

## II 地化学探查



## 第 1 章 概 概

既存資料によると、ミンドロ島の中央山脈は、主として基盤岩類とこれ貫ぬく超マフィック岩類からなるが、これらの中に銅・ニッケル・重晶石などの鉱徴がある。このゾーンは、位置的にルソン島のサンバレス (Zambales) の基盤岩類及び超マフィック岩類のゾーンの南部延長に当たるので、当初からサンバレス型のニッケル・クロム鉱床が期待されただけでなく、第三紀中新世の石英閃緑岩類の貫入に伴うディゾン (Dizon) 型のポーフィリー銅-ニッケル-クロム鉱床の賦存が期待された。

従って、本年度は地質調査と並行して、毎 1 km 毎の支流から沢砂を採取し、地化学探査の適応性をみるため、Cu, Ni, Cr, Pb, Zn, W, Ag, Fe, Mn, Mo の 10 成分について化学分析がなされた。その結果、Ni, Cr の高含有量を示す流域が超マフィック岩類の分布とよく一致し、地化学異常帯も 5 箇所検出することができた。また、Cu-Zn 異常帯が 1 箇所、Ag 異常帯が 2 箇所現われたが、百万トン規模の鉱量が見込まれる鉄鉱床のある川では Fe の地化学異常は得られなかった (Table II-1)。

次に、ほとんどすべての水系からパンニングによって重鉱物が採取され、その分布状況が調べられたが、クロム鉄鉱の濃集が超マフィック岩類の分布とよい対応をみせた。

Table II - 1 Summary of Geochemical Survey Results

Factor 1

Name of Anomalous Zone	Area (km <sup>2</sup> )	Element	Ni		Cr		Max. Value (ppm)	Geology	Mineralization	
			No. of Anomalies	t <sup>max</sup>	No. of Anomalies	t <sup>max</sup>				
										t <sup>&lt;</sup>
Parapagan	8	Ni	2	1	1	0	900	1,448	Ultramafic rocks	Exploration for nickeliferous laterite had been carried out.
Amnay River	5	Ni-Cr	2	1	2	1	1,920	2,086	do	Unencountered
Villacorvesa	94	Ni-Cr	4	1	2	2	1,722	6,466	do	Anglo Philippine Oil Corp. explored nickeliferous laterite. Reserve: 49MT(0.94 Ni)
Pula River	3	Cr	3	0	3	2	868	10,565	Fine tuff. (Bongabong G.)	Unencountered
Bansud River	62	Ni-Cr	10	9	6	4	2,388	2,976	Ultramafic rocks	Blueridge Mining Corp. explored nickeliferous laterite in this zone

Factor 2

Name of Anomalous Zone	Area (km <sup>2</sup> )	Element	Cu		Zn		Max. Value (ppm)	Geology	Mineralization	
			No. of Anomalies	t <sup>&lt;</sup>	No. of Anomalies	t <sup>&lt;</sup>				
										t <sup>&lt;</sup>
Rayusan	76	Zn	1	1	5	5	158	204	Slate (Mansalay F.) & basalt (Lumintao F.)	Unencountered
Siange River	52	Cu-Zn	3	3	7	7	451	520	Sandstone (Mansalay F.)	A few pyrite-quartz veinlets

Factor 3

Name of Anomalous Zone	Area (km <sup>2</sup> )	Element	Ag		Max. Value (ppm)	Geology	Mineralization
			No. of Anomalies	t <sup>&lt;</sup>			
Alitayayan	12	Ag	3	3	3.2	Limestone (Sablayan G.)	Unencountered
Mongpong	22	Ag	4	4	2.3	do	do

## 第2章 沢砂による地化学探査

### 2-1 試料の採取方法

地化学探査用試料として、流水中の川底に沈積した80メッシュ以下のシルト質沢砂が対象となったが、採取時に泥や有機物が混入しないよう、十分注意が払われた。地質調査が主要河川沿いであったので、沢砂はそれらの支流に片寄る結果となったが、より広い地域の情報を得るため、地質調査を行なわなかった河川についても山ろく部で試料が採取された。

試料はそれぞれ約20gずつ採取され、水をきってビニール袋に納め、ベースキャンプで自然乾燥された。

### 2-2 分析方法

現地で調整された全試料は日本に送られ、原子吸光分析法により、Cu, Ni, Cr, Pb, Zn, Ag, Fe, Mnの8成分の定量分析が行われ、W, Moの2成分については比色法が使用された。

### 2-3 結果の処理と検討

分析データから成分毎のヒストグラムが作成され、多変量解析と成分毎の解析によって地化学異常帯が抽出された。

#### 2-3-1 ヒストグラム

分析データはすべて対数に変換し、各成分の最大値と最小値を両端とする20級に分けてヒストグラムが作成された(Fig II-1 A・B)。ただし、Ag, W, Moは含有量が極端に低く、分析の検出限界以下の値を示すものがそれぞれ60%, 85%, 92%を占めているため、Agの0.0 ppmは0.01 ppm, Wの0.000%は0.0001%, Moの<1 ppmは0.1 ppmと読み変えて、ヒストグラムが作成され、その後の各種統計処理が行われた。

各成分のヒストグラムは、Ag, W, Moの3成分を除いて、正規分布に近い形態を示しており、Crはむしろ $\chi^2$ 分布に類似している。

#### 2-3-2 多変量解析

多数の分析データ(4220個)間の変動を説明する、より少数の代表的・仮設的な因子を抽出するために、因子分析(バリマックス法)が行われ、次に各成分の相互関係を明らかにするため、補助的手法としてクラスター分析が併用された。

Fig II-2は多変量解析と単成分解析のフローチャートを示したものである。

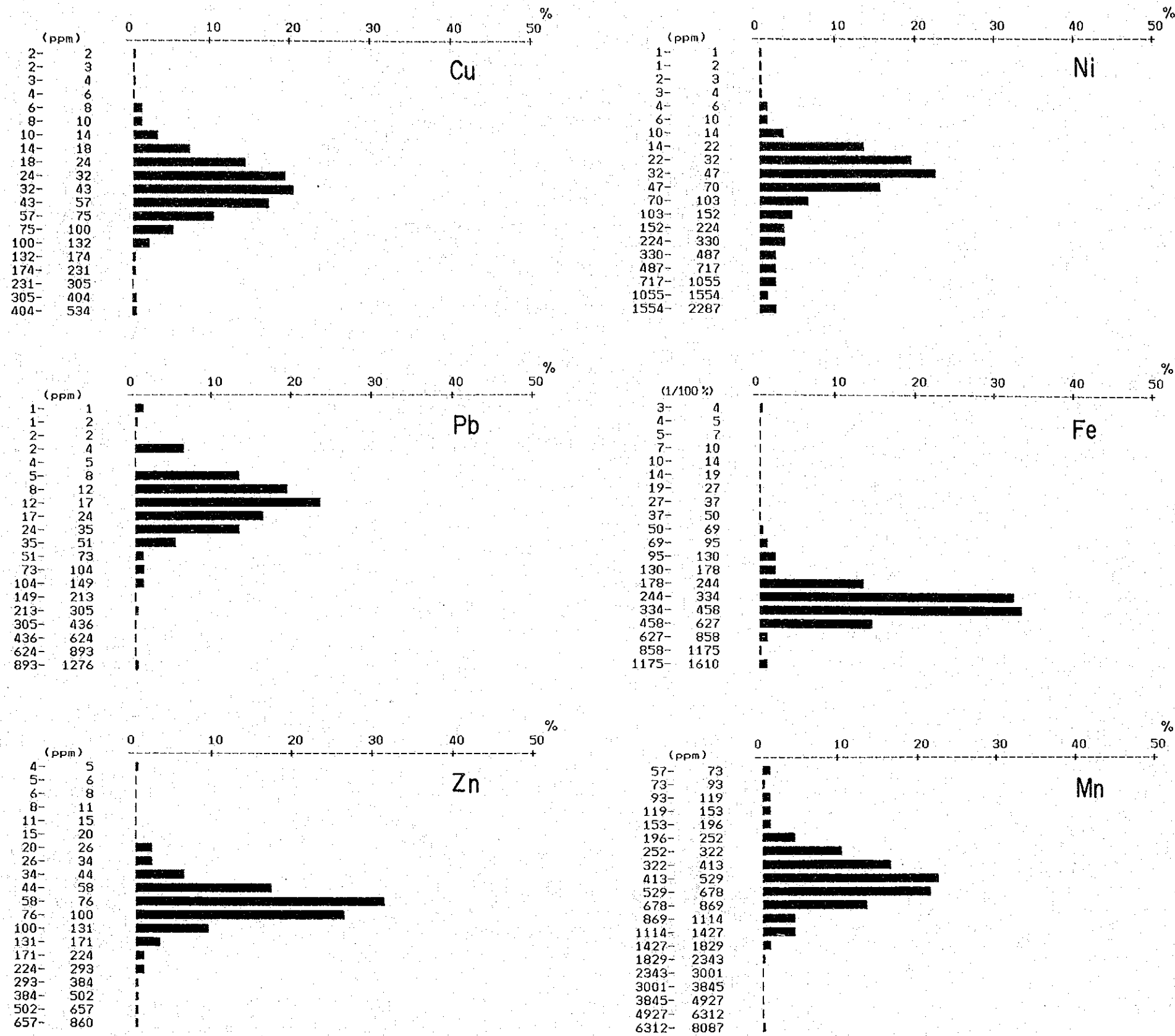


Fig. II-1 A Histogram of Geochemical Data(Stream Sediment)

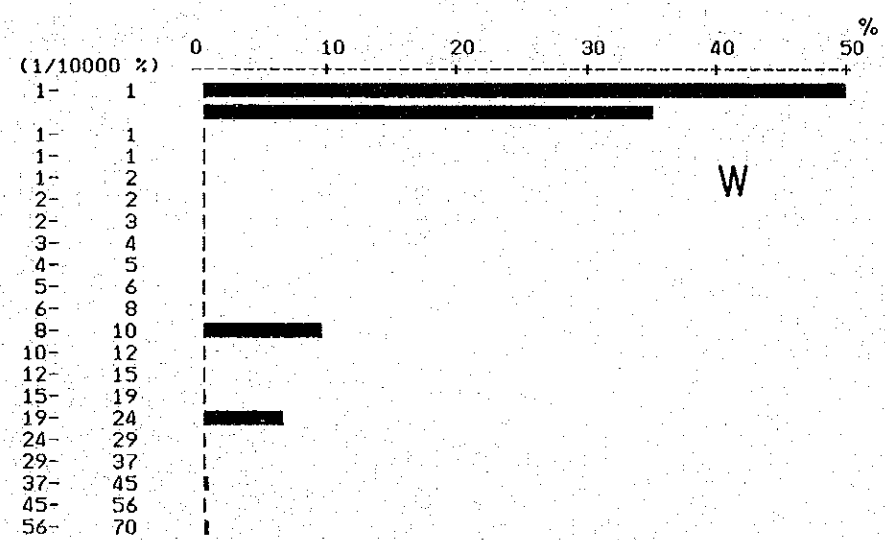
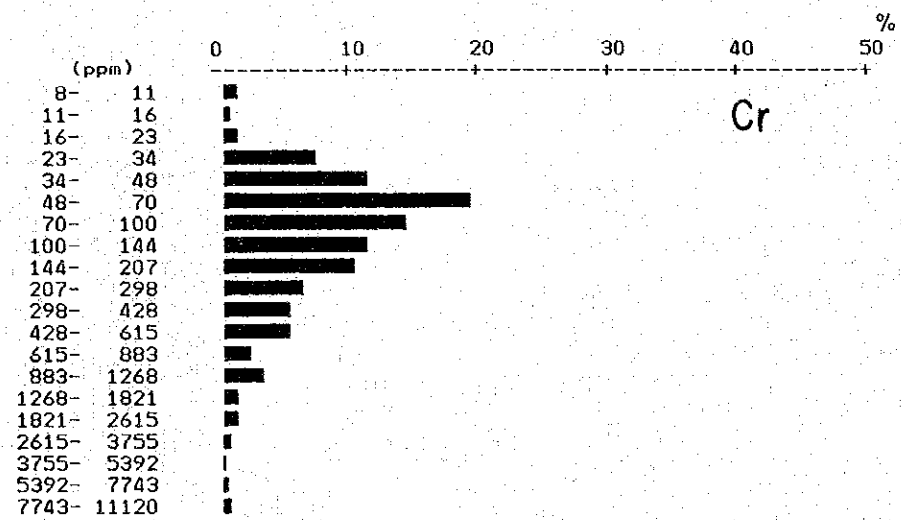
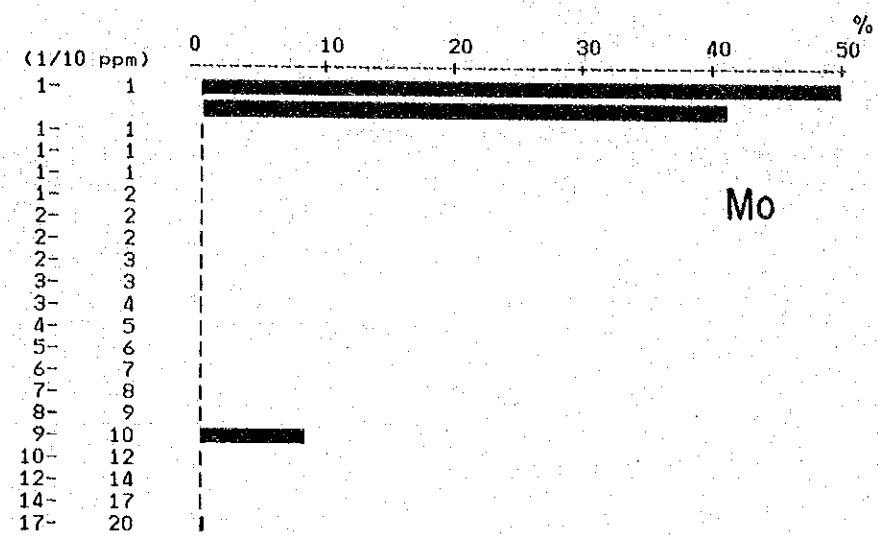
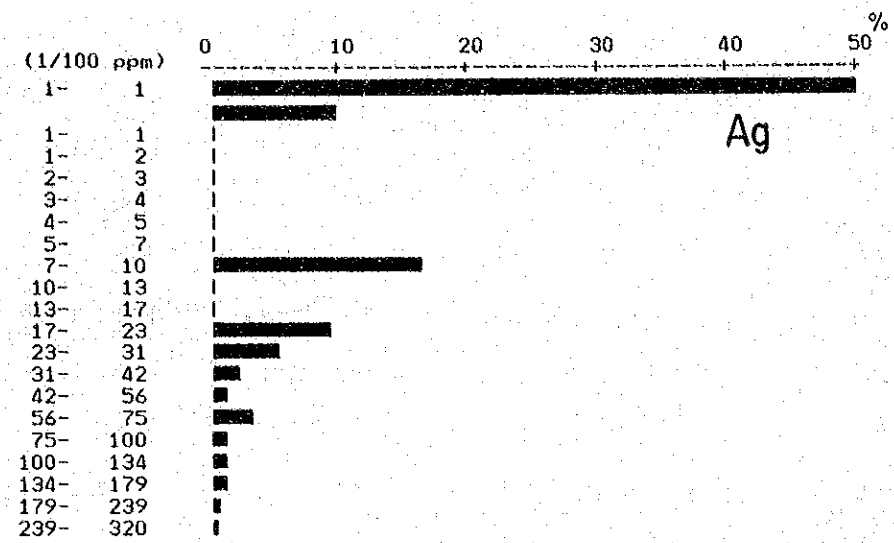


