施したムンドアスール地区の土壤採取試料数は、980 個である。土壤試料位置を Fig. -5-2 に示す。また、採取した土壤試料の記載を Appendix 3 に示す。

7 - 2 - 2 解析結果

(1) 統計処理結果

採取した土壤試料の分析結果を Appendix 4 に示す。これらの分析結果をコンピューターに入力し、統計処理を行った。統計処理の結果を Appendix 5 に示す。

本調査に採用した 31 元素のうち Ag、Sb、Be、Bi、Mo、Sn 及び W の各元素は、大部分が検出限界以下の値を示す。

各元素の関係を明らかにするため、相関係数を求めたところ、Au と高い相関を示す元素は認められなかった。

(2) 単変量解析結果

各成分の統計処理結果を検討し、Appendix 5 に示した基本統計量、EDA 法及び累積頻度分布図を基本にしきい値を決め、Upper Fence 或いは Mean+2SD の値は、しきい値を決める際の参考にした。以下に、各元素のしきい値を示す。

Au : 8 ppb ,	Cu : 18 ppm ,	Pb : 20 ppm ,	Zn : 28 ppm ,
As : 13 ppm ,	Cd : 2.6 ppm	Co : 8 ppm ,	Ni : 12 ppm ,
V : 35 ppm ,	Ba : 80 ppm ,	Pb : 20 ppm ,	Cr : 17 ppm ,
Li : 8 ppm ,	Sr : 20 ppm		

このしきい値を用い、Appendix 11 に示すように、各成分の地化学異常分布図を作成した。

(3) 多変量解析結果

多変量解析の手法としては、因子分析法を採用し、31 成分から抽出された因子と各元素の関係は以下の通りである (Appendix 5 参照) 。

第 2 因子 : As-Cr

第 3 因子 : K-Na-Ti

第 4 因子 : Li-Ni

第 5 因子 : Ca-Sr

7 - 2 - 3 金の土地化学探査

本地区北部の金の土地化学探査結果を Fig. -7-3 に、南部の結果を Fig. -7-4 に示す。

Au のしきい値を 8ppb とし、それ以上を異常とした結果、本地区北部では、異常値はほとんど検出されなかった。また、本地区南部では、測線 D33 及び D28 の北部で連続した異常値が分布するものの、最高品位が 20ppb と低い値である。

ムンドアスール地区の土壤試料 980 個の統計処理結果、分析対象の 31 元素のうち Ag、Sb、Be、Bi、Mo、Sn 及び W の各元素で、大部分が検出限界以下の値を示した。また、各元素の関係を明らかにするため、相関係数を求めたところ、Au と高い相関を示す元素は認められなかった。

7 - 3 考察

本地区のグリーンストーン帯は、サンホセ層及びこれに貫入した花崗岩類 (pCCG) から構成される。また、この花崗岩類には粗粒玄武岩が貫入している。サンホセ層は、主に粘板岩、千枚岩、変砂岩から構成され、全体的に東北東 - 西南西方向の走向で垂直な傾斜を示す。花崗岩類は、黒雲母花崗岩、花崗閃緑岩などからなり、東西系の断層でサンホセ層に接し、断層付近はマイロナイト化している。

ムンドアスール地区南部は、北部と同様で、サンホセ層中に花崗岩類 (pCCG) が貫入し、この花崗岩類に粗粒玄武岩が貫入している。サンホセ層は、主に緑色片岩、黒雲母片岩などからなり、苦鉄質鉱物は緑泥石化している。玄武岩は、花崗岩類に東北東 - 南南西方向で貫入している。

土壤地化学探査で採取したムンドアスール地区の土壤試料 980 個の統計処理結果、分析対象の 31 元素のうち Ag、Sb、Be、Bi、Mo、Sn 及び W の各元素で、大部分が検出限界以下の値を示した。また、各元素の関係を明らかにするため、相関係数を求めたところ、Au と高い相関を示す元素は認められなかった。

