

ケニア共和国モンバサ地域  
資源開発協力基礎調査報告書

第2年次

平成4年3月

国際協力事業団  
金属鉱業事業団

紙計書
CR(3)
92-089



ケニア共和国モンバサ地域  
資源開発協力基礎調査報告書

第2年次

JICA LIBRARY



1097474(9)

23722

平成4年3月

国際協力事業団  
金属鉱業事業団

国際協力事業団

23722

## は し が き

日本国政府は、ケニア共和国政府の要請に応え、同国の海岸地帯に位置するモンバサ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、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2年度を第1年次とする第2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平成3年8月6日から平成3年10月11日まで現地に派遣した。

現地調査は、ケニア共和国政府機関、環境天然資源省鉱山地質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ケニア共和国政府機関ならびに外務省、通商産業省、在ケニア共和国日本国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。

平成4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

福 原 元 一



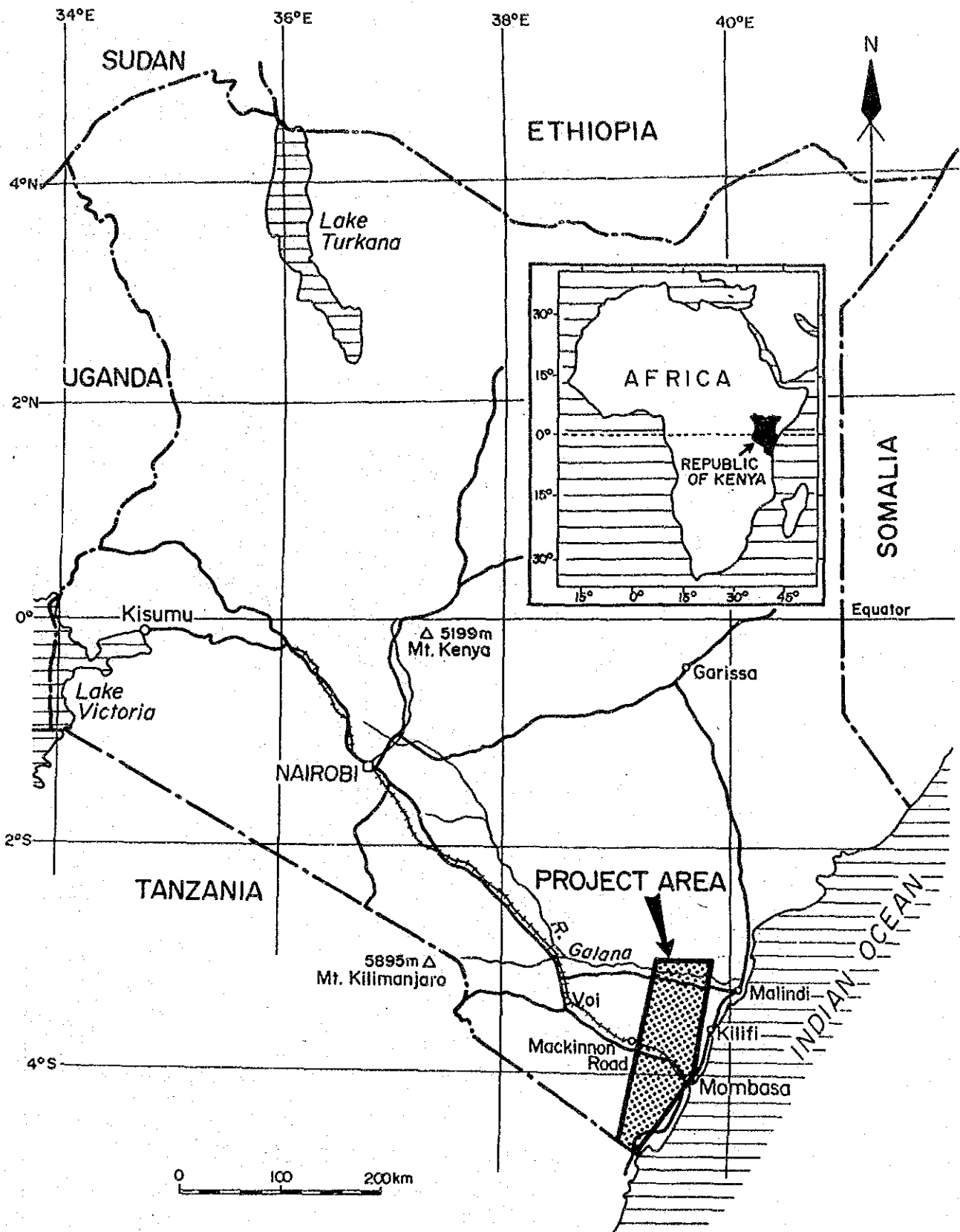


Figure 1 Index Map of Kenya Showing Location of the Mombasa Area

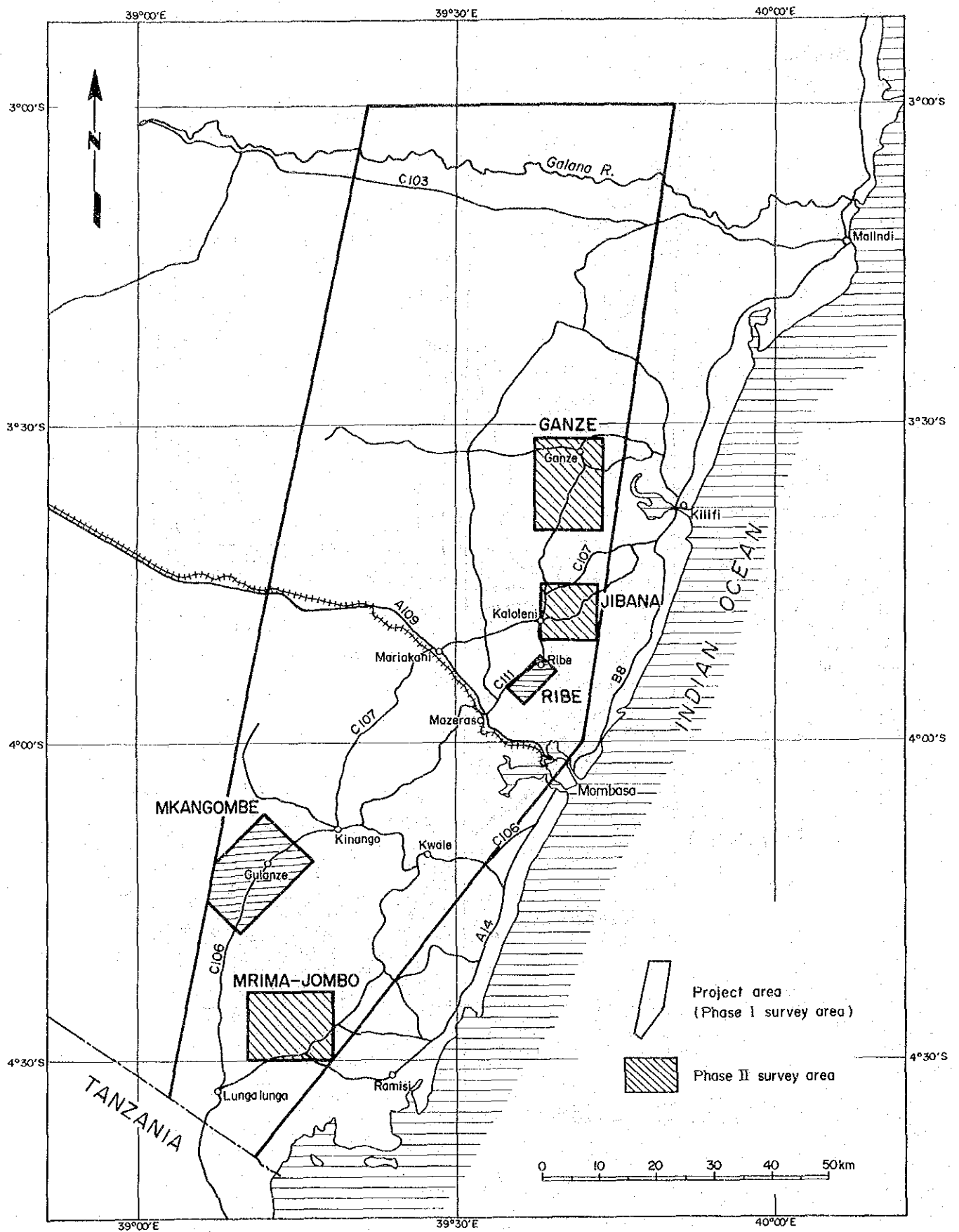


Figure 2 Location Map of Phase II Survey Area



## 要 約

ケニア共和国モンバサ地域における資源開発協力基礎調査の目的は、同地域において地質状況及び土壌における地化学分散を解明することにより鉱床賦存状況を把握することにある。

第2年次にあたる本年度の調査では、第1年次調査結果に基づいて選ばれたGanze, Jibana, Ribe, Mkwangombe, Mrima-Jombo の5地区、面積計 620km<sup>2</sup> に対して地質調査及び地化学探査を実施し、鉱化作用の性状の把握と鉱床賦存可能性の評価を行った。

各地区の主要探査対象は、Ganze, Jibana, Ribe 地区では鉛-亜鉛-重晶石鉱脈鉱床、Mkwangombe 地区では貴金属~卑金属鉱脈鉱床、Mrima-Jombo 地区では貴金属~卑金属鉱脈鉱床及びニオブウム・希土類鉱床である。

各地区の調査結果は次のとおりである。

### (1)Ganze地区

更に高次の探鉱を考慮すべき明瞭な鉱化示徴は認められない。

### (2)Jibana 地区

断続した“焼け”及び弱変質砂岩からなるJibana鉱化帯（幅約100m, 延長約2km）を確認した。しかし“焼け”部試料及び土壌地化学試料の分析では共に有用金属の目立った濃集はみられない。

