


マリ共和国 バオレバニフイング地域
資源開発協力基礎調査 報告書

第 2 年 次

平成 14 年 3 月

JICA LIBRARY

J1169212[6]

国際協力事業団
金属鉱業事業団

マリ共和国 バオレ・バニフィンダ地域
資源開発協力基礎調査 報告書

第 2 年 次

平成 14 年 3 月

国 際 協 力 事 業 団
金 属 鉱 業 事 業 団



1169212(6)

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バオレ・バニフィン
グ地域の鉱物資源賦存の可能性を確認するため、地質調査、物理探査、ボーリング調査な
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12年度を第1年次とする第2年次に当たり、金属鉱業事業団は5名の調
査団を編成して平成13年11月12日から平成14年2月6日まで現地に派遣した。現地調
査はマリ共和国政府機関及びマリ共和国地質鉱山局の協力を得て予定どおり完了した。

本報告書は第2年次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マリ共和国政府機関、並びに外
務省、経済産業省、在セネガル共和国日本国大使館及び関係各機関の方々に心より感謝の
意を表するものである。

平成14年3月

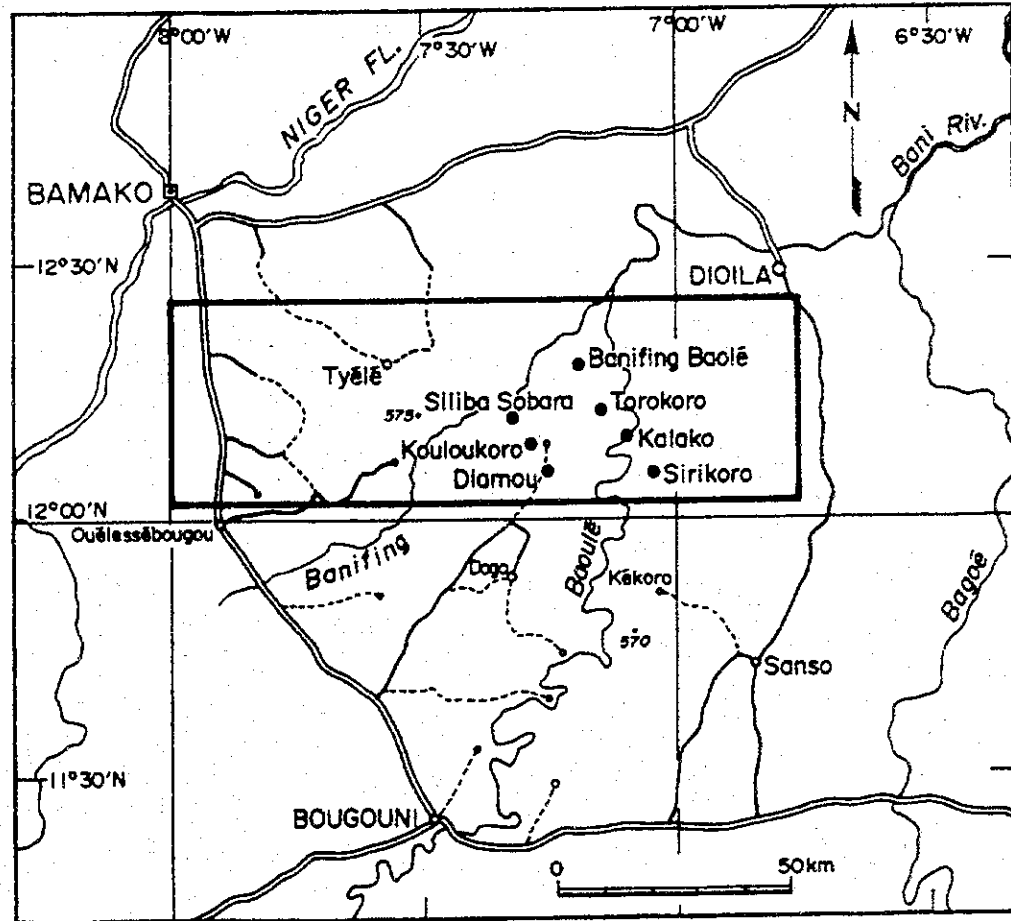
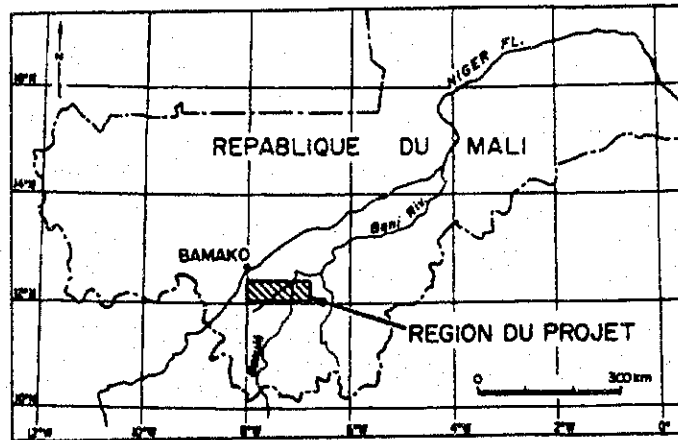
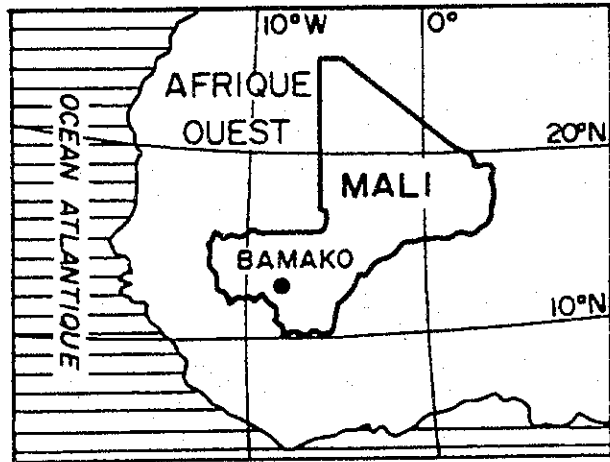
国際協力事業団

総 裁 川 上 隆 朗

金属鉱業事業団

理事長 松 田 憲 和

CADRE GEOGRAPHIQUE



Location Map of Survey Area

要約

本報告書はマリ共和国バオレ・バニフィング地域における資源開発協力基礎調査の第2年次の結果をまとめたものである。

現地調査は平成13年11月12日から平成14年2月6日までの期間に、国際協力事業団及び金属鉱業事業団が派遣した調査団によって実施された。第2年次調査として、第1年次調査及び既調査により有望地区として抽出された Diamou, Sirikoro 及び Torokoro 周辺・北方の3地区を対象にトレンチ調査、ピット調査及びボーリング調査を実施した。

本地域はマリ共和国南西部にあり、地域の近傍には Birimien 累層群及びそれらを一貫火成岩中の断層帯などに規制された多くの金鉱床・鉱化帯が賦存する。したがって本調査でも断裂と鉱化帯の関係を解明することに主眼を置いて各種の調査を実施した。その結果以下の結論が得られた。

- (1) Diamou 地区：ピット調査(250箇所)、トレンチ調査(4,852m)及びボーリング調査(RC:60m×30孔、DD：8孔、1,250m)を実施した。この結果 NNW-SSE 方向に並走する2つの有望な鉱化帯を抽出した。東側の鉱化帯(ゾーン1)は断層群沿いに賦存し、幅約200mで少なくとも2km以上連続すると考えられる。鉱化作用は主に石英斑岩岩脈沿いに生じ、金はエレクトラムとして単独または硫砒鉄鉱中に包有されている。鉱化作用には随伴鉱物として硫砒鉄鉱、磁硫鉄鉱、黄鉄鉱を伴う。ダイヤモンドボーリングでは1.0g/t Au(11m区間平均)、0.86g/t Au(11m区間平均)などの品位を確認し、1m区間長の最高品位は7.9g/t Auであった。西側の鉱化帯(ゾーン2)は幅約250mで少なくとも1km以上の延長が推定され、2つの型の鉱化作用が認められる。一つは褶曲軸部付近に賦存すると考えられるもので、エレクトラムは単独で存在し、鉱化作用に硫砒鉄鉱を伴わない。昨年度調査で1.7g/t Au(8m区間平均)などの品位を得ている。1m区間長の最高品位は5.1g/t Auであった。もう一つは流紋岩に伴って鉱化作用が生じていると考えられるものであるが、その性状には不明な点が多い。
- (2) Sirikoro 地区：ピット調査(450箇所)と RC ボーリング(60m×60孔)を実施した。ピット調査では空中磁気探査による線構造に沿って2km以上断続する金異常帯を捕捉した。RCボーリングでは鉱化部を捕捉したが、連続性を確認できなかった。
- (3) Torokoro 周辺・北方地区：地化学探査を実施し、4ヶ所でまとまった金地化学異常が抽出された。これらは空中磁気探査から抽出された線構造上に位置し、鉱化帯の賦存を反映している可能性が高いと判断される。

