

在野史中加註的歷史事件

在野史中加註的歷史事件

在野史中加註的歷史事件

1984  
1984  
1984

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2年次

JICA LIBRARY



1103627(0)

24806

平成5年3月

国際協力事業団

金属鉱業事業団



国際協力事業団

24806

## 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4年度が第2年次にあたり、衛星画像解析を日本国内で実施した。本報告書はこの調査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5年3月

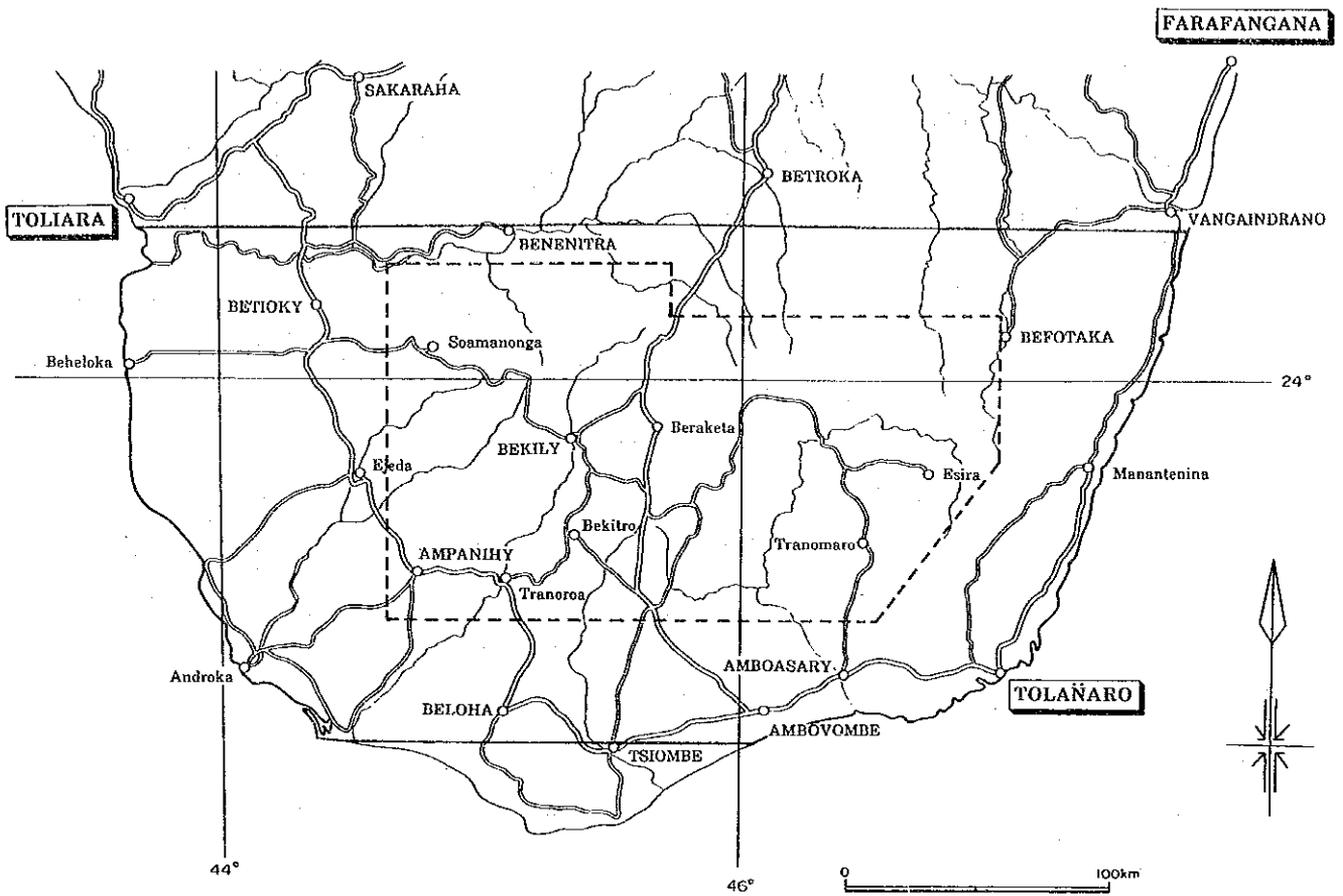
国際協力事業団

総 裁 柳 谷 謙 介

金属鉱業事業団

理事長 石 川 丘





**LEGEND**

-  Survey Area of Phase I
-  Road
-  City, Town
-  River
-  Survey Area of Phase II

