

《自然辩证法》与《自然辩证法》 ——兼论《自然辩证法》与《自然辩证法》

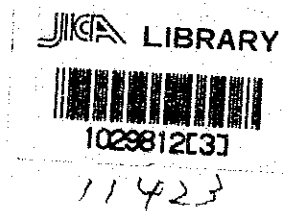
（1979年）

（1979年）

《自然辩证法》与《自然辩证法》
——兼论《自然辩证法》与《自然辩证法》

ジンバブエ共和国シャムバ地域
資源開発協力基礎調査報告書

第 1 卷
(第 1 年次)



昭和59年 2 月

国際協力事業団
金属鉱業事業団

国際協力事業団	
受入 月日 '85. 4. 30	534
登録No. 11423	66.1
	MPN

は し が き

日本国政府はジンバブエ共和国政府の要請にこたえ、同国の北東部に位置するシャムバ地域の鉱物資源賦存の可能性を確認するため、地質調査等の鉱床探査に関する諸調査を実施することとし、その実施を国際協力事業団に委託した。国際協力事業団は本調査の内容が地質及び鉱物資源の調査という専門分野に属することから、この調査の実施を金属鉱業事業団に委託することとした。

本調査は昭和58年度が第1年次にあたり、金属鉱業事業団は3名の調査団を編成して、昭和58年7月7日から昭和58年9月22日まで現地に派遣した。

現地調査はジンバブエ共和国政府関係諸機関、特に鉱山省地質調査局の協力を得て予定どおり完了した。

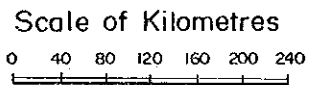
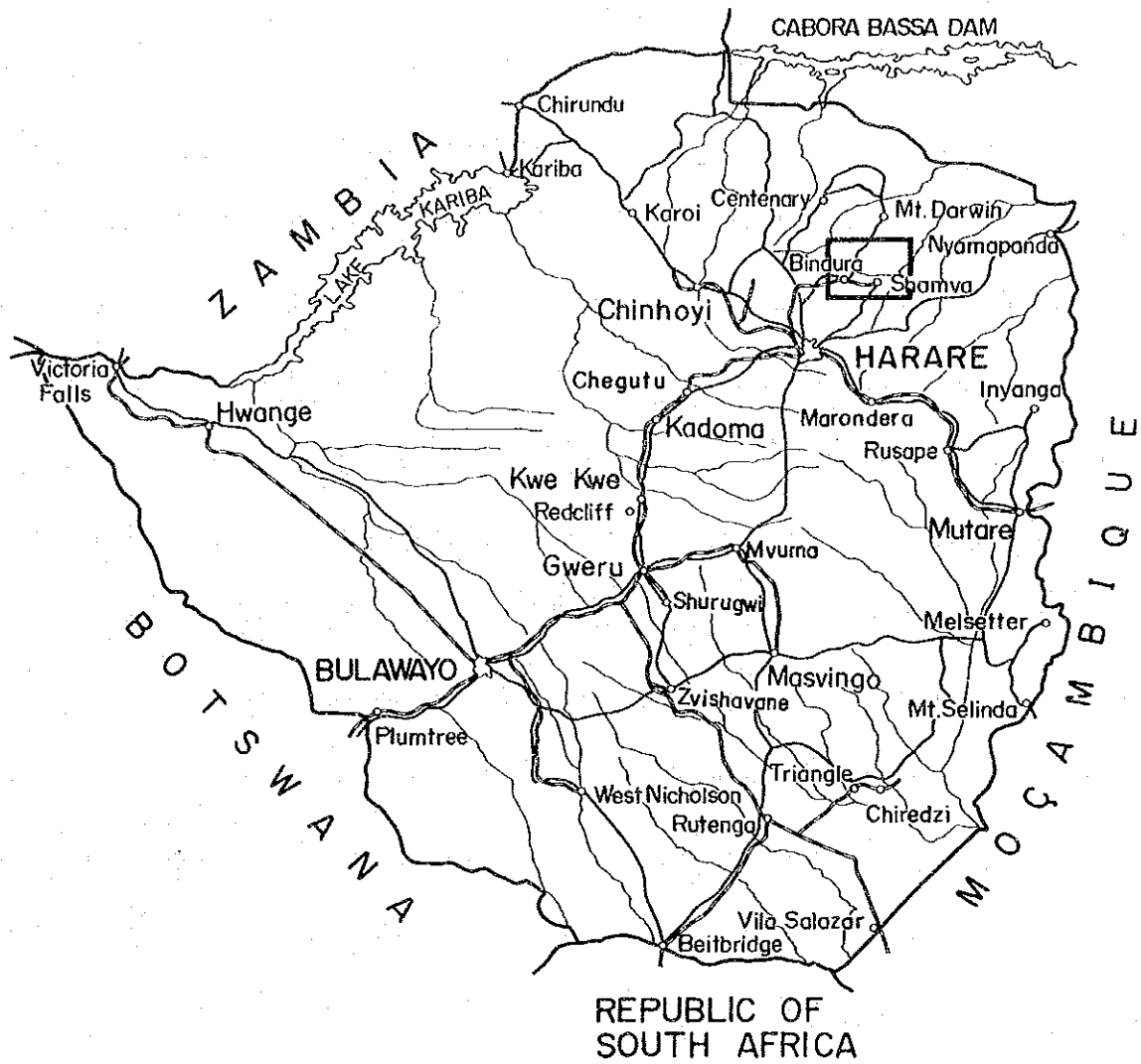
本報告書は第1年次の調査をとりまとめたもので、最終報告書の一部となるものである。


おわりに本調査の実施にあたって御協力をいただいたジンバブエ共和国政府関係者ならびに外務省、通商産業省、在ジンバブエ日本大使館及び関係各位の方々に衷心より感謝の意を表するものである。

昭和59年1月

国際協力事業団
総裁 有田圭輔

金属鉱業事業団
理事長 西家正起



 General Survey Area

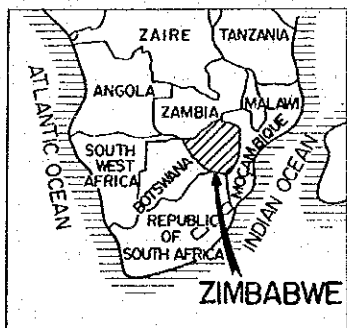


Fig. 1 Location Map of Shamva Area, ZIMBABWE

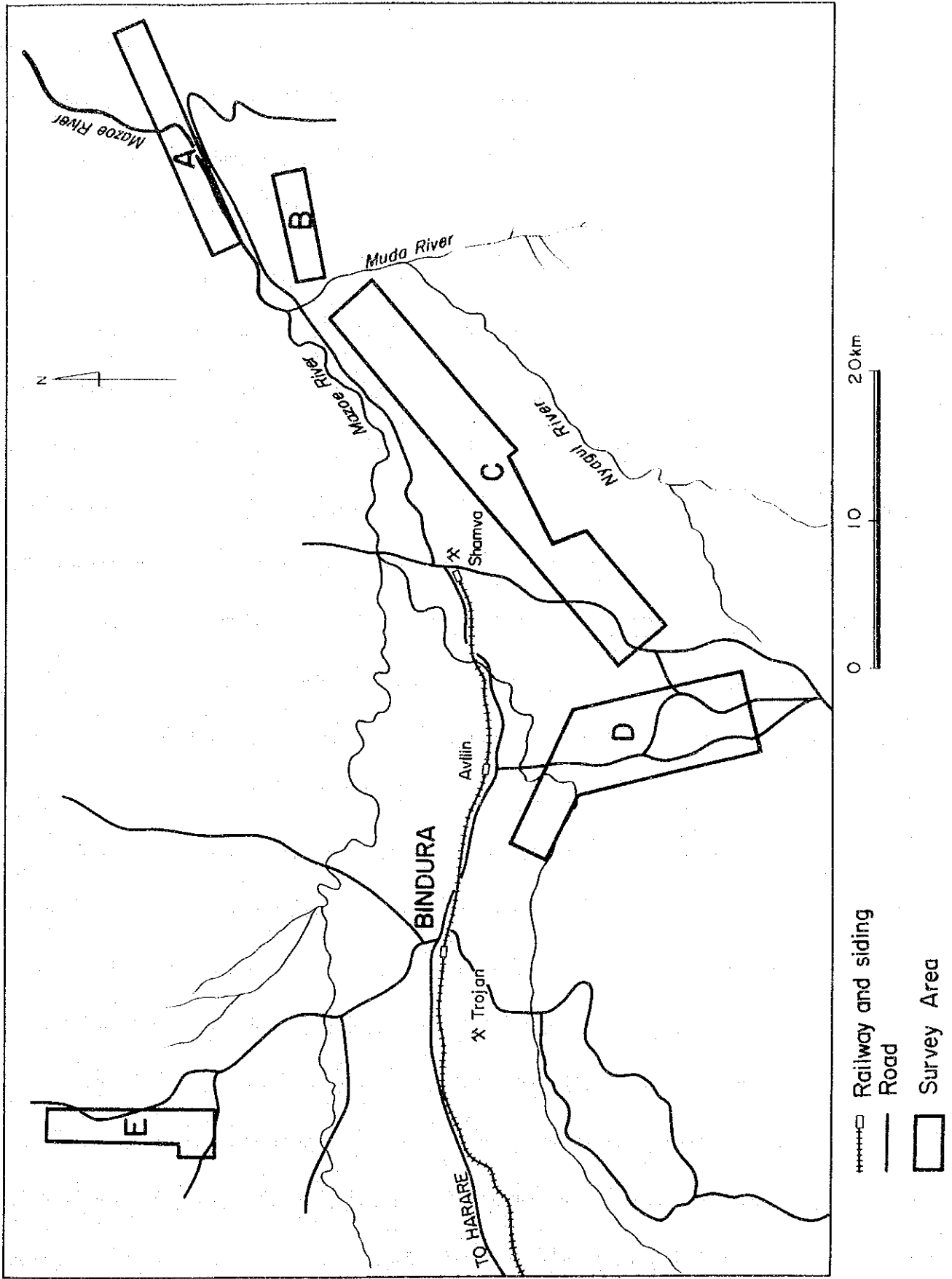


Fig. 2 Location Map of Survey Areas

要 約

要 約

ジンバブエ共和国シャムバ地域における第1年次調査は、ニッケル・銅硫化物鉱床を胚胎する超苦鉄質岩、及び錫、ニオブ、タンタルを胚胎するペグマタイト等の分布を明らかにし、地質構造と鉱化作用の関連を解明することにより、今後の探査指針を得ること及び有望地域を抽出することを目的として、地質調査と地化学探査を実施した。

調査地域は5地区に分けられ、その全面積は242km²である。地化学探査は全調査地区から4,501個の土壌試料を採取し、Au, Cu, Zn, Ni, Cr, Nbの各成分を分析し、さらにこのうち400個についてCo, Sn, As, Li, W, Pt, Be, Ce, S, Taの各成分を分析した。

現地における作業は昭和58年7月14日から同年9月19日の間に実施され、作業日数は68日であった。

調査地域はローデシア剛塊の一部を占め、始生界のBulawayan層群の緑色岩類を主要構成岩石とする。本層群中には、コマチアイト溶岩などの超苦鉄質岩と関係するニッケル鉱床(Trojan鉱床)、かつてTa, Sn, Wなどを対象として採掘されたペグマタイト鉱床、及び含金石英脈(Shamva鉱床)の存在が知られている。

以下にA～E各地区の調査結果の概要を述べる。

1. A 地 区

本地区は、主にBulawayan層群の下部緑色岩層によって占められ、一部には蛇紋岩やコマチアイトをレンズ状に挟在している。地区中央北部と東端には花崗岩質複合岩体があり、これと関連したペグマタイト脈が存在している。

地化学探査の結果は、地区中央部から西部にかけてCu, Zn, Ni, Crの4成分について蛇紋岩類と関係すると思われる弱い異常帯を検出した。Nbについては花崗岩類及びペグマタイトに起因した異常帯を認めた。

2. B 地 区

本地区はA地区と同様Bulawayan層群の上部緑色岩層によって占められ、一部には蛇紋岩、コマチアイトをレンズ状に挟在している。またペグマタイトが数か所に存在している。

地化学探査の結果は、地区中央部にZn, Ni, Crを主とする異常帯を、また地区東端にCu, Zn, Ni, Crの小規模な異常帯をそれぞれ検出した。前者はコマチアイトによる異常帯の可能性があり、後者は、蛇紋岩の分布と一致するので、これと関係する異常帯と考えられる。

3. C 地区

本地区は Bulawayan 層群の上部緑色岩層によって占められ、一部に蛇紋岩、コマチアイトが存在し、これらを買いて則粒玄武岩、斑れい岩の岩脈または岩株が各所に発達し、また、一部にペグマタイトも発達している。

地化学探査の結果は、地区の南西部において Cu, Zn, Ni, Cr の異常帯が重複して広く分布するのを認めた。この異常帯は蛇紋岩類の分布とおおむね一致していることから、ニッケル・銅鉱化作用と関係する可能性があり、有望な異常帯と判断する。Au については地区の北東部に広い異常帯が分布するが、これは付近に金鉱床があるための金の鉱化作用と関連したものと考えられる。

4. D 地区

本地区は主に Bulawayan 層群の下部及び上部緑色岩層によって占められるが、下部緑色岩層は地区の北西部の一部に存在するにすぎない。

本地区の上部緑色岩層は、Trojan 鉱山のニッケル・銅硫化物鉱床の胚胎層準に属し、特に蛇紋岩類が広く分布し、また縞状鉄岩も発達しており、鉱床の胚胎する地質環境もととのっている。

地化学探査の結果は、地区の南東部及び中央南寄りに蛇紋岩類の分布と一致して Cu, Zn, Ni, Cr の異常帯が重複して分布する。これらの異常帯は Cr, Ni が高いというばかりでなく、Cu, Zn の異常帯も共存するので、蛇紋岩類と関係するニッケル鉱床の胚胎に有望な地区と判断する。

Nb については地区南東端及び南西端に高い異常帯があり、これらは付近に貫入した花崗岩と関係した異常と判断される。

地区の中央部で稀元素の鉱化帯を対象として Co, Sn, As など 10 成分の分析を実施した。この結果 Sn の異常値が数点ペグマタイトの上にあられたほか、Ce, Li, Be, Co などペグマタイトの分布と一致して高い値を示している。この地帯はペグマタイト鉱床の下部の発展性について検討を要する。

5. E 地区

本地区は、Bulawayan 層群の下部及び上部緑色岩層によって占められるが、下部緑色岩層は地区の中央東部に局部的に存在するにすぎない。特に蛇紋岩の分布が広い。

地化学探査の結果は、この蛇紋岩類の分布とおおむね一致して Ni, Cr の異常帯を検出したが、Cu, Zn の異常は認められなかった。この異常帯は蛇紋岩類に由来したものと思われるが、その中で Ni の一段と高い異常帯も散在している。Au については地区全体に異常値が散在し

ているが、その中で特に地区の南西端の異常帯は、付近に金の小鉱山があるので金の鉱化作用と関連したものと判断される。

目 次

は し が き	
調 査 位 置 図	
要 約	1
総 論	
第 1 章 序 論	1
1-1 調査の経緯と目的	1
1-2 調査作業の概要	2
1-3 調査団の編成	3
第 2 章 調査地域の一般概要	5
2-1 位置・交通	5
2-2 地形・気候	5
2-3 調査地域の一般社会情勢	6
第 3 章 地質及び鉱床概要	9
3-1 地 質	9
3-2 造 山 帯	11
3-3 金 属 鉱 床	11
各 論	
第 I 部 地 質 調 査	
第 1 章 地 質 概 要	13
第 2 章 層 序	15
第 3 章 火 成 岩 類	17
3-1 超苦鉄質岩類	17
3-2 その他の溶岩類	19
3-3 花崗岩類及びペグマタイト	19
3-4 斑れい岩	20
3-5 粗粒玄武岩	20
第 4 章 地質構造及び変成作用	21
4-1 地 質 構 造	21
4-2 変 成 作 用	21
第 5 章 鉱 化 帯	23
5-1 金 鉱 化 帯	23

5-2	ニッケル 鉍化帯	24
5-3	ペグマタイト 鉍化帯	25
5-4	地質と 鉍化帯との関係	27
第6章 地区各論		31
6-1	A 地区	31
6-2	B 地区	31
6-3	C 地区	31
6-4	D 地区	32
6-5	E 地区	33
第Ⅱ部 地化学探査		
第1章 調査手法		35
1-1	土壤の採取及び処理	35
1-2	分析法	36
第2章 Au, Cu, Zn, Cr, Ni, Nb の分析結果の統計処理		37
2-1	分析値の標準統計量	37
2-2	指示元素間の相関	39
2-3	分析値の頻度分布及び相対累積度数分布	40
2-4	分析値の分帯	41
2-5	岩石と分析値との関係	42
第3章 主成分分析		43
3-1	主成分分析の方法	43
3-2	主成分分析結果	44
3-3	主成分得点の分帯	45
第4章 土壤の色調		47
第5章 Au, Cu, Zn, Cr, Ni, Nb についての総合判断		49
5-1	A 地区	49
5-2	B 地区	49
5-3	C 地区	49
5-4	D 地区	50
5-5	E 地区	51
5-6	Au 及び Nb の分析値について	51
第6章 Co, Sn, As, Li, W, Pt, Be, Ce, S, Ta の分析結果について		53
6-1	分析試料採取地域の抽出	53

6-2	分析値の標準統計量	53
6-3	分析値についての考察	54
結論と提言		
	調査の結論と第2年次調査への提言	55
1.	結 論	55
2.	第2年次への提言	57
	参 考 文 献	59

Figures

- Fig. 1 Location Map of Shamva Area, ZIMBABWE
- Fig. 2 Location Map of Survey Areas
- Fig. I-2-1 Schematic Geological Columnar Section of Shamva Area
- Fig. I-3-1 CaO-MgO-Al₂O₃ Diagrams of Komatiitic Rocks in the Survey Areas
- Fig. I-3-2 Al₂O₃ - (FeO+Fe₂O₃+TiO₂)-MgO Diagrams of Komatiitic Rocks in the Survey Areas
- Fig. I-3-3 Variation Diagrams of Some Elements versus MgO
- Fig. I-3-4 MgO versus TiO₂ (wt%) Diagram for the Lac Guyer Mafic and Ultramafic Volcanic Rocks
- Fig. I-4-1 Outline of Geological Structure of the General Area
- Fig. I-5-1 Mineral Occurrences in the General Area
- Fig. I-5-2 Schematic Geological Section of Trojan Mine Area
- Fig. I-6-1 Correlation of Geological Columns of Each Area
- Fig. II-2-1 Mean Value of Ultramafic, Mafic Rock and Soil Sample for Cu, Zn, Ni and Cr
- Fig. II-2-2 Histogram and Cumulative Frequency Distribution Curve for Cu, Zn, Ni and Cr in the Whole Survey Area
- Fig. II-2-3 Histogram and Cumulative Frequency Distribution Curve for Cu, Zn, Ni and Cr in "A" Area
- Fig. II-2-4 Histogram and Cumulative Frequency Distribution Curve for Cu, Zn, Ni, and Cr in "B" Area
- Fig. II-2-5 Histogram and Cumulative Frequency Distribution Curve for Cu, Zn, Ni and Cr in "C" Area
- Fig. II-2-6 Histogram and Cumulative Frequency Distribution Curve for Cu, Zn, Ni and Cr in "D" Area

- Fig. II-2-7 Histogram and Cumulative Frequency Distribution Curve for Cu, Zn, Ni and Cr in "E" Area
- Fig. II-2-8-1 Histogram and Cumulative Frequency Distribution Curve for Geochemical Cu Analysis in Each Rock Type Terrain
- Fig. II-2-8-2 Histogram and Cumulative Frequency Distribution Curve for Geochemical Cu Analysis in Each Rock Type Terrain
- Fig. II-2-9-1 Histogram and Cumulative Frequency Distribution Curve for Geochemical Zn Analysis in Each Rock Type Terrain
- Fig. II-2-9-2 Histogram and Cumulative Frequency Distribution Curve for Geochemical Zn Analysis in Each Rock Type Terrain
- Fig. II-2-10-1 Histogram and Cumulative Frequency Distribution Curve for Geochemical Ni Analysis in Each Rock Type Terrain
- Fig. II-2-10-2 Histogram and Cumulative Frequency Distribution Curve for Geochemical Ni Analysis in Each Rock Type Terrain
- Fig. II-2-11-1 Histogram and Cumulative Frequency Distribution Curve for Geochemical Cr Analysis in Each Rock Type Terrain
- Fig. II-2-11-2 Histogram and Cumulative Frequency Distribution Curve for Geochemical Cr Analysis in Each Rock Type Terrain
- Fig. II-3-1 Histogram and Cumulative Frequency Distribution Curve of Scores for Z_1 and Z_2 of Principal Component Analysis in the Whole Survey Area

Tables

Table 1	List of Samples
Table I-3-1	Results of Whole Rock Analysis (10 samples)
Table I-3-2	Correlation Coefficient Matrix of 100 Komatiitic Rocks
Table I-5-1	Results of X-ray Diffraction Test
Table II-1-1	Statistics of Soil Sampling
Table II-2-1	Fundamental Statistics of Analytical Results (6 Elements)
Table II-2-2	Content of Several Elements in Various Rocks and Soils
Table II-2-3	Correlation Coefficients and Significance Test
Table II-2-4	Correlation Coefficients and Significance Test (in Logarithm)
Table II-2-5	Zoning of Analytical Values
Table II-2-6	Thresholds and Zoning of Anomalies
Table II-2-7	Fundamental Statistics for Each Rock
Table II-3-1	Results of Principal Component Analysis of Analytical Values
Table II-3-2	Zoning of Principal Component Scores
Table II-3-3	Thresholds and Zoning of Principal Component Scores
Table II-4-1	MgO, Cu, Ni and Cr Contents in Serpentinities in "E" Area
Table II-6-1	Fundamental Statistics of Analytical Results (9 Elements)

Plates

- PL. I-3-1 Geological Map of "A", "B" and "C" Areas
- PL. I-3-2 Geological Map of "D" and "E" Areas
- PL. I-3-3 Geological Sections of Survey Areas
- PL. I-3-4 Location Map of Specimens for Laboratory Works in "A",
"B" and "C" Areas
- PL. I-3-5 Location Map of Specimens for Laboratory Works in "D" and
"E" Areas
- PL. I-5-1 Location Map of Mineral Occurrences in the Whole Survey
Area
- PL. II-1-1 Location Map of Soil Samples in "A", "B" and "C" Areas
- PL. II-1-2 Location Map of Soil Samples in "D" and "E" Areas
- PL. II-2-1 Geochemical Maps for Cu, Zn, Ni and Cr in "A" Area
- PL. II-2-2 Geochemical Maps for Cu, Zn, Ni and Cr in "B" Area
- PL. II-2-3 Geochemical Maps for Cu, Zn, Ni and Cr in "C" Area
- PL. II-2-4 Geochemical Maps for Cu, Zn, Ni and Cr in "D" Area
- PL. II-2-5 Geochemical Maps for Cu, Zn, Ni and Cr in "E" Area
- PL. II-2-6 Geochemical Maps for Au in "A", "B" and "C" Areas
- PL. II-2-7 Geochemical Maps for Au in "D" and "E" Areas
- PL. II-2-8 Geochemical Maps for Nb in "A", "B" and "C" Areas
- PL. II-2-9 Geochemical Maps for Nb in "D" and "E" Areas
- PL. II-3-1 Maps of Principal Component Analysis in "A", "B" and "C"
Areas (Z_1)
- PL. II-3-2 Maps of Principal Component Analysis in "A", "B" and "C"
Areas (Z_2)
- PL. II-3-3 Maps of Principal Component Analysis in "D" and "E" Areas
(Z_1)

- PL. II-3-4 Maps of Principal Component Analysis in "D" and "E" Areas
 (Z₂)
- PL. II-4-1 Maps of Soil color in "A", "B" and "C" Areas
- PL. II-4-2 Maps of Soil Color in "D" and "E" Areas
- PL. II-6-1 Geochemical Maps for Co, Sn, As, Li, Pt, Be, Ce, S and Ta
 in "C" and "D" Areas

Appendices

- Appendix 1 Results of Geochemical Analysis for Au, Nb, Cu, Zn, Ni and Cr
- Appendix 2 Results of Geochemical Analysis for Co, Sn, W, Ta, Ce, As, S, Li, Be and Pt
- Appendix 3 Results of Microscopic Observation of Thin Sections
- Appendix 4 Results of Microscopic Observation of Polished Sections
- Appendix 5 Photomicrographs
- Appendix 6 Results of Chemical Analysis of Ore Samples (45 Samples)
- Appendix 7 Results of Whole Rock Analysis of Komatiitic Rocks (100 Samples)

總論

第 1 章 序 論

1-1 調査の経緯と目的

ジンバブエ共和国はアフリカ大陸の南部にある内陸国であり、種々の歴史的経緯を経て、1980年4月18日に新生ジンバブエ共和国が誕生した。同国の経済は、南アフリカに次いで比較的安定した経済状態を保っており、経済成長率4~5%を達成している。基幹産業は農業、鉱業及び工業で、1982年のGDPに占める割合はそれぞれ17.8%、5.2%、及び26.5%である。一方外貨収入の面では農業、鉱業及び工業の占める割合はそれぞれ33%、45%及び18.5%で、一次産品に対する依存度が高い。

ジンバブエ共和国は、国の大半が先カンブリア時代の剛塊からなる地質的条件を有し、豊富な鉱物資源に恵まれ、実に40種類以上の鉱産物を産する。なかでも金、クロム、石綿、ニッケル、銅及び石炭は同国の6大鉱産物であり、この他にリチウム、ベリリウム、タングステン、コランダム、プラチナ、銀、鉄、黒鉛、燐鉱石も重要な産物である。

鉱業部門の国内総生産額は、1982年には工業、農業について第3位で5.2%を占め、鉱産物のほとんどは輸出され、外貨収入の45%を占めている。こうした鉱業の重要性を背景として、1981年4月Mugabe(ムガベ)首相が来日した際、ジンバブエにおける地下資源の調査開発について、我国の積極的な技術協力が要請された。その後金属鉱業事業団は、1981年7月にナイロビ駐在の海外調査員を同国に派遣し、同国鉱山省に対し我国の資源開発協力基礎調査の制度を説明した。これに対してジンバブエ側は、本調査制度に強い関心を示し、1982年4月SHAMVA, HARARE, CHAKALI and KADOMA WEST, BULAWAYO及びMACDOUGALLの5地域についての資源開発協力基礎調査の実施を正式に要請してきた。また、1982年5月にジンバブエ鉱山省Usheokunze(ウシオクンゼ)次官が来日し、資源開発協力基礎調査の実施を再度要請した。日本政府は、これをうけて要請地域の資源開発協力基礎調査プロジェクト選定調査団を1982年11月に派遣した。その結果SHAMVA地域が選定され、この地域内の地質的に有望とみられる5地区が抽出された。1983年4月29日付で国際協力事業団及び金属鉱業事業団は同国鉱山省地質調査局とプロジェクトに関する作業協定を調印し、この地域に対し資源開発協力基礎調査を実施することになった。

本調査の目的は、ジンバブエ共和国SHAMVA地域において詳細な地質状況を解明することにより、鉱床賦存状況を把握することであり、本年度はその第1年度として、ニッケル・銅鉱床を胚胎する超苦鉄質岩及び金、錫、ニオブ、タンタル鉱床を胚胎するペグマタイトなどの分布状況を明らかにし、地質構造と鉱化作用との関連を解明することにより、今後の探査指針を得ると同時に有望地区を抽出することを目的とし、地質調査及び地化学探査を実施することになった。

1-2 調査作業の概要

地質調査は、250km²について実施する予定であったが、調査地域内にポリスセンターの射撃訓練場があり、このうち立入危険区域を除く242km²を対象とした。地質調査は地化学探査と同じルートを踏査し、縮尺1:25,000のルートマップ及び地質図を作成した。

地化学探査は、地質調査と併行して実施し採試線間隔300m、採試点間隔200mで土壌試料の採取を原則とし、超苦鉄質岩もしくは鉍化帯と思われる地域では、50mの採試点間隔で実施した。

なお、第四紀層及び農耕地などの部分は地化学探査上不適当であるので試料は採取しなかった。分析に供された土壌試料は4,501個である。以上の採取地点はPL.1-1-1~2に示してある。

調査期間は日本出発から日本帰国まで78日間で、現地での地質調査及び地化学探査に要した作業日数は7月14日から9月19日まで68日間であった。調査に際しては、現地で得た諸資料を調査中に活用するとともに、調査結果の解釈にも十分に活用した。

調査に際しては、室内実験に供するために下表の試料を採取した。

Table 1 List of Samples

	Elements	Number of Samples
Thin Section		100
Polished Section		20
X-ray Deffraction Analysis		10
Chemical Analysis of Rocks	SiO ₂ , CaO, Na ₂ O, Fe ₂ O ₃ , MnO, P ₂ O ₅ , LOI, Al ₂ O ₃ , MgO, K ₂ O, FeO, TiO ₂ , BaO	10
Chemical Analysis of Rocks	SiO ₂ , CaO, Na ₂ O, Fe ₂ O, MnO, P ₂ O ₅ , LOI, Al ₂ O ₃ , MgO, K ₂ O, FeO, TiO ₂ , BaO, Ni, Cu, S, Co, Cr	100
Chemical Analysis of Ore	Au, Cu, Zn, Ni	20
Chemical Analysis of Ore	Nb, Ta, Sn, W	20
Chemical Analysis of Ore	Cr, Fe	5

1-3 調査団の編成

現地調査はジンバブエ共和国鉱山省地質局の協力を得て実施された。現場での作業については地質調査局から常時1名のカウンターパートが派遣され、日本側調査員とともに調査作業に参加し、調査は友好裡に実施された。本調査に参加した調査員は下記のとおりである。

(1) 事前調査・協定折衝

日本側

Makoto Ishida
石 田 真 金属鉱業事業団

Ken Nakayama
中 山 健 金属鉱業事業団

Tadaaki Ezawa
江 沢 忠 昭 国際協力事業団

Seiichi Mizusawa
水 沢 誠 一 通商産業省資源エネルギー庁

ジンバブエ側

E. R. Morrison 鉱山省地質調査局

D. E. H. Murangari 鉱山省地質調査局

C. B. Anderson 鉱山省地質調査局

(2) 現 地 調 査

日本側調査員

Ken Nakayama
中 山 健 金属鉱業事業団
調 整

Takahisa Yamamoto
山 本 恭 久 金属鉱業事業団
調 整

Hiroji Kuronuma
団長 黒 沼 廣 治 同和工管株式会社
地質・地化学探査

Akiyoshi Komura
团员 香 村 明 美
地質・地化学探査

同和工営株式会社

Kazuyoshi Masubuchi
増 湖 和 芳
地質・地化学探査

同和工営株式会社

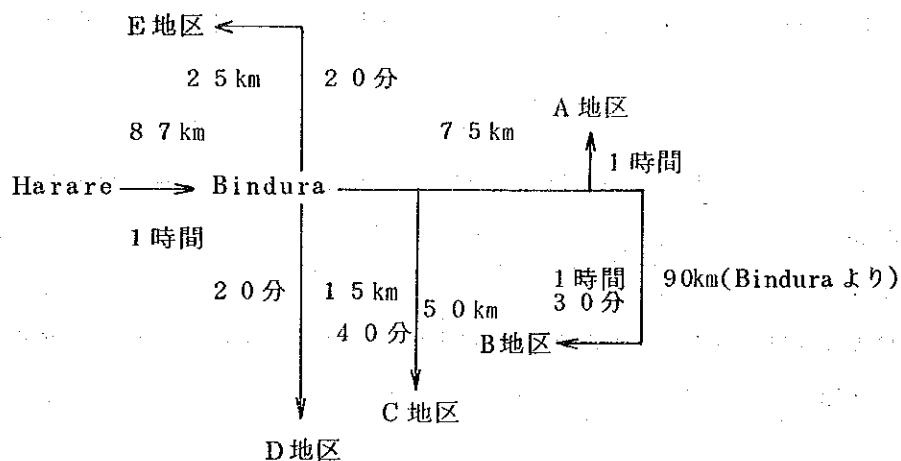
ジンバブエ側調査員
Owen Nyamana

鉦山省地質調査局

第2章 調査地域の一般概要

2-1 位置・交通

調査地域は、首都Harareの北東直距離約70kmの地点にあるBinduraを中心とする地域で、ジンバブエ政府発行の1:250,000の地形図ではMTOKO(SE-36-6), SALISBURY(SE-36-5)の図幅に入る。Harareから本地域までの交通は自動車を利用され、Harare-Bindura-Shamva間は舗装道路となっており交通は便利である。



