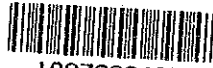


マダガスカル民主共和国南部地域

# 資源開発協力基礎調査報告書

第1年次

JICA LIBRARY



1097832(8)

23731

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

23731

## はしがき

日本国政府はマダガスカル民主共和国政府の要請に応え、同国南部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、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3年度が第1年次にあたり、衛星画像解析及びその解析に供するための既存資源情報のとりまとめを日本国内で実施した。本報告書はこの解析結果をまとめたもので、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御協力をいただいたマダガスカル民主共和国政府関係機関ならびに外務省、通商産業省、在マダガスカル民主共和国日本大使館及び関係各位の方々に衷心より感謝の意を表するものである。

平成4年2月

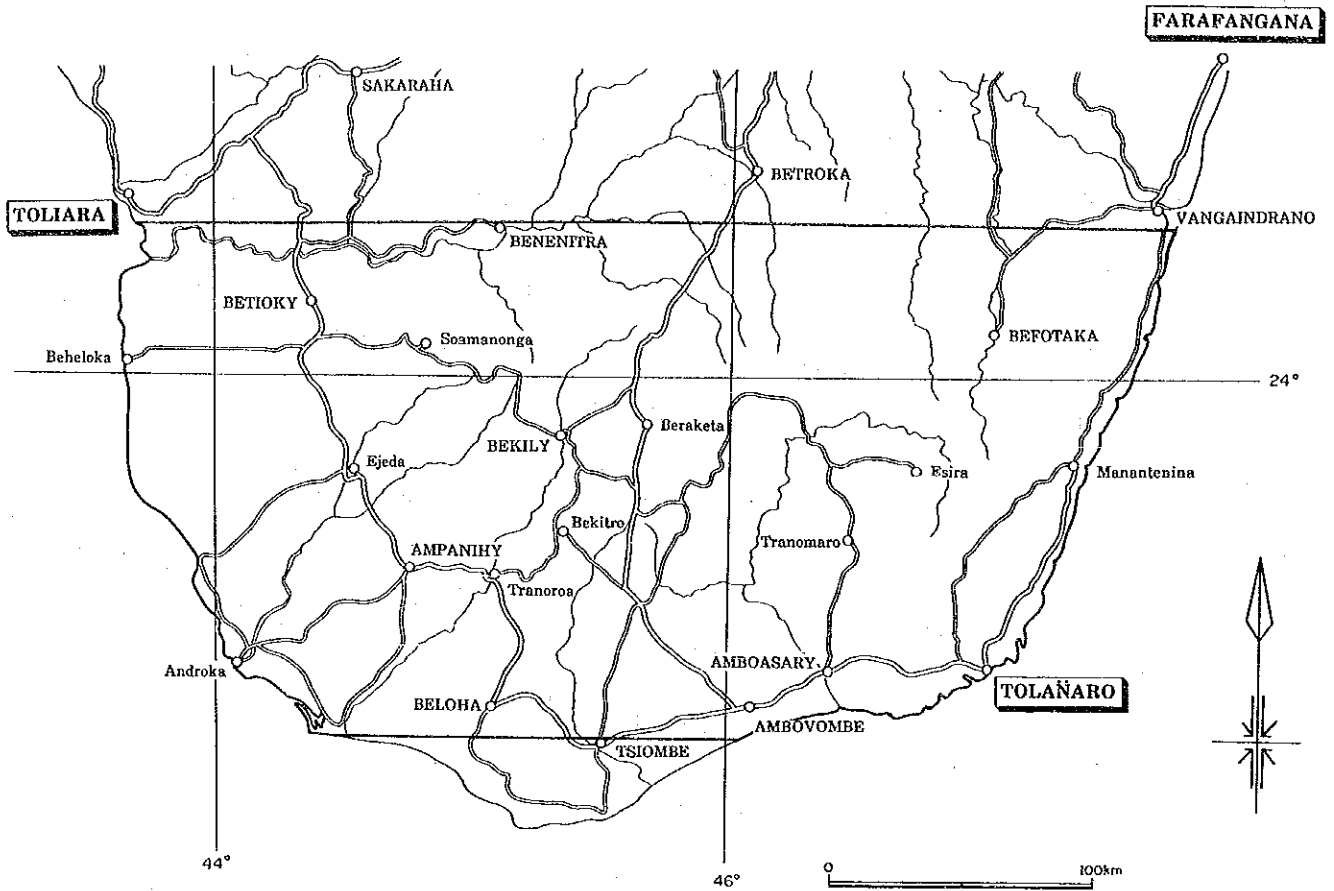
国際協力事業団

総 裁 柳 谷 謙 介





金属鉱業事業団

理事長 福 原 元 一

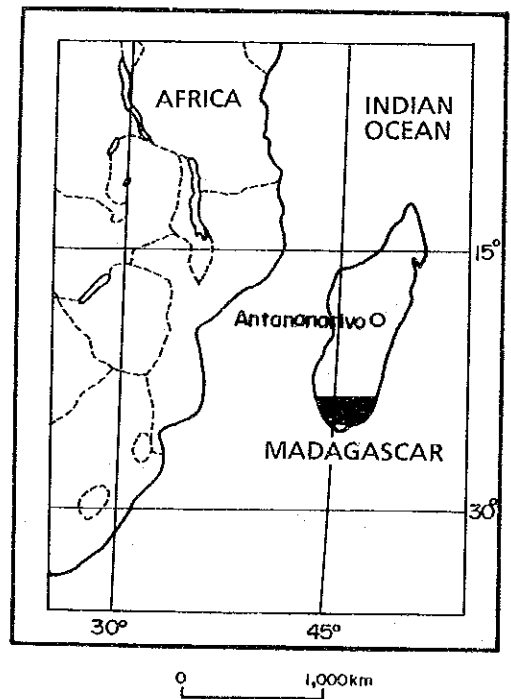




**LEGEND**

-  Survey Area
-  Road
-  City, Town
-  River

**INDEX MAP**



**Fig. 1** Location map of survey area



## 要 約

本調査はマダガスカル民主共和国政府の要請を受けて、日本国政府が鉱物資源調査を実施するものであり、1991年6月19日付で締結したScope of Workに基づいて実施された。

本調査の目的は、マダガスカル民主共和国南部地域において、地質状況を解明することにより、鉱床賦存状況を把握することである。このため、本年度は日本国内で入手可能な資源関連資料を収集解析し、この解析結果を利用して衛星画像解析を行い、調査地域の広域的な地質構造及び鉱化作用を把握した。具体的には、マダガスカル民主共和国南部の南緯23度27分と南緯25度22分に挟まれる面積約66,300km<sup>2</sup>の範囲について、既存資料のコンパイルとLANDSATのTM画像解析を次年度以降に予定されている現地調査に先立って実施した。調査の内容は次のとおりである。

調 査 内 容	調 査 数 量
既存資料コンパイル	地質図（縮尺 1/200万）1葉，地質図（縮尺1/10万）12葉， 鉱床・鉱徴分布図（縮尺1/50万）4葉
LANDSAT TM画像解析	6フルシーン（縮尺1/50万）

解析結果は以下のとおりである。

### (1) 既存資料コンパイル

本調査地域内の地質は、先カンブリア界を基盤とし、二疊紀から完新世に至る各地質時代の地層から構成されている。これらの地層は、島の伸長方向である南北方向に分布するが、中央高地を形成する先カンブリア界を覆って、島の西側では二疊系から完新統までの地層が幅広く分布するのに対し、東側では白亜系及び完新統が東海岸に沿って狭く分布するという非対称的な構造を示している。本調査地域には、ブラックサンド、石墨、金雲母、貴石類、ウラノトリアナイト、金、銀、銅、亜鉛、鉄、クロム、カオリン、ボーキサイトなどの鉱床・鉱徴が分布している。これらのうちウラノトリアナイト鉱床と一部の金雲母鉱床、金・銀・銅・亜鉛鉱床がかって採掘されたが、ほとんどの鉱床・鉱徴は探鉱が十分なされていないために鉱山として操業されるに至っていない。現在は、金雲母、貴石類が小規模に採掘されている程度である。

当地域の代表的な鉱床・鉱徴地は以下のとおりである。

Tolanaro (Fort-Dauphin) 周辺地区：インド洋に面した砂丘及び現在の海岸線にモナズ石、チタン鉄鉱、ルチル、ジルコンを含むブラックサンドからなる多数の鉱床群が形成されている。また、Manantenina にはボーキサイト鉱床が存在する。



Tranomaro周辺地区：貴石（コランダム）、金雲母、ウラノトリアナイト、錫石などの鉱床・鉱徴が知られている。

Bekitro周辺地区：金雲母、マンガン、貴石類（緑柱石、ザクロ石）、チタン鉄鉱などの鉱徴が知られている。金雲母鉱床は、Androyen系の輝岩中のペグマタイト鉱床で層状またはレンズ状に胚胎している。

Ampanihy周辺地区：貴石（ルビー、ザクロ石など）、石墨、金雲母、チタン鉄鉱、銅、マンガン、カオリンなどの鉱徴が知られているが、現在稼働しているのは貴石採掘場のみである。

Beraketa北方地区：金雲母の鉱床・鉱徴が知られている。金雲母鉱山はMarovalala鉱山、Ampandramdava 鉱山及びAmbararata鉱山などで1900年代初頭から1940年頃まで採掘された。本地区には、このほか石墨、ウラノトリアナイト及び緑柱石の鉱徴が分布している。

Soamanonga周辺地区（Vohibory地区）：本地区には、金、銀、銅、亜鉛、マンガンの鉱徴が知られており、Besakoa鉱山などでは植民地時代に採掘が行われた。また、本地区に分布するKaroo系のSakos層群は石炭層を含む。

## (2) LANDSAT TM画像解析

6シーンのLANDSAT TMデータをCCTの形で入手し、バンド2、3、4を青、緑、赤に配色したりニアストレッチ及びエッジ強調処理を施したフォールスカラー画像を作成した。これらの画像を写真地質学的に解析した結果、29の地質単元に分類できた。また、地質的に興味ある構造として、調査地域中央部東寄りに、南北約70km東西約45kmの楕円形の複合貫入岩体が分布し、岩体の北～北東側を取巻くように、明らかな陥没構造が認められる。このような大規模な火成活動は、鉱床形成に関連した可能性もあり、精査対象として、興味深い。

マダガスカル民主共和国南部地域  
平成3年度資源開発協力基礎調査(第1年次)報告書

目 次

はしがき	
調査位置図	
要 約	
第1章 調査概要	1
1-1 調査の経緯及び目的	1
1-2 第1年次調査の範囲及び作業の概要	1
1-3 調査期間及び調査団の編成	2
第2章 調査地域の地理	5
2-1 位置及び交通	5
2-2 地形及び水系	5
2-3 気候及び植生	5
第3章 調査地域の既存地質情報	7
3-1 既往調査の概要	7
3-2 マダガスカル民主共和国南部の地質・鉱床概要	7
3-3 調査地域の地質各論	9
3-4 調査地域の鉱床と鉱業略史	13
第4章 衛星画像判読	17
4-1 使用データ及び作業方法	17
4-2 判読単元	17
4-3 構 造	21
第5章 結論及び提言	23
5-1 結 論	23
5-2 第2年次調査への提言	24
参考文献	27

## List of Figures

- Fig. 1 Location map of survey area
- Fig. 2 Geological map of the southern area of Democratic Republic of Madagascar (1:2, 000, 000)
- Fig. 4-1 LANDSAT TM mosaic of the southern area of the Democratic Republic of Madagascar
- Fig. 4-2 Geological interpretation map of LANDSAT TM false color imagery (1:1, 000, 000)

## List of Tables

- Tab. 3-1 Relations between formations and ore deposits
- Tab. 4-1 LANDSAT data for geological interpretation
- Tab. 4-2 Geological units of interpretation map