### (3)Ribe 地区

Ribe 地区は、地質構造の複雑さや、既知鉱床・鉱徴の分布からみて、鉱床賦存可能性の非常に高い地区である。これを支持するように、今年度調査によって強い“焼け”及び珪化・角礫化砂岩からなるRibe鉱化帯（300m×100m以上）が発見された。また、地区外近傍には高次の探査までに至っていないChiume Hill 既知鉱化帯が分布しており、Kinagoni鉱山周辺からRibe地区にかけての地域は、今後の組織的探鉱が最も望まれる地帯となっている。Ribe鉱化帯の変質岩試料の化学分析結果は、概して有用金属の高い濃集を示さないが、地表での風化溶脱に起因する可能性がある。

地化学異常としてはChangombe North 及び同South 鉱徴を反映したAg, Pb, Znの異常が抽出された。

### (4)Mkwangombe地区

Mkwangombe North 鉱徴は断層規制を受けた銅-鉛-亜鉛-石英脈からなり、走向・傾斜はN25° ~ 30° E・55° ~ 70° SEで、走向延長300m以上、幅20cm-1.5m以上を示す。また、Mkwangombe North 鉱徴と同South 鉱徴を結ぶN45° E方向の地帯には、石英脈の露頭や転石が多数分布し、延長10km以上に達する石英脈鉱化帯が形成されている。

地化学異常は、散点状で、鉱化帯を直接反映したような異常帯は抽出されなかった。

#### (5) Mrima-Jombo地区

貴金属及び卑金属の地化学異常はカーボナタイト及びアグロメレート（火道集塊岩）岩体の分布を反映したもので、鉍床を示徴している可能性は低いと判断される。

ニオブウム及び希土類の地化学異常が、Mrima Hillのほか、Kiruku Hillにも認められた。Kiruku Hillと同様の地質環境下にあるNguluku アグロメレート岩体にも、同鉍化の存在する可能性がある。

以上の結果から、本地域の今後の調査として次の調査を提案する。

(1) Ganze, Jibana, Ribe の北部三地区では、Jibana鉍化帯からKinagoni鉍山を経てChangombe 鉍徴に至る地帯に、鉍床賦存の可能性が最も高い。この地帯のうち、明瞭な鉍化変質がみられるRibe鉍化帯やChiume Hill 鉍化帯では、既往調査によりボーリング調査が実施されていないこともあり、ボーリング調査を実施して深部の鉍況を把握することが望まれる。なお、ボーリングの位置選定のために、事前に地質精査を行なうことも望まれる。

本地帯での新鉍床発見は、現在稼行中のkinagoni鉍山の施設と技術者の活用、鉍山の延命の点からも重要であり、本地帯は今年度調査地区の中では最も探鉍努力を傾注すべき地帯であると言える。

(2) Mkangombe 地区では、石英脈鉍化帯のうち最も優勢で、地表部の鉍況が明らかにされているMkangombe North 鉍徴について、深部の鉍況を確認するボーリング調査が望まれる。

(3) Mrima-Jombo 地区では、Kiruku Hill のニオブウム及び希土類地化学異常について、その水平的、垂直的広がりや鉍況を確認する地質・地化学精査（トレンチを含む）が望まれる。また、Kiruku Hillと同様の地質を有するNguluku アグロメレート岩体についても、同様の調査が望まれる。

## 目 次

はしがき

調査地域位置図

要 約

## 第 I 部 総 論

第 1 章 序 論	1
1-1 調査の経緯	1
1-2 第 1 年次調査の結論と提言	1
1-2-1 第 1 年次調査の結論	1
1-2-2 第 1 年次調査の提言	2
1-3 第 2 年次調査の概要	2
1-3-1 調査地域	2
1-3-2 調査目的	4
1-3-3 調査方法	4
1-3-4 調査団の編成	4
1-3-5 調査期間	6
第 2 章 調査地域の地理	7
2-1 地形及び水系	7
2-2 気候及び植生	8
第 3 章 一般地質	9
第 4 章 調査結果の総合検討	12
4-1 地質構造、鉍化作用の特性と鉍化作用	12
4-2 鉍床賦存のポテンシャル	12
4-3 地化学異常と鉍化作用との関係	13
第 5 章 結論及び提言	14
5-1 結 論	14
5-2 提 言	15

## 第II部 各 論

第1章 Ganze 地区	27
1-1 調査方法	27
1-2 地質調査結果	27
1-3 地化学探査結果	28
1-4 考 察	40
第2章 Jibana地区	42
2-1 調査方法	42
2-2 地質調査結果	42
2-3 地化学探査結果	49
2-4 考 察	50
第3章 Ribe地区	52
3-1 調査方法	52
3-2 地質調査結果	52
3-3 地化学探査結果	59
3-4 考 察	60
第4章 Mkangombe 地区	62
4-1 調査方法	62
4-2 地質調査結果	62
4-3 地化学探査結果	71
4-4 考 察	78
第5章 Mrima-Jombo 地区	80
5-1 調査方法	80
5-2 地質調査結果	80
5-3 地化学探査結果	89
5-4 考 察	103

### 第Ⅲ部 結論及び提言

第1章 結論	.....	105
第2章 提言	.....	107

参考文献

巻末資料

## FIGURES

	Page	
Figure 1	Index Map of Kenya Showing Location of Mombasa Area	
Figure 2	Location Map of Phase II Survey Area	
Figure 3	Accessibility of the Survey Areas . . . . .	3
Figure 4	Generalized Geological Map of the Mombasa Area . . . . .	10
Figure 5	Geological Sequence of the Mombasa Area . . . . .	11
Figure 6	Interpretation Map of the Phase II Survey Results (1), Ganze Area . . . . .	17
Figure 7	Interpretation Map of the Phase II Survey Results (2), Jibana Area . . . . .	19
Figure 8	Interpretation Map of the Phase II Survey Results (3), Ribe Area . . . . .	21
Figure 9	Interpretation Map of the Phase II Survey Results (4), Mkangombe Area . . . . .	23
Figure 10	Interpretation Map of the Phase II Survey Results (5), Mrima-Jombo Area . . . . .	25
Figure II-1-1	Geological Map of the Ganze Area . . . . .	29
Figure II-1-2	Generalized Geological Columnar Section of the Ganze Area . . . . .	31
Figure II-1-3	Cumulative Frequency Curves and Partition of Populations, Ganze Area . . . . .	35
Figure II-2-1	Geological Map of the Jibana Area . . . . .	43
Figure II-2-2	Generalized Geological Columnar Section of the Jibana Area . . . . .	45
Figure II-2-3	Jibana Gossan Zone . . . . .	47
Figure II-3-1	Geological Map of the Ribe Area . . . . .	53
Figure II-3-2	Generalized Geological Columnar Section of the Ribe Area . . . . .	55
Figure II-3-3	Mineralized Zones in the Ribe-Jibana Area . . . . .	57
Figure II-4-1	Geological Map of the Mkangombe Area . . . . .	63
Figure II-4-2	Generalized Geological Columnar Section of the Mkangombe Area . . . . .	65
Figure II-4-3	Quartz Vein Zone in the Mkangombe Area . . . . .	67
Figure II-4-4	Geological Sketch of the Mkangombe North Mineral Showing . . . . .	68
Figure II-4-5	Geological Section of Trenches in the Mkangombe North Mineral Showing . . . . .	69
Figure II-4-6	Cumulative Frequency Curves and Partition of Populations, Mkangombe Area . . . . .	73
Figure II-5-1	Geological Map of the Mrima-Jombo Area . . . . .	81
Figure II-5-2	Generalized Geological Columnar Section of the Mrima-Jombo Area . . . . .	83
Figure II-5-3	Cumulative Frequency Curves and Partition of Populations, Mrima-Jombo Area . . . . .	92

## TABLES

		Page
Table 1	Amount of Geological and Geochemical Works .....	5
Table 2	Amount of Trenching Work .....	5
Table 3	Amount of Laboratory Works .....	5
Table 4	Member List of Programming/Negotiation/Coordination Teams .....	6
Table 5	Member List of Field Survey Teams .....	6
Table 6	Monthly Average Maximum Air Temperature, Minimum Air Temperature and Rainfall in Coast Province, Kenya .....	8
Table II-1-1	Analytical Procedures .....	32
Table II-1-2	Statistics of Geochemical Data—Ganze, Jibana and Ribe Area .....	34
Table II-1-3	Thresholds and Number of Anomalous Samples—Ganze, Jibana and Ribe Area .....	34
Table II-1-4	Correlation Coefficients—Ganze, Jibana and Ribe Area .....	39
Table II-1-5	Summary of Principal Component Analysis—Ganze, Jibana and Ribe Area .....	39
Table II-2-1	Result of the Chemical Analysis of Gossan Samples .....	47
Table II-3-1	Results of Chemical Analysis of Altered Rocks in Ribe Mineralized Zone .....	58
Table II-4-1	Results of Chemical Analysis of Quartz Ore Vein .....	71
Table II-4-2	Statistics of Geochemical Data—Mkangombe Area .....	72
Table II-4-3	Thresholds and Number of Anomalous Samples—Mkangombe Area .....	72
Table II-4-4	Correlation Coefficients—Mkangombe Area .....	76
Table II-4-5	Summary of Principal Component Analysis—Mkangombe Area .....	76
Table II-5-1	Ore reserves of carbonatite ore body, Mrima Hill .....	87
Table II-5-2	Results of Chemical Analysis of Iron-Manganese Concretions .....	88
Table II-5-3	Analytical Procedures .....	89
Table II-5-4	Statistics of Geochemical Data—Mrima-Jombo Area .....	91
Table II-5-5	Thresholds and Number of Anomalous Samples—Mrima-Jombo Area .....	99
Table II-5-6	Correllation Coefficients—Mrima-Jombo Area .....	100
Table II-5-7	Summary of Principal Component Analysis—Mrima-Jombo Area .....	101

