

ペルー共和国コクウアシ地域 資源開発協力基礎調査報告書

第3年次

昭和62年2月

国際協力事業団
金属鉱業事業団

ペルー共和国コクウアシ地域
資源開発協力基礎調査報告書

第3年次

昭和62年2月

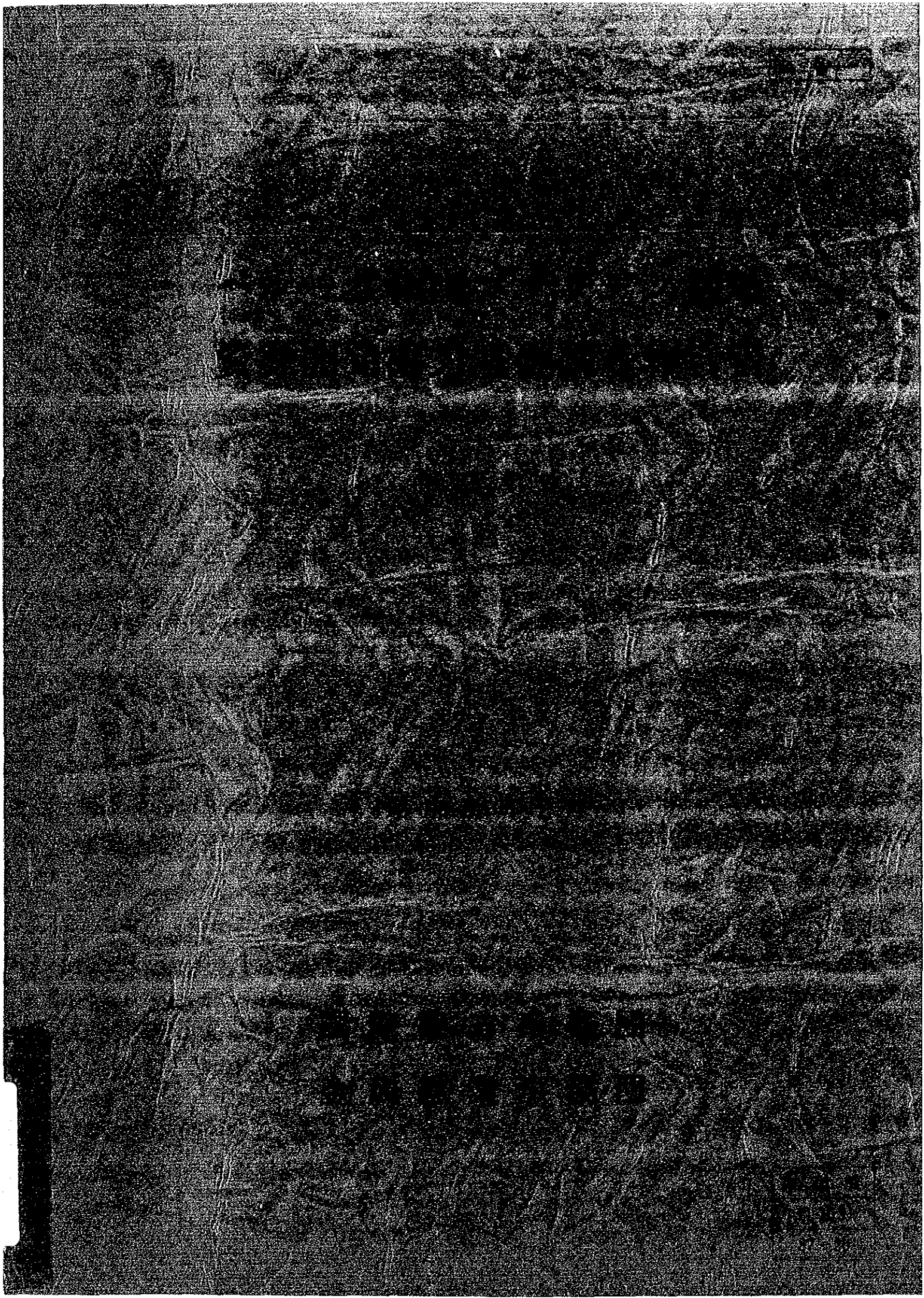
国際協力事業団
金属鉱業事業団

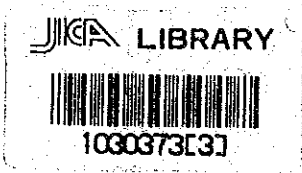
709
66.1
MPN
LIBRA

総冊数
C 2(3)
87-20



国際協力事業団
16201
図書資料 蔵書





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

第 2 年 次

昭 和 62 年 2 月

国 際 協 力 事 業 団
金 属 鉱 業 事 業 団

国際協力事業団		
受入 月日	'87. 4. 22	709
登録No.	16201	66.1
		MPN

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にした。

本調査は昭和61年度が第2年次にあたり、金属鉱業事業団は4名の調査団を編成して、昭和61年7月14日から同10月31日まで現地に派遣した。

現地調査はペルー共和国政府関係機関、特に動力鉱山省地質鉱物冶金研究所（INGEMMET）の協力を得て予定どおりに実施した。

本報告書は第2年次の調査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御協力をいただいたペルー共和国政府関係者並びに外務省・通商産業省・在ペルー日本国大使館及び関係各位に対し衷心より感謝の意を表するものである。

昭和62年2月

国際協力事業団
総裁 有田 圭輔

金属鉱業事業団
理事長 佐藤 淳一郎

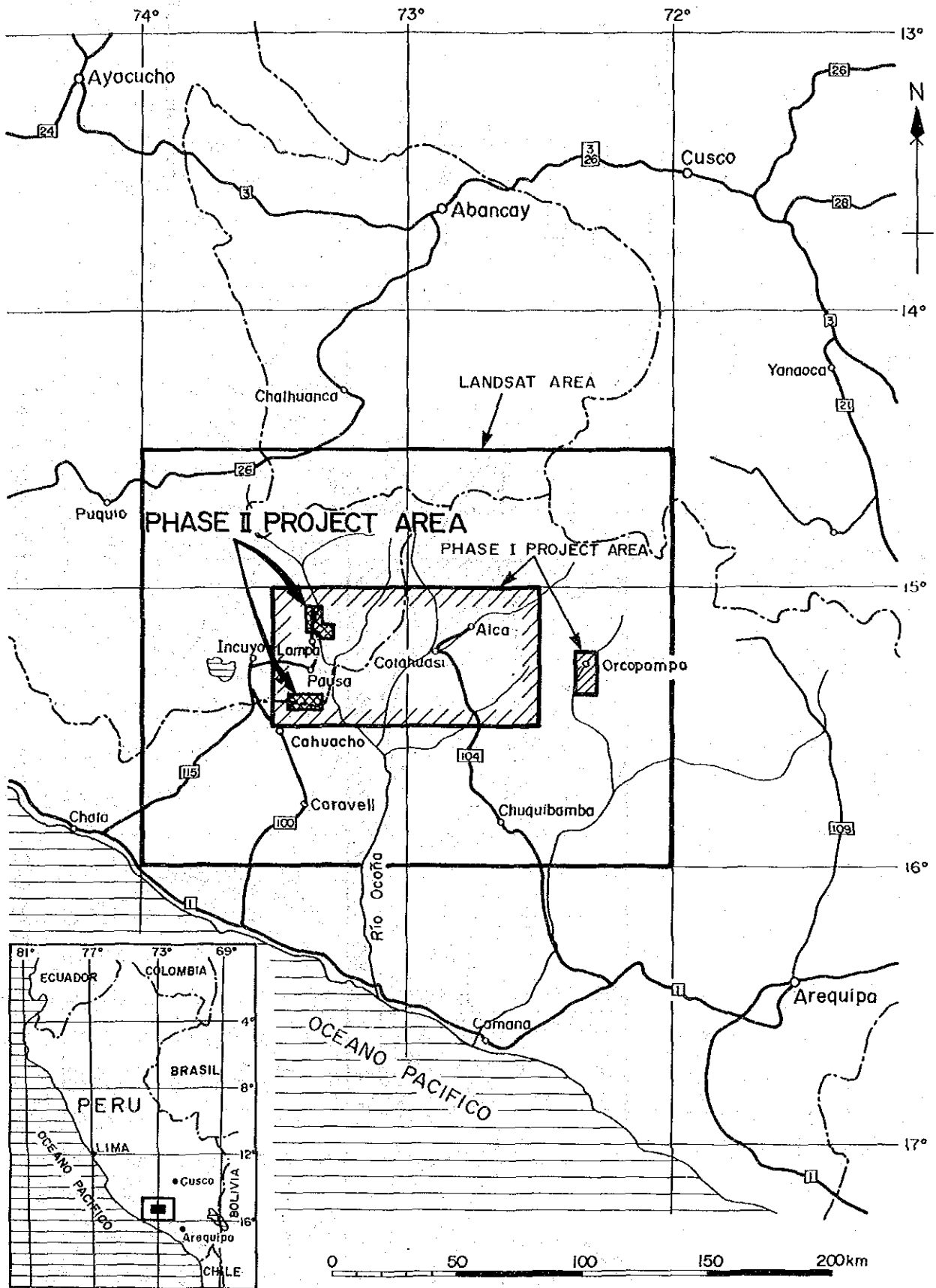


Fig. G-1 Location Map of the Project Area

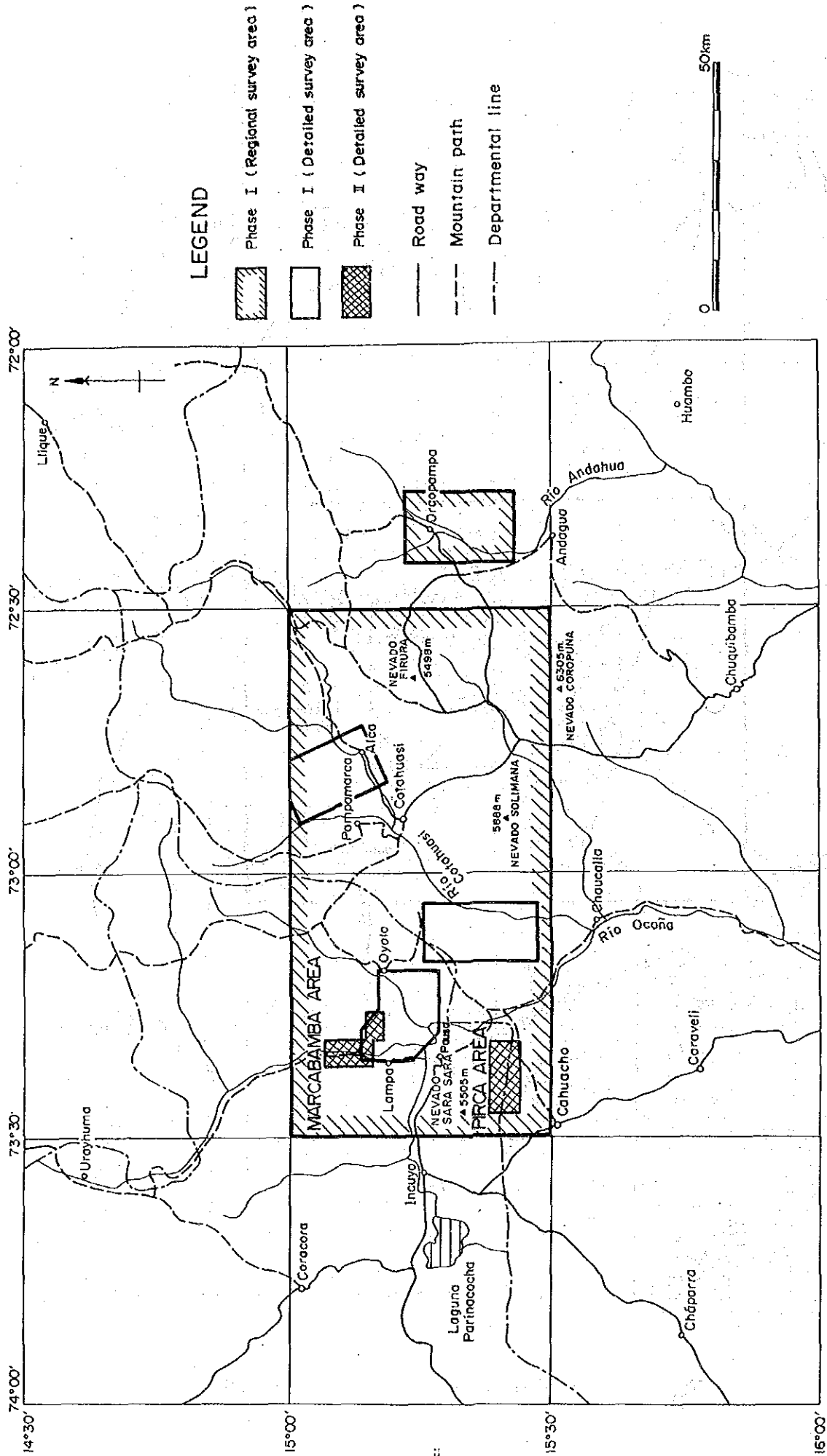


Fig. G-2 Location Map of the Survey Area

要 約

ペルー共和国コタウアン地域における本年次（第2年次）の調査では、第1年次の調査結果に基づいて選定された MARCABAMBA 地区（80km²）及び PIRCA 地区（90km²）を対象に、前者では地質調査及び地化学探査、後者では地質調査、地化学探査及びボーリング調査が実施された。これらの調査は当該地区の地質状況を解明し、鉍化帯の賦存状況を把握することを目的とし、その重点課題は、地質・地質構造と鉍化作用との関連性及び地化学特性等を総合的に考察して、鉍床賦存有望地区を抽出することにおかれた。その結果は次のように要約される。

