





ブラジル連邦共和国 クライスノボス地域  
資源開発協力基礎調査報告書

総括報告書

JICA LIBRARY



1098359(1)

2384V

平成4年3月

国際協力事業団  
金属鉱業事業団

国際協力事業団

23844

## は し が き

日本国政府はブラジル連邦共和国の要請に応え、同国の北東部に位置するクライスノボス地域の鉱物資源賦存の可能性を確認するため、ランドサット画像解析、地質調査、地化学探査、物理探査及びトレンチ調査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、この調査を金属鉱業事業団に委託することとした。

本調査は、平成元年度から平成3年度までの3カ年にわたって実施され、ブラジル連邦共和国政府関係機関である鉱山動力省鉱産局及び鉱物探鉱公社の協力を得て予定通り完了した。

本報告書は、3年間の調査結果を取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いただいたブラジル連邦共和国政府関係機関ならびに外務省、通商産業省、在ブラジル連邦共和国日本国大使館及び関係各位の方々に衷心より感謝の意を表するものである。

平成4年3月

国際協力事業団

総 裁 柳谷 謙介

金属鉱業事業団

理事長 福原 元一



## 要 約

本調査は、ブラジル連邦共和国政府と日本国政府の間で 1989 年 7月11日に取り決められた Scope of Work に基づき、ブラジル連邦共和国リオグランデノルテ州からパライバ州にわたるクライスノボス地域(Figure 1, Figure 2)において実施された。以下は1989年から1991年の3年にわたる調査結果である。

### (1) 地質及び構造

第1年次に 5,910km<sup>2</sup> の調査範囲全体を含む地域でランドサット画像解析を実施した。画像上の特徴から 16 の地質単元に分類され、既知の岩体、地層等に対比された。NNE-SSW系及び E-W系のリニアメントも数多く抽出され、鉍化作用と地質構造との関連が指摘された。

地質調査は第1年次から第3年次まで上記調査範囲内の 2,000km<sup>2</sup> について実施した。

調査範囲には主として先カンブリア紀の地層が分布する。これらは下位より始生代のカイコ岩体、原生代セリド層群のジュクルトゥ層、エクアドル層及びセリド層である。カイコ岩体は片麻岩-ミグマタイト-花崗岩、ジュクルトゥ層は片麻岩、エクアドル層は主として珪岩であり、セリド層は黒雲母片岩で代表される。第三紀の陸生堆積物及び第四紀層が以上に述べた先カンブリア紀の地層の上に載る。

調査地域東端にはセリド層とカイコ岩体を分けるピクイ断層が北から南に縦断し、中央部及び西部にも大規模な断層が NNE-SSW~ N-S方向に延長する。また、幅約 3kmの褶曲帯が調査地域中央部を南北に縦断するなど、全体的に NNE-SSW~ N-S方向の構造が強く現れている。これとほぼ直交する WNW-ESE~ENE-WSW 方向の新しい玄武岩岩脈及び断層も各所に見られる。

今回の調査では以下の事項が明らかになった。すなわち、従来ジュクルトゥ層とされていた地層の一部が実際にはカイコ岩体あるいはセリド層に対比されるものであること、セリド層は4種の岩相に細分できること、幅が約 3 kmの褶曲帯が調査地域の中央部を南北に縦断している、そして、金鉍床の賦存は地層ではなく構造に規制されることなどである。

### (2) 河川堆積物地化学探査

第1年次から第3年次まで地質調査と並行して実施した。

沢砂地化探では、サンフランシスコ鉍床を取り囲む地域で強い金の異常を示し、フレイマルティーニョの北方及び東方、ピクイ市の西方でも金異常が検出された。しかし、フレイマルティーニョの北方及び東方、ピクイ市の西方では含金石英脈等の鉍化作用は発見されていない。また、サオトメ西方およびフレイマルティーニョ南南西方の小規模な含金石英脈の付近では異常は検出されなかった。

Au, Ag, Fe, Mn, Mo, W, Sn, Nb, Ta, Be, Li, As, Sbの元素を地化学的に検討したが、Auに相関する元素はなく、金鉍床探査には Au のみが有効であることが判明した。

パンニング試料では各所で金粒が確認されたが、サンフランシスコ鉍床周辺を除けば、数が

少なく、ごく細粒である。しかも、これらの金粒は小規模の鉍化帯の近くでは容易に発見できない。

従って、本調査地域では、大規模な金鉍床周辺では明らかに金異常が検出されるが、鉍化作用が小規模であればその異常は弱く、不明瞭になる。このことから、本地域ではサンフランシスコ鉍床を除き、規模の大きい金鉍床が発見される可能性は少ないと考えられる。

### (3) 土地化学探査

第1年次の調査結果選定されたA地区で第2年次に、第2年次の調査結果選定されたB地区で第3年次に実施した。

A地区は4つの小地区に分割し、A-I、A-II、A-III及びA-IV地区で、B地区では南西端のB-I地区で実施した。金はA-I地区の南東部、A-II地区のほぼ中央部に異常域が集中し、B-I地区では異常点として散在した。A-II地区ではほぼ中央部をサンフランシスコ鉍床の鉍化帯が通るが、そこでは金の異常点は必ずしも明瞭には検出されなかった。B-I地区でも含金石英脈付近では異常は検出されなかった。また後述するA-I、A-II地区でのトレンチ調査でも土壌中の金の異常と鉍化作用は一部を除き、必ずしも対応しなかった。

Au, As, Sbの3元素を地化学的に検討した。サンフランシスコ鉍床の延長上でAuとAsが相関し、鉍床の特徴を表したが、他の地区では3元素は相関しなかった。

### (4) 植物地化学探査

第2年次にA-I及びA-II地区で実施した。試料はジュレマプレタ、カチンゲイラ及びマウバの3種植物の葉から採取した。ジュレマプレタとマウバは土壌中の金をより多く吸収する事が判明した。鉍化作用との位置的な関連から、広域的にはジュレマプレタが金の探査に有効であろうと判断された。

### (5) 物理探査

第2年次の地化学探査に基づき、第3年次にA-II地区で、地下の鉍化作用(含金黄鉄鉍石英脈)を把握するために主として黄鉄鉍を検知するのに有効なIP法電気探査を実施した。その結果、IP異常が強く現れた西部、中部および東部の3つの異常帯が抽出された。中部の異常帯はNNE-SSW方向に延び、サンフランシスコ鉍床の南延長部を包含する。西部及び東部の異常帯はむしろ東西に近い方向性を示す。この物理探査の結果及び前述の地化探の結果をもとに鉍化作用の検証のため後述するトレンチ調査を実施した。

本地区における物理探査の結果を検討する場合には、対象とするサンフランシスコ鉍床の特性、即ち、黄鉄鉍等の硫化物を伴うこと、NNE-SSW方向の断層沿いに連続すること、深部まで連続することを考慮しなければならないが、中部異常帯では硫化物の存在を表すIP異常と同時にNNE-SSW方向の断層も推定されており、深部まで連続するので、この異常は正にサンフランシスコ鉍床を把握したものと言う事ができる。一方、東部及び西部の異常帯は上記の条件を



満たしておらず、トレンチ調査の結果でも、強いI P異常と鉱化作用との関連性は明らかにできなかった。明らかにするためにはさらに詳細な調査が必要である。

以上に述べたことから、本調査で探査対象としている鉱床の特性とI P異常の分布状態はサンフランシスコ鉱床の上において良く一致しており、I P法物理探査で同種鉱床を把握できることを実証したと考えられる。

#### (6) トレンチ調査

第1年次から第3年次にわたる地質調査、地化学探査及び物理探査の結果に基づき、第3年次にA-I及びA-II地区でトレンチ調査を実施した。A-I地区では土壤中に最高208ppbの金異常が得られたにもかかわらず、トレンチでは最高17ppbを示したのみである。しかもトレンチ中では金を得られた点は散在し、鉱化作用との関連性は指摘できない。

A-II地区では、サンフランシスコ鉱化帯南延長部のやや東に、0.6～19ppbではあるが、60m間連続する金の値が得られた。これは既存の資料と比較すれば鉱化作用によると考えられる。そこでは植物地化探異常と物理探査異常が重なる。

#### (7) 鉱化作用

以上の調査結果によれば、本地域の金に関する鉱化作用は全体的に劣勢である。本地区には開発中のサンフランシスコ鉱床と他に小規模な2つの含金石英脈が認められ、サンフランシスコ鉱床を除けば、いずれも小規模で、経済的に開発され得る鉱床が賦存する可能性は低い。鉱床胚胎有望地として抽出されたA地域においても経済的に開発され得る鉱床が賦存する可能性は低く、B地域およびC地域でも鉱化作用は十分に解明されていないものの、経済性見合い鉱量をもつ鉱床が発見される可能性は疑わしい。上記の金鉱床は30km程度の間隔をおいて南北に並ぶ。これらの金鉱化作用は変成作用終了後、変成作用の余熱を熱源とする鉱液が形成され、セリド層あるいはカイク岩体の母岩中から金を取り出し、断層等の裂か中に形成された浅熱水性裂か充填型鉱床であると判断される。しかしながら、以上の鉱床の鉱化作用については未だ十分に解明されていない。最大のサンフランシスコ鉱床の解明は、類似地質環境の他地域の将来の探査にとって重要である。

#### (8) 探査手法

本調査地域では、鉱床胚胎有望地を抽出することを目的とし、概査から精査に向け順次、地質調査、鉱床調査、河川堆積物地化学探査、土地化学探査、I P法物理探査及びトレンチ調査を実施した。その結果、サンフランシスコ鉱床を除き、2か所に小規模含金石英脈を確認した。前者はすべての方法で確認することができ、後2者は地質調査及び鉱床調査でのみ確認することができた。サンフランシスコ鉱床の南側(A地区)、及び1つの小規模含金石英脈を含む地区(B-I地区)が準精査地区として抽出された。以下は手法についての有効性である。

河川堆積物地化学探査では、サンフランシスコ鉱床周辺で明瞭な金異常を捕捉しており、金

鉱床の探査には有効であると言える。しかしながら、企業化のための経済性見合い鉱量を持たないような小規模鉱床の探査には必ずしも有効とは言えない。

土壌地化学探査は、本調査地域では土壌の発達が悪いので、必ずしも有効とは言えない。さらに、土壌地化探の結果とトレンチ調査の結果はほとんど一致していないので、土壌地化探の適用は試料の採取間隔を狭め、基盤のどこの金異常と対比されるかなどのさらなる研究を要すると考えられる。

植物地化探は、概査の段階ではある程度の地下の金異常を現すことが判明した。

物理探査では、サンフランシスコ鉱床で代表されるタイプの鉱化帯はその規模が相当のものであれば十分に把握できることが判明した。小規模の鉱化帯については、物理探査異常をトレンチあるいは試錐等によりさらに検証することが必要である。

以上から、サンフランシスコ鉱床を除けば、本調査地域には経済性見合い鉱量を持つ鉱床が発見される可能性が低いことが判明した。しかしながら、他の類似地質状況にある地域の探査のために、本調査の経験より以下のことを提言した。即ち、未だ全貌が明らかになっていないサンフランシスコ鉱床及びB地区の含金石英脈鉱床について、その胚胎状況、規模などを鉱床調査及び物理探査等によりさらに明らかにすること。また、地質状況が類似する他の地域において鉱床、特にサンフランシスコ型の鉱床を新たに探査するには、地質調査、鉱床調査、河川堆積物地化学探査、精密鉱床調査、IP法物理探査及びトレンチ調査等を概査から精査に向け順次実施すべきであることを。

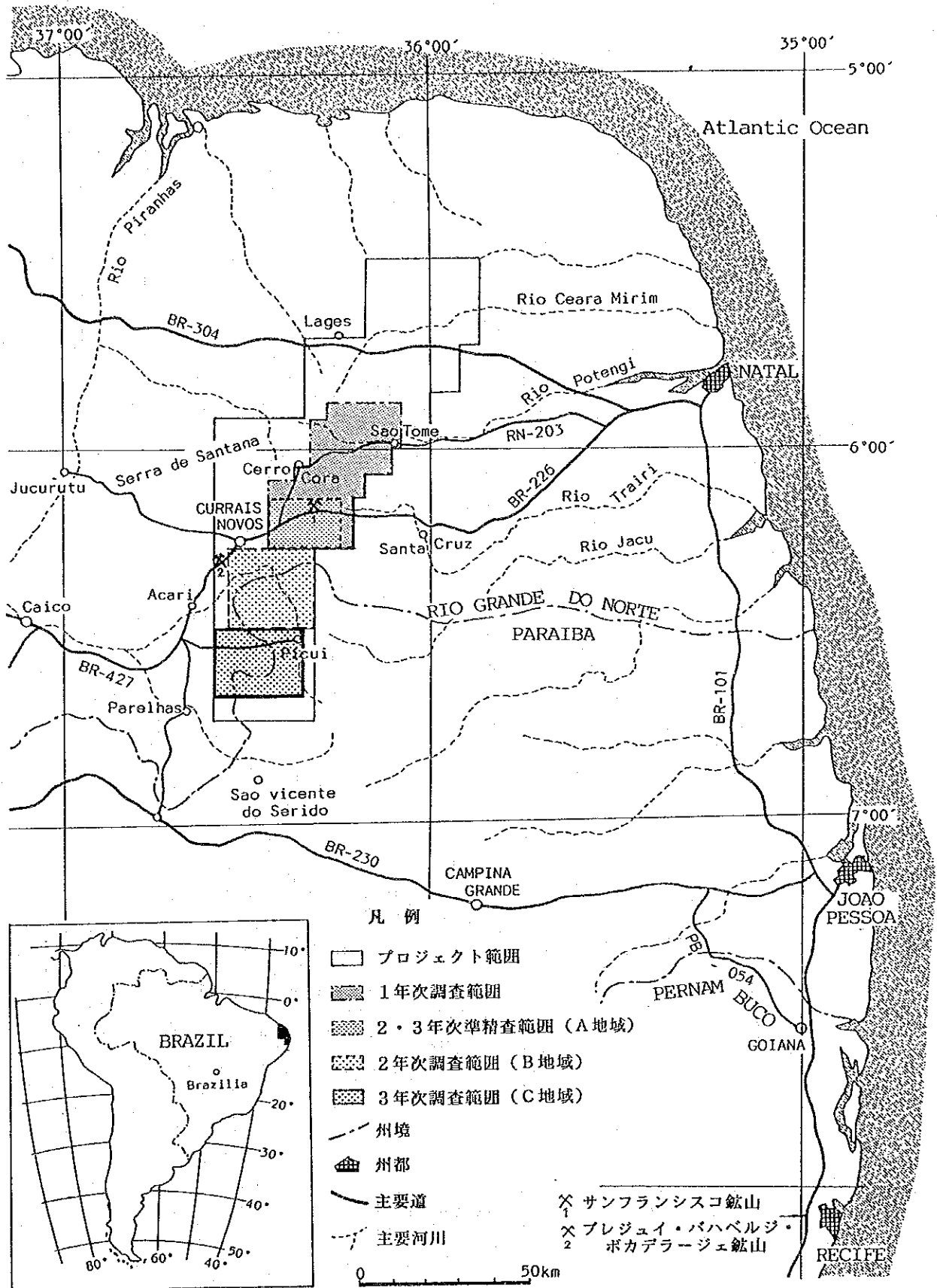


Figure 1 Location of the project area

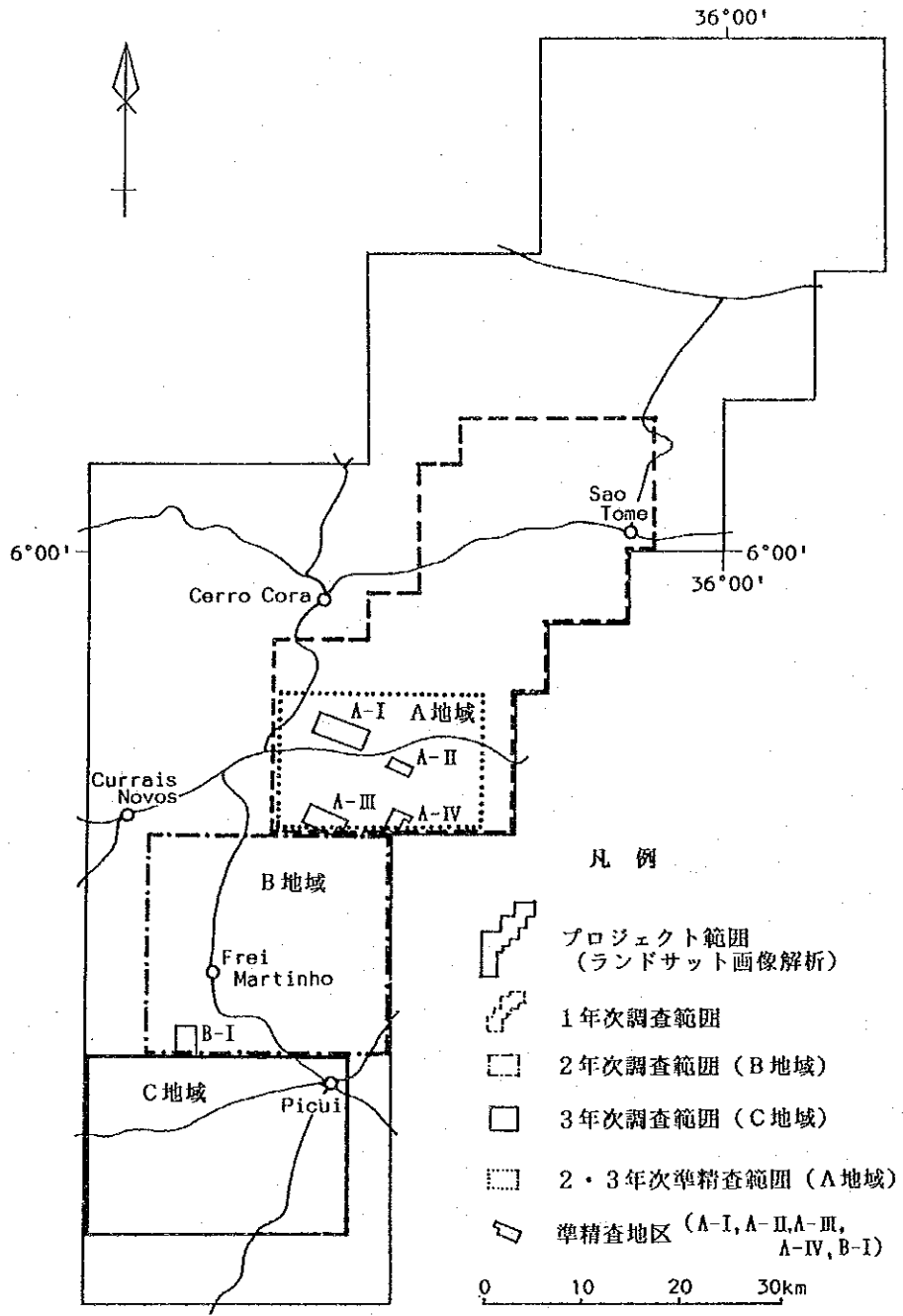


Figure 2 Location of the survey area

# 目 次

はしがき  
要 約  
目 次

## 第 I 部 総 論

第 1 章 調査概要	1
1-1 調査地域及び調査目的	1
1-2 調査方法及び調査量	1
1-3 調査期間及び調査量	1
第 2 章 従来 of 調査	5
2-1 地質層序及び地質構造	5
2-2 鉍 床	5
第 3 章 調査地域の地質概要	9
3-1 地 質	9
3-2 鉍 床	9
3-3 鉍業概要	12
第 4 章 現地状況	13
4-1 位置及び交通	13
4-2 地形及び水系	13
4-3 気候及び植生	14
第 5 章 調査結果	15
5-1 第 1 年次の調査結果	15
5-2 第 2 年次の調査結果	15
5-3 第 3 年次の調査結果	16
第 6 章 結論及び提言	19
6-1 結 論	19
6-2 将来への提言	20

## 第Ⅱ部 各 論

第1章 ランドサット画像解析	21
1-1 使用データ及び解析方法	21
1-1-1 使用データ	21
1-1-2 解析方法	21
1-2 解析結果	25
1-2-1 岩相分類	29
1-2-2 地質構造解析	32
1-2-3 地質及び地質構造と鉱化作用	32
第2章 クライスノボス地域の概査	35
2-1 地 質	35
2-1-1 先カンブリア系	35
2-1-2 第三系	40
2-1-3 貫入岩類	40
2-2 地質構造	41
2-3 鉱化作用	42
2-4 河川堆積物地化学探査	46
2-4-1 探査概要	46
2-4-2 沢砂地化学探査結果	46
2-4-3 パンニング試料地化学探査結果	57
2-4-4 河川堆積物地化学探査のまとめ	58
第3章 A地域の準精査	59
3-1 地質及び鉱化作用	59
3-1-1 地質概要	59
3-1-2 鉱化作用	59
3-2 植物地化学探査	61
3-2-1 探査概要	61
3-2-2 探査結果	61
3-3 土壌地化学探査	69
3-3-1 探査概要	69
3-3-2 探査結果	69
3-4 電気探査	75
3-4-1 探査概要	75

3-4-2 探査結果	75
3-5 トレンチ調査	87
3-5-1 調査概要	87
3-5-2 調査結果	89
第4章 B地域の準精査	93
4-1 地質及び鉍化作用	93
4-1-1 地質概要	93
4-1-2 鉍化作用	93
4-2 土壌地化学探査	93
4-2-1 探査概要	93
4-2-2 探査結果	95
第5章 調査結果の総合検討	97
5-1 クライスノボス地域	97
5-2 A 地域	98
5-3 B 地域	98

### 第Ⅲ部 結論及び提言

第1章 結論	101
第2章 将来への提言	103

図表一覧  
 参考文献  
 付 録

# 第 I 部 総論







## 第1章 調査概要

### 1-1 調査地域及び調査目的

調査地域はブラジル連邦共和国リオグランデノルテ州の中央南部からパライバ州の中央北部にかけてにあり、南緯 5° 30' ~ 6° 45'、西経 35° 50' ~ 36° 35' のなかに位置する。調査範囲は 5,910km<sup>2</sup> である。

本調査の目的は既存資料の検討、ランドサット画像解析、地質調査、地化学探査、物理探査及びトレンチ調査を実施することにより金属鉱床、特に金鉱床の賦存有望地区の抽出と鉱床賦存の確認をおこなうことである。

