

マリ共和国
バオレ・バニフィング地域資源開発協力
基礎調査報告書
第3年次

平成 15 年 3 月
(2003年)

国際協力事業団
金属鋳業事業団

鋳調資
JR
03-040

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 3 年次に当たり、金属鉱業事業団は 6 名の調査団を編成して平成 14 年 11 月 12 日から平成 15 年 1 月 25 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 3 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ものである。

平成 15 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

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3年次の結果をまとめたものである。

本地域はマリ共和国の南西部にあたり、調査地域の中央部 Tonfara-Bouraba 地域では西アフリカの金鉱床賦存層準である Birrimien 累層群が広く分布する。今年度は、Tonfara-Bouraba 地域全域(約 1000km²)の鉱床賦存の可能性を再評価する目的で Tonfara-Bouraba 地域と Dioila 地区を対象に衛星画像・空中写真解析および地表踏査によりレゴリス図を作成するとともに地化学探査結果の再解析を行なった。また、地表下のレゴリスの性状、元素分布を把握するためにオーガーボーリング(2400m)およびピット調査(408m)を実施した。さらに、第1, 2年次に地化学探査を実施しておらず原地性レゴリスが分布する地区を対象に地化学探査(5030地点)を行なった。これらの調査により以下の結論が得られた。

Tonfara-Bouraba 地域と Dioila 地域のレゴリスの分布を明らかにすることを目的に、LANDSAT 7 ETM+フォールスカラー画像、同比演算画像および空中写真の地質学的判読を実施した。バンド割り当て R-G-B = 4-5-7 のフォールスカラー画像と、R-G-B = 5/7 - 4/7 - 4/2 の比演算画像が、ラテライト質硬殻の抽出に特に有効であった。空中写真判読と地表踏査を実施し、被覆層を含めた全レゴリスの詳細な分布を明らかにすると共に、主要な古地形を復元した。その結果に基づき、土壌地化学探査結果の再解析を実施した。

再解析の結果、原地性レゴリス上の Au 異常、As 異常の分布から、調査を優先的に継続すべき地区として Batouba 地区、Siriba-Sobala 地区、Kalako 地区、Diamou 地区からなる4地区が選定された。本地域では硫化鉱物-自然金鉱染型の鉱化作用が大規模で経済性を有する可能性が高く、選定した4地区のうちで類似の鉱化作用が期待されるのは Batouba 地区と Siriba-Sobala 地区であり、両地区は次期調査での優先度が高い。

また、オーガーボーリング調査とピット調査では地表下のレゴリスの性状および風化に伴う元素の溶脱・濃集過程を明らかにすることができた。Torokoro 地区(Batouba 地区の北東隅部)ではオーガーボーリングにより濃集部(5.1g/t Au : 6m 区間)を捕捉し、金鉱化作用の一部を確認できた。

次期調査に関しては経済性を有する鉱体を確認することを目的として、ピット調査等で金鉱化作用の拡がりを確認した後、酸化鉱体を捕捉するためのボーリング調査を推奨する。

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	7
3-1 調査地域周辺の広域地質	7
3-2 調査地域の広域地質	7
3-3 鉱徴地	20
第4章 調査地域の探鉱経緯	25
4-1 探査経緯	25
4-2 1998年～2000年の調査結果の概要	25

第II部 各論

第1章 第3年次調査の背景	27
1-1 第1,2年次調査の結果	27
1-2 第3年次調査の結果	27
第2章 レゴリス調査	28
2-1 調査方法	28
2-2 衛星画像判読結果	33
2-3 空中写真判読および地表踏査結果	47
第3章 ピット調査	56
3-1 調査方法	56
3-2 調査結果	56
第4章 オーガーによるレゴリス調査	62
4-1 ボーリング工事	62
4-2 調査結果	66

第5章 土壤地化学探査	81
5-1 第3年次調査地区	81
5-2 調査方法	81
5-3 分析方法	81
5-4 地域別調査結果	84
5-5 有望地区の抽出	118

