

フィリピン共和国ルソン北東部地区
鉍物資源開発基礎調査報告書

(第一年次)

昭和50年10月

国際協力事業団
金属鉍業事業団



La 219
5.12
K-1
118p

フィリピン共和国ルソン北東部地区 鉍物資源開発基礎調査報告書

(第一 年 次)

JICA LIBRARY



1046620[C9]

昭和50年10月

国際協力事業団
金属鉍業事業団

国際協力事業団	
受入 月日 84. 3. 22	118
登録No. 01711	66.1
	MP

は し が き

日本政府はフィリピン共和国の要請に応え、同国ルソン北東部地区の鉱物資源賦存の可能性を確認するため、地質等の調査を実施することとし、この調査を国際協力事業団に委託した。事業団は、本調査の内容が地質および鉱物資源の調査という専門的な分野に属することから、調査の実施を金属鉱業事業団に依頼することとした。

本調査は3ヶ年にわたって行なわれるものであるが、本年はその第1年次にあたり、上記調査の一環として、大手開発株式会社淵本決氏を団長として15名からなる調査団を編成して、昭和50年1月4日から昭和50年4月5日まで現地に派遣した。現地調査は、フィリピン共和国政府関係機関の協力を得て予定通り完了した。

本報告書は第1年次の調査結果をとりまとめたもので、第2年次および第3年次の調査結果と併せて、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フィリピン共和国政府・関係機関ならびに通商産業省、外務省、金属鉱業事業団および関係各社の方々に衷心より感謝の意を表するものである。

昭和50年10月

国際協力事業団

総裁 法 眼 普 作

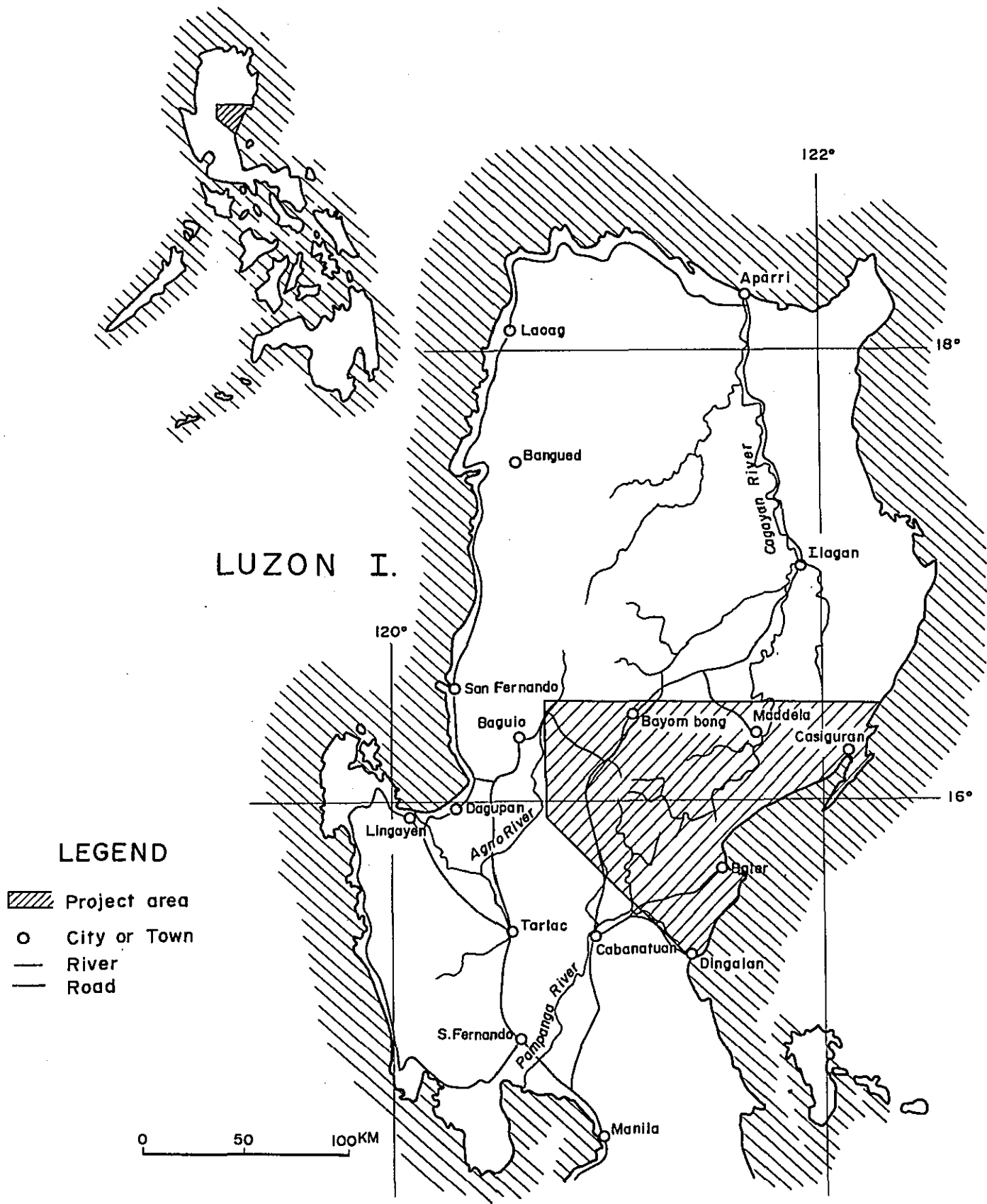


Fig. 1 Location map of the Survey area

目 次

は し が き	1
位 置 図	2
目 次	3
要 約	10

総 論

第1章 序 論	11
1-1 調 査 目 的	11
1-2 調 査 概 要	11
1-3 調 査 団 員	12
1-4 文 献	13
第2章 調査地域の概要	16
2-1 位 置 ・ 交 通	16
2-2 地 形	16
2-3 気 候 お よ び 植 生	18
第3章 総 合 検 討	19
3-1 閃緑岩類の性質について	19
3-2 地化学調査結果について	21
3-3 空中磁気探査結果について	21
3-4 要 約	22
第4章 結論および将来の展望	24

各 論

I 地質調査

第1章 地 質	25
1-1 研 究 史	25
1-2 層 序	25
1-3 貫 入 岩 類	31
1-4 閃緑岩類の化学組成	34
1-5 火成岩の貫入時期	40
1-6 地質構造及び地史	40
第2章 鉍 床	44
2-1 概 説	44
2-2 鉍 化 帯	44

II 地化学調査

第1章 総 説	49
第2章 採試方法及び分析方法	50
2-1 採 試 方 法	50
2-2 分 析 方 法	50
第3章 結果の処理とその検討	51
3-1 分析データの処理	51
3-2 各異常帯の検討	52

III 空中磁気探査

第1章 総 説	55
第2章 空中磁気探査概要	56
2-1 調 査 地 域	56
2-2 調 査 期 間	56
2-3 調 査 員	56
2-4 調 査 仕 様	58

2-5	測定機器	58
2-6	データ処理	66
2-7	解析方法	67
2-8	岩石磁性測定	72
第3章	調査結果	75
3-1	残差図	75
3-2	帯域フィルタ図	75
3-3	擬似重力図	81
3-4	定量解析	82
第4章	考察および今後の問題点	83

LIST OF ILLUSTRATIONS

Fig.	1.	Location map of the survey area	2
	2.	Physiographic provinces of northern Luzon	17
	3.	Location map of the tested samples	19
	I-1	Normative quartz-plagioclase-alkali-feldspar diagram	36
	2	Alkali contents of the dioritic rocks	36
	3	Chemical components plotted against Fe^*/MgO of the dioritic rocks	37
	4	MFA diagram of intrusive rocks	39
	5	Location map of porphyry copper deposits, Philippines	45
	III-1	Location map of Survey area	57
	2	Flight altitude	59
	3	Block diagram of airborne magnetic survey (airborne system)	61
	4	Block diagram of airborne magnetic survey (ground system)	64
	5	Flow Chart of Data Processings and Analyses	68
	6	Index to Survey area	77
	7	Energy Spectrum vs. frequency	78
	8	Characteristics of band-pass filter BP-1	79
	9	Characteristics of band-pass filter BP-2	79
	10	Characteristics of band-pass filter BP-3	79
Table	1.	Period of survey, length of survey route and number of geochemical samples	12
	2.	Characteristics of the dioritic rocks	20
	I-1	Generalized stratigraphic section in the survey area	26
	2	Chemical composition of the dioritic rocks	35
	3	Normative constituents of the dioritic rocks	35
	4	Chemical composition of the granitic rocks	38
	5	Features of the dioritic rocks in the survey area	38
	6	Locality and names, ore reserves in tons, grades in percent copper, and daily production of porphyry copper prospects and mines in the Philippines	46

II-1 Regional mea.: background and threshold values of stream sediment samples 51