Fig. II-1 B Histogram of Geochemical Data(Stream Sediment)

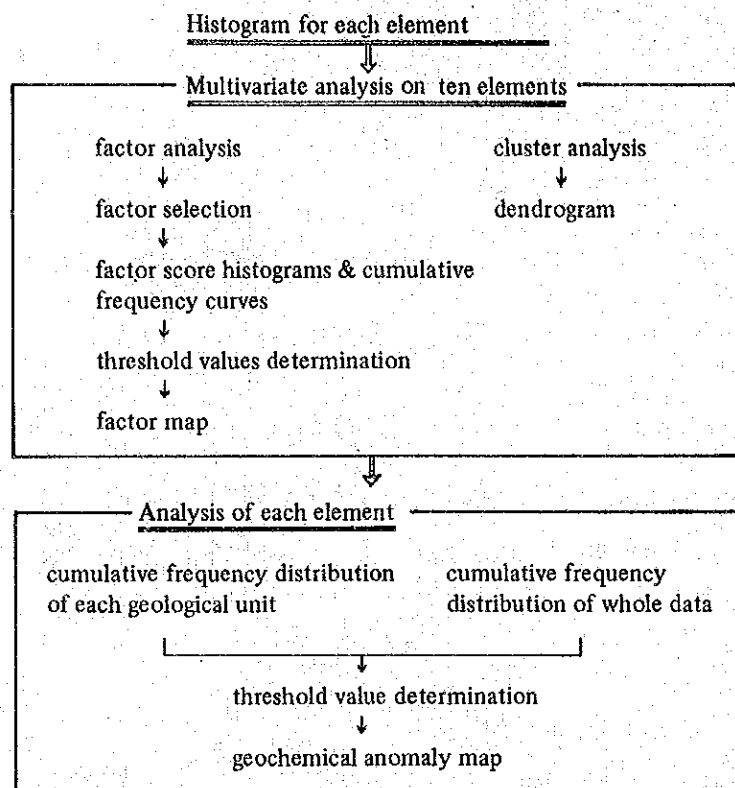


Fig. II-2 Flow Chart of Statistical Analysis

異常値の抽出はグラフによる簡易統計処理法 (Lipeltier, 1964) を基本とし, これに地質条件等を加味して行なわれた。

各成分毎の統計的諸要素は Table II-2 に示されている。

Table II-2 Means and Standard Deviations of Geochemical Data

Element	Max. (ppm)	Min. (ppm)	Mean (ppm)	S.D. log	M+1xS.D. (ppm)	M+2xS.D. (ppm)
Cu	534	2	35.2	0.265	64.7	119.1
Pb	1276	0	14.4	0.346	31.9	70.9
Zn	560	4	70.1	0.200	111.2	145.0
Ni	2287	0	50.8	0.495	158.9	496.6
Fe	16.10(%)	0.03(%)	3.2(%)	0.205	5.1(%)	8.2(%)
Mn	8087	57	483.1	0.230	820.4	1393.2
Ag	3.2	0.0	—	—	—	—
Cr	11120	8	114.8	0.489	354.0	1091.4
W	0.007(%)	0.000(%)	—	—	—	—
Mo	2	< 1	—	—	—	—

M: Mean, S.D.: Standard Deviation



また各成分間の相関係数は Table II-3 に示す通りである。

Table II-3 Correlation Matrix

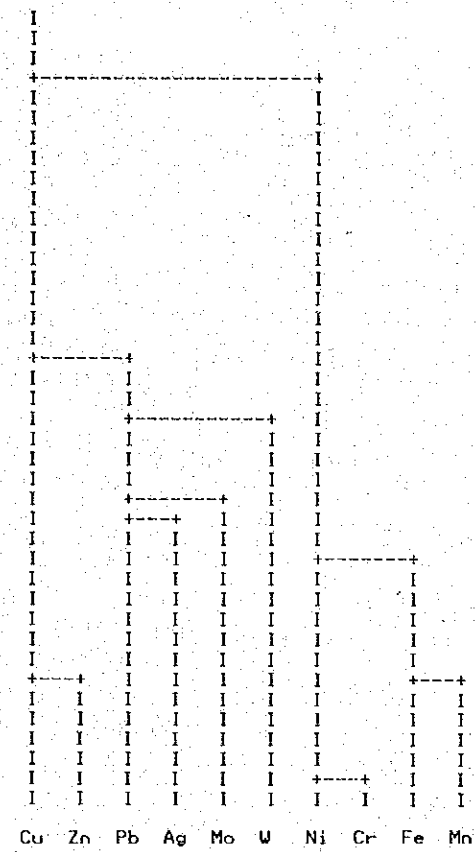
	Cu	Pb	Zn	Ni	Fe	Mn	Ag	Cr	W	Mo
Cu										
Pb	0.161									
Zn	0.560	0.350								
Ni	0.116	-0.025	0.081							
Fe	0.415	0.138	0.399	0.500						
Mn	0.377	0.050	0.245	0.476	0.581					
Ag	0.037	0.155	-0.075	0.016	-0.011	0.093				
Cr	0.095	-0.178	0.015	0.856	0.542	0.493	-0.033			
W	-0.003	-0.034	-0.030	-0.053	0.004	0.015	-0.077	-0.047		
Mo	0.052	0.125	0.053	-0.101	0.010	0.032	0.141	-0.147	0.069	

コンピュータによる因子分析から Table II-4 に示される 4 つの因子が抽出された。

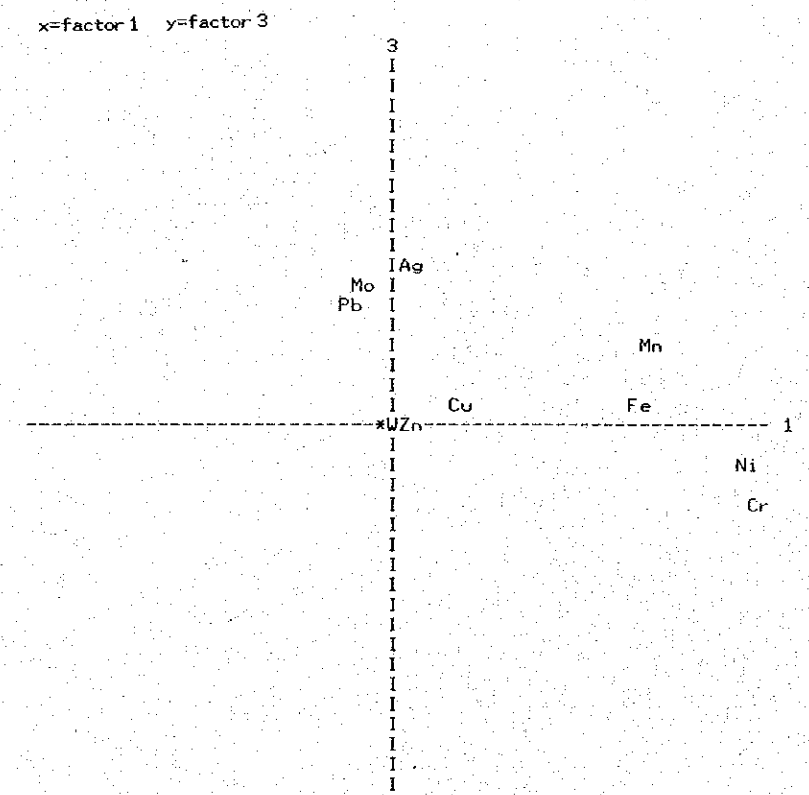
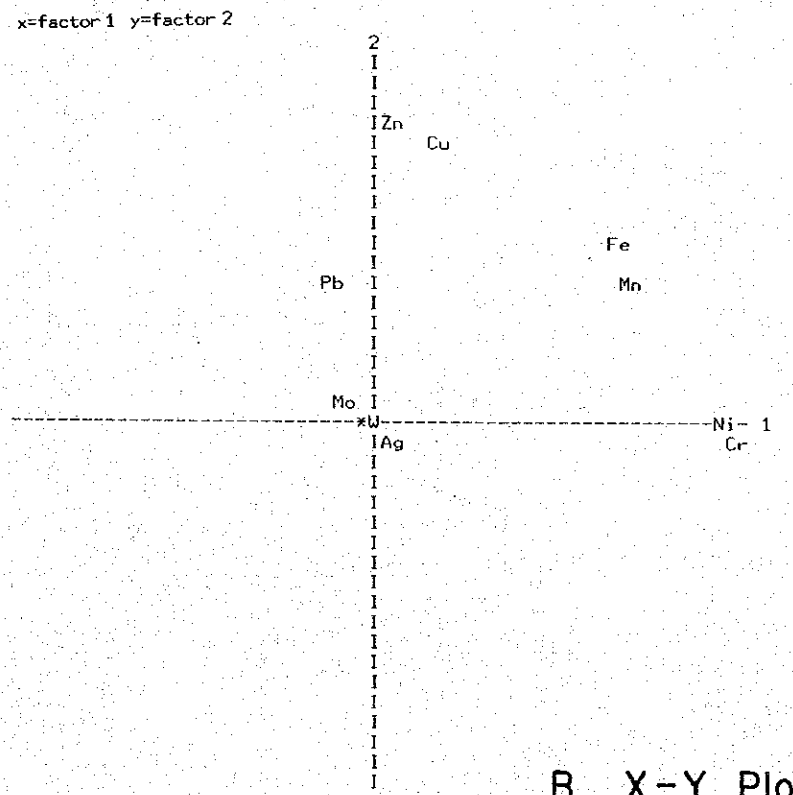
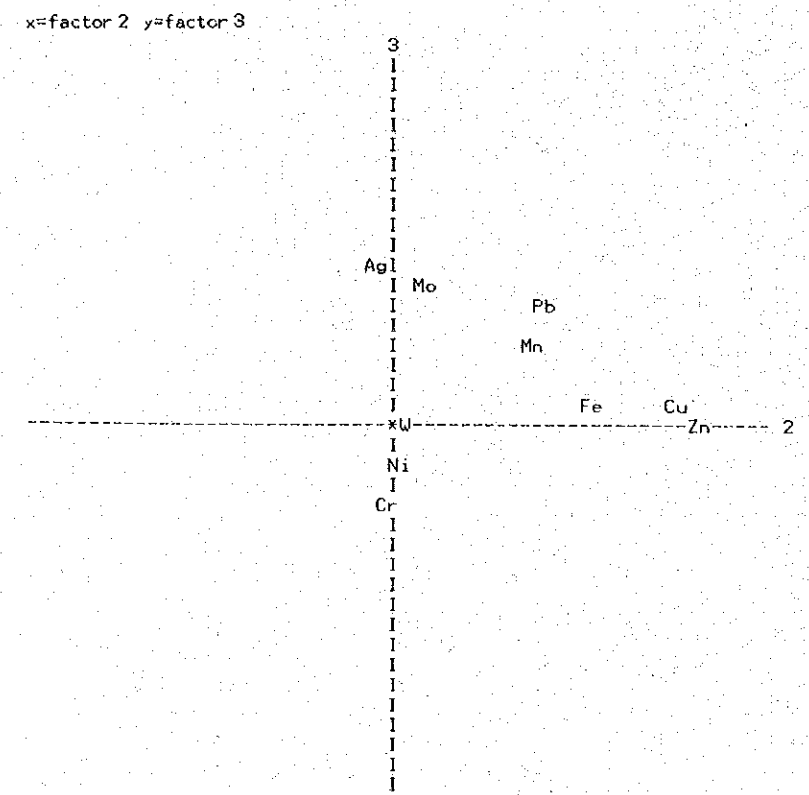
Table II-4 Factor Loading of Geochemical Data

	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4
Element	Factor Loading	Factor Loading	Factor Loading	Factor Loading
Cu	0.164	0.706	0.056	0.136
Pb	-0.108	0.357	0.326	-0.355
Zn	0.040	0.767	-0.018	-0.146
Ni	0.880	0.003	-0.093	-0.266
Fe	0.603	0.481	0.038	0.021
Mn	0.627	0.341	0.199	0.196
Ag	0.043	-0.048	0.417	-0.069
Cr	0.913	-0.045	-0.208	-0.064
W	-0.028	0.004	-0.000	0.175
Mo	-0.077	0.071	0.347	0.051

Table II-4 によると、因子-1 は、Ni-Cr-(Fe)-(Mn) の因子負荷量が高く現われており、因子-2 は、Cu-Zn で特徴づけられている。因子-3 は、因子-1, 2 に比べ、それほど高い因子負荷量をもたないが、Ag が僅かに高くなっている。因子-4 は各元素の因子負荷量が低すぎて、問題にならない。



A. Dendrogram



B. X-Y Plotting

Fig. II-3 A·B Correlation Diagram.

