

# 第 I 部

# 第 I 部 総 論

## 第 1 章 序 論

### 1-1 調査経緯

本調査は、国際協力事業団および金属鉱業事業団と、マリ共和国鉱山省 (Ministère des Mines de l'Énergie et de l'Eau) および地質鉱山局 (Direction Nationale de la Géologie et des Mines) との間で、2000年9月8日に署名された「Scope of Work」に基づいて、同国南西部に位置するバオレ・バニフィング地域において実施された。

本年度は第2年次かつ最終年次にあたり、水文調査、土壌・河床堆積物調査および植物相調査が実施された。

### 1-2 調査目的

本調査の目的は、バオレ・バニフィング地域を対象として環境基礎調査を行うことにより、調査地域における環境基礎データを取得・整理することである。さらに、マリ共和国機関に対し、技術移転を図ることを目的とする。

### 1-3 調査範囲

調査地域はマリ共和国南西部、首都バマコの南東方 30~150 km に位置する。調査範囲は下記の6点を順に直線で結んで囲まれた範囲で、面積は 11,300 km<sup>2</sup> である。調査地域位置図を図 1-1-1 に示す。

	北緯	西経
①	12° 25′	8° 00′
②	12° 25′	6° 45′
③	12° 02′	6° 45′
④	12° 02′	7° 00′
⑤	11° 35′	7° 00′
⑥	11° 35′	8° 00′

### 1-4 調査内容

調査は水文調査 (地表水調査、地下水調査、および気象情報収集)、土壌・河床堆積物調査および植物相調査からなる。表 1-1-1 に調査内容と調査数量を示す。

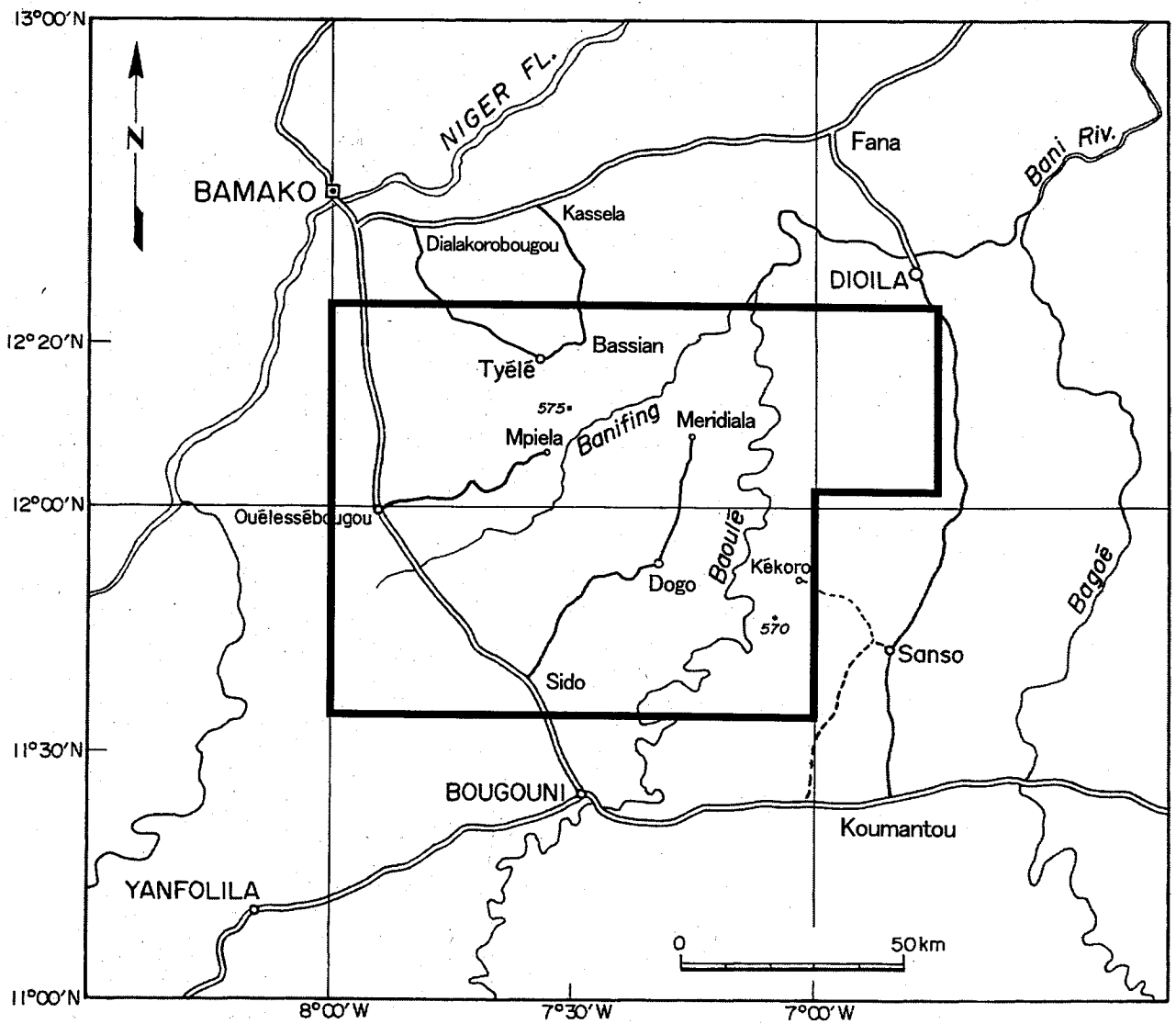
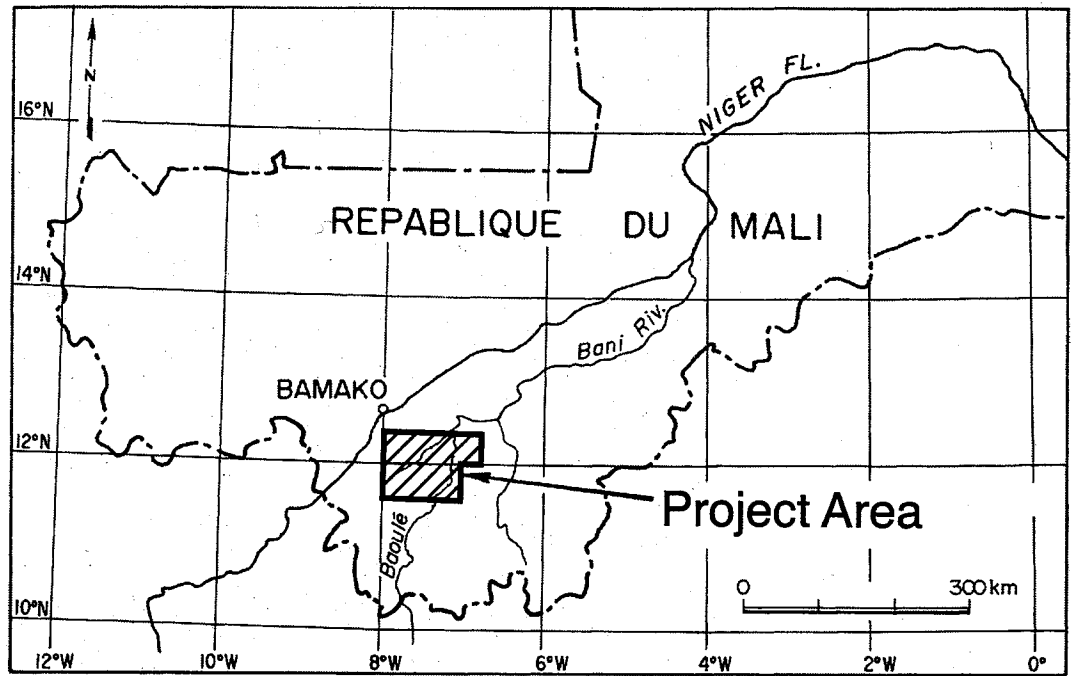


図1-1-1 調査位置図

表 1-1-1 調査内容および数量

調査項目	調査数量	調査内容
1. 水文調査		
地表水調査	乾季：2 地点 雨季：10 地点	河川水の水質測定* <sup>1</sup> ，簡易水質分析* <sup>2</sup> および ICP 化学分析* <sup>3</sup> 河川流量調査
地下水調査	乾季：10 地点 雨季：10 地点	地下水の水質測定* <sup>1</sup> ，簡易水質分析* <sup>2</sup> および ICP 化学分析* <sup>3</sup> 水位測定 (MJME-E1~E4 孔)
気象情報収集	1 地点	気象観測装置による気温・湿度，風向・風速， 日射量および降水量のデータ取得と解析。 過去の気象データ収集。
2. 土壌・河床堆積物調査		
土壌調査	200 試料 100 試料 50 試料	化学分析* <sup>4</sup> 対象範囲：西経 7 度 30 分以西の範囲 第 1 年次地化学異常地区 岩石試料採取地区
河床堆積物調査	50 試料	化学分析* <sup>4</sup> 対象範囲は第 1 年次重金属高濃度水系
岩石調査	20 試料	化学分析* <sup>4</sup> 岩石露出地区
3. 植物相調査		
植生分布調査	全域	第 1 年次に作成した植物相区分図の現地検証
植物相調査	50 地点 25,000 m <sup>2</sup>	代表的な植生地区で詳細な植生調査を行い， 出現種類を把握し，群落区分を行う。

