

ペルー共和国ウルバンバ川下流地域

資源開発協力基礎調査

最終報告書

平成 12 年 3 月

国際協力事業団  
金属鉱業事業団



1156527 (2)

## は し が き

日本国政府はペルー共和国政府の要請に応え、同国のウルバンバ川下流地域の鉱物資源賦存の可能性を確認するため、既存データ解析及び衛星画像解析など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、調査の実施を金属鉱業事業団に委託することとした。本調査は平成10年度を第1年次とする第2年次にあたり、金属鉱業事業団は2名の調査団を編成して平成12年2月12日から平成12年2月18日まで第2年次調査結果の報告のため現地に派遣した。現地調査は、ペルー共和国政府機関、エネルギー鉱山省地質鉱物冶金研究所の協力を得て予定どおり完了した。

本報告書は第1年次及び第2年次の2年間の調査結果をとりまとめた最終報告書である。

おわりに、本調査の実施にあたってご協力いただいたペルー共和国政府関係機関ならびに外務省、通商産業省、在ペルー日本国大使館及び関係各位の方々に衷心より感謝の意を表すものである。

平成12年3月

国際協力事業団

総 裁 藤 田 公 郎

金属鉱業事業団

理事長 田 代 直 弘

資源開発協力基礎調査報告書  
(第2年次)

目 次

は し が き	
目 次	i
要 約	iv
調査地域位置図	vi

第 I 部 序 論

第1章 調査概要

1-1 調査の経緯及び目的	1
1-2 第1年次調査の範囲及び作業の概要	1
1-3 第2年次調査の範囲及び作業の概要	2
1-4 調査団の編成	2
1-5 調査期間及び調査量	3

第2章 調査地域の地理

2-1 位置及び交通	4
2-2 地形及び水系	4
2-3 気候及び植生	5

第3章 調査地域の既存地質情報

3-1 既存調査の概要	6
3-2 地質概要	6
3-3 既知鉱床概要	7

第 II 部 各 論

第1章 衛星画像解析

1-1 解析の目的	9
1-2 画像処理	9
1-3 画像判読、GIS データセット作成及びリニアメント解析	10
1-4 画像解析結果	14
1-5 考察	27

第2章 既存データ解析	
2-1 解析の目的	39
2-2 地質	39
2-3 鉱床	48
2-4 考察	52
第3章 総合解析	57

## 第 III 部 結論及び提言

第1章 結論	61
第2章 将来への提言	62
参考文献及び収集データ	63

【挿入図目次】

第1図	調査地域位置図	vi
第2図	地質概略図	8
第3図	使用衛星画像位置図	12
第4図	JERS-1 SAR モザイク画像	15
第5図	JERS-1 SAR 地質単元区分図	17
第6図	JERS-1 SAR リニアメント図	19
第7-1図	Puerto Esperanza 図画 (20-u) JERS-1 SAR 画像	29
第7-2図	Puerto Esperanza 図画 (20-u) 地質単元区分図	30
第7-3図	Puerto Esperanza 図画 (20-u) リニアメント図	31
第8-1図	La Repaticion 図画 (21-r) JERS-1 SAR 画像	32
第8-2図	La Repaticion 図画 (21-r) 地質単元区分図	33
第8-3図	La Repaticion 図画 (21-r) リニアメント図	34
第9図	リニアメント密度分布図	35
第10図	リニアメント・ローズダイヤグラム	37
第11図	模式地質柱状図	40
第12図	深部地質構造概略図	47
第13図	総合ポテンシャル評価図	59

【挿入表目次】

第1表	現地調査団	3
第2表	調査期間	3
第3表	調査数量	3
第4表	Atalaya の月平均気温及び降水量	5
第5表	使用衛星画像データ	13
第6表	地質単元総括表	14
第7表	鉱床・鉱徴地一覧表	54

## 要 約

本報告書はペルー共和国ウルバンバ (Urubamba) 川下流地域を対象に実施した資源開発協力基礎調査の第1年次及び第2年次の調査結果をまとめたものである。本調査はペルー共和国東部のアマゾン川上流のウカヤリ (Ucayali) 川、及び、そのさらに上流のウルバンバ川・タンボ (Tambo) 川流域の鉱床区分帯の詳細が明らかにされていない地域において、衛星画像解析及び既存データ解析を実施し、得られた結果を総合的に解析して、短期的かつ効果的に広大な範囲から鉱床賦存有望地区を抽出することを目的とする。

ウルバンバ川下流地域は面積約 65,500 km<sup>2</sup> で、ペルー共和国国土地理院 (Instituto Geográfico Nacional) 発行の10万分の1地形図27図面にまたがる地域である。地形的には西部のサブアンデスから東部のセルバ地帯に位置する。

第1年次調査ではウルバンバ下流地域の西側の15図面分 (西経72度30分~75度、南緯9度30分~11度、面積約37,500km<sup>2</sup>) を対象として JERS-1 SAR 画像データの解析を実施した。また、既存データ解析はウルバンバ川下流地域全域を対象として実施した。同時に、相手国機関であるペルー共和国エネルギー・鉱山省地質・鉱物・冶金研究所 (Instituto Geológico Minero y Metalúrgico、以下、INGEMMET) に対し衛星画像解析手法の技術移転を実施した。

第2年次調査ではウルバンバ川下流地域の東側の12図面分 (西経70度30分~72度30分、南緯9度30分~11度00分、面積約28,000km<sup>2</sup>) を対象として JERS-1 SAR 画像データの解析を実施した。また、総合解析として、本年度の衛星画像解析と第1年次調査において実施した衛星画像解析及び既存データ解析結果を合わせてウルバンバ川下流地域全域の鉱床賦存ポテンシャル評価を実施した。

調査結果を総合的に解析することにより以下のことが判明した。

### (1) JERS-1 SAR データを用いた衛星画像解析

- ①ウカヤリ堆積盆地の水系パターンの解析から背斜構造ないしドーム構造の存在や、貫入岩体存在の可能性を示唆するデータが得られた。同地域に代表されるペルー東部のセルバ地帯では、衛星画像を利用した水系パターンの解析が地質・地質構造解釈に有効である。
- ②シラ山脈の東に位置する NNW-SSE 系の衝上断層帯に、同断層帯に付随する小断層の存在

を反映したと考えられる同系統のリニアメントと、これに斜交し展張性裂かあるいは横ずれ断層の存在を反映した可能性のあるENE-WSW系のリニアメントが多数抽出され、リニアメントの高密度帯を形成していることが判明した。一般に、展張性の裂かは貫入岩やそれを熱源とする熱水活動を伴う可能性がある。また、調査地域北西方のアグア・カリエンテにはNE-SW系断層に伴う温泉が分布する。従って、シラ山脈東部の衝上断層帯のリニアメント高密度帯は金属資源探査上重要な地域であると考えられる。

## (2) 既存データ解析

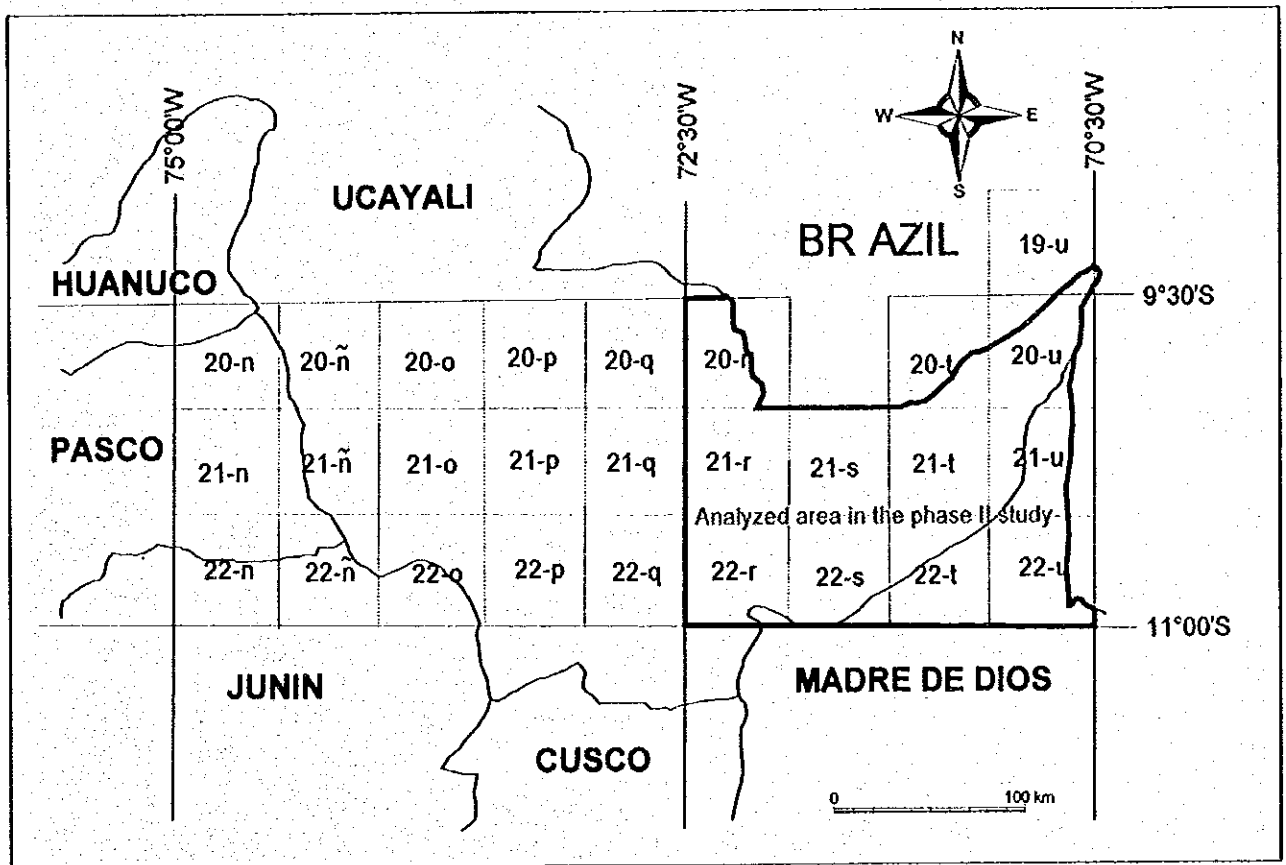
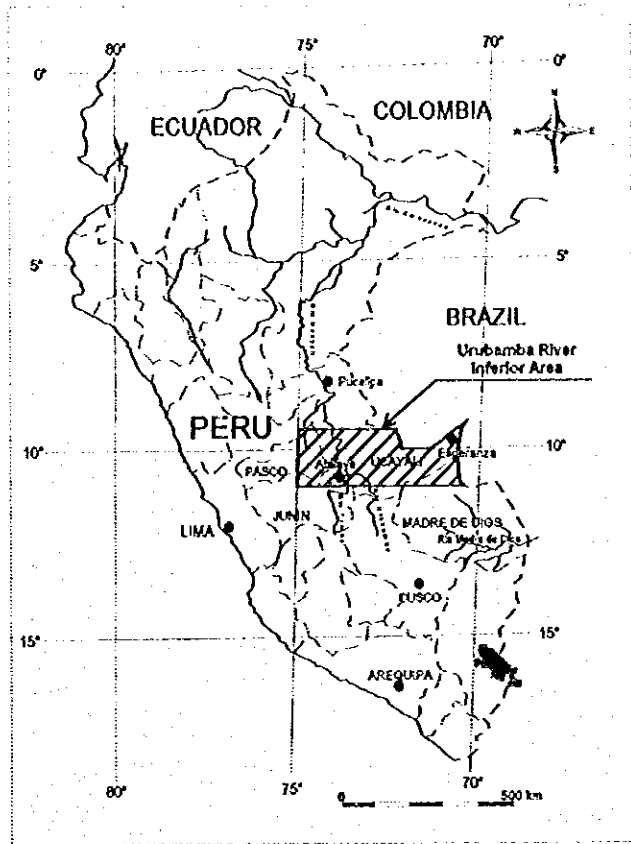
①INGEMMETによる最近の地質調査で、10万分の1地形図19-n図面のプエルト・インカ東方13kmにおいて、金・銅の鉱徴を伴う貫入岩の存在が確認された。20-n図面に属するネグロ川の砂金鉱床は、この鉱徴地の南、約13kmにあり、地質構造的にも両鉱徴地はシラ(Sira)背斜の西翼に位置している。従って、ネグロ川周辺の砂金鉱床の供給地(初成鉱床)としてネグロ川上流部に金鉱徴を伴う貫入岩の存在が推定される。今後の組織的な調査によっては、初成鉱床、二次鉱床(砂金鉱床)両タイプの金鉱床発見の可能性があると考えられる。