## List of Plates

- PL. 3-1- 1 Geological map and profile of the Manakarahy district (1) (1:100, 000)
- PL. 3-1- 2 Geological map and profile of the Ampanihy district (2) (1:100, 000)
- PL. 3-1- 3 Geological map and profile of the Tranoroa district (3) (1:100, 000)
- PL. 3-1- 4 Geological map and profile of the Bekitro district (4) (1:100, 000)
- PL. 3-1- 5 Geological map and profile of the Imanombo district (5) (1:100, 000)
- PL. 3-1- 6 Geological map and profile of the Mahaly district (6) (1:100, 000)
- PL. 3-1- 7 Geological map and profile of the Esira district (7) (1:100, 000)
- PL. 3-1- 8 Geological map and profile of the Tranomaro district (8) (1:100, 000)
- PL. 3-1- 9 Geological map and profile of the Andranondambo district (9) (1:100, 000)

- PL. 3-1-10 Geological map and profile of the Ranomafana du Sud district (10)  
(1:100,000)
- PL. 3-1-11 Geological map and profile of the Sainte Luce district (11)  
(1:100,000)
- PL. 3-1-12 Geological map and profile of the Fort-Dauphin (Tôlanaro) district (12)  
(1:100,000)
- PL. 3-2- 1 Location map of mineral deposits and showings  
in the Tuléar district (1) (1:500,000)
- PL. 3-2- 2 Location map of mineral deposits and showings  
in the Ampanihy district (2) (1:500,000)
- PL. 3-2- 3 Location map of mineral deposits and showings  
in the Farafangana district (3) (1:500,000)
- PL. 3-2- 4 Location map of mineral deposits and showings  
in the Fort-Dauphin district (4) (1:500,000)
- PL. 4-1 Geological interpretation map of LANDSAT TM false color imagery  
(1:500,000)



## 第1章 調査概要

### 1-1 調査の経緯及び目的

マダガスカル民主共和国の国土は、約59万km<sup>2</sup>の広さを有し、その地質は国土の2/3が先カンブリア時代の火成岩類、変成岩類からなり、残り1/3は二疊紀以降の堆積岩類、火成岩類からなる。各種の鉱物資源に恵まれているが、インフラストラクチャーの未整備、資本不足から、その開発はほとんど進んでいない。現在生産されている鉱物資源はクロム鉄鉱、金雲母、石墨、貴石類（ルビー、ザクロ石、緑柱石など）であるが、そのほかに鉄、石炭、ウラントリアナイト、ニッケル、ボーキサイト、チタン鉄鉱、ニオブ・タンタル鉱物、金、錳、鉛、亜鉛などの鉱徴が知られている。フランス統治時代以降地質調査、鉱床探査が進められており、Direction of Mines and Geology ; DMG（鉱山地質局）による資源開発調査により、Andriamenaクロム鉄鉱床、Soalala鉄鉱床、Manantenina ボーキサイト鉄鉱床などの鉱床が発見されている。

本調査はマダガスカル民主共和国政府の要請を受けて、日本国政府が鉱物資源調査を実施するものであり、1991年6月19日付で締結したScope of Workに基づいて実施された。

本調査の目的は、マダガスカル民主共和国南部地域において、地質状況を解明することにより、鉱床賦存状況を把握することである。このため、本年度は日本国内で入手可能な資源関連資料を収集解析し、この解析結果を利用して衛星画像解析を行い、調査地域の広域的な地質構造及び鉱化作用を把握した。

### 1-2 第1年次調査の範囲及び作業の概要

#### 1-2-1 調査対象範囲

調査対象地域は、Fig. 1 に示すように、マダガスカル民主共和国南部の南緯23度27分と南緯25度22分に挟まれる面積約66,300km<sup>2</sup>の範囲である。

#### 1-2-2 既存資料コンパイル

本地域の地質・鉱床に関する資料を収集し、調査地域のうち入手できた地質図及び鉱床・鉱徴分布図のコンパイルを行った。また、調査地域に見られる地質単元、鉱床・鉱徴についてとりまとめた。

#### 1-2-3 衛星画像解析

調査地域をカバーするLANDSAT衛星画像6シーンを雲量などを考慮して解析に最も適したシーンを選定し、CCTの形で入手した。このCCTをSUN SYSTEMで処理し、フォールス・

カラー画像を作成した。この画像の写真地質学的判読を行い、判読図を作成した。

### 1-3 調査期間及び調査団の編成

#### 1-3-1 調査期間

既存データのコンパイル及び衛星画像解析は平成3年7月26日から平成4年2月20日にかけて実施した。

項 目	1991						1992		
	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
調査計画の作成準備	26	2							
衛星画像解析		3				31			
既存データコンパイル		3				31			
報告書作成					6			20	

#### 1-3-2 調査団

本プロジェクト設立のための計画、折衝ならびに第1年次調査に参加した調査員は次のとおりである。

##### 調査計画及び折衝

##### 日本側調査計画及び折衝

山口洋一	団 長	金属鉱業事業団理事
小山恭一	総合調整	金属鉱業事業団海外部計画課長
朝日 弘	鉱業政策	通産省資源エネルギー庁鉱業課
中野 則夫	協力政策	外務省経済協力局開発協力課
両角春寿	調査計画	金属鉱業事業団海外部計画課
岡本信行	協力計画	国際協力事業団資源調査課
山本恭久	地質鉱床	金属鉱業事業団ナイロビ事務所長（現地参加）

##### マダガスカル民主共和国側調査計画及び折衝

Dauphin ANDRIAMBOLOLONA, Directeur des Mines et de la Géologie, MIEM  
 Jeannot RASOANAIVO, Chef du Service de la Géologie, DMG/MIEM  
 Arvilson FITAHIANISOA, Chef du Service des Projets Miniers, DMG/MIEM  
 Ranaivoarivelo ANDRIAMANANTENA, Ingénieur Géologue, DMG/MIEM  
 Vololona RAKOTONOMENJANAHARY, Ingénieur Géologue, DMG/MIEM

調査員

福元勝治	技術責任者，解析総括，既存データ解析	三井金属資源開発株式会社
河野愛	衛星画像解析，既存データ解析	三井金属資源開発株式会社
柴田精久	既存データ解析	三井金属資源開発株式会社
家城康二	衛星画像解析	三井金属資源開発株式会社
阿達一宏	衛星画像解析	三井金属資源開発株式会社
原田陽夫	既存データ解析	三井金属資源開発株式会社





## 第2章 調査地域の地理

### 2-1 位置及び交通

マダガスカル民主共和国は、アフリカ東海岸からモザンビーク海峡を隔てて東方 350kmに位置するインド洋上の島国である。大きさは、南北 1,580km, 最大幅 560km, 総面積約59万km<sup>2</sup>で日本の約 1.6倍に相当する。その位置は南緯12° から南緯26° 間にあり、南回帰線の南北に跨がる熱帯圏に属する。調査地域は、その南部にあって南緯23度27分と南緯25度22分に挟まれる地域である。

調査地域の北西方のToliaraと首都のAntananarivoとの間の空路は、金曜日を除き週7便ある。また、調査地域南東部のTolaïaroと首都の間は月・水・土曜日を除き週4便ある。ToliaraとTolaïaro間、ToliaraとAmpanihy及びBekily間の空路は、週1便ないし2便ある。

東側山岳地帯は道路の発達が悪いが、そのほかの地域は主要都市を結ぶ道路がある。ただし、Toliaraから北東70kmのSakarahaまでと、Tolaïaroから西方 110kmのAmbovombeまでは舗装されているが、そのほかは未舗装である。

### 2-2 地形及び水系

マダガスカル全島の地形は、東海岸側が山岳地帯を形成し、中央部の高原を経て西側に向かうにつれて高度が下がる。南部地域の地形もこの傾向にあり、東海岸側に海拔 2,000mに近い山脈がある。この山岳地帯は東海岸に沿って幅約100kmで、南北に連なる。この山岳地帯以外では、一般に起伏の少ないなだらかな地形を呈する。

河川は、山岳地帯の東側では、東側に流れるが、その西側のなだらかな丘陵地帯では、西ないし南に流れる。

### 2-3 気候及び植生

マダガスカル島の気候は地理的位置、地形、海洋の影響及び風の方向から2つの季節に区分される。すなわち、4~10月にかけては冬期に相当し、南東貿易風のため東海岸に湿った冷風を送り、中央高原を過ぎた西側では乾燥している。11~3月は温度が高く夏の季節で雨季となる。降雨量は東海岸一帯では、貿易風、モンスーンによってもたらされる雨が山岳地帯に遮られるため 2,000~3,600mm/年と多く、中央高原及び西部海岸地帯の北半部では 500~2,000mm/年、さらに南西部及び最南端部では 400mm/年以下となっており、熱帯多雨地帯から熱帯性半乾燥地帯への広がりを見せている。東側の山岳地帯は、年間雨量も豊富なため、熱帯雨林が広がる。丘陵地帯は、雨量も少なく、棘のある低木の密生した地帯と草地からなる草原が広がる。また、河川の流域は樹木が繁茂している。



### 第3章 調査地域の既存地質情報

#### 3-1 既往調査の概要

本年度の調査を実施する際に参考とした文献のリストを本章末に示した。そのうちの主要なものについての概要は次のとおりである。

【地質構造】 マダガスカル全土については比較的よく調査されている。特にH. BESAIRIEなどの長年にわたる調査研究は本地域を含めた基礎的調査として重要であり、その結果はR. FURON(1963)のGeology of AfricaやH. BESAIRIE et M. COLLIGNON(1972)のGéologie de Madagascarにまとめられている。

本地域内の地質図幅は主として1920年代から1960年代にかけて、H. BESAIRIE, J. AUROUZE, J. BOULANGER及びG. NOIZETなどによって10万分の1地質図幅及び同説明書として作成され、ほぼ全域を覆う形で完成されている。H. BESAIRIEは、これら従来の調査結果を集約し、1964年に100万分の1地質図、1970年に50万分の1地質図を出版している。

【鉱床】 マダガスカル全土の鉱床については、J. BEHIER(1960)及びH. BESAIRIE(1966)が鉱種別にその概要を報告している。調査地域内の鉱床及び鉱徴については、上記の10万分の1地質図幅及び同説明書に記載されている。H. BESAIRIEは、1956年にこれらの鉱床及び鉱徴をCarte Minière et des Indices(50万分の1)にまとめている。本地域の鉱山は、すべて1960年代に休山し、最近、石墨、金雲母及びザクロ石が個人経営により小規模に採掘されているだけのため、まとまった調査報文はない。なお、海外技術協力事業団(1964)は、マダガスカル全島における鉱物資源の基礎調査を行うために調査団を編成し、現地に派遣して調査を実施した。また、金属鉱業事業団(1974)は、地域外のマダガスカル中部地域の首都Antananarivo北方のAndriamea周辺においてクロム資源を対象として海外地質構造調査を実施した。

#### 3-2 マダガスカル民主共和国南部の地質・鉱床概要

マダガスカル島南部の地質は、先カンブリア界を基盤とし、二疊紀から第四紀に至る各地質時代の地層から構成されている(Fig. 2, PL. 3-1-1~PL. 3-1-12 参照)。これらの地層は、島の伸長方向である南北方向に分布するが、中央高地を形成する先カンブリア界を覆って、島の西側では二疊系から完新統までの地層が幅広く分布するのに対し、東側では白亜系及び完新統が東海岸に沿って狭く分布するという非対称的な構造を示している。

