

Small vertical text on the left edge, possibly a page number or reference code.

19  
61  
PN  
ARY



マリ共和国 ブグニ地域  
資源開発協力基礎調査報告書  
総括報告書

平成6年2月

JICA LIBRARY



1130157(9)

国際協力事業団  
金属鉱業事業団

鉱調資

~~CR-8~~

94-027



J 1130157 [9]

## は し が き

日本国政府は、マリ共和国政府の要請に応え、同国南西部に位置するブグニ地域の鉱物資源賦存の可能性を確認するため、地質調査、地化学探査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3年度から平成5年度までの3カ年にわたって実施され、マリ共和国政府機関、地質鉱山局の協力を得て予定どおり完了した。

本報告書は、3年間の調査結果をと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ご協力いただいたマリ共和国政府関係機関、ならびに外務省、通商産業省、在セネガル国日本国大使館及び関係各社の方々に哀心より感謝の意を表すものである。

平成6年2月

国際協力事業団

総 裁 柳 谷 謙 介

金属鉱業事業団

理事長 石 川 丘



## 要 約

本報告書は、平成3年度から平成5年度の3カ年間に渡って実施されたマリ共和国ブグニ地域における資源開発協力基礎調査（資源開発調査）の調査結果をとりまとめたものである。

本調査は、マリ共和国ブグニ地域において地質状況及び鉱床賦存状況を解明することにより、新鉱床を発見することを目的とした。また、調査の実施を通じて相手国期間に対し、技術移転を図ることを目的とした。

各年次の調査内容は次のとおりである。

- 第1年次：既存資料調査、衛星画像解析、グランドトゥルース、地質調査及び地化学探査、ラテライト化学組成調査、鉱徴地調査（22箇所）を実施。調査対象面積14,000km<sup>2</sup>
- 第2年次：3地区、面積計 2,500km<sup>2</sup> に対して地化学探査概査を実施。セレンゲ地区のD-1, 2, 3地区、面積計80km<sup>2</sup> に対して地化学探査精査を実施。
- 第3年次：2地区、面積計 2,000km<sup>2</sup> に対して地化学探査概査を実施。セレンゲ地区のSilobougou 区域、面積計 4km<sup>2</sup> に対して地化学探査精査を実施。

調査結果の概要は、次のとおりである。

### 概査地区

概査地区地化学探査の結果、金鉱床の賦存可能性がある区域として、次の8区域が選出された。

- ① Daba 南方区域： セレンゲ地区中部
- ② Kongolibala周辺区域： セレンゲ地区中西部
- ③ Neneko 南方区域： セレンゲ地区中北部
- ④ Sankama西方区域： セレンゲ地区北部
- ⑤ Sankama南東方区域： セレンゲ地区北東部
- ⑥ Kekoro 区域： ケコロ地区北東部のKekoro西方の環状山地周辺
- ⑦ Sagala 区域： ケコロ地区北西端部のSagala周辺
- ⑧ Banko 区域： ブグニ地区南部のBanko 西方

この内、セレンゲ地区中部地域（①、②、③）とケコロ地区北東部（⑥）は、Au地化学異常と砂金採掘帯や石英脈転石帯などの既知鉱徴を伴っており、探査優先順位が高い。

### 精査地区

セレンゲ地区中部地域に D-1（③区域を包含）、D-2（①、②区域を包含）、D-3 の3精査地区が設定され地化学精査が実施された結果、D-2 地区内に有望区域として新たに“Silobougou区域”が設定され、より精度の高い地化学探査が実施された。

Silobougou区域の探査対象は、Syama 鉱床、Kalana鉱床に見られるようなBirrimien 累層群中に胚胎される熱水性金鉱床である。両鉱床は断層または節理に規制されて胚胎しており、鉱化関係火成岩の可能性を有すランプロファイアーク質や閃緑岩質の貫入岩を伴っている。Silobougou区

域の地質構造や鉍化作用の特性は、露出が極めて悪いことにより不明瞭であるが、リニアメントに平行した長大な砂金採掘帯（Silobougou砂金採掘帯）の存在、同採掘帯での石英脈転石の分布、熱水変質を被った完晶質貫入岩転石の存在などの地表徴候は、類似の熱水性金鉍床が付近に存在している可能性が高いことを示している。

上述の調査結果から、将来の調査として下記の調査を提案する。

#### 概査地区

概査地区ではケコロ地区北東部のKekoro集落西方の環状山地周辺（Kekoro区域）が優先され、今後の調査として以下の調査が推奨される。

- ・地質調査：鉍化作用に関連する火成活動を把握し、探査ターゲットを選出する目的で、基盤の堆積岩を貫く貫入岩の分布と変質状況を詳細に調査する。
- ・地化学探査：地化学異常帯を絞り込み鉍化帯を捕捉する目的で、土地化学探査精査を実施する。対象地域には露頭や転石が比較的多く認められることから岩石地化学探査を実施し土地化学探査を補完することも有効と考えられる。

これらの調査により探査対象地域を狭めた後、鉍化帯を包含する断層破碎帯を抽出するための物理探査（電気・電磁探査）さらに試錐調査を実施し、鉍化帯の捕捉につなげることが望ましい。

地化学概査で抽出されたまま精査未実施の区域（Sankama西方区域、Sankama南東方区域、Sagala区域、Banko区域）については、地表鉍徴や地化学異常を含んだ範囲について地質・地化学精査を実施することが望ましい。

#### 精査地区

Silobougou区域のSilobougou砂金採掘帯とL-10及びW-15測点付近のまとまったAu地化学異常部周辺には、初生の熱水性金鉍床が期待されることから、今後の積極的探査が望まれる。

調査の手法としては、Silobougou砂金採掘帯に対しては既存採掘井戸の断面調査、鉍化帯を包含する断層破碎帯の位置や傾斜及び貫入岩位置を推定するための物理探査（電気・電磁・磁気探査）、浅所ボーリング調査、そしてこれらの結果を踏まえて初生鉍化帯未風化部を調査するための深部ボーリング調査などが考えられる。

L-10及びW-15測点付近のAu地化学異常部では、近傍の砂金採掘井戸の断面調査のほか鉍化帯の位置、方向を推定するための物理探査（電磁探査）及び浅所ボーリング調査が、まず必要であろう。

なお、セレンゲ地区のNeneko区域もSilobougou区域に似た地表徴候を有しており、同様の金石英脈鉍床の賦存が期待されることから、Silobougou区域で実施したような精度の高い地化学精査を実施することが望まれる。



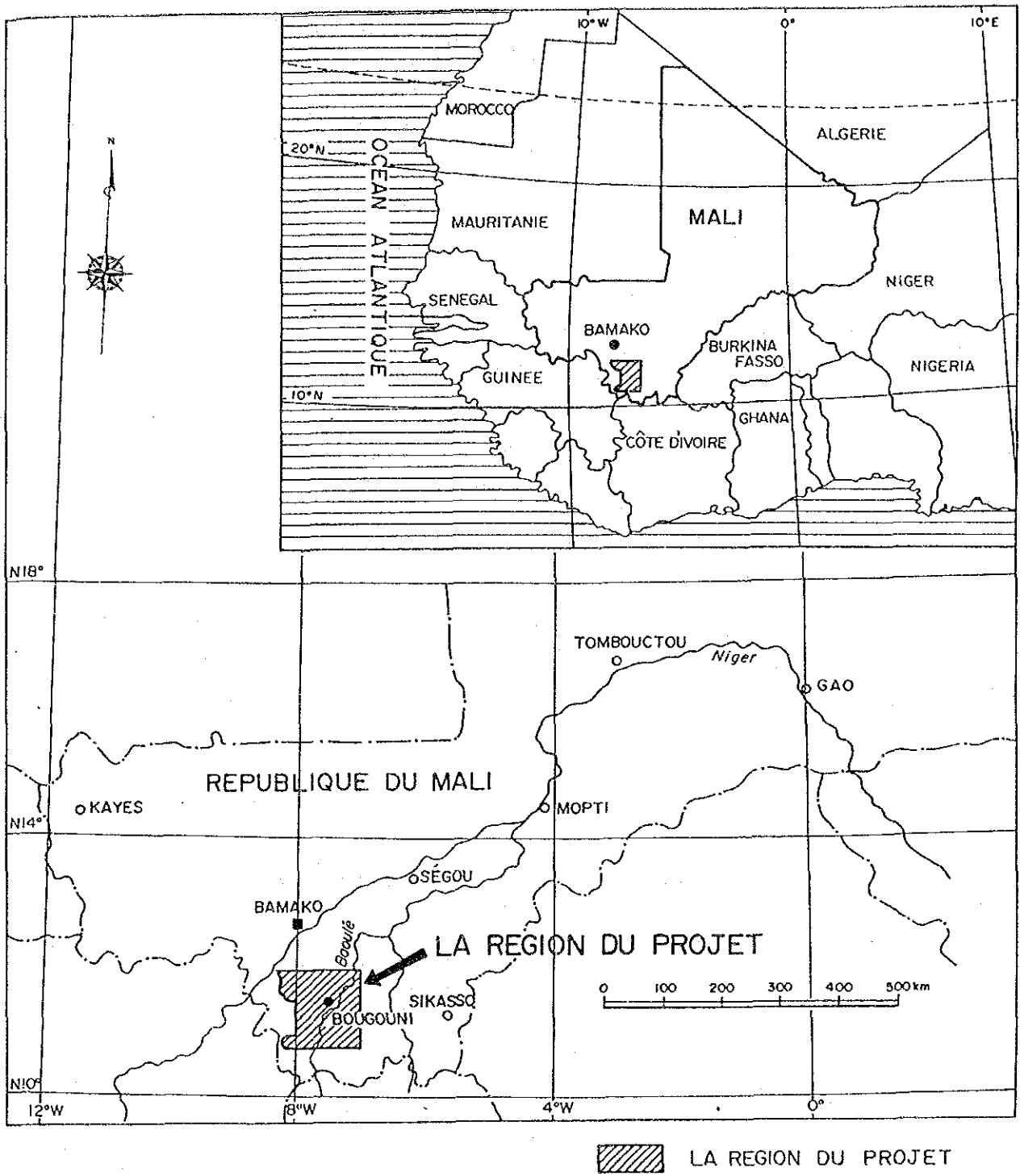


図1 ブグニ地域位置図



## 目 次

はしがき

要 約

ブグニ地域位置図

第1章 序 論	1
1.1 調査概要	1
1.1.1 調査地域及び調査目的	1
1.1.2 調査方法及び調査量	1
1.1.3 調査期間及び調査員	1
1.2 調査地域の概要	6
1.2.1 位置及び交通	6
1.2.2 地形及び水系	7
1.2.3 気候及び植生	7
1.3 調査地域の既存地質情報	9
1.3.1 既往調査の概要	9
1.3.2 調査地域の地質背景	10
1.3.3 マリ南西部の金鉱床	16
第2章 調査結果	23
2.1 衛星画像解析	23
2.1.1 使用データ、画像作成及び現地調査	23
2.1.2 解析及び調査結果	26
2.1.3 考 察	40
2.2 鉱徴地調査	42
2.2.1 調査方法	42
2.2.2 調査結果	42
2.3 土壌化学組成調査	55
2.3.1 目的と方法	55
2.3.2 土壌の分類	55
2.3.3 土壌の化学組成	58
2.3.4 考 察	61
2.4 地質調査・地化学探査	62
2.4.1 概査地区（ブグニ地域）	62
(1) 地質・構造	62
(2) 鉱 徴	83
(3) 地化学探査結果	91

2.4.2	精査地区	107
(1)	D-1, D-2, D-3 地区	107
(2)	Silobougou区域	111
第3章	結論及び提言	131
3.1	結 論	131
3.2	提 言	132

参考文献

巻末資料

調査フローシート

鉱床有望地区抽出フローチャート

別添図

調査結果総合解析図

図 表 一 覧

図 1	ブグニ地域位置図	
図 2	調査地区位置図	2
図 3	調査範囲図	6
図 4	マリ共和国気候及び植生区分図	8
図 5	調査地域内既往調査概略図	9
図 6	西アフリカ剛塊構造図	11
図 7	マリ共和国地質図	13
図 8	ブグニ地域周辺の地質概略図	12
図 9	マリ南西部の鉱床分布図	15
図10	Loulo 鉱床周辺の地質概略図	17
図11	Kalana 鉱床周辺の地質概略図	18
図12	Kalana 鉱床断面図	19
図13	Syama 鉱床周辺の地質概略図	20
図14	Syama 鉱床断面図	21
図15	画像位置図	23
図16	解析範囲図	24

図17	フォールスカラー画像	27
図18	主成分圧縮処理画像	29
図19	岩相区分図	35
図20	地質構造解析図	37
図21	ローズダイアグラム	39
図22	鉍微地位置図	43
図23	Foulaboula地区鉍化帯断面図	47
図24	リチウム鉍微地位置図	53
図25	ラトソルの層位と鉍物組成	57
図26	岩石と土壌の化学組成の比較	57
図27	土壌別SiO <sub>2</sub> と(A12O <sub>3</sub> +Fe2O <sub>3</sub> )の関係	59
図28	A12O <sub>3</sub> - TiO <sub>2</sub> 図	60
図29	L. I. - (TiO <sub>2</sub> /A12O <sub>3</sub> )図	60
図30	セレンゲ地区地質図及び地質断面図	63
図31	ドゥスディアナ地区地質図及び地質断面図	65
図32	ケレヤ地区地質図及び地質断面図	67
図33	ブゲニ地区地質図及び地質断面図	69
図34	ケコロ地区地質図及び地質断面図	71
図35	地質模式層序図	73
図36	D. I. - 酸化物図	79
図37	MFA図	79
図38	ACF図	79
図39	ノルムQ - An - (Or + Ab)図	81
図40	均質化温度のヒストグラム	89
図41	砂金鉍床の模式図	90
図42	地化学異常地区分布図	93
図43	分析方法	92
図44	概査地区累積頻度分布図及び累積頻度分布解析図	95
図45	ケコロ貫入岩の分布図(ケコロ地区北東部)	103
図46	Au地化学異常分布図(ケコロ地区北東部)	104
図47	地質・鉍微・Au地化学異常集成図(ケコロ地区北東部)	105
図48	D-1地区地化学探査解析結果図	108
図49	D-2地区地化学探査解析結果図	109
図50	Silobougou区域地質図及び断面図	113
図51	均質化温度のヒストグラム(Silobougou区域)	117
図52	Silobougou砂金採掘帯模式断面図	118
図53	累積頻度分布図及び累積頻度解析図(Silobougou区域)	121

図5 4	地化学探査解析結果図 (Silobougou区域)	125
図5 5	Yanfolila 溝地と金鉍徴	128
表 1	調査地区	1
表 2	調査内容及び室内試験	3
表 3	調査計画及び協定折衝団員名簿	4
表 4	現地調査団	5
表 5	バマコの月平均気温, 月平均湿度, 月降水量	8
表 6	画像データの諸元	23
表 7	主成分分析統計値一覧表	31
表 8	主成分評価一覧表	32
表 9	画像判読ユニット一覧表	33
表1 0	構造パターン要素一覧表	34
表1 1	各方位別リニアメント集計表	34
表1 2	リチウム鉍徴地の鉍量	54
表1 3	鉍石分析結果 (Sogola)	54
表1 4	相関マトリックス	60
表1 5	花崗岩類の区分一覧表	78
表1 6	花崗岩類の化学組成	78
表1 7	花崗岩類のRb-Sr 測定結果	81
表1 8	鉍徴地一覧表 (セレンゲ地区)	83
表1 9	鉍徴地一覧表 (ブグニ, ケコロ地区)	84
表2 0	分析検出限界値	91
表2 1	概査地区標準統計量	98
表2 2	概査地区しきい値及び地化学異常の区分	98
表2 3	概査地区相関マトリックス	99
表2 4	概査地区主成分分析結果	99
表2 5	概査地区地化学異常の分布	101
表2 6	標準統計量 (セレンゲ鉍徴地地区D-1)	107
表2 7	標準統計量 (セレンゲ鉍徴地地区D-2)	107
表2 8	鉍石分析結果 (Silobougou区域)	115
表2 9	標準統計量 (Silobougou区域)	120
表3 0	しきい値 (Silobougou区域)	123
表3 1	相関マトリックス (Silobougou区域)	123
表3 2	Silobougou鉍徴とSyama 鉍床及びKalana鉍床との比較	130

# 第1章 序 論





# 第1章 序 論

## 1.1 調査概要

### 1.1.1 調査地域及び調査目的

#### (1) 調査地域

本調査地域は、北緯10°54' -12°00'、西経7°00' -8°18'の間を占め、マリ共和国の南西部、首都バマコの南方に位置している(図1)。調査面積の合計は、14,000km<sup>2</sup>である。

#### (2) 調査目的

本調査は、ブグニ地域において衛星画像解析、地質調査、地化学探査及び鉱徴地調査を実施することによって、地質状況及び鉱床賦存状況を把握し、新鉱床を発見することを目的とすると同時に、調査全般を通じて相手国機関に技術移転を図ることを目的とする。

### 1.1.2 調査方法及び調査量

本調査では、衛星画像解析、地質調査、地化学探査(概査・精査)及び鉱徴地調査が実施された。各調査の対象地域位置を図2に、面積を表1に、また各年次の調査量を表2に示す。

調査フローシートと鉱床有望地区抽出フローチャートを巻末資料に示す。

### 1.1.3 調査期間及び調査員

各年次の調査期間を表2に示す。

年次ごとの調査計画及び協定折衝参加者を表3に、現地調査団員を表4に示す。

表1 調査地区

年次	調査	地区名	面積
第1年次		ブグニ地域	14,000 km <sup>2</sup>
第2年次	地化学概査	セレンゲ地区	2,500 km <sup>2</sup>
		ドゥスディアナ地区	
		ケレヤ地区	
地化学精査	セレンゲD-1地区	80 km <sup>2</sup>	
	セレンゲD-2地区		
	セレンゲD-3地区		
第3年次	地化学概査	ブグニ地区	2,000 km <sup>2</sup>
		ケコロ地区	
	地化学精査	Silobougou区域	4 km <sup>2</sup>