各成分の相関を視覚的にとらえるため Fig II-3 に、クラスター分析によるデンドログラム（ワード法）と、因子座標表示を掲げた。クラスター分析によっても、Ni-Or-(Fe)-(Mn) と Cu-Zn の 2 グループが近い距離で結ばれている（類似の変動を示す）ことがわかる。

次に、各試料毎に求められた因子得点より因子図を作成するため、因子-1, 2 について、因子得点のヒストグラム (Fig II-4) 及び累積度数分布曲線 (Fig II-5) が作成された。

因子-1 の累積度数分布曲線を見ると、横軸 25% 付近で屈曲点がみられる。通例ならこの点の縦軸の値をもってしきい値(t)とされるが、今回は、既述のように、均一な採試密度が得られていないことや、岩質毎に分けて統計処理が行えるほど試料数が多くないことから、この 25% の値を使用せず、平均値+標準偏差×2 (M+2SD) が t として採用された。因子-2 についても同様である。

しかし、因子図を作成する場合は、t のみでは異常が孤立して全体の傾向が捕え難くなるので、 $t' = M + 1.5SD$  と  $t'' = M + SD$  が、又特に高い異常帯をきわ立たせるため、 $t''' = M + 2.5SD$  が補助的に使用された。

このようにして得られた因子-1, 因子-2 の t, t', t'', t''' の値は Table II-5 の通りである。

Table II-5 Regional Threshold Values of Factors

	t''	t'	t	t'''	Number of Anomalous Samples (pcs)	Number of Samples (pcs)
Factor 1	-	1.431	1.908	2.385	19	422
Factor 2	0.872	1.308	1.744	-	7	

t: Threshold value

沢砂による因子の表示は、種々の方々が考えられるが、こゝでは採取地点の沢砂試料の因子得点は、その沢の流域全体に影響されているとし、因子の種類と因子得点の大小によって、各流域を示すものについては、採取地点近傍の流域のみを模様分けし、流域全体は囲まれなかった。

この方法によると、異常帯は試料採取を行った沢の流域となり、要検討地域が直接的に把握できる反面、1 試料の代表する範囲がそのまま流域面積となるので、流域の大小について配慮しないと、異常帯を過大または過小評価する恐れがある。

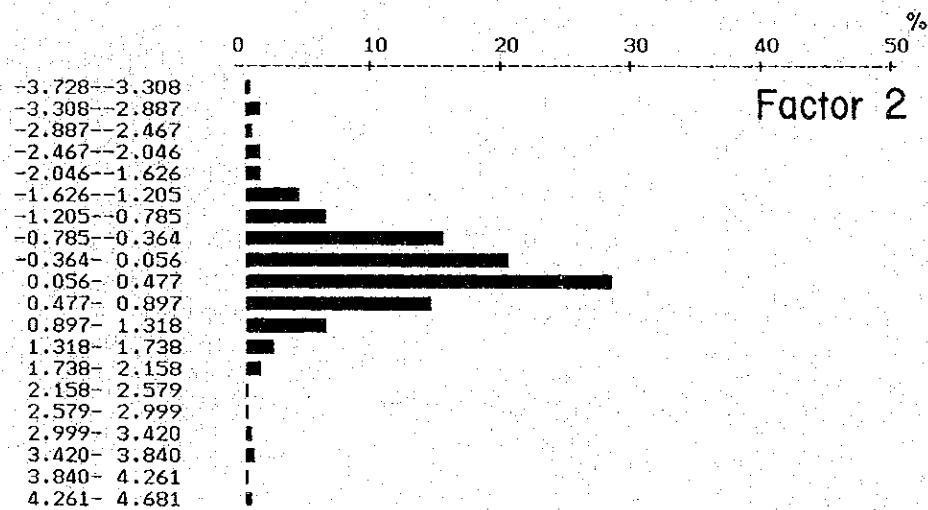
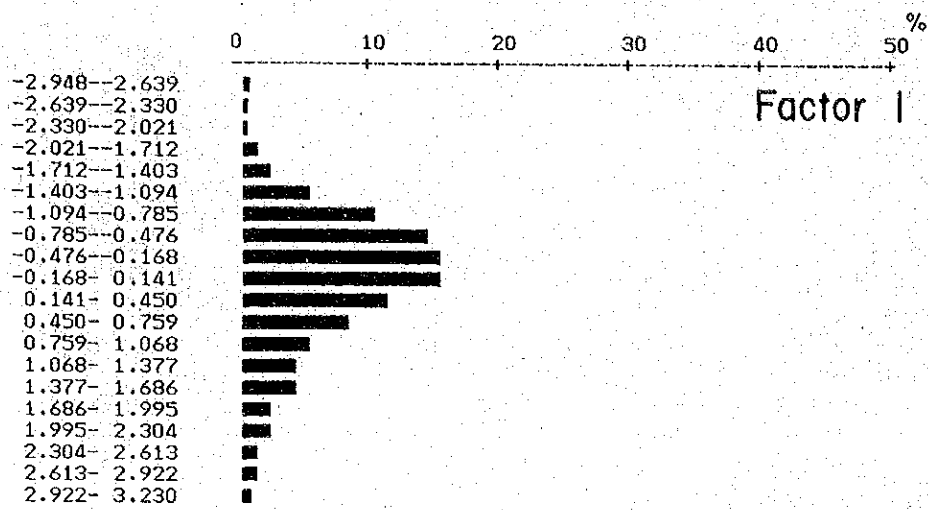


Fig. II-4 Histogram of Factor Scores

Plate II-1-1~4 はこのようにして得られた因子図である。

### 2-3-3 単成分解析

因子分析によって、前述のようにNi-Cr-(Fe)-(Mn)で特徴づけられる因子-1と、Cu-Znで特徴づけられる因子-2、さらにAgに関係する因子-3が抽出された。

一般に、鉍化作用が全調査地域にわたって均一に及んでいるとは考えられないので、鉍化作用を被った試料の分析データがあれば、因子となって現われるはずである。従って、今回因子分析の結果抽出された因子以外に鉍化作用を示す因子はないと仮定し、抽出された因子と密接に関係するNi, Cr, Cu, Zn, Agの5成分につき、単成分解析を行なった。

試料採取地点の流域が代表する地質により、全試料は、ソッコロ・ボンガボン層群、サブライヤン層群、マンブラオ層群、ルミントオ層、マンサライ層、ハルコン変成岩類、超マフィック岩類に分類できる (Table II-6)。

Table II-6 Number of Samples of Each Geological Unit

Geological Unit	Number of Samples (pcs)
Socorro G. & Bongabong G.	60
Sablayan G.	65
Mamburao G.	5
Lumintao F.	32
Mansalay F.	142
Halcon Metamorphics	85
Ultramafic rocks	33

本表でも明らかなように各地質単位ごとの試料数は、統計的手法を用いて解析するのに十分な信頼度を得られるほど多くはない。しかし各地質単位ごとの全体的な濃度分布の傾向を把握するため、Ni, Cr, Cu, Znの4成分につき試料数の少ないマンブラオ層群を除き、地質単位毎の累積頻度曲線を作成してみた (Fig II-6)。

本図から明らかなように、Cu, Znの濃度分布は地質単位による違いが比較的少なく、分析データを一括して解析しても差支えないように考えられる。一方Ni, Crの濃度分布は地層単位によって異なっており、特に超マフィック岩類とソッコロ層群-ボンガボン層群で高い値を示

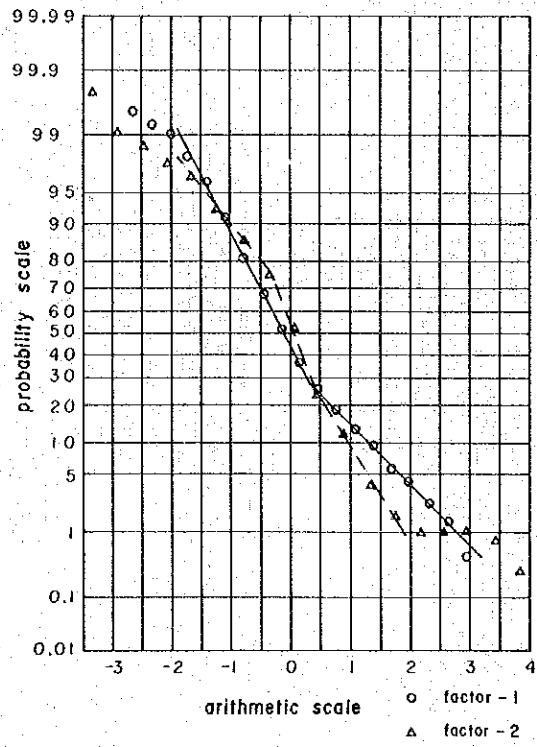


Fig. II-5 Cumulative Frequency Distribution of Factor Scores

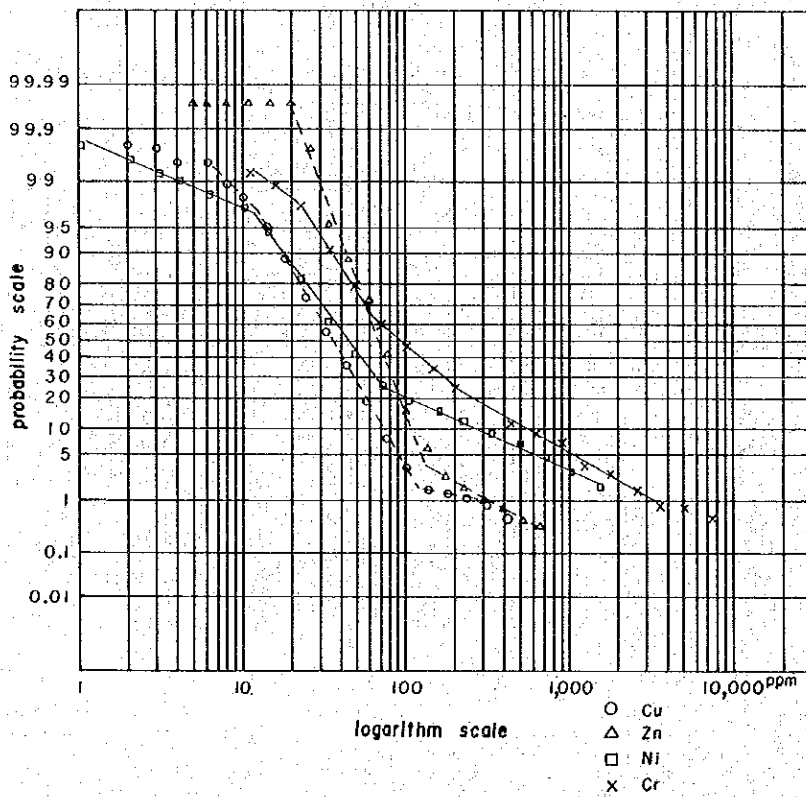


Fig. II-7 Cumulative Frequency Distribution of Each Element

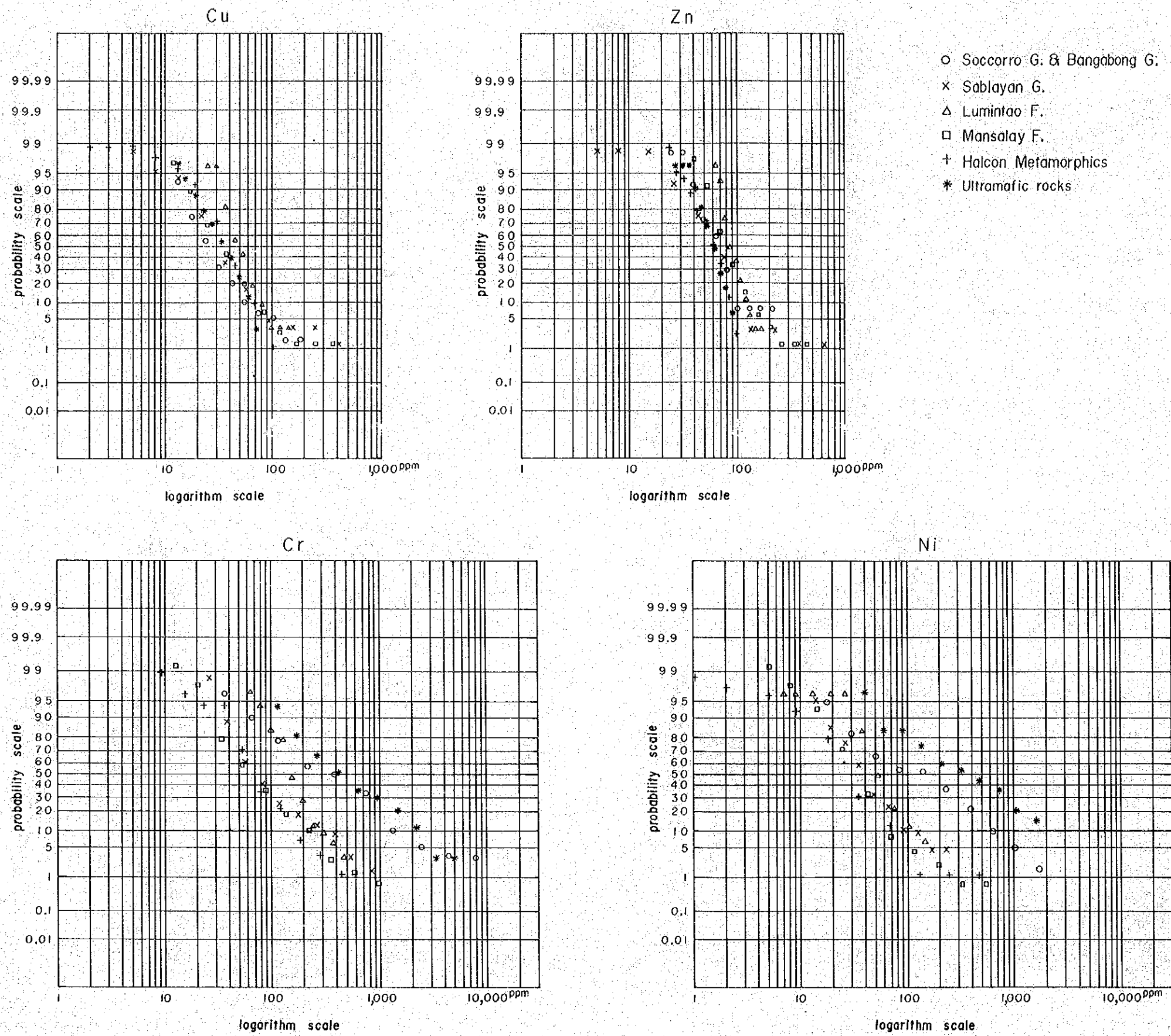


Fig. II-6 Cumulative Frequency Distribution of Cu, Zn Ni and Cr of Each Geological Unit

している。ソッコロ層群－ボンガボン層群は、上流に超マフィック岩類の分布が予測される場合が多いので、その影響を受けていると思われる。

このように、Ni, Crの濃度分布は地層単位ごとに異なることがわかったが、分割して処理するほど試料数が多くないので、今回は結局地質に関係なく一括して統計処理が行なわれた。

Fig II-7は各成分ごとの累積度数分布曲線を示したものである。

これによると、Cu, Niで20%付近に屈曲点があるが、Crの因子得点のしきい値(t)が決定された時と同様の理由で、 $t = M + 2SD$ と決定された。一方、Cuは屈曲点が2.5%以下にあるため、 $t = M + 2SD$ 、Znは3.5%付近に屈曲点があるので、グラフから $t = 145 \text{ ppm}$ が採用された。又、異常値の多いNi, Crについては、 $t''' = M + 2.5SD$ 値を用いることによって、高異常域の分布状況が明確になった。

Agについては、分析の検出限界以下の濃度のデータが多く、単成分として統計的処理が行えないので、便宜上、上位2.5%の分析データが異常値とされた。

Table II-7は、このようにして得られたNi, Cr, Cu, Zn, Agのしきい値を示したものであり、Plate II-2-1~4の地化学異常図はこれらの数値に基づいて作成されたものである。地化学異常の表示方法、異常帯の解釈についての留意点は、因子図作成の場合と同様である。

Table II-7 Regional Threshold Values of Elements

Element	t (ppm)	t''' (ppm)	Number of Anomalous Samples (pcs)	Number of Samples (pcs)
Ni	497	878	27	422
Cr	1092	1917	18	
Cu	120	—	12	
Zn	145	—	16	
Ag	0.9	—	11	

t : Threshold value

#### 2-3-4 地化学異常帯の検討

Plate II-1-1~4の因子図をみると、因子-1については、異常帯が中央山脈の東側に片寄っており、特にMagaswanhtubig川より南のボンガボンまでは、ほとんどの水系で異常が得られている。これに反し、西側の異常は小規模で、Amnay川上流やPola川中流等に散在している。