〔A〕 MARCABAMBA 地区

地 質 本地区ではジュラ系以下の地層は露出せず、砂岩、頁岩及び石灰岩からなる白亜系が最下位に分布する。これらを不整合に覆う第三系は、安山岩質火山岩類及びこの上位に重なる流紋岩質火山岩類からなり、本地区の大半を占めて広く分布する。第四系は、河川沿いや山腹に分布し、安山岩溶岩、火山性堆積物、沖積層などで構成される。貫入岩類には、石英閃緑岩及び斑状安山岩岩株と、これらの岩株を貫く安山岩岩脈がある。

地質構造 白亜系中にNE-SW方向の軸を持つ背斜構造があり、その軸部付近には石英閃緑岩岩株が分布する。断層はNNW-SSEの方向性を持ち、第三系及び石英閃緑岩岩株を切る。断層による地層の転移は第三系で大きい、岩株内では小さいと推定される。

鉍化変質作用 変質帯及び鉍化帯は第三系の安山岩質火山岩類中に多数分布するほか、白亜系のアルコーズ砂岩中に分布する。変質帯は、岩相上、珪化を主とする変質帯、珪化と粘土化を伴う変質帯及び粘土化を主とする変質帯に区分される。これらの変質帯の中にみられる鉍化作用は、珪化帯及びこれに含まれる石英細脈に伴われる金銀の鉍化が最も顕著である。本地区では第三系中の Colpar 変質帯から採取した石英細脈を伴う珪化帯の化学分析値が Au 0.41 g/t、Ag 39.3 g/t で、やや低品位であるが、この北東延長部に同様の珪化帯が露出しており、鉍化帯の連続が予想される。この他、白亜系のアルコーズ砂岩中の Marcamalata 変質帯の石英細脈を伴う珪化部の化学分析値は Au 0.07 g/t 以下、Ag 86.5 g/t を示し、銀の鉍化が顕著である。

鉍化変質帯と地化学異常帯との関係 鉍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、Colpar 及び Marcamalata の鉍化変質帯が特に顕著で、珪化を主とする変質帯と Au、Ag、As、Cu、Pb、(Zn) の各指示元素の地化学異常及び主成分分析第1主成分異常の+異常とが良く重複する。

崖面に覆われて変質帯の状況は明らかでないが、顕著なA級異常を含む地化学異常帯が Colpar 変質帯の南部に隣接して認められ、下部に潜頭の鉍化変質帯が期待される。

〔B〕 PIRCA 地区

地質 広域変成作用を受けたジュラ系の安山岩質火山岩類を最下位層とする。本地区ではこの上位に重なる白亜系の堆積岩類が欠除し、第三系が直接不整合で重なる。第三系は、流紋岩質火山岩類及びその上位に重なる安山岩質火山岩類からなり、本地区に広く分布する。第四系は、最下位に局部的に砂礫層が堆積するものの、その主体は安山岩質火山岩類で、本地区周辺部の大半を占めて分布する。これらを覆って石英安山岩質火山岩類、降下軽石、凝灰質砂、モレーン、火山性堆積物、沖積層などが局部的に分布する。貫入岩には第三系を貫く小規模な安山岩岩脈がある。

地質構造 小規模な断層が3ヶ所にあり、NNE-SSW、NE-SW及びNW-SEの方向性を示す。

変質作用と鉱化作用 変質帯は第三系の安山岩質火山岩類中に大半が分布し、一部が流紋岩質火山岩類の分布域に含まれる。これらの変質帯は、珪化を主とする変質帯、珪化と粘土化を伴う変質帯、粘土化を主とする変質帯に区分される。

変質帯は大規模なものから小規模なものまで多数あり、比較的大きな規模を持つ変質帯はPirca 東部地区で7ヶ所、西部地区で3ヶ所ある。これらの変質帯から採取した試料のうち、最も高品位なものはPirca 西部地区のPW-1変質帯から採取した強珪化帯中の網状石英脈の試料で、その分析値はAu 6.65g/t、Ag 10.0g/tであった。しかし、この連続露頭に当る強珪化帯の試料はいずれも低品位で、この変質帯全体では鉱化が優勢とは言えない。この他の変質帯でみられる鉱化はいずれも弱いもので、その分析品位もAu 0.89g/t以下、Ag 12.0g/t以下の低品位なものである。

鉱化変質帯と地化学異常帯との関係 本地区の地化学異常帯はMarcabamba地区の異常帯に比べて規模が小さく、低いランクの異常帯である。

変質帯と地化学異常帯が重複して現われる所は、Pirca 東部地区では、PE-1変質帯とPE-2変質帯であり、前者ではAs, Cu, (Au)の各異常が、また後者ではAs, Auの各異常帯が変質帯と良く重複する。このほか、PE-5変質帯では南東部の一部でAs, Pb, Znの異常帯が変質帯と重複する。その他では両者が顕著に重複する所は認められない。Pirca部落の北部から北西部にかけて地化学異常帯がある。この付近には弱い変質帯は認められるが、顕著な珪化帯や石英脈は認められない。

Pirca 西部地区では、変質帯の規模に比べて地化学異常帯の規模が小さく、両者が顕著に重複する所は認められない。

ボーリング調査 Pirca 東部地区で10孔のボーリング(MJP-1~10)を実施した。調査の結果、MJP-1からMJP-4では従来未確認であった第四系の最下部に当る砂礫層(Pirca堆積物)の存在と層序を明らかにし、MJP-6では第四紀火山岩類の岩相変化と層序を確認した。

変質帯は多数確認され、MJP-3及びMJP-4では砂礫層の下位で変質帯や石英脈、MJP-5ではコア長2.45mに及ぶ石英脈、MJP-7からMJP-10の4孔では各孔とも粘土化を主体とする顕著な変質帯、またMJP-8及びMJP-9では強珪化帯や石英脈を伴う変質帯を確認した。これらの変質帯は変質鉱物の組合せからいずれも熱水変質によるものと判断される。以上の変質帯か

ら採取した試料の化学分析値はすべて低品位で、その分析値は Au 0.07 g/t, Ag 2.8 g/tがそれぞれ最高値で、他はこれ以下の品位である。

〔C〕 有望地区

本年次の調査結果によって有望地区を選出すれば、Marcabamba 地区の北部で地化学異常と重複する Colpar 鉍化変質帯及びこの南部に隣接する強地化学異常帯を含む Colpar 地区、また南東部で地化学異常帯と重複する Marcamalata 鉍化変質帯を含む Marcamalata 地区などが鉍床賦存有望地区と考えられる。

一方、Pirca 地区では変質帯の規模に比べて顕著な鉍化作用は認められず、地表下 100 m 付近までに有望な鉍化帯が潜在する可能性は薄い。

目 次

はしがき

要 約

目 次

第1章 序 論

1-1	調査経緯及び目的	1
1-2	調査内容	1
1-3	調査日程	6
1-4	調査団の編成	7
1-5	調査地区の概要	7

第2章 地質調査

2-1	調査方法	11
2-2	MARCABAMBA地区	11
2-2-1	地 質	11
2-2-2	地質構造	20
2-2-3	変質作用と鉱化作用	20
2-3	PIRCA地区	32
2-3-1	地 質	32
2-3-2	地質構造	42
2-3-3	変質作用と鉱化作用	42

第3章 地化学探査

3-1	調査方法	57
3-1-1	試料の採取及び採取試料数	57
3-1-2	試料調整及び分析方法	57
3-1-3	データ処理	59
3-2	MARCABAMBA地区の探査結果	59
3-2-1	単一変量解析	59
3-2-2	主成分分析	67
3-2-3	地化学異常帯の分布	72
3-2-4	地化学異常帯と鉱化変質帯との関係	74

3-3	PIRCA地区の探査結果	79
3-3-1	単一変量解析	79
3-3-2	主成分分析	87
3-3-3	地化学異常帯	92
3-3-4	地化学異常帯と鉍化変質帯との関係	94
第4章 ボーリング調査		
4-1	概要	101
4-2	試錐工法及び使用機械	101
4-3	試錐作業	112
4-4	孔井地質	140
4-5	ボーリング調査による鉍化変質作用	148
第5章 結論及び提言		
5-1	結論	163
5-2	提言	167
参 考 文 献		
卷 末 資 料		

List of Illustrations

- Fig. G-1 Location Map of the Project Area
 Fig. G-2 Location Map of the Survey Area
- Fig. 1-1 Geological Map of the Cotahuasi Area (Phase I)
 Fig. 1-2 Generalized Stratigraphic Column of the Survey Area (Phase I)
 Fig. 1-3 Accessibility Map to the Survey Area
- Fig. 2-1 Geological Map of the Marcabamba Area
 Fig. 2-2 Stratigraphic Column of the Marcabamba Area
 Fig. 2-3 Location Map of Alteration and Mineralization Zones of the Marcabamba Area
 Fig. 2-4 Geological Sketch of Silicified Outcrops in Colpar Alteration Zone
 Fig. 2-5 Geological Map of the Pirca Eastern Area
 Fig. 2-6 Geological Map of the Pirca Western Area
 Fig. 2-7 Stratigraphic Column of the Pirca Area
 Fig. 2-8 Location Map of Alteration and Mineralization Zones of the Pirca Eastern Area
 Fig. 2-9 Location Map of Alteration and Mineralization Zones of the Pirca Western Area
 Fig. 2-10 Geological Sketch of Alteration Zone around the Drilling Site MJP-9
- Fig. 3-1 (1 - 15) Correlations Between Indicator Elements, Marcabamba Area
 Fig. 3-2 (1 - 6) Histograms and Cumulative Frequency Diagrams (Au, Ag, As, Cu, Pb, Zn) of the Marcabamba Area
 Fig. 3-3 Unrotated Factor Loadings for the Marcabamba Area
 Fig. 3-4 (1 - 3) Histograms and Cumulative Frequency Diagrams of First, Second and Third Principal Components of the Marcabamba Area
 Fig. 3-5 Geochemical Interpretation Map of the Marcabamba Area (Composite Data)
 Fig. 3-6 (1 - 15) Correlations Between Indicator Elements, Pirca Area
 Fig. 3-7 (1 - 6) Histograms and Cumulative Frequency Diagrams (Au, Ag, As, Cu, Pb, Zn) of the Pirca Area
 Fig. 3-8 Unrotated Factor Loadings for the Pirca Area
 Fig. 3-9 (1 - 3) Histograms and Cumulative Frequency Diagrams of First, Second and Third Principal Components of the Pirca Area
 Fig. 3-10 Geochemical Interpretation Map of the Pirca Eastern Area (Composite Data)
 Fig. 3-11 Geochemical Interpretation Map of the Pirca Western Area (Composite Data)
- Fig. 4-1 Location Map of the Drilling Sites
 Fig. 4-2 (1) - (10) Drilling Progress of the Pirca Area (MJP-1 - MJP-10)
 Fig. 4-3 (1) - (10) Geological Profile of the Drilling Site (MJP-1 - MJP-10)
- Fig. 5-1 Interpretation Map of the Marcabamba Area
 Fig. 5-2 Interpretation Map of the Pirca Eastern Area
 Fig. 5-3 Interpretation Map of the Pirca Western Area

