

第Ⅲ部 結論及び提言

第1章 概査地区

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。

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。

第2章 準精査～精査地区

2-1 Ganze 地区(準精査)

2-1-1 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。

2-1-2 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。

2-2 Jibana地区 (準精査及精査)

2-2-1 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。

2-2-2 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って地質、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。

2-3 Ribe地区 (準精査及び精査)

2-3-1 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差点、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鉱染を受けた珪化岩のほか、黄鉄鉱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。

2-3-2 将来への提言

Chieme 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って地質、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。

2-4 Mkangombe 地区

2-4-1 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 $N25^{\circ} \sim 30^{\circ} E \cdot 55^{\circ} \sim 70^{\circ} SE$ 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 $N45^{\circ} E$ 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、土壤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。

2-4-2 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。

2-5 Mrima-Jombo 地区

2-5-1 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な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。

Nguluku 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。

2-5-2 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。

References

- Anglo American Corporation of South Africa Ltd. (1957): Final Geological Report, P. 1~108.
- Austromineral Ges. m.b.H. (1978): Geological Survey and Results of Mineral and Base Metal Prospecting in the Coastal Belt, South of Mombasa (Kwale District). Kenya-Austria Mineral Exploration Project, Mines and Geological Department, Kenya, P. 1~106.
- Baker, B.H. (1953): The Alkaline Igneous Complex of Jambo. In Geology of the Mombasa-Kwale Area by Caswell, P.V. (1953), Geological Survey of Kenya, Report No. 24, P. 32~48.
- Barnard, G.C. (1950): Vitengeni Lead-Barytes Deposits, Report of the Mines and Geological Department, Kenya, P. 1~8.
- Bell, K. (1989): Carbonatites, Genesis and Evolution, Unwin Hyman, London, P. 1~618.
- Busk, H.G. (1939): Notes on the Geology and Oil Prospects of Kenya Colony, Geological Magazine, vol. LXXVI, P. 222~224.
- Bugg S.F. (1980): Lead/Silver Mineralization Associated with the Coastal Rift of South East Kenya. unpublished thesis, London University, P. 1~244.
- Bugg, S.F. (1982): Lead-Zinc deposits of the Coast Province of Kenya and some Exploration Guidelines. in Overseas Geology and Mineral Resources, Number 59, P. 1~20.
- Cannon, R.T., W.M.N. Simiyu Siambi and F.K. Karanja (1981): The Proto-Indian Ocean and a probable Paleozoic/Mesozoic Triradial Rift System in East Africa, Earth and Planetary Science Letters, vol. 52, P. 419~426.
- Caswell, P.V. (1953): Geology of the Mombasa-Kwale area. Rep. geol. Surv. Kenya 24.
- Caswell, P.V. (1956): Geology of the Kilifi-Mazeras area. Rep. geol. Surv. Kenya 34.
- Caswell, P.V. and Baker, R.N. (1953): Geology of the Mombasa-Kwale Area. Geological Survey of Kenya, Report No. 24, P. 1~69.
- Caswell, P.V. (1956): Geology of the Kilifi-Mazeras Area. Geological Survey of Kenya, Report No. 34, P. 1~54.
- Clarke, M.C.G. (1969): Galena/Barytes occurrence at Mwereni (Kwale District). Mines and Geological Department, Technical Archive, Mombasa 35, Nairobi.

- Clarke, M.C.G. (1970): The Kinagoni Hill Lead/Silver Deposit, Coast Province. Mines and Geological Department, Kenya, Information Circular No. 6, P. 1~87.
- Dacque, E. (1909): Jura und Kreide in Ostafrika. Neues Jb. Miner. Geol. Paläont. Abh. 28, 150-232.
- Decken, Baron von der. (1879): Reisen in Ost-Afrika.
- Dindi, E.W. (1986): Gravity Model of the Jombo Alkaline Complex South Coast Kenya, In: The First Seminar in Earth Sciences in Dakar, P. 107~111.
- Dodhia, S. and Pandit, S. (1977): Geochemical Soil Survey of Mrima Hill for Base Metals, Mines and Geological Department, Investigation Note No. 1977/4, P. 1~26.
- Dubois, C.G.B. (1962): Beryllium in Kenya. Bull. geol. Surv. Kenya 4.
- Dubois, C.G.B. (1966): Minerals of Kenya. Bull. geol. Surv. Kenya 8.
- Dubois, C.G.B. and Walsh, J. (1970): Minerals of Kenya. Bulletin of Geological Survey of Kenya, No. 11.
- Geological Survey of Japan (1987): Research on Mineral Deposits associated with Carbonatite in Brazil, Report of International Research and Development Cooperation ITIT Projects No. 8316, P. 1~179.
- Geological Survey of Kenya (1962a): Geological Map of Kenya.
- Geological Survey of Kenya (1962b): Mineral Map of Kenya.
- Geological Survey of Kenya (1981): Geological Map of Bamba Area.
- Geological Survey of Kenya (1981): Geological Map of Mapotea Area.
- Geological Survey of Kenya (1981): Geological Map of Mazeras Area.
- Geological Survey of Kenya (1981): Geological Map of Vitengeni Area.
- Geological Survey of Kenya (1982): Geological Map of Gulanze Area.
- Geological Survey of Kenya (1982): Geological Map of Kwale Area.
- Geological Survey of Kenya (1985): Geological Map of Msambweni Area.
- Geological Survey of Kenya (1985): Geological Map of Ndavaya Area.

- Geological Survey of Kenya (1985): Geological Map of Vanga Area.
- Gibson, Walcot. (1893): Geological sketch of Central East-Africa. Geol. Mag. (3), X, pp 561-563.
- Githinji, I.K. (1980): Geological and Geochemical Survey on Anomaly "N". Mines and Geological Department, Investigation Note.
- Gregory, J.W. (1896): The Physical Geography and the Geology of British East Africa, Chapter XII, in the Great Rift Valley, published by John Murray Co., London, P. 213~236.
- Gregory, S.W. (1919): The geological history of the Rift Valley. Jl E. Afr. Uganda nat. Hist. Soc. (15) 429-440.
- Gregory, J.W. (1921): The Rift Valleys and Geology of East Africa. Seely Service, London.
- Heinrich, E.W. (1966): The Geology of Carbonates. Rand McNally & Co., Chicago, USA.
- International Centre for Diffraction Data (1986): Mineral Powder Diffraction File, Data Book, P. 1~1390.
- International Centre for Diffraction Data (1986): Mineral Powder Diffraction File, Search Manual, P. 1~467.
- Lathbury, F.W. (1934): Unpublished letter to Commissioner of Mines reporting results of analyses of samples.
- Macdonald, A.S. (1967): A Geochemical Survey in Kilifi District, unpublished report of Mines and Geological Department, Kenya.
- Mackinnon-Wood (1930): Report on the Geological Collections from the Coastlands of Kenya, Monograph of the Geological Department of the Hunterian Museum, Glasgow University Vol. IV.
- Mason, J.E. (1968): Manganese Occurrences in the Vicinity of Kiwara, Coast Province, Kenya. Mines and Geological Department, Kenya, Information Circular No. 5, P. 1~15.
- Micu, C. (1976): Geological Report on the Kinagoni Deposit of Argentiferous Galena and the Situation of Estimated Reserves on 1st March, 1976: Kenya Mining Industries, Ltd. unpublished report of the Mines and Geological Department, Kenya.
- Mloszewski, M.J. (1966): Mazeras Area Coast Province: Zinc-Lead Mineralization, unpublished Report of Mines and Geological Department, Kenya, P. 1~5.