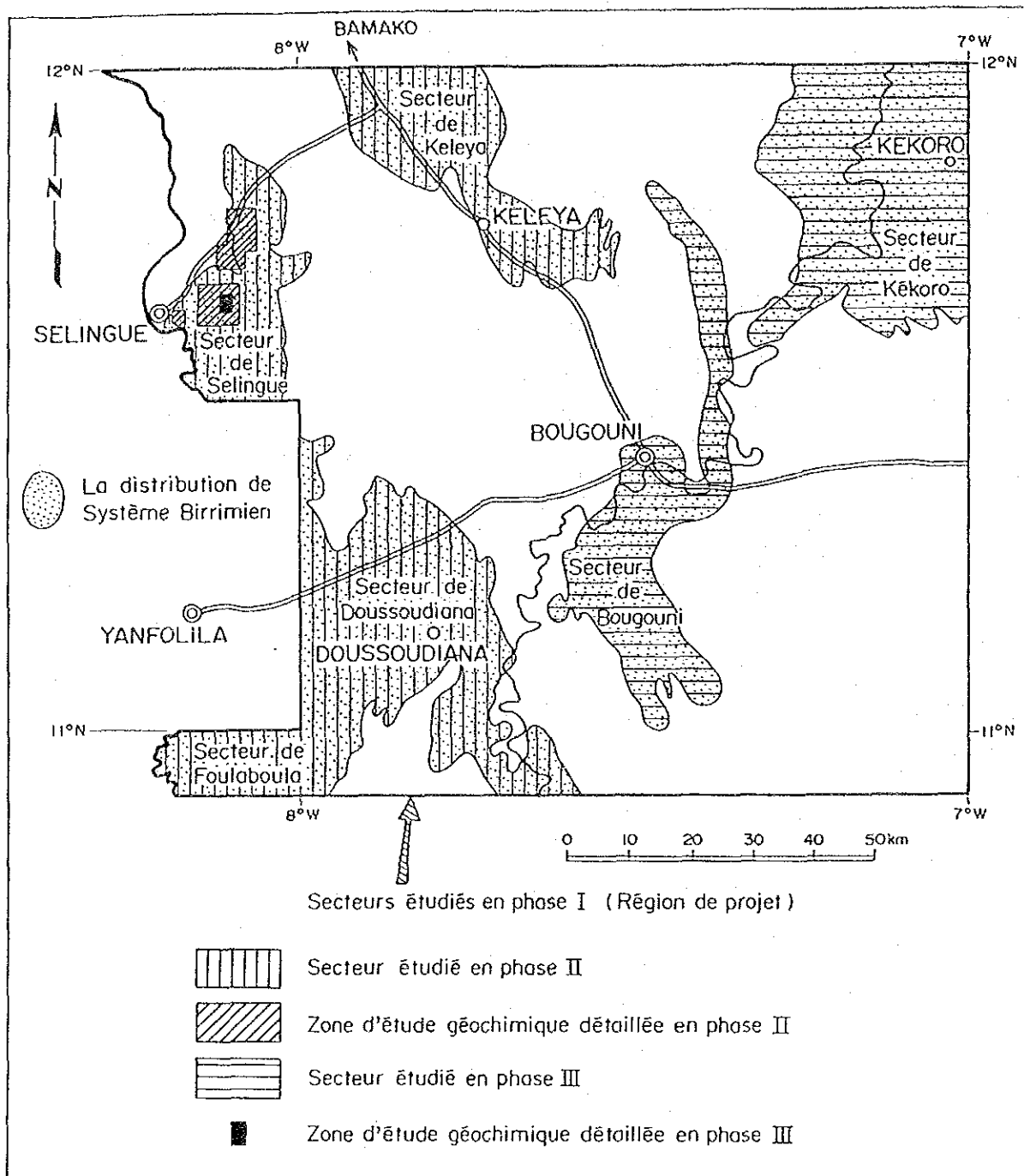


图2 調查地区位置图  
 Fig. 2 Localisation des secteurs d'étude

表2 調査内容及び室内試験

	第1年次(1991)	第2年次(1992)	第3年次(1993)
調査期間	1991年12月-1992年2月	1992年6月-1993年3月	1993年8月-1994年2月
衛星画像解析	14,000km <sup>2</sup>		
解析画像	縮尺 1/200,000		
地質・構造解読	縮尺 1/500,000		
ランドトゥース	地質踏査時に実施		
地質調査 踏査	14,000km <sup>2</sup> 縮尺1/50,000 踏査距離 500km (鉱微地調査22箇所を含む)		
鉱微地調査	22箇所 (Au:20箇所, Li:2箇所)		
地化学探査 ラテライト 化学組成調査	ラテライト 試料 1000件×11成分 (SiO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , CaO, FeO, MnO, MgO, Na <sub>2</sub> O, K <sub>2</sub> O, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , LOI)		
概査	土壌試料 1,000件×7成分 (Au, Ag, Cu, Pb, Zn, As, Sb)	3地区(Selingue, Keleya, Doussoudiana) 面積 2,500km <sup>2</sup> 土壌試料 10,000件×7成分 (Au, Ag, Cu, Pb, Zn, As, Sb) 採取グリッド 1km(NS)×250m(EW)	2地区(Bougouni, Kekoro) 面積 2,000km <sup>2</sup> 土壌試料 8,000件×7成分 (Au, Ag, Cu, Pb, Zn, As, Sb) 採取グリッド 1km(NS)×250m(EW)
精査		3地区(Selingue地区内 のD-1, D-2, D-3地区) 面積 80 km <sup>2</sup> 土壌試料 1,600件×7成分 (Au, Ag, Cu, Pb, Zn, As, Sb) 採取グリッド500m(NS)×100m(EW)	Silobougou区域 (D-2地区内) 面積 4km <sup>2</sup> 土壌試料 460件×7成分 (Au, Ag, Cu, Pb, Zn, As, Sb) 採取グリッド 100m(NS)×100m(EW)
室内試験			
岩石薄片	30	30	20
鉱石薄片	10	20	10
全岩分析	10(12成分)	-	-
鉱石分析	56(Au, Ag), 1(Au, Ag, B), 3(Li)	50(Au, Ag)	30(Au, Ag)
液体包有物試験		5	5
X線回折試験	10	20	10
絶対年代測定	5(Rb-Sr法)	-	-

表3 調査計画及び協定折衝団員名簿

年 度	日 本 側	マリ共和国側		
平成3年度	増田信行 (金属鉱業事業団)	Mory	KANE	(DNGM)
	増尾 学 (外務省経済協力局)	Hilarion	TRAORE	(DNGM)
	池田真二 (通商産業省)	Namakan	KEITA	(DNGM)
	前島正道 (国際協力事業団)	Hamadoun	BA	(DNGM)
	高本宏介 (金属鉱業事業団)	Djibourula	TOGOLA	(DNGM)
		Ibrahim	SISSOKO	(DNGM)
		Diome	DIOMBANA	(DNGM)
		Mohamed	KEITA	(DNGM)
	SAMAKE Kadiatou	SIDIBE	(MAECI)	
平成4年度	鈴木哲夫 (金属鉱業事業団)	Monobem	OGOGNANGALY	(DNGM)
	神田慶太 (金属鉱業事業団)	Hilarion	TRAORE	(DNGM)
		Hamadoun	BA	(DNGM)
平成5年度	高橋健一 (金属鉱業事業団)	Monobem	OGOGNANGALY	(DNGM)
		Ibrahim	SISSOKO	(DNGM)
		Hamadoun	BA	(DNGM)

DNGM : Direction Nationale de la Geologie et des Mines

MAECI : Ministere des Affaires Etrangeres et de la Cooperation Internationale

表4 現地調査団

年 度	日 本 側	マリ共和国側
平成 3年度	武山 真 (団長) 鐵コンサルtant(株)	Hamadoun BA (団長) DNGM
	名取 二郎 同	Ibrahim SISSOKO 同
	鈴木 英雄 同	Diome DIOMBANA 同
	高野 肇 同	Emmanuel THERA 同
	尾尻 敏彦 同	Zoumana DEMBELE 同
	伊藤 順一 同	Tahirou FAROTA 同
平成 4年度	武山 真 (団長) 鐵コンサルtant(株)	Hamadoun BA (団長) DNGM
	鈴木 英雄 同	Ibrahim SISSOKO 同
	長尾 尚顕 同	Diome DIOMBANA 同
	高野 肇 同	Emmanuel THERA 同
平成 5年度	滝川 昭 (団長) 鐵コンサルtant(株)	Hamadoun BA (団長) DNGM
	小沼 工 同	Ibrahim SISSOKO 同
	高野 肇 同	Soukalo KONE 同
	福田 英一 同	Emmanuel THERA 同
		Siraman DIAKITE 同
		Tahirou FAROTA 同
	Hamidou GUINDO 同	

DNGM : Direction Nationale de la Geologie et des Mines

## 1.2 調査地域の概要

### 1.2.1 位置及び交通

本調査地域は、北緯10°54' -12°00', 西経7°00' -8°18'の間を占め、マリ共和国の南西部、首都バマコの南方に位置している。

バマコからは、調査地域の中央に位置するブグニを経由して東方のSikasso及び西方のYanfolilaへ向かう幹線道路が通じている。バマコからブグニまでは舗装された道路を利用することができ、車で約2時間(距離約160km)で到達できる(図3)。

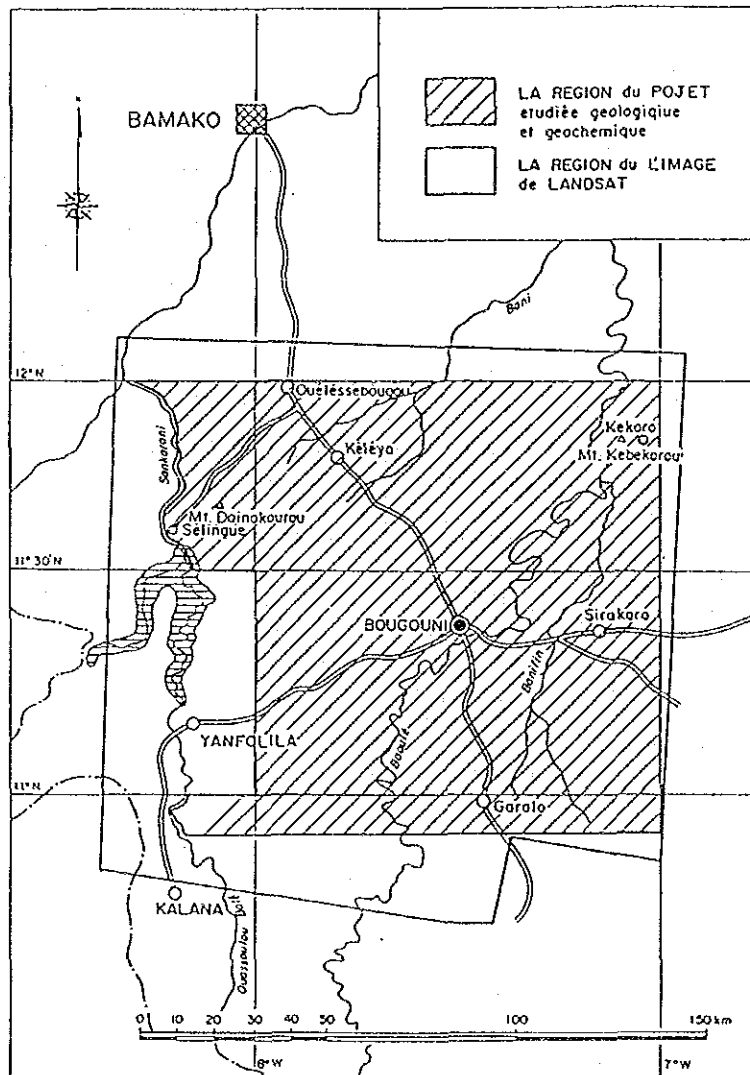


図3 調査範囲図

### 1.2.2 地形及び水系

本調査地域の大部分は、標高350-390mの準平原であり、北東部には標高500m以上の山地、北西部には標高400-480mの山地が含まれる。

ここに山地とした地形は、地域北東部のMt. Kebekorouを中心とする、主に粗粒玄武岩からなる地区及び地域西部のMt. Dainokourouを中心とする、Birrimien 累層群からなる地区を指す。どちらの地区でも環状構造が認められる。

本調査地域を刻む主な水系を見ると、蛇行しながら北又は北北東に向かって流下するものが多い。主要な河川として、Baoule川及びその支流のBanifin 川とSankarani 川がある。これらの河川沿いには平坦な氾濫原が広がっている。

Baoule川は、Birrimien 累層群の分布域を縦貫して、本調査地南方から北に向かって流下し、ブグニ付近で湾曲しながら北東に流路を変える。Sankarani 川は、本調査地北西端を花崗岩とBirrimien 累層群の境界付近に沿って、地質構造の規制を受けながら北に向かって流下する。

### 1.2.3 気候及び植生

マリ共和国の気候は、大きく乾期と雨期の二つに分けられる。乾期は12月頃から5月までの期間で、3月までは比較的涼しい。雨期は6月から10月頃までの期間で、湿度が高く、降雨量が多い。しかし、マリ共和国の気候は緯度によって、その温度、降雨量がかなり異なっている。

すなわち、マリ共和国の北部地域は、砂漠地帯であるためサハラ性気候で、降雨量も極めて少なく、年間100mmを越えない。

マリ共和国の中央部は、ステップ気候で雨期には年間700mmの降雨を伴う。昼夜の温度差は4月から6月の期間及び乾いた風が吹く12月ではかなり大きい。

一方、調査地域を含むマリ共和国の南部は、サバンナ気候で大陸的である。温度及び湿度は地域及び昼夜によって大きく異なっている。乾期は11月から5月までの期間であるが、11月から2月までの冷乾期と3月から5月までの暑乾期とに分けられる。冷乾期は乾燥していて涼しい時期で、温度は日中で36°C、夜で6-10°Cである。暑乾期は乾燥していて暑い時期で、日中の温度は更に上がり35-45°Cとなる。雨期は6月から10月にかけてである。最近10年間の年間降雨量は800-1,000 mmで、それ以前の年間降雨量である1,200-1,500 mmに比べて少なくなっている。表5に首都バマコの月平均気温、月平均湿度、月降水量を示す。

本調査地域を含むマリ共和国南西部のサバンナ地帯は、植生の上では3帯に区分されることが多い。本調査地域は、このうちのスーダン帯に属し、疎林ではあるが、きわたの木、マンゴーの木、バオバブの木などの高木林が地表を覆っている。高木林のあいだには、草木や背の高い草が入り混じっている。これらの草木は、乾期には落葉したり枯れたりし、雨期の前後から一斉に芽吹く。図4に、マリ共和国の気候及び植生区分を示す。

表5 バマコの月平均気温、月平均湿度、月降水量

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
月平均気温(℃)	24.8	27.7	30.3	31.5	31.3	29.0	26.6	25.8	26.3	27.4	26.4	24.5
月平均湿度(%)	28	23	23	35	52	67	77	83	80	68	50	36
月降水量(mm)	0.5	0.5	3.0	15.6	61.6	145.1	244.2	326.1	215.3	65.7	7.5	1.4

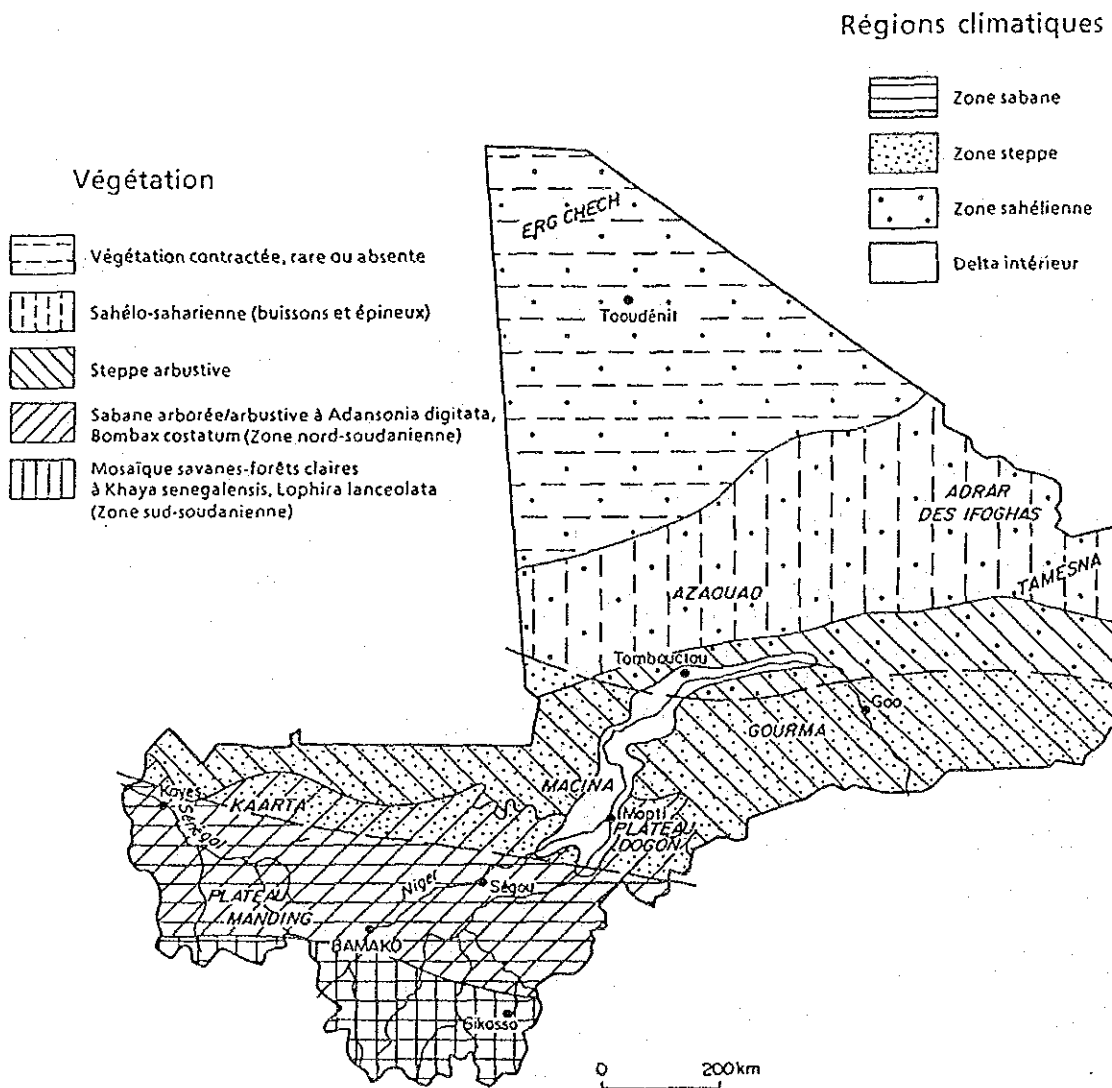


図4 マリ共和国気候及び植生区分図



### 1.3 調査地域の既存地質情報

#### 1.3.1 既往調査の概要

本調査地域内には、現在操業中の鉱山は存在しないが、本地域の南端部及び北東部では、図5に示すように、これまでにかんがりの探鉱活動が行われている。

本地域における現在までの探査の歴史は、概略以下のとおりである。

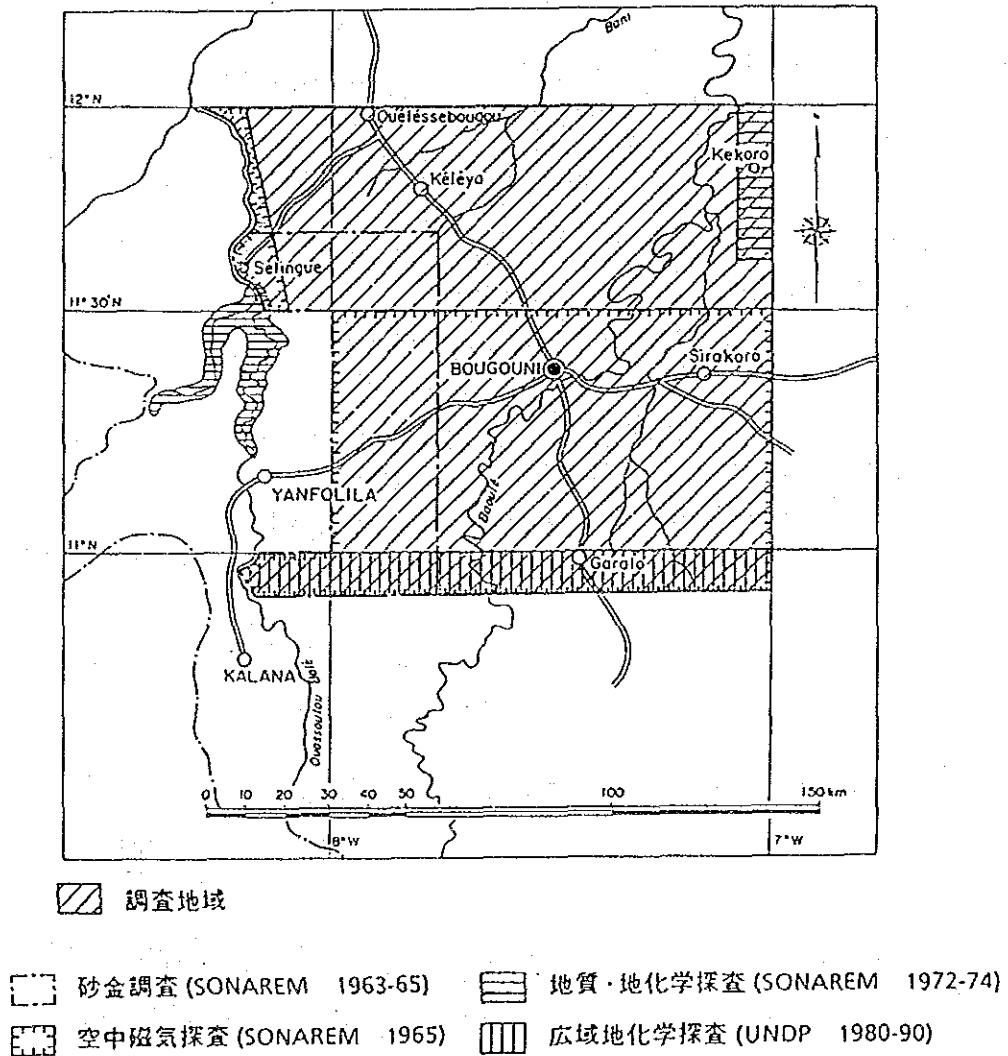


図5 調査地域内既往調査概略図

- 1949 - 50年 SpindlerがBougouni地域西方で地質調査を実施。
- 1950 - 51年 SpindlerがBougouni地域東方で地質調査を実施。
- 1963 - 65年 SONAREM (Societe Nationale de Recherches et d'Exploitation miniere) がBougouni地域南西方で、沖積堆積物を対象とした砂金調査を実施。
- 1964 - 65年 SONAREM がBougouni地域でペグマタイト中のリシア輝石を対象としたボーリング調査を実施。
- 1965年 SONAREM がBougouni-Sikasso地域で空中磁気探査を実施。
- 1970 - 72年 SONAREM がBougouni地域でペグマタイト中のリシア輝石を対象としたボーリング調査を実施。
- 1972 - 74年 BRGM (Bureau de Recherches Geologiques et Minieres) がBougouni-Sikasso地域 (調査面積30,000km<sup>2</sup>) でCu, Ni, Pb, Zn, Sn, Li, Nb, Taを主目的とした広域地質調査 (一部地化学探査) を実施。
- 1980 - 90年 UNDP (United Nations Development Program) がマリ共和国南部で (調査面積25,000km<sup>2</sup>) で金探鉱を主目的とした広域地化学探査を実施。

