


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
環境基礎調査 報告書

第二版

JICA LIBRARY



J1164305[3]

資源開発協力事業団
金沢環境事業部

マリ共和国 バオレ・バニフィング地域
資源開発協力基礎調査
環境基礎調査 報告書

第 1 年 次

平成 13 年 3 月

国 際 協 力 事 業 団
金 属 鉍 業 事 業 団



1164305(3)

は し が き

日本国政府は、マリ共和国の要請に応え、マリ共和国南西部に位置するバオレ・パニフイング地域の鉱床探査および環境調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、鉱物資源および自然環境の調査という専門分野に属することから、この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 年次として開始されたもので、本年度はその初年次にあたり、環境基礎調査からなる。金属鉱業事業団は、第 1 年次調査のために、環境調査班 3 名からなる調査団を編成し現地に派遣した。派遣日程は、平成 12 年 12 月 18 日から平成 13 年 2 月 15 日までである。

現地調査は、マリ共和国鉱山省 (Ministère des Mines de l'Energie et de l'Eau) および地質鉱山局 (Direction Nationale de la Géologie et des Mines) の協力を得て予定どおり完了した。

本報告書は、第 1 年次に実施した環境基礎調査の結果をとりまとめたもので、最終報告書の一部をなすものである。

おわりに、本調査の実施にあたって御協力いただいたマリ共和国政府関係機関並びに日本国外務省・経済産業省・在セネガル共和国日本大使館及び関係各社の方々に衷心より感謝の意を表するものである。

平成 13 年 3 月

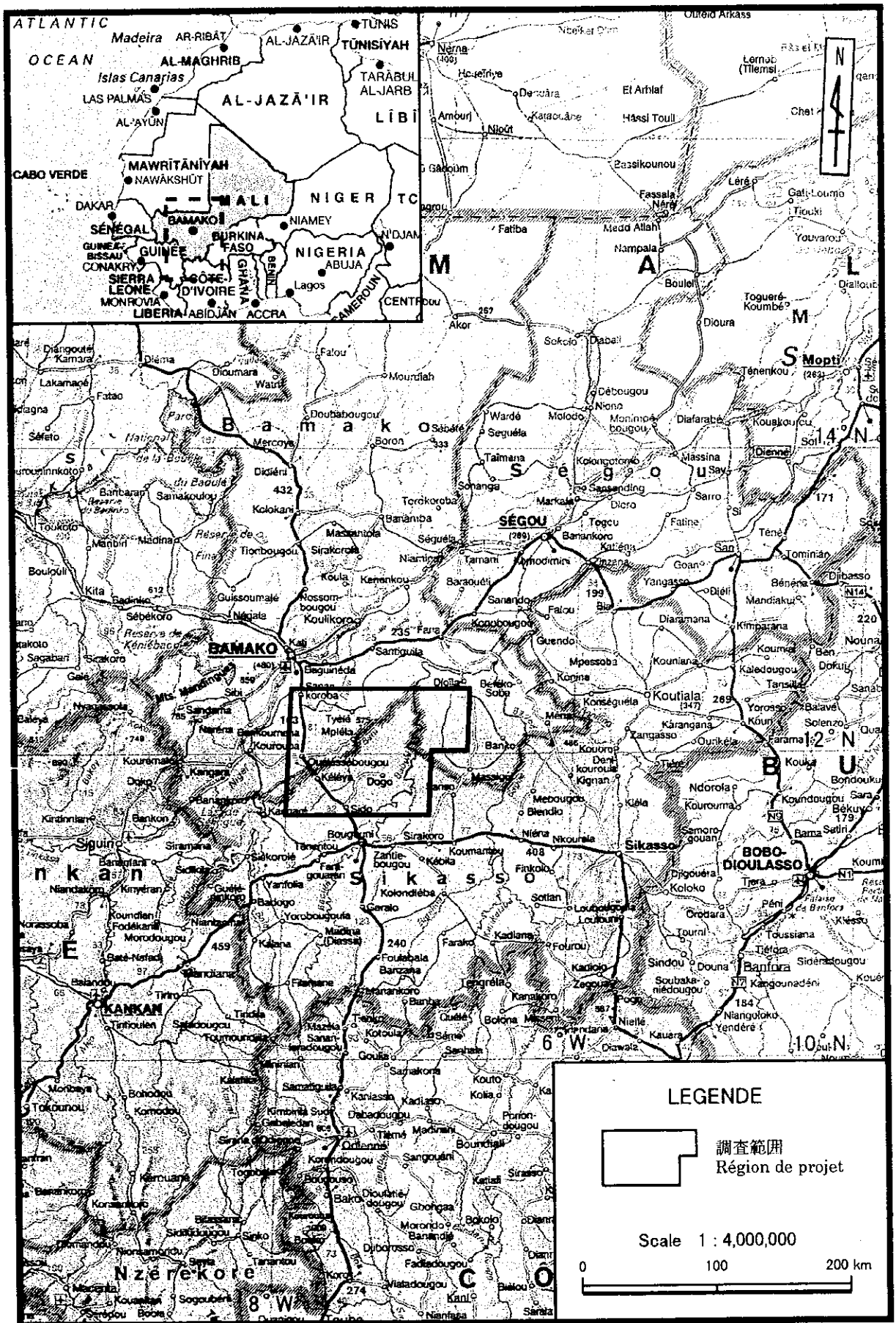
国際協力事業団

総 裁 齊 藤 邦 彦

金属鉱業事業団

理事長 田 代 直 弘





調査地域位置図

要 約

本調査は資源開発協力基礎調査（環境基礎調査）マリ共和国バオレ・バニフィング地域の第1年次調査にあたる。調査目的は、環境基礎調査を実施することにより、調査地域における環境に関連する基礎データを取得・整理することである。調査団の派遣は平成12年12月18日から平成13年2月15日にかけて行われた。

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に位置し、調査面積は11,300 km²である。調査地域は標高300～400 mの起伏に乏しい準平原からなり、地域内には南から北に向かい流下する比較的大きなBaoulé川とBanifing川が存在する。気候は5～10月の雨季と11～4月の乾季に分けられる。年平均気温は27～28℃、年間降水量は1,000～1,100 mmである。

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。

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。縮尺5万分の1地形図をSPOT衛星画像を利用して作成した。4孔のボーリングを掘削し、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。

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。

植物相調査では、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おり、これらの樹木の生育と伐採禁止の実情を現地で確認した。貴重種および固有種の存在は報告されていない。SPOT衛星画像の判読と現地調査から植物相区分を行った。