基盤をなす先カンブリア界は、内陸の中央高地を形成し、各種鉱床の大部分はこの地帯に分布する。

先カンブリア時代の岩石類は、新から旧へ次のように分けられる。なお、Marbles系及び

Schists-Quartzites統は、調査地域内には分布していない。

ペグマタイト

花崗岩, チャーノックait, 閃長岩

Schists-Quartzites統

Marbles 系

~~~~~ 不整合 ~~~~~

Vohibory系

Graphite系

Androyen系

二疊紀以後の地層は主に島の西半部に分布し、東から西へ向かうにしたがって新しい地層になっている。

先カンブリア時代以後の地層は新から旧へ次のとおりである。

第四系

第三系

白亜系

ジュラ系

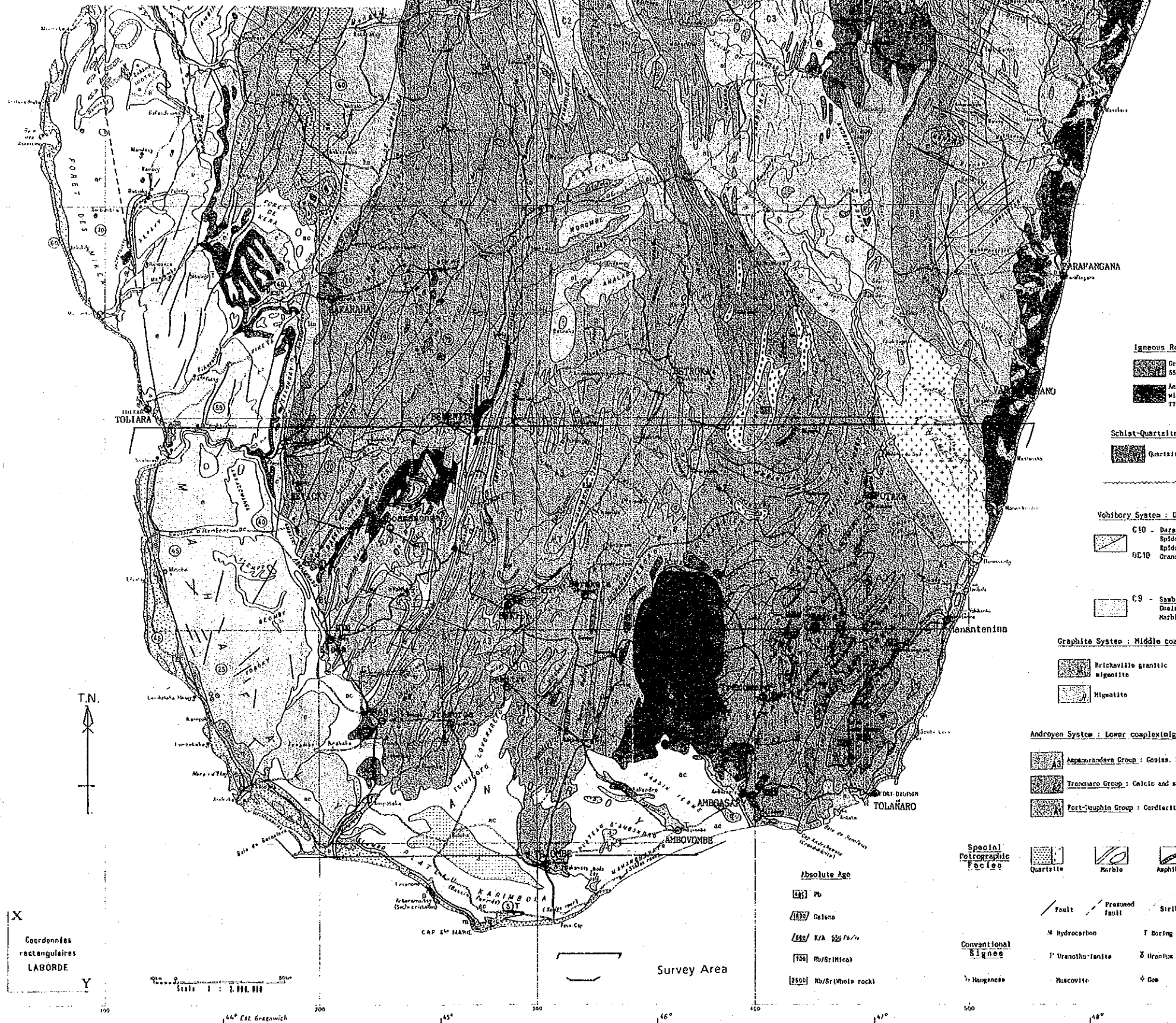
|                    |   |            |
|--------------------|---|------------|
| Karoo系<br>(二疊~ジュラ) | { | Isalo 層群   |
|                    |   | Sakamena層群 |
|                    |   | Sakoa 層群   |

本調査地域には、ブラックサンド（モナズ石、チタン鉄鉱、ルチル、ジルコン）、石墨、金雲母、貴石類（ザクロ石、コランダム、緑柱石など）、ウラノトリアナイト、金、銀、銅、亜鉛、鉄、クロム、カオリン、ポーキサイトなどの鉱床・鉱徴が分布している（PL. 3-2-1~PL. 3-2-4参照）。これらのうちウラノトリアナイト鉱床と一部の金雲母鉱床、金・銀・銅・亜鉛鉱床がかつて採掘されたが、ほとんどの鉱床・鉱徴は探鉱が十分なされていないために鉱山として操業されるに至っていない。現在は、金雲母、貴石類が小規模に採掘されている程度である。

本地域の地層とその地層に胚胎される鉱床との関係をTab. 3-1 に示す。

# MADAGASCAR CARTE GÉOLOGIQUE

Mise à jour au 1<sup>er</sup> Janvier 1964  
par Henri BESAIRES



## LEGEND

|                                     |                               |                      |                                           |
|-------------------------------------|-------------------------------|----------------------|-------------------------------------------|
| Alluvium                            | Duna                          | Bluviated white sand | Mangrove mud                              |
| Clavier Quaternary                  | Gypse sand                    | Apporais old dune    | Volcanic Rocks<br>Pleistocene and Neogene |
| Pli-Pleistocene lacustrine sediment | Pliocene continental sediment | Lateritic clay       | Rhyolite, Trachyte                        |
| Basalt, Labradorite                 | Anbaranite                    |                      |                                           |

| Marine Facies    |                             | Continental Facies |                 |
|------------------|-----------------------------|--------------------|-----------------|
| Miocene          | Oligocene                   | Eocene             | Oulian          |
| Upper Cretaceous | Middle and lower Cretaceous | Upper Jurassic     | Middle Jurassic |
| Upper Lias       | Lower Triassic              | Upper Permian      |                 |

| Crataceous Effusive Rocks    |                                 |
|------------------------------|---------------------------------|
| Rhyolite, Dolerite, Trachyte | Basalt, Labradorite, Sakalavite |
| Dolerite and basic dikes     | Granite, Syonite                |
| Nepheline syenite            | Phonolite                       |
| Gabro                        |                                 |

| Igneous Rocks                              |                                             |
|--------------------------------------------|---------------------------------------------|
| Granite SSQEA                              | Granite and migmatite SSQEA                 |
| Anogonil Granite with basic enclaves 370MA | Anogonon Granite with charnockite 100-300MA |
| Syonite                                    | Vavavato Granite 100-1100MA                 |
| Gabro                                      | Kapheline syenite                           |
| Peridotite Pyroxenite                      | Ultrabasite                                 |

| Schist-Quartzite-Limestone Series (Precambrian) |                     |
|-------------------------------------------------|---------------------|
| Quartzite                                       | Schist, Mica schist |
| Marble                                          |                     |

Major Orogenic Unconformity 2600MA

| Vohibory System : Upper complex, mainly amphibole complex of old Precambrian |                                                                                |
|------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| C10 - Daralan Group: Epidote amphibolite, Epidote, Gneiss, Granodiorite      | C8 - Antogonil Group: Epidote migmatite, Feldspathic mica schist               |
| C10C - Sabirano Group: Gneiss, Quartzite, Marble                             | C6 - Masvatanana Group: Amphibolite, Green schist, Magnetite quartzite, Gneiss |
| C9 - Sabirano Group: Gneiss, Quartzite, Marble                               | C5 - Beforona Group: Amphibole migmatite, Amphibolite                          |
| C4 - Mananjary Group: Mica schist, Gneiss, Green schist, Migmatite           | C3 - Anbaranana Group: Gneiss, Amphibolite, Marble, Mica schist, Quartzite     |
| C7 - Anbaranana Group: Mica schist, Marble, Quartzite                        | C2 - Vohibory Group: Lepidolite, Amphibole gneiss, Amphibolite, Marble         |

| Graphite System : Middle complex (migmatitic-gneissic) |                                                             |
|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| Brickaville granitic migmatite                         | B4 - Andriha Group: Migmatite and Gneiss without graphite   |
| Migmatite                                              | B3 - Anbaranana Group: Mica schist and Gneiss with graphite |
|                                                        | B2 - Mananjary Group: Gneiss and Migmatite with graphite    |
|                                                        | B1 - Anbaranana Group: Lepidolite with graphite             |

| Androyen System : Lower complex (migmatitic-leptinitic)              |                                                                                       |
|----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Anbaranana Group: Gneiss, Leptinite, Pyroxenite, Marble, Charnockite | Transaro Group: Calcic and sodic paragneiss, Wernerite, Pyroxenite, Marble, Leptinite |
| Fort-Jouphin Group: Cordierite lepidolite                            |                                                                                       |

| Special Petrographic Facies |                         |
|-----------------------------|-------------------------|
| Quartzite                   | Marble                  |
| Amphibolite                 | Phlogopite Pyroxenite   |
| Graphite                    | Gneissic migmatite      |
| Anorthosite                 | Granite                 |
| Beudantic                   | Characteristic Minerals |

|             |              |         |             |            |
|-------------|--------------|---------|-------------|------------|
| Muscovite   | Cyanite      | Garnet  | Sillimanite | Cordierite |
| Hydrocarbon | Uranothorite | Uranium | Titanium    | Beryll     |
| Uranium     | Gas          | Iron    | Mine        | Barite     |
| Naugonite   | Muscovite    | Gas     | Iron        | Mine       |

|             |                |         |            |              |             |            |            |           |
