

ペルー共和国コタウアシ地域 資源開発協力基礎調査報告書

総括報告書

昭和63年1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、ペルー共和国政府の要請に応え、同国南部に位置するコタウアシ地域の鉱物資源賦存の可能性を確認するため、地質調査、ボーリング調査等の鉱床探査に関する諸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及び鉱物資源の調査という専門分野に属することから、この調査の実施を金属鉱業事業団に委託することとした。

本調査は、昭和60年度から昭和62年度までの3ヶ年にわたって実施され、ペルー共和国政府関係機関、動力鉱山省鉱物冶金研究所（INGEMMET）の協力を得て予定どおり完了した。

本報告書は3年間の調査結果をとりまとめたものである。

おわりに、本調査の実施にあたって御協力をいただいたペルー共和国政府関係機関ならびに日本国外務省・通商産業省・在ペルー共和国日本国大使館及び関係各位の方々に哀心より感謝の意を表するものである。

昭和63年1月

国際協力事業団

総 裁 柳谷 謙介

金属鉱業事業団

理事長 佐藤 淳一郎

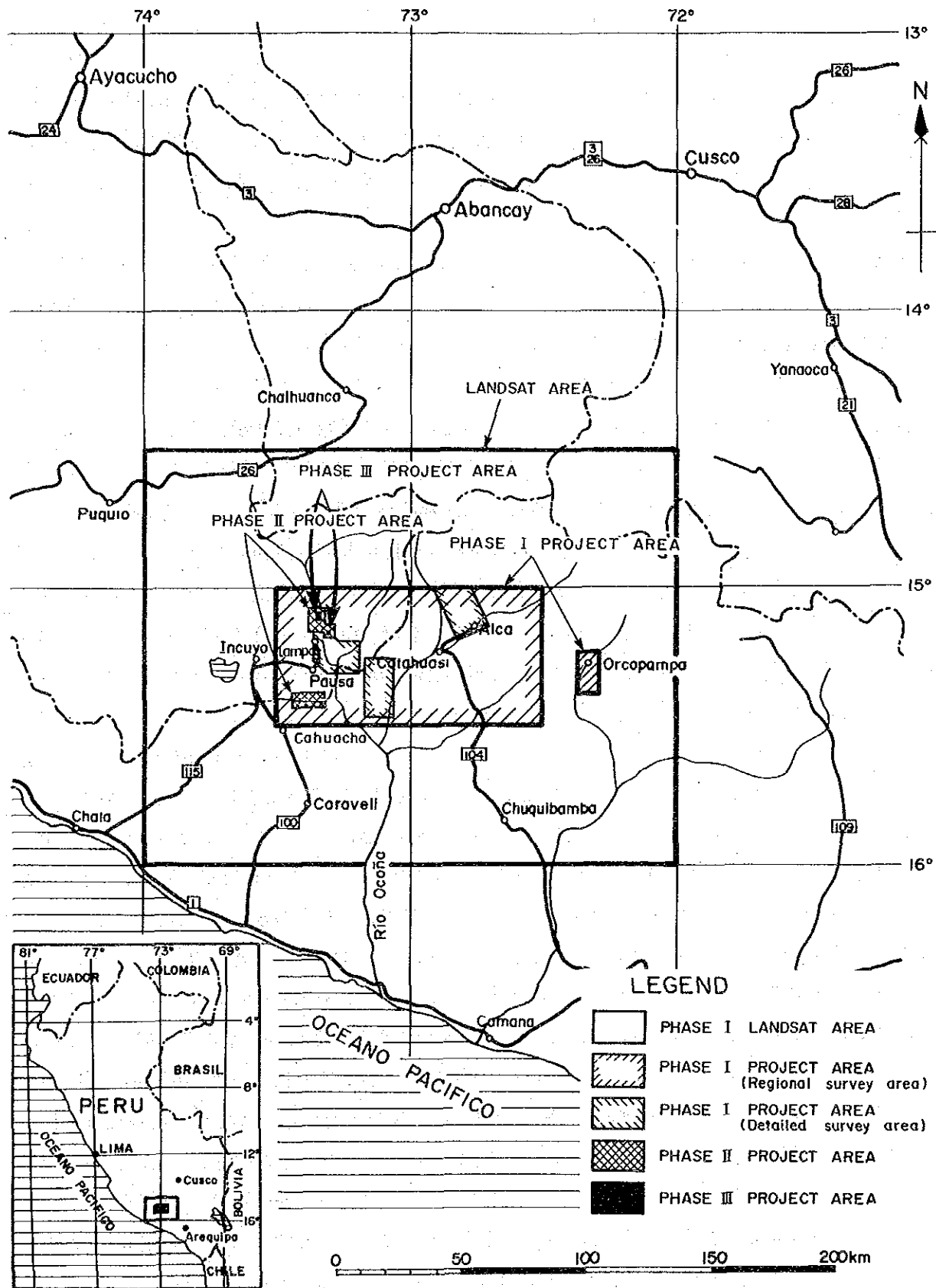


Fig. I - I Location Map of the Project Area

要 約

ペルー共和国政府は非鉄金属鉱業開発の一環として同国南部に位置するコタウアシ地域の地質鉱床調査を日本国政府に要請してきた。日本国政府はこの要請に応え、1985年から1987年に至る3ヶ年にわたって資源開発協力基礎調査を実施した。本報告書はその結果をとりまとめたものである。

本調査の目的は、ペルー共和国コタウアシ地域において地質状況を解明することにより、鉱床の賦存状況を把握することにある。

第1年次の調査は、ランドサット画像解析(30,000km²)、地質概査(5,200km²)、地質精査(A、B、C地区合計800km²)及び地上調査地域の地化学探査(河床堆積物)を実施した。

これらの調査資料を総合的に解析した結果、地質層序及び地質構造が明らかになった。概略の地質は、先カンブリア時代の片麻状花崗岩～閃緑岩を基盤とし、その上位にジュラ系及び白亜系の主として堆積岩類、これらを不整合に覆う第三系及び第四系の火山岩類などで構成される。貫入岩類は閃緑岩質底盤及び閃緑岩や安山岩の岩株や岩脈などである。

鉱化変質帯は、第三系下部以前の地層中に胚胎し、鉱化作用は石英脈、網状石英脈及び破碎帯や節理に沿った珪化帯や酸化帯に金銀の鉱化を伴った含金銀脈型の鉱化が大半で、一部に小規模な接触交代型の鉱化作用がある。鉱床賦存有望地区として、(1) Mina Pararapa、(2) Tanisca 変質帯、(3) Mina Luicho、(4) Pirca 変質帯などが抽出されたが、前3者は民間鉱区内に存在するため、調査の継続が不可能になった。

第2年次の調査は第1年次の調査結果を再検討して抽出した Marcabamba 地区(80km²)及び有望地区とされた Pirca 変質帯を含む Pirca 地区(東部地区48km²、西部地区42km²)で地質精査、地化学探査(土壌試料)及び Pirca 東部地区でボーリング調査(10孔、1,000m)を実施した。

これらの調査資料を総合的に解析した結果、Marcabamba 地区では、鉱化変質帯が第三紀中新世の Tacaza 層(Tc)及び白亜紀の Hualhuani 層(Yu)と Murco 層(Mu)中に胚胎することが判明した。多数の変質帯(珪化及び粘土化帯)のうち変質帯の状況と地化学異常帯の分布から、Colpar 変質帯とその南部の顕著な地化学異常帯を含む Colpar 地区及び Marcamalata 変質帯を含む Marcamalata 地区が鉱化帯賦存有望地区と推定された。

Pirca 地区では、東部地区及び西部地区とも大規模な変質帯(珪化及び粘土化帯)が第三紀中新世の Tacaza 層(Tc)中に分布する。しかし、変質帯の規模に比べて、地化学異常帯の規模は小さく、また、異常値も Marcabamba 地区の異常値に比べて低いランクのものであった。東部地区で実施した10孔のボーリング調査結果では、変質帯は顕著であるが、鉱化作用は非常に弱いものであった。従って、Pirca 地区では東部及び西部とも有望な鉱化帯が潜在する可能性は薄いものと推定され、当地区の調査は第2年次で打ち切りとした。

第3年次の調査は第2年次の調査結果によって、Marcabamba 地区で有望とされた Colpar 地

区 (5km²) 及び Marcamalata 地区 (2km²) を対象に、地質精査、トレンチ調査、ボーリング調査 (250m×3孔, 200m×2孔) を実施した。

これらの調査によって、Colpar 地区では第2年次の調査で抽出した Colpar 変質帯及びその南部の地化学異常帯に近い所で、多数の旧坑と鉱化露頭を発見した。これらの鉱脈や鉱化帯についての報告は過去に全く無く、付近の住民もその存在と稼行時期を全く知らない様子であった。

第3年次の調査資料を検討した結果、以下の事が明らかになった。

Colpar 地区で発見した鉱化帯は、4本の鉱脈を含む北部鉱化帯及び9本の鉱脈を含む南部鉱化帯の2ヶ所で、いずれも第三紀中新世の Tacaza 層中に胚胎する。

両鉱化帯の大半の鉱脈は、NE-SW系の裂罅及び裂罅に沿った破碎帯に規制されて胚胎した浅熱水性金銀鉄脈鉱床で、石英脈、網状石英脈及び珪化破碎帯などに鉱化作用を伴う。産出する鉱石鉱物は、エレクトラム、輝銀鉱、輝安銅銀鉱、ピアーセアイト、方鉛鉱、閃亜鉛鉱、黄鉄鉱、赤鉄鉱、褐鉄鉱、Mn+Fe 鉱物などである。

北部鉱化帯は全般に銀の鉱化作用が強く、N3V脈の鉱石の分析品位は幅1m平均で Au5.70g/t, Ag640g/t の高品位を示した。鉱化帯下部を掘削した MJP-12 ボーリングでは N1V, N2V 脈及びこれらに平行する石英脈や強珪化帯に着鉱した。また MJP-12 の北東 350m (水平距離) で実施した MJP-11 では N1V 脈の北東端先に相当する鉱脈に着鉱した。

北部鉱化帯とその北東端先延長部の北部珪化帯を含めた北部鉱化変質帯の分布範囲は、幅約 0.3 km, 延長約 1.5km の広範囲なものである。

南部鉱化帯は金及び銀の鉱化作用が強く、S3V脈の鉱石では幅0.15mで、Au21.50g/t, Ag410g/t, S7V脈の鉱石では幅0.3mで、Au20.10g/t, Ag1,200g/t などの高品位鉱がある。鉱化帯の南西端先下部を掘削した MJP-13 ボーリングでは、S3V, S4V 及び S5V 脈に着鉱し、S4V 脈では金銀と共に銅、鉛、亜鉛の有望な鉱化作用が認められた。

南部鉱化帯とその南西端先延長部の Q.Querumahuico 変質帯を含めた南部鉱化変質帯の分布範囲は幅約 0.2km, 延長約 0.9km の広範囲なものである。

Marcamalata 地区の鉱化帯は白亜紀の Hualhuani 層 (Yu) と Murco 層 (Mu) 中に胚胎し、銀の鉱化作用を伴う。鉱脈はすべて小規模で連続性が悪く、鉱化帯下部を掘削した MJP-14, 15 ボーリングの結果では、多数の石英脈や網状石英脈を確認したが、これらの化学分析結果はすべて低品位であった。従って、当地区に有望な鉱化帯が潜在する可能性は薄いものと考えられる。

以上のことから、有望地域を抽出すれば、北部鉱化変質帯 (幅約 0.3km, 延長約 1.5km) 及び南部鉱化変質帯 (幅約 0.2km, 延長約 0.9km) の2地区が鉱床賦存有望地区と考えられ、今後の探鉱が期待される。

目 次

はしがき

調査地域位置図

要 約

第I部 総 論

第1章 調査概要	1
1-1 調査位置	1
1-2 調査目的	1
1-3 調査方法	1
1-4 調査地域、調査量及び調査期間	1
1-5 調査員	1
第2章 従来 of 調査	9
2-1 既往調査報告書	9
2-2 Ayacucho-Arequipa 地区の地質及び鉱床	9
第3章 コタウアシ地域の地質概要	14
3-1 地 質	14
3-2 変質帯及び鉱化帯	14
第4章 現地状況	16
4-1 ペルー共和国の概要	16
4-2 交 通	16
4-3 調査環境	18
第5章 結論及び将来への提言	20
5-1 結 論	20
5-2 将来への提言	21

第II部 各 論

第1章 ランドサット画像解析結果	23
1-1 ランドサット画像解析対象地域	23
1-2 解析結果	23
第2章 コタウアシ地域の地質調査（概査及び準精査）	27
2-1 地質・地質構造	27
2-2 変質帯及び鉱化帯	35

2-3	地化学探査	40
2-4	まとめ	44
第3章	PIRCA地区(精査)	47
3-1	地質・地質構造	47
3-2	変質帯及び鉍化帯	47
3-3	地化学探査	60
3-4	ボーリング調査	74
3-5	まとめ	81
第4章	MARCABAMBA地区(精査)	82
4-1	地質・地質構造	82
4-2	変質帯及び鉍化帯	82
4-3	地化学探査	90
4-4	まとめ	97
第5章	COLPAR(精査)	99
5-1	地質・地質構造	99
5-2	変質帯及び鉍化帯	104
5-3	ボーリング調査	113
5-4	まとめ	129
第6章	MARCAMALATA(精査)	130
6-1	地質・地質構造	130
6-2	変質帯及び鉍化帯	130
6-3	ボーリング調査	139
6-4	まとめ	151

第Ⅲ部 結論及び将来への提言

第1章	結 論	153
第2章	将来への提言	155
参考文献		159

LIST OF TABLES

- Table I - 1 調査概要
- Table I - 2 協定折衝, 調査計画参画者及び現地調査団員名簿
- Table I - 3 Principal Mineral Deposits of Ayacucho-Arequipa District Southeastern Peru
- Table II - 1 List of Alteration and Mineralization Zones (Main)
- Table II - 2 List of Geochemical Anomaly Zones
- Table II - 3 Principal Mineralization Zones (Cotahuasi Area)
- Table II - 4 Principal Geochemical Anomaly Zones (Cotahuasi Area)
- Table II - 5 Recommendation for Follow-up Survey (Cotahuasi Area)
- Table II - 6 List of Alteration and Mineralization Zones of the Pirca Area
- Table II - 7 Chemical Analyses of Altered Rocks and Ore Samples of the Pirca Area
- Table II - 8 List of Geochemical Anomaly Zones in the Pirca Area
- Table II - 9 Comparison of Geochemical Anomaly Zones with Mineralization Zones in the Pirca Area
- Table II - 10 Principal Alteration and Mineralization Zones of the Pirca Area
- Table II - 11 Relation with Geochemical Anomaly Zones and Alteration Zones in the Pirca Area
- Table II - 12 Chemical Analyses of Altered Rocks and Quartz Vein of Drilling Cores
- Table II - 13 Drilling Results
- Table II - 14 List of Alteration and Mineralization of Drilling Cores in Pirca Eastern Area
- Table II - 15 List of Alteration and Mineralization Zones of the Marcabamba Area
- Table II - 16 Chemical Analyses of Altered Rocks and Ore Samples of the Marcabamba Area
- Table II - 17 List of Geochemical Anomaly Zones in the Marcabamba Area
- Table II - 18 Comparison of Geochemical Anomaly Zones with Mineralization Zones in the Marcabamba Area
- Table II - 19 Comparison of the Pirca Area with the Marcabamba Area on Geochemical Satic Parameteres

- Table II -20 Principal Alteration and Mineralization Zones of the Marcabamba Area
- Table II -21 Relation with Geochemical Anomaly Zones and Alteration Zones in the Marcabamba Area
- Table II -22 Important Mineralized Vein in Colpar Area
- Table II -23 List of Mineralization Zones of the Colpar Area
- Table II -24 Important Mineralized Zones and Vein in Drilling Holes of the Colpar Area
- Table II -25 Mineralization Zones of Drilling Holes in the Colpar Area
- Table I -26 Alteration Zones of Drilling Holes in the Marcamalata Area

LIST OF ILLUSTRATIONS

- Fig. I -1 Location Map of the Cotahuasi Area
- Fig. I -2 コタウアシ地域調査フローシート
- Fig. I -3 鉱床有望地区抽出フローチャート
- Fig. I -4 Metalogenic Map of Ayacucho-Arequipa Region Southeastern Peru
- Fig. I -5 Accessibility Map to the Project Area
- Fig. II -1 Interpretation Map of Landsat False Color Images
- Fig. II -2 Geological Map of the Cotahuasi Area
- Fig. II -3 Generalized Stratigraphic Column of the Cotahuasi Area
- Fig. II -4 SiO_2 ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$) Variation Diagram of Volcanic Rocks
- Fig. II -5 $\text{K}_2\text{O} - \text{MgO}$ Variation Diagram of Volcanic Rocks
- Fig. II -6 Normative Quartz-Orthoclase (Albite+Anorthite) Triangular Diagram of Some Igneous Rocks
- Fig. II -7 Location Map of Alteration and Mineralized Zones
- Fig. II -8 Geochemical Interpretation Map (Composite Data)
- Fig. II -9 Geological Map of the Pirca Eastern Area
- Fig. II -10 Geological Map of the Pirca Western Area
- Fig. II -11 Location Map of Alteration and Mineralization Zone of the Pirca Eastern Area
- Fig. II -12 Location Map of Alteration and Mineralization Zone of the Pirca Western Area
- Fig. II -13 Geochemical Interpretation Map of Pirca Eastern Area (Composite Data)
- Fig. II -14 Geochemical Interpretation Map of the Pirca Western Area (Composite Data)
- Fig. II -15 Interpretation Map of the Pirca Eastern Area
- Fig. II -16 Interpretation Map of the Pirca Western Area
- Fig. II -17 Location Map of the Drilling Sites
- Fig. II -18 Drilling Progress of the Pirca Eastern Area (MJP-1~10)
- Fig. II -19 Geological Map of the Marcabamba Area
- Fig. II -20 Location Map of Alteration and Mineralization Zone of the Marcabamba Area
- Fig. II -21 Geochemical Interpretation Map of the Marcabamba Area (Composite

