

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

最終報告書

平成 14 年 3 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、本年度はその第 2 年次かつ最終年次にあたり、環境基礎調査からなる。金属鉱業事業団は、第 2 年次調査のために、雨季と乾季に分けて、それぞれ環境調査班 2 名と 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、雨季が平成 13 年 9 月 4 日から平成 13 年 10 月 11 日まで、乾季が平成 14 年 1 月 5 日から平成 14 年 3 月 3 日までである。

現地調査は、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) の協力を得て予定どおり完了した。

本報告書は、第 2 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。

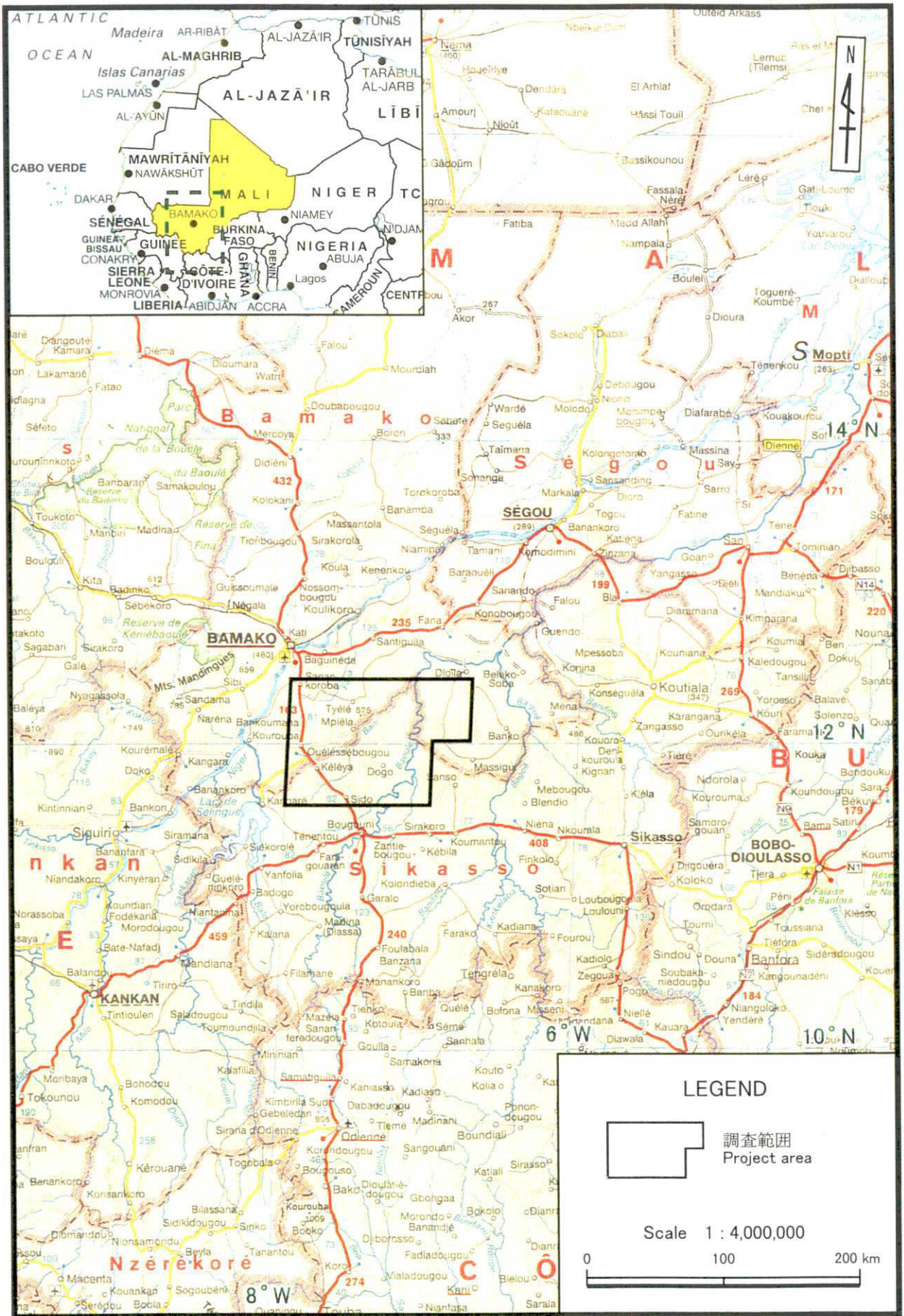
平成 14 年 3 月

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



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2年次かつ最終年次調査にあたる。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13年9月4日から平成13年10月11日まで（雨季）と平成14年1月5日から平成14年3月3日まで（乾季）の2回に分けて行われた。