III-1 Suscptibilities of rock samples 73

2 Remanent magnetism of rock samples 74

LIST OF APPENDICES

Table	1. Fossils		A- 1
	2. Potash-Argon ages on some intrusive rocks		A- 3
	3. Microscopic observations		A- 4
	4. Chemical analysis of rock samples		A-23
	5. X-ray diffractive analysis		A-24
	6. Metal content of geochemical samples		A-25
Fig.	1. Histogram of Cu, Zn and Mo		A-32
	2. Cumulative frequency distribution of Cu, Zn and Mo		A-32
	3. Corration diagram Cu-Zn		A-32
Plate I-1.	1. Geological map	1 : 250,000	(1 sheet in pocket)
	2. Geological profile	1 : 250,000	(1 sheet in pocket)
	3. Geological map	1 : 100,000	(3 sheets in pocket)
	4. Geological profile	1 : 100,000	(1 sheet in pocket)
	5. Route and sample map	1 : 100,000	(3 sheets in pocket)
	6. Columnar section of local stratigraphy	1 : 300,000	(1 sheet in pocket)
	7. Tectonic map	1 : 250,000	(1 sheet in pocket)
	8. Tectonic profile	1 : 250,000	(1 sheet in pocket)
	9. Tectonic map	1 : 100,000	(3 sheets in pocket)
	10. Tectonic profile	1 : 100,000	(1 sheet in pocket)
II-1.	1. Geolochemical anomalies of stream sediments	1 : 250,000	(1 sheet in pocket)
	2. Location map of geochemical samples	1 : 100,000	(3 sheets in pocket)
III-1.	1. Residual map	1 : 100,000	(3 sheets in pocket)
		1 : 250,000	(1 sheet in pocket)
	2. Band-pass map BP-1	1 : 100,000	(3 sheets in pocket)
		1 : 250,000	(1 sheet in pocket)
	3. Band-pass map BP-2	1 : 100,000	(3 sheets in pocket)
		1 : 250,000	(1 sheet in pocket)
	4. Band-pass map BP-3	1 : 100,000	(3 sheets in pocket)
	1 : 250,000	(1 sheet in pocket)	
	5. Pseudo-gravity map PG-1	1 : 100,000	(3 sheets in pocket)
		1 : 250,000	(1 sheet in pocket)
	6. Pseudo-gravity map PG-2	1 : 100,000	(3 sheets in pocket)
		1 : 250,000	(1 sheet in pocket)
	7. Pseudo-gravity map PG-3	1 : 100,000	(3 sheets in pocket)
		1 : 250,000	(1 sheet in pocket)

8. Interpretation map (Band-pass 1)	1 : 100,000	(3 sheets in pocket)
	1 : 250,000	(1 sheet in pocket)
9. Interpretation map (Band-pass 2)	1 : 100,000	(3 sheets in pocket)
	1 : 250,000	(1 sheet in pocket)
10. Interpretation map (Band-pass 3)	1 : 100,000	(3 sheets in pocket)
	1 : 250,000	(1 sheet in pocket)
11. Interpretation map	1 : 100,000	(3 sheets in pocket)
	1 : 250,000	(1 sheet in pocket)

要 約

フィリピン共和国ルソン北東部地区における第一年次の調査は、鉍床賦存の可能性の高い地域を抽出するため、空中磁気探査、地質調査及び地化学調査が行なわれた。

空中磁気探査の結果、調査地域地下深部における主な地質構造の方向は、西部地区でNW-SE、東部地区でNE-SWであることが判明した。又調査地域北西部では、N-S方向とこれに鋭角で交わる多数の構造線の存在が推定され、恐らくこれらの構造線に規制されて貫入したと思われる閃緑岩類らしい磁性岩体の分布が把握された。

地質調査の結果、従来白亜紀～古第三紀として一括されていた変質火山岩類が3層に大別され、その各々の性質と構造が明らかになった。又閃緑岩類の活動の時期に差異が認められ、シエラマドレー始新世、中央部・コルディレラセントラルー漸新世末期と、東側より西側が新しい活動を示している。この違いは、シエラマドレーカルクアルカリ岩系、中央部・コルデレラセントラルーアルカリ橄欖石玄武岩系又はソレイト岩系と云うような岩系の違いにもあらわれていて、アグノパンリスに関係するポーフィリーカップ鉍床と同じ時期の、同じ型の鉍化作用は、調査地域中央部に限られる可能性が強くなった。

地化学調査の結果、中央部及び西部地区の北側で、Cu・Zn・Moの異常帯が検出された。他の地区の異常がスポット的であるのに対し、これらは広い範囲をもち、アルカリ橄欖石玄武岩系の閃緑岩類の貫入に関係しているように見える。

以上のような空中磁気探査・地質調査・地化学調査の結果を総合的に判断すると、調査地域の中央部から西部地区にわたる範囲が、鉍床賦存の可能性が最も高い地域と考えられる。

従って第二年次は、この地域につき、詳細な地質調査・物理探査（E.M.法、I.P.法）・地化学調査を実施し、鉍床の状況を確認すべきである。

総論

第1章 序 論

1-1 調査目的

フィリピン共和国ルソン北部地区における第1年次の協力調査は、鉍床賦存の可能性の高い地域を、全体の面積の約30%の広さで抽出することを目的とした。

1-2 調査の概要

第一年次の調査は、最初に空中磁気探査を行なって、鉍床賦存が期待される酸性火成岩類の分布を推定し、次にそれらの幾つかを地質調査でチェックする方法がとられた。

空中磁気探査は、日本の航空機(YS-11)が使用され、機長を含む5名の日本人塔乗クルーとフィリピン物探技師1名から成る測定班、日本人2名とフィリピン人1名から成る解析班および日本人・フィリピン人各1名から成る地上観測班の3班計11名がその探査業務に従事した。測定作業期間中は、比較的好天気に恵まれたため、作業はほぼ予定通り終了した。

地質調査は、対象地域の内、特に山岳部に関する情報が乏しかったので、本調査に先立ち約1ヶ月間、軽飛行機・ヘリコプターおよびジープによる予察が行なわれた。その結果、北部のフィリピン海沿岸からシエラマドレ(Sierra Madre)山脈におよぶ地域(カシグラン(Casiguran)を中心とする約1700km²の地区)が調査対象地域から除外された。

空中磁気探査がほぼ終了した頃、本調査隊は現地入りしたが、各所に散在する磁気異常帯を出来るだけ多くチェックするため、調査地域をまず4地区に分割し、その各々について、日本人1名とフィリピン人1名の地質技師から成る調査班1班が割り当てられた。又バンバン(Bambang)には連絡所が設けられ、フィリピン地質技師1名が常駐して、調査班から送られてくる地化学探査試料の処理や、緊急時の連絡を行なった。

空からの観察では、地域的にかなり多くの林道が認められたので、当初車による地質調査がある程度期待されたが、実際には土砂くずれやぬかるみで通行出来ない所が多かった。この外、各所に急崖があって横断が困難であっただけでなく、種々の事情により調査が割愛された所もあって、地質調査は全域をカバー出来なかった。この生じた空白部の一部に対しては、協力調査終了後、フィリピン鉍山局による補足調査が行なわれて、この報告書には、そのデータも含まれている。

5,000枚以上に及ぶ膨大な量の空中写真の解析作業は、協力調査の前後を通じて、フィリピン技師1名が担当した。

第1年次に実施した調査の内容はTable 1の通りである。

この報告書をまとめるに当たり、貫入岩の年代決定については、東北大学植田良夫教授に、化石の鑑定については、埼玉大学松丸国照博士にご教示をうけた。又東京教育大学加々美寛雄・周

藤賢治両博士には火成岩の化学成分に関するコメントを頂いた。深く謝意を表したい。

Table 1 Period of survey, length of survey route and number of geochemical samples

	Stay in the Philippines	Actual field work	Length of survey route	Number of geochemical samples
Geophysical team	Jan. 4 ~ Mar. 19 1975 75 days	Jan. 21 ~ Mar. 3 42 days	11,244 km	1,001 pcs
Geological team	Feb. 4 ~ Apr. 5 1975 61 days	Mar. 2 ~ Mar. 26 25 days	1,080 km Foot 620 Car 430 Boat 30	

1-3 調査団員

この調査に参加した団員は下記の通りである。

1) 管理渉外関係

団長 淵 本 洪	大手開発株式会社	Federico E. Miranda	フィリピン鉱山局
寺 島 真世意	金属鉱業事業団		
坂 野 正 治	"		
小檜山 党	国際協力事業団		

2) 地質調査班

(淵 本 洪	大手開発株式会社)	Arnulfo V. Cabantog	"
三 好 武 臣	"	Jose N. Almasco	"
林 育 浩	"	Orlando M. Piñeda	"
岩 根 定 晴	"	Andre P. Victoriano	"
		Benjamins. Cadawan	"

3) 物理探査班

副団長 吉 沢 正 夫	大手開発株式会社	Carol S. Samonte
高 橋 郁 夫	"	Rsmeo L. Almeda
立 川 三 郎	"	Urbano Palaganas
野 村 拳 一	"	
古 川 雄 也	"	
本 間 一 郎	大手開発株式会社	
田 村 芳 雄	"	
鎌 田 治 朗	"	

市川元二	日本国内機輸送株式会社
坂崎充	"
木村庄三	"
藤川保	"
山中敬	"

4) 空中写真解析班

Panfilo O. Montero "