- Data)
- Fig. II - 22 Interpretation Map of the Marcabamba Area
 - Fig. II - 23 Geological Map and Section of the Colpar Area
 - Fig. II - 24 Stratigraphic Column of the Colpar Area
 - Fig. II - 25 Location Map of Alteration and Mineralization Zone of the Colpar Area
 - Fig. II - 26 Location Map of Mineralization Zones of the Northern Part of the Colpar Area
 - Fig. II - 27 Location Map of Mineralization Zones of the Southern Part of the Colpar Area
 - Fig. II - 28 Location Map of the Drilling Sites
 - Fig. II - 29 Location Map of the Drilling Sites in the Colpar Area
 - Fig. II - 30 Drilling Progress of the Colpar Area (MJP-11~13)
 - Fig. II - 31 Geological Section of the Drilling Holes (MJP-11, 12, 13) in the Colpar Area (scale 1 : 5,000)
 - Fig. II - 32 Geological Section of Drilling Hole MJP-11 in the Colpar Area
 - Fig. II - 33 Geological Section of Drilling Hole MJP-12 in the Colpar Area
 - Fig. II - 34 Geological Section of Drilling Hole MJP-13 in the Colpar Area
 - Fig. II - 35 Geological Map and Section of the Marcamalata Area
 - Fig. II - 36 Stratigraphic Column of the Marcamalata Area
 - Fig. II - 37 Location Map of Alteration and Mineralization Zone of the Marcamalata Area
 - Fig. II - 38 Location Map of Mineralization Zones of the Marcamalata Area
 - Fig. II - 39 Location Map of the Drilling Sites
 - Fig. II - 40 Location Map of the Drilling Sites in the Marcamalata Area
 - Fig. II - 41 Drilling Progress of the Marcamalata Area (MJP-14~15)
 - Fig. II - 42 Geological Section of the Drilling Holes (MJP-14, 15) in the Marcamalata Area (scale 1 : 5,000)
 - Fig. II - 43 Geological Section of Drilling Hole MJP-14 in the Marcamalata Area
 - Fig. II - 44 Geological Section of Drilling Hole MJP-15 in the Marcamalata Area
 - Fig. III - 1 Interpretation Map of the Colpar Area

第 I 部 總 論

第 I 部 総 論

第 1 章 調査概要

1-1 調査位置

調査地域はペルー共和国の南部で、同国第 2 の都市 Arequipa 市の北西約 200km に位置する。当地域の中央部は南緯約 $15^{\circ} 15'$ 、西経 $73^{\circ} 00'$ である (Fig I-1)。

1-2 調査目的

本調査は、ペルー共和国コタウアシ地域において地質状況を解明することにより、鉱床賦存状況を把握することを目的としている。

1-3 調査方法

第 1 年次から第 3 年次までの各年次で採用した調査の方法及び調査フローは Table 1-1 及び Fig. 1-2 に示すとおりである。また、第 1 年次の広域的な概査から、第 3 年次での有望地域抽出までの調査フローは Fig. 1-3 に示すとおりである。

1-4 調査地域、調査量及び調査期間

3 年にわたる各年次毎の調査地域、調査量及び調査期間は Table I-1 に示すとおりである。

1-5 調査員

各年次毎の協定折衝、調査計画参画者及び現地調査団員は Table I-2 に示すとおりである。

Table I - 1 調査概要

年次	調査方法	調査地区	調査量	調査内容	室内試験	調査期間
第1年次	ランドサットデータ解析	ランドサットデータ 解析範囲 (S14° 30' ~16° 00' W72° 00' ~74° 00')	30,000k m ²	地質構造調査		
	地質調査 ・地化学探査	概査地区 (S15° 00' ~15° 30' W72° 30' ~73° 30') 精査地区：A地区、B地区 及びC地区 オルコパン・鉱山周辺地域 全地区	面積：5,200k m ² 地化学探査試料：1,309個 3地区 (A, B, C地区) 合計面積：800k m ² 地化学探査試料：50個 絶対年代測定：5個	踏査密度：0.29km/k m ² (1,439km/5,200k m ²) 採試密度：0.25個/k m ² (1,309個/5,200k m ²) 地化学探査試料：河床堆積物 指示元素：Au, Ag, Cu, Pb, Zn, As 踏査密度：0.80km/k m ² (600km/800k m ²) 採試密度：1.02個/k m ² (815個/800k m ²) 地化学探査試料：河床堆積物 指示元素：Au, Ag, Cu, Pb, Zn, As K-Ar法	岩石・鉱石検鏡 X線回折 (粉末法) 分析 岩石化学分析 (13成分) 鉱石化学分析 (Au, Ag, Cu, Pb, Zn)	自 昭和60年9月25日 至 昭和61年2月28日
第2年次	地質調査 ・地化学探査	マルカパン地区 ビルカ地区	面積：80k m ² 地化学探査試料：620個 面積：90k m ² 地化学探査試料：1,408個	踏査密度：2.1km/k m ² (164km/80k m ²) 採試密度：7.8個/k m ² (620個/80k m ²) 地化学探査試料：土壌試料 指示元素：Au, Ag, Cu, Pb, Zn, As 踏査密度：2.9km/k m ² (261km/90k m ²) 採試密度：15.6個/k m ² (1,408個/90k m ²) 地化学探査試料：土壌試料 指示元素：Au, Ag, Cu, Pb, Zn, As	岩石・鉱石検鏡 X線回折 (粉末法) 分析 岩石化学分析 (13成分) 鉱石化学分析 (Au, Ag, Cu, Pb, Zn)	自 昭和61年7月11日 至 昭和62年2月10日
	ボーリング調査	ビルカ地区	10孔 総掘進長 1,000m	掘進長 100m×10孔、垂直掘		
第3年次	地質調査 (精査、 合トレンチ 調査)	コルパール地区 マルカマラーク地区	面積：5.0k m ² トレンチ調査： 総延長 179.5m 面積：2.0k m ² トレンチ調査： 総延長 153m	踏査密度：5.2km/k m ² (26.1km/5.0k m ²) 踏査密度：8.1km/k m ² (16.2km/2.0k m ²)	岩石・鉱石検鏡 X線回折 (粉末法) 分析 鉱石化学分析 (Au, Ag 一部 Cu, Pb, Zn)	自 昭和62年6月26日 至 昭和63年1月30日
	ボーリング調査	コルパール地区 マルカマラーク地区	3孔 総掘進長 750m 2孔 総掘進長 400m	掘進長 250m×3孔、-45° 傾斜掘 掘進長 200m×2孔、-45° 傾斜掘		

Table 1-2 協定折衝，調査計画参画者及び現地調査団員名簿

	協定折衝，調査計画参画者				現地調査団員					
	日本側		ペルー共和国側		日本側		ペルー共和国側			
昭和60年度	石田 真 武富義和 觸 純宏 江沢忠昭 上木隆司	金属鉱業事業団 通商産業省 資源エネルギー庁 金属鉱業事業団（リマ事務所） 金属鉱業事業団 "	Juan Zagarra Wuest Gregorio Flores Ñanes Erick Soriano Bernardini	Instituto Geologico Minero y Metalurgico " "	宮島 弘 中島清治 酒井正嗣 土田清治 名取二郎 長尾尚顕	団長 団員 " " " "	住鉱コンサルタント株式会社 " " " " "	Cesar Vilca Neira Hector Zarate Olazagal Walter Rodriguez Olaete Carlos Jimenez Velasco Emilio Rojas Rivera	団長 団員 " " "	Instituto Geologico Minero y Metalurgico " " "
昭和61年度	石田 真 觸 純宏 上木隆司	金属鉱業事業団 金属鉱業事業団（リマ事務所） 金属鉱業事業団	Juan Zagarra Wuest Gregorio Flores Ñanes Cesar Vilca Neira Walter Rodriguez Olarte Emilio Rojas Rivera	Instituto Geologico Minero y Metalurgico " " " "	中島清治 松木正義 名取二郎 村瀬昭彦	団長 団員 " "	住鉱コンサルタント株式会社 " " "	Cesar Vilca Neira Hector Zarate Olazagal Emilio Rojas Rivera Daniel Carpio T. 他	団長 団員 " コントラクター	Instituto Geologico Minero y Metalurgico " " Geotec S.A.
昭和62年度	狩野一憲 萩尾憲三 馬場洋三 安達直隆	金属鉱業事業団 金属鉱業事業団（リマ事務所） 金属鉱業事業団 "	Juan Zagarra Wuest Gregorio Flores Ñanes Cesar Vilca Neira Hector Zarate Olazagal	Instituto Geologico Minero y Metalurgico " " "	中島清治 野並 集 村瀬昭彦	団長 団員 "	住鉱コンサルタント株式会社 " "	Cesar Vilca Neira Hector Zarate Olazagal Walter Rodriguez Olarte Pedro Samame I. 他	団長 団員 " コントラクター	Instituto Geologico Minero y Metalurgico " " Geotec S.A.

第2章 従来の調査

2-1 既往調査報告書

既往調査に関する参考文献のリストは本報告書の巻末に示した。

Ayachucho-Arequipa 県付近の広域的な地質及びペルー共和国南部の銀鉱物の産状について、Pornari, M. and Vilca, C.N. (1977) の報告に記載されている。

ペルー共和国全域についての鉱床成生図が, Bellido, D.ほか (1972) によって作成され, エネルギー-鉱山省によって発行されている。

Victor, P.G. (1983) が Pausa 及び Caraveli 地域について, Carlos G.R. 及び David, D. M (1983) が Coracora 及び Pacapausa 地域の地質について報告している。

ペルー南部のアンデス山地での地化学探査の結果は, Onuma, N. (1985) の報告書に収録されている。

広域地質及び鉱床賦存状況について, 上記の既往調査報告書に基づいて以下要約する。

2-2 Ayacucho-Arequipa 地区の地質及び鉱床

(1) 地 質

Ayacucho-Arequipa 地区の地質は次のとおりに要約できる。(Fornari M., et al (1977))。

Ayacucho-Arequipa 地区は, コタウアシ地域及びその周辺地域 (南緯 $14^{\circ} 00'$ - $16^{\circ} 30'$, 西経 $71^{\circ} 30'$ - $74^{\circ} 30'$) をいう (Fig.1-4)。

本地域での西アンデス山脈は, 平均高度 4,000m 以上, 延長 150km 以上の広大な高原台地をなしている。その高地部の地形は起伏に乏しく, ほぼ平坦である。Pampas とばれるこの高原台地上には, 本地区の最高峰 Coropuna (6,426m) がそびえている。

アンデス山脈の最後の隆起後, 強い退行的な侵食が太平洋岸壁から起きている。しかし, 約 2,000m の下刻による切り込みをみせる Cotahuasi 谷のような非常に深い溪谷は別として, 諸河川は高原台地を深く切込むまでにはいまだ達していない。

氷河作用の痕跡は高原台地のいたるところでみられ, 非常に厚い氷堆石や細流水河堆積物が分布し, U字谷が発達している。

本地区の地質は, 主として先カンブリア時代の変成岩類, 古生代の堆積岩類・火山岩類, 新生代の堆積岩類・火山岩類から構成されている。

先カンブリア時代の変成岩類は, 太平洋沿岸及び二・三の河底に分布しており, 主として片麻岩からなる。

先カンブリア時代の基盤上には古生代の堆積岩類がみられる。本地区は, 石炭紀末に離水し, 二畳紀の碎屑性の堆積岩類の供給地となった。

三畳紀には堆積盆は溶岩類を噴出する火山活動の場となった。これらの堆積物には海成堆積物

が挟在する。白亜紀末には、NW-SE方向の褶曲及び西アンデス山脈の離水で特徴づけられる造構相が生じた。太平洋沿岸パソリスを構成する花崗閃緑岩質岩の大部分は、概して白亜紀に配置させている。

白亜紀から第三紀への移行は赤色層すなわち碎屑性陸成層の堆積で特徴づけられる。

漸新-中新世の火山-火砕岩層は古い地形上に不整合でのる。最下部には集塊岩及び凝灰岩を伴う火山角礫岩が存在する。上部層の多くは安山岩質であるが、流紋岩質デイサイト及び流紋岩も存在する。これらの地層は Tacaza 層及び Alpabamba 層に対比される。

銀鉱床分布地域では、Tacaza 層の層相に差異がある。西部 (Puquio 帯) では火砕岩類及び堆積岩類が卓越し、頁岩、石膏及び炭酸塩岩の層又はレンズを伴う。炭酸塩岩の存在は火山噴出点間に存在する礁湖の堆積の中心を表わす。一方、東部では、これらの堆積物は量的に減少するか又は欠如している。漸新-中新世の火砕岩層は褶曲作用を覆っており、傾斜 60° 以下の顕著な背斜及び向斜構造を示す。変形の分布は不規則であり、アンデス山脈の方向 (NW-SE) に沿う強い褶曲帯をともなっている。このアンデス山脈の方向は古期までの大構造のなごりである。

鮮新世-第四紀の火山作用として、侵食面を覆って分布するイクニフライトが一部にみられる。これらの凝灰岩は、Tacaza 層内にみられる褶曲作用による影響は覆っていない。このほか安山岩溶岩類も存在する。安山岩質岩の噴出は主として鮮新世前期にはじまり、現在まで広がっている。成層火山型の火山が多数存在する南部ペルーではこれらの噴出時期は更新世に一般的である。これらの安山岩質溶岩流は広大な台地を形成し、また谷底に沿っている。

(2) 鉱床

Ayacucho-Arequipa 地区内の既知の鉱床・鉱微地の概要は次のとおりである (Bellido D., et al. (1972))。

コタウアシ地域及びその周辺地域 (Ayacucho-Arequipa 地区) における既知の鉱床及び鉱微地を Fig 1-4 に示した。これらのうち、主要な鉱床及び鉱微地については Table 1-3 にまとめて記載した。

ペルー-鉱床生成図 (縮尺 1/2,500,000, Bellido, E, et al, 1972) によれば、Ayacucho-Arequipa 地方は、高原台地多金属鉱床生成亜区、太平洋銅鉱床生成亜区、太平洋岸鉄鉱床地域、及び先カンブリア時代の変成岩類中の鉱化帯に区分できる。これらのうち、高原台地多金属鉱床生成亜区は、Andahuaylas-Yauri 鉱床生成地域及び Puquio-Caylloma 鉱床生成地域に細分され、また、太平洋銅鉱床生成亜区の一部は Nazca-Ocoña 地域として区分できる。

本地方の北東半部の Andahuaylas-Yauri 鉱床生成地域には、主として、接触交代型の鉄・銅鉱床が分布している。また、本地方の中央部、コタウアシ地域の西縁からその東方及び西方にかけての Puquio-Caylloma 鉱床生成地域には、熱水成及び気成の鉱脈又はシーム状の金・銀及び銀鉱床が分布している。一方、本地方の南西半部をしめる Nazca-Ocoña 鉱床生成地域には主として、熱水成及び気成の鉱脈又はシーム状の銅及び金鉱床が分布している。これら諸鉱床の鉱床生

成期は、白亜紀後期 - 第三紀である。

コタウアン地域は、Ayacucho - Arequipa 地区の中央部を占める。本地域は、Puquio - Caylloma 鉱床生成地域及び Nazca - Ocoña 鉱床生成地域にまたがる、前者は本地域の北縁部、後者は本地域の南西過半部を占めている。

本プロジェクトにおいて最終的な探査ターゲットとなった Corpar 金鉱地は、太平洋銅鉱床生成亜区のうち、Nazca - Ocoña 銅又は金の鉱脈型鉱床生成地域に属している。

METALOGENIC PROVINCE

- Coastal Ferruginous Areas
- Pacific Cupriferos Sub-Province
- Naza-Ocaña Area
- Highland Polymetallic Sub-Province
- Mineralization in Volcanic Rocks
- Puquio-Callima Area
- Mineralization in Sedimentary Rocks
- Andahuaylas-Yauri Area
- Mineralization in Precambrian Metamorphics

TYPES OF MINERAL DEPOSITS

- Veins or Seams
- ◐ Mantles or Stratiform Bodies
- ◑ Irregular Bodies

DIMENSIONES

- Occurrences Prospects
- Small Deposits
- ◐ Medium Deposits
- ◑ Big Deposits

PRINCIPAL MINES IN AYACUCHO-AREQUIPA REGION

95 Chalcobamba	Cu	Cont.
96 Yurunga	Cu	Hyd.
97 Charcas	Cu	Cont.
98 Sulfobamba	Cu	Cont.
99 Ferrobamba	Cu	Cont.
103 Livitaca	Fe	Cont.
104 Colquemarca	Au	Alluv.
106 Kafanga	Cu	Hyd.
108 San Juan de Lucanas	Au, Ag, Pb, Zn	Hyd.
111 Arcata	Au, Ag	Hyd.
114 Suykutambo	Au, Ag	Hyd.
116 Orcopampa	Ag, Pb, Zn	Hyd.
117 Callima	Au, Ag, Cu, Pb	Hyd.
123 San Luis	Au	Hyd.
124 La Capisana	Au	Hyd.
128 Medrigal	Cu	Hyd.
129 Calpa	Au	Hyd.
130 Alpacay	Au	Hyd.
132 Andaray	Cu	Cont.
133 Posco	Au, Ag, Cu	Hyd.