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2年次の調査項目は大きく、水文調査、土壌・河床堆積物調査、植物相調査に分けられる。

水文調査は、地表水調査、地下水調査および気象調査からなる。雨季には河川水10試料および地下水10試料、乾季には河川水2試料および地下水10試料を採取し、水質の測定および化学分析を実施した。水質化学分析の結果では、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。河川流量調査を雨季に10地点で実施した。河川流量は河川流域面積と降水量に比例すると考えられる。第1年次にDogoに設置した自動気象観測システムに記録保存されていた、温度、湿度、雨量、風向、風速、日射量の丸1年間の観測データを回収し、解析を行った。Bamakoの過去5年間の気象データをBamakoの気象観測所で取得した。Dogoでの観測結果とBamakoやBougouniの既存観測資料とは調和的である。第1年次および第2年次の水文調査結果を基にして、水収支モデルを構築し、解析を行った結果、水収支は気候条件に大きく左右されることが確認された。

土壌・河床堆積物調査では、350試料の土壌、50試料の河床堆積物および20試料の岩石を乾季に採取し、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、土質、鉱化作用および地形に起因するものである。Zn、Ni、Cu、Co、Crなどの高含有量は塩基性火成岩類に、AuとAsの高含有量は金鉱化作用に起因する。Pbについては人的要因を完全に否定できないが、基本的には深成岩に由来すると推定される。

植物相調査では、雨季と乾季に現地調査を実施した。第1年次にSPOT衛星画像から判読した植物相区分を雨季と乾季に現地検証した。画像判読結果は現地植生状況と調和的であることを確認し、季節変動を把握した。雨季には詳細な植生調査を実施し、90種類の樹木を確認し、出現植物種による植物群落区分を行った。

第2年次の調査結果から将来への提言として、環境負荷の明らかな地区での土壌調査、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生の季節変動および人的影響ならびに環境汚染の調査、水文調査の定点連続モニタリングがあげられる。

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	4
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	7
2-4 水系	8
2-5 気候	9
2-6 植生	9
2-7 地質	10
2-8 社会環境	12
第3章 調査地域の既存情報	13
3-1 既往調査	13
3-2 調査地域の環境的位置付け	13
3-3 環境関連法令	14
第4章 第1年次調査結果	16
4-1 調査内容	16
4-2 調査結果	18
第5章 調査結果の総合検討	19
5-1 水文調査	19
5-2 土壌・河床堆積物調査	19
5-3 植物相調査	20
5-4 自然環境	20
5-5 社会環境	21
第6章 結論および提言	22
6-1 結論	22
6-2 将来への提言	25

第Ⅱ部 各論

第1章 水文調査	26
1-1 地表水および地下水調査	26
1-1-1 調査方法	26
1-1-2 調査結果	29
1-2 河川流量調査	34
1-2-1 調査方法	34
1-2-2 調査結果	35
1-3 気象調査	38
1-3-1 調査方法	38
1-3-2 調査結果	38
1-4 水収支	46
1-4-1 解析方法	46
1-4-2 解析結果	48
1-5 考察	50
第2章 土壌・河床堆積物調査	55
2-1 調査方法	55
2-2 調査結果	59
2-2-1 土壌(全域)	59
2-2-2 土壌(Dioila地区)	66
2-2-3 河床堆積物	68
2-2-4 岩石	75
2-3 考察	79
第3章 植物相調査	81
3-1 調査方法	81
3-2 調査結果	82
3-2-1 植物分布調査	82
3-2-2 植物相調査	85
3-3 考察	89

第Ⅲ部 結論および提言

第1章 結論	90
第2章 将来への提言	92

参考文献

巻末資料

巻末写真

【挿入図表】

[図]