## PLATES

- PL. 1 Geological Map and Sections of the Ganze, Jibana and Ribe Area
- PL. 2 Geological Map and Sections of the Mkangombe and Mrima-Jombo Area
- PL. 3 Location Map of Tested Samples—Ganze, Jibana and Ribe Area
- PL. 4 Location Map of Tested Samples—Mkangombe and Mrima-Jombo Area
- PL. 5 Location Map of Mineral Occurrences—Ganze, Jibana and Ribe Area
- PL. 6 Location Map of Mineral Occurrences—Mkangombe and Mrima-Jombo Area
- PL. 7 Geochemical Interpretation Map of the Ganze, Jibana and Ribe Area (1) — Au, Ag, Pb, Ba, S, Hg
- PL. 8 Geochemical Interpretation Map of the Ganze, Jibana and Ribe Area (2) — Cu, Zn, Mn, Fe, As
- PL. 9 Geochemical Interpretation Map of the Mkangombe and Mrima-Jombo Area (1) — Au, Cu, Pb, Zn, Ba
- PL. 10 Geochemical Interpretation Map of the Mkangombe and Mrima-Jombo Area (2) — Mn, Fe, As, Hg, S, P, Sr
- PL. 11 Geochemical Interpretation Map of the Mkangombe and Mrima-Jombo Area (3) — Nb, La, Ce, Nd, Sm, Eu
- PL. 12 Geochemical Interpretation Map of the Mkangombe and Mrima-Jombo Area (4) — Y, U, Th, Tb, Yb, Lu
- PL. 13 Interpretation Map of the Phase II Survey Results—Ganze, Jibana and Ribe Area
- PL. 14 Interpretation Map of the Phase II Survey Results—Mkangombe and Mrima-Jombo Area

## APPENDIXES

- Appendix 1 *Microscopic Observation of Rocks in Thin Section*
- Appendix 2 *Microscopic Observation of Ores in Polished Section*
- Appendix 3 *Summary of X-ray Diffraction*
- Appendix 4 *Chemical Analysis of Ore Samples*
- Appendix 5 *Chemical Analysis of Soil Samples*



第I部 総論



## 第1章 序 論

### 1-1 調査の経緯

本調査は、金属鉱業事業団とケニア共和国環境天然資源省(Ministry of Environment and Natural Resources: MENR)及び鉱山地質局(Mines and Geological Department: MGD)との間で1990年3月13日付で署名されたScope of Workに基づいて実施された資源開発協力基礎調査(資源調査)の第2年次調査として実施されたものである。

第1年次調査は、プロジェクト地域(Figure 1 参照)の地質情報を収集し、これらを総括してモンバサ地域の地質的背景を把握し、この地域の鉱床ポテンシャルを評価すると同時に、鉱徴地調査及び地化学探査を実施することによって、当該地域内の鉱徴地の性状を把握することを目的として実施された。

本年度第2年次調査は、第1年次調査結果に基づいて選ばれたGanze, Jibana, Ribe, Mkangombe, Mrima-Jombo の5地区(Figure 2参照)に対して、地質調査及び地化学探査を行うことによって、それぞれの地質構造及び地化学特性を解明し、鉱床・鉱化帯の賦存状況を把握することを目的として実施された。

### 1-2 第1年次調査の結論と提言

#### 1-2-1 第1年次調査の結論

第1年次調査の結論は次のとおり。

(1) Mrima Hill-Jombo Hill 地区では、Mrima Hillカーボナタイト・プラグからもたらされた残留土壤中にニオブウム及び希土類元素の濃集がみられる。この鉱床は、世界的に重要なこの種の資源の一つに数えられている。

(2) 断層規制を受けた鉛-亜鉛-重晶石の熱水鉱化作用が、海岸線にほぼ平行する主断層帯と密接な関連をもって分布しているのがみられる。その鉱物組み合わせ及び構造規制要素から、この鉱化作用はミシシッピー・バレー型の鉛-亜鉛鉱化作用類似のものといえる。本調査地域内でのこの種の重要な鉱床/鉱化帯として、現在までにVitengeni, Kinagoni, Mwachi River及びLungaLungaが知られている。これらの鉱床/鉱化帯のうち、Vitengeni 及びKinagoniの2鉱床は現在稼行中であり、前者では重晶石、後者では鉛が採掘されている。

(3) 河床堆積物パンニング試料による地化学探査結果によれば、地化学異常の多くは海岸線と平

行する主断層帯の近傍に集中している。これらの地化学異常のうち、既知鉱化帯の近傍に分布するもの、例えばVitengeni 周辺の多金属の異常、Vitengeni 南方の金の異常、Kinagoni周辺の銅・鉛・亜鉛の異常、Mkangombe 周辺の金・銅の異常などは特に重要な地化学異常である。

(4) Mrima Hill-Jombo Hill 地区から採取された土壌試料は、その他の地区に比べて金・銅・鉛・亜鉛・マンガン・鉄及び硫黄について顕著に高い値を示した。Mkangombe 地区では、試料の一つが金の鉱化作用の存在を示唆する例外的に高い金の値 (407ppb) を示した。

### 1-2-2 第1年次調査の提言

第1年次調査の提言は、次のとおり。

(1) Mrima Hillは、鉱徴地調査及び土壌地化学探査結果によれば、希土類元素及びニオブウムのみならず卑金属元素及び貴金属元素についても興味ある探鉱地である。Mrima Hill-Jombo Hill 地区に対する今後の調査として、地化学精査の実施を提案する。

(2) 河床堆積物パンニング試料及び土壌試料による地化学異常から、次の4地域が今後の調査対象地区として抽出できる。すなわち、Vitengeni, Ganze (Kilifiの西方, Mulunguwa Mawe川の上流), Kinagoni及びMkangombe の4地区である。このうち、前3地区は海岸線に平行な主断層帯近傍に位置している。従って、この3地区では調査は主断層帯及び地化学異常地を含む範囲で行う必要がある。

(3) 主として河床堆積物パンニング試料による地化学探査結果に基づいて抽出した上述の4地区に対する今後の調査は、それぞれ面積 200~300km<sup>2</sup>の範囲をカバーすることが必要である。これは今年度の調査が 100試料/9,000km<sup>2</sup>であったことから、今後の調査では半広域的または半精密的な調査を実施するためである。

### 1-3 第2年次調査の概要

#### 1-3-1 調査地域

モンバサ地域はケニア共和国南東部海岸地域の面積約9,000km<sup>2</sup>の範囲である (Figure 1参照)。

Figure 2 に本年度調査地区を示す。調査地区は全てCoast Provinceに属しており、このうち、北部3地区 (Ganze, Jibana, Ribe)はKilifi district に、南部2地区 (Mkangombe, Mrima-Jombo)はKwale districtに含まれる。

Figure 3 に、モンバサから各調査地区に向かう主要道路と概略乗車時間を示す。道路網の発達性は良く、モンバサより舗装道路及び未舗装道路を通して、全ての調査地区に、約1.5時間以内