因子-2の異常は、Rayusan川流域全域に現われており、サンホセ近傍のBugsanga川からSiange川にかけて断続する外、Malaylay川、Pagbahan川、Abra de Ilog付近にも散在している。

これらの異常を単成分ごとの地化学異常と比較してみると、因子-1の異常帯は、Ni-Crの異常帯とほとんど一致しており、因子-2の異常帯はCu-Znのそれとよく類似している。

因子分析と単成分分析から、9地域が異常帯として抽出することができるが、詳細は次の通りである(Fig 11-8)。

(1) Paragpagan Cr-Ni 異常帯 (流域面積 8 km<sup>2</sup>)

本異常帯は、Pola川の一支流とAnnay川の一支流で得られたもので、西海岸近くをNW-SE方向に延びる超マフィック岩体内にある。以前この付近で含ニッケルラテライトの探査が行なわれている。2個の沢砂の含有量はCr: 728~1448 ppm, Ni: 302~900 ppmであった。

(2) Annay川Cr-Ni 異常帯 (流域面積 5 km<sup>2</sup>)

本異常帯は、Annay川上流の2支流にまたがり、Cr: 1,143~2,086 ppm, Ni: 732~1,920 ppmの含有量を示した。この付近も蛇紋岩化した超マフィック岩類が広く分布している。この異常帯は今回発見されたもので、今まで探査された形跡はない。

(3) Villacervesa Cr-Ni 異常帯 (流域面積 9.4 km<sup>2</sup>)

本異常帯は、Magaswangtubig川中流のVillacervesaの西側で得られたもので、Cr: 1,962~6,466 ppm, Ni: 763~1,722 ppmを示した。鉱床の項で述べたように、この異常帯については、Anglo-Philippine Oil Corp.がオーガー探査を行ない、含ニッケルラテライトとして49,000,000T (Ni: 0.94%)を確認している。Eagle Pass, Agluban Prospectもこの異常帯に含まれる。

(4) Pula川Cr 異常帯 (流域面積 3 km<sup>2</sup>)

Pula川とBalete川にかゝる異常帯は小規模であるが、Cr含有量が2,426~10,565 ppmと非常に高い値を示している。この異常帯は、超マフィック岩体から約2 km東にずれた位置にあり、ボンガボン層群の細粒凝灰岩中であるが、未確認の超マフィック岩類が期待できる。

(5) Bansud川Cr-Ni 異常帯 (流域面積 6.2 km<sup>2</sup>)

本異常帯はBansud川上流を中心として南北に1.5 km連続し、超マフィック岩体内にある。6ヶの沢砂の平均含有量はCr: 2,118 ppm, Ni: 1,418 ppmを示している。ボンガボン川水系でBlueridge Mining Corp.が含ニッケルラテライトを探索し、地化学試料(土壌?)としてNi: 0.80~2.95%の品位を得たと言う記録があるが、これはBansud異常帯に含まれる。

(6) Rayusan Zn 異常帯 (流域面積 7.6 km<sup>2</sup>)

本異常はRayusan川上流で得られたもので、含有量はZn：152～204 ppm (Cu：39～158 ppm) とそれほど高い値ではない。付近の地質はマンサライ層の粘板岩と、これを整合に覆うルミントオ層の玄武岩溶岩から成るが、異常は粘板岩中に現われている。地質調査では、鉍化変質が全く認められなかったので、この異常は岩質によるとも考えられるが、因子得点が全般に高い値を示しているので、周辺地域のチェックが望ましい。

(7) Siange川Cu-Zn異常帯(流域面積 52km<sup>2</sup>)

Bugsanga川上流からボンガボン川支流Siange川にかけて得られた異常帯は、Cu：100～450 ppm, Zn：160～520 ppmの含有量を示す。Siange川では、マンサライ層の砂岩中に巾数cmの黄鉄鉍-石英脈が数条あり、珪化作用が広範囲に及んでいる。現在稼行中の重晶石鉍床もこの異常帯に含まれる。

(8) Alitaytayan AgおよびMangpong Ag異常帯

Agの異常は、0.9 ppm以上と非常に低いので、これらを異常帯と考えてよいかどうか、若干問題がある。これらの地域は、サブライマン層群の石灰岩帯で、Ag含有量は1.2～3.2 ppmを示している。

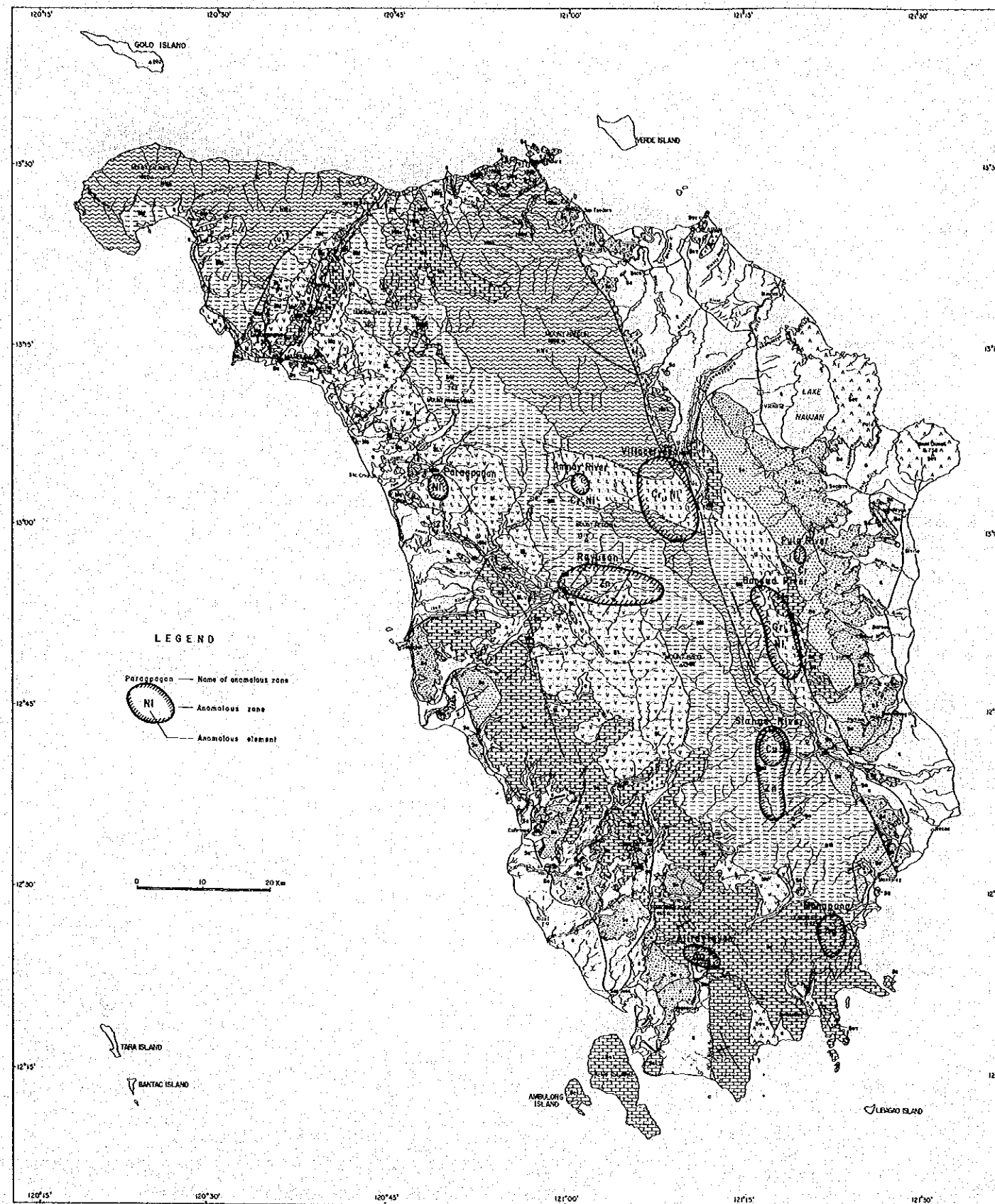


Fig. II-8 Geochemical Anomaly Map of the Survey Area

## 第3章 重鉍物による地化学探査

### 3-1 試料の採取方法

重鉍物の試料は、流水中の川底に沈積している沢砂の内、礫を取り除いた一定量(2,000 *cm*<sup>3</sup>)から、専門のパンナーがパンニングを行って選別採取された。全島の重鉍物の分布状況を明らかにするため、ほとんどすべての水系における流速が急に減少する山ろく部において、パンニングが行われた。又、地質調査のルートで遭遇した大きな支流においても、重鉍物の試料が採取され、合計試料数は105個に上った。

### 3-2 分析方法

重鉍物を分離するには、通常比重差を利用する重液法や磁氣的性質の差を利用するアイソダイナミックセパレータ法などが用いられるが、今回の調査では既にパンニングによって各試料とも数%程度に濃縮してあるため、これらの方法を採らず、直接立体顕微鏡下で鉍物の種類とその個数を数え上げた。

鉍物の種類は、結晶形態、透明度、色、光沢等の違いから当初13種類に細分されたが、各々についての研磨片・薄片観察とX線解析から、磁鉄鉍、クロム鉄鉍、黄鉄鉍(黄鉄鉍を主とし、赤鉄鉍、針鉄鉍を含む)、ザクロ石、輝石の5大成分と、極く少量の石英・斜長石・絹雲母に区分された。

各試料の鉍物毎の重量は、Table A-6に示されている。

### 3-3 結果の処理と検討

区分された8鉍物の内、有用と考えられる重鉍物は磁鉄鉍・クロム鉄鉍・黄鉄鉍の3種類であり、これらについて検討を行った。

河川における重鉍物の量は、一般に不均一な分布を示し、採取地点の地形等に大きく左右されることが知られているが、パンニング自体その終了点をどこに置くかで、個人差がはやり易い。従って今回の検討では、3鉍物の重量そのものを比較せず、3鉍物の重量の合計に対する当該鉍物の重量パーセントを計算、扇形グラフで表示する方法が採られた。結果はPlate II-3に示してある。

鉍物毎の分布の特徴は次の通りである。

#### a) クロム鉄鉍

クロム鉄鉍のパーセントの高い流域は、西側より東側に片寄る傾向がある。地質図(Plate I-1)と比較してみると、クロム鉄鉍は超マフィック岩類の分布域で高い値を示している。すなわち、東側のBukayao川(W-149H)より、Magawangtubig川を経てボンガボン川に

至る流域に見られるクロム鉄鉱の高異常は、明らかに超マフィック岩類によると考えられる。

西側のサブラインに注ぐRayusan 川流域では、超マフィック岩類の分布する地域とクロム鉄鉱は非常によい対応を見せている。北部のMalaylay 川上流や、マンブラオ～Paluan の基盤岩類地域内の異常は、未確認の超マフィック岩類の存在を暗示しているように思われる。

次に、サブラインからサンホセを経てRoxas に至るサブライン～ボンガボン～ソッコロ層群の分布地域の異常は、これらの層群を構成する砂岩が超マフィック岩類の粒子を含んでいることから、これに由来すると考えられる。

#### b) 磁鉄鉱

既述のように、沢砂の因子分析により、Fe はCr と関係があることがわかったが、磁鉄鉱もクロム鉄鉱と似た分布を示し、超マフィック岩類が分布する地域で高くなっている。

一方、磁鉄鉱鉱床が知られているマンブラオ川上流やPagbahan 川上流では、多数の頭大の鉱石転石が散在するにもかかわらず、沢砂と同様、ほとんど異常が得られなかった。

#### c) 黄鉄鉱

黄鉄鉱の含有率は、どちらかと言えば、基盤岩類地帯で高い傾向がみられる。ハルコン山の北側地域やPaluan 地域は、どの因子の異常も現われていないので、黄鉄鉱は岩質によると考えられる。しかし、サブラインの東方にはRayusan Zn 異常帯があり、サンホセ近くを流れるBugsanga 川上流からSiange 川にかけてはSinge Cu - Zn 異常帯が分布するので、これらの流域の黄鉄鉱の濃集は、岩質の外に鉱化作用にも関係があると思われる。

### Ⅲ 空中磁気探査



## 第 1 章 概 説

本空中磁気探査は、昭和 56 年度フィリピン共和国ミンドロ地域資源開発協力基礎調査の一環として実施されたものである。

本調査の現地測定作業はフィリピン共和国天然資源省鉱山地球科学局により実施された。なお、現地測定にさきだち、電子技術者 2 名が渡比し、測定機器の点検を行い、現地測定期間中にも、物理探査技師が渡比し、測定データの可否を検討するとともに、アナログ記録の読取りを行った。現地測定終了後、可能な限り収集したアナログ記録読取値と、フィリピン側作成による航跡図を基に全磁力図を作成した。当初、デジタル記録を基に全磁力図を作成する予定であったが、日本国内で収録済磁気テープの読取作業を行った結果、乱数的な値しか入力されておらず、データとして採用できないと判断されたため、アナログ記録によって全磁力図を作成することとした。しかしながら、アナログ原記録のフィリピン国外持出しを禁じられたため、データ・チェックを行うことができなかった。

現段階の全磁力図に対して定性的解釈を施した結果、調査地域の磁気不連続線及び高磁性岩体の分布の概要が把握された。調査地域中央部では NW～NNW 系の磁気不連続線と、これに並行した、超苦鉄質岩類と考えられる高磁性岩体の分布が卓越し、地質図と比較して非常によい対応を示している。一方、調査地域北西部では、NE～ENE 系の磁気不連続線が卓越している。



## 第2章 空中磁気探査概要

### 2-1 調査地域

空中磁気探査は、Fig. III-1に示す地域について実施された。

解析対象調査地域の境界の緯度、経度は下記の通りである。

	緯 度	経 度
A	13° 35' N	120° 15' E
B	13° 35' N	120° 47' E
C	13° 35' N	120° 50' E
D	13° 35' N	121° 05' E
E	13° 23' N	121° 20' E
F	13° 19' N	121° 24' E
G	13° 10' N	121° 35' E
H	12° 13' N	121° 35' E
I	12° 19' N	121° 24' E
J	12° 16' N	121° 20' E
K	12° 10' N	121° 15' E
L	12° 10' N	121° 00' E
M	12° 34' N	120° 50' E
N	12° 41' N	120° 47' E
O	12° 45' N	120° 45' E
P	12° 55' N	120° 45' E
Q	13° 20' N	120° 25' E
R	13° 20' N	120° 15' E

なお、ミンドロ島の中央部には、ほぼ南北に、標高1,800m以上の山脈が縦断しているため、2種類の飛行高度を採用して測定せざるを得なかった。即ち、海拔高度1,800m(6,000 feet)と海拔高度2,700m(9,000 feet)である。海拔1,800m飛行高度地域は、ミンドロ島西部(A-B-C-M-N-O-P-Q-R-A)及び東部(E-F-G-H-I-J-E)であり、一方、海拔2,700m飛行高度地域は、1,800m地域を一部重複したミンドロ島中央部(B-C-D-E-F-I-J-K-L-M-N-B)である。