**INDEX MAP**

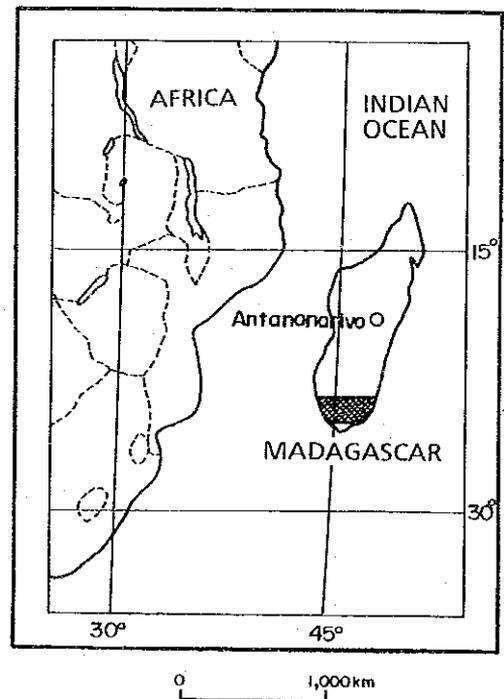


Fig.1-1 Location map of survey area



## 要 約

前年度の調査は、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データを使用した画像解析を実施した。本年度は昨年度の解析で抽出された鉱床賦存有望地域を含む30,000km<sup>2</sup>の範囲について、次年度に予定されている現地調査に先だってLANDSATのTMデータを利用した画像解析を行った。さらに、衛星画像解析結果に既存データを加えて総合解析を実施した。

解析の目的は、当該地域の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。解析結果の概要は以下のとおりである。

### (1) LANDSAT TMデータ解析

昨年度は、マダガスカル南部地域全域を対象として、広域的岩相区分及び地質構造の判読を実施した。その際、バンド組み合わせの異なる数種のフルシーンフォールスカラー画像を出力し、その中から、広域的地質状況の把握に最適と判断されたバンド234の組み合わせによる画像を判読に用いた。

今年度の調査地域には、多くの鉱床及び鉱徴地が分布することから、地質状況の特殊性が予想されたこと、及び、昨年度の作業では抽出されなかった小規模な地質単元区分及び構造判読が意図されたことから、既存資料により、金銀を伴う銅鉱床の分布が知られているSoamanonga地区及びウラノトリアナイト鉱床の分布が知られているTranomaro地区をモデルとして、地質判読及び変質帯抽出に最適なバンド組み合わせ及び画像処理方法を検討した。その結果、バンド457のフォールスカラー画像が本地域の岩相区分及び地質構造の判読に最適であること、バンド57の比演算画像が粘土鉱物の分布を良く反映し、変質帯抽出に適していることが判明した。これらの結果に基づき、調査地域全域をカバーするバンド457のフォールスカラー画像及び57の比演算画像を作成し、縮尺1/20万及び1/50万のカラープリントとした。作成した画像から、①調査地域北西端の二畳系下部～三畳系下部の分布域、②東部の環状陥没構造沿い及びその内側に分布する複合火成岩体の一部、③南西端の低地帯、に粘土鉱物が多く分布することが推定された。これらの内、①及び③は、いずれも原岩組成の違いを反映した差異と判断されるが、②については熱水作用による変質帯の存在を示唆している可能性がある。

## (2) 総合解析

当地域に賦存する種々の鉱床・鉱徴の内、経済的な観点から有望と判断されるものは、Soamanonga地区に分布する金銀を伴う銅鉱床である。これらの鉱床は、先カンブリア界と二畳系～三畳系下部との境界近傍の花崗岩体周辺に分布し、多くの場合、断層あるいは衛星画像から判読されたりニアメントの近傍に位置していることが判明した。Soamanonga地区の南部には、先カンブリア界中の同一層準と見なせる位置にいくつかの花崗岩体が分布しているが、既存資料には、鉱床の記載はない。今後の調査により、Soamanonga地区及びその南部の花崗岩体分布域の地質及び既知鉱床の賦存状況を把握することで、同地域における新鉱床発見の可能性を評価できるものとする。

また、今年度の調査地域東部の環状陥没構造沿い及びその内側に分布する複合火成岩体中に抽出されたTMバンド5/7比の異常は、熱水変質帯の存在を示唆している可能性もあり、グランドトルスチェックを目的とした現地調査が必要である。

