

卷之六 目錄
一、 卷之六 目錄
二、 卷之六 目錄

總目録

附録

附録 卷之六
附録 卷之六

マラウイ共和国チルワーアルカリン地域
資源開発協力基礎調査報告書

第 1 年 次

JICA LIBRARY



1029688173

16822

昭和62年3月

国際協力事業団
金属鉱業事業団

国際協力事業団		
受入 月日	'87.5.11	518
登録 No.	16332	66.1 MPN

は し が き

日本国政府はマラウイ共和国政府の要請に応え、同国の南部に位置するチルワーアルカリン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、昭和61年度を第1年次とする初年次にあたり、金属鉱業事業団は3名の調査団を編成して昭和61年10月11日から12月8日まで現地に派遣した。

現地調査は、マラウイ共和国政府関係機関、特に森林天然資源省地質調査局の協力を得て予定どおり完了した。

本報告書は、本年次の調査結果をとりまとめたもので、最終報告書の一部となるものである。

おわりに、本調査の実施にあたってご協力いただいたマラウイ共和国政府関係機関ならびに外務省、通商産業省、在ケニア日本大使館及び関係各社の方々に衷心より感謝の意を表すものである。

昭和62年2月

国際協力事業団

総 裁 有 田 圭 輔

金属鉱業事業団

理事長 佐 藤 淳一郎

目 次

は し が き
調 査 位 置 図
要 約

第1章 序 論	1
第1節 調 査 概 要	1
1-1 調 査 経 緯	1
1-2 調 査 目 的	1
1-3 調 査 地 域	1
1-4 位 置 交 通	2
1-5 調 査 方 法 及 び 調 査 量	2
1-6 調 査 期 間 及 び 調 査 団 の 編 成	5
第2節 調 査 地 域 概 要	6
2-1 地 理	6
2-2 既 存 調 査	6
2-3 調 査 地 域 の 地 質 鉞 床 概 要	6
第2章 既 存 資 料 コ ン パ イ ル	11
第1節 調 査 概 要	11
第2節 地 質 ・ 鉞 床 資 料 コ ン パ イ ル	11
第3章 ラ ン ド サ ッ ト 画 像 解 析	19
第1節 調 査 概 要	19
第2節 ラ ン ド サ ッ ト 画 像 解 析 結 果	19
第4章 既 存 資 料 コ ン パ イ ル 及 び ラ ン ド サ ッ ト 画 像 解 析 総 合 検 討 結 果	37

第5章 現地調査	41
第1節 調査方法	41
第2節 グラントゥルース地区各論	41
2-1 Tundulu 地区	41
2-2 Nkalonje 地区	45
2-3 Matoponi 地区	46
2-4 Songwe 地区	51
2-5 Mikomwa 地区	52
2-6 Chipalanje 地区	52
2-7 Salambidwa 地区	59
2-8 Namangale 地区	60
2-9 Naminga 地区	65
2-10 Chilwa Island 地区	66
2-11 Kadongosi 地区	71
2-12 Mongolwe 地区	71
2-13 Chikala 地区	72
2-14 Kangankunde 地区	80
2-15 Chaumbwi 地区	82
2-16 Kapiri 地区	85
2-17 Nsengwa 地区	86
2-18 Mlindi 地区	91
2-19 Nsala 地区	92
2-20 Kongwe 地区	92
2-21 Liperembe 地区	99
2-22 Kawanula 地区	100
2-23 Aligomba 地区	105
2-24 Achirundu 地区	105
2-25 Chiloli 地区	106
第3節 地化学探査	114
3-1 統計値	114
3-2 元素の相関関係	121

3-3 主成分分析	121
3-4 異常値をもつ調査地区	121
第4節 総合検討	122
第6章 結論及び第2年次への提言	133
第1節 結論	133
第2節 第2年次への提言	134
参考文献	135

目 次

- 第 1 - 1 - 1 図 調査地域位置図
- 第 1 - 1 - 2 図 調査地区位置図
- 第 1 - 2 - 1 図 チルソーアルカリン地域地質図
- 第 2 - 2 - 1 図 カーボナタイト・アルカリ複合岩体の模式断面図
- 第 3 - 1 - 1 図 ランドサット画像位置図
- 第 3 - 2 - 1 図 リニアメント抽出図
- 第 3 - 2 - 2 図 環状突出構造分布図
- 第 5 - 2 - 1 図 Tundulu 地区地質図・地質断面図
- 第 5 - 2 - 2 図 Nkalonje 地区地質図・地質断面図
- 第 5 - 2 - 3 図 Matoponi 地区地質図・地質断面図
- 第 5 - 2 - 4 図 Songwe 地区地質図・地質断面図
- 第 5 - 2 - 5 図 Mikomwa 地区地質図・地質断面図
- 第 5 - 2 - 6 図 Chipalanje 地区地質図・地質断面図
- 第 5 - 2 - 7 図 Salambidwa 地区地質図・地質断面図
- 第 5 - 2 - 8 図 Namangale 地区地質図・地質断面図
- 第 5 - 2 - 9 図 Naminga 地区地質図・地質断面図
- 第 5 - 2 - 10 図 Chilwa Island 地区地質図・地質断面図
- 第 5 - 2 - 11 図 Kadongosi 地区地質図・地質断面図
- 第 5 - 2 - 12 図 Mongolwe 地区地質図・地質断面図
- 第 5 - 2 - 13 図 Chikala 地区地質図・地質断面図
- 第 5 - 2 - 14 図 Kangankunde 地区地質図・地質断面図
- 第 5 - 2 - 15 図 Chaumbwi 地区地質図・地質断面図
- 第 5 - 2 - 16 図 Kapiri 地区地質図・地質断面図
- 第 5 - 2 - 17 図 Nsengwa 地区地質図・地質断面図
- 第 5 - 2 - 18 図 Mlindi 地区地質図・地質断面図
- 第 5 - 2 - 19 図 Nsala 地区地質図・地質断面図
- 第 5 - 2 - 20 図 Kongwe 地区地質図・地質断面図
- 第 5 - 2 - 21 図 Liperembe 地区地質図・地質断面図
- 第 5 - 2 - 22 図 Kawanula 地区地質図・地質断面図
- 第 5 - 2 - 23 図 Aligomba 地区地質図・地質断面図
- 第 5 - 2 - 24 図 Achirundu 地区地質図・地質断面図

第5-2-25図 Chiloli 地区地質図・地質断面図

第5-2-26図 カーボナタイト岩体・微候地分布図

目 次

第1-1-1表	調 査 内 容
第1-1-2表	調 査 工 程 表
第2-2-1表	既存資料コンパイル結果
第3-1-1表	ランドサットデータ一覧表
第3-2-1表	円形構造の分類
第3-2-2表	線形構造の分類
第4-1-1表	既存資料コンパイル及びランドサット画像解析総合検討結果
第5-1-1表	地化学探査分析元素及び分析下限
第5-3-1表	チルワーアルカリン地域地化学探査統計値
第5-3-2表	元素の地殻存在度とチルワーアルカリン地域の元素平均
第5-3-3表	岩質別地化学探査統計値
第5-3-4表	元素の相関関係
第5-3-5表	固有値及び寄与率
第5-3-6表	固有値ベクトル
第5-3-7表	地化学探査しきい値
第5-3-8表	調査地区別地化学探査異常
第5-4-1表	調査地区総合結果

LIST OF PLATES

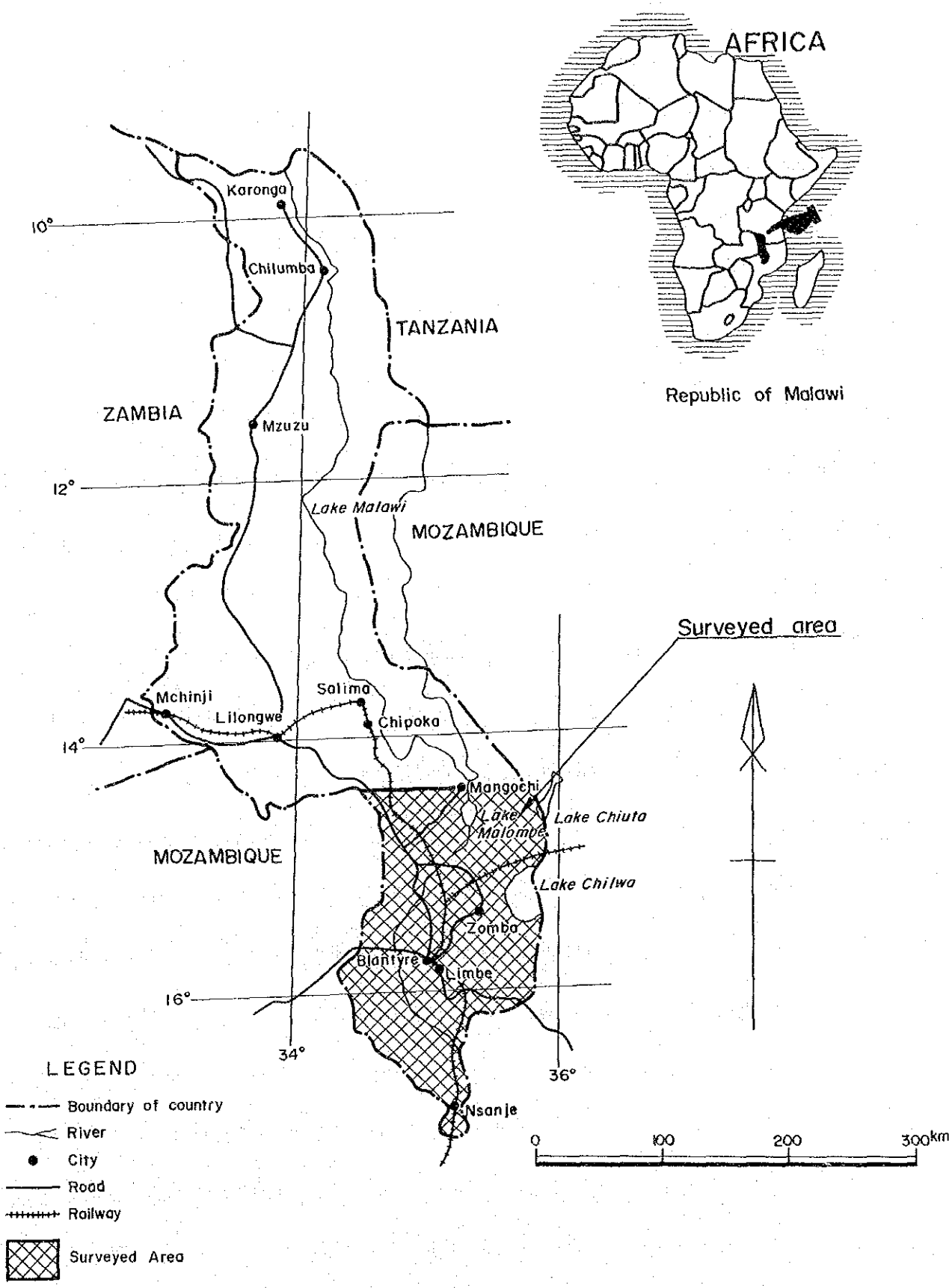
PL. 1-1	Result of LANDSAT Image Photogeological Interpretation (Shire Valley)	1:250,000
PL. 1-2	Result of LANDSAT Image Photogeological Interpretation (Blantyre)	1:250,000
PL. 1-3	Result of LANDSAT Image Photogeological Interpretation (Blantyre-2)	1:250,000
PL. 1-4	Result of LANDSAT Image Photogeological Interpretation (Monkey Bay)	1:250,000
PL. 1-5	Result of LANDSAT Image Photogeological Interpretation (Zobue)	1:250,000
PL. 2-1	Geological Map and Profile of Tundulu Sector	1:10,000
PL. 2-2	Geological Map and Profile of Nkalonje Sector	1:10,000
PL. 2-3	Geological Map and Profile of Matoponi Sector	1:10,000
PL. 2-4	Geological Map and Profile of Songwe Sector	1:10,000
PL. 2-5	Geological Map and Profile of Mikomwa Sector	1:10,000
PL. 2-6	Geological Map and Profile of Chipalanje Sector	1:10,000
PL. 2-7	Geological Map and Profile of Salambidwa Sector	1:10,000
PL. 2-8	Geological Map and Profile of Namangale Sector	1:10,000
PL. 2-9	Geological Map and Profile of Naminga Sector	1:10,000
PL. 2-10	Geological Map and Profile of Chilwa Island Sector	1:10,000
PL. 2-11	Geological Map and Profile of Kadongosi Sector	1:10,000
PL. 2-12	Geological Map and Profile of Mongolwe Sector	1:10,000
PL. 2-13	Geological Map and Profile of Chikala Sector	1:10,000
PL. 2-14	Geological Map and Profile of Kangankunde Sector	1:10,000
PL. 2-15	Geological Map and Profile of Chaumbwi Sector	1:10,000
PL. 2-16	Geological Map and Profile of Kapiri Sector	1:10,000
PL. 2-17	Geological Map and Profile of Nsengwa Sector	1:10,000
PL. 2-18	Geological Map and Profile of Mlindi Sector	1:10,000

PL. 2-19	Geological Map and Profile of Nsala Sector	1:10,000
PL. 2-20	Geological Map and Profile of Kongwe Sector	1:10,000
PL. 2-21	Geological Map and Profile of Liperembe Sector	1:10,000
PL. 2-22	Geological Map and Profile of Kawanula Sector	1:10,000
PL. 2-23	Geological Map and Profile of Aligomba Sector	1:10,000
PL. 2-24	Geological Map and Profile of Achirundu Sector	1:10,000
PL. 2-25	Geological Map and Profile of Chiloli Sector	1:10,000
PL. 3-1	Location Map of Geochemical Samples and Rock Samples in Tundulu Sector	1:10,000
PL. 3-2	Location Map of Geochemical Samples and Rock Samples in Nkalonje Sector	1:10,000
PL. 3-3	Location Map of Geochemical Samples and Rock Samples in Matoponi Sector	1:10,000
PL. 3-4	Location Map of Geochemical Samples and Rock Samples in Songwe Sector	1:10,000
PL. 3-5	Location Map of Geochemical Samples and Rock Samples in Mikomwa Sector	1:10,000
PL. 3-6	Location Map of Geochemical Samples and Rock Samples in Chipalanje Sector	1:10,000
PL. 3-7	Location Map of Geochemical Samples and Rock Samples in Salambidwa Sector	1:10,000
PL. 3-8	Location Map of Geochemical Samples and Rock Samples in Namangale Sector	1:10,000
PL. 3-9	Location Map of Geochemical Samples and Rock Samples in Naminga Sector	1:10,000
PL. 3-10	Location Map of Geochemical Samples and Rock Samples in Chilwa Island Sector	1:10,000
PL. 3-11	Location Map of Geochemical Samples and Rock Samples in Kadongosi Sector	1:10,000
PL. 3-12	Location Map of Geochemical Samples and Rock Samples in Mongolwe Sector	1:10,000
PL. 3-13	Location Map of Geochemical Samples and Rock Samples in Chikala Sector	1:10,000

PL. 3-14	Location Map of Geochemical Samples and Rock Samples in Kangankunde Sector	1:10,000
PL. 3-15	Location Map of Geochemical Samples and Rock Samples in Chaumbwi Sector	1:10,000
PL. 3-16	Location Map of Geochemical Samples and Rock Samples in Kapiri Sector	1:10,000
PL. 3-17	Location Map of Geochemical Samples and Rock Samples in Nsengwa Sector	1:10,000
PL. 3-18	Location Map of Geochemical Samples and Rock Samples in Mlindi Sector	1:10,000
PL. 3-19	Location Map of Geochemical Samples and Rock Samples in Nsala Sector	1:10,000
PL. 3-20	Location Map of Geochemical Samples and Rock Samples in Kongwe Sector	1:10,000
PL. 3-21	Location Map of Geochemical Samples and Rock Samples in Liperembe Sector	1:10,000
PL. 3-22	Location Map of Geochemical Samples and Rock Samples in Kawanula Sector	1:10,000
PL. 3-23	Location Map of Geochemical Samples and Rock Samples in Aligomba Sector	1:10,000
PL. 3-24	Location Map of Geochemical Samples and Rock Samples in Achirundu Sector	1:10,000
PL. 3-25	Location Map of Geochemical Samples and Rock Samples in Chiloli Sector	1:10,000
PL. 4	Location Map of Rock Samples	1:250,000

LIST OF APPENDICES

- Appendix 1 Values of Geochemical Analysis
- Appendix 2 Correlation Coefficients of Elements
- Appendix 3 Statistical Values of Geochemical Analysis of Each Sector
- Appendix 4 Values of Whole Rock Analysis and CIPW Norm
- Appendix 5 Microscopic Observations (Thin Section)
- Appendix 6 Microphotographs (Thin Section)
- Appendix 7 Microscopic Observations
(Polished Thin Section and Polished Section)
- Appendix 8 Microphotographs (Polished Thin Section and Polished Section)
- Appendix 9 Results and Charts of X-Ray Diffractive Analysis
- Appendix 10 Results of Isotopic Age Determination
- Appendix 11 Results of EPMA Analysis
- Appendix 12 Model Variation of Plutonic Rocks in Alkali Rock Series
- Appendix 13 Model Variation of Volcanic Rocks in Alkali Rock Series



第 1-1-1 図 調査地域位置図

要 約

本年度の調査は、マラウイ共和国南部、チルワーアルカリン地域の30,000 km²の範囲について既存資料コンパイルとランドサット画像解析を現地調査に先だって実施し、カーボナタイト鉱床賦存の有望地区を25地区選出し、その25地区において、地質調査、地化学探査を実施した。

調査の目的は、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。現地調査は昭和61年10月から12月にかけて実施した。

調査の内容は次のとおりである。

調査内容及び地区	調 査 量										
既存資料コンパイル	30,000 km ²										
ランドサット画像解析	30,000 km ²										
地質調査・地化学探査 グランドトゥルース地区	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">調査地区</td> <td style="width: 50%; text-align: right;">25地区</td> </tr> <tr> <td>踏査延長</td> <td style="text-align: right;">300 km</td> </tr> <tr> <td>地化学探査</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 20px;">試料採取</td> <td style="text-align: right;">1,000個</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 20px;">化学分析(岩石)</td> <td style="text-align: right;">75個</td> </tr> </table>	調査地区	25地区	踏査延長	300 km	地化学探査		試料採取	1,000個	化学分析(岩石)	75個
調査地区	25地区										
踏査延長	300 km										
地化学探査											
試料採取	1,000個										
化学分析(岩石)	75個										

調査結果の概要は以下のとおりである。

(1) 既存資料コンパイル

本調査地域内には、カーボナタイト岩体、徴候地が25地区認められた。このうち、16地区はカーボナタイトを伴う複合岩体の火山円錐丘型に、6地区は火山岩頸型に分類される。このほか、2地区は空中放射能探査によるトリウムの異常帯であり、さらに1地区はカーボナタイト貫入の徴候地である。

(2) ランドサット画像解析

写真地質学的判読により、206箇所の円形構造が抽出され、環状突出構造、環状溝構造、陥没構造、円錐構造の4つのタイプに分類された。既存の資料との対比により、円形構造として抽出された既知のカーボナタイト岩体、徴候地の多くは、環状突出構造に属することが明らかとなった。

(3) 地質調査

本地域の地質は、先カンブリア紀後期から古生代初期の片麻岩類、閃長岩類、花崗岩類を基盤とし、ジュラ紀から白亜紀にかけてのチルワールカリン岩石区のカーボナタイトを伴うアルカリ複合岩体からなる。アルカリ複合岩体は、円錐岩床、火山岩頸、環状岩脈あるいは放射状岩脈などの組合せによる環状構造を呈し、ほとんどのものが、角礫岩、集塊岩を伴う。本地域のカーボナタイトの岩質は、方解石質、アングライト質、菱鉄鉱質のものが多く、石英質のものも一部に認められる。調査された25地区のうち、Tundulu, Songwe, Chilwa Island及びKangankundeの4地区において塊状カーボナタイト(規模大)、さらにNkalonje, Matoponi, Kapiri及びNsengwaの4地区において岩脈状カーボナタイト(規模小)が確認された。

(4) 地化学探査

25調査地区からカーボナタイト試料を1,012個採取、分析し、60元素の分析値を統計処理した。このうち、カーボナタイト岩体、徴候地に関係する元素として、15元素(Ce, Dy, Eu, La, Lu, Nd, Nb, P, Sm, Sr, Tb, Th, U, Yb, Y)を選定し、これらの異常値について検討を行った。この結果、15元素全てに異常値(強異常値を含む)をもつ地区としてTundulu, Songwe及びChilwa Islandの3地区が、また15元素全部には異常値はないが、強異常値が認められる地区としてNkalonje, Salambidwa, Kadongosi, Kangankunde, Aligomba及びChiloliの6地区が抽出された。この他、強異常値はないが、異常値を示す地区としてMatoponi, Mikomwa, Chipalanje, Namangale, Naminga, Chaumbwi, Kapiri, Nsala, Kongwe及びAchirunduの10地区が抽出された。また異常値をもたない地区としてMongolwe, Chikala, Nsengwa, Mlindi, Liperembe及びKawanulaの6地区があげられた。

地質調査及び地化学探査の結果から、下記のことが考えられる。

カーボナタイト鉱床としてのポテンシャルティが高いと考えられる地区

Tundulu, Songwe, Chilwa Island, Kangankunde

カーボナタイト鉱床としてのポテンシャルティがあると考えられる地区

Nkalonje, Matoponi, Kapiri

カーボナタイトは認められなかったが、地化学探査異常の認められた地区

Mikomwa, Chipalanje, Salambidwa, Namangale, Naminga, Kadongosi,
Chaumbwi, Nsala, Kongwe, Aligomba, Achirundu, Chiloli

序 論

第 1 章 序 論

第 1 節 調査概要

1-1 調査経緯

マラウイ共和国の国土は、約 119,000 km² の広さを有し、その地質は、先カンブリア界から第 4 紀に至るまで、各時代の地層が分布する。東アフリカ大地溝帯の南端部に位置していることから、金属鉱床賦存のポテンシャルは、金、銀及びレアメタル等の希金属が高いと考えられている。しかしながら、今までのところ鉱物資源の産出は乏しい。Geological Survey Department of Malawi (マラウイ地質調査局) は、図幅調査を進める一方、資源探査の努力を続けており、Kangankunde (カンガンクンデ)、Chilwa Island (チルワ島) などのカーボナタイト鉱床の発見など成果を上げつつある。

本調査はマラウイ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、1986年8月14日付で調印された Scope of Work (S/W) に基づき調査を開始したものである。

現地調査に先立ち、チルワーアルカリン地域 30,000 km² の範囲の既存資料の検討及びランドサットデータの解析を行い、その結果、カーボナタイト鉱化作用に関連があると考えられる 25 地区を選出した。現地調査は、この 25 地区について地質調査、地化学探査を実施した。

1-2 調査目的

本調査は、チルワーアルカリン地域のカーボナタイト鉱化作用に関連する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を目的とした。

1-3 調査地域

チルワーアルカリン地域は、東アフリカ大地溝帯の一部である Malawi (マラウイ) 湖の南方に位置し、マラウイ共和国の国土の約 4 分の 1 を占めている (第 1-1-1 図)。

マラウイ共和国政府発行縮尺 250,000 分の 1 地形図では、Mangochi (マンゴチ、シート 8) の南半分と Blantyre (ブランタイア、シート 9) 及び Nsanje (ヌサンジェ、シート 10) に示される範囲である。

調査範囲中の既存資料コンパイル及びランドサットデータ解析の結果、第 1 年次の調査地区として次の 25 地区が選出された (第 1-1-2 図)。

地 区 名

1. Tundulu (ツンズール)
3. Matoponi (マトポニ)
5. Mikomwa (ミコムワ)
7. Salambidwa (サラムビドワ)
9. Naminga (ナミング)
11. Kadongosi (カドongoシ)
13. Chikala (チカラ)
15. Chaumbwi (チャウムブイ)
17. Nsengwa (ヌセングワ)
19. Nsala (ヌサラ)
21. Liperembe (リペレムベ)
23. Aligomba (アリゴムバ)
25. Chiloli (チロリ)

地 区 名

2. Nkalonje (ヌカロンジェ)
4. Songwe (ソングエ)
6. Chipalanje (チパランジェ)
8. Namangale (ナマンガレ)
10. Chilwa Island (チルワ島)
12. Mongolwe (モンゴルウエ)
14. Kangankunde (カンガンクンデ)
16. Kapiri (カピリ)
18. Mlindi (ムリンデ)
20. Kongwe (コングエ)
22. Kawanula (カワヌラ)
24. Achirundu (アチルンド)

