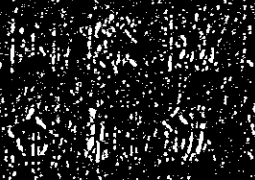


中國經濟地理

中國經濟地理



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

総括報告書

JICA LIBRARY



1103139101

24691

平成 5 年 3 月

国際協力事業団
金属鉱業事業団

国際協力事業団

24691

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年度から平成4年度までの3カ年にわたって実施され、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、3年間の調査結果をとりまとめたものである。

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位の方々に衷心より感謝の意を表するものである。

平成5年3月

国際協力事業団
総 裁

柳 谷 謙 介

金属鉱業事業団
理 事 長

石 川 丘

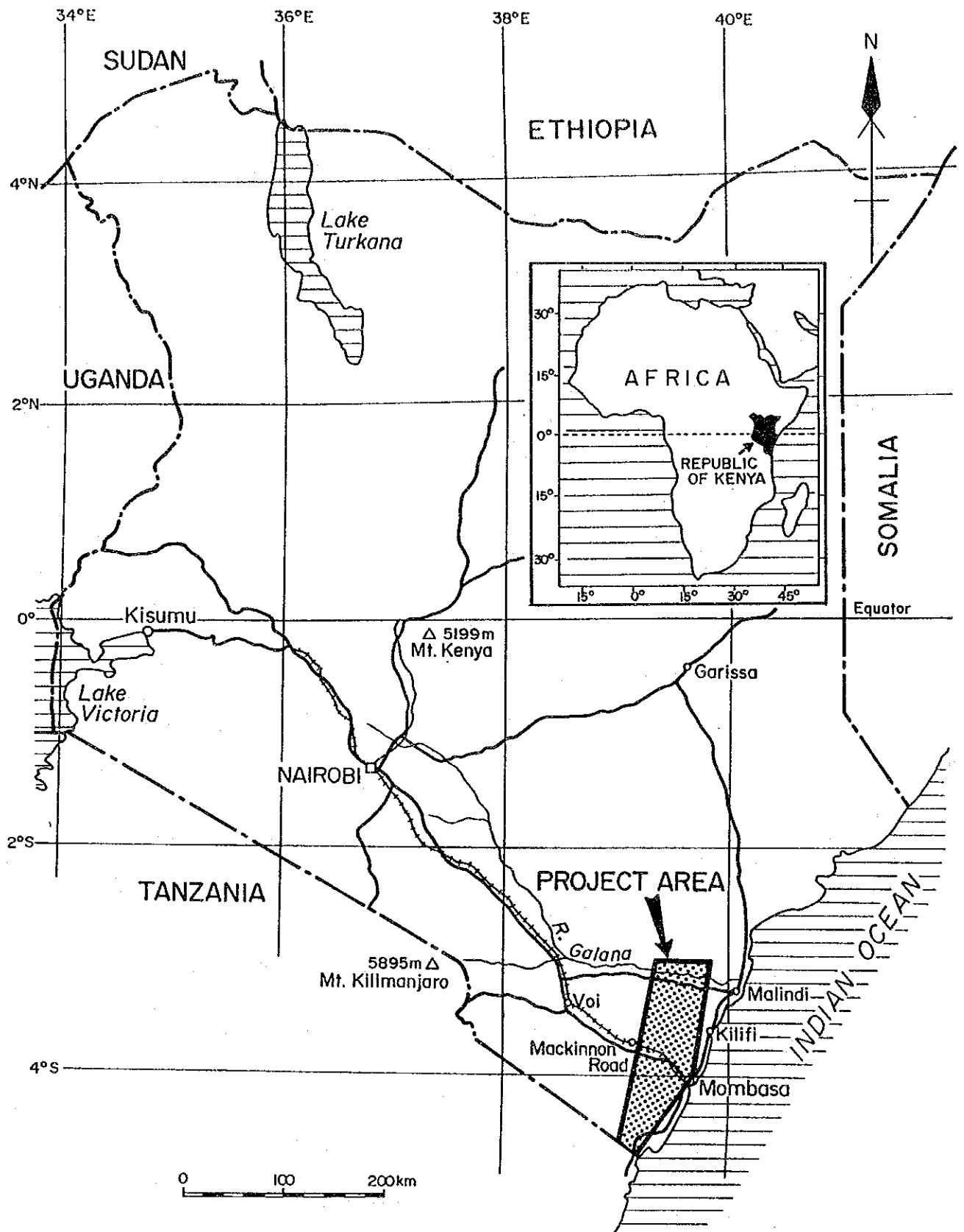


Figure 1 Index Map of Kenya Showing Location of the Mombasa Area

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は、面積9,000 km² の地域で平成2年から平成4年に至る3カ年間にわたって実施された。

本調査の目的は、同地域において地質状況及び鉱床賦存状況を解明することにより、新鉱床を発見すること、及び調査の実施を通じて相手国機関に技術移転を図ることにある。

各年次の調査内要は次のとおりである。

第1年次：既存資料調査、地質調査及び地化学探査（概査）を実施。調査対象面積9,000 km²。

第2年次：5地区、面積計 620km² に対する地質調査及び地化学探査（準精査）を実施。

第3年次：2区域、面積計 6km² に対する地化学探査（精査）、及び3地区4鉱徴に対するボーリング調査（9孔、計1,250m）を実施。

第1年次調査の結果、Ganze, Jibana, Ribe, Mkangombe, Mrima-Jombo の5準精査地区が抽出された。第2年次調査ではJibana地区Jibana鉱化帯の確認、Ribe地区Ribe鉱化帯の発見、Mkangombe地区Mkangombe North 卑金属石英脈鉱徴の地表状況確認、Mrima-Jombo 地区Kiruku Hill でのNb, REE 鉱化の新発見などの成果が得られた。第3年次調査では、これらの鉱徴、地化学異常に対するボーリングを主とする調査が実施された。各地区に対する調査結果は次のとおりである。

(1) Ganze 地区（準精査地区）

今後の探鉱対象となるべき鉱徴及び地化学異常は認められなかった。

(2) Jibana 地区（準精査～精査地区、ボーリングを含む）

幅約100m、延長約2kmにわたって断続的に連なるJibana鉱化帯を確認した。地表部の変質岩及び土壌の分析結果では有用金属の目立った濃集はみられない。Jibana鉱化帯中の“焼け”及びPb地化学異常を対象とした3孔のボーリングでも有用金属の濃集を示す徴候は得られず、現時点で探鉱の継続を考えるべき鉱徴はない。

(3) Ribe 地区（準精査～精査地区、ボーリングを含む）

Ribe 地区とその周辺地域は、地質構造の複雑さや、既知鉱床・鉱徴の分布から、鉱床賦存可能性の高い地域として、既知のChiume Hill 鉱化帯に対し1孔、150m、新発見のRibe鉱化帯に対し3孔、計450mのボーリング調査が実施された。結果は以下のとおりである。

Chiume Hill 鉱化帯は、小規模で、下部に連続していないと判断された。

Ribe鉱化帯ボーリングでは、有用鉱物として珪化岩中に重晶石細脈が見られたのみであり、Ribe鉱化帯は不毛珪化帯と判断された。ただし、Ribe, Jibana 両地区における断層や熱水変質の

発達は、地区全体としては鉱床賦存可能性を依然有することを示しており、今後も新たな鉱徴を見出す努力は必要であろう。

(4) Mkangombe地区 (準精査～精査地区、ボーリングを含む)

Mkangombe 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 $N25^{\circ} \sim 30^{\circ} E \cdot 55^{\circ} \sim 70^{\circ} SE$ で、走向延長300m以上、幅20cm-1.5m以上を示す。本鉱徴に対して、2孔、計200mのボーリングが実施された。ボーリング調査の結果、地下深部の鉱況が地表部鉱況より優勢であることが判明し、地下深部での鉱床賦存可能性が高まった。MJKM-8孔の厚さ24cmの閃亜鉛鉱脈は、経済的に開発可能な鉱床が付近に賦存する可能性が小さくないことを示している。

また、Mkangombe North 鉱徴と同South 鉱徴を結ぶ $N45^{\circ} E$ 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。なかでもMkangombe South 鉱徴付近では、銅鉱物を含む石英脈の露頭及び転石が新たに発見され、石英脈鉱化帯内の鉱床賦存可能性が高められた。

今後の調査としては、Mkangombe north 鉱徴の鉱脈全長を対象とした、複数深度での深部鉱況を調査するボーリングが望まれる。石英脈鉱化帯については、精査未実施地域の地質精査が望まれよう。

(5) Mrima-Jombo地区 (準精査～精査地区)

ニオブウム・希土類(Nb, REE)の鉱化作用が、Mrima Hillの既知鉱床のみでなく、Kiruku Hillにも存在することが明らかになった。地化学精査の結果は次のとおりである。

Kiruku Hill 区域では、Nb, REEほかの地化学異常が捕捉された。Kiruku Hill の鉱化は、NW-SEからWNW-ESE 方向の断層に沿って生じた熱水活動による珪化岩帯の形成に伴われて、Nb, REEその他の貴金属、卑金属元素が濃集したものとみなされ、岩石分析結果もこれを支持する。Kiruku HillのNb, REE鉱化は、品位と広がりの中でMrima Hillの鉱床より小規模であるが、これは、珪化岩に伴われたKiruku Hill の鉱化とカーボナタイトに伴われたMrima Hillの鉱化の違いを反映している可能性が高い。Kiruku Hill 区域での、今後の積極的な探鉱の必要性は小さいと考えられる。なお、研究的調査としては、Kiruku Hill 珪化岩中のNb, REE鉱物の存在形態や二次富化の有無を調査しておくことが望ましい。また、珪化作用をもたらした熱水作用について、その分布と地質構造との関係を広域的に調査し、各種の熱水性鉱床の可能性を検討することも、本地区に残された課題の一つであろう。

Nguluku Hill区域では、Nb, REEの地化学異常は得られなかった。

目 次

はしがき
調査地域位置図
要 約

第I部 総 論

第1章 調査概要	1
1-1 調査地域及び調査目的	1
1-2 調査方法及び調査量	1
1-3 調査期間及び調査員	1
第2章 従来 of 調査	8
第3章 モンバサ地域の地質概要	8
第4章 調査地域の状況	9
4-1 交 通	9
4-2 調査環境	10
第5章 結論及び提言	11
5-1 概査地区	11
5-2 準精査～精査地区	11

第Ⅱ部 各 論

第1章 概査地区	17
1-1 地質概説	17
1-2 地質各説	17
1-2-1 Duruma層群	20
1-2-2 ジュラ紀-白亜紀堆積岩	21
1-2-3 新生代堆積物	22
1-2-4 火成岩類	22
1-3 地質構造	23
1-4 地化学探査結果	23
1-5 鉍微地調査結果	24
第2章 準精査~精査地区	30
2-1 Ganze 地区 (準精査)	30
2-1-1 調査方法	30
2-1-2 地質調査結果	30
2-1-3 地化学探査結果 (準精査)	33
2-1-4 鉍化作用	34
2-2 Jibana地区 (準精査及び精査)	38
2-2-1 調査方法	38
2-2-2 地質調査結果	38
2-2-3 地化学探査結果 (準精査)	41
2-2-4 鉍化作用及びボーリング調査結果	42
2-3 Ribe地区 (準精査及び精査)	49
2-3-1 調査方法	49
2-3-2 地質調査結果	49
2-3-3 地化学探査結果 (準精査)	50
2-3-4 鉍化作用及びボーリング調査結果	57
2-4 Mkangombe 地区 (準精査及び精査)	67
2-4-1 調査方法	67
2-4-2 地質調査結果	67
2-4-3 地化学探査結果 (準精査)	68