List of Tables

Table 1-1	Outline of the Survey
Table 1-2	Quantity of the Laboratory Work
Table 1-3	Schedule of the Survey
Table 1-4	Location of the Survey Area
Table 2-1	List of Alteration and Mineralization Zones of the Marcabamba Area
Table 2-2	Chemical Analyses of Altered Rock and Ore Samples of the Marcabamba Area
Table 2-3	List of Alteration and Mineralization Zones of the Pirca Area
Table 2-4	Chemical Analyses of Altered Rock and Ore Samples of the Pirca Area
Table 3-1	Sampling Patterns and Number of Samples in Each Area
Table 3-2	Method of Chemical Analyses (by CHEMEX LABS LTD.)
Table 3-3	Statistical Values of Indicator Elements in the Marcabamba Area
Table 3-4	Correlation Coefficients between the 6 Elements in the Marcabamba Area
Table 3-5	Classification of Anomalous Values in the Marcabamba Area
Table 3-6	Results of Principal Components Analysis in the Marcabamba Area
Table 3-7	Statistical Values of Scores in the Marcabamba Area
Table 3-8	Classification of Principal Component Scores in the Marcabamba Area
Table 3-9	List of Geochemical Anomaly Zones in the Marcabamba Area
Table 3-10	Comparison of Geochemical Anomaly Zones with Mineralization Zones in the Marcabamba Area
Table 3-11	Statistical Values of Indicator Elements in the Pirca Area
Table 3-12	Correlation Coefficients between the 6 Elements in the Pirca Area
Table 3-13	Classification of Anomalous Values in the Pirca Area
Table 3-14	Results of Principal Components Analysis in the Pirca Area
Table 3-15	Statistical Values of Principal Component Scores in the Pirca Area
Table 3-16	Classification of Principal Component Scores in the Pirca Area
Table 3-17	List of Geochemical Anomaly Zones in the Pirca Area
Table 3-18	Comparison of the Pirca Area with the Marcabamba Area on Abundance of Indicator Elements
Table 3-19	Comparison of Geochemical Anomaly Zones with Mineralization Zones in the Pirca Area
Table 4-1	Generalized Drilling Results
Table 4-2	Drilling Equipment
Table 4-3	Consumed Materials: MJP-1 - MJP-10
Table 4-4	Results of Bit Works: MJP-1 - MJP-10
Table 4-5 (1) - (10)	Summary of Drilling Results: MJP-1 - MJP-10
Table 4-6	Working Time and Efficiency of Drillings
Table 4-7	Chemical Analyses of Altered Rock Samples in MJP-2 Drilling Cores
Table 4-8	Chemical Analyses of Altered Rock and Quartz Vein Samples in MJP-3 Drilling Cores
Table 4-9	Chemical Analyses of Altered Rock and Quartz Vein Samples in MJP-4 Drilling Cores
Table 4-10	Chemical Analyses of Altered Rock and Quartz Vein Samples in MJP-5 Drilling Cores

Table 4-11	Chemical Analyses of Altered Rock Samples in MJP-7 Drilling Cores
Table 4-12	Chemical Analyses of Altered Rock and Quartz Vein Samples in MJP-8 Drilling Cores
Table 4-13	Chemical Analyses of Altered Rock and Quartz Vein Samples in MJP-9 Drilling Cores
Table 4-14	Chemical Analyses of Altered Rock Samples in MJP-10 Drilling Cores
Table 4-15	List of Alteration and Mineralization of Drilling Cores in Pirca Eastern Area

List of Appendices

Apx. 1	Microscopic Observations of Rock Thin Sections
Apx. 2	Photomicrographs of Rock Thin Sections
Apx. 3	X ray Diffractive Analyses of the Marcabamba Area
Apx. 4	X ray Diffractive Analyses of the Pirca Area
Apx. 5	X ray Diffractive Analyses of Drilling Core Samples
Apx. 6	Microscopic Observations of Polished Sections
Apx. 7	Photomicrographs of Polished Sections
Apx. 8	Results of Chemical Analyses of Altered Rock and Ore Samples
Apx. 9	Results of Chemical Analyses of Altered Drilling Core Samples
Apx. 10	Assay Results of Geochemical Samples of the Marcabamba Area
Apx. 11	Assay Results of Geochemical Samples of the Pirca Area
Apx. 12	X-ray Powder Diffraction Charts of Typical Altered Rock Samples
Apx. 13	The Spot Photographs

List of Plates

PL. 1	Geological Map of the Marcabamba Area	Scale	1:25,000
PL. 2	Geological Profiles of the Marcabamba Area	Scale	1:25,000
PL. 3	Location Map of Alteration and Mineralization Zones of the Marcabamba Area	Scale	1:25,000
PL. 4	Location Map of Rock and Ore Samples of the Marcabamba Area	Scale	1:25,000
PL. 5	Geological Map of the Pirca Eastern Area	Scale	1:10,000
PL. 6	Geological Profiles of the Pirca Eastern Area	Scale	1:10,000
PL. 7	Location Map of Alteration and Mineralization Zones of the Pirca Eastern Area	Scale	1:10,000
PL. 8	Location Map of Rock and Ore Samples of the Pirca Eastern Area	Scale	1:10,000
PL. 9	Geological Map of the Pirca Western Area	Scale	1:25,000
PL. 10	Geological Profiles of the Pirca Western Area	Scale	1:25,000
PL. 11	Location Map of Alteration and Mineralization Zones of the Pirca Western Area	Scale	1:25,000
PL. 12	Location Map of Rock and Ore Samples of the Pirca Western Area	Scale	1:25,000
PL. 13 (1) - (6)	Geochemical Anomaly Map of the Marcabamba Area (Au) (Ag) (As) (Cu) (Pb) and (Zn)	Scale	1:25,000
PL. 14 (1) - (3)	Geochemical Anomaly Map by Principal Component Analysis, Marcabamba Area (First, Second and Third)	Scale	1:25,000
PL. 15	Geochemical Interpretation Map of the Marcabamba Area (6 Elements)	Scale	1:25,000
PL. 16	Geochemical Interpretation Map of Principal Component Anomaly, Marcabamba Area	Scale	1:25,000
PL. 17	Geochemical Interpretation Map of the Marcabamba Area (Composite Data)	Scale	1:25,000
PL. 18 (1) - (6)	Geochemical Anomaly Map of the Pirca Eastern Area (Au) (Ag) (As) (Cu) (Pb) and (Zn)	Scale	1:10,000
PL. 19 (1) - (3)	Geochemical Anomaly Map by Principal Component Analysis, Pirca Eastern Area (First, Second and Third)	Scale	1:10,000
PL. 20	Geochemical Interpretation Map of the Pirca Eastern Area (6 Elements)	Scale	1:10,000
PL. 21	Geochemical Interpretation Map of Principal Component Anomaly, Pirca Eastern Area	Scale	1:10,000
PL. 22	Geochemical Interpretation Map of the Pirca Eastern Area (Composite Data)	Scale	1:10,000
PL. 23 (1) - (6)	Geochemical Anomaly Map of the Pirca Western Area (Au) (Ag) (As) (Cu) (Pb) and (Zn)	Scale	1:25,000
PL. 24 (1) - (3)	Geochemical Anomaly Map by Principal Component Analysis, Pirca Western Area (First, Second and Third)	Scale	1:25,000
PL. 25	Geochemical Interpretation Map of the Pirca Western Area (6 Elements)	Scale	1:25,000
PL. 26	Geochemical Interpretation Map of Principal Component Anomaly, Pirca Western Area	Scale	1:25,000
PL. 27	Geochemical Interpretation Map of the Pirca Western Area (Composite Data)	Scale	1:25,000
PL. 28	Location Map of Geochemical Soil Samples of the Marcabamba Area	Scale	1:25,000

PL. 29	Location Map of Geochemical Soil Samples of the Pirca Eastern Area	Scale	1:10,000
PL. 30	Location Map of Geochemical Soil Samples of the Pirca Western Area	Scale	1:25,000
PL. 31	Geological Map of the Pirca Southeastern Area	Scale	1: 5,000
PL. 32	Geological Profiles of the Pirca Southeastern Area	Scale	1: 5,000
PL. 33	Geological Log of Diamond Drilling Hole (MJP-1 - MJP-10) in the Pirca Eastern Area	Scale	1: 200
PL. 34	Interpretation Map of the Marcabamba Area	Scale	1:25,000
PL. 35	Interpretation Map of the Pirca Eastern Area	Scale	1:10,000
PL. 36	Interpretation Map of the Pirca Western Area	Scale	1:25,000

第 1 章 序 論

第1章 序 論

1-1 調査経緯及び目的

ペルー共和国コタウアン地域における資源開発協力基礎調査は、昭和60年から開始され、本年度は第2年次に当る。

第1年次の調査は、全域の広域的地質・地質構造の解明及び地域内に分布する金属鉱床賦存状況の把握に重点がおかれ、ランドサット画像の判読、地質調査及び地化学探査が実施された(Fig. 1-1, 1-2)。調査の結果、多数ある鉱化変質帯のうち、(1)Mina Pararapa, (2)Tanisca 変質帯, (3)Mina Luicho, (4)Pirca変質帯などが鉱床賦存有望地区として選出された。これらのうち、前3者は民間鉱区の関係でさらに精密な調査は不可能と判断され、第2年次に当る本年度は、後者のPirca変質帯を含むPirca地区(90km²)、及び民間鉱区的位置と第1年次の調査結果が考慮され、Marcabamba地区(80km²)が選出された。

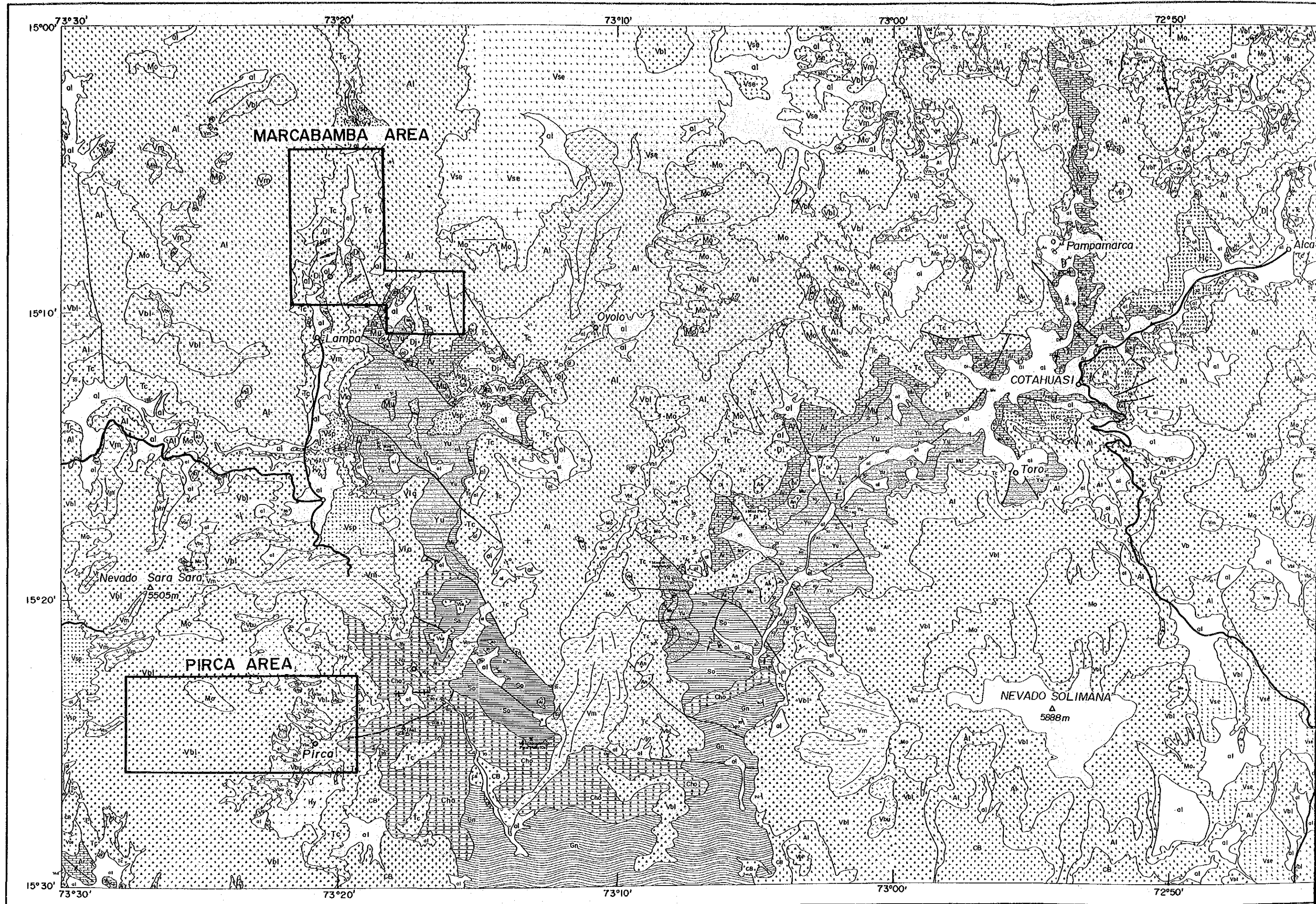
以上の調査経緯から、本年度は両地区を対象に地質調査及び地化学探査、さらにPirca地区ではボーリング調査を実施することになった。これらの調査は、当該地区の地質状況を解明し、鉱床賦存状況を把握することを目的とする。その重点課題は、地質調査及び地化学探査では地質構造と鉱化変質作用との関連性及び地化学特性を総合的に考察し、調査地における有望地区を抽出すること、また、ボーリング調査では、鉱化帯の地球化学的特性及び詳細な地質構造を解明することにより、鉱化帯の形成機構及び賦存状況を考察することである。

1-2 調査内容

第2年次の調査内容をTable 1-1に示し、これに付随して実施された各種の室内試験数量をTable 1-2に示す。

Table 1-1 Outline of the Survey (調査量)

