


ベトナム・カンボジアのルバ・バ川下流地域

資源調査報告書

(第1号)

平成 11 年 8 月

JICA LIBRARY



J1150559(1)

国際協力事業団
金属工業事業団

昭和 11
11
11

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

(第1年次)

平成11年3月

国際協力事業団
金属鉱業事業団



1150559 {1}

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 年次とし、金属鉱業事業団は 2 名の調査団を編成して平成 11 年 1 月 24 日から平成 11 年 2 月 13 日まで現地に派遣した。

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、本年度の調査結果をとりまとめたもので、最終報告書の一部となるものである。

おわりに、本調査の実施にあたって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 11 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 檜 山 博 昭

資源開発協力基礎調査報告書
(第1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 調査団の編成	2
1-4 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	5
2-2 地形及び水系	5
2-3 気候及び植生	6

第3章 調査地域の既存地質情報

3-1 既存調査の概要	7
3-2 地質概要	7
3-3 既知鉱床概要	8

第 II 部 各 論

第1章 衛星画像解析

1-1 解析の目的	10
1-2 画像処理	10
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	11
1-4 画像解析結果	15
1-5 考察	27

第2章 既存データ解析

2-1 解析の目的	42
-----------	----

2-2	地質	42
2-3	鉱床	52
2-4	考察	56
第3章	総合解析	61

第 III 部 結論及び提言

第1章	結論	63
第2章	第2年次調査への提言	64
	参考文献及び収集データ	65

【挿入図目次】

第1図	調査地域位置図	vi
第2図	地質概略図	9
第3図	使用衛星画像位置図	13
第4図	JERS-1 SAR モザイク画像	16
第5-1図	JERS-1 SAR 地質単元区分図	17
第5-2図	地質単元区分図凡例	18
第6図	JERS-1 SAR リニアメント図	19
第7-1図	YUYAPICHIS 図画 (20-n) JERS-1 SAR 画像	29
第7-2図	YUYAPICHIS 図画 (20-n) 地質単元区分図	30
第7-3図	YUYAPICHIS 図画 (20-n) リニアメント図	31
第8-1図	BOLOGNESI 図画 (21-n) JERS-1 SAR 画像	32
第8-2図	BOLOGNESI 図画 (21-n) 地質単元区分図	33
第8-3図	BOLOGNESI 図画 (21-n) リニアメント図	34
第9-1図	ATALAYA 図画 (22-o) JERS-1 SAR 画像	35
第9-2図	ATALAYA 図画 (22-o) 地質単元区分図	36
第9-3図	ATALAYA 図画 (22-o) リニアメント図	37
第10-1図	RIO INUYA 図画 (22-p) JERS-1 SAR 画像	38
第10-2図	RIO INUYA 図画 (22-p) 地質単元区分図	39
第10-3図	RIO INUYA 図画 (22-p) リニアメント図	40
第11図	リニアメント密度分布図	41
第12図	模式地質柱状図	43
第13図	深部地質構造概略図	51
第14図	総合ポテンシャル評価図	62

【挿入表目次】

第1表	事前協定・折衝調査団	2
第2表	現地調査団	3
第3表	調査期間	3
第4表	調査数量	4
第5表	Atalaya の月平均気温及び降水量	6
第6表	使用衛星画像データ	14
第7表	地質単元総括表	15
第8表	鉄床・鉍微地一覧表	58

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 年次の調査結果をとり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して実施された。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) に対し調査・解析手法の技術移転を実施した。既存データの収集・解析及び技術移転を目的とした現地画像解析は、平成 11 年 1 月 24 日から平成 11 年 2 月 13 日にかけて実施された。

ウルバンバ川下流地域は面積約 65,500 km² 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 28 図面にまたがる地域であるが、本年度はその西側の 15 図面分 (西経 72 度 30 分～75 度、南緯 9 度 30 分～11 度) 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。

本年度の調査結果を要約すると以下のとおりである。

- (1) JERS-1 SAR データを用いた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 (Selva、ペルー東部に広がる熱帯雨林地帯の総称) 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) JERS-1 SAR データを用いた画像判読により、シラ (Sira) 山脈の東に位置する NNW-SSE 系の衝上断層帯に、同断層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 (Agua Caliente) 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探査上重要な地域であると考えられる。

(3) 既存地質データ解析の結果、INGEMMET による最近の地質調査で、10 万分の 1 地形図 19-n 図画に含まれるプエルト・インカ (Puerto Inca) 東方 13 km において金、銅の鉱微を伴う貫入岩の存在が確認されたことが判明した。同じく 20-n 図画に分布するネグロ (Negro) 川の砂金鉱床とこの鉱微地とは地質構造的に類似する環境にあることから、この鉱微地は砂金鉱床の供給地 (初成鉱床) の可能性がある。今後の組織的な調査により、初成鉱床、二次鉱床 (漂砂鉱床) 両タイプの金鉱床発見の可能性がある。

(4) セルバ地帯においては、22-o 図画のアタラヤ (Atalaya) 付近、22-p 図画のセバ (Sepa) 付近のウルバンバ川に沿う川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。特にセバ付近では金 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存在の可能性が高い。現在、採掘業者が人力で砂金の採掘を小規模に行っている模様である。ウカヤリ川、ウルバンバ川より東方においても今後の調査によって採掘可能な砂金鉱床が発見される可能性がある。

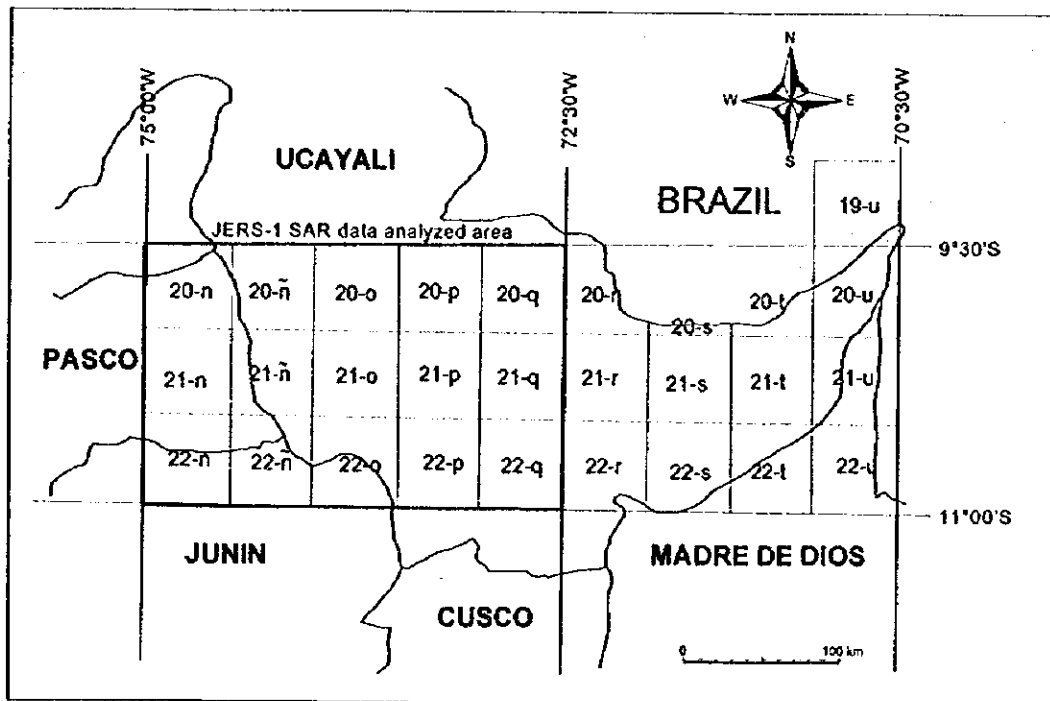
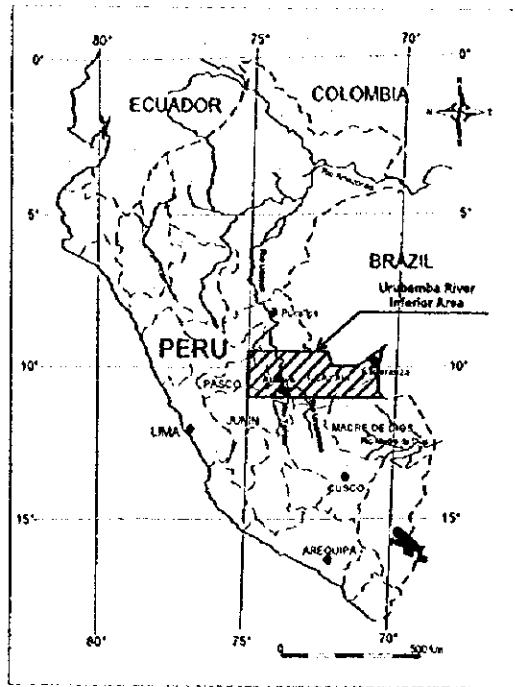
以上の結果を踏まえて今後の調査について以下の提言が可能である。

(1) 衛星画像解析: ウルバンバ川下流地域の東部 13 図画分のモザイク画像作成のための JERS-1 SAR データの処理をペルー側技術者と共同で実施する。これにより、ペルーにおける SAR 画像処理技術の定着を図る。引き続き、画像判読 (地質単元区分図、リニアメント図の作成)、判読結果のデジタイズと GIS (地理情報システム) データセットの作成及びリニアメント密度等のデータ解析を実施する。

(2) 既存データ解析: ペルーにおいて、本年度調査以降に追加されたデータ (主に鉱区設定状況等に関する情報) を収集し編集する。

(3) 現地調査: 可能な場合、貫入岩類が分布するシラ山脈の東山麓に位置し、ウルバンバ川、ウカヤリ川の砂金鉱微地からも比較的近いアタラヤを基地として、鉱化作用確認を目的とした以下の現地調査を検討する。

- ・地化学探査 (沢砂試料、重鉱物試料及び岩石試料を併用)
- ・鉱微地調査
- ・調査経路沿いの岩相の確認



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 km² 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鉱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金鉱床が発見され、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、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。

同時に、調査期間を通してカウンターパートである INGEMMET (イヘメット：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鉱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 km²) は、10 万分の 1 地形図 28 図画にまたがる地域であるが、本年度はその西側の 15 図画分 (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鉱山、鉱微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、既知鉱微地一覧、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 調査団の編成

調査団の編成は、事前協定・折衝調査団と現地調査団からなり、それぞれ第1表と第2表のとおりである。

第1表 事前協定・折衝調査団

日 本 側		ペルー共和国側	
(氏名)	(所属)	(氏名)	(所属)
木村 文彦	金属鉱業事業団	Ing. Juan Mendoza	INGEMMET
中島 英史	通商産業省	Ing. Hugo Rivera	INGEMMET
上木 隆司	金属鉱業事業団	Ing. José León	INGEMMET
香川 浩昭	金属鉱業事業団	Ing. Oscar Palacios	INGEMMET
早川 智夫	国際協力事業団	Ing. Yorry Carrasco	INGEMMET
下田 仁	金属鉱業事業団	Ing. Julio Zedano	INGEMMET
		Ing. Marco Lara	INGEMMET

第2表 現地調査団

日本側			ペルー共和国側		
(氏名)	(役割)	(所属)	(氏名)	(役割)	(所属)
迫垣内 薫	団長 地質	MINDECO	Ing. Manuel Paz	地質 画像解析	INGEMMET
阿達 一宏	地質 画像解析	MINDECO	Ing. Marco Lara	地質	INGEMMET
			Ing. Washington Larico	地質	INGEMMET

1-4 調査期間及び調査量

調査期間は第3表のとおりである。

第3表 調査期間

平成10年度 資源開発協力基礎調査 鉱物資源広域調査ペルー共和国 ウルバンパ川下流地域	1998年					1999年															
	11月				12月	1月			2月		3月		4月								
	4	11	18	25	2	9	16	23	30	6	13	20	27	3	10	17	24	31	7	14	
契約期間					12/15													3/19			
計画準備																					
衛星画像解析																					
画像作成																					
画像判読																					
データ入力(デジタル)																					
解析・報告書作成																					
現地調査・現地解析																					
動員機収																					
既存データ解析																					
衛星画像解析現地解析																					
報告書納品																					

調査数量は第4表のとおりである。

第4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西部 15 図画
既存データ解析	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 500 km、南北はウルバンバ川下流（南緯 11 度）から北方に約 170 km（南緯 9 度 30 分）にかけての約 65,500 km²である（第1図）。

調査地域に含まれる主要行政区分はバスコ（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バ（Pucallpa）を経由しアタラヤに至る。所要時間はリマ-プカルバ間が約 1 時間 15 分、プカルバ-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）付近を経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

岸からセバ (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ブルス (Purús) 川及びユルア (Yurúa) 川の流域に属す。調査地域でブ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(1934-1935)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 5 表に示す。

第 5 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(ペトロペルー)という)や La Oficina Nacional de Evaluacion de Recursos Naturales(資源評価庁、略称 ONERN(オネールン)、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

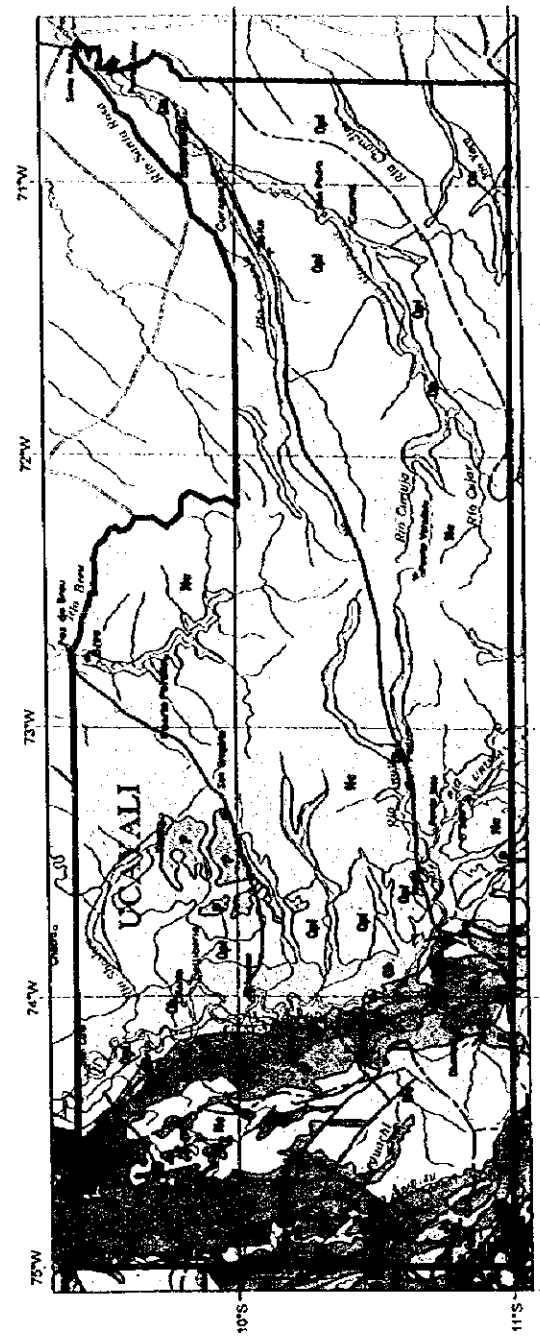
INGEMMET(1995)編纂のペルーの地質(第2図)によれば、調査地域の山岳地帯を構成する地質単元は、原生代の変成岩を基盤とし、オルドビス紀の Contaya 累層、石炭紀~二畳紀前記の Ambo 累層、Tarma 累層、Copacabana 累層の堆積岩、二畳紀~三畳紀の Ene 累層の砂岩、三畳紀の Pucara 層群の石灰岩、ジュラ紀後期の Sarayaquillo 累層の砂岩、白亜紀の Oriente 層群の砂岩、Chonta 累層の泥灰岩・石灰岩、Vivian 累層の砂岩、Cachiyacu-Huchpayacu 累層の頁岩、古第三紀の Huayabamba 層群の砂岩・頁岩・粘土岩よりなる。貫入岩類としては二畳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