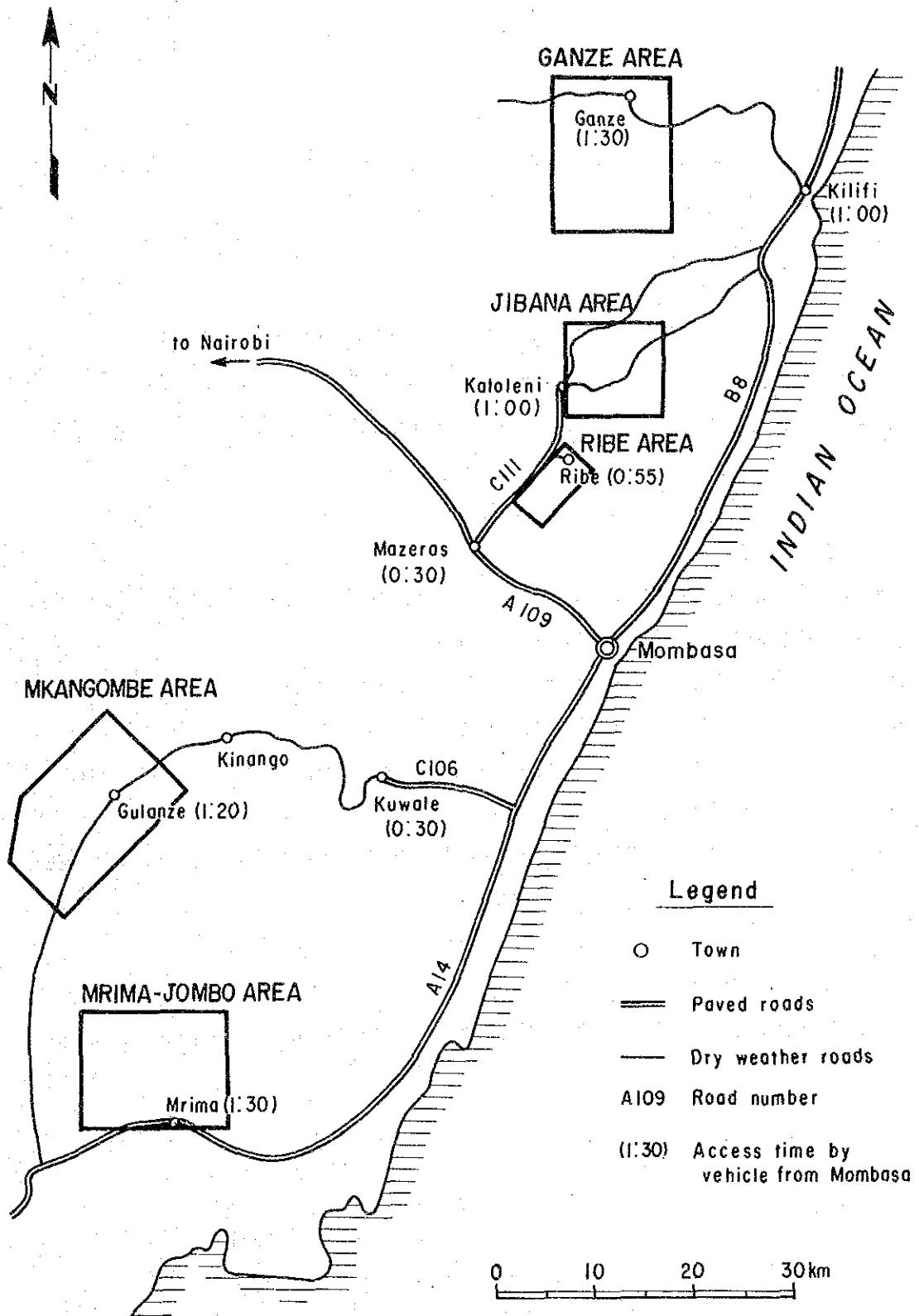


Figure 3 Accessibility of the Survey Areas

で到達することができる。

### 1-3-2 調査目的

第1年次調査結果に基づいて選出された5地区における、地質構造、地化学特性を解明し、鉱床・鉱化帯の賦存状況を把握することを目的とする。

各地区別の主要探査目標は次のとおり。

Ganze, Jibana, Ribe 地区	: Kinagoni型、鉛-亜鉛鉱脈鉱床賦存状況の把握
Mkangombe 地区	: 貴金属及び卑金属鉱脈鉱床賦存状況の把握
Mrima-Jombo 地区	: 貴金属及び卑金属の鉱化作用の捕捉とニオブウム及び希土類 鉱床賦存状況の把握

### 1-3-3 調査方法

地質調査・地化学探査を全地区で、また、トレンチ調査をMkangombe 地区で実施した。

調査内容及び数量をTable 1～Table 3 に示す。

地質調査は1/50,000地形図を拡大した1/10,000地形図を用いて行われ、その結果を1/50,000地質図としてまとめた。地化学探査は地質踏査に並行して実施され、B層土壌が採取された。試料採取間隔は、主要構造を横断する方向で約300m、平行する方向で約350～400mである。土壌試料は、現地で天日乾燥後-80メッシュに篩別し、分析用試料とした。トレンチ調査は、Mkangombe 地区の卑金属石英脈鉱徴に対して、脈の連続性の確認や鉱石転石分布地の露頭確認を目的として、追加実施された。

### 1-3-4 調査団の編成

本年次調査に対する計画及び折衝、現地調査への参加者をTable 4,5 に示す。

Table 1 Amount of Geological and Geochemical Works

Name of Area	Area Surveyed (Km <sup>2</sup> )	Survey length Surveyed (km)	Number of Soil Sample collected
Ganze	192	140.0	451
Jibana	100	80.8	260
Ribe	32	29.6	82
Mkangombe	196	147.0	452
Mrima-Jombo	100	88.9	262
<b>Total</b>	<b>620</b>	<b>486.3</b>	<b>1,507</b>

Table 2 Amount of Trenching Work

Location	Number of trenches	Total length of trenches
Mkangombe-North	4	50 m

Table 3 Amount of Laboratory Works

Mode of analysis	Amount
1. Microscopic observation of rocks in thin section	30
2. Microscopic observation of ores in polished section	10
3. X-ray diffractometer analysis	30
4. Chemical analysis	
(a) Ore (Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Mn, Fe, S)	31
(b) Soil-1 (Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Mn, Ba, Fe, As, Hg, S)	1,245
(c) Soil-2 (Au, Ba, Sr, Nb, Y, U, Th, La, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Yb, Lu, Cu, Pb, Zn, Fe, Mn, P)	262

\* Soil-1 is applied for Ganze, Jibana, Ribe and Mkangombe Area

\* Soil-2 is applied for Mrima-Jombo Area

Table 4 調査計画及び折衝

日 本 側	ケニア共和国側
山口洋一 金属鉱業事業団	E. M. Masale 環境天然資源省
小山恭一 "	C. Y. O. Owayo 鉱山地質局
両角春寿 "	J. K. Wachira "
山本恭久 金属鉱業事業団ナイロビ事務所	F. K. Muruga "
岡本信行 国際協力事業団	
境 勝一郎 国際協力事業団ケニア事務所	

Table 5 現地調査団

日 本 側	ケニア共和国側
滝川昭(団長) 住鉱コンサルタント(株)	I. K. Githinji (Co-Leader前任) 鉱山地質局
広川徹(団員) "	S. S. Hussein (Co-Leader後任) "
佐々木孝雄( " ) "	M. N. Mwangi (団員) "
	T. N. Ndola ( " ) "
	M. Masibo ( " ) "
	M. Gikuhi ( " ) "

## 1-3-5 調査期間

現地調査団の日程の概略は次のとおり。

移動, 表敬, 打合せ	平成3年 8月 6日～	平成3年 8月12日
巡検及び調査準備	平成3年 8月13日～	平成3年 8月15日
Ganze, Jibana, Ribe 地区調査	平成3年 8月16日～	平成3年 9月 2日
Mkangombe, Mrima-Jombo地区調査	平成3年 9月 5日～	平成3年 9月20日
整理作業, 打合せ及び移動	平成3年 9月21日～	平成3年 9月30日
試錐機材点検及び試錐地点視察	平成3年10月 1日～	平成3年10月 6日
中間報告及び帰国挨拶	平成3年10月 3日及び	平成3年10月 7日
移 動	平成3年10月 8日～	平成3年10月11日



## 第2章 調査地域の地理

### 2-1 地形及び水系

各地区別に記す。

Ganze 地区： 標高150m以上の起伏の乏しい丘陵地地形を示す。地区内の最高地点は標高280.8mである。地区内の水系の大部分は、Ndzovuni川水系に含まれる。同川本流は、地区南端部付近を東流し、Kambe 石灰岩層を横断する辺りでは明瞭な谷地形を示している。

Jibana地区： 地区南東部のMtomkuu 層分布地域は、標高約50～150mの丘陵地を構成し、それ以外の地域は、やや起伏の多い標高約 150～300 mの丘陵性山地となっている。地区内最高点は標高309.6 mである。地区内水系の大部分はMtomkuu 川水系に属し、南または南東方向へ流下するものが多い。

Ribe地区： 標高約50～200 mの丘陵性山地地形を示す。地区北半部は主にTsalu 川の水系に、南半部はKombeni 川の水系に属する。Kombeni 川本流は地区西端部付近を蛇行して南流しており、明瞭な谷地形を形成している。

Mkangombe 地区： 標高約150 ～250 mの起伏の乏しい丘陵地地形を呈す。水系は、北部がDuma川水系に、南東部がMbadzi川水系に、南西部がRamisi川水系に属する。本地区の河川は、乾季には水流がほとんど見られなくなる。

Mrima-Jombo 地区： 標高約50～150 mの丘陵地地形部と、その中に明瞭な孤立丘として突出するMrima Hill, Jombo Hill, Kiruku Hill などからなる。地区内最高点は、Jombo Hillの標高462.3 mである。水系の発達が悪く、明瞭な河川としては地区北端部付近を東流するRamisi川がみられるのみである。

## 2-2 気候及び植生

ケニア海岸地方の月平均最高気温、月平均最低気温及び月平均降雨量をTable 6 に示す。

Table 6 月平均気温及び月平均降水量

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
平均最高温度 (°C)	32	32	33	31	29	29	28	28	29	30	31	32
平均最低温度 (°C)	23	24	24	24	23	21	21	21	21	22	23	24
平均降雨量 (mm)	17	10	30	108	149	54	34	47	46	62	66	32

北部3地区及びMrima-Jombo地区は高温多湿の条件下にあって、かつては森林に被われていたとみられるが、現在、森林の耕地化が進んでおり、ココナツ、カシューナツ、トウモロコシ、マンゴー、稲などの栽培が盛んである。Mrima Hill, Jombo Hillには濃密な熱帯性森林が保存されている。Mkangombe地区は、半乾燥気候下にあり、アカシア属の低木やサボテン、棘の密生した小木等がブッシュを形成している。耕地化されたところでは、主としてトウモロコシが栽培されている。

### 第3章 一般地質

本プロジェクト地域の概略地質図をFigure 4に、また、地質模式層序図をFigure 5に示す。

当地域の地質は、先カンブリア紀から第四紀にかけての地層からなり、堆積岩類、火成岩類、変成岩類及び未固結堆積物によって構成される。主要な地層単元は、モンバサ地域の北西地区に分布するモザンビーク系、モンバサ地域の大半を占める古生界及び中生界、海岸地帯の第三系とそれより若い堆積物である。

モザンビーク系は片麻岩及び片岩からなる変成岩類を主としている。二畳紀の古生界は、本地域西部に分布している。この古生界及びその上位にのる三畳系は一連のグリット、砂岩及び頁岩からなる。一方、ジュラ系 (Kambe 層及びMtomkuu 層) は海成石灰岩及び頁岩からなる。本地区の二畳系～三畳系 (Druma 層群; Taru層, Maji-ya-Chumvi層, Mariakani 層及びMazeras 層下部層) は南アフリカのカルー系に対比されるが、他の地域のそれと比較して一般により細粒であり、他の地域のカルー系を特徴づける堆積盆縁辺部での構造運動に起因して繰り返し現れる粗粒堆積物が欠如している。層相変化は西から東に向かっての変化よりも南西から北東への変化の方が顕著である。非火山性の第三系及び更新世の堆積物は沿岸部に分布している。海岸に沿う隆起珊瑚礁は更新世のものである。

本地域の古生代及び中生代堆積物中の貫入岩類は少数である。Jombo Hill及び近隣の丘陵で見出される貫入岩類はアルカリ岩であるが、Mrima Hillにはカーボナタイトが貫入している。