### 1.3.2 調査地域の地質背景

#### (1) 西アフリカの地質的背景

西アフリカは、西アフリカ剛塊を中心とし、大西洋側の西アフリカ褶曲帯及び内陸側の汎アフリカ造山帯によって特徴づけられる (図6)。

西アフリカにおける主要な変動は、先カンブリア時代の4回の造山運動である。すなわち、リンポボーリベリア造山 (27±2億年前)、エブルニア造山 (20±2億年前)、キバラ造山 (11±2億年前) 及び汎アフリカ造山 (6±2億年前) である。これらの変動を終了して古生代に入ると、西アフリカは広く安定化され、その後現在まで大地の緩慢な隆起・沈降の変動はあっても、激しい造山運動を受けていない。

西アフリカ剛塊は、先カンブリア時代に起った4回の造山運動のうち、末期の汎アフリカ造山の影響をほとんど受けなかった地帯で、先カンブリア時代の基盤岩類と先カンブリア時代後期以降の卓状地堆積物で構成される。

西アフリカ褶曲帯は、前～中期古生代の卓状地堆積物からなり、パリスカン造山に相当する古生代後期の造山帯である。褶曲帯は東側の変形を主とした地帯と、西側の変形・変成作用や火成岩の貫入を受けた地帯に分けられる。

汎アフリカ造山帯は、先カンブリア時代末期の汎アフリカ造山の変動を受けた地帯で、先カンブリア時代の基盤岩類と古生代以降の卓状地堆積物で構成される。

このように、西アフリカの地質は、西アフリカ剛塊を中心とする剛塊の形成と成長、剛塊の縁での地向斜の発達と造山運動 (汎アフリカ造山)、安定な剛塊地域での卓状地堆積物の堆積などで特徴づけられる。なお、先カンブリア拮状地には、古生代以後少なくとも3回の性質を異にする火成活動がみられる。

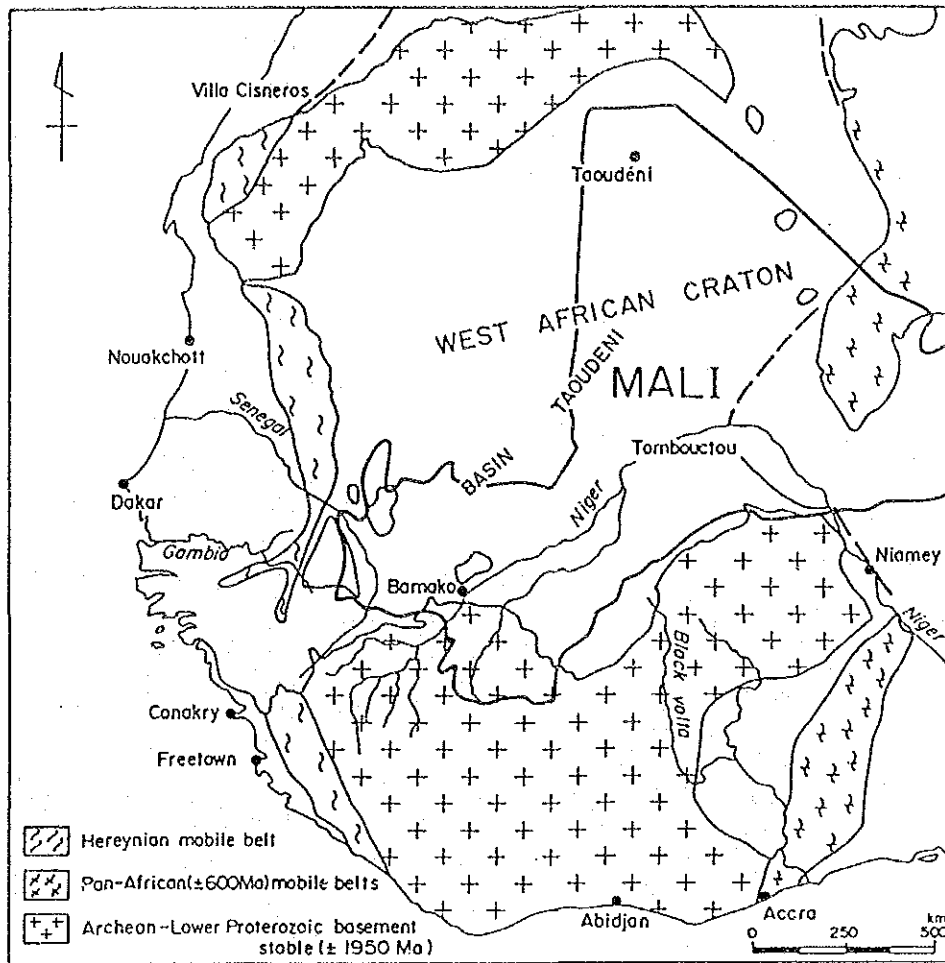


図6 西アフリカ剛塊構造図

(2) マリ共和国の地質概要

マリ共和国は、東側の一部を除き、大半が西アフリカ剛塊に属している。この西アフリカ剛塊では、先カンブリア時代後期以後、その中心部がゆるく沈降し、いわゆるTaoudeni盆地が形成された。そこで、沈降以前の古い基盤は、南と北の2つの地域に分かれた分布を示す(図6)。

本調査地域は、マリ共和国の南西部に位置し、西アフリカ剛塊の南側の基盤岩地域に属している。西アフリカ剛塊南側の基盤岩は、花崗岩、片麻岩及び混成岩からなる花崗岩類とBirrimien累層群で構成され、前者はアンチフォームを形成し広大な分布を示す。Birrimien累層群は、いわゆる緑色岩帯を構成する地層で、火山岩を主体とする下部層と堆積岩を主体とする上部層に区分される(図7)。

(3) 調査地域周辺の一般地質

本調査地域及びその周辺は、西アフリカ剛塊南側の基盤岩地帯に属し、花崗岩類とBirrimien累層群が分布する。花崗岩類は、アンチフォームをなして広く分布し、東から西へ、Kadiolo岩体、Kolondieba - Madinani岩体及びSankarani岩体に分けられる。一方、Birrimien累層群は、花崗岩類中に幅数10kmで北北東-南南西方向に数100kmにわたって延長する複数のシンフォームを形成している(図8)。

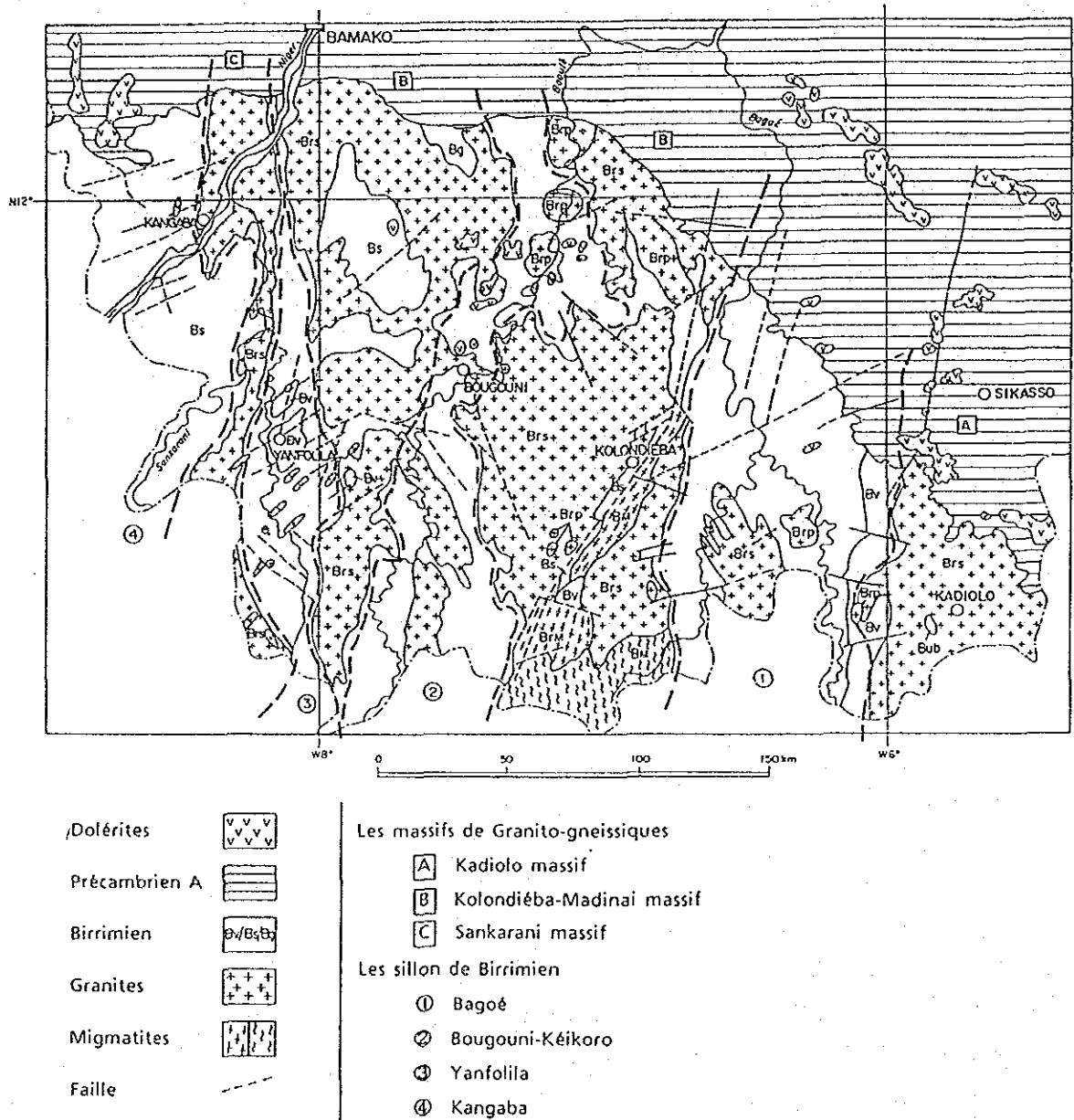


図8 ブグニ地域周辺の地質概略図





複数のシンフォームを形成して分布するBirrimien 累層群は、東から西へBagoé 帯, Bougouni-Kekoro 帯, Yanfolila 帯及び Kangaba帯に分けられる。Bagoé 帯は、複向斜構造を示しBagoé 川沿いに分布する。その中心部は陸成堆積物（片岩, グレーワッケ）で占められるが、周縁部は変火山岩類（安山岩, 玄武岩, 石英安山岩, 凝灰岩類）からなり、まれに礫岩及びグレーワッケが分布することがある。Bougouni-Kekoro 帯は、黒雲母に富んだホルンフェルスで特徴づけられ変火山岩（特に安山岩）を伴うことがある。Yanfolila 帯は、フレッシュ型の堆積岩（片岩, グレーワッケ）で特徴づけられるが、火山岩及び珪岩を含む。Kangaba 帯は、そのほとんどがギニアに分布するのでよく知られていないが、その岩相はYanfolila 帯に類似しているものと思われる。

本調査地域を含むマリ共和国南部には、多くの鉱徴が知られている。その主なものはBirrimien累層群分布地帯の金と鉛、ペグマタイトに関係するリチウム、錫、タンゲステン、ニオブ、タantal、超塩基性岩に関係するニッケル、銅、白金、花崗岩に関係するウランなどである。

特に、Birrimien 累層群分布域では、地域住民による金の採掘が数世紀前から行われている。

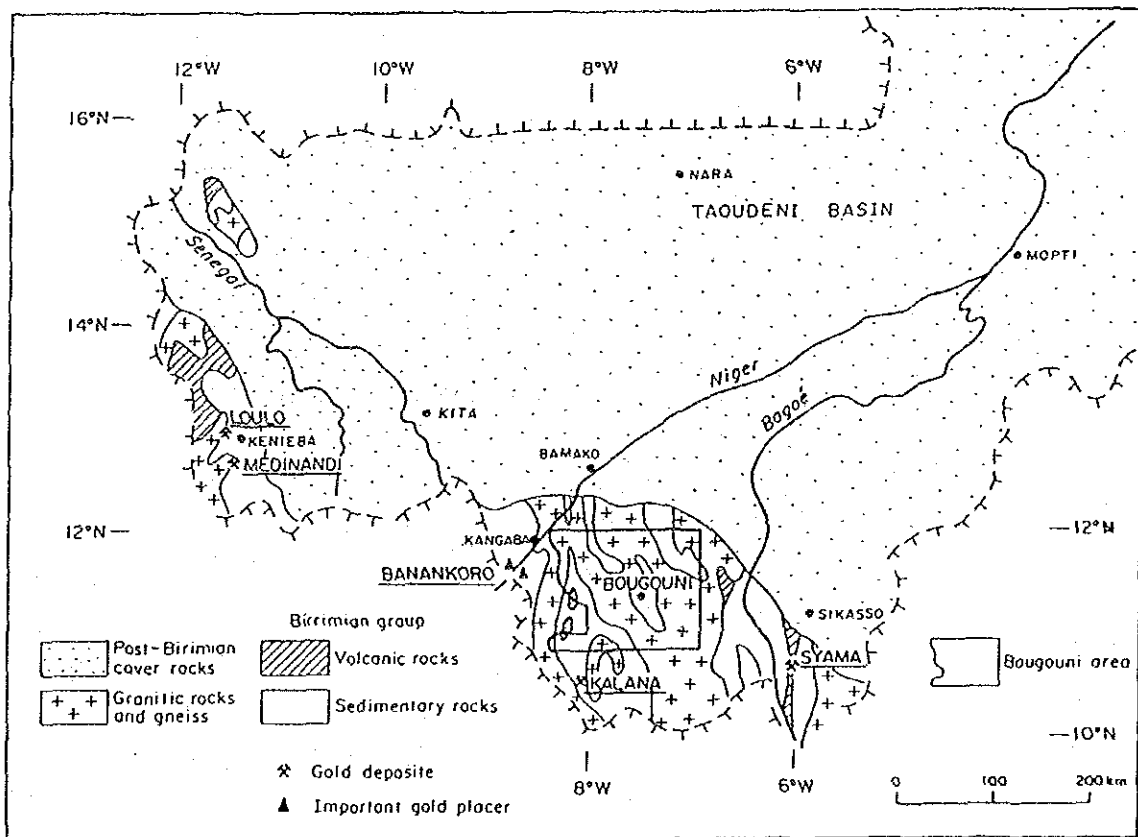


図9 マリ南西部の鉱床分布図

### 1.3.3 マリ南西部の金鉱床

マリ南西部の金鉱床の分布を図9に示す。鉱床は原生代前期の基盤の一部をなすBirrimien 累層群内に胚胎する。主要な鉱化地域は、①バマコ西方約400kmのKenieba地域、②同南西方約100kmのKangaba地域、③同南方約200kmのKalana地域、④同南東方約300kmのSyama地域である。

#### (1) Kenieba 地域

Kenieba 地域には、Loulo 鉱床とMedinandi 鉱床が知られている(図10)。

Loulo 鉱床 鉱床はKeniebaの北西30kmに位置している。BRGM\*は1978年にマリの鉱物資源調査を目的としてBRGM65%、マリ政府35%の出資によるシンジケートを結成し、マリ南西部で15,000km<sup>2</sup>の探鉱権を得て、1979年から探査活動を開始した。

1979-1980年に、地質調査によりLoulo 鉱床を発見し、1983-1984年には詳細な探鉱ボーリングが行われた。その結果、Loulo 鉱床は2つの鉱体からなり、Loulo 0 鉱体680万トン(平均品位Au4.13g/t)、Loulo 3 鉱体91.5万トン(平均品位Au4.20g/t)の鉱量が確認された。その後、1984-1986年に、フィジビリティ・スタディが行われた。

鉱床周辺には原生代前期のBirrimien 累層群が広く分布する。Birrimien 累層群は、下位から絹雲母質砂岩、含電気石砂岩、変成グレイワッケから構成され、金の鉱化は、やや変成した微晶質～隠微晶質の電気石に富む砂岩中に鉱染状又は細脈状に見られる。この砂岩は、厚さ10-22m、走向延長約700mで、微細に鉱染した金と黄鉄鉱を含み、石英-炭酸塩鉱物-曹長石-黄鉄鉱細脈に切られている。Kenieba 地域に分布するBirrimien 累層群には、こうした砂岩層が幾つか知られており、それらの厚さは20-30mで、既知延長は数100mから数kmに及んでいる。

主鉱体は、厚さ8-22m(平均10.8m)、延長800mで、傾斜は一般に30-80°を示す。金は、エレクトラムとして黄鉄鉱や石英-炭酸塩鉱物細脈に伴って産し、Au:Ag比は1:0.2である。硫化鉱物としては黄鉄鉱が最も多く、少量の黄銅鉱、磁硫鉄鉱を伴う。

Medinandi 鉱床 鉱床はセネガルとの国境近く、Keniebaの南西34kmに位置している。鉱床周辺では小規模な砂金採掘が続けられていたが、1960年にSONAREM\*が探査活動を行い、品位Au11.14g/t、金量4トンを確認した。

鉱床の母岩は、Birrimien 累層群の片岩、変成グレイワッケ、安山岩などである。鉱化作用は、Birrimien 累層群中の破碎帯に認められ、不規則脈状又は鉱染状である。鉱化帯は、幅0.4-2.0mで、走向延長4-6kmである。金は石英細脈や硫化鉱物に伴って産する。硫化鉱物としては黄鉄鉱が最も多く、少量の磁硫鉄鉱、黄銅鉱、方鉛鉱、閃亜鉛鉱を伴う。

#### (2) Kangaba 地域

Kangaba 西方のニジュール川沿いには、数多くの砂金鉱床が分布している。この地域の金は、原住民により数世紀前から砂金として採掘されている。

\* BRGM: Bureau de Recherches Géologiques et Minières (France)

\* SONAREM: Societe Nationale de Recherches et d'Exploitation Miniere (Mali)



