

マリ共和国 ケコロ・バオレーバニフィング地域

資源開発協力基礎調査報告書

第 3 年 次

平成 12 年 5 月

国際協力事業団  
金属鉱業事業団

## 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ケコロ・バオレーバニフイング地域の鉱物資源賦存の可能性を確認するための地質調査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9年度を第1年次とし、今年度は第3年次調査に当たる。金属鉱業事業団は、2名からなる調査団を平成11年4月30日から平成11年6月9日まで、さらに、7名からなる調査団を平成12年1月8日から平成12年4月20日まで現地に派遣した。

現地調査は、マリ共和国政府機関およ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3年次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衷心より感謝の意を表すものである。

平成12年 5月

国際協力事業団  
総裁 藤田公郎

金属鉱業事業団  
理事長 田代直弘

## 要 旨

本調査は、マリ共和国ケコロ・バオレーバニフィング地域資源開発協力基礎調査の第3年次にあたり、Kékoro A 地区と Sagala 地区の2地区を対象として実施された。調査手法は、電気探査、RCボーリング調査およびコアボーリング調査からなる。

Kékoro A 地区における RC ボーリングにより、金鉱化帯が N250, N500, N750, N1000 および N1100 の各測線で確認され、東西 200m~400m, 南北約 850m にわたり連続することが確認された。鉱化帯周辺の地質は、ワッケ質砂質片岩と泥質片岩を主体とするビリミアン累層群とこれを貫く花崗閃緑岩からなる。金は鉱染状自然金として産し、鉱染状黄鉄鉱や硫砒鉄鉱を多量に伴う変堆積岩や、鉱染状硫化鉱物を少量含む花崗閃緑岩岩体中に認められる。金品位は、大半の箇所では 0.05 g/t Au~0.5 g/t Au を示す。1 g/t Au 以上の鉱化帯も多数認められ、各々の鉱化帯の区間長は 1m~13m で、区間平均品位は 2 g/t Au~10 g/t Au を示す。KDD-7 孔では、低品位ではあるが、より大規模な鉱化帯が認められる。そこでは、コア区間長 66m で、平均品位 0.9 g/t Au, 最高品位 9.6 g/t Au を示す。

Sagala 地区の花崗閃緑岩分布域における金の鉱化は、主に石英細脈によってもたらされたことが明らかとなった。石英細脈の大半は脈幅数 mm で、数 10cm~数 m 間隔に疎らに分布する。鉱化部の 1m 間の平均品位は数 g/t Au を示すことから、石英細脈内部の金品位は非常に高いものと推定される。Sagala 地区北部では花崗閃緑岩とビリミアン累層群の境界付近に金の鉱化が認められ、鉱化の程度は境界に近づくほど強くなる。Sagala 地区南部では南北方向に金鉱化帯が認められる。RC ボーリング孔 SRC-104 では、多量の鉱染状黄鉄鉱を伴う変安山岩中に顕著な鉱化を確認した。金の平均品位は高く、深度 0m ~60m 区間で 1.02 g/t Au を示す。

ケコロ・バオレーバニフィング地域において、今後、探鉱を継続すべき地区として、Kékoro, Sagala, Diamou, B.B, Sirba Sobala-Kouloukoro, Torokoro, Kalako および Sirikoro の 8 地区があげられる。Kékoro 地区と Sagala 地区では、Kékoro 地区西部の低比抵抗・高充電率異常帯と Kékoro F 地区の地化学異常帯を対象とするボーリング調査、さらに Sagala 地区の断裂帯の分布を明らかにする目的の放射能地化学探査が提案される。Diamou, B.B, Sirba Sobala-Kouloukoro, Torokoro, Kalako および Sirikoro の各地区は、第1年次調査で顕著な Au 地化学異常を確認したものの、その後の調査対象から外れていた。したがって、今後、地表踏査と精密地化学探査から探査を開始する必要がある。

## 目 次

はしがき

要旨

### 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	1
1-5 調査団の編成	1
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 地質概要	5
3-1 マリ南西部の地質と鉱床の概要	5
3-2 金鉱床の概要	8
第4章 調査結果概要	13
4-1 経緯	13
4-2 Kékoro 地区	13
4-2-1 地表踏査およびピット調査結果	13
4-2-2 土壌地化学探査結果	14
4-2-3 RC ボーリング調査結果	15
4-2-4 電気探査結果	16
4-2-5 コアボーリング調査結果	17
4-3 Sagala 地区	18

4-3-1 Baoulé-Banifing 地域の広域土壌地化学探査結果	18
4-3-2 地表踏査およびピット調査結果	18
4-3-3 精密土壌地化学探査結果	19
4-3-4 RC ボーリング調査結果	20
4-3-5 電気探査結果	21
4-3-6 コアボーリング探査結果	21
第5章 将来への提言	23

## 第Ⅱ部 各論

第1章 Kékoro 地区	25
1-1 電気探査	25
1-1-1 調査方法	25
1-1-2 IP 法探査結果	32
1-1-3 室内岩石試験結果	55
1-1-4 考察	57
1-2 RC ボーリング調査	61
1-2-1 経緯および調査方法	61
1-2-2 調査結果	66
1-3 コアボーリング調査	73
1-3-1 調査手法と調査目的	73
1-3-2 調査結果	74
第2章 Sagala 地区	93
2-1 電気探査	93
2-1-1 調査方法	93
2-1-2 IP 法探査結果	93
2-1-3 室内試験結果	121
2-1-4 考察	122
2-2 RC ボーリング調査	125
2-2-1 経緯および調査方法	125
2-2-2 調査結果	125
2-2-3 電気探査結果との対応	127
2-3 コアボーリング調査	129
2-3-1 調査概要および手法	129
2-3-2 調査結果	129

### 第Ⅲ部 結論と提言

第1章 結論 -----151

第2章 提言 -----151

参考文献 ----- 153

卷末資料

## 本文内挿入図

- Fig.I-1-1 Localisation des régions faisant l'objet de la recherche
- Fig.I-3-1 Esquisse géologique du sud-ouest du Mali
- Fig.I-3-2 Coupe schématique de la géologie en Région de Kékoro-Baoulé-Banifing
- Fig.I-3-3 Distribution des zones minéralisées dans la région de la présente recherche et à son voisinage(limitrophe)
- Fig.II-1-1 Enplacement de la prospection Polarisation Induite(IP) dans le secteur de Kékoro
- Fig.II-1-2 Configuration des électrodes "Dipole-dipole" et restitution des données
- Fig.II-1-3 Formes d'ondes(coube de décroissance) des réponses de l'IP
- Fig.II-1-4 Résultat du plan inverse à 2D dans le Secteur de Kékoro, ligne N1000
- Fig.II-1-5 Résultat du plan inverse à 2D dans le Secteur de Kékoro, ligne N750
- Fig.II-1-6 Carte plane de Résistivités modèles (profondeur=37,5 m) dans le Secteur de Kékoro
- Fig.II-1-7 Carte plane de Résistivités modèles (profondeur=62,5 m) dans le Secteur de Kékoro
- Fig.II-1-8 Carte plane de Résistivités modèles (profondeur=125 m) dans le Secteur de Kékoro
- Fig.II-1-9 Carte plane de Chargeabilité modèles (profondeur=37,5 m) dans le Secteur de Kékoro
- Fig.II-1-10 Carte plane de Chargeabilité modèles (profondeur=62,5 m) dans le Secteur de Kékoro
- Fig.II-1-11 Carte plane de Chargeabilité modèles (profondeur=125 m) dans le Secteur de Kékoro
- Fig.II-1-12 Carte plane de l'Analyse des résultats dans le Secteur de Kékoro
- Fig.II-1-13 Localisation des trous de forage à circulation inverse(RC) et ceux de forage à diamant dans le Secteur de Kékoro
- Fig.II-1-14 Distribution des anomalies de l'or et de l'arsenic dans le Secteur de Kékoro
- Fig.II-1-15 Carte plane des résultats d'étude géochimique en profondeur (teneur en Au : moyenne entre les niveaux 0m et 60m)
- Fig.II-1-16 Géologie et teneurs en Au aux trous KDD-1 et KDD-2 dans le Secteur de Kékoro
- Fig.II-1-17 Géologie et teneurs en Au aux trous KDD-3 et KDD-4 dans le Secteur de Kékoro
- Fig.II-1-18 Géologie et teneurs en Au aux trous KDD-5 et KDD-6 dans le Secteur de Kékoro
- Fig.II-1-19 Géologie et teneurs en Au aux trous KDD-7 et KDD-8 dans le Secteur de Kékoro
- Fig.II-1-20 Géologie et teneurs en Au aux trous KDD-9 et KDD-10 dans le Secteur de Kékoro
- Fig.II-1-21 Géologie et teneurs en Au au trou KDD-11 dans le Secteur de Kékoro
- Fig.II-1-22 Coupe transversale à la ligne N 750 dans le Secteur de Kékoro
- Fig.II-1-23 Coupe transversale à de la ligne N 1250 dans le Secteur de Kékoro
- Fig.II-1-24 Carte d'Interprétation du Secteur de Kékoro
- Fig.II-2-1 Emplacement de la prospection de Polarisation Induite( IP) dans le Secteur de Sagala



- Fig.II-2-2 Résultat du plan inverse à 2D dans le Secteur de Sagala, ligne N 3250
- Fig.II-2-3 Résultat du plan inverse à 2D dans le Secteur de Sagala, ligne N 1750
- Fig.II-2-4 Carte plane de Résistivités modèles (profondeur=37,5 m) dans le Secteur de Sagala
- Fig.II-2-5 Carte plane de Résistivités modèles (profondeur=62,5 m) dans le Secteur de Sagala
- Fig.II-2-6 Carte plane de Résistivités modèles (profondeur=125 m) dans le Secteur de Sagala
- Fig.II-2-7 Carte plane de Chargeabilité modèles (profondeur=37,5 m) dans le Secteur de Sagala
- Fig.II-2-8 Carte plane de Chargeabilité modèles (profondeur=62,5 m) dans le Secteur de Sagala
- Fig.II-2-9 Carte plane de Chargeabilité modèles (profondeur=125 m) dans le Secteur de Sagala
- Fig.II-2-10 Carte plane de l'analyse des résultats dans le Secteur de Sagala
- Fig.II-2-11 Localisation des trous de forage à circulation inverse(RC) et ceux de forage à diamant dans le Secteur de Sagala
- Fig.II-2-12 Distribution des anomalies de l'or et de l'arsenic dans le secteur de Sagala
- Fig.II-2-13 Géologie et teneurs en Au aux trous SDD-1 et SDD-2 dans le Secteur de Sagala
- Fig.II-2-14 Géologie et teneurs en Au aux trous SDD-3 et SDD-4 dans le Secteur de Sagala
- Fig.II-2-15 Géologie et teneurs en Au aux trous SDD-5 et SDD-6 dans le Secteur de Sagala
- Fig.II-2-16 Géologie et teneurs en Au aux trous SDD-8 et SDD-9 dans le Secteur de Sagala
- Fig.II-2-17 Géologie et teneurs en Au aux trous SDD-10 et SDD-11 dans le Secteur de Sagala
- Fig.II-2-18 Géologie et teneurs en Au au trou SDD-12 dans le Secteur de Sagala
- Fig.II-2-19 Coupe transversale à la ligne N 3250 dans le Secteur de Sagala
- Fig.II-2-20 Coupe transversale à la ligne N 1750 dans le Secteur de Sagala
- Fig.II-2-21 Carte d'Interprétation du Secteur de Sagala

