

6.4. 土地利用・植生経年変化状況

5. で作成した土地利用・植生経年変化画像にもとづいて、調査対象地域における土地利用・植生経年変化状況をまとめた。以下に調査対象全体の状況を示す。なお、表-6.6. には、土地利用・植生経年変化一覧表を示す。

経年変化の解析範囲は、2時期にわたり雲のない範囲であり、その面積は、表-6.5. に示す。調査対象地域1,918,300haに対して、経年変化解析範囲は1,040,000ha（調査対象地域に対し54%）である。

表-6.5. 経年変化解析範囲

州名	調査対象面積(ha)	経年変化解析範囲(ha)	州名	調査対象面積(ha)	経年変化解析範囲(ha)
アンティオキア	91,200	47,400 (52)	バジェ・デル・カウカ	216,100	129,600 (60)
カルダス	248,400	168,900 (68)	カウカ	599,800	221,900 (37)
リサルダ	67,400	45,200 (67)	ウイラ	132,800	66,400 (50)
キンディオ	120,700	56,700 (47)	ナリーニョ	123,800	71,800 (58)
トリマ	302,900	224,100 (74)	プトゥマヨ	15,200	8,000 (53)
			計	1,918,300	1,040,000 (54)

() 内は、調査対象面積に対する解析範囲の割合(%)

以下に、経年変化の状況を記述する。

(1) 全体的な状況

1970年代と1980年代の2時期（約10年間）の経年変化は、全体的にみると森林のうち天然林が牧場・草地や農用林に大きく変化しているのがわかる。しかし、一方では、人工林の増加も一部地域で見られる。経年変化面積は32,700ha（経年変化解析範囲の3%）であり、その76%にあたる24,400haの森林が、牧場・草地や農用林に変化している。森林の変化の内訳は、天然林から牧場・草地（20,400ha）と農用林（4,000ha）への変化である。次に多いのは、農用林から、牧場・草地、農耕地、都市・市街地に変化した地域で、合計5,000haあり、経年変化地域の15%に相当する。その次は、牧場・草地が人工

表-6.6. 土地利用・植生經年變化一覽表

(單位 ha)

1980年代	森 林		高原草地	牧場・草地	農 用 林	農 耕 地	都市・市街地	裸地・荒地	雪 氷	合 計
	1970年代	天然林								
森 天 然 林	—	—		20,400	4,000					24,400 (75)
林 人 工 林		—		400						400 (1)
高 原 草 地			—	1,300						1,300 (4)
牧 場 ・ 草 地				—						1,500 (5)
農 用 林				3,200	—	200	1,600			5,000 (15)
農 耕 地					100	—				100 (0)
都 市 ・ 市 街 地							—			
裸 地 ・ 荒 地								—		
雪 氷 原									—	
合 計				25,300	4,100	200	1,600			32,700

林に変化した地域で、1,500haあり、経年変化地域の5%にあっている。さらに、高原草地在が牧場・草地に変化した地域が1,300ha（同4%）、人工林が牧場・草地に変化した地域が400ha（同1%）、農耕地が農用林に変化した地域が100ha（同0%）であった。

以上の状況を図示すると、図-6.5. のようになる。

1970年代と1980年代の比較では、天然林、高原草地在が減少し、人工林、牧場・草地、農用林、農耕地、都市・市街地在が増加していることが分かる。

(2) 州別の状況

表-6.7. ~14. に州別の土地利用・植生経年変化一覧表を示す。

次に州別の土地利用・植生変化状況を示す。

1) アンティオキア州

山脈の東側斜面では、農用林が牧場・草地へ、西側斜面では天然林が農用林あるいは牧場・草地へと変化した。アンティオキア州の経年変化面積4,200haのうち、67%にあたる2,800haの天然林が減少した。

2) カルダス州

北部の山頂に近い地域では、天然林が牧場・草地へ、西部では農用林が牧草地へと変化している。天然林は4,200ha、農用林は1,800haが牧場・草地へと変化している。

3) リサルダ州

調査地域西部に位置するペレイラで、農用林から都市・市街地への変化がみられる。南部の山地において、計400haの森林が牧場・草地へ変化している。

4) キンディオ州

山脈の西側斜面において、森林のうち天然林が農用林(2,500ha)あるいは牧場・草地(500ha)に変化した。

5) トリマ州

全体的に経年変化がみられた地域が少ない。わずかに山脈の斜面で、天然林200haが牧場・草地へと変化した。

6) バジェ・デル・カウカ州

山脈の尾根周辺部や斜面において、森林1,900ha（天然林1,500ha、人工林400ha）が

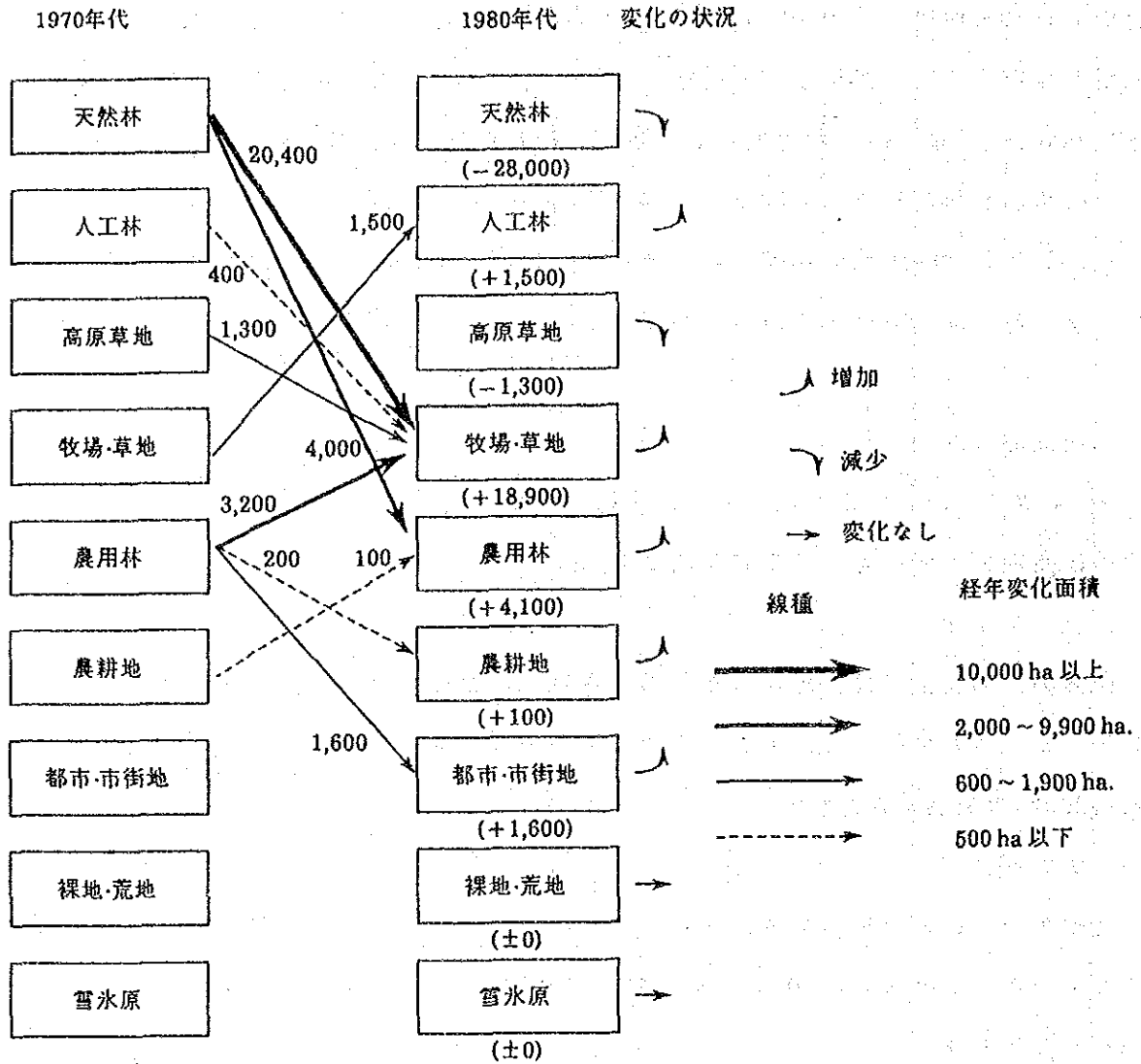


図-6.5. 土地利用・植生経年変化状況図(単位 ha)

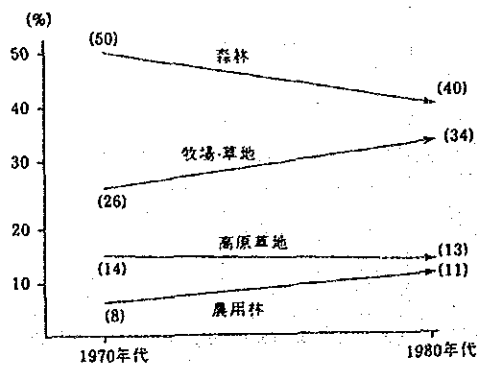


図-6.6. 土地利用の経年変化状況

牧場・草地に変化した。河川低地に近い斜面の一部では、農耕地から農用林へ変化した地域(100ha)がみられる。

7) カウカ州

南部地域を除き、全般に植生の経年変化がみられる。山脈の東側斜面において、森林(天然林)から牧場・草地への変化が多い。ネバド・デル・ウイル山周辺では、高原草地から牧場・草地に変化している。山脈の西側斜面でも、森林(天然林)から牧場・草地への変化が多くみられる。一方、牧場・草地から人工林に変化した地域もみられる。天然林は、11,900haが牧場・草地へと変化した。牧場・草地から人工林に変化している地域1,500haもみられる。

8) ウィラ州

経年変化解析範囲のうちで、森林(天然林)が牧場・草地へ変化した地域がわずかに(300ha)みられる程度である。

9) ナリーニヨ州・プトゥマヨ州

経年変化解析範囲のうちでは、経年変化はみられなかった。

表-6.7. 植生経年変化一覧表 <アンティオキア州>

(単位 ha)

	'70	'80		高原 草地	牧場・ 草地	農用林	農耕地	都市・ 市街地	裸地・ 荒地	雪氷原	合計
		天然林	人工林								
森 林	天然林	——			1,600	1,200					2,800 (67)
	人工林		——								
高原草地				——							
牧場・草地					——						
農用林					1,400	——					1,400 (33)
農耕地							——				
都市・市街地								——			
裸地・荒地									——		
雪氷原										——	
					3,000	1,200					4,200 (100)

表-6.8. 植生経年変化一覧表 <カルダス州>

(単位 ha)

	'70	'80		高原 草地	牧場・ 草地	農用林	農耕地	都市・ 市街地	裸地・ 荒地	雪氷原	合計
		天然林	人工林								
森 林	天然林	——			4,200	100					4,300 (67)
	人工林		——								
高原草地				——							
牧場・草地					——						
農用林					1,800	——	200				2,000 (33)
農耕地							——				
都市・市街地								——			
裸地・荒地									——		
雪氷原										——	
					5,000	100	200				6,300 (100)

表-6.9. 植生経年変化一覧表 <リサルダ州>

(単位 ha)

70 \ 80	森 林		高原 草地	牧場・ 草地	農用林	農耕地	都市・ 市街地	裸地・ 荒地	雪氷原	合 計
	天然林	人工林								
森	天然林	——		400						400 (20)
林	人工林									
高原草地			——							
牧場・草地				——						
農 用 林					——		1,600			1,600 (80)
農 耕 地						——				
都市・市街地							——			
裸地・荒地								——		
雪 氷 原									——	
				400			1,600			2,000 (100)

表-6.10. 植生経年変化一覧表 <キンディオ州>

(単位 ha)

70 \ 80	森 林		高原 草地	牧場・ 草地	農用林	農耕地	都市・ 市街地	裸地・ 荒地	雪氷原	合 計
	天然林	人工林								
森	天然林	——		500	2,500					3,000 (100)
林	人工林									
高原草地			——							
牧場・草地				——						
農 用 林					——					
農 耕 地						——				
都市・市街地							——			
裸地・荒地								——		
雪 氷 原									——	
				500	2,500					3,000 (100)

表-6.11. 植生経年変化一覧表 <トリマ州>

(単位 ha)

	80 70	森 林		高原 草地	牧場・ 草地	農用林	農耕地	都市・ 市街地	裸地・ 荒地	雪氷原	合 計
		天然林	人工林								
森 林	天然林	——			200						200 (100)
	人工林		——								
高原草地				——							
牧場・草地					——						
農用林						——					
農耕地							——				
都市・市街地								——			
裸地・荒地									——		
雪氷原										——	
					200						200 (100)

表-6.12. 植生経年変化一覧表 <バジェ・デル・カウカ州>

(単価 ha)

	80 70	森 林		高原 草地	牧場・ 草地	農用林	農耕地	都市・ 市街地	裸地・ 荒地	雪氷原	合 計
		天然林	人工林								
森 林	天然林	——			1,500						1,500 (75)
	人工林		——		400						400 (20)
高原草地				——							
牧場・草地					——						
農用林						——					
農耕地						100	——				100 (5)
都市・市街地								——			
裸地・荒地									——		
雪氷原										——	
					1,900	100					2,000 (100)

表-6.13. 植生経年変化一覽表 <カウ方州>

(単位 ha)