第Ⅲ部 結論と提言

第1章 結論	147
第2章 提言	148

引用文献

本文挿入図

Fig.I-1-1 Location map of the survey area	2
Fig.I-2-1 Climate and vegetation of Mali	5
Fig.I-3-1 General stratigraphy	8
Fig.I-3-2 Geological map of Baoule-Banifing area	9
Fig.I-3-3 General geological map and geological section in Tonfara-Bouraba area	11
Fig.I-3-4 K-Ar dating of intrusive rock	13
Fig.I-3-5 SiO ₂ / K ₂ O+Na ₂ O variation diagram	17
Fig.I-3-6 Molar proportion of Na ₂ O+K ₂ O , FeO*(total iron) and MgO	17
Fig.I-3-7 SiO ₂ /(Fe ³⁺⁺ Fe ³⁺) variation diagram	19
Fig.I-3-8 Molar proportion of CaO, Al ₂ O ₃ -Na ₂ O-K ₂ O and FeO+MgO	19
Fig.I-3-9 Surface manifestation of gold	21
Fig.I-4-1 Exploration history	26
Fig.II-2-1 Regolith profile terminology	29
Fig.II-2-2 Relationship between a regolith distribution and a landform in the Western Australia	30
Fig.II-2-3 Location map of the Landsat 7 ETM+ images for a regolith interpretation in the Baoule-Banifing Area	31
Fig.II-2-4 Mosaic of false color composite image (RGB=4,5,7) of the Baoule-Banifing Area	35
Fig.II-2-5 Mosaic of false color composite image (RGB=7,5,2) of the Baoule-Banifing Area	37
Fig.II-2-6 Mosaic of ratio composite image (RGB=5/7,4/5,4/2) of the Baoule-Banifing Area	39
Fig.II-2-7 Regolith profile based on a satellite image interpretation in the Baoule-Banifing Area	41
Fig.II-2-8 Regolith map based on a satellite image interpretation in the Tonfara-Bouraba Area	43

Fig.II-2-9	Regolith map based on a satellite image interpretation in the Dioila Area	45
Fig.II-2-10	Schematic section of a regolith field in the Baoule-Banifing Area	49
Fig.II-2-11	Regolith map based on an air-photo interpretation and a field survey in the Tonfara-Bouraba Area	51
Fig.II-2-12	Regolith map of the Dioila Area	53
Fig.II-3-1	Location map of pits	57
Fig.II-3-2	Pit regolith profile and distribution of Au in section 1,346250	59
Fig.II-3-3	Pit regolith profile and distribution of Au in section 1,346250	61
Fig.II-4-1	Location map of the Auger drillholes	65
Fig.II-4-2	Regolith map of Torokoro area	67
Fig.II-4-3	Regolith profile of Torokoro area	67
Fig.II-4-4	Mineralogy in section 1,346250	68
Fig.II-4-5	Distribution of Au in section 1,346,250	70
Fig.II-4-6	Distribution of As in section 1,346,250	70
Fig.II-4-7	Distribution of W in section 1,346,250	70
Fig.II-4-8	Distribution of Fe in section 1,346,250.	71
Fig.II-4-9	Distribution of Cr in section 1,346,250	71
Fig.II-4-10	Distribution of Mn in section 1,346,250	71
Fig.II-4-11	Distribution of Al in section 1,346,250	72
Fig.II-4-12	Distribution of K in section 1,346,250	72
Fig.II-4-13	Distribution of Cs in section 1,346,250	72
Fig.II-4-14	Distribution of Mg in section 1,346,250	74
Fig.II-4-15	Distribution of Ti/Zr Au in section 1,346,250	74
Fig.II-4-16	Distribution of Factor 9 in section 1,346,250	75
Fig.II-4-17	Distribution of Factor 5 in section 1,346,250	75
Fig.II-4-18	Regolith map of Sirikoro area	77
Fig.II-4-19	Regolith profile of Sirikoro area	77
Fig.II-4-20	Mineralogy in section 1,334,250	78
Fig.II-4-21	Distribution of Au in section 1,334,250	78
Fig.II-5-1	Index Map of Geochemical survey sites in 2002	82
Fig.II-5-2	North Mala (NM) Gold and Arsenic Geochemistry Map	85
Fig.II-5-3	Tanfala (TA) Gold and Arsenic Geochemistry Map	89
Fig.II-5-4	Sirakoro (SK) Gold and Arsenic Geochemistry Map	91
Fig.II-5-5	Semiko (SE) Gold and Arsenic Geochemistry Map	95
Fig.II-5-6	Tomba (TO) Gold and Arsenic Geochemistry Map	97
Fig.II-5-7	Bouraba (BO) Gold and Arsenic Geochemistry Map	101