2-4-4	鉍化作用及びボーリング調査結果	73
2-5	Mrima-Jombo 地区	86
2-5-1	調査方法	86
2-5-2	地質調査結果	86
2-5-3	地化学探査結果(準精査)	91
2-5-4	地化学探査結果(精査)	92
2-5-5	鉍化作用	96

第Ⅲ部 結論及び提言

第1章 概査地区	105
1-1 結論	105
1-2 将来への提言	105
第2章 準精査～精査地区	105
2-1 Ganze地区(準精査)	105
2-1-1 結論	105
2-1-2 将来への提言	106
2-2 Jibana地区(準精査及び精査)	106
2-2-1 結論	106
2-2-2 将来への提言	106
2-3 Ribe地区	107
2-3-1 結論	107
2-3-2 将来への提言	107
2-4 Mkangombe地区	108
2-4-1 結論	108
2-4-2 将来への提言	108
2-5 Mrima-Jombo地区	109
2-5-1 結論	109
2-5-2 将来への提言	110

参考文献

巻末資料

調査フローチャート

鉱床有望地区抽出フローチャート

F I G U R E S

	Page
Figure 1	Index Map of Kenya Showing Location of Mombasa Area
Figure 2	Location Map of Phase I to Phase III Survey Area
Figure 1-1	Generalized Geological Map of the Mombasa Area 1 8
Figure 1-2	Geological Sequence of the Mombasa Area 1 9
Figure 1-3	Geological and Geochemical Interpretation Map of the Mombasa Area ... 2 5
Figure 1-4	Map Showing Mineral Occurrences in the Mombasa Area 2 9
Figure 2-1-1	Geological Map of the Ganze Area 3 1
Figure 2-1-2	Geochemical Interpretation Map of the Ganze Area 3 5
Figure 2-2-1	Geological Map of the Jibana Area 3 9
Figure 2-2-2	Geochemical Interpretation Map of the Jibana Area 4 3
Figure 2-2-3	Location Map of the Drill Holes, Jibana Area 4 7
Figure 2-2-4	Geological Sections along the Drill Holes, Jibana Area..... 4 8
Figure 2-3-1	Geological Map of the Ribe Area 5 1
Figure 2-3-2	Geochemical Interpretation Map of the Ribe Area 5 3
Figure 2-3-3	Mineralized Zones in the Ribe-Jibana Area 5 6
Figure 2-3-4	Location Map of the Drill Hole and Geological Section along the Drill Hole, Chiume Hill Mineralized Zone, Ribe Area 6 0
Figure 2-3-5	Location Map of the Drill Holes, Ribe Mineralized Zone, Ribe Area 6 2
Figure 2-3-6	Geological Sections along the Drill Holes, Ribe Mineralized Zone, Ribe Area 6 3
Figure 2-4-1	Geological Map of the Mkangombe Area 6 9
Figure 2-4-2	Geochemical Interpretation Map of the Mkangombe Area 7 1
Figure 2-4-3	Quartz Vein Zone in the Mkangombe Area 7 4
Figure 2-4-4	Geological Sketch of the Mkangombe North Mineral Showing 7 5
Figure 2-4-5	Geological Section of Trenches in the Mkangombe North Mineral Showing 7 6
Figure 2-4-6	Location Map of the Drill Holes, Mkangombe North Mineral Showing ... 7 9
Figure 2-4-7	Geological Sections along the Drill Holes, Mkangombe North Mineral Showing 8 0
Figure 2-4-8	A Sketch of Ore Vein Intersected in the DDH MJKM-8 8 1

Figure 2-4-9	A Sketch of Ore Vein Intersected in the DDH MJKM-9	8 3
Figure 2-5-1	Geological Map of the Mrima-Jombo Area	8 7
Figure 2-5-2	Geochemical Interpretation Map of the Mrima-Jombo Area	9 3
Figure 2-5-3	Geological Map of the Kiruku Hill and Nguluku Hill Sub-area	9 5
Figure 2-5-4	Geochemical Interpretation Map of the Kiruku Hill and Nguluku Hill Sub-area	9 7

TABLES

	Page	
Table 1	Project Areas	3
Table 2	Contents and Quantity of Field Work and Outline of Laboratory Test...	4
Table 3	Member List of Programming/Negotiation/Coordination Teams	6
Table 4	Member List of the Field Survey Team	7
Table 1-1	Investigation Results of Mineral Occurrences	2 7
Table 2-2-1	DDH in the Jibana Area	4 5
Table 2-3-1	Results of Chemical Analysis of Altered Rocks in Ribe Mineralized Zone	5 8
Table 2-3-2	DDH in Chiume Hill Mineralized Zone	5 9
Table 2-3-3	DDH in Ribe Mineralized Zone	6 1
Table 2-4-1	Results of Chemical Analysis of Quartz Ore Vein	7 7
Table 2-4-2	DDH in Mkangombe Area	7 8
Table 2-4-3	Results of the Chemical Analysis of Drill Core Samples, Mkangombe Area	8 4
Table 2-5-1	Ore Reserves of the Carbonatite Ore Body, Mrima Hill	9 9
Table 2-5-2	Result of the Chemical Analysis of Rock Samples	1 0 1
Table 2-5-3	Result of the Chemical Analysis of Iron-Manganese Concretion	1 0 2

APPENDIXES

Appendix 1 Pb-Pb Age Dating

Appendix 2 Whole Rock Analysis of Samples from the Mombasa Area

Flow Chart of the Mombasa Project

Selection Flow of Promising Area for Mineral Deposits

ATTACHED PLATE

Geological Map of the Mombasa Area, Summarizing the Results of Mineral Exploration
1990-1992

第 I 部 總 論

第1部 総論

第1章 調査概要

1-1 調査地域及び調査目的

1-1-1 調査地域

モンバサ地域はケニア共和国南東部、インド洋に面した面積約9,000km²の範囲である (Figure 1)。

1-1-2 調査目的

本調査は、モンバサ地域において地質状況を解明することにより、鉱床賦存状況を把握すること及び調査の実施を通じて相手国期間に技術移転を図ることを目的とする。

1-2 調査方法及び調査量

本調査では概査、準精査及び精査が実施された。各調査の対象地域の位置をFigure 2に、面積をTable 1に、また各年次の調査量をTable 2に示す。

調査フローチャートと鉱床有望地区抽出フローチャートを巻末に示す。

1-3 調査期間及び調査員

各年次の調査期間をTable 2に示す。

年次毎の調査計画及び協定折衝参画者をTable 3に、現地調査団員をTable 4に示す。

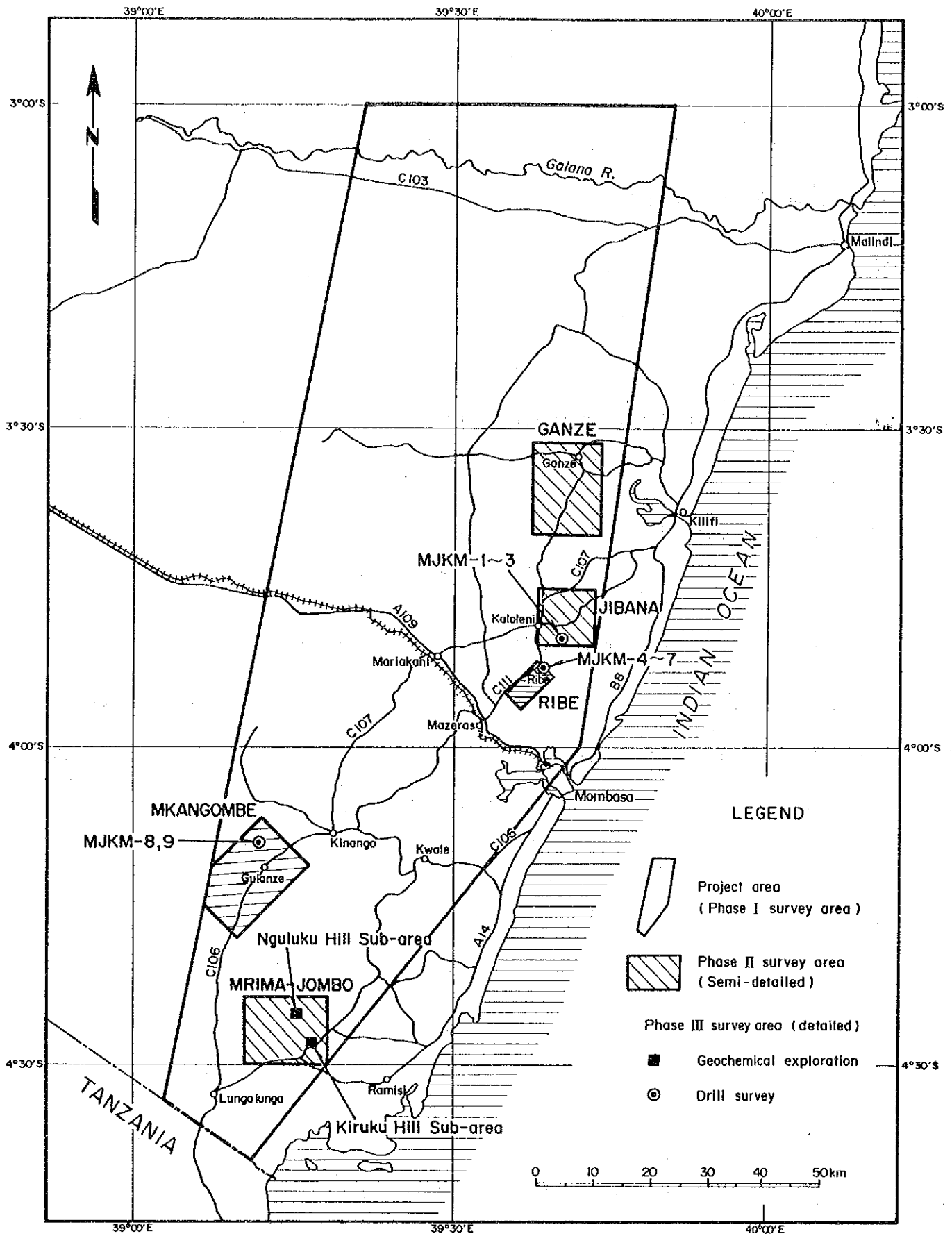


Figure 2 Location Map of Phase I to Phase III Survey Area

Table 1 調査地区

年次	調査地区名	面積 (km ²)
第1年次	概査地区	モンバサ地域 9,000
第2年次	準精査地区	Ganze 地区 192
		Jibana地区 100
		Ribe地区 32
		Mkangombe 地区 196
		Mrima-Jombo 地区 100
		(計620)
第3年次	精査地区	Jibana地区 6-リング
		Ribe地区 6-リング
		Mkangombe 地区 6-リング
		Mrima-Jombo 地区 6
		(計 6)

