

第Ⅱ部 各論

第II部 各論

第1章 地質調査

1-1 調査目的

本地域の地質を明らかにし、鉍化に関係した岩石を特定する。また、本地域に観察される鉍化作用の特徴を明らかにし、鉍床賦存ポテンシャルの高い地域を推定する。

1-2 調査方法

上記目的を達成するために、Table 1-1-1 に示す調査を実施した。

地質踏査については、1:40,000 の空中写真から1万分の1および5千分の1の地形図を作成し、5千分の1の地形図をルートマップとして使用した。調査ルートは、岩石が比較的露出している箇所を選んだ。

既存鉍徴地である La Guanaca 鉍山周辺および Rinconada 鉍徴地周辺については、簡易測量をし、1:1,000 スケールで調査し、各鉍徴地のスケッチを行った。

代表的な岩石試料および鉍石試料については、岩石薄片および鉍石研磨片を作成し、鏡下観察を実施した。さらに、鉍徴地およびその周辺では、変質の性質を明らかにするとともに鉍化作用にともなう変質ハローを確認するために、X線回折試験を実施した。

1-3 調査結果

1-3-1 地質概要

本地域の地質図、岩相図および断面図を Fig.1-4-1、Fig.2-1-1 および Fig.2-1-2 にそれぞれ示す。また、これらの相互関係を Fig.2-1-3 に示す。

本地域の地質は、白亜紀下部から古第三紀下部の火山岩類とそれに貫入する始新世の花崗岩質深成岩類からなる。花崗岩質深成岩類は、主に次の3岩体が分布する。

本地域の北西部に分布するモンゾニ岩体(北西部モンゾニ岩体(M))

中央部に分布する花崗閃緑岩体(中央部花崗閃緑岩体(Gd))

南部および南東部の花崗岩～モンゾニ岩体(南東部花崗岩～モンゾニ岩体(Gr))

以上の岩石は、その岩相および産状から以下に記す岩石 (Fig.2-1-3) に分けることができる。以下にそれぞれに岩石について、その分布、岩相の特徴、産状について述べる。なお、以下の岩石名はフィールドネームである。

・白亜紀下部～古第三紀下部の火山岩類

安山岩質溶岩および同質火砕岩(Ba)

デイサイト火山礫凝灰岩～溶結凝灰岩(Dpf)

0

0

0

Lithological Map of GUANACA

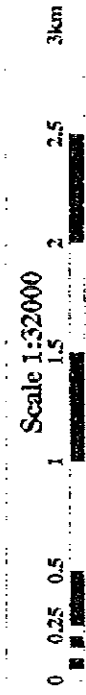
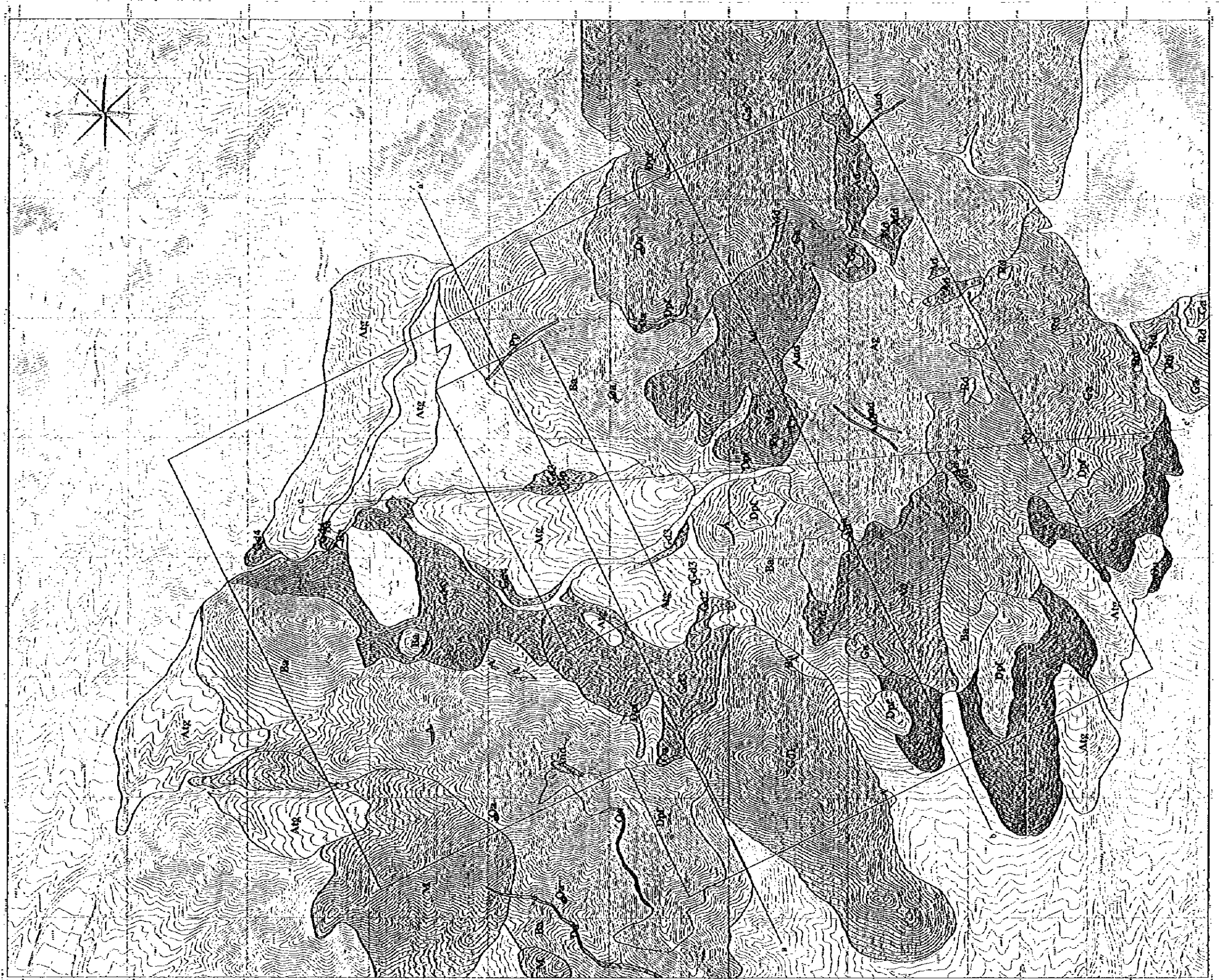


Fig 2-1-1 Lithological map of the Guanaca area.

Cross Section of GUANACA

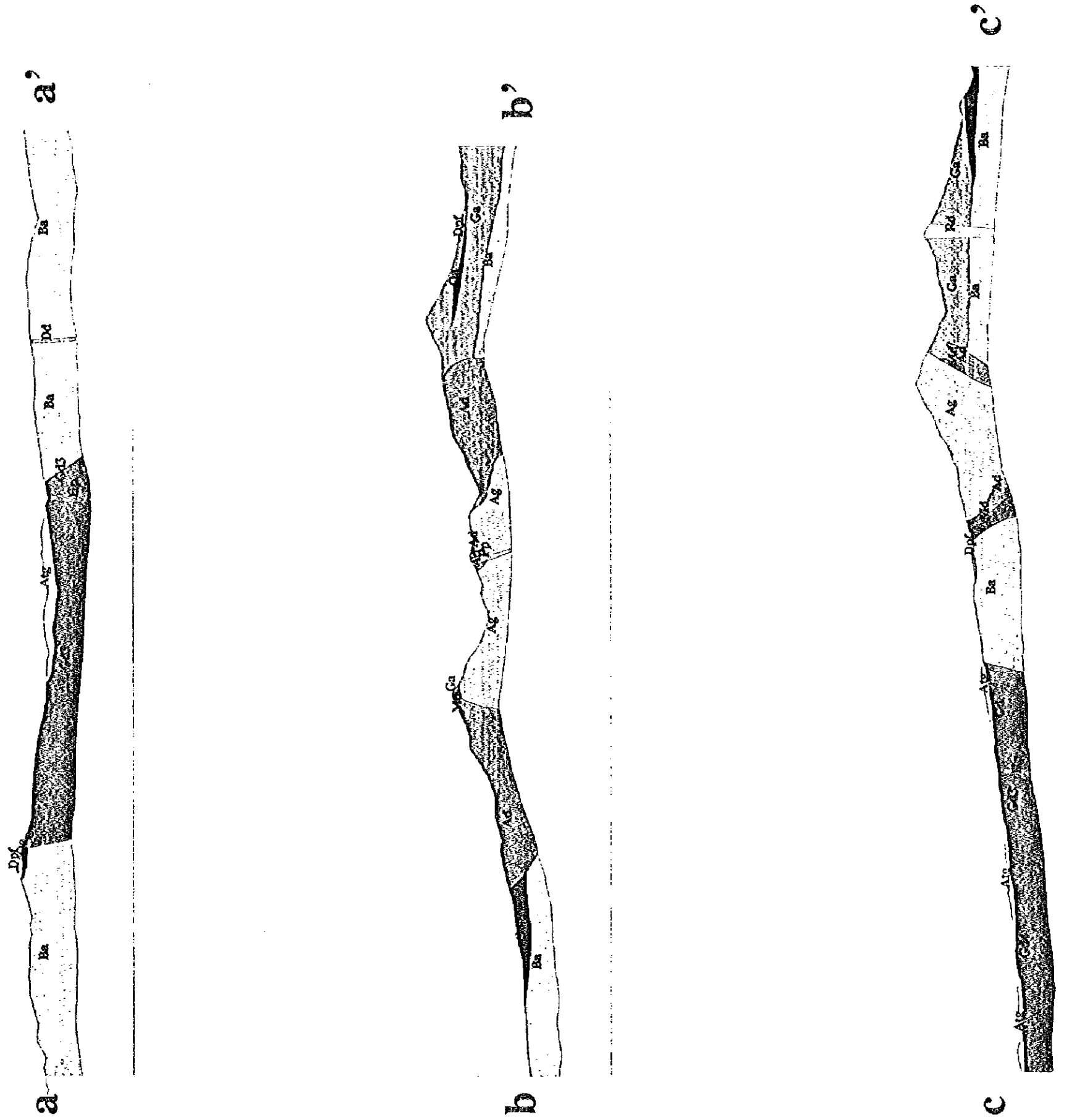


Fig.2-1-2 Lithological sections of the Guanaca area, section a-a', b-b', and c-c'.

