

THE
JOURNAL OF
THE
ROYAL ANTHROPOLOGICAL INSTITUTE

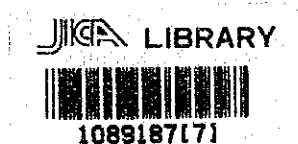
1904

Vol. 34

CR 4

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1年次



22159

平成3年2月

国際協力事業団
金属鉱業事業団

国際協力事業団

22159

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1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2年8月8日から平成2年12月10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をいただいたケニア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るものである。

平成3年2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

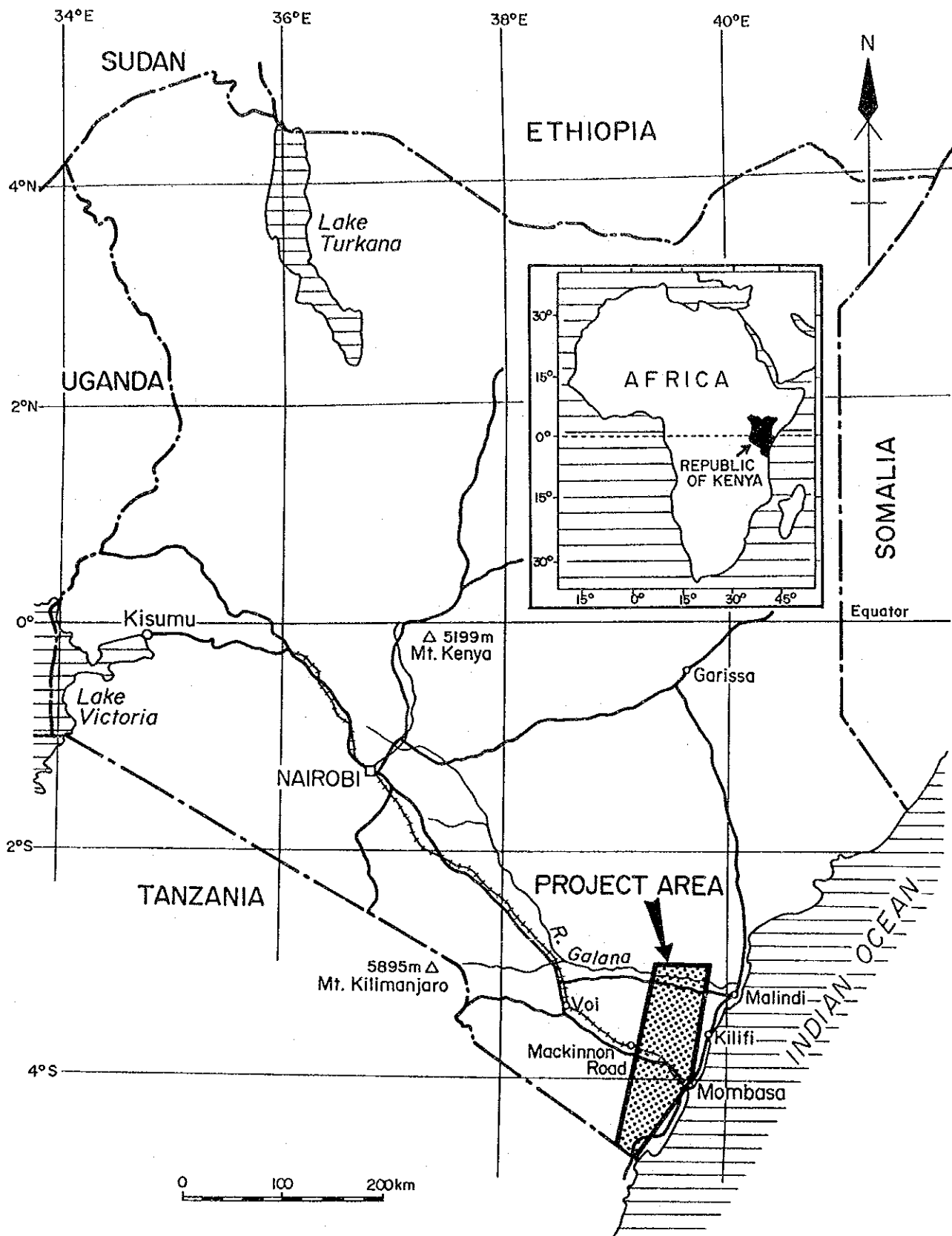


Figure 1 Index Map of Kenya Showing Location of the Mombasa Area

要

旨

ケニア共和国モンバサ地域資源開発協力基礎調査は、同国の南東部、9,000km²の範囲について、鉱床賦存状況を把握することを目的としている。本年度はその第1年次にあたり、平成2年8月から12月にかけて、既存資料調査及び地質調査・地化学探査を実施した。本年度調査の主目的は、主として、鉱微地調査、パンニング試料及び土壌試料による地化学探査を実施することによって、モンバサ地域内の鉱微地の性状を把握することにあった。このフィールド調査に関連して、他のもうひとつの目的は、可能な限り多くの地質情報を収集・総括し、モンバサ地域の地質の背景及び鉱床賦存のポテンシャルを評価することにあった。

以下にそれぞれの調査の要約を行う。

既存資料調査に関わる解析作業は、フィールド調査に先立って、約1ヵ月間、主としてナイロビ所在の鉱山地質局 (Mines and Geological Department) で実施した。この解析作業による成果は次のとおりである。(1) 鉱微地調査対象地区 (15ヵ所) の選択, (2) 地質図コンパイル (縮尺 1 : 100,000 ; 4 シート), 及び (3) 公刊文献及び未公刊データのリスト作成。

本年度フィールド調査結果の結論として次の諸点を挙げる。

- (1) Mrima Hill-Jombo Hill 地区にはニオブウムを伴う希土類酸化物が Mrima Hill カーボナタイト・プラグからもたらされた残留土壌中に濃集している。この鉱床は、この種の資源に関して、世界的な重要鉱床のひとつに数えられている。しかしながら、ケニア共和国政府認可の鉱業権は、これまでに採掘の実績はないものの、現在、外国の私企業にある。
- (2) 断層規制の鉛-亜鉛-銀-重晶石熱水鉱化作用は、海岸線と平行な主断層帯と密接な関連をもっている。この鉱化作用の鉱物組合せ及び構造規制要素から、この鉱化作用はミシシッピ・バレー型の鉛-亜鉛鉱化作用類似のものといえる。本調査地内でのこの型の重要な鉱床／鉱化帯は、現在までに、Vitengeni, Kinangoni, Mwachi River 及び Lunga Lunga にある。これらの鉱床／鉱化帯のうち、Vitengeni 及び Kinangoni は稼行中の鉱山であり、前者では重晶石、後者では鉛を採掘している。
- (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近傍に集中している。これらの異常のうち、既知の鉱化帯近傍にあるもの、例えば、Vitengeni 周辺の多金属異常、Vitengeni 南方の金の異常、Kinangoni 周辺の銅、鉛、及び／又は亜鉛異常、及び Mkang'ombe 周辺の金及び／又は銅異常は特に重要な示徴である。
- (4) 土壌地化学探査結果は、Mrima Hill-Jombo Hill 地区及び Mkang'ombe 地区を除き、概して、失望させるものであった。Mrima Hill-Jombo Hill 地区からの土壌試料は、そのほかの地区と比較して、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。Mkang'ombe 地区では、試料のひと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。

以上の結論から、今後の調査として、下記の調査の実施を提案する。

- (1) Mrima Hillは、希土類元素及びニオブウムのみならず、土地地化学探査結果によれば、卑金属及び貴金属についても興味ある探鉱地である。しかしながら、鉱業権が外国の私企業にあることを考慮して、本プロジェクトの枠内での今後の調査について、現時点での提案は行わない。
- (2) 河床堆積物パンニング試料による地化学異常から、つぎの4地区が今後の調査対象地区として抽出できる；Vitengeni, Ganze (Kilifiの西方, Mulungu wa Mawe 川の上流), Kinangoni, 及び Mukang'ombe。前者3地区は海岸線に平行の主断層帯近傍に位置している。従って、これら3地区の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) 鉱徴地についての今年度調査では精密調査の対象となるようなターゲットは特定できなかった。主として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ターゲットに対する調査は、それぞれ、200 ～ 300km²程度の範囲をカバーすることが必要である。それは、今年度のパンニング試料による調査の密度が 100試料/9,000 km²であったことから、今後の調査は半広域または半精密の調査段階にあるためである。

目 次

はしがき
要 旨

第 I 部 総 論

第 1 章 序 論	1
1-1 プロジェクトの目的	1
1-2 調査目的及び調査概要	1
1-3 調査団の編成	2
第 2 章 地 理	3
2-1 位置及び交通	3
2-2 地形及び水系	3
2-3 気候及び植生	4
第 3 章 既存地質情報	5
3-1 既往調査概要	5
3-2 地質概要	6
3-3 鉱業略史	11
第 4 章 調査結果の総合検討	13
4-1 地質構造、鉱化作用の特性及び鉱化規制	13
4-2 有望鉱床賦存のポテンシャル	13
4-3 地化学異常と鉱化作用との関係	15
第 5 章 結論及び提言	21
5-1 結 論	21
5-2 提 言	27

第Ⅱ部 各 論

第1章 既存資料調査	29
第2章 地質調査・地化学探査	31
2-1 調査方法	31
2-2 モンバサ地域の地質	31
2-3 鉱微地調査	36
(1) Mrima Hill-Jombo Hill 地区	40
(2) Kinangoni 地区	51
(3) Vitengeni 地区	66
(4) Jaribuni 地区	77
(5) Kiwara Hill 地区	86
(6) Goshi 地区	93
(7) Chang'ombe地区	101
(8) Mwachi River (Tributary)地区	105
(9) Mkundi地区	117
(10) Lunga Lunga 地区	129
(11) Mwena 地区	138
(12) Gandini 地区	149
(13) Mwereni 地区	157
(14) Mkang'ombe地区	160
(15) Mangea-Kwa Dadu 地区	165
2-4 地化学探査	168
(1) 河床堆積物パンニング試料による地化学探査	168
(2) 土壌による地化学探査	175
(A) Mrima Hill-Jombo Hill 地区	176
(B) Kinangoni 地区, Mkang'ombe地区, Mangea-Kwa Dadu 地区	177
(C) Mkundi地区	177
2-5 室内試験及びその結果	178

第Ⅲ部 結 論 及 び 提 言

結 論	197
提 言	198

引用文献

付帯資料

<ILLUSTRATIONS>

Plates

1. Geological Map and Sections of the Vitengeni Sub-Area	in pocket
2. Geological Map and Sections of the Mariakani Sub-Area	in pocket
3. Geological Map and Sections of the Kwale Sub-Area	in pocket
4. Geological Map and Sections of the Vanga Sub-Area	in pocket
5. Geological Map and Section of the Mrima Hill-Jombo Hill Area	in pocket

Figures

	Page
Figure 1 Index Map of Kenya Showing Location of the Mombasa Area	
Figure 2 Generalized Geological Map of the Mombasa Area	7
Figure 3 Geological Sequence of the Mombasa Area	9
Figure 4 Map Showing Mineral Occurrences in the Mombasa Area	14
Figure 5 Geochemical Map Showing Pan-Concentrated Stream Sediment Survey Results	17
Figure 6 Geochemical Map Showing Soil Survey Results	19
Figure 7 Geochemical Map of the Mombasa Area	23
Figure 8 Geological and Geochemical Interpretation Map of the Mombasa Area	25
Figure 9 Map Showing Locations of Analyzed Rock Samples	32
Figure 10 Map Showing Locations of Analyzed Ore Samples	33
Figure II-2-3-1 (1) Geological Map of the Mrima Hill-Jombo Hill Area	47
Figure II-2-3-1 (2) Geological Sketches of Sampling Points (No. 1, No. 2 and No. 3)	49
Figure II-2-3-2 (1) Geological Map of the Kinangoni Area	57
Figure II-2-3-2 (2) Geological Sketch Map of the Kinangoni Open Cast Mine	59
Figure II-2-3-2 (3) Geological Sketch of Pit Section	61
Figure II-2-3-2 (4) Geological Sketches of Upper Bench Wall and Pit Bottom	63
Figure II-2-3-2 (5) Plan and Vertical Section of Mineralization and Underground Exploration at Kinangoni Mine	65
Figure II-2-3-3 (1) Geological Map of the Vitengeni Area	69
Figure II-2-3-3 (2) Geological Sketch Map and Interpreted Vein Pattern in the Vitengeni Area	71
Figure II-2-3-3 (3) Geological Sketches of Mineral Showings in the Old Mining Pits (Part 1, 2)	73
Figure II-2-3-4 (1) Geological Map of the Jaribuni Area	79

Figure II-2-3-4 (2)	Plan of the Jaribuni Workings	81
Figure II-2-3-4 (3)	Geological Sketches of Fe-Oxide Occurrences in the Jaribuni Workings	83
Figure II-2-3-4 (4)	Schematic Ore Profile for Jaribuni Iron Deposit	85
Figure II-2-3-5 (1)	Geological Map of the Kiwara Hill Area	88
Figure II-2-3-5 (2)	Geological Sketch Map and Profile of the Kiwara Hill South	89
Figure II-2-3-5 (3)	Geological Sketch of Mn-Oxide Occurrences on the Kiwara Hill South	91
Figure II-2-3-5 (4)	Geological Sketch of Mn-Oxide Occurrences on the Kiwara Hill North (Along the Motor Track)	92
Figure II-2-3-6 (1)	Geological Map of the Goshi Area	95
Figure II-2-3-6 (2)	Geological Sketch Map of the Goshi Area	97
Figure II-2-3-6 (3)	Geological Sketches of the Eluvial Barytes Deposit and Old Mining Pits (Part 1, 2)	99
Figure II-2-3-7 (1)	Geological Map of the Chang'ombe Area	104
Figure II-2-3-8 (1)	Geological Map of the Mwachi River (Tributary) Area	109
Figure II-2-3-8 (2)	Geological Sketch Map of the Mwachi River (Tributary) Area	111
Figure II-2-3-8 (3)	Geological Sketches of Mineral Showings along the Mwachi River (Tributary) Area (Part 1, 2)	113
Figure II-2-3-9 (1)	Geological Map of the Mkundi Area	121
Figure II-2-3-9 (2)	Geological Sketch Map of the Mkundi Area	123
Figure II-2-3-9 (3)	Geological Sketch of Mineral Showings in the Mkundi North	125
Figure II-2-3-9 (4)	Geological Sketch of Mineral Showings in the Mkundi South	127
Figure II-2-3-10 (1)	Geological Map of the Lunga Lunga Area	132
Figure II-2-3-10 (2)	Geological Sketch Map of the Old Mining Pits in the Lunga Lunga Area	133
Figure II-2-3-10 (3)	Geological Sketches of Mineral Showings in the Lunga Lunga Area (Part 1, 2)	135
Figure II-2-3-11 (1)	Geological Map of the Mwena Area	140
Figure II-2-3-11 (2)	Geological Sketch Map of the Mwena Area	141
Figure II-2-3-11 (3)	Geological Sketches of Barytes Veins in the Mwena Area (Part 1, 2, 3)	143
Figure II-2-3-12 (1)	Geological Map of the Gandini Area	151
Figure II-2-3-12 (2)	Geological Sketch Map of the Gandini Area	153
Figure II-2-3-12 (3)	Geological Sketches of Barytes Veins in the Gandini Area (Part 1, 2)	155
Figure II-2-3-13 (1)	Geological Map of the Mwereni Area	159
Figure II-2-3-14 (1)	Geological Map of the Mkang'ombe Area	163

Figure II-2-3-15 (1)	Geological Map of the Mangea-Kwa Dadu Area	167
Figure GC-1	Frequency Distribution and Cumulative Frequency Distribution of 14 Selected Elements in Pan-concentrated Stream Sediments from the Mombasa Area	171
Figure GC-2	Distribution of 14 Selected Elements in Pan-concentrated Stream Sediments from the Mombasa Area	173
Figure GC-3	Frequency Distribution and Cumulative Frequency Distribution of 9 Selected Elements in Soil from the Mrima Hill-Jombo Hill Area	179
Figure GC-4	Distribution of 9 Selected Elements in Soil from the Mrima Hill Area	181
Figure GC-5	Distribution of 9 Selected Elements in Soil from the Jombo Hill Area	183
Figure GC-6	Frequency Distribution and Cumulative Frequency Distribution of 9 Selected Elements in Soil from the Kinangoni, Mkang'ombe and Mangea-Kwa Dadu Areas	185
Figure GC-7	Distribution of 9 Selected Elements in Soil from the Kinangoni Area	187
Figure GC-8	Distribution of 9 Selected Elements in Soil from the Mkang'ombe Area	189
Figure GC-9	Distribution of 9 Selected Elements in Soil from the Mangea-Kwa Dadu Area	191
Figure GC-10	Frequency Distribution and Cumulative Frequency Distribution of 9 Selected Elements in Soil from the Mkundi Area	193
Figure GC-11	Distribution of 9 Selected Elements in Soil from the Mkundi Area	195

<TABLES>

		Page
Table 1	Monthly Average Temperature and Rainfall	4
Table 2	Published Reference and Unpublished Data	30
Table II-2-3	Investigation Results of Mineral Occurrences	37
Table II-2-3-1 (1)	Statistics of Geochemical Survey on Mrima Hill-Jombo Hill Area	42
Table II-2-3-1 (2)	Statistics of Exploration Activities on Mrima Hill Ore Deposits	43