1-4 文 献

- | | | |
|------------------------|------|--|
| Allen C. R. | 1962 | Circum-Pacific faulting in the Philippines-Taiwan Region. Jour, Geophys. Res., V. 67 p 4795-4812 |
| Almogera D. H. | 1974 | Philippine porphyry coppers. World Mia. V. 27 No. 13 p 28-33 |
| Aramaki S. et al. | 1972 | Chemical composition of Japanese granites, Pt. 2, Variation trends and average composition. Geol. Soc. Japan V. 78 p 38-49 |
| Becker F. C. | 1899 | Brief memorandum on the geology of the Philippine Islands. U. S. Geol. Surv. 20th Ann. Rept. p 3-7 |
| Bryner L. | 1969 | Ore deposits of the Philippines - An introduction to their geology. Econ. Geol. V. 64 p 644-666 |
| Coby G. W. et al. | 1951 | Geology and oil possibilities of the Philippines. Dept. Agricul and Nat. Resour. Tech. Bull No. 21 |
| Durkee E. F. et al. | 1961 | Geology of northern Luzon, Philippines. Bull. Am Ass. Petr. Geol. V. 45 No. 2 p 137-168 |
| Fernandez J. C. et al. | 1967 | Preliminary report on the reconnaissance geology of the northwestern Luzon, Philippines. Geol. Soc. Phil. V. I p 35-45 |
| Gervasa F. C. | 1966 | The age and nature of orogenesis of the Philippines. Phil. Geol. V. 20 p 121-140 |
| — | 1966 | A study of the tectonics of the Philippine archipelago. Phil. Geol. V. 20 p 51-74 |
| Gervasio F. C. et al. | 1967 | Concept in the preparation of a metallogenic Map of the Philippines. Phil. Geol. V. 22 p 117-126 |
| — | 1967 | Age and nature of metallization of the Philippines. First Symp. on Geol of Min. Resour. Geol. Soc. Phil. V. I p 52-75 |

- Goral M. 1975 *Magmatism (in Japanese)* Kyoritu Press.
- Hashimoto W. 1968 A contribution to the study of geologic structure of the Philippines. (in Japanese)
(Part I) Geol. Soc. Japan V. 77 p 78-116
- 1969 do. (Part II) Geol. Soc. Japan V. 78 p 235-270
- 1970 do. (Part III) Geol. Soc. Japan V. 79 p 1-27
- Hess H. H. 1955 *Serpentines, orogeny and epeirogeny*
Geol. Soc. Am. special paper 62 p 391-408
- Ishihara S 1970 *Porphyry copper deposits (in Japanese)*
Maruzen Press.
- I. U. G. S. Subcommittee
1973 *Plutonic rocks, classification and nomenclature recommended by the I. U. G. S. Subcommittee on the systematics of igneous rocks.* Geotimes V. 18 p 28-30
- Kinkel J. A. R. et al. 1956 *Copper deposits of the Philippines.* Dept. Agriculture and Nat. Resources. Spec. project series No. 16
- Kintanar E. R. L. 1967 *Petroleum geology of the Philippines.* First Symp. on Geol. of Min. Resour. Geol. Soc. Phil. VII. p 401-432
- Lepeltier C. 1969 *A simplified statistical treatment of geochemical data by graphical representation.* Econ. Geol. V. 64 p 538-550
- Miyashiro A. et al 1975 *Petrology (II) (in Japanese)* Kyoritsu Press
- O. T. C. A. & Phil. Bur. of Mines 1974 *Report on geological survey of eastern Mindanao.*
- Pena R. 1970 *Brief geology of a portion of the Baguio mineral district*
Geol. Soc. Phil. V. 24 No. 4 p 41-42
- Phil. Bur. of Mines 1963 *Geological map of the Philippines (1:1,000,000)*
- 1964 *Mineral distribution map of Philippines (1:2,500,000)*
- 1975 *Mineral prospects in the area proposed for the joint BM-Japanese project in the northeastern part of Luzon (unpublished)*
- Santos-Ynigo L. M. 1966 *Island arc features of the Philippine Archipelago.*
Phil. Geol. V. 20 p 79-92

- Titly S. R. et al. 1966 Geology of the prophyry copper deposits. Southwestern North America. University of Arizona Press
- Wolf J. A. 1970 Interpretations of potassium-argon (K/Ar) dating in the Philippines. Geol. Soc. Phil. V. 24 p 9

第2章 調査地域の概要

2-1 位置・交通

調査地域はルソン島の北東部にあり、その西縁は、避暑地として有名なバキオ (Baguio) 市の東方 15 Km の近距離にある。この地域には、ヌエバ・ヴィスカヤ (Nueva Viscaya) 州の大部分が含まれ、この外に、キリノ (Quirino)、イサベラ (Isabela)、(Benguet)、パンガシナン (Pangasinan)、ヌエバ・エシハ (Nueva Ecija)、ケソン (Quezon) の 6 州にも及んでいる。

この地域の北端にあるバヨンボン (Bayombong) は、ヌエバ・グスカヤの中心町であり、地域内での最大の人口 (約 25 千人) を有している。マニラと日中電話で交信できるため、空中磁気探査中、地磁気の日時変化観測所がこの町に設置された。ここから約 20 Km 北方のバガバク (Bagabag) とマニラ間には、定期航空路が開設されていて、一週 3 便が運航している。

この地域の道路は、山岳地帯が大部分を占めるので、非常に少ない。地域を横断する国道として、バヨンボンを通る 5 号線と、これから分岐するバギオ線及びバレル (Baler) 線があるが、中央部を広く占めるカガヤン (Cagayan) 河上流地帯には小径も少なく、いまなお未開発となっている。

軽飛行機は、道路の発達が悪い東海岸地域で利用されていて、ディラサグ (Dilasag)、ムチヨン (Mutuyong)、バレル、ディナログ (Dinalogan) 等に、簡単な私設飛行場がある。又、カガヤン河沿いにも数ヶ所滑走路が設けてあり、未開部族に対する宣教活動に使用されている。

2-2 地 形

北部ルソンは、地形上の特徴から Fig 2 のように分けられている。すなわち東から西に向かって、1. シエラマドレ山脈 2. カガヤン峡谷 3. コルディラセントラル (Cordillera Central) 4. 海岸褶曲帯 の 4 帯である。この内 1・3 は隆起帯で概して急峻な地形を呈しているが、2・4 は沈降帯で平地帯か、比較的平坦な地形を示している。

カラバロ (Caraballo) 山脈は、カガヤン峡谷の南側にあり、上記二隆起帯と共に、カガヤン盆地をとり囲んでいる。

これら山脈の南側は、フィリピン群島を縦断する大構造線 (フィリピン断層) によって切断され、ルソン中央平野と接している。

調査地域は、シエラマドレ、カラバロ、コルディラセントラルの山脈群と、比較的新期の火山岩類や石灰岩で出来たマンパラング (Mamparang) 山地とを含んでいる。

シエラマドレ山脈は、ここでは、標高 800 m ~ 200 m あり、所により 1,800 m 以上の高峰がそびえている。この山脈は非常に急峻で、各所に高い崖が連続している。

この山脈の南部は結晶片岩から成り、樹枝状の V 字谷が発達している。

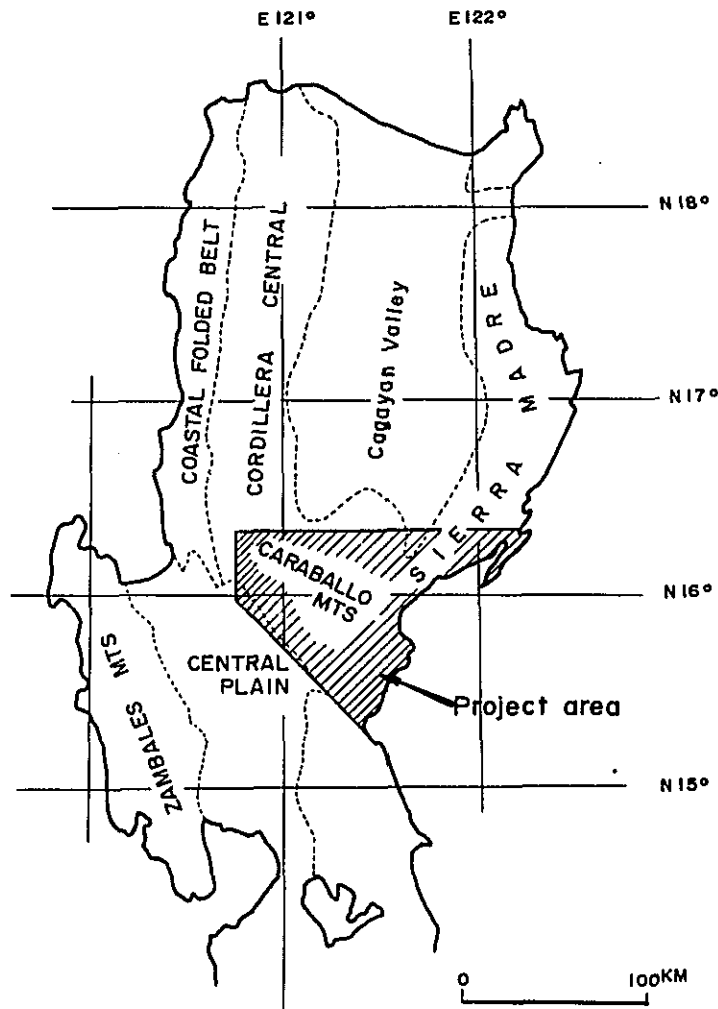


Fig. 2 Physiographic provinces of northern Luzon

カラバロ山脉はNW方向に連続し、その標高は800m～1,600mを示す。空中写真解析によれば、山頂の一部は結晶片岩類で占められていると推定され、シエラマドレ同様徒歩による山脉の横断は困難である。

コンディラセントラルは、全般に標高が高く、1,200m以上の尾根が多い。調査地域内の最高峰はこの山脉中にあり、その標高は2,150m (Mt. Ugu)に及んでいる。この地域では、フィリピン断層に平行するNNW-SSE方向の断層谷が多数発達している。

本地域の水系は、ほとんどカガヤン、アグノ (Agno)、パンパンガ (Panpanga)の3河に属している。この内カガヤン河は、フィリピン最大の河で、カガヤン平野の中央を蛇行しながら北上し、400km離れたアパリ (Apari)で海へ注いでいる。この河は一年を通じ水量が豊富であり、地域内では、地質構造に支配されて、環状の水系パターンが発達している。