BinduraからA, B, C, D, E各地区までの距離及び自動車による所要時間は上記のとおりであるが、これらは地区のほぼ中心部までである。A, B, C, の3地区については、自動車が調査地域に入れず途中徒歩によらなければならない不便な場所があった。Binduraから調査地までの距離はB地区が最も遠く、A地区に入る道路を北上し、A地区を通過して南下してB地区に達する状況であった。

2-2 地形・気候

調査地域はジンバブエ共和国の高地帯に属し、標高800m以上である。地形は一般に地質を反映し、玄武岩質もしくは安山岩質苦鉄質岩類、超苦鉄質岩、縞状鉄石などが分布する地域は地層の歩向に平行して走る比高200m~300m程度の細長い山地となっている。この細長い山地と山地との間に第四紀層が発達し、肥沃な農耕地となっている。また、これらの山地には5~6m程度の灌木が繁茂している。これに対して、花崗岩地帯は円丘状の山地を形成しており、玄武岩質もしくは安山岩質苦鉄質岩、或いは縞状鉄岩の分布する地域とは対照的な地形となっている。調査地域のなかで、A, B, Cの3地区の地形が急峻であり、斜面の傾斜が30度を越すような急傾斜を示す箇所もあった。D, E地区においては、蛇紋岩の分布する地域が小丘状の地形となって地層の走向に沿って発達しているが、比高がA, B, Cの3地区

に比較して低く平坦地が多い。

調査地域はMazoe(マゾエ)川の流域となっており、地域内では北東方向に流下している。

Mazoe川はBindura, Shamva付近では多数の支流に分かれているが、A地区付近ではこれらがまとまり、川幅も広くなり100mに達するところもあった。調査時は7月～9月の乾期であったが年間を通じて水が枯れることはないということである。

調査地域の気候は、緯度が南緯17度から18度の間にあるため低地であれば熱帯地域に属するが、調査地域の標高が1,000mを越える高地であるため朝、晩は涼しくなり凌ぎ易い。乾期と雨期とが明瞭に分けられ、乾期は5月から10月まで、雨期は11月から3月までである。

調査時は乾期でかつ冬季の最中であるため、日中は25～30度C、夜、特に早朝は17～18度前後の気温で、日中はやや暑さを感じるが、夜間は涼しかった。また、乾期であるため調査期間を通じ一日降雨があった程度で調査には極めて好都合であった。当地域の雨量は年間700mm～900mmといわれるが、降雨は11月中旬から4月までに集中し、5月以降は前述のような晴天が続く。調査時には蚊もいない状態で南緯17度という緯度を考慮に入れば気候は極めて良好であるといえる。

2-3 調査地域の一般社会情勢

ジンバブエ共和国は、1980年に念願の独立を果たした国であるが、それまでにはあらゆる面にわたって少数白人支配の影響をうけていた。独立後は、白人とアフリカ人とが共同してジンバブエ共和国の発展に寄与するような穏健な政策がとられているため、白人とアフリカ人との対立がなく現在は共存し、内政的には平和が維持されている。他面、アフリカ人社会内部において部族間の対立がある。ジンバブエのアフリカ人は、多数派で人口の74%を占めるショナ族と、少数派のマタベレ族に大別されるが、両者間に対立がある。南部のBlawayo(ブラワヨ)付近ではマタベレ族のゲリラ活動があるということであったが、その地域を除いてはおおむね平穏で、特に調査地域はBulawayoからは離れており、首都にも近く、治安上の問題は全然なかった。

調査地域の産業は農業及び鉱業である。農業はBinduraを中心として行われているがA、B地区などの遠隔地の農業は、アフリカ人により山地と山地の平地に沿って小規模でかつ原始的な生産方式で行われているに過ぎないが、C、D、E地区付近では農業機械を利用した近代的農法によって大規模に耕作されている。作物の大部分は、とうもろこし、葉たばこ、綿花などを主とし、一部にコーヒー、柑橘類、野菜などが作られている。また、比較的傾斜の少ない山地を利用して牧畜が行われ、温和な気候、豊富な飼料のため牛の発育がよく、肉質もすぐれているということである。

鉱業は、Binduraから南西約5kmの地点にニッケル、銅の鉱山であるTrojan（トロージャン）鉱山があり、東方約20kmには金を産出するShamva鉱山があり、さらにその付近には小企業の金鉱山が多数あって、調査地域付近の経済に寄与している。調査地付近には以上のような産業があるにもかかわらず、まだ生活のレベルが低く、雇用の機会が少なく、調査団が人夫を募集した際には容易に労働力を確保することができた。しかし、アフリカ人の労働意欲や業務遂行の能力は、アフリカの基準で計れば非常に高く、教育水準が上れば管理能力、技術力を備えた人材を得ることが容易となることであろう。ジンバブエ共和国では現在教育に力を注いでおり、調査地域内でも、辺鄙な地区であるA地区、B地区に学校があり、初等教育が熱心に行われていた。

調査地域のインフラストラクチャーの現状については、位置・交通の項で述べたように主要幹線道路はアスファルト舗装道路となっており、また各部落間をつなぐ道路も発達しており、交通については比較的良好である。

通信方法については、Binduraに郵便局があり、国内外への交信が可能で便利である。電話はBindura市内はダイヤル通話が可能であるが、Harareとの間では交換手経由の通話ができる。

電力については、Binduraや大鉱山の周辺及び大農場には電力が供給され、Bindura周辺の住宅地では問題はなく、他の多くのアフリカ近隣諸国と比較すれば電力条件は良好といえる。ただし、調査地域で試錐を実施するような場合は直ちに随所で電力が得られるような状態ではない。

Binduraは調査地域の商業、農業の中心地でもあり、農業生産機械類に関する機材の調達も容易で、これらの店舗も多い。また、一般消費材、食料、衣材などの店舗もあり、一般物質の調達には事欠かない。ホテル、銀行もある。今回の調査にはこのホテルを基地とした。また旅行小切手の米ドルからジンバブエドルへの交換などはBinduraの銀行を通じて行うことができた。

以上のように、調査地域の一般社情勢は良好で、特に調査について問題となる点は認められなかった。

第3章 地質及び鉱床概要

3-1 地 質

ジンバブエ共和国の地質は、同国南部のボツワナとの国境近くにある Plumtree (プラムトリー) から Chinhoyi (チノイ) 北方の Zambezi (ザンベジ) 川の近くを結ぶ線で2つの部分に大別される。この線の東側は、花崗岩、片麻岩及び混成岩からなるグループと緑色岩からなるグループとで構成され、著名なローデシア剛塊を形成する。ローデシア剛塊は始生代の安定地塊で36億年前から26億年前に生成された諸岩石で構成されている。本剛塊は南方の Kaapvaal (カープフェール) 剛塊から Limpopo (リンポポ) 造山帯によって分離され、北方及び東方にかけては Zambezi 造山帯及び Mozambique (モザンビーク) 造山帯が発達している。このローデシア剛塊を覆って、ジンバブエ南東部及び北西部においては Karoo (カルー) 系 (上部石炭紀～下部ジュラ紀) 及び白亜系が発達している。

ローデシア剛塊の緑色岩から構成されるグループは、下位から Sebakwian 層群, Bulawayan 層群及び Shamvaian 層群に分けられ、広域的な複向斜構造を形成する。

Sebakwian 層群:

本層群は露出する箇所が少なく、剛塊の南中央部にのみ分布している。所によりやや高度の変成作用を受け、超苦鉄質岩、緑色岩、珪長質岩、角閃片岩、珪長質岩及び時代未詳の片麻岩類を伴っているが、上部の Bulawayan 層群とは比較的類似した岩相を示す。緑色岩中の捕獲岩の片麻岩の年代は35億年前を示す。

Bulawayan 層群:

本層群はローデシア剛塊中の各所に分布し、特に Bulawayo, Kwe Kwe (ケ・ケ), Harare 北方から Shamva 付近にかけて断続的に分布している。岩相は変成した玄武岩～安山岩溶岩を主とし、その下部では変堆積岩類 (珪岩、礫岩) 及び超苦鉄質岩から構成され、下位の Sebakwian 層群とは不整合で接する。現在は上記のような限られた地域のみ分布しているが、以前には広く分布していたものと考えられ、これより若い花崗岩の貫入などによって分布が規制されている。本層群の層厚は15,000mと推定され、玄武岩の年代側定によれば本層群の堆積の時代は約27億年前とされている。

本層群はさらに下部層と上部層とに分類されている。下部 Bulawayan 層は Belinque (ベリングウエ) 付近が標式地とされており、層厚数千mである。最下部は片麻岩と共に褶曲した角閃岩で、ほかには珪岩、グリッド、礫岩、縞状鉄岩、千枚岩などから構成され、さらに上部に向かいマグネシウム含有量の多い玄武岩に移行する。玄武岩は部分的には枕状溶岩で、最上部には枕状玄武岩とスピニフィックス組織を有している玄武岩及び超苦鉄質岩から構成され、これらの火山岩を覆って最上部に厚い礫層と珪質の集塊岩が堆積している。Shamva 付近では一

般に火山碎屑岩に富んでおり、Ironmask層と称されている。

これに対して、上部Bulawayan層は一般に苦鉄質溶岩、超苦鉄質岩、酸性溶岩、凝灰岩、縞状鉄岩、石灰岩及び一部堆積岩などから構成されている。苦鉄質岩は玄武岩、超苦鉄質岩は蛇紋岩やかんらん岩などからなる。スピニフィックス組織を有する超苦鉄質岩も発達し、また枕状溶岩も含まれる。上部Bulawayan層は鉍物資源を胚胎することが多く、重要であり、ニッケル・銅鉍床は本層中のスピニフィックス組織を有する苦鉄質岩、もしくは超苦鉄質岩中に胚胎している。

Shamvian層群：

本層群はBulawayan層群とは不整合で接し、変アルコース、変グレーワック、千枚岩、礫岩などからなり、縞状鉄岩を伴うことがある。本層群の分布はBulawayan層群に比べて狭く、Bulawayan層群に取り囲まれて向斜の軸部に分布する。本層群はShamva, Kwe Kwe, Masvingo (マスビンゴ)付近に分布している。標式地のShamva付近から離れるにしたがって、特に南部に向かい砂質となっている。全体は主としてアダメライト質花崗岩の貫入によって変成作用をうけている。本層群は、局所的な浅い堆積盆地に堆積したため、Bulawayan層群よりもはるかに狭い分布を示すといわれている。

花崗岩類：

ローデシア剛塊の大部分を占める花崗岩類は、トーナライト質の成分を有する古期片麻岩コンプレックスと、これより新しい花崗岩とからなる。古期片麻岩は、緑色岩の堆積に対して基盤となっているもので、その年代は35億年前とされている。花崗岩の年代は最も若いもので26.5億年前とされており、これらの花崗岩は緑色岩類の堆積中から堆積後にかけて種々の時代に基盤が再活動し、貫入した再動岩体である。

グレート・ダイク：

古期片麻岩及び花崗岩の分布する区域の西部で、当国のほぼ中央部には、特徴的な貫入岩体がみられ、その形状からGreat Dykeと称されている。本貫入岩は、世界で最も長く分布する超苦鉄質岩からなる層状の分化岩体であり、NNE-SSW方向に540km連続し、その幅は約3~11kmである。この岩体は本質的には岩脈ではなく、長く伸長した四枚のロボリス状の複合岩体からなっている。貫入の時期については約25億年前とされており、緑色岩、花崗岩、片麻岩類を切っている。

カルー層：

これらの基盤岩を覆って二畳紀からジュラ紀にわたる堆積岩及び玄武岩溶岩類が発達するが、その大部分はPlumtree (プラムトゥリー) からChinhoyiにかけた線の西部に分布している。

3-2 造山帯

ジンバブエにおける造山帯は Limpopo, Mozambique 及び Zambezi の3帯があり、いずれも先カンブリア時代のものである。

Limpopo 造山帯：

本帯はジンバブエの南東部、南アフリカとの国境付近に発達し、ENE-WSW 方向に伸びている。その幅は約300kmで、延長は約600kmであり、東はMozambique帯で切られ、西はボツワナで消失しているが、恐らくKalahari(カラハリ)砂漠により覆われているものと考えられている。岩石は主として片麻岩類の高変成岩類(27±2億年)から構成されているが、緑色岩とその基盤岩とが高度に変成されたもので、剛塊と造山帯の間には基本的な構造上及び層序上の間隙はなく、剛塊の岩石が連続していたものとされている。またGreat Dykeの支脈岩体がこの造山帯を切っており、26億年前に造山運動は終わったものとされている。

Mozambique及びZambezi 造山帯：

両者とも汎アフリカ造山帯の一部で、Zambezi 造山帯はMozambique 造山帯の分岐したものであり、いずれも高度の変成岩(放射年代6±2億年)からなる。ジンバブエでは、Mozambique 造山帯は東端のモザンビーク共和国の国境沿いにはほぼ南北に走っている。同帯のアフリカ全域の年代測定によれば、変動時期は8.35億年、6.5億年、4.8億年の3時期に集中し、多輪廻的な変動を示していることが知られている。

Zambezi 造山帯は当国の北西~北東端のZambezi 川沿いにみられ、Hwange(ワンゲ)からKariba(カリバ)へ、さらにNyamapanda(ヤマパンダ)に至りその延長は900kmである。

3-3 金属鉱床

ジンバブエにおける金属鉱床は、地質的特徴から、主なものとして、金、ニッケル、銅、クロム、錫、タンタル、鉄などがある。金鉱床は、主として緑色岩帯や花崗岩類中に熱水性鉱脈型鉱床として胚胎している。ニッケル及び銅鉱床は、超苦鉄質岩と密接な関係を有し、蛇紋岩または斑れい岩などを母岩として胚胎しているが、すべてのニッケル鉱床が一定の地質環境で生成されたものではない。多くは上部Bulawayan層中に胚胎し、鉱体は塊状で、極めて微量の黄銅鉱を伴うが、主として磁硫鉄鉱及び硫鉄ニッケル鉱から構成される。ニッケル・銅比率は1.5:1前後である。一方、古期の花崗片麻岩中の斑れい岩質分化岩中であって、硫化物から構成されているMadziwa(マジワ)鉱体のような鉱床も存在している。また、銅は金の熱水鉱床に伴って産出される場合もある。

タングステンは、基盤岩中の含金石英脈に伴われた灰重石から産出する。錫、タンタルは主にペグマタイト中に胚胎する。鉄の主要鉱床は、すべて始生代の緑色岩帯中に賦存し、縞状鉄

鉍層または含鉄チャート中に濃集した赤鉄鉍として産し、その他は褐鉄鉍として産出する。

各種金属鉍物中でも重要な位置を占めるクロムはポディフォーム (Podiform, 小塊状レンズ状形体) の鉍床と層状の鉍床に分類され、前者は緑色岩中に、後者は Great dyke 中に胚胎しているが、ポディフォーム状鉍床の生成年代は Great dyke の併入前であり、Shurugwi (セルケ) 地域に発達している。Great dyke 中の鉍体は、一般的に、各クロム層は約 10cm の累層よりなる。ジンバブエは世界有数の高品位クロム鉍の埋蔵鉍量を有する国として知られている。

石綿は Harare 北部の Great dyke 断層帯にある Ethel (エセル) 鉍山を除いては Sebakwian または Bulawayan 層群の超苦鉄質岩から産出し、この国の重要な鉍産物の 1 つとなっている。

各 論

第I部 地質調查

第1章 地質概要

本地域は、始生代に属する Mazoe-Shamva 緑色岩帯の東部に依置する。地域の大部分は、苦鉄質火山岩類を主とするが、この中には一部流紋岩からコマチアイトに至る各種の火山岩も含まれている。これら火山岩類は、同岩類に伴う火砕岩類や、縞状鉄岩、石灰岩などの堆積岩類を挟在する。緑色岩帯の諸岩石は、石英脈、ペグマタイト、斑れい岩、粗粒玄武岩などの岩脈によって貫かれている。

本地域の南西端には Chindamora (チンダラモーラ) 花崗岩底盤の縁辺部が露出するが、この部分は底盤の後期の活動に属し、緑色岩帯への貫入部とされている。地域の北東部、北西部には、他の花崗岩体の縁辺部が露出し、緑色岩帯との関係は、Chindamora 底盤のそれと同様である。

これらの花崗岩類は、緑色岩帯全般が受けている緑れん石・角閃岩～角閃岩相に属する広域変成作用の上に、部分的に接触変成作用を与えている。

緑色岩帯の伸びの方向は、全般に東-西であるが、地域東部では北東-南西を、西部では北西-南東を示す。緑色岩帯は、地域の中央を東西に走る向斜軸に沿って強い褶曲を受け、大きな向斜構造を形成している。また、花崗岩体から周辺に向けて発達する多くの断層が上述の地層を切っている。

なお、地質概要図を後出の Fig. 1-4-1 に示す。

第 2 章 層 序

Mazoe-Shamva 緑色岩帯は、始生代の Bulawayan 層群と Shamvaian 層群に属し、強い褶曲と緑色片岩相に属する広域変成作用とを受けた火山岩類と堆積岩類とからなる東西に伸びた弧状の地帯である。その南部と北部は、花崗岩体によって境されている。

本地域の緑色岩帯の地質層序は、次のようにされている。(J. G. Stagman, et al. 1978)

層 群	層	岩 相
Shamvaian		粘土質～礫岩質堆積岩類, 火砕岩類
Bulawayan	{	上部緑色岩 ----- 苦鉄質火山岩類, 蛇紋岩, 火砕岩類, 縞状 (上部 Bulawayan) 鉄岩, 石灰岩など
		下部緑色岩 ----- 珩長質～苦鉄質火砕岩類, 砂岩, (下部 Bulawayan) 縞状鉄岩, 石灰岩など

Bulawayan 層群の下部緑色岩層は、本地域の緑色岩帯の最下底を構成するもので、地域の南西端、Chindamora 底盤の縁辺部に発達する。本層は主に珩長質～苦鉄質火砕岩類, 砂岩, 石灰岩, 縞状鉄岩(酸化鉄や凝灰質薄層を挟むチャート)からなる。地域内では層厚約 1000m 以内である。

Bulawayan 層群上部緑色層は、下部緑色岩層を軽度の不整合に覆い、本地域に最も広く分布する。主な構成岩石は、安山岩質～玄武岩質～コマチアイト質火山岩類, 同火砕岩類, 縞状鉄岩, 石灰岩などである。地域内では層厚約 5,000 m 以内である。

Shamvaian 層群は、地域の中央に東西に延びて分布する。その南北には下位の Bulawayan 層群が分布し、Shamvaian 層群の中心を通り東西に延びる向斜軸を形成している。本層群の岩石は、砂岩, 頁岩, 多種の礫からなる礫岩, 珩長質～苦鉄質火砕岩などからなる。地域内の層厚は約 7,000 m 以内である。本地域の模式層序を Fig. I-2-1 に示す。

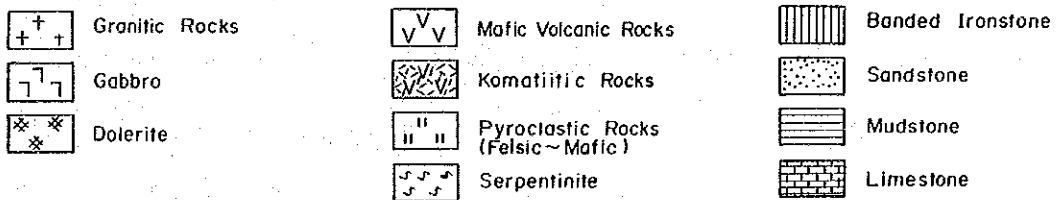
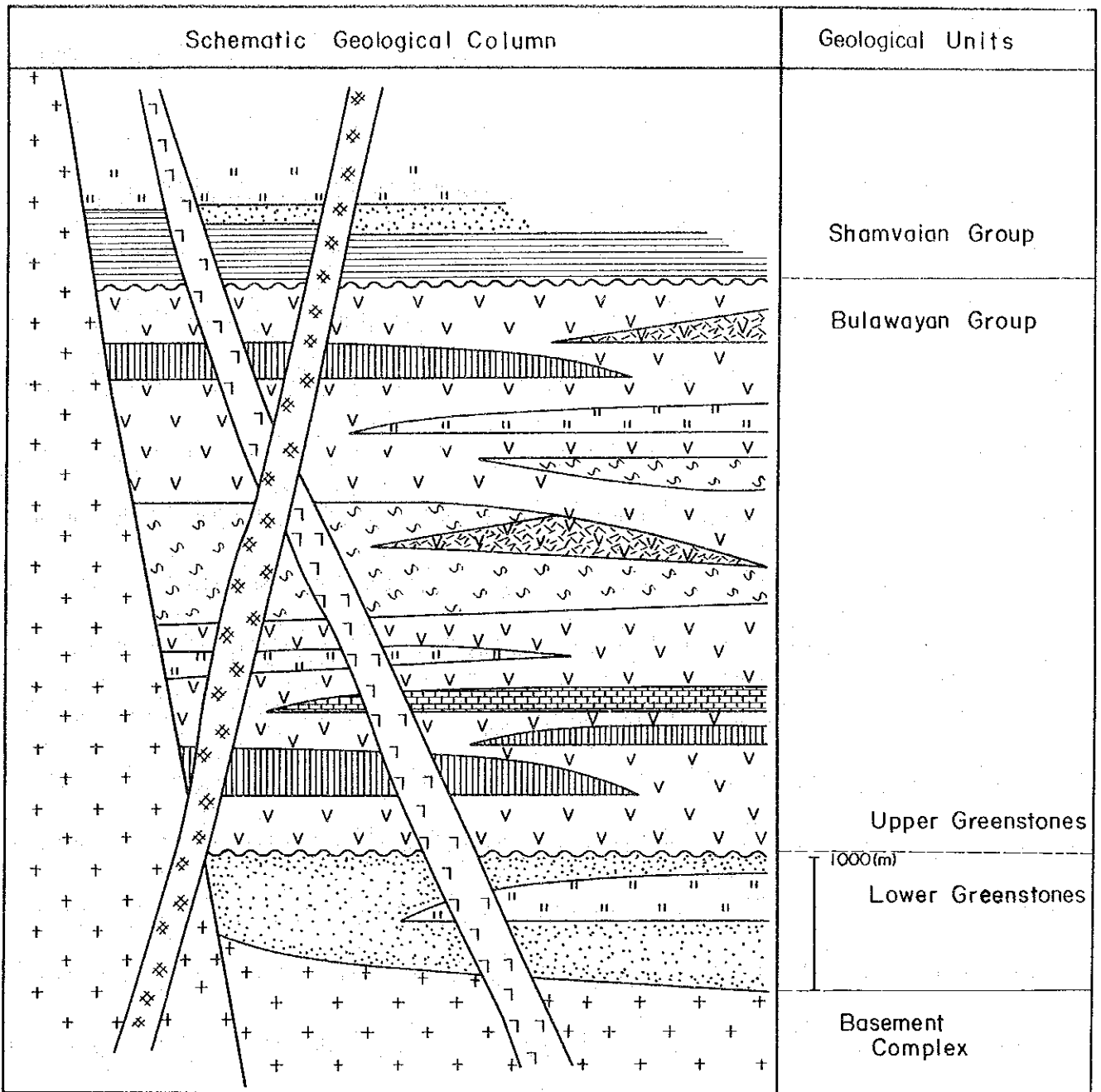


Fig.I-2-1 Schematic Geological Columnar Section of Shamva Area

第3章 火成岩類

緑色岩帯を構成する諸岩石のうち超苦鉄質岩類及び他の溶岩類、それらを貫く斑れい岩、粗粒玄武岩などの脈岩類、及び緑色岩帯をとり囲む花崗岩質複合岩類について記載する。なお本地域の代表的な火成岩の全岩分析値をTable I-3-1に示す。

3-1 超苦鉄質岩類

本岩類は、現在は塊状蛇紋岩、滑石炭酸塩岩、滑石-透角閃石-緑泥石岩などになっているもの、及び原岩がコマチアイトと判断されるものからなる。

蛇紋岩は、中粒灰緑色を呈し緑泥石細脈や炭酸塩のバッチを伴うものと、細粒暗青色を示す塊状のものがある。鏡下では、細粒のものは部分的あるいは完全に蛇紋石化したかんらん石の結晶からなる。蛇紋石はアンチゴライトが主である。その他滑石も伴う。

滑石-透角閃石-緑泥石岩は、一般に灰緑色を呈する片理組織を持った岩石であるが、陽起石が存在するときは灰褐色を呈する。本岩は共存する蛇紋岩と化学成分的に類似しており、Mgに富み、Caに乏しく、ともに鏡下では、原岩はウェールライト(単斜輝石かんらん岩)、レールソライト(複輝石かんらん岩)、ダナイト質岩石と推定されるものが多い。しかし、少なくともその一部は産状からみてコマチアイト質玄武岩~コマチアイトの溶岩であったと思われる。なお、これらの超苦鉄質岩類は地質図上では一括して蛇紋岩として記載した。

これらの蛇紋岩類は、緑色岩帯全般が受けている広域変成作用の影響を蒙っているが、ブルーサイトが見出されないことと、透角閃石と滑石が普遍的に現れることから、400℃~650℃の温度範囲が推定される(Winkler 1973のダイアグラムによる)。なお、かんらん石の再結晶は十分考えられるが、その証拠は確認できない。また、直閃石も検鏡の限りでは見出されない。

コマチアイトは、緑色岩帯の主要構成岩石である苦鉄質~超苦鉄質溶岩の一部にあり、典型的なスピニフィックス組織をよく保存した部分がしばしば認められる。鏡下では、角閃石、透角閃石、緑泥石、斜長石の細粒結晶からなり、一部に黒雲母、緑れん石、チタン石、その他に鉄鉱物を伴い、ブラスト・スピニフィックス組織が認められる。

これらの野外でコマチアイト質超苦鉄質岩類と認められるもの、及びコマチアイト質超苦鉄質岩起源と推定される蛇紋岩類について、その試料100個を採取し、全岩化学分析を行った。分析結果はAppendix 7に示すとおりであるが、この結果に基づき、各成分間の相関係数を求め、また重要成分間の関係を三角ダイアグラム及び2成分ダイアグラムに表示した。それらをTable I-3-2, Fig. I-3-1, Fig. I-3-2及びFig. I-3-3に示す。

相関係数表では、次の関係が顕著である。

成分	正の強い相関	負の強い相関
MgO	Fe ₂ O ₃ , LOI, Cr, Ni,	SiO ₂ , Na ₂ O, CaO, TiO ₂ , Al ₂ O ₃ , FeO
TiO ₂	Al ₂ O ₃ , FeO,	(MgO), LOI
CaO	Al ₂ O ₃ , FeO,	Fe ₂ O ₃ , (MgO), LOI, Ni
Cr	(MgO), LOI	SiO ₂ , Al ₂ O ₃
Ni	Fe ₂ O ₃ , (MgO), LOI	SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , FeO, (CaO), Na ₂ O

() : 重複表示

Fig. I-3-1 の CaO-MgO-Al₂O₃ の三角ダイヤグラムには, Arndt(1977)による岩石分類の領域を示している。これによると本地域の超苦鉄質岩類は, かんらん岩質コマチアイト~輝岩質コマチアイト~玄武岩質コマチアイト~ソレアイト質玄武岩の全領域にわたって分布するが, 特に玄武岩質コマチアイトの領域にあるものが多い。

Fig. I-3-2 の Al₂O₃-(FeO+Fe₂O₃+TiO₂)-MgO の三角ダイヤグラムには, Jensenプロットによる岩石分類領域を示している。これによると本地域の超苦鉄質岩類は, 超苦鉄質コマチアイト~玄武岩質コマチアイト~ソレアイト~カルクアルカリ岩の領域に分布し, 特に超苦鉄質コマチアイトとソレアイトの2岩系に属するものが多い。このうち超苦鉄質コマチアイトの分野にプロットされているものは28個あるが, そのうち約半数の16個は蛇紋岩であり, 残り12個は緑色岩中の超苦鉄質溶岩と思われるものである。

これらコマチアイト質溶岩と判断される岩石は, すべてC, D, E地区からのものであるが, 野外及び顕微鏡観察の結果ではA, B地区にもスピニフィックス組織の認められるコマチアイトが分布している。

これらの結果から言えることは, 本地域の緑色岩帯を形成する火山活動は, 超苦鉄質コマチアイト系からソレアイト系やカルクアルカリ系に至る各種の岩系の共存混合したものであり, この可能性についてはL.Haynes(1982)も指摘している。

Fig. 1-3-3 の MgO に対する TiO₂, CaO, Cr, Ni, Co の量比を示す2成分ダイヤグラムでは, E. G. Nisbet et al. (1983)によるジンバブエ全体のコマチアイト質岩石の成分分布と比べて, TiO₂ と CaO においては低MgO・高TiO₂-高MgO・低TiO₂, 低MgO・高CaO-高MgO・低CaO の右下り急傾斜の分布を示すが, おおよその成分比の傾向は似ている。一方, K. Stamatelopoulou - Seymore, et al. (1983)によるLac Guyer 火山岩類のMgO-TiO₂の分布領域を示した図をFig. 1-3-4に示すが, これと比較すると本地域の苦鉄質~超苦鉄質岩の分布領域はLac Guyer のそれとよく一致し, かんらん岩質コマチアイト~輝岩質コマチアイト~玄武岩の分布領域にわたり, 特に玄武岩の領域のものが多いことがわかる。また, Lac Guyer のものよりさらに高MgO のものがあるが, これは蛇紋岩の存在を示すものと判断される。Ni と Cr においては, 正の相関を示す右上り

Table I-3-1 Results of Whole Rock Analysis (10 samples)

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Sample No.	BM-37	CM-45	BM-27	AM-9	CM-49	AK-23	CM-41	AM-19	CM-55	HK-38	
Elements wt (%)	SiO ₂	46.09	45.47	67.59	70.65	38.06	52.68	50.03	52.73	53.34	52.32
	TiO ₂	0.65	0.56	0.35	0.35	0.14	1.15	1.64	0.87	0.94	0.85
	Al ₂ O ₃	17.13	10.24	16.12	15.27	3.29	14.98	14.35	15.81	14.13	13.93
	Fe ₂ O ₃	2.30	2.48	2.47	1.16	9.42	2.40	2.13	1.28	1.10	0.95
	FeO	7.36	9.00	0.99	1.24	1.74	8.65	8.43	6.78	8.51	9.03
	MnO	0.16	0.17	0.03	0.03	0.10	0.12	0.25	0.16	0.14	0.23
	MgO	10.89	17.78	1.26	0.90	35.53	5.26	5.58	6.54	8.21	8.44
	CaO	10.64	5.34	2.50	2.14	0.30	8.84	13.83	11.42	9.58	9.87
	Na ₂ O	1.46	1.18	5.00	3.68	0.19	3.00	1.61	3.13	2.39	2.15
	K ₂ O	0.17	4.55	2.42	4.05	0.05	0.68	0.14	0.07	0.05	0.14
	LOI	1.80	2.64	1.28	0.53	11.18	1.95	1.79	1.36	1.41	2.17
	P ₂ O ₅	0.10	0.11	0.18	0.17	0.08	0.20	0.24	0.11	0.13	0.09
BaO	0.02	Tr	0.06	0.07	Tr	Tr	Tr	Tr	0.04	0.04	
Total	99.62	99.52	100.25	100.24	100.08	99.91	100.02	100.26	99.97	100.17	
Norm wt (%)	Q	0.00	0.00	22.61	27.85	0.00	4.64	5.40	1.54	4.86	3.49
	C	0.00	0.00	1.06	1.22	2.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	OR	1.03	27.74	14.44	23.99	0.33	4.10	0.84	0.42	0.30	0.84
	AB	12.62	0.04	42.72	31.21	1.81	25.89	13.85	26.77	20.51	18.55
	AN	40.55	9.49	11.64	9.87	1.09	25.91	32.05	29.19	28.07	28.49
	NE	0.00	5.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	DI	7.65	10.75	0.00	0.00	0.00	7.96	17.27	14.39	10.10	10.66
	HD	2.67	2.93	0.00	0.00	0.00	6.48	12.43	7.89	5.78	6.55
	EN	15.74	0.00	3.17	2.25	37.07	9.67	6.13	9.79	16.05	16.49
	FS	6.29	0.00	0.00	0.80	0.00	9.02	5.06	6.16	10.54	11.62
	FO	5.91	28.53	0.00	0.00	43.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	FA	2.60	9.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	MT	3.41	3.71	2.29	1.69	6.21	3.55	3.14	1.88	1.62	1.40
	HM	0.00	0.00	0.91	0.00	6.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
IL	1.26	1.10	0.67	0.67	0.30	2.23	3.17	1.67	1.81	1.65	
AP	0.28	0.31	0.49	0.46	0.24	0.55	0.66	0.30	0.36	0.25	
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	

[Rock Name] 1 : Gabbro 2 : Mafic Pyroclastic Rock 3 : Dacite 4 : Granite
 5 : Serpentinite 6 : Gabbro 7, 8 : Basalt
 9, 10 : Basaltic Komatiite