70	80	森 林		高原 草地	牧場・ 草地	農用林	農耕地	都市・ 市街地	裸地・ 荒地	雪氷原	合 計
		天然林	人工林								
森 林	天然林	——			11,900						11,900 (81)
	人工林		——								
高原草地				——	1,300						1,300 (9)
牧場・草地			1,500		——						1,500 (10)
農 用 林						——					
農 耕 地							——				
都市・市街地								——			
裸地・荒地									——		
雪 氷 原										——	
			1,500		13,200						14,700 (100)

表-6.14. 植生経年変化一覽表 <ウイラ州>

(単位 ha)

70	80	森 林		高原 草地	牧場・ 草地	農用林	農耕地	都市・ 市街地	裸地・ 荒地	雪氷原	合 計
		天然林	人工林								
森 林	天然林	——			300						300 (100)
	人工林		——								
高原草地				——							
牧場・草地					——						
農 用 林						——					
農 耕 地							——				
都市・市街地								——			
裸地・荒地									——		
雪 氷 原										——	
					300						300 (100)

7. 調査結果の分析

7.1. 概要

以上の調査結果にもとづいて、分析を行い、調査対象地域における土地利用・植生、とくに森林に関する地域特性についてとりまとめを行った。

なお、調査対象地域は、コロンビア国のアンデス中央山脈に位置し、地域的に年間を通じて雲の多い地域である。LANDSAT データについても、この雲の影響が少なからずあった。当然、LANDSAT データの検索を行い、最も調査に影響の少ないデータを入手すべく努力したが、結果的には表-7.1.に示す解析範囲を利用せざるを得なかった。

7.2. 雲量による調査精度への影響

本調査対象地域は、年間を通じて雲の多い地域である。今回の調査に用いた LANDSAT データの雲量は、1.5.で示したとおりである。その中には、LANDSAT 1 シーン (180km 四方) の中に、雲量50%のものもあった。しかし、調査を進めていくうえで、調査地域の上空の雲の存在状況を、クイック・ルック写真 (図-7.1.) で調べることによって、雲の少ないデータを入手することに努めた。それでもなお、調査対象地域の上空に雲がある場合、できるだけ雲の少ないデータを検索し入手する必要がある。

今回、入手したLANDSAT データは雲の最も少ないものである。調査対象地域内の雲量を州別に示したのが、表-7.1.である。ここでは、1970年代、1980年代別に雲量と解析した面積をそれぞれ示している。あわせて2時期分の画像をオーバーレイして土地利用・植生経年変化を解析した面積を示す。

その結果、調査対象面積 1,918,300haのうち、1970年代の土地利用と植生調査の解析面積のうち雲は、その15%の278,300haを占めていた。一方、1980年代の解析対象面積のうち雲は、34%の649,100haを占めていた。

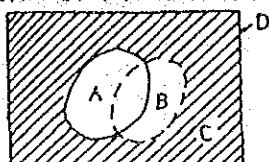


図-7.1. LANDSAT画像のクイックルック写真

表-7.1. 解析面積

州名	解析不能面積				経年変化解析面積		調査対象地域
	A		B		C		D
	1970年代		1980年代		雲量 (%)	面積 (ha)	面積 (ha)
	雲量 (%)	面積 (ha)	雲量 (%)	面積 (ha)			
アンティオキア	30	27,700	34	30,600	52	47,400	91,200
カルダス	41	102,000	18	44,500	68	168,900	248,400
リサルダ	22	14,900	21	14,400	67	45,200	67,400
キンディオ	22	26,100	16	19,200	47	56,700	120,700
トリマ	13	38,500	44	133,100	74	224,100	302,900
バジェ・デル・カウカ	13	29,200	14	29,800	60	129,600	216,100
カウカ	2	13,500	40	237,400	37	221,900	599,800
ウイラ	13	17,200	56	74,100	50	66,400	132,800
ナリーニョ	6	7,000	49	60,400	58	71,800	123,800
プトゥマヨ	14	2,200	37	5,600	53	8,000	15,200
全 域	15	278,300	34	649,100	54	1,040,000	1,918,300

注1. 各面積の関係を模式的に示すと図のようになる。



注2. 経年変化解析面積とは、2時期とも雲がなく、経年変化解析ができた面積をさす。

表-7.1.より、経年変化解析面積は州ごとに異なっており、例えばトリマ州では調査対象面積の74%が解析可能である。以下、カルダス州 68%、リサルダ州 67%、バジェ・デル・カウカ州60%などの範囲が解析可能である。これに対し、カウカ州37%のように解析面積がきわめて限られている場合もある。

経年変化解析を進める場合、2時期とも調査対象地域に全く雲がないことが望ましい。今回の調査では、1972年以降、1988年までの間に観測された調査対象地域に関する4シーンのLANDSAT データの雲量リストを調べてみると、雲量（1シーンの中での雲量）40%以下のものは14シーン分であった。これまでの観測回数を数えると165シーンにのぼ

っている。従って、全観測シーンの165シーンに対して8.5%に相当した。今回の調査では、雲量40%以下、すなわち、解析可能面積率が60%以上のデータ中から、調査に耐える最良のデータを選定し、解析を進めた。

但し、解析面積率が高い場合でも、雲の存在位置によって、解析が困難かつ、全く無意味となるケースも生じてくる。

例えば、経年変化が全く考えられないような場所に対して解析が可能であったり、逆に経年変化が予想される場所に雲がある場合には、解析は不可能となる。

従って、解析結果の信頼性という点では、解析可能面積率と雲の存在位置によって、精度が異なるものである。今回の解析における雲量の影響による解析可能性の判断を表-7.2.に示す。

表-7.2. 解析可能性の判断

州名	調査対象面積 (ha)	解析面積率 (%)	経年変化 解析面積 (ha)	解析可能性の判断
アンティオキア	91,200	52	47,400	解析面積率は52%であるが、森林域の経年変化を調べるうえで影響の少ない牧場・草地などが分布する尾根部に雲があり、解析可能。
カルダス	248,400	68	168,900	解析面積率からみて、森林域の経年変化を調べることは可能である。雲の存在位置も牧場・草地の立地する尾根部に多く解析への影響は少ない。
リサラルダ	67,400	67	45,200	"
キンディオ	120,700	47	56,700	解析面積率47%であるが、森林域の経年変化を調べるうえで影響の少ない牧場・草地、高原草地、一部農用地などに雲が存在する。
トリマ	302,900	74	224,100	解析面積率からみて森林域の経年変化を調べることは可能である。雲の存在位置も牧場・草地などが立地する山地斜面に比較的多い。
バジェ・デル・カウカ	216,100	60	129,600	" 雲の存在位置は牧場・草地などが立地する斜面の一部や高原草地のみられる尾根部などに偏って分布する。
カウカ	599,800	37	221,900	解析面積率は37%であるが、森林域の経年変化を調べるうえで影響の少ないところに雲があり、解析可能。
ウイラ	132,800	50	66,400	解析面積率は50%以下であるが、調査対象地域に占める州面積も少なく、加えて森林の保全がなされており、経年変化はほとんどない地域と考えられる。
ナリーニョ	123,800	58	71,800	"
プトゥマヨ	15,200	53	8,000	"
全域	1,918,300	54	1,040,000	—

上表のように、トリマ州、カルダス州、バジェ・デル・カウカ州については、一応解析面積率が比較的高いので解析可能と考える。アンティオキア州、リサラルダ州、キン

ディオ州，カウカ州では，解析面積率はやや低いが森林域の経年変化を調べるうえで，影響の少ないところに雲が存在し，解析可能と考える。さらに，ウイラ，ナリーニヨ，プトゥマヨの各州は，解析面積率50%以下であるが，調査対象地域に占める州面積も少なく，加えて森林の保全がなされており，経年変化はほとんどない地域と考えられる。

7.3. 土地利用・植生の状況

本調査対象地域における土地利用および植生の状況をまとめるべく，以下に考察を行った。

(1) 土地利用・植生と標高との関係

土地利用・植生と標高との関係を見るために，図-7.2.に示すような測線において，横断模式図を作成した。設定した横断測線は，土地利用分類画像より，調査対象地域における代表的な地点を選定した。図-7.3.には，横断測線毎の模式図を示す。この図から標高毎の土地利用を読みとり，土地利用状況をまとめたのが表-7.3.である。

この表-7.3.から，調査地域における土地利用状況は，標高別に次のようにまとめられる。

- ・ 4,000m以上の高地には，雪氷原が分布する。
- ・ 3,000～4,000mには，高原草地在分布する。
- ・ 2,000～3,000mには，森林が分布する。
- ・ 1,000～2,000mには，牧場・草地在分布する。
- ・ 1,500m以下には，農用林が分布する。

このうち，とくに森林についてみると，森林限界が3,000m近くであるのに対し，牧場・草地在，測線1や3などでは，2,500m，あるいは3,000mまで拡がっている状況にある。したがって，森林の範囲がきわめて狭い範囲に絞られてきつつあるといえよう。とくにその傾向は調査対象地域の北部において著しい。

森林の分布状況を見ると，上限は標高3,000m付近で森林限界に達しており，これ以上の標高では高原草地在，さらには雪氷原と続き，森林は立地できない。一方，図-7.3.の測線1や3をみて分かるように，標高2,500mあるいは3,000m近くまで牧場・草地在が拡がり，天然林の成育地域を狭めさせている。こういった傾向は，今後とも助長され，ます

表一7.3. 測線毎の土地利利用状況

測線	土地利用	雪氷原	高原草地	森林	牧場・草地	農用林	備考
1		—	3000 m以上の高地	カルダス側では2000~3000 m	トリマ側では2500 m以下の山地斜面	1500~2000 mの緩斜面	カルダス州とトリマ州の州境。
2		4000 m以上の山地地域	3000~4000 mの山地斜面	1500~3000 mの山地斜面	—	1500 m以下の緩斜面	リサラルダ州とトリマ州の州境。標高5215 mのネバダ・トリマ山がある。
3		—	—	1500~2000 mの山地斜面	2000~3000 mの山地斜面	1500 m以下の緩斜面	キンディオ州とトリマ州の州境。
4		—	3500 m以上の高地	バジエ・デル・カウカ州では、2000~3500 m, トリマ州では3500 m以下の山地斜面	バジエ・デル・カウカ州では、1000~2000 mの山地斜面		バジエ・デル・カウカ州とトリマ州との州境。
5		—	4000 m以上の高地	3500~4000 mの山地斜面。山地の西側は3000 m以下, 東側は2500~3500 mにも分布	2500 m以下の山地斜面。山地の西側では3000~3500 mでも分布		カウカ州
6		—	3000 m以上の高地	3000 m以下の山地斜面	—	—	ナリーニヨ州とカウカ州の州境。

まず天然林の成育地域を蝕んでいくものと推定される。牧場・草地が立地する地域より標高が低いところには、農用林の植栽がなされている。

天然林成育地域への牧場・草地の拡がり状況は、アンデス中央山脈の西側斜面で顕著に表われている。たとえば、図-7.3.の測線3, 4, 5などの調査対象地域中央部（リサルダ州、キンディオ州、バジェ・デル・カウカ州など）では、この状況が如実にあらわれている。また、調査対象地域の北側と南側を比較すると、北側では、上記のような状況がはっきりと認められるが、南側（たとえば測線6など）では天然林の成育地域が比較的良好に保全されているのが分かる。