Cont. : Contact Metasomatic Deposits
 Hyd. : Hydrothermal or Pneumatolytic Deposits
 Alluv. : Alluvial Deposits

- ◻ Cotahuasi Area
- ◻ Reconnaissance Mapping Area Using LANDSAT Images
- ◻ Ayacucho-Arequipa District

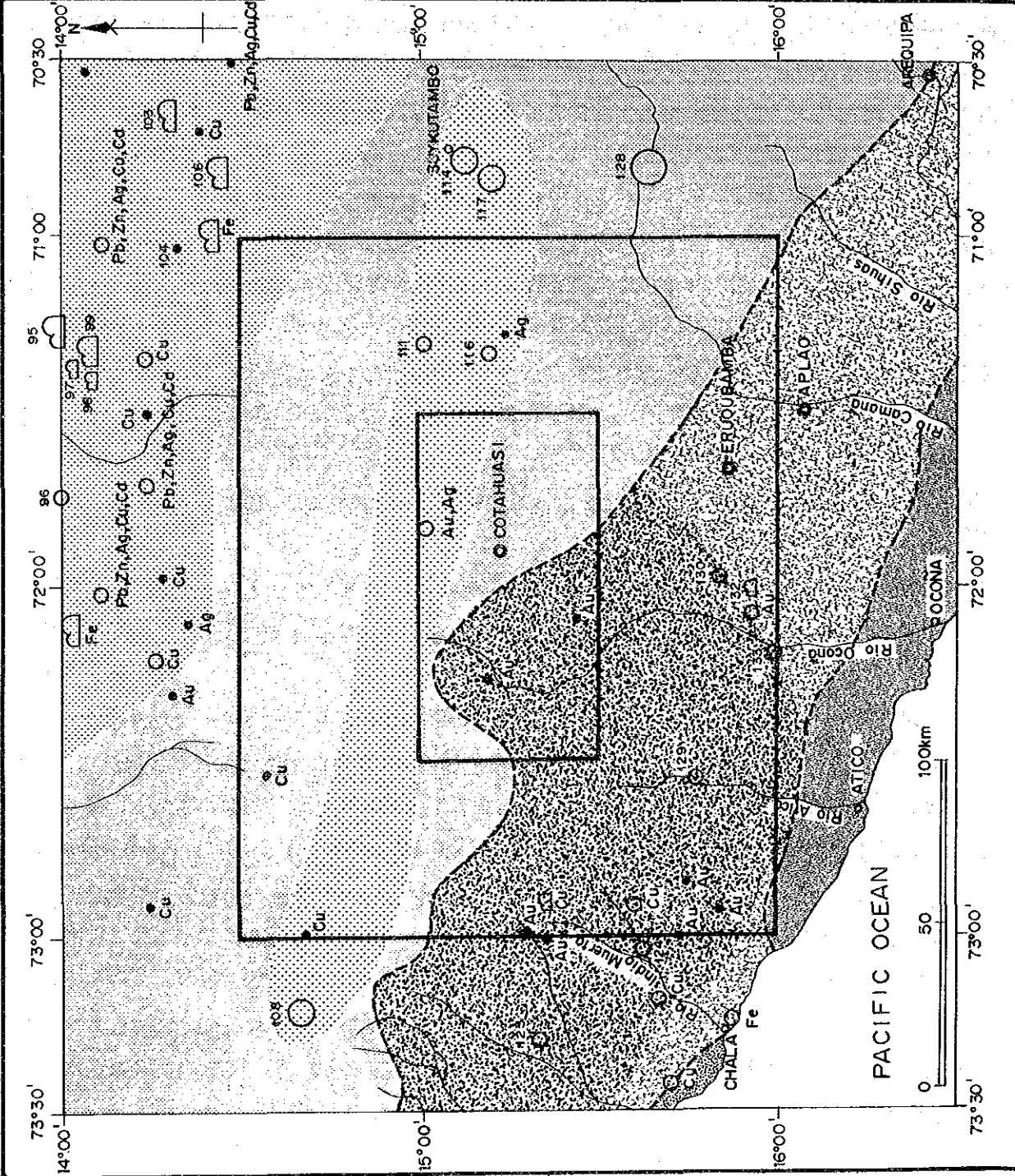


Fig. 1-4

METALOGENIC MAP OF AYACUCHO-AREQUIPA REGION SOUTHEASTERN PERU

Table I - 3 Principal Mineral Deposits of Ayacucho - Arequipa District Southeastern Peru

	PRINCIPAL MINERAL DEPOSITS	MINERAL ASSOCIATIONS	METALLOGENIC PROVINCES	METALLOGENIC EPOCH	TYPE OF MINERAL DEPOSITS	DIMENSIONES
95	Chalcobamba	Cu	HIGHLAND POLYMETALIC SUB-PROVINCE Andahuas - Yauri Area	Upper Cretaceous - Tertiary	Contact metasomatic, Irregular	Medium
96	Yuringa	Cu	ditto	ditto	Hydrothermal or Pneumatolytic, Vein or Seam	Small
97	Charcas	Cu	ditto	ditto	Contact metasomatic, Irregular	Small
98	Sulfobamba	Cu	ditto	ditto	ditto	Small
99	Ferrobamba	Cu	ditto	ditto	ditto	Medium
103	Livitaca	Fe	ditto	ditto	ditto	
104	Colquemarca	Au	ditto	ditto	Hydrothermal or Pneumatolytic, Mantle or Stratiform	Occurrences or Prospects
106	Katange	Cu	ditto	ditto	Hydrothermal or Pneumatolytic, Irregular	Medium
108	San Juan de Lucanas	Au, Ag, Pb, Zn	HIGHLAND POLYMETALIC SUB-PROVINCE Puquio - Caylloma Area	ditto	Hydrothermal or Pneumatolytic, Vein or Seam	Medium
111	Arcata	Au, Ag	ditto	ditto	ditto	Small
114	Suykutambo	Ag, Pb, Zn	ditto	ditto	ditto	Medium
116	Oropampa	Au, Ag, Cu, Pb	ditto	ditto	ditto	Small
117	Caylloma	Au	ditto	ditto	ditto	Medium
123	San Luis	Au	PACIFIC CUPRIFEROUS SUB-PROVINCE Nazca - Ocona Area	ditto	ditto	Small
124	La Capitana	Cu	ditto	ditto	ditto	Small
128	Madrigal	Au	HIGHLAND POLYMETALIC SUB-PROVINCE	ditto	ditto	Big
129	Calpa	Au	PACIFIC CUPRIFEROUS SUB-PROVINCE Nazca - Ocona Area	ditto	ditto	Small
130	Alpacay		ditto	ditto	ditto	Small
132	Andaray	Cu	ditto	ditto	Contact metasomatic, Irregular	Small
133	Pasco	Au, Ag, Cu	ditto	ditto	Hydrothermal or Pneumatolytic, Vein or Seam	Small

第3章 コタウアシ地域の地質概要

3-1 地 質

調査地域付近の地質は基盤が先カンブリア系の片麻岩及び閃緑岩を主体とする複合岩体からなり、調査地域の南部に分布する。これらを不整合に覆うジュラ系は、下部は緑色または茶褐色の安山岩質火山岩類からなり、最下部付近の一部では片状構造がみられる。中部から上位には灰～黒色の石灰岩、さらに暗灰～緑灰色の頁岩層及び厚い砂岩が累重する。白亜系は下部が淡灰～灰色の厚い珪質砂岩を主とし、その上部に砂岩を挟む頁岩主体層、化石を伴う灰～暗灰色の石灰岩などが重なる。これらのジュラ系や白亜系には褶曲構造や断層構造が著しく発達する。これらの地層は不整合で第三系に覆われる。

第三系は下部が砂岩や礫岩を主とする堆積岩類からなり、この上部に岩相変化の著しい安山岩質及び石英安山岩質の火山岩類、さらに流紋岩質火山碎屑岩類などが累重する。このうち下位に当る堆積岩累や安山岩質火山岩類には局部的に褶曲構造が認められる。

第四系は、Nevado Solimanaを初めとする5,000m級以上の火山帯を含み、アルチプラノの高原地帯に広く分布する安山岩質火山岩類を最下位層とし、この上位に氷河堆積物、さらに局部的に噴出した玄武岩～安山岩質の火山岩類が分布する。沖積層は、全般に凝灰質な堆積物からなり、主要河川沿い、緩傾斜地、アルチプラノの盆地部などに分布する。

調査地域の主要な貫入岩類は、海岸バソリスに相当する白亜紀の花崗岩質貫入岩類、第三紀の微閃緑岩質及び安山岩質の貫入岩類などで、岩株状～底盤状を成して、地区南部から中央部にかけて分布する。これらの貫入岩類の配列方向は、海岸バソリスがWNW-ESEの方向性を示すが、第三紀貫入岩類の配列方向は第四系に覆われて明らかでない。しかし大局的にはNW-SE及びNE-SWの二方向に配列する傾向を示す。

地質構造では、第三紀中新統以前（Tacaza層の安山岩質火山岩類活動以前）の地層は褶曲と断層構造が発達して地塊化されているが、中新統以降（Alpabamba層の石英安山岩質火山岩類の活動以降）の地層では、一部の小規模断層を除いて、褶曲や断層構造は認められない。褶曲はNW-SE又はWNW-ESE方向の軸をもつ背斜及び向斜からなる。断層はNW-SE方向が顕著で、これに斜交するE-W、NE-SW及びN-S方向のものがる。

3-2 変質帯及び鉱化帯

変質帯及び鉱化帯は、白亜系以前の主に堆積岩の分布域では、石灰岩や珪質砂岩が多いために変質帯は小規模である。しかし、中新統以降の火山岩類の分布域ではしばしば褐色汚染を伴った比較的規模の大きい変質帯がみられる。変質帯は、精査地区ではA地区北東部のOyolo及び南西部のMina Luicho付近、B地区西部のTanisca及び北東部のMina Picha付近、C地区中央北部のMina Pararapa付近など、概査地区では地区南西部のSara Sara南部付近、Pirca付近、Maran

南部付近などに分布するものが主なものである。

これらの変質帯のうち、Tanisca変質帯は調査地区では最も規模が大きく、変質帯の幅は1~3kmあり、南北方向へ約10km連続する。この変質帯は安山岩質火山岩類（Tacaza層群）中の粘土化変質帯で、その一部に弱い珪化帯を伴う。この変質帯の下部に分布する珪質砂岩（Yura層）中には金を伴う酸化粘土脈や石英細脈があり、過去小規模に探鉱されている。

Mina Pararapa変質帯は、NNW-SSE方向に貫入した斑状変質安山岩脈とその周辺の安山岩質火山岩類（Tacaza層）が酸化鉄に汚染された褐色変質帯で、ここにはN20°W・80°NEの方向に含金銀石英脈が胚胎する。この鉱脈型鉱床はごく最近まで坑道探鉱が行なわれ、局所的にAu 40g/tの高品位部を伴うが、品位はばらついており、鉱脈約200m間の平均品位はAu 4.61g/tである（Mina Pararapa鉱山資料による）。この鉱脈の規模は、脈幅0.5~1.5mで延長約1.3kmに渡って追跡されるほか、平行脈も予想される。また、変質帯の規模はNNW-SSE方向に幅約1km、延長約2.5kmである。

これらのほか、金の鉱化作用を伴う変質帯には、Mina Luicho及びMaran南部の変質帯があるが、いずれも鉱化帯の規模はやや小さいものと思われる。

Mina Picha変質帯は、白亜紀の石灰岩（Arcurquina層）とこれに貫入した閃緑岩との接触部付近で、スカルン中には小規模なレンズ状銅・鉛・亜鉛の塊状鉱体を伴う接触交代鉱床である。

他の変質帯は大半が褐鉄鉱に汚染された褐色変質帯で、鉱化作用は貧弱である。

ランドサット画像から判読された概査地域外の変質帯は、南東のNavado Coropuna南西付近、北西のNasama付近、北東のNavado Firura北東付近などの変質帯が比較的大規模で、これらは主に白色粘土化変質帯と予想される。

第4章 現地状況

4-1 ペルー共和国の概要

ペルー共和国（以下単に「ペルー」という）は、南米大陸の太平洋岸に面した南緯0°から18°20′にかけての国土面積1,285,215km²（日本の約3.4倍）の国で、総人口1920万人（1984年推計）で、首都はリマ市である。ボリビアと共に最もインディオの多い国の一つで、人口の47%を占め、約40%がメスティン（インディオと白人の混血）で、白人は12%である。公用語はスペイン語で、ペルー全土で用いられているが、インディオの間ではケチュア語も広く用いられており、ボリビアに近い所では一部アイマラ語も話されている。

ペルーの国民総生産は、1984年の総計で180億US\$で、1人当たりGNPは789US\$である。1次エネルギーの国内生産量は石油換算で、1,108万tで、消費量766万tを上回っている。鉱産資源は豊富で、銀鉱は世界第2位（1983年、1,739t）、亜鉛鉱は世界第4位（1983年、約58万t）、鉛鉱は世界第5位（1983年、21万t）、銅鉱は世界第8位（1983年、34万t）を誇っており、また、原油や天然ガスにも恵まれている。

輸出入総額は、1983年総計で輸出30億1500万US\$、輸入26億8800万US\$で、3億2700万US\$の黒字を示し、公的対外債務残高は114億8400万US\$（1982年）である。対日貿易は亜鉛鉱、銀、銅鉱など3億3600万US\$輸出し、自動車、鉄鉱、機械など1億4000万US\$を輸入しており（1985年）、対日貿易は黒字を示している（統計数値は朝日新聞社1986及び二宮書店1987）。

1984年以前は極めて高率のインフレに見舞われ、経済がかなり混乱したが、現政権に交替後、為替レートの固定化、物価統制を行っている。現在の為替レートは、銀行レートで約43インティ／1US\$である。

4-2 交 通

調査地域内で車輛通行可能な道路のある主要部落は、ほぼ中央のCotahuasi（コタウアシ）及びPausa（パウサ）で、両部落への進入路は、ペルー第2の都市Arequipaが起点となり、両部落間に直接通ずる車道はない（Fig. I-5）。

Cotahuasiに至る経路は、ArequipaからTambillo（ダンビージョ）まで国道1号線を利用し、そこから北西方向に通じる県道103号線に沿ってPta Colorada（ピタコローダ）、Aplao（アプラオ）、Chuquibamba（チュキバンバ）を経てCotahuasiに至る。この間の走向距離は約410kmで所要時間は8～10時間である。道路状況はArequipaからPta Coloradaまでの約180km間が舗装されており、その先はCotahuasiまでの約230km間が未舗装の砂利道である。

Pausaに至る経路は、ArequipaからPta Tinaja（ピタチナッハ）まで海岸沿いの国道1号線を利用し、そこから北上しCaraveli（カラベリ）を通り、その先は県道100号線を利用してPausaに至る。この間の走向距離は約490kmで、所要時間は10～12時間である。道路状況はArequipa

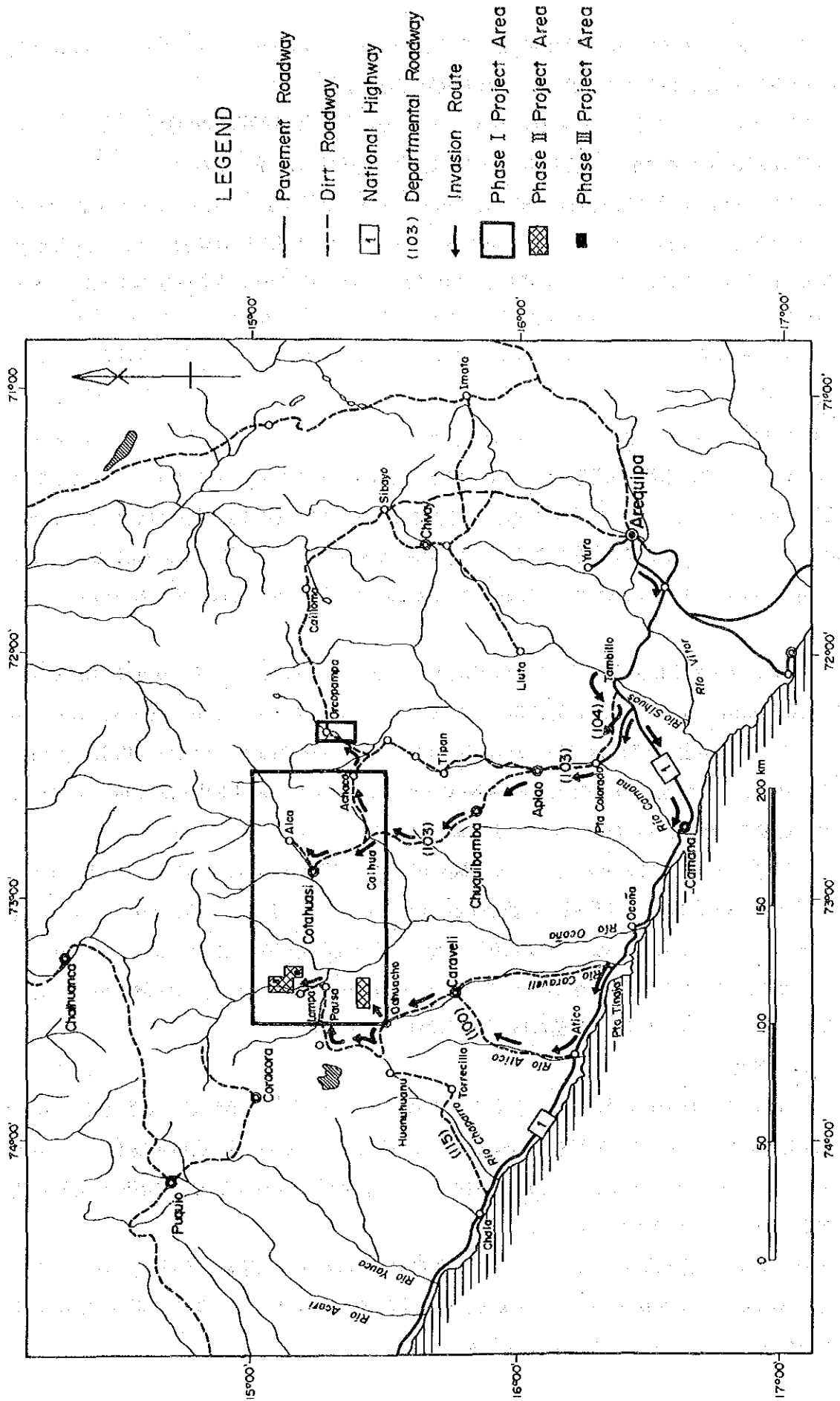


Fig. I - 5 Accessibility Map to the Project Area

から Pta Tinaja までの約 280km 間が舗装されており、その先 Pausa までの約 210km 間は砂利道で、路面は Cotahuasi に通ずる道路に比べて悪路である。

この他、Pausa に至る道路は、国道沿いの Atico (アティコ) から国道 100 号線、Chala (チャラ) から県道 115 号線を利用する経路はあるが、所要時間はさらに長くなる。

調査地区内で車輛通行可能な道路は、進入路を除けば Cotahuasi から Alca (アルカ) に通ずる約 20km、Pausa から Lampa (ランパ) に通ずる約 15km 間の河川沿いの砂利道と、Pausa から南方へ約 8km の砂利道がある。これらの他には車道が無いため、移動や運搬はすべて馬匹によるしかない。

4-3 調査環境

(1) 地 形

調査地域は、アンデス山脈の標高 4,000~5,000m に発達するアルチプラノと称される高原地帯の南西部に位置する。このアルチプラノを深く削り込んで第三紀末期以降に開析された比高 1,000~2,500m のグラウンドキャニオン状の峡谷として、Rio Maran (マラン川)、Rio Cotahuasi (コタウアン川) があり、これらが合流して Rio Ocona (オコーニャ川) となって、南方の太平洋に注ぐ。