Table 2 調査内容及び室内試験

	第1年次(1990)	第2年次(1991)	第3年次(1992)
調査期間	1990年7月-1991年2月	1991年7月-1992年2月	1992年7月-1993年2月
地質調査 概査 準精査	9,000 km ² 縮尺1:100,000 (既存データ解析を含む)	620km ² 縮尺1:10,000 (5地区)	
地化学探査 概査 準精査 精査	9,000 km ² バネニング試料 100件×14成分 (Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Ba, Mn, Fe, S, U, Th, pt, P, Hg)	5地区 土壌試料1,245件×11成分 (Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Ba, Mn, Fe, As, Hg, S) 土壌試料262件×21成分 (Au, Ba, Sr, Nb, Y, U, Th, La, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Yb, Lu, Cu, Pb, Zn, Fe, Mn, P)	<u>Kiruku Hill</u> 区域 面積 4km ² , 100m グリッド 土壌試料400件×18成分 (Au, Ba, Sr, Nb, Y, U, Th, La Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Yb, Lu, Fe, Mn, P) 岩石試料 7件×18成分 (同上) <u>Nguluku Hill</u> 区域 面積 2km ² , 100m グリッド 土壌試料200件×18成分 (同上) 岩石試料 3件×18成分 (同上)

(次ページへ続く)

	第1年次(1990)	第2年次(1991)	第3年次(1992)
調査期間	1990年7月-1991年2月	1991年7月-1992年2月	1992年7月-1993年2月
ボーリング調査			Jibana地区 3孔, 450.00m 鉱石試料 2件×6成分 (Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Ba) Ribe地区 4孔, 600.00m 鉱石試料 90件×6成分(同上) Mkangombe地区 2孔, 200.00m 鉱石試料 8件×6成分(同上)
室内試験			
薄片	60	30	20
研磨片	50	10	10
研磨薄片	22	-	-
全岩分析	40(12成分)	-	-
鉱石分析	106(14成分), 30(9成分)	31(8成分)	100(6成分)
X線回折試験	35	30	30
EPMA試験	22	-	-
絶対年代測定	11(pb-Pb法)	-	-

Table 3 調査計画及び協定折衝団員名簿

年 度	日 本 側	ケニア共和国側
平成2年度	邊見 勝 通商産業省	S. A. Wasike 環境天然資源省
	戸田和彦 外務省	P. D. Genga 同
	北 善次 金属鉱業事業団	O. O. Okoiti 同
	霜鳥 洋 同	E. M. B. H.
	升田健藏 同	Ombogo-Ndonga 同
	山本恭久 同	K. M. S. Kigen 同
	十郎正義 国際協力事業団	A. I. Igobwa 同
		M. G. Mwathi 同
		C. Y. O. Owayo 鉱山地質局
		J. K. Wachira 同
	W. M. N. Siambi 同	
	F. K. Muruga 同	
平成3年度	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 同	C. Y. O. Owayo 鉱山地質局
	両角春寿 同	J. K. Wachira 同
	山本恭久 同	F. K. Muruga 同
	岡本信行 国際協力事業団	
	境 勝一郎 同	
平成4年度	山本恭久 金属鉱業事業団	C. Y. O. Owayo 鉱山地質局
	増田信行 同	J. K. Wachira 同
	牧野浩二 国際協力事業団	F. K. Muruga 同

Table 4 現地調査団

年 度	日 本 側	ケニア共和国側	
平成 2年度	川井正和 (団長) 鐵コンクリート(株) 尾西明生 同 広川 徹 同	F. K. Muruga I. K. Githinji (団長) S. S. Hussein M. N. Mwangi T. N. Ndola	鉦山地質局 同 同 同 同
平成 3年度	滝川 昭 (団長) 鐵コンクリート(株) 広川 徹 同 佐々木孝雄 同	I. K. Githinji (団長前任) S. S. Hussein (団長後任) M. N. Mwangi T. N. Ndola M. Masibo M. Gikuhi	鉦山地質局 同 同 同 同 同
平成 4年度	滝川 昭 (団長) 鐵コンクリート(株) 河田健二郎 同 早川正史 同 上野孝志 同 福島幸雄 同 丸山 賢 同	S. S. Hussein (団長) M. N. Mwangi T. N. Ndola M. Masibo E. Irura J. A. Lichina P. Oywa Okelo J. O. Kitinya B. Owade M. C. Nyang'ara J. K. Nzinga M. M. Muhea J. E. Sinwa L. Anyika A. K. Aura	鉦山地質局 同 同 同 同 同 同 同 同 同 同 同 同 同

第2章 従来の調査

ケニアの地質及び鉱物資源については、Pulfrey(1960)及びDu Bois(1970)に概要が示されている。

ケニア海岸地方の地質情報の早期のものには、Baron von Decken(1879), J. Thomson(1879), W. Gibson(1893), S. von Reichenbach(1896), J. W. Gregory(1896), E. E. Walker(1903), H. B. Muff(1908)及びJ. W. Gregory (1921)などがある。

調査地域を含む地質図幅には、Hadu-Fundi Isa Area(Williams, 1962), Malindi Area(Thompson 1956), Kilifi-Mazeras Area(Caswell, 1956), Mid-Galana Area(Sanders, 1959), Mariakani-Mackinon Road Area(Miller, 1952) 及びMombasa-Kwale Area(Caswell, 1953)がある。いずれも旧ケニア地質調査所の発行で、縮尺は1:125,000 であり説明書が付されている。このほか1985年、ケニア政府は、英国の技術協力を得て海岸地区で地質マッピングプロジェクトを実施し、その結果を縮尺1:50,000の地質図26シートとしてまとめた。

1977年、ケニア政府は空中磁気及び空中放射能探査をモンバサ地域で実施し、結果を縮尺1:25,000, 1:50,000, 1:125,000 の図としてまとめた(Macaria and Limion, 1978)。

調査地域の広域鉱床探査としては、英国の技術協力を受けてケニア地質調査所が実施した地化学探査(1977 ~1981年、川砂及び土壌対象)、及びケニア-オーストリア鉱物探査プロジェクト(Austromineral, 1978)が主要なものである。

個々の鉱床、鉱徴に対する調査は、政府及び民間によって多数実施されている。主要な探査対象はKinagoni鉱床を代表とする鉛-亜鉛-重晶石鉱脈鉱床とMrima Hillのニオブウム・希土類鉱床である。前者に対する重要な報告書としては、海岸地帯の鉛-亜鉛鉱床を総括的に扱ったBugg(1980, 1982), Kinagoni鉱床を扱ったClarke(1970)がある。また、後者に対しては、Anglo American Corporation of South Africa社(1955-1957)やPechiney-Saint-Gobain社(1968-1971)による企業化のための調査が行われている。Mrima Hill鉱床に対する主要報告書としては、Anglo American Corporation of South Africa(1957), Coetzee and Edwards(1959)が挙げられる。

第3章 モンバサ地域の地質概要

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。二疊系及びその上位にのる三疊系は一連の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。本地区の二疊系～三疊系（Duruma 層群；Taru層, Maji-ya-Chumvi層, Mariakani 層及びMazeras 層下部層）は、南アフリカのKaroo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Karoo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。第三系及び更新統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。

本地域の古生界及び中生界に貫入した火成岩類は少数である。Jombo Hill及び近隣の丘陵に分布する貫入岩類はアルカリ岩であり、Mrima Hillにはカーボナタイトが貫入している。

海岸線と平行する断層が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Karoo- Jurassic境界断層と呼ばれ、Mazeras層とKambe層との境界をなして、海岸に沿って長く伸びている。このKaroo- Jurassic境界断層を横断する方向の断層も良く発達し、それらの多くはKaroo-Jurassic境界断層より若い。

モンバサ地域は、ニオブウム、稀土類、鉛、亜鉛、銅、金、鉄、マンガン及び重晶石を産することで古来よく知られている。なかでもMrima Hillのカーボナタイトに伴われたニオブウム、稀土類鉱床は世界的に有名であり、1950年代以降探査されてきた。現在稼行中のKinagoni鉱床に代表される鉛-亜鉛-重晶石鉱脈型鉱床、鉱徴は、上述のKaroo-Jurassic 境界断層に沿って多数分布している。Mkangombe North 鉱徴は銅-鉛-亜鉛-石英脈からなり、NNE-SSW 方向の断層中に胚胎される。この他、Jaribuni地区では石灰岩風化土壤中の酸化鉄コンクリーションが現在、手掘採掘されている。

第4章 調査地域の状況

4-1 交通

モンバサはケニア第二の大都市であり、国際空港、国際貿易港を有してアフリカ東海岸での重要な都市となっている。首都ナイロビとの間は、空路及び陸路（国道A109、鉄道）によって緊密に結ばれており、人や物資の移動が盛んである。

調査地の道路網は良く発達している。全天候型舗装道路としてはNairobi-Mombasa(A109)、Mombasa-Malindi(B8)、Mombasa-Lunga Lunga(A14)、Mombasa-Kwale(C106)、Mazeras-Kaloleni(C111)が主要なものである。また車両通行の可能な未舗装地方道も地域内の村落を結んで発達しており、調査に際してはモンバサからすべての準精査地区に1.5時間以内で到達可能である。

4-2 調査環境

モンバサはケニア海岸地帯の中心都市であり、官公庁、電信電話局、病院、銀行、ホテル、航空会社、レンタカー会社を始めとして各種商店が揃っており、調査の際の移動、連絡、資材調達などの拠点となる。また、Mombasaには、鉱山地質局(MGD)の支所が置かれており、Provincial Geologistのほか3人の地質技術者が常駐している。

海岸に沿う地帯は、ヨーロッパ人を対象とした一大リゾート地帯となっており、ホテル、ロッジなどの宿泊施設が多数見られ、電力、水道、電話がよく普及している。内陸側では、比較的雨の多い海岸寄りの地帯は農耕地としての利用が進められており、半乾燥した陸寄りの地帯は農耕地～牧畜地として利用されている。労働力は豊富で、現金収入の途が少ないことから労働者の募集に困難はない。

調査地域の地形は海岸より海外平野、下位卓状地、海岸山地、Nyika（灌木地帯）に区分される。海岸平野は、標高30m以下の平地で、海岸沿いに発達し、まれに幅3～5kmを越す場合がある。この海岸平野の背後は、急に高度を増し、標高70～140 mの下位卓状地となる。海岸山地は標高150 m以上の山地からなり、最高高度は400 mを越える。この海岸山地の西縁から高度は急にNyikaへ向って低下する。このNyikaは、標高約180 mに始まり、次第に高度を上げて地域西部では標高約300 mに達し、本地域の西方へ広く広がっている。踏査に対する地形、植生上の困難は一般的に少ないが、植生の密な箇所ではブッシュナイフが必需品であり、また、河川に沿っての歩行は密な植生や沼地の存在により困難な場合が多い。

海岸地帯は低高度のため一般に暑く、モンバサの年平均気温は26.4℃を示す。雨期は4月～5月の大雨期と10月～11月の小雨期が区別される。

第5章 結論及び将来への提言

5-1 概査地区

5-1-1 結論

調査対象地域(9,000km²)にみられる鉱床は、Kinagoni鉱床を代表とする①鉛-亜鉛-重晶石鉱脈鉱床、Mkangombe North を代表とする②銅-鉛-亜鉛-石英脈鉱床、Mrima Hillを代表とする③ニオブウム・希土類(Nb, REE)鉱床に区分される。

①は海岸線に平行なKaroo-Jurassic境界断層に沿って分布する低温熱水性鉱脈鉱床で、地域北部からVitengeni, Kinagoni, Changombe, Mwachi River, Lunga Lunga など多数の鉱床・鉱徴が知られており、このうち、KinagoniとVitengeni はそれぞれ鉛と重晶石を現在稼行中である。

②はNNE-SSW 方向の断層に規制されて胚胎する卑金属-石英脈鉱徴である。現在Mkangombe North, 同South とMkundiの3鉱徴にしか鉱石鉱物は認められていないが、Mkangombe North 鉱徴と同South 鉱徴を擁して発達する延長10km以上の石英脈鉱化帯は、系統的な精査が実施されていないことから、今後の探鉱余地が残されている。