<APPENDIXES>

- Appendix-I -1 Bibliography on Geology and Mining of the Coast Province, Kenya
- Appendix-I -2 Technical Archives of Mines and Geological Department, Nairobi, Kenya
- Appendix-II Microscopic Observation of Rocks in Thin Section
- Appendix-III Microscopic Observation of Ore Minerals in Polished Section
- Appendix-IV EPMA Analysis
- Appendix-V X-ray Diffraction Analysis
- Appendix-VI Pb-Pb Age Dating
- Appendix-VII Whole Rock Analysis of Samples from the Mombasa Area
- Appendix-VIII Trend in AFM Diagram, Relation between FeO/MgO Ratio and SiO₂ Content, and Relation between FeO Content and FeO/MgO Ratio in the Igneous Rocks from the Mombasa Area
- Appendix-IX Chemical Analysis of Ore Samples from the Mineral Showings
- Appendix-X Minerals Identified in Pan-concentrated Stream Sediment Samples from the Mombasa Area
- Appendix-X I Geochemical Analysis of Pan-concentrate Samples from the Mombasa Area
- Appendix-X II Geochemical Analysis of Soil Samples from the Mrima Hill-Jombo Hill, Kinangoni, Mkundi, Mkang'ombe and Mangea-Kwa Dadu Areas

第 I 部 総 論

第 I 章 序 論

1-1 プロジェクトの目的

ケニア共和国モンバサ地域資源開発協力基礎調査は、同国東南部ケニア海岸地帯の面積約 9,000 km²の範囲について、鉍床賦存状況を把握することを目的としている。

1-2 調査目的及び調査概要

本年次調査はケニア共和国モンバサ地域資源開発協力基礎調査第 1 年次調査に相当し、既存資料調査及び地質調査・地化学探査からなる。現地調査は、平成 2 年 8 月 10 日から 12 月 6 日までに実施した。

本調査の主目的はモンバサ地域について、主として、鉍徴地調査、及び河床堆積物パンニング試料と土壌試料による地化学探査を実施することによって、本地域内の鉍徴地の性状を把握することにあった。この他のもうひとつの目的は、既存試料解析によって可能な限り多くの地質情報を収集・総括し、本地域の地質の背景及び鉍床賦存のポテンシャルを評価することにあった。

鉍徴地調査は本地域内の鉍徴地の特性、内容、広がり及びポテンシャルに関する情報を得ることを目的として、次の 15ヶ所で実施した；(1) Mrima Hill-Jombo Hill, (2) Kinangoni, (3) Vitengeni, (4) Jaribuni, (5) Kiwara Hill, (6) Goshi, (7) Chang'ombe, (8) Mwachi River, (9) Mkundi, (10) Lunga Lunga, (11) Mwena, (12) Gadini, (13) Mwereni, (14) Mkang'ombe 及び (15) Mangea-Kwa Dadu。

地化学探査のうち、河床堆積物パンニング試料による探査は本地域全般について、土壌による探査はつぎの 5 鉍徴地で実施した；(1) Mrima Hill-Jombo Hill, (2) Kinangoni, (3) Mkundi, (4) Mkang'ombe 及び (5) Mangea-Kwa Dadu。

実施した室内試験は次のとおりである；岩石薄片／鉍石研磨片の顕微鏡観察、全岩分析、鉍石の化学分析、鉍化／変質岩の X 線解析、鉍石鉍物の EPMA (Electron Probe Micro-Analysis), Pb-Pb アイソトープ法による方鉛鉍の年代決定、及び河床堆積物パンニング試料・土壌試料の地化学分析。

なお、当初、衛星画像を利用した地質構造解析の実施を計画していたが、満足する品質の画像が得られず、衛星画像による地質構造解析は断念した。

フィールド作業用のベースマップは縮尺 1 : 50,000 地形図 (Survey of Kenya) を縮尺 1 : 25,000 及び縮尺 1 : 10,000 に延図したものを使用した。

1-3 調査団の編成

プロジェクト・スタッフ及び今年度調査参加の現地調査団員は次のとおりである。

(プロジェクト・スタッフ)

日本側	ケニア共和国側
北 善 次 金属鉱業事業団 海外部次長	S. A. Wasike E. M. B. H. Ombogo-Ndonga MENR MENR
邊 見 勝 通商産業省 鉱業課	P. D. Genga K. M. S. Kigen MENR MENR
戸 田 和 彦 外務省 経済協力局	C. Y. O. Owayo A. I. Igobwa MGD MENR
霜 鳥 洋 金属鉱業事業団 海外部	J. K. Wachira M. G. Mwathi MGD MENR
升 田 健 蔵 金属鉱業事業団 海外部	O. O. Okoiti MENR
十 郎 正 義 国際協力事業団 ケニア事務所	W. M. N. Siambi MGD
山 本 恭 久 金属鉱業事業団 ナイロビ事務所	F. K. Muruga MGD
*MENR : Ministry of Environment and Natural Resources	
MGD : Mines and Geological Department	

(現地調査団)

日本側	ケニア共和国側
川 井 正 和 住鉱コンサルタント(株) (団長・統括)	F. K. Muruga MGD (プロジェクト・マネージャー)
尾 西 明 生 住鉱コンサルタント(株) (副団長)	I. K. Githinji MGD (団長・統括)
広 川 徹 住鉱コンサルタント(株)	S. S. Hussein MGD (副団長)
	M. N. Mwangi MGD
	T. N. Ndola MGD
*MGD : Mines and Geological Department	

第2章 地 理

2-1 位置及び交通

モンバサ地域は、ケニア共和国東南部、ケニア海岸の Malindi とタンザニア国境間に位置している。東側及び西側の境界は東経 $39^{\circ} 50' 20''$ / 南緯 $3^{\circ} 00'$ 、東経 $39^{\circ} 41' 50''$ / 南緯 $4^{\circ} 00'$ 及び東経 $39^{\circ} 11' 00''$ / 南緯 $4^{\circ} 09' 20''$; 東経 $39^{\circ} 21' 30''$ / 南緯 $3^{\circ} 00'$ 及び東経 $39^{\circ} 02' 50''$ / 南緯 $4^{\circ} 03' 30''$ (Figure 1)。

道路網は良く発達しており、本地域内各地へのアクセスに便利である。Nairobi-Mombasa 道 (A109)、Mombasa-Malindi 道、及び Mombasa-Lunga Lunga 道は全天候型舗装道である。また、全天候型砂利道は、本地域中央部の Kinango から北、東、及び南へ延びている。その他の乾季のみ利用可能な道は殆どの村々に通じている。

2-2 地形及び水系

本調査地域の地形区分は次の通りとなる。

(1) 更新世堆積物からなる海岸平野、(2) ジュラ紀堆積岩の分布と良く一致する下位卓状地、(3) Shimba Hill を含む海岸山地、及び (4) Duruma 層群の分布域である Nyika (灌木地帯)。

海岸平野は、まれに巾 3~5 km を越す場合があり、海拔 30m 以下にある。この海岸平野の背後は、急に高度を増し、海拔 70~140m の下位卓状地となる。海岸山地は海拔 150m 以上の山地からなる。このうち、Shimba Hill は、帽岩状 Shimba グリット及び Mazeras 砂岩からなり、最高高度は 400m をこえる。この地貌は、抗侵食性の帽岩状 Shimba グリットが下位の Mazeras 砂岩を侵食から守ったことによる。この海岸山地の西縁から地形は急に Nyika へと低下する。この Nyika は、海拔約 180m に始まり序々に高度を上げ、本地域西部では海拔約 300m に達し、本地域の西方へ広く及んでおり、主としてモザンビーク系の諸岩類からなっている。

本調査地域の水系は ; (1) Galana 川水系、(2) Kilifi 川水系、(3) Mombasa 川水系、及び (4) 本調査地域南部の水系に分けられる。

Galana (Sabaki) 川は、本調査地域北西部から流入し、Malindi 海岸に流出している。本調査地域内流路の長さは約 90km である。同川は、年間を通じての流水があり、涸れることはない。流路の幅は 100~200m である。渇水期には路盤の砂岩が各所で水面上に露出する。Vitengeni (Rare) 川、及びその支流は Kilifi 海岸に流出している。Kambeni, Ngeyeni, Mambome, 及び Cha Shimba 諸河川は本調査地域中央部を流れ、Mombasa 海岸に流出している。本調査地域南部には、主として、Ramisi, Mwena, 及び Umba の諸河川が東流し、海に注いでいる。

2-3 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、及び月平均降雨量は次に示すとおりである。

Table 1 月平均気温及び月平均降雨量

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
平均最高気温 (°C)	32	32	33	31	29	29	28	28	29	30	31	32
平均最低気温 (°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

高温・多湿のケニア海岸沿岸部の植生はココナツ林、灌木及び丈の高いサバンナ草原に富んでいる。Arabuko Sokoke Forest, Shimba Hills, Mrima Hill, 及び Jombo Hill では濃密な熱帯性の森林を形成している。

第3章 既存地質情報

3-1 既往調査概要

ケニア海岸地方の早期の地質情報には Baron von der Decken, 1869; J. Thomson, 1879; W. Gibson, 1893; S. von Reichenbach, 1896; J.W. Gregory, 1896; 及び E.E. Walker, 1903がある。

1905年、英国地質調査所の H.B. Muffは東アフリカ保護領の地質調査を任命され、その報告書は1908年出版された。彼はケニア海岸地方の層序を確立した最初の人であった。彼はまた地層が海岸方向へ緩傾斜し、また、順次若い地層となることを認めた。

1909年、Daque は、エジプトから南アフリカにかけて分布する非海成、先 Bathonian階砂岩の英領東アフリカにおける代表として、Duruma砂岩を区分した。

1919年、J.W. Gregoryはケニアでの2度目の調査を実施し、まもなく結果を「東アフリカの地質」にまとめて発表(1921)した。このうちの4章がケニア海岸地方の地質記載にあてられている。

Mombasa-Kwale, Kilifi, Malindi, 及び Hadu-Fundi Isa 各地区の一般地質は、Mines and Geological Department (MGD) 発行の地質図及び同説明書にまとめられている。著者及び発行年はそれぞれ次のとおりである。P.V. Caswell, 1953; P.V. Caswell, 1956; A.O. Thompson, L.A.J. Williams, 1962。

ケニアの鉱物産地についての概要は、MGD発行の Geological Bulletins に記載されている。著者及び発行年は次のとおりである。W. Pulfrey, 1954; W. Pulfrey, 1960; C.G.B. Du Bois, 1966; J. Walsh, 1969; C.G.B. Du Bois (revised by J. Walsh), 1970。

1977年、ケニア政府は空中磁気探査及び放射能エアボーン調査をモンバサ地域で実施した。これらのデータはMGDにファイルされているが、詳細な解析は行われていない。

ケニア政府は、1978年、オーストリア機関と共同して、モンバサ地域南部地区で同地区内の鉱物探査及び鉱床を評価するためのプロジェクトを実施した。

ケニア政府は、1985年、英国の技術協力を得て、南・北海岸地区で地質マッピング・プロジェクトを実施した。結果は、縮尺1:50,000の地質図26シートにまとめられている。

3-2 地質概要

概略地質図 (Figure 2) にモンバサ地域及びその周辺地域の地質の概略と構造のトレンドを示した。当地域の地質 (Figure 3) は、先カンブリア時代から第四紀に及ぶ地質時代の地層からなり、堆積岩類、火成岩類、変成岩類及び未固結物質を含む。主要な岩石単元は、モンバサ地域の北西地区に限られるモザンビーク系、モンバサ地域の大半を占める古生層及び中生層、及び海岸地帯の第三紀層とそれより若い堆積物である。

モザンビーク系の変成岩類は主として片麻岩及び片岩である。二疊紀古生層は本地域の西部に分布している。この古生層及びその上位にのる三疊紀岩類は一連のグリット、砂岩及び頁岩からなる。一方、ジュラ紀岩類 (Kambe 層及び Mtomkuu層) は海成石灰岩及び頁岩からなる。本地区の二疊紀～三疊紀岩類 (Druma 層群; Taru層, Maji ya Chumvi層, Mariakani 層及び Mazeras 層の下部層) 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る。これらの堆積物は、他の地域のカルー系を特徴づける堆積盆縁辺部でのテクトニズムに起因してくり返し現れる粗粒堆積物に欠けている。層相変化は西から東の変化よりも南西から北東への変化が明らかである。非火山源の第三紀及び更新世の堆積物は沿海部に分布している。海岸に沿う隆起珊瑚礁は更新世のものである。

本地区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はカーボナタイト貫入の場となっている。

海岸と平行な断層がNNE-S SWからNE-SWの方向で伸長し、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、それらの多くは主要断層より若い。

Kinangoni 及び Vitegeni で典型的に代表される鉛-亜鉛-重晶石の鉱化はNNE-S SWからNE-SW方向の断層に規制されて現れている。鉛、亜鉛、重晶石、及び関連元素についての主要な地化学異常と同様に、この種の鉱化はこの海岸と平行な主要断層近傍に出現している。

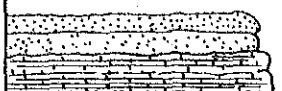
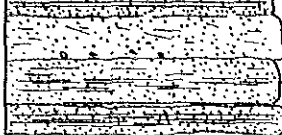
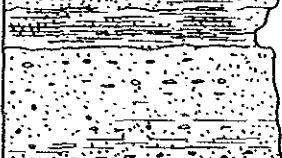
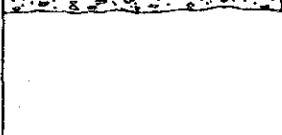
ERA	PERIOD/SUB-PERIOD		AGE (Ma)	LITHOLOGY		STRATIGRAPHY	TECTONIC EVENTS	MINERAL OCCURRENCES
Ceno- zoic	Quater- nary	Holocene	0.01		alluvium colluvium dune sands sands reef			Mkang'ombe, Mkundi: Pb-Zn-Cu +++++ Mrima Hill: Niobium/ Rare earths
		Pleisto- cene						
	Neo- gene	Pliocene	1.64		sands	Magarini Fm.	Faulting	
		Miocene			ss, (sh/marl)	Marafa Fm.		
	Tertiary		23.5		ss, (ls/sh)	Baratum Fm		
		Paleo- gene			Oligocene Eocene Paleocene			
Meso- zoic	Creta- ceous	Senonian	65				Alkaline igneous intrusion Faulting	
			89					
			119					
		Gallic	132		sh, (ls) sh, (ss) sh/ss/ls	Mtomkuu Fm.		
		Neocomian	146					
	Jurassic	Malm	157				Major faulting Up-doming	Limestone: (Pb-Zn) +++++ Kinangoni, Vitengeni: Pb-Zn-Ag
		Dogger	178		ls, (sh)	Kambe Fm.		
		Lias	183					
			200					
	Triassic	Tr3 Tr2 Scythian	208		ss(cs.gd)	Mazeras Fm.	Subsidence	
					ss, sh	Mariakani Fm.		
					245	sh, silt st		Maji ya Chumvi Fm.
Paleo- zoic	Permian	Zechstein Rotliegen. Pennsylv.						
			290					
	Carbon- iferous		300		grits	Druma Group (Karroo) Taru Fm.	Initial faulting	
			362.5					
			408.5					
	Devonian		439.0					
			510					
			570					
Precam- brian	Protero- zoic							
	Archean	2,500		gneisses schists etc.	Mozambique Belt			Mozam- biquian orogeny

Figure 3 Geological Sequence of the Mombasa Area

3-3 鉍業略史 (Figure 4)

モンバサ地域は、ニオブウム、希土類、鉛、亜鉛、銅、金、鉄、及びマンガン鉍物、及び重晶石を産することで古来よく知られている。Vitengeni 鉍山は1920年代、1940年代及び1940年代に方鉛鉍を対象として断続的に稼行された。Mrima Hillのカーボナタイトに伴うニオブウム及び希土類については1950年代以降探査されてきている。本地域内で20ヶ所ほどの鉛、亜鉛、マンガン、及び／又は銅についての地化学異常がケニア-英国プロジェクトで認められている。Kinangoni 鉍山の鉛は1970年代以降小規模に採掘されてきている。Tolé, M.P. (1989) はモンバサの南西65kmの Mkundi で金の産出を報告した。

Vitengeni 鉍山

Vitengeni 鉍山はモンバサの北約75kmにある。この鉍山は1919年に発見され、開発は1922年に始めた。この鉍床は、Mariakani 及び Mazeras砂岩・シルト岩・泥岩中に発達した急傾斜の方鉛鉍含有重晶石脈からなる。鉍石中の方鉛鉍含有率は 2.5%で、選鉍により、含有率82~85%にまで濃縮していた。1929年までに 7,000~8,000tonの鉍石を採掘し、209tonの精鉍を産出した。この精鉍は欧州へ輸出された。これら精鉍中の金属鉛は176ton、副産物としての銀は1,420oz と見積もられている。この鉍山は1940年代及び1950年代に再検討されたが、平均 2.5% PbS, 及び 200 g Ag/ton で再開発には不十分であった。

1960年代にはいつてから、貯鉍の再処理と同時に、同鉍床中の重晶石が注目され、少量産出した。1966年までに、5,000tonを少し越える量を産出し、主として、地域市場に供給していた。

Mrima Hill

Mrima Hillは、モンバサの南西80kmにある。1950年代のはじめ、MGDは Mrima Hill において、ニオブウムを対象とする探鉍を実施し、その結果、平均含有量 0.7% Nb₂O₅で 5,000万トンの埋蔵鉍量を確認した。Anglo American Prospecting Co., (Africa) Ltd. は、1955年に広範な探鉍及び金属回収試験を実施した。しかし、1957年、探鉍権を放棄した。鉍石の低品位、及びパイロクロア結晶の砕けやすい性質による回収率の低さがその理由であった。

1960年代にMGD/Warren Spring Laboratory, UKは選鉍試験を実施したが、ブラジルの Araxa 鉍床開発と同時期であったこともあり、開発のための問題解決に至らなかった。Mrima Hillの一部に希土類の濃集があり、これまでに、鉍山会社各社による再検討が行われてきている。このうち、1968年の Rhone Poulenc社によるものが最も広範なものであり、希土類回収試験に成功した。1979年に同社は開発の権利を獲得した。しかし、これまでのところ目立った動きはない。