②ウカヤリ堆積盆地において、22-o図面のアタラヤ付近、22-p図面のセパ付近のウルバンバ川に沿う河床堆積物の重鉱物中に金、錫が含有されているとの報告がある。特にセパ付近では金1.6g/t(挽がけによる重鉱物試料中の品位)の報告があり砂金鉱床賦存の可能性が高い。

以上の結果を踏まえて、今後、以下の鉱床賦存有望地区に対して新鉱床発見を目的に現地調査(地化学探査、鉱徴地調査、調査経路沿いの岩相の確認)を実施することが望まれる。

- ・ 既知砂金鉱床の分布するネグロ川周辺地区
- ・ 砂金の鉱徴地が分布するアタラヤ及びセパ周辺を含むウルバンバ川沿いから貫入岩が分布し高リニアメント密度帯が抽出されたウカヤリ川西岸のシラ山脈東部にかけての  
一帯





第1図 調査地域位置図

# 第 I 部 序 論

## 第 1 章 調査概要

### 1-1 調査の経緯及び目的

ペルー共和国は、世界でも有数の地下資源の豊富な国である。国土は 1,285,220 km<sup>2</sup> の広さを有し、太平洋側から東に向かって地形、地質区分、金属鉱床区はおおむね南北に平行な帯状分布を示す。これらのうち金属鉱床区は、太平洋岸から 1) 南部海岸山脈鉄鉱床帯、2) 太平洋岸山麓銅鉱床帯、3) 高原地域多金属鉄鉱床帯、4) 東アンデス多金属鉄鉱床帯とその東部のセルバといわれるアマゾン川上流の鉄床区分帯の詳細が明らかにされていない地帯からなる。近年、ペルー北部の高原地域多金属鉄鉱床帯では塊状珪化岩に賦存する大規模低品位鉄染状鉄床が発見され注目されている。

本調査はペルー政府の要請を受け、同国東部の主としてアマゾン川上流のウカヤリ川及び、そのさらに上流のウルバンバ川・タンボ川流域の鉄床区分帯の詳細が明らかにされていない地域において、衛星画像解析及び既存データ解析を実施し、得られた結果を総合的に解析し、短期的かつ効果的に広大な範囲から鉄床賦存有望地区を抽出することを目的とする。

同時に、調査期間を通してカウンターパートである INGEMMET (インゲメット：ペルー共和国エネルギー鉱山省地質鉱物冶金研究所； Instituto Geológico Minero y Metalúrgico) に対し調査・解析手法の技術移転を図ることを目的とする。

本調査は 1998 年 11 月 5 日付けで調印された Scope of Work に基づき実施された。

### 1-2 第 1 年次調査の範囲及び作業の概要

国際協力事業団及び金属鉄業事業団とエネルギー鉱山省及び INGEMMET との間にて取り交わされた Scope of Work で合意された調査範囲（ウルバンバ川下流地域、総面積約 65,500 km<sup>2</sup>）は、10 万分の 1 地形図 27 図面にまたがる地域であるが、第 1 年度調査ではその西側の 15 図面分（西経 72 度 30 分～75 度、南緯 9 度 30 分～11 度、第 1 図参照）を対象として JERS-1 SAR 画像データの解析を実施した。既存データ解析はウルバンバ川下流地域全域を対象として実施した。

調査は以下の要領で実施した。

衛星画像データ処理及び判読作業は JERS-1 SAR データと縮尺 10 万分の 1 地形図（一部は衛星画像モザイク）を入手後、主として日本国内において実施した。一方、既存データ解析はペルー国内において地質情報と鉄山、鉄徴地の資料を入手した後に日本

及びペルー国リマ市において実施した。なお、現地調査期間中に INGEMMET において画像解析技術の移転を目的として、JERS-1 SAR データ処理の一部と判読図作成の一部を INGEMMET 技術者と共同で実施した。

衛星画像解析と既存データ解析を行うことによって、地質構造図、地質単元区分図、リニアメント図、既知鉱床地一覧、総合ポテンシャル評価図等を成果物として作成した。

### 1-3 第2年次調査の範囲及び作業の概要

本年度調査ではウルバンバ川下流地域の東側の10万分の1地形図12図画分(西経70度30分~72度30分、南緯9度30分~11度、第1図参照)を対象としてJERS-1 SAR画像データの解析及び総合解析を実施した。

調査は以下の要領で実施した。

衛星画像解析については、第1年次作業と同様の手法において実施した。

総合解析については、第1年次調査で実施した既存データ解析結果と本年度の画像解析結果により鉱床賦存有望地区を抽出するとともに、第1年次に実施した調査結果と合わせて、ウルバンバ川下流地域全域の鉱床賦存ポテンシャル評価を実施した。

### 1-4 調査団の編成

調査団は第1表のとおりである。

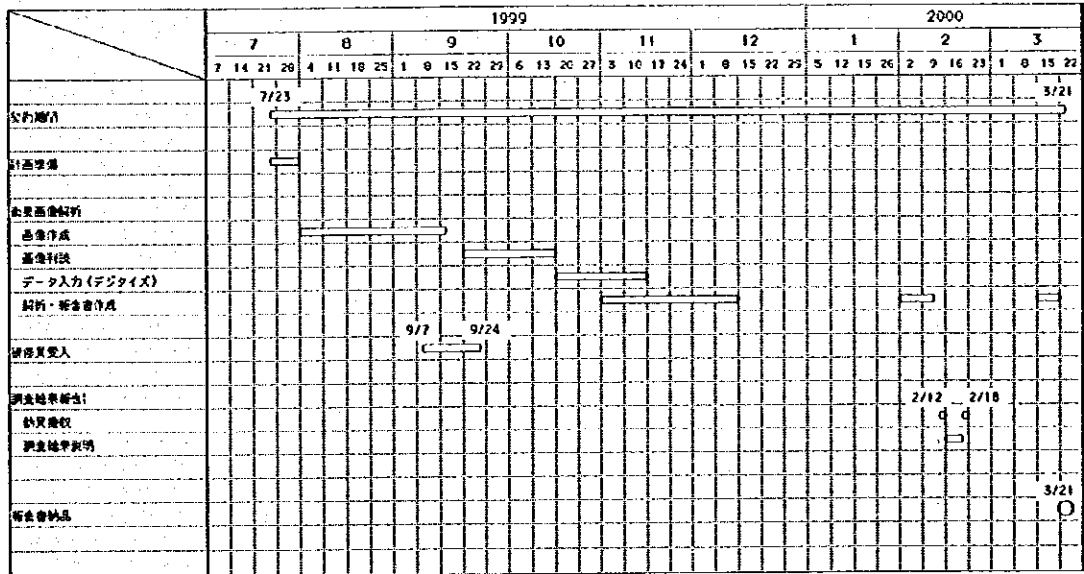
第1表 現地調査団

日本側			ペルー共和国側	
(氏名)	(役割)	(所属)	(氏名)	(所属)
迫垣内 薫	(団長)	MINDECO	Ing. Juan Mendoza	INGEMMET
香川 浩昭	(作業監理)	金属鉱業事業団	Ing. Hugo Rivera	INGEMMET
			Ing. Oscar Palacios	INGEMMET
			Ing. Manuel Paz	INGEMMET
			Ing. Jose Leon	INGEMMET
			Ing. Marco Lara	INGEMMET