\*1：5 成分；pH，水温，電気伝導度，溶存酸素量，濁度

\*2：13 成分；COD，Cu，Zn，Cr，Fe，Mn，Ni，Mo，As，F，B，CN，Cr<sup>6+</sup>

\*3：32 成分；Al，Ag，As，B，Ba，Be，Bi，Ca，Cd，Co，Cr，Cu，Fe，K，Li，Mg，  
Mn，Mo，Na，Ni，P，Pb，Sb，Se，Si，Sn，Sr，Ti，Tl，U，V，Zr  
(乾季調査の 12 試料のみ)

\*4：29 成分；Au，Al，Sb，As，Ba，Be，Bi，Cd，Ca，Cr，Co，Cu，Fe，Pb，  
Mg，Mn，Hg，Mo，Ni，P，K，Ag，Na，Sr，Ti，W，V，Zn，CN

## 1-5 調査団の編成

第2年次調査に参加，従事した人員は以下のとおりである。

### (1) 現地調査団

#### ・日本側

小沼 工	団長，総括	(住鉱コンサルタント株式会社)
山本 和広	環境調査	(住鉱コンサルタント株式会社)
西元 弘隆	環境調査	(住鉱コンサルタント株式会社)

#### ・マリ国側

Lassana GUINDO	環境調査	(DNGM)
Issa COULIBALY	環境調査	(DNGM)
Mme COULIBALY OUMOU	環境調査	(DNGM)
Dantoume TOUNKARA	環境調査	(DNGM)

### (2) 現地指導監督

中島 信久	(金属鉱業事業団)
霜鳥 洋	(金属鉱業事業団)
藤井 昇	(金属鉱業事業団)

JICA: L'Agence Japonaise de Coopération Internationale

MMAJ: L'Agence d'Exploitation des Métaux du Japon

DNGM: Direction Nationale de la Géologie et des Mines

PDRM: Programme de Développement des Ressources Minérales

## 1-6 調査期間

現地調査は，雨季の平成13年9月4日から平成13年10月11日までと乾季の平成14年1月5日から平成14年3月3日までの2回に分けて実施された。

解析作業及び報告書作成は平成13年10月12日から平成14年3月22日に実施された。

## 第2章 調査地域の自然・社会環境

### 2-1 位置

バオレ・バニフィング地域は、マリ共和国南西部、首都バマコの南東方 30~150 km に位置する。マリ共和国の国境はバマコの南方で下に凸の形を示し、その西側はギニア共和国、南側はコートジボワール共和国、東側はブルキナファソとの国境となっている。調査地域の中心からそれぞれの国境までの直線距離は順に、約 140 km、約 200 km、約 240 km である（巻頭の調査地域位置図）。

ニジェール川はマリ共和国中南部を横断しており、調査地域はニジェール川の南方にあり、ニジェール川右岸流域に相当する。地域内にある大きな河川として、地域東部で南から北に流下する Baoulé 川、地域中央で南西から北東に流下する Banifing 川がある（図 1-1-1）。

現地調査の際、宿泊基地としたのは、Bamako, Dioila, Bougouni, Ouéléssébougou, Dogo である。

### 2-2 交通

首都バマコから調査地域への移動および調査地域内の移動手段は車に限られる。調査地域およびその周辺の道路は、道路状況と通行可能な車種により、以下に示す 3 種類に大別される（図 1-1-1, 図 1-2-1）。

#### ① 舗装された国道

物流の動脈であり、片側 1 車線の舗装整備された国道。これらの国道では時速 80 km 以上での走行が可能である。

調査地域西部で Bamako と Bougouni を結び南北に走る国道 7 号線とこの国道上の Ouéléssébougou 南方から南西方の Yanfolila に至る道路が地域内で唯一の舗装道路となっている。調査地域北方には Bamako と Segou を結び東西に走る国道 6 号線、南方には Bougouni と Sikasso を結び東西に走る国道 7 号線がある。

#### ② 未舗装の幹線道路

未舗装であるが、普通乗用車、乗合バス、トラック等が雨季でも通行可能な幹線道路。四輪駆動車であれば平均時速 30~40 km での走行が可能である。

調査地域中央には、国道 7 号線の Sido を起点として北東方向に向かい Dogo または Fogoba を経由し Meridiala に至る延長約 65 km の道路、調査地域北西部には国道 7 号線の Ouéléssébougou を起点として北東方向に向かい Falan と Tyele を経由して Bassian に至る延長約 65 km の道路がある。Falan からは東方の Mpiela へ、Tyele および Bassian からは北西方の国道 6 号線に至る道路がある。調査地域東方には、国道 6 号線上の Fana を起点として南方に向かい Dioila, Sanso を経由して国道 7 号線上の

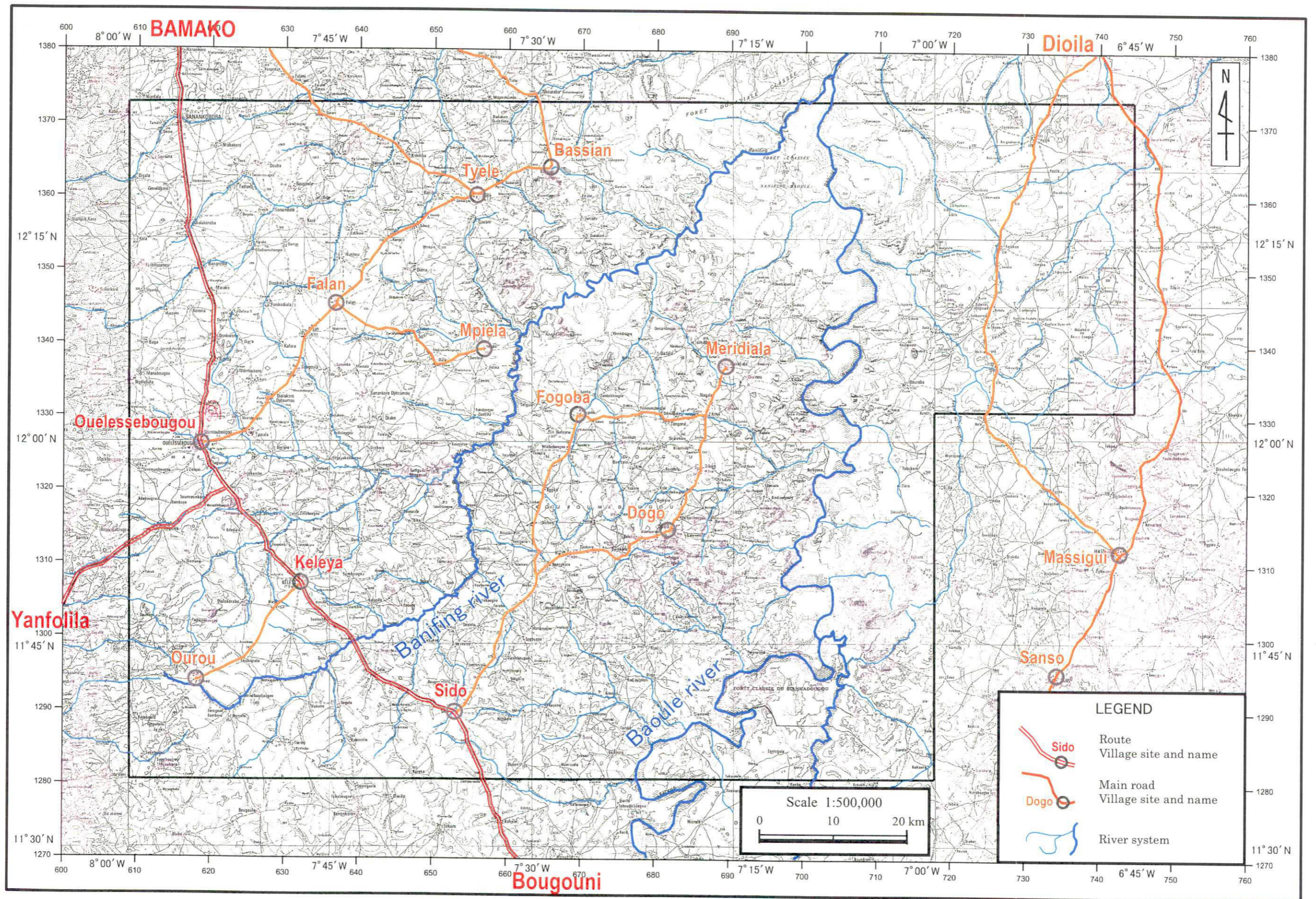


图 1-2-1 主要道路图

Koumantou に至る幹線道路が南北に走っている。

### ③ 未舗装の生活道路

道幅が狭く路面状態が悪いため、四輪駆動車以外は通行できない生活道路。住民は口バ車、オートバイ、自転車、徒歩で日常的に利用している。この生活道路は調査地域内に 3～5 km 間隔で存在する村落を結び網状に発達する。四輪駆動車でも乾季には平均時速 10～15 km 程度の走行しかできず、雨季にはぬかるみや水たまり、さらに生い茂る草によって通行が非常に困難になる。