動物相調査では資料収集を実施した。22種類の野生哺乳動物の捕獲が規制されており、一般の陸生生物および水生生物の捕獲についても許認可が必要となっている。貴重種の存在は報告されていない。

考古学調査では、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世紀の墳墓が存在することがわかり、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1年次の調査結果から、地質区分別の土壌および岩石の調査、有害物質および有機物質の高精度の水質分析、衛星画像判読による植物相区分の現地検証、現地調査および衛星画像による植生の季節変動の調査、各種の文献調査が提言される。

目 次

はしがき

調査地域位置図

要約

第I部 総論

第1章 序論	1
1-1 調査経緯	1
1-2 調査目的	1
1-3 調査範囲	1
1-4 調査内容	1
1-5 調査団の編成	3
1-6 調査期間	4
第2章 調査地域の自然・社会環境	5
2-1 位置	5
2-2 交通	5
2-3 地形	6
2-4 水系	7
2-5 気候	8
2-6 植生	8
2-7 地質	9
2-8 社会環境	9
第3章 調査地域の既存情報	10
3-1 既往調査	10
3-2 調査地域の環境的位置付け	11
3-3 環境関連法令	12
第4章 調査結果の総合検討	13
4-1 自然環境	13
4-2 社会環境	13
第5章 結論および提言	14
5-1 結論	14
5-2 第2年次への提言	15

第II部 各論

第1章 水文調査	16
1-1 地形図の作成	16
1-1-1 作成方法	16

1-1-2 水系の解析	16
1-2 ボーリング調査	19
1-2-1 調査概要	19
1-2-2 調査地点の選定	19
1-2-3 調査方法	19
1-2-4 掘削結果	21
1-2-5 水位回復試験	22
1-3 地表水および地下水調査	23
1-3-1 調査方法	23
1-3-2 調査結果	24
1-4 気象調査	27
1-4-1 調査方法	27
1-4-2 調査結果	27
1-5 考察	30
第2章 土壌・河床堆積物調査	32
2-1 調査方法	32
2-2 調査結果	35
2-2-1 土壌	35
2-2-2 河床堆積物	42
2-3 考察	48
第3章 植物相調査	49
3-1 調査方法	49
3-2 調査結果	49
3-3 考察	52
第4章 動物相調査	53
4-1 調査方法	53
4-2 調査結果	53
4-3 考察	54
第5章 考古学調査	56
5-1 調査方法	56
5-2 調査結果	56
5-3 考察	56
第Ⅲ部 結論および提言	
第1章 結論	58
第2章 第2年次への提言	59

参考文献
 卷末資料

【挿入図表】

[図]

- 図 1-1-1 調査位置図
- 図 1-2-1 調査地域周辺の主要道路概略図
- 図 2-1-1 水系図
- 図 2-1-2 水文調査位置図
- 図 2-1-3 水質分析結果図
- 図 2-1-4 気象データの日変化図 (Dogo)
- 図 2-1-5 気象データの年変化図 (Bougouni)
- 図 2-1-6 水収支フローチャート
- 図 2-2-1 土壌試料採取位置図
- 図 2-2-2 河床堆積物試料採取位置図
- 図 2-2-3 Au 等濃度線図 (土壌)
- 図 2-2-4 As, Cd, Pb, P 高濃度試料分布図 (土壌)
- 図 2-2-5 第 1 因子得点等濃度線図 (土壌)
- 図 2-2-6 第 2 因子得点等濃度線図 (土壌)
- 図 2-2-7 Au 地球化学図 (河床堆積物)
- 図 2-2-8 Pb 地球化学図 (河床堆積物)
- 図 2-2-9 As, Cd, CN, P 高濃度地球化学図 (河床堆積物)
- 図 2-2-10 第 1 因子得点地球化学図 (河床堆積物)
- 図 2-2-11 第 3 因子得点地球化学図 (河床堆積物)
- 図 2-4-1 動物分布図
- 図 2-5-1 遺跡・史跡分布図
- 図 2-5-2 Dogo 周辺の墳墓の平断面図

[表]

- 表 1-1-1 調査内容および数量
- 表 1-2-1 バマコの月別気象データ
- 表 2-1-1 ボーリング調査工程および調査実績
- 表 2-1-2 ボーリング調査の使用機器, 消耗品および数量
- 表 2-1-3 ボーリング孔の透水係数
- 表 2-2-1 化学分析値の基本統計量
- 表 2-2-2 化学分析値の相関係数 (土壌試料)
- 表 2-2-3 化学分析値の相関係数 (河床堆積物試料)
- 表 2-3-1 衛星画像による植物相区分
- 表 2-3-2 伐採禁止の樹木
- 表 2-4-1 捕獲禁止の哺乳動物

【巻末資料】

- 巻末資料 1 河川流域の諸形状
巻末資料 2 ボーリング地質柱状図
巻末資料 3 ボーリングケーシング図
巻末資料 4 水位回復試験結果一覧表
巻末資料 5 水位回復試験結果図
巻末資料 6 水質分析方法
巻末資料 7 水質分析結果
巻末資料 8 気象観測方法
巻末資料 9 気象観測結果
巻末資料 10 気象観測資料
巻末資料 11 土壌化学分析結果
巻末資料 12 河床堆積物化学分析結果
巻末資料 13 環境影響調査実施制度に係る政令（大統領府）
巻末資料 14 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）
巻末資料 15 環境評価に係る技術的ガイドライン（鉱山局）
巻末資料 16 社会生活の環境保全に係る政令（大統領府）

【巻末写真】

- 写真 1 自然環境
写真 2 ボーリング調査 掘削状況
写真 3 ボーリング調査 地下水調査
写真 4 地表水および地下水調査
写真 5 気象調査
写真 6 土壌・河床堆積物調査
写真 7 植生
写真 8 伐採禁止樹木 1 : *Acacia Senegal* (Gommier)
写真 9 伐採禁止樹木 2 : *Azelia Africana* (Lingue)
写真 10 伐採禁止樹木 3 : *Anogeissus leiocarpus* (N'galama)
写真 11 伐採禁止樹木 4 : *Bombax costatum* (Bamu)
写真 12 伐採禁止樹木 5 : *Elaeisis guineensis* (Palmier a Huile)
写真 13 伐採禁止樹木 6 : *Faidherbia albida* (Balansan)
写真 14 伐採禁止樹木 7 : *Khaya senegalensis* (Cailcédrat)
写真 15 伐採禁止樹木 8 : *Parkia biglobosa* (Nere)
写真 16 伐採禁止樹木 9 : *Pterocarpus erinaceus* (Vene)
写真 17 伐採禁止樹木 10 : *Vitellaria paradoxa* (Karité)
写真 18 その他の樹木