Diamou 地区における第3年次調査としては2つの鉱化帯の性状及び高品位部の有無を詳しく調べるために、物理探査及びボーリング調査の実施を提案する。

Diamou 以外の地区の3年次調査では Torokoro 周辺・北方地区と昨年度地化学調査を実施した Kalako 地区、Sirikoro 地区及び地元民による旧ピットが多数分布する Banifing Baole 地区を最優先にして鉱化帯の存在を確認するための調査の実施を提案する。

目次

はしがき

要約

目次

第I部 総論

第1章 調査概要	1
1-1 調査目的	1
1-2 調査地域	1
1-3 調査内容	1
1-4 現地調査期間	3
1-5 調査団の編成	3
第2章 地勢	4
2-1 位置・交通	4
2-2 気候・植生	4
2-3 地形	4
第3章 バオレ・バニフィング地域の地質概要	6
3-1 調査地域周辺の広域地質	6
3-2 調査地域の地質	6
3-3 ラテライトの産状	6
3-4 鉱徴地	12
第4章 調査地域の探鉱経緯	17
4-1 探査経緯	17
4-2 1998年～2000年の調査結果の概要	17

第Ⅱ部 各論

第1章 第2年次調査の背景	19
1-1 第1年次調査の結果	19
1-2 第2年次調査の内容	20
第2章 Diamou 地区	21
2-1 地質	21
2-1-1 地区概要	21
2-1-2 地質	21
2-2 ピット調査	31
2-2-1 調査方法	31
2-2-2 調査結果	31
2-3 トレンチ調査	39
2-3-1 調査方法	39
2-3-2 調査結果	39
2-4 リバースサーキュレーション(RC)ボーリング調査	47
2-4-1 ボーリング工事	47
2-4-2 調査結果	50
2-5 分析結果の解析	55
2-6 ダイヤモンドボーリング調査	61
2-6-1 ボーリング工事	61
2-6-2 調査結果	64
2-7 総合検討	88
2-7-1 Diamou 地区中央鉱化帯における鉱化作用の特徴	88
2-7-2 有望地の抽出	103
第3章 Sirikoro 地区	107
3-1 調査の概要	107
3-2 ピット調査	107
3-2-1 ピット調査の概要	107
3-2-2 ピット地質	107
3-3 リバース・サーキュレーション(RC)ボーリング調査	108
3-3-1 RC ボーリング調査の概要	108
3-3-2 RC ボーリングの地質状況	108

3-4	分析結果の解析.....	113
3-4-1	金分析結果の解析.....	113
3-4-2	多成分の解析.....	114
3-5	総合解析.....	117
3-5-1	Sirikoro 地区(ピット調査地区).....	117
3-5-2	RC ボーリング地区.....	118
3-6	まとめと考察.....	127
第4章	Torokoro 周辺・北部地区.....	128
4-1	Mala 地区.....	128
4-1-1	地区概要.....	128
4-1-2	地質.....	128
4-1-3	地化学探査結果.....	128
4-2	Botouba 地区.....	139
4-2-1	地区概要.....	139
4-2-2	地質.....	139
4-2-3	地化学探査結果.....	139
4-3	まとめ.....	148
4-3-1	調査結果.....	148
4-3-2	次期調査.....	148

第Ⅲ部 結論と提言

第1章	結論.....	151
第2章	第3年次調査への提言.....	153

参考文献

本文内挿入図

Fig. I -1-1	調査地域位置図.....	2
Fig. I -2-1	マリの気候・植生図.....	5
Fig. I -3-1	地質模式層序図.....	7
Fig. I -3-2	調査地域の地質図.....	9
Fig. I -3-3	ラテライトの産状.....	11
Fig. I -3-4	マリ国南部の鉱床.....	15
Fig. I -4-1	探鉱経緯説明図.....	18
Fig. II -2-1	Diamou 地区地質図及び断面図.....	23
Fig. II -2-2	断層の同積投影図(トレンチ A).....	27
Fig. II -2-3	Diamou 地区実施調査位置図.....	29
Fig. II -2-4	Diamou 地区ピット調査位置図.....	32
Fig. II -2-5	Diamou 地区ピット地質図(地表下 5m).....	33
Fig. II -2-6	Diamou 地区ピット調査結果図.....	37
Fig. II -2-7	Diamou 地区トレンチ調査位置図.....	40
Fig. II -2-8	Diamou 地区トレンチ調査結果図.....	43
Fig. II -2-9	トレンチスケッチ図(旧ピット群地区).....	45
Fig. II -2-10	Diamou 地区 RC ボーリング調査位置図.....	48
Fig. II -2-11	Diamou 地区 RC ボーリング調査結果図 (断面図).....	53
Fig. II -2-12	Diamou 地区多変量解析図(トレンチ調査).....	59
Fig. II -2-13	Diamou 地区 DD ボーリング調査位置図.....	62
Fig. II -2-14	Diamou 地区ボーリング柱状図(1).....	67
Fig. II -2-14	Diamou 地区ボーリング柱状図(2).....	70
Fig. II -2-14	Diamou 地区ボーリング柱状図(3).....	73
Fig. II -2-14	Diamou 地区ボーリング柱状図(4).....	76
Fig. II -2-14	Diamou 地区ボーリング柱状図(5).....	79
Fig. II -2-14	Diamou 地区ボーリング柱状図(6).....	82
Fig. II -2-14	Diamou 地区ボーリング柱状図(7).....	85
Fig. II -2-14	Diamou 地区ボーリング柱状図(8).....	87
Fig. II -2-15	Diamou 地区ボーリング地質断面図(1).....	91
Fig. II -2-15	Diamou 地区ボーリング地質断面図(2).....	93
Fig. II -2-15	Diamou 地区ボーリング地質断面図(3).....	95
Fig. II -2-15	Diamou 地区ボーリング地質断面図(4).....	97

Fig. II-2-16	Diamou 地区 DD ボーリング Au・As プロファイル(1)	99
Fig. II-2-16	Diamou 地区 DD ボーリング Au・As プロファイル(2)	100
Fig. II-2-17	Diamou 地区ブロックダイアグラム	101
Fig. II-2-18	Diamou 地区総合解析図	105
Fig. II-3-1	Sirikoro 地区ピット・RC ボーリング位置図	109
Fig. II-3-2	Sirikoro 地区地質図	111
Fig. II-3-3	Sirikoro 地区 Au 地化学異常図(ピット調査)	119
Fig. II-3-4	空中磁気探査による鉛直一次微分図	119
Fig. II-3-5	Sirikoro 地区 As 地化学異常図(ピット調査)	121
Fig. II-3-6	Sirikoro 地区 RC ボーリング調査結果図	123
Fig. II-3-7	Sirikoro 地区解析断面図	125
Fig. II-4-1	Mala 地区地質概略図及び同断面図	129
Fig. II-4-2	Mala 地区及び Batouba 地区地化学探査試料採取位置図	131
Fig. II-4-3	Mala 地区 Au 地化学異常図	135
Fig. II-4-4	Mala 地区多変量解析図	137
Fig. II-4-5	Batouba 地区地質概略図及び同断面図	141
Fig. II-4-6	Batouba 地区 Au 地化学異常図	143
Fig. II-4-7	Batouba 地区多変量解析図	145
Fig. II-4-8	Torokoro 周辺・北部地区 Au 異常と磁気異常 (一次微分図)の関係	149

