

Antsakaomiarary層が主成分2の高いゾーンとして抽出されたが、目的とした粘土鉱物の分布域は抽出できなかった。

#### 5) 考察

Tranomaro地区の地質判読図をFig. II-3-10に示す。既存地質図に表現されていない褶曲構造が抽出されたが、レンズ状の花崗岩体の分布は既存地質図以上には捕捉できなかった。ウラノトリアナイト鉱床の分布は、バンド比5/7の高いゾーンと良く一致する。

以上の結果に基づき、フォールスカラー画像については、バンド4・5・7の組み合わせが地質判読に最適な画像であると判断される。比演算画像については、バンド比5/7が粘土鉱物の分布を最も良く反映していると考えられるため、変質帯の抽出に有効であると判断される。

### 3-3 画像判読結果

調査地域全域をカバーするTMバンド4・5・7のフォールスカラーモザイク画像をFig. II-3-11に、TMバンド比5/7の比演算モザイク画像をFig. II-3-12に示す。判読結果をFig. II-3-13に示す。

判読作業には縮尺1/50万及び1/20万のカラープリントを使用した。TMバンド比5/7の比演算画像からは、変質帯が賦存する可能性の高いゾーンとして、次の3区域が抽出された。

#### 1) 地域北西端の二疊系下部～三疊系下部堆積岩類が分布する区域

当区域に分布する堆積岩類は、先カンブリア界の変成岩類に比べ、元来粘土鉱物を多く含有しており、また、風化作用を受けやすく、地表部に粘土鉱物に富む表層物質が形成されている可能性が大きい。

#### 2) 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の一部

環状陥没構造に沿って、粘土鉱物に富む崖錐堆積物が分布する可能性や、環状陥没構造に沿って熱水の流動が生じ粘土化帯が形成された可能性が考えられる。環状構造内部の複合火成岩体分布域のバンド比5/7異常は、岩相の違いは反映しておらず、何らかの要因による変質帯が形成されている可能性が考えられる。

### 3) 地域南西端の低地帯

当区域には主に始新世海成層及び第四系が分布し、これらは元来粘土鉱物を多量に含有すると推定される。また、先カンブリア界の分布域もこうした新期の堆積物に薄く覆われていることが、フォールスカラー画像の判読から推定される。



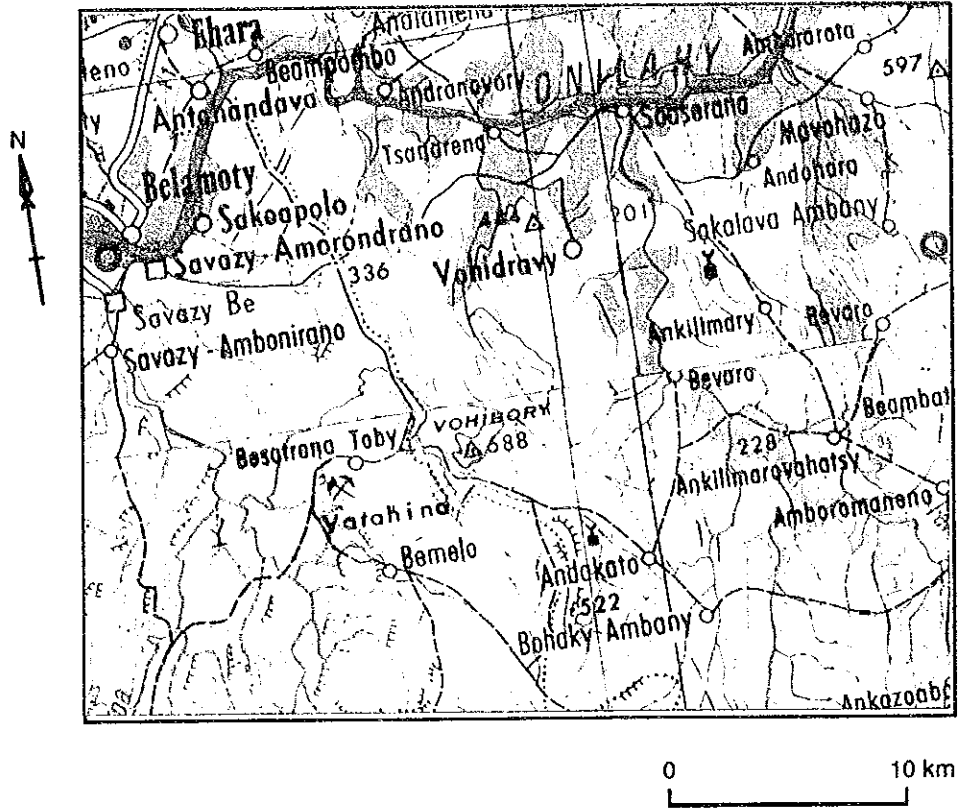


Fig. II-3-1 Topographic Map of Soamanonga Area

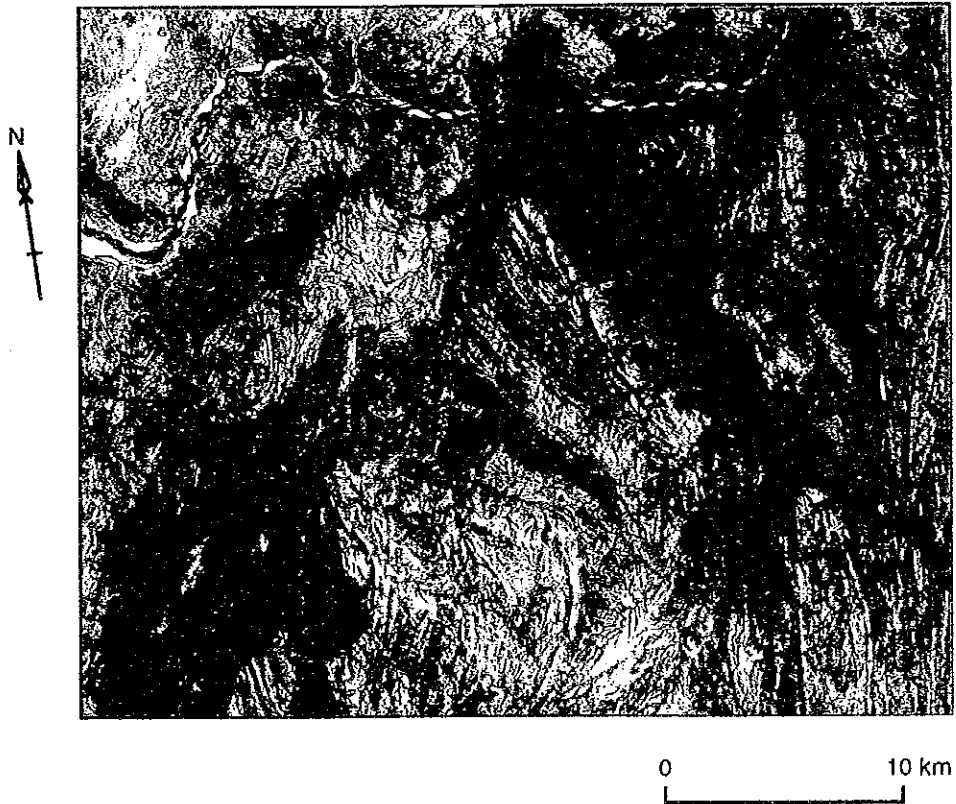
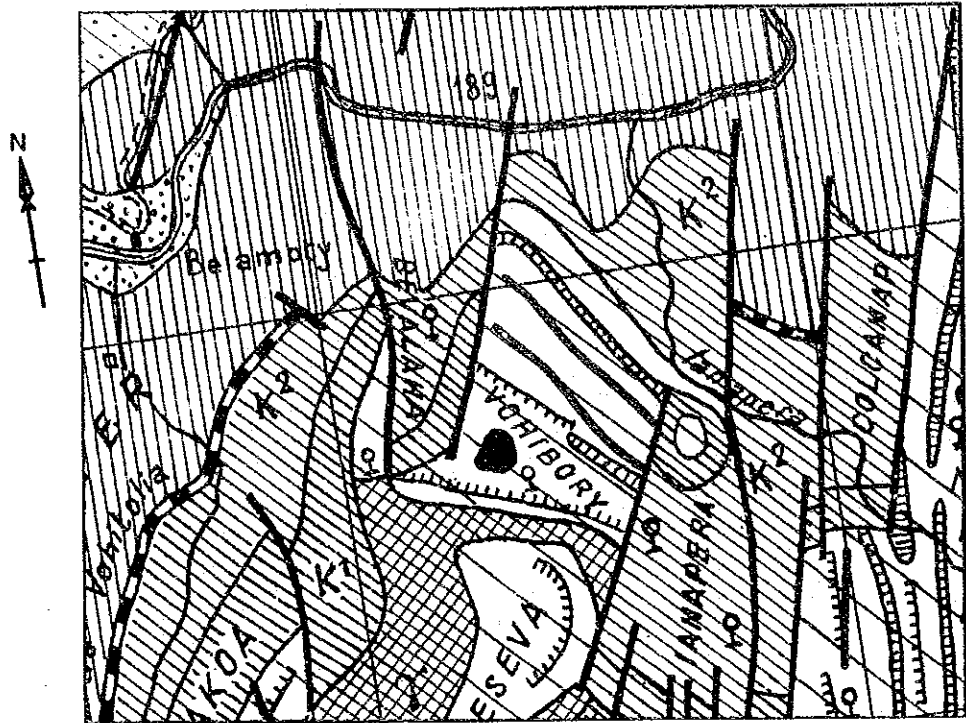