### 本文内挿入表

- Tableau I-1-1 Rubriques des études réalisées
- Tableau I-1-2 Composition de la mission d'étude
- Tableau I-1-3 Corrélation de stratigraphie
- Tableau II-1-1 Quantité des levés de la prospection IP
- Tableau II-1-2 Spécifications d'Appareils de mesure
- Tableau II-1-3 Portée de résistivité apparente et de chargeabilité dans le Secteur de Kékoro
- TableauII-1-4 Zones d'anomalies dans le Secteur de Kékoro

- TableauII-1-5 Résistivités et Chargeabilités mesurées aux échantillons de roches
- TableauII-1-6 Liste des trous de forage à circulation inverse(RC) dans le Secteur de Kékoro
- TableauII-1-7 Liste des trous de forage à diamant dans le Secteur de Kékoro
- TableauII-1-8 Caractéristiques de la minéralisation dans le Secteur de Kékoro
- Tableau II-2-1 Portée de résistivité apparente et de chargeabilité  
dans le Secteur de Sagala
- TableauII-2-2 Zones d'anomalies dans le Secteur de Sagala
- TableauII-2-3 Résistivités et Chargeabilités mesurées aux échantillons de roches
- TableauII-2-4 Liste des trous de forage à circulation inverse(RC)  
dans le Secteur de Sagala
- TableauII-2-5 Liste des trous de forage à diamant  
dans le Secteur de Sagala
- TableauII-2-6 Caractéristiques de la minéralisation dans le Secteur de Sagala

## 卷末資料

Apc.1 Pseudosection des Résistivités apparentes et Chargeabilités dans le Secteur de Kékoro

ligne -N 1500  
ligne -N 1250  
ligne -N 1000  
ligne -N 750  
ligne -N 500  
ligne -N 250

Apc. 2 Diagramme à panneaux des Résistivités apparentes en pseudosection dans le Secteur de Kékoro

Apc. 3 Diagramme à panneaux des Chargeabilités en pseudosection dans le Secteur de Kékoro

Apc. 4 Résultat du plan inverse à 2D dans le Secteur de Kékoro

ligne -N 1500  
ligne -N 1250  
ligne -N 500  
ligne -N 250

Apc. 5 Diagramme à panneaux de Résistivités modèles (section) dans le Secteur de Kékoro

Apc. 6 Diagramme à panneaux de Chargeabilités modèles (section) dans le Secteur de Kékoro

Apc. 7 Diagramme à panneaux de Résistivités modèles (Carte plane) dans le Secteur de Kékoro

Apc. 8 Diagramme à panneaux de Chargeabilités modèles (Carte plane) dans le Secteur de Kékoro

Apc. 9 Liste des valeurs mesurées au terrain

Apc. 10 Pseudosection des Résistivités Apparentes et des Chargeabilités dans le Secteur de Sagala

ligne -N 4000  
ligne -N 3750  
ligne -N 3500  
ligne -N 3250  
ligne -N 3000  
ligne -N 2750  
ligne -N 2500  
ligne -N 2250  
ligne -N 2000  
ligne -N 1750  
ligne -N 1500  
ligne -N 1250  
ligne -N 1000  
ligne -N 750  
ligne -N 500  
ligne -N 250

Apc.11 Diagramme à panneaux des Résistivités apparentes en pseudosection dans le Secteur de Sagala

Apc. 12 Diagramme à panneaux des Chargeabilités en pseudosection

dans le Secteur de Sagala

Apc. 13 Résultat du plan inverse à 2D dans le Secteur de Sagala

ligne -N 4000  
ligne -N 3750  
ligne -N 3500  
ligne -N 3000  
ligne -N 2750  
ligne -N 2500  
ligne -N 2250  
ligne -N 2000  
ligne -N 1500  
ligne -N 1250  
ligne -N 1000  
ligne -N 750  
ligne -N 500  
ligne -N 250

Apc.14 Diagramme à panneaux de Résistivités modèles  
(section) dans le Secteur de Sagala

Apc.15 Diagramme à panneaux de Chargeabilités modèles  
(section) dans le Secteur de Sagala

Apc.16 Diagramme à panneaux de Résistivités modèles  
(Carte plane) dans le Secteur de Sagala

Apc.17 Diagramme à panneaux de Chargeabilités modèles  
(Carte plane) dans le Secteur de Sagala

Apc.18 Calendrier de l'exécution des sondages(forages)

Apc.19 Organisation et calendrier de réalisation des sondages

Apc.20 Caractéristiques des machines utilisées

Apc.21 Consommation de matières au cours de l'exécution de sondages(forages)

Apc.22 Diagraphie géologique des trous de forages à circulation inverse(RC)  
dans le Secteur de Kékoro

Apc.23 Diagraphie géologique des trous de forages à diamant  
dans le Secteur de Kékoro

Apc.24 Diagraphie géologique des trous de forages à circulation inverse(RC)  
dans le Secteur de Sagala

Apc.25 Diagraphie géologique des trous de forages à diamant  
dans le Secteur de Sagala

Apc.26 Résultat d'observation microscopique en lames minces

Apc.27 Résultat de diffraction des Rayons X

Apc.28 Teneurs d'Au aux forages à circulation inverse(RC) et Coupes géologiques  
dans le Secteur de Sagala

Apc.29 Résultat d'analyse chimique des roches

Apc.30 Résultat d'analyse chimique des roches, KRC1 – KRC16

## Carte

Ct.1 Coupe transversale à la ligne N500, 750,1000, 1250, 1500 dans le Secteur de Kékoro

Ct.2 Colonne géologique au trou de forage KDD-1

Ct.3 Colonne géologique au trou de forage KDD-2

Ct.4 Colonne géologique au trou de forage KDD-3

Ct.5 Colonne géologique au trou de forage KDD-4

Ct.6 Colonne géologique au trou de forage KDD-5

Ct.7 Colonne géologique au trou de forage KDD-6

Ct.8 Colonne géologique au trou de forage KDD-7

Ct.9 Colonne géologique au trou de forage KDD-8

Ct.10 Colonne géologique au trou de forage KDD-9

Ct.11 Colonne géologique au trou de forage KDD-10

Ct.12 Colonne géologique au trou de forage KDD-11

Ct.13 Colonne géologique au trou de forage SDD-1

Ct.14 Colonne géologique au trou de forage SDD-2

Ct.15 Colonne géologique au trou de forage SDD-3

Ct.16 Colonne géologique au trou de forage SDD-4

Ct.17 Colonne géologique au trou de forage SDD-5

Ct.18 Colonne géologique au trou de forage SDD-6

Ct.19 Colonne géologique au trou de forage SDD-8

Ct.20 Colonne géologique au trou de forage SDD-9

Ct.21 Colonne géologique au trou de forage SDD-10

Ct.22 Colonne géologique au trou de forage SDD-11

Ct.23 Colonne géologique au trou de forage SDD-12

## 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、マリ共和国ケコロ・バオレー・バニフィング地域において地質状況およ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する。また、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

ケコロ・バオレー・バニフィング地域は、首都バマコの南東約 50km～100km の Baoulé 川と Banifing 川の流域に位置する。当地域は、北緯 12° 00'以南の Kékoro 地域と、北緯 12° 00'以北の Baoulé - Banifing 地域からなる。第3年次調査ではケコロ地域内の Kékoro 地区と Baoulé - Banifing 地域内の Sagala 地区で調査を実施した。その調査位置を Fig.I-1-1 に示す。

### 1-3 調査内容

Kékoro 地区と Sagala 地区の両地区で、IP 法電気探査(測線長 56,200m)、RC ボーリング(総掘削長 7,000m)およびコアボーリング(総掘削長 7,000m)を実施した。調査内容と数量の詳細を Tableau I-1-1 に示す。

### 1-4 現地調査期間

1999 年 4 月 30 日～1999 年 5 月 3 日 東京→パリ→ダカール→バマコ(移動)

1999 年 5 月 4 日～1999 年 6 月 5 日 現地調査

1999 年 6 月 6 日～1999 年 6 月 9 日 バマコ→パリ→東京(移動)

2000 年 1 月 8 日～2000 年 1 月 11 日 東京→パリ→ダカール→バマコ(移動)

2000 年 1 月 12 日～2000 年 4 月 16 日 現地調査

2000 年 4 月 17 日～2000 年 4 月 20 日 バマコ→ダカール→パリ→東京(移動)