土壤地化学探査で採取した 980 試料の分析値を解析したが、本地区で顕著な異常値帯を把握することができなかった。また、金のしきい値は 8ppb で、最高の分析値は 20ppb と極めて低い値であった。

以上の土壤地化学探査の結果から、ムンドアスール地区では、鉱床賦存を示唆するような金の鉱徴を捕捉できなかったため、物理探査およびトレンチ調査の実施を断念した。

従って、今後、本地区で調査を継続する必要はないものと判断される。

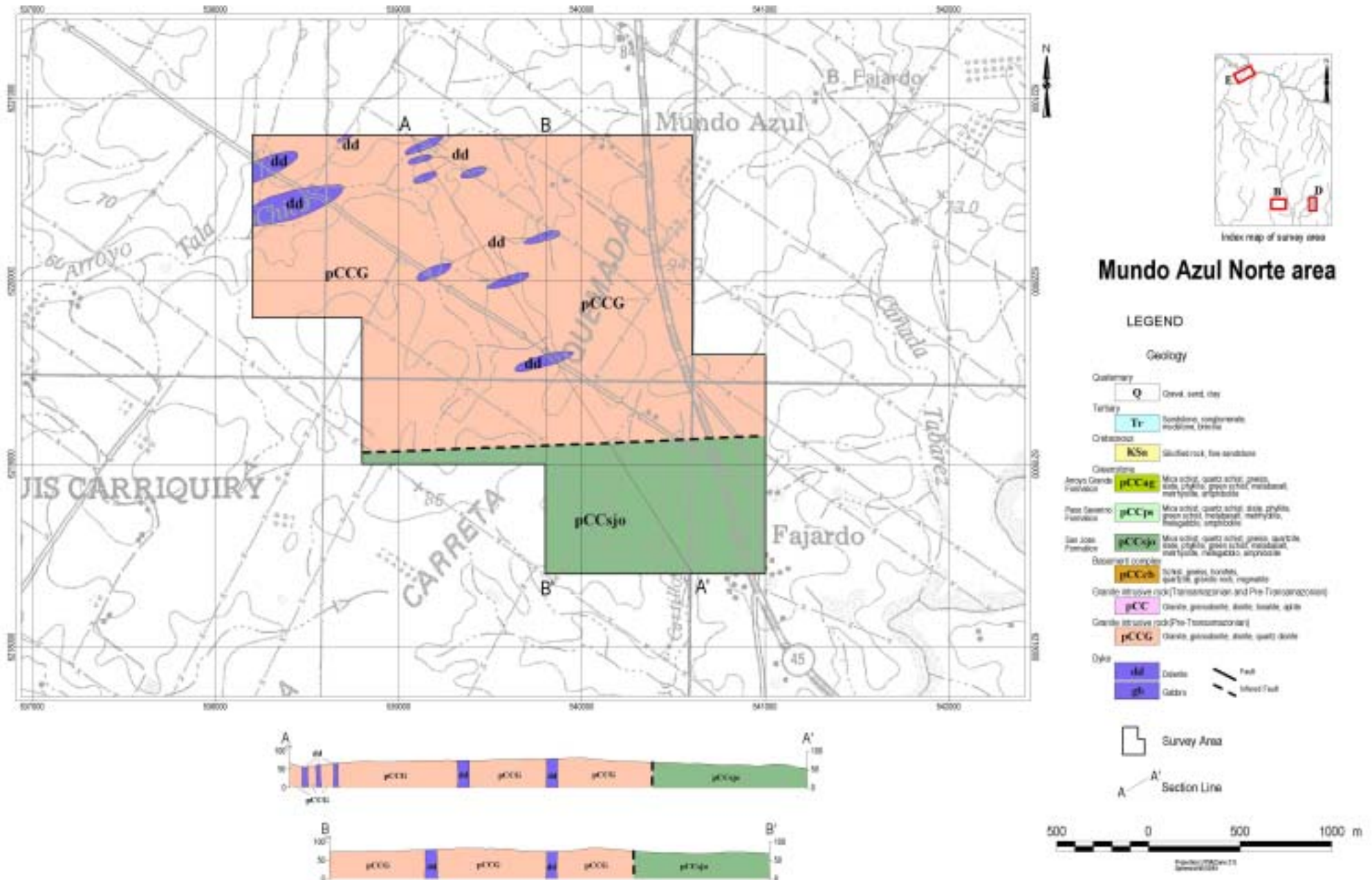


Fig. -7-1 Geological map of Mundo Azul Norte area

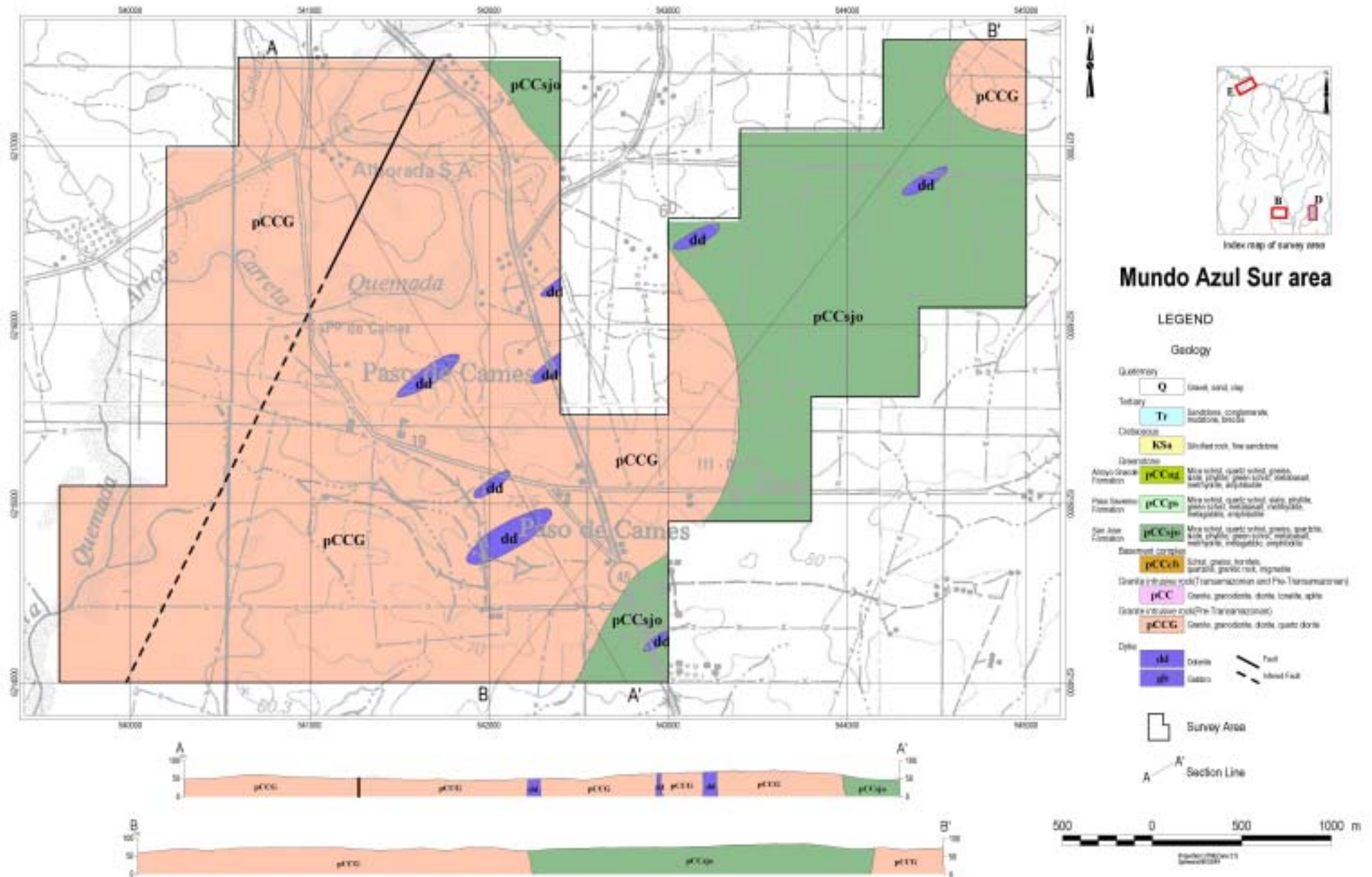


Fig. -7-2 Geological map of Mundo Azul Sur area