1-5 調査期間及び調査量

調査期間は第2表のとおりである。

第2表 調査期間



調査数量は第3表のとおりである。

第3表 調査数量

調査内容	調査数量
衛星画像解析	ウルバンバ川下流地域東部 12 図画
総合解析	ウルバンバ川下流地域全域

## 第2章 調査地域の地理

### 2-1 位置及び交通

調査対象地域は、首都リマの東北東に位置し、東西は西経75度からブラジル国境（西経70度30分）までの約500km、南北はウルバンバ川下流（南緯11度）から北方に約170km（南緯9度30分）にかけての約65,500km<sup>2</sup>である（第1図）。

調査地域に含まれる主要行政区分はパスコ（Pasco）県、フニン（Junin）県、ウカヤリ（Ucayali）県とマドレ・デ・ディオス（Madre de Dios）県があり、主要都市としてアタラヤ（Atalaya、調査地域南縁）及びエスペランサ（Esperanza、調査地域東縁）がある。アタラヤは人口約15,200人のアタラヤ郡の首府で、警察及び軍隊が駐在し、ホテル・レストラン等も設置されている。

調査地域への交通手段は、リマ市から空路にて調査地域北西方のプカルパ（Pucallpa）を經由しアタラヤに至る。所要時間はリマ-プカルパ間が約1時間15分、プカルパ-アタラヤ間が約1時間である。

調査地域内では、小型飛行機の借り上げによる空路か小型船舶による水路での移動となる。エスペランサ等の主要都市・集落近くには、小型飛行機が離着陸可能な滑走路が設置されている。

### 2-2 地形及び水系

調査地域の地形区分は概略すると、地域西側がアンデス東部山脈の東に隣接するサブアンデスと呼ばれる山岳地帯に含まれ、地域東側がセルバ地帯と総称されるアマゾン川上流部低地帯に含まれる。調査地域のサブアンデスの西経74度～75度付近には北北西-南南東方向に延び、標高約2,000mに達するシラ（Sira）山脈が位置する。シラ山脈の東を北北東方向に流下するウカヤリ川の流域からブラジル国境までの一帯がセルバにあたり、標高200～400m程度の平坦な地形が広がる。

ウカヤリ川の上流はウルバンバ川とタンボ川が主たる支流をなし、両者はアタラヤ付近で合流する。ウルバンバ川はペルー南部のチチカカ湖を源流として、クスコ（Cuzco）及びガス田のあるカミセア（Camisea）付近を經由して調査地域に入り、北西から西に流れを変えてウカヤリ川に合流する。ウルバンバ川には右岸からイヌヤ（Inuya）川、左岸からセパ（Sepa）川等の支流が調査地域内で合流する。

調査地域の概ね南緯11度～西経72度30分と南緯9度30分～西経73度30分を結

ぶ線から北東側は、ブラジルを通りアマゾン川に合流するプルス (Purús) 川及びユルア (Yurúa) 川の流域に属す。調査地域でプルス川は概ね北東方向に流下し、ユルア川は蛇行しながら概ね北に流れる。

### 2-3 気候及び植生

気候はシラ山脈を含むサブアンデス帯とセルバ地帯共に雨期と乾期の区別があり、5月から10月頃までが乾期、11月から4月頃までが雨期となる。セルバ地帯では日中の寒暖差はあるが高湿度で概して暑く、アタラヤにおける年平均気温 (1934年-1935年) は摂氏 25.7 度、年間降水量 (同) は 3,029.5 mm である。アタラヤの月平均気温及び降水量の変化を第4表に示す。

第4表 Atalaya の月平均気温及び降水量 (1934-1935)

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sept	Oct.	Nov.	Dec.
月平均 気温 (°C)	26.2	26.4	25.9	25.6	26.1	25.6	24.4	24.3	25.0	25.7	26.4	26.0
降水量 (mm)	294.0	291.4	423.4	364.4	121.2	156.2	100.0	137.4	208.9	211.1	421.1	300.0

調査地域の植生分布は大まかに以下のように区分される。

a) 熱帯性ジャングルの密林帯 (セルバ)

蘭、かずら等の植物が寄生する高木と地衣類により構成される。樹林帯が日照を妨げるため、ジャングル地帯に分布する植物は巨大な葉を持つことが多い。

b) 山地に分布する常緑樹帯

強風や火災、老木の倒壊等によりセルバに比較して樹林密度が低い。

c) 主に羊歯類が分布する沼沢地

d) 河川沿いに平行に分布し、高さ 10 m に達する芦類の分布域

e) 氾濫原の外側の河岸台地に分布する樹林帯

f) ウカヤリ川等の主要河川の浅瀬やブラヤの樹林・灌木帯

調査地域の大部分は a) 熱帯性ジャングルの密林帯、または、b) 常緑樹帯に分類される。

## 第3章 調査地域の既存地質情報

### 3-1 既存調査の概要

東部アンデス山脈に属する山岳地帯は古くはインカ文明以前から貴金属、銅等の採掘が行われていた。その後、植民地時代には貴金属を求めて鉱山の探査が組織的ではないが活発に行われ多量の金、銀が産出された。しかし、本調査地域はセルバ地帯に移行するサブアンデスに位置し交通が不便であることから、これまでに総合的な地質調査は進展していない。

セルバ地帯は交通の不便さから情報も著しく少ない。地質及び鉱産物の調査は1950年代からの石油探鉱（航空写真や衛星画像の判読、及びそれらの結果に基づく地表地質概査を主とする石油会社の調査）から始まり、Petroleos del Peru（ペトロロス・デル・ペルー、以下 Petroperu（ペトペルー）という）や La Oficina Nacional de Evaluacion de Recursos Naturales（資源評価庁、略称 ONERN（オネルン）、現在 INRENA（天然資源庁））等が関与してきた。ONERNの天然資源調査は調査地域中央部のウルバンバ川沿い、タンボ川沿い、アルタ・ユルア（Alta Yurua）川上流で実施されている。砂金鉱床を対象とした調査は民間鉱山会社によって進められていたが、零細砂金採掘者の保護、資源の有効活用を目的とした大統領令 D. S. No. 010-74-EM/DGM に基づき、Banco Minero del Peru による総合評価が実施されている。しかし、本調査地域においては砂金鉱床の賦存状況は明らかになっていない。

調査地域の地質図としては INGEMMET 編纂による10万分の1及び20万分の1の地質図がある。また、広域的な地質図として200万分の1の地質図が INGEMMET（1995）によって編纂されている。

### 3-2 地質概要

INGEMMET（1995）編纂のペルーの地質（第2図）によれば、調査地域の山岳地帯を構成する地質単元は、原生代の変成岩を基盤とし、オルドビス紀の Contaya 累層、石炭紀～二疊紀前期の Ambo 累層、Tarma 累層、Copacabana 累層の堆積岩、二疊紀～三疊紀の Ene 累層の砂岩、三疊紀の Pucara 層群の石灰岩、ジュラ紀後期の Sarayaquillo 累層の砂岩、白亜紀の Oriente 層群の砂岩、Chonta 累層の泥灰岩・石灰岩、Vivian 累層の砂岩、Cachiyacu-Huchpayacu 累層の頁岩、古第三紀の Iluayabamba 層群の砂岩・頁岩・粘土岩よりなる。貫入岩類としては二疊紀の活動と考えられる花崗岩類、古第三紀に対比されるモンソニ岩質閃緑岩がある。

セルバ地帯を構成する地質単元は、ウカヤリ川、ウルバンバ川付近からブラジル国境に

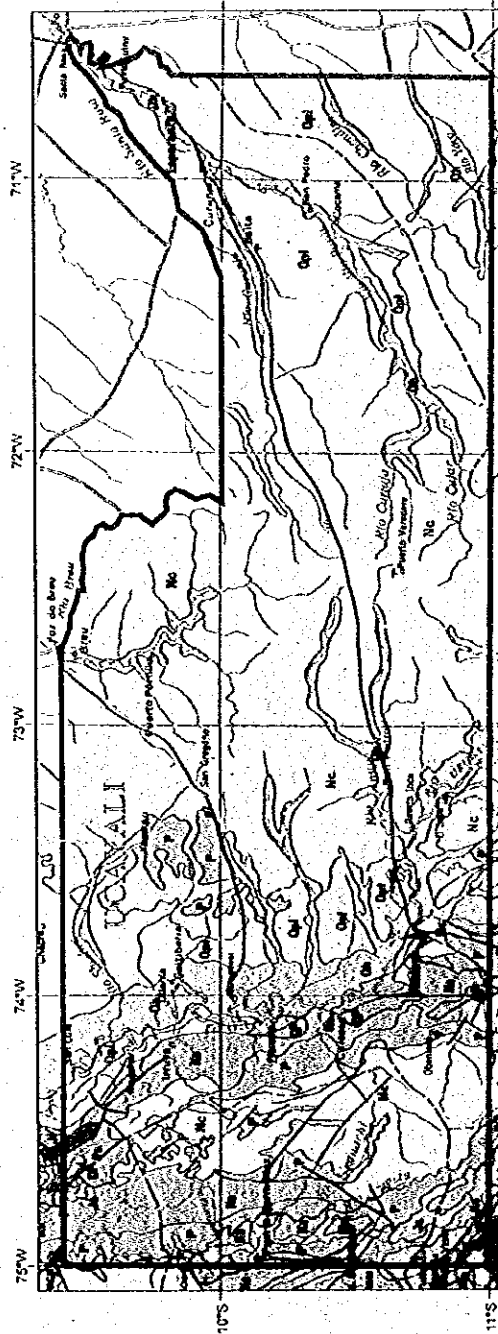


かけて新第三紀の Ipururo 累層の砂岩・礫岩、更新世の Ucayali 累層、Madre de Dios 累層の砂礫、及び沖積層からなる。

### 3-3 既知鉱床概要

ペルー共和国の地質鉱床区分では、東部アンデス山脈は東アンデス鉱床帯に属し、古生代から新生代までの地質単元が分布し、金、銀を含む銅、鉛、亜鉛等の金属鉱床鉱徴地や錫、タングステン、ニッケル、コバルト等のレアメタルの鉱徴地が知られている。しかしながら、東アンデス鉱床帯の東に隣接する本調査地域の山岳地帯ではわずかに砂金鉱床が存在するだけである。調査地域西部のシラ山脈の西麓パチテア (Pachitea) 川支流のネグロ (Negro) 川において小規模だが現在も砂金が採掘されている。