③の鉱化作用は本調査の結果、Mrima Hillのカーボナタイトのみでなく、Kiruku Hill の珪化岩にも伴なわれることが明かとなった。Mrima Hill鉱床は、過去多くの探鉱及び企業化調査が行われたが、選鉱上の問題により稼行には至っていない。

5-1-2 将来への提言

準精査～精査地区として選定されなかった地域について述べる。

初年度調査により抽出されたVitengeni 周辺の多金属及びVitengeni 南方の金の地化学異常に対してフォローアップ調査がなされていないことから、今後、地質・地化学探査を実施することが望ましい。

Vitengeni 周辺以外の概査地区内で、準精査～精査地区として選定されなかった地域については、更に高次の探鉱の必要性は低いと考えられる。

5-2 準精査～精査地区

5-2-1 Ganze 地区(準精査)

(1) 結論

本地区はKaroo-Jurassic 境界断層が発達し、Mazeras 層中に鉛-亜鉛-重晶石鉱脈鉱床の胚胎が期待された。しかし、地表踏査による鉱徴としては、僅か1箇所重晶石の転石が発見されたにすぎない。また、地化学探査の結果では、重晶石を伴う鉱化作用の存在を示唆するようなBaとSの重複異常がMazeras 層中に分布するのが確認されたが、いずれも散点的であり、Pb, Zn な

どの重金属元素との関連も弱い。以上の結果から判断して、Ganze 地区に経済的に開発可能な鉱床の賦存する可能性は低いと考えられる。

(2) 将来への提言

地表踏査結果及び地化学探査結果は共に、鉛-亜鉛-重晶石鉱脈鉱床の胚胎を強く示唆するような結果を示していないことから、Ganze 地区の今後の調査は不要と判断される。

5-2-2 Jibana地区 (準精査及び精査)

(1) 結論

Jibana地区は現在稼行中のKinagoni鉱床の北に位置し、同型鉱床の分布を規制する地質構造が連続的に延びてきていることから、Kinagoni鉱床と同様の鉛-亜鉛-重晶石鉱脈鉱床の胚胎が期待された。

地表踏査では、Jibana部落西方に断続した“焼け”及び弱変質砂岩からなるJibana鉱化帯(幅100 m, 延長約 2Km)が確認された。“焼け”部の4試料の分析結果では、貴金属及び卑金属が目立った濃集は見られなかったが、同鉱化帯は鉱化作用に関係の深いKaroo-Jurassic 境界断層の近くに位置すること、また、地化学探査の結果、Jibana鉱化帯の一部に鉱化を反映したと見られるPb異常(84~142ppm)が抽出されたことから、3孔、計450mのボーリング調査が実施された。

ボーリング調査では、“焼け”やPb地化学異常に対応するものとしては、黄鉄鉱鉱染を受けた断層破碎帯やMazeras 層の砂岩とシルト岩が出現したのみであった。地表部の“焼け”や地化学異常は、黄鉄鉱を含む破碎帯粘土や岩石が風化して行く過程で、鉄分や重金属成分の残留と濃集が起こって生じたものと考えられ、鉛-亜鉛-重晶石鉱脈鉱床の存在を直接示徴するものではないと判断された。

なお、地化学探査結果として、Kambe 層石灰岩地帯表土中の鉄質コンク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見られる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2者は鉱化作用を直接反映するものでなく、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。

(2) 将来への提言

現時点で継続した調査を考えるべき鉱徴はない。

Jibana地区の黄鉄鉱鉱染岩石は、鉛-亜鉛-重晶石鉱脈鉱床の存在を直接に示すものではないが、鉱化作用に関連したKaroo-Jurassic 境界断層周辺での熱水活動により生じたものとみられることから、本地区が鉱床賦存の可能性を依然有する地域であることを示しており、今後も、新

たな鉱徴を見出す努力は必要とされよう。本地区の今後の調査に当たっては、黄鉄鉱染岩石の風化による“焼け”と鉱床の風化による“焼け”との区別が重要であり、そのためには、ボーリング調査に先だてて地質、地化学調査を精密に実施し、珪化や鉱化細脈の有無、地化学異常の種類と規模などを十分に吟味する必要がある。

5-2-3 Ribe地区（準精査及び精査）

(1) 結論

Ribe地区は、稼行中のKinagoni鉛鉱床の南西に隣接し、Changombe 既知鉱徴及び今回新たに発見されたRibe鉱化帯を包含している。本地区の地質構造的特徴は以下のとおりで、鉱脈型鉱床の賦存可能性が高い。

- ①鉛-亜鉛-重晶石鉱脈鉱床形成に関係の深いNE-SW系の断層が発達する。
- ②NE-SW系に交差するNW-SE系の断層の発達もみられ、本地区は両方向の断層の交会部、集中部となっており、鉱化熱水の通路を提供し易い場にある。
- ③堆積岩で測定された走向・傾斜の64%は、地区の一般的な構造方向、即ちNE-SW走向、SE緩傾斜を示さず、断層による擾乱が大きいことを示している。
- ④広域構造的にみて、本地区からKingoni 鉱床付近までの地域は、より北方のNS系構造とより南方のNE-SW系構造の接合部になっていて、構造的に特殊な場となっている。

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かった。

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

ボーリング調査としては、Chiume Hill 鉱化帯に1孔、150m、Ribe鉱化帯に3孔、計450mが実施された。

Chiume Hill 鉱化帯は、ボーリング調査の結果、露頭・転石の分布に見られるように小規模で、下部に連続していないと考えられる。

Ribe鉱化帯でのボーリングでは、地表の珪化岩露頭に対応する黄鉄鉱染を受けた珪化岩のほか、黄鉄鉱染を著しく受けた多くの断層破碎帯が捕捉されたが、肉眼的有用鉱物としては、珪化岩の開口亀裂中に重晶石細脈（幅5mm以下）が広く見られたのみであった。これら断層構造及び珪化、黄鉄鉱化などの鉱化変質の発達と重晶石細脈の存在は、本鉱化帯が、鉛-亜鉛-重晶石鉱脈鉱化の場にあることを示すものではあるが、閃亜鉛鉱や方鉛鉱を伴う鉱脈の形成までには至っていないことが判明した。

(2) 将来への提言

Chiume Hill 鉍化帯は、鉍化帯の規模が地表部、地下延長部共に小規模で連続性を欠くことが判明したので、今後の調査は不要と判断される。

Ribe鉍化帯は、3本のボーリング結果からみて、今後の調査は不要と判断される。しかしながら本鉍化帯周辺には未調査の珪化帯が散在しており、Ribe地区は鉍床賦存の可能性を依然として有する地域であると言え、今後も、新たな鉍徴を見出だす努力は必要とされよう。なお本地区の今後の調査に当たっては、不毛の珪化帯をボーリング調査対象から除く必要があり、そのためには、ボーリング調査に先だてて地質、地化学調査を精密に実施し、有用金属の有無を十分に吟味する必要がある。

5-2-4 Mkangombe 地区

(1) 結論

Mkangombe North 鉍徴は断層規制を受けた銅-鉛-亜鉛-石英脈鉍徴である。鉍脈の走向・傾斜はN25° ~30° E・55° ~70° SEで、走向延長300m以上、脈幅20cm-1.5m以上を示す。本鉍徴での貴金属の濃集は確認されていない。

Mkangombe North 鉍徴と同South 鉍徴を結ぶ 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鉍化帯が形成されている。

地化学異常は散点状で、鉍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、鉍化による母岩の変質が局所的であること、土壌試料採取間隔が広いことなどに起因すると考えられる。

ボーリング調査はMkangombe North 鉍徴の深部鉍況調査を目的として2孔、計200mが実施された。ボーリング調査の結果、Mkangombe North 鉍徴は、地下深部の鉍況が地表部より優勢であることが判明し、地下深部での鉍床賦存可能性が高まった。MJKM-8孔で着鉍した、石英を殆ど伴わない厚さ24cmの閃亜鉛鉍脈は、経済的に開発可能な鉍床が付近に賦存する可能性が小さくないことを示す有力な証拠と考えられる。また、同時に実施された石英脈鉍化帯の地質踏査では、Mkangombe South 鉍徴付近で、銅鉍物を含む石英脈の露頭及び転石が新たに発見され、石英脈鉍化帯内の鉍床賦存可能性が高められた。

(2) 将来への提言

今回着鉍した2本のボーリング孔は、僅か30m程しか離れておらず、探査した深度はいずれも地表下60m程度であり、このことは、Mkangombe North 鉍徴の極めて限られた部分しかボーリング調査がなされていないことを示している。本鉍徴の本格的探鉍は今後に残されていると言え、今後、鉍脈全長を対象とした複数深度での、深部鉍況を調査するためのボーリングが望まれる。

石英脈鉍化帯については、今後、精査未実施地域の地質精査を実施してトレンチやボーリング調査の対象を見出し、鉍床発見へと結び付けて行くことが望まれる。

Mkangombe 地区の探査は、本プロジェクトによってその端緒が開かれたものである。本地区の探査は、従来、海岸地域の鉛-重晶石鉍脈鉍床を中心に注がれていた探査活動に対して、内陸部の卑金属鉍脈鉍床の賦存可能性をアピールするものであり、今後の調査には大きな期待が持たれる。

5-2-5 Mrima-Jombo 地区

(1) 結論

本地区内の鉍徴としては、次の三種が区分される。

- ①カーボナタイトに伴うニオブウム・希土類(Nb, REE)の鉍徴
- ②貴金属・卑金属鉍徴
- ③鉄・マンガンの鉍徴

本地区の調査は①の鉍床賦存状況の把握と、②の鉍化作用の捕捉を目的として行われた。

地化学探査の結果、Nb, REEの地化学異常は、既知Nb, REE鉍床のあるMrima Hillカーボナタイト岩体周辺から明瞭に抽出されたほか、Kiruku Hillにも小規模ながら集中した異常として分布していることが明らかにされた。

Kiruku Hill 区域の地化学異常は、山頂部地化学異常と北東部地化学異常の2箇所に分かれ、両地化学異常域には珪化岩が分布する。地化学異常と珪化岩とは、その分布範囲や分布方向に一致がみられることから、Nb, REE鉍化は、珪化作用に伴なわれている可能性が高く、岩石分析結果もこれを支持する。地化学異常と珪化岩帯の方向は、本地区の断層の方向に一致しており、鉍化作用に対する断層構造の影響が窺える。これらの点からKiruku Hill のNb, REE鉍化は、NW-SE からWNW-ESE 方向の断層に沿って生じた熱水活動による珪化岩帯の形成に伴なわれて、Nb, REEその他の貴金属、卑金属元素が濃集したものとみなされる。第2年次調査では、Kiruku Hill のNb, REE 鉍化はアグロメレートに伴われている可能性が示唆されたが、第3年次調査の結果、アグロメレートとの直接的関係は乏しいと判断された。

Kiruku Hill のNb, REE鉍化は、品位と広がりの中でMrima Hillの鉍床より小規模であるが、これは、珪化岩に伴われるKiruku Hill の鉍化とカーボナタイトに伴われるMrima Hillの鉍化の違いを反映している可能性が高い。

