

ニジェール共和国の銅・タングステン地域
資源開発協力基礎調査報告書

総括報告書

平成4年2月

国際協力事業団
金属鉱業事業団



ニジェール共和国 リプタコ地域
資源開発協力基礎調査報告書

総括報告書

JICA LIBRARY



1098802(0)

23957

平成4年2月

国際協力事業団
金属鉱業事業団

国際協力事業団

23957

は し が き

日本国政府はニジェール共和国の要請に応え、同国南西部に位置するリプタコ地域の鉱物資源賦存の可能性を確認するため、地質調査、地化学探査、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言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にした。

本調査は、平成元年度から平成3年度までの3ケ年にわたって実施され、ニジェール共和国政府関係機関、鉱山エネルギー省地質鉱物調査局(DRGM/MME)及び鉱物資源公社(ONAREM)の協力を得て予定どおり完了した。

本報告書は、3年間の調査結果をとりまとめたものである。

おわりに、本調査の実施にあたって御協力をいただいたニジェール共和国政府関係機関ならびに日本国外務省・通商産業省・在コートジボアール日本大使館及び関係各位の方々に哀心より感謝の意を表するものである。

平成4年2月

国際協力事業団

総 裁 柳 谷 謙 介

金属鉱業事業団

理事長 福 原 元 一

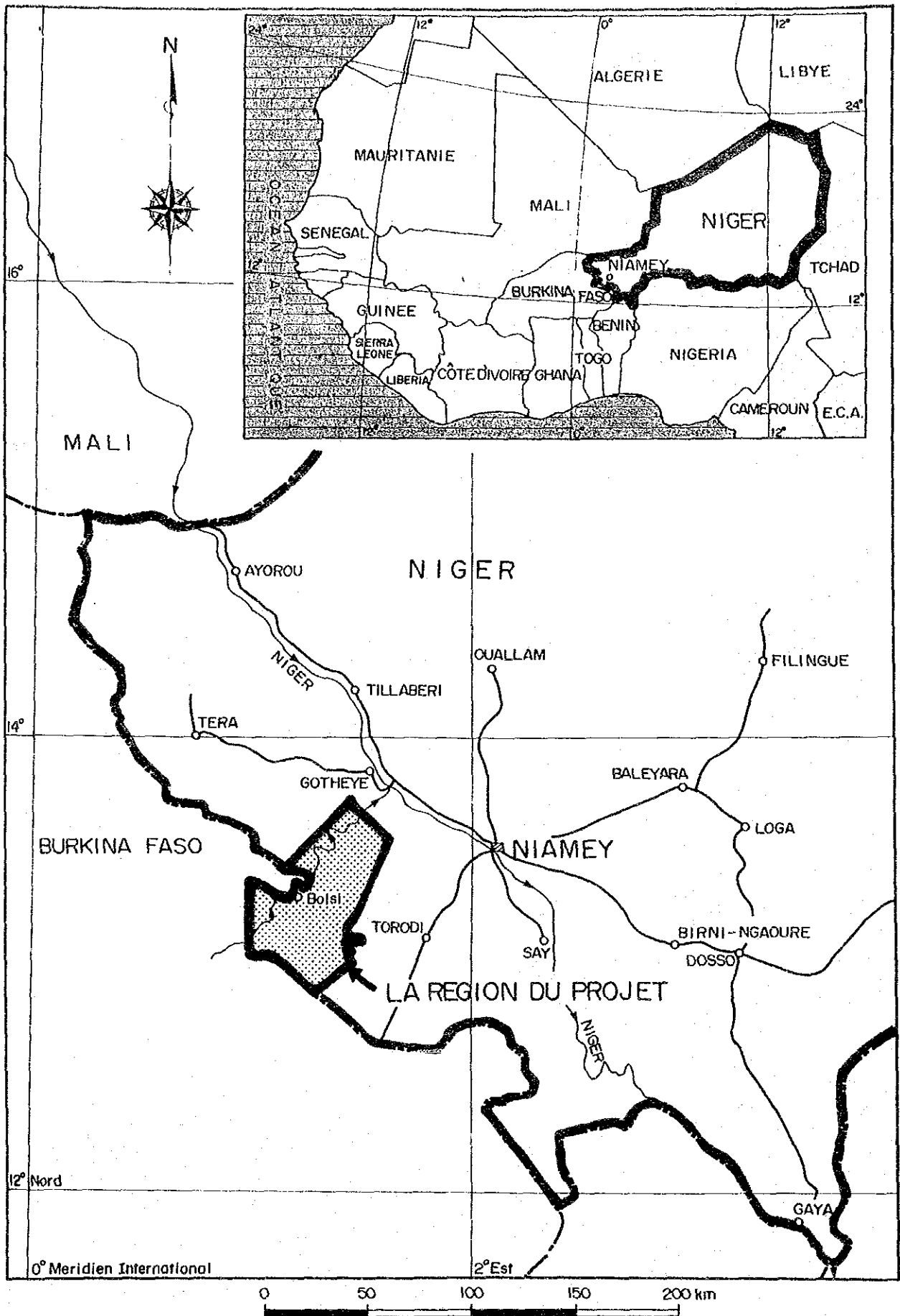


図 1 リプタコ地域位置図

要 約

ニジール共和国リプタコ地域における鉍物資源開発協力基礎調査（資源調査）は、面積3,440km²の地区において成元年度から平成3年度に至る3ヶ年にわたって実施された。

本調査は、同地域における地質・地質構造と鉍化作用との関連性、地化学特性などを総合的に考察することにより、調査地域における鉍床賦存有望地区を抽出することを目的とする。本地域ではランドサット画像解析、地質調査・地化学探査概査、地質調査・地化学探査精査、物理探査及びボーリング調査などが実施された。

(1) リプタコ地域（概査地域）

調査地域の地質は、Birrimien 累層群（下部は主に塩基性火山岩類、上部は泥質岩を主とする堆積岩類）、造山時花崗岩類（片状花崗岩～花崗閃緑岩）、後造山時花崗岩類（塊状花崗岩～花崗閃緑岩）、貫入岩類（玄武岩、ドレライト、石英安山岩、流紋石英安山岩、流紋岩）、ラテライトから構成される。調査地域の地質構造は波状で連続的に発達する褶曲構造及びE-W系、NE-SW系、NNE-SSW系の断層やリニアメントによって特徴づけられる。

調査地域には鉍脈型の金鉍化帯が多数分布しており、主要な鉍化帯は地域北東端から南西端にかけて幅約12km、延長約80kmにわたる範囲に断続的に分布する。

金鉍化帯は、Birrimien累層群を母岩とし、裂罅系に規制されて胚胎する。稼行実績のある鉍化帯は14箇所を確認されたが、このうち比較的規模の大きな鉍化帯はSéfa Nangue, Mbanga, Kongo Mbanga, Tchalcam, Libiri, Koukou Djongouなどの各鉍化帯である。

Séfa Nangue 鉍化帯については(2)のSéfa Nangue地区で述べる。Mbanga鉍化帯では北部鉍化帯の石英脈の分析値がAu8.46g/t、南西部鉍化帯の変質母岩がAu67.2g/tなどの高品位を示す。この鉍化帯の西方約2.5kmに位置するKongo Mbanga鉍化帯では石英細脈の最高品位がAu58.4g/tである。Tchalcam, Libiri, Koukou Djongouなどの鉍化帯では、鉍化変質帯の規模が大きく、各鉍化帯のAu分析値の最高はそれぞれ4.59g/t, 11.90g/t, 7.05g/tである。

鉍化帯の鉍石鉍物には、自然金、黄鉄鉍、黄銅鉍、四面銅鉍、四面銅鉍-砒四面銅鉍系鉍物、キューバ鉍、硫砒鉄鉍、磁硫鉄鉍、閃亜鉛鉍、方鉛鉍、輝安鉍、ホセアイト、テトラディマイト、ヘッサイトなどの初生鉍物、及び赤鉄鉍、磁鉄鉍、針鉄鉍、輝銅鉍、ダイジェナイト、パイロルーサイト、水マンガン鉍などの二次鉍物がある。

自然金は石英脈の晶洞中や石英脈中に単独に産するほか、黄鉄鉍や硫砒鉄鉍の中又は粒間及びホセアイトと共生して産出する。EPMA分析の結果、Séfa Nangue 鉍化帯の金粒のAuとAgの含有量の比はそれぞれ87.78wt%、12.22wt%（平均値）であり、銀含有量の少ない自然金である。

石英脈の流体包有物均質化温度は、Séfa Nangue鉍化帯のNo.2脈とNo.5脈の石英脈で、それぞれ平均値が334.8°C、243.8°Cを示すことから、石英脈は中熱水性～深熱水性の環境下で形成されたものと推定される。

変質鉱物は、強風化粘土化帯では石英、絹雲母、カオリナイト、未風化帯では石英、方解石、アンケライト、緑泥石、絹雲母などである。

鉱化作用に関係した火成岩は、Déba鉱化帯やSéfa Nangue鉱化帯においては、流紋石英安山岩である可能性が高いと考えられる。流紋石英安山岩のK-Ar年代の測定結果は、Séfa Nangue地区で $1,985 \pm 99\text{Ma}$ 、Déba地区で $1,946 \pm 98\text{Ma}$ の値が得られた。

地化学探査の結果、本地区の鉱化帯を反映したAuの地化学異常が多数抽出され、これらにはAsやSbの地化学異常がしばしば重複して現れる。既知鉱化帯を反映した特に顕著なAuの地化学異常は、Mbang, Kongo Mbang, Tchalc, Libiri, Koukou Djongou, Séfa Nangue 鉱化帯の分布域で、そのほかDéba鉱化帯の北方に認められる。

(2) Séfa Nangue 地区 (精査地区)

Séfa Nangue 地区の地質は、Birrimien累層群に属する塩基性火山岩類及び堆積岩類とこれらを含む小規模な貫入岩類からなる。Birrimien累層群はNE-SWの走向で、 60° SEに傾斜する。断層やリニアメントは、NE-SW系、ENE-WSW系及びE-W系の方向性を示す。

Séfa Nangue地区では、15条の既知鉱脈及びその平行脈のほか、多数の石英脈露頭やその転石帯が確認された。このうち、No.1~No.10の鉱脈を含む東西約1,000m、南北約500mの規模をもつ中央部鉱化帯で比較的顕著な金の鉱化作用が認められる。

中央部鉱化帯の鉱脈は、流紋石英安山岩のストックの周辺部に当たる南東部から西部にかけて分布し、鉱脈の走向方向は南東部でE-W系、西部でWNW-ESE系である。連続性の良い鉱脈の走向延長は、No.1脈で550m、No.2脈で280m、No.10脈で210mであり、そのほかの鉱脈では40~120mである。石英脈の幅は一般に0.5~1.5mで、鉱化母岩を含む鉱脈幅は一般に1.0~2.0mである。

露頭部の鉱脈の分析値は一般に $\text{Au}1 \sim 5\text{g/t}$ を示すが、採掘場の鉱石の分析値は、No.1脈の西部で $\text{Au}14.7\text{g/t}$ 、No.2脈の東部で $\text{Au}43.5\text{g/t}$ などの高品位を示す。

中央部鉱化帯の鉱脈に対して12孔のボーリングを実施し、全てのボーリングで着脈した。着脈部の分析品位の平均は、No.1脈の中央部下では $\text{Au}3.87\text{g/t}$ (コア幅2.75m)、No.2脈の西部下では $\text{Au}5.65\text{g/t}$ (コア幅2.40m)、No.7脈の下では $\text{Au}5.23\text{g/t}$ (コア幅0.6m)及びNo.10脈の東部延長部では $\text{Au}7.43\text{g/t}$ (コア幅2.40m)などである。

金鉱脈は石英脈とその周辺部の珪化母岩や石英細脈を伴う母岩からなり、金の分析値は石英脈の中央よりも脈際及びその周辺部の石英細脈を伴う母岩の方がより高い値を示す傾向が認められる。

中央部鉱化帯の鉱脈を反映したAu, As, Sbの各地化学異常帯が重複して抽出された。同様の地化学異常帯が既知鉱脈以外にも認められ、これらは潜頭性の鉱脈の存在を示徴している可能性が高い。電磁探査では、鉱化帯を反映した比抵抗異常が中央部鉱化帯付近に顕著に現れており、既知鉱脈の北側や東方延長部に現れた比抵抗異常帯は、ラテライトの下部に既知鉱脈の平行脈や東方延長部が潜在している可能性が高いことを示している。また、電磁探査によって得られたNW-SE方向の比抵抗構造線によって、中央部鉱化帯の西方への

延長が規制されている可能性がある。

本地区の鉍化帯のうち、中央部鉍化帯のNo. 9脈を除くNo. 1脈からNo. 10脈及び4条の平行鉍脈について、今後の探査の方向づけを行うための参考として、Au品位が0.5g/t以上を示す範囲を対象に資源量評価を行ってみた。その結果、深度200mまでの総鉍量は約237万トン、金量は約4.8トン、平均品位は約Au2.0g/t程度と試算される。

検討した鉍脈のなかではNo. 1脈及びNo. 2脈が優勢で、No. 1脈の深度200mまでの鉍量は約44.7万トン、金量は約1.5トン、平均品位は約Au3.3g/t、No. 2脈の深度200mまでの鉍量は約28.5万トン、金量は約0.72トン、平均品位は約Au2.5g/tである。この試算結果から明らかのように、金の平均品位が低いために鉍量に比べて金量が少ない。しかし、前述したようにNo. 1脈西部及びNo. 2脈東部の採掘場から採取した鉍石の分析品位は高い値を示すことから、鉍脈中には富鉍部が潜在している可能性が考えられる。したがって、鉍脈の中に富鉍部が発見できれば稼行対象鉍山として発展する可能性がある。

(3) Déba地区 (精査地区)

Déba地区にはSéfa Nangue地区と同様にBirrimien累層群が分布する。

本地区にはD-No. 1～6の鉍脈があり、D-No. 1及びD-No. 2鉍脈で金の鉍化が認められるが、他の鉍脈では非常に弱い。鉍脈露頭での分析値の最高はD-No. 2鉍脈でAu2.13g/t、ボーリングによるD-No. 1鉍脈の下部でAu1.78g/tである。そのほかの鉍脈の分析値はいずれも低品位である。