- 写真 19 動物
写真 20 考古学
写真 21 水試料採取地点
写真 22 土壤試料採取地点
写真 23 河床堆積物試料採取地点

【添付資料】

添付図 1 植物相区分

【付帯資料】

付帯資料 1 地形図 (13 葉)



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 Works」に基づいて、同国南西部に位置するバオレ・パニフィング地域において実施された。

本年度は第 1 年次にあたり、水文調査、土壌・河床堆積物調査、植物相調査、動物相調査および考古学調査が実施された。

1-2 調査目的

本調査の目的は、バオレ・パ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 km² 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	12° 35'	7° 00'
⑥	12° 35'	8° 00'

1-4 調査内容

調査は水文調査（地表水調査、ボーリング掘削、地下水調査、地形図作成および気象情報収集）、土壌・河床堆積物調査、植物相調査、動物相調査および考古学調査からなる。表 1-1-1 に調査内容と調査数量を示す。

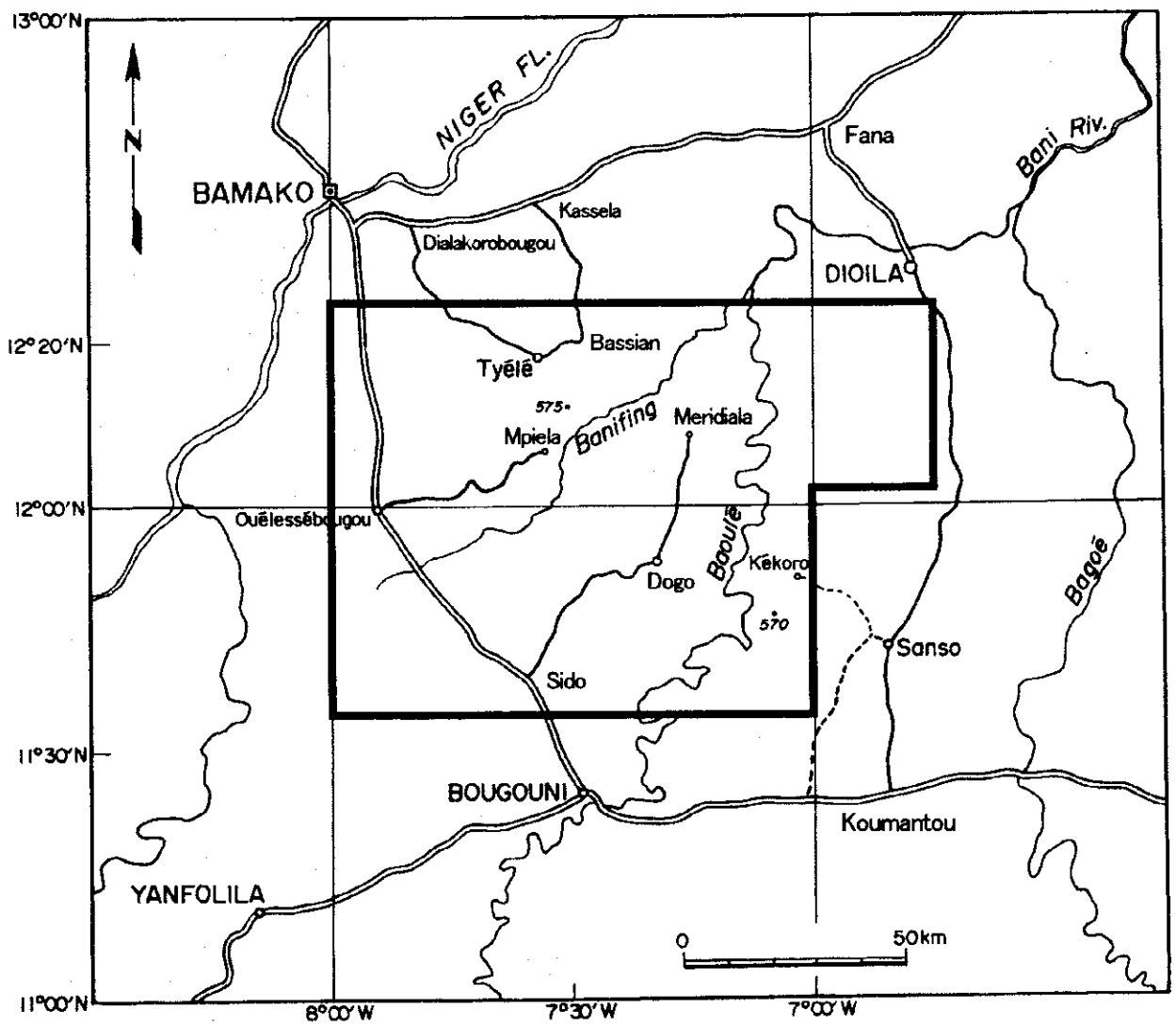
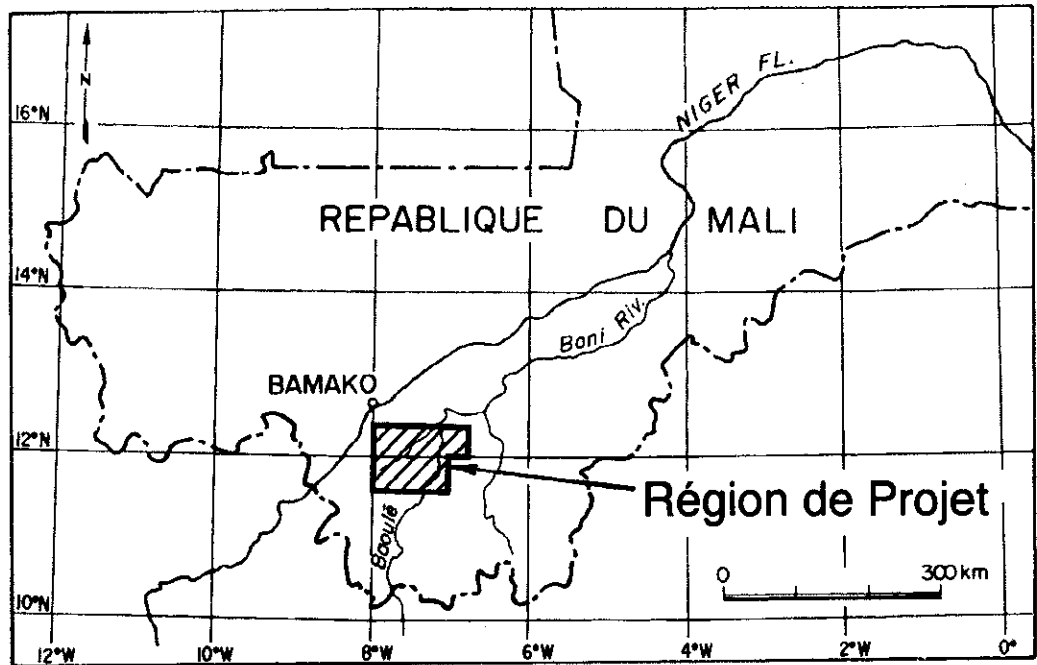


