

(5) 地質構造

本地区の地質構造は、巨視的に見れば東へ開いた半円形構造を示す。

構造運動としては、始生代に褶曲運動、カルー期ないしそれ以降に断層活動があった。

始生代の褶曲運動はまず圧縮により褶曲が起り、これに伴って花崗岩化が生じ、その結果、最大限角閃石ホルンフェルス相までの変成度に達した。引続いて引張りによる褶曲作用が生じた。

カルー期ないしそれ以降には Fig. 10, に示すように NNW系 (Tutume 断層系) と NS系 (Ramokwebana 断層系) を主とする。1次の走向移動断層が生じた。これらには2次の NNW系の走向移動断層も伴っている。

(6) Dating

本地区内の Dating は以前 Timbale 花崗岩 (G_4) に対して行われ、その年代は 25.4 億年である。(Key 1976)

今回の調査では G_1 1個, G_2 3個, G_4 1個に対して Dating, 完全化学分析を実施した。その結果は Table 4, 5, Apex. 3 に示す通りで、それぞれの年代は G_1 22.7 億年, G_2 18.0, 18.1, 18.6 億年, G_4 20.2 億年である。これらは従来考えられていたよりもはるかに若い年代を示している。特に G_2 は最も若く G_4 よりも若い年代を示している。

これらの原因として試料の変質、風化あるいは変動、変質による若返りなどが考えられる。

1-3-3 Mosetse-Matsitama 地区

本地区は調査地域南西部にあたり、Bennett の地質図 (1970) の北東部を占めている。地質は始生界よりなり、2つの層群に分けられる。

(1) Mosetse River Gneiss 層群

本地区の大半を占めて分布する。主として花崗岩化した片麻岩類よりなり角閃石相の広域変成作用を受けている。また、広い範囲で変晶の発達する部分、片理の弱い部分が認められるが、これらの範囲については正確には判っていない。

Mosetse 川上流、Matsitama 川上流では小規模の角閃岩が分布し上部にレンズ状石灰岩が点在する。

(2) Matsitama Schist and Metasedimentary 層群

これらは見掛上 Mosetse River Gneiss 層群の上位にあり、非花崗岩質片岩と変堆積岩からなり、低度の広域変成作用を受けている。

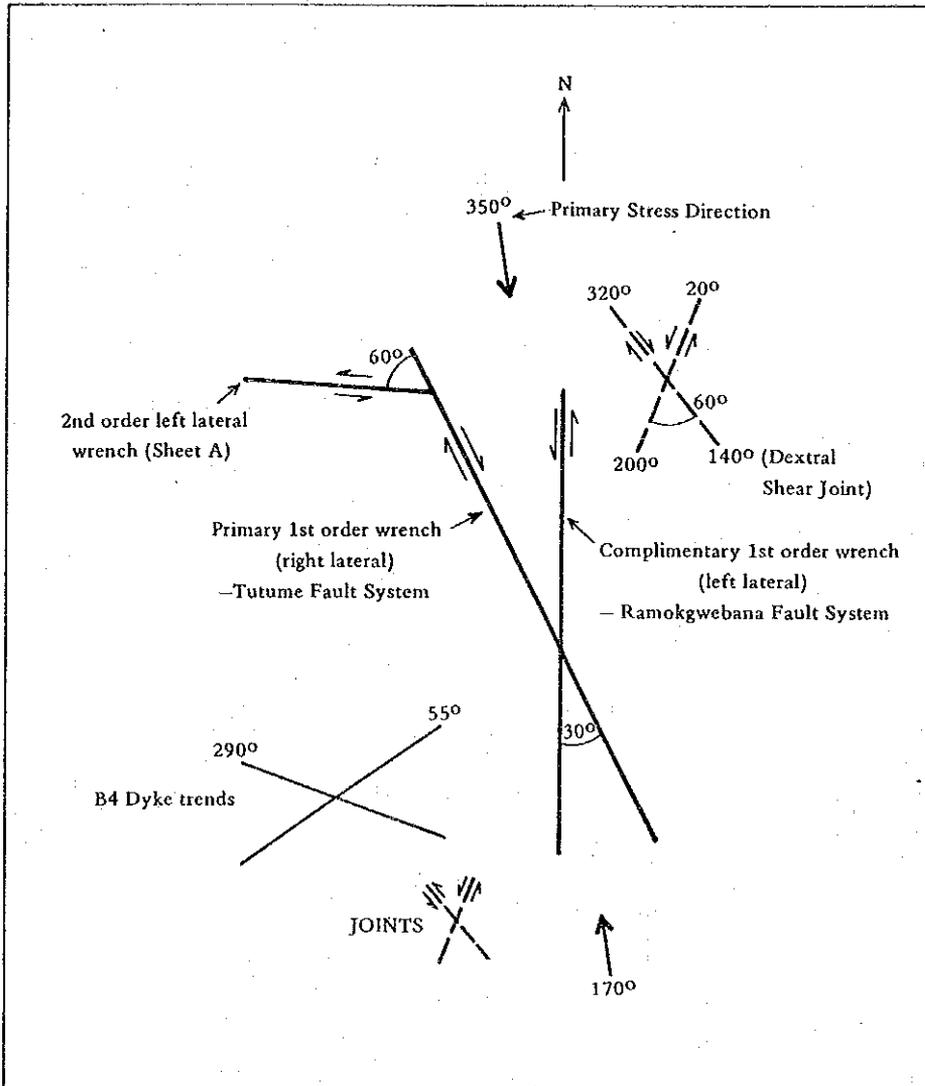


Fig. 10. F₅ Fault-Joint-Dyke Stress System (Litherland 1975)

Table 5. Data on K-Ar Isotope Dating

Sample No.	Place	Location		Rock	Age (m.y.)	Sec Ar ⁴⁰ R 9 m x 10 ⁻⁵	% Ar ⁴⁰ Rad	% K
		Long. E	Lat. S					
S - 54	Kakamate	27°18'34"	20°36'28"	Quartz Monzonite (G ₁)	2,270 ± 114	66.3	98.0	3.71
S - 66	Vumba Hills	27°20'29"	20°41'57"	Biotite Granite (G ₄)	2,020 ± 101	86.7	98.7	5.91
S - 30	Nshakashokwe	27°08'08"	20°46'47"	Granite Gneiss (G _{2g})	1,800 ± 90	64.7	97.0	5.23
S - 46	Makaleng	27°17'14"	20°50'07"	Tonalite Gneiss (G _{2t})	1,810 ± 91	60.9	98.5	5.24
S - 29	Sebinanyane	27°07'24"	20°56'54"	Granite Gneiss (PG _{2g})	1,860 ± 93	88.6	98.8	7.14
						84.0	98.2	7.14
						86.7	98.6	6.80
						85.5	98.3	6.85

Note: 1. The analysis was performed on biotite separated from sample.

2. Constants: $\lambda_p = 4.962 \times 10^{-10} \text{ yr}^{-1}$

$\lambda_e = 0.581 \times 10^{-10} \text{ yr}^{-1}$

$k^{40} = 1.167 \times 10^{-4}$ atom per atom of natural K.

本層群は調査地域南西隅にその一部が分布するのみである。

層序関係ははっきりしないが、岩相上の組合せから Tsarutsaru Transitional 層, Lepasha-Mmalogong Greenschist and Metasedimentary 層, Palamela Metasedimentary 層, Sebilogae-Sebotha Greenschist and Metasedimentary 層に 4 分される。調査地域内に分布するのは次の 2 層のみである。

Palamela Metasedimentary 層: Lepasha 東方に Mosetse River Gneiss 層群をふちどるよう分布し、石灰岩、長石質雲母質珪岩、雲母片岩および小規模の角閃岩よりなる。

Lepasha-Mmalogong Greenschist and Metasedimentary 層: 調査地域南西隅に分布する。角閃岩、緑色片岩、雲母片岩、石灰岩、珪岩、蛇紋岩などよりなり上部に長石質珪岩、メタルコーズを伴う。この角閃岩 (S-1) の分析結果は Table 4 に示す通りである。

(3) 地 質 構 造

Matsitama 地区には NW-SE 方向の軸を有する褶曲構造が考えられその東翼の一部が調査地域内に分布する。

1-3-4 層序対比の問題

Vumba, Maitengwe, Matsitama, Tati 地区の Volcanic Group は Tutume Group あるいはその相当岩層により隔てられている。

各地区毎の層序はそれぞれ確立され相互の対比も試みられているが、詳細については必ずしも明確でない。

Tati 地区と Vumba 地区については、地層の組合せ、岩相より、また、Maitengwe 地区と Matsitama 地区については岩相の類似によりそれぞれ対比されている (Litherland 1975)。

岩相による対比では、地層単位をどのようにとるか対比の可能性がかわってくるが、Maitengwe-Vumba 地区について、地層毎の対比は次のように考えられる。即ち超塩基性岩、塩基性岩よりなる Maitengwe Ultramafic 層は岩相で見れば Vumba Mixed Volcanic 層の上部に相当し、又鉄鉱層に注目すれば Maitengwe Banded Iron 層は Lower Vumba Felsic 層に対比されることになりどちらをとるかにより地層の上下関係は逆転する。

一方、Matsitama 地区と Vumba 地区との関係については、Matsitama 地区の石灰岩をさみ超塩基性岩、塩基性岩よりなる Sebilogae-Sebotha Greenschist and Metasedimentary 層は Vumba Mixed 層の上部～Lower Vumba Felsic 層に、花崗岩質片麻岩よりなる Mosetse River Gneiss 層群は G_2t が卓越する Tutuma Meta-Arkose 層群に岩相的に類似を示しその

分布からも同じ層準となることが推定される。

しかし、Mosetse River Gneiss 層群には石灰岩が見られ、この点から見ると Vumba Volcanic 層群に相当する可能性も残る。

1-4 鈳 床

1-4-1 ま え が き

調査地域内には金鈳床および含ニッケル、銅、硫化鉄鈳床の期待される Vumba 区域、ペグマタイトに関係して稀元素鈳物を伴う銅、モリブデン鈳床の期待される Timbale 区域、変堆積性の銅鈳床の期待される Matsitama 北部区域の 3 つの鈳化期待区域が認められている。何れの区域も往時 1960 年代末期から 1970 年代初期迄の約 2 年間にピークとして主としてアングロアメリカングループなどの手でその一部が採鈳された。その状況は Fig 11, 12, Table 6 に示す通りである。

1-4-2 Vumba 区域の鈳床および鈳化作用

Vumba 区域の Vumba Volcanic 層群中には多くの地点に金の鈳化作用が認められ、往時より古代原住民、ヨーロッパよりの移住採鈳者、近代の鈳山会社の手で採鈳又は採鈳された掘跡が存在する。その状況は Fig.13, Table 4 に示した。

鈳化帯は主として角閃岩中の石英縞中又はその周辺、或は角閃岩中に北北西の方向性を持って分布する剪断帯中に含金硫化物鈳染帯の形で存在し、硫化鈳物としては石英中では稍多量に塊状に、又角閃岩中では細粒、鈳染状に、黄鉄鈳、磁硫鉄鈳、硫砒鉄鈳、砒鉄鈳、黄銅鈳等が認められる。金の存在の形は未だ確認されていない。

鈳化帯附近にはしばしば小岩株状の石英閃緑岩体が存在し鈳化は同岩の貫入に関係した変成分化鈳床と推定される。

Table 7 に示した鈳徴のうち最大規模かつ稼行の実績のあるものは Somerset 鈳山のみである。往時の記録および掘跡の状況から見て北北東から南南西の走向を持つ剪断帯を充填した石英脈が延長 200m 程度の規模で連続し脈巾は平均 1m 程度含金品位は 5g/t 程度であったと推定されている。山許には約 2500 ton 程度の貯鈳および製錬廃砂が堆積されている。(Fig. 14)

本区域では 1960 年代末期から 1970 年代初頭にかけて後述の如く含ニッケル銅硫化鉄鈳床を対象として、アングロアメリカングループの手で採鈳が実施された。その調査の一環として Somerset 鈳山掘跡下部に向けて 2 本の試錐 (TSM-1, TSM-2) が実施された。しかし何れも着鈳せず、稼行可能の鈳体は地表附近の二次富鈳体のみと判断され以後の採鈳は中止された。

Table 6. Previous Exploration Records (Airbone Geophysical Survey and Follow-up Exploration)
from Open-File Report, Geological Survey Botswana

Anomalies by airborne EM (INPUT) 1969	Recommendations by Geoterrex 1971	Priority	Follow up by Sedge (Botswana) Pty Ltd. from June 1969 to March 1972
Zone 2 conductor	Surficial conductor (Brakish water)		
3	Surficial conductor (Brakish water)		
4			
5			
7	Bedrock conductor (Halo around Zone 6. Would be examined for disseminated mineralization after Zone 6 shown good results.)		
8	Surficial conductor (Brakish water)		
12	Bedrock conductor (Ground magnetic, EM surveies were recommended.)	3	TAO-6, 50m x 50m spacing, geochemical sampling, ground geophysical survey (Loop EM, Magnetometry), Diamond drilling (1 Hole, TAO6-1)
13	Bedrock conductor (may be combination of bedrock & surficial sources)	4	TAO-3, 50m x 50m spacing, geochemical sampling, ground geophysical survey (Loop EM, Megnetometry), Diamond drilling (2 Hole, TAO-3-1, TAO3-2)
14	Bedrock conductor (Follow up on this one may be considered contingent on the result obtained (Zones 12 & 13)	4	TAO-2, 50m x 50m spacing, geochemical sampling, ground geophysical survey (Loop EM, Magnetometry)
15	Surficial conductor (Weathering product)		
17	Surficial conductor (Brakish water)		
18			
19	Surficial conductor (Weathering product)		
20	Surficial conductor (Weathering product)		
21	Surficial conductor (Brakish water)		
22	Bedrock conductor (Very weak conductor)	4	TAO-4, 50m x 50m spacing, geochemical sampling, ground geophysical survey (Loop GM, Magnetometry)
23	Bedrock conductor (Good possibility for a thin bedrock source)	3	TAO-5, 50m x 50m spacing, geochemical sampling, ground geophysical survey (Loop GM, Magnetometry)
24	Surficial conductor (Brakish water)		
25	Surficial conductor (Weathering product)		VRD-1, 50m x 50m spacing, geochemical sampling
26	Surficial conductor (Weathering product)		
27	Surficial conductor (Weathering product)		
28	Surficial conductor (Brakish water)		
29	Surficial conductor (Agricultural higher soil moisture)		
37	Surficial conductor (Weathering product) (Brakish water)		VRE-1, 50m x 50m spacing, geochemical sampling
38	Surficial conductor (Weathering product) (Brakish water)		
39	Surficial conductor (Weathering product) (Brakish water)		
40	Surficial conductor (Weathering product) (Brakish water)		
			TAD-3 Detailed 200m x 10m spacing, geochemical sampling does by Preusage Metal Exploration 1977 VRD-2 50m x 50m spacing, geochemical sampling VRC-2 50m x 50m spacing, geochemical sampling

Table 7. Description of Old Gold Workings in The Vumba Mineral Province
(Open Filed Sedge (Botswana) Pty. Ltd. 1972, Report from Geological Survey Department)

Name	Location	Geological Setting	Scale		Grade g/t (T.P.M.)	Operation Records
			Strike (m)	Width (m)		
New Rush	Southern most in the area	Steeply inclined quartz vein in highly metamorphosed amphibolite. NNE direction	400	±1	Max. 2.23	Prospecting by 3 shafts sinking, trench
Arab	Near Dead Mule ranch to Tsessebe road	The vein consists of quartz containing some pyrrhotite in NW shear plane. N45°W direction	220	±1	Max. 2.91	Working area not extensive, random shafts sunk, prospecting stage.
Sheba	NW extension of Arab workings	The identifiable quartz veins in NW zone have a NE trend and do not look promising.	Zone strike 300	-1	Max. 9.00	Do not seem to have yielded much ore. Prospecting stage.
El Dorado	About 1 km SE of the Arab mine shear	Quartz vein in shear plane which is on the same trend as Arab shear	+30	±0.5	Max. 1.05	Propsecting stage. It consists of a shaft and pits
Galatea	Near the eastern margin of Vumba schist belt	Situated on the contact of a small granodiorite plug and green schist. Quartz vein with some pyrrhotite. Assay results were poor except one sample	30	±0.5	Max. 10.2	Prospecting and mining by a shaft & a glory hole
White Pidgeon	Near El Dorado mine	East of the main granodiorite. Quartz veins in NW trend shear zone in green schist	110	±0.5	9.95	Workings extend below a depth of 30 m which is water level in the shafts. There is a honeycomb of interconnected small underground workings from which some 5,000 - 10,000 tons of ore was probably obtained.
Workings north of Sheba mine	2 km north of Somerset mine and are in vicinity of input 12, 13 Anomalies	Quartz veins in shear zone in green schist			5.50	Development does not seem to have passed the prospecting stage.
Workings mine of Sheba mine	1.2 km north of Somerset mine	Two sets of quartz veins in coarse grained green schist. Some 200 m SE of the main workings, there is an opaline gossan which to be of no economic value.		±0.3		A few hundred tonnes of ore was probably extracted. There small shafts have opened up.
North Vumba gold anomaly	North western side of serpentinite	Obtained when panning. The rocks consist of basic rock and serpentinite intruded by acidic rock.			None	Trench sampling results proved to be negative.
Somerset mine	In the vicinity of Dead Mule ranch	Set of quartz veins extend over 200 m on a NNE trending. The sidewalls of the veins are virtually unmineralized. Veins were payable only in the zone of supergene enrichment.	+200	±1	5.0	The largest old working in the north Tati schist belt, working extend over 150 - 200 m. Total 2,500 tonnes ore expect. Neither of two bore holes intersected any mineralization beneath the old workings.

Fig.11 Areal map showing the relationship of GS-17 project and previous surveies.

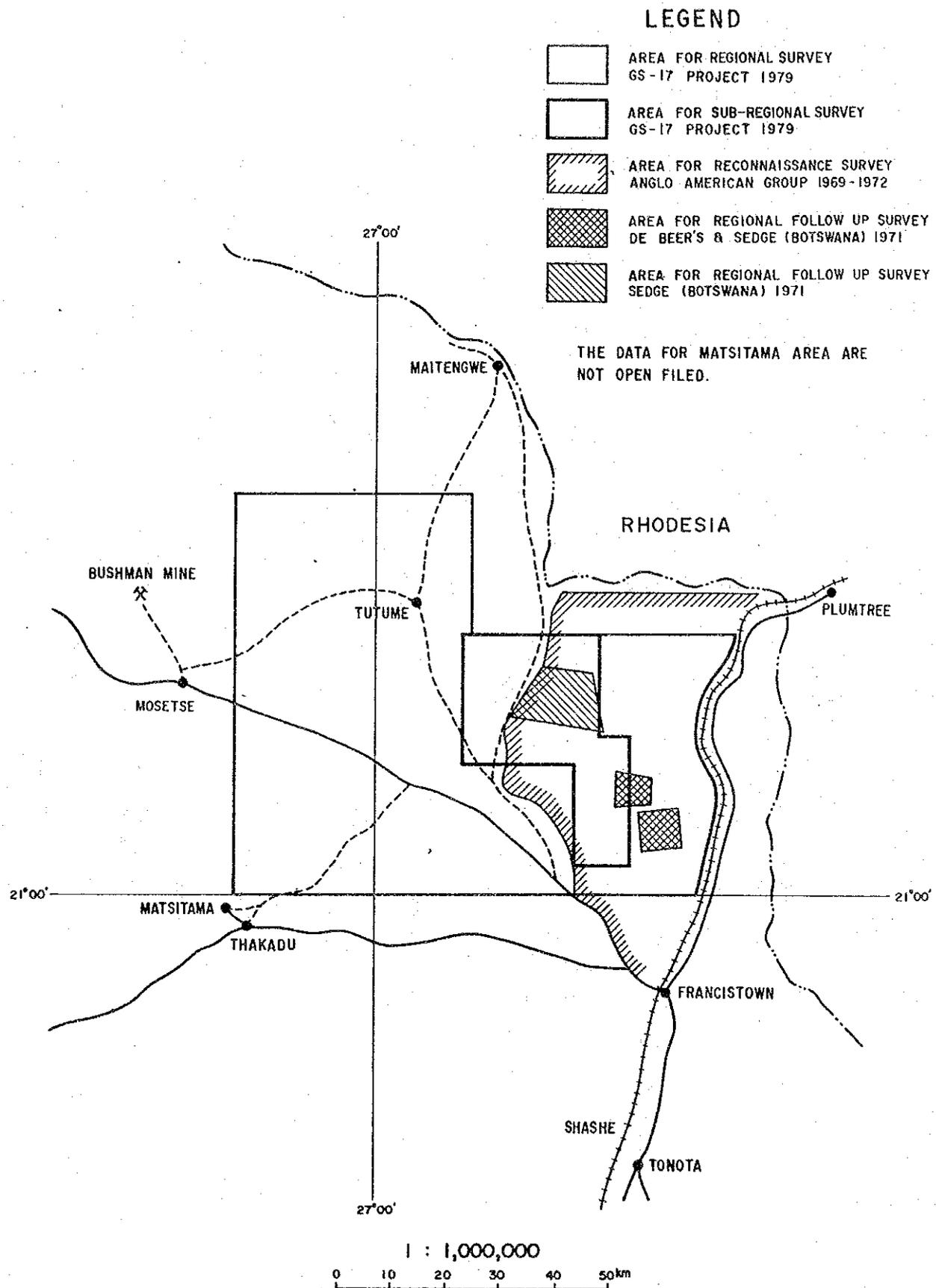


Fig. 13

Old gold workings in the Vumba mimeral province
(SEGE Botswana Pty. Ltd. 1972. open-file report)

1 : 50,000

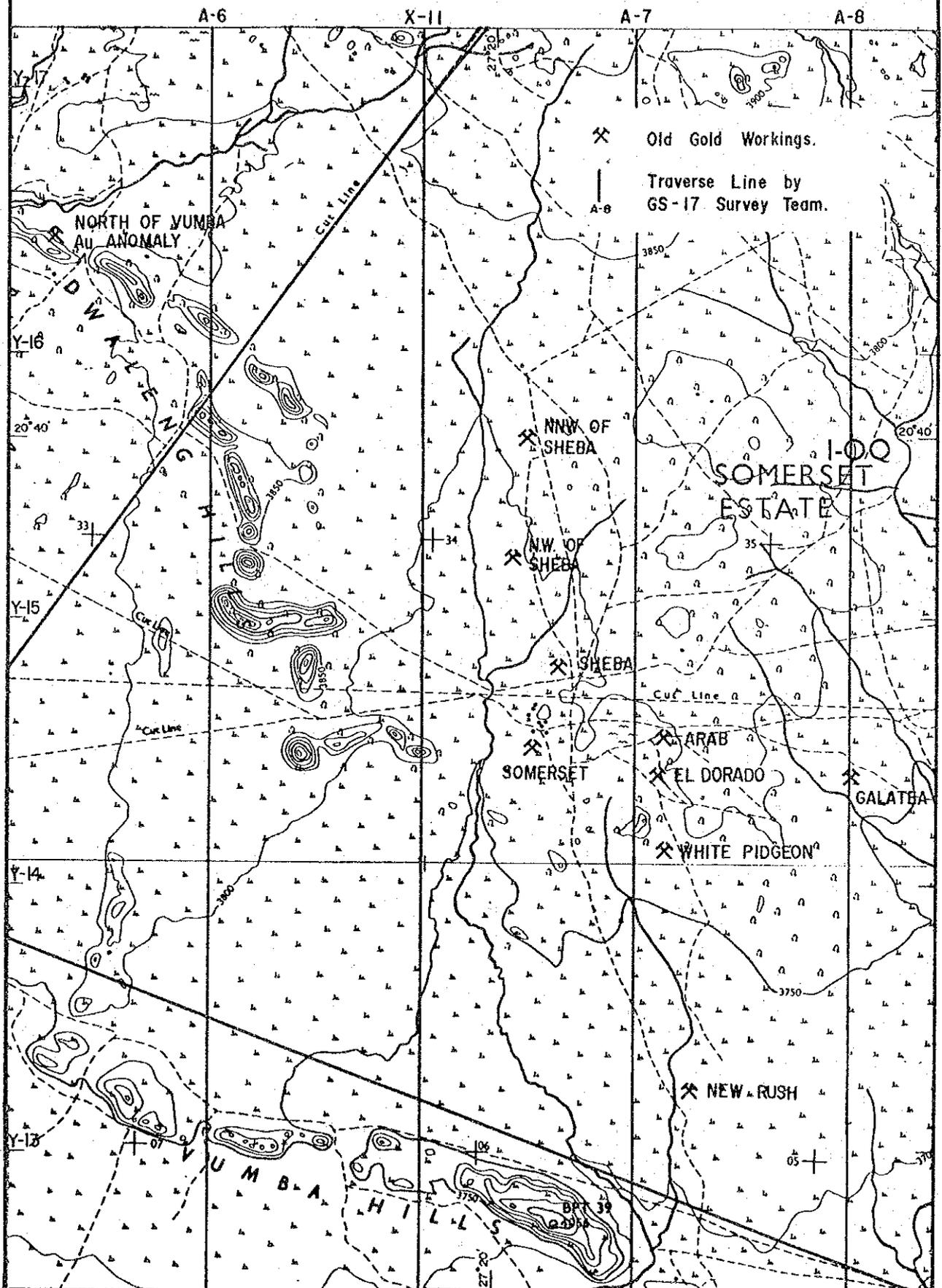
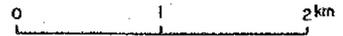
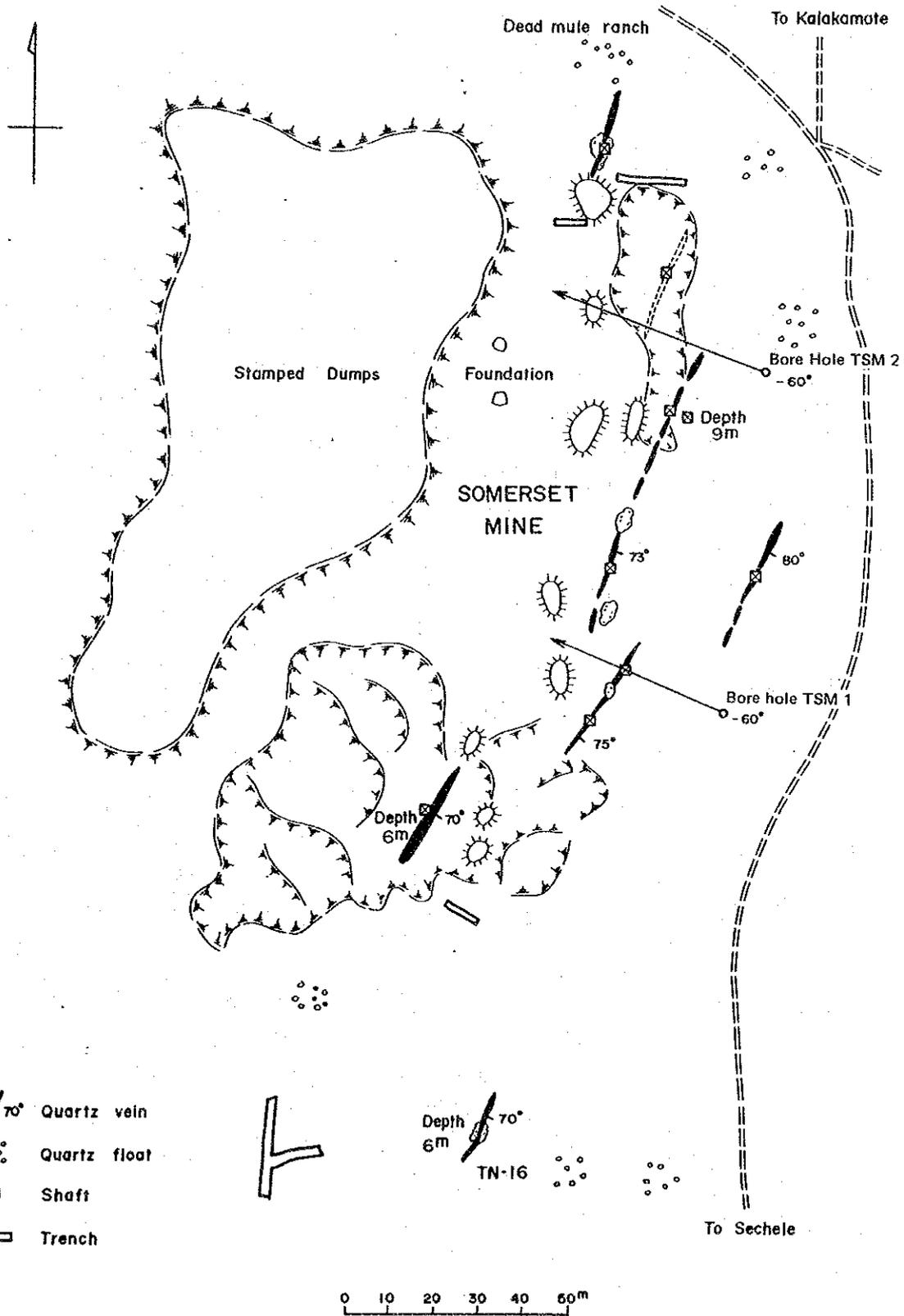


Fig.14 Workings of Somerset mine.