- Mloszewski, M.J. (1968): Notes on Sphalerite from Mazeras (Mwachi Tributary Prospect), unpublished Report of Mines and Geological Department, Kenya, P. 1~2.
- Muff(e), H.B. (1908): Report relating to the geology of the East Africa Protectorate. Colon. Rep. misc. Ser. 45.
- Murray-Hughes, R. (1934): Extracts from a report by Mr. R. Murray-Hughes July 1934. Unpublished report Mines and Geological Department.
- Mwangi, M.N. (1990): Mwereni Anomaly, Geological Memorandum, Mines and Geological Department, Eastern Kenya Division, Mombasa, P. 1~3.
- Ndola, T.N. (1990): Nepheline Syenite and Related Rocks of the Dzombo Alkaline Complex, Geological Report of Mines and Geological Department, Kenya, P. 1~9.
- Norstrom, E. (1934): Report on sampling of the manganiferous ore deposits of Mrima Hill, Coast Province. Unpublished report to the Commissioner of Mines, Nairobi.
- Nyambok, I.O. and Lindqvist, B. (1978): Microprobe and X-Ray Diffraction Analysis of the Major Minerals from Jombo Hill Alkaline Rocks, Kenya. Department of Mineralogy and Petrology, Uppsala Universitet, Research Report No. 9, P. 1~16.
- Parsons, E. (1928): Origin of the Great Rift Valleys as evidenced by the Geology of Coast of Kenya, Trans Geological Society of South Africa, Vol. 31, P. 63~96.
- Pulfrey, W. (1942): Report on Vitengeni Lead Mine and Prospects, Coast Province, Kenya. with an Appendix on the Occurrence of Cinnabar. P. 1~33.
- Pulfrey, W. (1948): Notes on the examination of Mrima manganese samples for barium and lead. Unpublished report Mines and Geological Department, Nairobi.
- Pulfrey, W. (1954): The geology and mineral resources of Kenya. Bull. geol. Surv. Kenya 1.
- Pulfrey, W. (1960): The geology and mineral resources of Kenya (Revised), Bull. geol. Surv. Kenya 2.
- Rainey, T.P. (1970): Results of Recent Drilling at the Mwachi Tributary Prospect, unpublished Report of Mines and Geological Department, Kenya, P. 1~2.
- Rainey, T.P. (1971): The Changombe Zinc Deposit, unpublished Report of Mines and Geological Department, Kenya, P. 1~9.

- Sanders, L.D. (1959): Geology of Mid-Galena Area, Geological Survey of Kenya, Report No. 46, P. 1~50.
- Siambi, W.M.N. (1978): Geology of the Mazeras-Mariakani Area (unpublished), P. 1~28.
- Siambi, W.M.N. (1980): Geology of the Jilore-Malindi Area (unpublished), P. 1~20.
- Siambi, W.M.N. (1990): Geology of the Sala Area (unpublished), P. 1~13.
- Streckeisen, A. (1979): Classification and Nomenclature of Volcanic Rocks, Lamprophyres, Carbonatites, and Melilitic rocks: Recommendations and Suggestions of the IUGS Subcommission of the Systematics of Igneous Rocks, *Geology* 7, P. 331~335.
- Thompson, A.O. (1952): Report on geophysical Investigations conducted during July-August 1952 on Mrima Hill, Coast Province, Unpublished Report of Mines and Geological Department, Nairobi.
- Thompson, A.O. (1956): Geology of Malindi Area, Geological Survey of Kenya, Report No. 36, P. 1~63.
- Thomson, J. (1879): Notes on the Geology of Usambara. *Proc. R. Geogr. Soc.*, n.s.1, pp. 558-561.
- Tuttle, O.F. and Gittins, J. (ed) (1966): Carbonatites. Interscience Publishers. N.Y., USA.
- Walker, E.E. (1903): Reports on the geology of the East Africa Protectorate. *Colon. Rep. misc. Ser. 11.*
- Williams, L.A.J. (1962): Geology of the Hadu-Fundi Isa area. North of Malindi. *Rep. geol. Surv. Kenya* 52.
- Walsh, J. (1963): Geology of the Ikutha area *Rep. geol. Surv. Kenya* 56.
- Walsh, J. (1960): Geology of the area south of the Taita Hills. *Rep. geol. Surv. Kenya* 49.
- Winani, P. (1977): Geology and Soil Geochemistry of Jombo-Dzirihini Area. Investigation Note No. 1977/4, Geological Survey of Kenya, P. 1~21.
- Yates, H.W. (1942): Report on Mrima manganese deposits on Mrima mountain, Digo. Unpublished report, Mines and Geological Department, Nairobi.