図1-1-1 調査位置図

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	5 地点	河川水の水質測定*1 および簡易水質分析*2
ボーリング掘削	4 地点 総掘進長 160m	MJMB-E1~E4 孔 傾斜は垂直 (-90°)
地下水調査	ボーリング 3 地点 既存水井戸 11 地点	地下水の水質測定*1 および簡易水質分析*2
地形図作成	全域	縮尺 5 万分の 1 地形図 (13 葉) 作成
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。 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	化学分析*3 対象範囲は西経 7 度 30 分以東の範囲
河床堆積物調査	50 試料	化学分析*3 対象範囲は全域
3. 植物相調査	資料収集: 全域	既存資料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。
4. 動物相調査	資料収集: 全域	既存資料により動物相を把握する。
5. 考古学調査	資料収集: 全域	既存資料により遺跡・文化財等を把握する。

*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, Cr⁶⁺

*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

1-5 調査団の編成

第 1 年次調査に参加, 従事した人員は以下のとおりである。

(1) 協定折衝団

・日本側

横山 茂 (金属鉱業事業団, 理事)

平井 浩二 (国際協力事業団)

藤井 昇 (金属鉱業事業団)
縫部 保徳 (金属鉱業事業団)
名久井恒司 (金属鉱業事業団, ロンドン事務所)

・マリ国側

Modibo COULIBALY (National Director, DNGM)
Ibrahima SISSOKO (Deputy Director, DNGM)
Fatiaga KONE (Director, PDRM)
Hassimi B. SIDIBE (DNGM)
Seydou KEITA (Coordonnateur, PAMPE)
Lassana GUINDO (DNGM)
Emanuel THERA (DNGM)
Mohamed KEITA (Chef Division, SMEC P.I)

(2) 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)
西元 弘隆 環境調査 (住鉱コンサルタント株式会社)
伊藤 康則 環境調査 (住鉱コンサルタント株式会社)

・マリ国側

Mme COULIBALY OUMOU 環境調査 (DNGM)
Issa COULIBALY 環境調査 (DNGM)
Youssef OUATTARA 植物相調査 (DNGM)

(3) 現地指導監督

辻本 崇史 (金属鉱業事業団)
縫部 保徳 (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

現地調査は平成12年12月18日から平成13年2月15日にかけて実施された。

解析作業及び報告書作成は平成13年2月16日から平成13年3月23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, Dogo, Kekoro 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。

調査地域西部には Bamako と Bougouni を結ぶ国道 7 号線が南北に走っており、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、トラック等が通行可能な幹線道路。四輪駆動車であれば時速 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 を経由し Meridiala に至る延長約 65 km の道路、調査地域西部には国道 7 号線の Ouelessebouougou を起点として東方に向かい Mpiela に至る延長約 40 km の道路がある。また、国道 6 号線の Dialakorobougou から南東方向に向かい調査地域北西部の Tyele および Bassian を経由して、再び国道 6 号線の Kassela に戻る道路もある。調査地域東方には国道 6 号線の Fana を起点として南方に向かい Dioila, Sanso を経由して国道 7 号線の 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。住民は馬車、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。四輪駆動車でも時速 10~15 km 程度の走行しかできない。

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を図 1-2-1 に示す。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。

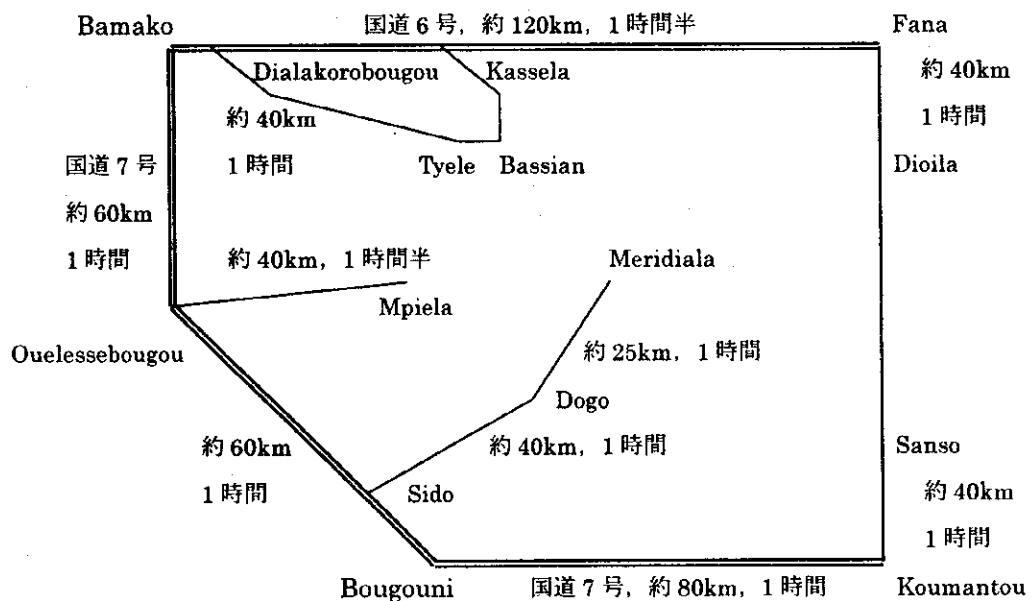


図 1-2-1 調査地域周辺の主要道路概略図

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。【巻末の写真 1】

ラテライト皮殻は化石準平原を表し、風化・剝削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、剝削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、河川の線の侵食作用は弱く、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認められる。このような河川地形の差異は流量と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、乾季にはまれに局部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2-1-1参照)。

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月にはほとんどなく、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。

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
Humidité (%)	28	23	23	35	52	67	77	83	80	68	50	36
Précipitation (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、ピーナッツ、綿花、野菜類などが栽培されている。この他に、マンゴー農園やユーカリの植林が認められる。

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、樹間にはカヤを主にした草本が分布する。乾季にはほとんどの草は枯れるが、多くの樹木は乾季でも落葉することはない。乾季には伝統的に野焼きが行われている。