今回の調査では Table 4 に示したすべての鉱徴についての詳細な調査は実施できなかったが主要な鉱徴の Somerset 鉱徴, Sheba 鉱徴, El Dorado 鉱徴よりサンプルを採取し今後の探鉱余地を検討した。次にその状況を示す。(Table 8)

各鉱体とも貫入花崗岩岩体に関係した典型的な熱水鉱床型の含金石英脈鉱床というより, Vumba-Volcanic 層群が広域変成作用をうけた際の変成分化作用により石英分が褶曲凹部域は凸部又は剪断帯中に濃集した形の所謂 Saddle-leaf 型の鉱床で, 不規則緩傾斜小規模である様に見受けられた。分析結果では, 金は硫化鉱物に伴なわれ, 初生的には低品位で, 特に地表近くの風化残留部に富鉱部が存在することを示している様に見える。地表部では特に Somerset 鉱徴とその北部延長部に当る Sheba 鉱徴の間に従来の記録にない露頭及び掘跡が散在し, ここでは硫化鉱物の濃集も多い様に見受けられたが, 本区域は既に後述の含銅ニッケル鉱床を対象に地化探による精査が実施され, その結果異常が認められていないので更に調査の必要はないものと考えられる。

Vumba 区域では金鉱徴のみならず含銅ニッケル硫化鉱床を対象にアングロアメリカングループの手により空中物理探鉱に始まり地表地質調査, 地化学探査, 重鉱物調査と続く一連の調査が実施された。特に Geoterrax 社の実施した空中磁気探査および空中電磁探査の結果, 検出された異常について引続き地表での組織的なフォローアップが実施された。最終的に母岩による示徴と判断された2つの示徴(TA03, TA06)について3本の試錐が実施されたが何れも下部で軽微な硫化鉱染を見ただけで鉱化帯には着鉱しなかった。同時期に Phikwe-Selebi 地域で本格的な含銅ニッケル鉱床が発見されたために探鉱の主力はそちらへ移り本区域についての探鉱は中断されたまま現在に到っている。

上述の探鉱の状況は Table 6 Fig 12 に示した。2つの示徴に対する探鉱の状況は鉱山局オープンファイル記録によれば下記の通りである。

第1の示徴(Anglo-American TA03 示徴)は Vumba 区域の中央部に位置し, Phikwe-Selebi 区域も含んだ空中 EM 物理探鉱の結果, 第4級の有望度を持つと判定された示徴で Vumba 火山岩層中の角閃岩, 緑色片岩, 石英-角閃片岩上に分布する。岩石境界上には褐鉄鉱が存在しそこでの地化学探査の結果では Ni 300~350 ppm 程度の指示値が得られ, 地表でのフォローアップ EM 調査の結果褐鉄鉱の分布と一致する良好な示徴が得られた。このため褐鉄鉱下部をねらい約 100 m 離れた2地点でそれぞれ試錐が実施された。

しかし1孔は 61.3 m から 63.9 m の間および 69.4 m から 78 m の間でそれぞれ微量の黄鉄鉱, 磁硫鉄鉱の鉱染が角閃岩中に認められた程度で, 2孔も 92.4 m から 94.6 m の間で同様の硫化鉱の鉱染を見ただけであった。

第2の示徴(Anglo-American TA06 示徴)は第一の示徴の 800 m 北東に位置し角閃

Table 8. Analytical Data on Ore

(1) Chemical Analysis

	Location	Analysis (%) Au (g/t)						
		Au	Cu	Pb	Zn	Ni	Co	Mo
S - 1	Matsitama	-	0.02	0.00	0.01	0.01	0.00	0.000
S - 55	Kalakamate	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.160
S - 554	Somerset Mine	0.4	0.04	0.00	0.01	0.01	0.01	0.000
S - 556	El Dorado Mine	0.0	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.000
S - 557	El Dorado Mine	0.0	0.01	0.00	0.01	0.02	0.00	0.000
S - 558	Sheba Mine	2.3	0.03	0.00	0.02	0.01	0.00	0.000
S - 559	Sheba Mine	7.8	0.06	0.00	0.01	0.01	0.00	0.000
S - 560	Matsitama Mine	0.3	3.61	1.00	5.97	0.00	0.01	0.000

(2) Natures of Ore

	Sample	Ore Microscopy
S - 1	Fine amphibolite schist	
S - 55	Micro mus. - bio. granite with M_oS_2 dissemination	M_oS_2 : 30 x 60 μ ~ 0.2 x 1.0 m/m
S - 554	Quartz patch in banded amphibolite	
S - 556	Banded amphibolite with thin layer of quartz	
S - 557	Porous quartz vein	
S - 558	Quartz patch in banded amphibolite	Cp (4 ~ 20 μ), Py (10 ~ 60 μ)
S - 559	Limonitized amphibolite	Py (20 μ ~ 0.8 mm), Cp (16 ~ 80 μ), Po (20 μ ~ 0.1 mm) Lo (50 μ ~ 1 mm)
S - 560	Banded copper ore in carbonaceous layer of amphibolite	Cp (5 μ ~ 1.2 mm), Sp (0.1 ~ 0.8 mm), Gn in Cp, Sp
S - 98	Dombashaba G_4 biot. granite	Cp (4 ~ 20 μ)

Cp: Chalcopyrite, Gn: Galena, M_oS_2 : Molybdenite, Po: Pyrrhotite, Py: Pyrite, Sp: Sphalerite
Lo: Loellingite

岩上に分布する。地化学探査による指示値はNi 145 ppm, Cu 80 ppm程度でそれ程高いものでないがEM異常も磁探異常が一致するため試錐1孔が実施された。しかし鉍化帯には着鉍しなかった。

1-4-3 Timbale 区域の鉍床および鉍化作用

1969年に実施されたDE BEER'Sの重鉍物を対象とする地化学探査によってTimbale複合岩体分布地域およびその貫入反応縁部に於て恐らくはペグマタイトの貫入に関連したと考えられる銅, モリブデンの示徴が発見されその示徴の一部にはバナジウム, イットリウム等の濃集もあることが報告された。(Litherland 1975)

同鉍徴は生成時代は異なるが環境としては斑岩型銅モリブデンの鉍化の期待もあるとされ引續く広域の土壤地化学探査およびその示徴に対するI.P.による物理探鉍の結果で2ヶ所の有望箇所が選定された。そのうち1ヶ所につき2本の試錐が実施された。しかし最高銅品位1500 ppm モリブデンについては50 ppm 以下の値が得られたのみで探鉍は中断された。これらのDE BEER'S グループの調査状況, 銅, モリブデンの地化学探査の結果についてはそれぞれ(Fig. 15)示した。

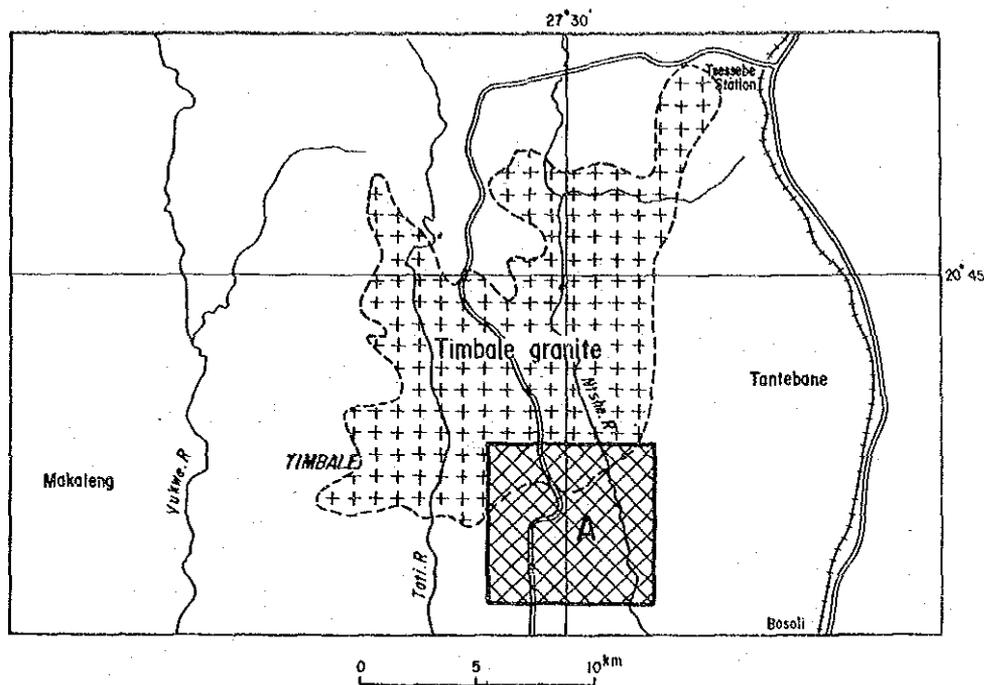
その他バナジウム, イットリウム, ニッケル, 銅, ニオブ, モリブデン, 錫, タングステン, 金, 鉛等の異常の一部は稀元素鉍物の鉍化に関係あると推定されたが, 露頭も末だ発見されず, 異常の原因は明瞭に解析されていない。現在の所各元素の異常は1つの型の鉍化に由来したのではなく, 銅, モリブデン, イットリウム異常の一部は複合岩体貫入末期に形成されたペグマタイト脈貫入に関係し, 他の多くは粗粒玄武岩の貫入による影響, 又バナジウムの異常は複合岩体中の副成分鉍物である磁鉄鉍およびイルメナイトに由来すると考えられる。従ってこれらの異常は多くの要素が複合して形成された異常ではないかと推定されるに到っている。

本調査時, Timbale地区と, その比較のためSebina 北方の2ヶ所でパンニングによって重鉍物を採取した。そして各所2個ずつX線回折, および蛍光分析を行った。(Table 9, PL. 5 Apex. 4)

それらの地質はTimbale地区で花崗岩類(G_1)と粗粒玄武岩, Sebina 北方でVumba片岩レリック, 花崗岩類(G_1, G_2), 粗粒玄武岩である。X線回折に供された試料は, パンニングによって $1/n \times 1000$ 程度に濃縮された砂質試料である。この試料のうちマグネタイト, イルメナイトを除く重鉍物は, 肉眼的にもミネラライトによる照射観察結果でもやや多く含まれるS-549を除いて少量しか認められなかった。

Timbale地区の試料(S-542, S-549)の重鉍物は, X線回折分析によりイルメナイト, マグネタイト, モナザイトが確認された。X線蛍光分析の結果では多量に含まれる元

Fig. 15 Geochemical distribution of molybdenum, timbale block.
 (De beer's-sedge Botswana open-file report 1972)



Detail of Area A

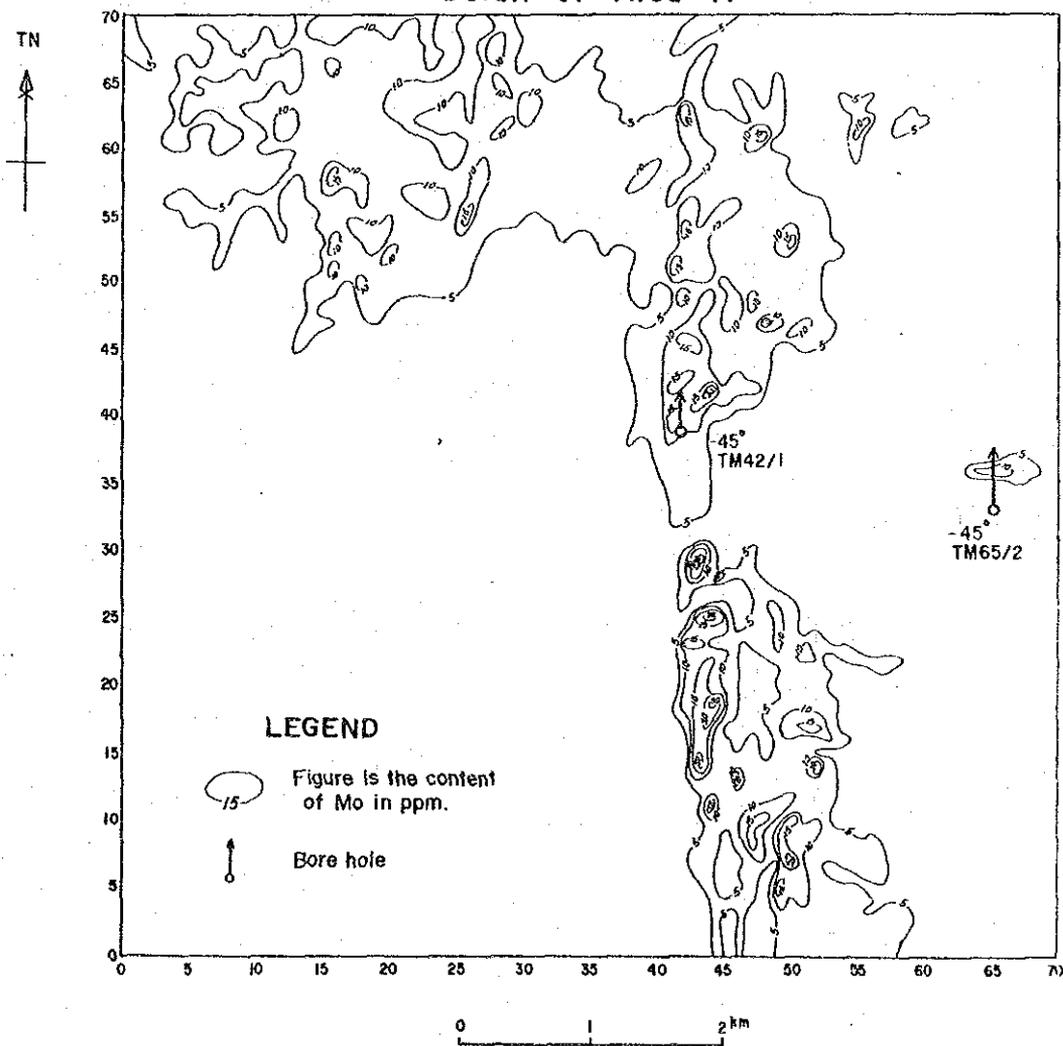


Table 9. Data on X-Ray Diffraction and Fluorescence Analysis

(1) X-Ray Diffraction Analysis

Sample No.	Location	Geology of Surroundings	Quartz	Feldspar	Ilmenite	Magnetite	Amphibole	Monazite
S - 542	Timbale Hill	G4 Granite, Dolerite ~ Gabbro	+++	+++	++	+	+	
S - 549	Timbale Hill	G4 Granite, Dolerite ~ Gabbro	+++	+++	+			-
S - 545	7 km NW of Sebina	Ultramafic, Amphibolite, Tonalite - Granite Gneiss (G2g, G2ht, G1), Meta-arkose.	+++	+++	+++	+	+	
S - 546	9 km NW of Sebina		+++	++	+++		++	

(2) X-Ray Fluorescence Analysis

Sample No.	Ti	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Pb	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Ta	La	Ce	Pr	Nd	Th	V
S - 542	+++	-	++	+++	-	-	+	-	-	+	+	++	+		-	-	-	-	+	
S - 549	+++	+	++	+++	-	+	+	+	+	+	+++	+++	+++	-	+	+	+	+	+++	-
S - 545	+++	+	++	+++	-	-	+	-	-	-	+	++	+		-	+	-	-	+	
S - 546	+++	+	++	+++	-	+	+			+	+	+++	+						-	

+++ : Abundant, ++ : Common, + : A little, - : Rare

素にして Ti, Fe, Mn, が, 稀有元素として Y, Zr, Nb, Th がやや多量に, この Cr, Ni, Cu, Zn, Pb, Rb, Sr, Ta, La, Ce, Pr, Nd, V が検出された。

Sebina 北方の結果も, モナサイトを除く重鉱物の組合せは同じで, また, 主要元素に関しても Timbale 地区のものと同じ傾向を示している。これは量比は異なるが類似した岩石が両地区に存在することによると思われる。S-546 では La, Ce などが検出されていないが, これはこの試料採取地点が附近の地質, 即ち超塩基性岩の影響を強く受けているためと考えられる。(S-545, S-547)

調査網は荒いが地質調査, 地化探結果などから考えると Timbale に於て斑岩型銅-モリブデン鉱床の存在する可能性は小さい。

また稀有元素に関して少くともこの2試料のカバーするごく狭い範囲に於ては大型の稀有元素鉱床は存在しないと思われる。

本調査では新規の鉱化露頭も発見出来なかった。よって探鉱余地は広く残っているものの明年度以降の候補地としては Matsitama 北部区域よりも優先してとり上げる理由にとほしい。

尚地質概査中に Shashe Drift 東方の G₁ ブルトンに属する細粒黒雲母花崗岩中に微量の輝水鉛鉱の鉱染が認められ, 分析の結果 0.16% のモリブデン分が検出され Timbale 岩体と同様の期待で検討したが, その存在は極めて小規模微弱なもので, 更に検討の要はないものと判定された。

1-4-4 Matsitama 北部区域の鉱床および鉱化作用

調査区域中の南端部にはローデシア安定地塊の一部を構成すると考えられている Matsitama 堆積盆地がある。ここには角閃岩相の広域変成作用をうけた塩基性片岩, 角閃岩, 珪岩, 石灰岩, 縞状鉄鉱層より構成される不定形の分布を示す Matsitama Schist and Metasedimentary 層群が存在する。本層群中の石灰岩(珪質石英岩から石灰岩質珪岩までの範囲で変化する)および黒雲母片岩中には銅を主体とする硫化鉱物が胎胚する。これはニッケル分は含まず, 金, 銀, 鉛, 亜鉛鉱物を伴い, 形状より見ても恐らく堆積性起源のものと考えられ鉱床型としては, 東部の Selebi-Phikwe, Tati 片岩帯中の銅, ニッケル型の変堆積性の鉱床とは異なりむしろ同国西部の Damaran Mobile 帯中の堆積性銅鉱床と類似の点が多ると云われている。

本堆積盆地中には数多くの銅鉱微に対する探, 探鉱のあとがあり, これらは 1962 年アングロアメリカングループの手により発見され, 引続き可成りの量の探鉱が本地域で行なわれた。

現在迄に知られた鉱微は Thakadu, Makala, Logolo, Peolane-Noko, Nakalakwana Hill, Dihudi, Sebotha-Samsonga-Esoka, Mutsuku, Kamela, Lengau, Nare,

Nakalakwana Prospect, Kukama, Lepashe, Agente, Palamela 等14箇所に達する。鉍化の中心のThakadu, およびMakalaの2鉍床については、現在迄に2.2% Cu程度の品位の銅鉍800万ton(酸化鉍を含む)が確認済である。(J.W. Baldock, 1977) 1977年この地域の探鉍は1968年にSelebi-Phikweの鉍床が発見されると共に探鉍の主舞台はそちらに移り終了した。現在は更に西方の破砕変形地帯であるBushman Lineamentが探鉍の主舞台となっている。

本区域はこのMatsitama堆積盆地の北西縁部にあたり前述の銅鉍徴のうちLengau, Nare, Nakalakwana Prospect, Nakalakwana Hill等を結ぶ線が区域の南限線とほぼ一致する形となっている。Matsitama Schist and Metasedimentary層群は走向NW-SEで傾斜は見掛け上は南を示し、北側にはこれより下位の花崗岩質片麻岩の卓越するMosetse River Gneiss層群が分布するためその広ろがりが限定される。従って鉍床胚胎層群と考えられるMatsitama Schist and Metasedimentary層群は北東側へ分布しないことになり上述の鉍徴は重要視されていない。しかし、Mosetse River Gneiss層群には石灰岩が挟在され、岩相からあるいは地化学探査の結果からも一部はMatsitama Schist and Metasedimentary層群に含まれる可能性がある。

変堆積性鉍床を調査地域内で探鉍する一助として典型的な鉍床の状況を確認しておく必要があると判断し調査地域外ではあるが、Matsitama鉍化帯の中心部でチェックのための地化学探査および鉍石のサンプリングを行った。検討の結果は次の通りである。(Table 8)

鉍石中には肉眼的にも可成りの量の閃亜鉛鉍、方鉛鉍が認められ、銅とニッケルの含量は互いに比例しない。この点、Vumba地区の鉍徴は銅、ニッケル含量が共に高い傾向を示し対照的である。

第2章 地 化 学 探 査

2-1 総 説

本地化学探査は、調査地域内の土壌中の元素含有量を分析し、それらの挙動を電子計算機の手を借りて統計的に解析し、鉍化作用にもとづく地化学異常帯の抽出と、今後の調査に対する基礎資料を提供することを目的とした。

指示元素として、Cu・Pb・Zn・Ni・Moを選んだ。一部のサンプルについては、補足的にCoの分析も行った。これらの元素のうちMoの含有量は3 ppm以下で、指示元素としては不適當であった。

解析は、まず土壌試料の性質や採取地点の諸環境の検討をおこない、これらと指示元素間の関係を検討した。その結果、指示元素ごとの解析では鉍化異常の抽出は不可能であることが判明し、多変量解析法の1手法である主成分分析法による解析を試みた。

2-2 試料採取及び分析

2-2-1 試 料 数

分析された総試料数は539個であり、この内訳はTable 10に示す通りである。

Table 10, 試料内訳表

内 容	試 料 数
踏査区域試料	383
概査区域試料	114 ※1
採取層準比較試料	9
Mo 鉍微地試料	4
Matsitama鉍化区域試料	27
調査地域外試料	2
合 計	539

※1. この他概査区域内の解析には踏査区域分の試料74個も追加し使用されている。

試料採取密度は、踏査区域で1試料/1.4 km² 概査区域で1試料/4 km²である。

2-2-2 土壌断面および試料採取法

本地域の土壌は赤色ラテライト質土壌(22%)、褐色土壌(66%)、および黒土Black Turfと呼ばれる暗灰色の湿った土壌(11%)からなる。ラテライト質土壌は上部より30 cmないし50 cmの厚さをもつ酸化鉄核を含む赤色酸化帯、50 cmないし1 mの厚さをもつ酸化鉄細脈を伴う赤褐色ないし褐色の移化帯、風化母岩となっている。黒土は、木根に富み、厚さは1 mから3 m以上におよぶが、母岩までの厚さは確認されていない。褐色土壌につい

ては不明である。

試料採取は、踏査地域では測線間隔を6 Km、採取点間隔を2.5 Kmとし、概査地域では測線間隔を2 Km、採取点間隔を2.5 Kmとした。いずれもコンパスと間縄によって位置を決め、5万分の1の地形図にプロットした。

試料採取深度は、Sedge (1972) の報告を参考に、30 cmとした。なお比較のために同一地点で深度の異なる試料^{※2}を9箇所(試料番号の組合わせは63-496, 65-497, 71-499, 85-500, 131-501, 151-502, 191-503, 213-504, 219-505)で採取し分析したが有為差は認められなかった。

※2. Apex. 4に示す深度で礫層部、土壌部の試料を採取した。

試料採取の際、土壌の色調・粒度・乾湿状態・木根量、土壌中の礫の種類およびその量と形状、植生、地形、露岩や転石の岩種を記載した。(Apex. 5)。

2-2-3 分析法

試料は現地で80メッシュ篩による篩い下を採取し、風乾後日本で分析した。土壌の日本への持込の際には成田検疫所において高温蒸気(120°C)による消毒を実施した。分析はCu・Pb・Zn・Ni・Moおよび一部の資料のCoについて原子吸光法によった。

分析操作の概略は以下のとおりである。

試料5.00グラムに塩酸20 ml・硝酸5 mlを加えて蒸発乾固に至るまで加熱する。放冷後、塩酸10 mlを加えて再加熱し溶解させる。これに水を加えて100 ml定容とし、濾液を原子吸光分析に供した。Moのみは亜酸化窒素-アセチレンフレームで、他の元素は空気-アセチレンフレームによって原子化した。分析線の波長は、Cu: 3247 Å, Pb: 2170 Å, Zn: 2139 Å, Ni: 2320 Å, Co: 2408 Å, Mo: 3133 Åである。

5試料の比較試験の結果、上記の分解能力はフッ酸処理をおこなった場合の約70%であった。

2-3 試料の性質と採取地の環境

本調査は地化学探査の解析に役立つ試料の性質や採取地点の環境に対する予備知識なしに始めた。そこで調査は試料採取の際に記録された種々の情報、例えば土壌試料の色調、粒度、有機物の有無、乾湿、植生、地形、礫種、露岩の有無やその岩石種など、の相互関連性を化学分析結果の解析に先立って検討することから始めた。

2-3-1 頻度

Table 11-1~8は土壌試料の諸性質や採取地点の環境に関する諸項目の頻度をまとめて示したものである。その要点は次の通りである。

Table 11. Frequencies of Natures of Soil Samples and of Other Characteristics Around Sampling Sites

(1) Soil Color

Code	Color	Frequency	Percentage	Frequency	Percentage
10	Red unsubdivided	12	2.4	112	22.6
11	Brick red	50	10.1		
12	Reddish brown	50	10.1		
20	Brown unsubdivided	33	6.6	264	53.1
21	Light brown	70	14.1		
22	Grayish brown	161	32.4		
31	Light gray	66	13.3	121	24.4
32	Dark gray - Black	55	11.1		

(N=497)

(2) Plant Roots in Sampling Horizon

Code	Amount	Frequency	Percentage
0	None	13	2.6
1	a little	248	49.9
2	Medium	171	34.4
3	Abundant	65	13.1

(N=447)

(3) Vegetation Around Sampling Sites

Code	Type	Frequency	Percentage
1	Tree Savanna	215	43.3
2	Shrub Savanna	237	47.7
3	Cultivation, Grassland	45	9.0

(N=497)

(4) Topography

Code	Type	Frequency	Percentage
1	Mountain, Hill	11	2.2
2	Flatland	431	86.7
3	River, Riverbank	38	7.6
4	Lowland, Marshland	17	3.4

(N=497)

(5) Dry/Wet (Humidity)

Code	Type	Frequency	Percentage
0	Dry	427	85.9
1	Wet (Moist)	70	14.1

(N=497)

(6) Soil Nature - 1

Code	Type	Frequency	Percentage	Percentage	
10	Clayey	Not characteristic	10	2.0	16.1
11		Lateritic	4	0.8	6.5
12		Organiferous	43	8.7	69.4
13		Stream Sediment	5	1.0	8.1
20	Sandy	Not Characteristic	323	65.0	74.3
21		Lateritic	91	18.3	20.9
22		Organiferous	2	0.4	0.5
23		Stream Sediment	19	3.8	4.4

(N=497)

(7) Soil Nature - 2

Code	Type	Frequency	Percentage
0	Not Characteristic	333	67.0
1	Lateritic	95	19.1
2	Organiferous	45	9.1
3	Stream Sediment	24	4.8

(N=497)

(8) Surface Condition

Outcrop			Floats Except Quartz				Quartz Float					
	Freq.	%		Freq.	%	%		Freq.	%	%		
No	411	82.7	No	355	86.4	No	No	270	76.1	No	No	
			Yes	56	13.6		79.2	Yes	85	23.9		73.0
								No	30	53.6		Yes
			Yes	26	46.4		27.0					
Yes	86	17.3	No	39	45.3	Yes	No	36	92.3	No	Yes	
			Yes	47	54.7		20.8	Yes	3	7.7		74.4
								No	28	59.6		Yes
			Yes	19	40.4		25.6					

(N=497)

Yes or No : Existence of outcrop, etc.