### 1-2 調査方法及び調査量

本調査は Figure I-1-1、Table I-1-1 に示す調査方法及び調査量により実施された。

### 1-3 調査期間及び調査員

平成元年度から平成3年度までの3年間にわたる調査期間に実施された各種調査及びそれに関する調査員は Table I-1-2 の通りである。

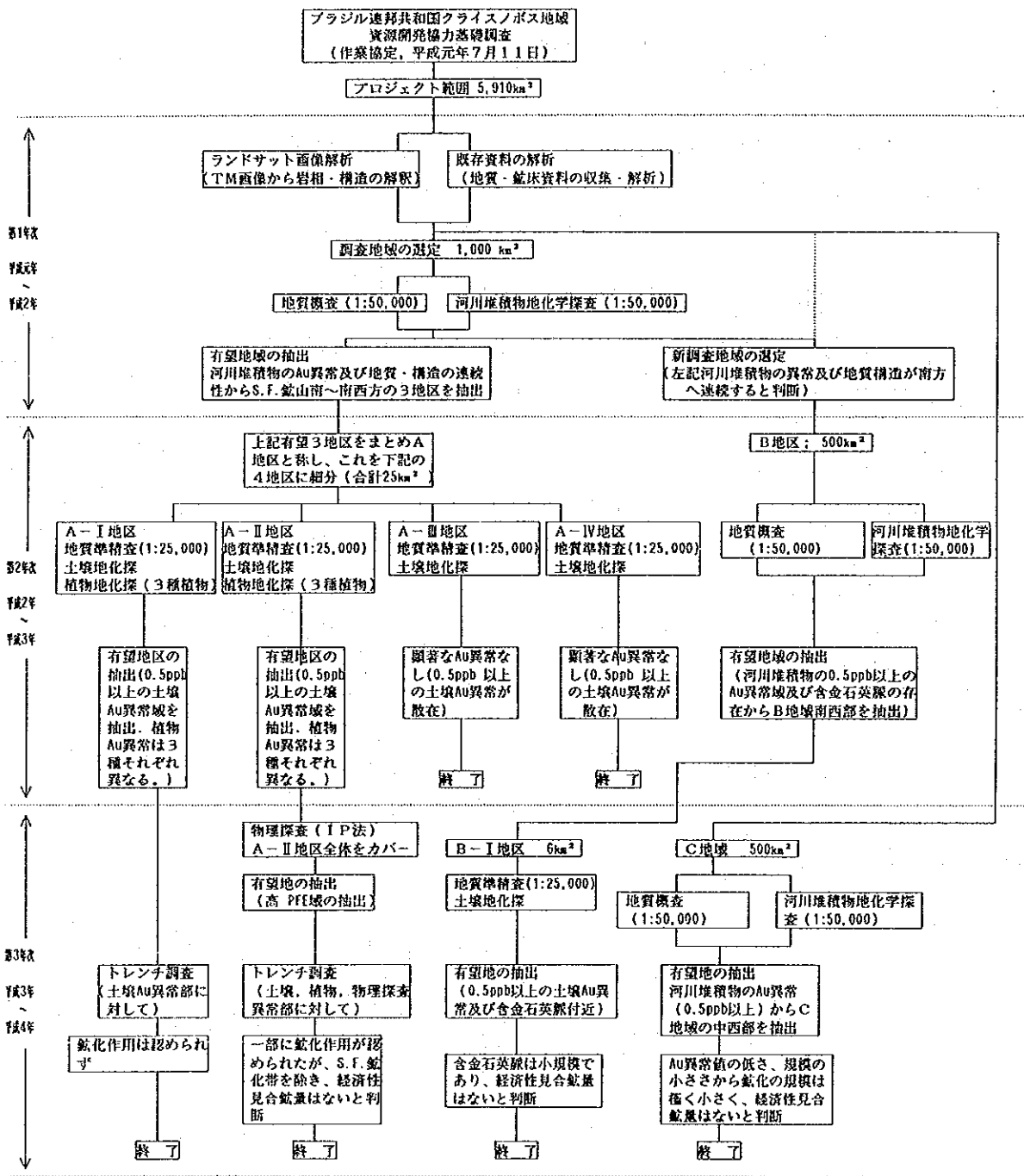


Figure I-1-1 Flow of the project

Table I-1-1 Amounts of surveys

調査法 年次	既存資料解析	ランドサット 画像解析	地質調査		地化学探査		物理探査		トレンチ調査		
			面積	1,000ka (概査)	面積	1,000ka					
第1年次 平成元年 ～ 平成2年	プロジェクト 地域(5,910ka) を含むブラジ ル東北部全域	プロジェクト地 域(5,910ka)を カバーする地域  14シーンTM画像  (縮尺 1:200,000 1:100,000)	面積	1,000ka (概査)	面積	1,000ka					
			踏査距離	900km (4-1777 1:25,000)			沢砂試料: 1,500件, 分析成分(Au, Ag, Fe, Mn, Mo, V, Sn, Nb, Ta, Be, Li, As, Sb)				
			化学分析	全岩分析: 30件, 分析 成分25(SiO <sub>2</sub> , TiO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , FeO, MnO, MgO, CaO, Na <sub>2</sub> O, K <sub>2</sub> O, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , LOI, Au, Ag, Fe, Mn, Mo, V, Sn, Nb, Ta, Be, Li, As, Sb)	河川堆積 物地化学 探査	パンニング試料: 150件, 分析成分(Au, Ag, Mo, V, Sn, Nb, Ta)					
	室内試験	岩石薄片鑑定: 30件 鉱石研磨片鑑定: 7件 岩石・鉱物X線回折 : 20件									
第2年次 平成2年 ～ 平成3年			地区及び 面積	A地区: 25ka (準精査) B地区: 500ka (概査)	地区及び 面積	A地区(A-1, A-1-A-1, A-1-A-1 に細分, 合計25ka) B地区: 500ka					
			踏査距離	B地区: 438km (4-1777 1:25,000)	河川堆積 物地化学 探査 (B地区)	沢砂試料: 811件, 分析 成分(Au, Ag, Fe, Mn, Mo, V, Sn, Nb, Ta, Be, Li, As, Sb)					
			化学分析 (A, B地区 共通)	全岩分析: 30件, 分析 成分25(SiO <sub>2</sub> , TiO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , FeO, MnO, MgO, CaO, Na <sub>2</sub> O, K <sub>2</sub> O, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , LOI, Au, Ag, Fe, Mn, Mo, V, Sn, Nb, Ta, Be, Li, As, Sb) 鉱石分析: 12件, 分析成 分(Au, Ag, As, Cu)	土壌地化 学探査 (A地区)	パンニング試料: 81件, 分析成分(Au, Ag, Mo, V, Sn, Nb, Ta)	(4地区全体) 土壌: 2,400件, 分析 成分(Au, As, Sb)				
			室内試験 (A, B地区 共通)	岩石薄片鑑定: 30件 鉱石・鉱物X線回折 : 10件 流体包有物均質化温度 測定: 3件	植物地化 学探査 (A地区) (葉を利用)	植物地化 学探査 (A地区) (葉を利用)	マウバ: 165件, 分析 成分(Au, As, Sb, Fe, Al)				
第3年次 平成3年 ～ 平成4年			地区及び 面積	B-I地区: 6ka (準精査) C地区: 500ka (概査)	地区及び 面積	B-I地区: 6ka C地区: 500ka	測定方法	A-I地区: 2ka IP法	地区及び トレンチ	A-I地区 6トレンチ 合計 209m	
			踏査距離	C地区: 498km (4-1777 1:25,000)	河川堆積 物地化学 探査 (C区)	沢砂試料: 807件, 分析 成分(Au, Ag, Fe, Mn, Mo, V, Sn, Nb, Ta, Be, Li, As, Sb)	測定法	Dipole-Dipole法 測線延長: 10km 測線数: 5本 測定回数: 556回	掘削長	A-II地区 4トレンチ 合計 200m	
			化学分析 (C地区)	全岩分析: 30件, 分析 成分25(SiO <sub>2</sub> , TiO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , FeO, MnO, MgO, CaO, Na <sub>2</sub> O, K <sub>2</sub> O, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , LOI, Au, Ag, Fe, Mn, Mo, V, Sn, Nb, Ta, Be, Li, As, Sb): 30 鉱石分析: 4件, 分析成 分(Au, Ag)	土壌地化 学探査 (B-I地区)	パンニング試料: 83件, 分析成分(Au, Ag, Mo, V, Sn, Nb, Ta)	室内試験	岩石比抵抗測定 : 20件 岩石分極率測定 : 20件	化学分析	1mごとのチャ ネル試料: 501件, 分析成分 (Au, Ag, V)	
			室内試験 (C地区)	岩石薄片鑑定: 30件 岩石X線回折: 1件	土壌地化 学探査 (B-I地区)	土壌試料: 660件, 分析 成分(Au, As, Sb)	化学分析	岩石: 20件, 分析成分(S)	室内試験	岩石・鉱物X線 回折: 9件	

Table I-1-2 Period and member of surveys

年次	作業内容	期 間	調 査 団 員	
			日 本 側	ブラジル側
第1年次 平成元年 ～ 平成2年	調査計画策定及び事前折衝	平成元年 7月7日～7月22日	川田正博 外務省経済協力局 池田 肇 国際協力事業団 松本勝時 金属鉱業事業団 向井英昭 金属鉱業事業団 (リオデジャネイロ海外調査員) 鈴木哲夫 金属鉱業事業団	Elsio Serejo Farias DNP Manoel de Redenção e Silva DNP Carlos Oiti Berbert DNP Benedicto Valdir Ramos DNP Maria Helena Taira Oguino DNP Augusto Cesar DNP Alarico Antonio Frota Mont'Alverne DNP Julio de Resende Nesi DNP Marinho Alves DNP Hilton Heleri DNP Carlos Arberte DNP Joao de Castro DNP Marinho Arberte DNP
	既存資料解析 ランドサット画像解析 地質調査 地化学探査	平成元年 9月22日～12月1日	川上和夫 大手開発㈱ 小野寺政勝 大手開発㈱ 池田剛生 大手開発㈱ 後藤 求 大手開発㈱ 番場光隆 大手開発㈱ (以上、既存資料解析、現地調査) 柴田芳彰 大手開発㈱ (ランドサット画像解析)	Alarico Antonio Frota Mont'Alverne DNP Julio de Resende Nesi DNP Jose Robinson Alcoforado Dantas DNP Roberto Batista Santos DNP Mauro Caldas Mendes DNP Cicero Alves Ferreira CPRM Antonio Jose Barbosa CPRM Jorge Luiz da Costa DNP Severino do Ramos Souza DNP
	報告書作成	平成元年12月2日 ～平成2年2月20日		
第2年次 平成2年 ～ 平成3年	地質調査 地化学探査	平成2年 8月3日～11月7日	升田建蔵 金属鉱業事業団 向井英昭 金属鉱業事業団 (リオデジャネイロ海外調査員) 川上和夫 大手開発㈱ 池田剛生 大手開発㈱ 小野寺政勝 大手開発㈱ 番場光隆 大手開発㈱	Alarico Antonio Frota Mont'Alverne DNP Jose Robinson Alcoforado Dantas DNP Roberto Batista Santos DNP Mauro Caldas Mendes DNP Antonio Honorio de Melo Junior DNP Cicero Alves Ferreira CPRM Jorge Luiz da Costa DNP
	報告書作成	平成2年11月8日 ～平成3年2月20日		
第3年次 平成3年 ～ 平成4年	地質調査 地化学探査 トレンチ調査	平成3年 7月6日～9月25日	川上和夫 大手開発㈱ 小野寺政勝 大手開発㈱ 後藤 求 大手開発㈱	Alarico Antonio Frota Mont'Alverne DNP Jose Robinson Alcoforado Dantas DNP Mauro Caldas Mendes DNP Antonio Honorio de Melo Junior DNP Cicero Alves Ferreira CPRM Jorge Luiz da Costa DNP
	物理探査	平成3年 7月8日～8月28日	田中富雄 大手開発㈱ 松久保和人 大手開発㈱	Luis Barbosa Barros DNP Roberto Batista Santos DNP
	報告書作成	平成3年8月29日 ～平成4年1月31日		

DNP: Departamento Nacional da Produção Mineral  
CPRM: Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

## 第2章 従来の調査

### 2-1 地質層序及び地質構造

本調査地域のあるブラジル北東部は Cordani & Brito Neves(1982)によれば、南のサンフランシスコ台地と北のサンルイス台地の間に位置する大構造单元の一部にあたり、ボルボレマ地区と呼称される(Almeida et al, 1981). Brito Neves (1983)は褶曲や変成の程度に基づき、ボルボレマ地区を5つの地質領域(Geologic Domain)に区分した(Figure I-2-1). この区分によれば本調査地域はセントラル領域のセリド地区内に位置する。

セントラル領域のセリド地区は、Jardim de Sa & Salim (1980)の層序によれば、主として始生代のカイコ岩体と原生代のセリド層群から構成される。セリド層群はさらにジュクルトゥ層、エクアドル層、セリド層に細分される。Jardim de Sa et al(1987)によれば、ジュクルトゥ層、エクアドル層は前造山期の堆積物であり、セリド層はフリッシュ型堆積物である。

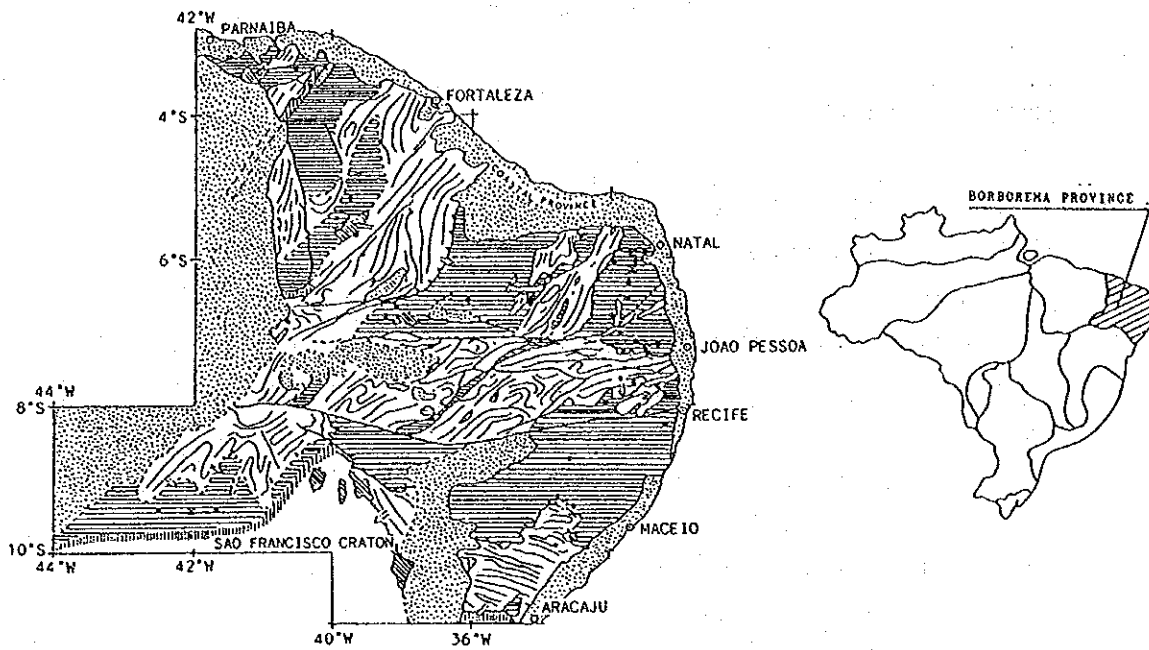
このセリド地区には、以上の他に、中生代白亜系のジャンダイラ(Jandaira)層とアス(Acu)層、新生代第三紀のセハドマルティンス(Serra do Martins)層、そして第四紀の崩積成堆積物及び沖積層が分布する。また、花崗岩、花崗閃緑岩、角閃岩など数多くの、様々な規模の深成岩、半深成岩類も分布する。本調査ではJardim de Sa & Salim (1980)の層序を踏襲した。

地質構造についても多くの研究がある。ブラジル全体の地質構造との関係から、ジェキエ(Jequie)造山輪廻(2900 ~ 2600 Ma)、トランスアマゾン(Transamazon)造山輪廻(2100 ~ 1800 Ma)、ブラジル造山輪廻(700 ~ 450 Ma)などの多段階の構造運動が識別されている。最近では、セリド地区で、Jardim de Sa (1984)などによりトランスアマゾン造山輪廻からブラジル造山輪廻にわたる5段階の構造運動が識別されている。

### 2-2 鉱床

本地域の鉱床探査は主としてタングステンについて実施されたが、金についても広域的な調査がなされた。タングステンの調査は、DNPW/CPRMにより『Projeto Tungstenio/Molibdenio』としてリオグランデドノルテ州及びパライバ州において1965年に開始され、1973年に最終報告書がだされた。また1980年には Projeto Scheelita do Seridoの報告書が出された(Lima, E. de A. M. et al, 1980)。これらの調査がセリド地区の層序の解明、地質図の作成に果たした役割は大きい。タングステン鉱床についてはその後、Maranhao, R. et al (1986)がセリド地区の代表的な鉱床である Brejui, Barra Verde, Boca de Lage, Zangarelhas についてその地質鉱床を詳しく述べている。上記資料によればタングステン鉱床はジュクルトゥ層中の石灰岩を交代したスカルン中に産する。

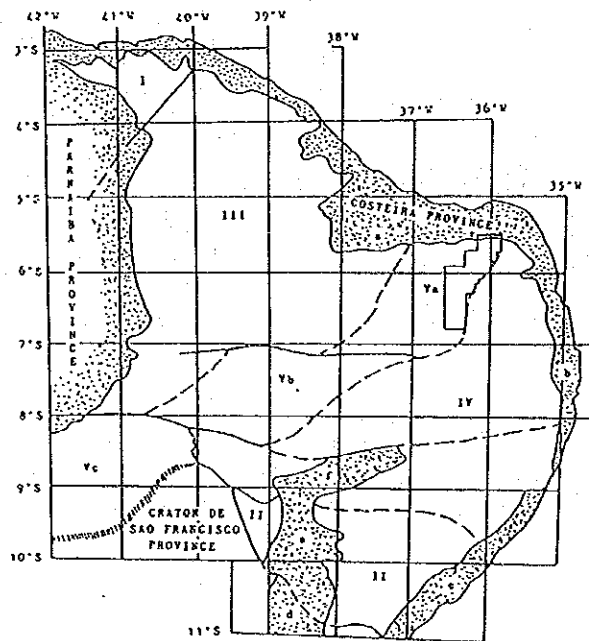
本地域における金の存在は1940年代の初めに知られ、1976年までは砂鉱、風化帯、石英脈が採掘されたが、品位の低下とともに採掘がスローダウンし、中止された。1980年になり、多く



- PHANEROZOIC SEDIMENTARY COVER
- MOLASSES OF BRASILIANO CYCLE
- SEDIMENTARY COVERS ASSOCIATED WITH THE FOLDED BELTS
- PROTEROZOIC FOLD BELTS (BRASILIANO STRUCTURES)
- GNEISS MIGMATITIC MASSIFS
- SAO FRANCISCO (CRATON) PROVINCE

• ISOCHRONS CONVENTIONAL Rb/Sr OR K/Ar AGES OF THE TRANS-AMAZONIAN CYCLE-EARLY PROTEROZOIC  
 □ CONVENTIONAL Rb/Sr AGES OF THE JEQUIE CYCLE-ARCHAEN (SOAE FEW ISOCHRONS AND K/Ar AGES)

(a) Principal geologic elements, modified by Brito Neves in 1983



- I - Rio Coraú Domain
- II - Sergipano Domain
- V - Central Domain
  - Va - Serido
  - Vb - Pianco-Alto Brigida
  - Vc - Riacho Pontal-Rio Prato

- III - Jaguaribano Domain
- IV - Centro-Oriental Domain

CONVENTIONAL SYSTEMS (OROGENIC BELTS)

VESTIGIAL SYSTEMS and "MASSIFS"

SEDIMENTARY BASINS

PARNAIBA PROVINCE

COSTEIRA PROVINCE

- a - Apodi
- b - Pernambuco-Paraíba
- c - Sergipe-Alagoas
- d - Tucano Sul
- e - Tucano Centro
- f - Jatoba

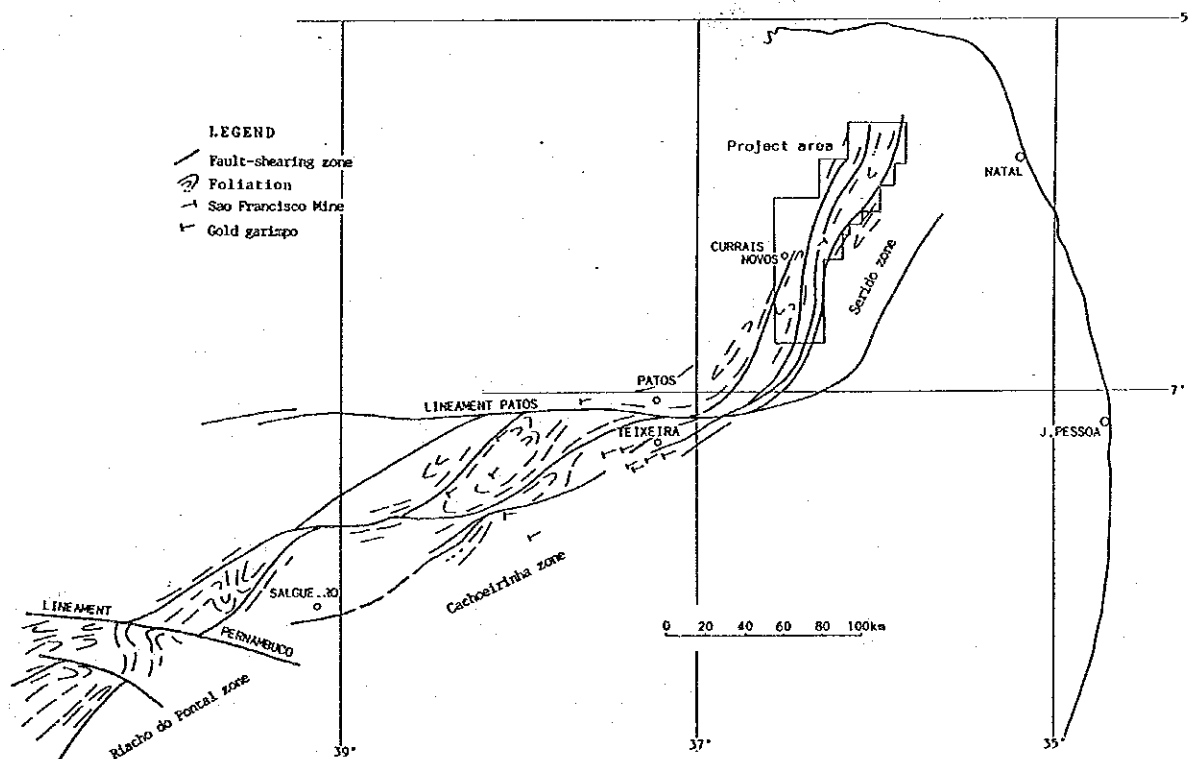
(b) Geologic domains after Brito Neves, 1983

Figure I-2-1 Principal geologic elements (a) and geologic domains (b) in the Borborema Province