1-4 位置交通

首都 Lilongwe (リロングエ) から調査地域中央に位置する Blantyre に至るには、飛行機で約 1 時間、自動車では約 4 時間を要する。

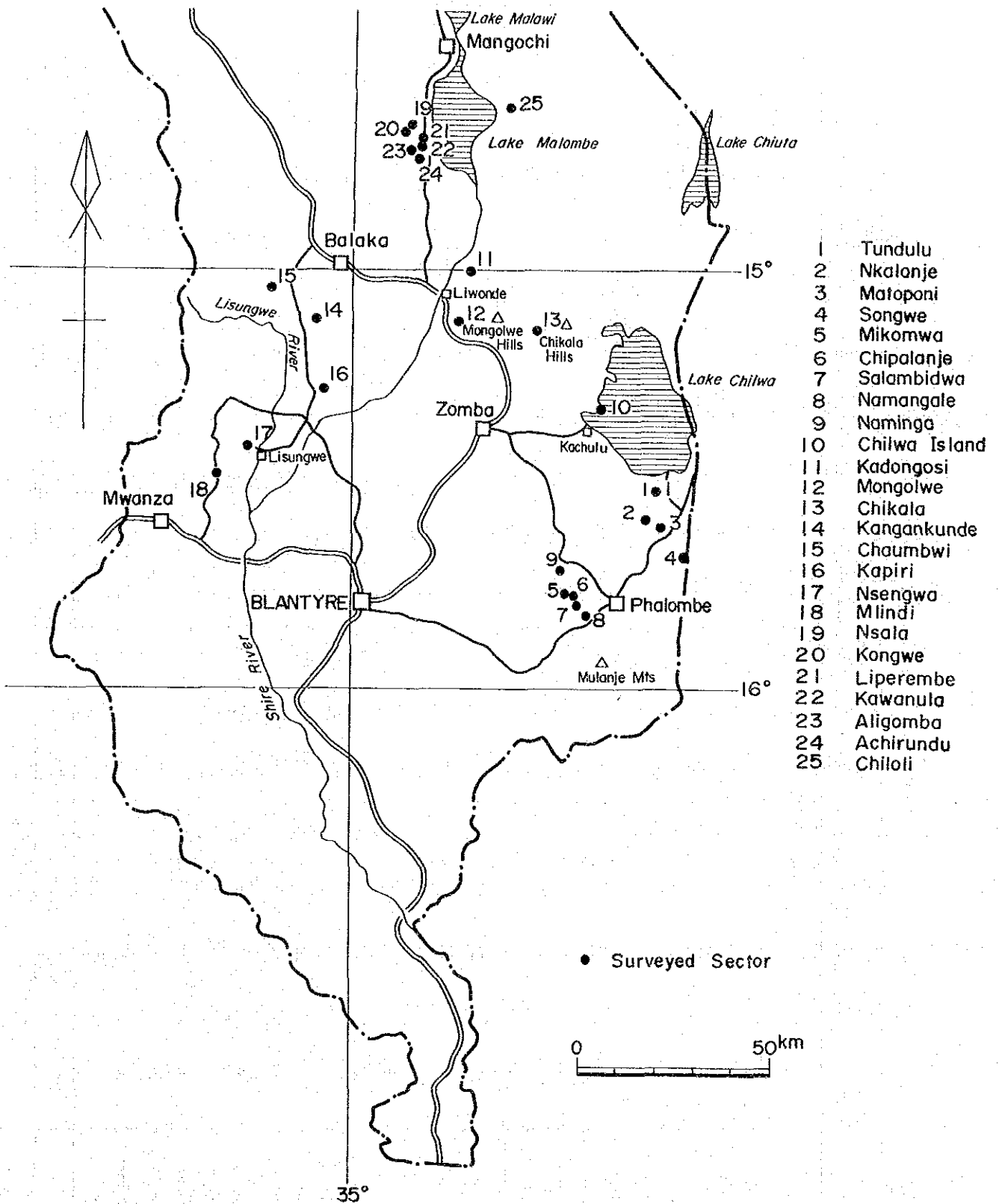
商工業都市 Blantyre 及びその北方約 70 km に位置する旧都 Zomba (ゾンバ) を中心に、調査地域内の都市間は舗装道路または未舗装道路により結ばれている。このため、調査地域は交通の便に恵まれた環境にあり、自動車の通行可能な道が各調査地区へ通じている。しかし、雨期(11月～4月)には未舗装道路が通行困難になることが多い。

1-5 調査方法及び調査量

現地調査に先立ち、調査地域(30,000 km²)を対象として既存資料のコンパイル及びランドサット画像解析を行い、カーボナタイト鉱床賦存の有望地区 25 地区を選定した。選定された 25 地区において、地質調査、地化学探査を実施した。

地質調査は、測量局発行の縮尺 50,000 分/1 の地形図を縮尺 5,000 分の 1 に拡大したものを使用し、縮尺 5,000 分の 1 でルートマップを作成した。調査結果は縮尺 10,000 分の 1 の地質図にまとめた。地化学探査は、地質調査と並行して実施し、試料は原則としてカーボナタイトを採取した。分析結果は、大型コンピュータを利用し統計処理を実施した。

本年次調査の内容は、第 1-1-1 表のとおりである。



第1-1-2図 調査地区位置図

第1-1-1表 調查內容

Surveyed sector	Route survey kms	Geochemical samples	Whole rock analysis	Thin sections	Polished sections	Age determination	X-ray diffraction test	EPMA analysis	
								Qualitative	Quantitative
Tundulu	21	133	6	6	5	1	4	12	4
Nkalonje	11	48	2	1	-	-	-	-	-
Matoponi	8	13	2	2	-	-	-	-	-
Songwe	13	89	1	1	-	-	-	-	-
Mikomwa	7	10	-	-	-	-	-	-	-
Chipalaranje	12	13	3	1	-	-	-	-	-
Salambidwa	8	21	1	1	-	-	-	-	-
Namangale	13	36	3	3	-	1	2	-	-
Naminga	7	22	3	1	-	-	-	-	-
Chilwa I.	27	196	1	2	2	-	1	5	2
Kadongosi	5	9	4	2	-	-	-	-	-
Mongolwe	12	31	8	3	-	1	2	-	-
Chikala	10	36	8	4	-	1	2	-	-
Kangankunde	20	185	6	4	3	-	4	8	1
Chaumbwi	8	7	2	2	-	-	-	-	-
Kapiri	10	21	1	3	-	1	2	-	-
Nsengwa	8	14	1	1	-	-	-	-	-
Mlindi	20	21	5	3	-	1	3	-	-
Nsala	17	16	6	3	-	1	2	-	-
Kongwe	18	30	-	-	-	-	-	-	-
Liperembe	13	7	1	1	-	-	-	-	-
Kawanula	10	6	2	1	-	-	-	-	-
Aligomba	10	13	3	2	-	-	1	-	-
Achirundu	10	25	3	1	-	-	1	-	-
Chiloli	5	10	4	2	-	-	-	-	-
Total	303	1,012	76	50	10	7	25	25	7

1-6 調査期間及び調査団の編成

既存資料の検討及びランドサットデータの解析は、昭和61年9月から10月の初旬にかけて行い、現地調査は10月11日から12月8日までの59日間行った。

室内解析及び報告書の作成は、調査団が帰国後日本において実施した。調査の工程は、第1-1-2表のとおりである。

本プロジェクト設立のための計画、折衝、第1年次調査のための折衝、検討、ならびに第1年次現地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

荒川 紘平	金属鉱業事業団
折田 憲一	通商産業省
上木 隆司	国際協力事業団
北 良行	金属鉱業事業団
澤田 賢治	金属鉱業事業団

マラウイ共和国側調査計画及び折衝

H.A. Juwa	森林天然資源省
J.C. Chatupa	地質調査局
A.T. Mndala	地質調査局
C.E. Kaphwiyo	地質調査局

現地調査団

日本側調査団

山田 毅	(団長, 地質・地化探)	三井金属資源開発株式会社
丸谷 雅治	(地質・地化探)	三井金属資源開発株式会社
日比 福二	(地質・地化探)	三井金属資源開発株式会社

マラウイ共和国側調査団

A.S.O. Mwafulirwa	(地質・地化探)	地質調査局
G.W.P. Malunga	(地質・地化探)	地質調査局

第2節 調査地域概要

2-1 地 理

調査対象のチルワールカリ地域は、マラウイ共和国南部地方のほぼ全域及び中部地方の一部にまたがり、南緯 $14^{\circ}30'$ ～ $17^{\circ}16'$ 、東経 $34^{\circ}15'$ ～ $35^{\circ}55'$ に位置する。

調査地域内には、東部に標高 $3,000\text{ m}$ 級の急峻なMulanje(ムランジェ)山塊、北部及び北東部にMalombe(マロンベ)湖、Chilwa湖があり、西部には北から南へ奔流するShire(シレ)河に沿って標高 $300\sim500\text{ m}$ のサバナが発達している。

本地域は熱帯サバナ気候に属し、乾期(5月～8月)、涼期(9月～10月)及び雨期(11月～4月)の3期に分けられる。Blantyreでの年間平均降水量は 870 mm 、年間気温は $15\sim21^{\circ}\text{C}$ である。

2-2 調査地域の地質鉱床概要

本地域にて実施された近年の調査には、Garson, M.S.(1965)、Bloomfield, K(1966)等が挙げられる。

Garsonは南部マラウイの地質調査を精力的に実施し、多くのカーボナタイト岩体、微候地を報告し、カーボナタイト岩体に対する岩石学的記載、構成地質、カーボナタイトの生成順序、成因などについて詳述している。

BloomfieldはGarsonの調査をフォローすると共に、マラウイ全土の地質図を作成した。

また、UNDPは1985年までに南部マラウイの空中磁気探査及び空中放射能探査を実施した。

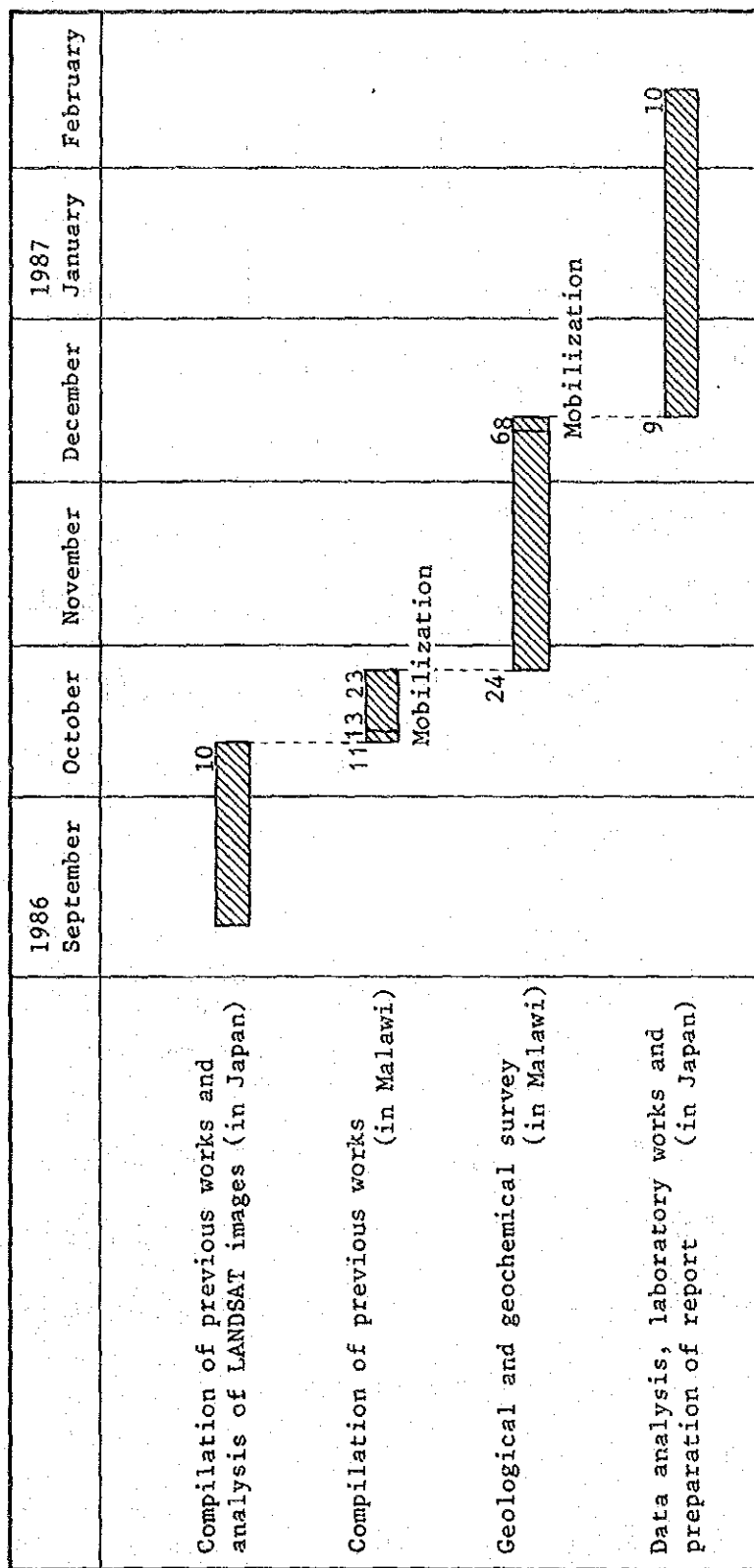
本報告書の岩石分類等は、これら既存の調査、研究に負うところ大である。

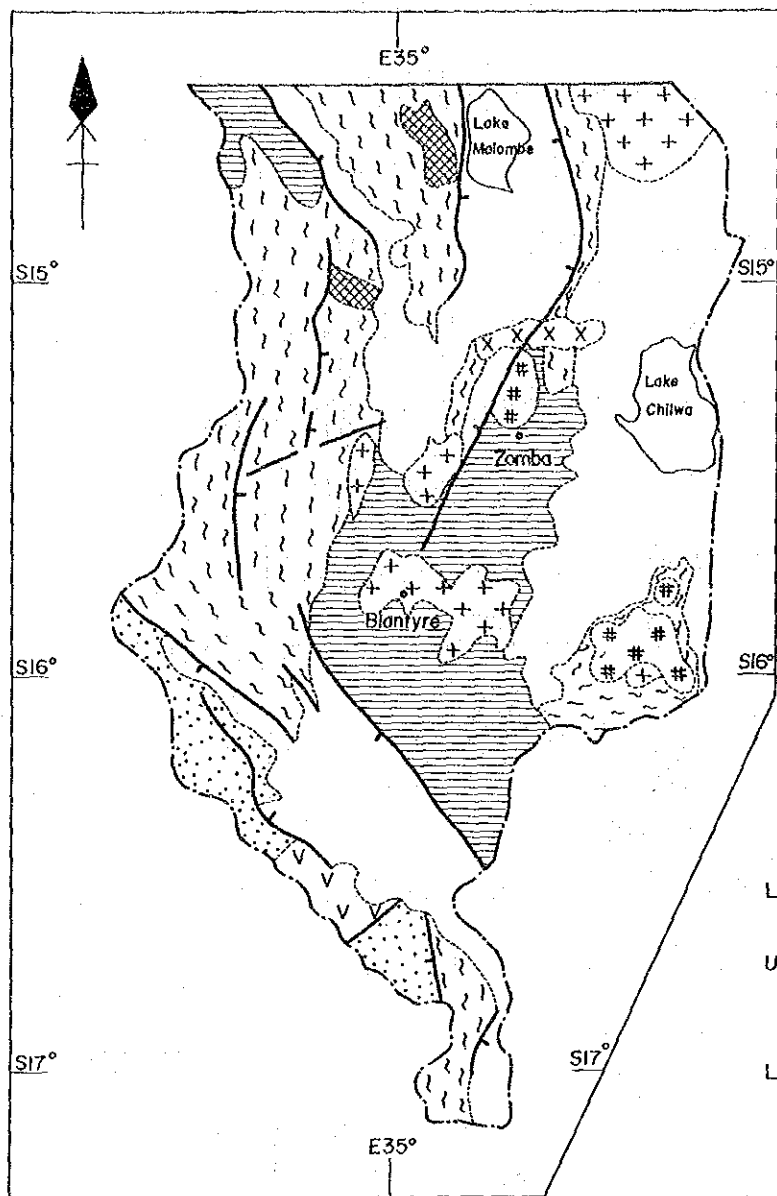
2-3 調査地域の地質鉱床概要

マラウイの地質の大部分は、先カンブリア紀後期から古生代初期($400\sim650\text{ Ma}$)に変成作用を受けたMozambique(モザンビーク)帯の一部であるグラニュライト相または角閃岩相の結晶片岩、片麻岩などの変成岩類からなっている(第1-2-1図)。グラニュライト相の岩石は紫蘇輝石花崗岩質岩石とザクロ石-珪線石-石墨珪質片岩などよりなり、角閃岩相の岩石は黒雲母片麻岩、砂質岩、泥質岩、晶質石灰岩、ザクロ石-珪線石-石墨珪質片岩、角閃岩などよりなる。これら基盤岩の一般方向は南北である。

南部マラウイでは基盤岩中に変輝岩、変斑れい岩など超塩基性岩の侵入小岩体(500 Ma)が多く認められるほか、レンズ状あるいは深部環状構造をなして侵入した古生代初期(450 Ma)の閃長岩類、花崗岩類がある。これらの閃長岩類、花崗岩類は、Mozambique帯の複雑な構造、熱変成過程の最後の活動により生成したものと考えられている。

第1-1-2表 調査工程表





LEGEND

- | | | |
|--------------------------|--|-----------------------------|
| Quaternary | | Alluvium |
| Chilwa Alkaline Province | | |
| L. Cretaceous | | Nepheline syenite |
| U. Jurassic | | Syenite |
| Karoo System | | |
| L. Jurassic | | Basalt |
| Permian | | Sandstone and shale |
| Basement Complex | | |
| L. Palaeozoic | | Syenite |
| | | Granitoid gneiss |
| | | Pelitic gneiss and psammite |
| Precambrian | | Charnockitic gneiss |
| | | Fault |
| | | International boundary |

第1-2-1図 チルワーアルカリン地域地質図

ジュラ紀には、南部マラウイにおいて粗粒玄武岩岩脈の貫入と玄武岩溶岩の噴出があった。

ジュラ紀～白亜紀にかけては、「チルワーアルカリン岩石区」とよばれるアルカリ岩及びカーボナタイトの活動があり、火山岩頸や小侵入岩体として分布している。

現在マラウイには稼行中の金属鉱山はないが、ボーキサイト、カーボナタイト鉱床が知られている。ボーキサイト鉱床は本地域東部のMulanje 山塊の標高2,000～3,000 m の山上にあり、 Al_2O_3 約45%、7,000万トンの鉱量があるといわれている。

Mulanje 山塊は古期閃長岩と、これに貫入したチルワーアルカリン岩石区の閃長岩よりなる。ボーキサイトはこれら岩石の風化生成物である。カーボナタイト鉱床については第2章で詳しく記述する。

既存資料コンパイル

第2章 既存資料コンパイル

第1節 調査概要

既存の資料コンパイル作業は、本地域内全域に亘って分布するカーボナタイト岩体の有望地区を選出することを目的として実施した。

本調査に供用された資料は、地質データとしては主に Bloomfield, K (1956) 及び Garson, M.S. (1965) の報告書ならびに Cannon (1970) の図幅を、また空中物理探査データとしては Geological Survey Department of Malawi (1985) の空中放射能コンター図を使用した。

第2節 地質・鉱床資料コンパイル

マラウイにはカーボナタイトが各所に貫入しており、またフェン岩化作用を受けているカーボナタイト貫入の徴候地も知られている。

これらカーボナタイトの大部分は、本調査地域であるチルワーアルカリン岩石区に分布しているが、一部は北マラウイのタンザニアとの国境に近い Ilomba Hill (イロンバヒル) アルカリン岩石区に分布している。

本調査地域内には、カーボナタイト岩体あるいはカーボナタイト貫入の徴候地が25地区認められた(第1-1-2図, 第2-2-1表)。

カーボナタイト岩体及び徴候地は、チルワーアルカリン岩石区のアルカリ複合岩体と密接に伴って産出する。これらアルカリ複合岩体は、円錐岩床、火山岩頸、環状岩脈あるいは放射状岩脈などの組合わせによる環状構造を呈しており、ほとんどのものが角礫岩、集塊岩を伴っている。本地域のアルカリ岩として閃長岩、霞石閃長岩、粗面岩、フォノライト、霞岩、ランプロファイアーなどが知られている。

変質作用としてフェン岩化作用、炭酸塩化作用、長石化作用が一般的であり、一部には霞石化作用、金雲母化作用、珪化作用も見られる。

フェン岩化作用は原岩からの SiO_2 の多量の溶脱と、 Na (時に K) と Fe^{3+} の添加を伴う交代作用であり、アルカリ複合岩体貫入の直前か、その初期に起こることが多く、そのため、基盤をなす片麻岩類、花崗岩類は交代作用を被り、閃長岩質に変質している。また、その範囲は岩体の周辺 1,000~2,000 m に及ぶことがある。

炭酸塩化及び長石化作用は、角礫化作用の直後に起こることが多く、角礫岩、集塊岩などを交代している。また一部の地区では、フェン岩化作用に先立って、炭酸塩化(及び長石化)作用が見られることもある。

本地域のカーボナタイトの岩質は、一般的傾向として、早期のものは方解石質であり、アン

ケライト質を経て、晩期のもは菱鉄鈹質となっている。また、石英質（優白質）カーボナタイト、ペフォルサイトも一部に見られる。

アルカリ複合岩体の火成活動において、これらのカーボナタイトは次のように位置づけられている。アルカリ岩体マグマによる基盤岩のドーム構造や円錐岩床の生成があり、それに引続くフェン岩化作用、角礫化作用の後、マグマの貫入によってカーボナタイトが生成した。

カーボナタイトを伴う複合岩体の形態は、第2-2-1図に示すように侵食の深さによって次の4つのタイプに分類されている（Garson, 1966）。

- I) 火山円錐丘型；霞岩の溶岩，火山碎屑岩からなる円錐丘，集塊岩，カーボナタイトで特徴づけられる。
- II) 火山岩頸型；炭酸塩化，長石化作用を受けた角礫岩，集塊岩で特徴づけられ，フェン岩作用には多量のKの添加がみられる。
- III) 浅所深成岩型；方解石質，ドロマイト質カーボナタイトが多く，フェン岩化用ではNaの添加が多い。
- IV) 深所深成岩型；閃長岩，輝岩，かんらん岩やかんらん石-ひる石ペグマタイトを伴い，岩脈はまれである。

本地域のカーボナタイトは，16地区がタイプIに，6地区がタイプIIに分類される。タイプIIのカーボナタイトの規模は，タイプIに比べて大きい。タイプIIIとIVは，本地域には認められない。

カーボナタイトに伴う鉱物としてパイロクロア，モナズ石，バストネサイト，シンチサイト，ストロンチアナイト，フロレンサイト，アパタイト，螢石などが産出する。

パイロクロアはアパタイトを伴う方解石質のカーボナタイトに多く，RE鉱物（モナズ石，バストネサイト，シンチサイトなど）は重晶石を伴い，アンケライト質，石英質のカーボナタイトに多い。

UNDPにより実施された南部マラウイの空中物理探査データには，空中磁気探査及び空中放射能探査（K，Th，U，K+Th+U）がある。

このうち既知のカーボナタイトの分布と比較的よく一致するのは，空中放射能探査のトリウムのデータである。トリウムのカウント500c.p.s.以上の強異常帯及び250c.p.s.以上の異常帯をプロットすると，カーボナタイトを伴うアルカリ複合岩体及び一部の古期閃長岩体・花崗岩体上に重なる。調査地区のうち，Naminga, Chiloliの2地区はトリウムの異常帯と，次節で述べるランドサット画像解析から抽出された円形構造が重なった地区で，カーボナタイトの徴候地として選定した。

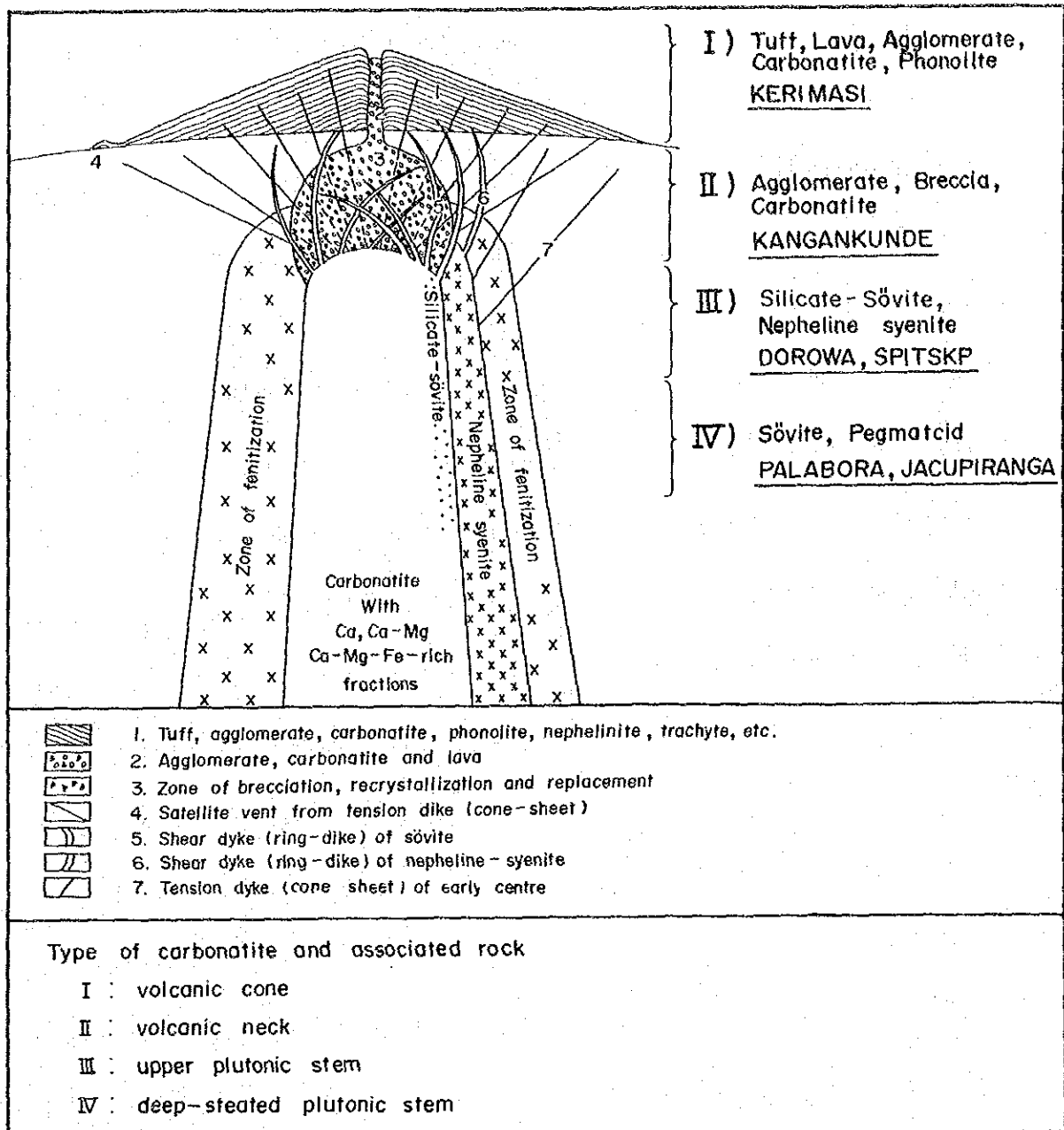
Mlindi 地区は，深部にアルカリ複合岩体の貫入が予想され，カーボナタイト貫入の徴候地として選定した。

