

ケニア共和国ホマベイ地域
資源開発協力基礎調査報告書

第3年次

平成2年3月

資源開発協力事業団
金属鉱業事業団



ケニア共和国ホマベイ地域
資源開発協力基礎調査報告書

第3年次

JICA LIBRARY



1080028121

20569

平成2年3月

国際協力事業団
金属鉱業事業団



は し が き

日本国政府は、ケニア共和国政府の要請に応え、同国の西部に位置するホマベイ地域の鉱物資源賦存の可能性を確認するため、地質調査、地化学探査などの鉱床探査に関する諸調査を実施することとし、その実施を国際協力事業団に委託した。国際協力事業団は、本調査の内容が地質及び鉱物資源の調査という専門分野に属することから、この調査の実施を金属鉱業事業団に委託することとした。本調査は、昭和62年度を初年次とする第3年次にあたり、金属鉱業事業団は4名の調査団を編成して平成元年7月10日から平成元年10月9日まで現地に派遣した。

現地調査は、ケニア共和国政府関係機関、環境天然資源省鉱山地質局の協力を得て予定どおり完了した。

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

おわりに、本調査の実施にあたってご協力いただいたケニア共和国政府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位の方々に衷心より感謝の意を表すものである。

平成2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

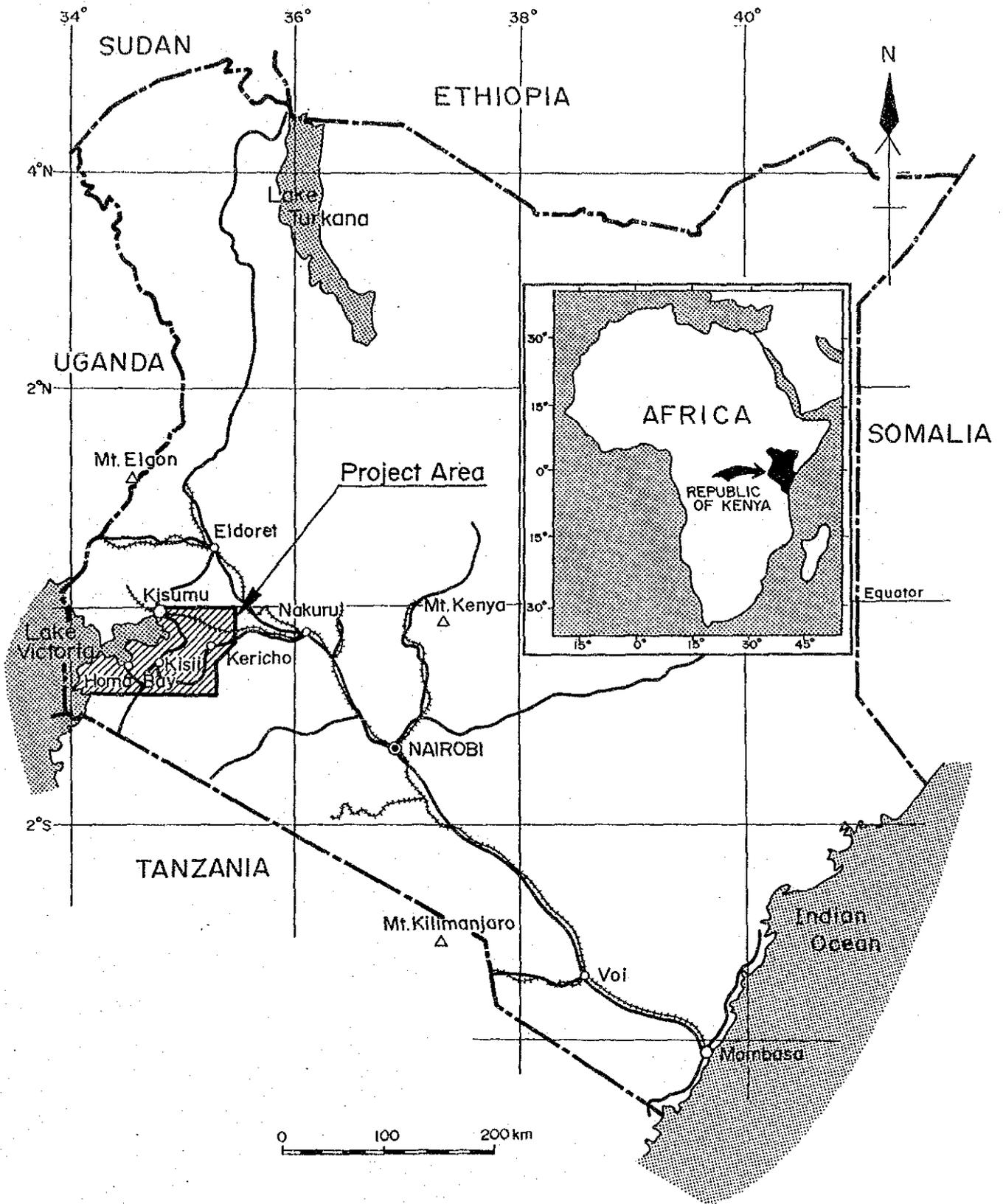


Fig. 1 Location Map of the Project Area

要 約

ケニア共和国ホマベイ地区における資源開発協力基礎調査の目的は、同地域において地質状況を解明することによりカーボナタイト鉱床の賦存状況を把握することである。

第3年次にあたる本年度は、第2年次の精査地区から選ばれたBuru Hill及びKuge-Lwalaの2地区でボーリング調査を実施した。この結果は次のとおりである。

(1) Buru Hill地区

地質精査結果及び2ヶ年のボーリング調査(30本、合計1,750m)を総合して鉱床の賦存状況の把握とその評価を行った。

Buru Hillは、カーボナタイト塊状岩体の貫入により形成されたドーム状構造を有する岩体であり、その南西側に小規模な潜頭性カーボナタイト岩体を伴う。

カーボナタイトは、新第三紀初期(22Ma)に貫入し、その後の剝作用により、現在は、火山底に相当する塊状部分が露出している状況にあるものと判断される。カーボナタイトは希土類元素に富む。カーボナタイト岩体は、上部の酸化帯(風化帯)と下部の還元帯に区分され、上部の酸化帯に希土類元素の二次富化作用があり鉱床を形成する。希土類元素鉱物はバストネサイトが大部分である。本鉱床の粗鉱量は1,070万トン、品位は軽希土元素含量(La+Ce+Nd):2.07%、中希土元素含量(Sm+Eu+Tb):370ppm、重希土元素含量(Yb+Lu):38ppmであり、全希土元素酸化物含量品位(TREO):2.63%、全希土元素酸化物総量(REO量):28万トンと試算される。この鉱床は、希土類元素を対象として現在世界で稼行されているカーボナタイト鉱床と比較すると低品位であり、当面は経済的稼行の対象とはならぬものと判断される。しかし、露天採掘が容易な鉱床形態を有し、立地条件も良いことからより精密な鉱量・品位が確立し、有用元素の有効な抽出方法が確定すれば、将来鉱床開発の経済的可能性を検討する時期があるものと判断される。

(2) Kuge-Lwala

地質・地化学精査と、6本、合計360mのボーリング調査の結果、Kuge-Hillに分布するフェロカーボナタイトの賦存状況が判明した。この岩体は、フェロカーボナタイトの岩脈群からなり、最大長600m、最大幅60m、平均幅30~40mで、南西に伸長する。低品位部を除いた平均品位は、La+Ce+Nd:1.57%、Sm+Eu+Tb:198ppm、Yb+Lu:17ppm、Nb:0.06%であり、Buru Hillに比較して低品位であり、経済的鉱床になりうる可能性はないものと判断される。

目 次

はしがき
位置図
要 約

第 I 部 総 論

第 1 章 序 論	1
1-1 調査の経緯	1
1-2 第 2 年次調査の結論と提言	2
1-2-1 第 2 年次調査の結論	2
1-2-2 第 3 年次調査への提言	3
1-3 第 3 年次調査の概要	5
1-3-1 調査地域	5
1-3-2 調査目的	5
1-3-3 調査方法	6
1-3-4 調査団の編成	7
1-3-5 調査期間	7
第 2 章 調査地域の地理	8
2-1 地形及び水系	8
2-2 気候及び植生	8
第 3 章 一般地質	11
第 4 章 調査結果の総合検討	15
4-1 地質構造, 鉱化作用の特性と鉱化規制	15
4-2 希土類鉱物鉱床賦存のポテンシャル	16
4-3 地化学異常と鉱化作用との関係	17
第 5 章 結論及び提言	18
5-1 Buru Hill 地区	18
5-2 Kuge-Lwala 地区	18

第Ⅱ部 各 論

第1章 Buru Hill地区	19
1-1 調査方法	19
1-2 地 質	19
1-3 ボーリング調査結果	31
1-4 鉱石分析結果	44
1-5 岩石・鉱物試験結果	53
1-6 考 察	72
第2章 Kuge-Lwala地区	75
2-1 調査方法	75
2-2 地 質	75
2-3 ボーリング調査結果	81
2-4 鉱石分析結果	88
2-5 岩石・鉱物試験結果	92
2-6 考 察	98

第Ⅲ部 結論及び提言

第1章 結 論	101
第2章 将来への提言	102
参考文献	103
巻末資料	

<FIGURES>

PART I GENERAL

Fig. 1	Location Map of the Project Area	
Fig. 2	Location Map of the Phase III Survey Area	4
Fig. 3	Geological Map of the Homa Bay Area	10
Fig. 4	Geological Map of the Area surrounding the Buru Hill	13

PART II DETAILS OF SURVEY WORKS

Fig. II-1-1	Generalized Geological Columnar Section of the Buru Hill Area	20
Fig. II-1-2	Geological Map of the Buru Hill Area	25
Fig. II-1-3	Geological Sections of the Buru Hill Area – (1)	27
Fig. II-1-4	Geological Sections of the Buru Hill Area – (2)	29
Fig. II-1-5	Location Map of Drilling Area, Buru Hill Area	32
Fig. II-1-6	Location Map of the Drilling Sites in the Buru Hill Area	33
Fig. II-1-7	Vertical Variation of Elements, BRL-2 and BRL-3	51
Fig. II-1-8	Vertical Variation of Elements, BR-17 and BR-24	52
Fig. II-1-9	Assay Cross Sections, E-W – (1)	57
Fig. II-1-10	Assay Cross Sections, E-W – (2)	59
Fig. II-1-11	Assay Cross Sections, E-W – (3)	61
Fig. II-1-12	Assay Cross Sections, N-S	63
Fig. II-1-13	Chondrite Normalized Patterns of Carbonatites in the Buru Hill	65
Fig. II-1-14	Grade-Reserve Plots of World Rare Earth Deposits	73
Fig. II-2-1	Geological Map of the Kuge – Lwala Area	76
Fig. II-2-2	Generalized Geological Columnar Sections of the Kuge – Lwala Area	77
Fig. II-2-3	Geological Map of the Kuge Hill in the Kuge – Lwala Area	79
Fig. II-2-4	Location Map of Drilling Area, Kuge – Lwala Area	82
Fig. II-2-5	Location Map of the Drilling Sites in the Kuge Hill	83
Fig. II-2-6	Geological Cross Sections along Drill Holes, Kuge Hill	93
Fig. II-2-7	Assay Cross Sections along Drill Holes, Kuge Hill	95