鉍脈を反映した見掛比抵抗異常が抽出されたが、本地区の鉍脈では顕著な金の鉍化部が認められないことから、今後の調査に対する優先順位は低いと考えらる。

(4) 鉍床賦存有望地区

今後更に精密な鉍床調査が必要と思われる鉍化帯地区は次のとおりである。

①Séfa Nangue地区：金の鉍化が顕著な鉍脈が多数存在し、有望な地化学異常帯及び電磁探査による見掛比抵抗異常帯が認めらるほか、ボーリングでも有望な鉍徴が得られていることから、既知鉍脈中には富鉍部が存在していることや、既知鉍脈の周辺部に潜頭鉍脈が分布していることが期待され、鉍山開発につながる可能性がある。

②Mbanda地区：Mbanda及びKongo Mbanda両鉍化帯が分布し、これらに顕著な金の鉍化が認められる。また、これらの既知鉍化帯に重複して有望な地化学異常帯が広範囲に抽出された。この異常帯は地域外北東方に連続する可能性が高く、潜頭鉍床が期待される。

③Tchakam鉍化帯地区：鉍化帯の規模が大きく、Au, As, Sbの地化学異常及び第1主成分高得点異常帯が重複しており、既知鉍床周辺部に潜頭鉍床が期待される。

④Libiri鉍化帯地区：③と同様に、鉍化変質帯と有望な地化学異常帯が重複しており、既知鉍床周辺部に潜頭鉍床が期待される。

⑤Koukou Djongou鉍化帯地区：③④と同様に、鉍化変質帯と有望な地化学異常帯が重複しており、既知鉍床周辺部に潜頭鉍床が期待される。

目 次

はしがき	
調査位置図	
要 約	
第 I 部 総 論	1
第1章 調査概要	1
1-1 調査地域及び調査目的	1
1-2 調査方法及び調査量	1
1-3 調査期間及び調査員	1
第2章 従来の調査	9
第3章 リプタコ地域の地質背景	10
第4章 調査地域の状況	14
4-1 交 通	14
4-2 調査環境	16
第5章 結論及び将来への提言	18
5-1 結 論	18
5-2 将来への提言	22
第 II 部 各 論	31
第1章 ランドサット画像解析	31
1-1 概 要	31
1-2 解析方法	31
1-3 解析結果	31
1-3-1 画像ユニットの評価	31
1-3-2 リニアメント	32
第2章 地質調査(概査)	40
2-1 Birrimien累層群	40
2-1-1 Kakou-Bossey Bangou地区	40
2-1-2 Libiri地区	44
2-1-3 Touré地区	44
2-1-4 Birrimien累層群中の火山岩類の化学組成	45
2-2 花崗岩類	48
2-2-1 造山時花崗岩類	48
2-2-2 後造山時花崗岩類	48
2-3 その他の貫入岩類	53
2-3-1 Touré地区, Kakou-Bossey Bangou地区の貫入岩類	53
2-3-2 Libiri地区の貫入岩類	53

2-3-3	苦鉄質貫入岩類の化学組成	53
2-4	第四系	56
2-5	地質構造	57
2-5-1	褶曲	57
2-5-2	断層	57
2-6	鉍化帯	61
2-6-1	概要	61
2-6-2	鉍化帯の各論	61
2-6-3	鉍化作用の特性と関係火成岩	87
第3章	地化学探査(概査)	89
3-1	概要	89
3-2	調査結果	90
3-2-1	Touré地区, Kakou-Bossey Bangou地区	90
3-2-2	Libiri地区	91
3-2-3	Nasile-Allaréni-Tambolé地区	98
第4章	Séfa Nangue地区(精査)	115
4-1	概要	115
4-2	地質	115
4-2-1	Birimian累層群	115
4-2-2	貫入岩類	120
4-2-3	第四系	121
4-2-4	K-Ar法年代測定結果	121
4-3	地質構造	121
4-4	鉍化帯調査	126
4-4-1	鉍化帯の分布	126
4-4-2	鉍化帯	126
4-4-3	母岩の変質	127
4-5	地化学探査	143
4-5-1	概要	143
4-5-2	統計諸元・しきい値及び地化学異常区分	144
4-5-3	地化学異常	146
4-5-4	地化学異常と鉍化作用との関係	149
4-6	物理探査	153
4-6-1	概要	153
4-6-2	電磁探査結果	153
4-6-3	電気検層結果	154
4-6-4	室内比抵抗試験結果	155
4-6-5	電磁探査解析結果	156

4-7	ボーリング調査	167
4-7-1	概要	167
4-7-2	ボーリング調査結果	167
4-8	資源量調査	187
4-8-1	資源量評価の基準	187
4-8-2	評価結果	187
4-9	考察	191
第5章	Deba地区(精査)	193
5-1	概要	193
5-2	鉱化帯	193
5-3	物理探査	201
5-3-1	概要	201
5-3-2	電磁探査結果	201
5-3-3	電気検層結果	201
5-3-4	比抵抗測定結果	202
5-3-5	電磁探査解析結果	202
5-4	ボーリング調査	206
5-5	考察	209
第6章	結論及び将来への提言	210
6-1	結論	210
6-2	将来への提言	214

参考文献

巻末資料

目 次

- 図 1 リプタコ地域位置図
- 図 2 調査地区位置図
- 図 3 調査フローシート
- 図 4 鉱床有望地区抽出フローチャート
- 図 5 Baoule-Mossiの概略地質図
- 図 6 リプタコ地域周辺の地質概略図
- 図 7 調査地区への進入路
- 図 8 地形概略図
- 図 9 植生・気候区分図
- 図10 Touré・Libiri・Kakou-Bossey Bangou地区総合解析結果図
- 図11 Nasile-Allaréni-Tambolé地区総合解析結果図
- 図12 Séfa Nangue地区鉱床分布図
- 図13 Séfa Nangue地区総合解析結果図
- 図14 ランドサット画像判読結果図
- 図15 空中写真判読によるリニアメント
- 図16 ローズダイヤグラム
- 図17 リプタコ地域地質図及び断面図
- 図18 リプタコ地域の模式層序図
- 図19 $\text{SiO}_2 - (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ による火山岩の分類
- 図20 $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) - \text{FeO}^* - \text{MgO}$ 三角ダイヤグラム
- 図21 化学組成図 (I)
- 図22 化学組成図 (II)
- 図23 $Q - an - (ab + or)$ 図
- 図24 花崗岩質深成岩類の分類表
- 図25 $Q - ab - or$ 図
- 図26 $or - ab - an$ 図
- 図27 $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) - \text{SiO}_2$ 図 (Libiri地区)
- 図28 M A F 図 (Libiri地区)
- 図29 $\text{SiO}_2 - \text{FeO}^* / \text{MgO}$ 図 (Libiri地区)
- 図30 $\text{FeO}^* - \text{FeO}^* / \text{MgO}$ 図 (Libiri地区)
- 図31 リプタコ地域の地質構造図
- 図32 ニジェール南西部のBirrimien 累層群の分布
- 図33 リプタコ地域の鉱化帯分布図
- 図34 北部Mbanga鉱化帯スケッチ
- 図35 Kongo Mbanga鉱化帯スケッチ
- 図36 Kongo Loude鉱化帯スケッチ
- 図37 Touré鉱化帯スケッチ

- 図38 東部Tchalkam鉍化帯スケッチ
- 図39 西部Tchalkam鉍化帯スケッチ
- 図40 Koukou Djongou鉍化帯主要部スケッチ
- 図41 Maka鉍化帯スケッチ
- 図42 Libiri鉍化帯スケッチ
- 図43 Kokoloukou及びKokoloukou Sud鉍化帯スケッチ
- 図44 デンドログラム (Libiri地区)
- 図45 デンドログラム (Nasile-Allaréni-Tambolé地区)
- 図46 地化学異常帯分布図 (Tambolé地区, Kokou-Bossey Bangou地区)
- 図47 主成分スコアの高濃度分布図 (Tambolé地区, Kokou-Bossey Bangou地区)
- 図48 地化学異常帯分布図 (Libiri地区)
- 図49 地化学探査解析結果図 (Libiri地区)
- 図50 地化学異常帯分布図 (Nasile-Allaréni-Tambolé地区)
- 図51 地化学探査解析結果図 (Nasile-Allaréni-Tambolé地区)
- 図52 調査位置図 (Séfa Nangue地区)
- 図53 地質図及び断面図 (Séfa Nangue地区)
- 図54 Séfa Nangue 地区模式柱状図
- 図55 ハーカ-図 (Séfa Nangue地区, Déba地区)
- 図56 $FeO^* - FeO^* / MgO$ 図 (Séfa Nangue地区, Déba地区)
- 図57 $SiO_2 - FeO^* / MgO$ 図 (Séfa Nangue地区, Déba地区)
- 図58 MFA図 (Séfa Nangue地区, Déba地区)
- 図59 $(Na_2O + K_2O) - SiO_2$ 図 (Séfa Nangue地区, Déba地区)
- 図60 No.1脈西部の石英脈スケッチ
- 図61 No.4脈中央部の石英脈スケッチ
- 図62 鉍化帯調査位置図 (Séfa Nangue地区)
- 図63 鉍脈露頭スケッチ (No.1, 2, 9, 10脈)
- 図64 鉍脈露頭スケッチ (No.4, 5脈)
- 図65 鉍脈露頭スケッチ (No.3, 6, 7, 8脈)
- 図66 鉍脈露頭スケッチ (No.11脈)
- 図67 鉍脈露頭スケッチ (No.12脈)
- 図68 鉍脈露頭スケッチ (No.13, 14, 15脈)
- 図69 Au地化学異常帯分布図 (Séfa Nangue地区)
- 図70 地化学探査総合検討図 (Séfa Nangue地区)
- 図71 電磁探査測定結果分布図 (地表下15m)
- 図72 電磁探査測定結果分布図 (地表下35m)
- 図73 電磁探査総合検討図 (I)
- 図74 電磁探査総合検討図 (II)
- 図75 ボーリング概略地質柱状図及び分析結果 (I)
- 図76 ボーリング概略地質柱状図及び分析結果 (II)

- 図77 ボーリング地質断面図 (MJNL-2~MJNL-5)
- 図78 ボーリング地質断面図 (MJNL-6~MJNL-11)
- 図79 ボーリング地質断面図 (MJNL-12~MJNL-17)
- 図80 資源量評価対象鉱脈位置図
- 図81 Déba地区鉱床分布図
- 図82 Déba地区鉱化帯スケッチ (D-N°1脈)
- 図83 Déba地区鉱化帯スケッチ (D-N°2脈)
- 図84 Déba地区鉱化帯スケッチ (D-N°3,4脈)
- 図85 Déba地区物理探査位置図
- 図86 Déba地区電磁探査解析結果図
- 図87 Déba地区ボーリング位置図

表 目 次

表 1	調査内容及び調査数量
表 2	調査計画及び協定折衝団員名簿
表 3	現地調査団員
表 4	リプタコ地域周辺の層序対比表
表 5	ニアメ市の気温, 温度及び降水量一覧表
表 6	将来への提言
表 7	画像判読基準表
表 8	全岩分析結果表 (Touré地区, Kakou-Bossey Bangou地区)
表 9	全岩分析結果表 (Libiri地区, Nasile-Allaréni-Tambolé地区)
表 10	リプタコ地域の鉍化帯一覧表 (I)
表 11	リプタコ地域の鉍化帯一覧表 (II)
表 12	北部Mbangak鉍化帯の鉍石分析結果
表 13	Kongo Mbangak鉍化帯の鉍石分析結果
表 14	Kongo Loude鉍化帯の鉍石分析結果
表 15	Touré鉍化帯の鉍石分析結果
表 16	Dingabon鉍化帯の鉍石分析結果
表 17	Tchalkam鉍化帯の鉍石分析結果
表 18	Koukou Djongou鉍化帯の鉍石分析結果
表 19	Maka鉍化帯の鉍石分析結果
表 20	Libiri鉍化帯の鉍石分析結果
表 21	Libiri鉍化帯周辺の鉍石分析結果
表 22	化学分析の検出限界
表 23	地化学探査に用いた指示元素 (地区別)
表 24	平均値及び標準偏差 (Touré地区, Kakou-Bossey Bangou地区)
表 25	相関係数 (Touré地区, Kakou-Bossey Bangou地区)
表 26	しきい値 (Touré地区, Kakou-Bossey Bangou地区)
表 27	地化学異常のランク分け (Touré地区, Kakou-Bossey Bangou地区)
表 28	主成分分析結果 (Touré地区, Kakou-Bossey Bangou 地区)
表 29	主成分スコアの平均値及び標準偏差 (Touré地区, Kakou-Bossey Bangou地区)
表 30	主成分スコアしきい値 (Touré地区, Kakou-Bossey Bangou地区)
表 31	主成分スコアのクラス分け (Touré地区, Kakou-Bossey Bangou地区)
表 32	標準統計量及びしきい値 (Libiri地区)
表 33	地化学異常区分 (Libiri地区)
表 34	相関係数 (Libiri地区)
表 35	主成分分析結果 (Libiri地区)
表 36	標準統計量及びしきい値 (Nasile-Allaréni-Tambolé地区)
表 37	地化学異常区分 (Nasile-Allaréni-Tambolé地区)

- 表 3 8 相関係数 (Nasile-Allaréni-Tambolé地区)
- 表 3 9 主成分分析結果 (Nasile-Allaréni-Tambolé地区)
- 表 4 0 第一 (PI) 主成分の高濃度帯と単一変量解析による各成分の異常帯との関係
(Touré地区, Kakou-Bossey Bangou地区)
- 表 4 1 地化学異常帯 (Libiri地区)
- 表 4 2 地化学異常地区 (Nasile-Allaréni-Tambolé地区)
- 表 4 3 全岩分析結果表 (Séfa Nangue地区)
- 表 4 4 K-Ar法年代測定結果 (Séfa Nangue地区, Déba地区)
- 表 4 5 Séfa Nangue地区の鉍石分析結果 (石英脈露頭部の平均)
- 表 4 6 分析方法及び検出限界 (Séfa Nangue地区)
- 表 4 7 検出限界以下を示す試料の割合 (Séfa Nangue地区)
- 表 4 8 各指示元素の平均値及び標準偏差 (Séfa Nangue地区)
- 表 4 9 しきい値及び地化学異常区分 (Séfa Nangue地区)
- 表 5 0 指示元素の相関係数 (Séfa Nangue地区)
- 表 5 1 主成分分析結果 (Séfa Nangue地区)
- 表 5 2 主成分得点のしきい値 (Séfa Nangue地区)
- 表 5 3 Au異常帯一覧表 (Séfa Nangue地区)
- 表 5 4 既知鉍脈の分布域での地化学異常 (Séfa Nangue地区)
- 表 5 5 周波数及びコイル間隔
- 表 5 6 電気検層結果 (MJNL-10, 11)
- 表 5 7 電気検層結果 (MJNL-14)
- 表 5 8 室内比抵抗試験結果
- 表 5 9 ボーリング調査の概要
- 表 6 0 ボーリング調査結果の概要 (I)
- 表 6 1 ボーリング調査結果の概要 (II)
- 表 6 2 MJNL-3号孔鉍石分析結果
- 表 6 3 MJNL-4号孔鉍石分析結果
- 表 6 4 MJNL-5号孔鉍石分析結果
- 表 6 5 MJNL-7号孔鉍石分析結果
- 表 6 6 MJNL-9号孔鉍石分析結果
- 表 6 7 MJNL-11号孔鉍石分析結果
- 表 6 8 Séfa Nangue地区中央部鉍化帯の資源量
- 表 6 9 No. 1, No. 10脈及び付近の平行鉍脈の資源量
- 表 7 0 No. 4, No. 5脈の資源量
- 表 7 1 No. 2, No. 3, No. 6, No. 7及びNo. 8脈の資源量
- 表 7 2 比抵抗及び密度測定結果 (Déba地区)
- 表 7 3 Déba地区鉍化帯一覧表
- 表 7 4 将来への提言