## (3) 第3年次調査への提言

総合解析の結果に基づき第3年次調査として以下の調査を実施することが望ましい。

- ① Soamanonga地区及びその南の花崗岩体分布域を対象とした合成開口レーダーあるいはステレオSPOTデータによるリニアメント抽出。
- ② マダガスカル国内におけるSoamanonga地区の地質・鉱床に関する資料収集。
- ③ Soamanonga地区及びその南の花崗岩体分布域を対象とした地質調査・地化学探査。
- ④ 調査地域東部の環状陥没構造沿い及びその内側に分布する複合火成岩体中に抽出されたTMバンド5/7比の異常帯を対象としたグランドトルスチェック。

平成4年度資源開発協力基礎調査  
マダガスカル民主共和国南部地域

目 次

は し が き

調査地域位置図

要 約

第1章 調査概要

- 1-1 調査経緯及び目的 ..... 1
- 1-2 第1年次の結論 ..... 1
- 1-3 第2年次調査の範囲、目的及び作業の概要 ..... 3
- 1-4 調査期間及び調査員の編成 ..... 3

第2章 調査地域の地理

- 2-1 位置及び交通 ..... 5
- 2-2 地形及び水系 ..... 5
- 2-3 気候及び植性 ..... 5

第3章 調査地域の既存地質情報

- 3-1 既往調査の概要 ..... 7
- 3-2 一般地質 ..... 7
- 3-3 調査地域の地質的位置づけ ..... 8
- 3-4 調査地域の鉱業略史 ..... 9

第4章 衛星画像解析

- 4-1 使用データ及び作業方法 ..... 13
- 4-2 解析結果 ..... 14

第5章 結論と提言

- 5-1 結論 ..... 19

5-2 第3年次への提言 .....	20
--------------------	----

参考文献

## List of Figures

- Fig.1-1 Location map of survey area
- Fig.3-1 Geologic map of the southern area of Democratic Republic of Madagascar
- Fig.4-1 Location of LANDSAT TM data
- Fig.4-2 Location of Soamanonga area and Tranomaro area
- Fig.4-3 Topographic map of Soamanonga area
- Fig.4-4 Geologic map of Soamanonga area
- Fig.4-5 False color image of band145=BGR of Soamanonga area
- Fig.4-6 False color image of band157=BGR of Soamanonga area
- Fig.4-7 False color image of band457=BGR of Soamanonga area
- Fig.4-8 Pseudo color image of band3/band2 ratio of Soamanonga area
- Fig.4-9 Pseudo color image of band4/band3 ratio of Soamanonga area
- Fig.4-10 Pseudo color image of band5/band7 ratio of Soamanonga area
- Fig.4-11 DPCA image of Soamanonga area
- Fig.4-12 Interpretation map of images of Soamanonga area
- Fig.4-13 Topographic map of Tranomaro area
- Fig.4-14 Geologic map of Tranomaro area
- Fig.4-15 False color image of band145=BGR of Tranomaro area
- Fig.4-16 False color image of band157=BGR of Tranomaro area
- Fig.4-17 False color image of band457=BGR of Tranomaro area
- Fig.4-18 Pseudo color image of band3/band2 ratio of Tranomaro area
- Fig.4-19 Pseudo color image of band4/band3 ratio of Tranomaro area
- Fig.4-20 Pseudo color image of band5/band7 ratio of Tranomaro area
- Fig.4-21 DPCA image of Tranomaro area
- Fig.4-22 Interpretation map of images of Tranomaro area
- Fig.4-23 Mosaic of false color images of band 457=BGR
- Fig.4-24 Mosaic of pseudo color images of band5/band7 ratio
- Fig.4-25 Geologic interpretation map of LANDSAT TM false color images

Fig.5-1 Integrated map of image analyses

#### List of Table

Table 4-1 LANDSAT TM data list

#### List of Plates

- PL. 1 Geological interpretation map of LANDSAT TM false color imagery (scale 1:500,000)
- PL. 2 Integrated map of image analyses (scale 1:500,000)

## 第1章 調査概要

### 1-1 調査経緯及び目的

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が先カンブリア界の火成岩・変成岩類からなり、残り1/3は古生代石炭紀以降の堆積岩からなる。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、その開発は進んでいない。稼行されている鉱物資源はわずかにクロム鉄鉱、金雲母、石墨、貴石類(ルビー、ざくろ石、緑柱石など)であるが、その他に、鉄、石炭、ウラノトリアナイト、ニッケル、ボーキサイト、チタン鉄鉱、ニオブ、タンタル、金、銅、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の努力により、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に基づいて行った。