Kinangoni 鉍山

Kinangoni 鉍山はモンバサの北約25kmにある。Kinangoni 鉛鉍床は、ここ数十年来知られてきた。この鉍床はMGDが実施した地化学探査及びボーリングで発見された。埋蔵鉍量は 8.9

% Pb, 0.58% Zn, 及び 4.25 oz/ton Ag で最低930,000tonと見積もられている。当初、開発の開始は、1970年頃を予定されていたが、動きはなく1983年、バッテリー用の純粋鉛の需要が Kinangoni鉱山開発の動機となった。1983年以降、この鉱床は Kenya Lead Mining Company が Associated Battery Manufactures (A B M) / Chloride Metals Ltd. (C M) と協同して採掘中である。

現在のところ、ケニア最大の鉱床としての、この鉱山は、一時期ルーマニアの会社が採掘を行ったが選鉱に失敗して閉山した。

一方1965年 A B M は、輸入原料にたよって、バッテリー生産を開始した。1978年英国の親会社、Chloride Group PLC が、中古バッテリーの再利用と輸入品の節約のため、鉛精練プラントを Athi River に建設し、C M が運転にあたった。同プラントは、1985年5月、250%拡張された。A B M は1987年以降、年間15万個のバッテリー生産のための鉛鉱石を自給自足している。

Kinangoni鉱山の資本金は、現在 2,500万KShs (ケニア・シリング) であり、年間 1,500万KShsの外資を節約している。現在、同鉱山は60~70% Pb の鉛精鉱を年間約1,500ton生産している。この精鉱は、Athiで99% Pb まで精練される。採掘は、現在、露天採掘であるが、1989年以來、坑道採掘を検討中である。

地化学探鉱

モンバサ地域の鉛-亜鉛鉱床は、1964年以來、探査、ボーリング、及び露天採掘や坑道採掘といったかたちで相当に注目を浴びてきている。ケニア/英国の縮尺 1 : 50,000 広域地質マッピング・プロジェクトの結果として、20ヶ所ほどの鉛、亜鉛、マンガン、及び/又は銅についての地化学異常が認められた。M G D はそれらの異常帯のうちのいくつかについて、Coast Base Metal Projectとして、土壌試料によるフォローアップ調査を実施した。その結果、重要な地学異常は、Mwachi, Mazeras, Mariakani, 及び Chasimba に位置していることをつきとめた。この作業は、1980年に開始し、現在、データ解析及び報告書作成段階にある。

金

1983年、Jombo Hillで金の微小片が発見された (C.G.B. Du Bois, 1966), しかし、これは歴史的な興味異常に取り上げられたことはなかった。

Jombo Hill北西方10kmの Mkundi 温泉地で金、黄鉄鉱、方鉛鉱、黄銅鉱、孔雀石の産出が報告されている。同地で採取した試料のうち、1個の試料中の金の含有量は1,000ppm Au 以上を示した (Tole M.P., 1989)。

第4章 調査結果の総合検討

4-1 地質構造、鉱化作用の特性及び鉱化規制

モンバサ地域で最も主要な地質構造はNNE-SWからNE-SW方向の海岸と平行な主断層である(Figure 2)。この断層は、海岸線と平行に長距離間を Mazeras砂岩と Kambe石灰岩との境界をなしている。他の方向の断層もよく発達し、海岸と平行な主断層を多数箇所を横断している。

本地域内の鉱物示徴は、次のとおり分類できる：(1) ニオビウム及び希土類含有のカーボナタイト・プラグ；(2) 金・銀・銅を伴い、鉛・亜鉛・重晶石を含有する鉱脈；及び(3) 鉄及びマンガンを含有するその他の鉱物示徴。

本地域内でみられる中生代堆積物への貫入岩体の数は少ない。Jombo Hill及び近隣丘陵地でみられる貫入岩体はアルカリ岩からなるが、Mrima Hillではカーボナタイトが貫入している。マンガン鉱物、パイロクロア及び希土類が Mrima Hill で認められている。Mrima Hillでの希土類酸化物は、パイロクロアとともにモナズ石及び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壌中にそれらの濃集がある。

本地域内で認められる鉛-亜鉛(重晶石)示徴はミシシッピ・バレー型の鉱化に最もよく類似している。既知の鉛-亜鉛-重晶石鉱脈は、一般にN-S系である。しかし、かなりの程度のE-W系の横断断層による規制が働いている。重要な鉱化の場合であるこれらの断層/断層帯は、海岸と平行におよそ160kmほど延長している。割れ目は最も粗粒な砂岩内で幅広く、広大で、鉱脈の厚さを増す。鉱脈定地後に続いた断層運動のために、鉱脈はそれ自身角礫化あるいは副次的な新しい鉱脈がそれらの周縁部に生成されている。

4-2 有望鉱床賦存のポテンシャル

既存資料解析結果に従い、本年次鉱徴地調査対象地区として、15地区を選抜した(Figure 4)。

これらの鉱徴地の調査結果によれば、15地区のうち、8地区が種々の程度に興味ある結果を示した。即ち、Mrima Hill-Jombo Hill, Vitengeni, Kinangoni, Mwachi River, Mkundi, Lunga Lunga, Mkang'ombe, 及び Mangea-Kwa Daduの各地区である。これらのうち、5地区について、土壌地化学探査を実施した。すなわち、Mrima Hill-Jombo Hill, Kinangoni, Mkundi, Mkang'ombe, 及び Mangea-Kwa Daduの各地区についてである。Mrima Hill-Jombo Hill 地区、特に、Mrima Hillは、カーボナタイト岩体からもたらされた残留土壌中にニオビウム及び希土類の顕著な鉱化があることで古くから知られている。土壌地化学探査結果によれば、Mrima Hillは、他の地区に比較して、金、鉛、亜鉛の値が高いことから、貴金属及び卑金属についてもポテンシャルを持つものと考えられる。

鉛-亜鉛-銀-重晶石の鉱化に関しては、Vitengeni, Kinangoni, Mwachi River, 及び Lunga Lunga の各地区が重要探鉱地区であるといえる。Vitengeni 鉱山及び Kinangoni 鉱山は、現在、操業中であり、前者は重晶石、後者は鉛鉱をそれぞれ採掘している。

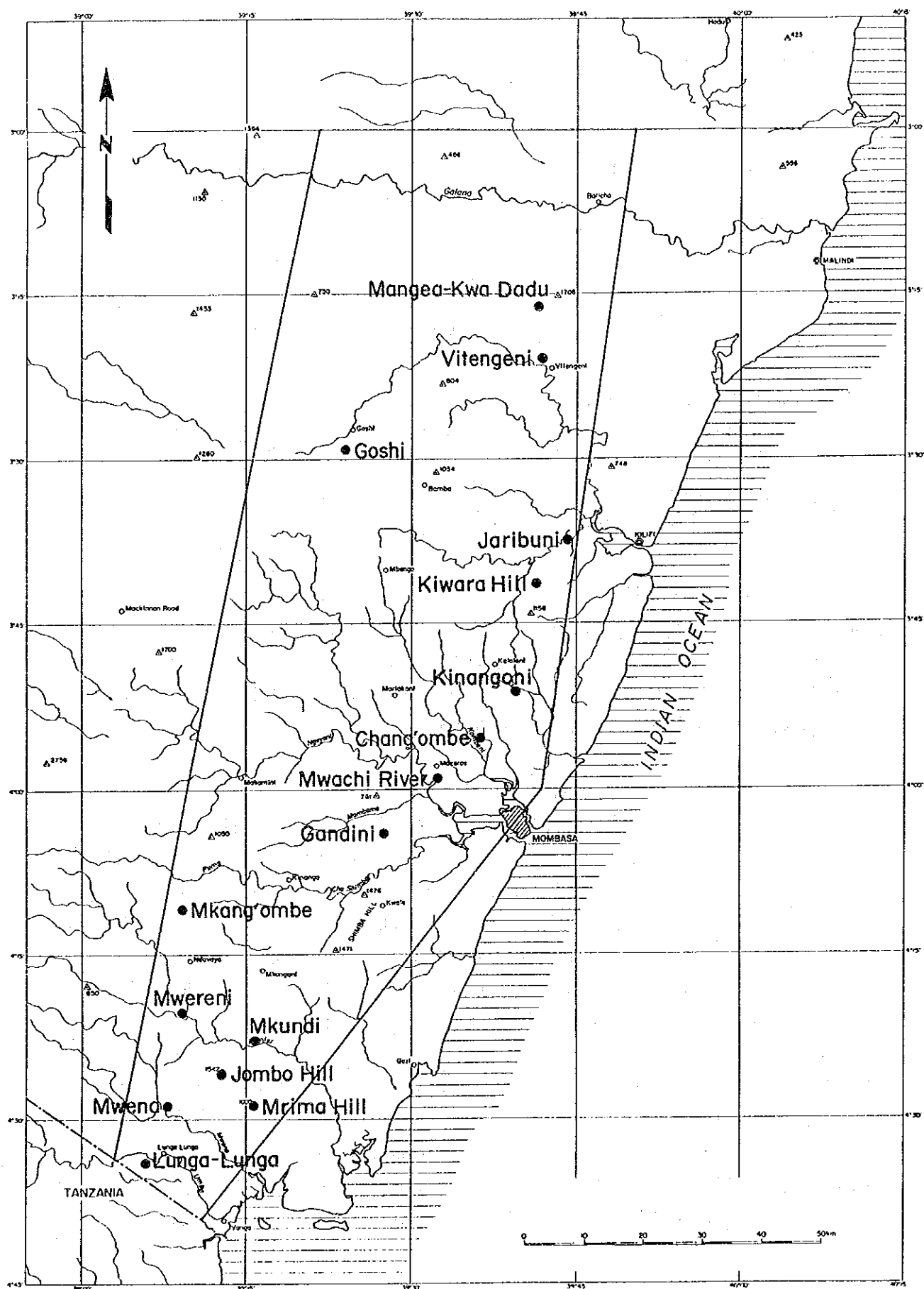


Figure 4 Map Showing Mineral Occurrences in the Mombasa Area

4-3 地化学異常と鉱化作用との関係

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、分析成分（14成分）のうち、いくつかの成分についての異常値の多くは、海岸に平行な主断層の近傍に位置している（Figure 5）。それらの異常値、特に Au, Ag, Pb, Zn および Ba は顕著な鉱化帯近傍に位置していることから、鉛-亜鉛-銀-重晶石の鉱化作用を示唆している可能性がある。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き、下記の異常帯が重要なものであろう。即ち、Vitengeni 周辺の多金属異常、Ganze 近くの金の異常、Kinangoni 周辺の銅、鉛、及び／又は亜鉛の異常、及び土壌中の高い値に注目して、Mkang'ombe 周辺の金、及び／又は銅の異常値。

本年次実施の 5 地区での土壌地化学探査結果によれば、Mrima Hill-Jombo Hill 地区以外の 4 地区での結果は、Mkang'ombe で得られた際立って大きな金の値（407ppb）を除けば、概して失望させるものであった（Figure 6）。

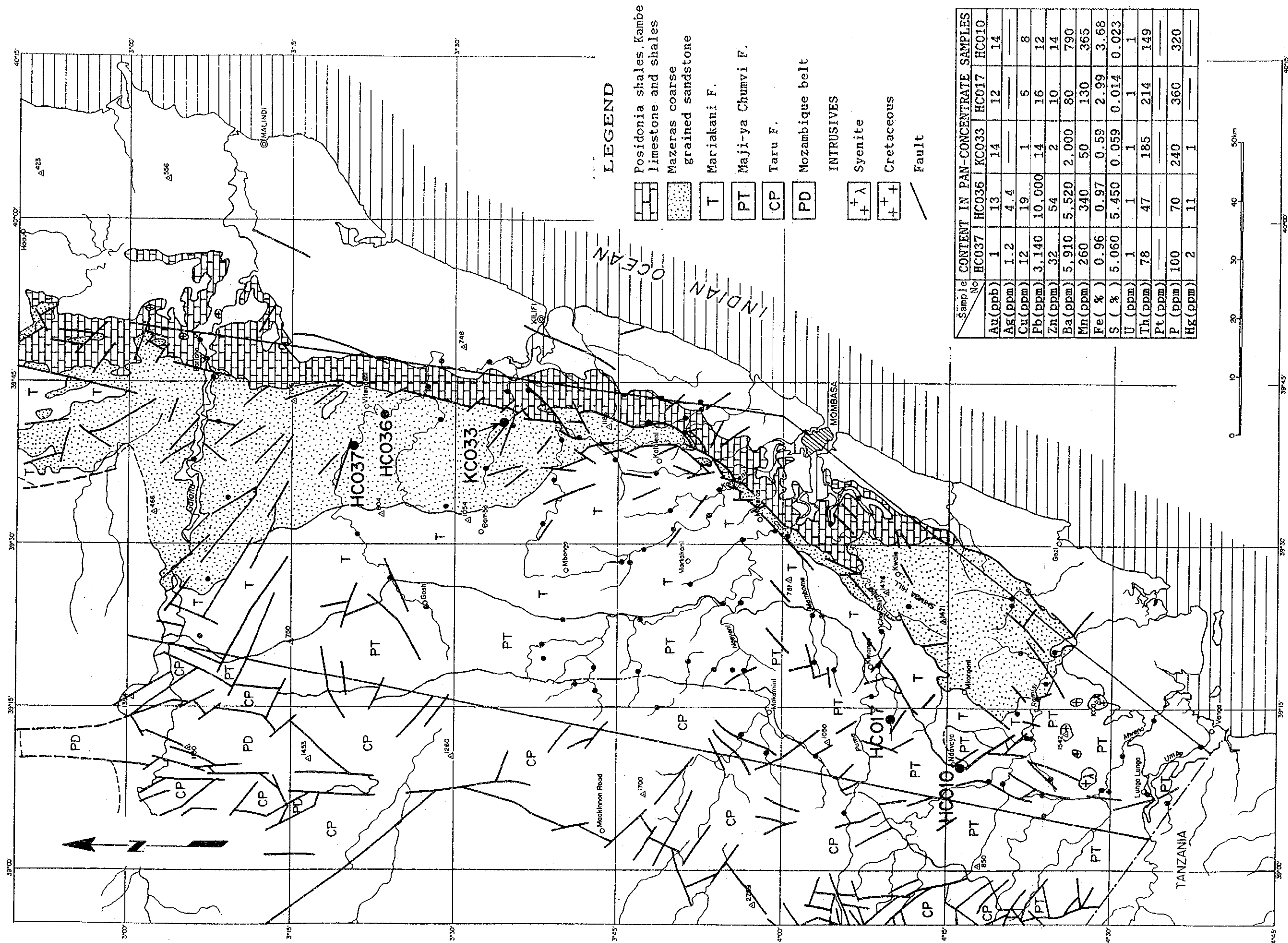


Figure 5 Geochemical Map Showing Pan-concentrated Stream Sediment Survey Results

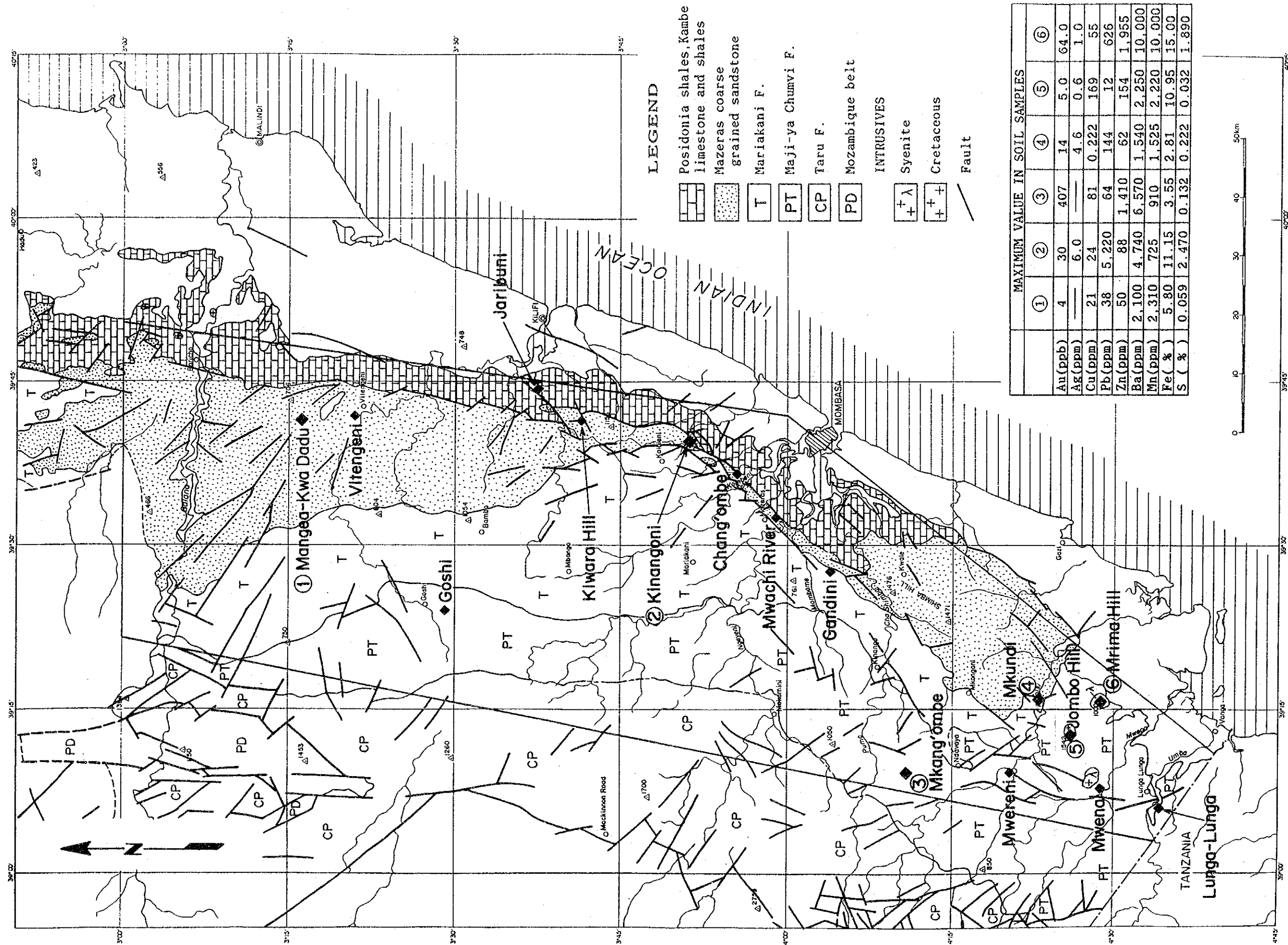


Figure 6 Geochemical Map Showing Soil Survey Results

第5章 結論及び提言

5-1 結 論

今回の調査結果の結論としてつぎの諸点を挙げる。

(1) Mrima Hill-Jombo Hill 地区にはニオブウムを伴う稀土類酸化物が 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濃集している。この鉱床は、この種の資源に関して、世界的な重要鉱床のひとつに数えられている。しかしながら、ケニア共和国政府認可の鉱業権は、これまでに採掘の実績はないものの、現在、外国の私企業にある。

