

タンザニア連合共和国
キリマンジャロ州中小工業開発協力事業
窯業原料に係る調査報告書

1984年3月

国際協力事業団

RY

鉦 関 技
J R
84 - 63

JKA LIBRARY



1063615(7)

タンザニア連合共和国
キリマンジャロ州中小工業開発協力事業
窯業原料に係る調査報告書

1984年3月

国際協力事業団

国際協力事業団

受入 月日 '84. 6. 19	416
登録No. 10396	68.3
	MIT

は し が き

国際協力事業団は、キリマンジャロ州中小工業開発協力事業の窯業分野における技術協力計画の策定に資するため、窯業原料調査の短期専門家として、上野三義及び足立昌三の両氏を、1982年11月25日から1983年1月25日まで約2ヶ月間派遣した。

両専門家は、同州を中心として、隣接するアルーシャ州、タンガ州及び首都のダルエスサラーム市郊外に亘って、窯業原料のサンプリングと埋蔵量の算出を実施した。

また、持ち帰った窯業原料サンプルに関する試験・分析及び利用可否の評価、並びに適正な利用開発に係る技術研究開発を美濃窯業(株)に業務委託して行い、このうちでテーブルウェアに適した原料を選定し、試作試験を実施した。

現在、タンザニア国内ではプラスチック製及びアルミニウム製のカップや皿が広く使われているが、今回の技術研究開発の結果により、これに代って国産原料による柘器質テーブルウェアの製造が可能であるとの結論に達した。

本報告書は、これらの現地調査、分析及び試作試験結果を取りまとめたものである。

1984年3月

国際協力事業団
鉦工業開発協力部
部長 角南 平

Fig. 1 Map of The United Republic of Tanzania

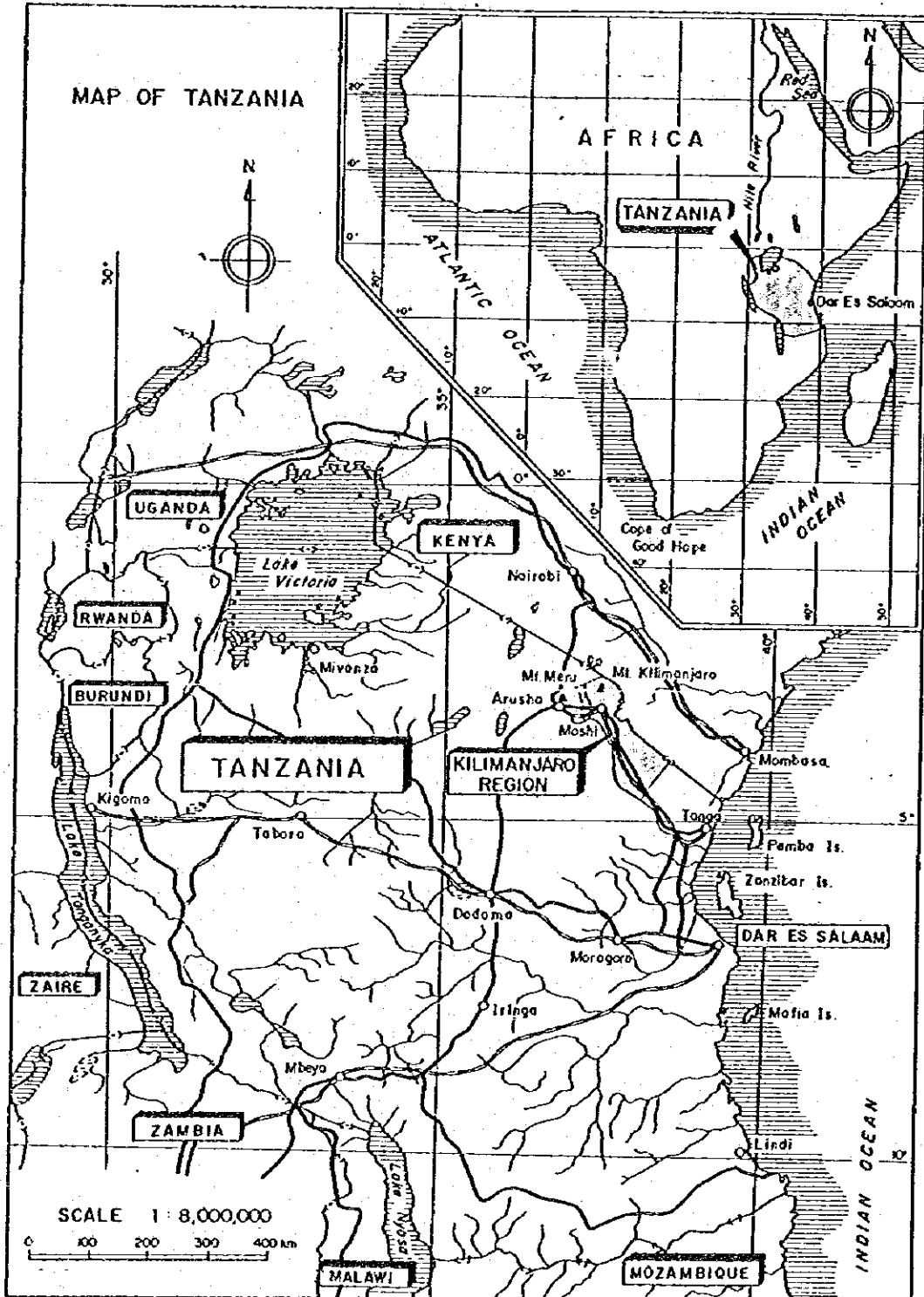
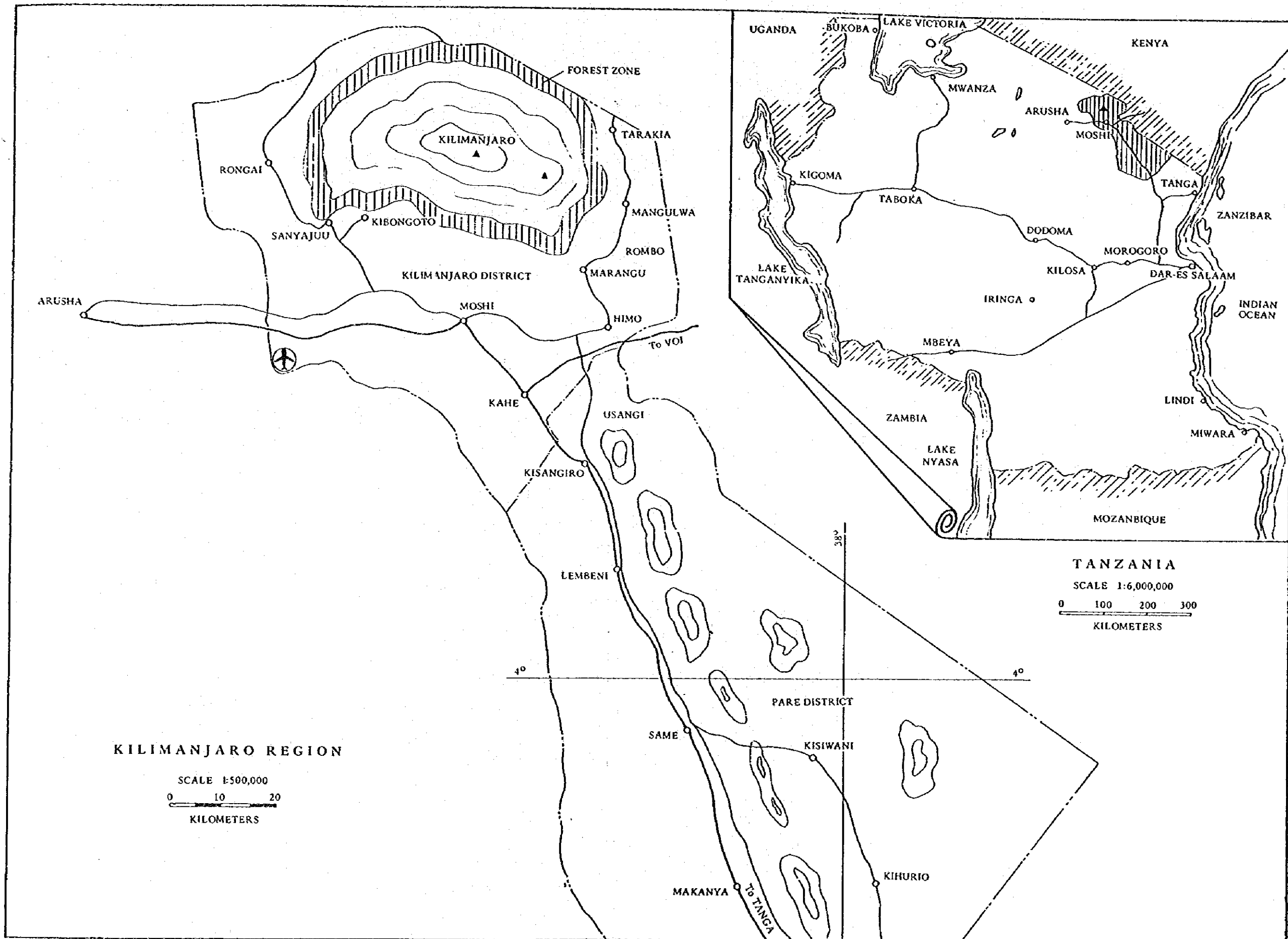


Fig.2 Map of Kilimanjaro Region



目 次

I 現地調査報告	
緒 言	3
1. キリマンジャロ州の地理的環境	4
2. 地質一般	4
(1) 先カンブリア変成岩類	4
(2) 火山岩類	5
(3) 侵入岩類	5
3. 窯業原料鉱物資源	6
(1) カオリン質粘土	6
(i) グラニュライトの風化残留カオリン	6
(ii) 河川流域堆積粘土	6
(iii) 湖沼性堆積粘土	7
(iv) ベグマタイト風化粘土	10
(2) Pugu Hill カオリン鉱床	10
(3) 長石・珪石資源	11
4. 窯業副原料および工業原料用鉱物資源	12
(1) マグネサイト鉱床	12
(2) 石膏鉱床	13
(3) 石灰石, ドロマイト資源	13
(4) カリアナイト, シリマナイト	13
(5) その他の鉱物資源	14
(i) 柘榴石	14
(ii) 雑粘土	14
(iii) コランダム	15
(6) 未利用岩石資源(グラニュライト)	15
5. キリマンジャロ州の鉱業事情	16
6. 鉱物資源開発と利用に関する問題	16
7. 結 語	17
II 窯業原料の分析及び試作試験結果	
1. 供試試料	29
2. 試験結果	31
2-1 原料試験	31

(1) 単味焼成	31
(2) 耐火度	35
(3) 粒度試験	35
(4) 化学分析	38
(5) X線回折	39
(6) 電子顕微鏡	63
(7) 粘性試験	68
2-2 試 作	70
(1) 予備試作試験	70
原料	70
配合	70
調合	70
脱水	70
成形	70
乾燥	71
素焼	71
施釉	71
本焼	71
試験結果	71
(2) 製品化試験	71
原料	71
配合	71
調合	72
脱水	72
成形	72
素焼	72
施釉	72
デザイン	72
本焼	72
製品写真	73
3. 考 察	77
4. 総 括	83
5. 付 録	84
試験設備の写真	85

List of Figure, Table, Chart and Photo

Fig. 1	Map of The United Republic of Tanzania
Fig. 2	Map of Kilimanjaro Region
Fig. 3	Grain distribution of USANGI Clay
Fig. 4	Grain distribution of TONA Clay
Fig. 5	Test result of viscosity
Table 1	Sample
Table 2	Result of firing test for main raw materials
Table 3	Result of refractoriness test
Table 4	Result of grain analysis
Table 5	Result of grain analysis
Table 6	Result of chemical analysis
Table 7	Result of X-ray diffraction
Table 8	Electron microscopic observation
Table 9	Test result of viscosity
Table 10	Batch ratio of body
Table 11	Batch ratio of body
Chart 1	X-ray diffraction chart PUGU Kaolin
Chart 2	X-ray diffraction chart TONA Clay
Chart 3	X-ray diffraction chart USANGI Clay
Chart 4	X-ray diffraction chart Corundum
Chart 5	X-ray diffraction chart Kyanite
Chart 6	X-ray diffraction chart Magnesite
Chart 7	X-ray diffraction chart Limestone (H-5)