第 I 部 総論

第 I 部 総 論

第 1 章 調 査 概 要

1-1 調査地域及び調査目的

調査地域（リプタコ地域）は、ニジェール共和国の南西端部に位置する面積3,440km²の範囲（図1，図2）で、ブルキナファソとの国境に面する。

本調査は、ニジェール共和国リプタコ地域において地質状況を解明することにより、同地域内の金鉱床を主とする鉱床賦存状況を把握することを目的として実施された。

1-2 調査方法及び調査量

本調査では、まず全域3,440km²のランドサット画像解析を行った。現地調査では全域の地化学探査概査及び地域北西半部の4地区1,230km²の地質概査を実施した。これらの概査によって抽出された5地区の鉱床賦存有望地区に対して鉱徴調査を実施し、このうち Séfa Nangue地区では地質・地化学探査（精査）、物理探査及びボーリング調査を、Déba地区では物理探査及びボーリング調査を実施した。

年次別の調査地区及び調査方法を図2に、各地区における調査内容及び調査量を表1に示す。また、第1年次の概査から第3年次までの調査フローシートを図3、鉱床有望地区抽出フローチャートを図4に示す。

1-3 調査期間及び調査員

各年次の調査期間を表1に、調査計画及び協定折衝参加者を表2に、現地調査団員を表3にそれぞれ示す。

表 1 調査内容及び室内試験

	Phase I (1989)	Phase II (1990)	Phase III (1991)
調査期間	1989年10月～1990年2月	1990年10月～1991年6月	1991年9月～1992年2月
ランドサット画像解析 グランドトランス踏査延長 地質構造判読図	3,440km ² 85km 縮尺1:10,000		
地質調査 概査 踏査延長 精査 踏査延長 トレンチ調査	Touré 地区, Kakou-Bossey Bangou 地区 1,000km ² 縮尺1:50,000 275km	Libiri地区 230km ² 縮尺1:50,000 60km	Stfa Nangue 地区 8km ² 縮尺1:5,000 120km Stfa Nangue 地区 100m×5ヶ所
地化学探査 概査 精査	Touré 地区, Kakou-Bossey Bangou 地区 1,500 km ² 1,521 試料×11成分 Pt, Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Cr, Hg, As, F, Sb 4,584 試料×10成分 Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Cr, Hg, As, F, Sb	Libiri地区, Nasile-Aralléni-Tambole 地区 1,940 km ² 7,808 試料×10成分 Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Cr, Hg, As, F, Sb	Stfa Nangue 地区 3.4km ² 1,819 試料×4成分 Au, Ag, As, Sb
鉍微調査		Stfa Nangue 地区 8ヶ所 Wbanga地区 3ヶ所 Touré est 地区 2ヶ所 Tiambi地区 1ヶ所 Diba地区 3ヶ所	
物理探査 電磁探査 (ループ・ループ法) 電気検層		Diba地区 1.6kHz 1,615点 Diba地区 MJNL-1 150m	Stfa Nangue 地区 1.6kHz 2,328点 0.4kHz 1,178点 Stfa Nangue 地区 MJNL-10 150m(MJNL-11で一部補足) MJNL-14 150m
ボーリング調査		Diba地区 1孔 151.1m Stfa Nangue 地区 8孔 1,212.0m	Stfa Nangue 地区 8孔 1,208.5m
室内試験 薄片 研磨片 鉍石分析 全岩分析 X線回折 流体包有物 EPWA K-Ar年代測定 比抵抗	36 8 13 16 21	34 29 753 30 50 3 3 3 20	12 14 1,073 10 15

表 2 調査計画及び協定折衝団員名簿

日 本 側	ニジェール共和国側	
平成元年度		
小山恭一 (金属鉱業事業団)	Sadou MAMADOU	MME
富永純正 (外務省)	Oumarou HAMADOU	MME
矢島淳吉 (通商産業省)	Moussa Djibo MAMAR	MME
佐藤直樹 (金属鉱業事業団)	Younfa	MME
	Ousmane GAOURI	ONAREM
	Abdelkarim AKSAR	ONAREM
	Ibrahim ISSAKA	ONAREM
	Amadou Biry KOULY	ONAREM
	Ari CHERIFF ARI	ONAREM
	Arikoura MAHAMADOU	ONAREM
平成2年度		
鈴木哲夫 (金属鉱業事業団)	Ousmane GAOURI	ONAREM
	Abdelkarim AKSAR	ONAREM
	Ibrahim ISSAKA	ONAREM
	Baaré YAHAYA	ONAREM
	Ari CHERIFF ARI	ONAREM
平成3年度		
鈴木哲夫 (金属鉱業事業団)	Ousmane GAOURI	ONAREM
<small>そむなかまさひろ</small> 組中真洋 (金属鉱業事業団)	Abdelkarim AKSAR	ONAREM
新屋雅司 (金属鉱業事業団)	Ibrahim ISSAKA	ONAREM
渡辺道明 (金属鉱業事業団)	Ari CHERIFF ARI	ONAREM
	Hamadou OUMAROU	MME/IA

* MME: Ministère des Mines et Energie (鉱山エネルギー省)

* MME/IA: Ministère des Mines, Energie/Industries et Artisanat
(鉱山エネルギー産業省1991年 MMEより名称変更)

* ONAREM: Office National Ressources Minérales (鉱物資源公社)

表 3 現地調査団員

日 本 側		ニジェール共和国側	
平成元年度			
中島 清治 (団長)	住鉱コンサルタント (株)	Ari CHERIF ARI (団長)	ONAREM
薩摩 晃	"	Idi TAMBARI	"
名取 二郎	"	Zakari KIMBA	"
鈴木 満	"	Amadou ISSA	"
鈴木 英雄	"	Manou DOUTCHI	"
平成2年度			
中島 清治 (団長)	住鉱コンサルタント (株)	Ari CHERIF ARI (団長)	ONAREM
武山 眞	"	Abdoulkarim BOUREIMA	"
鈴木 英雄 (A)	"	Issoufou SANDA	"
鈴木 英雄 (B)	"	Amadou ISSA	"
長尾 尚顕	"	Manou DOUTCHI	"
永野 統宏	"	Idi TAMBARI	"
千葉 昭彦	"	Issaka NOMAO	"
勝田 充	"	Amidou GARBA	"
吉岡 康宣	"	Amadou MOHAMED	"
早川 正史	"	Yero AMADOU	"
工藤 信一	"	Ibrahim KEITA	"
平成3年度			
中島 清治 (団長)	住鉱コンサルタント (株)	Ari CHERIF ARI (団長)	ONAREM
浅見 憲正	"	Amadou ISSA	"
鈴木 英雄	"	Manou DOUTCHI	"
長尾 尚顕	"	Idi TAMBARI	"
今野 正雄	"	Issaka NOMAO	"
勝田 充	"	Amadou MOHAMED	"
早川 正史	"	Yero AMADOU	"
工藤 信一	"	Idrissa BONDIERE	"
岡留 正秋	"	Bacharou APPA	"
金野 武	"		

* ONAREM : Office National Ressources Minérales (鉱物資源公社)

第2章 従来の調査

地質に関しては、調査地域を含むニジェール共和国西部の縮尺20万分の1地質図 (Machens E. 1967) がBRGMより発行されている。このほか、調査地域内の部分的な地質調査が鉱床探査に付随して行われている。

鉱床調査は、BRGM、PNUD、ONAREM及びACDIなどによって行われており、初期段階では砂金を対象とした椀掛け調査が主に行われ、その後、順次組織的な探鉱が行われるようになった。

過去の主な探査状況は次のとおりである。

1958-1968 E. Machens (BRGM) *1) : リプタコ地域…地化学探査

1965 R. Veux (BRGM) : Sirba 川下流域…ピット、ハンドオーガー、椀掛けによる探査

1968-1975 PNUD *2) : リプタコ地域…広域地化学探査, Sirba 川付近の土壌試料による地化学探査

1981-1988 ONAREM, ONAREM & ACIDI *3) による鉱化帯探査

Touré地区 (本調査のTouré地区)

1981-1982 土壌試料による地化学探査 (概査及び精査), 物理探査 (磁気探査, IP法電気探査), ピット及びトレンチ探査

1984-1986 ピット及びトレンチ探査

Bolsi-Bossey Bangou地区 (本調査のBossey Bangou地区)

1984-1986 ピット及びトレンチ探査

1986-1988 地化学探査

Déba地区 (本調査のKakou地区)

1981-1982 土壌地化学探査 (4,070試料)

1984-1986 地質調査, 地化学探査, 物理探査

1985-1986 Kokoloukou鉱床で試錐探査(9孔: 合計946m),
地化学探査による異常地区の調査

1986-1987 Kokoloukou鉱床で試錐探査(8孔: 合計813m),
地化学探査による異常地区の調査

1987-1988 地化学異常に対するピット調査

(註) *1) BRGM: Bureau de Recherches Géologiques et Minières

*2) PNUD: United Nations Development Programme

*3) ACIDI: Agence Canadienne de Développement International

第3章 リプタコ地域周辺の地質背景

調査地域を含む西アフリカ剛塊南東部は、下部原生界に属するBirrimien 累層群及びその相当層が広く分布する地域で、地質構造区分上、Baoulé-Mossi地質区と呼ばれる。この地質区は更に2つの地質亜区（Birrimien地質亜区とBasin and Mole地質亜区）に細分される。Birrimien地質亜区はBirrimien累層群に属する堆積岩類と火山岩類が広く分布する地区で、ガーナ南西部、象牙海岸のKomeo盆地などが含まれる。Basin and Mole地質亜区は、Birrimien累層群に対比される地層がNNE-SSW方向に伸長した多数の小堆積盆を形成している地域で、ブルキナファソの全域、調査地域を含むニジェール共和国西部がこの地質亜区に含まれる（図5）。

Baoulé-Mossi地質区の地質は大きく先Birrimien, Birrimien累層群（下部Birrimien累層群, 上部Birrimien累層群, Tarkwaian層群）, 花崗岩類に区分できる。これらの関係はいずれも不整合で、不整合の間には花崗岩質岩の貫入を伴う構造-熱時相が存在し、その時相を時間面とすることによって、本地質区全域を通じての大局的な対比が確立されている。

図6に調査地域含む周辺地域の地質概略図を示す。

調査地域周辺には長径100km程度でNE-SWに伸長するBirrimien累層群の3つの堆積盆（北からGorouol, Diagorou-Darbani, Sirba）が花崗岩質岩分布域を介して南北に配列し、全体として典型的なBasin and Mole構造をなしている。層序は、大局的には、他のBaoulé-Mossi地質亜区と同様である（表4）。基盤は、先Birrimienと呼ばれ、ミグマタイト、レプチナイト、塩基性変成岩などからなる。造山時花崗岩類（後述）中に散在するが、調査地域には分布しない。

Birrimien累層群は細粒砕屑性堆積岩類を主体とし、下半部に塩基性～中性火山岩類を伴う。この火山岩類は大きく見ると下部から上部にかけて、塩基性岩から中性岩へと漸移する傾向を示す。全層厚は数千メートルに達すると考えられる。

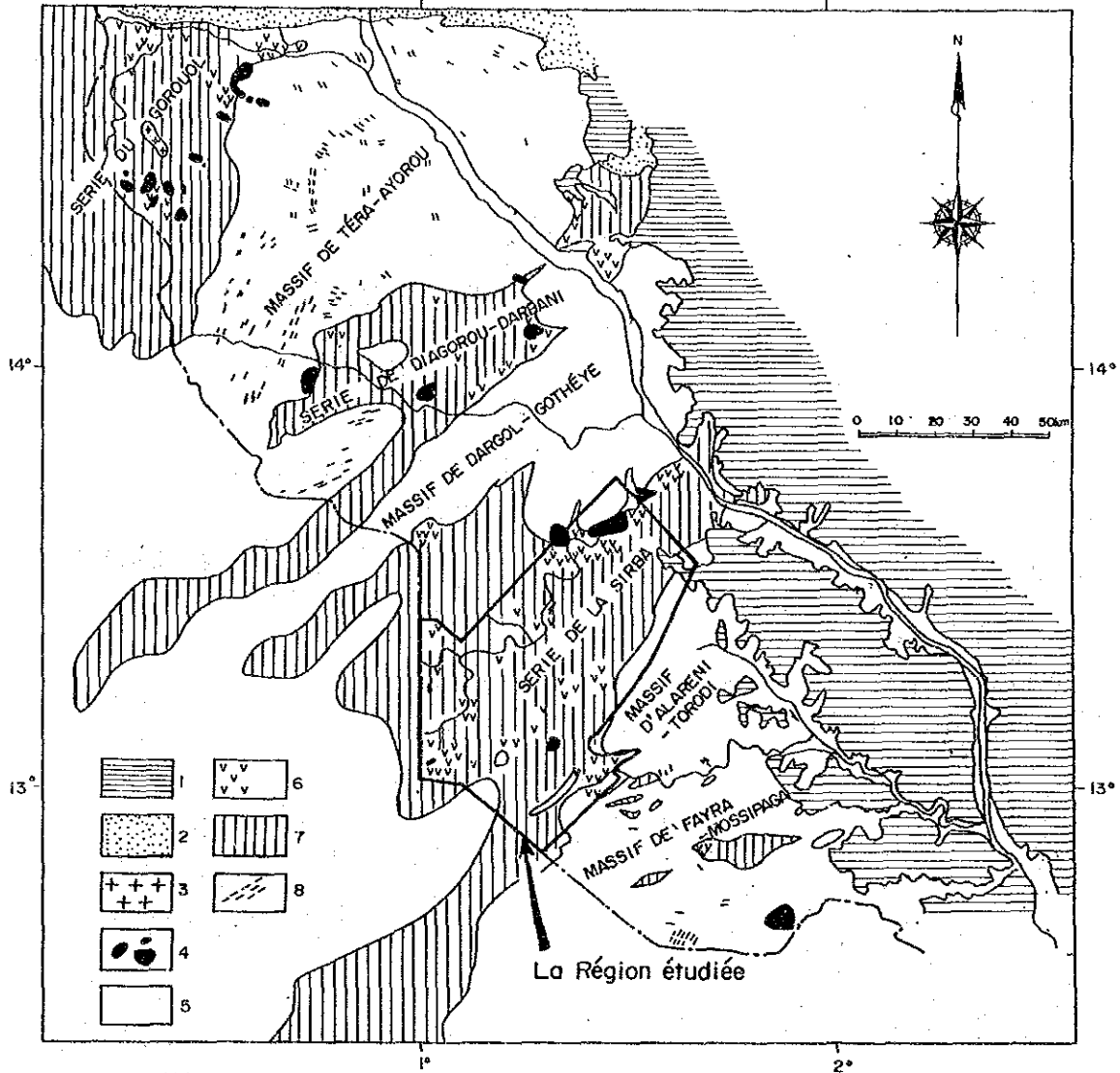
造山時花崗岩類は、リプタコ地域の地質ユニットのなかでは最も広い分布を示し、“Mole”構造をなす。弱い片理を持つ花崗岩～花崗閃緑岩を主体とする。Machens (1967) はこれを先Birrimienの再溶融とBirrimien累層群の花崗岩化作用によって形成されたと考えた。しかし、Brunnschweiler et al. (1972) はBirrimien累層群と造山時花崗岩類の間で変成相が漸移しないことからこの考え方に反対し、Birrimien累層群は花崗岩類を不整合に覆うと推定している。