(2) 断層規制の鉛-亜鉛-銀-重晶石熱水鉱化作用は、海岸線と平行な主断層帯と密接な関連をもっている。この鉱化作用の鉱物組合せ及び構造規制要素から、この鉱化作用はミシシッピ・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型の重要な鉱床/鉱化帯は、現在までに、Vitengeni, Kinangoni, Mwachi River及び Lunga Lungaにある。これらの鉱床/鉱化帯のうち、Vitengeni 及び Kinangoniは稼行中の鉱山であり、前者では重晶石、後者では鉛を採掘している (Figure 7.8)。

(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近傍に集中している。これらの異常のうち、既知の鉱化帯近傍にあるもの、例えば、Vitengeni周辺の多金属異常、Vitengeni 南方の金の異常、Kinangoni 周辺の銅、鉛、及び/又は亜鉛異常、及び Mkang'ombe 周辺の金及び/又は銅異常は特に重要な示徴である (Figure 7.8)。

(4) 土壌地化学探査結果は、Mrima Hill-Jombo Hill 地区及び Mkang'ombe 地区を除き、概して、失望させるものであった。Mrima Hill-Jombo Hill 地区からの土壌試料は、そのほかの地区と比較して、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。Mkang'ombe地区では、試料のひと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 (Figure 6)。

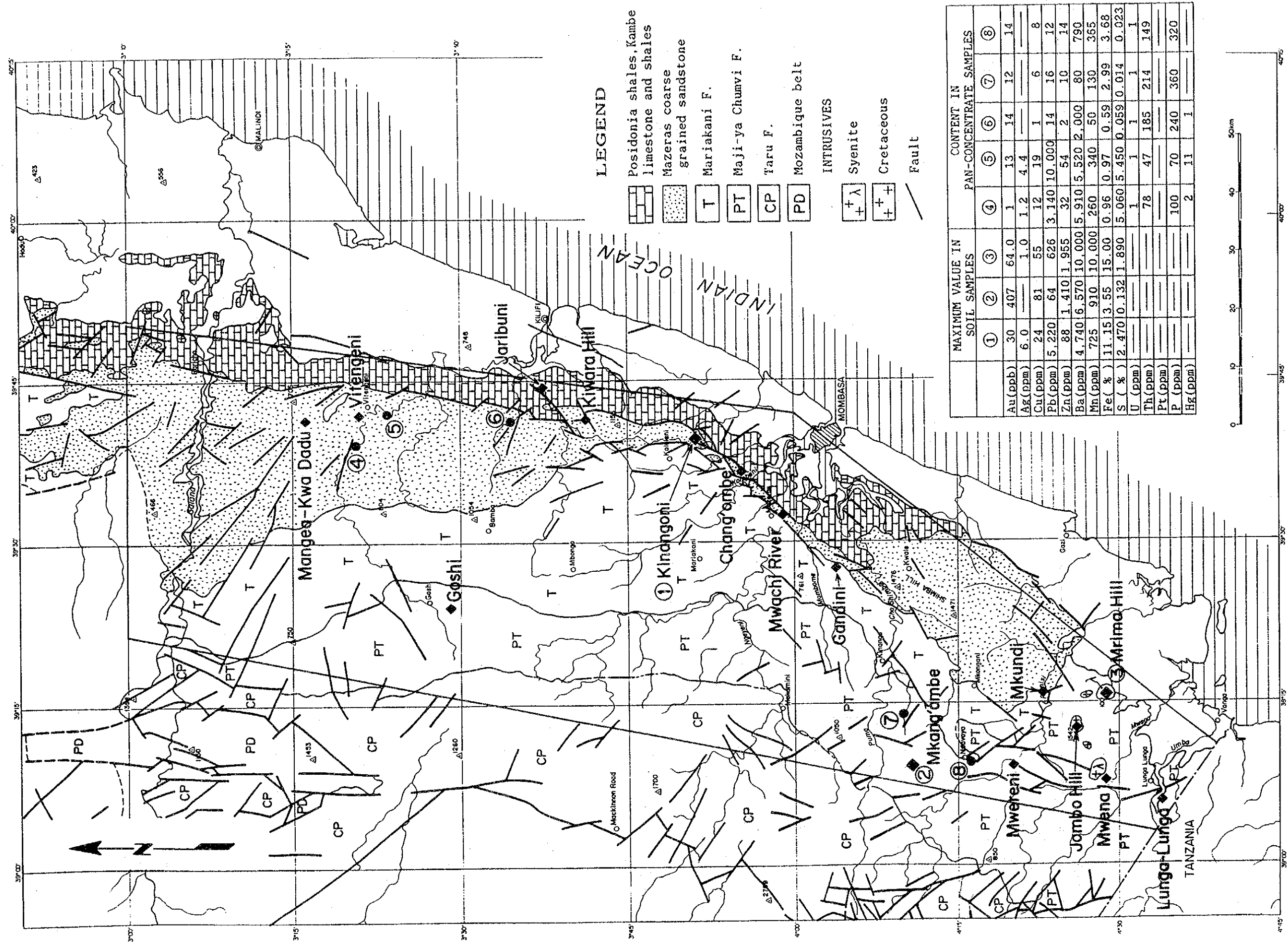


Figure 7 Geochemical Map of the Mombasa Area

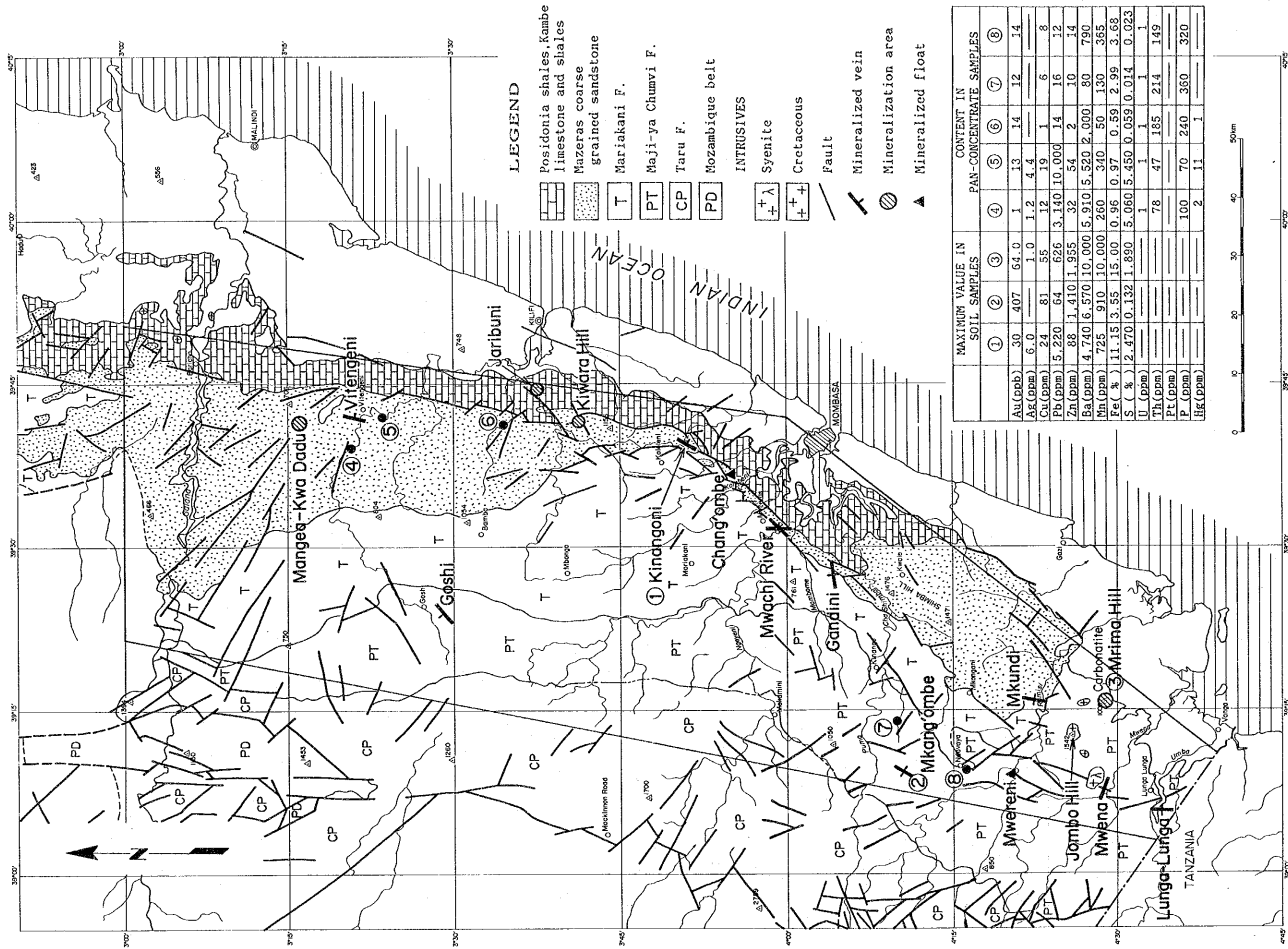


Figure 8 Geological and Geochemical Interpretation Map of the Mombasa Area

5-2 提 言

上述の結論から、今後の調査として、下記の調査の実施を提案する。

(1) Mrima Hill, 稀土類元素及びニオブウムのみならず、土壌地化学探査結果によれば、卑金属及び貴金属についても興味ある探鉱地である。しかしながら、鉱業権が外国の私企業にあることを考慮して、本プロジェクトの枠内での今後の調査について、現時点での提案は行わない。

(2) 河床堆積物パンニング試料による地化学異常から、つぎの4地区が今後の調査対象として抽出できる; Vitengeni, Ganze (Kilifiの西方, Mulungu wa Mawe 川の上流), Kinangoni, 及びMkang'ombe。前者3地区は海岸線にはほぼ平行の主断層帯近傍に位置している。従って、これら3地区の調査は主断層帯及び地化学異常地を含む範囲で行うことが必要である。

(3) 鉱徴地についての今年度調査では精密調査の対象となるようなターゲットは特定できなかった。主として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ターゲットに対する調査は、それぞれ、200～300km²程度の範囲をカバーすることが必要である。それは、今年度のパンニング試料による調査の密度が100試料/9,000 km²であったことから、今後の調査は半広域又は半精密の調査段階にあるためである。

第 II 部 各 論

第1章 既存資料調査

既存資料調査は可能な限り多くの地質情報を収集・総括し、モンバサ地域の地質の背景及び鉱床賦存のポテンシャルを評価することにあつた。

本調査に関わる解析作業は、フィールド調査に先立つ約1ヶ月間、主として、ナイロビ所在の鉱山地質局 (Mines and Geological Department) で実施した。

この解析作業による成果は次のとおりである。

- (1) 鉱微地調査対象地区 (15ヶ所) の選択 (Table II-2-3)
- (2) 地質図コンパイル (縮尺 1 : 100,000; 4 シート; Plate 1, 2, 3及び 4)
- (3) 公刊文献及び未公刊データのリスト作成 (Table 2 及び Appendix I-1・I-2)

なお、当初、衛星画像を利用した地質構造解析の実施を計画していたが、満足する品質の画像が得られず、衛星画像による地質構造解析は断念した。

Table 2 Published Reference and Unpublished Data

Title		Copies and/or Sheets	
1.	Published references: DIALOG GEOREF (#89) (35 copies are obtained)		120
2.	Unpublished data:		
2-1	Geological maps and reports		
	Colony and Protectorate of Kenya, Industry and Communications, Geological Survey of Kenya (1952-1959), Library of MGD	1:125,000	8
	British Technical Cooperation Program (1977-1980)	1:50,000	26
	Kenya-Austria Mineral Exploration Project	1:50,000	3
	Kenya-Austria Mineral Exploration Project	1:25,000	1
	Geological maps; Mombasa quadrangle		76
	Kilifi quadrangle		68
	Geological reports; Mombasa quadrangle		60
	Kilifi quadrangle		68
	Voi quadrangle		88
2-2	Geochemical maps and reports		
	North-western part of the Mombasa area Stream sediment survey. Mines and Geological Department (1977-1980)	1:50,000	6
	Central part of the Mombasa area, Soil survey Mines and Geological Department (1979-1982)	1:50,000	6
	Mine ares, Soil survey	1:10,000	10
	Geochemical maps; Mombasa quadrangle		91
	Kilifi quadrangle		103
2-3	Geophysical maps and reports		
	Radiometric (air-borne) survey, Government of Kenya (1958)		
	Magnetic (air-borne) survey, Government of Kenya (1977)		
	Electromagnetic (air-borne) survey for underground water, Government of Kenya (1977)		
	Gravity (ground) survey for modeling of Jombo alkaline rocks Nairobi University		
	IP survey at Kinangoni mine		
	Geophysical maps; Mombasa quadrangle		41
	Kilifi quadrangle		22
3.	Mining notes;		
	Mining notes; Mombasa quadrangle		18
	Kilifi quadrangle		1
4.	Unpublished drilling data;		
	Unpublished drilling data: Mombasa quadrangle		1
	Kilifi quadrangle		9
5.	Hydrological data;		
	Hydrological data: Mombasa quadrangle		4
	Kilifi quadrangle		14
6.	Miscellaneous data;		
	Miscellaneous data: Mombasa quadrangle		8
	Kilifi quadrangle		17

第2章 地質調査・地化学探査

2-1 調査方法

本年度調査のフィールド作業は、主として、本地域の地質チェック踏査、鉞徴地調査、河床堆積物パンニング試料採取、及び土壌試料採取からなる。

地質チェック調査は、本地域全域の地質情報及び岩石記載用の試料収集のため実施した。収集した岩石試料採取位置は Figure 9 に示した。

15鉞徴地調査地区の所在地は Figure 4 に示した。この鉞徴地調査では、縮尺 1 : 25,000 地質図、簡易測量地質図、及び地質スケッチ図を作成し、また、各種の室内試験用の変質岩及び鉞化岩を採取した。これらの試料採取位置を Figure 10 に示した。

河床堆積物パンニング試料は、モンバサ地域全域の主要水系 100ヶ所から採取した。これらの試料採取位置を Figure 4 に示した。

土壌試料は鉞徴地 5 地区から 769 試料採取した。土壌地化学探査実施地区所在地は Figure 6 に示した。

2-2 モンバサ地域の地質

モンバサ地域の地質は、Plate 1, 2, 3 及び 4 に示すとおりである。この地質図は、ケニア・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）及び地質概査結果をコンパイルして縮尺 1 : 100,000 の地質図（4シート）にまとめたものである。地質層序及び地層名は地質層序図（Figure 3）に示した。

本地域の構成岩類は、モザンビーク系“基盤岩類”（本地域の北西方に露出する）、古生界－中生界（本地域の主要部を占めて分布する）、第三紀及びそれより若い時代の堆積岩類（本地域の東縁部に分布する）、及び火成岩類である。

モザンビーク系“基盤岩類”

本岩類は、本地域北西方に小範囲を占めて分布し、主として、片麻岩及び片岩からなる。

古生界及び中生界

本地域内で最も広範囲に及ぶ地質単位は、古生界及び中生界である。以下に、より古い地層から年代順に記述する。

Taru 層

Taru層は、塊状層理の発達した、粗粒の、淘汰の悪い、灰色の岩屑流堆積物からなる厚層であり、二疊紀－石炭紀に中央及び南アフリカ全域に及ぶカルー系堆積の開始を示す水成堆積物の典型的なものである。