本文内挿入表

Table I -1-1	調査内容及び調査量一覧表	1
Table I -1-2	室内試験数量一覧表	3
Table I -1-3	調査団員名簿	3
Table I -2-1	首都バマコの気象	4
Table I -3-1	マリ国南部の金鉱床	16
Table I -4-1	1998年～2000年の調査結果概要	17
Table II -2-1	検出限界値一覧表	34
Table II -2-2	基本統計量一覧表（ピット）	35
Table II -2-3	基本統計量一覧表（トレンチ）	41
Table II -2-4	RCボーリング掘削位置一覧表 (1)(2).....	47
Table II -2-5	RCボーリングにおけるAu濃集部一覧表	51
Table II -2-6	相関行列	57
Table II -2-7	因子分析結果	58
Table II -2-8	DDHボーリング掘削位置一覧表	61
Table II -2-9	金濃集部の品位 (MDDH-6).....	65
Table II -2-10	金濃集部の品位 (MDDH-7).....	69
Table II -2-11	金濃集部の品位 (MDDH-8).....	72
Table II -2-12	金濃集部の品位 (MDDH-9).....	74
Table II -2-13	金濃集部の品位 (MDDH-12).....	84
Table II -3-1	基本統計量及びしきい値一覧表	113
Table II -3-2	相関行列	115
Table II -3-3	多変量解析結果	116
Table II -4-1	基本統計量一覧表	132
Table II -4-2	Au単一変量解析結果	132
Table II -4-3	多変量解析結果	133
Table II -4-4	基本統計量一覧表	139
Table II -4-5	Au単一変量解析結果	140
Table II -4-6	多変量解析結果	147

巻末資料

- Ap.1 ピット柱状図
- Ap.2 Au 濃集プロファイル (ピット)
- Ap.3 RC 柱状図
- Ap.4 Au 濃集プロファイル (RC)
- Ap.5 DDH 柱状図
- Ap.6 RC ボーリング掘削実績表及び工程表
- Ap.7 RC ボーリング使用機器, 消耗品及び数量一覧表
- Ap.8 DDH ボーリング掘削実績表及び工程表
- Ap.9 DDH ボーリング使用機器, 消耗品及び数量一覧表
- Ap.10 検鏡結果(岩石薄片, 研磨薄片)
- Ap.11 化学分析結果一覧表
- Ap.12 累積頻度曲線
- Ap.13 粉末 X 線回折試験結果一覧表
- Ap.14 流体包有物試験結果
- Ap.15 鉱微地及び試料採取位置図
- Ap.16 全岩分析結果
- Ap.17 年代測定結果一覧表

別添図

- Ct.1 トレンチスケッチ図(旧ピット群地区)

付帯試料

- 岩石薄片
- 鉱石研磨片
- 作業状況写真
- CD-ROM 及び出力表(分析値含む)
- ボーリング調査孔別作業状況記録写真
- 全コアのカラー写真

第I部 総論

第 I 部 総 論

第 1 章 調査概要

1-1 調査目的

本調査はマリ共和国バオレ・バニフィング地域において地質及び鉱床の賦存状況の解明により、新鉱床を発見することを目的とする。さらに調査期間中において相手国機関に対し、技術移転を図ることを目的とする。

1-2 調査地域

調査位置図を Fig.I-1-1 に示す。バオレ・バニフィング地域は首都 Bamako の南東約 50～100km の Baoulé 川と Banifing 川の流域に位置する。

第 2 年次調査では「平成 12 年度資源開発協力基礎調査 バオレ・バニフィング地域」によって抽出された 3 鉱床賦存有望地区 (Diamou 地区, Sirikoro 地区, Torokoro 周辺・北部地区 (Mala 及び Botouba 地区)) において調査を実施した。

1-3 調査内容

調査内容は大きく地質調査、地化学調査及びボーリング調査から成る。ボーリング調査はさらに RC ボーリングとダイヤモンドボーリングからなる。各調査の内容を Table I-1-1 と Table I-1-2 に示す。

Table I -1-1 調査内容及び調査量一覧表

調査内容	調査量
地質調査・地化学探査	
1.地質調査・地化学探査・グラントルース (Mala 地区, Botouba 地区)	50km
2.トレンチ(Diamou 地区)	4,852m
3.ピット調査(Diamou 地区,Sirikoro 地区)	650 本 (3,250m)
ボーリング調査	
リバースサーキュレーション工法 (Diamou 地区及び Sirikoro 地区)	90 孔 5,400m
ダイヤモンドボーリング工法 (Diamou 地区)	8 孔 1,250m

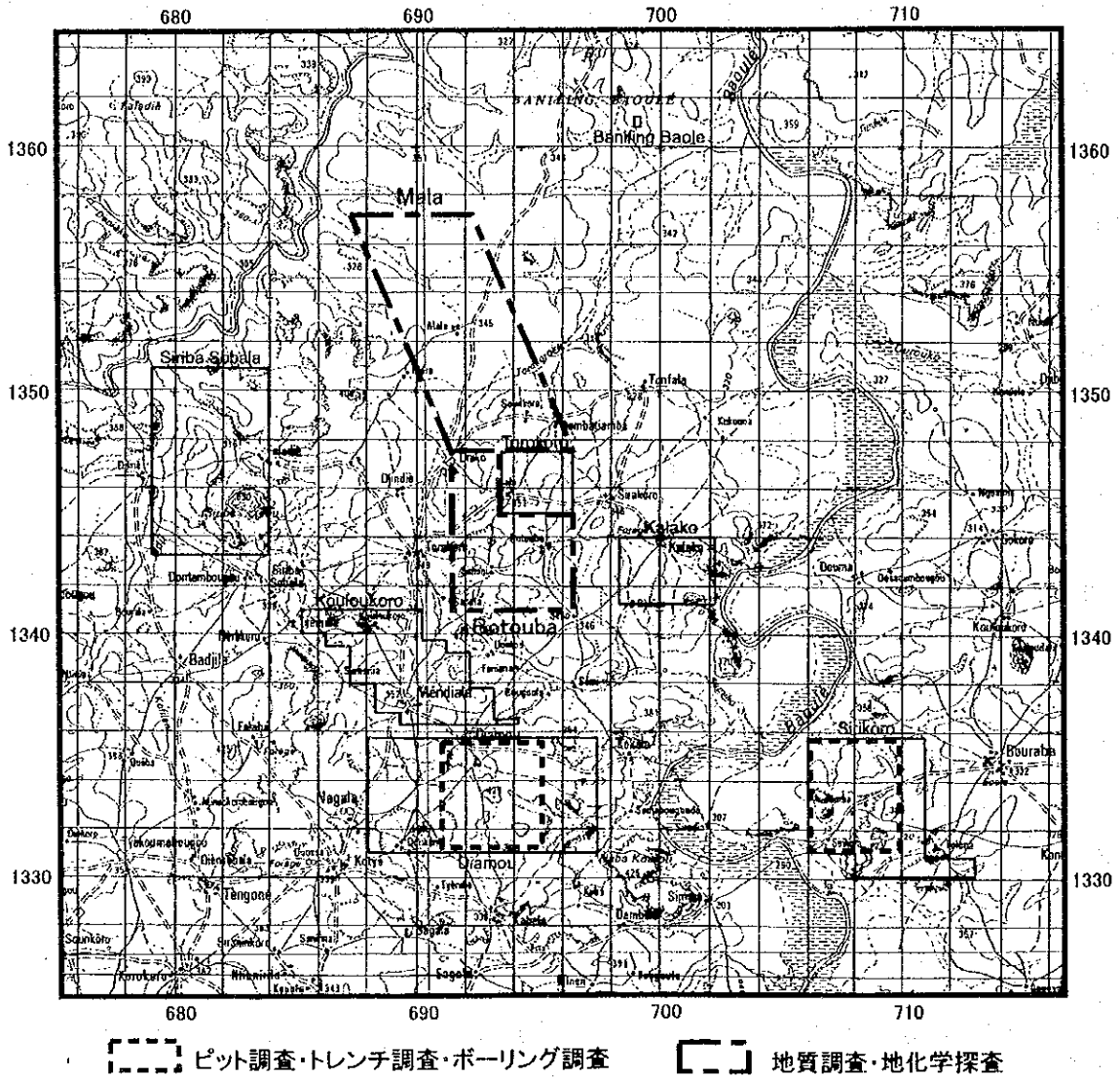


Fig. I-1-1 調査地域位置図

Table I-1-2 室内試験数量一覧表

調査内容	試験項目	数 量
地質調査・地化学探査 地質調査	化学分析 (ピット試料, トレンチ試料)	4,789 件
	岩石薄片作成	28 件
	鉱石研磨片作成	50 件
	X線回折試験	15 件
	流体包有物	4 件
	全岩化学分析	10 件
地化学探査	化学分析	3,000 件
ボーリング調査	化学分析 (カッティングス試料)	5,400 件
	化学分析 (コア試料)	1,250 件
	年代測定	3 件