アグノ河とパンパンガ河は、ルソン中央平野の重要な水源であるため、各所に水量調整ダムが設けられている。パンパンガ上流のパンタバガン (Pantabagan)にも、既設の大きなダムがあ

るが、現在更にカガヤン河上流の水をトンネルによって、パンタバガンの方へ導水する計画が進められている。

2-3 気候および植生

この地域の気候は、大きく3帯に分かれるが、ほぼ地形の分帯と一致している。東側のシエラマドレ山脈は、雨期・乾期の区別がなく、年間を通じて雨が多い地帯である。その上フィリピン近海で発生する台風のほとんどが、この地帯に影響を与えるため、地形が急峻であることもあって、原住民も少ない。これに対し西側のコルディレラセントラルは、雨期・乾期の別が明瞭で、11月～4月の6ヶ月間が乾期となる。中央のカガヤン峡谷帯は、両者の中間の気候を示し、雨期・乾期はそれほど明瞭でないが、11月～4月が比較的雨量の少ない時期と云える。

このように、この地域は総じて雨量の多い地域であるが、台風や急峻の地形のため、植生は比較的疎である。特に国道5号線より西側の山岳地帯は伐採後の植林が少ないので、はげ山となっている。

第3章 総合検討

第一年次の調査では、今後の鉱床探床探査に重要な影響を与える新しいデータを得ることが出来たので、こゝでは、この問題を主として検討してみたい。

3-1 緑岩類の性質について

北部ルソンには、コルディラセントラルとシエラマドレの2つの隆起帯があり、こゝには閃緑岩類の大規模貫入が行なわれているが、この内ポーフリーカッパー型鉱床は、ほとんどコルディラセントラルの方に集中している。肉眼的には、シエラマドレの閃緑岩類は粗粒で、優白質であり、銅の鉱化作用はあっても脈状で、鉱染型は今まで報告されていなかった。Gervasio (1967) は、広域的岩石単元の分布、その構造および変形の性質などについての研究から、石英閃緑岩の貫入時期を2回とし、シエラマドレを漸新世、コルディラセントラルを中期中新世末と考えている。

このような背景から、ポーフリーカッパー型鉱床と閃緑岩類との関係を見るため、Fig 3に示すような箇所から試料を採取して、顕微鏡観察、化学分析、K/Ar年代測定を行った。

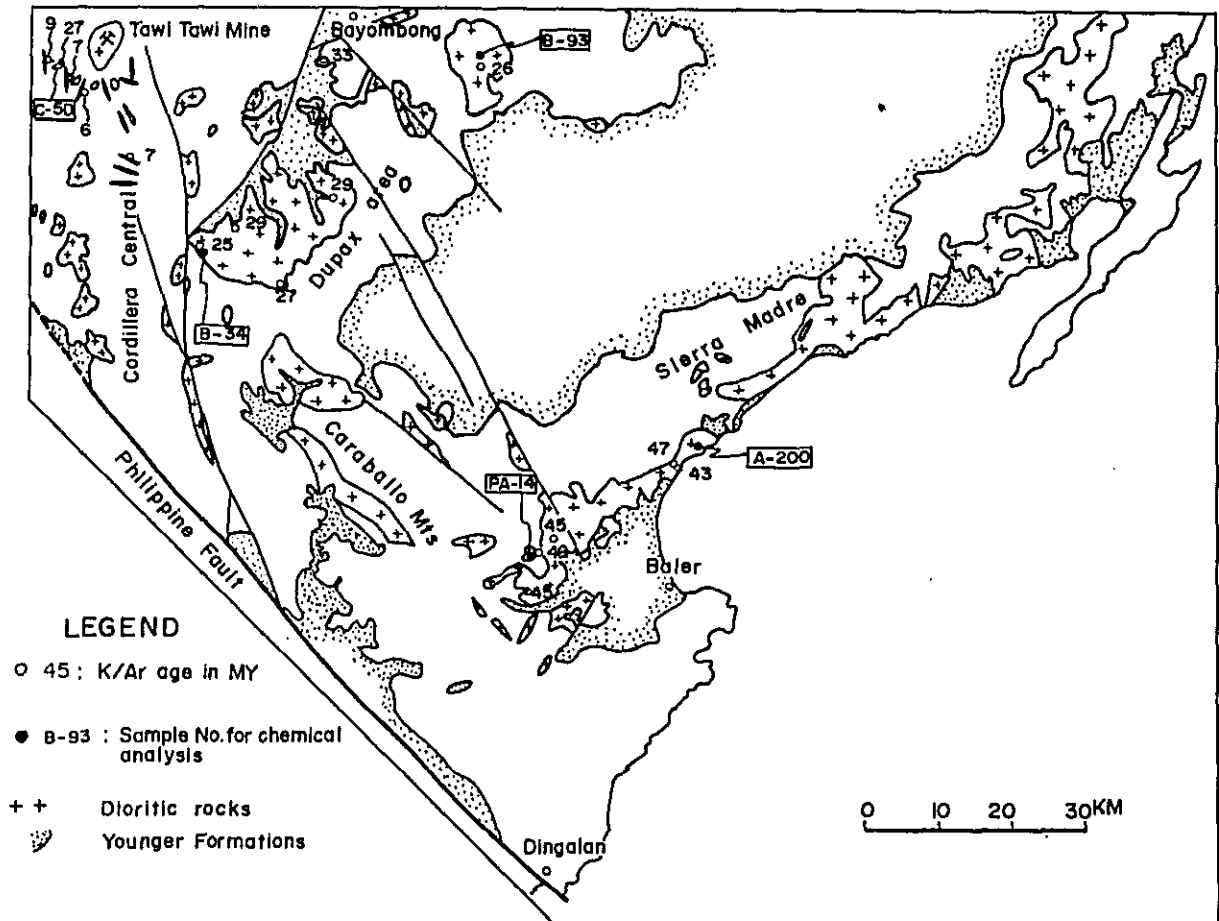


Fig. 3 Location map of the tested samples

Table 2 Characteristics of the dioritic rocks

Features Sampling sites	Rocks	Rock series	K/Ar ages	Geochemical anomalies
Sierra Madre	Granite	Calc-alkalic	43~49 ^{MY} (5)	Weak, limited Cu,Zn,Mo
Dupax	Diorite	Tholeiite (?)	25~29 (4)	Weak, limited Cu ₁
	Monzonite	Alkali-olivine -basalt	26~33 (3)	Strong, aerial Cu,Mo
Cordillera Central	Diorite	Alkali-olivine -basalt	27 (1)	Strong, aerial Cu,Zn,Mo
	Dacite	?	6~9 (5)	None

Remarks: MY — Million Years (5) — Number of observations

結果をまとめると、Table 2 のようになる。

この表から次の事が明らかである。

1. シェラマドレの貫入岩体は花崗岩質でありカルクアルカリ岩系に属する。貫入の時期は始新世の前期に相当し、他地域より早期に活動している。
2. ドボックス地域には、ソレイアイトとアルカリ橄欖石玄武岩の両岩系があるが、その貫入の時期はほとんど変わらず、漸新世後期である。
3. コルディラセントラルの閃緑岩は、ドボックスのモンゾニ岩と同じ岩系に属し、貫入時期も同じである。
4. コルディラセントラルに多数貫入している石英安山岩は、分析値がないため、岩系がわからぬが、貫入時期は最も新しく、中新世末を示している。

しかしながら、これらの特徴は分析箇数が少いため次のような問題点を含んでいる。

1. ドボックスのバソリスは、顕微鏡的には閃緑岩質であるが、風化が深部まで及んでいて新鮮な試料の採取が難しい。分析試料として、岩体周縁部の斑岩質の新鮮なものが選ばれたが、母岩との混成作用がないとは云いきれない。従って周縁部の1箇で全体を代表させ、ソレイアイト系と結論するのは早計かも知れない。
2. タウイタウイ鉱床の母岩である閃緑岩は、強い鉍化変質を受けているので、分析試料は鉍化帯の一番外側で採取された。K/Ar 測定の結果、鉍化作用に関係あるとみた閃緑岩は漸新世後期であって、Wolf (1970) のアグノバソリスの年代(中新世後期)と異っている。タウイタウイ鉱床は、アグノバソリスの東側に位置するが、西側にあるポーフイリーカッパー鉱床と同型であり、常識的には、鉍化作用の時期は変わらないと考えられるので、今後周辺の鉱床も含めて検討の要がある。(同じ地域に貫入している石英安山岩の岩脈は中新世で、Wolf の年代に近い)

以上のように、多少問題は残るけれども、閃緑岩類が、地域によって貫入の時期が異なり、岩系も違っているらしい事が判明したが、この性質は物性の上からも指摘出来る。すなわち、閃緑

岩の帯磁率は、シャラマドレ地域が一番低く、 $100 \sim 1,200 \times 10^{-6}$ emu/cc、カラバロからドボックス地域で $1,900 \sim 11,700 \times 10^{-6}$ emu/cc の高い値が得られ、コルディレラセントラルでは、 $1,100 \times 10^{-6}$ emu/ccであった。ドボックスパソリスには、岩相変化がみられるが、帯磁率は、北東部の花崗閃緑岩質部又はパソリスの北東部に分布する同質の岩株が最も高く ($7,000 \sim 11,700 \times 10^{-6}$ emu/cc)、パソリスの中央から南西部の閃緑岩質～斑岩質部は $1,900 \sim 3,000 \times 10^{-6}$ emu/ccであった。