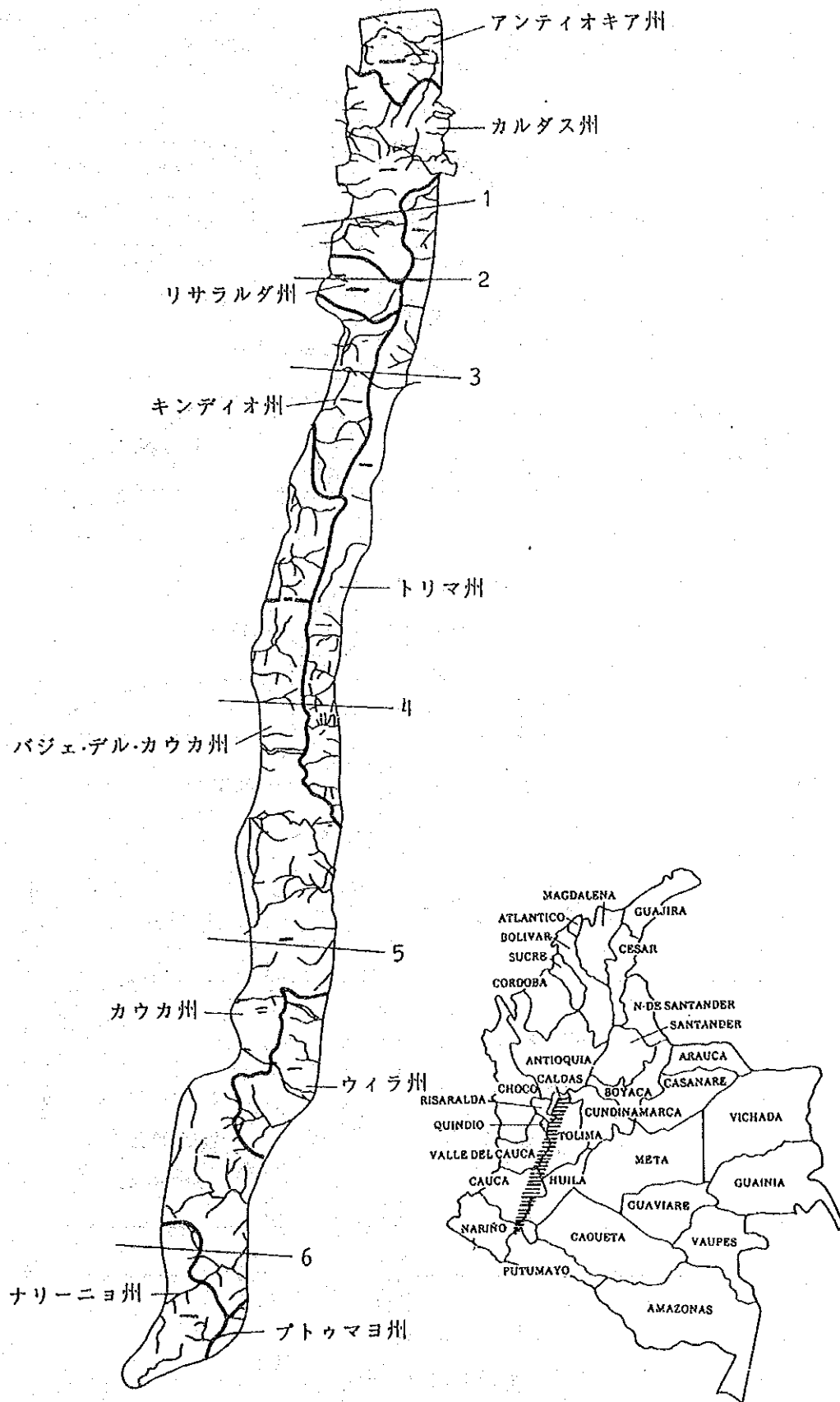


図-7.2. 土地利用横断模式図測線

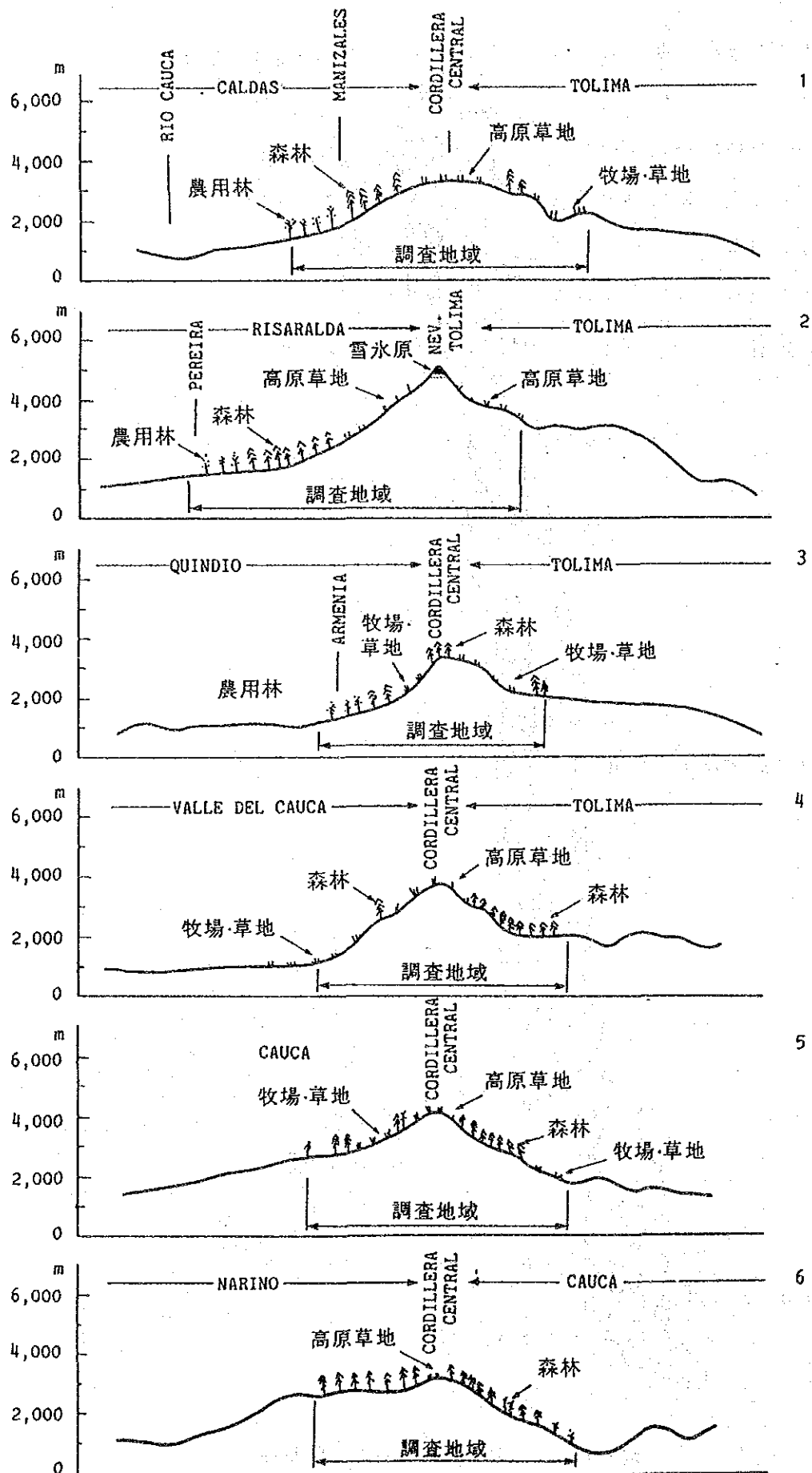


図-7.3. 横断模式図

(2) 周辺の土地利用との関係

既存の土地利用図の資料を参考にして、調査対象地域および周辺の土地利用状況から、その状況を把握した。

カルダス州は、調査対象地域の北部にあり、マニサレス、ペンシルバニアなど主要都市を抱える人口集中地域である。土地利用は、調査対象地域の尾根部に高原草地があり、山麓に向かって森林、牧場・草地、農耕地になっている(図-7.4.)。

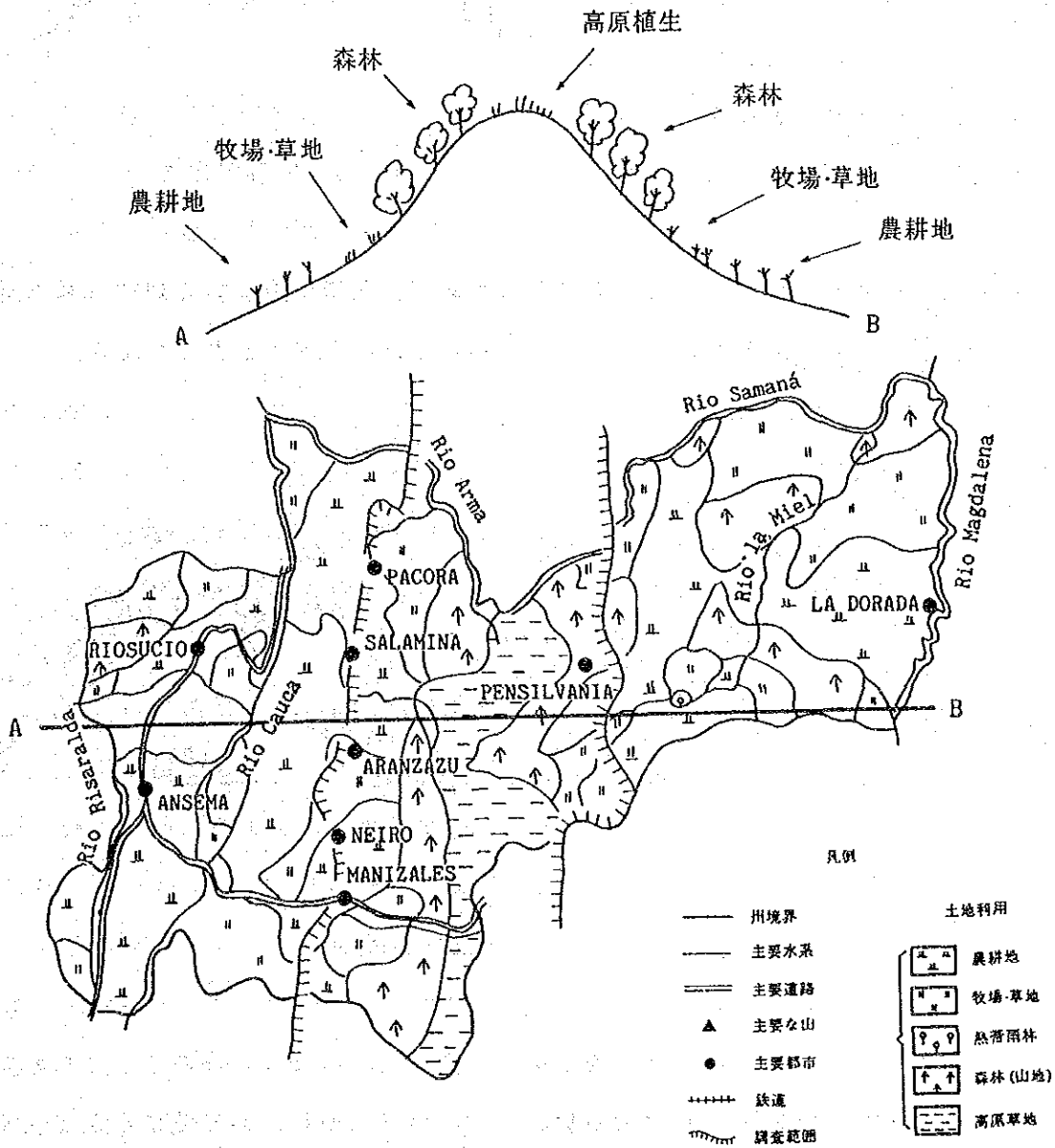


図-7.4. カルダス州の土地利用図

出典：ATLAS DE COLOMBIA

今回の調査による土地利用分類画像の同一個所の横断模式図を示すと、図-7.5.のようになる。森林は、尾根部および東側斜面に分布し、比較的標高の高いところまで、牧場・草地に利用されていて、山麓部に農用林がみられることが分かった。したがって、画像作成結果と既存の土地利用図は、ほぼ同じ傾向を示している。

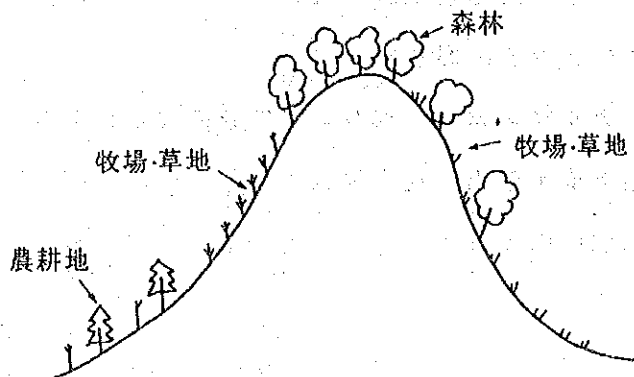


図-7.5. 横断模式図

調査地域全体にわたって、同様の傾向がみられるが、北部や中部の人口の比較的多い地域ほど、標高が高く急傾斜なところまで土地利用がなされているといえる。

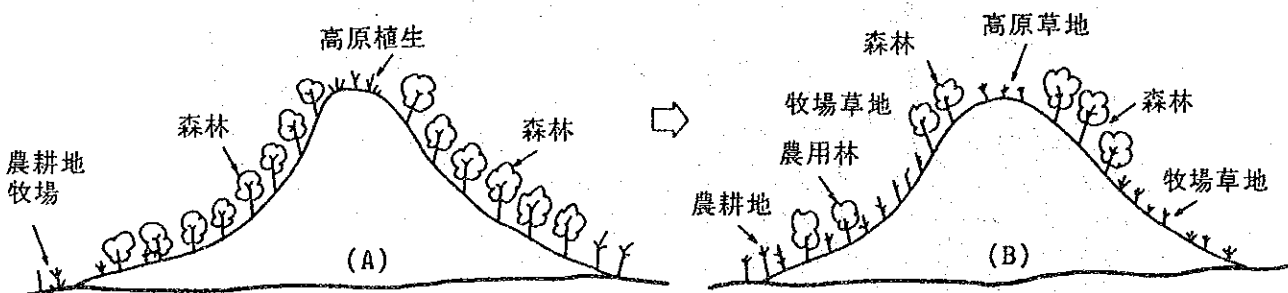


図-7.6. 森林の転換模式図

これらを統合して森林の転換を模式的に描くと図-7.6.のようになる。すなわち比較的平坦な地形上で行われていた農耕や放牧が、人口増加や都市の発達につれて、平地から山麓、山麓から山腹斜面、さらには山腹急斜面まで利用されるようになってきた。その結果として、森林が転換され、造林による復元も少ないので減少してきた。その傾

向は調査対象地域の南部においてより、北部の方が著しい。

次に、人口が集中する都市・市街地の周辺と土地利用の関係について検討する。調査対象地域周辺の都市・市街地やそれらを結ぶ道路は、図-7.7.に示すように分布している。

とくに、調査対象地域の西側に都市・市街地や道路が発達していることから、西側斜面の土地利用が東側よりも盛んである。

図-7.7.は、今回作成した土地利用図と既存資料とを組み合わせたものである。コーヒーなどの農耕地の分布と農用林の分布は、ほとんど符合しており、農業を始めとする生産活動の結果を良く表している。

この図からも、とくに南部よりも北部において、さまざまな土地利用がなされ、森林が圧力を受けていることが読み取れる。

(3) 土地利用・植生経年変化の状況

土地利用・植生の経年変化は、天然林が牧場・草地、農用林に変化していくパターンが多かった。その傾向が著しいのは、アンティオキア州、カルダス州、キンディオ州、カウカ州などである。とくに、カウカ州においては、11,900haの天然林が牧場・草地に変化している。これは1970年の天然林の面積に対し3.4%である。