第2-2-1表 既存資料コンパイル結果(1)

Surveyed sector	Alkaline complex	Breccia/ agglomerate	Occurrence	Fenitization	Carbonatization	Feldspathization	Carbonatite	Type	Ore minerals	Remarks
1. Tundulu	nepheline syenite	breccia, agglomerate	circular structure arcuate ring dyke	basement	-	breccia	sövite (earlier) apatite bastneasite beforsite (later)	II	pyrochlore, bastneasite, synchysite, monazite, apatite	nephelinization
2. Nkalonje	nephelinite, nepheline syenite	breccia, agglomerate	volcanic neck	basement	-	breccia	sövite sideritic leucocratic	II	pyrochlore, bastneasite, synchysite, florencite	quartz-fluorite vein
3. Matoponi	phonolite, trachyte	-	dyke	-	-	-	sövite	I	pyrochlore, apatite	
4. Songwe	nephelinite, foyaite	breccia, agglomerate	volcanic neck	basement	-	breccia	sideritic	II	apatite, pyrochlore, bastneasite, synchysite	apatite-fluorite vein
5. Mikomwa	phonolite, sölvbergite	agglomerate	dyke	-	-	-	-	I	-	
6. Chipalanje	microfoyaite, phonolite	agglomerate	dyke	-	-	-	-	I	-	
7. Salambidwa	phonolite	agglomerate	dyke	-	-	-	-	I	-	
8. Namangale	phonolite, microfoyaite	breccia	volcanic neck	basement	-	breccia	sövite	II	apatite	
9. Naminga	(gneiss, granite)	-	(dome structure)	-	-	-	-	-	-	The anomaly by airborne survey
10. Chilwa I.	nepheline syenite, phonolite, nephelinite	breccia, agglomerate	ring dyke cone sheet radial dyke	basement	-	agglomerate	sövite (earlier) ankeritic sideritic (later)	II	pyrochlore, bastneasite, synchysite, apatite	quartz fluorite vein
11. Kadongosi	foyaite, phonolite	agglomerate	volcanic neck	basement, agglomerate	-	-	-	I	-	
12. Mongolwe	pulaskite, nepheline syenite	agglomerate	volcanic neck	basement	-	-	-	I	-	
13. Chikala	pulaskite, foyaite	agglomerate	volcanic neck	basement, pulaskite	-	agglomerate	-	I	-	silicification

第2-2-1表(2) 既存資料コンパイル結果

Surveyed sector	Alkaline complex	Breccia/ agglomerate	Occurrence	Fenitization	Carbonatization	Feldspathization	Carbonatite	Type	Ore minerals	Remarks
14. Kangankunde	nephelinite, sölvbergite	breccia, agglomerate	circular structure	basement	nephelinite, breccia, agglomerate	fenite, breccia, agglomerate	sideritic (earlier) ankritic manganiferous (later)	II	monazite, bastneasite, strontianite, florensite	siliceous rock (late hydrothermal) phlogopitization
15. Chaumbwi	-	agglomerate	volcanic vent	agglomerate	agglomerate	-	-	I	-	
16. Kapiiri	nephelinite, phonolite	-	dyke	nephelinite	nephelinite	-	ankeritic	I	monazite, florensite, bastneasite	
17. Nsengwa	microsyenite	breccia, agglomerate	ring dyke	-	-	breccia	ankeritic	I	pyrochlore, monazite	
18. Mlindi	(Ultrabasic rocks)	-	(ring structure)	-	-	-	-	-	-	infracrustal ring-complex
19. Nsala	microfoyaite, phonolite	agglomerate	ring neck radial dyke	feldspathic agglomerate	-	agglomerate	sövite	I	-	
20. Kongwe	nephelinite, phonolite	agglomerate	circular structure	basement	agglomerate	agglomerate	-	I	-	
21. Liperembe	nephelinite, phonolite	agglomerate	elongated neck	-	agglomerate	-	-	I	apatite	
22. Kawanula	lamprophyre, nephelinite	agglomerate	elongated neck	-	-	-	-	I	apatite	
23. Aligomba	phonolite	agglomerate	elongated neck	-	agglomerate	-	-	I	apatite	
24. Achirundu	phonolite	agglomerate	elongated neck	-	agglomerate	-	-	I	apatite	
25. Chiloli	(granulite, gneiss)	-	(dome structure)	-	-	-	-	-	-	Th anomaly by airborne survey



(after Garson, 1966)

第2-2-1図 カーボナタイト・アルカリ複合岩体の模式断面図

ランドサット画像解析

第3章 ランドサット画像解析

第1節 調査概要

ランドサット画像解析作業は、写真地質学的判読作業により、本地域全域に亘りカーボナタイト岩体を反映すると考えられる構造を抽出することを目的として実施した。

本解析に使用されたランドサット画像は、第3-1-1図及び第3-1-1表に示す5シーン(path/row=179/70, 179/71, 179/72, 180/70, 180/71)のフォールスカラー画像(縮尺1/250,000 4-5-7バンド合成)と白黒画像(縮尺1/250,000 7バンド)である。なお、フォールスカラー画像、白黒画像ともGEOPIC画像(エッジ強調処理及びコントラスト強調処理済画像)を使用した。

第2節 ランドサット画像解析結果

写真地質学的判読作業は、フォールスカラー画像と同一シーン白黒画像とを偽似立体視し、ランドサット画像に現われた円形構造及び線形構造を抽出し、分類を行った。抽出結果を第3-2-1図、PL1-1, 1-2, 1-3, 1-4, 1-5に示す。

(1) 円形構造

抽出された206箇所の円形構造を、その形態にもとづき第3-2-1表に示すように次の4つのタイプに分類した。

- A) 環状突出構造；リングダイク，コーンシート，火口などの地質構造が推定される。
- B) 環状溝構造；環状岩脈，貫入パイプなどの存在が推定される。
- C) 陥没構造；爆裂火口，隕石孔などが推定される。
- D) 円錐構造；貫入岩体，噴出丘などが推定される。

これら4つのタイプは、いずれもアルカリ火成岩体の環状岩体，リングダイクやコーンシート，そしてこれらに関連するカーボナタイト岩体を暗示する構造である。さらに既存の資料と対比してみると，円形構造として抽出された既知のカーボナタイト岩体，徴候地の多くはAタイプの環状突出構造に属することが明らかとなった。

また，これらAタイプの円形構造の分布をみると，大きく7つの地域にまとまっている(第3-2-2図)。すなわち，

- ① East district of Lake Malombe (マロンベ湖東方地域)
- ② West district of Lake Malombe (マロンベ湖西方地域)
- ③ Kangankunde district (カンガンクンデ地域)
- ④ South district of Lake Chilwa (チルワ湖南方地域)
- ⑤ North district of Chiromo (チロモ北方地域)

⑥ Chiromo district (チロモ地域)

⑦ South district of Chiromo (チロモ南方地域)

である。

このうち、②、③、④の3地域には、各々いくつかのカーボナタイト岩体が分布している。一方、残りの①、⑤、⑥、⑦の4地域には、岩体の存在が知られていないが、新たなカーボナタイト岩体が発見される可能性のある地域と言えよう。

次に7つの地域に分布する円形構造の特徴を記す。

① Malombe 湖東方地域

Malombe 湖 - Chiuta (チウタ) 湖間の地域でAタイプ円形構造が10箇所抽出された。本地域には2体のアルカリ火成岩体が広く分布し、その縁辺部に10箇所の円形構造が集中してみられる。これらの円形構造は、一般に直径1 km以下で、ほとんど正円である。また、放射状構造は顕著ではないが、同心円状構造がみられ、カーボナタイト岩体に関連するリングダイクやコーンシートの可能性がある。

② Malombe 湖西方地域

Aタイプ円形構造が8箇所抽出された。本地域には、Nsala など6つのカーボナタイト岩体、徴候地が分布している。直径1 km以内の円形構造のものが多く、同心円状構造のものも一部に認められる。

③ Kangankunde 地域

Aタイプ円形構造が14箇所抽出された。本地域にはKangankunde など5つのカーボナタイト岩体、徴候地が分布している。いずれも直径1~2 kmの正円であり、放射状構造は顕著でないが、同心円状構造が一部によくみられる。

④ Chilwa 湖南方地域

Aタイプ円形構造が10箇所抽出された。本地域にはTundulu, Songwe など8つのカーボナタイト岩体、徴候地が分布している。直径2 kmの正円であり、同心円状構造が顕著のものが一部に認められる。

⑤ Chiromo 北方地域

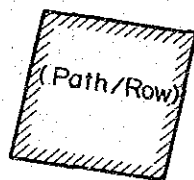
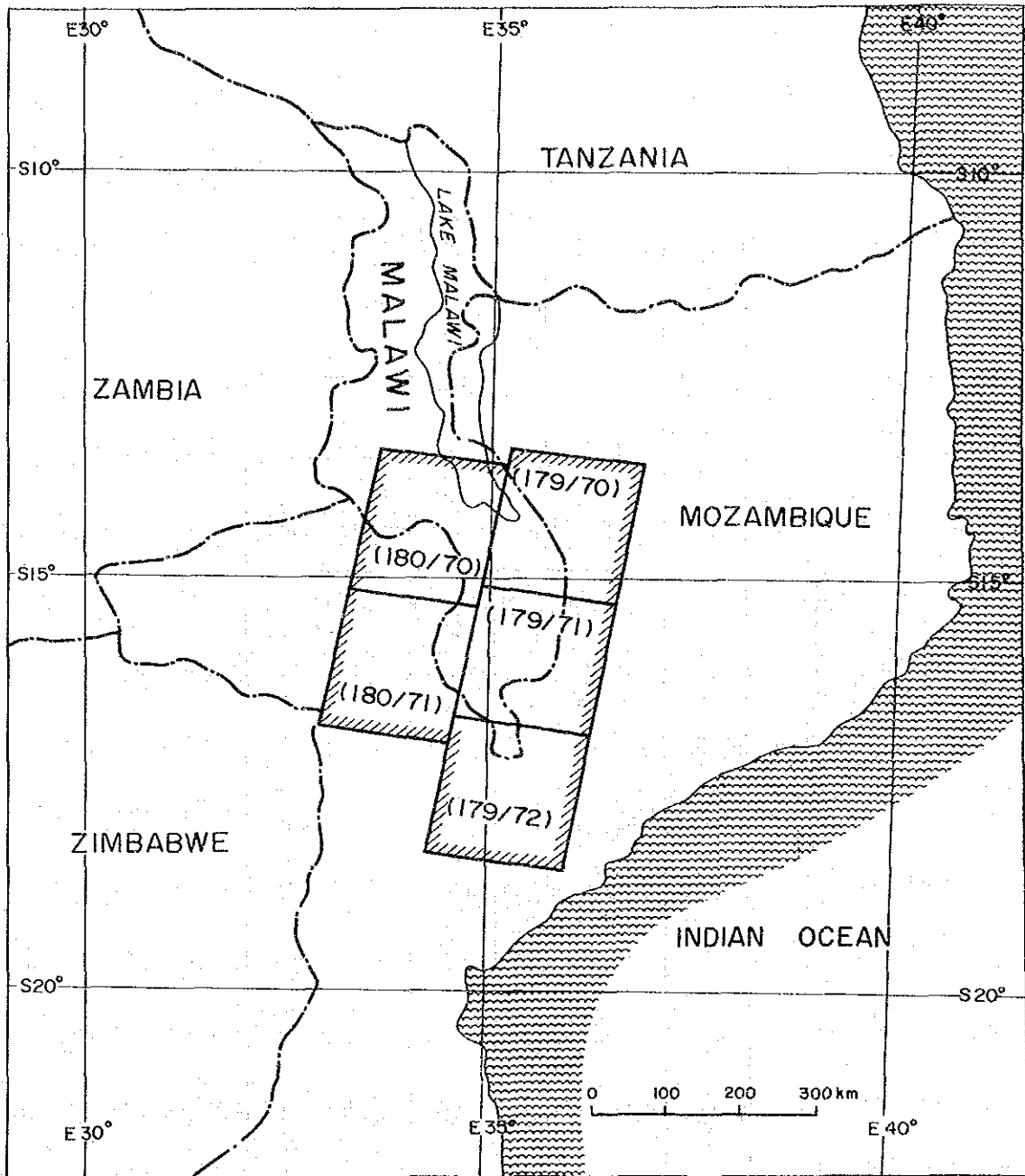
Aタイプ円形構造が4箇所抽出された。いずれも直径1 km以内の正円であるが、放射状及び同心円状構造は顕著でない。

⑥ Chiromo 地域

Aタイプ円形構造が4箇所抽出されたがあまり明瞭ではない。

⑦ Chiromo 南方地域

マラウイ国内で1箇所、モザンビーク領内に6箇所のAタイプ円状構造が抽出された。マラウイ国内のものは明瞭な円状構造ではない。

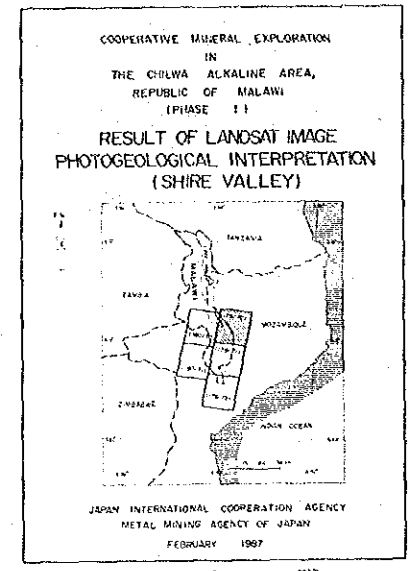
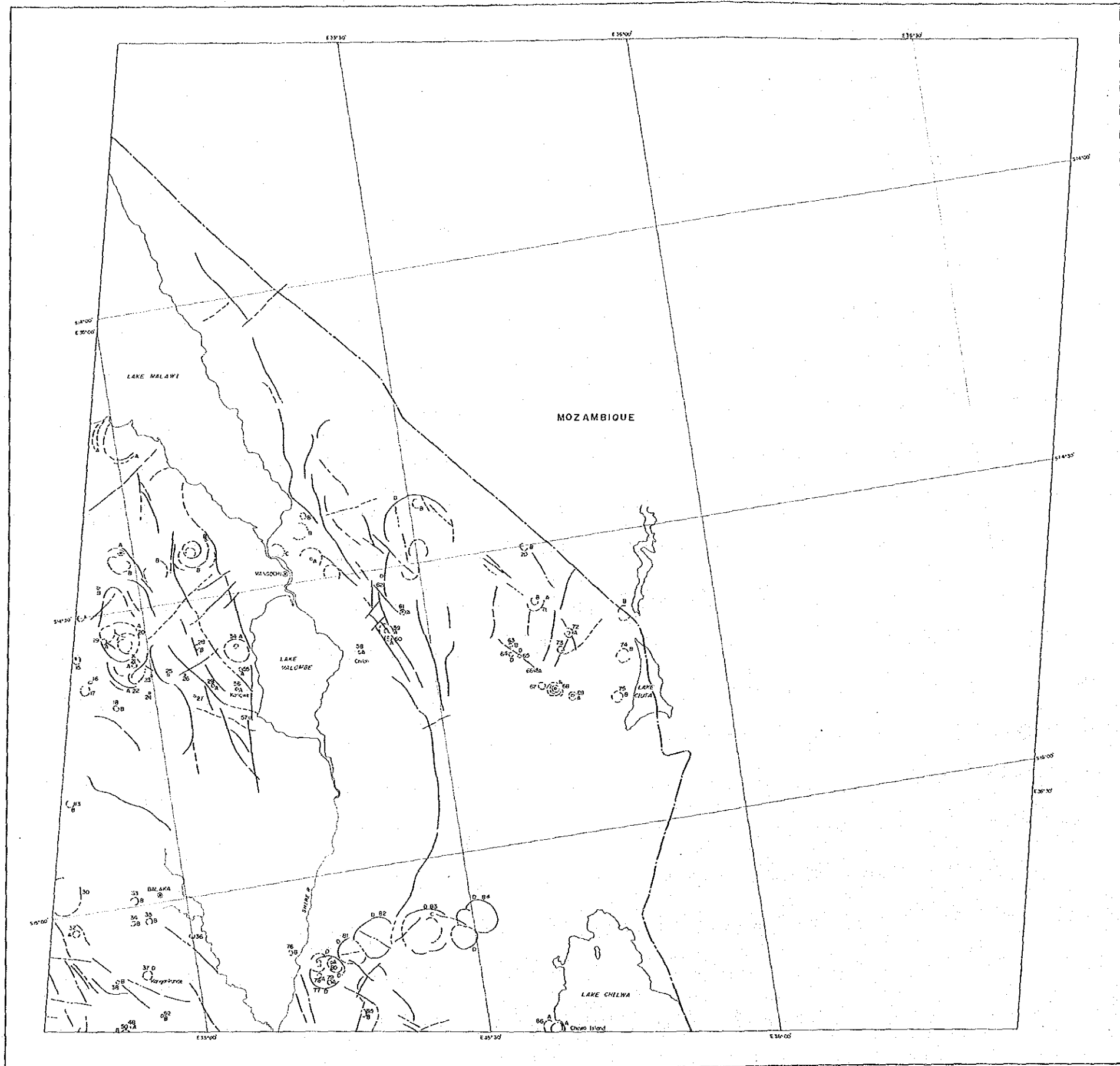


LANDSAT image scene

第3-1-1図 ランドサット画像位置図

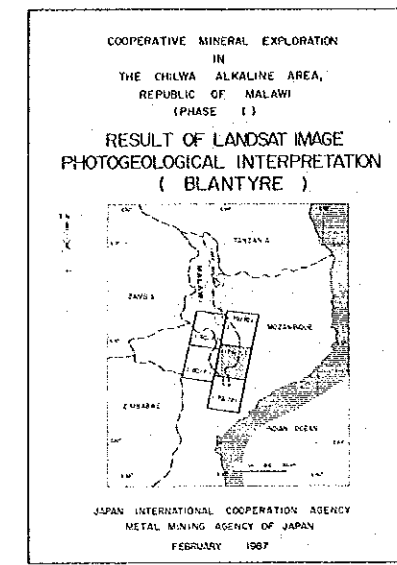
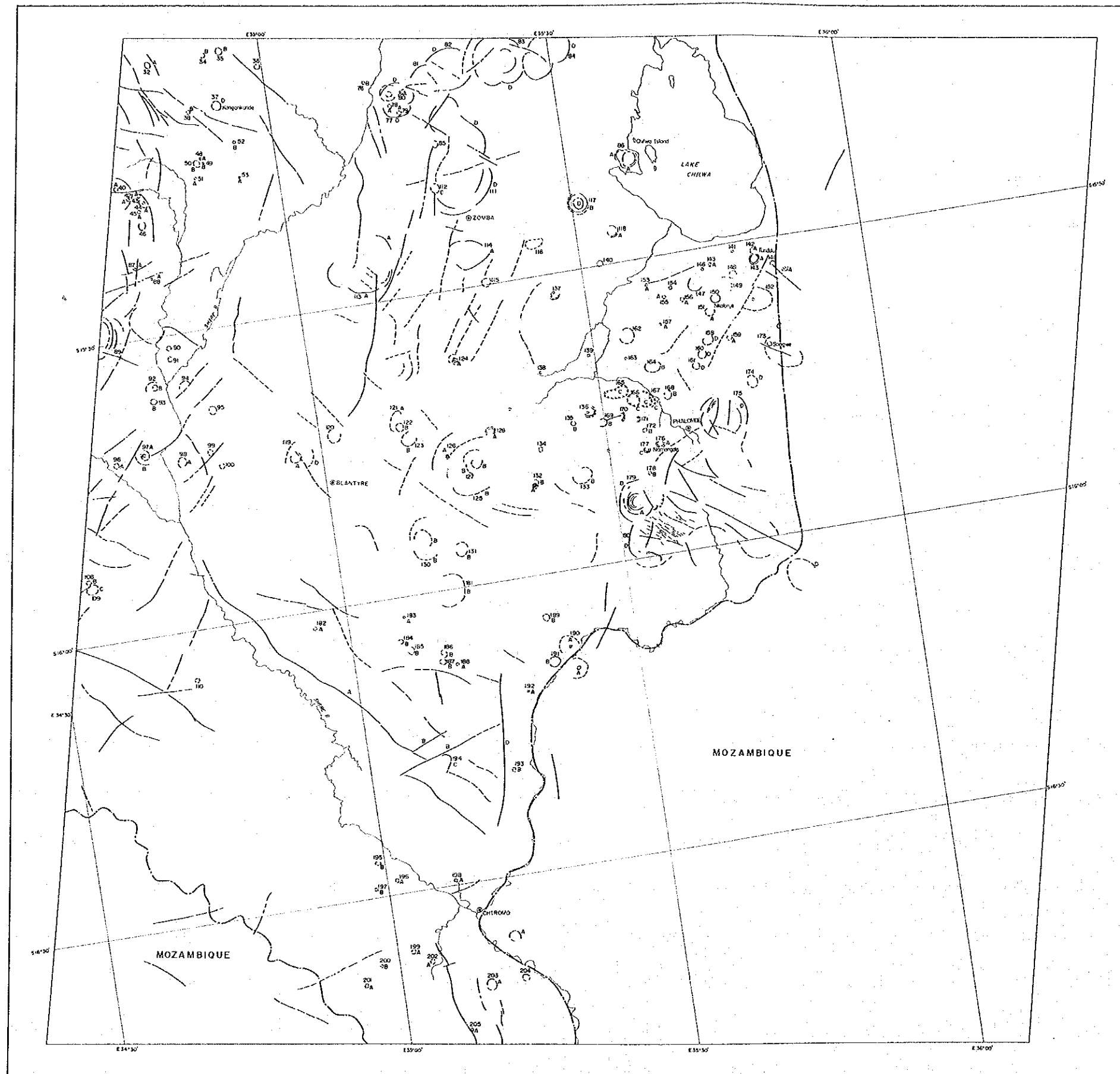
第3-1-1表 ランドサットデータ一覧表

Location	Path/Row	ID No.	Scene Date	Longitude	Latitude
Shire Valley	179/70	10442-07082	08/Oct/1973	E35°45'	S14°30'
Blantyre	179/71	10442-07084	08/Oct/1973	E35°24'	S15°58'
Blantyre-2	179/72	10388-07102	15/Aug/1973	E34°58'	S17°14'
Monkey Bay	180/70	10425-07143	21/Sep/1973	E34°18'	S14°23'
Zobue	180/71	10425-07145	21/Sep/1973	E33°57'	S15°50'