セルバ地帯は地質鉱床区分では明確に区分されていないが、ブラジル盾状地の西縁に発達した第三紀及び第四紀の堆積岩類が広く分布する。セルバ地帯の鉱床は石油・天然ガス及び砂金鉱床である。石油・天然ガスについては、Petroperu 及び石油会社によって 1950 年代から 1970 年代にかけて調査が実施されていたが、現在は調査活動が下火になっている。調査地域の南 50km にはカミセアガス田がシェル石油等により発見されている (1983 年 3 月)。一方、砂金鉱床については、調査地域中央部のウカヤリ川、ウルバンバ川において第三紀、第四紀の河床堆積物中の砂金鉱床を対象に小規模に採掘を行っている模様である。



ERA	SYSTEM	SERIES	SYMBOL	
CEANOZOIC	QUATERNARY	HOLOCENE	Qh	
		PLEISTOCENE	Qp	
	NEOGENE	PLIOCENE	Nc	
		MIOCENE	M	
		OLIGOCENE	O	
	PALEOGENE	EOCENE	E	
		PALEOCENE	P	
		CRETACEOUS	UPPER	U
			LOWER	L
			UPPER	U
PALAEZOIC	CAMBRIAN	UPPER	U	
		LOWER	L	
	ORDOVICIAN	UPPER	U	
		LOWER	L	
	DEVONIAN	UPPER	U	
		LOWER	L	
	CARBONIFEROUS	UPPER	U	
		LOWER	L	
	PERMIAN	UPPER	U	
		LOWER	L	
TRIASSIC	UPPER	U		
	LOWER	L		
JURASSIC	UPPER	U		
	LOWER	L		
CRETACEOUS	UPPER	U		
	LOWER	L		
PALEOZOIC	UPPER	U		
	LOWER	L		

第2图 地質概略图

## 第 II 部 各 論

## 第1章 衛星画像解析

### 1-1 解析の目的

JERS-1 SAR 画像を用いた判読作業により地質単元区分図及びリニアメント図を作成して広域的な地質構造を把握することにより、調査地域における鉱物資源賦存ポテンシャル評価のための基礎資料を提供することを目的とする。作成した判読図は、緯度・経度とも30分幅を1図画とする Instituto Geográfico Nacional (ベネズエラ国土地地理院、以下IGNという) 10万分の1地形図の20~22-r、21~22-s、20~22-t、19~22-uの12図画である。

### 1-2 画像処理

#### 1-2-1 使用データ

衛星画像解析に使用した JERS-1 SAR データを第3図と第5表に示した。これらのシーンのうち、第5表に示した No. 1~18 の18シーンを平成11年度に使用した。平成10年度は、No. 14~37の24シーンを使用した。

#### 1-2-2 画像作成手順

以下の手順に従い、判読用の画像12図画分を作成した。

- 1) データの読込：資源・環境観測解析センター (ERSDAC) から提供された JERS-1 SAR データが納められた8mm 磁気テープから技術計算用ワークステーション (EWS) に接続されたハードディスク (HD) に全データを転送する。
- 2) ヘッダー情報と画像情報の分離：転送されたファイルから、画像の位置情報等を含むヘッダー部分を分離し、テキストファイルとして保存する。さらに画像情報部分をカナダ PCI 社製の画像処理ソフトウェア PCI/EASI-PACE の標準画像データベース・フォーマットに読み込む。
- 3) ビット数変換：16ビット画像データを8ビット画像データに変換する。
- 4) 正規化：ビット数変換と同時に輝度値ヒストグラムを正規化する。
- 5) 回転：画像データを時計回りに90度回転する。
- 6) アンテナパターン再補正：JERS-1 SAR データのアンテナパターン特性 (補正のかけすぎにより、ニアレンジが暗くなりファーレンジが明るくなる現象) を再補正するため、各シーンのアジマス方向の平均値を求め、平均値で各ピクセルの値を除算する。
- 7) 座標値の付与：各シーンの画像四隅の UTM 座標をヘッダー情報から読み取り画像データに付与する。
- 8) モザイク用画像データベースの作成：モザイク画像を作成するための、UTM 座標系を持つ

PCI 画像データベースを作成する。

- 9) 中心画像の張り付け：調査地域の中心に最も近いシーンをモザイク川画像データベースに張り付ける。この時の張り付け位置はヘッダーの位置情報による。
- 10) モザイク：中心画像に隣接する画像から順次モザイクを実施する。この時、画像の重複部分でタイポイントを数十点設定し、画像間のズレが1ピクセル未満になるよう幾何補正をかける。同時に画像間に輝度差が生じないように輝度を調整する。
- 11) スペックルノイズの低減：Enhanced Lee フィルター (7×7) を適用し、スペックルノイズを低減させる。
- 12) サブシーン画像の切り出し：作成した画像から 10 万分の 1 地形図の図面に合わせたサブシーン画像を 12 枚作成する。ここで、川の合流点や屈曲などを地形図と画像の対応点として、サブシーン画像が地形図に重ねられるよう再度幾何補正を施す。
- 13) アノテーションの付与：それぞれのサブシーン画像に座標、スケール、図面名等のアノテーションを付与する。
- 14) ファイル形式の変換：出力機器に合わせて画像ファイルの形式を PCI データベースから TIF 形式に変更する。
- 15) 画像解像度の変更：300dpi、縮尺 10 万分の 1 で出力するため、それぞれのサブシーン画像の解像度を調整する。この結果、画像の空間分解能は約 8.45 m/pix に変更された。
- 16) ハードコピー出力：デジタルフォトプリンター (ライトジェット 5000) により、各サブシーン画像を 2 枚ずつ、合計 24 枚の画像を 10 万分の 1 で出力する。これらの画像のうち、一組を解析作業に用い、残り一組を成果物とした。

### 1-3 画像判読、GIS データセット作成及びリニアメント解析

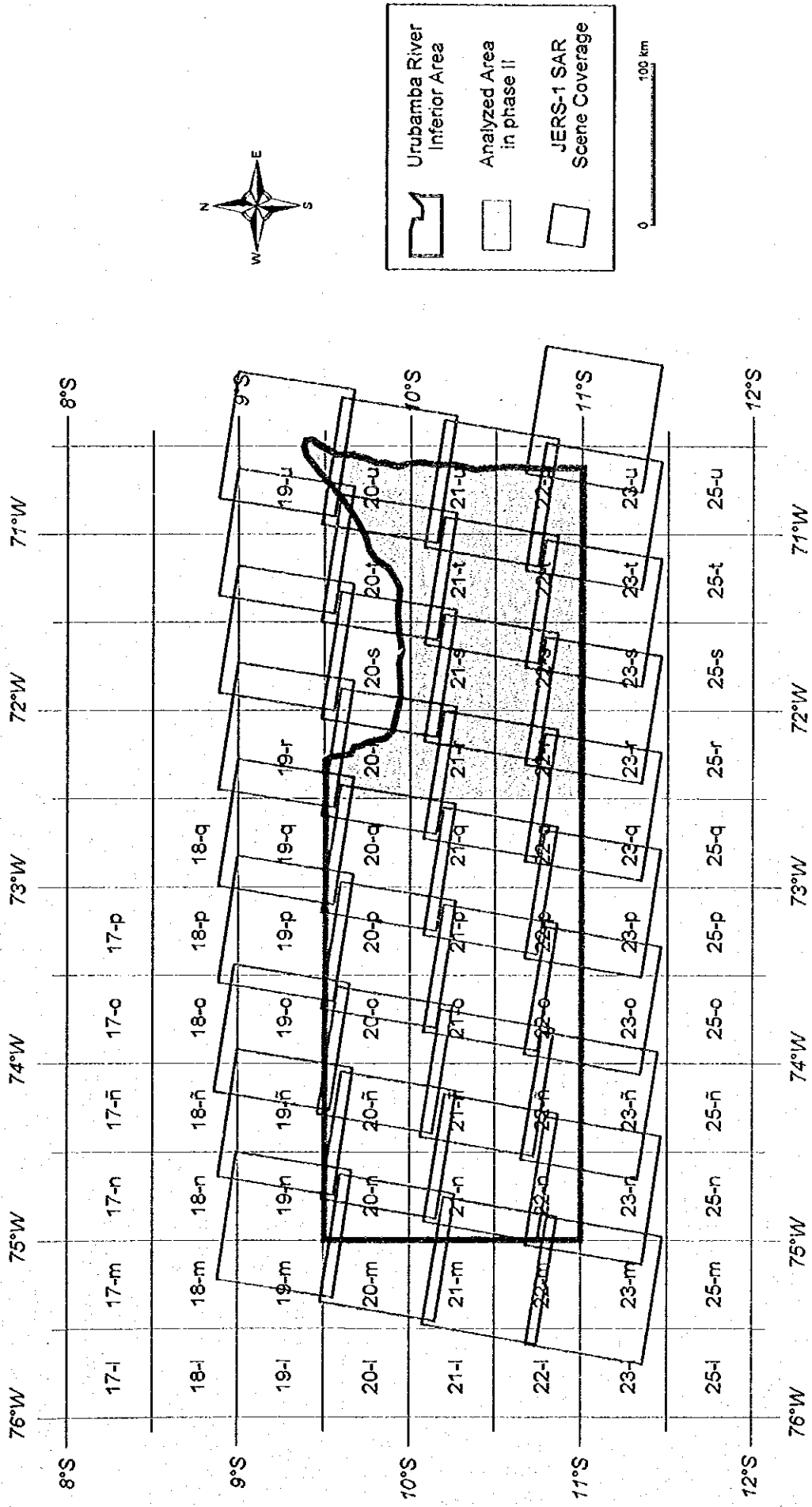
上記で作成した縮尺 10 万分の 1 の各図面の出力画像を用いて判読作業を実施し、判読結果をデジタル化して縮尺 10 万分の 1 で出力した。デジタル化したリニアメント図を入力データとしてリニアメント密度を計算し、全域のリニアメント密度図を作成した。

