

0-3.00m : 崩積成堆積物。

3.00-21.40m : 淡灰褐色～灰色フェナイト化花崗岩質片麻岩。エジリン様のフィルム状緑色細脈が発達する。全般に褐鉄化した酸化鉄細脈が発達し、著しい褐色汚染を受けている。

21.40-21.70m : 破碎帯。

21.70-33.40m : 緑灰色を呈する緑汚石化角閃石含有花崗岩質片麻岩。伸長した緑汚石により不均質になっている。

33.40-34.75m : 淡褐色微細粒ドロマイト質アルピカイト。

34.75-50.20m : 緑灰色、緑泥石含有花崗岩質片麻岩。最末期のアルピカイト細脈に貫かれている。

(7) BR-21 (掘進長50.10m), Apx.23

0-3.80m : 淡灰色強風化花崗岩質片麻岩。

3.80-11.45m : 淡灰色～白色花崗岩質片麻岩。少量のカリ長石ポーフィロクラストを含む。褐鉄鉍化酸化鉄脈が数条貫いている。

11.45-16.20m : 褐色褐鉄質鉍脈。主にゲータイトと少量の赤鉄鉍からなる。少量の花崗岩質片麻岩礫を含む。

16.20-17.40m : 暗褐色 Mn-Fe 鉍脈。

17.40-18.40m : 淡灰色花崗岩質片麻岩 (破碎コア)。

18.40-25.10m : 淡灰色片状花崗岩質片麻岩。雲母がフィルム状に発達し片状組織を形成する。幅1cm以下の褐鉄脈がみられ、22.60-27.75mは幅10cmの鉄鉍石脈。

25.10-26.20m : 褐色～暗褐色を呈する鉄鉍石脈。

26.20-26.80m : 花崗岩質片麻岩

26.80-29.00m : 橙褐色、一部暗褐色を呈する多孔質でゲータイトに富む岩石。原岩はカーボナタイトの可能性が強い。

29.00-32.70m : 暗褐色～橙褐色を呈するゲータイトに富む土状岩石 (溶脱したカーボナタイトであろう)。

32.70-33.80m : 黒色強風化 Mn-Fe 鉍石

33.80-50.10m : 暗灰色、橙褐色、褐色、暗褐色を呈する強風化土状岩石。原岩はカーボナタイト又はフェロカーボナタイトと考えられる。

(8) BR-22 (掘進長50.10m), Apx.24

0-0.50m : 暗褐色土壌。

0.50-4.70m : 淡褐色～カーキ色を呈する強風化片麻岩。

4.70-5.00m : 橙褐色水酸化鉄脈。

5.00-10.30m : 灰色, 一部橙褐色を呈する強破碎花崗岩質片麻岩。

10.30-15.20m : 断層帯。破碎片麻岩礫と黄土色土状基質からなる。

15.20-18.50m : 淡灰色強破碎花崗岩質片麻岩。大部分は礫状のコアからなる。

18.50-30.00m : 断層帯。花崗岩質片麻岩の破片と, 砂状の基質からなる。

30.00-41.40m : 断層帯。亜円礫状の緑泥石含有花崗岩質片麻岩礫と灰褐色を呈する土状の基質からなる。

41.40-50.10m : 断層帯。緑灰色花崗岩質片麻岩の細礫 (径3cm以下) からなり, 基質は流失している。

(9) BR-23 (掘進長50.20m), Apx.25

0-0.50m : 暗褐色土壌。

0.50-4.40m : 淡灰色~淡褐色強風化花崗岩質片麻岩。

4.40-18.45m : 淡灰色花崗岩質片麻岩。桃色カリ長石のポーフロクラストが顕著で, 縞状構造が顕著に発達している。幅7cm以下の褐色鉄鉱石脈が散在する。

18.45-18.75m : 褐鉄化酸化鉄脈。

18.75-36.40m : 淡灰色~白色を呈する縞状構造の発達した片麻岩。伸長したカリ長石のポーフロクラストが多く含まれ, 波状の縞状構造を形成する。30.90-31.70m及び34.85-34.90m間に褐色酸化鉄脈が認められる。

36.40-41.90m : 水酸化鉄鉱物により褐色汚染された花崗岩質片麻岩。

41.90-42.80m : 破碎帯。片麻岩の破片からなる。

42.80-50.20m : 淡灰色~白色花崗岩質片麻岩。薄い縞状組織が顕著である。伸長したカリ長石と石英のポーフロクラストが鮮明である。カーボナタイト又は酸化鉄脈の鉱化は全く認められない。

(10) BR-24 (掘進長50.50m), Apx.26

0-1.00m : 紫褐色強風化土状岩石。

1.00-4.10m : 上部は褐色, 下部は淡灰色を呈する溶脱した縞状カーボナタイト。最下部に破碎した片麻岩を含む。

4.10-5.30m : 灰色堅硬緻密質珪質酸化鉄脈。

5.30-8.00m : 淡灰色細破碎化カーボナタイト。酸化鉄細脈と珪質脈に貫かれている。

8.00-10.70m : 上部はカーボナタイト起源のゲータイトに富む溶脱岩。下部は堅硬緻密な珪質鉄鉱石からなる。

10.70-13.20m : 褐色を呈する土状~粘土状風化岩。カーボナタイト又はフェロカーボナタイト起源であろう。

13.20-17.40m : 上部は褐色を呈するカーボナタイト起源の溶脱岩。下部は淡灰色の

珪質鉱で部分的に土状になっている。

17.40-27.60m : 灰色, カーキ色, 褐色等を呈する褐鉄化溶脱岩で, 部分的に土状あるいは粘土状を呈す。暗灰色堅硬珪質細脈に数ヶ所で貫かれている。

27.60-28.20m : 破碎帯。細く破碎された片麻岩とそれを貫く褐鉄化細脈からなる。

28.20-31.00m : 褐色を呈する溶脱したカーボナタイト。褐鉄化細脈が著しく発達する。

31.00-37.45m : 暗褐色を呈するフェロカーボナタイト。上部は細脈状に片麻岩を貫き, 下部は塊状を呈す。酸化は著しいが炭酸塩鉱物は残存し, 塩酸に対して発泡する。

37.45-42.40m : 淡灰褐色を呈する微弱風化カーボナタイト。細粒で弱い縞状構造を有す。しばしば最末期の微細粒アルピカイト細脈に貫かれている。

42.40-50.50m : 淡灰色~白色の未風化細粒カーボナタイト。磁鉄鉱の濃集縞による縞状構造が発達し, 磁鉄鉱の多い部分は暗灰色を呈す。

(11) BR-25 (掘進長 50.10m), Apx.27

0-1.00m : 暗褐色土壌。

1.00-4.00m : 灰色強風化片状片麻岩。緑泥石縞とカリ長石ポーフイロクラストが認められる。

4.00-17.00m : 淡灰色~淡緑色片状花崗岩質片麻岩。緑泥石縞が特徴的である。褐鉄化した酸化鉄脈が散在する。

17.00-31.20m : 淡灰色破碎化花崗岩質片麻岩。褐鉄化酸化鉄細脈が全般に発達し, 脈周囲を褐色汚染している。

31.20-31.60m : 暗褐色褐鉄化酸化鉄脈

31.60-38.10m : 破碎帯。径1cm以下の片麻岩細礫と土状物質からなる。片麻岩は緑泥石縞の発達した花崗岩質片麻岩である。

38.10-42.00m : 淡緑灰色破碎化片麻岩。

42.00-46.00m : 破碎帯。花崗岩質片麻岩の細礫と褐色の土状物質からなる。

46.00-50.10m : 淡灰色~白色花崗岩質片麻岩。斜長石とカリ長石のポーフイロクラストを有す。

(12) BR-26 (掘進長 50.40m), Apx.28

0-1.00m : 暗褐色土壌。

1.00-3.00m : 淡灰色強風化花崗岩質片麻岩。

3.00-14.80m : 淡灰色~灰白色花崗岩質片麻岩。桃色カリ長石のポーフイロクラストを特徴的に含む。全般に微細な褐鉄脈が弱く発達し, 局部的に破碎している。

14.80-39.80m : 淡灰色~灰白色を呈するカリ長石ポーフイロクラスト含有花崗岩質

片麻岩。全般に割目が弱く発達し、褐鉄鉱により充填されている。

39.80-50.40m：淡灰色～白色花崗岩質片麻岩。有色鉱物及びカリ長石のポーフィロクラストを含まず、原岩はアプライト質の細粒花崗岩と考えられる。44.20-47.70m間に3条の橙褐色酸化鉄鉱脈3条が賦存する。

(13) BR-27 (掘進長50.50m), Apx.29

0-0.50m：暗褐色土壌。

0.50-4.10m：褐色強風化花崗岩質片麻岩。

4.10-13.60m：褐色汚染をうけた強破碎化花崗岩質片麻岩。割目はゲータイトに富む褐色基質で充填されている。

13.60-15.90m：褐色珪質鉄鉱石脈。片麻岩の細礫を含有する。

15.90-19.50m：褐色に汚染した破碎化片麻岩。ゲータイトに富む褐色基質に充填されている。

19.50-21.70m：褐色珪質酸化鉄脈。片麻岩の細礫を含有している。

21.70-23.10m：淡褐色土状岩石（カーボナタイト起源と推定される）。

23.10-25.20m：褐色，ゲータイトに富む土状岩石（原岩はフェロカーボナタイトと推定される）。

25.20-31.10m：褐色～淡褐色強風化土状岩石。原岩はカーボナタイトであろう。

31.10-39.00m：暗灰褐色，一部褐色を呈する強風化土状岩石。空洞充填物である可能性がある。

39.00-40.10m：灰褐色土状岩。原岩はカーボナタイト。

40.10-44.50m：淡灰色を呈する破碎化花崗岩質片麻岩。

44.50-47.50m：暗褐色～橙褐色を呈するゲータイトに富む岩石。部分的に珪質である。

47.50-49.50m：灰色破碎化片麻岩。褐鉄質細脈が発達する。

49.50-50.50m：褐色土状岩石。カーボナタイト起源であろう。

#### 1-3-4 鉱化作用

Buru Hillの鉱化は、ボーリング調査の結果初生のカーボナタイト質岩における鉱物の濃集とカーボナタイトの風化による二次富化作用に区分されることが判明した。

##### (1) 初生鉱化

カーボナタイト，フェロカーボナタイト，石灰質鉄鉱石脈，マンガン質鉄鉱石脈，珪質鉄鉱石脈（岩脈）に区分される。

カーボナタイト：Buru Hill 鉱化帯の全域に分布する。岩体の中央部では塊状岩体，

縁辺部や上部では岩脈として出現することが多い。本岩は酸化帯では著しく風化し、ラテライト化しているため、地表部には数ヶ所の小露出があるのみで、新鮮な塊状岩は主に地下水位面下に分布する。しかしBR-1やBRL-3付近では地表浅部に新鮮な岩質がある。割目が少ない塊状部で地下水の浸透が弱かったことによるものであろう。本岩は、全般に淡灰色を呈する細～中粒岩で、酸化帯では褐色化している。縞状又は塊状の比較的均質な岩相を主体とするが、BRL-1、BRL-3では下部に角礫質の岩相が分布する。

方解石を主体とする炭酸塩鉱物を主とし、重晶石、ホタル石、磁鉄鉱を随伴し、少量のバロクロアや希土鉱物を含む。

フェロカーボナタイト：最大幅10m、通常幅数10cm～数mの岩脈として、カーボナタイトを貫いて分布する。一般に後述の石灰質又はマンガン質鉄鉱脈と共に産出することが多いが、出現頻度はこれらの鉄鉱石脈に比べて低い。本岩は、全般にカーボナタイト塊状岩体の上部に集中して分布する傾向がある。

本岩は褐色、酸化帯では赤褐色を呈する細～中粒の鉄鉱物に富む炭酸塩鉱物岩である。カーボナタイトと比較して幾分多孔質なことが多い。

石灰質鉄鉱石脈：脈幅最大5m、通常数10cmから数mの鉱脈又は10cm以下の網状脈として、鉱化帯の全域に出現する。岩脈は、カーボナタイトを切る不規則鉱脈群又は網状脈として産し、カーボナタイト貫入時に形成された裂かを充填して生成されたものである。全般に、暗褐色、赤褐色、橙褐色、暗灰色等の多様な色調を呈し、多孔質、微細粒緻密質なものなどがある。大量の鉄鉱物と少量の炭酸塩鉱物からなり、鉄鉱物は風化により殆んどゲータイトを主体とする褐鉄鉱に変化している。

マンガン質鉄鉱石脈：前述の石灰質鉄鉱石脈と同様な産状を示す。マンガンに特有な黒色を呈することから、前者と容易に区別することができる。塊状カーボナタイトの上部に濃集し、殆どが酸化しているため、多孔質でもろい鉱質になっている。

珪質鉄鉱石脈：地表における分布と同様、Buru Hillの中央～北部のボーリング孔に出現する。本岩は脈幅10m以下、通常1～数mの岩脈として産し、地表部で20m以上の厚さが観察される部分は、ボーリング孔では、1mから5m前後の岩脈の集合である。本岩は、淡灰色～橙褐色又は暗灰色を呈する微細粒の堅硬緻密質岩で、鉄鉱物と石英を主体とする。石英は玉随質であることが多い。

## (2) 二次富化作用による鉱化

風化作用による鉱物の濃集あるいは酸化帯において水に溶解される元素が下部へ移動及び再濃集するプロセスが考えられる。

第2年次のボーリング調査の結果、現在の地下水位面は、Buru Hill全域ではほぼ海拔1,295m付近にあって、鉄鉱物の酸化状態の検討等により現在の地下水位面より下部に分布する

岩石が、過去の地下水位面より下にあったことが判明した。本年度の調査でも、地下水位面はほぼ1,285~1,300mにあり、Buru Hillの中央部でやや浅く、周辺部で幾分深い傾向が得られた。

地下水位面下より下部には新鮮なカーボナタイトが分布することから、二次富化作用は、地下水位面より上部の酸化帯にあることが考えられ、分析結果もこれを示している。風化作用によって生成したものは、地表部付近の土壌又は粘土化岩及び地下水位面付近に至る溶脱カーボナタイトである。

表層の土壌又は粘土化岩：各孔とも厚さ数m~6m、Buru Hillの南部の平坦部では、最大20mに及ぶ原岩の全く判定できない表層のラテライト土壌又は粘土化岩が分布する。化学的な風化作用に対して抵抗力の強いパイロクロアーが濃集する。

表層下から地化水位面に至る酸化帯のカーボナタイト：後期の様々な鉱脈による脈状~網状、一部鉱染状の鉱化をうけ、更に地表の風化・酸化作用を著しくうけている。炭酸塩鉱物の多くが溶脱し、また鉄鉱物が水酸化鉄鉱物に変化するなどラテライト、土状、多孔質状、ヤケ状に岩質は変化しており、原岩の推定はかなり困難である。第2年次の調査では、その残存岩石片などから原岩が推定され、その一部は片麻岩と判定されている。しかし、本年度の調査から、これら片麻岩岩石片は捕獲岩片であり、量的にも多くないことが判明し、次項で述べる鉱石の分析結果の検討から、鉱化帯内の風化岩の大部分の原岩はカーボナタイトであることが把握された。酸化帯のカーボナタイトは溶脱による体積・重量の減少と可溶性の元素の下方への移動及び再沈澱による二次富化をうけている。

## 1-4 鉱石分析結果

### 1-4-1 試料採取及び分析

各ボーリングコアの着鉱部から合計162件の試料が採取され、希土類8元素(La, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Yb, Lu)及び関連7元素(P, Ba, Sr, Nb, Y, U, Th)の分析が行われた。試料中に高濃度で含まれるBa及び軽希土元素(La, Ce, Nd)については、鉱石レベル(%単位)、他の元素についてはトレースレベル(ppm単位)の分析が実施された。分析方法及びその諸元はTable II-1-2のとおりである。分析結果はApx.21に示す。

Table II - 1 - 2 Analytical Method, Detection Limit and Upper Limit

DESCRIPTION	METHOD	DETECTION LIMIT	UPPER LIMIT
U ppm : Trace level	NAA	0.2	100.0
Th ppm : Trace level	NAA	0.1	10,000
La ppm : Ore grade	NAA	0.001	100.0
Ce ppm : Ore grade	NAA	0.01	100.0
Nd ppm : Ore grade	NAA	0.01	50.0
Sm ppm : Trace level	NAA	0.1	500
Eu ppm : Trace level	NAA	0.5	100.0
Tb ppm : Trace level	NAA	0.1	100.0
Yb ppm : Trace level	NAA	0.1	1,000
Lu ppm : Trace level	NAA	0.1	500
Nb ppm : Trace level	XRF	5	10,000
Sr ppm : Trace level	ICP-AES	1	10,000
Y ppm : Trace level	XRF	5	10,000
Ba % : Ore grade	NAA	0.01	100.0
P ppm : Trace level	ICP-AES	10	10,000

XRF : X-ray fluorescence analysis

NAA : Neutron activation analysis

ICP-AES : Inductively coupled plasma-Atomic emission spectrometry

#### 1-4-2 分析の統計値及び統計解析

##### (1) 統計値

全 162 試料の統計値を Table II - 1 - 3 に示す。

第 2 年次のボーリング 210 試料における平均値と比較すると各分析元素の平均値は殆んど同じであり、鉱化帯内における各元素の含有量がかなり均質であることを示す。

第 2 年次に分析を実施しなかった P の平均値は 3377 ppm である。P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> に換算しても 7733 ppm であり、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> を稼行対象又はその一部としている世界の他の鉱床に比べてかなり低水準である。

La から Eu に至る軽希土 5 種の平均値を、酸化物の形に直しその比率を計算すると Table II - 1 - 4 のとおりであり、Mountain Pass 鉱山のバストネサイト精鉱の比率を極めて

良い一致を示す。したがって、当鉱床のREE鉱物の大部分はバストネサイトであると判断される。しかし、 $Y_2O_3$ は $TRE_2O_3$ の約3.5%あり、Mountain Passのバストネサイト( $Y_2O_3$ : 0.09%)に比べて著しく高い。このことは当鉱床のバストネサイトに、Bastonasite - Y : (Y, Ce) ( $CO_3$ ) Fが含まれていることを示す可能性がある。

Table II - 1 - 4 Distribution of Rare Earths in Ores

\*1 Bastnasite concentrate Average Boring Core

Light REO	REO%	(REO%)
$La_2O_3$	33.2	32.3
$CeO_2$	49.1	47.6
$Pr_6O_{11}$	4.3	(4.3)*2
$Nd_2O_3$	12.0	13.6
$Sm_2O_3$	0.78	1.3
$Eu_2O_3$	0.11	0.4
Light ReO total	99.49%	(99.49%)*2
Heavy ReO total	0.318%	-

\*1 : Henderson (Editor) (1984) : Rare Earth Element Geochemistry

\*2 : Estimated values following \*1

## (2) 相関分析

15元素の相関係数をTable II - 1 - 5に示す。各元素間の関係は、次のようにまとめられる。なお略号は次のとおりである。LREE (軽希土 ; La, Ce, Nd), MREE (中希土 ; Sm, Eu, Tb), HREE (重希土 ; Yb, Lu), REE (全希土元素)。

i) PはLREE及びHREEと弱い相関を示す。

ii) BaはP及びLREEと中程度の相関, NbはPと弱い相関, UはTh及びLREE~MREEと中程度ないしは弱い相関を示す。

iii) Y, T及びREEは相互に中程度または高い相関を示し、その中で次の特徴がある。

Y ; EuからLuに至る中~重希土と高い相関がある。

Th ; NdからTbに至る軽~中希土と高い相関がある。

LREE ; 相互に高い相関があるが, Ndは更にSm, EuのMREEと高い相関を示す。

MREE ; 相互に高い相関があるが, SmはNdとTbはYbとLuとも高い相関を示す。

HREE ; LEE及びMEE同志と同様に高い相関を示す。



Table II-1-3 Summary of Statistics of Analysis -- Drill Core Samples --

Component	Unit	No. of sample	Maximum	Minimum	Mean(m)	Standard deviation	m - 2σ	m - σ	m + σ	m + 2σ
P	PPM	162	36500	236	3376.7	0.445	434.8	1211.7	9410.1	26223.8
BA	X	162	11.80	1.00	3.648	0.2243	1.299	2.177	6.114	10.247
SR	PPM	162	29600	226	1538.8	0.303	381.0	765.7	3092.5	6214.9
NB	PPM	162	4450	62	730.2	0.311	174.0	356.4	1496.0	3065.0
Y	PPM	162	1950	105	587.9	0.166	273.2	400.7	862.5	1265.3
U	PPM	162	180.1	5.4	27.96	0.339	5.87	12.81	61.04	133.27
TH	PPM	162	2084.0	197.0	787.82	0.170	359.40	532.11	1166.41	1726.92
LA	X	162	2.260	0.061	0.5172	0.2966	0.1320	0.2613	1.0239	2.0271
CE	X	162	2.24	0.10	0.763	0.2168	0.281	0.463	1.256	2.069
ND	X	162	0.50	0.03	0.218	0.1787	0.096	0.145	0.329	0.497
SM	PPM	162	427.0	42.0	206.61	0.142	107.51	149.04	286.42	397.06
EU	PPM	162	198.0	10.9	69.06	0.175	30.87	46.17	103.30	154.52
TB	PPM	162	77.6	2.6	19.62	0.232	6.74	11.50	33.48	57.14
YB	PPM	162	82.1	4.8	25.83	0.190	10.74	16.66	40.05	62.10
LU	PPM	162	16.5	1.1	4.38	0.169	2.01	2.97	6.46	9.53