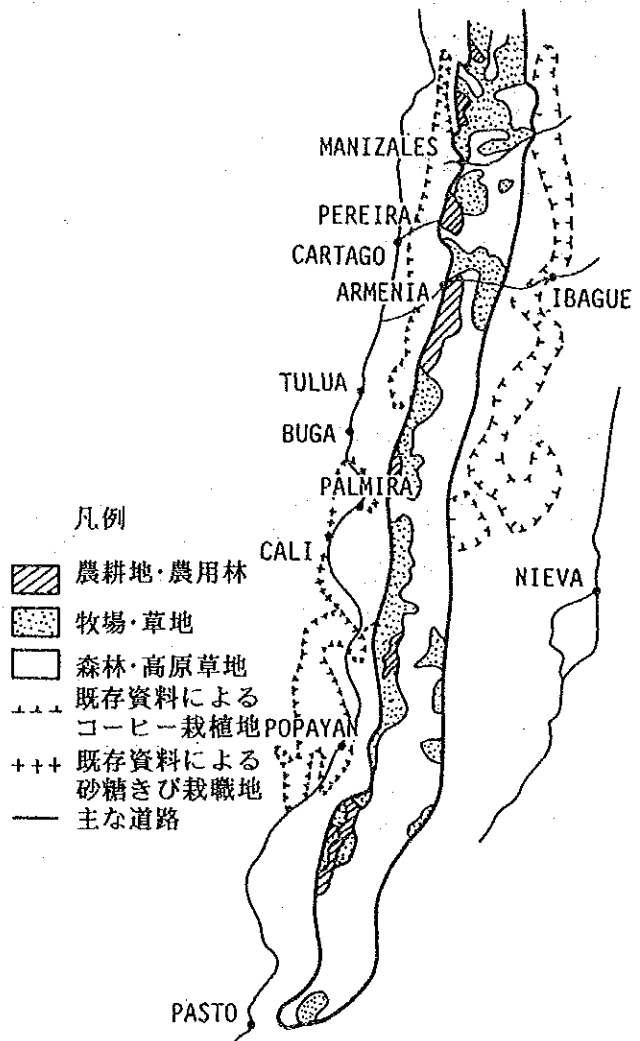


図-7.7. 土地利用図模式図

(農耕地、農用林、森林、高原草地は今回の解析結果を概括的に示した。)

全体的にみて、経年変化はアンデス中央山脈の東側斜面より西側斜面に多く、とくにカルダス州やバジェ・デル・カウカ州、カウカ州などにおいて著しい。

これらは、周辺環境、つまり、(2)で述べた都市・市街地、道路の発達状況を反映して、西側斜面において経年変化が多いものと思われる。図-7.8.に経年変化状況を模式的に示す。

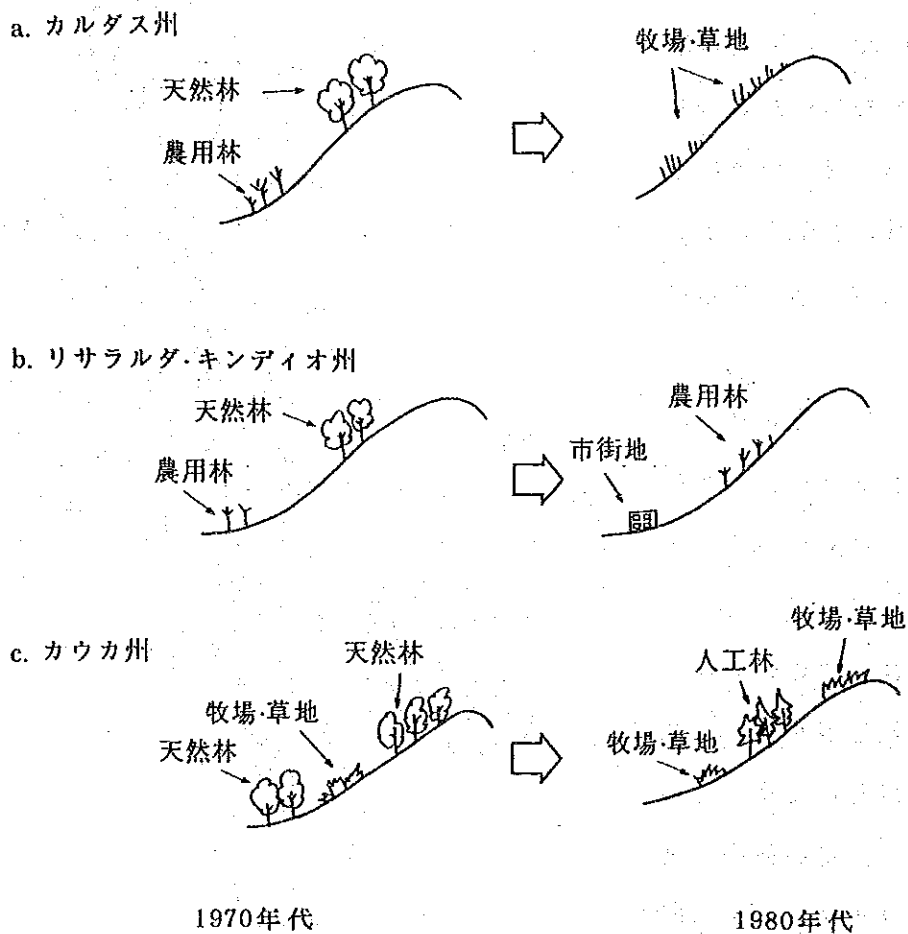


図-7.8. 経年変化模式図

a) は、カルダス州の天然林と農用林が牧場・草地に変化した例である。山麓部分の農用林と山頂付近の天然林が牧場・草地に変化している。

この地域では、尾根近くの急傾斜地でさえ、牧場・草地に利用されており、この傾

向の典型的な例である。

b) は、調査対象地域の中央部の例で、農用林が市街地に、天然林が農用林に変化している例である。市街地の拡大に伴って、農用林が移動し、比較的高い位置の中腹にあった天然林に食い込み、天然林が減少している。

c) は、南部のカウカ州の例で、山麓と山頂部近くの天然林が牧場・草地に、中腹の牧場・草地が人工林に変化した例である。

この地域は、全体的に牧場・草地の拡大が進みつつあり、天然林から牧場・草地への転換がきわめて多い地域である。

6.3.の調査結果の項において、土地利用・植生の経年変化の状況は、森林のうち天然林が、牧場・草地に大きく変化しているのがわかった。しかし、一方で、人工林の増加も一部地域で見られる。

(1)～(3)の分析結果をふまえると、調査地域の特性は次のようにまとめられる。

1) カルダス州を中心とする北部では、尾根部付近まで牧場・草地が広がっていると同時に、古くから開発された地域であり、しかも現在なお、森林の減少が続いている。

2) 中央山脈の東側斜面と西側斜面を比較すると、全般的に西側斜面の方がさまざまな土地利用がなされている。とくに中央部カウカ盆地では、農耕地が多い。さらに1,800 m以下の山腹斜面は農用林が発達してきている。

3) 南部は比較的森林が多く、未開発の地域が広がっている。

4) 調査対象地域の中で、カルダス州の森林は、州都(マニサレス市)を控え、水源涵養、土壌侵食防止、洪水防止などに重要な役割を果たすものと考えられる。

結び

- (1) 本調査は、コロンビア国中央保存林地帯における森林管理計画ガイドラインおよびモデル計画策定の基礎資料を作成するために、LANDSAT データの解析により、土地利用・植生の現況と変化を把握することを目的として実施したものである。
- (2) 土地利用分類画像の判別項目は、森林、高原草地、牧場・草地、農用林、農耕地、都市・市街地、裸地・荒地、雪氷原の8区分である。なお、1980年代の土地利用分類によると、スタディ・エリアを含む約190万haの調査対象地域のうち、28%が森林、22%が牧場・草地であった。
- (3) 植生分類画像の判別項目は、天然林、人工林、高原草地、牧場・草地、その他の5区分である。なお、1980年代の植生分類によると、調査対象地域のうち、3%が人工林であった。
- (4) 土地利用・植生経年変化の中で最も顕著なものは、天然林から牧場・草地への転換であった。
- (5) 本調査の結果では、スタディ・エリアを含む調査対象地域において、北部での森林の変化が顕著であり、適正な森林管理計画策定上、カルダス州のインテンシブ・エリアが緊急性の高い地域であることが示された。
- (6) 本調査によって、調査対象地域における土地利用と植生の現況、ならびに経年変化の状況をマクロに把握することができた。これは、リモートセンシング解析によって、はじめて可能となったものである。
- (7) 今回の調査では、LANDSAT データの中に一部、雲に覆われていたため解析不能の地域を生じたが、全体的な概況や状況が明らかとなった。
- (8) 今回の調査結果は、今後のインテンシブ・エリア、ひいてはモデルエリアの森林管理計画のあり方を考察する資料として活用されるものである。

卷 末 資 料

1. 調査人員
2. リモートセンシングについて
3. 現地写真
4. フォールスカラー画像
5. 第2次土地被覆分類画像

1. 調査人員

第1年次調査人員

調査項目	氏名	業務内容
現地調査	中島 巖	調査期間：1989年2月14日～1989年3月35日（40日）
	影山 和義	画像判別基準作成，土地被覆分類
国内解析	瀬戸島政博	画像判別，土地被覆分類解析

第2年次調査人員

調査項目	氏名	業務内容
国内解析	中島 巖	リモートセンシング解析計画・指導
	松岡 龍治	画像判別，報告書作成
	瀬戸島政博	土地被覆分類解析，報告書作成
	高橋 守	経年変化解析，報告書作成

2. リモートセンシングについて

2. 1. 概 要

リモートセンシングとは、航空機や人工衛星などのプラットフォームに搭載されたセンサーを用いて、地表の対象物から反射または放射される電磁波を収集し、それらのデータから対象物や現象に関する情報を得る技術をいう。

リモートセンシングにより得られるデータは、広域の情報を短時間で収集でき、かつ時系列的な変化を把握するのにきわめて有効性を発揮する。これらのデータは、処理・解析を経て、各種の調査に利用される。

データを収集するプラットフォームには、人工衛星、航空機、地上特殊車などが用いられる。これらのプラットフォームは、調査の範囲の規模、およびデータ収集するセンサーの種類によって決められる。

リモートセンシングで用いられるセンサーは、カメラ、スキャナ、テレビカメラなどがある。リモートセンシングでは、ガンマ線からミリ波やセンチ波までの広い領域が利用されるが、現在最も多く利用されているのは、可視光の領域と近赤外および遠赤外の領域である。

収集されるデータは、写真などのアナログ・データとコンピュータによる解析に便利のように、デジタルデータに処理される。写真などのアナログ・データは、対象物の位置や分布が把握しやすい。一方、デジタル・データは、コンピュータの自動分類や画像強調などの画像処理を経て、別の画像を作りあげることができ、対象物を異なる側面から把握することができる。

2. 2. 原 理

全ての対象物（物体）は、その種類によって固有の電磁波の反射特性をもち、反射してくる電磁波の強さを人工衛星や航空機などから、電磁波の波長ごとに観測し、地表面の物体を識別する。これがリモートセンシングの原理である（図-1、参照）。

地球表面に到達する電磁波は、通常のリモートセンシングで対象とする波長帯域では、

地表面、すなわち最も外側に表われた面を観測しているといつてよい。

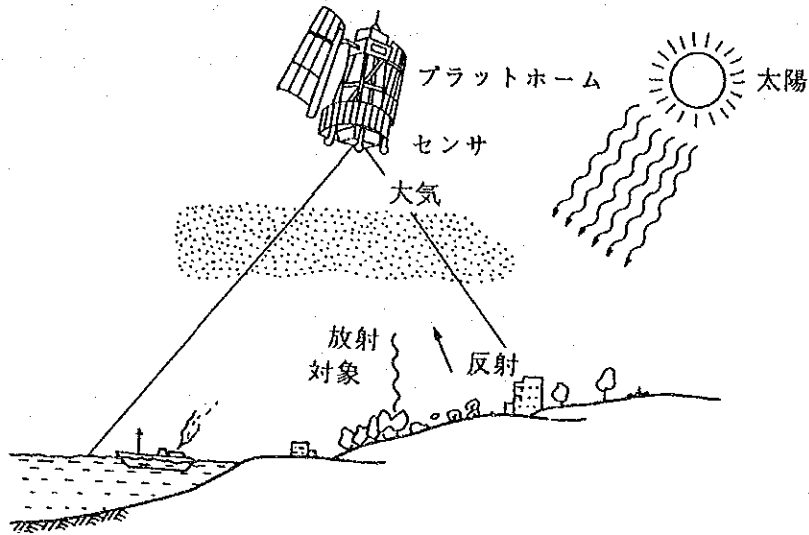


図-1. リモートセンシングによるデータ収集

電磁波は、波長ごとに図-2. に示す波長帯に分けられる。リモートセンシングで取り扱われる波長域は、紫外線からマイクロ波までの領域である。

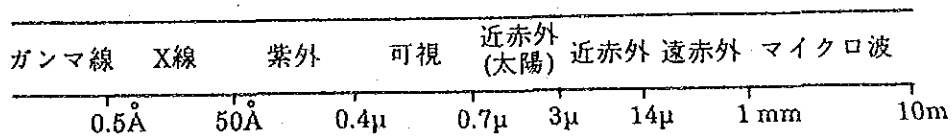
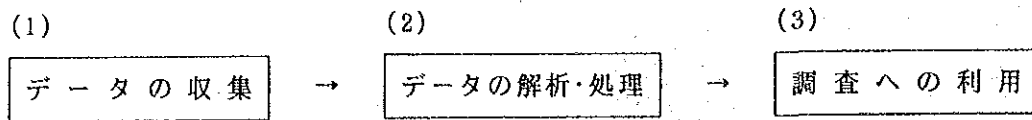