1-4 現地調査期間

2001年11月12日～2001年11月15日	東京→パリ→ダカール→バマコ (移動)
2001年11月16日～2002年2月2日	現地調査
2002年2月3日～2002年2月6日	バマコ→ダカール→パリ→東京 (移動)

1-5 調査団の編成

調査団員名簿を Table I-1-3 に示す。

Table I-1-3 調査団員名簿

Contrepartie Japonaise		Contrepartie Malienne	
La mission pour négociation			
YOKOYAMA, Shigeru	(MMAJ)	Modibo COULIBALY	(DNGM)
HIRAI, Koji	(JICA)	Ibrahima SISSOKO	(DNGM)
FUJII, Noboru	(MMAJ)	Fatiaga KONE	(PDRM)
NUIBE, Yasunori	(MMAJ)	Hassimi B.SIDIBE	(DNGM)
NAKUI, Koji	(MMAJ)	Seydou KEITA	(DNGM)
L'équipe pour l'étude			
Chef géologue: SUZUKI, Mitsuru	(SUMICON)	Chef géologue : Emanuel THERA	(DNGM)
Géologue : TOMIZAWA, Naoaki	(SUMICON)	Géologue : Lassana GUINDO	(DNGM)
Géologue : GOTO, Toshiyuki	(SUMICON)	Géologue : Yaya DJERE	(DNGM)
Géologue : SETO, Takayuki	(SUMICON)	Géologue : Naby FOFANA	(DNGM)
Géologue : SAITO, Norizo	(SUMICON)	Géologue : Moussa Holla MAIGA	(DNGM)
MMAJ : Metal Mining Agency of Japan		DNGM : Direction Nationale de la Géologie et des Mines	
JICA : Japan International Cooperation Agency		PDRM : Programme pour le Développement des Ressources Minérales	
SUMICON : Sumiko Consultants, Co., Ltd.			

第2章 地 勢

2-1 位置・交通

調査対象のパオレ・バニフィング地域はマリ共和国南西部、首都バマコの南東に位置し、東西約 132km、南北約 44km、面積 5,800km²の範囲である。

調査のベースキャンプは調査地区に応じて、Dogo 集落と Kékoro 集落に置いた。Dogo へは首都 Bamako から車で約 200km、約 3 時間を、Kékoro へは、同じく約 310km、約 5 時間をそれぞれ要する。

それぞれのベースキャンプから調査地区までは、四輪駆動車両で 1 時間から 1 時間半で到達する。

2-2 気候・植生

本地域はサバンナ気候帯に属し、雨季と乾季が明瞭である。5 月中旬～10 月が雨季で、11 月～5 月中旬までは乾季である。年間降雨量は 1,400mm 程度で、雨季に集中し、乾季はほとんど降雨がない。年間平均気温は 25～32℃程度であるが、最高気温は 50℃に達する。

植生は疎らな森林と背の高い草が覆うが、ラテライトクラストの発達する部分は植生に乏しい。集落近くの平坦地は綿花・粟などの耕作地となっている。

首都バマコの気象資料(Table I -2-1)とマリの気候・植生図(Fig. I -2-1)を示す。

Table I -2-1 首都バマコの気象

	Jan.	Feb.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Jui.	Aout.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
Temp. (°C)	24.8	27.7	30.3	31.5	31.3	29.0	26.6	25.8	26.3	27.4	26.4	24.5
Humid.(%)	28	23	23	35	52	67	77	83	80	68	50	36
Préc.(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

2-3 地 形

本地域は標高 350m 前後のゆるやかな高原状台地と、その中に標高 400m 以上に達する丘陵～山岳地帯からなる。河川は Baolé 川と Banifing 川が本地域中央部を蛇行しながら北流して合流する。その支流が調査地域内に発達するがそのほとんどは乾季には枯れる。