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くなる。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 累層群とそれらを一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、北端部を除く大部分が Birrimien 累層群とこれを一貫くバソリス状花崗岩類からなる。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、アルコーズ砂岩、グレーワッケ) に富む下部層に区分される。花崗岩類は中～細粒の黒雲母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。

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。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足踏みポンプ式の水井戸から得ら

れる。これらの水井戸はほとんどの主な村落に存在し、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、荷物の運搬には口バス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、調査地域北東部は Bamako 地域圏 (Région) の Kati 県 (Cercles)、北西部は 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 年から

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 80 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 160 km、調査地域東方を北に流下する Bagoé 川の上流に位置する。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。これらの資料を巻末資料 13～16 に示す。

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 調査結果の総合検討

4-1 自然環境

調査地域の地形は標高 300~400 m 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 °C、年間降水量は 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、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。帯水層はラテライト化土壌と岩盤の境界部や岩盤の割れ目中に存在し、透水係数は 10^{-4} ~ 10^{-5} オーダーである。ボーリングの揚水試験の結果から、この透水係数は調査地域では平均的な値と考えられる。

水収支は雨季と乾季によって大きく変化する。雨季には曇天が多く、湿度が高く、蒸発量が少ない。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、晴天が続き、湿度は低く、蒸発量が増大する。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、ピーナッツ、綿花、野菜類などが栽培されている。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）の変動が大きい。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。

4-2 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、燃料用の材木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が主体であり、鉱工業に関連するものは存在しない。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5章 結論および提言

5-1 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実施された。

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。4孔のボーリングを掘削し、地下水を採取し、透水試験により 10^{-4} ~ 10^{-5} オーダーの透水係数を得た。河川水5試料および地下水14試料の水質分析結果では、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、観測を開始した。SPOT衛星画像を利用して、5万分の1地形図を作成し、地形および水系解析を実施した。

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。多くの成分の高含有量試料は、地質、鉱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。

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設定されていない。

植物相調査では、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。現地調査で確認した植生分布とSPOT合成フォールスカラー画像から判読した植生分布から植物相区分を行った。植生は地形に従って変化し、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る。

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。

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存在は少なく、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。人口増加と住民生活向上に伴い、森林の消失、生活水の未処理排出、化学物質の廃棄などの環境負荷が増加していると推定される。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、早期に環境基礎データを取得することは重要で、今後の産業開発あるいは環境評価に有益である。

5-2 第2年次への提言

第1年次の調査結果から、第2年次の調査として以下の項目が提言される。調査目的は、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。

① 土壌調査

- ・西経7度30分より西側の範囲（未調査部分）において、第1年次同様に土壌試料を採取し、化学分析を行う。
- ・基盤地質が明確な地点を対象にして、地質区別に土壌試料を多数採取し、より多成分の化学分析を行い、統計解析を行う。

② 岩石調査

- ・各種岩石（花崗岩質岩，変成堆積岩類，変成火成岩類，塩基性火成岩類，鈹化変質岩など）の化学分析を行い、岩石と土壌の分析結果の比較検討を行う。

③ 水質調査

- ・雨季に河川水および地下水を採取し、水質分析を行う。
- ・有害成分（Cd, Pb, Hg, As など）および農業系の有機化合物について高精度の水質分析を行う。

④ 水文調査

- ・気象観測，河川流量調査，地下水位観測および水質分析を雨季および乾季にそれぞれ実施することで，水収支の定量解析を行う。
- ・観測中の気象データを回収し，解析を行う。

⑤ 植物相調査

- ・第1年次の衛星画像判読による植物相区分結果を現地検証する。
- ・雨季と乾季の現地調査および衛星画像により植生の季節変動を把握する。

⑥ 動物相および考古学調査

- ・第1年次に引き続き，文献収集を行い，必要に応じて現地調査を実施する。

⑦ 法令調査

- ・環境保全や自然保護に関連する法令を収集する。

⑧ 騒音，振動の調査

- ・騒音レベルを連続測定し，バックグラウンドを把握する。
- ・振動レベルを連続測定し，バックグラウンドを把握する。

水質調査，水文調査および植物相調査は，河川に流水があり植生が豊富な雨季に実施する必要がある。調査目的から雨季の後半（9～10月）の実施が望ましい。一方，雨季には生活道路の通行が困難になるため，土壌調査および岩石調査は乾季の安定期（1～2月）に実施することが望ましい。

第 II 部

第 II 部 各 論

第 1 章 水文調査

1-1 地形図の作成

1-1-1 作成方法

調査地域には数十年前に発行された古い 20 万分の 1 地形図しかなく、地形図自体の精度がやや悪く、道路や村落の分布などが現況と合わない点も多くなっている。このため、現地踏査および各種解析の際に支障が生じるため、より精度の高い地形図の作成が必要とされた。