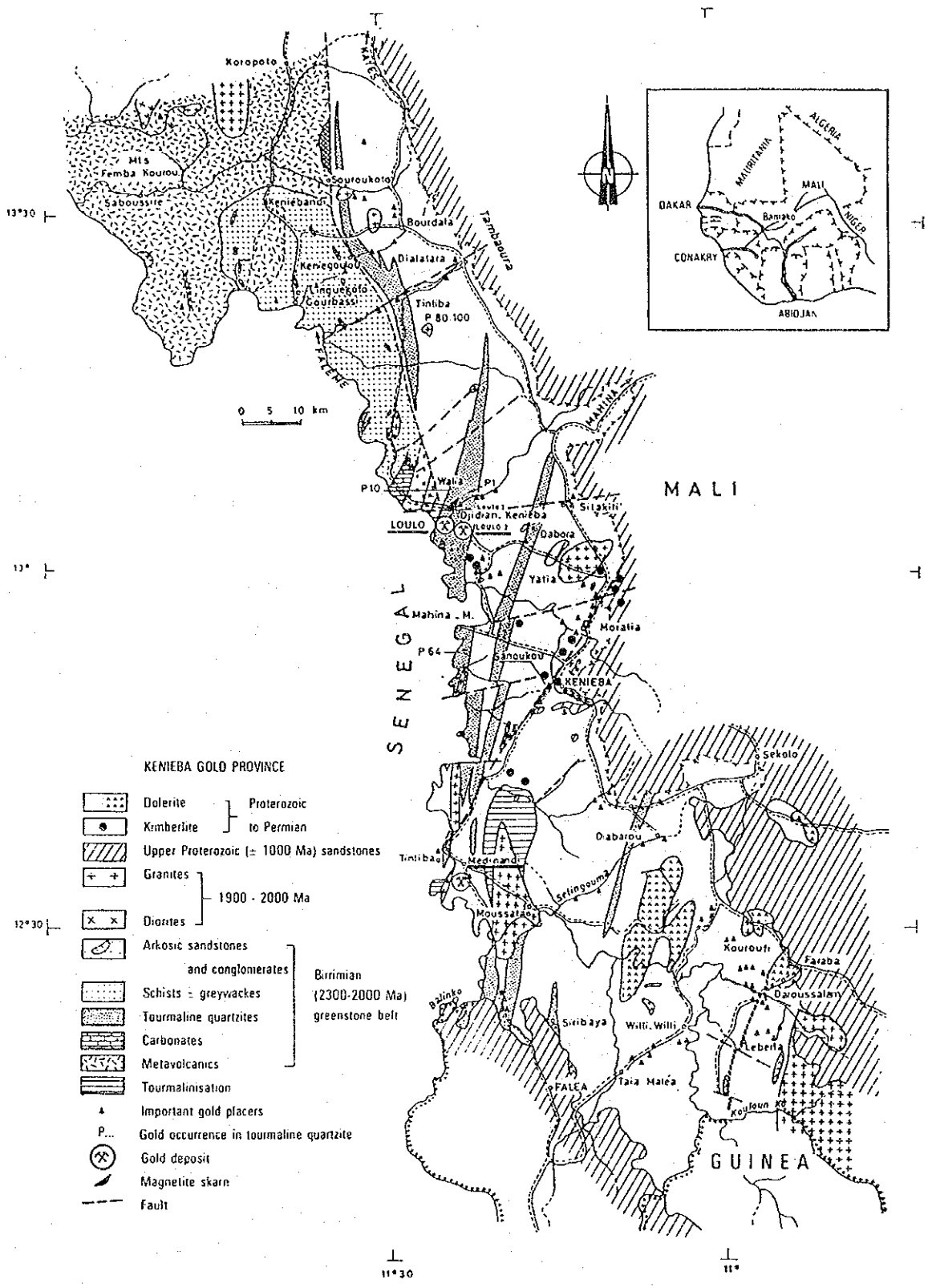


図10 Loulo 鉱床周辺の地質概略図 (UNDP-DNGM, 1987)

1960年代、SONAREMはこの砂金鉱床を採鉱対象として、その評価を行った。その結果、3箇所それぞれ334kg、147kg、100kgの砂金量を算出したが、これ以上の砂金量はあまり期待できないと結論した。

砂金地帯はNiger川を挟んで、NW-SE方向に約15km延長している。現在、Niger川南部の砂金地帯で、トレンチとピットによる採鉱が前記シンジケートによって行われている。

そのほか、本地域ではBirrimien累層群の片岩中の剪断帯に関連する鉱化が知られており、品位は3.6g/t Au以下（平均1g/t Au）である。

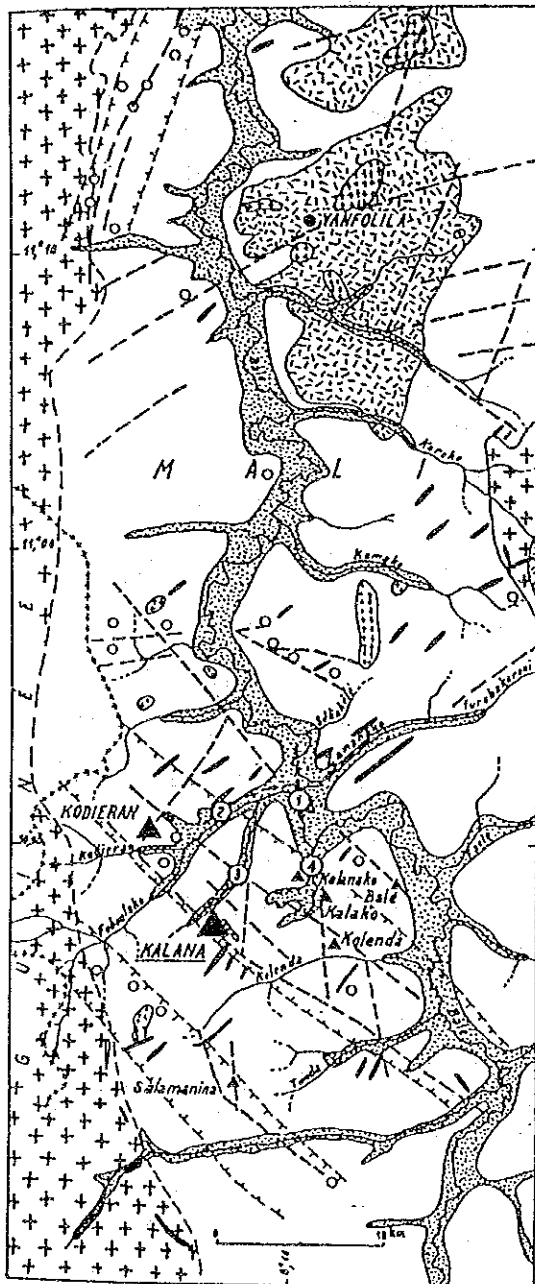
### (3) Kalana地域

Kalana地域には、Kalana鉱床が知られている。

Kalana鉱床 鉱床は、ブグニの南西100kmに位置し、1966年にSONAREMによって発見された。

鉱床は、Kalana 1とKalana 2の2つの鉱体からなり、Kalana 1が採掘対象となっている。Kalana 1の現埋蔵量は、金量30.2トン（品位28g/t）である。Kalana 2は、Kalana 1の南東側に位置し、その全貌は明かになっていないが、埋蔵量は金量10-20トンと推定されている。

鉱床周辺には原生代前期のBirrimien累層群と花崗岩類及びそれらを通る二畳紀～ジュラ紀の粗粒玄武岩が分布する。Birrimien累層群は片岩、グレイワックなどからなり、片理、層理共に走向 NNW-SSE、傾斜70-90° E



- |  |   |     |             |
|--|---|-----|-------------|
|  | Série birrimienne (schistes et gneisses). |     | Placers :   |
|  | Série birrimienne (volcanique).           | 1 : | Bolé,       |
|  | Granites syntectoniques (type Baouli).    | 2 : | Faboulako,  |
|  | Granites postectoniques (type Bondoukou). | 3 : | Kaleneko,   |
|  | Dolérites.                                | 4 : | Kofakotara. |
|  | Alluvions.                                |     |             |
|  | Failles.                                  |     |             |
|  | Zone minéralisée.                         |     |             |
|  | ▲ Gisements et indices d'or en place.     |     |             |

図11 Kalana鉱床周辺の地質概略図 (J. P. Bassotほか, 1980)

で、緑色片岩相の弱い変成作用を受けている。花崗岩類は、希に角閃石を含む両雲母花崗岩と閃緑岩からなり、Birrimien累層群中に貫入している。両雲母花崗岩はバソリス状にへい入し、年代は20億年頃と推定されている。閃緑岩は、ストック状に貫入し、年代は18.6億年を示し、鉱床に関係するものと考えられている。鉱床は、バソリス状花崗岩体の周縁部に位置している。

Kalana鉱床の金鉱化作用は、Birrimien累層群と閃緑岩の双方に発達する石英脈に伴われる。鉱床内には多数の割れ目が発達するが、鉱化割れ目は、NNW-SSE~NNE-SSW系東緩傾斜脈、ENE-WSW系急傾斜脈及びNW-SE系急傾斜脈の3種類に分けられる。最大のものは東緩傾斜脈で、脈幅0.5-5.0mで4鉱脈が認められる。金の含有量は母岩の性質に左右され、片岩では特に高く、グレイワッケ、閃緑岩では低い。金は、エレクトラムとして石英細脈や硫砒鉄鉱、黄鉄鉱、黄銅鉱などに伴って産する。最も多い硫化物は硫砒鉄鉱である。エレクトラムは、最大径3-4mm、平均径0.1-0.25mmで、Au:Ag比は7.69である。

M. T. Dicko (1977) によれば、鉱化変質作用は、次の3期に分けられる。

第1期：石英±灰重石

第2期：石英±炭酸塩鉱物+硫砒鉄鉱+黄鉄鉱+金

第3期：石英+炭酸塩鉱物+閃亜鉛鉱+方鉛鉱+黄鉄鉱±黄銅鉱+金

鉱化作用に伴う石英脈の流体包有物は、340-420°Cの均質化温度を示している。

また、Kalana鉱床の周囲には、Kodieran, Kalanako, Bale, Kalako, Kolendaなどの鉱徴地や、Bale, Faboulako, Kalanako, Kalakofaraなどの砂金鉱床が多数発見されており、これらを含めると今後採掘可能な金量の合計は100トンを越すといわれている。

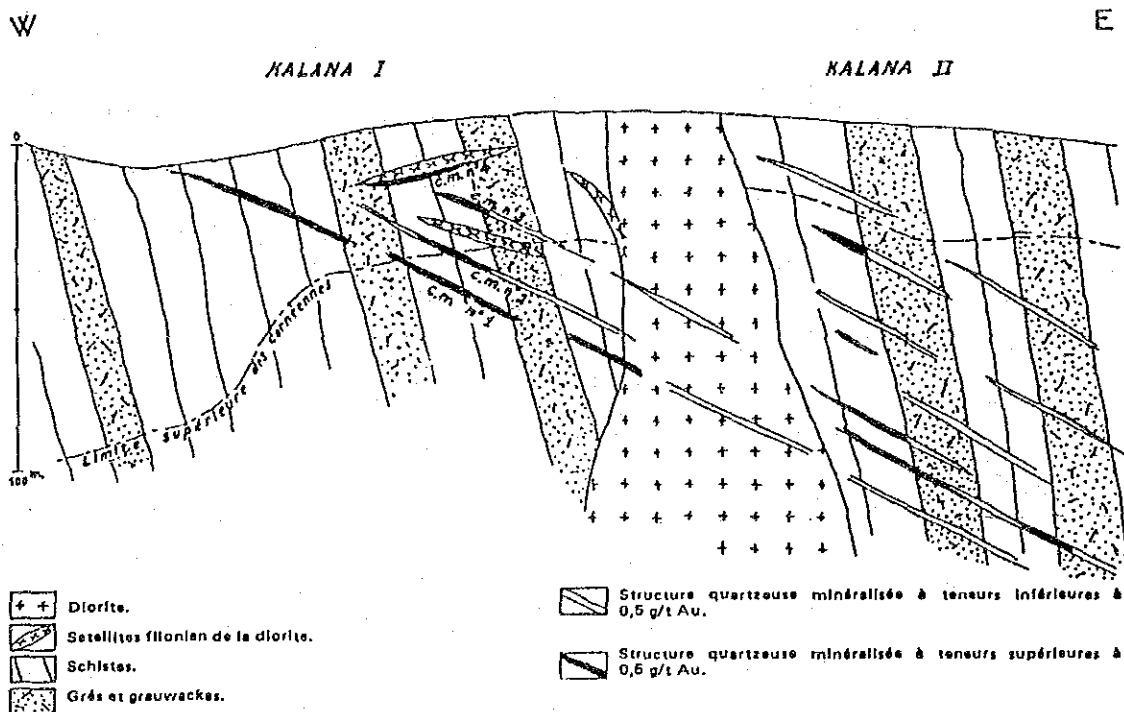


図12 Kalana鉱床断面図 (J. P. Bassotほか, 1980)

#### (4) Syama地域

Syama地域にはSyama鉱床が知られている。

**Syama鉱床** 鉱床はブグニの南東150kmに位置する。鉱床周辺では、13-16世紀頃にマリ人が金の採掘を行っていたことが知られている。

Syama鉱床周辺の鉱床探査は、SONAREMによるものが最初であった。SONAREMは空中磁気探査とその後ボーリング調査(1965年)で石英脈を発見したが、その詳細は明らかでない。

その後、一時調査の中断があったが、1980年からUNDPとDNGMによる土地化学探査(概査1,000m×400mグリッド、精査400m×100mグリッド)が行われ、Au異常が識別された。引続く探査ステージでは、ピット(100m×40mグリッド)とトレンチによる探査が行われ、地表から3-15mの深部に砂金鉱床が発達していることを認め、この直下で、推定鉱量150万トン、平均品位1.67g/t Auを得た。

1985年になって、BHP UTHA社は、UNDPとDNGMによる土地化学探査結果の再評価を行い、Syama周辺が最も有望であると見做し、1987年にマリ政府と探鉱契約を結び、集中的な探査活動を開始した。

その結果、ボーリングによって初生鉱体を発見し、開発時点では、鉱量2,250万トン、品位3.9g/t Au、金量88.5トンの大規模な金鉱床の存在が推定された。

1990年には、露天採掘による生産が開始され、Syama鉱床はマリの大金山として脚光を浴びることになったのである。

Syama鉱床周辺には、Birrimien累層群と花崗岩が分布する。鉱床の母岩は、Birrimien累層群の玄武岩、安山岩、チャートなどである。金鉱化は、

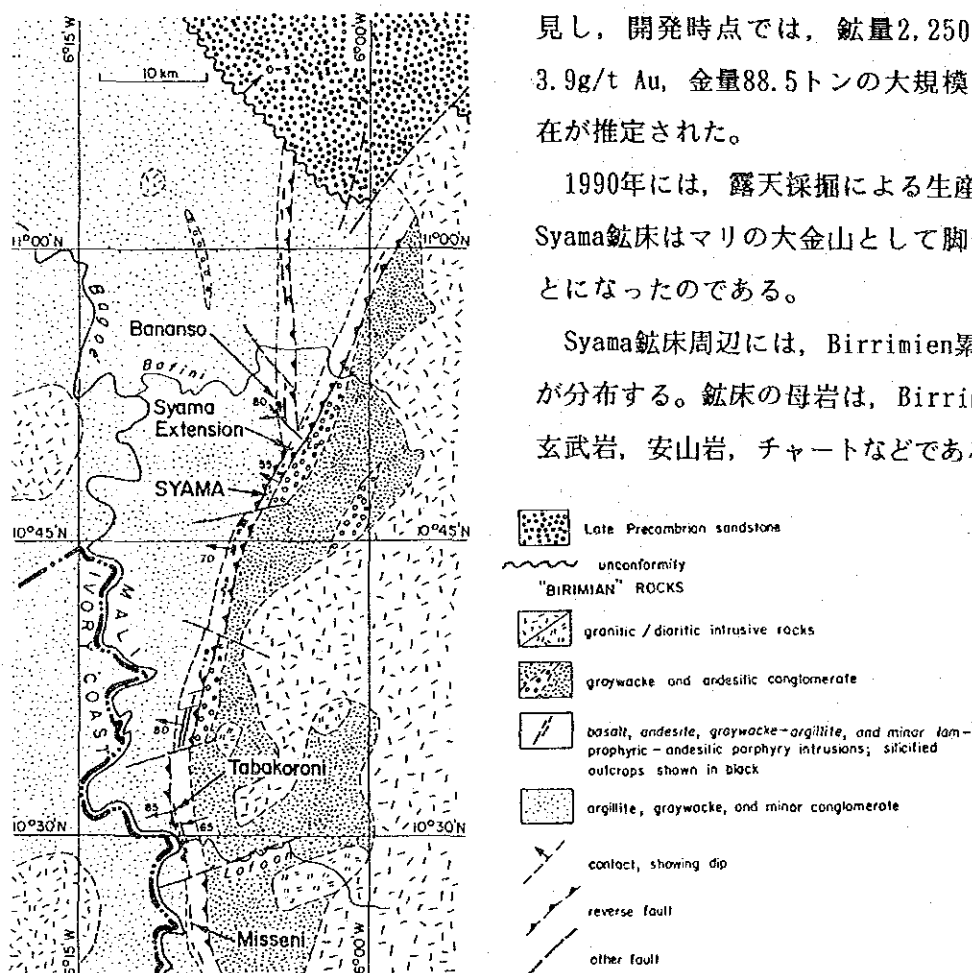


図13 Syama 鉱床周辺の地質概略図 (Steven F. Olson ほか, 1992)

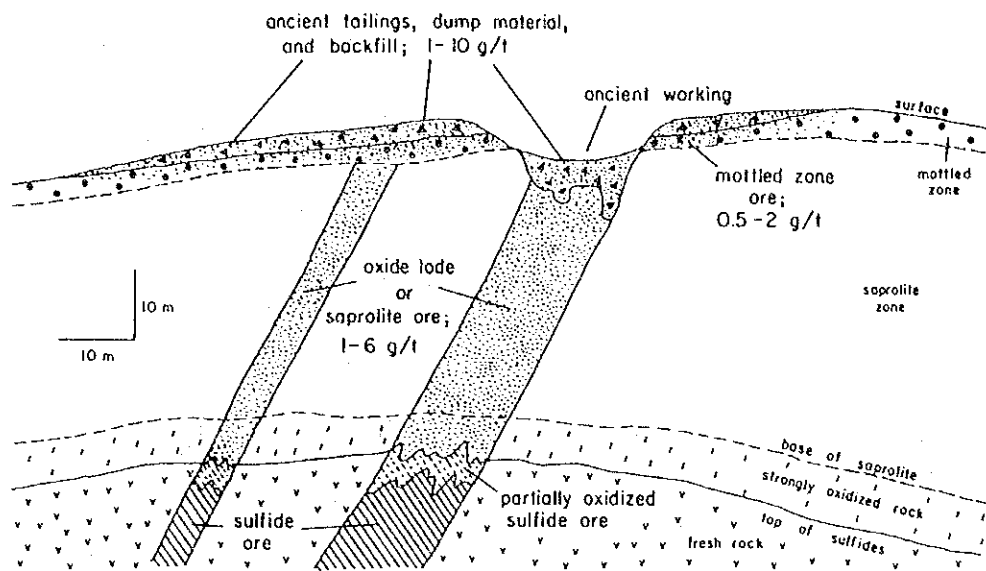


図14 Syama 鉱床断面図 (Steven F. Olson ほか, 1992)

幅20-40mの剪断帯に鉱染一網状に見られ、鉱化作用を基本的に規制しているのはNNE-SSW方向の断層である。主鉱体の走向延長は約800m (N-S)，傾斜長300m+(55-85° W)である。そのほか、いくつかの衛星鉱体が発見されているが規模は小さい。

母岩の変質作用としては、プロピライト化変質、脱色弱変質などが認められ、石英-アルバイト-炭酸塩鉱物-黄鉄鉱の変質鉱物組合せが認められる。

鉱石は、地表下35-40mまでの酸化鉱とより深部の硫化鉱からなり、酸化鉱250万トン、硫化鉱2,000万トンと計算されている。金は硫化物や酸化帯の微少な割れ目に自然金として産する。硫化鉱では、金の50%が黄鉄鉱に伴われている。主要硫化物は黄鉄鉱で、そのほか少量の黄銅鉱、方鉛鉱、閃亜鉛鉱、砒四面銅鉱、斑銅鉱、硫砒銅鉱、銅藍、四面銅鉱などを伴う。酸化物としては、アナターゼ、スフェーン、クロム鉄鉱、ルチルなどが報告されている。



## 第2章 調査結果





## 第2章 調査結果

### 2.1 衛星画像解析

#### 2.1.1 使用データ、画像作成及び現地調査

##### (1) 使用データ

本調査の画像作成に使用したデータは、米国NASAが打ち上げた地球観測衛星ランドサット4号によって得られた2シーンのTMデータである。画像データの諸元及びその範囲の位置関係を表6及び図15にそれぞれ示す。

表6 画像データの諸元

SATELITE	PATH	ROW	DATE	SCENE-CENTER-POINT	SCENE ID
LANDSAT 4	199	052	4 JAN. 1991	N11° 34' 00" W 8° 05' 00"	4308710095
LANDSAT 4	198	052	28 DEC. 1990	N11° 34' 00" W 6° 32' 00"	4309410154