APPENDIXES

Appendix 1 Pb-Pb Age Dating

Appendix 2 Whole Rock Analysis of Samples from the Mombasa Area

Appendix-1 Pb-Pb Age Dating

Code No.	Sample No.	Area Name	Observation of Sample	Calculated Age (Ma)
1	KN-05	Kinangoni 140ML, pit bench	massive galena crystal in fault clay	231.9
2	KN-35	Kinangoni 140ML, pit bench	galena-quartz vein in silicified sandstone	239.7
3	KN-41	Kinangoni 170ML, underground	galena-anglesite vein in hanging wall	240.7
4	VT-03	Vitengeni old mining pit	galena-chalcopyrite-(calcite)-quartz vein	213.2
5	VT-05	Vitengeni old mining pit	float, massive galena	231.9
6	VT-24	Vitengeni northern most pit	galena crystal in barite	237.4
7	MW-06	Mwachi River northern most pit	galena-quartz-calcite vein	229.7
8	MW-09	Mwachi River north showing	galena-(sphalerite)-(quartz)-calcite vein	214.3
9	MK-17	Mkundi North showing	galena-(anglesite)-quartz vein	170.1
10	TO-03	Lunga-Lunga old mining pit	galena-barite vein	96.4
11	MI-04	Mwereni eastern	float, galena fragment	160.9

The calculations are based on the assumption that they are single stage leads and using the following formula:

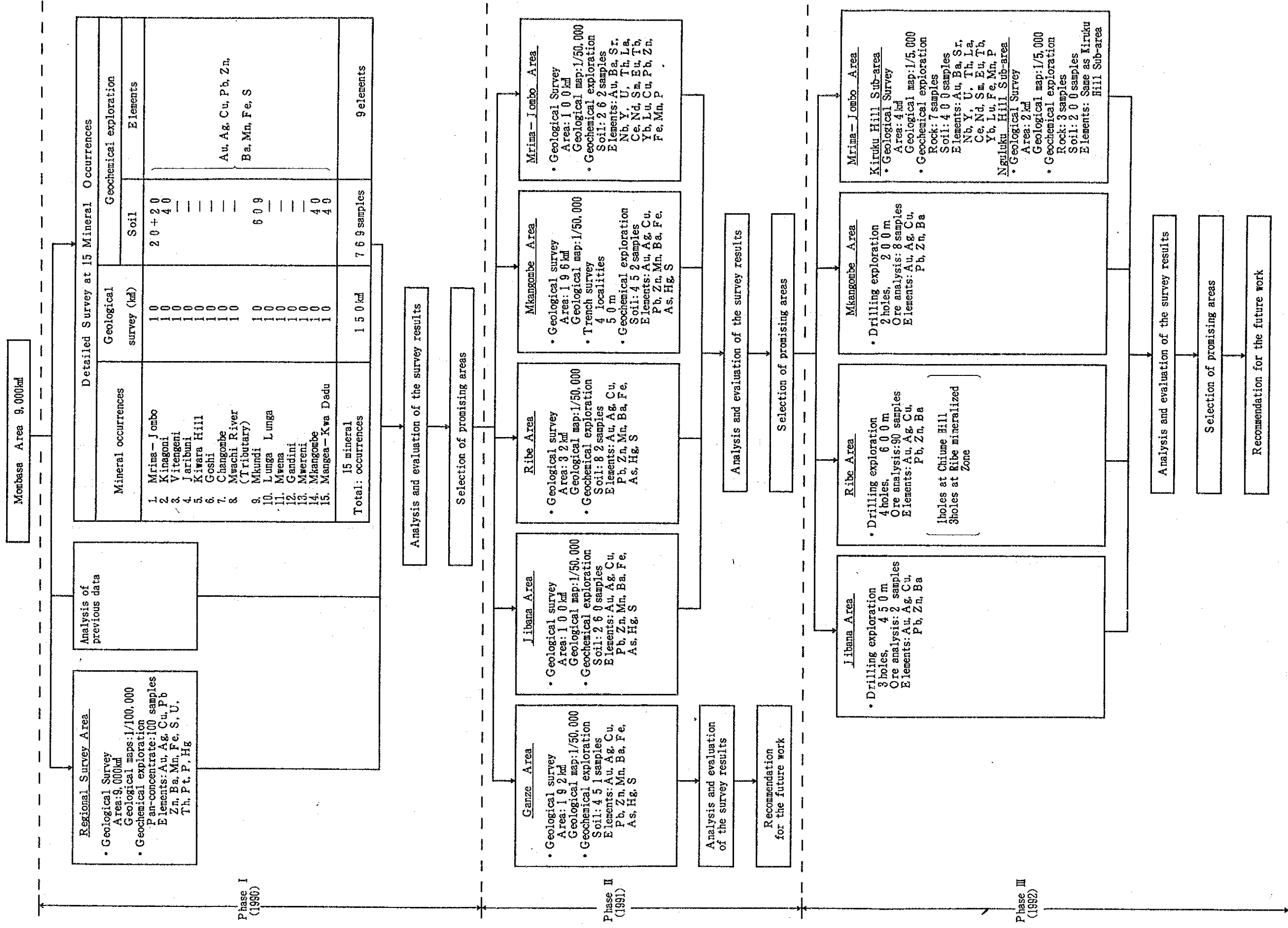
$$M = \left(\frac{207 \text{ pb}/204 \text{ pb} - 10.294}{203 \text{ Pb}/204 \text{ Pb} - 9.307} \right)$$