調査地域内では幹線道路は未発達であるが、村落の分布密度が高いため、生活道路は良く発達している。しかし、調査地域内を流れる Baoulé 川と Banifing 川を横断する橋が国道以外に存在しないことから、調査地域内のアクセスは全般に悪い。Banifing 川は乾季にのみ流水が途切れるため、数地点で四輪駆動車の通行が可能となる。雨季には小さな沢や窪地が湛水するため、四輪駆動車であっても生活道路の通行は非常に困難となる。

調査地域およびその周辺において、四輪駆動車による通行に要する時間は以下のとおりである。所要時間は道路路面状態に依存し、一般生活道路では 1 時間で 10～12 km の走行距離が目安となる。なお、Bougouni から西方のギニア共和国国境までの距離は約 110 km、南方のコートジボワール共和国国境までは約 120 km、東方のブルキナファソ国境までは約 240 km である。

・ 国道 7 号線	Bamako 市内－Ouéléssébougou	: 1 時間 20 分
	Ouéléssébougou－Sido	: 40 分
	Sido－Bougouni	: 30 分
・ 幹線道路	Ouéléssébougou－Bassian	: 2 時間 30 分
	Ouéléssébougou－Mpiela	: 1 時間 30 分
	Sido－Dogo	: 1 時間
	Dogo－Meridiala	: 1 時間
	Dioila－調査地域内経由－Massigui	: 3 時間
・ 地域外の主要道路	Bamako－Dioila	: 2 時間 30 分
	Bougouni－Koumantou－Sanso	: 2 時間

## 2-3 地形

調査地域は標高 300～400 m の起伏に乏しい準平原であり、大局的には北から南に向かい標高は高くなる。ラテライト化作用を強く受けた熱帯性土壌が厚く発達し、鉄アルミナ質皮殻（ラテライト皮殻）が形成する比高 10～30 m の台地が全域に数多く、かつ広範囲に分布する。また、塩基性火成岩や変成岩からなる比高 100～200 m の小さな丘（インゼルベルク）が地域南東部から北西部にかけての一带に多く分布する。

ラテライト皮殻は化石準平原を表し、風化・削剥に抵抗性があるため、台地を形成して



いる。一方、これ以外の部分は風化・粘土化が進み、削剥されることで盆状地形を呈する。このようなラテライト皮殻の平坦な台地、広く浅い盆状の河川地形、点在するインゼルベルクが地形的特徴となっている。

標高 400 m を越える部分は、上記の台地や小丘の一部および大きな河川の分水嶺に限られる。調査地域内において、最高標高点は南東部の Seridjekourou 丘（標高 570 m）、最低標高点は北東端の Baoulé 川（標高 290 m）であり、インゼルベルクを除いた高所部は南西部の Banifing 川上流域の分水嶺（標高 400 m 前後）である。なお、Bamako は標高約 320 m、Bougouni は標高約 340 m に位置する。

Baoulé 川は調査地域を蛇行して縦断しており、その直線縦断距離は約 100 km であるが、この間の標高差は 20 m しかない。同様に Banifing 川は約 120 km 流下して、標高差は 100 m である。

河床の勾配が非常に緩いこと、雨季の期間が短く雨量もあまり多くないことから、河川の線的侵食作用は弱く、面的な洗食作用が強いと考えられる。一般に、中小規模の河川は細流路で、横断面は深くえぐれた溝状の凹形を示し、川幅は狭く川岸傾斜は垂直に近く、川岸高は数mである。しかし、川幅が広く川岸傾斜が非常に緩い河川も多く認められる。このような河川地形の差異は、地質・土質および流水量・流速の違いに起因すると考えられる。

## 2-4 水系

調査地域を流れる大きな河川には、地域東部で南から北に流下・蛇行する Baoulé 川と地域中央で南西から北東に流下する Banifing 川がある。Baoulé 川の上流は調査地域南方のコートジボワール共和国にまで達し、下流では Bagoé 川と合流して Bani 川と名前を変え、Niger 川に平行して北東方向に流下し Mopiti で Niger 川に合流する。Banifing 川は Baoulé 川の支流に相当し、その流域はほぼ地域内に収まり、北東下流で Baoulé 川に合流する。調査地域東方には Baoulé 川にほぼ平行して同様にコートジボワール共和国に達する Bagoé 川、西方には Niger 川がある。

Baoulé 川と Banifing 川は数多くの大小の支流を形成する。調査範囲の 80% 以上は両河川の流域で占められており、残る調査地域西端部は Niger 川の右岸流域、北東端は Bagoé 川下流の左岸域に相当する。

本地域では雨季と乾季の区別が明確で、年間雨量は 1,000 mm 程度である。年間を通じて恒常的に水流が見られるのは Baoulé 川本流のみである。Banifing 川本流は乾季には断続的な水溜りに変わる。これ以外の河川では雨季にのみ水流が見られ、乾季にはまれに局所的に水溜りが残るものの、ほとんど完全に水が涸れる。

水系は樹枝状を呈し、全般に水系密度および水系頻度は低い。特にラテライト皮殻の台地上では水系の発達是非常に悪い。一方、この台地の斜面や丘陵地では水系密度はやや高くなる。調査地域南東部ではインゼルベルクに富み比較的起伏が多いため、水系密度が高

い (図 2-1-2 参照)。

一般に標高が南から北または南西から北東に向かい低くなっているため、逆方向の北から南あるいは北東から南西に流下する大きな河川はまれである。

## 2-5 気候

調査地域が位置するマリ南部の気候はサバンナ帯、北スーダン帯に属する。気候状況から5月～10月の雨季と11月～4月の乾季に区分される。また、気温と湿度の関係から大きく次の3時期に区分される

- ・ 3月～5月：低湿度で乾燥し、最高気温・最低気温ともに高い。
- ・ 6月～10月：高湿度で、最高気温は低く、最低気温は高い。
- ・ 11月～2月：低湿度で乾燥し、最高気温は高く、最低気温は低い。

最高気温は3・4月で約40℃、8月で約30℃、最低気温は4・5月で約25℃、12月で約15℃である。最高湿度は7～9月で約95%、2・3月で約40%、最低湿度は8月で約65%、2・3月で約15%である。降水量は12～3月にはきわめて少量で、7～9月には月200mmを超える。年間降水量は1,000～1,100mmである。表1-2-1にバマコの月別の平均気温、平均湿度、降水量を示す。なお、本調査で収集した気象データに関しては第Ⅱ部第1章で詳述する。

表 1-2-1 バマコの月別気象データ

	Jan.	Feb.	Mar.	Avr.	Mai	Juin	Jui.	Aou.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
Temperature (°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
Humidity (%)	28	23	23	35	52	67	77	83	80	68	50	36
Precipitation (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

出典：理科年表、気温と降水量は1951～1974年の平均、湿度は1961～1967年の平均。

## 2-6 植生

調査地域周辺の植生はスーダン域とスーダン-ギニア域の境界部に属し、まばらな森林と草原がモザイク状に分布するのを特徴とする。耕作地も多く、きび、もろこし、とうもろこし、米、ピーナッツ、綿花、野菜類、果物類などが栽培されている。

自然の植生状況は、樹高5～20mの高木と数mの低灌木が混在し、樹間にはカヤやイネ科植物を主にした草本が分布する。乾季にはほとんどの草本は枯れるが、多くの樹木は乾季でも完全に落葉することはない。ある種類の樹木は、雨季に落葉し、乾季に葉をつけ