[Norm] Q: SiO₂ C: Al₂O₃ OR: K₂O·Al₂O₃·6SiO₂
 AB: Na₂O·Al₂O₃·6SiO₂ AN: CaO·Al₂O₃·2SiO₂
 NE: Na₂O·Al₂O₃·2SiO₂ DI: CaO·MgO·2SiO₂
 HD: CaO·FeO·2SiO₂ EN: MgO·SiO₂ FS: FeO·SiO₂
 FO: 2MgO·SiO₂ FA: 2FeO·SiO₂ MT: FeO·Fe₂O₃ HM: Fe₂O₃
 IL: FeO·TiO₂ AP: 3(3CaO·P₂O₅)·CaF₂

Table I-3-2 Correlation Coefficient Matrix of 100 Komatiitic Rocks

	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O
SiO ₂	1.0000								
TiO ₂	** 0.6657	1.0000							
Al ₂ O ₃	** 0.8404	** 0.7297	1.0000						
Fe ₂ O ₃	** -0.8352	** -0.5666	** -0.8130	1.0000					
FeO	** 0.6761	** 0.8176	** 0.7845	** -0.7671	1.0000				
MnO	** 0.3252	** 0.4182	** 0.4447	** -0.2837	** 0.4651	1.0000			
MgO	** -0.9153	** -0.8028	** -0.9644	** 0.8257	** -0.8424	** -0.4648	1.0000		
CaO	** 0.7454	** 0.6523	** 0.9251	** -0.8063	** 0.8244	** 0.5209	** -0.9107	1.0000	
Na ₂ O	** 0.7940	** 0.7280	** 0.7574	** -0.6750	** 0.6505	** 0.2812	** -0.8125	** 0.6615	1.0000
K ₂ O	** 0.3638	0.1500	0.1489	-0.1325	0.0156	-0.0845	* -0.2164	-0.0434	0.0685
P ₂ O ₅	0.1258	0.1642	0.1758	-0.1076	0.1087	** 0.3461	-0.1598	0.1173	0.0468
LOI	** -0.8945	** -0.7509	** -0.9493	** 0.8437	** -0.8638	** -0.4658	** 0.9782	** -0.9321	** -0.7796
S	0.1649	0.1735	0.1947	-0.1553	0.1326	** 0.3289	-0.1865	0.1486	0.0890
Cu	** 0.4897	** 0.5310	** 0.5632	** -0.4193	** 0.5530	* 0.2439	** -0.5984	** 0.5495	** 0.5151
Cr	** -0.7141	** -0.6508	** -0.7492	** 0.6722	** -0.6768	** -0.3081	** 0.7617	** -0.6926	** -0.6422
Ni	** -0.8088	** -0.6791	** -0.8364	** 0.7988	** -0.7545	** -0.3294	** 0.8634	** -0.8006	** -0.7157
BaO	** 0.4810	* 0.2405	* 0.1999	-0.1858	0.0272	-0.0884	** -0.2896	-0.0167	0.1400
Co	** -0.5614	** -0.3746	** -0.5274	** 0.5206	** -0.3575	-0.0324	** 0.5279	** -0.4576	** -0.4815

	K ₂ O	P ₂ O ₅	LOI	S	Cu	Cr	Ni	BaO	Co
K ₂ O	1.0000								
P ₂ O ₅	0.0516	1.0000							
LOI	-0.1569	-0.1139	1.0000						
S	0.0084	** 0.9526	-0.1470	1.0000					
Cu	0.0185	0.1590	** -0.5858	* 0.2139	1.0000				
Cr	-0.1524	-0.1133	** 0.7457	-0.1433	** -0.4846	1.0000			
Ni	-0.1505	-0.1083	** 0.3576	-0.1392	** -0.5337	** 0.6064	1.0000		
BaO	** 0.8207	0.0815	* -0.2203	0.0505	0.1024	* -0.2031	* -0.2082	1.0000	
Co	-0.1584	-0.0611	** 0.5211	-0.1051	** -0.3026	** 0.3991	** 0.6108	-0.1925	1.0000

Degree of Free Significance test ** : IR (0.01) \geq 0.2565
 N = 98 * : IR (0.05) \geq 0.1965

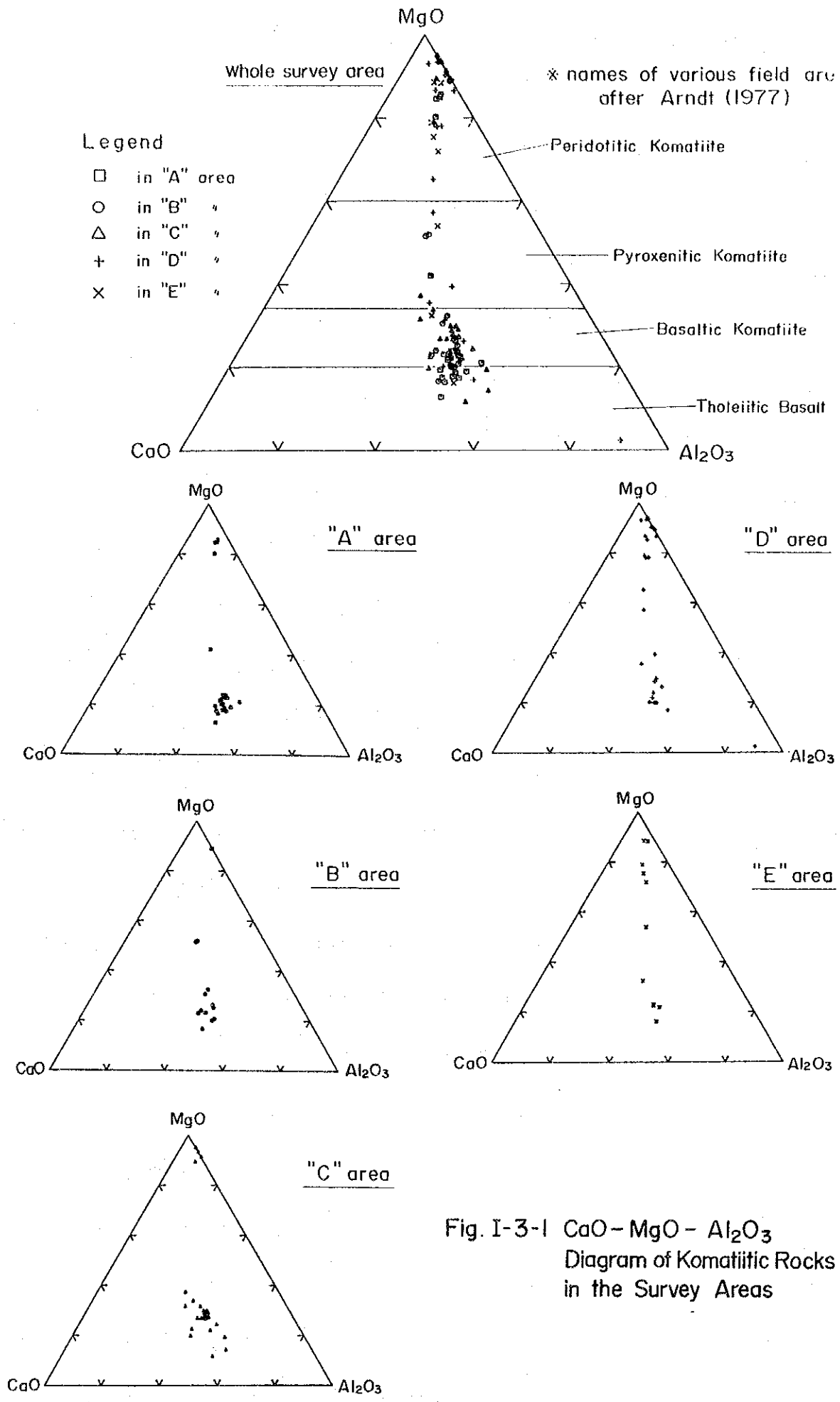


Fig. I-3-1 CaO - MgO - Al₂O₃
Diagram of Komatiitic Rocks
in the Survey Areas

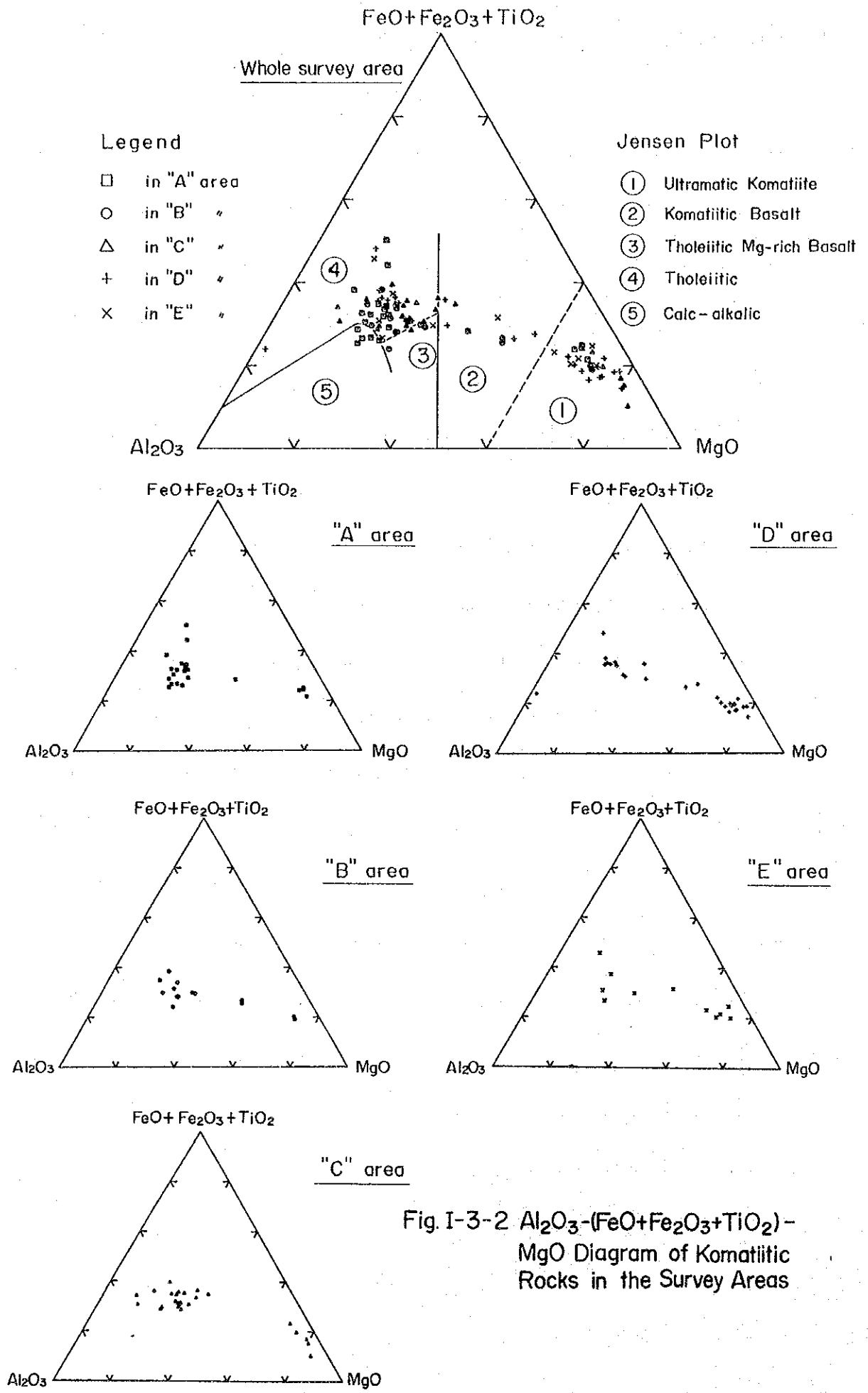


Fig. I-3-2 Al₂O₃-(FeO+Fe₂O₃+TiO₂)-MgO Diagram of Komatiitic Rocks in the Survey Areas

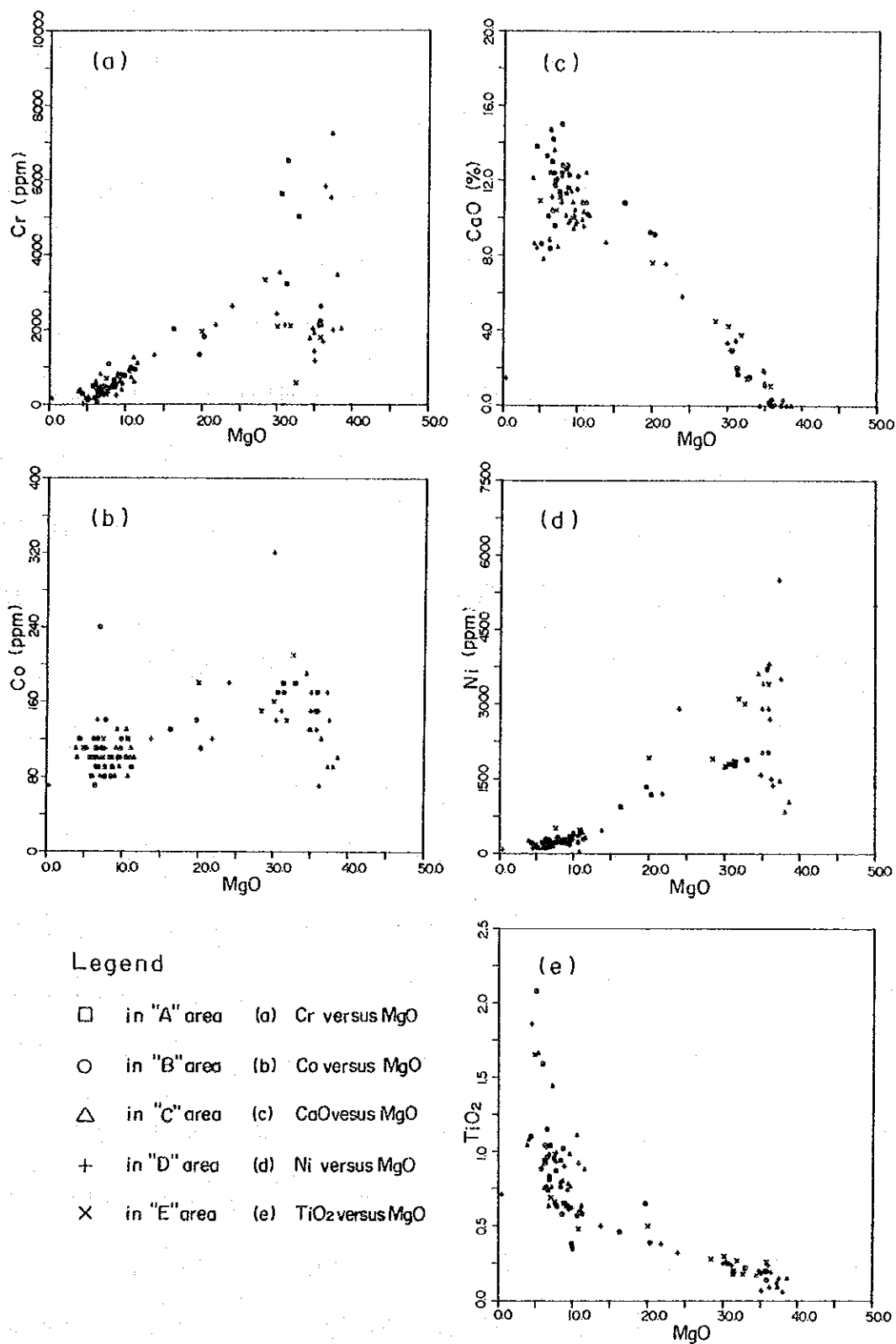


Fig. I-3-3 Variation Diagrams of Some Elements versus MgO

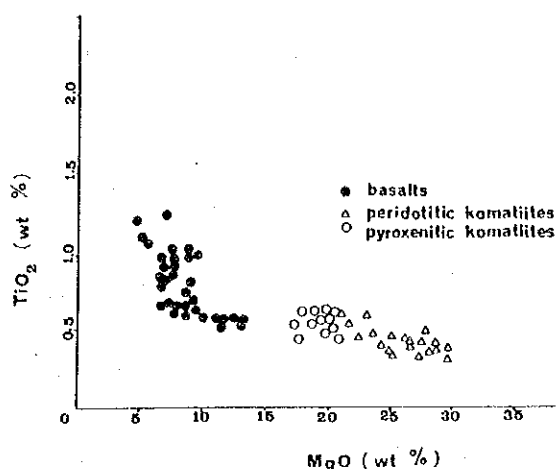


Fig. 1-3-4 MgO versus TiO (wt.%) diagram for the Lac Guyer mafic and ultramafic volcanic rocks. The komatiites are characterized by less than 1 wt.% TiO and form a continuous spectrum of liquid compositions ranging from 16 to 25 wt.% MgO. Those with more than 25 wt. % MgO represent samples enriched in olivine. The Lac Guyer volcanic rocks display a population minimum at 15 wt.% MgO separating komatiitic magmas from basalts

After K. Stamatelopoulos Seymore et al. (1983)

の分布を示すが、低MgO領域の集中度に比べ、高MgO領域の分散が目立つ。また、Coにおいては、低MgOと高MgOのグループに分かれ、全体の相関度は低い。これらのことが何を意味するかは、今後の検討事項としたい。

3-2 その他の溶岩類

苦鉄質岩帯中の溶岩類は、玄武岩質溶岩を主とし、これに安山岩質または石英安山岩質溶岩を挟在する。

玄武岩質溶岩は、現在は角閃石、斜長石、緑れん石、緑泥石などからなる角閃岩に変わっている。一部には、やや安山岩質起源と思われる部分もある。

石英安山岩質溶岩はA、B、Cの各地区に薄い溶岩流として苦鉄質溶岩中に挟在し、変成作用を受け石英長石片岩などになっている。

3-3 花崗岩類及びペグマタイト

緑色岩帯の南北には花崗岩や片麻岩からなる複合岩体が露出する。岩質的に、花崗岩類トーナライトからアダメライトに至る幅広い成分を示し(J. G. Stageman, et al. 1978による)結晶粒度や苦鉄質鉱物含量も幅広く変化する。肉眼的特徴も、均質塊状からよく片理の発達したものまで各種の岩相が認められる。

花崗岩類は、珪長質火砕岩類、緑色岩類、超苦鉄質岩、縞状鉄岩などの捕獲岩をしばしば含有する。一方、苦鉄質岩中の火山円礫岩中の礫として花崗岩が認められることがあり、花崗岩の活動が緑色岩の堆積前の古期から堆積終了後に至るきわめて長期にわたって繰り返されたものであることを示唆している。しかし、地域内で見られる花崗岩体は、すべて既存花崗岩の再活動による後の貫入にかかわるものと推定される。

緑色岩帯東端のA地区では、花崗岩体の緑色岩体との接触部には、しばしば進入片麻岩やミグマタイトなどの混成相が見られる。

ペグマタイトは、前記花崗岩類の活動に伴って、花崗岩体及びその周辺に脈状に貫入している。石英、長石、白雲母、リンア雲母などの巨大結晶からなり、岩脈のあるものはリチウム、ベリリウム、タンタリウム、錫などを伴い、これらを対象としかつて採掘されたところがあった。

3-4 斑れい岩

本地域には、数多くの小規模岩株状ないし岩床状の斑れい岩体が緑色帯中に貫入している。本岩は、暗褐色を呈し、粗粒～細粒であるが、鏡下では粗粒ポイキリティック組織、細粒オフィティック組織及びポーフィロプラスティック組織を示し、一般に変質は弱い。緑色岩帯の堆積末期の貫入といわれているが、一部のものは後述の粗粒玄武岩と同じ活動によるものである疑いもある。

3-5 粗粒玄武岩

本地域で最も新期の活動の結果生じた岩脈で、当国内ではしばしば100 km以上に及ぶ長大な岩脈を形成する。地域内では、NE-SW, NW-SE, N-Sの3方向の貫入が見られる。岩質的には石英閃緑岩～粗粒玄武岩～斑れい岩に至る幅広い変化を示し、角閃岩相の変成を受けている部分もある。

第4章 地質構造及び変成作用

4-1 地質構造

本地域は、Mazoe-Shamva 緑色岩体の東部を占める。緑色岩帯の全体の伸びは東-西であるが、東南縁辺のA, B, C地区では北東-南西に、西南縁辺のD, E地区では北西-南東に伸びている。地帯の中央には東西に走る向斜軸がとおり、これを中心とする一大向斜構造を形成している。本緑色岩帯の周囲は、花崗岩・片麻岩複合岩体で囲まれている。

本緑色岩帯の岩石は、この東西に伸びる向斜軸に沿って強い褶曲を受けたため、地層は一般に急傾斜を示す。この褶曲は、花崗岩や他の貫入岩体に伴って生じたものと思われ、地層の傾斜は花崗岩体から離れるに従って急になる。この大向斜構造に伴って副次的な小褶曲もあったものと思われるが、詳細は明らかでない。

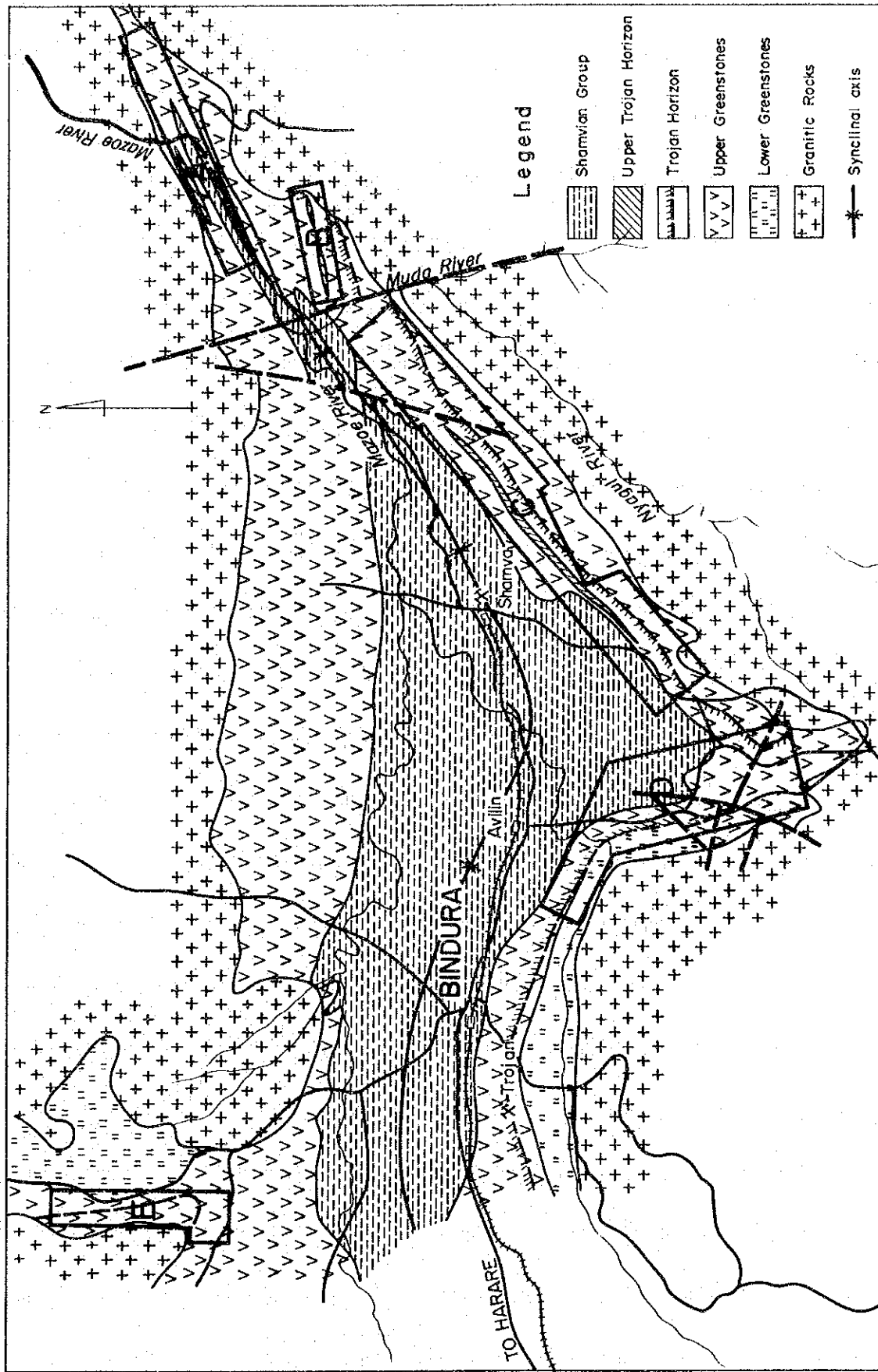
Trojan 鉱床の胚胎層準は、上部緑色岩層の基底からやや上位の部分に当るが、この層準は鉱化帯の章で述べるとおり重要な意味を持つ可能性があるので、推定される本層準の地域内の分布をFig. I-4-1に示す。

4-2 変成作用

緑色岩帯の周辺を取り巻く花崗岩複合岩体及び新期の粗粒玄武岩岩脈を除いて、緑色岩帯の岩石は全般に広域変成作用を受けている。変成鉱物として紅柱石やきん青石が存在することから、低圧型の広域変成作用で、変成相は緑れん石角閃岩相から角閃岩相に及ぶ。

超苦鉄質岩類は、しばしば破碎化した蛇紋岩や陽起石-透角閃石片岩に変化しているが、透角閃石や滑石が普通に見られることから、恐らく400°C~650°Cの変成温度範囲が推定され(H.G.F.Winkler 1973のダイアグラムによる)、上記の変成相とも矛盾しない。

花崗岩類の貫入による接触変質を受けた緑色岩類は、ときに片理を持った再結晶角閃石ホルンフェルスになっている。






 Railway and siding
 Road
 Survey Area

Fig. I-4-1 Outline of Geological Structure of the General Area

第5章 鉍 化 帯

地域内には、大別して次の3種の鉍化帯が認められる。

- (1) 含金石英脈を主とする金鉍床
- (2) 超苦鉄質岩に伴うニッケル・銅鉍床
- (3) ペグマタイトに伴う稀元素鉍床

これらに属する各鉍床について、後記参照文献^{18),20)}によって簡単に記述する。なお稼行中若しくは休山中と記載した以外の鉍山あるいは鉍区は現在廃山となっているものである。また、本調査地区内にみられる鉍床及び鉍徴地などをPL. I-5-1 に示す。

5-1 金鉍化帯

Shamva 鉍山(稼行中, Attica Mines Prv. Ltd, Lonrho Group)

位置: 地域中部, Shamva の町の東

地質: Shamvaian 層群の変成硫化鉄鉍質凝灰質堆積岩類

鉍床: 北東と東北東に延びる2つのチャンネルに沿って分布する鉍化帯, 周辺の母岩との肉眼的差異なし, 総延長約 1,200 m

生産: 1893年開始, 1965年末までに46,447 kg Au, 平均品位 5.1 g/t, 現在年産約 45 kg Au

Bindura 花崗岩体周辺金鉍化帯(一部稼行中), Kimberley Reef, R.A.N., Kingsley Hoard, Prince of Wales, Slam, Promoter, Hay の諸鉍床

位置: 地域西部, Bindura の町の北方

地質: Bindura 花崗岩体と密接に関係して, 同岩体及び周囲の Shamvaian 層群の砂岩中

鉍床: 裂かに沿った含金石英脈及び周辺鉍染帯, 石英脈の走向は東西走向が卓越し稀に南北。

生産: 不明

Montdor 鉍山(稼行中 個人)

位置: 地域中部, C地区の東部

地質: Bulawayan 層群上部緑色岩層の葉片状緑色岩類

鉍床: 緑色岩中の葉理状薄層帯と石英脈中の鉍化。鉍染状黄鉄鉍, 磁鉄鉍を伴う。

生産: 1909年以来断続的, 1965年までに274.5 kg Au, 平均品位 22.6 g/t, 現在既知鉍体をほぼ掘り尽した状態

Red Dragon 鉦山

位置：地域中部，C地区の中部

地質：Bulawayan層群上部緑色岩層の玄武岩質緑色岩，一部に斜長石斑岩や縞状鉄岩

鉦床：4本の含金石英脈，走向E-W，傾斜 $30^{\circ} \sim 55^{\circ}N$ ，脈幅15～45cm

生産：1908年以来断続的，1965年までに183.5kg Au，平均品位8.8g/t

Churchill 鉦山（休山中，個人）

位置：地域北西部，E地区の南西部

地質：Bulawayan層群上部緑色岩層の玄武岩質緑色岩とこれを貫く細粒閃緑岩

鉦床：前記貫入岩体の接触部に生じた含金石英脈

生産：不明，1982年休山

Ivan 地区

位置：地域中部，C地区東部

地質：Bulawayan層群上部緑色岩層

鉦床：含金石英脈

生産：1937年以来，1.46kg Au，平均品位4.2g/t

Inyagui 鉦山

位置：地域東部，B地区の南方

地質：Bulawayan層群上部緑色岩層の石灰岩

鉦床：走向NEEに延びる再結晶石灰岩層の中部に発達する破砕帯中の鉦化

生産：1910年以来断続的，1936年までに14.9kg Au，平均品位15.6g/t

Kadangi 鉦山

位置：地域東部，A地区東部

地質：Bulawayan層群上部緑色岩層

鉦床：含金石英脈

生産：1925年以来1939年までに22kg Au，平均品位9.7g/t

5-2 ニッケル鉦化帯

Trojan 鉦山（操業中，Bindura Nickel Corp.）

位置：地域西部

地質：Bulawayan 層群上部緑色岩層。鉍山付近は枕状組織を示す安山岩溶岩とその上を覆う縞状鉄岩及び蛇紋岩化したコマチアイト溶岩からなる。地層は北に急傾斜し、岩石は全般に角閃岩相に属する広域変成を受けている。

鉍床：前記蛇紋岩中に塊状、半塊状、鉍染状に胚胎。構成鉍物は磁硫鉄鉍、硫鉄ニッケル鉍、黄銅鉍及び少量の黄鉄鉍からなる。Ni：Cu比は15：1、2つの主要鉍体と幾つかの小鉍体からなり、現有鉍量13百万t、Ni 0.68%。

生産：1961年開始、1982年までに粗鉍約13百万t採掘。

Katiyo 鉍区

位置：地域東部，B地区東部

地質：Bulawayan 層群上部緑色岩層の蛇紋岩及び縞状鉄岩

鉍床：蛇紋岩中に黄鉄鉍，磁硫鉄鉍鉍染

Tynan 鉍区

位置：地域中南部，D地区南東部

地質：Bulawayan 層群上部緑色岩層の蛇紋岩及び縞状鉄岩。

鉍床：蛇紋岩中に胚胎する鉍染状ニッケル鉍床。過去に試錐によって確かめられたが低品位。

5-3 ペグマタイト鉍化帯

Uzumba

位置：地域東部，A地区中部

地質：Bulawayan 層群上部緑色岩層を貫く花崗岩岩株中のペグマタイト脈

生産：緑柱石0.25t

Zero 鉍区

位置：地域東部，A地区東部

地質：Bulawayan 層群上部緑色岩層の透角閃石片岩中のペグマタイト脈

生産：緑柱石2.07t

Wanroo 鉍区

位置：地域中部，C地区中部

地質：Bulawayan 層群上部緑色岩層の苦鉄質岩の含シリア雲母ペグマタイト脈

鉱床：16本の平行脈，走向SE-NW，傾斜 $75^{\circ} \sim 90^{\circ}$ SW，延長600m，脈幅
0.3～5m，品位1.15kg/tマイクロライト
生産：1959年～62年 4.62tマイクロライト，精鉱品位9.48% Sn，68.60%
($Ta_2O_5 + Nb_2O_5$)

Look and Weep 鉱区

位置：地域中部，C地区中部
地質：Bulawayan層群上部緑色岩層の苦鉄質岩類中のペグマタイト脈
生産：1962年までに0.52tタンタリウム精鉱

Chenjera 鉱区

位置：地域南東部
地質：花崗岩体中のペグマタイト脈

Tafuna Hill 鉱床群 — Euchred, Joking, Queen's Gift, 他の諸鉱床

位置：地域中部，Tafuna Hill
地質：Bulawayan層群上部緑色岩層の苦鉄質岩類中のペグマタイト脈
鉱床：多数の含リシア雲母ペグマタイト脈，走向N-S，傾斜 $40^{\circ} \sim 65^{\circ}$ W，延長30～
400m，脈幅20～150cm
生産：1962年までに
Euchred 0.95tマイクロライト
Joking 4.45tマイクロライト