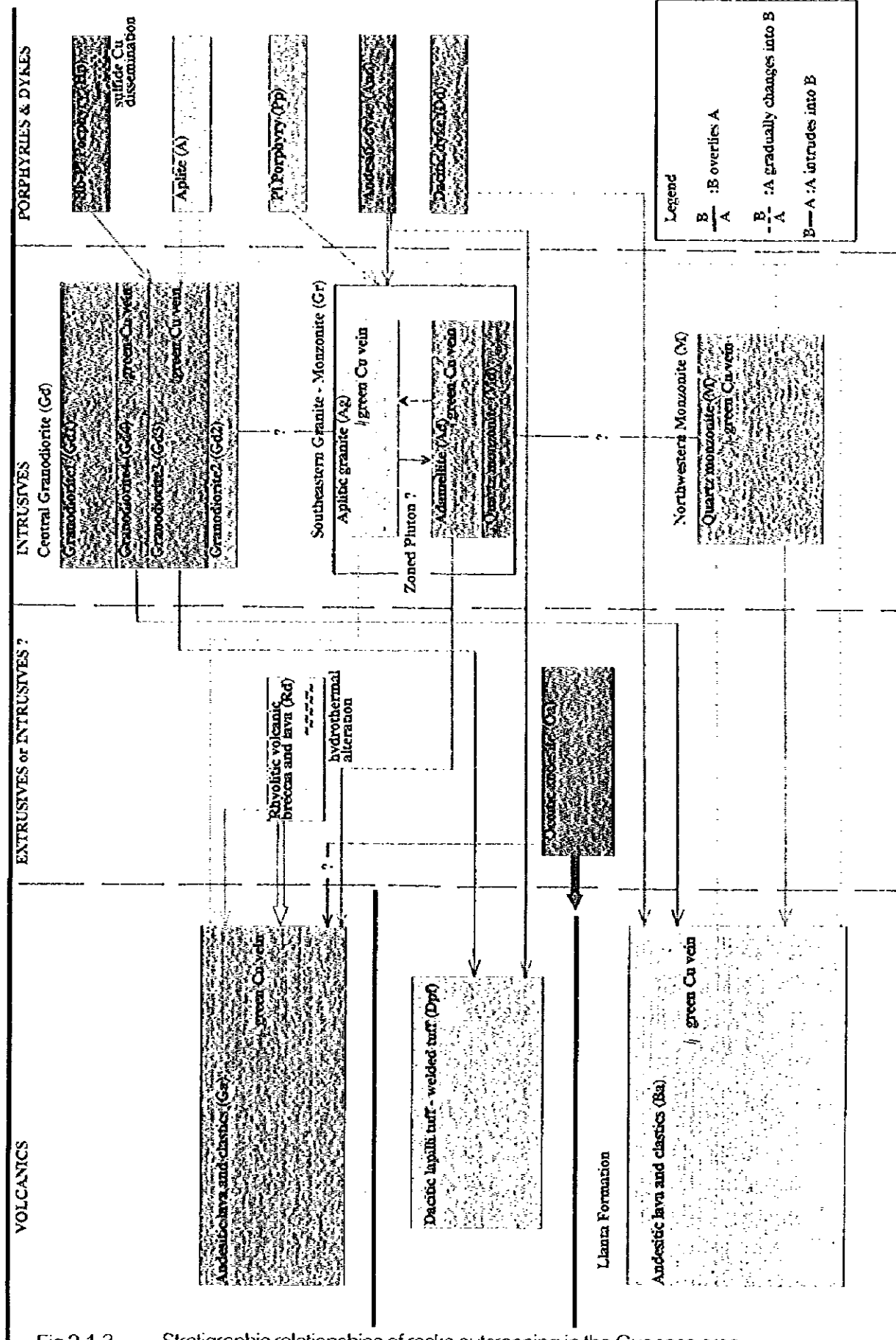
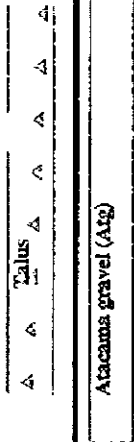


Fig 2-1-3 Stratigraphic relationships of rocks outcropping in the Guanaca area

- 安山岩質溶岩および同質火砕岩(Ga)
- オコイータ安山岩質溶岩(Oa)
- 流紋岩質火山角礫岩～溶岩(Rd)
- ・北西部モンゾニ岩体(M)
- モンゾニ岩(N)
- ・南東部花崗岩～モンゾニ岩体(Gr)
- モンゾ閃緑岩(Ml)
- アダメロ岩(Ad)
- アプライト質花崗岩(Ag)
- ・中央部花崗閃緑岩体(Gd)
- 黒雲母—角閃石花崗閃緑岩(Gd1)
- 黒雲母—角閃石花崗閃緑岩～閃緑岩(Gd2)
- 黒雲母—角閃石花崗閃緑岩(Gd3)
- 角閃石—黒雲母花崗岩(Gd1)

この他に、ごく小規模であるが、以下の斑岩～アプライト～安山岩質岩脈が分布する。

- 角閃石—斜長石 ポーフィリー(Ip)
- アプライト(A)
- 斜長石 ポーフィリー(Pp)
- 安山岩質岩脈(Ad)
- デイサイト質岩脈(Dd)

また、以上の岩石を覆って、低地には、アタカマ礫層(Atg)が分布する。

1-3-2 岩石記載

1) 安山岩質溶岩および同質火砕岩(Ba)

分布：本地域の北西部および中央部に分布する。分布域は、ほぼNE-SW方向に連なる。

Fig.3の衛星画像では、黒色に見える部分に相当する。

岩相・産状：本岩石が、本地域の基盤をなしている。岩石は黒色緻密安山岩質の溶岩および火山角礫岩であり、輝石・ホルンブレンド安山岩である。全岩のSiO₂組成は、55wt%程度である (Appendix 2, Fig.2-1-4)。

北西部の3001.5mの山頂付近の尾根部には、火山角礫岩～凝灰角礫岩の火砕岩相が分布する。多くは、花崗岩質岩の貫入による熱変成を受け、堅緻緻密になっている。細粒であるが、斜長石斑晶は肉眼で識別可能。また、花崗岩との境界付近では、熱変成によりホルンフェルス化し、細粒黒雲母を生じ、やや粗粒になる。