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、昨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った。本年度は昨年度の解析により抽出された鉱床賦存有望地域を含む地域に対し、変質帯の抽出を目的とするLANDSAT TMデータ解析を行った。

### 1-2 第1年次の結論

第1年次の調査は、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画像解析を実施した。解析結果は以下のとおりである。

#### 1-2-1 既存試料コンパイル

本調査地域内の地質は、先カンブリア界を基盤とし、二畳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、島の伸張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、島の西側では二畳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・亜鉛鉱床がかつて採掘されたが、ほとんどの鉱床・鉱徴は採掘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。

Tolanaro (Fort-Dauphin)周辺地区：インド洋に面した砂丘及び現在の海岸にモナズ石、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。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年に盛んに採掘された。

Bekiro周辺地区：金雲母、マンガン、貴石類(緑柱石、ざくろ石)、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、ざくろ石など)、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。金雲母はMarovala鉱山、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。本地区に分布するKaroo系のSakao層群は石灰層を含む。

## 1-2-2 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の楕円形の複合火成岩体が分布し、岩体の北～北東側を取り巻くように、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。

### 1-3 第2年次調査の範囲、目的及び作業の概要

#### 1-3-1 調査対象範囲

調査対象地域は、第1図に示すように、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分に挟まれる昨年度面積約66,300km<sup>2</sup>の中の30,000km<sup>2</sup>の範囲からなる。

#### 1-3-2 調査目的

衛星データを用いてスペクトル解析による変質帯可能域の抽出を行い、既存鉱徴地図及びリニアメント解析図などの既存データを重ね合わせて総合解析を実施する。

#### 1-3-3 作業概要

調査地域をカバーするLANDSAT衛星画像5シーンから鉱床賦存有望地区を含むサブシーンをSUN SYSTEMで各種フォールスカラー処理及び比演算処理した。処理結果をカラーディスプレイ上に出し、変質帯抽出に適するバンド組み合わせ及び処理方法を選定し、画像を作成した。これらの画像により変質帯可能域の抽出を含む画像判読を実施した。

### 1-4 調査期間及び調査員の編成

#### 1-4-1 調査期間

衛星画像解析は平成5年1月から平成5年3月にかけて実施した。

項 目	1月	2月	3月
計画策定	28	1	
画像作成・検討		1	20
報告書作成		21	1

#### 1-4-2 調査員

第2年次調査に参加した調査員は次のとおりである。

##### 調査員

河野 愛	総括責任、衛星画像解析	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
渡辺 英久	衛星画像解析	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

マダガスカルはアフリカ東海岸からモザンビーク海峡を隔てて東方300kmに位置するインド洋上に孤立した島国(総面積594,200km<sup>2</sup>、日本の1.6倍に相当)である。その位置は南緯12°から26°にあり、南北回帰線間の熱帯圏に属する。調査地域は、第1図に示す範囲である。

調査地域の西方約90kmに位置するToliaraと首都のAntananarivoとの間の空路は、金曜日を除き週7便ある。また首都と調査地域の東方約50kmに位置するTolanaro間は、月、水、土曜日を除き週4便ある。ToliaraとTolanaro間、Toliaraと調査地域内のAmpanihy、Bekily間は、週1ないし2便ある。

東側山岳地帯は道路の発達が悪いが、その他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、Tolanaroから西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なし西側に進む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、東方に流れるが、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

マダガスカル島の地理的位置、地形、海洋の影響及び風の方向から二つの季節に区別される。4～10月にかけては冬期に相当し、東南貿易風のため東海岸に湿った冷風を送り、中央高原を過ぎたときは乾燥している。11～3月は温度が高く夏の季節で雨期となる。降雨量は東海岸一

帯で、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1,000～2,000mm/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と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、刺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

本章については、第1年次として行った「平成3年度資源開発協力基礎調査マダガスカル民主共和国南部地域」の報告書に詳細が記載されている。ここでは、本年度の業務に係わる情報についてのみ抜粋して記載する。

#### 3-1 既往調査の概要

##### 3-1-1 既存資料

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している。H. BESAIRIEは、これら従来の調査結果を集約し、マダガスカル全地域の地質図として1964年に100万分の1、1970年に50万分の1を出版している。