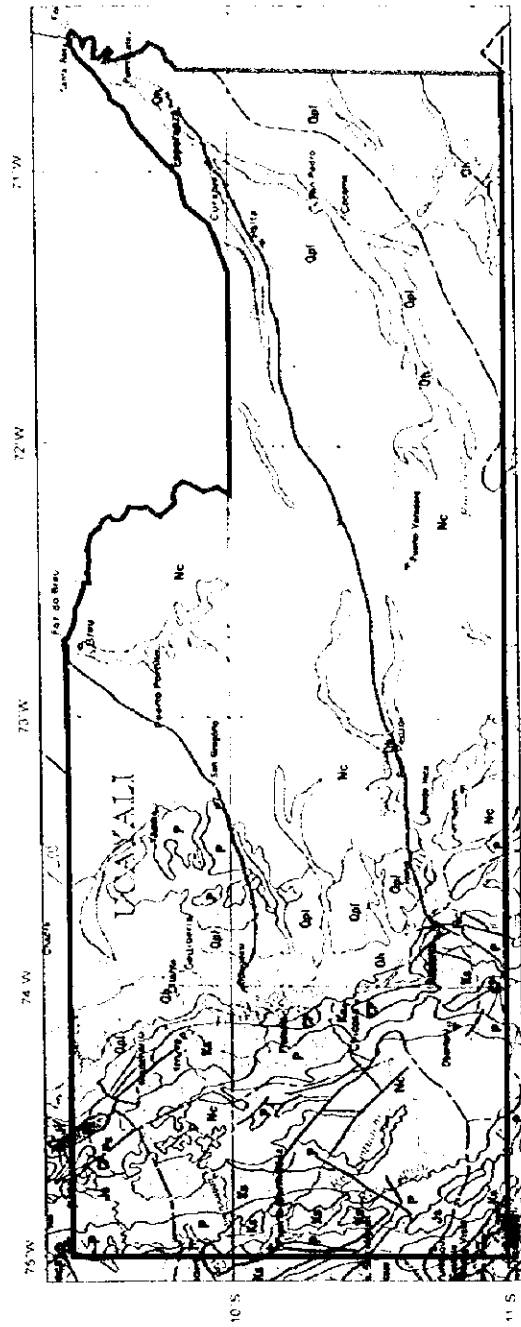
ペルー共和国の地質鉱床区分では、東部アンデス山脈は東アンデス鉱床帯に属し、古生代から新生代までの地質単元が分布し、金、銀を含む銅、鉛、亜鉛等の金属鉱床鉱微地や錫、タングステン、ニッケル、コバルト等のレアメタルの鉱微地が知られている。しかしながら、東アンデス鉱床帯の東に隣接する本調査地域の山岳地帯ではわずかに砂金鉱床が存在するだけである。調査地域西部のシラ山脈の西麓パチテア (Pachitea) 川支流のネグロ (Negro) 川において小規模だが現在も砂金が採掘されている。

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	
CENOZOIC	QUATERNARY	HOLOCENE	Qh	
		PLEISTOCENE	Qpl	
	NEOGENE	PLIOCENE	Ng	
		MIOCENE	Mg	
		OLOCOCENE	Og	
	PALEOGENE	EOCENE	Ec	
		PALEOCENE	Pc	
		UPPER	UPPER	Ea
			LOWER	Ea
		LOWER	UPPER	Ea
LOWER	Ea			
PALAEZOIC	TRIASSIC	UPPER	Tu	
		MIDDLE	Tm	
		LOWER	TL	
	PERMIAN	UPPER	Pu	
		MIDDLE	Pm	
		LOWER	Pn	
		LOWER	Pn	
	DEVONIAN	UPPER	DU	
		MIDDLE	DM	
		LOWER	DL	
		LOWER	Dn	
		LOWER	Dn	
LOWER	UPPER	LUp		
	MIDDLE	Lm		
	LOWER	Ln		
	LOWER	Ln		

第2圖 地質概略図



ERA	SYSTEM	SERIES	SYMBOL
CENOZOIC	QUATERNARY	HOLOCENE	Qh
		PLEISTOCENE	Qpl
	MIOCENE	MIOCENE	Mc
		MIOCENE	Mc
MESOZOIC	PALEOCENE	OLIGOCENE	O
		EOCENE	E
		PALEOCENE	P
	CRETACEOUS	UPPER	Uc
		LOWER	Lc
		UPPER	Uj
PALAEZOIC	TRIASSIC	UPPER	Uj
		LOWER	Lj
	PERMIAN	UPPER	Uj
		LOWER	Lj
	CARBONIFEROUS	UPPER	Uj
		LOWER	Lj
LOW ER	DEVONIAN	D	
	MURRAN	M	
	ORDOVICIAN	O	
	CAMBRIAN	C	

第2图 地质略图

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、調査地域の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 (パル国土地理院、以下 IGN という) の 10 万分の 1 地形図の 20~22-n, ñ, o, p, q の 15 図画である。

1-2 画像処理

1-2-1 使用データ

解析に使用したデータは第 3 図と第 6 表に示した JERS-1 SAR データ 24 シーンである。

1-2-2 画像作成手順

以下の手順に従い、判読用の画像 15 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 (補正のかかりすぎにより、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：調査地域の中心に近い P436/R318 のシーンをモザイク用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 地形図の図画に合わせたサブシーン画像を 15 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、図画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 TIFF 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、両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 30 枚の画像を 10 万分の 1 で出力する。これらの画像のうち、一組は国内解析に用い、残り一組は現地解析に用いた。

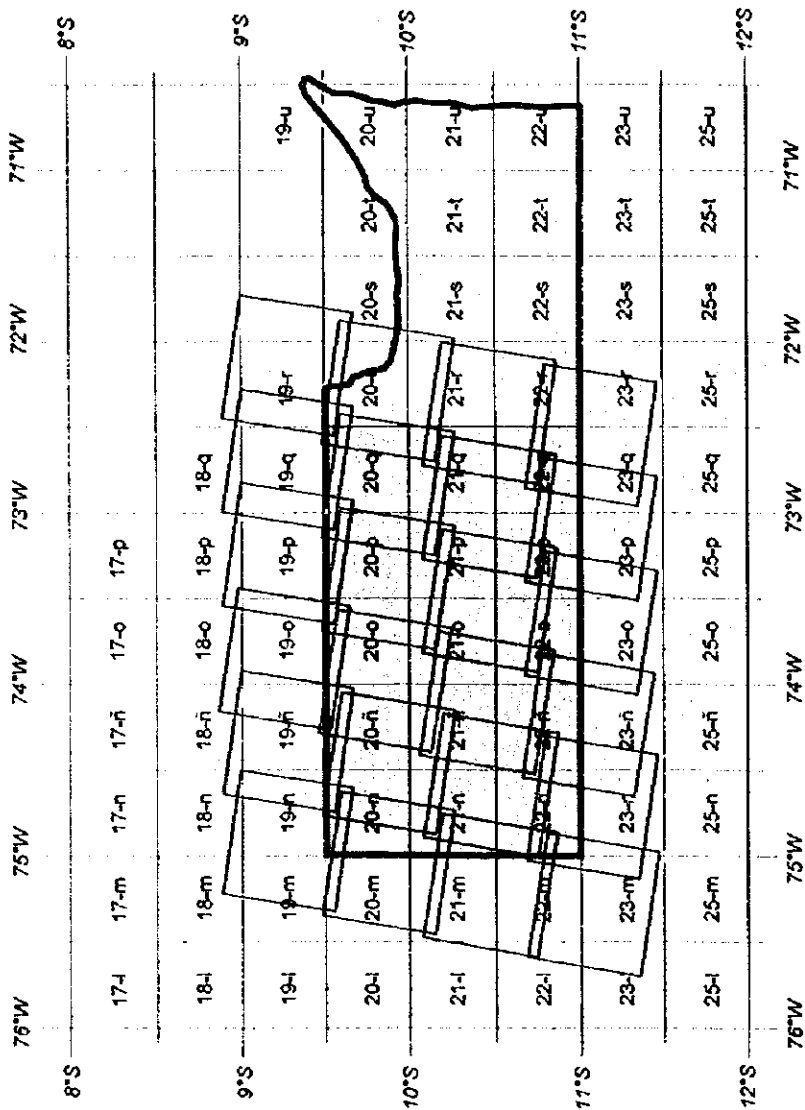
1-3 画像判読、GIS データセット作成及びリニアメント解析

上記で作成した縮尺 10 万分の 1 の各図画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 INGEMMET (1995) によるベルー全土の 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) デジタイズ：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、それぞれの図形に単元名、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 から提供された各図面の 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)) 形式の地勢情報 (水系、湖、道路、集落、国境、UTM グリッド) を TNT Mips データベースファイルに取り込み、判読結果と重ね合わせた後、凡例、縮尺、図面番号・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、地質単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、地質単元境界、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、INGEMMET で使用されている GIS ソフトウェアである Arc/Info の “Export” 形式 (E00 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：図面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 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/km²) 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。合わせて各図面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図 使用衛星画像位置図

第6表 衛星画像使用データ

	<i>date</i>	<i>sat.</i>	<i>sensor</i>	<i>path</i>	<i>row</i>	<i>lati.</i>	<i>long.</i>	<i>qual.</i>	<i>station</i>
1	1996/06/15	J1	SAR	434	316	-9.17	-72.08	G	HEOC
2	1996/06/15	J1	SAR	434	317	-9.52	-72.17	G	HEOC
3	1996/06/15	J1	SAR	434	318	-10.28	-72.25	G	HEOC
4	1996/06/15	J1	SAR	434	319	-11.04	-72.33	G	HEOC
5	1996/06/16	J1	SAR	435	316	-9.17	-72.41	G	HEOC
6	1996/06/16	J1	SAR	435	317	-9.52	-72.50	G	HEOC
7	1996/06/16	J1	SAR	435	318	-10.28	-72.58	G	HEOC
8	1996/06/16	J1	SAR	435	319	-11.04	-73.06	G	HEOC
9	1996/06/17	J1	SAR	436	316	-9.17	-73.14	G	FAIS
10	1996/06/17	J1	SAR	436	317	-9.52	-73.23	G	FAIS
11	1996/06/17	J1	SAR	436	318	-10.28	-73.31	G	FAIS
12	1996/06/17	J1	SAR	436	319	-11.04	-73.39	G	FAIS
13	1993/03/18	J1	SAR	437	316	-9.17	-73.49	G	FAIS
14	1993/03/18	J1	SAR	437	317	-9.53	-73.49	G	FAIS
15	1993/03/18	J1	SAR	437	318	-10.28	-74.05	G	FAIS
16	1993/03/18	J1	SAR	437	319	-11.04	-74.12	G	FAIS
17	1996/06/19	J1	SAR	438	316	-9.15	-74.19	G	HEOC
18	1996/06/19	J1	SAR	438	317	-9.51	-74.27	G	HEOC
19	1996/06/19	J1	SAR	438	318	-10.27	-74.35	G	HEOC
20	1996/06/19	J1	SAR	438	319	-11.04	-74.43	G	HEOC
21	1994/08/30	J1	SAR	439	316	-9.16	-74.54	G	FAIS
22	1994/08/30	J1	SAR	439	317	-9.52	-75.02	G	FAIS
23	1994/08/30	J1	SAR	439	318	-10.28	-75.10	G	FAIS
24	1994/08/30	J1	SAR	439	319	-11.04	-75.18	G	FAIS