の調査結果が 1:1,000,000 及び 1:100,000 の図面で CPRM から公表された。1980~1983年  
 には DNPM/CPRMによって金の調査が実施され、『Projeto Mapas Metalogeneticos e de Recursos  
 Auriferos, Folhas SB24/SB25, Jaguaribe/Natal』としてその報告書が出され、『Carta  
 Metalogenetico das Recursos Auriferos, 1:1,000,000』として図面にまとめられた。この調  
 査により、調査範囲を含むほりオグランドノルテ州全体における金鉱床の総括を行なった。  
 本報告には簡単ではあるが、サンフランシスコ鉱床の概要が述べられている。上記資料によれ  
 ば、本地域の金鉱床は主として石英脈中に産し、それらの石英脈は構造的な裂かに規制される  
 という説、変成作用に規制されるという説、堆積性のチャート等に規制されるという説がある。  
 胚胎層はジュクルトゥ層あるいはセリド層という説、特に地層との関連はないという説がある。  
 最近 Barbosa(1989)は、金鉱床の存在は大規模な構造線に関連するとした(Figure I-2-2)。こ  
 れによれば、調査範囲南方の金鉱床地帯として知られるテイシェイラ (Teixeira) は本調査地  
 域と同様にセリド層を縦断する構造線に沿う地域にある。

Figure I-2-2 Location of gold mineralization and structural lineaments; after Barbosa (1989)





### 第3章 調査地域の地質鉱床概要

#### 3-1 地質

調査地域は記述したボルボレマ地区のうちのセントラル領域-セリド地区内に位置する。調査地域には、下位から始生代のカイコ岩体、原生代のジュクルトゥ層、エクアドル層、セリド層、中生代白亜紀のアス層、新生代第三紀のセハドスマルティンス層、そして第四紀層が分布する。調査地域の西北部、東部及び中央北部には、片麻岩・ミグマタイト・花崗岩から成るカイコ岩体が分布する。調査地域中央部には変堆積岩からなるセリド層が広く分布する。ジュクルトゥ層は片麻岩から成り、セリド層西部のカイコ岩体との境界部に分布し、エクアドル層は主に珪岩で、セリド層分布域の西部に分布する。白亜紀のアス層は調査地域北端部の極く狭い範囲を占める。第三紀のセハドマルティンス層は調査地域中央西部のサンタナ山脈(Serra do Santana)頂部にやや広く分布する他は調査地域南半部に点在分布する(Figure I-3-1)。

本調査範囲はトランスアマゾン造山輪廻(2,100~1,800Ma)、ブラジル造山輪廻(700~450Ma)の造構運動を受けており、その運動の形式、それに伴う変成作用の形式などから5段階の造構変成事変(Structural and metamorphic events)が識別されている。

本調査地域には多くの断層が認められる。最も大規模なものは東部のカイコ岩体とセリド層を分けるピクイ断層であり、これはセントロオリエンタル領域とセントラル領域を分ける構造線でもある。調査地域全体にわたりこのピクイ断層に平行する数多くの断層がある。またこの断層にはほぼ直交するか高角度で交差する新規の断層も数多く認められる。

#### 3-2 鉱床

本調査地域にはスカルン型タングステン鉱床、ペグマタイト型ニオブ・タンタル・ベリリウム鉱床、そして鉱脈型金鉱床がある(Figure I-3-1, Table I-3-1)。

スカルン型タングステン鉱床はジュクルトゥ層中の石灰岩及びセリド層下部の石灰岩を交代して形成されたもので、調査地域中央西部のクライスノボス南部には Brejui, Barra Verde, Boca de Lage, Zangarelhas の5つの鉱山を結ぶ大きなタングステン鉱床がある。これはジュクルトゥ層中に含まれる。サントメの北西方にもジュクルトゥ層中のタングステン鉱床があるが、いずれも小規模である。セリド層のタングステン鉱床も小規模である。このタングステン鉱床には微量の銅、モリブデン、金等が含まれる。

鉱脈型鉱床の代表的なものは調査地域中央部にあるサンフランシスコ鉱床であり、セリド層内に胚胎する。鉱床の水平延長は数キロメートルに達する。他にも小規模の含金石英脈が調査地域内でみられ、それらの胚胎層はカイコ岩体及びセリド層である。いずれの鉱脈も断層、裂か等の構造に胚胎の場が規制されている。

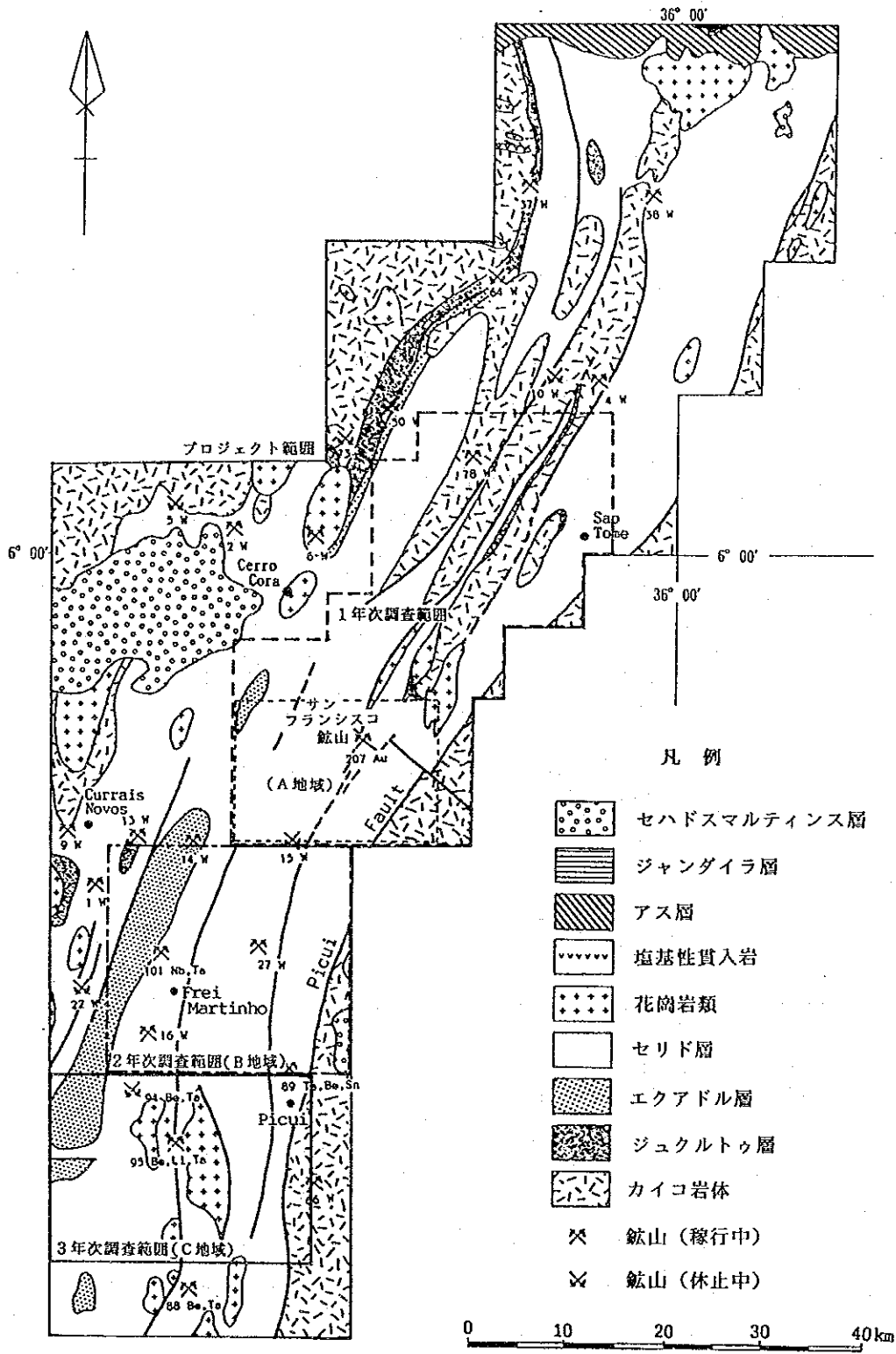


Figure I-3-1 General geology and known mineral deposits in the project area; revised from Carta Geologica do Brasil, Folha Jaguaribe (SB-24)/Folha Fortaleza (SA-24), DNPM, 1974.

Table I-3-1 Known mineral deposits in the project area

No.	Mineral	State	Locality	Geographic Orientation		Morphology	Genetic type
				Lat. S	Long. W		
1	Scheelite	RN	Currais Novos	6° 19' 00"	36° 33' 00"	Stratiform	Hydrothermal
1	Scheelite	RN	Currais Novos	6° 20' 00"	36° 33' 00"	Stratiform	Hydrothermal
1	Scheelite	RN	Currais Novos	6° 21' 00"	36° 33' 00"	Stratiform	Hydrothermal
2	Scheelite	RN	Santana dos Matos	5° 59' 00"	36° 25' 00"	Stratiform	Hydrothermal
4	Scheelite	RN	Sao Tome	5° 51' 00"	36° 05' 00"	Stratiform	Hydrothermal
5	Scheelite	RN	Santana Dos Matos	5° 57' 30"	36° 27' 00"	Stratiform	Hydrothermal
6	Scheelite	RN	Santana Dos Matos	5° 59' 00"	36° 20' 00"	Stratiform	Hydrothermal
6	Scheelite	RN	Santana Dos Matos	5° 58' 00"	36° 29' 00"	Stratiform	Hydrothermal
9	Scheelite	RN	Currais Novos	6° 17' 00"	36° 35' 30"	Stratiform	Hydrothermal
9	Scheelite	RN	Acari	6° 17' 30"	36° 38' 30"	Stratiform	Hydrothermal
9	Scheelite	RN	Currais Novos	6° 16' 55"	36° 35' 14"	Stratiform	Hydrothermal
10	Scheelite	RN	Lajes	6° 20' 20"	36° 07' 43"	Stratiform	Hydrothermal
13	Scheelite	RN	Currais Novos	6° 17' 09"	36° 33' 18"	Stratiform	Hydrothermal
14	Scheelite	RN	Currais Novos	6° 18' 00"	36° 27' 00"	Stratiform	Hydrothermal
15	Scheelite	RN	Currais Novos	6° 16' 00"	36° 21' 30"	Stratiform	Hydrothermal
16	Scheelite	PB	Frei Martinho	6° 27' 00"	36° 30' 30"	Stratiform	Hydrothermal
22	Scheelite	RN	Acari	6° 25' 00"	36° 33' 00"	Stratiform	Hydrothermal
27	Scheelite	PB	Frei Martinho	6° 23' 00"	36° 24' 00"	Stratiform	Hydrothermal
30	Scheelite	RN	Cerro Cora	5° 53' 00"	36° 17' 00"	Stratiform	Hydrothermal
37	Scheelite	RN	Lajes	5° 41' 00"	36° 08' 00"	Stratiform	Hydrothermal
38	Scheelite	RN	Caicara do Rio dos Vento	5° 04' 00"	36° 02' 00"	Stratiform	Hydrothermal
64	Scheelite	RN	Lajes	5° 44' 13"	36° 11' 24"	Stratiform	Hydrothermal
66	Scheelite	RN	Picui	6° 36' 30"	36° 21' 30"	Disseminated	Hydrothermal
73	Scheelite	RN	Cerro Cora	5° 53' 00"	36° 19' 00"	Vein	Hydrothermal
78	Scheelite	RN	Sao Tome	5° 54' 30"	36° 11' 30"	Vein	Hydrothermal
88	Beryl, tantalite, tantalite, beryl, cassiterite	PB	Pedra Lavrada	6° 44' 00"	36° 28' 30"	Vein	Pegmatite
89	tantalite, beryl, cassiterite	PB	Pedra Lavrada	6° 29' 30"	36° 21' 30"	Vein	Pegmatite
94	Beryl, tantalite	RN	Carnauba dos Dantas	6° 31' 00"	36° 30' 30"	Vein	Pegmatite
95	Beryl, mica, tantalite	RN	Cachoeira da Cruz	6° 34' 00"	36° 28' 00"	Vein	Pegmatite
101	tantalite Columbite tantalite	PB	Frei Martinho	6° 24' 30"	36° 29' 00"	Vein	Pegmatite
207	Gold	RN	Currais Novos	6° 11' 49"	36° 17' 00"	Stratiform	Sedimentary

Reference: Carta Geologica do Brasil ao Milionesimo. Folha Jaguaribe (SB-24)/Força Fortaleza (SA-24) DNP - 1974.

### 3-3 鋳業概要

1942年、この地域で初めて灰重石が発見され、同時に採掘が開始された。調査地域の西南方にある Brejui-Barra Verde 鋳床はその後すぐに発見され、1943年から1954年までガリンボ（手掘り鋳夫による採掘場）で小規模採掘された。1955年からは組織的に採掘されている。1942～1982年の間に全国の95%近くがこの地で生産された。Brejui, Barra Verde, Boca de Lage, Zangarelhas の5つの鋳山が知られている (Table I-3-2)。

本地域の金は Pago Entubido（現在のサンフランシスコ鋳床がある付近の古い地名）において1942年に発見された。1942年から1952年までは、砂鋳として採掘された。さらに1976年までは砂鋳とともに母岩の風化帯、母岩中の石英が採掘されたが、金品位の低下とともに採掘が低下し、中止に至った。この時期に本地域はサンフランシスコ (Sao Francisco) と呼ばれた。1977年、Itapebira Marmores e Granitos Ltda. が鋳区を取得し、組織的な探鋳・開発を始めた。1987年11月には Mineracao Xapetuba Ltda. によって露天掘により生産開始されたが、1990年末に経済性の理由からその生産が中止されている。Ferran, D. A. (1988) によれば、サンフランシスコ鋳床の鋳量は確定鋳量、推定鋳量を合わせて、587,646トン、含金量が1,750kgである (Table I-3-2)。

Table I-3-2 Production and ore reserves of major mines in the project area

Metal	mine	Production		Ore reserves	grade
		Concentrate (73% W03)	ore		
W	Brejui	19,633.3 t	total 5.5×10 <sup>6</sup> t	total	~0.5% (W03)
	Barra Verde	14,297.2 t		10.8×10 <sup>6</sup> t	
	Boca de Lage	2,613.0 t		(original)	
	Zangarelhas	—		5.3×10 <sup>6</sup> t	
	total	36,543.5 t		(remaining)	
Au	S. Francisco	—	—	587,646 t	av. 2.5~4.3(g/t)

from : Brejui/Bova de Lage/Zangarelhas mines ; Maranhao, R. (1986)  
S. Francisco Deposit ; Ferran, A. (1988)

## 第4章 現地状況

### 4-1 位置及び交通

調査地域はブラジル連邦共和国リオグランデドノルテ州の中央南部からパライバ(Paraiba)州の中央北部にまたがっており、ほぼ南緯5°30' ~6°45' , 及び西経35°50' ~36°35' 内に位置する。この中で、第1年次、第2年次及び第3年次の調査地域は Fig. 1に示すとおりである。

調査範囲の中央西端には本地域の中心である人口約2万5千人のクライスノボス市がある。クライスノボス市に至る経路としては、次の二つがある。ペルナンブコ(Pernambuco)州の州都レシフェ(Recife)まで空路、そこから自動車を利用する経路、もうひとつは、リオグランデドノルテ州の州都ナタル(Natal)まで空路、そこから自動車を利用する経路である。レシフェから自動車を利用するときは、国道BR-101、州道PB-054及び国道BR-230を通過してカンピナグランジ(Campina Grande)を経由、さらに国道BR-427を北上してクライスノボスに至る。全行程は420 kmである。ナタルから自動車を利用する場合は、国道BR-226を西に向かい、190 kmで、クライスノボスに達する。

### 4-2 地形及び水系

調査範囲全体は地形の特徴から大きく3つの地域に分けられる。ひとつは北端部の平坦地、次に調査範囲の大部分を占める標高300~600 mの起伏の大きい山岳地形、そして中央西部の標高約700mのサンタナ山脈(Serra da Santana)である。

第1年次調査地域の北端部はNNE-SSW方向に伸びる高い部分と低い部分が標高300m~600mの間で交互に配列する瓦屋根状の地形を呈する。この地形は岩相の分布によく一致し、カイク岩体の片麻岩が高い所を形成し、セリド層の雲母片岩が低い所を形成する。

調査地域の中央部には北端から南端まで、標高340m~500mの起伏の緩やかな山岳地形である。この地形を呈する地域はセリド層雲母片岩の分布域と一致し、風化・侵蝕に対し弱い地域である。

調査地域の東端~南東端部は、標高500~550 mのほぼ平坦な台地状の地形を呈する。この地域はカイク岩体の花崗岩及び片麻岩の分布域と一致する。

調査地域の西部~南部、及び中央東部には標高600m~700mのメサ状に点在する地形がある。メサの頂部は第三系のセハドスマルティンス層が占める準平原である。

調査地域の西部には標高400m~650mの深く刻まれた山岳地形があり、東西幅が3~5kmでNNE-SSW方向に延びる。本地形はセホコラの南西から調査地域の南西端まで延長する。この地形はエクアドル層の珪岩の分布と一致する

調査地域北部における水系は地形を反映して、NNE-SSW方向に伸びる主水系とそれから派生するWNW-ESEその他の方向の小さな水系で構成される。これらの水系を構成する流れは、サオ

トメを通り、東方に流下するポテンジ川(Rio Potenji)に集中する。

調査地域中央部の水系も、大局的にはNNE-SSW方向とWNW-ESE方向の組合せである。これらの水系は西方に向かうクライスノボス川(Rio Currais Novos)，そして南から北へ向け流下し、クライスノボス川に合流するピクイ川及びムルング川(Rio Murungu)の流系である。いずれの流系も西方の大きなピラニャス川(Rio Piranhas)に流下し、大西洋に向かう。

東部～南東部の水系は、カイク岩体の花崗岩を反映して亜樹枝状を呈する。この水系は東方に向かうサンジョアオダグア川(Rio Sao Joao d'Agua)の流系である。

#### 4-3 気候及び植生

本調査地域の気候は、気候帯から半乾燥(semi-arido)地域に位置づけられ、ケッペンの気候帯区分ではBShwに対応する。

本地域の年間気候は2つに分けられる。2月～5月の雨季、他の乾季である。雨季には断続的な豪雨があり、乾季には雨量は極端に少なくなる。

気温は一年を通じて大きな変化はなく、高い時には40℃に達し、低いときでも20～30℃である。

本地域の植生はブラジル東北部の乾燥地帯に特有のもので、カチンガ(Caatinga)と称されている。調査地域全体に高さが2～3mの灌木が生え、北半部ではそれらが密生する。また沢沿いの低地には、10mに達する喬木も散在する。カチンガの代表的な植物種はジュレマ(Jurema)、カチンゲイラ(Catingueira)、マウバ(Malva)、ペレイロ(Pereiro)、マルメレイロ(Marmereiro)、シキシキ(Xique-xique)等である。



## 第5章 調査結果

### 5-1 第1年次の調査結果

第1年次の調査範囲は Figure 2 に示す通りであり、地質概査及び河川堆積物地化探を実施した。

本地区には主として先カンブリア紀の地層が分布し、その上に極く小規模に第三紀と第四紀の地層が載る。先カンブリア紀の地層は始生代のカイコ岩体と原生代のセリド層群からなる。セリド層群はさらに下位よりジュクルトゥ層、エクアドル層及びセリド層に細分される。カイコ岩体は花崗岩および片麻岩で、ジュクルトゥ層は片麻岩で、エクアドル層は珪岩で、そしてセリド層は黒雲母片岩で代表される。いずれの地層も NNE-SSW方向に延長した分布状態を示している (Figure I-3-1, Figure II-2-2)。調査の結果、調査地域北方の、従来ジュクルトゥ層とされていた地層の一部はカイコ岩体であることが判明した。

調査域には NNE-SSW及び WNW-ESE方向の断層が多い。NNE-SSWの断層は南部で NS 方向に変化する。この方向の断層はいずれも本地域を含めた広域的な断層の一部であり、調査域全体を貫いている。特に東端の断層はブラジル北東部の広域地質構造区分上重要な断層で、ピックイ断層と称されている。WNW-ESE方向の断層も調査地域全体に分布するが、NNE-SSW方向の断層より小規模であり、新しい。調査域の中央部セリド層の中には WNW-ESE方向の断層と並行する褶曲帯があるこの褶曲帯も広域的なもので、調査域全体を貫いている (Figure II-2-2)。

本地域には2つの金の鉱床が認められる。ひとつはサンフランシスコ鉱床であり、もうひとつはサントメ西方の小規模鉱床である (Figure II-2-2)。金はいずれも石英脈中にあり、黄鉄鉱、黄銅鉱などの硫化鉱物を伴う。これらの鉱床は構成鉱石鉱物及び変質鉱物等から浅熱水性鉱脈鉱床であろうと判断された。石英脈はいずれも NNE-SSW の構造帯中で、サンフランシスコ鉱床は WNW-ESE 方向の断層群と交差する付近、他は NNE-SSW 方向の断層が小さく屈曲する付近に位置することが判明した (Figure II-2-2)。

河川堆積物地化学探査の結果、サンフランシスコ鉱山の西～西南方及び東南方に金の異常域 (1 ppb～450ppb) が抽出された (Figure II-2-3)。これらのうち、サンフランシスコ鉱山の西～西南方を金鉱床の賦存可能性のある有望地域とした。また、本地域は調査地域の南端に位置しており、有望地域はさらに南へ延長する可能性があるとした。

### 5-2 第2年次の調査結果

第1年次の調査結果有望としたサンフランシスコ鉱山の西～西南方を含む地域を A 地域とし、さらに南方の新しい地域を B 地域とした。

#### (1) A 地区の準精査

A 地域では、4つの小さな有望地区に分け A-I、A-II、A-III及び A-IV 地区とした (

Figure 2) . A - I , A - II 地区では Au , As 及び Sb 元素を利用して 3 種植物による植物地化探及び土壌地化探を実施した . いずれにおいても 3 元素の相関関係はない . 植物の金異常域 ( 0.9ppb ~ 907ppb ) 及び土壌中の金の含有量 ( 0.5ppb ~ 208ppb ) から , A - I 地区ではその南東部 , A - II 地区ではサンフランシスコ鉱床の南延長部及びそれから約 500m 東が有望地として抽出された .

A - III , A - IV 地区では上記 3 元素を利用して土壌地化探のみを実施した . 3 元素の相関関係はなく , Au の濃度もごく低い . 従って , 有望性に欠け , 今後の調査は必要なしとされた .

## (2) B 地区の概査

B 地区の位置は Figure 2 に示す . B 地域の地質層序及び構造は基本的に第 1 年次の調査結果と同様である .

本地区南西端には小規模に探査された石英脈がある ( Figure II-2-2 の Frei Martinho の南方 ) . 脈幅は 2m 以下 , 走向延長が 200 m である . 石英脈の賦存形態 , 構成鉱石鉱物などから浅熱水性鉱脈鉱床であると考えた . 本鉱床の賦存状態を規制する岩相 , 構造上の要因が不明であるため , 本地区の地質構造の解明 , 即ち石英脈の成因の解明が必要であるとした .

B 地区の 13 元素を利用した沢砂地化探の結果 , 金の異常 ( 0.5ppb ~ 160ppb ) は検出されたが , 他の元素は金との相関を示さず , 金の探査には金のみが有効であることが判明した . 金は異常域が散在し , しかもその異常域内では高異常点は数少なく , 集中していない . 比較的高異常 ( 10ppb 以上 ) の点がまとまる所は調査域東部のピメント川沿である . これらの異常域と岩相及び地質構造との関連は指摘できない .