後造山時花崗岩類は、Birrimien累層群を貫き、Basin構造の縁辺部に分布することが多い。一般に小岩体であるが、Touré付近の岩体は長径約5kmを有する。

Tarkwaian 層群は図6の北端部にのみ分布する。砂質岩と礫岩からなる。

表 4 Liptako地域周辺の層序対比表

Ghana Cahen L. et al (1984)	Côte d'Ivoire Cahen L. et al (1984)	Burkina Faso (Zone de roche verte Boromo et Hounde) Daniel H et al (1987)	Niger occidental L'étude présent
<p>(C. 2030 Ma)</p> <p>Formation Huni (quartzite et phyllite)</p> <p>Formation Tarkwa (phyllite)</p> <p>Formation Banket (quartzite et conglomérat)</p> <p>Formation Kewese (conglomérat)</p>	<p>Granites Windéné et Granites Boudoukou</p> <p>Série de Kinkéné</p>	<p>Tarkwaien</p> <p>Eburnian (1800 ~ 2000 Ma)</p> <p>Roches de sédimentaire clastique</p> <p>Discordance</p> <p>(± 2100 Ma)</p> <p>Tonalites, Granites (2100 Ma ~ 2200 Ma)</p> <p>Formation volcano-sédimentaire</p>	<p><Kakou-Bassey Bongou></p> <p>Granites (Post-tectoniques)</p> <p>Dolérite</p> <p>Ryolite</p> <p>Dacite</p> <p>Granites Dolérite (Post-tectoniques)</p>
<p>(C. 2130 Ma)</p> <p>Granites syntectoniques et intrusive</p> <p>Formation de basique volcanique</p> <p>Formation de acide volcanique</p> <p>Formation de volcano-psammite</p>	<p>Eburnian II</p> <p>Granites Baoulé</p> <p>Formation volcano-clastique de Louga = Séries de Inahiri</p>	<p>Formation volcano-sédimentaire</p> <p>volcanique acide (calco-alcaline)</p> <p>volcanique neutre-mafique</p> <p>volcanique mafique (tholéïte)</p> <p>volcanique ultrabasiq</p> <p>Liberian</p>	<p>Roches de Volcano - Sédimentaire (Roche péritique, Grés et Tuf)</p> <p>Andésite</p> <p>Andésite</p> <p>Basalte</p> <p>Volcanique neutre - mafique (tholéïte)</p> <p>Roche péritique</p> <p>Amphibolites</p>
<p>Discordance</p> <p>Formation supérieure et sableux (Flysh psammitique)</p> <p>Formation supérieure et argilitieux (Flysh argilitieux)</p> <p>Formation moyenne et sableux (Flysh psammitique-argilitieux)</p> <p>Formation inférieure et argilitieux</p> <p>Formation inférieure et sableux</p>	<p>Eburnian I</p> <p>Granites orthogneiss</p> <p>Formation Flysh de Kounoukou et Doulayeko paragneiss</p>	<p>Formation volcano-sédimentaire</p> <p>volcanique acide (calco-alcaline)</p> <p>volcanique neutre-mafique</p> <p>volcanique mafique (tholéïte)</p> <p>volcanique ultrabasiq</p> <p>Liberian</p>	<p>Andésite</p> <p>Andésite</p> <p>Basalte</p> <p>Volcanique neutre - mafique (tholéïte)</p> <p>Roche péritique</p> <p>Amphibolites</p>
<p>Formation supérieure et sableux (Flysh psammitique)</p> <p>Formation supérieure et argilitieux (Flysh argilitieux)</p> <p>Formation moyenne et sableux (Flysh psammitique-argilitieux)</p> <p>Formation inférieure et argilitieux</p> <p>Formation inférieure et sableux</p>	<p>Granite gneissoux de Niéga-Pauli Plage</p> <p>paragneiss Monogaga</p>	<p>Formation volcano-sédimentaire</p> <p>volcanique acide (calco-alcaline)</p> <p>volcanique neutre-mafique</p> <p>volcanique mafique (tholéïte)</p> <p>volcanique ultrabasiq</p> <p>Liberian</p>	<p>Andésite</p> <p>Andésite</p> <p>Basalte</p> <p>Volcanique neutre - mafique (tholéïte)</p> <p>Roche péritique</p> <p>Amphibolites</p>



LEGENDE

- 1. TERTIARE (continental terminal) , 2. TARKWAIEN , 3~7. BIRRIMIEN
- 3. Granite ultimes , 4. Granites post-tectoniques , 5. Granites-syntectoniques , 6. Roches vertes
- 7. Séries pelitiques et détriques , 8. PREBIRRIMIEN (Migmatites)

E. Machens, 1973 (Corrigé en partie)

図 6 リプタコ地域周辺の地質概略図

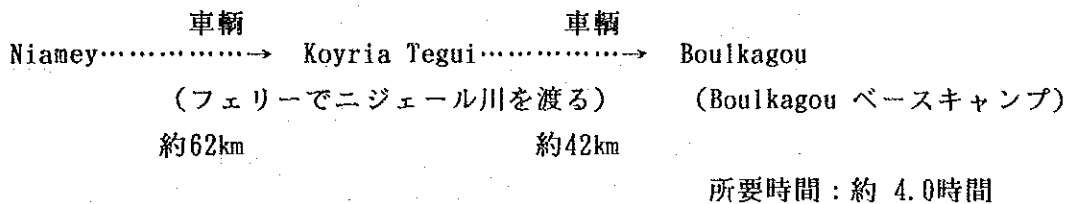
第4章 調査地域の状況

4-1 交通

首都のニアメ市から調査地区のベースキャンプに至る交通手段と所要時間の概略は下記のとおりである。

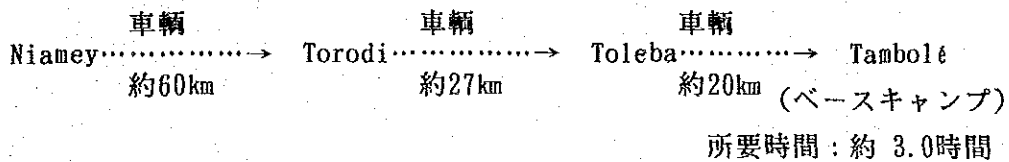
Libiri地区, Mbanga地区, Touré東部地区, Tiambi地区

これらの地区調査では、ベースキャンプをBoulkagou集落に設置した。ベースキャンプから調査地までの所要時間は、遠い所で車で約1.5時間である。



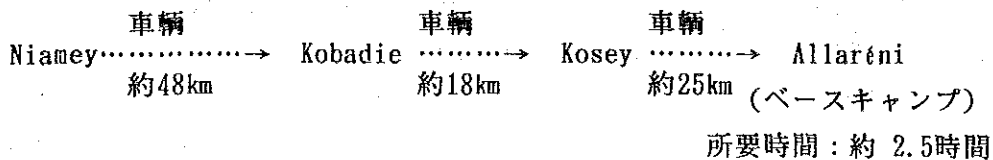
Nasile地区, Tambolé地区

両地区の調査では、ベースキャンプをTambolé集落に設置した。ベースキャンプから調査地までの所要時間は、遠い所で車で約2.0時間である。



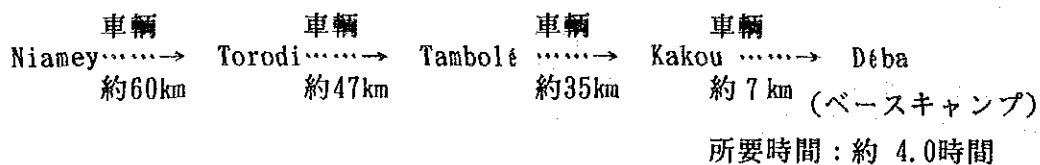
Allaréni地区

この地区の調査では、ベースキャンプをAllaréni集落に設置した。ベースキャンプから調査地までの所要時間は、遠い所で車で約1.5時間である。



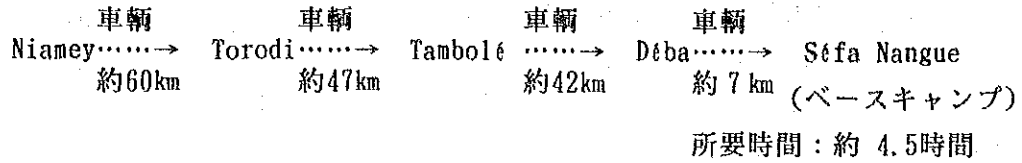
Déba地区

この地区の調査では、ベースキャンプをDéba集落に設置した。



Séfa Nangue地区

この地区の調査では、ベースキャンプをSéfa Nangue集落に設置した。



NiameyとKoyria Tegui間及びNiameyとTorodi間は舗装道路であるが、その他の道路は未整備の砂利道である。

調査地域内では、主要集落間は車道で結ばれているが、小集落へは車道がなく、人道に頼るほかはない。現地調査のために一部の人道を整備して四輪駆動車が通れるようにした所もあるが、一般に灌木や沢の切れ込みが多く、車の通行が不可能な所が多い。

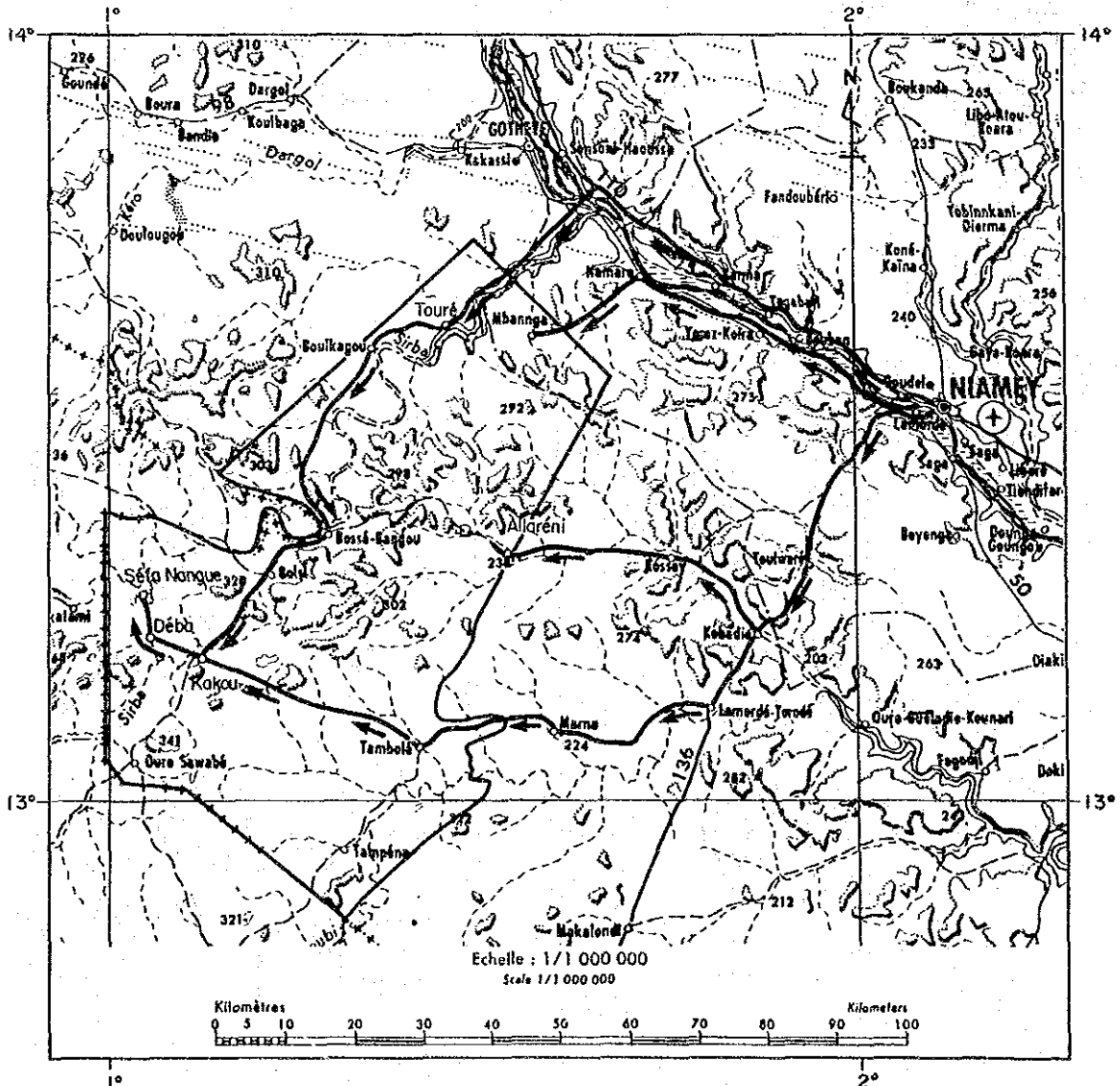


図 7 調査地区への進入路

4-2 調査環境

調査地域とその周辺の地形概略図を図8に示す。調査地域は、南西から北西に向かって僅かに傾斜した準平地帯からなり、南西部には標高230mから240m、北東部には標高200mから230mの平坦地が発達し、中央部から北東部にかけては標高260mから300mの台地状の山地が発達する。主な水系はSirba川で、調査地域の北西部を蛇行しながら、北東に向かって流れ、調査地区北で、Niger川に合流する。Sirba川の流域には、網状に支流が発達する。