3-2 地化学調査結果

Cu・Mo・Znを対象とする地化学調査の結果、PL II-1 に示されるような地化学異常が検出された。他の地域の異常が点で表われているのに対して、コルディレラ北部とドボックスより北側に分布する異常は、地域的広がりを持ち、鉱床賦存の可能性が高いと考えられる。この地域は、タウィタウィ鉱床帯も含めて、アルカリ橄欖石玄武岩系の貫入岩が分布している地域であり、これは、銅の鉱化作用とこの岩系との間に、密接な関係がある事を暗示している。

次に地化学異常の特長については、タウィタウィ鉱床が、Cu・Mo・Zn共に高いと云う典型的なパターンをとるのに対し、コンコンバレーの異常は、Cuが主体であって、Mo・Znの含有量は低い。Cuの値は、200 ppm前後のものが多く、ほぼ一定しており、その異常域が、閃緑岩の分布と一致していることなどから、Cu異常は、幾分岩相の違いに起因するのかもしれない。

スロング河の異常は、逆にMoが主体で、Cu・Znの含有量が低い傾向がある。一般に、ポーフリーカッパー型鉱床のMoについては、後期の生成物と云われている。すなわち、ある地域の深成活動の一輪廻で、初期の石英閃緑岩は不毛で、中期の花崗閃緑岩質岩石以後にCuが、最末期に最も珪長質な岩相にMoの濃集が生ずるとみなされている。スロング河のMoに関係する火成岩は、モンゾニ岩であるので、K/Ar年代でははっきりしないが、Moはモンゾニ岩と共に、ドボックスパソリスの最終相を示すものかもしれない。

3-3 空中磁気探査結果について

空中磁気探査によって得られた磁気図を、総合的に解析した結果は、PL III-11に示してある。この解析図から次の事が明らかである。

a. 玄武岩又は安山岩の溶岩によると思われる強磁帯の分布は、東海岸でNE-SW方向、カラバロ山脈でNW-SE方向を示している。この溶岩の南に基盤岩に相当する弱磁性帯が分布しているが、同じように鉤形に曲っており、中央の新时期火山岩類の下部でも、同様な傾向がみられるので、この地塊の主構造は、U字形をなす隆起構造で特徴づけられると考えてよい。

b. この主構造に平行する構造線が多数推定され、これらは、空中写真解析から推定した構造線とよく一致している。

c. 調査地域北西部には、フィリピン断層から派生する構造線が発達し、NNW-SSE方向

の外に、空中写真から判読出来なかつたENE-WSW方向の構造線が推定される。中でも磁性岩体I-7を切る構造線は明瞭であるが、地上のデータがないのでその性格は議論できない。

d. 閃緑岩類は、北西部地域に多いが、箇々の岩体の位置は、構造線が発達する付近に密集する傾向が認められる。この事は、ポーフイリーカッパー鉱床探査上、この地域が最も重要であることを示している。

e. ディンガランの結晶片岩類中には、閃緑岩類は無いが、あっても小規模と考えられる。この地域には鉱床がいくつか知られているが、閃緑岩類の発達が悪いので、第二年次調査計画から除外してもよい。

f. タウィタウィ鉱床地帯では、閃緑岩らしい磁気異常は検出されなかつた。この原因として、閃緑岩の帯磁率が低い (1.100×10^{-6} emu/cc) のに対し、被貫入岩が帯磁率の高い玄武石であることがあげられる。今回は、鉱床帯内部の調査が割愛されたので、閃緑岩体の正確な規模はわからない。

g. 調査地域北西部では、地表から2,000m下位までには、強磁性岩体は存在しない。この事は、下部が主として火砕岩か、又は基盤の結晶片岩によって構成されていることを意味している。この強磁性岩体の欠如のため、「断裂帯」の性格の推定は困難である。

3-4 要 約

これまで述べた点をシェラマドレ地域とその他の地域に問題を絞って検討すると、以下のようである。

A 岩系と鉱床の関係

シェラマドレ地域	カルクアルカリ岩系	脈状鉱床のみ
その他の地域	ソレライト アルカリ橄欖石玄武岩系	ポーフイリーカッパー型鉱床
北米大陸	カルクアルカリ岩系	ポーフイリーカッパー型鉱床

B 年代と鉱床の関係

シェラマドレ地域	43 ~ 49 MY	小規模脈状鉱床
その他の地域	25 ~ 39 MY	化探の徴候は顕著、タウィタウィ鉱床?
	10 ~ 15 MY	アグノバソリス周辺のパーフイリーカッパー鉱床
	~ 60 MY	トレドのパーフイリーカッパー 鉱床
北米大陸	54 ~ 72 MY	アリゾナ州内のポーフイリーカッパー 鉱床

C 化探と鉱床の関係

シェラマドレ地域	異常が孤立
その他の地域	異常が広範囲

D 関係火成岩の種類と帯磁率の関係

シェラマドレ地域 花崗岩質 $100 \sim 1,200 \times 10^{-6} \text{ emu/cc}$

その他の地域 閃緑岩質 $1,900 \sim 11,700 \times 10^{-6} \text{ emu/cc}$

参考までにフィリピン共和国内の代表的ポーフイリー銅床更に北米大陸のそれも加えた。各種データ数の不足にもかかわらず以上の諸点の比較から、シェラマドレ地域とその他の地域の対立が浮き彫りにされて興味深いものがある。

第4章 結論および将来の展望

鉛床賦存の可能性の高い地域を抽出するため、空中磁気探査と、主要ルート沿いの地質調査・地化学調査が行なわれたが、得られた結論は次の通りである。

1. 調査地域を支配する主構造は、U字形をなす隆起構造であるが、これは、始新世と漸新世末期の隆起運動によるものである。
2. 最も広い範囲に分布する白亜系のカラバロ層群（従来のKPgとUV）は、岩質の違いから3層に大別され、各々の構造が明らかになった。
3. この層群には、閃緑岩類の大規模貫入があるが、それらの貫入時期と化学組成に差異が認められる。すなわち、シェラマドレー始新世－カルクアルカリ岩系、中央部南部－漸新世末期－ソレライト岩系、中央部北部・コルディレラセントラルー漸新世末期－アルカリ橄欖石玄武岩系である。
4. 調査地域内のポーフイリーカップー鉛床や、顕著な地化学異常は、上記アルカリ橄欖石玄武岩系に成因的關係をもっていると推定される。
5. 調査地北西部地域には、多数の構造線の存在が予測されさらにこれらの構造線に規制されて、閃緑岩類と推定される小規模磁性岩体が分布している事が判明した。
6. 貫入岩体の性質、地化学異常、地質構造などを総合的に判断すると、東側地域より西側地域の方が、鉛床賦存の可能性は高いと考えられ、今後より精密な調査が必要である。
7. 調査方法としては、まず地質精査と土壌を含む地化学精査を行なって、より有望な地域を絞り、空中又は地上の電磁探査およびIP探査を実施するのが望ましい。
8. 本年次の地質調査から、閃緑岩類にいくつかのタイプがある事が判明したが、データが不十分で詳細な議論が出来なかった。これは、鉛床探査上、極めて重要な問題に発展する可能性が強いので、二年次以降詳しい検討が望ましい。

各 論

I 地質調査

第1章 地 質

1-1 研 究 史

北部ルソンは、シエラマドレとコルディレラセントラルの2隆起帯で特徴づけられるが、調査地域はこの両者が会合する所に当たり、複雑な地質構造を有している。ここには花崗岩～閃緑岩類の大規模貫入があり、多数のポーフイリーカッパー型鉱床が伴われている。

1951年C.W. CORBY et alにより、石油を目的としたカガヤン峡谷の予備調査が実施され、第三紀中新世以降の層序が明らかにされた。又E. E. DURKEE et al (1961)やJ. C. FERNANDEZ et al (1967)は、北部又は北西部ルソンの広域調査を実施し、その地域の層序や地質構造を論じている。

しかしながら、これらはいずれも調査地域より北側の地域に関するものであり、かつ本地域の大部分を占める緑泥石化作用を受けた、白亜紀～古第三紀の岩石(いわゆるKPg)については、詳しい記載がない。

1962年C. R. ALLENは、フィリピン-台湾地域における環太平洋断層の性格について論じ、フィリピン断層を「左ずれ」としたが、その野外の証拠の一例として、ディグディグ(Digdig)河における支流の屈曲を挙げている。

以上のように、この地域の地質又は構造について、公式に発表された論文は非常に少ないが、フィリピン群島全体については、フィリピン鉱山局による1/1,000,000地質図(1963)とF. C. Gervacio (1966, 1967)の論文があり、概括的知識を得ることが出来る。

一方鉱床については、調査地域の西側のバギオ周辺には古くから多くの鉱床が存在し、それらはバギオを中心として外側に向かってAu-Ag, Cuの累帯配列をなすことが知られている。最近になって、この地域でポーフイリーカッパー鉱床が相次いで開発され、脚光を浴びてきた。

1970年J. A. Wolfは、これら鉱床に係る閃緑岩類の貫入時期を、K/Ar法による年代測定から、 $9.7 \sim 14.8 \times 10^6$ 年(中新世最後期)と推定している。

1-2 層 序

この地域の地質は、フィリピン鉱山局が本プロジェクトのために改めて実施した空中写真解析図を基礎とし、地表概査のデータから、これらを修正して考察を試みたい。

この地域の地質総括表はTable I-1に示されている。

1-2-1 基盤岩類

この岩類は、調査地域南部のディンガラン付近に広く露出している外、フィリピン断層に接近した東側に、小規模窓状をなして数ヶ所分布している。又カラバロ山脈とシヤラマドレ山脈が出会う付近の褶曲帯やカシグラン北方にも、露出が推定される。

Table I-1 Generalized stratigraphic section in the survey area

Geological age		Group or Formation	Columnar section	Rock facies	Structural movement	Igneous activity	Mineralization
Quaternary	Recent						
	Pleistocene	Pantabangan F. 1,000m+		Conglomerate with Clastics. Andesite Lava	Orogenic movement Philippine Fault Structural movement	Basic rocks Peridotite Basalt Andesite Dioritic rocks	Porphyry copper
Tertiary	Pliocene	Maddela F. 2,000m†		Clastics			
		Upper	Matuno F. 1,200m+				
	Middle	Aglipay F. 200m		Limestone and Clastics			
	Lower	Sta Fe F. 200m+		Limestone and Clastics			
	Oligocene	Mamparang G. 1,000~2,000m		Basalt and Andesite Lavas with thick Limestone at the top			
Eocene							
Cretaceous		Caraballo G. 2,000~3,000m(II)		Basaltic Pyroclastics with Basalt Lavas			
		(I)		Andesite Lavas with Basalt Lavas, Pyroclastics and Clastics			
		1,500~1,800m		Andesitic Pyroclastics with minor Clastics			
Paleozoic	Basement Complex		Green Schists.				