Table II-1-5 Correlation Coefficients -- Drill Core Samples --

	P	BA	SR	NB	Y	U	TH	LA	CE	ND
P	1.0000	0.4298	0.3457	0.3082	0.1943	0.0458	-0.1407	0.5141	0.4376	0.2385
BA	0.4298	1.0000	0.0794	0.1919	0.1858	0.1798	0.2265	0.6171	0.6298	0.5640
SR	0.3457	0.0794	1.0000	-0.0073	0.1932	0.0873	0.0526	0.4050	0.3673	0.1844
NB	0.3082	0.1919	-0.0073	1.0000	0.1661	0.1371	-0.0354	0.2569	0.1466	0.0231
Y	0.1943	0.1858	0.1932	0.1661	1.0000	0.2428	0.6013	0.2966	0.3668	0.4578
U	0.0458	0.1798	0.0873	0.1371	0.2428	1.0000	0.3969	0.3789	0.4806	0.5124
TH	-0.1407	0.2265	0.0526	-0.0354	0.6013	0.3969	1.0000	0.1825	0.3280	0.5417
LA	0.5141	0.6171	0.4050	0.2569	0.2966	0.3789	0.1825	1.0000	0.9371	0.6084
CE	0.4376	0.6298	0.3673	0.1466	0.3668	0.4806	0.3280	0.9371	1.0000	0.8188
ND	0.2385	0.5640	0.1844	0.0231	0.4578	0.5124	0.5417	0.6084	0.8188	1.0000
SM	0.0248	0.1918	0.1010	-0.0278	0.5860	0.4416	0.6785	0.2145	0.4269	0.7782
EU	0.0250	0.2026	0.2191	0.0586	0.6941	0.4667	0.7126	0.3007	0.4518	0.6726
TB	-0.0271	0.0695	0.1180	0.1263	0.7348	0.3599	0.5925	0.1095	0.2179	0.4056
YB	0.3312	0.1608	0.1315	0.1420	0.8213	0.0013	0.3143	0.1691	0.1897	0.2350
LU	0.4423	0.1590	0.2580	0.2003	0.7740	0.2215	0.3400	0.3475	0.3601	0.3357
	SM	EU	TB	YB	LU					
P	0.0248	0.0250	-0.0271	0.3312	0.4423					
BA	0.1918	0.2026	0.0695	0.1608	0.1590					
SR	0.1010	0.2191	0.1180	0.1315	0.2580					
NB	-0.0278	0.0586	0.1263	0.1420	0.2003					
Y	0.5860	0.6941	0.7348	0.8213	0.7740					
U	0.4416	0.4667	0.3599	0.0013	0.2215					
TH	0.6785	0.7126	0.5925	0.3143	0.3400					
LA	0.2145	0.3007	0.1095	0.1691	0.3475					
CE	0.4269	0.4518	0.2179	0.1897	0.3601					
ND	0.7782	0.6726	0.4056	0.2350	0.3357					
SM	1.0000	0.8574	0.5982	0.3390	0.3953					
EU	0.8574	1.0000	0.7060	0.3982	0.4360					
TB	0.5982	0.7060	1.0000	0.5359	0.4849					
YB	0.3390	0.3982	0.5359	1.0000	0.7927					
LU	0.3953	0.4360	0.4849	0.7927	1.0000					

Table II-1-6 Summary of Principal Component Analysis - Drill Core Samples -

Prin. compo- nent	Eigen value	Contri- bution	Cum- ulation	P	BA	SR	NB	Y	U	TH	LA	CE	ND	SM	EU	TB	YB	LU
1	6.166	0.411	0.41	Eigen vector Factor loading Contribution	0.144 0.357 0.128	0.196 0.487 0.238	0.131 0.326 0.106	0.079 0.197 0.039	0.327 0.813 0.667	0.217 0.538 0.290	0.275 0.663 0.466	0.255 0.634 0.401	0.332 0.823 0.678	0.312 0.775 0.600	0.333 0.826 0.662	0.277 0.688 0.473	0.262 0.601 0.481	0.279 0.693 0.481
2	2.493	0.166	0.58	Eigen vector Factor loading Contribution	-0.397 -0.628 0.394	-0.353 -0.557 0.311	-0.196 -0.510 0.096	0.169 0.267 0.071	-0.018 -0.029 0.001	0.265 0.418 0.174	-0.430 -0.679 0.461	-0.348 -0.550 0.303	-0.104 -0.164 0.027	0.218 0.344 0.118	0.218 0.497 0.247	0.315 0.497 0.247	0.149 0.236 0.056	0.050 0.079 0.006
3	1.980	0.125	0.70	Eigen vector Factor loading Contribution	0.335 0.459 0.211	-0.098 -0.134 0.018	0.119 0.163 0.026	0.231 0.317 0.137	-0.313 -0.430 0.185	-0.200 -0.275 0.075	-0.059 -0.081 0.007	-0.172 -0.237 0.056	-0.292 -0.401 0.160	-0.217 -0.297 0.088	-0.147 -0.201 0.040	0.068 0.093 0.009	0.484 0.603 0.440	0.417 0.572 0.327
4	1.060	0.071	0.77	Eigen vector Factor loading Contribution	0.028 0.029 0.001	-0.215 -0.222 0.049	0.661 0.680 0.463	-0.680 -0.700 0.490	-0.186 -0.192 0.037	-0.032 -0.033 0.001	0.036 0.037 0.001	0.068 0.070 0.003	0.017 0.017 0.000	0.038 0.039 0.002	0.046 0.048 0.002	-0.079 -0.081 0.007	0.008 0.009 0.000	0.048 0.049 0.002
5	0.894	0.060	0.83	Eigen vector Factor loading Contribution	-0.029 -0.027 0.001	-0.471 -0.446 0.199	0.459 0.434 0.188	0.447 0.422 0.178	0.474 0.448 0.201	-0.097 -0.092 0.008	0.044 -0.042 0.002	-0.032 -0.030 0.001	-0.181 -0.171 0.029	-0.055 -0.052 0.003	-0.099 0.093 0.009	0.158 0.150 0.022	-0.235 -0.222 0.049	0.003 0.002 0.000
6	0.593	0.040	0.87	Eigen vector Factor loading Contribution	0.124 0.096 0.009	-0.251 -0.193 0.037	-0.372 -0.287 0.082	-0.395 -0.304 0.093	0.603 0.464 0.215	-0.213 -0.164 0.027	0.028 0.022 0.000	0.081 0.062 0.004	0.024 0.018 0.000	-0.056 -0.043 0.002	-0.203 -0.157 0.025	-0.147 -0.113 0.013	0.125 0.097 0.009	0.359 0.276 0.076
7	0.503	0.034	0.91	Eigen vector Factor loading Contribution	0.525 0.372 0.139	-0.166 -0.118 0.014	-0.062 -0.044 0.002	0.092 0.066 0.004	-0.109 -0.078 0.006	-0.278 -0.197 0.039	-0.312 -0.222 0.049	-0.163 -0.116 0.013	0.250 0.177 0.031	0.338 0.382 0.146	0.219 0.156 0.024	-0.156 -0.111 0.012	-0.100 -0.071 0.005	-0.025 -0.018 0.000

### (3) 主成分分析

分析成分数が15と多く、相関係数のみからでは各成分の相互の関係がわかりづらい。そこでデータ(分析値)を要約する意味で、主成分分析を実施した。主成分分析総括表をTable II-1-6に示す。本表には、第7成分まで示されるが、寄与率の高い第3主成分までの累積寄与率は70%に達し、ほぼこの3成分で分析結果の全体が要約される。

第1主成分：分析データの41%を代表する。この主成分は、Y, U, ThとREEの因子負荷量(0.538~0.826)により決定され、これらの元素が希土類鉱物の主要元素であることから、希土類鉱物の濃集を代表することを示す。

第2主成分：相関分析でも明らかになったように、P, BaがLa, Ceと中~弱相関することを示す。

第3主成分：第2主成分と同様、PがHREEと弱く相関することを示す。第1~2主成分と総合すれば、Pは希土類鉱物の濃度(初生鉱化)とは関係が少ないが、LREEとHREEが濃集しMREEが減少するような環境(すなわち風化溶脱帯の上部：2年次調査結果)に濃集することを示すものと思われる。

### 1-4-3 ボーリング孔の品位

#### (1) 全分析試料

分析に供した162個の試料における各元素の加重平均値 [ $\Sigma$ (含有量×採取幅)/ $\Sigma$ 採取幅]をTable II-1-7に示す。主な元素の含有量の平均は、Nb; 952ppm, Y; 608ppm, La+Ce+Nd; 1.79%, Sm+Eu+Tb; 311ppm, Yb+Lu; 31ppmである。

#### (2) 各孔別の元素含有量

ボーリング孔別に集計した元素の平均含有量(加重平均)を同様にTable II-1-7に示す。鉱化体においては、南部のBuruカーボナタイト岩体の縁辺部で鉱化が優勢であり、中央部の2孔(BRL-2, BRL-3)で劣勢である。これは、BRL-2及びBRL-3の2孔が、深部又は上部で未~弱風化のカーボナタイトを貫き、この部分が2次富化をうけていないため、結果として各元素の含有量が低く表れたことによるものと判断される。

#### (3) 各孔別の元素の垂直変化

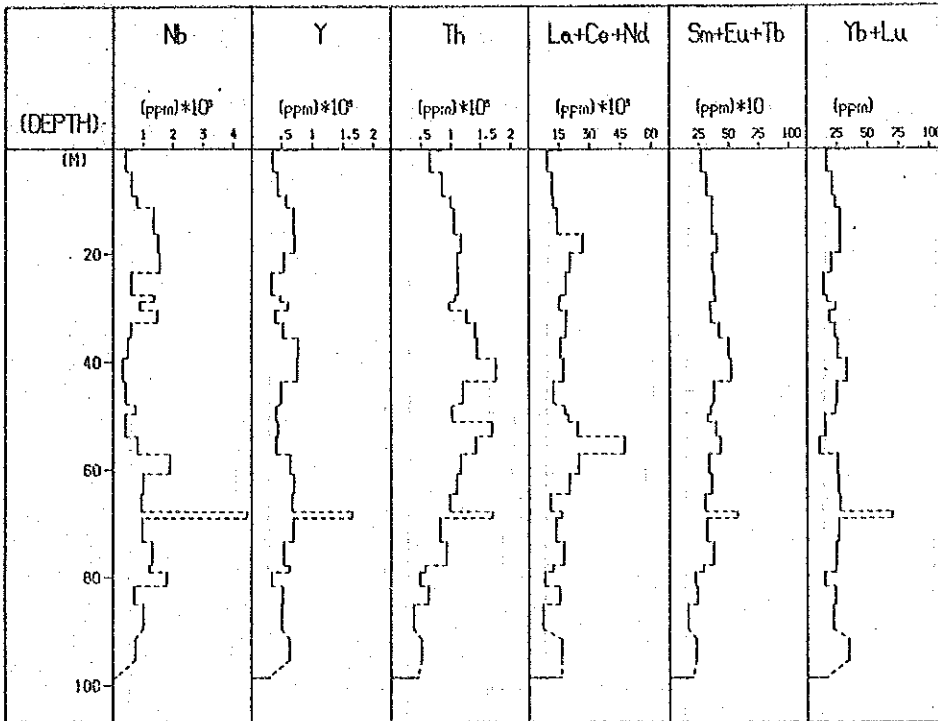
鉱体内における風化による元素の移動を知る目的でBRL-2, BRL-3, BR-17, BR-24についてNb, Y, Th, La+Ce+Nd, Sm+Eu+Tb, Yb+Luの垂直変化図を作成した(Fig. II-1-7, Fig. II-1-8)。

元素の含有量は、採取した試料の初生の含有量、その後の酸化還元作用による元素の移動に依存する。変化を最も適切に表すものは、酸化帯を貫き、還元帯に十分に達する深いボーリング孔で、試料が連続して多数採取されたボーリング孔である。この条件に最も合

Table II-1-7 Average Value of Elements and Components by Drill Hole

DDH No.	Number of Samples Analyzed	Total length Analyzed (m)	P (ppm)	Ba (%)	Sr (ppm)	Nb (ppm)	Y (ppm)	U (ppm)	Th (ppm)	La (ppm)	Ce (ppm)	Nd (ppm)	Sm (ppm)	Eu (ppm)	Tb (ppm)	Yb (ppm)	Lu (ppm)	La+Ce+Nd (ppm)	Sm+Eu+Tb (ppm)	Yb+Lu (ppm)
BR-2	31	93.15	1607.8	3.428	2085.1	965.5	567.2	73.05	1027.74	5729.3	8332.0	2459.8	228.77	89.23	25.17	19.87	3.56	16721.1	343.17	23.43
BR-3	33	101.10	9128.8	3.940	3664.9	758.8	598.0	18.84	683.76	6663.8	8010.9	2005.9	199.53	69.35	19.68	30.07	4.88	16680.6	288.56	34.95
BR-17	16	24.25	2451.7	2.743	1944.1	656.9	838.6	32.14	834.10	5622.3	7872.6	2292.0	213.69	71.92	27.41	34.94	5.66	15786.9	313.02	40.60
BR-18	21	31.80	5675.8	4.992	955.3	1011.0	776.5	16.27	983.55	5717.8	7974.8	2346.7	217.34	79.52	27.71	37.38	5.30	16039.3	324.57	42.68
BR-19	2	1.55	750.6	1.559	3776.5	333.7	697.1	30.98	1496.55	5161.3	7306.5	2058.1	293.87	104.00	35.95	24.06	4.36	14523.9	433.82	28.42
BR-20	2	1.85	535.1	1.853	1575.4	688.1	720.8	13.64	779.54	2083.2	3532.4	1497.3	266.81	82.24	20.83	38.77	5.58	7112.9	369.88	44.35
BR-21	14	29.80	10851.6	6.173	1635.4	1039.9	616.5	43.43	730.59	9074.7	12269.8	3128.9	251.51	76.46	21.31	30.69	5.17	24473.4	349.28	35.86
BR-22	2	0.50	885.2	3.612	594.8	336.8	434.0	69.06	698.80	3100.0	5700.0	2000.0	212.20	56.00	17.22	27.08	4.12	10800.0	285.42	31.20
BR-23	1	0.30	608.0	2.660	733.0	500.0	1000.0	86.50	850.00	2800.0	4500.0	1700.0	271.00	88.90	40.60	45.90	7.00	9000.0	446.4	52.90
BR-24	25	50.50	6210.3	4.721	1618.6	1241.8	465.2	37.98	621.76	8113.3	9760.0	2496.2	195.14	55.00	13.73	21.84	4.17	20369.5	263.87	26.01
BR-25	2	0.55	668.6	1.670	1358.6	309.1	563.6	18.52	1137.45	1200.0	4063.6	2390.9	286.73	85.04	21.75	24.39	3.69	7654.5	393.52	27.60
BR-26	2	0.35	567.9	1.539	392.6	564.3	430.0	10.80	773.86	2042.9	4271.4	1328.6	163.43	44.00	13.93	24.04	3.56	7642.9	221.36	27.60
BR-27	11	25.90	4684.3	4.983	1030.7	1272.7	631.5	51.07	934.71	8418.9	9543.2	2451.7	215.56	79.05	19.04	24.00	4.44	20413.8	313.65	28.44
Total	162	359.90	5752.7	4.161	2241.7	952.1	508.1	40.63	826.16	6752	8800	2360	215.45	75.00	21.65	26.90	4.52	17912.0	312.08	31.42

Fig. II-1-7 Vertical Variation of Elements, BRL-2 and BRL-3  
 BRL-2(98.55m)



BRL-3(100.70m)

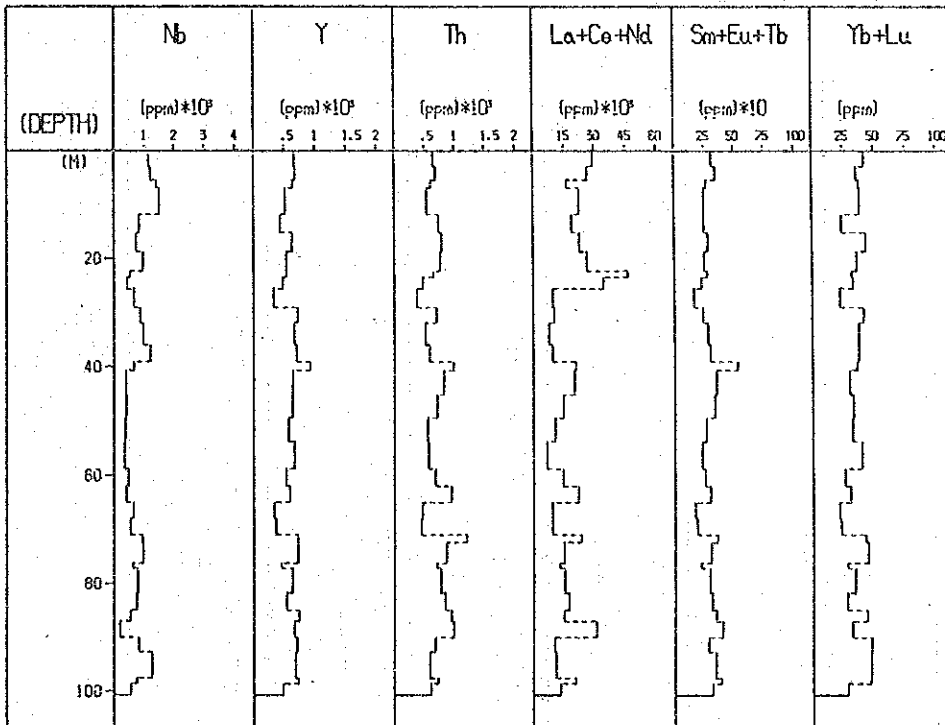
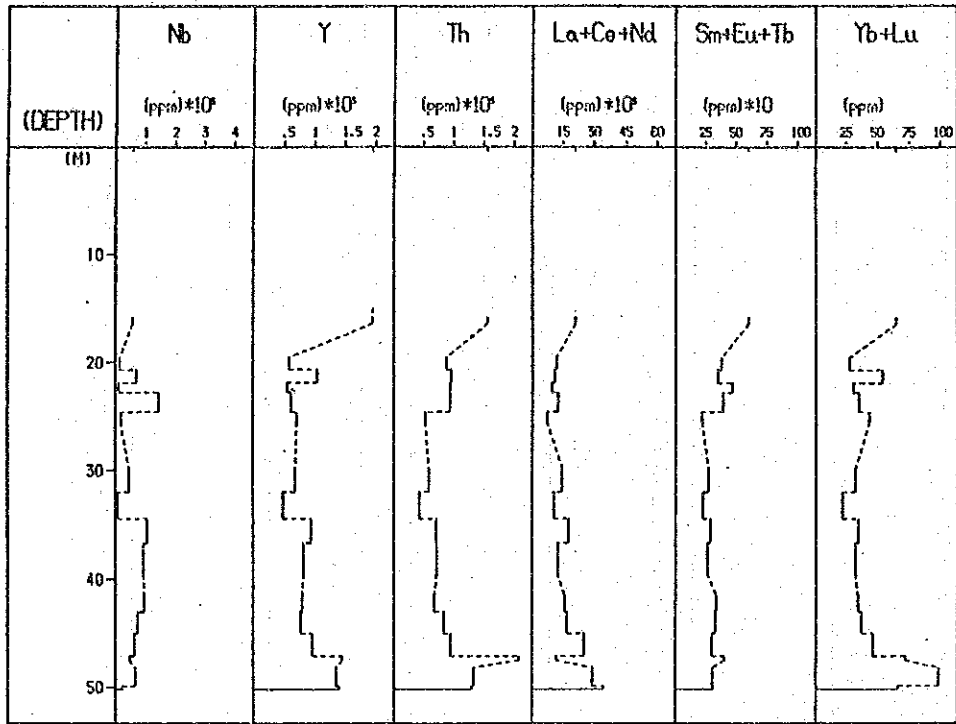
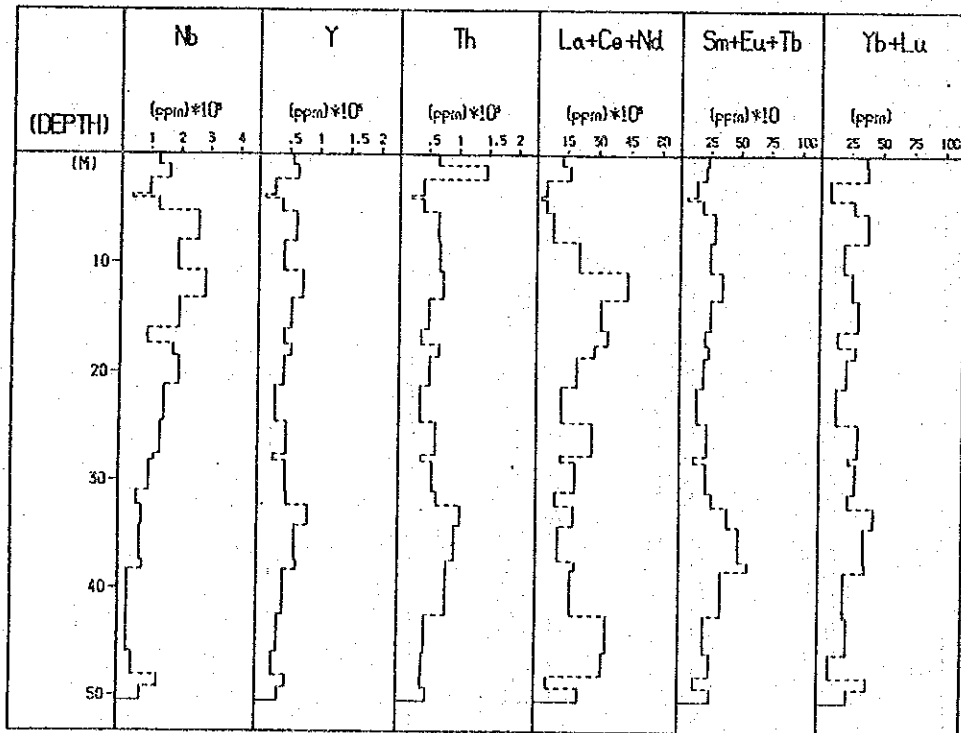