る。乾季には伝統的に野焼きが行われている。炭や薪を作るための伐採および農地開墾のために樹木の量は減少している。

植生密度は河川沿いで高く、ラテライト皮殻の台地上で低くなる。これ以外の地域では、植生密度は人為的な影響（伐採による樹木密度の減少）に大きく左右される。農地開墾の場合、有用樹木の大木を残してすべてが伐採される。燃料用木材の伐採の場合、ある程度の量の樹木を残し、かつ伐採場所を移動するような工夫がなされている。温度や雨量の気候条件では北から南に向かい植生が多くなると推定されるが、実際には局所的な植生変化は認められるものの、大局的には植生変化に乏しい。

森林保護区が、調査地域北部の Baoulé 川と Banifing 川との合流域 (Foret Domaniale Classée de Soussan et Foret Classée du Banifing - Baoulé)、南西部の Baoulé 川右岸域 (Foret Classée du Siankadougou) に存在する。

## 2-7 地質

西アフリカの地質は、先カンブリア時代の深成岩および変成岩からなる西アフリカ剛塊とこの東西に分布し古生層からなる楕状地堆積物を主体とする。西アフリカ剛塊西部は汎アフリカ造山（約 6 億年前）を受けていない始生代のリベリア岩体とモーリタニア岩体（リベリアーギニアーモーリタニアにかけて分布）であり、剛塊東部は調査地を含み汎アフリカ造山を受けている。

マリ共和国の南端部は原生代の西アフリカ剛塊である Birrimien 累層群とそれら貫くバソリス状花崗岩類からなる。Birrimien 累層群は、幅数 10 km、長さ数 100 km の細長い帯状に分布し、一般に弱い変成（緑色片岩相）を受けている。同様の地層はギニア共和国およびコートジボワール共和国に広く分布する。マリ共和国中部は原生代後期の堆積岩類、同北部と東部は古生代から中生代の堆積岩からなる。

調査地域では、北端と北東端部を除く大部分が Birrimien 累層群とこれを貫くバソリス状花崗岩類からなる。図 1-2-2 に調査地域の地質図を示す。Birrimien 累層群は火山岩類（変玄武岩、安山岩、凝灰岩）に富む上部層と堆積岩類（片岩、アルコース砂岩、グレーワッケ）に富む下部層に区分される。これらは全体に弱い変成作用を受けており、地質構造は北北西-南南東の一般走向を示す。花崗岩類は中～細粒の黒雲母花崗岩～花崗閃緑岩と一部片麻状花崗閃緑岩からなる。調査地域内では、花崗岩類と Birrimien 累層群の分布比率は 6 : 4 程度である。Birrimien 累層群中には金鉱化帯の存在が知られており、地域周辺には金鉱床や金鉱化帯が多く存在する。

調査地域北方から東方にかけて原生代末期の堆積岩類（アルコース砂岩、礫岩、シルト岩）が広範囲に分布し、Birrimien 累層群と花崗岩類を被覆する。これらはほぼ水平の堆積構造を有し、北東方向に厚くなっている。さらに、これらの地層を古生代の塩基性火成岩類（粗粒玄武岩、はんれい岩、閃緑岩）が貫いて分布する。

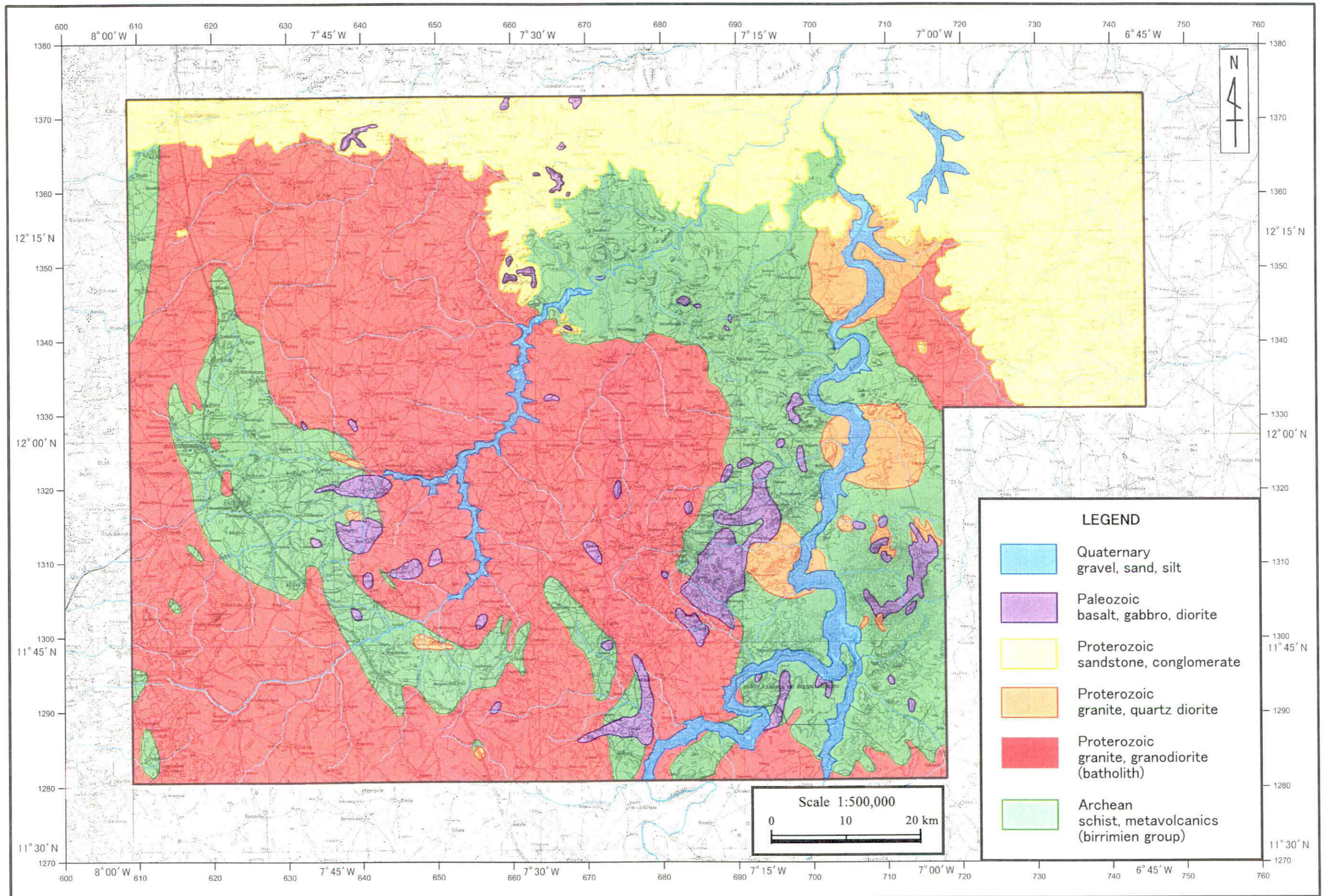


図1-2-2 調査地域の地質図

## 2-8 社会環境

調査地域は農村地帯として位置付けられる。きびなどの雑穀、米や綿花が栽培され、近隣の Bamako, Bougouni, Dioila 等の都市に供給される。また、食用の家畜、燃料用の薪や炭の生産地でもある。一般的な村落は、家族や親族毎に母屋と数個の離屋がいくつか寄り集まったものが単位となり、これらが集合して形成されている。伝統的な住宅は日干し煉瓦を円筒形に積み上げた壁に円錐形の藁葺き屋根をのせた簡素な建物であるが、近年では四角形の壁にセメントを塗り、トタン屋根をのせた家屋も多くなっている。

電力および有線電話は国道沿いの村落を除きほとんどの村落に供給されていない。近年は太陽電池パネルを利用して自動車のバッテリーに蓄電することで電気製品を使用する家もわずかに見られる。調理用の燃料としては炭や薪が利用されている。生活水は、昔ながらの手掘りの浅井戸や外国の援助でボーリング掘削された手押しや足踏みポンプ式の水井戸から得られる。ボーリングの水井戸は一定規模の人口を有する村落に存在し、大きな村落では複数の水井戸を保有している。

日常生活において、住民の主要な移動手段は自転車と徒歩であり、荷物の運搬にはロバ車と自転車が使われる。主要な幹線道路では乗合バス、乗用車やオートバイが日常的に通行しているが、交通量はきわめて少ない。主要な村落には小学校があり、初等教育が着実に普及しているが、就学率はあまり高くない。学校や病院などの公共の建物は外国の援助で建設されたものが多い。

行政区分として、調査地域北西部は Bamako 地域圏 (Région) の Kati 県 (Cercles)、北東部は Bamako 地域圏の Dioila 県、これ以外は Sikasso 地域圏の Bougouni 県に属する。調査地域の中央に位置する Baoulé 川と Banifing 川に挟まれた地区は Bougouni 県の Dogo 郡 (Arrondissement) に属し、調査範囲の約半分の面積を占める。