Cornejo et al.(1993)のLlanta層(K11)に相当する。白垩紀前期の活動であり、本地

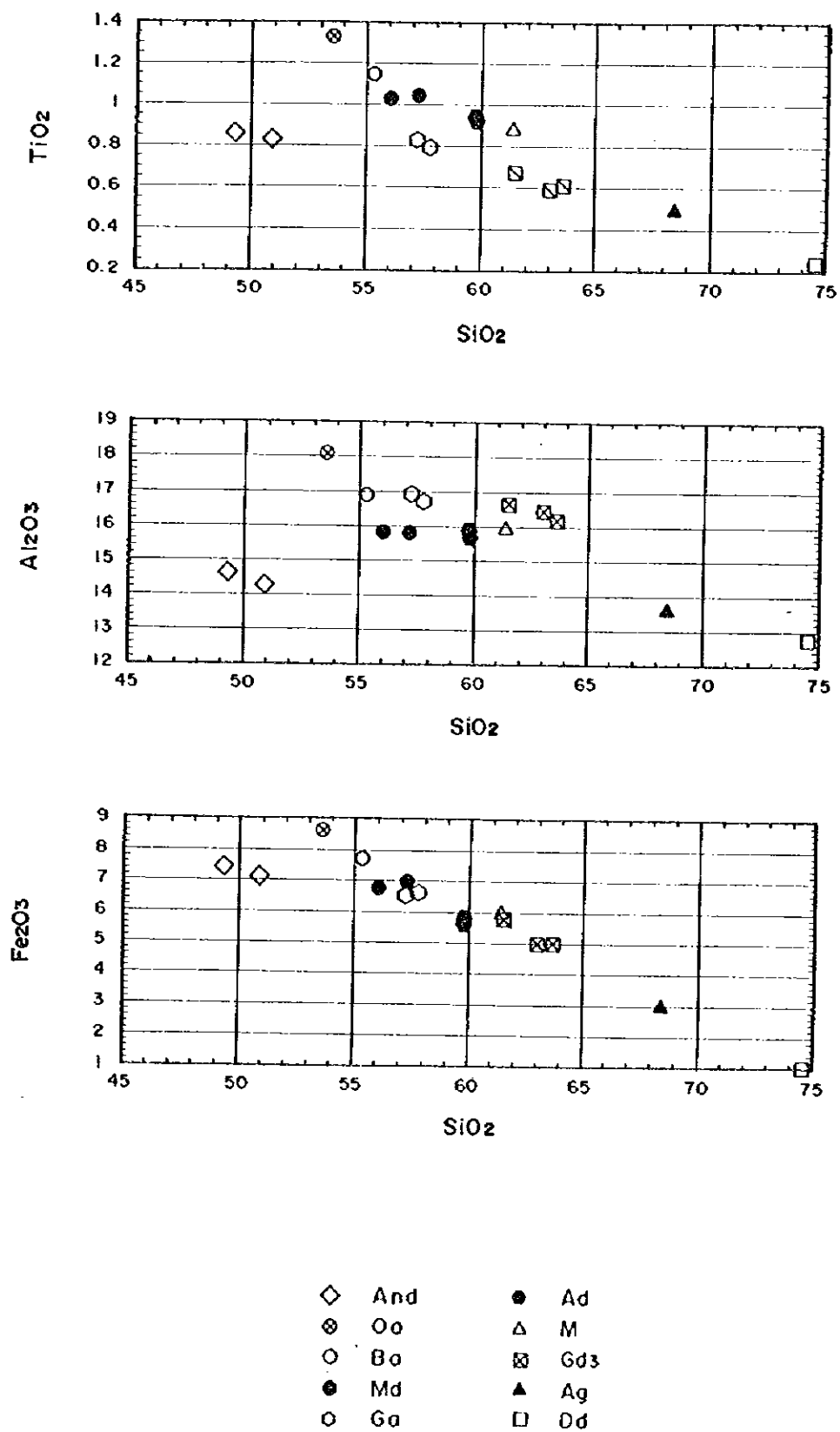
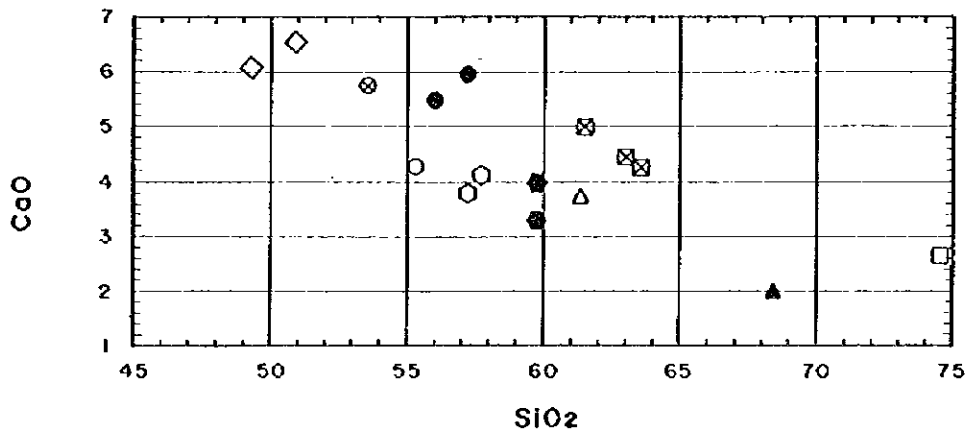
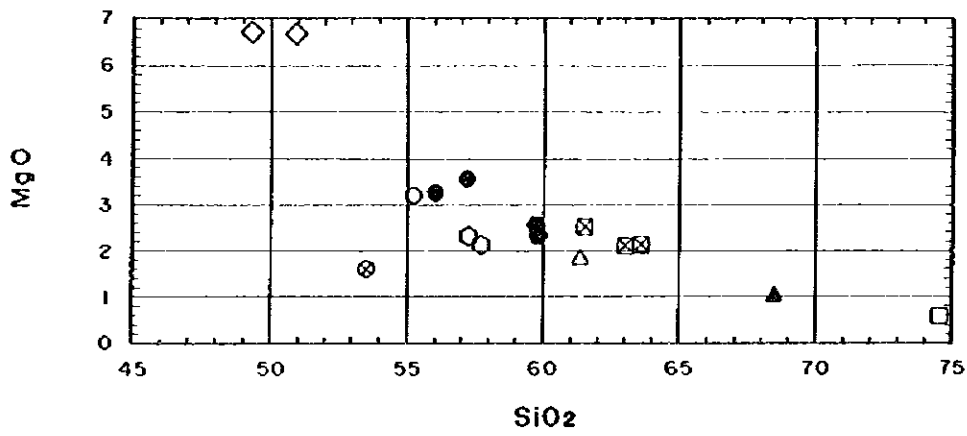
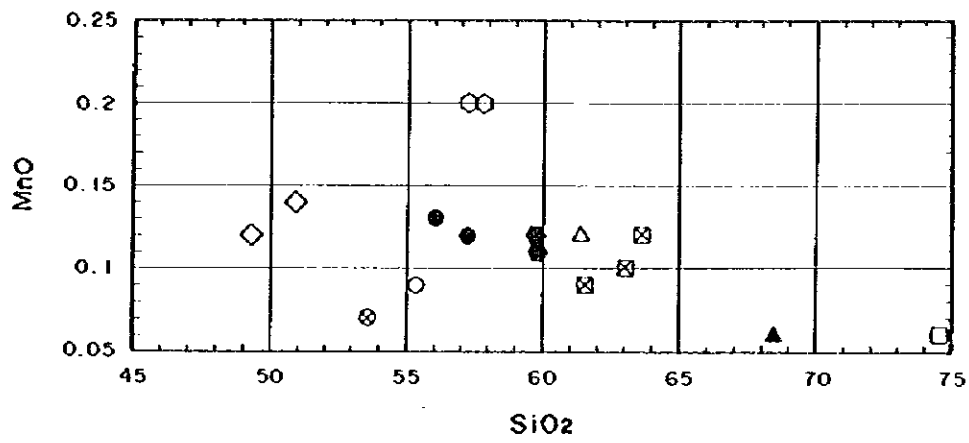
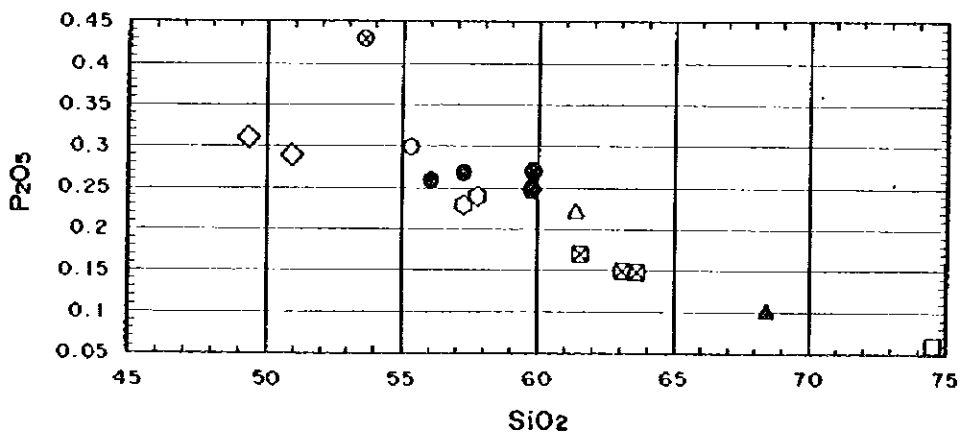
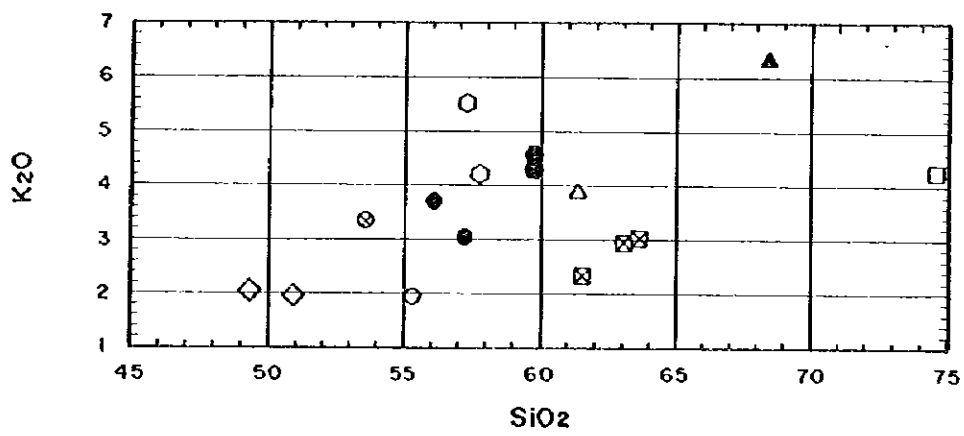
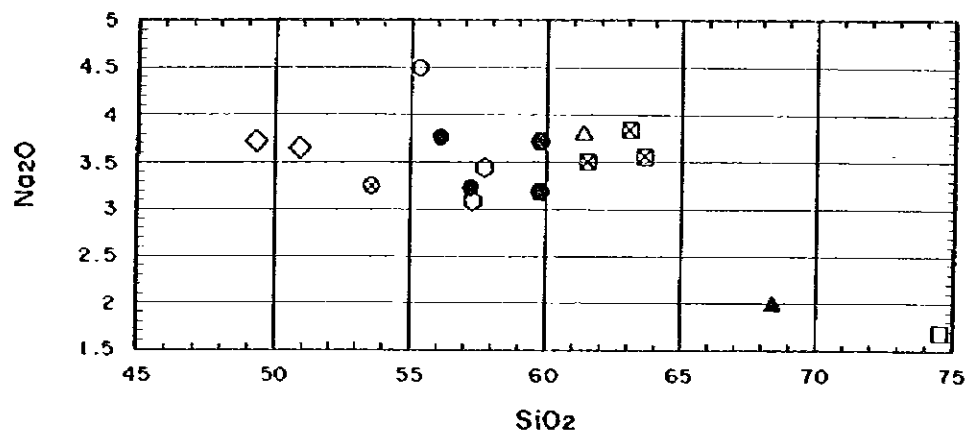


Fig 2-1-4(1) Harker diagrams



- | | | | |
|---|-----|---|-----|
| ◇ | And | ● | Ad |
| ⊗ | Oo | △ | M |
| ○ | Bo | ⊠ | Gd3 |
| ● | Md | ▲ | Ag |
| ○ | Go | □ | Dd |

Fig 2-1-4(2) Harker diagrams



- | | | | |
|---|-----|---|-----|
| ◇ | And | ● | Ad |
| ⊗ | Oo | △ | M |
| ○ | Bo | ⊠ | Gds |
| ● | Md | ▲ | Ag |
| ○ | Go | □ | Dd |

Fig 2-1-4(3) Harker diagrams

域周辺に広く分布し、模式地は、本地域の北北西約30kmのLlantaである。模式地付近および本地域の南部では、礫岩等の堆積岩も含まれるが、本地域には、これらの堆積岩類は分布しない。

花崗岩近くでは、ホルンフェルス化とともに、緑簾石のクロツツが認められ、緑簾石・電気石・石英・方解石脈が観察される場合があり、同脈中にはまれにガーネットも認められることがある。

2) デイサイト火山礫凝灰岩～溶結凝灰岩(Dpf)

分布：本地域の中央の西端部の尾根部および南部の尾根部に小規模に分布する。

岩相・産状：火砕流堆積物である。白色～灰色を呈す。黒色～灰色の安山岩の円礫～亜円礫が多い。礫径は0.5～4cmである。マトリックス部は白色～灰白色で、斜長石斑晶が多い。西端部および南部の一部では、本質岩片が扁平につぶれたユウタキシティック構造をもち、溶結凝灰岩となる(Fig.2-1-5)。本岩石も花崗岩に近いところでは熱変成を受け、堅固緻密になっている。凝灰岩岩相に漸移する。磁鉄鉱や電気石のクロツツが認められる部分がある。

北西側山塊の尾根部に載る本岩石は、EW～N80°W方向の節理が発達している。

本火砕流堆積物は、上記の安山岩(Ba)の上に整合的に載る。

地域南部では、本岩石中に安山岩岩脈が南北方向に貫入しており、安山岩はすべて緑簾石化している(露頭番号137931)。安山岩脈と平行に幅1～5cmの石英脈がある。

Cornejo et al.(1993)のヴィクーニャ山イグンブライト(Tiv)に相当する。Cornejo et al.(1993)は、これを始新世の活動としている。

今年年代測定では、 42.6 ± 2.1 Maという値を得た(Table 2-3-2)。

3) 安山岩質溶岩および同質火砕岩(Ga)

分布：本地域の南部、南東部に分布する

岩相・産状：安山岩質溶岩および同質の火山角礫岩～凝灰角礫岩～火山礫凝灰岩からなる。

全岩のSiO₂組成は、57wt%も程度である(Appendix 2, Fig.2-1-4)。

全体的に岩石は、緑泥石および緑簾石変質により緑灰色を呈する。本岩石は、次の点からLlanta層の黒色安山岩(Ba)および上記の火砕流堆積物(Dpf)の上位に載ると推定される。すなわち、本岩石は、地形的には黒色安山岩(Ba)の上位に分布する。本岩石の火山碎屑岩中の礫として、下位の火砕流堆積物(Dpf)の礫が取り込まれる。露頭番号137939では、火山角礫岩中に礫として、白色の火山礫凝灰岩、溶結凝灰岩および緑灰色の安山岩の円礫～亜角礫が含まれる。このことから、本岩石の活動は、前述の火砕流堆積物(Dpf)の後である。

Cornejo et al.(1993)は、本岩石をヴィクーニャ山デイサイト質ドーム・角礫岩複合岩(Tcdd)の一部とし、その時代を暁新世とした。

4) オコイータ安山岩質溶岩(Oa)

分布：本地域の南端部に比較的広い分布域を持つ。また、東部および西部にも小規模に分布する。

岩相・産状：斜長石斑晶が極めて大きいのが特徴である。長軸方向に2~3cmある短冊状の斜長石が緑い方向性をもって配列している。このような極めて大きな斜長石斑晶を持つ安山岩をチリでは、オコイータと称しているため、本調査においても本岩石のフィールドネームとしてオコイータを用いる。全岩のSiO₂組成は、53wt%程度であり(Appendix 2, Fig.2-1-4)、玄武岩質である。また、Na₂O+K₂O≥6.0wt%であり、アルカリ岩的性質を持つ。

Quebrada Enriqueta 付近では、アミグダルが多数観察され、石英あるいは緑泥石で充填されている(Fig.2-1-6)。なかには、径が20cmに達するものがある。緑泥石ハローをもつ石英細脈も観察される。露頭番号137917では、酸化銅を採掘した小さなビットがある。石英脈は幅0.5cmである。クリソコラ・マラカイトはN75°E方向の面に沿って発達している。

地域南部では、オコイータの上に火山礫凝灰岩が位置する。また、オコイータは上位の火山礫凝灰岩中の礫としても観察されることから、オコイータの活動は、火山礫凝灰岩の活動の前であると推定される。