調査内容及び地区	調 査 量			
* 地質調査・地化学探査 (1) Marcabamba 地区	調査面積;	80 km ²		
	踏査延長;	163.9 km		
	地化学探査試料採取;	620 個		
(2) Pirca 地区	調査面積;	90 km ²		
	踏査延長;	261.3 km		
	地化学探査試料採取;	1,408 個		
* ボーリング調査	孔番号	方位	傾斜(°)	掘進長(m)
	MJP-1	-	90	100.80
	MJP-2	-	90	100.00
	MJP-3	-	90	100.00
	MJP-4	-	90	100.00
	MJP-5	-	90	100.10
	MJP-6	-	90	100.80
	MJP-7	-	90	100.00
	MJP-8	-	90	100.20
	MJP-9	-	90	100.00
	MJP-10	-	90	100.00
Total				1001.90



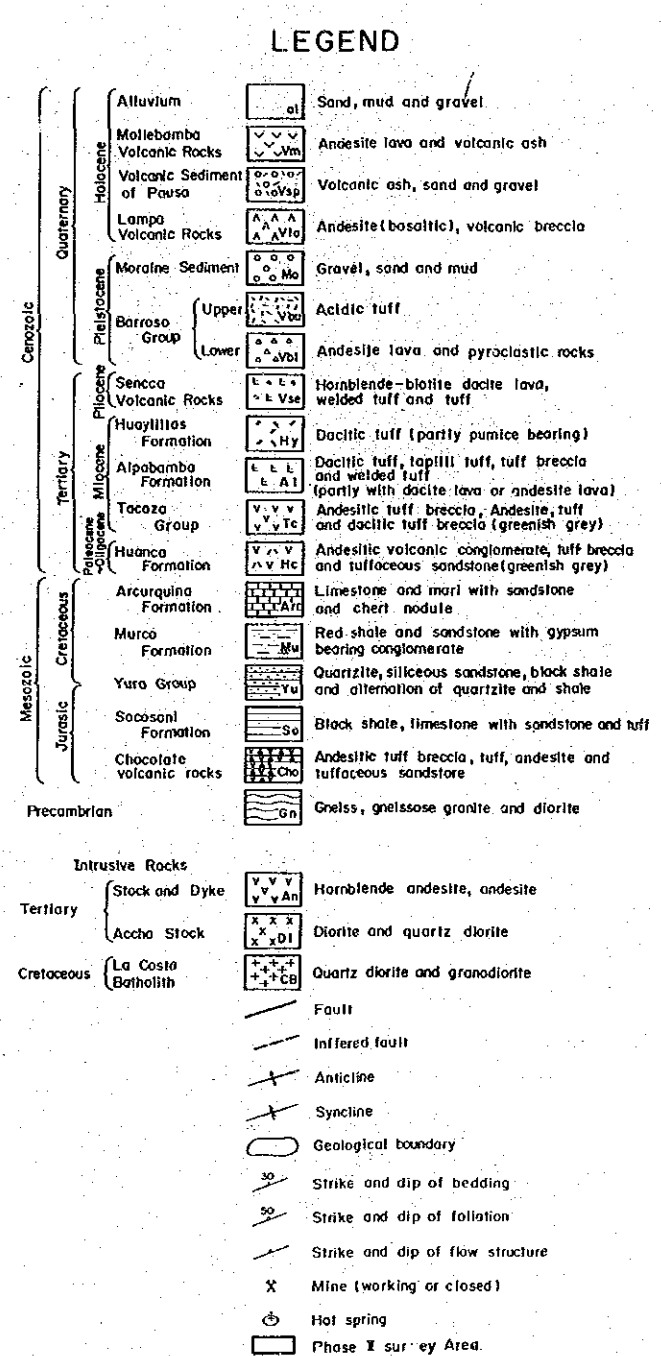
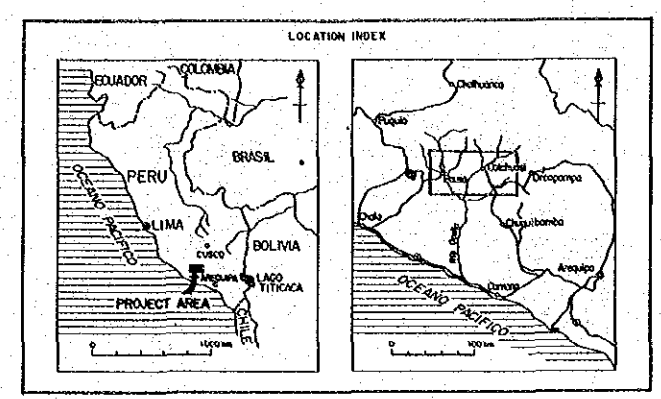
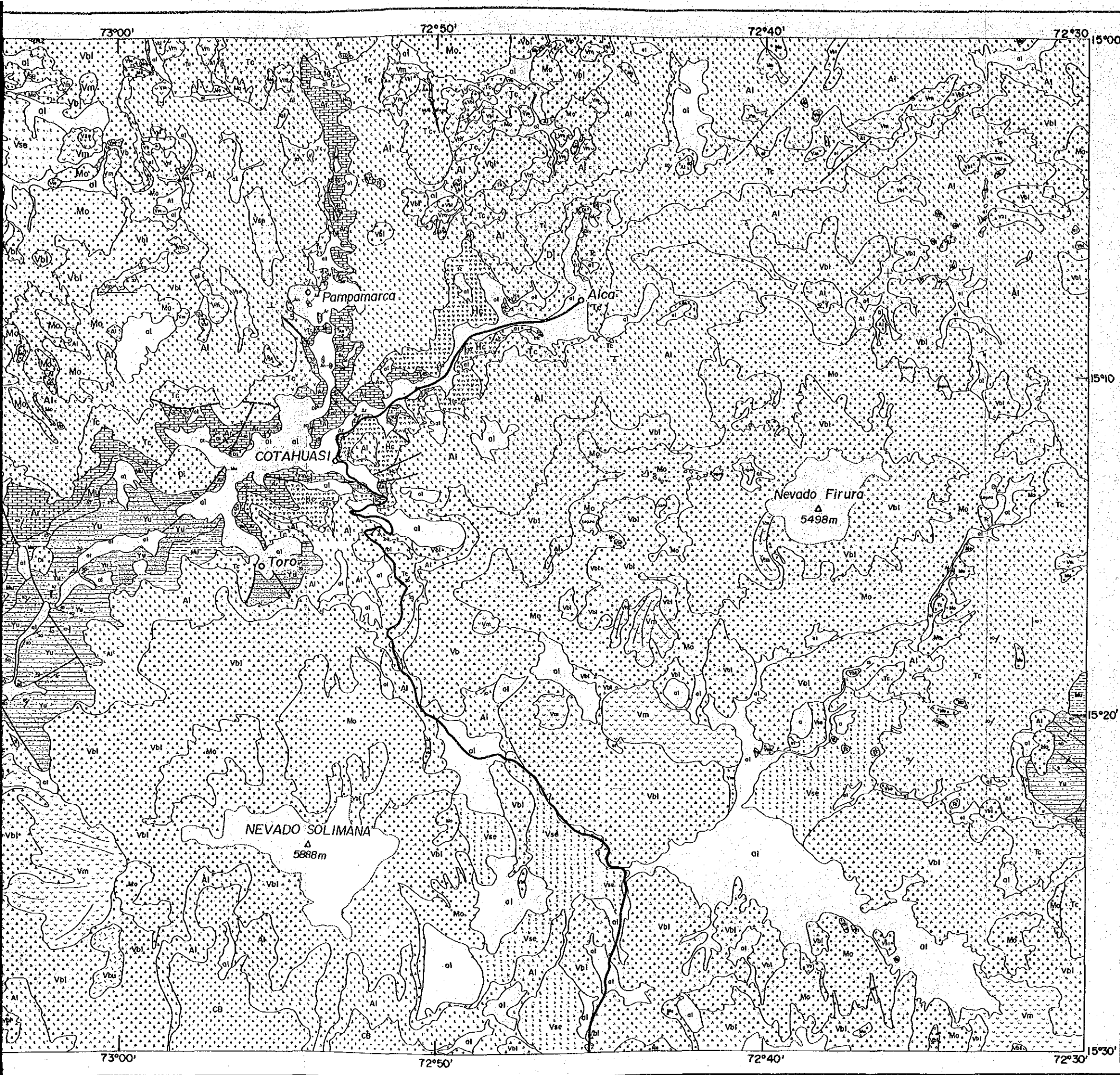
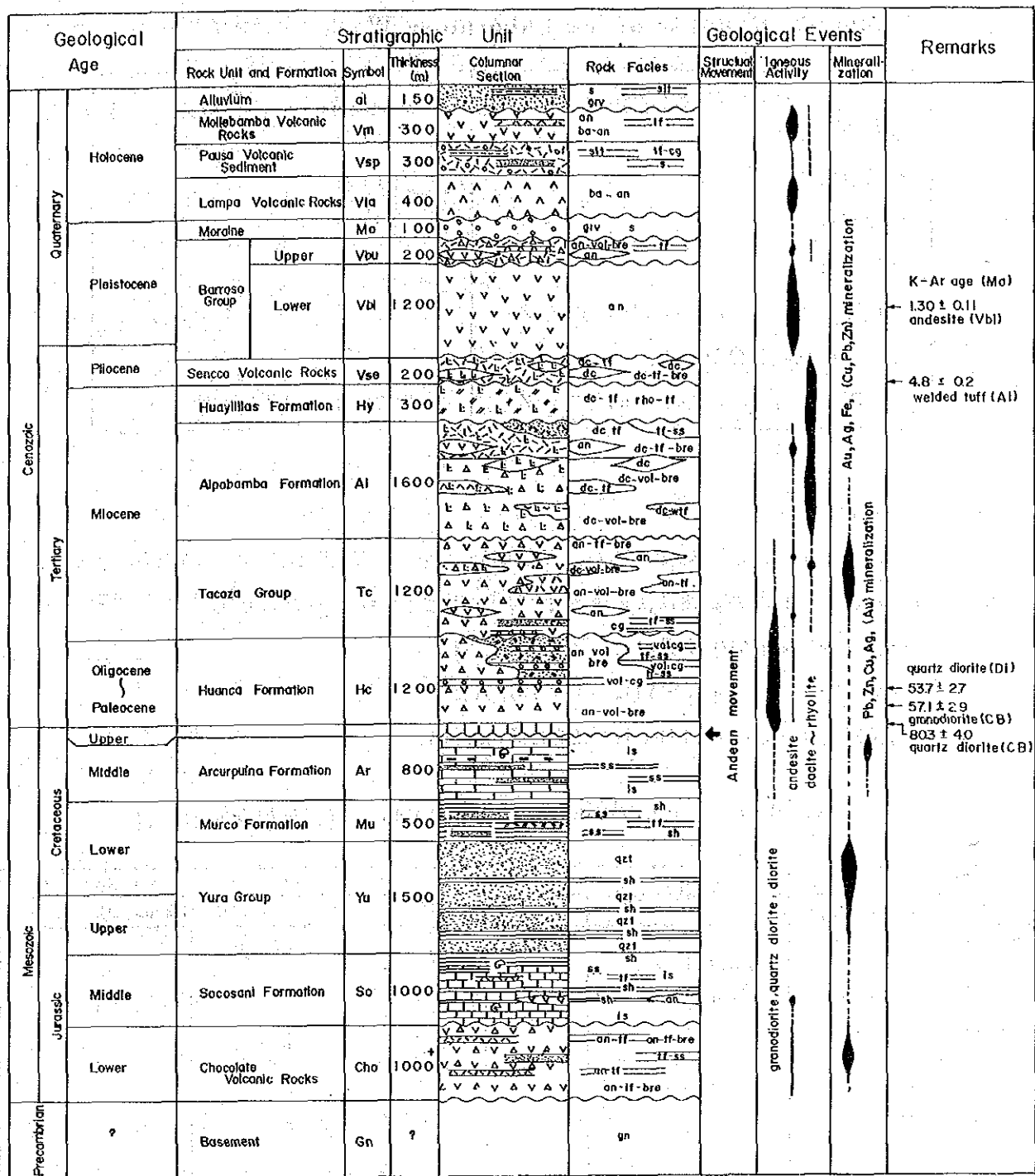


Fig. 1-1 Geological Map of the Cothahuasi Area (Phase I)



Abbreviations

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	silt	silt
tf-s.s.	tuffaceous sandstone	dc-vol-bre	dacitic volcanic breccia	giv	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		
s.s.	sandstone	rho-tf	rhyolitic tuff		

Fig. 1-2 Generalized Stratigraphic Column of the Survey Area (Phase I)

Table 1-2 Quantity of the Laboratory Work (室内試験数量)