Nguluk Hill区域では、Nb, REEの地化学異常は得られなかった。

貴金属及び卑金属鉍化作用に関しては、過去に自然金、方鉛鉍の産出が報告されている

(Caswell, 1953)が、有望な探鉱対象とはみなされていない。

(2) 将来への提言

Kiruku Hill のNb, REE鉱化は、カーボナタイトの風化によって富化したMrima HillのNb, REE鉱床とは成因が異なる可能性が高く、品位、広がりもMrima HillのNb, REE鉱床より小さいことから、今後の積極的な探鉱の必要性は小さいと考えられる。

研究的調査としては、Kiruku Hill のNb, REE鉱化は、珪化作用に伴われる特殊な鉱化作用の可能性が高いことから、珪化岩中のNb, REE鉱物の存在形態や二次富化の有無を調査しておくことが望ましい。また、珪化作用をもたらした熱水作用について、その分布と地質、構造との関係を広域的に調査し、Nb, REE及び貴金属、卑金属の熱水性鉱床の可能性を検討することも、本地区に残された課題の一つであろう。

第Ⅱ部 各 論

第1章 概査地区

1-1 地質概説

本プロジェクト地域の概略地質図をFigure 1-1に、地質模式層序図をFigure 1-2に示す。また縮尺1/200,000の地質図を別添の調査結果総括図に示す。この調査結果総括図は、ケニアアイギリス地質マッピング・プロジェクトの成果図(22シート、縮尺1:50,000)をベースとし、本プロジェクトによる調査結果を加えて作成したものである。

概査地区の地質は、地区の大部分を占める二疊・三疊紀から第四紀にわたる地層と、主として地区南部に分布する少量のアルカリ火成岩類からなる。

各地層は水平ないし緩傾斜の構造を有しており、下位よりDuruma層群、ジュラ紀・白亜紀堆積岩類、新生代堆積物に3区分される。

Duruma層群は二疊紀から三疊紀の地層で、南アフリカのKaroo系に対比される。岩相は陸成湖成の砂岩、頁岩を主とし、まれに海成層を挟んでいる。本層群は、 Gondwana大陸内部の巨大な堆積盆を埋めたモザンビーク系変成岩類を起源とする碎屑物質からなる地層である。

ジュラ紀初期には本地域にリフト運動が始まり、ジュラ紀中期以降には海進による海成層の堆積をみた。この海成層は、堆積中断期を挟んでジュラ紀中期から白亜紀前期にわたるもので、石灰岩、頁岩、砂岩からなっている。

新生代堆積物は、中新統、鮮新-更新統及び完新統からなる。中新統は砂岩を主体として、石灰岩、頁岩を挟む。鮮新-更新統は河成層、風成層(砂丘堆積物)、サンゴ礁とその碎屑物などからなり、河川や海岸に沿って分布する。完新統は崩積層と沖積層からなる。

主要な断層運動-リフト運動は、ジュラ系の堆積に先行して起り、その後、白亜紀や鮮新世にも再活動したと考えられる。ジュラ系はリフト運動の落下側地塊、つまり海岸側の地塊上に不整合に堆積した。

アルカリ火成活動は、中世代末期の断層活動と同時に発生したと考えられるもので、カーボナタイトを伴う多種のアルカリ火成岩類が、岩栓、火山岩類、岩脈などとして貫入している。

本地区の鉱床としてはMrima Hillのカーボナタイトに伴われるニオブウム・希土類(Nb, REE)鉱床とジュラ紀中期以前のKaroo-Jurassic境界断層運動に関連して生成したと考えられる鉛-亜鉛-重晶石鉱脈鉱床・鉱徴が主要なものである。鉛-亜鉛-重晶石鉱脈鉱床・鉱徴は、現在稼行中のKinagoni鉱床によって代表され、Karoo-Jurassic境界断層に沿って地区全体に分布する。

1-2 地質各説

Duruma層群は下位から、Taru層、Maji-ya-Chumvi層、Mariakani層及びMazeras層に区分され、ジュラ・白亜系は下位よりKambe層、Mtomkuu層に区分される。第三系は下位よりBaratum層、

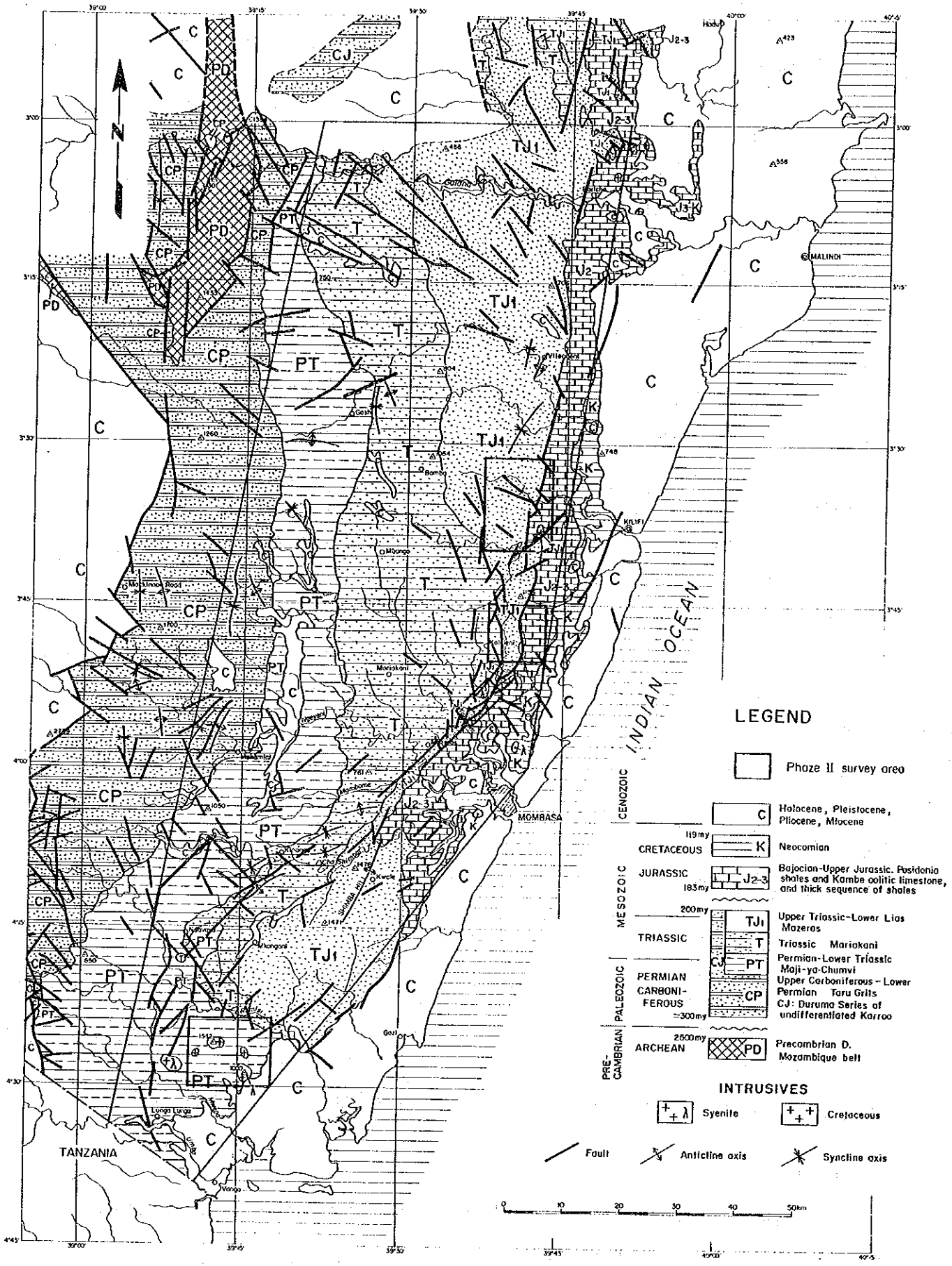


Figure 1-1 Generalized Geological Map of the Mombasa Area

ERA	PERIOD/SUB-PERIOD	AGE (Ma)	LITHOLOGY	STRATIGRAPHY	TECTONIC EVENTS	MINERAL OCCURRENCES	
Geno- zoic	Quater- nary	Holocene	0.01		alluvium		
		Pleisto- cene			colluvium		
	Neo- gene	Pliocene	1.64		dune sands		
		Miocene			sands	Magarini Fm.	Faulting
					ss. (sh/marl)	Marafa Fm.	
	Tertiary				ss. (ls/sh)	Baratum Fm.	
			23.5				
	Paleo- gene	Oligocene					Mkang'ombe,
		Eocene					Mkundi:
	Meso- zoic	Creta- ceous	Paleocene	65			
Senonian			89				+++++
Gallic			119				Mrima Hill:
			132		sh. (ls)	Mtomkuu Fm.	Niobium/
		Neocomian	146		sh. (ss)		Rare earths
Jurassic					sh/ss/ls		
		Malm	157				
		Dogger	178		ls. (sh)	Kambe Fm.	Limestone:
		Lias	183				(Pb-Zn)
Triassic			20		ss(cs.gd)	Mazeras Fm.	+++++
		208		ss, sh	Mariakani Fm.	Kinangoni,	
				sh, silt st	Maji-ya- Chumvi Fm.	Vitengeni:	
		245				Pb-Zn-Ag	
Paleo- zoic	Permian	Zechstein	290				
		Rotliegen. Pennsylv.			grits	Druma Group (Karroo) Taru Fm.	
	Carbon- iferous		300				
			362.5				Initial
			408.5				faulting
Devonian		439.0					
		510					
		570					
Precam- brian	Protero- zoic		2,500				
		Archean			gneisses schists etc.	Mozambique Belt	Mozam- biquian orogeny

Figure 1-2 Geological sequence of the Mombasa area

Marafa層及びMagarini層に区分される。

1-2-1 Duruma層群

(1) Taru層

Taru層は、塊状粗粒の、淘汰の悪い、灰色の岩屑流堆積物を主とする厚層であり、二疊紀-石炭紀に中央及び南アフリカ全域に及ぶKaroo系堆積の開始を示す氷成堆積物の典型的なものである。Taru層の基底は、ゴンドワナ大陸の石炭紀氷河作用に由来するティロイド（含礫泥岩）からなる。この上位には上方細粒化を示す礫岩、含礫砂岩、アルコースの各層が、頁岩薄層やまれに石灰岩を挟みながら重なっている。

Taru層は三部層に区分され、概査地区には主として上部層が地区中央西縁に分布する。

(2) Maji-ya-Chumvi層

Maji-ya-Chumvi層は、Taru層を整合関係もしくは、僅かな不整合関係(Carswell, 1953)で覆っている。本層も3部層に区分されるが、Taru層とは上方粗粒化を示すことで異り、中下部の頁岩、シルト岩卓越部から上位の砂岩卓越部へと変化する。下部層頁岩は含塩量が多く、乾燥した堆積環境が推定される。スワヒリ語で「塩水」を意味する「Maji-ya-Chumvi」の地層名は下部層頁岩の性質に由来する。中部層の下底には、魚類化石を含むノジュールを多産する海成頁岩層が見られ、この層準がほぼ二疊紀と三疊紀の境界に当たると考えられている。

上部層の砂岩は、塊状またはflaggy構造を有するシルト質砂岩を主とし、節理が発達すると共に、斜交葉理、リップルマーク、スランプ構造などの堆積構造がよく見られる。上部層では三角洲から湖成の堆積環境が推定されている。

(3) Mariakani 層

Mariakani 層は、Maji-ya-Chumvi層を整合に覆う。主として塊状で斜層理の発達した砂岩からなり、斜層理を有するシルト質細粒砂岩や、よく成層した雲母質頁岩を挟在する。Kilifi-Mazeras 地域では数サイクルの上方粗粒化相が記載されている (Cannon, 1978)。