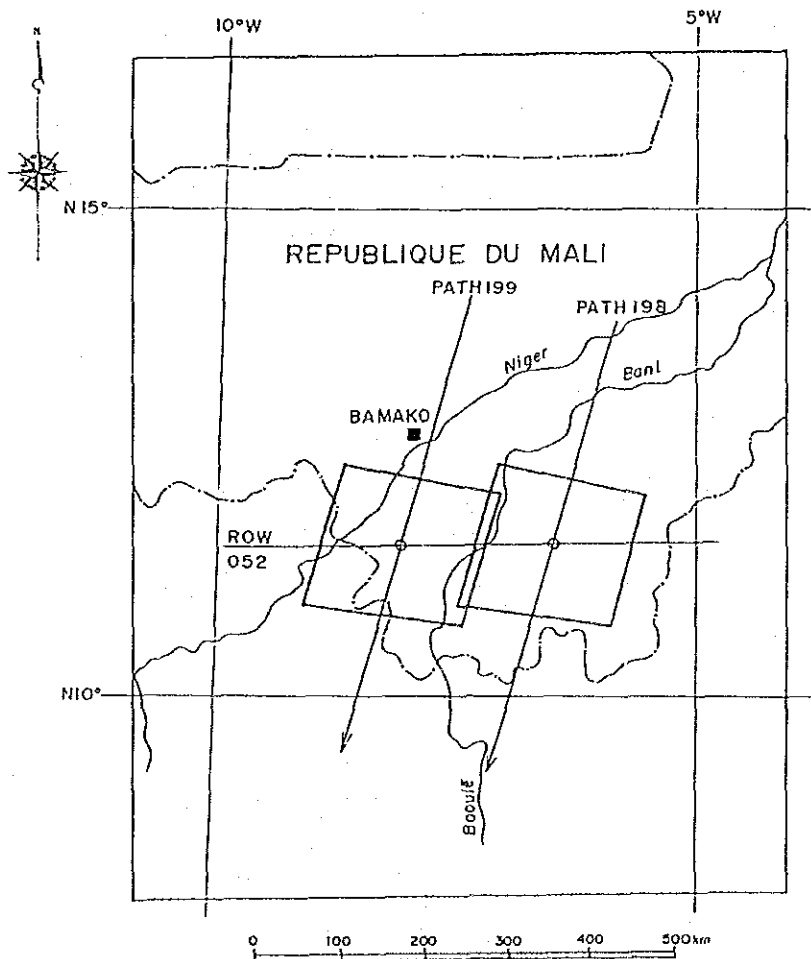


図15 画像位置図

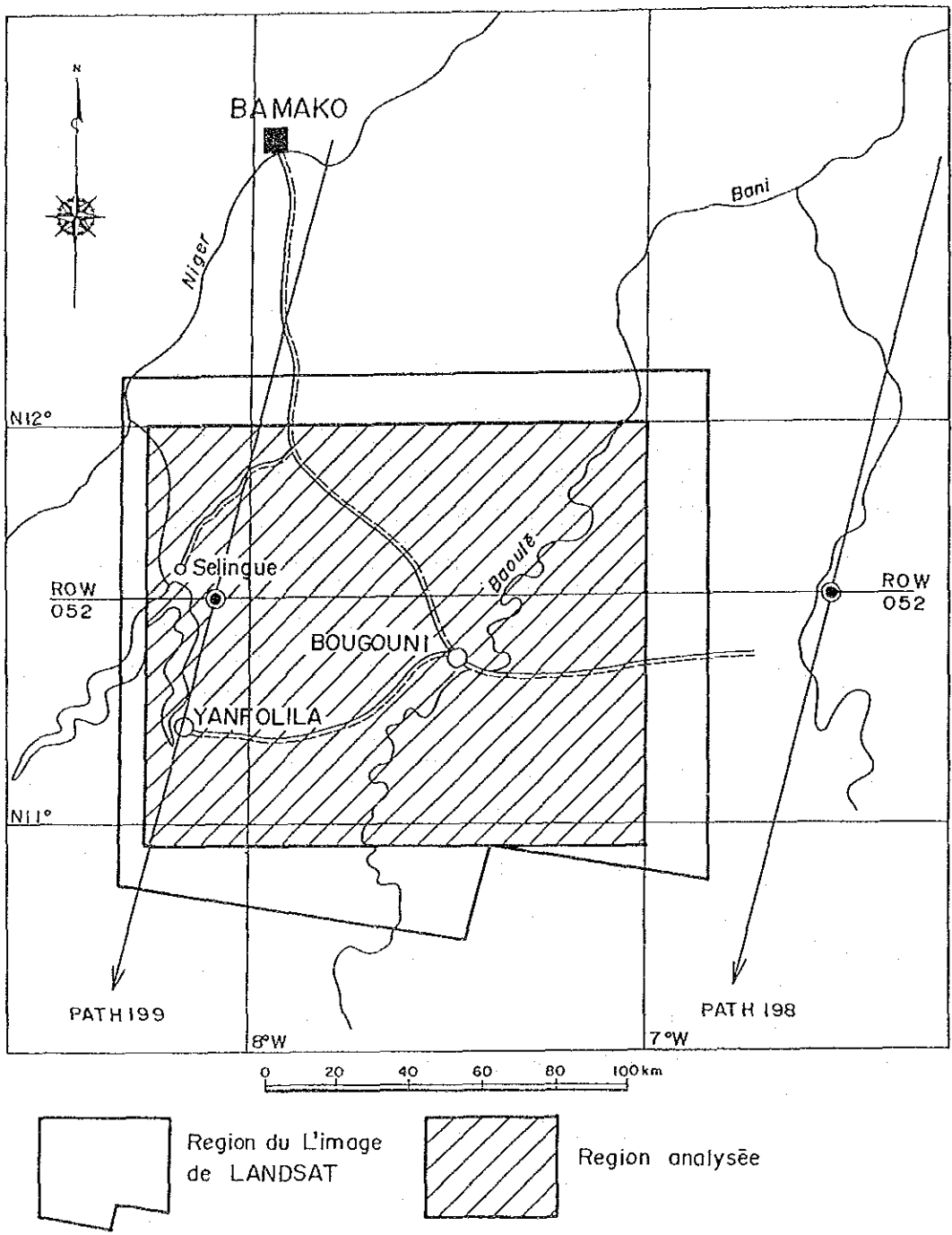


図16 解析範囲図

## (2) 画像作成

上記2シーンのCCT(Computer Compatible Tape)を用いてデジタルモザイク合成を行い、各種の画像を作成した。地質解析には、これらのうちで最も情報量が多いと判断された以下の2種の画像プリントを使用した。図16に解析範囲を示す。

- ① フォールスカラー画像 (バンド2, 3, 4/BGR) 縮尺20万分の1
- ② 主成分圧縮処理画像 (PC1・2, PC1・3, PC1・4/BGR) 縮尺20万分の1

主成分分析処理は、データ圧縮処理方法のひとつの手法であり、単一画像上に多くのデータを集約できる利点をもつ。主成分圧縮処理は、この主成分分析処理をさらに発展させた手法であり、本処理により4つの主成分を単一画像上に表現することができる。

主成分圧縮の処理手順は、以下のとおりである。

① 通常の主成分分析処理により、各主成分画像を作成する。

② 次式により各主成分の圧縮処理を行う。

$$C P C n-1 (x, y) = P C 1 (x, y) * P C n (x, y) \quad \text{但し, } n = 2, \dots, 6$$

$C P C n-1$  :  $(x, y)$  における第  $n-1$  主成分圧縮データ

$P C 1$  :  $(x, y)$  における第1主成分データ

$P C n$  :  $(x, y)$  における第  $n$  主成分データ

③ 3つの主成分圧縮データ ( $C P C n-1$ ) に青、緑、赤を割り当てる。

今回の処理では、第1主成分から第4主成分までの4つの主成分データを用い、第1、第2、第3の各圧縮データにB、G、Rを割り当てた画像を作成した。この処理によって、オリジナルデータの99.9%を単一画像上に表現できた。図17にフォールスカラー画像を、図18に主成分圧縮処理画像を示す。

## (3) 現地調査

現地調査前の予察調査として、フォールスカラー画像による概略的な画像ユニットの区分を行った。さらに、主成分分析画像の各成分についてバンド成分を検討し、フォールスカラー画像と主成分圧縮処理画像の対応関係からみた現況評価を行った。これと並行してリニアメントなどの構造パターンを抽出し、既存鉱徴地との関連について予察した。

現地調査では、予察調査で区分した各画像ユニット及びリニアメントのグランドトランスを地質調査と並行して行った。グランドトランスでは、予め区分した各画像ユニットの代表的地点で、現地の地質状況をできるだけ詳細に観察し、判読された画像ユニットと地質の対比を行った。

以上の結果を地質調査結果と併せて総合的に解析し、調査地域の地質構造と鉱床賦存状況について考察した。

## 2.1.2 解析及び調査結果

### (1) 岩相区分

#### (i) フォールスカラー画像

フォールスカラー画像による画像ユニットの区分を行った。画像ユニットは、色調、明るさ、きめなどに基づいて区分され、その結果、画像ユニットa～hの8ユニットに区分された。

#### (a) 画像ユニットa（風化火山岩）

フォールスカラー画像上では、極めて明るい黄褐色を示す。分布はKekoro周辺に限られる。水系は密に発達し、突出した環状の山稜地形を形成する。本画像中で唯一の露岩地質情報を含む画像ユニットである。現地調査によって、粗粒玄武岩、安山岩などの火山岩が露出していることが確認された。表面は緑灰色に風化している。アルベドが高いのは、板状節理によって崩壊した岩片が地表を覆っているためである。

#### (b) 画像ユニットb（非花崗岩質土壌）

フォールスカラー画像上では、やや暗い帯緑灰色を示し、他の画像ユニットに比べて滑らかなきめを示す。植生の多い地域では判読は困難であるが、植生の比較的薄い部分を詳細に観察することによって分布を確定することが可能である。現地調査により、この画像ユニットの地帯に基盤岩の小礫を多く含む黄灰色のシルト質土壌が分布することが判った。

#### (c) 画像ユニットc（花崗岩質土壌）

フォールスカラー画像上では、やや明るい帯桃灰色を示し、画像ユニットf（後述）に類似するがこれに比べてやや粗いきめを示す。植生の多い地域では判読は困難である。画像ユニットfとの境界は不明瞭である。現地調査によって、花崗岩起源と思われる石英と雲母の多いアルベドの高い砂層が地表を薄く覆っていることが分かった。これは一種の風成砂であると判断されるため、その存在が基盤花崗岩にそのまま対応しているとは限らないと思われる。

#### (d) 画像ユニットd（ラテライト）

フォールスカラー画像上では、暗い濃緑色を示し、他のユニットとの区別は容易であるが、ユニットの輪郭は不明瞭である。本調査地域のほぼ全域に分布するが、本調査地域の中部に多く分布する。現地調査によって、硬質のラテライト質土壌殻が丘陵状地形の頂部に露出していることが判った。原岩によるラテライトの色相の違いは認められなかった。

#### (e) 画像ユニットe（活動的植生、森林）

フォールスカラー画像上では、やや暗い濃赤色を示す。Baoule川沿いに北西部から南西部にかけての広い地域に分布する。画像ユニットcとは境界が漸移的である。現地調査によって、きわたの木、マンゴの木、バオバブの木などの比較的緑の濃い高木が密に繁茂していることが判った。

#### (f) 画像ユニットf（非活動的植生）

フォールスカラー画像上では、やや明るい淡赤色を示す。本調査地域のほぼ全域に分布し、画像ユニットe、fと分布が重なっていることが多い。現地調査によって、高さ1m以下の黄灰色に枯れた禾本科植物が地表を覆っていることが分かった。

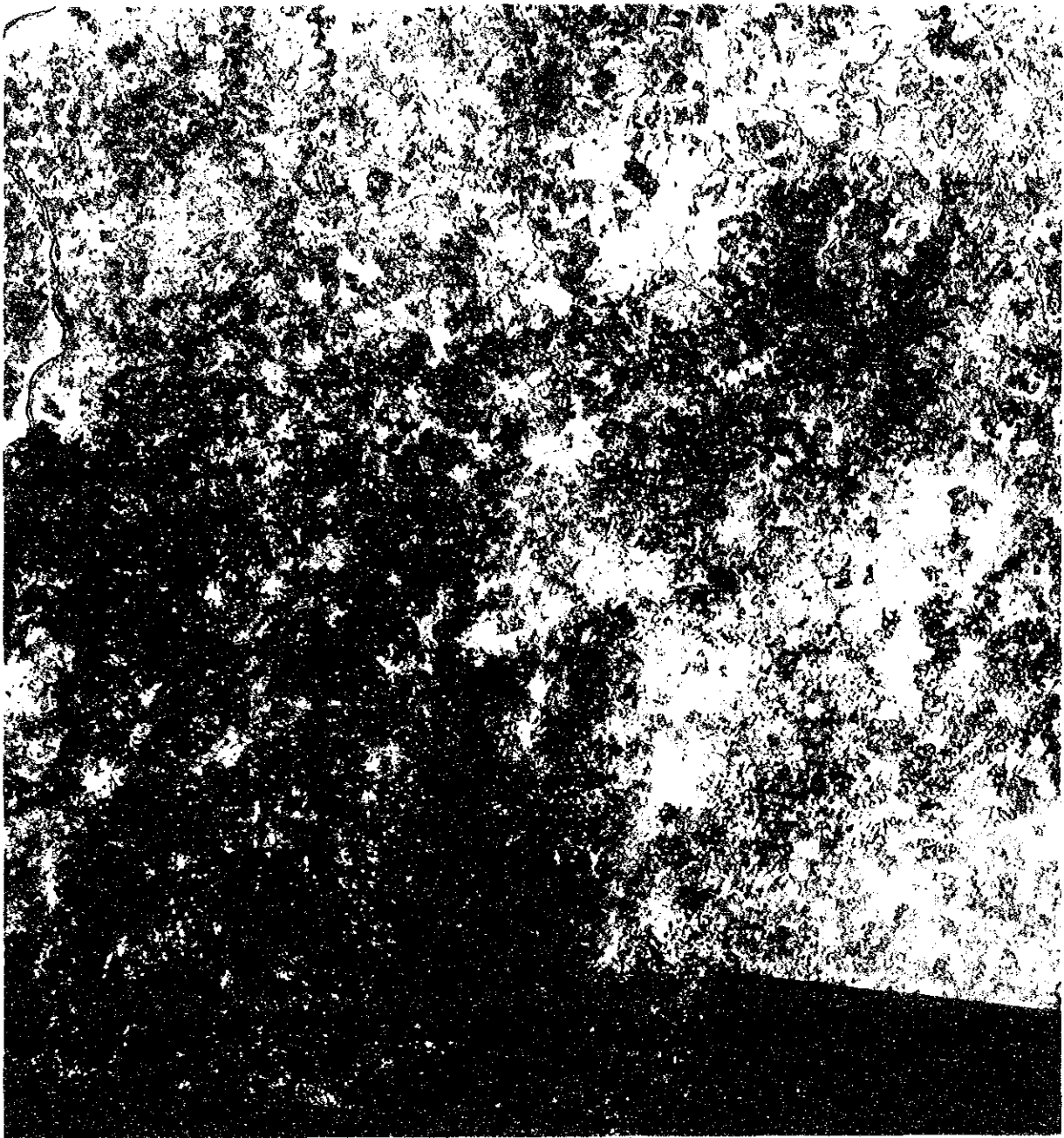


図17 フォールスカラー画像

Fig. 4.3 La Image de LANDSAT False Colour



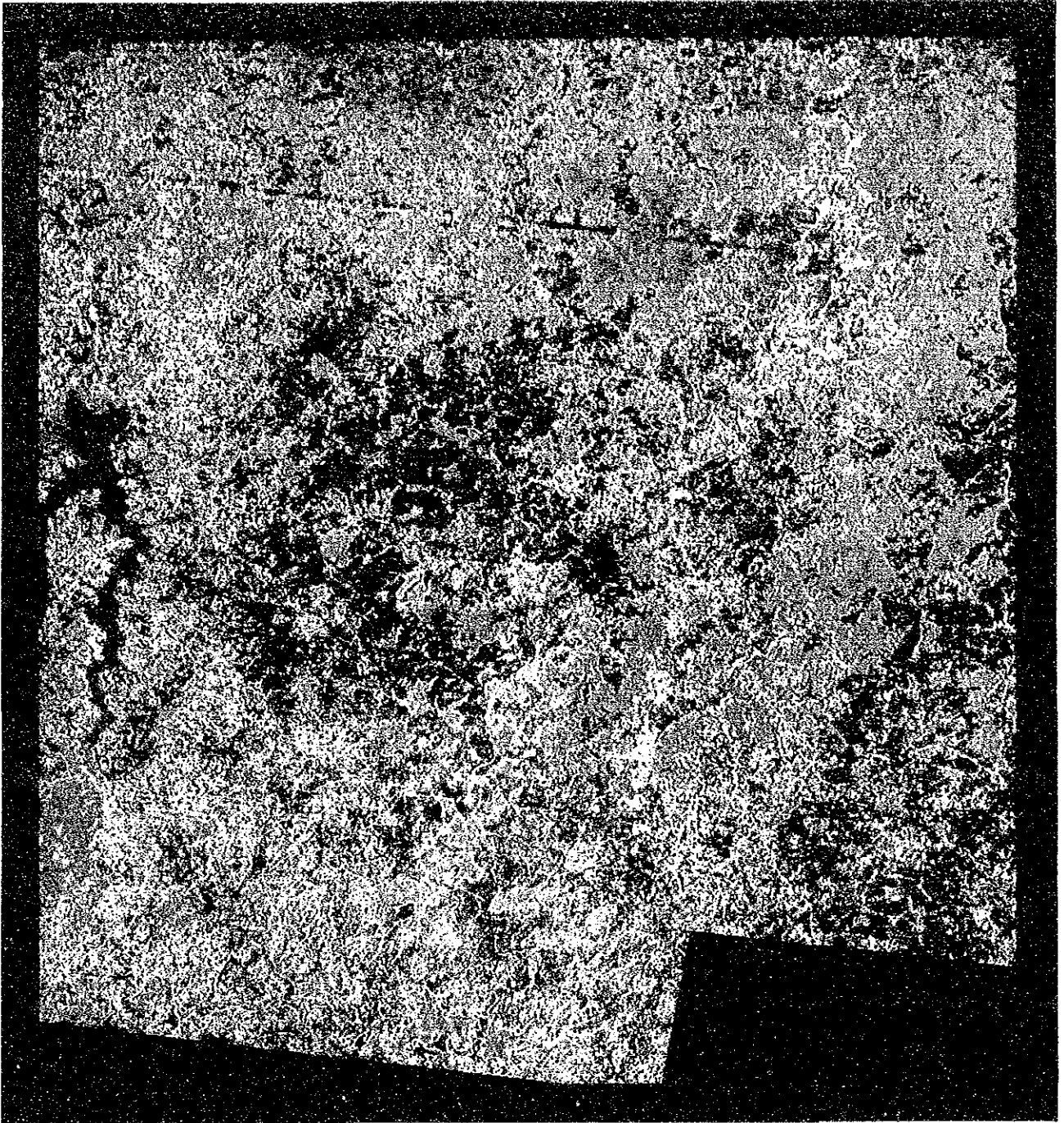


图18 主成分压缩处理画像

Fig.18 La image aux composants principales comprimés





(g) 画像ユニットg (都市建造物, 空白地)

フォールスカラー画像上では、オーバートーンにより極めて明るい白色を示し、他のユニットとの境界は明瞭である。人工建造物（主に日干し煉瓦で作られている）は、人工的なパターンを形成しているため判別は容易である。一方、画像のほぼ全域に分布し、白色のスポット状に散在する空白地については、現地調査により、蟻塚が密集し特殊な空地であることが分かった。

(h) 画像ユニットh (焼畑)

フォールスカラー画像上では、アンダートーンにより極めて暗い黒色を示す。画像ユニットeと分布が重なることが多い。現地調査によれば、焼畑は調査地域のほぼ全域で行われており、地表の大部分は古い焼畑による炭質物で覆われている。画像上で明瞭に区別されるのは、比較的新しい時期のものである。理由は不明であるが、ラテライト地域では、焼畑による農業が特に頻繁に行われているようである。