Sirba川の本流の水量は雨季明けの11月下旬頃まで多いが、12月から翌年1月にかけて水量が徐々に減り、2月から3月には枯渇し、湖沼状の水溜りができる。支流は雨季が終ると間もなく涸れ沢になる。

調査地区の南東にはGoroubi川支流の涸れ沢が発達し、東方に流下する。

調査地域を含む周辺の植生及び気候区分の概略を図9に示す。ニジェール共和国の気候は大陸性の乾燥気候に属し、北から南へ、砂漠地帯、ステップ地帯、サバンナ地帯に大きく区分される。調査地域の北部は灌木ステップ地帯、南部はサバンナ地帯に分けられ、気候は北部が南サヘル気候、南部が北スーダン性気候に区分される。

ニアメ市における月別の気温、湿度及び降水量を表5に示す。ニアメ市付近では、5月から10月にかけては雨季、11月から翌年4月にかけて乾季である。

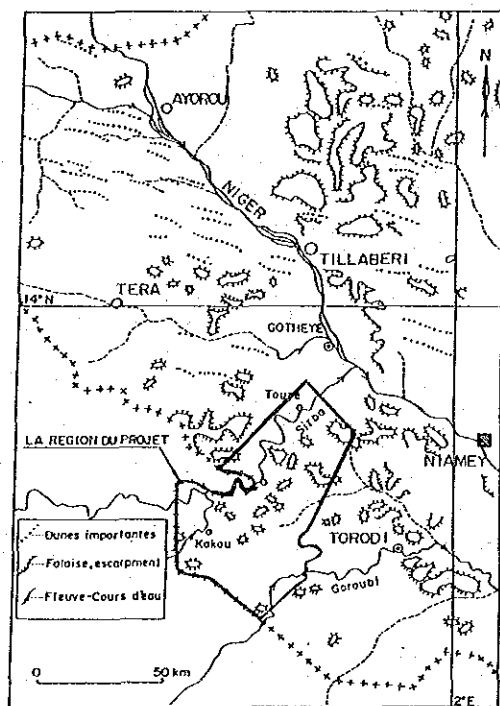


図 8 地形概略図

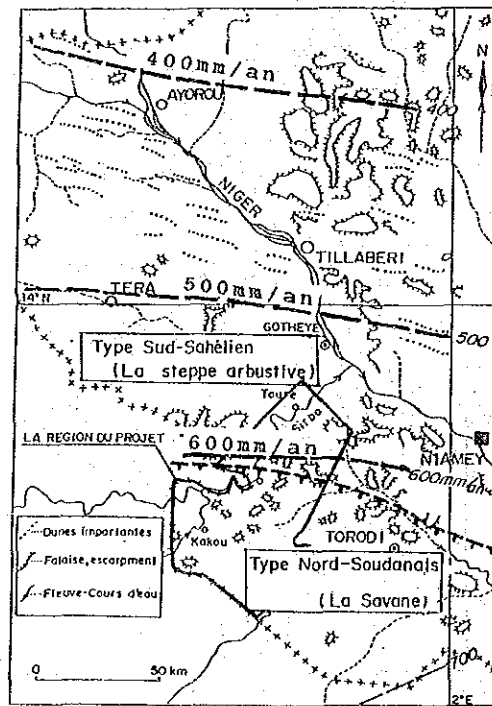


図 9 植生・気候区分図

気温は、年平均最高気温36.0℃、同最低気温23.4℃（1985年）である。年間降水量は約650 mmで、この大半が5月から9月までの降水量である。

調査地区の北部はほぼニアメ市と同様の気候であるが南部ではやや降水量が多い。

現地調査は10月下旬ごろを目途に開始したが、10月末までは日中40℃前後の高温を示す日が多く、11月に入って徐々に気温が下がり、12月には最高気温が30℃前後の比較的凌ぎやすい気候になる。調査地北部の平坦地は比較的灌木の少ない草原地帯であり、西部から南部の平坦地では樹木や灌木が比較的多く、一部に草原地帯が見られる。中央部から北東部にかけての山地及びSirba川本流や支流沿いでは樹木や灌木が密生している。

表 5 ニアメ市の気温、湿度及び降水量一覧表

項目	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年
気温*1 (1951-1980) °C	24.5	27.3	30.6	33.6	33.5	31.1	28.4	27.2	28.1	30.3	27.9	24.8	28.9
最高気温*2 (1985) °C	33.2	33.1	39.0	39.8	41.7	37.7	34.2	32.9	34.4	38.2	37.7	30.5	36.0
最低気温*2 (1985) °C	19.2	19.8	26.4	26.9	29.7	27.0	24.2	23.4	23.9	24.0	19.6	17.0	23.4
湿度*1 (1961-1967) %	22	17	18	28	43	55	67	77	73	52	35	26	43
降水量*1 (1952-1976) mm	0.0	0.0	1.7	4.1	38.9	98.5	154.5	212.4	113.7	25.5	0.0	0.0	649.0

*1 : 理科年表(1987)

*2 : ニジェール共和国の概要(1986, 海外ウラン) による

第5章 結論及び将来への提言

5-1 結論

リプタコ地域における第1年次から第3年次までの調査の結果は以下のように結論づけられる。

(1) リプタコ地域(概査地域)

調査地域の地質は、Birrimian 累層群(下部は主に塩基性火山岩類, 上部は泥質岩を主とする堆積岩類), 造山時花崗岩類(片状花崗岩~花崗閃緑岩), 後造山時花崗岩類(塊状花崗岩~花崗閃緑岩), 貫入岩類(玄武岩, ドレライト, 石英安山岩, 流紋石英安山岩, 流紋岩), ラテライトから構成される。

ランドサット画像解析及び地質調査結果, 調査地域の地質構造は波状で連続的に発達する褶曲構造及びE-W系, NE-SW系, NNE-SSW系の断層やリニアメントによって特徴づけられる。

調査地域には鉍脈型の金鉍化帯が多数分布しており, その主要な分布範囲は幅約12kmで, 地域北東端部から南西端部にかけて, 断続的に約80kmにわたって分布する。

鉍化帯は, Birrimien累層群の堆積岩類及び火山岩類を母岩とし, 当地区の裂罅系に規制されて胚胎する。稼行実績のある鉍化帯にはKala, Mbanga, Kongo Mbanga, Kongo Loude, Touré, Tchalcan, Tiawa, Koukou Djongou, Maka, Libiri, Séfa Nangue, Kokoloukou, KkokolokouSud, Débaなどの鉍化帯がある。これらの鉍化帯ではSéfa Nangue鉍化帯が最も有望で, 順次, Mbanga, Kongo Mbanga, Tchalcan, Libiri, Koukou Djongouなどの鉍化帯が有望な鉍化帯と推定される。

Séfa Nangue鉍化帯については後述する。北東端部にあるMbanga鉍化帯のうち, 北部鉍化帯の石英脈の分析値がAu8.46g/t, 南西部鉍化帯の変質母岩がAu67.2g/tなどの高品位を示す。Mbanga鉍化帯の西方約2.5kmにあるKongo Mbanga鉍化帯では石英細脈の最高品位がAu58.4g/tの高品位である。Tchalcan, Libiri, Koukou Djongouなどの鉍化帯では, 鉍化変質帯の規模が大きく, 各鉍化帯の分析値の最高はそれぞれAu4.59g/t, Au11.90g/t, 7.05g/tである。

鉍脈中の鉍石鉍物は, 自然金, 黄鉄鉍, 黄銅鉍, 四面銅鉍, 四面銅鉍-砒四面銅鉍系鉍物, キューバ鉍, 硫砒鉄鉍, 磁硫鉄鉍, 閃亜鉛鉍, 方鉛鉍, 輝安鉍, ホセアイト, テトラディマイト, ヘッサイトなどの初生鉍物, 及び赤鉄鉍, 磁鉄鉍, 針鉄鉍, 輝銅鉍, ダイジエナイト, パイロルーサイト, 水マンガングルなどの二次鉍物である。

自然金は石英脈の晶洞中や石英脈中に単独に産するほか, 黄鉄鉍や硫砒鉄鉍の中又は粒間及びホセアイトと共生して産出する。EPMA分析の結果, Séfa Nangue鉍化帯の金粒のAuとAgの含有量はそれぞれ87.78wt%, 12.22wt% (平均値)であり, 銀含有量の少ない自然金である。

石英脈の流体包有物による均質化温度は, Séfa Nangue鉍化帯のNo.2脈とNo.5脈の石英

脈で、それぞれ平均値が334.8°C, 243.8°Cを示すことから、石英脈は中熱水性～深熱水性の環境下で形成されたものと推定される。

変質鉱物は、強風化粘土化帯では石英、絹雲母、カオリナイト、未風化帯では石英、方解石、アンケライト、緑泥石、絹雲母などである。

鉱化作用に関係した関係火成岩は、Déba鉱化帯やSéfa Nangue鉱化帯に関しては、貫入岩類のうち流紋石英安山岩の可能性が考えられる。この流紋石英安山岩のK-Ar年代測定結果は、Séfa Nangue 地区で1,985±99Ma, Déba地区で1,946±98Maである。

地化学探査の結果によれば、本地区の鉱化帯を反映してAuの地化学異常が認められ、これにAsやSbの地化学異常がしばしば重複して現れる。既知鉱化帯を反映して現れた特に顕著なAuの地化学異常は、Mbang, Kongo Mbang, Tchalcam, Libiri, Koukou Djongou, Séfa Nangue鉱化帯の分布域で、そのほかDéba鉱化帯の北方に認められる。

鉱化帯以外に現れた顕著なAu地化学異常帯として、Déba鉱化帯の北東の異常帯、Touré鉱化帯の北部にあるENE-WSW系のリニアメントに沿った5箇所の異常帯及びTiambi部落東南東の異常帯などが認められたが、第2年次の鉱徴調査では有望な鉱徴地は認められなかった。

(2) Séfa Nangue地区 (精査地区)

Séfa Nangue地区の地質は、Birrimien累層群に対比される砂質片岩、泥質片岩、泥質凝灰岩、安山岩質凝灰岩、安山岩質火山礫凝灰岩、安山岩溶岩、石英安山岩溶岩からなる。貫入岩類には、斑れい岩、閃緑岩、花崗閃緑岩、流紋石英安山岩などがある。

Birrimien累層群はNE-SWの走向で、60° SEに傾斜する同斜構造を示す。断層及びリニアメントには、NE-SW系、ENE-WSW系及びE-W系のものが認められる。

Séfa Nangue地区では、15条の既知鉱脈及びその平行脈のほか、多数の石英脈露頭やその転石帯を確認しているが、比較的顕著な金の鉱化帯はNo.1～No.10の鉱脈を含む東西約1,000m、南北約500mの規模をもつ中央部鉱化帯である。

中央部鉱化帯の鉱脈は、流紋石英安山岩のストックの周辺部に当たる東南部から西部にかけて分布し、鉱脈の方向性は南東部がE-W系、西部がWNW-ESE系である。連続性の良い鉱脈の走向延長は、No.1脈の550m、No.2脈の280m及びNo.10脈の210mなどで、そのほかの鉱脈では40～120mである。石英脈の幅は一般に0.5～1.5mで、鉱化母岩を含む鉱脈幅は一般に1.0～2.0mである。

露頭部の鉱脈の分析値はAu 1～5g/tを示すが、局部的にはAu 10g/t以上の高品位部もある。採掘場の鉱石の分析値は、No.1脈の西部でAu 14.7g/t、No.2脈の東部でAu 43.5g/tなどの高品位を示す。

中央部鉱化帯の鉱脈に対して12孔のボーリングを実施し、全てのボーリングで着脈した。着脈部の分析品位の平均は、No.1脈の中央部下ではAu 3.87g/t(コア幅2.75m)、No.2脈の西部下ではAu 5.65g/t(コア幅2.40m)、No.7脈の下ではAu 5.23g/t(コア幅0.6m)及びNo.10脈の東部延長部ではAu 7.43g/t(コア幅2.40m)などである。

鉍脈は石英脈とその周辺部の珪化母岩や石英細脈を伴う母岩からなり、分析結果からみて金の鉍化は石英脈の中央よりも脈際及びその周辺部の石英細脈を伴う母岩の方が顕著で高品位を示す傾向が認められる。

地化学探査の結果、中央部鉍化帯の鉍脈を反映したAu, As, Sbの各地化学異常帯が重複して顕著に現れ、同様の異常帯が既知鉍脈分布地以外にも認められる。中央部鉍化帯の北方にはAsとSbの地化学異常帯が重複して広く分布し、そのなかに小規模なAuの地化学異常帯が認められる。本地区ではAu, As, Sbの各異常が重複した地化学異常帯の分布域に鉍脈の潜在している可能性が考えられる。

調査地区の西部から南西部に点在する小規模なAu地化学異常帯は、AsやSbの地化学異常とは重複せず、金単味の鉍化帯又は二次堆積性の砂金鉍床を反映したものと推定される。

電気検層の結果では、熱水変質を受けた母岩は相対的に低見掛比抵抗を示し、この中の石英脈部は局所的な高見掛比抵抗として現われる。

電磁探査によって得られた比抵抗構造は、高比抵抗異常及び比抵抗不連続線で特徴づけられる。本地区ではNW-SE方向の比抵抗構造線が3箇所認められ、このうち中央部鉍化帯の分布域の西側にあるものが最も顕著で、中央部鉍化帯の西方への延長を規制している可能性がある。

電磁探査による異常と中央部鉍化帯との関係から、多数の石英脈を伴った鉍化帯は見掛比抵抗断面図上に高比抵抗異常又はそれに準ずる凸部の形状をした異常として現われる。このような異常帯は中央部鉍化帯の分布域からその北側及び東部に連続しており、ラテライトの下部に潜在する平行鉍脈や既知鉍脈の延長部を反映している可能性が高い。