分析項目及び成分	数 量
岩石薄片作成	21 件
鉍石研磨片作成	11 件
X線回折	152 件
化学分析	
鉍石; Au, Ag, As, Cu, Pb, Zn	71 件 (426 成分)
地化学探査試料分析	
土壌; Au, Ag, As, Cu, Pb, Zn	2,028 件 (12,168 成分)

1-3 調査日程

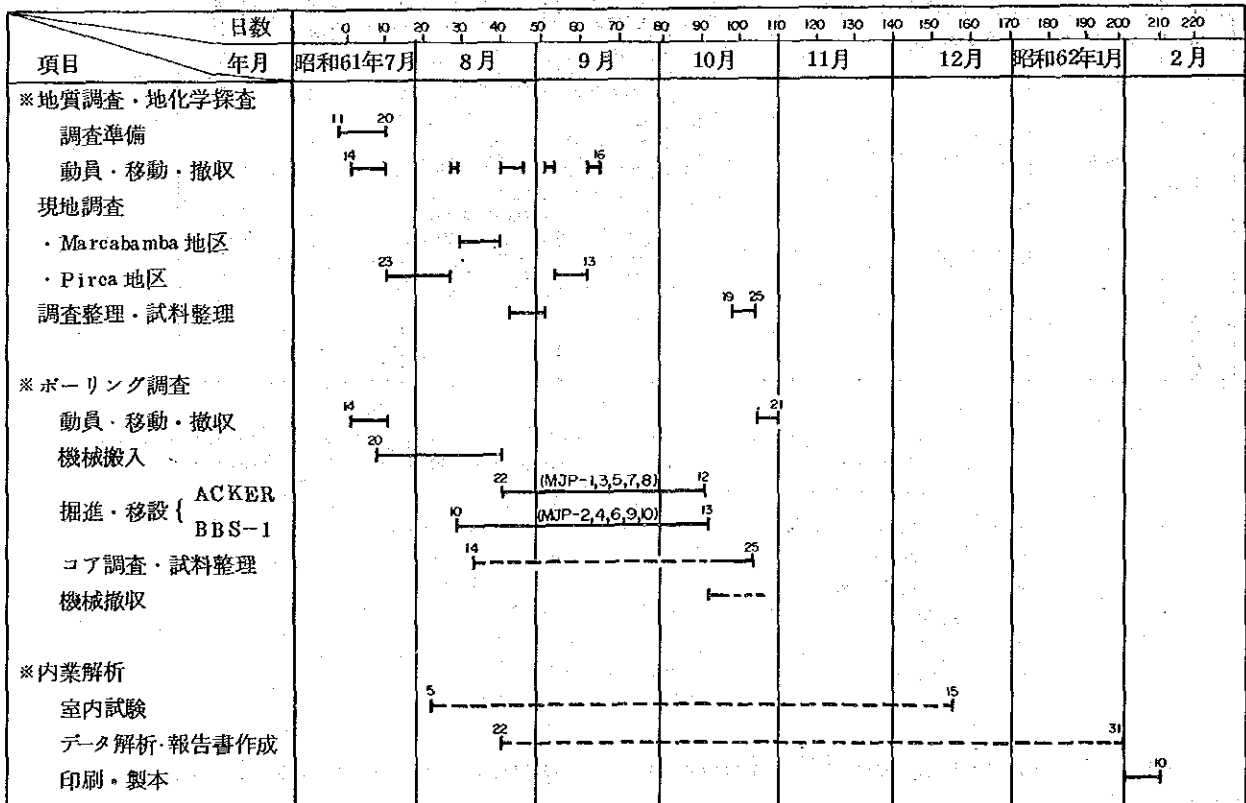
本調査は、作業手順上、計画準備、動員、現地調査、撤収、室内試験、データ解析・報告書作成の順で行った。その日程の概要は次のとおりで、詳細は Table 1-3 に示した。

計画準備; 昭和61年 7月11日~同年 7月20日

現地調査; 昭和61年 7月14日~同年10月31日

内業解析; 昭和61年11月1日~昭和62年 2月10日

Table 1-3 Schedule of the Survey (調査日程表)



1-4 調査団の編成

本年次調査に際し、計画の協定折衝及び現地調査への参加者は次のとおりである。

(1) 事前調査協定折衝団（昭和61年4月21日～4月28日）

日本側

石田 真	金属鉱業事業団
觸 純 宏	金属鉱業事業団 リマ事務所
上木 隆 司	金属鉱業事業団

ペルー側

Juan Zagarra Wuest	Instituto Geologico Minero y Metalurgico
Gregorio Flores Ñaños	"
Cesar Vilca Neira	"
Walter Rodriguez Olarte	"
Emilio Rojas Rivera	"

(2) 現地調査団（昭和61年7月14日～10月31日）

日本側

中島 清 治	団長	住鉱コンサルタント株式会社
松木 正 義	団員	"
名取 二 郎	"	"
村瀬 昭 彦	"	"

ペルー側

Cesar Vilca Neira	団長	Instituto Geologico Minero y Metalurgico
Hector Zarate Olazagai	団員	"
Emilio Rojas Rivera	"	"
Daniel Carpio T. 他	コントラクター	Geotec S.A.

1-5 調査地区の概要

Marcabamba 地区及び Pirca 地区の位置、交通、地形、気候及び植生についての概要は次のとおりである。

(1) 位置・交通

調査地区は、第1年次の地質概査地区の西部に位置する（Fig. G-1, G-2）。該当地区はペルー共和国の第2の都市 Arequipa の北西約250 kmにある Pausa 部落の北方と南方の2地区に分かれており、前者は Pausa の北方約14 km付近に位置する Marcabamba 地区（80 km²）、後者は Pausaの南南西方約15 km付近に位置する Pirca 地区（90 km²）である（Table 1-4）。

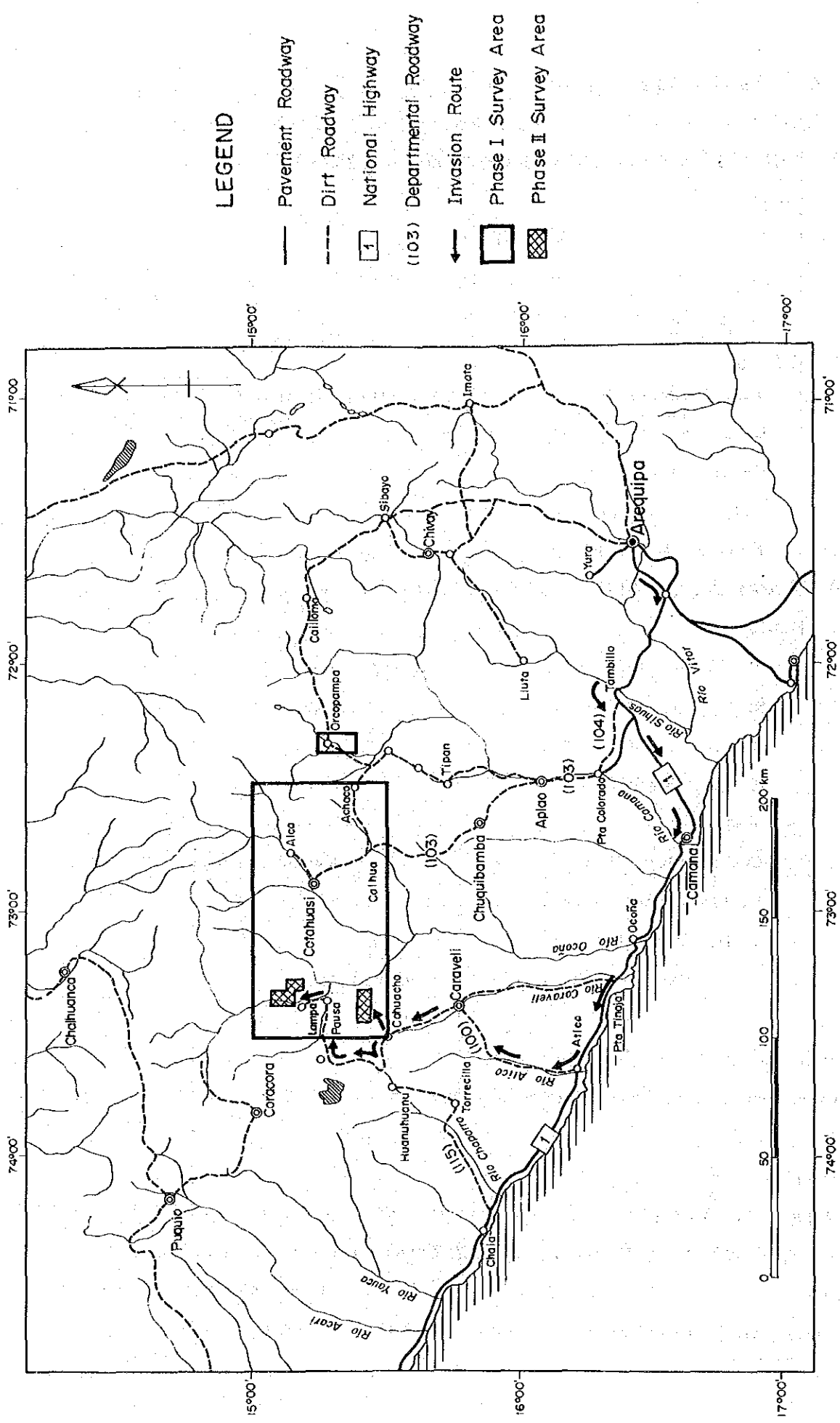


Fig. 1-3 Accessibility Map to the Survey Area

Table 1-4 Location of the Survey Area (調査位置)

Marcabamba Area		Pirca Area	
Latitude	Longitude	Latitude	Longitude
15° 04' 16" S	73° 21' 48" W	15° 22' 50" S	73° 27' 48" W
15° 04' 16"	73° 18' 41"	15° 22' 50"	73° 19' 24"
15° 08' 42"	73° 18' 41"	15° 26' 03"	73° 19' 24"
15° 08' 42"	73° 15' 40"	15° 26' 03"	73° 27' 48"
15° 10' 47"	73° 15' 40"		
15° 10' 47"	73° 18' 41"		
15° 09' 42"	73° 18' 41"		
15° 09' 42"	73° 21' 48"		
Area 80km ²		Area 90km ²	

調査地区への進入路は、Arequipa から Camana を通り Atico まで国道1号線 (Pan American High Way) を利用し、そこから北上して Caraveli, Cahuacho を経由して Pausa に至る県道100号線がある。

Marcabamba 地区への進入には、Pausa からさらに北方の Sequello まで Huanca Huanca 川沿いに通ずる車道が利用できる。しかし、この車道から東西方向への進入は馬匹か徒歩によるほかない。

Pirca 地区への進入路は、県道100号線沿いの Cahuacho まで車道を利用し、その先の Cahuacho から Pirca へ通ずる山道の約20km間は、馬匹または徒歩による。

Arequipa から当調査地区までの所要時間の概略は次のとおりである。

車輛 (ジープ) : Arequipa $\xleftrightarrow[330km]{6時間}$ Atico $\xleftrightarrow[83km]{2時間}$ Caraveli $\xleftrightarrow[60km]{2時間}$ Cahuacho $\xleftrightarrow[65km]{3時間}$

Pausa $\xleftrightarrow[25km]{2時間}$ Sequello

馬匹または徒歩 : Cahuacho $\xleftrightarrow[20km]{5\sim6時間}$ Pirca

Arequipa 市から調査地区までの所要時間は、Marcabamba 地区への進入に約15時間、Pirca 地区への進入に20~21時間を必要とする。従って、Arequipa 市から1日で現地に到達することは困難である。

(2) 地形

Marcabamba 地区は、著しく開析された Huanca Huanca 川に沿った急崖地に位置し、最低標高

は Huanca Huanca 川の南部河床付近の 2,200m, 最高標高は地区東部の Auquipa 山付近の 4,250m で、その比高は 2,050m に及ぶ。調査地区の大半は傾斜が 40° 前後の急峻な地形からなり、しばしば垂直に近い断崖絶壁を伴う。緩傾斜～平坦地は、第四系が帯状に分布する Huanca Huanca 川沿いと山腹斜面の一部にみられる。また、調査地区の北西山頂に近い標高 4,000 m 付近の平坦地は、その西方に広がるアルチプラノ高原の一部に相当する。

Pirca 地区は、東端部付近で急峻な地形が発達するが、全体的には比較的緩傾斜地形を示す。地区内の最低標高は東端部を東方へ流下する Nauquipa 沢の標高 2,400 m, 最高標高は西部地区の Puca Ccasa 山の標高 4,678 m で、その比高は 2,278 m である。一般に 10°～30° の緩傾斜地形が大半を占めるが、ここを流れる沢沿いには V 字谷や U 字谷が発達して、急崖地形を形成している。傾斜が 10° 以下の緩傾斜～平坦地は、Millo 南部付近及び Pirca 西部地区の北東山地付近にみられる。本地区外東方には南方へ流下する Maran 川があり、その両岸はグランドキャニオン状の断崖絶壁が発達しており、この右岸の一部が当地区の東端部付近に連続する。