(ii) 主成分圧縮処理画像

(a) 各主成分の解釈

表7にモザイク合成シーンの主成分分析統計値一覧表を示す。

表7 主成分分析統計値一覧表

	PC-1	PC-2	PC-3	PC-4	PC-5	PC-6
EIGEN VALIES	2748.38	92.38	35.59	11.45	2.42	0.68
CONTRIBUTIONS (%)	95.1	3.2	1.2	0.4	0.1	0.0
EIGEN VECTORS						
TM-1	0.571	0.257	0.313	0.338	0.561	0.285
TM-2	0.695	0.268	0.071	-0.174	-0.618	-0.235
TM-3	0.216	-0.340	-0.346	0.406	0.243	-0.703
TM-4	0.371	-0.448	-0.458	-0.535	0.238	0.330
TM-5	0.059	-0.214	-0.335	0.636	-0.417	0.510
TM-7	0.054	-0.727	0.674	0.023	-0.117	0.009

主成分の解釈にあたっては、各々の固有ベクトル特性及び画像上の分布を考慮し可能な限り現地調査によって確認をした。

第1主成分 バンド特性では、可視光域に強い反射がある。第1主成分の高輝度部は、ほぼ全域に分布し、直径500m程度のスポット状の形状を示す。都市と集落の周辺に分布の集中が認められる。現地調査の結果、樹木の伐採による空白地であることがわかった。また、都市の建築物も同時に含まれていると思われる。

第2主成分 バンド特性では、可視光域（バンド1・2）に反射がありバンド3から赤外域はほとんど吸収している。第2主成分の高輝度部は、河川沿いに分布するほか、南部では直径10km以下の不定形のやや広い範囲を占めて分布している。現地調査の結果、樹林帯の植生であるが、乾期のためにほとんど枯れている地域であることが判った。

第3主成分 バンド特性では、可視光域（バンド1）とバンド7にやや強い反射がある。第3主成分の高輝度部は、北部と東部におもに分布し、広い平坦地を形成している。現地調査の結果、植生のほとんどない平原であり、土壌が露出していることが判った。

第4主成分 バンド特性では、5バンドにやや強い反射がある。第4主成分の高輝度部は、全域に見られるが中央部と南東部に集中して広く分布している。河川に分断されて不定形の形状を示すが、基本的には連続しており広い台地を形成している。現地調査の結果、ラテライト台地であることが判った。

第5主成分 バンド特性では、バンド3とバンド5に強い吸収があり、活動的な植生を表していると思われる。第5主成分の高輝度部は、第2と第3主成分に重複関連して分布する。

第6主成分 バンド特性では、バンド3に強い吸収があり、植生関連と思われるが、詳しくは判らない。第6主成分の高輝度部は、全域に散在している。

表8に各主成分の評価一覧表を示す。

表8 主成分評価一覧表

主成分	分 布	形 状	評 価
1	全域、	スポット状の集合	空白地、建築物
2	河川沿い、南部に多い	曲線状、不定形	植生
3	北部、東部に多い	広い平面状	土壌
4	中部に多い	狭い不定形の集合	ラテライト
5	北部と南部に多い	曲線状、不定形	植生
6	全域	スポット状	不明、植生関連？

#### (b) 圧縮主成分の分布及び解釈

各圧縮主成分の分布をみると、第1・2 圧縮主成分の分布は第2主成分の分布に、第1・3 圧縮主成分の分布は第3主成分の分布に、第1・4 圧縮主成分の分布は第4主成分の分布にそれぞれ一致している。

したがって、各圧縮主成分は次のように解釈される。

第1・2圧縮主成分 主成分圧縮処理画像では明るい黄色に表現されている。植生を表す成分と解釈される。

第1・3圧縮主成分 主成分圧縮処理画像では緑色に表現されている。地域的な色調の変化が認められる。土壌を表す成分と解釈される。

第1・4圧縮主成分 主成分圧縮処理画像では濃い赤紫色に表現されている。ラテライトを表す成分と解釈される。

(c) 各圧縮主成分とフォールスカラー画像ユニットとの対比

各圧縮主成分についてフォールスカラー画像との対比を試みた。

第1・2圧縮主成分 フォールスカラー画像では暗赤色に見える部分に一致し、画像ユニット e に相当する。

第1・3圧縮主成分 フォールスカラー画像では灰色に見えている部分に一致し、画像ユニット b・c に相当する。

第1・4圧縮主成分 フォールスカラー画像では緑灰色に見える部分に一致し、画像ユニット d に相当する。

(d) 総合画像判読ユニット

各圧縮主成分とフォールスカラー画像ユニットとの対比の結果、各圧縮主成分はフォールスカラー画像ユニットに全て含まれる。したがって、総合画像判読ユニットとして、フォールスカラー画像による画像ユニット (a~h) を取り上げた。表9に画像判読ユニット一覧表を、図19に画像ユニットによる岩相区分図を示す。

表9 画像判読ユニット一覧表

ユニット	色 調	明 度	き め	評 価
a	黄 褐 色	極明るい	細かい	風化火山岩
b	帯緑灰色	やや暗い	粗い	非花崗岩質土壌
c	帯桃灰色	明るい	細かい	花崗岩質土壌
d	濃緑灰色	暗い	細かい	ラテライト
e	濃 赤 色	やや暗い	細かい	活動的植生
f	淡 赤 色	明るい	細かい	非活動的植生
g	白 色	極明るい	粗い	都市建造物, 空白地
h	黒 色	極暗い	粗い	焼畑地

## (2) 地質構造

本調査地域は、断層及びリニアメントの発達に乏しく、本地域の地質構造全体を支配するような規模の断裂は認められない。本調査地域で判読された構造パターン要素一覧表を表10に、地質構造解析図を図20に示す。

表10 構造パターン要素一覧表

要素	名称	特徴	推定地質構造
$\alpha$	リニアメント	直線水系, 直線的色差 地形的急変部	断層, 破碎帯, 節理 地質境界
$\beta$	サークル	環状山稜, 環状水系	環状岩脈, カルデラ構造
$\gamma$	水系異常 放射状水系	水系密度変化 差別的構造運動	岩相岩質変化

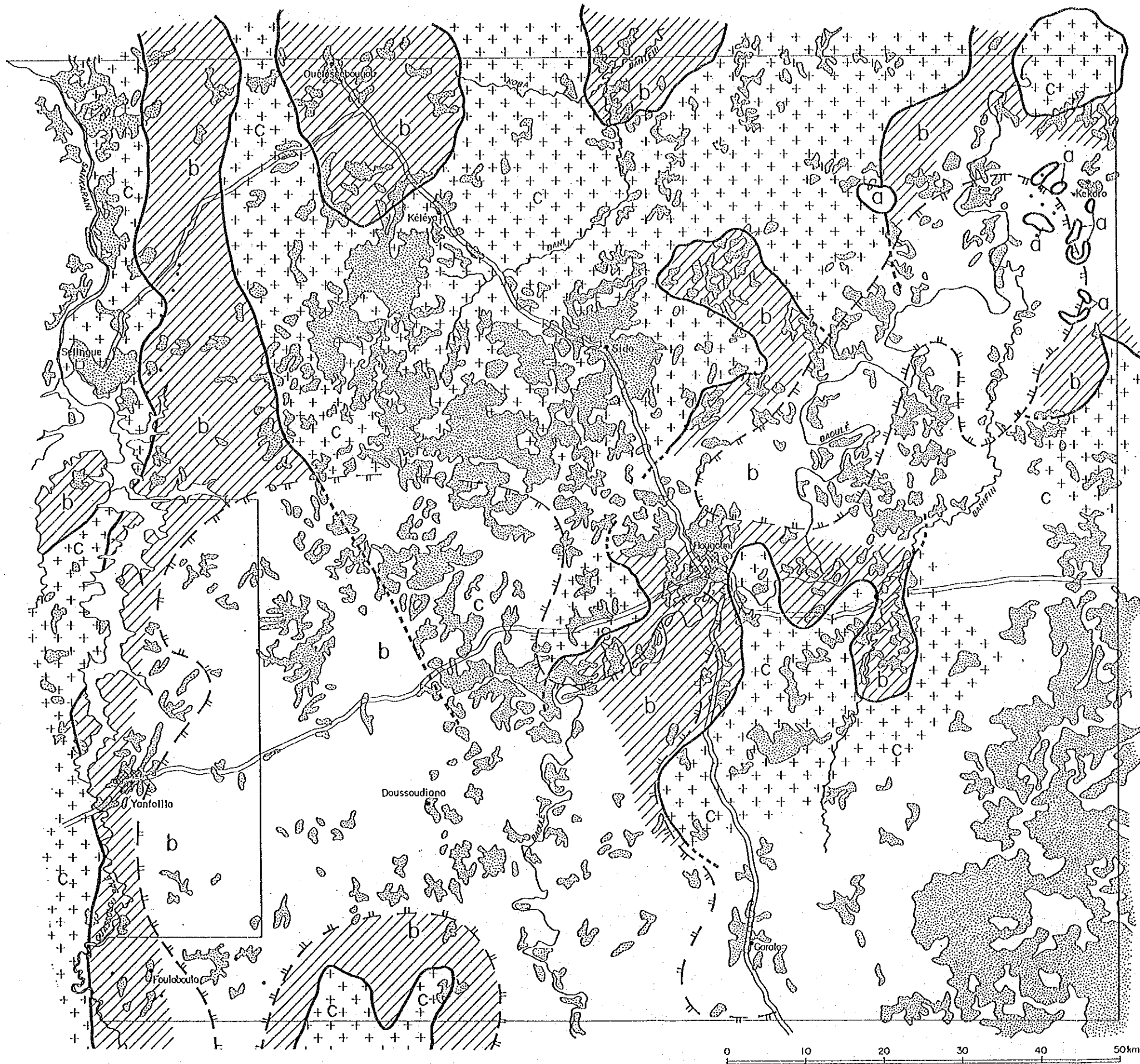
(a) リニアメント

表11に各方位別のリニアメント集計表を, 図21にローズダイアグラムを示す。

表11 各方位別リニアメント集計表

方位	頻 度			延 長 距 離		
	FROM TO	n	n%	LOG	km	n%
W90 W81	2	1.2	-1.93	14.0	1.1	-1.97
W80 W71	4	2.3	-1.63	18.8	1.4	-1.84
W70 W61	2	1.2	-1.93	16.4	3.0	-1.90
W60 W51	2	1.2	-1.93	7.6	0.6	-2.24
W50 W41	1	0.6	-2.24	8.8	0.7	-2.17
W40 W31	7	4.1	-1.39	37.6	2.9	-1.54
W30 W21	6	3.5	-1.46	45.6	3.5	-1.46
W20 W11	13	7.6	-1.12	72.4	5.5	-1.26
W10 W01	7	4.1	-1.39	48.2	3.7	-1.43
0 E10	11	6.4	-1.19	72.2	5.5	-1.26
E11 E20	8	4.7	-1.33	45.8	3.5	-1.46
E21 E30	41	23.8	-0.62	297.8	22.7	-0.64
E31 E40	41	23.8	-0.62	444.8	33.9	-0.47
E41 E50	6	3.5	-1.46	63.8	4.9	-1.31
E51 E60	5	2.9	-1.54	31.6	2.4	-1.62
E61 E70	8	4.7	-1.33	44.6	3.4	-1.47
E71 E80	7	4.1	-1.39	34.0	2.6	-1.59
E81 E90	1	0.6	-2.24	6.8	0.5	-2.29
TOTAL	172	100.0		1310.8	100.0	

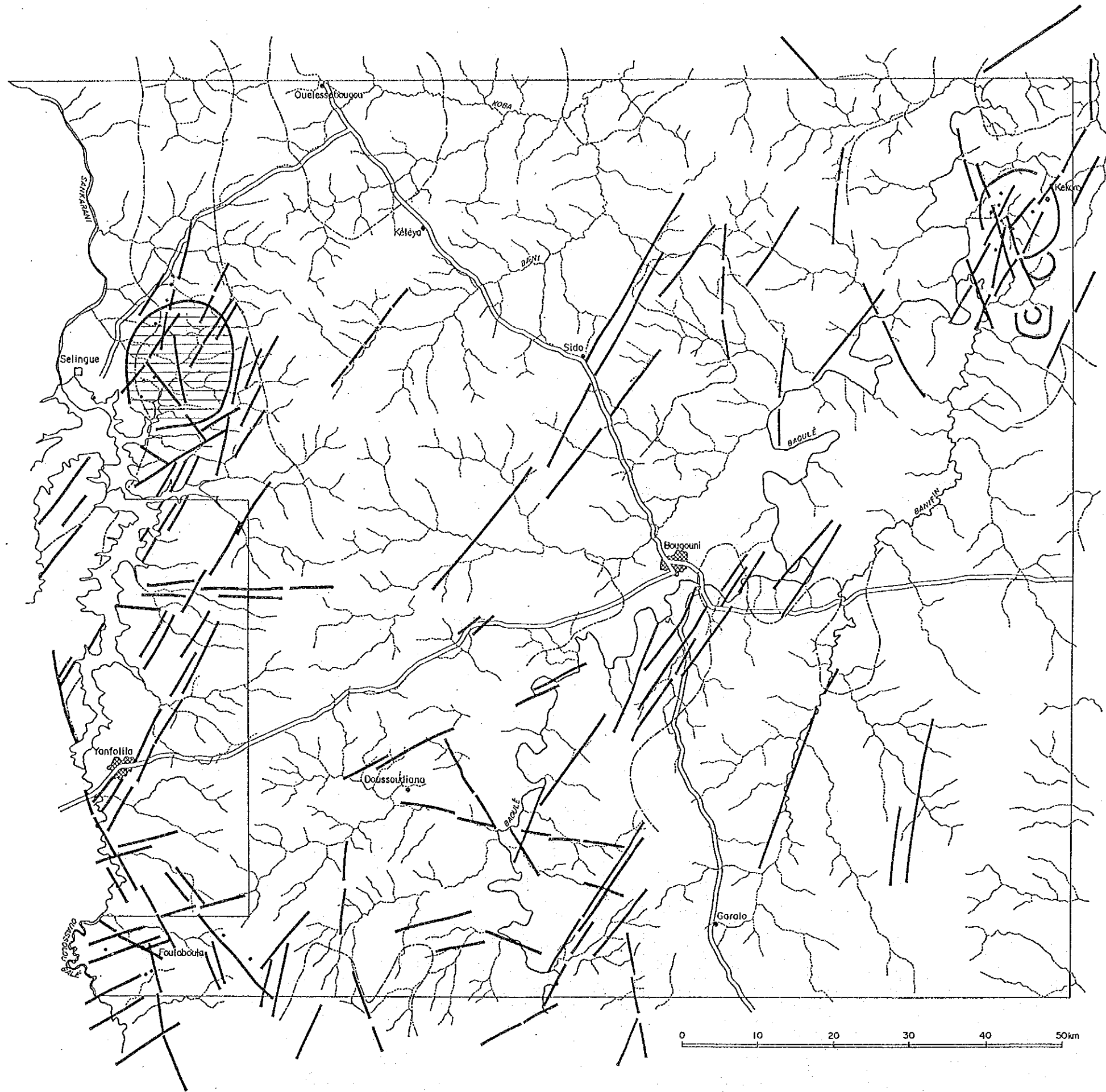




凡例/LÉGENDE

- v v a ユニットa: 風化火山岩
- / / b ユニットb: 非花崗岩質土壌
- + + c ユニットc: 花崗岩質土壌
- (curved) d ユニット境界 (a, b, d)
- . . . d ユニットd: ラテライト
- f e ユニット境界 (e: 活動的隕生, f: 非活動的隕生)
- x x g ユニットg: 都市建築物
- 観測点

図19 岩相区分図



凡例/LÉGENDE

構造パターン





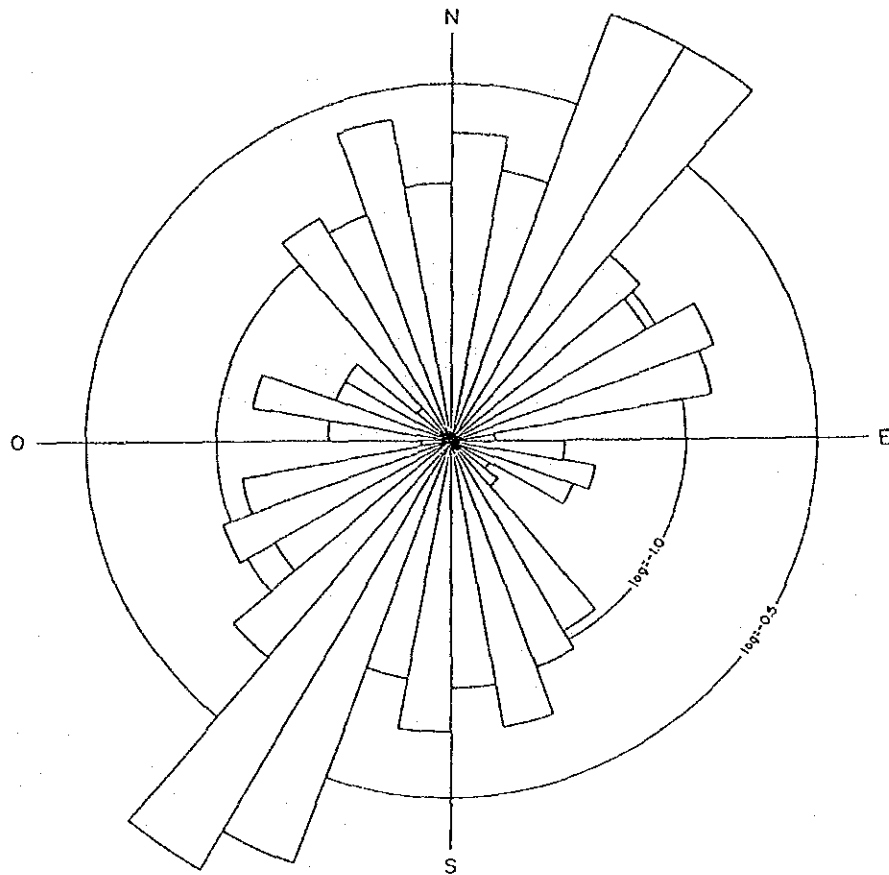
- α:  リニアメント
- β:  サークル
- γ:  水系異常
-  岩相区分境界  
(衛星画像による)

図20 地質構造解析図







Nombre de data: 172  
 Longueur total de linéament (km): 1,310.8

La hémisphère nord : fréquence de linéament log (%)  
 La hémisphère sud : longueur de linéament log (%)

図21 ローズダイアグラム

ローズダイアグラムでは、北半円にリニアメントの頻度、南半円に総延長を表示してある。

リニアメントの密度は、地区によって大きく異なり、Selingue, Foulaboula, Bougouni周辺及びKekoro周辺の4地区で特に密度が高い。

リニアメントは、大部分がBirrimien 累層群の分布域で判読される。

リニアメントの方位は、NE-SW方向に強い集中を示し、ほぼ本調査地域の全域に発達する。上記のリニアメント密度が高い地域では、NNW-SSE方向がNE-SW方向に相伴って出現し、これを断裂系とした場合、見掛上は共役の関係にある。

現地調査では、露出が乏しいためにリニアメントの実態を把握することはできなかったが、リニアメント地点では、しばしば地形的段差や直線的な窪地が観察された。

## (b) 環状構造

Kekoro地区北東部では、直径10km程度の環状構造が見られ、これらは環状のリニアメント、水系などからなる。現地調査では、主に粗粒玄武岩が環状の山地を形成しており、周辺に閃緑岩と流紋岩を伴っている。Kekoro地区北東部にはリニアメントの集中が認められるが、環状構造はこれらのリニアメントによって乱されていない。

## (c) 水系異常

Selingue地区では、水系密度が高く、放射状に収束する直径15kmのほぼ円形の水系異常地区が認められる。この地区は地形の起伏も多く、周辺に比較して異なった地質条件をもつものと推定される。Selingue地区は、今回の調査では十分な現地調査は行えなかったが、突出した山稜と深い河川侵食が特徴的であり、これらは比較的新しい時代の隆起運動によって形成されたものと考えられる。

## 2.1.3 考察

### (1) 岩相区分

地質岩相区分のためにフォールスカラー画像及び主成分圧縮処理画像による検討を行ったが、次のような障害条件があり十分に明らかになったとは言えない。

- ① 岩石の露出が少ない
- ② 植生の被覆が多い
- ③ ラテライト殻の被覆が多い
- ④ 地形が平坦である

地下地質の情報としては土壌の色相区分が1つの手段であり、本調査の課題である。

フォールスカラー画像では、土壌分布地域に僅かな色相と明度の差が認められ、花崗岩源土壌と非花崗岩源土壌として区分した。現地調査によって花崗岩源の土壌は石英に富み明るい灰色を示すのに対して、Birrimien 累層群源の土壌は石英含有量が少なく、暗い褐灰色を示すことが確かめられた。フォールスカラー画像によって作成した岩相区分は、現地調査による地質区分と大局的には対応しているものの、一般に数kmから20km程度のずれがある。この理由としては、表層土壌が現地性ではなく、水流や風によって運搬されて堆積していることが考えられる。