<TABLES>

PART I GENERAL

Table I-1-1	Content and Quantity of Boring Exploration	6
Table I-1-2	Outline of Laboratory Tests	6
Table I-1-3	Preliminary Mission and Kenyan Personnel Attended the Meeting	7
Table I-1-4	Member List of Field Team	7

PART II DETAILS OF SURVEY WORKS

Table II-1-1	Location of Diamond Drilling Holes	31
Table II-1-2	Analytical Method, Detection Limit and Upper Limit	45
Table II-1-3	Summary of Statistics of Analysis – Drill Core Samples –	47
Table II-1-4	Distribution of Rare Earths in Ores	46
Table II-1-5	Correlation Coefficients – Drill Core Samples –	47
Table II-1-6	Summary of Principal Component Analysis – Drill Core Samples –	48
Table II-1-7	Average Value of Elements and Components by Drill Hole	50
Table II-1-8	Average Value of Elements, Weathered Zone	54
Table II-1-9	Average Value of Elements, Fresh Zone	54
Table II-1-10	Ore Reserves and Grade of the Buru Hill Deposit	55
Table II-1-11	Oxygen Isotope Data of the Buru Hill Carbonatite Complex	71
Table II-2-1	Location of Diamond Drilling Holes, Kuge-Lwala Area	81
Table II-2-2	Summary of Statistics of Analysis – Drill Core Samples –	89
Table II-2-3	Correlation Coefficients – Drill Core Samples –	89
Table II-2-4	Summary of Principal Component Analysis – Drill Core Samples –	90
Table II-2-5	Average Value of Elements and Component by Drill Hole	91

<APPENDIXES>

Apx. 1	Location Map of Tested Samples, Buru Hill Area	A- 1
Apx. 2	Location Map of Tested Samples, Kuge-Lwala Area	A- 2
Apx. 3	Summary of Microscopic Observation – Thin Sections –	A- 3
Apx. 4	Microscopic Observation of Rocks in Thin Sections	A- 4
Apx. 5	Summary of Microscopic Observation – Polished Thin Sections –	A- 6
Apx. 6	Microscopic Observation of Ores in Polished Thin Sections	A- 7
Apx. 7	Results of Whole Rock Analysis of Carbonatites and Related Rocks	A- 9
Apx. 8	Summary of EPMA Test-1, Mineral List Identified by Qualitative Analysis	A-10
Apx. 9	Summary of EPMA Test-2, Quantitative Analysis of Minerals	A-11
Apx. 10	SEM Images of Minerals (EPMA Test)	A-12
Apx. 11	Results of Measurement of Size of Rare Earth Minerals	A-19
Apx. 12	Results of Analysis of Ore Minerals	A-20
Apx. 13	Results of Chemical Analysis of Drill Core Samples, Buru Hill Area	A-21
Apx. 14	Results of Chemical Analysis of Drill Core Samples, Kuge – Lwala Area	A-25
Apx. 15	Geological Log of Diamond Drilling Hole, BRL-2 (1)	A-27
Apx. 16	Geological Log of Diamond Drilling Hole, BRL-2 (2)	A-28
Apx. 17	Geological Log of Diamond Drilling Hole, BRL-3 (1)	A-29
Apx. 18	Geological Log of Diamond Drilling Hole, BRL-3 (2)	A-30
Apx. 19	Geological Log of Diamond Drilling Hole, BR-17	A-31
Apx. 20	Geological Log of Diamond Drilling Hole, BR-18	A-32
Apx. 21	Geological Log of Diamond Drilling Hole, BR-19	A-33
Apx. 22	Geological Log of Diamond Drilling Hole, BR-20	A-34
Apx. 23	Geological Log of Diamond Drilling Hole, BR-21	A-35
Apx. 24	Geological Log of Diamond Drilling Hole, BR-22	A-36
Apx. 25	Geological Log of Diamond Drilling Hole, BR-23	A-37
Apx. 26	Geological Log of Diamond Drilling Hole, BR-24	A-38
Apx. 27	Geological Log of Diamond Drilling Hole, BR-25	A-39
Apx. 28	Geological Log of Diamond Drilling Hole, BR-26	A-40
Apx. 29	Geological Log of Diamond Drilling Hole, BR-27	A-41
Apx. 30	Geological Log of Diamond Drilling Hole, KG-1	A-42

Apx. 31	Geological Log of Diamond Drilling Hole, KG-2	A-43
Apx. 32	Geological Log of Diamond Drilling Hole, KG-3	A-44
Apx. 33	Geological Log of Diamond Drilling Hole, KG-4	A-45
Apx. 34	Geological Log of Diamond Drilling Hole, KG-5	A-46
Apx. 35	Geological Log of Diamond Drilling Hole, KG-6	A-47
Apx. 36	Drill Operation Details	A-48
Apx. 37	Summary of Drilling Results	A-50
Apx. 38	Drilling Progress by Hole	A-55
Apx. 39	Drilling Equipments	A-62
Apx. 40	Amount of Consumed Materials and Diamond Bits	A-63

第 I 部 総 論

第 1 章 序 論

1-1 調査の経緯

ケニア共和国ホマベイ地域における資源開発協力基礎調査は、1987年7月に環境天然資源省(MENR)を通じて、ケニア国政府と国際協力事業団(JICA)及び金属鉱業事業団(MMAJ)との間で合意された「The Scope of Works for the Mineral Exploration in the Homa Bay Area」に基づき、昭和62年度に開始された3ヶ年プロジェクトで、本年度はその第3年次に当たる。

初年度の調査は、主としてカーボナタイトとこれに関連する岩石に伴う希土類及びいわゆるレア・メタルの探査に重点が置かれ、約2,750km²の地域に対する予察型の広域調査(概査)と10地区(合計190km²)のカーボナタイト質岩石の既知産出地に対する調査(準精査)が実施された。後者は、地質調査と地化学探査を含む。地化学探査解析結果と地質構造を総合検討した結果、North & South Ruri Hill(希土類元素)、Kuge-Lwala(希土類元素)及びBuru Hill(希土類元素及びNb)が探鉱価値ありと考えられた。特にBuru Hillは地表部に高い希土類の濃集(La+Ce+Nd平均1.31%、最高3.98%)があり、産状から見て深部でY、Nbの濃集の可能性があると考えられた。

第2年次の調査は、初年次の準精査地区から選ばれたBuru Hill地区(面積0.96km²)、North & South Ruri Hill地区(面積1.68km²)及びKuge-Lwala地区(面積1.10km²)の3地区で実施された。Buru Hill地区では、地質精査及びボーリング調査(17孔、合計1,000m)により、鉱化帯の平面的規模及び状況が確認され、希土類元素、Nb等の水平、垂直方向の濃集の状況が明らかとなった。North & South Ruri Hill及びKuge-Lwala地区では、地質精査及び地化学探査により、地化学異常帯におけるカーボナタイト質岩の規模及び性質が把握され、そのポテンシャルティが評価された。

その結果、Buru Hill及びKuge Hillで鉱化帯の産状、鉱量、品位等を確認するためにボーリング調査を実施することが提言された。

本年度(第3年次)は、この提言に基づき、Buru Hill地区とKuge-Lwala地区におけるボーリング調査が実施された。

1-2 第2年次の結論と提言

1-2-1 第2年次調査の結論

(1) Buru Hill地区

Buru Hillは、カーボナタイトの貫入によって形成されたドーム状の小丘であり、カーボナタイト塊状岩体と基盤岩からなる。鉍化帯の平面的広がり、丘のほぼ全域に及び(面積約0.2km²)、希土類元素、Y、Nb等の鉍化が地表下200mまで連続することが確認された。鉍化帯はほぼ現在の地下水位面(海拔1,295m)を境とし、上部の酸化帯と下部の還元帯に分けられ、上部に二次富化作用が認められる。

ボーリングコア分析結果から、地表下50mまでの平均品位は、La+Ce+Nd:1.93%、Sm+Eu+Tb:0.036%、Yb+Lu:0.0037%、Nb:0.095%、Y:0.066%と推定される。鉍化の規模とその高い希土類の濃集から、鉍床の経済的ポテンシャルを検討するためのより高次の探鉍が望まれる。

(2) North & South Ruri Hill地区

North Ruri Hill 2ヶ所、South Ruri Hill 1ヶ所の地質・地化探精査から、希土類元素及びYは、カーボナタイトコーンシートの縁辺部に産出するフェロカーボナタイトに濃集することが確認された。各地区で希土類元素、Yの濃集する地化学異常帯が把握されたが、その規模、品位とも劣勢で、第3年次の調査対象になるものはないと判断される。

(3) Kuge-Lwala地域

Kuge Hillに分布するフェロカーボナタイトは、最大幅60m、延長600m以上の岩脈状の産状を示し、その分布域は、Th、Y、La+Ce+Nd(最高2.7%)及び希土類元素の異常帯を総括する主成分分析の第1主成分の異常帯と一致する。岩脈の規模が大きいことと、分析値が高いことから、ボーリングによる岩脈下部の産状及び鉍況の解明が望まれる。

Lwala地区ではカーボナタイト起源と推定される鉄質角礫岩分布域に、Y、La+Ce+Nd、Eu等の地化学異常帯が抽出された。しかし、鉄質角礫岩は噴出相と判断され、その厚さが薄いことと、希土類元素の含有量が他の地区と比べてかなり低いことから、更に高次の探鉍を行う必要性は低いものと判断される。

以上の結果から、Buru Hill及びKuge Hillで鉍化帯の産状、鉍量、品位等を確認するためのボーリング調査の実施が望まれる。

1-2-2 第3年次調査への提言

第2年次の調査結果に基づき、Buru Hillにおける鉍化帯及びKuge-Lwala地区におけるKuge Hillのフェロカーボナタイト分布域を、カーボナタイト鉍床賦存の有望地区として抽出した。両地区ともにボーリングによる探鉍と鉍物試験が望ましい。