Fig. II-3-3 False Color Image of Soamanonga Area

(1) Band 1 · 4 · 5 = B · G · R





0 10 km

LEGEND

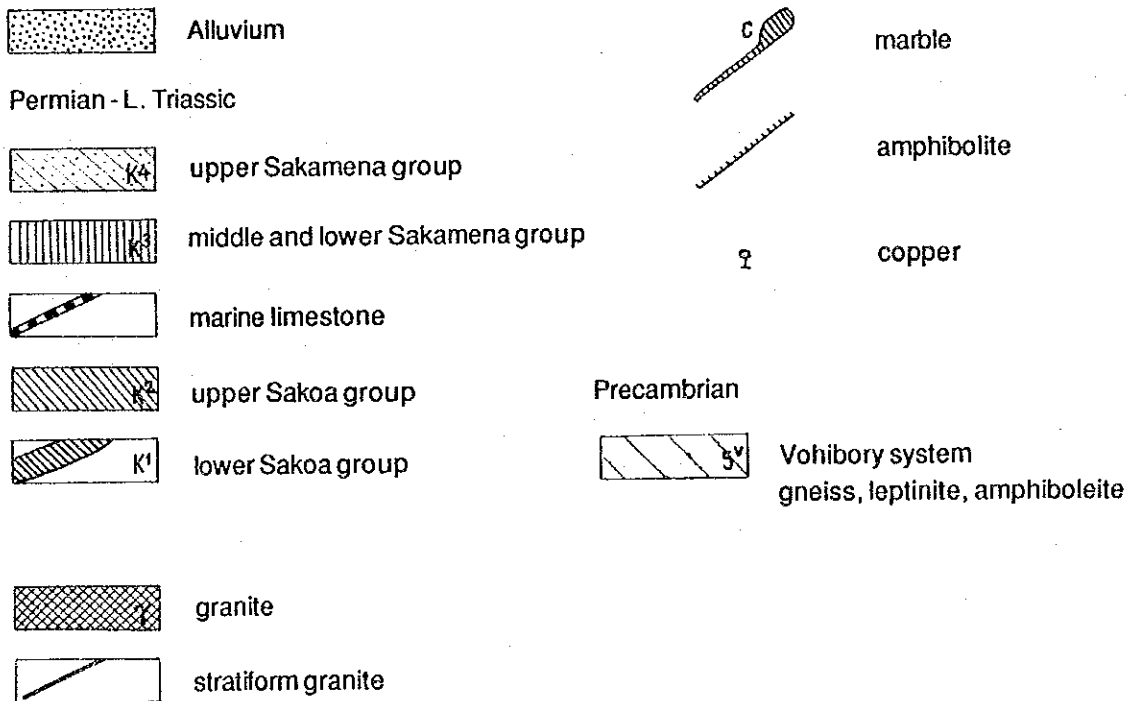


Fig. II-3-2 Geological Map of Soamanonga Area



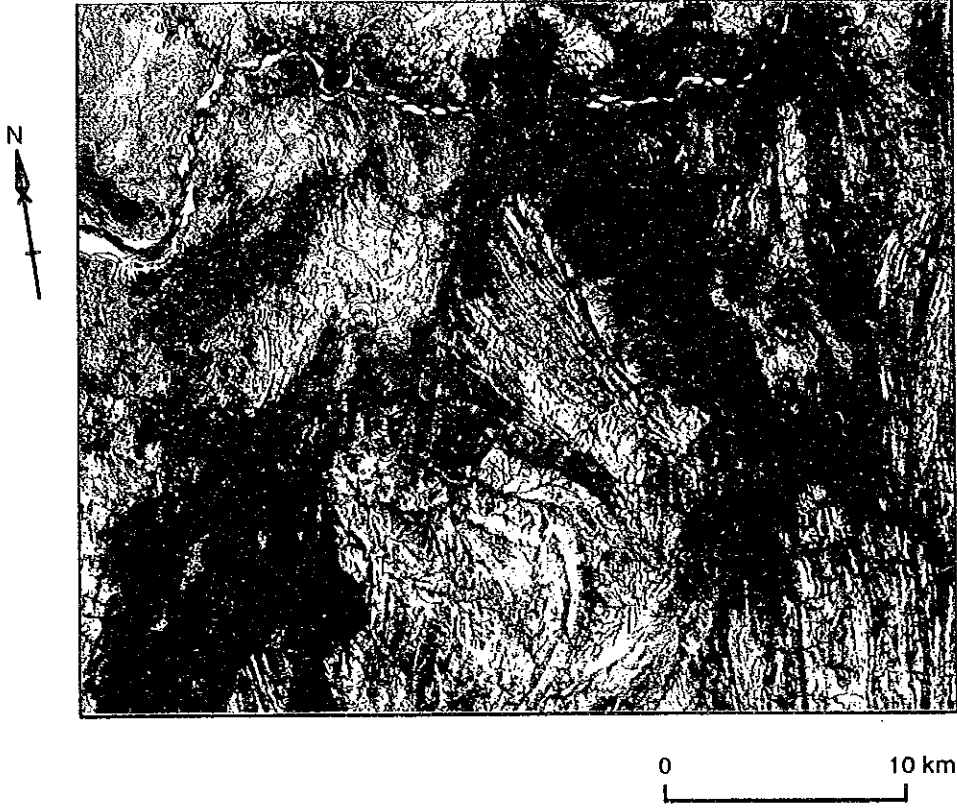


Fig. II-3-3 False Color Image of Soamanonga Area

(2) Band 1 · 5 · 7 = B · G · R

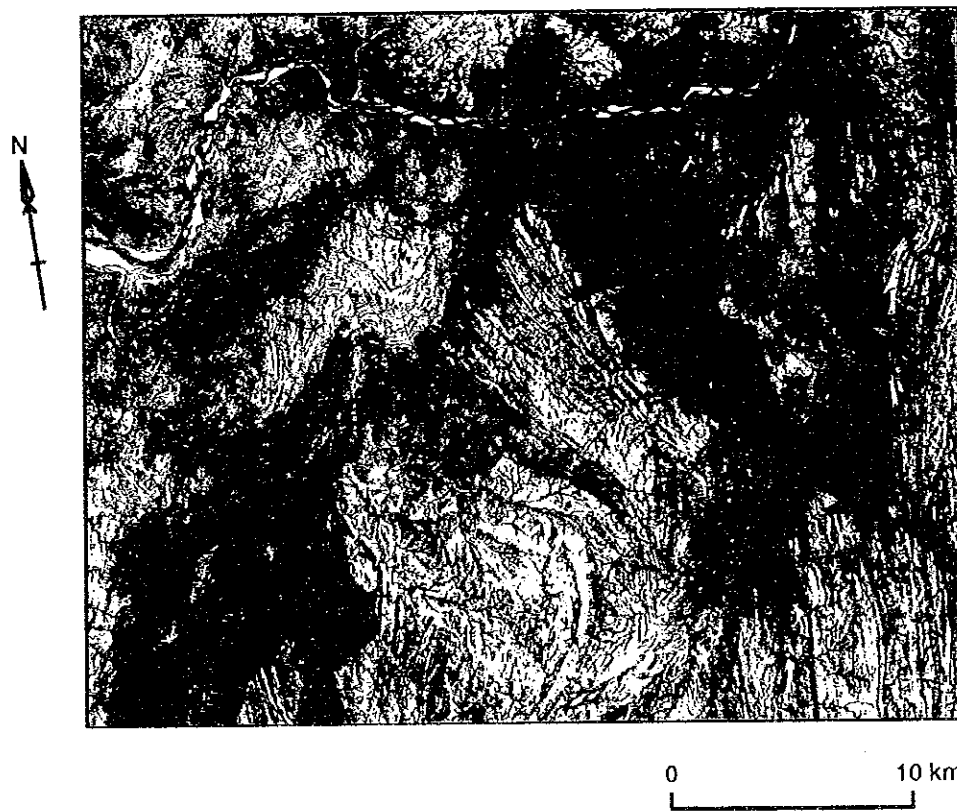


Fig. II-3-3 False Color Image of Soamanonga Area

(3) Band 4 · 5 · 7 = B · G · R





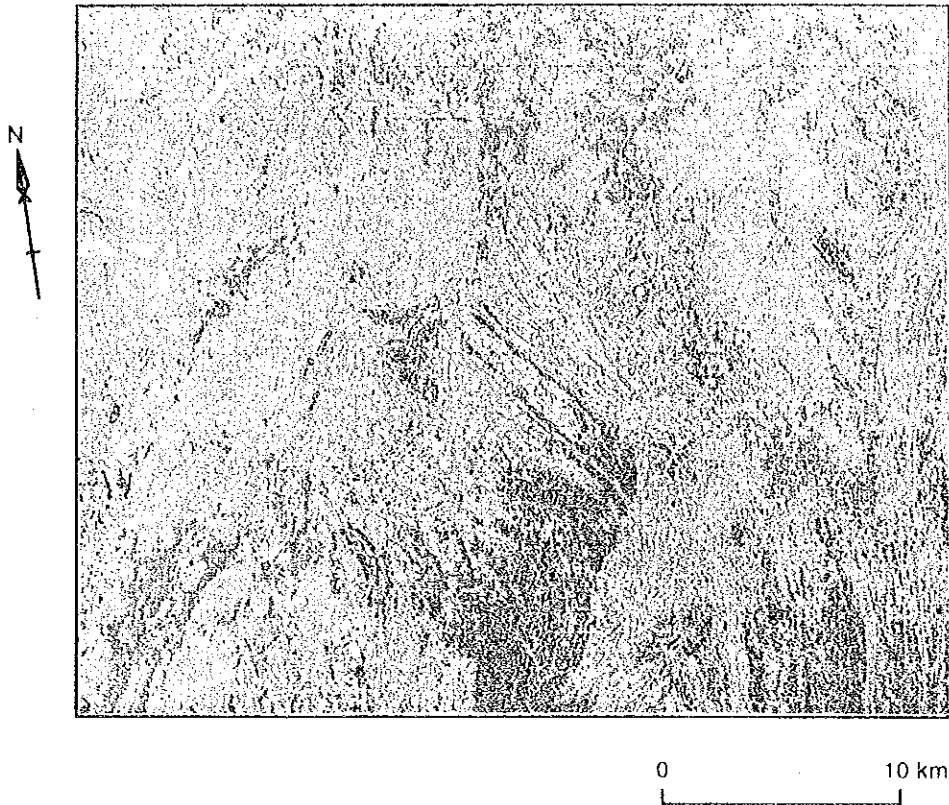


Fig. II-3-4 Pseudo Color Image of Soamanonga Area  
(1) Band Ratio 3/2

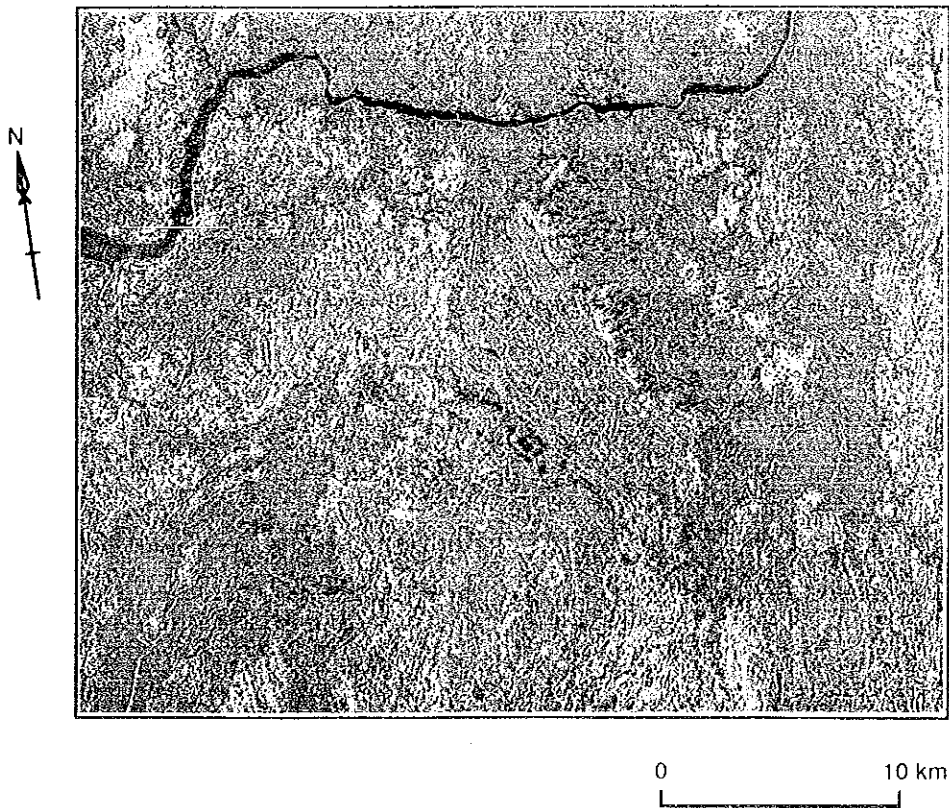


Fig. II-3-4 Pseudo Color Image of Soamanonga Area  
(2) Band Ratio 4/3