Chart 8	X-ray diffraction chart	Limestone (LK-3)
Chart 9	X-ray diffraction chart	Dolomite (Powder)
Chart 10	X-ray diffraction chart	Gypsum
Chart 11	X-ray diffraction chart	Graphite
Photo 1-1	Electron micrograph	PUGU Kaolin
Photo 1-2	Electron micrograph	TONA Clay, White part
Photo 1-3	Electron micrograph	TONA Clay
Photo 1-4	Electron micrograph	USANGI Clay
Photo 2-1	Trial-making sample	
Photo 2-2	Trial-making sample	
Photo 2-3	Trial-making sample	
Photo 2-4	Trial-making sample	
Photo 2-5	Trial-making sample	
Photo 2-6	Trial-making sample	
Photo 2-7	Trial-making sample	
Photo 2-8	Trial-making sample	
Photo 2-9	Trial-making sample	
Photo 2-10	Trial-making sample	
Photo 2-11	Trial-making sample	
Photo 2-12	Trial-making sample	
Photo 3-1	Refractoriness testing furnace	
Photo 3-2	Electron microscope	
Photo 3-3	Pot mill	
Photo 3-4	Biscuit kiln	
Photo 3-5	X-ray diffraction analyser	
Photo 3-6	Glost kiln	

I 現地調査結果

緒 言

タンザニアにおける窯業産業は僅かのセメント・ガラス製造を除くと、特筆すべき陶磁器、耐火物の生産がない。然しながら、同国の鉱物資源のうち、ベグマタイト、石膏、マグネサイト等非金属鉱床に恵まれた地質鉱床環境の一つにキリマンジャロ州がある。

我が国の技術指導によるキリマンジャロ中小工業開発センター窯業部門は現在、煉瓦・屋根瓦・土管の業務を行っているが窯業原料の実態は明らかにされていない。キリマンジャロ州内の窯業原料鉱物資源に関する今回の調査は、これら資源を活用して将来発展を期待される窯業産業の基礎的資料を提供するものである。

調査目的に対し、上野三義は鉱床学的見地から各種鉱床の産状、鉱石の品質および埋蔵量調査に当り、足立昌三は現地における品質調査、帰国後は窯業原料の製品化試験研究を担当した。

現地調査は昭和57年11月25日より昭和58年1月25日までであった。往復日数を含めた2ヶ月間に可能な限り多くの鉱床を調査したが、特に良質のカオリン質粘土の探査、精査に日数がかり、道路の悪条件、急峻山地での調査の困難性も重なって全鉱種の詳細に亘る調査に至らなかった。調査期間を通して陶磁器の主原料のみならずマグネサイト、石膏、ドロマイト等の副原料並びに工業原料鉱物についても調査出来たことは幸である。

当地域の鉱物資源に関する文献、報告書が少なく、現地情報も適格ではなかったがセンターの各位並びにタンザニア国の公的関係者の積極的な協力と便宜供与があった事に感謝し、ここに調査結果を報告する。

1. キリマンジャロ州の地理的環境

東アフリカ、インド洋に面するタンザニアは北でケニア、ウガンダ西にザイール、ザンビア南にモザンビーク、マラウイ諸国に接する総面積約939,703平方Km、公称人口約1,400万人である。17州の行政区画の一つキリマンジャロ州は北西-南東約230Kmの細長い地区で北部にアフリカ最高峰キリマンジャロ火山(最高点Kibo峰5,895m)が聳え、パレ・ウサンバラ山系がマサイ高地平原に連立している。この山系の西側には標高650m~850mの高地平野マサイ平原(MASAI Steppe)が広がり、半ば沙漠状の乾燥地帯である。

キリマンジャロ山々頂から放射状に流れる幾多の水系は火山噴出類の風化を促し、標高1,000m~2,000mの山麓は肥沃な土壌が厚く堆積しているため農業人口の密度が高い。

当地域の河川水は平野地に入って消滅するものが多いが、Ruvu(Pangani)川とKikuletwa川は上流の小川水を集め乾期でも河川水は絶えることがない。両河川水はMoshi市の南約38Km地点で合流し南北約6Kmの大人工湖Nyumba Ya Nungu湖が造られている。

ダム放水路からPangani川となる水系は迂回して南パレ山系南端のMkomazi付近を南下している当地域最大の水系である。当地域の降雨量は山体の規模に比例しているようで、キリマンジャロ山を中心として半径約25Kmの範囲およびパレ山系では、標高約1,600m以上の山地で年間降雨量2,000mm以上と云われている。南パレ山系東側山麓地帯Gonja-Kihurio間は水量豊富なため各地に水田耕作が行われている。パレ山系西側は一般に水路短く、断崖渓谷の流水は山麓の崖錐堆積物の中で消滅するものが多い。(第1図参照)

2. 地 質 一 般

Moshi, Same, Mwanza, Mkomazi, Sanya, Mkun等地域開発局(District Development Director)のある地域を含めて調査範囲は東西約150Km, 南北約200Kmに及んだ。当地域の地形と地質は大別して火山地帯、先カンブリア変成岩地帯および平原地帯に区分される。マサイ高地平原の表土の下には先カンブリア変成岩類が広く分布しており、地表上は1.5~3mの深さに火山岩或いは変成岩の風化堆積土砂で覆われている。特にアルカリ熔岩とその砕屑岩類から成る地域の土壌は農作に適している。

(1) 先カンブリア変成岩類:

当地域の先カンブリア変成岩類は種々の片麻岩類・結晶片岩類から構成され、堆積岩類と火山噴出岩類から変成されたもので、アフリカ大陸北東断塊地の南部地域の変成岩帯に当たっている。また、この変成岩類の分布はマサイ平原一帯からビクトリア湖北部、ケニアおよびモザンビークに広がる大地向斜帯の堆積物が原岩となるもので、タンザニアでは西部地域の変成岩類をNyanza System, 東部当地域のものがUsagaran System Rocksと呼ばれ、多くのベグマタイト鉱床を伴っている。

当地域の先カンブリア変成岩類は片麻岩類・結晶片岩・珪岩等の累層であり、石灰岩・ドロマイト質石灰岩層を夾在している。

南北パレ山系では主に片麻岩類が多く、黒雲母片麻岩、角閃石片麻岩、黒雲母-柘榴石片麻岩、珪長質片麻岩、石墨片岩、グラニュライト（白粒岩）、珪石等がN20°~45°Wの走行、15°~40°NE傾斜を示している。これらの変成岩類の一般的構造はNWN-SES走向で、NEに傾斜する単斜構造であり、ENE-WSW系およびN約60°W系の断層が発達している。パレ山系中には北東アフリカ造山帯の中央部に発達するグラニュライト相があり、各地に露出して地表風化カオリンの母岩になっている。

当地域のグラニュライト相には輝石グラニュライト、角閃石グラニュライト、柘榴石グラニュライトがあり、特に柘榴石グラニュライトは珪・長石部分は陶磁器用、柘榴石は研磨材用に使われる注目すべき資源である。

珪岩はしばしばカイアナイト（藍晶石）・シリマナイト（珪線石）、柘榴石、赤鉄鉱等を伴っているが未だ大規模鉱床は発見されていない。

(2) 火山岩類：

キリマンジャロ火山はアルカリ系熔岩と同質砕屑岩類を噴出したアフリカ最大の火山で、第三紀末期から現世に至る間に莫大な噴出物を先カンブリア変成岩上に流出させている。この火山はKibo山を中心に控える中央火山があり、東側Mawenzi火山、西側Shira火山の3火山より成る複式円錐形成層火山である。火山の基底には大量の玄武岩熔岩を広範囲に流出し、更新世~新期(Ma約150万年)にカスミ石玄武岩・粗面岩質安山岩・粗面岩等の熔岩、角礫岩・凝灰岩を噴出している。また、複合火山を中心にNW-SE線上には大小幾多の火山があって円丘伏の火口丘がキリマンジャロ山麓やマサイ平原の各地に突出している。調査地域では、これらの火山岩類が分布するMoshi・Sanya・Rombo一帯は多孔質玄武岩と砕屑岩が長年月の風化分解と現地堆積によってラテライト質土壌が造られ、雨量の多い低地や氾濫河川流域の表土が粘土化して低級煉瓦原料に供されている処がある。

(3) 進入岩類

パレ山系には大規模な進入岩体は未だ発見されていないが、各所で変質輝岩・ズン岩・橄欖岩・変質斑岩・柘榴石角閃岩等の塩基性岩類が進入している。調査中に南パレ山系西央のNdambwe地内で新設道路の切割に約100m花崗閃緑岩が露出している以外に大きな酸性進入岩を見ないがペグマタイトはパレ山系ウサンバラ山系に多い。当地域の塩基性進入岩のうち、蛇紋岩化された橄欖岩とマグネサイト鉱床は成因に密接な関係があり、ペグマタイトの根源をなす花崗岩類は地下深所にあるものと推測される。

キリマンジャロ火山地帯の粗面岩質岩脈は更新世末期のもので、熱水・温泉作用等の後火山作用に乏しい為に陶石鉱床、カオリン鉱床の発見は望み難いようである。

3. 窯業原料（主に陶磁器用）鉱物資源

調査地内には粘土類、長珪石等の陶磁器用原料の外に、現地にはドロマイト、マグネサイト、方解石等の炭酸塩鉱物やシリマナイト、鋼玉のような特殊耐火物原料および石膏、黒鉛、柘榴石、滑石等も産出することが文献、情報により判明した。良質かつ埋蔵量が見込まれる陶磁器用副原料鉱物資源の調査はタンザニアの産業発展に役するので鋭意現地踏査に努めたが、本調査の主目的がカオリン質粘土鉱床の探査と埋蔵量調査であったので窯業原料と副原料・工業用に区分して記載する。

(1) カオリン質粘土

従来、良質のカオリン質粘土鉱床の大規模なものは知られていない。少量のカオリンクレーはTanzania Magnesite Mining Co. が扱い、Arushai市の製陶所 Sheriff Dewji & Sons Ltd社がPugu Hillカオリンを使用するにすぎない。白色カオリンの存否は地元製陶業に大きく影響するので調査班はカオリン鉱床の調査に主力を注いだ。カオリンに関する報告書がないため、不明確な現地情報をもとにベース・キャンプからの遠路、急峻山地など悪条件を重ねた調査になった。調査結果を総括すると、当地域に産するカオリン質粘土の産状は次の種類に分類される。

(i) グラニュライトの風化残留カオリン (ii) 河川流域堆積粘土 (iii) 湖沼性堆積粘土 (iv) ベグマタイト風化粘土

(i) グラニュライトの風化残留カオリン：

バレ山系の黒雲母片麻岩、輝石・角閃石片麻岩にも風化によるカオリン化帯が生じているが、グラニュライトが地表風化してカオリン化されたものが最も良質である。この種カオリンは特に北バレ山系の中央高地、地域開発局(D. D. D.)都市MwangaからKikweni峠を経てRomboni, Kigare部落に通ずるバス道路の切り割に多くの露頭がある。カオリン化作用は丘陵性高地や緩傾斜地の小沢両側の部分が進捗し易く、白色カオリン化部分の範囲は露出延長数m~30m程度である。因にKikweni峠付近のカオリン化帯から得たサンプルの利用試験結果は良好であり、X線回折試験では200メッシュ以下の試料はカオリナイト(約90%)、未変質長石(数%)および微細な石英(約10%)であった。グラニュライトがカオリンに置換された部分には地表の土壌・水酸化鉄で褐色になったものが混在しており、純白カオリン鉱石を大量に採掘し難い所が多い。

この種粘土化帯中にはグラニュライト原岩の石英、長石類が含まれているので高級白磁原料に供するには水選選別を要する。水選実収率は原鉱の約30%であろう。

将来、この種カオリンの探査はグラニュライト相が広く分布するバレ山系山岳高地の準平原化が進んだ緩傾地が有望である。

(ii) 河川流域堆積粘土：

バレ山系の高地丘陵地帯の水系沿いには、しばしば褐色の堆積粘土層が生成されている。上流および付近の土砂が移動または残留堆積したもので、比較的粘性に富んだ粘土である。代表的産地の一つ

に南バレ山系東側山地、Mpirani - Bombo - Ndung - Kihuro 経山の懸崖地縦断自動車道路があり、この道路沿いのKanza部落付近を流れるGema川上流のYongoma川流域には褐色粘土が堆積している。粘土層は川が湾曲した平坦地区に幅広くなり、調査地点(標高1,030m)の平地では川の兩岸平地に幅10m~20m、厚さ1.5m~2.5mの範囲に分布している。この粘土は調査地だけでも約1万トンの埋蔵量がある。南バレ山系中央山地の長い河川流域は堆積粘土の有望地帯であるが、煉瓦材として供給する工場のない現状では利用価値に乏しい粘土資源である。北バレ山系のKifula地内、バス道路と小学校敷地との間に良質カオリンの露頭が発見されたのでボーリング(ハンドオーガー)探鉱を行ったが、この露頭は地表風化に因る粘土部分であり、地表下数10cmで未風化グラニューライトが現われたので利用価値の無い露頭であった。