一方、アルチプラノの上に聳える第四紀の火山として、Nevado Sara Sara (サラサラ山 5,505m)、Nevado Solimana (ソリマーナ山 6,093m)、Nevado Firura (フィルラ山 5,498m)、Nevado Coropuna (コロプナ山 6,377m) などの標高 5,500~6,000m 級の高山が WNW-ESE の方向に配列しており、さらに地域外の東南東方向へ Nevado Anpato (アンパト山 6,288m) を初めとする高山が連なり、第四紀の火山フロントを構成している。

アルチプラノ地形は一般に緩傾斜の丘陵とその間に広がる平坦地からなり、盆地状の所では、Pampa (パンパ) と呼ばれる湿地または草原地帯及び Laguna (ラグーナ) と呼ばれる沼や池が発達する。グラウンドキャニオン状の峡谷では、傾斜が 40° を越える急斜面が大半で、しばしば 60°~70° の急峻な地形と垂直に近い断崖絶壁を形成している。主要河川沿いには小規模な沖積平坦地が断続的に連なり、急斜面の中腹には小規模な緩傾斜平坦地が点在する。

(2) 気候・植生

広域的には、調査地域の南西端付近から太平洋岸にかけてが、南米太平洋岸の乾燥地帯に属し、ほとんど植生の認められない砂漠型気候からなる。一方、調査地域を含む付近一帯の標高 4,000~5,000m に発達するアルチプラノ地域は、半乾燥型気候からなり、草原に覆われた寒冷な高原や盆地が発達する地帯と一般に言われている。

調査地域内では、最低標高が Rio Cotahuasi 及び Rio Maran の南部河床付近で約 1,150m、最高標高が Nevado Coropuna の 6,377m で、その比高差は約 5,200m に及ぶ。従って、調査地域の気候や植生は標高に依存して著しく変化する。

標高約2,300mより低いRio CotahuasiやRio Maran沿いの気候は高温で、パパイヤ、バナナ、ぶどう、パカイ等の果実類が栽培されているほか、多種類の草木が成育している。

標高約2,300~3,500m付近は温暖な半乾燥型の気候で、トウモロコシ、ソラマメなどが栽培されるが、果実類はほとんどない。山地には数種類のサボテンと灌木が比較的密集して生えている。ベースキャンプを設置したCotahuasi及びPausaを初めとする集落の大半はこの気候帯に集中している。

標高約3,500m~5,000m付近は冷涼~寒冷な半乾燥型気候で、標高約4,000m付近までの山地斜面には数種のサボテンや灌木がまだらに成育するが、標高4,000m~5,000m付近のアルチプラノではこれらが非常に少なく、パンパに繁茂する多種多様の苔類のほか、低灌木が点在するのみで、大半は砂漠である。

標高約5,000m以上の所では山頂付近に万年雪を伴い、非常に寒冷な気候で、全く植生は認められない。

アルチプラノの降雨は一般に少なく、時期的には4月~9月が乾期、10月~3月が雨期である。調査地域では東側程雨期が早く、10月頃から降雨をみるが、西側では半月~1ヶ月遅れて始まる傾向がみられる。雨期には標高4,000m以上では降雪、これ以下の所では降雨になる。

第5章 結論及び将来への提言

5-1 結論

第1年次から第3年次までの調査の結果は、次のように結論付けられる。

(1) 調査地域の概略の地質は先カンブリア時代の片麻状花崗岩～閃緑岩を基盤とし、その上位にジュラ系及び白亜系の主として堆積岩類、これらを不整合に覆う第三系及び第四系の火山岩類などで構成される。貫入岩類は閃緑岩質底盤及び閃緑岩や安山岩の岩株や岩脈などである。

(2) 地質構造は、アンデス造山運動に起因して、ジュラ系及び白亜系に発達する褶曲構造及びNW-SE系、NE-SW系の断層構造によって特徴づけられるほか、第三系では、中新世前期のTacaza層(Tc)中にNW-SE系及びNE-SW系の断層がある。これらの断層や褶曲軸の方向性は、広域的にみて、ランドサット画像解析結果によるリニアメントの方向性及び円形構造の配列方向とほぼ一致する。

(3) 鉍化変質帯は、第三紀中新世のTacaza層(Tc)以下の地層中に胚胎し、既知鉍床の大半は含金銀鉍脈型の鉍床で、石英脈、網状石英脈及び破碎帯や節理に沿った珪化帯や酸化帯に金銀の鉍化を伴う。このほか、白亜紀の石灰岩層(Arcurquina層)と閃緑岩の岩株との接触部に胚胎する小規模な接触交代型の鉍床がある。

(4) Pirca地区では、第三紀中新世のTacaza層(Tc)中に大規模な変質帯(珪化及び粘土化帯)が分布する。しかし、変質帯の規模に比べて地化学異常帯の規模は小さく、また、異常値もMarcabamba地区の地化学異常値に比べて低いランクのものであった。Pirca東部地区で実施した10孔のボーリング調査結果では、変質帯は優勢であるが、鉍化作用は非常に弱いものであった。

(5) Marcabamba地区では、鉍化変質帯が第三紀中新世のTacaza層(Tc)及び白亜紀のHualhuani層(Yu)とMurco層(Mu)中に胚胎する。調査で明らかになった多くの変質帯(珪化及び粘土化帯)のうち、変質帯の状況と地化学異常帯の分布から、Colpar変質帯とその南部に分布する顕著な地化学異常帯を含むColpar地区(5km²)及びMarcamalata変質帯を含むMarcamalata地区(2km²)が鉍化帯賦存有望地区と推定された。

(6) Colpar地区では、過去に調査された形跡や報告のない場所で、非常に有望な北部鉍化帯と南部鉍化帯を発見した。北部鉍化帯は4本の鉍脈とこれに平行する石英脈や珪化帯からなり、南部鉍化帯は9本の鉍脈とその周辺の珪化帯からなる。これらはいずれも第三紀中新世のTacaza層(Tc)に胚胎する。鉍脈は大半がNE-SW系の裂罅及び裂罅に沿った破碎帯に規制されて胚胎した浅熱水性金銀鉍脈鉍床で、石英脈、網状石英脈及び珪化破碎帯などに鉍化作用がみられる。産出する鉍石鉍物は、エレクトラム、輝銀鉍、輝安銅銀鉍、ピアースアイト、方鉛鉍、閃亜鉛鉍、黄鉄鉍、赤鉄鉍、褐鉄鉍、Mn+Fe鉍物等である。鉍化帯に見られる変質鉍物の組み合わせは、石英+カリ長石+絹雲母+(緑泥石)である。

(7) 北部鉍化帯は全般に銀の鉍化が強く、N3V脈の鉍石の分析品位は幅1.0m平均で、Au5.79g/t、

Ag640g/tの高品位鉱である。鉱化帯の下部を掘削したMJP-12ボーリングでは、N1V、N2V脈及びこれらに平行する石英脈や強珪化帯に着鉱した。また、MJP-12の北東350m（水平距離）で実施したMJP-11ボーリングでは、N1V脈の北東錐先に当る鉱脈に着鉱した。着鉱部の分析品位は局部的に高いところもみられ、また、鉱化帯の連続性も良いものと推定される。

北部鉱化帯とその北東錐先延長部の北部珪化帯を含めた北部鉱化変質帯の分布範囲は、幅約0.3km、延長約1.5kmの広範囲なものである。

(8) 南部鉱化帯は金と銀の鉱化が強く、S3V脈の鉱石では幅0.15m、Au21.50g/t、Ag410g/t、S7V脈の鉱石では幅0.3m、Au20.10g/t、Ag1,200g/t等の高品位鉱がある。南部鉱化帯の南西錐先下部を掘削したMJP-13ボーリングでは、S3V、S4V及びS5Vに着鉱し、S4V脈の一部に当る網状石英脈の分析品位はAu5.04g/t、Ag45.0g/t、Cu0.79%、Pb1.37%、Zn1.30%を示し、金銀と共に銅、鉛、亜鉛の有望な鉱化作用がある。

南部鉱化帯とその南西錐先延長部のQ.Querumahuaco変質帯を含めた南部鉱化変質帯の分布範囲は幅約0.2km、延長約0.9kmの広範囲なものである。

(9) Marcamalata地区の鉱化変質帯は白亜紀のHualhuani層(Yu)とMurco層(Mu)の中に胚胎し、銀の鉱化作用を伴う。鉱脈はすべて小規模で連続性が悪く、鉱化帯の下部を掘削したMJP-14、15のボーリング結果では、多数の石英脈や網状石英脈を確認したが、これらの化学分析結果は全て低品位なものであった。

(10) 本調査において得られた有望地区は、北部鉱化変質帯（幅約0.3km、延長約1.5km）及び南部鉱化変質帯（幅約0.2km、延長約0.9km）の2地区が鉱床賦存有望地区と推定され、今後の探鉱が期待される。

5-2 将来への提言

コタウアシ地域での日本国政府による技術協力プロジェクトは、1985年度に開始され1987年度の調査をもって終了したが、3ヶ年の調査によって明らかになった鉱化変質帯のうち、鉱床賦存有望地区として抽出されたColpar地区の北部鉱化変質帯（幅約0.3km、延長約1.5km）及び南部鉱化変質帯（幅約0.2km、延長約0.9km）の2地区に対して、更に精密な鉱床調査を継続することが望ましい。

今後、両地区で実施すべき鉱床調査の方法は次表のとおりである。

調査方法	調査内容
鉱化帯の詳細調査	鉱化帯の露頭及び旧坑の詳細調査を実施して、鉱化帯の鉱況、規模及び産状を明らかにする。
ボーリング調査	平行鉱脈探査、錐先探査及び下部錐先探査などを実施して、鉱化帯の連続性と鉱況を解明する。

第 II 部 各 論

第Ⅱ部 各 論

第1章 ランドサット画像解析結果

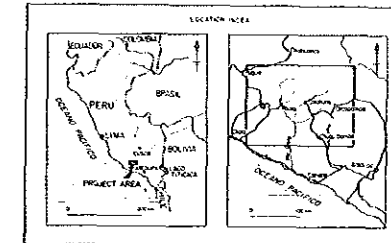
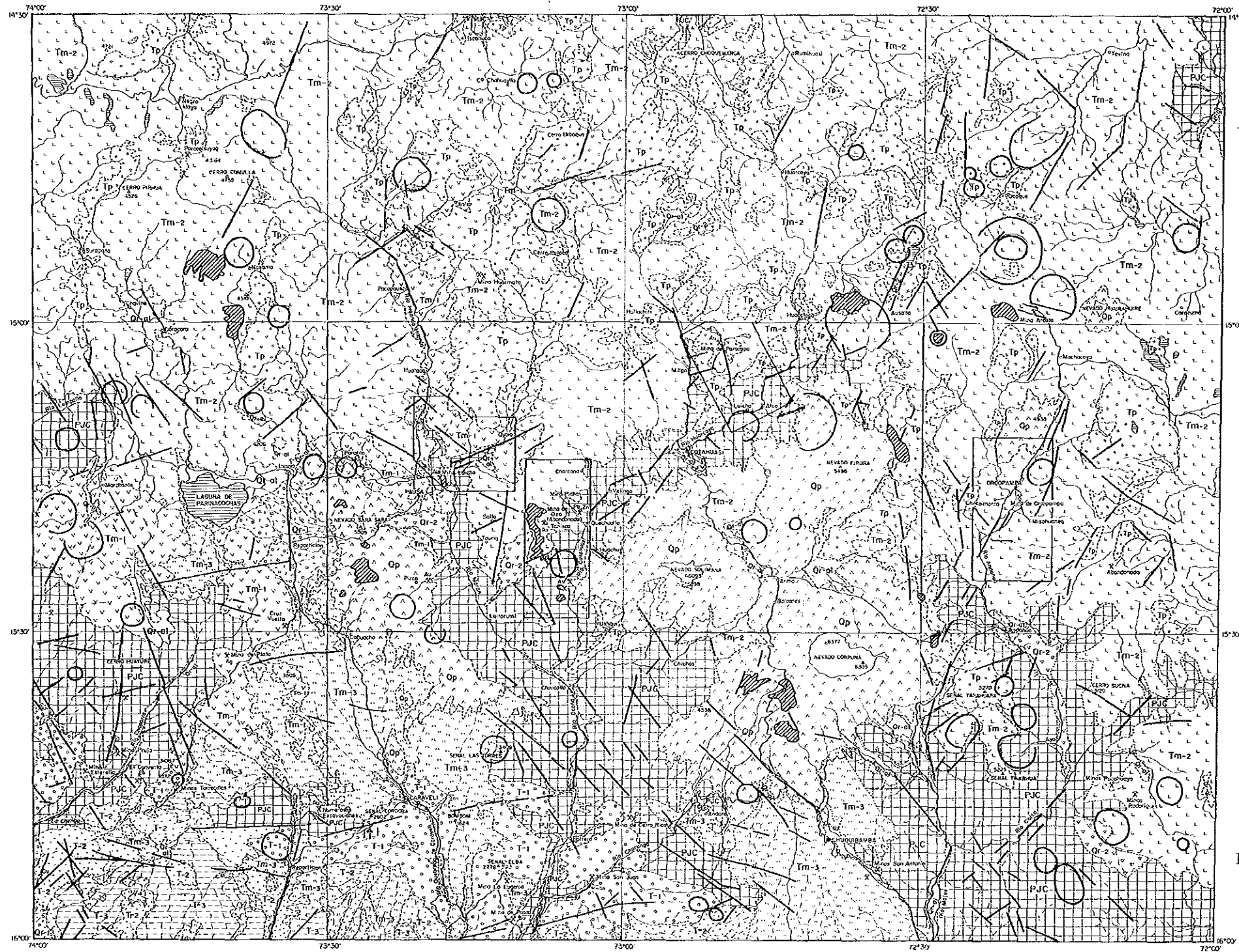
コタウアシ地域及びその周辺地域（面積30,000k㎡）について、ランドサット画像による広域的な写真地質学的判読作業を現地において実施し、その結果は地表地質調査の指針及び室内解析に利用した。

1-1 ランドサット画像解析対象地域

ランドサット画像解析対象地域はユタウアシ地域及びその周辺地域であり、その面積は30,000k㎡である。(Fig.I-1)

1-2 解析結果

ランドサット画像解析は写真地質学的手法を用いて、現地で実施した。解析結果はランドサット解析図にまとめた。(Fig.II-1)



0 10 20km

LEGEND

- Sediment
- Lava flow
- Quaternary**
 - Pyroclastic rocks, Sedimentary rocks
 - Pyroclastic rocks and lava (basic)
 - Pyroclastic rocks
- Tertiary**
 - Pyroclastic rocks and lava
 - Pyroclastic rocks
 - Sedimentary rocks
 - Sedimentary rocks
 - Sedimentary rocks
- Cretaceous**
 - Sedimentary rocks, Intrusive rocks
- Jurassic**
 - Sedimentary rocks, Intrusive rocks
- Precombrian**
 - Sedimentary rocks, Intrusive rocks
- Alteration zone
- Lineament
- Curvilinear structure
- Known mine site
- Strike and dip
- Anticline
- Pond
- Remaining snow

Fig. II-1 Interpretation Map of Landsat False Color Images

第2章 コタウアシ地域の地質調査（概査及び準精査）

2-1 地質・地質構造

ユタウアシ地域の地質はFig. II-2に示すとおりである。

ユタウアシ地域の地質は、先カンブリア時代の片麻状花崗岩～閃緑岩を基盤として、その上位に碎屑岩類及び石灰質岩類からなるジュラ系及び白亜系が厚く堆積し、これらを不整合に覆って火山岩類を主体とした第三系及び第四系が広く分布する。貫入岩類として閃緑岩質底盤及び閃緑岩や安山岩の岩株や岩脈が多数存在し、局部的にスカルンや変質帯を伴っている。

新第三系下部以前の地層は一般に強く褶曲し、断層によって地塊化している。しかし、火山岩類を主体とする新第三系中、上部及び第四系には褶曲は認められず、断層は極く小規模なものである。