Robnik 鉱区

位置：地域中南部，C地区西部
地質：Bulawayan層群上部緑色岩層の苦鉄質岩類中の含錫石ペグマタイト脈

Maienzi 鉱区

位置：地域中南部，C地区中部
地質：Bulawayan層群上部緑色岩層の苦鉄質岩類中の含錫石ペグマタイト脈
鉱床：走向E-W，傾斜 $35^{\circ} \sim 50^{\circ}$ N，延長100m，脈幅4m

Dale 4 鉍区

位置：地域中南部 C地区 中部

地質：Bulawayan 層群上部緑色岩層の苦鉄質岩類中の含錫石ペグマタイト脈

鉍床：3本の脈，走向NW-S E，傾斜30° E

Nyagul Minerals 鉍区

位置：地域東部 C地区の東北方

地質：Bulawayan 層群上部緑色岩層の苦鉄質岩類中の含錫石ペグマタイト脈

Lachness 鉍区

位置：地域中部 D地区 中部

地質：Bulawayan 層群上部緑色岩層の蛇紋岩中の含錫石ペグマタイト脈

Mkanga 鉍山

位置：地域中部 D地区 中部

地質：Bulawayan 層群上部緑色岩層の蛇紋岩中の含錫石石ペグマタイト脈

以上は何らかの記録にある鉍山や鉍徴地を挙げたものであるが，その他に地域内には多数のトレンチなどの探鉍を行った跡がある。特に縞状鉄岩やこれの酸化生成物である焼けの地帯では，いたる所にトレンチが見られ，また石英脈やペグマタイト脈の見られる所も同様である。このように地域全般にわたって数多くの鉍徴地が見られ，地表の示徴はすべて何らかの探鉍作業が行われたものと思われる。

5-4 地質と鉍化帯との関係

(1) 超苦鉄質岩に伴うニッケル鉍床

世界的には，ソレアイト系苦鉄質岩に関連するNi : Cu比が2 : 1 ~ 3 : 1を示すニッケル・銅鉍床 (Sudbury, Noril'skなど) と，Ni : Cu比が15 : 1程度を示すコマチアイト系超苦鉄質岩と関連したニッケル鉍床 (Kambalda, Thompson, Trojanなど) が知られている。このうち後者を胚胎する地質環境は，27億 ~ 28億年を示す後期始生代の地層に限られている。

本地域内にあり代表的コマチアイト系超苦鉄質岩に関連するニッケル鉍床であるTrojan 鉍床について，その模式的地質層序図を示す。

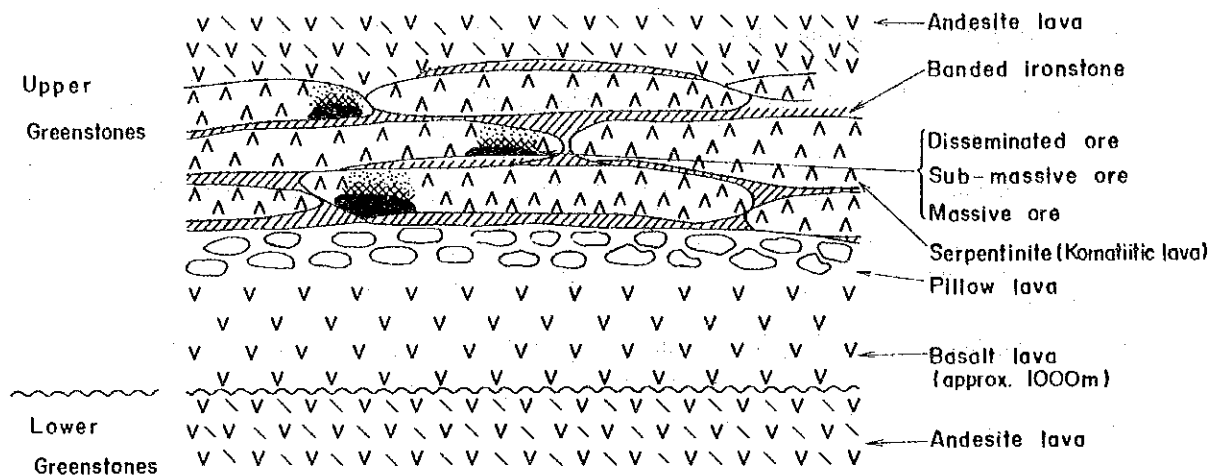


Fig.I-5-2 Schematic Geological Section of Trojan Mine Area

Trojan 鉄床は上部緑色岩層中のコマチアイト質溶岩を主とする岩層に胚胎される。この層準は鉄床を規制する重要な層準であり、ジンバブエにおけるこの型のニッケル鉄床の胚胎層準はここに限られるという説もある (L. Haynes 1982)。鉄床の成因については、これらのコマチアイト質溶岩の噴出に伴って、硫化物の不混和相としての分離と重力による沈積によって生じたとする説が有力である。

本調査地域には、前出の項で述べたように本層準が広く分布し、比較的容易に追跡することができる。特に、調査地区 D に蛇紋岩類の発達著しく、これから東方へ C, B, A 地区に向うにつれて、分布範囲が狭くなる。また、この型の鉄床の形成に硫黄の供給の点で重要な役割りを果たしているとする説のある縞状鉄岩 (L. Haynes 1982) は、地域内各所に発達するが、特に D 地区で著しい。このような地質環境とともに、Trojan 鉄床に近くその層準の追跡が容易であること、及び既知鉄床の近くで鉄床胚胎の可能性があり今後の探鉄に期待できるなどの点を総合して、地質的には D 地区のポテンシャルを高く評価したい。

なお、コマチアイト系超苦鉄質岩に関連して高 Ni:Cu 比のニッケル鉄床が胚胎することはよく知られた事実があるが、同時にコマチアイト系とソレイト系の岩石が同じ火山岩活動の中でやや層準を異にして共存することもあり得る (L. Haynes 1982)。また、ジンバブエ国内にもソレイト系岩石に伴った低 Ni:Cu 比型鉄床が存在することもよく知られた事実である (Empress, Perseverance, Madiwa 鉄床など)。一方、低 Ni:Cu 比型鉄床にはしばしばプラチナ属の金属を含有することがある。

このような観点から、本地域のポテンシャルを考える際に、コマチアイト系のみならずソレイト系も含めた超苦鉄質岩全体を検討する必要がある。

(2) 金鉍床, ペグマタイト鉍床

既知金鉍床とペグマタイト鉍床は、いずれも花崗岩の活動に関連し、花崗岩体の周縁部やそれから遠く離れていない所に発達している。今後の探鉍か所も、既知鉍床近辺を中心に行われることであろうが、鉍脈型鉍床の探鉍に普通に適用されている裂か系の解析がなされなければならない。

(3) 地表鉍化帯のX線分析結果

地表に見られる鉍化帯のうち、A地区の焼け、C地区の苦鉄質岩中の硫化物鉍染部、焼け、不明鉍物の認められる斑れい岩、及び硫化物の認められる泥岩質片岩、D地区の蛇紋岩と焼けから採取した試料10個についてX線回析試験を行った。結果はTable I-5-1に示すとおりである。

焼けについては針鉄鉍が普遍的に見られるが、石英、赤鉄鉍がしばしば見られる以外には特別な鉍物は固定できなかった。また、その他の苦鉄質岩、斑れい岩、片岩、蛇紋岩についても特別な鉍物は検出できなかった。

Table I-5-1 Results of X-ray Diffraction Test

NO.	Sample NO.	Location	Minerals										Remarks	
			goeth	Q	Hl	OI	Amp	Chl	Tlc	Mc	Mont	Ser/Chl		
1	AK-18	A Area	◎	◎	△									Aossan
2	C-5	C Area				○	◎	◎	△					Mafic volcanic rock
3	C-8	♯	○	◎				△		○				Gossan
4	C-17	♯					◎	△				△		See thin section NO.43 Gabbro
5	C-22	♯		◎				○		◎		△		Pelitic schist
6	CM-2	♯		◎	○									See polished section NO.10 Gossan
7	HK-53	♯	○				◎							Gossan
8	D-7-17	D Area					◎	○	◎					Serpentinite
9	EX-10	♯	◎		◎									Gossan
10	BP-9	♯					◎		◎					Serpentinite

Legend

(Amount)
 ◎ abundant
 ○ medium
 △ little

Condition

Target : Cu
 Filter : Ni
 Voltage : 35KV
 Current : 25mA

Time constant : 5 sec
 Scanning Speed : 1°/min
 Divergency : 1°
 Receiving Slit : 0.3mm
 Detector : S.C

Abbreviation

goeth : goethite
 Q : Quartz
 Hl : Hematite
 OI : Olivine
 Chl : Chlorite
 Tlc : Talc
 Mc : Muscovite
 Mont : Montmorillonite
 Amp : Amphibole group
 Ser/Chl : Sericite-Chlorite mixed-layer

第6章 地区各論

6-1 A地区

本地区は、Mazoe-Shamva 緑色岩帯の東端に位置し、地区の大部分は Bulawayan 層群の上部緑色岩層によって占められる。本層は主に苦鉄質溶岩類からなるが、一部に蛇紋岩、珪長質火砕岩類、縞状鉄岩層の薄層を挟在する。苦鉄質溶岩の一部には、野外で特徴的なスピニフィックス組織を示すコマチアイト質超苦鉄質岩の部分があり、地区の南西部でレンズ状に発達している。また、蛇紋岩は、小規模なレンズ状岩体として地層の走向に沿って調和的に断続して現われ、このような産状からみて恐らく原岩は超苦鉄質溶岩であったと思われる。また、苦鉄質溶岩中には、小規模な斑れい岩体が貫入している。

Shamvaian 層群は地区の南部に局部的に露出し、砂質～泥質堆積岩を構成岩石とする。

これらの地層は走向 NEE-SWW、傾斜はほぼ垂直に近い。地区の中央北縁と東端には花崗岩・片麻岩複合岩体の縁辺部が露出している。同複合岩体には局所的にペグマタイト脈が密集しており、この一部は過去に小規模に緑柱石やマイクロライトを対象として採掘されている (Uzumba, Zero)。また、一部に含金石英脈も分布する (Kadangi)。

6-2 B地区

本地区は、Bulawayan 層群の上部緑色岩層によって占められる。主に苦鉄質溶岩からなり、珪長質～苦鉄質火砕岩類、蛇紋岩、縞状鉄岩の薄層を挟在する。苦鉄質溶岩の一部には、スピニフィックス組織を示すコマチアイト質な部分があるが、正確な分布は明らかでない。蛇紋岩は、地層の走向に調和的に伸びた小規模なレンズ状岩体で、恐らく原岩は超苦鉄質溶岩であったと思われる。

地層の走向は NEE-SWW で、傾斜はほぼ垂直である。

地区東部には、過去にある鉍山会社が、蛇紋岩と縞状鉄岩との接触部に胚胎する硫化物からなる鉍化帯をトレンチと掘り下りによって採鉍した跡があるが (Katiyo 鉍区)、現在は鉍化帯を見ることができない。

地区内には、各所に小規模なレンズ状斑れい岩体が貫入している。また、ペグマタイト脈が数か所に見られるが、経済的に稼行に耐える鉍床はない。

6-3 C地区

本地区は、Bulawayan 層群の上部緑色岩層によって占められる。苦鉄質～超苦鉄質溶岩を主な構成岩とし、珪長質～苦鉄質火砕岩類、珪長質溶岩、石灰岩、縞状鉄岩、蛇紋岩を挟在する。

コマチアイト質超苦鉄質溶岩は、地区中部から西部にかけて比較的厚く断続して発達するが

(最大厚さ約200m), その正確な分布を明らかにすることは困難である。蛇紋岩は、周囲の苦鉄質岩類の層理と調和的に小規模なレンズ状岩体として断続的に分布する。このような産状からみて、A, B地区と同様に原岩は恐らく大部分が超苦鉄質溶岩であったと思われるが、一部に層理を斜めに切る貫入岩体の可能性があるところも見られる。石灰岩はほぼ同一層準に断続して現われ、鍵層として追跡することができる。地層の走向はNE-SW, 傾斜はほぼ垂直である。

これら苦鉄質岩類を貫いて、細粒閃緑岩, 粗粒玄武岩, 斑れい岩の岩脈あるいは岩株が各所に発達するが、特にN-S系とNW-SE系の長大な延長を示す粗粒玄武岩岩脈の発達が著しい。

地区内には、Montdor, Red Dragon等の金鉱床があり、またWanroo, Look and Weep, Robnik, Maienzi, Dale 4などのペグマイト鉱床が分布するが、このうちMontdor 鉱床だけが稼行中である。

6-4 D地区

本地区は、Bulawayan 層群の下部及び上部緑色岩層によって占められる。下部緑色岩層は、地区北西部においてChindamora 花崗岩底盤の縁辺に沿ってNW-SEに延びて分布する。岩石は珪長質火砕岩類, 砂岩からなる。上部緑色岩層は、地区の大部分を占め、蛇紋岩, 苦鉄質溶岩, 縞状鉄岩, チャート, 珪長質火砕岩類, 砂岩からなる。本地区には蛇紋岩が最も著しく発達し、中部では厚さ1,000m以上に達し、南部では厚さ400~600mのものが2層準にわたって発達する。これらの蛇紋岩類は、鏡下で原岩がウエールライト(単斜輝石かんらん岩), レールソライト(複輝石かんらん岩), ハルツバージャイト, ダナイトと判定されるものが多いが、その産状からみて恐らく原岩の大部分は超苦鉄質溶岩であったと思われる。しかし、その一部は完晶質貫入岩である可能性もある。

地区南端には、南方に広く発達する花崗岩体の縁辺部が露出し、また地区内各所に斑れい岩, ペグマタイト岩脈が分布している。

本地区は、一般に東-西に延びるMazoe - Shamva 緑色岩帯の一部が南方に突出した部分に当り、内部の地質構造は複雑である。すなわち、地区は断層によって南部, 中部, 北部の3つのブロックに分けられる。南部は、東方から西方へ張り出した弧状の構造を示し、同方向へ下位から上位に地層が重なっている。中部は、北方へ開いた湾状の構造を示し、周辺部から北方へ上位の地層が重なっている。北部は、単純にNW-SEに延びる構造を示している。

地区各所には、斑れい岩, ペグマタイトの岩脈が分布する。ペグマタイトの中には錫や稀土類鉱物の母岩となり、これを対象として採掘されたものがある(Lachness, Mkanga)。地区南部では蛇紋岩に関係するニッケル鉱床を対象とする探鉱が行われ、試錐によって鉱徴

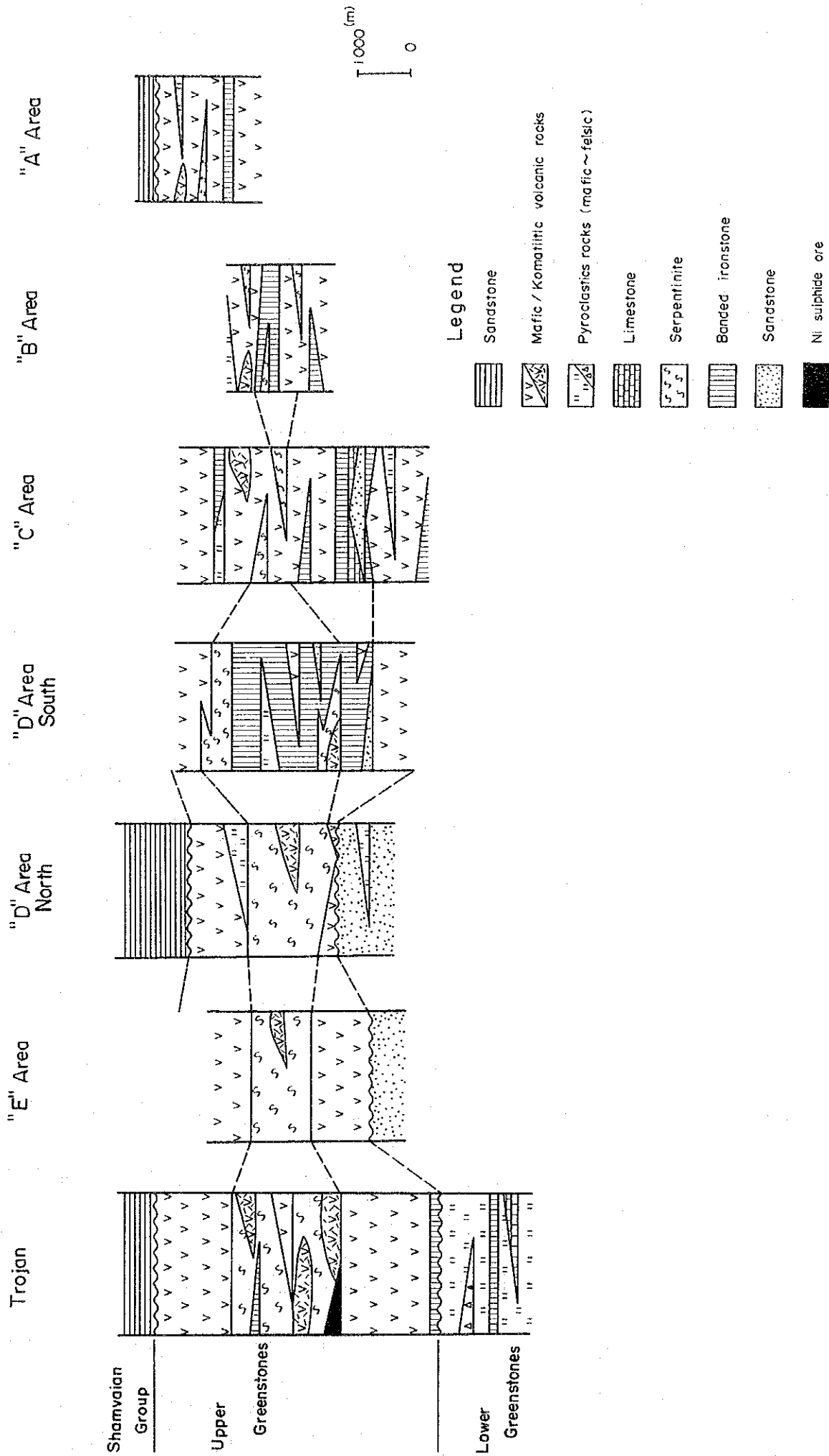


Fig.I-6-1 Correlation of Geological Columns of Each Area

が得られているが、経済的な鉱床の発見には至っていない (Tynan)。

6-5 E地区

本地区は、Bulawayan 層群の下部及び上部緑色岩層によって占められる。下部緑色岩層は、地区中央東部に小規模に分布し、珪岩、砂岩からなる。地区の大部分は上部緑色岩層が占め、主に蛇紋岩、苦鉄質溶岩からなり、一部に縞状鉄岩を挟在している。蛇紋岩は、地区中南部から北部にかけ+1,000 m~200 mの厚さを有して発達するが、蛇紋岩化は強くない。鏡下では、原岩がコマチアイト質岩石と認められるものと、ダイナト〜ウエールライトと認められるものがあるが、大部分はその産状から見てコマチアイト質超苦鉄質溶岩であったと思われる。

地区の中央西部には、西方に広く分布する花崗岩体の東縁が露出する。その他、地区南部には小規模な細粒閃緑岩や斑れい岩の岩株がみられる。

地質構造は、北部では各岩層は南-北の配列を示すが、南部では東-西に延び、全体として北西に開いた湾状の構造を示す。地層の傾斜はほぼ垂直である。

地区内には、数年前まで金の好況時に稼行された金鉱床があり (Churchill 鉱山)、同鉱床は、細粒閃緑岩と苦鉄質溶岩との接触部付近に生じた含金石英脈と思われる。

各 論

第Ⅱ部 地 化 学 探 查

第1章 調査手法

1-1 土壌の採取及び処理

本地化学探査では、総計4,501個の土壌試料の分析を行った。このうち、400個の試料は、さらに分析元素を追加した。各地区ごとの分析試料数、分析元素については、Table II-1-1に示すとおりである。

Table II-1-1 Statistics of Soil Sampling

Area	Number of Samples	Analysed Element
A	690	Au, Cu, Zn, Ni, Cr, Nb
B	263	Au, Cu, Zn, Ni, Cr, Nb
C	1,562	Au, Cu, Zn, Ni, Cr, Nb
	of which (124)	Additional Elements Co, Sn, As, Li, W, Pt, Be, Ce, S, Ta
D	1,498	Au, Cu, Zn, Ni, Cr, Nb
	of which (276)	Additional Elements Co, Sn, As, Li, W, Pt, Be, Ce, S, Ta
E	488	Au, Cu, Zn, Ni, Cr, Nb
Total	4,501	

上記のように、4,501個の試料については各々6成分を分析し、さらに、そのうち400個は16成分を分析したことになる。

土壌試料の採取は、採試線間隔300m、採試点間隔200mで実施したが、超苦鉄質岩や鉱化のみられる地帯では、採試点間隔を50mとし、採試密度を高めて、さらに精密なデータを得るよう心掛けた。一般に調査地域においては土壌の発達が悪く、A、B、Cの全層が発達しているところが少なかった。原則としてB層から試料を採取することとしたが、採取深度は10~20cm程度にとどまった。

採取した土壌は現地で20メッシュ以下に篩分し、500~800gの試料とした。これを基地に持ち帰った後に風乾し、80メッシュの篩によって篩分し、通過試料100gのうち70gを分析試料に供し、30gを控えとして保管した。土壌採取地点においては、採取深度、土壌の色、基盤の岩石名などを記録した。また、今回の調査には化学分析のみでなく、土壌色調の観察を実施した。現場での肉眼観察には個人差が加わり正確でないため、80メッシュ通過試料について岩石色調チャート(Geological Society of America 発行)を用いて色調を記

録した。

1-2 分析法

土壤試料は、Table II-1-1に示すとおり全採取試料4,501個について、Au, Cu, Zn, Ni, Cr及びNbの6成分を分析し、このうち、C地区とD地区の一部でペグマタイトが分布したり他の鉱化の見られる地帯から、特に選んだ試料400個については、さらにCo, Sn, As, Li, W, Pt, Be, Ce, S及びTaの10成分の分析を行った。

分析法は、主として原子吸光分析法により実施したが、一部は蛍光X線分析法、高周波誘導結合プラズマ分析法が採用された。分析値の処理は統計的解析や主成分分析などにより異常帯の抽出を行ったが、これらの計算に使用した電子計算機は日本電気製ACOS-350型である。抽出された異常帯については、当該地域の地質、地質構造及び鉱化作用とともに考察し、次段階の探査地域の選出及び探査方法についての検討に供した。

第2章 Au, Cu, Zn, Cr, Ni, Nbの分析結果の統計処理

2-1 分析値の標準統計量

全分析値は appendix 1 に示した。統計処理結果の標準統計量については Table II-2-1 に示す。Au, Nb については、検出限界値以下の値を示すものが多かったため、平均値を求めなかった。

Cu, Zn, Cr, Ni については検出限界以下の値はなく、すべての試料の分析値を得た。しかし逆に検出限界以上の値が出た分析値があり、Zn については 1,000 ppm, Ni については 5,000 ppm を与えてそれぞれの元素について統計処理を行った。

各元素の算術平均値は、Cu 112 ppm, Zn 140 ppm, Cr 618 ppm, Ni 384 ppm であるが、Rose, et al (1979) による一般土壌の平均存在量 Cu 15 ppm, Zn 36 ppm, Cr 43 ppm, Ni 17 ppm に比較するとかなり高い値を示している。Fig. II-2-1 は Table II-2-2 からの超苦鉄質岩、苦鉄質岩の値と、今回分析した土壌試料の平均含有値を図示したものであるが、土壌試料の分析値の平均は超苦鉄質岩の折線に平行している。これは調査地域に超苦鉄質岩石が広く発達しており、このような地質条件が土壌成分に反映しているためと思われる。

Table II-2-1 Fundamental Statistics
of Analytical Results (6 Elements)

Element	Number of Samples	Minimum Value (ppm)	Maximum Value (ppm)	Arithmetic Mean (ppm)	Standard Deviation (ppm)	Geometric Mean (ppm)	Standard Deviation (log)
Au	4,501	< 0.05	24	—	—	—	—
Cu	4,501	2	1,040	112	60	97	0.2696
Zn	4,501	8	> 1,000	140	117	117	0.2384
Cr	4,501	3	3,970	618	631	361	0.4907
Ni	4,501	3	> 5,000	384	511	212	0.4679
Nb	4,501	< 10	187	—	—	—	—

Table II-2-2 Content of Several Elements in Various Rocks and Soils

Elements	Igneous rocks			Sedimentary rocks			Soils
	Umaf	Maf	Gr	Ls	Ss	Sh	
Au	(med) 0.0032	(med) 0.0032	(med) 0.0023	(med) 0.005	(med) 0.005	(med) 0.004	(av) 0.002
Cu	(") 42	(") 72	(") 12	(") 5	(") 10	(") 42	(med) 15
Zn	(") 58	(") 94	(") 51	(") 21	(") 40	(") 100	(") 36
Cr	(av) 2,980	(av) 170	(av) 4.1	(av) 11	(av) 35	(av) 90	(") 43
Ni	(") 2,000	(") 130	(") 4.5	(") 20	(") 2	(") 68	(") 17
Nb	(") 1	(") 20	(") 20	-	-	(") 20	(av) 15
Co	(av) 110	(av) 48	(av) 1	(av) 0.1	(av) 0.33	(av) 19	(med) 10
Sn	(med) 0.5	(med) 1.5	(med) 3.0	(") 0.X	(") 0.6	(") 6	(av) 10
As	(") 1.0	(") 1.5	(") 2.1	(med) 1.1	(med) 1.2	(med) 12	(med) 7.5
Li	(av) 0.X	(av) 17	(av) 40	(av) 5	(av) 15	(av) 66	(") 22
W	(med) 0.1	(med) 1.0	(med) 1.5	(med) 0.5	(med) 1.6	(med) 1.8	(av) 1
Pt	(av) 0.032	(av) 0.030	(av) 0.0082	-	-	-	-
Be	(") 0.X	(") 1	(") 3	(av) 0.X	(av) 0.X	(av) 3	(range) 0.5 - 4
Ce	(") 9	(") 66	(") 57	(") 8	(") 15	(") 76	-
S	(av) 300	(") 300	(") 300	(") 1,200	(") 240	(") 2,400	(range) 100 - 2000
Ta	(") 0.018	(") 0.48	(") 3.5	-	-	(") 3.5	-

* after Geochemistry in Mineral Exploration,
Rose A.W., Hawkes H.E., Webb J.S.,
Academic Press, Second Edition

Abbrevaiton

Umaf: Ultramafic rock med: median
Maf: Mafic rock av: average
Gr: Granite
Ls: Limestone
Ss: Sandstone
Sh: Shale

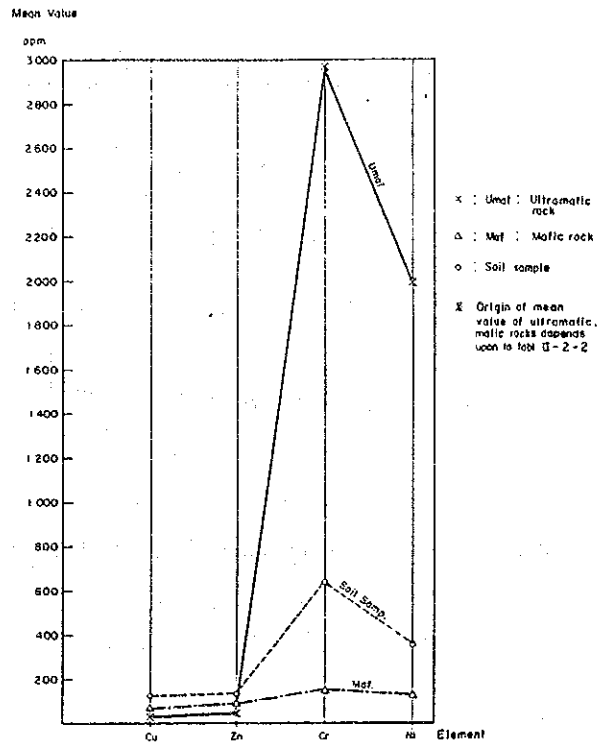


Fig. II-2-1 Mean Value of Ultramafic, Mafic Rock and Soil Sample for Cu, Zn, Ni and Cr

2-2 指示元素間の相関

指示元素間の分析値の実数の相関係数と、分析値を常用対数に変換した値についての相関係数を求め、さらにそれらの値の有意検定を行った。それらの結果を Table II-2-3、及び Table II-2-4 に示す。

Table II-2-3 Correlation Coefficients and Significance Test

	Cu	Zn	Cr	Ni
Cu	1.00			
Zn	××0.56	1.00		
Cr	××-0.08	××0.21	1.00	
Ni	××-0.04	××0.22	××0.85	1.00

Degree of Free

$n=4,499$

××: $|R(0.01)| \geq 0.0384$

Table II-2-4 Correlation Coefficients
and Significance Test (in Logarithm)

	log Cu	log Zn	log Cr	log Ni
log Cu	1.00			
log Zn	××0.66	1.00		
log Cr	××0.22	××0.35	1.00	
log Ni	××0.21	××0.38	××0.93	1.00

各元素間の相関については、有意水準1%で、正負の相異があるが相互に相関性が認められ、特にNiとCrは相関係数0.85で高い正の相関を示し、また、CuとZnも0.56で正の相関を示している。その他の元素間については1%有意水準を示しても、その値は小さく、必ずしも相関があるとはいえない。NiとCrの高い相関性は、超苦鉄質岩類や苦鉄質岩が多いという地域の特徴を反映している。

2-3 分析値の頻度分布及び相対累積度数分布

分析値の頻度分布及び相対累積度数分布を正規確率紙上に書きFig. II-2-2~Fig. II-2-7に示した。全体の4,501個についての頻度分布図は、Cu, Znについてはほぼ正規分布を示すが、Ni, Crについては高含有部を多く伴う集団（異常集団）と後背値を多く伴う集団（後背値集団）とが存在するような分布を示している。

A地区については、各元素の頻度分布図ともに低含有部では緩やかで、高含有部では急な特徴的な曲線を示す。これは高含有分析値が急激に少くなることを意味している。

B地区については、Cu, Znは比較的正規性のある分布を示すが、Niは複数の正規分布があるような形を示し、Crについても若干同様な傾向が認められている。

C地区については、すべての元素の累積頻度曲線がほぼ直線状にあり、正規分布に近い形を示している。

D地区については、Cu, Znについてはほぼ正規分布に近い形を示している。Ni, Crについては、どちらもほぼ似たような分布形態を示し、平均値が高く高含有値が多いことを示している。

E地区については、各頻度分布図はD地区に類似し、Cu, Znについてはほぼ正規分布に近い形を示しているが、Ni, Crについては平均値が高く、高含有値が多い分布形態を示している。この結果は、D, E地区に超苦鉄質岩が他地区に比較して広く発達していることによるものと考えられる。

2-4 分析値の分帯

全体の分析値についてみた場合、各指示元素はCu, Znのように対数正規分布集団を示すものと、Ni, Crのように複数の対数正規分布集団を示すものがあるが、5地区から最も有望な地区を抽出するという目的から、各地区の分帯は行わず、全体の分析値を対象として分帯することとした。

分帯は、全体の分析値の幾何平均値を中心として $\frac{1}{2}\sigma$ ごとにTable II-2-5に示すように8帯に分けた。PL. II-2-1~5に示すように、この分帯区分による元素量等含有線図を電子計算機によって描かせた。しかし、Au, Nbについては統計処理を行わないため分析値を図面に記入させ、特に異常な部分では各成分とともに後章で考察することとした。

Table II-2-5 Zoning of Analytical Values

(ppm)

Element	1	2	3	4	5	6	7	8
	$\leq GM - 2\sigma$	$GM - 2\sigma$ $\sim GM - \frac{1}{2}\sigma$	$GM - \frac{1}{2}\sigma$ $\sim GM$	$GM \sim$ $GM + \frac{1}{2}\sigma$	$GM + \frac{1}{2}\sigma$ $\sim GM + \sigma$	$GM + \sigma$ $\sim GM + \frac{3}{2}\sigma$	$GM + \frac{3}{2}\sigma$ $\sim GM + 2\sigma$	$\geq GM + 2\sigma$
Cu	≤ 52	53 ~ 70	71 ~ 96	97 ~ 131	132 ~ 179	180 ~ 244	245 ~ 333	≥ 334
Zn	≤ 68	69 ~ 90	89 ~ 116	117 ~ 153	154 ~ 202	203 ~ 266	267 ~ 350	≥ 351
Cr	≤ 117	118 ~ 204	205 ~ 360	361 ~ 635	636 $\sim 1,117$	1,118 $\sim 1,967$	1,968 $\sim 3,461$	$\geq 3,462$
Ni	≤ 72	73 ~ 123	124 ~ 211	212 ~ 363	364 ~ 628	624 $\sim 1,068$	1,069 $\sim 1,831$	$\geq 1,832$