|-------------|----------------|---------|------------|--------------|-------------|------------|------------|-----------|
| Fault       | Presumed fault | Strike  | Hot spring | Spring water | Caves       | Lignite    | Coal       | Fossil    |
| Hydrocarbon | Uranothorite   | Uranium | Titanium   | Beryll       | Cassiterite | Corundum   | Quartz     | Platinium |
| Naugonite   | Muscovite      | Gas     | Iron       | Mine         | Barite      | Monazite   | Pyrochlore | Koolinite |
| Muscovite   | Gas            | Iron    | Mine       | Barite       | Monazite    | Pyrochlore | Koolinite  | Bentonite |

| Absolute Age       |               |
|--------------------|---------------|
| Pb                 | Galena        |
| K/A 520 70/30      | Rb/Sr (micro) |
| Rb/Sr (whole rock) |               |

| Conventional Signs |                |
|--------------------|----------------|
| Fault              | Presumed fault |
| Strike             | Hot spring     |
| Spring water       | Caves          |
| Lignite            | Coal           |
| Fossil             |                |

Coordonnées rectangulaires LABORDE  
Scale 1 : 2.000.000

Survey Area

Fig. 2 Geological Map of the southern area of Democratic Republic of Madagascar

Impression Service Géographique de Madagascar-Tananarive  
Éditeur: Service Géologique de Madagascar-Tananarive  
Travaux 7500 exemplaires  
N° de dépôt 21 novembre 1965 N° d'export 53 N° d'impression 616



Tab. 3-1 Relations between formations and ore deposits

| Formation                          | Important rocks                                                                                      | Ore deposits                                                                                                                                                       |
|------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Neogene-Holocene                   | Muddy sand, Mudstone, Sandstone                                                                      | Placer (Monazite, Ilmenite, Zircon)<br>Kaoline, Lignite, Bituminous shale                                                                                          |
| Paleogene                          | Limestone, Marl                                                                                      | Limestone                                                                                                                                                          |
| Cretaceous                         | Sandstone, Marl<br>Basalt, Rhyolite                                                                  |                                                                                                                                                                    |
| Jurassic                           | Limestone, Marl                                                                                      | Limestone                                                                                                                                                          |
| Karoo System<br>(Permian-Jurassic) | Shale, Sandstone<br>Shale, Marl<br>Limestone, Sandstone, Shale, Tillite                              | Bituminous sand<br>Coal                                                                                                                                            |
| Precambrian<br>Granite, Pegmatite  | Granite, Charnockite, Syenite, Pegmatite                                                             | Quartz, Beryl, Garnet, Columbite-Tantalite                                                                                                                         |
| Precambrian                        | Gneiss, Leptinite, Amphibolite<br>Leptinite, Mica schist, Migmatite<br>Gneiss, Leptinite, Pyroxenite | Ni, Chromite, Fe, Barite, Asbestos,<br>Chrysotile, Cu, Zn, Au<br>Graphite, Fe, Bauxite, Garnet<br>Uraniothorianite, Uraninite, Phlogopite,<br>Bauxite, Cassiterite |





### 3-3 調査地域の地質各論

#### (1) 先カンブリア界

調査地域に分布する先カンブリア界は、3つのグループからなり、方鉛鉱、モナズ石、閃ウラン鉱、トリアナイト及びジルコンによって年代測定され、下部～中部原生界(2,650 ± 200Ma ~ 1,100 ± 200Ma)に対比されている。

##### 1) Androyen系

本系は、東海岸から内陸の中央高地の大部分を占めて分布し、主として片麻岩、レプチナイト及び輝岩からなり、結晶質石灰岩、珪岩及びチャーノッカイトを伴っている。本系は、東から西へ向かって下部のFort-Dauphin層群、中部のTranomaro層群、上部のAmpandrandava層群の3つに区分される。本系中にはウラノトリアナイト、閃ウラン鉱、金雲母及び錫石の鉱床がある。また、地表部にポーキサイト鉱床が形成されている。

##### 2) Graphite系

本系は、マダガスカル島では最も広い範囲を占めるが、本地域ではその一部が分布している。本地域の中南部には石墨を含むレプチナイトからなるAmpaniby層群、北東部には雲母片岩からなるAmbatolampy層群とミグマタイトが分布している。

石墨またはザクロ石を含む地層がラテライト化作用を受け、採掘が容易なところは石墨鉱山またはザクロ石鉱山として稼行されている。一部には縞状鉄鉱(含磁鉄鉱珪岩)がある。また、地表部にポーキサイト鉱床を形成しているところがある。

##### 3) Vohibory系

本系は、西部のEjedaからSoamanongaにかけてのVohibory地区に分布する。本地域にはレプチナイト、片麻岩、角閃岩を主とし結晶質石灰岩を伴うVohibory層群が分布し、特に塩基性噴出岩及び貫入岩から変成した角閃岩によって特徴づけられる。本系中には塩基性火成岩に伴われてクロム及びニッケルの鉱床が胚胎している。銅、亜鉛の鉱床も認められているが、稼行の対象となるものは発見されていない。また、ところどころに石英脈があって金・銀を含有することがある。一部には縞状鉄鉱があるが、低品位または小規模で稼行の対象となっていない。また、塩基性岩の地表部に酸化鉄の皮殻を生じているところがある。

##### 4) 花崗岩及びペグマタイト

上記の先カンブリア界を貫いて花崗岩、チャーノッカイト、閃長岩及びペグマタイトがある。これらは、先カンブリア時代の片岩及び片麻岩中の岩床として産する。島内各所からの本岩類の放射年代は、550Ma ~ 485Maの範囲に入り、カンブリア紀-オルドビス紀初めの貫入を示し、これはトリアナイト鉱化作用の時代(485Ma : R.

FURON, 1963) に一致している。本岩類からは石英、緑柱石、ザクロ石、コロンブータンタル石などを産する。

## (2) Karroo系

マダガスカル島の二畳紀からジュラ紀の堆積物は、南阿の同名の堆積物との類似から Karroo系と呼ばれている。

本系は、陸成層を主とするが、不整合及び挟まれる海成層による時代区分によって3つの層群に分けられる。本系は、西に向かうにしたがって上位の地層となり、本地域北方では上部ほど海成層に移化している。

### 1) Sakoa層群 (下部二畳系)

本層群は、Soamanonga周辺地区 (Vohibory地区) で延長約 100kmにわたって露出し、下部から上部に次の層準が認められる。

#### ①漂礫岩

厚さ 150mの黒色頁岩及び礫岩からなる。黒色頁岩は、ロボク科 (Schizoneura) などの植物化石を含んでいる。

#### ②夾炭層

砂岩、頁岩及び石炭層からなる。石炭層の厚さは約 100mで、総炭量は10億トン以上といわれているが、比較的良質な部分の可採鉱量は 5,000万～6,000万トンと報告されている。本層にはシダ類及びロボク科の植物化石を含む。

#### ③Lower Red 統

長石質砂岩、珪化木を伴う赤色頁岩及び最上部の礫岩からなる。本統の層厚は 500～600mである。

#### ④ Vohitolia海成層

腕足類を含む石灰岩層からなり、Soamanongaの北西約10kmに位置するVohitoliaで下位の赤色砂岩を覆って分布している。

### 2) Sakamena層群 (上部二畳系～下部三畳系)

本層群は、Sakoa層群を不整合に覆い、Vohibory地域に分布する。陸成相を主体とするが北方へ向かって海成相に変化する。本層群は、下部から上部に次の3層準が認められる。

#### ①Glossopteris頁岩

本層は、下部の礫岩と上部の頁岩からなる。頁岩はシダ類 (Glossopteris, Pecopteris), ソテツ類及び球果類 (Voltzia) などの植物化石を含むほか、二枚貝を含む薄い海成層を挟む。

## ②爬虫類層

本層は、爬虫類及び両生類の動物化石群を産する。本層は、二疊紀末～三疊紀初頭の時期を示している。

## ③下部三疊系（中部～上部Sakamena層）

中部Sakamena層は、泥岩及び泥灰岩からなり、魚類、アンモナイト類及び両生類（カエルなど）の動物化石を含む。最上部は頁岩及び砂岩からなる。

## 3) Isalo 層群（上部三疊系～中部ジュラ系Bajocian階）

本層群は下位の地層を不整合に覆ってBetiookyからSakarahaにかけて分布している。本層群は基底礫岩で始まり、下部から上部に3つの単元に分けられる。

### ①Isalo I（上部三疊系）

本層は、化石を含まない固結度の低い軟弱な砂岩及び礫岩で斜交層理が発達する。本層の層厚は局地的に500mに達する。

### ②Isalo II（下部ジュラ系Lias統）

本層は層厚数百m～1,000mの斜交層理の発達した赤色砂岩と赤色～雑色の頁岩からなる。陸成相を示し、珪化木、魚類及び爬虫類の化石を含む。本層は北方へ向かって海成相となり、腕足類、アンモナイト類、二枚貝類の化石を含む石灰岩、泥灰岩に変化する。

### ③Isalo III（中部ジュラ系Bajocian階～Bathonian階）

本層は、恐竜化石を含む砂岩頁岩互層と海成相の砂岩、頁岩からなるが、調査地域内には分布しない。

## (3) 中部ジュラ系Bathonian階

本階は、Betiooky北西方に分布する。下部・中部Bathonian階は、石灰藻類を含むサンゴ礁石灰岩、二枚貝類を含む石灰岩からなる。一部にはワニの化石も含み汽水域での堆積相を示す。上部Bathonian階は多量のアンモナイト類、腕足類及びウニ類などの動物化石群によって特徴づけられる泥灰岩、石灰岩からなる海成層である。