本層砂岩には、径2~5mmの明瞭な白色斑紋(mottle)が見られることが大きな特徴であり、他の地層の砂岩との区別を容易にしている。

Mariakani 層の堆積環境は三角洲と考えられている。層厚は、西から東へ増加して、最大2000mに達すると推定されている。

(4) Mazeras 層

Mazeras 層は、Duruma層群の最上位層で、下位のMariakani 層を不整合に覆う。塊状、斜層理を有するアルコース及びグリットが卓越し、3部層に区分される。

下部層は剥離性を有する中～粗粒白色アルコースと、それを覆う、より細粒の砂岩からなる。アルコースには斜層理が顕著であり、上位の砂岩には頁岩や泥岩の薄層が挟在される。

中部層は頁岩や泥岩を挟在する砂岩、アルコースからなり、その下底は、珪化木の産出層準によって定められている。

上部層はShimba Hill 地域に広く分布し、塊状、斜層理を有する粗粒アルコースを主とし、これに成層不良のグリットや泥岩レンズを挟んでいる。グリットは細礫～中礫サイズの亜円磨状石英からなり、礫径は 5cmに達する。

Mazeras 層の砂岩は、海岸線に平行な丘陵地を形成し、上位のKambe 層の石灰岩とは殆ど常に断層 (Karoo-Jurassic 境界断層) で接している。断層関係にない場所では、Mazeras 層と Kambe 層の接触部には石灰質砂岩、砂質石灰岩及びまれにマイクロライト質石灰岩など漸移岩類が分布する。

1-2-2 ジュラ紀・白亜紀堆積岩類

(1) Kambe 層

Kambe 層は石灰岩からなる地層で、Mazeras 層を一部不整合、一部整合に覆っているとされるが、地表では、両層は主に断層接触関係にある。リフト運動による断層線崖は、Kambe 層の堆積域の西縁を形成したとみられる。

Kambe 層の基底部には、Mazeras 層に由来する、砂粒から径 1 m 大の砂岩巨礫までが含まれている。この含礫石灰岩の基質は塊状のオーライト質石灰岩であり、泥質物も多く含有する。基底の含礫石灰岩を覆う石灰岩の岩相は、次の 3 相に大きく区分される。

- a) 灰色の石灰質泥岩または不純物含有石灰岩で、一般に化石を含まない相 (成層状態は薄い頁岩を挟んで良好だが、時には塊状を示す)。
- b) 灰色泥質石灰岩で化石に富む相。
- c) 淡灰色オーライト質石灰岩で、ピソライトや粘土ペレットを含む相。

Kambe 層に含まれる化石は、アンモナイト類、サンゴ類、海百合、腕足類、腹足類、苔虫類など多種であり、時代はジュラ紀中期BajocianからBathonian を示す (McKinnon-Wood, 1930; 1938)。これらの堆積環境としては、熱帯の浅海域が推定される。

(2) Mtomkuu 層

Mtomkuu 層は、ジュラ紀後期から白亜紀にかけて更に拡大した海洋域に堆積した地層で、砂泥互層を主とし、少量の砂岩と石灰岩を挟在する。頁岩中に産する砂岩と石灰岩の巨礫は、岩質的にみて同じMtomkuu 層の早期に堆積した砂岩や石灰岩に由来するものとみられる。

本層は3部層に区分されるが、概査地区北部、Galana川流域付近では未区分である。下部層中には斜層理の発達した薄い砂岩層がみられ、三角洲または河口での堆積を示している。

1-2-3 新世代堆積物

本地区の新第三系はKaloneni南西方、モンバサ周辺、Mrima Hill東方及び南方に分布しており、下位から第三紀中新世のBaratumu層及びMarafa層、鮮新世のMagarini層上部層からなる。

Baratumu層は、砂岩を主として石灰岩と頁岩を混える。Marafa層は、砂岩を主として頁岩と泥灰岩を混える。Magarini層は未固結の砂層よりなる。この砂層はMazeras 層の削剥により生じた鉄に富む砂とカオリン粘土からなり、海岸に沿って分布している。Magarini層の小規模な外座層がMtomkuu 層上にみられる。

第四系、更新統は、珊瑚礁とその砕屑堆積物及び砂層からなり、モンバサ付近に分布する。完新統は崩積層と沖積層からなる。

1-2-4 火成岩類

本地区の火成岩類はアルカリ火成岩類よりなり、地区南部のMrima Hill-Jombo Hill 地域にDuruma層群を貫く多数の小岩体として分布するほか、Mtomkuu 層を貫くものがモンバサ北方や、地区北東隅部Galana川流域に1~2岩体みられる。

Mrima Hill-Jombo Hill 地域では、Mrima Hillにはカーボナイトが、Jombo Hillには霞石閃長岩、フォヤアイト、メルテイジャイトなどのアルカリ複合岩類が、Kiruku Hill, Nguluku Hillにはアグロメレートが分布する。このほか幅数m以下の岩脈が各所に見られるが、これらは一般にランプロファイア質であり、サンナイト、カンプトナイト、モンチカイトなどからなる。Duruma層群の一部はこれらのアルカリ岩類の貫入により、アルカリ交代作用を受けフェナイト化する。

Mrima Hill-Jombo Hill 地域の火成岩の時代は、Walsh(1969)により白亜紀とされ、 Gondwana大陸のリフト運動の進展または再活動に関連して火成活動が行なわれた可能性が高いと考えられている。

火成岩の岩相の詳細は、第II部、第2章、2-4、Mrima-Jombo 地区で述べる。

1-3 地質構造

本地区の最も重要な地質構造は、海岸線にほぼ平行して発達する正断層群—Karoo-Jurassic 境界断層である。この正断層群は東側へ緩傾斜して重なるDuruma層群を切って、その東側地塊を落下させている。断層の傾斜は垂直ないし東への急傾斜を示す。走向は、Jibana準精査地区内のMbuyuni付近で変化しており、それ以南ではNEからNNE方向、それ以北ではNSからNNE方向とより北向きになっている。

この正断層群は、Mazeras層とKambe層の境界に沿って発達しており、両層の境界となることが多いことから“カルー系—ジュラ系断層帯(Karoo-Jurassic fault zone)”や“主要断層帯(major fault zone)”などの名称が与えられている(S. F. Bugg, 1982)。

断層運動の主要時期は、ジュラ期中期に既に断層の落下側地塊上に海成Kambe層の堆積が始まっていることから、ジュラ紀中期以前にあったと推定される。この主要時期の断層運動は、ゴンドワナ大陸を分断に導いた最初のリフト運動を反映したものであり、陸成層を主体とするDuruma層群の堆積環境の終焉をもたらしたものであった。

ジュラ紀中期以前に始まった断層運動は、白亜紀末期にアルカリ火成活動と同時に再活動し、また鮮新世には、後背地の急激な上昇と削剝を示すMagarini層の堆積に先立ち再活動したと推定される。

Karoo-Jurassic 境界断層周辺は、鉛—亜鉛—重晶石鉱脈鉱床の胚胎の場となっており、鉱化作用に関しても重要な地帯である。

地区内堆積岩類には撓曲や緩やかな褶曲が見出だされるが、これらは、断層運動に関連して生じたものとみられる。

1-4 地化学探査結果

概査地区地化学探査は、河床堆積物パンニング調査及び土壌試料調査からなる。

1-4-1 河床堆積物パンニング試料による地化学探査

(1) 試料と分析成分

この探査は、モンバサ地域の広域的な鉱物資源ポテンシャルを評価することを目的としている。河床堆積物パンニング試料は、概査地区全域(面積約9,000 km²)から100試料採取された。これらの試料はすべての主要な河川、及び主な支流の本流との合流点付近において川砂を標準的な砂金パンニング法で半濃縮することにより集められた。

(2) 分析方法

分析はカナダ、Chemex社において行われた。

解析には単一変量解析が用いられたが、U は全試料について検出限界(10ppm) 以下を示している
るので、統計処理から除外した。

(3) 地化学異常の検討

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、いくつかの分析成分について、異常値の多くはKaroo-Jurassic 境界断層の近傍に位置する(Figure 1-3)。なかでもAu, Ag, Pb, Zn及びBaの異常は、明瞭に既知鉱化帯の近傍に位置していることから、これらの異常は鉛-亜鉛-重晶石の鉱化作用を示徴している可能性が高い。

1-4-2 土壌による地化学探査

(1) 試料と分析成分

土壌試料は鉱化地5地区(Mrima Hill-Jombo Hill, Kinangoni, Mkundi, Mkangombe 及びMangea-Kwa Dadu) から計 769試料採取された。

試料は、原則として、深さ約20cmの部分から、腐植層が発達しているところではその下部から採取した。試料採取間隔は、鉱徴の大きさ及び強さに応じて、約50mから500 mとした。

Mkundi地区では南北 100m, 東西50間隔でのグリッド・サンプリング法を採用した。

分析成分はAu, Ag, Cu, Pb, Zn, Ba, Mn, Fe 及び Sの9元素である。

(2) 分析方法及び解析方法

分析はカナダChemex社において行われた。

解析は、単一変量解析で行ない、解析にあたっては、試料を次の3グループに分けて統計解析を行った。鉱徴の型によって①Mrima-Jombo Hill地区、②Kinangoni, Mkangombe, Mangea-Kwa Dadu地区及び③Mkundi地区である。

(3) 地化学異常の検討

土壌地化学探査は、Mrima Hill-Jombo Hill 及びMkangombe 地区を除き、概して失望させるものであった。Mrima Hill地区からの土壌試料は、その他の地区と比較してCu, Pb, Zn, Mn, Fe, S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を示唆する例外的に高い金の値(407ppb)を示した。

1-5 鉱徴地調査結果

鉱徴地調査は、候補地として約20地区を選び、その中から15地区(面積合計 279m², 踏査ルート延長約400 km)に対して地質調査を、一部の地区については更に地化学探査を実施した。鉱