本地区の鉍化帯のうち、中央部鉍化帯のNo. 9脈を除くNo. 1脈からNo. 10脈及び4条の平行鉍脈について、今後の探査の方向づけを行うための参考としてAu品位が0.5g/t以上を示す範囲を対象に、資源量評価を行ってみた。その結果、深度200mまでの総鉍量は約237万トン、金量は約4.8トン、平均品位は約Au2.0g/t程度と試算される。

検討した鉍脈のなかではNo. 1脈及びNo. 2脈が優勢で、No. 1脈の深度200mまでの鉍量は約44.7万トン、金量は約1.5トン、平均品位は約Au3.3g/t、No. 2脈の深度200mまでの鉍量は約28.5万トン、金量は約0.72トン、平均品位は約Au2.5g/tである。この試算結果から明らかのように、金の平均品位が低いために鉍量に比べて金量が少ない。しかし、前述したようにNo. 1脈西部及びNo. 2脈東部の採掘場から採取した鉍石の分析品位は高い値を示すことから、鉍脈中には富鉍部が潜在している可能性が考えられる。したがって、鉍脈中に数箇所の富鉍部が発見できれば稼行対象鉍山として発展する可能性がある。

調査結果から、中央部鉍化帯では、No. 10脈の北部、No. 8脈の西部、No. 2脈の南部などでは、潜頭の新鉍脈が期待され、No. 1及びNo. 10脈の東方延長部、No. 1の西方延長部、No. 2脈及びNo. 8脈の東方延長部などでは、鉍脈がさらに連続している可能性が高い。また既知鉍脈には、富鉍部の存在が期待される。

本地区南西部のNo. 12脈付近のAu地化学異常帯では、潜頭性の鉍脈または砂金鉍床の存

在が期待される。

(3) Déba地区(精査地区)

Déba地区にはSéfa Nangue地区と同様にBirrimien累層群が分布する。

本地区にはD-No.1~6の鉍脈があり、D-No.1及びD-No.2鉍脈で金の鉍化が認められるが、他の鉍脈では非常に弱い。鉍脈露頭での分析値の最高はD-No.2鉍脈でAu2.13g/t、ボーリングによるD-No.1鉍脈の下部でAu1.78g/tである。そのほかの鉍脈の分析値はいずれも低品位である。

電磁探査の結果、鉍化作用が比較的顕著で硫化鉍物の多い鉍脈のD-No.1やD-No.2鉍脈では相対的に低見掛比抵抗異常を示すが、鉍化作用が弱く硫化鉍物の少ないD-No.3脈では高見掛比抵抗異常を示している。

D-No.5の石英脈転石帯の東部及びD-No.1鉍脈の西方約1km付近の低見掛比抵抗異常は、Au地化学異常帯の分布と良く一致し、鉍化帯と関係する低見掛比抵抗異常と推定される。

本地区の鉍脈では顕著な金の鉍化部が認められないため、今後の調査に対する優先順位は低いと考えらる。しかし、金鉍脈では富鉍部が偏在していることも考えられるため、電磁探査の低見掛比抵抗異常帯や既知鉍脈下部に対する探鉍が必要であろう。

(4) 鉍床賦存有望地区

①Libiri鉍化帯地区：鉍化帯の規模が大きく、Au, As, Sbの地化学異常及び第1主成分高得点異常帯が重複しており、既知鉍床周辺部に潜頭鉍床が期待される。

②Koukou Djongou鉍化帯地区：①と同様に、鉍化変質帯と有望な地化学異常帯が重複しており、既知鉍床周辺部に潜頭鉍床が期待される。

③Tchalkam鉍化帯地区：①、②と同様に、鉍化変質帯と有望な地化学異常帯が重複しており、既知鉍床周辺部に潜頭鉍床が期待される。

④Séfa Nangue地区：金の鉍化が顕著な鉍脈が多数存在し、有望な地化学異常帯及び電磁探査による見掛比抵抗異常帯が認めらるほか、ボーリングでも有望な鉍徴を得ていることから、既知鉍脈中に富鉍部が存在することや、既知鉍脈の周辺部に潜頭鉍脈が期待され、鉍山開発につながる可能性がある。

⑤Mbang地区：Mbang及びKongo Mbang両鉍化帯が分布し、これらには顕著な金の鉍化が認められる。また、既知鉍化帯に重複して有望な地化学異常帯が広範囲にわたって抽出され、この異常帯は更に地域外北東に連続する可能性があり、潜頭鉍床が期待される。

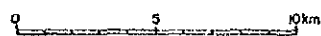
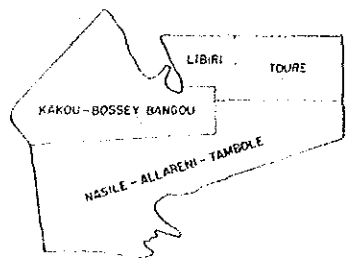
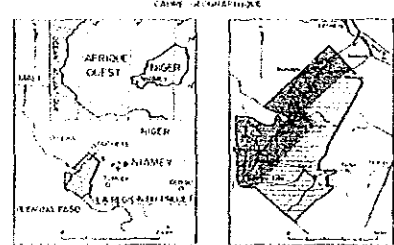
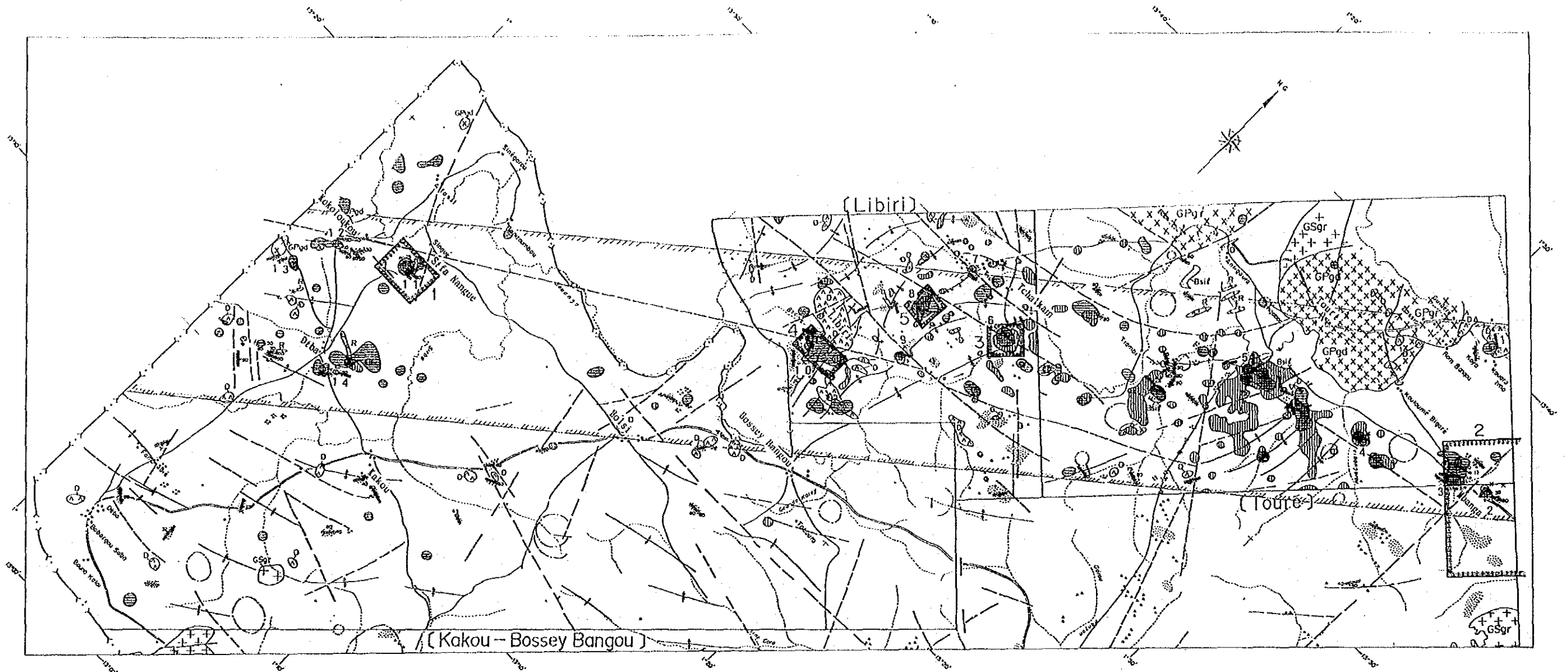
5-2 将来への提言

リプタコ地域での日本国政府による技術協力プロジェクトは、1989年度に開始され1991年度の調査をもって終了したが、3ケ年の調査によって明らかになった鉍化帯のうち、鉍床賦存有望地区として抽出された5地区に対して、更に精密な鉍床調査を継続することが望ましい（図10.11.13）。

今後、調査を実施すべき地区を優先順位を付して以下に列記し、各地区での調査方法及び調査目的を併せて示した。

表 6 将来への提言

優先順位	地区名	調査方法	調査目的
1	Séfa Nangue 地区	ボーリング調査 トレンチ調査	* 潜頭富鉍部の探査 * 平行鉍脈の探査 * ラテライト下部の探査 * Auの地化学異常帯探査
2	Mbanga地区	鉍床調査 地化学探査（精査） 物理探査 ボーリング調査	* 鉍床規模、鉍況調査 及び潜頭鉍床調査
3	Tchalkam鉍化帯地区	地質・鉍床調査（精査） 地化学探査（精査）	* 鉍況調査及び潜頭鉍床調査
4	Libiri鉍化帯地区	地質・鉍床調査（精査） 地化学探査（精査）	* 鉍況調査及び潜頭鉍床調査
5	Koukou Djongou 鉍化帯地区	地質・鉍床調査（精査） 地化学探査（精査）	* 鉍況調査及び潜頭鉍床調査



LEGENDE

- Rhyolite
- Dolérite
- Granulites à amphibole et biotite
- Granites à biotite et amphibole
- Granites syncinématiques
- Groupe Birrimien (Roche pelitique, Amphibolite, Andésite)
- Linéament (faible)
- Structure de circulaire
- Axe anticlinal
- Axe synclinal
- Filon de quartz et zones altérées
- Blocs de filon de quartz
- Roche siliceuses
- Or du placier

- Gisement
- | | |
|-----------------|--------------------|
| 1: Kala | 8: Koukou Djongou |
| 2: Mbanga | 9: Maka |
| 3: Kongo Mbanga | 10: Libiri |
| 4: Kongo Loude | 11: Sefa Nangue |
| 5: Toure | 12: Kokoloukou |
| 6: Tchalkam | 13: Kokoloukou Sud |
| 7: Tiawa | 14: Deba |

Le domaine global de la minéralisation

Anomalie géochimique

- Libiri Au \geq 40ppb
- Touré, Kakou-Bossey Bangou Au \geq 42ppb

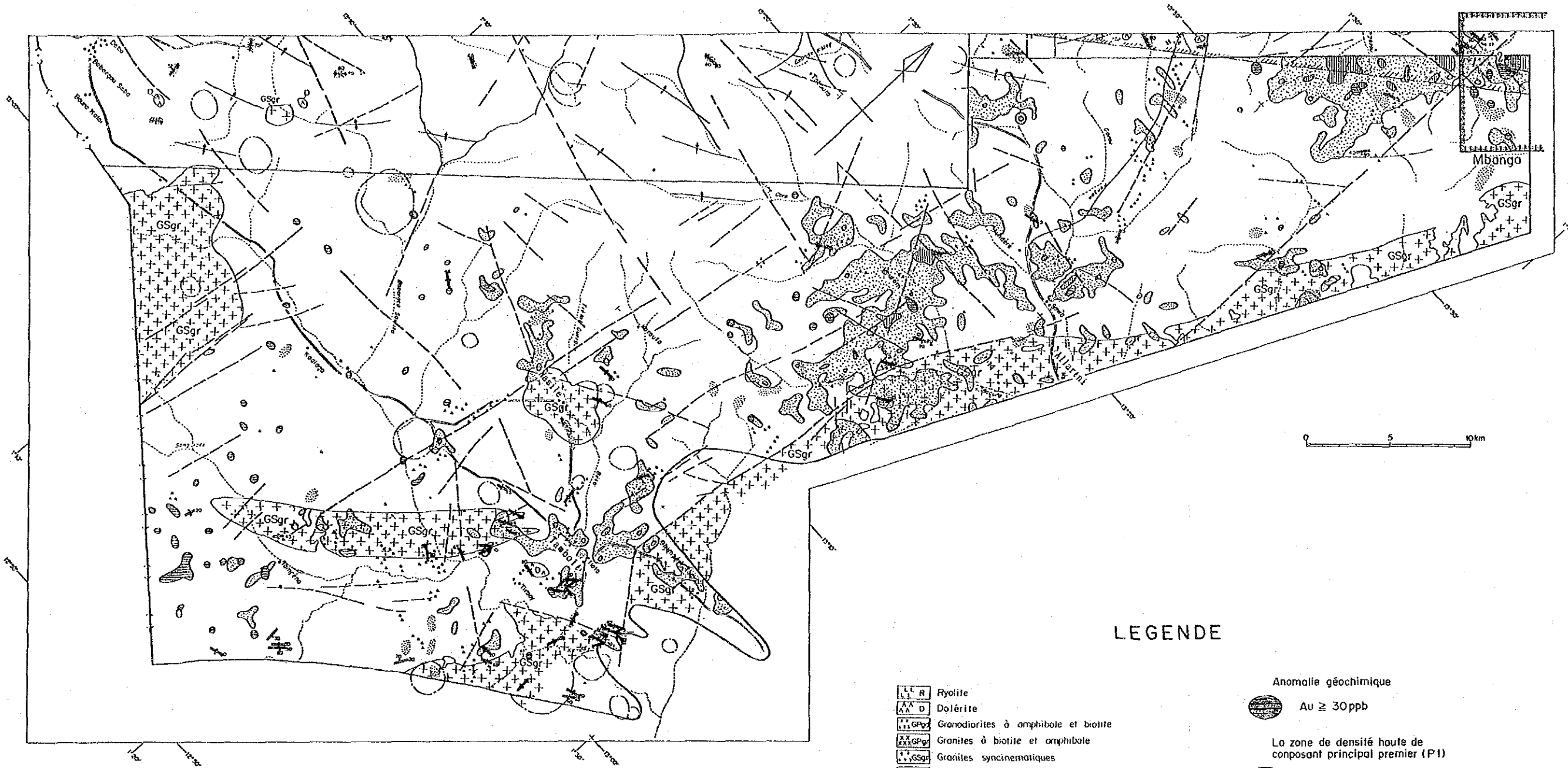
La zone de densité haute de composant principal premier (P1)