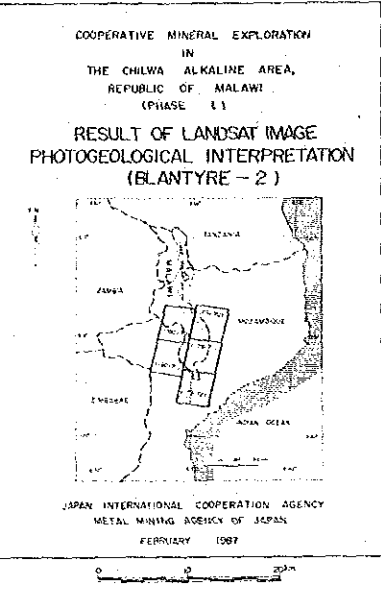
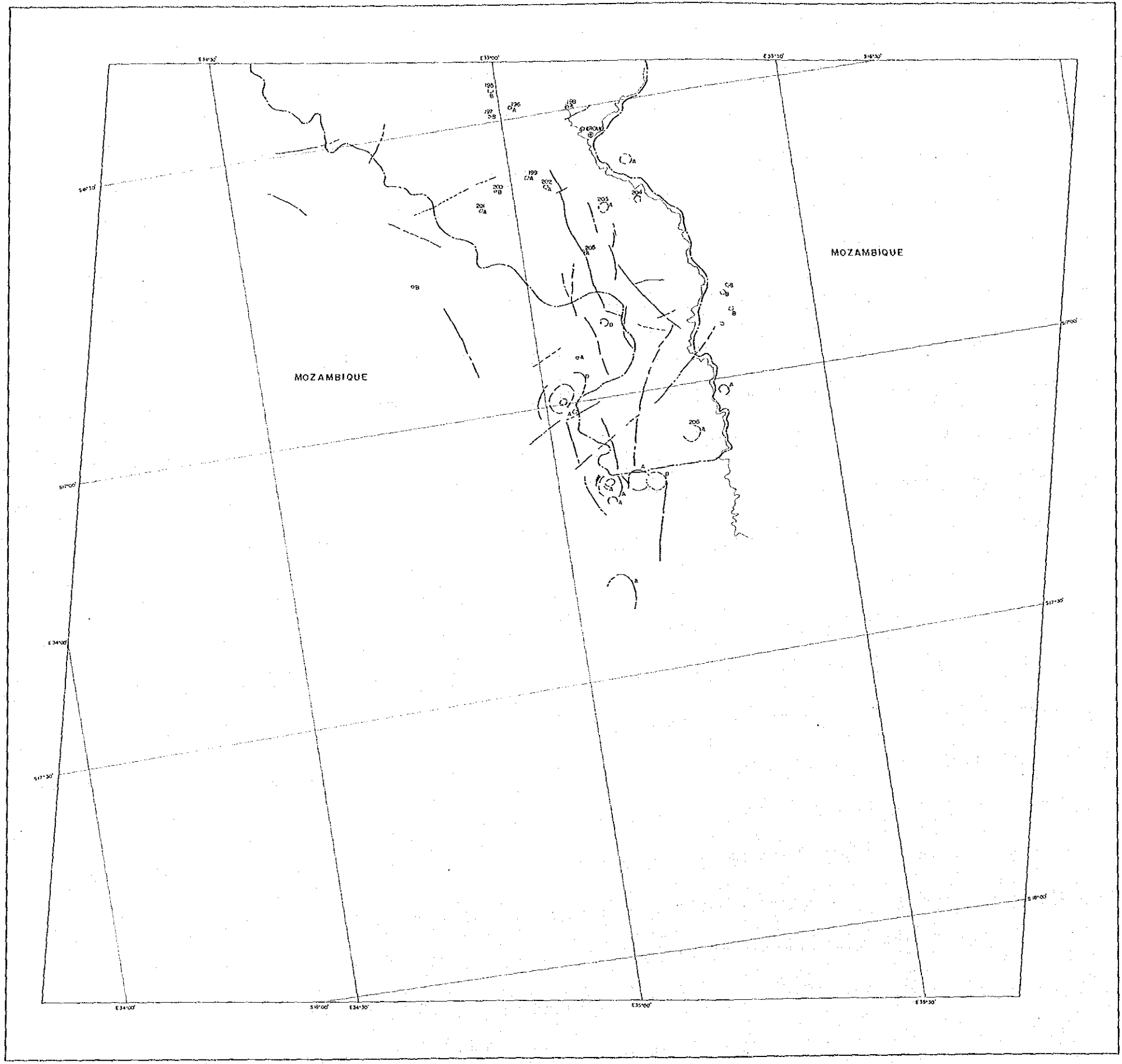
- LEGEND
- Greater Structure (Ecore)
 - Greater Structure (Dm-I)
 - Lineament (Ecore)
 - Lineament (Dm-I)
 - Basin Structure
 - International Boundary
- A Projected Ring Structure
B Depressed Ring Structure
C Basin Structure
D Cone Structure

第 3-2-1 図 リニアメント抽出図(1)



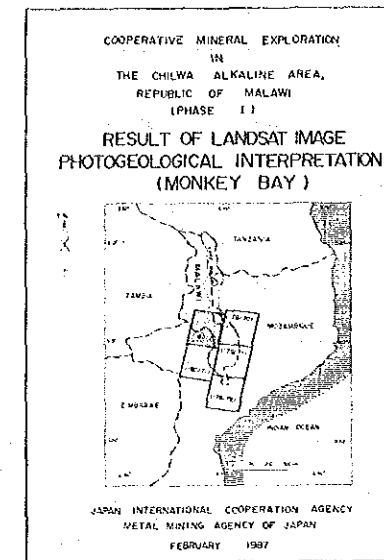
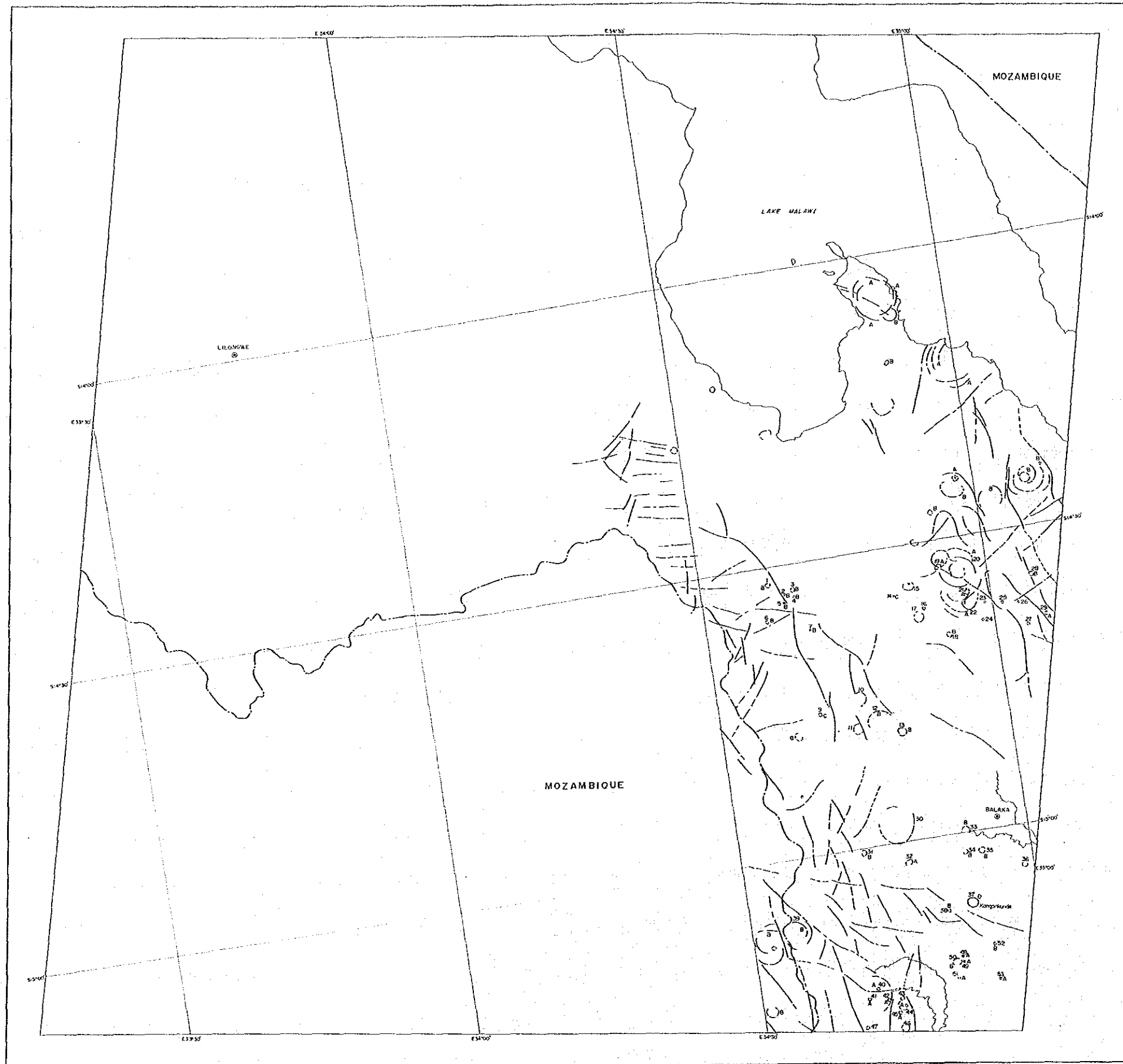
- LEGEND
- Circular Structure (Clear)
 - ⊙ Circular Structure (Dim)
 - Lineament (Clear)
 - - - Lineament (Dim)
 - ∪ Basin Structure
 - International Boundary
 - A Projected Ring Structure
 - B Depressed Ring Structure
 - C Basin Structure
 - D Core Structure

第3-2-1図 リニアメント抽出図(2)



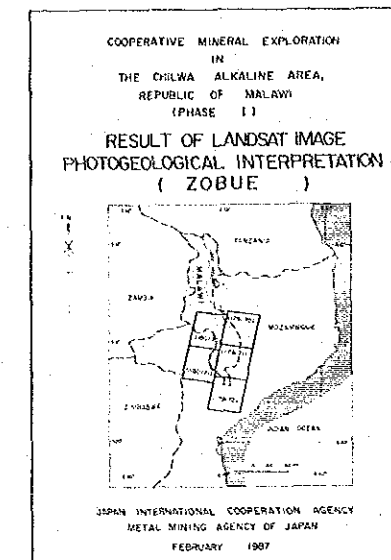
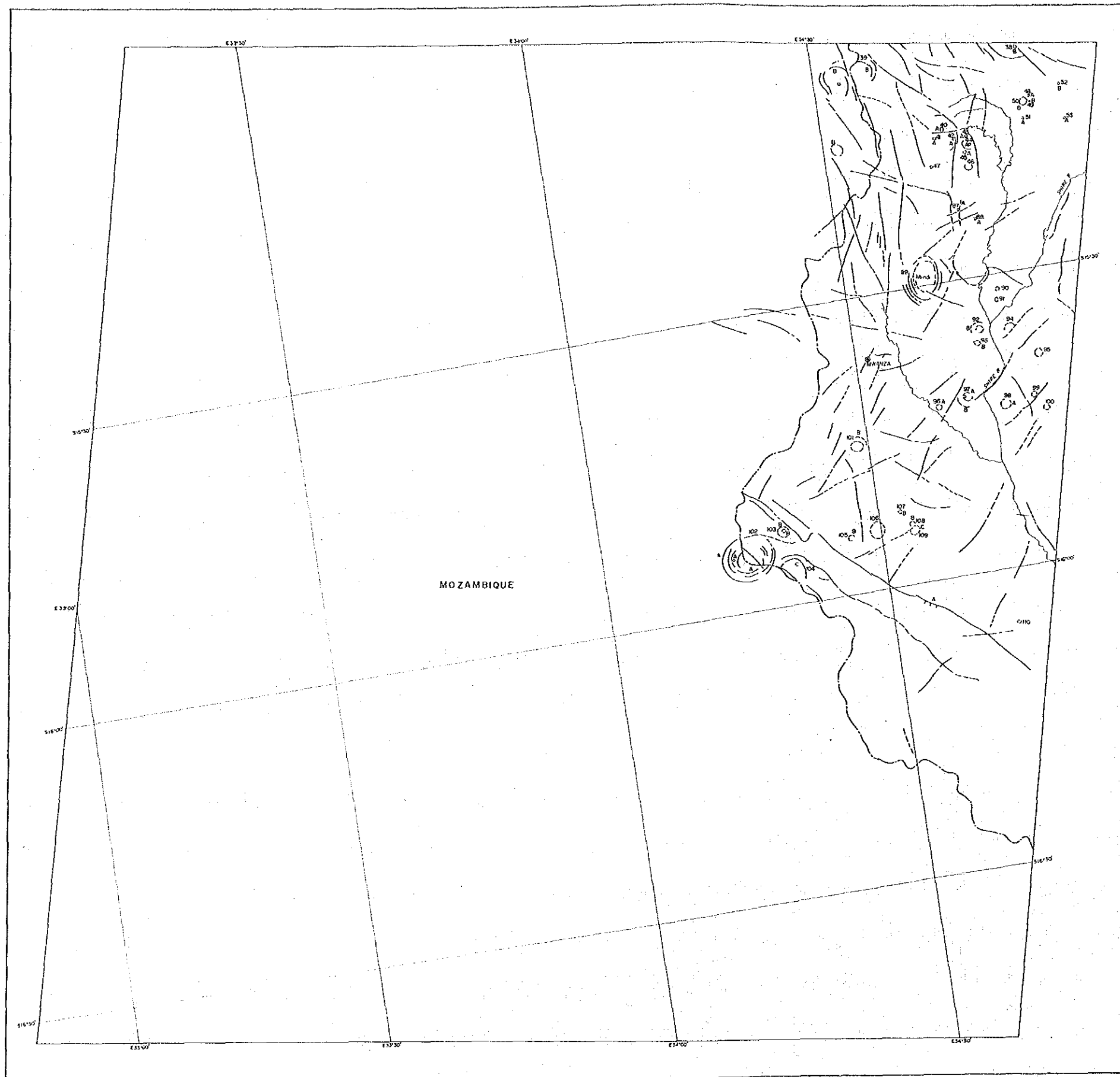
- LEGEND
- Circular Structure (Core?)
 - Circular Structure (Dm?)
 - Lineament (Core?)
 - Lineament (Dm?)
 - Basin Structure
 - International Boundary
 - A. Projected Ring Structure
 - B. Depressed Ring Structure
 - C. Basin Structure
 - D. Cone Structure

第3-2-1図 リニアメント抽出図(3)



- LEGEND
- Circular Structure (Clear)
 - ⊙ Circular Structure (Dim)
 - Linearament (Clear)
 - - - Lineament (Dim)
 - ⊖ Basin Structure
 - - - Intentional Boundary
- A Projected Ring Structure
B Depressed Ring Structure
C Basin Structure
D Cone Structure

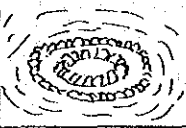
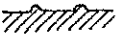
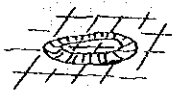
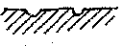

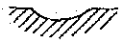


第3-2-1図 リニアメント抽出図(4)




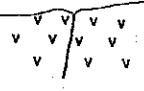


- LEGEND
- Greater Structure (Clear)
 - Greater Structure (Dim)
 - Lineament (Clear)
 - Lineament (Dim)
 - Basin Structure
 - International Boundary
 - Projected Ring Structure
 - Depressed Ring Structure
 - Basin Structure
 - Cone Structure

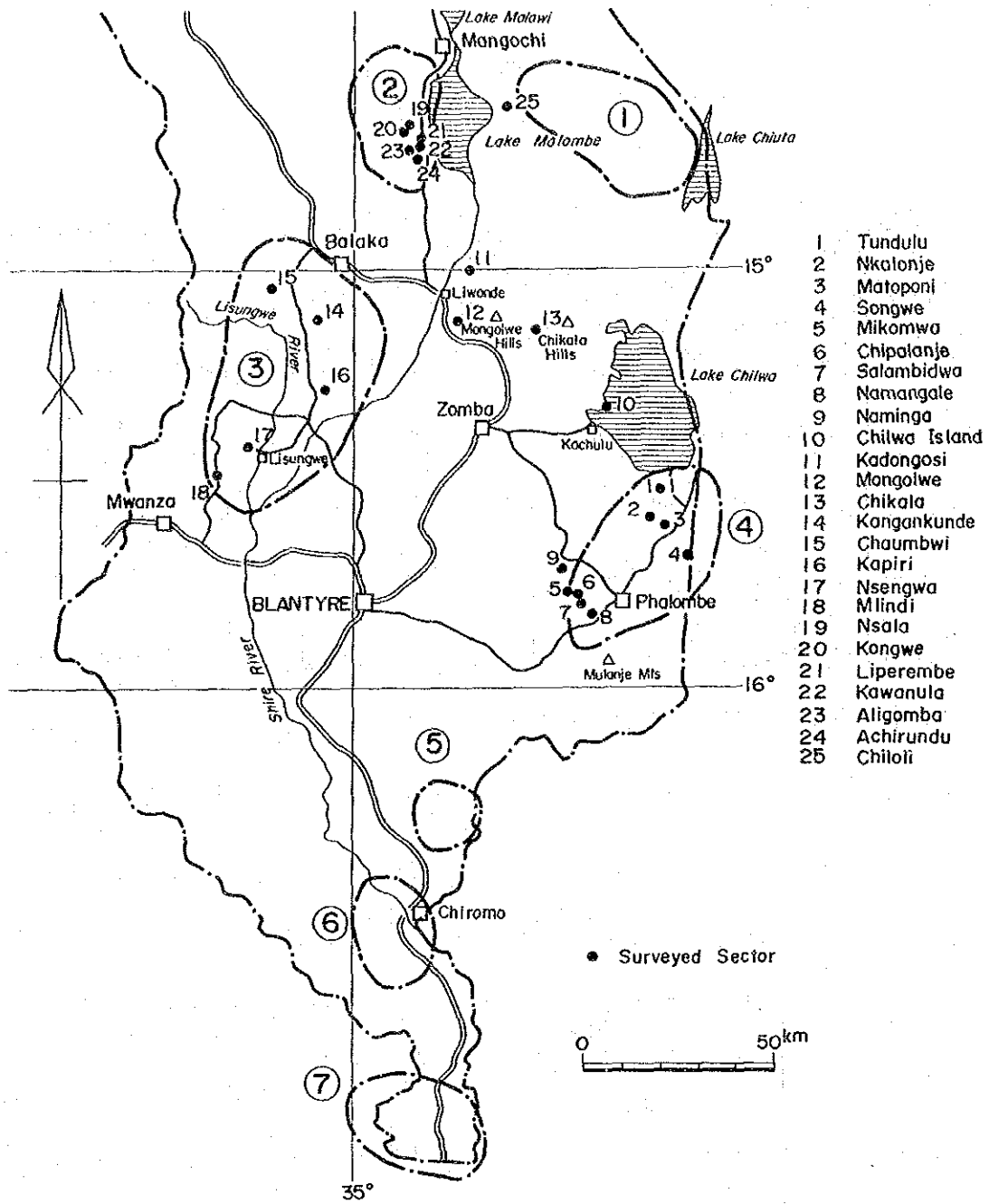
第3-2-1図 リニアメント抽出図(5)

第 3 - 2 - 1 表 円形構造の分類

Type	Illustration	Profile	Inferred geological structure
A. Projected ring structure			ring dyke, cone sheet, crater
B. Depressed ring structure			ring dyke, intrusive pipe
C. Basin structure			explosion crater, meteoric crater
D. Cone structure			intrusive cone, effusive cone

第 3 - 2 - 2 表 線形構造の分類

Type	Profile
A. Abut, Fault	
B. Fissure	
C. Bedding Schistosity	
D. Dyke	



- 1 Tundulu
- 2 Nkalonje
- 3 Matoponi
- 4 Songwe
- 5 Mikomwa
- 6 Chipalanje
- 7 Salambidwa
- 8 Namangale
- 9 Naminga
- 10 Chilwa Island
- 11 Kadongosi
- 12 Mongolwe
- 13 Chikala
- 14 Kongankunde
- 15 Chaumbwi
- 16 Kapiri
- 17 Nsengwa
- 18 Mlindi
- 19 Nsala
- 20 Kongwe
- 21 Liperembe
- 22 Kawanula
- 23 Aligamba
- 24 Achirundu
- 25 Chiloli

- ① East district of Lake Malombe
- ② West district of Lake Malombe
- ③ Kangankunde district
- ④ South district of Lake Chilwa
- ⑤ North district of Chiromo
- ⑥ Chiromo district
- ⑦ South district of Chiromo

第 3 - 2 - 2 图 环状突出构造分布图

(2) 線形構造

抽出された線形構造は、本地域では成因からみて第3-2-2表に示すように4つのタイプが考えられる。

Aのアバット地形のものは、リフトバレーに沿って明瞭にみられる（例：Chiromo からNW方向に約70 km連続して延びる線形構造）。Bの裂罅タイプのものは、均質なテクスチャーの中を不規則に走る比較的短い線形構造である（例：Chiromo 北方にみられるNE系の線形構造）。Cの片理タイプのものは、密に発達する平行な線状地形としてとらえられる。Dの岩脈タイプは、突出した線としてA、Bのタイプとは明瞭に区別される（例：Chiromo 北方にみられる南北30 kmの線形構造）。

ただし、このような線形構造のタイプ分けは、抽出された全てのものに当てはめることが出来ず、その分布にも特徴はみられない。また、線形構造とカーボナタイトとの間にも、特に関係はみられない。

既存資料コンパイル及び
ランドサット画像解析総合検討結果

第4章 既存資料コンパイル及び ランドサット画像解析総合検討結果

既存の資料コンパイル及びランドサット画像解析をまとめた結果、第4-1-1表に示す25地区を調査地区として選定した。

調査地区のカーボナタイト岩体、徴候地は、ランドサット画像解析により円形構造として捕えられたが、一部のカーボナタイトは捕えられていない。このことは、カーボナタイトを伴うアルカリ複合岩体が一般に直径1km以下と小さいことや、岩脈状あるいは火山岩頸状のアルカリ複合岩体の産状が地形的に円形構造として反映していないためと考えられる。

また、カーボナタイトを伴う円形構造の多くは、Aタイプの環状突出構造に属することが明らかとなった。環状突出構造は、アルカリ複合岩体のリングダイク、コーンシート、火口などが組み合わさった同心円状の地質構造と考えられる。このことから、カーボナタイトはアルカリ複合岩体形成の一連の火成活動に伴って産出していることが予想される。

本地域のカーボナタイト岩体の特徴は、ほとんどのものが角礫岩、集塊岩を伴っていることである。また、アルカリ岩として閃長岩、霞石閃長岩、粗面岩、フォノライト、霞岩などがみられる。

空中放射能探査のトリウム異常帯の多くは、カーボナタイトを伴うアルカリ複合岩体を反映し、放射能探査(特にトリウム)がカーボナタイトの探鉱に有効であることを示している。

第4-1-1表 既存資料コンパイル及びランドサット画像解析総合検討結果

Surveyed sector	LANDSAT		Chilwa alkaline complex			Airborne survey Thorium anomaly
	Circular Structure		Lithology	Occurrence	Type	
	Number	Type				
1 Tundulu	143	A	nepheline syenite	circular structure	II	anomaly
2 Nkalonje	150	-	nephelinite, nepheline syenite	volcanic neck	II	strong anomaly
3 Matoponi	-	-	phonolite, trachyte	dyke	I	-
4 Songwe	-	-	nephelinite, foyaite	volcanic neck	II	strong anomaly
5 Mikomwa	-	-	phonolite, sölvbergite	dyke	I	-
6 Chipalanje	-	-	microfoyaite, phonolite	dyke	I	-
7 Salambidwa	172	B	phonolite	dyke	I	-
8 Namangale	176	A	phonolite, microfoyaite	volcanic neck	II	anomaly
9 Naminga	165	C	(gneiss, granite)	(dome structure)	-	strong anomaly
10 Chilwa Island	86	A	nepheline syenite, phonolite	ring dyke, cone sheet	II	strong anomaly
11 Kadongosi	-	-	foyaite, phonolite	volcanic neck	I	-
12 Mongolwe	-	-	pulaskite, nephelinite syenite	ring neck	I	-
13 Chikala	-	-	pulaskite, foyaite	volcanic neck	I	-
14 Kangankunde	37	D	nephelinite, sölvbergite	circular structure	II	strong anomaly
15 Chaumbwi	32	A	-	volcanic neck	I	-
16 Kapiri	-	-	nephelinite, phonolite	dyke	I	-
17 Nsengwa	-	-	microsyenite	ring dyke	I	-
18 Mlindi	89	-	(ultrabasic rocks)	(ring structure)	-	-
19 Nsala	-	-	microfoyaite, phonolite	ring neck	I	anomaly
20 Kongwe	56	A	nephelinite, phonolite	circular structure	I	anomaly
21 Liperembe	-	-	nephelinite, phonolite	volcanic neck	I	-
22 Kawanula	-	-	nephelinite, lamprophyre	volcanic neck	I	-
23 Aligomba	-	-	phonolite	volcanic neck	I	-
24 Achirundu	57	-	phonolite	volcanic neck	I	-
25 Chiloli	58	A	(granulite, gneiss)	(dome structure)	-	strong anomaly

Note 1: Type of circular structure from LANDSAT image

- A: projected ring structure
- B: depressed ring structure
- C: basin structure
- D: cone structure

Note 2: Type of carbonatite and associated alkaline complex

- I: volcanic cone
- II: volcanic neck
- III: upper plutonic stem
- IV: deep-steated plutonic stem

Note 3: Thorium anomaly by airborne radiometric survey

- strong anomaly: 500 c.p.s. and over
- anomaly: 500 ~ 250 c.p.s.