図 1-1-1	調査位置図	2
図 1-2-1	主要道路図	6
図 1-2-2	調査地域の地質図	11
図 1-4-1	第 1 年次調査地点位置図	17
図 1-6-1	調査フロー	23
図 2-1-1	水文調査位置図	27
図 2-1-2	水系図	28
図 2-1-3	水質測定値相関図	30
図 2-1-4	水質分析結果図	32
図 2-1-5	Fe-濁度, Ni-濁度, Ni-Fe 相関図	33
図 2-1-6	河川流量調査結果図	36
図 2-1-7	河川流量と流域面積	37
図 2-1-8	日最高最低気温, 日最高最低湿度および降雨量の年変化図 (Dogo)	39
図 2-1-9	Dogo の気温・湿度・日射量の日変化図と季節変化	41
図 2-1-10	月平均最高最低気温・湿度の年変化図 (Dogo-Bougouni-Bamako-Dioila)	44
図 2-1-11	月別降水量・降水日数の年変化図 (Dogo-Bougouni-Bamako-Dioila)	45
図 2-1-12	水収支フローチャート	49
図 2-1-13	雨季における水質測定値相関図	51
図 2-1-14	地下水水質の時系列変化図	53
図 2-2-1	土壌試料採取位置図	56
図 2-2-2	河床堆積物試料採取位置図	57
図 2-2-3	岩石試料採取位置図	58
図 2-2-4	Au 等濃度線図 (土壌全域)	62
図 2-2-5	As, Cd, Pb, P 高濃度試料分布図 (土壌全域)	63
図 2-2-6	第 1 因子得点等濃度線図 (土壌全域)	64
図 2-2-7	第 3 因子得点等濃度線図 (土壌全域)	65
図 2-2-8	Au 等濃度線図 (土壌 Dioila 地区)	67
図 2-2-9	Au 地球化学図 (河床堆積物)	69
図 2-2-10	Pb 地球化学図 (河床堆積物)	70
図 2-2-11	As, Cd, CN, P 高濃度地球化学図 (河床堆積物)	72
図 2-2-12	第 2 因子得点地球化学図 (河床堆積物)	73
図 2-2-13	第 3 因子得点地球化学図 (河床堆積物)	74
図 2-2-14	Ti-K, Fe-Au 相関図 (岩石調査)	78
図 2-3-1	衛星画像 (SPOT false color)	83

図 2-3-2	Diban 地区の衛星画像と現場景観写真	86
図 2-3-3	Sido 地区の衛星画像と現場景観写真	87

[表]

表 1-1-1	調査内容および数量	3
表 1-2-1	バマコの月別気象データ	9
表 1-4-1	第 1 年次調査の内容および数量	16
表 2-1-1	Dogo・Bougouni・Bamako・Dioila の気象データの比較	43
表 2-2-1	化学分析値の基本統計量	60
表 2-2-2	化学分析値の相関係数 (土壌試料)	61
表 2-2-3	化学分析値の相関係数 (河床堆積物試料)	61
表 2-2-4	化学分析値の基本統計量 (岩石試料)	76
表 2-2-5	化学分析値の相関係数 (岩石試料)	76
表 2-2-6	岩石と土壌の化学分析値の比較	77
表 2-3-1	衛星画像による植物相区分	84
表 2-3-2	土壌指数と植生の関係	85
表 2-3-3	局地的群落識別表	88

【巻末資料】

巻末資料 1	水質分析方法
巻末資料 2	水質測定および簡易水質分析結果
巻末資料 3	ICP 水質分析結果
巻末資料 4	河川流量調査結果
巻末資料 5	気象観測方法
巻末資料 6	気象観測結果 (日別最高最低気温・湿度, 平均風向風速, 降水量, 日射量)
巻末資料 7	気象観測結果 (全データ)
巻末資料 8	気象観測収集資料 (Bamako)
巻末資料 9	気象観測収集資料 (Bougouni)
巻末資料 10	気象観測収集資料 (Dioila)
巻末資料 11	水収支解析結果
巻末資料 12	土壌化学分析結果
巻末資料 13	河床堆積物化学分析結果
巻末資料 14	岩石化学分析結果
巻末資料 15	SPOT 画像と植生の現地検証 (Diban 地区)
巻末資料 16	植生指標 (Diban 地区)
巻末資料 17	SPOT 画像と植生の現地検証 (Sido 地区)

- 卷末資料 18 植生指標 (Sido 地区)
卷末資料 19 出現木本種類名
卷末資料 20 植生表—素表 (Diban 地区)
卷末資料 21 植生表—部分表 (Diban 地区)
卷末資料 22 植生表—素表 (Sido 地区)
卷末資料 23 植生表—部分表 (Sido 地区)

【卷末写真】

- 写真 1 雨季の自然環境
写真 2 雨季と乾季の景観対比
写真 3 地表水および地下水調査
写真 4 河川流量調査
写真 5 気象調査
写真 6 土壌・河床堆積物調査
写真 7 植物相調査
写真 8 水試料採取地点
写真 9 河川流量調査地点
写真 10 土壌試料採取地点
写真 11 河床堆積物試料採取地点
写真 12 岩石試料採取地点