### 1-5 調査団の編成

調査団名簿を Tableau I-1-2 に示す。

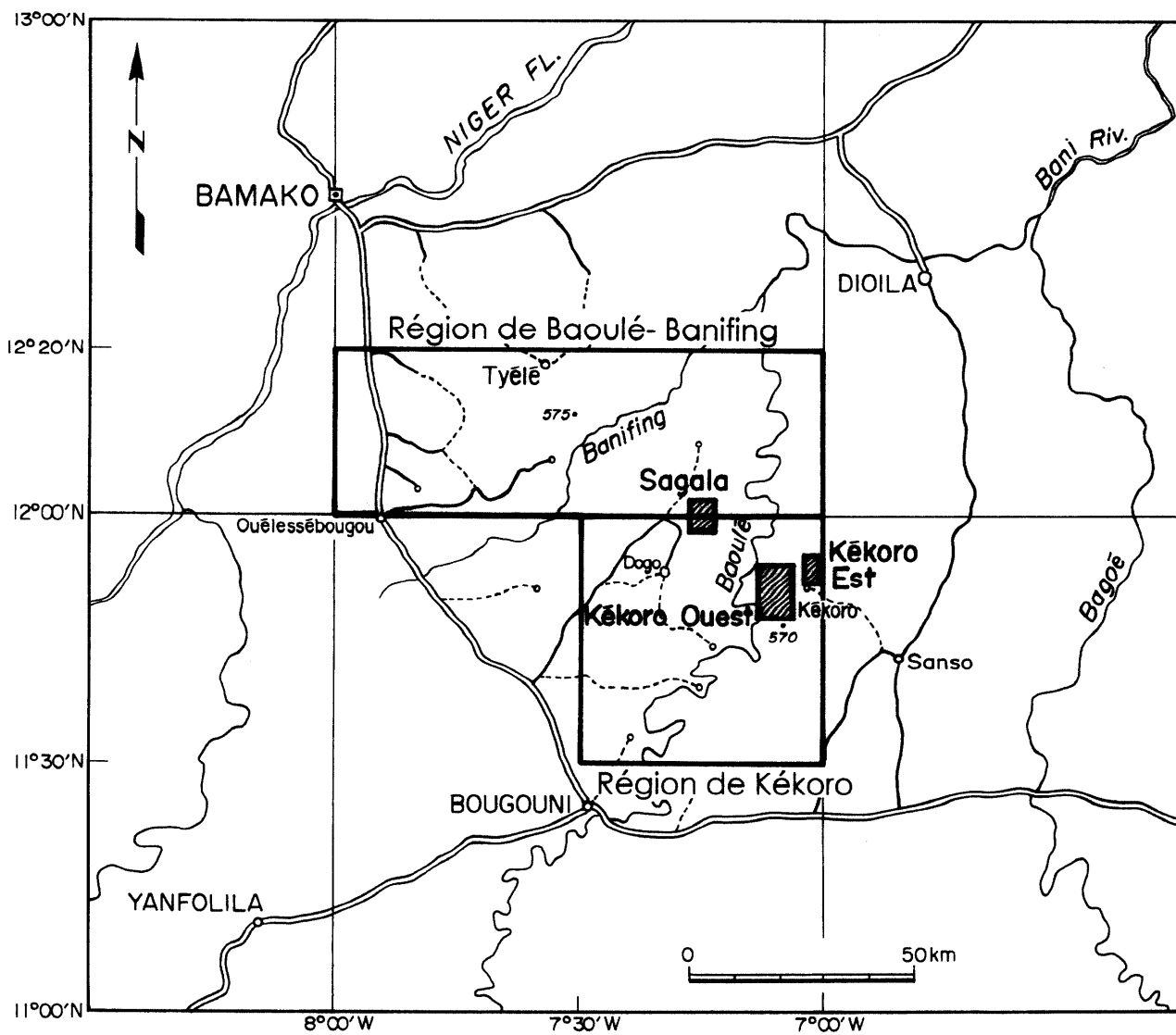
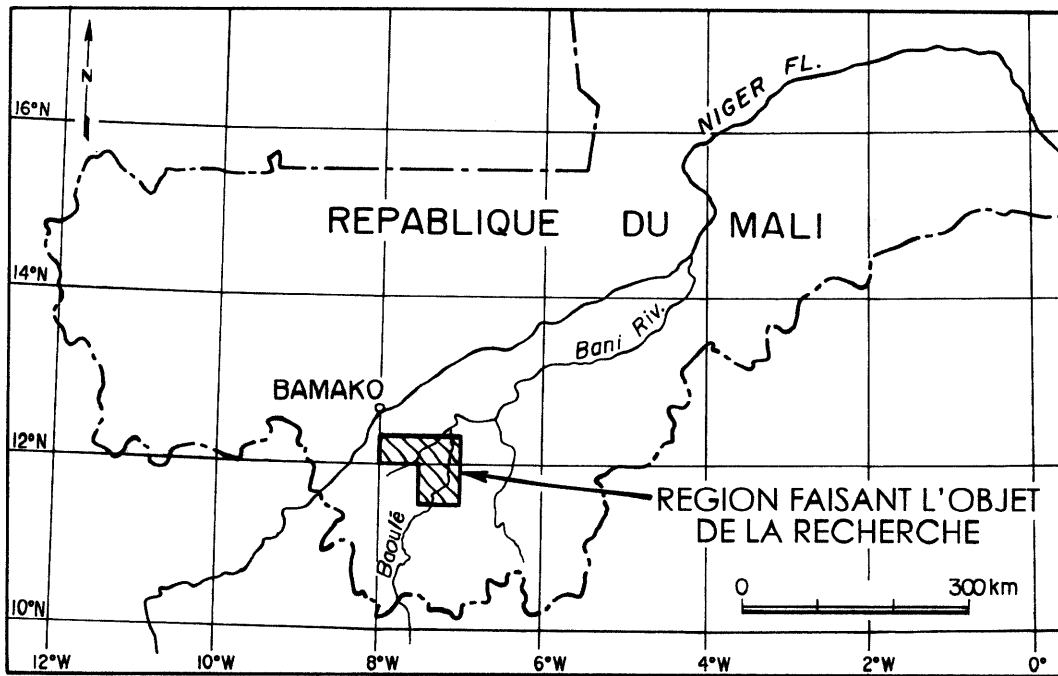


Fig. I - 1 - 1 Localisation des régions faisant l'objet de la recherche



**Tableau I-1-1 Rubriques des études réalisées**

Secteur	Rubriques	Quantité
Kékoro	1 Prospection électrique	
	Lignes de mesure	13,2 km
	Nombre de points	1.2000
	2 Forage à circulation inverse	
	Nombre de trou de forage	50 trous
	Longueur totale	2.946 m
	3 Forages à carottage	
	Nombre de trou de forage	11 trous
Longueur totale	1.803 m	
	4 Analyse chimique des roches	4.749
Sagala	1 Prospection électrique	
	Lignes de mesure	43,0 km
	Nombre de points	3.980
	2 Forage à circulation inverse	
	Nombre de trou de forage	71 trous
	Longueur totale	4.054 m
	3 Forages à carottage	
	Nombre de trou de forage	11 trous
Longueur totale	1.600 m	
	4 Analyse chimique des roches	5.654

**Tableau I-1-2 Composition de la mission d'étude**

Contrepartie Japonaise	Contrepartie Malienne
<b>La mission pour négociation</b>	
ITO, Tadashi (MMAJ)	Ibrahim Abba KANTAO (DNGM)
NISHIKAWA, Nobuyasu (MMAJ)	Ibrahima SISSOKO (DNGM)
FUJII, Noboru (MMAJ)	Fatiaga KONE (PDRM)
SHIBASAKI, Hiroshi (MMAJ)	Hachimi B. SIDIBE (DNGM)
	Ousman Aboudou MAIGA (DNGM)
<b>L'équipe pour l'étude</b>	
Chef géologue : SHIBUYA, Akitsura (SUMICON)	Chef géologue : Lassana GUINDO (DNGM)
Géologue : NAGAO, Takaaki (SUMICON)	Géologue : Emmanuel THERA (DNGM)
Géologue : UEDA, Koji (SUMICON)	Géologue : Yaya DJIRE (DNGM)
Géophysicien : TAKAHASHI, Naoyoshi (SUMICON)	Géologue : Ousmane TRAORE (DNGM)
Géophysicien : KIKUCHI, Yutaka (SUMICON)	Géologue : Mohamed COULIBALY (DNGM)
Géophysicien : KONDO, Mutsuo (SUMICON)	Géologique : Baby FOFANA (DNGM)
Superviseur : NARITA, Katsuei (SUMICON)	Géologue : Karamoko BERTHE (DNGM)
du Sondage	Géophysicien : Moussa Holla MAIGA (DNGM)

MMAJ: Metal Mining Agency of Japan

DNGM: Direction Nationale de la Géologie et des Mines

PDRM: Programme pour le Développement des Ressources Minérales

SUMICON: Sumiko Consultants Co., Ltd.

## 第2章 地勢

### 2-1 位置・交通

ケコロ・バオレーバニフィング地域は、首都バマコの南東約50km～100kmのBaoulé川とBanifing川の流域に位置し、総面積約7000 km<sup>2</sup>を有する。当地域西部では、バマコとブグニを結ぶ国道7号線が南北に走っている。

Kékoro 地区は、ケコロ・バオレーバニフィング地域東端のKékoro集落の西約6km、Baoulé川右岸に位置する。首都バマコからは、国道7号線を南下した後、Sido集落、Bougouni市、Kouale集落、Sanso集落およびKékoro集落を経てKékoro地区に至る。総距離は約310kmで、四輪駆動車両で6.5時間を要する。現地調査の際には、Sanso集落にキャンプを設置した。

Sagala 地区は、ケコロ・バオレーバニフィング地域中央のDogo集落の北東約16km、Baoulé川左岸に位置する。首都バマコからは、国道7号線を南下した後、Sido集落とDogo集落を経てSagala地区に至る。総距離は約200kmで、四輪駆動車両で5時間を要する。調査の際には、Dogo集落にキャンプを設置した。

Sagala 地区とKékoro 地区の直線距離は約25kmと短いですが、車両で移動する際には、Bougouni市経由の総延長距離240km(所要時間約5.5時間)の回り道をする必要がある。

### 2-2 気候・植生

調査地域のマリ南部の気候はサバンナ帯に属す。3月～5月は暑く乾燥し、5月～11月は高温多湿、11月～3月は涼しく乾燥している。1月～3月は夜間と明け方の冷え込みが厳しく、日中との気温差は24～40℃に達する。年平均降水量は1,400mm前後で、降水の大半は5月から10月の雨季に集中する。植生はスーダン帯に属し、疎らな森林と背の高い草が地表全面を覆っている。ラテライト皮殻に覆われた台地では、植生が極端に乏しい。

### 2-3 地形

調査地域は標高300m～350mのゆるやかな高原からなり、比高差20m～30mの小規模なテーブル状台地がその中に多数散在する。南から北に向かって流れるBaoulé川とBanifing川は、地域内で多くの支流を形成し、雨季には、これら河川流域の大部分が湛水する。

地形的に特異なのはKékoro地区である。同地区の周囲には比高100～200mの山塊(Kebekourou山、Kouloubie山、Kolobokourou山およびSeridjekourou山)が環状に配列し、直径10kmの円形構造を形成している。金採掘跡の多くは、この円形構造の内側の盆地に位置するが、一部の採掘跡(例えばKékoro F 鉱徴地)は、Kebekourou山山頂に位置する。