### (2) リニアメント

Bougouni周辺地区では、Birrimien 累層群の片岩構造は、リニアメントの方向に概ね一致する。一方、Selingue地区とKekoro周辺地区では、リニアメント方位はこれと大きく斜交している。したがって、Birrimien 累層群の地質構造が全てリニアメントとして現れているとは必ずしも言えない。しかしながら、リニアメントの大部分がBirrimien 累層群の分布域で判読され、地質との関連が明らかである。花崗岩地域にリニアメントが少ないことの説明には次の2つの可能性が推定できる。

- ① 花崗岩は、ラテライト化などの風化作用によって均質化し、花崗岩の構造が地表付近で消去されている。リニアメントの分布は風化に対する抵抗性の違いを表現している。
- ② リニアメントは、花崗岩進入時の構造運動によってBirrimien 累層群中に生じた断裂系を表現している。

リニアメントの方向は、NE-SW方向の集中が顕著であり、この方向が本地域の支配的な断裂系であると推定される。

### (3) リニアメントと鉱徴地との関係

鉱徴地調査で鉱徴が認められた3地区については、衛星画像上で以下のような現象が認められた。

- ① Foulaboula 地区：NW-SE 方向とENE-WSW方向のリニアメントの集中が認められる。
- ② Selingue 地区：楕円形の水系異常域が認められる。鉱徴地のほとんどがこの内部に分布しNNE-SSW 方向のリニアメントに沿って直線状に配列している。
- ③ Kekoro 地区：環状のリニアメントと環状の火成岩体があり、鉱徴地は全てこの内部に分布する。

## 2.2 鉍徴地調査

### 2.2.1 調査方法

マリ地質鉍山局 (DNGM) から提示された資料に基づいて、金銀鉍徴地及びリチウム鉍徴地についての鉍徴地調査を行った。

鉍徴地調査として、既存ピットのスケッチと試料採取、主要な石英脈や石英脈転石帯の調査、各鉍徴地に関する既存資料の収集などを行った。鉍徴地の位置の決定には、GPS(Global Positioning System) を使用した。

### 2.2.2 調査結果

調査を行った鉍徴地は、金銀鉍徴地とリチウム鉍徴地とに分けられ、前者はFoulaboula周辺、Selingue周辺及びKekoro西方から南西方に、後者はBougouni南方にそれぞれ分布している (図22 参照)。

#### (1) Foulaboula地区

##### (a) 位置・交通

Bougouniの南西方約80km、北緯10°55′、西経8°10′に位置する。ベースキャンプ地BougouniからはYanfolila 経由で未舗装道路が通じており、車で約2時間半の行程である。

##### (b) 地 質

原生代の花崗岩質岩類及び Birrimien累層群に属する碎屑性堆積岩類が分布し、地表は広くラテライトに覆われる。

##### (c) 探鉍の経緯

本地区には部分的に砂金の採掘跡が認められるが、稼行は現在行われておらず、採掘の歴史、実績などの詳細は不明である。

1980年、UNDP (United Nations Development Program) による金探鉍を主目的とした広域地化学探査<sup>1)</sup>が、マリ共和国南部で実施された。この調査により、Foulaboulaをはじめ Syama (現在操業中の鉍山)、Nampala などの十数地区でAu地化学異常が検出された。

1985年、これらの地化学異常地区に対して、100m×20m 格子の精密土壌地化学探査が実施された。

その結果、Foulaboula地区では、Au 50ppb<sup>2)</sup>以上で区分された地化学異常帯が確認された。

---

1)1980-1990年に実施された。調査面積25,000km<sup>2</sup>、1,000m×200m grid。分析成分: Au, Cr, Co, Ni, Mo, As, Zn, Cu, Fe, Mn, Pb, V, Ti。

2)Au:  $M+\sigma \geq 50\text{ppb}$ ,  $M+2\sigma \geq 100\text{ppb}$ , Max. 1,830ppb



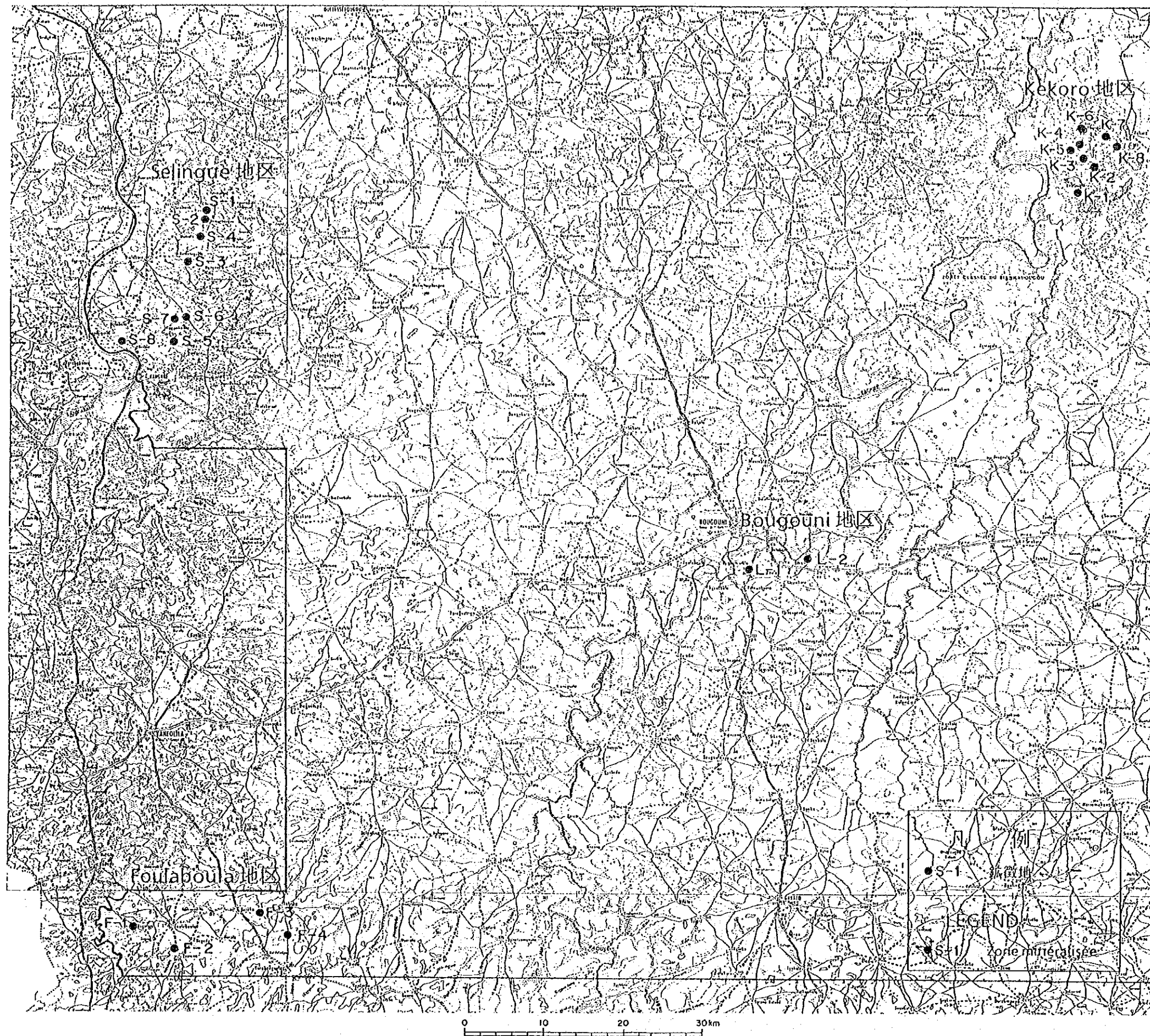


图22 錳微地位置图



1990年には、この地化学異常帯に対して、ピットによる調査<sup>1)</sup>が行われた。調査の結果、金品位は最高1.4g/tであった。また、いくつかのピットで、まとまった石英片が採取されたため、地下に石英脈が存在すると予測された。

ピット調査の結果をもとに、地下に賦存すると考えられる石英脈を確認するため、33本のボーリング<sup>2)</sup>が実施された。この結果、地表下5-8mのラテライト層の下位で数条の角礫状石英脈帯を捕捉した。この鉱化帯は、幅20mの剪断帯に伴う連続性の悪い石英脈帯であり、走向は北部でN20°W、南部でN30°Eを示し、傾斜は70°NWである。金含有量は数g/tであることが推定された(図23)。

#### (d) 現地調査結果

UNDP精査地区を中心とする約230km<sup>2</sup>で現地調査を行った。現地調査として、UNDPが実施したピット(鉱徴地F-1)から採掘された土砂試料の採取と石英脈転石調査(鉱徴地F-1~F-4)を行った。土砂試料として、ピット深度1m毎にまとめられた小山(4箇所)から各400-500gを採取した。

調査地が広くラテライトに覆われているため、鉱化露頭は見出されなかったが、地表のなだらかな丘陵の一部で石英脈転石が認められた。

鉱徴地 F-1 Foulaboula西方5km, 北緯10°57'31", 西経8°10'24' 付近に位置する。

本鉱徴地には14-15世紀にかけて稼行されたとされる砂金の採掘跡が存在する。この採掘は地表下4-8mのラテライト層準中に胚胎する砂金鉱床を対象としたもので、約300m×300mの範囲に3-5m間隔で格子状にピットが掘られている。それらの一部は、地下において連結されているものと思われる。生産、実績などの詳細は不明である。なお、本鉱徴地では、UNDPによるピット調査及びボーリング調査が実施されている。

鉱徴地 F-2 Zamana北西方1km, 北緯10°55'48", 西経8°07'17' に位置する。

本鉱徴地は、地化学探査の結果得られたAu地化学異常地である。なだらかな丘陵地で石英脈転石が認められた。

鉱徴地 F-3 Bereko東方3km, 北緯10°58'29", 西経8°01'51' に位置する。

本鉱徴地は、地化学探査の結果得られたAu地化学異常地である。砂金の採掘跡が存在し、周辺の丘陵地で石英脈転石が認められた。

鉱徴地 F-4 Tabako南方3.5km, 北緯10°56'52", 西経7°59'56' に位置する。

本鉱徴地は、地化学探査の結果得られたAu地化学異常地である。なだらかな丘陵地で石英脈転石が認められた。

1)ピット径約90cm・深さ5m, スケッチ及び土壌分析(wall channel sampling/m)。

2)垂直ボーリング, 最長88.5m, 15m深のものが多い。



## (2) Selingue地区

### (a) 位置・交通

Bougouniの北北西方約70km, 北緯11' 40', 西経 8' 50' 付近に位置する。Bougouni からはバマコに至る舗装道路を車で北西へ走り, Keleya-Tingule經由にて約1時間半～2時間で本地区に達する。

### (b) 地質

原生代の花崗岩質岩類及びBirrimien系に属する砕屑性堆積岩類が分布する。地表は広くラテライトに覆われる。

### (c) 探鉱の経緯

本地区には沖積砂鉱又は原地砂鉱としての金を産出することが知られているが, 現在まで組織だった探鉱は行われていない。

地表は広くラテライト化した沖積層(層厚5-10m)に覆われる。原住民による砂金の採掘(跡)が河川沿いに認められるが, 採掘の歴史, 産金量などの詳細は不明である。

### (d) 現地調査結果

現地は広くラテライトに覆われているため鉱化露頭は認められない。しかし, 砂金の採掘(跡)が各地に見られ, 石英脈転石の見られるところもある。

今回の調査では, これらの場所を訪れ, 石英脈転石, 土砂などから分析試料を採取し, 一部パanningを実施した。なお, 最も優良であるといわれているKangare鉱徴はSeliengueダムの建設により水没している。

鉱徴地 S-1 Neneko南東方1km, 北緯11' 46' 01', 西経 8' 05' 25' に位置する。

約200m×200mの範囲に直径約90cm, 深さ5m±の砂金の採掘ピットが認められる。ピットは東西方向<sup>1)</sup>に2-3m間隔で並び, 各列の間隔は5-20m程度である。調査当時(1992年1月), ピット内水位が地表下5m付近にあり, 砂金胚胎層は水没しているらしく採掘は行われていなかった。

鉱徴地 S-2 Damanbougou の北西方0.2km, 北緯11' 45' 31', 西経 8' 05' 34' に位置する。

Damanbougou の西北部を流れる河川敷(1992年1月の時点では水量無)の約20m×40mの範囲に, 深さ5m±のピットを数個認めた(本ピットも水没)。ここでは, ピットから掘り出された土砂約0.01mのパanningを行い63.5mg(6.35g/m<sup>3</sup>に相当)の砂金を得た。

Damanbougou では, 約50年前(?)に砂金の採掘が開始され, ピット内水位の低下する時期には, 現在も村民による採掘が行われている。

鉱徴地 S-3 Kamanekelo東方1km, 北緯11' 42' 38', 西経 8' 06' 42' に位置する。

約300m×300mの範囲に径約0.9m, 深さ10m内外のピットが多数有り, パanning用の浅いピット

---

1) 河川に直交する方向。ピット掘進効率 0.5-1.0m/日・2人



Nomenclature des principales zones  
filoniennes reconnues

- II Zone filonienne en stockwerk (veines et lentilles épaisses centimétriques à pluricentimétriques). Quartz blanc peu corié à éponges faiblement ferruginisées.
- III Zone à filonnets cm à mm ± dense: fréquence décimétrique des filonnets cm. Quartz désagrégé, en granules dans la foliation ou dans des plans aux éponges intensément ferruginisées.
- IV Axes filoniens de puissances réduites ≈ métriques.

Légende

- Horizon latéritique
- Série schisto-grauwackeuse
- Bande à veinules quartzueuses (cm à mm) à éponges broyées et ferruginisées dans un encaissant schisto-grauwackeux
- Alternances schistes noirs et grès-sombres à stockwerk silico-carbonaté blanc en veinules ou chevelus fins souvent microplissés
- Stratification et foliation
- 1.8 Teneur (ppm)
- ⊙ Puit (niveau -5)
- P
- Granitoïde

W

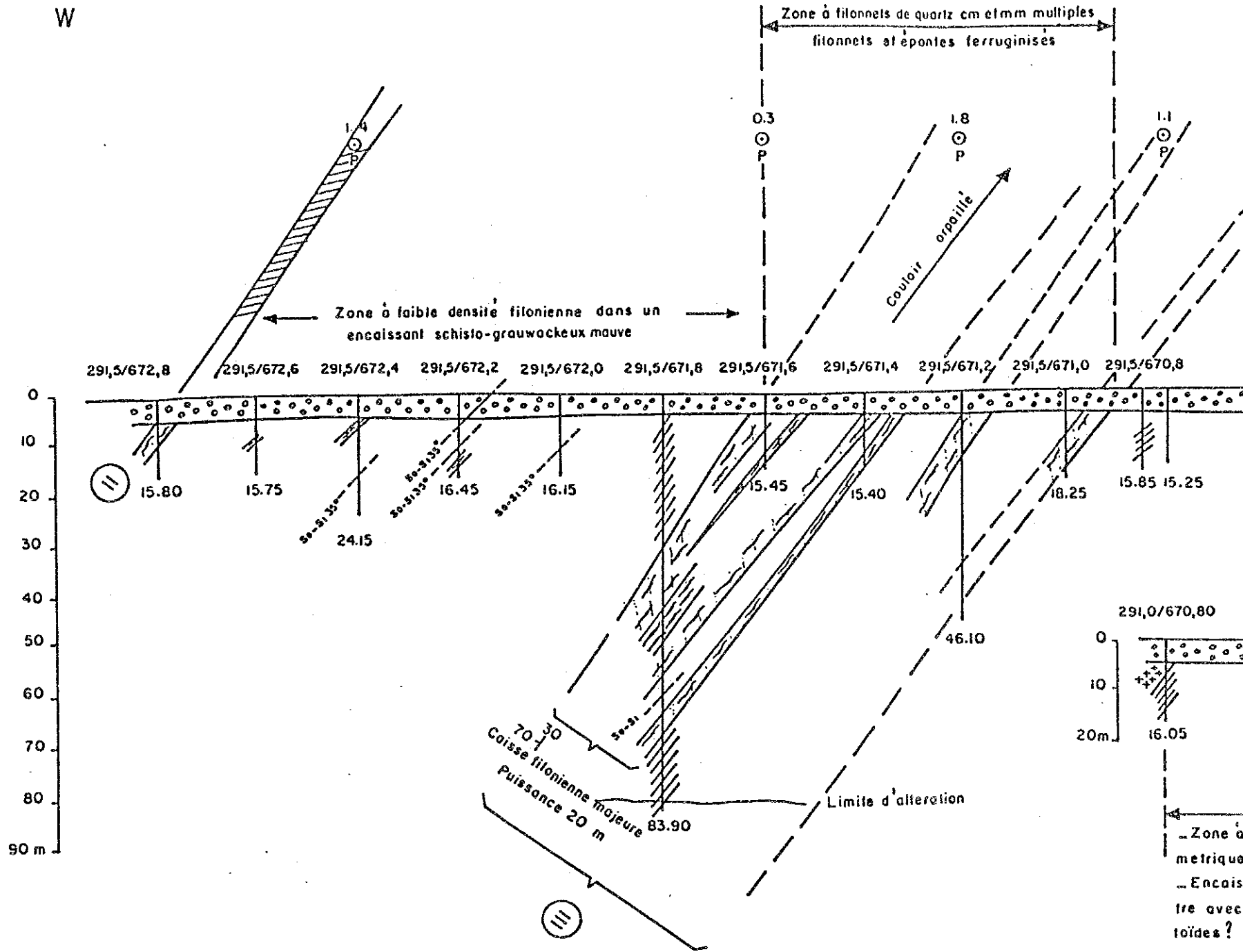


图23 Foulaboula地区碱化带断面图

principales zones

nues

rk - (veines et lentilles éparse

es). Quartz blanc peu carie à

es.

dense: fréquence decimétrique

égé, en granules dans la fo-

épointes intensément ferrugini

es reduites  $\approx$  métriques.