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

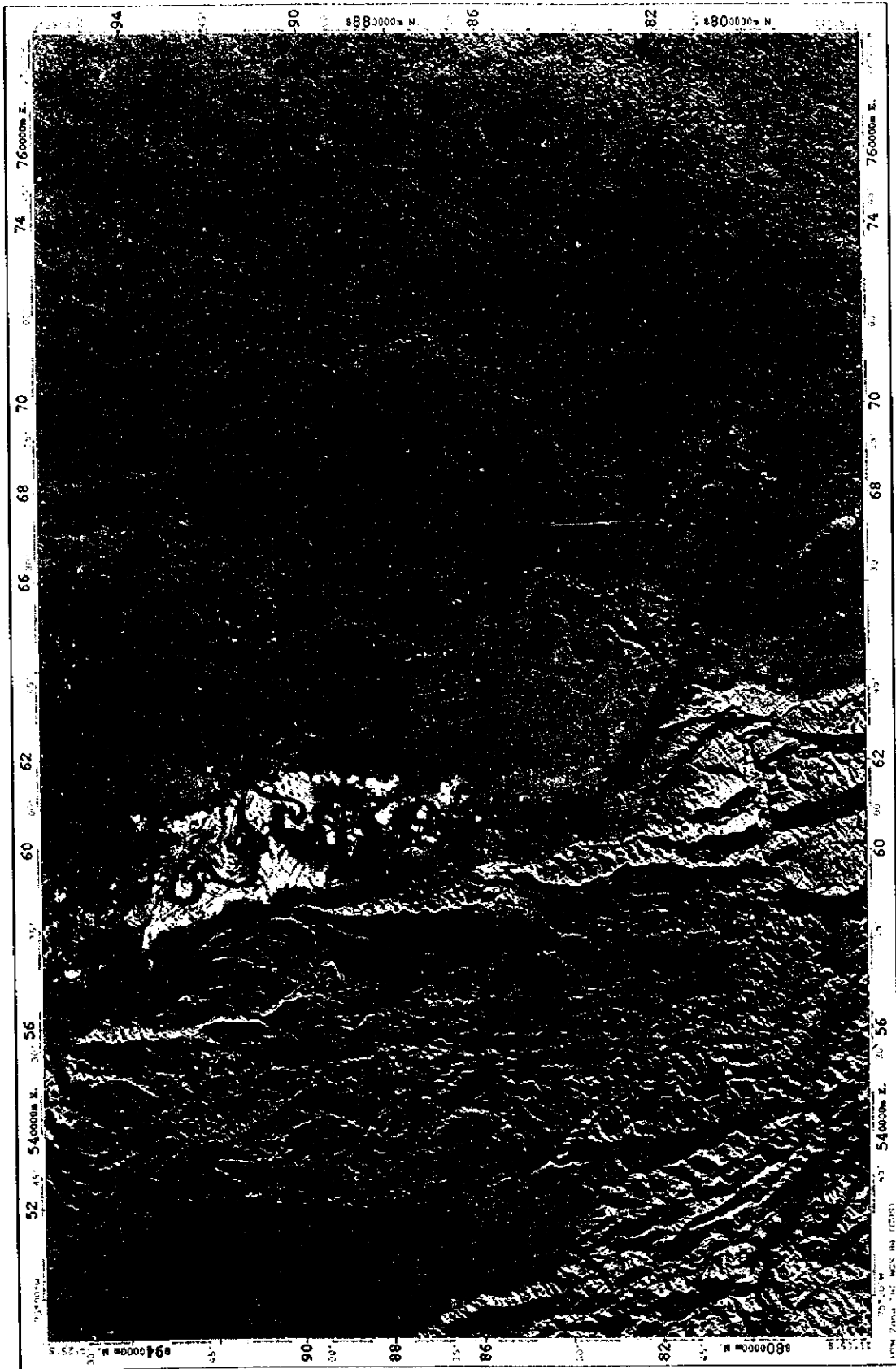
1-4 画像解析結果

1-4-1 判読結果

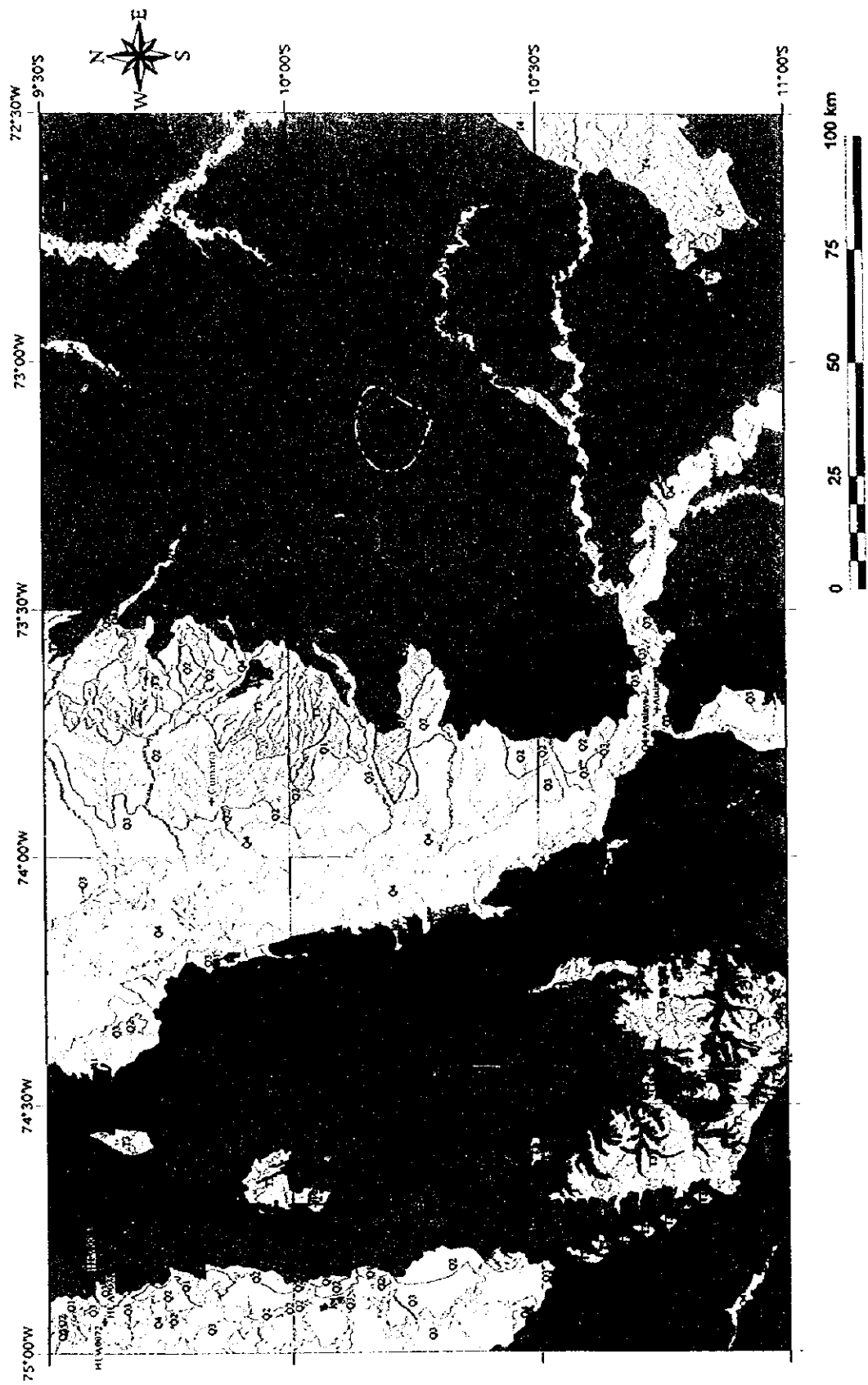
判読作業は、既存の200万分の1地質図(INGEMMET, 1995)を参考として実施した。地質単元の区分は、既存地質図の単元区分を参考として画像から判読される情報を可能な限り記入した。各単元の記号は、既存地質図の時代区分記号を参考とし、その中で判読により細分された単元に上位から通し番号を付した。解析地域全域(15図画)のSAR画像を第4図に、同じく地質単元区分図を第5図に、リニアメント図を図画毎のローズダイアグラムと合わせて第6図に示す。また、判読図の地質単元と既存地質図の地質単元の対比を現地調査時に入手した10万分の1地質図との対比と合わせて第7表に示す。

第7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	
3	Q2	Qpl		
4	Q1		Nc	N-i~NQ-u
5	T4	P		
6	T3		砂岩・礫岩(第三系中部)	
7	T2			
8	T1	Ks	Ks-h, Ks-v, Ks-ch	堆積岩類(白亜系上部)
9	K4		Ki-o	堆積岩類(白亜系中部)
10	K3			Pi-c
11	K2		堆積岩類 白亜系下部~ジュラ系上部)	
12	K1			
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)



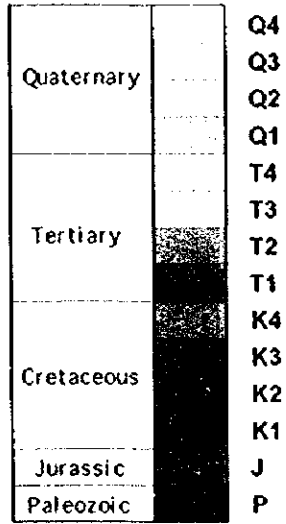
第4図 JERS-1 SAR モザイク画像



第 5 - 1 图 JERS-1 SAR地质单元分区图

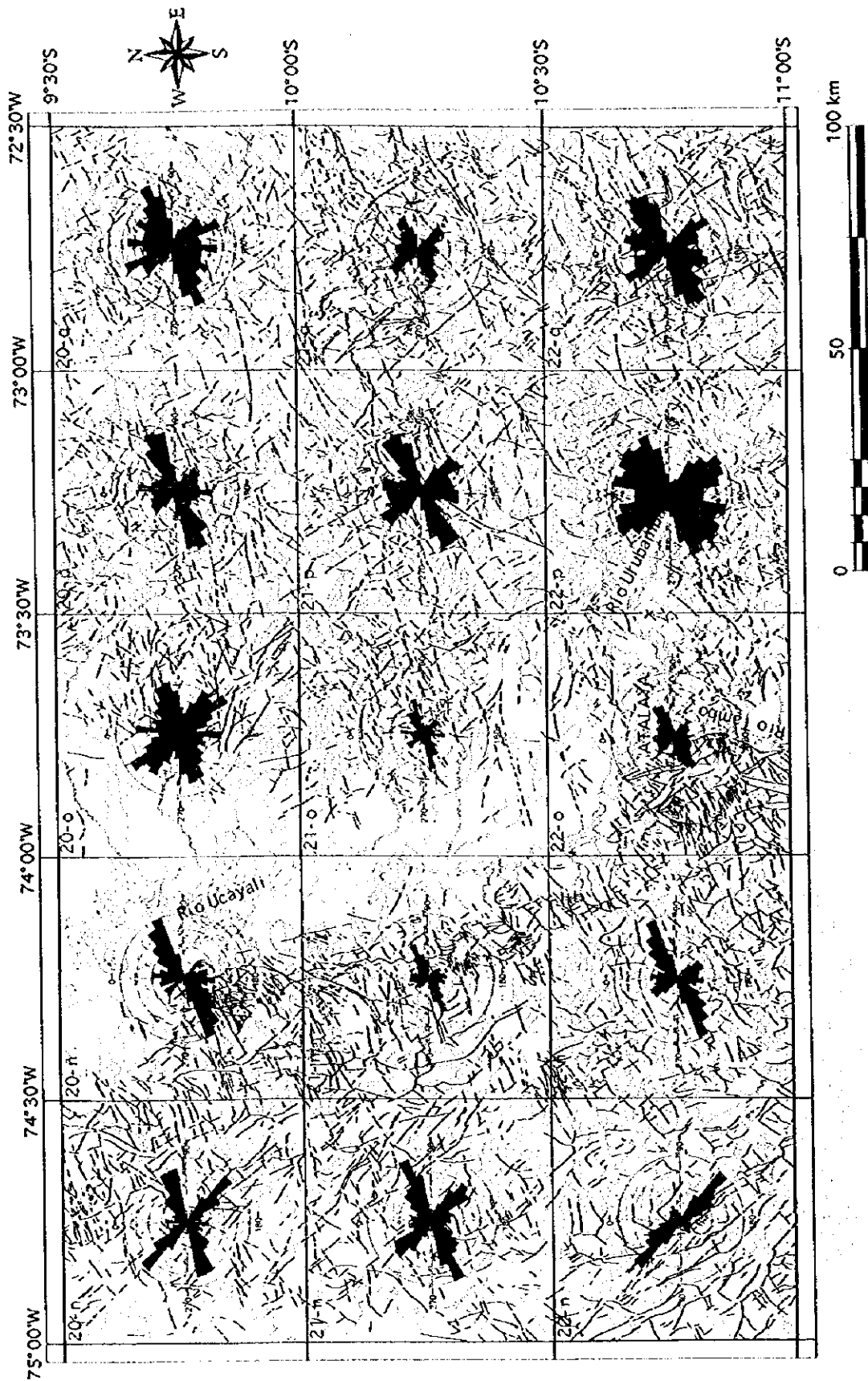


Fig. 1. Drainage basins of the Caucasus.



- faults
- |— anticlines
- *— synclines
- drainage
- drainage anomaly
- mineral indications

第 5 - 2 图 地质单元区分图例



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個所もある。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個所が多く見られる。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。層理が明瞭な個所は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層中に内座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-n)、第 8-2 図 (21-n)、第 9-2 図 (22-o) 及び第 10-2 図 (22-p) にそれぞれ示す。また、第 7-3 図 (20-n)、第 8-3 図 (21-n)、第 9-3 図 (22-o) 及び第 10-3 図 (22-p) にそれぞれのリニアメント判読図を示す。

以下に各図画ごとの判読結果について述べる。

(1) 20-n

図画西端部はバチテア川の上流域にあたり、沖積層及び洪積層に覆われた広大な盆地が形成されている。図画の中央部には緩やかな西傾斜を呈する白亜系が南北に広がり、それより東側では第三系により覆われている。図画の東端部では、走向 N-S で西傾斜の白亜系の層理が明瞭に現れている。その東側に第三系が出現することから両者の境界は衝上断層によるものと考えられる。

(2) 20-n

図画の東側にはウルバンバ川下流域における広大な沖積平野が見られる。無数の旧河道(蛇行跡)を含む沖積層の周辺には段丘面を成す洪積層が分布する。西側には、古生界～第三系から成るシラ山脈が横たわっている。衝上断層と見られる断層が南北方向に走り、南部で NW-SE 方向に屈曲している。断層の東側で見られる背斜構造は衝上断層の走向と平行な N-S ないし NNW-SSE の軸方向を示す。

(3) 20-o

ほぼ全域に亘って第四系が分布している。図画の左端部にはウカヤリ川に沿って広大な沖積平野が発達し、その東側に低位及び中位の河岸段丘が広がっている。図画の右端部には第三系の T2 及び T3 が見られる。断層及び褶曲構造は不明瞭である。

(4) 20-p

ほぼ全域にわたり第三系の単元 T2 が分布する。起伏は穏やかで谷は比較的浅い。図画東部に走向 NNW-SSE から N-S で東傾斜の層理面が断続的に認められる。また、その西側の図画中央北寄りには放射状の水系模様が認められることから、NNW-SSE 方向のトレンドを示す背斜～ドーム構造の存在が推定できる。水系は、樹枝状模様を基調としているが、地層の走向に規制されていると考えられる平行状水系模様や松葉状の細かい水系模様が一部に発達している。

(5) 20-q

20-p と同様に、ほぼ全域にわたり第三系の単元 T2 が分布する。起伏は穏やかで、谷は比較的浅い。図画中央部を南から北に向かって流れるアルト・ユルア川沿いには単元 Q3 の河川堆積物が見られる。図画北西部に放射状の水系模様が認められ、N-S 方向に伸長した背斜構造の存在が推定で

きる。水系は樹枝状模様を基調としているが、地層の走向に規制されていると考えられる平行状水系模様や松葉状の細かい水系模様が一部に発達している。

(6) 21-n

図画の西側はパチテア川の上流域にあたり第四系から成る広大な盆地が形成されている。図画中央部には白亜系が南北に細長く分布しているが、これより東側では第三系によって完全に覆われている。白亜系は緩い西傾斜を呈しているが、第三系はほぼ水平である。

(7) 21-n

図画の東側はウカヤリ川の上流にあたり広大な沖積盆地が形成されている。第四系の西側には白亜系（一部ジュラ系を含む）が主に分布する。白亜系は衝上断層を伴っていると見られる東縁部ではほぼ南北方向に軸を有する複背斜構造を形成しているが、衝上断層より西側では緩い西向きの単傾斜と成っている。この複背斜構造の軸部に古生界が露出していると推定される。図画の西側では白亜系は第三系によって完全に覆われている。第三系はほぼ水平な構造を呈しているが、N-S系あるいはNW-SE系の大規模な断層によって切られている。

(8) 21-o

図画の左端ではウカヤリ川右岸の沖積平野（単元 Q4）が南北に連なっている。その東側には単元 Q3（低位段丘）単元 Q2（中位段丘）及び単元 Q1（高位段丘）から成る広大な段丘面が広がっている。単元 Q1 では樹枝状模様を基調とする水系模様が発達しているが、他の段丘面では水系密度が小さく、ほとんど平坦である。図画の右端には単元 T2 が分布している。水系は樹枝状ないし松葉状の細かな水系模様を主体として発達しているが、余り深い谷は見られない。地層走向を示すと考えられる線状模様に加えてそれらと交差するリニアメントが多く、両者を区別することが困難なため、地質構造を詳細に解釈することは困難である。

(9) 21-p

全域が単元 T2 で覆われている。全体に起伏が少なく、河川による深い谷も見られない。水系は極めて密度が高く、本流は樹枝状模様、支流は細かい松葉状模様を呈する。また、層理面が随所で観察できるが、細かい水系に邪魔され、連続して層理を追跡することは困難である。図画中央部東寄りに特徴的な梨棚状の水系模様を示す地域があり、貫入岩類の存在を示唆している可能性がある。

(10) 21-q

21-pと同じく、ほぼ全域が単元 T2 で覆われている。全体的に起伏が少なく、河川による深い谷も見られない。水系は極めて密度が高く、本流は樹枝状模様、支流は細かい松葉状模様を呈す。また、層理面が随所で観察できるが、細かい水系に邪魔され、連続して層理を追跡することは困難で

ある。図画中央のやや東よりの地区に放射状の水系模様が認められ、ドーム構造の存在が推定される。

(11) 22-n

図画の東側ではメサ状地形をなして第三系 (T3) が広く白亜系を覆っている。図画中央部で見られるように、第三系は NNW-SSE ないし NW-SE 方向の断層によって切られ、これより西側には第三系は分布しない。白亜系及びジュラ系は向斜構造を形成して図画南西部に分布する。

(12) 22-n̄

図画の東側では白亜系及び古生界が広く分布し、ほぼ南北方向の衝上断層を伴っている。白亜系は衝上断層の走向に平行な褶曲軸を有する背斜構造を形成する。衝上断層より西側では白亜系は緩く西に単傾斜している。図画中央部より東側では第三系が広く分布し、白亜系を被覆している。第三系はほぼ平坦な構造を示し、連続した層理が明瞭に観察できる。

(13) 22-o

図画のほぼ中央部において、東側からウルバンバ川、南側からタンボ川の両河川が合流し、ウカヤリ川となって北西に流下する。これらの河川沿いには単元 Q4 で示される広大な沖積盆地が形成されている。その外側には、低位 (単元 Q3)、中位 (単元 Q2) 及び高位 (Q1) の 3 段の河岸段丘が認められる。これらの内、高位段丘面は、他の段丘面に比べて比高が際立って高い。水系の発達していない面が残されてはいるものの、谷部では侵食が進んでいる。タンボ川の東側には単元 T2 が広く分布している。大きな河川は蛇行を呈するものも見られるが、全般的にかなり細かい水系の集合となっている。地層の走向を示すと考えられる線状模様が無数に見られるが、旧河道等の他の線状模様が交錯する上に、起伏が小さく傾斜方向が不明瞭であるため構造を明らかにすることが困難である。タンボ川及びウカヤリ川の西側では、単元 K1、K2、K3 を主体とするシラ山脈が聳えている。NNW 系の断層が幾条も発達し、これらに伴う斜交断層も見られる。断層沿いの谷は深く急峻である。シラ山脈とウカヤリ盆地の境界部には少なくとも 2 枚の NNW-SSE~N-S 走向の衝上断層が存在し、それらを挟んで 3 つの背斜構造が形成されている。