(1) ボーリング調査

Buru Hill

鉍化帯の範囲を確認し、鉍化帯下部の鉍況を把握するためのボーリング調査。

Buru Hillの南部に存在する可能性のある潜在カーボナタイトプラグを探索するボーリング調査。

Kuge Hill

フェロカーボナタイト岩脈の北方及び南方延長部の確認と岩脈下部の鉍況の確認。

(2) 鉍物試験

Buru Hill

地表風化帯、二次富化帯及び深部の初生鉍化帯での希土類鉍物賦存の状況を把握し、鉍石から希土類元素、Y等を回収する方法を検討するための試験。

Kuge Hill

フェロカーボナタイト岩脈における希土類鉍物の賦存状況を確認するための試験。

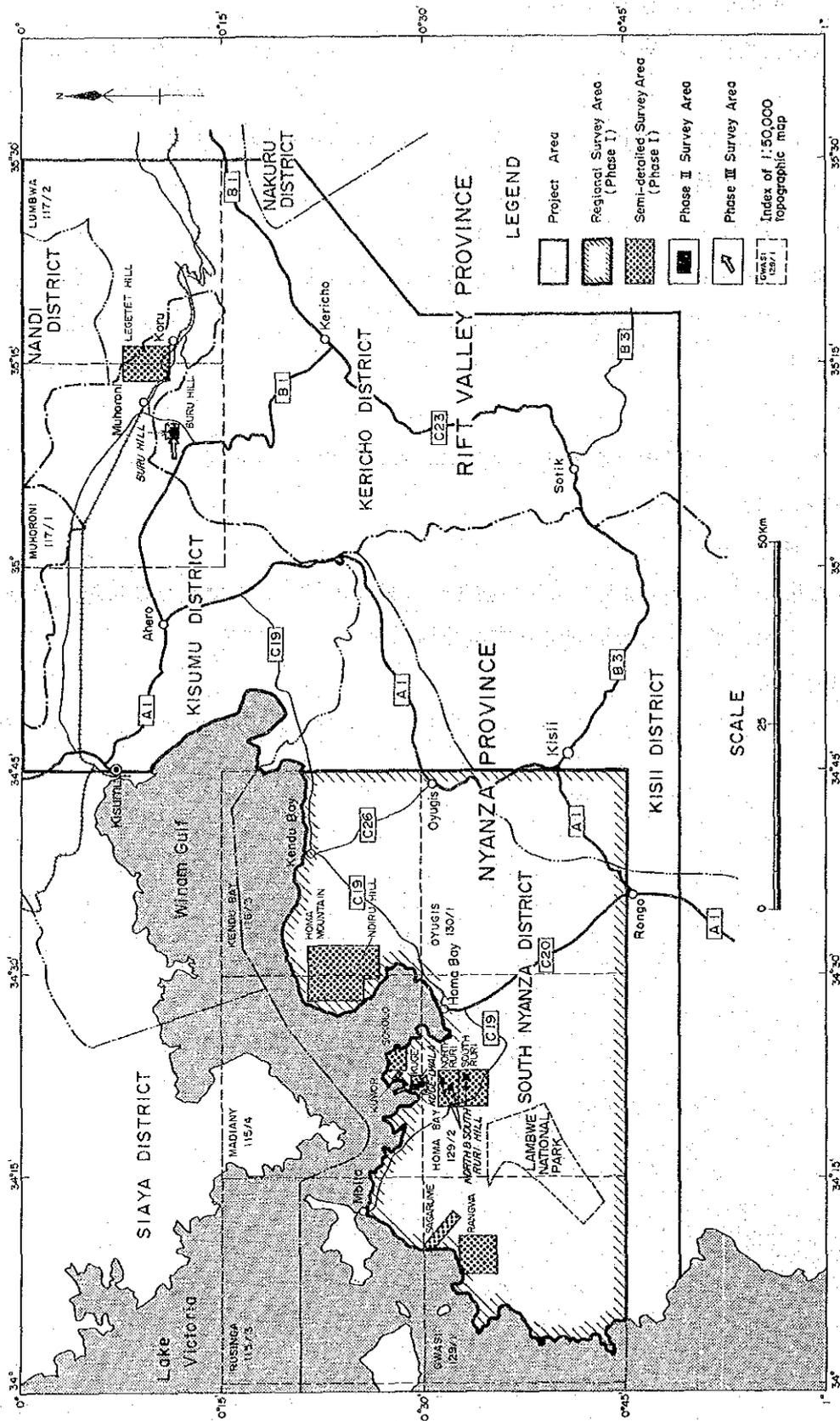


Fig. 2 Location Map of the Phase III Survey Area

1-3 第3年次調査の概要

1-3-1 調査地域

(1) 位置

本調査地域（ホマベイ地域）はケニア共和国の西部のビクトリア湖東岸に位置し（Fig. 1）、中央及び西部はNyanza州（Province）、東部がRift Valley州に属している（Fig. 2）。

本年度の調査地区の中、Buru Hill地区はRift Valley州Kericho郡（District）の北西端部に位置し、Kuge-Lwala地区は、Nyanza州のSouth Nyanza郡のほぼ中央のVictoria湖の湖岸付近に位置している。

Buru Hill地区のあるKericho郡の中心都市は、Kericho（ケリッチョ）、Kuge-Lwala地区のあるSouth Nyanza郡の中心都市はHoma Bay（ホマベイ）である。

(2) 交通

ケニアの首都ナイロビからKericho及びHoma Bay間は、それぞれ陸路約270km及び400kmあって、交通は次のとおりである。

ナイロビからケニアの幹線道路の国道A-104、B-1により、ケニアの主要都市Nakuruを経て、Kerichoに至る。Kerichoからは国道C-23、B-3、A-1及びC-20を通りHoma Bayに到達することができる。これらはすべて全天候型舗装道路であり、ナイロビからKericho及びHoma Bayまでは車でそれぞれ4時間及び7時間の行程にあり、交通は至便である。

Buru HillはKerichoから国道B-1で約30kmの位置にあり、自動車ですら約30分で到達できる。

Kuge-Lwala地区はHoma Bayの西方約10kmに位置し、自動車ですら約1時間（未舗装道路）で到達できる。

1-3-2 調査目的

本調査は、ケニア共和国ホマベイ地域において地質状況を解明することにより、カーボナタイト鉱床の賦存状況を把握することを目的とする。

本年度の調査は、第1年次及び第2年次の調査結果から選ばれたBuru Hill地区及びKuge-Lwala地区においてボーリング調査を実施し、Buru Hillのカーボナタイト岩体に伴う希土類元素・Nb鉱床の正確な形状と鉱量を把握することと、Kuge-Lwala地区におけるKugeのフェロカーボナタイトの下部を採鉱すること、及び両鉱化帯の地球化学的特性及び詳細な地質構造を解明することにより、その形成機構及び賦存状況を考察するものである。

1-3-3 調査方法

ボーリング調査を実施した。調査地区は、Buru Hill (ブルヒル) 地区と Kuge-Lwala (クゲ・ルワラ) 地区である。調査内容を Table I-1-1 に示す。

Table I-1-1 ボーリング調査数量

地区名	孔名	掘進長	傾斜	真北基準方位
Buru Hill	BR-17	50m	-90°	-
	BR-18	50m	-90°	-
	BR-19	50m	-90°	-
	BR-20	50m	-90°	-
	BR-21	50m	-90°	-
	BR-22	50m	-90°	-
	BR-23	50m	-90°	-
	BR-24	50m	-90°	-
	BR-25	50m	-90°	-
	BR-26	50m	-90°	-
	BR-27	50m	-90°	-
	BRL-2	100m	-90°	-
	BRL-3	100m	-90°	-
Kuge-Lwala	KG-1	60m	-50°	40°
	KG-2	60m	-50°	70°
	KG-3	60m	-50°	70°
	KG-4	60m	-50°	70°
	KG-5	60m	-50°	110°
	KG-6	60m	-50°	90°
計	(19孔)	1,110m	-	-

ボーリング調査に付随して、各種の分析及び室内試験を実施した。その内容と数量を Table I-1-2 に示す。

Table I-1-2 分析項目及び成分等

分析項目及び成分	数量
① 岩石薄片作成	20件
② 鉱石研磨薄片作成	20件
③ 化学分析 (岩石) SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , TiO ₂ , Fe ₂ O ₃ , FeO, MnO, MgO, CaO, BaO, K ₂ O, Na ₂ O, P ₂ O ₅ , L.O.I., F, CO ₂ , (15成分)	12件 (180成分)
(鉱石) U, Th, La, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Yb, Lu, Nb, Sr, Y, Ba, P (15成分)	240件 (3,600成分)
(鉱物) U, Th, La, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Yb, Lu, Nb, Sr, Y, Ba, P (15成分)	10件 (150成分)
④ EPMA	10件
⑤ 年代測定 (K-Ar 法)	1件
⑥ 粒度分布測定	10件
⑦ 酸素同位体比測定	10件

1-3-4 調査団の編成

本年次の調査に際し、調査の計画及び折衝、現地調査への参加者は Table I-1-3 及び Table I-1-4 のとおりである。

Table I-1-3 調査計画及び折衝

日 本 側		ケニア共和国側	
小笠原正継	通産省工業技術院 地質調査所	S.Abiud Wasike C.Y.O. Owayo	環境天然資源省 鉱山地質局
平野 英雄	金属鉱業事業団	J.K. Wachira	鉱山地質局
霜島 洋	金属鉱業事業団	F.K. Muruga Isaac Onuonga	鉱山地質局 鉱山地質局

Table I-1-4 現地調査団

日 本 側		ケニア共和国側	
渡部 春夫 (団長・全般)	住鉱コンサルタント(株)	Isaac Onuonga (Co-Leader)	鉱山地質局
成田 勝栄 (ボーリング調査)	住鉱コンサルタント(株)	William Okech (地質調査)	鉱山地質局
真鍋 猛広 (ボーリング調査)	住鉱コンサルタント(株)	Haron Onsomu Maragia (地質調査)	鉱山地質局
藤田 正明 (ボーリング調査)	住鉱コンサルタント(株)	Albert Mahaja (地質調査)	鉱山地質局
		Adipo Komo (地質調査)	鉱山地質局
		E. Likhaya (ボーリング調査)	鉱山地質局
		Peter Obiero (ボーリング調査)	鉱山地質局
		Joseph Ango (ボーリング調査)	鉱山地質局
		Chambega Sembe (ボーリング調査)	鉱山地質局

1-3-5 調査期間

現地調査団の日程の概略は次のとおりである。

調査計画及び準備	平成元年6月10日	～平成元年7月9日
移動及び現地打合わせ	平成元年7月10日	～平成元年7月13日
現地調査	平成元年7月14日	～平成元年9月27日
現地報告、資料整理	平成元年9月28日	～平成元年10月7日
移動	平成元年10月8日	～平成元年10月9日
内業解析作業	平成元年10月10日	～平成2年2月9日

第2章 調査地域の地理

2-1 地形及び水系

2-1-1 地形

本年次の調査地域は、東アフリカ・リフトバレーの分岐とされる Kavirondo Rift Valley (カピロンド地溝) 内に位置する。Kavirondo Rift は、ビクトリア湖 (標高 1,136m) の湖岸から東北東～東に伸びた幅 20～30km、長さ 200km に及ぶ規模を有している。

この Rift の西部はビクトリア湖岸の沖積層に覆われている部分と、カーボナタイト・アルカリ岩複合岩体からなる標高差の大きい (600～1,000m) 丘陵群から構成されている。Kuge-Lwala は、丘陵群と沖積層の中間の緩やかな丘陵地に位置する。

Kavirondo Rift の東部は、東方の第三紀の火山岩類によって形成された高原地帯に連なる、比高の小さいなだらかな丘陵と西側の沖積平野からなる。Buru Hill は、この沖積平野に接するなだらかな丘陵地であって、周囲の平坦地から孤立した比高約 70m の小丘である。

2-1-2 水系

Buru Hill 地区は、Kericho 高原の後背地の Mau 森林帯に源を発し、Kisumu 平野を西流して Victoria 湖に注ぐ大河 Nyando 川の中流の左岸にある。Buru Hill の北西数 km の地点で Nyando 川に合流するその支流の Raragewit 川は、Buru Hill のすぐ東側を流れ、その支流は Buru Hill の南側に集まっている。これら Raragewit 川及びその支流には恒常的な水流がある。

Kuge-Lwala 地区を含む Homa Bay の西方には規模の大きな河川は発達していない。平野部のみぞに降雨時に水流がみられるのみである。同地区の南西側には、最大幅が 10km、長さ 30km に及ぶ Lambwe Valley (ランプエ谷) があるが、これも雨期又は降雨時以外には水流がない。

2-2 気候及び植生

2-2-1 気候

調査地域の気候は半乾燥気候で、年間降雨量 1,000 ないし 1,200mm、湿度 60% である。3月から5月ないし6月の「大雨期」と、11月～12月の「小雨期」の2回の雨季がある。気温は年間を通じ殆んど変わらず、平均は 24℃ であるが時に最高気温は 40℃ にも上昇する。