各作業は以下の方法により実施した。

- 1) 地質単元区分：地表テクスチャーの違い及び地形的特徴に基づき、地質単元を区分した。同時に、各地質単元の写真地質学的特徴と既存地質図との対比を一覧表にまとめた。地質単元区分には INGMET (1995) によるペルー全土の 200 万分の 1 地質図を参考資料とした。
- 2) リニアメント及び地質構造判読：微地形等を考慮し、断層・リニアメント及び褶曲構造等の地質構造要素を抽出した。
- 3) デジタル化：手書きの地質単元区分図及びリニアメント図をスキャニングしてラスターデー

タとしてコンピューターに取り込んだ後、ラスター／ベクター変換によりベクターデータを作成した。ベクターデータに含まれるポリゴン及びポリライン等の図形をコンピューター画面上で手動で修正した上で、それぞれの図形に单元名、構造名等の属性を付与した。これら一連の作業には米国マイクロイメージ社製の GIS ソフトウェア-TNT Mips を使用した。

- 4) GIS データセット作成：INGEMMET から提供された米国 ESRI 社製 GIS ソフトウェアである Arc/Info のカヴァレッジと呼ばれる形式の地勢情報（水系、湖、道路、集落、国境等）を TNT Mips データベースファイルのベクターオブジェクトに変換し、判読結果と重ね合わせた後、凡例、縮尺、図画番号・名称等のアノテーションを付加してカラープロッターにより縮尺 10 万分の 1 で出力した。出力図面は、地質单元区分図とリニアメント図の 2 種類とした。TNT Mips 形式のデータベースファイルに含まれる、地質单元境界、断層・地質構造、リニアメントのそれぞれのベクターデータから、Arc/Info のカヴァレッジ形式のファイルを作成し、それらを成果品とした。
- 5) リニアメント密度図：図画毎に作成されたリニアメントデータを統合して一つの MOSS (Map Overlay and Statistical System (米国地質調査所による GIS 標準フォーマットの一つ)) 形式ファイルとした後、2 km×2 km の単位グリッド中に含まれるすべての断層・リニアメントの延長を累積することで、そのグリッドのリニアメント密度 ( $m/km^2$ ) を計算した。密度計算には MINDECO 社製解析ツールを使用した。解析範囲全域のリニアメント密度分布を縮尺 100 万分の 1 で出力した。合わせて各図画毎にすべてのリニアメントの方向を求めてローズダイアグラムを作成した。



第3图 使用衛星画像位置图

第5表 衛星画像使用データ (平成10-11年度)

No.	date	sat.	sensor	path	row	lati.	long.	qual.	station
1	1996/06/11	J1	SAR	430	319	-11.04	-70.21	G	FAIS
2	1996/06/12	J1	SAR	431	316	-9.17	-70.30	G	FAIS
3	1996/06/12	J1	SAR	431	317	-9.52	-70.39	G	FAIS
4	1996/06/12	J1	SAR	431	318	-10.28	-70.46	G	FAIS
5	1996/06/12	J1	SAR	431	319	-11.04	-70.54	G	FAIS
6	1996/06/13	J1	SAR	432	316	-9.17	-71.03	G	FAIS
7	1996/06/13	J1	SAR	432	317	-9.52	-71.12	G	FAIS
8	1996/06/13	J1	SAR	432	318	-10.28	-71.19	G	FAIS
9	1996/06/13	J1	SAR	432	319	-11.04	-71.27	G	FAIS
10	1996/06/14	J1	SAR	433	316	-9.17	-71.35	G	HEOC
11	1996/06/14	J1	SAR	433	317	-9.53	-71.43	G	HEOC
12	1996/06/14	J1	SAR	433	318	-10.29	-71.51	G	HEOC
13	1996/06/14	J1	SAR	433	319	-11.04	-71.59	G	HEOC
14	1996/06/15	J1	SAR	434	316	-9.17	-72.08	G	HEOC
15	1996/06/15	J1	SAR	434	317	-9.52	-72.17	G	HEOC
16	1996/06/15	J1	SAR	434	318	-10.28	-72.25	G	HEOC
17	1996/06/15	J1	SAR	434	319	-11.04	-72.33	G	HEOC
18	1996/06/16	J1	SAR	435	316	-9.17	-72.41	G	HEOC
19	1996/06/16	J1	SAR	435	317	-9.52	-72.50	G	HEOC
20	1996/06/16	J1	SAR	435	318	-10.28	-72.58	G	HEOC
21	1996/06/16	J1	SAR	435	319	-11.04	-73.06	G	HEOC
22	1996/06/17	J1	SAR	436	316	-9.17	-73.14	G	FAIS
23	1996/06/17	J1	SAR	436	317	-9.52	-73.23	G	FAIS
24	1996/06/17	J1	SAR	436	318	-10.28	-73.31	G	FAIS
25	1996/06/17	J1	SAR	436	319	-11.04	-73.39	G	FAIS
26	1993/03/18	J1	SAR	437	316	-9.17	-73.49	G	FAIS
27	1993/03/18	J1	SAR	437	317	-9.53	-73.49	G	FAIS
28	1993/03/18	J1	SAR	437	318	-10.28	-74.05	G	FAIS
29	1993/03/18	J1	SAR	437	319	-11.04	-74.12	G	FAIS
30	1996/06/19	J1	SAR	438	316	-9.15	-74.19	G	HEOC
31	1996/06/19	J1	SAR	438	317	-9.51	-74.27	G	HEOC
32	1996/06/19	J1	SAR	438	318	-10.27	-74.35	G	HEOC
33	1996/06/19	J1	SAR	438	319	-11.04	-74.43	G	HEOC
34	1994/08/30	J1	SAR	439	316	-9.16	-74.54	G	FAIS
35	1994/08/30	J1	SAR	439	317	-9.52	-75.02	G	FAIS
36	1994/08/30	J1	SAR	439	318	-10.28	-75.10	G	FAIS
37	1994/08/30	J1	SAR	439	319	-11.04	-75.18	G	FAIS

J1: JERS-1, SAR: synthetic aperture radar, G: good, HEOC: Hatoyama, FAIS: Fairbanks



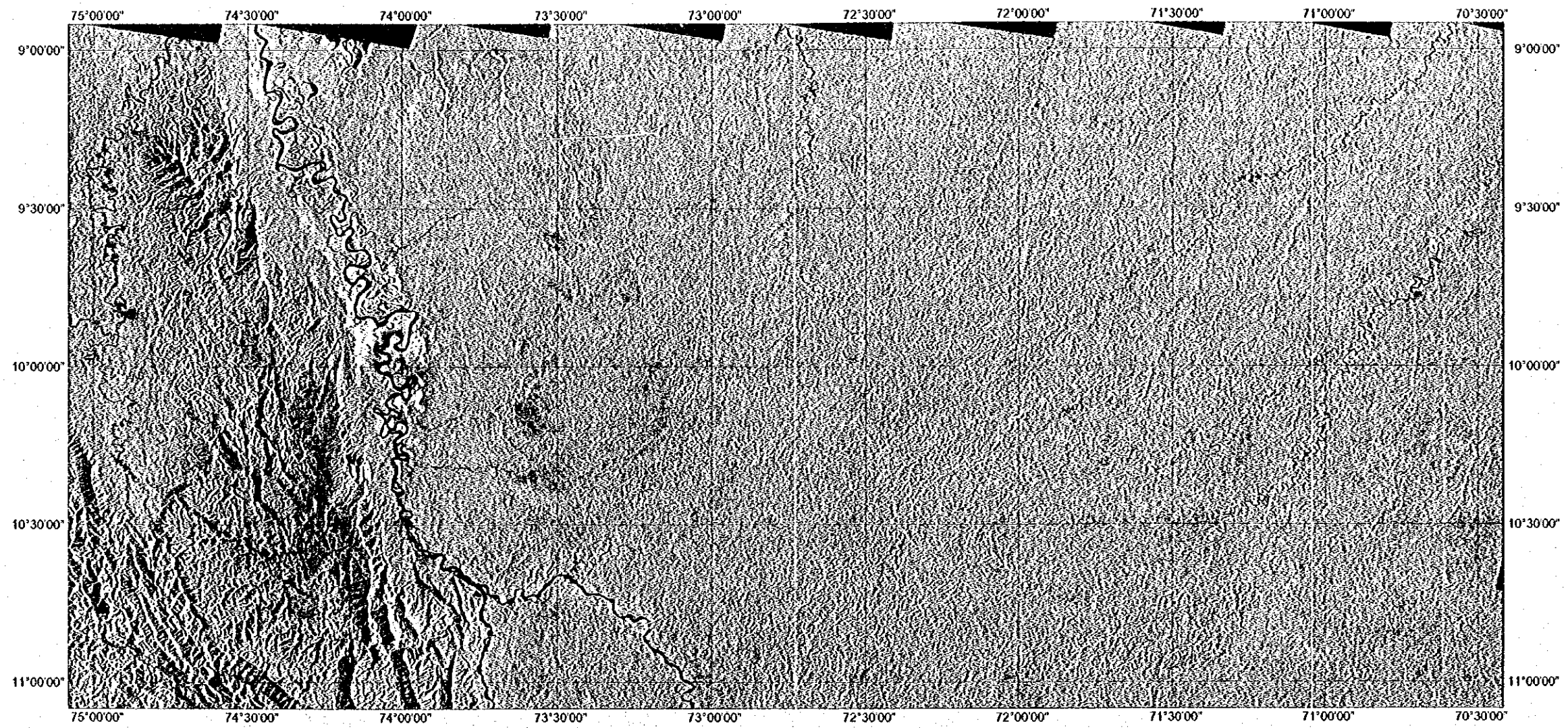
## 1-4 画像解析結果

### 1-4-1 判読結果

判読作業は、既存の200万分の1地質図（INGEMMET, 1995）を参考として実施した。地質単元の区分は、既存地質図の単元区分を参考として画像から判読される情報を可能な限り記入した。各単元の記号は、既存地質図の時代区分記号を参考とし、その中で判読により細分された単元に上位から通し番号を付した。解析地域全域（12図画）のSAR画像を第4図に、同じく地質単元区分図を第5図に、リニアメント図を第6図に示す。また、判読図の地質単元と既存地質図の地質単元の対比を現地調査時に入手した10万分の1地質図との対比と合わせて第6表に示す。