- (1) 土壌の色調は、未細分の赤色、レンガ色、赤褐色、未細分の褐色、淡褐色、灰褐色、淡灰色、および暗灰～黒色の8種に分類される。更にこれらは赤色系(23%)、褐色系(53%)、灰色系(24%)に大別される。灰色系中には、黒土(Black Turf)を全体の11%含んでいる。(Table 11-1)
- (2) 試料採取層準に於ける植物の木根の量は多量(50%)、中量(34%)、少量(13%)なし(13%)に分類された。(Table 11-2)
- (3) 採取地点周辺の植生は樹高1~3mのアカシア科を主とする低木叢からなるShrub Savanna(48%)、樹高5~10mのMopaniを主とする広樹林からなるTree Savanna(43%)、および農耕地、草地(9%)に分けられた。(Table 11-3)
- (4) 地形は山地、平坦地、河川・川岸、低地・湿地に分類されたが、平坦地が大部分を占めた。(Table 11-4)
- (5) 試料は乾期に採取されたにも拘らず、土壌の14%は湿っていた。(Table 11-5)
- (6) 試料の粒度の違いは砂質のものが87.5%、粘土質のものが12.5%であった。また、ラテライト質土壌は砂質であり、有機質土壌は粘土質であるという事も判明した。(Table 11-6)
- (7) 本地域内の土壌はラテライト質(19%)、有機質(9%)、河川堆積物(5%)、および特徴のないもの(67%)に分類された。(Table 11-7)
- (8) 試料採取地附近に露岩の分布する割合は全体の17%にすぎない。石英の土壌中の礫あるいは転石の分布する割合は27%であり、また石英以外の転石が分布する割合は21%であった。露岩が近くに存在する場合に石英以外の転石が分布する割合は55%に達し、近くに露岩を伴わない場合の14%に比較して明瞭な差が認められる。一方石英の礫あるいは転石が分布する割合は露岩が採取地点近傍に存在する場合もしない場合もほとんど変化がなく、26ないし27%であった。このことは石英の土壌中の礫あるいは転石の分布は、現在の露岩の分布状態よりもより広域的な現象によってもたらされたことを推定させる。

以上のほかに、試料採取層準における礫の量と形状の頻度、転石および露岩の岩石種の頻度を検討したが、特別の関係は認められなかった。(Table 11-8)

2-3-2 土壌の色調と他項目との関係

前項で挙げた諸項目のうち、母岩の化学組成をもっとも反映する項目は土壌の色調であると一般的に考えられる。そこで土壌の色調と他の諸項目との関係を、(Table 12-1~9)を作成して検討した。

- (1) 土壌中の木根量は、赤色および褐色土壌において少量ないし中量で、全域の平均的性格と

一致している。しかし、黒土は特徴的に木根量に富む傾向を示している。コード番号31をもつ淡灰色土壌は、コード番号32の暗灰色土壌とまったく違った性質を示し、むしろ褐色系土壌と類似の性質を示している。これは以下の諸項目に関しても共通して認められる現象なので、色調の大別の際には淡灰色土壌は褐色系土壌に含めて扱うことにした。

(Table 1 2 - 1)

- (2) 植生は黒土において Shrub Savanna の占める割合が 69% と高いことで特徴的である。赤色土壌のうちコード番号 10 (unsubdivided) も Shrub Savanna の比率が高いが、赤色系の中のコード番号 11, 12 ではこの傾向が表われていない。これは調査員によって植生の定義、たとえば混交した植生の取扱いが一致していなかったことに起因するものかもしれない。(Table 1 2 - 2)
- (3) 地形は全域における頻度 (Table 1 1 - 4) と同様に平坦地が 64 から 92% を占め圧倒的に多いが、暗灰色土は 27% が低地・湿地に位置しているのが特徴的である。(Table 1 2 - 3)
- (4) 試料の乾湿では、赤色および褐色土壌の 90% 以上が乾いており、暗灰色土壌は逆に 73% が湿っていた。(Table 1 2 - 4)
- (5) 土壌の性質は色調の大別とよく対応している。すなわち、赤色土壌は砂質かつラテライト質であり、褐色土壌は砂質で特徴的性質を伴っていない。また、暗褐色土壌は粘土質かつ有機質である。(Table 1 2 - 5)
- (6) 採取地附近の露岩・石英の礫あるいは転石・その他の転石の分布する割合は、赤色土壌の場合はそれぞれ 15% ・ 20% ・ 23% , 褐色土壌の場合は 20% ・ 24% ・ 20% であり、差が認められない。しかし暗灰色土壌の場合は、それぞれ 9% ・ 56% ・ 18% であり、他の土壌よりも露岩の分布がやや少なく、石英の礫あるいは転石の分布が多い傾向を示している。(Table 1 2 - 6, 7)
- (7) 採取層準での礫の量と形状は土壌の色調とは無関係であることが示された。(Table 1 2 - 8)
- (8) 採取地点附近の露岩および転石の岩石種による分類は該当試料数が少なく土壌の色調との関係は明らかにできなかった。そこで Litherland (1975) によって岩相分布が明らかにされている東側の地区 (343 試料) における各地質単位と土壌の色調との関係を表示した。赤色土壌では Am (角閃岩) と D (粗粒玄武岩・斑れい岩) の塩基性岩がそれぞれ 36% を占めた。褐色土壌では、G2t (トーナライト片麻岩) , G2g (花崗片麻岩) , Ak (メタアルコース) , G1 (モンゾニ岩) , G2ht (角閃トーナライト片麻岩) , PG2g (変晶花崗片麻岩) および G3t (トーナル岩) の酸性岩が 6ないし 22% を占

Table 12. Relation between Soil Colors and Other Natures and Characters

(1) Soil Color – Plant Roots

Color		Frequency				Percentage %				Percentage Histogram											
Code		0	1	2	3	0	1	2	3	0 1 2 3				0 1 2 3							
Red	10	0	6	6	0	0	50	50	0												
	11	0	30	20	0	0	60	40	0												
	12	0	25	22	3	0	50	44	6												
Brown	20	0	9	13	11	0	27	39	33												
	21	1	29	32	8	1	41	46	11												
	22	12	88	44	17	7	55	27	11												
	31	0	44	18	0	0	71	29	0												
D. Gray	32	0	17	16	22	0	31	29	40												

0: None, 1: A little, 2: Medium, 3: Abundant

Code number: Same as that of Table 11

(2) Soil Color – Vegetation

Soil Color		Frequency			Percentage %			Percentage Histogram								
Code		1	2	3	1	2	3	1 2 3			1 2 3					
Red	10	2	10	0	17	83	0									
	11	26	20	4	52	40	8									
	12	27	21	2	54	42	4									
Brown	20	13	13	7	39	39	21									
	21	38	24	8	54	34	11									
	22	63	79	19	39	49	12									
	31	32	32	2	48	48	3									
D. Gray	32	14	38	3	25	69	5									

1: Tree Savanna, 2: Shrub Savanna, 3: Cultivation, Grassland

(3) Soil Color – Topography

Soil Color		Frequency				Percentage %				Percentage Histogram							
Code		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Red	10	0	9	3	0	0	75	25	0					92			
	11	1	48	1	0	2	96	2	0					3			
	12	2	46	2	0	4	92	4	0					5			
Brown	20	1	31	1	0	3	94	3	0					89			
	21	2	61	7	0	3	87	10	0					2			
	22	5	136	18	2	3	84	11	1					8			
	31	0	65	1	0	0	98	2	0					0.6			
D. Gray	32	0	35	5	15	0	64	9	27					64			

1: Mountain, Hill, 2: Flatland, 3: River, Riverbank, 4: Lowland, Marshland

(4) Soil Color – Dry/Wet

Soil Color		Frequency		Percentage %		Percentage Histogram			
Code		0	1	0	1	0	1	0	1
Red	10	12	0	100	0				
	11	49	1	98	2				
	12	46	4	92	8				
Brown	20	33	0	100	0				
	21	64	6	91	9				
	22	148	13	92	8				
	31	60	6	91	9				
D. Gray	32	15	40	27	73				

0: Dry, 1: Wet

(5) Soil Color – Soil Natures

Soil Color		Frequency								Percentage %							
Code		10	11	12	13	20	21	22	23	1-	2-	-0	-1	-2	-3		
Red	10	0	0	0	0	2	10	0	0	0	12	2	10	0	0		
										(0)	(100)	(17)	(83)	(0)	(0)		
	11	0	4	0	0	4	42	0	0	4	46	4	46	0	0		
										(8)	(92)	(8)	(92)	(0)	(0)		
	12	0	0	0	0	19	31	0	0	0	50	19	31	0	0		
										0	(100)	(38)	(62)	(0)	(0)		
Brown	20	0	0	0	0	33	0	0	0	0	33	33	0	0	0		
										(0)	(100)	(100)	(0)	(0)	(0)		
	21	1	0	3	0	60	5	1	0	4	66	61	6	4	0		
										(6)	(94)	(86)	(8)	(6)	(0)		
	22	1	0	0	0	142	2	0	16	1	160	143	2	0	16		
										(0)	(100)	(89)	(1)	(0)	(10)		
	31	4	0	0	1	61	0	0	0	5	61	65	0	0	1		
										(8)	(92)	(98)	0	0	2		
D. Gray	32	4	0	40	4	2	1	1	3	48	7	6	1	41	7		
										(87)	(13)	(11)	(2)	(75)	(13)		

1-: Clayey, 2-: Sandy, -0: Usual, -1: Lateritic, -2: Organiferous, -3: Stream sediment

(6) Soil Color – Surface Condition

Soil Color		Frequency ()%								Histogram							
Code		000	001	010	011	100	101	110	111	000	001	010	011	100	101	110	111
Red	10	4 (33)	2 (17)	2 (17)	2 (17)	2 (17)	0 (0)	0 (0)	0 (0)								
	11	36 (72)	6 (12)	3 (6)	2 (4)	0 (0)	0 (0)	2 (4)	1 (2)								
	12	28 (56)	5 (10)	5 (10)	0 (0)	3 (6)	0 (0)	5 (10)	4 (8)								
Brown	20	13 (39)	4 (12)	5 (15)	6 (18)	3 (9)	1 (3)	0 (0)	1 (3)								
	21	37 (53)	18 (26)	2 (3)	1 (1)	7 (10)	0 (0)	3 (4)	2 (3)								
	22	90 (56)	14 (9)	11 (7)	7 (4)	14 (7)	1 (1)	14 (9)	10 (4)								
	31	42 (64)	14 (21)	2 (3)	0 (0)	4 (6)	1 (2)	3 (5)	0 (0)								
D. Gray	32	20 (36)	22 (40)	0 (0)	8 (15)	3 (5)	0 (0)	1 (2)	1 (2)								

1: Yes, 0: No, --1: Quartz float, -1-: Other float, 1--: Outcrop

(7) Soil Color -- Surface Condition

Soil Color		Quartz		Others		Outcrop		Quartz		Others		Outcrop	
Code		--0	--1	-0-	-1-	0--	1--	--0	--1	-0-	-1-	0--	1--
Red	10	8 (67)	4 (33)	8 (67)	4 (33)	10 (83)	2 (17)	80		77		85	
	11	41 (82)	9 (18)	42 (84)	8 (16)	47 (94)	3 (6)						
	12	41 (82)	9 (18)	36 (72)	14 (28)	38 (76)	12 (24)		20		23		15
Brown	20	21 (64)	12 (36)	21 (64)	12 (36)	28 (85)	5 (15)						
	21	49 (70)	21 (30)	62 (89)	8 (11)	58 (83)	12 (17)	76		80		80	
	22	129 (80)	32 (20)	119 (74)	42 (26)	122 (76)	39 (24)		24		20		20
	31	51 (77)	15 (23)	61 (92)	5 (8)	58 (88)	8 (12)						
D. Gray	32	24 (44)	31 (56)	45 (82)	10 (18)	50 (91)	5 (9)	44	56	82	18	91	9

1: Yes, 0: No

(8) Soil

Soil Color		Frequency							Percentage %						
Code		00	11	12	13	21	22	23	0-	1-	2-	-0	-1	-2	-3
Red	10	6	1	1	0	2	1	1	6 (50)	2 (17)	4 (33)	6 (50)	3 (25)	2 (17)	1 (8)
	11	40	4	3	0	0	1	2	40 (80)	7 (14)	3 (6)	40 (80)	4 (8)	4 (8)	2 (4)
	12	38	2	7	0	0	1	2	38 (76)	9 (18)	3 (6)	38 (76)	2 (4)	8 (16)	2 (4)
Brown	20	20	5	5	0	1	0	2	20 (61)	10 (30)	3 (9)	20 (61)	6 (18)	5 (15)	2 (6)
	21	52	9	4	1	1	2	1	52 (74)	14 (20)	4 (6)	52 (74)	10 (14)	6 (9)	2 (3)
	22	121	9	18	2	2	7	2	121 (75)	29 (18)	11 (7)	121 (75)	11 (7)	25 (16)	4 (3)
	31	49	9	8	0	0	0	0	49 (74)	17 (26)	0 (0)	49 (74)	9 (14)	8 (12)	0 (0)
D. Gray	32	33	12	6	4	0	0	0	33 (60)	22 (40)	0 (0)	33 (60)	12 (22)	6 (11)	4 (7)

00: Soil only, 1-: Scattered pebble, 2-: Pebble bed, -1: Rounded, -2: Subangular, -3: Angular

(9) Soil Color – Geological Unit

		Geological Unit																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Soil Color	Code	G _{1m}	G ₁	C _{2t}	G _{2ht}	G _{2g}	PG _{2g}	PG _{2t}	G _{3t}	G _{3g}	G ₄	Ak	Jan	Um	Am	Ser	Px	Fei	Al	Ls	D
		Monzonite	Tonalite	Tonalite gneiss	Tonalite gneiss	Hornblende tonalite gneiss	Porphyroblastic granite gneiss	Porphyroblastic tonalite gneiss	Tonalite	Granite	Granite-Quartz monzonite	Meta-arkose	Jankee mixed gneiss	Ultramafic rock	Amphibolite	Serpentinite	Pyroxenite	Felsic metavolcanics	Aluminous schist	Limestone	Dolerite, Gabbro
Red	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	4
	11	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	19	2	0	1	1	0	12
	12	0	0	1	2	2	0	0	0	0	1	3	0	1	8	2	1	1	0	0	13
		0	1	2	3	3	0	0	0	0	1	4	0	1	29	4	1	2	1	0	29
		(0)	(1)	(2)	(4)	(4)	(0)	(0)	(0)	(1)	(5)	(0)	(1)	(36)	(5)	(1)	(2)	(1)	(0)	(36)	
Brown	20	0	4	6	3	6	2	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0
	21	1	3	3	4	8	4	0	0	0	1	7	4	1	4	1	1	0	0	0	0
	22	3	11	27	6	23	8	0	9	3	6	15	3	0	0	0	1	0	0	0	2
	31	0	2	14	2	7	1	0	5	0	2	7	0	0	1	0	0	0	0	0	4
		4	20	50	15	44	15	0	14	3	9	30	8	1	5	1	2	0	1	0	6
		(2)	(9)	(22)	(7)	(20)	(7)	(0)	(6)	(1)	(4)	(13)	(4)	(0)	(2)	(0)	(1)	(0)	(0)	(0)	(3)
D. Gray	32	0	1	4	1	1	1	0	0	1	0	0	0	2	12	2	0	0	0	0	1
		(0)	(4)	(16)	(4)	(4)	(4)	(0)	(0)	(4)	(0)	(0)	(0)	(8)	(48)	(8)	(0)	(0)	(0)	(0)	(4)
Total No.	343	4	22	61	19	48	16	0	16	4	10	34	8	4	47	7	3	2	2	0	36
		(1)	(6)	(18)	(6)	(14)	(5)	(6)	(5)	(1)	(3)	(10)	(2)	(1)	(14)	(2)	(1)	(1)	(1)	(0)	(10)

Bracketed figures represent percentage.

めた。暗灰色土壌ではAm(角閃岩)が48%を、G2t(トーナライト片麻岩)が16%を占めた。(Table 12-9)

以上の検討の結果、土壌の色調とその他の項目との関係はつぎのようにまとめられる。赤色土壌の72%は角閃岩と粗粒玄武岩(あるいは斑れい岩)を母岩とし、砂質かつラテライト質であり透水性が良い。これらは植生に反映され、Shrub SavannaとTree Savannaは同程度に発達しており、土壌中の木根量は少量ないし中量である。褐色土壌の82%は酸性片麻岩類を母岩とし、砂質で主な特徴をもたず透水性が良い。その植生は赤色土壌よりもTree Savannaをやや多く発達させ、木根量もやや少い傾向を示す。黒土の48%は角閃岩を母岩とし、粘土質かつ有機質で、多くは湿った状態にあり、石英の礫あるいは転石を伴うことが多い。また、低地あるいは湿地からの総試料数17のうち15試料は、この暗灰色土壌であった。その植生は主としてShrub Savannaとして表わされ、土壌中の木根量は他の土壌に比較して多い傾向を示している。

2-4 指示元素の統計上の分布

鉍化作用に関係した地化学異常を抽出するためには、その地域の地質を構成する岩石の初生的化学成分を反映したいわゆる後背地母集団と鉍化作用による異常母集団とを識別しなければならない。もし、前者の母集団が均質であるとみなされるならば、鉍化母集団は統計的に容易に抽出されうる。しかし、Table 12-9から導き出されるように、当地域の70%は酸性変成岩で、30%は塩基性ないし超塩基性岩で構成され、両者の地化学的性質、すなわち化学成分は大きく異なることが予想される。そこで、地質単位ごとに指示元素(Cu・Pb・Zn・Ni)の統計上の分布を検討する。さらに母材となる岩石の種類と大まかな対応をもつことが判明した土壌の色調別の指示元素分布も検討する。

2-4-1 地質単位別の元素分布

Fig 16は、Litherland(1975)によって岩相分布が明らかにされている東側2/3の地区内の343試料をもちいて18個の地質単位ごとに、Cu・Pb・Zn・Ni含有量の対数平均値(M)と標準偏差(S)を対数スケール上にプロットしたものである。この図の最上部には、全試料(497試料、同一地点における深度の異なる重複試料を除く)の値を比較のために載せてある。この図において、まずPbとZnの分散は小さく、CuとNiの分散は大きいことが読みとられる。つぎに対数平均値の変動をみる。Cuの場合、コード番号3から11までの酸性岩の対数平均値は全試料のそれより低く、コード番号1と2の酸性岩および12から20までの塩基性ないし超塩基性岩は全試料の対数平均値よりも高くなっている。Niについては明瞭に2分され、コード番号1から11までの酸性岩が低く、12から20までの

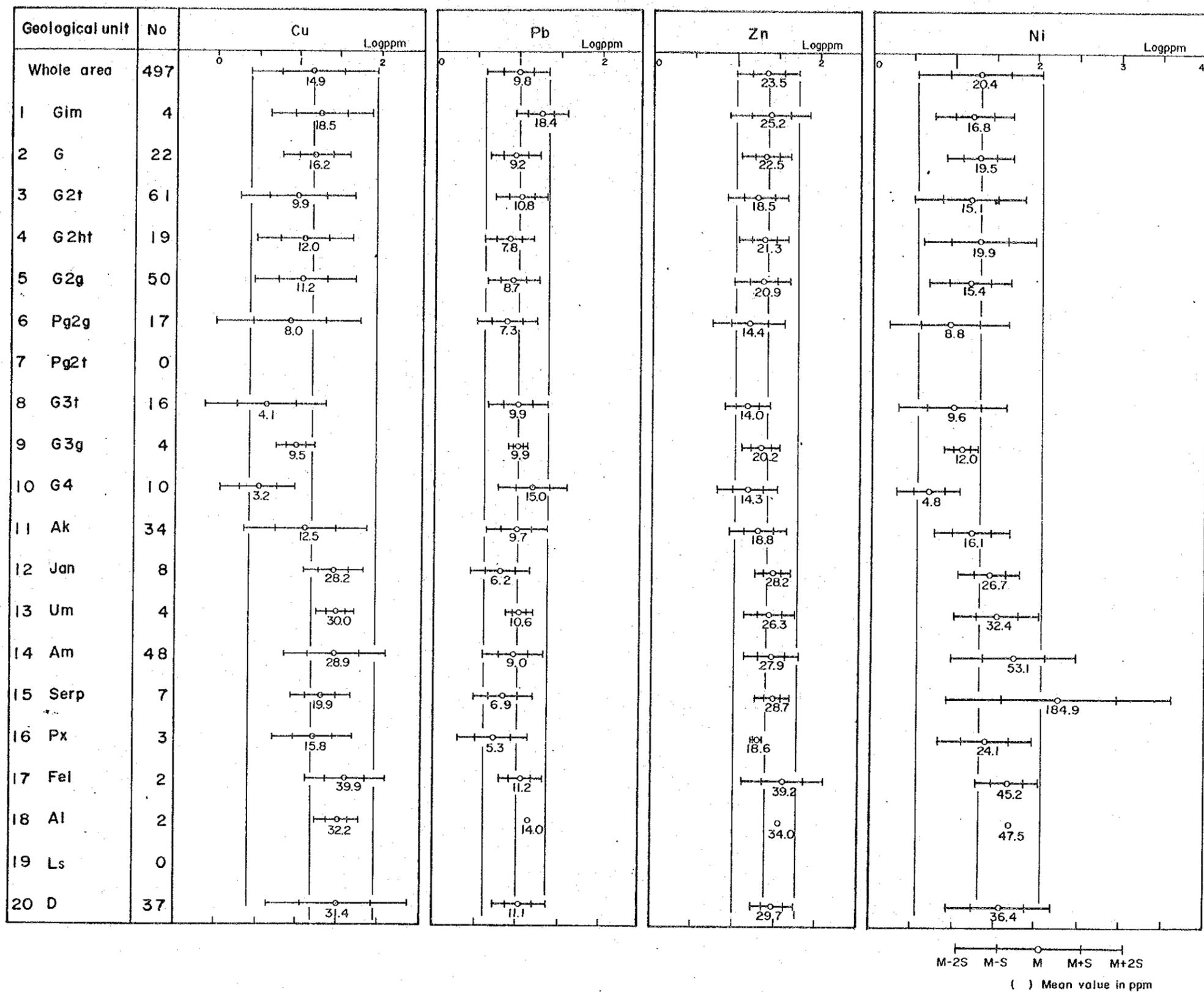


Fig.16 Variation of some statistical values of Cu·Pb·Zn·Ni content in 18 geological units.

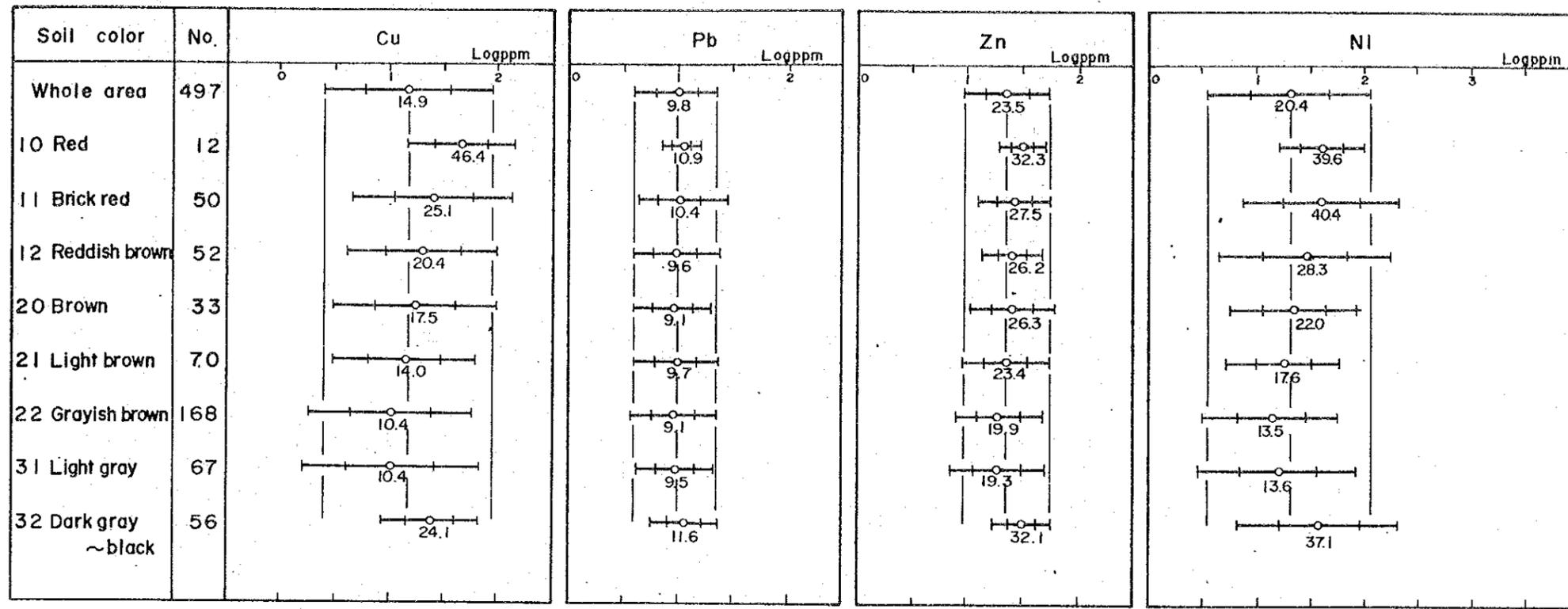
塩基性ないし超塩基性岩が高い対数平均値をもっている。ZnはCuとNiに近い挙動を示しているが、コード番号16(輝岩)は低い値を示す。PbはCu・Ni・Znと異なり、地質単位との対応は認められない。このように地質単位を酸性片麻岩類と塩基性ないし超塩基性岩に2分すると、Cu・Zn・Niに関しては全試料の対数平均値より前者は小さく後者は大きいという差が認められる。しかし母集団の大きさを $M+S$ から $M-S$ の範囲(平均値を中心にした標準偏差の1倍の範囲、母集団の約68%に相当)に限っても、この2大別母集団の分布は重複してしまう。一方、18の地質単位を個別にみると、G3t・G3g・G4の酸性片麻岩類と塩基性ないし超塩基性岩は母集団の重複が少なく識別できそうであるが、試料数が少ないために実用的でない。したがって地質データが充分でない西側1/3の地区からの試料について、元素含有量をもちいて地質単位の判別をおこなうことは、誤判別の確率が高いと予想され、効果が少ないといえる。また、各元素の含有量分布図を全試料の統計値をもちいた階級分類で表現した場合、かりに $M+2S$ 以上を地化学異常とすると、Cu・Niでは塩基性ないし超塩基性岩のみが異常として抽出されるであろう。

2-4-2 土壌の色調別の元素分布

前節の検討の結果、酸性片麻岩類と塩基性ないし超塩基性岩とでは元素含有量に差があることが判明した。また、岩相区分が不十分な西側1/3地区の試料に対する元素含有量による地質単位の判別は有効性が薄いと判断された。そこで、全域の試料にわたって記録されており、また地質単位と大まかな対応をもつ土壌の色調別に各元素の統計上の分布を検討した。

Fig. 17は、Fig. 16と同じように各元素含有量の対数平均値と標準偏差の分布をプロットしたものである。この図において、Pbは土壌の色調とほとんど相関を示さず、ほぼ一定の対数平均値と分散をもつことを表わしている。これに対して、Cu・Ni・Znはコード番号10の未細分赤色からコード番号22の灰褐色に向って対数平均値が漸移的に小さくなっている。淡灰色土壌は褐色系土壌と土壌の諸性質が類似していることを2-3-2(1)で述べたが、元素含有量においても褐色系土壌とほぼ同じ値をもっている。また、黒土の元素含有量は赤色系土壌と同程度である。これは、暗灰色土壌の48%が均閃岩を母岩としていること(Table 12-9)を反映しているものと考えられる。

つぎに、土壌の色調別の8母集団がそれぞれ均質な母集団とみなしうるかどうか、すなわち対数正規分布をなしているかどうかを検討した。Fig. 18, 19は縦軸に確率スケールを、横軸に元素含有量の対数スケールをとり、対数等間隔に階級分けされたCuおよびNiの累積頻度をプロットしたものである。この図において、各点が直線的配列をなしている場合は対数正規分布を示し、折れ曲りをもっている場合は複合母集団であることを示している。母集団の主要な形を知るために、図中で平均値(M)を中心にして標準偏差の1倍の範



() Mean value in ppm

Fig. 17 Variation of some statistical values of Cu·Pb·Zn·Ni content in 8 color units.

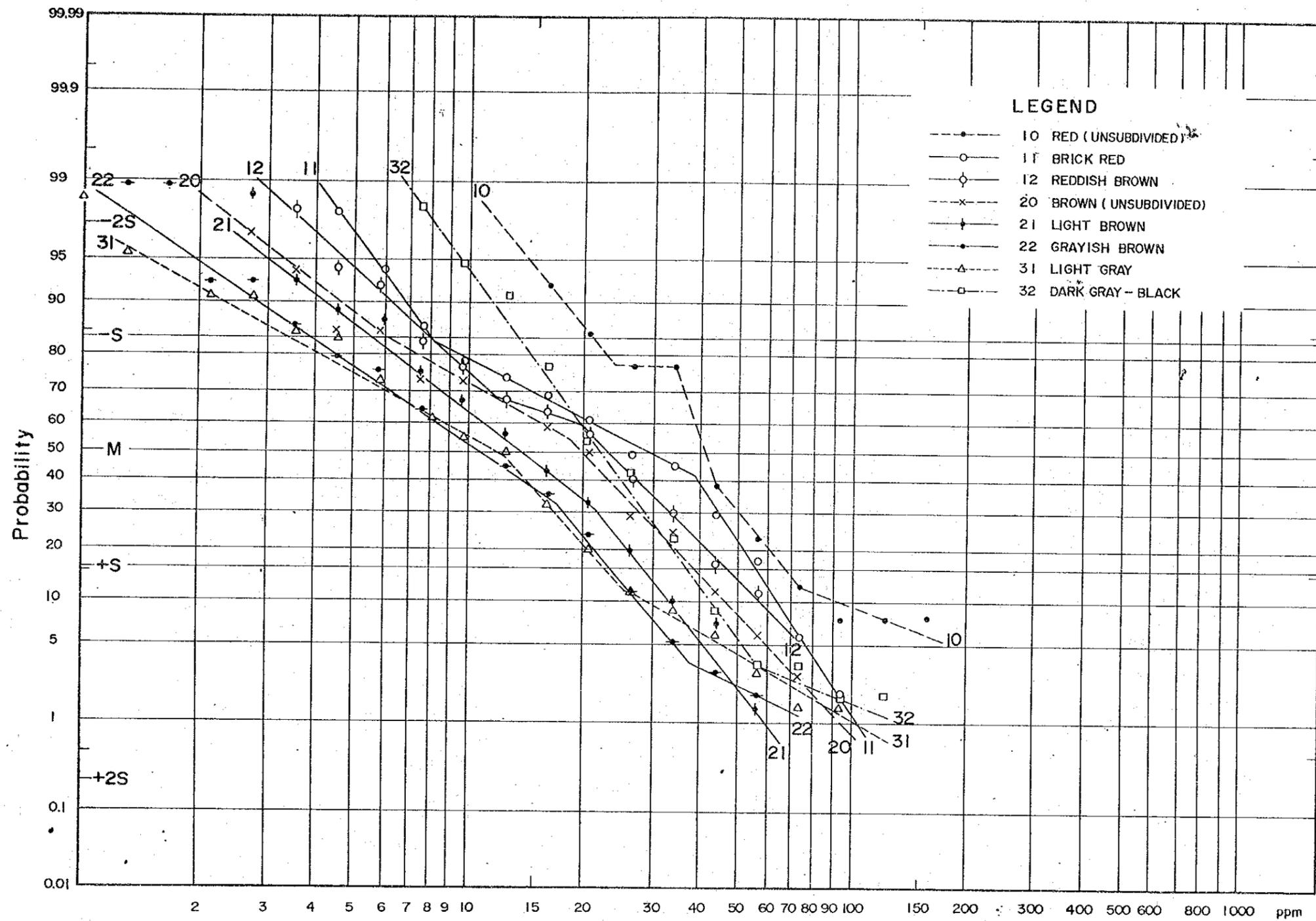


Fig.18 Cumulative frequency distribution for Cu in 8 soil colors

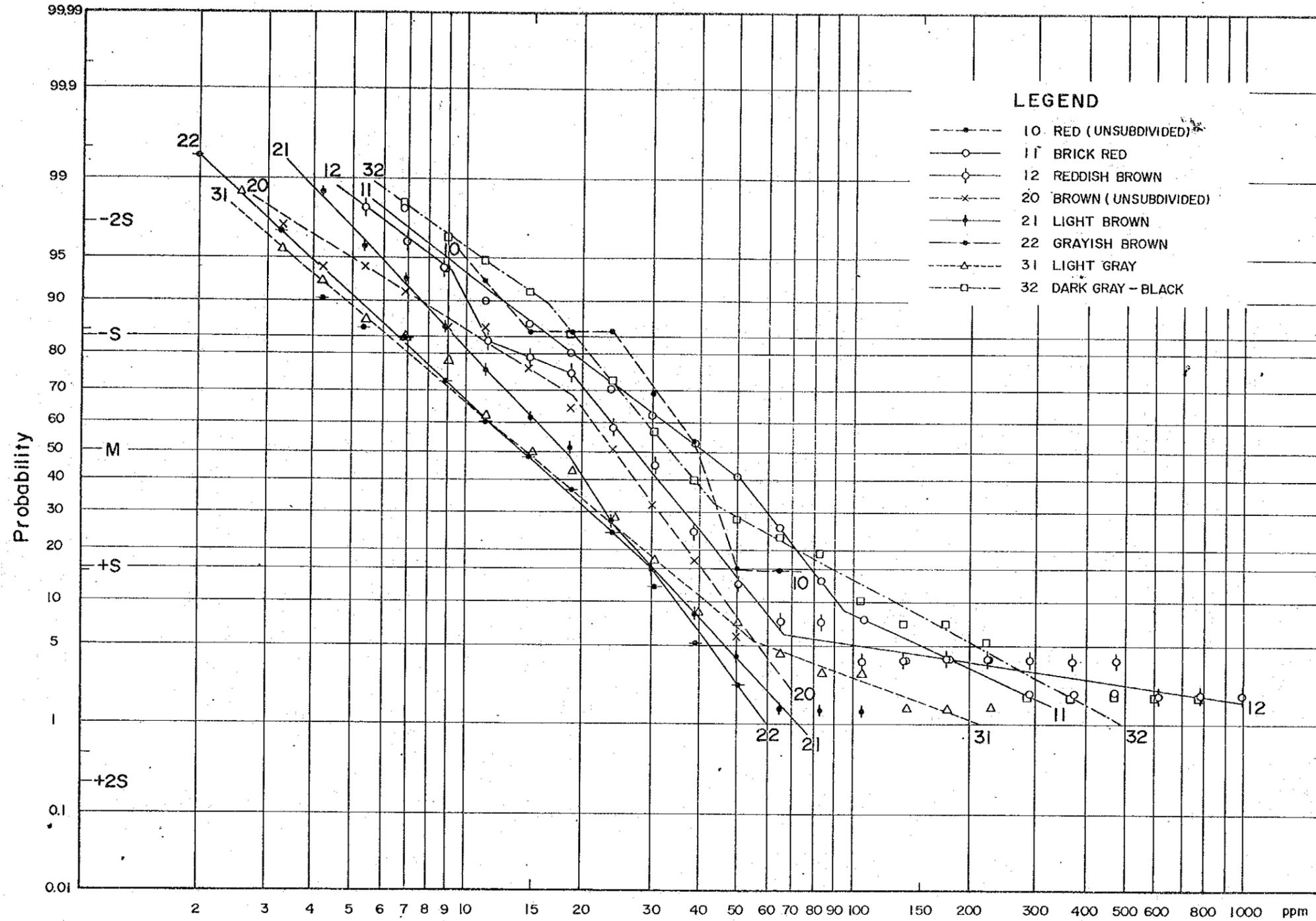


Fig.19 Cumulative frequency distribution for Ni in 8 soil colors

围 ($M+S$ から $M-S$, 母集団の 68% 相当) に限定して, 各点の配列をみる。この範囲の中で, Fig. 18 の Cu の場合, 対数正規分布をなすとみなされるのはコード番号 32 の暗褐色土壌のみであり, 他の 7 種の土壌は複合母集団を判定される。また, Fig. 19 の Ni の場合, コード番号 22 の灰褐色土壌とコード番号 31 の淡灰色土壌のみが対数正規分布を示し, 他は複合母集団として示されている。