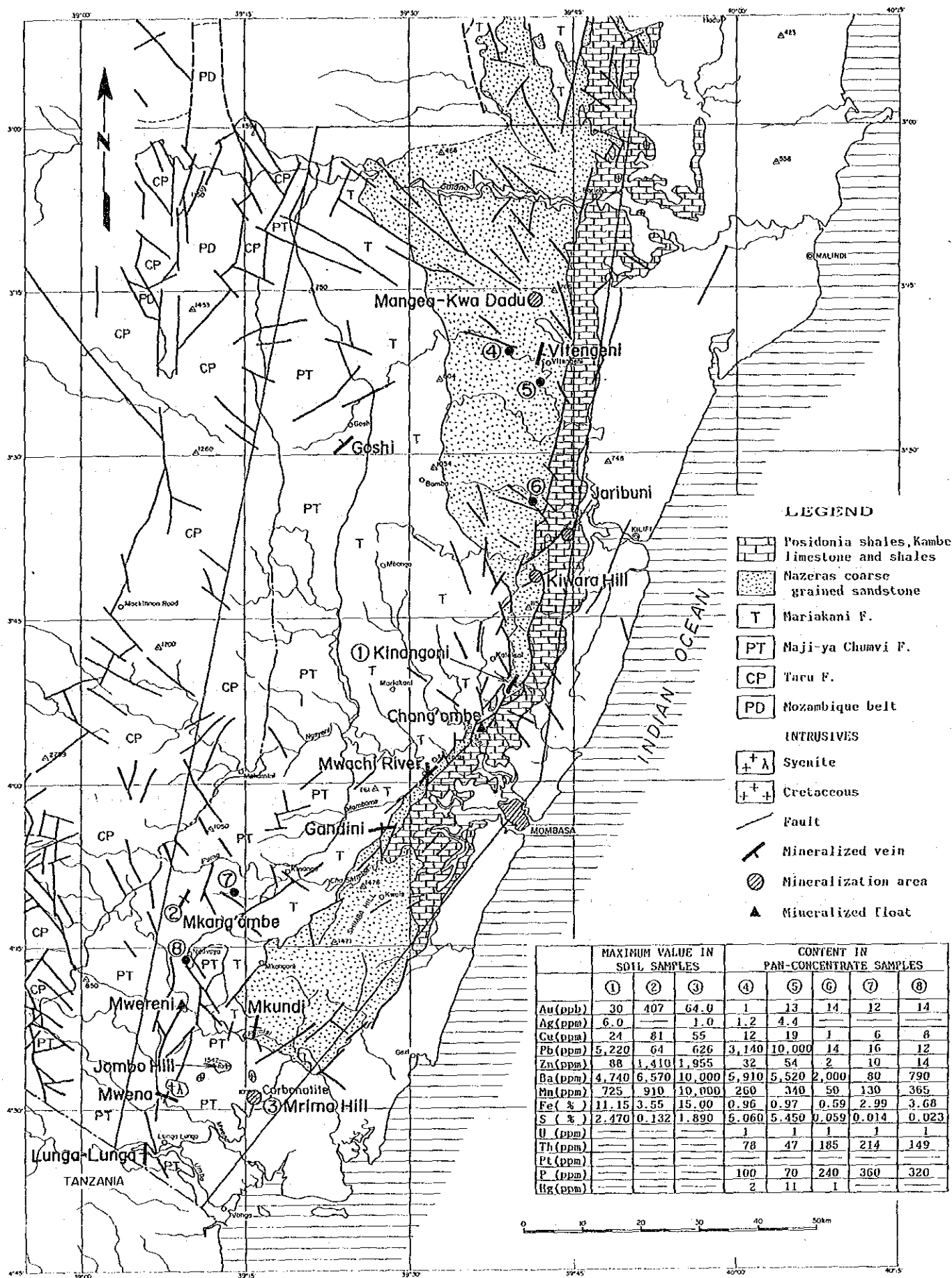


Figure 1-3 Geological and Geochemical Interpretation Map of the Mombasa Area

徴位置をFigure 1-4に、また、各々の鉱徴地の調査結果概要をTable 1-1 に示す。

鉱徴地調査結果の概要は次のとおりである。

(i) 当地域に分布する鉱徴地の鉱床タイプは、カーボナタイトーアグロメレート鉱床、鉱脈型鉱床、鉱染状・層状鉱床、風化残留鉱床及び現地砂礫鉱床の五種類に分類される。

(ii) カーボナタイトーアグロメレート鉱床はMrima Hill, Kiruku Hill に貫入したカーボナタイトーアグロメレートが風化し、ニオブウム、レアアース、トリウムなどを含む鉱物が残留あるいは新鉱物が生成し、富化したものである。一方、鉱脈型鉱床のうち、Kinangoni 鉱床やChangombe 地区の鉱化は鉛-亜鉛-銀-石英、Mwachi River(Tributary)地区の鉱化は、鉛-亜鉛-銀-方解石、またVitengeni 地区、Lunga Lunga 地区、Mwena 地区、Gandini 地区、Mwereni 地区及びGoshi 地区の鉱化は重晶石-鉛である。

(iii) Jaribuni 地区の鉱化は、石灰岩の風化で形成されたカルスト地形上に分布する土壤中の鉄酸化物鉱床で、Kiwana Hill 地区のそれは、地表部の土壤中に生成したマンガン酸化物鉱床であり、これらはいずれも風化残留型鉱床である。また現在Goshi 地区で稼行中の重晶石鉱床は、重晶石脈露頭部に生成した原地残留砂礫鉱床である。

(iv) 現在稼行中の鉱山と鉱種についてみると、Kinangoni (鉛-銀)、Jaribuni (鉄)、Goshi (重晶石) の3つが操業を行っている。Vigengeni 鉱山は過去に採掘した鉱石から重晶石粉を現在生産している。また過去に稼行された鉱山(鉱床)には、上記Vigengeni 鉱山の重晶石-鉛鉱床や Lunga Lunga の重晶石(毒重石)鉱床がある。

(v) 鉱徴・鉱床の分布を見ると、Gandini 以北の鉱徴・鉱床は、Karoo-Jurassic 境界断層に沿い、NE-SW 方向にVigengeni まで分布している。Gandini 以南における上記境界断層はKwale の北東約7 kmでほぼ消滅し、これより以南には不連続となるが、Mkundiまで追跡可能である。一方、Mwena からMwereni、Mkangombe に至る鉱床地帯は、NNE 方向に伸び、恐らく北部のGoshi に至る第2の鉱床地帯を仮定することができる。

Table 1-1 Investigation Results of Mineral Occurrences

No.	Survey Area	Location		Administration	Metal of Minerals	Country Rock	Mineralization				Occurrence, etc.	Previous Work Research and Mining Activity	
		Survey of Kenya, Map	UTM Co-ord.				Type	Ore Minerals	Gangue Minerals	Alteration etc.			
			X										Y
1.	Mrimo Hill - Jombo Hill	(1:50,000) Msambweni & Ndavaya	521 533	9513 9503	Msambweni Division, Kwale District	Nb, REE, Th	Carbonatite in Sandstone of Maji ya Chumvi Formation	Carbonatite (Residual)	Pyrochlore, Gorceixite, Monazite, Apatite	—	Weathered, Enriched	Ferruginous and manganiferous residual deposit with an average thickness of several to several hundreds feet, occurs in the form of filling up depression of karst topography. Formed by weathering on the surface of carbonatite body. Ore minerals, such as pyrochlore, gorceixite, are discernible predominantly with minor monazite.	Exploration and ore reserve calculation were made during 1950s-1970s
2.	Kinangoni	Mazeras	571 575	9576 9572	Kaloleni Division, Kilifi District	Pb, Ag	Sandstone of Mazeras Formation	Vein (Stock work)	Galena, Anglesite, Sphalerite, Chalcocopyrite, Ag-minerals	Quartz, Barite	Silicification, Argillization	Brecciation and mineralization are localized by a system of normal fault (hanging wall and foot-wall), bounding a fissure zone in sandstone of Mazeras Formation. Vein and Breccia (network) mineralization with argentiferous-galena, which is mainly replaced to anglesite, are predominant. Silber contained sulfide minerals, such as argentite, tetrahedrite, stromeyerite, jalpaite are identified.	Open cast and underground mining is being operated. Production: 120 ton Pb conc./month Grade: 60-70% Pb Workers: 150
3.	Vitengeni	Vitengeni	576 579	9532 9527	Kilifi District	Ba, (Pb)	Sandstone of Mazeras Formation	Vein	Barite, Galena, Sphalerite, Chalcocopyrite	Quartz	Argillization, Silicification	Ore bodies are of lenticular-shaped veins, which are distributed as echelon veins. Barytes are main minerals with minor amount of sulfides, such as galena, shalerite. Dimension of each vein is 20-60 meters along strike and 40-120m along dip. Sulfide mineral contents are increased with the depth.	Open cast mining was suspended by in late 1980s. Barytes powder is being produced from old stockpiles.
4.	Jaribuni	Bamba	581 583	9601 9595	Kilifi District	Fe	Limestone of Kambe Formation	Residual	Hematite, (Limonite)	—	Weathered, Enriched	Residual iron ore deposit, which fills up depressions associated with karst topography, formed in surficial part of limestone of Kambe Formation In shallower depth, general granularity of iron ore shows fine. But in deeper depth, ore nodules are highlyglomerated and clustered.	Mine is being operated Production: 180-220 ton/day Ore grade: More than 25% Fe Workers: 400-500
5.	Kiwara Hill	Bamba	576 578	9595 9591	Kaloleni Division, Kilifi District	Mn	Sandstone of Mazeras Formation	Residual	Pyrolusite, Cryptomelane, Hollandite	—	Weathered, Replaced, Enriched	Manganese oxide ores which replace sandstone of Mazeras formation are enriched by weathering. Ore is classified into three types, such as dissemination type, replacement types, massive type or nodule type.	Drilling and ore reserve calculation were carried out during 1960s.
6.	Goshi	Mapotea	542 546	9617 9614	Kilifi District	Ba	Sandstone of Maji ya Chumvi Formation	Vein, Eluvial	Barite,	Quartz	Argillization, Silicification & Weathered	Massive barytes vein deposit are pursuable 700 metres long as an echelon form. Barytes ore body is of an eluvial type formed by weathering. Barytes ore vein is currently being mined by open pit mining by man-powered hand digging.	Open cast mining had been carried out. Consecutive mining by man power has just started.
7.	Changómbe	Mazeras	566 568	9589 9585	Kaloleni Division, Kilifi District	Zn, Pb, Ag	Sandstone of Mazeras Formation	Vein & Stratiform	Sphalerite, Galena, Chalcocopyrite	Quartz, Calcite, Barite	Silicification, Argillization	Float is sole traces of mineralization, which seemed to occur as quartz vein and network in sandstone of the Mazeras Formation. Limonitic floats are common in the north. Meanwhile, lateritic soil can be observed in the south.	Drilling had been made in 1960s.
8.	Mwachi River (Tributary)	Mazeras	558 562	9562 9558	Kwale District	Zn, Pb, Ag	Sandstone of Mazeras Formation	Vein & Stratiform	Sphalerite, Galena, Chalcocopyrite	Calcite, Quartz	Silicification	Mineralization occurs as calcite vein and network with sphalerite and minor amount of galena. Four mineralized zones are specified along the tributary.	
9.	Mkundi	Msambweni & Ndavaya	527 532	9517 9513	Kwale District	Cu, Pb, Zn	Sandstone of Mariakani Formation	Vein	Galena, Sphalerite, Chalcocopyrite, (Malachite)	Quartz, Barite	Silicification, Argillization	Mineralized quartz vein and network with intensely silicified envelops trunkate and displace lamprophyric dykes. Galena, chalcocopyrite, malachite and pyrite occur in quartz veins in Mkundi North. In Mkundi South, silicified zones with quartz fineveins are observed. Hotsprings are active in these areas.	
10.	Lunga-Lunga	Vanga	509.5 511.5	9496 9493	Kwale District	Ba, (Pb)	Sandstone and Siltstone of Maji ya Chumvi Formation	Vein	Barite, Witherite, Galena, Sphalerite	Quartz	Argillization, Silicification	Massive barytes veins with minor amount of galena and sphalerite are distributed as echelon veins. Brecciated barytes vein with fragments, such as barytes, shale, sandstone, occur in veins and in hanging and foot wall rocks. Witherite and barytocalcite are firstly discernible.	Open cast mining had been done in 1980s. Several trenches are observed in Metreni area and near the Tanzanian Border.
11.	Mwena	Kwale	513 516	9506 9503	Kwale District	Ba	Sandstone of Maji ya Chumvi Formation	Vein	Barite	Quartz	Silicification, Argillization	Several thin barytes veins are observed. Each vein forms an echelon pattern with maximum length of 40 meters.	
12.	Gandini	Kwale	551 553	9554 9551	Kwale District	Ba	Sandstone of Mariakani Formation	Vein	Barite	Quartz	Silicification, Argillization	Several thin barytes veins are observed. Veins show a parallel distribution. But length of each vein is less than 10 meters.	
13.	Mwäreni *estimated by floats	Ndavaya	515 518	9522 9520	Kwale District	Ba*, Pb*	Sandstone of Maji ya Chumvi Formation	Vein*	Barite*, Galena*	Quartz*	Unspecified	Floats of barytes and galena fragments have been collected. But mineral showing has not yet been specified. Mineralization observed in ore floats are of baryte veins with minor amount of galena.	
14.	Mkangómbe North (Kumbi) South ** estimated by floats	Glanze	514 521	9541 9535	Kwale District ditto	ditto**	Siltstone of Maji ya Chumvi Formation ditto**	Vein ditto**	Malachite, Azurite	Quartz ditto**	Silicification ditto**	North (Kumbi) : Quartz vein and network specimen with green-Cu and blue-Cu have been collected from the showings. South : No mineralized showing is observed. Several floats suggest that the same type of mineralization to that in the Kumbi area occurs in this area.	
15.	Mangea-Kwa Dadu	Vitengeni	575.5 577.5	9640 9636	Kilifi District	Pb, Zn, Ag, Ba	Sandstone of Mazeras Formation	Vein	Galena	Quartz, Barite	Silicification	Quartz vein network and limonitic gossan are distributed. One pin-hole grain of galena in a milky thin quartz vein, is observed. In southern area, barytes vein network specimen were collected.	Several trenches for exploration are observed in gossan area.