この露頭に近接した人口ダム(農業用水池)周辺の低地帯に分布する褐色堆積粘土を調査した。この粘土層は深さ3m~5m程度あり、2ヶ所の合計埋蔵量は約1万5千トンが算定された。粘土は微粒・泥土状で粘性が強く、ハロイサイト系粘土鉱物を主成分鉱物としている。焼成試験結果はシャモット質耐火煉瓦用に使用可能である。人口ダムは1964年に川をせき止めたもので、Kidoro川上流に当り、粘土層は河川流堆積物と同じである。

Moshi地区に良質煉瓦用粘土が乏しいので、この種粘土を搬送活用も一策であろう。

(iii) 湖沼性堆積粘土:

当地域で最も規模が大きく、陶磁用原料として注目されるのは湖沼性堆積粘土である。

湖沼性堆積粘土は湿潤地、湖沼等常時水分に富む盆状低地の堆積物が粘土鉱物になったものである。この種堆積粘土鉱床はキリマンジャロ火山岩地域および乾燥平野地では生成されにくいので探査範囲は変成岩地帯のバレ山中に的が絞られた。1/50,000地形図に示される盆状地、流水の交る平坦地を求めて北バレ山系西側のNdanbwe付近の森林低地、南端部Mbono付近の低地等のボーリングではカオリン質粘土鉱床が発見されなかった。本調査期間中に北バレ山系地区でKigare(通称Usangi)の鉱床および南バレ山系北東部山地のTona湖の鉱床を確認して精査を行った。

Kigare粘土鉱床:(第2図参照)

Mwangaの東南東直距約12Km、標高1,260~1,280mの低地帯の南側区域は沼沢地を含む湿潤な所である。教育短大構内の南側湿地はNW-SE方向約240m、幅75m~120mの範囲を占めている。この湿地には深さ3m以上の粘土層が確認され、一般に4m程度の深さまで推定される。粘土は灰色~暗灰色の粘性に富む泥土状粘土で、腐植土の混入が少い。

若干の粘土試料のX線粉末回折線から、粘土は結晶度の弱いカオリナイトあるいはハロイサイトとアナウキサイトが主要鉱物で少量の石英を含んでいる。アナウキサイト(anauxite)の結晶学的定説は未だ不明であるが、カオリナイトの成分層の所々にSi-Oの四面体層の複層が含まれているも、或いはシリカゲルがカオリナイト中に含まれたものとの諸説がある。何れにせよKigare粘土は超微細、コロイド状で水簸選別の難しい粘土であるが、耐火度:SK 31⁺、焼成試験結果の色調:淡灰色であり、プラスチック・クレーとして陶磁器用に使用可能である。粘土の化学分析結果

は次の通りである。

(第1表) Kigare粘土の化学分析表

成分WT%	試料	(1) 3個試料混合物	(2) 水簾粘土
SiO ₂		56.9	48.2
TiO ₂		2.67	2.51
Al ₂ O ₃		24.3	27.4
Fe ₂ O ₃		3.10	2.99
CaO		0.06	0.09
MgO		0.13	0.17
Na ₂ O		tr	tr
K ₂ O		0.17	0.21
Ignpss		13.2	18.2
Total		100.53	99.77
耐火度		SK31*	

分析者：美濃窯業KK研究所

1/2,000実測図とボーリング結果に基づいて算出される埋蔵量は

推定埋蔵量：約 53,000 トン

予想埋蔵量：約 70,000 トン

である。鉱床開発の立地条件に恵まれてはいるが、泥土状粘土の露天掘りによる地下採掘には特別の採集方法を考案しなければならない。

Tona湖の粘土鉱床：(第3図参照)

Tona湖は南パレ山系は中央東寄りの高地、標高約1,800、Kisiwaniの南西直距約6 Kmに位置している。泥土状のカオリン質粘土はTona湖と西湖畔一帯に堆積し、分布面積は南北約330 m、東西120 m～200 mに及んでいる。水深は数10 cmであるが鉱床の約60%に当る範囲が湖水に侵って泥沼となり歩行不能である。粘土層の層序は第6図の如く、地表は30 cm～1 mの表土で覆われ、暗灰色粘土・灰色粘土の厚さは4 m以上を確認し得なかったが、最も深い処では10 mに達するものと推定される。鉱床が常時湖水に浸る東側には水面下に黒色の腐植土が沈積して粘土層は薄くなる傾向がある。鉱床の北東端に見られる白色粘土は灰色粘土が生成された後に清水・地下水で洗浄脱色された部分で鉱物組成に変化はない。泥土状の粘土は極めて粘性が強く、Kigare粘土と同種の粘土で、4個の試料にはアナウキサイトを含んでいる。原土中には40%程度の石英含有量があり、X線回折試験では

カオリナイト、アナウキサイトと少量の微粒石英、未変質長石、稀れにモンモリロナイトの鉱物組成である。しかし、白色粘土は結晶度の高いカオリナイトと石英が大半を占め、アナウキサイトは極めて少量である。数箇所のボーリング・コア試料を混合した粘土と水簾した粘土の分析結果を次表に示した。

(第2表) Tona 粘土の化学分析表

成分	試料	(1) 原土混合物	(2) 水簾粘土
SiO ₂	WT%	59.9	43.4
TiO ₂		1.99	2.43
Al ₂ O ₃		2.17	3.02
Fe ₂ O ₃		1.73	1.98
CaO		0.01	0.07
MgO		0.16	0.27
Na ₂ O		tr	tr
K ₂ O		0.18	0.23
Ig. loss		1.41	2.14
Total		99.77	99.98
耐火度		SK31'	

分析者: 美濃窯業K.K研究所

1/2,000実測図とボーリング結果を参考にした鉍床の推定総埋蔵量は約46万トンであるが、湖水滞留地区を除いた採掘し易い西側湖畔の粘土約18.5万トンは直ちに稼行出来る埋蔵量である。本鉍床の成因と原土の性質はKigare粘土と非常に似たもので、可塑性粘土原料として有色陶磁器用に利用される。本鉍床は埋蔵量が豊富ではあるが、鉍山稼行に当って幾つかの課題が残されている。(1)山元からトラック道路まで約3.5Kmの急傾山地運搬施設 (2)トラック道路貯鉍場-Kisiwani 間約14Kmの道路補修 (3)泥土地区での採掘と現場の荒廃防止等を予め考慮することが肝要であろう。

Kigare粘土とTona粘土の粘土鉍物の大きさは粒度分析表(第3表)に示され如く、約44 μ 以下であり、粘土鉍物含有量は40%以上である。また、電子顕微鏡写真撮影によると粘土鉍物の形態からKigare粘土はカオリナイトとハロイサイトの混じったもの、Tona粘土は主にカオリナイトからなるものと推定される。

(第3表) カオリン系粘土の粒度分析表

サイズ(μ)	Kigare 粘土含有量(%)	Tona 粘土含有量(%)
>3360	0.25	0.50
3360~2000	1.00	0.50
2000~1000	3.00	6.75
1000~500	9.00	14.0
500~149	19.50	24.6
149~74	16.50	16.0
74~44	4.50	6.0
<44	46.25	31.65
合計	100.0	100.0

(V) ベグマタイト風化粘土

バレ山系中には貫入ベグマタイトの産出は多く、その上部がカオリン化しているものがある。白色のカオリナイト質粘土として白色陶磁器原料に貴重な鉱石ではあるが、原岩のベグマタイトが何れも小さい。調査中に確認した露頭は北バレ山系中央、Lomboni, Totola地内の道路際ベグマタイトおよび南バレ山系西側山地、Hedaruの南東直距8.7Kmのベグマタイトである。前者は脈幅1.2 m~1.5 m、後者は脈幅0.2~0.4 m程度であって、深部の採掘が難しい状態である。この種粘土は結晶の高いカオリナイトから成り、少量の石英を含んでいる。現在、Tanzania Magnesite Mining Co. が少量のカオリンを採集してクレー原料を製造している。この種カオリンは埋蔵量が少く、多量に採掘するためにはコスト高になる。

(2) Pugu Hill カオリン鉱床

キリマンジャロ州内の鉱床調査を終了し、タンザニアおよび日本の出先機関への業務連絡のため、帰路ダルエスサラームに到着した際に Pugu Hill カオリン鉱床概査の機会を得た。この調査はキリマンジャロ中小工業開発センターの所長の要望を受け、現地にはダルエスサラーム JICA 事務所長が同行した。

カオリン鉱床は首都ダルエスサラームの西直距約27Km、Kisarawe 地内に在り、タンザン鉄道の近くでNEN-SWS方向に長い「ブグ」丘陵の一部を占めている。当地域には新生代の海成堆積物砂岩、シルト岩、石灰岩および礫岩が広く分布しており、カオリン鉱床はカオリン化された砂岩層に当り、第三紀下部中新世の堆積物と見なされている。この砂質カオリン層は一般にN10°~30°Wで、5°~10°の緩い西傾斜を示し、この中にカオリン化した黒雲母珪長質砂岩を夾んでおり、総延長は約10Kmに及ぶと記録されている。現在、稼行中の採掘場付近ではカオリン鉱石として最も良質な部分に当り、クレー工場まで約2 Kmの間に露出していた。採掘場は露天切羽と坑内掘りから出鉱し、約300 mの丁場を設けてブルドーザーが使われている。鉱石は30~50%のカオリンと粒状石英から成るもので、我が国の「蛙目粘土」に似て不純物、鉄分が少い。

代表的なカオリン鉱の水鏡精選物は結晶度の高いカオリナイト(約85%)、微細な石英(約10%)、加水白雲母(約5%)である。

採掘場付近の粗鉱埋蔵量を概算すると約1千万トンが推定され、1981年オーストリアの技術コンサルタント社がボーリングを伴う埋蔵量調査結果の1,125万トンと近似している。

山元には索道運搬施設があり、鉱石は水鏡工場で精製カオリンと珪砂に区分される。

水鏡工場の年間生産能力: 約4,000トン

工場製産物の用途は次の通りで、出荷と生産は需要量に応じて調整されると云われる。

カオリン: 塗料, ゴム充填剤, 陶磁器

珪砂 : ガラス (粒度0.2~1.5 mm)

Pugu Hill カオリン鉱床は規模大きく、陶磁器原料に適している。山元は大量採掘が可能で、鉄道

駅 Pugu まで約 3 Km の距離にあるなど立地条件に恵れているので将来、タンザニア製陶産業の主要な供給源になるであろう。水鏡カオリンの蛍光 X 線分析結果は次の通りである。

SiO₂: 50.2, TiO₂: 0.67, Al₂O₃: 35.4, Fe₂O₃: 0.15, CaO: tr, MgO: tr,
NaO: tr, K₂O: 0.17, Ig. loss: 12.7

(分析者: 美濃窯業 K K 研究所)

(3) 長石・珪石資源

Pare 山系と Usambara 山系中では花崗岩質侵入岩類が少ないにもかかわらずペグマタイトの成生が顕著である。鉱床分布図に示すように多くの産地が知られ、大型雲母採集のためにペグマタイトを採鉱し、長石と珪石は現地に放置されている所が多い。パレ山系地帯でも変成岩類を貫いて脈状、パイプ状、レンズ状ペグマタイト鉱床が生成され、特に南パレ山系東側 Kihurio 付近の丘陵地に小規模ペグマタイトが多く、地層に平行して貫入している。

パレ山系中に新設された道路の切割から新鉱床が発見される程、ペグマタイトの布分密度が高い。しかし、当地域のペグマタイトは一般に小規模で、埋蔵量数百トン～2千トン程度であり、大型の黒雲母、白雲母、柘榴石以外の稀元素鉱物・寶石鉱物が少ないのも特徴と云える。

長石、珪石資源はこれらペグマタイトを構成する主要鉱物であり、良質のピンク長石(正長石、微斜長石)、ソーダ長石、光学ガラス用高品位珪石も少ない。ペグマタイトの調査地は枚挙にいとまがないので次に若干の鉱床を第 4 表に表示した。