(14) 22-p

図画の中央部を流れるウルバンバ川及び北側支流のイヌヤ川、南側支流のセバ川に沿って河川堆積物 (単元 Q2) が広く分布している。これらの周辺域は全て第三系の単元 T2 によって覆われている。全体的に起伏が小さく、谷は浅い。不明瞭ではあるが、図画の東縁部付近には層理面と見られる規則的なパターンが観察できる。これらは屈曲しながら、互いにほぼ平行に南北方向に連なっており、全体として柔ないしは南東傾斜である。同様に不明瞭ではあるが、図画の中央部よりやや北

側の地域（ウルバンバ川とイヌヤ川に挟まれる地域を中心とする）に半環状の層理が観察できる。
放射状の水系模様が認められることから、ドーム構造が存在する可能性がある。

(15) 22-q

ほぼ全域が第三系（单元 T2 及び单元 T3）で覆われている。21-q と同様に、全体的に起伏が少なく、深い谷も見られないが、单元 T2 と比べると单元 T3 の方がやや深くて明瞭な谷を形成している。水系密度が極めて高く、本流は樹枝状模様、支流は細かい松葉状模様を示す。单元 T3 分布域を中心に図面の北東端から南西端にかけて、南東に緩く傾斜した層理面（？）が不明瞭ながら観察できる。同付近で、水系模様は明らかに NE-SW 方向の規制を受けて、直角状のパターンを呈していることから、地層の走向が同方向である可能性が高い。

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) 20-n

第四系及び单元 K2 分布域ではリニアメント密度が極めて小さい。全体的に NW-SE 系、NNW-SSE 系、及び ENE-WSW 系のリニアメントが卓越している。

(2) 20-n̄

第四系分布域のリニアメントは、被覆している下位層の走向を反映していると思われる無数の平行線がみられるが、不明瞭であり傾斜方向が定まらない。西側の地域ではリニアメント密度が高く、特に白亜系分布域で顕著である。N-S 系及び ENE-WSW 系のリニアメントが卓越している。

(3) 20-o

西側の沖積層分布域では、旧河道の蛇行跡が多く観察される以外に特記すべきリニアメントは見られない。单元 T2 及び单元 T3 の分布域では、NW 系のリニアメントが卓越し、連続性も良い。これらに次いで ENE 系及び EW 系のリニアメントが発達している。

(4) 20-p

リニアメント密度は高く、NNW 系及び ENE 系のリニアメントが特に優勢である。層理が多く観察できるが、多くのリニアメントが斜交しているため構造の見極めが難しい。

(5) 20-q

20-p と同様にリニアメント密度は高い。NNW 系及び ENE 系のリニアメントが特に優勢である。Q3 分布域内においては、無数の ENE 系リニアメントが認められる。

(6) 21-n

NW-SE 系および ENE-WSW 系のリニアメントが卓越し、連続性も良い。第三系の单元 T2 の分布域ではリニアメント密度は低い。

(7) 21-n̄

第四系分布域ではリニアメント密度は極めて小さい。NNW-SSE 系及び ENE-WSW 系のリニアメントが卓越している。特に東部の衝上断層付近ではリニアメント密度が高くなる傾向が見られる。

(8) 21-o

第四系分布域で見られるリニアメントは少ないが、東側の T2 分布域ではリニアメント密度が高く、特に、ENE 系及び NNW 系のリニアメントが卓越している。

(9) 21-p

全体的にリニアメント密度が高い。特に、ENE 系及び NW 系のリニアメントが卓越し、連続性も良い。

(10) 21-q

21-p と同様に、全体的にリニアメント密度が高い。特に、ENE 系及び NW 系のリニアメントが卓越し、連続性も良い。

(11) 22-n

衝上断層の走向に平行な NNW-SSE 及び NW-SE 系のリニアメントが卓越している。図画東側の第三系分布域及び南西端のジュラ系分布域では NE-SW 系のリニアメントも顕著である。

(12) 22-n̄

全体的に ENE-WSW 系及び NNW-SSE 系のリニアメントが卓越している。図画中央部の第三系分布域ではリニアメントは発達していない。

(13) 22-o

図画西側の单元 K2 及び单元 K1 の分布域は、第四系及び第三系の分布する東側の地域と比べリニアメント密度が高い。特に、断層によるものと考えられる深い谷が発達し、これらに沿う NNW 系ないしは NS 系のリニアメントが優勢である。また、NE 系のリニアメントも発達しているが、連続性の良い規模の大きなものは少ない。図画東側の单元 T2 内では NNW 系ないし NW 系のリニアメント及び ENE 系のリニアメントの連続性が良い。地層を示すと見られるリニアメントも多く見られるが、連続性が悪く構造を明らかにできるほど追跡はできない。

(14) 22-p

全体的にリニアメント密度が高い。特に、ENE系及びNW系のリニアメントが卓越し、連続性も良い。

(15) 22-q

21-qと同様に、全体的にリニアメント密度が高い。特に、NE系、NW系、及びN-S系のリニアメントが卓越し、連続性も良い。単元T2に比べ、単元T3の方がリニアメントは明瞭である。

1-5 考察

今回の画像解析結果と、現地調査時に入手した1997~1998年INGEMMET発行の10万分の1地質図（参考文献及び収集データ1）とを対比した結果、以下のことが言える。

- ① 判読結果と既存地質図とは、大局的な地質区分についてほぼ一致する。
- ② 判読結果を検証するための地表調査を行っていないため、各単元の時代同定が困難であり、細部の地質区分に関しては上記資料に比べ精度的に劣る。
- ③ 判読図では、レーダ画像特有の幾何学的歪みにより、特に比高の大きい山岳部において断層線や地質境界線が歪む欠点がある。
- ④ 東部の第三系分布域では、平坦地形でありながら層理面が随所で観察できるため、現地検証調査を実施すれば大小の褶曲構造をより詳細に明らかにすることが可能になると考えられる。
- ⑤ 20-n 図画及び 20-n 図画などの10万分の1地質図における二畳系の地質区分には地質図と判読図とで相違がある。既存地質図では、シラ山脈の主体をなす白亜系の水平～緩傾斜層の下位に位置し、上位と見掛け上整合関係にある単元が二畳系とされている。SAR画像により白亜系は複数の部層（侵食に対して抵抗性の高い地層と低い地層との互層）からなっていることが明瞭なため、判読図では同単元を白亜系の最下底であると解釈した。
- ⑥ 20-n 図画及び 20-n 図画のシラ背斜の軸部近傍に分布する非常に粗い肌理を示し、リニアメントの発達する単元は、上述地質図では原生界とされているが、サブアンデスにおけるこれまでの調査では原生界の記載がないこと、及び上述した白亜系との関係から判読図では200万分の1地質図の区分に従い古生界と分類した。

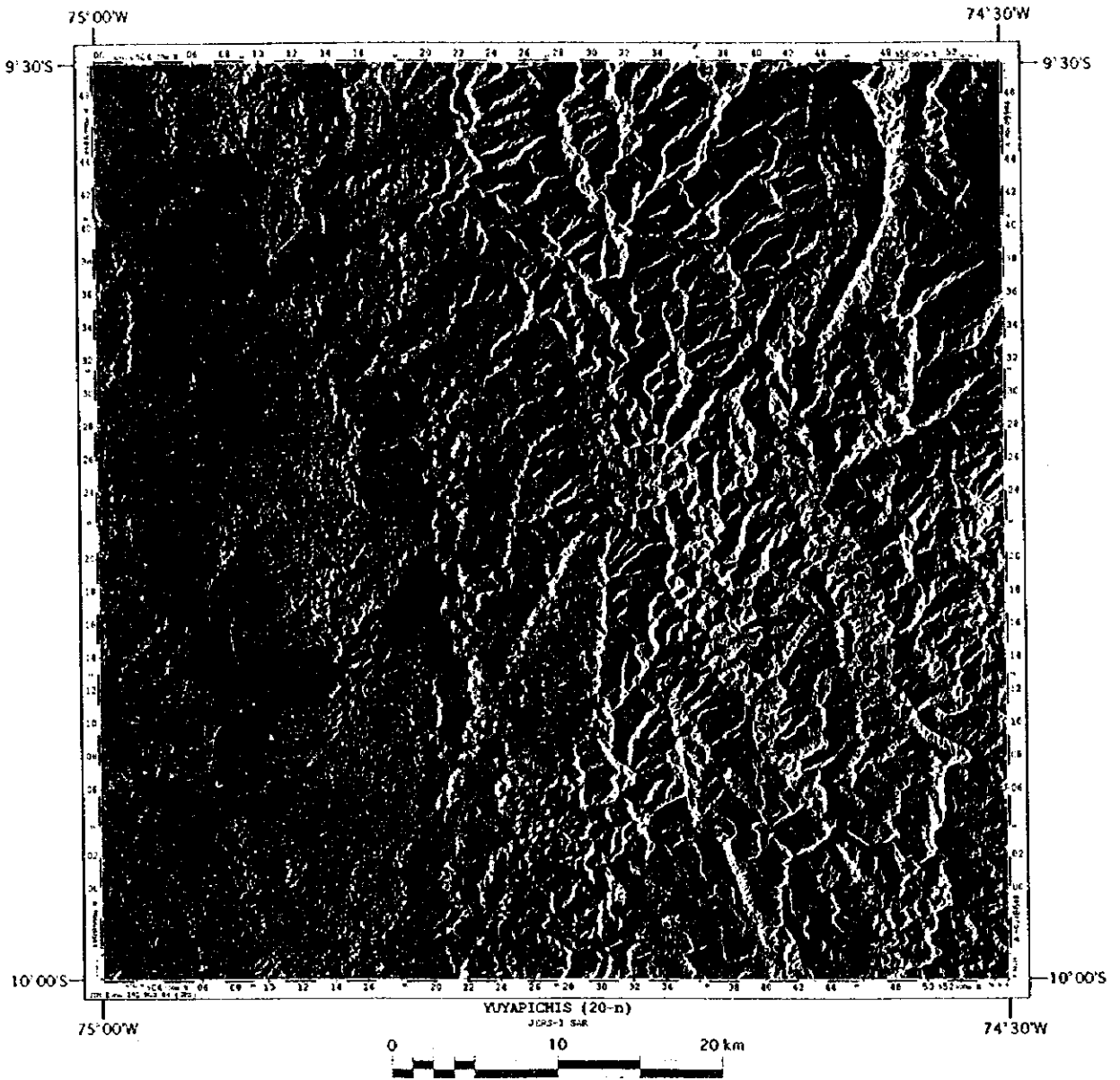
判読範囲西部のサブアンデス地域（ウカヤリ川及びタンボ川の左岸地域）は、主に古生界～白亜系から構成され、シラ山脈が形成されている。一方、東部のウカヤリ堆積盆地域には第三系～第四系が

広く分布し、概して平坦な地形を形成している。両地域は、NNW-SSE 方向の衝上断層を境として明確に区分される。サブアンデス地域の古生界～白亜系中にはこの衝上断層の走向に平行な褶曲軸を持つ大～小規模の褶曲構造が形成されている。

ウカヤリ堆積盆地の第三系～第四系中には、水系パターンからいくつかの背斜構造ないしドーム構造の存在が推定された。これらの構造は、潜在する白亜系以深の深部構造を反映している可能性がある。また、21-p 図画で認められた水系パターンの異常（特徴的な梨棚状パターン）は、貫入岩体の存在を示唆する可能性もあり興味深い。ウカヤリ堆積盆地に代表されるセルバ地帯では、水系解析が地質・地質構造の解釈に有効である。

リニアメント密度分布図を第 11 図に示す。リニアメントは NNW-SSE 系及びそれと直交する ENE-WSW 系のものがほぼ全域にわたって発達するが、前述の衝上断層近傍において特に高い密度を示す傾向があり、これらは同断層と関係していると考えられる。すなわち、衝上断層に平行する小規模な逆断層や、それと斜交する展張性の裂かあるいは小規模な横ずれ断層がリニアメントとして抽出されたと解釈される。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ため探鉱上重要である。

INGEMMET による現地調査データなどからシラ山脈南東部の古生界中に小規模な貫入岩体の分布が確認されており、その他にも同様の岩体が存在する可能性がある。SAR 画像から貫入岩体の分布域を判読することは出来ないが、本年度調査地域の大部分はジュラ系～第四系の堆積岩類/未固結堆積物に覆われており、一般に割れ目の発達は良くないものと推定される。こうした地域においてリニアメント密度が高い部分は貫入岩や変成岩が分布する可能性のある地域であるとも考えられる。