Fig. II-1-8 Vertical Variation of Elements, BR-17 and BR-24  
BR-17 (50.20m)



BR-24 (50.50m)



うものとしてBRL-2及びBRL-3について考察する。

BRL-2：地下水位面（海拔1,295m前後）を境とし、上部で、各元素又は各元素グループの濃集があり、下部でこの現象がないのが明瞭に認められる。

BRL-3：Nbを除き各元素の垂直変化が明瞭でない。これは、本孔周辺におけるカーボナタイトが、地下水位面上であっても、風化作用を殆んどうけていない事実と一致する。

以上は、第2年次のBRL-1孔における結果と極めて整合的である。

#### 1-4-4 鉍量計算

鉍化帯の水平的な形態位置づけを地質調査と2ヶ年の全ボーリング孔における各元素の品位分布から決定し（Fig. II-1-2）、一方、鉍化帯の垂直的な層別を、各孔を通る東西及び南北方向のパネル分析値断面（Fig. II-1-9~12）を検討することにより決定した。

品位の区分はLa+Ce+Nd含有量に注目して実施した。La, Ce, Ndは鉍石レベルの%単位で分析され、地化深レベルのppm単位で分析された他の元素より分析精度が高く、信頼性がおけることによる。

東西品位パネル断面を検討した結果、地下水位面（海拔1295m；各孔ごとに変化がある）を境とし、上部に高品位帯が現れること、上、下部ともに品位分布が不規則で明瞭な品位区別の層状構造を把握することが困難と判断された。また下部の還元帯は全般的にREE, Nbの含有量が低く経済性のある鉍床とは考えにくい（Fig. II-1-13）。従ってこの鉍量計算では酸化帯の鉍量に限定し、更にBRL-3やBR-1の周辺の新鮮岩が分布する部分も計算から除外した。

鉍量計算に用いた比重は、今回の調査では比重測定を実施していないため、経験的に1.70を用いた。これは酸化帯の岩石がかなり多孔質であり、また、ボーリングにより各所に洞穴が分布するものと判断されたことによる。Table II-1-8に酸化帯の加重平均値、Table II-1-9に還元帯の加重平均値、Table II-1-10に鉍量計算結果を示す。

#### 1-5 岩石・鉍物試験結果

ボーリングコアから採取した試料について、岩石の薄片による観察、鉍石の研磨片による観察、岩石の全岩分析、EPMAによる鉍物の同定、K-Ar法による年代測定、鉍石鉍物の分析及び粒度分布測定、酸素同位体比の測定を実施した。

##### 1-5-1 薄片による観察

本地区においては12試料の顕微鏡観察を実施した。第1~2年次にカーボナタイト質岩は詳しく観察されているので、今回はカーボナタイトに貫かれた、又はその貫入により破碎し

Table II-1-8 Average Value of Elements, Weathered Zone

Component	Unit	No. of sample	Maximum	Minimum	Mean(m)	Total length Analyzed(m)
BA	PPM	228	126000	5700	44906.0	676.90
SR	PPM	228	7780	226	1654.3	676.90
NB	PPM	228	4950	70	1037.7	676.90
Y	PPM	228	1950	105	724.6	676.90
U	PPM	228	429	1	48.6	676.90
TH	PPM	228	2084	81	918.7	676.90
LA	PPM	228	23100	400	7959.0	676.90
CE	PPM	228	24400	1000	10043.7	676.90
ND	PPM	228	8000	300	2716.4	676.90
SM	PPM	228	494.0	42.0	267.05	676.90
EU	PPM	228	198.0	10.9	80.19	676.90
TB	PPM	228	77.6	2.6	27.22	676.90
YB	PPM	228	82.1	4.8	32.88	676.90
LU	PPM	228	16.5	1.1	5.21	676.90

Table II-1-9 Average Value of Elements, Fresh Zone

Component	Unit	No. of sample	Maximum	Minimum	Mean(m)	Total length Analyzed(m)
BA	PPM	89	90600	4800	33800.1	316.50
SR	PPM	89	29600	850	2932.8	316.50
NB	PPM	89	3100	125	810.0	316.50
Y	PPM	89	980	225	521.5	316.50
U	PPM	89	124	1	13.8	316.50
TH	PPM	89	1545	225	618.5	316.50
LA	PPM	89	22600	690	5601.4	316.50
CE	PPM	89	20400	1900	7282.0	316.50
ND	PPM	89	6200	500	2152.0	316.50
SM	PPM	89	633.5	83.3	210.97	316.50
EU	PPM	89	169.4	23.5	61.16	316.50
TB	PPM	89	38.2	3.2	18.09	316.50
YB	PPM	89	41.8	6.3	25.42	316.50
LU	PPM	89	6.7	1.5	4.04	316.50



Table II-1-10 Buru Hill 鉍床の鉍量・品位一覧表

鉍量 (Ton)	La (%)	Ce (%)	Pr*1 (%)	Nd (%)	Sm (ppm)	Eu (ppm)	Tb (ppm)	Yb (ppm)	Lu (ppm)	Y (ppm)
粗鉍量 10,700,000	0.796	1.004	0.09	0.272	261	80	27	33	5.2	724
希土類元素 酸化物総量 280,000	0.931	1.235 <sup>#2</sup>	0.107	0.318	310	93	31	38	6.0	919
		2.59 %					478 ppm			919
Total Re <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 品位					2.63 %					

他の元素 ; Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : 0.12%

P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : 1.32%

\*1 : バストネサイトにおける平均含有量からの推定値

\*2 : CeO<sub>2</sub>



# LEGEND

Nb (ppm)		Th (ppm)		Y (ppm)		L La+Ce+Nd (ppm)		M Sm+Eu+Tb (ppm)		H Yb+Lu (ppm)	
█ Above	1800	█ Above	1800	█ Above	1300	█ Above	36000	█ Above	540	█ Above	50
█ 1600 -	1800	█ 1600 -	1800	█ 1050 -	1300	█ 32000 -	36000	█ 480 -	540	█ 45 -	50
█ 1400 -	1600	█ 1400 -	1600	█ 900 -	1050	█ 28000 -	32000	█ 420 -	480	█ 40 -	45
█ 1200 -	1400	█ 1200 -	1400	█ 750 -	900	█ 24000 -	28000	█ 360 -	420	█ 35 -	40
█ 1000 -	1200	█ 1000 -	1200	█ 600 -	750	█ 20000 -	24000	█ 300 -	360	█ 30 -	35
█ 800 -	1000	█ 800 -	1000	█ 450 -	600	█ 16000 -	20000	█ 240 -	300	█ 25 -	30
█ 600 -	800	█ 600 -	800	█ 300 -	450	█ 12000 -	16000	█ 180 -	240	█ 20 -	25
█ 400 -	600	█ 400 -	600	█ 150 -	300	█ 8000 -	12000	█ 120 -	180	█ 15 -	20
█ Below	400	█ Below	400	█ Below	150	█ Below	8000	█ Below	120	█ Below	15

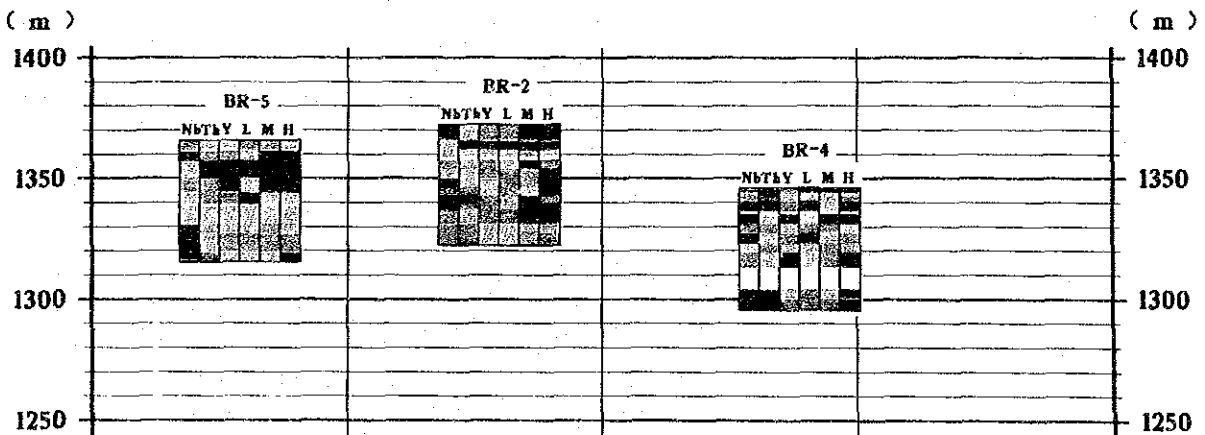
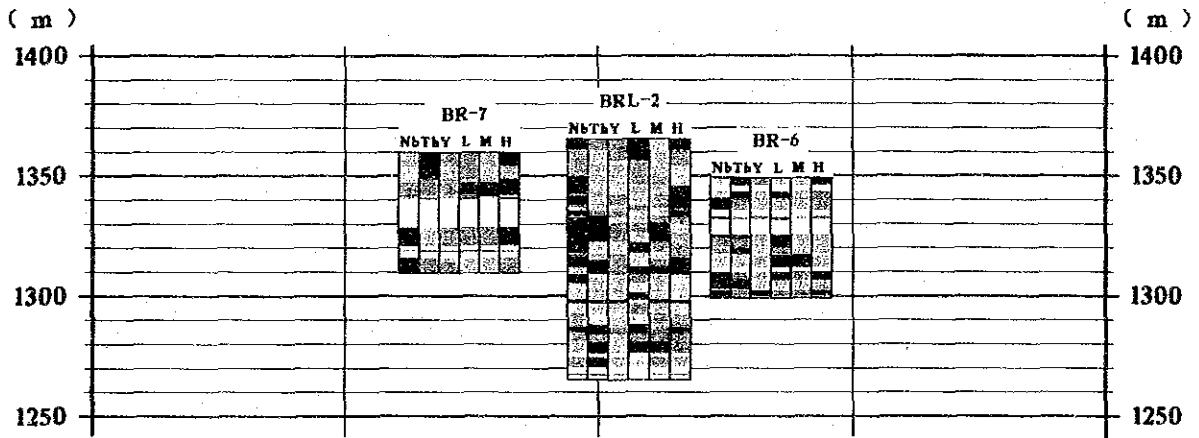
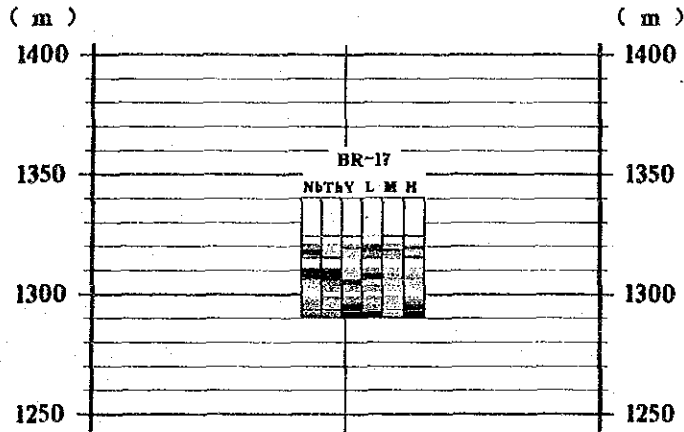


Fig. II-1-9 Assay Cross Sections, E-W -- (1)



### LEGEND

Nb (ppm)		Th (ppm)		Y (ppm)		L La+Ce+Nd (ppm)		M Sm+Eu+Tb (ppm)		H Yb+Lu (ppm)	
■ Above	1800	■ Above	1800	■ Above	1300	■ Above	36000	■ Above	540	■ Above	50
▨ 1600 -	1800	▨ 1600 -	1800	▨ 1050 -	1300	▨ 32000 -	36000	▨ 480 -	540	▨ 45 -	50
▧ 1400 -	1600	▧ 1400 -	1600	▧ 900 -	1050	▧ 28000 -	32000	▧ 420 -	480	▧ 40 -	45
▦ 1200 -	1400	▦ 1200 -	1400	▦ 750 -	900	▦ 24000 -	28000	▦ 360 -	420	▦ 35 -	40
▥ 1000 -	1200	▥ 1000 -	1200	▥ 600 -	750	▥ 20000 -	24000	▥ 300 -	360	▥ 30 -	35
▤ 800 -	1000	▤ 800 -	1000	▤ 450 -	600	▤ 16000 -	20000	▤ 240 -	300	▤ 25 -	30
▣ 600 -	800	▣ 600 -	800	▣ 300 -	450	▣ 12000 -	16000	▣ 180 -	240	▣ 20 -	25
▢ 400 -	600	▢ 400 -	600	▢ 150 -	300	▢ 8000 -	12000	▢ 120 -	180	▢ 15 -	20
■ Below	400	■ Below	400	■ Below	150	■ Below	8000	■ Below	120	■ Below	15

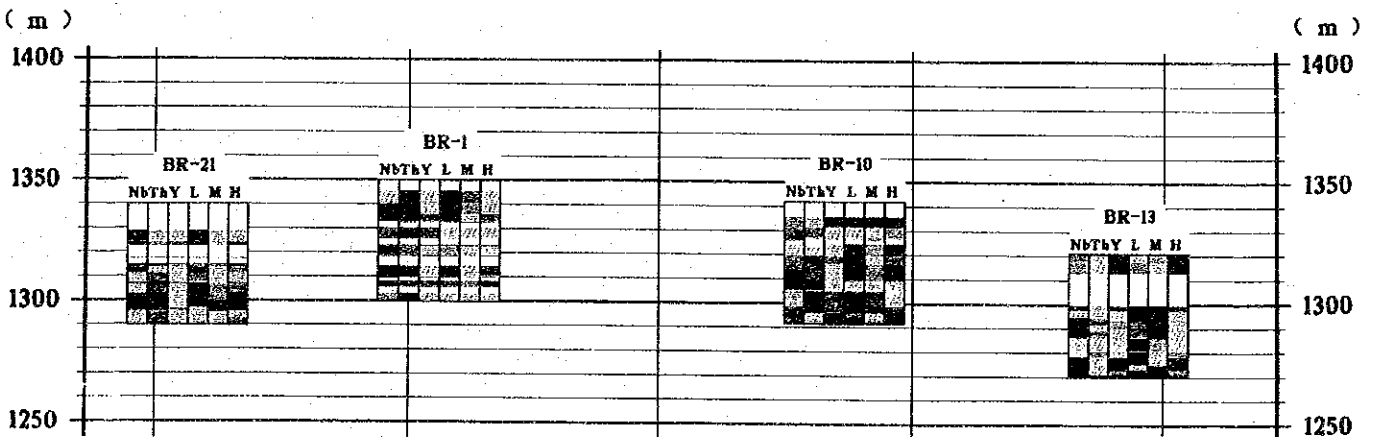
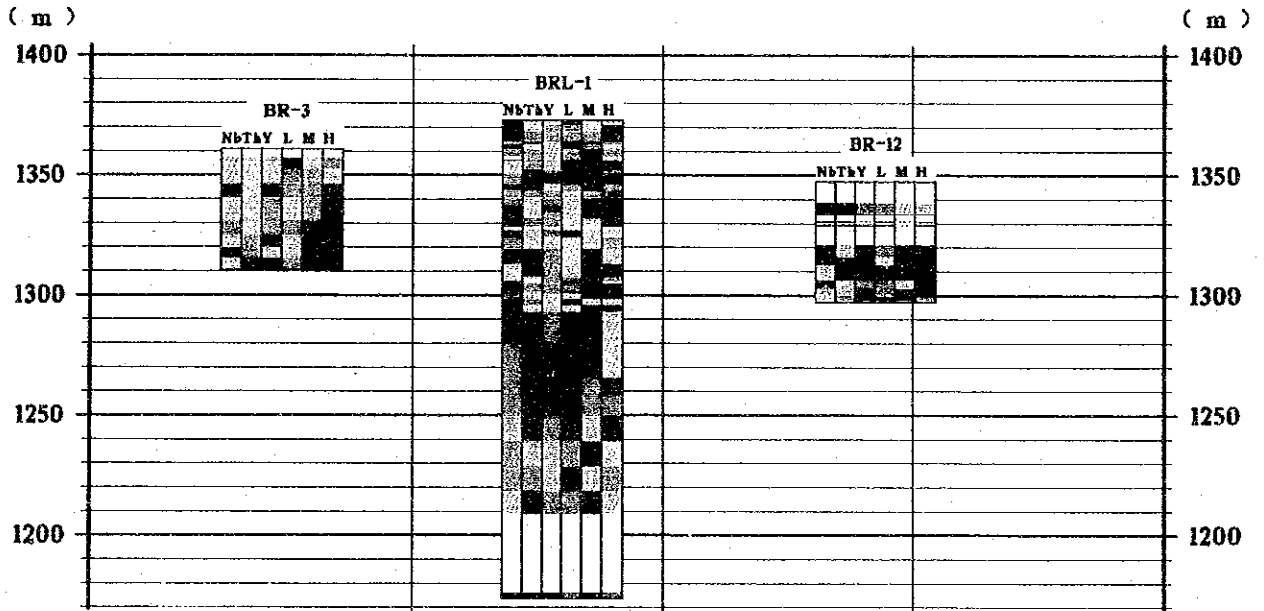


Fig. II-1-10 Assay Cross Sections, E-W - (2)



# LEGEND

Nb (ppm)		Th (ppm)		Y (ppm)		L La+Ce+Nd (ppm)		M Sm+Eu+Tb (ppm)		H Yb+Lu (ppm)	
■ Above	1800	■ Above	1800	■ Above	1300	■ Above	36000	■ Above	540	■ Above	50
▨ 1600 -	1800	▨ 1600 -	1800	▨ 1050 -	1300	▨ 32000 -	36000	▨ 480 -	540	▨ 45 -	50
▧ 1400 -	1600	▧ 1400 -	1600	▧ 900 -	1050	▧ 28000 -	32000	▧ 420 -	480	▧ 40 -	45
▦ 1200 -	1400	▦ 1200 -	1400	▦ 750 -	900	▦ 24000 -	28000	▦ 360 -	420	▦ 35 -	40
▥ 1000 -	1200	▥ 1000 -	1200	▥ 600 -	750	▥ 20000 -	24000	▥ 300 -	360	▥ 30 -	35
▤ 800 -	1000	▤ 800 -	1000	▤ 450 -	600	▤ 16000 -	20000	▤ 240 -	300	▤ 25 -	30
▣ 600 -	800	▣ 600 -	800	▣ 300 -	450	▣ 12000 -	16000	▣ 180 -	240	▣ 20 -	25
▢ 400 -	600	▢ 400 -	600	▢ 150 -	300	▢ 8000 -	12000	▢ 120 -	180	▢ 15 -	20
■ Below	400	■ Below	400	■ Below	150	■ Below	8000	■ Below	120	■ Below	15