(第 4 表) ペグマタイトの産状と規模

産地	産状・規模	鉱物組成	埋蔵量(推定)
Chambogo, T.M.M. 事務所の西約 1 Km	パイプ状, 約 25° ES 落し 幅 5~8m, 厚さ 0.5~1m	長石類 60%, 石英 40%	2,300 トン
Kihurio 地区 A 鉱体	膨縮状, 延長 N38° W 垂直~80° E 傾斜	長石類約 50%, 石英約 50% 雲母数%	2,400 トン
同 B 鉱体	レンズ状, 延長 N25° W, 約 70°, NE 傾斜	カリ長石約 35%, ソーダ長 石約 20%, 石英約 45%	2,500 トン
同 C 鉱体	脈状, 延長 N10° W	長石類約 55%, 石英約 45%, 黒雲母数%	1,300 トン
Hedaru り南東約 8 Km 新道の東側	偏平レンズ状, 厚さ約 5 m, 延長 N70° W, 25° SW 落し	長石類約 45%, 石英約 55%, 雲母, 柘榴石約数%	1,800 トン (残存埋蔵量)
Monire 山西麓, 国道 まで約 300 m	膨縮脈状, 延長 N70° E, 75° NW 傾斜	長石類約 60%, 石英約 40%, 柘榴石やゝ多い。	2,000 トン
Lomboni Usangi 中心地の北約 3.5 Km 標高 1,310 m	脈状, 延長 N18° E, 約 40° SE 傾斜, 一部カオリン化	長石約 65%, 石英約 35%	1,000 トン

4. 窯業副原料および工業原料用鉍物資源

(1) マグネサイト鉍床

タンザニアには化学的に沈澱したマグネサイト鉍床 (Natron 南東端地区の Gelai 鉍床) と超塩基性岩の進入に伴う火成因マグネサイト鉍床があり、輸出鉍物資源の一つに挙げられる。

パレ山系中の有名なマグネサイト鉍床は後者に属し、Same の南東直距約 11 Km に当る小さな丘の下にある。この鉍床は古くから稼行し、タンザニアの主要マグネサイト産地として知られる Tanzania Magnesite Mining Co. の Chambogo 鉍山によって開発されている。鉍床は先カンブリア変成岩を貫いた蛇紋岩化橄欖岩の上部に生成されたマグネサイト細脈、網状脈から成っている。各脈は厚さ 2 cm ~ 15 cm 程度であるが、鉍化帯は南北約 700 m、東西約 80 m の範囲に広がり、深さはボーリングによって 110 m 深部に続くことが確認された大鉍床である。延長約 150 m の露天採掘場付近には長径 50 cm のマグネサイト塊もあり、滑石脈・Mg-緑泥石脈が発達し、蛇紋岩化された橄欖岩が現われている。この鉍床は 1 万トン以上の埋蔵量があると云われる。

マグネサイト鉍石は純白緻密塊状で、不純物は極めて少い。X線粉末回折試験によるとマグネサイト 93% 以上、微量の緑泥石と未同定鉍物 (炭酸珪酸塩鉍物?) である。信頼される資料からマグネサイト精鉍の化学分析結果を比較表示すれば次の通りである。(第 5 表)

産地	成分	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Ig. loss	不溶解物(酸)
Chambogo *			0.5		0.8	46.4	51.1	1.3
オーストリア		1.45	0.03	3.35	1.68	42.43	50.41	
満州, 大石橋		2.98	0.40	0.32	0.72	44.89	50.72	

* J. F. Harris : Summary of the Geology of TANGANYIKA : 1981

また、当鉍山から輸出されるマグネサイトの含有不純物に対する標準規格は次の如くである。(Wt%)

SiO₂ : 4.0, Al₂O₃ : 0.25, CaO : 1.5, SO₃ : 0.02, Fe₂O₃ : 0.1

Kadingari 小学校教諭の情報から北パレ山系東側山地を調査して、マグネサイトが発見された。この鉍床は Kadingari - Butu を結ぶ自動車道路に接した断崖地、標高約 1,100 m に露出している。マグネサイト細脈、網脈が黒雲母片麻岩中に発達し、鉍化帯は小沢の両側約 25 m を確認した。鉍化帯はやゝ粘土化しているので手選別が容易である。乳白色塊状マグネサイト試料はマグネサイト (約 90%)、緑泥石・モンモリヨン石 (約 10%) であり、採取のときに粘土が混入したものである。この鉍床には未だ橄欖岩が見られないので露出地の下部探鉍次第によっては大規模になる可能性がある。超塩基性侵入岩の多いパレ山系から更に潜在鉍床の発見が期待される。マグネサイトはマグネシア煉瓦、金属マグネシア、特殊磁器等に使用されるもので、特に高品位鉍は先進国が囑望する資源である。

(2) 石膏鉱床

キリマンジャロ州の平原地帯には塩水湖が干し上った地域に石膏鉱床が形成されている。この種鉱床は海水から化学的に沈澱、石膏層が出来たもので、地表近くに浅く分布する傾向がある。石膏は主にセメント工場に出荷されているが、良質の石膏は陶磁器特に食器や装飾陶器の型材用に必要な資源であるため、鉱石の品質調査を兼ねた現地調査を行った稼行中の鉱床はMkomaziの北約10Kmの平地地とMakanyaの西約14Kmから西側に分布する鉱床とがあるが、前者は石膏団塊と粘土砂の多い透石膏を採掘しているので調査に及ばなかった。Makanya西方の石膏鉱床は表土層に覆れた層状鉱床で、厚さ0.3m~2mの石膏層が東西約5Km、南北約400mの範囲に分布している。石膏層は緻密均質ではなく、多孔質で粘土を含む所が多く、下盤側は団塊状の石膏になっている。鉱石には多少の粘土が付着し手選では分離し得ない状態にある。緻密塊状の石膏試料のX線回折線には石膏以外に数10%の石英、ハロイサイト系粘土鉱物、長石類がある。

アフリカでは塩水湖源の石膏をジブサイト(gypsite)と呼んでいる。石英と不純物を含むgypsiteは陶磁器の型材用には適しない事が利用試験で明らかにされた。

(3) 石灰石・ドロマイト資源

調査地域には石灰石・ドロマイトが豊富に埋蔵されている。特にマサイ平原地帯ではバレ山系の西側、鉄道線路-Ruvu川間に層状、レンズ状石灰岩が變成岩類中に夾在されている。またMoshiの南西約24Km隔てた処から半月状に連なるLelatema山系にはドロマイト層を夾む膨大な変質石灰岩が露出している。Moshiの南西約21Km、Sanya川底に露出する石灰岩は隠微晶質でドロマイト質石灰岩であり、Nyumba Ya Munguダム発電所付近のものはアラレ石とドロマイトからなり、ドロマイト鉱石として稼行し得るものである。Makanyaの西約23Km地区には結晶の大きな石灰石(方解石の集合体)を産する数箇所の露出地があり、平野地に現われた石灰岩、ドロマイトは風化に耐えて緩い丘を造っている。この外、Bende la付近の山地にも結晶質石灰石産地が知られ、キリマンジャロ州は石灰石、ドロマイトの生産が期待される州である。高品位結晶質石灰石はカーバイド、アンモニア法によるソーダの製造、ガラス・化学薬品等に使われ、MgO約20%のドロマイトは製鋼用耐火物、板ガラス、白雲陶器の素地と釉薬等に使用されるので良質鉱を伴う鉱床の探査が望まれる。

(4) カイアナイト・シリマナイト

カイアナイト(藍晶石)とシリマナイト(珪線石)は Al_2SiO_5 の分子式で示される同質異像の鉱物であり、特殊な高アルミナ質磁器、同サヤ、製鋼の造塊用ナベ煉瓦等々に使用される。タンザニア全域に亘って分布する始生代高圧型の広域變成岩地帯にはカイアナイト・シリマナイトが結晶片岩や片麻岩中に成生されている。

両鉱物はバレおよびウサンバラ山系に多産するとされ、バレ山系では(1)Hedaruの東約2KmのChankukn地内、(2)Mkomaziの北約16KmのUgnruwa丘、等から採掘されている。(1)はカイアナイト

片岩中のカシアナイト小塊あるいは縞状にカシアナイトを含むものを転石から採集し、②は丘の上に露出するカシアナイト・石英片麻岩中の縞状カシアナイト鉱を採掘している。鉱石は石英、雲母、柘榴石、シリマナイトを含み一般に低品位ではあるが、この片麻岩は約4 Km続くと云われる。ウサンバラ山系北部、Mkomaziの北東約16 Km、Kwakiholo地内には標高約1,100 mの斜面にカシアナイト採掘場がある。カシアナイトを伴う珪長質片麻層が厚さ10 cm~40 cm程度で黒雲母・柘榴石片麻岩と互層しており、カシアナイトは珪長質片麻岩から採掘されている。鉱石は青色カシアナイトとシリマナイトが密集した部分をハンマーで選別したものであるが、カシアナイトが薄い縞状、長さ30 cm程度のレンズ状に生成されている為に、大量の高品位カシアナイトを出荷するのは難しい。

(5) その他の鉱物資源

(i) 柘榴石

バラ山系の変成岩類の多くが柘榴石を伴っており、供給源は豊富であるためにマサイ平野の各地に礫砂残留型の柘榴石鉱床が造られている。Sameの西約11 Kmに当るKichaa丘、Sameの西約13 KmのLotobukio地内、Mkomaziの南西約24 KmのBuiko地内等は表土中の柘榴石が採集されている。一般に含柘榴石表土層の厚さは1 m以下で分布が不規則であり、アルマンデン($Fe_2Al_2Si_3O_{12}$)、パイラルスパイト($(Fe, Mg, Mn)_3Al_2Si_3O_{12}$)等の結晶は径0.5 mm~3 mm程度で、宝石に適する柘榴石が少い。

(ii) 雑粘土

キリマンジャロ中小工業開発センターでは建築用レンガ、屋根瓦、土管等窯業製品の主原料に第四紀沖積層に当る完新世の表土を利用している。キリマンジャロ火山周辺の低地帯と山麓には同火山の噴出物であるアルカリ熔岩と砕屑岩類の風化物が地表に堆積してラテライト質土壌になり、厚さ1.5 m~3 m程度の表土として火山岩類と先カンブリア変成岩類の一部を覆っている。この表土は盆状低地域や侵食された河川流域にたまって粘性を帯びた粘土質土壌になっている。Moshiの南約3~6 Km隔てた鉄道線路両側のMabogeni地区、Sanya Chini駅の南、Sanya川流域等では延長約4 Kmに亘って粘りのある茶褐色表土が分布しており、地域民の家はこの表土を原料とした煉瓦が使われている。この種雑粘土は一般に粘土化していない原岩の斜長石・ガラス質物・鉄分が多く、耐火度が低いので良質の建材や耐火物には不適当な粘土である。埋蔵量は上記の地区だけでも約2億トンが見込まれ量的に不安はないが、農耕でもあるので採掘に当って注意を要する。将来、さらに粘性のある褐色粘土を使用したい場合には湿潤地・湖沼地付近の粘土の利用試験が望ましい。

次に表土・粘土の原岩であるキリマンジャロ火山の玄武岩と世界の主要玄武岩の化学成分を第6表に示した。

第6表は玄武岩質土壌は鉄分、チタン、カリウム、マグネシウムが酸性岩質土壌より多く、風化作用だけではカオリン質粘土になりにくいことを示唆している。

第6表 玄武岩類の化学成分表

成分W%	1	2	3	4 (試料1のノルム値)	
SiO ₂	44.4	46.4	47.0	or	7.8
TiO ₂	3.3	2.5	3.0	ab	17.3
Al ₂ O ₃	14.2	15.4	14.9	an	22.0
Fe ₂ O ₃	4.6	3.2	3.1	ne	3.7
FeO	8.8	8.5	8.8	di	23.0
MnO	0.2	0.2	0.15	ol	10.4
MgO	7.3	7.0	6.9		
CaO	11.0	10.7	11.0	il	6.2
Na ₂ O	2.9	3.2	2.9	ap	1.6
K ₂ O	1.3	1.6	1.2	Mafics	47.9
P ₂ O ₅	0.7	0.5	0.45		
H ₂ O ₊	1.4	0.9	0.7		
Total	100	100	100		
ΣFeO	12.9	11.4	11.6		

- 1 : キリマンジャロ山, Amboeli 地区橄欖石玄武岩 5 個と下部粗面岩質玄武岩 25 個の平均値
- 2 : アフリカ大陸の内陸地玄武岩 84 個の平均値
- 3 : インド洋アルカリ玄武岩 61 個の平均値

(iii) コランダム (鋼玉)