第7 - 1 図 YUYAPICHIS図画 (20-n) JERS-1 SAR画像

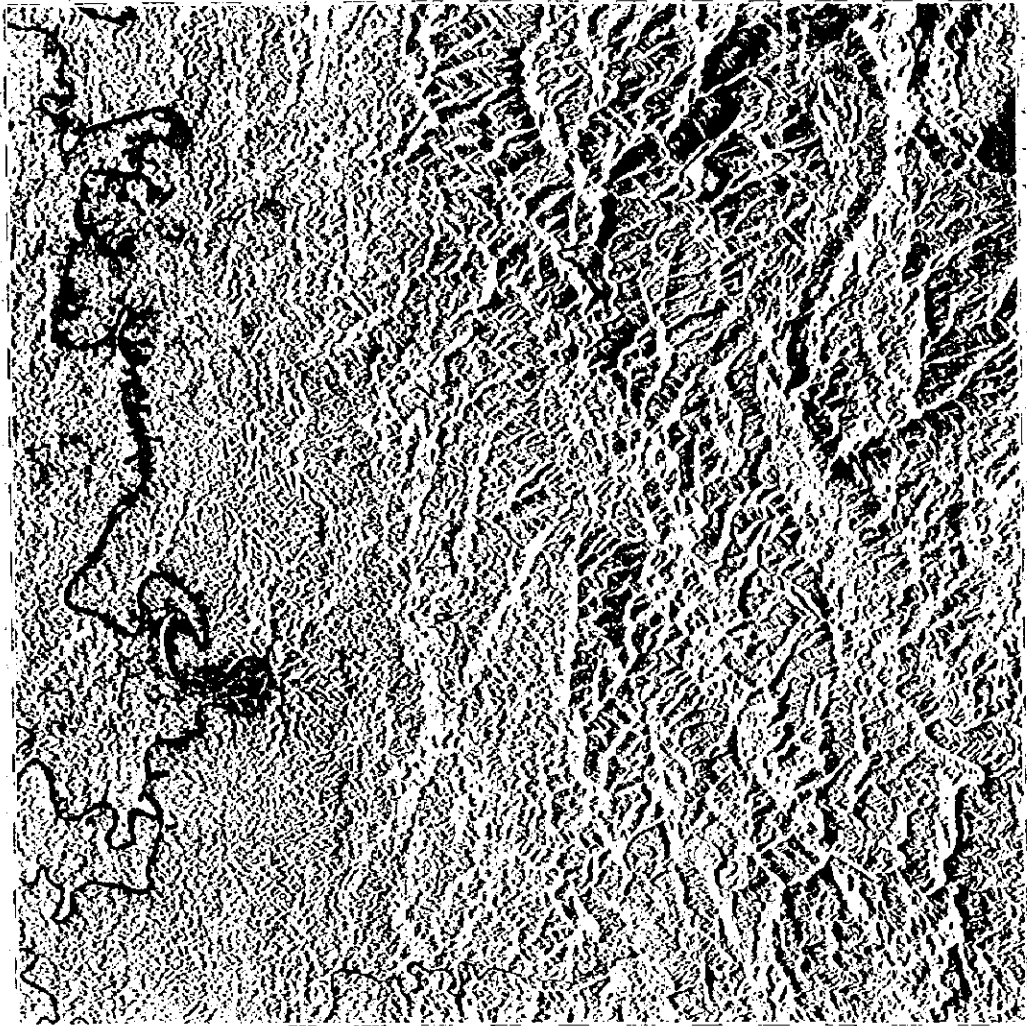
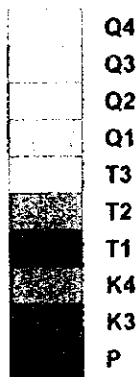
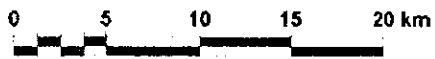
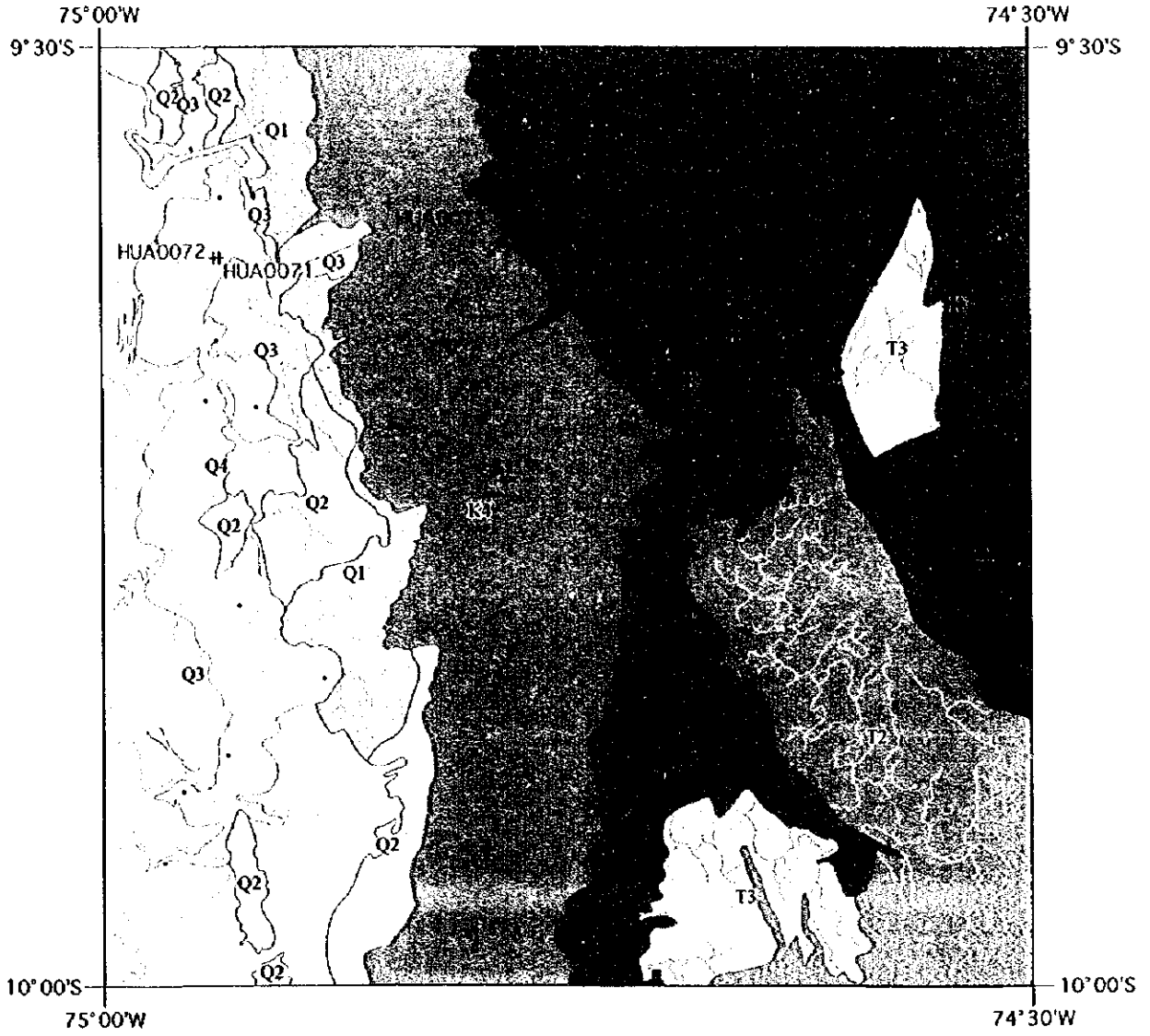


Figure 1. Yuyapichis (20-m) JERS-1 SAR image

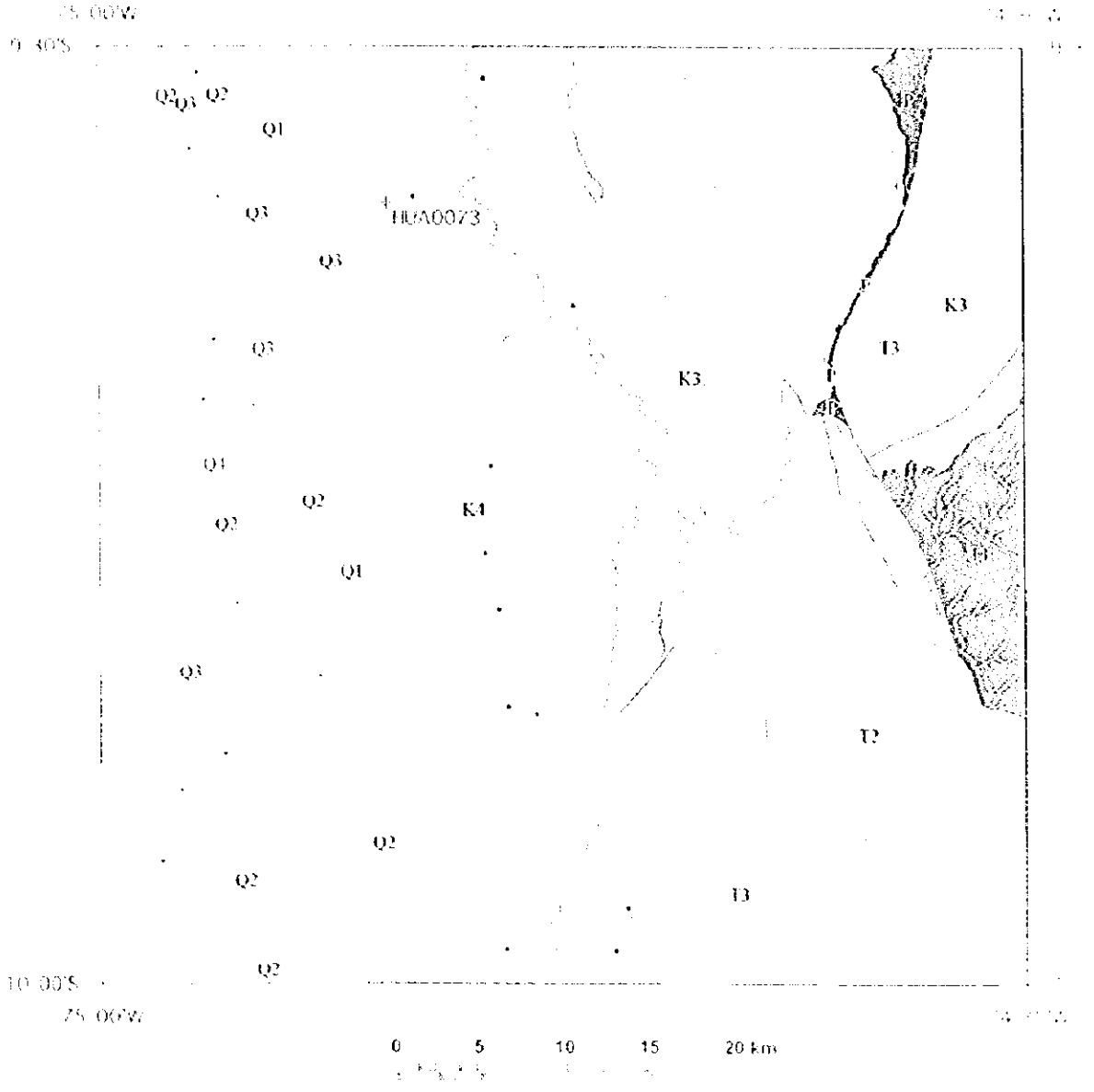
Figure 1. YUYAPICHIS (20-m) JERS-1 SAR IMAGE



- faults
- drainage
- villages
- Au indications

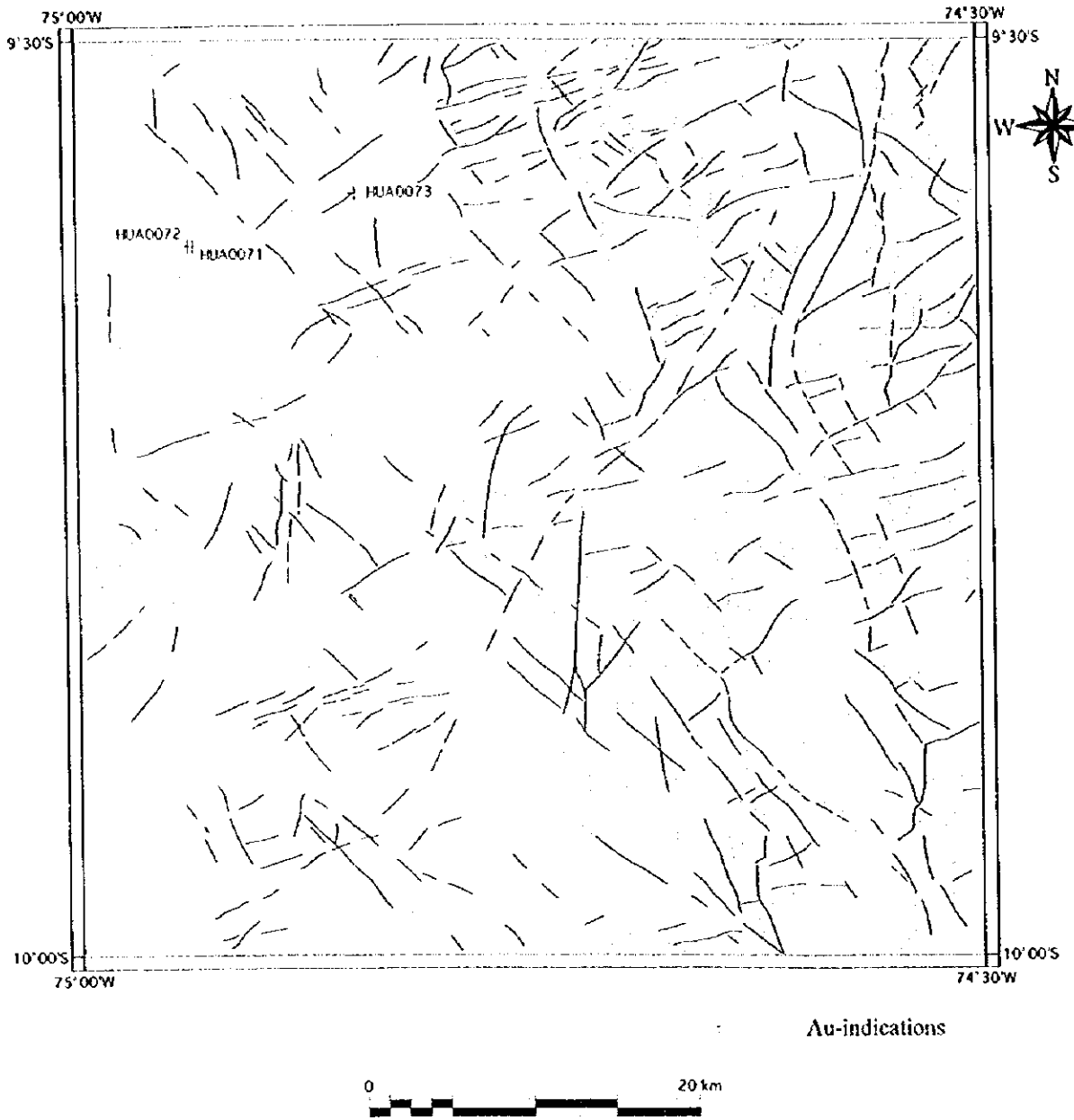


第7-2图 YUYAPICHIS图(20-n) 地质单元区分图

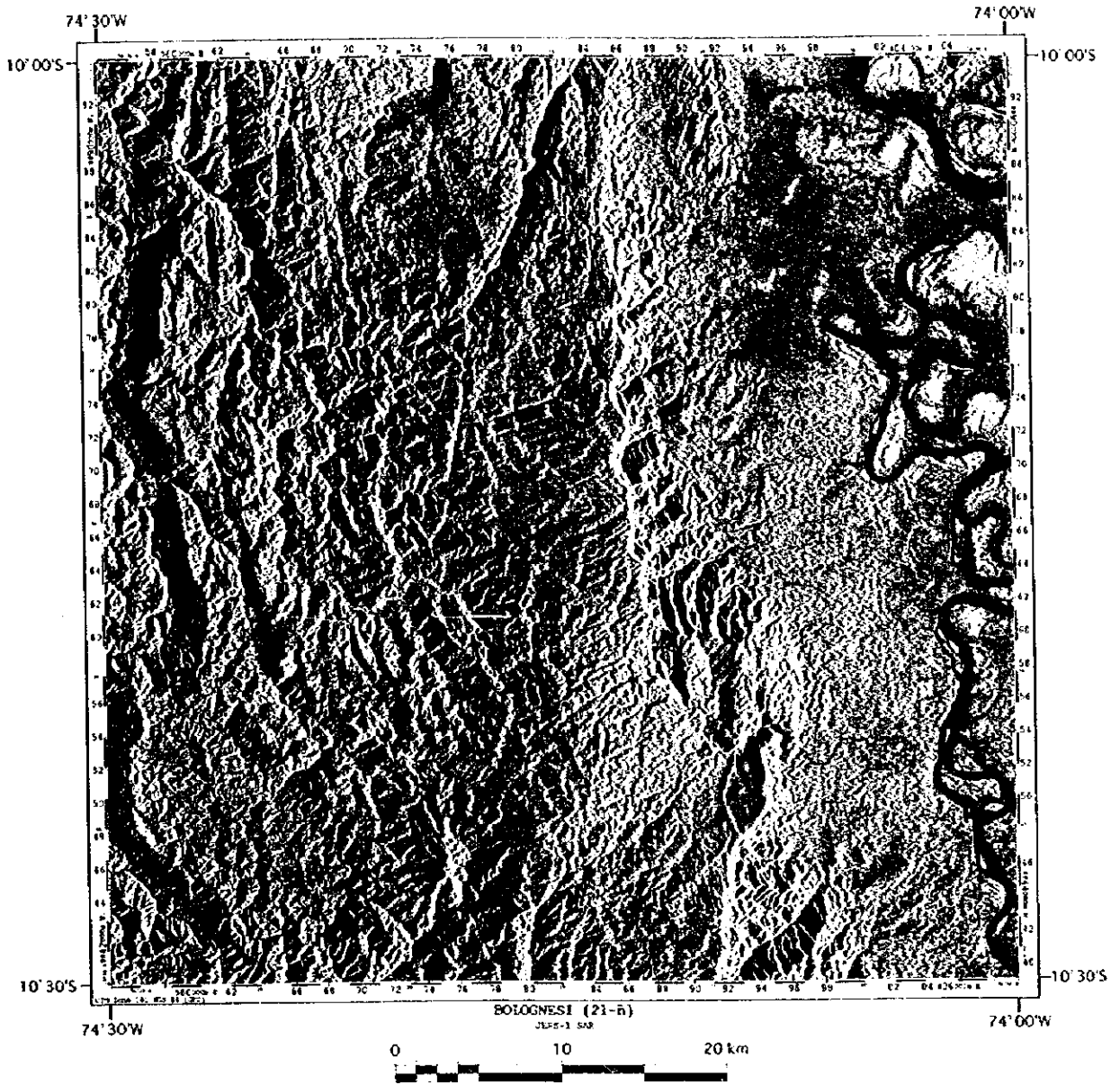


- Q4 faults
- Q3 drainage
- Q2
- Q1
- T3 villages
- T2 Au indications
- T1
- K4
- K3
- P