以上の検討の結果, 本地域の土壌試料は, 各地質単位および土壌の色調の差によって元素含有量に差があることが判明した。しかし, 地質単位が未知の試料を既知資料から判別できるだけの差はなく, また土壌の色調によって区分した母集団も均質でないために統計的手法により鉍化母集団を抽出するには不相当であると結論される。

2-4-3 異常値の決定

各元素含有量の地域的分布をみるために, 各元素別の異常値および後背値の分類をつぎの手順によっておこなった。まず踏査地域 (383 試料) および概査地域 (188 試料) のそれぞれに対して, Cu・Pb・Zn・Ni 各含有量の対数平均値 (M) と標準偏差 (S) を求めた。これらの係数から, M , $M \pm S$, $M \pm 2S$, $M \pm 3S$ に相当する元素含有量を計算した (Table 13)。つぎに各元素の累積頻度分布図 (Fig. 20, 21) を作成し, それらの母集団の形を検討した。その結果, 各元素とも 2 ないし 3 個の母集団からなる複合母集団の形を示した。複合母集団を構成する内部母集団の境界点 (グラフの折れ曲り点) は図中でその元素含有量とともに矢印で示してある。ここで折れ曲り点の位置に注目すると, それらは $M+S$ の外側に位置するもの, M と $M+S$ の間に位置するもの, および M と $M-S$ の間に位置するものに分類される (Table 13)。そこで, 計算で得られた M 値, $M \pm S$ 値, $M \pm 2S$ 値, $M \pm 3S$ 値と, 折れ曲り点の値を併用して, つぎのように異常値と後背値の階級分類をおこなう (Table 14)。すなわち, $M+S$ の値をもってしきい値とし, それ以上を異常値, 未満を後背値とする。異常値の階級は $M+3S$ 以上を A 級, $M+2S$ 以上を B 級とし $M+2S$ 以下からしきい値までを C 級の異常とする。後背値の階級は M と $M+S$ の間の折れ曲り点, M , $M-S$ の値をもとに D・E・F・G に分類した。

以上の元素含有量の階級をもちいて, 地域別の Cu・Pb・Zn・Ni 含有量分布図 (PL. 7, 8) を作成した。前節まで詳細に述べたように, これらの図に抽出された異常は, 鉍化作用に基づく地化学異常を示すものとはいえず, 化学成分の異なる岩石の分布によってもたらされたみかけ上の地化学異常をも含んだものであることに注意する必要がある。

Table 13. Statistical Values of Cu · Pb · Zn · Ni Content in Regional and Sub-regional Survey Areas

	Area	Min.	M-3S	M-2S	M-S	M	M+S	M+2S	M+3S	MAX
Cu	A	1	0.9	2.3	5.7	14.0 (21.9)	34.6 (63.8)	85.6	211.6	141
	B	2	1.3	3.3	7.7	18.2 (24.4)	42.9 (93.3)	101.0	237.7	181
Pb	A	3	2.5	4.0	6.2	9.6	15.0	23.3 (26.3)	36.3	46
	B	3	3.1	4.6	6.8 (7.3)	10.0	14.8	21.8	32.1	34
Zn	A	8	6.6	10.2	15.6	23.9 (31.6)	36.6 (47.9)	56.0	85.8	71
	B	6	6.4	9.9	15.3 (22.4)	23.6 (36.5)	36.5	56.4	87.2	59
Ni	A	2	1.7	3.8	8.3	18.4 (25.1)	40.5 (112.2)	89.2	196.7	883
	B	3	1.5	4.0	10.7	28.6 (29.2)	76.2 (95.5)	203.0	540.9	1,000
Background							Anomaly			

Note: The values in brackets shows the skew point values from Fig. 20 and 21.

Area-A: Regional Survey Area

Area-B: Sub-regional Survey Area

Table 14. Classification of Cu · Pb · Zn · Ni Content Grade

	Class	Background				Anomaly		
	Area	G	F	E	D	C	B	A
Cu	A	6	14	22	35	64		
	B	8	18	24	43	93		
Pb	A	6	10	—	15	23	36	
	B	7	10	—	15	22	32	
Zn	A	16	24	32	37	48		
	B	15	24	—	37	56		
Ni	A	8	18	25	41	89	197	
	B	11	29	29	76	96	541	

Note: Each class has a range that is upper from the lower limit and less than the upper limit.

Area-A : Regional Survey Area

Area-B : Sub-regional Survey Area

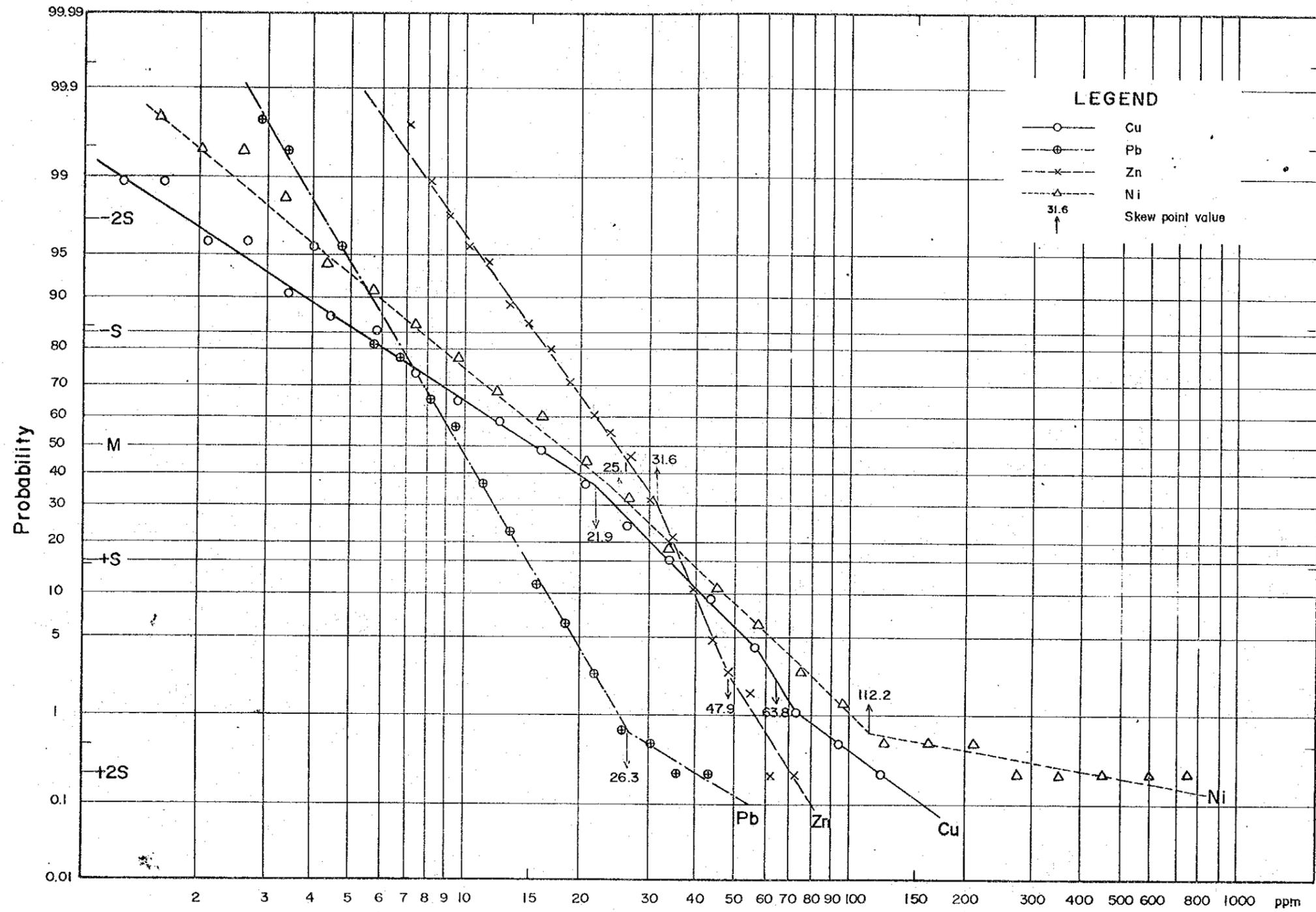


Fig.20 Cumulative frequency distribution for Cu·Pb·Zn·Ni in regional survey area

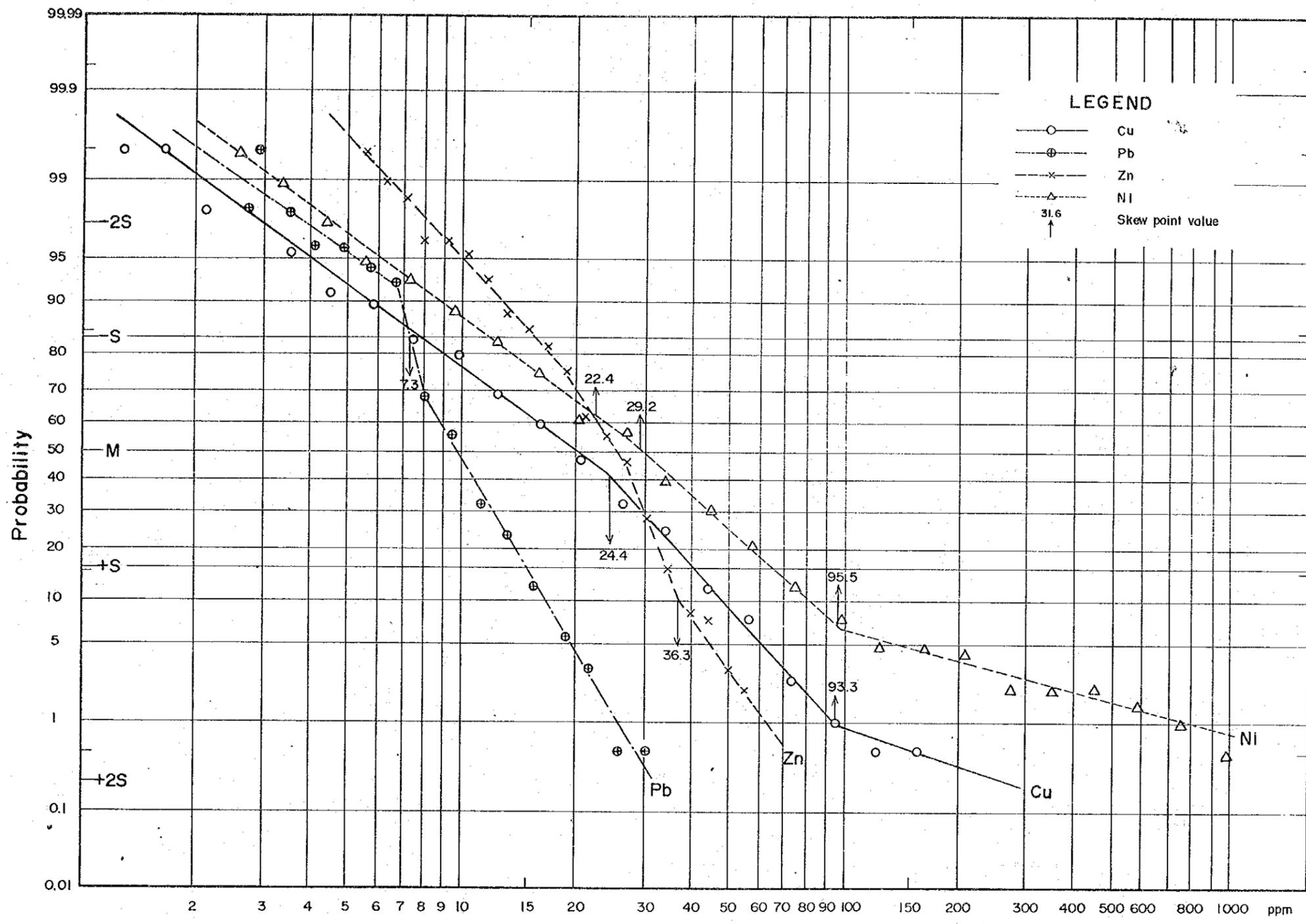


Fig.21 Cumulative frequency distribution for Cu·Pb·Zn·Ni in sub-regional survey area

2-5 主成分分析

各元素の含有量分布図 (PL 7, 8) に描出された地化学異常は、鉱化作用に起因する地化学異常のみを示すものでない。そこで、つぎに主成分分析法による解析を試みた。すなわち、いくつかの成分の分析値の総合的な特徴を求めて、既知鉱床との関係を判断し、それと同様な傾向を示す場所を求めようという手法である。

2-5-1 主成分分析法の概要

主成分分析法とは、いくつかの特性値 (分析値など) から、たがいに無相関な少数個の総合特性値を求め、これに関して解析をおこなうことである。

(1) 主成分の導出

いま、4個の特性値から2個の総合特性値 (これを第1, 第2主成分という) を求める。ここで、おのおのの特性値 (分析値など) は対数正規分布に近い分布を示すことが判っているため、4個の特性値を $X_1 = \text{Log Cu}$, $X_2 = \text{Log Pb}$, $X_3 = \text{Log Zn}$, $X_4 = \text{Log Ni}$ とし、さらに、 $X_1 \cdot X_2 \cdot X_3 \cdot X_4$ は基準化 (平均値 = 0, 分散 = 1) されていると仮定すると、計算上つごうがよい。

第1, 第2の各主成分は、座標回転ベクトルを l とすると、つぎのように表わされる。

$$\left. \begin{aligned} Z_1 &= l_{11} X_1 + l_{12} X_2 + l_{13} X_3 + l_{14} X_4 = \sum_{i=1}^4 l_{1i} X_i \\ Z_2 &= l_{21} X_1 + l_{22} X_2 + l_{23} X_3 + l_{24} X_4 = \sum_{i=1}^4 l_{2i} X_i \end{aligned} \right\} \dots\dots (1)$$

ここで、

$$l_{k1}^2 + l_{k2}^2 + l_{k3}^2 + l_{k4}^2 + \sum_{i=1}^4 l_{ki}^2 = 1, \quad (k=1, 2) \dots\dots (2)$$

を条件とする。

(2)式のもとで、 Z_1 の分散 $V[Z_1]$ が最大になるような $(l_{11}, l_{12}, l_{13}, l_{14})$ を求める。

$$\begin{aligned} V[Z_1] &= \frac{n}{a} \frac{(Z_1 - \bar{Z}_1)^2}{n-1} = \frac{4}{\sum_{i=1}^4} \frac{4}{\sum_{j=1}^4} \frac{n}{a} l_{1i} l_{1j} (X_{\alpha_i} - \bar{X}_i) \frac{(X_{\alpha_j} - \bar{X}_j)}{n-1} \\ &= \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^4 l_{1i} l_{1j} V_{ij}, \quad (V_{ij} \text{は } X_i, X_j \text{ の共分散}) \end{aligned}$$

Lagrange の未定乗数法から $V[Z_1]$ の最大化は、

$$Q = \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^4 l_{1i} l_{1j} V_{ij} - \lambda \left(\sum_{i=1}^4 l_{1i}^2 - 1 \right) \rightarrow \text{MAX} \quad (\lambda \text{ は Lagrange の乗数})。$$

Q と l_{1i} で偏微分せると

$$\frac{\partial Q}{\partial l_{1i}} = 2 \left(\sum_{j=1}^4 l_{1j} V_{ij} - \lambda l_{1i} \right) = 0, \quad \sum_{j=1}^4 l_{1j} V_{ij} = \lambda l_{1i} \dots\dots (3)$$

$$\text{すなわち,} \quad l_{11} V_{11} + l_{12} V_{12} + l_{13} V_{13} + l_{14} V_{14} = \lambda l_{11}$$

$$l_{11} V_{12} + l_{12} V_{22} + l_{13} V_{23} + l_{14} V_{24} = \lambda l_{12}$$

$$l_{11} V_{13} + l_{12} V_{23} + l_{13} V_{33} + l_{14} V_{34} = \lambda l_{13}$$

$$l_{11} V_{14} + l_{12} V_{24} + l_{13} V_{43} + l_{14} V_{44} = \lambda l_{14}$$

をえる。

$l_{11} = l_{12} = l_{13} = l_{14} = 0$ 以外の有為な根をもつためには、

$$\begin{vmatrix} V_{11} - \lambda & V_{12} & V_{13} & V_{14} \\ V_{12} & V_{22} - \lambda & V_{23} & V_{24} \\ V_{13} & V_{23} & V_{33} - \lambda & V_{34} \\ V_{14} & V_{24} & V_{34} & V_{44} - \lambda \end{vmatrix} = 0$$

を条件とする。これから、 $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \lambda_3 \geq \lambda_4 \geq 0$ が求まり、(2)、(3)式の連立で l_{11} 、 l_{12} 、 l_{13} 、 l_{14} が求まる。さらに、 λ_2 について同様の操作ほどこすと、 l_{21} 、 l_{22} 、 l_{23} 、 l_{24} が求まる。

(2) 主成分の特性

a. 主成分 Z_k の分散 $V[Z_k]$ は(2)、(3)式から固有値 λ_k として与えられる。すなわち、 Z_1 については、

$$V[Z_1] = \sum_i \sum_j l_{1i} l_{1j} V_{ij} = \sum_i l_{1i}^2 \lambda_i = \lambda_1$$

b. 主成分 Z_k と特性値 x_i との相関は次式で与えられる。この相関と因子負荷量という。

$$r(Z_k, X_i) = \frac{\text{Cov}[Z_k, X_i]}{\sqrt{V[Z_k]} \sqrt{V[X_i]}} = \frac{\sum l_{ki} V_{ij}}{\sqrt{\lambda_k}} = \frac{\lambda_k l_{ki}}{\sqrt{\lambda_k}} = \sqrt{\lambda_k} l_{ki}$$

c. 主成分を2個とったときの累積寄与率 C_2 は、

$$C_2 = \frac{V[Z_1] + V[Z_2]}{V[x_1] + V[x_2] + V[x_3] + V[x_4]} = \frac{\lambda_1 + \lambda_2}{4}$$

となる。

d. 主成分を2個とったときの、 X_1 に対する寄与率 D_1 は、

$$D_1 = r^2(Z_1, X_1) + r^2(Z_2, X_1) = \lambda_1 l_{11}^2 + \lambda_2 l_{21}^2$$

となる。

2-5-2 主成分分析の結果と解釈

(1) 調査地域における主成分

踏査地域および概査地域における主成分分析の計算の結果の骨子を Table 1 5 および Fig. 2 2 にまとめた。

踏査地域において、主成分 $Z_1 \cdot Z_2 \cdot Z_3$ の固有値 (Eigen Value) は、それぞれ 2.66 · 0.85 · 0.30 であり、これは Cu · Pb · Ni 含有量の集合体は第1主成分 Z_1 の分散が充分に大きい、すなわち細長い回転楕円体をなしていると考えられる。

主成分 $Z_1 \cdot Z_2 \cdot Z_3$ の累積寄与率は、それぞれ、0.66 · 0.88 · 0.95 である。す

なわちCu・Pb・Zn・Ni含有量の集合体は、Z1だけで66%が説明され、Z2を含めると88%まで説明されることになる。したがって、主成分分析法としてはZ2まで採用すれば充分である。

主成分と特性値との相関は因子負荷量 (Factor Loading) で示される。第1主成分Z1の因子負荷量は、Cu : 0.91, Pb : 0.51, Zn : 0.89, Ni : 0.88で、Cu・Zn・Niは同じ程度に大きくZ1と相関しており、Pbはやや小さいがやはりZ1と相関をもっている。これらの符号はいずれも同じ(正)で、ベクトルは同一方向を向いていることを示している。第2主成分の因子負荷量は、Cu : -0.19, Pb : 0.85, Zn : -0.01, Ni : -0.28で、Z2に対してCu・Zn・Niは無相関あるいは相関がきわめて低いが、Pbはきわめて相関が高く両者のベクトルは正負反対の方向を向いている。これらの関係をわかりやすくするためにFig. 22に図示した。

主成分の特性値に対する寄与率 (Contribution Ratio) をみると、第1主成分Z1はCu : 0.83, Pb : 0.26, Zn : 0.79, Ni : 0.77であり、Z1はCu・Zn・Niに対して説明量が大きい。一方、第2主成分Z2の特性値に対する寄与率は、Cu : 0.04, Pb : 0.72, Zn : 0.00, Ni : 0.08であり、Pbに比較してCu・Zn・Niは無視できるほど小さい。すなわちZ2はPbの説明成分である。

概査地域における主成分は踏査地域のそれと類似の性格を示している。すなわち、主成分の特性値に対する寄与率は、Z1の場合はCu : 0.85, Pb : 0.00, Zn : 0.81, Ni : 0.76であり、Z1はCu・Zn・Niの説明成分である。Z2の特性値に対する寄与率は、Cu : 0.00, Pb : 0.98, Zn : 0.04, Ni : 0.07であり、Z2はPbの説明成分である。

(2) 鉱化地域における各元素の分布と主成分

調査地域内の既知鉱床には、地域東部中央のVumba Hill北方に位置する11箇所の金鉱徴地、および地域南西端に位置する1箇所の銅鉱徴地がある。これらの鉱徴地の地化学的性質を表わすのに必要な数の試料は、今回の測線間隔および試料採取間隔が広いため、えられていない。そこで、金鉱徴については主成分分析の適用を除外し、銅鉱床については、本地域南西端から南へ5 Km付近に位置するMatsitama 鉱化地域で採取された27試料を主成分分析の参考試料とした。

まず、Matsitama 鉱化地域における指示元素の統計的分布および鉱床との関係をみる。各元素の対数平均値および標準偏差による各区分値 (Table 16) は、踏査地域に比較して高く、Cuの平均値は約10倍、Pb・Zn・Niの平均値は約2倍の値をもっている。各元素の累積頻度分布図 (Fig. 23) にみられるように、CuとPbは約40%の高含

Table 15. Result of PCA for Areal Populations

Population	PC	Eigen Value	CCR	Factor Loading			Contribution Ratio for Variable			Correlation Coefficient				R %			
				Log Cu	Log Pb	Log Zn	Log Ni	Log Cu	Log Pb	Log Zn	Log Ni	Log Cu	Log Pb		Log Zn	Log Ni	
Area-A (383)	Z ₁	2.66	0.66	0.91	0.51	0.89	0.88	0.83	0.26	0.79	0.77	Log Cu	1.00				
	Z ₂	0.85	0.88	-0.19	0.85	-0.01	-0.28	0.04	0.72	0.00	0.08	Log Pb	0.31	1.00			
	Z ₃	1.30	0.95	0.07	0.11	-0.43	0.31	0.00	0.01	0.18	0.10	Log Zn	0.75	0.40	1.00		0.232
Area-B (188)	Z ₁	2.43	0.61	0.92	0.03	0.90	0.87	0.85	0.00	0.81	0.76	Log Cu	1.00				
	Z ₂	1.08	0.88	0.03	0.99	0.19	-0.26	0.00	0.98	0.04	0.07	Log Pb	0.04	1.00			
	Z ₃	0.27	0.94	-0.16	0.16	-0.23	0.41	0.03	0.03	0.05	0.17	Log Zn	0.77	0.16	1.00		0.143
Matsitama Area (27)	Z ₁	2.51	0.63	0.89	0.95	0.89	0.16	0.79	0.90	0.79	0.03	Log Cu	1.00				
	Z ₂	1.07	0.90	-0.25	-0.14	0.22	0.97	0.06	0.02	0.05	0.94	Log Pb	0.84	1.00			
	Z ₃	0.29	0.97	-0.32	-0.03	0.39	-0.18	0.10	0.00	0.15	0.03	Log Zn	0.63	0.76	1.00		0.368
												Log Ni	-0.04	0.03	0.28		1.00

PC: Principal component, PCA: Principal component analysis, CCR: Cumulative contribution ratio.

(383): Figure in bracket is number of samples of population, R: Significant level of correlation coefficient from R-table.

Area-A: Regional survey area, Area-B: Sub-regional survey area.

Table 16. Statistical Values of Cu · Pb · Zn · Ni · Co Content in Matsitama Mineralized Area

	Min.	M - 3S	M - 2S	M - S	M	M + S	M + 2S	M + 3S	Max.
Cu	33	4.7	14.6	45.2 (117)	139.9	432.9 (182)	1,339.0 (355)	4,143.0 (610)	3,644
Pb	8	3.4	6.2	11.5	21.1 (21)	38.9 (30)	71.5 (48)	131.7 (76)	109
Zn	22	12.0	20.4	34.6	58.8	100.0	170.0	288.9	133
Ni	22	16.9	21.5	27.3	34.6	44.0	55.9	71.0	57
Co	7	6.3	8.1	10.4 (13)	13.4	17.2	22.2	28.5	24

Note: The values in brackets show the skew point values and others given by main branch in Fig. 23.