当地域の特筆すべき鉱物の一つにコランダム (Al₂O₃) がある。コランダムは Same の南東南約 12 Km にある山 (標高約 1,100 m) の南斜面一帯から発見され、薄い表土中にコランダムが散らばっている。Tanzania Magnesite Mining Co. が探鉱してコランダムを含む黒雲母片岩の露頭をみつけ出し、現在、残留堆積表土と原岩中からコランダムを採集している。表土中のコランダムは淡灰色、灰桃色、青灰色等を呈し、長径 0.5 cm ~ 2 cm 程度であるが、原岩中に斑晶状に含まれるものは淡灰色の長径 0.5 cm 以下である。この地区に産するコランダムは宝石に適する色調のものは少ないが、分布範囲が広いので研磨材、特殊耐火物 (煨焼カイアナイトの添加剤) 等の供給地になり得るようである。現地調査は T.M.M 社の地質技師 Anderson 氏の特別配慮により行われたものである。

(6) 未利用岩石資源 (グラニュライト)

バレ山系の変成岩類にはグラニュライト相が広く分布することは前に述べている。この相の中で特に柘榴石グラニュライトは、ほぼ等粒のカリ長石、ソーダ長石、石英を主成分鉱物とするもので粒状組織をもつ変成岩である。各鉱物の粒度は径 0.5 mm ~ 1.5 mm であり、柘榴石を除去すれば白色陶磁器に充分使用出来る原料である。就中、Mwanga の東約 23 Km, Makanya 駅の北東約 7 Km, Muheza 地内の緩傾地にこの種岩石が露出しており、やや風化して粉砕が容易な状態にある。岩石鉱物の量比は概ね石英 43%, カリ長石 26%, ソーダ長石 24%, 柘榴石 7% であり、柘榴石を比重、磁力選別で回収すれば多用岩石の一つとして活用されることが期待される。

5. キリマンジャロ州の鉱業事情

タンザニアの鉱産物にはダイヤモンド、金、錫、鉛、雲母等が主なもので、少量の柘榴石、カオリン、マグネサイト、黒鉛が出荷されている。国内需要鉱産資源にはセメント用石灰石、石膏とベントナイト、珪石、長石、セピオライト（パイプ用）が採掘されている。これらの鉱産物のうち、マグネサイト、石膏、長石、珪石、柘榴石がキリマンジャロ州から産出するが、開発企業は何れも小さく、僅かにタンザニア・マグネサイト鉱業K.Kだけが鉱山形態を整えている。同州には次の鉱山企業がある。

会社名	鉱業所の住所	採掘鉱種
TANZANIA Magnesite Mining Co., Ltd.	Chambogo, Same P.O.Box 63 Tel: 94	マグネサイト、石灰石、長石、珪石、カオリン、ドロマイト、コランダム
Lekitojo Mining Partners Latena Mine	Makanya Same Po.Box 1859 Moshi	石膏
Kateri Mine Company Ltd. Makanya Gypsum Co., Ltd.	P.O.Box 63 Same Makanya	石膏、石灰石 石膏

タンザニアの鉱山開発には次の鉱業権によって制限される。

(1)一般探鉱権 (2)独占的探鉱権 (3)採掘権 (4)鉱区払下げ請求権

また、採掘と出鉱はタンザニア鉱山公社（通称STAMICO）に管理される。小鉱山からの出荷量は不定期的な需要に応じて出荷するため月間統計は難しいとの事であった。T.M.M社のChambogo鉱山だけが山元に簡易クレー工場を設け、マグネサイト、ドロマイト、カオリン、石灰石クレーを製品化している。

6. 鉱物資源開発と利用に関する問題

バレ山系にはベグマタイトから産出する長石、珪石およびマグネサイトの埋蔵量は豊富であり、マサイ原野地域のドロマイト、石灰石も良質である。これらの鉱物資源が如何に安く採掘され、消費工場または船積み港に輸送出来るか、最大の課題と思われる。

鉱床の多くが山岳地域にあって、鉱石は人背運搬に頼る所が少なく、稼行に必要な物資不足、低い採掘技術による開発は著しく鉱床中の鉱石可採率を低下させている。山元から平野地までの運搬道の有無が大きな鉱山開発条件になる。少ない既設の自動車通行可能な道路でも危険箇所が多く、交通途絶も頻発するし、悪路の運行は自動車の消耗が大きい。

鉱業関係の工場設置に関しては立地条件として工業用水と電力が重要であるが、工場で消費する水資源は付近の河川水か地下水である。地下水の滞留は降雨量と地下水を溜める地層の状態に左右されるから予め工場予定地の地下水調査が必要である。

タンザニアで最も安いのは公定労働賃金であり、労務者の日当は調査当時15~20シリングであった。因に、信用度の高い筋によれば鉍石の山元渡し価格はトン当り、

長石(手選精鉍) : 約1,000シリング

マグネサイト(MgCO₃: 95%以上) : 約3,000シリング

であり、タンザニアシリング公定価格をUSドルに換算すると(1USドル≒9.5シリング)、長石: 105.2ドル、マグネサイト: 315.8ドルになる。この価格は国際価格より遥かに高いものである。現在、タンザニアではあらゆる物資が不足しており、物価が高騰する中での窯業企業は多くの問題を抱えているようである。

7. 結 語

キリマンジャロ州のパレ山系中には多数のペグマタイトが先カンブリア変成岩類を貫いて良質の長石と珪石との有望な供給地であり、パレ山系西側の平地には石灰石、ドロマイトが豊富に埋蔵されている。

鉍床探査の結果は良質カオリン資源の発見に至らなかった。パレ山系と平地の地質と構造、鉍床の成因からみて、当地域にカオリン大鉍床が生成される環境にないものと判断される。しかしながら、北パレ山系のKigare地区と南パレ山系のTona湖畔の2ヶ所に陶磁器用の粘土鉍床があり、ボーリングによって合計数10万トンの埋蔵量を確認した。

両鉍床は何れも山中の低地、湿地にある堆積鉍床であり、灰色の極めて微細なカオリンとハロイサイトからなる粘土である。粘土にはアナウキサイトが含まれた泥土状のもので、陶磁器原料としてはプラスチック・クレーに属する粘土である。主原料に残された問題はカオリン資源にある。

幸に、ダルエサラムの西約27 KmにはPugu Hillカオリン大鉍床があり、良質の陶磁器に適したカオリンを供給し得るので、この資源の活用が望ましい。

副原料になるマグネサイトはChambogo鉍山から現在出鉍があり、方解石も供給される体制にある。

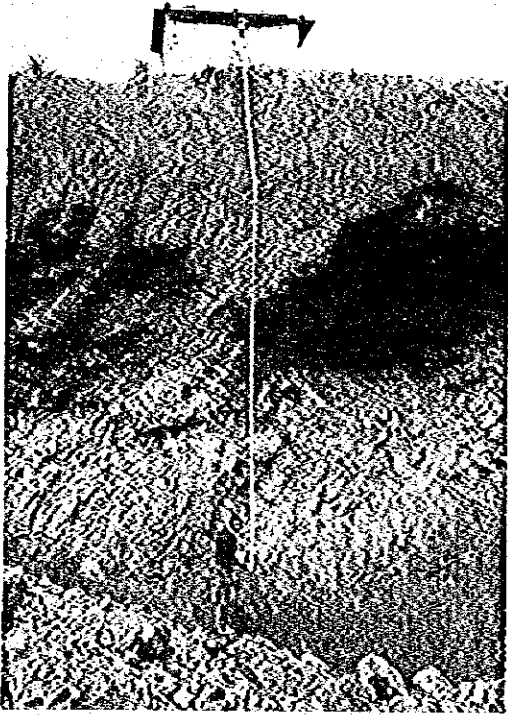
当地域にはカイアナイト、ドロマイト、鋼玉など貴重な耐火物原料も産出するが、交通不便な遠隔の地にあり、トン単位の出荷は難しい。タンザニア国内の主要道路が少く、山地からの鉍石搬出問題のため鉍山の開発が遅れている鉍床も少ない。

国内窯業産業の基盤となる製陶業、耐火物製造業が極めて少いタンザニアにおいて、窯業工学のトレーニングと共に陶磁器製造技術が現地で行われる製陶試験所あるいはパイロット・プラントの設置が必要と考えられる。

以 上

参考文献

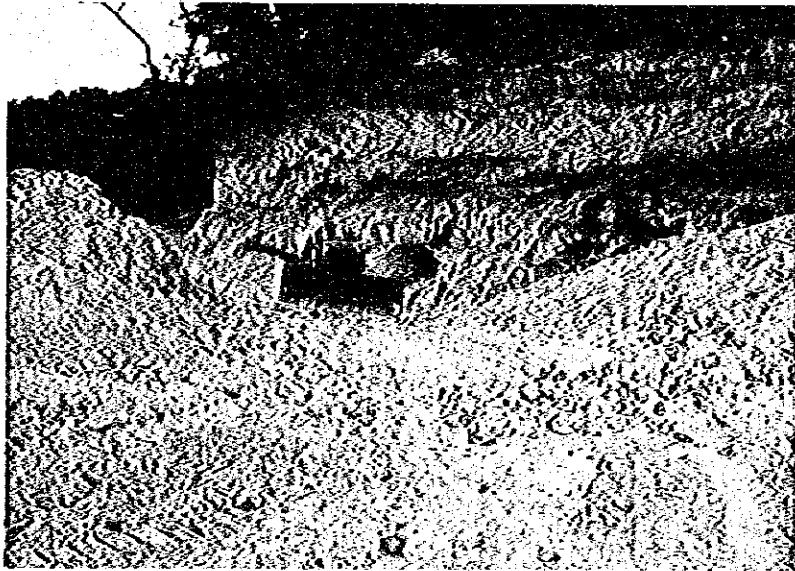
- C.Dowin and P. Wilkinson: The Geology of Kilimanjaro; University of Sheffield and Geological Survey of Tanzania 1972
- J.F.Harris: Summary of the Geology of TANGANYIKA (part IV: Economic Geology); Government of TANZANIA Memoir No 1 1981
- Ministry of Industries, Mineral Resources and Power: Explanatory Notes on the Geological Map of Kilimanjaro, Tanzania. 1965
- 1: 125,000 Geological Map of "Arusha Chini"; Ministry of Commerce and Industries, Tanzania 1965
- 1: 125,000 Geological Map of "Hedaru"; Ministry of Industries Mineral Resources and Power, Tanzania 1965
- 1: 125,000 Geological Map of "North Pare"; Ministry of Commerce and Industry, Tanzania 1962
- 1: 125,000 Geological Map of "Same"; Ministry of Industries, Mineral Resources and Power Tanzania, 1965



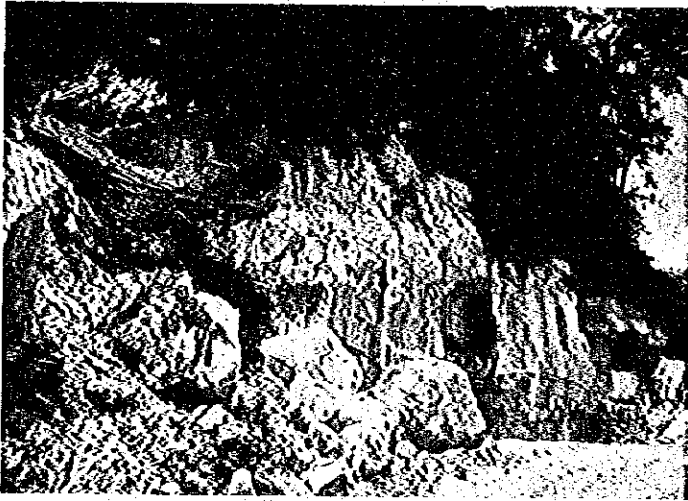
① Moshi 郊外の河岸に見られる玄武岩質角礫岩（下部）と玄武岩質表土（上部褐色）
上層部の表土は煉瓦材にもなる。