調査地域内では数多くの変質帯が確認されたが、地化学異常帯と重複して現われる変質帯は、新第三系下部以下の地層中にのみ認められる。

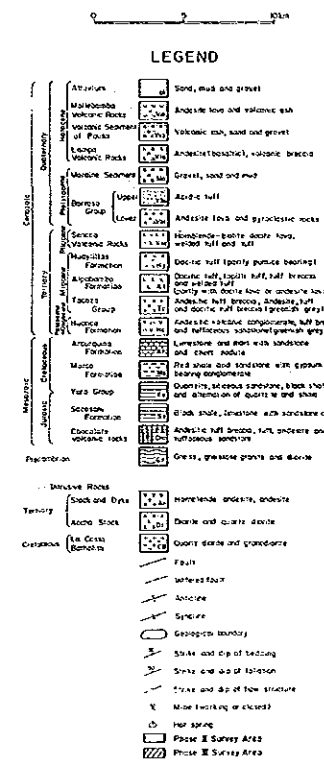
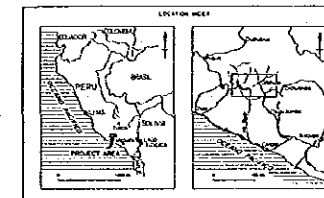
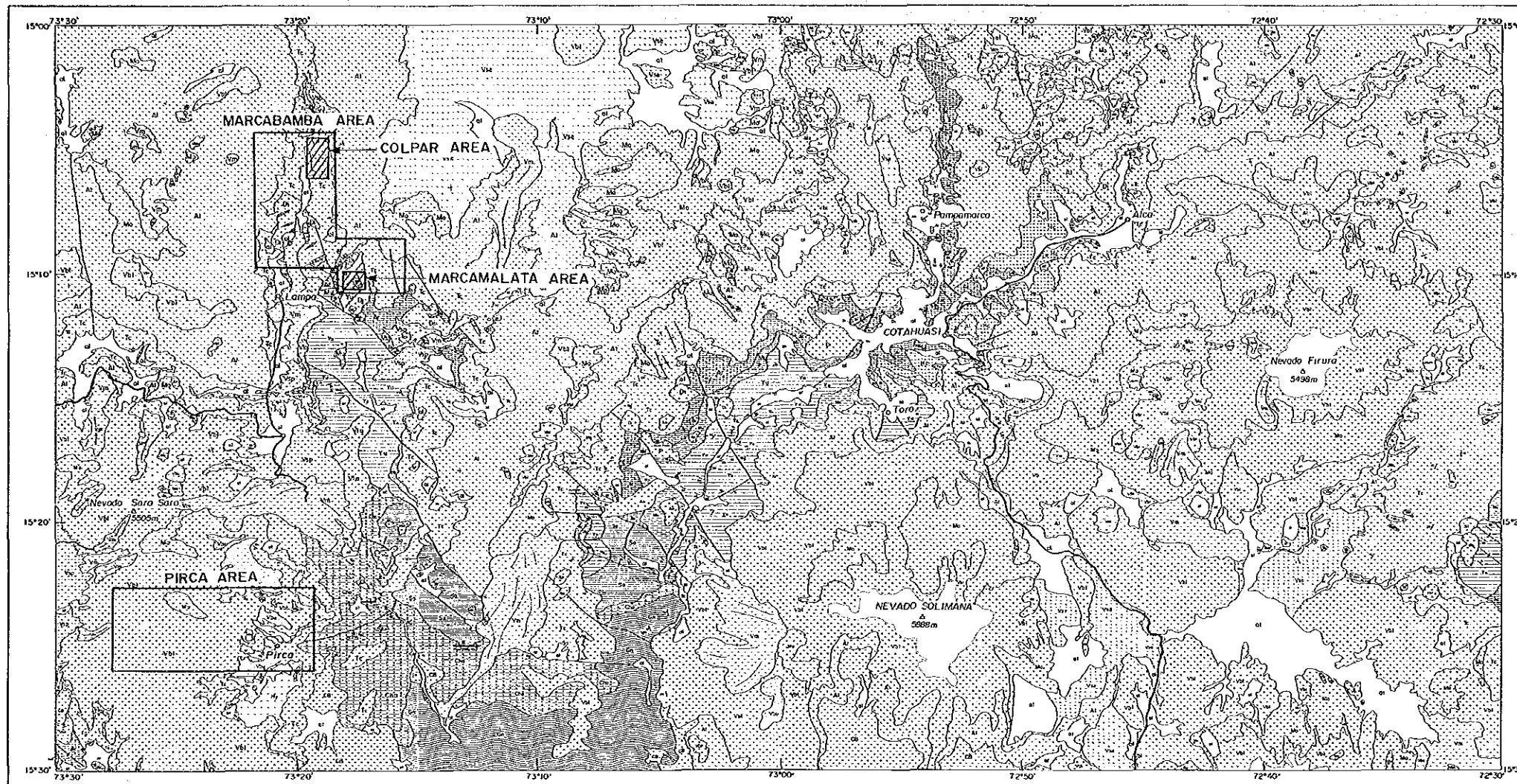
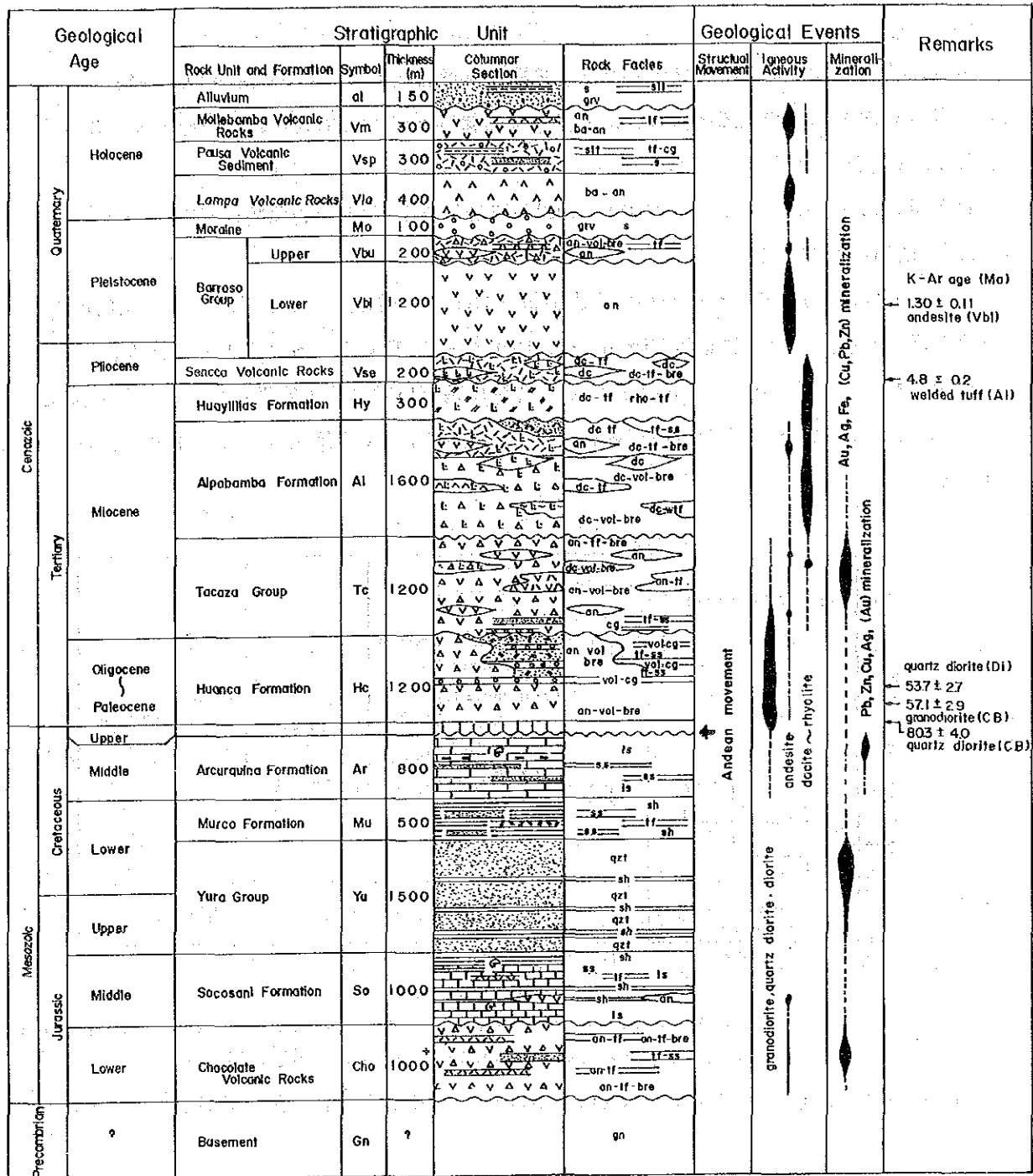


Fig. II-2 Geological Map of the Cotahuasi Area



gn	gneiss, gneissose diorite	qzt	quartzite	ba-an	basaltic andesite lava
an-tf-bre	andesitic tuff breccia	vol-cg	volcanic conglomerate	tf-cg	tuffaceous conglomerate
an-tf	andesitic tuff	cg	conglomerate	slt	slit
tf-ss	tuffaceous sandstone	dc-vol-bre	dacitic volcanic breccia	grv	gravel
ls	limestone	an-tf-bre	andesitic tuff breccia		
an	andesite lava	dc-wtf	dacitic welded tuff		
sh	shale	dc-tf	dacitic tuff		
tf	tuff	dc	dacitic lava		
ss	sandstone	rho-tf	rhyolitic tuff		

Fig. II-3 Generalized Stratigraphic Column of the Cotahusai Area

(1) 層 序

調査地域内に分布する地層は先カンブリア系を基盤岩類とし、ジュラ系、白亜系、第三系とこれらを一貫して貫入岩類及び高原台地に広く分布する第四系などで構成される (Fig. II - 3)。

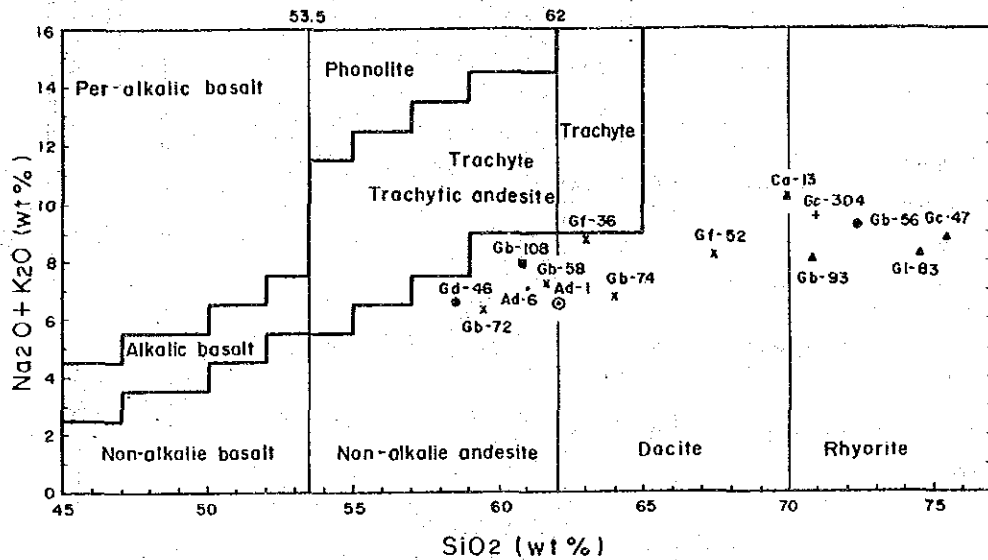
(2) 貫入岩類

貫入岩類には、海岸バソリス (CB), Accha岩株 (Di), 安山岩岩株及び岩脈 (An) がある。

(3) 岩石の化学組成

本調査で採取した20試料について全岩分析 (13成分) を実施した。あわせてC.I.P.W. Norm計算を行って検討した。結果は Fig. II - 4, Fig. II - 5, Fig. II - 6にまとめられる。

火山岩類の岩型を SiO_2 と $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ の含有量に基づいて決める簡単な分類法として、E.A.K. Middlemost (1972) による分類法がある。この分類法によって当地域の火山岩類を検討した (Fig. II - 4)。



○: Tc, ▲: Al, ●: Vse, x: Vbl, +: Vbu, ·: Vla, ■: Vm (Symbols of Geological Unit)

Using the Volcanic Rocks Classification Diagram of E.A.K. Middlemost

Fig. II - 4 $\text{SiO}_2 - (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ Variation Diagram of Volcanic Rocks

全岩分析（13成分）の結果から、 K_2O と MgO の関係をFig. II - 5に示した。これによれば、 K_2O 成分の増加に伴って MgO 成分が減少する傾向を示す。しかし、Alpabamba層（Al）の流紋岩質岩については、 MgO 含有量がほかの岩石に比べて少なく、 K_2O 成分の含有量との間に相関関係が認められない。Sencca層（Vse）の試料は流紋岩質岩で、Alpabamba層の流紋岩質岩と同様の岩相を示すが、 MgO 成分の含有量はAlpabamba層のものに比べて高い値を示す。

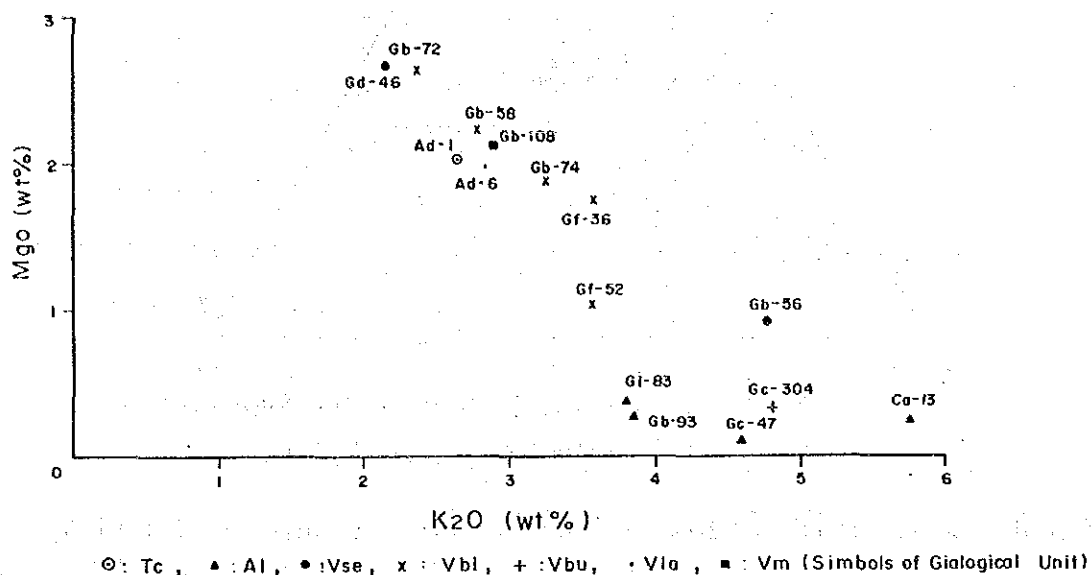


Fig. II - 5 K_2O - MgO Variation Diagram of Volcanic Rocks

貫入岩類の全岩分析（13成分）は、海岸バソリス（CB）の2試料及びAccha岩株の2試料について行った。これらはいずれも花崗岩質岩のため、フェルシック火成岩類の分類命名法のうちBateman et al., (1963)の分類を採用し、石英 - (曹長石 + 灰長石) - 正長石の三角図表を作成した (Fig. II - 6)。

4試料はいずれも花崗閃緑岩に分類される。調査地域南部の海岸バソリスは、Accha岩株に比べて正長石がわずかに多い傾向がみられる。

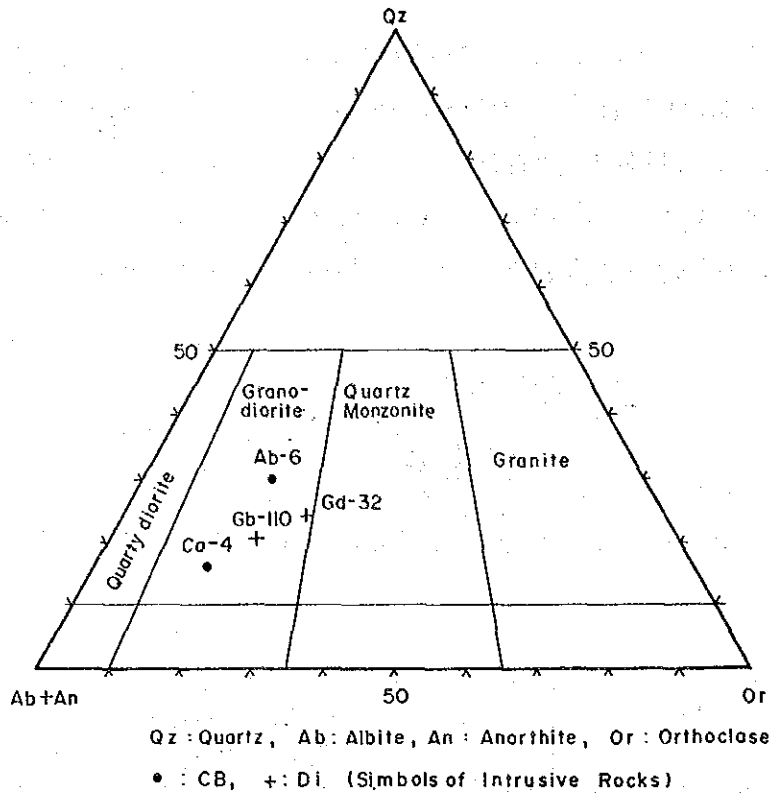


Fig. II - 6 Normative Quartz-Orthoclase-(Albite+Anorthite)
 Triangular Diagram of Some Igneous Rocks

(4) 地質構造

調査地域の地質構造は、アンデス造山運動に起因して、ジュラ系及び白亜系の中に発達する褶曲及び断層構造によって大きく特徴づけられる。第三系中では局部的に地層が緩い傾斜を示すほか、小規模な断層が観察されるが、その規模からみて、著しい構造運動を受けた痕跡はほとんど認められない。(Fig. II - 2)

ジュラ系及び白亜系中の褶曲構造には、精査B地区中央の Tanisca 山南部の Socosani 層中にある N70° W 方向の軸を持つ大規模な向斜構造、Cotahuasi 川に沿った Velinga 部落西方の Yura 層群中にある E-W 系の向斜構造、Cotahuasi 部落西方の Lancacolla から北東の Taurisma にかけての Arcurquina 層中にある NW-SE 系の背斜及び向斜、N-S 系の背斜、NE-SW 系の背斜構造などがある。

第三系中の褶曲構造は精査B地区の北方にある Charcana 部落西方の Tacaza 層群中にみられ、ここでは NNW-SSE 方向の軸を持つ小規模な背斜及び向斜構造で、この他には第三系以降の褶曲構造は認められない。

断層構造は、第三紀中新世前期以前の地層中に発達する。

大規模な断層は NW-SE 方向の断層で、特に精査A地区南方の Saina 部落付近を通る NW-SE 方向の断層、この延長に相当する南東の Palmadeas 沢の E-W 方向の断層、北東の Lamapa 東方

から南東の San Jose de Ushua の南部を通り、この延長が Tanisca 山付近に連続する NW-SE 方向の断層、Mina Picha の南部の沢に沿った NW-SE 方向の断層などが大規模で、その落差はいずれも 1000m 以上に及ぶと推定される。その他、これらにほぼ平行する断層として、西部では Bitama 北東、Mina Luicho 付近、Puca Puca 付近を通るもの、Cotahuasi 川沿いでは、Ccolapa 沢、Chuquibamba 川を通るものがある。

NNW-SSE 方向の断層は、Colta 西方、Pomacocha 東部、Minas de Huayllura 北東の Anirca 沢などにある。また、NE-SW 方向の断層は、Cotahuasi 川沿いの Quechualla 東方の沢、Cotahuasi 部落の東方、調査地域北東の Puica 付近、この東方の Sumana 付近にみられる。これらの断層は比較的小規模な断層で、一部は Alpabamba 層を切っている。

褶曲軸や断層にみられる NW-SE 及び NE-SW の方向性は、広域的にみて、ランドサット画像解析結果による NW-SE 系及び NE-SW 系のリニアメントや円形構造の配列方向とほぼ一致しており、当地域の基盤構造を反映したものである。

2-2 変質帯及び鉱化帯

コタウアシ地域内でみとめられる変質帯及び鉱化帯の性状はつぎのとおりである。

本地域に分布する変質帯及び鉱化帯は Fig. II - 7 に示す。これらはジュラ系、白亜系、第三系の Tacaza 層群分布域にあり、その主なものは Mina Pararapa、Minas de Huayllura (Tanisca 東部)、Tanisca 西部、Mina Luicho、Mina Picha、Maran 南部、Oyolo、及び Pirca の 8 地区である。