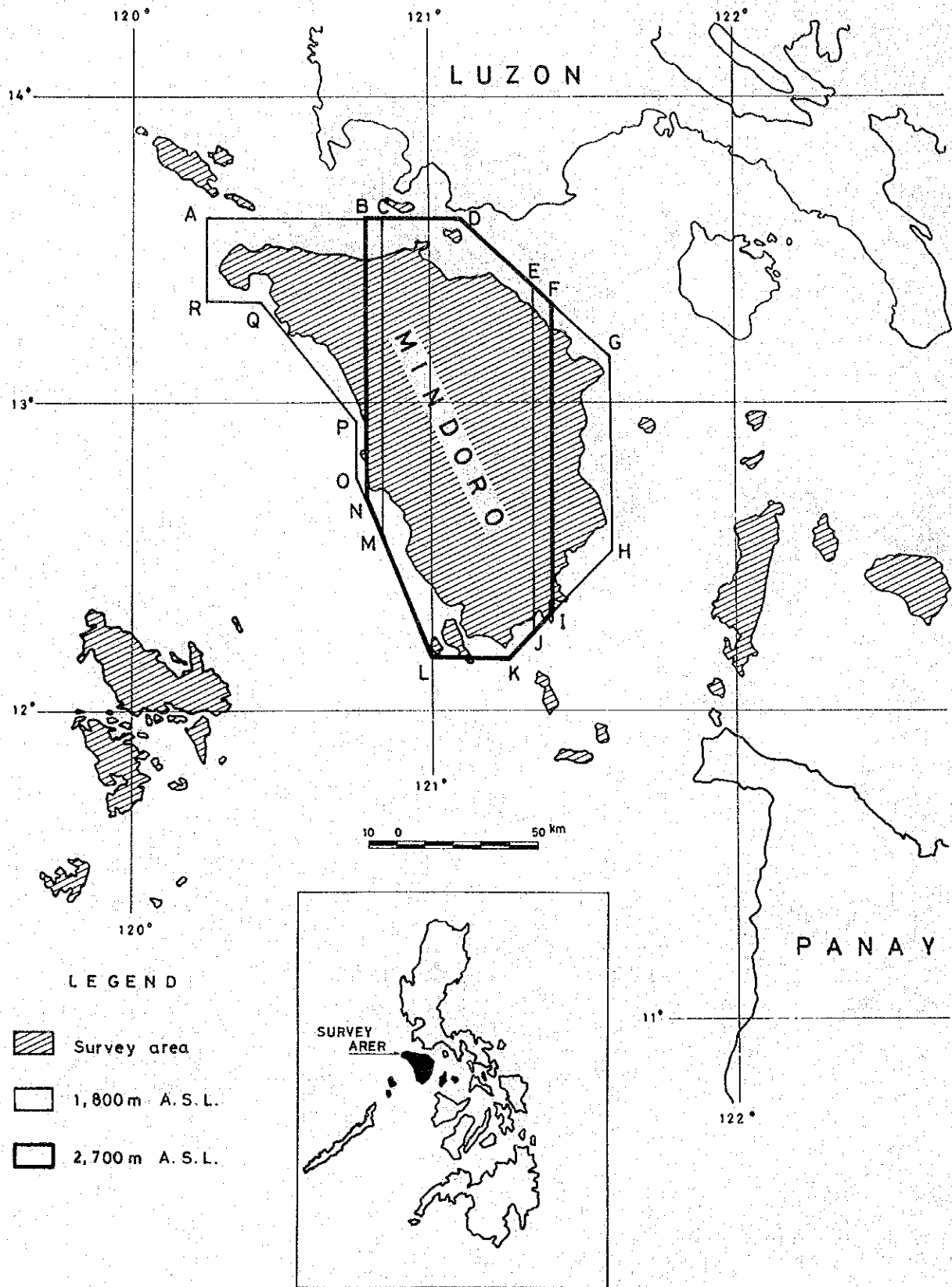


Fig. III-1 Location Map of the Survey Area

## 2-2 調査期間

### (1) 空中磁気探査機器点検

昭和57年2月8日～昭和57年2月15日

### (2) 空中磁気探査

昭和57年2月20日～昭和57年4月17日

### (3) 現地調査及び現地データ処理

昭和57年3月8日～昭和57年4月23日

### (4) データ処理及び解析

昭和57年4月26日～昭和57年8月31日

## 2-3 調査員

### (1) 空中磁気探査機器点検

服部 旭	Carlos F. Teodoro
東 義 則	Romeo B. Zambarrano
田 中 弥 一	Enrico B. Zuño

### (2) 現地調査

賀 来 学	Octavio C. Daclison
	Alexander M. Lacanilao
	Reynaldo L. Villela
	Romeo B. Zambarrano
	Enrico B. Zuño
	Honorio B. Cabanban
	Elmer C. Amo

### (3) データ処理, 解析

服部 旭	Octavio C. Daclison
佐々木 進	Mácarío A. Del Rosario
賀 来 学	Alexander M. Lacanilao

## 2-4 調査仕様

本調査に関する現地作業の仕様は次の通りである。

- 飛行基地 サンホセ空港 ( San Jose Airport )
- 日変化観測地 サンホセ
- 調査面積 約10,000 km<sup>2</sup>

○ 飛行高度 (気圧高度)	海拔 1,800m ( 6,000 feet ), 海拔 2,700m ( 9,000 feet ) 水平飛行																		
○ 飛行方向	主測線	NS,	交叉測線 EW																
○ 測線間隔	主測線	2.5 km,	交叉測線 1.0 km																
○ 測線数	主測線 海拔 2,700m 29本, 海拔 1,800m 31本 計 60本 交叉測線 海拔 2,700m 14本, 海拔 1,800m 18本 計 32本																		
○ 測線長	<table border="0" style="margin-left: 40px;"> <tr> <td></td> <td>海拔 2,700m</td> <td>海拔 1,800m</td> <td>計</td> </tr> <tr> <td>主測線</td> <td>約 3,601km</td> <td>約 1,590km</td> <td>約 5,191km</td> </tr> <tr> <td>交叉測線</td> <td>約 800km</td> <td>約 379km</td> <td>約 1,179km</td> </tr> <tr> <td>計</td> <td>約 4,401km</td> <td>約 1,969km</td> <td>約 6,370km</td> </tr> </table>				海拔 2,700m	海拔 1,800m	計	主測線	約 3,601km	約 1,590km	約 5,191km	交叉測線	約 800km	約 379km	約 1,179km	計	約 4,401km	約 1,969km	約 6,370km
	海拔 2,700m	海拔 1,800m	計																
主測線	約 3,601km	約 1,590km	約 5,191km																
交叉測線	約 800km	約 379km	約 1,179km																
計	約 4,401km	約 1,969km	約 6,370km																
○ 地磁気伏角	14°N																		
○ 地磁気偏角	0°																		
○ 全磁力値	40,000γ																		

## 2-5 測定機器及び測定方法

空中磁気探査に使用された航空機, 測定機器は全てフィリピン共和国天然資源省鉱山地球科学局所有のもので, 明細は次の通りである。

- |                     |  |
|---------------------|--|
| ○ 空中磁気探査用航空機        | : セスナ 402 型 ( 双発エンジン )                   |
| ○ 高感度空中磁気探査用プロント磁力計 | : 米国 Varian 社製 V-4914 型                  |
| ○ 高感度定点プロトン磁力計      | : 米国 Genmetrics 社製 G-826A 型              |
| ○ 水晶時計              | : 米国 Varian 社製 GP-109 型                  |
| ○ 気圧高度計             | : 米国 United Instrument 社製<br>5934A-A69 型 |
| ○ 35% 航跡用スリットカメラ    | : 米国 Automax 社製 G-2 型                    |
| ○ アナログ記録計           | : 米国 Hewlett-Packard 社製 680 型            |
| ○ デジタルデータ収録装置       | : 米国 Varian 社製 V-4991 型                  |

航法は目視によって行われた。5 万分の 1 地形図と比較することにより航空機が誘導されたため, 予定測線上で測定することが困難なことが多く, 標定後隣接測線との間隔が大きすぎる場合には再測が行われた。

航空機の対地速度は約 130 ノット ( 約 240 km/h ), 空中磁力計の測定間隔は 4 秒である。

## 2-6 データ処理

### 2-6-1 航跡図の作成

一次航跡図は、航跡決定用の対地フィルムの標定より現地で作成されたが、現地の電力事情により、対地フィルムを投影できる時間が限られていた（夜間のみ通電）ため、一次航跡図の完成は大幅に遅れた。

航跡図は次の手順に従って作成した。

- (1) 対地フィルムは毎日のフライト終了後に即日現像・乾燥する。
- (2) 対地フィルムをマイクロスコープで拡大投影し、磁気記録との照合点を4万分の1の航空写真上に標定し、さらにこれを5万分の1地形図上に転写する。
- (3) 得られた一次航跡図より、次の飛行計画及び追加測線、再測定の必要を検討する。

本調査期間中、調査地域内は雲量が多く、しばしば雲上を飛行せざるを得なかった。このような場合には、対地フィルムによる標定が困難なため、標定可能な点間を比例配分して航跡を決定した。

### 2-6-2 日変化補正

地球磁場は時間的に変化しているため、この時間的な変化を測定する目的で、調査期間中、サンホセにおいて連続定点観測が行われた。定点観測は、磁気嵐の観測を兼ねている。調査期間中2回磁気嵐又は著しい磁気変化が観測されたため、該当日に測定された測線のデータは廃棄され、再測された。

サンホセの地上磁力計設置点での標準全磁力値を39,600ガンマと決定し、この値に対する時間変化をアナログ記録から読取り、日変化補正表が作成された。

機上において測定された全磁力値は、日変化補正表により、地球磁場の時間的な変化を含まない地域的な磁力値に補正された。

### 2-6-3 全磁力図の作成

日変化補正が施された測定データは、8秒毎の照合マークに従って航跡図に書き込まれる。しかし、主測線と交叉測線との交点の磁力値は種々の理由により若干異なることが多い。主な理由としては、航空機のヘディング（航空機の向きが変わること）により、実際の測定点と対地フィルムから標定された照合点とがずれる等の標定誤差によるもの、他には飛行高度、航空機のヘディングにより生ずる誘導磁気量の変化等の誤差が考えられる。

主測線と交叉測線との交点において磁力値に差が生じた場合には、照合点の標定、航空機の水平度の検定等を実施し、予想される誤差を最小とした。その後、電算機により、各測線の交点磁力値の誤差に対し最小自乗法を適用して一次トレンドの補正係数を算出し、最終的に全交点誤差の自乗が最小となるようにしている。この様に航跡の再標定、交点磁力値の誤差配分を施した後、最終航跡が決定され、この最終航跡と日変化補正及び交点誤差補正済みの測定磁力

値とから格子点上の磁力値が算定され全磁力図が作成された。

本調査では、2種類の飛行高度(1,800m, 2,700m)で測定が実施されたため、1,800mの測定に対しては0.5km間隔の格子、2,700mの測定に対しては1.0km間隔の格子が採用され、各格子点上の磁力値を算出し、5r毎の等磁力線が描かれ、全磁力図が作成された。

#### 2-6-4 磁力変化図の作成

磁力変化、即ち地磁気異常を定義するには、標準となるべき地磁気の分布が必要である。各格子点の磁力値より平均磁場を求め、これを調査地域内の標準磁場とする方法もあるが、空中磁気探査では、国際標準地球磁場(International Geomagnetic Reference Field; IGRF)を用いるのが一般的である。

本調査では、各格子点上の全磁力値から、国際標準地球磁場を差し引くことにより地方的変化(Regional Variation)を取り去り、残差(Residual)が算出された。この残差については、5r毎に等磁力線が描かれ、磁力変化図が作成された。

#### 2-7 解析方法

全磁力図上の磁力値から、国際標準地球磁場(IGRF)を差し引き、磁力変化図が作成される。通常、この磁力変化図を基に解析が行われる。

空中磁気データを解析するには、定性的手法と定量的手法の2種類の方法がある。

(1) 定性解析法： 磁気図に各種フィルタを施し、ある範囲の波長の磁気異常を抽出または除去し、地下の磁気構造の分布を定性的に推進する方法であり、この手法に利用されるフィルタ処理を列挙する。

a. 帯域フィルタ(Band-pass Filter)： 任意の波長域の磁気異常を選択的に抽出するフィルタ

b. 鉛直二次微分フィルタ(Second Vertical Derivative Filter)： 短波長域の磁気異常を選択的に強調するフィルタであり、岩体の境界の検出に利用される。

c. 上方又は下方接続フィルタ(Upward or Downward Continuation Filter)： 観測磁気値から数学的に上方あるいは下方の高度の磁力値を求めるフィルタであり、前者では、短波長成分の磁気異常が減衰するのに対し、後者では短波長成分の磁気異常が強調される。

d. 自己相関解析(Auto-correlation Analysis)： 同規模の磁気異常を検出し、磁気特性の傾向を把握するフィルタ

e. スペクトル解析(Spectrum Analysis)： 磁気図をフーリエ解析し、対象地域内の磁気異常群の波長特性を把握する方法

f. 擬似重力フィルタ(Reduction-to-pole Filter)： ある伏角で測定された磁気

異常分布を、数学的に極での磁気異常へ変換するフィルタであり、磁性岩体の形状の推定に利用される。

(2) 定量解析法：各磁気異常の平断面分布から、定量的に磁気異常を誘起する岩体の深度、形状及び帯磁率を推定する方法である。

a. 特性点法 ( Specific Point Method ) : 磁気異常曲線の変曲点、曲率等を利用し、磁性岩体の深度、幅を推定する方法

b. 曲線照合法 ( Curve Matching Method ) : 単純な形状 ( 球、円柱、角柱、平板、ダイク等 ) あるいはその集合の磁性岩体による磁気異常標準曲線と観測磁気異常を照合することにより、磁性岩体の深度、形状、帯磁率を求める方法であり、電算機が利用されるようになってきている。

c. 特性曲線法 ( Specific Curve Method ) : 観測磁気異常曲線の曲率から、磁気異常誘起岩体の深度または幅を推定する方法

d. 解析的方法 ( Analytical Method ) : 磁気異常曲線をフーリエ級数展開し、ダイク状、断層状構造などによるスペクトル特性と比較し、各構造の深度、傾き、磁気特性を求める方法

本調査では前述 ( 2-3 ) の如く、海拔 1,800 m 及び 2,700 m の 2 高度で一部分重複して測定されているが、一高度で調査地域全域を覆う磁力変化図は得られていない。このため、海拔 1,800 m の磁力変化図を海拔 2,700 m へ上方接続し、海拔 2,700 m 磁力変化図と合成することによって、全域を覆う 2,700 m 磁力変化図を作成することとした。

上方接続フィルタの係数を Table III-1 に示す。実際の計算では、海拔 1,800 m 磁力変化図を 500 m 格子で数値化した磁力値に対して、Table III-1 で与えられる係数とのコンボリューション ( Convolution ) 積をとり、各点での海拔 2,700 m 上方接続値を計算する。なお、磁力変化図の縁辺部においては、計算後、欠損点が多数でくるため、Table III-1 の下段に示すような短縮係数値を利用する。