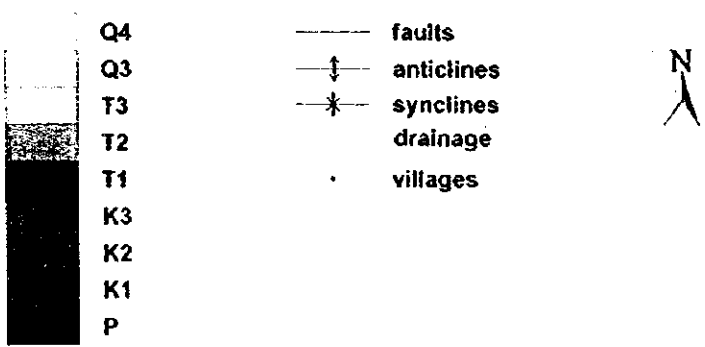
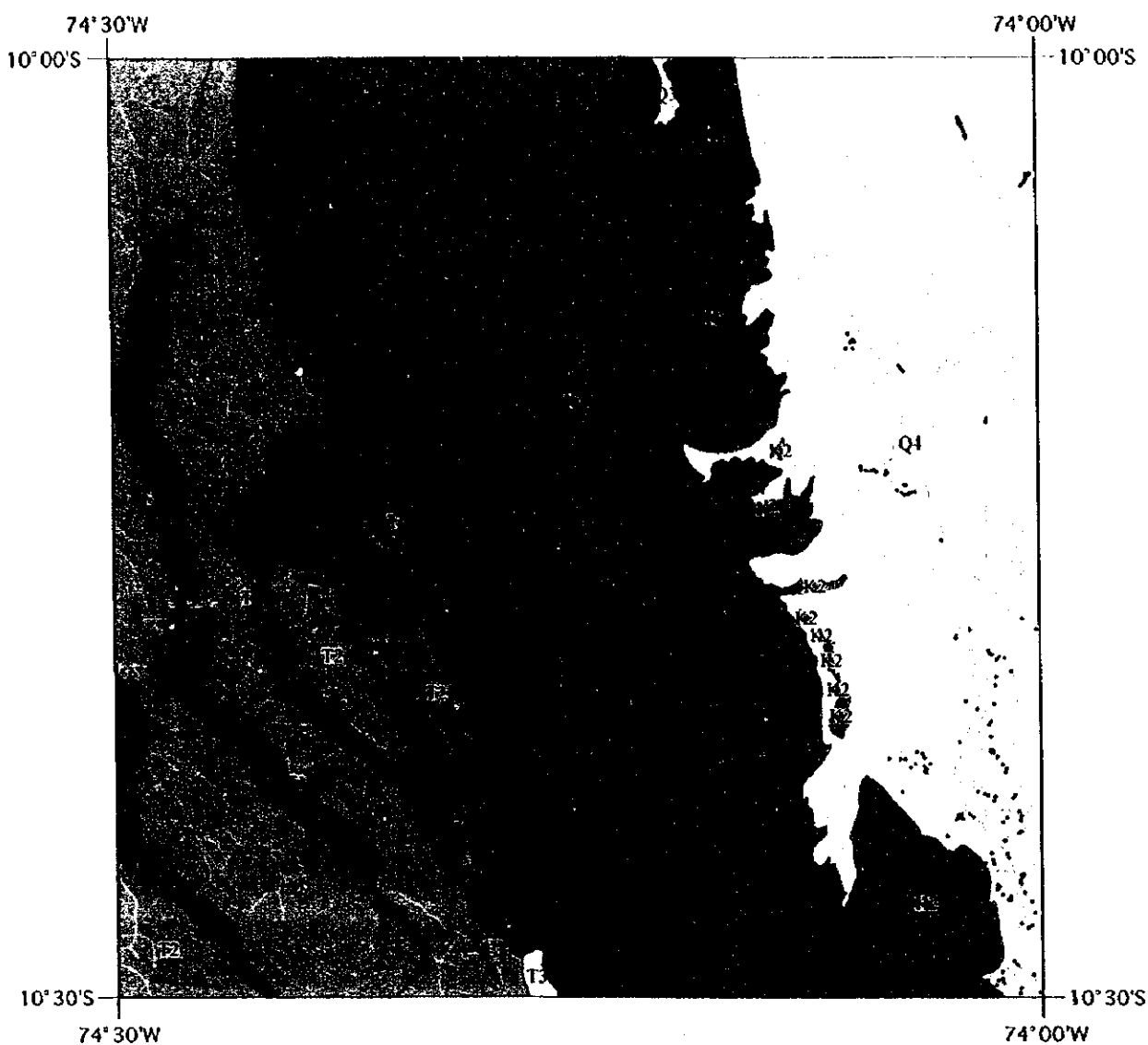
Fig. 7. Geological map of Yuyapichis area. 1:000000 scale. 1987.



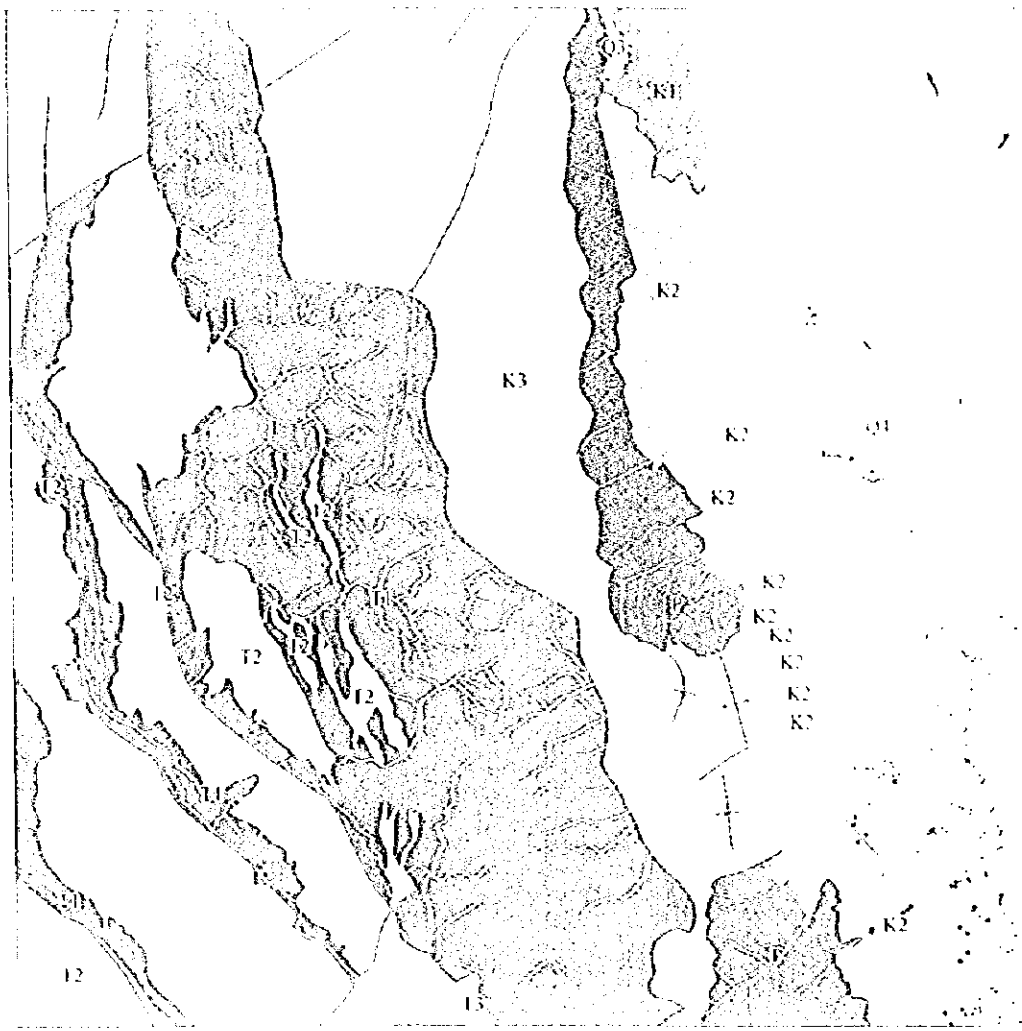
第7-3図 YUYAPICHIS (20-n) リニアメント



第8-1图 BOLOGNESI(21-n) JERS-1 SAR画像



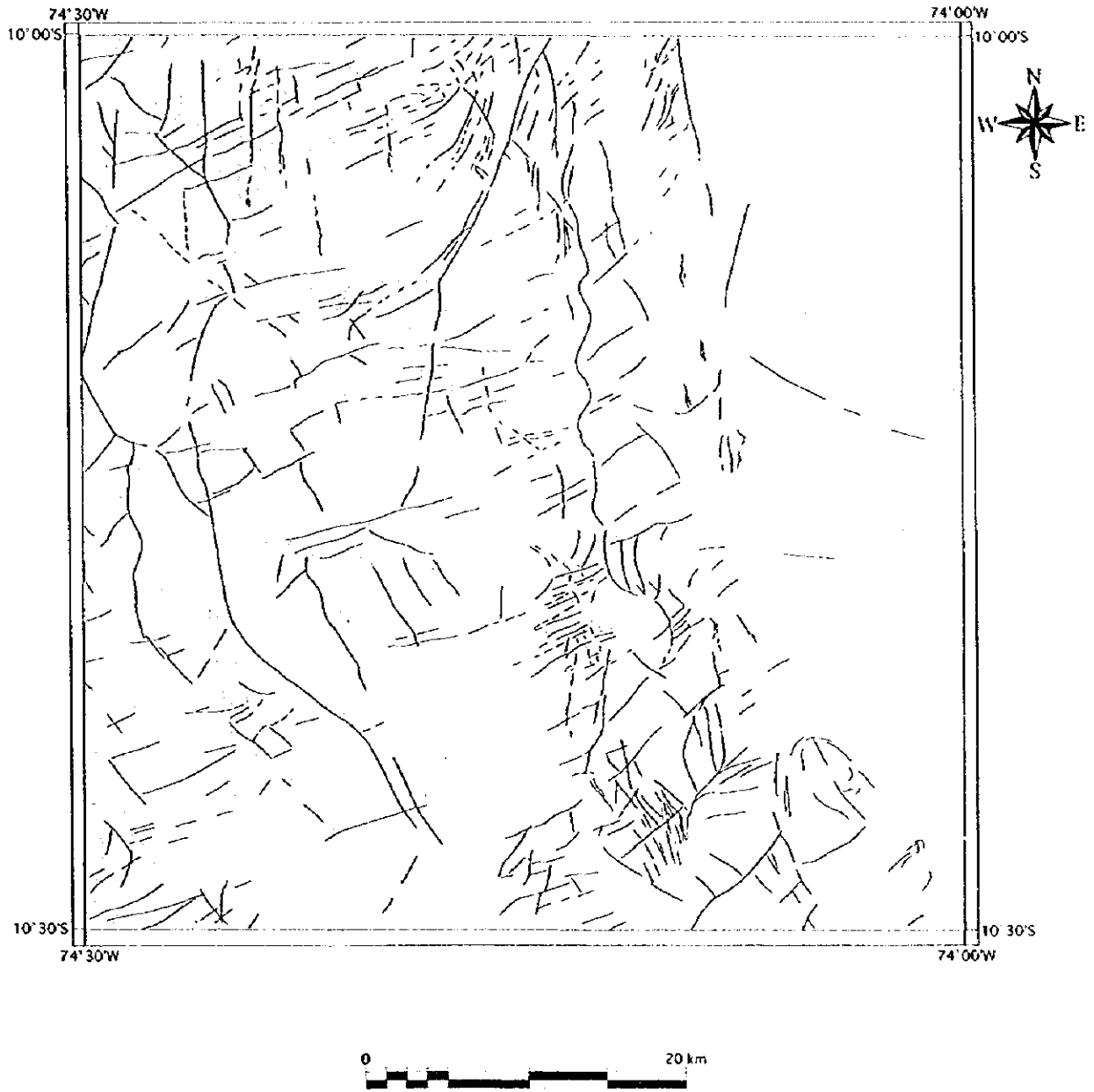
第8-2图 BOLOGNESI图幅 (21-n) 地质单元区分图



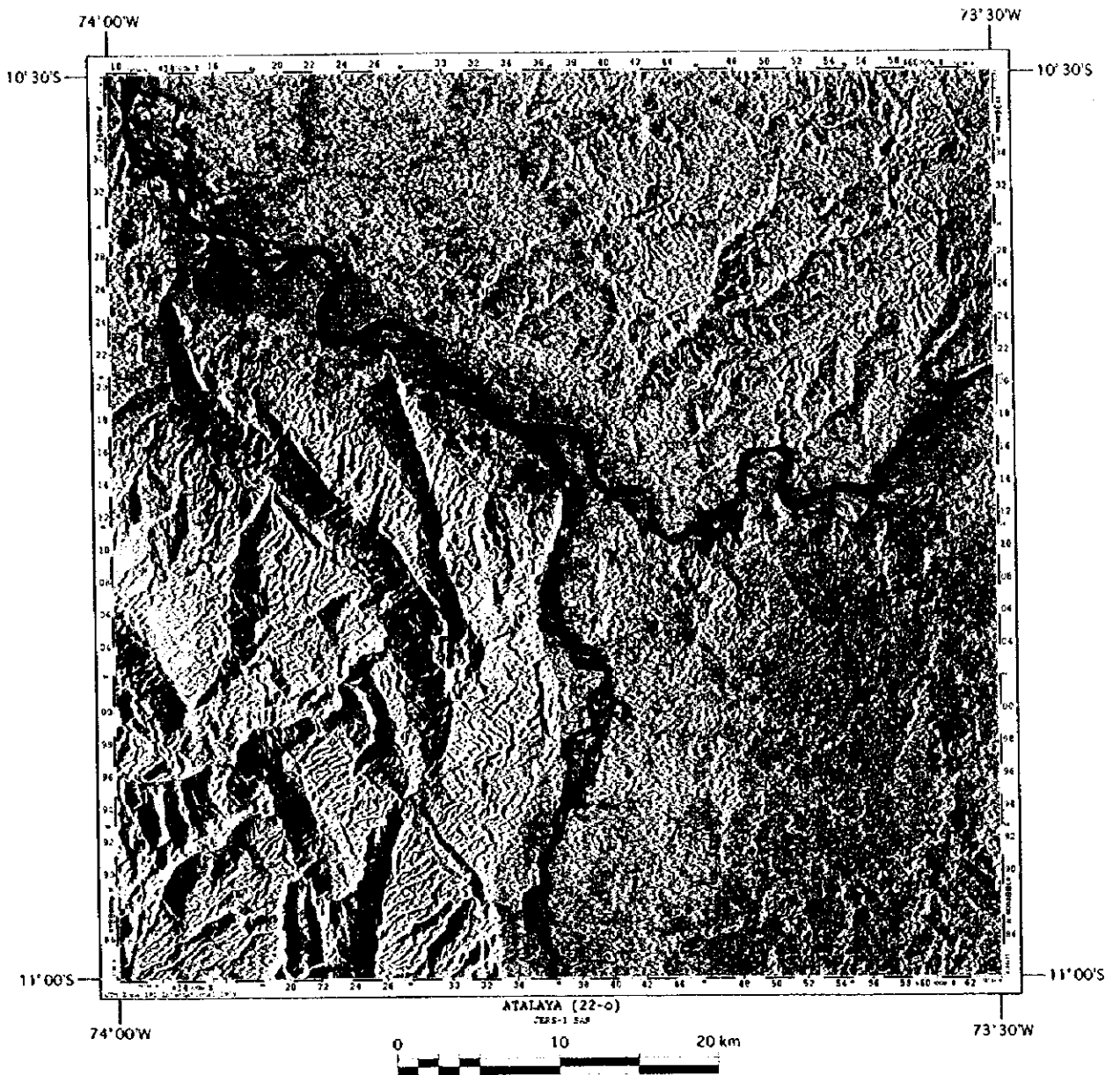
0 5 10 15 20 km

- Q1 faults
- Q3 anticlines
- T3 synclines
- T2 drainage
- T1 villages
- K3
- K2
- K1
- P

Fig. 1. Geological map of the study area.