2-2-2 植生

本地域は半乾燥気候地帯でサバンナに属し、また人口稠密なこともあって、一般に植生は貧弱である。Kuge-Lwala地区の周囲の平野部は、大体トウモロコシ、きび、キャッサバ、綿花等の畑に利用されており、これ等の畑は、しばしばサイザル（麻を採取する龍舌蘭の一種）を境界としている。しかし、これらの土地はあまり肥沃ではなさそうである。Buru Hill付近の平坦地は大規模砂糖きび農場に全面的に利用されている。

一方、調査地区の多くのカーボナタイト・アルカリ岩センター丘陵部は草地で、疎らなアカシア属の低木やユーフォルビア・サボテン、棘類の密生したブッシュを伴う。

第3章 一般地質

本プロジェクト地域 (Homa Bay 地域) のうち, Kuge-Lwala 地区を含む初年度概査地域の地質概要図を Fig.3 に示す。

初年度概査地域は NE-SW 方向の大断層 (Kaniamwia 断層) によって二分される。この断層は, ケニアリフト中央部から西方に分岐する Kavirondo リフトの南西側境界をなす断層である。断層を隔てて西側は, 第三紀から第四紀に至るアルカリ火成活動によるカーボナタイト, ネフェリナイト系の貫入岩~火山岩類, 火山岩類の内座層として分布する基盤の花崗岩類, 第四紀沖積層などで占められる。一方, 断層の東側は, 始生代のグリーンストーン火山岩類と堆積岩類 (Nyanza 系と Kavirondo 系), 貫入岩類, これら先カンブリア系を覆うネフェリナイト質火山岩類が分布する地域に分けられる。

Rangwa, Ruri Hill 及び Homa Mountain は, Homa Bay 地域に分布する 3 大カーボナタイト-アルカリ岩複合岩体であり, 沖積平野に屹立する典型的な円錐型岩床からなる山体を形成する。この他に, 同地域には Sagarume, Nyamuguruka, Kuge-Lwala 及び Sokolo などの小規模なカーボナタイト-アルカリ岩複合岩体が分布する。

Homa Bay の西側の Wasaki 半島には, アイヨライト及び数ヶ所の小カーボナタイト岩体の分布が知られており, Kuge 及び Lwala はこれら分布域の南西端にある小カーボナタイト岩体である。

Kericho 地域地質図幅 (Binge, F.W., 1962) のうち, Buru Hill 地域を含む一部を Fig.4 に示す。

Buru Hill 周辺の地質は, 基盤のモザンビーク変成岩 (従来 of Basement 系) の花崗岩質片麻岩, これを覆う第三紀中新世の石灰質堆積岩類, これに引き続く北東方に分布する Tindret 火山岩, 南方のフォノライトなどからなる。

Buru Hill は, 第三紀火山岩類中に内座層として分布する花崗岩質片麻岩に貫入したカーボナタイト質岩により形成されたものと考えられている。

Kavirondo Rift の南限である Kaniamwia 断層 (Fig.3) は東方で Kendu 断層につながり, Buru Hill の南西方で不明瞭となっている。

第4章 調査結果の総合検討

4-1 地質構造、鉱化作用の特性と鉱化規制

4-1-1 Buru Hill地区

Buru Hillカーボナタイト岩体は、長円状の平面形をもつシリンダー状の塊状岩体であり、 70° ~ 80° 西に傾斜する。岩体の大きさは、南北600m、東西に400mである。そしてこの岩体は走向 $N40^{\circ}$ EのBuru断層を隔てて南部に小潜頭性カーボナタイトを伴っている。Buru Hillカーボナタイト岩体は、その貫入に伴ない環状に隆起し、接触部付近ではね上がったとみられる基盤の片麻岩に囲まれている。岩体の南部を除いて、3方は侵食に対する抵抗性の強い基盤の花崗岩質片麻岩に囲まれ、比較的急峻な地形を示す。一方、岩体の南側は、Buru断層の活動により脆弱化したと思われる岩石の分布によりやや削剥が進んでいる。従って山体は南側に緩く傾斜した地形を示す。しかし、全体としてはカーボナタイト岩体は、岩体を取り巻く片麻岩により守られ、風化部が侵食により外に大きく流出しない構造を有す。

この岩体は、新第三紀初期に貫入し(22Ma; K-Ar法年代測定結果)、その後現在に至るまで、熱帯気候下で風化・侵食作用を受けている。侵食作用によりカーボナタイト岩体上部の火山性の構造、すなわち、噴出部、リングダイク部、コーンシート部等が削剥され、現在は火山底部に相当するシリンダー状の塊状部が地表に表れている。そしてこの部分が風化により土壌化又はラテライト化し、前述した侵食に対する抵抗性の強い片麻岩(主として花崗岩質)のフェンスにより守られている。この構造はブラジルにおけるCatalaoその他カーボナタイトのラテライト風化部の状況(平野ら1987)とほぼ同じであり、地下水に溶けにくい元素(REE, Nb, Y等)の濃集、すなわち二次富化作用をもたらしている。

風化によるラテライト化は、ほぼ現在の地下水位面(海拔1295m)付近まで及んでいる。最も厚い部分で約80mであり、岩体の境界部付近では約20m程度である。

鉱床を形成する部分は、この風化によるラテライト部であり、初生帯に比べ約30%のREEの濃集がある。

濃集の程度は、風化残留帯で TRe_2O_3 品位が10%以上に達するブラジルの鉱床(例えばAraxa鉱山)等に較べるとかなり低い。これは、Buru鉱床が削剥を受けた期間が比較的短く、又岩体の一部が開いており、完全に風化部を侵食作用による流出から守る構造になっていない等の事由によるものであろう。

P, Nb等の元素もREEと同様に、風化帯では30%前後の濃集があるが初生カーボナタイトにおけるこれらの元素の含有量が低いため、鉱床を形成するには至っていない。

4-1-2 Kuge-Lwala 地域

Kuge Hill は、長径750m、短径500m程度の、南北に伸長した長円状の平面形をもつ隆起岩体であり、この範囲の中にカーボナタイト質岩が分布する。カーボナタイトは、アルピカイトとフェロカーボナタイトを主体とし、岩体貫入時の隆起により下部からもたらされた基盤の変玄武岩を包み込むように、アルピカイト、さらにその外側にフェロカーボナタイトが分布する。この構造は Ruri Hill の頂上部付近に良く似ており、リングダイクやコーンシートの分布を特徴とするカーボナタイト貫入岩体の最上部に相当するものである。これはカーボナタイト垂直岩体上部のいわゆる“キノコのカサ”部に相当する。したがって、軸部に相当する部分は、キノコのカサ部よりはるかに小さく、岩体の規模は全体として小規模なものであろう。岩体の浸食はほとんど深部に及んでおらず形成初期の形を保っている状況にあるものと判断される。

当地区のカーボナタイトの中で比較的REEが濃集するフェロカーボナタイト岩体は、最大長600m、幅は最大60m、平均30~40mで南北に伸長し傾斜は60~80° Wである。この岩体はゆるく東傾斜する斜面の麓にあって、風化により土壌化した部分はすべて外側に流出する地形となっている。したがって土壌化作用はあっても、それが現地に残留し、風化土壌やラテライトを形成する構造とはならず二次富化作用も認められない。REEの濃度は、初生の濃度とほぼ等しい状態である。Buru Hill のカーボナタイト岩体と較べて、ほぼ同程度のREE初生品位有するKugeのフェロカーボナタイトは、鉱床を形成する構造的条件を有していないと言える。

4-2 カーボナタイト関連元素賦存のポテンシャル

4-2-1 Buru Hill

Buru Hill 地区においては将来鉱床として開発の可能性があるのは地下水位面より上の二次富化帯のみである。

二次富化帯ではボーリングコア試料の分析結果から、最も可能性があるのはREEとYであり、Nb, P, その他の元素は副産物として回収するにしても濃度が低すぎると判断される。TRe₂O₃品位2.63%, Y品位0.1%は現在世界でREEを対象とし、又は副産物として回収して、稼行しているカーボナタイトに較べるとかなり低品位といわざるを得ない。しかし、露天採掘が容易な鉱床形態を有し、立地条件もよいので、将来、鉱床開発の経済性が検討される時期があるものと判断される。

4-2-2 Kuge-Lwala 地区

軽希土 (La+Ce+Nd) 含有量 1.57%, 中希土 (Sm+Eu+Tb) 含有量 198ppm, 重希土 (Yb+Lu) 含有量 17ppm, Nb 含有量 0.05%, P 含有量 0.46% は, 鉱床と呼べるほどの品位ではなく当地区に分布するフェロカーボナタイトにおけるカーボナタイト関連元素賦存のポテンシャルは極めて低い。

4-3 地化学異常と鉱化作用との関係

4-3-1 Buru Hill 地区

ボーリングにより確認した鉱化帯の広がり, 初年度に実施した地化学探査の異常帯と一致する。しかし, 異常帯における各元素の濃度分布と, ボーリングコアの分析結果による濃度分布は対応性が低い。

これは, 地表部における風化岩と, 地表部より下の風化帯の岩石における元素の溶脱・濃集のあり方に違いがあることに起因するものと判断される。

4-3-2 Kuge Hill

地化学異常帯と, 最もREEの含有量が多いフェロカーボナタイトの分布域は一致する。そして, 地化学探査の際地表部で採取した風化岩石と, ボーリングコアの分析値はかなり良く一致する。これはKuge Hillのフェロカーボナタイトでは, 地表からボーリングの及ぶ地表化浅部までの間で, 風化, 又は酸化作用にあまり差がないことに起因するものであり, これは土壌化した岩石が簡単に外部に流出することによる。

第5章 結論及び将来への提言

5-1 Buru Hill地区

5-1-1 結論

地質精査と2ヶ年にわたる30本、合計1,750mのボーリング探査を実施した。この結果、Buru Hillはカーボナタイト塊状貫入岩体とそれを取り巻く基盤の片麻岩からなり、カーボナタイトは希土類元素に富む。カーボナタイト岩体は、上部の酸化帯（風化帯）と下部の還元帯に区分され、上部の酸化帯に希土類元素の二次富化作用があり鉱床を形成する。希土類元素鉱物はバストネサイトが大部分である。鉱量は1,070万トン、品位はLa+Ce+Nd: 2.07%, Sm+Eu+Tb: 370ppm, Yb+Lu: 38ppmでTREO: 2.63%, REO量: 28万トンと計算される。この鉱床は、希土類元素を対象として現在世界で稼働されているカーボナタイト鉱床に比較して低品位であり当面の経済的稼働の対象とはならぬものと判断される。しかし、露天採掘が容易な鉱床形態を有し、立地条件も良いことから、より精密な鉱量・品位が確定し、有用元素の有効な抽出方法が確立すれば、将来鉱床の経済性を検討する時期があるものと判断される。

5-1-2 将来への提言

本鉱床開発の経済的可能性を検討する場合には、i) 十分な本数のボーリングに基づくより精密な鉱量・品位の確立、ii) 粉碎試験・選鉱試験に基づく有用元素の有効な抽出方法の確定、iii) 開発、プラント建設、採鉱、選鉱操業計画に基づく起業費、操業費の推定、(iv) インフラ、環境影響調査その他の関連事項調査が必要となるであろうことが指摘される。