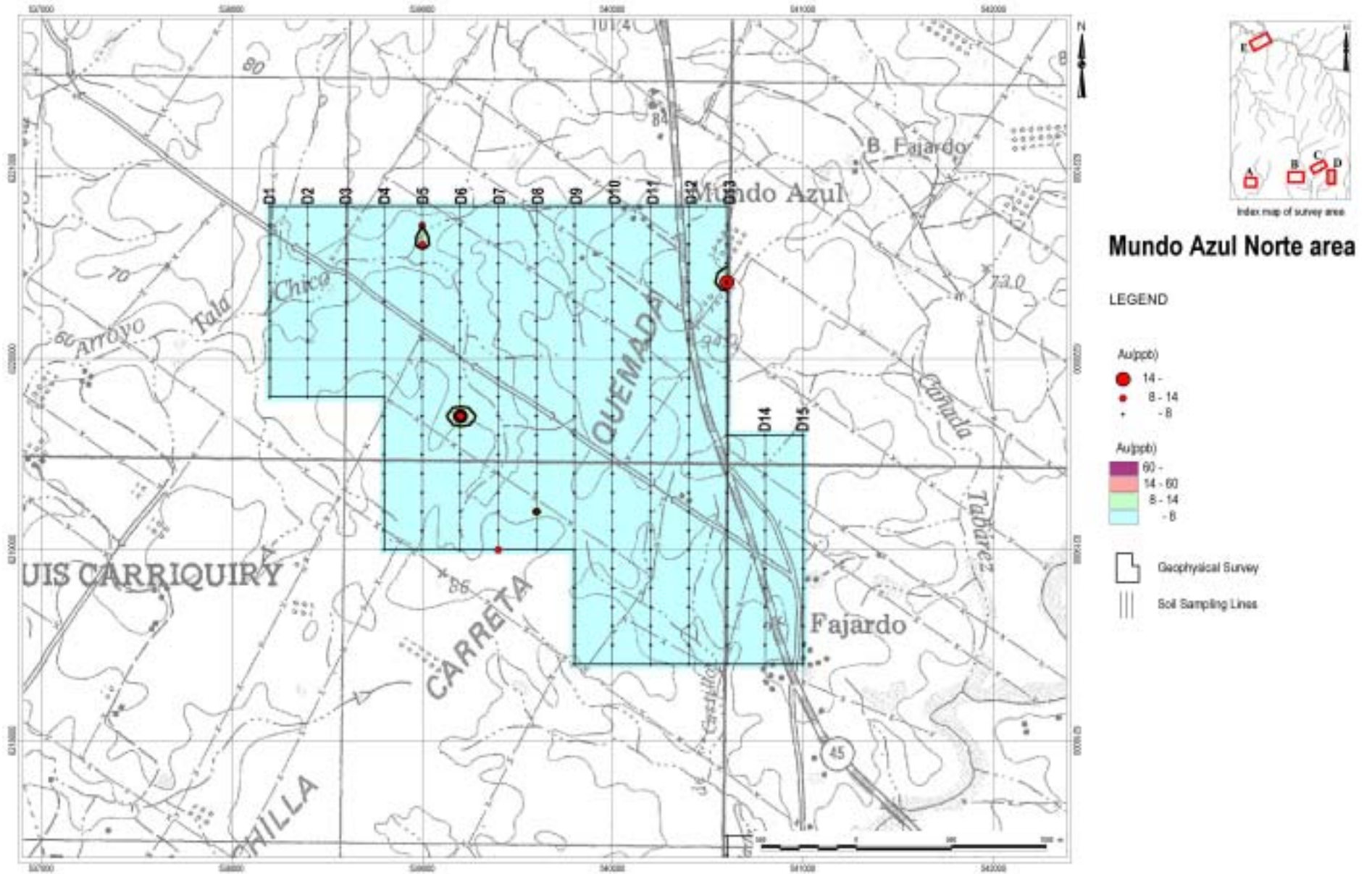


Fig. -7-3 Result of soil geochemical survey in Mundo Azul Norte area

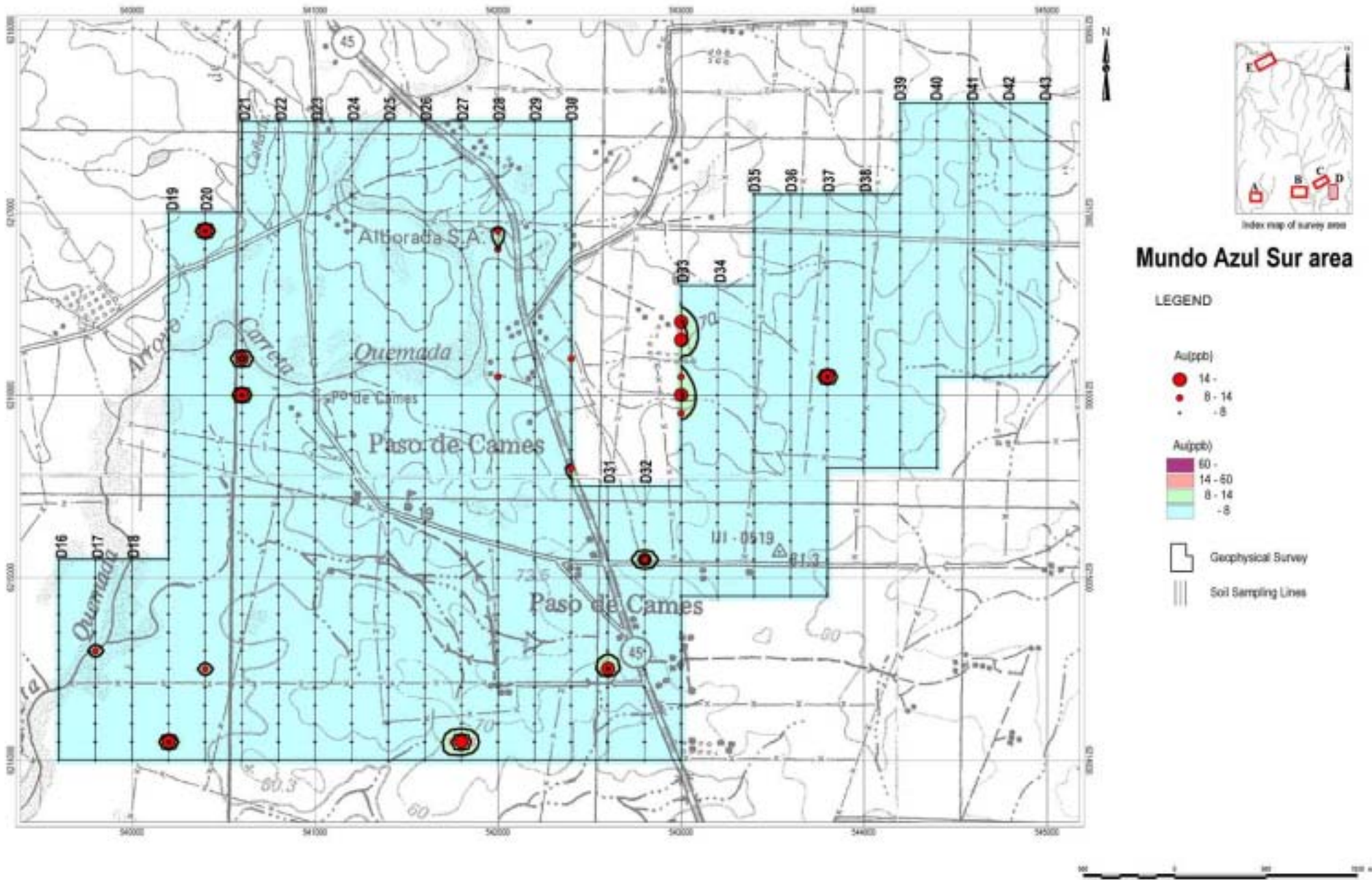


Fig. -7-4 Result of soil geochemical survey in Mundo Azul Sur area

第 部 結論及び将来への提言

第1章 結論

本年度の調査において、マホマ東地区およびアンドレシート地区で地質調査、土壤地化学探査、物理探査及びトレンチ調査を実施した。ムンドアスール地区では地質調査、土壤地化学探査を実施したが、土壤地化学探査で顕著な金の異常値帯を捕捉することができなかったため土壤地化学探査以後に予定していた物理探査およびトレンチ調査の実施を断念した。