※ GM = Geometric mean
 ※ σ = Standard deviation

以上の分帯から、しきい値を $GM + \sigma$ に定め、 $GM + \sigma$ 以下をC帯、 $GM + \sigma \sim GM + 2\sigma$ 間をB帯、 $\geq GM + 2\sigma$ をA帯として分帯した。すなわち、最も高い異常帯をA帯とし次いでB帯とし、A帯、B帯を異常帯と呼び、C帯を後背値と考える。

Table II-2-6 Thresholds and Zoning of Anomalies

Element	Number of Samples	Threshold		Zoning (ppm)		
		t (ppm)	$\geq t$ (%)	C	B	A
Cu	4,501	180	8.4	≤ 179	180 ~ 333	≥ 334
Zn	4,501	203	11.2	≤ 202	203 ~ 350	≥ 351
Cr	4,501	1,118	20.1	$\leq 1,117$	1,118 $\sim 3,461$	$\geq 3,462$
Ni	4,501	624	20.5	≤ 623	624 $\sim 1,831$	$\geq 1,832$

完全な対数正規分布を示しておれば、しきい値 ($GM+\sigma$) 以上の値は全体の 16% を占めるはずであるが、完全な対数正規分布でないため上記の表に示すような割合となっている。

2-5 岩石と分析値との関係

分析値を得た全試料の Cu, Zn, Ni, 及び Cr について、土壤試料を採取した地点の基盤の岩石別に頻度分布及び累積頻度分布を描かせた。その結果を Fig. II-2-8-1~II-2-11-2 に示す。また、各岩石ごとの種々の統計量を示せば Table II-2-7 のとおりである。

Cu 含有量の平均値については、花崗岩質岩類が比較的低い値を示すほかは、50 ppm ~ 100 ppm の平均値を示す。苦鉄質岩は比較的高い値を示し、この中でも粗粒玄武岩、コマチアイトなどが高い値を示している。また、頻度分布図の形態も苦鉄質岩では正規分布に近い形を示しているが、珪長質岩類、堆積岩類は正規性を示さず対照的である。

Zn 含有量の平均値については、ほとんどの岩石が 100 ppm 前後の値を示している。縞状鉄岩の平均値が一番高いが、全般的には苦鉄質岩の平均値が若干高い傾向を示している。頻度分布図の形態については、縞状鉄岩や第四紀層、粗粒玄武岩などは正規性を示しているが、他は不規則な形を示しているものが多い。

Ni 含有量の平均値については、珪長質岩類では低いが、苦鉄質岩では 150 ppm ~ 200 ppm と高い値を示す。特に蛇紋岩は 610 ppm と高く、岩質が分析値によく反映しているものと思われる。各岩種に対する Ni の頻度分布図は正規性のある分布を示すものが少なく、全般的に不規則な形を示す。

Cr 含有量の平均値については、Ni 同様に土壤の基盤の岩石の影響が強く、蛇紋岩中では 1,000 ppm 以上の値を示し、特徴的である。頻度分布図の形は、Ni と同様全般に不規則な形を示している。

以上のように、Ni, Cr の含有量は超苦鉄質岩石と密接な関係を有することが明らかになった。

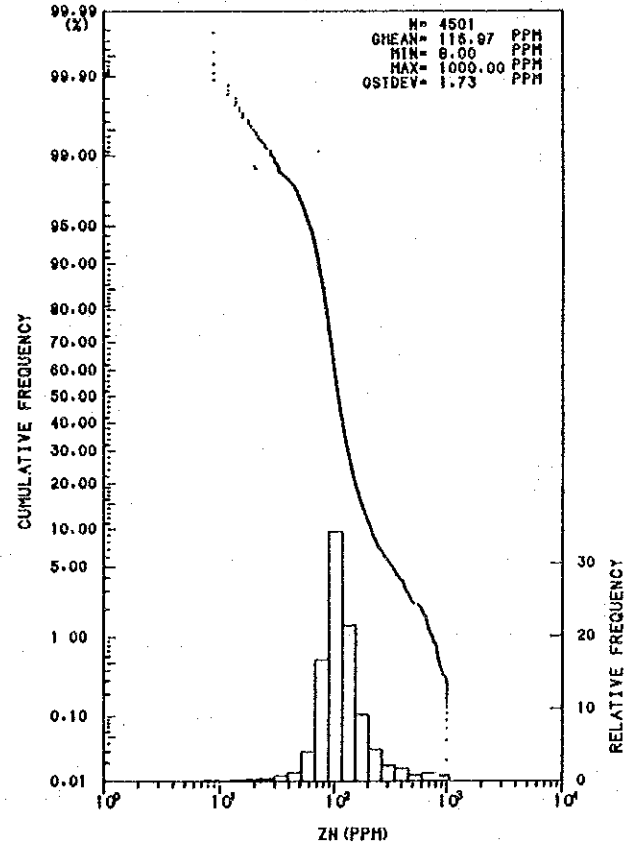
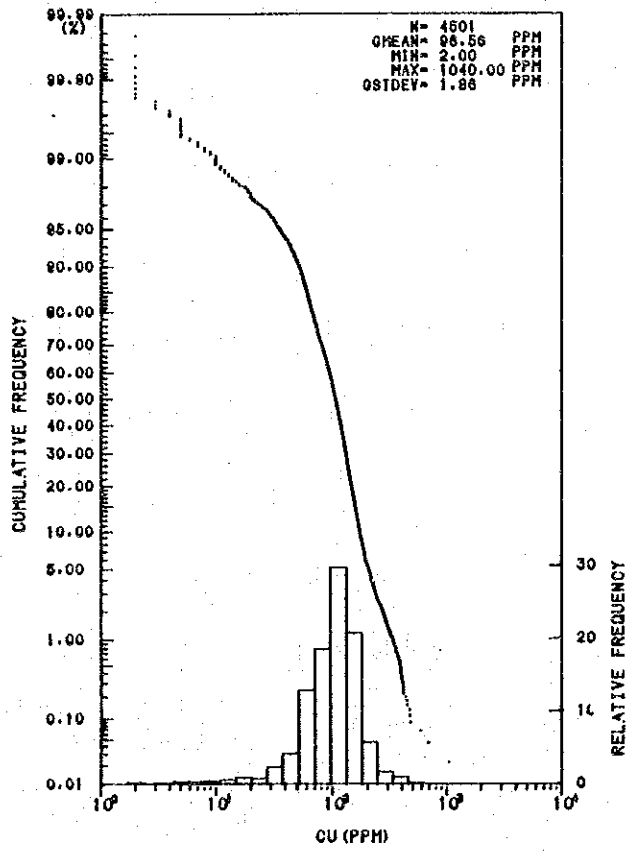
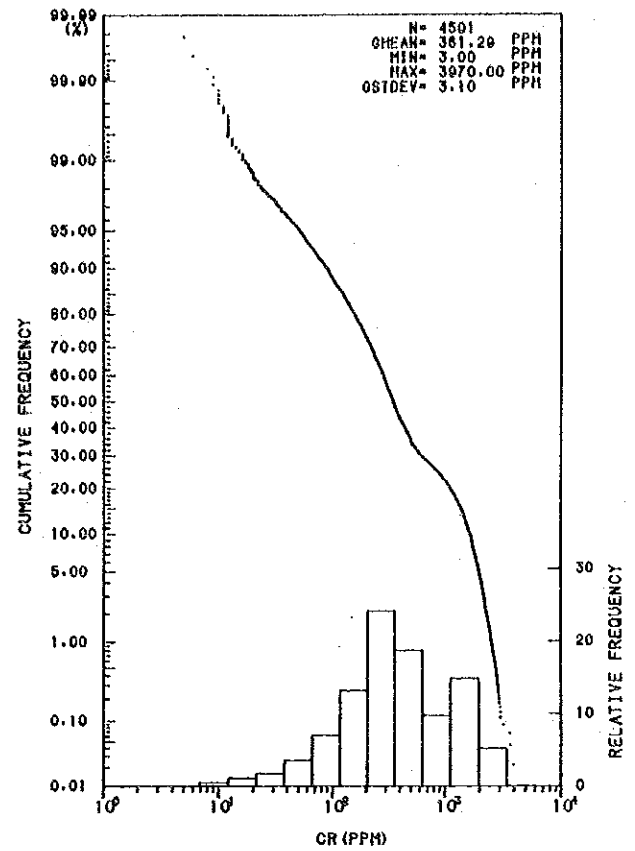
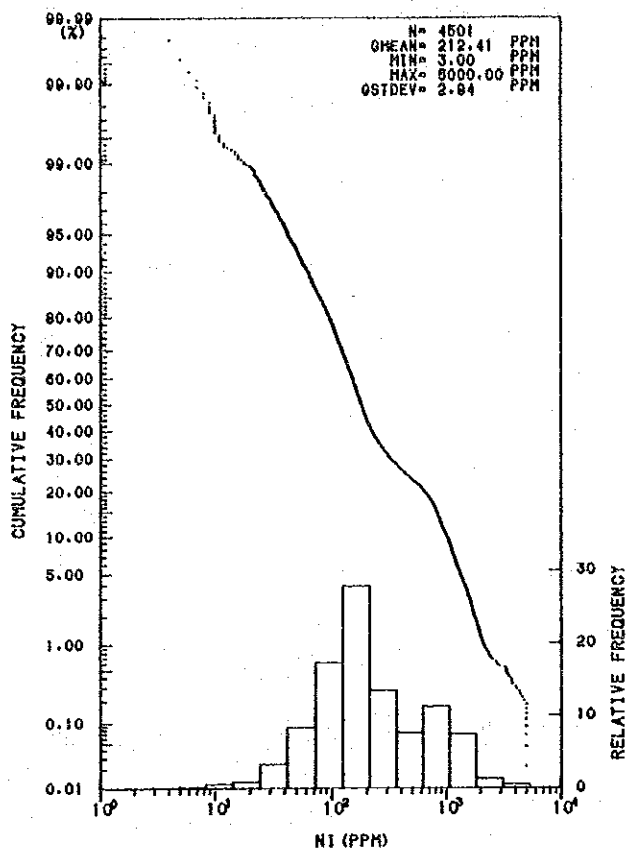


Fig. II-2-2 Histogram and Cumulative Frequency Distribution Curve for Cu, Zn, Ni and Cr in the Whole Survey Area

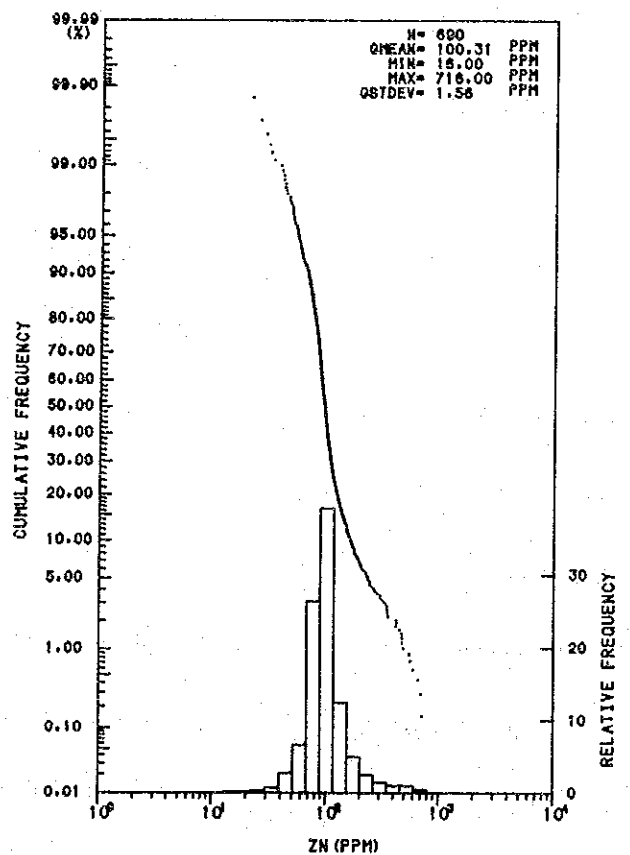
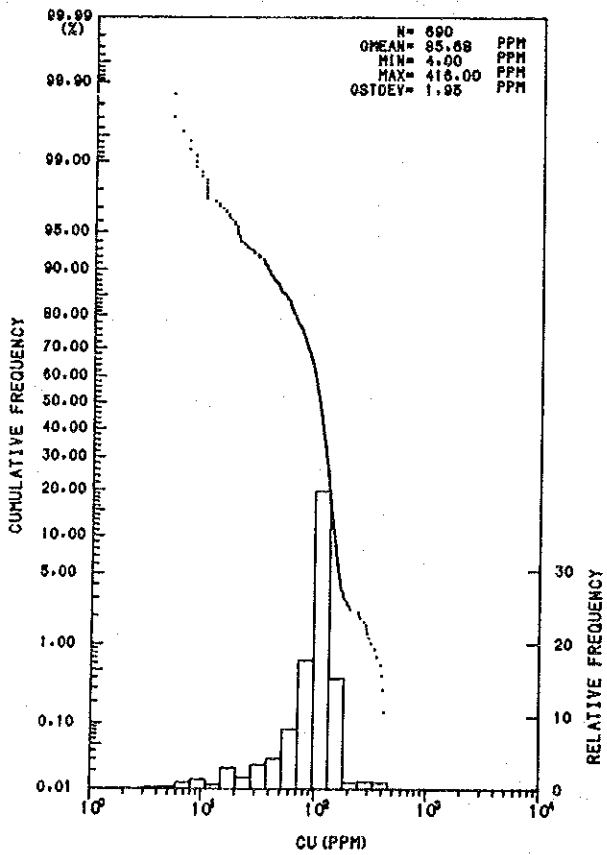
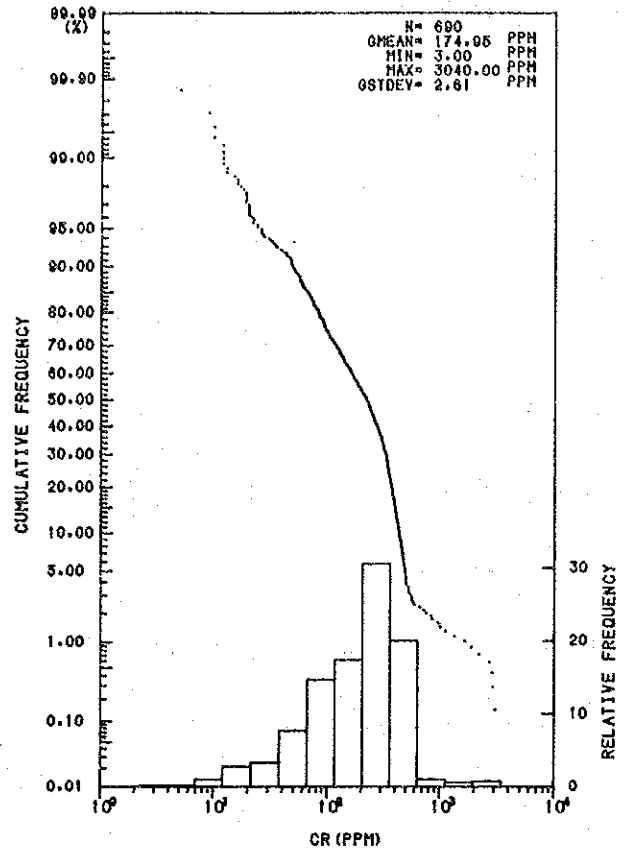
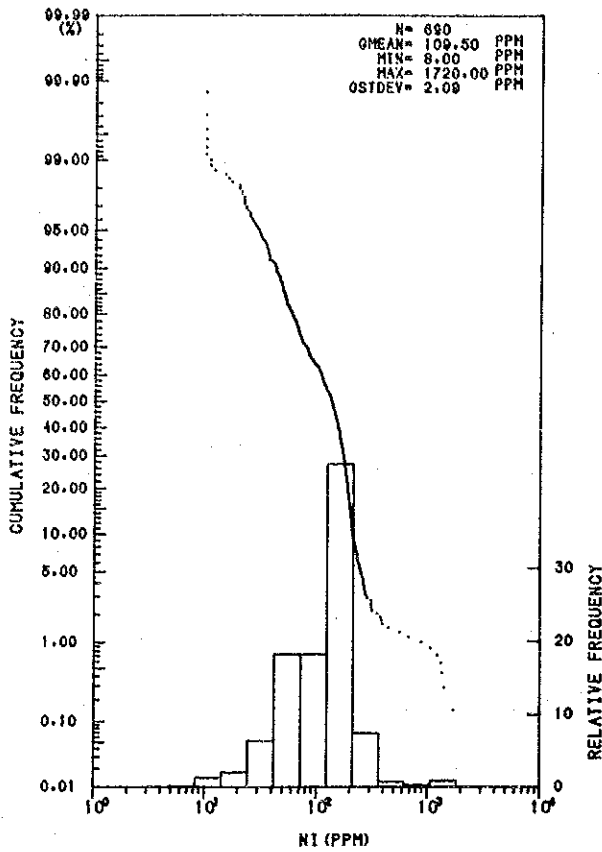


Fig. II-2-3 Histogram and Cumulative Frequency Distribution Curve for Cu, Zn, Ni and Cr in "A" Area

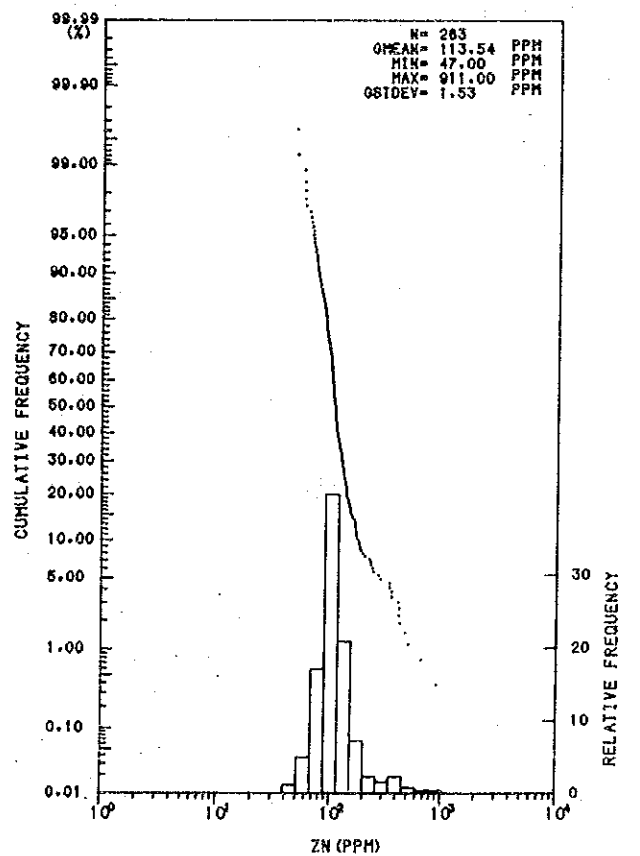
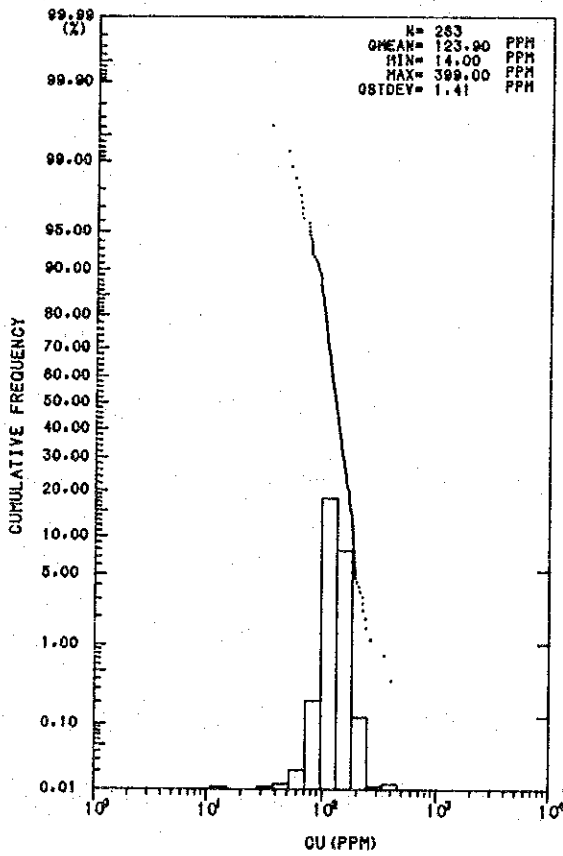
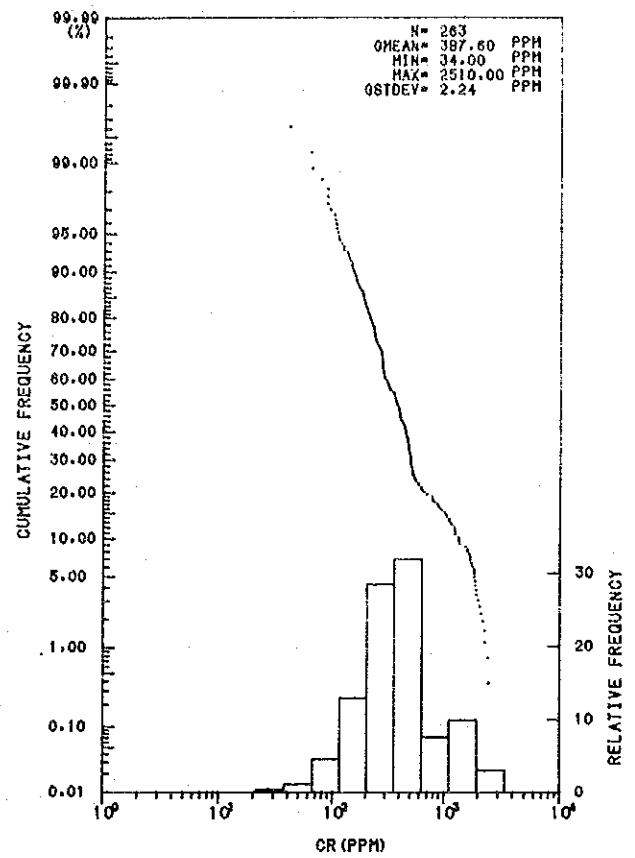
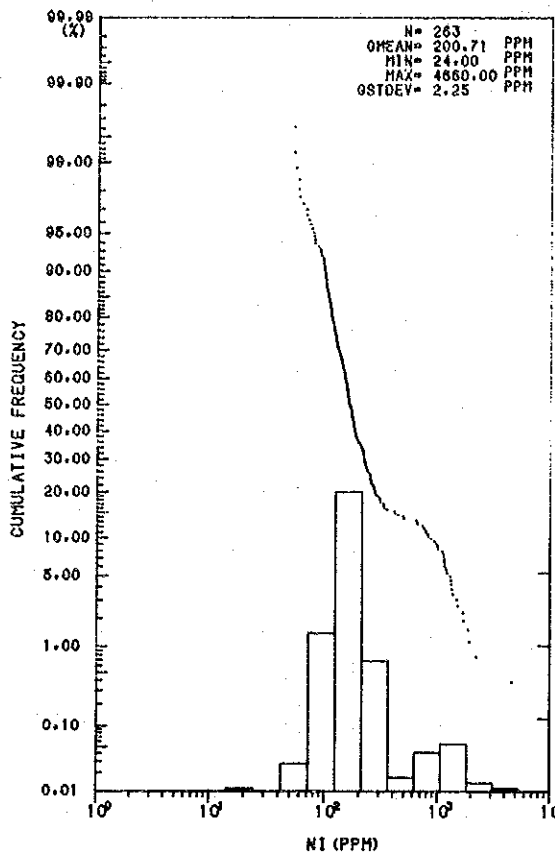


Fig. II-2-4 Histogram and Cumulative Frequency Distribution Curve for Cu, Zn, Ni and Cr in "B" Area

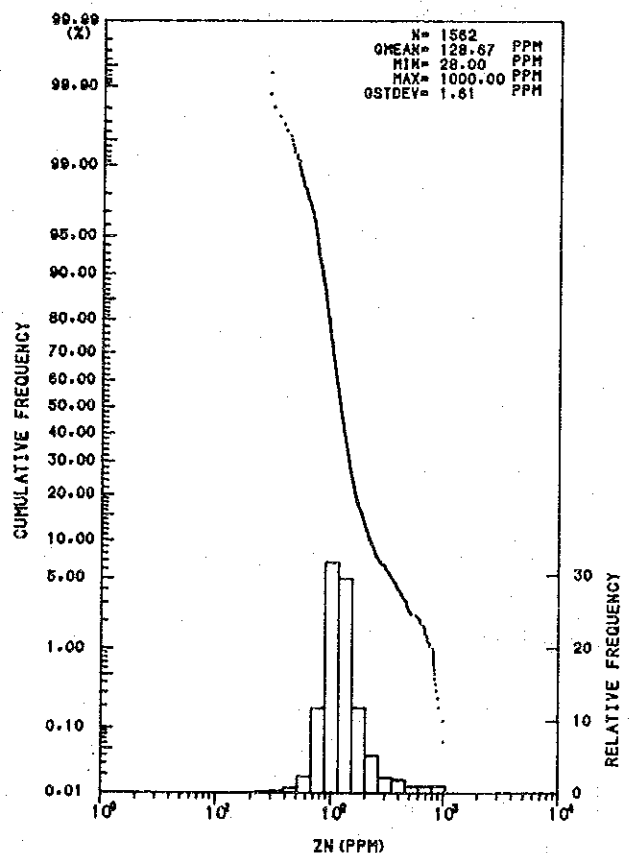
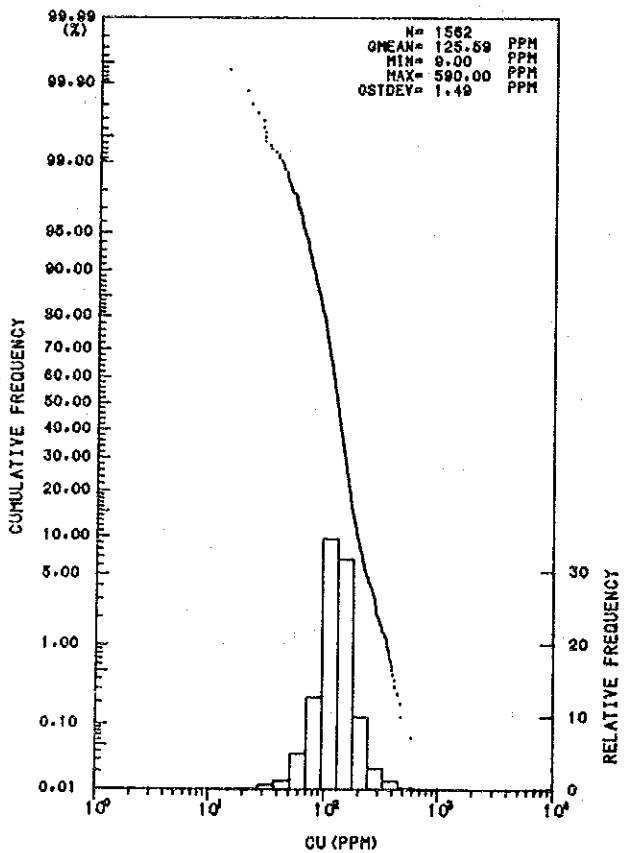
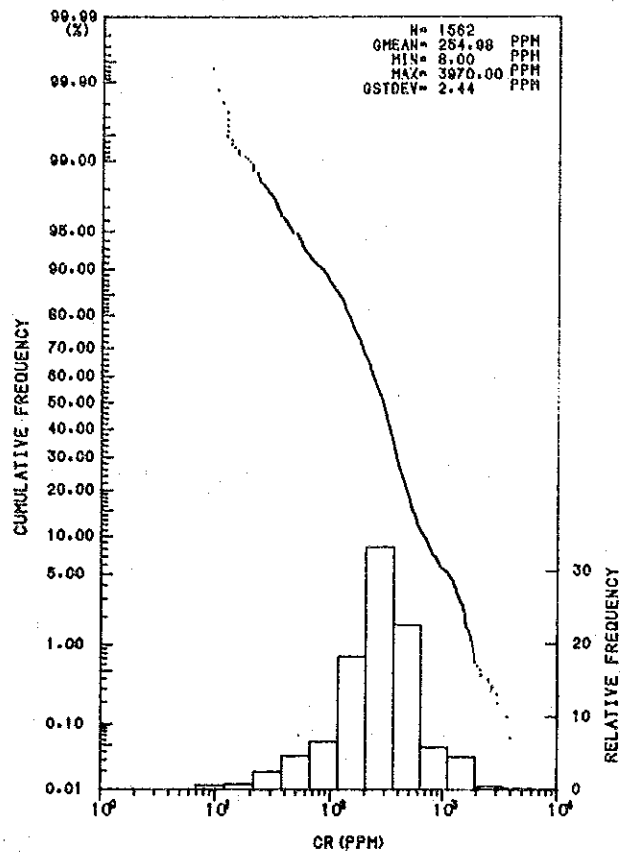
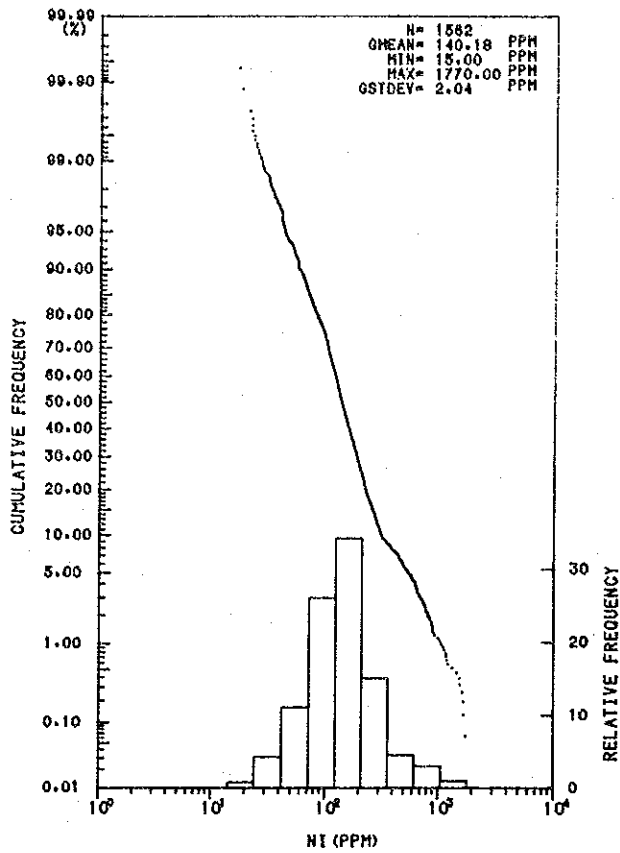


Fig. II-2-5 Histogram and Cumulative Frequency Distribution Curve for Cu, Zn, Ni and Cr in "C" Area