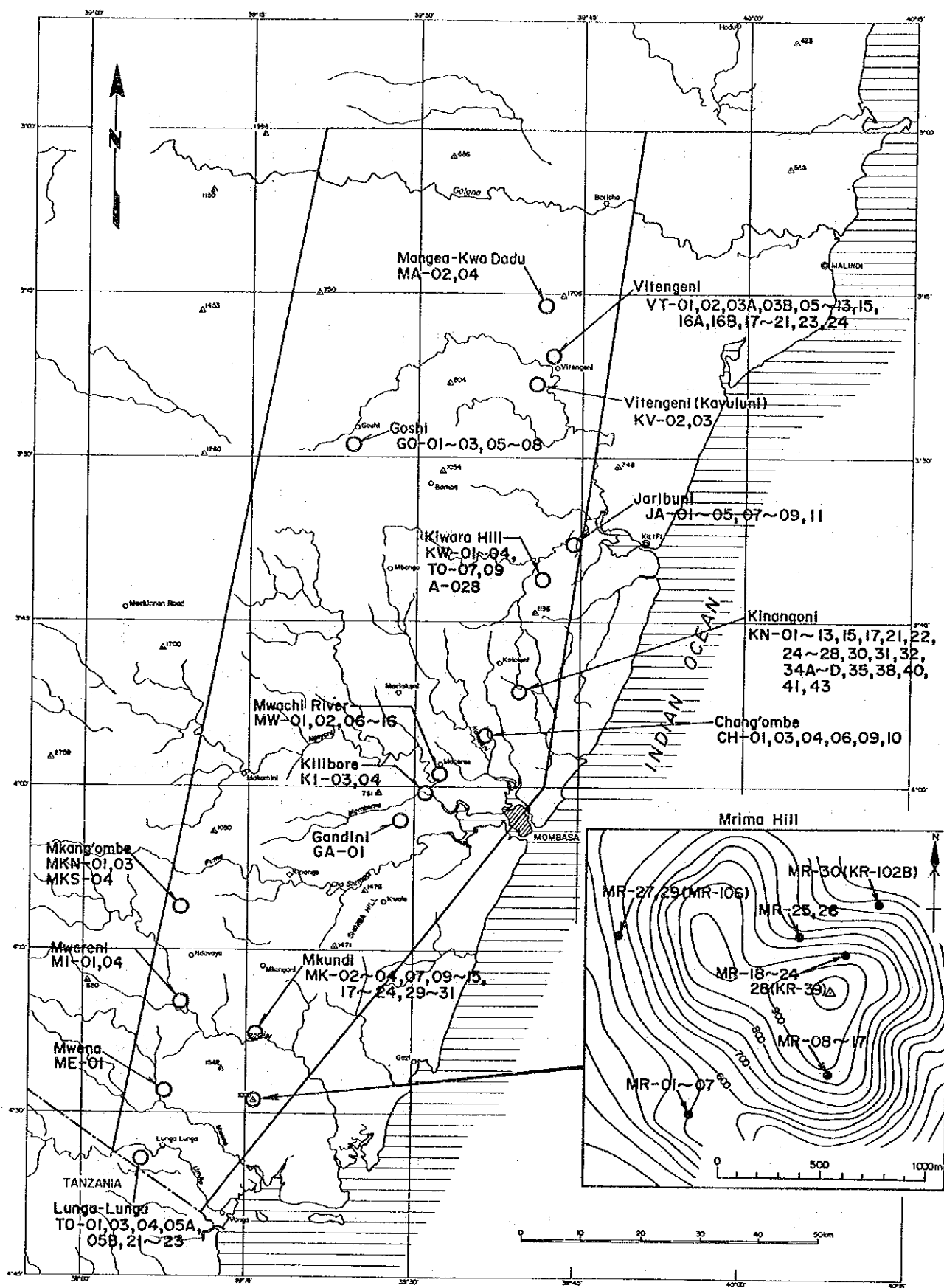


Figure 10 Map Showing Locations of Analyzed Ore Samples

Maji ya Chumbi 層

Maji ya Chumbi層は Taru 層と整合関係で連続し、上方への細粒化や基底部に周期的乾燥の証拠を示すが下部層に Taru 層と類似の堆積環境にあったことの示徴をもっている。この下部層の上位には、露出の悪い細粒シルト質砂岩層、ほぼ南北方向の尾根を形成する粗粒砂岩層が順次累重する。粒度は、最も粗粒でも中粒砂岩サイズに達する程度の粒子をもつ細粒ないしシルトに限られている。本層の下部には海進の証拠がある。

Mariakani 層

Mariakani 層基底部の特徴は、層理の厚さの変化及び砂岩全体に散点する球状レドックスの出現にあり、これをもって下位層との境界としている。本層は級化層理のレンジが小さいこと、中程度の厚さの砂岩層では細粒岩が卓越していることを特徴としている。

Mazeras 層

Mazeras 砂岩及び Shimba グリットを含む Mazeras層は、下位の Mariakani層とは不整合又は非整合関係にあり、一部分は断層で接する。本層は、アフリカの他の地域のカルー系堆積盆地と比較した場合でも、最も典型的なカルー系の地層であるといえる。その粗粒アルコース及び亜アルコースは細礫礫岩を含む。これらは、典型的に、漂白され、級化のよい前置層をもつ大スケールのトラフ型斜層理で特徴づけられる。化石珪化木は砂岩及び本層内の頁岩薄層中にも産出する。赤色斑状の頁岩を挟有し、規則的な河食成細粒層挟在の地層は、Shimba Hills東崖へ向かう登り道、Kwale への主要道に良く露出している。これら岩類は、モンバサ海岸線に平行な相当に開析された丘陵地を形成し、上位 Kambe層のジュラ紀砂質石灰岩と接するところでは、それらの東縁は殆ど常に断層で絶たれている。断層関係にない場所での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からなっている。

Kambe 層

Kambe 層は、局部的に礫化礫成構造及び動物相を示しているが、基底部に石灰質ノジュールをもち、10cmスケールの層理が発達した石灰岩及び頁岩層からなる。オーライト及びオンコライトはこれら岩類中に存在するが、腹足類及び二枚貝類の破片が散在することに加えて礫成岩層が極少量あることは、海岸線の変位及び急速に深化する堆積盆へ再堆積したことを示す。この堆積盆中の堆積物は主としてタービダイト及びより細粒の頁岩及び泥岩 (Mtomkuu 層) からなる。

Mtomkuu 層

Mtomkuu 層の露出がある場所では、地形上、緩やかな高まりを示し、ときに、海岸線に平行な氾濫地形を呈している。本層は、主として頁岩からなるが、タービダイトの特徴をもつ砂岩

薄層も挟有している。この頁岩は、Bamburi でセメント原料として採掘されており、中部ジュラ系カローブ階に対比される良好なアンモナイト化石を含むノジュールを産する。

第三紀及び更新世堆積物

本地域の第三紀及び更新世堆積物は、非火山源堆積物が普通である。現在の海岸線に沿う隆起珊瑚礁は更新世のものである。

火成岩類

本地域の古生代及び中生代堆積物中の貫入岩の岩体数は少ない。Jombo 及び近隣の丘陵地の貫入岩類は主としてアルカリ岩からなるが、Mrima Hillにはカーボナタイトの貫入がある。ランプロファイアーの一種、モンチカイトはアルカリ岩体の衛星岩体をなして分布している。

地質構造

本地域の中生代堆積岩類は海岸に向かって緩傾斜し、漸次若くなる。本地域の主要な断層は、地質図 (Figure 2, Plate 1, 2, 3 及び4)に示されているとおり、NNE-SSW, NE-SW及びNW-SE方向を示す正断層である。

地域的な地殻変動及び碎屑物の粗粒化の示徴は Mazeras砂岩層中に含まれている。この粒度の粗さが発達しつつあったジュラ紀堆積盆に平行する断裂、主要な鉛-亜鉛-バライト鉱化の場としての断裂のサイズを規制している。

2-3 鉍徴地調査

鉍徴地調査の候補地として約20地区を選び、その中から15地区、面積合計 279km²、踏査ルート延長約 400km、に対して地質調査と一部の地区については地化学調査を実施した。各々の鉍徴地の地質調査結果の概要を Table II-2-3 に示す。

本年度の鉍徴地の調査結果の概要は下記の通りである。

(i) 当地域に分布する鉍徴の鉍床タイプは、カーボナタイト鉍床、鉍脈型鉍床、鉍染状・層状鉍床、風化残留鉍床及び現地砂礫鉍床の五種類に分類される。

(ii) 各鉍徴地の鉍床タイプと鉍化についてみると、カーボナタイト鉍床は Mrima Hill のみに分布し、貫入したカーボナタイトの頂部が風化し、ニオブウム、レア・アース、トリウム等を含む鉍物が残留あるいは新鉍物が生成し、全体が富化したものである。いっぽう鉍脈型鉍床のうち、Kinangoni 鉍床や Chang'ombe 地区の鉍化は亜鉛-鉛-銀-石英、Mwachi River (Tributary) 地区の鉍化は亜鉛-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地区の鉍化はバライト-（鉛）である。

(iii) これらのほか、Jaribuni地区の鉍化は、石灰岩の風化で形成されたカルスト地形上に分布する Soil 中の鉄酸化物鉍床で、Kiwara Hill 地区のそれは地表部の Soil 中に生成したマンガン（酸化物）鉍床であり、これらはいずれも風化残留型鉍床である。また、現在 Goshi 地区で稼行中のバライト鉍床は、バライト脈露頭部に生成した原地砂礫鉍床である。

(iv) 現在稼行中の鉍山と鉍種についてみると、Kinangoni(鉛-銀)、Jaribuni(鉄)、Goshi (バライト) の3つが採鉍操業を行っている。Vitengeni 鉍山は過去に採掘した鉍石からバライト粉を現在生産している。また過去に稼行された鉍山（鉍床）には、上記 Vitengeni鉍山のバライト-鉛鉍床や Lunga Lungaのバライト（毒重石）鉍床がある。

(v) 鉍徴・鉍床の分布をみると、Gandini 以北の鉍徴・鉍床は、Karoo-Jurassic 境界断層に沿い、北東-南西方向に Vitengeni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、Mkang'ombeに至る鉍床ゾーンは、北北東方向に伸び、恐らく北部の Goshiに至る第2の鉍床ゾーンを仮定することができる。これは過去に実施した地化探データからも推定可能である。

(vi) 6ヶ所の鉍徴地から採取した方鉛鉍の Pb-Pb年代測定の結果は、北部のVitengeni、Kinangoni、Mwachi River (Tributary) における方鉛鉍の生成年代の平均は、それぞれ 227.5 Ma (3 サンプル)、237.4Ma (3 サンプル)、222.0Ma (2 サンプル) であり、中部~上部三畳紀の鉍化と推定される。また、Mkundi、Mwereni、Lunga Lungaにおけるそれは、それぞれ 170.1 Ma (1 サンプル)、160.9Ma (1 サンプル)、96.4Ma(1 サンプル) であり、前2者は中部ジュラ紀に、後者は中部白亜紀のアルビアン階に対比され、最も若い生成年代を示している。従って方鉛鉍の年代測定からみた一般傾向は、南南西方向に向かって生成時代が若くなる傾向がある。

Table II-2-3 Investigation Results of Mineral Occurrences

	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 manganeseiferous 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, Chalcopryrite, 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, Chalcopryrite	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 highly glomerated 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 baryts 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.	Changombe	Mazeras	568 568	9569 9565	Kaloleni Division, Kilifi District	Zn, Pb, Ag	Sandstone of Mazeras Formation	Vein & Stratiform	Sphalerite, Galena, Chalcopryrite	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, Chalcopryrite	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, Chalcopryrite, (Malachite)	Quartz, Barite	Silicification, Argillization	Mineralized quartz vein and network with intensely silicified envelops truncate and displace lamprophyric dykes. Galena, chalcopryrite, 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.	Mwereni *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.	Mkangombe 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.

(vii) 上記の Karroo-Jurassic境界断層に沿う主鉱床胚胎ゾーン沿いの新鉱床探査のほか、西部の新しい鉱床ゾーンの確認と鉱床ポテンシャル推定のための探査が必要となる。従って今後の調査の重点は、広域地質データ、例えばリモートセンシングデータの解析、既存データの整理と地質調査の実施及び鉱床モデル、探査モデルの作成、重点調査地区の選定を行うとともに、物理探査手法、特に電気探査を導入し、より効果的な探査を行うことが望まれる。

以下に本年度実施した鉱徴地、15地区につき、位置・交通・地形、従来の調査、一般地質・鉱化作用等につき概説し、既存データとの比較検討結果や新規に得た知見、さらに今後の探査の重点など、結果の考察等につき順記する。

(1) Mrima Hill-Jombo Hill 地区

(A) 位置・交通・地形等

(i) 位置・交通

本地区は、Mombasa の南西約65km, Simoniの北西約25kmに位置する。

Mombasa から本地区へは、Mombasa-Lunga Lungu 全天候道路沿いに南下し、Ramsi を経て約80kmで Mrima Hill へ通じる道路の分岐点に、さらにこれより約500mで Mrima Hill の南西端に到達する。一方 Jombo Hill へは、Mrima Hill北東の Mrima Villageから砂利道(E944道路)を北西に約12km進むと Jombo Hill の南端部に至る。

(ii) 地 形

本地区は、“Nyika ” Zone (Gregory, J.W. (1896)) 内に位置する。

本地区は、上記“Nyika ”に相当する海拔150～350ft (35～105m)のプラトー状の平坦地と Mrima Hill や Jombo Hill に代表される丘状地に大別される。

前者の平坦地の海拔は100～350ft (30～95m)まで変化し、北部でやや海拔が高く南部に向って低くなる傾向がある。一方、丘状地の中で比較的規模の大きなものとしては、Mrima Hill (頂部海拔982ft (約495m))と Jombo Hill (同1,543ft (約463m))がある。前者はやや北西方向に、後者の場合はやや東西方向に伸長した形状を示し、いずれも底部の長径約2.5km, 短径約2kmで、平坦部からの比高がそれぞれ700ft (約210m), 1,000ft (約300m)の底部が広いドーム状の形状を示している。この地に Kiruku, Nguluku, Kikonde など、直径0.3～1.2 km, 比高150～250ft (45～75m)の小丘や丘陵地が分布している。これらの丘状地は全て、アルカリ岩質貫入岩類(後述)により形成されている。

(B) 従来の調査と現状

本地区は、アルカリ岩質の火成活動とそれに伴うカーボナタイト鉱床などが分布するため従来から注目を集めてきた。

本地区の一般地質については、Caswell, P.V. (1953)による地質図幅:Mombasa-Kwale Area (縮尺1:125,000)や、Geological Survey of Kenyaによる地質図幅:Msambweni 及び Ndavaya (いずれも縮尺1:50,000)が出版されている。またこれらのほか、Kenya-Austria Mineral Exploration Project(1977～1978)による地質図(縮尺1:50,000及び1:25,000)が作成されている。

本地区の火成岩、特にアルカリ岩類の火成活動については、Mobley, C.W. (1895)により最初に報告された。その後 Caswell, P.V. (1953)や Baker, R.H. (1953)により詳細な地質学的検討が成されている。近年になり、Dodhia, S. and Pandit, S. (1977), Winani, D. (1977), Nyambok, I.O. and Lindqvist, B. (1978), Dindi, E.W. (1986), Ndola, T.N. (1990)などの諸調査研究が報告されている。

本地区に対する地化学探査のうち、Stream Sedimentによる地化探は、Kenya-Austria

Mineral Exploration Project (1973 ~1977) で実施され, Pb, Zn, Cu, Ba, Ag, Hg, Cr, Ni 等の諸元素につき, 地化探異常値を検討している。その後 Soil 地化探が各所で実施されているが, その結果を Table II-2-3-1(1) に示す。

本地区の Mrima Hill は, カーボナタイトの貫入があり, また表層部は風化により鉄やマンガン酸化物を多量に含む Soil が分布するため, 旧くから注目されていた。これら鉱徴調査の経緯は次の通りである。

- 1919ごろ : マンガン鉱物を含む Soil 発見
- Murray and Hughes (1934) : 鉄, マンガン酸化物層の調査
- Norstrom, E. (1934) : ドロマイト質石灰岩中に鉱染状に産する黄鉄鉱と黄銅鉱を確認。
分析結果 Au = 1 ~ 2 g/ton, Ag = 19g/ton, Pt = 1 g/ton
- Lathbury, F.H. (1934) : 珪質岩中に鉱染状に分布する黄鉄鉱, 白鉄鉱, 黄銅鉱等を採取。
分析結果 Au = 0.5g/ton, Ag = 2 ~ 6 g/ton
- Yates, H.W. (1942) : マンガン酸化物とリモナイト (バライト含有) について鉱量計算。
鉱量 : 624,000ton, 厚さ 0.6m で表層部のみ
- Pulfrey, W (1948) : 既存データを解析し, 鉛鉱床賦存のポテンシャルがあるとの結論に達し, 組織的なサンプリングと試錐を提案
- Thompson, A.O. (1952) : 電気探査により NE 30° 方向のセルフポテンシャル異常値帯発見, 鉛鉱脈と推定。放射能探査の結果異常値帯発見。モナザイトと推定, しかし, 結果はパイロクロアであった。

これら諸調査の結果, Mrima Hill 鉱床には, マンガン, 鉄のほか, 金, 銀, 鉛などのベースメタルや, ニオビウム, レア・アース, リン酸塩などの諸資源として期待出来ることが判った。このため, まず Mines and Geological Department, その後 Anglo American Corporation of South Africa Ltd. により主としてニオビウムを, さらに Pechiney-Saint-Gobain によりレア・アース, 特にユーロピウムの探査が行われた。これらの探査実績を Table II-2-3-1(2) に示す。

一方, Jombo Hill については, これまでの調査で金が発見されたことが報告されている (Caswell, P.V. (1953))。しかし1930年代の記載を引用しているため不明な点が多い。その他の鉱種について特記すべきものは報告されていない。

(C) 地質・鉱化作用等

本地区の地質図と地質断面図 (以下縮尺 1 : 25,000) を Figure II-2-3-1(1) に, サンプリング地点のスケッチ図及び地質柱状図を Figure II-2-3-1(2) に示す。

Table II-2-3-1 (1) Statistics of Geochemical Survey on Mrima Hill-Jombo Hill Area