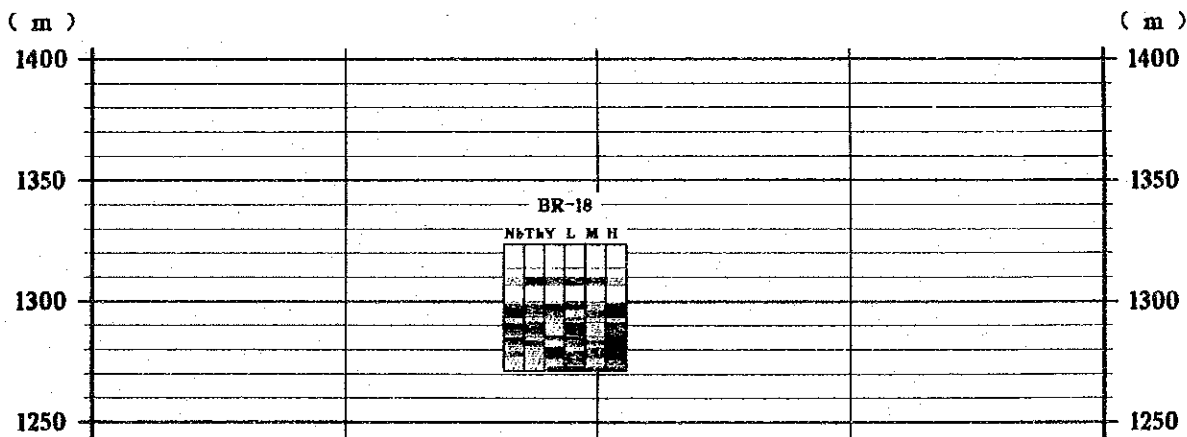
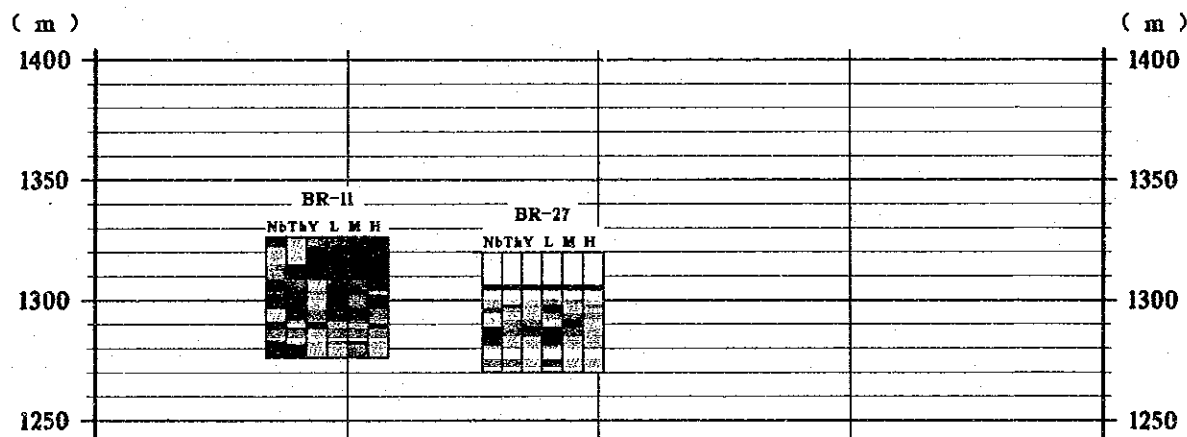
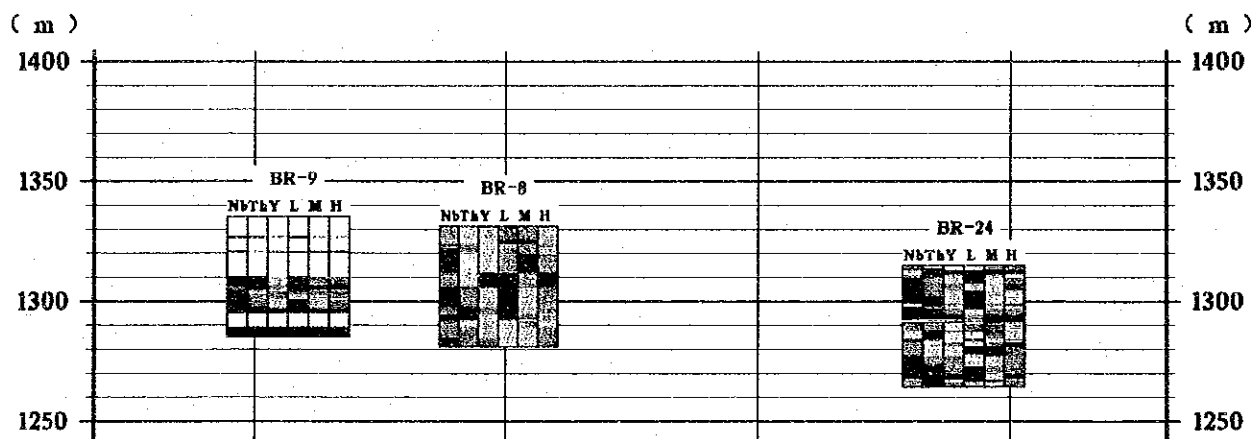


Fig. II-1-11 Assay Cross Sections, E-W - (3)





# LEGEND

Nb (ppm)		Th (ppm)		Y (ppm)		La+Ce+Nd (ppm)		Sm+Eu+Tb (ppm)		Yb+Lu (ppm)	
1800	Above	1800	Above	1800	Above	36000	Above	540	Above	50	Above
1600	1600 -	1600	1600 -	1050	1050 -	32000	32000 -	540	540 -	50	45 -
1400	1400 -	1400	1400 -	900	900 -	28000	28000 -	480	480 -	45	40 -
1200	1200 -	1200	1200 -	750	750 -	24000	24000 -	420	420 -	40	35 -
1000	1000 -	1000	1000 -	600	600 -	20000	20000 -	360	360 -	35	30 -
800	800 -	800	800 -	450	450 -	16000	16000 -	300	300 -	25	25 -
600	600 -	600	600 -	300	300 -	12000	12000 -	240	240 -	20	20 -
400	400 -	400	400 -	150	150 -	8000	8000 -	180	180 -	15	15 -
Below	Below	Below	Below	Below	Below	Below	Below	Below	Below	Below	Below

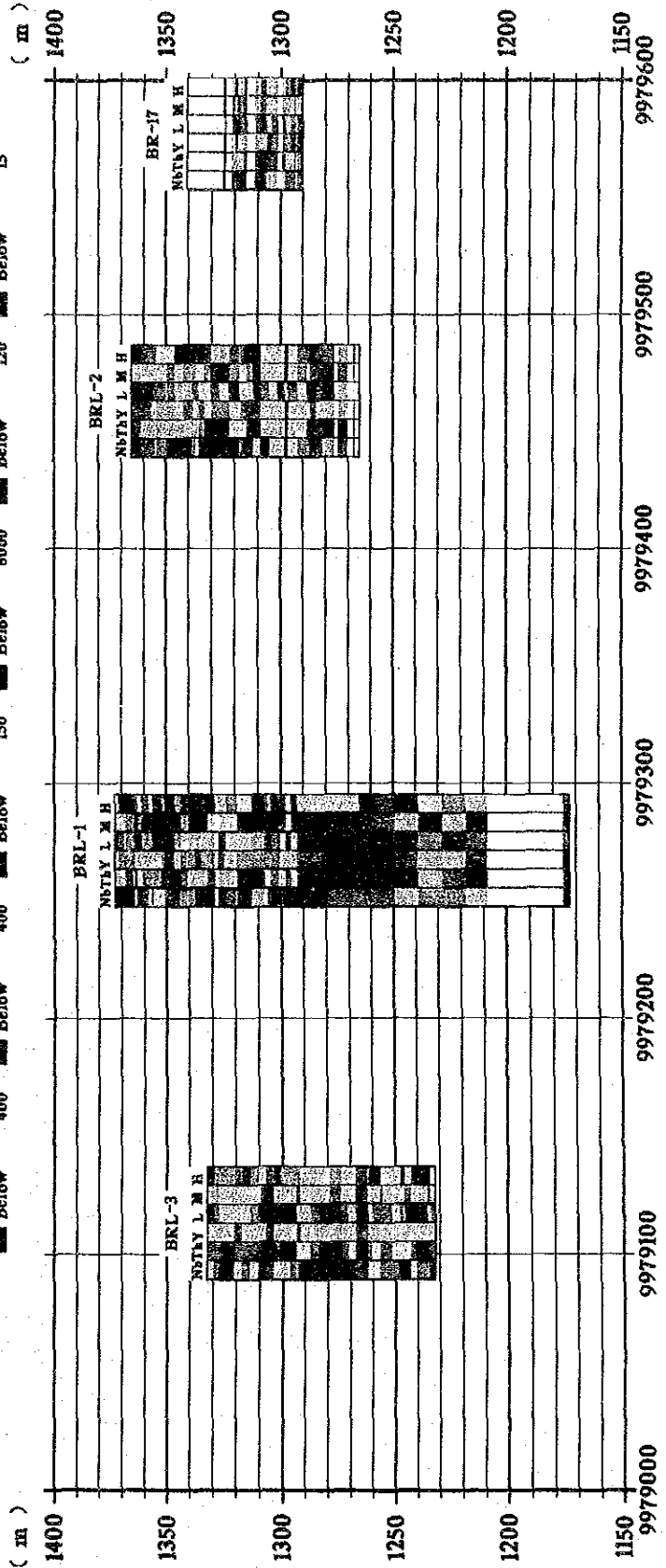


Fig. II-1-12 Assay Cross Sections, N-S



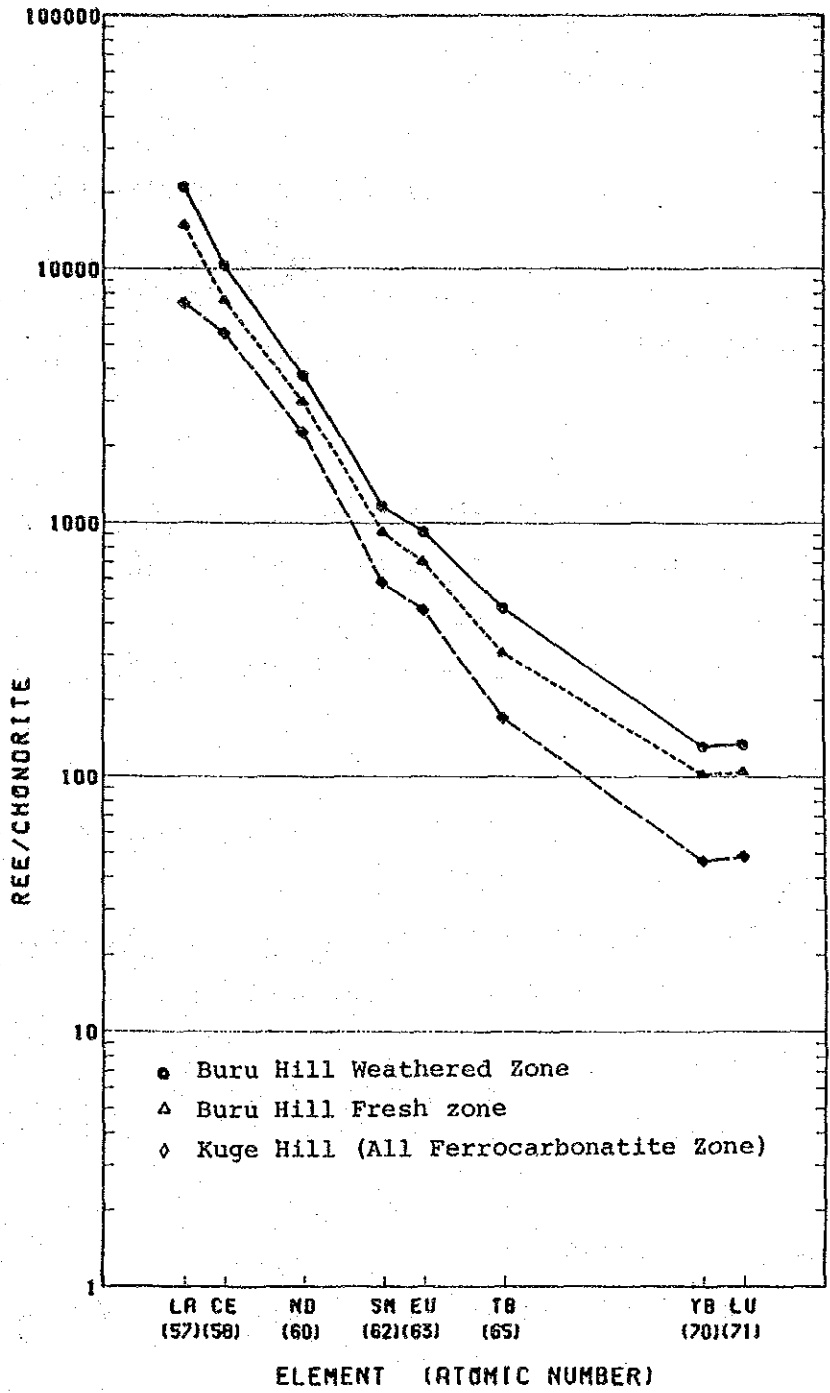


Fig. II-1-13 Chondrite Normalized Patterns of Carbonatites in the Buru Hill

た片麻岩を主な対象とした。Apx.3に検鏡結果一覧表, Apx.4に検鏡記載を示す。

#### (1) 花崗岩質片麻岩及び角閃石片麻岩

花崗岩質片麻岩は, 細く破碎したカリ長石・斜長石・石英からなる基質中に, 細破碎から逃れた残存鉱物(ポーフィロクラスト)として, 径1~2mmの斜長石とカリ長石が含まれる。これらのポーフィロクラストを取り囲むように絹雲母が生成する。花崗岩起源は明瞭である。

角閃石片麻岩は, アクチノライト-トリモライト系と思われる針状の角閃石結晶が, 他形~半自形の斜長石とともに平行配列を示す。この他に自形の緑レン石と, 黒雲母結晶が存在する。

#### (2) 破碎片麻岩

カーボナタイト貫入岩体の上部(南部の潜頭岩体)や縁辺部(主岩体)には, 貫入に伴う片麻岩の角礫化又は破碎化が著しい。これらは一般に, 細片化した花崗岩質片麻岩の隙間を, i) 炭酸塩鉱物, ii) ゲータイト又は赤鉄鉱からなる鉄鉱物, iii) この両者が充填する組織を有している。南部岩体は鉄鉱物の充填のみであるが, 主岩体では, 三種の充填が認められる。

#### (3) カーボナタイト

カーボナタイト岩体周辺の最末期のアルビカイト質岩脈(BR-20-B)は, 微細糖晶質組織を有し, 少量の緑レン石と不透明鉱物を含む。

K-Ar法年代測定に供したカーボナタイト(BRL-1-I)は, 細粒自形黒雲母をかなり多量に含む。この黒雲母は分離され, 年代測定に供された。

#### (4) フォノライト

BRL-2の最下底部には, ラミナを有する白色細粒の火山岩が分布する。本岩は検鏡によりフォノライト質凝灰岩又は溶結凝灰岩と判定される。

### 1-5-2 研磨薄片による観察

本地区では15試料の観察を行った。検鏡結果一覧表をApx.5に検鏡記載をApx.6に示す。

#### (1) カーボナタイト

炭酸塩鉱物は, 方解石を主体とし, 菱鉄鉱を含む。一般に珪酸塩鉱物は微量含まれるのみである。REE鉱物のバストネサイトは, 微細結晶が大部分で, やや大きな結晶も微細結晶の集合体が多く, 同定はかなり困難である。不透明鉱物は, ゲータイト, 赤鉄鉱, レピトリロサイトを主体とする。これらの大部分は磁鉄鉱から変化したものと考えられる。BRL-1, BRL-3及びBR-24を含む地区では, 黄鉄鉱の他, 白鉄鉱, 方鉛鉱, 一部に金粒が

認められる。

## (2) Fe-Mn 鉱

鉄鉱物の他にマンガン鉱物を多量に含む。X線回折試験を併用した結果、これらマンガン鉱物はパイロルーサイト、サイロメレーン鉱、水マンガン鉱 (manganite) からなることが判明した。パイロルーサイトは、風化による二次鉱物と判定される。

### 1-5-3 全岩分析結果

本地区では10試料の分析を行った。すでに過去2年間に新鮮なカーボナタイト質岩の分析が十分行われているため、今回は風化岩を主な対象とした。分析結果一覧表をApx.7に示す。

#### (1) カーボナタイト (ラテライト化)

$\text{Fe}_2\text{O}_3$ : 44.26%,  $\text{CaO}$ : 17.02%で、カーボナタイトの平均 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ : 17.78%,  $\text{CaO}$ : 32.5%, Phase II 報告書) と比較すると、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  が2.5倍、 $\text{CaO}$  が52%であり、炭酸塩鉱物の溶脱と鉄鉱物の富化が顕著である。このほかに $\text{P}_2\text{O}_5$ の減少が著しい。 $\text{FeO}$ が微量となっているのは、磁鉄鉱の酸化に起因する。

#### (2) フェロカーボナタイト (風化岩)

$\text{Fe}_2\text{O}_3$ : 平均47%,  $\text{CaO}$ : 平均7.6%であり、新鮮なフェロカーボナタイトに比較して、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ が1.4倍、 $\text{CaO}$ が38%であり、カーボナタイトと同様な傾向を示す。 $\text{FeO}$ は微量であり、磁鉄鉱は完全に酸化～水酸塩鉱物に変化していることを示す。

#### (3) Mn-Fe 鉱 (風化岩)

$\text{Fe}_2\text{O}_3$ : 約60%,  $\text{CaO}$ : 平均3.7%,  $\text{MnO}$ : 平均13%であり、新鮮な岩石との成分の差は少ない。しかし、上記2岩種と同様 $\text{FeO}$ は微量となっている。

#### (4) 角礫化片麻岩 (風化)

南部潜頭カーボナタイト岩体の直上に分布する角礫化～破砕片麻岩は、礫間を鉄質の基質で充填されている。これらの岩石は、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ : 平均26.4%,  $\text{MnO}$ : 平均2.9%,  $\text{BaO}$ : 平均2.9%で、その合計量は32.2%である。これに $\text{SiO}_2$ の平均42.5%を合算すると合計74.7%となる。これは当地区の平均的な花崗岩質片麻岩の値に相当する。重量の約1/3が、カーボナタイトからもたらされたと考えられる鉱化物質で占められている。

#### (5) 緑泥石に富む角礫化カーボナタイト (新鮮岩)

本岩は、一般の塊状・均質なカーボナタイトに比較して、 $\text{SiO}_2$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ に富んでいる。この角礫化カーボナタイトは、風化による変質をうけていない(酸素同位体の項参照)ことから、角礫化は、カーボナタイト貫入末期に濃集した、珪酸塩に富む残液の注入により形成されたものと判断される。

#### 1-5-4 EPMAによる鉱物の同定と組成の決定

本地域のボーリングコアから6試料を採取して、鉱物組成の判定と鉱物の定量分析を行った。試料の概要と鉱物組成をApx.8に、鉱物の定量分析結果をApx.9, そのSEM像をApx.10にそれぞれ示す。

##### (1) 鉱物組成

カーボナタイトは、方解石とMnに富む菱鉄鉱を主要炭酸塩鉱物とする。この他に菱鉄鉱とアンケライトが炭酸塩鉱物として含まれる。副成分は、重晶石、赤鉄鉱、ゲータイト、アパタイト、螢石等であり、微量鉱物としてパイロクロア、金雲母、ランシアイト（一部はBaに富む）、バストネサイト等である。一試料に黄鉄鉱と閃亜鉛鉱、他の一試料に方鉛鉱が含まれる。

フェロカーボナタイトにも同様な鉱物種が含まれる。しかし、ゲータイトや赤鉄鉱等の鉄鉱物が炭酸塩鉱物より多い。

##### (2) 鉱物組成の定量

定量分析；Buru Hill鉱床の主要REE鉱物であるバストネサイト、Nb鉱物のパイロクロア、当鉱床の主要マンガン鉱物ランシアイト、各種鉱石に多産する重晶石及びREEに富む炭酸塩鉱物の5種21鉱物粒の組成が測定された。各鉱物における測定はそれぞれ3点で行なわれた。各鉱物の組織及び組成上の特徴は次のとおりである。

バストネサイト：微細針状結晶の集合又は同放射状集合体からなる。LaとCeに富みNdに乏しいものと、Ndに富みLaに乏しいものが同定された。 $\text{La}_2\text{O}_3 + \text{CeO}_2 + \text{Nd}_2\text{O}_3$ は46%~56%と幅が広い。これは、微細針状結晶のため、バックグラウンドの影響を受けていることによるものと思われる。

パイロクロア：六角状の比較的粗粒な自形結晶として産す。 $\text{Nb}_2\text{O}_5$ ：65~67%， $\text{Ta}_2\text{O}_5$ ：7~10%， $\text{TiO}_2$ ：2~4%で、組成はかなり一定である。

ランシアイト：他鉱物の粒間を不規則にうめる鉱物として産す。 $\text{MnO}$ ：55~59%， $\text{BaO}$ ：15~16%， $\text{FeO}$ ：2~4%であり、組成の一定なBa質のランシアイトである。

重晶石：粒状自形結晶が多い。 $\text{BaO}$ と $\text{SO}_3$ で99%を占め、不純物の少ない一定組成を示す。

REEに富む炭酸塩鉱物：バストネサイトと同様に細粒針状結晶の集合として、一試料同定された。 $\text{MnO}$ ：24%， $\text{CeO}_2 + \text{La}_2\text{O}_3 + \text{Nd}_2\text{O}_3$ ：25%が主成分であり、他に $\text{CaO}$ ：8%， $\text{BaO}$ ：5%， $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ：2%等が分析された。鉱物名は未詳である。

#### 1-5-5 K-Ar法年代測定

第2年次のボーリングBRL-1の148m付近に、細粒の黒雲母を含む新鮮なカーボナタイト

トが分布する。Homa Bay地域における他のカーボナタイトについては既に多数の測定結果があるので、Buru Hillカーボナタイトの年代を知り、同時に他のカーボナタイトの比較をする目的で、1試料についてK-Ar法による年代測定を実施した。測定結果は次のとおりである。

試料番号	測定鉱物	放射年代 (Ma)	<sup>40</sup> Ar	% <sup>40</sup> Ar	%K
			[sec/gm × 10 <sup>-5</sup> ]		
BRL-1-I	黒雲母	22.2 ± 1.1	0.537	40.4	6.10
			0.526	47.0	6.08
			0.525	61.6	