## 第3章 調査地域の既存情報

### 3-1 既往調査

調査地域内では過去に大規模な地域開発は実施されておらず、本調査のような環境基礎調査または環境影響調査が行われた実績はないようである。調査地域南東端から東方に約20 km 離れた Sanso の南に、2000年10月に操業を開始したばかりの Morila 金鉱山がある。同鉱山では、1997年に本格的な鉱床探査が始まり、1999年には環境影響調査を含む F/S が完了している。

調査地域周辺には金鉱化帯が多く存在しており、現在までに以下の鉱物資源探査が実施されている。

① 2000年から

件名：資源開発協力基礎調査資源開発調査 マリ共和国バオレ・バニフィング地域

範囲：本調査地域の北半分

実施機関：MMAJ, DNGM

② 2000年～2002年

件名：海外地質構造調査 マリ・ケコロ／サガラ地域

範囲：本調査地域の中央東部、Baoulé 川流域、Dogo より東方

実施機関：OMRD (海外鉱物資源開発株式会社)

③ 1997～2000年

件名：資源開発協力基礎調査 マリ共和国ケコロ・バオレーバニフィング地域

範囲：本調査地域の南西部と北東端を除く部分

実施機関：MMAJ, DNGM

④ 1991～1995年

件名：資源開発協力基礎調査 マリ共和国ブグニ地域

範囲：本調査地域の南半分を含み、それより南方に広がる地域

実施機関：MMAJ, DNGM

⑤ 1972～1974年

範囲：本調査地域の中央東端、Kekoro 周辺

実施機関：SONAREM (Societe Nationale de Recherches et d'Exploitation Miniere)  
ベルギー国の援助による

### 3-2 調査地域の環境的位置付け

調査地域内は自然が多く残る農村地帯であり、大きな都市、工業施設や産業活動は存在せず、国道7号線を除くと自動車の交通量は極めて少ない。このため、近代的な化学物質による汚染や自然環境に大きな負荷を与えるような人工物や化学物質は極めて少ないと

考えられる。ただし、手つかずの自然が多いというわけではなく、ほとんどの地区に人が住んでおり、農作物の栽培や放牧などで人の活動が及ばない地区はほとんどない。産業としては第一次産業の農業、牧畜が主体であり、第二次・第三次産業は極めて少ない。

前述のように、本調査地域では金鉱床探査が継続的に行われていることもあり、鉱山開発が最も可能性の高い産業開発のひとつといえる。本地域でこのような開発が行われる場合、予想される環境負荷は以下のようなものである。

- ・ 社会環境

  - 経済活動の変化，交通や生活施設の変化，遺跡・文化財の損失，廃棄物の発生

- ・ 自然環境

  - 地形の改変，河川水や地下水の変化，動植物の生息環境の変化，気象の変化，森林資源の損失

- ・ 公害

  - 水質汚濁，土壌汚染，大気汚染，騒音・振動

本調査ではこれらの環境影響項目のうち、主に自然環境と公害に係るバックグラウンドデータの取得を行った。すなわち、本格探鉱が行われる以前の環境基礎データを取得することで、開発直前の環境影響調査および開発後のモニタリングデータとの比較検討が可能な基礎資料を提供することが目的である。

調査地域周辺には次の3つの金鉱山が存在する。Kalana 鉱山は調査地域の南南西約100 km，調査地域西方を北に流下する Bale 川の上流に位置し、現在は操業を休止している。Morila 鉱山は調査地域の東方約20 km，調査地域東方を北に流下する Bagoé 川の左岸支流 Koba 川の上流に位置する。Syama 鉱山は調査地域の南東約130 km，調査地域東方を北に流下する Bagoé 川の上流に位置し、2001年に操業を停止した。これらの鉱山は調査地域内を流れる河川流域に含まれないため、調査地域の土質および水質に直接的な環境影響を与えることはない。

### 3-3 環境関連法令

マリ共和国に存在する環境評価や環境保全に関連する法令や規制を以下に示す。これらの資料は第1年次報告書の巻末資料に含まれている。

① 環境影響調査実施制度に係る政令 No.99-189/P-RM

大統領府発令，1999年7月5日付

Decret No.99-189/P-RM du 5 Juil. 1999

Portant Institution de la Procedure d'Etude d'Impact sur l'Environnement

Primature, Secretariat General du Gouvernement, Republique du Mali

② 森林，動物，漁業資源管理項目に関する登録および規定

自然保全局，1999年

③ 環境評価に係る技術的ガイドライン

鉱山局 (DNGM), 1998 年 11 月 20 日付

Directives Techniques Preliminaires en Matiere d'Evaluation Environnementale  
Direction Nationale de la Geologie et des Mines

④ 社会生活の環境保全に係る政令 No.91-047/AN-RM

大統領府発令, 1993 年 7 月 23 日付

LOI No.91-047/AN-RM

Relative a la protection de l'Environnement et du Cadre de Vie

Presidence de la Republique, Secretariat General du Gouvernement, Republique  
du Mali

「環境影響調査実施制度に係る政令」では、環境影響調査の手続きが規定されており、環境影響調査の目的はプロジェクト実施に際しての環境破壊の防止と住民生活の保全にあると定義されている。また、環境影響調査とは、プロジェクトが及ぼす人間、野生生物・植物、土壌、空気、気候、景観への影響、並びに、これらの要素、文化遺産およびその他の物的財産間の相互作用の識別・鑑定、記載一覧、評価であると定義される。

「森林、動物、漁業資源管理項目に関する登録および規定」では、森林資源の保全、野生動物種およびその生息地の保全、魚類および漁業法の保全、地域共有領域の設定と保全、狩猟地等の賃借料、国有森林領域の開墾納付公定価格、国有森林領域内伐採の場合の徴収税に関する規定が抜粋されている。この中では、11 種類の樹木の伐採および 22 種類の野生動物や水生生物の捕獲が規制されている。

以上のような法令は制定されているものの、水質、土質、大気質などに係る環境基準値は現在のところ設定されていない。



## 第4章 第1年次調査結果

### 4-1 調査内容

第1年次の調査項目は大きく、水文調査、土壌・河床堆積物調査、植物相調査、動物相調査、考古学調査に分けられる。表1-4-1に調査内容および数量、図1-4-1に調査地点位置図を示す。

表1-4-1 第1年次調査の内容および数量

調査項目	調査内容および数量
1. 水文調査	
地表水調査	河川水の採取，水質測定*1および簡易水質分析*2 5地点
ボーリング掘削	地下水採取のためのボーリング掘削，透水試験 4地点（MJMB-E1～E4），総掘進長160m，垂直（-90°）
地下水調査	地下水の採取，水質測定*1および簡易水質分析*2 14地点（ボーリング3地点，既存水井戸11地点）
地形図作成	SPOT衛星画像から縮尺5万分の1地形図（13葉）作成 対象範囲は全域
気象情報収集	①気象観測装置による気温・湿度，風向・風速，日射量および降水量のデータ取得 1地点（Dogo） ②過去の気象データ収集 2地点（Bamako, Bougouni）
2. 土壌・河床堆積物調査	
土壌調査	試料採取，化学分析*3 対象範囲は西経7度30分以上の範囲，200試料
河床堆積物調査	試料採取，化学分析*3 対象範囲は全域，50試料
3. 植物相調査	SPOT衛星画像の判読および現地踏査により植物相を把握し，10万分の1の図面にまとめる。既存資料収集。 対象地域は全域
4. 動物相調査	既存資料により動物相を把握する。 対象地域は全域
5. 考古学調査	既存資料および現地踏査により遺跡・文化財等を把握する。 対象地域は全域

\*1：5成分；pH，水温，電気伝導度，溶存酸素量，濁度

\*2：13成分；COD，Cu，Zn，Cr，Fe，Mn，Ni，Mo，As，F，B，CN，Cr<sup>6+</sup>

\*3：29成分；Au，Al，Sb，As，Ba，Be，Bi，Cd，Ca，Cr，Co，Cu，Fe，Pb，Mg，Mn，Hg，Mo，Ni，P，K，Ag，Na，Sr，Ti，W，V，Zn，CN