## (4) 上部ジュラ系

本系は、Betiooky北西方でBathonian階を覆って分布している。調査地域に分布する上部ジュラ系は、下部から上部に3つの階に分けられる。

### ①Callovian階

本階は、アンモナイト類、ベレムナイト類を含む泥灰岩、泥灰質石灰岩からなる。

### ②Oxfordian階

本階は、アンモナイト類を含む石灰質泥灰岩及び泥灰岩からなる。

### ③Argovian階

本階は、ベレムナイト類を含む石灰岩、泥灰岩からなり、斜交層理を持つ砂岩を伴っている。

## (5) 白亜系

白亜系は、Betiokyの北西方で中部ジュラ系または上部ジュラ系を不整合に覆って分布している。

### 1) 下部白亜系

#### ①Valanginian階

本階は、地中海型動物化石群に属するアンモナイト類、ベレムナイト類を含む海緑石泥灰岩からなる。

#### ②Hauterivian階

本階は、ベレムナイト類を含む泥灰岩、海緑石砂岩からなる。

#### ③Barremian階

本階は、アンモナイト類などを含む地層からなる。

### 2) 中部白亜系

#### ①Aptian階

本階は、赤色頁岩砂岩互層及びアンモナイト類を含む石灰岩からなる。

#### ②Albian階

本階は、アンモナイト類を含む赤色砂岩からなる。

#### ③Cenomanian階

本階は、アンモナイト類を含む泥灰岩、赤色泥質砂岩からなる。

#### ④Turonian階

本階は、アンモナイト類を含む黄色砂岩からなり、玄武岩溶岩を伴っている。

### 3) 上部白亜系

#### ①Coniacian階

本階は、アンモナイト類及び二枚貝類 (Inoceramusなど) を含む緑色砂岩及び玄武岩溶岩からなる。

#### ②Santonian階

本階は、一般に海退期の堆積物で、斜交層理の発達した陸成の砂岩及び玄武岩溶岩からなる。

#### ③Campanian階～Maestrichtian階

前期Campanian期も海退期で数枚の玄武岩溶岩が噴出した。玄武岩は黒色緻密で普通輝石の斑晶を有し、稀にかんらん石を含む。本玄武岩は、西部のBetiokyからSakarahaにかけて分布するほか南東部のTranomaro西方及び東海岸に沿って、流紋岩を伴って噴出している。Tranomaro西方では、玄武岩と流紋岩が南北約70km、東西約45kmの楕円形の複合貫入岩体を形成している。

玄武岩の上部には、上部Campanian階～Maestrichtian階に相当する石灰岩、泥灰質石灰岩、石灰質砂岩が存在する。これらには、アンモナイト類、二枚貝類、ウニ類などの動物化石群が含まれる。

#### (6) 第三系

始新統から鮮新統にわたる海成層及び陸成層が西海岸に沿って幅30～60kmの帯を形成して分布する。

##### 1) 始新統

始新統は、第三系で最も広い分布を示し、ウニ類、二枚貝類（カキなど）、石灰藻類(Lithothamnium)などの化石を含む石灰岩及び泥灰岩からなる。

##### 2) 中新統

本統は、西海岸のToliara南方などに局地的に分布し、ウニ類、二枚貝類（カキなど）の化石を含む。

##### 3) 鮮新統

本統は、Sakaraha東方、Ejeda北西方、Ampanihy西方及びAmboasary周辺などに局地的に分布し、陸成の泥岩、砂岩からなる。

なお、鮮新世から第四紀更新世にかけて貫入したと考えられる玄武岩、流紋岩の岩脈が調査地域各所に分布している。

#### (7) 第四系

第四系は、砂丘堆積物、赤色砂、Carapace砂、白色砂、マングローブ堆積物及び沖積層などからなる。東海岸の砂丘堆積物中及び現在の海浜堆積物中にモナズ石、チタン鉄鉱、ルチル及びジルコンを含むブラックサンドからなる多数の鉱床群が形成されている。

#### 3-4 調査地域の鉱床と鉱業略史

マダガスカルには多種の鉱種の鉱床・鉱徴が発見されているが、探鉱が十分なされていないこともあって鉱床規模が小さく、また十分な鉱量が確認されていないため、鉱山として操業されるに至っていないものがほとんどである。

現在開発され生産されている鉱物資源は、主にクロム、金雲母、石墨及び貴石類であるが、そのほかに鉄、石炭、ウラン、ニッケル、ボーキサイト、チタン鉄鉱、ニオブ、タンタル、銅、鉛、亜鉛などの鉱徴が知られている。

鉱業関係の行政機構として、鉱工業エネルギー省 (Ministry of Industry Energy & Mines) 及び OMNIS (Office Militaire National pour les Industries Strategique) があり、フランス、イタリア、ソ連、イギリスなどの外国援助により、ペグマタイト (貴石類)、金、鉄、金雲母、銅、ニッケルなどの鉱種について探鉱が実施されている。

本調査地域には、ブラックサンド (モナズ石、チタン鉄鉱、ルチル、ジルコン)、石墨、金雲母、貴石類 (ザクロ石、コランダム、緑柱石など)、ウラノトリアナイト、金、銀、銅、亜鉛、鉄、クロム、カオリン、ボーキサイトなどの鉱床・鉱徴が分布している。これらを地区別に述べると次のとおりである。

Tolañaro (Fort-Dauphin) 周辺地区：インド洋に面した砂丘及び現在の海岸線にモナズ石、チタン鉄鉱、ルチル、ジルコンを含むブラックサンドからなる多数の鉱床群が形成されている。これらは、先カンブリア時代の Androyen 系の片麻岩、レプチナイトからなる準平地帯に源を発した河川によって砂鉱が河口に運ばれ堆積され、さらに海流により本地区一帯の海岸線に沿って濃縮された二次的漂砂鉱床である。Tolañaro の南西方 25km に Antete 鉱床、北方 100km に Vohibarika 鉱床、そのほか小鉱床群が各所に分布している。本地区では、1959～1963 年間に、フランスの Pechiney 社と CEA (Commissariat a' l' Energie Atomique) の合弁である SOTRASSUM 社によって 1,750 トンのモナズ石が採掘されたが、1965 年以降は稼行されていない。本地区のブラックサンドの確認鉱量 (1970 年現在) は、ブラックサンドで 2,700,000 トンである。なお、Antete 鉱床の粗鉱品位はモナズ石 0.53～2.80%、ジルコン 0.57～2.60%、チタン鉄鉱 14.2～42.0% である。Tolañaro 周辺のブラックサンドについて、OMNIS とカナダの QIT (Quebec Iron & Titanium) 社との合弁によって、1992 年から採掘が開始される予定になっている。Tolañaro の北方 120km に位置する Manantenina にはボーキサイト鉱床 (1 億 2,000 万トン、 $Al_2O_3$  30%) が存在する。

Tranomaro 周辺地区：貴石 (コランダム)、金雲母、ウラノトリアナイト、錫石などの鉱床・鉱徴が知られている。現在は金雲母が小規模に採掘されている程度であるが、ウラノトリアナイトは Marosohy 鉱山、Androtsabo 鉱山、Amboanemba 鉱山などで 1954～1964 年に CEA によって活発に採掘された。ウラノトリアナイトは、Manamboro 川に沿った南北 60km、東西 20km の範囲に分布する。鉱床は、輝岩、チャーノックサイト、結晶質石灰岩からなる Androyen 系の Tranomaro 層群の輝岩を母岩とし、鉱体はレンズ状、パイプ状を呈する。ウラノトリア

ナイト中のウラン品位 12 %以上のものを採掘の対象としたとされているが、主要鉱床はほとんど掘りつくされている。

Bekitro周辺地区：金雲母、マンガン、貴石類（緑柱石、ザクロ石）、チタン鉄鉱などの鉱徴が知られている。金雲母鉱床は、片麻岩及びレプチナイトからなるAndroyen系の輝岩中のペグマタイト鉱床で層状またはレンズ状に胚胎している。

Ampanihy周辺地区：貴石（ルビー、ザクロ石など）、石墨、金雲母、チタン鉄鉱、銅、マンガンなどの鉱徴が知られているが、現在稼働しているのは貴石採掘場のみである。本地区では、特に石墨が期待される。ザクロ石はマンガンザクロ石で、Ampanihy周辺のGraphite系の含ザクロ石レプチナイトがラテライト化した部分で採掘されている。石墨も同様に石墨を含むレプチナイトがラテライト化作用を受け、採掘が容易なところが石墨鉱山として稼行された。Ampanihyの南東約4 kmには、半砂漠地帯にほぼ水平に露出したカオリン鉱床がある。本鉱床は、Graphite系の角閃石片岩と上部のKaroo系のSakao層群の赤色砂岩との境界付近に胚胎している。その厚さは試錐により10 m程度確認されている。

Beraketa北方地区：金雲母の鉱床・鉱徴が知られている。金雲母鉱山はMarovalia鉱山、Ampandrandava鉱山及びAmbararata鉱山などで1900年代初頭から1940年頃まで採掘された。鉱床は、片麻岩及びレプチナイトからなるAndroyen系の輝岩中に胚胎したペグマタイト鉱床で層状またはレンズ状を呈する。金雲母に伴って方解石、透輝石、リン灰石、石膏、黄鉄鉱及び輝水鉛鉱などを産する。本地区には、金雲母鉱床のほか石墨、ウラノトリアナイト及び緑柱石の鉱徴が分布している。

Soamanonga周辺地区（Vohibory地区）：本地区には、金、銀、銅、亜鉛、マンガンの鉱徴が知られており、Besakoa鉱山などでは植民地時代に採掘が行われた。本地区の銅鉱化作用は、Vohibory系中の鉱染状斑銅鉱、または石英脈として認められ、少量の金と銀が伴われている（Lanapera鉱床、Besakoa鉱床）。Besakoa鉱床では、亜鉛に富む銅・亜鉛鉱化作用が認められる。さらに二疊紀～ジュラ紀のKaroo系の赤色砂岩層中に鉱染状あるいはレンズ状の銅鉱化作用が認められる（Bevalaha鉱床）。本地区に分布するKaroo系のSakao層群は石炭層を含み、Sakao川に沿ったAnkinanyにおいて英国のBB-C Coal社によって探鉱が行われている。本地区の西方に位置するBetioky南方には平均厚さ30 cmの含鉄砂岩がある。鉱石は、褐鉄鉱と赤鉄鉱を含むセメント用砂岩である。BRGM（Bureau de Recherches Géologiques et Minières, 1959～1960）の調査によると、10～14% Feの推定鉱量は600万トン、23% Feで150万トン、29% Feで60万トンである。H. BESAIRIE (1966)によれば、10～14%



Feの予想鉱量は1億3,000万トン、24%Feで3,000万トンである。

## 第4章 衛星画像判読

### 4-1 使用データ及び作業方法

判読に使用した画像データの一覧をTab. 4-1 に示す。各データの位置はFig. 4-2 及びPl. 4-1に判読図と共に示す。

今年度は、調査地域をカバーする6 シーンのTMデータをCCT の形で入手した。全シーンともフルシーンでの雲量は20% 以下であるが、Path158 Row76 では陸域の80% 程度が雲に覆われている。

入手したデータから、バンド2, 3, 4を青, 緑, 赤に配色しリニアストレッチ及びエッジ強調処理を施したフォールスカラー画像を作成し、判読作業を行った。判読に使用した画像の縮尺は、TMの分解能30m に適していると考えられる20万分の1 とした。Fig. 4-1 には、調査地域のモザイク画像を示す。

画像に表現された色調, 組織などに着目して、写真地質学的判読を行った。判読にあたっては、H. BESAIRIE (1970) 'Carte géologique, Feuille Ampanihy No. 8, au 1/500, 000' を参考資料として主に使用した。シーン毎の判読結果を縮尺50万分の1 でコンパイルしたものをPl. 4-1に示す。また、縮尺100 万分の1 の判読結果コンパイル図をFig. 4-2 に、判読単位の一覧をTab. 4-2 に示す。

### 4-2 判読単位

以下に各判読単元の特徴と H. BESAIRIE (1964) による地質図 (Fig. 2) との対比を述べる。

#### (1) 単元 P C a

調査地域北部のやや東寄りに分布し、切り立った尾根を持つ山稜を形成する。浸食抵抗は高く、フォールスカラー画像上で淡褐色の色調を示す。地質図では、先カンブリア時代の変成岩類のうち堇青石帯に対比される。

#### (2) 単元 P C b

調査地域北部のやや東寄りで単元 P C a に接して分布し、山岳地形を形成する。やや硬質で、画像上で黄土色を呈す。地質図では、先カンブリア時代の変成岩類のうち堇青石帯に対比される。

(3) 単元 P C c

調査地域全域にわたり広く分布し、画像上で青緑色或いは白色の色調を示す。山脈と谷地形とが交互に現れ、軟質岩と硬質岩のリズミカルな互層の分布域と推定される。片理及び成層構造が認められ、それらが複雑な褶曲構造を呈すことから、著しい変形を受けていると考えられる。

地質図上では、先カンブリア時代の変成岩類に対比される。

(4) 単元 J 1

調査地域の北西部に帯状の分布を示し、画像上で濃緑色を呈す。ケスタ地形或いは平坦な台地状地形をつくることから、比較的均質な中硬質の堆積岩と推定される。地質図では下部二畳系の陸成層に対比される。

(5) 単元 J 2

調査地域北西部に帯状に分布し、画像上で濃緑色を示す。ケスタ状或いはホグバック状の地形を形成する。軟質の堆積岩を主とし、部分的に硬質岩が挟み込まれていると考えられる。地質図では下部二畳系～下部三畳系の陸成層のメンバーに対比される。

(6) 単元 J 3

調査地域北西部に帯状の分布を示し、画像上で灰緑色を呈す。ケスタ状地形を形成し、硬質の堆積岩を主とすると考えられる。地質図では上部二畳系～下部三畳系の陸成層のメンバーに対比される。

(7) 単元 J 4

調査地域北西部に単元 J 3 と接して帯状の分布を示し、画像上で赤褐色を呈す。低平地を形成し、成層構造も不明瞭なことから、軟質の堆積岩を主とする単元と考えられる。地質図では上部二畳系～下部三畳系の陸成層のメンバーに対比される。

(8) 単元 J 5

調査地域北西部に断層に切られた不規則な分布を示し、画像上で赤褐色を呈す。平野或いはケスタ地形を形成し、やや硬質の堆積岩を主とすると考えられる。地質図では中部～上部ジュラ系の海成層のメンバーに対比される。

(9) 単元 K

調査地域北西部にやや不規則な分布を示し、画像上で青緑色或いは赤褐色を呈す。ケスタ地形を形成し、やや硬質の堆積岩を主とすると考えられる。地質図では下部～中部白亜系の海成層のメンバーに対比される。

(10) 単元 Kva

環状構造の外縁に同心円状の分布を示し、軟質で、連続性の良いU字形の谷を形成する。画像上では暗緑色を呈す。地質図中の白亜紀玄武岩類に対比される。

(11) 単元 Kvb

調査地域中央やや東よりで単元Kva及びKvrと共に環状構造を形成する。画像上では青緑色を呈す。岩質は軟らかく、U字形の谷地形を形成する。地質図中の白亜紀玄武岩類に対比される。

(12) 単元 Kvc

調査地域北西部に帯状分布し、低い丘陵地形を形成する。画像上では深緑色を呈す。中程度の浸食抵抗を示し、成層構造は不明瞭である。地質図中の白亜紀玄武岩類に対比される。

(13) 単元 Kvr

環状構造の中心と外縁部に分布し、やや硬質岩で、丸みを帯びた山稜、メサ或いは残丘を形成する。画像上では灰白色～黄褐色を呈す。地質図上で白亜紀流紋岩類に対比される。