5-2 Kuge-Lwala地区

5-2-1 結論

本地区における希土類元素(REE)の主ターゲットであるKuge Hillのフェロカーボナタイト岩体はフェロカーボナタイト及びフェロカーボナタイトとアルピカイトの中間的性質をもつカーボナタイトの岩脈群からなり、最大長600m、最大幅60m、平均幅30~40mで南北に伸長し、60°~80°西に傾斜する。

ボーリングコアから採取した試料の分析結果、本地区では酸化帯の発達が悪く、REEの濃集が局部的でまとまった鉱化帯を形成しないことが判明した。ボーリング試料による平均品位は、La+Ce+Nd: 1.57%で、Bull Hillの初生帯の品位とほぼ等しいが、まとまりのある高品位部はなく経済的価値のある鉱床とはなり難い。

5-2-2 将来への提言

本地区に対しては、今後希土類元素を対象とした探鉱は不必要と判断される。

第Ⅱ部 各 論

第1章 Buru Hill地区

1-1 調査方法

1-1-1 概要

Buru Hill地区は、初年度の準精査地域であるBuru Hill地区(面積4.00km²)の中から選ばれた面積0.96km²の長方形の範囲であり(Fig.2)、第2年度には地質精査とボーリング調査が実施された。本年度は同地区に対してボーリング調査を実施した。

1-1-2 ボーリング調査

掘進長50mのショートボーリング11孔、掘進長100mのロングボーリング孔2孔、合計13孔、総延長750mのボーリング調査を実施した。

ボーリング孔の位置は、1) Buru Hill 鉍化帯の輪郭を把握するため、第2年次調査孔の外側に深度各々50mの9孔を、120mのグリッド間隔を保って設定、2) 鉍化帯の北側の境界を明確にするため、第2年次調査で鉍化の認められなかった最北部の2孔の南側に深度50mで1孔、3) 鉍化帯の垂直的状况を把握するため、第2年次で深度200mを実施したBRL-1孔の南北両側に深度各々100mの2孔、4) Buru Hill南方の小丘におけるカーボナタイト賦存の有無を知る目的で深度50mの1孔とした。

岩芯は詳細に観察され、縮尺1:200の柱状図にまとめられた。必要に応じて鉍物、岩石試験用の試料が採取され各種の試験に供された。鉍化岩は、着脈した部分ごとに分析が行われた。その件数は162件である。ボーリング調査結果は地表露頭と対比され、縮尺1:1,000のボーリング地質断面図にまとめられた。鉍石の分析結果は、品位、鉍量等の検討に用いられた。

1-2 地質

1-2-1 広域地質

Buru Hill地区は、ケニア西部の基盤岩類分布域を横断して、ENE-WSWからE-W方向に発達したカピロンド地溝帯(Kavirondo Rift)の東部に位置する。

カピロンド地溝帯は、ケニアリフトバレーから分岐した地溝帯の一つと考えられるカーボナタイト-アルカリ深成岩活動及びネフェリナイト系の火山活動で代表されるアルカリ岩石区である。

Age	Unit	Geologic column	Rock facies	Event
Quaternary			alluvial deposits gravel, sand, silt	
			colluvial deposits	
			laterite and earthy rock with secondary enrichment	
Tertiary	Buru Hill Carbonatite		siliceous ore dyke, vein and brecciated dyke	carbonatite activity and
			ferruginous ore vein	
			ferrocarnatite dyke and vein	Nb, Y, REE mineralization
			alvikite cone sheet	22 Ma. (K-Ar dating)
			sövite massive intrusive	
			siliceous breccia plug or dyke	volcanic activity
			phonolite plug or dyke	
			nephelinite plug or dyke	
		Precambrian	Mozambique Metamorphic Rocks	
	granitoid gneiss			metamorphism
	amphibole gneiss amphibole bearing gneiss			

Fig. II-1-1 Generalized Geological Columnar Section of the Buru Hill Area

カピロンドリフトの東方は、ケニアリフトバレーにつながるネフェリナイト—玄武岩系の広汎な火山活動を伴う火山岩分布域であり、Buru Hillの北東方には、Tindred火山岩、南方にはKerichoフォノライトが分布する (Fig.4)。

Tindred火山は、その寄生火山のLegetet Hillにカーボナタイトを伴うなど、リフトバレー系の火山活動と、カピロンドリフトにおけるアルカリ火成活動の両方の性格を有している。Buru Hillは、このTindred火山の中心部とLegetet Hillを結ぶ線の南西延長上にあり、Tindred系火山に何等かの関連がある可能性がある。

Buru Hillは、Tindred火山岩とKericho火山岩の分布域の境界付近に、インライアー状に露出した、面積約100km²の片麻岩分布域に突出した面積約0.4km²の小丘である。周囲の片麻岩は主に花崗岩質片麻岩からなり、これはモザンビーク変成岩に対比されている。

1-2-2 地質

本地区の地質模式層序図をFig. II-1-1に、地質図をFig. II-1-2に、また断面図をFig. II-1-3及びFig. II-1-4に示す。これらは主に第2年次の調査結果によるが、本年度の調査結果を加味し、若干の改変がなされている。本地区の地質は、基盤の片麻岩類、フェナイト化岩石、珪質角礫岩、カーボナタイト質岩、脈状鉍石、火山岩類、ラテライト質岩、表層岩類等からなる。地質図の区分に従って以下に記述する。

(1) 角閃石片麻岩、角閃石含有片麻岩 (P-mg^s)

他の片麻岩類とともに本地区の基盤をなし、Buru Hillの北部及び東部、一部は北西部に分布する。本岩は淡緑色または灰緑色を呈する片麻組織または片理を有する岩石で、珪長質鉍物のほかに、緑色の緑泥石化又は緑レン石化した角閃石を含んでいる。部分的に角閃石を著しく多量に含有し、角閃岩様の岩相を示す場合もある。本岩は中性～塩基性貫入岩起源であろう。

(2) 花崗岩質片麻岩 (P-mg^s)

本岩は、Buru Hill地区及びその周辺に広く分布する基盤岩の主体をなし、本地区では主にBuru Hillの西側の山麓に露出している。本岩は、全般に片麻岩組織が明瞭な灰白色を呈する珪長質岩で、紅色のカリ長石のポーフィロクラストを特徴的に含み、苦鉄鉍物を殆んど含有しない。しかし、Buru Hill北西部では部分的に黒雲母を主とする雲母鉍物を少量含んでいる。

Buru Hillの西側山麓から山腹にかけて、カーボナタイトによる鉍化作用の影響を受け、細脈の酸化鉄脈が脈状～網状に発達することが多い。

本岩は、花崗岩起源の片麻岩で、広域的にモザンビーク変成岩類に対比されている (Binge, 1962)。

(3) ミロナイト化片麻岩 (P-mg^m)

本岩は、Buru Hillの南方に分布する。ミロナイト片麻岩は淡灰色を呈し、微片理が発達する岩石で、長石の微粒ポーフィロクラストを有している。

前述の花崗岩質片麻岩類は、所々でミロナイト化又は、カタクラスティック作用を受けている (Binge, 1962) ので、本岩のミロナイト礫も、同様に形成されたものであろう。

(4) 角礫化片麻岩 (P-mg^b)

本岩は、Buru Hillの南山麓部及び南西山麓部に帯状に、またBuru Hill南方の小丘部に長円状に分布する。

Buru Hill山麓部では、本岩は径1cm以下多くは5mm程度の細片に破碎された珩長質片麻岩と、それを膠結する微細褐鉄質基質からなっている。全般に淡褐色、淡灰褐色等を呈し、褐鉄汚染により茶褐色になっている部分もある。Buru Hillのカーボナタイトの貫入に伴う破碎作用によって形成されたものと判断される。

Buru Hillの南方の小丘に分布する本岩は、ミロナイト片麻岩礫を主体とする破碎岩で、Buru Hillの山麓に沿うものとはほぼ同様な見掛けを呈し、一部は強珩化を受けている。破碎化は、Buru Hill及びその南方の小丘におけるカーボナタイトの貫入活動に伴うシャッターリングに起因するものと判断される。

(5) フェナイト化岩 (P-mg^f)

Buru Hillの東側山麓部の数ヶ所に小分布する。本岩は、やや破碎した又は破碎作用により細粒化した片麻岩にエジリンからなると思われる緑色微細脈が多数発達した堅硬な岩石である。

(6) 珩質角礫岩 (Brcs)

火山岩頸状の小岩体として地区の南西部に、また岩脈として地区中央南部に分布する。両者ともに、多数のミロナイト片麻岩細礫と褐色の石英基質からなる堅硬な岩相を示す。

(7) カーボナタイト (Ca-s)

Buru Hillの山頂の西側と南麓の2カ所に僅かに露出する。本岩は、淡灰色を呈する細粒岩 (アルピカイトに相当) で、少量の磁鉄鉱を含んでいる。

カーボナタイトは、ボーリングコア中に多数認められるが、これらについては後述の項で述べる。

(8) フェロカーボナタイト (Cf)

ボーリングコアで認められるのみである。

(9) 鉄質鉱脈 (Of)

地区の中央東部のトレンチ (BR-T-9) に幅1mのものが1条認められるほか、幅数10cm以下、多くは10cm以下の細脈が、主としてラテライト質岩石の分布域、一部はそ

の周辺の片麻岩分布域に不規則脈状、多くは網状脈として無数に分布し、鉍化帯を形成している。最も脈頻度の高いのは、ボーリング孔BR-1から旧斜坑付近で、幅10cm以下の細脈が1㎡あたり数本以上数えられる。

これらの鉍脈は、褐色、赤褐色、黒色、オレンジ色等種々の色を呈し、鉍脈周辺を褐鉄汚染している。風化により大部分は3価の酸化鉄鉍物により構成されているが、部分的に磁性のある部分もみられ、初生の磁鉄鉍が残存している場合もある。地表部では風化が著しく、大部分がヤケ状を示す。

(10) 珪質鉍 (Os)

Buru Hillの北半部、特にボーリング孔BR-4からBR-12に至る地域、BR-6の周辺、BR-7からBR-3に至る地域に岩脈状に多産する。本岩は、著しく堅硬な岩質のため全般に小高い地形を形成しており、特にBR-4付近の2条の岩脈は突出した小尾根を形成している。

本岩は、淡灰色～褐色又は暗灰色を呈する堅硬緻密な岩石で、多量の石英と酸化鉄鉍物を主体としている。石英は大部分玉髄質石英で、酸化鉄鉍物はゲータイト、赤鉄鉍、レピドロクロサイト、磁鉄鉍からなる。

(11) ネフェリナイト、メラネフェリナイト (T-vn)

ネフェリナイトは、ボーリング孔BR-12の北方に小岩株として1岩体が認められる。本岩は、暗灰色を呈する細粒斑状岩で、準長石と思われる白濁した細粒斑晶及び少量の有色鉍物斑晶と微粒石基からなる。

メラネフェリナイトは、ボーリング孔BRL-1の下部で認められる。緑色を呈する細粒の著しく変質した火山岩である。

(12) フォノライト (T-vp)

地区の南西部及びBuru Hillのボーリング孔BR-7付近の2ヶ所に分布が認められるほか、BRL-2孔の下底にも認められる。南西部の本岩は、暗緑灰色斑状のガラス質石基を有する岩石で、斑晶はネフェリンと長石からなる。ボーリング孔BR-7付近では淡緑灰色を呈し、少量の斑晶とガラス質石基からなる。斑晶は清澄なネフェリンとやや白濁した長石からなり、有色鉍物は肉眼的に認められない。BRL-2孔下底の本岩は細粒で葉理構造を有し、凝灰岩様のみかけを呈す。