海岸と平行な断層がNNE-SSW からNE-SW の方向に発達している。これらのうち、主要なものは、Mazeras 砂岩とKambe 石灰岩との境界をなし、海岸に沿って長く伸びている。この主要断層を横断して別のトレンドの断層及び断裂も良く発達し、それらの多くは主断層より若い。

Kinangoni 鉱床に代表される鉛-亜鉛-重晶石の鉱化は、NNE-SSW からNE-SW 方向の断層に規制されており、この種の鉱化は、鉛、亜鉛、重晶石及び関連元素の主要な地化学異常と同様に、この海岸に平行な主要断層の近傍に出現している。Mkangombe North 鉱徴は、断層規制を受けた銅-鉛-亜鉛石英脈からなり、NNE-SSW 方向に伸長する。

各地区別の地質図としてGanze, Jibana, Ribe の北部3地区の地質図及び断面図を別添図PL. 1に、Mkangombe, Mrima-Jombo の南部2地区の地質図及び断面図を別添図PL. 2に示す。

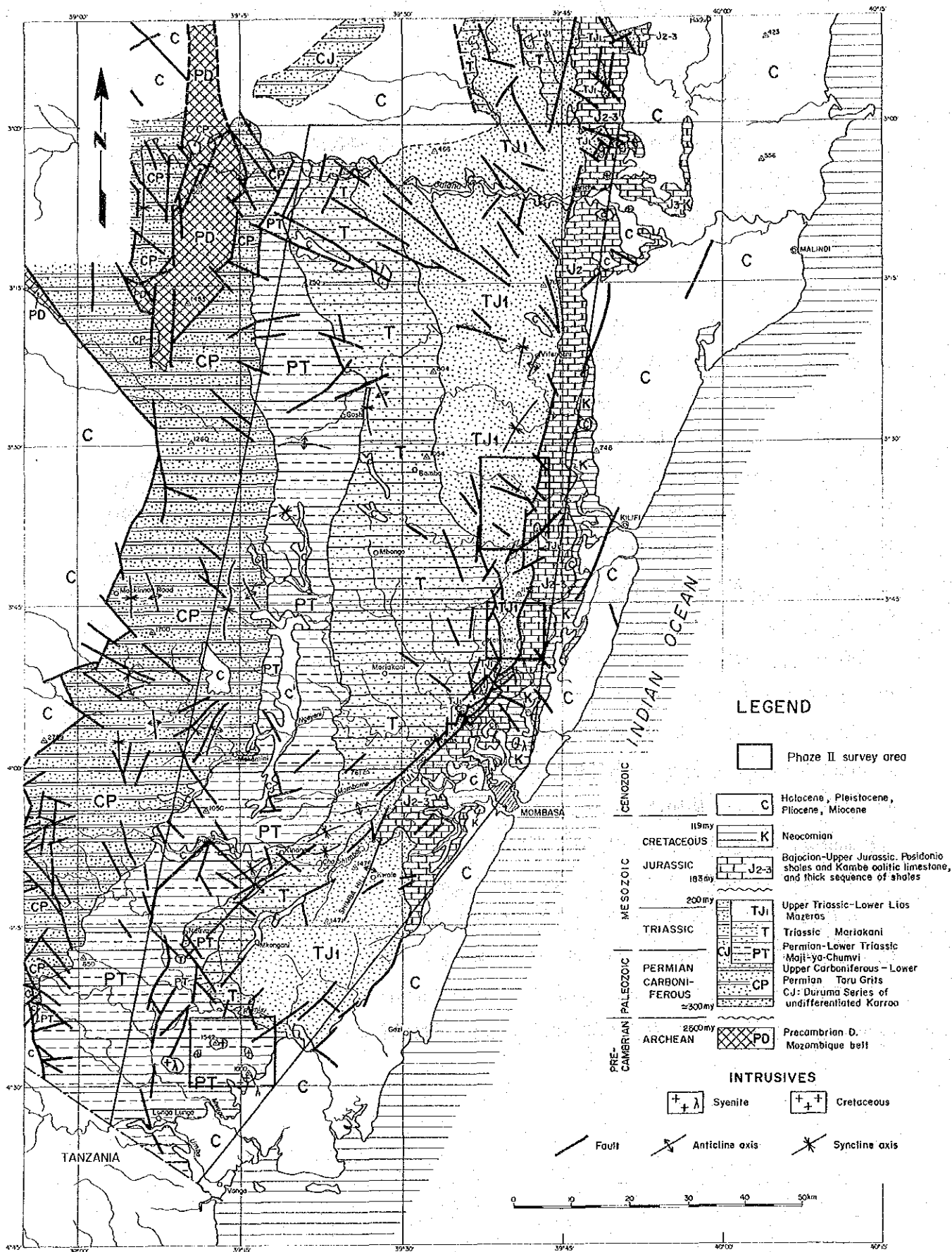


Figure 4 Generalized Geological Map of the Mombasa Area

ERA	PERIOD/SUB-PERIOD	AGE (Ma)	LITHOLOGY	STRATIGRAPHY	TECTONIC EVENTS	MINERAL OCCURRENCES	
Ceno- zoic	Quater- nary	Holocene	0.01	alluvium colluvium dune sands reef			
		Pleisto- cene	1.64	sands	Magarini Fm.	Faulting	
	Neo- gene	Pliocene		ss. (sh/marl)	Marafa Fm.		
		Miocene		ss. (ls/sh)	Baratum Fm.		
	Fertiary	Oligocene	23.5				
		Eocene Paleocene	65				
	Meso- zoic	Creta- ceous	Senonian	89 119			Alkaline igneous intrusion
			Gallic	132	sh. (ls) sh. (ss) sh/ss/ls	Mtonkuu Fm.	Faulting
			Neocomian	146			
		Jurassic	Malm	157			
Dogger			178	ls. (sh)	Kambe Fm.		
Lias			183				
Triassic		Tr3	20				
		Tr2	208	ss(cs.gd)	Mazeras Fm.		
		Scythian	245	ss, sh	Mariakani Fm.		
Paleo- zoic		Permian	Zechstein		sh, silt st	Maji-ya- Chumvi Fm.	Subsidence
	Rotliegen. Pennsylv.		290		Druma Group (Karoo)		
	Carbon- iferous	300	grits	Taru Fm.			
	Devonian	362.5			Initial faulting		
	Silurian	408.5					
Precam- brian	Protero- zoic	Ordovician	439.0				
		Cambrian	510				
		Archean	570				
		2,500					
			gneisses schists etc.	Mozambique Belt	Mozam- biquian orogeny		

Figure 5 Geological sequence of the Mombasa area

## 第4章 調査結果の総合検討

### 4-1 地質構造、鉱化作用の特性と鉱化規制

北部3地区の鉱徴地の分布を別添図PL.5に、南部2地区のそれを別添図PL.6に示す。

調査地域内の鉱徴は次の3種に分類できる。

- ①金、銀を伴う卑金属鉱脈鉱床
- ②ニオブウム及び希土類鉱床
- ③鉄及びマンガンを含有する鉱徴

卑金属鉱脈鉱床は、Kinagoni鉱床を代表とする鉛-亜鉛-重晶石鉱脈とMkangombe North 鉱徴にみられる銅-鉛-亜鉛-石英鉱脈に区分され、いずれも海岸線に略平行したNNE-SSW からNE-SW 方向の断層(帯)によって明瞭に規制されている。熱水変質は、前者で顕著であるが後者では不明瞭である。関係火成岩は、前者では明らかではないが、後者ではランプロファイア-岩脈の可能性はある。

Mrima Hillにはカーボナタイトが貫入しており、付近にはマンガン鉱物、パイロクロア及び希土類の鉱化が認められている。Mrima Hillでの希土類酸化物は、パイロクロアと共にモナズ石やゴルサイクサイトを伴っており、カーボナタイトからもたらされた残留土壤中にそれらが濃集している。また、今年度地化学探査の結果、ニオブウム・希土類の鉱化はMrima HillだけでなくKiruku Hill に分布するアグロメレートにも伴われている可能性が示唆された。

### 4-2 鉱床賦存のポテンシャル

卑金属鉱脈鉱床では、Ribe地区及びMkangombe 地区のポテンシャルが高い。特にRibe地区では、新規鉱化帯(Ribe鉱化帯)が発見され、地区外近傍では高次の探査に至っていない鉱化帯(Chiume Hill 鉱化帯)が確認され、また、鉱化作用を規制する断層の発達も著しいことから、Ribe地区では鉱床賦存の可能性が高い。Mkangombe 地区では、Mkangombe North 銅-鉛-亜鉛-石英脈鉱徴を包含するN45°E 方向の地帯に、新たに石英脈の露頭及び転石が多数発見され、石英脈鉱化帯の存在が推定された。

ニオブウム・希土類鉱化作用のポテンシャルは、Mrima-Jambo 地区に限られる。今回の地化学探査結果は、この鉱化作用がMrima HillだけでなくKiruku Hill のアグロメレートにも伴われている可能性を示唆しており、鉱床賦存のポテンシャルが拡大された。Nguluku のアグロメレート岩体についても同様の鉱化の存在が期待され得る。また、Mrima Hill北方約3Km のフェン岩化岩体は、岩体下部にカーボナタイト潜頭岩体の存在を示している可能性がある。

#### 4-3 地化学異常と鉍化作用の関係

北部3地区の地化学異常の分布を別添図PL. 7, PL. 8 に、南部2地区の地化学異常の分布を別添図PL. 9から別添図PL. 12 に示す。また、北部3地区の調査結果総括図を別添図PL. 13 に、南部2地区の調査結果総括図を別添図PL. 14 に示す。

Figure6 からFigure10には各地区別の調査結果総括図を示す。

鉛-亜鉛-重晶石鉍脈鉍化作用を反映した地化学異常として、Jibana地区のJibana鉍化帯ではPb異常が、Ribe地区のChangombe North 鉍化帯及び同South 鉍化帯ではAg, Pb, Zn異常が抽出された。これらの地化学異常は小規模、散点状であるが、既知鉍化帯の一部を反映した分布を示す。