euse

euses (cm à mm) à épointes broyées

encaissant schisto-grauwackeux

s et grès - sombres à stockwerck

en veinules ou chevelus fins

on

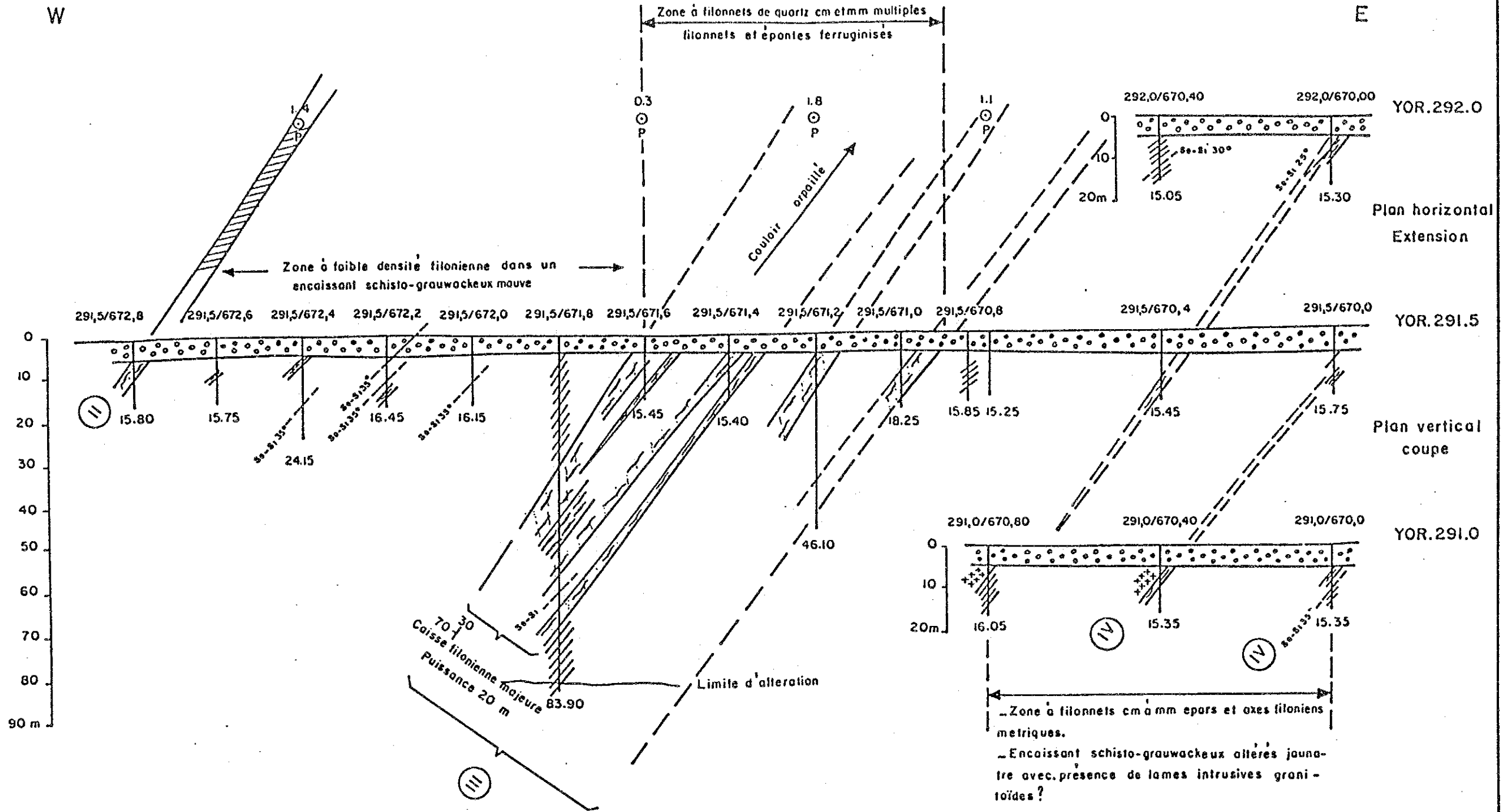


图23 Foulaboula地区鉍化带断面图



ト(径1.5m, 深さ0.5m)も認められた。なお、現在はパンニング用の水が得られず、採掘は行われていない。

鉱徴地 S-4 Kamanekelo北東方 3.5km, 北緯11°14'18", 西経 8°05'53' に位置する。

約200m×300mの範囲で、原住民十数名による砂金の採掘が行われている。ここでは、ピットから採掘された土砂のパンニングを行った。その結果、径約35cmのパンによる1回のパンニングで極少量(砂金量 1-2粒, 径 0.1mm以下)の金が認められた。なお、本鉱徴地では、過去最高50-70g/日・2-3人の産金があり、5年前には、20g/日・2-3人の金を得たとのことである。

鉱徴地 S-5 Kangolibala南方 1.0km, 北緯11°37'10", 西経 8°07'56' に位置する。

河床テラス及び河床(現在水量無)に、それぞれ10m, 5mのピットが南北方向に1-2m間隔で認められる。地表には掘り出された土砂及び石英が散在していた。この石英脈転石の研磨片観察によれば、鉱石鉱物として黄鉄鉱が認められた。

また、河床壁テラスでは、石英片を含む厚さ2-3mのラテライトが認められた。ここでは、原住民が砂金の採掘を開始したところであり、調査当時はラテライト層準直下の白色～青灰色粘土層を採掘していた。この粘土のX線回折試験結果による変質鉱物の組合せは、カオリナイト-白雲母であった。なお、砂金胚胎層準は、粘土層のさらに下位に位置するとのことである。

鉱徴地 S-6 Lena北西方 3.5km, 北緯11°38'48", 西経 8°06'44' に位置する。

約300m×300mの範囲に深さ5-15mのピットが東西方向に3m間隔で並ぶ。ピットから掘り出された石英脈転石の研磨片観察によれば、鉱石鉱物は針鉄鉱、磁鉄鉱、硫砒鉄鉱及び黄鉄鉱である。

鉱徴地 S-7 Lena北西方 4.5km, 北緯11°38'31", 西経 8°07'33' に位置する。

河岸の高台で数名の原住民が深さ10m程度のピットを採掘中であった。過去に2ピットから最高500gの産金を見て、含金礫層の下底に自然金を認めたとのことであった。

現在採掘中のピットは、含金層準まで達していないとのことである。

鉱徴地 S-8 Dalabala南方 3.0km, 北緯11°54'44", 西経 7°29'38' に位置する。

30-40年前の砂金の採掘跡があるが、産金は認められなかったとのことである。現在は放置されている。地表で少量の石英脈転石が認められた。この石英脈転石の研磨片観察によれば、鉱石鉱物は針鉄鉱、磁鉄鉱及び黄鉄鉱である。

### (3) Kekoro地区

#### (a) 位置・交通

Bougouniの北東方約70km, 北緯11°05', 西経 7°05' 付近に位置する。ベースキャンプ地Bougouniからは、Kouale経由で車で約2時間半の行程である。Koualeまでは舗装道路であるが路面の状況は悪い。

#### (b) 地質

本地区の地質は、Birrimien系に属する泥質片岩、砂岩、グレイワッケなどからなり、片状構造を示す。これらは閃緑岩及び花崗岩小岩体の貫入を受け、一部にはアブライト岩脈が発達する。

本地区には、Koulouble(標高468m)、Kebekourou(標高548m)、Seridjekourou(標高570m)

などの山地が直径約10kmで環状に配列する特徴的な地形が見られる。これらの山地の地質は、完全に把握されていないが、従来の調査 (BRGM 1973)によると、塩基性火山岩とされている。

本調査では、Kebekourouで山体の下部に粗粒玄武岩が見られ、それとの関係は不明であるが、上位に向い閃緑岩と流紋岩が認められた。山頂付近には片状砂岩が、環状山地の内側には砂岩が分布している。環状地形の成因は今のところ明確ではない。

#### (c) 探鉱の経緯

本地区では、14世紀頃から近年まで砂金の採掘と若干の石英脈採掘が行われていたということであるが、現在は中止されている。

以下にBRGM(1973)、MIMA<sup>1)</sup>(1982)を基に、本地区における主だった探鉱の経緯を記す。

1939年、Goloubinowはトレンチによる調査を行い、沖積層準の砂金量の調査を行った。その結果、土壌0.1g/m<sup>3</sup>、ラテライト0.05-0.45g/t、石英脈0.05-1.00g/tという含金量を算出している。また、8g/t、25g/t、49g/tという値が各1箇所だけではあるが認められている。なお、片岩～グレイワッケを貫くマイクロ花崗岩の変質部の含金量は高いとのことであるが詳細は不明である。1949年、Spindlerは砂金を対象とした調査を行い、地表下8mに層厚10-20cmの砂金胚胎層準を確認した。

1972-73年にかけて、Bougouni-Sikasso地域で、BRGMによるCu、Ni、Pb、Znを主目的とした探鉱が実施された。この時、Kekoro地区の沖積堆積物についての砂金調査も行われ、その結果、平均金含有量0.1g/m<sup>3</sup>・最大0.4g/m<sup>3</sup>という値を得た。金は石英礫層に含まれており、灰重石(～5.0g/m<sup>3</sup>)、錫石(0.15-15.0g/m<sup>3</sup>)などを伴い、随伴鉱物として電気石、ルチル、ジルコン、磁鉄鉱、チタン鉄鉱、角閃石、緑れん石などが含まれる。

1981-82年にかけて、ベルギーの企業MIMAによる砂金調査がKekoro地区で行われた。彼らは7箇所計150のピット及び一部トレンチによる探鉱を実施し評価を行った。その結果、2箇所計196kg及び10kgという砂金量を算出したが、残り5箇所は砂金量が極めて少なく、経済的価値はないという結論に達し撤退した。

#### (d) 現地調査結果

現地調査は、従来の調査(MIMA 1982)により報告されているアプライト岩脈に伴う石英脈、トレンチ、砂金の採掘跡などを対象として行った。

鉱徴地 K-1 Diako (鹿村) から南西方約 3.5km、北緯11'47'28'～36'、西経 7'05'37' に位置する。

ここでは珪砂岩～砂岩層を貫くアプライト岩脈に伴われて網状石英脈が発達する。アプライト岩脈は、青灰色を呈し、緻密で、南北の走向を示し傾斜はほぼ垂直である。岩脈幅は1m±で、硫

---

1) Societe Miniere Du Mali

化物として硫砒鉄鉱を鉱染状に伴う。一部東西系の断層で約20 m 転位するが、200m以上追跡できる。このアプライト岩脈の研磨片観察によれば、鉱石鉱物として硫砒鉄鉱、黄鉄鉱、磁硫鉄鉱、スタノダイトなどを含む。なお、このアプライトは薄片観察結果では流紋岩であった。

MIMA(1982)によると、アプライト中の硫砒鉄鉱は金を伴い、その品位はAu 0.013g/t である。彼らはこの硫砒鉄鉱に伴う金を、Kekoro地区の砂金の起源としている。一方、アプライト中の石英脈は、半透明～透明で灰色を呈し不規則網状である。この石英脈の研磨片鑑定結果では、不透明鉱物は認められなかった。

鉱徴地 K-2 Kekoroの南西方約 5 km, 北緯11° 49' 09', 西経 7° 04' 31' に位置する。

丘陵部はラテライトに覆われているため、露頭は見出されなかったが、高さ数10 m の丘陵のふもとに多数の石英脈転石が分布する。その分布範囲は約100m×100mである。

鉱徴地 K-3 Dianko北西方約 2 km, 北緯11° 49' 44', 西経 7° 05' 27' の平坦部に位置する。

MIMAにより過去に砂金の調査が行われたピット・トレンチ跡があるとのことであったが、その跡は見出されず、露頭も認められなかった。

鉱徴地 K-4 Dianko北北西方約 4 km, 北緯11° 50' 44', 西経 7° 05' 27' に位置する。

なだらかな丘陵地帯の約200m×200mの範囲で多数の石英脈転石が認められた。本鉱徴地の石英には、黄鉄鉱を含むものや電気石を含むものが認められた。

本鉱徴地の一露頭で片状砂岩（走向N 70° E, 傾斜90° ±）中に石英脈が認められた。この石英脈は、走向N 15° W, 傾斜70° Wを示し、半透明で白色～灰色の石英からなる。連続性が悪く走向延長約1.5mで、脈幅は5 cm以下である。これは脈形成後の構造運動により分断されたものと考えられる。この石英脈の研磨片観察によれば、鉱石鉱物として黄鉄鉱を含む。石英脈母岩（片状砂岩）のX線回折試験の結果、変質鉱物の組合せは、絹雲母－モンモリロナイト－カオリナイト－白雲母である。

一方、地表の一部には、堆積性の電気石を伴うグレイワッケの礫が散在しており、このグレイワッケは金を含むとのことであった。研磨片鑑定の結果では、鉱石鉱物は黄鉄鉱、磁鉄鉱、磁硫鉄鉱である。

鉱徴地 K-5 Dianko北西方約 4 km, 北緯11° 50' 18', 西経 7° 05' 08' に位置する。

本鉱徴地には、砂金の採掘跡が認められ、地表には石英脈転石が認められる。

鉱徴地 K-6 Kekoroの西方約 4 km, 北緯11° 51' 48', 西経 7° 05' 20', 環状に配列する丘陵地の北端部に位置する。

Mt. Kebekourou には粗粒玄武岩、石英閃緑岩、流紋岩などの貫入岩が複雑に分布している。山体の地表部はラテライトに覆われるが、山頂付近には片状砂岩が分布する。

本鉱徴地では、MIMA(1981-1982) により、砂金を対象としたピットとトレンチによる調査が行われたが、採掘の対象となる砂金は認められなかったとのことである。山頂直下の山腹でMIMAによるトレンチを確認できた。このトレンチは、北緯11° 51' 44', 西経 7° 05' 25' に位置し、方向N 60° E, 長さ約30 m, 幅1-2m, 深さ1-3mである。トレンチでは淡赤褐色を呈するラテライト化した片状砂岩（走向N 25° E, 傾斜90°）及びラテライトが認められた。ラテライト化した砂岩には、不規則フィルム状白色粘土が認められた。この白色粘土の研磨片観察によれば、鉱石鉱物として針



鉄鉱、磁鉄鉱などが認められた。また、この白色粘土のX線回折試験の結果による変質鉱物の組合せは、カオリナイト-白雲母であった。

Mt. Kebekourou 山頂はラテライトに覆われているが、少量であるが石英脈転石が認められた。また、山腹の一部にも石英脈転石が認められた。

鉱徴地 K-7 Kekoro西方約3km, 北緯11°51'04", 西経7°03'47" の平坦地に位置する。

露頭は認められないが、砂金の採掘跡があり、約100m×100mの範囲に石英脈転石が認められた。

鉱徴地 K-8 Kekoro南西約2.5km, 北緯11°05'03", 西経7°03'47" に位置する。

ここでは、以前に砂金の採掘が行われていたとのことであるが、現在は綿畑となっている。地表に少量の石英脈転石が認められた。

#### (4) リチウム鉱徴地

Bougouniの南方には、5箇所のリチウム鉱徴地が確認されている。それらはKola (鉱徴地 L-1), Sinsinkourou (鉱徴地 L-2), Gouanala (Bougouni南南西12km), Dialakoro (南西方12km) 及びSogola (Bougouni西南西方15km) である (図24)。

##### (a) 探鉱の経緯

1964-65年にかけて、SONAREM によるリチウム探鉱を目的とした調査が、Sogola を除く上記4箇所の鉱徴地で実施された。この調査は1964年10-11月にかけての文献調査、1964年11-1965年4月にかけての野外調査及び1965年4-5月にかけての室内試験で構成されている。野外調査として、地質調査 (調査面積0.3kd) 及びボーリング調査 (計8本、総掘進長347m) が、室内試験として、ペグマタイト脈のチャンネルサンプルの分析、ボーリングコアの分析 (総数840試料、4成分、Li, Be, Zr, F) などが行われた。

1971-72年にかけて、Sogolaの調査及び5箇所の鉱徴地に対する評価が行われた。その結果、鉱量はリシア輝石総量265,000トン(Li<sub>2</sub>O含有量、平均6.5%)、リチウム(Li<sub>2</sub>O)16,000トンと推定されている。

##### (b) 現地調査結果

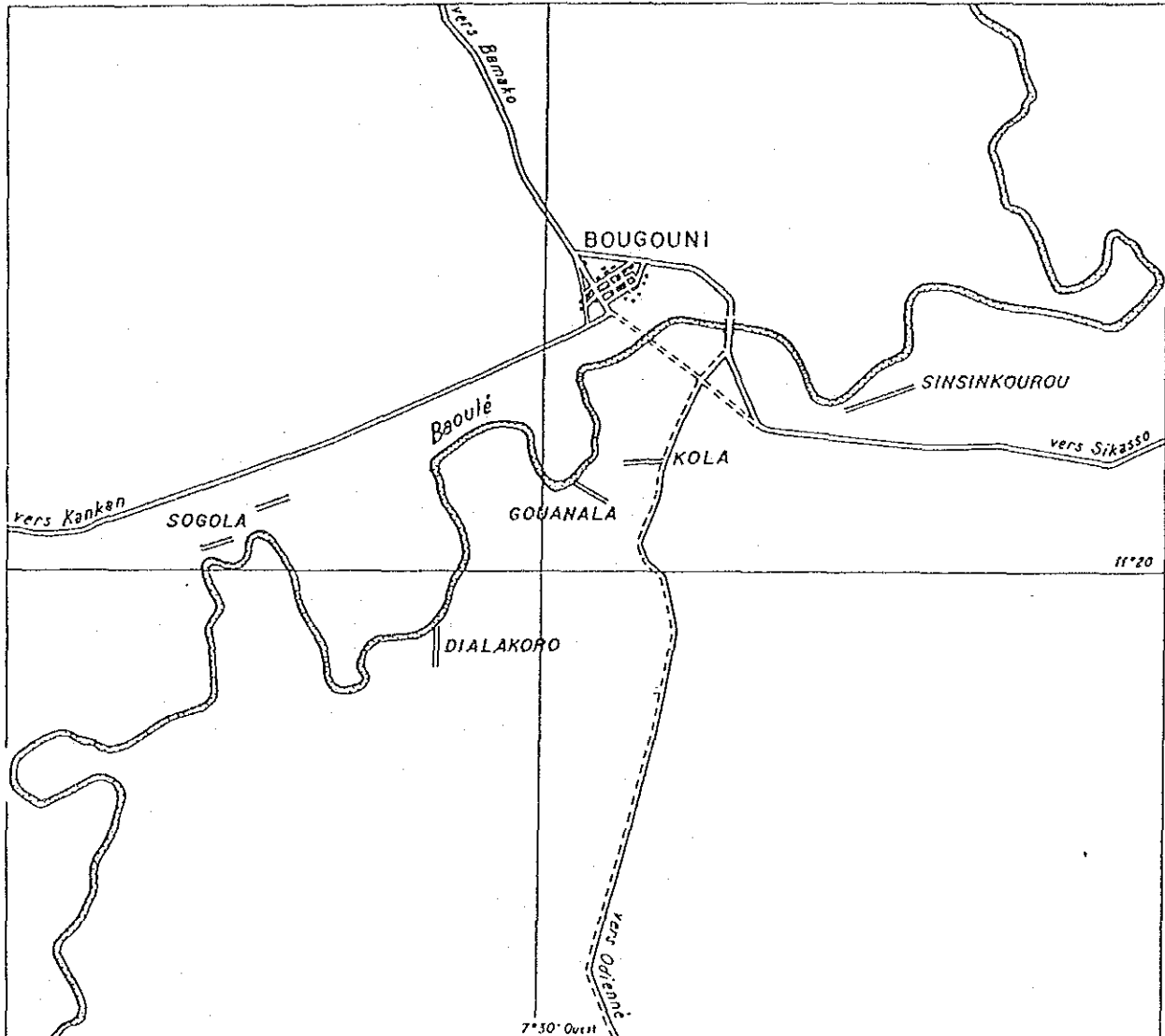
現地調査として、Sinsinkourou及びKolaの露頭観察及び試料採取を行った。

鉱徴地 L-1 (Sinsinkourou) Bougouniの南東方約10km, 北緯11°22'36", 西経7°24'21" に位置する。

本鉱徴地には走向N80°E, 傾斜70°Nを示し、走向延長1,350m, 脈幅0.8-2.5mのペグマタイト脈が露出する。ペグマタイト脈の構成鉱物は、リシア輝石、石英、斜長石、微斜長石、アルバイト、白雲母、燐灰石、方鉛鉱、黄鉄鉱、錫石などである。リシア輝石の結晶は緑色~灰白色を呈し、長径2-10cmである。なお、このペグマタイト脈は、SONAREMにより4脈に区別されている。

分析試料として、SONAREMの区分による第3脈から脈幅2m分のチャンネルサンプルを採取した。

Pegmatites à spodumène  
de Bougouni



Echelle à 1 / 200 000  
Carte : Bougouni

// Pegmatites à spodumène

B.R.G.M. D.N.G.M. 1978

図24 リチウム鉍微地位置図

鉍徴地 L-2 (Kola) Bougouniの南方 5 km, 北緯11' 21' 54', 西経 7' 28' 06' に位置する。

BougouniからGaraloに至る未舗装道路わきに, 走向 N 60' W, 傾斜90', 走向延長165m, 脈幅 2 m のペグマタイト脈が露出する。岩質などはSinsinkourouと同じである。

分析試料として, リシア輝石が濃集する部分と少ない部分から, それぞれ1試料を採取した。

SONAREN(1971-1972)による各リチウム鉍徴地の鉍量 (Li<sub>2</sub>O 平均含有量6.5%) を表12に示す。

表12 リチウム鉍徴地の鉍量

鉍 徴 地 名	リシア輝石鉍量(t)
Kola	5,005
Sinsinkouro	62,472
Gouanala	45,328
Dialakoro	4,212
Sogola	148,529
Total	265,546

SONAREN(1971-1972)

なお, Sogolaについては, 過去に住鉍コンサルタントがペグマタイト脈から試料を採取し, 鉍石分析を行っているので, その結果を表13に示す。

表13 鉍石分析結果 (Sogola)

試料番号	単位ppm			
	Sn	Li	Ta	Na
Sogola-1	1	1320	<2.0	9
2	1	89	8.0	19
3	1	4400	8.0	12

SUMICON(1988)