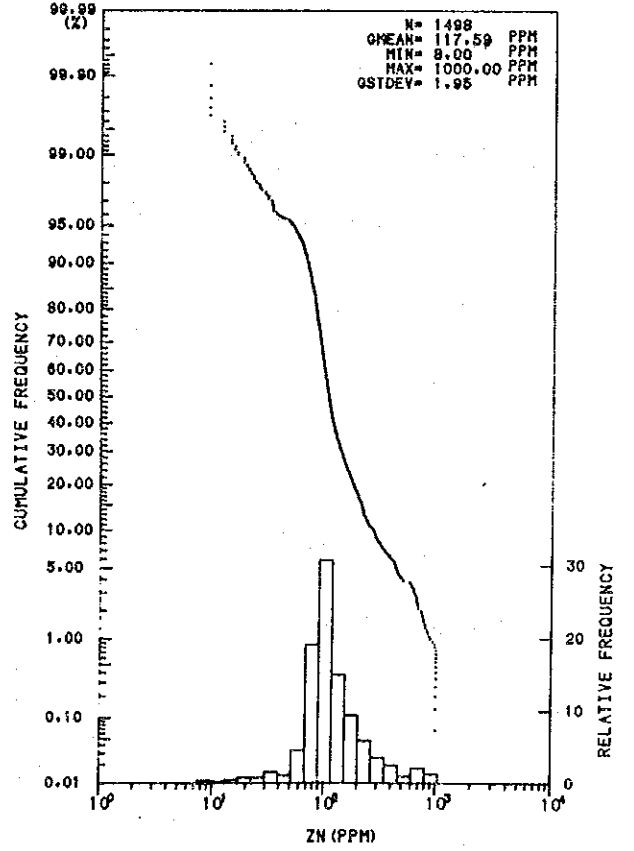
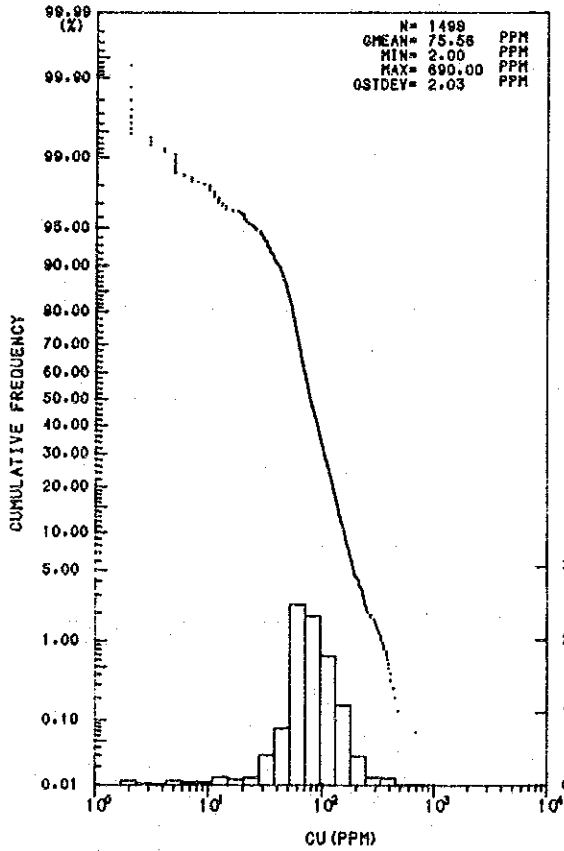
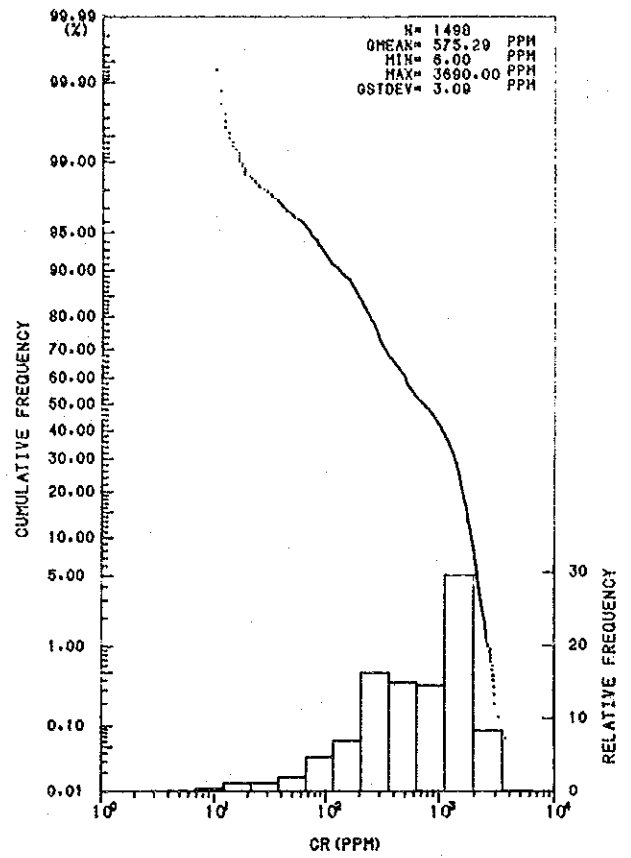
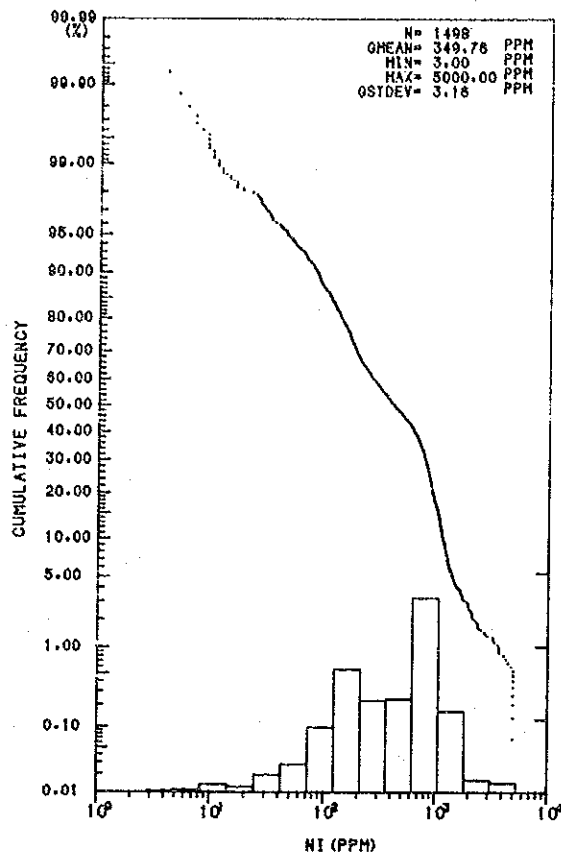


Fig. II-2-6 Histogram and Cumulative Frequency Distribution Curve for Cu, Zn, Ni and Cr in "D" Area

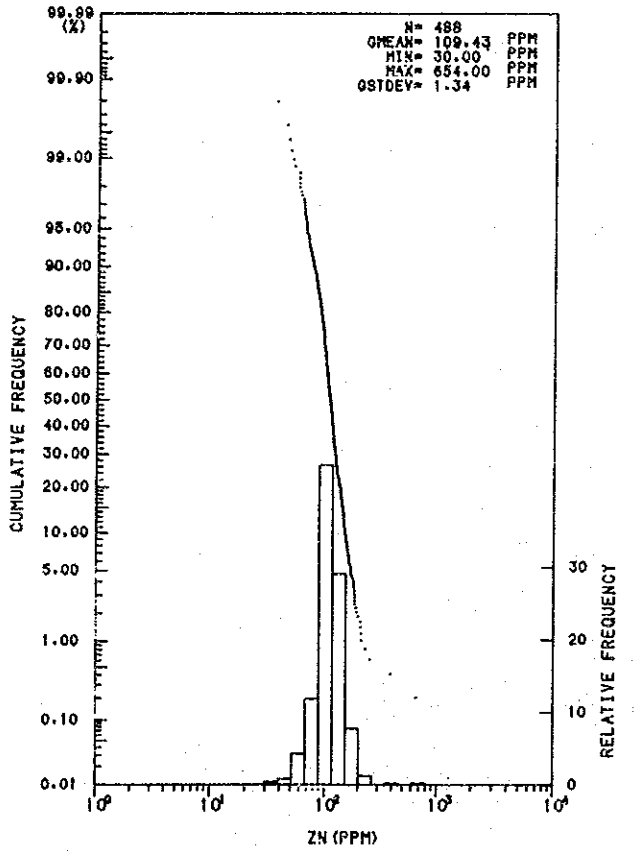
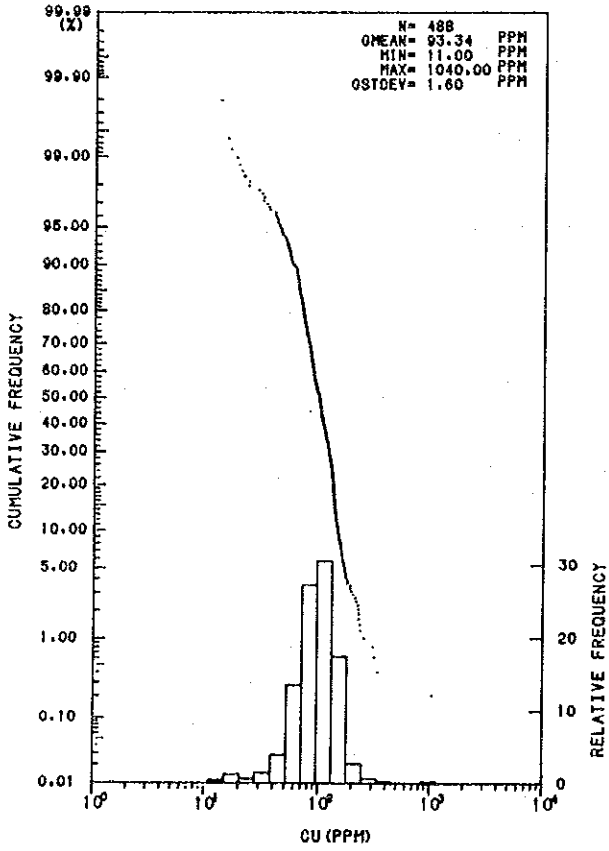
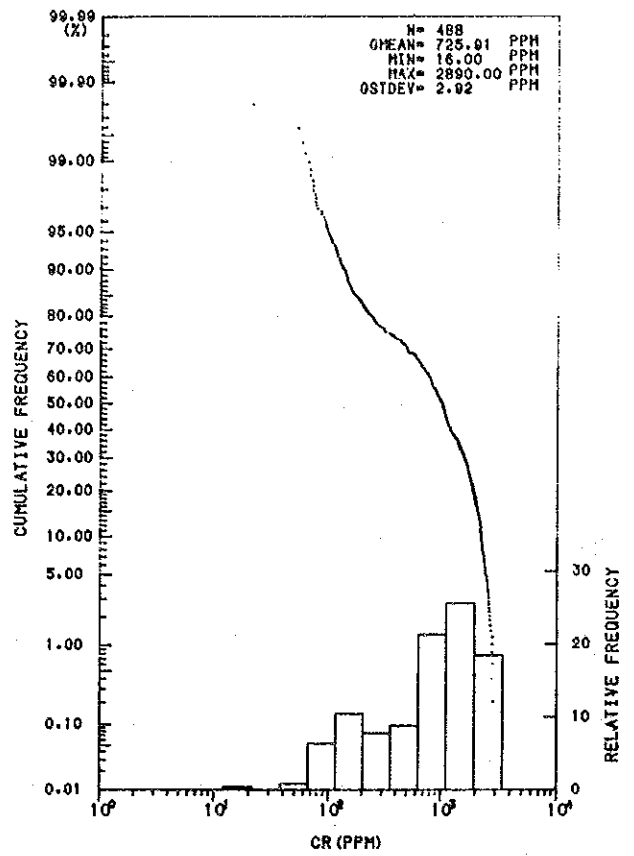
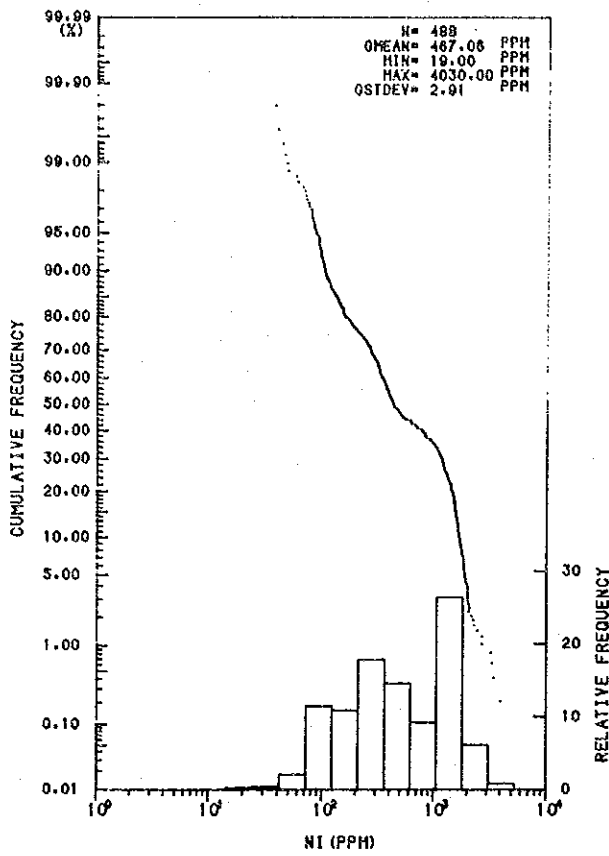


Fig. II-2-7 Histogram and Cumulative Frequency Distribution Curve for Cu, Zn, Ni and Cr in "E" Area

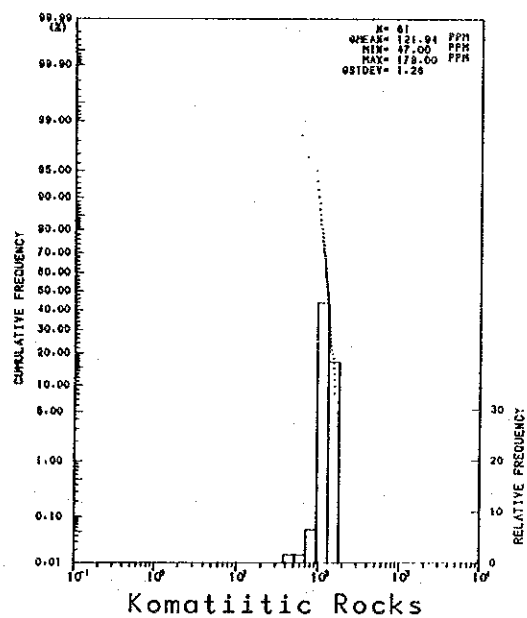
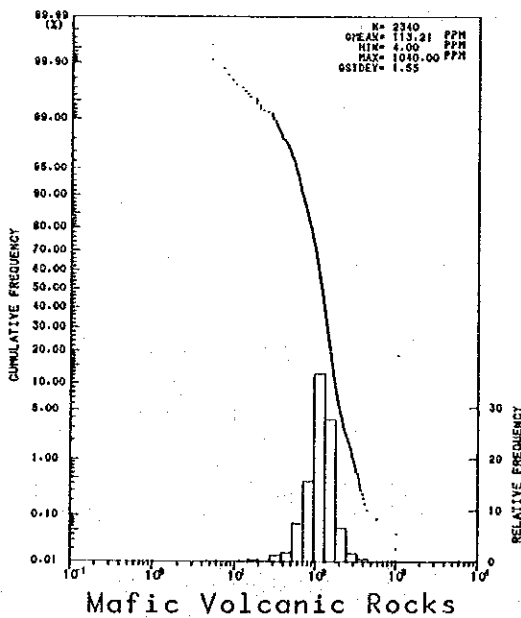
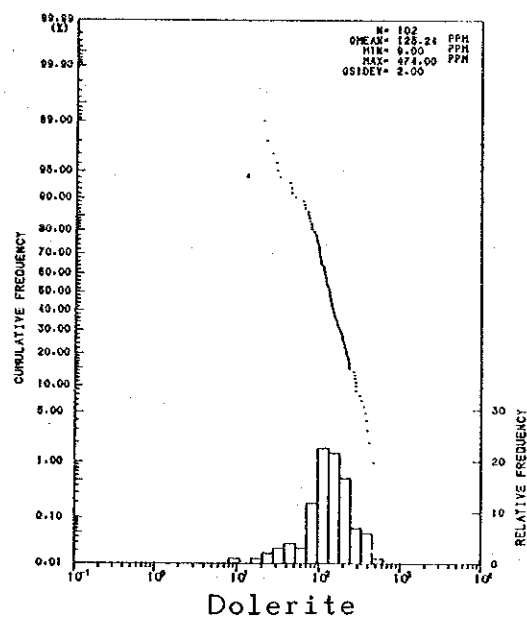
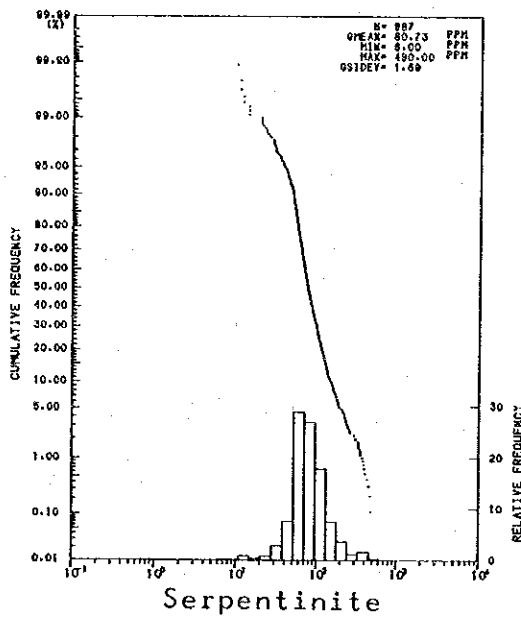
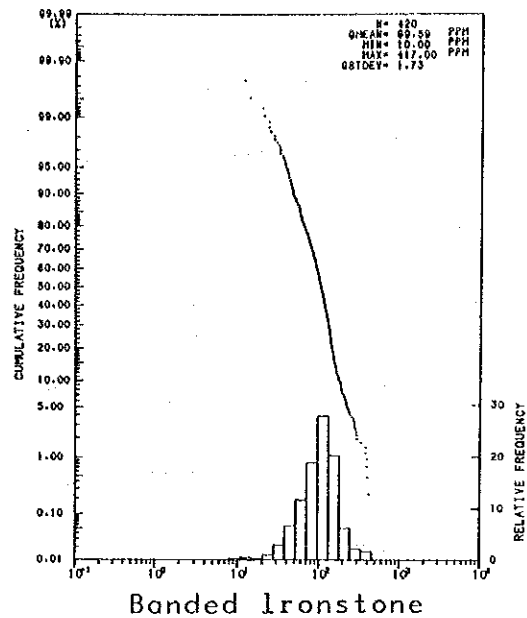
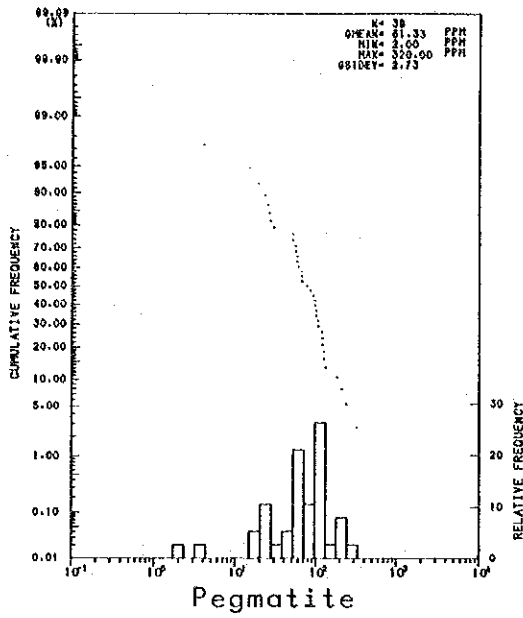


Fig. II-2-8-1 Histogram and Cumulative Frequency Distribution Curve for Geochemical Cu Analysis in Each Rock Type Terrain.

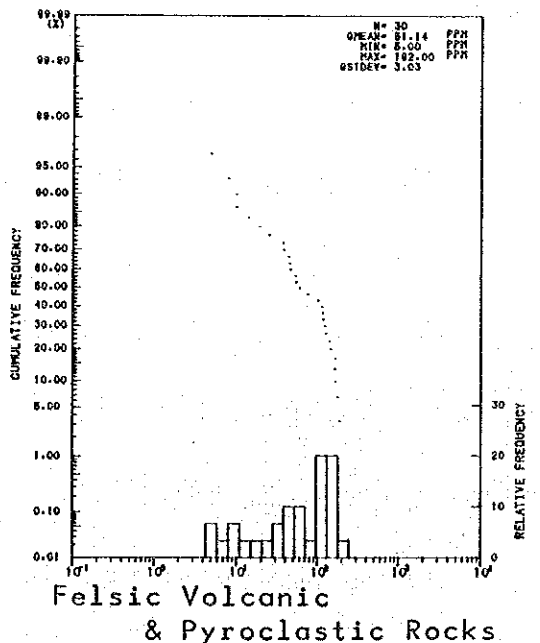
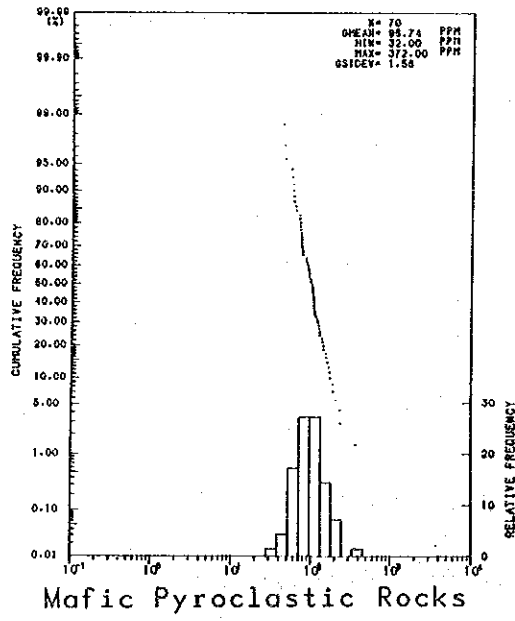
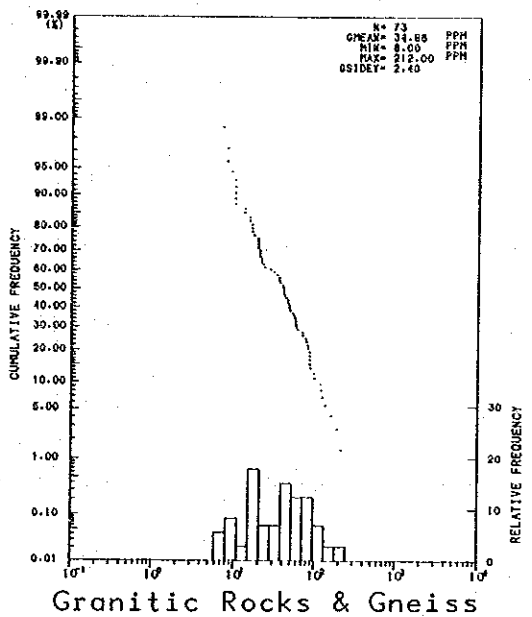
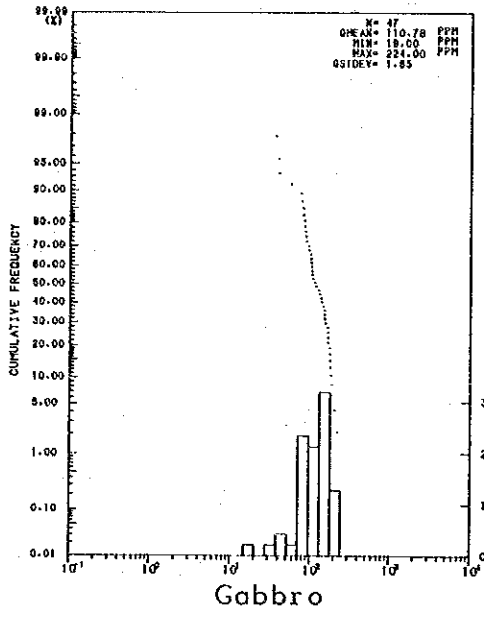
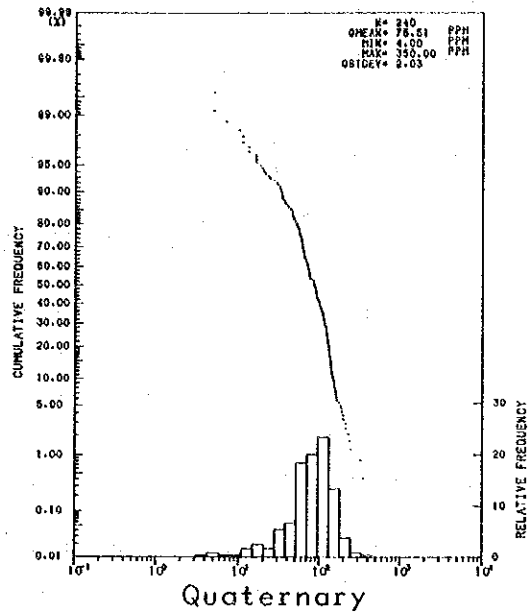
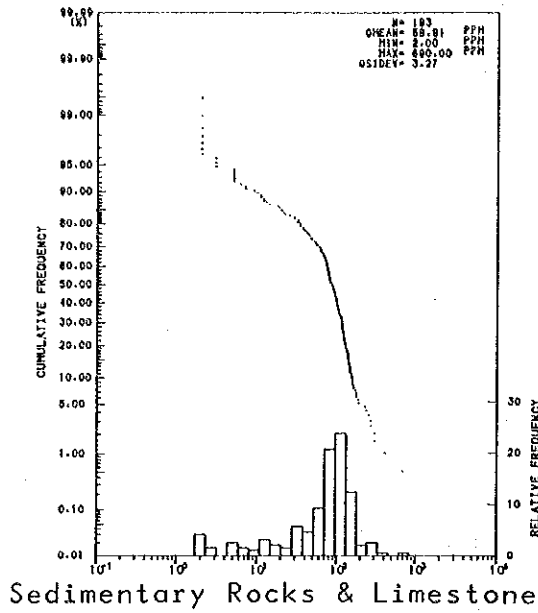


Fig. II-2-8-2 Histogram and Cumulative Frequency Distribution Curve for Geochemical Cu Analysis in Each Rock Type Terrain.

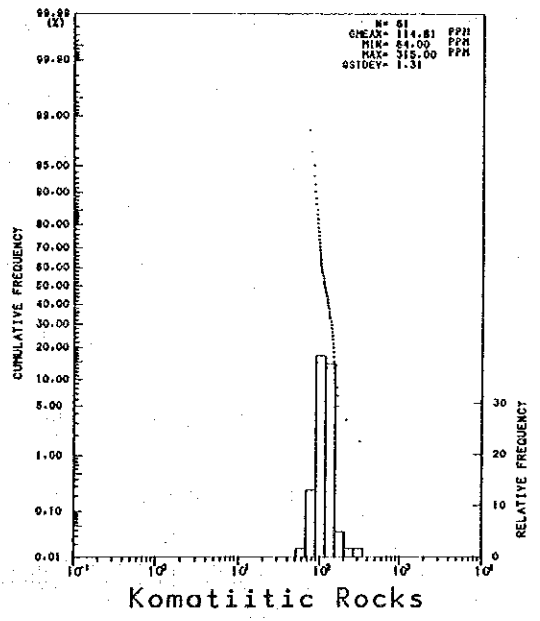
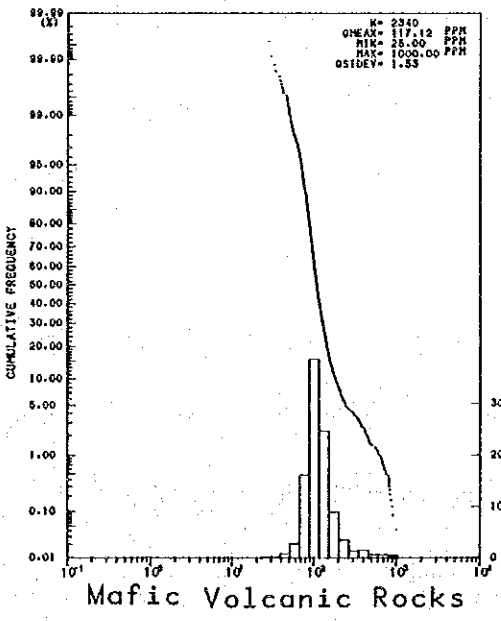
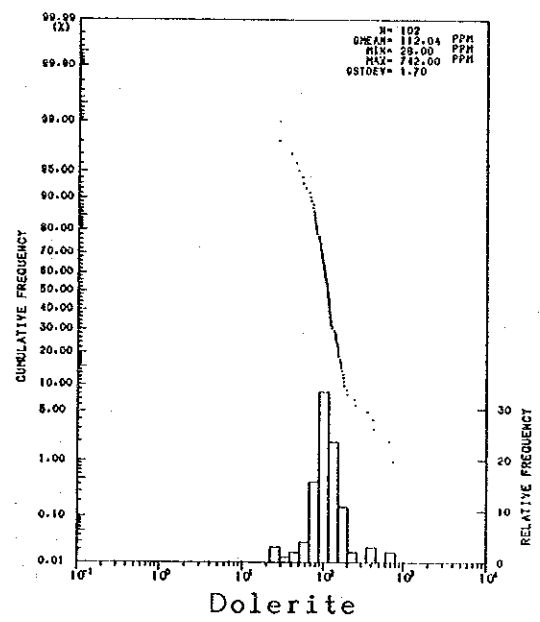
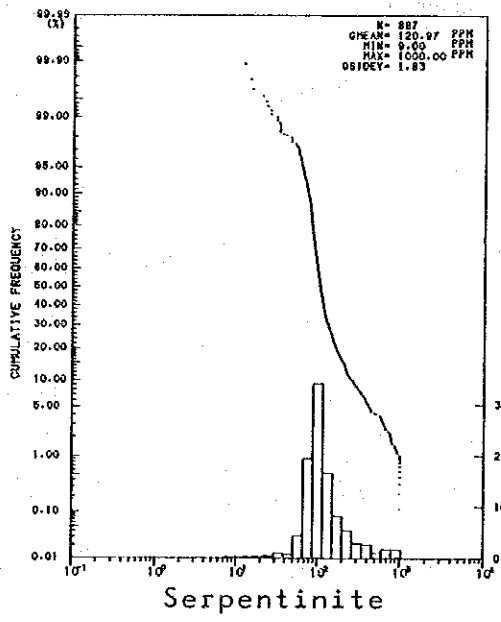
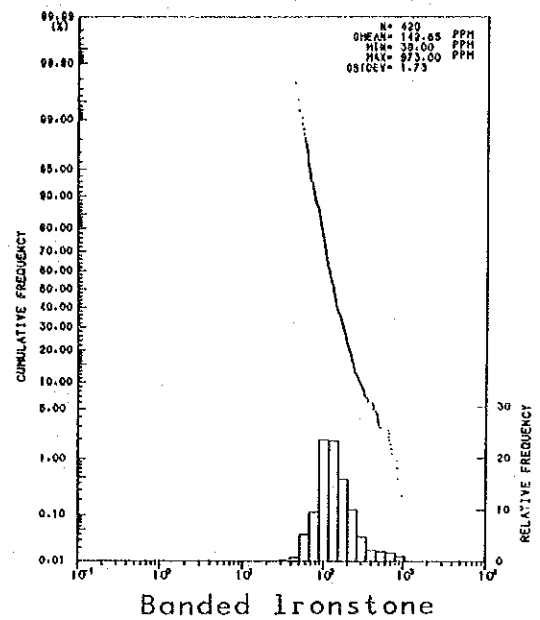
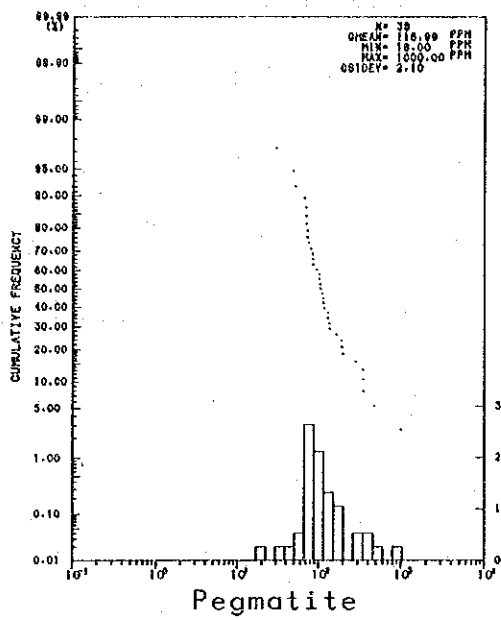


Fig. II-2-9-1 Histogram and Cumulative Frequency Distribution Curve for Geochemical Zn Analysis in Each Rock Type Terrain.