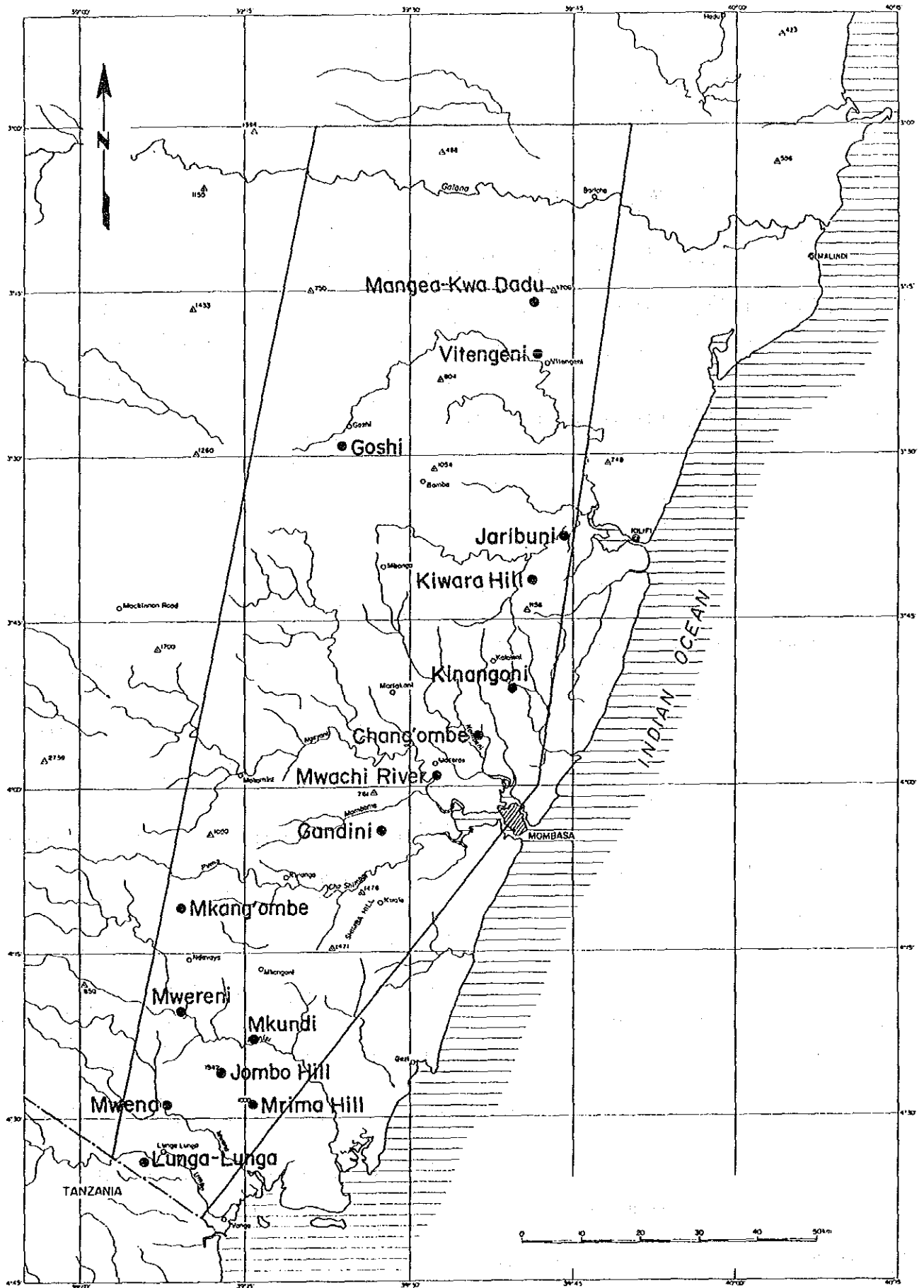


Figure 1-4 Map Showing Mineral Occurrences in the Mombasa Area

第2章 準精査～精査地区

2-1 Ganze 地区 (準精査)

2-1-1 調査方法

本地区では、第2年次に準精査(地質・地化学探査)が実施された。準精査は面積192 km²を対象とし、踏査距離140.0 km、土壌試料採取数451 試料の内容で行われた。

準精査の調査方法は、他の4地区と共通である。つまり、地質調査は、ケニア測量局(Survey of Kenya)刊行の縮尺1/50,000の地形図を拡大した縮尺1/10,000の地形図を利用して実施された。踏査ルートは、主要構造を横断する方向が多くなるように設定され、踏査ルート上では代表的岩石試料の採取、主要露頭のスケッチまたは写真撮影が行われた。地化学探査は、地質踏査に並行して行われ、B層土壌試料が採取された。試料採取間隔は、主要構造横断方向ルートで約300m、これに平行する方向で約350～400mである。

2-1-2 地質調査結果

(1) 地 質

本地区の地質図及び同断面図をFigure 2-1-1に示す。

地質は三疊紀及びジュラ紀の堆積岩類からなり、地区西部から東部に向って、下位からMazeras 層、Kambe 層、Mtomkuu 層の各層が累重する。

(i) Mazeras 層 (Mzl, Mzm)

本層は砂岩を主とした陸成の地層で、地区全体の80%程度の面積を占めて広く分布する。本地区では下部層(Mzl)と中部層(Mzm)に区分され、それぞれ時代は三疊紀及びジュラ紀に属す。

下部層(Mzl)は、淡灰色、中粒～粗粒の砂岩を主とし、石英に富む。斜交葉理や級化などの堆積構造がしばしば観察される。

中部層(Mzm)は、砂岩及びシルト岩からなる。砂岩は、淡灰色～淡黄色、中粒～粗粒の砂岩を主とし、石英に富み斜交葉理が見られる。その岩相は下部層の砂岩とほぼ同様である。シルト岩は、赤褐色～紫色を呈し、粒度はシルト～極細粒砂である。

(ii) Kambe 層 (K)

本層は海成石灰岩からなり、時代はジュラ紀である。地区東部に1.5～2km幅で、南北に伸びた分布を示す。石灰岩は淡灰色～暗灰色を呈し、地区中部～南部では大小の魚卵状組織を有するものが多いが、北部では細粒塊状のものが卓越する。軟体動物化石を含む。

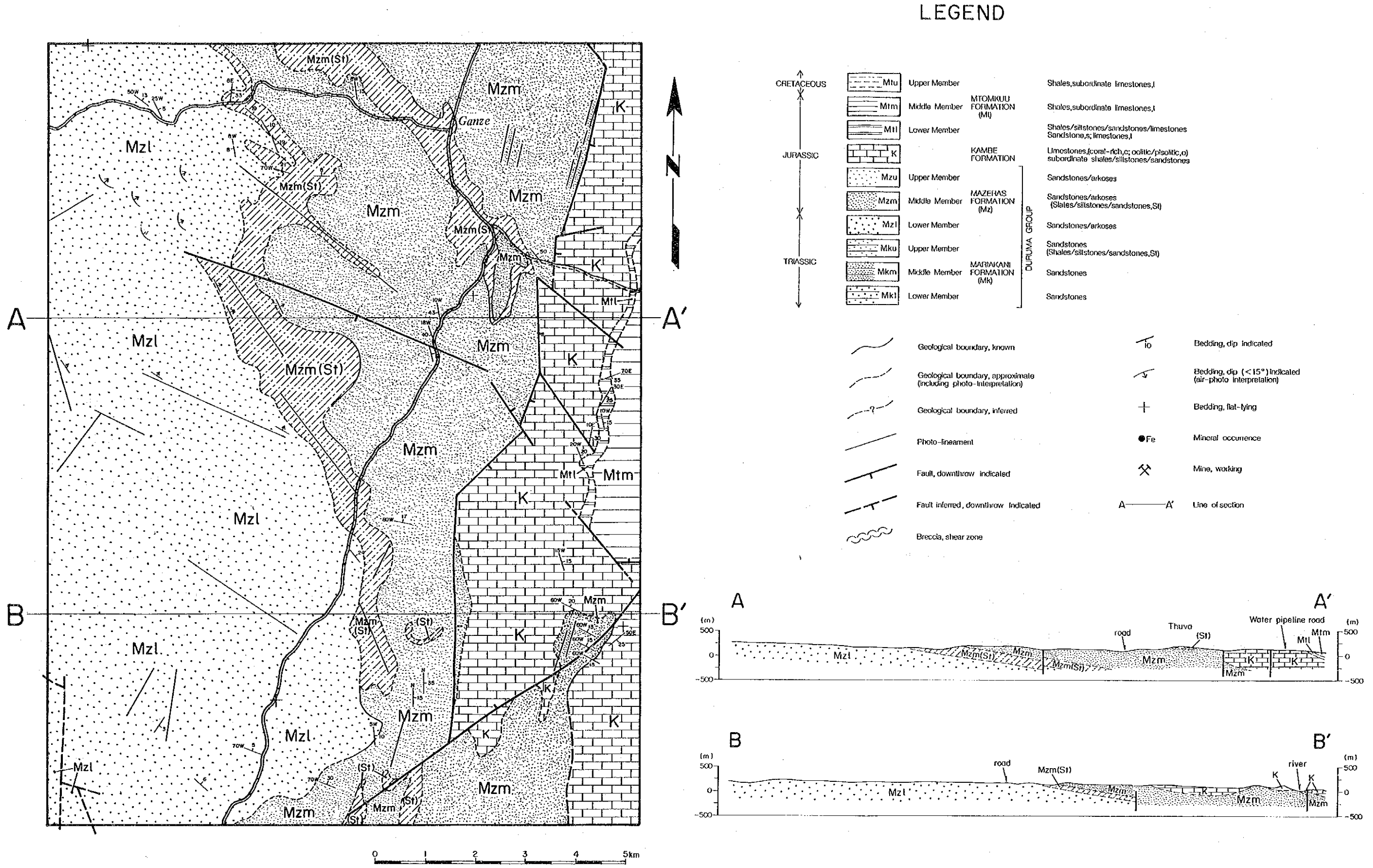


Figure 2-1-1 Geological Map of the Ganze Area