② Kifura 部落, Ravu 川流域の表土を成型し, 穴から「野焼き」する為積み重ねてある。雨にさらされ崩れかけている。



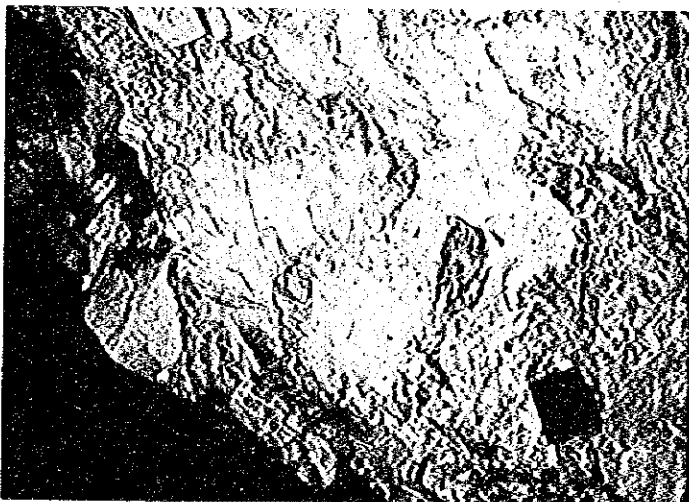
③ ブグーカオリンはブルドーザーで集積される。（キャタピラ型）現場には約15名の労働者が作業していた。



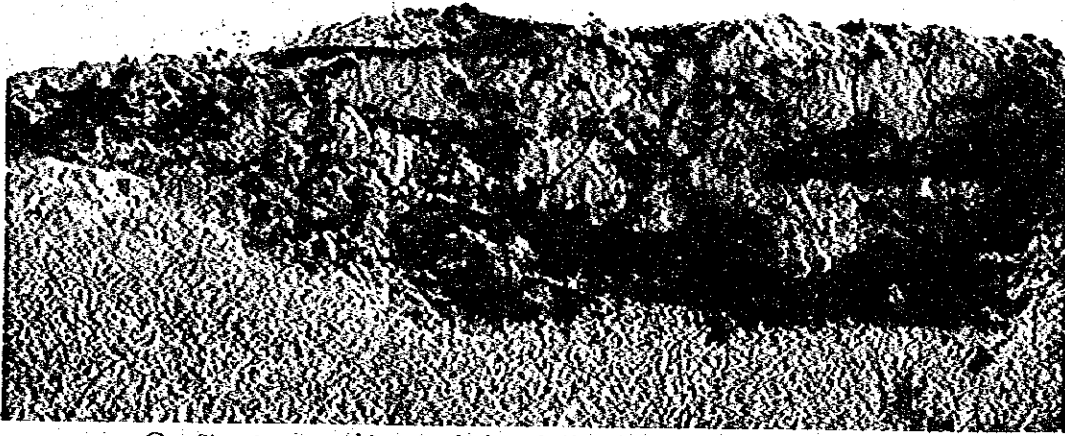
④ 露天と坑内採掘出来る鉱床であり、砂岸中の長石類がカオリンになっている。日本の「蛙目」粘土に似ている。



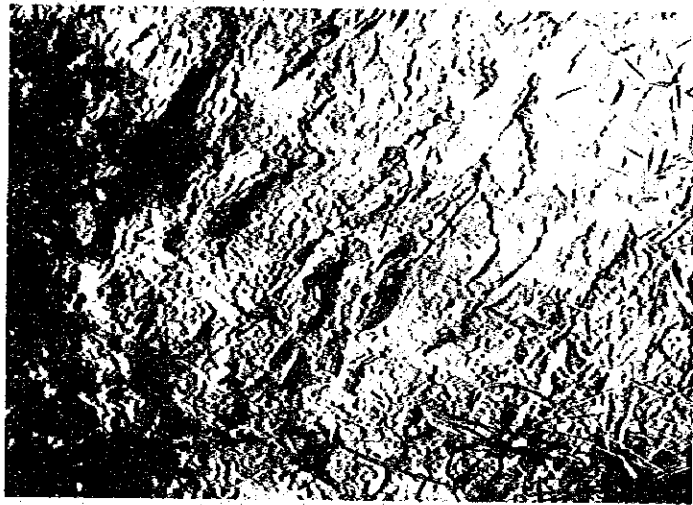
⑤ クレー工場（STAMICO）には技術者3名がいた。原則として撮影は禁止であり、特別に許可を得た。



⑥ 「狸掘り」の入口に露出するペグマタイト、角張った白い部分が長石の集合体である。野帳下の黒い所に大きな黒雲母と白雲母が密集している。



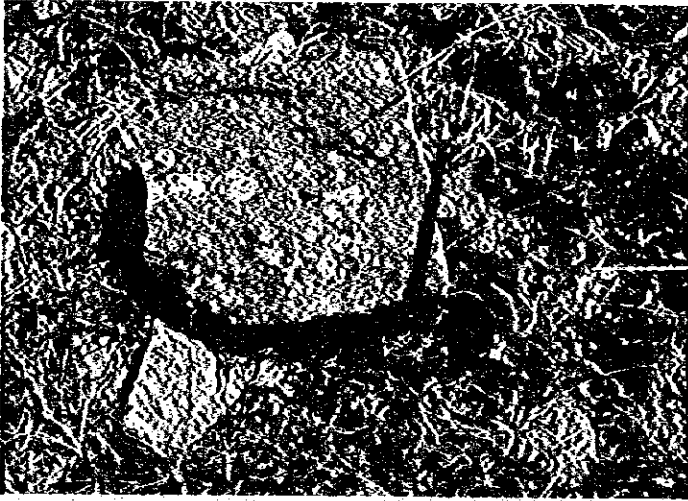
⑦ Chambogo マグネサイト鉱床の露天掘り採掘場
TANZANIA Magnesite Mining Co.が稼行する当地域最大の鉱山



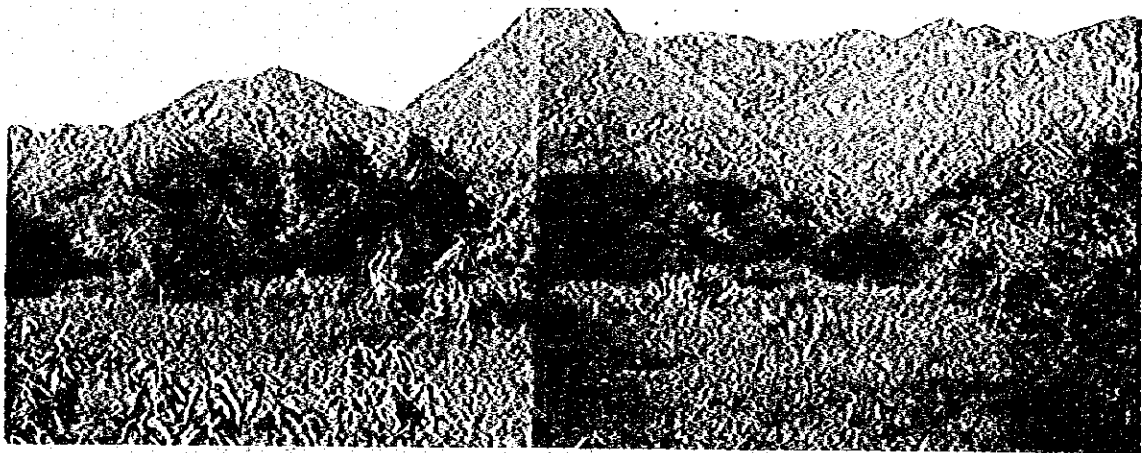
⑧ Kadingari 地内(北バレ山系)溪谷の東側
マグネサイト鉱床の露頭



⑨ Karingar 地内マグネサイト鉱床の露頭西側
脈状、糸脈状に発達する白色の部分がマグネ
サイト



⑩ コランダムを斑状に含む黒雲母片岩，コランダム灰色気味で透明度が悪く，宝石用のものはみつからなかった。

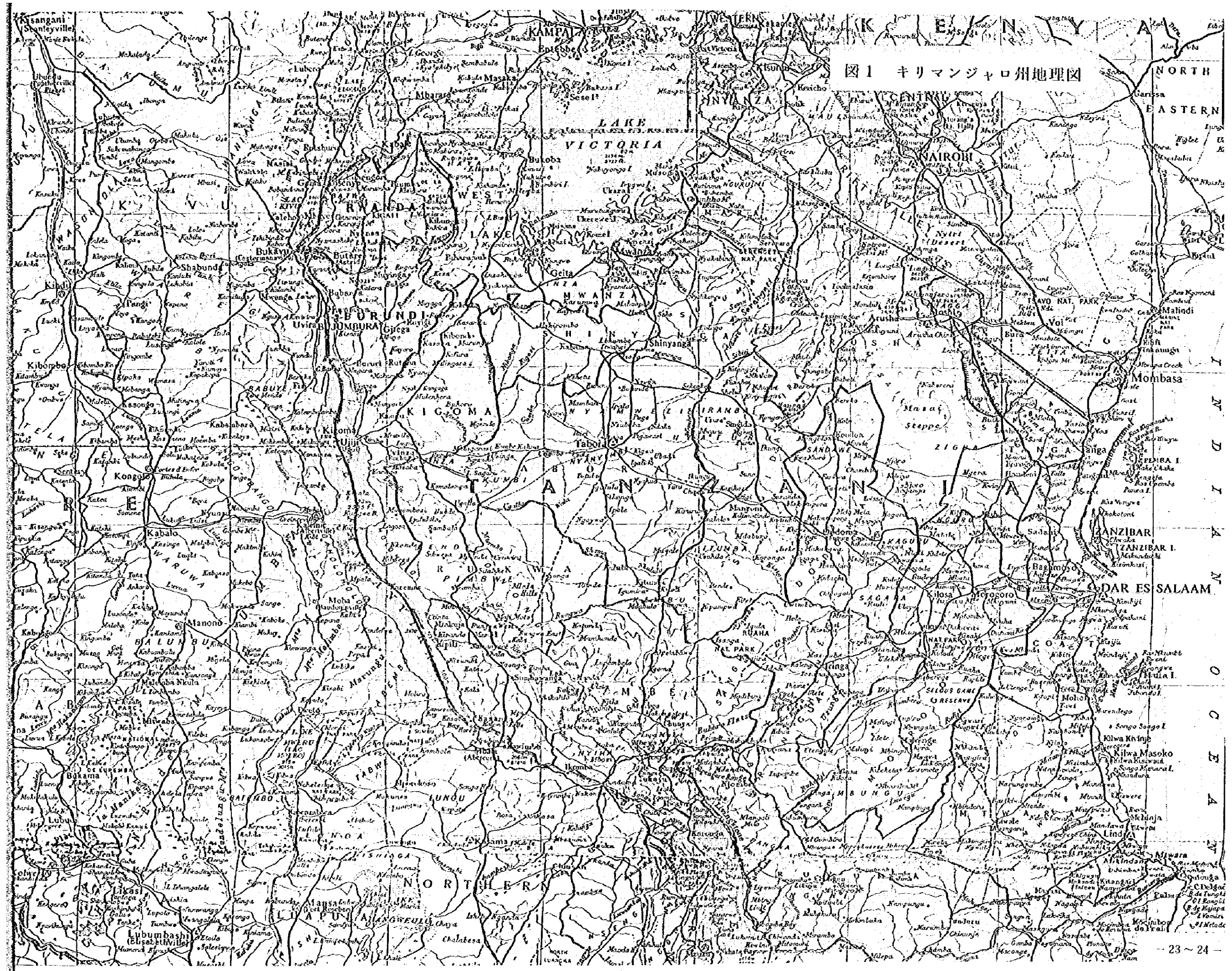


⑪ Usanbara 山系北西山地の Kwakiholo 付近には先カンブリアの片麻岩類が成層して絶壁に延々と続いている。写真のほぼ中央にカイアナイトを含む片麻岩と採掘場がある。