測定された放射年代22.2 ± 1.1Maは、中新世の初期に相当する。Homa Bay地域の他のカーボナタイト岩体では、Rangwa: 主な活動は11Ma以降、初期ソーバイトの活動は19.6Ma以前、Wasaki半島: 12~16Ma、Ruri Hills: 5.5~7.7Ma、Homa Mountain: 2.9~12.0Ma (以上Le Bas, 1977) であるので、Buru Hillカーボナタイトの貫入は、Homa Bay地域では、Rangwaの初期活動を除いて最も古い活動といえる。

なお、Legetet Hillのカーボナタイトを覆うメラネフェリナイト溶岩のK-Ar年代は10.7Ma (第1年次報告書) であるので、近接するLegetet Hill及びBuru Hillカーボナタイトの活動はともにTindred山の火山活動 (5.6~9.9Ma, Pickfordほか; 1981) に先立つものと判断される。

### 1-5-6 鉍石鉍物の分析及び粒度分布測定

#### (1) 概要

Buru Hillカーボナタイト岩体から、カーボナタイト、フェロカーボナタイト、珪質鉍、石灰-鉄質鉍及びマンガン質岩の5岩種について、鉍石鉍物を比重分離し、REE鉍物 (バストネサイト) の粒径の測定と、鉍石鉍物の化学分析を行った。

分離手法は、岩石を-60メッシュに粉碎し、その後10%濃度の希塩酸で可溶性炭酸塩鉍物を除去、さらに残渣に対し、パンニングをくり返し、重鉍物を採取した。実際には、カーボナタイト中の、各種鉍物 (磁鉄鉍、赤鉄鉍、重晶石、ゲータイト、バストネサイト) の比重が非常に近似していること、バストネサイトが微細針状結晶の集合からなり、他の鉍物間をうめていることなどから単独分離は困難であり、最終的に得られたものは、これらの鉍物の集合体である。粒径の測定は、得られた微粒物質の薄片を作成し、顕微鏡下で行った。

#### (2) 粒径測定結果及び化学分析結果

Apx.11に粒径測定結果、Apx.12に化学分析結果を示す。

鏡下におけるバストネサイトは、各種鉱石ともほぼ同様な産状を示し、最大径0.5mm、大部分は0.1mm以下の微粒子である。全体的には、カーボナタイトが他種鉱石に比べて、やや粒径が大きい傾向がある。この粒径が全般に小さいことは選鉱の際の障害になる可能性を示す。

化学分析結果は、バストネサイトが比重分離法のみでは単体分離がかなり困難であり、鉱物試験用の十分な量の鉱物採取を行うためには、浮遊選鉱、静電分離、電磁分離等各種の手法を組合せた分離方法を取る必要があることを示す。

### 1-5-7 酸素同位体比の測定

#### (1) 目的・試料概要

Buru Hillカーボナタイト岩体の進入レベル又は岩体の垂直方向における位置を把握する目的で、新鮮なカーボナタイト質岩5試料、風化カーボナタイト1試料、炭酸塩鉱物化をうけたネフェリナイト1試料、風化したカーボナタイトの晶洞に生成した方解石1試料、カーボナタイト岩体周囲の基盤の片麻岩2試料、合計10試料に対し、酸素同位体の測定を実施した。

#### (2) 測定結果とその解釈

測定結果をTable II-1-11に示す。

新鮮なカーボナタイト、フェロカーボナタイト、珪質鉄鉱石及び炭酸塩鉱物化ネフェリナイトは、 $\delta O^{18} = 10.1 \sim 13.7\%$  (平均11.2)である。この値は、東ウガンダのカーボナタイトの組成範囲 ( $\delta O^{18} = 8.0\% \sim 13.7\%$ ) に類似し、調査地区カピロンドリフト内の他のカーボナタイト岩体の組成範囲 (Rangwa:  $\delta O^{18} = 10.1 \sim 28.2\%$ , North Ruri:  $\delta O^{18} = 9.4 \sim 26.5\%$ , South Ruri:  $\delta O^{18} = 11.8 \sim 25.3\%$ , Homa Mountain:  $\delta O^{18} = 9.7 \sim 22.5\%$ ) に比較して著しく狭い (測定値はDeins and Gold, 1973)。カピロンドリフト内のカーボナタイトは、東ウガンダのカーボナタイトに比較して、浸食レベルが浅く、表層に近い火山-火山底成の岩石組み合わせであるのに対し、東ウガンダのカーボナタイトは、火山底成の岩石組成を示す。両者における同位体組成範囲の違いは、カピロンドリフト内のカーボナタイトが表層の変質プロセスをうけたことに起因する (Deins and Gold, 1973) と説明されることから、東ウガンダのカーボナタイトの組成範囲に似るBuru Hillに分布するカーボナタイトの現在の浸食レベルは、火山底部に相当する可能性が強い。

珪質鉄鉱石は、カーボナタイトとほぼ同じ同位体組成を示す。本岩は、鉱物組成・組織が低温熱水成の性質を示すことから、カーボナタイト生成時の珪酸に富む残液が、天水と反応して生成した可能性が考えられた (2年次報告書)。しかし、測定結果は、カーボナタ



Table II-1-11 Oxygen Isotope Data of the Buru Hill Carbonatite Complex

Sample Number	Location (Depth:m)	Sample Description	Type	$\delta^{18}\text{O}$ (SMOW) (0/00)
BRL-1-G*	180.00	Greenish grey altered nephelinite subjected to strong carbonitization	WR	+11.5
BRL-1-H*	198.10	Dark grey medium-grained magnetite rich ferro-carbonatite	WR	+10.1
BRL-1-J*	76.00	Black small calcite crystals in a dross of weathered carbonatite	Cal	+25.9
BRL-2-F	83.50	Pale grey to white banded fine-grained carbonatite	WR	+13.7
BRL-3-G	57.40	Pale grey to white banded fine-grained carbonatite rich in magnetite	WR	+10.8
BRL-3-J	84.50	Pale grey carbonatite breccia rich in chlorite	WR	+10.3
BR-04-A*	10.40	Dark grey compact very fine-grained siliceous iron ore	WR	+11.0
BR-13-B*	32.80	Dark grey ferrocarbonatite subjected to oxidation by weathering	WR	+5.8
BR-16-A*	30.00	Pale grey biotite bearing granitic gneiss	WR	+8.6
BR-23-B	20.50	Pale grey granitic gneiss rich in porphyroclast of K-feldspar	WR	+7.6

\* Samples taken from Phase II boring, Others are from Phase III boring.  
WR: whole rock, Cal: calcite

イト同様初生マグマ起源を示す。

風化したカーボナタイトは、 $\delta O^{18}=5.8\%$ であり、地表水との反応が明瞭に表れている。

風化したカーボナタイトの晶洞に生成した方解石結晶は、 $\delta O^{18}=25.9\%$ で、他のカーボナタイトより著しく高い値を示す。 $O^{18}$ に富む大気と反応した低温熱水溶液又はCaに富む溶液から生成したものであろう。

カーボナタイト周辺の2種の片麻岩は、近似した酸素同位体組成を示す。これは平均的花崗岩の組成範囲にあり、片麻岩化及びカーボナタイト貫入時における大きな酸素同位体変換がなかったことを示すものかもしれない。

## 1-6 考察

### 1-6-1 鉱化作用の特性

Homa Bay 地区に分布するカーボナタイト岩体の中で、風化帯（酸化帯）が発達した結果二次富化作用が起り、鉱床品位までREE元素が濃集したのはBuru Hillのカーボナタイトのみである。

Buru Hillカーボナタイトは、新第三紀初期に貫入し（22Ma）、その後現在に至るまで熱帯気候下で風化・侵食作用をうけている。侵食作用によりカーボナタイト岩体上部の火山性の部分、すなわち、噴出部、リングダイク部、コーンシート部の大部分が削剥され、現在は火山底部に相当するシリンダー状の塊状部が露出しているものと判断される。この部分は、カーボナタイトの塊状部が貫入した際上方にめくれ上ったとみられる風化に対する抵抗性の強い基盤の花崗岩質片麻岩に囲まれている。従って風化により土壌化又はラテライト化したカーボナタイトの表層部が、侵食によって外部に流出しない構造となっている。これが、Buru Hillにおける風化土壌、ラテライトの形成機構と考えられる。

### 1-6-2 鉱床開発の経済的可能性

Buru Hillのカーボナタイト岩体では、上部の酸化帯に希土類元素の鉱床が形成されている。

この鉱床が将来、経済的開発が可能か否かを判断するためには、鉱量・品位の他に様々なファクターを検討しなければならぬであろう。

これらには、i) 有用元素が有効に抽出できるか、ii) 開発、プラント建設、採鉱・選鉱操業計画に基づく起業費・操業費はどう推定されるか、iii) マーケットはあるか、iv) インフラ・影響影響その他の関連事項に問題がないか、等のファクターである。

しかし、本調査ではこれらは調査の対象事項となっていないので、ここでは、鉱量・品位のみから、現在世界でREEを稼行の対象としている、又は副産物として回収しているカーボ

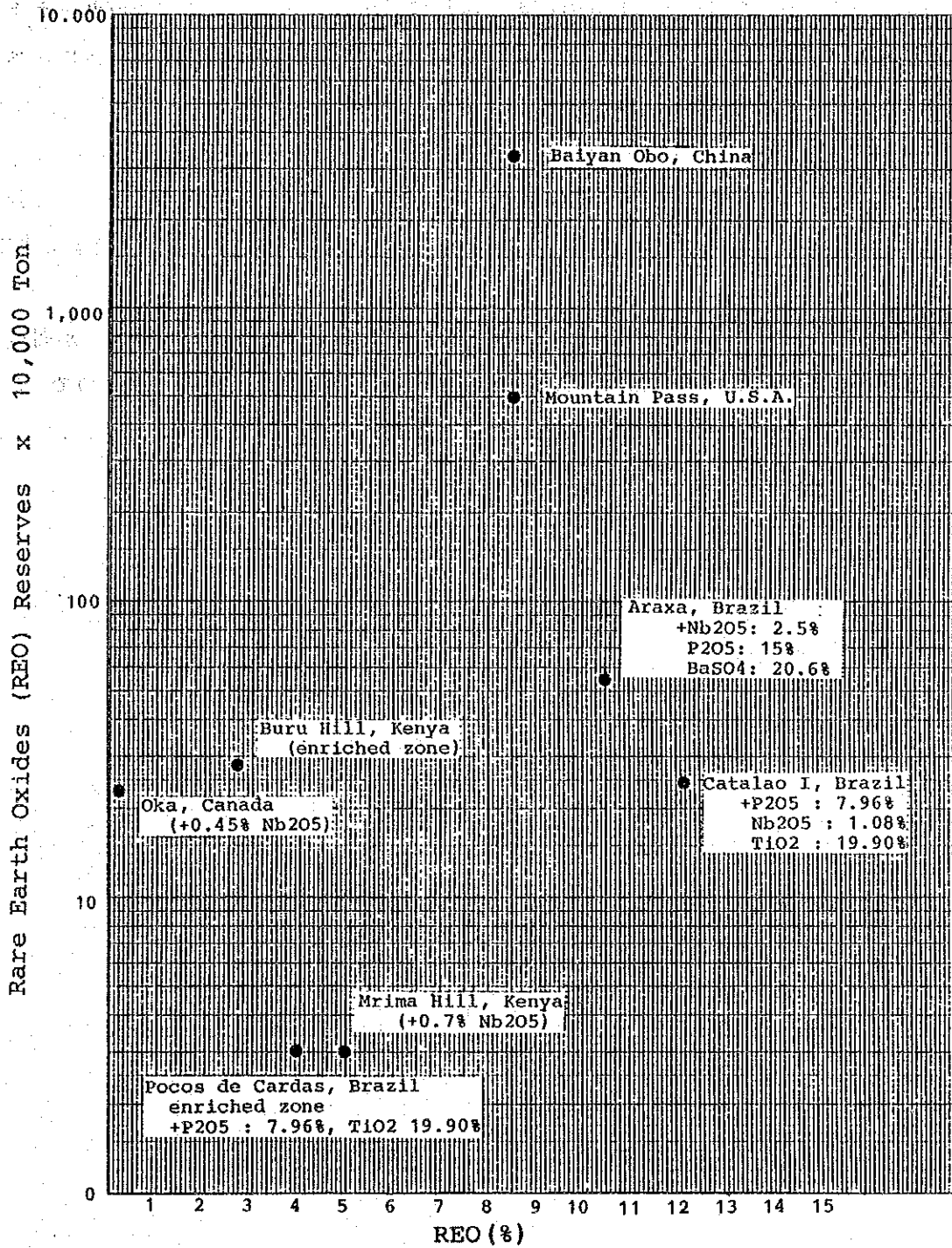


Fig. II-1-14 Grade-Reserve Plots of World Rare Earth Deposits

ナタイト鉱床と比較を試みることにする (Fig. II - 1 - 14)。

Mountain Pass, Baiyan Oboの巨大・高品位鉱床を除けば、ブラジルのカーボナタイト鉱床が良い比較の対象である。Araxa, Catalao 鉱床等は、Buru Hill 鉱床に比べると、鉱量的にはほぼ同水準にあるが、品位はともに10%以上であり、その他ニオブ、燐、チタン、バリウム等が主要産物又は副産物として回収されており、かなり条件が良い。一方、Pocos de Cardos 鉱床は、鉱量は少ないが品位はBuru Hill よりもやや高い。この鉱床は、ブラジル国内用に開発されているが、他に燐や高品位のチタンが生産されている点がREE 鉱床の開発を可能としている理由であろう。

Buru Hill は、REE含有量が低く燐、ニオブ等の副産物の回収が期待できぬ点が弱点である。しかし、この鉱床は露天採掘が容易な形態を有し、または立地条件もよいので、これらのファクターを含めた総合的評価により、将来、経済的開発が可能か否かが判断されることになるものと思われる。

## 第2章 Kuge-Lwala 地区

### 2-1 調査方法

Kuge Hillのカーボナタイト岩体の東端に分布するフェロカーボナタイト岩脈に対してボーリング調査を実施した。

孔数は6本で、掘進長は各々60m、総掘進長は360mである。

ボーリング孔は、南北に100m間隔で配置され、方位はフェロカーボナタイト岩脈に直交するように、又傾斜は西傾斜する岩体を貫くように $-50^{\circ}$ に設定された。

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。必要に応じて鉱物、岩石試験用の試料が採取され各種の試験に供された。鉱化岩は、着脈した部分ごとに分析が行われた。その件数は81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。鉱石の分析結果は、品位、鉱量等の検討に用いられた。

### 2-2 地 質

#### 2-2-1 Kuge-Lwala 地区

Hama Bayの西側のWasaki半島には、アイヨライト及びカーボナタイトの分布がある。Kuge-Lwala地区はこの分布域の南西端にあたり、Kuge HillとLwalaに小カーボナタイト複合岩体が分布する。

Kuge Hillの岩体は、フェロカーボナタイト岩脈をその東端部に伴うアルピカイト質のコンシートからなり、Lwalaの岩体はカーボナタイト礫を含む鉄質角礫岩、カーボナタイト角礫岩及びアルピカイトを主体とする。

Kuge Hillのカーボナタイトコンシートは貫入体の頂部に相当し、地下に塊状岩体の存在が推定される。一方、フェロカーボナタイトは幅30~40m、南北延長約600mであり、西へ急傾斜する。

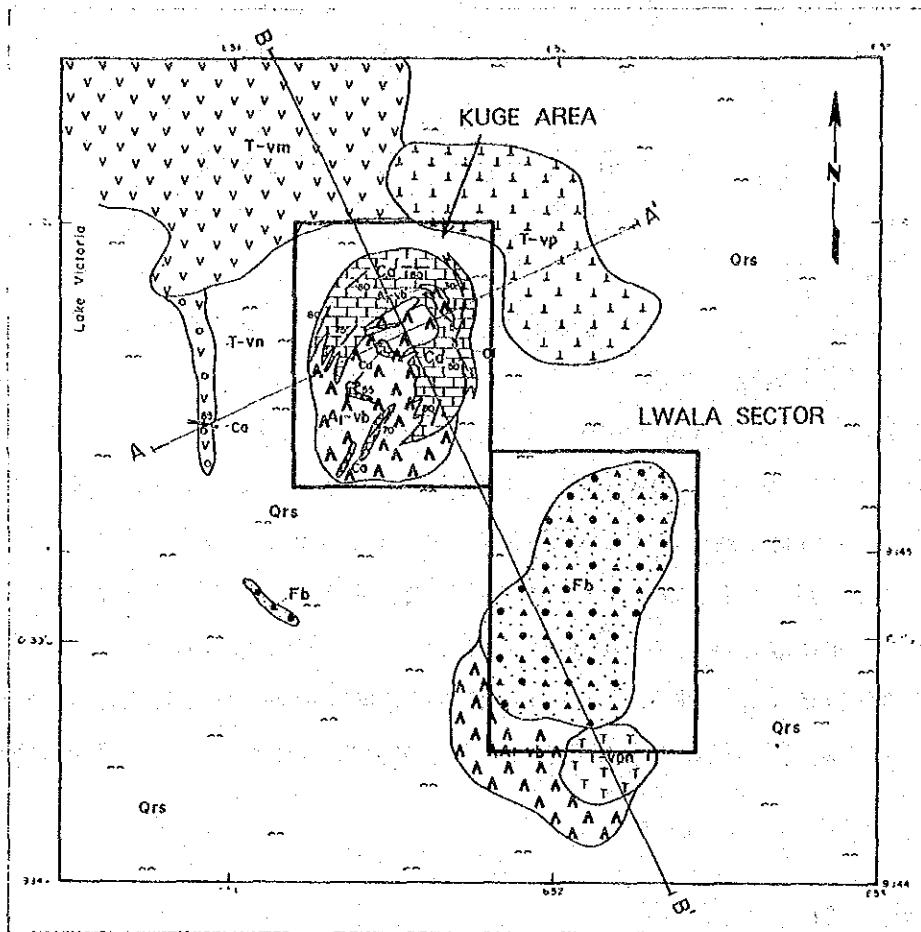
Lwalaのカーボナタイト質岩石群は約0.3km<sup>2</sup>の範囲にまとまって分布する。

本地区の地質図・地質断面図をFig. II - 2-1 (初年次調査結果)に示す。

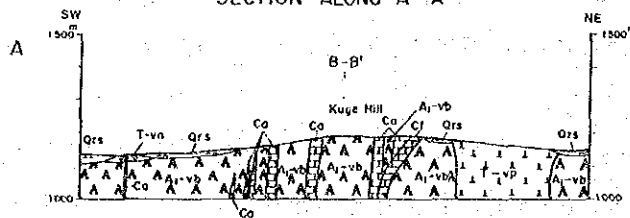
Kuge-Lwala地区の模式地質層序図をFig. II - 2-2、Kuge Hillの地質図をFig. II - 2-3に示す。

#### 2-2-2 Kuge Hillの地質

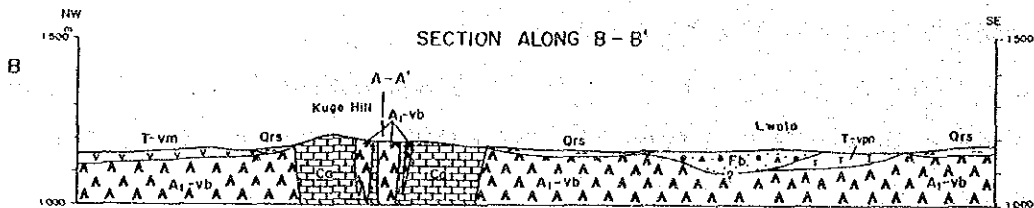
地質は、基盤のNyanzian変玄武岩とこれを貫くアルピカイト、フェロカーボナタイトなどからなる。カーボナタイト岩体の主な貫入構造は南西方向に開いた環状構造である。



SECTION ALONG A-A'



SECTION ALONG B-B'



LEGEND

Qrs	Surficial deposits		Strike and dip of bedding
Fb	Ferruginous breccia		Strike and dip of flow banding
Cf	Ferrocarnotite		Dykes and sheets with dip
Ca	Alvikite		A-A' Line of section
T-vpn	Phonolitic nephelinite		
T-vp	Porphyritic phonolite		
T-vm	Olivine melaneplinite		
T-vn	Nephelinite agglomerate		
A1-vb	Nyanzian metabasalt		

Fig. II-2-1 Geological Map of the Kuge - Lwala Area

Geologic age	Unit	Geologic column		Rock facies	Event
		KUGE	LWALA		
Quaternary				colluvial deposits	
Tertiary	Wasaki Carbonatite Complex			ferrocarbonatite dyke	shallow carbonatite activity
				olivikite cone sheet and carbonatite breccia	
				ferruginous breccia	
					deeper sovite intrusion
				phonolite plug	volcanic activity
				phonolitic nephelinite lava and pyroclastics	
Precambrian	Nyanzian System			metabasalt lava	volcanic activity

Fig. II-2-2 Generalized Geological Columnar Sections of the Kuge - Lwala Area

#### (1) Nyanzian 変玄武岩

Kuge Hillの中央から西半部に広く分布する。本岩はKuge Hillカーボナタイトコンシートのルーフとして産し、全般に強い破碎・細片化（シャッターリング）を受けている。

暗灰～暗緑灰色を呈する無斑晶質の細粒緻密質岩である。割れ目沿いに酸化鉄汚染や炭酸塩鉱物のフィルム状細脈がしばしば認められる。

#### (2) アルビカイト

前述の変玄武岩ルーフを取り囲むように分布する。本岩の構造は、西部でN-S走向、急傾斜の西落ち、北部でE-W走向、急傾斜の北落ち、東部でN-S～NE-SW走向、中程度～急傾斜の西～北西落ちで、環状構造を示す。しかし、南東部における本岩の走向、傾斜は不規則で構造が判然としない場合も多い。