本岩石は、また、Llanta層の安山岩(Ba)および緑色の安山岩(Ga)中にも産する。緑色安山岩との接触部が、本地域南端のQuebrada Enriquetaで観察することができる(Fig.2-1-7,8)。Fig.2-1-8に示す様に、両者の境界はナイフシャープであり、緑色安山岩(Ga)に接する部分のオコイータの斜長石斑晶は、境界に平行に配列する傾向を持つ。また、オコイータ下部にflow brecciaなどが認められないことから、両者は貫入関係にあり、オコイータは、シル状に入ってきていると推定される。

本岩石は、Cornejo et al.(1993)では、Llanta層のメンバーとされているが、今回の調査では、前述のとおり、本岩石は、火砕流堆積物(Dpf)と緑色安山岩(Ga)中にシル状に貫入していることから、Llanta層には含めず、別時代の地質体とした。

5) 流紋岩質火山角礫岩~溶岩(Rd)

分布：地域南端のQuebrada Enriqueta周辺に小規模に分布する。

岩相・産状：白色の流紋岩質溶岩~火山角礫岩である。流理構造を持つ白色の流紋岩の角礫からなり、異質礫が含まれないことから自破碎溶岩と推定される。本岩石は、前述の緑色安山岩(Ga)中に挟まれるか、あるいはドーム状に貫入していると推定される(Fig.2-1-9)。

白色変質しており、とくにQuebrada Enriqueta 沢の南端に分布する同岩石には(調査対象地域外)、白色~黄褐色変質(多くはセリサイト/スメクタイト混合層変質である)

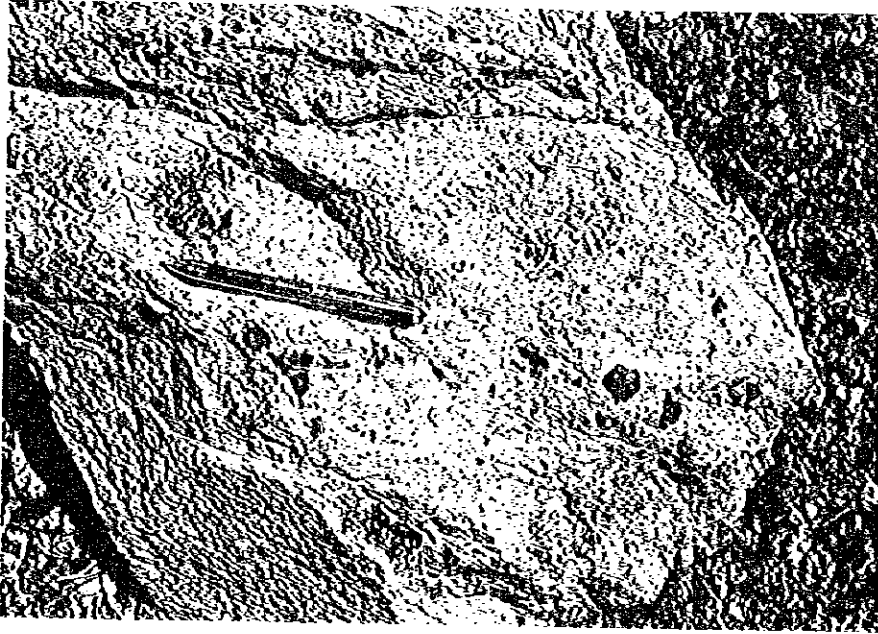


Fig 2-1-5 Photograph of lapilli tuff (Dpf)

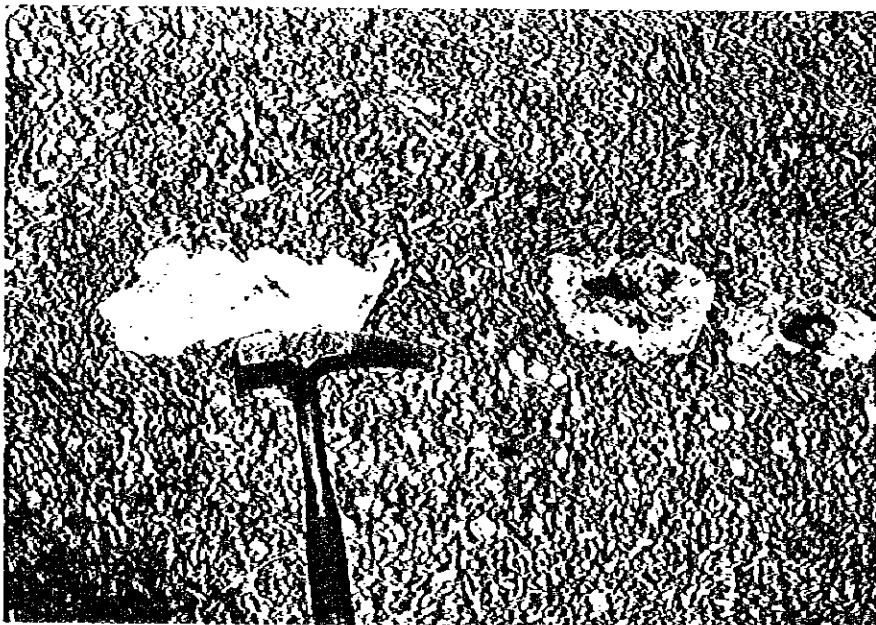


Fig 2-1-6 Photograph of Ocoitic andesite (Oa).



Fig 2-17 Photograph shows the contact between the Ooitic andesite and the Green andesite (Ga)



Fig 2-18 Photograph shows the contact between the Ooitic andesite and the Green andesite (Ga) above. The point of the hammer marks the boundary between the Ooitic andesite (Oa) and the Green andesite (Ga). Plagioclase phenocrysts are parallel to the contact.

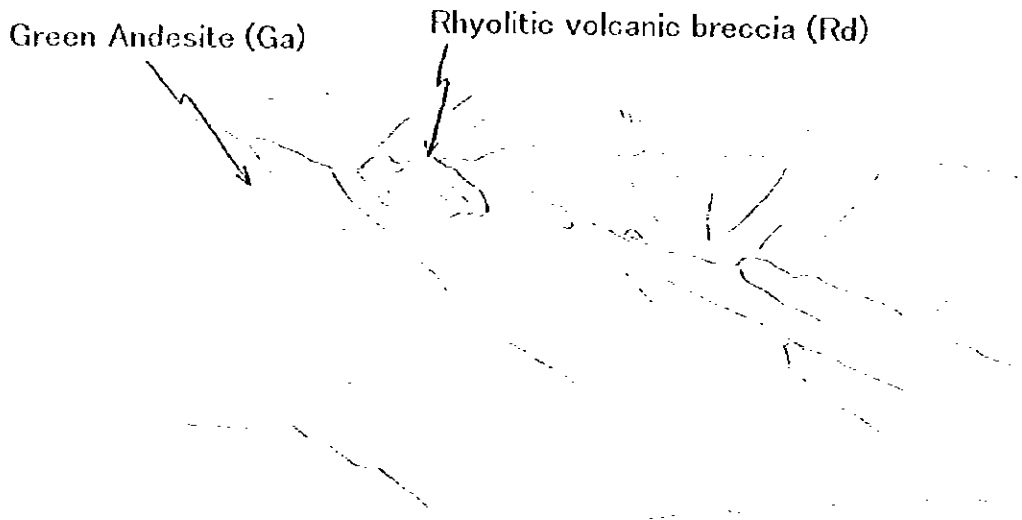


Fig 2-1-9 Photograph of the ourcropping Rhyolitic volcanic breccia (Rd).

および珪化が著しい。鏡下では、微細な黒雲母が生じているところがある。マトリック
ス部が珪化した熱水性角礫構造もあり、熱水活動が比較的盛んであったと推定される。
このあたりは CODELCO によりボーリング調査が最近実施されている。

6) モンソニ岩(M)

分布：地域北西端に分布する。調査対象域の外に分布する。

岩相・産状：暗灰色～緑灰色を呈する。中粒。等粒状。鏡下観察では、構成鉱物は、斜長
石、カリ長石、石英、ホルンブレンド、黒雲母である。斜長石が最も多く、カリ長石、
石英は少ない。モード分析では、石英モンソニ～石英モンソニ閃緑岩となる (Appendix
3, Fig. 2-1-10)。やや変質しており、斜長石は一部セリサイト変質が見られ、ホルンブ
レンドや黒雲母のマフィック鉱物は、緑泥石、緑簾石、炭酸塩鉱物および不透明鉱物に
変質している。

全岩組成は、 $SiO_2=61.3wt\%$ (Appendix 2, Fig. 2-1-4)、 $Na_2O+K_2O \geq 7wt\%$ であり、高い
アルカリ含有量を示す。

Cornejo et al. (1993)によれば、時代は、始新世とされており、本地域の8kmほど東
の同岩石の黒雲母について、 63 ± 2 という K-Ar 年代が報告されている。本地域周辺に分
布する深成岩の中では、時代的に最も古いものである。

7) モンソニ閃緑岩(Md)

分布：地域の中央やや南に分布する。後述するアダメロ岩(Ad)とはほぼ同様な場所に産する。

岩相・産状：暗緑色～暗灰色を呈する。マフィック鉱物が多く、野外では、はんれい岩
質に見える。モード分析結果では、岩石名はモンソニ閃緑岩～石英モンソニ閃緑岩～石
英モンソニ岩となる (Appendix 3, Fig. 2-1-10)。鏡下では、構成鉱物は、斜長石、石英、
カリ長石、斜方輝石およびホルンブレンドである。ごく少量であるが、黒雲母が見られ
る。カリ長石および石英は、斜長石やマフィック鉱物晶出後の隙間を充填するように産
し、量的にはわずかである。両者はしばしばグラフィック組織やグラノフィリック組織
を示す。斜長石は、部分的にセリサイトおよび緑簾石に変質している。輝石は、一部、緑
泥石、不透明鉱物に変質しており、ホルンブレンドは緑泥石、緑簾石に変質している。

全岩組成では、 $SiO_2=56 \sim 57wt\%$ であり (Appendix 2, Fig. 2-1-4)、 $Na_2O+K_2O \geq 6wt\%$
と高いアルカリ含有量を有する。後述するアダメロ岩(Ad)に漸移する。

8) アダメロ岩(Ad)

分布：本地域の中央やや南側に分布する。

前述のモンソニ閃緑岩(Md)と同様に、Rinconada 周辺に尾根に貼りついた様に産する。

岩相・産状：暗緑色～灰色を呈する。細～中粒。モード分析結果では、岩石名は石英モン
ソニ閃緑岩～石英モンソニ岩～アダメロ岩となる (Appendix 3, Fig. 2-1-10)。鏡下では、構

成鉱物は、斜長石、ホルンブレンド、黒雲母、石英、およびカリ長石からなる。まれに、斜方輝石が認められる。カリ長石、石英は、斜長石やマフィック鉱物晶出後の隙間を充填するように産し、量的にはわずかである。

全岩組成では、 $\text{SiO}_2=59\sim 60\text{wt}\%$ であり(Appendix 2, Fig.2-1-4)、 $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}\geq 7\text{wt}\%$ と高いアルカリ含有量を有する。

本岩石は、前述のモンゾ閃緑岩(Md)に貫入しているように見える場合と漸移する場合とがある。モンゾ閃緑岩とアダメロ岩および後述のアブライト質花崗岩が50m間で漸移する様子が、Rinconadaの南の尾根(3174.5mピークと3167.5mピーク間の鞍部：試料番号96110418~96110422)で観察される。その漸移帯は狭く、数メートル以内である。したがって、モンゾ閃緑岩(Md)、アダメロ岩(Ad)およびアブライト質花崗岩(Ag)は、ほぼ同時期に活動したものであり、成因的にも密接な関係にあると考えられる。