Code No.	Area Name		Mrima Hill	Jombo Hill-Dzihirini		Survey on Anomaly 'N'	Mrima-Jombo	Mrima-Jombo (Follow up)	
1-1	Surveyed by		Mines and Geological Department	Mines and Geological Department		Mines and Geological Department	Austromineral GmbH.	Austromineral GmbH.	
1-2	Year surveyed		1976	1977		1980	Jan. 1977-Oct '77	Nov. 1977-Nov '78	
1-3	Reported by		S. Dodhia & S. Pandi (1977) Investigation Note 1976/3	P. Winani (1977) Investigation note 1977/4		I. K. Githinji (Apr. 1980) South Coast Project	Austromineral GmbH (Oct. 1978) Mineral Exploration Project Report	Austromineral GmbH (Oct. 1978) Follow up works on anomaly D, H & J and seven volcanic vents, Lungu-Lungu barytes deposit.	
1-4	Surveyed area (km ²)		3.26 km ²			12km ²	225km ²	?	
2	Sampling	Numbers of sample	1,382 samples	320 samples 203 samples/169 station: Dzihirini 117 samples: Jombo		1,856 samples	1,245 samples	1,841 samples	
		Stream sediment or soil	Soil	Soil		Soil	Soil	Soil	
		Sampling method	Grid (line spacing 100m)	One traverse lines (Jombo) Two traverse lines (Dzihirini)		Grid (20 lines, 100m line spacing)	Grid (22 lines, 1,000m line spacing)	Grid (11 lines, 180m-200m line spacing)	
		Sampling interval	25m	50m		50m	200m	30-40m	
		Horizon sampled	B	B		0.2-0.2m below surface	0.3m below horizon A	0.4-0.6m below horizon A	
3	Sample preparation	Mesh size analysed	-80 mesh	-80 mesh		-80 mesh	-80 mesh	-80 mesh	
		Weight of sample	?	0.75gr/sample		0.75gr/sample	?	?	
		Drying hours	?	?		? at 100°C	?	?	
		Extracted	?	by 1: 1 HCl and diluted to 15ml		by 1: 1 HCl and diluted to 15ml	by N HCl	by N HCl	
4	Assay	Elements analysed	Pb, Zn, Cu	Pb, Zn, Cu, Ba, Mn & Ag		Pb, Zn, Cu, Ba, Cd & Mg	Pb, Zn, Cu, Ba, La, Mg & As	Pb, Zn, Ba, Cu, Mn & Mg	
		Equipment	Atomic Absorption Spectrometry (AAS)	Atomic Absorption Spectrometry (AAS)		Atomic Absorption Spectrometry (AAS)	Atomic Absorption Spectrometry (AAS)	Atomic Absorption Spectrometry (AAS)	
5	Data statistics	Numbers of data	1,382	117 (1 traverse line)		203 (2 traverse lines)	1,856	1,245	1,841
		Statistics							
		Mean (ppm)	Pb Zn Cu 236 ? 34	Mn Ba Cu Zn Pb 490 70 10 26 8		Mn Ba Cu Zn Pb 180 30 1 6 3	Pb Zn Ba Cu 17 60 280 20	Pb Ba Cu Zn La 16.4 40.3 268.3 15.2	Pb Zn Ba Cu Mn & Mg
		Standard deviation (ppm)	150 ? 14						
		Range (ppm)	35 80 4 5 5 5	490 70 10 26 8 5 5 5 5 5		180 30 1 6 3 5 5 5 5 5			
			1,284 4,720 118	2,010 1,370 144 158 32		2,730 460 180 226 32			
6	Anomaly & Interpretation	Anomaly (threshold)	x + 2.5σ (ppm)	?		?	x + 2σ (ppm)	Graphic Method	Graphic Method
		Above (ppm)	Pb Zn Cu 611 3,000 69	Mn Ba Cu Zn Pb 2,603 1,094 102 123 27		Mn Ba Cu Zn Pb 1,857 235 70 101 33	Pb Zn Ba Cu 50 140 700 50	Pb Ba Cu Zn La 180* 2000* 110* 400* 7,000*	Pb Zn Ba Cu Mn Mg
		numbers of anomaly	5 6 4					50* 500* 40* 100* 3,500*	2 2 2 - - -
7	Follow up survey					Four follow up Diamond Drill Holes			

* high and medium anomaly

Table II-2-3-1 (2) Statistics of Exploration Activities on Mrima Hill Ore Deposits

		Mines and Geological Department	Anglo American Corporation of South Africa Ltd.		Mines and Geological Department	Pechiney-Saint Gobain
1	Year Surveyed	1953~1955	Dec. 1955~1957 (Final Report; August 1957)		1959~1962 (F. D. Binge & P. Joubert, 1966)	1968~1971
2	Pit	Numbers of pit Digging meters	162 2,916ft	More than 400 More than 12,000ft	400ft along lines, 200 ft line interval Minimum distance between pits: 280ft	639 NA
3	Trench	Numbers of trench volume removed				69 12,192m ³
4	Drilling	Numbers of drill Total length	2 NA	10 3,669ft		177 2,976m
5	Schaf	Numbers of schaf Total length	3 NA			
6	Wintz	Numbers of wintz Total length		9 NA		
7	Adit	Numbers of adit Total length		1 1,000ft		
8	Sample	Numbers of sample		Total : 4,735 spls (for Nb content) [pit sample : 385 core sample : 1,049 wintz sample : outcrop sample : 3,325 miscellaneous :]		Total : 5,152 spls [for Eu assay : 2,000 for La, Ce, Nb assay : 920 for Eu, REE, Nb assay : 949 for Nd assay : 500 others : 783 mineralogical chemical physical beneficiation (200 tests by Nb, Eu, La, Ce & Nd)
9	Ore for Various Tests			Bulk samples for various test : 14 tons [represented carbonitile : 4 tons weathered ore : 10 tons]		Handpicked : 60 tons (Eu rich ore) For various studies : 43 (mineralogical, physical and beneficiation studies) For Eu processing test : 100 For Nb processing test : 20 For Nb beneficiation labo-test : 7 To Msambweni pilot plant : 900
10	Ore Reserve	Year calculated	calculated in 1955	calculated in 1957		calculated in 1960
	Depth	top 20ft of soil	30ft below surface	30 to 100ft below surface	30ft below surface	same as left (high grade ore)
	Reserve	30million tons	55mil. tons	50mil. tons	41.8 mil. tons	4.93 mil. tons
	Grade	0.72% Nb ₂ O ₅	0.67% Nb ₂ O ₅	0.70% Nb ₂ O ₅	0.67% Nb ₂ O ₅	1.15% Nb ₂ O ₅

NA: not available

(i) 地 質

本地区の地質は下位より、Maji ya Chumvi層の上部メンバー、Mariakani 層の下部メンバー、Mazeras 層の中部メンバーとこれら貫くアルカリ火成岩類、さらにこれらを覆う Magarini 層の上部メンバーと最上位の崩落堆積物、Soil、砂、泥等からなる。

Maji ya Chumvi層の上部メンバーは、シルト質で板状 (flaggy) の砂岩からなり、下部三畳紀に対比されている。Mariakani 層の下部メンバーは、緑灰色、緻密質で塊状の中粒～粗粒の砂岩からなり、中部三畳紀に対比されている。Mazeras 層の中部メンバーは、アルコース質のクロスベットの発達した塊状の砂岩からなり、中部ジュラ紀に対比されている。

これら貫くアルカリ火成岩類については、上記の Mrima Hill や Jombo Hill にはアルカリ複合岩類とこれ貫くカーボナタイト類が、また Jombo Hill にはアルカリ複合岩類が、さらに Kiruku Hill や Nguluku Hill には旧火山口と推定される“アグロメレート (集塊岩)”がそれぞれ分布する。また、Kikonde にはフェナイト類が、西部の Henzamuwenye の北西約 1.5km には閃長岩類がそれぞれ小丘あるいは丘陵地を形成し分布している。これらの各岩体及び貫入岩類については下記の通りである。

Mrima Hill 岩体

本岩体は、カーボナタイト、アグロメレート (集塊岩)、フェナイト化堆積岩類、これら岩石類の崩積地堆積物及びカーボナタイトの風化により生成した Soil からなる (Figure II-2-3-1 (1))。

・カーボナタイト

構成鉱物の90%以上が方解石で構成され、まれに斜長石や不透明鉱物をもつ、いわゆるソーバイト (Sovite) や黒雲母-カーボナタイト、ドロマイト質カーボナタイトなどが岩体周辺部に分布する。岩体中央部には、集塊岩質カーボナタイトがほぼ頂部を中心として北西部斜面に分布する。

なお、カーボナタイトを構成する鉱物は下記の通りである。

炭酸塩鉱物 (方解石、ドロマイト)、角閃石、輝石、かんらん石、長石、雲母 (黒雲母、金雲母)、緑泥石、緑れん石、磁鉄鉱、石英、バライト、硫化鉱物 (黄鉄鉱、磁硫鉄鉱、方鉛鉱、閃亜鉛鉱、白鉄鉱)、パイロクロア、モナザイト、リン灰石、イルメナイト、ルチル、ジルコン等

・フェン化堆積岩

本岩体の南西部及び東南部の岩体周縁部には、カーボナタイトの貫入により“フェン化 (finitization)”を受けた砂岩及びシルト岩が分布する。

・崩積地堆積物

本岩体の周縁部には、本岩体を構成するカーボナタイトやアグロメレート等の風化による崩積地堆積物が分布する。

・岩石風化による Soil

赤褐色のピソリテイク (pisolitic) でリモナイト質 Soil と灰白色～白色のカオリナイ

ト質 Soil がある。前者は、パイロクロア (Pyrochlore), バライト, マンガン, モンモロロナイト等を含み, また後者はヘマタイトを含む特徴がある。

これらの Soil は, Mirima Hill の頂部に生成した小規模な盆状地, すなわちカーボナタイト岩体の頂部に生成したカルスト地形の凹部をうめる様に分布する。この Soil はカーボナタイト鉱床の生成・富化に重要な意味をもつ(後述)。

岩石風化による二次鉱物には, リモナイト, マンガン酸化物(クリプトメレーン, パイロルーサイト等), カオリン, モンモロロナイト, ゴルサイクサイト (Gorceixite), フローレンサイト (Florencite) などがある。

Jombo-Hill 岩体

本岩体は, いわゆるアルカリ複合岩体で, 最外縁部はマイクロフォヤイト (Microfoyaite) がほぼ環状に分布し外縁相 (marginal facies) を, その内側にはフォヤイト (Foyaite) やメルティジャイト (Melteigite) などがハイブリッド相 (hybrid facies) を, それぞれ形成している。また岩体中心部には, 霞石閃長岩 (Nepheline-Syenite) が分布する (Figure II-2-3-1(1))。

・マイクロフォヤイト

一般に細粒, 比較的均質で, 自形の正長石や霞石を含み, 岩体の最外縁部を構成し, しばしば小丘を形成し分布する。

・フォヤイト

岩体の北部, 北東部, さらに東部斜面にかけてほぼ馬蹄形状に分布する。本岩相は, 中粒~粗粒で通常赤褐色の霞石や正長石(長さ5~20mm), あるいはマイクロパーサイトを含み, 岩相変化が激しい。

・メルティジャイト

Jombo Hill の南部一帯は本岩によって占められている。本岩相は, 暗灰色~黒色の中粒~粗粒 (0.5 ~ 5 mm) で角閃石, 霞石, 輝石の自形結晶をもち, 上記のフォヤイト相と同様に岩相変化が激しい。

山腹南側斜面上の本岩中には, Maji ya Chumvi 層に属する砂岩の捕獲岩が認められ, 両者間の混成によって生じたハイブリッド岩 (hybrid rock) が小規模に分布する。

また, 本岩体の南部には, 比較的霞石に乏しいランプロファイヤー質岩の分布が認められる。

・霞石閃長岩

岩体の頂部2ヶ所に分布し, 火成活動の末期に貫入したものと推定される。本岩は霞石が淡褐色, 長石が緑灰色の極めて特徴的な色調を示し, 緻密質でかつ硬く, 中粒~粗粒である。主として自形の霞石 (2~5 mm), アルカリ長石 (クリノパーサイト), 輝石 (単斜輝石) で構成され, これらの量比はそれぞれ, 50~55%, 35~40%, 3~7% である。

なお, 本岩体にはカーボナタイトは認められない。

その他の貫入岩類

本地区の東端の Kiruku 岩体及び北端の Nguluku岩体は共に、いわゆるアグロメレートからなり、アルカリ岩質火成活動のベント (vent) と推定されている。前者の Kiruku 岩体を構成するアグロメレートは、珪化した砂岩片やリモナイト片等の外来岩片 (lithic fragment) を含み、鏡下では細粒～中粒の玉ずい質シリカ、アルカリ長石、リモナイトがそれぞれほぼ等量ずつ認められる。一方 Nguluku岩体を構成するそれは、砂岩や頁岩など堆積岩の破片で構成され、石英、長石、方解石が基質を埋めている。堆積岩片の大きさは、数mmから10cmである。

本地区の西端の Henzawerye Villageの北西約 1.5kmには、モンゾニ岩～閃長岩から成る貫入岩が分布する。これは、灰色、緻密質、中粒の岩石で、鏡下では斜長石 (2～6 mm)、アルカリ長石 (2～5 mm)、角閃石がそれぞれ40～60%、35～50%、2～8%を占める。

また、Mrima Hillの北方 2.5kmには、NW-S E方向に伸長する丘陵地がある。これは無数の小規模な閃長岩の貫入により、フェン化を受けた砂岩よりなる。(Caswell, P.V. (1953))。

その他本地区には、数多くのアルカリ岩質貫入岩が分布するが、これらは主として、サンナイト (Sannaite)、カンプトナイト (Camptonite)、モンチカイト (Monchiquite)等のランプロファイヤー岩脈 (Lamprophyric dyke)である (Figure II-2-3-1(I))。

(ii) 鉍化作用

本地区にはアルカリ火成岩数が種々の形態で広く分布するが、Mrima Hillのカーボナタイト鉍床以外に顕著なものはない。この鉍床は、前述の通り古くから注目され、当初はマンガンの鉄資源として、さらに金、銀、鉛資源として、近年になりニオブウム、レア・アース、トリウムの資源として注目されてきた。

本鉍床は、カーボナタイトが風化し、この岩石中に含まれるパイロクロアやモナザイトさらに二次的に生成したゴルサイクサイト等により富化したものである。これまでの調査・探鉍結果から推定した本鉍床の諸元は下記の通りである。

・鉍床の分布状態

カーボナタイト岩体上面の風化により形成されたカルスト地形の凹部を埋めるように分布する。厚さは数フィートから数百フィートまで変化する。カオリナイト質とリモナイト-マンガン質の2種類がある。