(3) 気候・植生

調査地区の気候や植生は、一般に標高約 3,500 m 付近を境として変化がみられ、標高約 3,500 m 以下の所では温暖な半乾燥型の気候を示し、そこで栽培される農作物は主としてトウモロコシ、小麦、ソラマメなどで、周辺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。

標高約 3,500 m 以上の所では、冷涼～寒冷な半乾燥型気候で、トウモロコシの他に家畜の飼料としてマメ科の牧草が栽培され、周辺山地には数種類のサボテンや灌木がまばらに成育している。

降雨は全般に少なく、時期的には 4 月～9 月が乾期、10 月～3 月が雨期に当り、雨期には標高 3,500 m 以上では降雪、これより低い所では降雨になる。

第 2 章 地 質 調 査

第2章 地質調査

2-1 調査方法

調査地区は Marcabamba 地区と Pirca 地区に分かれており、Pirca 地区はさらに東部地区と西部地区に分けられる。

Marcabamba 地区 (80 km²) の調査では、道路状況、通信体制及び夜間照明等を考慮して、ベースキャンプを Pausa 部落に設置した。Huanca Huanca 川沿い付近の調査はベースキャンプからジープによる日帰り調査で、また、北西部山頂付近や東部及び南東部の Colta 部落付近にかけては、テントハウスによる前進キャンプを設置して調査した。調査では、既存の10万分の1地形図を拡大・トレースした2万5千分の1地形図を用いて踏査し、同縮尺の地質図を作成した。

Pirca 東部地区 (48 km²) の調査は、同地区中央のやや南寄りにある Millo にテントハウスを用いたベースキャンプを設置して、そこからの日帰り調査で実施した。調査人夫は Cahuacho で雇い、全員がベースキャンプに宿泊して調査を実施した。また、キャンプで必要な食料及び資材はすべて Arequipa 市で調達し、車輛と馬匹によってそれらを現地に搬入した。Lima 市との連絡には主に無線ラジオを使用した。地質調査では、空中写真から新たに作成した縮尺1万分の1地形図と、これを拡大した5千分の1地形図を用いて踏査した。踏査の結果は縮尺1万分の1地質図にまとめた。変質帯の分布域においては間隔200mの測線を設定して地質及び変質帯の精密調査を実施した。

Pirca 西部地区 (42 km²) の調査では、東部地区からの日帰り調査が困難なため、西部地区のほぼ中央にキャンプを移して調査を実施した。調査では既存の10万分の1地形図を拡大・トレースして作成した2万5千分の1地形図を用いて踏査し、同縮尺の地質図にまとめた。また、変質帯の分布域では3本の測線を設定して地質・変質帯の精密調査を実施した。

2-2 MARCABAMBA 地区

2-2-1 地質

Marcabamba 地区は、第1年次の調査地域の北西部に位置し、Pausa 部落の北方約14kmにある Marcabamba 部落付近から北方及び東南東にかけての80km²の範囲である (Fig. G-2)。この付近の広域的な地質環境は、第1年次の地質図及びその模式柱状図に示すとおりである (Fig. 1-1, 1-2)。すなわち、南東付近にはジュラ系及び白亜系の堆積岩類が分布し、これらを不整合に覆って北部から北西部にかけて第三系の火山岩類が広く分布する。第四系は大半が主要河川に沿って帯状に分布する。貫入岩類には Accha 岩株と一部に安山岩の岩脈がある。このうち、Accha 岩株の各岩体は、広域的には NW-SE 方向に配列して分布する。

本地区の地質は、白亜紀下部から中部にかけて堆積した Hualhuani 層 (Yu), Murco 層 (Mu) 及び Arecurquina 層 (Ar) などを下位層とし、これらを不整合に覆って第三紀中新世の Tacaza 層 (Te), さらにこの上位に Alpabamba 層 (Al) が累重する。第四系は局部的に分布する Lampa 安山岩類 (Vla),

Geological Age			Stratigraphic Unit				Intrusive Rock	Mineralization
			Rock Unit and Formation	Symbol	Thickness (m)	Columnar Section		
Cenozoic	Quaternary	Holocene	Alluvium, Talus	al	50		grv. s. slit	Porphyritic andesite, diorite, quartz diorite andesite
			Volcanic Sediments of Pausa	Vsp	100		vol-ash, grv.	
			Lampa Volcanic Rocks	Vla	300		ba-an	
	Tertiary	Miocene	Alpabamba Formation	Al	500 ⁺		rho-pyro rho	
Tacaza Formation			Tc	800 ⁺		an-pyro an an-pyro		
Mesozoic	Cretaceous	Middle	Arcurquina Formation	Ar	300 ⁺		lm	Au, Ag, Cu, Pb (Zn)
			Murco Formation	Mu	250		sh — ss — s.s. — sh	
		Lower	(Yura Group) Hualhuani Formation	Yu	300 ⁺		s. s	

Abbreviation

s. s. -----	sandstone	grv. -----	gravel
sh -----	shale	vol-ash ---	volcanic ash
lm -----	limestone	slt -----	silt
an-pyro -----	andesitic pyroclastic rocks	s -----	sand
an -----	andesite		
rhy-pyro -----	rhyolitic pyroclastic rocks		
ba-an -----	basaltic andesite		

Fig. 2-2 Stratigraphic Column of the Marcabamba Area

Pausa 火山性堆積物 (Vsp) 及び沖積層(al)などである。貫入岩類は第三系の Tacaza 層群(Tc)以前の地層を貫いており、これらは石英閃緑岩(Di)の Aocha 岩株及び斑状安山岩(An-p)の岩株、さらに石英閃緑岩を貫く安山岩(An)の岩脈である (Fig. 2-1, Fig. 2-2)。

〔1〕 白 亜 系

白亜系は Yura 層群の一部である Hualhuani 層(Yu) 及び Murco 層(Mu) と Arcurquina 層(Ar) で構成される。

分布 南東部の Marcamalata 部落付近の急崖地に分布する。本層の主体は調査地区のさらに南方へ連続して広く分布する。

岩相 全般に淡灰色～淡褐灰色、割れ目沿いでは黄褐色～褐色を示す細粒～中粒砂岩からなり、一部に暗灰色頁岩の薄層を伴う。砂岩は等粒状のアルコーズ砂岩で、石英粒と長石粒からなり、異質岩片粒は認められない。

層厚 調査地区内での層厚は約 300m であるが、地区外へ連続して分布しており、その全層厚は 1,000m 以上に達するものと推定される。

層序関係 本地区の最下位層で、堆積時期は下部白亜紀に相当するネオコム階に対比されている。

(2) Murco 層 (Mu)

分布 南東部の Marcamalata 部落の南東部で Hualhuani 層に累重して帯状に小分布する。

岩相 本層は淡緑色または茶灰色の凝灰質頁岩及びシルト岩の薄互層からなり、一部に砂岩の薄層が挟まれる。

層厚 本地区では約 250m の層厚が推定される。

層序関係 下位の Yura 層群を整合関係で覆う。堆積時期は明確でないが、下位の Yura 層群と上位の Arcurquina 層に挟まれることから、ネオコム階上部に対比されている。

(3) Arcurquina 層 (Ar)

分布 南東部の Hamocpampa から、その東方の Colta 付近、さらにこの南方にかけて分布する。

岩相 灰色～淡灰色を示す塊状または板状の緻密質石灰岩からなる。一般に暗灰色のレンズ状または薄板状のチャート団塊を伴う。

層厚 本地区では約 300m の層厚が推定される。

構造 本層の走向・傾斜は、Colta の西部が $N20^{\circ}\sim 45^{\circ}E \cdot 25^{\circ}\sim 50^{\circ}NW$ 、北東部が $N60^{\circ}W \cdot 28^{\circ}NE$ 、南部がほぼ $N-W$ の走向で NE に緩傾斜を示し、全体で $NE-SW$ 方向の軸を持つ背斜構造が Colta 部落付近に推定される。

層序関係 本層は下位の Murco 層を整合関係で覆っており、上部は第三紀の Tacaza 層(Tc)に不整合で覆われる。本層の堆積時期は、既往調査によれば、アルビアン階～チューロン階に対比されている。

〔2〕 第 三 系

第三系は Tacaza 層 (Tc) 及び Alpabamba 層 (Al) で構成される。

(1) Tacaza 層 (Tc)

分布 Huanca Huanca 川に沿った標高 3,200m~3,400m 付近より下位の両岸急崖地及び南東部の Colta 部落の北部から東部山地にかけて、本調査地区の大半を占めて広く分布する。

岩相 一般に緑灰色~淡緑灰色の安山岩質火山岩類からなり、変質安山岩溶岩と、これに挟まれる同質の火山角礫岩及び凝灰角礫岩などで構成される。

変質安山岩溶岩は、プロピライト質の緑灰色塊状岩で、鏡下に斑状組織がみられ、石基はガラス基流晶質~隠微晶質である。斑晶は斜長石と有色鉱物からなり、斜長石は 0.5mm~3.0mm の自形卓状または柱状で、著しい緑簾石化及び沸石化を受け、さらに弱い絹雲母化作用を受けている。斑晶の有色鉱物は 0.3mm~0.8mm の自形~半自形で、全面が緑泥石化しており、石基はほぼ完全に緑泥石化した火山ガラス、斜長石の微晶 (0.1mm) 及び有色鉱物の微晶などで構成される。

変質安山岩質火山角礫岩及び凝灰角礫岩は、北部の Colpar 付近、南西部の Nagua 南西山地、南西部の Auquipa 山付近などで、変質安山岩に挟まれる。これらに含まれる礫は、変質安山岩溶岩と同質の礫を主体とし、基質部は著しく緑泥石化作用を受けた緑灰色~緑色の安山岩質凝灰質物質からなる。本岩体と貫入岩類との接触部付近や変質した本岩体の外観は、淡褐灰色~褐色の色調を示すことが多い。

層厚 火山岩類であるため層厚は変化するが、本地区の厚い所では 800m 以上の厚さが推定される。

厚序関係 南東部に分布する下位の Arcuquina 層 (Ar) を不整合に覆う。Pausa 及び Caraveli 図幅説明書によれば、本層相当層の火山岩類の年代測定結果は 19.1 Ma で、中新世前期の活動とされており、本地区のものもほぼ同時代の活動と推定される。

(2) Alpabamba 層 (Al)

分布 西部及び東部の標高 3,200m~3,400m より上位の山腹や尾根部で広く分布するほか、南東部の Auquipa 山から Soncota 山の尾根部で小分布するものがある。

岩相 淡灰色~淡紫灰色の流紋岩溶岩及び同質の火山碎屑岩からなり、肉眼的に斜長石、黒雲母及び石英の斑晶を含むことを特徴とする。

流紋岩溶岩は、鏡下に斑状組織がみられ、斑晶の斜長石は An%28~36 で、0.5mm~4.0mm の半自形、石英は 0.5mm~5.0mm の他形、黒雲母は 0.3mm~0.8mm のフレーク状のものからなり、黒雲母の一部には緑泥石を伴う。石基は大半が火山ガラスからなり、破片状の斜長石、石英、黒雲母を包有する。同質の火山碎屑岩は、礫に石英安山岩、球顆流紋岩片などを含み、基質は同源の微細片、ガラス片、斜長石片、石英片、角閃石片等からなる。

本岩体では鉄化作用は認められないが、東端部に分布する本層の一部では弱い珪化と白色粘土化変質が認められる。

層厚 本地区内では 500m 以上の層厚が推定される。本層の最上部が不明のため、全層厚は明らかではない。

層序関係 下位のTacaza層を不整合に覆う。第1年次に実施した本層相当層の年代測定結果は $4.8 \pm 0.2\text{Ma}$ で、鮮新世を示した。Pausa及びCaraveli図幅説明書では本層の活動時期を中新世中期から後期としている。

(3) 第四系

(1) Lampa火山岩類(VIa)

分布 Huanca Huanca川沿いのVilcar部落付近からこの南のMarcabamba部落、さらに地区外南方に帯状に分布する。

岩相 暗灰色～黒灰色の塊状緻密な玄武岩質安山岩からなる。本岩体は肉眼的には玄武岩質無斑晶安山岩様の外観を示す。第1年次の調査で採取した試料の検鏡結果によれば、本岩は斜長石と角閃石の微斑晶を持ち、石基が火山ガラス及び微晶の斜長石と角閃石等で構成される。

層厚 場所により層厚は変化するが、厚い所で約300mである。

層序関係 本岩体は谷間に流出した安山岩溶岩で、下位に分布するTacaza層及びこれに貫入した石英閃緑岩体を不整合に覆う。本岩体の活動時期は明らかではないが、完新世に噴出したものと推定される。

(2) Pausa火山性堆積物(Vsp)

分布 Huanca Huanca川に沿って、南部から北部へ、Naguapampa付近、Vilcar付近、Sequelloの対岸、Colpar付近に分かれて小分布する。