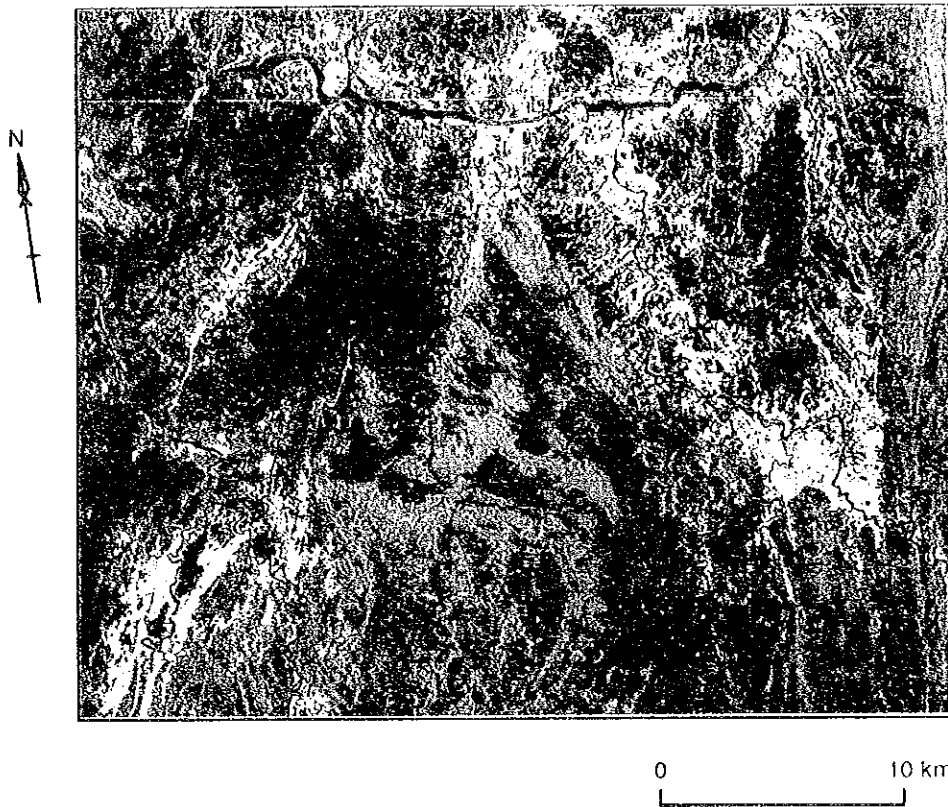


Fig. II-3-4 Pseudo Color Image of Soamanonga Area  
(3) Band Ratio 5/7

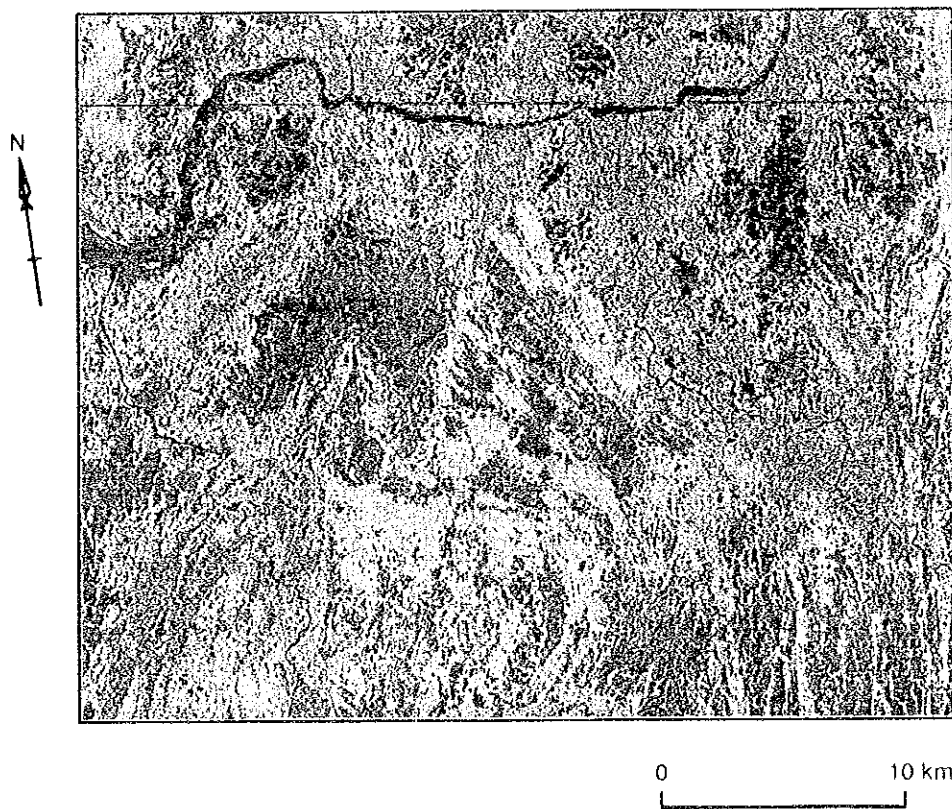
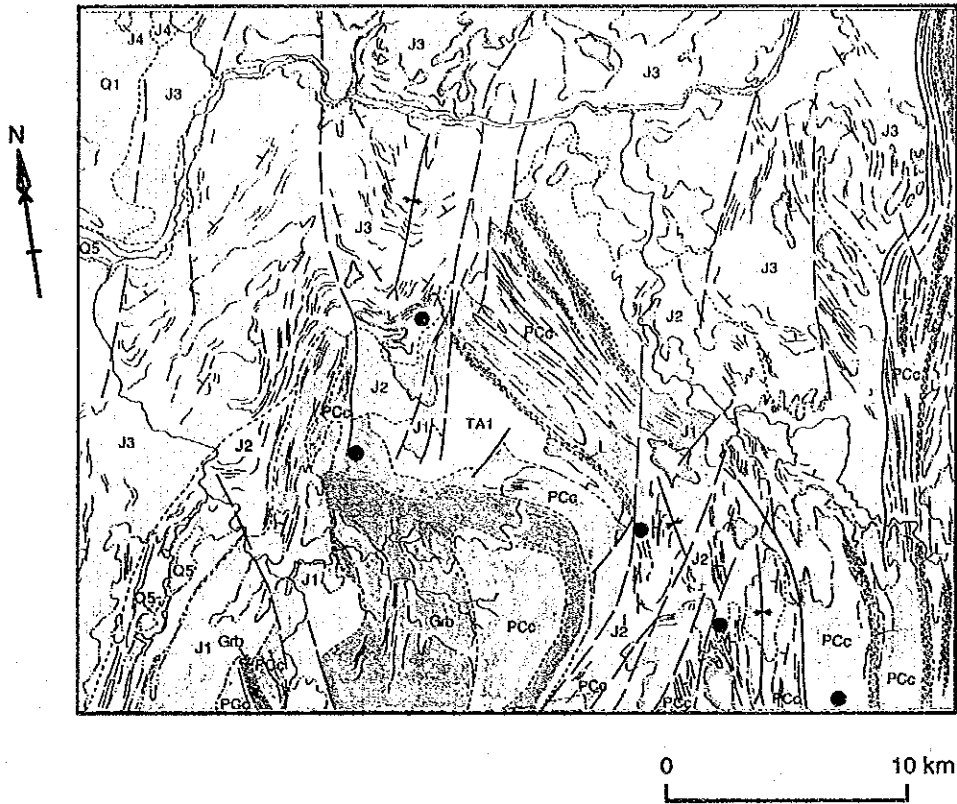


Fig. II-3-4 Pseudo Color Image of Soamanonga Area  
(4) DPCA





### LEGEND

Quaternary	—————	fault
Q5 alluvium	-----	inferred fault
Q1 Carapace sand	—*—	syncline
U. Permian - L. Triassic	—T—	dip direction
J4 upper Sakamena group	~~~~~	bedding trace
J3 middle and lower Sakamena group	○	anomaly of TM band3/band2 ratio
L. Permian	◌	anomaly of TM band5/band7 ratio
J2 upper Sakoa group	●	copper mineralization
J1 lower Sakoa group		
Precambrian		
PCc Vohibory system		
L marble		
Grb granite		
TA1 tonal anomaly		