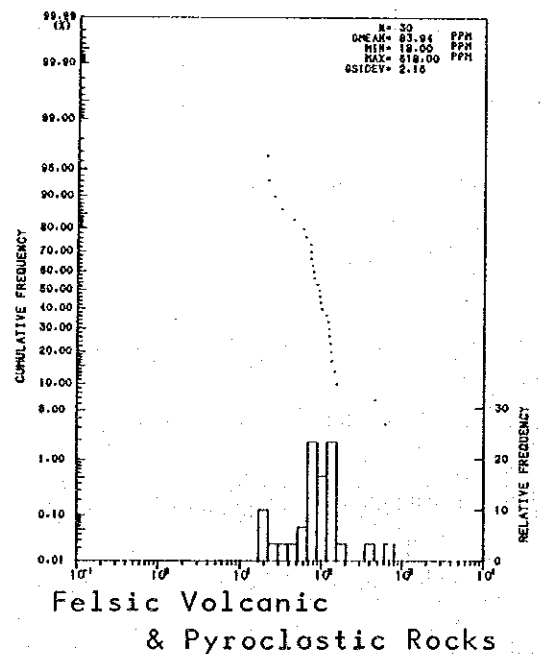
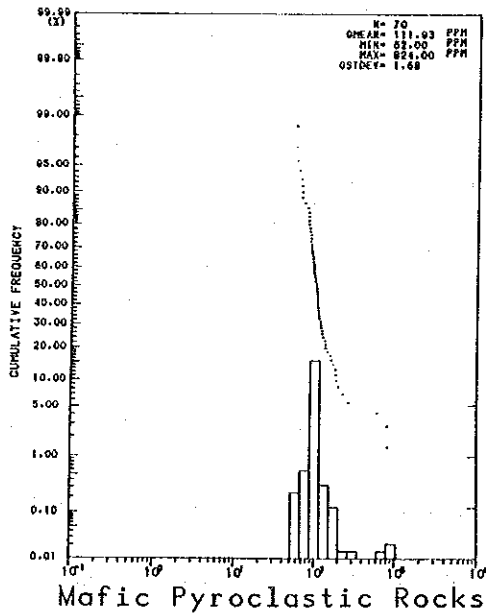
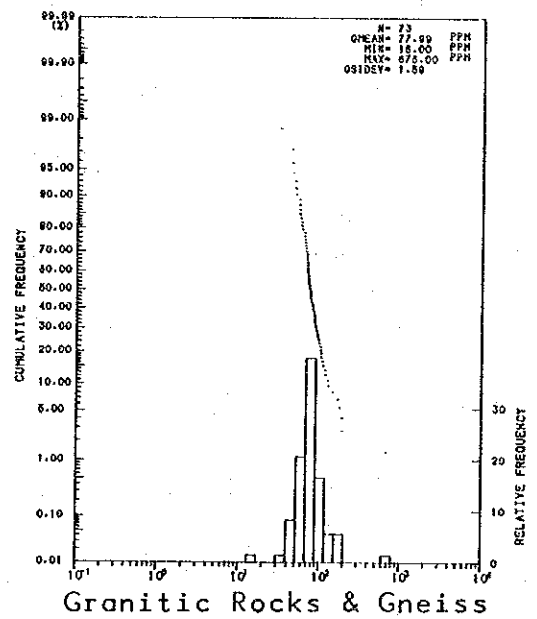
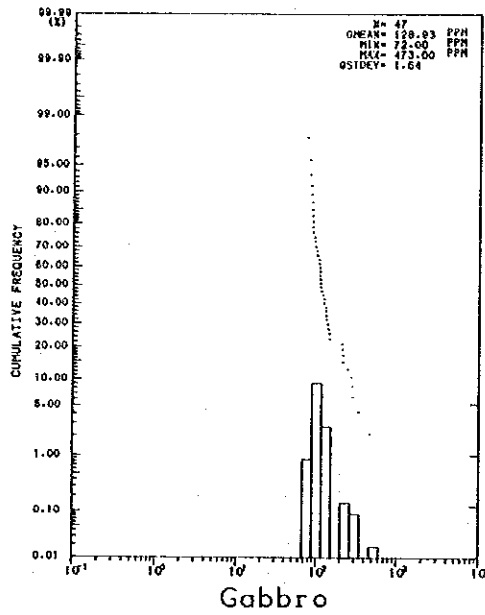
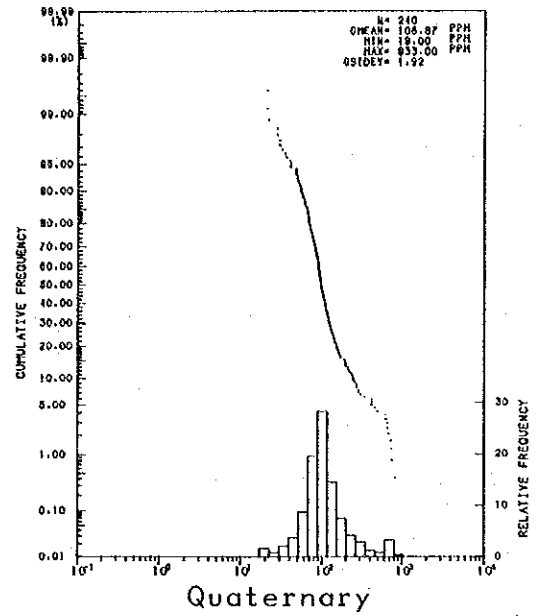
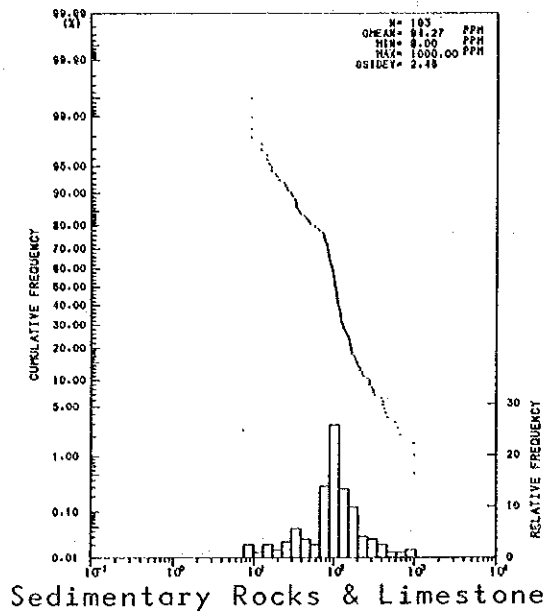


Fig. II-2-9-2 Histogram and Cumulative Frequency Distribution Curve for Geochemical Zn Analysis in Each Rock Type Terrain.

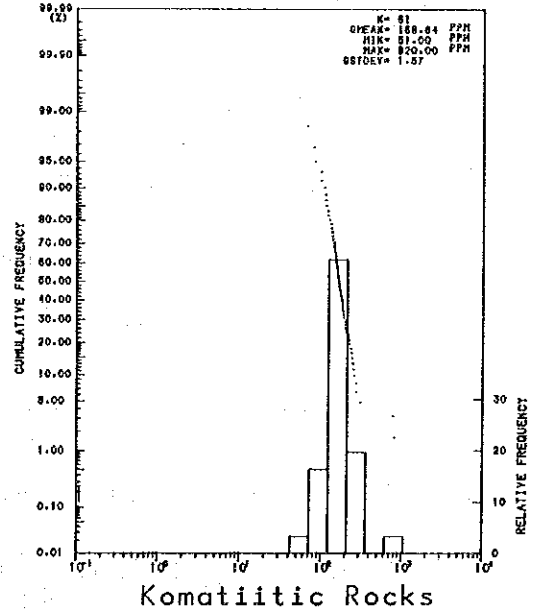
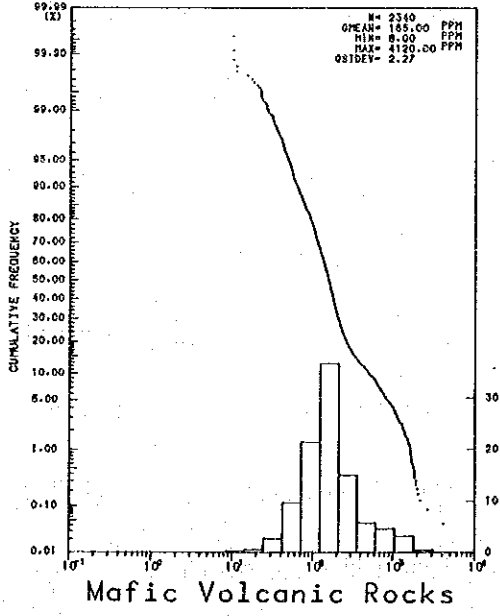
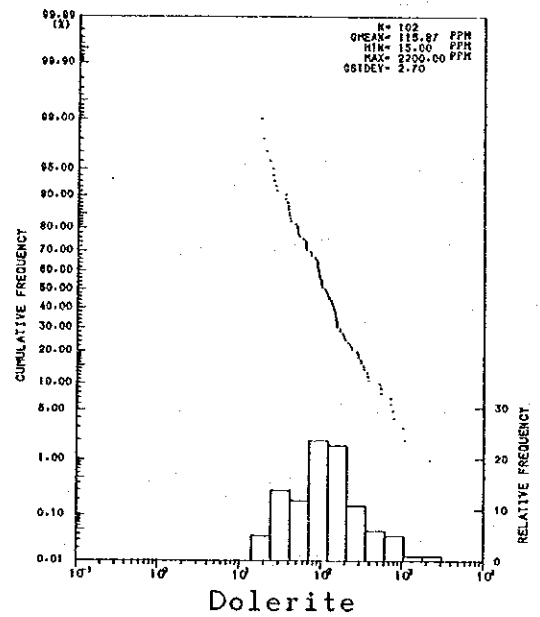
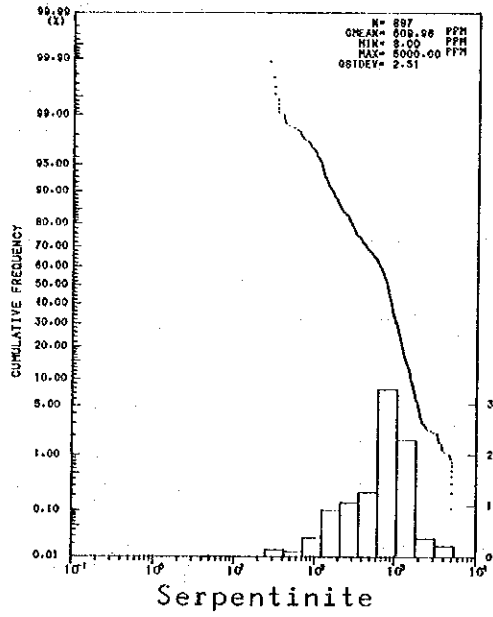
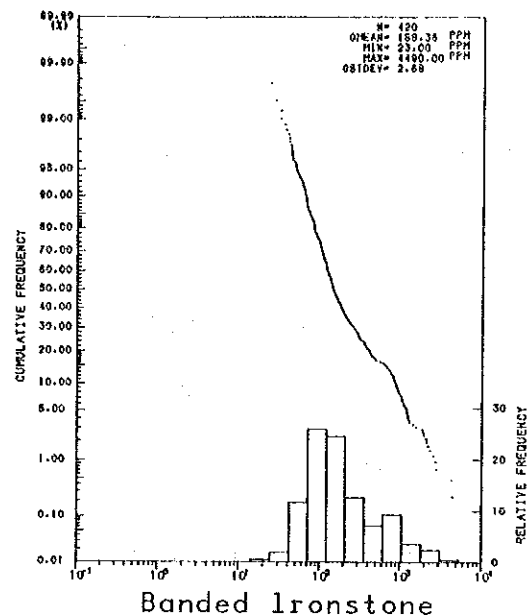
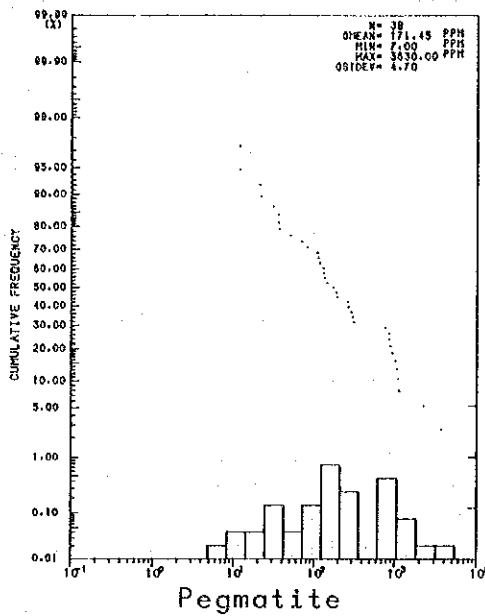


Fig. II-2-10-1 Histogram and Cumulative Frequency Distribution Curve for Geochemical Ni Analysis in Each Rock Type Terrain.

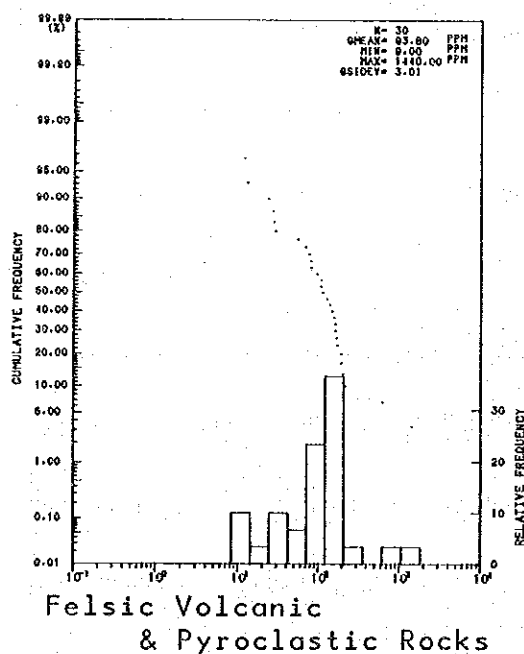
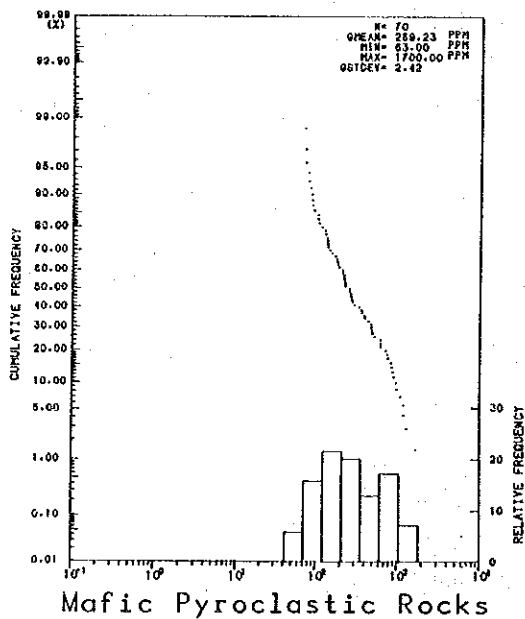
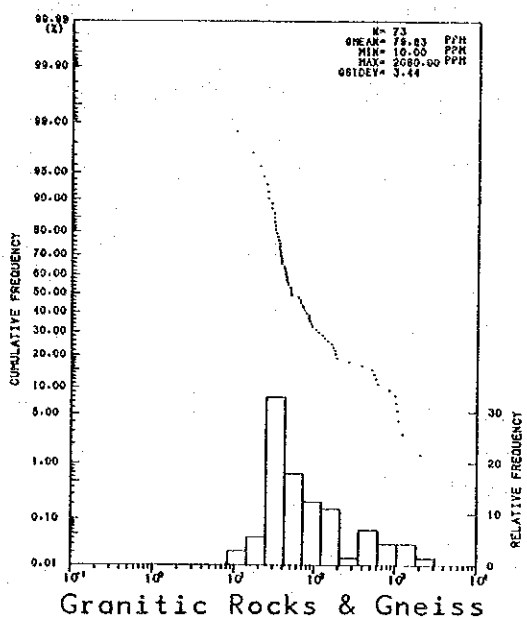
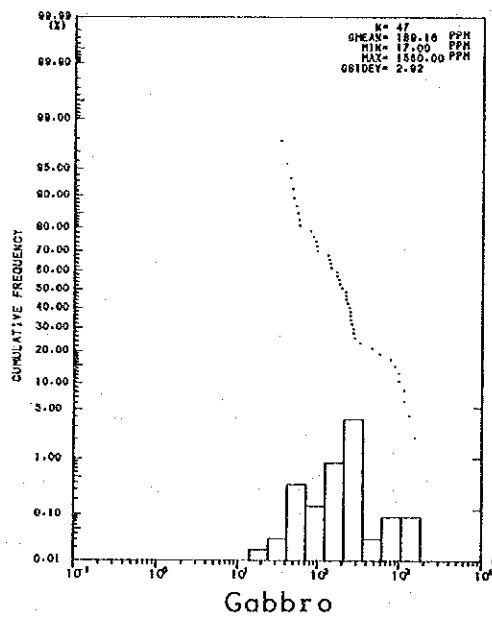
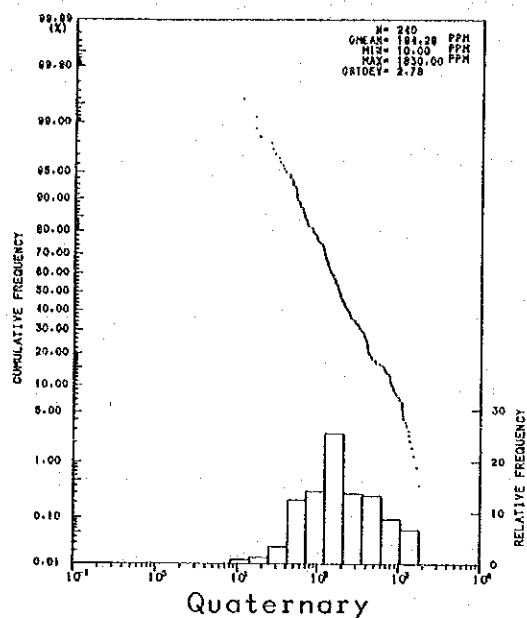
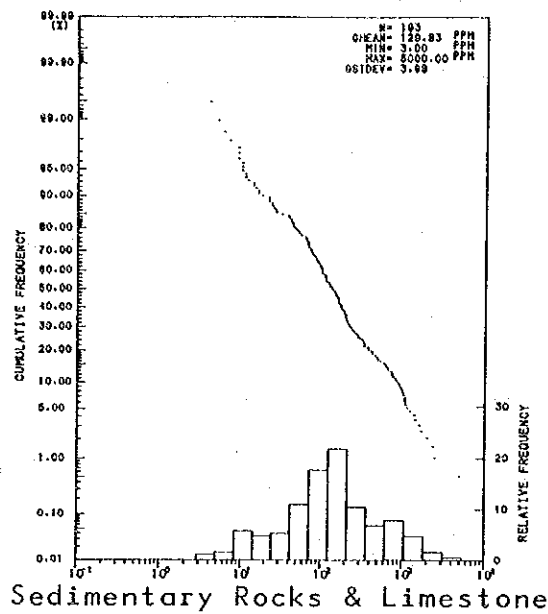


Fig. II-2-10-2 Histogram and Cumulative Frequency Distribution Curve for Geochemical Ni Analysis in Each Rock Type Terrain.

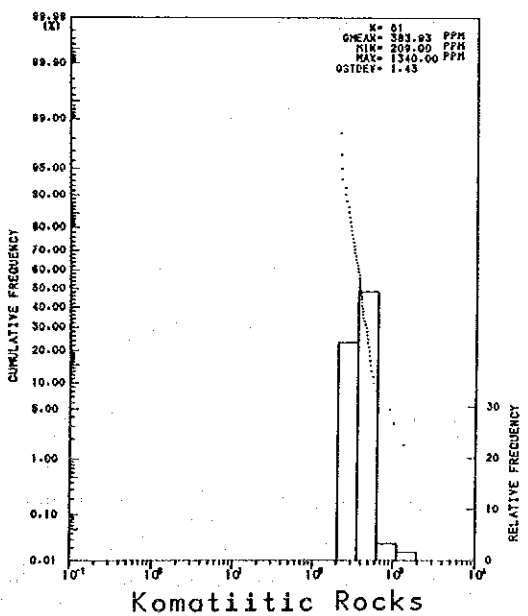
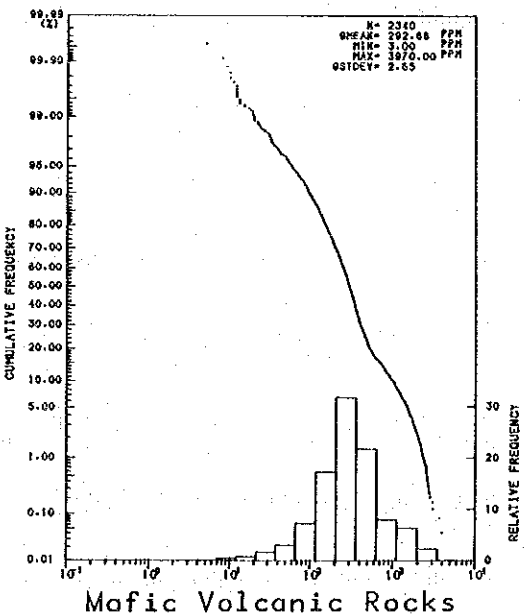
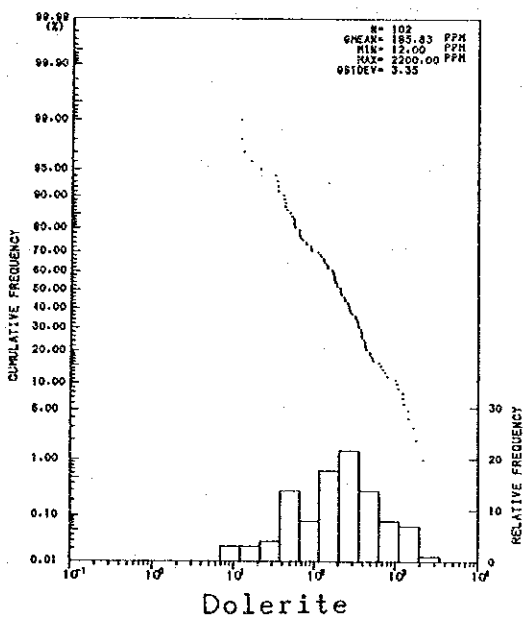
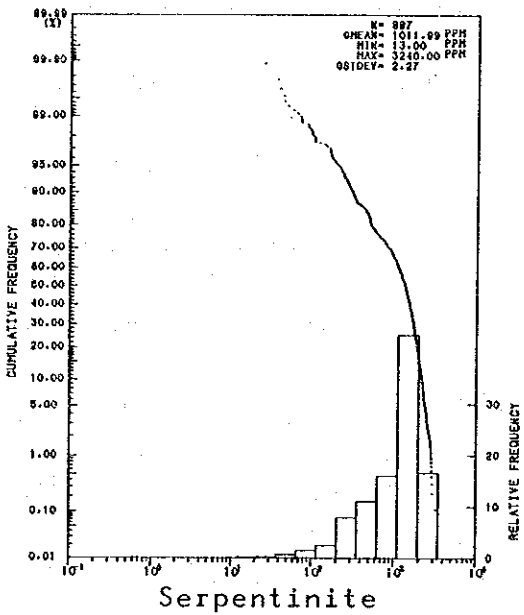
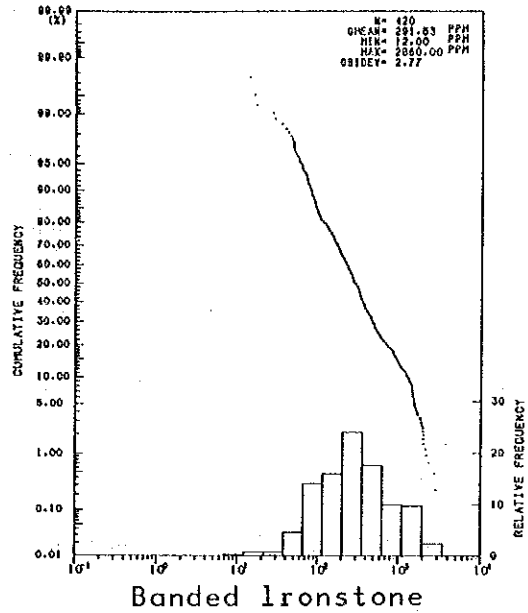
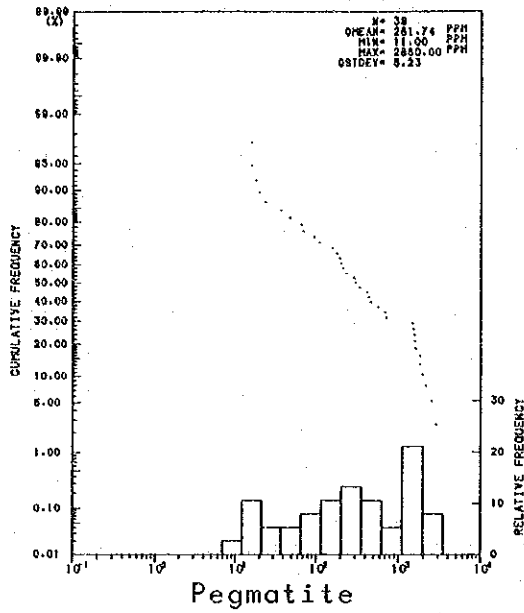
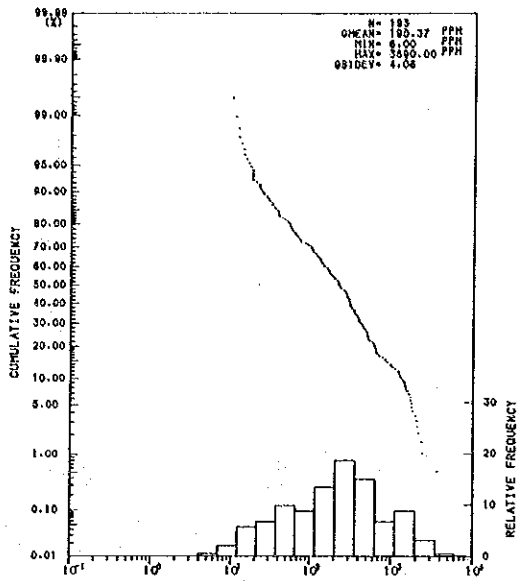
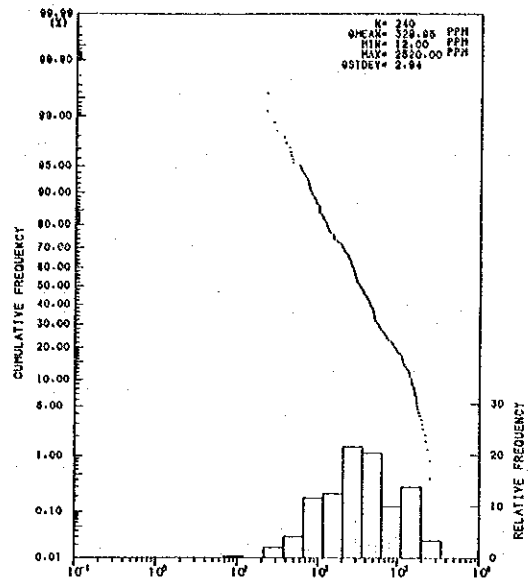


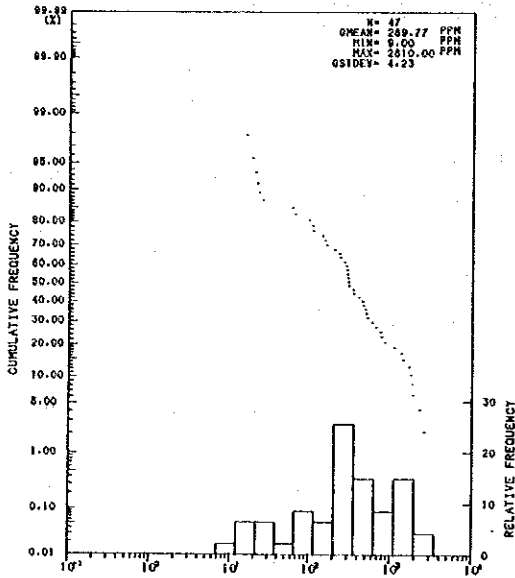
Fig. II-2-11-1 Histogram and Cumulative Frequency Distribution Curve for Geochemical Cr Analysis in Each Rock Type Terrain.



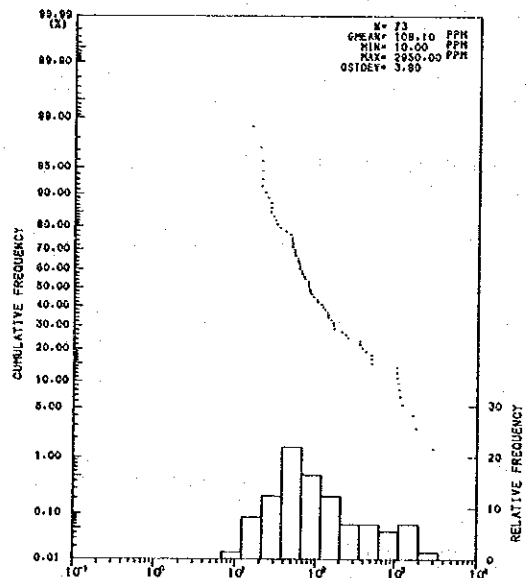
Sedimentary Rocks & Limestone



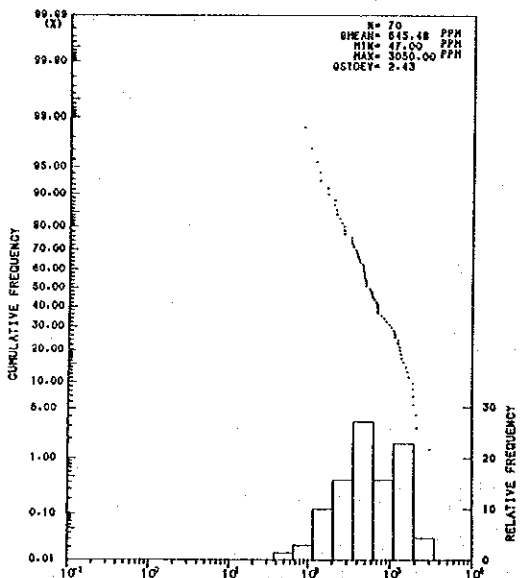
Quaternary



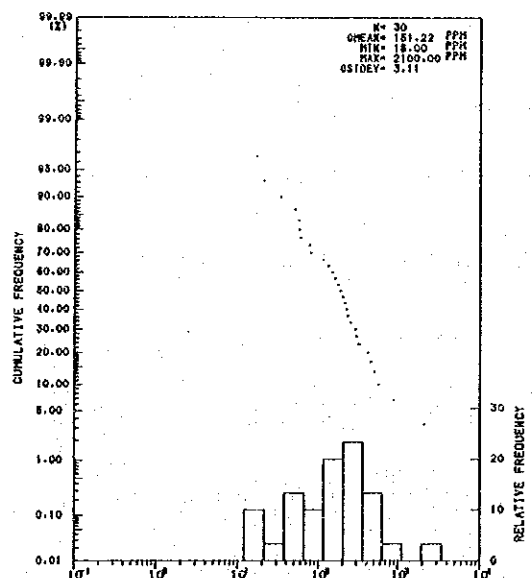
Gabbro



Granitic Rocks & Gneiss



Mafic Pyroclastic Rocks



Felsic Volcanic
& Pyroclastic Rocks

Fig. II-2-11-2

Histogram and Cumulative Frequency Distribution Curve for Geochemical Cr Analysis in Each Rock Type Terrain.