岩相 灰色～灰白色の未固結～半固結火山灰、凝灰質砂及びシルトなどの互層帯からなり、一部に薄い礫層が挟まれる。

層厚 局部的に堆積したと思われ、層厚は場所により異なる。本地区では厚い所が約100mと推定される。

層序関係 第三紀のTacaza層(Tc)及び第四紀のLampa火山岩類(VIa)を不整合に覆う。

(3) 沖積層(al)

分布 Huanca Huanca川に沿ってVilcar部落付近から北端部にかけて帯状に分布するほか、南部のMarcabamba、Nagua及びNaguapampa付近、調査地南東部のColtaからBellavista、この南東のPomacocha部落付近に分布する。

岩相 河川沿いの沖積層は円礫～亜鉛礫を含む未固結の砂礫層からなる。その他の緩傾斜地に分布するものは、供給された後背地からの礫・砂・粘土からなる。

層序関係 下位の地層を不整合に覆う。

(4) 貫入岩類

貫入岩類はAccha岩株(Di)、斑状安山岩(An-p)の岩株及び安山岩(An)の岩脈などがある。

(1) Accha岩株(Di)

分布 Vilcar部落の東部及び西部の山腹斜面からMarcabamba部落の西方にかけて分布するのが最も大規模である。このほか南東部のColta部落付近、この南部で地区外に連続して分布す

るもの、調査地区西部の Sequello 北西山腹で小分布するものなどがある。

岩相 暗緑灰色の有色鉱物を斑点状に含む淡緑灰色の塊状完晶質な石英閃緑岩岩株である。本岩は鏡下に、中粒完晶質でやや斑状の組織がみられ、斜長石、石英、角閃石、黒雲母及び不透明鉱物などで構成される。斜長石は An%29~39 で、0.5mm~3.0mm の柱状または卓状のもので、一部に微細な絹雲母を生じている。石英は 0.2mm~0.5mm の他形で、他の鉱物間を充填している。角閃石は 0.6mm~1.6mm の粒状~柱状、黒雲母は 0.2mm~0.5mm のフレーク状のもので、いずれも緑泥石化作用を受けており、不透明鉱物を包有する。

産状と貫入時期 本岩株は白亜系の Hualhuani 層、Murco 層、Arcurquina 層及び第三系の Tacaza 層を貫き、当地区では第四系の Lampa 火山岩類に覆われる。第 1 年次の調査結果では、本岩株と同様の岩体が Alpacabamba 層に覆われる所を確認している。

本地区の本岩株の分布からは顕著な貫入の方向性は認められないが、第 1 年次の広域調査では、本地区外南東の Bitama 部落付近にも同様の岩株が貫入しており、全体的にはこれらの岩株が NW-SE 方向に配列して分布する。本岩株の貫入時期は、第 1 年次に実施した年代測定結果が 53.7 ± 2.7 Ma で、第三紀始新世初期を示したが、Tacaza 層を貫くことから第三紀中新世に及ぶものと推定される。

(2) 斑状安山岩 (An-p)

分布 南部の Machancha 山の尾根部で小規模な岩株として分布する。

岩相 淡灰緑色の斑状安山岩で、鏡下に斑状組織が顕著にみられるほか、ガラス基流晶質またはピロタキソチック組織が認められる。斑晶は斜長石、角閃石、石英、不透明鉱物及び極く少量の紫蘇輝石などで、石基はガラス、斜長石、不透明鉱物などである。斑晶の斜長石は、An% 31~37 で、0.8mm~3.5mm の自形卓状で、全般に汚染され、局部的に緑泥石化、方解石化作用を受けている。角閃石は 0.5mm~4.0mm の自形で、オパサイト化し、石英は 0.5mm~1.0mm の他形及び溶食状のものがある。石基のガラスは部分的に緑泥石化作用を受けている。

産状と貫入時期 本岩体は第三系の Tacaza 層を貫いた岩株状の貫入岩体で、その貫入場所は石英閃緑岩体が一般に NW-SE 方向に並んで貫入しているその線上にある。本岩株は Accha 岩株と同様の貫入形態を示すことから、その貫入時期も Accha 岩株とほぼ同時期と推定される。

(3) 安山岩岩脈 (An)

分布 本岩脈は Vilcar の東部及び南西部の山地斜面に分布する Accha 岩株を貫いて小規模に分布する。

岩相 暗灰色~黒灰色の塊状で堅硬緻密な無斑晶質安山岩からなる。

産状と貫入時期 第三系の Tacaza 層を貫く Accha 岩株の石英閃緑岩を貫いている。Vilcar 東部の岩脈は NNW-SSE 方向の断層に沿って貫入し、Vilcar 南西部のものはほぼ E-W 方向に貫入している。これらの貫入時期は、Accha 岩株を貫くほか、第 1 年次の調査では Alpacabamba 層を貫くことを確認しており、第三紀中新世中期~後期の貫入と推定される。

2-2-2 地質構造

Marcabamba地区にみられる地質構造は、褶曲構造と断層構造である。

褶曲構造は、南東部の Colta 部落付近に推定され、その軸部は沖積層に覆われて不明である。この褶曲は、白亜系の Hualhuani 層、Murco 層、Arcurquina 層の走向・傾斜の変化から推定される背斜構造で、その軸は Colta 部落を通り NE-SW の方向性を持つものと思われる。この背斜軸部に当る Colta 付近には石英閃緑岩の岩株が分布しており、この貫入岩の影響で白亜系が褶曲したかどうかは明らかではない。

断層構造は、中央部の Concugna から南部の Hamocpampa にかけてみられ、その方向性は $N15^{\circ}$ ~ $20^{\circ}W$ である、この断層は白亜系、第三系の Tacaza 層及び石英閃緑岩の岩株を切っており、その転移量は明らかでないが、白亜系や第三系で大きく、岩株内では小さいものと思われる。

2-2-3 変質作用と鉍化作用

Marcabamba地区では、比較的小規模ではあるが、変質帯及び鉍化帯を多数確認した (Fig. 2-3, PL. 3)。本地区で採取した試料の内、27試料についてX線回折試験による変質鉍物の同定、3試料で鉍石鉍物の鑑定、13試料で化学分析を行った。これらの結果はまとめて巻末の Apx. 3, 6, 8 に示した。

(1) 変質帯及び鉍化帯の分布

本地区の変質帯及び鉍化帯は、白亜紀の堆積岩類からなる Hualhuani 層、Murco 層、Arcurquina 層、これらを不整合に覆う第三紀の安山岩質火山岩類からなる Tacaza 層、Accha 岩株の石英閃緑岩体などの一部で観察される。Tacaza 層の上位に重なる Alfabamba 層では、最下位付近の一部に弱い粘土化変質帯がみられるものの、これより上部の地層中では変質帯や鉍化帯は認められない。

変質帯及び鉍化帯の主要なものを Table 2-1 に示した。この内特に主要なものは Colpar, Soncota, Pomacocha, Marcamalata, Sequello などの5地区である。

(2) 変質帯及び鉍化帯の概要

変質帯は野外において、珪化を主とする変質帯、珪化と粘土化を伴う変質帯、粘土化を主とする変質帯に大きく3区分される (Fig. 2-3, PL. 3)。

珪化を主とする変質帯は、主に珪化岩体からなり、一部に石英の細脈を伴う変質帯で、変質鉍物は石英-カリ長石-(絹雲母)の組合せを主とし、一部にジャロサイト・絹雲母-モンモリロナイト混合層、石膏などが含まれる。この変質帯は Colpar, Marcamalata の変質帯、さらに Soncota と Pomacocha 両変質帯の一部にみられる。

珪化と粘土化を伴う変質帯は、全般に酸化鉄に汚染されて褐色を呈し、余り顕著ではないが珪化部と褐色粘土化部が混り合った変質帯である。この変質帯にみられる変質鉍物は、石英-絹雲母、石英-カオリナイト-絹雲母などの組合せを主体とし、一部に明ばん石、モンモリロナイト

などを伴う。この型の変質帯は、Soncota及びPomacochaの大半を占める変質帯、Sequello変質帯などが比較的大規模で、そのほかの小規模なものでは、Sequello南部、Nagua,Chimonaなどの変質帯がこの型に含まれる。

粘土化を主とする変質帯は、白色粘土化を主体とするもので、変質鉱物には石英の他に、少量のカオリナイト、絹雲母、絹雲母-モンモリロナイト混合層などが含まれる。この変質帯の規模は小さく、Colta部落の北西のToyapata変質帯をはじめ、小規模なものが6ヶ所で観察される。

鉍化帯は一部の変質帯の中にみられ、そこにおける鉍化作用は、珪化帯及びこれに含まれる石英細脈に伴われる金銀の鉍化、酸化鉄に汚染された破碎帯の節理にみられる金銀の鉍化、珪化と粘土化を伴う変質帯にみられる鉍染状の黄鉄鉍の鉍化などである。

金銀の鉍化はColpar, Soncota, Marcamalata等の変質帯にみられる。これらの変質帯露頭部から採取した試料の化学分析結果は、金の最高値がColparの試料でAu 0.41g/t, 銀の最高値がMarcamalataの試料でAg 86.5g/tを示した。

(3) 変質帯各説

主要な5地区の変質帯とこれに伴う鉍化の状況は次のとおりである。各変質帯から採取した試料の化学分析結果をTable 2-2に示した。

a) Colpar変質帯

調査地区北部にあるColpar部落の北西山地斜面に位置し、変質帯の規模は幅0.15~0.2km, 延長約1kmでNE-SW方向に伸びた珪化を主とする変質帯である。この変質帯はTacaza層(Tc)の安山岩溶岩及びこれと同質の凝灰角礫岩の分布域にみられる。

変質帯の南西端付近を横切る道沿いの露頭部では、小規模な坑道探鉍跡(水平約5m, 傾斜45°の掘り下がり約5m)があり、ここには幅約2mの石英細脈を伴ったN40°E・70°NEの方向性をもつ強珪化帯が露出する(Fig. 2-4)。この露頭の北東延長部は約600m離れた山腹斜面の珪化岩の露頭に連続する。

変質帯の珪化露頭部から採取した4試料のX線回折試験結果によれば、変質鉱物の組合せは、石英+カリ長石+(絹雲母)を主とし、一部で少量のジャロサイト、絹雲母-モンモリロナイト混合層などを伴っている。

珪化帯の南西端部で採取した試料(MN-11)の研磨片による検鏡結果では、自形の黄鉄鉍(0.2mm~0.4mm)及び細脈状~鉍染状の褐鉄鉍が観察された。同試料による化学分析結果は、Au 0.41g/t, Ag 39.3g/tの値を示した。このほかの強珪化部から採取した3試料の化学分析結果はいずれも低品位であった。

b) Soncota変質帯

調査地区南東部に当たるColta部落の東方約4.2kmにあるSoncota山の尾根部に位置し、変質帯は幅約0.35km, 延長約1.0kmの東西方向に伸びた楕円形の広がりを持つ珪化及び粘土化を伴う変質帯である。この変質帯はTacaza層(Tc)の安山岩質火山碎屑岩の分布域に存在しており、酸化鉄の

汚染を伴った褐色粘土化部と珪化部が混り合った変質帯からなる。変質帯の中央部と南部の2ヶ所に小規模な強珪化帯が東西方向に伸びており、この中央部の強珪化露頭に長さ2mのトレンチ状探鉱跡がある。この強珪化岩から採取した2試料のX線回折試験結果によれば、変質鉱物は石英+(絹雲母-モンモリロナイト混合層)+(石膏)、石英+(モンモリロナイト)+斜ブチロル(沸石)+(石膏)の組合せを示す。同試料による化学分析結果は、一方がAu 0.07g/t、Ag 2.8g/tで、他はさらに低品位なものであった。

c) Pomacocha変質帯

調査地区の南東端部に近い Pomacocha 部落の西北西約0.8kmに位置し、変質帯は幅0.4km、延長約0.6kmの南北に伸びた楕円状の分布を示す。この変質帯は Soncota 変質帯と同様に、珪化と粘土化を伴う変質帯からなり、Tacaza層(Tc)の安山岩質火山砕屑岩の分布域に存在する。変質帯の主体は酸化鉄に汚染された褐色粘土化部と弱珪化部からなり、北部と南部に小規模な強珪化帯を伴う。北部の強珪化露頭で採取した試料のX線回折試験結果では、変質鉱物の組合せは、石英+カオリナイト+(明ばん石)、石英+カオリナイト+石膏+(ジャロサイト)などである。南部で採取した白色粘土化変質部の試料では、石英+カオリナイト+絹雲母+(モンモリロナイト)の組合せがみられる。