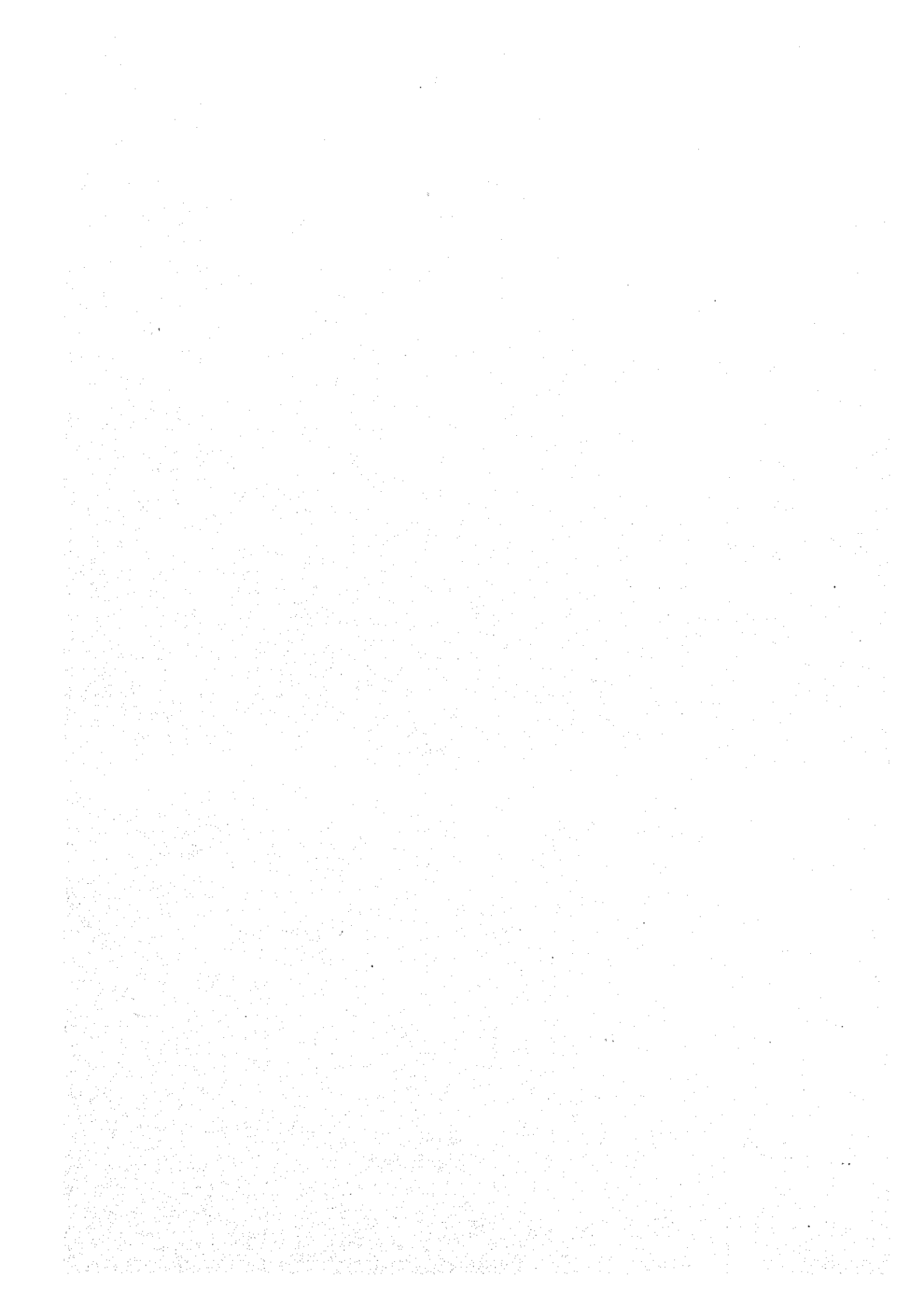
地形図は SPOT (Satellite Pour l'Observation de la Terre) の衛星画像を利用して作成された。SPOT のセンサーはパンクロマチックとマルチスペクトラルの 2 つのモードを持ち、立体視が可能な画像ペアが取得できることが特徴となっている。パンクロマチック画像は高分解能で 1 ピクセルは 10 m、マルチスペクトラル画像の 1 ピクセルは 20 m に相当する。画像 1 シーンの範囲は 60 km×60 km である。パンクロマチック画像とマルチスペクトラル画像を合成することで、高分解能イメージとカラー情報とを持ち合わせた合成フォールスカラー画像が作られる。

地形等高線はパンクロマチック画像のステレオペアを立体視することで描画される。成果品の地形図は合成フォールスカラー画像上に等高線を重ねたものである。地形図の縮尺は 5 万分の 1、等高線の間隔は 10 m である。各シーン毎に幾つかの地上基準点を測量することで、等高線の精度は 10 m 以下となる。本調査では、D-GPS で地上基準点の測量を行った。

使用したパンクロマチック画像は 8 シーン・16 枚である。パンクロマチック画像は 2000 年 1~4 月に、マルチスペクトラル画像は 1998 年 12 月および 1999 年 12 月に撮影された。13 葉の地形図は付帯資料とした。SPOT 合成フォールスカラー画像は植生の解析に、地形図は水系の解析にそれぞれ利用した。

1-1-2 水系の解析

調査地域は大きな河川の流域から 5 地区に区分される。既存の 20 万分の 1 地形図を利用して作成した水系図を図 2-1-1 に示す。同図では、この流域境界を茶色破線で示し、さらに、主要な支流の流域境界を橙色の細実線で示してある。主要な支流の流域の形状データ (面積、最大辺長、平均幅、形状比、最大辺長の方向) を巻末資料 1 に示す。流域平均幅は流域面積を流域最大辺長で割ったものである。最大辺長の方向は河口を始点とした方向で、360 度表示である。形状比は流域の形状を数値化するために提案された指標で、面積を最大辺長の二乗で割って算出される。