Appendix-2 Whole Rock Analysis of Samples from the Mombasa Area

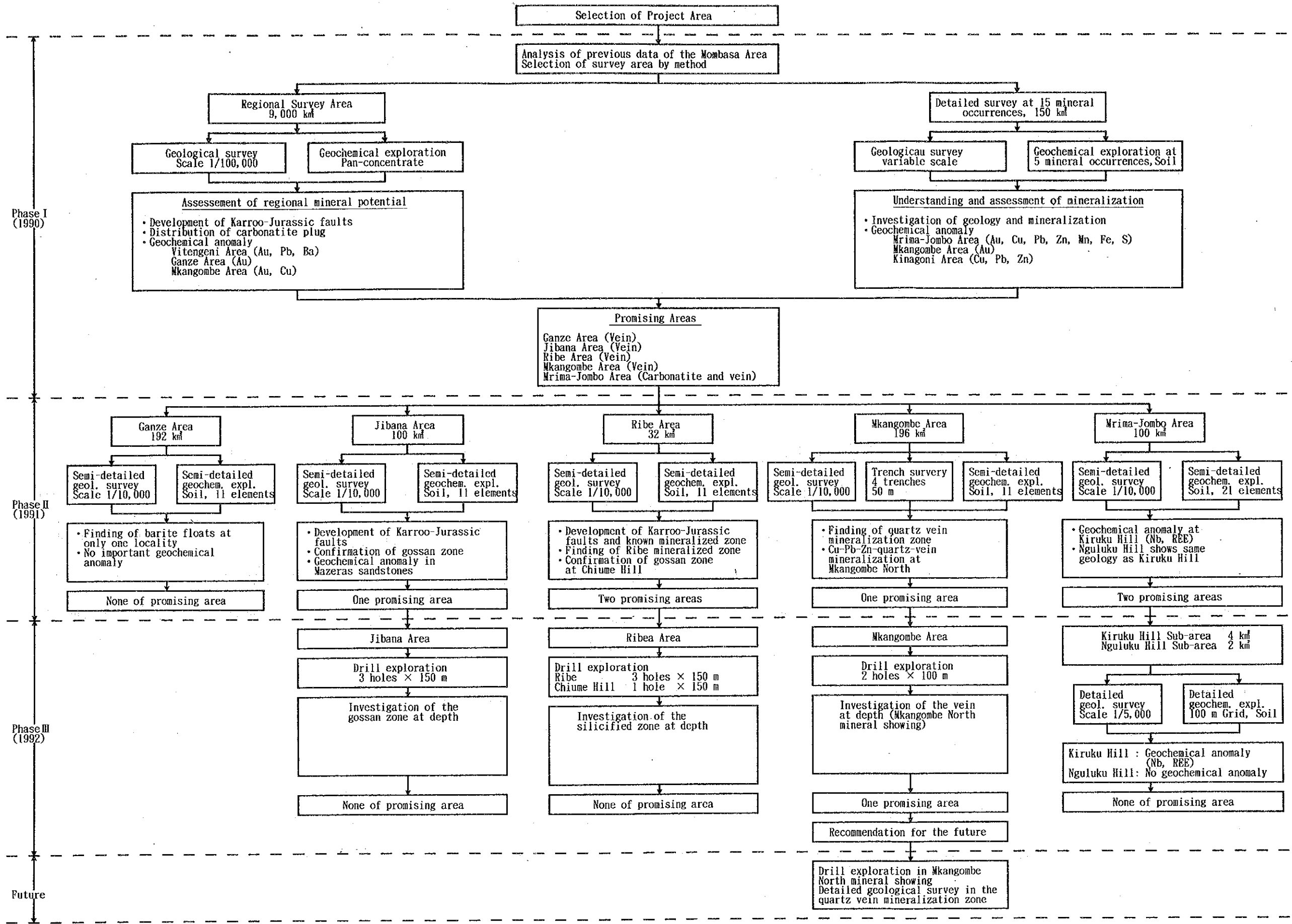
Sample	GEOL.	Lon.	Lat.	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	BaO	LOI	TOTAL
				%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
GO-009		32784	392206	6.90	0.04	0.97	0.43	0.19	0.05	0.66	48.18	0.09	0.18	0.27	0.18	39.87	98.05
KR-006	MkI	35617	393086	58.31	0.77	16.29	2.02	5.11	0.09	2.70	2.63	3.09	3.01	0.21	0.09	4.71	99.60
KR-007	MkI	35617	393086	70.64	0.48	13.59	1.29	1.12	0.04	0.87	1.85	4.11	3.36	0.12	0.11	1.80	93.50
KR-009	Ig	35820	393902	39.79	2.63	11.44	4.84	5.98	0.17	10.35	11.28	2.70	1.76	0.63	0.33	5.73	98.30
KR-010	MyCu	34952	392098	73.40	0.30	11.78	0.59	0.80	0.06	0.58	3.05	5.54	1.12	0.13	0.03	2.84	100.30
KR-013	Tu	34815	391388	74.06	0.32	10.73	1.59	0.40	0.01	0.90	0.58	3.19	3.02	0.09	1.74	2.62	99.29
KR-014	Tm	34686	390697	63.85	0.46	13.78	0.64	2.75	0.08	1.68	3.10	4.96	2.53	0.09	0.08	3.58	97.88
KR-017	Ig	42832	390769	48.93	2.06	17.51	5.71	2.08	0.21	1.88	4.82	6.89	2.07	0.46	0.07	6.05	98.97
KR-018	Ig	42845	390706	43.39	2.49	16.54	4.85	2.93	0.21	2.52	8.03	6.91	4.12	0.47	0.13	5.26	98.17
KR-020A	Ig	42762	390796	63.33	0.45	18.84	2.27	0.14	0.05	0.23	0.39	7.25	5.01	0.06	0.11	0.97	99.11
KR-020B	Ig	42762	390796	54.18	2.34	19.72	7.44	0.38	0.28	1.06	1.15	6.14	4.13	0.45	0.13	2.81	100.20
KR-020C	Ig	42762	390796	57.71	0.64	20.37	1.60	1.50	0.15	0.63	2.96	7.77	5.04	0.10	0.07	1.09	98.80
KR-021	Ig	42600	390800	47.73	2.16	18.06	3.88	3.12	0.17	2.76	6.53	6.16	3.98	0.36	0.12	4.04	99.43
KR-022	Ig	42524	390778	44.35	2.70	15.50	4.80	4.17	0.18	5.19	8.83	5.02	3.23	0.56	0.08	3.77	98.82
KR-023	Ig	42448	390755	42.35	3.42	16.39	5.50	3.55	0.23	3.89	8.26	6.98	1.63	0.66	0.14	5.71	99.10
KR-025	Ig	42682	391246	46.27	2.85	16.22	3.70	5.64	0.21	3.68	8.46	5.81	3.30	0.75	0.14	1.12	98.76
KR-026	Ig	42722	391246	44.43	3.19	14.69	3.63	7.54	0.21	5.48	9.81	4.70	2.28	0.83	0.07	0.86	98.55
KR-027	Ig	42754	391021	62.42	0.62	18.82	1.84	1.39	0.07	0.44	1.88	6.42	6.43	0.08	0.07	0.65	101.30
KR-028	Ig	42731	391120	57.28	1.15	18.09	2.59	3.03	0.12	1.32	3.50	6.18	5.00	0.22	0.09	1.15	100.05
KR-030	Ig	42642	392021	46.49	1.53	19.82	5.41	1.37	0.26	1.12	4.78	9.85	5.73	0.21	0.22	2.46	99.40