Fig. II-3-5 Interpretation Map of Soamanonga Area



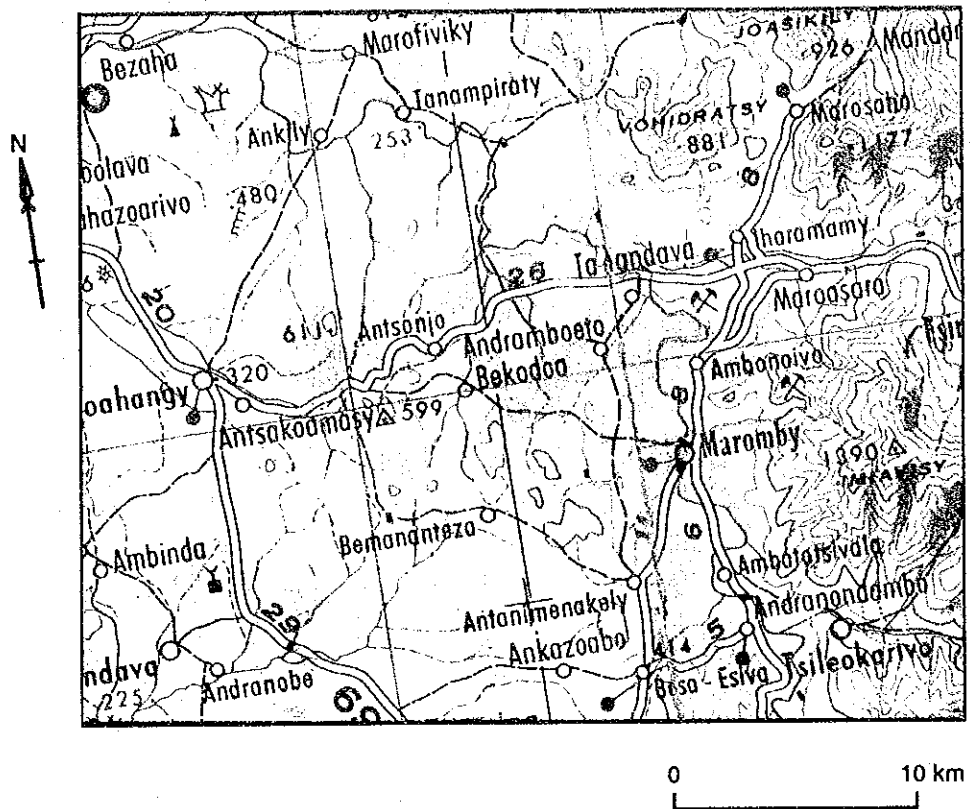


Fig. II-3-6 Topographic Map of Tranomaro Area

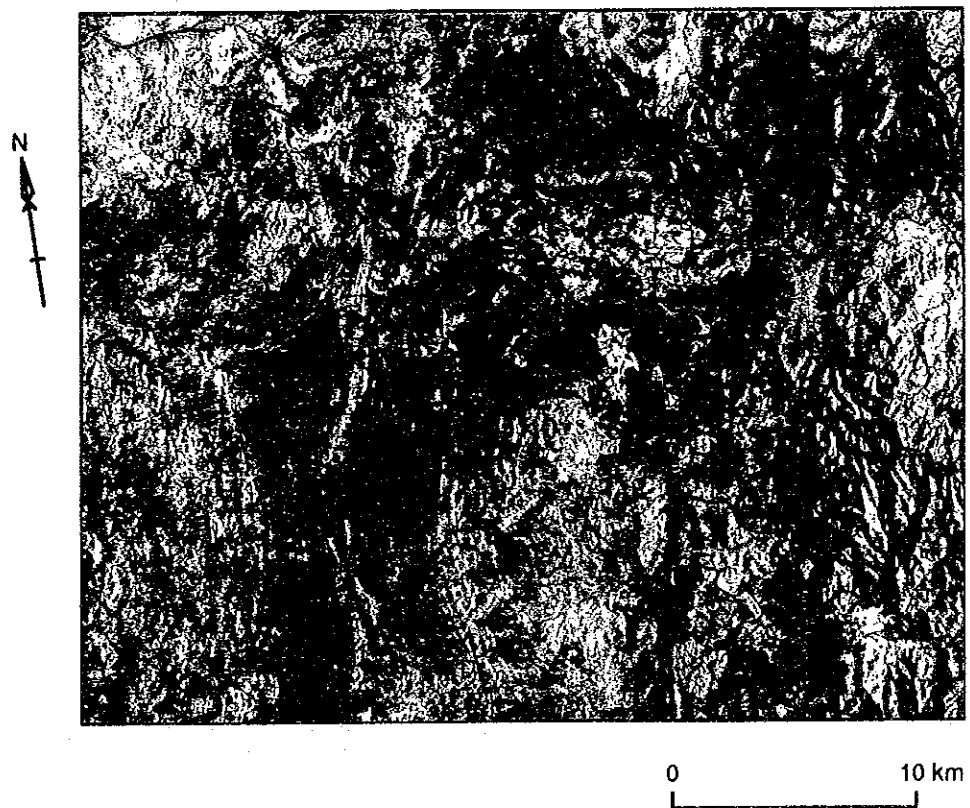
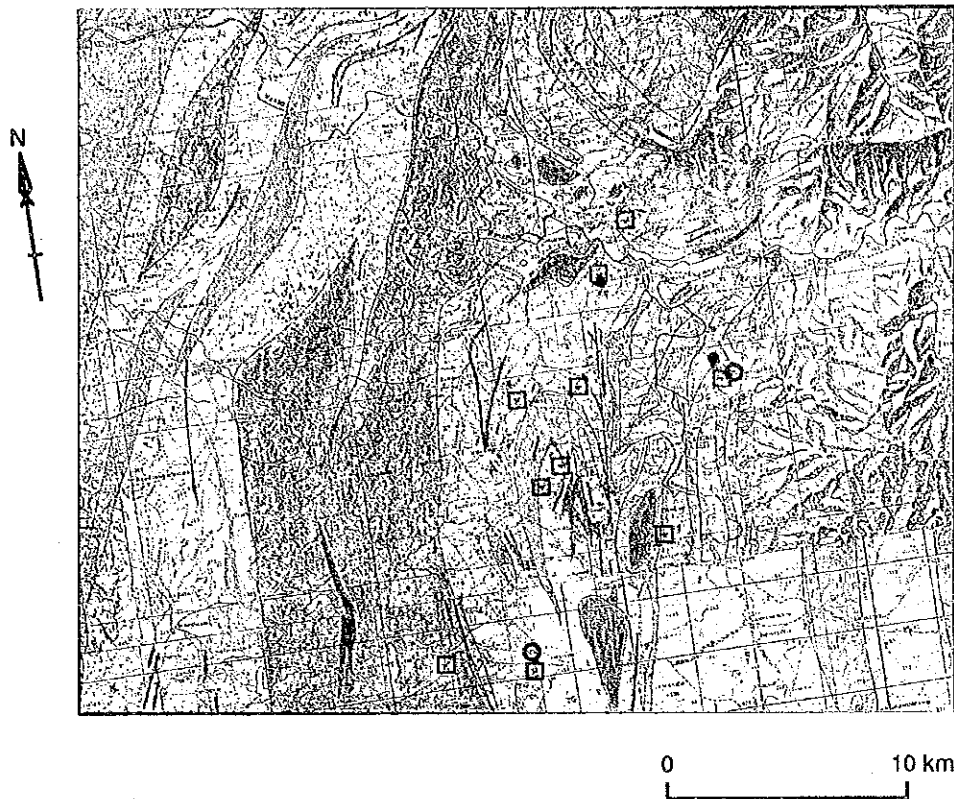


Fig. II-3-8 False Color Image of Tranomaro Area

(1) Band 1 · 4 · 5 = B · G · R







LEGEND

<u>Neogene</u>		Alkorum				
<u>Recent</u>	mp	Andamiro Series; Mudstone, sandstone				
<u>Recent igneous Rocks</u>	Basalt-Evolite dike	Rhyolite dike	Microgranite	Microsyenite		
<u>Old igneous Rocks</u>	Granite dike	Granite	Gabbro			
	Labradorite	Zeolite zone	Orthogneiss			
	Augen granite	Albite granite	Perthite granite			
	Concordant granite	Granite complex	Alkali granite			
	Amphibole granite	Stratiform granite, migmatite granite				
	Pyroxenite	Chert rock	Dunite			
<u>Precambrian Crystalline Schist</u>						
<u>Common facies in different formations</u>	Gneiss	Quartzite	Marble	Amphibolite		
<u>Schistosity System (Mafic/Basic Gneiss)</u>	VG	VL				
<u>Granite System (Aluminous Gneiss)</u>	GG	GL				
<u>Andamiro Series</u>	AG	Gneiss	MG	Mafic Bed, Gneiss marble		
	LI	Laminated Bed, leptynite	AmG	Amphibolite, Gneiss quartzite		
	TL	Tetrahedral Bed, leptynite	TrG	Tranched Bed, gneiss, marble, pyroxenite		
	GL	Anticlimax Bed, leptynite, quartzite, gneiss pyroxenite				
<u>First Dauphin Group</u>	L	Leptynite, granulite gneiss	Lgc	Leptynite	Lyg	Granulite zone
<u>Structures</u>	Vertical	Horizontal	Anticline	Syncline		
Overturned anticline	Overturned syncline	Schistosity	Plunging axis	Normal fault	Reverse fault	
Mylonite	Pegmatite	Quartz vein				
Map	Tunnel	Open pit				