Jibana地区ではBa, Sの南北に伸長した異常帯が抽出されたが、鉍化作用との関係は不明である。

Mkangombe 地区の地化学異常は散点状であり、石英脈の露頭または転石の近くでCu, Zn の異常がみられる程度である。

ニオブウム・希土類鉍化作用は、Mrima-Jombo 地区でのCuを除く全分析元素の地化学異常として抽出された。地化学異常は、Mrima Hill周辺の他、Kiruku Hill のアグロメレート分布地にみられ、同鉍化作用がKiruku Hill にも行なわれている可能性が示唆された。鉍化作用に無関係とみられる地化学異常帯として、Mtomkuu 層分布地のCu異常帯、Kambe 層分布地のFe, Mn, Pb, Zn 異常帯がある。前者は銅含有量の高い頁岩層の分布を反映したもので、後者は石灰岩風化土壤中の鉄質コンクリーション形成に伴う元素濃集を反映したものとみられる。

## 第5章 結論及び提言

### 5-1 結論

第2年次調査の結論は次のとおり。

#### (1) Ganze 地区

地質調査及び地化学探査の結果によれば、本地区には、更に高次の探鉱を考慮すべき明瞭な鉱化示徴は認められなかった。

#### (2) Jibana地区

断続した“焼け”及び弱変質砂岩からなるJibana鉱化帯（幅約100m、延長約2Km）が確認された。“焼け”部からの4試料の化学分析結果では、貴金属及び卑金属の目立った濃集はみられなかった。

地化学探査の結果、Jibana鉱化帯の一部に鉱化を反映したとみられるPb異常（84～142ppm）が抽出された。このほかにKambe層石灰岩地帯の鉄質コングリーションに伴われて濃集したと見られるPb、Znの異常、Mtomkuu層中の銅含有量の高い頁岩を反映したとみられるCu異常、Mazeras層中部層砂岩中の南北に伸びたBa、Sの重複した異常などが抽出されたが、前二者は鉱化作用を直接反映するものではなく、また、後者については鉱化作用との関係は明らかではない。

#### (3) Ribe 地区

Ribe地区近傍には、現在稼行中のKinagoni鉛鉱床やChiume Hill鉱化帯などの鉱床・鉱徴が分布し、地区内にはChangombe North及び同South鉱徴が分布する。一方、本地区は地質構造的に断層が著しく発達しており、鉱脈型鉱床が胚胎するのに好ましい場を提供している。これらの既知鉱床・鉱徴の分布や地質構造的な特徴から、Ribe地区は鉱床賦存可能性の非常に高い地域であると判断される。これを裏付けるかのように、今回の調査の結果Ribe鉱化帯が発見された。

Ribe鉱化帯の変質岩試料の化学分析結果は、概して有用金属の高い濃集を示さないが、地表での風化溶脱に起因する可能性がある。

地化学探査では、Changombe North及びSouth鉱徴を反映するAg(0.2～3.3ppm)、Pb(88～718ppm)、Zn(766ppm)の異常が抽出された。

#### (4) Mkangombe地区

Mkangombe North鉱徴は断層規制を受けた銅-鉛-亜鉛-石英脈鉱徴である。鉱脈の走向・傾斜はN25°～30°E・55°～70°SEで、走向延長300m以上、幅20cm～1.5m以上を示す。本鉱徴で



の貴金属の濃集は今回確認されていない。

Mkangombe North 鉱徴と同South 鉱徴を結ぶ N45° E方向の地帯には、石英脈の露頭や転石が多数分布し、延長10km以上に達する石英脈鉱化帯が形成されている。

地化学異常は散点状で、鉱化帯を直接反映したような異常帯は抽出されなかった。これは、鉱化による母岩の変質が局所的であること、及び土壌試料採取間隔が広いことに起因すると考えられる。

#### (5)Mrima-Jombo地区

貴金属及び卑金属鉱化作用の地表徴候は確認されず、また、Au, Pb, Znの地化学異常もカーボナタイト、アグロメレート岩体の分布を反映したものとみられることから、本地区での貴金属及び卑金属鉱床の賦存可能性は低いと考えられる。

ニオブウム・希土類鉱化作用については、Mrima Hillの他、Kiruku Hill にも地化学異常が認められ、同鉱化作用がKiruku Hill にも行なわれている可能性が示唆された。Kiruku Hill と同様の地質が分布するNguluku にも同鉱化が期待され得る。また、Mrima Hill北方のフェン岩化岩体は、岩体下部に潜頭カーボナタイトが存在している可能性を示している。

### 5-2 提 言

上述の結論から今後の調査として、下記の調査を提案する。

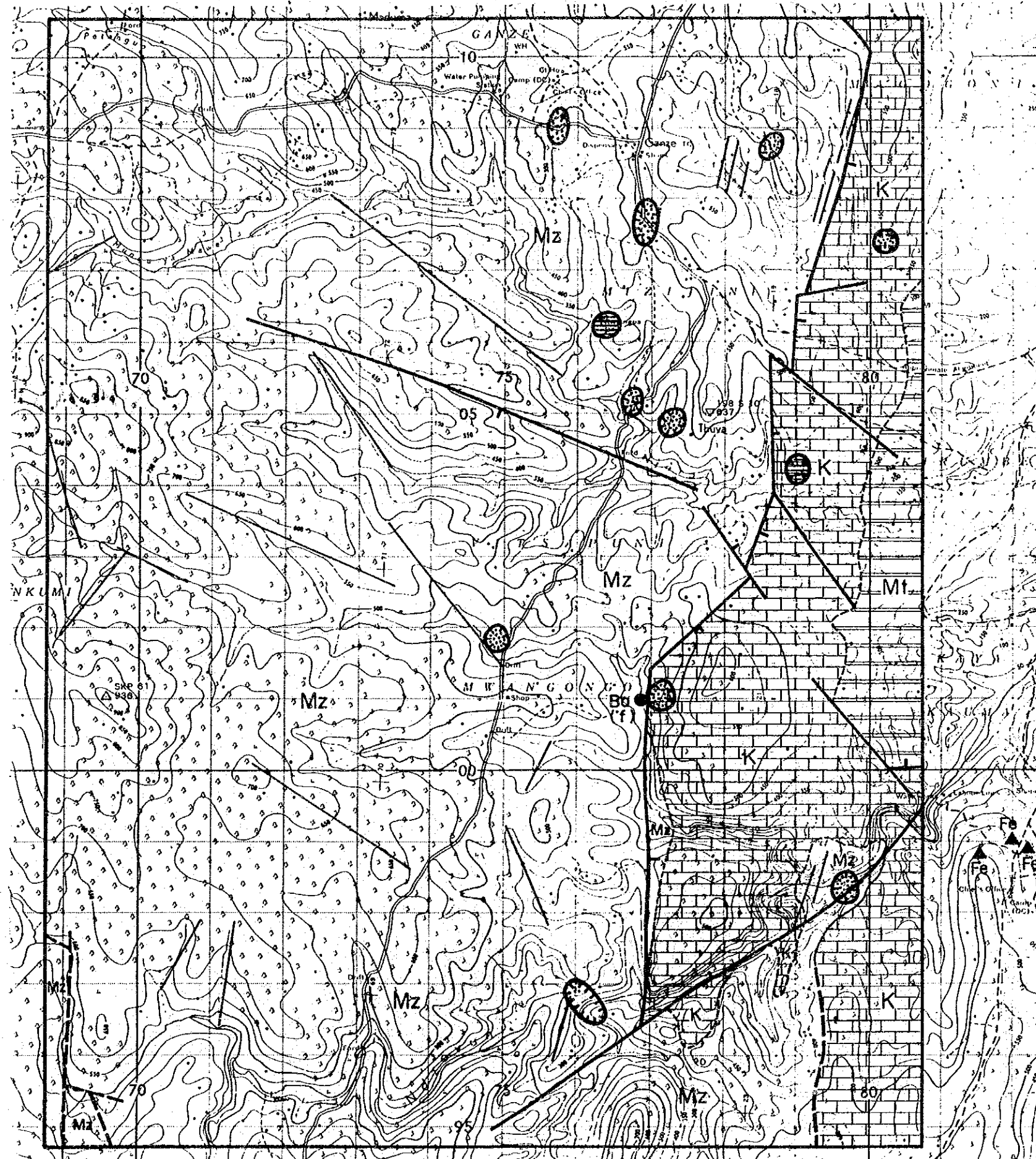
(1) Ganze, Jibana, Ribe の北部三地区では、Jibana鉱化帯からKinagoni鉱山を経てChangombe 鉱徴に至る地帯に、鉱床賦存の可能性が最も高い。この地帯のうち、明瞭な鉱化変質がみられるRibe鉱化帯やChiume Hill 鉱化帯では既往調査によりボーリング調査が実施されていないこともあり、ボーリング調査を実施して深部の鉱況を把握することが望まれる。なお、ボーリングの位置選定のために、事前に地質精査を行なうことも望まれる。

本地帯での新規鉱床の発見は、Kinagoni鉱山の施設及び技術者の活用やまた同鉱山の延命につながることから、地域経済への貢献に大きく寄与するものと考えられる。したがって、本地帯は今年度調査地区の中で探鉱に最も力を注ぐべき地帯と言えよう。

(2) Mkangombe 地区では、石英脈鉱化帯のうち鉱況が最も優勢で、地表部の鉱況が明らかにされているMkangombe North 鉱徴について、その深部の鉱況を確認するためのボーリング調査が望まれる。