(13) ラテライト及び風化土 (Lt₂)

Buru Hillの中腹から頂部に至る広い範囲に分布する。本岩は、褐色、淡褐色、橙褐色等を呈し、多量の酸化鉄鉍物を伴う風化岩である。検鏡及び化学分析値の結果から、原岩の大部分はカーボナタイトと判断される。分布域の大部分で、酸化鉄細脈が網状に発達しており、この部分がやや突出している。薄く発達した腐植土層の下に、10cmから数10cm

の厚さの鉄分に富む暗褐色のピソリティックな層があり、更にその下に数mから数10m（ボーリングの結果による）の厚さの著しく風化した溶脱岩及び土状様岩石が分布する。これらの一部は粘土質となっている。

(14) 硬質ラテライト皮殻 (Lt₁)

Buru Hillの頂上付近の平坦部に分布する。本岩は、淡褐色又はオレンジ色を呈するやや孔質の硬いラテライト質岩である。ブロック状に割れるため、建築材として用いられている。

(15) 崩積性堆積物 (Qrs₂)

Buru Hill周辺の緩斜面に分布する。Buru Hillに由来する鉱化物質や片麻石類の転石と土状物質からなる。

(16) 沖積層 (Qrs₁)

地区の北東部及び南東部のRaragwit川に沿って分布する。礫、砂、シルト等からなる。

1-2-3 地質構造

Buru Hillはカーボナタイトの貫入により形成された小丘である。このカーボナタイトは、地表及びボーリング調査の結果、表層部が著しく風化、ラテライト化した塊状の岩体で、風化による酸化作用は現在の地下水位面付近まで及んでいることが判明した。Buru Hillの南方の小丘では、破碎した基盤岩の下部に別のカーボナタイト小岩体が確認された。この2つのカーボナタイト岩体を分けるBuru断層は、今次の調査により存在が確認された断層で、地形の急変及び断層の両側における片麻岩の性質が異なることから推定されたが、ボーリングによりその存在が確認されたものである。この断層の走向はN60°Eで、その南西方の延長部はKendu断層（Kericho地質図幅；Binge, 1962）又はその派生断層につながる可能性がある。

Kendu断層は、Kavirondoリフト（地溝帯）の南限を画すKaniamwia断層（Phase I 報告書, 1988）と一連のものである。

Homa Bayの周辺に分布するカーボナタイトーアルカリ岩複合岩体は、すべてKavirondo地溝帯に分布していることから、Buru断層は同地溝帯の中の1断層と考えられる。

本地区の地質を構成する主要岩石群の構造は次のとおりである。

基盤の片麻岩類：一般的にN-S系のトレンドを示す。傾斜はカーボナタイトの外側に急傾する。全般にカーボナタイトの貫入により片麻構造に乱れがあり、南西部ではNE-SW系のトレンド、北部ではNNW-SSE系のトレンドを示すことがある。地区南西部のミロナイト様の片麻岩は、断層の南側に帯状に分布するが、その構造は必ずしも明瞭でない。Buru Hillの南西方の小丘を形成する珪化破砕片麻岩は、その下部に存在すると考えられるカーボ

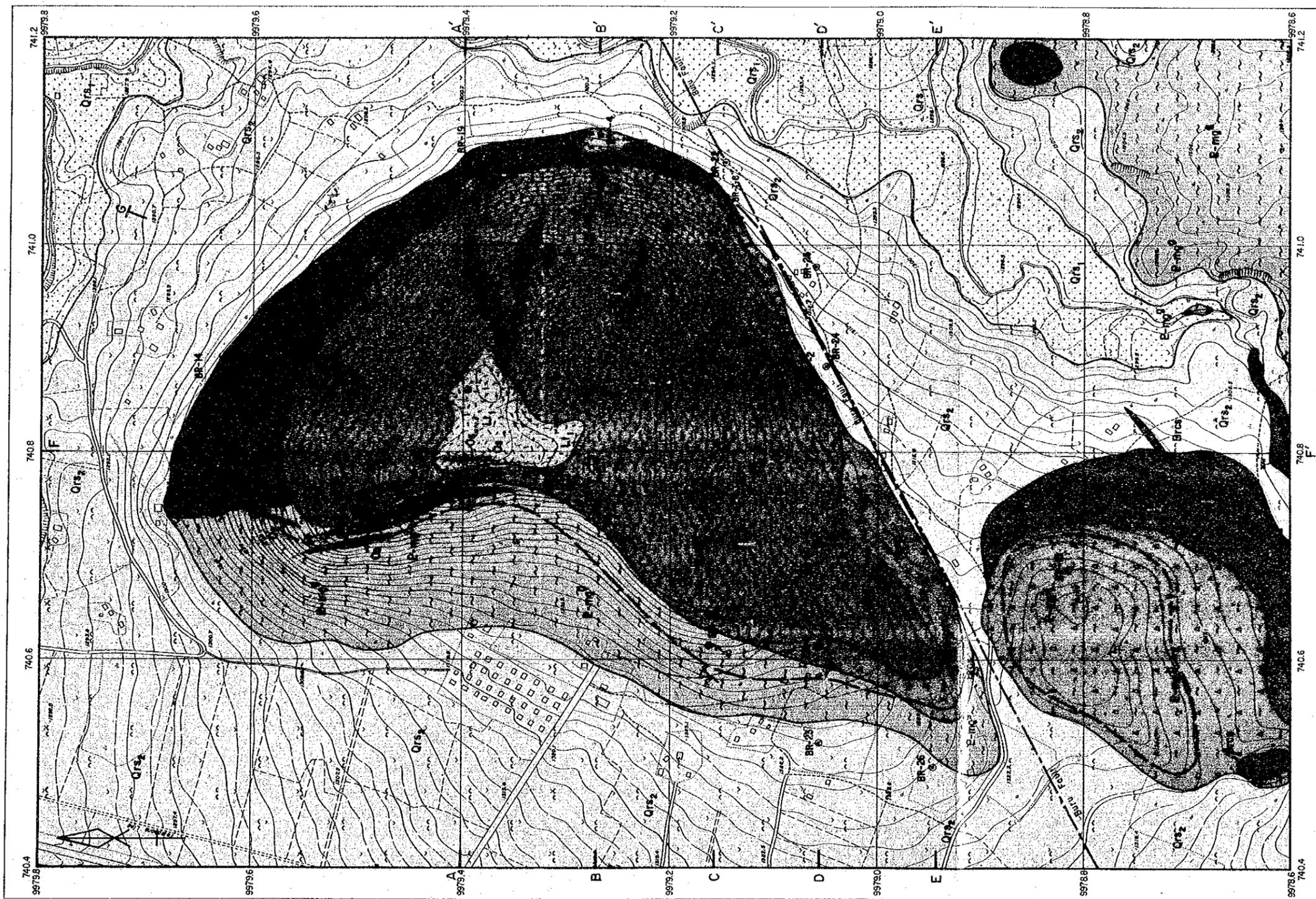


Fig. II-1-2 Geological Map of the Buru Hill Area

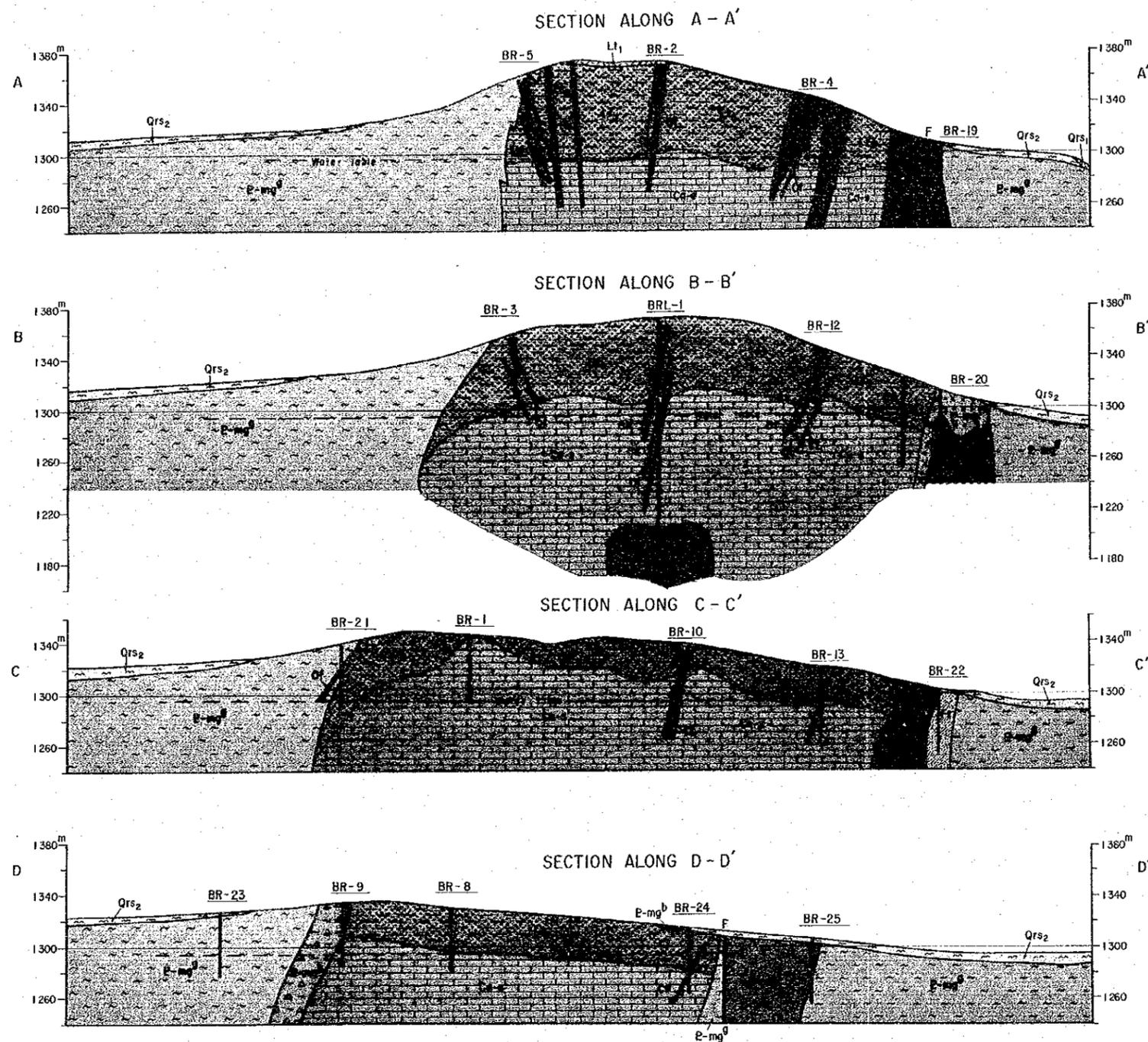
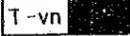
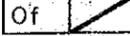
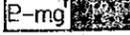
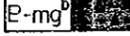
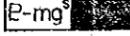
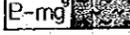
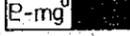
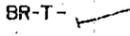


Fig. II-1-3 Geological Sections of the Buru Hill Area - (1)