以上の調査の結果から , 以下の地区を有望とし , さらに詳細な調査を提案した .

- (1) A 地区では , A - I 地区内の南東部 , A - II 地区の更に南方及びサンフランシスコ鉱床の北方 . 探査手法は植物及び土壌地化探 , あるいは物理探査 .
- (2) B 地区では南東端の石英脈胚胎位置周囲 . 探査手法は地質調査及び物理探査 .

## 5-3 第 3 年次の調査結果

第 2 年次の調査結果をふまえ A - I 及び A - II 地区 , B 地区の南西端の B - I 地区でさらに詳細な調査を実施 , そしてさらに南方の新しい C 地域で広域調査を実施した ( Figure 2 ) .

### (1) A - I 及び A - II 地区

A - I 地区では , 南東部の土壌の金異常が検出された位置 6 か所でトレンチ調査を実施した . トレンチには顕著な金の異常は検出されず ( 0.5ppb ~ 17ppb ) , しかもそれらは散在する . したがって A - I 地区では鉱床胚胎の可能性は低く , 今後の調査の必要はないとした .

A - II 地区では , サンフランシスコ鉱床の東部 200m で鉱化作用によると推定される金 ( 0.6ppb ~ 19ppb が 60m 間連続する ) を検出した . ここでは地化学探査と物理探査の異常が重複す

る。物理探査の結果ではさらに下部に鉍化ゾーンが連続すると推定されている。

物理探査ではサンフランシスコ鉍床を明瞭に検出したので、鉍床がサンフランシスコ鉍床程度の規模である限り、物理探査法は探査法として有効であることが判明した。一方、上記したA-I地区及びA-II地区の土壤地化探とトレンチ調査の結果との比較から、土壤地化探は本地区の金探査にはあまり有効ではないと判断した。

## (2) B地区

B-I地区でAu, As及びSbの3元素を利用し土壤地化探を実施した。これらの3元素は互いに相関がない。

金の異常点(0.5ppb~116ppb)は散在する。この中で北東方のウンブラナ山の西麓に沿うように存在する数点の異常(Figure II-4-1)付近には含金石英脈が胚胎する可能性があるとした。その理由は次の通りである。B-I地区ではこのウンブラナ山の東麓及び西麓にそれに沿うようにNNE-SSW方向に延びた硫化物を伴う石英脈が数箇所で見出されており、そのひとつでは金が含有されていることが分かっている。上記の金の異常点はこの石英脈が延長すると想定される位置にあたるからである。

## (3) C地区

C地区の地質層序・岩相及び構造は基本的には第1, 2年次の調査地域と同様であるが、本地区にはジュクルトゥ層は露出しない。特徴的なのは中央部のセリド層中に大規模なペグマタイト岩体があることである。

本地区にはペグマタイトに付随するニオブ・タンタル鉍床及び小規模のタングステン鉍床が賦存する他には明瞭な鉍徴はない。

13の元素を利用した沢砂地化探によれば、金の異常点(0.5ppb~63ppb)は数少なく、しかも地形・水系上まとまる所も少ない。比較的まとまる所はC地域北西部のエルモ川とカサド川には含まれた地区である。13元素のうち、Auと相関する元素はない。

以上の調査結果は以下のようにまとめられる。

- (1) A-II地区のサンフランシスコ鉍床南端の鉍化帯の状況は物理探査の結果よりほぼ判明したが、北端については未だ不明である。将来のこの種の鉍床の探査に役立てるために、北部についても鉍化の状況を物理探査等により解明することが望ましい。
- (2) B地区中央部のウンブラナ山の北及び南には、小規模ではあるものの硫化物を伴う石英脈があり、金を含有する可能性があるため、精密な地質鉍床調査及び物理探査を実施し、全体的に鉍化の状況を把握することが望ましい。



## 第6章 結論及び提言

### 6-1 結論

#### (1) クライスノボス地域全域

3年間にわたる調査の結果、本地域には浅熱水性鉍脈鉍床が賦存する事がわかった。しかしながら、以下に述べるAおよびB地区を除けば、経済性見合鉍量を持つ同じタイプの鉍床が新たに発見される可能性の高い地区はないと判断される。

#### (2) A地域

サンフランシスコ鉍床は、平面的にも、深度的にも十分に探査されたとは言い難い。より不明瞭な鉍床北部で物理探査等を実施し、鉍床の広がり、規模をさらに明瞭に把握すれば、経済性見合鉍量が増加する可能性もある。

#### (3) B地域

B地区南西端のウンブラナ山の東部および西部には石英脈が発見されており、その一部には金が含まれる。本地域には含金石英脈が未発見で残されている可能性がある。いままでの調査の結果から経済性見合の鉍量を持つ鉍床が発見される可能性はないが、小規模に採掘できる鉍床が存在する可能性はのこっている。

#### (4) 探査法について

河川堆積物地化学探査は、広域的には、分析値の高さ及び異常点の集中性などから金の鉍化作用を検出するには有効な手法である。

土壌地化探では、本地域の土壌の発達が悪いこと、土壌中の含金量とその直下の基盤中の含金量は必ずしも一致しなかったことなどから、その結果の信頼性は疑わしい。従って、本地域における土壌地化探は有効とは言えない。試料採取の間隔を狭めるなど本地域の探査に際してはさらに研究を要する。

植物地化探は、概査ながらもある程度地下の金の異常を現すことが判明し、広域的な手法としては有効である。

I P法物理探査は、サンフランシスコ鉍床規模程度の鉍化帯は十分に把握でき、この種の鉍床の探査には有効であることが判明した。今後は小規模のあるいは低品位の鉍化帯についてその有効性をさらに高める必要がある。

### 6-2 将来への提言

(1) サンフランシスコ鉍床及び他の含金石英脈鉍床などについてその規模、成因などをさら

に明らかにされることが望ましい。それは、本調査地域内のみならず同様の地質条件を持つ他の地域にも適用できると考えられる。

(2) B地域南西端のB-I地区で物理探査及び詳細な鉱床調査を実施すること。既存の含金石英脈の胚胎状況及び規模を明確にするためと、小規模ではあるが新たな含金石英脈が発見される可能性があるからである。

(3) 本地域の鉱床、特にサンフランシスコ鉱床に代表される浅熱性鉱脈型鉱床の探査をする場合には、概査段階から精査段階に向け順次、地質調査、典型的な鉱床の鉱床学的調査、河川堆積物地化学探査、詳細な鉱床調査、IP法による物理探査、そしてトレンチ調査の手法を進めるべきである。



## 第Ⅱ部 各論







## 第1章 ランドサット画像解析

### 1-1 使用データ及び解析方法

#### 1-1-1 使用データ

本解析に使用したデータは、米国NASAが1984年に打ち上げた地球観測衛星ランドサット5号によって取得されたTM(Thematic Mapper) データである(Table II-1-1)。

Table II-1-1 LANDSAT data

Path	Row	Date	ID No.	Cloud Cover	Sun Elevation
215	064	09/MAY/87	58712-91158	0 %	52°
215	065	02/AUG/89	58921-41202	0 %	51°

#### 1-1-2 解析方法

##### (1) 画像作成

ブラジルのランドサットデータ販売機関(Instituto Nacional de Pesquisa Espaco) より購入したCCT(Computer Compatible Tape)を用いて、フォルスカラー画像、主成分分析画像及び比演算画像を作成した(Table II-1-2, Figure II-1-1, Figure II-1-2, Figure II-1-3)。

フォルスカラー画像については、TMデータのバンド1, 4, 5を選び、それぞれに青, 緑, 赤を割り当てて、コントラスト及びエッジ強調処理を施した後、カラー合成を行った。

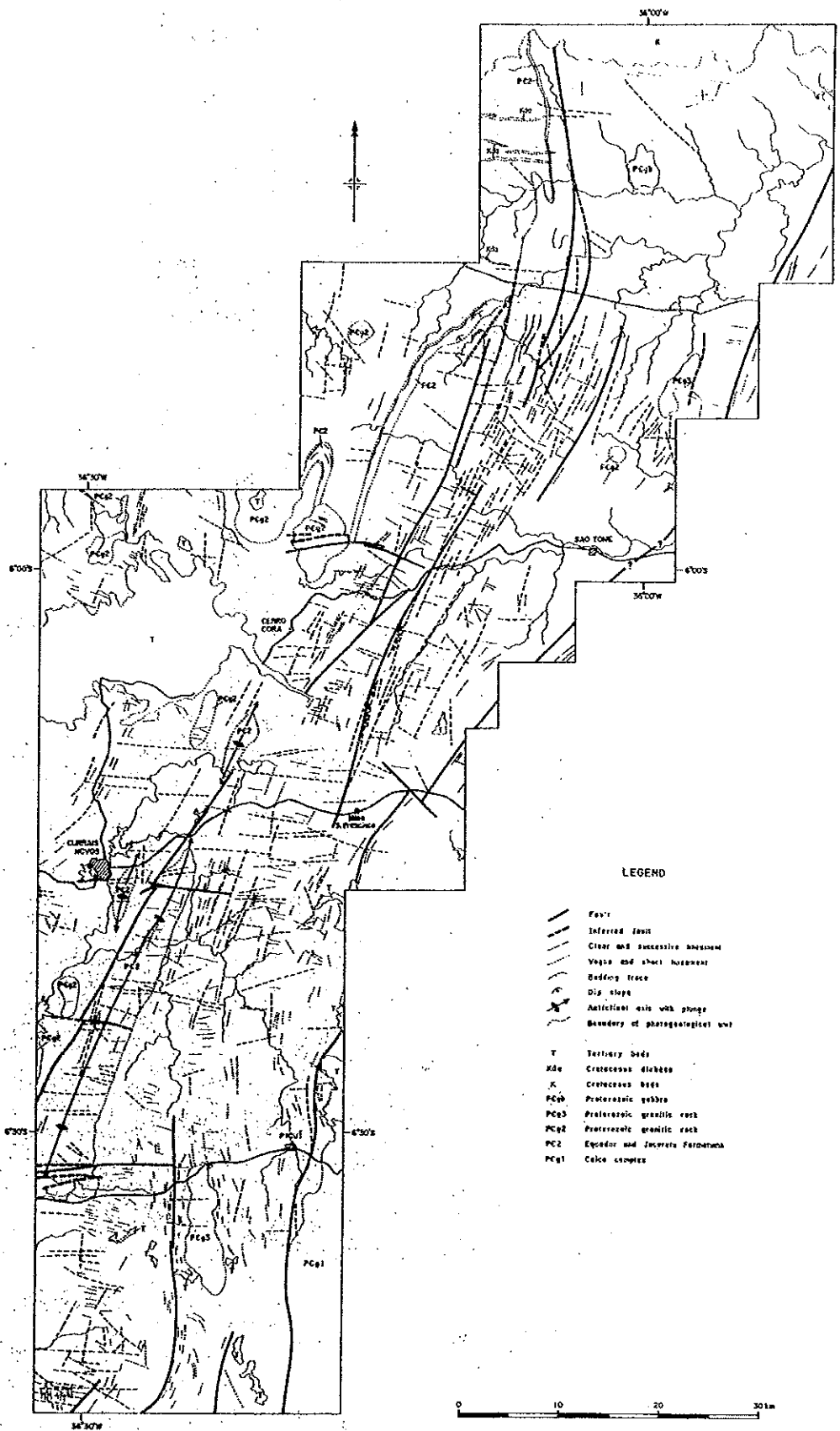
主成分分析画像は、岩石及び土壌の色調をより強調させることを目的として作成した。バンド6(分解能 120m:他のバンドは30m)を除いた6つのバンドのデータを使用して主成分データを算出し、地質判読に最も適当であると判断した第1, 第2, 第3主成分データの組み合わせを用いてカラー合成を行った。

比演算画像も主成分分析画像と同様の目的で作成した。使用したデータの組み合わせは、バンド5/バンド7, バンド4/バンド3, バンド3/バンド2の3つの比演算データである。

##### (2) 地質解析

作成した3種の画像から、色調, 水系模様, 侵食に対する抵抗性などの地形的特徴を総合して検討し、地質単元の区分, 地質構造の判読等を行った。





LEGEND

- Fas' Fault
- Inferred fault
- Clear and successive horizon
- Vegete and sheet horizon
- Bedding trace
- Dip slope
- Anticline axis with plunge
- Boundary of physiographic unit
  
- T Tertiary Sedes
- Kde Cretaceous diorites
- K Cretaceous beds
- PCd1 Proterozoic gabbro
- PCd2 Proterozoic granitic rock
- PC2 Proterozoic granitic rock
- PC2 Equador and Inverete Formations
- PC1 Calcic complex



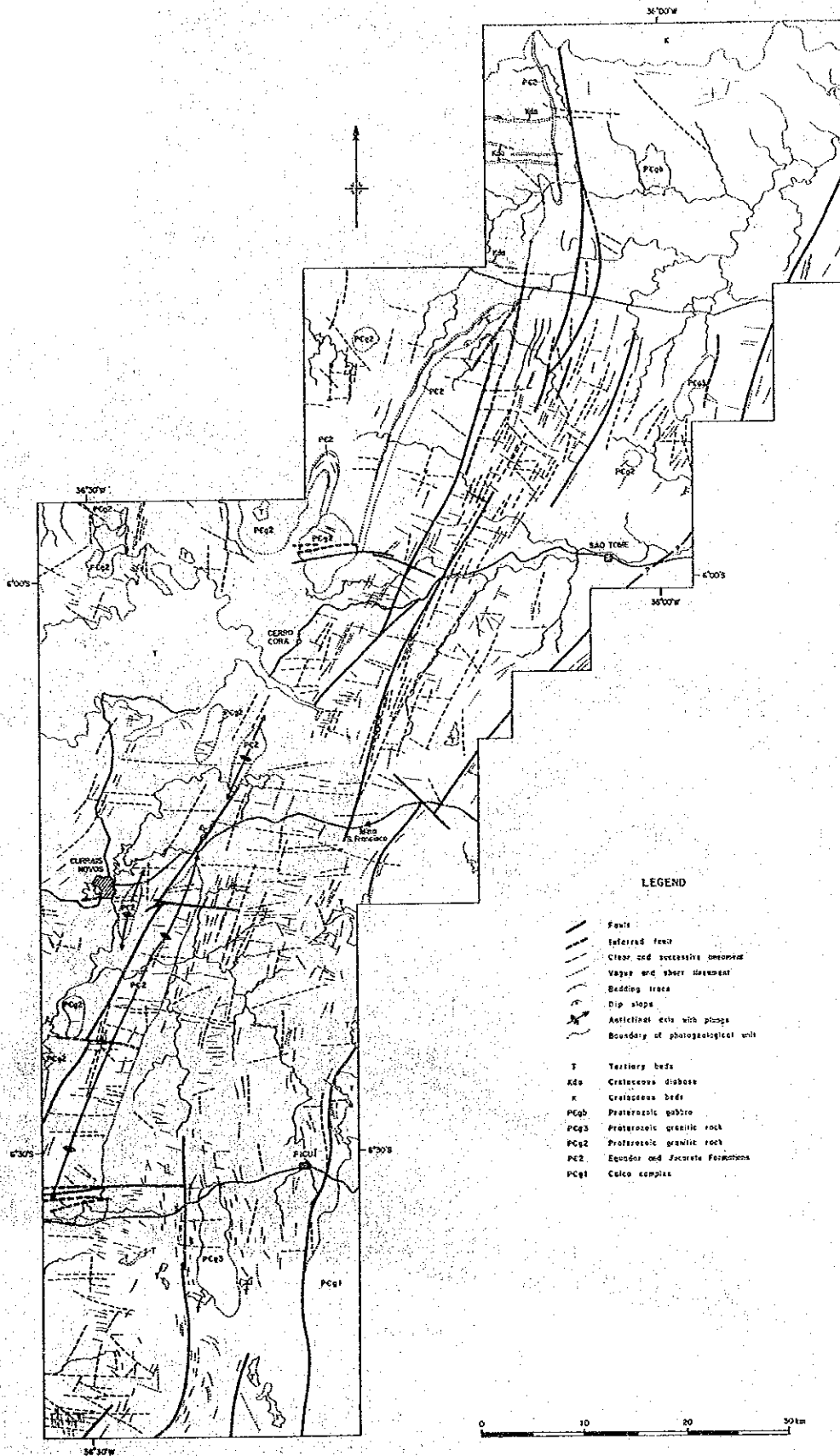




Figure II-1-1 LANDSAT TM false color image



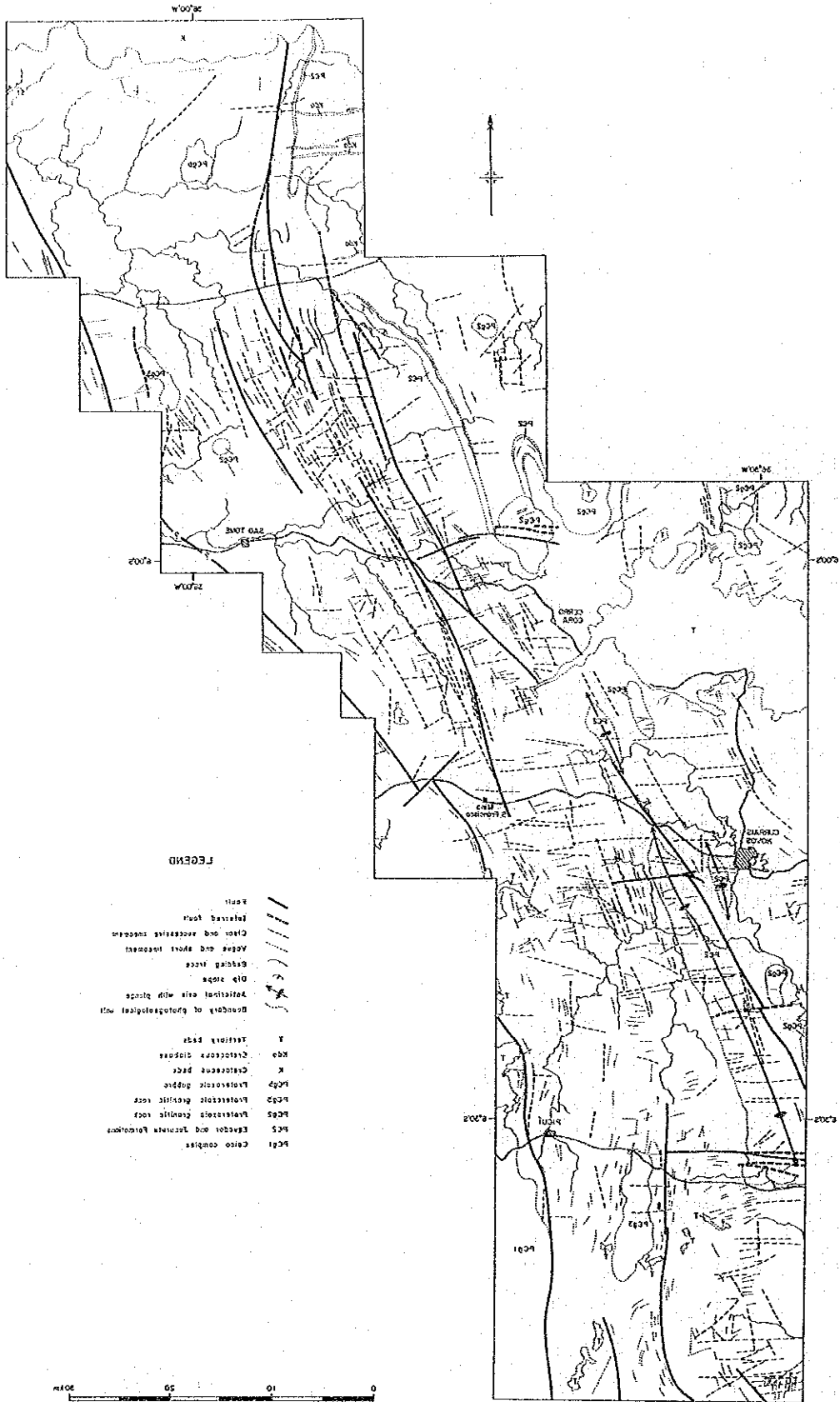




**LEGEND**

- Fault
- Inferred fault
- Clear and successive basement
- Vague and shear basement
- Bedding trace
- Dip slope
- Anticline axis with plunges
- Boundary of photogeological unit
  
- T** Tertiary beds
- Eda** Cretaceous diabase
- K** Cretaceous beds
- PCqb** Proterozoic gabbro
- PCg3** Proterozoic granitic rock
- PCg2** Proterozoic granitic rock
- PC2** Ecuador and Jacarete Formations
- PCq1** Celco complex





LEGEND

- PCG1 Caiso complex
- PC2 Escudo and Tachira formations
- PC3 Proterozoic granitic rock
- PC4 Proterozoic granitic rock
- PC5 Proterozoic granitic rock
- PC6 Proterozoic gneiss
- PC7 Proterozoic gneiss
- PC8 Proterozoic gneiss
- PC9 Proterozoic gneiss
- PC10 Proterozoic gneiss
- PC11 Proterozoic gneiss
- PC12 Proterozoic gneiss
- PC13 Proterozoic gneiss
- PC14 Proterozoic gneiss
- PC15 Proterozoic gneiss
- PC16 Proterozoic gneiss
- PC17 Proterozoic gneiss
- PC18 Proterozoic gneiss
- PC19 Proterozoic gneiss
- PC20 Proterozoic gneiss
- PC21 Proterozoic gneiss
- PC22 Proterozoic gneiss
- PC23 Proterozoic gneiss
- PC24 Proterozoic gneiss
- PC25 Proterozoic gneiss
- PC26 Proterozoic gneiss
- PC27 Proterozoic gneiss
- PC28 Proterozoic gneiss
- PC29 Proterozoic gneiss
- PC30 Proterozoic gneiss
- PC31 Proterozoic gneiss
- PC32 Proterozoic gneiss
- PC33 Proterozoic gneiss
- PC34 Proterozoic gneiss
- PC35 Proterozoic gneiss
- PC36 Proterozoic gneiss
- PC37 Proterozoic gneiss
- PC38 Proterozoic gneiss
- PC39 Proterozoic gneiss
- PC40 Proterozoic gneiss
- PC41 Proterozoic gneiss
- PC42 Proterozoic gneiss
- PC43 Proterozoic gneiss
- PC44 Proterozoic gneiss
- PC45 Proterozoic gneiss
- PC46 Proterozoic gneiss
- PC47 Proterozoic gneiss
- PC48 Proterozoic gneiss
- PC49 Proterozoic gneiss
- PC50 Proterozoic gneiss
- PC51 Proterozoic gneiss
- PC52 Proterozoic gneiss
- PC53 Proterozoic gneiss
- PC54 Proterozoic gneiss
- PC55 Proterozoic gneiss
- PC56 Proterozoic gneiss
- PC57 Proterozoic gneiss
- PC58 Proterozoic gneiss
- PC59 Proterozoic gneiss
- PC60 Proterozoic gneiss
- PC61 Proterozoic gneiss
- PC62 Proterozoic gneiss
- PC63 Proterozoic gneiss
- PC64 Proterozoic gneiss
- PC65 Proterozoic gneiss
- PC66 Proterozoic gneiss
- PC67 Proterozoic gneiss
- PC68 Proterozoic gneiss
- PC69 Proterozoic gneiss
- PC70 Proterozoic gneiss
- PC71 Proterozoic gneiss
- PC72 Proterozoic gneiss
- PC73 Proterozoic gneiss
- PC74 Proterozoic gneiss
- PC75 Proterozoic gneiss
- PC76 Proterozoic gneiss
- PC77 Proterozoic gneiss
- PC78 Proterozoic gneiss
- PC79 Proterozoic gneiss
- PC80 Proterozoic gneiss
- PC81 Proterozoic gneiss
- PC82 Proterozoic gneiss
- PC83 Proterozoic gneiss
- PC84 Proterozoic gneiss
- PC85 Proterozoic gneiss
- PC86 Proterozoic gneiss
- PC87 Proterozoic gneiss
- PC88 Proterozoic gneiss
- PC89 Proterozoic gneiss
- PC90 Proterozoic gneiss
- PC91 Proterozoic gneiss
- PC92 Proterozoic gneiss
- PC93 Proterozoic gneiss
- PC94 Proterozoic gneiss
- PC95 Proterozoic gneiss
- PC96 Proterozoic gneiss
- PC97 Proterozoic gneiss
- PC98 Proterozoic gneiss
- PC99 Proterozoic gneiss
- PC100 Proterozoic gneiss