Table 17. Results of PCA for Geologically Separated Populations

Population	PC	Eigen Value	CCR	Factor Loading				Contribution Ratio for Variables				Correlation Coefficient					R 95%
				Log Cu	Log Pb	Log Zn	Log Ni	Log Cu	Log Pb	Log Zn	Log Ni		Log Cu	Log Pb	Log Zn	Log Ni	
GEO-2 (G ₁) (22)	Z ₁	2.55	0.64	0.91	0.25	0.92	0.90	0.83	0.06	0.85	0.81	Log Cu	1.00				0.406
	Z ₂	1.01	0.89	-0.14	0.96	0.10	-0.22	0.02	0.92	0.01	0.05	Log Pb	0.98	1.00			
	Z ₃	0.24	0.95	-0.39	-0.04	0.23	0.17	0.15	0.00	0.05	0.03	Log Zn	0.74	0.29	1.00		
GEO-3 (G _{2t}) (61)	Z ₁	2.53	0.63	0.93	0.46	0.84	0.87	0.86	0.01	0.71	0.76	Log Cu	1.00			0.252	
	Z ₂	0.88	0.85	-0.15	0.88	-0.04	-0.27	0.02	0.77	0.00	0.07	Log Pb	0.30	1.00			
	Z ₃	0.42	0.96	-0.12	-0.10	0.53	-0.33	0.01	0.01	0.28	0.11	Log Zn	0.69	0.30	1.00		
GEO-4 (G _{2ht}) (19)	Z ₁	2.55	0.64	0.95	0.43	0.79	0.91	0.90	0.18	0.62	0.83	Log Cu	1.00			0.433	
	Z ₂	0.93	0.87	-0.01	0.89	-0.36	-0.08	0.00	0.79	0.13	0.01	Log Pb	0.36	1.00			
	Z ₃	0.40	0.97	-0.16	0.17	0.48	-0.33	0.03	0.03	0.23	0.11	Log Zn	0.67	-0.09	1.00		
GEO-5 (G _{2g}) (48)	Z ₁	2.68	0.67	0.93	0.58	0.84	0.88	0.86	0.34	0.71	0.77	Log Cu	1.00			0.298	
	Z ₂	0.76	0.86	-0.13	0.81	-0.18	-0.23	0.02	0.66	0.03	0.05	Log Pb	0.42	1.00			
	Z ₃	0.39	0.97	0.13	0.01	-0.51	0.34	0.02	0.00	0.26	0.12	Log Zn	0.71	0.34	1.00		
GEO-6 (PG _{2g}) (16)	Z ₁	3.68	0.92	0.98	0.95	0.93	0.98	0.96	0.90	0.86	0.96	Log Cu	1.00			0.468	
	Z ₂	0.18	0.96	-0.06	-0.19	0.36	-0.10	0.00	0.03	0.13	0.01	Log Pb	0.90	1.00			
	Z ₃	0.13	0.99	-0.16	0.26	0.07	-0.16	0.03	0.07	0.00	0.03	Log Zn	0.88	0.83	1.00		
GEO-8 (G _{3t}) (16)	Z ₁	2.07	0.52	0.93	0.31	0.88	0.58	0.86	0.10	0.77	0.34	Log Cu	1.00			0.468	
	Z ₂	1.00	0.77	-0.10	0.87	0.12	-0.47	0.01	0.76	0.01	0.22	Log Pb	0.14	1.00			
	Z ₃	0.76	0.96	-0.30	-0.02	0.27	0.09	0.09	0.00	0.07	0.01	Log Zn	0.79	0.22	1.00		
GEO-10 (G ₄) (11)	Z ₁	2.31	0.58	0.94	0.61	0.52	0.88	0.88	0.37	0.27	0.77	Log Cu	1.00			0.553	
	Z ₂	0.93	0.81	-0.26	0.41	0.71	-0.44	0.07	0.17	0.50	0.19	Log Pb	0.39	1.00			
	Z ₃	0.69	0.98	-0.12	0.67	-0.47	-0.06	0.01	0.45	0.22	0.00	Log Zn	0.36	0.30	1.00		
GEO-11 (Ak) (34)	Z ₁	2.63	0.66	0.90	0.54	0.88	0.87	0.81	0.29	0.77	0.76	Log Cu	1.00			0.396	
	Z ₂	0.79	0.86	-0.16	0.84	-0.18	-0.18	0.03	0.71	0.03	0.03	Log Pb	0.35	1.00			
	Z ₃	0.32	0.94	-0.05	0.00	-0.38	0.42	0.00	0.00	0.14	0.18	Log Zn	0.73	0.33	1.00		
GW0-14 (Am) (47)	Z ₁	2.48	0.62	0.91	0.21	0.93	0.86	0.83	0.04	0.86	0.74	Log Cu	1.00			0.295	
	Z ₂	1.02	0.87	-0.02	0.97	0.06	-0.28	0.00	0.94	0.00	0.08	Log Pb	0.15	1.00			
	Z ₃	0.30	0.95	-0.29	0.12	-0.13	0.42	0.08	0.01	0.02	0.18	Log Zn	0.79	0.22	1.00		
GEO-20 (D) (36)	Z ₁	2.51	0.63	0.75	0.59	0.90	0.88	0.56	0.35	0.81	0.77	Log Cu	1.00			0.321	
	Z ₂	0.82	0.83	-0.46	0.77	0.00	-0.12	0.21	0.59	0.00	0.01	Log Pb	0.20	1.00			
	Z ₃	0.42	0.94	-0.46	-0.23	0.22	0.32	0.21	0.05	0.05	0.10	Log Zn	0.57	0.46	1.00		
												Log Ni	0.58	0.37	0.75	1.00	

PC : Principal component
 PCA : Principal component analysis
 CCR : Cumulative contribution ratio
 (22) : Figures in brackets are number of samples of population.
 R : Significant level of correlation coefficient from R-table

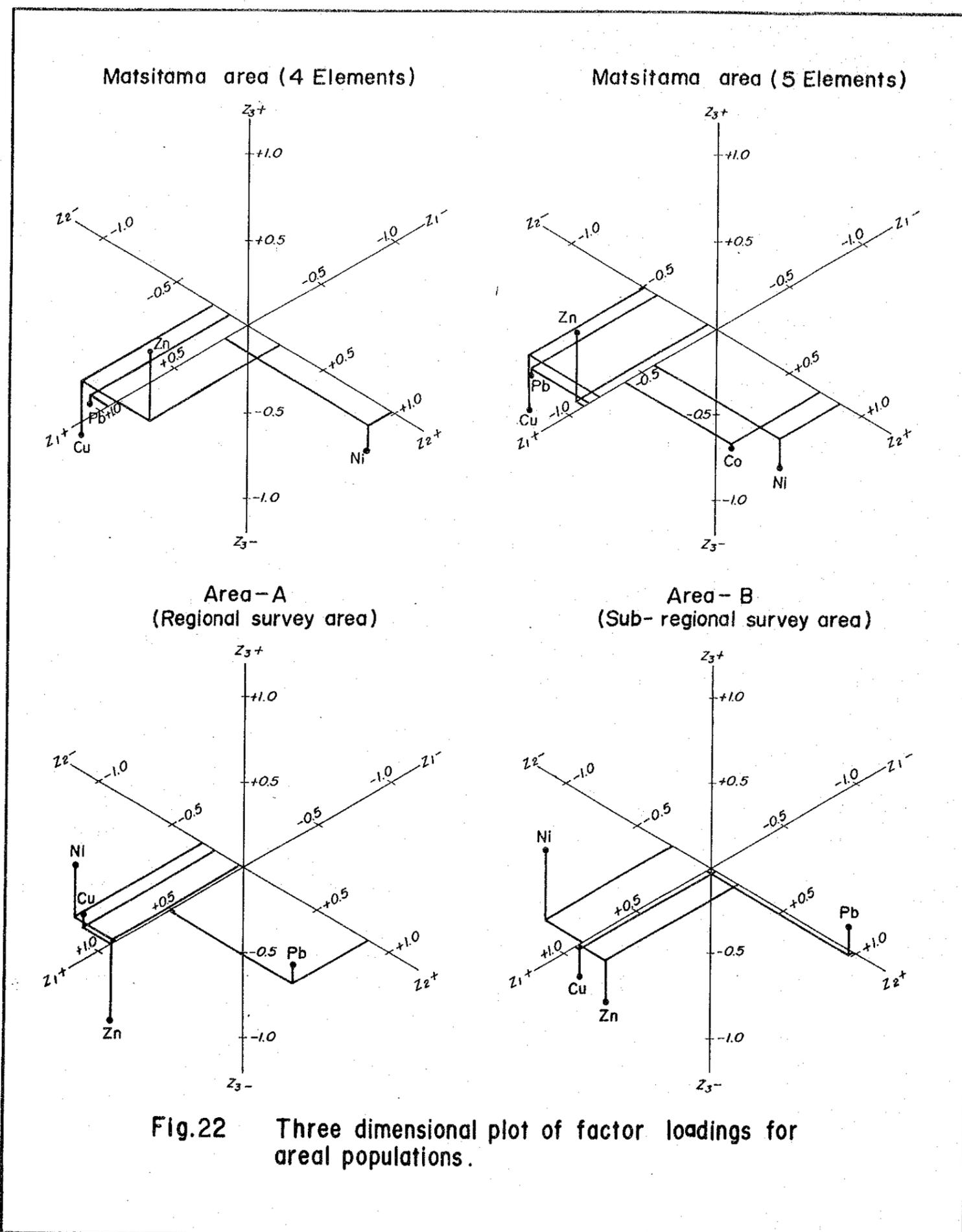


Fig.22 Three dimensional plot of factor loadings for areal populations.

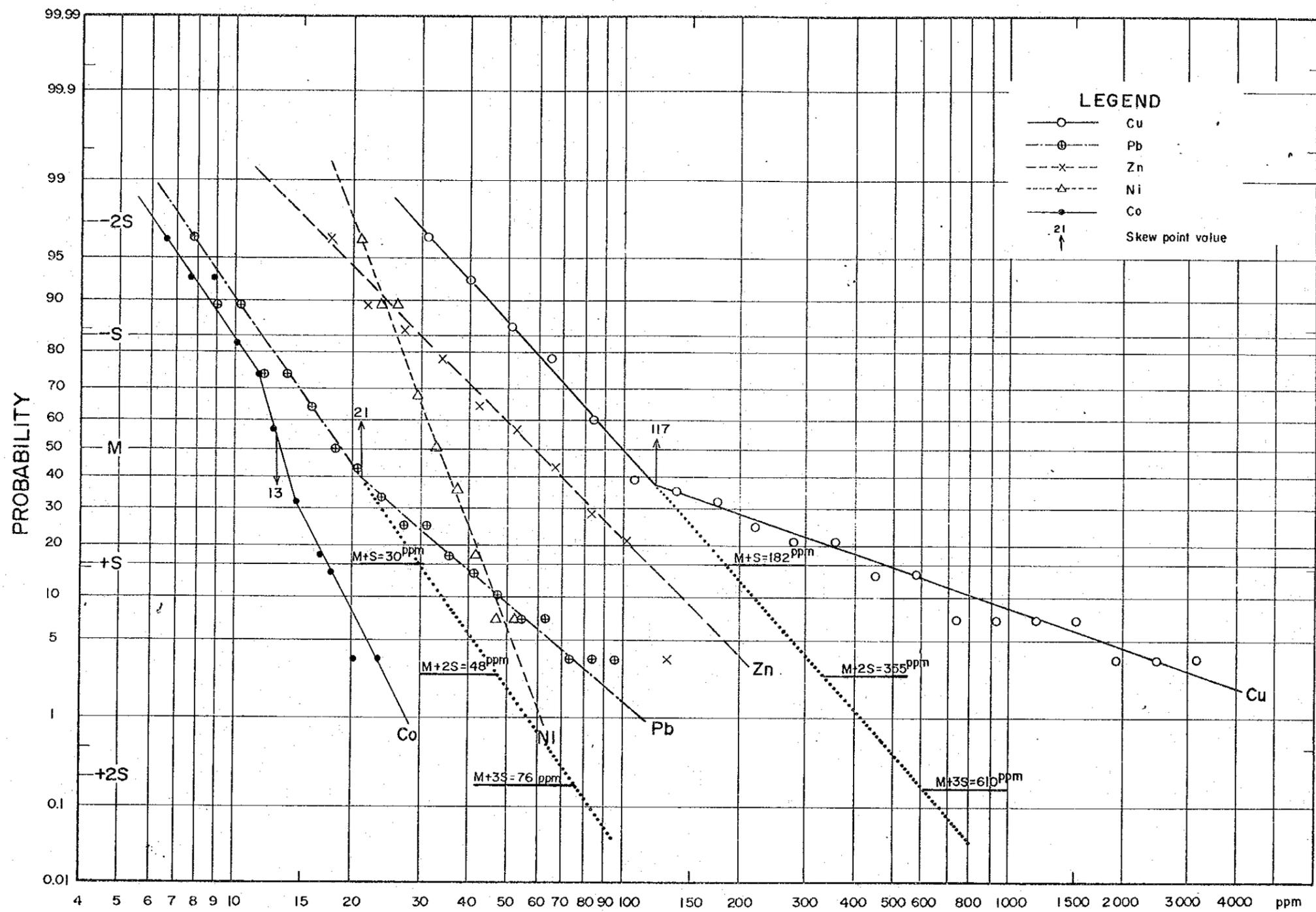


Fig.23 Cumulative frequency distribution for Cu·Pb·Zn·Ni·Co in Matsitama mineralized area

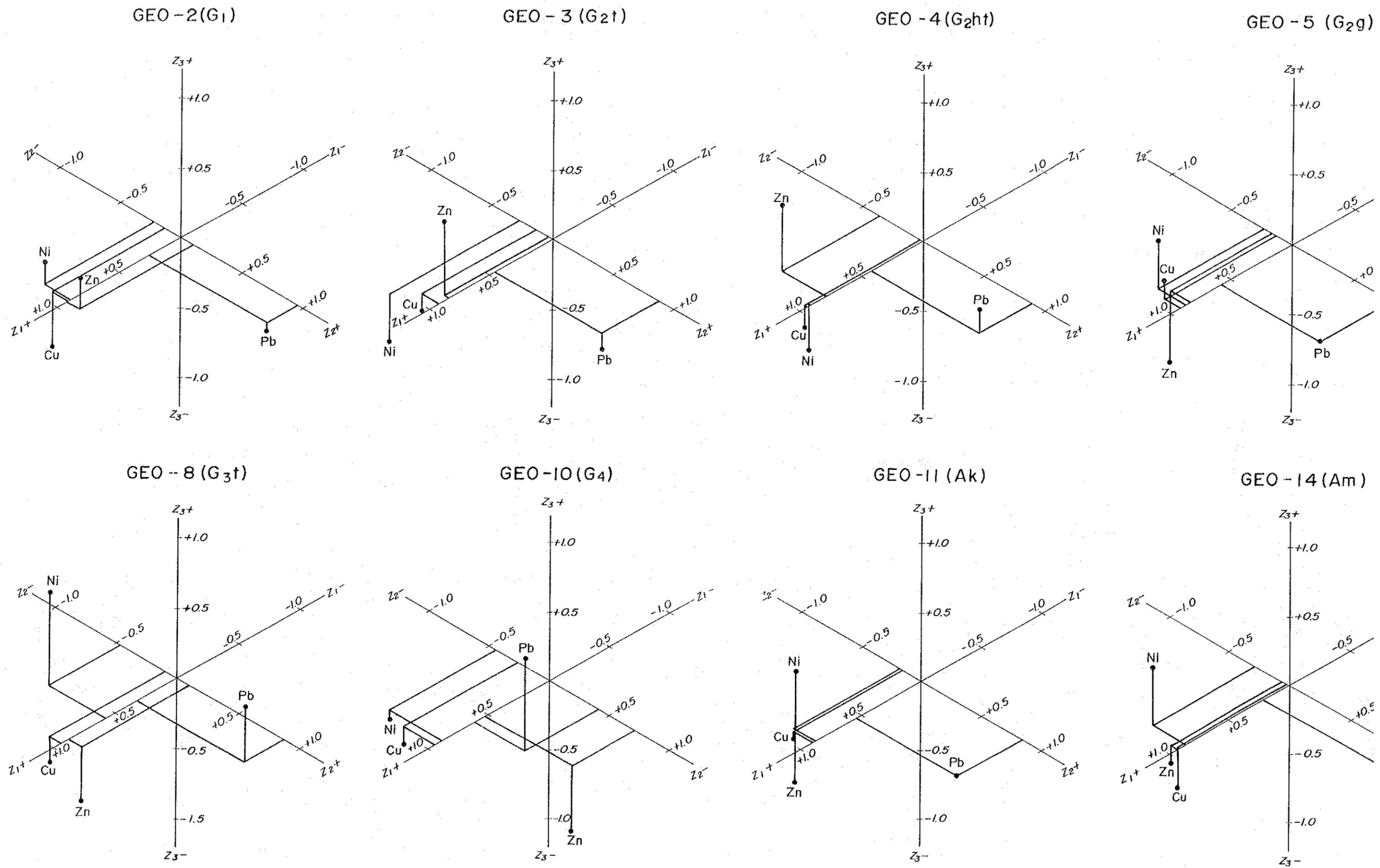
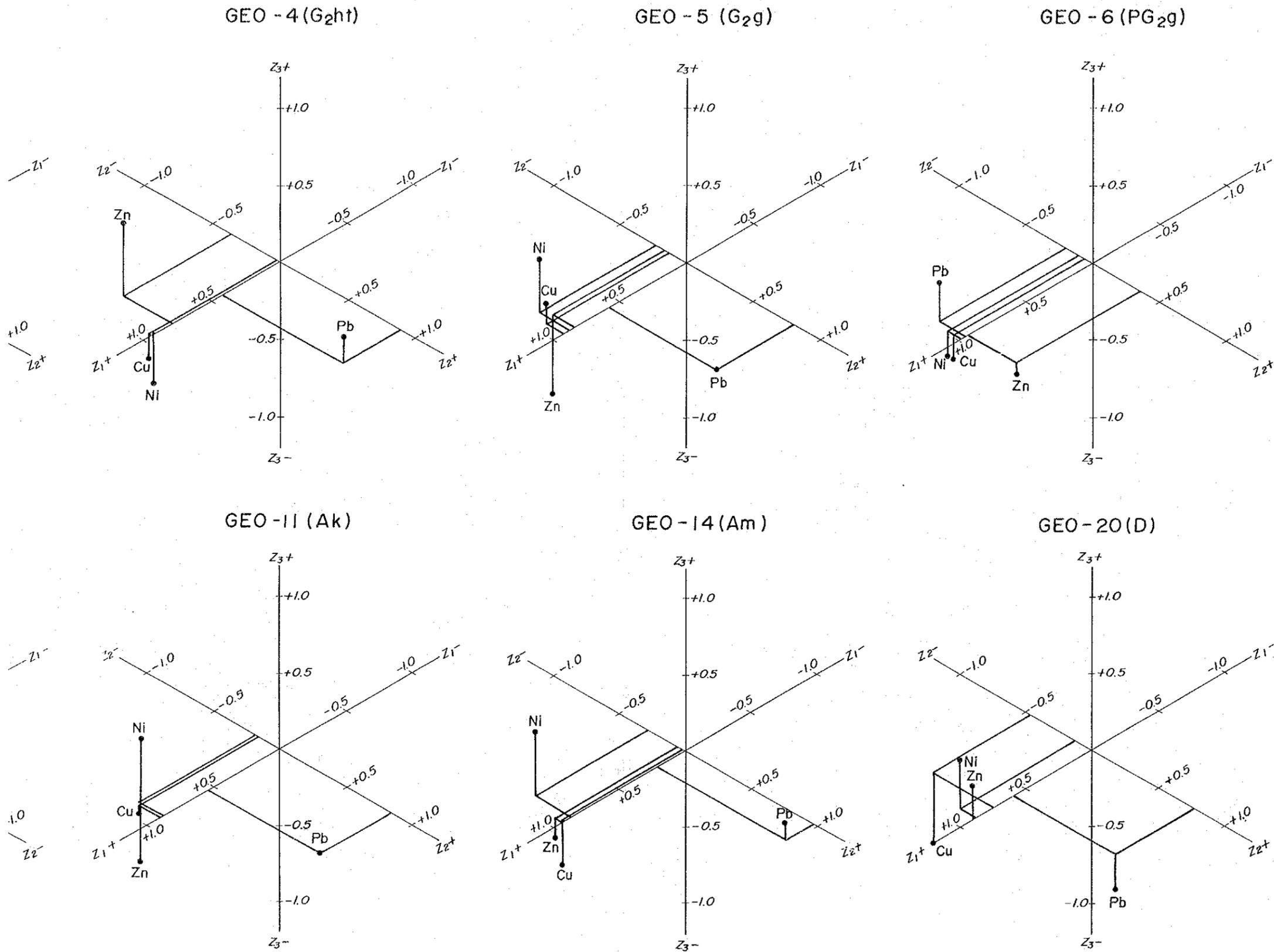


Fig. 24 Three dimensional plot of factor loadings for geologically separated populations



ternary plot of factor loadings for geologically separated populations

2-6 地化学異常域

主成分分析解析結果図 (PL, 11, PL, 12) を用いて, Matsitama 鉍化地域と類似の性格をもつ地域として描き出された地化学異常域について調査地域別に述べる。ここで異常域の定義は第4級以上の異常点を2個以上もち, 高後背値で囲まれた範囲とした。

2-6-1 踏査地域

踏査地域においてMatsitama 鉍化地域と同様の性格をもつ地化学異常域は8地域である。これらの異常域の位置, 範囲, 異常値の階級別個数および若干の注釈をTable 18にまとめた。

南西部異常帯は, 8異常域のうち異常の高さおよび異常域の範囲が最も大きい。Matsitama 鉍化地域に隣接しており興味のもたれる異常帯である。

Tikitik River 異常域は, Bennett (1970) によって片状構造がとほしい花崗片麻岩とされている小岩体の周辺に分布する。

Tutume River 異常域は主としてPbとZnで構成され, Znの異常はPbの異常の周辺にハローを形成するような分布を示している。この異常域は北方に分布するKaroo系 (Green, 1966) からの岩層の分布などを示しているものかも知れない。いずれにしても南西部異常帯とは性格の異なる異常域である。

南部-1異常域は変晶花崗片麻岩 (PG2g) 中の小規模な異常である。この周辺には粗粒玄武岩の小規模な岩脈が多く発達しているため, それらの分布の延長が推定される。

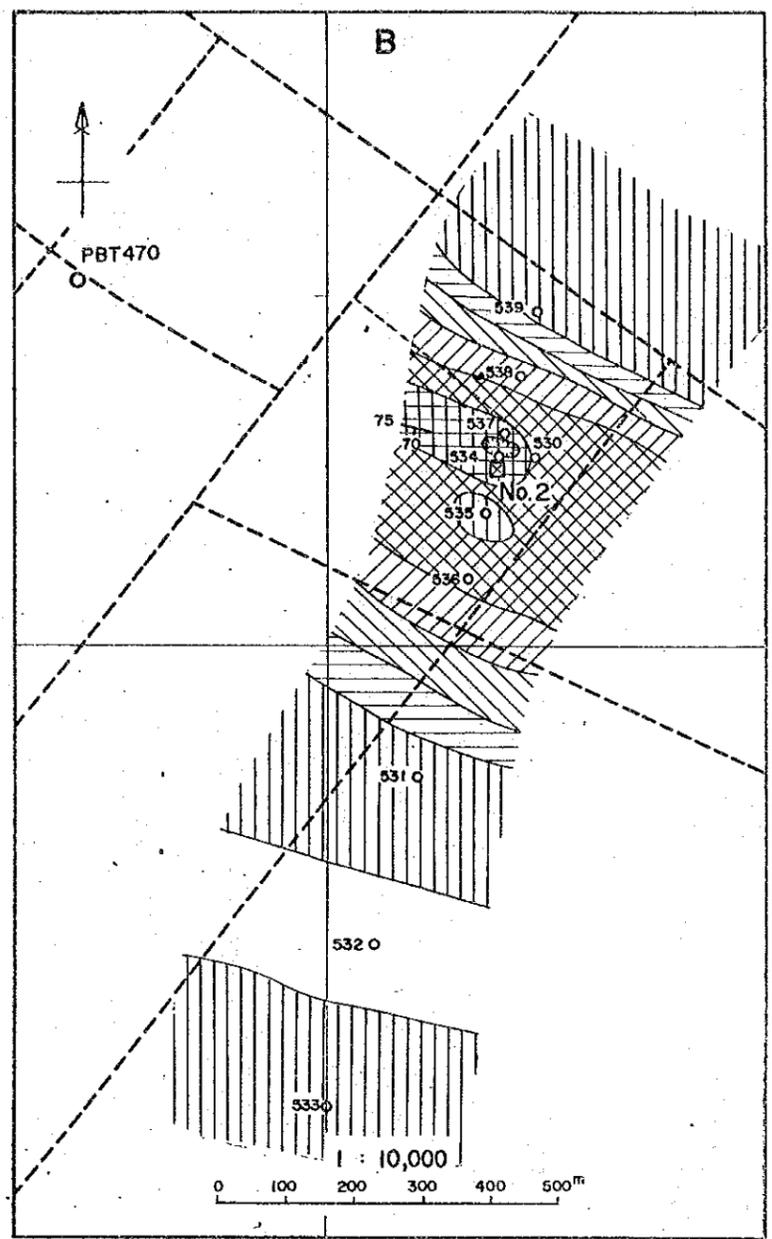
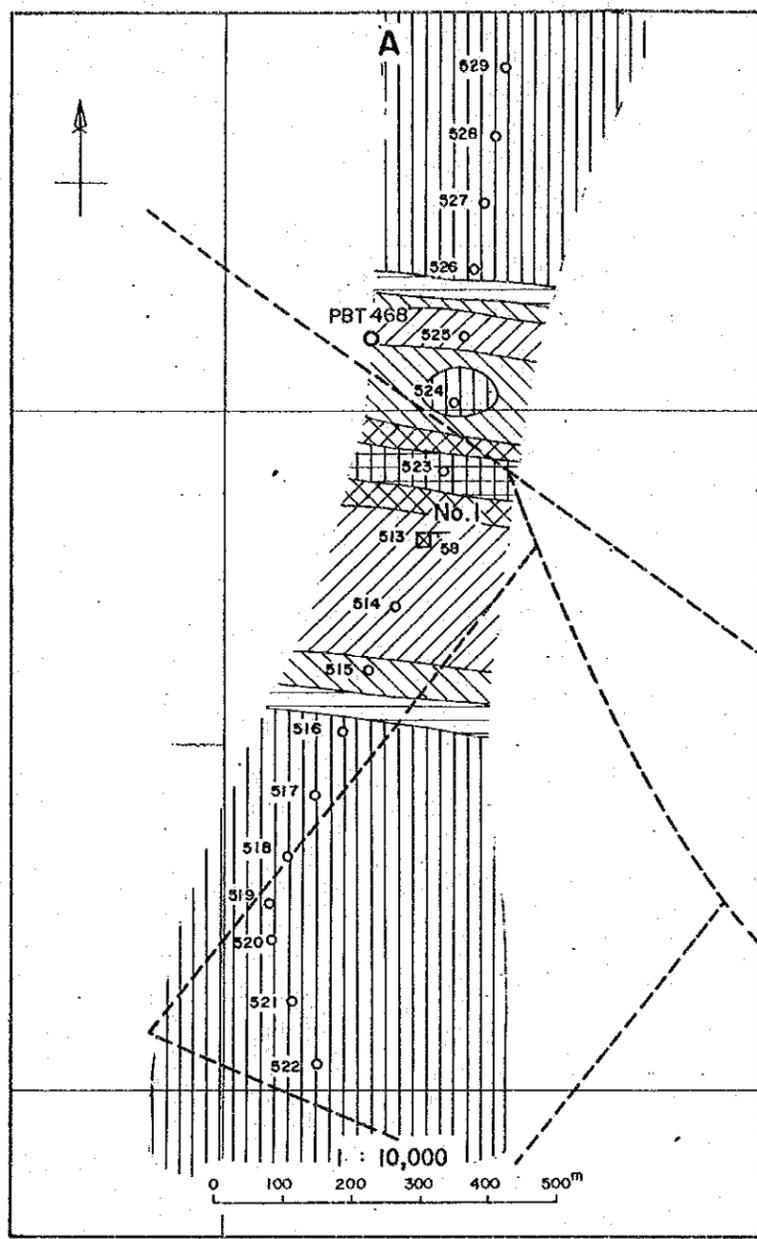
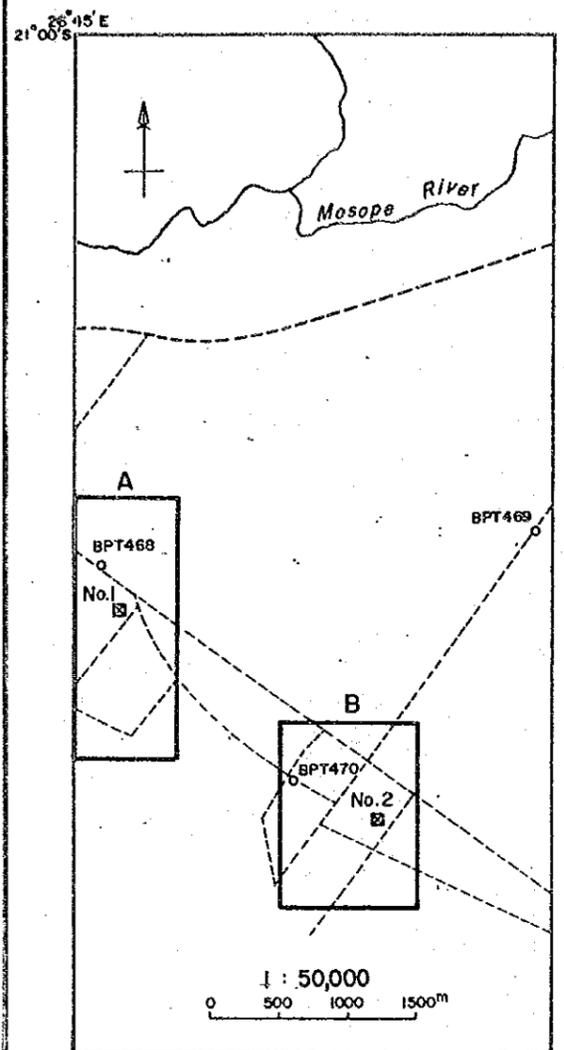
南部-2, Sechle および東端異常域は, いずれも粗粒玄武岩を母岩とする異常域である。Vumba 異常域は, 角閃岩・粗粒玄武岩・超塩基性岩・G1m (石英モンゾニ岩) ・珪長質変堆積岩の5種類の母岩で構成されている。また, この異常域は, Vumba 地域の角閃岩を示徴していたCuとNiの大規模な異常帯の中に含まれていたものが, 主成分分析によって抽出されたもので, Z2の抽出誤差が関係している可能性がある。

2-6-2 概査地域

概査地域において, Matsitama 鉍化地域と類似した地域として抽出された異常域は6箇所である。これらのうち4箇所は, すべてに踏査地域の中ですでに異常域として, その大まかな形が把握されている。したがってこれらの異常域の名称は共通させることにした。(Table 19)

Ikula River 異常域は, 主として粗粒玄武岩および超塩基性岩からなる。角閃岩からなる2点は第4級の異常である。

Vumba 異常域の中で第1級の異常地点は粗粒玄武岩で占められている。このほかの第4級以上の異常域は, 角閃岩・ばん土質変堆積岩・珪長質変堆積岩およびG1m (石英モンゾニ岩) の多様な地質で構成されている。



LEGEND

Class	Symbol	Range (ppm)
Anomaly	A	610 ≧ Cu
	B	355 ≧ Cu < 610
	C	182 ≧ Cu < 355
	D	140 ≧ Cu < 182
Background	E	117 ≧ Cu < 140
	F	45 ≧ Cu < 117
	G	Cu < 45

LEGEND

	Open Pit.
	No. 1 Inclined Shaft.
	No. 2 Vertical Shaft.
	Sample Point and Sample Number.
	Dip and Strike.