### 第3章 マリ南西部の地質と鉱床の概要

#### 3-1 地質の概要

西アフリカにおける主要な変動は、先カンブリア紀の4回の造山運動からなる。これらはリンポポ-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)および汎アフリカ造山(6±2億年前)である。リベリア剛塊北部の西アフリカ・クラトンには、原生代前期に形成され、エブルニア造山時の変成・変形を受けたとされるビリミアン累層群と、これを貫くバソリス状花崗岩類が広く分布する。ビリミアン累層群は、幅数10km、長さ数100kmの細長いベルト状に分布し、一般に弱い変成(緑色片岩相)を受けている。ケコロ・バオレ-バニフィング地域周辺のビリミアン累層群は、幅20~70km、長さ150km以上にわたり、NNE-SSW方向に延長する複数のシンフォームを形成している。Milési (1992a)は、火山岩類(変玄武岩、安山岩、凝灰岩)に富む上部ビリミアンと、堆積岩類(片岩、アルコーズ砂岩、グレーワッケ)に富む下部ビリミアンに区分した。

Tableau I-1-3 Corrélacion de stratigraphie

	Ghana	Côte d'Ivoire	Liptako, NE Haute Volta, and W Niger
c. 2030 Ma	Tarkwaian { Huni formation (quartzites and phyllites) Tarkwa formation (phyllites) Banket formation (quartzites and conglomerates) Kewese formation (conglomerates)	Windéné granite and Boudoukou type granites	Epizonal sediments of the Amarasinde and Bellekoiné formations — the Liptakoian
		Kinkéné series	
c. 2130 Ma	~~~~~	Eburnian II	~~~~~ ? ~~~~~
	Upper Birrimian { Syntectonic and intrusive granitoids Basic volcanic formation Acid volcanic formation Volcanic arenaceous formation	Baoulé type granites Volcano-clastic formation de Louga = Séries de Inahiri	Granitoids Mesozonal metamorphites of the Dibirshi and Tambao formations
c. 2270 Ma	~~~~~ local unconformity ~~~~~	Eburnian I	~~~~~
	Lower Birrimian { Upper arenaceous formation (sandy flysch) Upper argillaceous formation (pelitic flysch) Middle arenaceous formation (sandy-pelitic flysch) Lower argillaceous formation Lower arenaceous formation	Orthogneissified granitoids Flyschoid formation de Kounoukou and Doulayeko paragneiss	
+2600 Ma	?	~~~~~ ? ~~~~~ Niega-Pauli Plage gneissified granite Monogaga paragneiss	~~~~~ ? ~~~~~ Pre-Birrimian crystalline basement

マリ南西部のビリミアン累層群は、東から西へ向かって Bagoé 帯, Bougouni-Kékoro 帯, Yanfolila 帯および Kangaba 帯の4帯に分けられる。 Bagoé 帯は Bagoé 川沿いに延びる複向斜構造を形成する。 その中央部は陸成堆積物(片岩, グレーワッケ)によって占められる。 一方周縁部は、変火山岩類(安山岩, 玄武岩, 石英安山岩, 凝灰岩)からなり, 稀に礫岩およびグレーワッケが分布する。 Kékoro 地区と Sagala 地区が属する Bougouni-Kékoro 帯は泥質片岩と変砂岩からなり, 黒雲母に富んだホルンフェルスと変火山岩類を伴う。 Yanfolila 帯はフレッシュ型の堆積岩(片岩とグレーワッケ)で特徴付けられ, 火山岩と珪岩を伴う。 Kangaba 帯は大部分がギニアに分布するため, マリではよく知られていない。 岩相は Yanfolila 帯に類似していると考えられている。

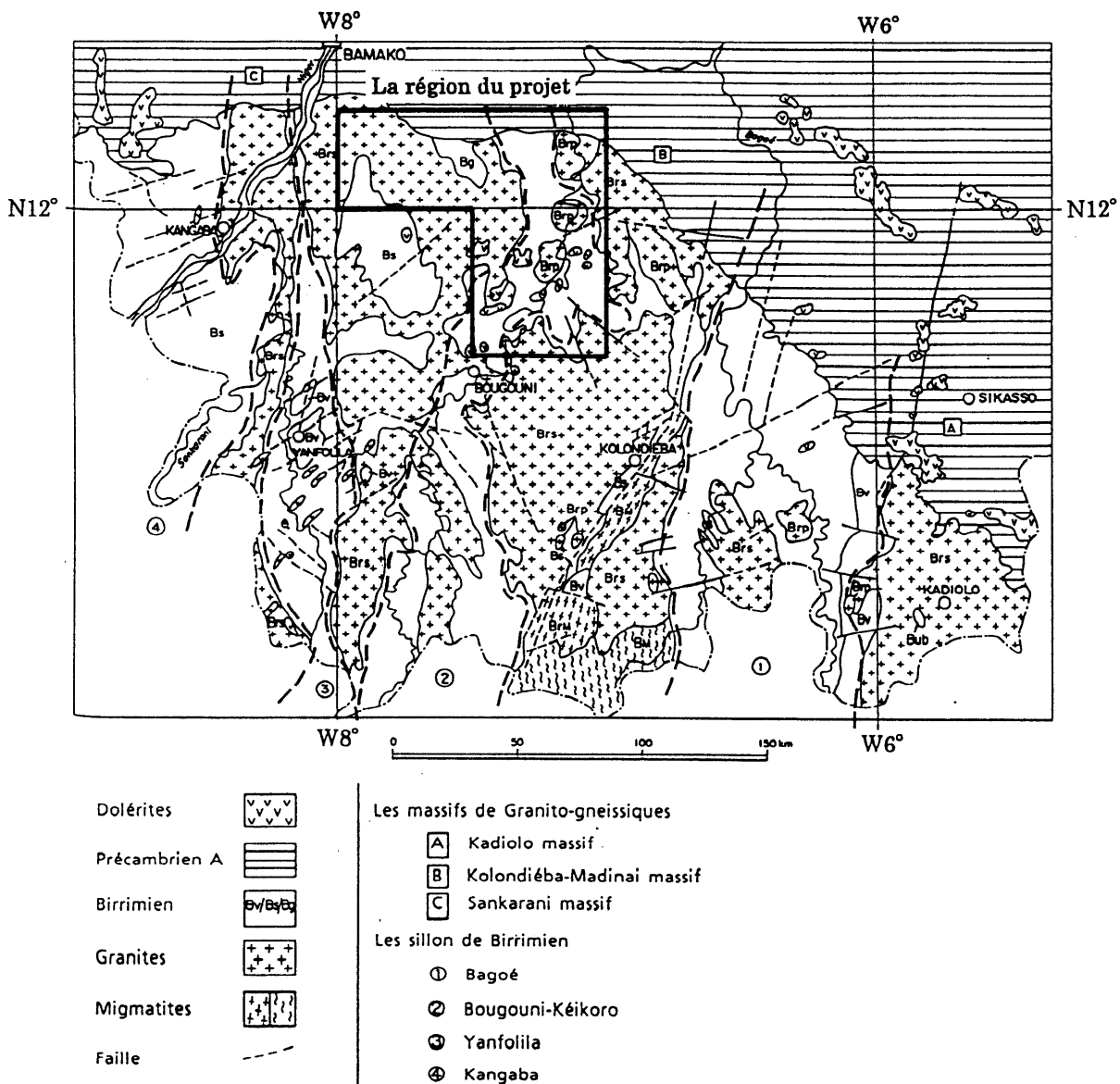
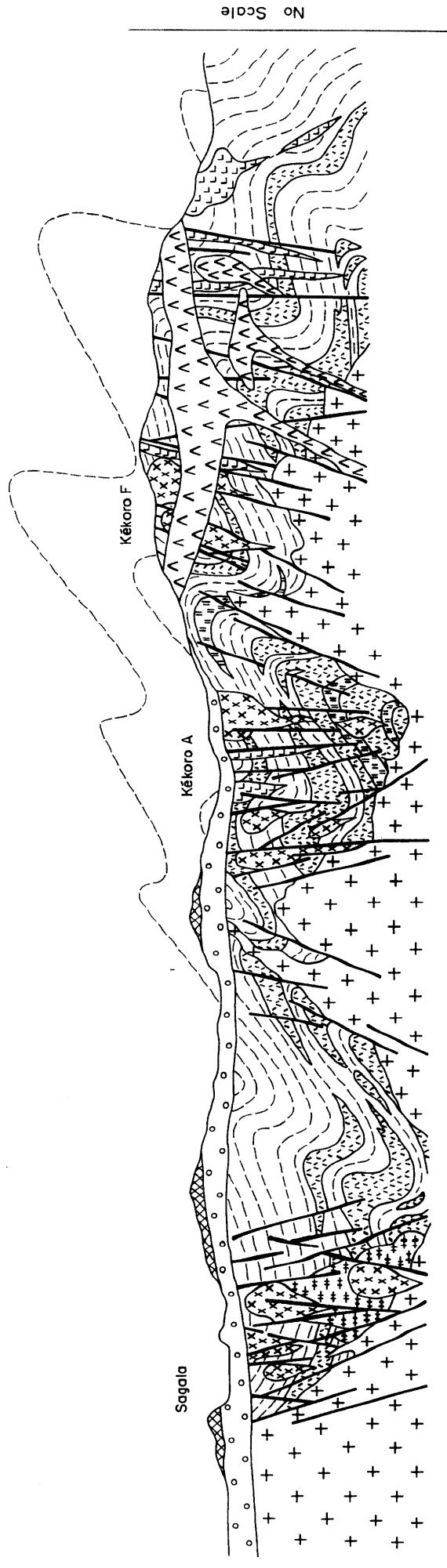


Fig.I-3-1 Esquisse géologique du sud-ouest du Mali



No Scale

## LEGENDE


















<p>Latérites</p> <p>Intrusives Mésozoïques</p> <p>Granites (Eburnian)</p>	<p>Cuirasse</p> <p>Carapace</p> <p>Dolérite, Gabbro</p> <p>Tonalite, Diorite</p> <p>Granites</p> <p>Gabbro</p> <p>Dacite, Rhyolite</p>	<p>Méta-grauwackes, Quartzites Schistes argileux</p> <p>Tufts felsiques</p> <p>Métabasalt, Méta-andésites</p>
<p>              </p>	<p>              </p>	<p>      </p>

Fig. I - 3 - 2 Coupe schématique de la géologie en Région de Kékero - Baoulé - Banifing