- Libiri P1 \geq 2.50
- Touré, Kakou-Bossey Bangou P1 \geq 4.33

Secteurs plus favorables pour gisement d'or

- 1 Sefa Nangue
- 2 Mbanga
- 3 Tchalkam
- 4 Libiri
- 5 Koukou Djongou

图10 Touré·Libiri·Kakou-Bossey Bangou地区綜合解析結果圖



LEGENDE

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> Rhyolite Dolérite Granodiorites à amphibole et biotite Granites à biotite et amphibole Granites syncinématiques Groupe Birrimien (Roche pelitique, Amphibolite, Andésite) Linéament (faille) Structure de circulaire Axe anticlinal Axe synclinal Filon de quartz et zones altérées Blocs de filon de quartz Roche siliceuses Or du placier | <ul style="list-style-type: none"> Anomalie géochimique Au \geq 30ppb La zone de densité haute de composant principal premier (P1) P1 \geq 4.50 (score de facteurstime) 4.50 > P1 \geq 1.80 (score de facteurstime) Secteurs plus favorables pour gisement d'or |
|--|---|

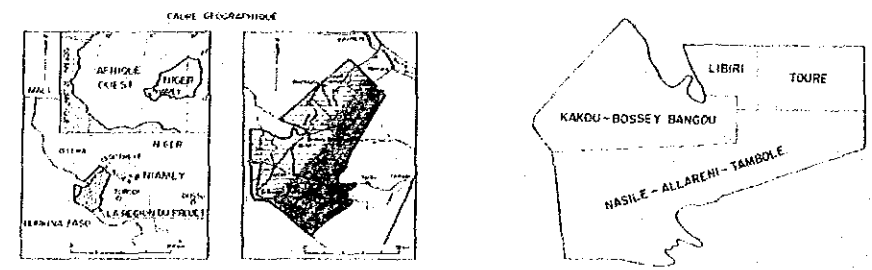


图 11 Nasile-Allarèni-Tambolé地区総合解析結果図

SEFA NANGUE

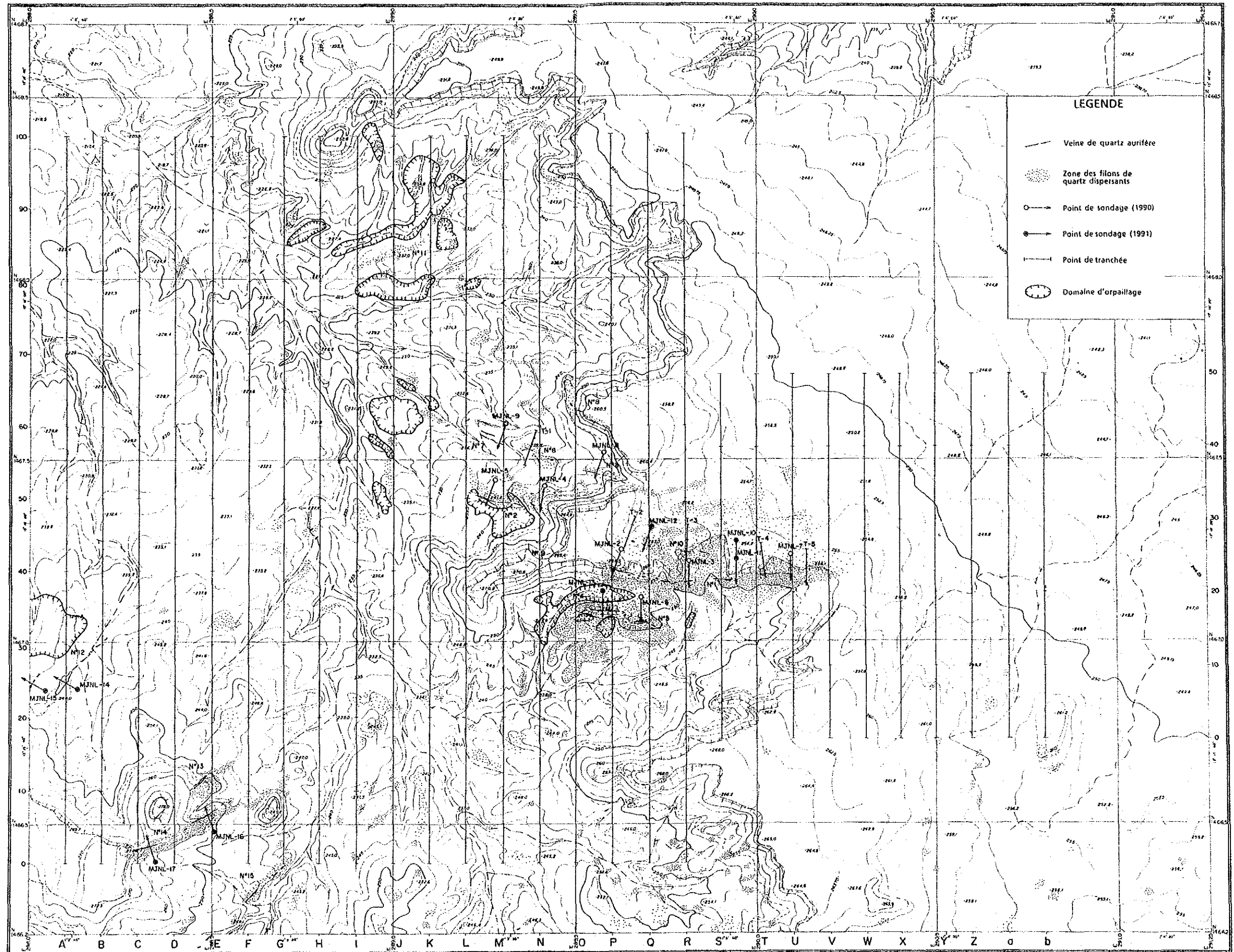


图12 Séfa Nangue 地区鉱床分布图

SEFA NANGUE

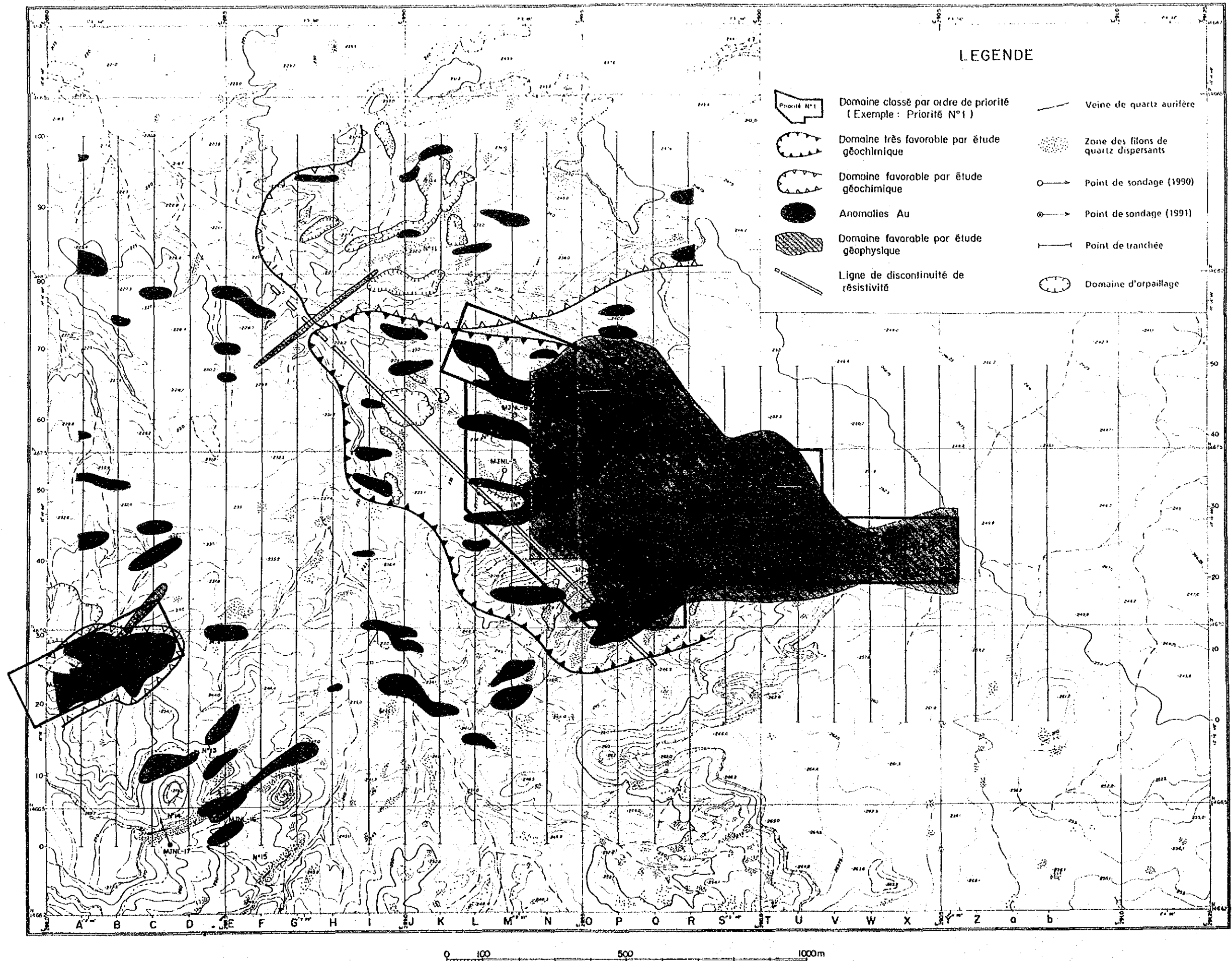


图13 Séfa Nangue地区総合解析結果図

第Ⅱ部 各 論

第Ⅱ部 各論

第1章 ランドサット画像解析

1-1 概要

ランドサットTM画像を用いて写真地質学的判読作業を行い、広域的な地質構造の解析に資した。解析結果は現地調査指針の策定と鉱床賦存状況の考察のための基礎資料として利用された。

1-2 解析方法

解析に利用した画像は次のとおりである。

- a) Path-row: 193-051
- b) 縮尺: 1:100,000
- c) 撮影時間: 1988年2月3日

解析のために作成した画像は、7・5・4バンドに赤・緑・青を割り当てたフォルスカラー画像、及び7/6・5/4・6/4の各バンド比に赤・緑・青を割り当てた比画像である。

解析は次の手順で行った。

- (1) まず、フォルスカラー画像を用いて (a)色調、(b)肌理、(c)線構造(片理・層理)の有無、(d)形態、(e)拡がり、(f)河川パターンなどに基づいて、調査地域を16の画像ユニットに区分し、同時にリニアメント・円形構造の抽出を行った。なお、これらの作業には比画像を補助的に用いた。
- (2) 次にこの結果をMachens, E. (1967)の地質図と対比し、各画像ユニットの評価を行い、同時にクランドトルス観察地点を選んだ。
- (3) 以上の結果を、空中写真判読結果やグランドトルス結果を用いて、総合的に再解析し、本地域の地質構造を考察した。

1-3 解析結果

1-3-1 画像ユニットの評価

画像判読基準とその評価を表7に、判読結果図を図14にそれぞれ示す。各画像ユニットの特徴は次のとおりである。

(1) 画像ユニットL(走向山稜)

調査地域の中央部から北部にかけて広く分布する。特徴的な暗緑色の色調(フォルスカラー画像:以下色調は特に断らないかぎりフォルスカラー画像の色調を示す)を示し、他のユニットとの区別は容易である。

周囲の平坦部から突出した台地状山体をなす。地域中央部ではこの山体が群れをなし、全体として縞模様の分布を示す。サブシーンA画像左端中央部と下端(いずれも調査地域

外)に見られる褶曲構造との比較から、これらの山体群が、差別的侵食によって形成された走向山稜で、複雑な褶曲構造を有していることが読み取れる。

(2) 画像ユニットL-B, (走向山稜, 第三系?)

調査地域の北部に広く分布する。画像ユニットLに類似した特徴を示すが、色調が淡褐色を帯びること、分布に規則性がなく褶曲構造が明らかでないことなどの違いがある。

全体の特徵から、上述の走向山稜の侵食の更に進んだものと考えられる。Machens, E. (1967)の地質図では一部のものを第三系 (Continental Terminal) としている。

なお、現地調査の結果、画像ユニットLとL-Bはラテライト化した、全体が比較的密度の高い植生で覆われた平坦な山頂を有する台地状山体であることが確認された。

(3) 画像ユニットG (火成岩体)

凹凸の肌理を持ち、孤立したインゼルベルグ (準平原面の削剥から取り成された残丘) を示したり、それらが走向沿いに連なり走向山稜に類似した地形をなしたりする。後者の場合、走向山稜(L)の分布から推定される褶曲軸の両翼に分布することがある。また、円形構造の中心部付近に認められることもある。現地踏査の結果、角閃岩、安山岩～玄武岩溶岩、花崗質岩の小貫入岩体などがこの画像ユニットに相当することが判明したが、ランドサット画像だけからでは、そのうちのどれに相当するのか判断できない。

(4) 画像ユニットS (片岩)

一方向に伸びる線状構造で特徴づけられる。線構造の伸びの方向は現地で測定した片理構造 (一部で層理) に完全に一致した。

(5) 画像ユニットLBP (花崗岩類)

桃色を帯びた淡褐色の色調と、同心円状の河川パターンにより、特徴づけられる。Touré付近とBoukagou付近の花崗質岩の分布域に一致する。

(6) 画像ユニットP (角閃岩, ホルンフェルス?)