(14) 単元 Ta

単元Tbに囲まれる形で平野或いはメサ状地形を形成し、画像上で暗緑色或いは暗赤色を呈す。成層構造を有し、中程度の浸食抵抗を示す。ドリーネと考えられる凹みがあることから、泥灰岩を主とする炭酸塩岩卓越層と解釈される。地質図上で海成の始新統に対比される。

(15) 単元 Tb

調査地域西部に平野或いはメサ状地形を形成し、画像上で白色パッチ入りの青緑色を呈す。成層構造を有し、やや硬質でドリーネと考えられる凹みがあることから、石灰岩を主とする炭酸塩岩卓越層と解釈される。地質図上で海成の始新統に対比される。

(16) 単元 Tc

調査地域西部の平坦地に分布し、画像上で暗青緑色を呈す。表面組織はやや粗く凹凸が多

い。成層構造を有し、中程度の侵食抵抗を示すことから、炭酸塩岩を主とする地層と考えられる。表面組織の粗さは、カルスト地形と考えられる。地質図上で海成の始新統に対比される。

(17) 単元 Q1

調査地域南西部の低地に不規則な分布を示し、画像上で暗褐色或いは暗赤色を呈す。残丘を含む平野を形成し、軟質の堆積岩を主とすると考えられる。地質図上で Carapace 砂層に対比される。

(18) 単元 Q2

調査地域南部の低平地に不規則な分布を示し、画像上で白色を呈す。表面組織は非常に粗く、やや軟質の堆積岩を主とすると考えられる。地質図上では、残留白色砂層に対比される。

(19) 単元 Q3

調査地域東部から南部にかけての海岸沿いに分布し、画像上で暗灰色或いは暗緑色を呈す。表面組織は粗く、風紋が見られることから、風成堆積物と考えられる。地質図上で主に Aeponnis 古期砂丘堆積物に対比される。

(20) 単元 Q4

調査地域東部から南部にかけて、単元 Q3 の外側の海岸沿いに分布し、画像上で白色を呈す。表面組織はやや細かく、風紋が見られることから、単元 Q3 よりも新期の風成堆積物と考えられる。地質図上では、砂丘堆積物及び沖積層に対比される。

(21) 単元 Q5

調査地域の河川沿いに分布し、画像上では多色が混在している。沖積層に対比される。

(22) 単元 Gra

調査地域東部で広範囲に分布し、画像上で赤褐色を呈す。格子状の節理が発達し、非常に硬質で山岳地形を形成することから、花崗岩質と考えられる。地質図上で Anosyennes 花崗岩類に対比される。

(23) 単元 Grb

調査地域中央よりで脈状或いはレンズ状の分布を示し、画像上で白色～淡桃色を呈す。硬

質岩でブロック状の丘陵地形を形成する。地質図上では、花崗岩類及び混成岩類に対比される。

(24) 単元 A

調査地域中央部の褶曲帯中に眼球状の分布を示し、画像上で乳白色または青白色を呈す。表面組織は滑らかで、やや硬質、ブロック状の丘陵地形を形成する。地質図上で斜長岩に対比される。

(25) 単元 L

単元P Cc 中に含まれ、脈状～レンズ状の分布を示し、画像上で青白色を呈す。やや硬質で構造に平行な稜線を形成する。地質図上で結晶質石灰岩に対比される。

(26) 単元 S

単元P Cc 中に含まれ、脈状～レンズ状の分布を示し、画像上で白色を呈す。非常に硬質で構造に平行な稜線を形成する。先カンブリア界中の珪岩層と推定される。

(27) 単元 TA1 (トーンアノーマリー)

単元P Cc 中に含まれ、構造に平行な脈状～レンズ状の分布を示し、画像上で濃緑色を呈す。やや硬質で稜線を形成する。

(28) 単元 TA2 (トーンアノーマリー)

単元P Cc 中に含まれ、構造に平行な帯状の分布を示し、画像上で青緑色を呈す。やや軟質で細長い凹地を形成する。

(29) 単元 TA3 (トーンアノーマリー)

調査地域中央の南部に不規則な分布を示し、画像上で桃白色を呈す。やや軟質で緩い丘陵地を形成する。

#### 4-3 構造

衛星画像上でとらえられた本地域の主要な地質構造について以下に述べる。

判読単元P Ca から J5 までの一般走向は、南北～北北東-南南西系で東側から西側へとより新期の地層が分布する。P Cc から J3 中の複雑な褶曲構造は画像上で比較的明瞭に認

められ、いくつかの背斜及び向斜構造が抽出された。

単元P C<sub>c</sub>とJ1の間及びKとT<sub>c</sub>の間に傾斜不整合が認められる。

調査地域中央部東寄りに、南北約70km、東西約45kmの楕円形の複合貫入岩体が分布し、岩体の北～北東側を取巻くように、明らかな陥没構造が認められる。本岩体は、既存地質図によると白亜紀に塩基性火山岩と酸性火山岩が相前後して貫入し形成されたものである。このような大規模な火成活動は、鉱床形成に関連した可能性もあり、精査対象として、興味深い。

調査地域西端の海岸部には海岸線と平行に連続性の良い断層がとらえられ、断層の西側が相対的に沈降していると推定される。

Tab. 4-1 LANDSAT data for geological interpretation

|   | Satellite | Data Form | Sensor | Path | Row | Date        | Cloud cover | Distributor |
|---|-----------|-----------|--------|------|-----|-------------|-------------|-------------|
| 1 | L5        | CCT       | TM     | 158  | 76  | Nov.25,1984 | 20%         | EOSAT       |
| 2 | L5        | CCT       | TM     | 158  | 77  | Nov.25,1984 | 20%         | EOSAT       |
| 3 | L5        | CCT       | TM     | 159  | 76  | Jan.19,1985 | 10%         | EOSAT       |
| 4 | L5        | CCT       | TM     | 159  | 77  | Jan.19,1985 | 10%         | EOSAT       |
| 5 | L5        | CCT       | TM     | 160  | 76  | Feb.11,1985 | 10%         | EOSAT       |
| 6 | L5        | CCT       | TM     | 160  | 77  | Feb.11,1985 | 10%         | EOSAT       |





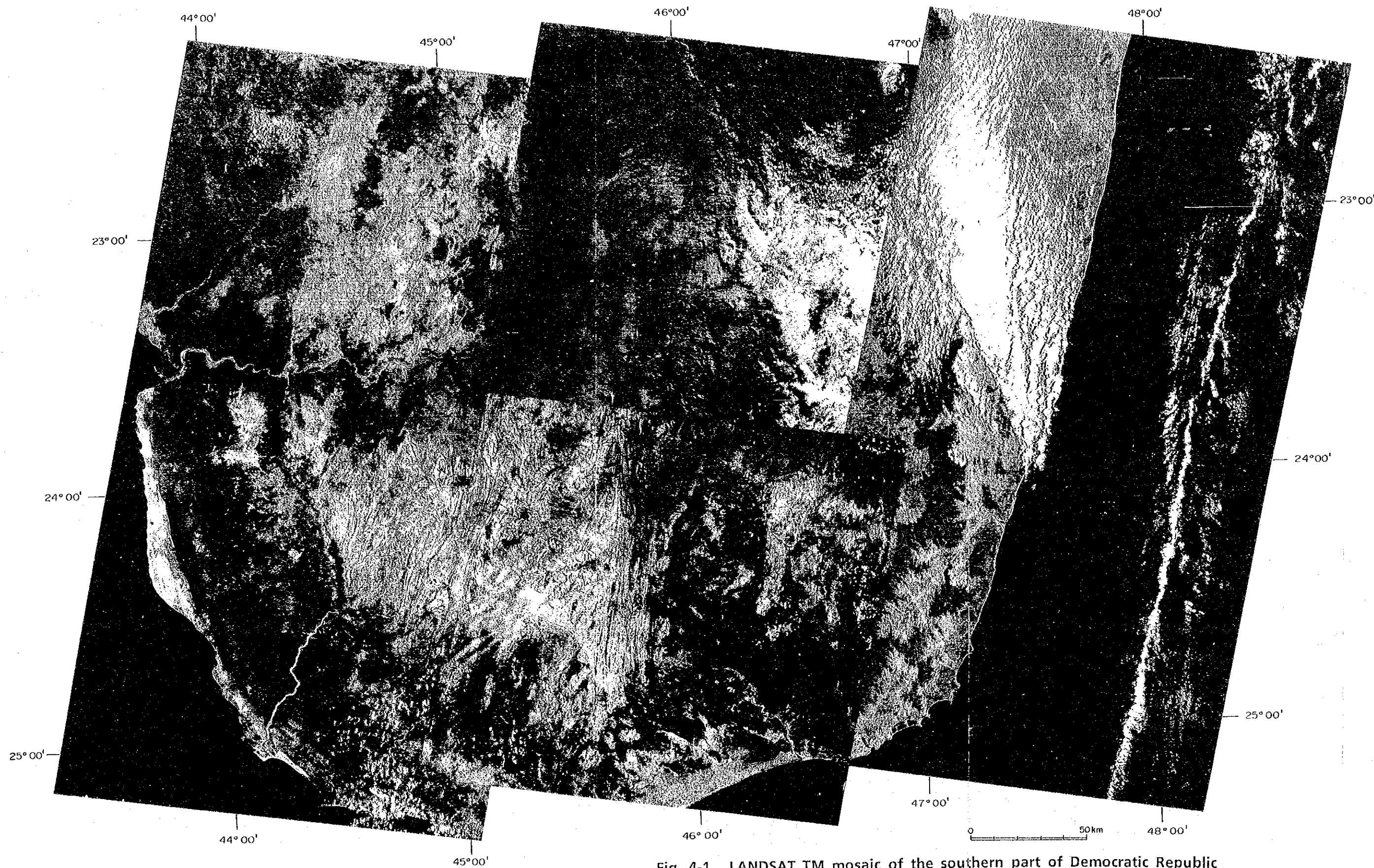


Fig. 4-1 LANDSAT TM mosaic of the southern part of Democratic Republic of Madagascar

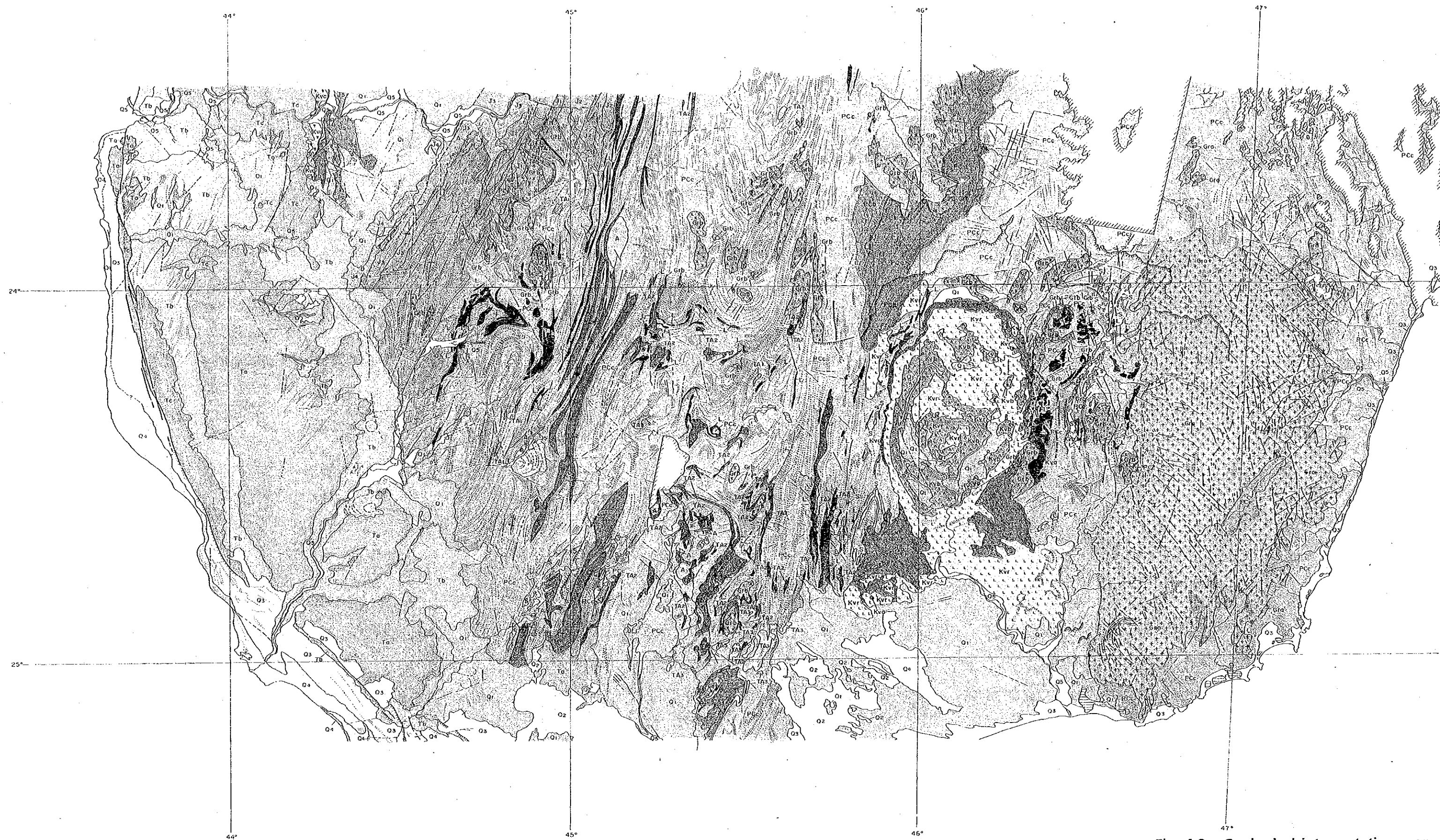


Fig. 4-2 Geological interpretation map



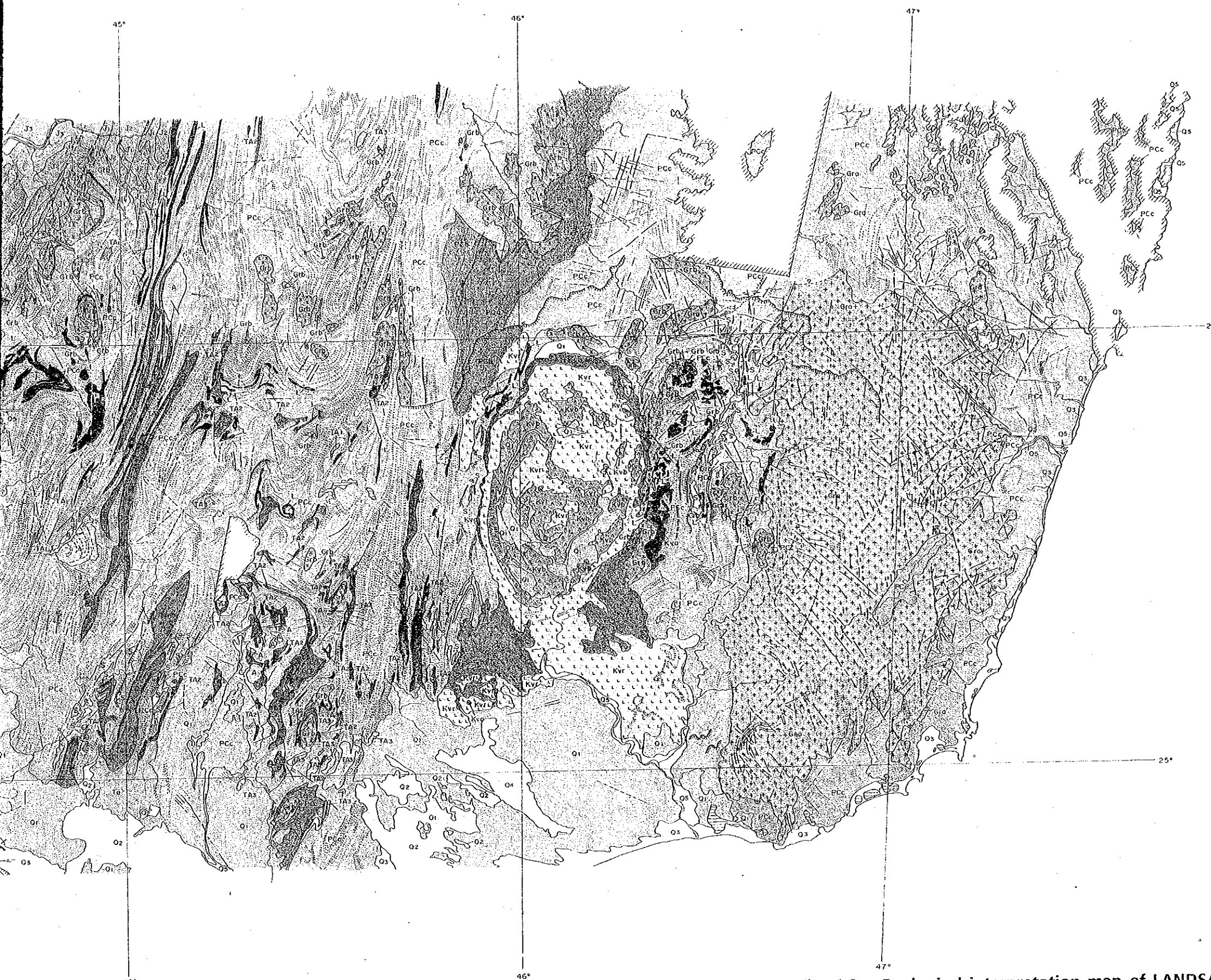


Fig. 4-2 Geological interpretation map of LANDSAT TM false color imagery

PL. 4-1

THE MINERAL EXPLORATION  
 IN  
 THE SOUTHERN AREA  
 DEMOCRATIC REPUBLIC OF MADAGASCAR  
 (PHASE I)  
 GEOLOGICAL INTERPRETATION MAP OF  
 LANDSAT TM FALSE COLOR IMAGERY

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY  
 METAL MINING AGENCY OF JAPAN  
 FEBRUARY 1992

Scale 1:1,000,000

**LEGEND**

| Interpreted units | Correlation with geologic map and rock types       |
|-------------------|----------------------------------------------------|
| Q5                | alluvium                                           |
| Q1                | dune, alluvium                                     |
| Q2                | Achyrois old dune                                  |
| Q3                | eluviated white sand                               |
| Q4                | Carapace sand                                      |
| T5                | Eocene marine facies                               |
| T3                | Eocene marine facies, Carapace sand                |
| T2                | Eocene marine facies, Clavier Oysterite            |
| Ker               | Cretaceous (thymia, dactylia, trachylit)           |
| Kv                | Cretaceous (basalt, labradoria, sabalavite)        |
| Kre               | Lower to Middle Cretaceous marine facies           |
| J1                | Middle to Upper Jurassic marine facies             |
| J2                | Lower Permian to Lower Triassic continental facies |
| J3                |                                                    |
| J4                |                                                    |
| P.C.              | Precambrian metamorphic rocks                      |
| P.C.              |                                                    |
| Gri               | Anorthosite granite                                |
| Gri               | granite, migmatite                                 |
| A                 | amphibolite                                        |
| S                 | marble                                             |
| S                 | quartzite                                          |
| T.A.              | tonal anomaly                                      |
| T.A.              | tonal anomaly                                      |
| T.A.              | tonal anomaly                                      |
| ---               | unit boundary                                      |
| ---               | uncertain unit boundary                            |
| ---               | bedding trace or schistosity                       |
| ---               | sinks and dip direction                            |
| ---               | anticline with direction of plunge                 |
| ---               | syncline with direction of plunge                  |
| ---               | face (barbs on down-slope side)                    |
| ---               | inferred fault                                     |
| ---               | lineament                                          |
| ---               | drainage                                           |
| ---               | lake                                               |
| ---               | cloud cover                                        |



Tab. 4-2 Geological units of interpretation map

| Units of interpretation | Color | Tone                            | Texture           | Resistance       | Landform             | Bedding              | Pattern              | Correlation with geologic map and rock types |