9) アブライト質花崗岩(Ag)

分布：本地域南部のRinconadaからCerro El Pimientoあたりに分布する。東西方向の尾根に分布する。

岩相・産状：細粒でアブライト質である。白色～灰白色を呈する。マフィック鉱物は、すべて、緑泥石、緑簾石に変質している。流紋岩質岩脈がところどころに分布する。流紋岩質岩脈は、その片方端はアブライト質花崗岩に漸移するように見える。また、暗緑灰色の安山岩岩脈も、幅5m程度のものが2列平行に貫入している(Fig.2-1-1)。

モード分析結果では、岩石名は花崗岩となる(Appendix 3, Fig.2-1-10)。鏡下では、構成鉱物は、斜長石、カリ長石、および石英であり、マフィック鉱物はすべて緑簾石に変質しており、初生鉱物は不明である。斜長石、カリ長石および石英は、ほぼ同量含まれる。比較的大きな半自形の斜長石が散在するが、斜長石、カリ長石および石英はほぼ同じ大きさであり、半自形～他形である。緑簾石は、分離独立した粒で産することが多い。この他に、初生のマフィック鉱物に変質し、緑泥石、不透明鉱物との集合体として産する緑簾石もある。

全岩組成では、 $\text{SiO}_2=68\text{wt}\%$ である(Appendix 2, Fig.2-1-4)。

10) 黒雲母一角閃石花崗閃緑岩(Gdl)

分布：本地域南東部のNE-SW系の尾根を形成する。

岩相・産状：中～細粒。淡緑灰色～ねずみ色を呈する。マフィック鉱物は、緑泥石化しているものが多い。電気石クロツツが所々に観察される。電気石細脈も観察され、緑色銅を伴うことがある。モード分析結果では、岩石名は花崗閃緑岩となる(Appendix 3, Fig.2-1-10)。鏡下では、構成鉱物は、斜長石、石英、カリ長石、ホルンブレンドおよび黒雲母である。石英およびカリ長石は斜長石の隙間を充填するように産する。石英に比べカリ長石のほうが少ない。ホルンブレンド、黒雲母は大部分が緑泥石化している。構

成鉱物および組織は、後述の黒雲母—角閃石花崗閃緑岩のそれと同じであり、両者は漸移すると考えられる。

今回、本岩石のK-Ar年代測定を行い、 42.1 ± 2.1 Ma という値を得た (Table 2-3-4)。

11) 黒雲母—角閃石花崗閃緑岩～閃緑岩(Gd2)

分布：本地域の南部の下記の花崗閃緑岩中の一岩相として、ごく小規模に分布する

岩相・産状：細粒で、マフィック鉱物多く、閃緑岩質である。後述の花崗閃緑岩中の閃緑岩質捕獲岩と岩相が類似していることから、本岩石は、花崗閃緑岩中の非常に大きな捕獲岩岩相に相当するのかもしれない。モード分析結果では、岩石名は花崗閃緑岩となる (Appendix 3, Fig. 2-1-10)。鏡下では、構成鉱物は、斜長石、石英、カリ長石、ホルンブレンド、黒雲母、および不透明鉱物である。斜長石は他鉱物より大きい。量的には他鉱物と同程度の大きさのものが多い。石英およびカリ長石はプール状～間隙充填的に産し、斜長石、ホルンブレンド、および黒雲母の自形結晶をポイキリティックに含む。マフィック鉱物の量は、ホルンブレンド > 黒雲母 > 不透明鉱物の順である。

12) 黒雲母—角閃石花崗閃緑岩(Gd3)

分布：中央部やや西よりの北西側山塊の裾野部分に分布する。多くは、アタカマ礫層に覆われている。

岩相・産状：後述の角閃石—黒雲母花崗岩よりややマフィック鉱物が多い岩相で特徴づけられる。モード分析結果では、岩石名は花崗閃緑岩となる (Appendix 3, Fig. 2-1-10)。鏡下では、構成鉱物は斜長石、石英、カリ長石、ホルンブレンド、および黒雲母である。比較的新鮮で変質はほとんど認められない。カリ長石、石英は斜長石、ホルンブレンドおよび黒雲母の間隙を充填する。黒雲母は単独で産するのと、ホルンブレンドの上に成長しているものがある。本岩石は、La Guanaca 鉱山において、酸化銅派の母岩になっている。また、後述の花崗閃緑岩 (Gd4) とともに、中央鉱徴地 (後述) の鉱脈型銅鉱化作用の母岩ともなっている

全岩組成では、 $SiO_2=61\sim 63$ wt% である (Appendix 2, Fig. 2-1-4)。

13) 角閃石—黒雲母花崗閃緑岩(Gd4)

分布：地域北部の開折された低地に分布する。多くは、アタカマ礫層に覆われていると推定される。

岩相・産状：灰白色。中粒～粗粒。La Guanaca 鉱山および中央地区の鉱徴地で、鉱化母岩となっている。

Cerro Bonete の南側では、Llanta 安山岩中に本花崗岩が貫入しているのが観察される。石英、カリ長石、黒雲母および電気石からなるペグマタイト質脈がよく発達している。その方向は、NW-SE 系～EW 系である。モード分析結果では、岩石名は花崗閃緑

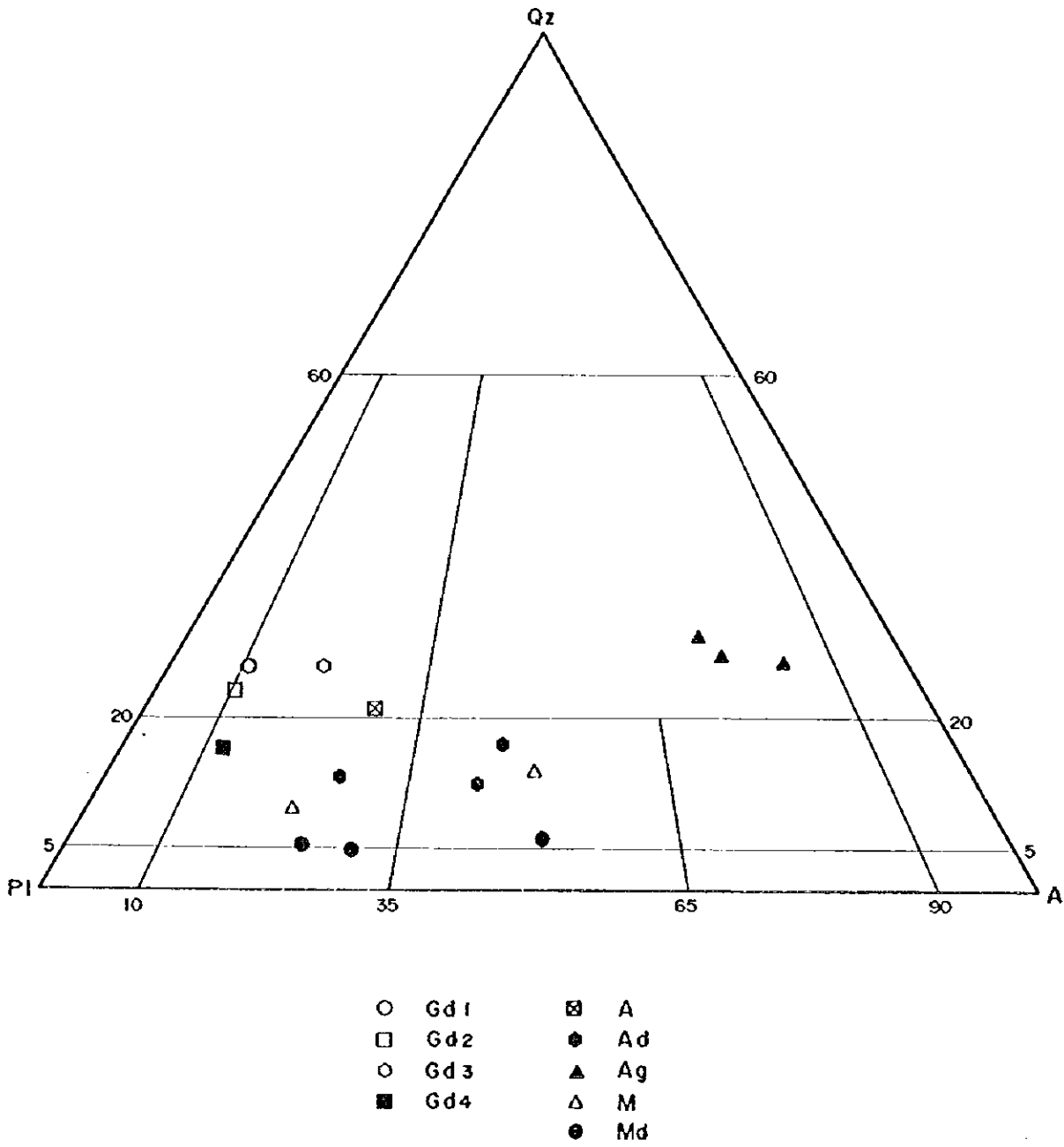


Fig 2-1-10 Modal composition of granitoid rocks.

岩～石英モンゾ閃緑岩となる(Appendix 3, Fig. 2-1-10)。鏡下では、構成鉱物は、斜長石、石英、カリ長石、黒雲母およびホルンブレンドである。マフィック鉱物は量的に少ない。石英およびカリ長石は斜長石の間隙を充填し、プール状に産する。両者は、斜長石、ホルンブレンド、および不透明鉱物をポイキリティックに含み、一部でグラフィック組織、グラノフィリック組織を呈する。この石英、カリ長石の組織は、前述の黒雲母一角閃石花崗閃緑岩～閃緑岩のものと同一である。ホルンブレンドおよび黒雲母は半自形である。黒雲母は一部緑泥石化が認められる。

全岩組成では、 $SiO_2=63wt\%$ である(Appendix 2, Fig. 2-1-4)。

Cornejo et al., (1993)は、本岩石の黒雲母のK-Ar年代として $48.4 \pm 1.3Ma$ 、 $47.8 \pm 1.3Ma$ を報告している。

14) 岩脈類

この他に、ごく小規模であるがいくつかの岩脈が分布する。その主なものを以下に記述する。

・角閃石-斜長石 ポーフイリー(Ilp)

La Guanaca 鉱山採掘場で観察される。径約30mのストックとして、花崗閃緑岩中(Gd3)に貫入している(Fig. 2-1-12)。本岩石は、黄銅鉱、黄鉄鉱の鉱染鉱床の母岩となっている。ENAMI(1995)の報告書では、本岩石は地表下60mの坑道で出現すると報告されているが、Plate 4に示すように地表にも露出している。坑内からのずり置き場には、黄銅鉱および黄鉄鉱が鉱染した本岩石が積んである。地表に露出する本岩石は、supergeneの酸化を受け、硫化鉱物は、赤鉄鉱・リモナイト化している。岩石は強いセリサイト化を受ける。緑色の細粒黒雲母も観察される。

・アブライト岩脈(A)

北西山塊の西側のLlanta安山岩中の岩脈は、幅5m～15mで、約2kmにわたって追跡可能である。この他に100m～数100mの長さで幅数mの同質の岩脈が地域全体にわたって分布する。白色～ベージュ色を呈する。細粒。電気石クロツツが斑晶のように点在するものが多い。