Fig. 25-1 Cu content distribution map in Matsitama mineralized area

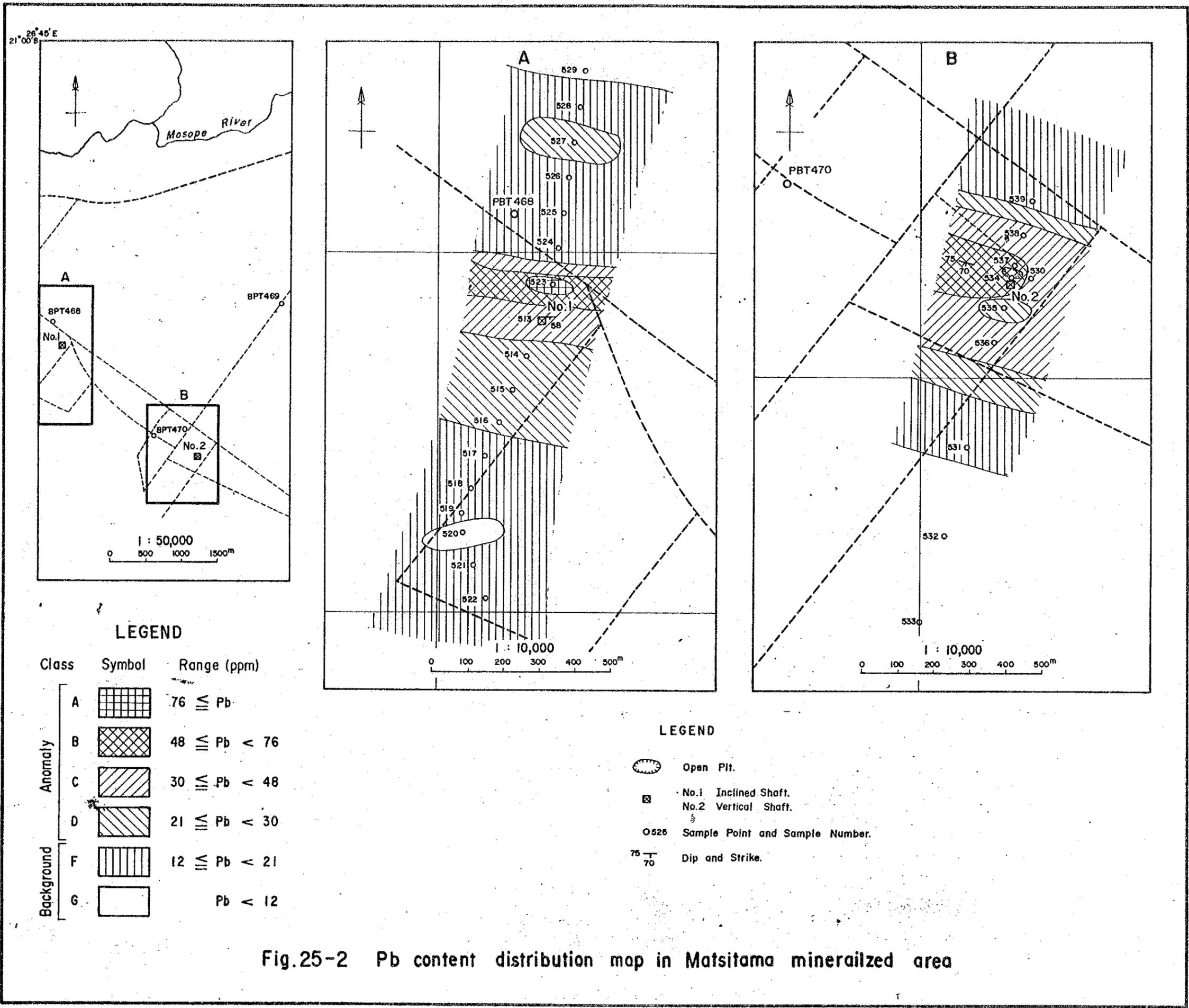
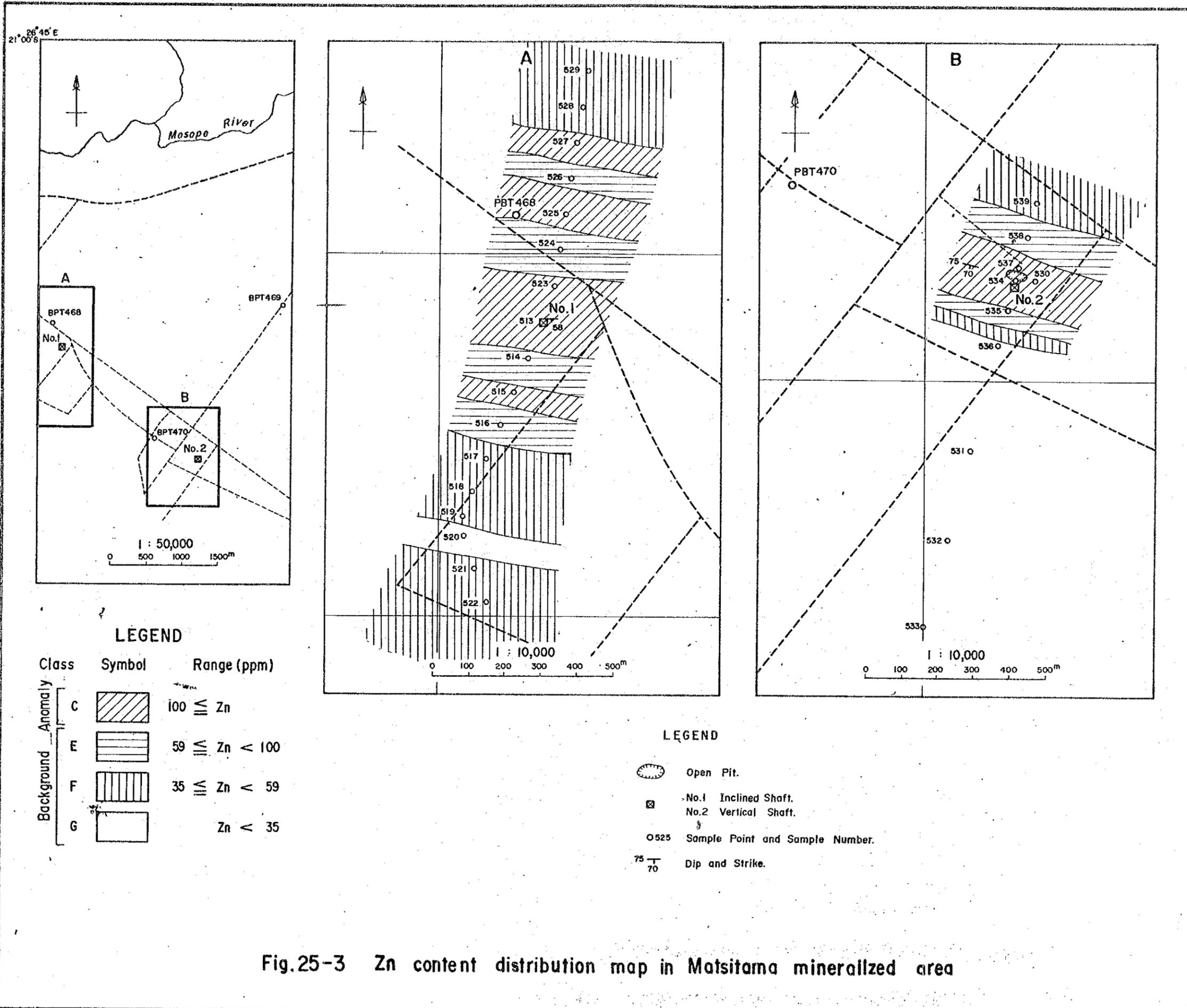
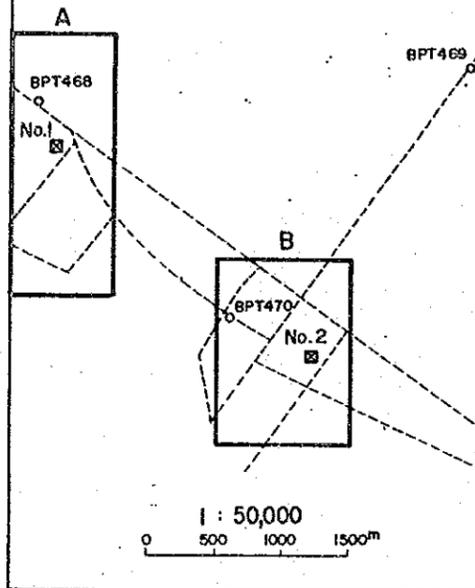


Fig.25-2 Pb content distribution map in Matsitama mineralized area



26°45' E
21°00' S

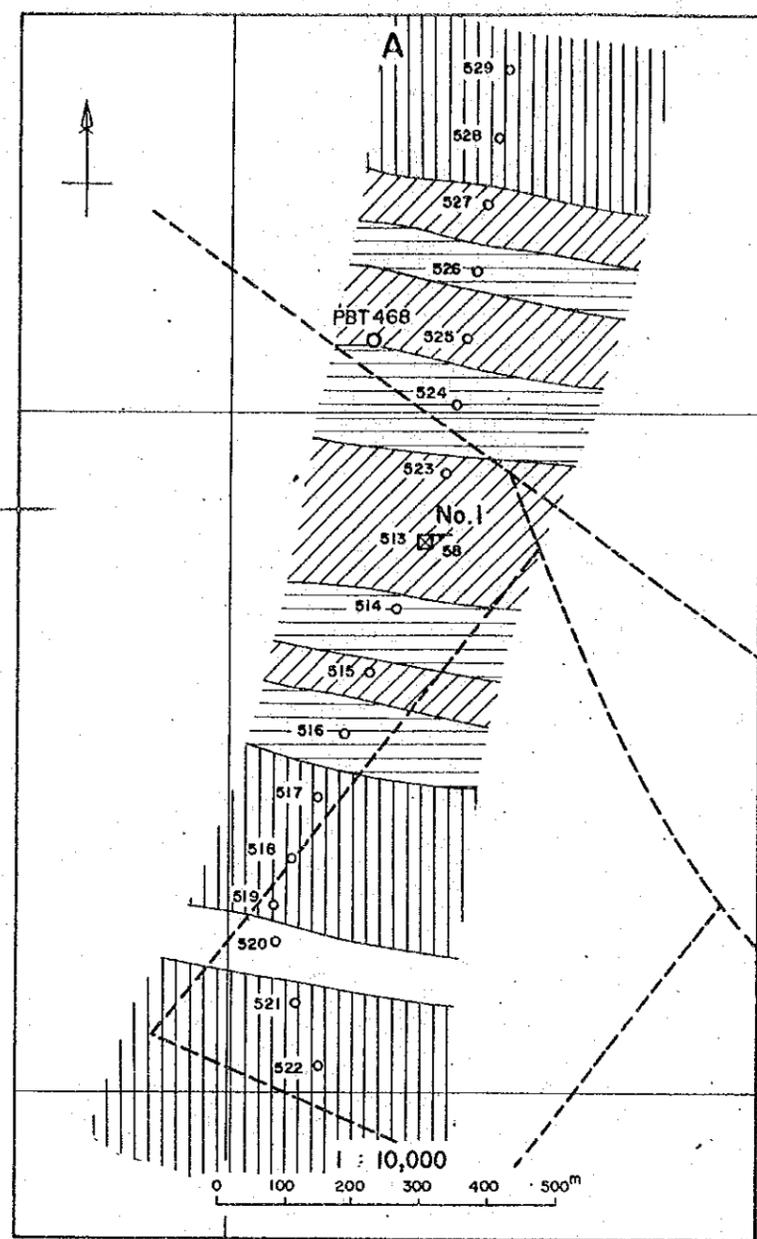
Mosopo River



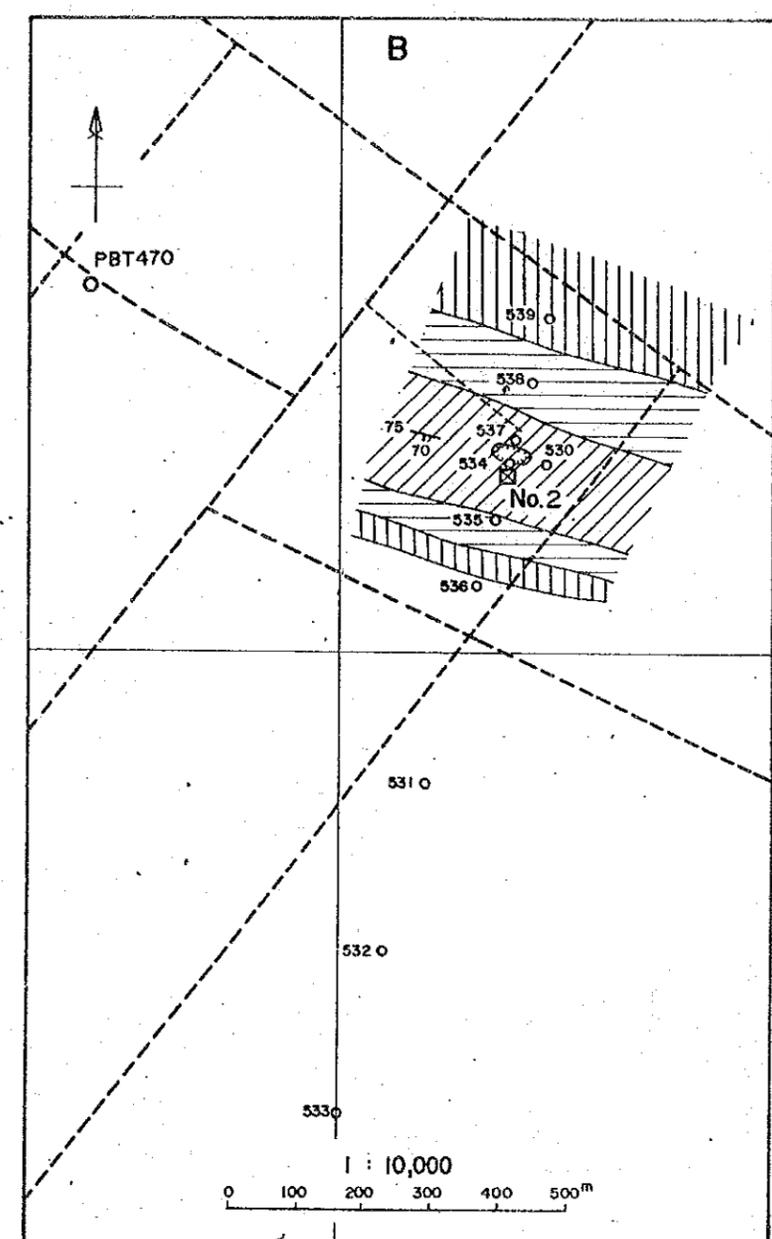
1 : 50,000
0 500 1000 1500m

LEGEND

Class	Symbol	Range (ppm)
Background Anomaly	C	100 ≧ Zn
	E	59 ≧ Zn < 100
	F	35 ≧ Zn < 59
	G	Zn < 35



1 : 10,000
0 100 200 300 400 500m



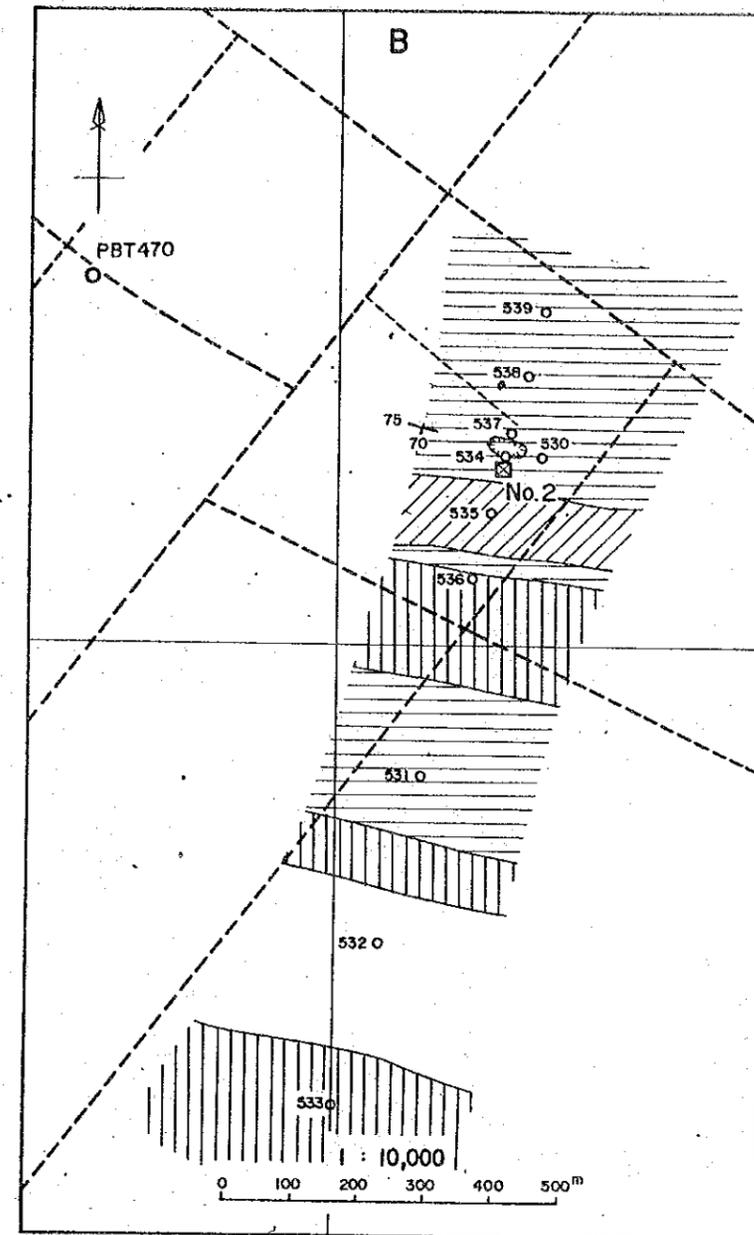
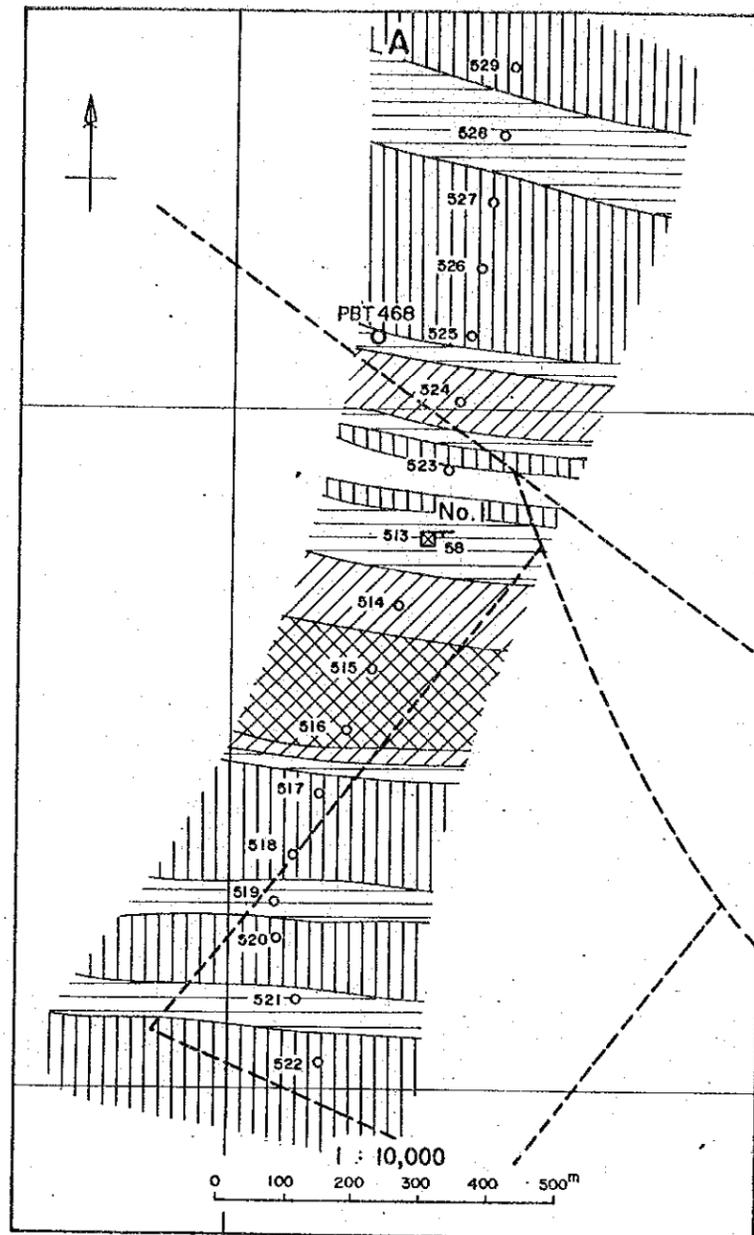
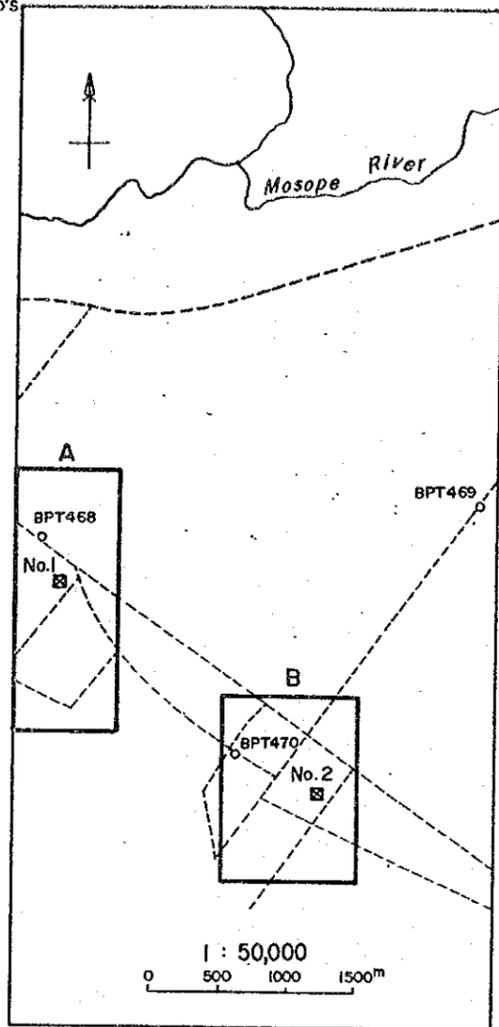
1 : 10,000
0 100 200 300 400 500m

LEGEND

	Open Pit.
	No. 1 Inclined Shaft.
	No. 2 Vertical Shaft.
	Sample Point and Sample Number.
	Dip and Strike.

Fig.25-3 Zn content distribution map in Matsitama mineralized area

26°45' E
21°00' S



LEGEND

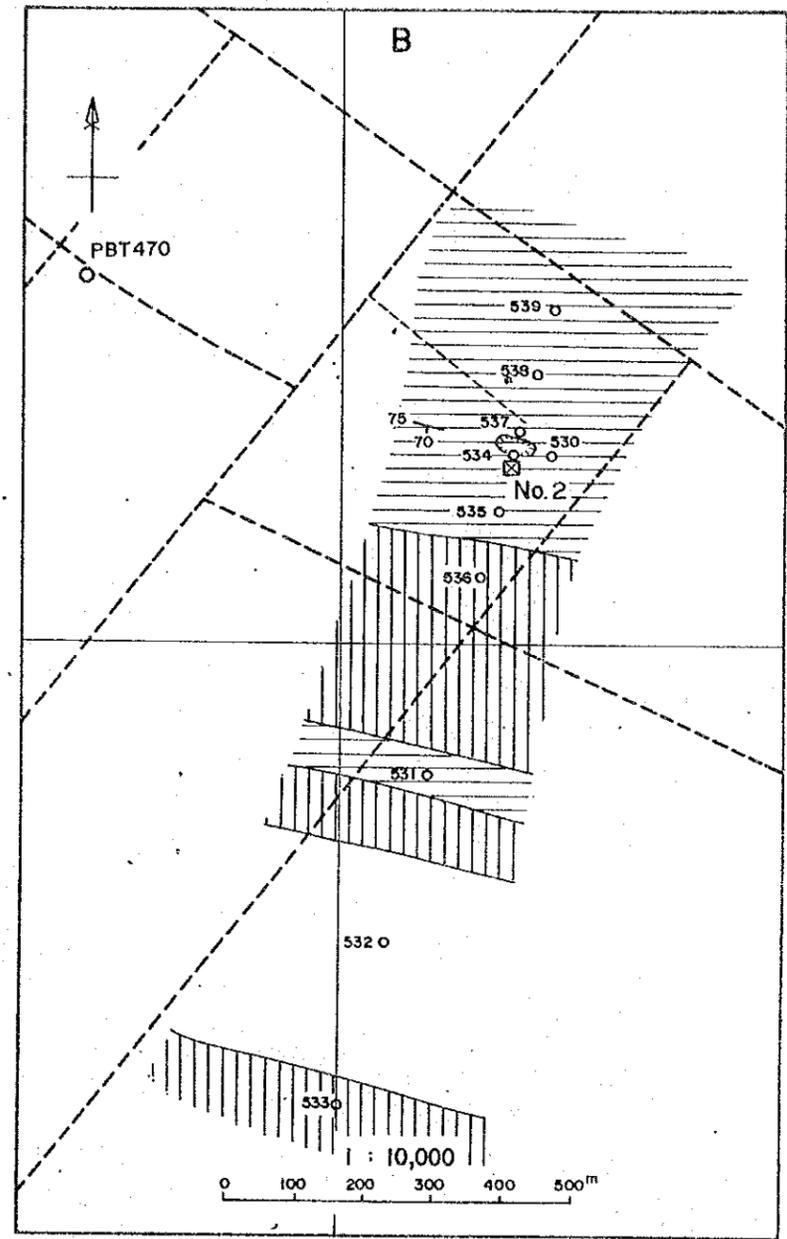
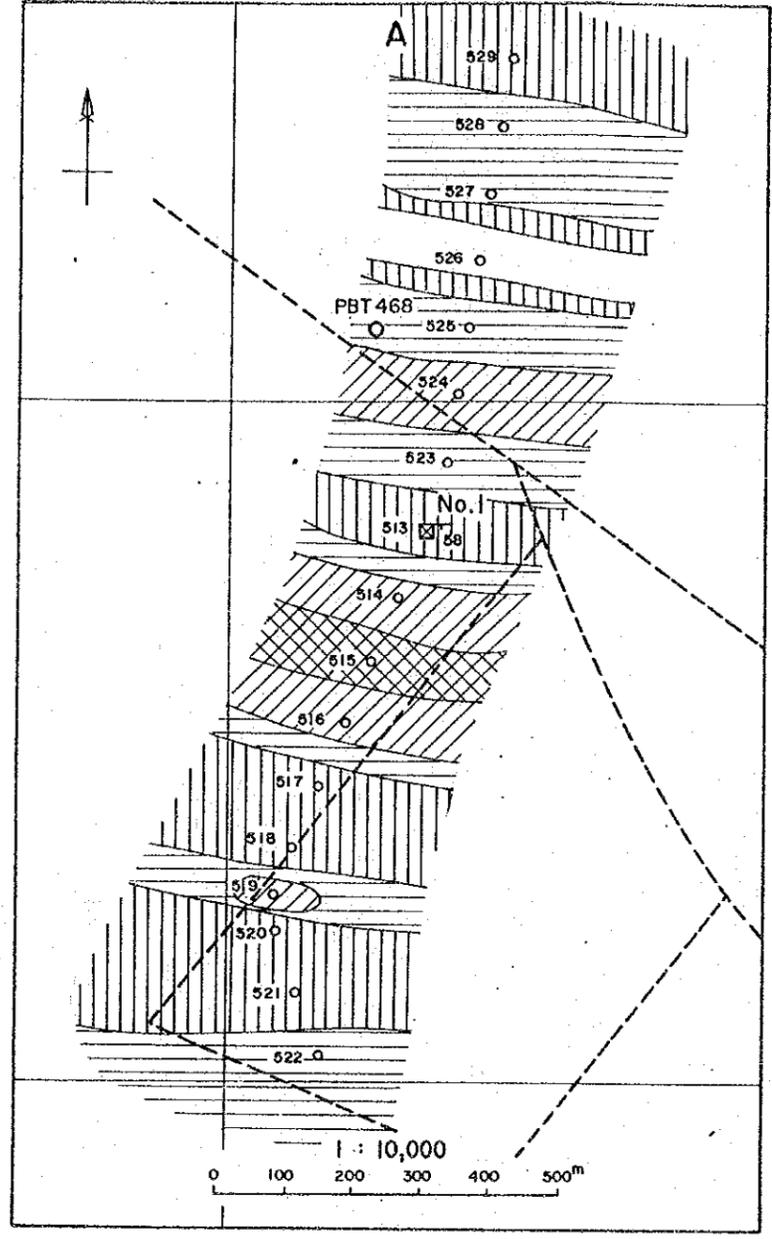
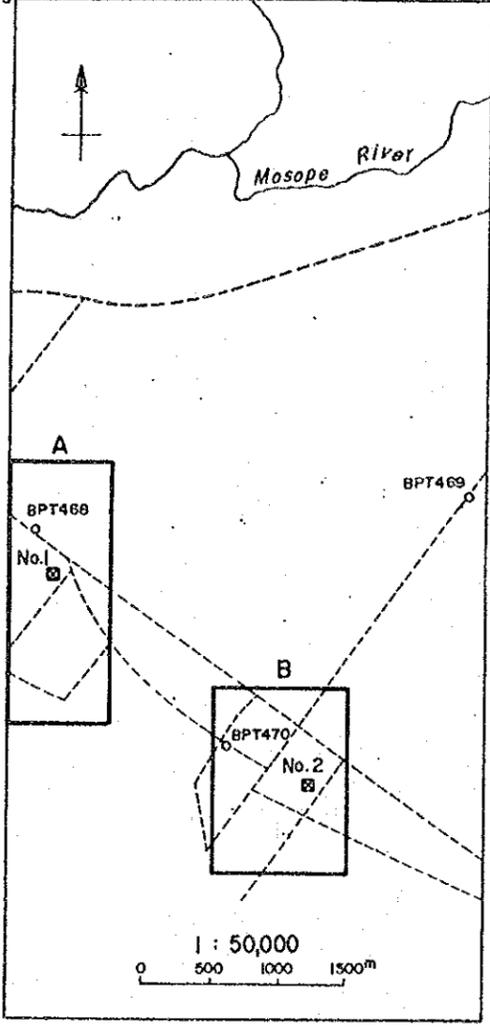
Class	Symbol	Range (ppm)
Anomaly	B	56 ≧ Ni
	C	44 ≧ Ni < 56
Background	E	35 ≧ Ni < 44
	F	27 ≧ Ni < 35
	G	Ni < 27

LEGEND

- Open Pit.
- No. 1 Inclined Shaft.
- No. 2 Vertical Shaft.
- Sample Point and Sample Number.
- Dip and Strike.