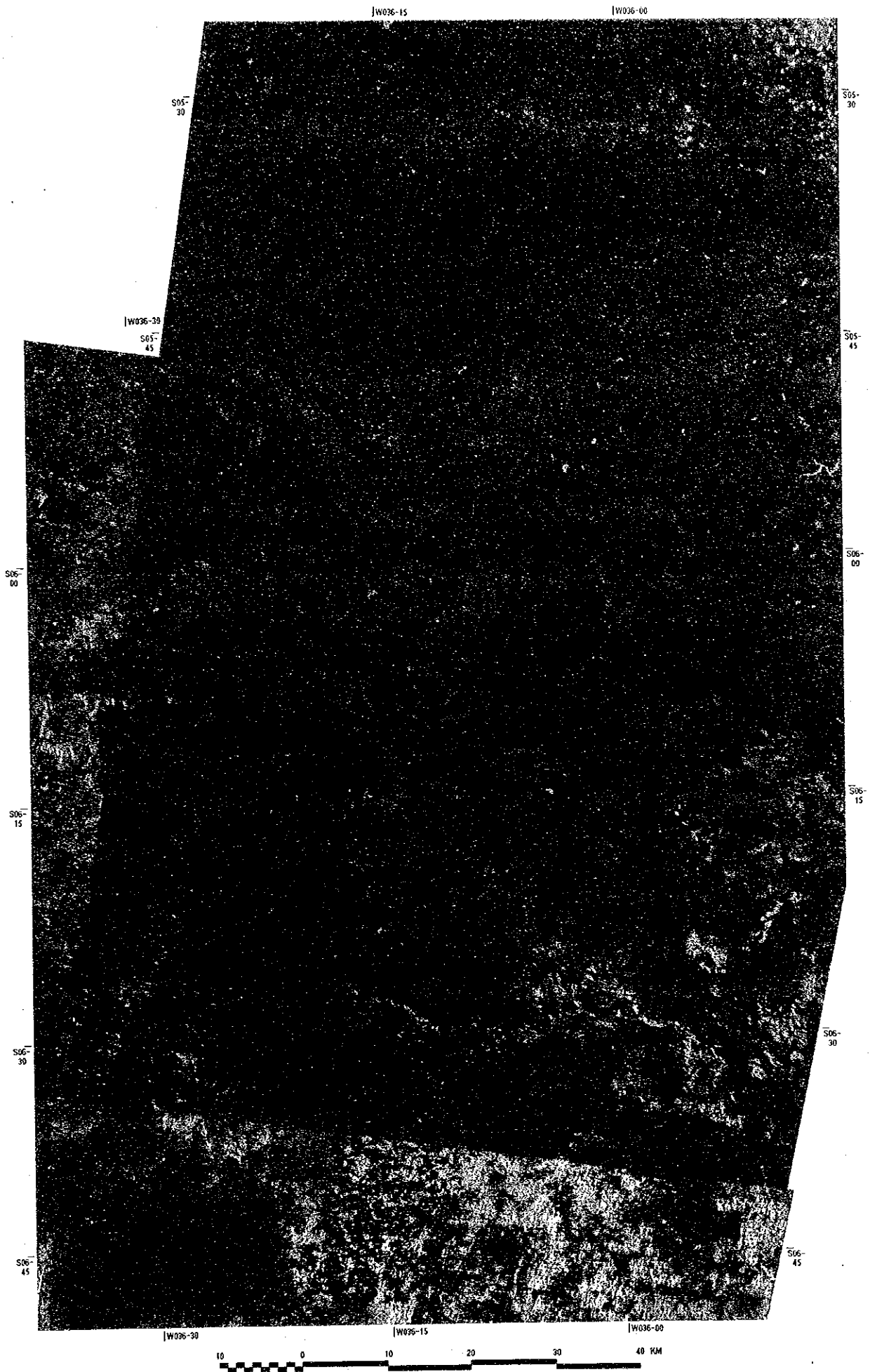


Figure II-1-2 LANDSAT TM ratio color image



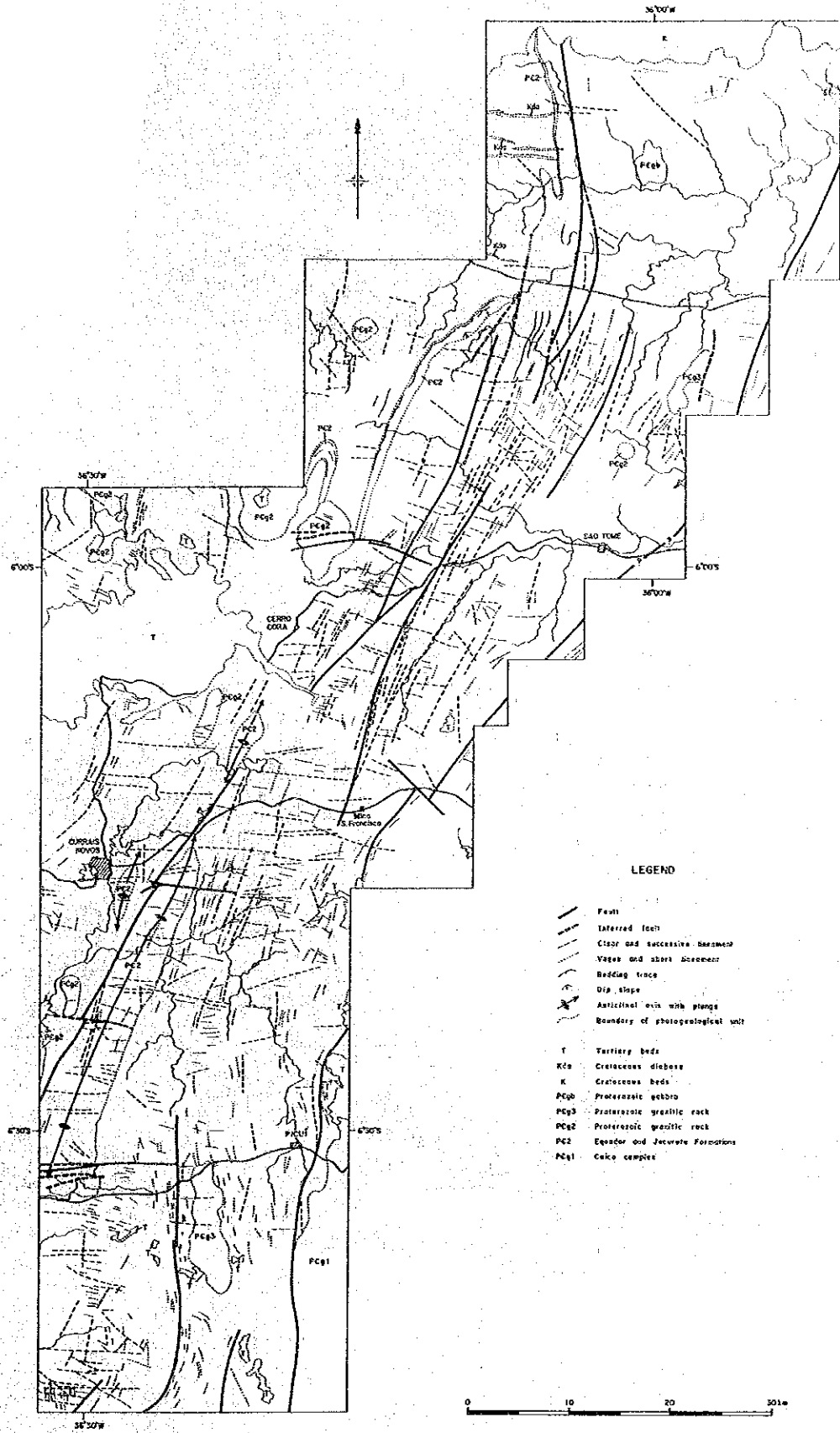
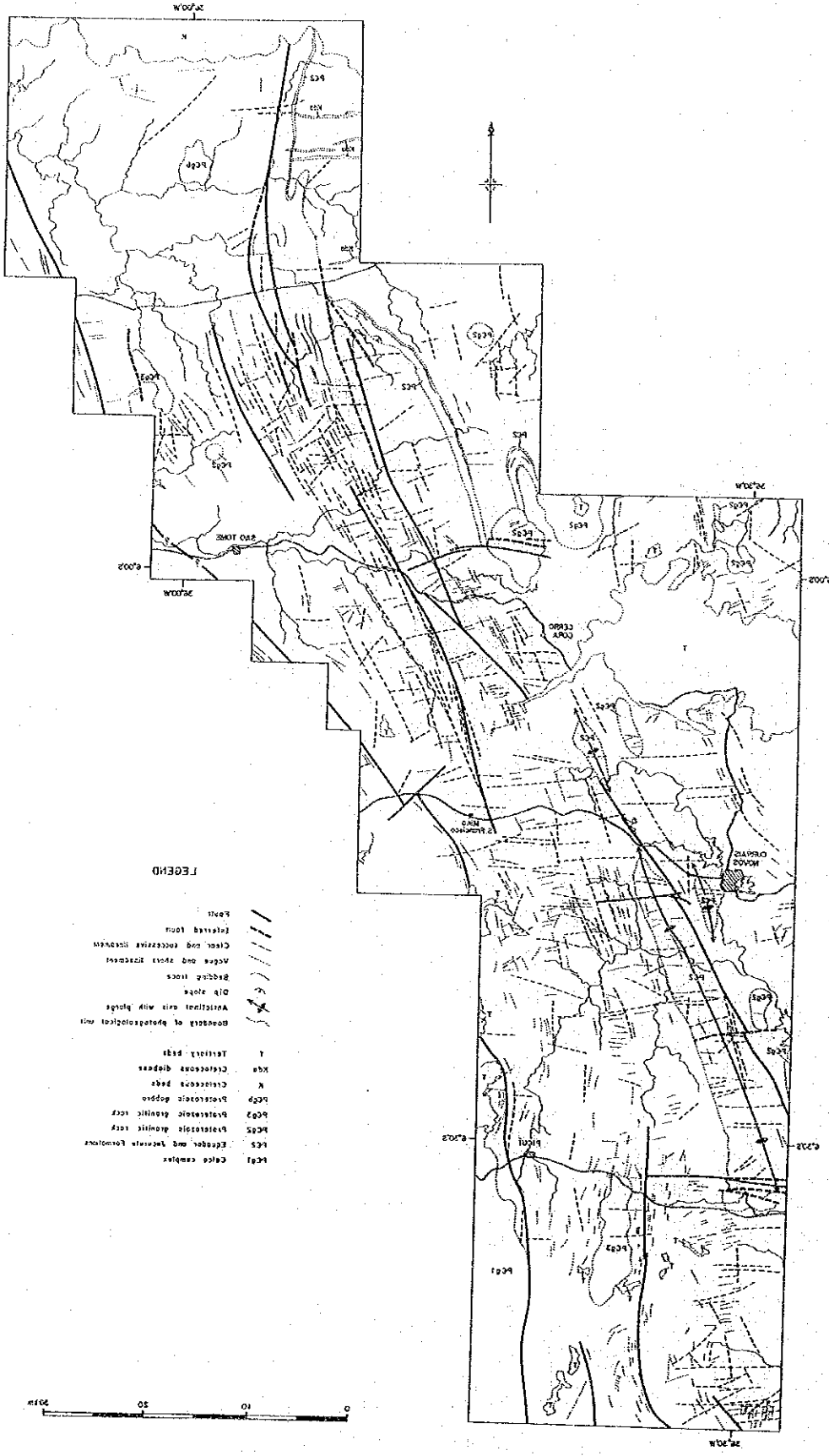


Figure 11.3.1 MDSA: (a) photogeological map and structural setting



**LEGEND**

- Capex complex
- Eocene and Neocene formations
- Paleocene granitic rock
- Paleocene dioritic rock
- Paleocene gneiss
- Cretaceous beds
- Cretaceous diorite
- Tertiary beds
- Boundaries of photogeological unit
- Anticline axis with plunge
- Dip slope
- Bedrock lines
- Wells and shaft locations
- Clear and extensive vegetation
- Deformed fault
- Fault





Figure II-1-3 LANDSAT TM principal component color image





Table II-1-2 LANDSAT TM images generated

Type of Image	Path-Row	Sub Scene No.	Scale of Image
False Color Image	215-64	(Full Scene)	1:200,000
False Color Image	215-65	(Full Scene)	1:200,000
False Color Image	215-64	Quadrant 2	1:100,000
False Color Image	215-64	Quadrant 3	1:100,000
False Color Image	215-64	Quadrant 4	1:100,000
False Color Image	215-65	Quadrant 2	1:100,000
Principal Component Image	215-64	Quadrant 2	1:100,000
Principal Component Image	215-64	Quadrant 3	1:100,000
Principal Component Image	215-64	Quadrant 4	1:100,000
Principal Component Image	215-65	Quadrant 2	1:100,000
Ratio Image	215-64	Quadrant 2	1:100,000
Ratio Image	215-64	Quadrant 3	1:100,000
Ratio Image	215-64	Quadrant 4	1:100,000
Ratio Image	215-65	Quadrant 2	1:100,000

## 1-2 解析結果

### 1-2-1 岩相分類

3種の画像上の特徴から16の地質単元に分類した(Figure II-1-4)。いずれも既知の地質、岩相に対比される。

#### (1) pE1a

調査範囲の東縁部に沿って分布し、カイク岩体の片麻岩を主体とする岩相部に相当する。高密度の格子状の水系と断層に平行な層理状の構造が特徴。

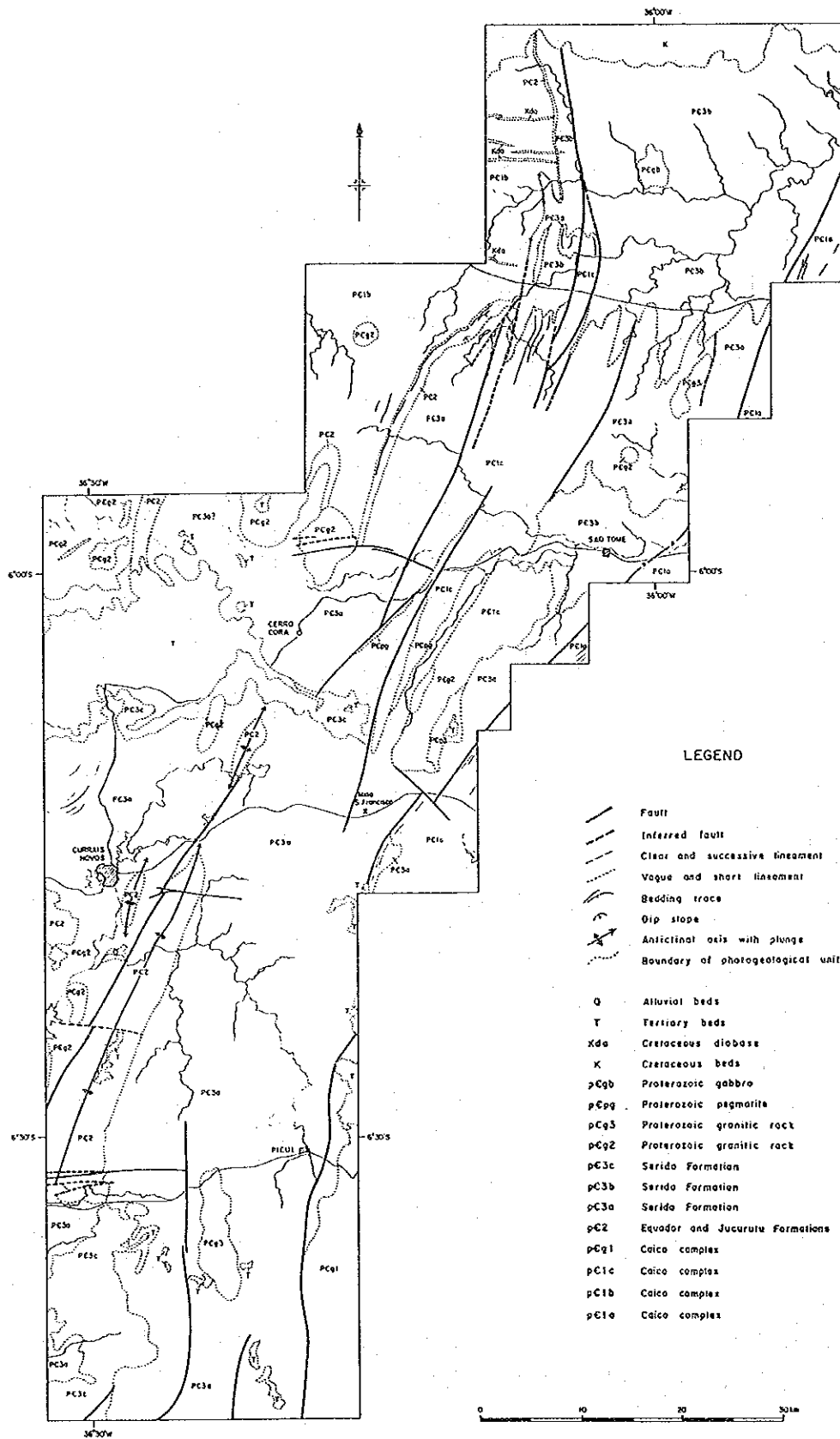
#### (2) pE1b

北西部に分布し、カイク岩体の片麻岩を主体とする岩相部に相当するが、層理状の構造は認められない。

#### (3) pE1c

北部に分布しており、本単元もカイク岩体の片麻岩を主とする岩相部に相当する。高い抵抗性と比較的低い水系密度を示すのが特徴である。

#### (4) pE1d



ピクイ市の南東方に分布し、カイク岩体の花崗岩を主体とする岩相部に相当する。フォルスカラー画像上で白色を示す部分が多いこと、極めて粗い樹枝状の水系を示し、地形が平坦であることが特徴である。

(5) pE2

調査範囲の西側に断続的に分布し、主としてエクアドル層の珉岩層に対応する。抵抗性が高く、層理が発達するのが特徴である。

(6) pE3a

中央部から南部にかけて広く分布し、セリド層に対応する。水系密度が高く、細かい樹枝状或いは格子状の水系を示し、層状構造が発達しているのが特徴である。

(7) pE3b

北部地域に分布し、セリド層に対応する。全体としては平坦な地形を示す。粗い樹枝状の水系を示し、水系密度は低い。

(8) pE3c

サンフランシスコ鉱山の北方に小規模に分布し、セリド層に対応する。抵抗性が高いことで pE3a と区別されるが、そのほかの特徴はよく類似する。

(9) pEg2

本調査地域の縁辺部に分布し、原生代の花崗岩類に対応する。抵抗性が高く、ゴツゴツした感じを与え、リニアメントが良く発達しているのが特徴である。

(10) pEg3

ピクイ市の南西方及びサントメの北方に岩株状に分布し、原生代の花崗岩類に対応する。pEg1 と同様平坦な地形を示し、裸地はフォルスカラー画像上では白色を呈する。

(11) pEpg

サンフランシスコ鉱山の北方に細長く分布し、原生代のペグマタイト岩脈に対応する。高い抵抗性と尖った尾根を示すのが特徴である。

(12) pEgb

北部の単元 pE3b 中に分布し、原生代のハンレイ岩に対応する。抵抗性が低く、紫色を呈するのが特徴である。

(13) K

調査範囲の北縁部に沿って分布し、白亜紀の堆積岩類に対応する。わずかな起伏があるがほぼ平坦な地形を示す。

(14) Kda :

調査範囲の北縁部の単元 pE1b 中に岩脈状をなして分布しており、白亜紀の玄武岩及び輝緑岩の岩脈に対応する。黒色を呈す。

(15) T

クライスノボスの北方に広く分布するほか、各地に小規模な分布が認められる。本単元は第三紀の堆積岩類に対応する。平坦な台地を形成しているのが特徴である。

(16) Q

河川に沿って分布している沖積層である。

### 1-2-2 地質構造解析

本地域においてリニアメントが発達するのは、サントメの北西方から調査地域南西部にかけての NNE-SSW 方向に連続するゾーンである (Figure II-1-5)。それらのほとんどが NNE-SSW 系と E-W 系より構成される。E-W 系のリニアメントは NNE-SSW 系のものと同程度の頻度で抽出されている。

NNE-SSW 系の断層及び連続性の良いリニアメントは特にサンフランシスコ鉱山より北方において発達しており、サンフランシスコ鉱山はその南方延長上に位置し、E-W 系の連続性の良いリニアメントはサンフランシスコ鉱山周辺からその南方にかけて発達している。

### 1-2-3 地質及び地質構造と鉱化作用

本解析にはフォルスカラー画像、主成分分析画像及び比演算画像を使用した。フォルスカラー画像は地形を良く表現していることから、地形的特徴による岩相区分及び地質構造の抽出に有効であった。主成分分析画像及び比演算画像における地形的特徴は一般にフォルスカラー画像より不鮮明になる。主成分分析画像及び比演算画像は岩石及び土壌の色調を強調させることを目的として作成したが、本地域には植物が密に分布するために、植生密度の変化を強調するにとどまり、岩石区分及び変質帯抽出のための有効な画像とはならなかった。

調査範囲南方の金鉱床地帯として知られるテイシェイラ (Teixeira: パライバ州中央部に位置する) は、本調査地域と同様にセリド層を縦断する構造線に沿う地区であり (Figure I-2-2)、断層に挟まれた部分に位置している。しかもその付近には断層に斜交或いは直行するリニアメントが発達しており、断裂が発達した破碎帯部であると考えられる。サンフランシスコ鉱山周辺も NNE-SSW 系の断層及び連続するリニアメントと E-W 系の連続するリニアメントとの交差部にあたり、断裂が発達していることが予想され、テイシェイラ付近と類似する構造環境にあると推定される。