・斜長石 ポーフイリー(Pp)

地域中央やや南のモンゾナイト～ガプロ質岩石中に貫入している。斜長石斑晶が観察される以外はアブライト質花崗岩(Tag)に岩相的に似る。

・安山岩質岩脈(Ad)

Rinconada周辺のアブライト質花崗岩中に貫入している。暗緑灰色を呈する。Rinconada

では、2本の岩脈が平行して貫入しており、それぞれの幅は、5mである。緑簾石、緑泥石化している。3624.3m ピークの南東斜面の岩脈(試料番号 000271)の検鏡結果および化学分析結果 (Appendix 2, Fig.2-1-4) からは、玄武岩である。

・デイサイト質岩脈(Dd)

地域東部の Llanta 安山岩中に貫入している。灰白色を呈する。幅 10~20m。岩脈の走向は N70° W, 傾斜 70° N である。径 1~5mm の石英卵晶がある。黒色安山岩 (Ba) との境界部では、クリソコラがフィルム状に認められ、緑簾石を伴う。

1-3-3 相互関係

各岩石の相互関係を Fig.2-1-3 に示す。

各岩石は、火山岩類と貫入岩類とに大別分することができる。

火山岩類は、最下位に、Llanta 層に属する安山岩および同質火山砕屑岩 (Ba) がある。本岩石は、白亜紀前期とされている (Cornejo et al, 1993)。この安山岩の上に、火砕流堆積物(Dpf)が載る。これは、火砕流堆積物の異質礫の中に、黒色の Llanta 安山岩(Ba)が取り込まれていることと調和する。Llanta 安山岩(Ba)と火砕流堆積物(Dpf)との境界は、比較的水平に近い。これらの上位に緑灰色の安山岩および同質火山砕屑岩(Ga)が載る。Ga の凝灰角礫岩は、礫として、Dpf の火山礫凝灰岩が含む。火砕流堆積物(Dpf) および緑灰色の安山岩および同質火山砕屑岩(Ga)は、層序関係から晩新世~始新世と考えられる。

これらの火山岩類に、花崗岩類および岩脈が貫入している。本地域に分布する主な花崗岩体である北西部モンソニ岩体 (M)、南東部花崗岩~モンソニ岩体 (Gr) および中央花崗閃緑岩体 (Gd) の三つの岩体が、Llanta 安山岩に貫入している。南東部花崗岩~モンソニ岩体 (Gr) は、緑灰色の安山岩および同質火山砕屑岩(Ga)と直接し、これに貫入している。中央花崗閃緑岩体 (Gd) は、火砕流堆積物(Dpf)にも直接し、これに貫入している。これらの花崗岩体の相互関係は、相互に接することがないため、不明であるが、緑泥石、緑簾石の変成作用の有無から、中央花崗閃緑岩体 (Gd) が、最も時代的に新しい岩体と推定される。

これらの岩体を構成する各岩相の関係を次に述べる。

南東部花崗岩~モンソニ岩体 (Gr) は、モンソニ閃緑岩 (Md)、アダメロ岩(Ad)、およびアプライト質花崗岩(Ag)で構成される。これら三つの岩石は、その産状から貫入関係にあると推定されるが、前項の岩石記載でも記述したとおり、数mという極めて狭い漸移帯を持つ場合もある。このことから、これら三つの岩石は、成因的に密接に関係していると推定される。このことは、各岩石の構成鉱物が同じであり、組織が漸移すること、および全岩組成も同一トレンドに載る (Fig.2-1-4) ことから支持される。

中央部花崗閃緑岩体 (Gd) は、4つの花崗閃緑岩 (Gd1~Gd4) で構成される。このうち、Gd2 のマフィックな花崗閃緑岩は、その産状および岩相から、Gd3 の花崗閃緑岩中の大き

Lithological Map of GUANACA

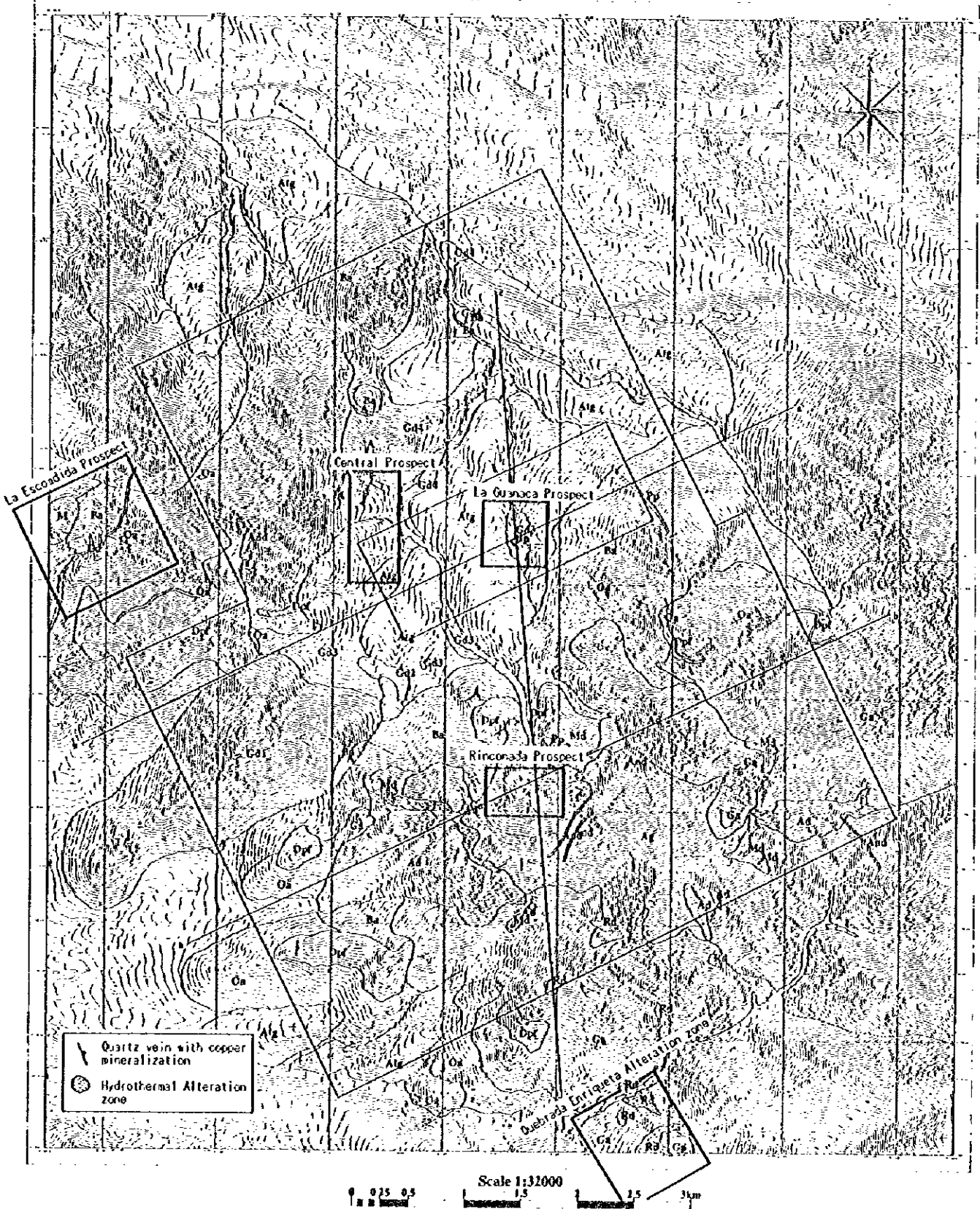


Fig 2-1-11 Distribution of the mineralization and prospects.

な同層捕獲岩と考えられる。花崗閃緑岩 Gd3 と Gd1 は漸移線系にある。Gd1 と Gd3 とのコンタクトが観察できなかったために、両者の関係は不明であるが、地形線系から、Gd1 が Gd3 に貫入していると推定される。

オコイータ安山岩 (Oa) は、前項に記述のとおり、各火山岩類中にシート状に貫入していると推定される。

流紋岩質火山角礫岩 (Rd) は、前項に記述のとおり緑色安山岩 (Ga) 中に貫入している。

1-3-4 鉍化作用

本地域の鉍徴地には、La Guanaca 鉍山跡、Rinconada 鉍徴地の二カ所の既知鉍徴地が存在する。また、既知鉍徴地としては、調査範囲外となるが、北西部に La Escondida 鉍山跡が存在する (Fig. 2)。

今回の調査では、この他に、多くの鉍徴地を発見した。Llanta 安山岩が分布する地域およびアプライト質花崗岩～モンゾニ岩が分布する地域、あるいは角閃石-黒雲母花崗岩の分布域にも、酸化銅を調査ないし採掘した小さなピットを多数見いだすことができる。

Fig. 2-1-11 に本地域の鉍徴地分布図を示す。

このうち、La Guanaca 鉍山跡、Rinconada 鉍徴地については、簡易測量を行い地質精査を実施した。以下に、その結果とともに、その鉍化作用・鉍徴の特徴を述べる。また、新たに見いだした鉍徴地については、その主なものとして、中央部の鉍徴地について述べる。また、地域外になるが、La Escondida 鉍徴地および Quebrada Enriqueta 変質帯についても、本地域の鉍徴地との比較のために調査したので、その特徴を簡単に述べる。

1) La Guanaca 鉍徴地

本地区の詳細岩相分布図を Fig. 2-1-13 に示す。本地区に露出する岩石は、大部分角閃石-黒雲母花崗岩である。鉍山の採掘場にごく小規模に安山岩～斑岩ストックが露出する。両者の貫入関係が採掘場の露頭で観察され、これを Fig. 2-1-12 に示す。

坑内より採掘されたズリでは、斑岩には、黄鉄鉍、黄銅鉍および斑銅鉍が鉍染している。露頭では、これらの硫化鉍物は supergene の酸化を受け、リモナイトに変化している。リモナイトの boxwork texture などの産状から、これらのリモナイトは硫化鉍物の in situ の酸化によって生じたものと推定される。すなわち、地表に露出している斑岩中にも黄鉄鉍、黄銅鉍、斑銅鉍などの硫化鉍物の鉍染があったと推定できる。斑岩はセリサイト変質が著しく、肉眼でも鱗片を確認できるほど粗粒な白色雲母を生じている。また、緑色の細粒黒雲母の集合体があり、これも熱水変質によって生じたものと推定される。

花崗岩に見られる鉍化作用は、花崗岩の節理面にクリソコラ脈が発達する。クリソコラ脈は、クリソコラのみの場合と、暗赤褐色の赤銅鉍？およびマラカイトバンドを持つ場合とがある。Fig. 2-1-14 に示す様に、これらは花崗岩の節理面にそって発達している。この