第6表 地質単元総括表

No.	判読単元	INGEMMET 発行 既往地質図における単元		推定される岩相と 時代区分
		200 万分の 1 (1995)	10 万分の 1 (1997-1998)	
1	Q4	Qh	Qhal	砂・礫（第四系）
2	Q3		NQ-u	低位段丘堆積物（第四系）
3	Q2	Qpl		中位段丘堆積物（第四系）
4	Q1		上位段丘堆積物（第四系）	
5	T4	Nc	N-I~NQ-u	砂岩・礫岩（第三系上部）
6	T3			砂岩・礫岩（第三系中部）
7	T2			砂岩・礫岩（第三系下部）
8	T1	P		
9	K4	Ks	Ks-h, Ks-v, Ks-ch	堆積岩類（白亜系上部）
10	K3		Ki-o	堆積岩類（白亜系中部）
11	K2		Pi-c	堆積岩類（白亜系中部）
12	K1			堆積岩類 （白亜系下部～ジュラ系上部）
13	J	Js	Js-s, TrJi-pu, PsTR-e	堆積岩類（ジュラ系）
14	P	Pi-c	Pe-cm	堆積岩類（二畳系）

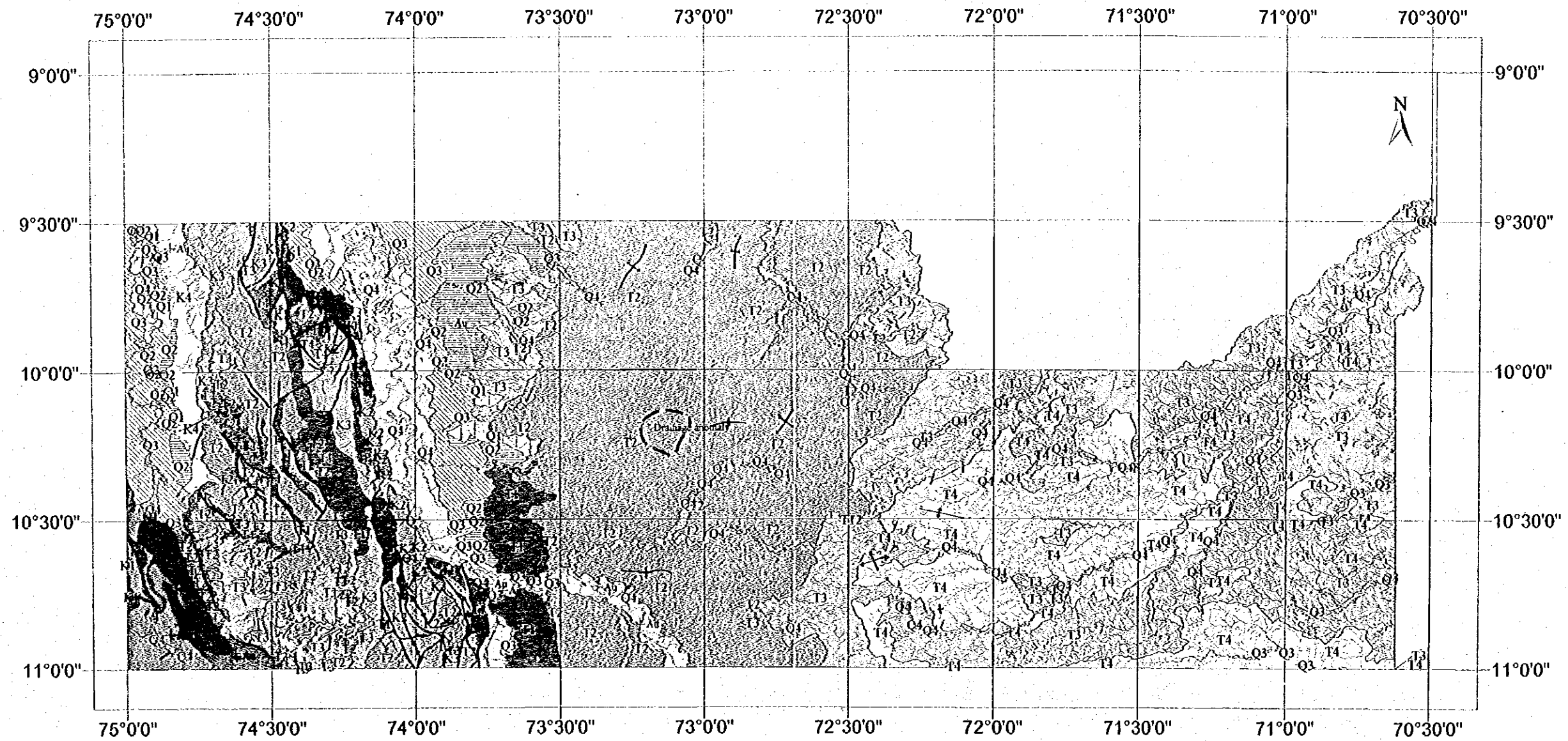


JICA / MMAJ / INGEMMET  
1998 - 1999

25 0 25 50 75 100 kilometers

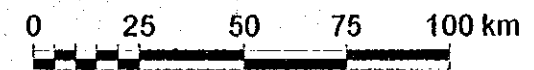
JERS-1 SAR MOSAIC IMAGE OF THE URUBAMBA RIVER INFERIOR AREA, PERU  
THE GEOLOGICAL SURVEY IN THE URUBAMBA RIVER INFERIOR AREA OF THE REPUBLIC OF PERU

第4図 JERS-1 SAR モザイク画像

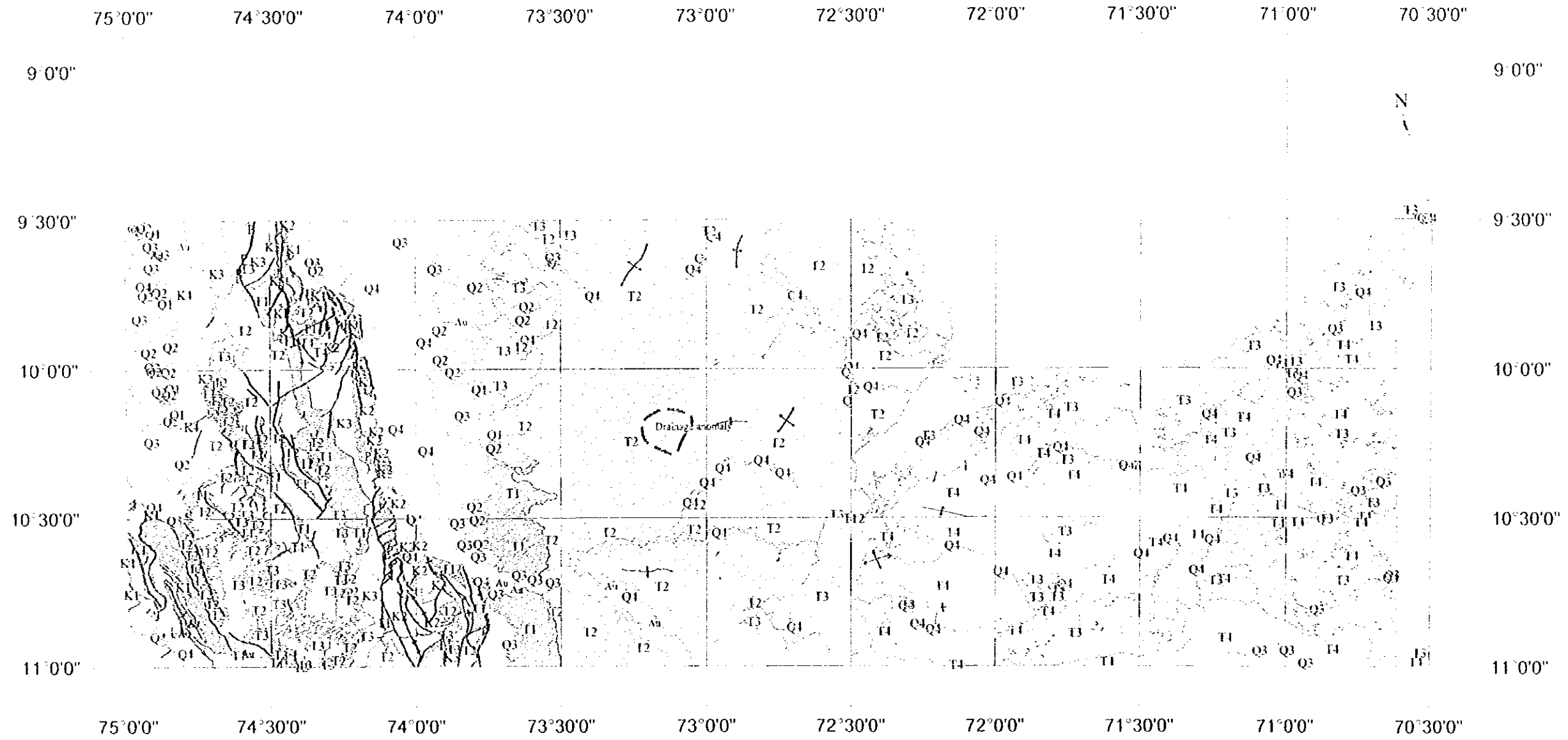


LEGEND

- |  |    |  |                  |
|--|----|--|------------------|
|  | Q4 |  | faults           |
|  | Q3 |  | anticlines       |
|  | Q2 |  | synclines        |
|  | Q1 |  | drainage         |
|  | T4 |  | drainage anomaly |
|  | T3 |  |                  |
|  | T2 |  |                  |
|  | T1 |  |                  |
|  | K4 |  |                  |
|  | K3 |  |                  |
|  | K2 |  |                  |
|  | K1 |  |                  |
|  | J  |  |                  |
|  | P  |  |                  |