本岩は灰白色、灰色、灰褐色、褐色等を呈する縞状の細～中粒岩で、炭酸塩鉱物を主体とし、雲母鉱物、磁鉄鉱、燐灰石等を随伴する。磁鉄鉱に富む場合が多く、フェロカーボナタイト様の岩相を呈するものもある。

#### (3) アルビカイト質角礫岩

Kuge Hill山頂の北部に小規模なレンズ状岩体として分布する。このすぐ南側はアルビカイトの貫入縁部であり、本岩はその角礫化相に相当するものと考えられる。

本岩を構成する礫は数cmから数10cm大のカーボナタイト、変玄武岩等の垂角礫で、礫量は多い。基質は灰褐～帯赤灰色のカーボナタイト細片からなり小空洞が多い。

#### (4) フェロカーボナタイト

Kuge Hillの東端部に南北に伸びる細長い分布を示す。貫入構造は、走向NNW-SSE～N-S、傾斜 $60^{\circ}$ ～ $80^{\circ}$ 西～垂直である。同岩は最大幅60m、延長約600mにわたり数条の岩脈の集合体として分布する。このほかに、本地区南西部に角礫化した2つの小規模岩体が分布する。フェロカーボナタイトは、アルビカイトと変玄武岩の境界部に沿って貫入したもので、Kugeカーボナタイト活動の末期の産物と考えられる。

本岩は著しい風化及び酸化鉄汚染を受け、暗褐灰色、暗褐色、褐色、赤褐色等を呈する鉄分に富む炭酸塩鉱物岩である。

しばしば変質した玄武岩の細礫を多量に含み、角礫岩様のみかけを呈している。また暗褐色を呈し、二次生成と推定される黄色鉱物が縞状に配列する細粒の岩相も多い。鏡下では、本岩は炭酸塩鉱物、重晶石、鉄鉱物を主とし、バストネサイトと雲母鉱物を随伴する。炭酸塩鉱物は、方解石、鉄質方解石、鉄・マンガン質方解石である。鉄鉱物は完全にゲータイトに変化している。



## 2-3 ボーリング調査結果

### 2-3-1 概要

6孔、掘進延長360m（60m×6孔）の傾斜ボーリングを実施した。ボーリング調査位置図及びボーリング孔の位置図を各々、Fig. II-2-4, Fig. II-2-5に示す。各孔の位置、標高、方位、傾斜、実掘進長はTable II-2-1のとおりである。

Table II-2-1 Location of Diamond Drilling Holes, Kuge-Lwala Area

DDH No.	UTM Coordination		Elevation (m)	Bearing	Inclination	Drilled length
	X (mE)	Y (mN)				
KG-1	651,650	9,945,895	1,185	40°	-50°	60.10
KG-2	651,695	9,945,805	1,185	70°	-50°	60.10
KG-3	651,702	9,945,710	1,183	70°	-50°	60.10
KG-4	651,764	9,945,620	1,183	70°	-50°	60.10
KG-5	651,759	9,945,518	1,190	110°	-50°	60.10
KG-6	651,735	9,945,420	1,184	90°	-50°	60.10

### 2-3-2 試錐作業

#### (1) 動員・撤収

本地区の調査用に補充した資機材は、日本からの海上輸送、モンバサからの内陸輸送を経て、8月30日にBuru Hillに到着し、同地区で使用された資機材とともに、8月31日に当地区に輸送された。

ボーリング班も機材と同時に当地区に移り、当初はHoma Bayをベースキャンプとし、9月5日からはボーリング現場付近の民家をキャンプとした。

準備作業は9月3日に完了し、9月4日に当地区の第1孔のKG-4の掘進が開始された。調査は順調に進捗し、9月20日に予定工事量の6孔、360mの掘進作業を終了した。

直ちに機材の撤収作業を開始し、9月27日にMGDのKisumu事務所への全機材の格納を完了した。

9月28日にKisumuを出発、Nairobiでの関係機関への報告後、10月8日Nairobiを発ち翌日10月9日東京に帰着した。

調査団の全日程実績は、Apx.36のとおりである。

#### (2) 調査地の状況

Kuge Hillは、東西500m、南北700m程度のドーム状の小丘であり、頂上は周囲の平坦な耕作地から約80m、ビクトリア湖の湖水面から約90mの比高がある。

Homa BayからKuge Hillへの交通は、未舗装地方道C-19から分岐する小道（晴天時トラック通行可）を経て達することができる。各ボーリングサイトはKuge Hill東

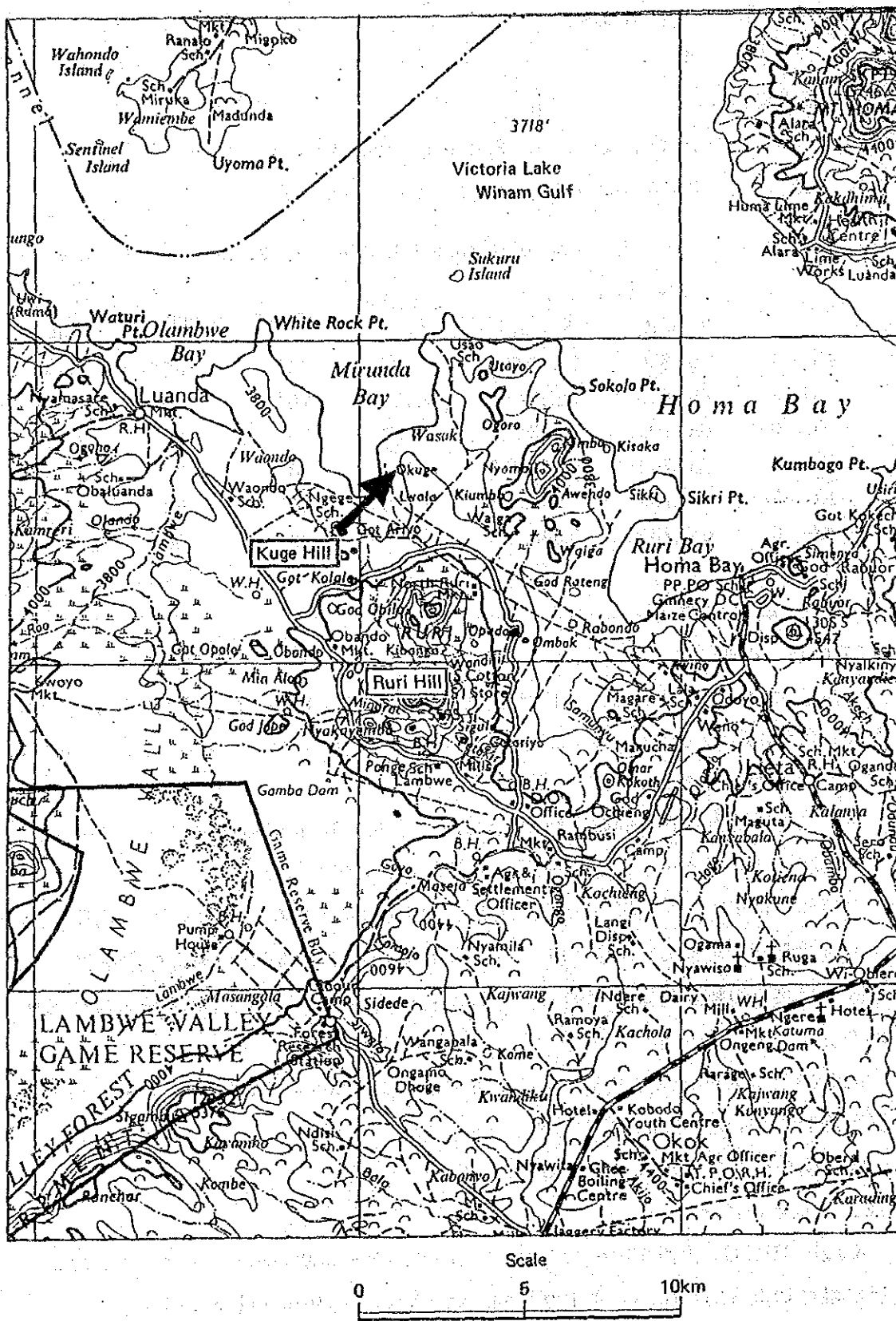


Fig. II-2-4 Location Map of Drilling Area, Kuge - Lwala Area

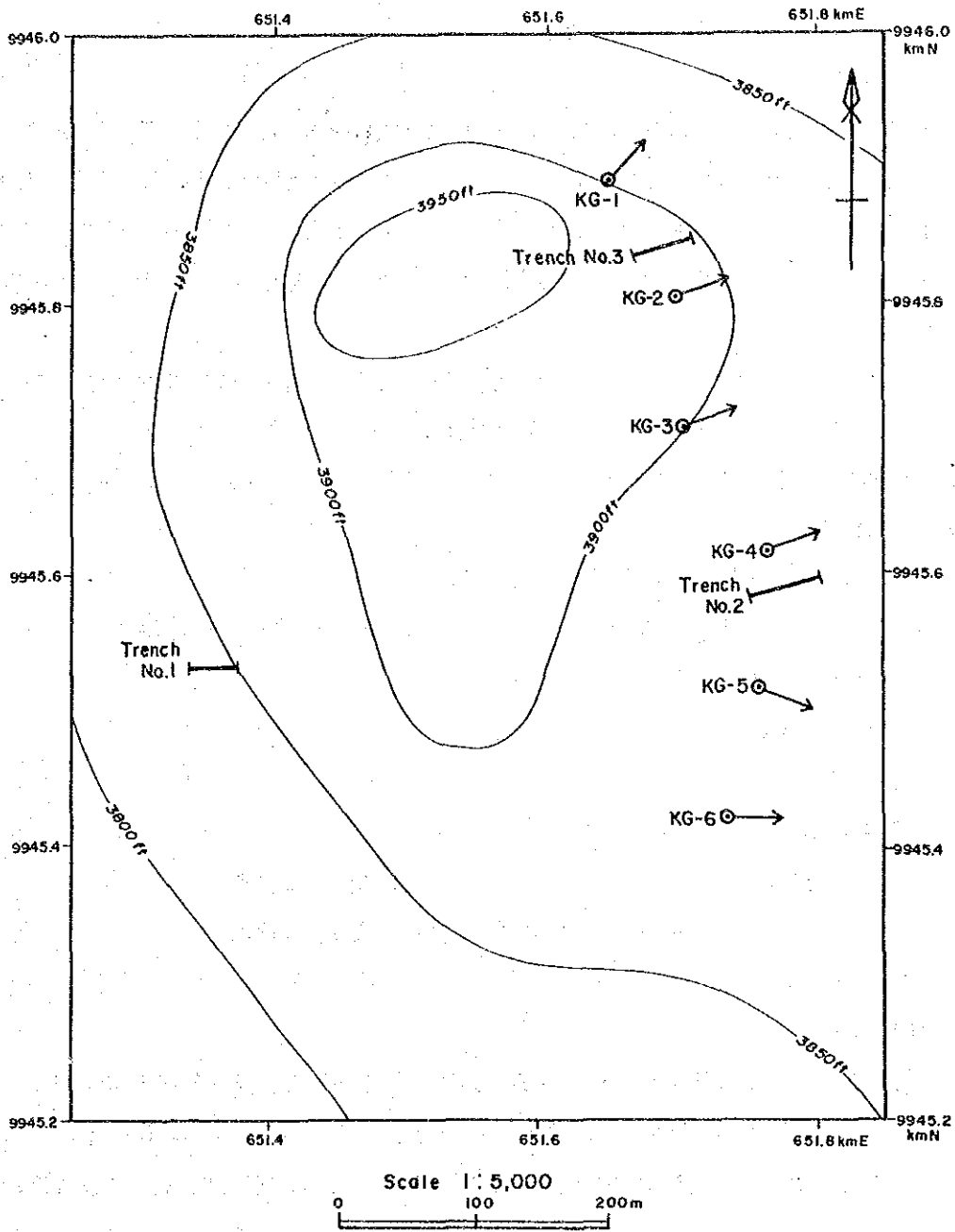


Fig. II-2-5 Location Map of the Drilling Sites in the Kuge Hill

麓の緩斜面にあるため、簡単な道路の造成により、ジープで容易に達することができる。

Kuge Hillの周辺には流水のある河川はないが、ボーリング用水は、約1,200m西方にあるピクトリア湖の一入江から揚水することができる。

### (3) 使用機器, 工法

ボーリング機械及びその他の機材はBuru Hillにおける調査に使用したものに同じである。但し、当地区では傾斜掘りを行ったので、別に傾斜掘り用のヤグラ1台を使用した。

揚水ポンプは、湖岸に動噴ポンプを配し、ボーリング地点と湖岸の中間にプランジャータイプのポンプを中継用に用いた。水源とのヘッド差は最大70m、距離は最大1,500mであった。

ボーリング工法は、ワイヤーライン工法を基準とし、軟弱岩には無水工法及びコアパッキング工法を取り入れた。コア径はNQ又はBQとした。

使用機器数量表、消耗品及びダイヤモンド使用数量表を各々Apx.39, Apx.40に示す。

### (4) 作業体制

ボーリング調査の人員構成は次のとおりである。

	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2 夜2, 2箇所	8
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、Buru Hillと同様に1日2方16時間制とし、運搬設営作業は1日1方8時間制とした。試錐機は2台が使用に供され、1台が掘進中のときは、他の1台が移動・設営作業に供された。この結果、掘進作業は中断することなく連続的に行なわれ効率的であった。

掘進実績表及び各孔別工程表はApx.38, Apx.39のとおりである。

## 2-3-3 ボーリング孔の地質

### (1) KG-1 (60.10m), Apx.30

0-5.80m : カルクリート。礫はカーボナタイトと変玄武岩からなる。

5.80-13.50m : 破碎して礫化した脱色変玄武岩。礫間は炭酸塩鉱物でうめられている。

7.30～9.30m間に2条の磁鉄鉱に富むアルビカイト脈が発達する。

13.50～15.70m：上部はアルビカイト，下部は風化して褐色化したフェロカーボナタイト。

15.70～19.70m：磁鉄鉱に富む細粒カーボナタイト。緑色の二次生鉱物が鉱染する。

19.70～32.10m：強風化した紫灰色を呈するフォノライト又はフォノライト質ネフェリナイト。厚さ1m以下のカーボナタイトやフェロカーボナタイト岩脈が分布する。

32.10～37.60m：風化したカーボナタイト。フォノライト質の火山岩を捕獲岩様に挟む。

37.60～49.75m：中粒の斑状フォノライト質火山岩。しばしばフェロカーボナタイトの細脈に貫かれ，又，破碎帯も発達する。

49.75～60.10m：49.75mに地下水位面があり，この面より下は未風化フォノライト質火山岩となる。全体に炭酸塩鉱物化が著しく，同細脈も発達する。

#### (2) KG-2 (60.10m), Apx.31

0～1.20m：カルクリート。礫はカーボナタイトと変玄武岩からなる。

1.20～15.10m：風化により褐色化したフェロカーボナタイトとアルビカイトの中間的性質の中粒カーボナタイト。脱色した変玄武岩の亜円礫を多量に含み，礫岩様の見掛けを呈す。

15.10～36.80m：風化した褐色フェロカーボナタイト。部分的には土状に変化している。大きさ50cm以下の塊状の変玄武岩をしばしば捕獲し，また同岩の小礫を散点状に含む。

36.80～47.50m：灰色細粒斑状フォノライト溶岩。カーボナタイト又はフェロカーボナタイト小脈にしばしば貫かれている。

47.50～57.80m：紫灰色に変質したフォノライト～ネフェリナイト質の火砕岩。火山礫凝灰岩と凝灰岩が大部分を占める。下部に2ヶ所破碎帯がある。

57.80～60.10m：灰色～紫灰色斑状フォノライト。炭酸塩鉱物細脈が発達する。

#### (3) KG-3 (60.10m), Apx.32

0～2.10m：カルクリート。

2.10～11.20m：淡灰色細粒カーボナタイト。変玄武岩細礫跡の小孔が多い。

11.20～26.70m：褐色塊状フェロカーボナタイト。二次生の緑色鉱物が散在する。強く碎帯した変玄武岩がしばしばブロック状に捕獲されており，炭酸塩鉱物脈により膠結されている。

26.70～34.90m：淡灰色不均質カーボナタイト。変玄武岩をブロック状に捕獲し，一方，フェロカーボナタイト細脈に貫かれている。

34.90-38.20m : 褐色塊状フェロカーボナタイト。緑色二次生鉱物に富む。

38.20-43.15m : 強風化細粒カーボナタイト。緑色変玄武岩を捕獲する。

43.15-49.30m : 淡褐色～紫灰色斑状フォノライト。炭酸塩鉱物脈が発達する。

49.30-60.10m : 褐色強風化カーボナタイト又はフェロカーボナタイト(中間的組成)。  
破碎したフォノライトを塊状に捕獲する。

(4) KG-4 (60.10m), Apx.33

0-1.70m : カルクリート。礫はカーボナタイトとフェロカーボナタイトからなる。

1.70-20.70m : 褐色塊状フェロカーボナタイト。脱色した変玄武岩細礫を多量に含み  
礫状岩様の見掛けを呈す。

20.70-23.70m : 強風化褐色カーボナタイト。多孔質となっている。

23.70-25.75m : 灰色強風化斑状フォノライト。炭酸塩鉱物細脈が発達する。

25.75-39.60m : 淡灰色～淡褐色を呈する石灰質粗粒凝灰岩～凝灰角礫岩。礫はフォ  
ノライトが大多数で、基質は石灰質。下部に破碎帯が多い。

40.10-43.60m : 褐色塊状フェロカーボナタイト。黒色(マンガン質?)斑点が多い。

43.60-47.00m : 風化灰色細粒フォノライト。粘土化と炭酸塩鉱物化が強い。

47.00-58.50m : 灰色強風化カーボナタイト。磁鉄鉱は赤鉄鉱又はゲータイトに変化  
している。

58.50-60.10m : 強風化灰色斑状フォノライト。

(5) KG-5 (60.10m), Apx.34

0-1.40m : 表層砂礫帯。カーボナタイト礫と砂質基質からなる。

1.40-11.50m : 褐色細粒フェロカーボナタイト。変玄武岩の小垂円礫を多量に含む。

11.50-21.60m : 褐色細粒フェロカーボナタイト。滑石した白色変玄武岩の細礫を多  
量に含む。また、幅2m以下の塊状変玄武岩を捕獲する。

21.60-32.50m : 褐色塊状フェロカーボナタイト。滑石化した白色変玄武岩礫を少量  
含む。

32.50-38.90m : 淡褐色塊状細粒カーボナタイトまたはフェロカーボナタイト(中間  
組成)。淡緑色細粒二次生鉱物が散在する。

38.90-51.05m : 褐色～淡褐色フェロカーボナタイト。部分的に強風化により土状を  
呈す。

51.05-53.20m : 灰色細粒斑状フォノライト。

53.20-60.10m : 淡褐色強風化カーボナタイト～フェロカーボナタイト(中間組成)。  
幅1.5mの脱色変玄武岩を挟む。

(6) KG-6 (60.10m), Apx.35

0-1.00m : カルクリート。

1.00-7.60m : 淡褐色細粒カーボナタイト。黒雲母と磁鉄鉱を含む。

7.60-11.60m : 淡褐色細粒カーボナタイト～フェロカーボナタイト (中間組成)。雲母 (黒雲母又は金雲母) を含む。

11.60-15.50m : 褐色塊状, 一部縞状フェロカーボナタイト。変玄武岩礫を含む。

15.50-19.05m : 破碎した斑状フォノライト。変玄武岩を挟む。

19.05-32.00m : 緑灰色変玄武岩。強い破碎作用をうけ割目は炭酸塩鉱物で充填されている。全般に淡褐色の汚染をうけている。

32.00-42.85m : 緑灰色強破碎変玄武岩, 白色炭酸塩鉱物脈が発達する。32.00m 付近に地下水位面がある。褐鉄汚染は全く認められず, 全般に未風化帯を形成。

42.85-43.75m : 破碎帯。フェロカーボナタイト細脈が発達する。

43.75-60.10m : フォノライト質火砕岩と溶岩が厚さ4m以内で互層する。

#### 2-3-4 鉱化作用

Kuge HillにおけるREEの濃集 (鉱化) は, 丘の東麓に分布するフェロカーボナタイトの岩脈群に限定される。この岩脈群は, フェロカーボナタイトや, 同岩とアルピカイトの中間的な見掛けを呈するカーボナタイト岩脈から構成され, 基盤の変玄武岩やカーボナタイトの貫入に先立つフォノライト質岩を挟んでいる。これらの岩脈群は, Kuge Hillのカーボナタイト複合岩体とその外側のフォノライト質火山岩の境界部に沿って貫入しており, カーボナタイト活動の末期の産物と判断される。

岩脈群のうち, フェロカーボナタイトとアルピカイトの中間的な見掛けをもつカーボナタイトは, 縞状構造をもち, また, フェロカーボナタイトに比べて色がやや淡い等の特色をもつが, 全岩分析結果やREEの分析結果からは両者に大差は認められない。見掛けの違いは, 貫入の順序や風化による酸化度の違い等に起因するものと判断される。