(3) Mrima-Jombo 地区では、Kiruku Hill のニオブウム・希土類地化学異常について、その水平

的、垂直的広がりや鉱況を確認するための地質・地化学精査（トレンチを含む）が望まれる。また、Kiruku Hill と同様の地質を有するNguluku アグロメレート岩体についても、同様の調査の実施が望まれる。



### LEGEND

- ⊗ Active mine (Kinagoni mine)
- Gossan
- Ba Barite (f : float)
- ▲Fe Iron concretion

- Ml Mtomkuu formation
- K Kambe formation
- Mz Mazeras formation
- Mk Marlakanl formation

- Fault, known and inferred
- Photo lineament
- ~ Breccia, shear zone
- - - Geological boundary

### Geochemical Anomaly

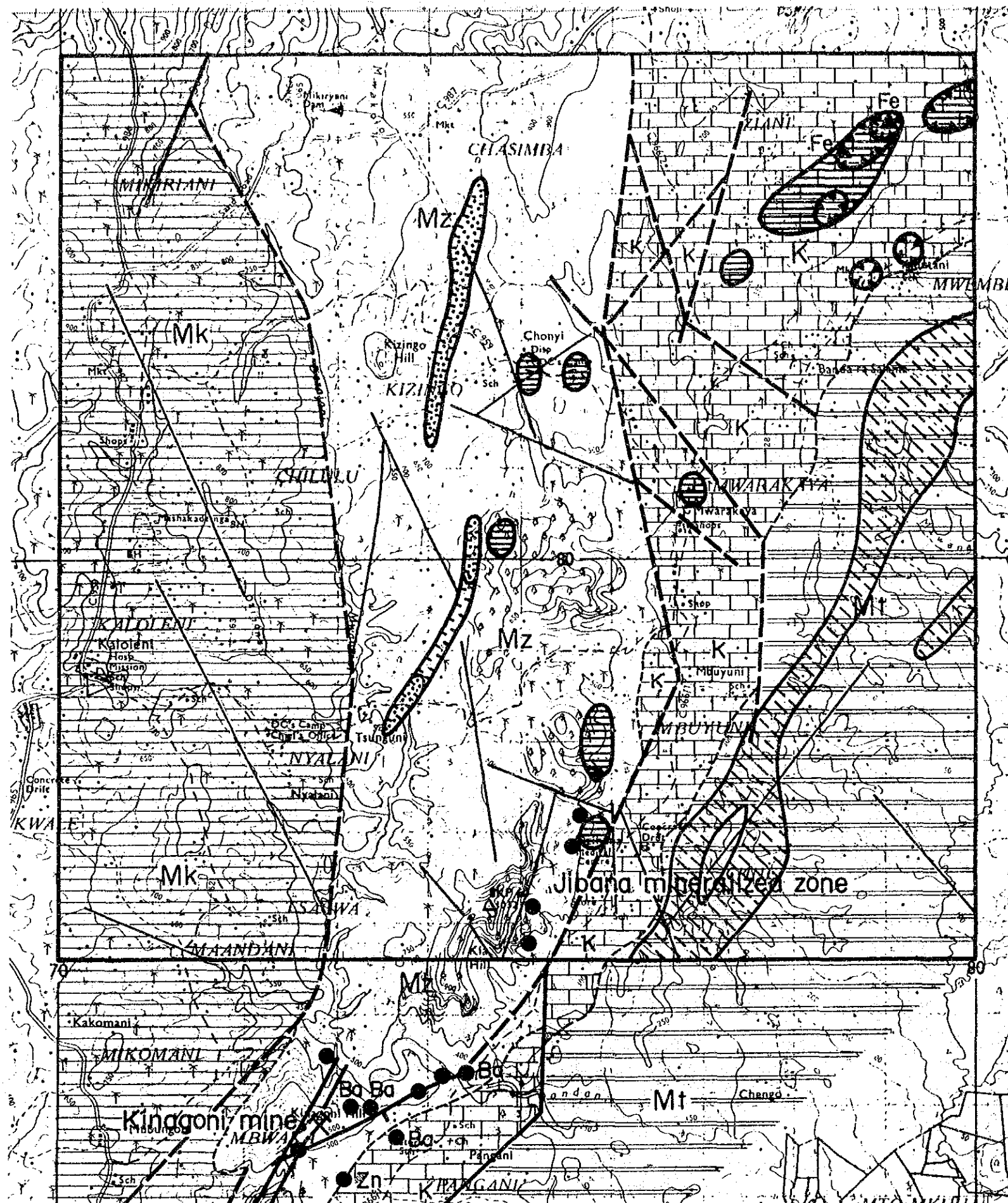
Element	Anomaly	Threshold
Ag		≥ 0.2 ppm
Pb		≥ 80 ppm
Zn		≥ 600 ppm
Ba		≥ 1100 ppm
S		≥ 0.025 %



Figure 6 Interpretation Map of the Phase II Survey Results (1), Ganze Area







LEGEND

- ⌘ Active mine (Kinagoni mine)
- Gossan
- Ba Barite (f : float)
- ▲Fe Iron concretion
- Mt Mtomkuu formation
- K Kambe formation
- Mz Mazeras formation
- Mk Mariakani formation
- Fault, known and inferred
- Photo lineament
- ~ Breccia, shear zone
- - - Geological boundary

Geochemical Anomaly

Element	Anomaly	Threshold
Ag	⊘	≥ 0.2 ppm
Cu	⊘	≥ 66 ppm
Pb	⊘	≥ 80 ppm
Zn	⊘	≥ 600 ppm
Ba	⊘	≥ 1100 ppm
S	⊘	≥ 0.025 %

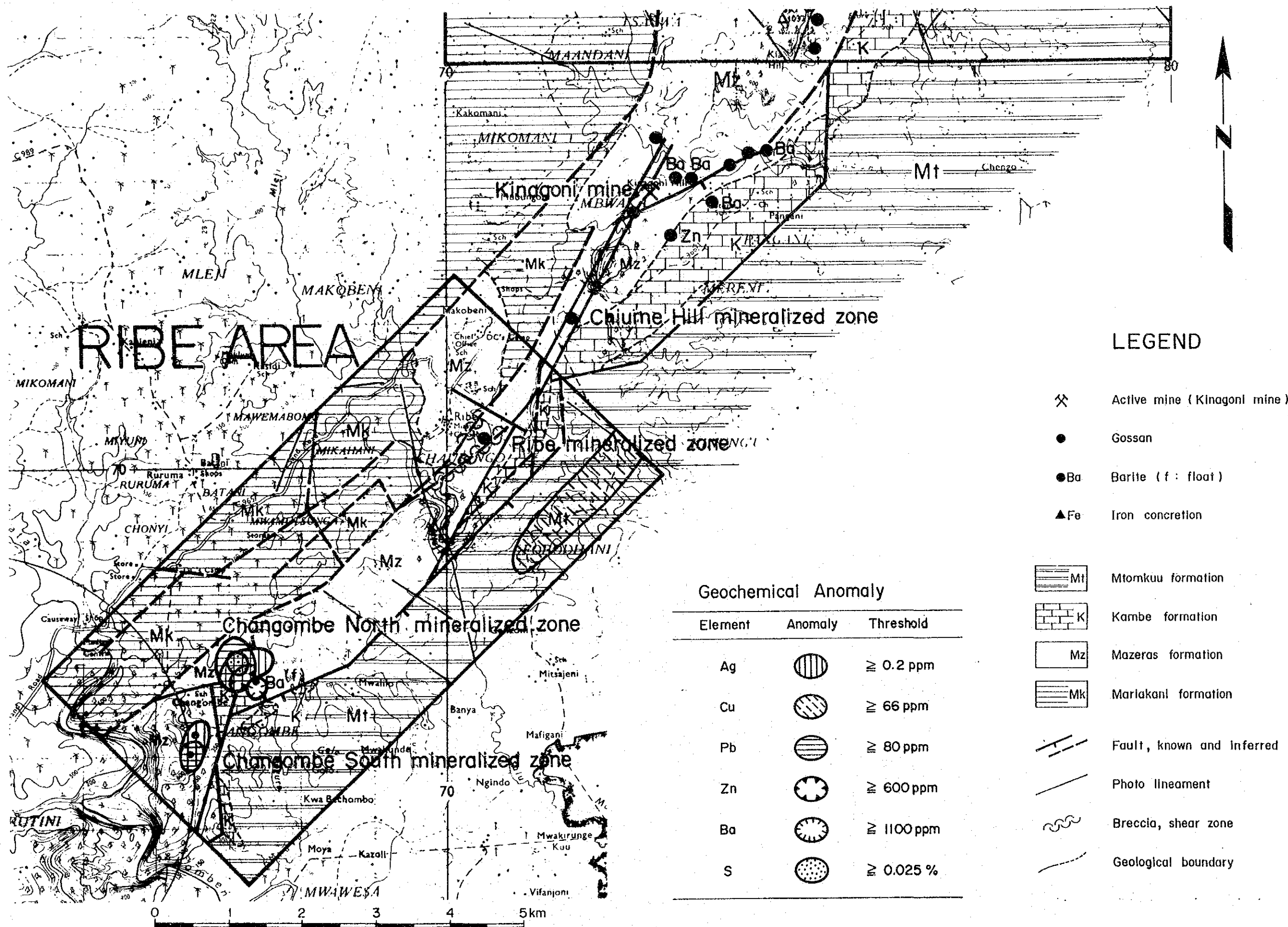


Figure 7 Interpretation Map of the Phase II Survey Results (2), Jibana Area









Geochemical Anomaly

Element	Anomaly	Threshold
Ag		≧ 0.2 ppm
Cu		≧ 66 ppm
Pb		≧ 80 ppm
Zn		≧ 600 ppm
Ba		≧ 1100 ppm
S		≧ 0.025 %