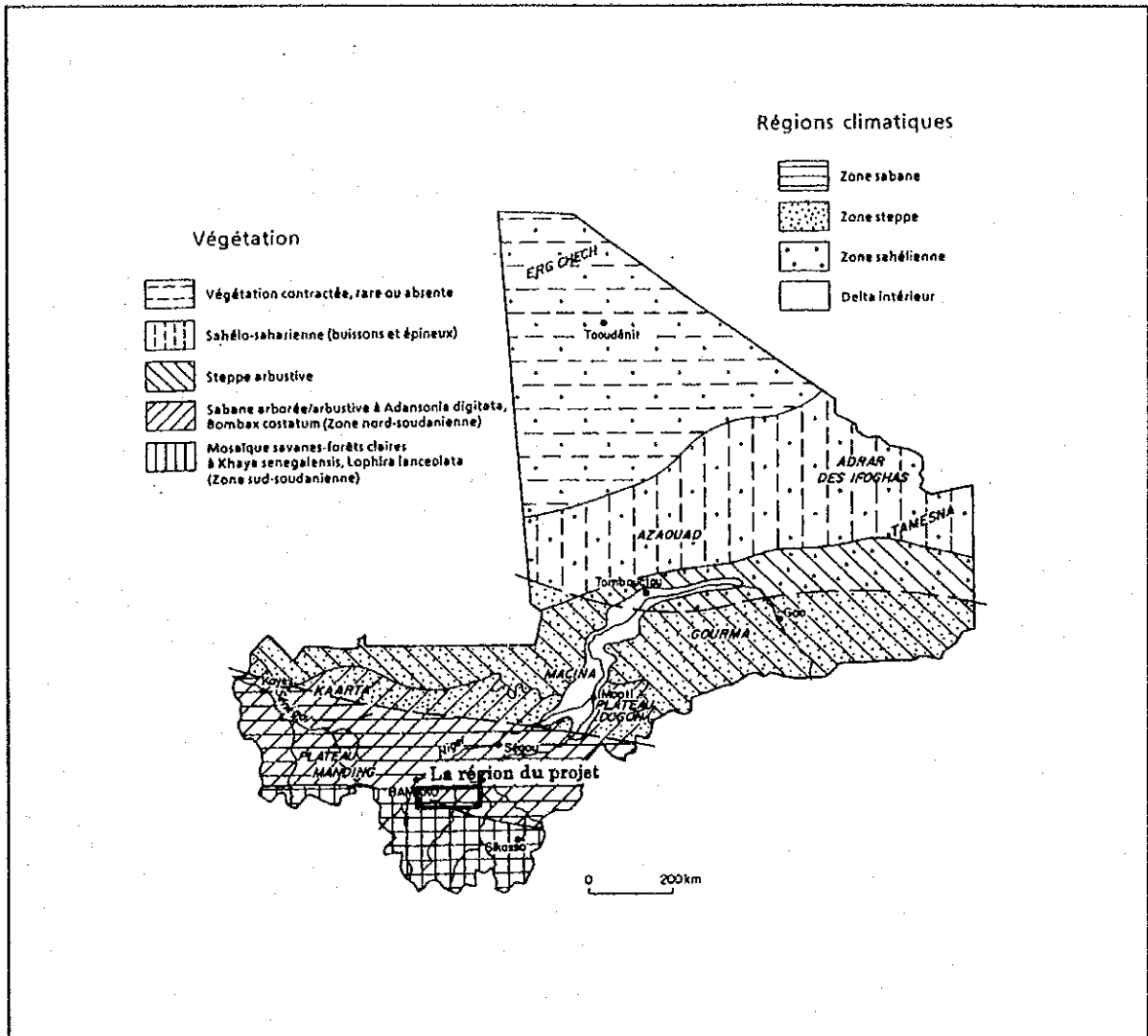


Fig. I -2-1 マリの気候・植生図

第3章 バオレ・バニフィング地域の地質概要

3-1 調査地域周辺の広域地質

バオレ・バニフィング地域はマリ南西部，西アフリカ・クラトン内に位置する。同クラトンの大西洋側は西アフリカ褶曲帯へ，内陸側は汎アフリカ造山帯へそれぞれ連なる。

西アフリカ・クラトンの地質は原生代前期(26-21.3 億年前)に形成され，エブルニア造山運動(20±2 億年前)で変成(緑色片岩相)・変形されたと考えられる Birrimien 累層群と，これを貫くバソリス状花崗岩類から主に構成される。BRGM(1989)によれば Birrimien 累層群は火山岩類(変玄武岩，安山岩，凝灰岩など)に富む上部層と，堆積岩類(片岩，砂岩，泥質岩，グレーワッケなど)に富む下部層に区分される(Fig. I-3-1)。調査地域を含むマリ国南西部に分布する Birrimien 累層群は，同累層群下部に相当するものと考えられ，泥・砂質岩を主とし，火山岩類を伴う緑色片岩相の変成岩からなる。

3-2 調査地域の地質

バオレ・バニフィング地域の地質図(国際協力事業団・金属鉱業事業団,1999)を Fig. I-3-2 に示す。調査地域の地質は原生代初期の Birrimien 累層群とそれを貫く造山時花崗岩類と後造山時花崗岩類及びこれらを不整合に覆うインフラカンブリア紀の Sotuba 累層群により構成される。このほかジュラ紀貫入とされる小規模な塩基性火山岩類と河川沿いの第四紀砂礫層が分布する。

Birrimien 累層群は調査地域のほぼ中央部に NW-SE 方向に伸張して分布するほか，地域の西端部に小規模に分布する。それらは泥・砂質岩を主とし，少量の塩基性及び酸性の変火山岩類を伴う。

造山時花崗岩類は黒雲母角閃石花崗岩～花崗閃緑岩を主とし，Birrimien 累層群を取り囲んで，調査地域の西部と東部に広く分布する。

後造山時花崗岩類は優白質のアルカリ花崗岩で，調査地域の東部にまとまった規模の2岩体が分布する。

Sotuba 累層群は細粒砂岩を主とし，地域の北部に広く分布する。

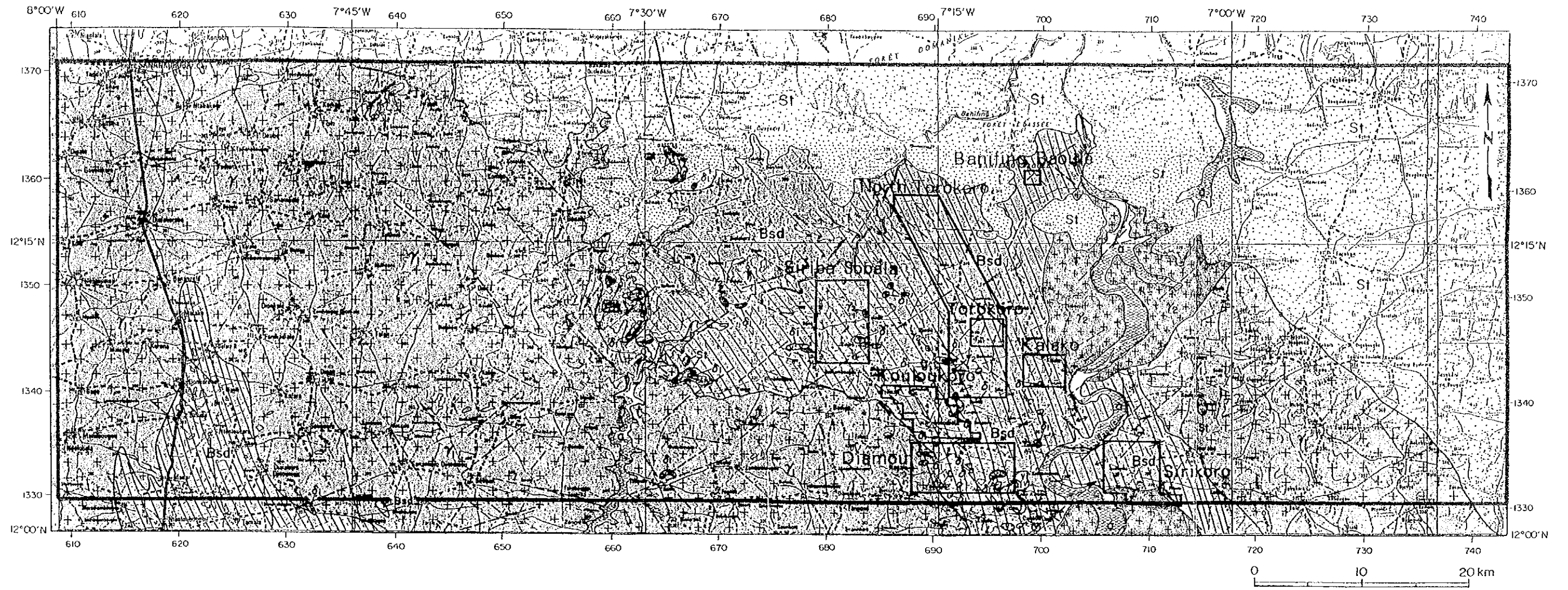
塩基性火山岩類は閃緑岩，ガブロ及び粗粒玄武岩からなり，Birrimien 累層群中に貫入する。その貫入時期はジュラ紀とされている(国際協力事業団・金属鉱業事業団,2000)。

3-3 ラテライトの産状

ラテライトは熱帯地方のラテライト化作用で生じる特徴的な土壌である。ラテライト化作用は岩石の風化作用と鉄・アルミナ富化作用，さらにこれに伴う化学成分の溶脱・移動・濃集の全過程を指し，岩石の選択性はほとんどない。ラテライトは地表から岩盤に向かっ

Age (Ma)		Formation	Lithology	Igneous activity	Alteration and Mineralization
1800	..... ..... .....	Tarkwaian System Kaware Group	Quartzites, grits, phyllites, conglomerates (250-700m thickness)		
2130	XXXX XXXX XXXX		Granitoids and syenites	Eburnian Cycle	Metamorphism HTS Au sulphide
	oo oo oo oo oo	Upper Birri- mien	Basic Volcanic Subseries	Bulk of the Up. Birrimien normal greenstones and green schist	
	VVVV VVVV VVVV		Acid Volcanic Subseries	Meta-rhyolites, qtz-felds porphyry, felsites and quartz-chlorite schist	
	. . v v v . .		Sedimentary- Volcanic Subs.	Meta-tuffaceous greywacke	
	..... ..... .....	Lower Birri- mien	Upper Arenaceous Subseries	Massive meta-sandstones, meta-graywacke and minor thin metasiltstone	
	-v- -v-		Upper Argillaceous Subseries	Predominantly rock assemblage of phyllite, siltstone, and their tuffaceous varieties	
	..... ..... -v-*		Middle Arenaceous Subseries	Meta-graywacke, meta-siltstone phyllite, Typically tuffaceous and manganiferous in the middle parts Rhythmically bedded in the lower parts,	
	..... ..... .....		Lower Argillaceous Subseries	Predominantly phyllite, interbedded with tuffa- ceous phyllite	
	..... ..... ..... . v -v-		Lower Arenaceous Subseries	Lithic assemblage of meta-graywacke, meta-sandstone, meta- siltstone, phyllite and tuffaceous varieties of these rock types	
2600+	+++ +++ +++		? Unconformity?		
			Granitoids, migmatites, ultramafic rocks and granulites	Liberian Cycle ?	