この岩脈群の分析結果は, 次項の2-4に述べるとおり, Buru Hillの初生帯の分析結果によく似ている。しかしこの岩脈群は, ゆるい東傾斜斜面の麓に分布し, 風化により土壌化した部分はすべて外部に流出する地形となっている。したがって, 風化土壌層やラテライトが形成されないため風化による二次富化作用は起らず, 岩脈は酸化作用はうけているもののREEの濃度は, 初生の濃度とほぼ等しい状態にある。本地区のフェロカーボナタイト群のREEが鉱床品位といえるほどの濃集がみられぬのは, この二次富化作用の欠除によるものと判断される。

## 2-4 鉱石分析結果

### 2-4-1 試料採取及び分析

ボーリングコアの着鉱部から合計81試料を採取し希土類8元素(La, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Yb, Lu)及び関連7元素(P, Ba, Sr, Nb, Y, U, Th)の分析を実施した。分析方法及び精度はBuru Hill試料の分析と同様である(1-4-1参照)。

### 2-4-2 分析値の統計値及び統計解析

#### (1) 統計値

81試料の統計値をTable II-2-2に示す。

各元素の平均値は、Buru Hill岩体の鉱床部(二次富化帯)の約1/2、初生帯の約2/3に相当し(1-4-2参照)かなり低い。一方、初年度の地化探時に採取したフェロカーボナタイト(Phase I報告書)の平均値に較べると、やや高く、軽希土含量で約1.35倍(La+Ce+Nd:0.98%)程度となっている。従ってボーリングコア全試料は、地表の風化部に較べると、含有量は上昇するものの、その値はかなり低水準といえる。

#### (2) 相関分析

15元素の相関係数をTable II-2-3に示す。主な相関関係は次のようにまとめられる。

- i) Ba: REE, 特にLREEと強く相関する。
- ii) Nb: 他の元素との相関は低い。
- iii) Y: REE, 特にM~HREEと強く相関する。
- iv) U, Th: MREEと強く相関する。
- v) LREE, MREE, HREEはそれぞれ、そのグループの中の元素と強く相関する。

#### (3) 主成分分析

主成分分析総括表をTable II-2-4に示す。希与率が5%以上なのは第5主成分までであり、分析結果のほぼ9割がこの5つの主成分で代表される。

- i) 第1主成分: P, Sr, Nbを除く13成分の因子負荷量が高く(0.41~0.89)、希土類元素グループとして同様に挙動することを示す。
- ii) 第2主成分: LaとCeの因子負荷量が特に高い。これは希土類元素の中でも含有量が他の元素と較べて著しく高い両元素の濃集を示すものである。
- iii) 第3主成分: Y, Yb, Luの因子負荷量が高い。YがHREEと同様な濃集機構をもつことを示す。
- iv) 第4主成分: Pの因子負荷量のみが高く、Pが他の元素に無相関に挙動することを示す。



Table II-2-2 Summary of Statistics of Analysis -- Drill Core Samples --

Component	Unit	No. of sample	Maximum	Minimum	Mean(m)	Standard deviation	m - 2σ	m - σ	m + σ	m + 2σ
P	PPM	81	15850	732	3338.1	0.337	706.8	1536.0	7254.6	15766.0
BA	%	81	10.60	0.21	2.787	0.3374	0.589	1.281	6.062	13.184
SR	PPM	81	4010	675	1579.8	0.172	714.8	1062.6	2348.7	3491.9
NB	PPM	81	1500	78	454.4	0.238	151.9	262.7	785.8	1359.0
Y	PPM	81	1250	71	239.5	0.226	84.4	142.2	403.4	679.4
U	PPM	81	32.6	1.6	8.85	0.265	2.61	4.80	16.30	30.04
TH	PPM	81	2893.0	81.0	527.29	0.357	101.64	231.51	1200.98	2735.38
LA	%	81	2.460	0.008	0.2746	0.5819	0.0188	0.0719	1.0487	4.0045
CE	%	81	2.13	0.02	0.542	0.3811	0.094	0.225	1.303	3.133
ND	%	81	0.41	0.01	0.163	0.3222	0.037	0.077	0.342	0.717
SM	PPM	81	349.0	19.4	133.93	0.225	47.53	79.79	224.80	377.34
EU	PPM	81	91.6	6.6	39.49	0.218	14.45	23.89	65.28	107.92
TB	PPM	81	43.0	2.6	10.04	0.219	3.66	6.06	16.63	27.54
YB	PPM	81	65.5	3.3	11.56	0.272	3.30	6.18	21.66	40.55
LU	PPM	81	9.5	0.4	1.87	0.227	0.66	1.11	3.16	5.32

Table II-2-3 Correlation Coefficients -- Drill Core Samples --

	P	BA	SR	NB	Y	U	TH	LA	CE	ND
P	1.0000	-0.1029	0.5450	0.2350	0.3672	0.2548	0.4061	-0.1382	-0.0902	0.0212
BA	-0.1029	1.0000	0.2862	0.0928	0.2504	0.3322	0.1596	0.6422	0.8207	0.8341
SR	0.5450	0.2862	1.0000	0.0413	0.0748	0.4445	0.1854	0.2272	0.2827	0.2971
NB	0.2350	0.0928	0.0413	1.0000	0.1771	0.0610	-0.0067	0.2137	0.2292	0.1697
Y	0.3672	0.2504	0.0748	0.1771	1.0000	0.2032	0.3546	0.1937	0.3146	0.3922
U	0.2548	0.3322	0.4445	0.0610	0.2032	1.0000	0.5642	0.0589	0.3176	0.5975
TH	0.4061	0.1596	0.1854	-0.0067	0.3546	0.5642	1.0000	-0.3085	0.0095	0.4648
LA	-0.1382	0.6422	0.2272	0.2137	0.1937	0.0589	-0.3085	1.0000	0.9070	0.5099
CE	-0.0902	0.8207	0.2827	0.2292	0.3146	0.3176	0.0095	0.9070	1.0000	0.8122
ND	0.0212	0.8341	0.2971	0.1697	0.3922	0.5975	0.4648	0.5099	0.8122	1.0000
SM	0.1812	0.4983	0.2362	0.0150	0.4872	0.7120	0.7779	0.0781	0.4293	0.8093
EU	0.2164	0.4741	0.2379	0.0200	0.5882	0.6693	0.6866	0.1347	0.4424	0.7503
TB	0.2598	0.3687	0.1528	0.1187	0.7623	0.4659	0.5913	0.1785	0.4097	0.6080
YB	0.2751	0.1479	0.0503	0.0436	0.8386	0.1860	0.3255	0.1481	0.2236	0.2724
LU	0.2627	0.2271	0.2748	0.1172	0.7433	0.2176	0.1866	0.3961	0.4051	0.2936
SM	0.1812	0.4983	0.2362	0.0150	0.4872	0.7120	0.7779	0.0781	0.4293	0.8093
EU	0.2164	0.4741	0.2379	0.0200	0.5882	0.6693	0.6866	0.1347	0.4424	0.7503
TB	0.2598	0.3687	0.1528	0.1187	0.7623	0.4659	0.5913	0.1785	0.4097	0.6080
YB	0.2751	0.1479	0.0503	0.0436	0.8386	0.1860	0.3255	0.1481	0.2236	0.2724
LU	0.2627	0.2271	0.2748	0.1172	0.7433	0.2176	0.1866	0.3961	0.4051	0.2936

Table II-2-4 Summary of Principal Component Analysis - Drill Core Samples -

Prin. compo- nent	Eigen value	Contri- bution	Cum. contri- bution		P	BA	SR	NB	Y	U	TH	LA	CE	ND	SH	EU	TB	YB	LU	
1	6.427	0.428	0.43	Eigen vector	0.121	0.256	0.153	0.068	0.283	0.260	0.241	0.161	0.267	0.338	0.344	0.350	0.358	0.241	0.247	
				Factor loading Contribution	0.308 0.093	0.650 0.423	0.389 0.151	0.172 0.030	0.717 0.514	0.660 0.436	0.611 0.373	0.409 0.167	0.676 0.458	0.857 0.735	0.872 0.760	0.886 0.785	0.857 0.735	0.886 0.785	0.857 0.735	0.612 0.373
2	2.561	0.171	0.60	Eigen vector	-0.310	0.373	0.017	0.095	-0.152	-0.101	-0.361	0.516	0.447	0.208	-0.127	-0.124	-0.145	-0.171	-0.025	
				Factor loading Contribution	-0.496 0.246	0.596 0.354	0.027 0.001	0.752 0.023	-0.242 0.059	-0.162 0.026	-0.578 0.334	0.826 0.683	0.715 0.511	0.334 0.111	-0.204 0.042	-0.199 0.039	-0.233 0.054	-0.124 0.039	-0.145 0.054	-0.171 0.075
3	1.941	0.129	0.73	Eigen vector	0.116	-0.163	-0.097	0.154	0.401	-0.326	-0.253	0.180	0.020	-0.216	-0.262	-0.172	0.074	0.446	0.469	
				Factor loading Contribution	0.181 0.026	-0.199 0.040	0.135 0.018	0.214 0.046	0.359 0.312	-0.455 0.227	-0.352 0.124	0.250 0.083	0.028 0.001	-0.301 0.091	-0.364 0.133	-0.501 0.058	-0.070 0.011	-0.183 0.043	-0.179 0.032	0.103 0.043
4	1.455	0.097	0.83	Eigen vector	0.571	-0.028	0.969	0.305	-0.115	0.164	-0.037	0.092	0.029	-0.058	-0.152	-0.171	-0.171	-0.171	-0.171	0.050
				Factor loading Contribution	0.696 0.485	-0.034 0.001	0.782 0.612	0.368 0.136	-0.139 0.019	0.198 0.039	-0.044 0.002	0.111 0.012	0.035 0.001	-0.070 0.005	-0.183 0.034	-0.179 0.032	-0.206 0.043	-0.171 0.043	-0.171 0.043	-0.171 0.043
5	0.971	0.065	0.89	Eigen vector	0.039	-0.051	-0.377	0.868	0.053	-0.056	0.089	-0.067	0.003	0.082	0.045	0.023	0.088	-0.130	0.218	
				Factor loading Contribution	0.039 0.002	-0.050 0.003	-0.372 0.138	0.856 0.732	0.052 0.003	-0.055 0.003	0.088 0.008	-0.066 0.004	0.003 0.000	0.081 0.006	0.044 0.002	0.022 0.000	0.087 0.008	0.044 0.016	0.023 0.000	0.088 0.016
6	0.476	0.032	0.92	Eigen vector	-0.404	-0.349	0.004	0.190	-0.172	0.696	-0.174	0.022	-0.025	-0.097	-0.003	-0.014	-0.088	0.109	0.321	
				Factor loading Contribution	-0.278 0.078	-0.241 0.058	0.003 0.000	0.131 0.017	-0.119 0.014	0.480 0.231	-0.120 0.014	0.015 0.000	-0.017 0.000	-0.067 0.004	-0.002 0.000	-0.009 0.000	-0.003 0.000	-0.014 0.000	-0.088 0.006	0.109 0.006
7	0.335	0.022	0.94	Eigen vector	-0.049	0.376	-0.089	0.079	-0.107	0.047	0.420	-0.189	-0.045	0.193	-0.520	-0.050	-0.360	-0.520	0.393	0.144
				Factor loading Contribution	-0.029 0.001	0.218 0.047	-0.051 0.003	0.046 0.002	-0.052 0.004	0.027 0.001	0.243 0.059	-0.109 0.012	0.047 0.001	0.420 0.059	-0.189 0.012	-0.045 0.001	0.193 0.012	-0.520 0.001	-0.360 0.043	-0.520 0.098

Table II-2-5 Average Value of Elements and Component by Drill Hole

DDH No.	Number of Samples	Total length Analyzed (m)	P (ppm)	Ra (%)	Sr (ppm)	Nb (ppm)	Y (ppm)	U (ppm)	Th (ppm)	La (ppm)	Ce (ppm)	Nd (ppm)	Sm (ppm)	Eu (ppm)	Tb (ppm)	Yb (ppm)	Lu (ppm)	La+Ce+Nd (ppm)	Sm+Eu+Tb (ppm)	Yb+Lu (ppm)
KG-1	11	14.90	5191.1	3.747	2441.1	559.6	202.0	18.14	894.04	5961.7	7681.2	2361.1	194.15	58.25	11.86	7.39	1.76	16004.0	264.26	9.15
KG-2	13	32.90	4906.4	4.320	2108.4	410.4	331.6	11.49	476.71	8562.9	10507.3	2069.6	140.01	47.62	13.63	13.41	2.13	21139.8	201.26	15.54
KG-3	16	41.95	5471.4	3.618	1374.2	699.5	436.3	8.38	777.23	5480.1	8799.4	2319.9	179.50	56.73	17.38	21.30	3.10	16599.4	253.61	24.40
KG-4	6	18.10	6284.5	4.341	2093.5	546.1	241.0	8.90	841.91	5437.0	7561.9	1887.3	141.18	37.20	9.39	14.80	2.24	14886.2	187.77	17.04
KG-5	18	51.50	3511.3	3.458	1782.4	563.4	209.7	8.03	502.29	4462.6	6502.4	1680.8	113.58	29.20	8.36	12.09	2.05	12645.8	151.14	14.14
KG-6	7	14.40	1991.4	4.086	1305.6	476.5	241.1	6.75	248.68	4448.9	5968.4	1599.3	103.71	31.45	7.47	11.14	1.70	12016.6	142.63	12.84
Total	71	173.75	4555.7	3.828	1795.0	558.0	292.7	9.62	611.78	5713.6	7982.5	1977.8	143.47	42.85	11.87	14.36	2.28	15674.0	198.19	16.64

v) 第5主成分：Nbの因子負荷量のみが高い。Pと同様、Nbの濃集が他の成分の濃集と関係がないことを示す。

### 2-4-3 ボーリング孔の品位

#### (1) 各孔別の元素含有量

ボーリング孔別に集計した各元素の加重平均値〔 $\Sigma$ (含有量×採取幅) /  $\Sigma$ 採取幅〕をTable II-2-5に示す。KG-4に関しては掘進深度17.70m以深の低品位10試料を除外した。また、各孔間の品位断面をFig. II-2-7に示す。

フェロカーボナタイト岩脈帯で最も優勢なREEの鉱化を示すのは塊状のフェロカーボナタイトが連続して分布するKG-2孔であり、掘進長32.90m(実幅約30m)の区間で、La+Ce+Nb:2.1%, Sm+Eu+Tb:200ppm, Yb+Lu:15ppmの値を示す。

次に高品位なのはKG-2孔の両側のKG-1及びKG-3孔であり、LREE含有量はともに1.6%台ある。しかし、KG-1はフェロカーボナタイトの小岩脈の集合体であり、岩脈幅の合計は約15m(掘進長)で脈勢は急激に衰えている。また、KG-3では約20mの未鉱化岩(基盤岩、フォノライトなど)を挟んでおり、これを含めて計算すると岩脈帯全体ではLREE:1.16%と下り、かなり低品位となる。KG-4はボーリング孔下部の弱鉱化部を除いても、LREE:1.48%(幅18m)であり脈勢はかなり劣る。KG-5は岩脈幅は広いが、LREE:1.26%で鉱化は劣勢であり、KG-6はKG-5と同程度の品位を示すものも、脈幅は14m前後でありKG-1と同様に鉱化部の末端部に相当する。

以上を総合すると、Buru Hill鉱床(酸化帯)に匹敵するREE元素の品位をもつ部分は、BR-2孔及びその南北延長部のごく狭い範囲と判断され、全体としては同鉱床よりかなり低品位であると判断される。

なおREE以外の元素、P、Nb、Y、Ba等にも優勢な鉱化は認められない。

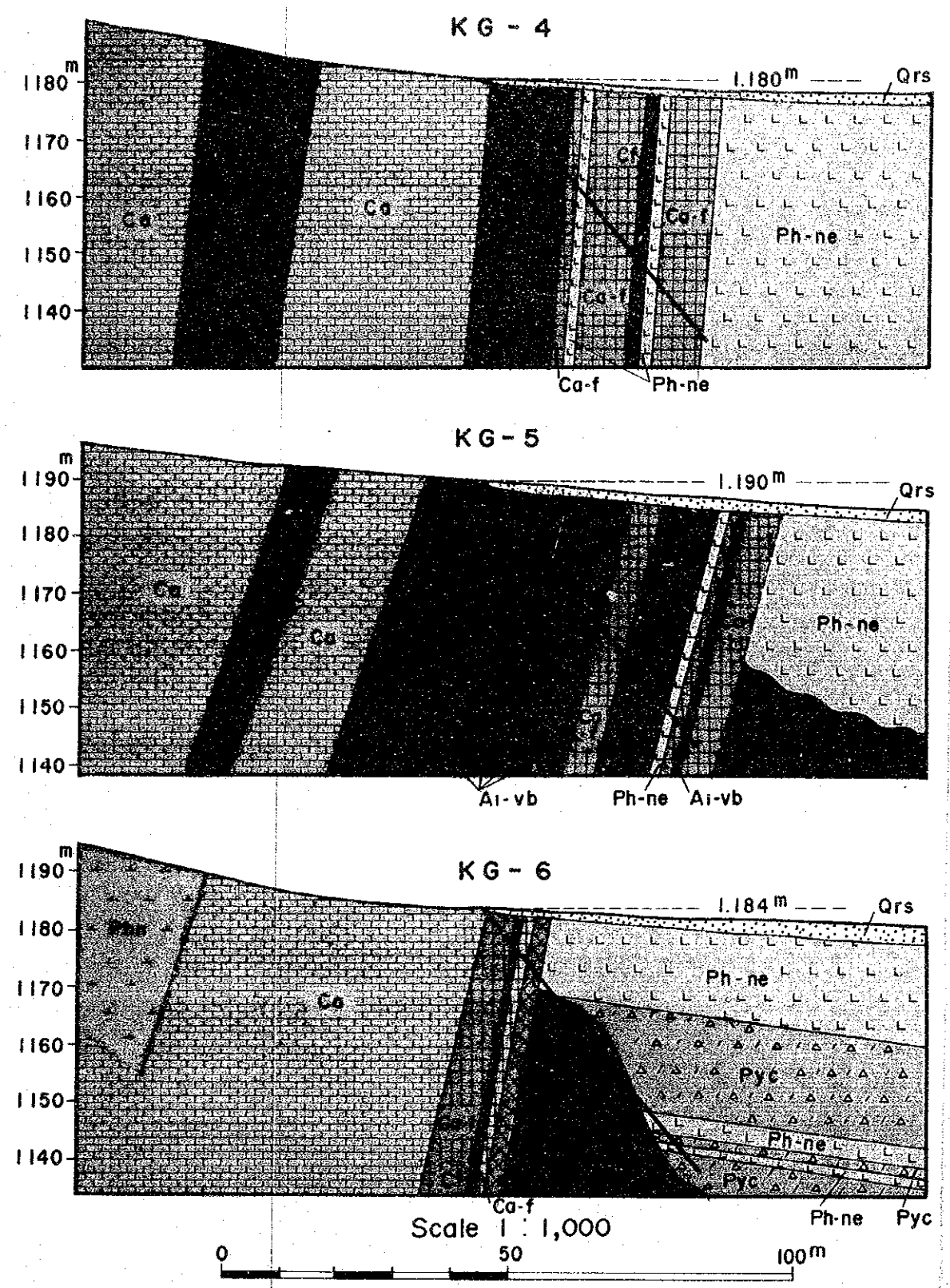
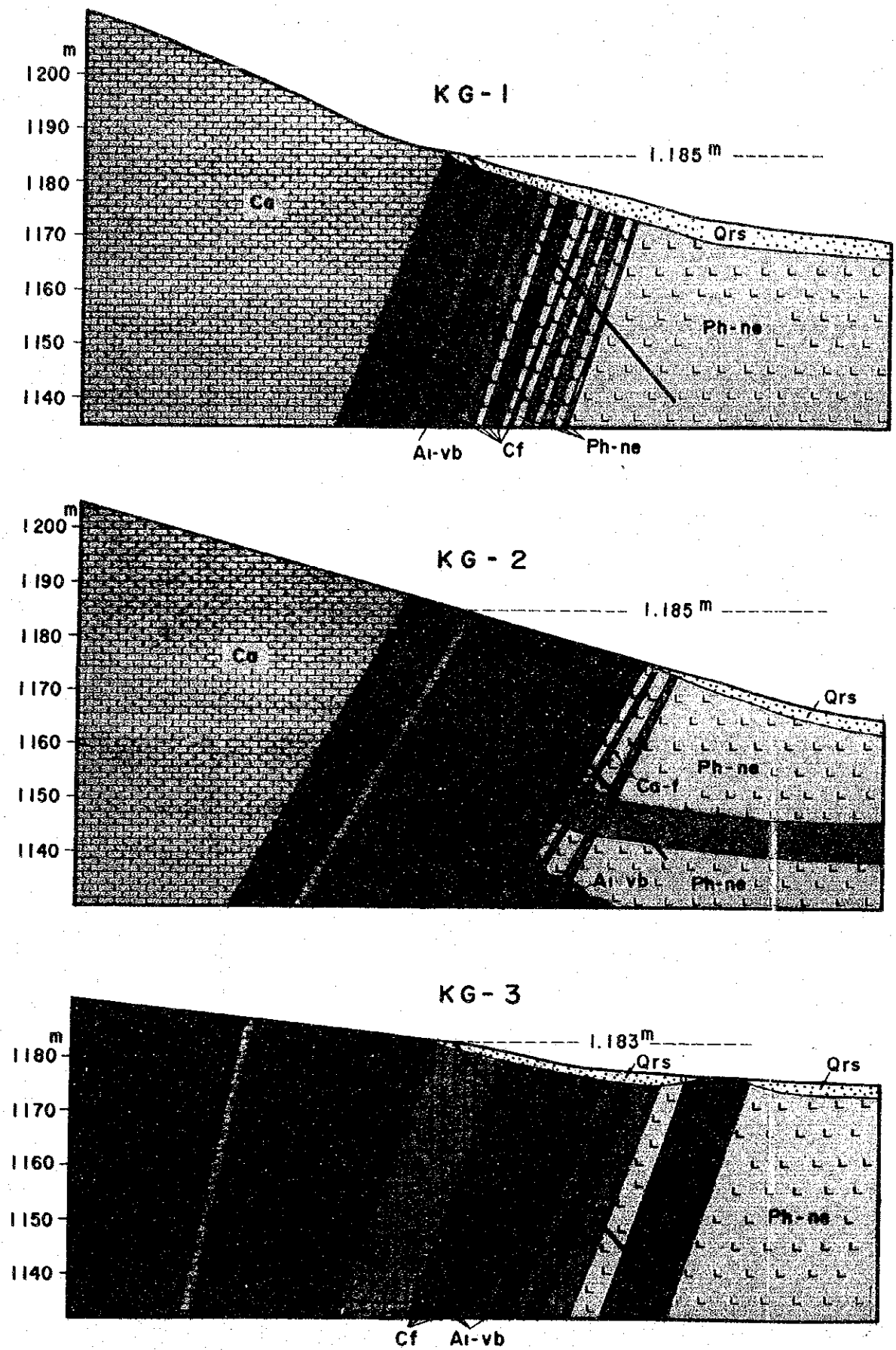
### 2-5 岩石・鉱物試験結果