・鉍石鉍物

ニオブウム：パイロクロア

レア・アース：ゴルサイクサイト、パイロクロア、モナザイト、フローレンサイト

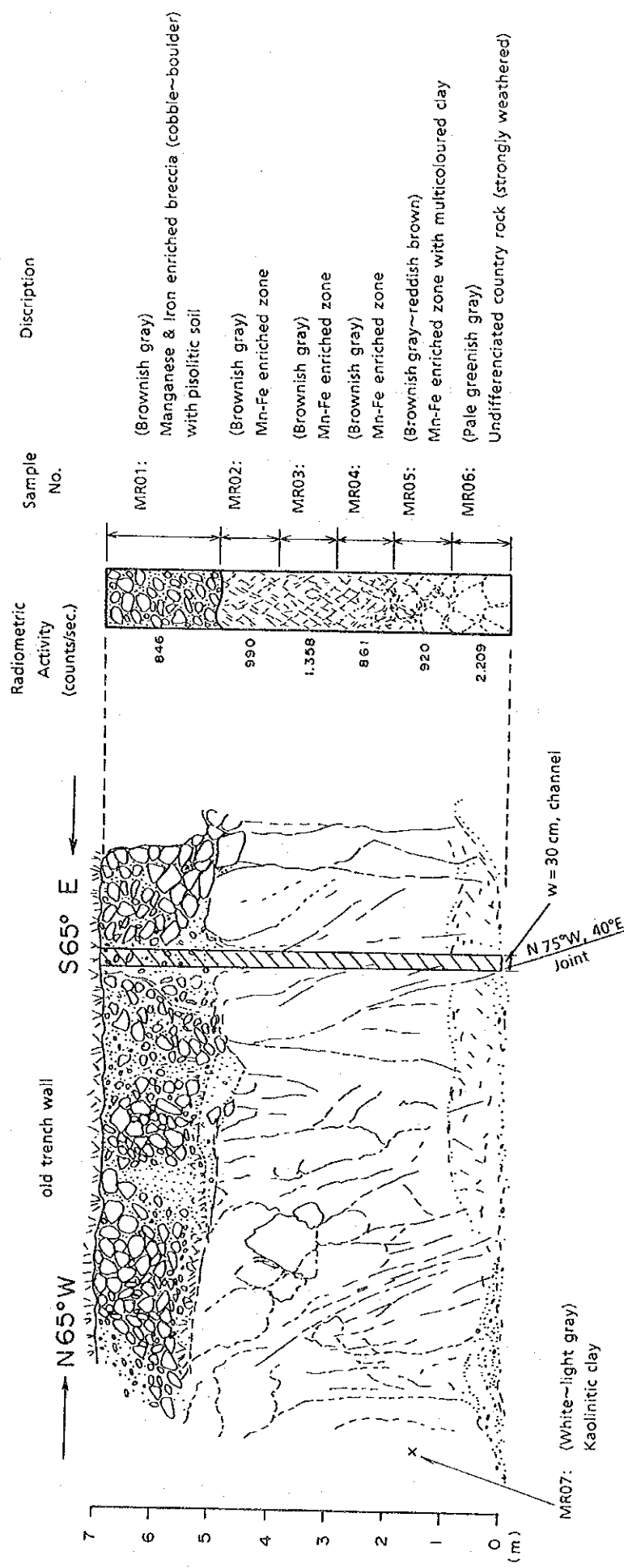
トリウム：パイロクロア、ゴルサイクサイト、リン灰石

・鉍量、品位

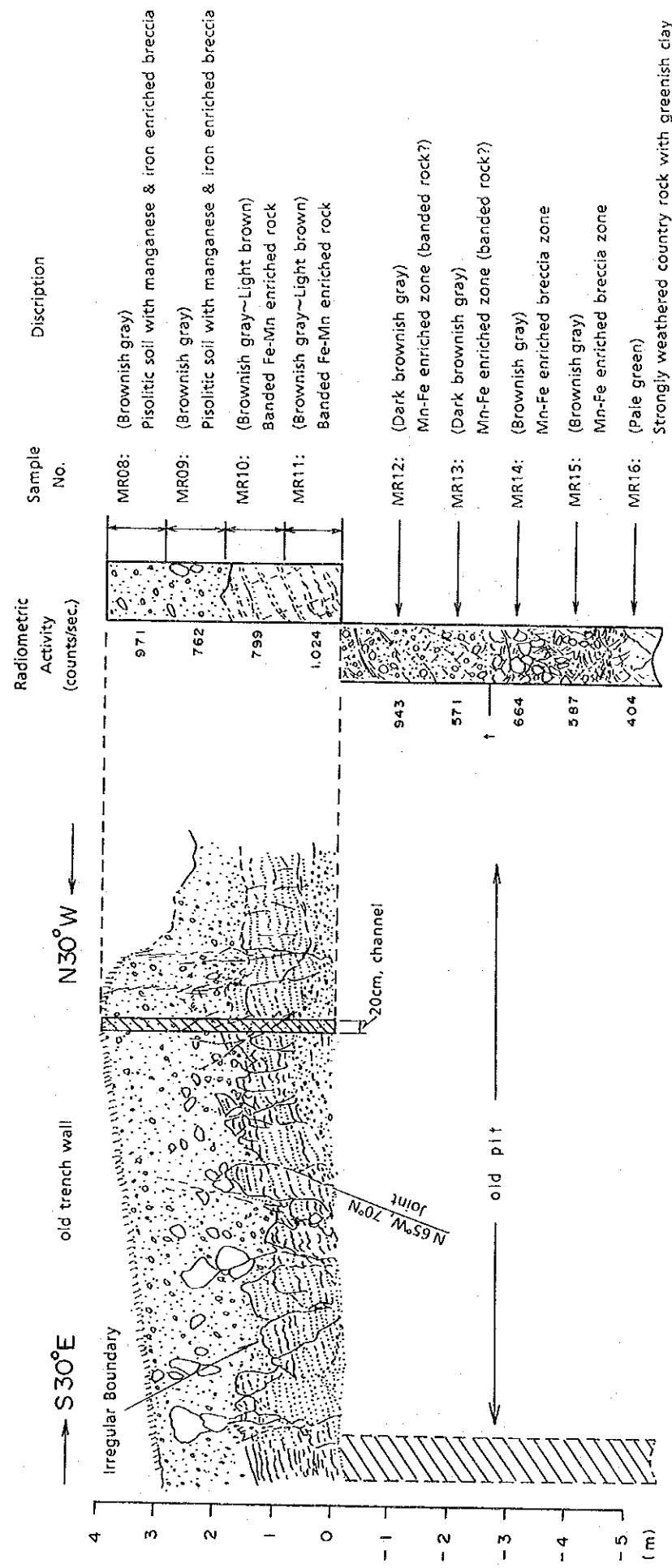
Table II-2-3-1(2) 参照

但し、レア・アースとトリウムについては、Kenya Department of Mines (1955)により、

Sampling Point No. 1



Sampling Point No. 2



Sampling Point No. 3

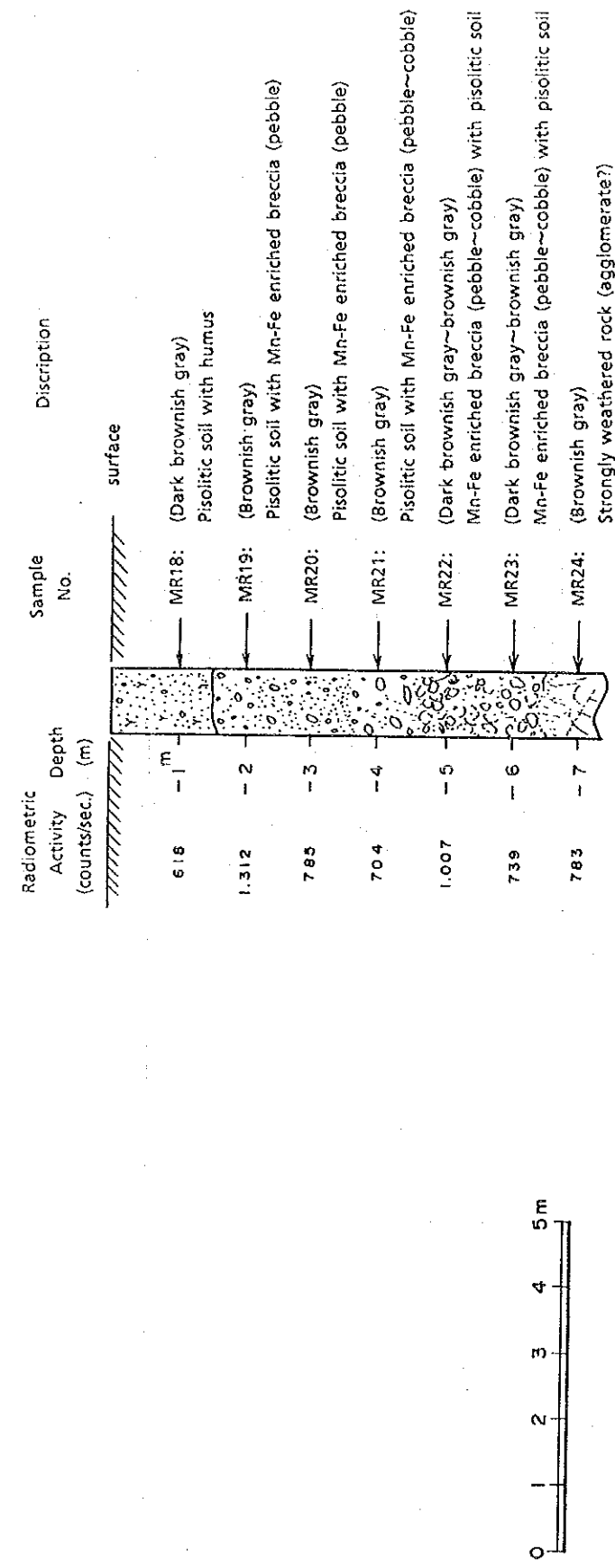


Figure II-2-3-1 (2) Geological Sketches of Sampling Points (No. 1, No. 2 and No. 3)

(2) Kinangoni 地区

(A) 位置・交通・地形等

(i) 位置・交通

本地区は、Mombasa の北西約25kmに位置する。

Mombasa より本地区は、Nairobi-Mombasa 全天候道路にて Mazerasまで進み、さらに Mazeras-Kaloleni道路を北上し、約20kmで Mikomami に至る。これより東へ約 0.5kmの Mubungoni Schoolを経て約1 kmで鉾徴分布地、すなわち Kinangoni鉾床に到達する。

(ii) 地 形

本地区は、“Coastal Range” Zone (Gregory, J.W. (1896), Caswell, P.V. (1956))の東縁部に位置し、極めて起伏に富んだ地形を呈する。中央部には、Kinangoni Hill (標高約 900 ft, 約 270m), その北東に Kia Hill (標高約 1,030ft, 約310m) があり、これらが、北東—南西方向に伸長する丘陵地を形成している。この丘陵地の東部は、“Foot Plateaux” (Gregory, J.W. (1896))の西縁部に担当し、海拔 300~400ft (90~120m) の極めて平坦な地形となっている。この境界は、極めて明瞭で、断層 (地形) により境されている。北西部は上記の丘陵地の北西斜面にあたり、海拔 500~700ft (150~210m) のなだらかな地形を呈している。

(B) 従来の調査と現状

(i) 従来の調査

本地区の鉾徴についての最初の報告は、Gregory, J.W. (1921)により、主として露頭部のゴッサンの産状について地質学的な記載が行われた。その後 Parsons, E. (1928)やMackinnon-Wood (1930)などの地質学的な報告があるが、本格的な地質調査は、Geological Survey of Kenya (1942)によるものが最初であり、航空写真撮影、地形図 (縮尺 1 : 50,000) 作成、地表調査等が行われ、後の調査に利用されている。

本地区の地質については、Caswell, P.V. (1956)による地質図幅 : Kilifi-Mazeras Area (縮尺 1 : 125,000)と、Geological Survey of Kenya (1981)による地質図幅 : Mazeras(縮尺 1 : 50,000) がそれぞれ出版されている。

本地区に対する地化学探査としては、British Technical Co-operation Project (1977~1980)により Stream Sedimentが採取され、Pb, Zn, Cu, Ba, Mn, Mo及び Vの各元素につき地化探異常値を検討している。

本地区の鉾徴については、1960年後半から探査が活発となり、試錐探鉾が行われ、その結果 Kinangoni 鉾山として操業が開始された。途中、操業の中断があったが、現在は小規模ながら操業が行われている。

この間の経緯は下記の通りである。

1965~1966 : Mloszewski, M. J. や Macdonald, A. S. による地質精査、地化探探査、地化探

異常値帯に対するトレンチ調査

1967～1969 : Mines and Geological Department による Kinangoni Hill に対するダイヤモンド試錐実施, 28孔, 約 3,600m

鉍量計算実施 (Clarke, M.C.G. (1970))

鉍量 929,000ton

品位 Pb=8.96%, Zn=0.58%, Ag=4.25oz/ton

1970 : GEOMIN (Romanian State Mining Corporation)が Special License取得

Kenya Mining Industries Ltd. (ICDC51%, GEOMIN49%) による追加試錐採鉍開始。

1971 : 坑道掘削開始

1973 : 採鉍操業開始 (170ML, 120ML及び70ML (一部) で採掘), 選鉍処理能力 250 ton/日

1975 : 採鉍操業中止

1983 : Kenya Lead Mining Co. による Opencast 採鉍操業開始

1990 : 坑内掘採鉍試験操業開始

(ii) 現 状

Opencast採鉍法により操業中である。現在, ピット底は海拔 131MLで, 旧坑道の 120MLまではわずかに10m余りとなり, またピットも次第に急傾斜となり採鉍条件も悪くなってきたため, 坑内掘採鉍に移行すべく, 旧坑(170MLと 120ML)の取明けと出鉍準備を行っている(1990年10月現在)。本鉍山の採鉍操業の現状は下記の通りである。

生産量 : Pb精鉍 110～120ton/月

品 位 : Pb=60～70%

鉍 物 : 方鉛鉍と硫酸鉛鉍 (Anglesite)

採鉍鉍 : Opencast採鉍法 (坑外), 但し鉍石は人力によるハンドピッキングで採取, “ずり”はブルドーザーにて排除。

1990年より坑内掘採鉍を開始すべく 120ML及び 170MLを取明け作業中

作業員 : 約 150名 (坑外ピット60名, 坑内40名, 選鉍40名, 事務6名, その他)

出荷先 : Associated Battery Manufacturers (BA) Ltd.

操業者 : Kenya Lead Mining Co., Ltd.

(C) 地質・鉍化作用等

本地区の地質図と地質断面図を Figure II-2-3-2(1) に, Opencast採掘ピットのスケッチマップを Figure II-2-3-2(2) に, ベンチ壁とピット断面のスケッチを Figure II-2-3-2(3) 及び Figure II-2-3-2(4) にそれぞれ示す。

(i) 地 質

本地区の地質は、下位より Maliakani層の下部、中部及び上部メンバー、Mazeras 層の中部及び上部メンバー、Kambe 層と最上位に Mtomkuu層の下部及び中部メンバーがそれぞれ分布する。

Maliakani 層の下部メンバーは、主としてモトルの発達した中粒の砂岩からなるが、まれにシルト岩や頁岩の薄層を夾む。また中部メンバーは、クロスベットの発達した中粒の砂岩からなり、局所的に逆グレイグが認められる。上部メンバーは、黄褐色～茶褐色の中粒～粗粒の砂岩で上部に植物の炭化物を産する。この Maliakani層は、三角州の環境で堆積したもので、中部三疊紀に対比されている。Mazeras 層の中部メンバーは、アルコースな中粒～粗粒砂岩で、Kinangoni 鉱山付近では、サイクリックに上部に向かって粗粒となる傾向があり、下部ジュラ紀に対比されている。上部メンバーは中粒、板状の砂岩であり、下部ジュラ紀に対比されている。Kambe 層は主としてウミユリ、巻貝、アンモナイト、さんご等の化石を含む石灰岩からなり、中部ジュラ紀に対比されている。最上部の Mtomkuu層の下部メンバーは、本地域の東南部にわずかに分布する。主としてシルト岩と頁岩の互層からなり、まれに砂岩や石灰岩を夾む。この下部メンバーは、上部三疊紀に対比されている。

これら地層の他、地表部には赤褐色の鉄、アルミナ、マンガン等に富む、ラテライト質 Soil や酸化鉄で交代された砂岩礫 (iron stone) などが広く分布する。また露頭部の近傍には、いわゆる“ゴッサン”が分布する。Kinangoni 鉱床の場合、露頭直上にはゴッサン (in situ gossan) はほとんど認められないが、鉱床露頭から約 200m 離れた東部斜面下部に 200m × 150 m、厚さ 5～10m (推定) のバライト礫を多量に含むゴッサン (transported gossan) が分布する (Figure II-2-3-2(1))。

(ii) 鉱化作用

本地区の鉱化には、Mazeras 層の砂岩及びシルト岩中に生じた二本の正断層帯にはさまれた角礫化帯に生成した、主として銀に富む方鉛鉱 (argentiferous galena) と石英、ならびに少量の閃亜鉛鉱や黄鉄鉱を伴う網状細脈鉱床 (stockwork) である (Figure II-2-3-2(5))。しかし“酸化”が著しく、鉱床の深部にまで及んでいるため、硫化鉱物のほとんどが硫酸塩や炭酸塩鉱物などの二次鉱物となっている。

本調査結果と既存資料 (Clarke, M. C. G. (1970), Micu, C. (1976), Bugg, S. F. (1980, 1982)) から、本鉱床の諸元を要約すると下記の通りである。

・鉱床露頭：走行 NE 15°～25°，傾斜 SE 70°～80°

幅 1.5～1.8m (海拔 270ML)

ほとんど溶脱しているが、わずかにリモナイト化を受けた角礫帯が認められる。

・鉱床胚胎ゾーン (Figure II-2-3-2(4) 及び (5))

・鉱化帯：走行 NE 10°～30°，傾斜 SE 50°～80°

走行方向 幅 0～60m，走行長 1,500m+

傾斜方向 幅 20m (海拔 170ML)～60m (同 70ML)，傾斜長 120m

上下盤にそれぞれ幅約10mの断層帯（走行は鉍化帯に同じ）あり。

鉍床帯：上記の断層間に生じた角礫化帯

走 行 NE 10° ~ 30° , 幅 0 ~ 50m

走行長 最大 800m (120ML)

傾 斜 SE 50° ~ 80° , 幅 4 m (海拔 156ML) ~ 45m (同 120ML)

形状は、平板状、レンズ状、鉍のう状等

これらの他、鉍脈状の鉍床もあるが細脈で小規模である。

・構成鉍物 (Appendix 参照)

初生鉍物：(多量) 方鉛鉍, 石英

(少量) 閃亜鉛鉍, 白鉄鉍, バライト

(微量) 黄銅鉍, 黄鉄鉍, 硫砒鉄鉍, 輝銀鉍 (Argentite), 輝銅銀鉍 (Stromeyerite), 四面銅鉍 (Tetrahedrite), ジャルパイト (Jalpaite), マッキンストライイト (Mackinstryite)

二次鉍物：(多量) 硫酸銅鉍 (Anglesite)

(少量, 微量) 白鉛鉍 (Cerussite), 緑鉛鉍 (Pyromorphite), 鉛緑礬 (Plumbojarosite), ビューダントタイト (Beudantite), 菱亜鉛鉍 (Smithsonite), 銅藍 (Covellite), 孔雀石 (Malachite), 針鉄鉍 (Goethite), ジャロサイト (Jarosite), 赤鉄鉍 (Hematite), 石こう (Gypsum)

・変 質

弱珪化と弱粘土化が認められるが顕著なものではない。

・酸化帯

分 布：東に向かって約30° の傾斜で鉍床全域に亘り分布する。

厚 さ：10m ~ 100m + (最大), 斜面の下部に向かって厚さを増す傾向がみられる (Clarke, M. C. G. (1970))。

なお, Kinangoni 鉍床の坑外採掘ピットと坑内(120ML及び 170ML) から採取した方鉛鉍 (3 サンプル) の Pb-Pb年代測定結果は, それぞれ 231.9Ma, 239.7Ma, 240.7Maであった。従ってこれら方鉛鉍の生成年代は中部三畳紀と推定される。

(D) 考 察

本地区の Kinangoni 鉍床から採取したサンプルの研磨片観察 (Appendix参照) 及び E PMA 分析 (Appendix参照) の結果, 輝銀鉍, 四面銅鉍, 輝銅銀鉍, ジャルパイト, マッキンストライイトなどの含銀硫化鉍物がそれぞれ同定された。またこれまでの調査で, 銀を含む二次銀物としてビューダントタイトが報告されている (Clarke, M. C. G. (1970), Bugg, S. F. (1980, 1982))。今回の調査では, 本鉍床の特徴である, いわゆる銀に富む方鉛鉍中の銀の存在形態が明らかになった。