Fig. 25-4 Ni content distribution map in Matsitama mineralized area

26°15' E
21°00' S



LEGEND

Class	Symbol	Range (ppm)
Anomaly	B	22 ≧ Co
	C	17 ≧ Co < 22
	E	13 ≧ Co < 17
Background	F	10 ≧ Co < 13
	G	Co < 10

LEGEND

- Open Pit.
- No. 1 Inclined Shaft.
- No. 2 Vertical Shaft.
- Sample Point and Sample Number.
- Dip and Strike.

Fig.25-5 Co content distribution map in Matsitama mineralized area

有量母集団をもっており、ZnとNiは対数正規分布をなす。これらの元素のほか、参考のために分析されたCoは5.5%を境に2つの母集団に分れた。Fig. 25-1からFig. 25-5の各元素含有量分布図に示したように、Cu・Pb・Znは鉱化帯と関係をもっており、とくにCu・Pbは明瞭に指示している。これに対してNi・Coは鉱化帯との関係が明瞭でない。

つぎに、主成分の特性をみる (Table. 15, Fig. 22)。Cu・Pb・Zn・Niを特性値としたときの第1主成分Z1の因子負荷量は、踏査地域や概査地域とは異なり、Cu : 0.89, Pb : 0.95, Zn : 0.89, Ni : 0.16で、Cu・Pb・Znは同じ程度に大きくZ1と相関をもっており、Niはほとんど相関していない。これらの符号はいずれも同じ(正)で、ベクトルは同一の方向を向いていることを示している。第2主成分Z2の因子負荷量は、Cu : -0.25, Pb : -0.14, Zn : 0.22, Ni : 0.97で、Niのみがきわめて相関が強い。ベクトルはCu・PbとZn・Niは逆方向を向いているが、Cu・Pb・Znに対するZ2の相関がきわめて弱いので無視できる。

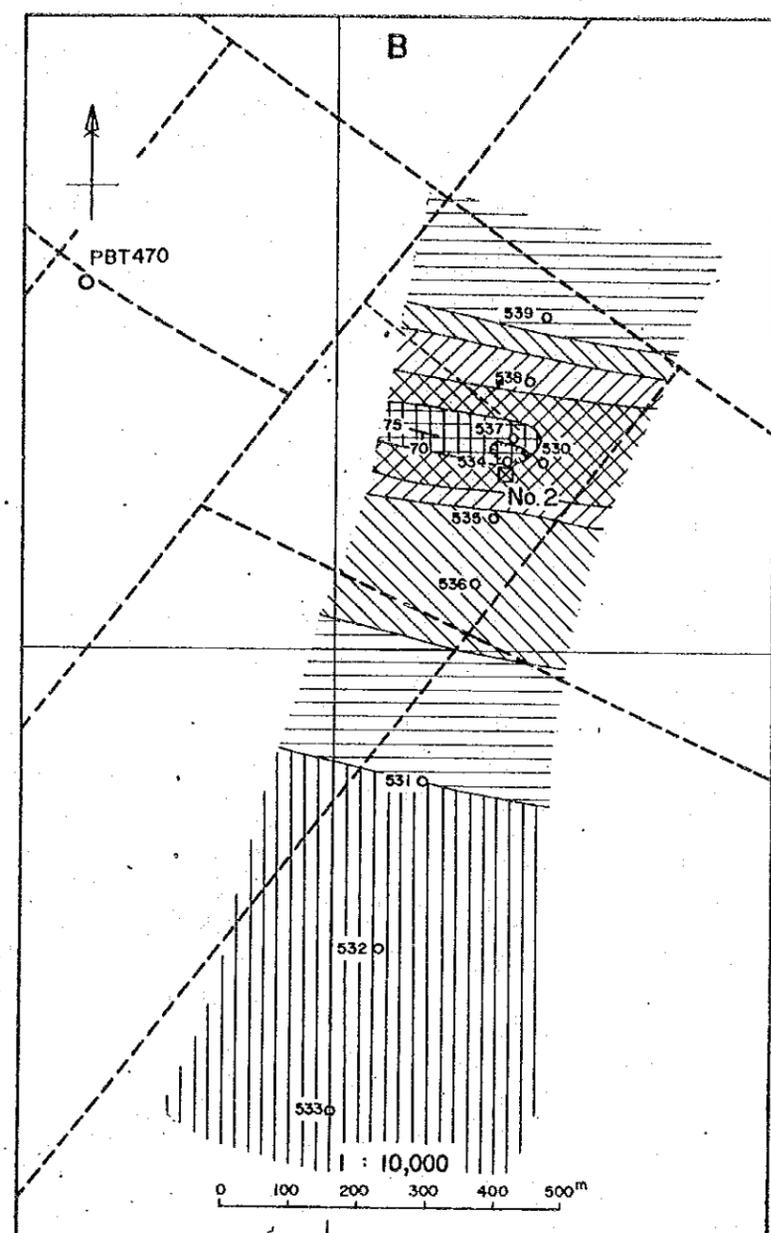
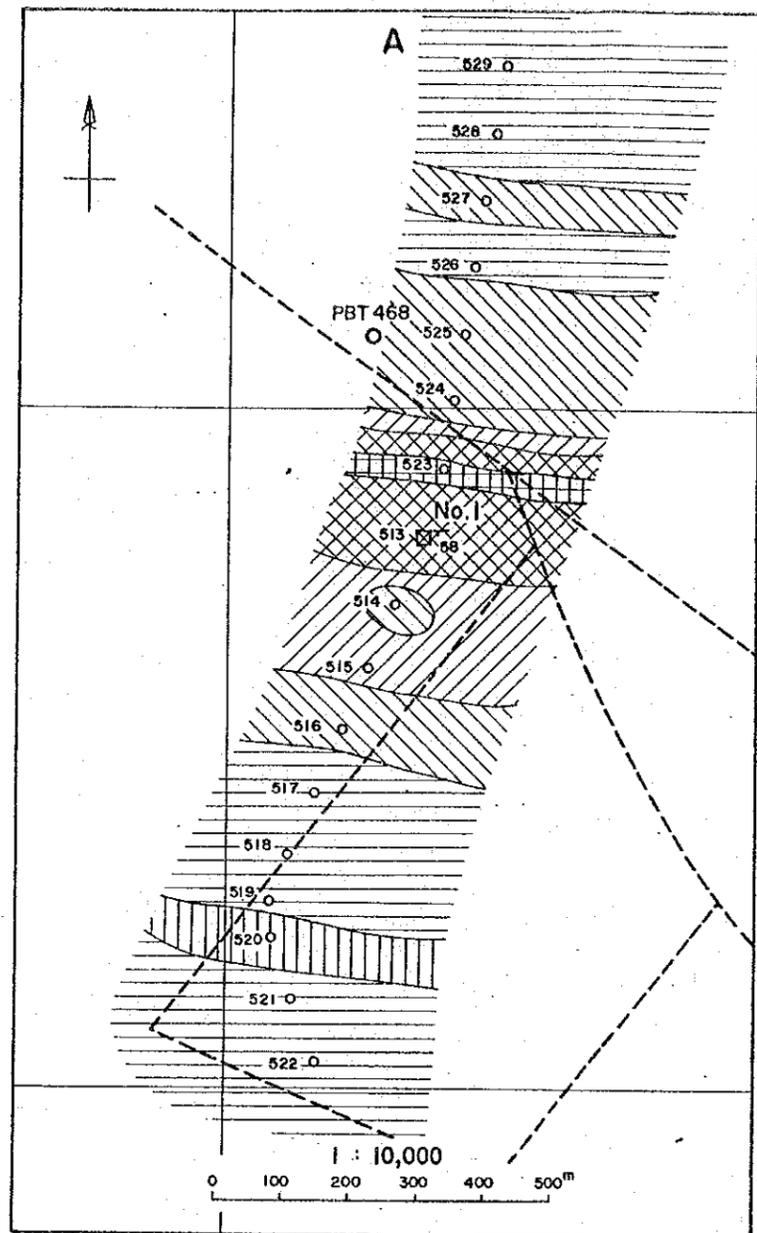
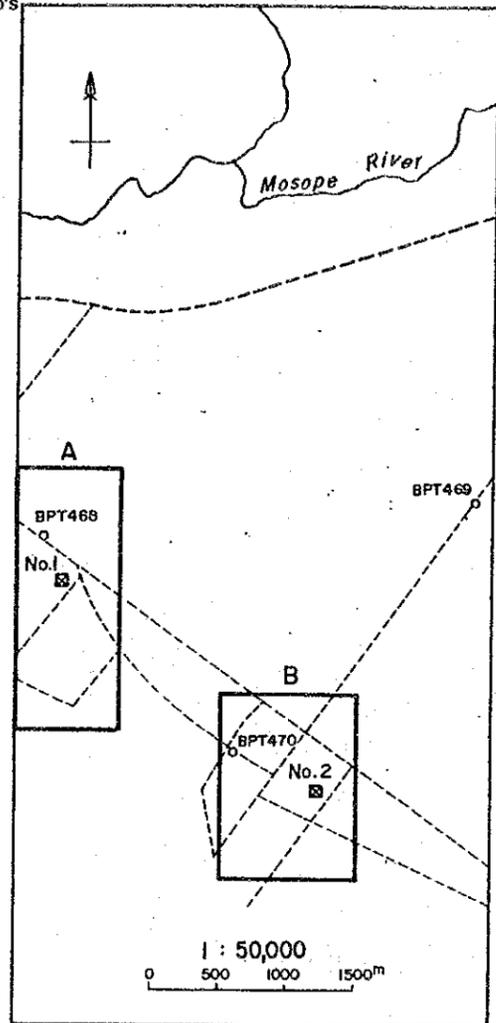
主成分の特性値に対する寄与率をみると、第1主成分Z1はCu : 0.79, Pb : 0.90, Zn : 0.79, Ni : 0.03であり、Z1はCu・Pb・Znの説明成分である。第2主成分Z2は、Cu : 0.06, Pb : 0.02, Zn : 0.05, Ni : 0.94であり、Z2はNiの説明変数である。参考のために分析されたCoを含めて、5個の特性値からなる場合の主成分分析の結果、Fig. 22に示したようにCoはNiと類似の性質をもち、第2主成分Z2で代表された。

このように、Matsitama銅鉱化地域の主成分は、踏査地域および概査地域のZ1がCu・Zn・Niの、Z2がPbの説明成分であるのは明確な違いをもっていることが判明した。

(3) 地質単位別母集団の主成分

Table. 17は調査地域の東側2/3の地域を占める18個の地質単位のうち、試料数が10個以上のもの10単位について主成分分析を行った結果の骨子を示したものである。また、Fig. 24は、表の理解を容易にするための、因子負荷量の3次元プロットである。10個の地質単位のうち、8単位 (G1・G2t・G2ht・G2g・G3t・Ak・Am・D) は、踏査地域や概査地域と同じ傾向を示している。すなわちZ1はCu・Zn・Niの説明成分であり、Z2はPbの説明成分となっている。残り2単位のうち、GEO-6 (PG2g)はZ1がCu・Pb・Zn・Niすべての説明成分となっており、GEO-10 (G4)はZ1が主としてCu・Niの、Z2が主としてZnの説明成分となっており、Pbは第3主成分Z3に相当程度含まれている。この2単位が持つ主成分の地化学的意味ははっきりしない。ただし、両者とも試料数がそれぞれ16個、11個と少ないために、母集団が均質ではない

26°45' E
21°00' S



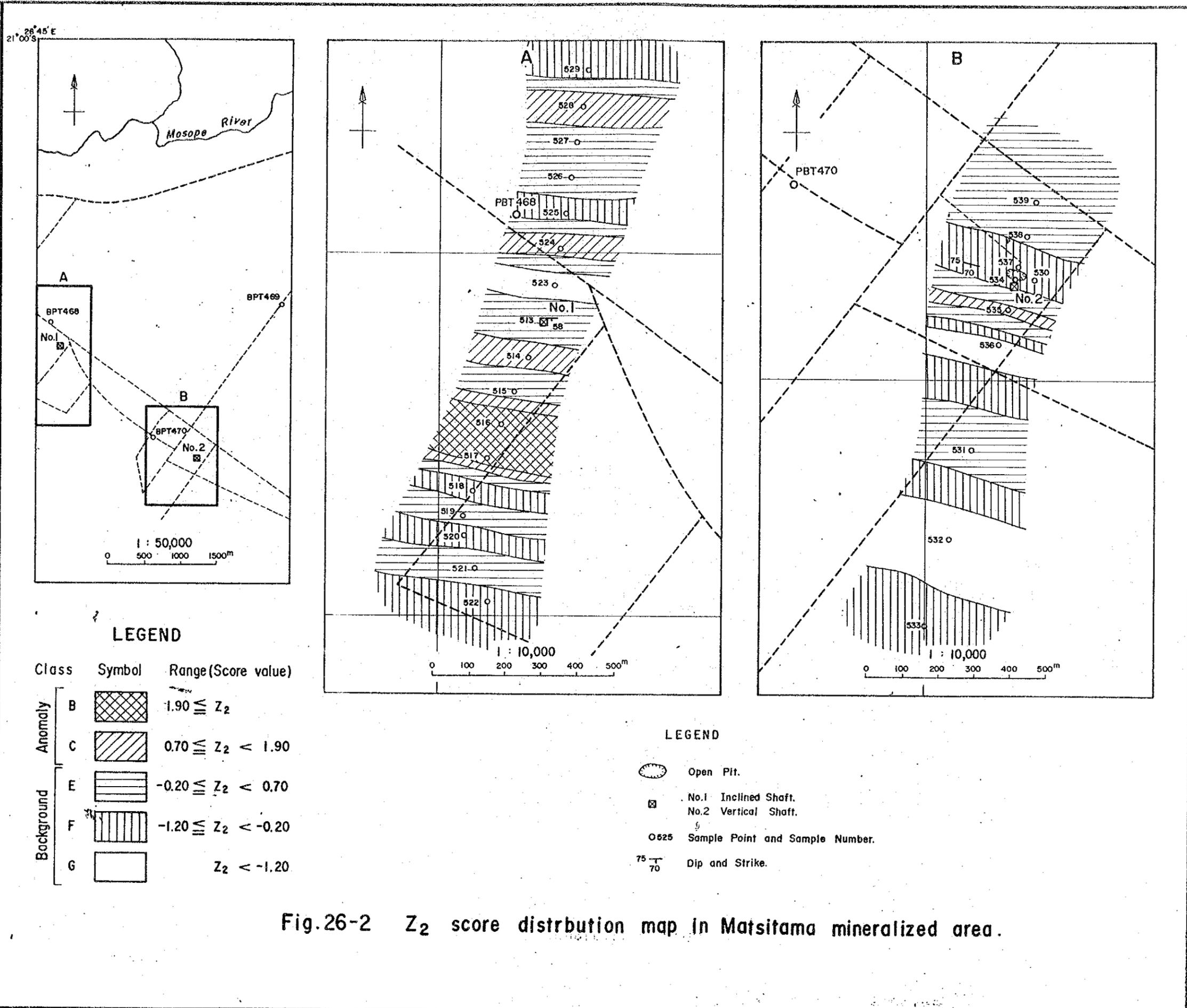
LEGEND

Class	Symbol	Range (Score value)
Anomaly	A	$2.70 \leq Z_1$
	B	$1.30 \leq Z_1 < 2.70$
	C	$0.95 \leq Z_1 < 1.30$
	D	$-0.25 \leq Z_1 < 0.95$
Background	E	$-1.70 \leq Z_1 < -0.25$
	F	$Z_1 < -1.70$

LEGEND

- Open Pit.
- No.1 Inclined Shaft.
- No.2 Vertical Shaft.
- Sample Point and Sample Number.
- Dip and Strike.

Fig.26-1 Z_1 score distribution map in Matsitama mineralized area.



28°45' E
21°00' S

Mosope River

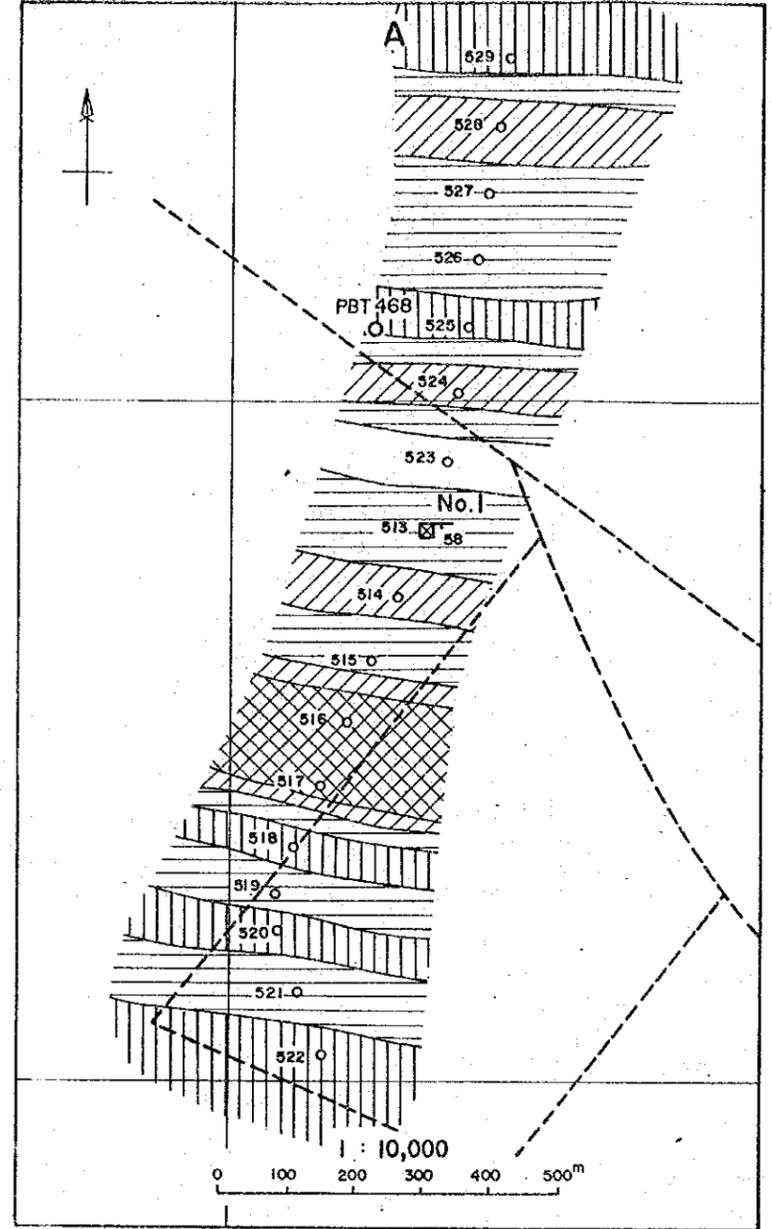
A
BPT468
No.1

B
BPT470
No.2

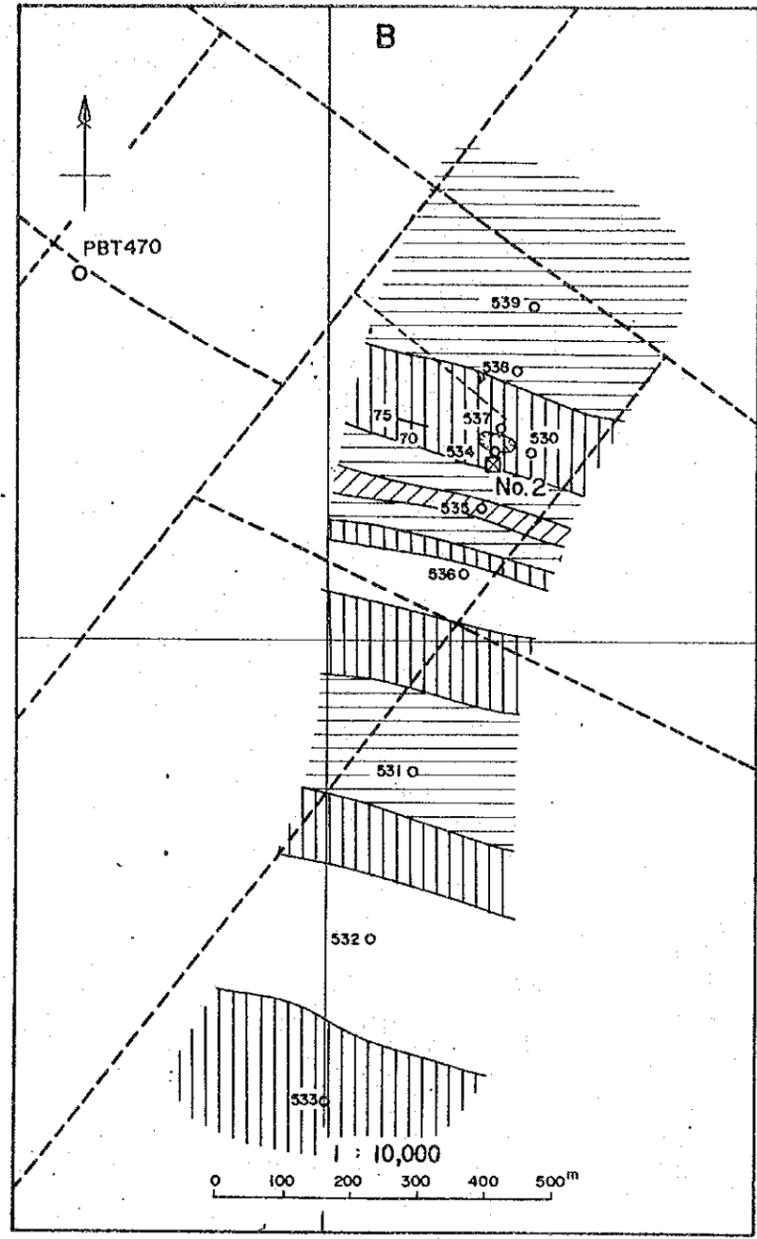
1 : 50,000
0 500 1000 1500m

LEGEND

Class	Symbol	Range (Score value)
Anomaly	B	$1.90 \leq Z_2$
	C	$0.70 \leq Z_2 < 1.90$
	E	$-0.20 \leq Z_2 < 0.70$
Background	F	$-1.20 \leq Z_2 < -0.20$
	G	$Z_2 < -1.20$



1 : 10,000
0 100 200 300 400 500m



1 : 10,000
0 100 200 300 400 500m

LEGEND

- Open Pit.
- No.1 Inclined Shaft.
- No.2 Vertical Shaft.
- Sample Point and Sample Number.
- Dip and Strike.

Fig.26-2 Z_2 score distribution map in Matsitama mineralized area.

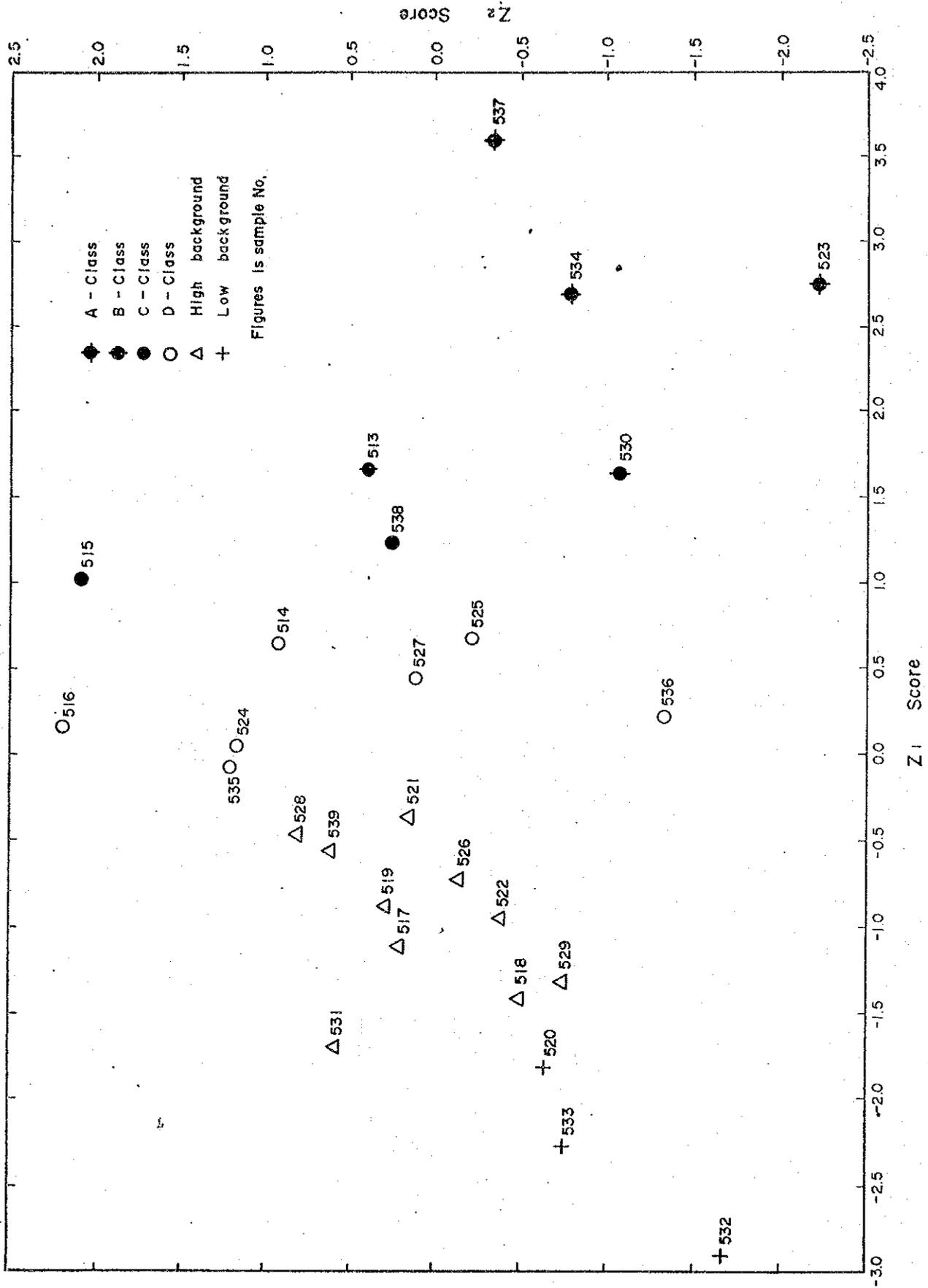


Fig.27 Score plot of Z₁·Z₂ by PCA in Matsitama mineralized area

ことは想定しうる。

これら10個の地質単位の多くは踏査地域や概査地域の主成分の特性と類似し、Matsitama 鉍化地域の主成分と類似した特性をもつ地質単位は認められなかった。したがって、Matsitama 鉍化地域の主成分は鉍化作用と関係したものと考えられる。

2-5-3 異常帯の抽出

前節で述べたように、Matsitama 鉍化地域の主成分は鉍化作用に関係していることが判明した。そこで、Matsitama 鉍化地域と同様の性格をもつ試料を踏査地域および概査地域の中から抽出することを、すなわち、鉍化異常帯の抽出を試みた。ここでいう鉍化異常はもちろん、Matsitamaにおける銅鉍化異常と類似した地化学異常に限定されるものであり、Vumba Hill 近傍の金鉍微地との関係はまったくないことに注意する必要がある。

(1) Fig. 26-1は、Matsitama 鉍化地域における第1主成分Z1の分布を表現したもので、階級分類は累積頻度分布図によっている。Z1の階級で示される地化学異常階級A, B, C, Dは、鉍化帯をよく指示し、Fig. 25-1からFig. 25-3に示されたCu・Pb・Znの異常帯を総合的に表現していることが読みとれる。Fig. 26-2は第2主成分Z2の分布図であり、鉍化帯の分布よりはNiの分布図とよく対応している。

このように鉍化帯をよく指示しCu・Pb・Znの説明成分であるZ1と、Niの説明成分であるZ2のスコア(Score)の散布図をFig. 27に示した。この図でZ1軸の正の方向に向うにつれCu・Pb・Znの合成値が高くなり、負の方向に向うにつれ低くなる。またZ2軸も同様に正の方向にNi含有量が増加し負の方向に減少する(2-5-2(2)参照)。

いま、Z1のスコアが-0.25以上の試料点に注目する。これらの各点は鉍化異常帯(Fig. 26-1)に属するもので、Z1とZ2は負の相関を示す。すなわち、Cu・Pb・Znが増加するとNiが減少する。つぎに、Z1のスコアが-0.25以下の試料点は後背値帯に属し、それらのZ1とZ2は正の相関をなしており、Cu・Pb・Zn・Niのすべてが同時に増加あるいは減少する。このように、Matsitama 鉍化地域の試料母集団は、Z1とZ2の相関が正負反対の2つの母集団で形成されており、その結果、この複合母集団のZ1とZ2はたがいに無相関になっていることが判る。

(2) Matsitama 鉍化地域と類似の性格をもつ試料を踏査地域および概査地域の試料母集団から抽出する手順はつぎのとおりである。

Matsitama 鉍化地域の4個の特性値(各元素含有量の対数値)からなる試料母集団は、たがいに無相関な4本の座標軸をもつ回転楕円体を形成している。いま、ある試料が上記の母集団と類似しているかどうかを知るには、この座標軸上に新しい試料点が占める位置を知ればよい。すなわち、Matsitama地域の座標回転ベクトルにもとづいて新しい試料の