Fig. I -3-1 地質模式層序圖



LEGEND



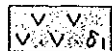

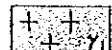


- | | |
|--|---|
| <p>Alluvial</p> <p> Clay, silt and sand</p> | <p>Post-tectonic Granite</p> <p> Alkali granite, Syenite, Quartz diorite</p> |
| <p>Intrusive rocks</p> <p> Dolerite, Gabbro</p> <p> Biotite hornblende diorite</p> | <p>Syn-tectonic Granite</p> <p> Hornblende biotite granite-granodiorite</p> |
| <p>Sotuba Group</p> <p> Fine grained sandstone</p> | <p>Birimien Group</p> <p> Pelitic schist, psamitic schist</p> |

Fig. I-3-2 調査地域の地質図

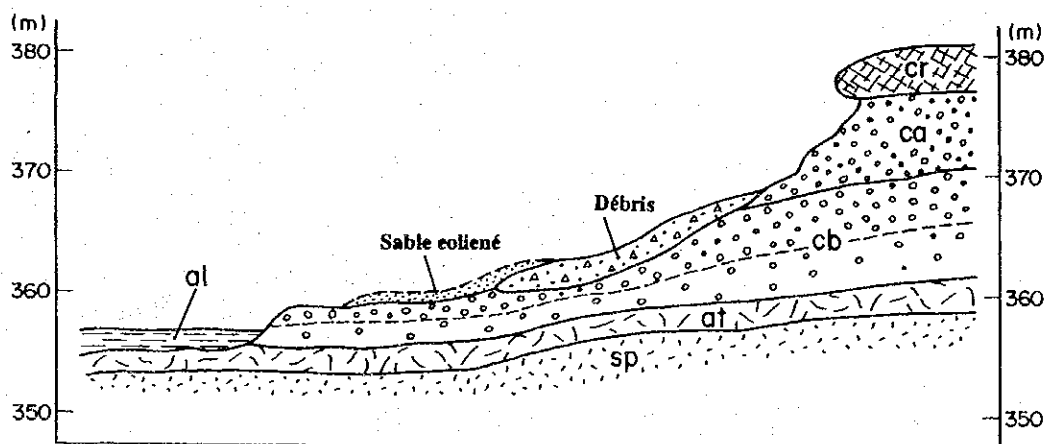
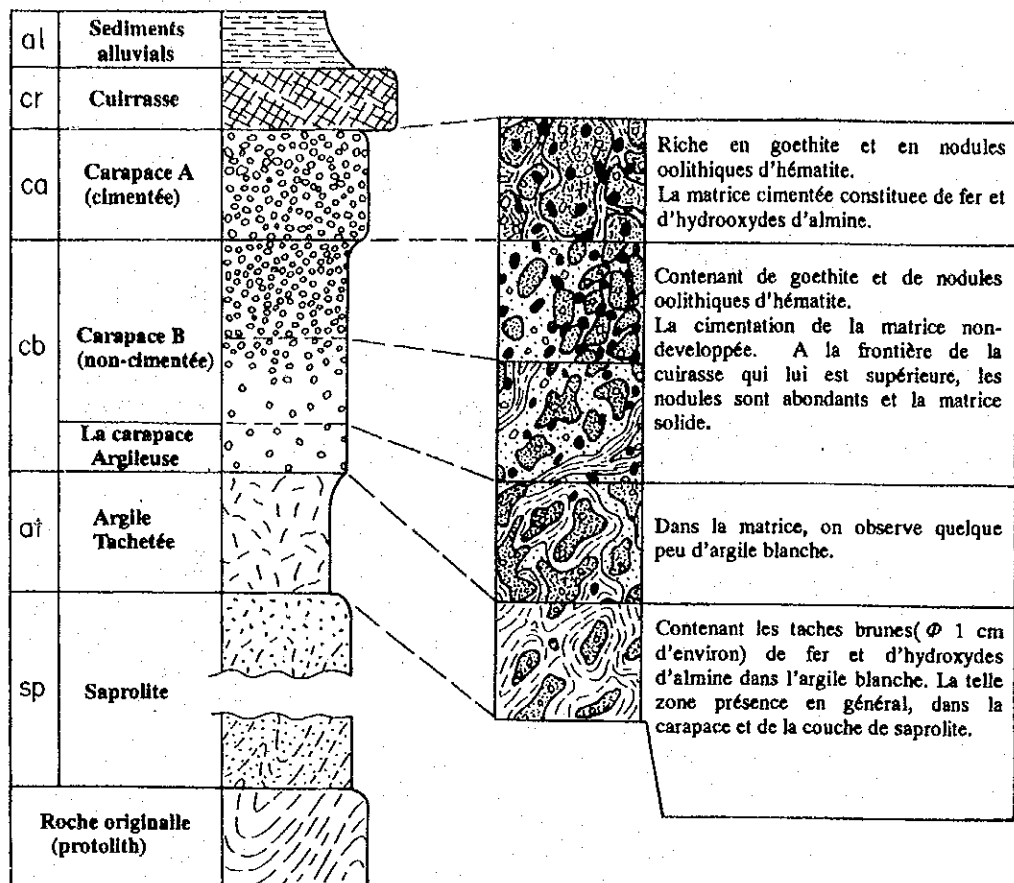


Fig. I -3-3 ラテライトの産状

て、キュイラス(cuirasse), カラパス(carapace), 斑紋帯(mottledzone), サプロライト(saprolite)の順に成層し(Fig. I-3-3), それぞれ漸移するが, 風化断面ですべてが揃うわけではない。

キュイラスは一般に黒色から赤褐色の針鉄鉱と赤鉄鉱からなる魚卵状ノジュールを多量に含み, 基質は鉄・アルミナ酸化物で完全にセメント化し, ツルハシでやっとなり砕けるほどに硬い。このように非常に硬いので, ラテライト台地頂部を構成することが多い。層厚は2m程度が認められる。

カラパスはキュイラスと同様, 針鉄鉱と赤鉄鉱からなる魚卵状ノジュールを含むが, 一般にノジュール量は下位に向かって減少する。典型的な断面ではノジュール量により上位から下位に, カラパス A, カラパス B 及び粘土化帯に細分できる。カラパス基質は赤褐色の粘土物質からなり, セメント化は強くない。本地域の高原状台地を広く構成する。層厚はピット調査では3m程度である。

斑紋帯はカラパスとサプロライトの漸移帯に相当し, 鉄・アルミナ水酸化物からなる直径1cm程度の褐色の斑紋が黄色・白色・褐色などの粘土中に散在する。層厚はピット調査で1m程度が認められる。

サプロライトは黄色・褐色・灰白色などを呈する塊状・均質かつ軟質の風化岩で, カオリナイト又はモンモリロナイトに富む。原岩組織・構造を残す場合がある。層厚はピット調査では10~30m程度, ボーリング調査では最大60mが確認された。

3-4 鉱徴地

バオレ・バニフィング地域は, 1997年度から1999年度に実施された資源開発協力基礎調査ケコロ・バオレ・バニフィング地域の対象地域と重複する部分が多く, 既知金鉱徴のほとんどは, 1997年度に実施された広域地化学探査で認められた地区である。すなわち, Diamou, Kouloukoro, Siriba-Sobala, Torokoro, Kalako, Sirikoro 及び Banifing Baoulé 地区などである(第1年次報告書参照)。

調査地域近傍には多数の金鉱床が賦存する(Fig.I-3-4)。それらは緑色岩中の金鉱床であり Birrimien 累層群及びその近傍の火成岩類中に発達した構造的弱線, 層理面・裂罅帯などに胚胎すると考えられている。

以下に, マリの代表的な金鉱床である Sadiola, Loulo, Medinand, Kalana, Syama 及び Morila の各鉱床の概要を示す。これらの鉱床は, いずれも Birrimien 累層群中に胚胎する。なお, Table I-3-1 には各鉱床の特徴をまとめた。