図-2. 電磁波のスペクトル

可視光は、人間の眼で見える範囲の電磁波で、青色は波長が短く、赤色は波長が長い。これよりさらに波長が長くなると、赤外線領域に入る。赤外線は、波長によって近赤外、中間赤外、遠赤外に分けられる。赤外線より長波長は、いわゆる電波であり、そのうちマイクロ波が代表的なものである。

2. 3. 解析の流れ

リモートセンシングは、次のように(1)データの収集、(2)データの処理・解析、(3)調査への利用といった流れで解析する。



(1) データ収集

1) 主要関係機関からデータ入手する。

- ① LANDSAT衛星データ… ・EOSAT社 (USA)
・主要国の受信センター
- ② NOAA衛星データ …… ・NOAA (USA)
- ③ SPOT衛星データ …… ・SPOT IMAGE社 (France)

2) 撮影・観測によりデータを収集する。

航空機レベルのデータ……関係各機関、航空写真測量会社等

(2) データの処理・解析

1) データの処理手法は、次の2とおりに区分される。

- ① コンピューター処理による手法 (デジタル処理)
- ② 写真処理による手法 (アナログ処理)

2) データの解析手法は、次の2とおりに区分される。

- ① 解析者とコンピュータによる画像解析システムとの対話方式による解析
- ② 解析者の目視判読…写真を用いた目視による判読 (たとえば地質構造などの抽出)

(3) 調査への利用

1) 調査時の予備情報として活用する。

2) 現地調査によるチェック・修正を行なう。

3) 目的とする主題図作成に利用する。

2. 4. リモートセンシング・データ

2. 4. 1. プラットフォームの種類

現在使われているプラットフォームは、(1)人工衛星、(2)航空機、(3)地上特殊車の3種類に分けられる。

(1) 人工衛星

現在の主要な地球観測衛星の内容については表-1. のとおりである。

表-1. 主要な地球観測衛星の内容

地球観測衛星	打上げ 年度	打上 げ国	主要な 搭載 センサ	観測波長域 μm	分解能 (m)	観測幅 (km)	軌道 高度 (km)	観測 周期 (日)	対象分野
LANDSAT-1号	1972.7	USA	MSS	0.5~0.6	80	185	920	18	地球を対象とし、陸域~水域まで広く利用されている。
-2号	1975.1			0.6~0.7					
-3号	1978.3			0.7~0.8					
				0.8~1.1					
LANDSAT-4号	1982.7	USA	MSS	同上	同上	180	700	16	同上
-5号	1984.3		TM	0.45~0.52	30	180	700	16	同上
				0.52~0.60					
				0.63~0.69					
				1.55~1.75					
			10.40~12.50						
				2.08~2.35	30				
SPOT-1号	1986.2	仏	HRV	0.51~0.73	10	60	830	26	同上 ステレオ視 できるため 地形図作成 が可能
				0.50~0.59	20				
				0.61~0.68					
				0.79~0.86					

(2) 航空機

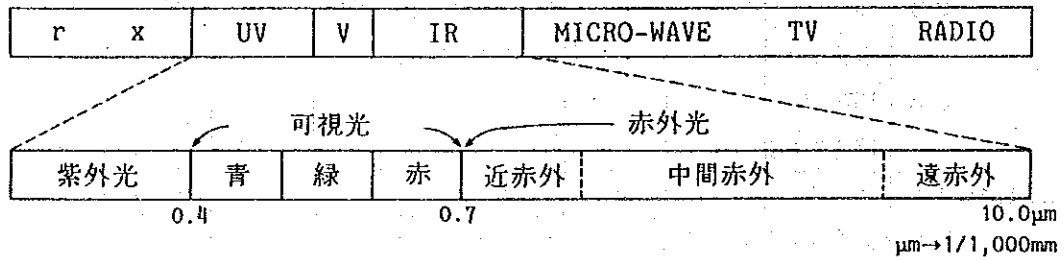
- 1) 双発機 - 航空機搭載用のMSS
- 2) 単発機 - 空中写真
- 3) ヘリコプター - 斜め写真
- 4) 模型飛行機, 模型ヘリコプター - 極低空空中写真

(3) 地上特殊車

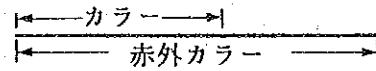
- 1) クレーン車 - 物体の反射特性や放射特性の観測
- 2) チェリーピッカー

2.4.2 センサの種類

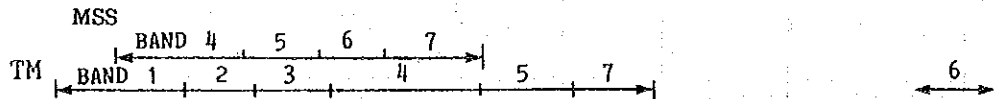
現在使われているセンサの感知できる領域と電磁波との関係を示したものが図-4である。



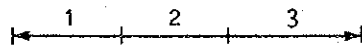
空中写真



LANDSAT 衛星



SPOT 衛星



航空機搭載用MSS

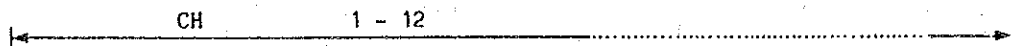


図-4. センサと電磁波領域

(1) カメラ (空中写真)

航空機用カメラを用いて撮影される空中写真は、使用フィルムとフィルタの組合せにより、次の3とおりに分けられる。

1) パンクロ写真……可視光領域を白黒フィルムに記録したもの。

(白黒)

2) カラー写真……可視光領域をカラーフィルムに記録したもの。

3) 赤外カラー写真……可視光領域のうち、緑色光、赤色光と近赤外光をカラーフィルムに記録したもの。

(2) LANDSAT衛星のMSS

LANDSAT衛星のMSSは、マルチスペクトル・スキャナー (Multispectral Scanner : MSS) と呼ばれる走査方式の放射計で、可視光 (緑色光と赤色光) と近赤外光を4つの波長帯 (バンド) に分けて記録される。MSSは、LANDSAT 1~5号まで搭載されているセンサーで、180km×180kmを1シーンとし、最小分解能80mである。図-5. に外観を示す。

1) バンド4 = 0.5~0.6 μm (可視光の緑色光)

2) " 5 = 0.6~0.7 (可視光の赤色光)

3) " 6 = 0.7~0.8 (近赤外光)

4) " 7 = 0.8~1.1 (近赤外光)

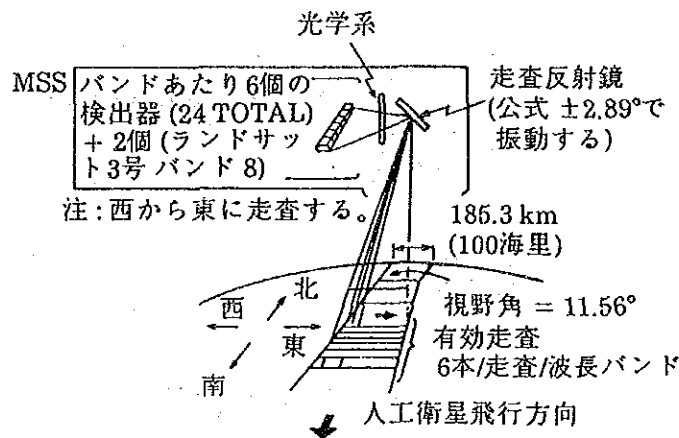


図-5. LANDSAT MSSの外観

(3) LANDSAT衛星のTM

LANDSAT衛星のTMはセマティック・マップパー (Thematic Mapper: TM) と呼ばれ、MSSと同様の走査式の放射計で可視光～遠(熱)赤外光までを7つの波長帯に分けて記録されている。

TMはLANDSAT 4号から搭載されており、180km×180kmを1シーンとし、最小分解能30mである。図-6. に外観を示す。

- 1) バンド1 = 0.45～0.52 μm (可視光の青色光)
- 2) " 2 = 0.52～0.60 (" 緑色光)
- 3) " 3 = 0.63～0.69 (" 赤色光)
- 4) " 4 = 0.76～0.90 (近赤外光)
- 5) " 5 = 1.55～1.75 (中間赤外光)
- 6) " 6 = 10.40～12.50 (遠赤外光)
- 7) " 7 = 2.08～2.35 (中間赤外光)

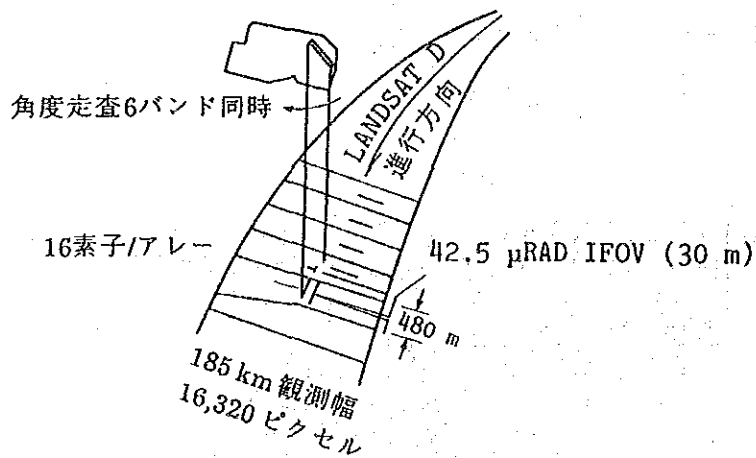


図-6. LANDSAT TM の外観

(4) SPOT衛星のHRV

HRV (High Resolution Visible Imaging Instrument) はフランスから打上げられた SPOT衛星に搭載されたセンサであり、2種のモードをもつ。

1) パンクロマチック・モード : $0.51 \sim 0.73 \mu\text{m}$ を白黒単一バンドで記録。

2) マルチスペクトル・モード : バンド1 : $0.50 \sim 0.59 \mu\text{m}$

" 2 : $0.61 \sim 0.68$

" 3 : $0.79 \sim 0.86$

パンクロマチック・モードの場合は最小分解能約10m、マルチスペクトル・モードでは、約20mである。HRVの最大の特徴は、図-7. に示したように、ステレオ視ができる点にある。

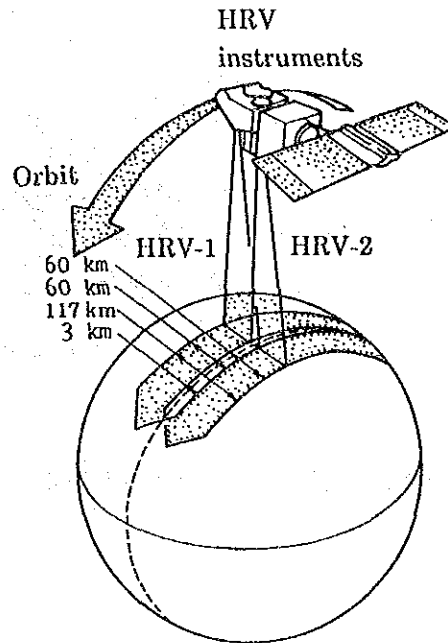


図-7. SPOT HRV の外観

(5) 航空機搭載用のMSS

これはLANDSATの場合と同様の方式のMSSを航空機搭載用にしたものである。LANDSAT MSS に比べ、低空から高精度で、可視光～遠(熱)赤外光までを記録しているものである。高度1,000mで観測した場合、最小分解能を2.5mとなる。図-8. にその外観を示す。水温や地熱調査など広い分野で利用されているセンサである。