|-------------------------|-------|---------------------------------|-------------------|------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------------------------------|
| 1                       | Q5    | various                         | light             | low              | plain, alluvial fan  | none                 | granular             | alluvium                                     |
| 2                       | Q4    | white                           | very light        | low              | plain, dune          | none                 | wavy form            | dune, alluvium                               |
| 3                       | Q3    | dark grey, greyish green        | dark              | moderate to low  | plain, dune          | none                 | wavy form            | Aeolian old dune                             |
| 4                       | Q2    | white                           | very light        | moderate to low  | plain                | none                 | speckled             | eluviated white sand                         |
| 5                       | Q1    | reddish brown, dark red         | dark              | low              | plain                | horizontal           | speckled             | Carapace sand                                |
| 6                       | Ta    | dark green, dark red            | moderate to dark  | moderate         | plain, mesa          | horizontal           | stratiform, sinkhole | Eocene marine facies                         |
| 7                       | Tb    | blueish green, white patch      | dark              | moderate to high | plain, mesa          | horizontal to gentle | spotted, sinkhole    | Eocene marine facies, Carapace sand          |
| 8                       | Tc    | dark blueish green              | very dark         | moderate         | plain                | gentle               | stratiform           | Eocene marine facies, Clavator Quaternary    |
| 9                       | Kv1   | greysh white to yellowish brown | moderate to light | moderate to high | roundish ridge       | none                 | ring structure       | Cretaceous (rhyolite, delonite, trachyte)    |
| 10                      | Kv2   | blueish green                   | moderate to dark  | low              | U-shaped valley      | thin layered         | ring structure       |                                              |
| 11                      | Kvb   | blueish green                   | moderate to dark  | low              | U-shaped valley      | thick layered        | ring structure       | Cretaceous (basalt, labradorite, sakalavite) |
| 12                      | Kvc   | deep green                      | dark              | moderate         | hilly                | massive              | none                 |                                              |
| 13                      | K     | blueish green, reddish brown    | moderate          | moderate to high | cuesta               | well-bedded          | stratiform           | Lower to Middle Cretaceous marine facies     |
| 14                      | J5    | reddish brown                   | dark              | moderate to high | plain, cuesta        | thick                | none                 | Middle to Upper Jurassic marine facies       |
| 15                      | J4    | reddish brown                   | dark              | low              | plain                | poorly bedded        | white spotted        |                                              |
| 16                      | J3    | greysh green                    | moderate to light | high             | asymmetric ridge     | well-bedded          | banded               | Lower Permian to Lower Triassic              |
| 17                      | J2    | deep green                      | moderate to dark  | low              | hogback              | well-bedded          | banded               | continental facies                           |
| 18                      | J1    | deep green                      | dark              | moderate         | cuesta               | well-bedded          | banded               |                                              |
| 19                      | PCa   | pale brown                      | light             | high             | V-shaped ridge       | well-bedded          | foliation            | Precambrian metamorphic rocks                |
| 20                      | PCb   | yellowish brown                 | light             | moderate to high | mountainous          | thick                | foliation            |                                              |
| 21                      | PCc   | blueish green, white            | moderate to dark  | moderate to high | hogback              | well-bedded          | foliation            |                                              |
| 22                      | Gra   | reddish brown                   | light             | very high        | steep mountainous    | none                 | joint set            | Anosyennes granite                           |
| 23                      | Grb   | white to pale pink              | light             | high             | blocky and hilly     | none                 | shistose structure   | granite, migmatite                           |
| 24                      | A     | milky white, blueish white      | very light        | moderate to high | blocky and hilly     | none                 | centripetal          | anorthosite                                  |
| 25                      | L     | blueish white                   | light             | moderate to high | ridge                | thick                | fine dendritic       | marble                                       |
| 26                      | S     | white                           | light             | very high        | ridge                | thick                | none                 | quartzite                                    |
| 27                      | TA1   | deep green                      | very dark         | moderate to high | ridge                | thick layered        | lineation            | tonal anomaly                                |
| 28                      | TA2   | blueish green                   | dark              | moderate to low  | elongated depression | thin layered         | banded               | tonal anomaly                                |
| 29                      | TA3   | pinkish white                   | light             | moderate to low  | hilly                | none                 | lineation            | tonal anomaly                                |



## 第5章 結論及び提言

### 5-1 結論

本年度の調査は、マダガスカル民主共和国南部の南緯23度25分と南緯25度17分に挟まれる面積約66,300km<sup>2</sup>の範囲について、既存資料のコンパイルとLANDSATのTM画像解析を次年度に予定されている現地調査に先だてて実施した。

解析結果は以下のとおりである。