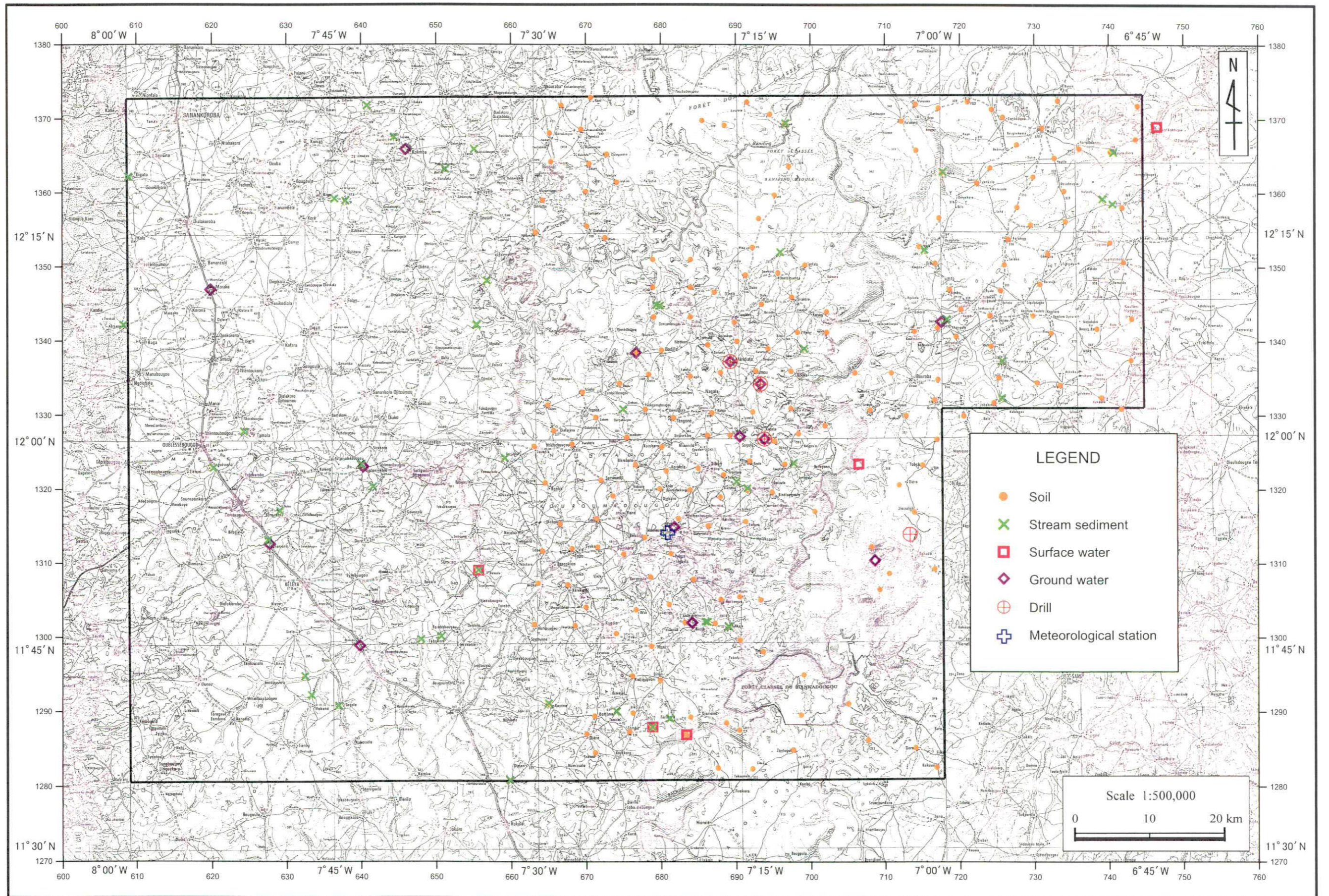


图1-4-1 第1年次調査地点位置图

## 4-2 調査結果

### ① 水文調査

地形図作成，ボーリング調査，地表水および地下水調査，気象調査からなる。

SPOT 衛星の立体視可能な画像ペアを使用して縮尺 5 万分の 1 地形図を作成した。背景は衛星画像のナチュラルカラー画像とし，等高線の間隔は 10 m である。地形図から水系を読み取り，解析を行った。水系は流域の大小を問わず樹枝状を呈し，主要な支流はおおよそ，長さ 10~30 km，平均幅 4~12 km，形状比 0.30~0.48 という性状を持ち，やや細長い形状である。地形的特徴としては，起伏に乏しいこと，傾斜が非常に緩いこと，ラテライト化作用が進んでおり地質構造が地表に現われていないことなどがあげられる。

4 孔のボーリングを掘削し，地下水位を測定し，地下水を採取した。ボーリング孔を利用した透水試験の結果， $10^{-4}$  から  $10^{-5}$  オーダー (cm/sec) の透水係数が得られた。河川水 5 試料および地下水 14 試料を採取し，水質の測定および簡易化学分析を実施した。水質分析の結果では，鉄を除き金属元素の含有量は非常に低く，特に問題となるような値は得られなかった。

自動気象観測システムを Dogo に設置して，温度，湿度，雨量，風向，風速，日射量の連続観測体制を確立した。Bougouni の過去 5 年間の気象データを運輸省下の Bougouni の観測所で取得した。

### ② 土壌・河床堆積物調査

土壌・河床堆積物調査では，200 試料の土壌と 50 試料の河床堆積物を採取し，化学分析に供した。土壌および河床堆積物の重金属類の含有量は全般に低く，CN, Cd, Hg, Cr, As, Pb のような有害成分の含有量も低い。高含有量成分の多くは，地質，鉱化作用および地形に起因するものである。河床堆積物では，国道および幹線道路沿いの水系で Pb がやや高い傾向が認められた。土壌では，金の鉱化作用が未報告の地質・地域において Au の地化学異常が認められた。

### ③ 植物相調査

資料収集および現地調査を実施した。法令により 11 種類の樹木の伐採が原則として禁止されている。貴重種および固有種の存在は報告されていない。

SPOT 衛星画像（乾季）の判読と現地踏査から植物相区分を行い，植物相区分図（縮尺 10 万分の 1）を作成した。衛星画像から，地形と植生の関係が明らかになった。

### ④ 動物相調査

資料収集を実施した。法令により 22 種類の野生哺乳動物の捕獲が規制されている。貴重種の存在は報告されていない。

### ⑤ 考古学調査

資料収集および現地調査を実施した。調査地域南東部に 7~11 世紀の墳墓が存在しており，Dogo 近くのを調査した。このような墳墓以外には調査地域内に遺跡や史跡は存在しない。

## 第5章 調査結果の総合検討

### 5-1 水文調査

調査地域の気候は雨季と乾季に大別され、季節により水収支は大きく異なる。雨季における降水はすぐに地下に浸透せず、地表を流れて大小の河川に注ぐか、窪地に水溜りを作る。雨季は高湿度でかつ乾季に比べると低温であるため、蒸発散量はあまり大きくなく、地表水の地下浸透が一方向的に進み地下水位が上昇する。乾季になると降水がなくなり、晴天・高温・低湿度の環境下で蒸発散量が大きくなり、地表水が蒸発していく。蒸発散量が増加するに従い、水溜りが消失し、河川の流水が途切れ、いずれほとんどの河川水が涸れてしまう。同時に地下水位も下がるが、深度40~60 mに掘削された水井戸の地下水が涸れることはない。

調査地域の地質（花崗岩質岩および弱変成岩で割れ目は非常に少ない）および土壌（著しくラテライト化・粘土化し、厚く発達する）性状から、地層の透水性は一般にあまり高くない。透水係数は、高い方で $10^{-3}$ ~ $10^{-4}$  (cm/sec) オーダー、低い方は $10^{-5}$ 以下である。水資源開発の既存資料から、この透水係数は調査地域では平均的な値と考えられる。帯水層は、岩盤とラテライト化土壌の境界部、砂礫層などの間隙率の大きな地層、岩盤中の割れ目、断層などに存在すると考えられる。

一般に河川水では若干の懸濁が認められるが、地下水は肉眼的には清浄である。地表水及び地下水ともに、全般にFeおよびNiを除く金属元素の含有量が非常に低い。調査地域内では、重金属汚染を引き起こすような鉱工業が存在しないこと、住民生活による同様の負荷が小さいこと、金を除くと金属資源に乏しいことなどが、この特徴の要因となっている。FeとNiが高い値を示すのはラテライト化土壌が発達することに起因し、自然現象としてFe・Niのバックグラウンド値が高いことを表す。

### 5-2 土壌・河床堆積物調査

土壌および河床堆積物の重金属類の含有量は全般に低く、CN, Cd, Hg, Cr, As, Pbのような有害成分の含有量も概して低い。土壌試料と河床堆積物試料の各成分の化学分析値を比較すると、両者の間に大きな差は認められないが、Pbは河床堆積物の方が、Asは土壌の方が高い傾向がある。一般に、土壌と河床堆積物の各成分の高含有量試料は調和的な分布を示す。これは、ほとんどの成分の高含有量が地質、土質および地形に起因するためである。