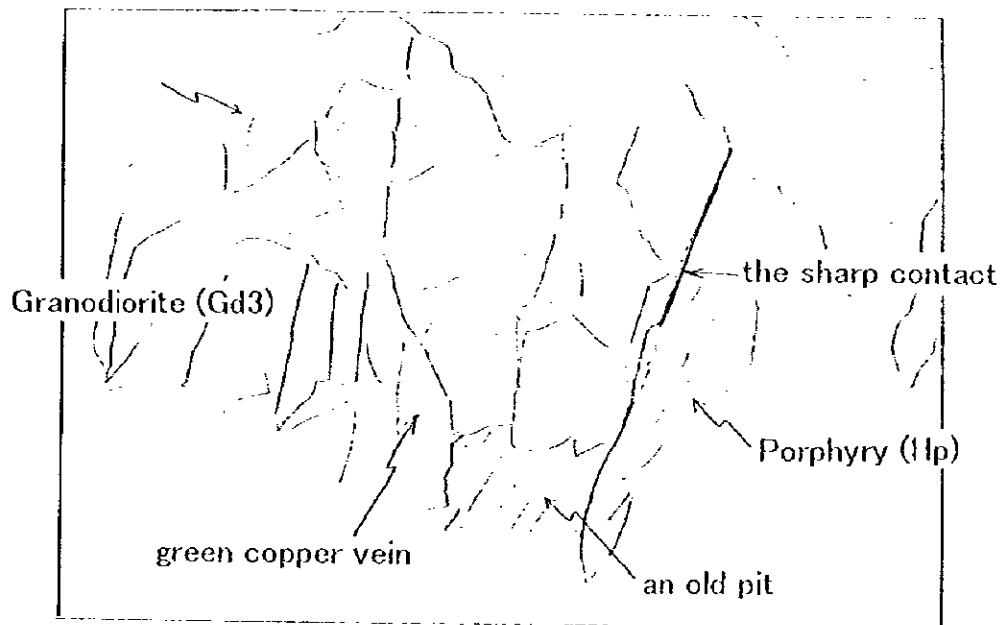
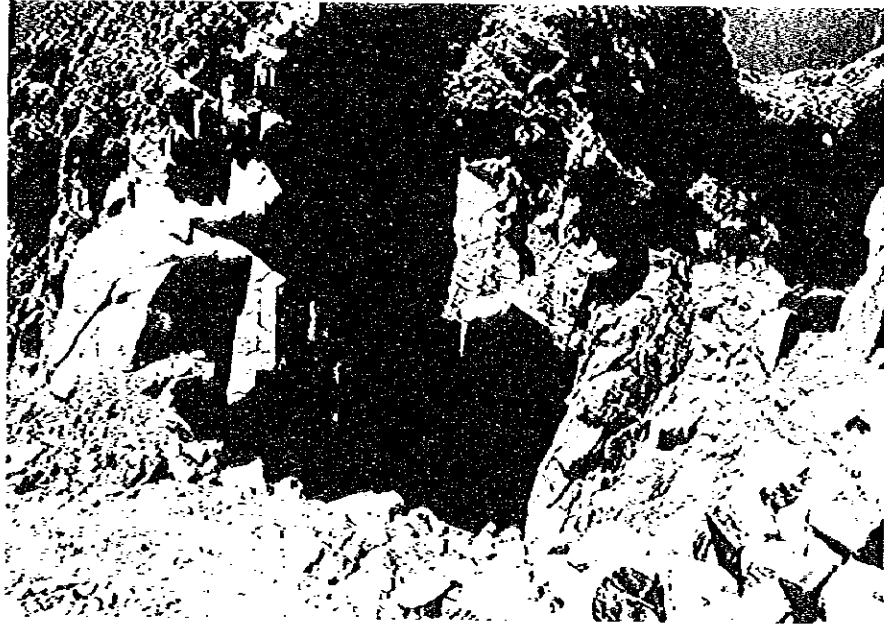


Fig 2-1-12 Photograph shows the contact between Hb-Pl porphyry (Hp) and Granodiorite3 (Gd3).

0

0

0

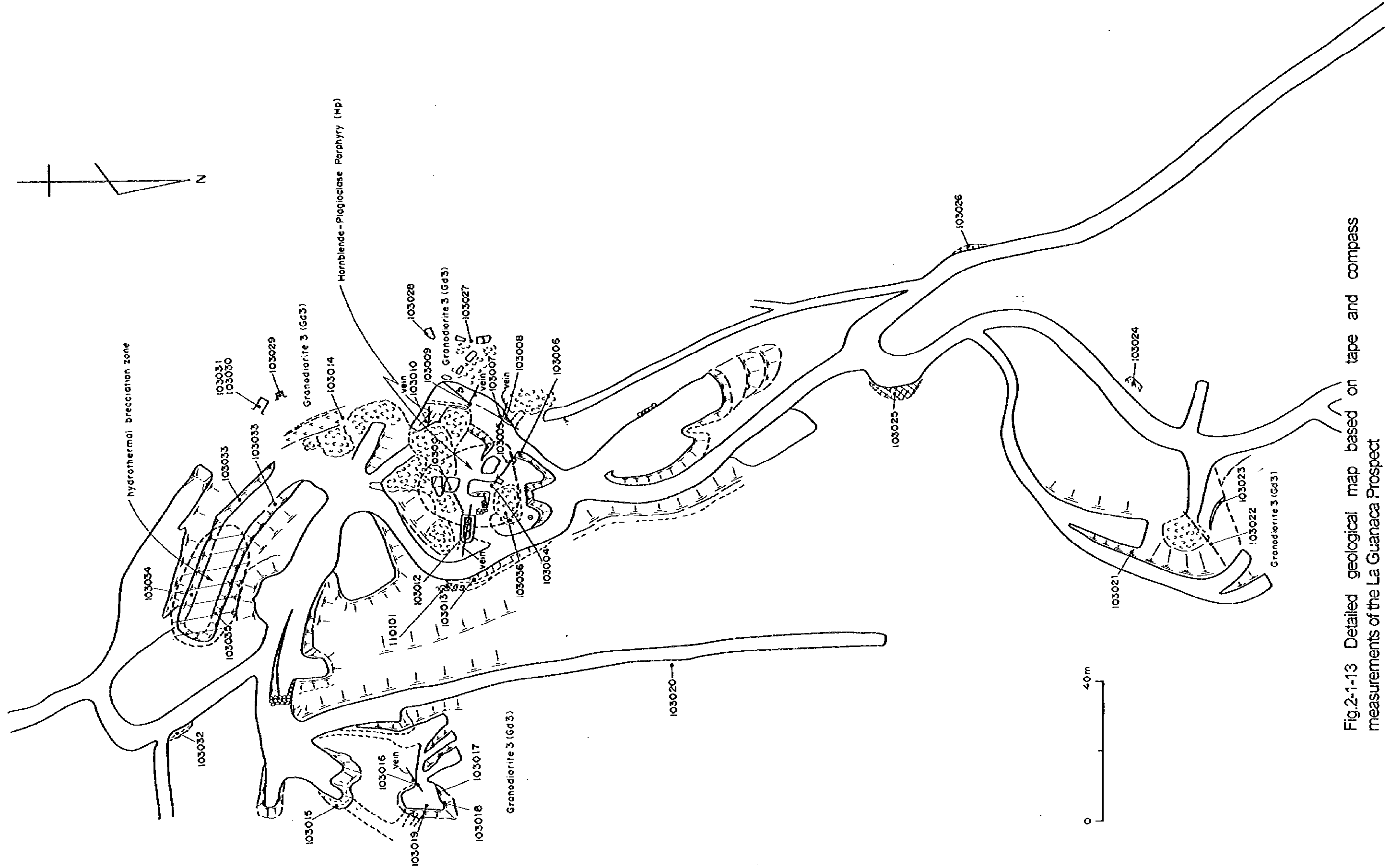


Fig.2-1-13 Detailed geological map based on tape and compass measurements of the La Guanaca Prospect

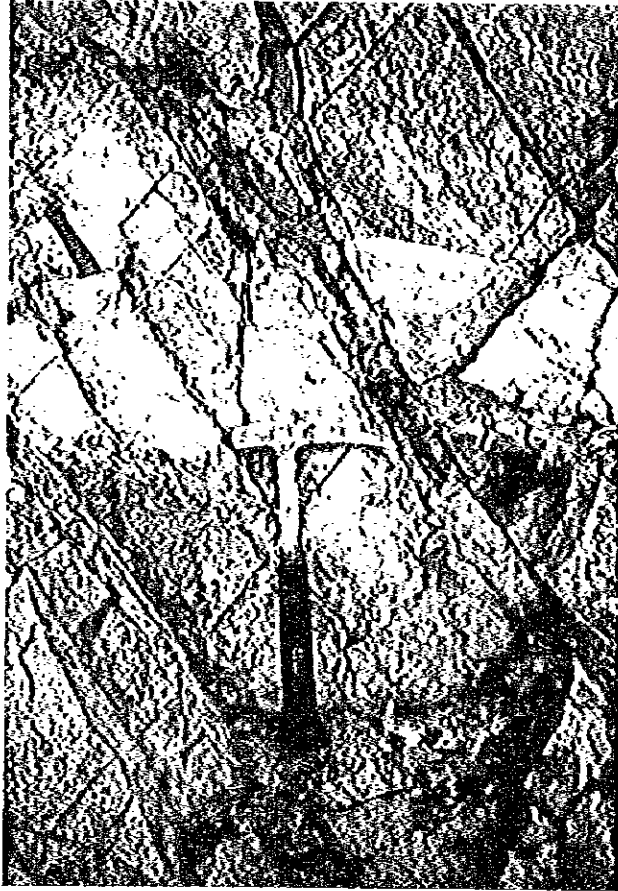


Fig 2-1-14 Chrysocolla vein in Granodiorite (Gd3) at the La Guanaca prospect.

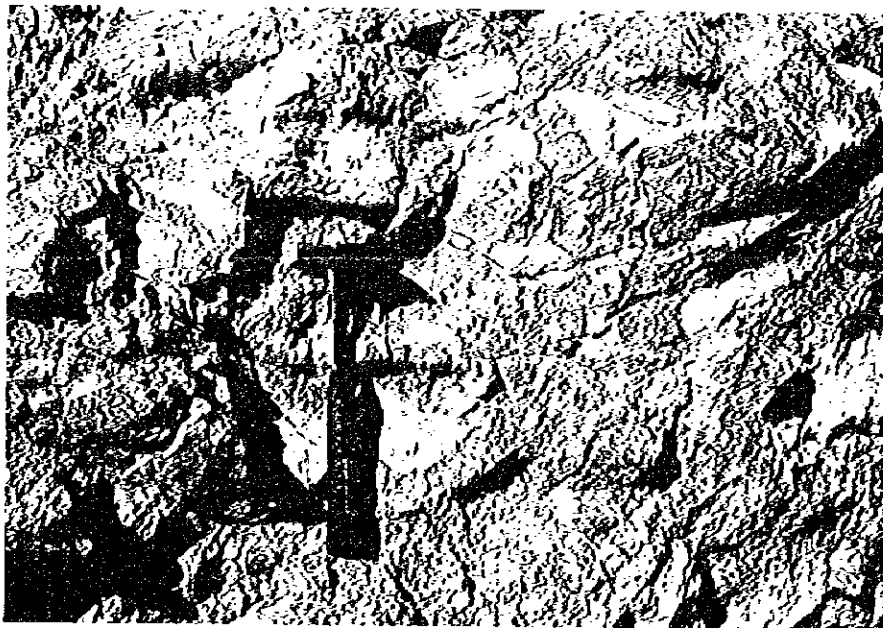


Fig 2-1-15 Photograph of the hydrothermal brecciation zone in the La Guanaca Prospect.