調査地域北部で上述の画像ユニットLBPの周辺を取り巻くように分布するほか、西部に不規則な円形構造をなし、孤立した分布を示す。現地調査の結果、前者はホルンフェルスの露出域を示す可能性が高く、後者は角閃岩の分布域に一致した。

(7) その他

その他の画像ユニットは、砂地が白色系、植生が緑色系、ラテライトが褐色系の色調を呈することから (現地調査結果)、それらが組み合さり、それぞれの分布の多少により各種のユニット (W, O, B, Y, GS, LBO, GSB, LB) を形成していると考えられる。大部分のユニットと地質との対応は明らかではないが、ユニットOは後背地に塩基性岩体が存在する場合が多い。また、画像ユニットYのうち、径1km程度の円形構造の集合域は花崗岩の分布域を表わしている (クランドツールズ結果)。

1-3-2 リニアメント

ランドサット画像及び空中写真から判読したリニアメントを図15に、そのローズダイヤ

グラムを図16にそれぞれ示す。ローズダイアグラムでは、北半球に頻度、南半球に総リニアメント長(km)を表示してある。これらのことから以下のことが読み取れる。

(1) リニアメントは地域全体にほぼ一様に分布しており、分布密度は岩相(地層)による規制は受けていない。

(2) ランドサット画像によるリニアメントの方向は、NNE-SSW系、NE-SW系、E-W系が卓越し、次いでNNW-SSE系が多く、NW-SE系はほとんど見られない。

(3) これに対し、空中写真ではNNE-SSW系リニアメントの発達が著しく、ランドサット画像に比べて頻度・延長共に劣るが、次いでNE-SE系が多く、ランドサット画像に卓越するE-S系、NNW-SSE系はほとんど見られない。空中写真に比べてランドサット画像では相対的に長大なリニアメント(大構造)を抽出し易いと考えられるので、ランドサット画像で卓越するE-W系、NNW-SSE系、及びNE-SW系の一部は比較的規模の大きな断裂を示している可能性がある。

(4) 上述のE-W系リニアメントのなかに左横ずれのセンスを持つことが読み取れるものがある。このことから、E-W系(左横ずれ)とNE-SW系(右横ずれ?)リニアメントは圧縮主応力軸がENE-WSW方向の広域応力場で形成された断層を示す可能性がある。

(5) NNE-SSW系リニアメントのなかに基盤の花崗質岩の分布を規制しているものがあり、比較的規模の大きい断層を示している可能性がある。

表 7 画像判読基準表

Abreviation	Tonalité	Finesse	Linéament	Apparence		Système fluvial	Tonalité d'image du ratio	Estimation	Note
				Figure	Dimension				
L	Vert foncé	Granulaire (fine)	±	Zonal - arc	Grand - Petit		Bleu	Chaîne de direction	
L-B	Vert clair - brun clair verdâtre	Granulaire (fine un peu)	-	Zonal - arc irrégulier	Grand - Petit		Orange bleutré	Chaîne de direction Tertiaire?	
G	Brun foncé verdâtre - vert foncé	Rugueux	±	Isolé Zonal	Petit		Bleu clair	Massif de roche magmatique	Tectonique circulaire ±
S	Vert foncé - brun verdâtre	Linéaire	+	Zonal	Petit		Bleu clair - bleu	Schiste	
LSP	Brun clair orangéâtre	Taché	-		Grand	Concentrique	Orange	Roche granitique	Tectonique circulaire ±
P	Violet	Granulaire	-	Zonal - arc	Petit	Méandre dendritique	Rouge voilé	Amphibolite cornéenne	Tectonique circulaire ±
W	Blanc	Lisse - taché	-	Zonal	Grand - Petit	Dendritique	Orange foncé	Terrain sableux	
O	Orange clair	Lisse	-	Isolé	Petit		Orange	Terrain sableux	Roche basique ou latéritisée
B	Brun verdâtre	Taché	-		Grand - Petit	Dendritique	Bleu clair orange	Latérite	
Y	Blanc jaunâtre	Lisse - taché	-		Grand - Petit	Dendritique	Orange	Terrain sableux	Tectonique circulaire ±
GS	Vert brunâtre	Granulaire	-		Grand	Dendritique	Bleu clair, brun	Arbre, arbre + latérite	
LBO	Brun clair orangéâtre	Lisse - taché	-		Grand - Petit	Dendritique	Orange	Terrain sableux + arbre	
GSL	Vert brunâtre	Granulaire + linéaire	+		Grand - Petit	Parallèle	Bleu foncé orange	Schiste + arbre	
GSS	Brun verdâtre	Granulaire	+		Grand	Dendritique	Brun bleutré - Orange bleutré	Latérite + arbre	
LB	Brun clair	Lisse	-		Grand - Petit	Dendritique	Jaune clair	Sable + (latérite)	
R	Bleu - Bleu foncé	-	-				Violet foncé	Ruisseau	

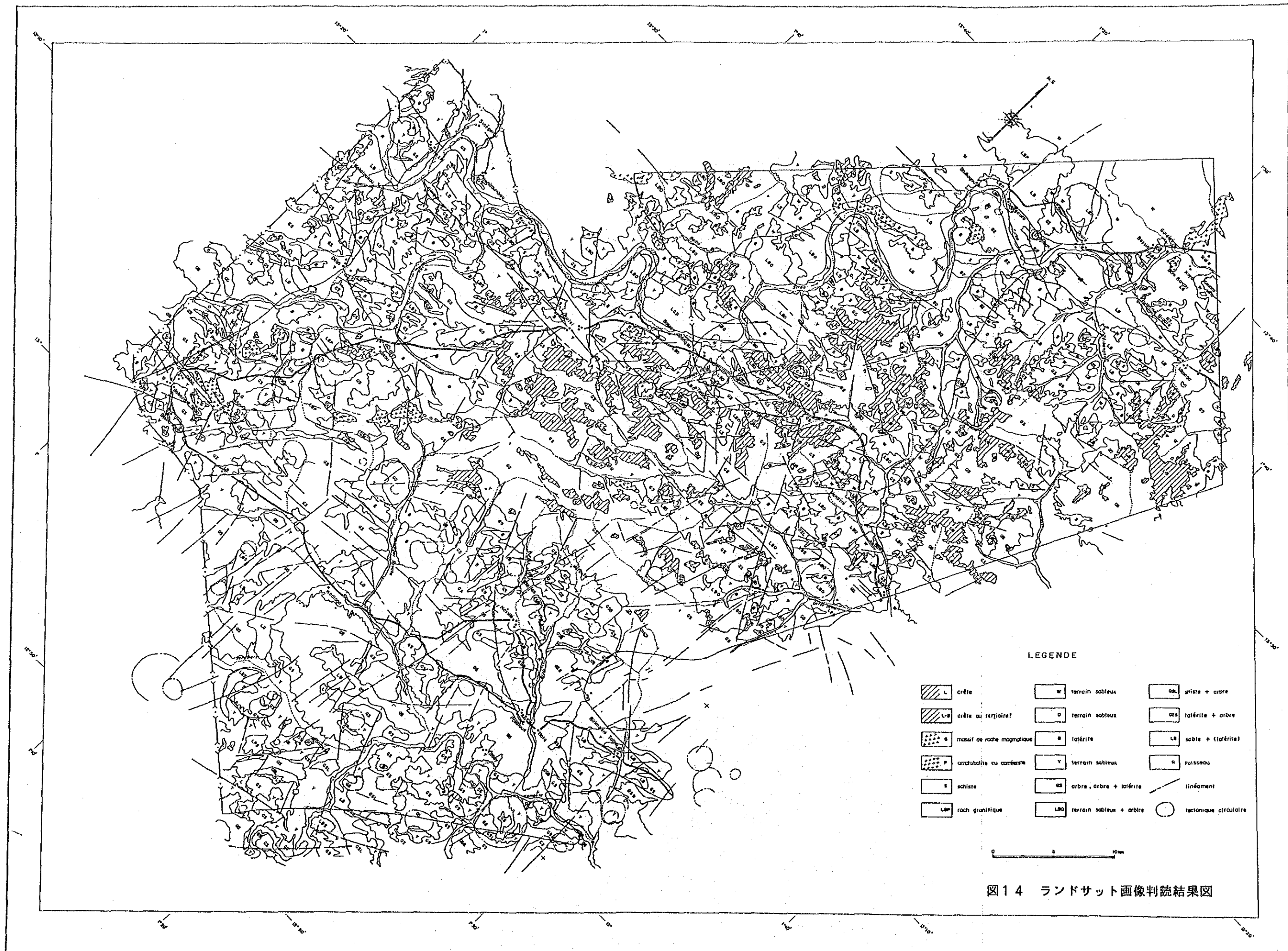


图14 ランドサット画像判読結果図

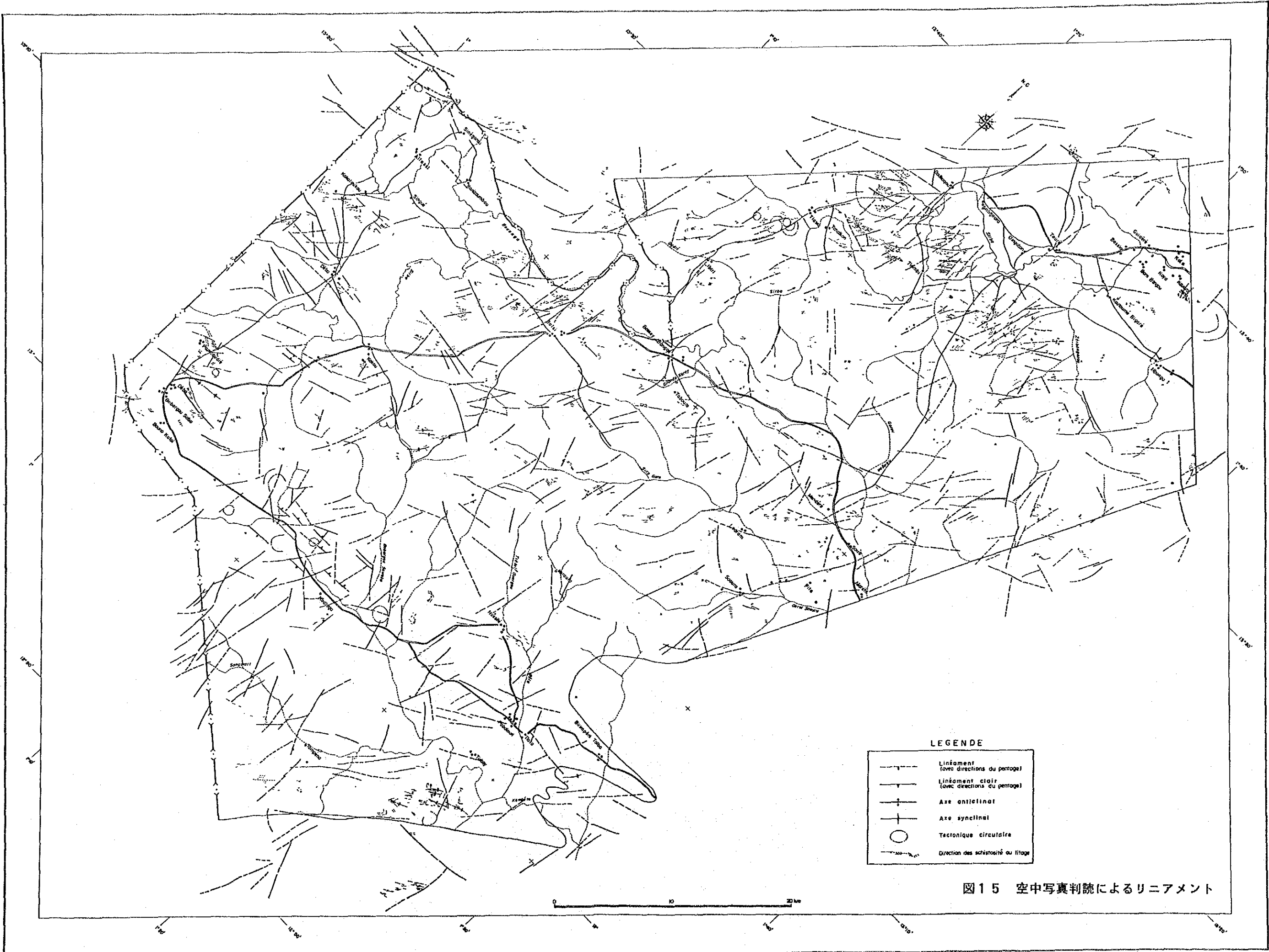


図15 空中写真判読によるリニアメント

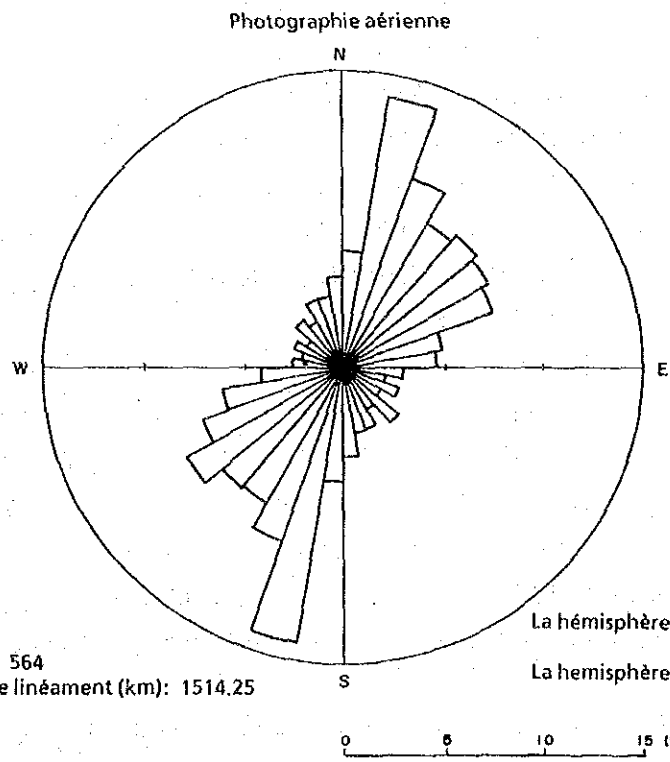
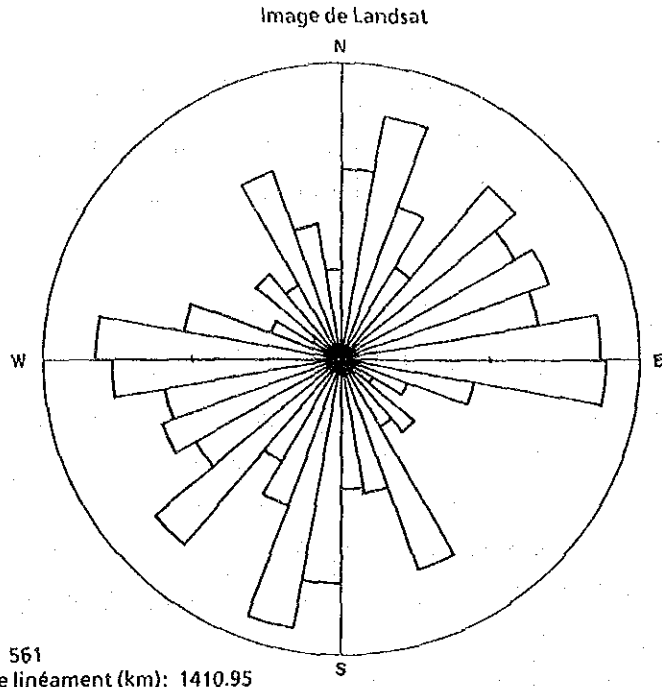


図 16 ローズダイヤグラム