Fig.II-5-8	North Denieko (ND) Gold and Arsenic Geochemistry Map	-----	103
Fig.II-5-9	South Denieko (SD) Gold and Arsenic Geochemistry Map	-----	107
Fig.II-5-10	Diera (DI) Gold and Arsenic Geochemistry Map	-----	109
Fig.II-5-11	Djime (DM) Gold and Arsenic Geochemistry Map	-----	111
Fig.II-5-12	Tyemala (TY) Gold and Arsenic Geochemistry Map	-----	115
Fig.II-5-13(1)	Frequency distribution of Au contents in fresh rocks, saprolites, pisolitic soils and duricrusts in the Baoule-Banifing Area	-----	119
Fig.II-5-13(2)	Frequency distribution of As contents in fresh rocks, saprolites, pisolitic soils and duricrusts in the Baoule-Banifing Area	-----	120
Fig.II-5-14	Weathering profile in the Diamou mineral occurrence	-----	122
Fig.II-5-15(1)	Relationship between the regolith distribution and Au anomalies	-----	125
Fig.II-5-15(2)	Relationship between the regolith distribution and As anomalies	-----	127
Fig.II-5-16	Promising exploration sites in the Baoule-Banifing Area	-----	131
Fig.II-5-17	Eigen value and eigen vector of PC1	-----	137
Fig.II-5-18	Sampling points for the geochemical exploration	-----	139
Fig.II-5-19	Distribution of gold anomalies over 29 ppb	-----	139
Fig.II-5-20	Distribution of arsenic anomalies over 12 ppb	-----	139
Fig.II-5-21	Distribution of excessive (hydrothermal) arsenic anomalies	-----	139
Fig.II-5-22	Distribution of overlapped anomalies of gold and excessive arsenic	-----	139
Fig.II-5-23	Upper limit of secondary arsenic anomalies	-----	139
Fig.II-5-24(1)	Distribution of gold, arsenic and overlapped anomalies in the Batouba, Kalako Kouloukoro, Sirakoro, Siriba-Sobala Area	-----	141
Fig.II-5-24(2)	Distribution of gold, arsenic and overlapped anomalies in the Diamou Kalako and Sirikoro Area	-----	143

本文插入表

Table I-1-1	The content and amount of the Phase III survey	-----	1
Table I-1-2	List of the laboratory works	-----	3
Table I-1-3	Survey member	-----	3
Table I-2-1	The climate of Bamako, Mali	-----	4
Table I-3-1	Relationship of granitoid series and mineralization occurrences	-----	18
Table I-4-1	Exploration results in 1998 to 2000	-----	25
Table II-2-1	Specification of the Landsat 7 ETM+ data used for a regolith survey	-----	30
Table II-2-2	Regolith classification based on a satellite image interpretation	-----	41
Table II-2-3	Regolith classification based on an air-photo interpretation and a field survey	-----	49

Table II-4-1	List of drillhole location (1)~(4)	62
Table II-4-2	Survey schedule	63
Table II-5-1	Analysis code and lower detection limit of each element in geochemical soil survey	83
Table II-5-2	Single element analysis of Au in North Mala	84
Table II-5-3	Single element analysis of Au and As in Tanfala	87
Table II-5-4	Single element analysis of Au and As in Siarakoro	87
Table II-5-5	Single element analysis of Au and As in Semiko	93
Table II-5-6	Single element analysis of Au in Tomba	93
Table II-5-7	Single element analysis of Au in Bouraba	99
Table II-5-8	Single element analysis in Au and As in North Denieko	99
Table II-5-9	Single element analysis in Au and As in South Denieko	105
Table II-5-10	Single element analysis in Au in Diera	105
Table II-5-11	Single element analysis in Au and As in Djime	113
Table II-5-12	Single element analysis in Au and As in Tyemala	113
Table II-5-13	Correlation matrix of Fe, Cr, V, Al and Nb	137
Table II-5-14	Eigen value, contribution ratio and eigen vector of PC1	137

卷末資料

Ap.1	Location map of rock sample
Ap.2	Microscopic observation of thin section
Ap.3	List of observation result of thin section
Ap.4	Results of age dating
Ap.5	Chemical composition of intrusive rock
Ap.6	Location map of pits (1~4)
Ap.7	Pit columnar section of pits
Ap.8	Pit profiles with assay results
Ap.9	Location map of augerdrillhole(1~3)
Ap.10	List of drilling equipments
Ap.11	Amount of consumed materials of drilling survey
Ap.12	Drilling progress
Ap.13	Columnar section of auger drill holes
Ap.14	Auger drill hole profiles with assay results
Ap.15	Results of X-ray diffraction analysis
Ap.16	List of Au anomalies in the Baoule-Banifing Area
Ap.17	Assay results of soil, pit and auger samples

別添図

Plate 1 Regolith map based on a satellite image interpretation in the Tonfara-Bouraba Area

Plate 2 Regolith map based on an air-photo interpretation and a field survey in the Tonfara-Bouraba Area