調査地域内の鉱床及び鉱徴については、上記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 Miniere et des Indices (50万分の1)にまとめている。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。

##### 3-1-2 鉱床

本地域の鉱山は、すべて1960年代に休山し、最近は、石墨、金雲母及びざくろ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。

#### 3-2 一般地質

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、二畳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。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。

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。

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（ざくろ石、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採掘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。

### 3-3 調査地域の地質各論

#### 3-3-1 先カンブリア界及びカンブリア系

調査地域に分布する先カンブリア界は、古い時代からAndroyen系、Graphite系、Vohibory系の3つの地質単元からなり、東から西に新しくなっている。これらの地質単元は方鉛鉱、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。

先カンブリア界を貫いて花崗岩、チャーノックait、閃長岩及びペグマタイトが分布する。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能年代は、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、ざくろ石、コルンブータンタル石などを産する。

#### 3-3-2 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Karoo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Sakoa層群（下部二畳系）、Sakamena層群（上部二畳系～下部三畳系）、Isalo層群（上部三畳系～中部ジュラ系Bajocian階）の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、本年度の調査地域には古い時代の2層群が分布する。

### 3-3-3 白亜系

本調査域の南東部Tranomaro西方に後期白亜紀の玄武岩と流紋岩が南北約70km、東西約45kmの楕円形の複合火成岩体を形成している。玄武岩は黒色緻密で普通輝石の斑晶を有し、まれにかんらん石を含む。

### 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。

現在開発され採掘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、石墨、金雲母、貴石類（ざくろ石、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。

Tranomaro周辺地区：貴石（コランダム）、金雲母、ウラノトリアナイト、錳石などの鉱床・

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 (Commissariat a l'Energie Atomique)によって盛んに採掘された。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。

Bekiro周辺地区：金雲母、マンガン、貴石類（緑柱石、ざくろ石）、チタン鉄鉱などの鉱徴が知られている。金雲母鉱床は、主に片麻岩及びレプチナイトからなるAndroyen系の輝岩中のベグマタイト鉱床で、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、ざくろ石など）、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。ざくろ石はマンガンざくろ石で、Ampanihy周辺のGraphite系の含ざくろ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4kmには、半砂漠地帯には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位の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10m程度と確認されている。

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Marovala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。鉱床は、主に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ベ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、燐灰石、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。

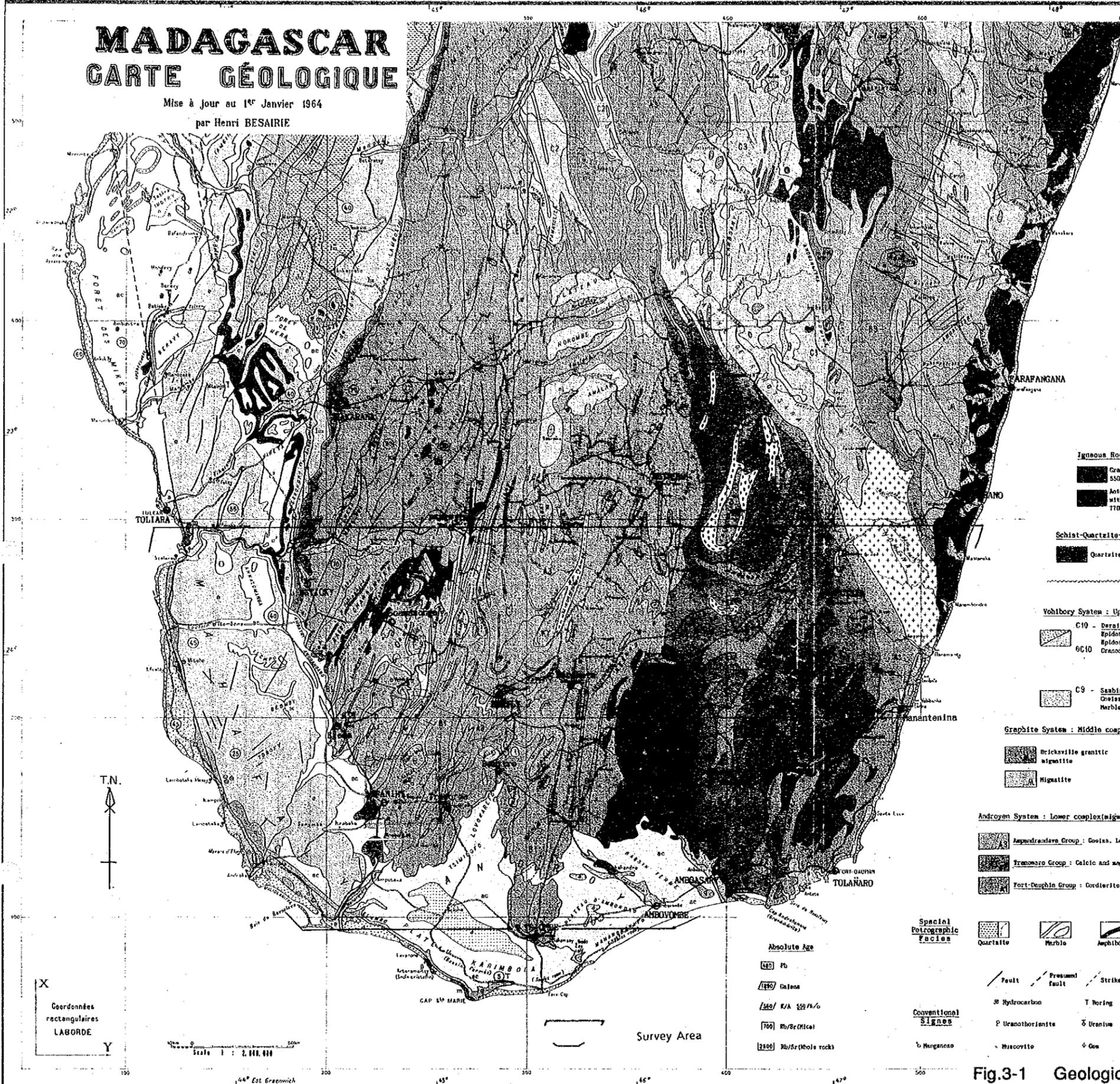
Soamanonga周辺地区（Vohibory地区）：本地区には、金、銀、銅、亜鉛、マンガンの鉱徴が