また、海拔 2,700 m 磁力変化図中央の 6.4 km × 6.4 km の範囲に対し、2次元フーリエ級数によるエネルギー・スペクトル解析を施し、調査地域の磁気異常群の波長特性を求める。この結果を利用して、2種類の波長帯域を選び、磁力変化図から帯域フィルタ図を作成する。これら、全磁力図、磁力変化図及び2種類の帯域フィルタ図を定性解析の基本図とする。

一方、定量解析として、磁力変化図上の顕著な磁気異常に対して磁気断面を切り、曲線照合法による解析を行う。

本解析の概要を以下に記述する。又、Fig. III-2 に解析のフローチャートを示す。

#### 2-7-1 スペクトル解析

磁気図に表現された磁気異常群の波長特性を知ることにより、フィルタ処理を含めた種々の

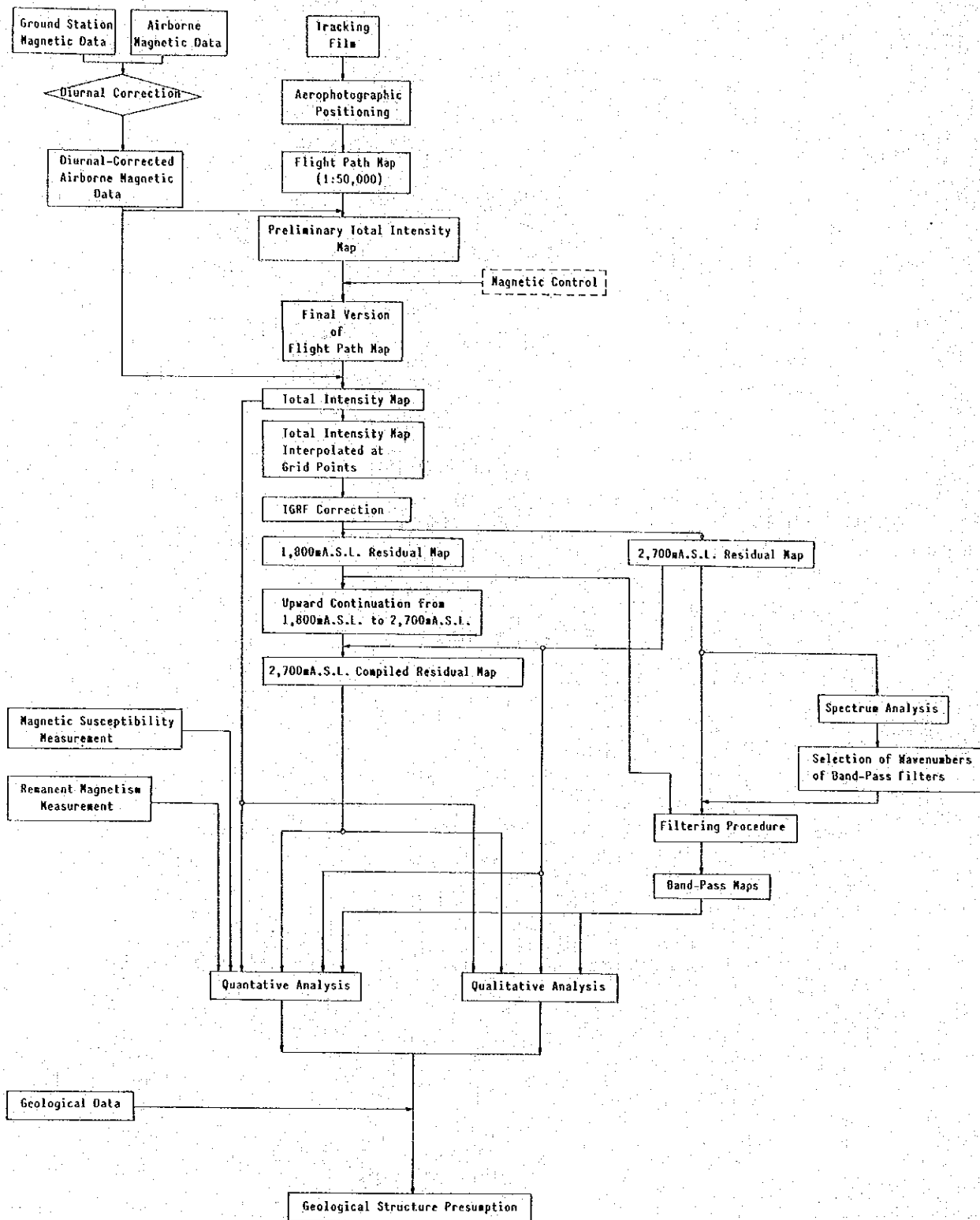


Fig. III-2 Flow Chart of Data Processing and Analyses



Table III-1 Coefficients of Upward Continuation Filter

(Continuation level = -1.8 x Data Interval)

Coefficients of Large Operator

	m=0	m=1	m=2	m=3	m=4	m=5	m=6	m=7	m=8	m=9	m=10	m=11	m=12	m=13	m=14	m=15
n=0	+0.04840	+0.03296	+0.01455	+0.00678	+0.00334	+0.00195	-0.00114	+0.00078	+0.00050	+0.00038	+0.00026	+0.00021	+0.00015	+0.00013	+0.00010	+0.00009
n=1	+0.03296	+0.01408	+0.01206	+0.00598	+0.00312	+0.00183	+0.00111	+0.00075	+0.00050	+0.00037	+0.00026	+0.00021	+0.00016	+0.00013	+0.00010	+0.00008
n=2	+0.01455	+0.01206	+0.00759	+0.00438	+0.00256	+0.00157	+0.00101	+0.00063	+0.00048	+0.00035	+0.00026	+0.00020	+0.00015	+0.00012	+0.00010	+0.00008
n=3	+0.00678	+0.00598	+0.00438	+0.00293	+0.00191	+0.00126	+0.00085	+0.00060	+0.00043	+0.00032	+0.00024	+0.00019	+0.00015	+0.00012	+0.00010	+0.00008
n=4	+0.00334	+0.00312	+0.00256	+0.00191	+0.00137	+0.00097	+0.00070	+0.00051	+0.00038	+0.00029	+0.00022	+0.00017	+0.00014	+0.00011	+0.00009	+0.00007
n=5	+0.00195	+0.00183	+0.00157	+0.00126	+0.00097	+0.00074	+0.00056	+0.00042	+0.00032	+0.00025	+0.00020	+0.00016	+0.00013	+0.00010	+0.00009	+0.00007
n=6	+0.00114	+0.00111	+0.00101	+0.00085	+0.00070	+0.00056	+0.00044	+0.00035	+0.00027	+0.00022	+0.00017	+0.00014	+0.00012	+0.00010	+0.00008	+0.00007
n=7	+0.00078	+0.00075	+0.00068	+0.00060	+0.00051	+0.00042	+0.00035	+0.00028	+0.00023	+0.00019	+0.00015	+0.00013	+0.00010	+0.00009	+0.00007	+0.00006
n=8	+0.00050	+0.00050	+0.00048	+0.00043	+0.00038	+0.00032	+0.00027	+0.00023	+0.00019	+0.00016	+0.00013	+0.00011	+0.00009	+0.00008	+0.00007	+0.00006
n=9	+0.00038	+0.00037	+0.00035	+0.00032	+0.00029	+0.00025	+0.00022	+0.00019	+0.00016	+0.00013	+0.00011	+0.00010	+0.00009	+0.00008	+0.00007	+0.00006
n=10	+0.00026	+0.00026	+0.00026	+0.00024	+0.00022	+0.00020	+0.00017	+0.00015	+0.00013	+0.00011	+0.00010	+0.00009	+0.00007	+0.00006	+0.00006	+0.00005
n=11	+0.00021	+0.00021	+0.00020	+0.00019	+0.00017	+0.00016	+0.00014	+0.00013	+0.00011	+0.00010	+0.00009	+0.00007	+0.00007	+0.00006	+0.00006	+0.00005
n=12	+0.00015	+0.00015	+0.00015	+0.00015	+0.00014	+0.00013	+0.00012	+0.00010	+0.00009	+0.00008	+0.00007	+0.00007	+0.00006	+0.00006	+0.00005	+0.00004
n=13	+0.00013	+0.00013	+0.00012	+0.00012	+0.00011	+0.00010	+0.00010	+0.00009	+0.00008	+0.00007	+0.00006	+0.00006	+0.00005	+0.00005	+0.00004	+0.00004
n=14	+0.00010	+0.00010	+0.00009	+0.00010	+0.00009	+0.00009	+0.00008	+0.00007	+0.00007	+0.00006	+0.00006	+0.00005	+0.00005	+0.00004	+0.00004	+0.00003
n=15	+0.00009	+0.00008	+0.00008	+0.00008	+0.00007	+0.00007	+0.00007	+0.00006	+0.00006	+0.00005	+0.00005	+0.00004	+0.00004	+0.00004	+0.00003	+0.00003

Small Operator for Upward Continuation

	m=0	m=1	m=2	m=3	m=4	m=5
n=0	-0.06034	+0.04110	+0.01814	+0.00845	+0.00417	+0.00143
n=1	-0.04110	+0.03602	+0.01503	+0.00746	+0.00389	+0.00228
n=2	+0.01814	+0.01503	+0.00947	+0.00546	+0.00319	+0.00195
n=3	+0.00845	+0.00746	+0.00546	+0.00365	+0.00238	+0.00157
n=4	+0.00417	+0.00389	+0.00319	+0.00238	+0.00171	+0.00121
n=5	+0.00228	+0.00228	+0.00195	+0.00157	+0.00121	+0.00092

解析に対し有効な情報が得られるとともに、ポテンシャル論から平均磁気基盤深度を推定することも可能である。

#### 1) エネルギースペクトル

点  $(x, y)$  における磁気値  $F(x, y)$  は、2次元フーリエ級数により

$$F(x, y) = \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} A_{mn} \exp(-2\pi j (\frac{mx}{L_1} + \frac{ny}{L_2})) dmdn \quad (1)$$

と表わされる。

フーリエ係数  $A_{mn}$  は、

$$A_{mn} = \frac{4}{L_1 L_2} \int_0^{L_1} \int_0^{L_2} F(x, y) \exp(2\pi j (\frac{mx}{L_1} + \frac{ny}{L_2})) dx dy \quad (2)$$

と求められる。

エネルギースペクトルはフーリエ係数の絶対値の平方として表わされる。

$$\text{即ち, } E_{mn} = |A_{mn}|^2 \quad (3)$$

#### 2) 平均磁気基盤構造深度

深度  $H$  における磁気構造が白色スペクトルを有する場合、エネルギースペクトル  $E_{mn}$  と  $H$  との間にはポテンシャル論から

$$E_{mn} \propto \exp(-4\pi H f), \quad (4)$$

の関係が成り立つことが知られている。

ただし、 $f$  は波数 (波長の逆数) である。

$$f = \sqrt{(\frac{m}{L_1})^2 + (\frac{n}{L_2})^2} \quad (5)$$

従って、横軸に波数  $f$ 、縦軸に  $\log E$  をとり、各  $E_{mn}$  をプロットし回帰直線を求めれば、この勾配から深度  $H$  を推定することができる。

#### 2-7-2 帯域フィルタ

帯域フィルタは、遮断波数の異なる2個の低域通過 (low-pass) フィルタの差として表わされる。本調査では、P.M. Lavin 他 (1970) が開発したフィルタ設計法を採用した。その概要を以下に述べる。

円対称の2次元波数フィルタのインパルス応答は、距離変数  $r (= \sqrt{x^2 + y^2})$  の関係として表わされる。

$$w(x, y) = w(r) \quad (6)$$

(7)の波数応答は、同様に波数  $k$  の円対称関数である。

$$W(k_x, k_y) = W(k), \quad (7)$$

ここで、 $k_x, k_y$  は  $x, y$  方向の波数であり、 $k^2 = k_x^2 + k_y^2$  (8)

インパルス及び波数応答はそれぞれハンケル (Hankel) 変換対であり、次の関係式がなりたつ。

$$W(r) = 2\pi \int_0^{\infty} W(k) J_0(2\pi kr) k dk \quad (9)$$

$$w(k) = \pi \int_0^{\infty} w(r) J_0(2\pi kr) dr \quad (10)$$

理想的な低域通過フィルタ応答は、次式で与えられる。

$$\begin{aligned} W(k) &= 1, \quad |k| \leq k_c \\ &= 0, \quad |k| > k_c \end{aligned} \quad (11)$$

ここで、 $k_c$  は遮断波数である。この波数応答に対するインパルス応答 (逆変換) は

$$w(r) = \pi \int_0^{k_c} J_0(2\pi kr) k dk = \frac{k_c J_1(2\pi k_c r)}{r} \quad (12)$$

で与えられる。一方、遮断波数での不連続による振動を避けるため、遮断波数付近で波数応答を平滑化する必要がある。

求めるフィルタの輸送関数は

$$\begin{aligned} W(k) &= \int_0^{\infty} \int_0^{2\pi} H(k') G(K) k' dk' dp, \\ K^2 &= k^2 + (k')^2 - 2kk' \cos \phi \end{aligned} \quad (13)$$

で与えられる。波数領域でのコンボリューション (convolution) は、空間領域では積に等しいので、重み関数 (インパルス応答) は、

$$\text{Let } w(r) = h(r) g(r). \quad (14)$$

となる。

$$\begin{aligned} G(k) &= 1, \quad |k| \leq a, \\ &= 0, \quad |k| > a, \end{aligned} \quad (15)$$

とする。ここで、 $a = (k_c + k_t) / 2$ 、 $k_c$  : 遮断波数、 $k_t$  : 終端波数である。従って、(15) 式の逆変換は次式で与えられる。

$$g(r) = \frac{a J_1(2\pi ar)}{r} \quad (17)$$

一方,

$$H(k) = \beta \cdot J_0(\alpha k / \Delta k), \quad |k| \leq \Delta k / 2$$

$$= 0, \quad |k| > \Delta k / 2 \quad (18)$$

とすると,

$$H(k) = \frac{\alpha}{\pi \Delta k^2 J_1(\alpha/2)} J_0\left(\frac{\alpha k}{\Delta k}\right), \quad |k| \leq \frac{\Delta k}{2}$$

$$= 0, \quad |k| > \frac{\Delta k}{2} \quad (19)$$

となる。ここで、 $\alpha$  は定数で、 $\Delta k = k_t - k_c$  である。

(19)式の逆ハンケル変換は

$$h(r) = 2\pi \int_0^{\Delta k/2} \frac{\alpha}{\pi \Delta k^2 J_1(\alpha/2)} J_0\left(\frac{\alpha k}{\Delta k}\right) J_0(2\pi r k) k dk = \frac{J_0(\pi r \Delta k)}{1 - (2\pi r \Delta k / \alpha)^2} \quad (20)$$

として与えられるので、(18)式に(17)式と(20)式を代入することにより、インパルス応答は次式のよう求められる。

$$w(0) = \pi a^2$$

$$w(a/2\pi \Delta k) = \frac{\pi a \Delta k}{2} J_1\left(\frac{\alpha a}{\Delta k}\right) J_1\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

$$w(r) = \frac{a J_1(2\pi a r)}{r} \cdot \frac{J_0(\pi r \Delta k)}{1 - (2\pi r \Delta k / \alpha)^2} \quad (21)$$