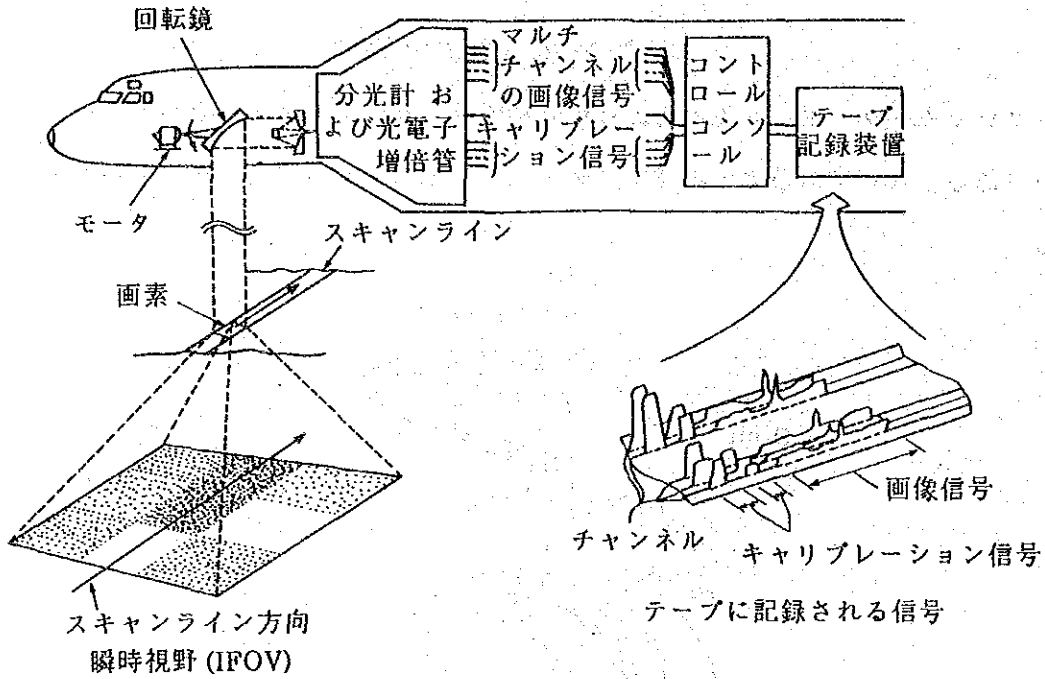


図-8. 航空機搭載用のMSSの外観

3. 現地写真



天然林

この写真は、マニサレス水源林付近にみられる天然林である。



人工林

この写真は、サラミナ地方にみられるアリン林である。



植林地

この写真は、ラパルマ付近の山地斜面にみられる植林地である。マツなどの植栽が盛んである。

牧場・草地

この写真は、ネイラ付近の山地地に見られる牧場草地である。

山頂まで草地となっており、わずかに尾根部で樹林が見られる。



農耕地・農用林

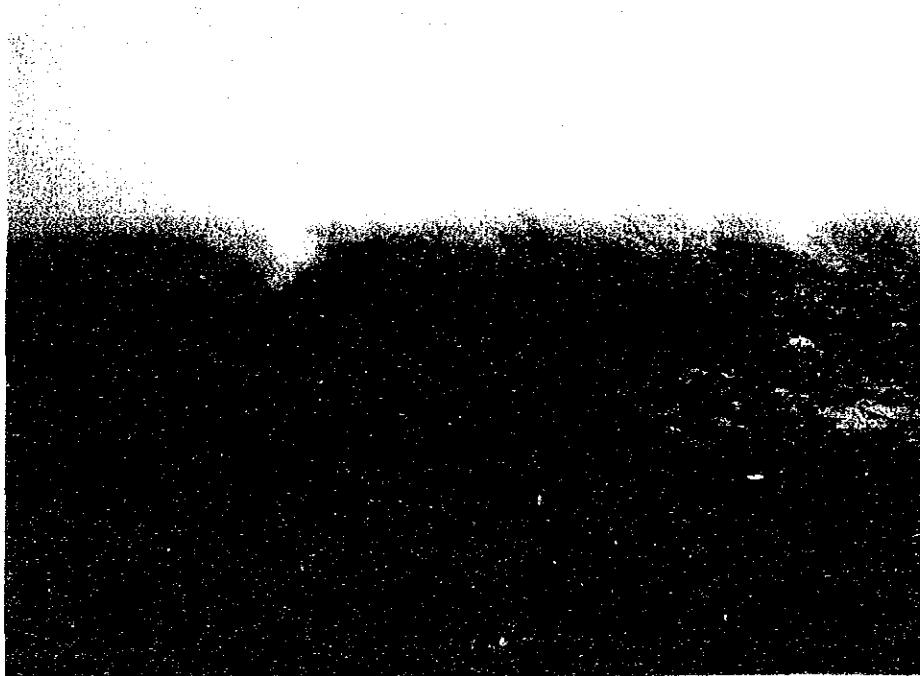
この写真は、サラミナ地方の山地斜面に見られる農耕地および農用林である。

パネラが植栽されている。

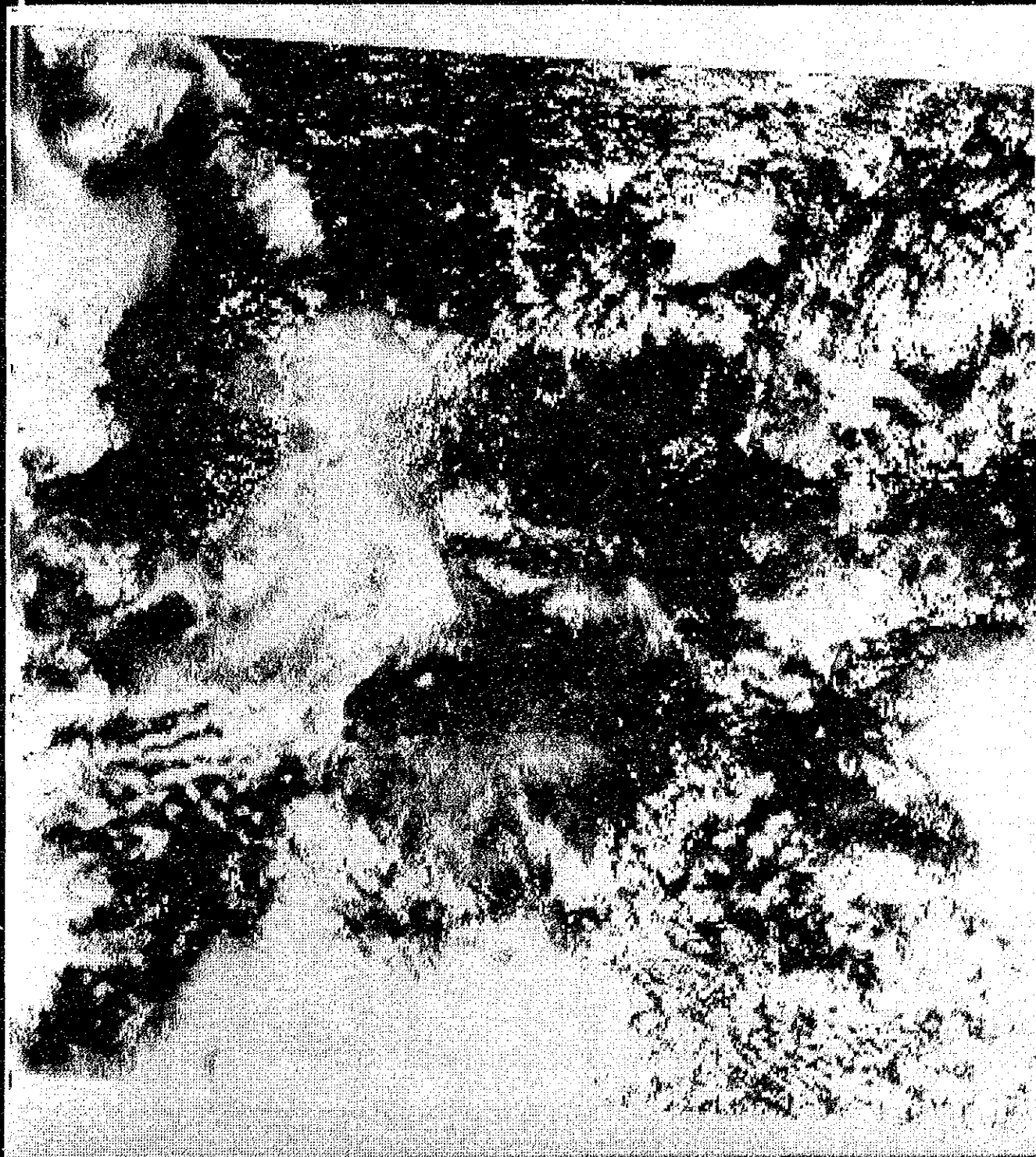


高原草地

この写真は、Nevado Del Ruis 火山周辺に見られる高原草地である。



4. フォールスカラー画像



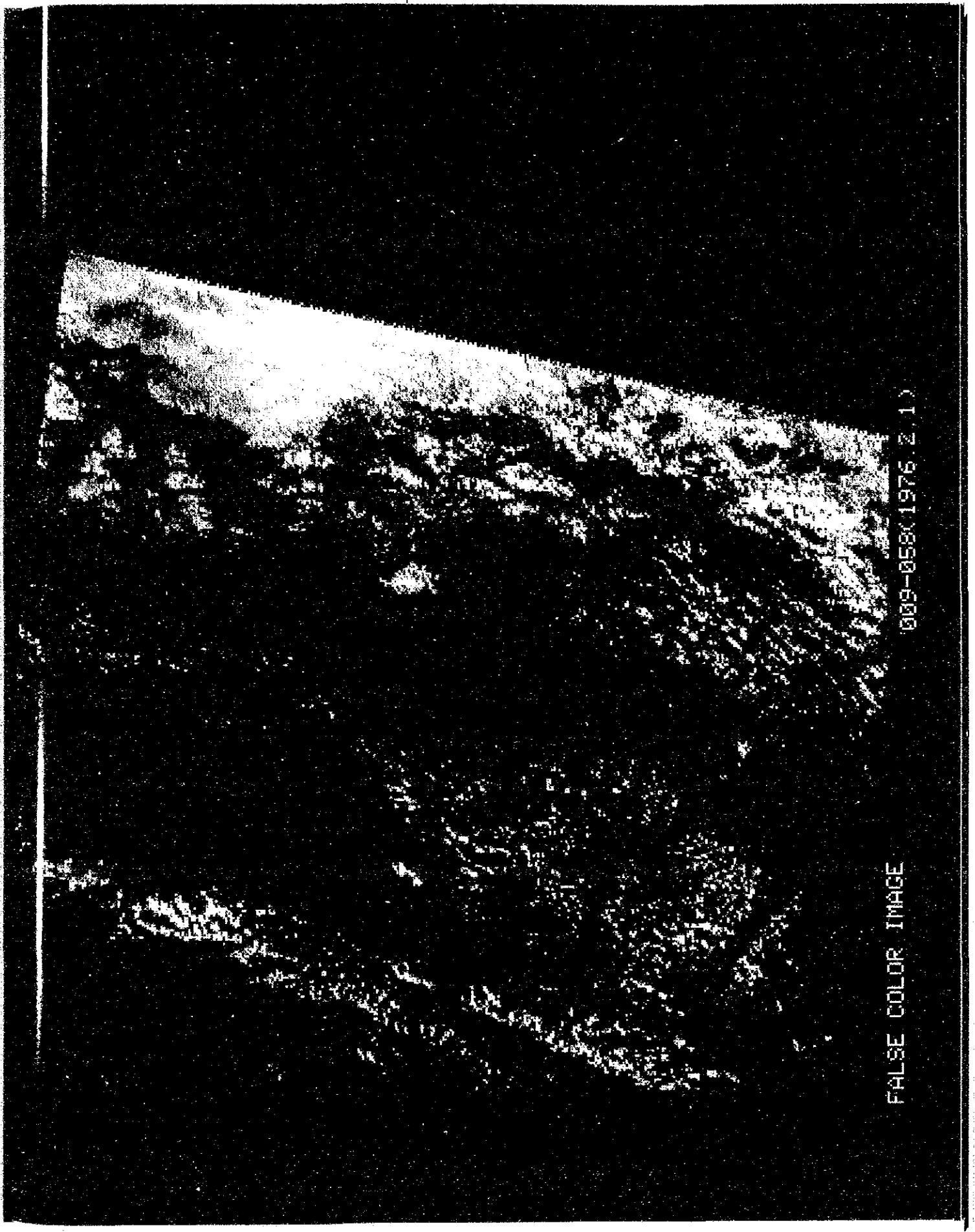
FALSE COLOR IMAGE

009-056(1977 9 17)



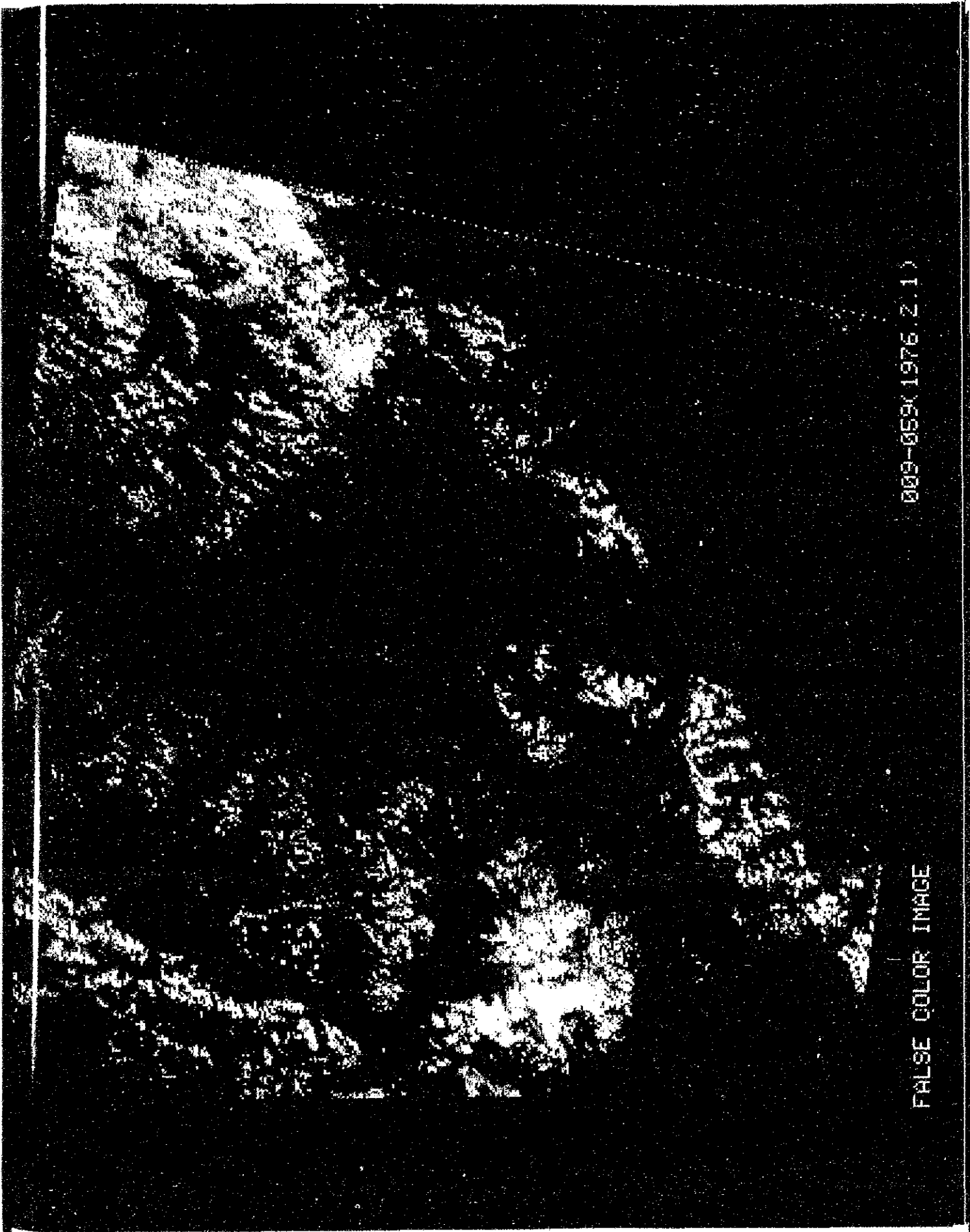
FALSE COLOR IMAGE

009-057(1976.2.1)