本鉍床の生成環境については、Clarke, M.C.G. (1970), Micu, C. (1976), Bugg, S.F. (1980, 1982) などにより地質学的検討が加えられている。特に生成温度については、例えばバライトが普遍的に存在すること、顕著な熱水変質が全く認められないこと、鉍物組合わせ、などから低温条件下で生成したものと推定される。

本鉍床は、Karoo-Jurassic 境界断層の破碎角礫化帯に生成したもので、その後著しい酸化を受け、地表部はゴッサン化し、深部にまで酸化が及び、例えば鉛硫化物は硫酸塩や炭酸塩に変化している。

Kinangoni 鉍山は、Coast Provinceで唯一の非鉄金属、特に鉛を対象とした稼行鉍山であり、同様な鉍床が存在する可能性も未だ残されている。従って今後は、既存データを総合し、本鉍床モデルを作成し、鉍床賦存の可能性 (Potential)のある地域を再検討する必要がある。また、地質調査や地化学探査のみならず、本鉍床タイプに対する物理探査技術の中で有効とされている、電気探査技術等も導入する必要があるだろう。

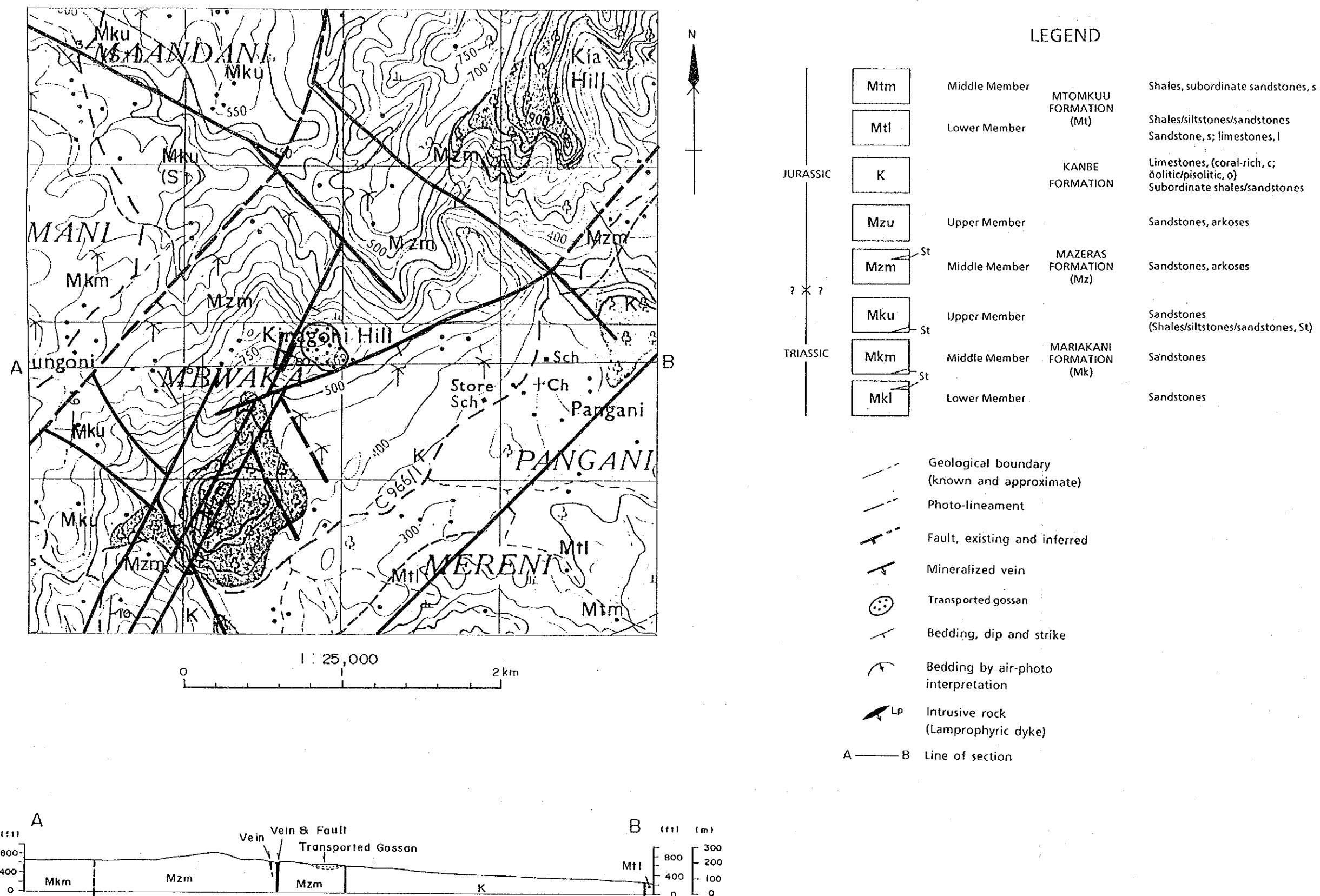


Figure II-2-3-2 (1) Geological Map of the Kinangoni Area

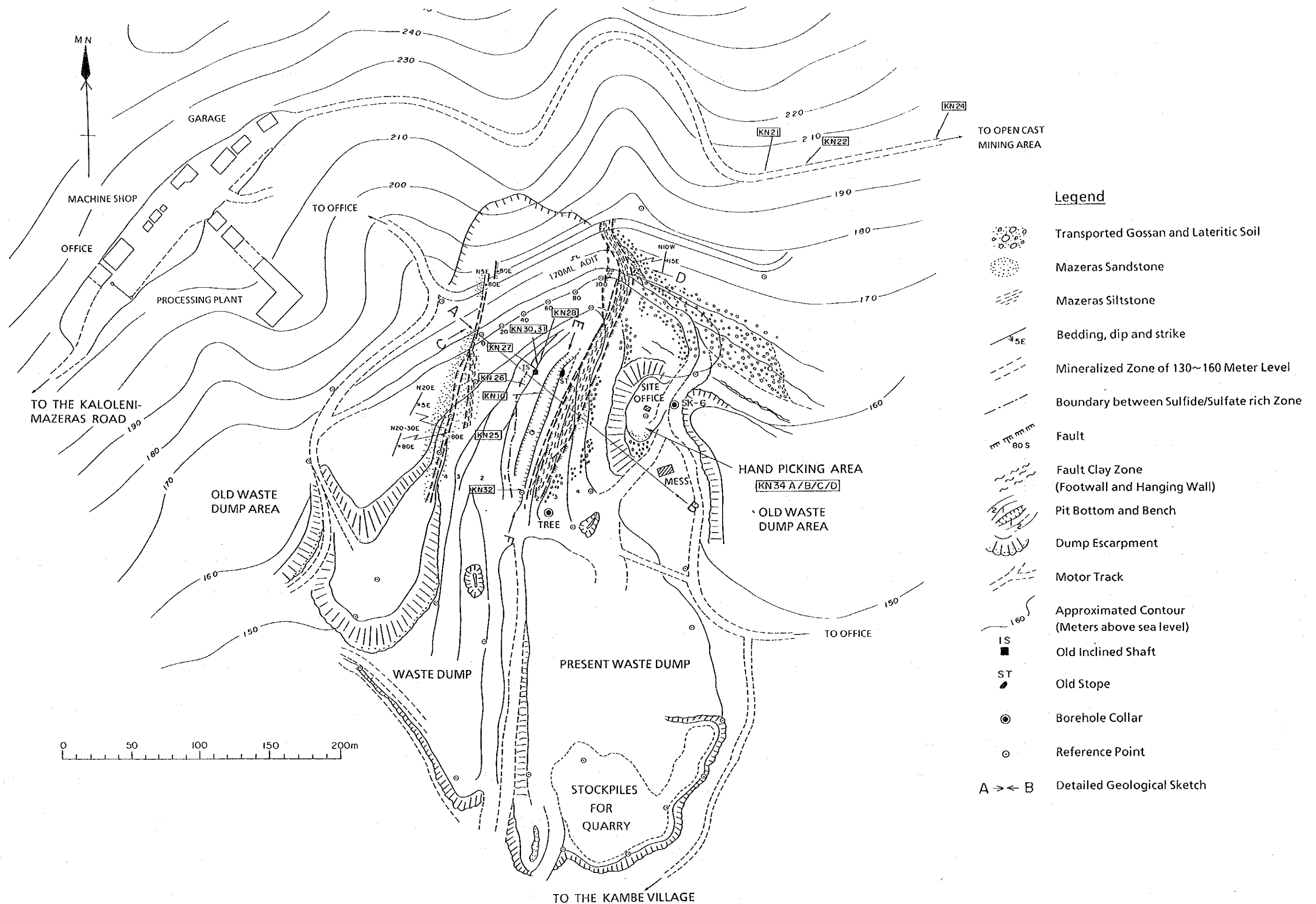


Figure II-2-3-2 (2) Geological Sketch Map of the Kinangoni Open Cast Mine

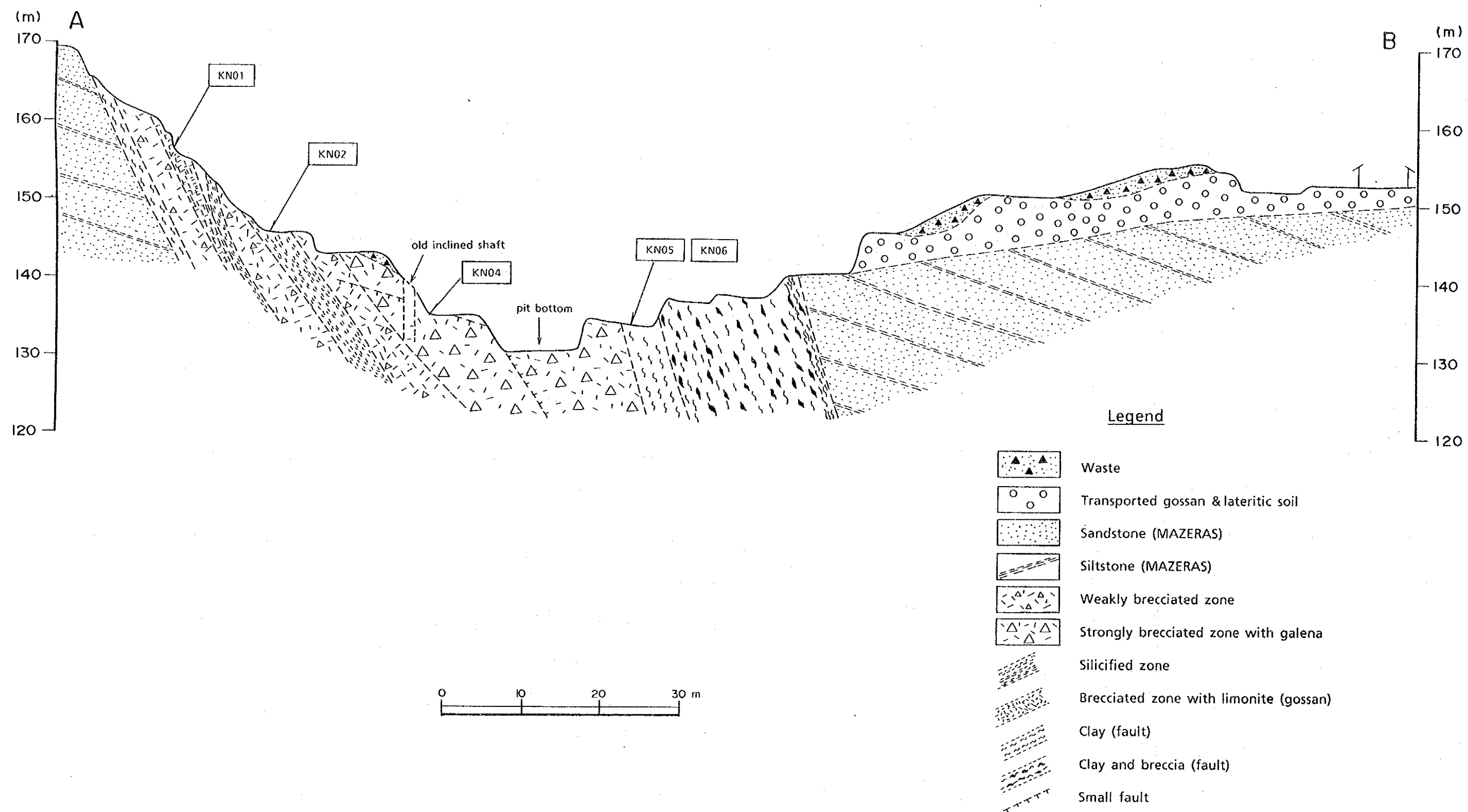


Figure II-2-3-2 (3) Geological Sketch of Pit Section

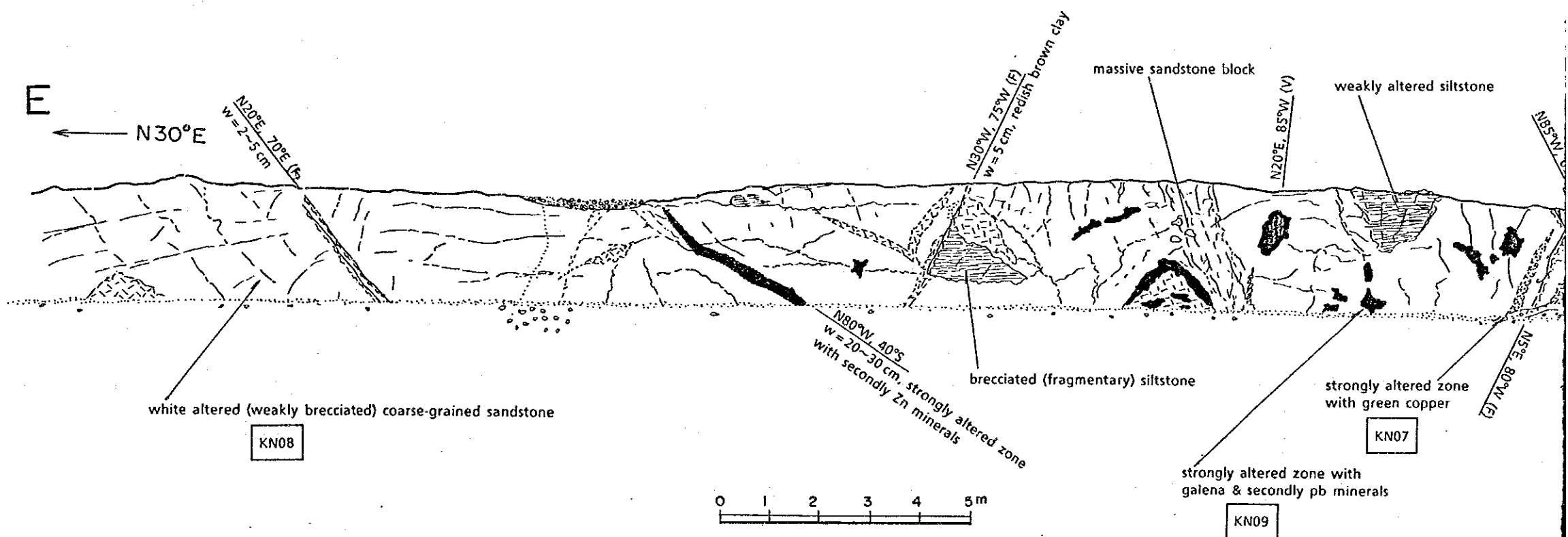
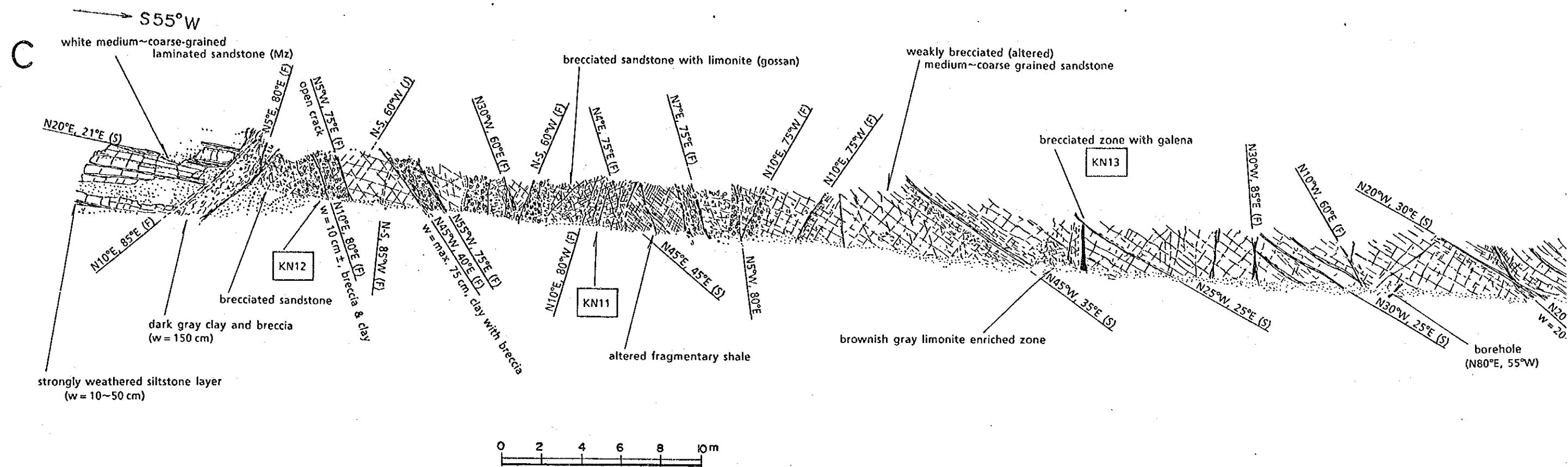


Figure II-2-3-2 (4) Geological Sketches of Upper Bench Wall and Pit Bottom