FeとAlの高含有量は本地域に発達する熱帯性土壌（ラテライト）に、Zn, Ni, Cu, Coなどの高含有量は塩基性火成岩類に起因する。Asは調査地域に多く分布する金鉱化帯周辺で高くなることが知られており、AsとAuの高含有量試料は金の鉱化作用に関連するものと考えられる。Pbの高含有量試料はその分布から、地質的な要因だけではなく、

自動車やオートバイの活動に起因する可能性がある。

本地域の地質から、CN、Cd、Hgなどの含有量が高くなることは考えにくいいため、これらの成分の高含有量地点では何らかの人工的な汚染が想定される。実際には、これらの3成分ではほとんどの試料が検出限界以下の値を示しており、その絶対値から地域内での汚染の可能性は低い。

化学分析値の絶対値から、Pbを除くと調査地域には人為的な重金属汚染は存在しないと推定される。しかし、地質の相違および鉱化作用の有無に起因する分析値の差が明瞭に認められることから、地質や鉱化作用に起因する自然現象としての高含有量と人為的な環境負荷による高含有量とを混同しないように注意する必要がある。

### 5-3 植物相調査

調査地域では、大局的な植生変化に乏しく、主に地形と土質に起因する植生変化が認められる。現地調査で確認された植生分布とSPOT合成フォールスカラー画像（乾季の画像）から判読した植生分布から植物相区分を行った。判読結果の現地検証は雨季と乾季の両時期に行い、季節変動をも把握した。地形と植生の関係は以下のとおりである。

- ・河川筋：樹木に富み、植生密度が高い。
- ・河川沿い：植生に富む所と耕作地に富む所がある。
- ・集落周辺：耕作地および裸地に富む。
- ・ラテライト皮殻の台地：植生に乏しく、植生密度が非常に低い。
- ・同上台地の周縁部：台地の縁に沿い樹木が帯状に分布する。
- ・同上台地周囲の緩斜面：樹木が少なく、草本に富む。
- ・上記以外：樹木と草本がモザイク状に分布する。

この他に、代表的な植生地区を抽出し、詳細な植生調査を行うことで、90種類以上の樹木を確認し、植物群落を決定した。伐採が原則として禁止されている11種類の樹木を現地で確認した。植物の貴重種および固有種の存在は報告されていない。

### 5-4 自然環境

調査地域の地形は標高300~400mの起伏に乏しい準平原であり、ラテライト化作用を強く受けた熱帯性土壌が厚く発達する。気候的には雨季と乾季の区別が明確で、年平均気温は約27℃、年間降水量は1,000mm程度である。降水から5月~10月の雨季、11月~4月の乾季に区分され、相対的な気温湿度からは3月~5月の高温・低湿度、6月~10月の中温・高湿度、11月~2月の低温・低湿度に区分される。年間を通じて恒常的に水流が見られるのはBaoulé川本流のみで、Banifing川本流は乾季には断続的な水溜りに変わる。これら本流以外の支流では雨季にのみ水流が見られ、乾季にはまれに局所的に水溜りが残るものの、ほとんど完全に水が涸れる。

水収支は雨季と乾季によって大きく変化する。雨季には断続的な降水があり、曇天が多

く、湿度が高く、蒸発散量が少ない。このため、降水は河川に流入、地下に浸透し、地下水位が上昇する。乾季には降水がなくなり、晴天が続く、湿度は低く、蒸発散量が著しく増大する。このため、ほとんどの河川水は涸れ、地下水位が低下する。

植生はまばらな森林と草原がモザイク状に分布するのを特徴とする。自然環境は多く残されているが、耕作地も多く、きび等の雑穀、米、ピーナッツ、綿花、野菜類、果物類が栽培されている。植生密度は河川沿いで高く、ラテライト皮殻の台地上で低い。

植生および水収支は季節（雨季・乾季）の変動が大きく、雨季乾季の景観変化が激しいことが特徴である。乾季には、ほとんどの河川で水が涸れ、同時に草本は枯れる。一方、雨季には樹木の葉が茂り、草本は繁茂し大地を覆いつくす感になる。中規模以上の河川には流水が見られ、道路など至る所に水たまりが生じる。

## 5-5 社会環境

調査地域は農村地帯として位置付けられる。きびなどの雑穀、米や綿花が栽培され、近傍の Bamako, Bougouni, Dioila 等の都市に供給される。また、食用の家畜、燃料用の薪や炭の生産地でもある。

電力および有線電話は国道沿いの村落を除きほとんどの村落に供給されていない。調理用の燃料としては炭や薪が利用されている。生活水は、昔ながらの手掘りの浅井戸や外国の援助でボーリング掘削された手押しまたは足踏みポンプ式の水井戸から得られる。

日常生活において、住民の主要な移動手段は自転車と徒歩であり、荷物の運搬にはロバ車と自転車が使われる。主要な幹線道路では乗合バス、乗用車やオートバイが日常的に通行しているが、交通量はきわめて少ない。

現時点における自然環境への負荷は、生活雑排水やし尿の未処理排出、生活ゴミの廃棄、焼畑など住民生活に直接関係するものと農業生産に関するものが主体であり、鉱工業に関連するものはほとんど存在しない。

調査地域内では綿花や米が広く栽培されており、農薬の使用は通常となっている。また、綿花の大規模な集荷施設が調査地域内（Ouéléssébougou）および地域周囲（Bougouni, Dioila, Bamako）に存在し、これらの施設では綿花処理のために化学薬品が使われている。今後、農業技術の発展、人口の増加、生活様式の変化、工業製品の普及に伴い、環境負荷が大きくなることが予想される。

## 第6章 結論および提言

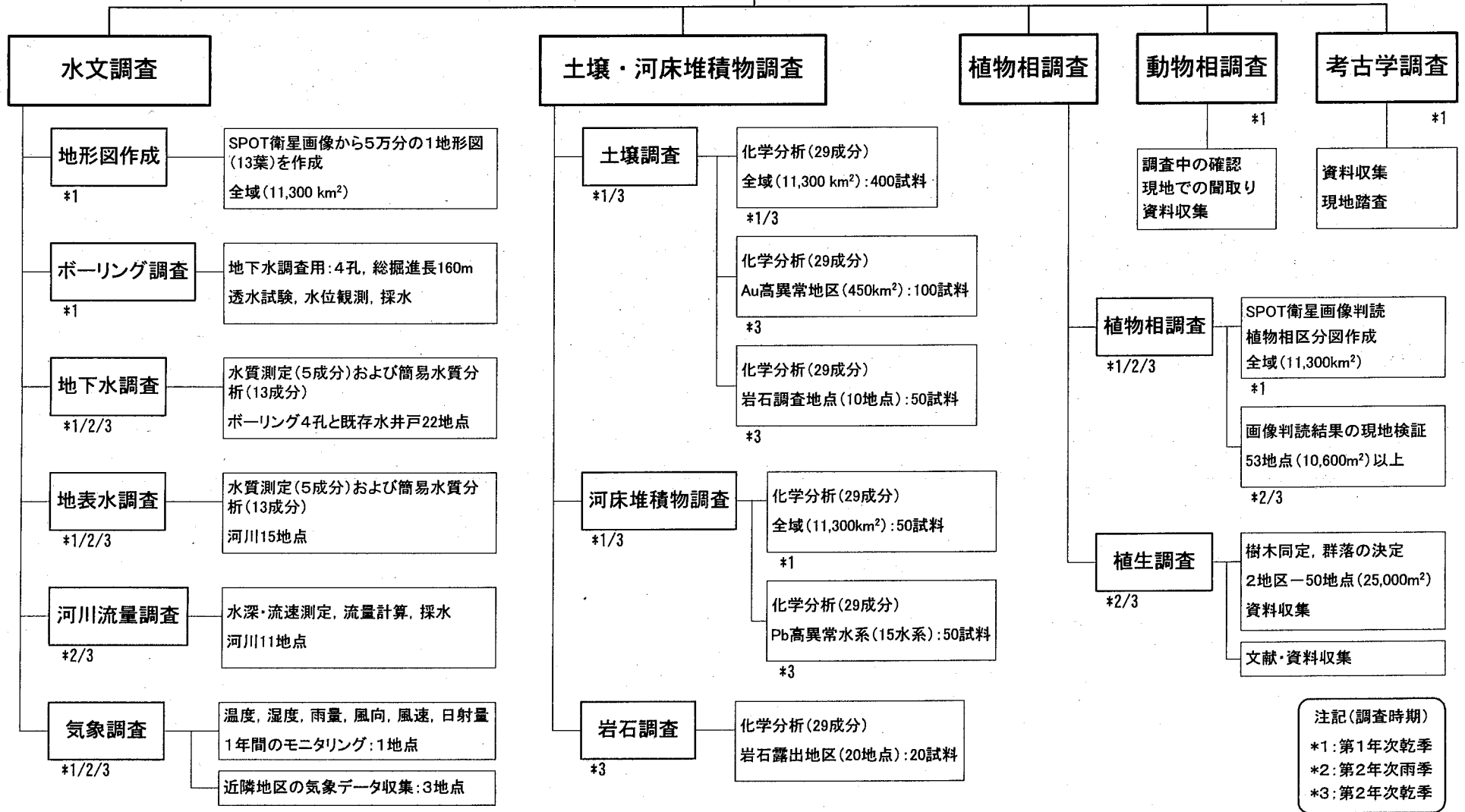
### 6-1 結論

調査地域の気候は5~10月の雨季と11~4月の乾季に分けられる。第1年次調査は12~2月にかけての乾季の安定期に、第2年次調査は雨季後半の9月と乾季安定期の1~2月の2回に分けて実施された。本章では、第1年次と第2年次の調査結果をまとめて記す。調査フローを図1-6-1に示す。