現 地 調 査

第5章 現地調査

第1節 調査方法

本年次は、地質調査及び地化学探査を25地区に於て実施した。

地質調査は、既存の縮尺50,000分の1の地形図から縮尺5,000分の1に拡大した地形図を作成し、これを使用しルートマップを作成した。踏査ルートは、既存資料を基にカーボナタイト鉱化作用の全容が把握できるよう留意し設定した。鉱化帯露頭の位置はポケットコンパスと間縄を使用した簡易測量により求めた。調査結果は、縮尺10,000分の1の地質図にまとめた。さらに、重要な露頭については、縮尺100分の1から200分の1のスケッチ及びカラー写真撮影を行った。

地化学探査は、地質調査と並行して実施した。試料は原則としてカーボナタイトを採取した。採取に当っては、カーボナタイト中の元素の分布、鉱化作用の特徴などが解明できるよう配慮した。採取試料はICP(Inductively coupled plasma:誘導結合高周波プラズマ)法により分析した。分析元素は第5-1-1表に示す60成分である。分析結果は大型汎用コンピュータHITAC M260Dを使用し、統計処理、解析を実施した。

第2節 グランドトゥルース地区各論

2-1 Tundulu地区

2-1-1 位置・交通及び地形(第1-1-2図, 第5-2-1図)

Tundulu地区は、Mulanje県北部に位置する。Chilwa湖南岸のモザンビーク国境に近く、東西4km、南北4kmの範囲の地区である。本地区に至るには、Mulanje山塊北麓にある副県庁所在地Phalombe(ファロンベ)市から四輪駆動車で約1時間(約43km)を要する。

なお、Phalombeに至るにはBlantyreから車で約1時間(約80km)、Zombaから約1時間40分(約85km)を要す。

本地区の地形は、標高650mの平原から約300m突き出た2重の環状地形をしており、部分的に急斜面を形成している。山麓は農耕地として利用されている。

2-1-2 地質鉱床

(1) 地質

本地区は、先カンブリア紀後期から古生代初期の花崗岩及び閃長岩とこれらに貫入しているチルワールカリン岩石区の霞石閃長岩、長石化角礫岩及びカーボナタイトなどから構成されている(第5-2-1図, PL. 2-1)。

基盤の花崗岩は淡桃色を呈し、ち密堅硬な岩石で角閃石を伴う。閃長岩は帯灰白色を呈し、ち密堅硬な岩石で石英を少量含む。

霞石閃長岩は淡緑色、ち密堅硬で、中粒、等粒状組織が認められる。鏡下では、正長石、霞石、黒雲母、エジリン輝石を多く含み、カンクリナイト、方解石、チタン石、燐灰石なども認められる (Appendix 5, Appendix 9)。全岩分析及びノルム計算結果からはウルタイトに相当する (Appendix 4, Appendix 12)。年代測定の結果は、132.4-136.2Maを示し、白亜紀初期の貫入時期を示している (Appendix 10)。

長石化角礫岩は淡紅色ないし紅褐色の特徴ある色調を示し、多孔質ぜい弱な岩石で、しばしばカーボナタイトの岩片を含む。鏡下では、モンゾナイト、凝灰岩様の岩片も認められ、炭酸塩の填間状組織がよく認められる。

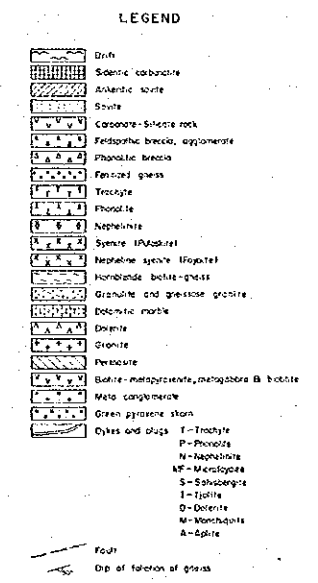
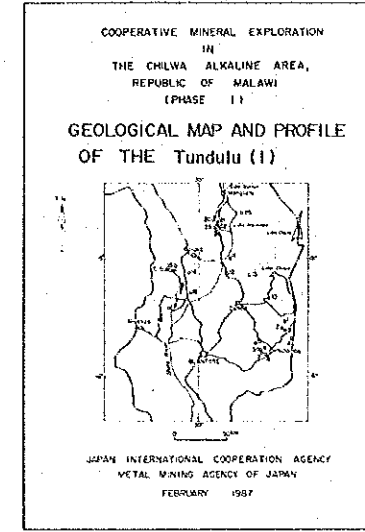
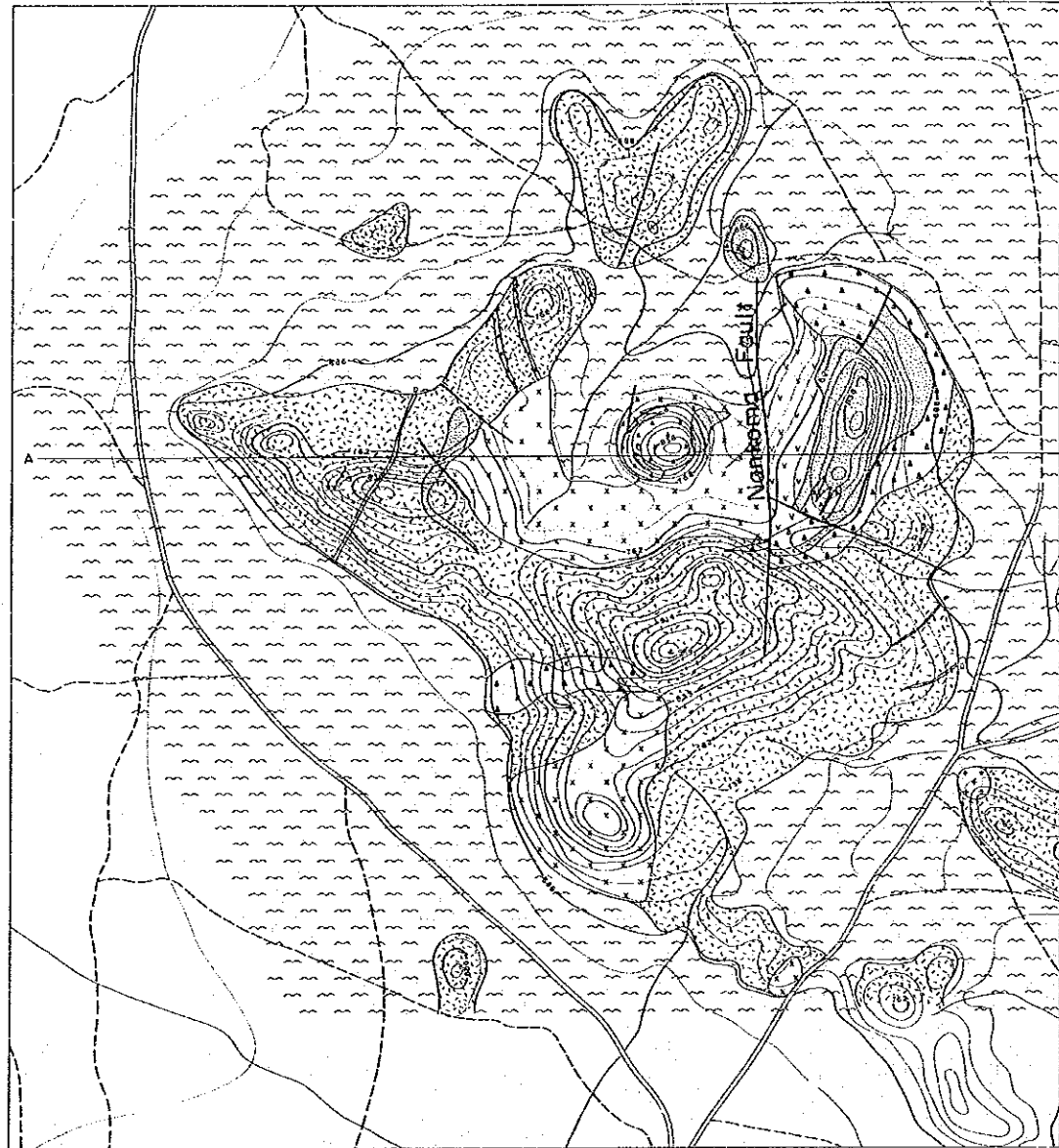
本地区の地質構造は2つの環状構造が重なった形態を示す。第1の環状構造は直径1,600mの円形で、中心はTundulu丘の西麓にあり、第2の環状構造はNathace(ナース)丘を中心に600m×800mの楕円状を示す。第1環状構造を形成する岩石は、長石化角礫岩、カーボナタイト化長石化角礫岩からなり、第2環状のものは角礫岩を核とし霞石閃長岩の環状岩脈、アバタイト質及びバストネサイト質カーボナタイトの環状岩脈により構成されている。

Garson(1962)は、応力パターンの解析を行い、第1環状構造を形成した火山活動の中心は現在の地表下1,200m~1,300mにあり、第2環状構造の中心は2,400m~3,000mと500m~700mの深さの2箇所にあると推定している。

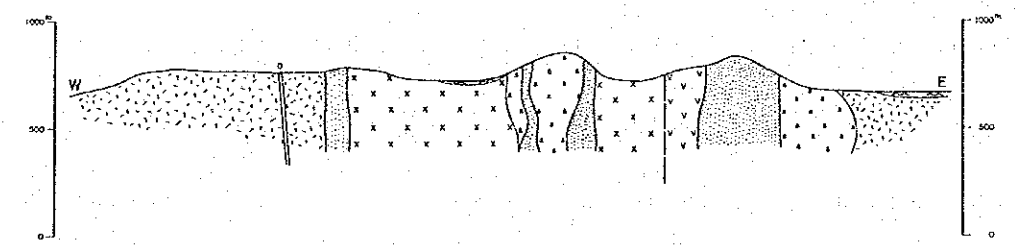
本地区の主要断層方向はN-SからNNE-SSWであり、これらに直交するESE-WNW系の断層は小規模である。主要断層系の代表的なものは、Tundulu丘西側を流れるNankoma(ナンコマ)川に沿ったNankoma断層であり、西側のブロックが相対的に約250m転位している。

(2) カーボナタイト

本地区のカーボナタイトは、本調査地域の中で、後述のKngankunde Chilwa島等のそれに匹敵する大規模なものである。カーボナタイトは方解石質、アバタイト質、バストネサイト質などに区分される。方解石質カーボナタイトは、地区東部のTundulu丘を中心とした東西400m、南北1,000mの範囲と、地区西部のMakhanga(マクヘンガ)丘東麓の東西100m、南北400mの範囲に分布する。アバタイト質及びバストネサイト質カーボナタイトは、地区中央のNathace丘に小規模に分布する。



A-A' Section
(W-E)



第5-2-1图 Tundulu地区地質図・地質断面图

カーボナタイトを伴う長石化角礫岩は、Nathace 丘、Tundulu 丘東麓。Milala (ミララ) 丘、及び Chigwakwalu (チグワクワル) 丘など広範囲に分布している。

方解石質カーボナタイトは、乳白色、緻密で中粒～細粒、等粒状組織が認められ、磁鉄鉱に富み、場所によっては10 cm前後の磁鉄鉱濃集部を形成する。鏡下では、炭酸塩鉱物を主とし、黒雲母、エジリン輝石、燐灰石、少量の磁鉄鉱、黄鉄鉱、酸化鉄鉱物が認められる (Appendix 7)。EPMA 分析の結果から、エジリン輝石にごく少量の Sr が含まれていることが分った (Appendix 11)。

アバタイト質カーボナタイトは帯緑白色、粒状組織を示し、暗褐色菱鉄鉱がしばしば認められる。鏡下では、燐灰石、石英に富み、アルカリ長石、褐鉄鉱、少量のルチル、ジルコンが認められる (Appendix 7)。EPMA 分析の結果から、ルチルには少量の Nb が、燐灰石には少量の Sr が含まれていることが分った (Appendix 11)。

バストネサイト質カーボナタイトは、黄土色、細粒せい弱で粉状を呈するものが多く認められる。

2-2 Nkallonje 地区

2-2-1 位置・交通及び地形 (第1-1-2図, 第5-2-2図)

Nkallonje 地区は、Mulanje 県北部に位置する。Chilwa 湖南岸から約10 kmに所在し、東西2 km南北1.5 kmの範囲の地区である。本地区に至るには Phalombe 市から車にて約1時間 (約35 km) を要する。

本地区の地形は、標高640 mの平原から約180 m突き出た丘を形成している。山麓は農耕地として利用されている。

2-2-2 地質鉱床

(1) 地質

本地区は基盤のグラニュライトとこれを貫く、チルワーアルカリン岩石区の長石化角礫岩、霞石閃長岩及びカーボナタイトなどから構成されている (第5-2-2図, PL2-2)。

長石化角礫岩は Nkallonje 丘を中心とした直径800 mの円形範囲に分布している。

霞石閃長岩は Nkallonje 丘南斜面と北東斜面にみられる。前者は岩床状に産出し、中粒～粗粒であるが、後者は岩脈状に産出し細粒である。

鏡下では中粒等粒状組織を示し、斜長石、正長石、エジリン輝石、方ソーダ石を多く含み、黒雲母、チタン石、カンクリナイトなども認められる (Appendix 5)。全岩分析及びノルム計算からはフォヤイトに相当する (Appendix 4, Appendix 12)。

(2) カーボナタイト

カーボナタイトはNkallonje 丘の北東斜面のグラニュライト中に産出している。走向は $N10^{\circ}\sim 20^{\circ}W$ で傾斜ほぼ垂直で幅 $0.6\text{ m}\sim 4\text{ m}$ 、走向延長約 150 m である。

岩質は方解石質であり、中粒灰白色を呈し、しばしば紅色長石化岩片を含む。今回の調査ではレアメタル鉱物は確認できなかったがGarson (1965)によればパイロクロア、バストネサイト、ストロンチアナイト及び閃亜鉛鉱が報告されている。

2-3 Matoponi 地区

2-3-1 位置・交通及び地形 (第1-1-2図, 第5-2-3図)

Matoponi 地区は、Mulanje 県北部に位置する。Nkallonje 地区の南東約 5 km にあり、東西 1 km 、南北 2 km の範囲の地区である。本地区に至るにはPhalombe市から車で約40分(約 29 km)を要する。

本地区の地形は、標高 650 m の平原から約 100 m 突き出た小丘からなり、山麓の平原は農耕地として利用されている。

2-3-2 地質鉱床

(1) 地 質

本地区は基盤のグラニュライト及び角閃石片麻岩とこれらを通るチルワーアルカリン岩石区の霞岩、フォノライト及びカーボナタイトなどから構成されている(第5-2-3図, PL2-3)。

霞岩は、Matoponi 丘の稜線に数 m の幅で岩脈状に産出する。

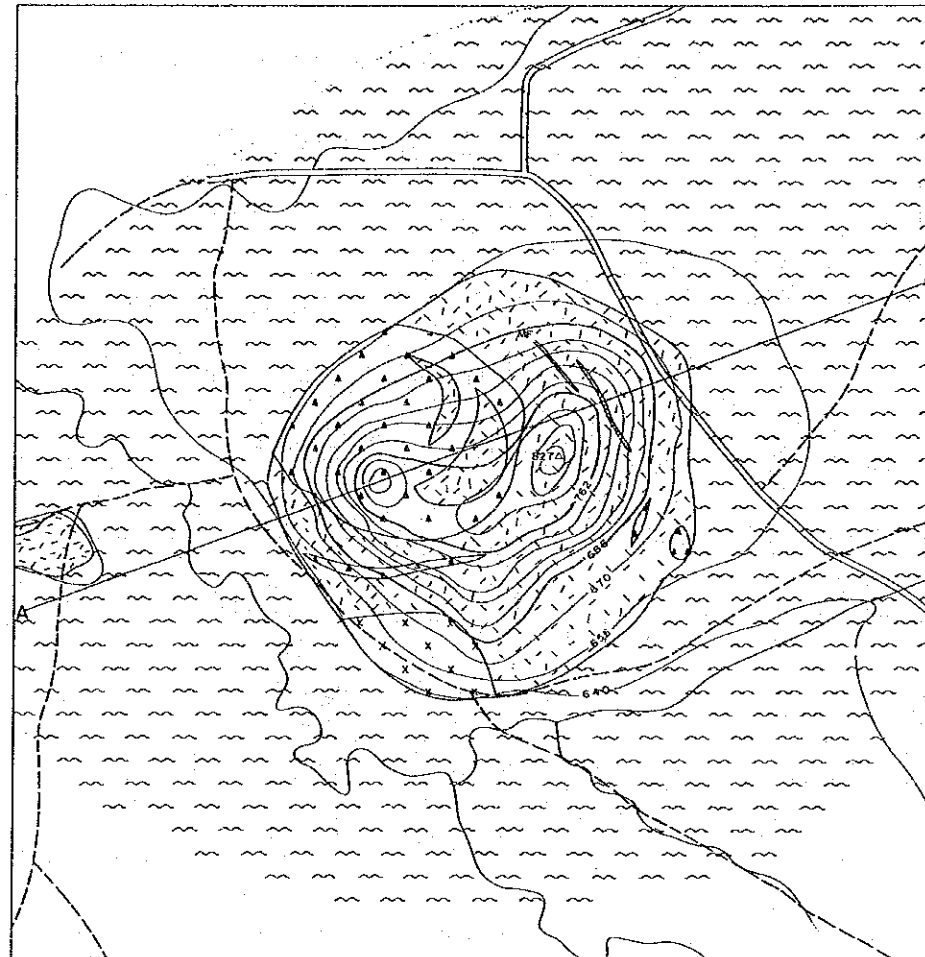
フォノライトは、Matoponi 丘西斜面に最大幅 1.5 m で岩脈状に産出する。鏡下では、球顆状組織を示し、カリ長石、黒雲母、エジリン輝石、カンクリナイト、方解石、ソーダ沸石、方ソーダ石、磁鉄鉱などが認められる(Appendix 5, Appendix 9)。全岩分析及びノルム計算の結果からはフォノライトに相当する(Appendix 4, Appendix 13)。

(2) カーボナタイト

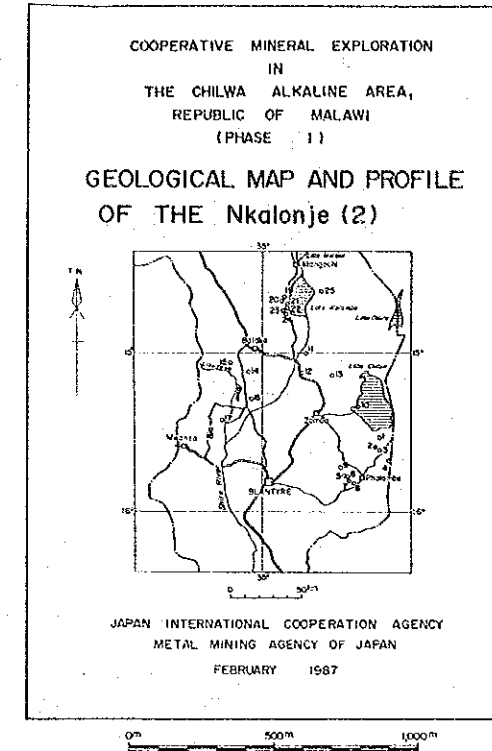
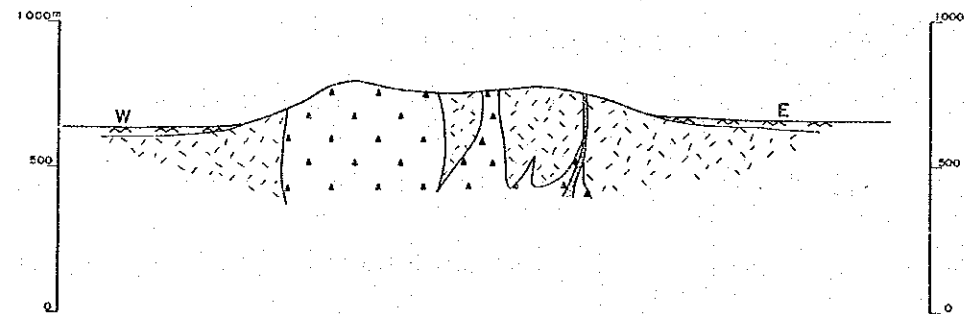
カーボナタイトはMatoponi 丘の北東斜面に1岩脈として、グラニュライトと片麻岩との境界部近くに産出している。

岩脈は、走向 $N10^{\circ}W$ 、傾斜 $12^{\circ}E$ を呈し、最大幅 1.7 m である。走向延長は 15 m 認められる。

岩質は方解石質ないしアングケライト質で、レンズ状長石化角礫岩の薄層(最大幅 10 cm)



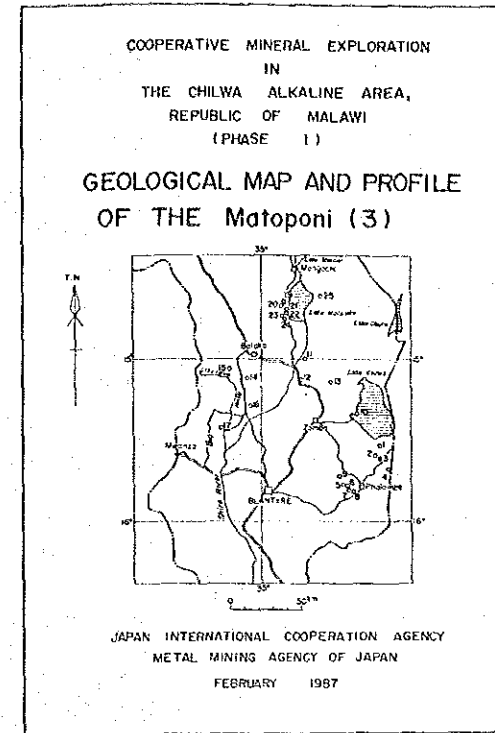
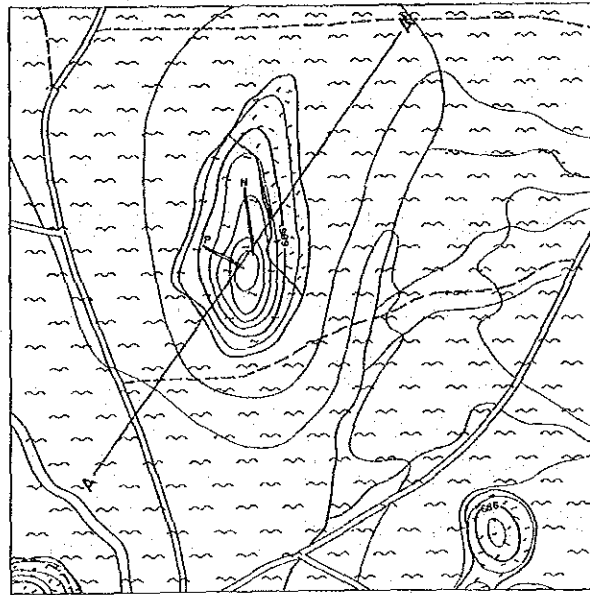
A-A' Section
(N70E)



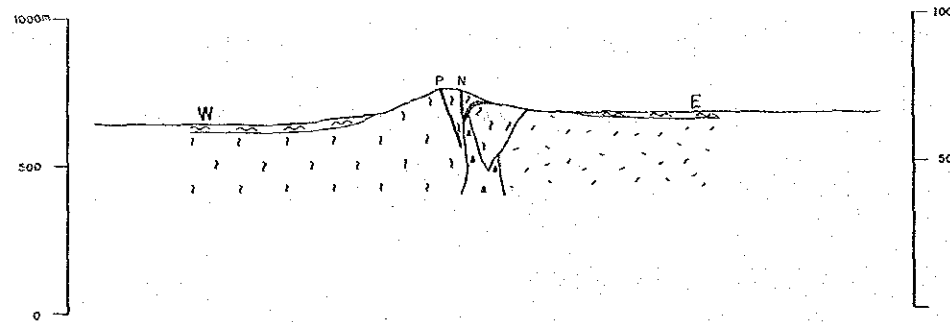
LEGEND

- Drift
- Sideritic carbonatite
- Ankeritic sövite
- Sovite
- Carbonate-silicate rock
- Feldspathic breccia, agglomerate
- Phonolitic breccia
- Fertilized gneiss
- Trachyte
- Phonolite
- Nephelinite
- Syenite (Felsokite)
- Nepheline syenite (Foyaitite)
- Hornblende biotite-gneiss
- Granulite and gneissose granite
- Dolomitic marble
- Dolerite
- Granite
- Perthosite
- Biotite-metaproxenite, metagabbro & biotite
- Meta conglomerate
- Green pyroxene skarn
- Dykes and plugs:
 - T - Trachyte
 - P - Phonolite
 - N - Nephelinite
 - NF - Nephelinite
 - S - Sibirbergite
 - I - Ijolite
 - D - Dolerite
 - M - Monchiquite
 - A - Aplite
- Fault
- Dip of foliation of gneiss

第5-2-2图 Nkalonje地区地质图·地质断面图



A-A' Section
(N35E)



LEGEND

- Drift
 - Sideritic carbonatite
 - Ankeritic sovite
 - Sovite
 - Carbonate-Silicate rock
 - Feldspathic breccia, agglomerate
 - Phonitic breccia
 - Fertilized gneiss
 - Trachyte
 - Phonolite
 - Nephelinite
 - Syenite (Pulsokite)
 - Nepheline syenite (Foyaitite)
 - Hornblende biotite-gneiss
 - Granite and gneissose granite
 - Dolomitic marble
 - Dolerite
 - Granitite
 - Perthosite
 - Biotite-metapyroxene, metagabbro & biotite
 - Meta conglomerate
 - Green pyroxene skarn
 - Dykes and plugs
- T - Trachyte
P - Phonolite
N - Nephelinite
NF - Nephelinitic
S - Sideritic
I - Ijolite
D - Dolerite
M - Monchiquite
A - Aplitite
- Fault
Dip of foliation of gneiss

第5-2-3图 Matoponi地区地质图·地质断面图

がしばしば挟まれる。

鉱物としてパイロクロア，脈石鉱物として燐灰石が報告されている (Garson, 1965)。

2-4 Songwe 地区

2-4-1 位置・交通及び地形 (第1-1-2図, 第5-2-4図)