### 3-2 金鉱床の概要

ガーナ、マリ、ブルキナファソ等の西アフリカ諸国には多くの金鉱床が知られ、それらの大部分はビリミアン累層群中に賦存する。Milési et al (1992b)は、これらの鉱床を電気石砂岩型、硫化鉱物鉱染型、Tarkwaian 含金礫岩型、中熱水性石英脈型等に分類・整理した。以下に、マリの代表的な金鉱床である Sadiolam 鉱山、Loulo 鉱床、Kalana 鉱床、Syama 鉱山および Morila 鉱床の概要を示す。これらの鉱床は、いずれもビリミアン累層群中に胚胎する。

**Sadiola 鉱山:** バマコの西方約 350km のマリ・セネガル国境付近に位置する。可採鉱量 43.0Mt, 平均品位 3.06g/t Au, 金量約 131.6t と言われ (Iamgold, 31/Dec./1998), 1996 年 12 月から露天掘りによる出鉱を開始した。1998 年の処理鉱量は 4.96Mt, 金生産量は 15.7t, 平均品位は 3.3g/t Au, cash operating cost は 104 US\$/oz 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。1999 年の金生産量は 14t と計画されている (Iamgold, 20/Jan./1999)。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。採掘対象は、金を含むサブロライトである。地表付近のサブロライト酸化帯の鉱量は 24.1Mt, 下部のサブロライト還元帯 (硫化鉱物鉱染帯) 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 400m~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 前の旧資料によれば、「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 and 1986)。

**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、ビリミアン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。F/S 前の旧資料によれば、採掘対象となった「Kalana 1 鉱体」の資源量は金量 30.2t (平均品位 28g/t Au) と算出されている (Bassot and Traoré, 1980)。

**Syama 鉱山:** 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 年~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 社はマリ政府とジョイント・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 等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。 鉱床母岩はペリミアン累層群の安山岩、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、セリサイト化およ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・ベルギーが土壌地化学探査と鉱徴地調査を実施し、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 Molira 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。 2000 年 4 月の Randgold 社の発表によれば、可採鉱量 41.7Mt、金量 169t (平均品位 4.1g/t Au) である。 金は、ペリミアン累層群のワッケ質砂岩中また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。 母岩の片理面と平行な石英細脈(分泌石英?)が少量認められる以外に、明瞭な厚い含金石英脈は認められない。

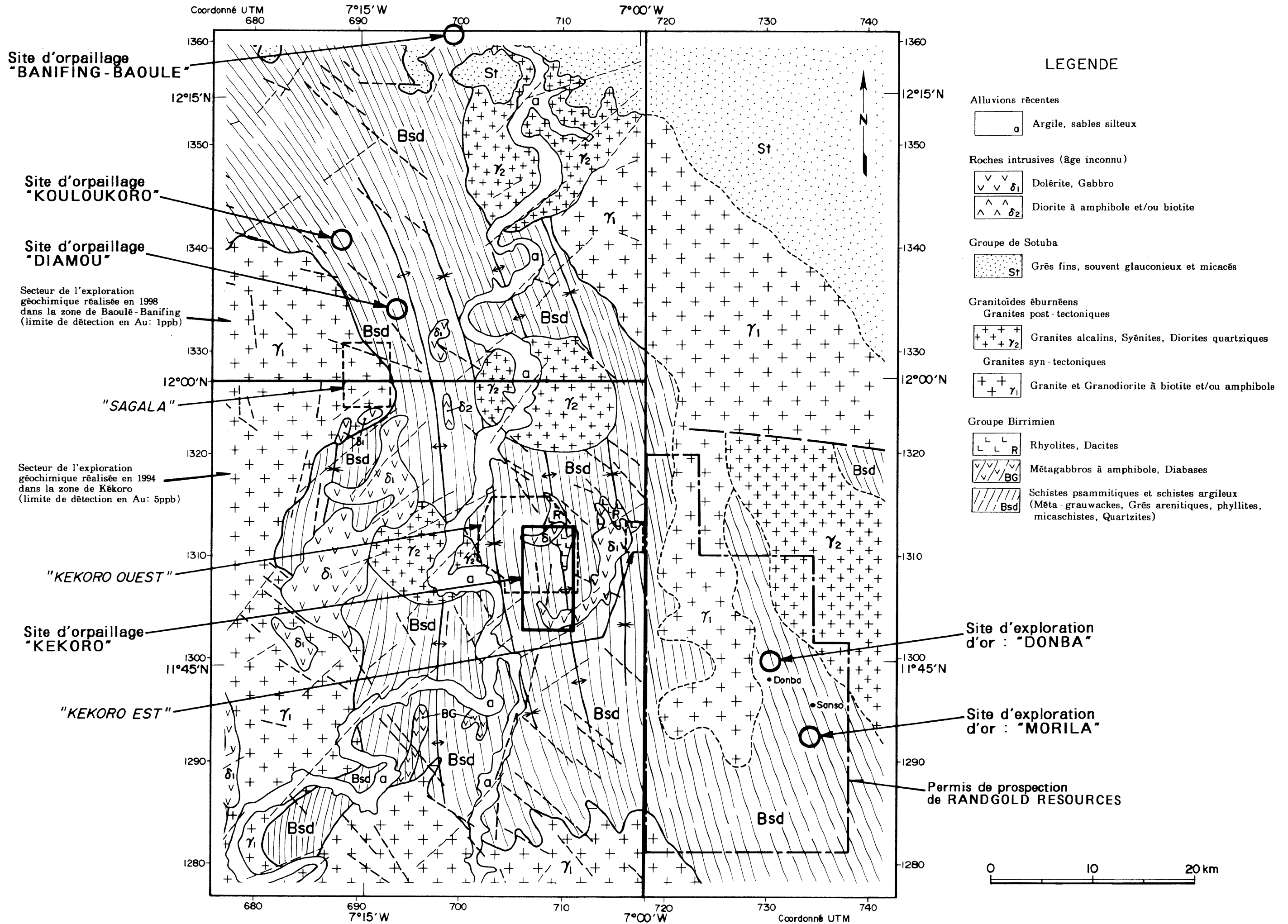


Fig.I-3-3 Distribution des zones minéralisées dans la région de la présente recherche et à son voisinage



## 第4章 調査結果概要

### 4-1 経緯

Kékoro 地区では、数百年前から 1970 年代まで現地住民による金の採掘が盛んに行われていたと言われ、現在でも、直径 1m、深さ 2~8m の小規模なピットが数千箇所認められる。採掘対象は、サプロライト、カラパスおよびその二次堆積物中の自然金である。ブグニ地域では、Kékoro 地区以外にも多くの金採掘跡が認められる (Fig. I-3-3)。しかし、1970 年代から綿花栽培による現金収入が可能になり、現在、現地住民による金の採掘はほとんど行われていない。

1991 年度から 1994 年度にかけて、バマコ南方のブグニ地域 (14,000km<sup>2</sup>) で JICA/MMAJ による地質調査が実施された。調査手法は、主に、東西 250m、南北 1000m 間隔の土壤地化学探査である。その結果、Kékoro 地区と Sagala 地区南部および Bonko 地区に金鉱床賦存の可能性があることが指摘された (JICA/MMAJ, 1994)。これを受けて日本政府は、1997 年度を第 1 年次とする「ケコロ・バオレーバニフィング地域資源開発協力基礎調査」を開始した。ケコロ・バオレーバニフィング地域は、Kékoro 地区と Sagala 地区を内包する。本調査は、「ケコロ・バオレーバニフィング地域資源開発協力基礎調査」の第 3 年次調査にあたる。

Kékoro 地区では、第 1 年次調査で地表踏査が、第 2 年次調査で精密土壤地化学探査、ピット調査および RC ボーリング調査がそれぞれ実施された。第 3 年次調査では、RC ボーリング調査とコアボーリング調査がそれぞれ実施された。

Sagala 地区では、第 1 年次調査で広域土壤地化学探査が、第 2 年次調査で精密土壤地化学探査とピット調査が実施された。第 3 年次調査では、RC ボーリング調査とコアボーリング調査が実施された。

### 4-2 Kékoro 地区

#### 4-2-1 地表踏査およびピット調査結果

Kékoro 地区は、ケコロ・バオレーバニフィング地域東端の Kékoro 集落の西約 6km、Baoulé 川右岸に位置する。当地区には、原生代前期のビリミアン累層群が広く分布し、花崗閃緑岩岩株、デイサイト岩脈およびドレライト岩床・岩株がこれを貫く。ビリミアン累層群は、ワッケ質砂質片岩と泥質片岩を主体とし、変火山岩類を伴う。変成相は緑色片岩相を示す。変形の程度は弱く、原岩の組織は明瞭に残存する。花崗閃緑岩は径 200m 前後の小規模な岩株を主体とする。まれに弱い片状構造を有する。地区北部では、NNW - SSE 方向に伸張した長径 1,200m × 短径 200m の花崗閃緑岩岩株がボーリング調査で確認された。本岩体から採取した 2 試料の K-Ar 年代は 2,020 ± 48Ma および 2,178 ± 44Ma を示し、原生代前期のエブルニア造山時に貫入した花崗岩類に対比される。デイサイト岩脈は、走向南北、幅 2m ~ 5m で、鉱徴地周辺に多数認められる。強い珪化と鉱染状黄鉄鉱・硫砒鉄鉱を伴うことが多い。ドレライトは、岩床および岩株として地区北部に認めら

れる。変成と変質は受けていない。8試料のドレライトのK-Ar年代は、 $192 \pm 4\text{Ma} \sim 231 \pm 5\text{Ma}$ で、三畳紀後期からジュラ紀前期を示す。地元住民による金採掘ピットは、ペリミアン累層群、花崗閃緑岩岩株およびデイサイト岩脈分布域には多数認められるが、ドレライト分布域にはまったく認められない。

当地区では、地元住民による金の採掘が数百年前から1970年代まで盛んに行われ、その採掘ピット跡は現在でも観察することができる。採掘ピットは、南北8.5km 東西2.5kmの区域に数千箇所認められ、特に集中する鉱徴地として、北から順番に、Kékoro F, Kékoro A, Kékoro B, Kékoro C, Kékoro D および Kékoro E の6地区があげられる。Kékoro C 鉱徴地での採掘対象は現世河川堆積物中の砂金であるが、その他のKékoro F, Kékoro A, Kékoro B, Kékoro D および Kékoro E の採掘対象はラテライト中の金であり、その下部には初生的な金鉱化帯の存在が予想される。地表で採取した土壌と岩石の分析結果によれば、特に Kékoro F, Kékoro A 鉱徴地が有望と思われる。