Sadiola 鉱床: バマコの西方約350kmのマリ・セネガル国境付近に位置する。資源量は金量約159t(平均品位3.06g/t Au)と言われ(DNGM, 2001: 内部資料), 1996年12月から露天掘りによる出鉱を開始した。2001年の金生産量は20.8tで, マリ最大の金鉱山として, さらに世界有数の低コスト金鉱山として注目されてい

る。開発は SEMOS 社(Anglo American 社が 38%, Iamgold 社が 38%, マリ政府が 18%, IFC(国際金融公社)が 6%を出資)によって行われている。探掘対象は金を含むサブプロライトである。地表付近のサブプロライト(酸化帯)の鉱量は 24.1Mt, 下部のサブプロライト(還元帯)の鉱量は 18.9Mt である。ボーリング結果によれば, 地下深部の金鉱化帯は「Sadiola フラクチャー帯」と呼ばれる変質を受けた破碎帯に沿って分布し, 地下 400~500m まで連続することが確認されている。

Loulo 鉱床: バマコの北西約 300km, Sadiola 鉱山の南約 80km に位置する。1983 年に発見された鉱床で, 現在, SOMILO 社(Randgold 社が 51%, La Source 社が 29%, マリ政府が 20%を出資)によって F/S が実施されている。金鉱床は強い電気石化を受けた砂岩中に胚胎する。金は砂岩基質中の鉱染状自然金として産し, 多量の鉱染状硫化鉱物を伴う。F/S 前の資料によれば, 「Loulo 0 鉱体」は 10m 幅で南北 800m に連続し, 地表から地下 150m までの資源量は金量 28.2t(平均品位 4.38g/t Au)と算出されている(Dommanget et al., 1985)。

Medinandi 鉱床: マリ・セネガル国境付近に位置する。1960 年に SONAREM が探査活動を行い, Au11.14g/t, 金量 4 トンを確認した。鉱床の母岩は Birrimien 累層群の変成グレイワック, 安山岩などである。鉱化作用は Birrimien 累層群の破碎帯中に認められ, 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を伴って産する。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, 閃亜鉛鉱などを伴う。

Kalana 鉱床: ギニアとの国境に近い Yanfolila の南約 42km に位置する。1966 年に旧ソ連の技術支援を受けて SONAREM によって発見されたもので, 1985 年から 1991 年にかけて 2~3t の金を生産した。旧ソ連崩壊後に操業を休止し, 1995 年以降は Ashanti Goldfield 社グループが権益を取得し, 現在 F/S を実施中である。金は Birrimien 累層群の変堆積岩と閃緑岩を母岩とする石英脈中に自然金として産する。石英脈中には硫砒鉄鉱と黄鉄鉱が多量に認められ, 流体包有物充填温度は 340~420℃を示す。資源量は金量約 44t(平均品位 15g/t Au)と言われる(DNGM, 2001: 内部資料)。

Syama 鉱床: バマコの南東約 300km に位置する。1960 年代に SONAREM による空中磁気探査とボーリング調査が行われ, 1980~1986 年には DNGM と UNDP による土壌地化学探査とピット・トレンチ調査が行われた。1987 年, BHP 社はマ

り政府とジョイント・ベンチャー契約を結び、当地区における積極的な探鉱を開始し、その結果、鉱量 22.5Mt、金量 88.5t、平均品位 3.9g/t Au の大規模金鉱床を発見した。その後、Syama Extension, Banaso などの衛星鉱床の発見もあり、鉱量はさらに増加した。1990 年から露天掘りによる採掘が開始され、1997 年までに 24t の金が生産されている。1996 年以降は SOMISY 社 (Randgold 社が 65%, DNGM が 20%, IFC が 15%を出資)により操業されている。鉱床母岩は Birrimien 累層群の安山岩、玄武岩およびチャートからなり、金鉱化帯は走向南北、西傾斜 70 度、幅 20~40mの剪断破碎帯中に発達する。当破碎帯には、炭酸塩化、アルバイト化、セリサイト化及び黄鉄鉱の鉱染が広く認められ、このなかで、金は鉱染状の自然金として産出する。

Morila 鉱床 : Kékoro 地域の南東約 30km に位置する。1950 年代にはフランスが、1970 年代にはフランスと SONAREM が、1984~1987 年にはマリ・ベルギーがそれぞれ土壌地化学探査と鉱微地調査を実施し、数箇所の地化学異常と断裂帯を発見した。1992 年には BHP 社が Morila 鉱区を取得し、ボーリング調査、ピット調査、VLF 調査、IP 調査を実施した。その結果、数箇所の硫化物鉱染帯と IP 異常帯を抽出した。1996 年以降は Randgold 社が鉱区権益を受け継ぎ、1997 年に大規模な金鉱床を発見するに至った。資源量は金量 150t (平均品位 4.6g/t Au)である(DNGM, 2001: 内部資料)。金は Birrimien 累層群のワッケ質砂岩中又は黒雲母片岩中の黄鉄鉱-硫砒鉄鉱鉱染帯に、細粒の鉱染状自然金として産する。母岩の片理面に平行な石英細脈が少量認められる。