ここで,

$$\alpha = 4.8096$$

$$a = (k_c + k_t) / 2$$

$$\Delta k = k_t - k_c$$

実際には、アップワード・コンティニューエーションと同様の手順で、帯域通過フィルタリングを行なった。

### 2-7-3 鉛直二次微分

鉛直二次微分法は定性解析の一定法であり、残差図上の短波長域の磁気異常を減衰するという特性がある。

次式で与えられる O. Rosenbach(1953)によるフィルターが鉛直二次微分フィルターとして採用された。

Table III-2 Coefficients of Band-pass Filter

Coefficients of Large Operator

	M=0	M=1	M=2	M=3	M=4	M=5	M=6	M=7	M=8	M=9	M=10	M=11	M=12	M=13	M=14
n=0	+5.870E-02	-3.162E-03	-4.574E-04	-7.304E-05	-3.015E-06	+1.851E-06	-1.147E-06	-9.625E-07	+6.129E-07	+1.182E-06	+6.834E-07	+1.192E-07	-7.820E-09	+8.443E-08	+7.795E-08
n=1	-3.162E-03	-1.296E-03	-3.009E-04	-5.166E-05	-8.306E-07	+1.529E-06	-1.262E-06	-8.568E-07	+6.896E-07	+1.174E-06	+6.491E-07	+1.037E-07	-5.540E-09	+8.717E-08	+7.482E-08
n=2	-4.524E-04	-3.009E-04	-1.029E-04	-1.655E-05	+2.148E-06	+5.055E-07	-1.443E-06	-5.190E-07	+8.858E-07	+1.132E-06	+5.481E-07	+6.357E-08	+3.231E-09	+9.407E-08	+6.459E-08
n=3	-7.304E-05	-5.166E-05	-1.655E-05	+6.478E-07	+1.851E-06	-8.258E-07	-1.311E-06	+4.609E-08	+1.100E-06	+1.012E-06	+3.924E-07	+1.722E-08	+2.227E-08	+1.009E-07	+4.523E-08
n=4	-3.015E-06	-8.306E-07	+2.148E-06	+1.851E-06	-3.791E-07	-1.454E-06	-6.338E-07	+6.896E-07	+1.187E-06	+7.869E-07	+2.138E-07	-1.105E-08	+5.207E-08	+1.004E-07	+1.518E-08
n=5	+1.851E-06	+1.529E-06	+5.055E-07	-8.258E-07	-1.454E-06	-8.568E-07	+3.507E-07	+1.126E-06	+1.040E-06	+4.836E-07	+6.357E-08	-2.914E-09	+8.443E-08	+8.375E-08	-2.424E-08
n=6	-1.147E-06	-1.262E-06	-1.443E-06	-1.311E-06	-6.338E-07	+3.507E-07	+1.068E-06	+1.132E-06	+6.834E-07	+1.926E-07	-9.245E-09	+3.932E-08	+3.932E-07	+4.523E-08	-6.656E-08
n=7	-9.625E-07	-8.568E-07	-6.896E-07	+4.609E-07	+6.896E-07	+1.126E-06	+1.132E-06	+7.524E-07	+2.840E-07	+1.722E-08	+6.683E-09	+8.717E-08	+8.717E-08	-1.131E-08	-1.002E-07
n=8	+6.129E-07	+5.481E-07	+8.858E-07	+1.100E-06	+1.187E-06	+1.040E-06	+6.834E-07	+2.840E-07	+3.285E-08	-5.540E-09	+6.793E-08	+1.004E-07	+5.264E-08	-6.985E-08	-1.126E-07
n=9	+1.182E-06	+1.174E-06	+1.132E-06	+1.012E-06	+7.869E-07	+4.836E-07	+1.926E-07	+1.722E-08	-5.540E-09	+6.022E-08	+1.022E-07	+5.715E-08	-4.074E-08	-1.074E-07	-9.756E-08
n=10	+6.834E-07	+6.491E-07	+5.481E-07	+3.924E-07	+2.138E-07	+6.357E-08	-9.245E-09	+6.683E-09	+6.793E-08	+1.022E-07	+6.459E-08	-2.424E-08	-9.833E-08	-1.077E-07	-6.145E-08
n=11	+1.192E-07	+1.037E-07	+6.357E-08	+1.722E-08	-1.105E-08	-2.914E-09	+3.932E-08	+8.717E-08	+1.004E-07	+5.715E-08	-2.424E-08	-9.429E-08	-1.109E-07	-7.377E-08	-2.200E-08
n=12	-7.820E-09	-5.540E-09	+3.231E-09	+2.227E-08	+5.207E-08	+8.443E-08	+1.020E-07	+8.637E-08	+3.264E-08	-4.074E-08	-9.835E-08	-1.109E-07	-7.778E-08	-2.852E-08	+1.711E-09
n=13	+8.443E-08	+8.717E-08	+9.407E-08	+1.009E-07	+1.004E-07	+8.373E-08	+4.523E-08	-1.131E-08	-6.985E-08	-1.074E-07	-1.077E-07	-7.377E-08	-2.852E-08	+6.269E-10	+2.389E-09
n=14	+7.795E-08	+7.482E-08	+6.459E-08	+4.523E-08	+1.518E-08	-2.424E-08	-6.656E-08	-1.002E-07	-1.126E-07	-9.756E-08	-6.145E-08	-2.200E-08	+1.711E-09	+2.389E-09	-1.015E-08

\* (-9.756E-08) means (-9.756x10<sup>-8</sup>).

Coefficients of Small Operator

	M=0	M=1	M=2	M=3	M=4	M=5
n=0	+5.885E-02	-3.171E-03	-4.536E-04	-7.324E-05	-3.023E-06	+1.856E-06
n=1	-3.171E-03	-1.300E-03	-3.017E-04	-5.179E-05	-8.327E-07	+1.533E-06
n=2	-4.536E-04	-3.017E-04	-1.031E-04	-1.659E-05	+2.154E-06	+5.068E-07
n=3	-7.324E-05	-5.179E-05	-1.659E-05	+6.493E-07	+1.856E-06	-8.279E-07
n=4	-3.023E-06	-8.327E-07	+2.154E-06	+1.856E-06	-3.801E-07	-1.458E-06
n=5	+1.856E-06	+1.533E-06	+5.068E-07	-8.279E-07	-1.458E-06	-8.591E-07

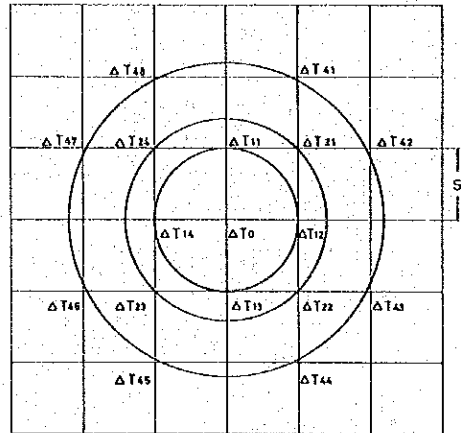


Fig. III-3 Point Configuration of Second Vertical Derivative Operator

$$\frac{\partial^2 T}{\partial Z^2} = \frac{1}{S^2} \cdot \frac{1}{24} (96\Delta T_0 - 72\Delta T_1 - 32\Delta T_2 + 8\Delta T_4) \quad (22)$$

ここで、Sは格子間隔である。

$$\Delta T_1 = \frac{1}{4} \sum_{i=1}^4 \Delta T_{1i}, \Delta T_2 = \frac{1}{4} \sum_{i=1}^4 \Delta T_{2i}, \text{ and } \Delta T_4 = \frac{1}{8} \sum_{i=1}^8 \Delta T_{4i} \quad (23)$$

## 2-8 岩石磁性測定

岩石試料は、PL. III-12に示す位置から採取したものであり、全て地表の試料である。採取個数は54個で、調査地域西半部ですべて採取されている。全試料について、スピナー磁力計により残留磁気を、又、バイソン帯磁率計により帯磁率を測定した。

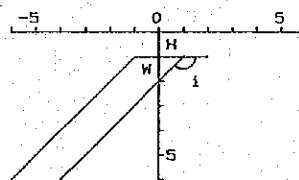
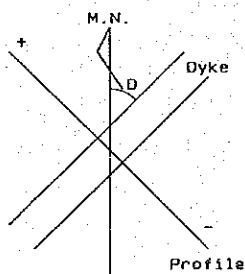
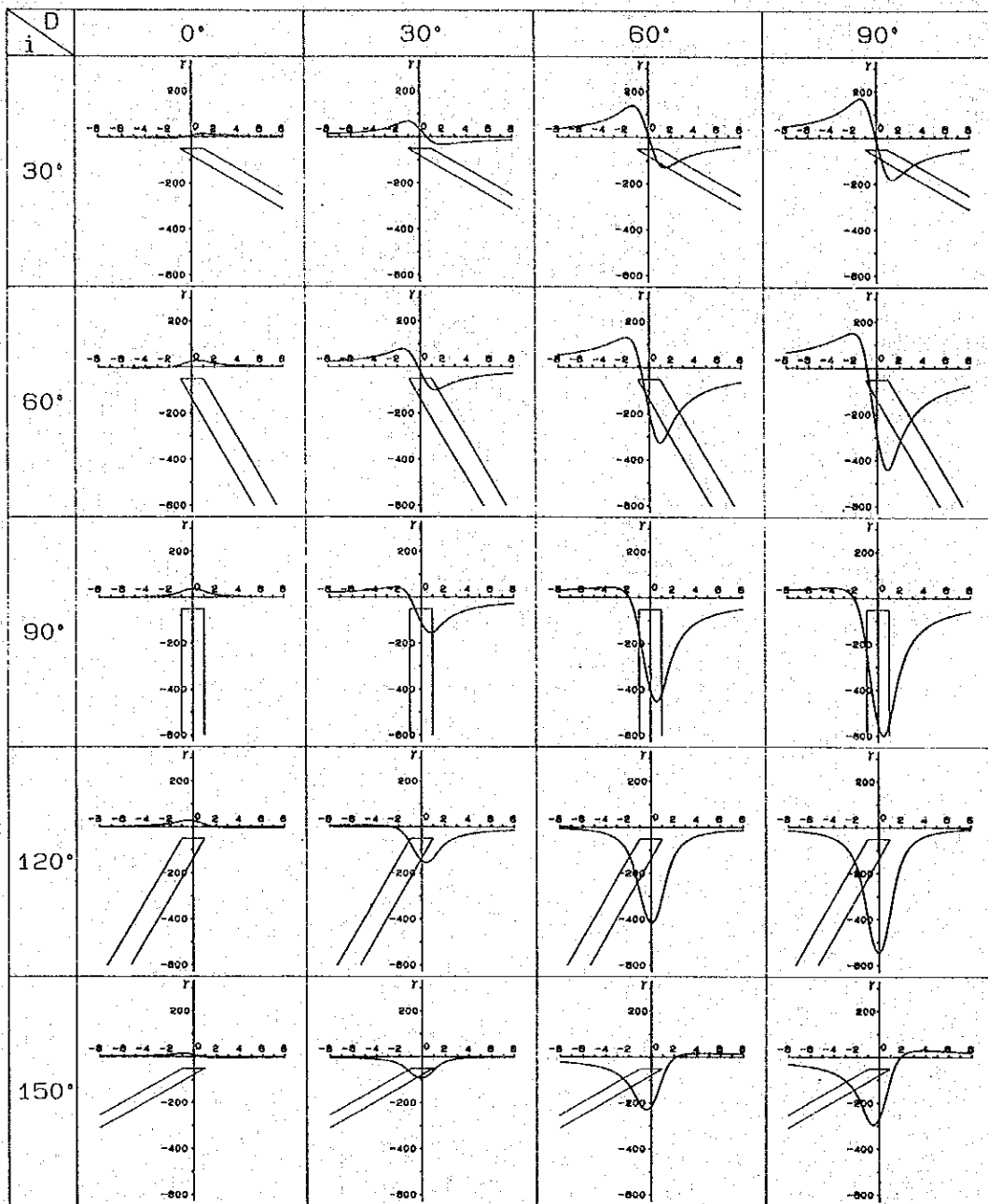
測定結果をTable III-2に示す。

磁性測定の結果、岩石別帯磁率の平均値は、帯磁率の高い順に並べると、玄武岩（バコ層群ルミンタオ層）916（10個）、超マフィック岩類820（4個）、ハルコン変成岩類20（1個）、石英閃緑岩15（2個）、砂質岩類（バコ層群マンサライ層）12（22個）、石灰岩類（サブライン層群）12（12個）である。

なお、各帯磁率は $10^{-6}$  emu/CC単位で表わしている。

試料採取地点は、PL. III-12に示す通りであるが、調査地域西半部中央～北方にかけて分布しており、しかも、偏在しているため、本測定結果から、調査地域全体の磁性岩体を分類することは困難であるが、仮に分類してみると、強磁性岩体には、玄武岩、超苦鉄質岩類、微弱磁性岩体には、ハルコン変質岩類、石英閃緑岩、砂質岩類、石灰質岩類がそれぞれ対応する。

帯磁率測定結果から、調査地域の分布形態を推定すると、強磁性岩体分布域では短波長・大振幅磁気異常群が卓越して分布するのに対し、微弱磁性岩体分布域では小振幅の磁気異常が分布していると考えられる。



$I = 14^\circ N$   
 $T_0 = 40000 \gamma$   
 $k = 0.01 \text{ cgse mu}$   
 $H = 1$   
 $W = 2$