Sample	Lon.	Lat.	SiO2	TiO2	Al2O3	Fe2O3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na2O	K2O	P2O5	BaO	LOI	TOTAL	
			%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	
KR-031	Ig	42549	391148	53.16	0.56	21.35	3.14	0.54	0.12	0.45	1.98	10.96	4.74	0.10	0.15	0.95	98.25
KR-032	Ig	42590	391280	49.69	1.18	20.81	3.36	1.77	0.18	0.86	3.89	9.31	5.25	0.18	0.51	1.04	98.20
KR-033	Ig	42553	391260	53.19	0.61	21.03	3.28	1.04	0.16	0.50	2.32	10.66	4.80	0.07	0.13	1.09	98.97
KR-034	Ig	42500	391244	47.01	2.35	18.65	3.68	3.50	0.19	2.00	6.25	8.26	4.27	0.38	0.17	0.73	97.83
KR-039	Ig	42840	391536	20.96	4.69	22.57	25.90	0.17	1.06	0.57	0.34	0.08	0.05	2.73	1.84	12.08	93.08
KR-101	Ig	42899	391513	3.68	0.58	0.73	7.81	0.20	1.57	3.24	37.26	0.20	0.05	4.88	2.49	31.27	93.97
KR-102A	Ig	42813	391547	3.17	0.18	0.85	1.59	4.02	2.48	13.07	22.70	0.11	0.05	0.13	3.93	37.28	90.00
KR-104	Ig	42529	390549	43.04	2.49	15.48	4.50	3.88	0.24	4.78	8.68	5.21	3.18	0.50	0.29	4.88	97.57
KR-106	Ig	30594	394938	42.41	2.00	10.91	3.33	6.89	0.18	15.10	10.91	2.80	1.56	0.63	0.12	1.00	98.60
KR-109	Ig	42784	391735	59.70	1.53	6.62	14.14	0.23	3.25	0.29	0.45	0.12	0.12	0.78	3.84	6.39	97.49
MD-008	K	31082	394611	4.34	0.03	0.67	0.09	0.19	0.06	0.72	49.84	0.09	0.16	0.03	0.01	41.04	97.28
MK-001	Ig	42287	391536	38.80	2.86	15.35	6.04	3.47	0.25	3.85	10.25	4.86	3.60	0.84	0.14	7.57	98.26
MK-026	Ig	42320	391530	41.74	3.08	16.46	5.60	3.81	0.18	3.92	8.32	6.50	2.26	0.78	0.19	5.03	98.30
MR-106	Ig	42872	391493	37.75	1.60	9.26	23.96	1.52	0.01	0.16	2.29	0.80	7.08	2.54	0.27	10.11	97.56
MR-111	Ig	42573	391174	46.60	1.67	21.21	3.83	2.10	0.20	1.26	4.96	10.46	4.68	0.26	0.24	1.15	98.85
MR-113	Ig	42445	391516	39.16	1.47	7.37	3.74	5.88	0.23	6.00	10.42	1.83	2.49	1.83	0.09	17.17	98.33
SH-005	K	35054	393754	37.59	1.37	8.60	0.86	0.68	0.50	0.51	24.44	1.59	2.83	0.54	0.05	19.14	98.77
SH-013	M21	33278	393523	81.74	1.37	6.88	1.69	1.45	0.16	0.60	1.73	2.00	1.58	0.14	0.04	1.25	100.80
SH-028	Tu	34875	391361	64.44	0.54	12.74	3.04	0.79	0.05	2.32	1.90	2.28	4.36	0.15	0.05	5.42	98.16
SH-034	Ig	42905	380772	34.80	2.98	9.77	2.68	6.34	0.16	10.03	10.70	2.47	2.97	0.75	0.10	13.48	97.98

FLOW CHART OF THE MOMBASA PROJECT



SELECTION FLOW OF PROMISING AREA FOR MINERAL DEPOSITS



GEOLOGICAL MAP OF THE MOMBASA AREA

SUMMARISING THE RESULTS OF THE MINERAL EXPLORATION, 1990-1992

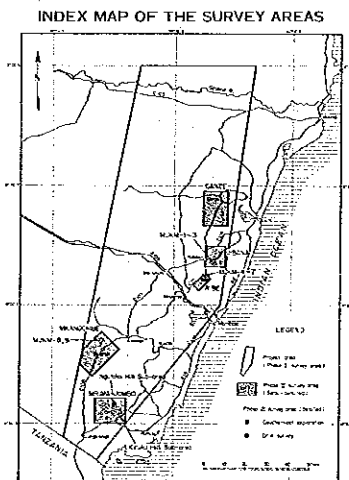
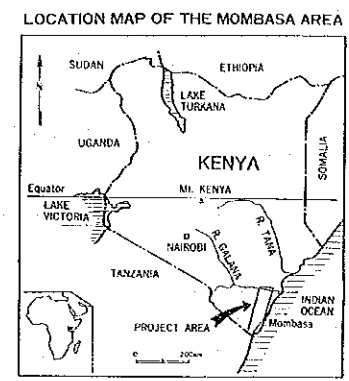
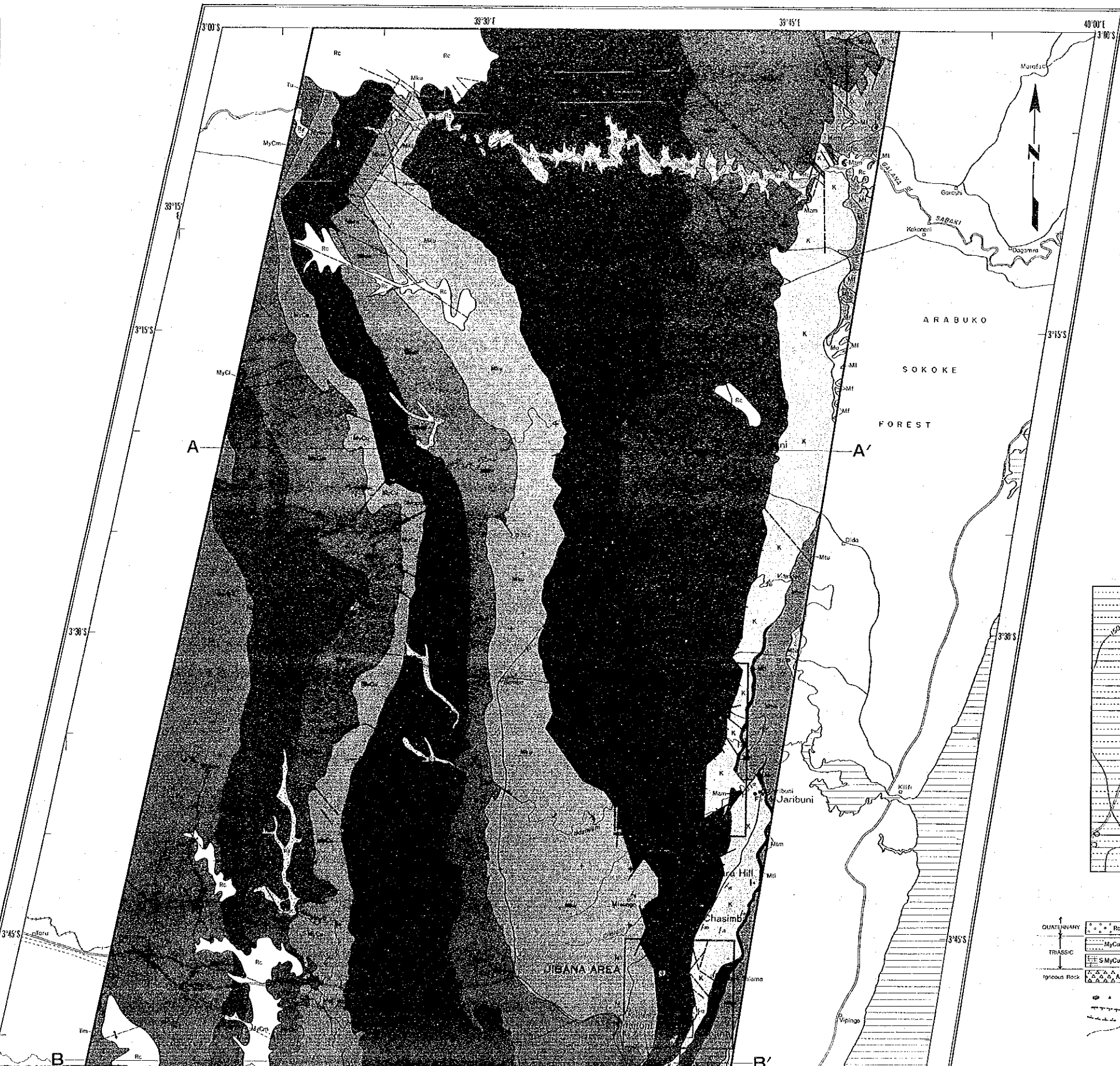
JICA/MMAJ-MGD