Songwe 地区は Mulanje 県北部に位置し, Mulanje 山塊の北東の Mauze (マウゼ) 山北西中腹にある。調査地区は東西 2 km, 南北 3 km の範囲である。

本地区に至るには Phalombe 市から車で約 1 時間 (約 28 km) を要する。

地形は, Mauze 山 (1,363 m) 中腹にある標高 990 m の小ピークを中心とした急激な斜面で特徴づけられる。山腹には雑木が繁茂している。

調査地区はモザンビーク国境から約 2 km の位置である。

2-4-2 地質鉱床

(1) 地 質

本地区は基盤の片麻岩類とこれらを通るチルワーアルカリン岩石区の霞石閃長岩, 長石化角礫岩及びカーボナタイトなどから構成されている (第5-2-4図, PL 2-4)。

Mauze 山を形成する霞石閃長岩は灰色中粒を呈し, 桃色霞石, 暗緑色輝石を含む。鏡下では, 中粒等粒状組織を示し, マイクロペーサイト, 霞石, カンクリナイト, エジリン輝石を多く含み, チタン石, 磁鉄鉱, 方ソーダ石, 燐灰岩などが認められる (Appendix 5)。全岩分析及びノルム計算の結果からは, フォヤアイトに相当する (Appendix 4, Appendix 12)。

長石化角礫岩は Songwe 丘を中心に 600 m × 800 m の楕円状の範囲に分布する。角礫岩中にはしばしばレンズ状カーボナタイトを含む。

(2) カーボナタイト

本地区のカーボナタイトは Songwe 丘の北斜面の長石化角礫岩中に東西 2 箇所の環状岩脈として産出する。西側のカーボナタイトは東側のものよりも規模的に大きく, 最大幅約 50 m, 延長 500 m である。

岩質は灰白色方解石質のものが多く, 暗褐色アンケライト質のものもみとめられ, ときにバストネサイトに富むカーボナタイトもみられる。Garson (1965) によればパイロクロア及びシンチサイト, 脈石鉱物として燐灰石及び螢石が報告されている。

2-5 Mikomwa 地区

2-5-1 位置・交通及び地形 (第1-1-2図, 第5-2-5図)

Mikomwa 地区はMulanje 県中央に位置する。Mulanje 山塊北西に広がる Phalombe 平原中の東西 1 km, 南北 1.5 km の範囲の地区である。本地区に至るには Phalombe 市から車で約 30 分 (約 13 km) を要する。

地形は標高 730 m の平原から約 130 m の高さの小丘からなり、山麓は農業が盛んである。

2-5-2 地質鉱床

(1) 地質

本地区には基盤の片麻岩類が広く分布し、ドレライト岩脈、チルワーアルカリン岩石区のフォノライト岩脈及び長石化角礫岩の小岩が小規模に分布する。(第5-2-5図, PL 2-5)。

ドレライトは暗緑色、ち密堅硬で細粒の輝石がしばしば認められる。

フォノライト岩脈は Mikomwa 丘稜線沿に走向 N10°E で最大幅 5 m の規模で産出する。暗緑～灰黒色を呈し、しばしば黒雲母の斑晶を含む。

長石化角礫岩は Mikomwa 丘北端に 40 m × 100 m の楕円状岩体として産出する。本岩の基質はしばしば石灰質物質で充填され、細粒斑状粗面岩岩片を伴う部分も認められる。

基盤の片麻状構造は明瞭であり、走向 N10°～15°W, 傾斜 70°～80°W を示す。

(2) カーボナタイト

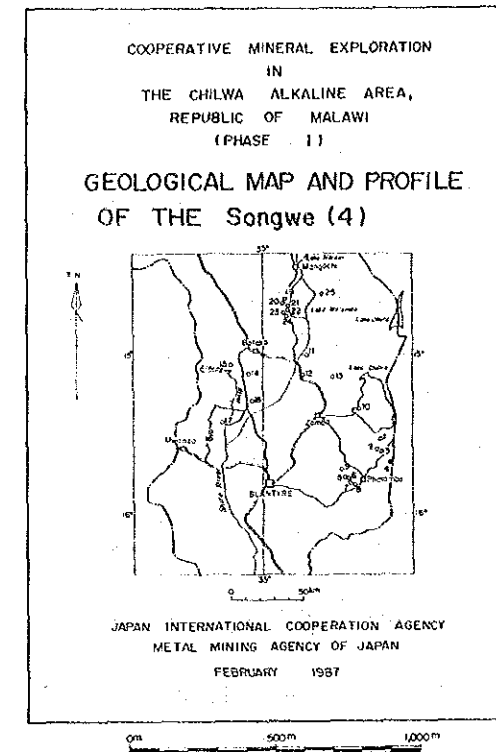
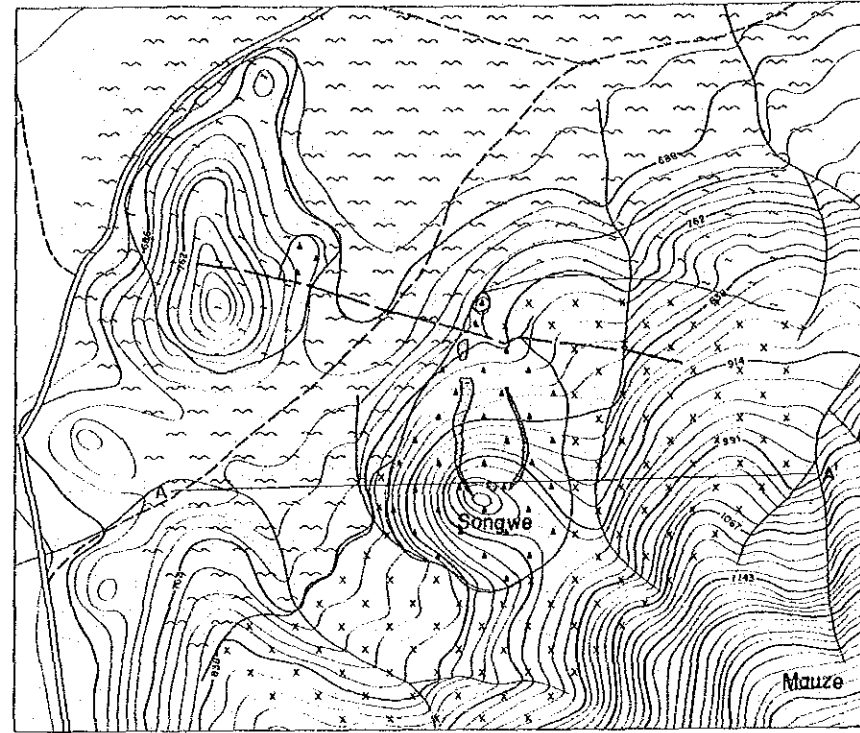
本地区ではカーボナタイトは認められない。また角礫岩中においてもカーボナタイトは認められない。

2-6 Chipalanje 地区

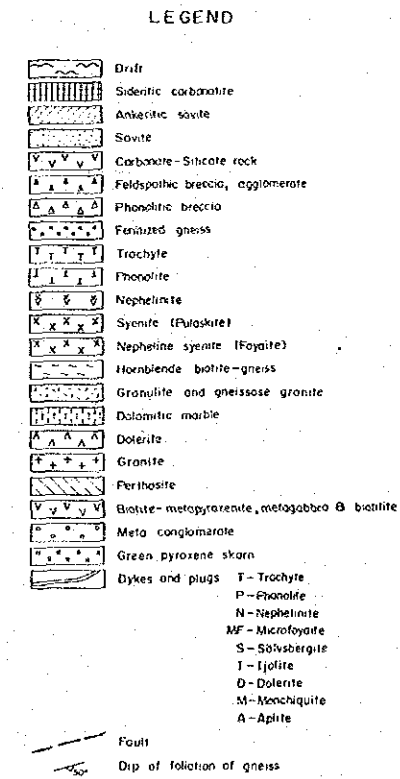
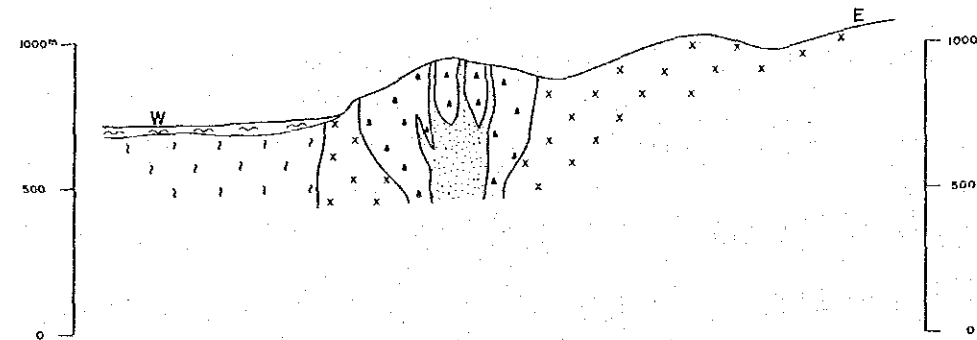
2-6-1 位置・交通及び地形 (第1-1-2図, 第5-2-6図)

Chipalanje 地区はMulanje 県中央に位置し、Mikomwa 地区の南東 1 km にあり、東西 1 km, 南北 1 km の範囲の地区である。本地区に至るには Phalombe 市から車で約 30 分 (約 12 km) を要する。

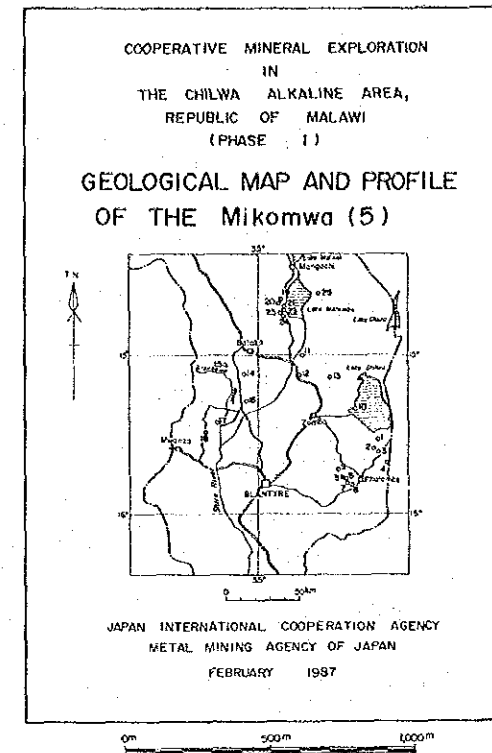
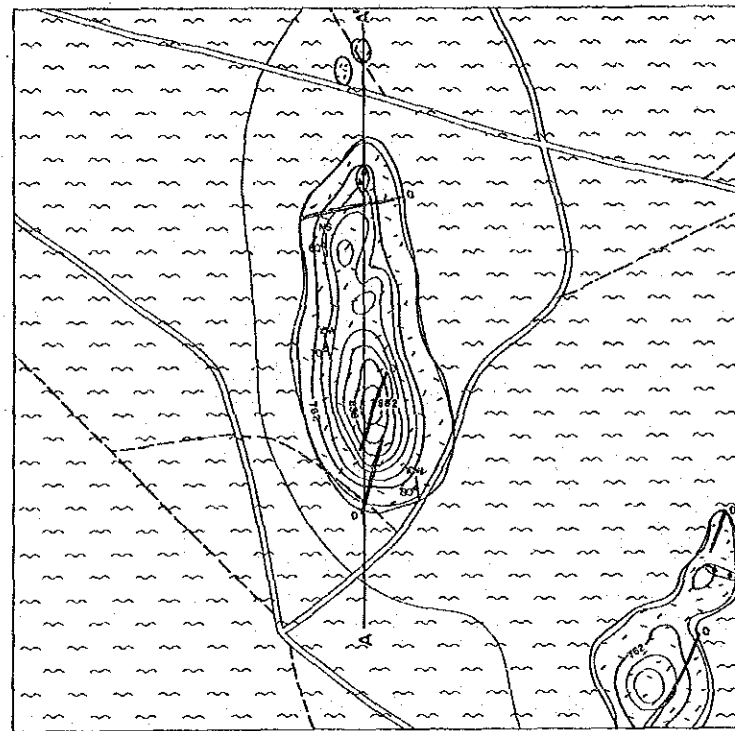
地形は標高 730 m の平原から高差 60 m 程の緩やかな丘である。



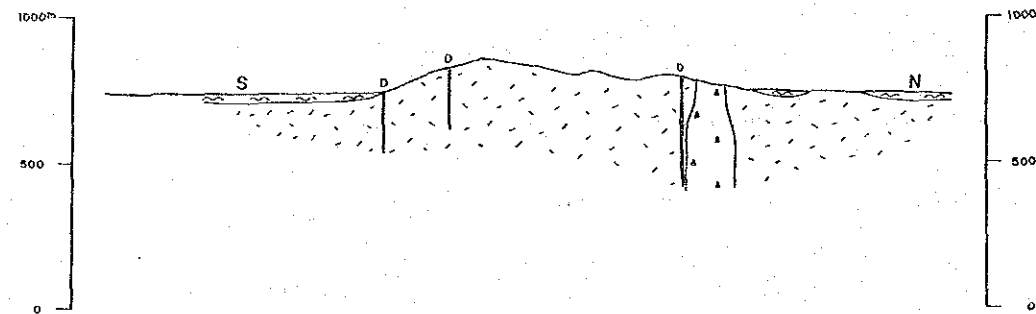
A-A' Section
(W-E)



第5-2-4图 Songwe地区地质图·地质断面图



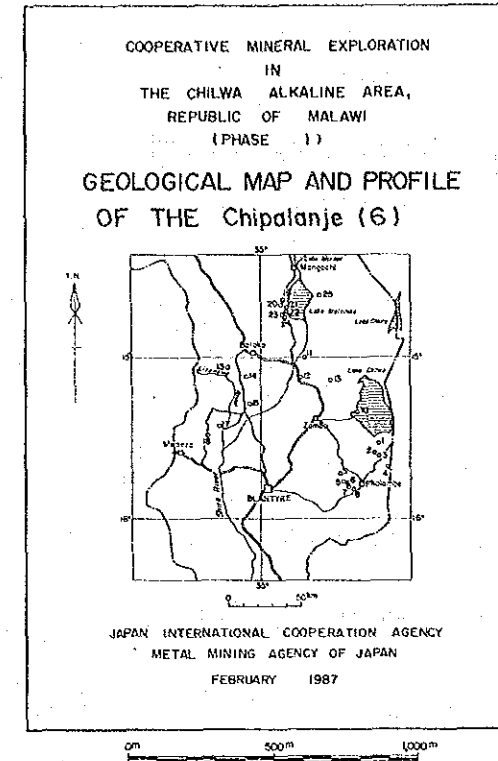
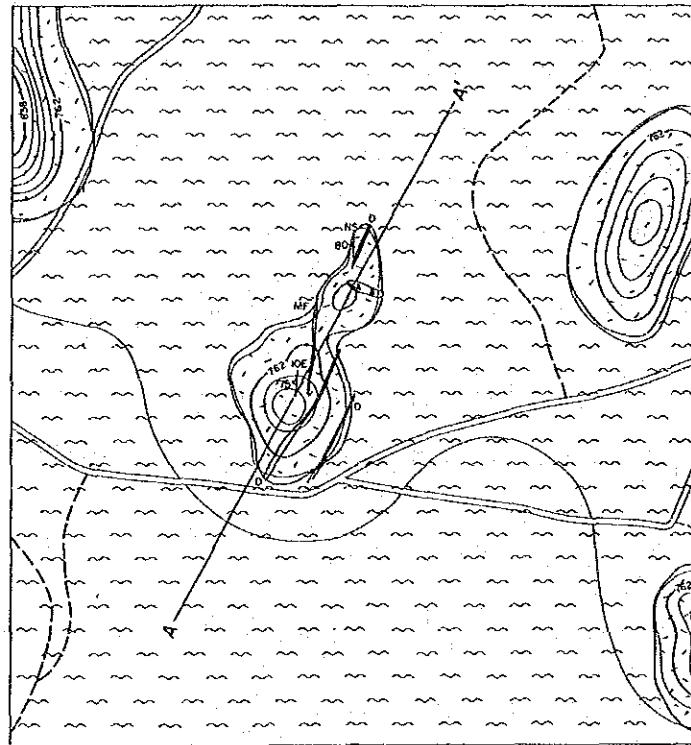
A-A' Section
(S-N)



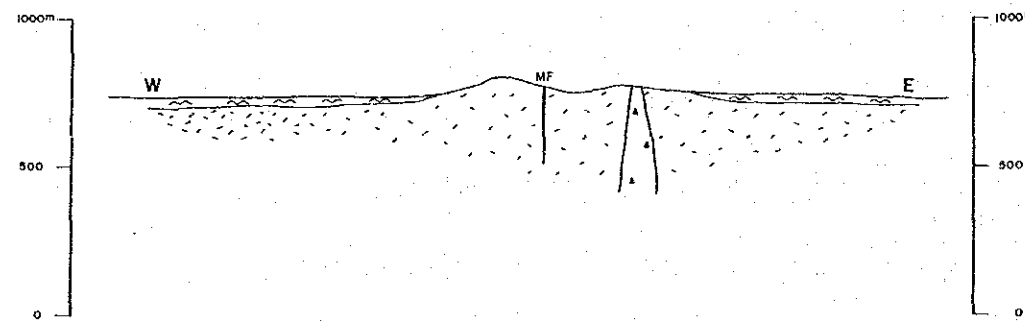
LEGEND

- | | |
|--|--|
| | Drift |
| | Sideritic carbonatite |
| | Amphibolic siltite |
| | Siltite |
| | Carbonate-Silicate rock |
| | Feldspathic breccia, agglomerate |
| | Phonolitic breccia |
| | Fossilized gneiss |
| | Trachyte |
| | Phonolite |
| | Nephelinite |
| | Syenite (Pulaskite) |
| | Nepheline syenite (Foyaitite) |
| | Hornblende biotite-gneiss |
| | Granulite and gneissose granite |
| | Dolomitic marble |
| | Dolerite |
| | Granite |
| | Perthosite |
| | Biotite-metopyroxenite, metagabbro & biotite |
| | Meta conglomerate |
| | Green pyroxene skarn |
| | Dykes and plugs |
- | | |
|----|---------------|
| T | Trachyte |
| P | Phonolite |
| N | Nephelinite |
| MF | Microfayalite |
| S | Silvbergite |
| I | Ijolite |
| D | Dolerite |
| M | Monchiquite |
| A | Aplite |
- Fault
 Dip of foliation of gneiss

第 5 - 2 - 5 图 Mikomwa地区地質図・地質断面図



A-A' Section
(N30E)



LEGEND

- Drift
 - Sideritic carbonatite
 - Ankeritic sövite
 - Sövite
 - Carbonate-Silicate rock
 - Feldspathic breccia, agglomerate
 - Phonitic breccia
 - Finitized gneiss
 - Trachyte
 - Phonolite
 - Nephelinite
 - Syenite (Fayalite)
 - Nepheline syenite (Foyaitite)
 - Hornblende biotite-gneiss
 - Granulite and gneissose granite
 - Dolomitic marble
 - Dolerite
 - Granite
 - Perthosite
 - Biotite-metapyroxenite, metagabbro & biotite
 - Meta coaglomerate
 - Green pyroxene skarn
 - Dykes and plugs
- T-Trachyte
P-Phonolite
N-Nephelinite
MF-Microfayalite
S-Sävsbergite
I-Ijolite
D-Dolerite
M-Monchiquite
A-Aplite
- Fault
Dip of foliation of gneiss

第 5 - 2 - 6 図 Chipalanje地区地質図・地質断面図

2-6-2 地質鉱床

(1) 地質

本地区には基盤の片麻岩類が広く分布し、ドレライト岩脈、チルワーアルカリン岩石区の細粒フォヤイト岩脈及び角礫岩が小規模に分布している(第5-2-6図, PL 2-6)。

細粒フォヤイトはChipalanje丘北斜面にN10°Eの走向、傾斜ほぼ垂直で、幅4mの岩脈状に産出する。鏡下では、斜長石、正長石、石英、黒雲母を多く含み、普通角閃石、磁鉄鉱、燐灰石、ジルコンなども認められる(Appendix 5)。

全岩分析及びノルム計算の結果からはプラスカイトに相当する(Appendix 4, Appendix 12)。

角礫岩はChipalanje丘の北小丘に幅1~2mでWNWの方向性を有し、露出している。岩質は長石質及び粗面岩質である。長石化角礫岩の基質の一部は炭酸塩鉱物に交代されている。

基盤の片麻状構造は、走向N10°E~N20°W、傾斜75°~80°Wを示す。

(2) カーボナタイト

本地区ではカーボナタイトはみられず、また角礫岩中にもカーボナタイトは認められない。

2-7 Salambidwa地区

2-7-1 位置・交通及び地形(第1-1-2図, 第5-2-7図)

Salambidwa地区はMulanje県中央に位置し、Chipalanje地区南東1.5kmにあり、東西1km、南北1kmの範囲の地区である。本地区に至るにはPhalombe市から車で約25分(約1.1km)を要する。

地形は標高730mの平原から高差60m程の緩やかな丘を形成する。

2-7-2 地質鉱床

(1) 地質

本地区には基盤の片麻岩類が広く分布し、ドレライト岩脈、チルワーアルカリン岩石区のフォノライト、細粒フォヤイト及び角礫岩が小規模に分布している(第5-2-7図, PL 2-7)。

フォノライトはSalambidwa丘の西斜面にN20°E系岩脈として産出している。斑晶はアノソクレス、基質はアノソクレス、藍方石、斜長石、カンクリナイト、燐灰

石、磁鉄鉱、方解石から構成される (Appendix 5)。全岩分析及びノルム計算の結果からはフォノライトに相当する (Appendix 4, Appendix 13)。

細粒フォヤアイトは Salambidwa 丘北西斜面に幅 1 m の岩脈状に産する。

角礫岩は 3 つの小規模な岩体で各々幅 20 m、長さ 100 m~200 m のレンズ状に露出している。岩質は長石質及び粗面岩質である。

基盤の片麻状構造は、走向 N10°E、傾斜 60°~85°W である。

(2) カーボナタイト

本地区にはカーボナタイトは認められず、また角礫岩中にもカーボナタイトは認められない。

2-8 Namangale 地区

2-8-1 位置・交通及び地形 (第 1-1-2 図, 第 5-2-8 図)

Namangale 地区は Nulanje 県中央に位置し、Salambidwa 地区の南東 3 km にある。東西 1.5 km、南北 2 km の範囲の地区である。本地区に至るには Phalombe 市から車で約 15 分 (約 8 km) を要する。

地形は標高 760 m の Phalombe 平原から約 220 m 突き出た丘であり、部分的に急斜面を形成している。山頂近くの斜面まで農耕が行われている。

2-8-2 地質鉱床

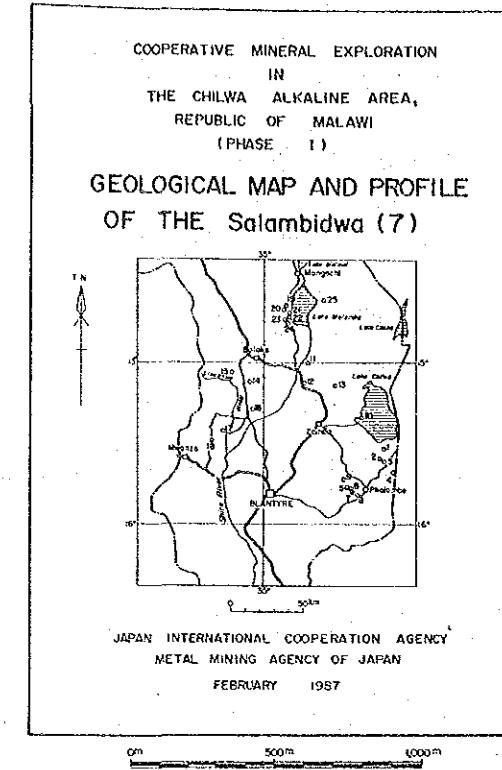
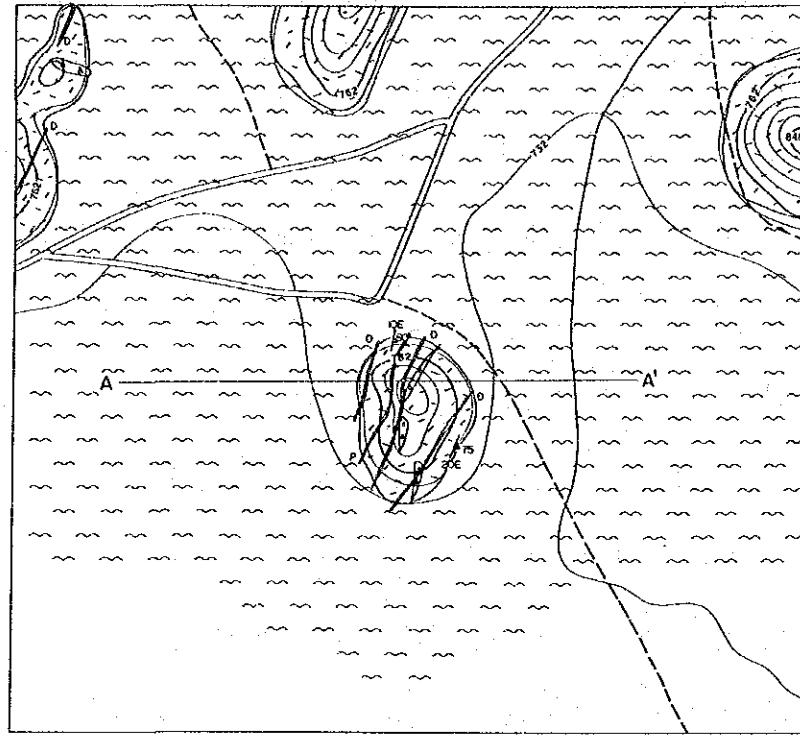
(1) 地質