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、亜鉛に富む銅鉱化作用が認められる。さらに二畳紀～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30cmの含鉄砂岩がある。鉄石は、褐鉄鉱と赤鉄鉱を含むセメント用砂岩である。BRGM（Bureau de Recherches Geologique et Minières、1959～1960）の調査によると、10～14%Feの推定鉄量は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の予想鉄量は1億3,000万トン、24%Feで3,000万トンである。



# MADAGASCAR CARTE GÉOLOGIQUE

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



## LEGEND

Alluvium	Dune	Sluved white sand	Mangrove mud
Elevator Quaternary	Carapace sand	Appurais old dune	Volcanic Rocks
Plio-Pleistocene lacustrine sediment	Pliocene continental sediment	Lat-witic clay	Pleistocene and Recent
<b>Marine Facies</b>		<b>Continental Facies</b>	
Miocene	Oligocene	Eocene	Danian
Upper Cretaceous	Middle and lower Cretaceous	Upper Jurassic	Middle Jurassic
Upper Trias	Lower Triassic	Upper Permian	
<b>Crataceous Effusive Rocks</b>		<b>Volcanic Rocks</b>	
Rhyolite, Dellenite, Trachyte	Basalt, Labradorite, Sokelavite	Dolerite and basic dikes	Granite, Syenite
Kapheline syenite	Phonolite	Gabbro	
<b>Unconformity</b>			
<b>Igneous Rocks</b>			
Granite 550MA	Granite and migmatite 550MA	Syenite	Gabbro
Anorthite Granite with basic enclaves 770MA	Anorthite Granite with charnockite 780-900MA	Vauveto Granite 100-1100MA	Peridotite Pyroxenite
Ultrabaste	Amphibole syenite		
<b>Schist-Quartzite-Limestone Series (Precambrian)</b>			
Quartzite	Schist, mica schist	Marble	
<b>Major Orogenic Unconformity 2600MA</b>			
<b>Vohibory System : Upper complex, mainly amphibole complex of old Precambrian</b>			
C10 - Baraina Group: Epidote amphibolite, Epidote, Gneiss, Granodiorite	C9 - Saabirano Group: Gneiss, Quartzite, Marble	C8 - Antogall Group: Epidote migmatite	C7 - Anodirano Group: Feldspathic mica schist
C6 - Marvatanana Group: Amphibolite, Green schist, Magnetite quartzite, Gneiss	C5 - Beforona Group: Amphibole migmatite, Amphibolite	C4 - Mananjary Group: Mica schist, Gneiss, Green schist, Magnetite	C3 - Anorony Group: Gneiss, Amphibolite, Marble, Mica schist, Magnetite
C2 - Malakalina Group: Mica schist, Marble, Quartzite	C1 - Vohibory Group: Leptinite, Amphibole gneiss, Amphibolite, Marble		
<b>Graphite System : Middle complex (aluminatic-gneissic)</b>			