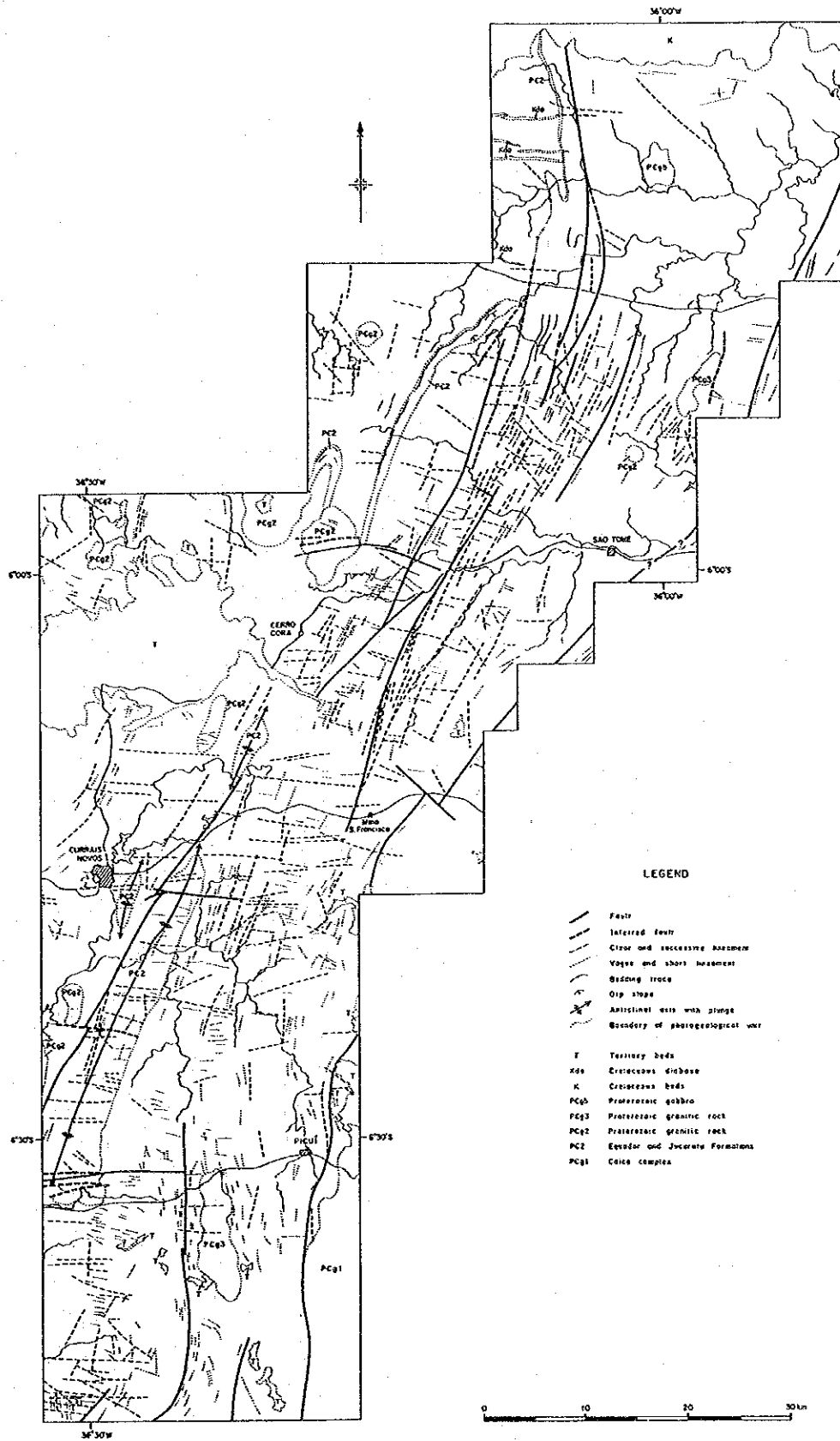


Figure II-1-5 Lineament interpretation of LANDSAT images



## 第2章 クライスノボス地域の概査

### 2-1 地質

Jardim de Sa and Salim (1978), Jardim de Sa (1982) の層序によれば, 調査地域には, 始生代のカイコ岩体, 原生代のセリド層群, そして新生代第三紀のセハドスマルティンス層が分布する. 原生代のセリド層群は下位よりジュクルトゥ層, エクアドル層, そしてセリド層に細分される. 本調査ではこの層序を適用した (Figure II-2-1).

#### 2-1-1 先カンブリア系

##### (1) カイコ岩体 (Caico Complex)

調査地域の北部及び調査地域の東側に広く分布する. 調査地域の東側に分布する岩体の分布の西縁はピクイ断層であり, 東側は調査地域の外側に向けて広く分布する (Figure II-2-2).

Jardim de Sa (1987) は, 本地域のカイコ岩体は Tonalite-Trognemite-Granite (TTG) と略称される深成岩起源でミグマタイトを伴う片麻岩, 及び, 角閃岩-片岩-珪岩-超塩基性岩-大理石などで構成される変堆積岩の2つに大別されるとしている.

調査地域東縁北部の本岩体は花崗岩 (pEgr1) を主とする TTG にはいる.

調査地域北部に分布する岩体は黒雲母を含む準片麻岩 (pEgn) を主とし, 正片麻岩, 角閃岩, 眼球状花崗岩, 縞状片麻岩などを伴い, 注入片麻岩の岩相を示す所もある. 本岩体中には後述する G<sub>2</sub> 花崗岩 (pEgr2), ペグマタイト (pEpg) が様々の規模で貫入する.

ピクイ市北方の本岩体は主として黒雲母片麻岩 (pEgn) よりなる. また, ピクイ市南方の本岩体は黒雲母片麻岩, 黒雲母花崗岩及び角閃岩等よりなり, 眼球状を呈する所もある.

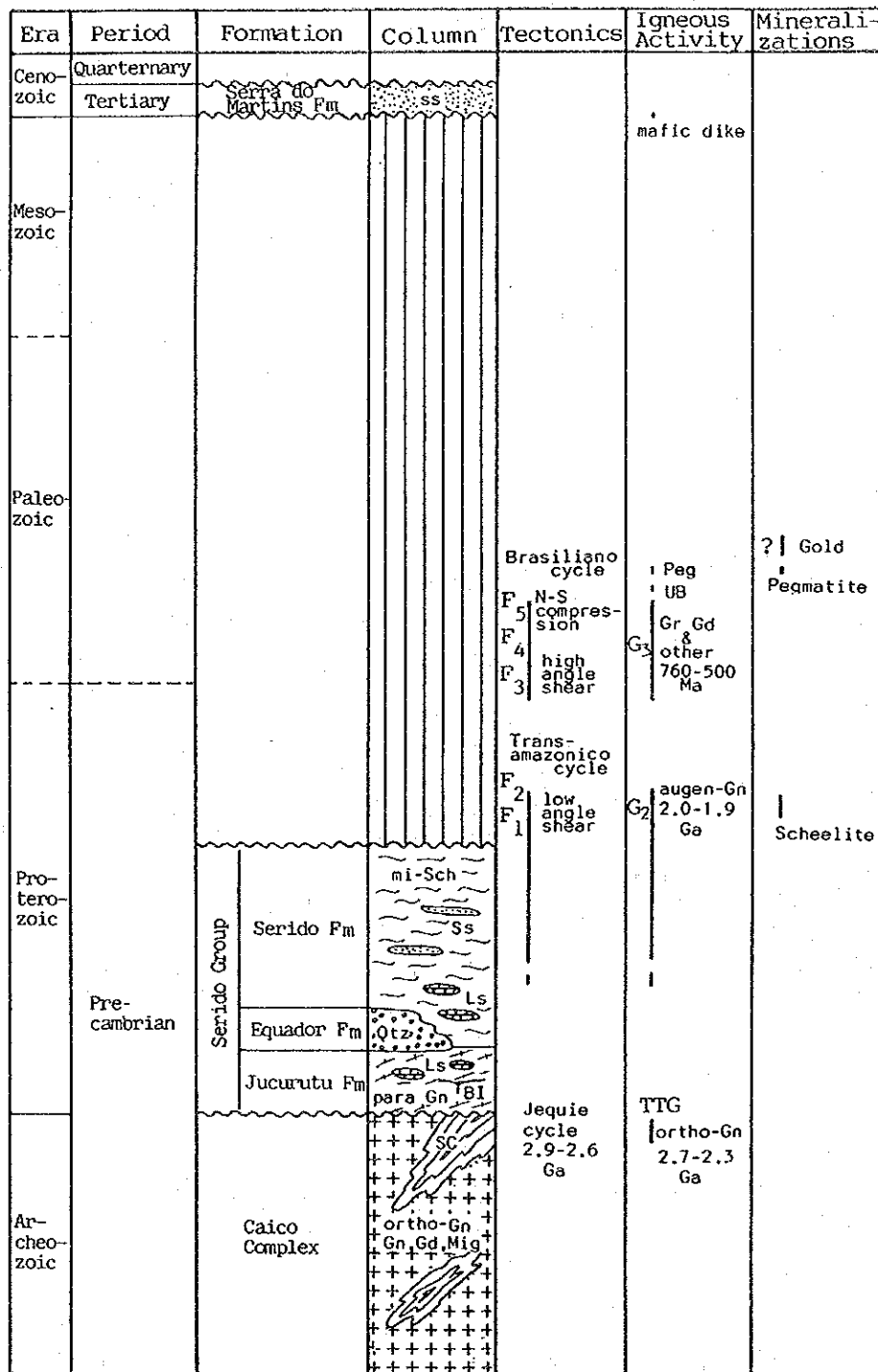
Santos et al (1984) によれば, 岩石の放射年代は  $2,720 \pm 135$  Ma (Rb-Sr isochron) で, 始生代に入る. トランスアマゾン造山運動及びブラジル造山運動の影響を受けたとされている.

##### (2) ジュクルトゥ層 (Jucurutu Formation)

調査地域北部では NNE-SSW 方向に伸長するカイコ岩体の周縁部に狭長に分布する (Figure II-2-2). いずれもカイコ岩体が分布する方向と一致する. 調査地域中央西端, クライスノボス市東方にも小分布する.

Torres et al (1973) によれば, リオグランデドノルテ州フロラニア (Florania; クライスノボス市の北西方約 35km) 地域では 300m 以上とされているが, 本地域では不明である.

一般的には, 主として少量の黒雲母, 白雲母, 緑簾石を伴う石英長石質片麻岩 (pEsgn) から成る. 典型的な岩石にはミリメートル規模の縞状構造が見られる. 調査地域北端部分布域の一番東側では局部的にミグマタイト (pEsgm) を生じている. 本地域の岩相の特徴はほとんどの層に厚さが 2~3 m から 5~6 m の範囲で変化する大理石, 石灰珪酸塩岩, 珪岩及び雲母片

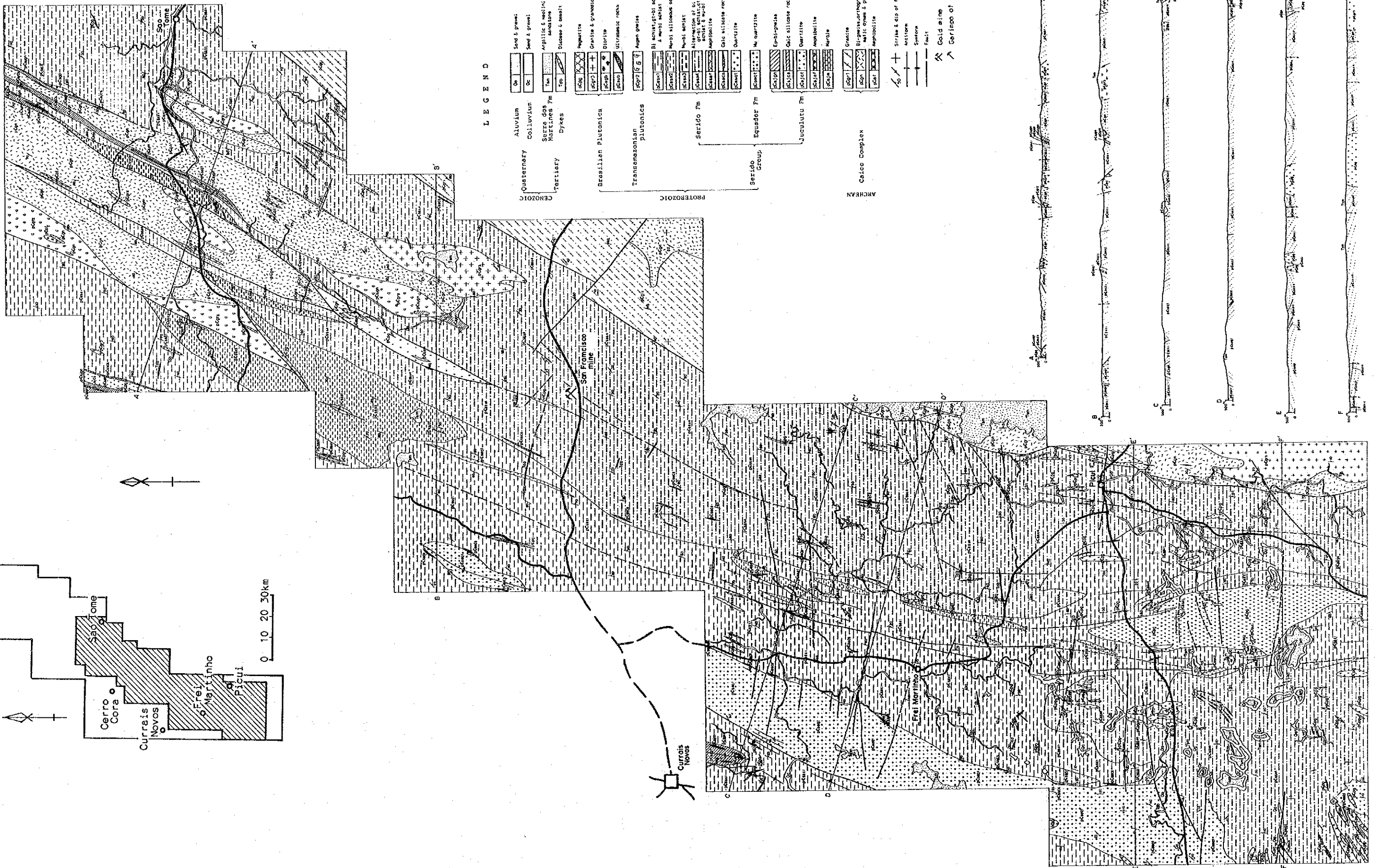
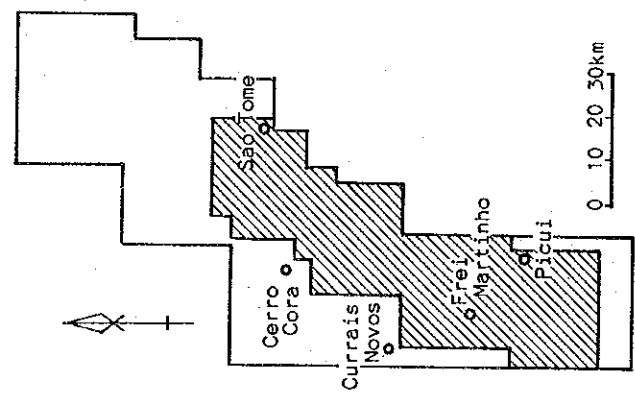


F2: Phases of the structural events      mi: mica      Sch: schist  
 TTG: Plutonic rocks in the Caico Complex      SS: sandstone      BI: basic intrusion  
 G2: Transamazonian plutonic rocks      LS: limestone      Gn: gneiss  
 G1: Brazilian plutonic rocks      Qtz: quartzite      SC: supracrustals

Figure II-2-1 Generalized columnar section of the project area







LEGEND

Quaternary	Aluvium	Qa	Sand & gravel
	Colluvium	Qc	Sand & gravel
Tertiary	Serra dos Horcades Fm	Tm	Argillite & molassic sandstone
	Dykes	Di	Dikes & basalt
Bressilian Paleozoica		Pp	Peridotite
		Pg	Granite & gneiss
		Pb	Diorite
		Pa	Ultramafic rocks
		Pg	Amphibolite
Transamazonian plutonics		Pp	Amphibolite
		Pg	Amphibolite
Sericido Group	Sericido Fm	Sa	Bl schist, amphibolite schist & quartzite
		Sb	Muscovite schist
		Sc	Amphibolite
		Sd	Amphibolite
		Se	Amphibolite
		Sf	Amphibolite
		Sg	Amphibolite
		Sh	Amphibolite
		Si	Amphibolite
		Sj	Amphibolite
Equador Fm		Eq	M. quartzite
		Eq	Amphibolite
Jucutu Fm		Ju	Amphibolite
		Ju	Amphibolite
		Ju	Amphibolite
		Ju	Amphibolite
Calco Complex		Ca	Granite
		Ca	Biopelite, orthogneiss, mafic gneiss & gneiss
		Ca	Amphibolite
		Ca	Amphibolite
		Ca	Amphibolite

Strike & dip of foliation  
 Anticline  
 Syncline  
 Fault  
 Gold mine  
 Gerimpo of gold

Figure II-2-2 Geologic map of the survey area



岩のレンズを挟在することである。石灰珪酸塩岩であるスカルン中には灰重石が産する。

Lima (1986) によれば、原生代初期とされている。

不整合を境にカイコ岩体の上位に位置するとされている。

過去の調査 (DNPM/CPRM, 1980など) で、調査域西部のエクアドル層の周囲に薄く分布するとされていたジュクルトゥ層は、今回の調査ではすべてセリド層であるとされた。

石灰質岩を含むことなどの岩相から、浅海堆積物とされている。

### (3) エクアドル層 (Equador Formation)

調査域西部～西南部に、NNE-SSW方向に細長く断続的に分布する (Figure II-2-2)。概して標高 600m 台の、深く刻まれた山脈を形成しているが、南端部ではその高度を下げ、緩やかな地形を呈する。

リオグランデドノルテ州中央南部では800m+ (Ebert, 1968)とされているが、本地域では不明である。

珪岩、白雲母珪岩、白雲母長石質珪岩等からなり、場所によっては黒雲母を含むこともあり、また黒雲母片岩を介在する。

下位のジュクルトゥ層とは整合である。その接点は調査地域北西端に一部見られる。

他の地層との層序上の関係から原生代下部とされる。

先造山期の堆積物であるとされている。

### (4) セリド層 (Serido Formation)

調査地域内の中央部を占め、最も広く分布する (Figure II-2-2)。

Torres et al (1973) によれば、リオグランデドノルテ州フロラニア (Florania; クライスノボス市の北西方約 35km) 地域では、平均層厚は 300m とされている (Torres et al. 1973)。本地域では不明である。

主として雲母片岩からなり、石灰珪酸塩岩 (pE sscs)、珪岩 (pE ssqt) 及び角閃岩等を伴う。調査地域では、雲母片岩を4種 (pE ssx1, pE ssx2, pE ssx3, pE ssx4) に細分した。

pE ssx1は主として黒雲母片岩で構成され、その中に微量の柘榴石を含む柘榴石・黒雲母片岩、微量の董青石を含む董青石・黒雲母片岩が局部的に介在する岩相である。局部的に微量の珪線石を含み、紅柱石も認められている。

pE ssx2は珪質な片岩ある。一般的に硬く緻密で、若干量の白雲母及び黒雲母を含む。

pE ssx3は白雲母・黒雲母片岩であり、場所により緑泥石が認められる。これは多量の白雲母及び黒雲母を含み、後退変成作用の産物の可能性がある。

pE ssx4は、黒雲母片岩、柘榴石・黒雲母片岩、董青石・柘榴石・黒雲母片岩の互層である。3種それぞれの片岩の厚さは 10cm ~ 2m 程度である。董青石は径数 cm から 10cm 以上に達するポイキロプラスティックな斑状変晶で、一般に多量含まれ、特徴的な様相を示している。

pE sscsは石灰珪酸塩岩層で代表させたが、スカルン鉱物を含むもの、角閃岩及び角閃石片

岩層などがある。概してセリド層全体に散在する。層厚は数 10cm , 露頭延長は数 m ~ 数 10m といずれもごく小規模である。西方のエクアドル層との境界部付近に分布するスカルン中には灰重石を伴うことが多い。

pC ssqt は極薄い層厚の白色細粒珪岩である。

化学分析の結果、黒雲母片岩の試料はいずれも泥質岩—グレイワッケの組成を示す。また、Au 含量量は調査地域北部では一般に他種の岩石より多い。

原生代前期とされる。

下位のエクアドル層とは整合に接する。セリド層の西端ではエクアドル層との間に指交関係の境界が見られる。

フリッシュ堆積物で、グレイワッケ—ア—ジライト・タービダイトのサイクルで構成される深海堆積物とされている。

## 2-1-2 第三系

### (1) セハドスマルティンス層 (Serra dos Martins Formation)

調査地域の北西部のセホコラ付近、調査地域中央東端の標高 600m 以上の所、エクアドル層分布域内の標高 620m 以上の所、そして調査地域南部ではメサの頂上に点在分布する (Figure II-2-2)。

本地域では 30~40m 程度であるが、上部が削剥されているため、実際の厚さは不明である。

珪岩礫を主とする礫岩、砂岩、それに粘土質の頁岩からなる。酸化し、特徴的に赤味を帯びている。

化石はないが、本地域周囲の地層との対比から新生代第三紀とされている。

Bigarella (1975) (in Santos et al, 1984) によれば、ペディプレーン上に堆積した陸上堆積物であるとされている。

## 2-1-3 貫入岩類

本地域の貫入岩類は、トランスアマゾン造山輪廻期の貫入岩 ( $G_2$ ) , ブラジル造山輪廻期の貫入岩 ( $G_3$ ) , およびその後の原生代~古生代の貫入岩、そして第三紀の貫入岩 (Tdb) に分けられる。 $G_2$  ,  $G_3$  の命名は Jardim de Sa (1981) による。

### (1) $G_2$ 及び $G_3$ 岩体

$G_2$  岩体は、調査地域の北部では大部分がカイコ岩体中に貫入している (Figure II-2-2) 。岩相は花崗岩ないし花崗閃緑岩の組成の眼球片麻岩、及び細粒の正片麻岩である。ピクイ市の北方約 10km にも N-S 方向に分布する。岩相は花崗岩の組成を持つ眼球片麻岩である。

$G_3$  岩体は調査地域北部では 3 か所に分布する。サンフランシスコ鉱山の約 7 km では、カイコ岩体とセリド層の境界付近に貫入しており、ジュクルトゥ層も切っている。岩相は、灰色~

淡褐色，細粒～粗粒，等粒状の花崗閃緑岩である。調査地域南東端では，細～中粒灰色の黒雲母花崗岩である。調査地域北西端では中粒灰色の黒雲母花崗岩がある。

## (2) ペグマタイト

調査地域全体にわたり岩脈として密度高く分布する。概して小規模である。最大のものは調査地域南端部にあり，最大幅 4km，長さ 17km 以上にわたるもので N-S方向に伸びる (Figure II-2-2)。