これらの調査結果から、以下の結論が得られた。

(1) マホマ東地区

本地区で採取した 399 個の土壤試料を分析し、分析結果を統計処理して各元素の相関係数を求めたところ、金と高い相関を示す元素は認められなかった。金のしきい値を 12 ppb とし、それ以上を異常値としたところ、本地区南部の花崗岩の分布する地域にまとまった金の異常値帯を抽出することができた。金の異常値帯の分布は、東 - 西方向を長軸とする楕円形で、東西に 800m、南北に 500m 以上の広がりを有し、96ppb が金の最高品位であった。

物理探査では、土壤地化学探査で捕捉した花崗岩体に分布する異常値帯を対象に電磁探査 VLF-EM、磁気探査を行った。測点数は電磁探査 VLF-EM、磁気探査ともに 1,105 点であった。電磁探査 VLF-EM では、探査地域のほぼ中央部を東北東 - 西南西方向に延長する低異常値帯と、この低異常値帯に沿って北側および南側に分布する高異常値帯を捕捉した。低異常値帯は、粗粒玄武岩の貫入を反映したもので、高異常値帯は割れ目を示唆しているものと判断される。

トレンチ調査は、土壤地化学探査の異常値帯、電磁探査 VLF-EM の高・低異常値帯、磁気探査の高異常値帯を対象に行い、掘進長 2,245m で掘削量 3,220 m³ のトレンチを掘削した。トレンチ調査の結果、本地区で鉱化作用に関連すると思われる東西から東北東 - 西南西方向で、南へ傾斜した割れ目が多く発達すること、また、粗粒玄武岩の岩脈が垂直に貫入する 1m ~ 20m 幅の剪断帯が存在することを確認した。剪断帯の一部には、レンズ状の石英脈が分布している。

トレンチ底面からトレンチ方向のチャンネルサンプリングで 1m 毎に採取した試料を分析した結果、代表的な高品位部は以下のとおりである。

- ・トレンチ 515600 : 0.43ppm(幅 1m)、0.75ppm(幅 1m)
- ・トレンチ 515800 : 0.48ppm(幅 1m)、0.31ppm(幅 1m)、0.54ppm(幅 1m)

・トレンチ 516100: 0.34ppm(幅 1m)、0.26ppm (幅 2m)

これらの金の異常域は、花崗岩中の石英脈ないし粗粒玄武岩の岩脈近辺に現われる傾向を示す。

花崗岩中の石英脈周辺の鉍徴は花崗岩マグマ固結末期の残液に伴う鉍化作用によって形成されたものと考えられる。

金の鉍徴は花崗岩の分布域に東西に 800m、南北に 500m 以上とかなり広く分布するが、トレンチより採取した試料の分析結果の最高値が 0.75ppm(幅 1m)と低いばかりでなく、鉍徴地の分析値が全般に低い値となっており、鉍床の存在する可能性は極めて低いものと判断される。