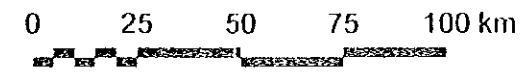
第5图 JERS-1 SAR 地质单元区分图



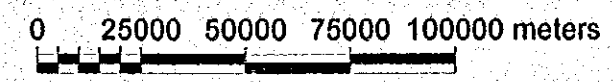
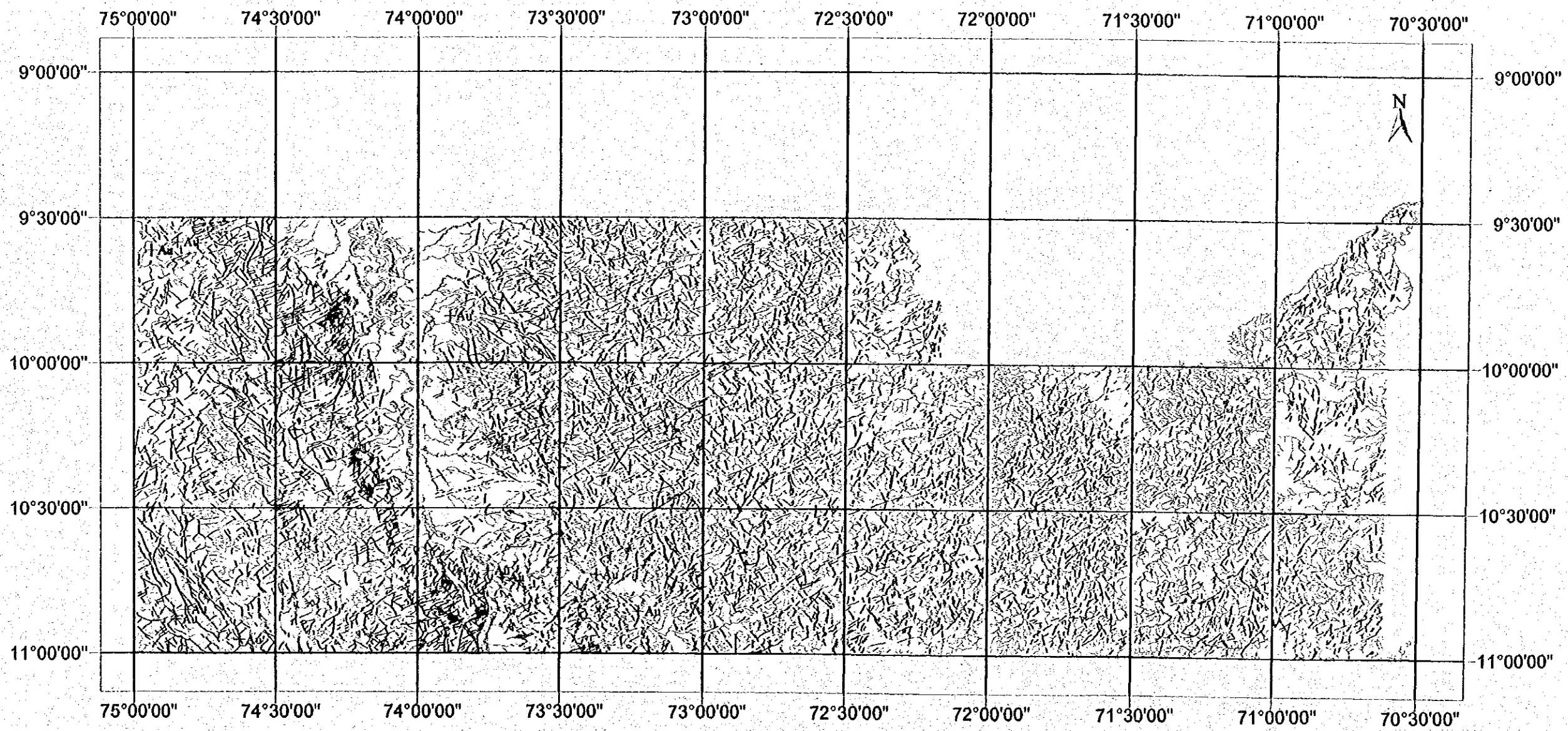
LEGEND



- faults
- anticlines
- synclines
- drainage
- drainage anomaly



第5图 JERS-1 SAR 地质单元区分图



第6図 JERS-1 SAR リニアメント図



以下に各地質単元の特徴について述べる。

(1) 単元Q4

主要な河川沿いに発達し、蛇行による旧河道が無数に見られる。肌理は滑らかで平坦。階調はきわめて明るいものから暗い（旧河道）ものまでが入り交じっている。第四系沖積層。

(2) 単元Q3

主要河川沿いに発達し、低位段丘面を形成している。平坦ではあるが、砂粒状にざらついた感じの肌理を示す。階調はやや暗い。第四系洪積層。

(3) 単元Q2

中位河岸段丘面を形成している。砂粒状～パッチ状の明るい小斑点が見られ、階調はやや明るい。肌理はやや粗い。第四系洪積層。

(4) 単元Q1

上位河岸段丘面を形成している。明るく大きめのパッチ状模様を呈し、肌理はやや粗い。第四系洪積層。

(5) 単元T4

分布域はきわめて限定されるが、単元T2の平坦部を被う薄層である。やや滑らかな肌理を示すが、わずかにパッチ状～杉葉状水系模様が見られる。第三系上部層。

(6) 単元T3

判読範囲の東部地域において単元T2の上位に見られる第三系。単元T2に類似しているが谷がより深く、地層の走向を反映していると思われる平行状の水系模様が特徴的である。階調は斜面東側で明るく西側で暗い。

(7) 単元T2

判読範囲の東部地域において特に優勢に分布する第三系。平坦部においては杉葉状の細かい水系模様を呈する。階調はやや明るい。画像上で部分的に層理を追跡することができるが、薄層の互層からなっているらしく一般に層理は不明瞭である。細粒の泥質岩を主体とし、礫岩層および砂質岩層等が挟在していると推定される。第三系中部層。

(8) 単元T1

単元T2の下位層であり、単元T2が発達している地域の谷部において観察することができる。層厚はかなり厚いと推定される。急斜面～谷部では、平行状の細かい水系が発達し、まれに連続性のよい層理が観察できるが、一般に塊状を呈している。第三系下部層。

(9) 単元K4

平坦部～緩斜面において単元K2の上位にまれに見られる。肌理は滑らかであるが、小起伏が発達している。階調は斑状に明暗が繰り返されている。層理は不明瞭である。白亜系上部層。

(10) 単元K3

広大な緩斜面を形成する場合が多いが、大～小規模の褶曲構造を形成している場合もある。層理が発達し、侵食に対して強い抵抗性を示す部層を含むため、単元の周縁部でしばしば急崖を形成している。階調は暗いが、単元 T2 等の薄い被覆によりパッチ状に明るくなっている箇所もある。水系模様は樹枝状を基調としながら、斜面傾斜が急な所では平行状模様も見られる。単元 J に接している。単元 J と共に衝上断層を伴っている箇所が多く見られる。白亜系中部層。

#### (11) 単元 K2

単元 K3 の下位に位置している。単元 K3 と共に褶曲構造を形成し、衝上断層を伴う。緩斜面上ではややざらついているものの比較的滑らかな肌理を呈し、水系はあまり発達していない。わずかに平行状の水系模様が観察される。特に急斜面では平行状水系が多くみられる。階調はやや暗いが全体に砂粒状の明るい斑点が見らる。

#### (12) 単元 K1

節理が発達している。肌理は粗く、階調は明るいものから暗いものまで多様である。層理が認められるがあまり明瞭ではない。白亜系下部層～ジュラ系上部層。

#### (13) 単元 J

肌理が粗く、階調が明るい部分と暗い部分が帯状に分布している。全体的に層理及び節理が発達し、北東方向に単傾斜している。層理が明瞭な箇所は NNW-SSE ないし NW-SE の走向方向に長大な稜線を形成している。節理は層理の走向と直交する ENE-WSW ないし NE-SW 方向のものが卓越している。白亜系との境界には NNW-SSE 走向の大規模な衝上断層が形成されていると見られる。一部に層理が不明瞭で塊状な部分も含まれ、ここでは卓越する尾根の方向が認められない。ジュラ系。

#### (14) 単元 P

層理または節理に平行な亀裂が発達し、肌理は非常に粗い。階調は明るい、西側斜面では暗くなる。層理はまれに見られるが不明瞭である。単元 K2 または K1 層中に内層として見られる場合が多く、衝上断層を伴っていると推定される。岩質は砂岩または石灰岩等の硬質岩を主体としていると推定される。古生界。

判読結果の一部を第 7-2 図 (20-u) 及び第 8-2 図 (21-r) にそれぞれ示す。また、第 7-3 図 (20-u) 及び第 8-3 図 (21-r) にそれぞれのリニアメント判読図を示す。

平成 11 年度の解析範囲には、新第三系の T2~T4 単元及び完新統の Q3、Q4 単元が分布する。完新統は主要水系沿いのみに分布し、地域の大部分は新第三系に覆われる。T2 単元は北西部の 20-r 及び 21-r 図画の西部に露出する。T3 単元は一般に急涯をなして T2 に接していることから、T3 の上部は浸食抵抗の高い砂岩などから構成されていることが推定できる。T4 は解析地域の中央と南部の地形的に高い部分に分布し、T3 との境界はやはり急涯をなしている場合が多い。従って、

T4の最上部もT3と同様に浸食抵抗の高い岩相から構成されていることが推定できる。

以下に各図画ごとの判読結果について述べる。

(1) 19-u

図画範囲の大部分はブラジル領であり、南東端にわずかにペルー領が存在する。地質はアルトプルス川の氾濫原堆積物(Q4)と第三系(T3)とから構成される。第三系中にわずかに層理が認められるが、地層はほぼ水平に近いものと推定される。

(2) 20-r

図画の東半部はブラジル領である。ペルー領の図画西半部の西部に中部第三系(T2)が分布し、東部には上部第三系(T3)が分布する。T3はT2に比較して地形的高所に分布し、T3の分布域はやや起伏に富む傾向がある。また、両者の境界はしばしば急崖を形成する。これらのことから、T3はT2に比較して浸食抵抗の高い岩石により構成されているものと推定される。