Scale 1:200,000

REPORT ON THE MINERAL EXPLOITATION
IN THE MOMBASA AREA
REPUBLIC OF KENYA

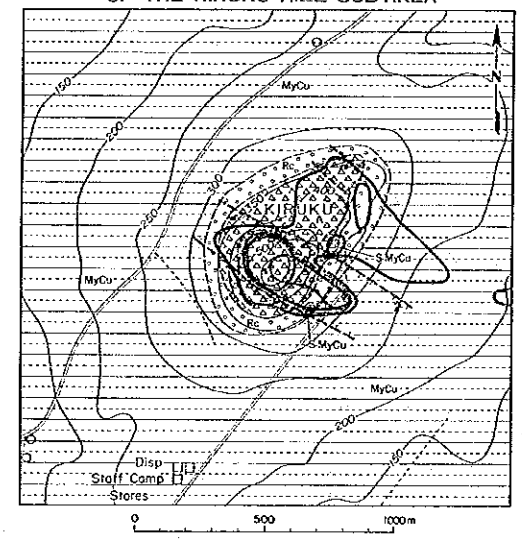
PREPARED BY JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA) AND
METAL MINING AGENCY OF JAPAN (MMAJ) IN COOPERATION WITH MINES
AND GEOLOGICAL DEPARTMENT OF MINISTRY OF ENVIRONMENT AND
NATURAL RESOURCES OF KENYA. FEBRUARY, 1993

No.	Name of Occurrence	Kind of Minerals	Category	Host Rock	Structure	Alteration	Remarks	Remarks
1	Basaltic Dykes	Basalt	Basaltic	Basalt	Basaltic	Basaltic	Basaltic	Basaltic
2	Basaltic Dykes	Basalt	Basaltic	Basalt	Basaltic	Basaltic	Basaltic	Basaltic
3	Basaltic Dykes	Basalt	Basaltic	Basalt	Basaltic	Basaltic	Basaltic	Basaltic
4	Basaltic Dykes	Basalt	Basaltic	Basalt	Basaltic	Basaltic	Basaltic	Basaltic
5	Basaltic Dykes	Basalt	Basaltic	Basalt	Basaltic	Basaltic	Basaltic	Basaltic
6	Basaltic Dykes	Basalt	Basaltic	Basalt	Basaltic	Basaltic	Basaltic	Basaltic
7	Basaltic Dykes	Basalt	Basaltic	Basalt	Basaltic	Basaltic	Basaltic	Basaltic
8	Basaltic Dykes	Basalt	Basaltic	Basalt	Basaltic	Basaltic	Basaltic	Basaltic
9	Basaltic Dykes	Basalt	Basaltic	Basalt	Basaltic	Basaltic	Basaltic	Basaltic
10	Basaltic Dykes	Basalt	Basaltic	Basalt	Basaltic	Basaltic	Basaltic	Basaltic



FIELD AND LABORATORY WORKS CARRIED OUT THROUGH THE MOMBASA PROJECT	Phase I (1990)			Phase II (1991)			Phase III (1992)		
	Period of Phase	July 1990 - Feb. 1991	July 1991 - Feb. 1992	July 1992 - Feb. 1993	July 1993 - Feb. 1994	July 1994 - Feb. 1995	July 1995 - Feb. 1996	July 1996 - Feb. 1997	July 1997 - Feb. 1998
1. GEOLOGICAL SURVEY									
a) Regional survey	1:50,000	1:50,000	1:50,000	1:50,000	1:50,000	1:50,000	1:50,000	1:50,000	1:50,000
b) Detailed survey	1:25,000	1:25,000	1:25,000	1:25,000	1:25,000	1:25,000	1:25,000	1:25,000	1:25,000
c) Detailed survey	1:10,000	1:10,000	1:10,000	1:10,000	1:10,000	1:10,000	1:10,000	1:10,000	1:10,000
2. GEOCHEMICAL SURVEY									
a) Regional survey	1:50,000	1:50,000	1:50,000	1:50,000	1:50,000	1:50,000	1:50,000	1:50,000	1:50,000
b) Detailed survey	1:25,000	1:25,000	1:25,000	1:25,000	1:25,000	1:25,000	1:25,000	1:25,000	1:25,000
c) Detailed survey	1:10,000	1:10,000	1:10,000	1:10,000	1:10,000	1:10,000	1:10,000	1:10,000	1:10,000
3. DRILLING SURVEY									
a) Drilling survey	1:50,000	1:50,000	1:50,000	1:50,000	1:50,000	1:50,000	1:50,000	1:50,000	1:50,000
b) Detailed survey	1:25,000	1:25,000	1:25,000	1:25,000	1:25,000	1:25,000	1:25,000	1:25,000	1:25,000
c) Detailed survey	1:10,000	1:10,000	1:10,000	1:10,000	1:10,000	1:10,000	1:10,000	1:10,000	1:10,000
4. LABORATORY WORKS									
a) Petrographic	100	100	100	100	100	100	100	100	100
b) Mineralogical	100	100	100	100	100	100	100	100	100
c) Geochemical	100	100	100	100	100	100	100	100	100
d) X-ray diffraction	100	100	100	100	100	100	100	100	100
e) Other	100	100	100	100	100	100	100	100	100