従って、本地区で調査を継続する必要はないものと判断される。

(2) アンドレシート地区

本地区で採取した 310 個の土壌試料を分析し、分析結果を統計処理して各元素の相関係数を求めたところ、金と高い相関を示す元素は認められなかった。金のしきい値を 12 ppb とし、それ以上を異常とした結果、本地区の西部および中央部で金の異常値帯を捕捉することができた。本地区西部の異常値帯は、北側の変玄武岩分布域と南側の花崗閃緑岩分布域に認められ、本地区中央部の異常値帯は変玄武岩の分布域に位置する。

物理探査は、土壌地化学探査で捕捉したアロジヨグランデ層 (pCCag) の変玄武岩が分布する異常値帯、および花崗閃緑岩体(pCC)に分布する異常値帯を対象に行い、測点数は、電磁探査 VLF-EM、磁気探査ともに 844 点であった。本地区西部に分布する土壌地化学探査の異常値帯で行った電磁探査 VLF-EM で、探査地域の西の部分と南西の部分で異常値を捕捉した。西の部分の低異常値は、粗粒玄武岩の岩脈が予想されるが、露頭が無く詳細は不明であった。南西の部分の異常値帯は、粗粒玄武岩の岩脈、ないし花崗閃緑岩と変斑レイ岩の境界部が予想されるが、湿地帯となっており詳細は不明であった。磁気探査では、探査地域の北部を東北東 西南西方向に高異常値帯が横断し、その南部および北部が低異常値帯となっていることが分かった。

トレンチ調査は、土壌地化学探査の異常値帯、電磁探査 VLF-EM の高・低異常値帯が分布し、鉍床賦存の可能性の高い地域を対象として行い、掘進延長 2,275m で掘削量 4,910m³ のトレンチを掘削した。

トレンチよりトレンチ方向のチャンネルサンプリングで 1m 毎に採取した試料を分析して

得られた、代表的な高品位部は以下のとおりである。

- ・トレンチ 486900： 0.95ppm(幅 1m)、1.09ppm (幅 1m)
- ・トレンチ 487000： 2.06ppm (幅 1m)、
- ・トレンチ 487100： 0.57ppm(幅 1m)

これらの鉱徴は、花崗閃緑岩中に分布する石英脈およびその周辺に分布し、花崗閃緑岩マグマ固結末期の残液に伴う鉱化作用によって形成されたものと考えられる。

トレンチ調査地域南西部の花崗閃緑岩中の石英脈およびその周辺に認められる鉱徴は、2.06ppm (幅 1m)や 1.09ppm (幅 1m)と高い金の分析値を示すものもあるが、連続性が悪いばかりでなく規模が小さいため、鉱床の賦存する可能性は極めて低いものと判断される。

従って、今後、本地区で調査を継続する必要はないものと判断される。

(3) ムンドアスール地区

本地区で採取した 980 個の土壌試料を分析し、分析結果を統計処理して各元素の相関係数を求めたところ、金と高い相関を示す元素は認められなかった。金のしきい値を 8 ppb とし、それ以上を異常値とした結果、本地区北部では異常値帯を把握することができなかった。また、本地区南部では、北部で連続した異常値が分布するものの、最高品位が 20ppb と低い値であった。

以上の土壌地化学探査の結果から、ムンドアスール地区で予定していた物理探査およびトレンチ調査の実施を断念した。

従って、今後、本地区で調査を継続する必要はないものと判断される。

第2章 将来への提言

サンホセ・アロジョグランデ地域に位置するマホマ東地区、アンドレシート地区及びムンドアスール地区の3地区に対する将来への提言は、以下の通りである。

(1) マホマ東地区

トレンチ調査から、幅 20m 規模の剪断帯中に垂直な粗粒玄武岩の岩脈が貫入しており、剪断帯の一部にはレンズ状の石英脈が確認された。

金の鉱徴は花崗岩の分布域で東西に 800m、南北に 500m 以上とかなり広く分布するが、トレンチ試料の最高の分析値が 0.75ppm と低いばかりでなく、鉱徴地周辺の分析値も全般に低い値となっており、本地区に鉱床の賦存する可能性は極めて低いものと判断される。