岩相はすべて低変成度の変岩類によって構成され、調査地域内では、石英-斜長石-普通輝石-普通角閃石片岩、石英-斜長石-柘榴石-普通角閃石片岩、石英-斜長石-緑簾石-両雲母片岩、含白雲母-石英-斜長石-赤鉄鉱-方解石片岩、石英-斜長石-緑簾石片岩、糖状石灰質片岩の組合せを有する。原岩は塩基性又は中性の火成岩が多く、石灰質岩を伴っていると考えられる。

この片岩類の走向は、東側の海岸線でNE-SW系であるが、ディンガランからフィリピン断層沿いにはNW-SE系が卓越している。線構造を持つものもあるが、測定例が少ないため、その傾向は明らかでない。

この片岩類は、次のカラパロ層群に不整合に覆われると推定され、その生成時期は、古生代と考えられている (Gervacio 1967)。

1-2-2 カラパロ層群

この層群は調査地域の大半を占め、1/1,000,000 フィリピン地質図のKPg(白亜紀-古第三紀の未分類堆積岩類)及びUV(同時代の未分類火山岩類)の分布とほぼ一致する。この層群は中性~塩基性の火山岩及び火山碎屑岩と少量の碎屑岩から成るが、野外のデータが少ないので細分することは困難である。岩相から次の3層に大別できる。

I層……本層は、ディンガラン~パレルの東海岸線、カラアナン(Calaanan)河中流からヴィリャオーロラ(Villa Aurora)にかけての地区及びディグディグ河の東側に、基盤岩類を不整合に覆って分布している。

本層は安山岩～玄武岩質火山砕屑岩を主とし、安山岩・玄武岩の溶岩と、上位に厚い砕屑岩を有するのが特徴である。

火山砕屑岩は凝灰岩・凝灰角礫岩・火山礫凝灰岩で構成され、緑灰～帯赤灰色を呈する。概観すると、東側の地域に礫質が多く、西側のディグディグ河では細粒のものが分布する傾向がある。顕微鏡下では、2～3mm大の安山岩又は玄武岩の本質岩片と、斜長石・石英・輝石などが、大部分緑泥石化した凝灰質物質で膠結されていて、岩石片・結晶片とも強度の珪化、緑泥石化又は炭酸塩化作用を受けている場合が多い。

砕屑岩は細粒～中粒の灰色を呈する硬質砂岩が主体で、所によっては、千枚岩・粘板岩・チャートの場合がある。

これらの走向は、東海岸沿いでNE-SW～E-W、ディグディグ河ではE-W系を示し、その層厚は1,500m～2,000mと推定される。

本層からは化石が発見されなかったので、生成の時期は不明であるが、II層・III層と同じ火成活動の産物とみられるので、ここでは一応Gervacioに従って、白亜紀(1/1,000,000地質図のK+KPgに相当)にしておきたい。

II層……本層はマガットおよびカガヤン両河の上流一帯と、シェラマドレ山脈の西側斜面に分布し、カラバロ層群の中では他層に比し最も広い範囲を占めている。

本層は、主として安山岩溶岩と同質の火砕岩で構成され、その量比は地域によってかなり異なる。大まかには、西側の地域に溶岩が多く、東側のシェラマドレでは、火砕岩が大部分を占めている。本層には、少量の玄武岩溶岩と、数層の砕岩又は泥岩が含まれ、これらは今後II層を細分する鍵層になろう。

本層の安山岩は、斑状を呈するものと無斑晶質のものがあり、両者とも暗灰色～暗青色を呈する塊状岩である。

前者は普通輝石安山岩で、顕微鏡下では、自形～半自形をなす斜長石・普通輝石の斑晶が、インターサタル組織をもつ石基中に散在している。石基は、アルバイト双晶をなす長柱状～針状の斜長石・粒状の普通輝石・磁鉄鉱・ガラス等から成る。カシグナン(Casignan)河上流の安山岩のように、少量ながら普通角閃石を伴うものがある。

後者の無斑晶質安山岩は、玄武岩質のものが多く、杏仁状構造がよく発達している。この岩石は斑晶を、全く欠くか、あっても極く少量で、顕微鏡下では、長柱状の斜長石・普通輝石・緑泥石等から成り、ピロタキシチック組織を示す石基中に、小型の普通輝石と、まれに橄欖石の斑晶が認められる。

変質は、両タイプとも弱い緑泥石化作用が普通にみられ、炭酸塩化作用・曹長石化作用も局部的に認められる。

この安山岩には、枕状構造をなす玄武岩溶岩が若干含まれる。

火砕岩は、同じく安山岩質で、暗灰～淡緑色を呈する。本質岩片の大きさは、場所によってか

なり異なり、最大径 50 cm に及ぶ火山角礫岩から、数 mm に至るまで種々認められるが、種類は良く似ている。すなわち、上記安山岩の岩片と、普通輝石・斜長石・角閃石・鉄鉱等の結晶片が緑泥石や凝灰質基質で膠結されている。この火砕岩は概して淘汰不良で、層理は明瞭でない。顕微鏡下では、変質鉱物として、緑泥石・方解石・曹長石・濁沸石等が観察され、沸石相の高温部に相当する埋没変成作用を受けていることがわかる。

この火砕岩中には、淡緑色を呈する石英安山岩質軽石凝灰岩の薄層が数枚夾在している。

砕屑岩は、泥岩・砂岩および礫岩から成り、しばしば凝灰岩と指交関係をなす。泥岩は暗灰色～黒色又は淡青色を呈し、珪質で化石を伴わない。本層の上位には、凝灰岩を挟んで泥岩又は砂岩があり、上位のⅢ層と区別される。

本層の一般走向は、サンタクルス河の西方地区で NE-SW 系、北へ急傾斜し、中央部のカラパロ山岳地帯では、NW-SE 系、南又は北へ緩傾斜、シェラマドレでは NE-SW 系で、北へ緩傾斜するものと推定される。

この岩層は、下位のⅠ層を整合的に覆い、その層厚は約 2,000～3,000 m に達している。Ⅰ層同様化石を産出しないので、生成の時期は明らかでない。

Ⅲ層………本層はカンプ地区およびフィリピン断層の西側に細長く分布している。いずれも玄武岩質凝灰岩～凝灰角礫岩から成り、枕状構造をもつ玄武岩溶岩を少量伴う。

フィリピン断層が通過するイムガン (Imugan) 川付近の凝灰岩は、Ⅲ層の下位を示すが、こゝでは細粒又は中粒で、暗緑色を示し、帯赤褐色の塩基性凝灰岩又は泥質凝灰岩と互層を成している。この凝灰岩はほぼ N-S 系の走向を有し、東又は西へ急傾斜するが、全体としては西側が上位になると考えられる。この川の約 5 Km 西側を平行して流れるパンパング (Panpang) 川では、凝灰角礫岩～火山角礫岩が広く分布し、細粒の凝灰岩は比較的少ない。この付近では、E-W 系の走向が卓越し、同方向の軸をもつ小褶曲を繰返している。この構造は、この地域全体 (コルディラセントラル) の大構造に一致しない。空中磁気探査による磁気異常の分布には明瞭な傾向性はなく、又更に西側の地質データがないので推定が難かしいが、この E-W 系の構造は地表から浅いものであって、下部層全体の構造を反映していないと思われる。

カンプ地区に露出する本層は、淡青色の凝灰岩又は火山礫凝灰岩から成り、NW-SE 方向の軸をもつ向斜構造を形成する。凝灰岩は安山岩質で、前述のイムガン川地区と若干異なるが、Ⅱ層との関係から、同時異相と考えられる。

本層はⅡ層を整合的に覆い、上位のマンバラン層群に不整合に覆われ上限は確認出来ない。層厚は 2,000～3,000 m 以上である。

以上カラパロ層群をⅠ～Ⅲに大別して、それぞれの火山岩類の特徴を略記したが、要約すれば、第Ⅰ期に少量の安山岩質火山岩類の活動があり、凝灰岩・砂岩・泥岩が堆積した。第Ⅱ期に入ると、火山活動は活発となり、多量の安山岩質溶岩と凝灰岩が噴出している。第Ⅲ期の火山活動は、安山岩質から玄武岩質へ移化し、主として火砕岩の噴出堆積が行なわれた。この層群のⅠ、Ⅱ、