第8-3図 BOLOGNESI図面(21-n) リニアメント図



第9-1图 ATALAYA(22-o) JERS-1 SAR画像

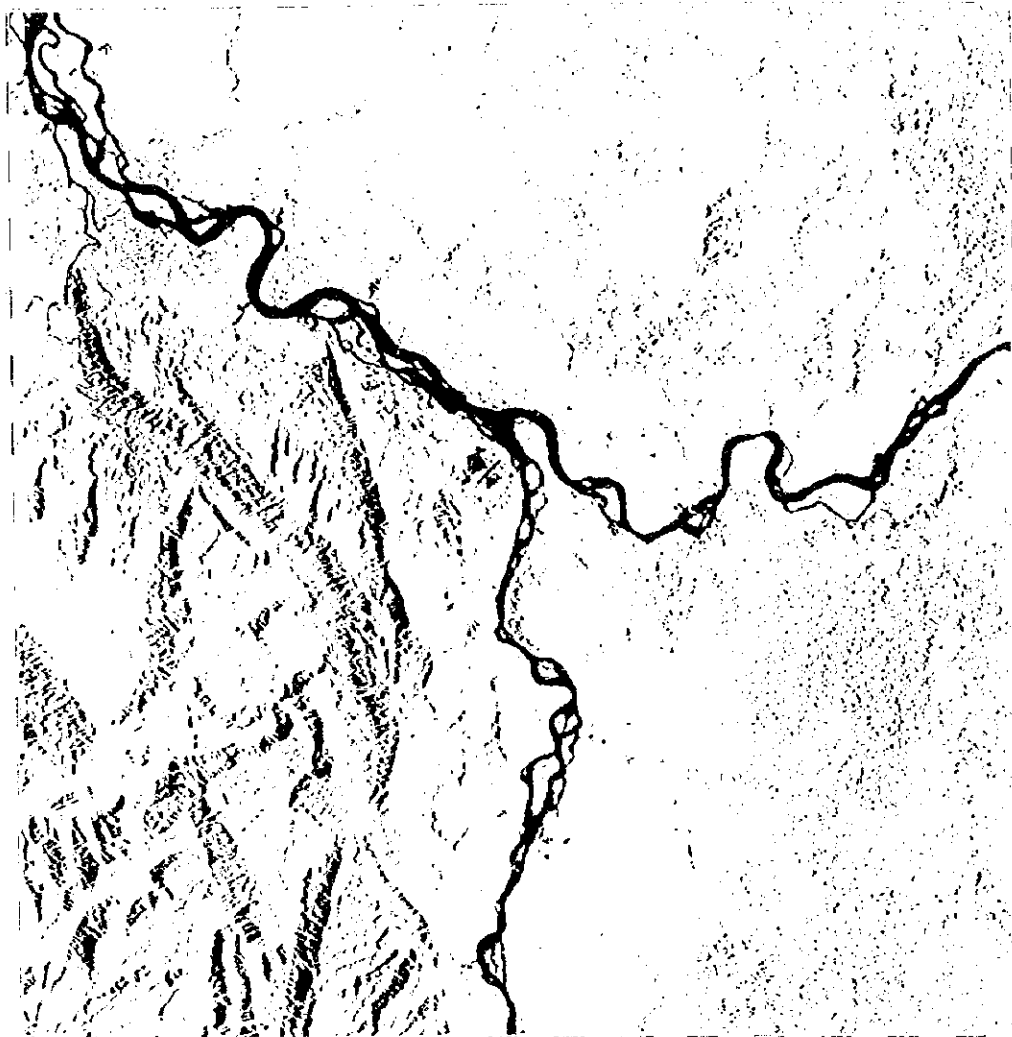
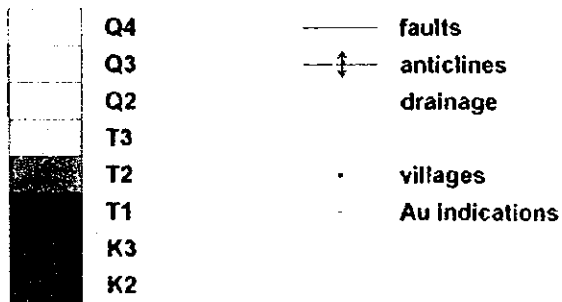
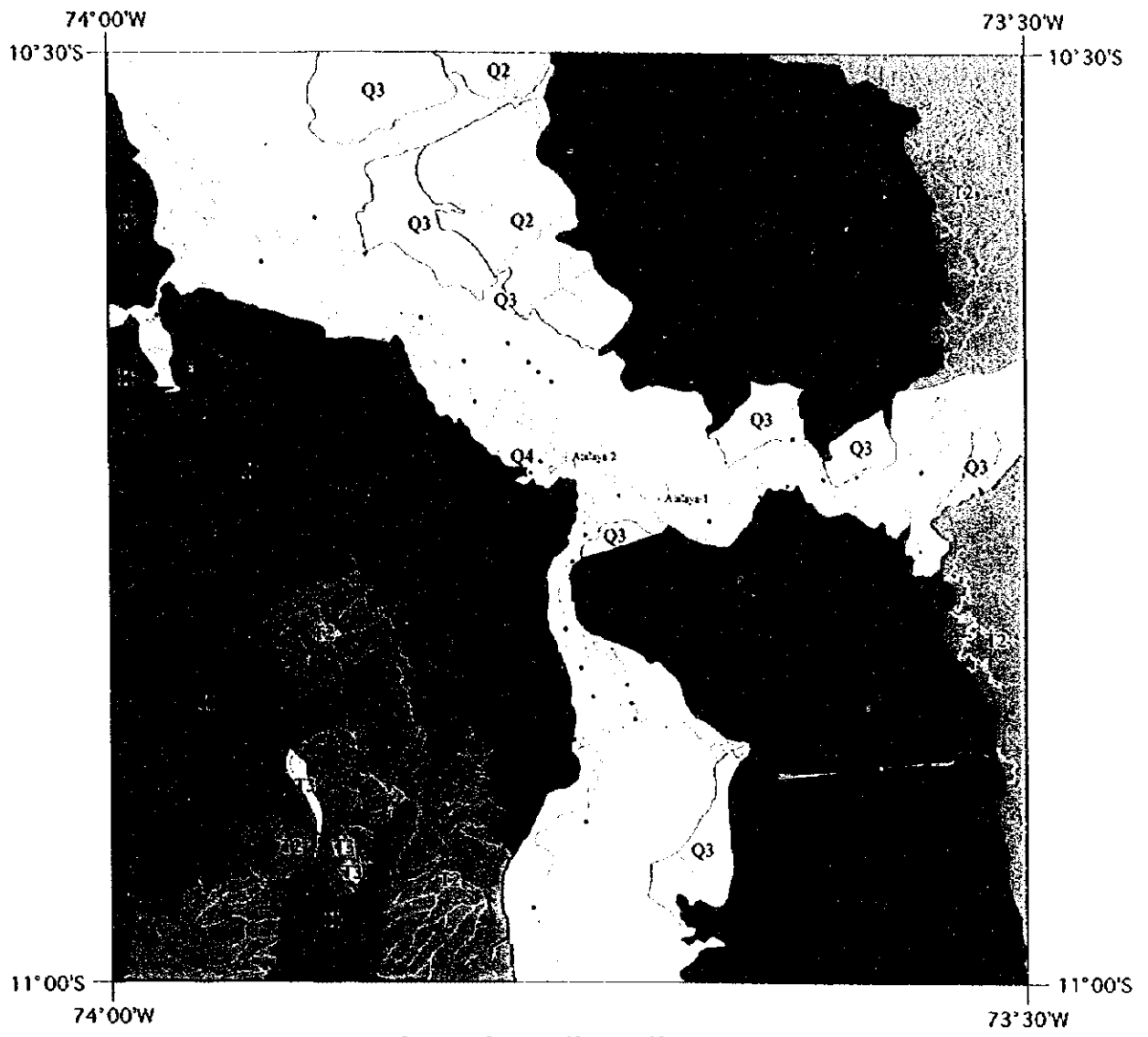


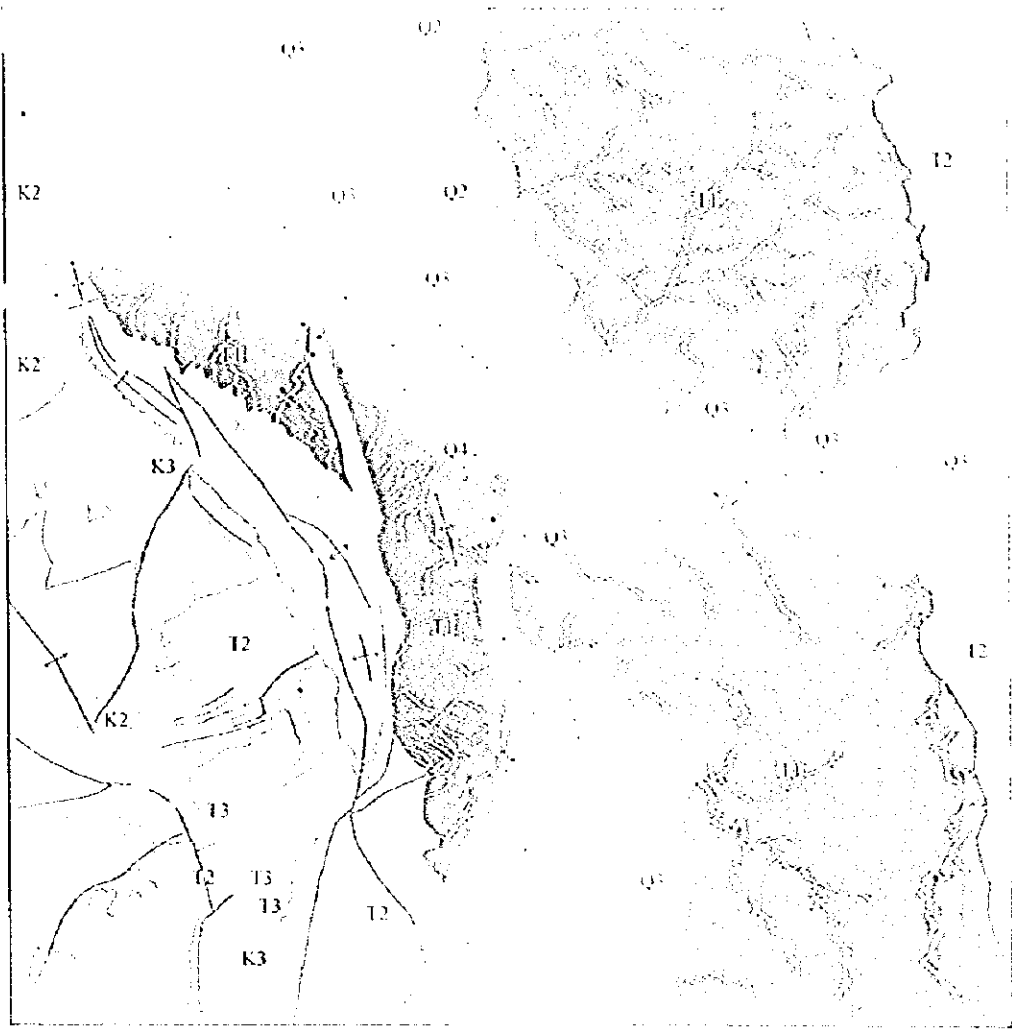
Figure 1

Figure 1

Figure 1. A topographic map showing a river system flowing through a mountainous region. The river is depicted as a thick black line, and the terrain is represented by hachure marks and contour lines. The map is oriented with North at the top.