FALSE COLOR IMAGE

009-058X1976 2 1)



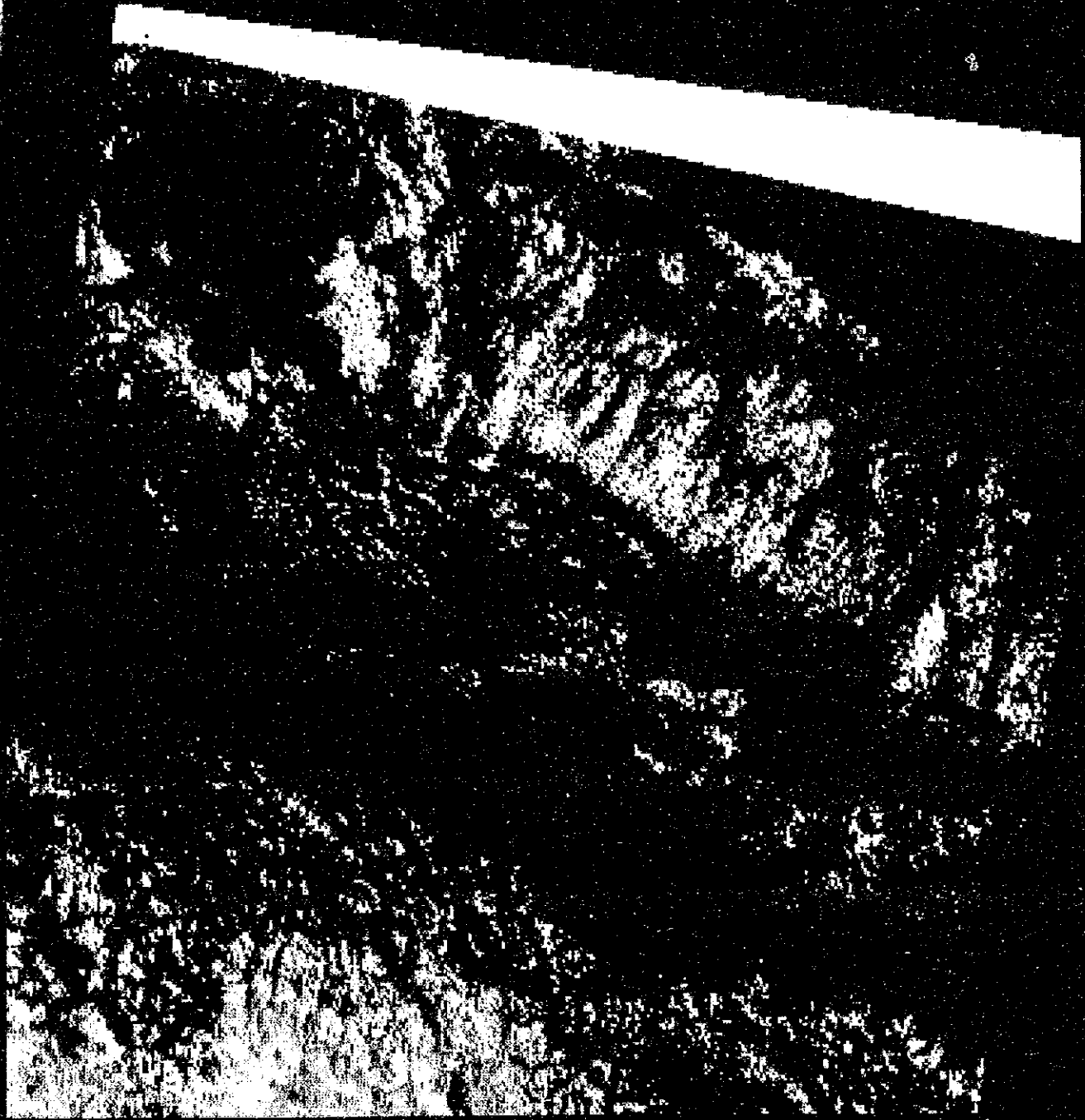
009-059(1976.2.1)

FALSE COLOR IMAGE



FALSE COLOR IMAGE

009-0556 1987 12 24



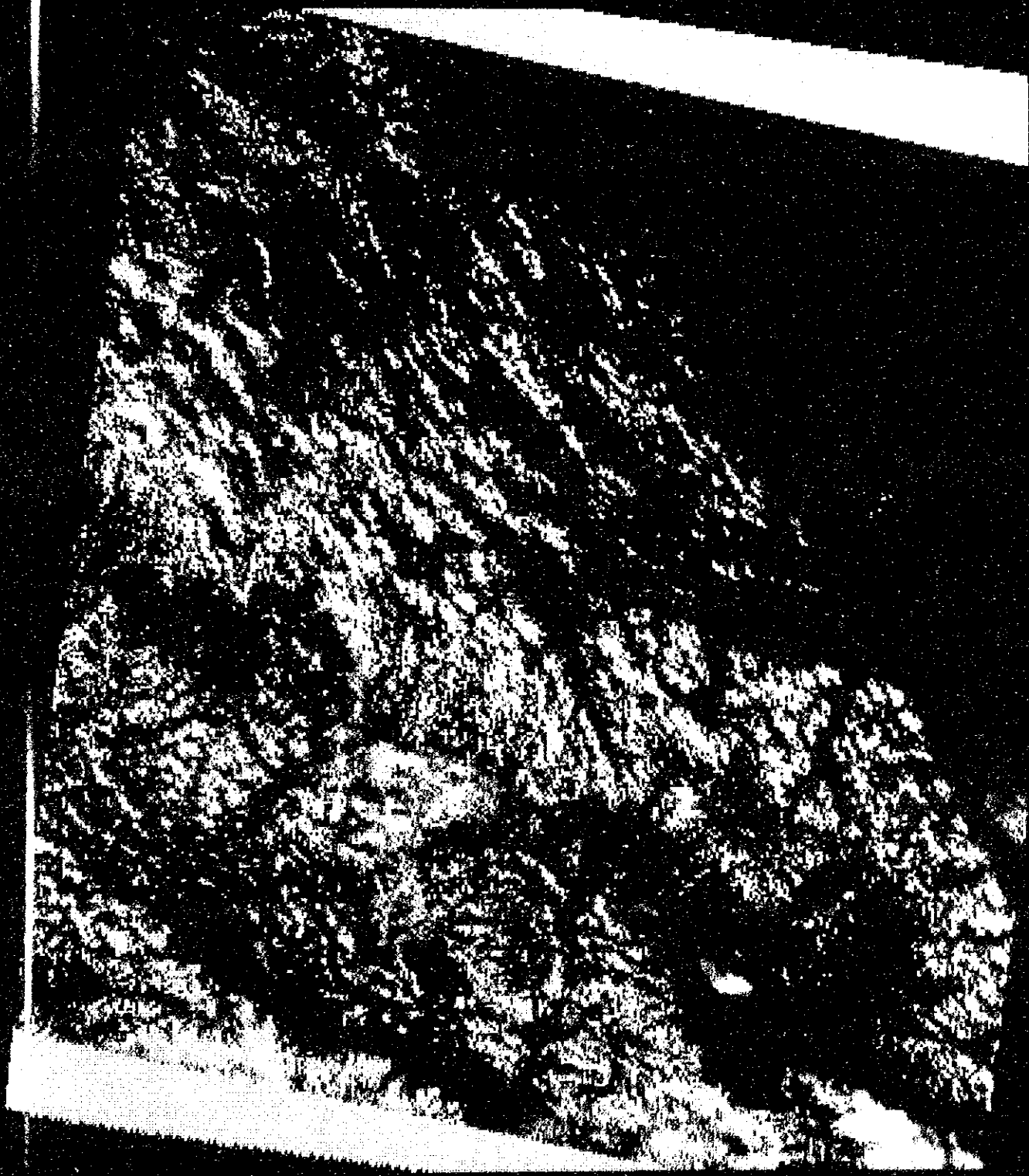
FALSE COLOR IMAGE

009-057(1987.12.24)



FALSE COLOR IMAGE

009-058X1987.12.24)



089-059(1987.12.24)

FALSE COLOR IMAGE

5. 第2次土地被覆分類画像



LEGEND

GRASS LAND

NATURAL FOREST

MAN-MADE FOREST

GRAZING LAND

AGRICULTURAL FOREST

FARM LAND

CLOUD

SHADOW OF CLOUD



SECONDARY GROUND COVER CLASSIFICATION IMAGE PATH009-F00056(1977 9 17)



LEGEND

GRASSLAND

NATURAL FOREST

MAN-MADE FOREST

GRAZING LAND

AGRICULTURAL FOREST

FARM LAND

CLOUD

SHADOW OF CLOUD



SECONDARY GROUND COVER CLASSIFICATION IMAGE PATH088-ROW57(1976.2.1)

LEGEND

GRASS LAND

NATURAL FOREST

MAN-MADE FOREST

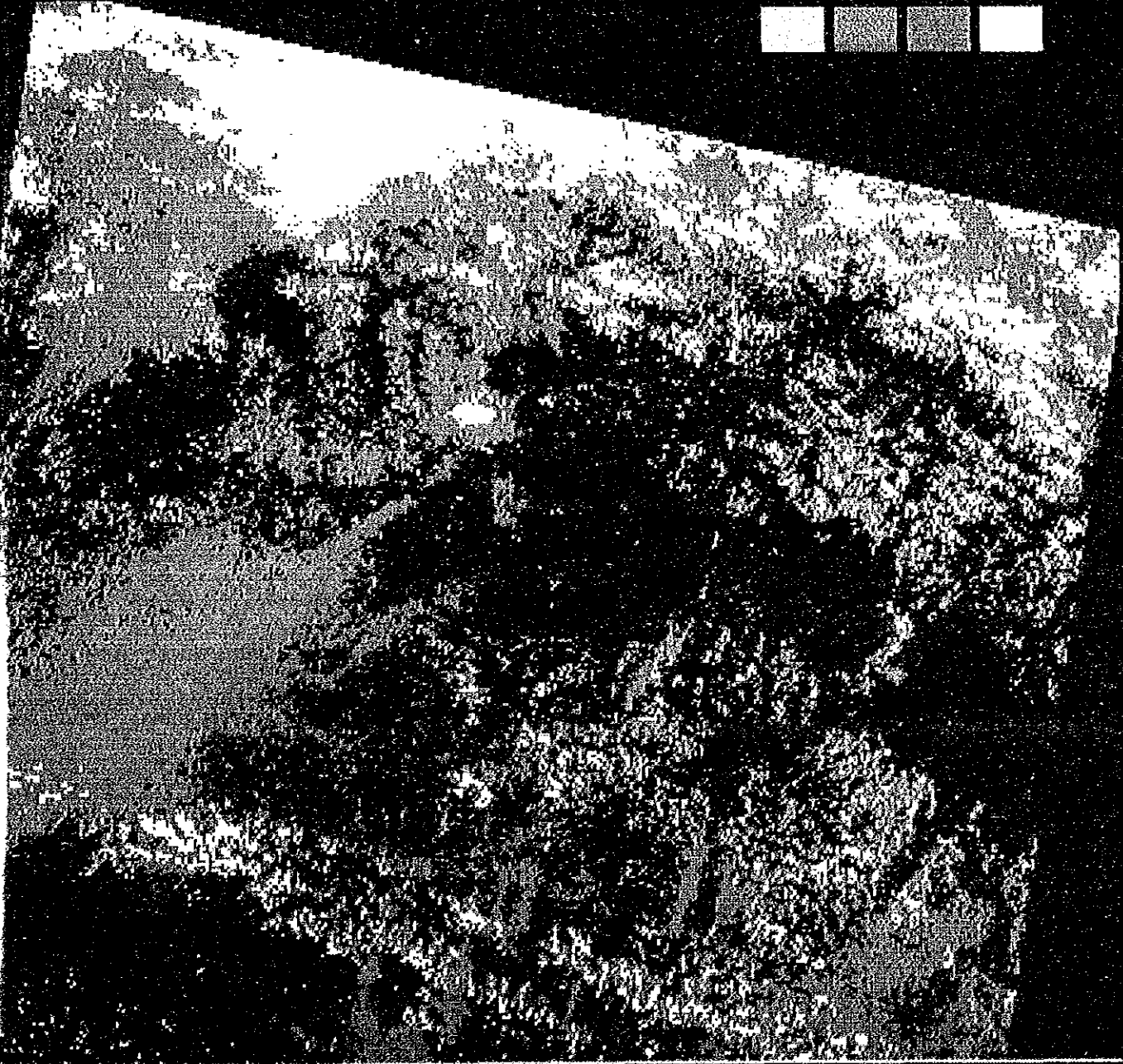
GRAZING LAND

AGRICULTURAL FOREST

FARM LAND

CLOUD

SHADOW OF CLOUD



SECONDARY GROUND COVER CLASSIFICATION IMAGE PATH009-ROW058X 1976.2.1)