変質帯は変質の型により、珪化を伴う白色変質、珪化と粘土化を伴う褐色変質、そのほか酸化鉄に汚染された褐色変質帯に分類される。

鉱化帯は、石英脈に金銀を伴う鉱脈型の鉱化帯、破碎帯や節理に沿った酸化鉄汚染部にみられる金銀の鉱化帯、貫入岩と石灰岩の接触部にみられるスカルン中の金・銀・銅・鉛・亜鉛及び磁鉄鉱を伴う接触交代型の鉱化帯、貫入岩体及びその周辺にみられる鉱染状の黄鉄鉱鉱化作用などである。

主要な鉱化帯のうち、含金銀石英脈の露頭が確認されたところは、Mina Pararapa、Minas de Huayllura の Copacahuana 鉱山、Maran 南部などである。Mina Luicho では連続性に乏しい石英細脈を伴うところがある。各変質帯及び鉱化帯の規模、母岩、変質、鉱化の状況を Table II - 1 に示す。

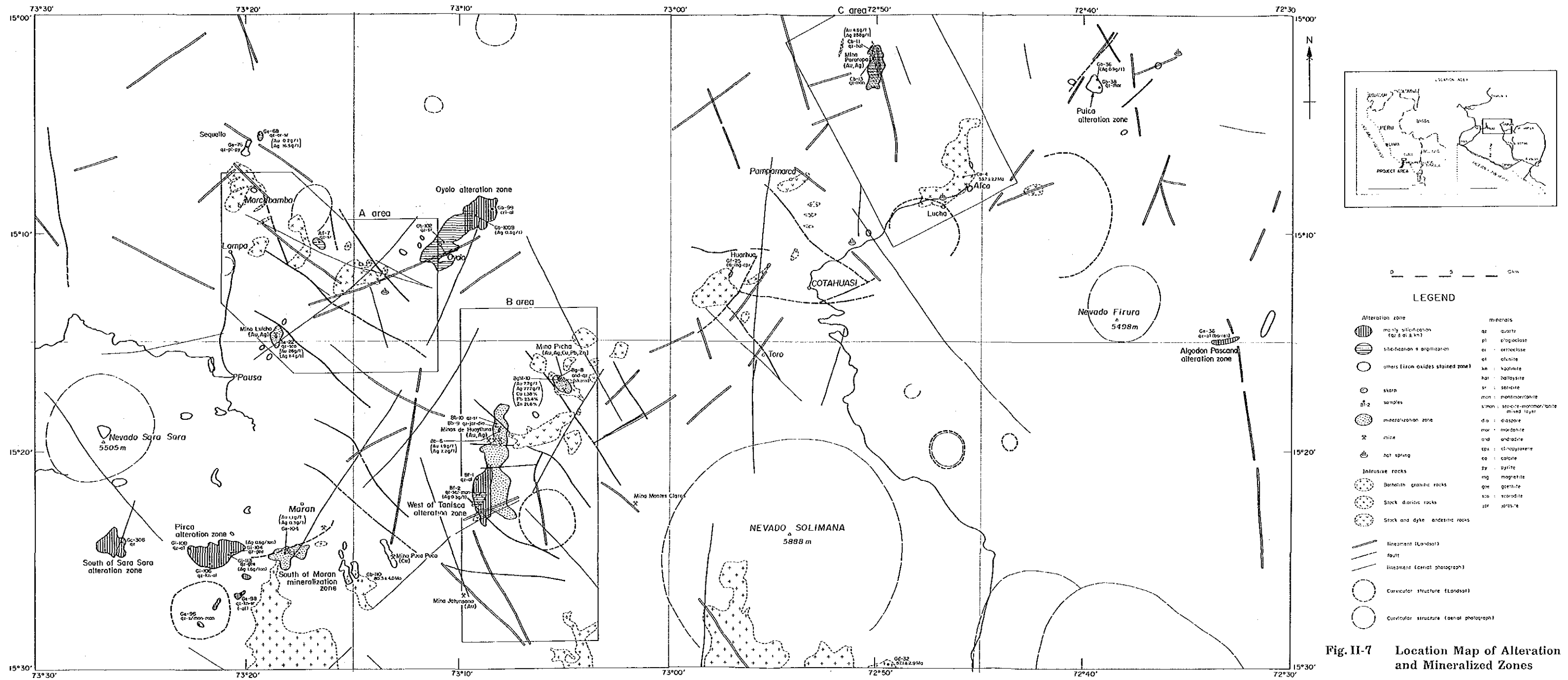


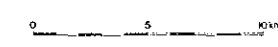
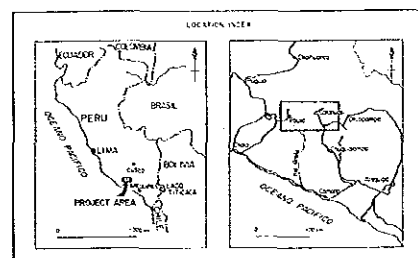
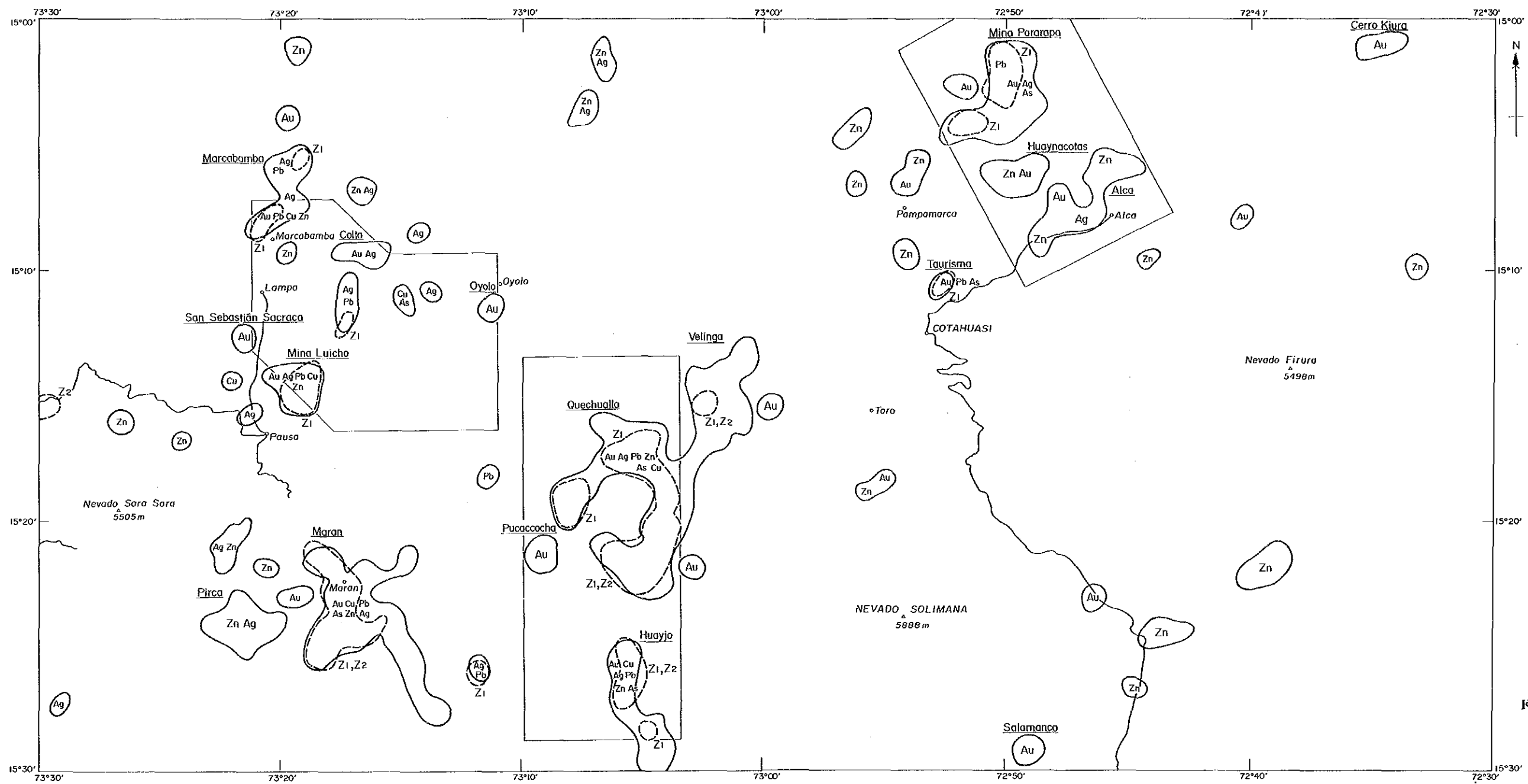
Fig. II-7 Location Map of Alteration and Mineralized Zones

Table II-1 List of Alteration and Mineralization Zones (Main)

Name	Location	Scale	Host rock	Alteration	Mineralization
Mina Pararapa	Approx. 20 km North-northeast of Cotahuasi	1 km x 2.5 km	Andesite dikes (An) and Andesitic volcanic rocks (Tacaza Group)	<ul style="list-style-type: none"> Brown altered zone contaminated by ferrous oxide Hydrothermal alteration consisting primarily of silicification (quartz + halloysite, cb-11 quartz + montmorillonite cb-13) The andesite dikes are chloritized and contaminated by pyrites. 	<ul style="list-style-type: none"> Mineralization of gold and silver in N20°W and 80°NE gold-silver bearing quartz veins Quartz vein being prospected by tunnels is 0.5 to 1.5 m wide and 1.3 km long. According to the mine data, the grade of gold ore is Au, max. 40 g/ton and average 4.6 g/ton. The average grades of gold and silver ores contained in quartz dikes of 80 cm in width are Au 4.6 g/ton and Ag 288 g/ton.
Minas de Huayllura (east of Tonisca)	Approx. 30 km west-southwest of Cotahuasi	1.2 km x 10 km	Quartzite (Yura Group)	<ul style="list-style-type: none"> Brown altered zone contaminated by ferrous oxide Hydrothermal alteration accompanied by quartz veinlets (quartz + sericite Bb-10 quartz + diaspare + sericite + jarosite Bb-9) 	<ul style="list-style-type: none"> Mineralization exists in oxidized zones occurring along fracture zones and joints and in gold-silver bearing quartz veins Abandoned small-scale adits are found at several locations Analysis of the quartz veins of Mine Copacahuana shows the grades of Au and Ag are 4.6 g/ton and 288 g/ton.
West of Tonisca	Approx. 33 km west-southwest of Cotahuasi and approx. 23 km east-southeast of Pausa	1.5 km x 4 km	Andesitic volcanic rocks (Tacaza Group)	<ul style="list-style-type: none"> Essentially hydrothermal alteration of quartz + alunite and quartz + sericite + montmorillonite Relationship between both types of alteration is not clear. 	<ul style="list-style-type: none"> Conspicuous mineralization not observable. Analysis of altered rocks containing clay minerals revealed the content of Au 0.06 g/ton and Ag 0.31 g/ton.
Mina Lulcho	Approx 5 km northeast of Pausa	1 km x 2 km	Quartzite (Yura Group)	<ul style="list-style-type: none"> Silicification around quartz veinlets and contamination with ferrous oxide. (quartz + scorodite (Ac-22)) 	<ul style="list-style-type: none"> Gold-silver bearing quartz veinlets and contamination with ferrous oxide observable. Orientation of the veinlets is not clear. A dozen or so small-scale stopes are scattered. Spot samples from the stopes showed Au 26.0 g/ton, Ag 114.1 g/ton and Au 9.7 g/ton, Ag 30.2 g/ton.
Pirca	Approx. 15 km south of Pirca	2 km x 5 km	Andesite and pyroclastic rocks (Tacaza Group and lower part of Barroso Group)	<ul style="list-style-type: none"> Mostly hydrothermal alteration of quartz + alunite. 	<ul style="list-style-type: none"> Contaminated with goethite near Pirca. Vein-type mineralization not observable. Analysis of samples from the zone contaminated with goethite showed the grade of Ag 0.6 to 1.6 g/ton.
South of Maran	Approx. 15 km south-southeast of Pausa	1.5 km x 3.5 km	Andesitic tuff to tuff breccia (Chocolate Formation)	<ul style="list-style-type: none"> Silicification around quartz veinlets, veinlike silicification and contamination with ferrous oxide. 	<ul style="list-style-type: none"> Gold-silver bearing quartz veins about 10 cm wide and contamination with limonite around fracture zones are observable at several locations. Analysis of samples from Pyrite quartz veins (5 to 10 cm wide) showed the grades of Au 1.1 g/ton and Ag 0.3 g/ton. There are many abandoned old adits. In downstream areas river sediments are washed for gold.
Oyolo	Approx. 20 to 25 km northeast of Pausa	2 km x 8 km	Dacitic pyroclastic rocks (Tacaza Formation to Alpacamba Formation)	<ul style="list-style-type: none"> Hydrothermal alteration (primarily argillization). In the northeast Cristobalite + alunite and in the southwest quartz + sericite 	<ul style="list-style-type: none"> Locally accompanied by contamination with ferrous oxide (grade: Ag 0.3 g/ton) Conspicuous mineralization not observable.
Mina Picha	Approx. 22 km west-southwest of Cotahuasi	Small ore bodies scattered in area of approx. 1 km x 2 km	Limestone (Arcurquina Formation) and diorite (stock)	<ul style="list-style-type: none"> Skarn type metamorphism (garnet (andradite) - calcite-quartz) 	<ul style="list-style-type: none"> Skarn type Mineralization of Cu, Pb, Zn, Ag and Au. Ore bodies are small lens-shaped bodies. Analysis of mineral ores consisting mainly of galena and sphalerite showed the following grades: Au 7.7 g/ton, Ag 770 g/ton, Cu 1.382, Pb 23.42, Zn 21.62

2-3 地化学探査

河床堆積物を対象とし、指示元素を Au, Ag, As, Cu, Pb, Zn の 6 成分とする地化学探査を行った。その結果は Fig. II - 8, Table II - 2 に示すとおりである。



LEGEND

- Au Ag Anomaly Zone of Elements and Anomalous Elements
- Z1, Z2 Anomaly Zone of Principal Components and Anomalous Components
- Maran : Name of Anomaly Zone

Fig.II-8 Geochemical Interpretation Map (Composite Data)

Table II-2 List of Geochemical Anomaly Zones

Anomalous zone	Location	Scale (km × km)	Indicator element						Remarks
			Au	Ag	As	Cu	Pb	Zn	
- Cotahuashi Area -									
1 Mins Pararapa	Approx. 20 km NW of Cotahuashi	8 × 9	++	++	+	-	-	-	Au>Ag
2 Quechualla	Along Cotahuashi River in the Center of the Survey Area	11 × 14							
Picha	Northern part of Anomalous zone		++	++	+	-	+	-	Ag>Au
Quechualla	Along Cotahuashi River		++	++	-		+	-	Au>Ag
Abandonada	South of Quechualla		+	+	-	+	-	++	
Tanisea	Western part of Anomalous zone		++	+			+		
3 Huayjo	Approx. 10 km south of Quechualla	2 × 10	++	+	-	++	+	-	
4 Maran	Approx. 10 km south-east of Pausa		++	-	+	++	+	-	Cu>Au
5 Mina Luicho	Approx. 4 km north-east of Pausa	4 × 4	++	++		++	+	-	Au>Ag, Cu
6 Marcabamba	Marcabamba in the north-east of the survey area	3 × 6	+	++		-	-	+	
7 Velinga	Approx. 15 km west-southwest of Cotahuashi	4 × 7	+		+	-		-	Au>As
8 Alca	Approx. 15 km northeast of Cotahuashi	4 × 10	+	+				-	
9 Huaynacotas	Approx. 6 km northwest of Alca	3 × 5	+					++	
10 Colta	Approx. 15 km north-northeast of Colta	3 × 6	+	+			-		Ag>Au
11 Pirca	Approx. 13 km south of Pausa	4 × 4						+	
12 Taurisma	Approx. 3 km north of Cotahuashi	1.5 × 2	-	-				-	
13 Cerro Kiura	Northeastern margine of the Survey Area	1.5 × 4	+						
14 Pausacocha	Approx. 10 km west of Quechualla	2.5 × 2.5	+						
15 Oyolo	Approx. 20 km northeast of Pausa	1.5 × 2	+						
16 San Sebastian Sacraca	Approx. 7 km north of Pausa	1.5 × 2	+						
17 Salamanca	Approx. 10 km southeast of Nevada Sollman	1.5 × 2	+						
- Orcopampa Area -									
18 Orcopampa	Central part of the Orcopampa Area	10 × 6	(#)	(#)				- +	
19 Orcopampa North	Approx. 5 km northeast of Orcopampa	4 × 6	(#)	(#)					

有望地化学異常帯として Mina Pararapa, Quechualla, Maran, Huayjo, Mina Luicho 及び Marcabamba があげられる。これらのほか、単元素又は複数元素からなる異常帯として、Cerro Kiura, Hucacocha (Tanisca 西部変質帯の一部), Alca 及び Colta がある。

2-4 まとめ

コタウアシ地域内でみとめられた変質帯及び鉱化帯は大小合わせて15ヶ所である。これらのうち、主要な鉱化変質帯は Table II-3 のとおりである。

Table II-3 Principal Mineralization Zones (Cotahuasi Area)

No.	Name of Mineralized or Alteration Zone	Size of Mineralized or Alteration Zone	Host Rock	Alteration	Mineralization
(1)	Mina Pararapa	1 km x 2.5 km	Andesite (An) dikes and andesitic volcanic rocks (Tc)	Hydrothermal alteration, primarily silicification; brownish of ferrous oxide	Gold-silver bearing quartz veins, 0.5 - 1.5 m wide, 1.3 km long
(2)	Mina de Huayllura (East of Tonisca)	1 - 2 km x 10 km	Sandstone (Yu)	Browning by ferrous oxide; hydrothermal alteration with fine quartz vein	Oxidized zones along fracture zones and joints; fine quartz vein with gold and silver
(3)	West of Tonisca	1.5 km x 4 km	Andesitic volcanic rock (Tc)	Hydrothermal alteration accompanied by argillization and silicification	Noticeable mineralization not observed
(4)	Mina Luicho	1 km x 2 km	Sandstone (Yu)	Silicification around fine quartz veins; brownish by ferrous oxide	Gold-silver bearing fine quartz veins and brownish of ferrous oxide
(5)	Mina Picha	1 km x 2 km	Limestone (Ar)	Skarn zones formed by intrusion of diorite; mainly garnet skarns	Composed of small-scale lense and massive ores, galena black jack and chalcopyrite and bearing gold and silver
(6)	South of Maran	1.5 km x 3.5 km	Andesitic tuff breccia and tuff (Cho)	Silicification around fine quartz veins and brownish by ferrous oxide	Gold-silver bearing fine quartz veins and gold-bearing brown contaminated zone by ferrous oxide along fracture zones
(7)	Oyolo	2 km x 8 km	Andesitic to dacitic pyroclastic rock (Tc - Al)	Hydrothermal alteration, primarily argillization; brownish by ferrous oxide	Noticeable mineralization not observed
(8)	Pirca	2 km x 5 km	Andesitic volcanic rock (Tc)	Hydrothermal alteration with silicification	Contaminated zone by ferrous oxide