Ⅲ層の全期を通じて、枕状溶岩が夾在することから、海性の堆積環境が考えられる。

1-2-3 マンバラング層群

本層群は、中央部のマンバラング山岳地帯からカガヤン河上流地帯にかけて広く分布し、ディドゥヨン (Diduyon) 河中流や、ワシグ (Wasig) 部落から上流のカガヤン河に沿って標式的に露出している。

本層群は、主として玄武岩質火山岩・火砕岩から成り、上位に厚い石灰岩を有する。

カガヤン河上流では、カラバロ層群Ⅱ層を不整合に覆って、下位より安山岩溶岩→玄武岩質凝灰岩→玄武岩溶岩→安山岩溶岩→安山岩質火山円礫岩→含石灰岩礫石灰質泥石→石灰岩の連続した露出がみられる。カラバロ層群に比し、この層群の変質作用は非常に微弱であるため、野外でも容易に区別することが出来る。玄武岩と安山岩はともに暗灰色～黒色を呈する緻密塊状岩で、1ユニットが5～10 mの溶岩流をなし、時に不完全ながら枕状構造が発達することがある。

顕微鏡的には、普通輝石の外に紫蘇輝石が特徴的に含まれる。すなわち、安山岩は、斑晶として累帯構造をなす斜長石 (大きさ < 1 mm) ・普通輝石 (< 0.5 mm) ・紫蘇輝石 (< 0.3 mm) が、斜長石の微晶・輝石・ガラスから成るハイアロピリティック組織の石基中に、やゝ多量認められる。二次鉱物はほとんどなく、ガラスも変質していない。玄武岩の鉱物組成は、安山岩に類似し、斜長石・普通輝石・紫蘇輝石の斑晶が、同じ鉱物組合せをもつ石基中に散在している。石基には、橄欖石とみられるものも含まれる。

ディドゥヨン河中流でみられる流紋岩質溶岩又は凝灰岩は、変質がほとんど認められないため、本層群に含めたが、恐らく最下部層と思われ、前記カガヤン河まで達しないような小範囲の分布を示すと考えられる。

本層群の一般走向傾斜は、カガヤン河沿いで、NE-SW系、 $10 \sim 20^\circ N$ であるが、局部的にはかなり褶曲している。又ディドゥヨン河流域でも、測定が限られるが、同じ傾向を示している。層厚は $2,000 m^+$ と推定され、頂部の石灰岩中の化石から、堆積の時期は上部漸新世と考えられる。

1-2-4 サンタフェ層

本層は、ヌエバヴィスカヤ・ヌエバエシヤ両州の州界のダルトン (Dalton) 峠付近に、カラバロ層群を不整合に覆って分布している。本層は、白～灰白～淡桃色を呈する石灰岩から成り、層厚は約200 mである。大型有孔虫から、本層の生成の時期は下部中新世と考えられる。

1-2-5 アグリバイ層

本層は、アダラム (Addalam) 河下流のアグリバイ部落付近に露出する。本層は淡桃色の石灰岩で、カラバロ層群を不整合に覆っている。岩質は上記サンタフェ層に類似するが、層理はより明瞭である。この付近では、褶曲により走向・傾斜とも一定しない。

マツノ河下流でみられる石灰岩は、岩質や産状から同じ層準と考えられる。こゝではカラバロ層群を不整合に覆い、上位に黒色のシルト岩・砂岩の互層 (層厚 $20 \sim 30 m$) をもつ。

本層の層厚は約 200 m, その堆積の時期は中新世中期と考えられ, G.R. Corby et al. のケノン (Kennon) 石灰岩層に対比される。

1-2-6 マツノ層

本層は調査地域内では, マツノ河上流にのみ小範囲の分布を示す。本層は層厚が 1,200 m 以上の砂岩・礫岩互層である。礫岩は, 粒径が 1~10cm の亜角礫から成り, 安山岩・閃緑岩・石灰岩・泥岩の礫種をもつ。

本層は, E-W 系の走向を有し, 30°~15°N 傾斜を示している。下位のアグリバイ石灰岩層とは不整合関係にあり, Carby et al. の上部中新世のクロンダイク (Klondyke) 礫岩層に対比される。

1-2-7 マデラ層

本層は, マデラ周辺の丘陵地帯に分布する黄褐色~灰色の砂岩・泥岩及びその細互層をすべて含む。これらの走向は NW-SE 系でほぼ一定しているが, ゆるい向斜構造をなすため, 傾斜は 10°~20°N 又は S へ傾斜している。本層は, マンバラング石灰岩層を平行不整合的に覆い, 時代的には鮮新世 (一部上部中新世及び下部更新世を含む?) で Corby のロサリオ (Rosario) 層に対比される。

本層の層厚は 2,000 m⁺ である。

1-2-8 パンタバガン層

本層はパンパンガ河上流のパンタバガンやカラングラン (Carranglan) に分布するモラッセで, 基盤岩類及びカラバロ層群を不整合に覆って, N-S 方向に分布している。

岩相は, 固結度の低い, 灰~褐灰色の中礫~大礫の礫岩を主とし, 頁岩・泥岩・シルト岩・砂岩のレンズ又はそれらの薄層を挟有する。礫岩の礫種としては, カラバロ層群の玄武岩・安山岩・凝灰岩及び閃緑岩類が認められる。礫の円率度は高く, 亜円礫に相当するものが多い。層理面の走向傾斜は一定せず, 乱流堆積層であることが推定される。本層中には, 火成岩類の貫入はみられない。恐らく鮮新世後期に生じた N-S 方向に長軸をもつ堆積盆の積成物と考えられる。層厚は最大 1,000 m である。

1-2-9 鮮新世~第四紀溶岩

マガット河沿い又はカラングランに独立峰がみられる。未確認であるが 1/1,000,000 地質図によれば, 輝石安山岩とされており, 鮮新世~第四紀の火山活動と考えられている。

1-2-10 沖積層

沖積層は, カガヤン河・マガット河・パンパンガ河に沿って分布する外, フィリピン断層帯又は, 東海岸のパレル・カングランなどのように, 比較的規模が大きい河川の河口にも分布している。未固結の砂・礫で構成される。

1-3 貫入岩類

1-3-1 超塩基性岩類

超塩基性岩類は、パレル南方の、フィリピン海に面した山岳地帯に分布している。北部ルソンの東海岸沿いには大構造線があって、超塩基性岩の大規模貫入がみられるが、この山岳地帯のものは、その一部をなすものである。

オーロラ (Aurora) 港に注ぐマタヤット (Matayat) 河沿いの観察では、超塩基性岩類は輝岩が主体で、所々に橄欖岩の小岩脈が貫入している。両岩とも帯緑灰色のち密塊状岩で、風化して黄褐色を呈する。輝岩を境下に検すると半自形粒状組織を示し、多量の単斜輝石 (透輝石) の結晶の間を橄欖石が埋めている。副成分鉱物として蛇紋石や方解石もごく少量認められる。橄欖岩は主成分鉱物として単斜輝石・斜方輝石・橄欖石から成り、半自形粒状組織を呈する。量的には単斜輝石が最も多い。橄欖石は蛇紋石化して仮像をなすことが多い。

空中写真解析によると、本岩類は基盤岩と衝上断層で接している。

1-3-2 斑 斨 岩

斑斨岩はカラバロ層群を貫ぬいて各所に露出している。この岩石は暗灰色を呈する細粒～中粒の完晶質岩で、小規模岩株又は岩脈状をなして露出している。顕微鏡的には、斜方輝石を含むものと含まぬものとに区別出来るが、前者は常に閃緑岩類の周辺部に出現する傾向がある。

後者の鏡下の特徴は、半自形粒状組織を有し、半自形の斜長石・他形の単斜輝石の外に磁鉄鉱と少量の石英又は角閃石が随伴している。二次鉱物として、ウラル石・緑簾石・方解石が認められる。

複輝石斑斨岩は、自形～半自形の斜長石・他形の単斜輝石の外に、半自形～他形の斜方輝石を含有し、少量の磁鉄鉱と時に黒雲母が認められることがある。

1-3-3 粗粒玄武岩

本岩は、カラバロ層群や閃緑岩類を貫ぬいて、各所に分布している。これらの岩脈のほとんどがNW-SE系の走向を示す。カガヤン河上流のタバヨン (Tabayong) 川に露出する粗粒玄武岩は、暗灰色の細粒塊状岩で、カラバロ層群中に巾1～10mの岩脈状をなして、数10条平行に貫入している。岩質や構成鉱物・変質の状態などがマンバラング層の玄武岩に類似するので、これらは成因的に関係が深いと考えてよい。

調査地域西部に分布する本岩は、帯緑灰色を呈し、かなり変質しているものが多い。顕微鏡下では、自形の斜長石・他形の普通輝石から成り、オフイテック又はポーフィリテック組織をもつ。時に橄欖石を伴うことがある。ソーシュライト化作用やウラライト化作用を受けて、ウラル石・緑簾石・緑泥石・ぶどう石・カオリンなどが二次生成している。

アグノ河支流のベネング (Benneng) 川下流の岩脈は、やゝ粗粒の塊状岩で、少量の角閃石を含有している。顕微鏡下の観察では、ソーシュライト化した斜長石・単斜輝石の外に塊間状の石英がかなり多量に存在し、副成分鉱物として、角閃石・磁鉄鉱が少量認められる。この岩石は、