Kékoro F 鉱徴地では、褐色または灰色を呈するサプロライトが採掘対象となっている。サプロライト中には、片岩や花崗閃緑岩などの原岩組織が残存する。当鉱徴地は、比高約250mのKebekourou 山山頂に位置し、山の中腹には中生代の新鮮なドレライトが広く露出する。このドレライト岩体は岩床である可能性が高いことから、Kékoro F 鉱徴地は岩床の上盤側に取り残されたペリミアン累層群のルーフペンダントと解釈される。ブロックの厚さは、鉱徴地周辺で30m~40mと推定される。本調査では、深さ5m、計32孔のピットを新たに掘削し、ラテライト断面のスケッチをした後、1m毎のチャンネル・サンプリングを実施した。分析の結果、サプロライト中の金含有量は数百ppb~数千ppbに達することが明らかとなった。

Kékoro A 鉱徴地では、地表を広く覆うカラパスが採掘対象となっている。採掘ピットの周囲の転石には、黄鉄鉱と硫砒鉄鉱による著しい鉱染を受けた砂質片岩や泥質片岩、さらに、黄鉄鉱と硫砒鉄鉱による鉱染と強い珪化を受けたデイサイト岩脈などが認められる。金鉱化作用は、このような硫化鉱物の鉱染や珪化と密接な関係を有するものと推定される。また、径10cm~50cmの石英の転石が鉱徴地周辺に散在することから、これらの鉱染帯は石英脈を伴うことが予想される。硫化鉱物の鉱染を受けたデイサイトおよび砂質片岩の転石の金含有量は、 $0.2 \sim 0.4\text{g/t Au}$ を示した。石英の転石の金含有量は、高いもので、 $2.5\text{g/t Au} \sim 19.4\text{g/t Au}$ 、最大、 $86\text{g/t Au}$ を示した。

#### 4-2-2 土壌地化学探査結果

1993年にJICA/MMAJによって実施された土壌地化学探査では、測線間隔が南北1000m、測点間隔が東西250mであったが、今年度のKékoro西部地区の土壌地化学探査では、測線間隔を500m、測点間隔を100mに設定した。また、Kékoro F, Kékoro A および Kékoro B 鉱徴地周辺を精査区域とし、測線間隔を125m、測点間隔を50mに設定した。採取された計2,383試料の大半は、地表下30cm前後のカラパスである。分析元素はAu, Ag, As, Sb, Cu, Pb, Zn および Mo の8元素である。

主成分分析結果によれば、AuはAsとの相関が高く、金鉱化作用が黄鉄鉱と硫砒鉄鉱による鉱染に伴って生じた可能性が高いとする地質調査結果と調和的である。Au, As, Sb および Pb の負荷量が高い第2主成分は、鉱染帯の分布を説明し、CuとZnの負荷量が高い第1主成分は、ドレライト

岩床の分布を説明する。

確率密度分布の検討により、Au:25ppbとAu:100ppbを高Au地化学異常のしきい値と設定し、高Au地化学異常帯を抽出した。その結果、Kékoro F 鉱徴地とKékoro A 鉱徴地北部の2地区が、その分布の規模、Au含有量ともに、他の異常帯に比べて圧倒的に卓越していることが明らかとなった。Kékoro F 鉱徴地のAu:100ppb以上の地化学異常帯は600m×600mの規模を有し、最高値はAu:2890ppbを示す。Kékoro A 鉱徴地北部のAu:100ppb以上の地化学異常帯は1000m×1200mの規模を有し、最高値はAu:1220ppbを示す。

Kékoro F 鉱徴地の地化学異常は、Kebekourou 山山頂に位置することから、現地性の金鉱化帯に起因することは明らかである。しかし、Kékoro A 鉱徴地北部の地化学異常は、初生的な金鉱化帯が原位置でラテライト化されたものなのか、それとも、過去のマスマーブメントでKebekourou 山から滑落・堆積した土砂が後にラテライト化されたものなのか不明である。したがって、当地化学異常帯においては、コアボーリングを実施する前にRCボーリングと電気探査を実施し、初生的な金鉱化帯の位置を絞り込む必要性が指摘された。

#### 4-2-3 RC ボーリング調査結果

Kékoro A 鉱徴地北部において、計50孔、掘削総延長2,946m(平均深度58.9m)のRCボーリングを実施した。RCボーリングは、ラテライト下の基盤の岩種や鉱化状況を直接、かつ迅速に確認できる長所をもつ。測線は、1998年度の精密土壌地化学探査で設定した5測線(N500, N750, N1000, N1250 および N1500 測線)をそのまま使用した。測線間隔は250mで、測線内のボーリング間隔は100mに設定した。掘削角度は全て垂直である。調査の結果は以下の通りである。

(1) 金の鉱化がラテライト層(Layer 1)から岩盤(Layer 4)まで及んでいる区域と、金が表層のラテライト層(Layer 1)またはサブロライト層(Layer 2)にのみ含まれる区域が明瞭に識別された。前者は初生的金鉱化帯で、後者は金の2次濃集帯と考えられる。初生的金鉱化帯は、N500 測線、N750 測線およびN1000 測線が特に明瞭で、東西200m~400m、南北1,000mにわたり連続する。

(2) Kékoro A 鉱徴地北部では、ビリミアン累層群を貫く花崗閃緑岩(K-Ar年代:2,020±48Ma~2,178±44Ma)の露頭が1箇所知られていたが、今回のRCボーリングで、この岩体は東西50m~300m、南北約1,200mの規模を有し、NNW-SSE方向に伸張することが明らかとなった。初生的金鉱化帯は、この花崗閃緑岩岩体の近傍に位置し、伸張方向も岩体の伸びに調和的である。自然金は、鉱染状黄鉄鉱や鉱染状硫砒鉄鉱を多量に伴うワッケ質砂質片岩・泥質片岩中に鉱染状に産するほか、硫化鉱物に乏しい花崗閃緑岩岩体内部にも産する。第1年次および第2年次調査結果の知見によれば、金は鉱染状硫化鉱物を伴う変堆積岩類中に産し、変質の弱い花崗閃緑岩にはほとんど産することはないと考えられてきた。しかし、今回のRCボーリング調査結果は、金鉱化帯と花崗閃緑岩岩体の間に、なんらかの空間的關係がある可能性を示唆している。

(3) 硫化鉱物量と金含有量の間を関係を検討した結果、両者の間に単純な正の相関は認められない。たとえば、調査地西部(N500 測線 W400~W200)のビリミアン累層群の泥質片岩とワッケ質砂岩にはきわめて多量(体積比で3%~4%)の黄鉄鉱が含まれるが、金含有量は極めて少ない。

#### 4-2-4 電気探査結果

IP法は、探査対象物と周辺構造との比抵抗差がない場合にも有効な手法である。本調査では、時間領域のダイポール・ダイポール配置(a=50m, n=1 - 5)で測定を行った。同時に測定される比抵抗データは、岩種のマッピング及び断層・破碎帯の抽出に有用である。Tableau 4-19 に測線配置図を示す。測定データから見掛け比抵抗断面図と見掛け充電率断面図を作成した。その後、2次元解析を実施し、解析比抵抗断面図と解析充電率断面図を作成した。平面図は、深度 37.5m, 62.5 m および 125 m について作成した。

台地頂部のラテライトクラストは顕著な高比抵抗異常として検出され、カラパスとサブロライトは顕著な低比抵抗異常として検出される。カラパスとサブロライトが地下水を含む場合にはさらに顕著な低比抵抗異常帯となる。ところで、これらの低比抵抗異常は、コアボーリング調査結果で得られたサブロライトと基盤の境界面深度よりもはるかに深部まで連続する。サブロライトと基盤の境界面深度が深くなる箇所(基盤が凹んでいる箇所)では、低比抵抗異常はさらに誇張されて深部まで連続する。したがって、基盤の比抵抗平面分布を解釈する際には、サブロライトの影響を除外するため、深度 125m のデータを使用するのが妥当と考えられる。

深度 125m の比抵抗平面図(Fig.II-1-8)と充電率平面図(Fig.II-1-11)によれば、探査地区中央において、NNW-SSE 方向もしくは NW-SE 方向へ連続する3列の低比抵抗・高充電率異常帯がある。東の列は測点 E100 付近、中央の列は W400 付近、西の列は W1000 付近に位置する。

RC ボーリング調査結果とコアボーリング調査結果によれば、東の列の低比抵抗・高充電率異常帯は、黄鉄鉱・硫砒鉄鉱による顕著な鉱染を受けた泥質岩で、NNE-SSW 方向の断層破碎帯が発達し、金の鉱化を伴う。これに隣接する高比抵抗・高充電率部は、金の鉱化を伴う黄鉄鉱・硫砒鉄鉱による弱い鉱染を受けた花崗閃緑岩岩株に対比される。中央の列の低比抵抗・高充電率異常帯には、黄鉄鉱による著しい鉱染を受けているものの、金の鉱化を伴わない泥質岩が分布することが RC ボーリング調査によって確認されている。

当地区の低比抵抗部は泥質の堆積岩と破碎帯に対比される。NNE-SSW 方向は、片理面の走向と破碎帯の走向と概ね一致する。高充電率異常は硫化鉱物の鉱染帯にきわめて良く一致する。当地区の金の鉱化が、硫化鉱物の鉱染や破碎帯の構造と密接な関連を有するのならば、今後、低比抵抗・高充電率異常帯が探査上重要なターゲットになるものと考えられる。また、Kékoro 地区周辺では、金鉱化帯が花崗閃緑岩岩株の近傍に分布することが経験的に知られている(例えば Morila 鉱床)。この経験的事実を重視するならば、高比抵抗異常の近傍で、かつ低比抵抗・高充電率異常の箇所を優先することが望ましい。

西の列の低比抵抗・高充電率異常帯(Fig.4-32, Kékoro A2 地区と命名)は、(1)規模が大きいこと、(2)充電率が特に高いこと、(3)東部に高比抵抗部を伴い、その境界が NNW-SSE 方向の明瞭な不連続線からなること、以上3点から特に興味深い。今後の探査の継続が望まれる。

#### 4-2-5 コアボーリング調査結果

11孔、総掘削長1,803mのコアボーリングを実施した。傾斜角は、KDD-10が55度であるのを除き、他の10孔は60度で掘削した。鉍化帯の延びの方向が南北で傾斜が高角度と予想されることから、KDD-11を除き、傾斜方位は90度(東傾斜)または270度(西傾斜)とした。KDD-11は、設置箇所の地形的制約から、傾斜方位を108度(東南東)とした。