(3) 20-t

図画範囲の大部分はブラジル領に含まれており、南東端にわずかにペルー領が含まれる。図画の南東端をアルトプルス川支流のクランハ川が蛇行しながら北東方向に流れる。クランハ川の両岸には幅約2kmの氾濫原堆積物(Q4)が分布する。Q4を挟んで北西と南東には第三系(T3)が分布し、層理トレースから地層はほぼ水平であることが推定される。

(4) 20-u

第7-1図に本図画のJERS-1 SAR画像を、第7-2図に同じく地質判読図をそれぞれ示す。図画の東部と北東部はブラジル領に含まれている。図画のほぼ中央をアルトプルス川が蛇行しながら南西から北東方向に流れている。このNE-SWのトレンドは当地域における深部基盤の高まりの方向に調和的であり、それを反映している可能性がある(第12図を参照)。アルトプルス川の両岸には平均幅3km程度の広がりをもつ氾濫原堆積物(Q4)が分布する。それを挟んで両側に広く分布する第三系(T3)は比較的起伏に富んでおり、NE-SW方向の尾根と谷が卓越する傾向が認められる。わずかに判読される層理トレースからは、地層がほぼ水平に近いことが推定される。図画南部の地形なやや低所に最上位の第三系(T4)が分布する。

(5) 21-r

第8-1図に本図画のJERS-1 SAR画像を、第8-2図に同じく地質判読図をそれぞれ示す。図画のほぼ中央をエンヴィラ川が蛇行しながら西南西から東北東に向かって流れている。図画南東端では、アルトプルス川支流のクランハ川が同じく蛇行しながらこれとほぼ平行に流れており、当地域の河川の流れが前述の深部地下構造に規制されている可能性が示唆される。

図画北西部から西端部にかけてはおおむね中部第三系(T2)に覆われる。図画の中央には、T2を覆い中部第三系(T3)がNE-SW方向に伸張して広く分布する。T2とT3の境界ではT3が



明瞭な急崖を形成しており、T3 が T2 に比較して浸食抵抗の高い岩石から構成されていることが推定される。図面の南東部には第三系最上部 (T4) が分布する。T4 と T3 の境界では同様に T4 が明瞭な急崖を形成している。

水系パターンから図面南東部において、ほぼ東西方向に伸張した背斜構造が存在することが推定された。背斜構造の軸部はその翼部に比較して標高が高く、粗いテクスチャーを示す。背斜構造の北翼は E-W 方向の水系に、南翼は WNW-ESE 方向の水系に境される。従って見かけ上、この背斜構造は西方向にブランチすると推定される。同背斜構造の北方の T3 と T4 の境界は、NEN-SWS~N-S 方向の 2 本の断層により切られている。これらの断層は見かけ上、右横ずれの動きを示している。しかし、地層の傾斜は水平に近いものと推定されるため、上下方向の成分をもつ断層運動の場合、水平方向のずれが誇張される。したがって、水平方向の移動量は見かけの変位量 (約 1.5km) ほどは大きくないであろう。

(6) 21-s

図面のほぼ中央を東西に横断してクランハ川が蛇行しながらおおむね西から東に流れている。図面の北半部はおおむね上部第三系 (T3) に覆われており、北半部の一部と図面の南半部は第三系最上部 (T4) に広く覆われる。T3 と T4 の境界では T4 がしばしば急崖を形成している。クランハ川は図面中央付近で北東から東南東に流向を変化させるが、これはクランハ川の南方に東西方向に伸張した背斜構造が存在する可能性を示唆するが必ずしも明瞭ではない。クランハ川の両岸には氾濫原堆積物 (Q4) がわずかに分布する。

(7) 21-t

アルトプルス川とその支流のクランハ川がいずれも蛇行しながらおおむね北東方向に流れている。図面は広く上部第三系 (T3) に覆われるが、南西部には第三系最上部 (T4) が分布する。T3 と T4 の境界では T4 がしばしば急崖を形成するため境界線は比較的明瞭である。アルトプルス川とクランハ川の両岸には氾濫原堆積物 (Q4) がやや広く帯状に分布する。

(8) 21-u

図面東部にブラジルとの国境が位置する。おおむね上部第三系 (T3) に広く覆われ、南西部など一部に第三系最上部 (T4) が分布する。T4 は T3 に比較して地形的な高所に分布するが両者の境界は必ずしも明瞭ではない。図面北西端を蛇行して流れるアルトプルス川の両岸には氾濫原堆積物がやや広く分布する。

(9) 22-r

当図面はアルトプルス川水系の源流部に位置しており、ここから西部の地域はウルバンバ川水系に属している。当図面の北西部を発端としてアルトプルス川水系のロンソコ川及びクリウハ川、ウルバンバ川水系のイヌヤ川がそれぞれおおむね東、南東、西に放射状に流れており、この地域が地形的な高まりの中心であることが明らかで、ドーム状構造がこれらの水系の源流

を中心として存在する可能性が指摘できる。図画の東部から南部には主に上部第三系 (T3) が分布し、それを覆って第三系最上部 (T4) が中央から東部にかけて広く分布する。T3 と T4 との境界では T4 が急崖を形成する 경우가多く、境界線は比較的明瞭である。

(10) 22-s

図画南西端から蛇行して北東に流れるクリウハ川と同じく西端から南東に流れるロンソコ川が図画中央部で合流し、アルトプルス川となって蛇行しながら北東方向に流れている。クリウハ川及びアルトプルス川を境として、その南東側は主に上部第三系 (T3) に広く覆われ、北西側は第三系最上部 (T4) により広く覆われる。主要河川の両岸には氾濫原堆積物 (Q4) が帯状に分布する。

(11) 22-t

図画の広い範囲を上部第三系 (T3) が覆い、南部及び北西部を第三系最上部 (T4) が覆っている。T3 と T4 との境界で T4 は急崖を形成し、両者の境界線はきわめて明瞭である。特に図画南部に分布する T4 は浸食があまり進んでおらず、広大なメサ状地形を形成している。主要河川の両岸には氾濫原堆積物 (Q4) が帯状に分布する。

(12) 22-u

図画東部はブラジル領である。図画ほぼ中央を緩く S 字状に屈曲して東西に横切り、イアコ川が東のブラジル領へと流れている。図画の広い範囲を上部第三系 (T3) が覆い、南部と北部に第三系最上部 (T4) が分布する。南部の T4 は前図画と同様に広大なメサ状地形を形成している。イアコ川が S 字状に屈曲して南に張り出した部分の北に背斜構造が存在することが、層理トレースの分布から推定できる。イアコ川の屈曲はこの背斜構造に影響されたものであると解釈できる。

1-4-2 リニアメント解析結果

以下に各図画ごとのリニアメント判読結果について述べる。

(1) 19-u

当図画中ペルー領に含まれる南東端部において、NNE-SSE と NE-SW 方向の数本のリニアメントが抽出された。

(2) 20-r

NE-SW~ENE-WSW 系及び N-S~NNW-SSE 系リニアメントが卓越する傾向がある。特に図画南部やや東のブラジル国境近くには NNE-SSW 系が断続しており、リニアメント密度が高い。

(3) 20-t

ペルー領に含まれる図画南東部のクランハ川の左岸に分布する上部第三系 (T3) 中では N-S 系のリニアメントが断続するほか、NE-SW 系がやや卓越する傾向が認められる。

(4) 20-u

第7-3図に本図画のリニアメント図を示す。図画のほぼ中央を蛇行しながら南西から北東方向に流れるアルトプルス川の北西では、この流向に平行なNE-SW系のリニアメントが卓越する。この方向は深部地質構造を反映したものと解釈される。図画のほぼ中央を南北に縦断してN-S系リニアメントの集中するゾーンが認められる。図画北部には直径約1.2kmの環状構造が抽出された。アルトプルス川の南東ではN-S系が卓越する。NE-SW系とN-S系が交差する付近がリニアメント高密度帯を形成している。

(5) 21-r

図画のほぼ中央を蛇行しながら西南西から東北東に向かって流れるエンヴィラ川の北西側に、川の流向にほぼ平行してENE-WSW系リニアメントが断続しているのが認められる。大まかな傾向として、このリニアメント断続帯から北では同系のリニアメントが卓越し、南ではN-S系が卓越する。T3とT4の境界を切る断層はこのN-S系に含まれる。ENE-WSW系とN-S系との交差部がリニアメント高密度帯を形成している。

(6) 21-s

当図画は他図画に比較してリニアメント密度が高い。卓越する方向はNNE-SSW、NE-SW~ENE-WSW、NNW-SSE系などである。特に浸食抵抗の高い最上部第三系(T4)中の水系はこれらのリニアメントに流向を規制され、しばしば梨棚状の水系パターンを呈す。

(7) 21-t

アルトプルス川とその支流のクランハ川とに挟まれた地域ではNE-SW系とNNW-SSE系リニアメントが卓越しており、両者の交差部が高密度帯を形成している。図画南東部でアルトプルス川が東北東から北東に緩く流向を変化させる付近の北西側に、不完全ながら環状構造が二つ抽出された。クランハ川の北西ではNW-SE系が、アルトプルス川の南東ではNNW-SSE系とNE-SW系とがやや卓越する。

(8) 21-u

図画東部にN-S系リニアメントの断続帯が、中央やや北西を横断しNE-SW系の断続帯がいずれもリニアメントと同一の方向に伸張して存在する。NE-SW系の断続帯の北東端にはN-S系が集中する部分が認められる。ペルー領の南東端にはNE-SW系リニアメントの断続帯が認められる。これらの断続帯の交差部付近がリニアメント高密度帯を形成している。

(9) 22-r

図画の中央やや東を通りNNE-SSW系リニアメントの断続帯が認められる。図画北半部にはENE-WSW系が卓越する地域が存在する。リニアメント密度は、ドーム状構造の存在が推定された北西部で特に高い傾向があり、水系パターンの解析結果と整合的である。すなわち、ドーム状構造の形成に伴う展張性の断層がリニアメントとして抽出されたものと推定される。