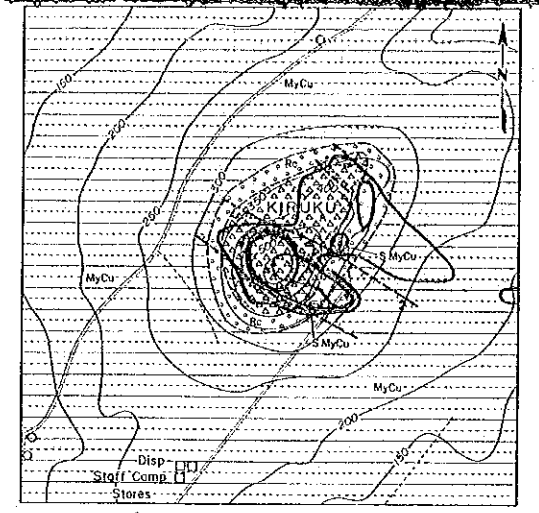
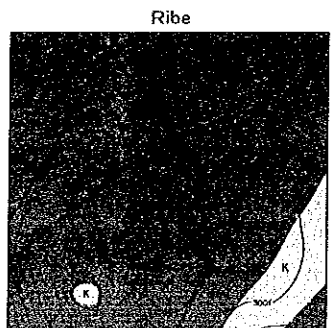
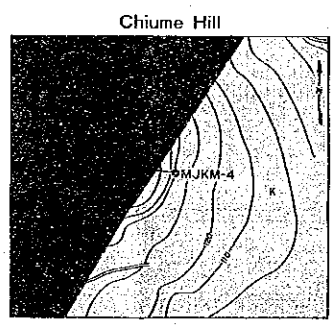
GEOCHEMICAL INTERPRETATION MAP OF THE KIRUKU HILL SUB-AREA



LEGEND		Geochemical Anomaly	
QUATERNARY	Quaternary	Element	Anomaly
TRASSIC	Trassic	Au	≥ 500ppb
IGNEOUS ROCK	Igneous Rock	Ni	≥ 1100ppm
		V	≥ 400ppm
		La+Ce+Pr	≥ 3500ppm
		Sm+Eu+Tb	≥ 100ppm
		Yb+Lu	≥ 35ppm

Period of time	Phase I (1970)	Phase II (1971)	Phase III (1972)
I. GEOMORPHIC SURVEY			
a) Regional survey	1:500,000 scale	1:500,000 scale	1:500,000 scale
b) Detailed survey	1:250,000 scale	1:250,000 scale	1:250,000 scale
II. GEOMORPHIC STUDY			
a) Regional survey	1:500,000 scale	1:500,000 scale	1:500,000 scale
b) Detailed survey	1:250,000 scale	1:250,000 scale	1:250,000 scale
III. GEOMORPHIC MAPPING			
a) This section	50	50	50
b) Detailed section	50	50	50
c) Detailed plan section	50	50	50
d) White rock section	50	50	50
e) Detailed section of one	50	50	50
f) Cross differentiation	50	50	50
g) DMS map	50	50	50
h) DMS map	50	50	50
IV. MAPS OF THE SURVEY AREA			
a) 1:500,000 scale	1:500,000 scale	1:500,000 scale	1:500,000 scale
b) 1:250,000 scale	1:250,000 scale	1:250,000 scale	1:250,000 scale
c) 1:125,000 scale	1:125,000 scale	1:125,000 scale	1:125,000 scale
d) 1:62,500 scale	1:62,500 scale	1:62,500 scale	1:62,500 scale
e) 1:31,250 scale	1:31,250 scale	1:31,250 scale	1:31,250 scale
f) 1:15,625 scale	1:15,625 scale	1:15,625 scale	1:15,625 scale
g) 1:7,812 scale	1:7,812 scale	1:7,812 scale	1:7,812 scale
h) 1:3,906 scale	1:3,906 scale	1:3,906 scale	1:3,906 scale
i) 1:1,953 scale	1:1,953 scale	1:1,953 scale	1:1,953 scale
j) 1:976 scale	1:976 scale	1:976 scale	1:976 scale
k) 1:488 scale	1:488 scale	1:488 scale	1:488 scale
l) 1:244 scale	1:244 scale	1:244 scale	1:244 scale
m) 1:122 scale	1:122 scale	1:122 scale	1:122 scale
n) 1:61 scale	1:61 scale	1:61 scale	1:61 scale
o) 1:30 scale	1:30 scale	1:30 scale	1:30 scale
p) 1:15 scale	1:15 scale	1:15 scale	1:15 scale
q) 1:7 scale	1:7 scale	1:7 scale	1:7 scale
r) 1:3 scale	1:3 scale	1:3 scale	1:3 scale
s) 1:1 scale	1:1 scale	1:1 scale	1:1 scale

DRILL SURVEY AREAS



LEGEND

Geochemical Anomaly	Element	Anomaly	Threshold
○	Au	≥ 50ppb	
○	Ni	≥ 100ppm	
○	Y	≥ 400ppm	
○	La+Ce+Nd	≥ 5000ppm	
○	Sm+Eu+Tb	≥ 100ppm	
○	Yb+Lu	≥ 35ppm	

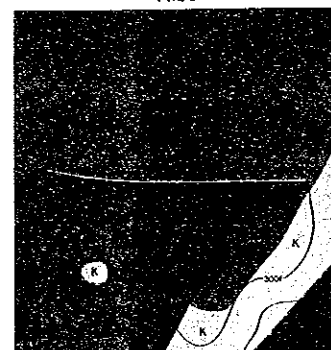
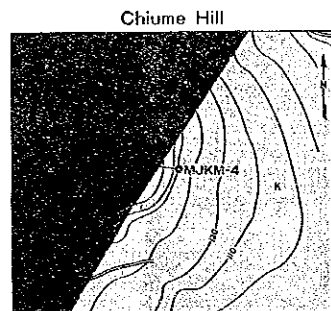
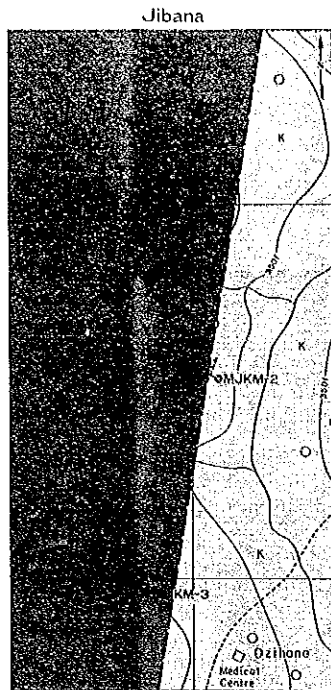
LEGEND