LEGEND

-  Alluvium
-  Colluvial deposits
-  Laterite (hard crust, carbonatite origin)
-  Laterite and earthy rock (carbonatite origin)
-  Phonolite
-  Nephelinite, Melanephelinite
-  Siliceous ore (dyke, vein)
-  Ferruginous ore (vein)
-  Ferrocronatite
-  Carbonatite (alvikite, sövite)
-  Siliceous breccia (dyke, plug)
-  Finitized rock (original rock : gneiss or intrusive rock)
-  Brecciated, silicified gneiss
-  Sheared gneiss
-  Granitoid gneiss
-  Amphibole gneiss, amphibole bearing gneiss
-  Mineralized zone (Plane)
-  Secondary enriched zone (Section)
-  Strike and dip of foliation
-  Strike and dip of vein
-  Fault (inferred)
-  Water table
-  Lower limit of strongly weathered zone
-  BR- Location of DDH site (BRL-1,2,3 BR-1 to BR-27)
-  BR-P- Location of Pit (BR-P-1 to BR-P-5)
-  BR-T- Location of Trench (BR-T-1 to BR-T-10)
-  Portal (inclined shaft)
-  Line of section

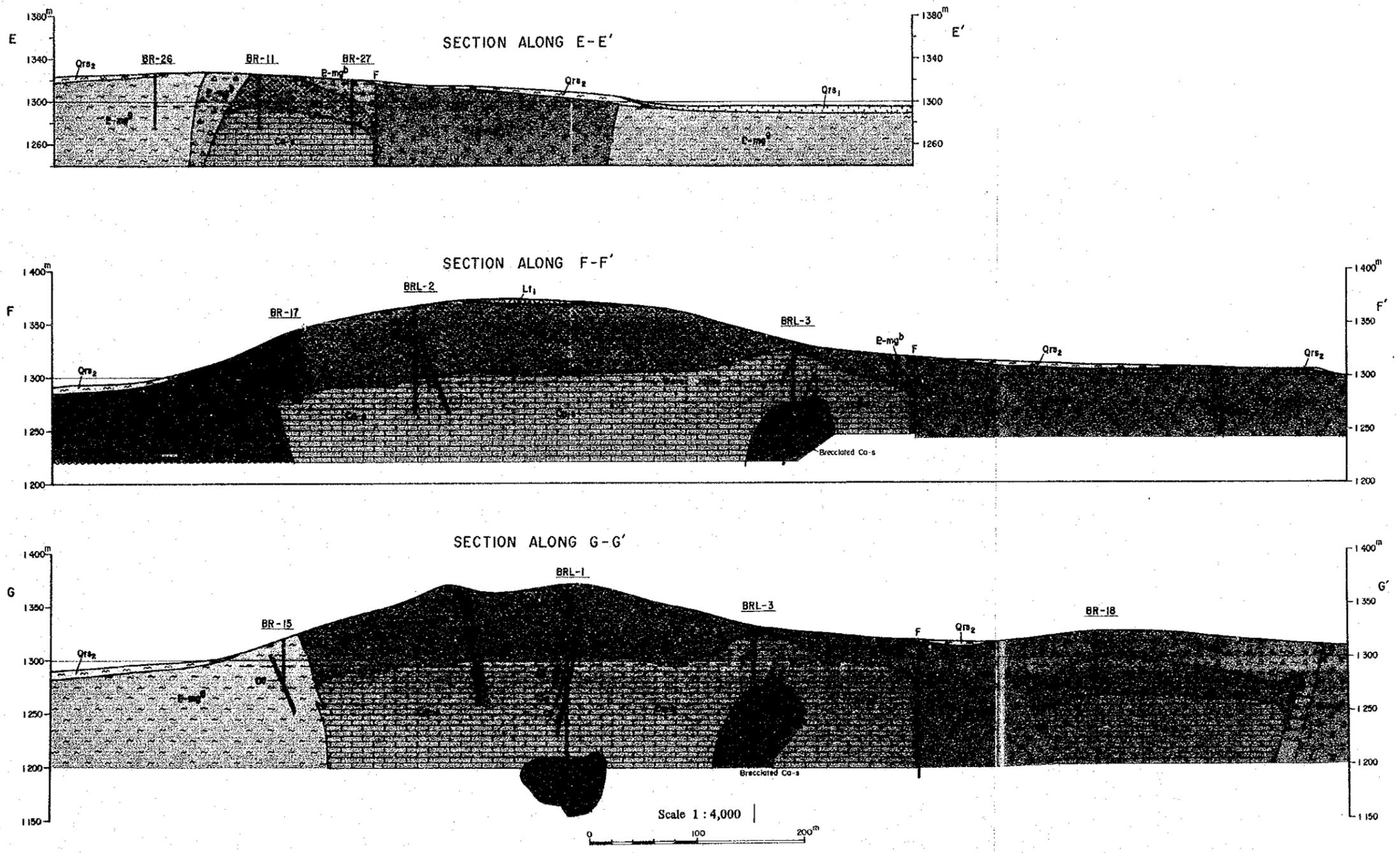


Fig. II-1-4 Geological Sections of the Buru Hill Area - (2)

ナタイト貫入岩による影響の表われである。

1-3 ボーリング調査結果

1-3-1 概要

本年度のボーリング調査は、合計13孔、掘進延長750m（50m×11孔、100m×2孔）の垂直ボーリングである。ボーリング調査位置図及びボーリング位置図を各々、Fig. II-1-5, Fig. II-1-6に示す。各孔の位置標高及び掘進長はTable II-1-1のとおりである。

Table II-1-1 Location of Diamond Drilling Holes

DDH Number	X (mE) UTM Coordination	Y (mN)	Elevation above sea level (m)	Hole Depth (m)
BRL-2	740,812	9,979,463	1,365.5	100.50
BRL-3	740,791	9,979,113	1,332.5	100.70
BR-17	740,807	9,979,577	1,340.5	50.20
BR-18	740,687	9,978,815	1,324.0	52.50
BR-19	741,082	9,979,397	1,308.0	50.10
BR-20	741,083	9,979,266	1,312.0	50.20
BR-21	740,613	9,979,163	1,340.0	50.10
BR-22	741,080	9,979,148	1,303.5	50.10
BR-23	740,520	9,979,057	1,328.0	50.20
BR-24	740,882	9,979,051	1,315.0	50.50
BR-25	740,979	9,979,061	1,308.0	50.10
BR-26	740,496	9,978,948	1,326.0	50.40
BR-27	740,678	9,978,946	1,320.0	50.10

1-3-2 試錐作業

(1) 動員・撤収

ボーリング調査班は、7月10日東京を出発して、7月12日にNairobiに着き、調査地のベースキャンプとなるKerichoには7月14日に到着した。

7月15日よりボーリング調査の準備作業が開始された。調査に使用するボーリング資機材は7月18日に、保管していたMGDのKisumu事務所からBuru Hillの調査地に運搬された。7月21日に全準備作業が完了しボーリング調査第1孔目のBRL-2孔の掘進が開始された。

調査は順調に進捗し、8月24日に予定工事量の13孔、750mの掘進作業を終了した。

直ちに機材の点検撤収作業に入り、8月31日に機材を第2調査地区のKuge-Lwala地区に運搬し、同時に調査員も同地区に移動した。

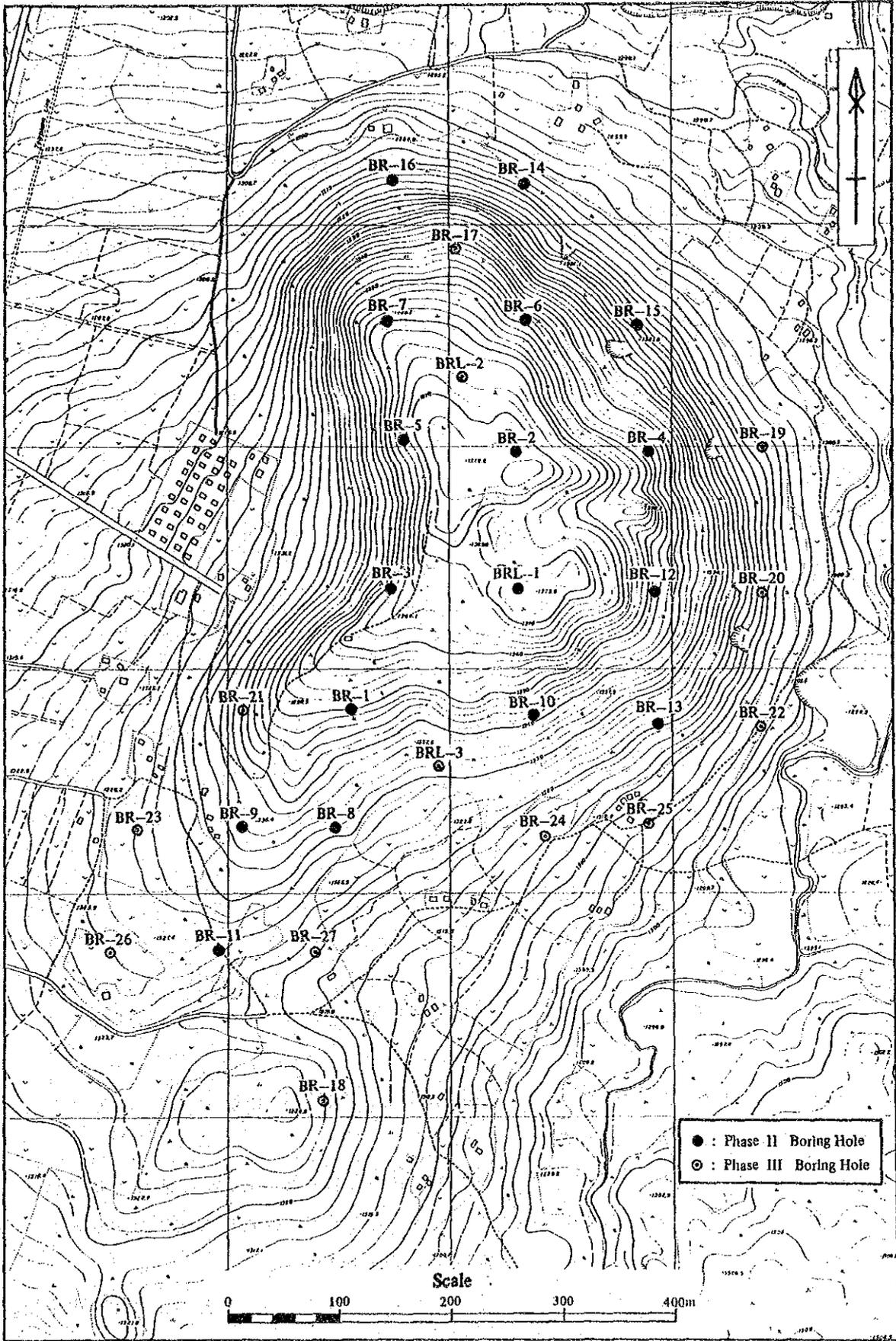


Fig. II-1-6 Location Map of the Drilling Sites in the Buru Hill Area

ボーリング調査班の全調査日程は、Apx.36のとおりである。

(2) 調査地の状況

ボーリング調査地のBuru Hillは、砂糖キビ畑に囲まれた、東西800m、南北500mのドーム状の小丘であり、周辺のほぼ平坦な砂糖キビ畑からの比高は約70mである。