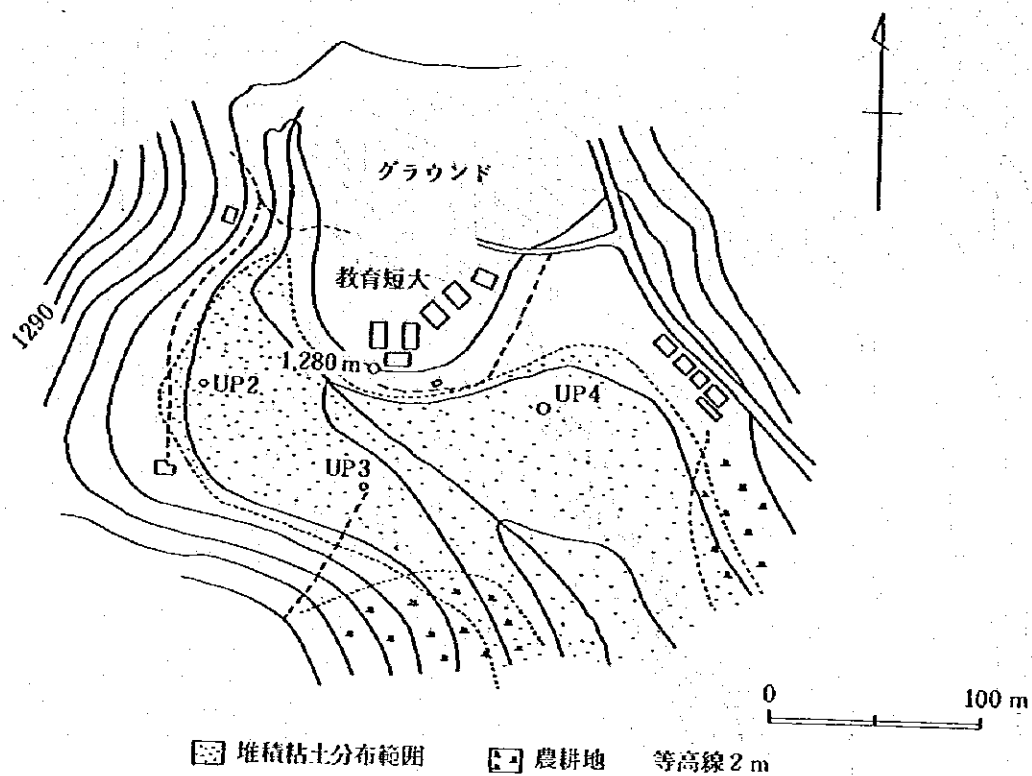


⑫ カイアナイトは片麻岩中の黒雲母の少ない石英片麻岩に縞状に含まれている。シリマナイトと共存しており，ハンマーのある所がカイアナイトが多い。厚さ40~60cmの富鉄体。

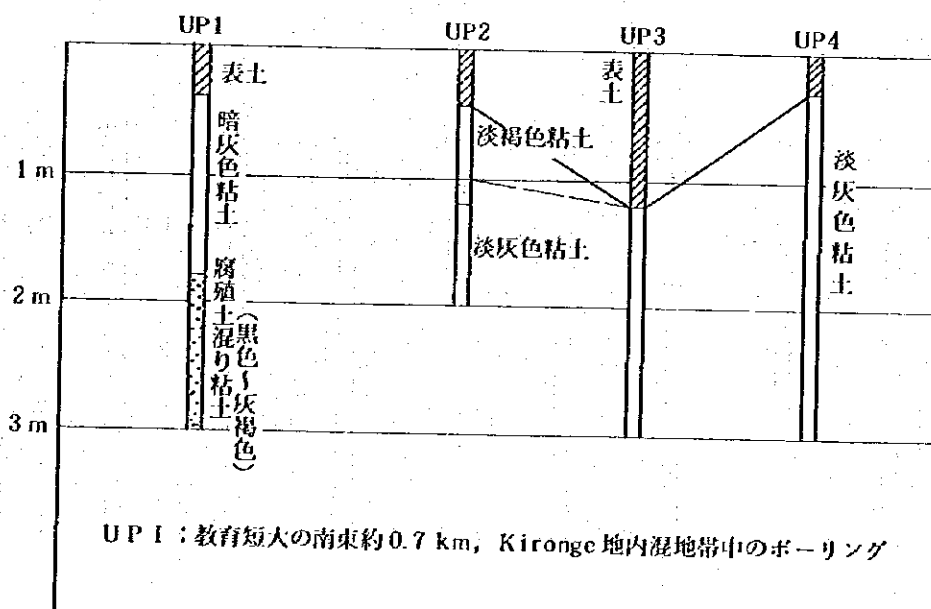
図1 キリマンジャロ州地理図



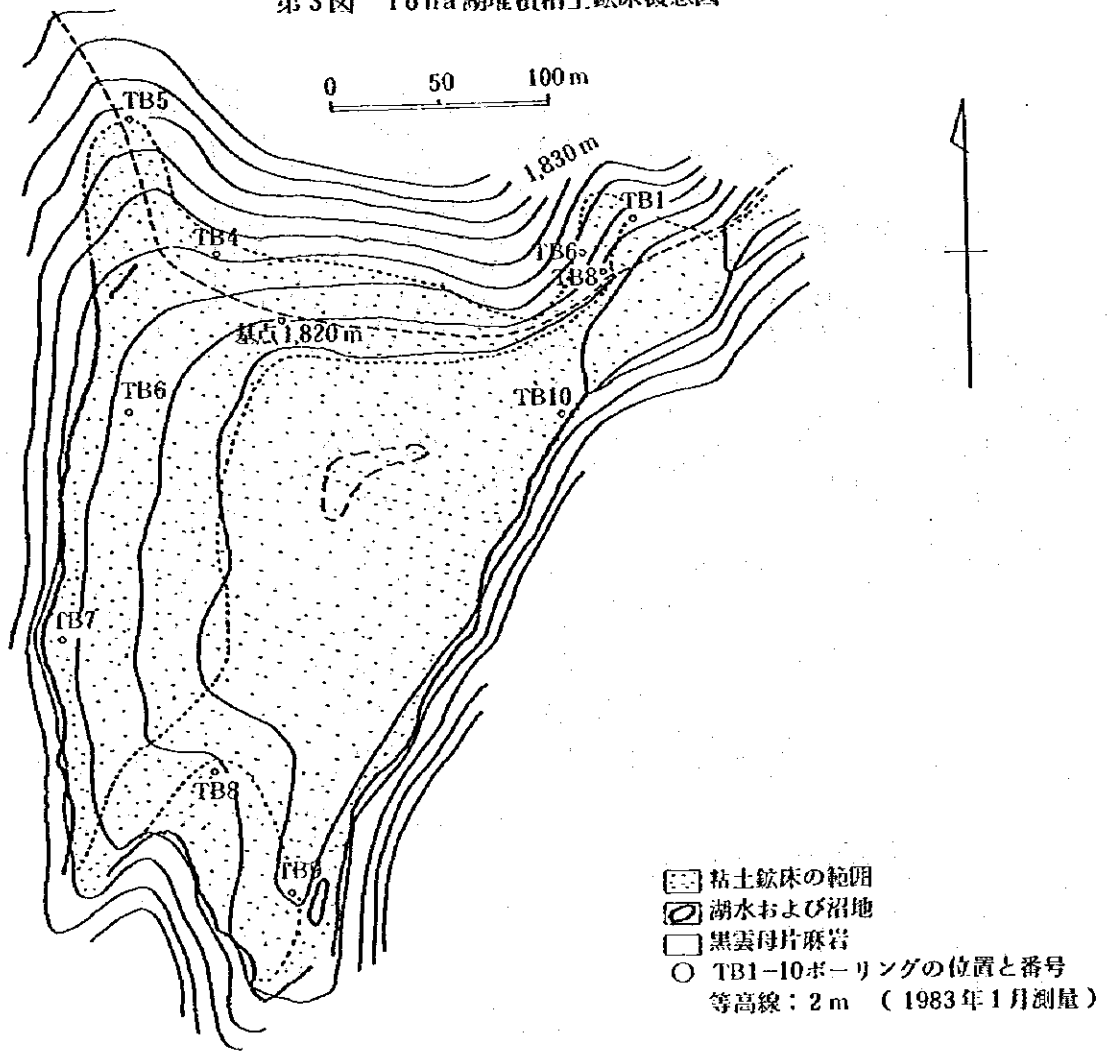
第2図 KIGARE地区湿潤地内の粘土鉱床概念図



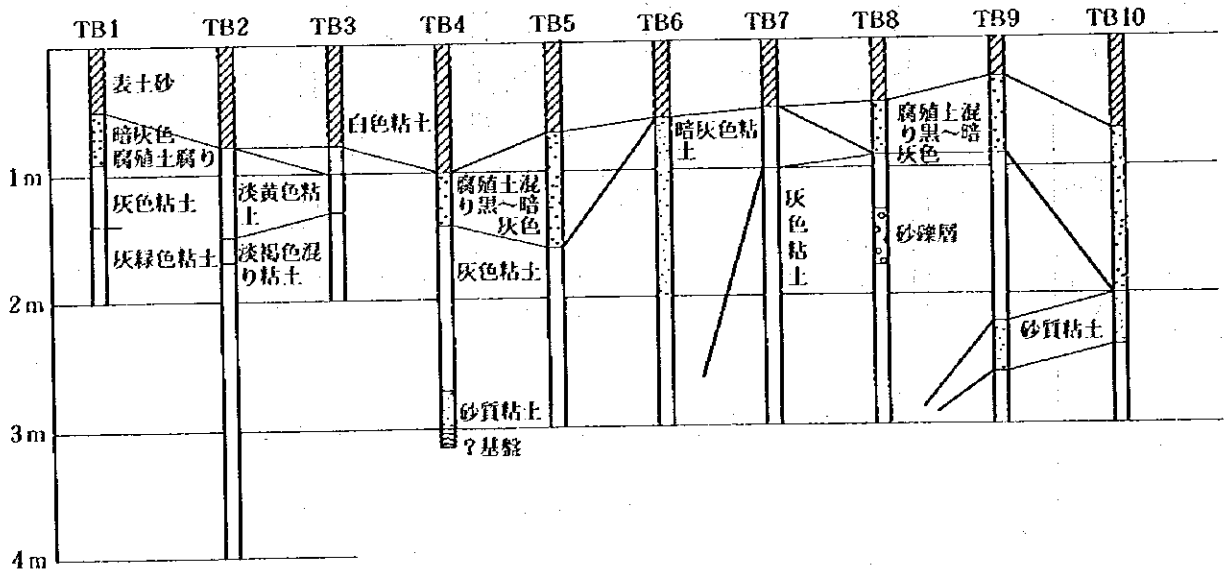
ボーリング・コアによる柱状図



第3図 Tona湖堆積粘土鉱床概念図



ボーリング・コアによる粘土層柱状図



II 窯業原料の分析及び試作試験結果

1. 供 試 試 料

本試験に供した試料はTable 1に示した18種類である。

Table 1 Sample

	原 料	産 地	備 考
1	トナクレー 平均部 TONA CLAY	南パレ山系の湖沼地サメからマンカ村まで車で2時間 半マンカ村から徒歩2時間。 標高1800 m	7カ所でのボーリングTP-3, -4, -5, -6, -7, -8, -9 地点より平均にサンプリングし試料とした。
2	トナクレー 外観良部 TONA CLAY	"	ボーリング地点(TP-6A) よりサンプリング。
3	トナクレー 白色部 TONA CLAY	"	ボーリング地点(TP-10A) よりサンプリング。
4	トナクレー 小トナ TONA CLAY	上記湖沼地と隣接する溝状 の小さな湖沼地。 標高1800 m	ボーリング地点TP-8Aより サンプリング。
5	ウサンギクレー 平均部 USANGI CLAY	北パレ山系の標高1265 m のウサンギ村の湖沼地。	3カ所でのボーリング 地点(UP-2, -3, -4)より平均 にサンプリングし試料と した。
6	ウサンギクレー 外観良部 USANGI CLAY	"	ボーリング地点UP-3Bより サンプリング。
7	プゲーカオリン PUGU KAOLIN	ダルエスサラームの西34 km地点の丘陵地。 標高130 m。	現地にて精製されたカオリ ン。
8	風化粘土 CLAY	北パレ山系のムアンガーキ クワニ峠間。	片麻岩の半風化帯。 サンプリング符号U-8。

	原 料	産 地	備 考
9	片 麻 岩 GNEISS	北パレ山系のムアンガーキ クワニ時間。	ガーネット含有グラニュラ イト質片麻岩。 サンプリング符号 U-21。
10	キフリオ 長石および珪石 KIHURIO FELDSPAR KIHURIO QUARTZ	南パレ山系のキフリオ村に 広がる丘陵地。 標高約 800m	ペグマタイト鉱床。 以前マイカが採掘されてい た。
11	コランダム CORUNDUM	南パレ山系 チャンボコ村附近の人跡未 踏地。	Mr Anderson のガイドによ る。
12	マグネサイト MAGNESITE	南パレ山系 タンガニイカ、マグネサイ ト鉱山にて採取。	サメより車で 13 km。
13	結晶質石灰岩 LIME STONE (CRYSTALLINE)	マカンヤ西 20 km の平原。 標高 620 m	レキトジョ 鉱山のガイドに よる。 サンプリング符号, LK-3
14	石 灰 岩 LIME STONE	ハイディストリクトの南部の 平地の川床に突出した露頭。	堆積岩中のレンズ状石灰岩。 サンプリング符号, H-5
15	ドロマイト DOLOMITE		Mr Anderson より入手した 粉末のサンプル。
16	ジプサム GYPSUM	マカンヤ西 14 km の平原に ある 100 以上の鉱区の 1 つ。	採掘権者はアブラハム氏。
17	グラファイト GRAPHITE		K.I.D.C に持込まれたサ ンプル。
18	カイヤナイト KYANITE	タンガ州 ウサンバラ山系の山ろくに て採取。	1966 年以降は採掘してい ない。