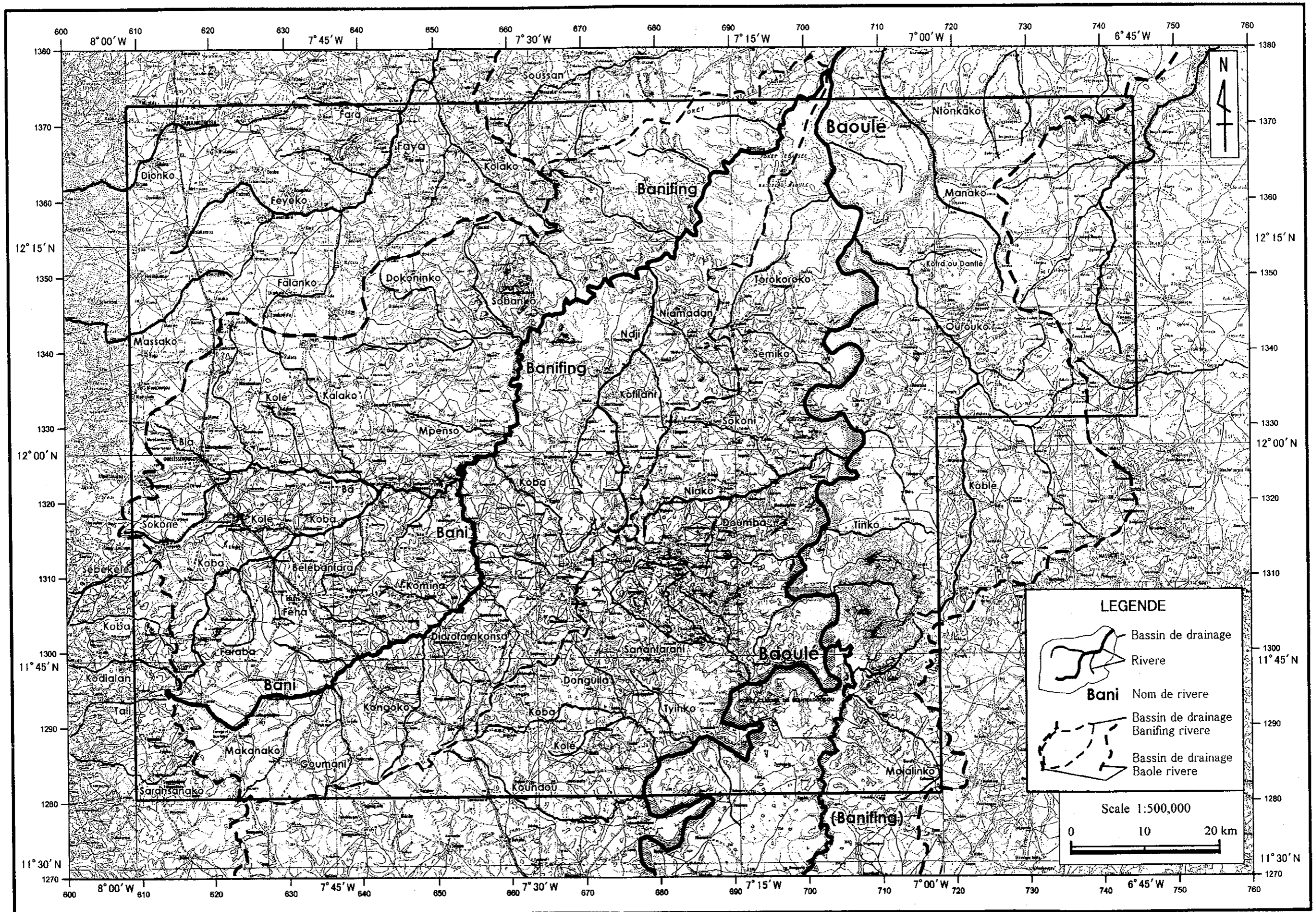


图 2-1-1 水系图

5 地区の特徴は以下のとおりである (図 1-1-1 参照)。

① 東部 : Baoulé 川流域 (4,271 km²)

Baoulé 川は大きく蛇行しながら南から北に流下する。調査地域の北側で Banifing 川が鋭角に合流してくるため、Baoulé 川左岸流域の幅は南から北に向かい狭くなっており、南部で最大約 30 km、中央で約 20 km である。右岸流域の幅は変化に富み、10~40 km である。Baoulé 川本流の流域平均幅は約 50 km と計算される。

左岸流域では、支流の流下方向は NW-SE~SW-NE 方向が主体で、W-E 方向が卓越する。右岸流域では NE-SW~SSE-NNW 方向が主体で SE-NW 方向が卓越する。

② 西部 : Banifing 川流域 (4,660 km²)

Banifing 川は小さく蛇行しながら南西から北東方向に流下し、上流部で大きく 2 つに枝分かれする。流域の片岸側幅は上流部で 10~15 km、中流部で 20~30 km である。

右岸流域では、支流の流下方向は SE-NW~SSW-NNE 方向が主体で、S-N 方向が卓越する。左岸流域では W-E~NNW-SSE 方向が主体で NW-SE 方向が卓越する。

Banifing 川本流の最大辺長は約 126 km、流域平均幅は約 37 km、形状比は 0.291 と計算される。

③ 東端部 : Bagoé 川流域 (544 km²)

Bagoé 川は Baoulé 川に平行して南北に流れる大きな河川で、調査範囲東端は Bagoé 川の左岸流域上流部に相当する。支流の流下方向は W-E~SW-NE 方向が主体である。

④ 北西端部 : Niger 川流域 (1,460 km²)

調査地域北西方では Niger 川が SSW-NNE~SW-NE 方向に流下しており、調査範囲北西端の Faya 川は Niger 川の右岸流域上流部に相当する。地域内の支流は北方または西方に 30~60 km 流下して Niger 川に合流する。

⑤ 南西端部 : Yanforila ダム流域 (215 km²)

調査地域南西方には Yanfolila ダムがあり、ダムから流下する河川が Niger 川に合流しており、調査範囲南西端はこの河川の右岸流域上流部に相当する。地域内の支流は東から西に流下する。

水系は流域の大小を問わず樹枝状を呈している。流域形状は、三角状、長方形状、レンズ状、滴状、葉状など、さまざまである。巻末資料 1 に示すように、調査地域内の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 という性状を持つ。流域の形が正方形または円形に近いほど、形状比は 1 に近づく。形状比の平均が約 0.4 ということは、流域長が 20 km の場合、平均幅が 8 km に相当し、やや細長い形状であることを示す。地形の起伏に乏しいこと、地形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、樹枝状水系と上述の流域形状を形成した要因である。

1-2 ボーリング調査

1-2-1 調査概要

ボーリング調査は平成 13 年 1 月 14 日から 2 月 1 日にかけて実施された。MJMB-E1～MJMB-E4 の 4 孔、総掘進長 160 m のボーリング孔が掘削された。ボーリング位置を図 2-1-2 に示す。MJMB-E1～MJMB-E3 の 3 孔は Baoulé 川と Banifing 川に挟まれた Dogo 地区、MJMB-E4 は Baoulé 川右岸の Kekoro 地区に位置する。

ボーリング調査の目的は地下水の採取および水位回復試験の実施である。全 4 孔において地下水の存在を確認し、地下水を採取した。

1-2-2 調査地点の選定

過年度および今年度の資源開発調査の調査地域、今年度の地質構造調査地域、鉱徴地の分布を把握し、既存水井戸の分布および掘削深度、道路状況を調査した後、ボーリング掘削地点を選定した。既存資料として、Dogo 地区で以前に実施された水資源調査結果のデータを Bougouni の水理局事務所で入手した。

地点選定に際しては、調査時期が乾季のため地下水位が下がっていること、道路状況が悪いことに留意し、選定の原則条件として、大型トラックが通行可能な道路近傍であること、過去および将来の鉱床探査を考慮して環境調査として役立つ地点にあること、深度 40 m 以内に帯水層の賦存が見込まれる地点であることとした。

1-2-3 調査方法

ボーリング掘削工事はフランスの業者 FORACO に委託して実施された。使用したボーリング機器は 1 台で、1 日 1 方 10 時間の稼働体制で掘削作業が行われた。ボーリング作業の人員構成は、ボーリング技師 1 名、ボーリング助手 4 名の計 5 名からなる。この他に随時、作業員として数名が補助作業を行った。【巻末の写真 2】

掘削工法はノンコアのエアハンマー法である。孔口またはドリルパイプから排出されるカッティングス採取して観察し、地質柱状図を作成した。掘削孔径はラテライト化作用を受けた軟質な岩相部では 9-7/8 インチ、硬質な岩盤部では 6-1/2 インチである。孔井の将来的な利用を考慮して、孔壁保護のために掘削終了後に内径 126 mm の PVC 製ケーシングを孔内に設置した。帯水層部にはスクリーンケーシングを適宜設置した。掘削裸孔とケーシングの間には玉砂利を充填し、孔口はセメントで保護した。ケーシング設置後、孔内洗浄、水位回復試験、地下水採取を行った。掘削工事用の水は、平成 11 年に掘削されたボーリング工事専用の 2 孔の水井戸から採取した。【巻末の写真 3】