変質帯の北部にある強珪化岩から採取した試料による化学分析結果は、Au 0.07g/t以下、Ag 1.9g/tの低品位なものである。

d) Marcamalata変質帯

Colta 部落の南方約1.5kmにある Marcamalata 部落に位置し、変質帯は幅約0.15km、延長0.30kmの小規模な変質帯で、白亜紀の Hualhuani 層(Yu)のアルコーズ砂岩の分布域に存在する。この変質帯は、全般に割れ目が発達し、褐色の酸化鉄で著しく汚染された珪化帯を主とする。珪化部には石英の網状細脈を伴い、空隙部には石英の微結晶が晶出している。石英細脈を伴う強珪化部から採取した試料のX線回折試験結果では、変質鉱物は石英+(ジャロサイト)の組合せを示し、同一試料による化学分析結果は、Au 0.07g/t以下、Ag 86.5g/tを示し、銀の鉱化がやや顕著である。

e) Sequello変質帯

調査地区北部の Sequello 部落西部から南西部の山裾に位置し、変質帯は幅約0.8kmで、延長約2kmの南北に伸びた分布を示す。この変質帯は珪化と粘土化を伴うもので、Tacaza層(Tc)の安山岩溶岩の分布域に存在する。変質帯は、地表部付近や割れ目沿いが褐色の酸化鉄で著しく汚染されており、珪化と粘土化を伴う。変質のやや弱い所では、緑灰色変質安山岩中に自形の黄鉄鉱が著しく鉱染する。この変質帯から採取した試料のX線回折試験結果では、変質鉱物は、珪化の比較的強い所では石英+(絹雲母)、粘土化の強い所では石英+(絹雲母)+(緑泥石)の組合せを示す。

鉱化作用は、鉱染状の黄鉄鉱の鉱化のほかには顕著な鉱化は認められない。

f) その他の変質帯

Sequello部落の南々西約2 km付近に位置するSequello南部変質帯は、粘土化と弱い珪化を伴う変質帯で、黄鉄鉱の鉱染とその酸化による褐色汚染帯からなる。変質帯は東西約0.5 km、南北約0.5 kmの規模をもつ変質帯で、この北部にあるSequello変質帯とほぼ同様の変質帯からなり顕著な鉱化作用は認められない。この変質帯の南部に隣接して石英閃緑岩の岩株が分布し、その北端付近の褐色変質帯(幅約3 m)中に幅0.1 m、延長1.5 m以上の緑簾石-柘榴石スカルンがある。この中にレンズ状に濃集した赤鉄鉱と磁鉄鉱が観察されるが、銅・鉛・亜鉛の鉱化は認められない。

Marcabamba部落の西方約1.5 km付近にあるNagua部落付近で、4ヶ所に分かれて分布する小規模な変質帯がある。この内、石英閃緑岩中にあるものは白色粘土化変質帯で、変質鉱物は石英+絹雲母+ジャロサイトの組合せを示す。他の3ヶ所はTacza層(Tc)中の珪化と粘土化を伴う変質帯からなり、いずれも小規模で、顕著な鉱化作用は認められない。その他、Vilcar東方山地に分布する石英閃緑岩岩株とこれを貫く安山岩岩脈との境界付近に褐鉄鉱に汚染された変質帯があるが、鉱化作用は顕著ではない。

Marcabamba東方のMachanchaの尾根の北方の山道沿いで採取した転鉱(5 cm×10 cm)は、石英脈に黄銅鉱、方鉛鉱、閃亜鉛鉱を含む塊鉱で、その化学分析結果はAu 0.34 g/t, Ag 507.5 g/t, As 0.035 %, Cu 3.6 %, Pb 14.3 %, Zn 3.91 %の高品位鉱であった。この転鉱は1試料のみで、付近には別の転鉱が全く認められないため、転鉱の産出場所、鉱化帯の形態や規模などは全く不明である。

Table 2-1 List of Alteration and Mineralization Zones of the Marcabamba Area

No.	Name	Location	Scale	Host Rock	Alteration	Mineralization
1	Colpar	Northeast of Colpar	0.18 km × 1.0 km	Andesitic volcanic rocks (Tacaza Formation)	• Brown to light brown altered zone contaminated by iron oxides. • Hydrothermal alteration (mainly silicification) [Qz + Kf + (Ser), Qz + (Ser) + (Jar)]	• Mineralization of gold and silver in N40°E and 70°NW siliceous zone with quartz veinlets • Analysis of samples showed the maximum grades of Au 0.41 g/t, Ag 39.3 g/t.
2	Soncota	Approx. 4.2 km east of Colta	0.35 km × 1.0 km	Andesitic volcanic breccia (Tacaza Formation)	• Hydrothermal alteration (argillization and silicification) [Qz + Kf + (Gyp) + (Mm)]	• Mineralization of gold and silver in siliceous zone with dissemination of pyrite • Analysis of sample showed the grades of Au 0.07 g/t, Ag 2.8 g/t.
3	Pomacocha	Approx. 0.8 km west-northwest of Pomacocha	0.4 km × 0.6 km	Andesitic volcanic breccia (Tacaza Formation)	• Brown altered zone contaminated by iron oxides (silicification and argillization) [Qz + Kao + Mm + (Alu), Qz + Kao + Pyp + (Jar) Qz + Kao + Ser + Mm]	• Mineralization of silver in siliceous rock. • Analysis of a sample showed the grades (Au < 0.007 g/t, Ag 1.9 g/t).
4	Marcamalata	Approx. 1.5 km south of Colta	0.15 km × 0.3 km	Sandstone (Hualhuani Formation)	• Brown alteration zone contaminated by iron oxides • Hydrothermal alteration (mainly silicification) [Qz - (Jar)]	• Mineralization of silver in siliceous rock • Analysis of sample showed the grade of Au < 0.07 g/t, Ag 96.6 g/t.
5	Sequello	Western to south-western part of Sequello	0.8 km × 2.0 km	Andesite lava (Tacaza Formation)	• Brown alteration zone with dissemination of pyrite and contamination of iron oxides. • Hydrothermal alteration (silicification and argillization) [Qz + (Ser), Qz + (Ser) + (Chl)]	• No significant mineralization observed
6	South of Sequello	Approx. 2 km South-southwest of Sequello	0.5 km × 0.5 km	Andesite lava (Tacaza Formation)	• Brown alteration zone with dissemination of pyrite • Hydrothermal alteration (silicification and argillization) [Qz + (Ser)]	• No significant mineralization observed
7	Nagua	Approx. 1.5 km west of Marcabamba	0.15 km × 0.2 km × 2 0.15 km × 0.4 km × 2	Andesite lava (Tacaza Formation) Quartz diorite (Accha stock)	• Brown alteration zone contaminated by iron oxides in andesite lava. (Qz + Mm + Ser) • White argilliferous alteration zone [Qz + Ser + Alu + (Pyp), Qz + Ser + Jar]	• No significant mineralization observed
8	Toyapata	Approx. 1.5 km Northwest of Colta	0.3 km × 0.3 km	Andesitic volcanic breccia (Tacaza Formation)	• White argilliferous alteration zone [Qz - (Kao) - (Ser/Mm), Qz - Kf]	• No significant mineralization observed
9	Chimona	Approx. 1.0 km East of Vilcar	0.1 km × 0.5 km × 2	Quartz diorite (Accha stock)	• Brown alteration zone contaminated by iron oxides. (argillization and silicification) [Qz + (Hal) + (Mm) + (Ser) + (Gyp) + (Ser/Mm)]	• No significant mineralization observed

Table 2-2 Chemical Analyses of Altered Rock and Ore Samples of the
Marcabamba Area

Name of Alteration zone	Sample No.	Co-ordinates		Au g/t	Ag g/t	As %	Cu %	Pb %	Zn %	Remarks
		E (km)	N (km)							
Colpar	MN-10	680.2	8331.1	0.27	7.0	0.014	<0.01	<0.01	<0.01	siliceous rock
	MN-11	680.1	8331.0	0.41	39.3	0.006	0.01	0.23	0.01	"
	MN-16	680.7	8331.6	<0.07	15.8	0.024	<0.01	<0.01	0.01	"
	MN-17	680.6	8331.6	<0.07	3.3	0.019	<0.01	<0.01	<0.01	"
Soncota	MN-23	685.6	8323.3	<0.07	2.3	0.006	<0.01	<0.01	<0.01	siliceous rock
	MN-24	685.7	8323.3	0.07	2.8	0.006	<0.01	<0.01	<0.01	"
Pomacocho	Mm-7	685.2	8321.9	<0.07	1.9	0.003	<0.01	0.03	0.01	white argillaceous rock
Marcamalata	MmV-6	683.3	8321.9	<0.07	86.5	0.362	<0.01	0.08	<0.01	siliceous rock
Nagua	MZ-10	676.8	8325.1	<0.07	<0.3	0.001	<0.01	<0.01	0.01	siliceous rock
Others	MK-1	679.3	8327.8	<0.07	2.8	0.003	<0.01	0.03	0.04	hematite dissemination ore
	MZ-5	677.9	8324.2	<0.07	4.1	0.001	<0.01	0.06	<0.01	argillaceous sheared rock
	MG-15	686.6	8321.5	<0.07	5.3	0.004	0.04	0.13	0.04	quartz vein
Float	M-1	680.1	8324.8	0.34	507.5	0.035	3.66	14.30	3.91	massive ore

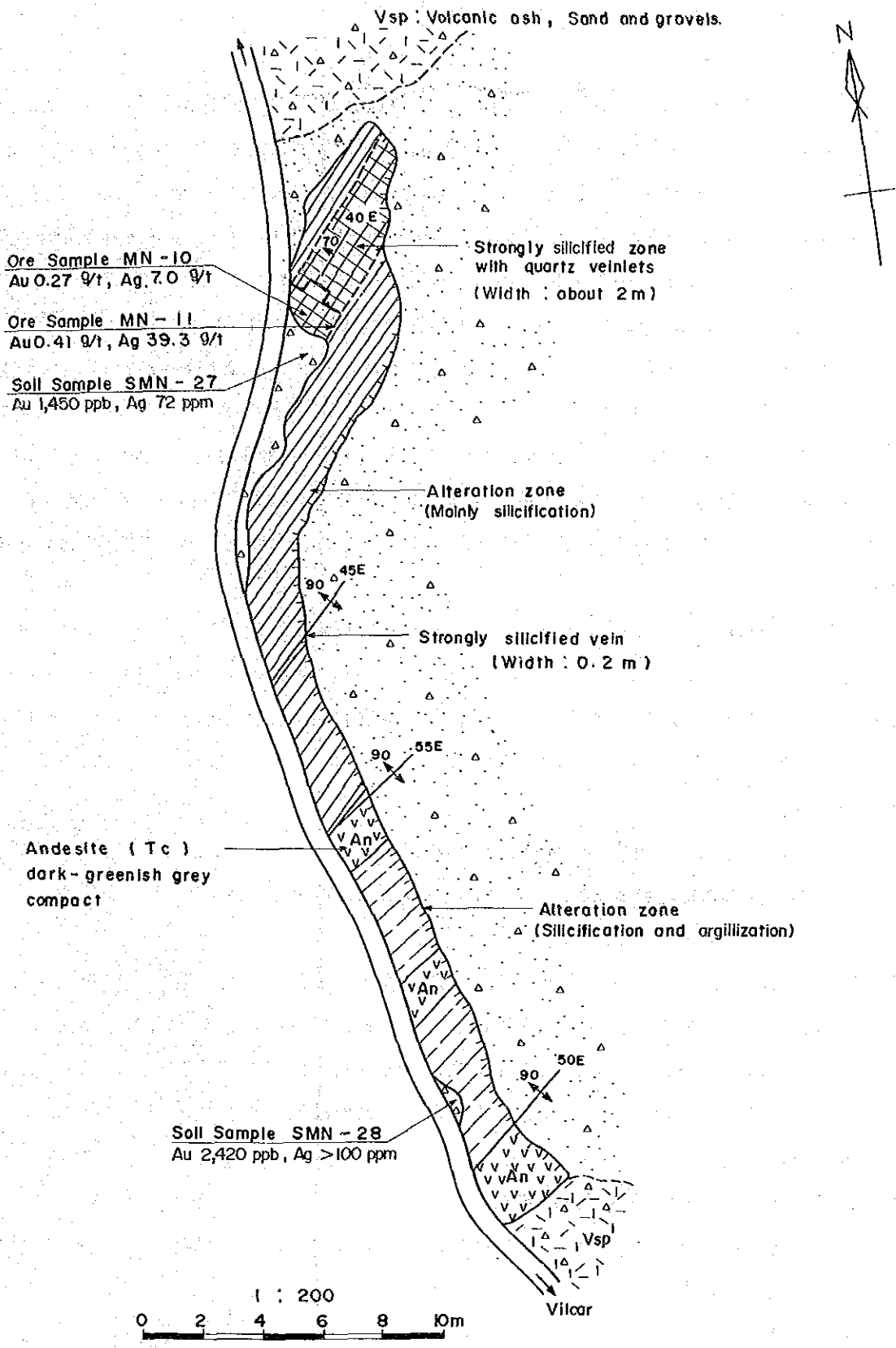


Fig. 2-4 Geological Sketch of Silicified Outcrops in Colpar Alteration Zone