2. 試 験 結 果

2-1 原 料 試 験

(1) 1.1 単 味 焼 成

窯業原料の良否を判定する最も基礎的、かつ迅速な方法として単味焼成試験がある。本試験は焼成することによって、色調の変化不純物の存在とその分布および膨脹や収縮から焼き締め具合などを知る手がかりとなり、全原料について実施した。原料は主要原料(素地 BODY用)と補助原料(釉薬 GLAZE 用)などに分類して試験した。

(1) 試 料

原土、原鈹および水簸クレーについて実施した。

(2) 焼 成

還元焼成の条件 1,350℃×60分

酸化焼成の条件 1,250℃×60分

試料を乾燥后匣鉢(SAGGER)に詰めトンネルキルンにて焼成した。

(3) 焼成結果

1) 主要原料

主要原料の焼成結果を Table 2 に示す。

Table 2 Result of firing test for main raw materials

試料	生色	単 味 焼 成			
		焼成	焼成呈色	不純物と分布	焼 き 締 り
トナ平均部	茶 灰	還元	赤 茶 一部淡黄	鉄斑点が多い。	焼きしまりは良好。爪でくずれるものと、くずれないものがある。
		酸化	淡 黄	小さな斑点がみとめられる	焼きしまりは良好。爪でくずれない。
良外部観	茶 灰	還元 酸化	赤 茶 淡 黄	平均部に同じ。 "	平均部に同じ "

試料	生色	単味焼成			
		焼成	焼成呈色	不純物と分布	焼き締り
平均部 水籓部	茶灰	還元 酸化	赤淡 茶黄	不純物はみとめられない。 "	平均部に同じ。 "
白部 トナ部	淡黄白	酸化	淡白	部分的に黒および茶の鉄吹きや斑点がみとめられる。	焼きしまりは良好でない。 爪でくずれる。
小トナ	黄茶	酸化	黄	不純物はみとめられず。	焼きしまりは良好でない。 爪でくずれる。
ウサンギ平均部	濃褐灰 ~灰	還元	つち色 又は茶	大小の鉄斑点多し。	焼きしまり良好。爪でくずれない。
		酸化	明茶	不純物や斑点はみとめられない。	同上
外観良部	濃灰	還元	つち色	大小の鉄斑点多し。	焼きしまり良好。爪でくずれない。
	明灰	酸化	明茶	不純物や斑点はみとめられない。	同上
ウサンギ 水籓部	濃灰	還元 酸化	ウサンギ 平均部に同じ ウサンギ 平均部に同じ。		
カブグリーン カオリン	淡黄	還元	明淡黄	不純物や吹き、斑点はみとめられない。	焼きしまらず、 爪でくずれる。
キノリオ長石	白	還元	—	ごく少ないが微小黒色の斑点がみとめられる。	透明質、一部白色を呈す。
	紅	還元	—	同上	透明質。
キノリオ 珪石	透明	還元	—	不純物はみとめられない。	透明質一部半透明質を呈す。

2) 補助原料の単味焼成

① マグネサイト

原 鉱

表面は淡茶～灰色を呈するも破面は白色で60 μ m以下の塊状をなす。

焼成結果 1,350℃ 還元焼

表面は淡茶色を呈するも破面は白色。

② 石灰石(LK3)

原 鉱

白色の結晶質石灰岩(方解石)よりなる。

焼成結果 1,350℃ 還元焼

白 色

③ ドロマイト (粉末)

原 鉱

80メッシュパスの白色粉末。

焼成結果 1,350℃ 還元焼

土 色。

④ コランダム

原 鉱

茶緑色～濃緑色の六角柱状の結晶(大きさ10～30 μ m)

焼 成 1,250℃ 酸化焼

淡緑色 一部茶色を呈す。

⑤ カイヤナイト

原 鉱

淡青色で放射状結晶の集合した小塊(40～60 μ m大)よりなる。

焼成結果 1,250℃ 酸化焼

明薄青色で茶色の小斑点が点在する。

⑥ 石 膏

原 鉱

茶色で土状の塊

焼成結果 200℃, 酸化焼

土色

⑦ 風化粘土

原 鉱

うす紫色, 赤味かかった茶色と白色などがいりまじった色で指でおすとポロポロにくずれる。

焼成結果 1,250℃, 酸化焼

石灰は淡紅色その他は白色。部分的にガーネットが酸化したと思われる茶色の斑点がみとめられる。

⑧ 片麻岩

原 鉱

淡茶色でガーネットを含む片麻岩で層状の塊。

焼成結果 1,250℃, 酸化焼

ガーネットは茶色～黒色の斑点となって散在する。長石は透明質ガラスに変化。全体の焼色は淡紅色。

⑨ 石灰岩 (H-5)

原 鉱

灰色で隠微晶質 (FINE CRYSTAL) 石灰岩よりなる。

焼成結果 1,350℃, 還元焼

白 色

⑩ グラファイト

原 鉱

光沢のある黒色で扁平状 (30~50 μ m大) をなし一部茶色を呈す

焼成結果 1,350℃ 還元焼

黒茶色のガラス状で残留物が多い。

(2)1.2 耐火度

(1) 試料

耐火度試験は主要原料のトナ、ウサンギ、およびプグーカオリンについて実施した。
トナおよびウサンギクレーについて乾燥后、所定粒度に粉砕し脱鉄后試料とした。
プグーカオリンは乾燥后試料とした。

(2) 測定

JIS R2201 に準じてテストコーンを成形し、所定昇温条件下で焼成し耐火度を測定した。使用炉はLPGを使用する耐火度試験炉である。

(3) 結果

測定結果を Table 3 に示す。

Table 3 Result of refractoriness test

SAMPLE	REFRACTORINESS (SK)
TONA Clay	
平均部	3 1 ⁺
外観良部	3 1 ⁺
白色部	3 1 ⁻
TONA Clay (Small)	
	3 4 ⁻
USANGI Clay	
平均部	3 1 ⁺
外観良部	3 2 ⁻
PUGU Kaolin	
	3 4

(3)1.3 粒度試験

(1) 原料

ウサンギクレーおよびトナクレー

(2) 試験

原料を乾燥后、縮分して試料を採取し、水を加えて泥漿にし湿式による分析を行った。

(3) 結果

試験結果を Table 4, 5 および Fig. 3, 4 に示す。

Table 4. Result of grain analysis

USANGI Clay

篩目 (μ)	(g)	(%)
> 3360	0.5	0.25
3360 ~ 2000	2.0	1.00
2000 ~ 1000	6.0	3.00
1000 ~ 500	18.0	9.00
500 ~ 149	39.0	19.50
149 ~ 74	33.0	16.50
74 ~ 44	9.0	4.50
< 44	92.5	46.25
Total	200.0	100.00

Table 5. Result of grain analysis

TONA Clay

篩目 (μ)	(g)	(%)
> 3360	1.0	0.50
3360 ~ 2000	1.0	0.50
2000 ~ 1000	13.5	6.75
1000 ~ 500	28.0	14.0
500 ~ 149	49.2	24.6
149 ~ 74	32.0	16.0
74 ~ 44	12.0	6.0
< 44	63.3	31.65
Total	200.0	100.00

Fig. 3 Grain distribution of USANGI Clay

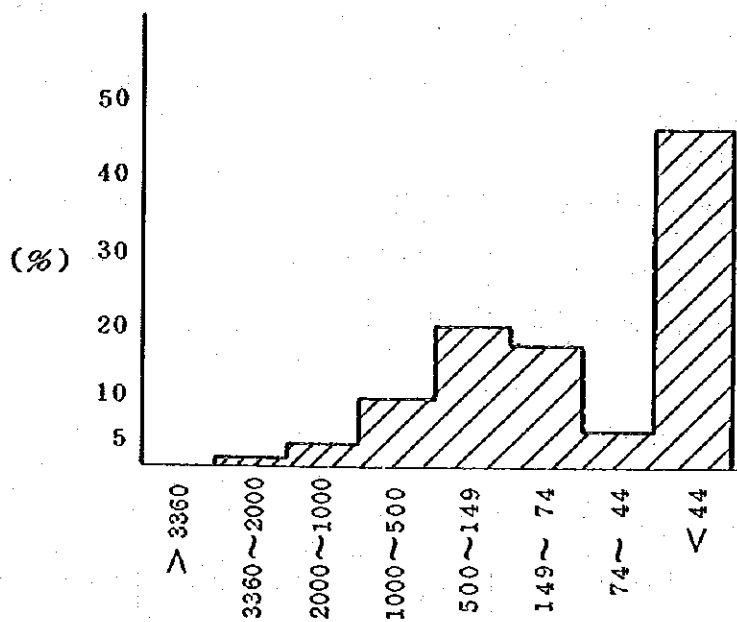
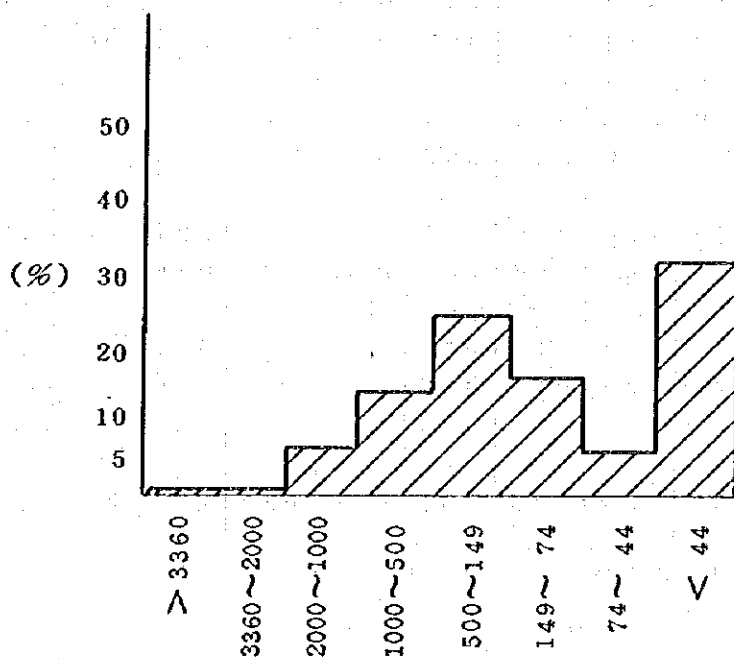


Fig. 4 Grain distribution of TONA Clay



(4)1.4 化学分析

(1) 試料

陶磁器用主要原料として不可欠な粘土、カオリン、およびその水箴物、長石について乾燥后、振動ミルにて200メッシュパス全通とし試料とした。

(2) 測定

灼熱減量測定后の試料を白金ルツボに入れ、フラックスを加えて電気炉で溶融し、ガラスビードを作成する。次にビードと標準サンプルとを蛍光X線装置にセットし強度比と検量線から各元素毎に分析値を求める。

(3) 結果

測定結果をTable 6に示す。

Table 6 Result of chemical analysis

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	Ig.loss	Total
トナクレー	59.9	21.7	1.73	1.99	0.01	0.16	0.18	tr	14.1	99.77
	69.7	25.3	2.01	2.32	0.01	0.19	0.21	tr	—	99.74
水箴 トナクレー	43.4	30.2	1.98	2.43	0.07	0.27	0.23	tr	21.4	99.98
	55.2	38.4	2.52	3.09	0.09	0.34	0.29	tr	—	99.93
ウサンギ クレー	56.9	24.3	3.10	2.67	0.06	0.13	0.17	tr	13.2	100.53
	65.5	28.0	3.57	3.08	0.07	0.15	0.20	tr	—	100.57
水箴 ウサ ンギクレー	48.2	27.4	2.99	2.51	0.09	0.17	0.21	tr	18.2	99.77
	58.9	33.5	3.66	3.07	0.11	0.21	0.26	tr	—	99.71
プグー カオリン	50.2	35.4	0.15	0.67	tr	tr	0.17	tr	12.7	99.29
	57.5	40.6	0.17	0.77	tr	tr	0.20	tr	—	99.24
キフリオ 長石	65.5	18.9	0.09	0.01	0.25	0.20	12.24	2.36	0.37	99.94

注) 下段はガラスビード分析値

上段は Ig. loss 測定后の換算値