Fig. II-3-7 Geological Map of Tranomaro Area



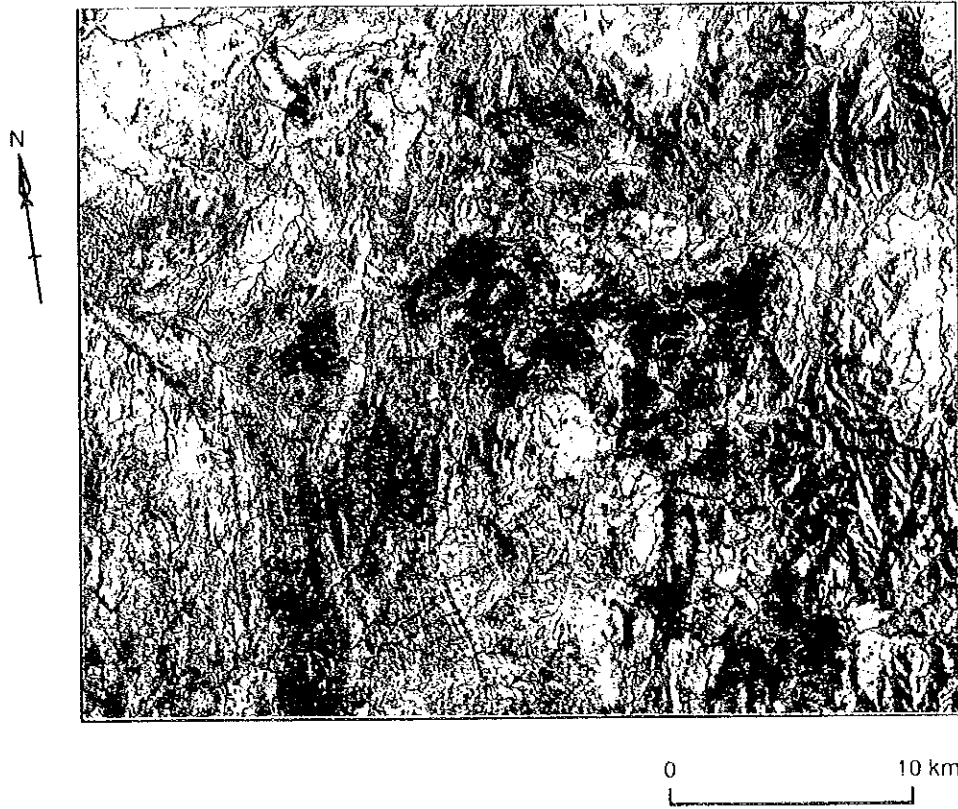


Fig. II-3-8 False Color Image of Tranomaro Area  
(2) Band 1 · 5 · 7 = B · G · R

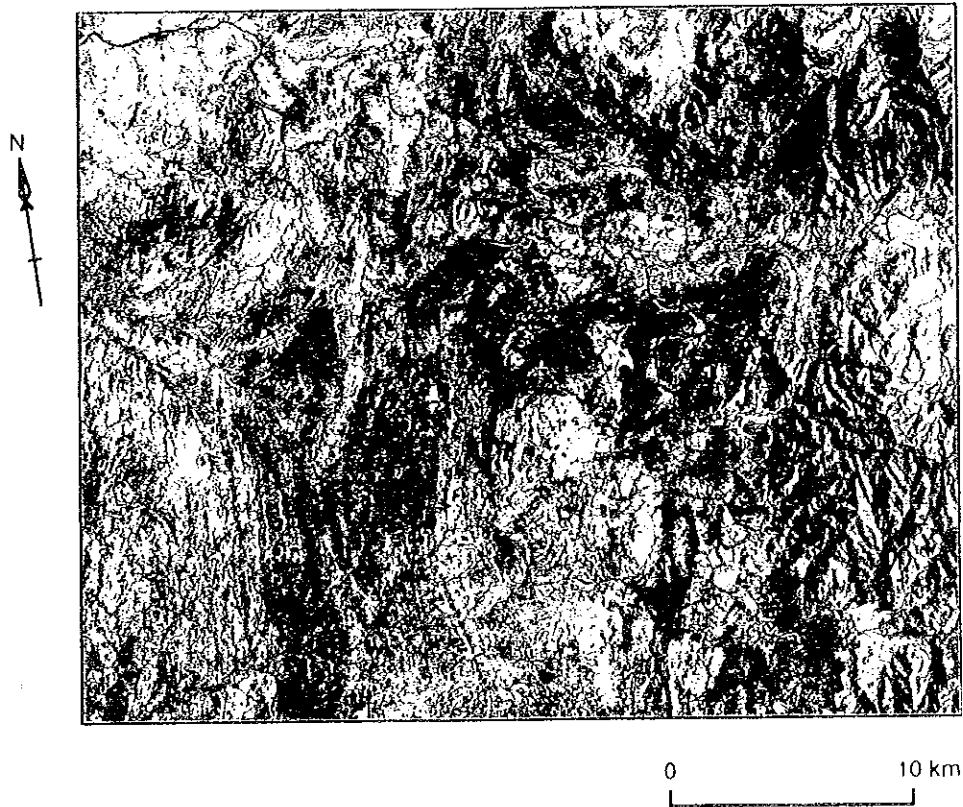


Fig. II-3-8 False Color Image of Tranomaro Area  
(3) Band 4 · 5 · 7 = B · G · R



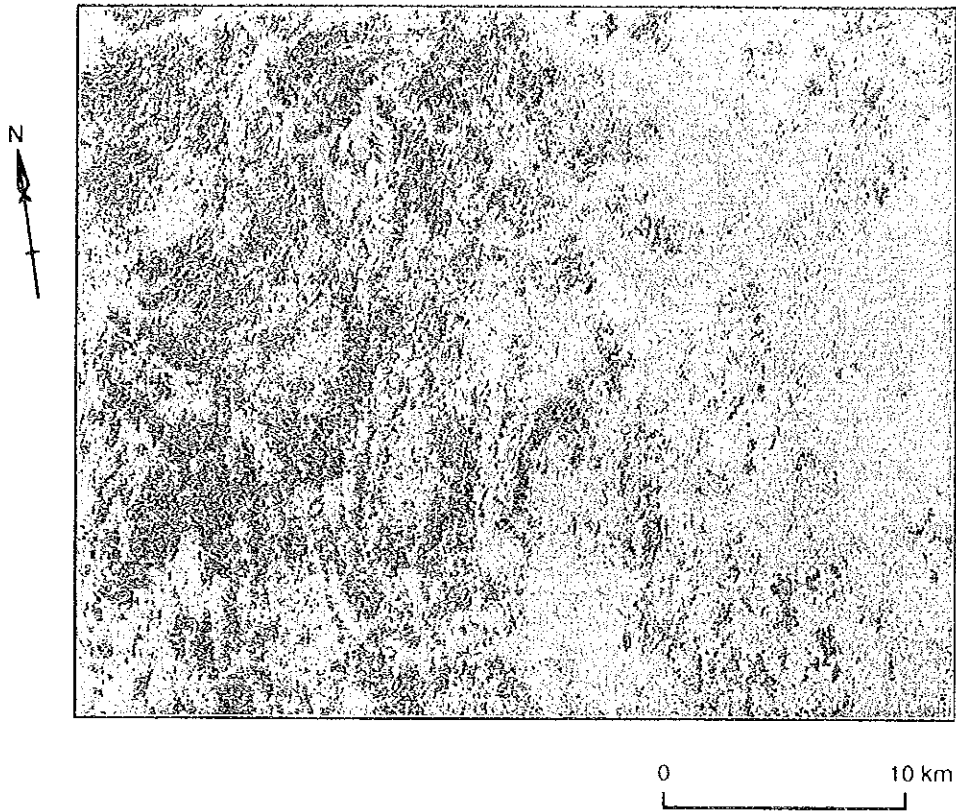


Fig. II-3-9 Pseudo Color Image of Tranomaro Area

(1) Band Ratio 3/2

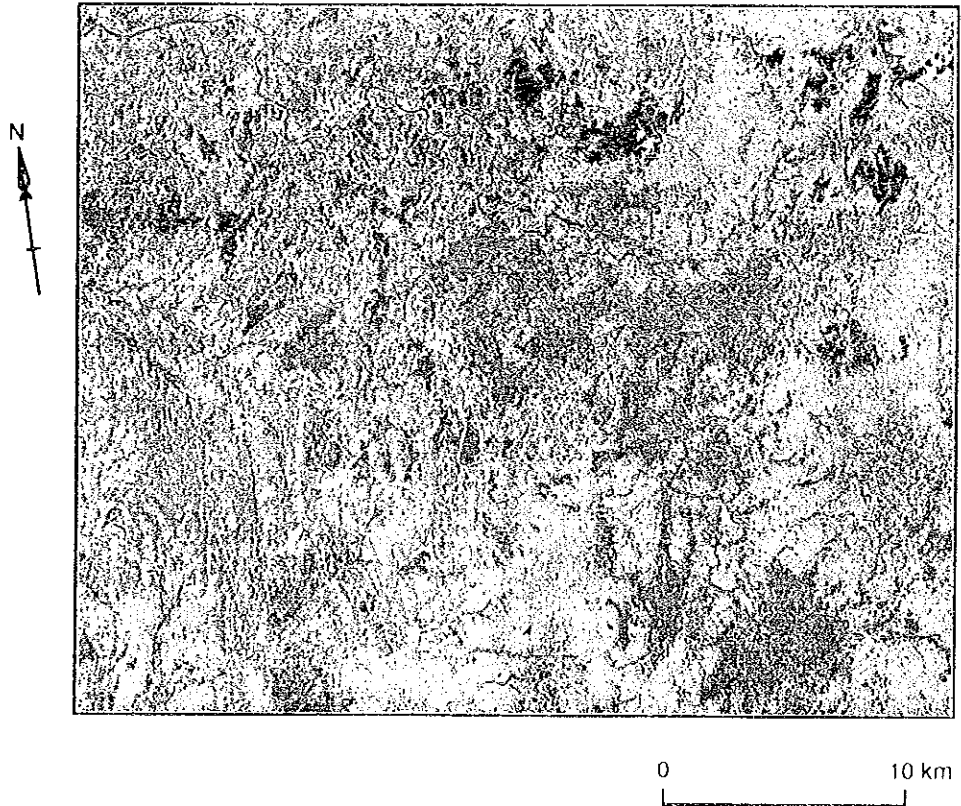


Fig. II-3-9 Pseudo Color Image of Tranomaro Area

(2) Band Ratio 4/3



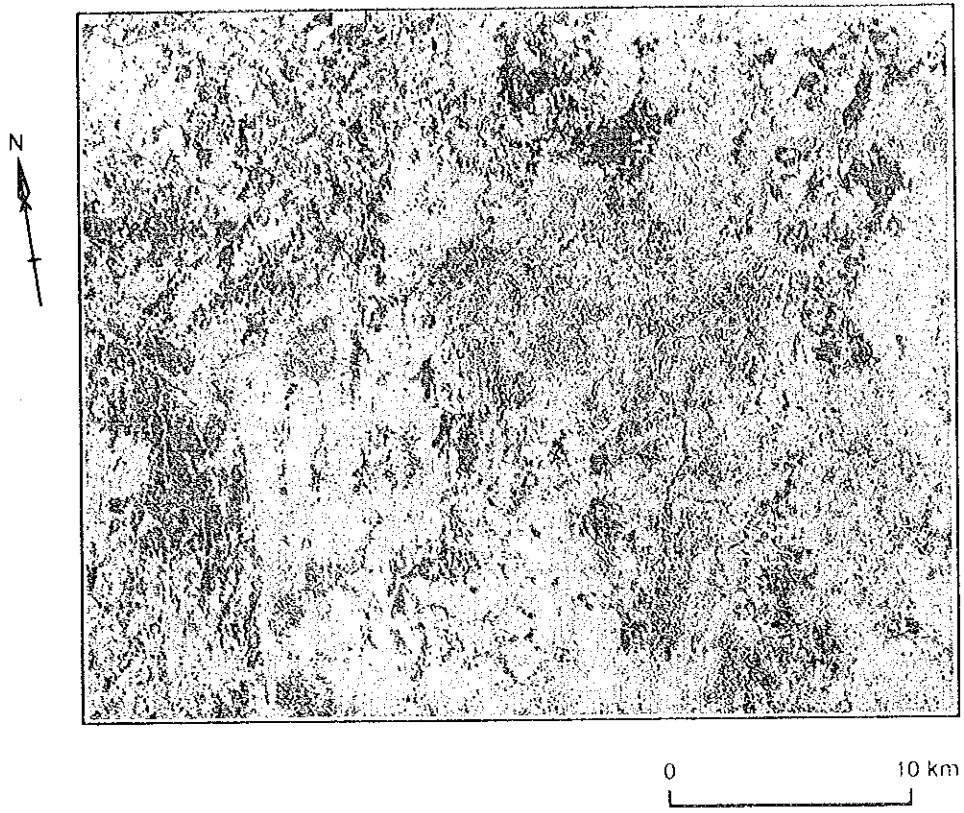


Fig. II-3-9 Pseudo Color Image of Tranomaro Area  
(3) Band Ratio 5/7

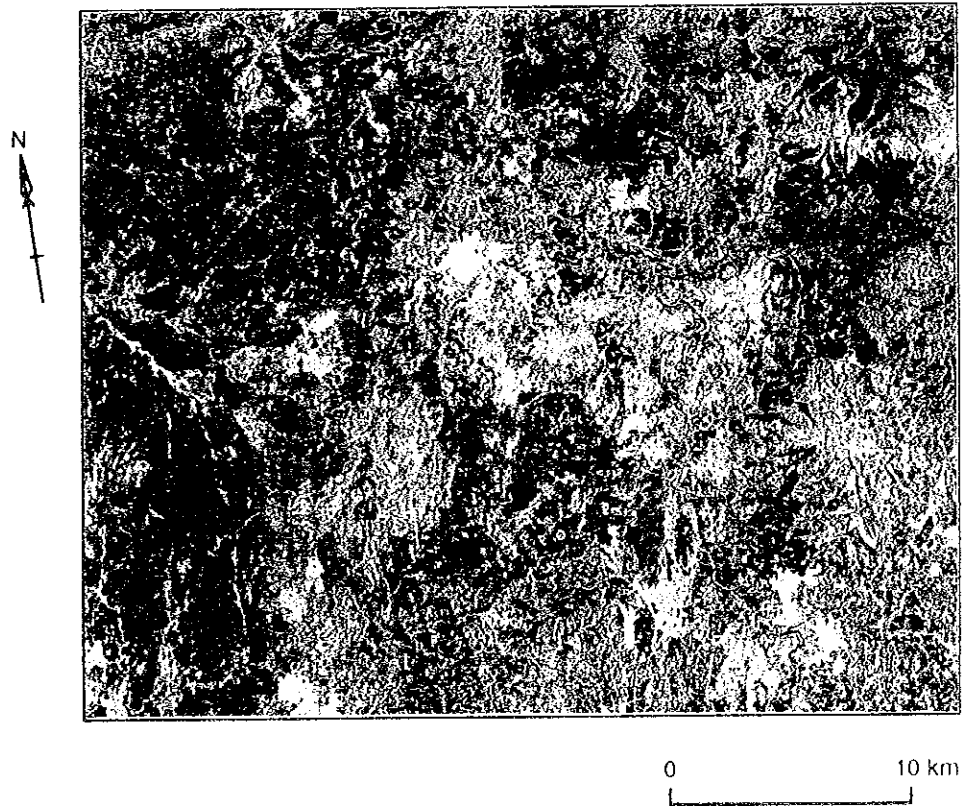
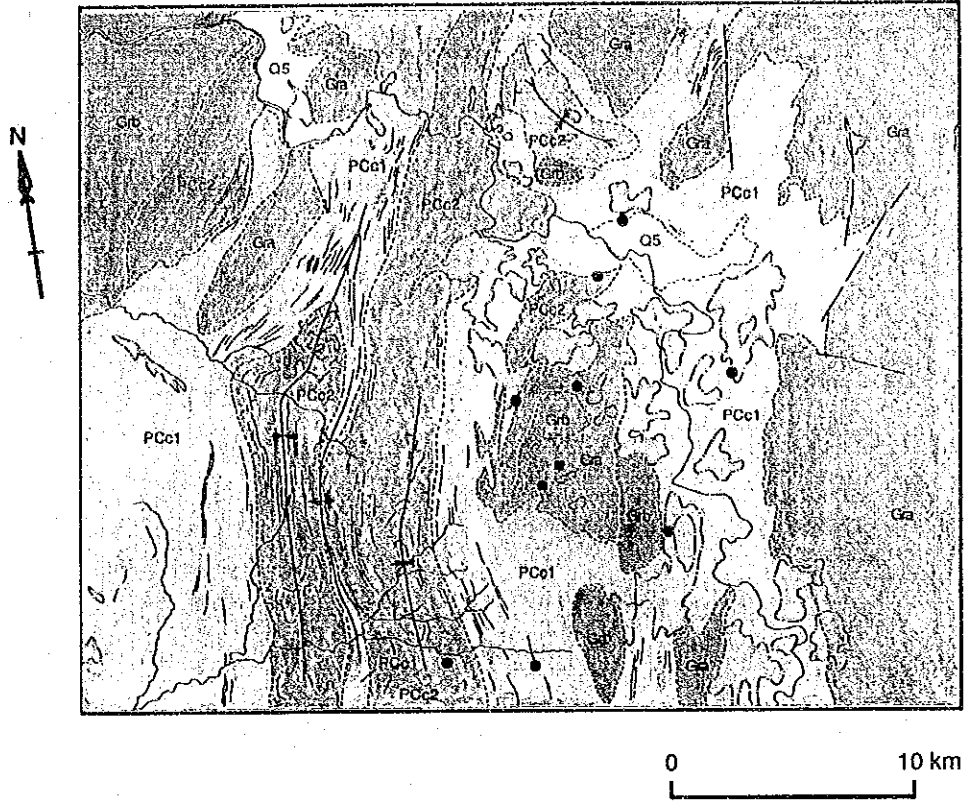