Table II-2-7 Fundamental Statistics for Each Rock

Rock Name	Number of samples	Minimum Value (ppm)			Maximum Value (ppm)			Geometric Mean (ppm)					
		Cu	Zn	Ni	Cr	Cu	Zn	Ni	Cr	Cu	Zn	Ni	Cr
1 Pegmatite	38	2	18	7	11	320	>1,000	3,630	2,860	61	116	171	262
2 Banded Ironstone	420	10	38	23	12	417	973	4,490	2,860	100	143	188	292
3 Sedimentary Rocks & Limestone	193	2	8	3	6	690	>1,000	>5,000	3,690	59	94	130	190
4 Quaternary	240	4	19	10	12	350	833	1,830	2,520	76	107	194	329
5 Serpentinite	887	6	9	8	13	480	>1,000	>5,000	3,240	81	121	610	1012
6 Dolerite	102	9	28	15	12	474	742	2,200	2,200	125	112	116	186
7 Gabbro	47	19	72	17	9	224	473	1,560	2,610	111	129	189	270
8 Granitic Rocks & Gneiss	73	6	16	10	10	212	676	2,080	2,950	35	78	80	108
9 Mafic Pyroclastic Rocks	2340	4	25	8	3	1,040	>1,000	4,120	3,970	113	117	165	293
10 Komatiitic Rocks	61	47	64	51	209	178	315	820	1,340	122	115	169	384
11 Mafic Volcanic Rocks	70	32	52	63	47	372	824	1,700	3,050	97	112	269	545
12 Felsic Volcanic & Pyroclastic Rocks	30	5	18	9	16	192	618	1,440	2,100	51	84	94	151

第3章 主成分分析

3-1 主成分分析の方法

Au, Nbについては検出限界に達しなかった件数が多いので主成分分析の対象から除外する。Cu, Zn, Ni, Cr, の元素は互いに相関が認められたので、それらの間の変動を把握するために主成分分析を行った。その主要な計算過程は次のとおりである。

指示元素の一次結合関数（主成分）を

$$Z_{mn} = \ell_{m1} X_{1n} + \ell_{m2} X_{2n} + \dots + \ell_{mp} X_{pn}$$

Z : 主成分得点

ℓ : 固有ベクトル

X : 分析値または基準得点

m : 主成分数 (m = 1 ~ M)

n : 試料数 (n = 1 ~ N)

p : 元素数 (p = 1 ~ P)

とするとき

$$\sum_{p=1}^p \ell_{mp}^2 = 1$$

の条件のもとで、 Z_{mn} の分散を最大にし、各主成分どうしを無相関にするように、各指示元素の係数（固有ベクトル） ℓ_{mp} を求める。

この ℓ_{mp} を求めるには

$$|R - \lambda_m I| = 0 \quad (R: \text{元素間の間関行列}, I: \text{単位行列})$$

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1p} \\ & r_{22} & & \\ & & \dots & \\ r_{1p} & & & r_{pp} \end{bmatrix}$$

$$I = \begin{bmatrix} 1 & & & 0 \\ & 1 & & \\ & & \dots & \\ 0 & & & 1 \end{bmatrix}$$

を満たす固有値 $\lambda_1 > \lambda_2 > \dots > \lambda_m \geq 0$ を計算し、各固有値に対応する ℓ_{mp} を

$$(R - \lambda_m I) \ell_{mp} = 0$$

$$\dot{\ell}_{mp} \dot{\ell}_{mp} = 1$$

$$\dot{l}_{mp} = \begin{bmatrix} l_{m_1} \\ l_{m_2} \\ \vdots \\ l_{mp} \end{bmatrix}$$

$\dot{l}'_{mp} : \dot{l}_{mp}$ の転置ベクトル

の連立方式から計算する。

なお、主成分得点Zは次のように分析値を常用対数に転換し、これを基準化して求めた基準得点Xから算出する。

$$X' = \log X''$$

$$X = (X' - \bar{X}') / \sigma X'$$

X'' : 分析値 (ppm)

X' : 幾何平均値

σ : 偏差係数

X : 基準得点

3-2 主成分分析結果

主成分分析結果を Table II-3-1 に示す。主成分得点は分帯し、PL. II-3-1~4 にそれぞれを示した。Table II-3-1 に示す寄与率は指示元素間の全変動に対する各主成分が説明できる指示元素間の変動の割合を意味し、また固有ベクトルは指示元素の重み係数を表わす。各主成分は次のようにあらわされる。

$$Z_1 = 0.40 X_{Cu} + 0.47 X_{Zn} + 0.55 X_{Cr} + 0.56 X_{Ni}$$

$$Z_2 = 0.63 X_{Cu} + 0.48 X_{Zn} - 0.43 X_{Cr} - 0.43 X_{Ni}$$

Table II-3-1 Results of Principal Component Analysis of Analytical Values

Principal Component	Eigen-Values	Principal Contribution Ratio	Cumulative Contribution Ratio	Eigenvector				Factor Loading Matrix			
				l_{m_1}	l_{m_2}	l_{m_3}	l_{m_4}	X_{Cu}	X_{Zn}	X_{Cr}	X_{Ni}
1st Comp. Z_1	2.40	0.60	0.60	0.40	0.47	0.55	0.56	0.61	0.74	0.86	0.86
2nd Comp. Z_2	1.20	0.30	0.90	0.63	0.48	-0.43	-0.43	0.69	0.53	-0.48	-0.47

さらに因子負荷量は、各主成分から得られた主成分得点と指示元素間の相関係数をあらわしている。

この合成された変量である主成分 Z_1 (第1主成分), Z_2 (第2主成分) は全変動の90%を示しているから、これについて実質的な解釈を行なうことになる。各試料の分析値の基準化した値(基準得点)を代入することにより、 Z についての得点が得られる。第1主成分 Z_1 については各係数がすべて正であるから、分析値の高い試料は Z_1 の値が大きくなる。 Z_1 の値を大きな順に並べると、それは各元素含有の総合的な大きさの順位になり、もしこの元素含有が鈍化作用によるものとすれば、鈍化作用の強さの順位になっている。このような傾向をもつ主成分 Z_1 は、Cu, Zn, Ni 及び Cr の値が総合的に正に評価され、含有値が高くなる因子をあらわしており、全体の変動の約60%をあらわしている。また、第2主成分 Z_2 は第1主成分とは異なり、Cu-ZnとNi-Crが反対の挙動を示すような変動を表わし、全体の変動の約30%を説明している。

3-3 主成分得点の分帯

Cu, Zn, Ni, Cr を総合的に評価する第1主成分 Z_1 及びCu-ZnとNi-Crについて評価する第2主成分 Z_2 について、その主成分得点の頻度分布及び相対累積度数分布を Fig. III-3-1 に示す。また PL. II-6-1~2 に最大得点と最小得点の区間を平均値を中心として得点の標準偏差によって10帯に分帯して等値線を描いた。

Table II-3-2 Zoning of Principal Component Scores

Prin.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Comp.	$\leq M-2\sigma$	$M-2\sigma$ $\sim M-\frac{3}{2}\sigma$	$M-\frac{3}{2}\sigma$ $\sim M-\sigma$	$M-\sigma$ $\sim M-\frac{1}{2}\sigma$	$M-\frac{1}{2}\sigma$ $\sim M$	M $\sim M+\frac{1}{2}\sigma$	$M+\frac{1}{2}\sigma$ $\sim M+\sigma$	$M+\sigma$ $\sim M+\frac{3}{2}\sigma$	$M+\frac{3}{2}\sigma$ $\sim M+2\sigma$	$\geq M+2\sigma$
Z_1	≤ -3.0	-3.0 ~ -2.24	-2.25 ~ -1.4	-1.5 ~ -0.74	-0.75 ~ -0.01	0.00 ~ 0.74	0.75 ~ 1.4	1.5 ~ 2.25	2.26 ~ 3.0	≥ 3.1
Z_2	≤ -2.16	-2.16 ~ -1.61	-1.62 ~ -1.07	-1.08 ~ -0.53	-0.54 ~ -0.01	0.00 ~ 0.53	0.54 ~ 1.07	1.08 ~ 1.61	1.62 ~ 2.15	≥ 2.16

※ M = Mean
 ※ σ = Standard deviation

上表の平均値は基準化処理を行い、平均が0、標準偏差が1になるようにしたが、正しい正規分布となっていないため若干のずれが生じこれらに近い値となった。

以上の分帯から、第1主成分については、しきい値を $M+\sigma$ とし、Table II-3-3 に示すように $M+\sigma$ 以下をI帯、 $M+\sigma \sim M+2\sigma$ をII帯、 $M+2\sigma$ 以上をIII帯として再区分し図示した。

Table II-3-3 Thresholds and Zoning
of Principal Component Scores

Principal Component	Threshold		Zoning		
	t	$\geq t(\%)$	I	II	III
1st Prin. Comp. Z_1	1.5	11.71	≤ 1.5	1.6~3.0	≥ 3.1
2nd Prin. Comp. Z_2	1.62	5.2	≤ -1.62	-1.61 ~1.61	≥ 1.62
	-1.62	7.1			

また第2主成分 Z_2 については、 $M + \frac{3}{2}\sigma$ と $M - \frac{3}{2}\sigma$ をしきい値としてそれぞれ分帯し、第1主成分と同様図示した。

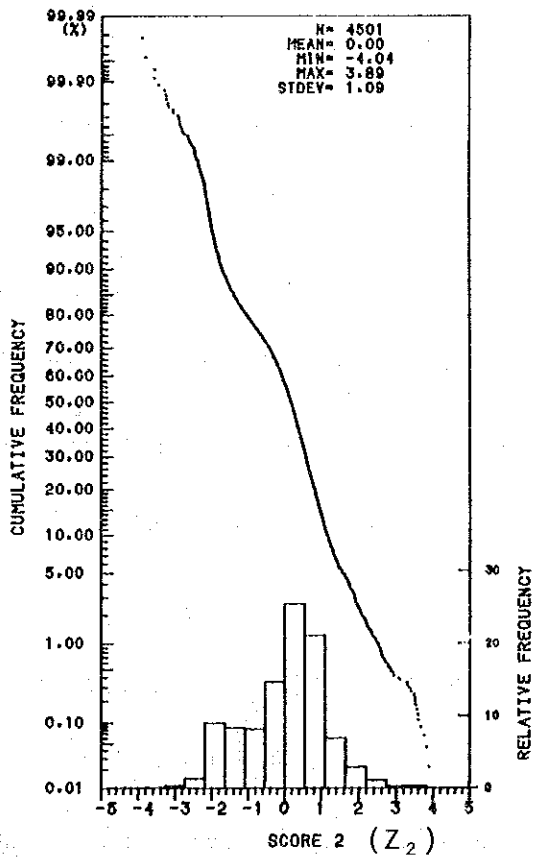
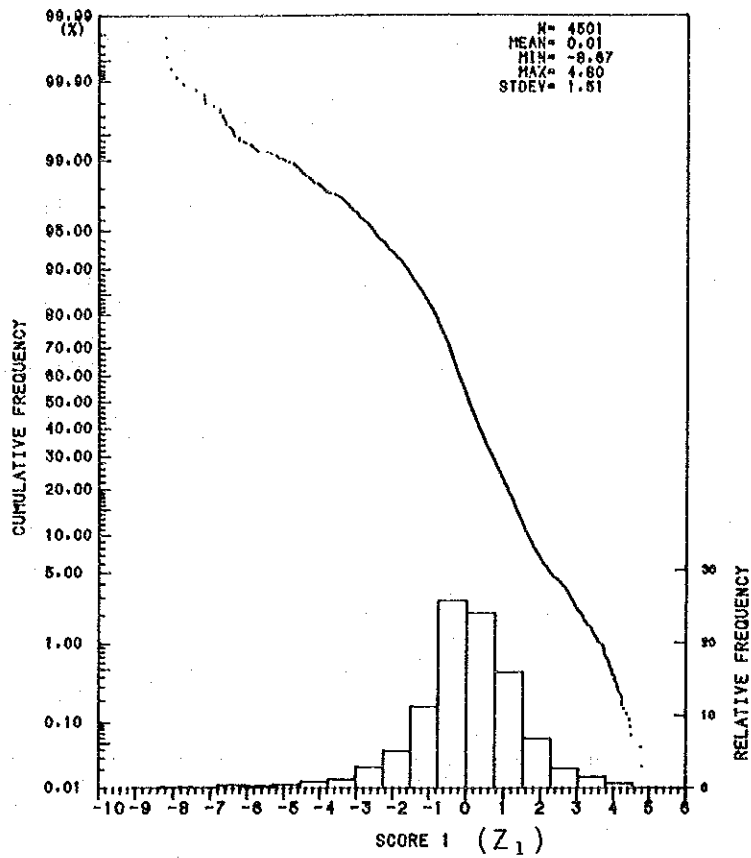


Fig. II-3-1 Histogram and Cumulative Frequency Distribution Curve of Scores for Z_1 and Z_2 of Principal Component Analysis in the Whole Survey Area

第4章 土 壤 の 色 調

土壌の色調は1-1で述べたとおり、岩石色調チャートを用いて地化学探査試料の色調を判定した。しかし、色の種類が多く、22色に分けられるので、これを単純化し、赤褐色系、黒褐色系、灰赤色系、灰褐色系、淡褐色系、淡黄褐色系、淡赤褐色系の7系統に分類して図示することとした。この図化は各系統の色調を数値化し、電子計算機によって作成した。

その結果をPL. II-4-1~II-4-2に示す。色調図作成の目的は黒褐色系統の土壌を形成すると思われる超苦鉄質岩もしくは苦鉄質岩の分布、及び淡赤褐色系統の土壌を形成する酸性岩、花崗岩質岩石、砂岩、珪岩などの分布を考察することであった。

結果として、最も広い範囲を占める色系は赤褐色系の色調であり、この色調の分布する地域はほぼ苦鉄質火山岩類あるいはそれに類似の岩石の分布するところである。この色調は調査地域では極めて一般的な色調であり、当地域を代表する色調といえる。以下各地区ごとに述べる。

A地区：本地区においては、花崗岩の分布地域で淡褐色系、淡赤褐色系の色調がややまとまって分布している。その他は特に岩石の分布との関係は認められない。

B地区：本地区においては、21線に斑れい岩が分布しているが、それに沿い黒褐色系の土壌が分布しており岩石の色調と土壌の色調とが一致している。しかし、その他の区域では特に岩石と関係する色調の変化が見られず、赤褐色系の土壌が圧倒的に多く分布する。

C地区：本地区の色調もほとんどが赤褐色系統で占められ、部分的に散点して黒褐色系、淡赤褐色系、灰赤色系、灰褐色系の土壌が分布するが、特に地質と関係するような傾向は見られず、不規則な分布を示すようである。また、苦鉄質火山岩類の分布する地域であるが、淡灰色系の明るい色調を有する土壌が分布している箇所がある。

D地区：本地区は超苦鉄質岩、苦鉄質岩、堆積岩、縞状鉄岩などから構成され、その地質は他地区と比較して変化が多い。したがって、何か土壌の色調に影響があるのではないかと考えられる。黒褐色系統の土壌は蛇紋岩などの超苦鉄質岩石の分布と比較的一致しており、また、D地区北西部に分布する堆積岩の付近では比較的明るい色、すなわち淡褐色系の土壌が発達している。これに対し、同地域の蛇紋岩の発達する地域は黒褐色系、灰褐色系の土壌が分布しており興味ある対照を示す。

E地区：本地区では、超苦鉄質岩が南北に長く伸びて発達しているが、必ずしもこれと合った色調の分布はみられない。黒褐色系、暗灰色系の色調がややまとまって分布しており何らかの意義を有するのではないと思われる。

以上色調と岩相を対象にして対比してみたが、特に取上げるべき大きな対照がみられなかつ

た。

色調と地化学探査結果との関係が問題であるが、以下各地区ごとに、この関係について述べる
こととする。

A地区： A地区においては、特に地化学探査結果と関係のある色調の分布は見られない。

B地区： A地区と同様である。

C地区： 本地区においては、88～86線の中央において黒褐色系土壌が発達するが、この付
近にはZn, Ni, Crなどの異常帯がある。付近には蛇紋岩が発達しており黒褐色土壌の形
成にあずかったものであろう。

D地区： 本地区においては、前述したように岩相と関係して黒褐色土壌が分布することを指摘
したが、Zn, Ni, Crなどの異常帯と黒色系統の土壌の分布とがほぼ一致しており、興味あ
る事実を提供している。

E地区： 本地区においては、黒褐色系土壌はNi, Crなどの異常帯の中に発達するものがある
が、分布形態については必ずしも異常帯と一致せず、独自で、かつ局所的な分布を示しており、
相互の関係は明瞭でない。

第5章 Au, Cu, Zn, Ni, Cr, Nb についての総合判断

5-1 A地区

本地区においては、Cu についてはほとんど見るべき高含有値が出ていない。Zn については27線から44線の間にはB帯が分布し、一部にはA帯も分布している。また、45線から52線にもB帯が分布し、わずかではあるがA帯も分布している。Ni, Cr については、その相関性が強いので同一箇所にはB帯が分布しているが、超苦鉄質岩と関係があると考えられる。主成分分析の結果では、25~31線に散点して第1主成分の高得点帯が出ているが、局部的である。このように幾つかの異常帯は認められるが、総合的に判断すれば弱い異常帯といえる。

5-2 B地区

本地区においては、Cu についてはB帯が散点状に分布し、A帯が点状に非常に局部的に存在している。Zn については5線及び14線から20線にかけてA, B帯があらわれている。また、Ni についても同様な位置にA, B帯の異常があらわれている。Cr についてはA帯はあらわれていないが、Ni とほぼ同一位置にB帯が分布しており、Ni と Cr の相関性を示している。5線付近に現われた異常帯は、蛇紋岩を中心にして分布している。この異常帯付近の第1主成分 Z_1 と第2主成分 Z_2 は、ともに正で高い得点を示しており、Cu, Zn の分析値が高いことを示している。また、この付近の蛇紋岩のMgO 含有量(試料NaB-6)は35%と高い。分析値、主成分得点、及び岩石から判断して注目すべき異常ではないかと思われる。

14線と20線の間を示される異常帯の主成分得点は、16, 17及び19線上に3つの得点の高い点があり、これはCu, Zn が高い傾向を示しているが、特にZn の分析値が高いためと考えられる。この付近にはコマチアイトが分布するが、異常帯の位置とは若干ずれており、重要度としては5線の異常帯より劣るものと考えられる。

5-3 C地区

本地区の南西部の79~90線にかけてCu, Zn, Ni 及びCr のB帯の異常帯が重複して存在し、また、この異常帯と超苦鉄質岩の分布とが一致し、興味ある異常帯を形成している。これらの超苦鉄質岩はMgO 35%(試料NaHK-74), 34.4%(試料NaCM-47), 38%(試料NaHK-68)の含有量を示している。主成分分析においても、第1主成分のⅢ帯及びⅡ帯があり、全体的に分析値が高い。この異常は鉍化帯と関係があるものと考えられ、有望な地域ではないかと判断する。

Zn は地区北西部では散点してA, B帯が分布しているが、地区の中央部の42線付近から78線付近には長く伸びた強い異常帯がある。Cu は後者の異常帯の上にB帯の異常が点在し

ている。しかし、Ni, Crなどはこの付近ではZnと一致した挙動を示していない。42線から54線付近までのZnの高い異常帯については、縞状鉄岩の分布とほぼ一致しており、縞状鉄岩と関係したものではないかと考えられるが、明らかでない。地区南西部の54線から78線付近までのZnの高異常帯は、主として超苦鉄質火山岩上にあらわれている。これらの連続したZnの異常帯は、岩石との関係が明らかでなく、果して鉍化作用によって形成された異常帯かどうか今後検討の余地がある。

Ni, Crについては、さきに述べた79~90線の他にB帯に属する異常帯が65線, 54線などに検出されているが、その規模は79~90線の異常帯に比較すれば小さい。

本地区の北東部では地区を斜に横切って分布する粗粒玄武岩が発達しているが、この粗粒玄武岩に沿い10線から30線にかけてCuのB帯が分布し、そのなかにA帯が点状に分布している。しかし、その他の元素の異常帯はなく、粗粒玄武岩に関連して検出された異常帯と解釈される。なお、本地区には地層と整合的に主として北側長辺付近にコマチアイトが発達するが、直接コマチアイト上に分布する異常帯は検出されなかった。

5-4 D地区

本地区においては、Cuは点々とB帯の異常帯が分布しているが、そのなかで特に高い異常帯は29線から35線間と、50線上にある。ZnはCuと同様な位置に強い異常帯を有し、CuとZnとの相関性がみられるが、この他に1線から12線にかけての南東部にA及びB帯が広く分布している。また、29~42線間では最も広いA帯の分布が見られる。

Niは強い異常帯が8~10線上にあらわれ、また、地区の大半はB帯で占められている。CrはNiと同様な分布を示すB帯の異常帯があるが、A帯に属する異常値は認められない。これらの異常帯の分布は蛇紋岩類の分布と密接な関係を有するが、1~10線上の南西端の蛇紋岩上にはNi, Cr以外の元素の異常帯が現われていない。その理由について、これらの岩石の化学成分を他地帯のものと比較検討してみたが特に差異は認められなかった。(試料NaD-10-2, EX-9, DM-4, D-6-106, D-6-111, D-6-17)

いずれにしても、この地域のNi-Cu鉍床が超苦鉄質岩と密接な関係を有することから、これらの異常帯は探査上意義を有するものと解される。また、主成分分析結果では、第1主成分については28~31線間と35~41線間に高得点の第Ⅱ, 第Ⅲ帯が分布し、有望視される。また、5~12線上にも第1主成分の得点の高い部分が存在し、同様に50線上にも第Ⅱ, 第Ⅲ帯が分布し興味ある地域となっている。第2主成分については48線から66線までの間に第Ⅰ帯が分布しNi, Crの含有がCu, Znと比較し高いことを示している。これらはこの地域に細長く分布する超苦鉄質岩に沿って示された異常と考えられる。

本地区は分析値からみた異常帯の分布、地質条件、主成分分析結果などから判断して今後の

探鉱に価する地区と考えられる。

5-5 E地区

本地区においては、Cu、Znについては見るべき異常帯がほとんど現われていない。しかし、Ni、Crについては6線から28線までB帯の異常帯が広く分布し、その中にA帯の異常帯が点在している。これらの広い異常帯は蛇紋岩の分布と一致しており、この地区のNi、Crの後背値が高くなっているためと思われる。本地区の超苦鉄質岩の分析値(MaO, Cu, Ni, Cr)を下表に示す。

Table II-4-1 MgO, Cu, Ni and Cr Contents in Serpentinites in "E" Area

Sample No	MgO (%)	Cu (ppm)	Ni (ppm)	Cr (ppm)
E-9	31.8	6	3,100	2,080
E-13-29	20.0	57	1,920	1,920
EM-5	35.8	6	3,400	1,770
EM-6	30.1	9	1,750	2,060
EK-3	28.4	6	1,900	3,300
EM-1	10.8	42	470	940

EM-1を除いてはNi、Crの含有量は1,700 ppm~3,400 ppmとなっており、Ni、Crの全般的な高異常帯は基盤の岩石に起因したものと考えられる。しかし、その中でもNiの後背値と思われる値より高い値を示す異常については、鉱化作用との関係を検討する必要がある。

5-6 Au及びNbの分析値について

Auについては、各地区で散点的に分析値が得られているが、比較的まとまって分析値を得た地区はC地区の1線から20線にかけてであり、ここには特徴的に広く分析値が出てくる。この中心部に現在金を稼行しているMontdor 鉱山がある。石英脈を採掘しているが、これらの鉱化作用と関係して現われた異常帯と考えられる。また、E地区においては7~13線間に0.1 ppm~0.5 ppmの値が散在しており、特に7~8線間の一部には0.5 ppmの値を示している。これらの異常は、この付近に現在休山している金の小鉱山があり、この鉱床の鉱化作用

と関係したものと思われる。以上のように、Auについては特に注目できるような異常は検出できなかった。

Nbについては、A地区において1～9線にかけ13～39 ppmの若干高い値が出ているが、この付近には花崗岩に起因した値と思われる。

D地区においては、2～4線上の東部に、明らかに異常値と思われる分析値の集団があり、60～125 ppmの高含有値を示している。また、3～9線間の西側でも50～187 ppmという高い値が現われている。東部の異常値集団の岩石は縞状鉄岩で、西部の異常値集団の岩石は蛇紋岩であり、特にNbに富むような鉱化作用は考えられない。この両異常値集団のすぐ北側には花崗岩の貫入があるので、この花崗岩からNbがもたらされたのではないかと考える。

第6章 Co, Sn, As, Li, W, Pt, Be, Ce, S, Ta の分析結果について

6-1 分析試料採取地域の抽出

試料400個について、主としてペグマタイト系岩石と超苦鉄質岩に含有されると考えられるCo, Sn, As, Li, W, Pt, Be, Ce, S及びTaの10成分について分析を行った。

対象地域は、全調査地区のうちからC, D地区の1部を抽出した。その範囲はC地区については26~44線間、D地区については29~42線間であり、C地区からは124個、D地区からは276個の試料を選定し、分析を行った。

C地区の26~44線については、縞状鉄石が発達するうえに黄鉄鉱も認められ、また、ペグマタイトの分布もあり、有望地帯として期待した。

D地区の29~42線間については、かつて稼行されたペグマタイト鉱床が分布し、超苦鉄質岩に関するニッケル鉱床とともに両者の可能性を期待した。

6-2 分析値の標準統計量

10成分についての分析結果、Wについては分析限界以下の値が得られたのみであったので、9成分について統計処理を行い、その結果をTable II-6-1に示す。Sn, As, Pt, Ce, Taについては、検出限界以下の値が多く、検出限界値の $\frac{1}{2}$ の値をあてて計算を行ったので、最大値のみが参考の値となる。以上のようなことから、相関係数や、主成分分析などの計算処理は行わなかった。

統計的処理結果による考察は不可能であるので、各指示元素について、各地区ごとに図示されたものから考察を進めることとする。

Table II-6-1 Fundamental Statistics of Analytical Results (9 Elements)

Element	Number of Samples	Minimum Value (ppm)	Maximum Value (ppm)	Arithmetic Mean (ppm)	Standard Deviation (ppm)	Geometric Mean (ppm)	Standard Deviation (log)
Co	400	13	258	81	32	74	0.188
Sn	#	10	107	11	6	10	0.081
As	#	15	6,590	47	332	22	0.310
Li	#	5	725	28	61	19	0.277
Pt	#	0.05	0.2	0.07	0.03	0.06	0.153
Be	#	1	36	5	3	4	0.171
Ce	#	10	103	14	13	12	0.204
S	#	282	1,343	738	162	719	0.103
Ta	#	10	40	10	3	10	0.621

6-3 分析値についての考察

Sn, W, Pt, Ce, Ta については、考察し得る分析結果が得られなかった。したがって、これらを除いたCo, As, S, Be, Li について記載することとする。

Co については、D地区においてC地区より一般に高い値が出ており、異常性が認められる。高含有帯の多くは超苦鉄質岩の分布と一致し、同岩のCoの含有が高いことに起因したものである。これらはNiのB帯の分布ともよく一致している。

As については、C地区においては散点状に特に高い含有値を示す点があるが、連結した異常帯を形成せず、鉍化作用と関連して考えることは困難である。D地区においては29~31線、34~37線及び38~42線間に集中的に高含有帯が分布している。この高含有帯付近にはペグマタイトが分布しており、ペグマタイトと関連して出た含有値ではないかと思われるが明らかでない。

S については、一般に超苦鉄質岩、苦鉄質岩の平均含有率が300ppm、一般土壌の含有値は100~2,000ppmとされている。今回分析を実施した地区は一般に超苦鉄質岩及び苦鉄質岩から構成されている点を考えると、900ppm以上の値は異常と考えるよいのではないかと思える。以上の観点から見れば、C地区では30線~33線にかけて、D地区では31線、36線~38線、41線上などに異常帯がみられる。これらの異常値は、その規模からみて特に鉍化作用と関連するものとは考えられない。

Be については、ほとんど平均値4.26ppmに近い値のみで異常帯を形成するような含有値は得られなかった。

Li については、D地区の35~37線、38~40線上に36ppm以上の高含有値が出ている。この値はペグマタイト直上ではないが、その付近にペグマタイトが分布しており、この影響があったのではないかと思われる。

結論と提言

調査の結論と第2年次調査への提言

ジンバブエ共和国シャムバ地域における第1年次調査は、ニッケル・銅硫化物鉱床を胚胎する超苦鉄質岩、及び錫、ニオブ、タンタル胚胎するペグマタイト等の分布を明らかにし、地質構造と鉱化作用の関連を解明することにより、今後の探査指針を得ること及び有望地域を抽出することを目的として、地質調査と地化学探査を実施した。それらの結果は下記のとおりである。

1. 結 論

(1) A 地 区

本地区は Mazoe-Shamva 緑色岩帯の東端に位置し、主に Bulawayan 層群の上部緑色岩層によって占められ、一部には蛇紋岩やコマチアイトをレンズ状に挟在している。またペグマタイトが散点状に分布しているが、規模は小さい。

地化学探査の結果は、地区中央部から西部にかけて Cu, Zn, Ni 及び Cr について局所的な異常帯を検出し、Cu については B 帯 (180~333 ppm) 及び極めて局所的に A 帯 (334 ppm 以上)、Zn については A 帯 (351 ppm 以上) 及び B 帯 (203~350 ppm)、Ni については B 帯 (624~1831 ppm)、Cr については B 帯 (1118~3461 ppm) の異常を認めた。これらの弱い異常は蛇紋岩類に関係するものと思われる。Nb については、地区東端において 20~40 ppm の弱い異常帯が分布しているが、これは花崗岩類及びペグマタイトの分布と一致し、これらの岩石に起因したものと考えられる。

(2) B 地 区

本地区は Bulawayan 層群の上部緑色岩層によって占められ、一部には蛇紋岩やコマチアイトをレンズ状に挟在している。

地化学探査の結果は、地区中央部に Zn, Ni 及び Cr の異常帯を検出し、Zn は A 帯 (351 ppm 以上) 及び B 帯 (203~350 ppm)、Ni は B 帯 (624~1831 ppm) 及び極く局所的に A 帯 (1832 ppm 以上)、Cr は B 帯 (1118~3461 ppm) の異常を認めた。地区東端部に Cu, Zn, Ni 及び Cr の異常帯を検出し、各々 B 帯 (180~333 ppm)、A 帯 (351 ppm 以上) 及び B 帯 (203~350 ppm)、A 帯 (1832 ppm 以上) 及び B 帯 (624~1831 ppm)、B 帯 (1118~3461 ppm) の異常を認めた。この異常帯は主成分分析の得点も高く、蛇紋岩の分布とも一致しているが、その分布は局所的である。

(3) C 地 区

本地区は Bulawayan 層群の上部緑色岩層によって占められ、特に地区中部から西部にかけてはコマチアイト質溶岩が断続しながら数層発達している。

地化学探査の結果は、このコマチアイトの上には異常は出ていない。しかし、地区の南西部にはCu,Zn,Ni及びCrの4成分の異常帯が重複して広く分布し、各々A帯(334 ppm以上)及びB帯(180~333 ppm), A帯(351 ppm以上)及びB帯(203~350 ppm), B帯(624~1831 ppm), B帯(1118~3461 ppm)の値を示した。しかもこの地帯には蛇紋岩類が分布しているため、この異常はニッケル、銅鉱床に対する有望な示徴として注目すべきである。

Nbについては10~20 ppmの弱い異常帯が分布しているにすぎない。Auについては地区の北東部において0.05 ppm~0.3 ppm程度の異常帯が広く分布している。この異常帯中には金の小稼行鉱山があり、金の鉱化作用と関係のあるものと考えられる。

また、地区中央部から北東部にかけて、Co,Sn,Asなど10成分の分析を実施した。その結果Sn,W,Ceについてはほとんど検出されなかった。Co,Be,Li,As,Sなどは、全般的に高い含有値を示すが、変動が少なく、この高含有値は後背値が高いためと判断される。

(4) D 地区

本地区は主にBulawyan層群の下部及び上部緑色岩層によって占められるが、下部緑色岩層は地区の北西部の花崗岩体縁辺部に分布するのみで、地区の大半は上部緑色岩層に覆われており、特に蛇紋岩類の発達著しい。また、本地区は一般に東西に延びるMazoe-Shamva緑色岩帯の一部が南方に突出した形を示す部分にあり、地質構造も複雑となっている。

地化学探査の結果は、地区の南東部にZn,Ni,Crの高異常帯が重複して広く分布するのを検出した。各々A帯(351 ppm以上)及びB帯(203~350 ppm), A帯(1832 ppm以上)及びB帯(624~1831 ppm), B帯(1118~3461 ppm)の異常を認めた。この地帯には蛇紋岩類の発達が著しく、異常帯の分布と一致しているのでニッケル・銅鉱床胚胎に有望な地帯と判断される。

さらに、地区の中央部から北にかけてCu,Zn,Ni,Crの高異常帯が重複して広く分布するのを検出した。各々A帯(334 ppm以上)及びB帯(180~333 ppm), A帯(351 ppm以上)及びB帯(203~350 ppm), B帯(624~1831 ppm), B帯(1118~3461 ppm)の異常を認めた。本地帯にも蛇紋岩が発達が著しく、異常帯の分布と一致しているので、ニッケル・銅鉱床の胚胎に有望な地帯と判断される。Nbについては地区南東端に50~150 ppmの高異常帯を検出した。これらの異常帯は縞状鉄岩または蛇紋岩類の上にある。また花崗岩と近接しており、これと関係したものと判断するが、今後さらに検討を要する。

地区の中央部でCo,Sn,Asなど10成分の分析を実施したが、Snについてはペグマタイトの上に散点的であるが28~39 ppmの異常帯を、Ceについても散点的に30~100

ppmの異常帯を、また、Li, Be, Coなどについてはペグマタイトの分布と一致し49~68 ppm, 5.6~7.7 ppm, 92~177 ppmの高い異常帯を検出した。ペグマタイト鉱床については下部の発展性について検討を要する。

(5) E 地区

本地区は Bulawayan 層群の下部及び上部緑色岩層によって占められるが、下部緑色岩層は地区の中央東部に極く一部に分布するのみで、地区の大半は上部緑色岩層に覆われている。特に蛇紋岩類の発達が著しい。

地化学探査の結果は、Ni, Cr の異常帯を蛇紋岩類の分布と一致して検出した。Ni は B 帯 (624~1831 ppm) 及び B 帯中に点在する A 帯 (1832 ppm 以上), Cr は B 帯 (1118~3461 ppm) の異常を認めた。しかし、Cu, Zn の異常帯は認められなかった。Ni, Cr の異常帯は基盤の岩石に起因したものと考えられるが、その中で一部には高い Ni の異常帯が散在している。Au については地区全般に散点的に弱い異常帯が分布しているが、その中で特に南西端の異常帯は、付近に金の小鉱山があるので、その鉱化作用と関連したものと判断される。

2. 第2年次への提言

本年度の調査結果とその検討によって得られた結論から、第2年次として下記の調査が提言される。

(1) C地区の南西部の異常帯

本地区は異常の分布形態をより一層明確にし、かつ、鉱化作用の特性を解明するために、詳細な地化学探査を行うことが望ましい。

(2) D地区南東部及び中央北部の異常帯

本地区は今年度の調査結果、地表での異常がかなり強く、かつ広範囲に把握され、地質状況からも既知鉱床と同一層準にあるため鉱床賦存の可能性が高く、地下深部まで鉱化作用が発達している可能性があるために物理探査(スペクトルIP)を行うことが望ましい。