本地区には基盤の花崗岩質片麻岩と、チルワーアルカリン岩石区の長石化角礫岩及び角礫化フォノライトが広く分布し、フォノライト、粗面岩、細粒フォヤアイトの小岩体も認められる。(第 5-2-8 図, PL. 2-8)。

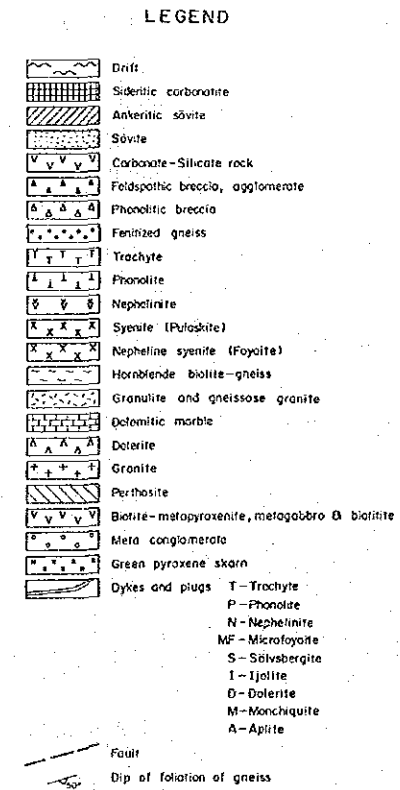
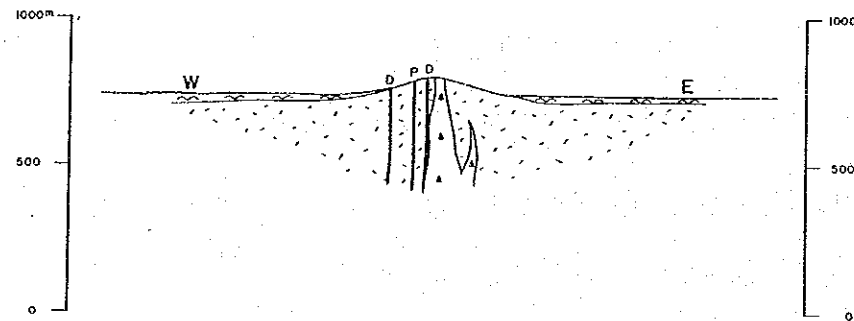
長石化角礫岩の分布は、Namangale 丘北東ないし北斜面に 700 m × 1,000 m の範囲で認められる。岩相は桃色~紅色の正長石に富み、しばしば基盤のフェン岩化作用を受けた片麻岩岩片が認められる。

角礫化フォノライトは Namangale 丘東稜線上及び北方稜線上に各々 100 m × 100 m、200 m × 300 m の範囲で露出している。岩相は数 cm から数 10 cm の暗灰色のフォノライトの亜角~亜円礫を含む。基質は堅硬である。

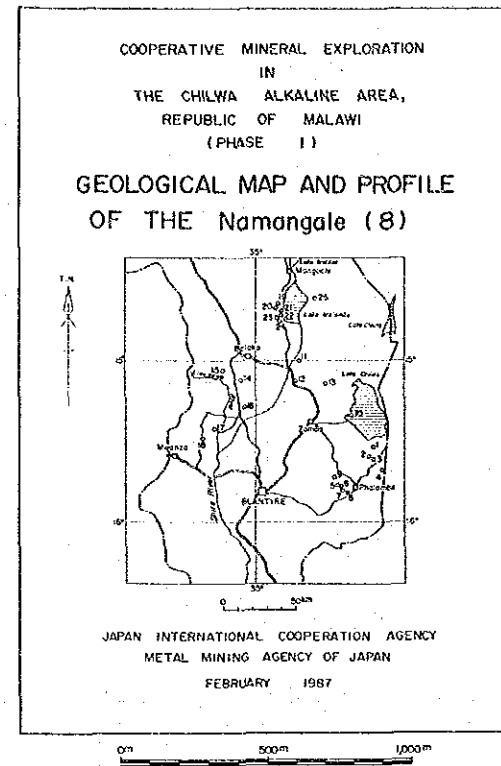
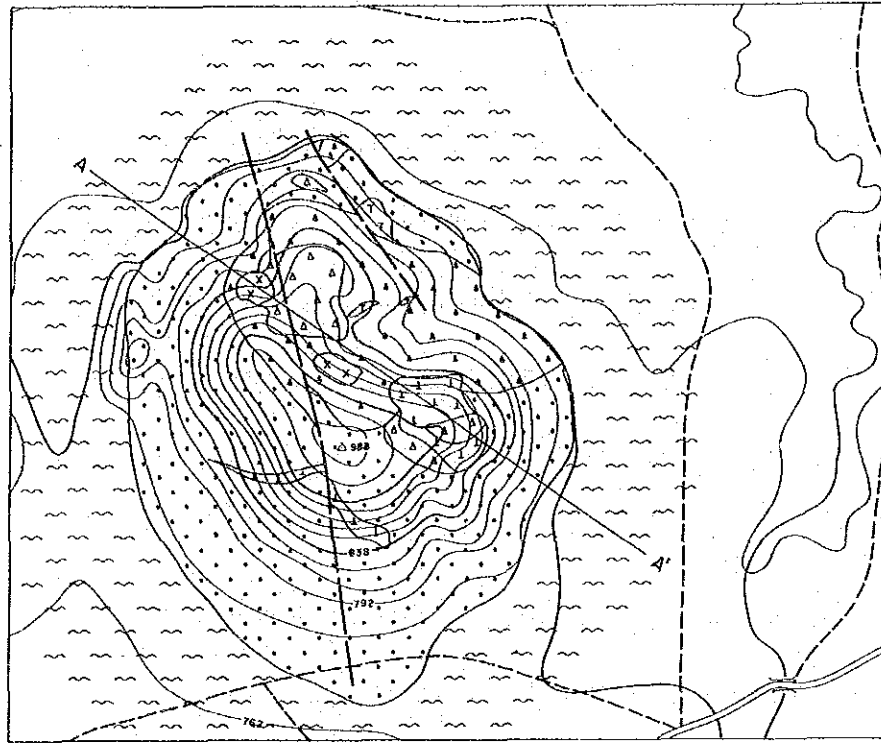
フォノライトは丘の東北東斜面に露出し、緻密、堅硬である。鏡下では斑状組織を示し、斑晶としてサニディン、エジリン輝石、磁鉄鉱、チタン石がみられ、基質にはサニディン、斜長石、エジリン輝石、霞石、カンクリナイト、燐灰石、黒雲母などが認められる



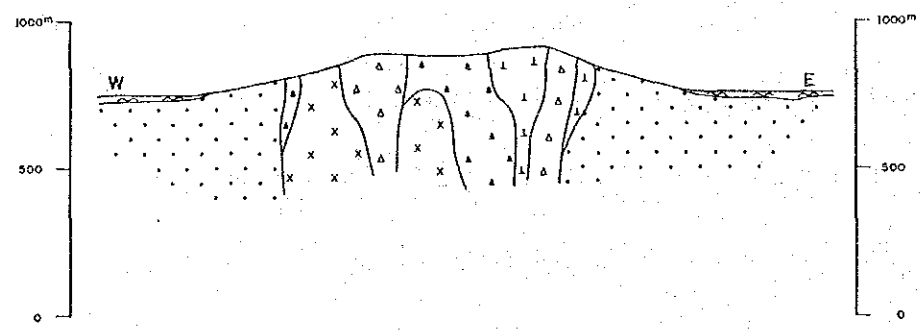
A-A' Section
(W-E)



第 5 - 2 - 7 图 Salambidwa地区地質图・地質断面图



A-A' Section
(N55W)



- LEGEND
- Drift
 - Sideritic carbonate
 - Ankeritic siltite
 - Siltite
 - Carbonate-Silicate rock
 - Feldspathic breccia, agglomerate
 - Phonotitic breccia
 - Fertilized gneiss
 - Trachyte
 - Phonolite
 - Nephelinite
 - Syenite (Felskizite)
 - Nepheline syenite (Fayalite)
 - Hornblende biotite-gneiss
 - Granulite and gneissose granite
 - Dolomitic marble
 - Dolomite
 - Granite
 - Perthosite
 - Biotite-metopyroxene, metagabbro & biotite
 - Meta conglomerate
 - Green pyroxene skarn
 - Dykes and plugs
- T-Trachyte
P-Phonolite
N-Nephelinite
MF-Microfayalite
S-Silicobasaltite
I-Ijolite
D-Dolomite
M-Monchiquite
A-Aplite
- Fault
- Dip of foliation of gneiss

第 5 - 2 - 8 图 Namangale地区地质图·地质断面图

(Appendix 5 Appendix 9)。全岩分析及びノルム計算の結果からは、フォノライトに相当する (Appendix 4, Appendix 13)。年代測定の結果は、128.2-134.2Maを示し、白亜紀初期の貫入時期を示している (Appendix 10)。

粗面岩は丘の東あるいは北に小規模な岩脈として露出している。淡桃色ないし淡緑色を呈し、長石のトラキティック組織が特徴的にみとめられる。

鏡下では、粗面完晶質組織を示し、斑晶としてアノソクレーヌ、黒雲母、基質には霞石、方沸石、方解石、チタン石、磁鉄鉱、燐灰石などが認められる (Appendix 5)。全岩分析及びノルム計算の結果からはフォノライトに相当する (Appendix 4, Appendix 13)。

(2) カーボナタイト

本地区にはカーボナタイトはみられず、また長石化角礫岩及び角礫化フォノライト中にもカーボナタイトは認められなかった。

2-9 Naminga 地区

2-9-1 位置・交通及び地形 (第 1-1-2 図, 第 5-2-9 図)

Naminga 地区は Mulanje 県北西に位置する。Mikomwa 地区の北西 7 km にあり、Phalombe 平原中の東西 4 km, 南北 1.5 km の範囲の地区である。本地区に至るには Phalombe 市から車で約 50 分 (約 20 km) を要する。

地形は標高 720 m の平原から高差 60 m 程の Naminga の丘とその東の高差 140 m 程の Mingambo (ミンガンボ) の丘からなる。

2-9-2 地質鉱床

(1) 地質

本地区は基盤の花崗岩からなる。花崗岩は細粒ないし、粗粒、等粒状組織を示し、肉眼では黒雲母及び角閃石が認められる (第 5-2-9 図, PL. 2-9)。

(2) カーボナタイト

本地区にはカーボナタイトあるいは角礫岩は認められなかった。地区東部の Mingambo 丘南東斜面には、走向 N75°W, 傾斜 50°N, 幅 25 cm ~ 30 cm のペグマタイト質石英脈がみられる。

2-10 Chilwa Island地区

2-10-1 位置・交通及び地形(第1-1-2図, 第5-2-10図)

Chilwa Island地区はZomba県東部に位置する。Chilwa湖西岸に近い島で, 東西4 km, 南北4 kmの範囲の地区である。

本地区に至るにはZomba市から車でChilwa湖西岸のKachulu(カチュル)港まで約1時間(約31 km), さらにKachulu港からChilwa Island西南岸のTchuka(ツーカー)村までボートで約40分(約2.5 km)を要する。

島の地形は, 湖面よりそびえ立つ急峻な地形であり, 山頂と湖面との高差は約440 mと大きい。島の斜面にはbuffalo beansと呼ばれる強靱なつるを持つ植物が密生するため, 農耕地は湖岸沿いの低地に限られている。

2-10-2 地質・鉱床

(1) 地質

本地区の岩石は基盤の片麻岩と, チルワーアルカリ岩区長の長石化角礫岩, カーボナタイトから構成される(第5-2-10図, PL. 2-10)。

片麻岩はChilwa島の外周部に露出し, フォン岩化作用を強く被っている。

長石化角礫岩は片麻岩の内側に分布し, 桃色~赤褐色を呈し多孔質堅硬である。基質は, 桃色長石やアンケライト質カーボナタイトにより充填されている。

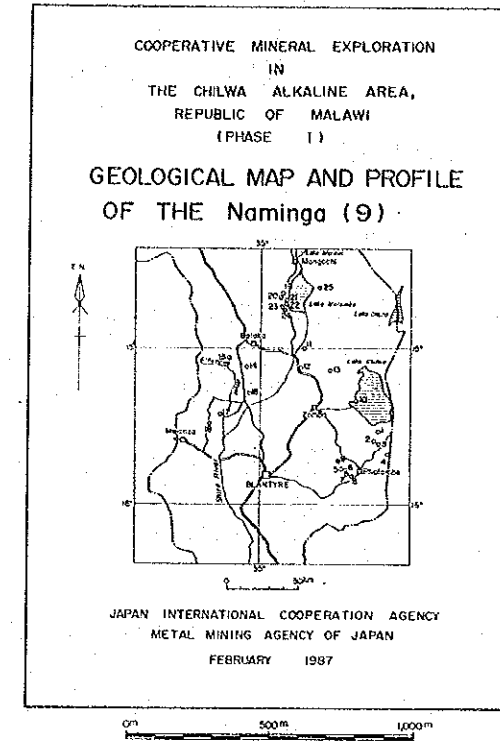
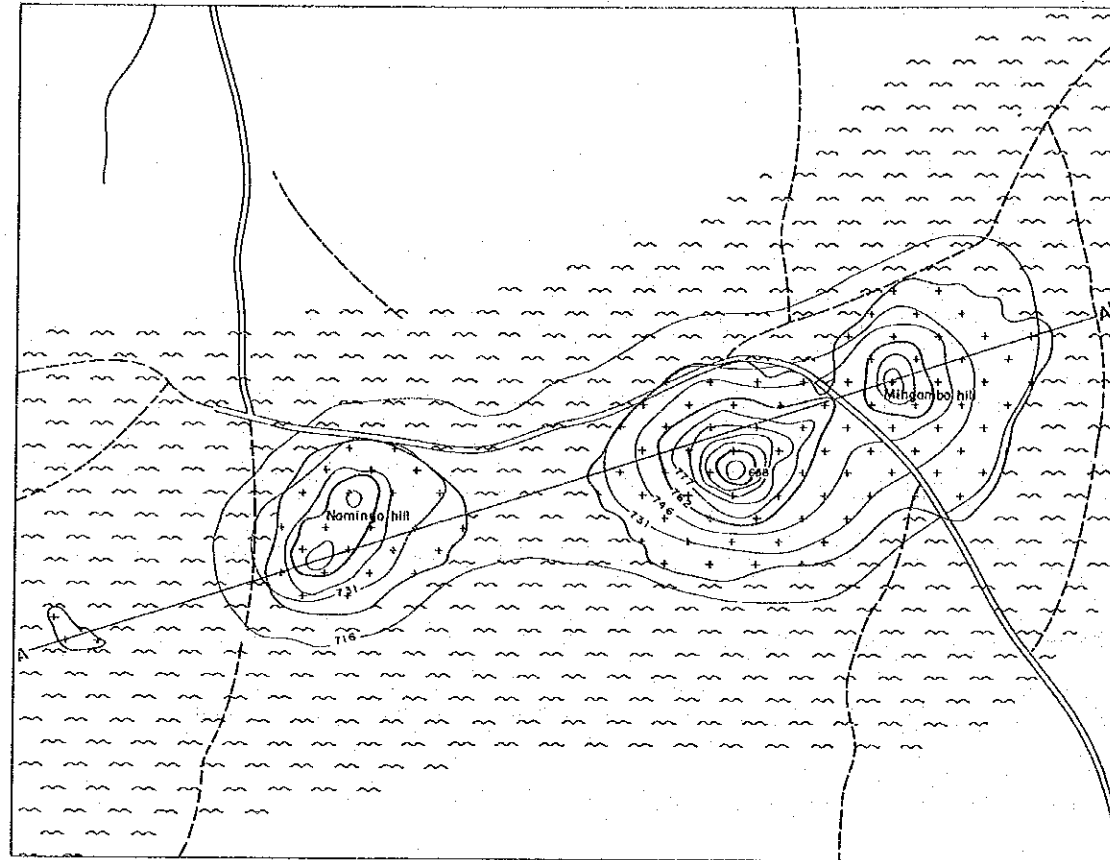
カーボナタイトは長石化角礫岩の内側に露出し, 直径約1,600 mの拡がりをもつ円形状分布をなす。岩質は内側に向かって方解石質, アンケライト質から菱鉄鉱質に変化している。Garson(1965)は内側の菱鉄鉱質なものほど新規であると考えている。

(2) カーボナタイト

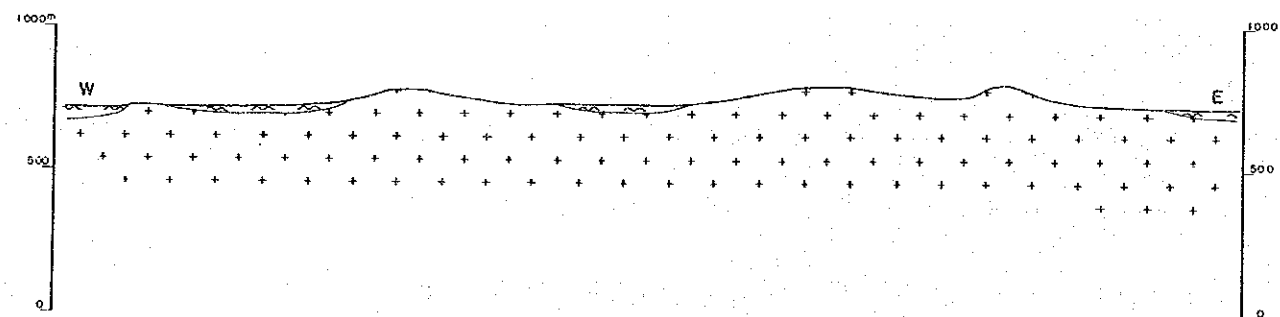
本地区のカーボナタイトは, 本調査地域の中でKangankunde, Tundulu地区に匹敵する大規模なものの一つである。カーボナタイトは, 方解石質, アンケライト質, 菱鉄鉱質などに区分される。

方解石質カーボナタイトは灰白色を呈し, 細粒ないし中粒で, 輝石, 黒雲母に富む。鏡下では, 炭酸塩鉱物を主とし, 酸化鉄鉱物, 閃亜鉛鉱, 少量の黄鉄鉱, ブルーサイトが認められる(Appendix 7)。閃亜鉛鉱及びブルーサイトのEPMA分析では稀少金属は認められなかった(Appendix 11)。

アンケライト質カーボナタイトは黄褐色を示し細粒である。鏡下では, アルカリ長石, 炭酸塩鉱物, 石英, ルチルが認められる(Appendix 7)。EPMA分析の結果から, ルチルには少量のNbが, アルカリ長石には少量のSrが含まれていることが分った(Appendix

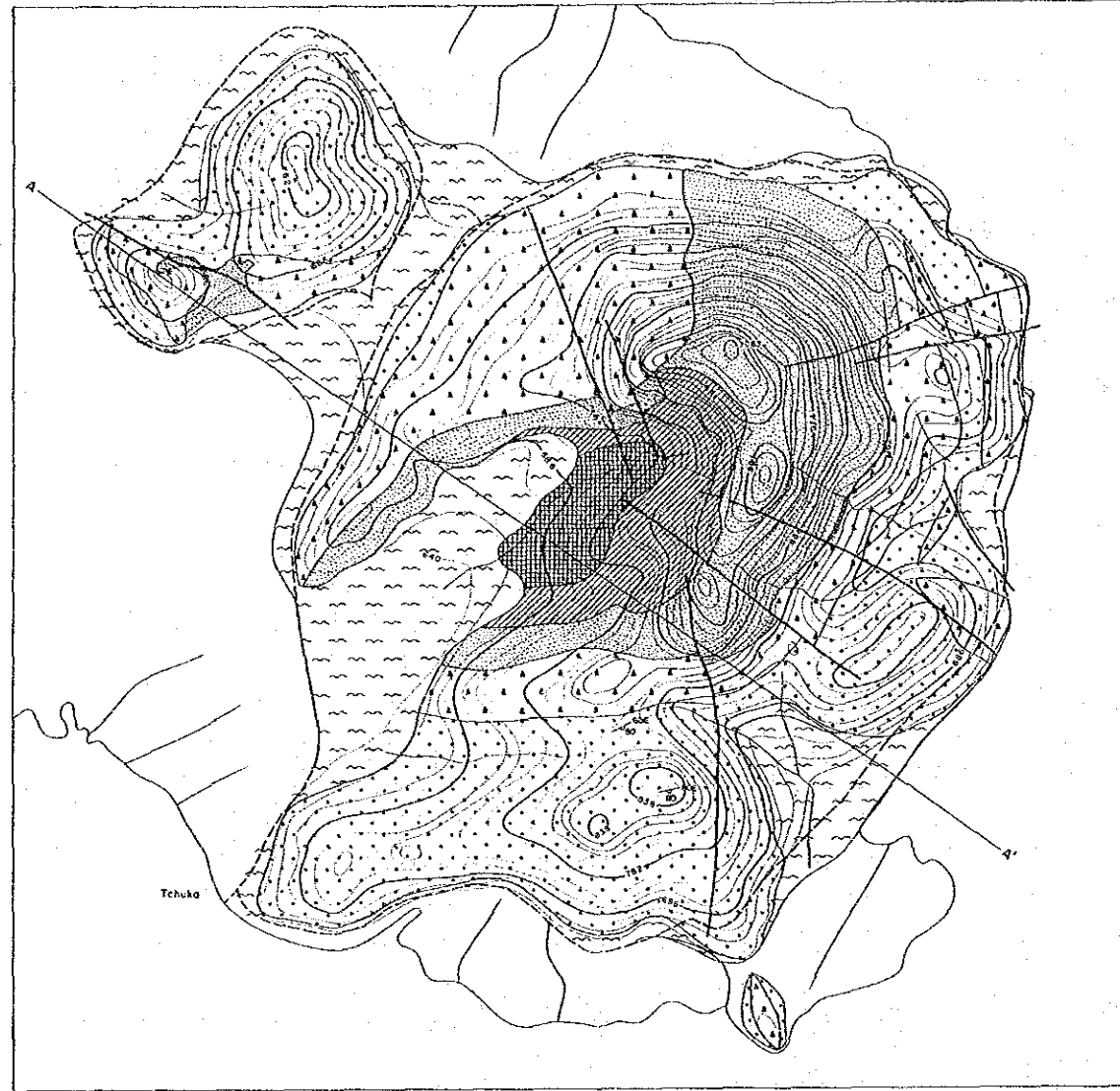


A - A' Section
(N73° E)

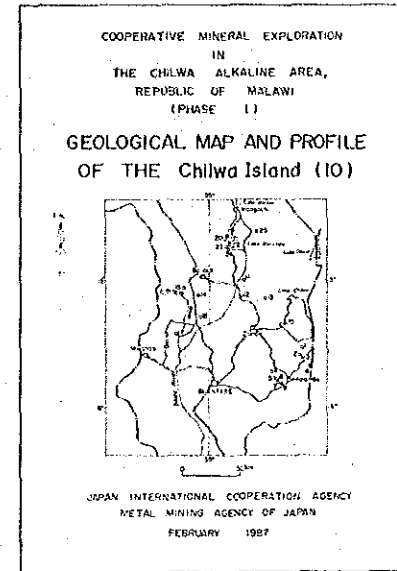
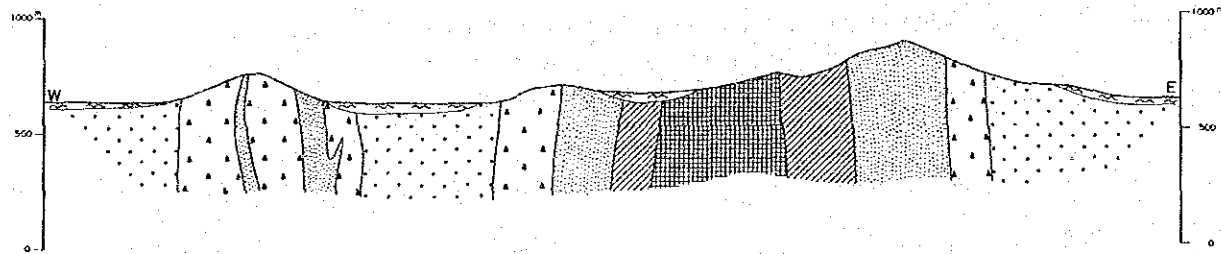


LEGEND

- Drift
 - Sideritic carbonatite
 - Ankeritic sovite
 - Sovite
 - Carbonate-silicate rock
 - Feldspathic breccia, agglomerate
 - Phonolitic breccia
 - Fertilized gneiss
 - Trachyte
 - Phonolite
 - Nephelinite
 - Syenite (Fulaskite)
 - Nepheline syenite (Foyaitite)
 - Hornblende biotite-gneiss
 - Granulite and gneissose granite
 - Dolomitic marble
 - Dolerite
 - Granite
 - Perthosite
 - Biotite-metaproxenite, metagabbro & biotite
 - Meta conglomerate
 - Green pyroxene skarn
 - Dykes and plugs
- T - Trachyte
P - Phonolite
N - Nephelinite
NF - Nephelinitic
S - Sölvbergite
I - Ijolite
D - Dolerite
M - Monchiquite
A - Aplite
- Fault
Dip of foliation of gneiss