Fig. II-3-9 Pseudo Color Image of Tranomaro Area  
(4) DPCA







LEGEND

Quaternary		---	inferred fault
Q5	alluvium	*—	syncline
Precambrian		↕—	anticline
PCc2	Antsakoaminy bed	⊥	dip direction
PCc1	Tranomaro bed	~	bedding trace
Gra	granitic complex	◻	anomaly of TM band5/band7 ratio
Grb	concordant granite	●	uranium mineralization

Fig. II-3-10 Interpretation Map of Tranomaro Area



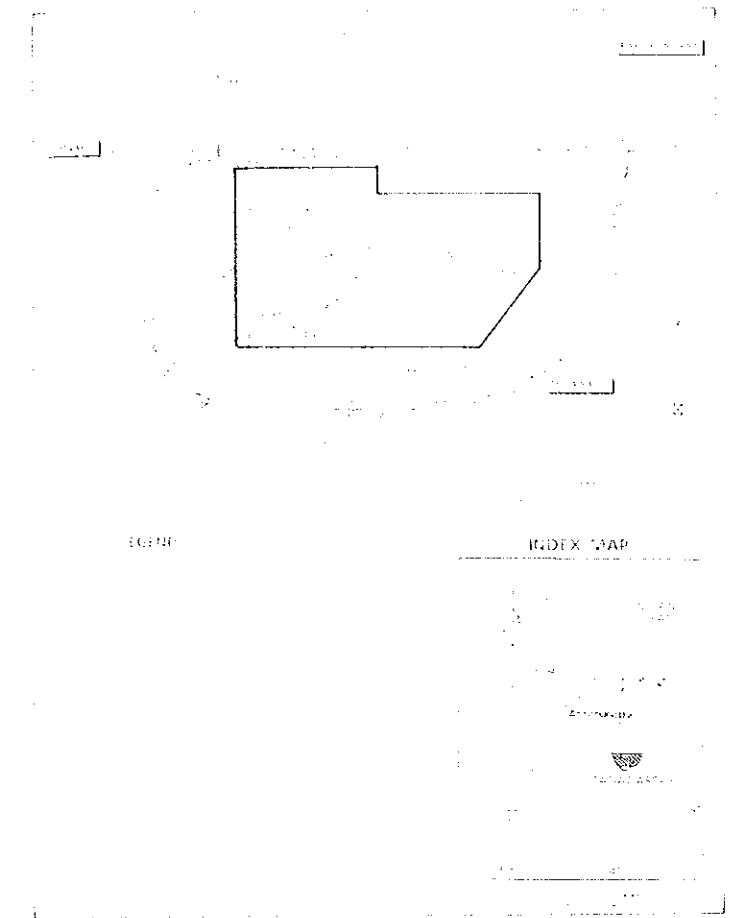
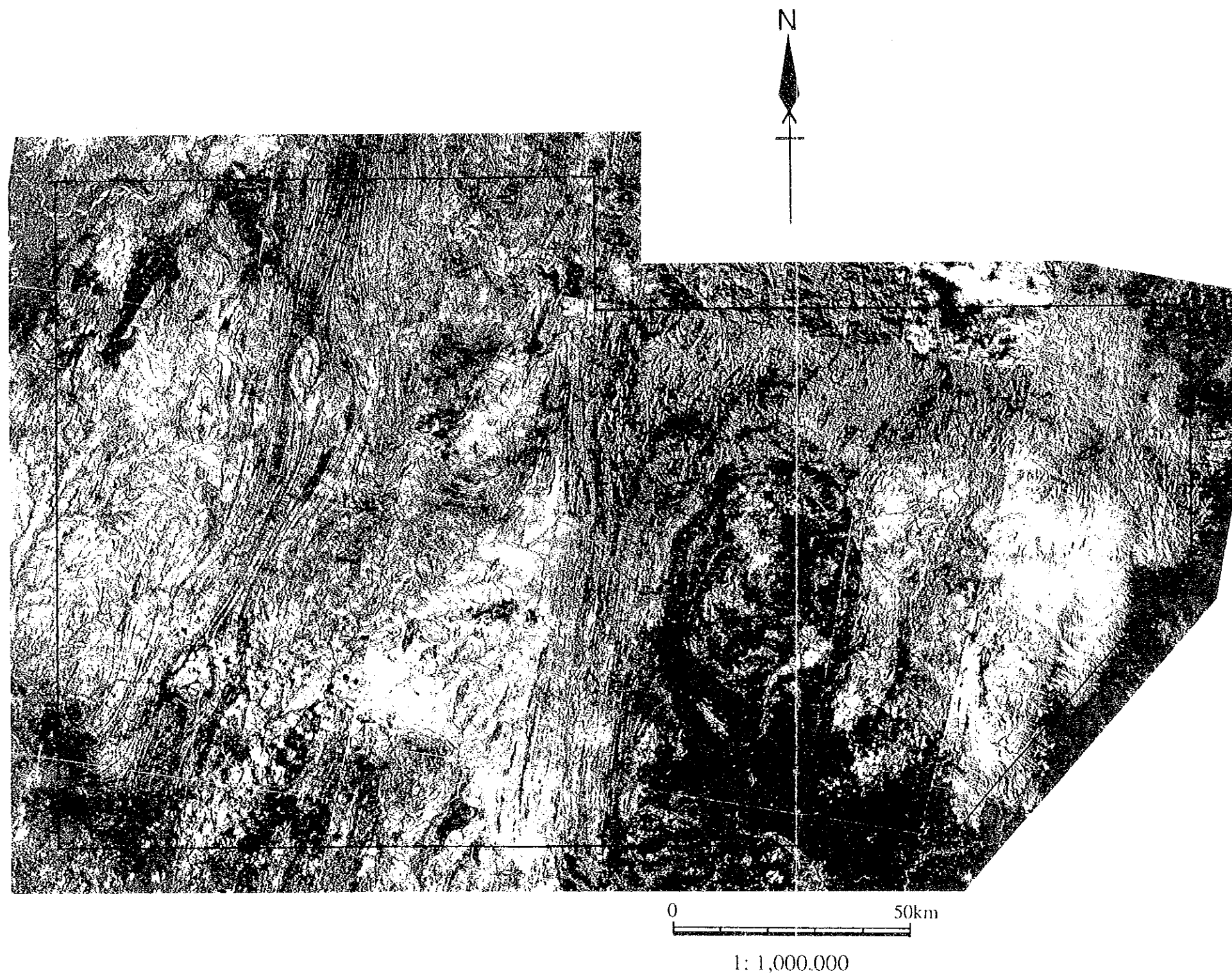
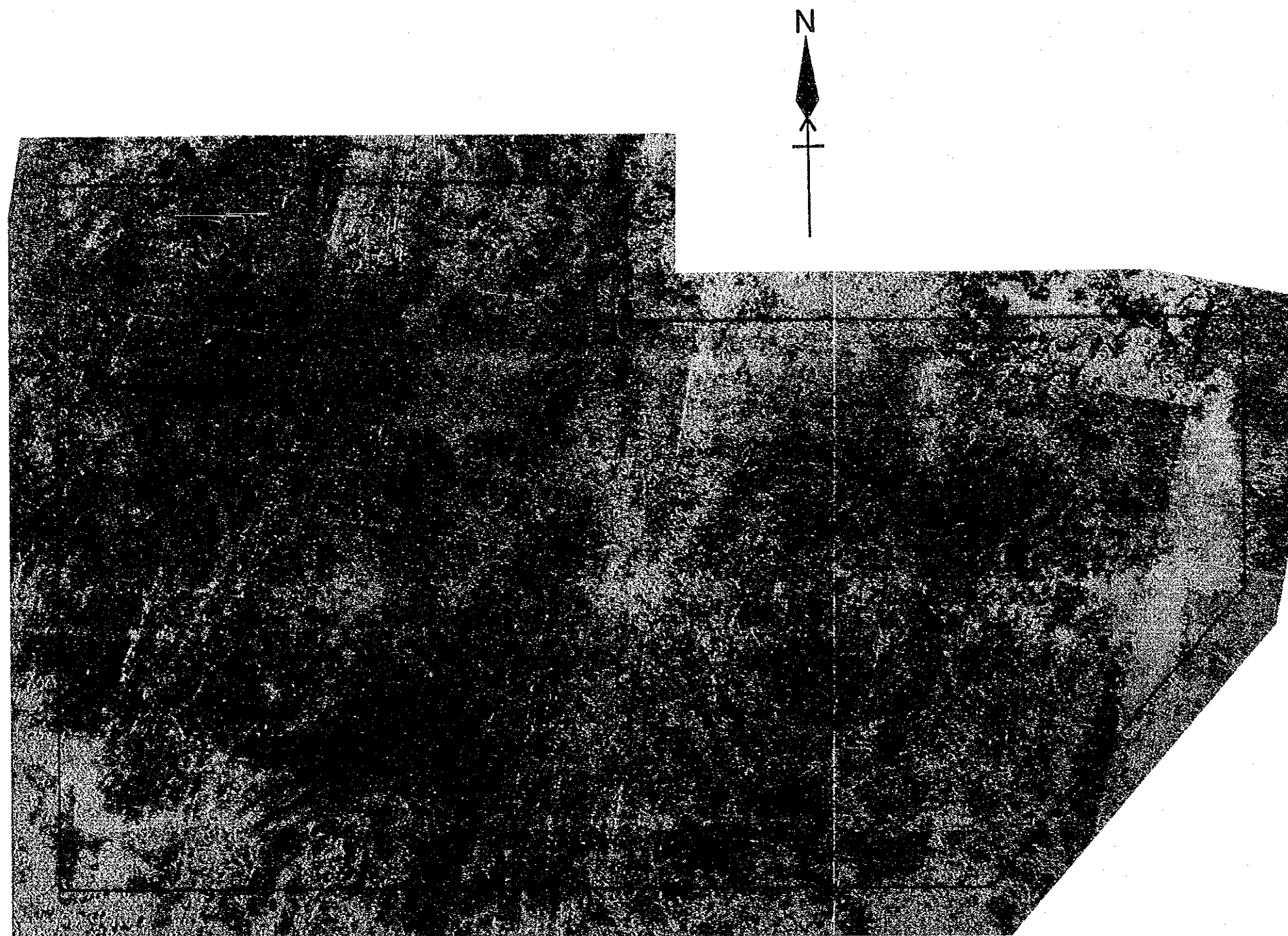