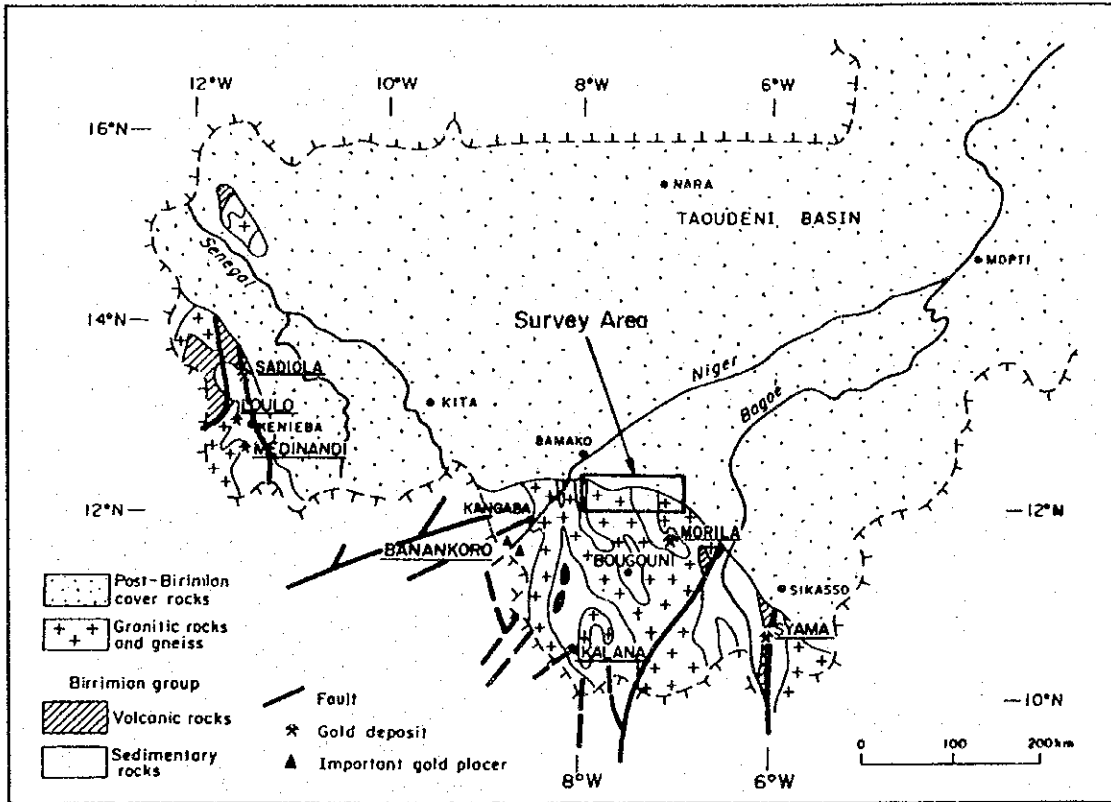


Fig. I-3-4 マリ国南部の鉱床

Table I -3-1 マリ国南部の金鉱床

	Sadiola	Loulo	Medinandi	Kalana	Syama	Morila
金量(品位)	131.6t (3.06g/t)	28.2t(4.38g/t)	4t (11.14g/t)	30.2t 28g/t)	88.5t (3.9g/t)	169t (4.1g/t)
鉱床胚胎構造	左横ずれ断層	左横ずれ断層	断層破砕帯	節理	左横ずれ断層	断層？, 層準規制？
鉱化構造方向	NS	NNE	NS	NS,NNW-SSE,NW-SE	NNE-SSW	-
母岩	Birimien 塩基性火山岩類	Birimien 砂岩	Birimien 変成グレーワッケ, 安山岩	Birimien 砂岩, 泥質片岩	Birimien 変火山岩類	Birimien 変堆積岩類
石英脈 注1	○	○	○	○	△	×
産状	サブロライト帯	鉱染状	鉱染状	石英脈	鉱染状	鉱染状
貫入岩	ランプロファイヤー 質岩/花崗閃緑岩	-	-	閃緑岩	ランプロファイヤー 質岩	トータル岩？
主随伴鉱物	硫砒鉄鉱, 黄鉄鉱, 磁硫鉄鉱	黄鉄鉱	黄鉄鉱, 磁硫鉄鉱, 方鉛鉱, 閃亜鉛鉱	硫砒鉄鉱>黄鉄鉱, 黄銅鉱, 磁硫鉄鉱	硫砒鉄鉱>黄鉄鉱	硫砒鉄鉱, 磁硫鉄鉱
変質	炭酸塩鉱物	電気石, 炭酸塩鉱 物, セリサイト	-	緑泥石, 緑レン石	プロピライト	黒雲母
均質化温度				340-420°		400°以上？

注1 ○：多量に伴う, △：伴う, ×：伴わない

注2 -：不明

第4章 調査地域の探鉱経緯

4-1 探査経緯

バオレ・パニフィング地域周辺における 1970 年以降の探査史の概略を以下に示し、Fig.I-4-1 に探鉱経緯図を示す。

- 1970-1972 年 SONAREM (Societe Nationale de Recherches et d'Exploitation miniere) 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。
- 1972-1974 年 BRGM (Bureau de Recherches Geologiques et Minières) が Bougouni-Sikaso 地域 (調査面積 30,000km²) で Cu, Ni, Pb, Zn, Sn, Li, Nb, Ta を主目的とした地質調査(一部地化学探査)を実施。
- 1980-1990 年 UNDP(United Nations Development Program)がマリ共和国南部(調査面積 25,000km²)で金鉱床探査を目的とした広域地化学探査を実施。
- 1991-1994 年 国際協力事業団・金属鉱業事業団が Bougouni 地域(調査面積 14,000km²)で金鉱床探査を目的とした地化学探査を実施。
- 1998-2000 年 国際協力事業団・金属鉱業事業団が Kékoro-Baoulé-Banifing 地域(調査面積 7,000km²)で金鉱床探査を目的とした地化学探査, ボーリング調査を実施。

4-2 1998 年～2000 年の調査結果の概要

Fig. I -4-1 に Kékoro-Baoulé-Banifing 地域における 1998～2000 年の調査概要図を示し、Table I -4-1 にその調査結果概要を示す。

Table I -4-1 1998～2000 年の調査結果概要

	1998 年度	1999 年度	2000 年度
調査項目	<ul style="list-style-type: none"> ・ Landsat 画像解析 ・ 地質調査 ・ 地化学探査 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 地形図作成 ・ 地質調査 ・ 地化学探査 ・ ピット調査 ・ RC ボーリング調査 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 電気探査 (IP 法) ・ RC ボーリング ・ コアボーリング
調査結果	地化学探査の結果, Kékoro 地区から北西方向に伸びる 3 列の明瞭な Au 地化学異常が発見された。この中で Kékoro 地区, Sagala 地区等を精査地区として抽出した。	調査の結果, Kékoro F, Kékoro A 北部, Sagala 南部及び Sagala 北部の Au 地化学異常帯が特に有望であると結論付けられた。	調査は Kékoro A 地区と Sagala 地区の 2 地区で実施され、両地区において 1g/t Au 以上の鉱化帯が認められた。金は鉱染状黄鉄鉱や硫砒鉄鉱を多量に伴う変堆積岩や、花崗閃緑岩岩体中の石英細脈中に産することが明らかとなった。

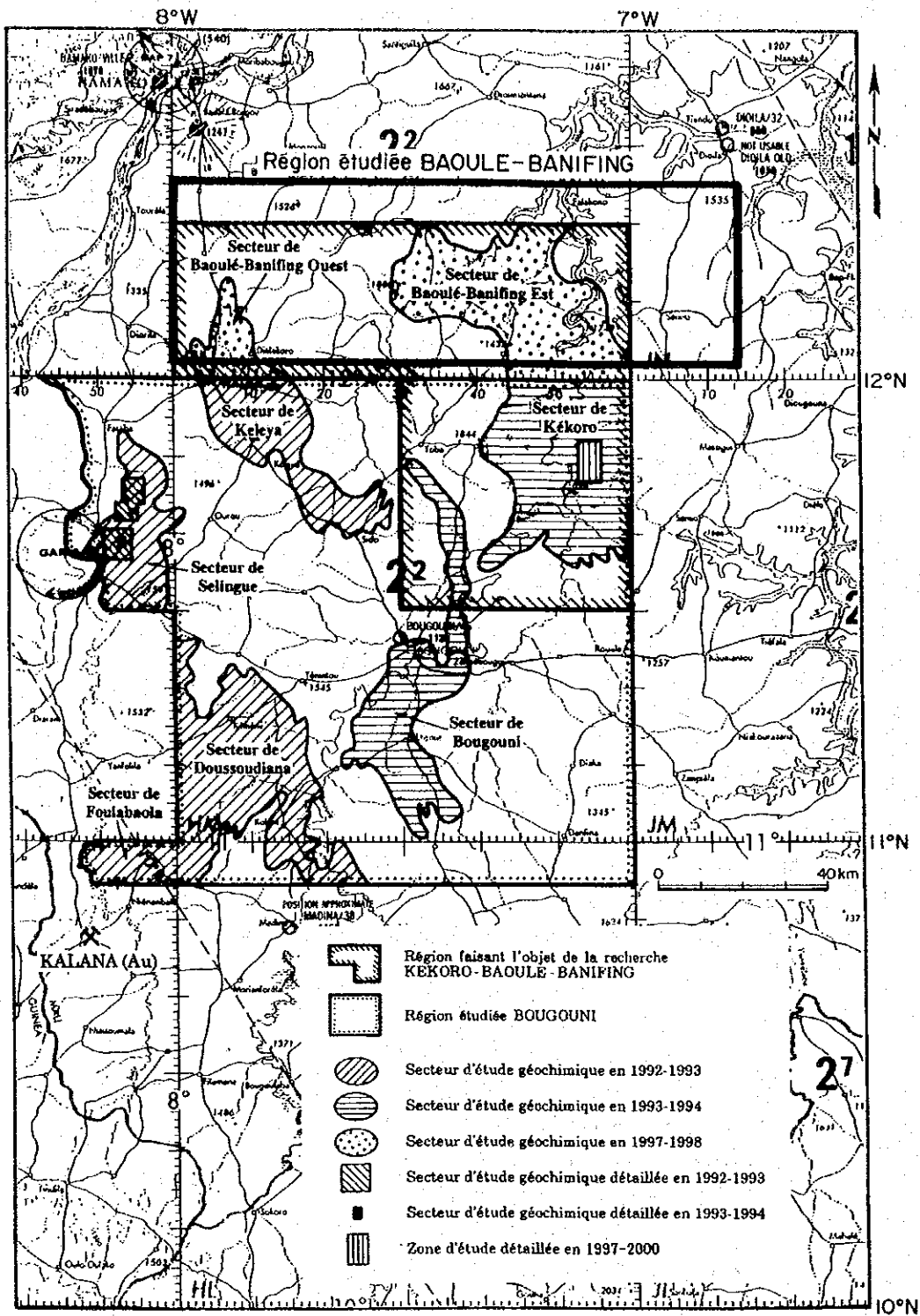


Fig. I-4-1 探鉱経緯説明図