水文調査は、地形図作成、ボーリング調査、地表水および地下水調査、気象調査からなる。第1年次にSPOT衛星画像を利用して、5万分の1地形図を作成し、水系解析を行った。水系は流域の大小を問わず樹枝状を呈し、主要な支流はおおよそ、長さ10~30km、平均幅4~12km、形状比0.30~0.48という性状を持ち、やや細長い形状を呈する。第1年次に4孔のボーリングを掘削し、透水試験により $2.77 \times 10^{-4} \sim 3.54 \times 10^{-5}$  cm/secの透水係数を得た。これらのボーリング孔で2年間に3回の水位測定を行い、2.5~3.5mの地下水位の季節変化を確認した。第2年次の雨季に10地点で河川流量調査を行い、平均流域面積382km<sup>2</sup>、平均流量1.13m<sup>3</sup>/sを得た。2年間における河川水のべ17試料および地下水のべ34試料の水質分析結果では、FeおよびNiを除き金属元素の含有量は非常に低く、特に問題となるような値は得られなかった。水のFe・Ni含有量が高いのは、地域に発達する鉄アルミナ質の熱帯性土壌(ラテライト)に起因する。第1年次に自動気象観測システムをDogoに設置して、温度、湿度、雨量、風向、風速、日射量の観測を開始し、第2年次終盤に丸1年間の観測記録を回収し、解析を行った。年間の日毎データを検討することで、詳細な季節変動を把握することができた。調査地域近隣のBamako, BougouniおよびDioilaで気象データを収集した。これらの既存観測データと本調査で観測したデータは調和的であった。第2年次に水文調査結果を総括して、水収支モデルを構築しデータ解析を行った。水収支は気候条件に大きく左右され、季節変動が激しいことを確認した。乾季末期の4月では、降水量は年間降水量の2%と非常に低い、蒸発散量は年間蒸発散量の12%に達する。一方、雨季最盛期の8月では、降水量は年間降水量の26%と高い、蒸発散量は年間蒸発散量の4%と非常に低い。

土壌・河床堆積物調査では、2年間に計550試料の土壌、計100試料の河床堆積物および20試料の岩石を採取し、化学分析に供した。土壌、河床堆積物および岩石の重金属類の含有量は全般に低く、CN, Cd, Hg, Cr, As, Pbのような有害成分の含有量も低い。多くの成分の高含有量試料は、地質、土質、鉍化作用および地形に起因するが、一部で人為的な環境負荷の可能性が示唆される。Zn, Ni, Cu, Coなどの高含有量は塩基性火成岩類に、AuとAsの高含有量は金鉍化作用に起因する。Pbについては自動車の排気ガス等の人的要因の可能性も考えられるが、基本的には深成岩に由来すると推定される。第2年次に実施した岩石の分析結果から、ほとんどの元素の含有量は岩質に従い変化する

環境基礎調査  
バオレーバニフィング地域



注記(調査時期)  
\*1: 第1年次乾季  
\*2: 第2年次雨季  
\*3: 第2年次乾季

図1-6-1 調査フロー



ることが判明した。塩基性火成岩類では Co, Ti, Ni, Zn, Cu, Cr など、花崗岩質岩類では Na, K, Al, Sr, P, Ba など、変成岩類および堆積岩類では K が高い。

マリ国の環境保全に関連する法令によると、11 種類の樹木の伐採および 22 種類の野生哺乳動物の捕獲が規制されている。しかし、水質、土質、大気質などに係る環境基準値は現在のところ制定されていない。

植物相調査では、第 1 年次に乾季の SPOT 合成フォールスカラー画像の判読と現地調査から植物相区分図を作成し、第 2 年次には同画像と同図の現地検証を実施した。現地検証により画像判読結果と現地植生状況が対応することを確認した。また、雨季と乾季に同一地点で調査を行い、植生状況の季節変化を把握した。植生は地形要因に従い変化しており、植生と地形の関係として、河川沿いは樹木に富み植生密度が高く、ラテライト皮殻台地上では植生に乏しく植生密度が低い傾向が明瞭に認められた。第 2 年次には代表的な植生地区を抽出し、詳細な植生調査を行い、90 種類以上の樹木を確認し、植物群落を決定した。伐採が原則として禁止されている 11 種類の樹木を現地で確認した。植物の貴重種および固有種の存在は報告されていない。

動物相調査の結果、現在、調査地域内には陸生の大型野生動物はほとんど存在しないと推定される。調査地域はマリ国内でも植生に富んでいることもあり、鳥類や小動物が多く観察される。動物の貴重種および固有種の存在は報告されていない。考古学調査により Dogo 周辺で 7~11 世紀に作られた墳墓を確認した。

植生および水収支は季節変動が大きく、雨季乾季の景観変化が激しいことが特徴である。乾季には降水がなく、晴天が続き、湿度は低く、蒸発散量が著しく増大するため、ほとんどの河川で水が涸れ、同時に草本も枯れる。一方、雨季には断続的な降水があり、曇天が多く、湿度が高く、蒸発散量が少なくなる。このため、中規模以上の河川には恒常的に流水が見られるようになり、道路など至る所に水たまりが生じ、樹木の葉は茂り、草本は繁茂し大地を覆いつくす感になる。

調査地域内は自然が多く残る農村地帯であり、大きな都市や近代産業施設は存在せず、国道 7 号線を除くと自動車の交通量は非常に少ない。したがって、工業製品、化学物質や有害物質の絶対的な存在量は少なく、自然環境に与える負荷は小さいと考えられる。一方、農作物の栽培や家畜の放牧などで住民の生活活動は広範囲に及ぶ。現時点での環境負荷は、焼畑や伐採による森林の消失、生活雑排水やし尿の未処理排出、生活ゴミの廃棄、農業の使用、化学物質の廃棄などがあげられる。今後、農業技術の発展、人口の増加、生活様式の変化、工業製品の普及に伴い、環境負荷が増加していくことが予想される。

マリ国の環境保全の政策は近年整備され始めたところであり、本調査のように早期に環境に関連するバックグラウンドデータを取得することは非常に重要で、今後の産業開発あるいは環境評価に有益である。

## 6-2 将来への提言

第1年次および第2年次の調査結果から、将来の調査として以下の項目が提言される。調査目的は、環境関連のバックグラウンドデータの取得および環境保全に係る基礎資料の収集である。

マリ国の環境行政および関連機関に求められるものとして、環境基準値の設定、環境調査に対応可能な水質および土質の化学分析機器の設置、環境関連資料（法令、公式文書、調査データなど）の一元管理があげられる。

### ① 土壌・河床堆積物調査

- ・概查的な調査は完了し、全体の傾向は把握できたため、今後は環境負荷が明らかに存在する地点、例えば国道、大きな工場、大きな集落などの近傍で試料を採取し、同様に化学分析を行い、基礎データを取得する。

### ② 水質調査

- ・有害成分（Cd, Pb, Hg, As など）および農薬系の有機化合物について高精度の水質分析を行う。
- ・季節変動を把握するために、同一地点でより細かい間隔で試料採取を行う。
- ・第1年次に掘削したボーリング孔では基礎的水質の連続モニタリングを行う。

### ③ 水文調査

- ・より狭い範囲の特定地区において、地下水位、河川流量および雨量の定点連続モニタリングを行い、より現実的な水収支モデルを構築し、解析を行う。

### ④ 植物相調査

- ・衛星画像を利用して、植生の季節変動および人為影響（伐採や野焼き）を把握し、現地検証を行う。

### ⑤ GISによる環境評価

- ・衛星画像の経年データを利用して、環境の経年変化を把握し、環境を評価する。
- ・衛星画像解析で得られる植生指数などを用いて、土地利用分類を行い、環境負荷等を評価する。