ペグマタイト岩脈は幅が数m～数10mで，延長は最大 4kmに達する。延長方向は一般に片岩の葉状構造の方向と一致し，北部から南部にむけ NE-SW方向から NNE-SSW方向を経，N-S方向に変化する。局部的には E-W，ENE-WSW及びWNW-ESE 方向のものも認められる。調査地域南西端には NE-SW方向の岩脈が集中する。

以上のペグマタイトは第三系を除いた全ての地層，岩体に貫入している。特に調査地域北端部のカイコ岩体中には数段階にわたる貫入が認められる。

組成鉱物は主としてカリ長石，石英，斜長石，白雲母，黒雲母，電気石などであり，場所によっては緑柱石，コロンバイトータンタライト等を含む。白雲母，緑柱石，コロンバイトータンタライトの多い所では，小規模に採掘されていることが多い。

## (3) 第三紀玄武岩

調査地域北端部を除き，全体に渡って露出する。断層に沿う岩脈として露出するのが大部分である (Figure II-2-2)。数条の岩脈で構成されていることが多い。その幅は数 10 cm～2 m 程度であり，走向は WNW-ESE～E-W～ENE-WSW，急傾斜である。調査地域南東部には，直径 500m 程度のストック状貫入岩とそれの北方にそれを中心として放射状に配置する玄武岩岩脈が見られる。これは黒色，細粒，塊状で，直径 1 cm大のかんらん石斑晶がある。

## (4) その他の貫入岩類

サントメの北北西方約 8kmのセリド層とジュクルトゥ層の断層境界に沿い，角閃石片岩が貫入している (Figure II-2-2)。

サントメの北北西方約 10kmのジュクルトゥ層中に，超塩基性岩が貫入している。

## 2-2 地質構造

### (1) 地質構造

本調査地域は先カンブリア時代に複数回の変成作用に伴う構造運動を受けており，その結果として，調査地域全体にわたり NE-SW～NNE-SSW～N-Sの方向性が様々な形で強く現れている。それらは断層，褶曲等で代表される。

調査地域東端のピックイ断層はセントラル領域とセントローオリエンタル領域を分ける構造線

に相当する。調査地域のほぼ中央部を大規模な断層が N-S 方向に貫き、褶曲ゾーンも断層と平行する。その他、同系統の大小規模の断層が調査地域全体にわたり見られる。

さらに、上述の断層を切り、またはそれらと交差する WNW-ESE~ENE-WSW 方向の断層も地域全体に見られる。これらの断層に沿って第三紀玄武岩岩脈が貫入している。

葉状構造の走向は大きな構造とはほぼ平行、一般に 30° 以上の東傾斜で、急傾斜の所が多い。しかしながら、サンフランシスコ鉱床の北東 3 km 付近、南西部のフレイマルティーニョの南方 5~10 km 付近などでは 10° 以下の緩傾斜になっている。

褶曲ゾーンの中には、波長が数 100 m の小規模のアンチフォーム、シンフォームも多い。軸の方向はいずれも NNE-SSW である。pE ssx2 は主としてこの褶曲ゾーン内に分布する。

## (2) 地質構造と鉱化との関係

サンフランシスコ鉱床は、広域的には NNE-SSW 系の断層及び WNW-ESE 系の走向の断層が集中する付近に位置する。また同鉱床の北部では、セリド層中の葉状構造の走向が、一般的な NNE-SSW とは異なり、ENE-WSW となっており、造構運動時の構造の乱れが推定される。

また、サントメ西方の含金石英脈は、カイコ岩体とセリド層の境界を通る断層がその走向を南の N30° E から N10° E に変化する位置に賦存する。

フレイマルティーニョ南南西の、N-S 走向の含金石英脈が胚胎しているウンブラナ山付近では、ペグマタイトの走向、黒雲母片岩の葉状構造の傾斜が周囲の地域とは異なっており、造構運動は他の地域とは異なっていたと考えられる。

以上から、上記の 3 つの金鉱化作用は、異なる系統の断層が集中する所、断層の走向が屈曲する所、あるいは葉状構造の傾斜・ペグマタイトの方向の周囲との不調和な所など、本地域の一般的な構造、あるいは周囲と比較して構造がより乱れた位置に生じたと言える。

## 2-3 鉱化作用

本地域で見出だされた金の鉱徴地は、サンフランシスコ鉱床を形成する石英脈、サントメの西方 7 km にある含金石英脈、及び調査地域南西部のフレイマルティーニョの SSW 方 7 km にある元金石英脈の 3 カ所である (Figure II-2-2)。サンフランシスコ鉱床の周囲およびその西方では砂金の小規模な採掘が行われている。

砂金を除いた基盤中の金の鉱徴は以下の通りである。

### (1) サンフランシスコ鉱床

#### ① 鉱床タイプ

Ferran, A. (1988), Cassedane, J. P. (1973) によれば、本鉱床にはサンフランシスコトレンドとモホペラドトレンドという平行する 2 つの系統の鉱化帯があり、いずれも NNE-SSW 系に延長

する。両系統とも石英脈あるいは再結晶した変チャート層中に主鉱化作用が認められ、母岩の片岩中にも弱い鉱化作用が認められるとしている。鉱化帯中の個々の石英脈あるいは変チャート層の幅は 10 ~ 20cm 程度、最大 50cm であり、鉱化帯全体の幅は 50m +、走向延長は約 3 km に達する。鉱化帯中の金品位はサンフランシスコトレンドで平均 6.6g/t Au、局部的には 100g/t Au になり、モホペラドトレンドでは平均 3g/t Au である。金量は全体で 1,750kg である。

Ferran, A. (1988) はこの鉱床を噴気堆積性鉱床であるとし、Cassedane, J. P. (1973) はこれを深成岩に関連しない変成岩体中の鉱床であるとした。

本調査では、以下に述べる地質構造規制、構成鉱石鉱物及び脈中の変質鉱物などから本鉱床は熱水性鉱脈鉱床であろうとした。

セリド層の柘榴石・(白雲母)・黒雲母片岩が鉱床胚胎層である。

Ferran, A. (1988) によれば、サンフランシスコトレンドとモホペラドトレンドはいずれも鉱化作用をこおむった変チャート層である。サンフランシスコトレンドは 2 枚の変チャート層で構成され、それらはいずれも走向が NNE-SSW で、傾斜が 45' SE である。変チャート層中の鉱化作用を受けた部分は岩石中の線状構造に平行で、変チャートの層面に沿い SSW 方向に 12 度でプランジするとされている。また、モホペラドトレンドでは幅の狭いチャート層が繰り返し現れており、地表面での全体の幅は 50m である。地表での走向・傾斜はサンフランシスコトレンドと同じとされている。

鉱山ピットにおける調査によれば、モホペラドトレンドにおいては金の鉱化作用は石英脈とその母岩中に認められ、その石英脈はマイロナイト化を伴う破砕帯及び開口裂かの中に胚胎する。破砕帯の中の含金石英脈の走向・傾斜は、大部分が片岩の葉状構造の一般走向と類似するが、開口裂かの中に認められる石英脈には、一部それと交差するものもある。

サンフランシスコトレンド中では、金は自然金として、あるいは硫化鉱物(黄鉄鉱、磁硫鉄鉱、方鉛鉱、輝水鉛鉱)中の金として産する。一方、モホペラドトレンド中では金の産状はサンフランシスコトレンドと同様であるものの、ここでは方鉛鉱及び輝水鉛鉱は見つけられていない(Ferran, A., 1988)。金の他には、Melnikovite( $Fe_3 S_4$ )-黄鉄鉱、白鉄鉱、硫砒鉄鉱、黄銅鉱、斑銅鉱、銅藍、輝銅鉱、閃亜鉛鉱、赤鉄鉱、マンガ氧化物、褐鉄鉱、鉄及びマグネシウムの硫酸塩、Angelellite( $Fe_4 As_2 O_{11}$ )、スコロダイト、硫黄、硫酸鉛鉱、白鉛鉱が認められており、脈石鉱物としての方解石、苦灰石が報告され、本調査によっても、黄鉄鉱、黄銅鉱、磁硫鉄鉱、輝銅鉱、銅藍、赤銅鉱、褐鉄鉱、孔雀石及び緑塩銅鉱が、脈石鉱物として石英、炭酸塩鉱物が確認された。

鉱石鉱物は硫化鉱物、酸化鉱物を含め、動力・熱のいずれの変成作用も受けた形跡を残していない。

本鉱床中の金粒は一般に極く小さく、本調査でも研磨片試料からは金は見出だされなかった。

鉱山ピット中の石英脈の分析値は Au: 0.1~3.7ppm, Ag: 0.8 ~ 57.3ppm, As: 2 ~ 23ppm であった。As の最高値を示すものは Au 及び Ag も最高で、いずれも鉱化作用に伴うものであることが分かる。Au/Ag は 1/8 以下である。一方、石英脈に接する母岩中では Au: 635ppb を



示し、母岩中の分析値が Au: 1~ 9ppb であることから、明らかに鉍化作用の影響を受けていることが分かる。

また鉍山ピット中の鉍化石英脈中及びその隣接部から採取した石英脈、粘土及び鉍石鉍物などからは熱水変質作用に特徴的な絹雲母と微量のカオリンが認められた。

本調査によれば、サンフランシスコ鉍床の鉍化石英脈中の流体包有物の大きさは 0.001mm 大、及び 0.01mm 以下で、初生包有物は CO<sub>2</sub> に富む。これらの包有物は小さすぎて均質化温度を測定できなかった。

### ③ 鉍床成因

Cassedane, J. P. (1973) は深成岩に関連しない変成岩体中の鉍床であるとし、より古い時期の再移動による鉍床の可能性があるとした。

Ferran, A. (1988) は変チャートの連続性、及び硫化物との共生関係から噴気堆積鉍床であろうとした。

本調査によれば、含金石英脈は破碎帯及び開口裂か中に胚胎しており、絹雲母などの変質鉍物の存在から石英脈は熱水作用により形成された可能性が考えられる。構成鉍石鉍物及び熱水作用の証拠から本鉍床は浅熱水性裂か充填型と考えられる。また、鉍石鉍物中に変成作用の影響が認められないことから、ブラジリアン造構運動以後の形成と考えられる。

## (2) サントメ西方の含金石英脈

### ① 鉍床タイプ

鉍化作用は主に石英脈中に生じている。含金石英脈は小規模で、幅は平均 10cm 以下、走向延長は断続する部分を合計しても約 60m である。

本調査での 2 試料の鉍石分析の結果、石英脈の含金量はサンフランシスコ鉍床のそれよりも高く 5.1ppm 及び 9.1ppm である。また銀は 2.8ppm、4.5ppm である。Au/Ag はサンフランシスコ鉍床のそれとは異なり、2 前後である。金鉍化を示す試料に関する限り、砒素の含有量は 1ppm 未満とごく少ない。サンフランシスコ鉍床の鉍化作用とは鉍液の組成が異なっていたことを物語る。

石英脈はカイク岩体の黒雲母片麻岩中に産する。

石英脈の走向は N30° E、傾斜は 50° E である。石英脈南端の形態は開削されていないため不明であるが、北端では異なった走向・傾斜の石英脈が現れ、その先には延長しなくなる。

大局的には、カイク岩体とセリド層の境界を通る断層が、その走向を南方の N30° E から北方の N10° E に変化する付近に位置する。横ずれ断層による開口部かもしれない。

本調査での石英脈試料の研磨片の検鏡によれば、鉍石鉍物としていずれも微量であるが、黄鉄鉍、黄銅鉍、輝銅鉍及び銅藍が認められた。同様に、変質鉍物として絹雲母、及び微量の緑泥石が認められた。

## ② 鉱床成因

含金石英脈の胚胎の場合、構成鉱石鉱物、変質鉱物の種類などからサンフランシスコ鉱床と同様に浅熱水性裂か充填鉱床であると推定される。しかしながら、Au/Agの含量比及びAsの含有量等からサンフランシスコ鉱床の鉱液とはその性格が異なっていたと推定される。

### (3) フレイマルティニーヨ南南西方の含金石英脈

#### ① 鉱床タイプ

石英脈の幅は0.3～2m、走向方向の長さは200m以上に達する。下記するように鉱床は裂か充填型である。

本調査での石英脈の鉱石分析によれば、Au: 0.2ppm, Ag: 103 ppm, Cu: 3.76%, As: 5 ppmである。

セリド層の黒雲母片岩である。

石英脈の走向及び傾斜がそれぞれN5°E, 70°Wであるのに対し、母岩の黒雲母片岩の葉状構造の走向、傾斜はそれぞれN-S, 5°Eであり、母岩の葉状構造と石英脈の傾斜は高角度で交差している。したがって、石英脈は急傾斜の解放裂罅と考えられる。

本地域には規模の大きい断層あるいは構造線はなく、大局的にはこれらの大規模な構造線に規制されてできた裂かではない。この石英脈が存在する所は東西約2km、南北約3kmにわたり周囲の構造と違う様相を呈している。葉状構造の傾斜が周囲と異なること、E-W走向のペグマタイト岩脈が多いことなどである。したがって、極く局所的な構造運動により形成された裂かであると推定される。

黄鉄鉱の他に二次鉱物として孔雀石、赤鉄鉱、褐鉄鉱などを伴っている。

石英脈及び脈際粘土には絹雲母、カオリン及びモンモリロナイトが生じている。

## ② 鉱床成因

鉱石鉱物種、変質鉱物種等から鉱床の成因はサンフランシスコ鉱床及びサントメ西方の石英脈と同様の浅熱水性裂か充填鉱床と考えられる。しかしながら、石英脈中のAuとAgの含量比(Au/Ag)が1/500以下と非常に低いこと、Asを含むことなど、鉱液の性格はいずれとも若干異なっていたと推定される。

## 2-4 河川堆積物地化学探査

### 2-4-1 探査概要

3年間にわたり 2,000km<sup>2</sup> の全調査範囲で河川堆積物による地化学探査を実施した。

調査地域全域から平均 1.6個/km<sup>2</sup> の密度で沢砂試料を、既存資料及び本調査により得られた金鉱徴地で河川堆積物のパンニング試料を採取した。解析対象元素は沢砂試料では Au, Ag, Fe, Mn, Mo, W, Sn, Nb, Ta, Be, Li, As 及び Sb の 13 元素、パンニング試料では Au, Ag, Mo, W, Sn, Nb, Ta の 7 元素である。

沢砂試料の分析値から各元素の異常値を抽出し、地化学異常を検討するために EDA法を適用した(Table II-2-1, Table II-2-2, Table II-2-3, Table II-2-4)。

パンニング試料は金粒の有無を確認するとともに、上記元素につき化学分析を実施し、各元素の濃集程度と地質鉱床との関係について検討した。図は金についてのみである。他の元素については各年次の報告書を参照されたい。

### 2-4-2 沢砂地化学探査結果

#### (1) 沢砂試料の採取

沢砂試料は河川堆積物の表面から深さ 10cm までの間で採取した。3年間の全地域の合計試料数は 3,128個である。

#### (2) 分析値統計量(Table II-2-1)

Ag, W, Ta, Sbは検出限界未満の試料数が多く、母岩中の含有量もほとんど検出できていない。従って、これらの元素は地化学的には十分に検討できなかった。

沢砂試料分析値の平均値(Mean)と岩石自体の分析値(Appendix 1)を比較すると、Fe, Mn, Mo, Sn, Nb, Liはほぼ類似していることが分かる。即ち、調査地域北部ではカイク岩体の成分を反映し、南部では広く分布するセリド層の成分を反映していると考えられる。

Beは本地域ではペグマタイトに伴うことが多いので、むしろペグマタイトの成分を反映しているものと考えられる。Asの平均値は調査地域北部から中央部では母岩中の含有量よりも低い値であり、南部では高い値である。これらの元素の最大値は平均値の数倍から数 10 倍に達するので、岩石の成分そのもののみを表しているとは言えず、地化学異常の検討対象として取り扱うことができる。

Auも検出限界未満の値が多いので統計的な検討は意味をなさないが、金を探査の対象としているので検出した値は全て検討の対象として取り扱った。その結果は以下に述べる通りである。

#### (3) 元素間の相関関係(Table II-2-2)

Table II-2-1 Statistical studies of stream sediment analytical data

	Elements	Mean	Variance	Standard deviation	Minimum	Maximum	Below detection limit(%)
Phase I	Au(ppb)	0.545	0.037	0.192	0.500	450.000	94.3
	Ag(ppm)	0.102	0.006	0.076	0.100	1.000	98.0
	Fe(%)	3.316	0.054	0.232	0.500	10.300	none
	Mn(ppm)	886.703	0.042	0.204	100.000	12305.000	none
	Mo(ppm)	1.562	0.108	0.329	0.500	101.000	21.8
	W (ppm)	5.073	0.006	0.076	5.000	125.000	99.0
	Sn(ppm)	1.672	0.150	0.387	1.000	68.000	68.1
	Nb(ppm)	23.853	0.200	0.447	5.000	660.000	14.8
	Ta(ppm)	5.394	0.023	0.151	5.000	89.000	94.9
	Be(ppm)	1.849	0.121	0.348	0.200	74.000	5.4
	Li(ppm)	4.053	0.068	0.261	0.500	20.000	1.5
	As(ppm)	0.771	0.081	2.285	0.500	25.000	59.2
	Sb(ppm)	0.721	0.025	0.157	0.500	5.000	48.3
Phase II	Au(ppb)	0.309	0.211	0.459	0.200	160.000	84.2
	Ag(ppm)	0.100	0.000	0.021	0.100	0.400	99.9
	Fe(%)	5.010	0.047	0.218	0.800	38.900	none
	Mn(ppm)	1068.634	0.060	0.245	120.000	11390.003	none
	Mo(ppm)	1.769	0.150	0.388	0.500	22.000	36.7
	W (ppm)	5.000	0.000	0.000	5.000	5.000	all
	Sn(ppm)	1.945	0.132	0.363	1.000	191.000	64.9
	Nb(ppm)	25.173	0.161	0.401	5.000	395.000	17.4
	Ta(ppm)	5.224	0.015	0.123	5.000	380.000	97.2
	Be(ppm)	0.962	0.178	0.421	0.200	78.000	35.9
	Li(ppm)	16.099	0.050	0.225	3.000	80.000	none
	As(ppm)	0.584	0.048	0.220	0.500	14.000	88.2
	Sb(ppm)	0.502	0.001	0.024	0.500	1.000	99.4
Phase III	Au(ppb)	0.246	0.119	0.344	0.200	63.000	93.1
	Ag(ppm)	0.100	0.000	0.021	0.100	0.400	99.9
	Fe(%)	3.279	0.030	0.173	0.510	18.580	none
	Mn(ppm)	1036.945	0.057	0.239	89.000	7386.010	none
	Mo(ppm)	0.578	0.026	0.162	0.500	4.000	84.8
	W (ppm)	5.246	0.016	0.125	5.000	268.000	96.5
	Sn(ppm)	2.149	0.090	0.299	1.000	19.000	40.6
	Nb(ppm)	23.147	0.140	0.374	5.000	680.000	11.8
	Ta(ppm)	5.799	0.051	0.226	5.000	270.000	90.8
	Be(ppm)	22.837	0.032	0.180	6.900	372.900	none
	Li(ppm)	26.369	0.041	0.201	5.000	86.000	none
	As(ppm)	1.381	0.054	0.233	0.500	4.000	15.5
	Sb(ppm)	0.500	0.000	0.011	0.500	1.000	99.9

Table II-2-2 Correlation among thirteen elements of stream sediments

Elements	Au	Ag	Fe	Mn	Mo	W	Sn	Nb	Ta	Be	Li	As	Sb
Phase I	Au	1.000											
	Ag	-0.026	1.000										
	Fe	-0.014	0.097	1.000									
	Mn	0.049	0.052	0.529	1.000								
	Mo	-0.023	0.089	0.425	0.304	1.000							
	W	0.032	0.040	0.091	0.061	0.058	1.000						
	Sn	-0.069	0.138	0.297	0.111	0.404	0.160	1.000					
	Nb	-0.041	0.127	0.446	0.505	0.591	0.150	0.587	1.000				
	Ta	-0.005	0.121	0.221	0.141	0.262	0.218	0.592	0.535	1.000			
	Be	0.004	0.023	0.242	0.107	0.179	0.055	0.134	0.234	0.091	1.000		
	Li	0.008	-0.009	0.332	0.216	-0.070	-0.035	-0.155	-0.187	-0.139	0.045	1.000	
	As	0.018	0.022	0.016	0.090	-0.013	-0.003	-0.054	-0.088	-0.021	-0.054	0.142	1.000
	Sb	-0.039	0.043	0.167	0.021	0.183	0.057	0.229	0.022	0.152	0.032	-0.036	-0.030
Phase II	Au	1.000											
	Ag	0.078	1.000										
	Fe	0.087	-0.023	1.000									
	Mn	0.066	-0.001	0.542	1.000								
	Mo	0.080	-0.050	0.454	0.267	1.000							
	W	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000						
	Sn	-0.013	-0.028	-0.040	-0.025	0.092	0.000	1.000					
	Nb	0.009	-0.032	0.286	0.327	0.568	0.000	0.177	1.000				
	Ta	0.041	-0.005	0.130	0.193	0.161	0.000	0.340	0.340	1.000			
	Be	0.057	0.041	0.141	0.164	0.283	0.000	0.278	0.246	0.073	1.000		
	Li	-0.102	-0.020	0.068	0.139	-0.209	0.000	0.140	-0.151	-0.076	0.050	1.000	
	As	-0.013	0.182	-0.105	-0.100	-0.072	0.000	0.011	-0.065	-0.004	-0.012	0.057	1.000
	Sb	-0.032	-0.003	-0.045	-0.072	0.018	0.000	0.095	0.018	-0.012	0.026	-0.031	0.019
Phase III	Au	1.000											
	Ag	-0.009	1.000										
	Fe	0.030	0.035	1.000									
	Mn	0.072	0.107	0.740	1.000								
	Mo	0.026	-0.014	-0.178	-0.159	1.000							
	W	0.044	-0.006	0.086	0.076	0.023	1.000						
	Sn	-0.005	-0.039	0.085	-0.033	0.049	0.101	1.000					
	Nb	0.052	-0.024	0.358	0.488	-0.001	0.162	0.198	1.000				
	Ta	0.092	-0.010	0.209	0.313	-0.008	0.129	0.107	0.567	1.000			
	Be	0.021	-0.032	0.097	0.012	0.066	0.127	0.316	0.318	0.233	1.000		
	Li	0.024	0.024	0.443	0.220	-0.104	0.005	0.104	0.037	0.015	0.360	1.000	
	As	0.018	0.024	-0.007	-0.033	-0.102	-0.093	-0.089	-0.104	-0.008	0.043	-0.029	1.000
	Sb	-0.009	-0.001	-0.018	0.001	0.052	-0.006	-0.038	0.000	-0.010	-0.010	0.007	-0.067