Fig. III-4 Magnetic Anomaly due to Dike Model

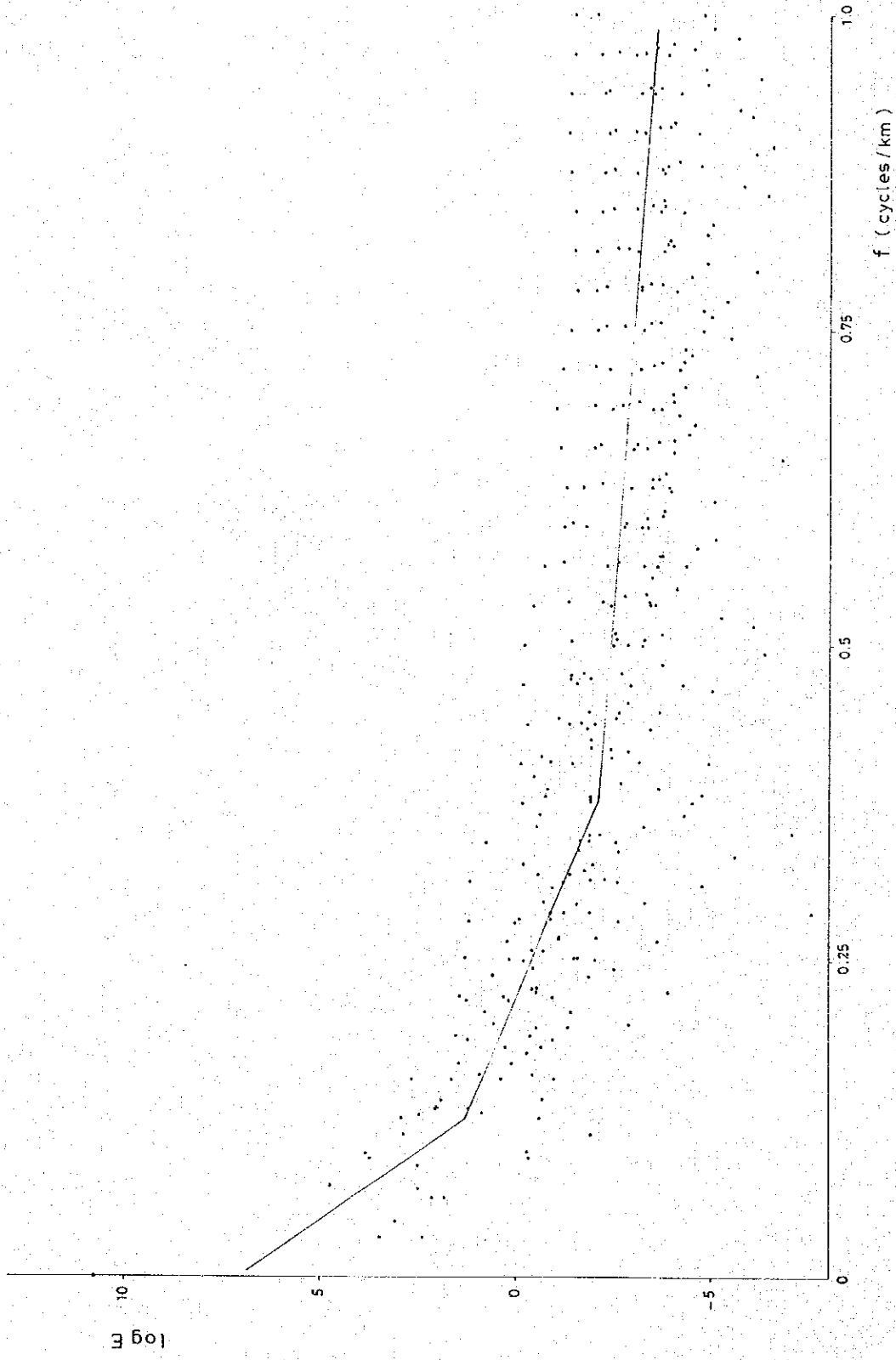


Fig. III-5 Energy Spectrum vs. Wavenumber



Table III-3 Magnetic Properties of Rock Samples

Group Name	Formation Name	Rock name	Sampling No.	Remnant Magnetism		Susceptibility (x10 <sup>-6</sup> emu/cc)	Average Susceptibility (x10 <sup>-6</sup> emu/cc)		
				Intensity (x10 <sup>-6</sup> emu/cc)	Inclination				
Sablayan Group		Limestone	A-3a	0.1	-57.3	1	1		
		Limestone	A-4a	0.3	-68.9	1	1		
		Limestone	A-7a	0.2	-10.9	8	8		
		Limestone	A-11b	0.2	8.8	1	1		
		Limestone	A-13c	249.8	89.9	7	7		
		Limestone	A-20a	0.3	44.5	8	8		
		Limestone	A-62c	0.6	-7.1	4	4		
		Sandstone	A-29f	19.7	31.9	94	94		
		Sandstone	A-53f	0.3	-30.5	1	1		
		Conglomerate	A-54f	0.9	11.7	20	20		
		Siltstone	A-55b	0.8	-30.6	1	1		
		Siltstone	A-55c	1.4	-20.0	1	1		
		Baco Group	Lumintao Formation	Basalt	A-8d	2481.0	-75.7	104	104
				Basalt	A-10b	237.6	8.8	599	599
				Basalt	A-12b	260.1	41.9	778	778
				Basalt	A-28c	1,249.0	70.4	1,904	1,904
				Metavolcanics	A-30b	7.2	26.5	(43)	(43)
				Basalt	A-34b	364.7	-10.1	557	557
				Basalt	A-36b	3,420.0	-21.2	1,064	1,064
				Basalt	A-57a	161.2	-6.3	653	653
				Basalt	A-58a	2,192.0	-66.3	2,068	2,068
				Basalt	A-59a	357.8	60.2	951	951
				Basalt	A-69d	838.3	-2.8	481	481
				Basalt	A-79a	2.9	79.0	(23)	(23)
				Sandstone	A-16a	4.9	63.6	14	14
				Sandstone	A-17d	0.3	59.9	1	1
				Sandstone	A-18b	2.0	-24.6	5	5
				Sandstone	A-19b	2.3	84.6	10	10
				Sandstone	A-23d	1.6	-44.1	13	13
				Sandstone	A-24b	8.9	-12.6	25	25
				Sandstone	A-25a	0.4	23.0	25	25
				Sandstone	A-26c	1.9	-15.2	13	13
Sandstone	A-27b	2.8	-2.3	18	18				
Sandstone	A-38f	2.4	32.6	10	10				
Sandstone	A-42a	1.9	-3.2	32	32				
Sandstone	A-66f	0.2	-44.7	13	13				
Sandstone	A-67a-3	0.1	-6.3	6	6				
Sandstone	A-68d	0.2	-60.8	1	1				
Sandstone	A-71a-2	0.6	16.0	5	5				
Fine sandstone	A-72b	0.5	-12.3	4	4				
Fine sandstone	A-74c	0.3	-22.2	8	8				
Limestone	A-77a	1.3	77.0	10	10				
Limestone	A-21a	0.2	-25.7	8	8				
Mudstone	A-22d	0.5	-28.1	14	14				
Slate	A-73d	0.3	-20.5	19	19				
Slate	A-78b	0.5	-5.0	17	17				
Falcon Metamorphics		Slate	A-43c	0.5	63.8	20	20(1)*		
		Quartz diorite	A-75c	4.6	-12.0	13	13(2)*		
Quartz diorite Ultramafic Rock		Quartz diorite	A-76c	1.2	-89.1	17	17		
		Serpentinized dunite	A-33c	346.0	36.6	217	217		
		Serpentinized pyroxenite	A-39b	453.5	-3.0	814	814		
		Serpentinite	A-47d	513.8	-29.8	1,872	1,872		
		Gabbro	A-49e	28.3	-74.0	(13)	(13)		
		Pyroxenite	A-70d	1,176.0	44.4	374	374		

\* Number of rock samples used for calculation of average

## 第3章 調査結果及び要約

### 3-1 調査結果

全磁力図によれば、調査地域（ミンドロ島）は3地域に分けられる。

- I. 調査地域南部：東西系の等磁力線から卓越し、勾配は小さく、磁性岩体の存在は考えられない。堆積岩類が広く分布している地域と考えられる。
- II. 調査地域中央部：NW-SE系の等磁力線が卓越し、半波長5～10kmの磁気異常群がNW方向に雁行して分布している。この地域では、超苦鉄質岩類が分布していると考えられる。
- III. 調査地域北部：北端にEW系の、大振幅から長波長の高磁気異常が検出された。対応する低磁気異常部は海域のため捕捉されていない。

高磁気異常の南側では、等磁力線はEW系であるが、小規模な磁性岩体に誘起されたと考えられる磁気異常が、等磁力線の歪みとして看取され、これら等磁力線の歪みはENE-SW～NE-SW系である。

等磁力線の歪み及び磁気異常群の連続性から磁気不連続線（Geotectonic Lineament）の存在が推定される。磁気不連続線は、大地を構成する岩石の磁性の違いを反映したものであり、一般には、地質構造線とは直接対応するものではないが、岩質の境界及び断層等を表現しているものと考えられる。

各地域の磁気不連続線の分布は以下の通りである。

地域I：ほぼ東西系の等磁力線が卓越しており、磁気不連続線の存在は考えられない。

地域II：磁気異常群の連続性から、NW-SE、NNW～SSE系およびこれと斜交するNE-SW系の磁気不連続線の存在が考えられる。

このうち、大規模なものとしては、Mt. PamucubanからMt. Fetchelにかけて走る不連続線（II-A）、調査地域北部中央部Calapan西方から南南東方向に向かって伸び、中央部からRosanna Riverに並行して、東海岸中央部Roxas付近まで伸びる不連続線（I-B）、及びLake Naujan東方から東海岸Bongabongに向って伸びるWNW-ESE系の不連続線（II-C）がある。

地域III：等磁力線図の歪みから、ENE-SW系及びNE-SW系の不連続線が調査地域北西部に分布している。本地域では、南方の地域IIとは異なり、NE～ENE系の不連続線が卓越しているが、この傾向は、両地域の地質構造の違いを反映しているものと考えられる。

現在、帯磁率資料は西半部のみ入手可能であり、又、その採取位置も偏在しているため岩質について詳細な検討を行なうことは困難であるが、地質図と比較すると次のことが言える。

等磁力線図上で検出された磁気異常のほとんどは、一部を除き、超苦鉄質岩類の分布と一致している。

地域Ⅱ： 前述の磁気不連続線Ⅱ-a, Ⅱ-bの間及びⅡ-bの北側に、不連続線に規制されるように分布している磁気異常群は、主に超苦鉄質岩類から成る高磁性岩体により誘起されたものと考えられる。

また、不連続線Ⅱ-aの南側の西海岸北部Mt. MosambbreroからSanta Cruzを通りMt. Bacoに至る地域には、不連続線と並行してNW-SE方向に磁気異常群が断続して分布しており、これらも同様に、超苦鉄質岩類により誘起されたものと考えられる。この異常群の中で、Mt. Baco南方には大規模な磁気異常が捕捉されているが、地質図上ではバコ層群が分布しており、このような磁気異常を誘起する磁性岩体の存在は確認されていないが、大規模な高磁性岩体の存在が推定される。磁気異常の振幅から潜在する超苦鉄質岩類と考えられる。

一方、地域Ⅱ北東部のLake Naujan周辺には、第四紀火山岩及び同噴出物によると考えられる小規模な磁気異常群が数個検出されている。Mt. Dumali付近の磁気異常は、火山体によるものと考えられる。又、Lake Naujan北部から北方海域にかけては、深部に大規模な磁性岩体の存在が推定される。

地域Ⅲ： 北部海岸より北方海域にかけて、深部に大規模な高磁性岩体の存在が推定される。この大規模磁性岩体の南部では、大規模磁気異常の南側勾配にあたっているため、磁性岩体の分布の推定は困難であるが、前述のNE, ENE系の磁気不連続線に並行して高磁性岩体の存在が考えられる。地表地質図との対比により、これらは超苦鉄質岩類に対応すると考えられる。

### 3-2 要 約

解析結果を要約すると、以下の通りである。

- (1) 調査地域南部(地域Ⅰ)は、非磁性の堆積岩類が優勢である。
- (2) 調査地域中央部(地域Ⅱ)では、NW~NNW系の磁気不連続線が卓越しており、超苦鉄質岩類などの高磁性岩体は、これらの不連続線に規制されて、断続して分布している。又、地域Ⅱ中央南部のMt. Baco南西方には大規模高磁性岩体の存在が推定されるが、岩質の推定は困難である。地質踏査の実施により岩質を決定することが望ましい。

一方、地域Ⅱ北東部には、第四紀火山噴出物による磁気異常が数個検出されるとともに、Lake Naujan北部から北方海域にかけて大規模高磁性岩体の存在が推定された。

- (3) 調査地域北部(地域Ⅲ)では、NE~ENE系の不連続線が検出されており、南方の地域Ⅱとは地質構造が異なっていることが示唆される。北方海域に、大規模高磁性岩体の存在が

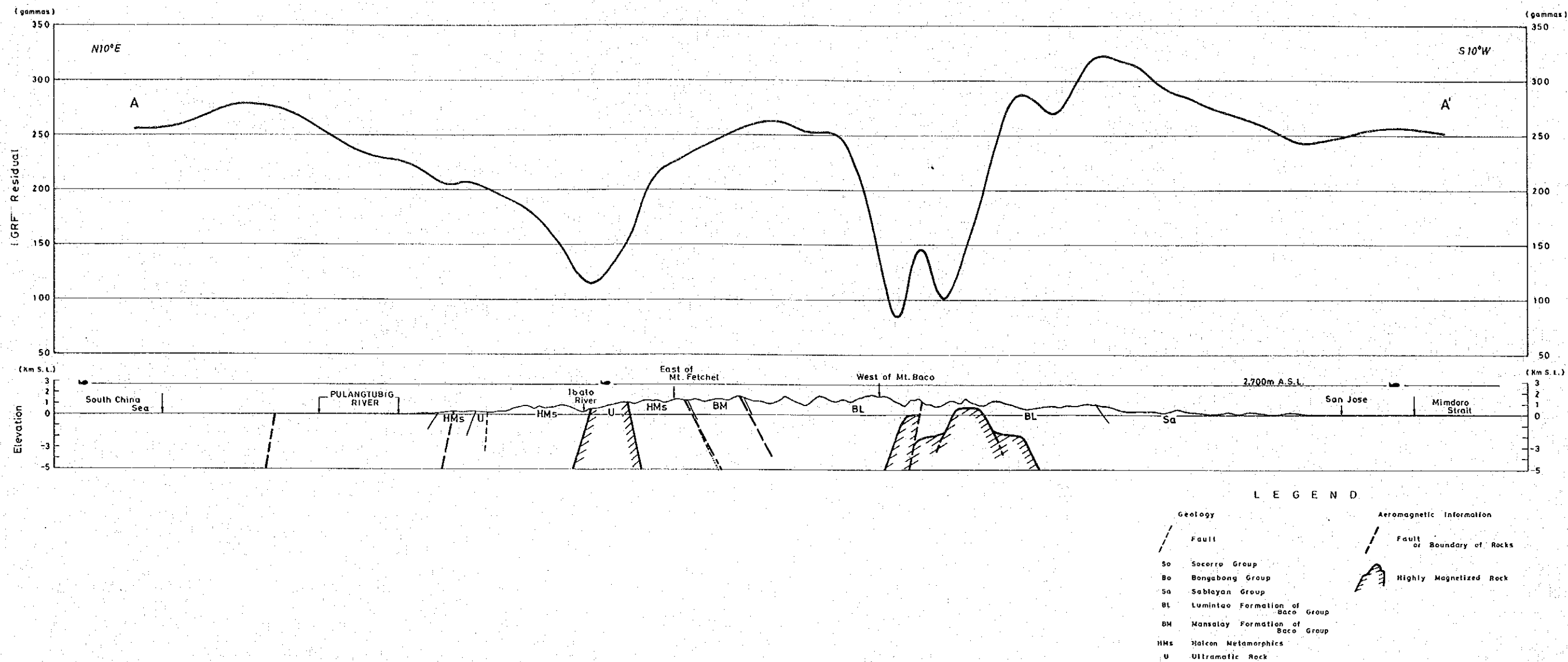


Fig. III-6 Structural Profile

推定される外、上記不連続線に並行して超苦鉄質岩類の分布が推定される。