第9-2图 ATALAYA图(22-o)地质单元区分图

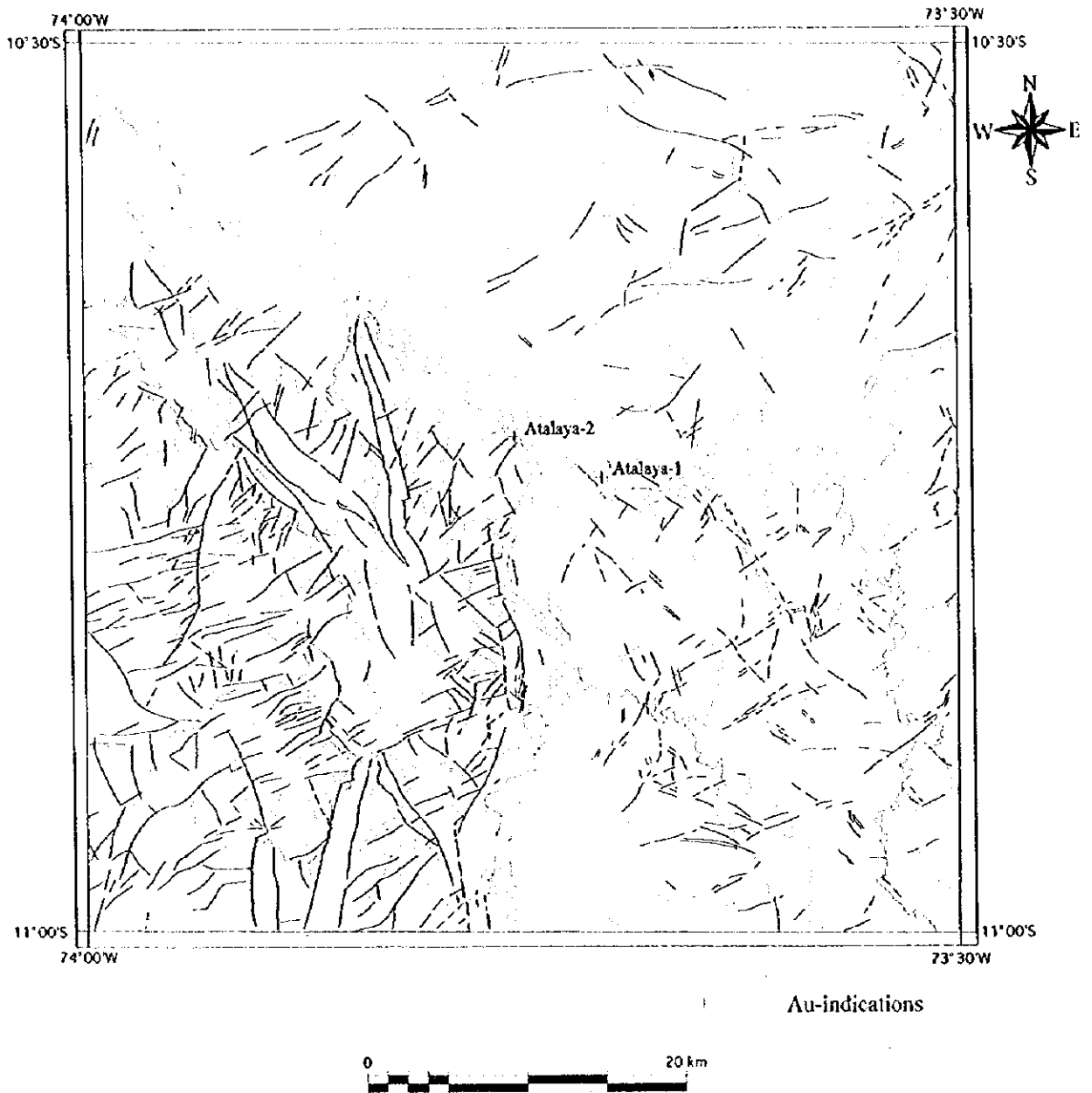


1975

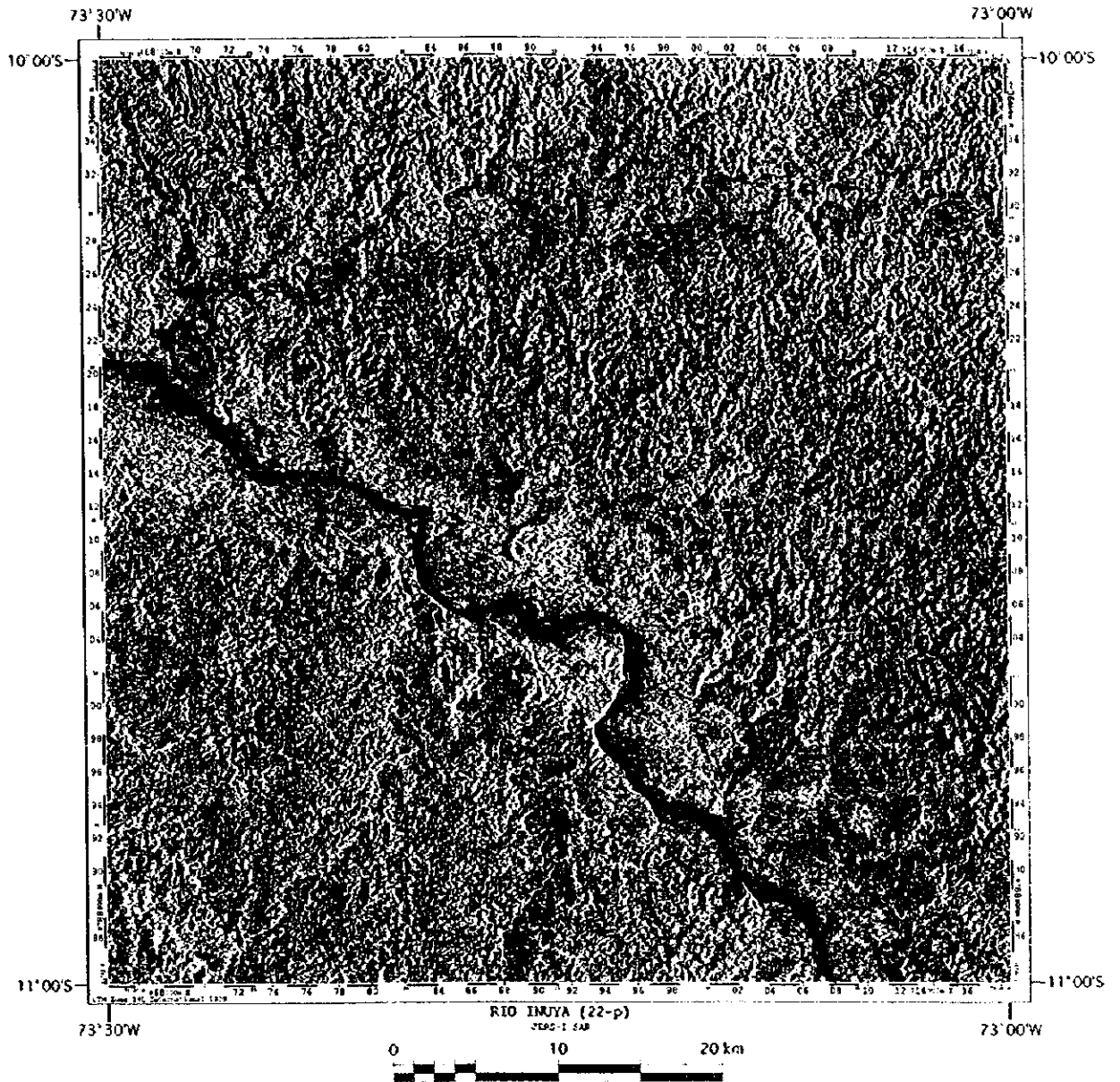
0 5 10 15 20 km

- | | |
|----|----------------|
| Q4 | faults |
| Q3 | anticlines |
| Q2 | drainage |
| T3 | |
| T2 | villages |
| T1 | Au indications |
| K3 | |
| K2 | |

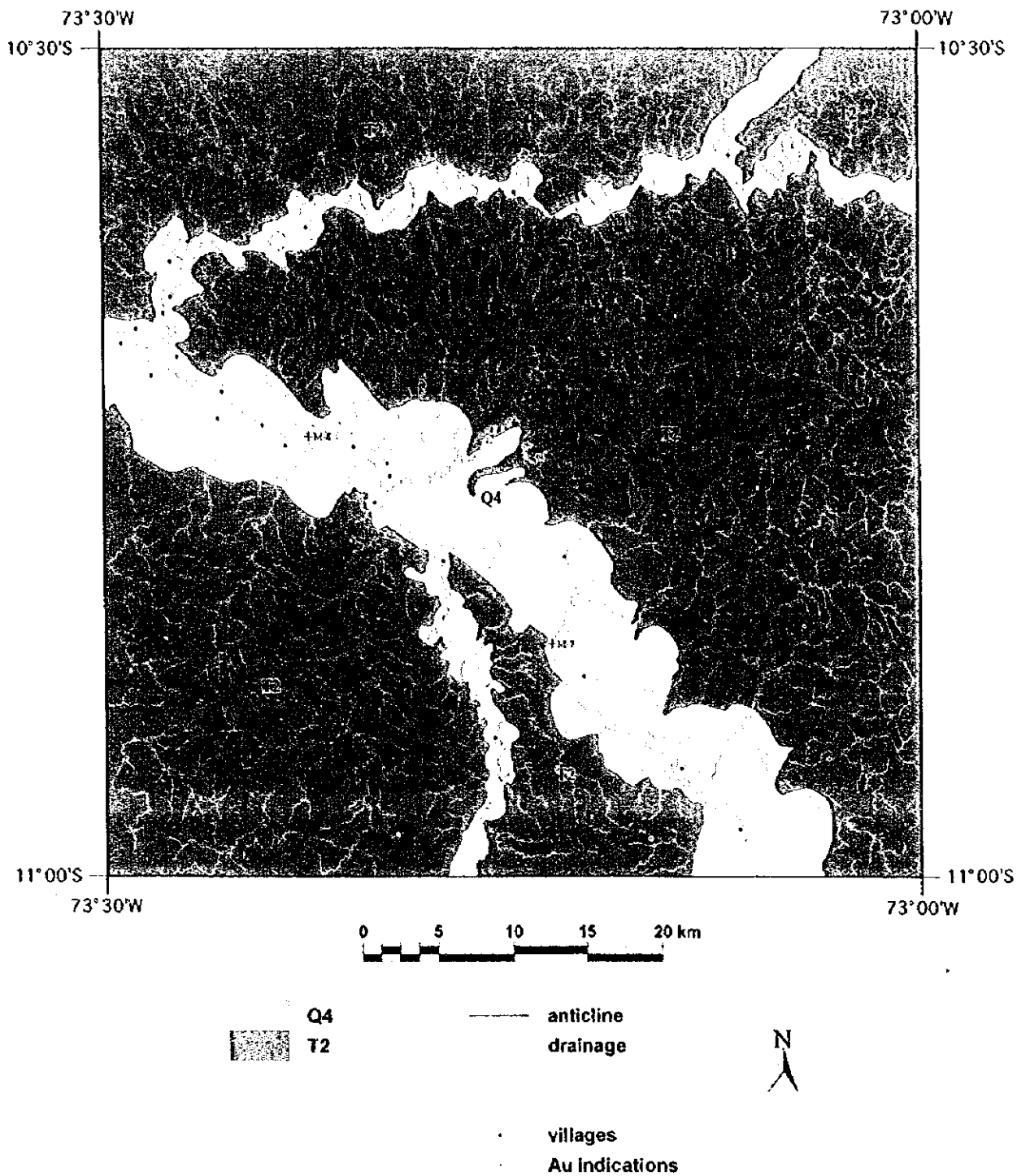
FIG. 1. Geological map of the region.



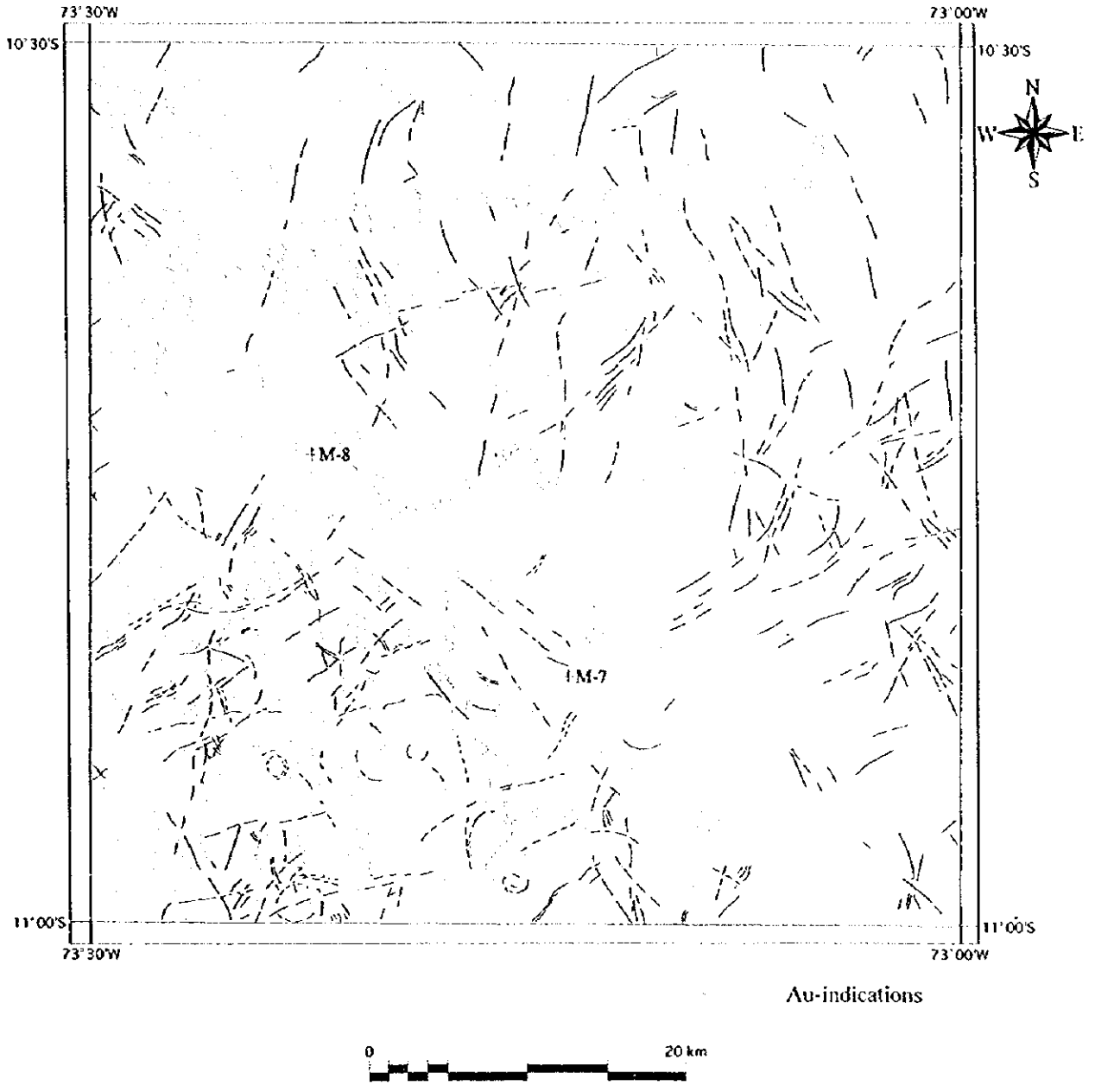
第9-3図 ATALAYA図面 (22-o) リニアメント図



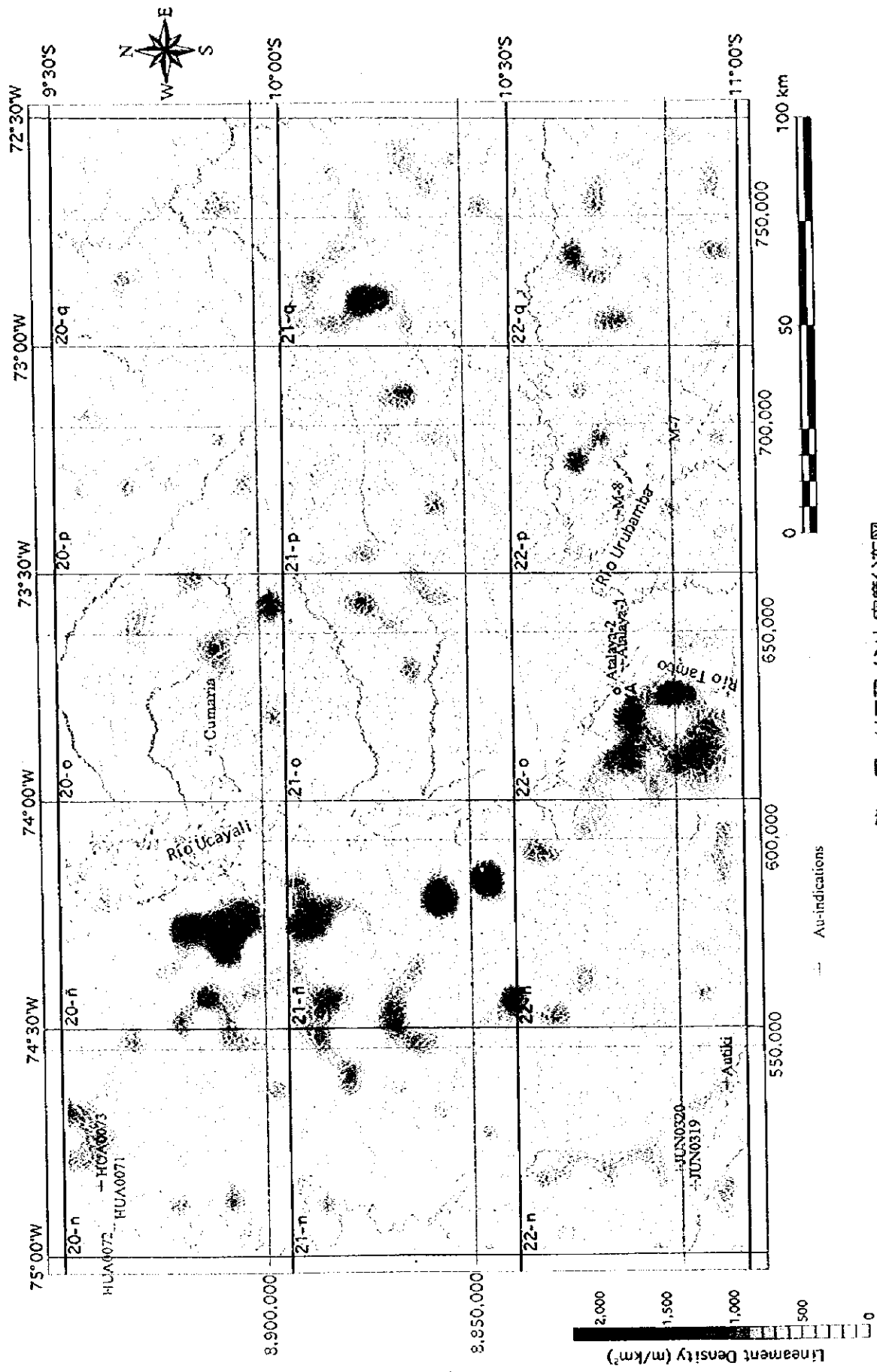
第 10 - 1 図 RIO INUYA 図画 (22-p) JERS-1 SAR 画像



第10-2図 RIO INUYA図面(22-p)地質单元区分図



第10-3図 RIO INUYA図画(22-p) リニアメント図



第11図 リニメント密度分布図