#### 2-5-1 薄片による観察

8試料の検鏡を実施した。次項の研磨薄片でカーボナタイト質岩の検鏡を実施したので、ここでは母岩を主な観察の対象とした。検鏡結果一覧表、検鏡記載をそれぞれApx.3、Apx.4に示す。

##### (1) フォノライト及びネフェリナイト

ともに著しく変質しており、破碎しているものも多い。変質作用は、炭酸塩鉱物化が主であり、他に緑レン石化、スメクタイト化、鉄鉱物化などが認められる。斑晶の長石、準長石が強い変質のため同定が困難であり、岩石名を正確に決定するのが難しいことが多い。



Abbreviations

- Qrs : Colluvial deposits, Ca : Alvikite, Cf : Ferrocarbonatite
- Ca-f : Alvikite to Ferrocarbonatite (middle type)
- Ph-ne: Phonolitic nephelinite, Pyc : lapilli tuff
- Al-vb: Metabasalt (Nyanzian System), Phn : Phonolite

Fig. II-2-6 Geological Cross Sections along Drill Holes, Kuge Hill



# LEGEND

Nb (ppm)		Th (ppm)		Y (ppm)		La+Ce+Nd (ppm)		Sm+Eu+Tb (ppm)		H Yb+Lu (ppm)	
1800	Above	1800	Above	1300	Above	36000	Above	540	Above	50	Above
1600 - 1800		1600 - 1800		1050 - 1300		32000 - 36000		480 - 540		45 - 50	
1400 - 1600		1400 - 1600		900 - 1050		28000 - 32000		420 - 480		40 - 45	
1200 - 1400		1200 - 1400		750 - 900		24000 - 28000		360 - 420		35 - 40	
1000 - 1200		1000 - 1200		600 - 750		20000 - 24000		300 - 360		30 - 35	
800 - 1000		800 - 1000		450 - 600		16000 - 20000		240 - 300		25 - 30	
600 - 800		600 - 800		300 - 450		12000 - 16000		180 - 240		20 - 25	
400 - 600		400 - 600		150 - 300		8000 - 12000		120 - 180		15 - 20	
Below 400		Below 400		Below 150		Below 8000		Below 120		Below 15	

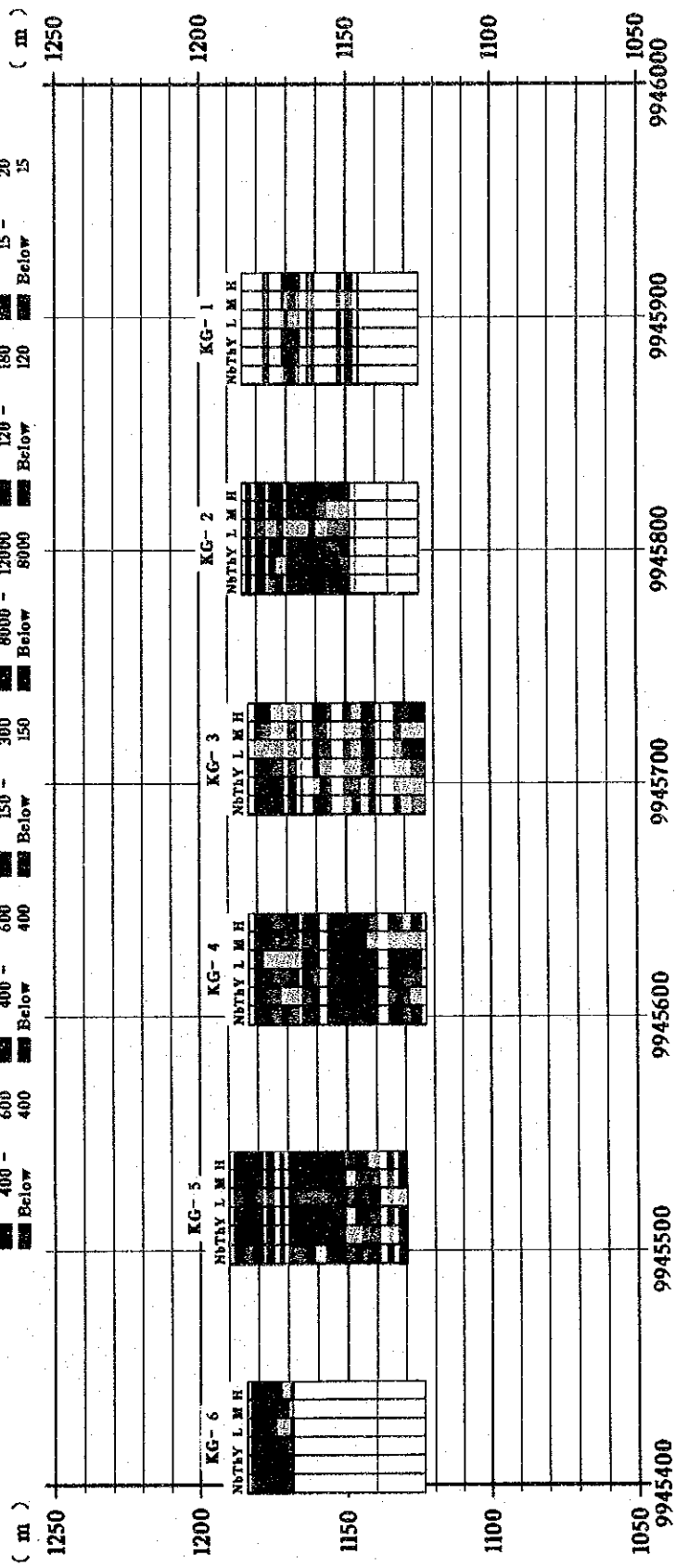


Fig. II-2-7 Assay Cross Sections along Drill Holes, Kuge Hill





## (2) 変玄武岩 (基盤岩)

無斑晶質の変質岩であり、自形斜長石、他形の緑レン石、塊状の緑泥石及び不透明鉱物からなり、未変質有色鉱物は認められない。炭酸塩鉱物細脈が多い。

## (3) カーボナタイト

炭酸塩鉱物、不透明鉱物 (風化したものはゲータイト化) を主体とし、黒雲母等を含む。変質したフォノライト礫を含有することもある。

## 2-5-2 研磨薄片による観察

カーボナタイト2試料、フェロカーボナタイト3試料について実施した。検鏡結果一覧表及び検鏡記載をそれぞれApx.5, Apx.6に示す。

### (1) カーボナタイト

炭酸塩鉱物と不透明鉱物を主体とする。不透明鉱物はゲータイト、赤鉄鉱、レピドロサイトからなり、1試料には磁鉄鉱が残存する。2試料の内、KG-2-Cは、炭酸塩鉱物が、斑晶を交代したもの、細脈、網状脈及び不規則な隙間を充填したものとして生成しており、交代性のカーボナタイトの可能性を示す。パイロクロアー、バストネサイトは鏡下で認められない。

### (2) フェロカーボナタイト

炭酸塩鉱物、不透明鉱物を主体とする。3試料のうち1試料は炭酸塩鉱物が多いが、他の2試料は不透明鉱物の量がかかなり多く、鉄鉱石様の岩質を示す。不透明鉱物は、ゲータイト、赤鉄鉱、レピドロサイト、磁鉄鉱等からなり、赤鉄鉱やゲータイトには黄鉄鉱の仮像をなすものがある。黄鉄鉱の仮像を有する試料における鉄鉱物の生成の順序は、黄鉄鉱→磁鉄鉱→赤鉄鉱→ゲータイト+レピドロサイトと判断される。このほかの鉱物として1試料に、パイロクロアー、バストネサイト、黒雲母が同定された。

## 2-5-3 全岩分析結果

フェロカーボナタイト及び肉眼的に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2試料について分析を行った。分析結果をApx.7に示す。

2試料ともに殆んど同じ分析値を示し、分析成分の含有量には肉眼的に区別されるほどの相違がないことを示す。主な成分の平均値は、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ : 27.30%,  $\text{CaO}$ : 25.58%,  $\text{MnO}$ : 4.76%,  $\text{BaO}$ : 4.07%,  $\text{SiO}_2$ : 4.27%である。 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ と $\text{CaO}$ の値は、Buru Hillにおけるカーボナタイトとフェロカーボナタイトの中間的組成(2年次報告書)を示している。またBuru Hillにおける両岩と較べて $\text{SiO}_2$ に富む性格を示す。

## 2-5-4 EPMAによる鉍物の定量分析

ボーリングコアから4試料を採取して鉍物組成の判定と鉍物の定量分析を実施した。試料の概要と鉍物組成をApx.8に、鉍物の定量分析結果をApx.9に、SEM像をApx.10に示す。

### (1) 鉍物組成

カーボナタイトは、方解石、赤鉄鉍、ゲータイトを主成分とし、重晶石、バストネサイト、金雲母を随伴し、ランシアイトを微量含む。

フェロカーボナタイトは、方解石、Mn質菱鉄鉍、赤鉄鉍、ゲータイト等を主成分とし、重晶石、ランシアイト、金雲母等を随伴する。1試料にはバストネサイトとパイロクロアが認められる。

### (2) 鉍物組成の定量

Kuge Hillのカーボナタイト質岩の主要REE鉍物のバストネサイト、ニオブ鉍物のパイロクロア、Mn鉍物のランシアイト及び各種カーボナタイトに多産する重晶石の4種8鉍物粒の組成が測定された。

バストネサイト：針状結晶または柱状結晶の集合からなる。REEの主要元素の合計( $\text{La}_2\text{O}_3 + \text{CeO}_2 + \text{Nb}_2\text{O}_5$ )は、針状のものが46.3%と低く、柱状のものは59.24%とかなり高い。針状のものは測定の際バックグラウンドの影響を受けているものと思われる。

パイロクロア：自形結晶として産す。 $\text{Nb}_2\text{O}_5$ ：66.72%であり、Buru Hillのものとはほぼ同じ組成を示すが、 $\text{Ta}_2\text{O}_5$ がやや低く、 $\text{TiO}_2$ が幾分高い組成を示す。

ランシアイト：微細針状結晶の集合または他鉍物の粒間を不規則にうめる鉍物として産す。組成はBuru Hillにおける同鉍物とはほぼ同じで、Baに富む性質をもつ。

重晶石：粒状自形結晶として産す。 $\text{BaO}$ と $\text{SO}_3$ で99%前後の組成を占める不純物の少ない結晶である。

## 2-6 考察

### 2-6-1 鉍化作用の特性

探鉍の対象となっているKuge Hillのフェロカーボナタイト岩脈群の初生REE含有量は、Buru Hillのカーボナタイト初生帯の含有量とほぼ同じである。しかし、鉍化帯の幅が狭まこと(最大60m)、風化土壌を現地に保つ構造がないことにより、二次富化作用が認められない。したがって、この岩脈群はほぼ初生品位のままの状態にあって、鉍床品位と呼べるほどにREEが濃集していない。

### 2-6-2 鉍化帯の探鉍有望性

REEが初生品位より濃集しておらず、その絶対値も世界でREEを対象として稼行されて

いるカーボナタイトに比べて著しく低いこと、P、Nb等の含有量も低いこと等により、本岩脈帯が開発可能な鉱床に発展する可能性は低く、今後の探鉱は不要と判断される。



## 第Ⅲ部 結論及び将来への提言

### 第1章 Buru Hill

#### 1-1 結論

地質調査と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鉍床を形成する。希土類元素鉍物はバストネサイトが大部分である。鉍量は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。この鉍床は、希土類元素を対象とし現在世界で稼行されているカーボナタイト鉍床に比較して低品位であり当面の経済的稼行の対象とはならぬものと判断される。しかし、露天採掘が容易な鉍床形態を有し、立地条件も良いことから、より精密な鉍量・品位が確定し、有用元素の有効な抽出方法が確立すれば、将来鉍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

本鉍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鉍量・品位の確立、ii) 粉碎試験・選鉍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、採鉍、選鉍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。

今後ケニヤ側が経済性を検討するための鉍量計算を行う場合には、鉍床内部で、ボーリング孔間隔約50mのボーリング孔ネットワークが必要であると考えられる。

本調査で実施されたボーリング孔のうちで、鉍床内部に位置するものは20孔で、ボーリング孔間隔は100~120mであるので、現在推定されている鉍床の最下底（酸化帯の下限：海拔1,295m前後）を孔底とした精密ボーリングを実施するとすれば、更に約40本、合計2,000m程度のボーリングが必要となることが考えられる。

分析試料のサンプリングは、コア全長につき2~3mごとに縦に分割し、 $\frac{1}{4}$ を化学分析に、 $\frac{1}{2}$ を選鉍試験に、 $\frac{1}{4}$ を予備試料に保存するのが適切である。

化学分析は、Pmを除くREE14成分；Y, Thの分析が必要であり、分析方法としてはNAAのみならずXRFや、重希土元素に対して高精密のICP-Mass Spectrometer法などの手

法も検討する。

鉱量計算に用いる比重を決定するためには、鉱床内部の諸個所を代表するコア試料を採取し、自然、乾燥、湿潤の3状態で比重測定する。また、コア観察において鉱床内部の空洞の発達状況も調査し、鉱床内部での比重分布を知る必要がある。

## 第2章 Kuge-Lwala 地区

### 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脈帯には、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1.5%とほぼ等しいが、まとまりのある高品位部はなく、また規模も小さいので経済的価値のある鉱床とはなり難い。

### 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。

## 参 考 文 献

- Alviola, R., Kortman, C., Githinji, I., Mulaha, T., and Nzau, K., (1985):  
Report on cement raw materials investigations in the Koru and  
Songhor areas, Western Kenya. Geological Survey of Finland.
- Binge, F. W. (1962): Geology of the Kericho Area. Geological Survey  
of Kenya.
- Cluver, A. F. (1958): Buru Hill E. P. L. 110, Kericho District, Kenya.  
Unpublished internal report of New Consolidated Gold Fields Limited,  
Johannesburg.
- Deans, T. (1966): Economic Mineralogy of African Carbonatites. p. 385  
-413 in Carbonatites. (ed) Tuttle, O. F. and Gittins, J.
- Deins, P. and Gold, D. P. (1973): The isotopic composition of carbonatite  
and Kimberlite carbonates and their bearing on the isotopic composition  
of deep seated carbon. Geochim. Cosmochim. Acta, 37, P1709-1733
- Dubois, C. G. B. and Walsh, J. (1970): Minerals of Kenya. Bull, Geol. Surv.  
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.
- Geological Survey of Kenya (1962a): Geological Map of Kenya.
- Geological Survey of Kenya (1962b): Mineral Map of Kenya.
- Huddleston, A. (1951): Geology of the Kisii District. Rep. Geol. Surv.  
Kenya, 18.
- Haskin, L. A., Frey, F. A., Wildeman, T. R. (1968): Relative and absolute  
terrestrial abundances of the rare earths. In: Origin and distribution  
of the elements (Ahrens, L. H. ed.). Pergamon Int. Ser. Monogr.  
Earth Sci. 30, 889-912, New York, USA.

Heinrich, E. W. (1866): The Geology of Carbonates. Rand McNally & Co., Chicago, USA.

Idman, H. and Mulaha, T. (1986): Report on an assessment for phosphates and niobium in carbonatitic and alkaline silicate complexes in Western Kenya, South Nyanza District. Geological Survey of Finland.

神谷雅晴 (1984): ブラジルのカーボナタイト鉱床 (1): 地質ニュース No.362, p. 24-33.

神谷雅晴, 平野英雄 (1985): ブラジルのカーボナタイト鉱床 (2): 地質ニュース No.372, p. 6-16.

神谷雅晴 (1986): ニオブ-希土資源の評価に関する研究。p. 100-120. 地質調査所

Kamitani, M. and Hirano, H. (1987): Important carbonatite-alkaline/alkaline complex and related resources in the world. In Research on Mineral Deposits associated with carbonatite in Brazil. p. 116-129. Geological Survey of Japan.

加納剛, 柳田博明編 (1989): レア・アース; その物性と応用, 技報堂出版

King, B. C. and Sutherland, D. S. (1966): The carbonatite complexes of Eastern Uganda. p. 73-126 in Carbonatites (1966) (ed) Tuttle O. F. and Gittins, J. Interscience Publishers, N. Y., USA

金属鉱業事業団 (1981): 鉱物資源探査技術開発等調査報告書。

LeBas, M. J. (1977): Carbonatite-Nephelinite Volcanism--an African Case History. John Wiley & Sons.

Masuda, A., Nakamura, N., and Tanaka, T. (1973): Fine structures of mutually normalized rare earth patterns of chondrites. Geochim. Cosmochim. Acta, 37, p. 239-248.

McCall, G. J. H. (1958): Geology of the Gwasi Area. Geological Survey of Kenya.

Mulaha, T. O. (1986): Report on the assessment of phosphorous and niobium in the Ndiru Hill carbonatite complex, South Nyanza District. Geological Survey of Finland.

Ohde, S., Suwa, K., and Kitano, Y. (1979a): Trace element geochemistry of carbonatites from Homa Mountain, Kenya. 4th Prelim. Rept. Afr.



- Studies, Nagoya Univ. , 169-174.
- Ohde, S., Suwa, K., Yusa, Y. and Kitano, Y. (1979b): Rare earth element geochemistry of carbonatites from the Kangankunde Mine, Malawi. 4th Prelim. Rept. Afr. Studies, Nagoya Univ. , 175-179.
- 岡野武雄 (1981): 新金属の資源について, 鉱山地質, 31, 407-414.
- 大津秀夫・窪田亮・松田陽一 (1983): 地化学データの頻度分布決定法。鉱山地質, 33, 427-431
- Pulfrey, W. and Walsh, J. (1969): The geology and mineral resources of Kenya, Bull. Geol. Surv. Kenya, No.9
- Roskill Information Services Ltd. (1986): The economics of rare earths and yttrium, Sixth Edition.
- Saggerson, E. P. (1952): Geology of the Kisumu district, Rep. Geol. Surv. Kenya, 21.
- 坂巻幸雄, 神谷雅晴 (1986): レア・アース - 希産資源の評価に関する研究。p. 121-154.  
地質調査所
- 諏訪兼位 (1981): カーボナタイトの岩石学。鉱山地質, 31, 457-465.
- Suwa, K., Oana, S., Wada, H. and Osaki, S. (1975): Isotope geochemistry and petrology of African carbonatites. Phys. Chem. Earth, Pergamon, 9, 735-746.
- Sato, T. et al. (1985): Research on mineral deposits containing carbonatite in Brazil. The Japan Industrial & Technological Bulletin. 12, 10, 7-8, JETRO.
- 武内寿久禰 (1973a): カーボナタイト鉱床 (I) (カナダ・南アフリカ・マラウイのカーボナタイト)。鉱山地質, 23, 367-382.
- 武内寿久禰 (1973b): カーボナタイト鉱床 (II) (ヨーロッパ, ソ連その他の地域のカーボナタイト)。鉱山地質, 23, 437-451.
- 武内寿久禰 (1981): カーボナタイト鉱床について。鉱山地質, 31, 415-420.
- 田中剛 (1981): 火成岩にみられる希土類元素の挙動とカーボナタイト。鉱山地質, 31, 6, 467-478.
- 立見辰雄 (1965): カーボナタイトおよびアルカリ岩複合岩体に伴う鉱床。地学雑誌 74,

1, 744.

Tuttle, O. F. and Gittins, J. (ed) (1966) : Carbonatites. Interscience Publishers.

N. Y. , USA

United Nations Revolving Fund for Natural Resources Exploration (1978) :

Mineral Exploration in Western Kenya -- Final Report. DP/KEN-NR

-78-00.