Fig. II-3-11 Mosaic of False Color Images. Band 4 · 5 · 7 · 8 · 6 · R



0 50km  
1: 1,000,000

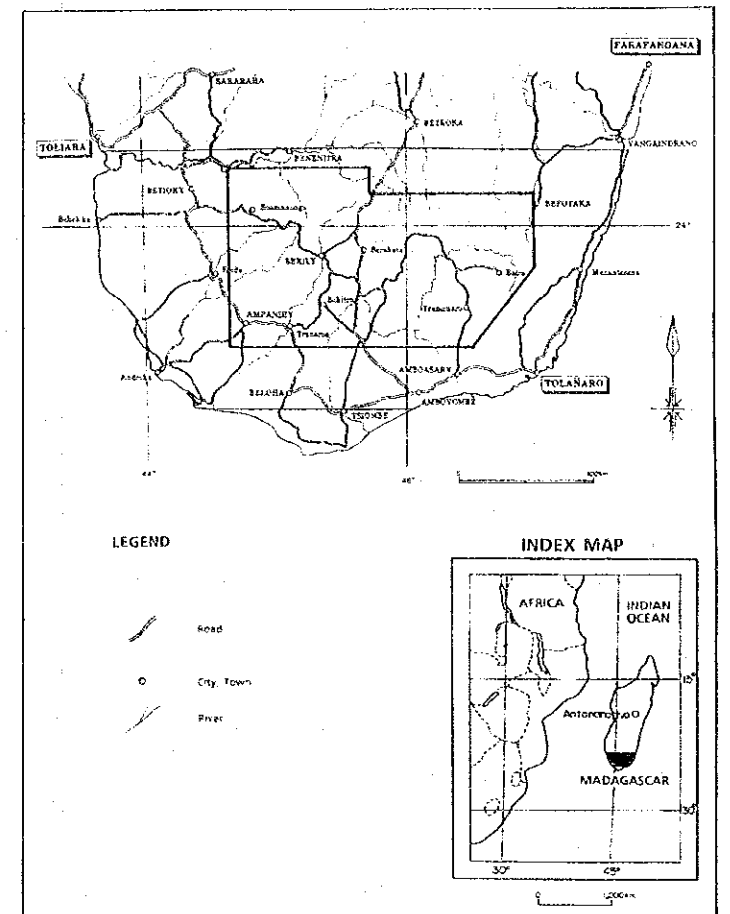


Fig. II-3-12 Mosaic of Pseudo Color Images, Band Ratio 5/7

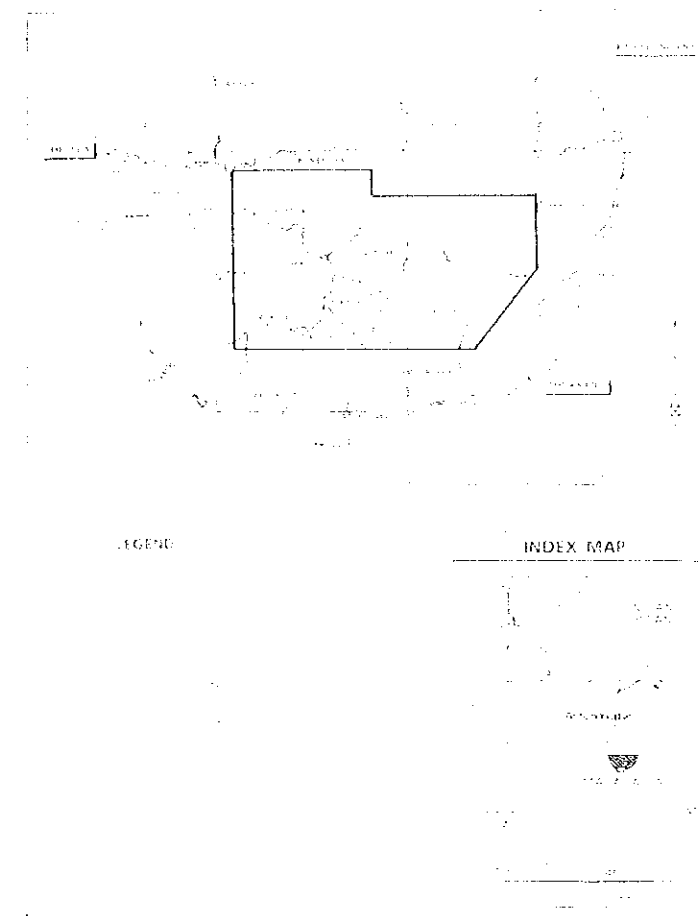
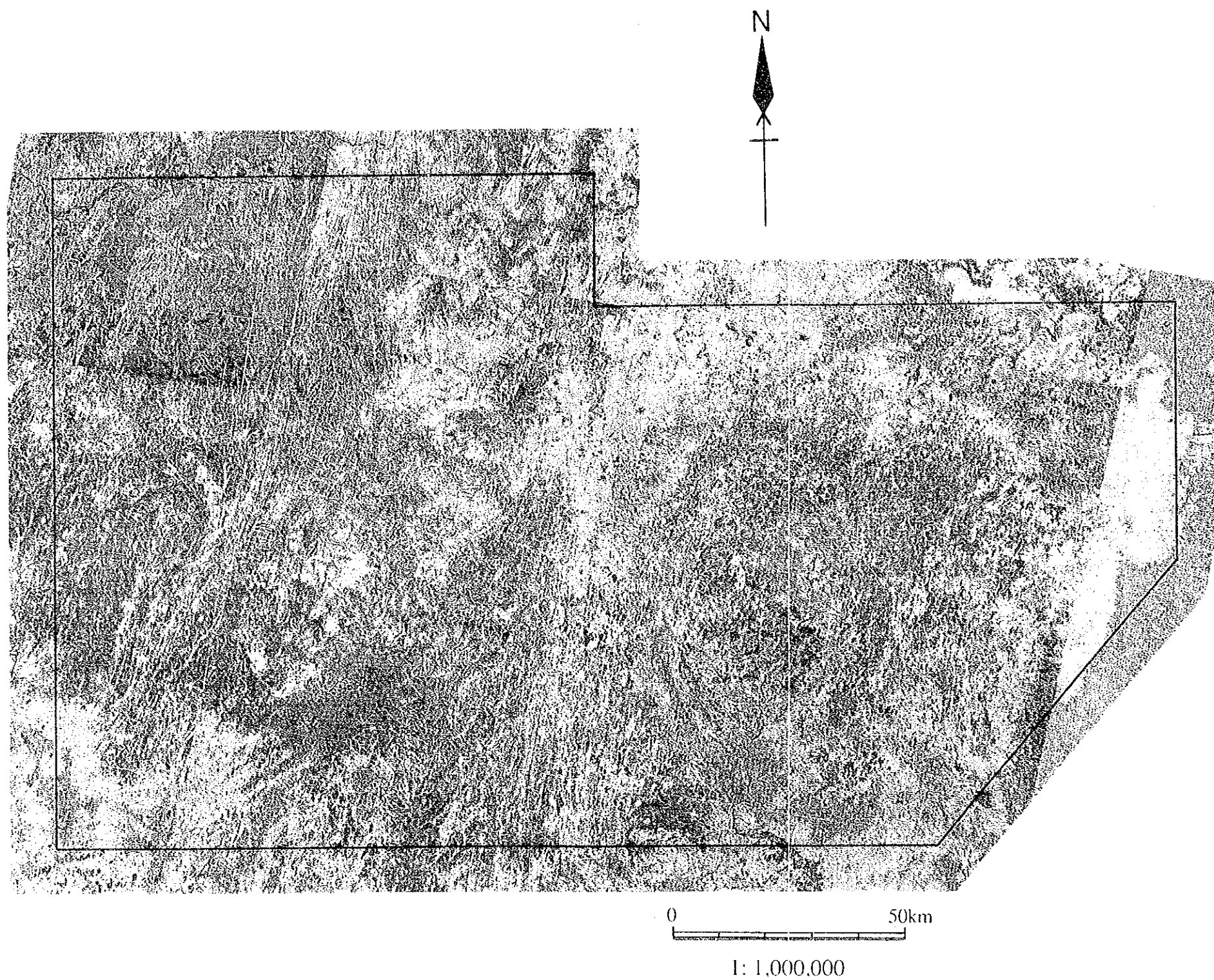
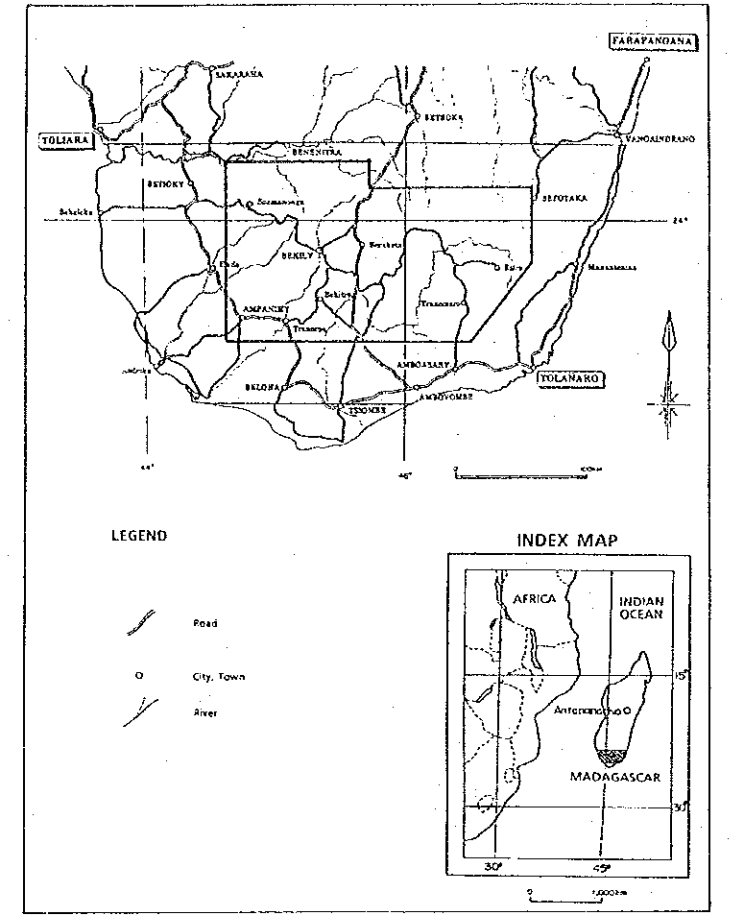