Table II-2-3 EDA analyses for stream sediment analytical data

	Elements	Median	Lower fence	Lower whisker	Lower hinge	Upper hinge	Upper whisker	Upper fence	Upper fence or more(%)
Phase I	Au(ppb)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	5.7
	Ag(ppm)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	2.0
	Fe(%)	3.40	-1.45	1.90	2.30	4.80	5.40	8.55	3.7
	Mn(ppm)	880	-65	620	670	1160	1270	1895	4.9
	Mo(ppm)	2.0	-2.0	0.5	1.0	3.0	3.0	5.0	5.2
	W (ppm)	5	5	5	5	5	5	5	1.0
	Sn(ppm)	1.0	-0.5	1.0	1.0	2.0	4.0	3.5	17.7
	Nb(ppm)	23	-29	10	13	41	54	83	11.6
	Ta(ppm)	5	5	5	5	5	5	5	5.1
	Be(ppm)	2.00	-2.00	1.00	1.00	3.0	3.0	6.0	2.1
	Li(ppm)	4.0	-1.5	2.0	3.0	6.0	7.0	10.5	2.2
	As(ppm)	0.50	-0.25	0.50	0.50	1.00	1.00	1.75	13.1
	Sb(ppm)	1.00	-0.25	0.50	0.50	1.00	1.00	1.75	0.8
Phase II	Au(ppb)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	15.8 *
	Ag(ppm)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1 *
	Fe(%)	4.8	-0.5	3.4	3.7	6.5	7.1	10.7	7.2
	Mn(ppm)	1040	-320	880	760	1480	1610	2560	6.2
	Mo(ppm)	2.0	-2.0	0.5	1.0	3.0	4.0	6.0	10.1
	W (ppm)	5	5	5	5	5	5	5	--
	Sn(ppm)	1.0	-3.5	1.0	1.0	4.0	5.0	8.5	6.0
	Nb(ppm)	28	-34	11	14	46	55	94	6.8
	Ta(ppm)	5	5	5	5	5	5	5	2.8 *
	Be(ppm)	1.00	-1.75	0.50	0.50	2.00	2.00	4.25	2.8
	Li(ppm)	16	-7	11	11	23	26	41	2.8
	As(ppm)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	11.8 *
	Sb(ppm)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6 *
Phase III	Au(ppb)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	6.9
	Ag(ppm)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0
	Fe(%)	3.35	0.39	2.46	2.67	4.19	4.54	6.47	2.7
	Mn(ppm)	1025	-307.5	669	735	1430	1598	2472.5	5.7
	Mo(ppm)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	15.2
	W (ppm)	5	5	5	5	5	5	5	3.5
	Sn(ppm)	3	-3.5	1	1	4	4	8.5	1.2
	Nb(ppm)	22	-18	13	15	37	45	70	10.0
	Ta(ppm)	5	5	5	5	5	5	5	9.2
	Be(ppm)	22.5	-2.05	15.8	17	29.7	32.5	48.75	2.6
	Li(ppm)	27	-5.5	18	20	37	40	62.5	1.9
	As(ppm)	2	-0.5	1	1	2	2	3.5	0.01
	Sb(ppm)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0

Table II-2-4 Factor analyses for stream sediment analytical data

	Elements	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5	Factor 6	Communality
Phase I	Au	0.038	-0.031	-0.425	0.007	0.088	0.035	0.1919
	Ag	0.108	0.017	0.003	0.058	-0.165	-0.037	0.0439
	Fe	0.131	0.324	0.013	0.655	-0.290	0.257	0.7009
	Mn	0.093	0.159	-0.094	0.783	-0.016	0.048	0.6589
	Mo	-0.008	-0.274	-0.025	0.444	-0.481	0.289	0.5581
	W	0.357	-0.004	-0.048	0.017	-0.016	0.096	0.1397
	Sn	0.483	-0.199	0.100	0.151	-0.545	0.096	0.6118
	Nb	0.353	-0.313	0.088	0.475	-0.430	0.227	0.6928
	Ta	0.651	-0.177	0.020	0.144	-0.359	-0.006	0.6025
	Be	0.102	0.032	0.048	0.116	-0.045	0.460	0.2408
	Li	-0.100	0.566	-0.100	0.176	0.036	0.041	0.3741
	As	-0.013	0.129	-0.422	0.035	-0.020	-0.095	0.2057
	Sb	0.037	0.015	0.055	0.009	-0.408	0.049	0.174
	Contributions	18.6%	13.6%	7.7%	29.8%	21.7%	8.6%	
Phase II	Au	-0.005	0.098	-0.126	-0.008			0.0256
	Ag							
	Fe	0.096	0.741	-0.072	0.096			0.5731
	Mn	0.076	0.687	0.148	0.256			0.5652
	Mo	0.373	0.425	-0.514	0.187			0.6184
	W							
	Sn	0.527	-0.112	0.130	0.066			0.3112
	Nb	0.386	0.281	-0.339	0.500			0.5928
	Ta	0.049	0.076	-0.043	0.572			0.3370
	Be	0.519	0.138	-0.021	0.047			0.2916
	Li	0.112	0.098	0.487	-0.098			0.2686
	As	0.016	-0.144	0.087	0.004			0.0284
	Sb							
	Contributions	24.0%	37.6%	19.0%	19.5%			
Phase III	Au	-0.023	0.377	0.098	-0.522			0.4252
	Ag							
	Fe	0.823	0.173	0.210	0.113			0.7648
	Mn	0.763	0.355	-0.057	0.192			0.7342
	Mo	-0.226	0.050	0.027	0.133			0.0722
	W							
	Sn	-0.033	0.242	0.464	0.239			0.3318
	Nb	0.226	0.729	0.129	0.310			0.6959
	Ta	0.103	0.809	0.135	-0.167			0.7109
	Be	-0.055	0.126	0.541	0.067			0.3157
	Li	0.230	-0.089	0.486	-0.170			0.3263
	As	-0.006	-0.027	-0.026	-0.142			0.0215
	Sb							
	Contributions	32.5%	35.4%	19.0%	13.1%			

Fe-Mnの相関係数は 0.542~ 0.740であり、弱い相関のあることが分かる。これらの元素は岩石の成分をそのまま反映していると考えられる。

Mo-Nbは調査地域北~中央部では 0.591, 0.568, 南部では -0.001 である。これらの相関については理由は不明である。

Sn-Nb, Sn-Taの相関係数は調査地域北部で 0.587, 0.592 である。岩相に関連する元素としての相関が見られたものと考えられる。

Nb-Taは本調査地域では共にペグマタイトに伴う元素であり、ペグマタイトが調査地域全域にわたり分布しているにもかかわらず北部及び南部にのみ 0.535, 0.567 という値が示された。これらの数字からは明瞭な相関関係があるとは言えない。

#### (4) 元素別濃度分布

各元素の異常値の分布を検討するための数字は Table II-2-3の Upper fenceあるいは Upper whisker の値に基づく。本総括報告書には金に関する図のみを示した。他の元素に関する図は第1年次報告書あるいは第2年次報告書を参照されたい。

##### (a) 金(Au)

検出限界(初年度は 1ppb, 2年度は 0.5ppb)未満の試料数が多く(初年度は 94.3%, 2年度は 84.2%, 3年度は 93.1%), 検出限界を越える値は全て異常値として取り扱った。検出限界を越える値はサンフランシスコ鉱山の北方約 5km 付近から南方の調査地域全体に散在し、特に調査地域中南部に多く見られる。比較的高い値を示し、あるいは水系・地形的にまとまる地域は主に次の4つにまとめられる(Figure II-2-3)。

- ①サンフランシスコ鉱山を取り囲む東西 7km, 南北10kmの範囲(~450ppbで, 10ppb 異常が6点,
- ②フレイマルティーニョの北東方約 15km (0.5ppb ~10ppb 未満)
- ③フレイマルティーニョの東方約 13km (10ppb前後の点が多い)
- ④調査地域南東方ピクイ市の西方約 15km (10ppb未満)

##### (b) 鉄(Fe)

高濃度域を示す地域は主としてサンフランシスコ鉱山の西方約 10km から南~南南西方に向け幅約 3kmのゾーンとして連続する。これと一連のゾーンと考えられるが、サンフランシスコ鉱山の北方約 15km 付近にも高濃度域がある。これらはセリド層中央部を縦断する褶曲帯と一致し、鉄の高濃度と構造との関連性が強く現れている。

##### (c) マンガン(Mn)

マンガンは全試料が 5ppm を越えている。高濃度を示す所は以下のようにまとめられる。

- ①大局的には調査地域東部の花崗岩・片麻岩とセリド層との境界部に沿う形で多く、こお







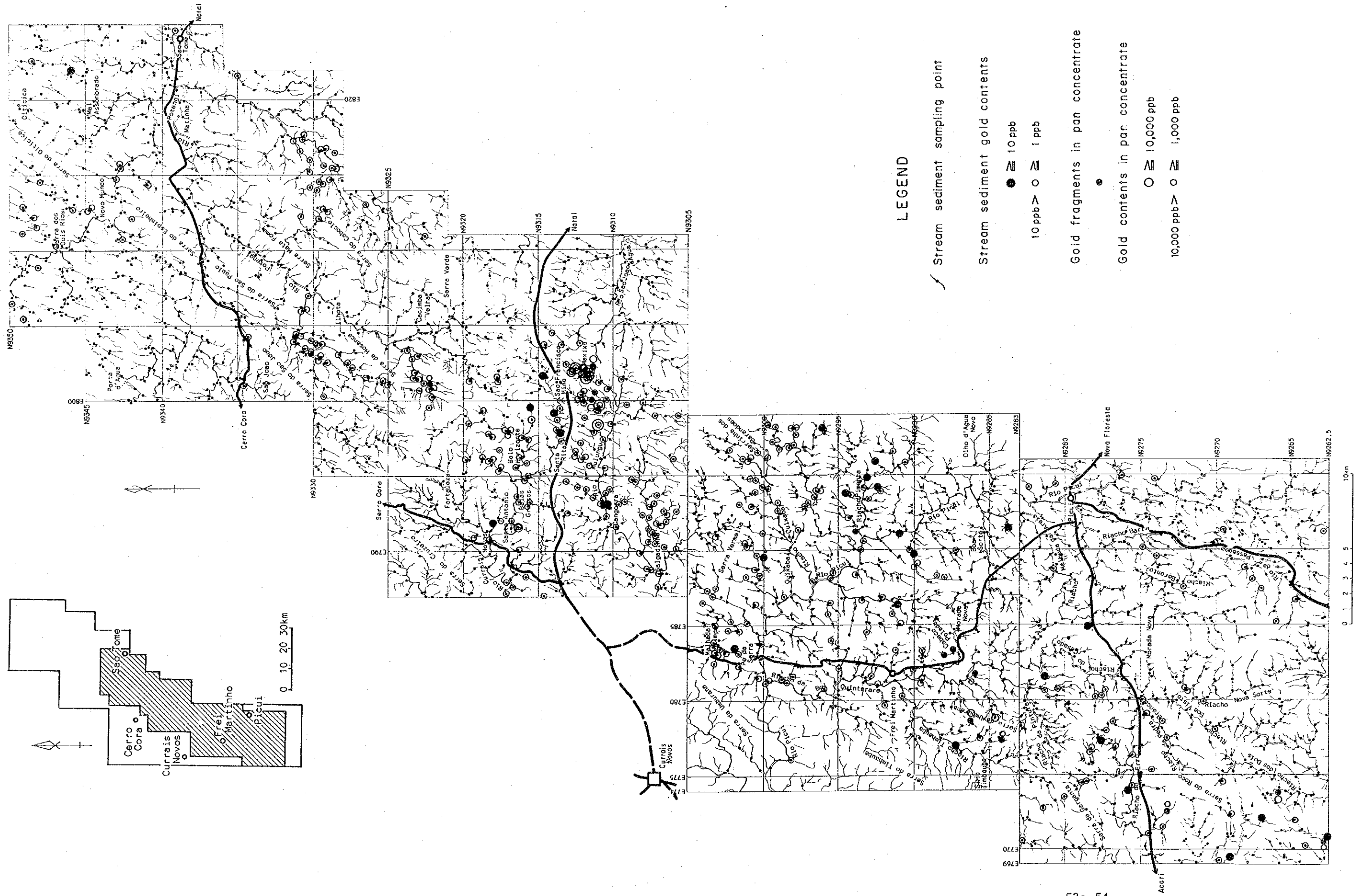


Figure II-2-3 Summary of stream sediment survey



れは北からピクイ市付近まで連続する。

②調査地域南端部では東西 13km, 南北 15km にわたり高濃度地域が広がる。セリド層の pE sss4 が分布する地区であり、鉍化作用を伴う岩相、鉍脈等は見出だされていない。

(d) モリブデン(Mo)

調査地域の中央部以北のみについてみる。全般的に鉄の高濃度域と重なり、サンフランシスコ鉍山の西方 10km から南～南南西方に、フレイマルティーニョの南東方 5km まで約 3km 幅のゾーンとして連続する。

(e) 錫(Sn)

北部、中央部及び南部それぞれに検討した高濃度域を見ると、その傾向は以下のようにまとめられる。

①北部では主として北端部のカイク岩体の分布域に重なるように分布する。これからカイク岩体との関連性が考えられる。セリド層中の高濃度域はサンフランシスコ鉍山の西方 10km から西に散在する。

②中部ではセリド層全体に散在する。

③南部ではピクイ市の南西方 10km 付近に集中する。ここには大規模なペグマタイトがあり、これとの関連が考えられる。

(f) ニオブ(Nb)

ニオブの異常域は主として次のようにまとめられる。

①調査地域北端部のカイク岩体に重なるように分布する。

②フレイマルティーニョを含み南北方に伸びる幅 2～3 km, 長さ 15km にわたるゾーン、及びそれと平行し東に約 5 km 離れた 2～3 km のゾーン。多くのペグマタイト岩脈がある所であり、これとの関連が考えられる。

(g) 砒素(As)

砒素の高濃度域は次のようにまとめられる。

①サンフランシスコ鉍山周辺の東西 7 km, 南北 3 km にわたる地域

②サントメ南西方 13km の東西 6 km, 南北 3 km にわたる地域

③サンフランシスコ鉍山の北方 10km の地点から南西に向け 45km 以上にわたり、幅 3 km 前後で連続する地域。このゾーンはセリド層 pE sss4 の西端で、調査地域を縦断する褶曲帯の東側にあたる。このゾーンには pE sscs が多くあり、砒素の含有量が高いので、この岩石の成分を反映していると考えられる。

④マリヤダリンバを通る NNE-SSW 方向の幅約 3 km のゾーン。セリド層の西端部にあたり、若干の pE sscs があることからやはりこの成分を反映しているにかも知れない。

サンフランシスコ鉍床の鉍石には金と同時に砒素も含まれることが初年度の調査で分かった。

しかしながら、河川堆積物地化学探査では金と砒素の明瞭な相関は示されなかった。砒素の異常は上記の③に述べたように、むしろ岩石自体の含有量に負う所が大きい。

その他の Ag, W, Ta, Be, Li, Sbについては、その異常域に明瞭な特徴はない。

#### (5) 因子分析 (Table II-2-4)

3年間にわたり、各年度ごとの試料を用いて因子分析を実施した。得られた各因子につき高因子得点を示す点について地質及び鉱化作用の面から検討した。

##### (a) Fe-Mn-(Mo)-(Nb) 元素で代表される因子

各年度毎の調査地域のいずれでも得られた因子で、その因子寄与率は 29.8%~37.6%と高い。因子を代表する元素は主として Fe-Mnであり、第1・2年調査 (Phase I, II) 地域では Mo-Nb がそれに付随する。しかし、第3年次調査 (Phase III) 地域では Mo-Nb は因子負荷量も極低く、関与は認められない。

各地域の高因子得点の分布を見ると、調査地域北端部のカイク岩体及びセリド層の分布域に重なる。セリド層の中でも中央部を縦断する褶曲帯に相当集中しているのが認められる。これらの元素が岩石中に多く含有することから、主として岩石種を反映していると考えられる。

##### (b) Ta-Nb 元素で代表される因子

Ta, Nbの因子負荷量が調査地域中部ではそれぞれ 0.572, 0.500, 南部ではそれぞれ 0.809, 0.729 であり、寄与率はそれぞれ 19.5%, 35.4%である。この因子の高因子得点の分布はセリド層の分布域全体に散在する。調査地域中部~南部で多くのペグマタイト岩脈からコロンバイト、タンタライト等を生産していることから見て、このペグマタイトの鉱化に関連する因子であると考えられる。

##### (c) Sn-Mo-Nb, Sn-Be, Be-(Li)-(Sn)など Sn に関連する因子

これらの因子の寄与率はいずれも 20%前後、因子負荷量はいずれも 0.5前後である。

高因子得点の分布から次のことがいえる。調査地域北端部では Sn-Mo-Nbに関連する因子で、前述の Ta-Nb因子とほぼ同様の分布をし、スカルン化をもたらした鉱化作用に関連する因子であろうと考えられる。

中部では Sn-Beに関する因子で、高因子得点を持つ点の分布と地質から、スカルンに伴う灰重石鉱床、ペグマタイト岩脈の鉱化作用に関連する因子であろうと考えられる。

南部では Be-(Li)-(Sn) に関連する因子で、高因子得点の分布から N-S方向のペグマタイトに関連する因子であると考えられる。

##### (d) その他の因子

セリド層の岩種を表すと考えられる Li の因子、及び Auに関連する因子が抽出された。いずれ

も因子負荷量，因子寄与率はごく低い。

### 2-4-3 パンニング試料地化学探査結果

#### (1) 試料採取

パンニング試料の採取は，既知地化学探査の金の異常地周辺，本調査により金に関する情報が得られた地区において実施した。試料の採取点は合計 319点である。

金粒の有無を確認した試料は後に化学分析した。分析成分は，Au, Ag, Mo, W, Sn, Ta及びNbの7成分である。化学分析に用いられた試料は，314件である。

#### (2) 試料の肉眼鑑定

金粒の存在を確認した地点は Figure II-2-3の通りである。金粒は一般に小さく最大 0.5mm程度であった。

その他の鉱物として磁鉄鉱，コロンバイト-タンタライト，灰重石及びベリル等が多く認められた。

#### (3) 分析結果

##### (a) 金(Au)

1,000ppb以上の高濃度を示した位置は Figure II-2-3に示すとおりである。金粒が確認できなかった多くの点で金の含有が認められた。特にサンフランシスコ鉱床周辺，フレymarティ-ニョ南方7kmの含金石英脈がある所では高含有点が多く在る。

##### (b) モリブデン(Mo)

モリブデンは全般的に非常に低い値であるが，100ppm以上の高い値がサンフランシスコ鉱床西方8km付近に認められた。

##### (c) タングステン(W)

タングステンの高濃度を示す地点は，試料を採取した地点のほぼ全域にわたっている。

##### (d) 錫(Sn)

錫の高濃度を示した地区は調査地域北端のカイコ岩体中，サンフランシスコ鉱床周辺及び同鉱床の西北西約10kmのセリド層中である。

##### (e) タンタル(Ta)

タンタルは次に述べるニオブとともにコロンバイト-タンタライトとしてペグマタイト中に

産するものであり、ペグマタイトの多い本地域では試料採取した地域のほぼ全域で高い値がでた。肉眼鑑定の結果と一致する。

(f) ニオブ(Nb)

ニオブもタンタルと同様にほぼ全域で高い値がでたが、値そのものはタンタルよりも平均的に低い。

(g) 銀(Ag)

銀は、全ての試料において、検出限界未満であった。

#### 2-4-4 河川堆積物地化学探査のまとめ

沢砂地化探ではサンフランシスコ鉱床の南部から西部にかけて強い金の異常が検出され、フレイマルティーニョの北方及び東方、ピクイの西方でも若干弱くなるが金異常が検出された。これらの金異常点はサンフランシスコ鉱床の南側でのみ実際の金の鉱化作用に対応する。フレイマルティーニョの北方には過去の調査で微量の金を含有するスカルン化された岩石が存在することが分かっているが金鉱床として採掘されるには微量すぎる。その他のフレイマルティーニョの東方及びピクイの西方では地質調査によっては金の鉱化作用は見出だされていない。このことから、フレイマルティーニョの北方及び東方、ピクイの西方では、たとえ金の鉱化作用が存在するとしても通常の地質調査では見出だされない程小規模のものであると判断される。

河川堆積物地化学探査の結果から判断すれば、調査地域内の金鉱化作用は全体的にみて劣勢であるということが出来る。



### 第3章 A地域の準精査

#### 3-1 地質及び鉱化作用

##### 3-1-1 地質概要

A地域内の調査を実施したA-I, A-II, A-III及びA-IV地区の地質はセリド層の片岩類から構成され、岩層は以下の5つに区分される。即ち、黒雲母片岩を主体とし、若干の柘榴石-黒雲母片岩及び堇青石-黒雲母片岩を挟在するゾーン(pC ssx1), 珪質黒雲母片岩~珪岩(pC ssqt), 黒雲母片岩, 柘榴石-黒雲母片岩, 堇青石-黒雲母-柘榴石片岩の互層(pC xxs4), 石灰珪酸塩岩(pC sscs), ペグマタイト(pC pg), 及び玄武岩岩脈(Tdb)である。

A-I~A-IVの各地区(Figure II-3-1)での分布状況は下記のとおりである。

A-I地区は pC ssx1を主体とし、東端に pC ssx4が分布する。前者には pC ssqtを挟在する。pC ssqtはいずれも NNE-SSW方向に延びるが、幅 350~400mのものが2列、及び幅 25~100mのものが数列である。pC ssx4には小規模の pC sscsが挟在する。これらのなかには NNE-SSW系の無数のペグマタイト岩脈及び WNW-ESE系の玄武岩岩脈(Tdb)が貫入している。

A-II地区は主として pC ssx4よりなり、小規模の pC sscsを挟在する。

A-III地区は大部分が pC ssx4で、西端部に pC ssx1が分布する。本地区では pC ssx4の中に小規模のレンズ状の pC sscsを10数列挟在する。これらに無数のペグマタイト岩脈が貫入する。

A-IV地区は pC ssx4より成り、幅 300m の NNE-SSW系の pC ssqtを挟在する。

本地区の片岩の片理面はA-I地区の東部では走向 NNE-SSW系で、東に緩傾斜、同箇所以外では走向が同じで、東に急傾斜する。

##### 3-1-2 鉱化作用

本地区の母岩中の鉱化作用はA-I地区中央やや西部の銅鉱物を伴う石英脈だけが確認されている。砂金を採取したガリンポは、A-II地区に集中しており、6カ所確認された(Figure II-3-3)。

銅鉱物を伴う石英脈は黒雲母片岩の葉状構造に沿って発達し、走向 NNE-SSW, 傾斜は80°N, 走向延長 400m である。石英脈は幅 1~5cm で、数10条認められ、石英脈をまとめた全体の幅はゾーンとして 5m である。数10条の石英脈の中に斑銅鉱等の鉱石鉱物が認められる幅 2~10 cmの3つのゾーンがある。鉱石鉱物は斑銅鉱の他に孔雀石があり、脈石鉱物は石英であるが、このなかには緑レン石、黒雲母が認められる。