鉱化変質帯のうち、単位鉱体のもっとも規模の大きいものは Mina Pararapa 鉱化変質帯の含金銀石英脈で、鉱脈の規模は脈幅 0.5~1.5m, 延長 1.3km に及ぶ。鉱山の未公表資料によれば、最高品位は Au40g/t, 平均品位は 4.6g/t で、本調査の結果では脈幅 0.8m の平均品位は Au4.6g/t, Ag288.0g/t であった。

小規模ではあるが、Mina Luicho 鉱化帯の割れ目沿いの酸化鉄汚染部の局部試料の分析品位は Au26.0g/t, Ag114.1g/t を示す。また、Mina Picha 鉱山の塊状鉱（貯鉱）の品位は Au7.7g/t,

Ag777g/t, Pb23.4%, Zn21.6%, Cu1.38%を示す。その他の鉱化帯では高品位鉱は認められない。

コタウアシ地域内で抽出された主要な地化学異常帯は Table II - 4 に示すとおりである。

Table II-4 Principal Geochemical Anomaly Zones (Cotahusai Area)

No.	Name of Geochemically Anomalous Zone	Anomaly in Univariate Statistical Analysis (Plural Elements)	Existence of Anomaly in Principal Component Analysis		Size of Anomalous Zone	Area
			1st Principal Component	2nd Principal Component		
1	Mina Pararapa	Au, Ag, (As), (Pb)	Yes	No	7 km x 4 km	28 km ²
2	Quechualla (Tanisca)	Au, Ag, Pb (Zn)(As) (Cu)	Yes	No	13 km x 10 km	130 km ²
3	Huayjo	Au, Cu, Ag (Pb), (Zn)(As)	Yes	Yes	10 km x 2 km	20 km ²
4	Marcabamba	Au, Ag, Pb (Cu)(Zn)	Yes	No	7 km x 3 km	21 km ²
5	Mina Luicho	Au, Ag, Pb (Cu)(Zn)	Yes	No	4 km x 3 km	12 km ²
6	Maran	Au, Cu, Pb, (As), (Zn)(Ag)	Yes	Yes	9 km x 4 km	36 km ²
*	Orcopampa	Zn, Pb, (Au)(Ag)	Yes	No	6 km x 5 km	30 km ²
*	North of Orcopampa	Au, Ag	Yes	No	5 km x 4 km	20 km ²

※印はコタウアシ地域のモデル鉱床として Orcopampa 鉱床周辺において実施した地化学探査の結果である。

鉱化変質帯と地化学異常帯とがほぼ重複して現われる所は、含金石英脈を主とする Mina Pararapa, 含金石英細脈及び酸化帯からなる Minas de Huayllura (Tanisca 東部), Mina Luicho, Maran 南部などが主に Au, Ag の地化学異常帯と、また、接触交代型の鉱徴を示す Mina Picha が Au, Ag, Pb, (Zn), (As) の地化学異常帯と顕著に重複する。

弱い地化学異常帯ではあるが、既知鉱化帯に接近した興味深い変質帯として、Au の地化学異常帯と重複する Tanisca 西部変質帯及び Zn, Ag の地化学異常帯と重複する Pirca 変質帯がある。

地化学異常帯のうち、Cotahuasi 川沿いの Velinga 及び Huayjo 北部の地化学異常帯は、小規模な金を伴う酸化鉄の褐色変質帯を反映し、調査地域の北東にある Alca, 南部の Quepacc 及び Huayjo 南部, 北西の Marcabamba などの地化学異常帯は閃緑岩の貫入岩体と重複して現われ、貫入岩帯に伴う弱い黄鉄鉱鉱化作用を反映したものである。

以上のコタウアシ地域の地質調査の結果から、今後の調査と実施すべき地区及び手法は、Table II - 5 に示すとおりである。

Table II -5 Recommendation for Follow-up Surveys (Cotahuasi Area)

Area	Method of Survey
1. Mina Pararapa	Detailed geological survey Geochemical exploration Geophysical prospecting Diamond Drilling
2. West of Tanisca Alteration Zone	Detailed geological survey Geochemical exploration Geophysical prospecting
3. Mina Luicho	Detailed geological survey Geochemical exploration
4. Pirca Alteration Zone	Detailed geological survey Geochemical exploration Geophysical prospecting

なお、調査地域の選定にあたっては、鉱業権の設定状況について十分な検討を行う必要がある。

第3章 PIRCA 地区（精査）

3-1 地質・地質構造

Pirca 地区は、コタウアシ地域の南西部にあり、Pausa の南方約 15km にある Pirca 部落付近からその西方にかけての 90k m² の範囲である (Fig. I - 1)。本地区については調査精度の違いから東部地区 (48k m²) と西部地区 (42k m²) に分けて調査した。

両地区の地質図を Fig. II - 9 及び Fig. II - 10 に示す。

Pirca 地区の地質は、ジュラ系の Chocolate 火山岩類 (Cho) を最下位層とし、順次、第三系の Tacaza 層 (Tc)、第四紀更新統の Pirca 堆積物 (Ps)、Barroso 層群の下部層 (Vb1) 及び上部層 (Vbu)、Moraine (Mo)、さらに第四紀完新統の Pausa 火山堆積物 (Vsp) 及び沖積層 (al) などで構成される。貫入岩には小規模な角閃石安山岩 (An) の岩脈がある。

Pirca 地区では大規模な地質構造は認められない。Pirca 東部地区では、Tacaza 層 (Tc) がわずかに造山運動 (アンデス造山運動の最末期?) の影響を受けたと推定され、地層はほぼ E-W の走向で北方へ 10° ~ 15° 傾斜する。断層構造は、Millo の Paccha 沢沿いの NW-SE 系、この北東斜面にある NE-SW 系、Millo 南東約 1km の斜面にある NE-SW 系などの 3ヶ所で観察される。これらはいずれも小規模で、その転移量は数 10m 前後と推定される。Pirca 西部地区では顕著な地質構造は認められない。

3-2 変質帯及び鉱化帯

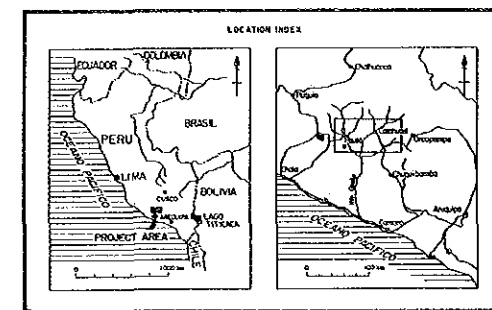
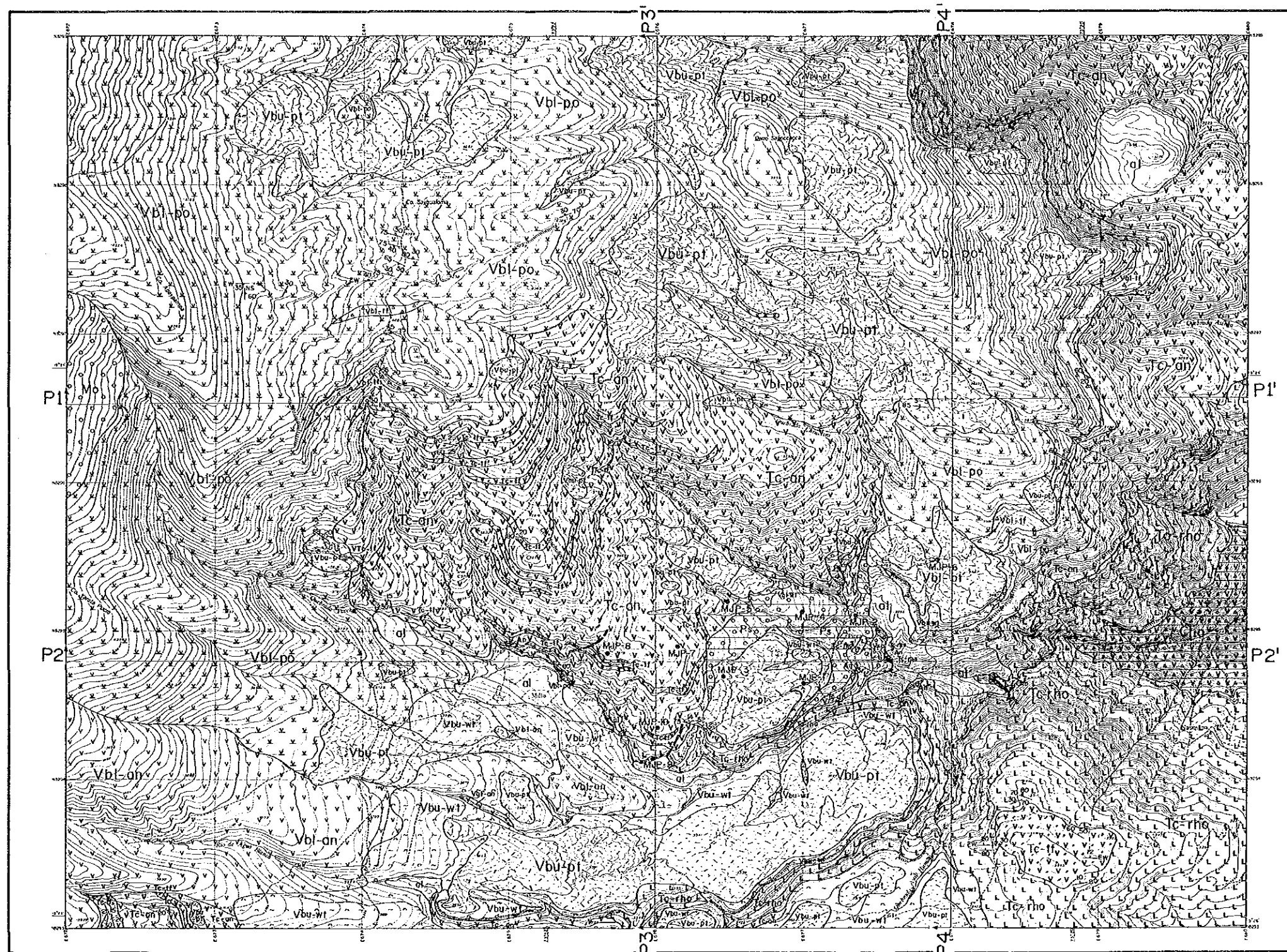
Pirca 東部地区及び西部地区では、大規模なものから小規模なものまで多数の変質帯が観察される (Fig. II - 11, II - 12)。しかし、当地区では鉱化作用が全般に弱く、小規模なトレンチ探査の跡が数ヶ所でみられるものの、稼業された既知鉱化帯はない。

Pirca 東部地区及び西部地区の変質帯は、第三紀中新世の Tacaza 層 (Tc) の安山岩溶岩及び同質凝灰岩 (Tc-an 及び Tc-tf) の分布域に大多数が含まれ、一部は流紋岩質凝灰岩 (Tc-rho) の分布域に含まれる。この Tacaza 層を覆う第四系では、最下位の Pirca 堆積物 (Ps) に含まれる際に変質岩や珪化岩が含まれるものの、第四系には初生的な変質帯や鉱化帯は認められない。

両地区にみられる主要な変質帯及び鉱化帯の分布位置、規模、変質帯の状況及び鉱化作用などをまとめて Table II - 6 に示した。主要な変質帯は Pirca 東部地区の 7ヶ所、Pirca 西部地区の 3ヶ所である。

鉱化作用は、珪化帯とこれに含まれる石英細脈に伴う金銀の鉱化が Pirca 西部地区の PW-1 及び PW-3 変質帯でみられる。Pirca 東部地区では金の鉱化はほとんど無く、銀の鉱化がわずかに認められる。銅、鉛、亜鉛の鉱化は全く認められず、肉眼的には黄鉄鉱の鉱化が顕著に認められるのみである。

各変質帯から採取した試料の化学分析結果を Table II - 7 に示した。



LEGEND

Aluvium and Talus	al	Gravel, sand, silt and clay
Volcanic Sediments of Pisco	Vbu-pi	Volcanic ash and gravel
Moraine Sediments	Vbu-pi	Gravel, sand and mud
Upper Pirca Formation	Vbu-pi	Pumice fall and tuffaceous sand
Lower Pirca Formation	Vbu-pi	Dacite tuff, dacitic tuff and welded tuff
Pisca Sediments	Vbu-pi	Pyroclastic andesite lavas
Tocoma Formation	Vbu-pi	Andesitic tuff, lapilli tuff and tuff breccia
Chocoma Volcanic Rocks	Vbu-pi	Hornblende andesite lava
Intrusive rock	Hornblende andesite	Gravel, sand, silt and clay
		Andesitic tuff, lapilli tuff and tuff breccia
		Andesite lava with thin bedded tuff, lapilli tuff and tuff breccia
		Rhyolite lava, tuff and lapilli tuff
		Andesite lava, andesitic tuff and tuff breccia (partly green semichist)
		Hornblende andesite
		Fault
		Strike and dip of bedding
		Strike and dip of flow structure
		Strike and dip of joint
		Strike and dip of contact plane
		MJP-1 Location of drilling
		P1-P4 Geological Profile line