Fig. II-3-12 Mosaic of Pseudo Color Images. Band Ratio 5/7



**LEGEND**

Interpreted units	Correlation with geologic map and rock types
Q1	alluvium
Q1	dune, alluvium
Q1	Agayronis old dune
Q1	alluvial white sand
Q1	Carapoo sand
T1	Eocene marine facies
T1	Eocene marine facies, Carapoo sand
T1	Eocene marine facies, Clavier Quaternary
K11	Cretaceous (thuyite, dafianite, uachyite)
K11	
K11	Cretaceous (basalt, labradorite, sakalavite)
K11	
K	Lower to Middle Cretaceous marine facies
J1	Middle to Upper Jurassic marine facies
J1	
J1	Lower Permian to Lower Triassic continental facies
J1	
J1	
PC1	
PC1	Precambrian metamorphic rocks
PC1	
Gr1	Aranyones granite
Gr1	granite, migmatite
A	anorthosite
L	marble
S	quartzite
TA1	tonal anomaly
TA1	tonal anomaly
TA1	tonal anomaly
TA1	tonal anomaly
---	unit boundary
---	uncertain unit boundary
---	bedding trace or schistosity
T	strike and dip direction
---	anticline with direction of plunge
---	syncline with direction of plunge
---	fault (barbs on downthrown side)
---	inferred fault
---	lineament
---	drainage
---	lake
---	cloud cover

Fig. II-3-13 Geologic Interpretation Map of LANDSAT Image





## 第4章 地質チェック調査

### 4-1 Soamanonga地区

#### (1) 調査概要

Soamanonga地区面積2,000km<sup>2</sup>については、踏査長120kmの地質チェック調査を実施した。調査には国家地理院発行の縮尺1/10万の地形図を使用し、調査結果を縮尺1/10万及び1/25万の地質図にまとめた。岩石サンプル約10ヶ、鉱石サンプル約10ヶを採取した。

Soamanonga地区は、乾燥した高原地帯に位置する未開発地域である。Soamanongaから Fortrevoに至る幹線道路のほかに、牛車道、徒歩道があり、これらの一部は4WD車の通行が可能である。北部のVarahina銅鉱地(Vohibory地方)へは、4WD車の通行は途中のSakoaまでで、Sakoa以北へは徒歩になる。Soamanongaにキャンプを設営し、調査には4WD車を活用した。

#### (2) 地質概況

Soamanonga地区には、中央部から南部にかけて、先カンブリア紀Vohibory系の片麻岩類が分布する。本地区のVohibory系は、レプチナイト、片麻岩、角閃岩、大理石からなり(Besairie, 1964)、方鉛鉱中のPb同位体年代は1890Maを示す(Furon, 1963)。片麻岩類中には花崗岩が貫入しており、花崗岩の同位体年代は485Maを示し、この年代はカンブリア紀に対応する(Furon, 1963)。

本地区の北東部及び北西部には、片麻岩類を不整合に覆って、二畳紀～ジュラ紀の陸成の堆積岩類が分布する。陸成堆積岩類の層序は下位より次のとおりであり、南アフリカのKaroo系に対比される(Furon, 1963, Besairie, 1964)。

##### 1) Sakoa層群(下部二畳系)

①下部層：黒色頁岩及び礫岩からなり、層厚は150m。

黒色頁岩はロボク科(Schizoneura)の植物化石を含む。

②中部層：砂岩・頁岩互層で石炭層を挟む。層厚は約100m。

石炭層は層厚数m以下で数層が発達する。

本層はシダ類(Gangamopteris, Glossopteris)及びロボク科の植物化石を含む。

③上部層：長石質砂岩及び赤色頁岩からなり珪化木を産する。層厚は500～600m。

本層の最上部には石灰岩が分布する。

2) Sakamena層群（上部二疊系～下部三疊系）

①下部層：シダ類(Glossopteris, Pecopteris)を含む頁岩で代表される。

最下部に礫岩が発達する。一部で石灰岩の薄層を挟む。

②中下部層：砂岩を主とし、爬虫類、両生類などの動物化石群を産する。

本層は二疊紀の終了と三疊紀の初まりを示す。

③中上部層：泥岩及び泥灰岩からなり、魚類、アンモナイト類、両生類などの動物化石を含む。最上部は頁岩、砂岩となる。

3) Isalo層群（上部三疊系～中部ジュラ系）

主として砂岩からなり、本地区の北西方及び北方に分布する。

ジュラ紀以降は泥灰岩、石灰岩、石灰質砂岩などからなる海成層が卓越し、本地区の北西方、マダガスカル島の北部及び西部に分布する(Fig. II-4-2)。

(3) 地質調査結果

1) 片麻岩類

Soamanonga地区の片麻岩類は、堆積岩起源の準片麻岩(Paragneiss)、花崗岩質の正片麻岩(Orthogneiss)、優黒質で角閃石に富む角閃岩(Amphibolite)、大理石などから構成される。

準片麻岩は、優黒質部(Pelitic gneiss)と優白質部(Psammitic gneiss)の互層からなり、互層のパターンは数mm～10数cm～10数mである。

有色鉱物は主として角閃石で黒雲母を伴う。優黒質部は、通常、細粒であり、優白質部は中～細粒である。

花崗岩質の正片麻岩は、淡灰色を呈し、通常中～粗粒である。有色鉱物は角閃石が主で、黒雲母、ざくろ石を伴う。地表では楕円～円頭丘の形で露出することが多い。

角閃岩は角閃石を主とし、中～細粒で黒色を呈する。一部で蛇紋岩の小規模な分布が認められる。

大理石は白色、粗粒で、地表によく露出するので、画像解析では最も有効なKey-bedである。

Betaly付近に分布する正片麻岩は、地表で卵形の規則的な形を呈し、その周辺に大理石を

伴っている。これは堆積岩の構造を残している可能性が考えられる。

片麻岩類の片理構造は、 $NE-SW$ 及び $NNW-SSE$ 方向が卓越し、傾斜は、通常 $W$ 方向を示す。 $NE-SW$ 系は急傾斜が多く、 $NNW-SSE$ 系は急傾斜のほか緩傾斜もある。

片麻岩類の全体的な構造は、本地区の東方で $NE-SW$ 方向で急傾斜を示すが、本地区では一般的に緩傾斜となり、ドーム - ベーズン構造を繰り返していると推定される。その方向は $NNW-SSE$ 方向及び $NW-SE$ 方向であると推定される。

## 2) 堆積岩類

本地区の北西部及び北東部に、南アフリカのKaroo系に対比される二疊紀～三疊紀の堆積岩類が分布する。堆積岩類と下位の片麻岩類との関係は不整合関係であるが、その分布は $NNW-SSE$ 系の断層に強く影響されている。

北東部のVohimany付近では、主として頁岩・砂岩互層が分布し、本互層はSakoa層群上部層に対比される。本互層の構造は、ほとんどフラットである。

北西部では、主としてVarahina-Ankinanyを結ぶ線以西に分布し、北部では砂岩・頁岩互層であるが、中西部では粗粒砂岩が分布し、これらはSakoa層群下部層～中部層に対比される。本岩層の走向は $N-S$ ～ $NNW-SSE$ で、傾斜は $20^{\circ}$ ～ $30^{\circ}$   $W$ である。本地区の北西端、Sakoa川以西では、Sakamena層群下部層に対比される頁岩が広く分布する。本岩層の走向は $NNW-SSE$ 、傾斜は $10^{\circ}$ 程度で西方へ緩く傾斜する。

Sakoa層群中部層の砂岩・頁岩互層は、石炭層を挟み、主要な炭層は5層あると言われている。Ankinanyには炭坑廃坑がある。

## 3) 鉍化作用

Soamanonga地区は、銅鉍徴が分布するVohibory地方に含まれ(Bousteyak, 1970)、本地区北部のVarahina付近では、ピットによる試掘が行われ、銅鉍石のパイルが放置されている。今回、3個所のピットを確認できた。

鉍徴は、すべて角閃岩中の石英脈及びその周辺の破碎部及び角礫部に緑色銅を鉍染した小規模な鉍床である。石英脈は、 $NE-SW$ 系及び $NW-SE$ 系が卓越する。脈巾は、通常 $cm$ ～ $10cm$ である。銅鉍石部は鉍染状で、規模 $10cm$ ～ $30cm$ 程度パッチ状で連続性に乏しい(Fig. II-4-3)。

L. Bousteyak (1970)によれば、Vorahina地方の銅の鉍徴は基盤岩中のみならず、上位の

Karoo系堆積岩中にも認められる (Vohibory北部及びVohibory東方のIboaka川地区)。これらの銅鉱物の多くは、NNE-S SW系またはNNW-SSE系の断層に沿って分布しており、銅鉱化作用と断層活動の密接な関連性が推定される。

なお、Ampisapio付近、Betaly西方4 km、Soamanonga西方2 kmなどで、ゴッサン露頭が認められる。ゴッサンはいずれもNNE-S SW系の断層破碎帯～角礫帯に伴われている。

#### (4) 鉱石分析結果

##### 1) Varahina銅鉱石

Varahina付近の3箇所のピット及び鉱石パイルから採取した緑色銅鉱石の分析結果は次のとおりである。

No.	Name	Location	Length (m)	Au (g/t)	Ag (g/t)	Cu (%)	Pb (%)	Zn (%)	Fe (%)
511	Green Cu	V-No. 1	0.1	3.38	125	15.6	0.01	0.01	2.88
512	Green Cu	V-No. 1	0.1	<0.02	<0.3	0.14	<0.01	0.01	5.90
514	Green Cu	V-No. 1	0.1	0.30	110	21.6	<0.01	0.01	3.20
515	Green Cu	V-Pile		2.57	184	31.7	<0.01	<0.01	5.60
516	Green Cu	V-No. 2	0.1	0.03	1.6	0.49	<0.01	<0.01	1.38
518	Green Cu	V-No. 3	0.2	3.27	198	14.8	<0.01	<0.01	1.06
519	Green Cu	V-No. 3	0.2	3.56	8.4	9.7	<0.01	<0.01	2.04

今回の分析結果によれば、高品位部は、Cu 15 % 程度を示し、Au 3 g/t 程度、Ag 120 g/t 程度を含んでいる。X線回折によれば、主要な銅鉱物は孔雀石 (Malachite)、藍銅鉱 (Azurite)、プロシャン銅鉱 (Brochantite) などの2次鉱物である。研磨片の顕微鏡観察では、このほかに、ダイジェナイト (Digenite)、硫酸銅鉱 (Boothite)、輝銅鉱 (Chalcocite)、銅藍 (Covellite) などが認められた。主要鉄鉱物は、アンケライト (Ankerite) である。脈石鉱物は、石英、正長石、斜長石を主とする。

本銅鉱石は、金・銀に富む銅鉱石である。局部的には十分高品位を示すので、鉱体規模の拡大と高品位部の連続性が確認できれば、有望性が増す。