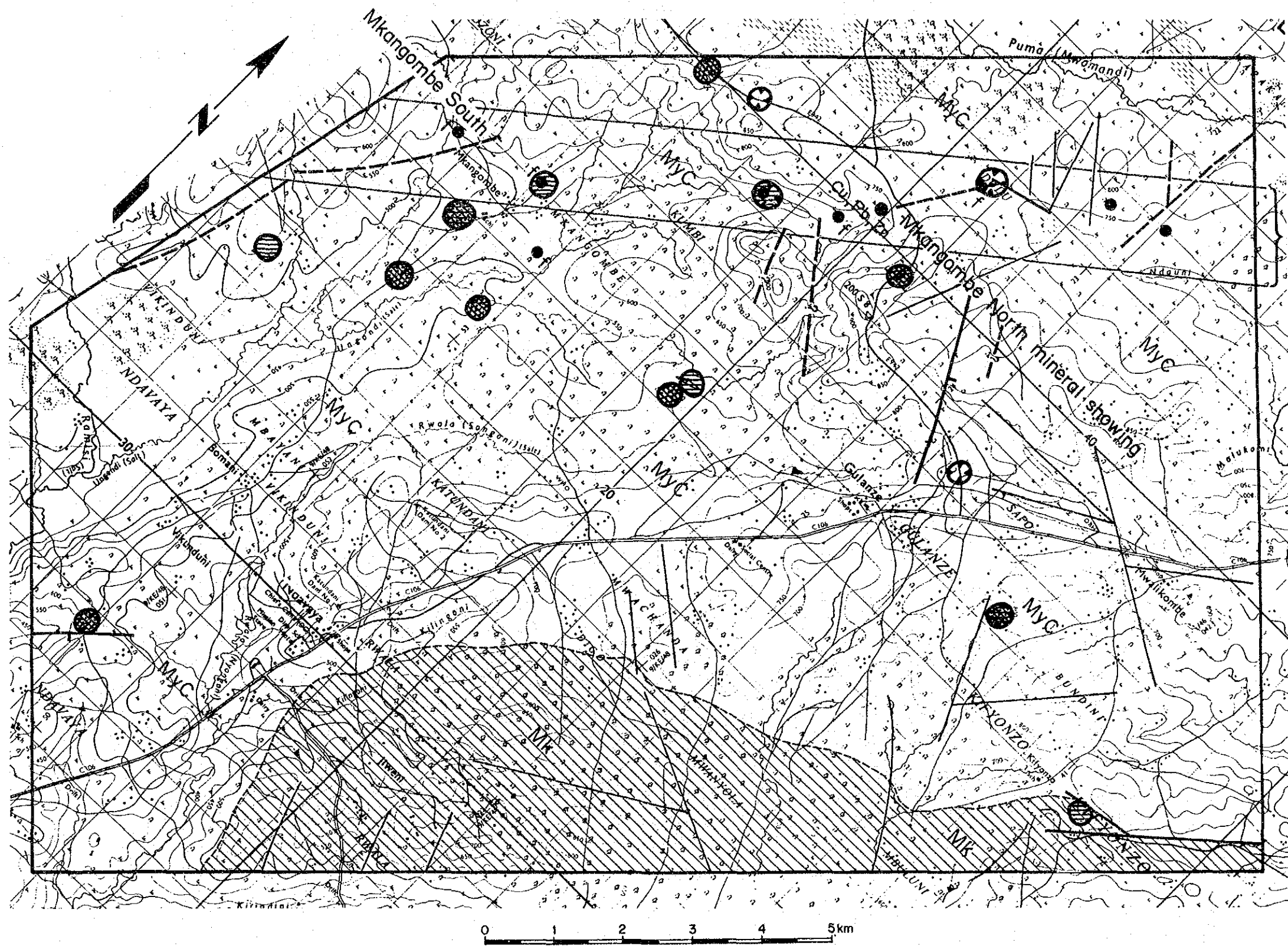
LEGEND

- Active mine (Kinagoni mine)
- Gossan
- Barite (f: float)
- Iron concretion
- Mt Mtomkuu formation
- K Kambe formation
- Mz Mazeras formation
- Mk Mariakani formation
- Fault, known and inferred
- Photo lineament
- Breccia, shear zone
- Geological boundary

Figure 8 Interpretation Map of the Phase II Survey Results (3), Ribe Area







Mkangombe  
Quartz Vein Zone

LEGEND

- Quartz vein (f : float)
- Cu,Pb,Zn Metalliferous quartz vein
- Mk Mariakani formation
- MyC Maji-ya-Chumvi formation
- Igneous Rocks
  - ◊ Lamprophyric dyke
  - Fault, known and inferred
  - Photo lineament
  - Geological boundary

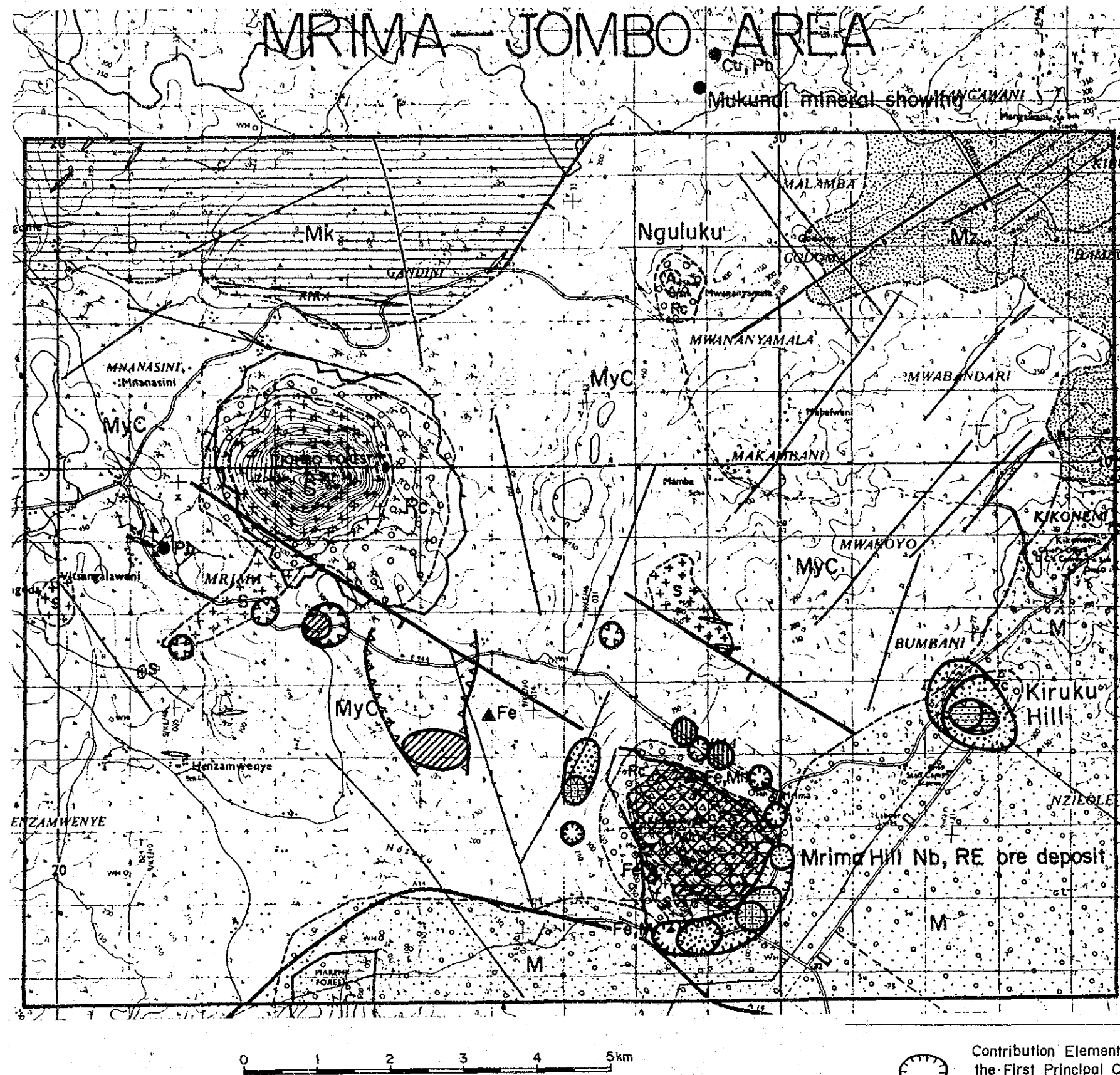
Geochemical Anomaly

Element	Anomaly	Threshold
Cu	◊	≥ 31 ppm
Pb	●	≥ 8 ppm
Zn	⊛	≥ 80 ppm

Figure 9 Interpretation Map of the Phase II Survey Results (4), Mkangombe Area







LEGEND

- Quartz vein ( f : float )
- Cu,Pb,Zn Metalliferous quartz vein
- ▲ Fe,Mn Iron-Manganese concretion
- ✕ Fe Abandoned Iron Mine
- ⊗ Niobium, rare earth elements mineralization accompanied with carbonatite
- Rc Colluvium and residual soils
- M Magarini formation
- Mz Mazeras formation
- Mk Mariakani formation
- MyC Maji-ya-Chumvi formation
- Igneous Rocks
- A Agglomerate
- C Carbonatite
- S Alkaline holocrystalline rock
- Lamprophyric dyke
- Fault, known and inferred
- Photo lineament
- Geological boundary

Geochemical Anomaly

Element	Anomaly	Threshold
Au	⊙	≥ 10 ppb
Cu	⊘	≥ 120 ppm
Pb	⊚	≥ 100 ppm
Fe	⊛	≥ 10 %
U	⊜	≥ 10 ppm

⊙ Contribution Elements of the First Principal Component ( Factor loading ≥ 0.834 )  
 Ba, Mn, P, Sr, Zn, Nb, Y, Ce, Eu, La, Lu, Nd, Sm, Tb, Th, Yb

Figure 10 Interpretation Map of the Phase II Survey Results (5), Mrima-Jombo Area