Fig. II-9 Geological Map of the Pirca Eastern Area

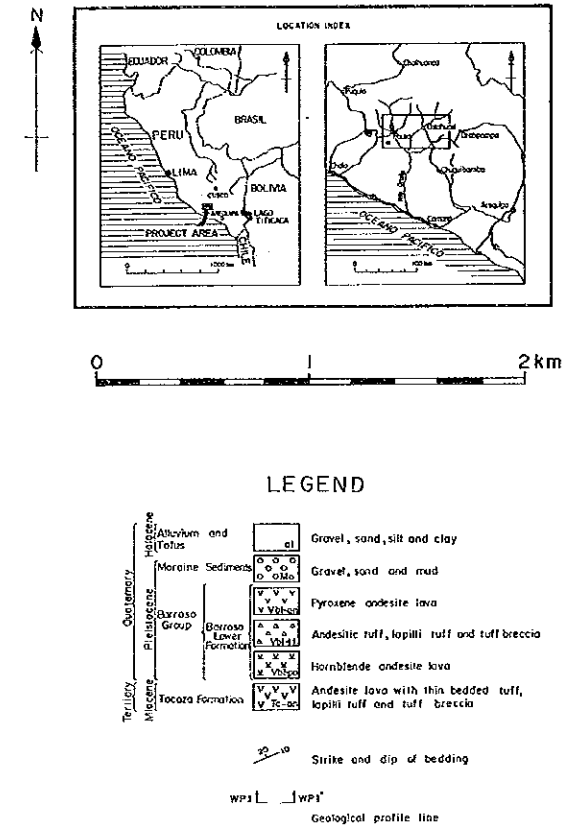
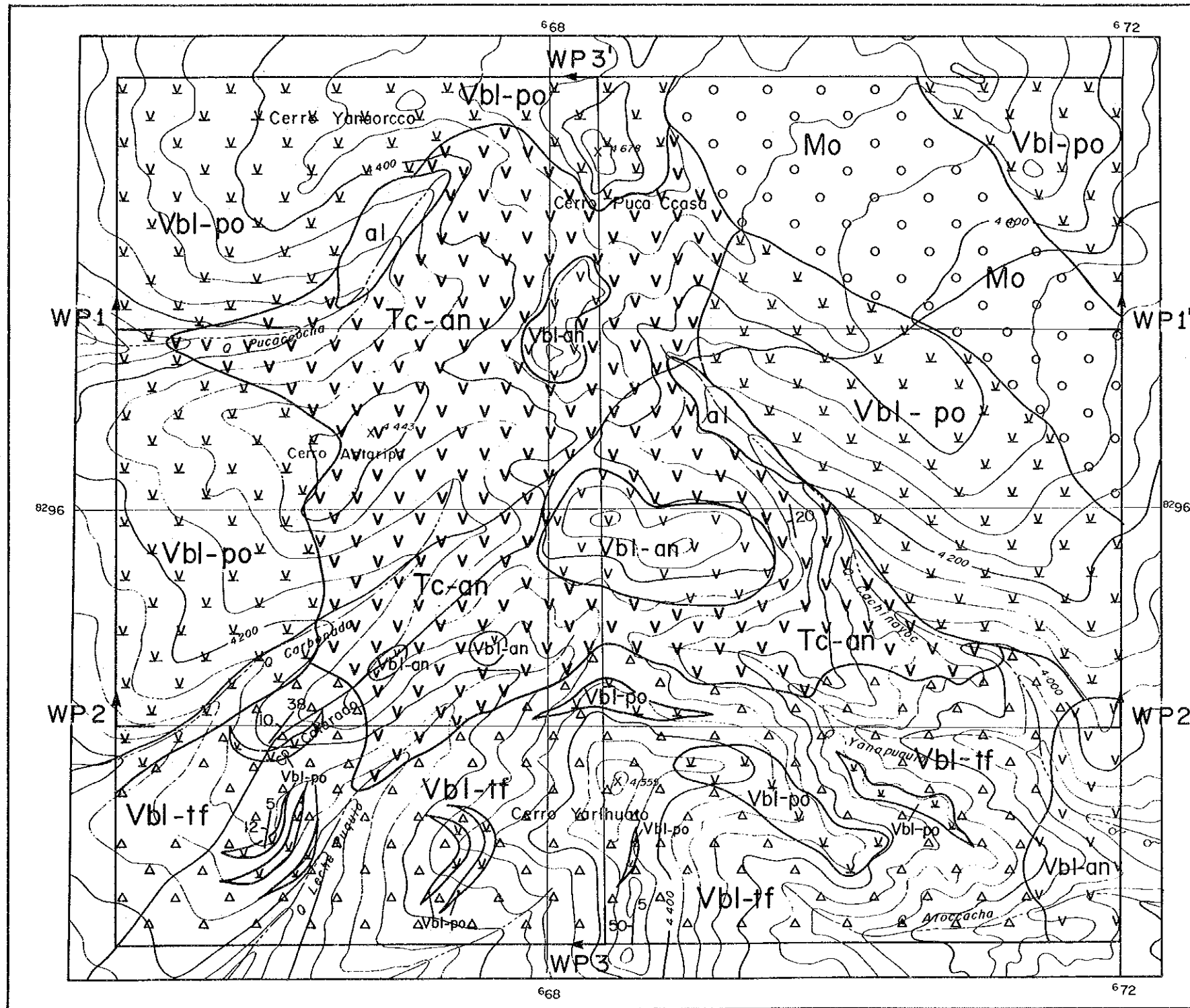
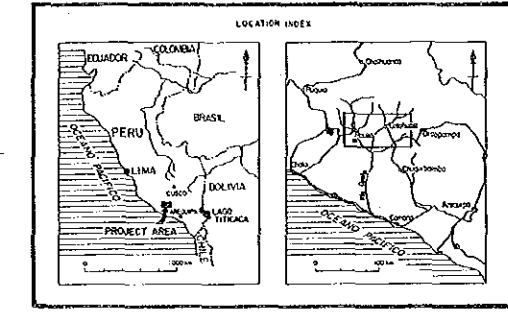
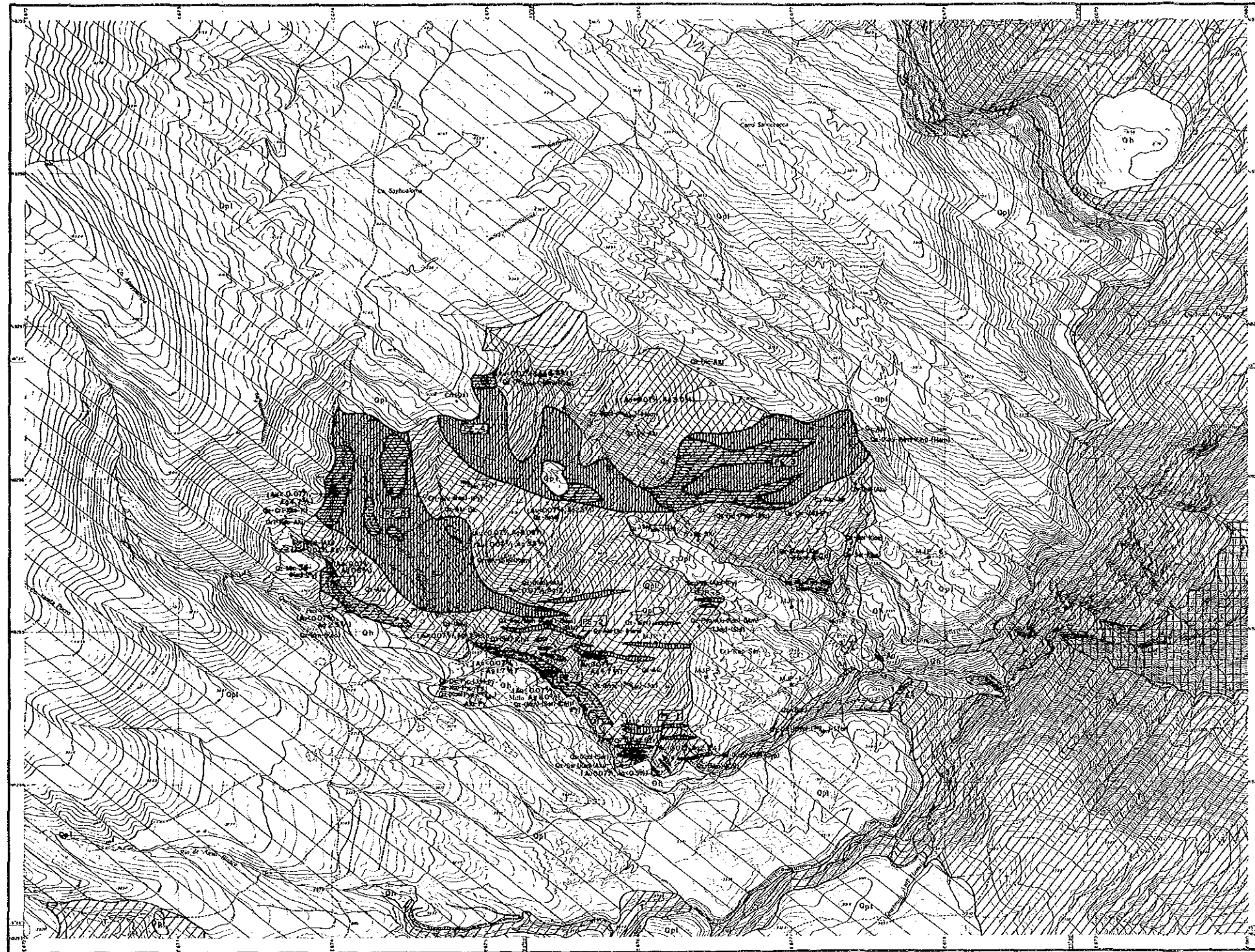


Fig. 11-10 Geological Map of the Pirca Western Area



LEGEND

Geological System	Abbreviation
Quaternary (Quaternary) System	Qz : quartz
Quaternary (Pleistocene) System	Kf : potassium feldspar
Tertiary System	Cr : <i>cristallite</i>
Jurassic System	Hal : halloysite
Intrusive Rock	Koo : kaolinite
Hornblende andesite	Dic : diorite
Fault	Pyp : pyrophyllite
Alteration and Mineralization Zones	Mm : montmorillonite
Mainly silicification	Ser : sericite
Silicification and argillization	Ch : chlorite
Mainly argillization	Koo/Mm : kaolinite-montmorillonite mixed layer
Mineralization	Ser/Mm : sericite-montmorillonite mixed layer
	Alu : alunite
	Jar : jarosite
	Gyp : gypsum
	Py : pyrite
	Hem : hematite
	Goe : goethite

Fig. II-11
Location Map of Alteration and Mineralization Zone of the Pirca Eastern Area

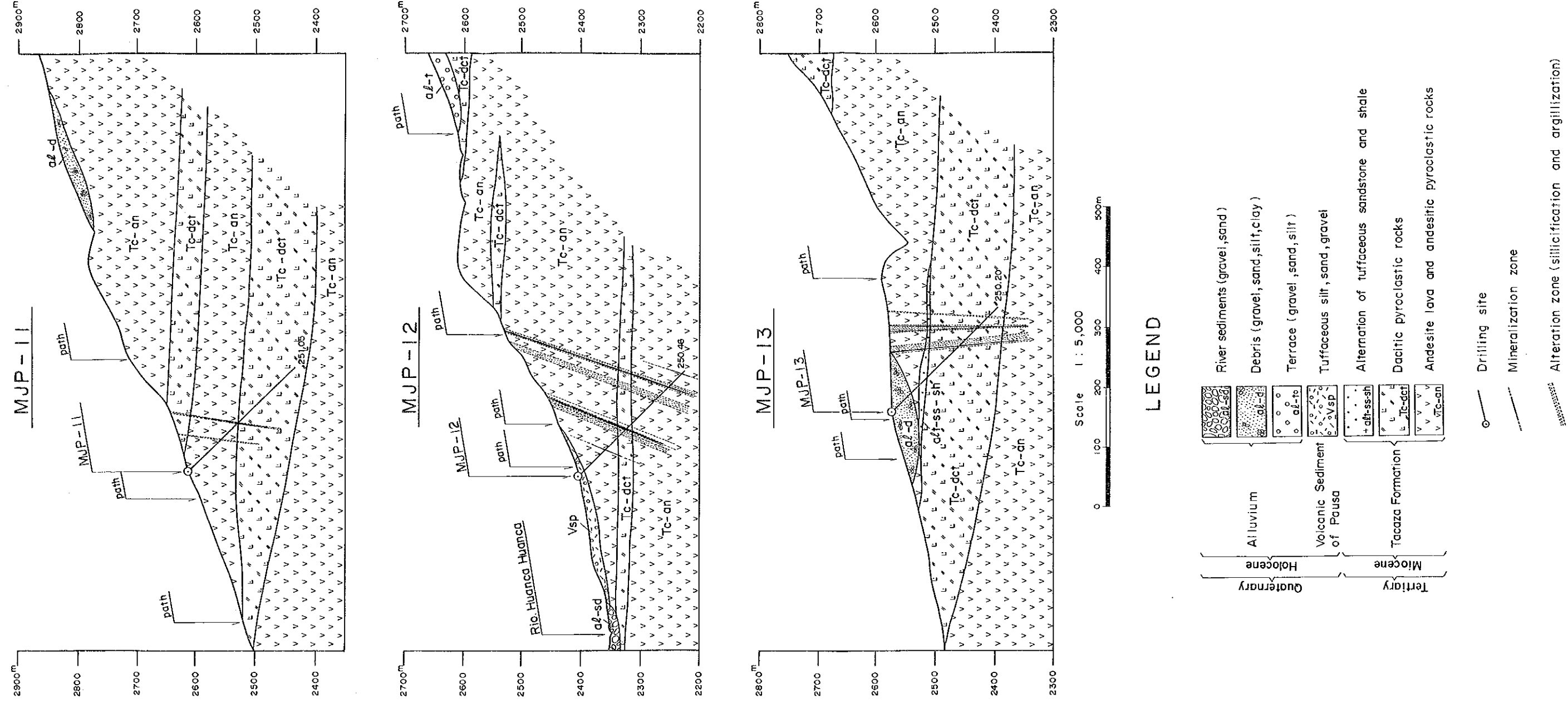


Fig.II-8 Geological Section of the Drilling Holes (MJP-11,12,13) in the Colpar Area (scale 1:5,000)

Table II-6 List of Alteration and Mineralization Zones of the Pirca Area

Area	No.	Name	Location		Scale (km)	Alteration	Mineralization
			Direction	Distance (km)			
Pirca Eastern Area	1	PE-1	SE	0.8 (from Millo)	0.3 × 0.5	<ul style="list-style-type: none"> Brown to light brown altered rhyolitic toff with pyrite dissemination and iron oxides. Hydrothermal alteration (silicification and argillization) Quartz vein (width: 0.1 - 1.0 m) [Qz + Ser + (Kao) + (Alu)] 	<ul style="list-style-type: none"> No significant mineralization observed
	2	PE-2	NE	0.5 (from Millo)	0.1 × 0.3	<ul style="list-style-type: none"> Brown altered zone contaminated by iron oxides. Hydrothermal alteration (silicification and argillization) [Qz + Alu + (Mm) + (Ser)] 	<ul style="list-style-type: none"> No significant mineralization observed Reddish brown massive iron oxides (hematite, limonite) are observed in drill cores of the hole MJP-8 Analysis of samples showed the maximum grade of Au < 0.07 g/t, Ag 4.7 g/t
	3	PE-3	N NW	1.3~1.6 (from Pirca)	0.6 × 1.4	<ul style="list-style-type: none"> Brown, light brown and white grey altered zone Hydrothermal alteration (silicification and argillization) [Qz, Qz + Alu, Qz + Dic + (Alu), Qz + (Kao) + (Mm)] 	<ul style="list-style-type: none"> No significant mineralization observed
	4	PE-4	NW	1.6~3.0 (from Pirca)	0.4 × 1.4	<ul style="list-style-type: none"> Brown to yellowish brown altered zone with white strongly siliceous rock. Hydrothermal alteration (silicification and argillization) [Qz + (Kao), Qz - (Ser/Mm)] 	<ul style="list-style-type: none"> No significant mineralization observed Analysis of samples showed the maximum grade of Au < 0.07 g/t, Ag 6.8 g/t.
	5	PE-5	NNW	0.7~2.2 (from Millo)	0.5 × 1.5	<ul style="list-style-type: none"> Brown, yellowish brown and white altered zone Hydrothermal alteration (silicification and argillization) [Cri + Kao + Alu, Qz + Kf + Cri + Kao, Qz + Alu + Dic] 	<ul style="list-style-type: none"> No significant mineralization observed Two of analysed samples showed the grades of Au < 0.07 g/t, Ag 12.0 g/t and Au < 0.07 g/t, Ag 4.7 g/t
	6	PE-6	NW	0.9~1.5 (from Millo)	0.1 × 0.6	<ul style="list-style-type: none"> Brown to light brown strongly argillaceous alteration zone with iron oxides. Hydrothermal alteration (Mainly argillization) [Qz + Mm + (Kao), Qz + Mm + Jar + (Kao)] 	<ul style="list-style-type: none"> No significant mineralization observed Analysis of samples showed the maximum grade of Au < 0.07 g/t, Ag 2.5 g/t
	7	PE-7	N E	0.3~0.6 (Along the Q. Paccha near by Millo)	0.1 × 0.8	<ul style="list-style-type: none"> Brown and yellowish brown strongly argillaceous alteration zone with iron oxides Hydrothermal alteration (Mainly argillization) [Qz + Kao + Pyp, Qz + (Mm) + (Ser) + (Chl)] 	<ul style="list-style-type: none"> No significant mineralization observed Analysis of a strongly argillaceous rock sample showed the grade of Au < 0.07 g/t, Ag 8.0 g/t
Pirca Western Area	8	PW-1	Ridge of Co. Antaripa		0.3 × 1.5	<ul style="list-style-type: none"> Grey to light grey strongly silicified zone with quartz veinlets, partly pyrite dissemination [Mainly Qz, partly Qz + (Cri) + (Alu)] 	<ul style="list-style-type: none"> Weak mineralization of Au and Ag is observed One of spot samples from quartz veinlets in outcrop of siliceous rock showed the grade of Au 6.65 g/t, Ag 10.0 g/t
	9	PW-2	Along the right bank of the upper stream of Q. Cachinayoc		0.3 × 2.5	<ul style="list-style-type: none"> Brown to light brown altered zone contaminated by iron oxides. Hydrothermal alteration (argillization and silicification) [Qz + Cri + Alu, Kf + (Hal) + (Mm) + (Alu)] 	<ul style="list-style-type: none"> No significant mineralization observed
	10	PW-3	Along the left bank of the upper stream of Q. Carbonada		0.15 × 0.5	<ul style="list-style-type: none"> Light brown to greyish white altered zone with strongly siliceous parts. Hydrothermal alteration (silicification and argillization) [Qz, Qz + (Hal)] 	<ul style="list-style-type: none"> No significant mineralization observed A spot sample of siliceous rock showed the grade of Au 0.89 g/t, Ag 7.0 g/t

Abbreviations of alteration mineral Qz: quartz, Alu: Alunite, Kao: Kaolinite, Mm: Montmorillonite, Ser: Sericite, Jar: Jarosite, Dic: Dickite, Pyp: Pyrophyllite, Kao/Mm: Kaolinite-Montmorillonite mixed layer, Ser/Mm: Sericite-Montmorillonite mixed layer, Cri: Cristobalite

Table II-7 Chemical Analyses of Altered Rocks and Ore Samples of the Pirca Area

Name of Alteration Zone	Sample No.	Co-ordinates		Au g/t	Ag g/t	As %	Cu %	Pb %	Zn %	Remarks
		E (km)	N (km)							
Pirca Eastern Area	PMV-2	676.2	8294.2	<0.07	2.3	0.004	<0.01	<0.01	<0.01	quartz vein (w = 0.80 m)
	PK-6	676.0	8294.2	<0.07	2.8	0.002	<0.01	0.01	0.01	strong siliceous rock
	PK-39	675.9	8294.1	0.07	<0.3	0.005	<0.01	<0.01	<0.01	strong siliceous rock (quartz vein?)
	PK-42	676.3	8294.2	<0.07	<0.3	<0.001	<0.01	<0.01	<0.01	quartz vein (w : 0.45 m)
	PV-16	675.5	8294.8	<0.07	4.7	0.003	<0.01	<0.01	<0.01	siliceous rock
	PK-30	675.0	8296.6	<0.07	6.8	0.005	<0.01	0.01	0.01	siliceous rock
	Pm-25	675.4	8295.8	<0.07	2.5	0.002	<0.01	<0.01	<0.01	"
	Pm-13	674.0	8295.9	<0.07	4.7	0.004	<0.01	<0.01	<0.01	argillaceous rock with pyrite
	Pm-24	675.4	8295.2	<0.07	12.0	0.001	<0.01	0.01	0.01	"
	PZ-14	674.8	8295.6	0.07	3.3	0.022	<0.01	<0.01	<0.01	siliceous rock with limonite stains
	PZ-15	674.8	8295.6	<0.07	0.3	0.006	<0.01	<0.01	<0.01	"
	Pm-9	674.1	8295.2	<0.07	2.5	0.022	<0.01	<0.01	<0.01	white argillaceous rock
	Pm-10	674.0	8295.4	<0.07	0.8	0.040	<0.01	<0.01	<0.01	"
	Pm-11	674.0	8295.5	<0.07	1.0	0.002	<0.01	<0.01	<0.01	siliceous rock
	PE-7	PK-25 Pm-20	675.1 675.4	8294.8 8294.7	<0.07 <0.07	1.7 8.0	0.011 0.028	0.01 <0.01	<0.01 0.01	0.01 0.02
Others	Pm-2	673.8	8294.1	<0.07	0.8	0.002	<0.01	<0.01	<0.01	massive quartz (float)
	PZ-6	675.8	8296.5	<0.07	3.0	0.008	<0.01	<0.01	<0.01	altered rock with iron oxides
	PZ-12	674.8	8295.0	<0.07	1.7	0.001	<0.01	<0.01	<0.01	calcedonic quartz (float)
PW-1	PN-31	667.5	8297.1	<0.07	1.9	0.002	<0.01	<0.01	<0.01	siliceous rock
	PV-21	666.6	8296.6	<0.07	1.0	0.002	<0.01	<0.01	<0.01	"
	WG-2	667.0	8296.8	6.65	10.0	0.006	<0.01	0.02	0.01	grey quartz vein
	WPK-1	666.8	8296.5	0.17	<0.3	<0.001	<0.01	<0.01	<0.01	strong siliceous rock
	WPZ-6	666.4	8296.0	0.14	2.3	0.007	<0.01	<0.01	<0.01	white siliceous rock
	WG-1	666.8	8295.3	0.89	7.0	0.009	<0.01	0.04	0.01	siliceous rock
PW-3	WPZ-10	666.5	8295.3	<0.07	<0.3	0.001	<0.01	<0.01	<0.01	strong siliceous rock
	PN-24	667.7	8295.7	<0.07	<0.3	0.008	<0.01	<0.01	<0.01	siliceous rock
Others										