A-A' Section
(N55W)



LEGEND

- Drift
- Siliceous calcarenite
- Alkaline siltite
- Siltite
- Carbonate-siltstone
- Feldspathic breccia, agglomerate
- Phonolite breccia
- Ferrous gneiss
- Trachyte
- Phonolite
- Alphalite
- Syenite (Felsparite)
- Nepheline syenite (Felsparite)
- Horstende bottle-gneiss
- Granulite and gneissic granulite
- Dolomitic marble
- Dolerite
- Granite
- Perthite
- Biotite-megacrystic, megacrystic B. biotite
- Meta-conglomerate
- Green pyroxene schist
- Dikes and plugs:
 - T-Trachyte
 - P-Phonolite
 - N-Nephelinite
 - NF-Microgabbro
 - S-Schabergite
 - I-Igite
 - O-Dolerite
 - M-Monzonite
 - A-Albite

Fault
Dip of foliation of gneiss

第5-2-10图 Chilwa Island地区地质图·地质断面图

11)。

菱鉄鈹質カーボナタイトは褐色ないし赤褐色を呈し、粗粒ぜい弱であり、長さ1 cmの菱鉄鈹結晶が認められる。方解石、細粒黄土色バストネサイトは多量ではないが、認められる。

2-11 Kadongosi 地区

2-11-1 位置・交通及び地形(第1-1-2図, 第5-2-11図)

Kadongosi 地区はMachinga (マチンガ) 県東部に位置する。Shire 河東岸のLiwonde (リオンデ) 国立公園の中にある。東西1.5 km, 南北2.5 kmの範囲の地区である。本地区に至るにはZomba 市から車で約1時間40分(約62 km)を要する。

地形は標高500 mの平原から高差90 m程の緩やかな丘である。

2-11-2 地質鈹床

(1) 地 質

本地区は基盤の片麻岩類と、チルワーアルカリン岩石区のフォヤアイト、角礫岩及びフォノライト岩脈から構成される(第5-2-11図, PL. 2-11)。

フォヤアイトはKadongosi 丘北半分に広く分布し、輝石を含み中粒、等粒状である。鏡下では斜長石、正長石、エジリン輝石、霞石、カンクリナイトを多く含み、堇青石、チタン石、磁鉄鈹などが認められる(Appendix 5)。全岩分析及びノルム計算の結果からはジュバイトに相当する(Appendix 4, Appendix 12)。

角礫岩はKadongosi 丘南斜面に露出し、西側のものは長石化角礫岩であり、東側のものはフォノライト質ないし霞岩質角礫岩である。

フォノライト質ないし霞岩質角礫岩は直径数cmのフォノライト、霞岩、基盤の片麻岩の亜角礫ないし亜円礫からなる。基質は石英、長石、黒雲母などで充填されている。

(2) カーボナタイト

本地区にはカーボナタイトはみられず、また長石化角礫岩あるいはフォノライト質ないし霞岩角礫岩中にもカーボナタイトは認められない。

2-12 Mongolwe 地区

2-12-1 位置・交通及び地形(第1-1-2図, 第5-2-12図)

Mongolwe 地区はMachinga 県南部に位置する。Mongolwe 山塊の西端にあり、東西1.5 km, 南北1.5 kmの範囲である。本地区に至るにはZomba 市から車で約1時間(約44

km)を要する。地形は標高580mの緩やかな平原であり、農耕地がよく発達している。

2-12-2 地質歛床

(1) 地 質

本地区は基盤の片麻岩と、チルソーアルカリン岩石区の霞石閃長岩、閃長岩、長石化角礫岩、フォノライト質角礫岩及びセルブスベルジャイト岩脈から構成されている(第5-2-12図, PL. 2-12)。

霞石閃長岩は地区東部に広く分布し、中粒をいし粗粒等粒状である。正長石、マイクロパーサイト、黒雲母、霞石、カンクリナイトからなり、エジリン輝石、斜長石、チタン石、磁鉄鉱、燐灰石なども認められる(Appendix 5)。全岩分析及びノルム計算の結果からはフォヤイトに相当する(Appendix 4, Appendix 12)。

閃長岩は本地区南部に分布し、優白色を呈し、中粒等粒状である。鏡下では、正長石、マイクロパーサイト、エジリン輝石、霞石、カンクリナイト、方ソーダ石、曹灰針石からなり、斜長石、黒雲母、チタン石、燐灰石、方解石なども認められる(Appendix 5, Appendix 9)。全岩分析及びノルム計算の結果からはフォヤイトに相当する(Appendix 4, Appendix 12)。年代測定の結果は158.3-160.7Maを示し、ジュラ紀後期の貫入時期を示している(Appendix 10)。

長石化角礫岩は、200m×300mの楕円状に産出し、風化が著しい。フォノライト質角礫岩は長石化角礫岩に囲まれて露出し、100m×200mの楕円状を示す。本角礫岩は堅硬で、基質はち密である。

セルブスベルジャイトは赤褐色を呈し、長石のトラキティック組織が肉眼でもよく観察される。鏡下ではアノソクレスを主とし、石英、黒雲母、ソーダ角閃石などからなる(Appendix 5, Appendix 9)。全岩分析及びノルム計算からは粗面岩に相当する(Appendix 4, Appendix 13)。

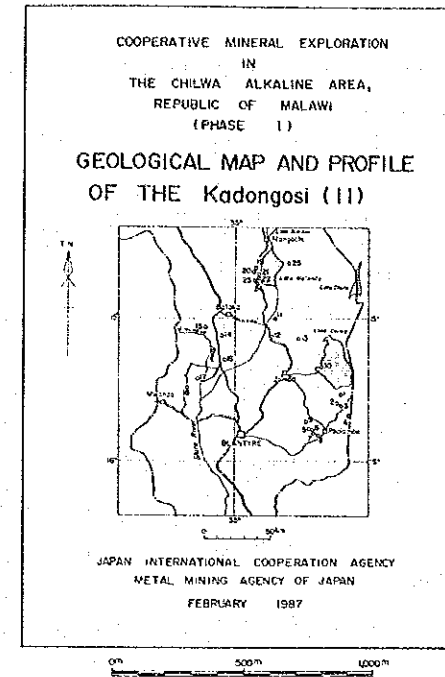
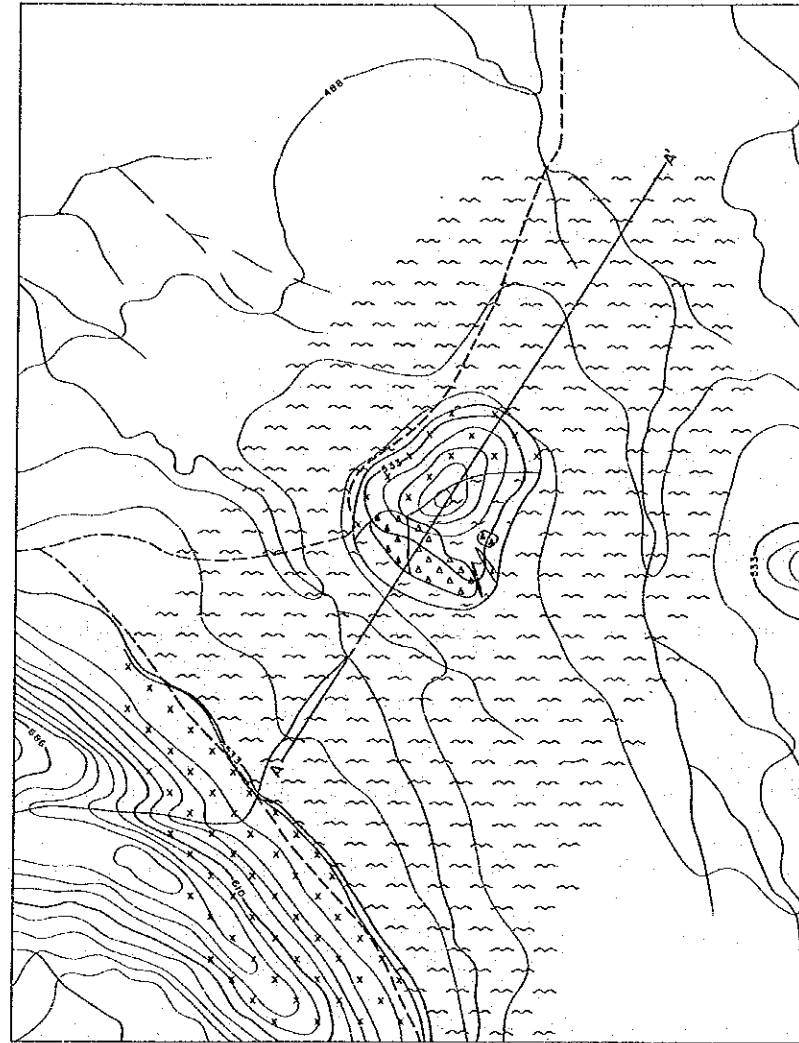
(2) カーボナタイト

本地区にはカーボナタイトはみられず、長石化角礫岩及びフォノライト質角礫岩中にもカーボナタイトは認められない。

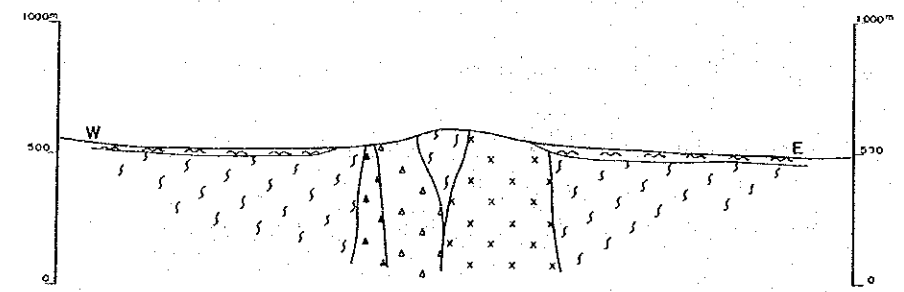
2-13 Chikala 地区

2-13-1 位置・交通及び地形(第1-1-2図, 第5-2-13図)

Chikala 地区はMachinga 県南部に位置するChikala 山塊南端にあり、東西1.5 km,

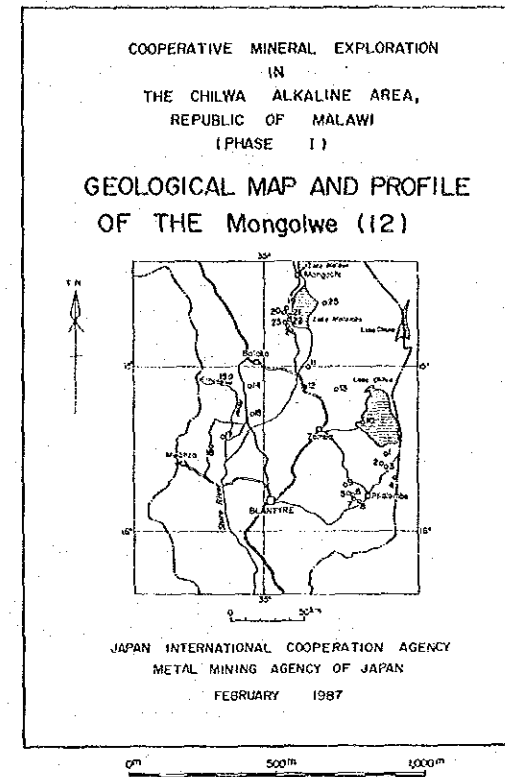
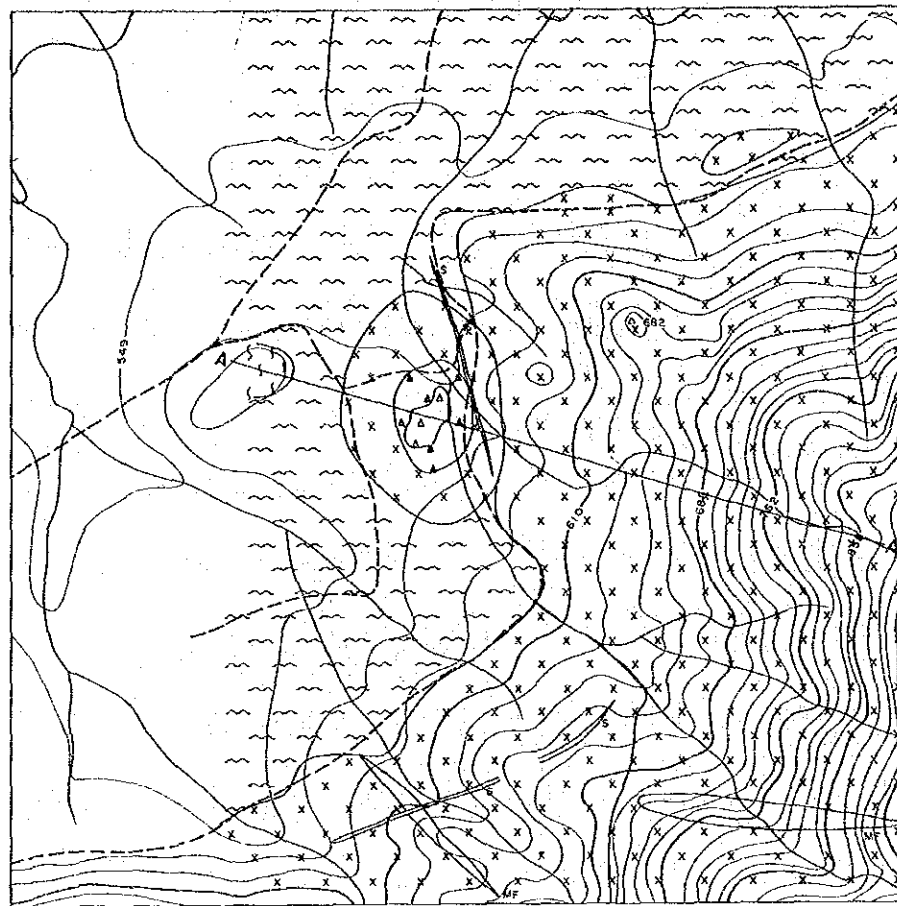


A-A' Section
(N 30 E)

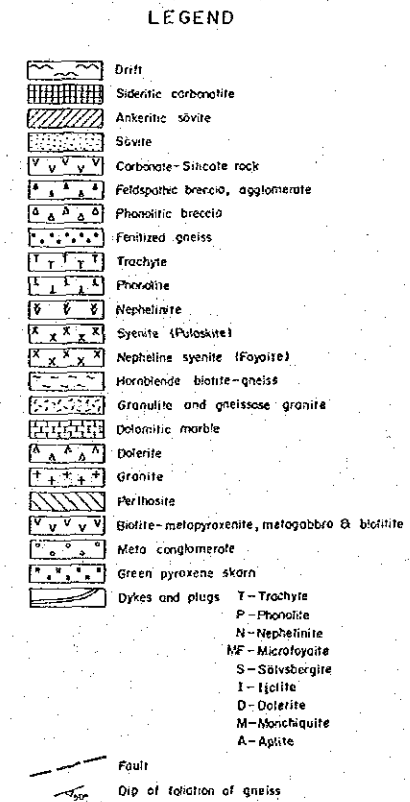
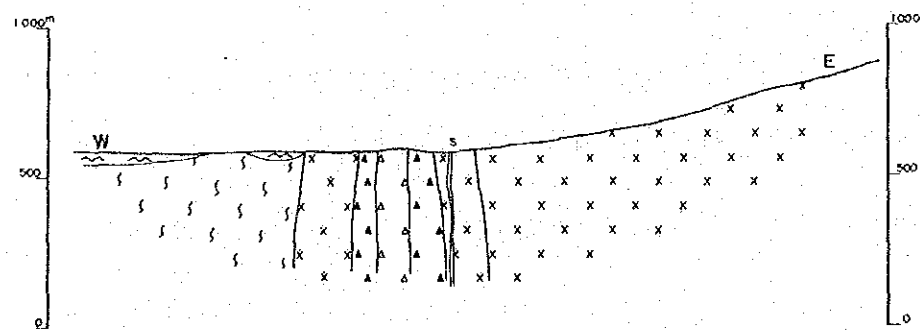


- LEGEND**
- Drift
 - Sideritic carbonate
 - Alkaline basalt
 - Siltite
 - Carbonate-Silicate rock
 - Feldspathic breccia, agglomerate
 - Phonolitic breccia
 - Felsized gneiss
 - Trachyte
 - Phonolite
 - Nephelinite
 - Syenite (Felsolite)
 - Nepheline syenite (Fayalite)
 - Hornblende biotite-gneiss
 - Granite and gneissose granite
 - Dolomitic marble
 - Dolerite
 - Granite
 - Perthite
 - Biotite-metaproxenite, metagabbro & biotite
 - Meta conglomerate
 - Green pyroxene skarn
 - Dikes and plugs
 - Fault
 - Dip of foliation of gneiss
- T - Trachyte
P - Phonolite
N - Nephelinite
NF - Nephelinitic
S - Sideritic
I - Siltite
D - Dolerite
M - Monchiquite
A - Aplite

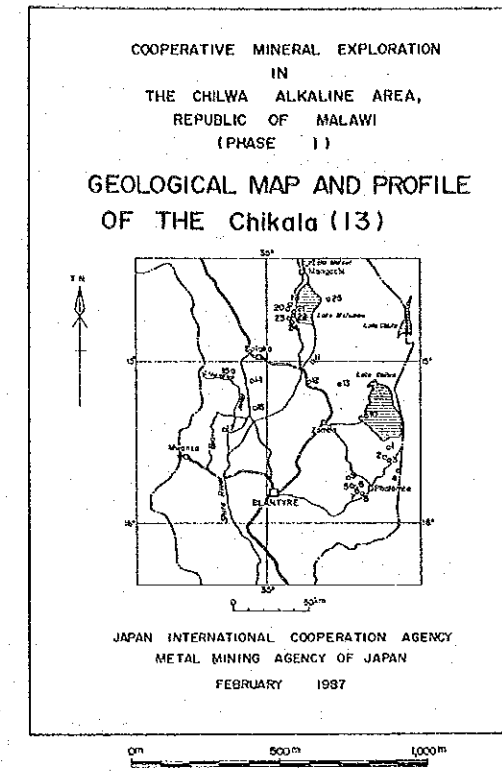
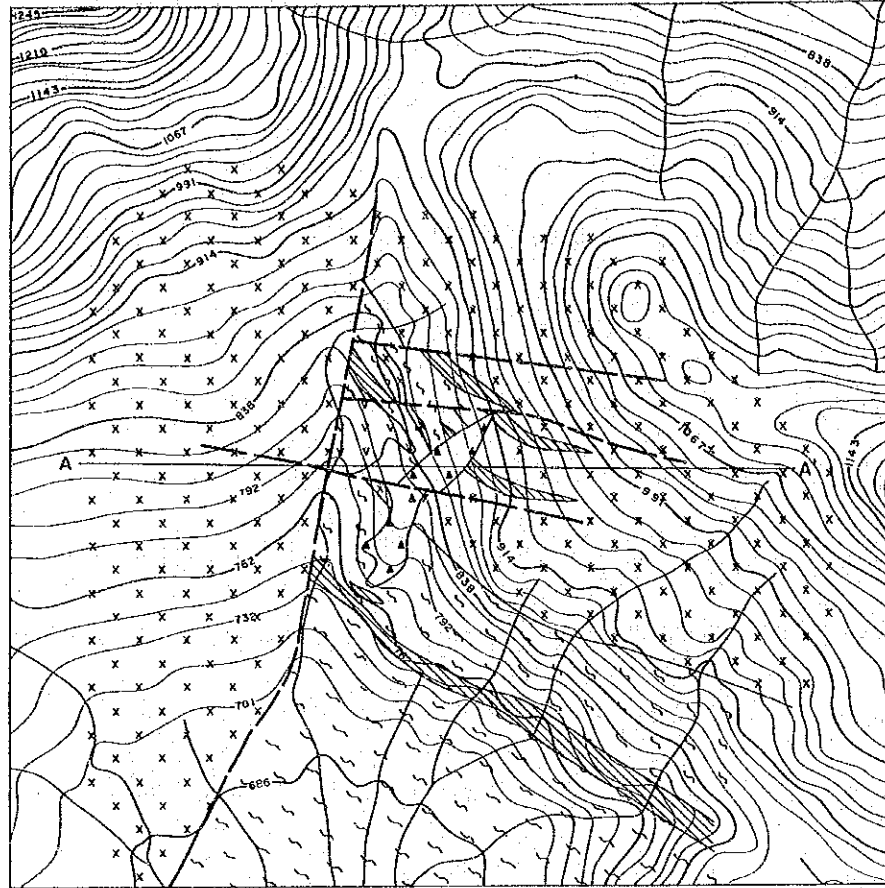
第 5 - 2 - 11 图 Kadongosi 地区地質図・地質断面図



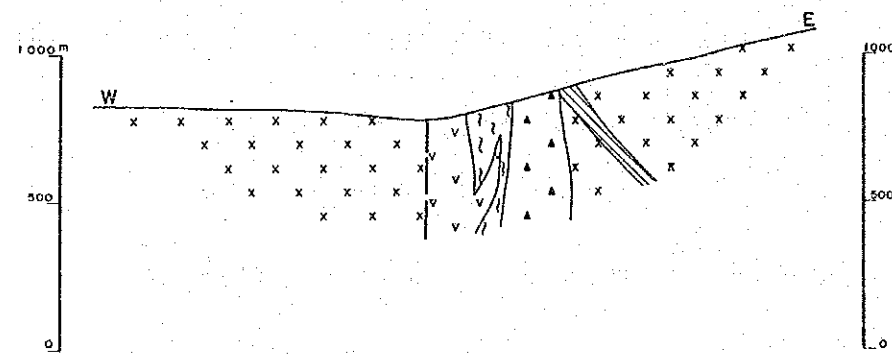
A - A' Section
(N70W)



第5-2-12图 Mongolwe地区地質图・地質断面图



A - A' Section
(W - E)



LEGEND

- | | |
|--|--|
| | Drift |
| | Sideritic carbonate |
| | Ankeritic sandstone |
| | Siltstone |
| | Carbonate-silicate rock |
| | Feldspathic breccia, agglomerate |
| | Phonolitic breccia |
| | Fossilized gneiss |
| | Trochyle |
| | Phonolite |
| | Nephelinite |
| | Syenite (Fayalite) |
| | Nepheline syenite (Fayalite) |
| | Hornblende-biotite-gneiss |
| | Granulite and gneissose granite |
| | Dolomitic marble |
| | Dolerite |
| | Granite |
| | Perthosite |
| | Biotite-metapyroxene, metagabbro & biotite |
| | Metaconglomerate |
| | Green pyroxene skarn |
| | Dykes and plugs |
| | Fault |
| | Dip of foliation of gneiss |

第 5 - 2 - 13 图 Chikala地区地質図・地質断面図

南北2 kmの範囲である。本地区に至るにはZomba市から車で約1時間半(約45 km)を要する。地形はChikala山塊の中腹標高690 m~850 mのやや急な傾斜面からなる。

調査地区の大部分はLiwonde Forest Reserve(リオンデ森林保護区)中にあるため、松や杉の針葉樹林に広く覆われている。

2-13-2 地質鉱床

(1) 地質

本地区は基盤の片麻岩と、チルワーアルカリン岩石区の閃長岩、霞石閃長岩、パーソサイト、角礫岩及び超塩基性岩で構成される(第5-2-13図, PL. 2-13)。

閃長岩は地区東部に広く分布し、細粒ないし中粒、等粒状である。鏡下では、マイクロパーサイト、エジリン輝石を主とし、斜長石、黒雲母、霞石、カンクリナイト、チタン石、燐灰石などからなる(Appendix 5)。全岩分析及びノルム計算の結果からはプラスカイトに相当する。(Appendix 4, Appendix 12)。

霞石閃長岩は本地区西部に分布し、中粒、等粒状である。マイクロパーサイト、エジリン輝石、黒雲母、霞石を主とし、斜長石、チタン石、磁鉄鉱なども認められる(Appendix 5)。全岩分析及びノルム計算の結果からはプラスカイトに相当する(Appendix 4, Appendix 13)。

パーソサイトは基盤の片麻岩及び閃長岩中にレンズ状に露出する。優白色、粗粒でパーサイトに富む。鏡下では粒状組織を示し、石英、斜長石、カリ長石を主とし、黒雲母、ガーネット、ジルコンなどからなる(Appendix 5, Appendix 9)。年代測定の結果は182.8-185.5 Maを示し、ジュラ紀初期に相当する(Appendix 10)。

角礫岩の分布範囲は、長さ600 m、幅100 mでChikala丘の南西斜面に露出する。岩質は粗面岩質に富み、一部長石化している部分もある。

超塩基性岩は角礫岩体の北西100 mに200 m×200 mの範囲に露出している。岩相は細粒、暗緑色を呈し、顕鏡結果から角閃岩と認められた。鏡下では粒状組織を示し、普通角閃石、斜長石を主とし、磁鉄鉱、黒雲母、チタン石などからなる。

本地区にはN-S系の断層の存在が推定されており、超塩基性岩は断層沿いに貫入したものと考えられている(Garson, 1965)。

(2) カーボナタイト

本地区にはカーボナタイトはみられず、角礫岩中にもカーボナタイトは認められない。