Period	Formation	Member	Description	
QUATERNARY	Recent	Aluvium	Aluvium	
	Pleistocene	Rc	Colluvium and residual soils	
		Ps2	Sands	
TERTIARY	Pliocene	Ps1	Sands	
		Pl	Reef complex (undifferentiated) Limestone/calcarenite/sandstone	
	Miocene	Upper Member	Mu	Sands
		Mi	Sandstones/sands, subordinate shales/marls	
		Mi	Sandstones, subordinate limestones/shales	
	CRETACEOUS	Upper Member	Mt	Shales, subordinate limestones
		Middle Member	Mt	Shales, subordinate sandstones
		Lower Member	Mt	Shales/siltstones/sandstones
	JURASSIC	Kambe Formation (K)	K	Limestones, subordinate shales/siltstones/sandstones
		MAZARAS FORMATION (Mz)	Upper Member	Mz
Middle Member	Mz		Sandstones/arkoses, subordinate shales/siltstones	
Lower Member	Mz		Sandstones/arkoses	
TRIASSIC	MARIKANI FORMATION (Ma)	Upper Member	Ma	Sandstones
		Middle Member	Ma	Sandstones, subordinate shales/siltstones
		Lower Member	Ma	Sandstones
PERMIAN	MAJI-YA-CILUMVI FORMATION (Mj)	Upper Member	Mj	Sandstones/shales/siltstones
		Middle Member	Mj	Shales/siltstones, subordinate sandstones
		Lower Member	Mj	Shales/siltstones, subordinate sandstones
CRETACEOUS	TARU FORMATION (T)	Upper Member	T	Arkoses/sandstones/shales/siltstones, subordinate conglomerates/limestones
		Middle Member	T	Arkoses/sandstones/conglomerates, subordinate shales/siltstones
CRETACEOUS	INTRUSIVES (I)	I	Alkaine intrusive rocks, Agglomerate, A: Carbonatite, C: Felsite, F: Lamprophyric dyke, Lp	

OTHER SYMBOLS

- Geological boundary
- Fault, downthrow indicated
- Fault inferred, downthrow indicated
- Bedding, dip indicated
- Flat bedding
- Anticline, plunge indicated
- Syncline, plunge indicated
- Mine, working
- Mine, abandoned
- Mineral occurrence
- Line of section
- Drill survey area

DRILL SURVEY AREAS

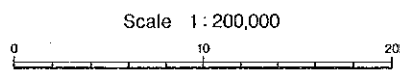


- LEGEND**
- Diamond drill hole
 - Trench
 - ▨ Gossan zone, Sulfidation zone
 - Quartz vein outcrop
 - /// Fault
 - Geological boundary

● MyCu is mapped in the geological interpretation map of the Kinu Hill sub-area based on the phase II survey results, but is not mapped in the Kinu Hill sub-area in the 1/200,000 geological map, because the boundary between MyCu and Mu has not been determined.

Results of the Elemental Analysis of Drill Core Samples, Major only, %

Sample No.	Sample No.	Sample No.	Sample No.	Sample No.	Sample No.	Sample No.	Sample No.
101	102	103	104	105	106	107	108
109	110	111	112	113	114	115	116
117	118	119	120	121	122	123	124
125	126	127	128	129	130	131	132
133	134	135	136	137	138	139	140
141	142	143	144	145	146	147	148
149	150	151	152	153	154	155	156
157	158	159	160	161	162	163	164
165	166	167	168	169	170	171	172
173	174	175	176	177	178	179	180
181	182	183	184	185	186	187	188
189	190	191	192	193	194	195	196
197	198	199	200	201	202	203	204
205	206	207	208	209	210	211	212
213	214	215	216	217	218	219	220
221	222	223	224	225	226	227	228
229	230	231	232	233	234	235	236
237	238	239	240	241	242	243	244
245	246	247	248	249	250	251	252
253	254	255	256	257	258	259	260
261	262	263	264	265	266	267	268
269	270	271	272	273	274	275	276
277	278	279	280	281	282	283	284
285	286	287	288	289	290	291	292
293	294	295	296	297	298	299	300



- LEGEND**
- Recent
 - Re Colluvium and residual soils
 - QUATERNARY
 - Pleistocene
 - Pls2 Sands
 - Pls1 Sands
 - TERTIARY
 - Pliocene
 - MARABHI FORMATION (M) Upper Member Mu Sands
 - Miocene
 - MARAFIA FORMATION (Mf) Sandstones/sands, subordinate shales/siltstones
 - MARAFAMU FORMATION (Mf) Sandstones, subordinate limestones/shales
 - CRETACEOUS
 - MITIMAKU FORMATION
 - Upper Member Mm Shales, subordinate limestones
 - Middle Member Mm Shales, subordinate sandstones
 - Lower Member Mm Shales/siltstones/sandstones
 - JURASSIC
 - KAMBE FORMATION (K)
 - Upper Member K Limestones, subordinate shales/siltstones/sandstones
 - MAZARA FORMATION (Mz)
 - Upper Member Mz Sandstones/arkoses
 - Middle Member Mz Sandstones/arkoses, subordinate shales/siltstones
 - Lower Member Mz Sandstones/arkoses
 - TRIASSIC
 - MARAKANI FORMATION (Ma)
 - Upper Member Ma Sandstones
 - Middle Member Ma Sandstones, subordinate shales/siltstones
 - Lower Member Ma Sandstones
 - MAJI-YA-CHUMVI FORMATION (Mj)
 - Upper Member Mj Sandstones/shales/siltstones
 - Middle Member Mj Shales/siltstones, subordinate sandstones, shales with nodules containing fossil fish
 - Lower Member Mj Shales/siltstones, subordinate sandstones
 - PERMIAN
 - TARU FORMATION (T)
 - Upper Member T Arkoses/sandstones/shales/siltstones, subordinate conglomerate/limestones
 - Middle Member T Arkoses/sandstones/conglomerates, subordinate shales/siltstones
 - CRETACEOUS
 - INTRUSIVES (I)
 - I Alkaline intrusive rocks

- OTHER SYMBOLS**
- Geological boundary
 - /// Fault, downthrow indicated
 - Fault inferred, downthrow indicated
 - ~~~ Bedding, dip indicated
 - + Flat bedding
 - ~~~ Anticline, plunge indicated
 - ~~~ Syncline, plunge indicated
 - * Mine, working
 - ✕ Mine, abandoned
 - Mineral occurrence
 - A—A' Line of section
 - Drill survey area

SCHMATIC GEOLOGICAL SECTIONS