N750 測線の調査: 金の鉍化がラテライト層(Layer 1)から岩盤(Layer 4)まで及んでいる区域、すなわち東西200m~400m、南北1,000mにわたり連続する金鉍化帯を把握する目的で、N750 測線のW120からE300までの区間で5孔を計画した。代表的な例として、KDD-7孔の記載を示す。

地質: 深度0.0m~36.9mにラテライトとサプロライトが、深度36.9m~51.4mに風化岩が、深度51.4m~60.0mに花崗閃緑岩岩株が、深度60.0m~150.0m(孔底)にビリミアン累層群の砂質片岩と変火山岩が分布する。深度70m~130mに、幅数cm~数10cmのアプライト脈と花崗閃緑岩細脈が、石英細脈を伴い、片理沿いに多数貫入している。

変質: 緑泥石化と黄鉄鉍・硫砒鉄鉍による鉍染を広範囲に受けている。鉍染状硫化鉍物量は、少ない区間で1%前後、多い区間では3%前後に達する(体積比)。幅数mmの石英細脈が数10cm間隔で認められる。炭酸塩化は深度115.4m~129.0mで顕著である。

鉍化: 顕著な鉍化が深度66m~132m(区間長66m、平均品位0.8g/t Au、最高品位9.6g/t Au)に認められる。この区間は、アプライト脈と花崗閃緑岩細脈が多数貫入し、多くの石英細脈と鉍染状黄鉄鉍・硫砒鉄鉍を伴う区間に一致する。

N500 測線の調査: 上述の金鉍化帯の走向は概ね南北と予想されるが、この南方延長をN500 測線で捕捉し、かつ、花崗閃緑岩小岩体とビリミアン累層群双方の鉍化状況を観察する。同時にその接触部の観察を目的とする。以下にKDD-1孔の記載を示す。

地質: 深度0.0m~22.6mにラテライトとサプロライトが、深度22.6m~46.7mに酸化鉄に富む風化岩が分布する。深度46.7m~84.0mはビリミアン累層群の砂質片岩、変火山岩とこれらに貫く花崗閃緑岩岩脈からなり、深度84.0m~150.0m(孔底)は花崗閃緑岩岩株からなる。深度131.0m~140.3mは破碎帯で、角礫化を受けた花崗閃緑岩と激しい剪断を受けた細粒岩からなる。剪断面は、走向南北、西傾斜75度と推定される。

変質: 全区間で緑泥石化と鉍染状黄鉄鉍が広く認められる。一部の区間で、幅2mm前後の石英細脈が10cm~20cm間隔で認められる。珪化を受けている箇所はまれで、深度105.3m~107.8mの区間長2.5m間のみである。局部的に鉍染状黄鉄鉍にきわめて富む箇所があり、そこでは硫砒鉄鉍も肉眼で識別される。深度131.0m~140.3mの破碎帯とその下盤では、緑泥石化と黄鉄鉍・硫砒鉄鉍による鉍染が特に顕著で、硫化鉍物量は体積比で2%~3%に達する。

鉍化: 深度28m~41m(区間長13m、平均品位2.0 g/t Au、最高品位10.9 g/t Au)は酸化帯で、砂質片岩とこれに貫く花崗閃緑岩岩脈からなる。深度62m~63m(区間長1m、品位2.8 g/t Au)は、緑泥石化と黄鉄鉍鉍染を受けた黒雲母-普通角閃石花崗閃緑岩であり、鏡下では、セリサ

イト化、弱い炭酸塩化および少量の石英細脈が確認された。深度 103m～107m(区間長 4m, 平均品位 2.1 g/t Au, 最高品位 4.9 g/t Au)は、鉍染状の硫砒鉄鉍と黄鉄鉍、細脈状の緑泥石と黄鉄鉍を多量に伴う珪化岩からなる。硫化鉍物量は体積比で 3%に達する。鏡下では、セリサイト化、緑簾石化および弱い炭酸塩化も確認された。深度 128m～129m(区間長 1m, 品位 1.7 g/t Au)と深度 139m～140m(区間長 1m, 品位 1.4 g/t Au)は、区間長 10m の破砕帯の上盤境界と下盤境界に位置する。緑泥石化と黄鉄鉍・硫砒鉄鉍染を受けた黒雲母花崗閃緑岩であり、鏡下では、珪化、炭酸塩化およびセリサイト化も確認された。破砕帯内部には顕著な金の鉍化は認められない。

N1250 測線の調査: 電気探査結果によれば、低比抵抗異常と高充電率異常が重複し、かつ、これらの異常帯の形状から断裂帯の存在が予想された。また、N250 測線からN1100 測線まで追跡された金鉍化帯が、N1250 測線東部まで連続するか否か確認する目的で実施した。コアボーリングの結果、多量の黄鉄鉍(>硫砒鉄鉍)の鉍染を受けた変堆積岩が調査孔全体で確認されたものの、顕著な金の鉍化は確認できなかった。花崗閃緑岩岩株や断層も確認できなかった。

第3年次調査ではじめてコアボーリングを実施し、Kékoro 地区の金の産状に関する多くの新知見を得た。なかでも、a)金の鉍化と花崗閃緑岩岩株の分布に関連があること、b)金の鉍化が断裂系に強く規制されること、c)硫化鉍物鉍染帯の存在が金の鉍化にとって十分条件でないこと、以上3点が最も重要と考えられる。

### 4-3 Sagala 地区

#### 4-3-1 Baoulé-Banifing 地域の広域土壌地化学探査結果

第1年次調査において、南北 1,000m, 東西 250m の間隔で、計 6,000 試料の土壌試料を採取した。採取された土壌の大半は、地表下 30cm 前後の褐色のカラパスである。分析元素は Au, Ag, As, Sb, Cu, Pb, Zn および Mo の 8 元素である。まとまった Au 地化学異常帯として、Sagala, Diamou 南部, Sirikoro, Kalako, Torokoro 東部の各異常帯(5箇所)が抽出された。これらの異常帯はいずれも NW-SE 系もしくは NNW-SSE 系の方向性を有し、ビリミアン累層群の片理構造および NW-SE 系リニアメントと調和的である。以上 5 箇所の地化学異常帯のなかで、その拡がりや Au 含有量の見地から、より大きいポテンシャルを持つのが、Sagala 異常帯である。過去の採掘実績はないものの、20ppb 以上のまとまった Au 異常が南北 3km, 東西 1km の規模でを有し、その外側に 10ppb 以上の Au 異常が南北 5km, 東西 3km の範囲で認められ、精密地化学探査とピット調査の必要性が指摘された。Sagala 異常帯に次いで注目されるのは、Diamou 南部異常帯である。Sagala 異常帯の北東 2km に位置し、地元住民による金の採掘実績があり、かつ、基盤岩における金の鉍化(0.89 g/t Au)を確認していることから、今後、より詳細な調査が不可欠な異常帯である。

以下では、第2次調査で実施された Sagala 地区の探査結果を述べる。

#### 4-3-2 地表踏査およびピット調査結果

Sagala 地区は、ケコロ・バオレーバニフィング地域中央の Dogo 集落の北東約 16km, Baoulé - Banifing 川左岸に位置する。標高 350m 前後の平坦地が広く発達し、その大部分は軟質のカラパスと風化土壤に覆われている。平坦地には、比高差 20m 前後(標高 370m 前後)の孤立したテーブル状台地が散在し、台地頂部はクラストと硬質のカラパスに厚く覆われている。このような厚いラテライト性土壤の発達により、当地区では露頭と転石が極端に乏しい。空中写真の判読結果と転石の分布状況から Sagala 地区の地質を推定すれば、地区西部と中央部は花崗閃緑岩のバソリスからなり、地区東部は、ビリミアン累層群の変堆積岩と変火山岩からなる。空中写真で観察される地区東部の NW - SE 方向の線構造は、花崗閃緑岩とビリミアン累層群を境する断裂、もしくは片理構造を示していると考えられる。地表踏査により、多量の変玄武岩の捕獲岩を含む新鮮な花崗閃緑岩が観察された。地区の南方約 2km の小丘では、新鮮な花崗閃緑岩中に直径数 m におよぶ巨大なはんれい岩質および砂質片岩質の捕獲岩が認められる。砂質片岩の捕獲岩には、鉍染状の黄鉄鉍>硫砒鉄鉍>>黄銅鉍>自然金、辰砂が認められ、一部、珪化を受けている。この事実は、この花崗閃緑岩の貫入前に、硫化鉍物の鉍染を伴う金鉍化作用がビリミアン累層群中に生じていたことを示す。地区東部のビリミアン累層群分布域で認められた、角礫化とリモナイト化を強く受けた風化砂岩の転石(0.18g/t Au)も、同様の鉍化で生じたものと考えられる。花崗閃緑岩の K-Ar 年代は、地区北端の2試料が 1,866±37Ma~1,914±44Ma, 地区中央の2試料が 2,118±42Ma~2,179±44Ma を示す。また、地区南方約 2km の小丘から採取した1試料は 1,985±51Ma および 2,002±54Ma を示す。これらの花崗閃緑岩は、原生代前期のエブルニア造山時に貫入した花崗岩類に概ね対比される。

Sagala 地区の中央部においては深さ5m のピットを11箇所掘削し、ラテライト断面のスケッチをした後、1m 毎のチャンネル・サンプリングを行った。その結果、ラテライトは、地表面から深部に向かい、クラスト(cr)、硬質カラパス(ca)、軟質カラパス(cb)、斑紋帯(at)の順に成層し、多くの場合、クラストとカラパスの厚さの合計は5m以上に達することが明らかとなった。金含有量は、深度により大きく変動するが、特定のラテライト層準に系統的に濃集する事実は見いだされなかった。

#### 4-3-3 精密土壌地化学探査結果

南北 250m, 東西 50m の間隔で計 1,216 試料の土壌試料を採取した。採取された土壌の大半は、地表下 30cm 前後の褐色のカラパスである。分析元素は Au, Ag, As, Sb, Cu, Pb, Zn および Mo の8元素である。