#### (1) 既存資料コンパイル

本調査地域内の地質は、先カンブリア界を基盤とし、二疊紀から完新世に至る各地質時代の地層から構成されている。これらの地層は、島の伸長方向である南北方向に分布するが、中央高地を形成する先カンブリア界を覆って、島の西側では二疊系から完新統までの地層が幅広く分布するのに対し、東側では白亜系及び完新統が東海岸に沿って狭く分布するという非対称的な構造を示している。本調査地域には、ブラックサンド、石墨、金雲母、貴石類、ウラノトリアナイト、金、銀、銅、亜鉛、鉄、クロム、カオリン、ポーキサイトなどの鉱床・鉱徴が分布している。これらのうちウラノトリアナイト鉱床と一部の金雲母鉱床、金・銀・銅・亜鉛鉱床がかって採掘されたが、ほとんどの鉱床・鉱徴は探鉱が十分なされていないために鉱山として操業されるに至っていない。現在は、金雲母、貴石類が小規模に採掘されている程度である。

当地域の代表的な鉱徴地は以下のとおり。

Tolañaro (Fort-Dauphin) 周辺地区：インド洋に面した砂丘及び現在の海岸線にモナズ石、チタン鉄鉱、ルチル、ジルコンを含むブラックサンドからなる多数の鉱床群が形成されている。また、Mananteninaにはポーキサイト鉱床が存在する。

Tranomaro 周辺地区：貴石（コランダム）、金雲母、ウラノトリアナイト、錫石などの鉱床・鉱徴が知られている。現在は金雲母が小規模に採掘されているが、ウラノトリアナイトは1954～1964年に活発に採掘された。

Bekitro 周辺地区：金雲母、マンガン、貴石類（緑柱石、ザクロ石）、チタン鉄鉱などの鉱徴が知られている。金雲母鉱床は、Andro-yen 系の輝岩中のペグマタイト鉱床で層状またはレンズ状に胚胎している。

Ampanihy 周辺地区：貴石（ルビー、ザクロ石など）、石墨、金雲母、チタン鉄鉱、銅、マンガン、カオリンなどの鉱徴が知られているが、現在稼働しているのは貴石採掘場のみである。

Beraketa 北方地区：金雲母の鉱床・鉱徴が知られている。金雲母鉱山はMarovalala 鉱



山、Ampandrandava 鋳山及びAmbararata鋳山などで1900年代初頭から1940年頃まで採掘された。本地区には、このほか石墨、ウラノトリアナイト及び緑柱石の鋳徴が分布している。

Soamanonga周辺地区（Vohibory地区）：本地区には、金、銀、銅、亜鉛、マンガンの鋳徴が知られており、Besakoa鋳山などでは植民地時代に採掘が行われた。本地区に分布するKaroo系のSakao層群は石炭層を含む。

## (2) LANDSAT TM画像解析

6シーンのLANDSAT TMデータをCCTの形で入手し、バンド2、3、4を青、緑、赤に配色したりニアストレッチ及びエッジ強調処理を施したフォールスカラー画像を作成した。これらの画像を写真地質学的に解析した結果、29の地質単元に分類できた。また、地質的に興味ある構造として、調査地中央部東寄りに、南北約70km、東西約45kmの楕円形の複合貫入岩体が分布し、岩体の北～北東側を取巻くように、明らかな陥没構造が認められる。このような大規模な火成活動は、鋳床の形成に関連した可能性もあり、精査対象として、興味深い。

## 5-2 第2年次調査への提言

本年度の解析を通じ、当該地域には多種の鋳種の鋳床・鋳徴が発見され、資源賦存の可能性は高いものの、探鋳が十分なされていないため、現在のところ小規模な個人経営による鋳山を除き、開発は行われていない事が判明した。本地域の地質状況を解明し、鋳床賦存状況を把握するために、以下の調査を第2年次調査として行うことを提案する。

### (1) 衛星データ解析

調査対象地域には衛星画像上のトーンアノマリーが多く見られ、これらの一部は火成活動の影響による変質帯と考えられる。また、楕円形の複合貫入岩体や大規模な陥没構造などが見られ、構造規制型鋳床存在の可能性がある。このような状況の地域に対しては、本年2月11日に打ち上げられた地球資源衛星（ふよう1号）の短波長赤外域のデータ及び合成開口レーダーのデータが有効である。このデータをTMあるいはSPOTデータと組み合わせることにより、効果的な解析が期待できる。

### (2) 既存データ解析

第1年次は主として日本で入手できる資料により、解析を行った。マダガスカル民主共和国鋳山地質局には、既入手資料以外に多くの資料があるものと考えられるので、これらの資料を用いた解析により多くの知見を得、日本で収集した資料の解析結果とあわせ、衛星画像解析及び現地調査に反映させる。

### (3) 地質調査・地化学探査

衛星データ解析及び既存データ解析で得られた情報を現地で確認するとともに、地質構造と鉍化作用の関係を把握し、鉍床賦存有望地区を抽出する。主たる調査地としては、Tolañaro (Fort-Dauphin) 周辺地区、Tranomaro 周辺地区、Bekitro 周辺地区、Ampanihy 周辺地区、Beraketa 北方地区、Soamanonga 周辺地区 (Vohibory 地区) などが候補となる。Tranomaro 地区では、既存の鉍床・鉍徴を確認するほか、白亜紀の複合貫入岩体や陥没構造に伴われる鉍化作用の有無を確認する。



## 参 考 文 献

- ALLARD, M., AUBERT, J. -M. et LACOSTE, Ph. (1970) Géologie de Madagascar. l' Ecole, Paris, 89P.
- AUROUZE, J. (1953) Etude géologique des feuilles Fotadrevo-Bekily, au 1/100.000. Travaux du Bureau Géologique, numéro 42, Service Géologique, Tananarive, 44P.
- BAZOT G., RAZAFIMANANTSOA et RAMANITRIRAISSANA C. (1978) Carte géologique de feuille Sainte Luce. La coordination a été effectuée par G. BAZOT, Service Géologique de Madagasikara, Tananarive.
- BEHIER, J. (1960) Contribution à la minéralogie de Madagascar. Ann. Géol. Madag., XXIX, 78P.
- BESAIRIE, H. (1964) Madagascar, feuille du Sud, carte géologique, au 1/1.000.000. Service Géologique de Madagascar, Tananarive.
- BESAIRIE, H. (1966) Gites minéraux de Madagascar. Ann. Géol. Madag., XXXIV, premier vol., 437P.
- BESAIRIE, H. (1970) Carte géologique, feuille Fianarantsoa numéro 7, au 1/500.000. Service Géologique de Madagasikara, Tananarive.
- BESAIRIE, H. (1970) Carte géologique, feuille Ampanihy numéro 8, au 1/500.000. Service Géologique de Madagasikara, Tananarive.
- BESAIRIE, H. et COLLIGNON, M. (1972) Géologie de Madagascar. I. Les Terrains Sédimentaires. Ann. Géol. Madag., XXXV, 463P.
- BESSON, M. (1953) Carte géologique de feuille Ampandrandava, au 1/100.000. Travaux du Bureau Géologique, Service Géologique, Tananarive.

- BOULANGER, J. (1953) Etude géologique des feuilles Ejeda-Gogogogo, au 1/100.000, campagne 1952. Travaux du Bureau Géologique, numéro 45, Service Géologique, Tananarive, 70P.
- BRENON, P. (1953) Etude géologique des feuilles Isakoa (J. 58), Betroka (K. 58) et d'une partie de la feuille Ianakafy (I. 58), au 1/100.000, campagne 1952. Travaux du Bureau Géologique, numéro 48, Service Géologique, Tananarive, 105P.
- DELBOS, L. et NOIZET, G. (1955) Carte géologique de feuille Tsivory, au 1/100.000. Travaux du Bureau Géologique, Service Géologique, Tananarive.
- FURON, R. (1963) Madagascar. Geology of Africa, English edition translated by A. Hallam and L. A. Stevens, Oliver and Boyd Ltd., Edinburgh and London, P. 354-370.
- Japan Society of Newer Metals (1970) Madagascar. Report on the investigation for the promotion of buying new metal resources in Africa and Nepal (in Japanese). P. 30-104
- MMAJ (1970) Metal deposits in Madagascar (in Japanese). Inside data no. 3, 15p.
- MMAJ (1974) Report on the overseas geological structure survey in the central area of Madagascar (summarization in Japanese).
- MMAJ (1975) Madagascar. Report on the investigation of overseas mining circumstances [Madagascar • Swaziland] (in Japanese), inside data, P. 2-13.
- MMAJ (1981) Mining circumstances of the Democratic Republic of Madagascar (in Japanese). Report on the investigation of overseas mining circumstances [Zimbabwe, Madagascar, New Zealand, New Caledonia, Venezuela, Panama], inside data P. 26-29.

- MMAJ (1984) Mining circumstances of Madagascar (in Japanese). Report on the investigation of overseas mining circumstances [Finland, Sweden, Thailand, Indonesia, Botswana, Madagascar], inside data, P. 102-122.
- MOUFLARD, R. (1953) Etude géologique des feuilles Bevary, Isoanala, Iankafy Sud, au 1/100.000, campagne 1952. Travaux du Bureau Géologique Service Géologique, Tananarive, 64P.
- NOIZET, G. (1953) Etude géologique des feuilles Ankazotaha-Ampanihy-Tranoroa, au 1/100.000. Travaux du Bureau Géologique, numéro 46, Service Géologique, Tananarive, 65P.
- NOIZET, G. et LAUTEL, R. (1953) Carte géologique des feuilles Tranoroa-Bekitro, au 1/100.000. Travaux du Bureau Géologique, Service Géologique, Tananarive.
- NOIZET, G. (1954) Carte géologique des feuilles Imanombo-Ranomainty, au 1/100.000. Travaux du Bureau Géologique, Service Géologique, Tananarive.
- NOIZET, G. (1955) Carte géologique des feuilles Tranomaro-Marohotro, au 1/100.000. Travaux du Bureau Géologique, Service Géologique, Tananarive.
- NOIZET, G. de la, ROCHE, H., ORLOFF, O. et DELBOS L. (1955) Carte géologique des feuilles MAHALY-ESIRA, au 1/100.000. Travaux du Bureau Géologique, Service Géologique, Tananarive.
- Overseas Technical Cooperation Agency (1964) Report on the investigation of the mineral resources development plan in Madagascar (in Japanese). 153P.
- RAZAFIMANANTSOA, RAKOTOMANGA A. et RANDRIANARISOA J. D. (1978) Carte géologique de feuille Ranomafana du Sud. La coordination a été effectuée par G. BAZOT. Service Géologique de Madagasikara, Tananarive.

VERSTRAETE, BAZOT G., RAZAFIMANANTSOA, RAMANITRIRAIANA et RAKOTOARIVONY (1978)

Carte géologique de feuille Fort-Dauphin. La coordination a été effectuée par

G. BAZOT, Service Géologique de Madagascar, Tananarive.