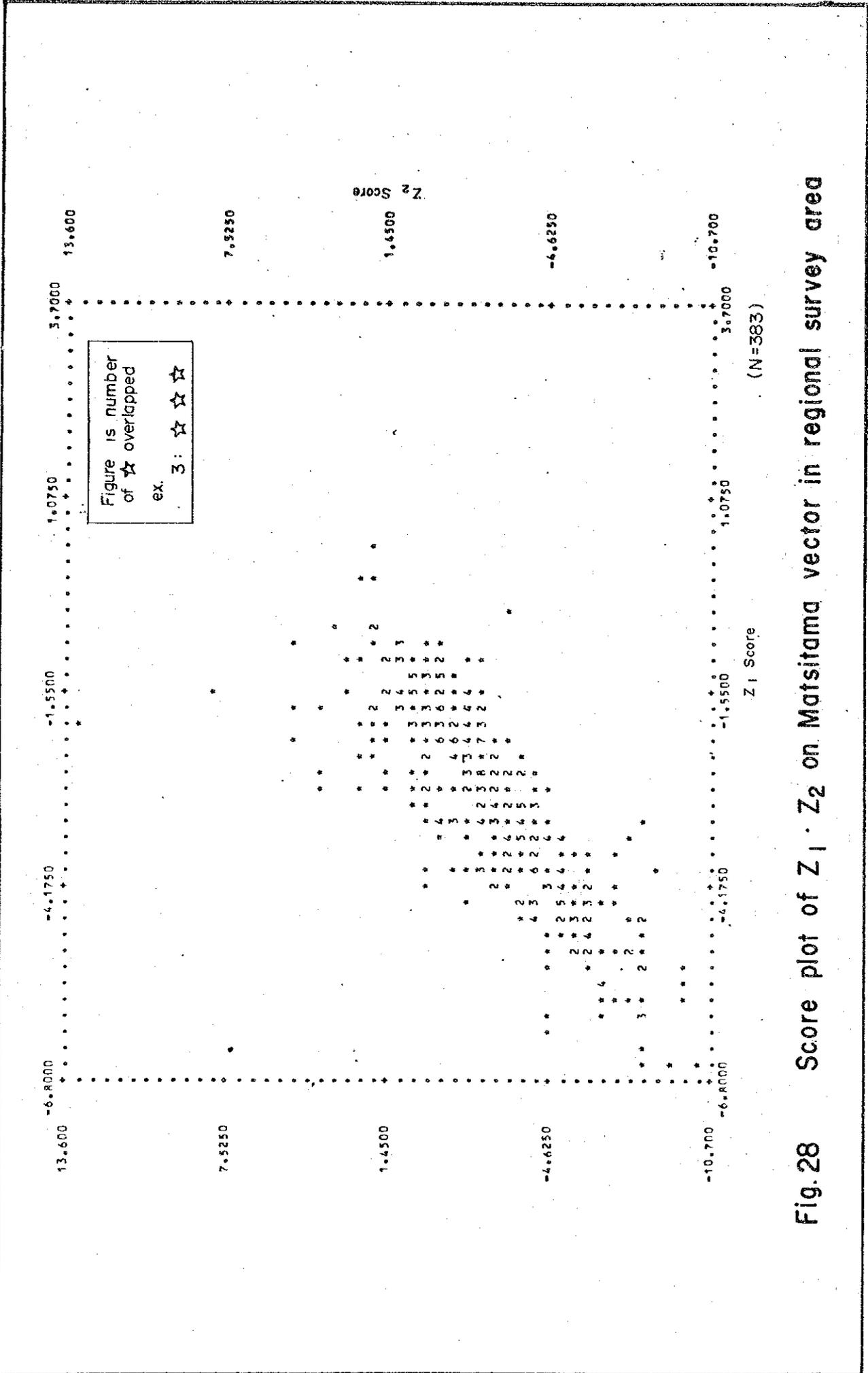


Fig.28 Score plot of $Z_1 \cdot Z_2$ on Matsitama vector in regional survey area

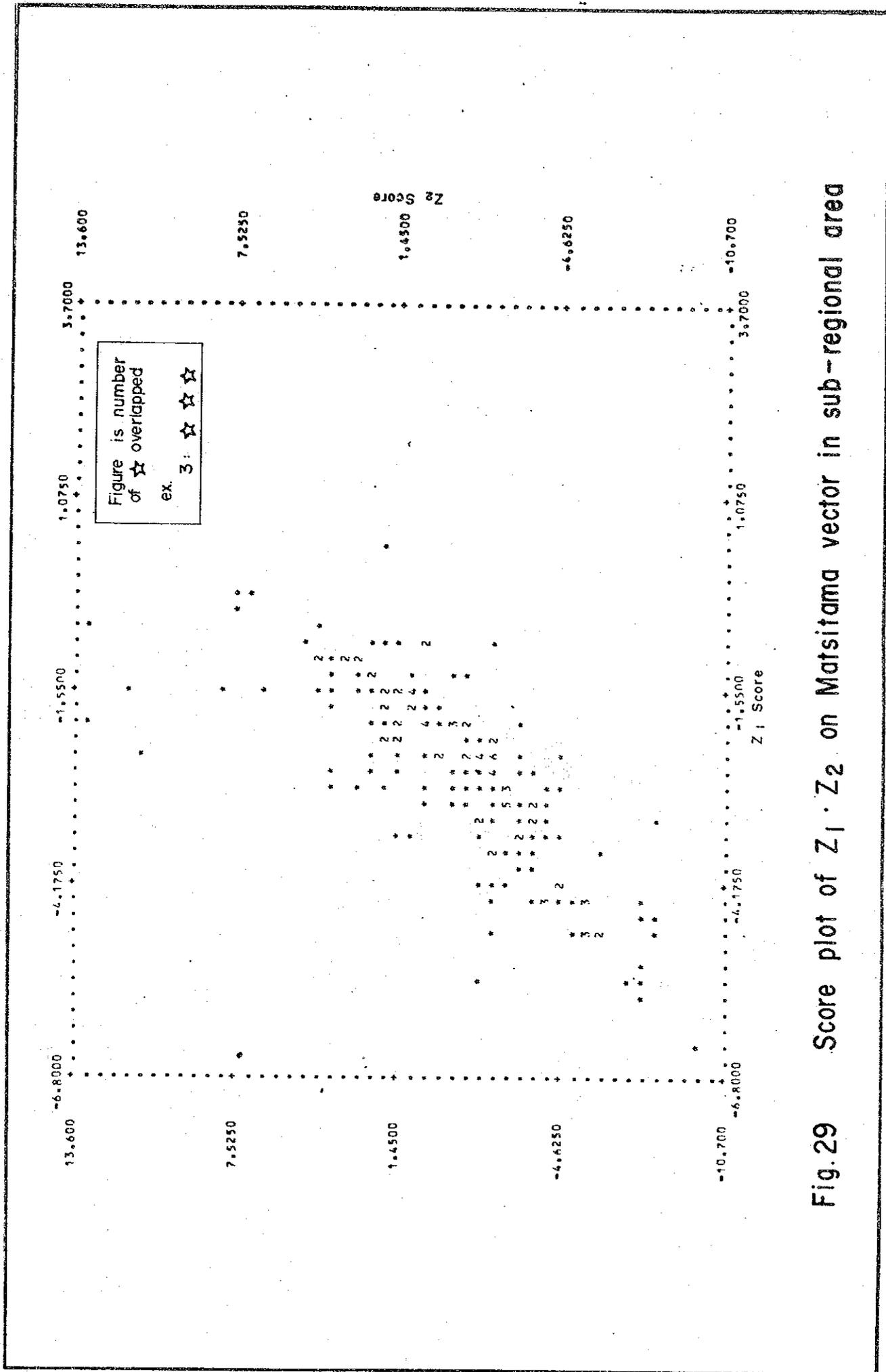


Fig.29 Score plot of $Z_1 \cdot Z_2$ on Matsitama vector in sub-regional area

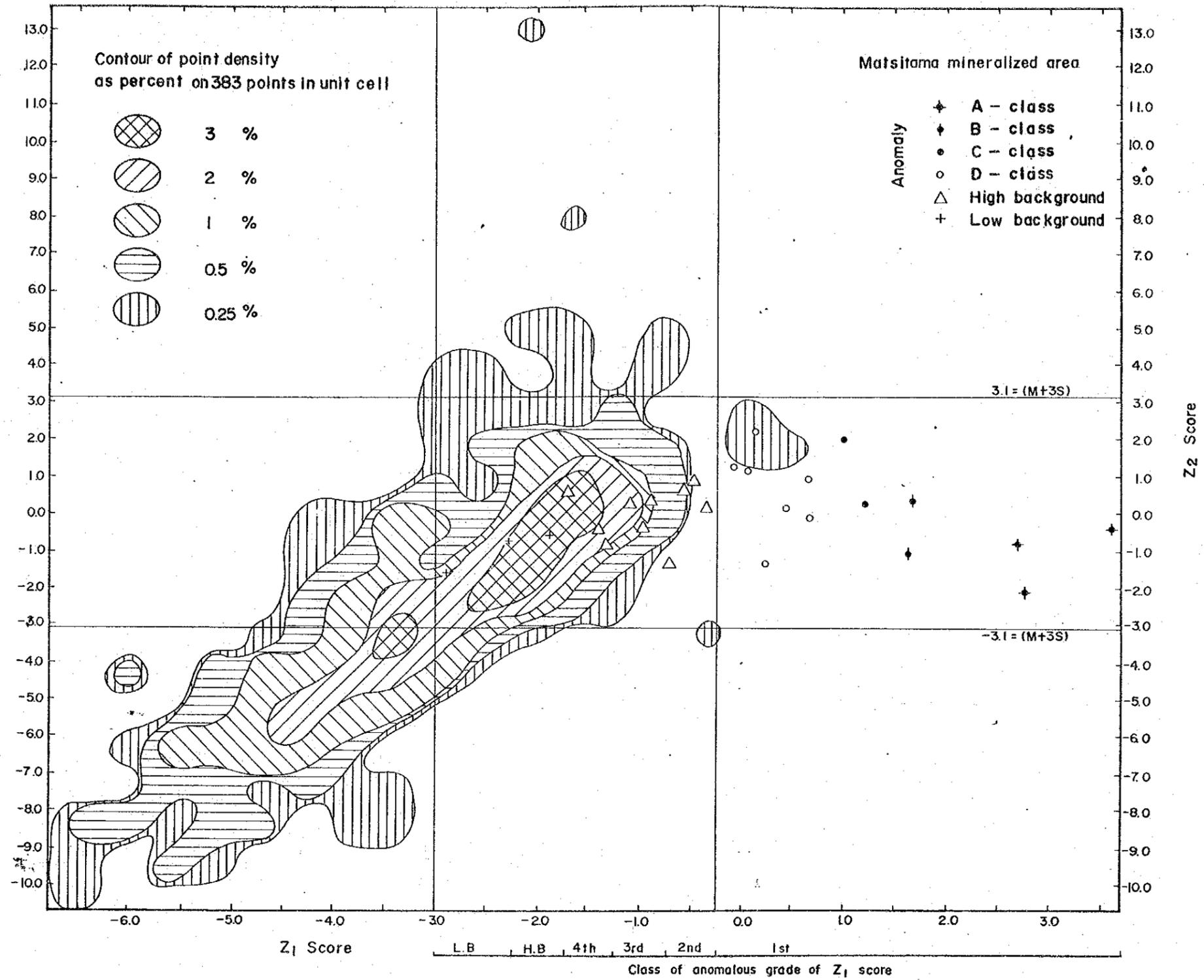


Fig.30 Relation of Z₁-Z₂ scores distributed in Matsitama mineralized area and regional survey area

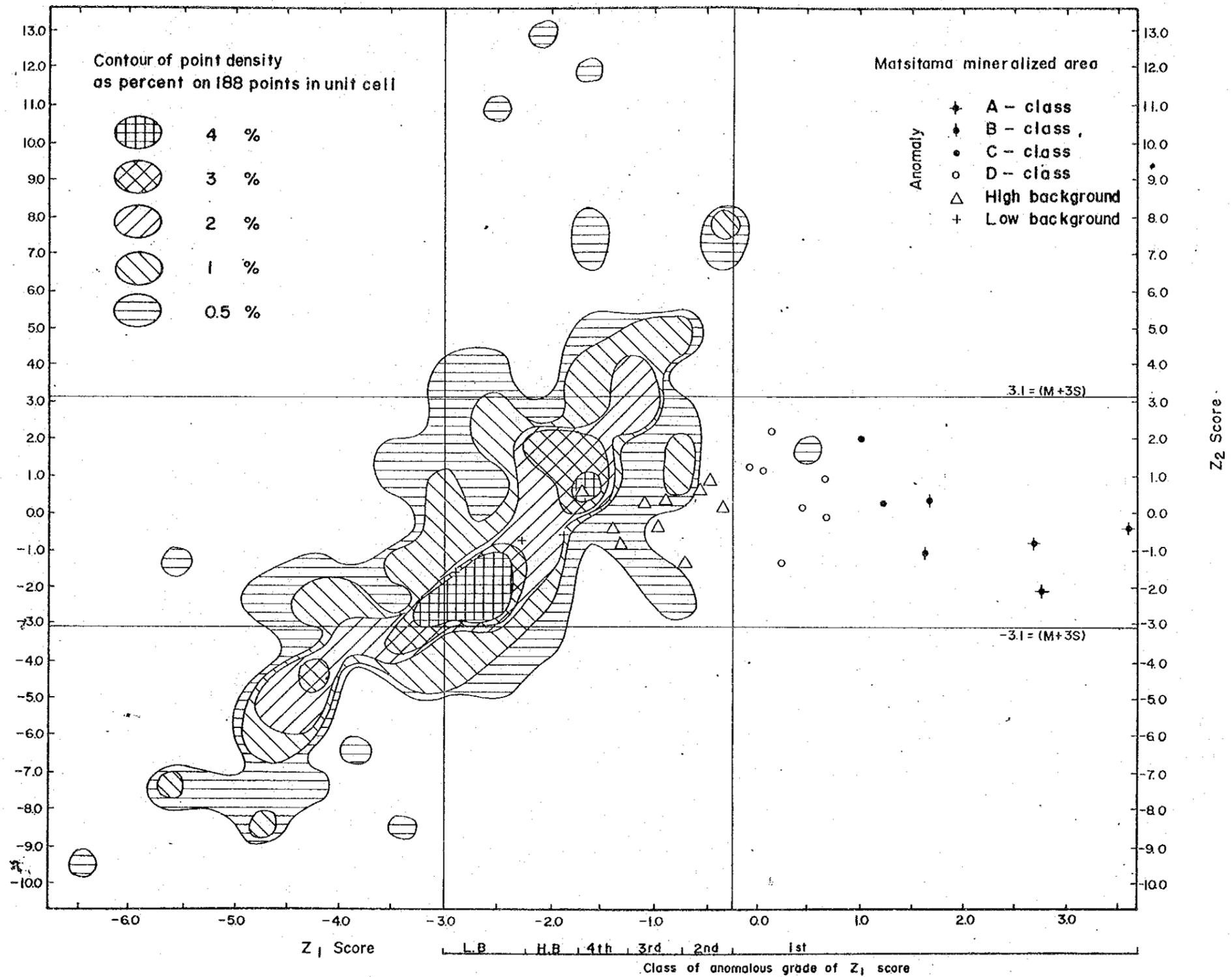


Fig. 31 Relation of Z₁-Z₂ scores, distributed in Matsitama mineralized area and sub-regional survey area

主成分のスコアを求めることである。

Matsitama 地域の座標回転ベクトルを $A_1 \cdot A_2 \cdot A_3 \cdot A_4$, 新しい試料の特性値を $X_1 \cdot X_2 \cdot X_3 \cdot X_4$ とすると, その資料の主成分 Z は,

$$Z = A_1 X_1 + A_2 X_2 + A_3 X_3 + A_4 X_4$$

で与えられる。

ここに, X_i は Matsitama 地域の特性値の平均 (m) と標準偏差を用いて基準化することを条件とする。

すなわち
$$X_i = \frac{X_i - M_i}{\sigma_i}$$

- (3) 上式を用いて, 踏査地域および概査地域の試料について主成分のスコアを計算した結果を, $Z_1 \cdot Z_2$ の散布図として Fig. 28 および Fig. 29 に示した。

つぎに, これらの散布図から試料点の単位面積あたりの密度を表わす等密度分布図を作り Matsitama 鉱化地域の試料点を重ね合わせたものを Fig. 30 および Fig. 31 として示した。両地域とも, Matsitama 地域の鉱化帯を指示している試料点 ($Z_1 \geq -0.25$) と類似の点はきわめて少ないことがわかる。また, 後背値をもつ試料点と類似の点の量は, たとえば 2% の等密度線の範囲を比較すると, 踏査地域の方が大きい傾向がつかめる。

$Z_1 \cdot Z_2$ による Matsitama 地域の母集団と類似の試料とみなす範囲と階級をつぎのように定める。

まず Z_1 の範囲を, Matsitama 地域の Z_1 の最小値にほぼ等しい -3.0 以上とする。その階級分類は, Matsitama 地域の鉱化異常のしきい値 $Z_1 = -0.25$ 以上を第 1 級, -0.25 以下は 0.50 該みて第 2・3・4 級の異常とし, -1.75 から -2.25 を高後背値, -2.25 から -3.0 を低後背値とした。第 2 級以下の異常は Matsitama 地域の高後背値に相当する。

Z_2 の範囲は困難な問題を含んでいる。すなわち, Matsitama 地域の鉱化母集団と後背値母集団が反対の相関をもっていることである。したがって, 全体としては無相関であり Z_2 の階級分類は不可能である。そこで便宜的に Matsitama 地域の Z_2 母集団の平均値を中心にして両側の $3S$ の範囲 ($-3.1 \leq Z_2 \leq 3.1$) を, Matsitama 地域の母集団として規定した。しかし, $M \pm 3S$ と範囲を規定したために抽出の誤差がある程度生じるだろう。

- (4) (3) に述べた Z_1 の範囲と階級分類をもちいて, Z_1 のスコア分布図を地域別に作成した (PL 9, PL 10)。つぎに, これらに Z_2 が $-3.1 \leq Z_2 \leq 3.1$ の値を示すもののみを抽出して, 主成分分析解析結果図 (PL 11, PL 12) を作成した。

Table 18. List of Geochemical Anomalous Zone in Regional Survey Area

Anomaly	Location		No. of point	Anomalous points				Remarks	Priority	Factor to make anomaly
	Line	Samp. No.		1st	2nd	3rd	4th			
Southwestern Anomalous Zone	X1	1 – 18	10	1	1	5	3	Geology isn't defined. One Cu showing is known. Grade: Cu > Zn > Ni > Pb	1	Cu horizon (?) on its extension (?)
	X2	31 – 47	6			3	3			
	X3	63 – 71	4				4			
	X4	91 – 96	2				2			
	X5	121 – 126	3				3			
			25	1	1	8	15			
Tikitiki river Anomalous Zone	X-4	108 – 110	1				1	Geology: Poorly foliated granite gneiss and G ₂ g Grade: Cu = Pb = Zn = Ni	2	Amphibolite (?)
	X-5	137 – 141	3			2	1			
	X-6	168 – 172	2				2			
			6							
Tutume Anomalous Zone	X-3	87 – 90	3				3	Geology: Mosetse river group is covered with debris of Karroo system. Grade: Pb > Zn >> Ni = Cu Pb has a halo of Zn to the south	3	Karoo deposits (?)
	X-4	116 – 120	3				3			
	X-5	145 – 149	2				2			
			8				8			
South-1 Anomalous Zone	X-8	211 – 216	3				3	Geology: PG ₂ g, D etc. Grade: Cu = Zn > Ni > Pb	4	Dolerite (?)
			3				3			
South-2 Anomalous Zone	X-10	263 – 265	1				1	Geology: D, Ak Grade: Cu = Zn = Ni = Pb	4	Dolerite
	X-11	283 – 285	1				1			
			2				2			
Sechele Anomalous Zone	X-12	307 – 311	3			1	2	Geology: D, G ₄ , Am, G ₂ t Grade: Cu > Ni > Zn > Pb	4	Dolerite
			3			1	2			
Vumba Anomalous Zone	X-10	276 – 278	1				1	Geology: Am, G ₄ , Fel, Al, G _{1m} , D, etc. Grade: Zn = Pb > Ni > Cu	4	Dolerite and other rocks
	X-11	294 – 297	2	1			1			
	X-12	315 – 316	1				1			
			4	1			3			
East end Anomalous Zone	X-14	347 – 350	3		1		2	Geology: G ₃ t, D, G ₂ t Grade: Cu > Zn >> Ni = Pb	4	Dolerite
			3		1		2			

Geological abbreviation : refer to Table 12-9

Table 19. List of Geochemical Anomalous Zone in Sub-regional Survey Area

Anomaly	Location		No. of points	Anomalous points				Remarks	Priority	Factor to make anomaly
	Line	Samp. No.		1st	2nd	3rd	4th			
Ikura river Anomalous Zone	X-8	220 – 227	3				3	Geology: G _{2t} , Um, G ₁ , D Grade: Ni > Cu > Zn >> Pb	2	Amphibolite, Dolerite
	A-1	384 – 387	1				1			
	A-2	394 – 397	1				1			
	A-3	404 – 407	2				2			
	X-10	269 – 270	1				1			
				8						
Vumba Anomalous Zone	A-3	408 – 410	1				1	Geology: Am, G ₄ , D, Fel., Al, Ser, Ls, G _{1m} , etc. Grade: Pb = Zn > Cu > Ni	4	Dolerite and other rocks
	X-10	276 – 278	1				1			
	A-5	429 – 431	1				1			
	A-6	438 – 441	2			1	1			
	X-11	294 – 297	2	1			1			
	A-7	454 – 456	1			1				
	A-8	474 – 475	1			1				
	X-12	315 – 316	1				1			
				10	1	3	6			
Schele-1 Anomalous Zone	A-7	451 – 453	1				1	Geology: Am, Fel., Ls, G _{2ht} Grade: Ni > Cu > Zn > Pb	4	Amphibolite
			1				1			
Sechele-2 Anomalous Zone	X-12	307 – 311	3			1	2	Geology: G _{2t} , G _{2ht} , D, G ₄ Grade: Pb > Cu > Ni > Zn	4	Dolerite
	A-9	484 – 485	1				1			
			4			1	3			
South-2-A Anomalous Zone	X-11	284	1			1		Geology: D, G _{2t} Grade: Ni > Cu > Zn > Pb	4	Dolerite
	X-12	305	1				1			
	A-9	481	1				1			
			3				3			
South-2-B Anomalous Zone	A-10	486	1			1		Geology: D. Grade: Cu >> Ni > Zn > Pb	4	Dolerite
			1			1				

Geological abbreviation : refer to Table 12-9

Sechele-1 異常域は角閃岩・粗粒玄武岩およびトーナライト片麻岩からなる。角閃岩で占められる1点は第4級の異常である。

Sechele-2および南部-2-A, Bの3個所の異常域は、主として粗粒玄武岩およびトーナライト片麻岩からなり、重要度は低いと考えられる。

Vumba Hill 北方の11箇所の金鉱徴地のうち北側の2箇所はVumba異常域の高後背値地域に含まれているが、金鉱徴地の分布を反映しているとはいえない。また指示元素別含有量分布図においてもこれらの鉱徴地を指示する元素は認められない。また、地域中央 Dom-bashaba Hill の西方2.5 Km付近に見出されたモリブデン鉱徴地において4個の土壌試料(S509-512)を採取・分析したが、地化学異常は認められなかった。

2-6-3 ま と め

約500個の土壌試料を直方格子点から採取し、Cu・Pb・Zn・Ni含有量を原子吸光法で分析した。Moはすべての試料が3 ppm以下であり、本地域内には期待すべきモリブデン鉱化作用は認められないといえる。Cu・Pb・Zn・Ni含有量と地質単位および土壌の色調との関係を検討した結果、塩基性岩ないし超塩基性岩では含有量が高く、また赤色系土壌および一部の暗黒色土壌でも高い値を示した。このため、指示元素別の解析法では鉱化異常を把握できず、南西方に隣接するMatsitama銅鉱化地域と類似の地域を主成分分析法によって抽出する方法をもちいた。

この結果、踏査地域内では8個所の異常域(Table. 18)が抽出され、このうち南西部異常域がもっとも強くかつ広い興味ある異常を示した。

概査地域では6個所の異常域(Table. 19)が抽出され、このうちVumba異常域が強くかつ広い異常を示したが、このVumba異常域の中で第1級の異常地点は粗粒玄武岩で占められている。

踏査地域および概査地域の中で、もっとも異常の程度が高く、かつ広い範囲をもつものは南西部異常帯である。この異常帯についての今後の調査が望まれる。

結 論 及 び 提 言

結 論 及 び 提 言

今回の調査で明らかにされた Vumba, Timbale, Matsitama 北部の3つの鉍化期待区域の中で、次年度以降の準精査、精査の候補地として有望なものは Matsitama 北部区域である。

調査の結果によって、銅鉍床を胚胎する Matsitama Schist and Metasedimentary 層群の褶曲の東翼は、従来考えられていたよりも更に北に拡がり、調査地域内にも分布することが期待されるに至った。主成分分析法による地化学探査の有望な異常もこの Matsitama 北部区域に存在するので、この区域を次年度以降の調査地域として選定した。

この調査地域の面積は 800 ㎞² である。この範囲を空中物理探査(測線延長 3000 Km)、地表地質調査、地化学探査などによって調査し、更に有望な区域を 100 ㎞² 程度に集約することが望ましい。

Vumba区域では Somerset 鉍山を中心に若干の硫化鉍の鉍染する新露頭や過去の掘跡が発見された。しかし、この区域ではすでにある程度の組織的探査が実施されており、鉍徴はその既調査区域内に入るので同様の調査を繰返す必要はないものと考えられる。

Timbale区域では地質調査及び地化学探査の結果、有望な鉍徴は発見されなかった。今回の調査範囲は極めて限られ、かつ本区域中には未探査の範囲も多く残るが斑岩型の銅・モリブデン鉍床の存在は期待薄と考えられる。

参 考 文 献

REFERENCES

- | | | |
|---|------|--|
| Baldock, J.W.,
Hepworth, J.V.,
Marengwa, B.S. | 1976 | Gold, Base Metals and Diamonds in Botswana, Econ. Geol. 71, p. 139 - 156 |
| Baldock, J.W. (compile) | 1977 | Resources Inventory of Botswana, Metallic Minerals, Mineral Fuels and Diamonds, Mineral Resources Report No. 4, Geol. Surv. Bots. |
| Bennett, J.D. | 1970 | The Geological Map of the Moseitse-Matsitama Area, Geol. Surv. Bots. |
| Bennett, J.D. | 1970 | Craton-Mobile Belt Relations with Particular Reference to the Moseitse-Matsitama Area, Northeastern Botswana, Geol. Mag. 107, p. 113 - 123 |
| Fujioka, H. and
Fujioka, N. | 1977 | Geological and Structural Interpretation of the LANDSAT - Imagery (in Japanese), Prof. K. Fuzioka memorial Volume, p. 223 - 247 |
| Fujita, M. | 1977 | Remote Sensing Techniques and Oil Prospecting (in Japanese), Journal of the Japan Petroleum Institute, Vol. 20, No. 3, P. 205 - 212 |
| Fujita, M. | 1979 | New Technique of Mineral Resources Exploration (in Japanese), Metal Mining Agency of Japan, "Bonanza", No. 41 p. 1 - 17, No. 44 p. 2 - 16 |
| Gold section of Sedge
(Botswana) Ltd. | 1971 | Prospecting in Tati Concession, Open Filed Record, Geol. Surv. Botswana |
| Houston, J.F.T. | 1972 | Investigations into the Groundwater Resources of the Francistown Area, Rep. Geol. Surv. Botswana, (Un-pub.) |
| Hutton, L.G.,
Key, R.M.,
Hutton, S.M. | 1974 | Chemical Analyses of Rocks, Ores and Minerals of Botswana, Bulletin Series 3, Geol. Surv. Bots. |
| Jordan, J.N. | 1968 | Grandwater in the Rhodesian Basement Complex, Annex., Geol. Soc. S. Afr. 71, p. 103 |
| Key, R.M. | 1975 | Radiometric Age Measurements on Rocks from Botswana up to the End of 1975, Bulletin Series 6, Geol. Surv. Bots. |

- | | | |
|------------------------------|------------------------|---|
| Key, R.M. | 1976 | The Geology of the Area Around Francistown and Phikwe, Northeast and Central District |
| Key, R.M. | 1977 | The Geochronology of Botswana, Trans., Geol. Soc. S. Afr. 80, p. 31-42 |
| Litherland, M. | 1973 | Sampling of the Timbale Granite for Age Determination, Rep. Geol. Surv. Botswana, No. ML/13/73 |
| Litherland, M. | 1975 | The Geology of the Area Around Maitengwe, Sebina and Tshesebe Northeast and Central Districts, Botswana Distr. Mem. 2, Geol. Surv. Bots. |
| Metal Mining Agency of Japan | 1976,
1977,
1978 | Report on the Development of Mineral Resources Exploration Technique (in Japanese) |
| Preussag Metal Exploration | 1977 | Final Report Special Prospecting Licence 12/76, Francistown Project III, Northeastern Botswana, Open Field Record, Geol. Surv. Bots. |
| Sedge (Botswana) Pty. Ltd. | 1972 | Final Report on a Basemetal Exploration Programme Over the Tati Concession, Botswana, June 1969 to March 1972, Open Field Record, Geol. Surv. Bots. |
| Summers, R. | 1969 | Ancient Mining in Rhodesia and Adjacent Areas, Museum Memoir No. 3, Trustees of Nat. Mus. of Rhodesia, Salisbury, p. 236 |
| Weare, P. and Yalala, A. | 1971 | Provisional Vegetation Map of Botswana, Botswana Notes and Records 3, p. 131 |

卷 末 附 图 附 表