多くのクリソコラ脈は、石英を伴わず、脈際の変質もほとんど認められない。このことから、花崗岩中にある酸化銅脈の多くは、硫化鉱物が in situ で酸化したものではなく、supergene 溶液によって運ばれた銅が割れ目に沿って沈殿したものと考えられる。この元の初生の銅の候補としては、斑岩ストック中の鉱染状硫化鉱物が考えられる。ただし、すべての酸化銅脈がこのような外来性とは限らず、一部には、石英脈にともなうものもある(露頭番号 103016)。また、青緑色酸化銅脈の中には、鏡下で極めて小さな黄銅鉱が認められる場合があり、脈の形成にともなって銅の鉱化作用も起こったと推定される。

したがって、La Guanaca 鉱徴地では、大きく二つの銅鉱化作用があると推定される。一つは、斑岩ストック中の鉱染状鉱化作用である。他の一つは、花崗岩中に見られる銅脈型の鉱化作用である。この中に、in situ の銅の沈殿したものがあり、また、外来性の二次酸化銅が沈殿したものがある。

探検場を少し離れた箇所、トレンチ跡がある。ここでは、花崗岩がブロック～角礫化し、その間のマトリックス部をセリサイト・リモナイトが充填するという熱水角礫化帯が観察される (Fig. 2-1-15)。セリサイトは肉眼で鱗片を識別できるくらいに粗粒である。

2) Rinconada 鉱徴地

本地区には、多数のピットが分布する (Fig. 2-1-16, Sheet 4)。各ピットには、石英脈とともに酸化銅が認められる。石英脈の母岩は、アブライト質花崗岩 (Ag) である。石英脈と母岩との境界は、不明瞭なものが多い (Fig. 2-1-17, 18)。石英脈の幅は、数 cm～数十 cm である。石英脈の走向は、 $N10^{\circ} \sim 40^{\circ} E$ 、 $N10^{\circ} \sim 30^{\circ} W$ であり、南北系が多い。傾斜は、 70° ～垂直である。脈は、クリソコラ、マラカイト、プロシャン銅鉱などの緑色酸化銅鉱物の他に、緑簾石、緑泥石、および電気石を伴う。脈および脈際には、多量のセリサイトが生じており、肉眼でその鱗片を確認できるほどに、粗粒なものもある。ところによっては、緑色銅鉱物を伴わず、石英、緑簾石、電気石、およびガーネットからなる細脈も観察される。脈周辺には、淡黄緑色のスメクタイトがあり、これは、緑色酸化銅鉱物と同じ supergene ステージで生じたものと考えられる。

3) 中央部鉱徴地

石英脈にともない銅鉱化が認められる (Fig. 2-1-19, 20)。石英脈は、多くは花崗岩花崗岩中にあり、一部は Llanta 層の安山岩中に分布する。石英脈は、幅数 cm～6cm であり、これら平行脈とクリソコラ・マラカイト脈を併せて数 10cm 幅の鉱化脈帯を形成する。約 7 本の石英脈が確認できる。走向延長は数 m～数 10m である。走向は、 $N80^{\circ} E \sim N60^{\circ} W$ と東西系である。傾斜は垂直～ $60^{\circ} S$ である。脈際にはセリサイト変質帯があり、電気石も生じている。黒色～赤褐色酸化銅鉱物および緑色～青色酸化銅鉱物が観察される。一部硫化鉱物として黄銅鉱、黄鉄鉱がわずかに残存する場合がある。したがって、本地区の鉱化作用は、exoticなものではなく、in situ で銅が沈殿したものである。

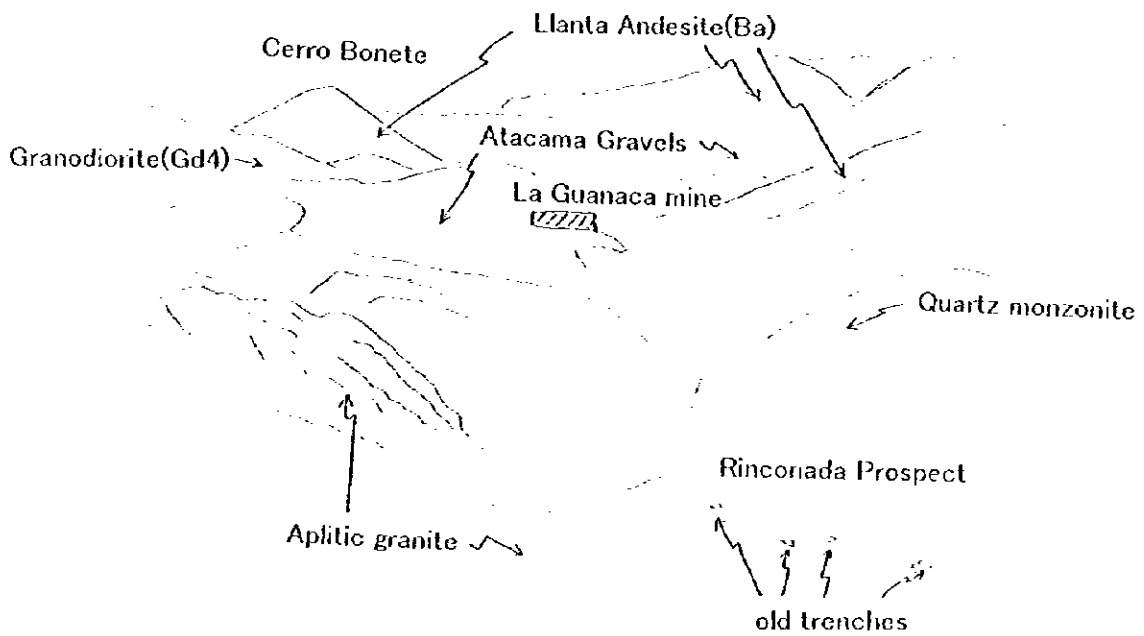
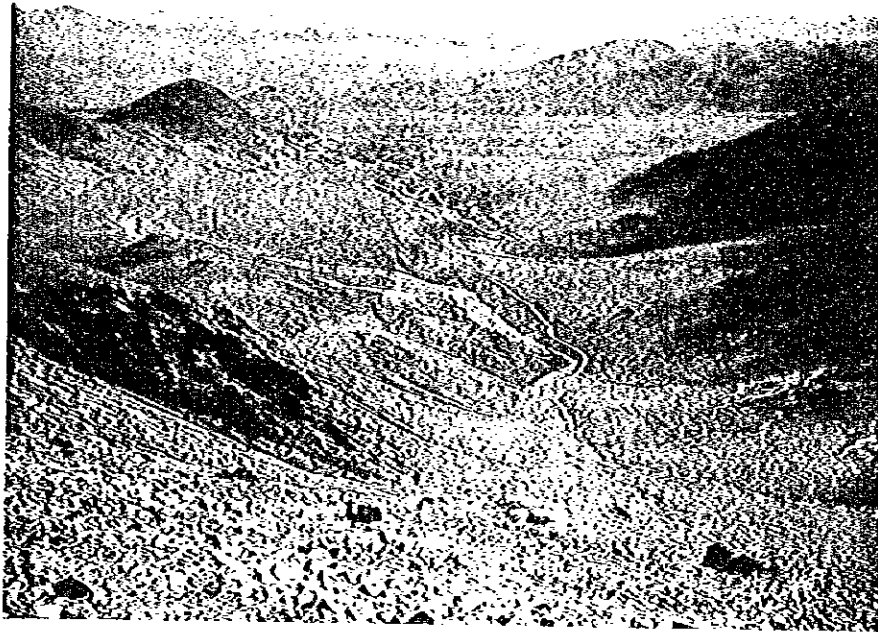


Fig 2-1-16 View of the Rinconada Prospect and outcropping geology



Fig 2-1-17 Quartz vein with green copper mineralization at the Rinconada Prospect



Fig 2-1-18 Quartz vein with green copper mineralization at the Rinconada Prospect

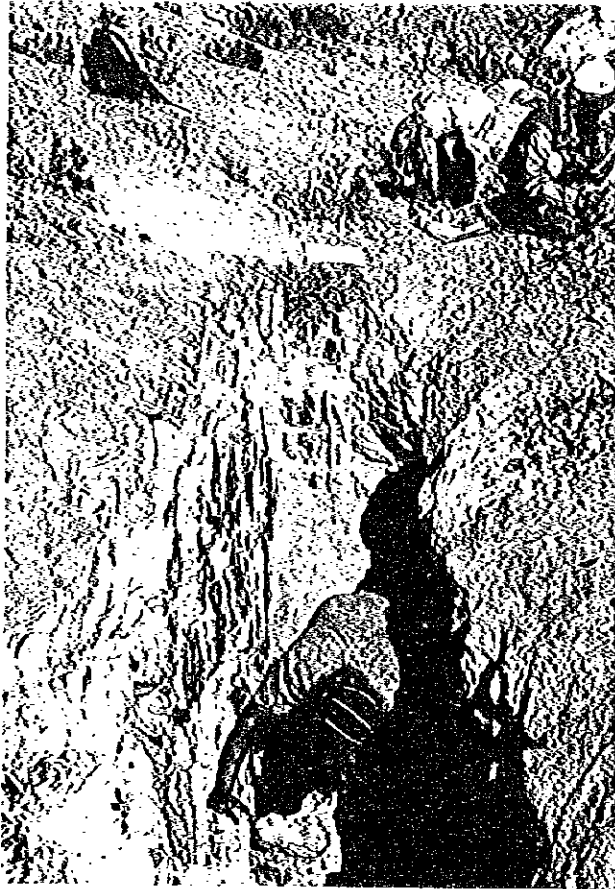


Fig 2-1-19 Quartz vein with green copper mineralization at the Central Prospect.



Fig 2-1-20 Close-up of Fig. 2-1-19

本地区は、脈際のみではなく、周辺にも白色化変質が分布する。石英脈は、前述のとおり、花崗閃緑岩と基盤の Llanta 安山岩との境界付近に分布する。本地区の約 300m 南の沢の、Llanta 安山岩と花崗閃緑岩 (Gd3) との境界付近にも、石英脈にともなう銅鉛化作用があり、花崗閃緑岩体の周縁部に同様の鉛脈が発達していると推定できる。

4) La Escondida 鉛鋅地

本地区は、調査対象域の外であるが、本地域の鉛化作用と同種、同時代と考えられるため、参考のため調査を行った。

500m×500m の範囲にわたって凹坑、ピットが分布する。この中で最も大きなものは露頭番号 96102818 の La Escondida 鉛山のメイン坑道と推定されるものである。凹坑は、長さ 30m 以上、深さ 10m 以上続いており、脈沿いに延び、その方向は N80°W とほぼ EW である。母岩は Llanta 層の安山岩である。石英脈には、クリソコラ、マラカイト、プロシャン銅鉛の他、赤鉄鉛、赤錳鉛が観察される。したがって、鉛化のタイプは、Rinconada 鉛鋅地および中央部鉛鋅地と同じである。

5) Quebrada Enriqueta 変質帯

白色～黄褐色変質している岩石は、流紋岩質火山礫凝灰岩～流紋岩質溶岩 (Rd) であり、これに接する安山岩質角礫岩 (Ga)

火山礫凝灰岩は、部分的により小さな角礫となり、熱水性角礫岩様の岩相を呈する。変質は、イライト/スメクタイト混合層に代表される混合層粘土帯である。一部に、イライトまで、変質が進んでおり、弱いカオリン変質が認められる箇所がある。このカオリナイトは、その産状か supergene の変質によって生じたものと考えられる。