Brickaville granitic migmatite	Hignatite	B4 - Andriha Group: Magnetite and Gneiss without graphite	B3 - Anabolony Group: Mica schist and Gneiss with graphite
		B2 - Anorony Group: Gneiss and Magnetite with graphite	B1 - Anapthy Group: Leptinite with graphite
<b>Androyen System : Lower complex (aluminatic-leptinitic)</b>			
Ampandrandava Group: Gneiss, Leptinite, Pyroxenite, Marble, Charnockite	Tranovato Group: Calcic and magnesian pergneiss, Wornarite, Pyroxenite, Marble, Leptinite	Fort-Dauphin Group: Cordierite leptinite	
<b>Special Petrographic Facies</b>			
Quartzite	Marble	Amphibolite	Phlogopite Pyroxenite
Graphite	Oolitic aluminite	Anorthosite	Granite
Charnockite	Beauxite	Muscovite	Zirconite
Garnet	Sillimanite	Cordierite	
<b>Conventional Signs</b>			
Fault	Presumed fault	Strike	Hot spring
Spring water	Cove	Lignite	Coal
Fossil	Hydrocarbon	Boring	Gold
Uranothorite	Manganese	Muscovite	Gem
Iron	Nickel	Chromium	Platinum
Beryl	Cassiterite	Corundum	Quartz
Barite	Monazite	Pyrochlore	Kaolinite
Biotite	Saline soil	Dolomite	Gypsum

Fig.3-1 Geologic map of the southern area of Democratic Republic of Madagascar

Imprimeur: Service Géographique de Madagascar, Tananarive  
Éditeur: Service Géologique de Madagascar, Tananarive  
Trappe 1500 exemplaires  
Dessiné: Août 1955, révisé: 1955, N° Edition: 55, N° Impression: 614



## 第4章 衛星画像解析

### 4-1 使用データ及び作業方法

#### 4-1-1 使用データ

平成3年度に入手したLANDSAT TMデータ6シーンの画像範囲をFig. 4-1に、各データの仕様をTable 4-1にそれぞれ示す。今年度はこれら6シーンの内、Path 158, Row 76を除く5シーンを解析に使用した。

#### 4-1-2 作業方法

昨年度は、マダガスカル南部地域全域を対象として、広域的岩相区分及び地質構造の判読を実施した。その際、バンド組み合わせの異なる数種のフルシーンフォールスカラー画像を出力し、その中から、広域的地質状況の把握に最適と判断されたバンド234の組み合わせによる画像を判読に用いた。

今年度の調査地域には、多くの鉱床及び鉱徴地が分布することから、地質状況の特殊性が予想されたこと、及び、昨年度の作業では抽出されなかった小規模な地質単元区分及び構造判読が意図されたことから、既存資料により、銅鉱床の分布が知られているSoamanonga地区とウラノトリアナイト鉱床の分布が知られているTranomaro地区の2地区のサブシーン画像を使用して、バンド組み合わせを変えた3種類のフォールスカラー画像、3種類の比演算画像及び比演算の結果を用いた主成分画像（Directed Principal Component Analysisの頭文字を取り以降DPCA画像と呼ぶ）の7種の画像を作成し、それらを比較検討することにより最適なバンド組み合わせを選択した。なお、フォールスカラー画像のバンド選択にあたっては、各バンド間の相関係数及びエントロピーを算出し、参考とした。

Soamanonga地区及びTranomaro地区の位置をFig. 4-2に示す。

2地区のサブシーンを使用した作業の結果、フォールスカラー画像では、バンド457の組み合わせが最も良く当地域の岩相分布及び地質構造を反映していると判断された。比演算画像では、バンド5/7の組み合わせが粘土鉱物の分布を良く表現していると判断された。従って、今年度の調査地域全域について、バンド457の組み合わせによるフォールスカラー画像と、バンド5/7の比演算画像を作成し、写真地質学的判読及び変質帯可能域の抽出を実施した。