確率密度分布の検討により、Au:15ppb と Au:60ppb を高 Au 地化学異常のしきい値と設定し、高 Au 地化学異常帯を抽出した。その結果、「Sagala 地区南部異常帯」と「Sagala 地区北部異常帯」からなる2箇所の地化学異常帯を抽出した。Sagala 地区南部異常帯の Au:60ppb 以上の区域は 1,500m×1,500m の規模を有し、分析値の最高値は Au:2120ppb を示す。Sagala 地区北部異常帯の Au:60ppb 以上の区域は 1,000m×1,500m の規模を有し、分析値の最高値は Au:2030ppb を示す。Sagala 地区南部と北部双方の異常帯を合わせて、1000ppb Au (1g/t Au) 以上を示す土壌試料数は 18点に及ぶ。地化学異常帯の内部での Au 等含有量線の構造を検討した結果、100ppb Au 以上の高 Au 含有量区域は、NW-SE 方向および NNE-SSW 方向の構造を有することが明らかとなった。これらの方向性は、鉍化に関連する裂罅系の存在を示唆する。

主成分分析結果によれば、As, Sb, Cu, Pb, Zn の5元素は、弱いながらも互いに相関があり(相関係数 0.5 前後)、これらの元素は第1主成分を形成する(寄与率: 0.48)。一方、Auはいずれの元素とも相関が小さく、Au 単独で第2主成分を形成する(寄与率: 0.23)。第1主成分の高得点域は、第2主成分の高得点域(Au 地化学異常帯とほぼ同一)の周囲を取り囲むように分布する。

#### 4-3-4 RC ボーリング調査結果

1998年度の第2年次調査で抽出された「Sagala 地区南部異常帯」と「Sagala 地区北部異常帯」の2箇所の地化学異常帯において RC ボーリングを実施した。Sagala 地区における RC ボーリングの調査量は、計 71 孔、総掘削長 4,051mである。掘削位置は、1998年度の精密土壌地化学探査で設定した9測線(N500, N1250, N1500, N1750, N2000, N2750, N3000, N3250 および N3500 測線)を用いた。測線間隔は 250m で、測線内のボーリング間隔は 100mに設定した。掘削角度は全孔垂直である。調査の結果は以下の通りである。

##### Sagala 地区北部:

地表の高 Au 地化学異常域において、合計 32 孔、1,818mの RC ボーリングを行った。いずれの測線の孔井においても、基盤の金の平均含有量が 50ppb 以上であることが確認された。特に、N3250 測線では E600～E900 区間(SRC-50, 51, 52, 53)の基盤の花崗閃緑岩中に金の平均含有量が 200ppb を越える異常が認められた。Sagara 地区北部の金の分析値は、深度によって大きく変化すること、及び硫化鉱物による鉱染がほとんど確認されないことから、金鉱化は脈や裂隙により規制されているものと判断される。

金の地化学異常分布から、Sagala 地区北部の花崗閃緑岩中の Au 異常(>200ppb)は N50W 方向に伸長し、幅 250m、延長 500m の規模を持つものと推定される。この方向は花崗岩閃緑岩とピリミアン累層群の境界にほぼ沿うものと推定される。

##### Sagala 地区南部:

北部と同様に、地表の高 Au 地化学異常域において、合計 39 孔、2,233mの RC ボーリングを行った。いずれの測線の孔井においても、基盤の金の平均含有量が 50ppb 以上であることが確認された。N1750 測線では、W200～E200 区間(SRC-7, 8, 9, 10)の基盤の花崗閃緑岩中に金の平均含有量が 200ppb を越える異常が認められた。N2000E0 の SRC-104 孔井では周囲とは異なる変安山岩～閃緑岩が見出された。変安山岩は割れ目沿いに硫化鉱物の弱い鉱染を受けており、その平均金品位は 1,020ppb である。

金の地化学異常分布から、Sagala 地区南部の Au 異常(>200ppb)は、ほぼ N-S 方向に伸長している。Sagala 南部においても北部と同様に、金の分析値が深度によって大きく変化すること、及び硫化鉱物による鉱染がほとんど確認されないことから、金鉱化は脈や裂隙により規制されているものと判断される。



#### 4-3-5 電気探査結果

2次元の Inversion 解析結果とボーリング結果との比較, 検討した。Sagala 地区の比抵抗は 80 ~ +1000  $\Omega \cdot m$  の値を示し, 80 ~ 200  $\Omega \cdot m$  はサブプロライトまたは風化, 変質を受けた岩石, 200 ~ +1000  $\Omega \cdot m$  は比較的変質の少ない岩石(主として花崗閃緑岩)を示すと考えられる。花崗閃緑岩とビリミアン累層群との間に明瞭な比抵抗の不連続は認められないが, 花崗閃緑岩は 1000  $\Omega \cdot m$  以上, ビリミアン累層群は 900  $\Omega \cdot m$  以下の値を示す。

解析平面図(Depth=125m)で, RC 異常域(鉍化域)は東西の高比抵抗域(900-1000  $\Omega \cdot m$ )に挟まれた, 相対的低比抵抗域(800  $\Omega \cdot m$  以下)に位置し, NW-SE 方向の鉍化域伸びと一致する。また, その周囲を 500  $\Omega \cdot m$  以下の低比抵抗域が取り囲む。比抵抗断面図から, 鉍化傾向が認められる範囲では垂直構造が見られ, 垂直に近い断裂あるいは断裂に沿った変質を表わすと推定される。コアボーリングの結果から, 金の鉍化は石英脈および断裂中においてより卓越しており, さらに正確な鉍化状況を把握するためにはさらなるボーリング調査を実施する必要がある。

#### 4-3-6 コアボーリング調査結果

RC ボーリングの結果から Sagala 北部鉍化帯及び Sagala 南部鉍化帯について, 鉍化が最も卓越すると考えられる N3250 測線と N1750 測線沿いにコアボーリングを行った。掘削本数は 11 本, 総掘削長は 1,600m である。また, すべての孔井は 60° の傾斜掘削である。

コアボーリングの結果, Sagala 北部及び南部の地質は, 共に上位から Fe ノジュールを含むカラパス, 粘土(主にカオリナイト)に富むカラパス, 基盤の花崗閃緑岩の組織を残すサブプロライト(本地区ではカオリナイトに加え, セリサイト, 石英に富む), 風化花崗閃緑岩, 花崗閃緑岩(一部トーナライト)となる。一般に, 掘削深度約 40m 以深から認められる花崗閃緑岩は, 割れ目に乏しく全体に新鮮で, 希に黒色~暗灰色を呈する極細粒の閃緑岩ゼノリスを含有する。また, 深度 20~50m の間隔で厚さ 1~2m の黒色~暗灰色を呈する安山岩, デイサイト等の貫入岩または変堆積岩が認められる。

##### Sagala 地区北部:

調査の結果, Sagala 地区北部の金鉍化作用について以下の事実が明らかとなった。

- 1) 顕著な金の鉍化が認められたコア試料は, ほとんどの場合に石英脈を確認できる。また, 石英脈の分布と金の分析値とは比較的良好な相関を示す。これらの事実から, Sagala 地区北部の主な金の鉍化は幅 1mm から数 cm 程度の石英脈に関係していると考えられる。
- 2) 石英脈が認められないにも関わらず, コア試料が高い金品位を示す場合, 硫化物鉍染を伴う緑泥石, 方解石脈に金の鉍化が認められるものと考えられる。しかしながら, その頻度は低い。
- 3) N3750 測線上では, 東方向に向かって金の鉍化が強い。すなわち, 花崗閃緑岩とビリミアン累層群の境界付近に近いほど, 金の鉍化が顕著となる。
- 4) コア観察の結果から, 緑泥石, 方解石を伴う割れ目は, 石英脈を切ることはあるがその逆は確認されない。したがって, 緑泥石を伴う割れ目は, 石英脈の生成より後期であると考えられる。

### Sagala 地区南部:

調査の結果, Sagala 地区南部の金鉱化作用について以下の事実が明らかとなった。

- 1) 北部と同様に, 顕著な金の鉱化が認められたコア試料は, ほとんどの場合に石英脈を確認できる。また, 石英脈の分布と金の分析値とは比較的良い相関を示す。これらの事実から, Sagala 地区南部の主な金の鉱化は幅1mm から数 cm 程度の石英脈に関係していると考えられる。
- 2) Sagala 地区南部では, 北部に比べて石英脈が少なく, 金の分析値も全体として低い値を示す。
- 3) この地区では幅数十 cm から2, 3m 程度の小規模な変火山岩の貫入岩および, 剪断帯が比較的多く出現し, それらに金の鉱化が確認された。
- 4) N1750 測線上でのコアボーリングの結果は, RC ボーリング結果と調和的であり, 金鉱化は RC ボーリング結果で示された, N-S 方向の構造に規制されているものと考えられる。

## 第5章 将来への提言

ケコロ・バオレーバニフィング地域において、今後、探鉱を継続すべき地区として、Kékoro 地区、Sagala 地区、Diamou 地区、B.B 地区、Sirba Sobala-Kouloukoro 地区、Torokoro 地区、Kalako 地区および Sirikoro 地区からなる 8 地区があげられる。

**Kékoro 地区:** Kalako 地区西部の低比抵抗・高充電率異常帯は、規模が大きいこと、充電率が特に高いこと、東部に高比抵抗部を伴い、その境界が NNW-SSE 方向の明瞭な不連続線からなることから、花崗閃緑岩周縁の大規模な硫化鉱物鉱染帯の存在が予想される。また、地化学探査結果とピット調査結果によれば、Kalako F 地区全体の中で、Kalako F 地区に最も顕著な地化学異常が認められる。したがって、今後の探査では、Kalako 地区西部と Kalako F 地区を優先し、ボーリング調査を実施することが望ましい。

**Sagala 地区:** 金の鉱化は、Sagala 地区北部では NW-SE 方向の断裂系に、Sagala 地区南部では N-S 方向の断裂系に規制されている可能性が指摘された。したがって、鉱化を規制するこれらの断裂系の分布を明らかにする目的で、放射能地化学探査を実施することが望ましい。

**Diamou 地区、B.B 地区および Sirba Sobala-Kouloukoro 地区:** 第 1 年次調査で、地元住民による金採掘跡を確認し、同時に顕著な Au 地化学異常を確認した。第 2 年次、第 3 年次調査では調査対象から外れていたが、今後、地表踏査と精密地化学探査から探鉱を開始する必要がある。

**Torokoro 地区、Kalako 地区および Sirikoro 地区:** 第 1 年次調査で、顕著な Au 地化学異常を確認した。第 2 年次、第 3 年次調査では、調査対象から外れていたが、今後、地表踏査と精密地化学探査を開始する必要がある。