したがって、今後、調査の継続をする必要はないものと考えられる。

(2) アンドレシート地区

トレンチ調査地域南西部に分布する花崗閃緑岩中の石英脈およびその周辺に認められる鉱徴は、2.06ppm (幅 1m)や 1.09ppm (幅 1m)と高い金の分析値を示すものもあるが、連続性が悪いばかりでなく規模が小さいため、鉱床の賦存する可能性は極めて低いものと判断される。

したがって、今後、調査の継続をする必要はないものと考えられる。

(3) ムンドアスール地区

土壌地化学探査の結果は、金のしきい値は 8ppb と低く、同地区北部では、異常値がほとんど認められなかった。また、同地区南部においては異常値が分布するものの、最高品位が 20ppb と低い値であった。以上より、鉱床の賦存する可能性は極めて低いものと判断され、ムンドアスール地区で予定していた物理探査およびトレンチ調査の実施を断念した。

したがって、今後、調査を継続する必要はないものとする。

参 考 文 献

参 考 文 献

- GEOQUIMICA DEL POTOPLANO FLORIDA (BRGM, 1982)
- Correlation of Uranium Geology Between South America and Africa Technical Reports Series No.270, IAEA 1986
- American Resource Corporation (ARC), Corporation Report (1992, Feb)
- ARCHEAN CRUSTAL EVOLUTIOND evelopments in Precambrian GeologyII, (Edited by K.C. Condie) 1994 ELSEVIER
- CARTA GEOLOGIA DEL URUGAY A ESCALA 1:500,000 (1985)
- CARTA GEOLOGIA DEL URUGAY A ESCALA (1:50,000) FOTOPLANO Puntas del Yerbal
- CARTA GEOLOGIA DEL URUGAY A ESCALA (1:50,000) FOTOPLANO Fuente del Puma
- CONTRIBUCIONES A LA GEOLOGIA DEL URUGUAY No.3
- CONTRIBUCIONES A LA GEOLOGIA DEL URUGUAY No.4
- CONTRIBUCIONES A LA GEOLOGIA DEL URUGUAY No.5
- CONTRIBUCIONES A LA GEOLOGIA DEL URUGUAY No.9
- Cristallex International Corp. H.P. cristallex. Com DINAMIGE
- INVENTARO MINERO DEL URUGUAY, RESULTADOS DE LA PROSPECCION GEOQUIMICA.
- Geological Comparison of Precambrian and Early Paleozoic Terrains Between the Southern West Coast of Africa and The South-East coast of South America By A. Bernasconi. Precambrian Research, 23(1983)9-31, Elsevier Science Publishers.
- INDICADORES GENERALES DEL URUGUAY-ANUARIO ESTADISTICO (1999)
- Law of Environmental Protection No.16. 466
- Law of Forest No.15. 939
- LAW MINING CPDE 1982
- MAPA DE INTEGRACION GEOLOGIA DE LA CUENCA DEL PLATA Y AREAS ADYACENTES (1:2,500,000)
- Mine Search mrtalseconomics.com
- Ore Deposit Models by R.G. Roberts and PA Sheahan. Geoscience Canada 1988, Mining Journal Vol.329, No.8455, November 1997
- Reglamento de Evaluacion del Impacto Ambiental No.435/994
- Santa Fe Pacific Gold Corporation. Report, Uruguay Portfolio(1995, Oct.)

Uruguay Goldfield Inc. Project Profile (1995)

Uruguay Gold Fields Inc., H.P. uruguaygoldfields.com

卷 末