水位回復試験は、孔内洗浄をかねたエアリフトによる連続揚水の後、揚水停止後の水位の上昇を計測する方法で行った。MJMB-E2 では水位が深く水量がわずかであったため、回復試験を実施できなかった。

調査工程および調査実績を表 2-1-1、使用機器および消耗品を表 2-1-2 に示す。

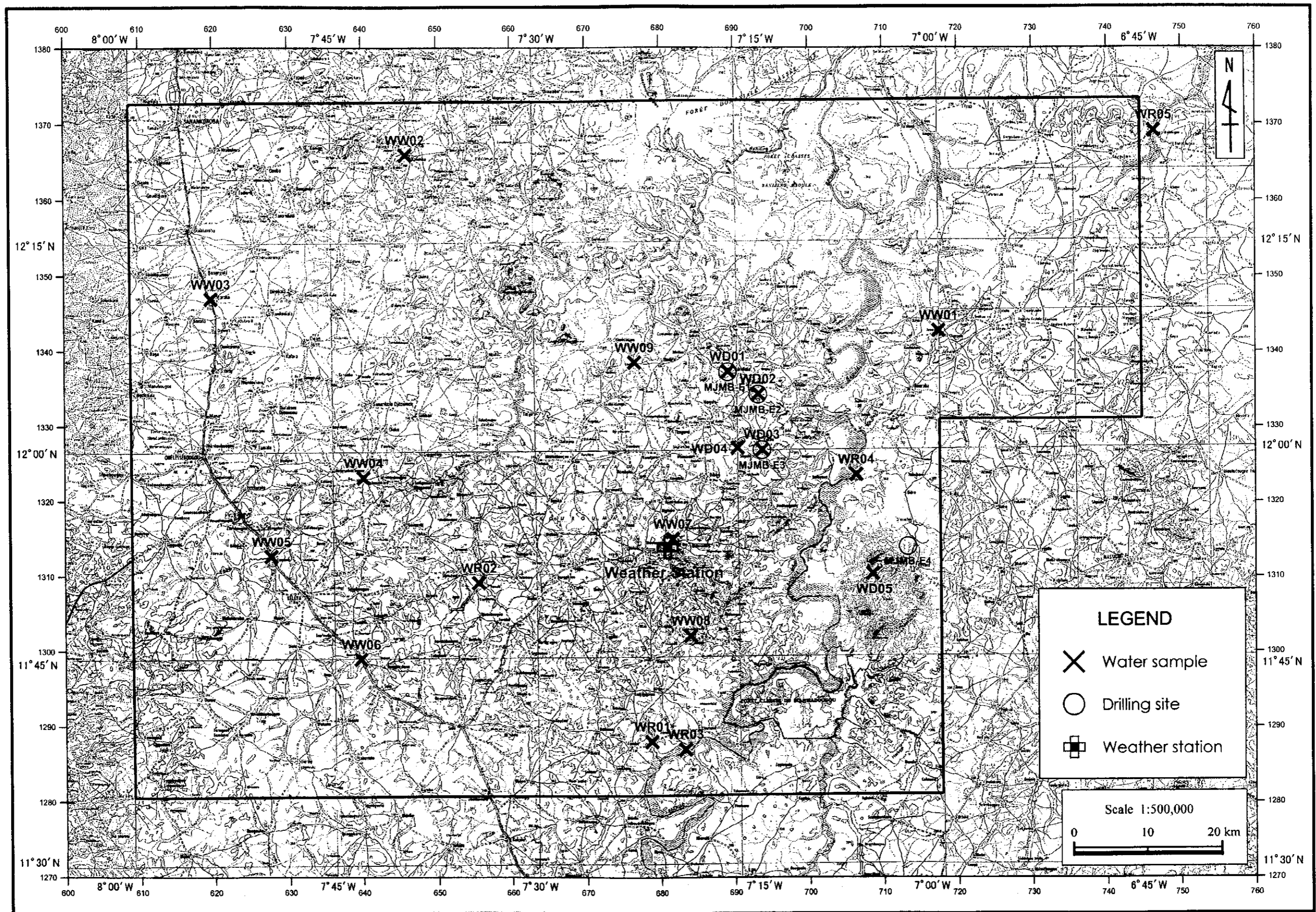


図2-1-2 水文調査位置図

表 2-1-1 ボーリング調査工程および調査実績

孔 名	MJMB-E1	MJMB-E2	MJMB-E3	MJMB-E4
掘削深度	40 m	40 m	31 m	49 m
掘削開始日	1月22日	1月16日	1月19日	1月29日
掘削終了日	1月24日	1月19日	1月21日	1月31日
作業日数合計	2.3日	5.5日	2.2日	7日
搬入	0.3日	2日	0.2日	2日
掘削	1.3日	1.5日	1.3日	2日
回復試験	0.7日	0日	0.7日	1日
その他	0日	2日	0日	2日
掘進能率	30.1 m/日	26.7 m/日	23.8 m/日	24.5 m/日

表 2-1-2 ボーリング調査の使用機器、消耗品および数量

使用機器	項 目	仕様または数量
ボーリング機器	掘削機	BF250 (Blizzard85)
	発電機	QAS14 (50Hz, 400/230V, 10.5kW)
	コンプレッサ	XAHS285 (12bar, 2400rpm, 151kW)
	ポンプ	XAS65 (7bar, 2800rpm, 30kW)
機器運搬車両	20 tトラック	2台 (Renault 製)
	10 t水タンク車	1台 (Renault 製)
	掘削機運搬用台車	1台
通勤車両	ピックアップ車	1台 (Toyota 製)
消耗品	セメント	2袋 (40 kg)
	CMC	27 kg
	グリース	6 kg
	軽油	2,060 リットル
	エンジン油	180 リットル

1-2-4 掘削結果

ボーリング地質柱状図を巻末資料 2 に、ボーリングケーシング図を巻末資料 3 に示す。各孔の地質状況は以下のとおりである。

- ・ MJMB-E1：深度 18 m 以浅は未固結堆積物、18 m 以深は Birrimien 累層群の泥質片岩である。未固結堆積物は、淡灰色の粘土、淡褐色～赤褐色の砂、赤褐色のピソリスからなる。ピソリスは深度 8～10 m と深度 16～17 m の 2 層準に認められる。泥質片岩は著しく風化し粘土化しており、緑灰色を呈し、雲母鉱物に富み、片状構造が発達する。