LEGEND

GRASS LAND

NATURAL FOREST

MAN-MADE FOREST

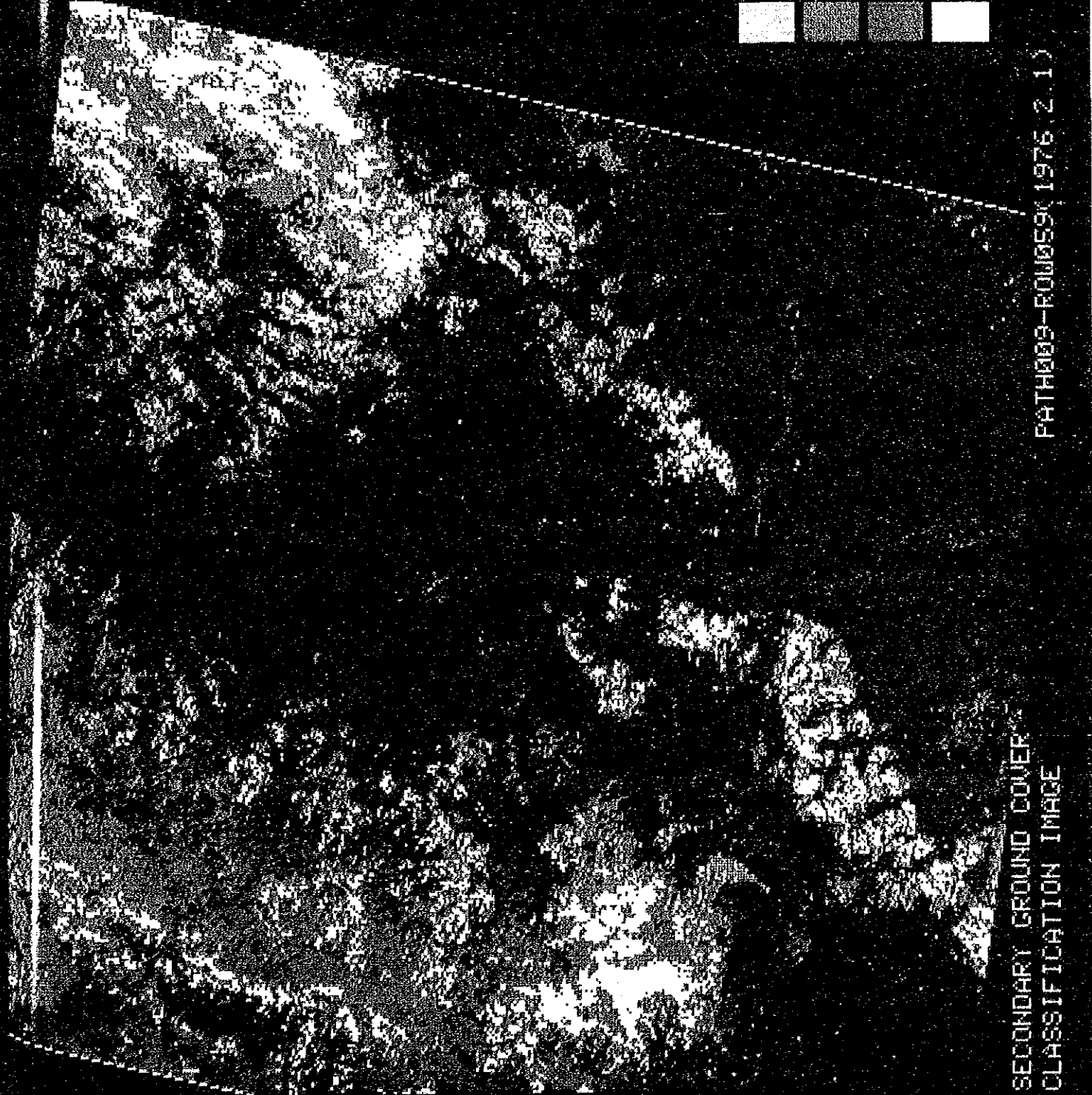
GRAZING LAND

AGRICULTURAL FOREST

FARM LAND

CLOUD

SHADOW OF CLOUD



SECONDARY GROUND COVER CLASSIFICATION IMAGE

FATH009-F000590 1976 2 1)



SECONDARY GROUND COVER
CLASSIFICATION IMAGE

PATH009-F01055(1987-12-24)

LEGEND

GRASS LAND

NATURAL FOREST

MAN-MADE FOREST

GRAZING LAND

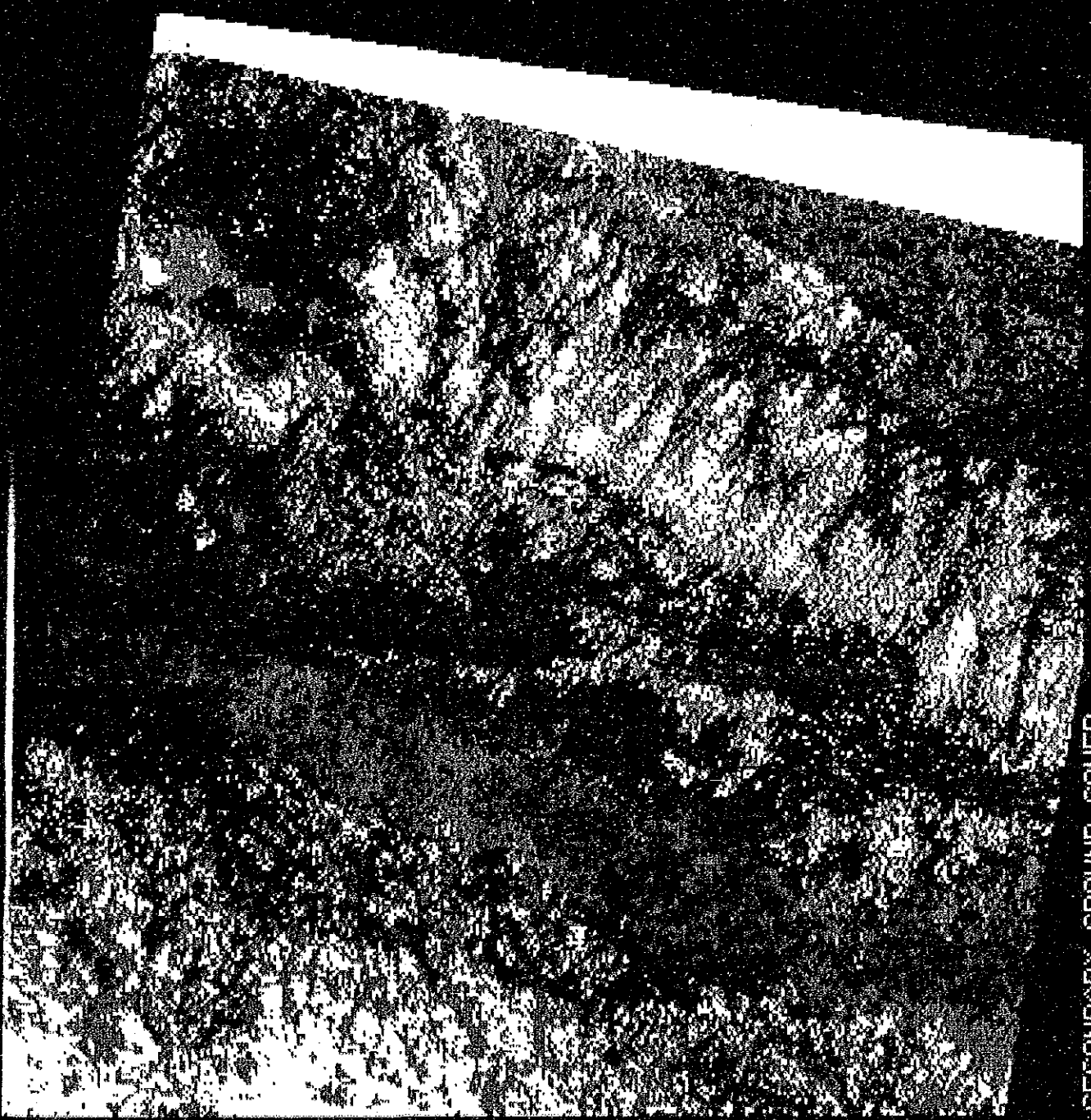
AGRICULTURAL
FOREST

FARM LAND

CLOUD

SHADOW OF CLOUD





LEGEND

GRASS LAND

NATURAL FOREST

MAN-MADE FOREST

GRAZING LAND

AGRICULTURAL FOREST

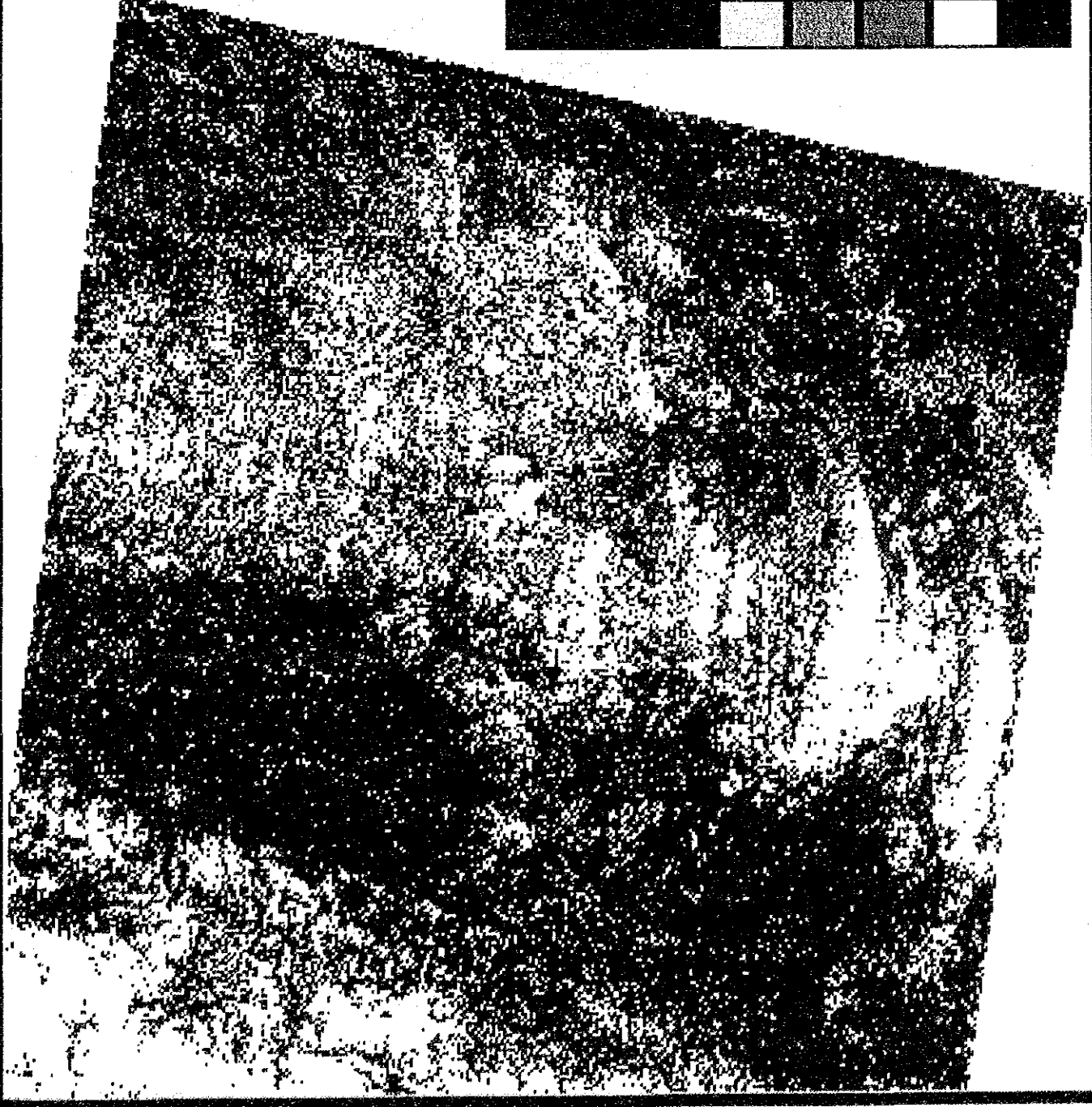
FARM LAND

CLOUD

SHADOW OF CLOUD

SECONDARY GROUND COVER
CLASSIFICATION IMAGE

PATH009-F0W057(1987 12 24)



LEGEND

GRASS LAND

NATURAL FOREST

MAN-MADE FOREST

GRAZING LAND

AGRICULTURAL FOREST

FARM LAND

CLOUD

SHADOW OF CLOUD

SECONDARY GROUND COVER CLASSIFICATION IMAGE PATH009-ROW058(1987.12.24)



LEGEND

GRASS LAND

NATURAL FOREST

MAN-MADE FOREST

GRAZING LAND

AGRICULTURAL FOREST

FARM LAND

CLOUD

SHADOW OF CLOUD



SECONDARY GROUND COVER CLASSIFICATION IMAGE PATH009-ROUJESQ 1987 12 24