Buru Hillはカーボナタイト質岩が全般に突起しているが、尾根部及び丘の周囲には車輛の乗入れが可能で、資機材の運搬は容易である。

Buru Hillのすぐ東側にはNyando川の支流のChebirir川があり、ボーリング用水は、ここから揚水できる。

(3) 使用機器、工法

ボーリング機器は2組使用された。諸元は次のとおりである。

装置名	モデル名	仕様(番量,特性等)	数量
ボーリング機械	YBM-BES	掘進能力 300M (新品)	1
ボーリング機械	THS-5	掘進能力 400M (中古)	1

調査地内におけるボーリング機材の移設、運搬用には、その地形・地表の状況から、キャタピラタイプの運搬機が使用された。

ボーリング用水の揚水は、ヘッド差最大80m、距離最大800mあったため、パイプラインは1インチの塩化ビニールパイプを使用した。

揚水ポンプは、ボーリング掘進用に準備したプランジャータイプを使用した。これは、昨年度に使用した動噴ポンプが、川水に混入している土・砂によるピストンの故障が多発したためである。

ボーリング工法は、ワイヤーライン工法での掘進を基準とし、コア径はNQ又はBQとした。

掘進作業上から地質を大別すると、硬岩(片麻岩、珪質岩)・中硬岩(カーボナタイト)・軟岩(強風化土状岩)に分類される。

硬岩、中硬岩はワイヤーライン工法でコア採取が容易であったが、軟岩は土状又はスライム状であるため、コアが流出されやすかった。このため、軟岩にはNXシングルメタルクラウンによる無水掘りを行い、コア採取率の向上を図った。

珪質岩はビットライフが、2~3m/個と極めて硬いため、掘進は難行したが、出現頻度が少なかったため、大きな困難とはならなかった。

使用機器数量表は、Apx.39、消耗品及びダイヤモンド使用数量表は、Apx.40のとおりである。

(4) 作業体制

ボーリング調査班は3班編成とし、2班が掘進を担当、1班が運搬・設営を担当した。その人員構成は以下のとおりである。

ボーリング技師		カウンターパート (助手)	人夫
掘進班第1班	1	2	2
掘進班第2班	1	2	2
運搬班	1	0	5
道路整備, 整地	(1)		5
ポンプ運転		昼1 夜2	3
ガードマン	ボーリング現場	昼1 夜2, 3箇所	9
ガードマン	資材置場	昼1 夜2	3

(5) 掘進作業

掘進作業は、1日2方16時間制で実施し、運搬設営班は日中1方8時間制とした。試錐機は2台使用し、1台が掘進中の時は、他の1台が移動設営に供された。この結果、掘進作業が中断することなく行われ、極めて効率的に作業が実施された。

掘進実績表及び各孔別工程表はApx.37、Apx.38のとおりである。

1-3-3 ボーリング孔の地質

(1) BRL-2 (掘進長100.50m), Apx.15, Apx.16

0-0.45m : 赤褐色強風化岩

0.45-21.50m : カーキ色を呈する多孔質ラテライトで、部分的には土状を呈する。黒色酸化鉄鉱物の細脈や汚染が局部的に認められる。分析結果からカーボナタイトが原岩と判断される。

21.50-28.90m : 暗灰色～黒色を呈する多孔質のMn-Fe鉱石。著しく酸化している。

28.90-39.30m : 灰色又はカーキ色を呈する多孔質ラテライトで、部分的に酸化鉄鉱物の汚染をうけている。

39.30-43.50m : 暗灰色～黒色の著しく酸化したMn-Fe鉱石。

43.50-49.65m : 暗灰色細粒多孔質ラテライト。原岩はFe-鉱石又はフェロカーボナタイトと考えられる。

49.65-51.00m : 暗褐色～黒色を呈するゲータイトに富む岩石。Mn-Fe鉱石起源で

あろう。

51.00-69.00m : 淡褐色, 褐色, 暗灰色, 澄褐色等を呈す多孔質でゲータイトに富む岩石。カーボナタイト起源の溶脱岩と判断される。本区間の最下底には厚さ数10cmの粘土帯があり, 上部の酸化帯と下部の還元帯の境界となっている。また静止水位も69.00mに位置する。

69.00-79.05m : 酸化鉄鉱物により淡灰色に汚染された塊状細粒のカーボナタイト。酸化鉄微脈が全般に発達している。この区間の上限より下部は石灰質となり, 塩酸に反応し発泡する。

79.05-89.50m : 淡灰色, 部分的には淡褐色, 緑灰色等を呈する縞状, 細粒カーボナタイト。しばしば不規則緑泥石片を含み, 角礫化している部分もある。最末期の微粒アルビカイト細脈がまばらに発達している。

89.50-91.40m : 灰色ガラス質角礫化フォノライト。緑泥石細脈, アルビカイト細脈, カーボナタイト脈等に貫かれている。

91.40-95.30m : 灰色を呈する縞状~不均質細粒カーボナタイト。灰色フォノライト礫を含んでいる。

95.30-100.50m : 灰色ガラス質のフォノライトでラミナ様の縞状組織を示している。細粒のカーボナタイト脈に貫かれており, カーボナタイト岩体の捕獲岩として産するものであろう。

(2) BRL-3 (掘進長100.70m), Apx.17, Apx.18

0-3.00m : 強風化赤褐色土状岩

3.00-7.00m : 上部は紫褐色~オリーブ色の強風化岩, 下部はカーキ又は褐色の土状又は多孔質岩からなる。

7.00-11.95m : 水酸化鉄鉱物により褐色汚染された細粒縞状カーボナタイト。鉄鉱石細脈が発達する。

11.95-15.30m : 赤褐色塊状フェロカーボナタイト。

15.30-22.40m : 褐色またはカーキ色に汚染された細粒縞状カーボナタイト。縞状組織は磁鉄鉱の鉱梁縞による。

22.40-23.50m : 褐色多孔質フェロカーボナタイト。

23.50-25.50m : 褐色汚染をうけた縞状カーボナタイト。磁鉄鉱はすべて赤鉄鉱又はゲータイトに変っている。

25.50-39.10m : 淡灰色~白色の細粒縞状カーボナタイト。全般に水酸化鉄細脈が発達し, その周囲は褐色汚染をうけている。

39.10-40.70m : 暗灰色~褐色を呈する溶脱した多孔質フェロカーボナタイト。

40.70-45.20m : 淡灰色～白色を呈する細粒縞状カーボナタイト。水酸化鉄細脈の周囲が僅かに褐色となっている。45.20mが上部の酸化鉄汚染帯と下部の新鮮帯を分ける境界となっており、これが静止水位面とほぼ一致している。

45.20-58.80m : 淡灰色～白色の未風化細粒縞状カーボナタイト。磁鉄鉱の鉱染及び縞状の濃集が本区間全般に著しい。

58.80-71.10m : 角礫状カーボナタイト。角礫は淡灰色～白色の螢石に富む細粒カーボナタイトからなり、基質は緑泥石に富んでいる。貫入角礫相と考えられる。

71.00-72.40m : 褐色～橙褐色多孔質ゴッサン。

72.40-76.20m : 灰褐色～褐色を呈する土状物質。断層に沿うカーボナタイトの強風化帯であろう。

76.20-87.00m : 淡灰色、部分的に暗緑灰色を呈する角礫化不均質カーボナタイト。緑泥石細脈が不規則に発達する。

87.00-92.70m : 褐色～橙褐色を呈する多孔質ヤケ状岩石。

92.70-98.60m : 細粒の赤鉄鉱粒と褐色粉状の鉱物粒からなる土状～スライム状物質。空洞充填物又は、断層に沿う強風化岩と考えられる。

98.60-100.70m : 淡灰色微細粒アルピカイト。カーボナタイトの最末期産物である。

(3) BR-17 (掘進長50.20m), Apx.19

0-1.50m : 灰色～褐色強風化片麻岩

1.50-19.60m : 淡灰色、灰褐色、カーキ色等を呈する。強風化黒雲母含有花崗岩質片麻岩。幅10cm以下の水酸化鉄化した鉄鉱石脈が発達する。

19.60-22.80m : 酸化により多孔質化した黒色Mn-Fe鉱脈。風化片麻岩及びフェロカーボナタイトを捕獲している。

22.80-29.80m : 灰緑色を呈する強風化角閃石含有片麻岩。多数の黒色Mn-Fe鉱脈に貫かれている。

29.80-32.05m : 褐色多孔質強風化フェロカーボナタイト。部分的に土状になっている。

32.05-34.50m : 黒色、一部褐色を呈するFe-Mn鉱石。花崗岩質片麻岩を捕獲している。

34.50-39.50m : 褐色又は黄土色を呈する縞状カーボナタイト。風化により炭酸塩鉱物は溶脱している。

39.50-41.50m : 角礫化花崗岩質片麻岩。

41.50-47.10m : 黒色多孔質Mn-Fe鉱石。部分的に褐色を呈し、一部は珪質である。

47.10-50.20m : 灰色～暗灰色、多孔質溶脱カーボナタイト。花崗岩質片麻岩中に貫

入した岩脈状の産状を示す。

(4) BR-18 (掘進長 52.50m), Apx.20

0-2.00m : 淡灰色~カーキ色を呈する強風化角礫化片麻岩

2.00-6.10m : カーキ~暗灰色を呈する強風化片麻岩。片麻岩は片岩化した花崗岩質片麻岩である。全般に黄土色水酸化鉄脈が多産する。

6.10-16.70m : 淡褐色を呈する強破砕片麻岩。原岩は片岩化花崗岩質片麻岩である。強破砕はカーボナタイトの貫入によると考えられる。褐色~暗褐色のゲータイト質細脈及び不規則網状脈が顕著である。

16.70-17.15m : 暗褐色~黒色 Mn-Fe 鉱石脈。

17.15-24.80m : 淡褐色~淡灰色を呈する片岩化花崗岩質片麻岩。脈状鉱化と弱い角礫化が認められる。

24.80-38.00m : 暗灰色~カーキを呈するゲータイトに富む多孔質ラテライト。しばしば片麻岩礫を含む。原岩はカーボナタイトと推定される。暗褐色の水酸化鉄脈が数条分布する。

38.00-39.90m : 上部は暗灰色土状の岩石, 下部は褐色ヤケ状岩石からなる。

39.90-52.50m : カーキ~黄土色を呈する多孔質溶脱岩で, 主としてゲータイトから構成される。原岩はカーボナタイトであろう。溶脱したフェロカーボナタイト脈が3条認められる。50.20-50.80m 間には片麻岩が捕獲されている。

(5) BR-19 (掘進長 50.10m), Apx.21

0-1.00m : 崩積性堆積物。

1.00-3.00m : 褐色強風化花崗岩質片麻岩。

3.00-9.00m : 淡灰色弱風化花崗岩質片麻岩。桃色カリ長石のポーフィロクラストが顕著である。

9.00-21.00m : カリ長石のポーフィロクラストを含有する花崗岩質片麻岩。割目に僅かに褐色酸化鉄汚染が認められる。

21.00-27.00m : 灰色強破砕花崗岩質片麻岩。下部は角礫化したコアからなる。

27.00-28.00m : 緑色角閃石の細角礫からなる断層破砕帯。

28.00-29.00m : 強く破砕した灰緑色角閃岩~角閃石片岩。

29.00-36.00m : 灰緑色片状角閃岩~角閃石片岩。

36.00-37.95m : 2条の褐色ゲータイト脈からなる。

37.95-50.10m : 灰褐色~灰緑色細粒均質角閃岩。褐色汚染が僅かに認められるが、カーボナタイトの鉱化はみられない。

(6) BR-20 (掘進長 50.20m), Apx.22