石英・角閃石を初生的に含んでいる点で他の斑岩や粗粒玄武岩と異なっており、恐らく近くの閃緑岩と成因関係を有すると思われる。

1-3-4 石英安山岩

本岩は、西部地域のカラパロ層群の凝灰岩中に、巾10m内外の小岩脈として多数貫入している。淡緑灰色を呈し、斑状組織をもつ。顕微鏡下では、累帯構造の発達した斜長石・緑褐色～緑色の角閃石・石英・黒雲母が斑晶として、隠微晶質の石基中に存在する。又ごく少量の燐灰石・単斜輝石も含まれることがある。変質鉱物として、緑泥石・方解石・沸石・緑褐色の粘土鉱物などが生じている。

サンタフェからダルトン峠にかけて霧出する石英安山岩は、岩株状をなし、閃緑岩をも貫入している。この岩石は赤灰色を呈し、不明瞭ながら流理構造を示す。この岩体は附近のサンタフェ石灰岩に接触変質を与えている。

1-3-5 閃緑岩類

この岩類は、マンバラング層の分布する中央部を除く調査地域の各所に、バソリス・岩株又は岩脈として広く分布している。本岩類は、化学組成上、花崗岩から斑岩に及ぶものまで含むが、顕微鏡的には次のように大別することが出来る。

1-3-5-1 閃緑岩～石英閃緑岩

本岩は、カラパロ・コルデラセントラの両山岳地帯の各所において、カラパロ層群を貫入している。単一岩体の大きさは、10Km²以下の場合が多いが、ドボックス(Dupax)岩体のように200Km²以上の露出面積をもつものがある。ドボックス岩体は、東側から西側に向かって、花崗閃緑岩→閃緑岩→斑岩と岩相が変化するが、平均的には閃緑岩質と云ってよい。このような局所的な違いはあっても地域的にみると、閃緑岩は北西側に多く分布し、南東側のシェラマドレ山脈に近づくほど酸性(石英閃緑岩質)になる傾向がある。

一般的特徴として、灰色を呈し、中粒～粗粒の粒状組織をもち、カリ長石を全く欠くか、あってもごく少量であることがあげられる。

主成分鉱物は、斜長石・普通角閃石・黒雲母・石英などであり、副成分鉱物として、磁鉄鉱・くさび石・燐灰石などが認められる。又二次鉱物には、緑簾石・緑泥石・ウラル石・カオリナイト・ぶどう石などがある。

斜長石は自形～半自形で、アルバイト双晶・アルバイトーカールスパッド式の複合双晶が多くみられ、累帯構造も発達することがある。成分的には中性長石である。普通角閃石は、半自形・長柱状で、緑色～淡褐色の多色性を有し、双晶を示すものが多い。黒雲母は鱗片状をなすが、ほとんど緑泥石化していて、量的には少ない。カリ長石も充填的に含まれることがある程度で、閃緑岩の場合は、石英を認め難い。

1-3-5-2 モンゾニ岩

本岩は、マガット河支流スロング川上流に分布し、約80Km²の露出規模をもつ。新鮮なもの

は、帯桃灰色を呈し、完晶質で、淡桃色のカリ長石の大きな結晶を多量に含んでいるのが特徴である。

鏡下のモンゾニ岩は半自形粒状組織を示し、カリ長石の量が斜長石の量より多く、角閃石・黒雲母・輝石の有色鉱物を伴っている。副成分鉱物として磁鉄鉱・燐灰石・くさび石が認められ、緑泥石・絹雲母・カオリンなどが二次的に生じている。

斜長石は自形～半自形を示し、アルバイト双晶が発達している。成分は曹灰長石である。変質が全般に進み、緑簾石・絹雲母などが多く生じている。カリ長石は半自形～他形で、変質してカオリンなどが灰を散らしたように散在しているため、混った色を呈している。又カリ長石には、有色鉱物の小結晶がポイキリティックに含まれている。普通角閃石は褐色～緑褐色を呈し、半自形長柱状をなす（最大2 mm）。黒雲母は葉片状をなし、その大きさ0.3～0.5%である。角閃石と同じように部分的に緑泥石化している。輝石には斜方輝石と単斜輝石が認められ、前者は淡褐色を呈し、弱い多色性がある。黒雲母と連晶をなす場合がある。単斜輝石は淡緑色の結晶で、短柱状をなして産する。この岩石には、この外、最大2 mmに達する大型のくさび石が特徴的に含まれている。

このグループに属するものとして、閃長斑岩を挙げることが出来る。この岩石は、ディンガラソ近くの小沢の転石として認めたもので、その産状はよくわからないが、小規模の岩脈をなすと考えられる。岩質はモンゾニ岩に比し、細粒で斑状組織を示し、石基が桃色を呈するので全体が帯桃灰色にみえる。

顕微鏡的には、大きさが5 mm以下の斜長石と2 mm以下の単斜輝石から成る斑晶が、アルカリ長石・単斜輝石・磁鉄鉱・チタン鉄鉱・黒雲母・燐灰石で構成される石基中にやゝ多量含まれている。鉱物組合せから、この岩石はモンゾニ岩より若干塩基性と考えられる。

1-3-5-3 花崗閃緑岩～花崗岩

本岩は、シェラマドレ山岳地帯に大岩脈をなして分布している。一般的特徴として、灰白色の中粒～粗粒の粒状組織をもち、上述した閃緑岩類に比して、石英が多いことがあげられる。

主成分鉱物は、石英・カリ長石・斜長石・角閃石、副成分鉱物・二次鉱物として、磁鉄鉱・緑泥石・緑簾石・方解石などがある。

斜長石は自形～半自形で、アルバイト双晶をしている。累帯構造もしばしば認められる。成分的には曹灰長石に相当し、変質して白雲・カオリナイト・方解石・緑簾石が生じている。正長石は半自形又は他形を示し、一部にパーサイト構造がみられる。モンソナイト中のそれと同様、カオリンや絹雲母などの変質鉱物が塵状に生じている。石英は他形をなし、量的には25%位含まれている。有色鉱物は角閃石のみで全体の10%以下であり、変質して緑泥石・緑簾石などを生じている。

1-4 閃緑岩類の化学組成

前節で述べたように、調査地域内の閃緑岩類は顕微鏡的に3つに大別することが出来るが、それらの化学成分上の特徴をみるため、代表的岩石5箇を選んで化学分析を行った。ここでは、1974年のミンダナオ東部地区(第三年次)の石英閃緑岩の分析値も合せて検討した。

1-4-1 分析試料

分析試料はコルディレラセントラルから1箇、カラバロから2箇、シェラマドレから2箇採取されたが、すべて新鮮な岩石である。箇々の試料の特徴は次の通りである。

C-5D ベネン河の微閃緑岩、この岩体はタウィタウィ鉱床に密接な関係をもつ貫入岩と推定される。

B-34 ドバックスパソリスの南西縁部の斑斨岩相。このパソリスは花崗閃緑岩相から斑斨岩相まで変化するが、その内の塩基性のもので、結晶片岩と接している。

B-93 スロング川上流のモンゾニ岩。この岩体に接してAu 鉱床があり、後述するようなMo の地化学異常が岩体内で得られている。

PA-14 シェラマドレとカラバロ両山岳地帯が会合する付近の褶曲帯に貫入した石英閃緑岩。

A-200 シェラマドレ山岳地帯には、コルディレラセントラルと違って、大規模のポーフリーカッパー鉱床は知られていない。

D-5-52 ミンダナオ東部のビスリグ地区に分布する石英閃緑岩。この岩体はポーフリーカッパー型鉱化作用を伴っており、当試料はNa 5ボーリングの深度52 mで得られたものである。変質はあまり受けていない。

1-4-2 分析結果

6試料の分析結果をTable I-2に、これらから算出したノルム鉱物の重量%をTable I-3に示す。

1-4-3 結果と考察

各岩石のノルムを国際地学連合火成岩分類委員会案(1973)のノルム石英-斜長石-アルカリ長石系ダイアグラムにプロットしたものをFig I-1に示す。又アルカリ含有量とSiO₂との関係をFig I-2に、FeO^{*註}/MgOとSiO₂又はFeO^{*}の関係図をFig I-3 A・Bに示した。

これらの図表から次の事が云える。

C-5D この岩石のSiO₂の値は塩基性岩(SiO₂ 45%~52%)の範囲に入り、牛来(1973)の玄武岩の分類によるC₂(島弧-陸弧帯の高アルカリ質ソレイト)とC₃(アルカリ玄武岩)の境界付近にプロットされる。ノルムに橄欖石と少量の霞石を含むので、この岩石は、アルカリ・橄欖石玄武岩マグマ型に属する。Fig I-1ではモンゾニ岩の領域にはいる。

註 FeO^{*}: FeOとして計算した全鉄量

Table I-2 Chemical composition of the dioritic rocks

Sample No.	C-5D	B-34	B-93	PA-14	A-200	D-5-52
SiO ₂	49.03	51.46	51.64	54.98	75.15	64.34
TiO ₂	0.55	0.85	0.92	0.71	0.58	0.50
Al ₂ O ₃	19.56	18.72	19.10	16.89	11.72	15.71
Fe ₂ O ₃	1.95	3.87	2.04	5.07	1.68	1.88
FeO	4.44	5.83	2.70	2.66	1.12	3.34
MnO	0.15	0.18	0.03	0.01	0.02	0.07
CaO	11.62	11.11	7.93	9.23	4.30	3.92
Na ₂ O	3.23	1.98	3.40	3.86	3.51	3.91
K ₂ O	1.09	0.53	3.97	0.94	0.50	1.09
P ₂ O ₅	0.07	0.07	0.03	0.05	0.02	0.18
H ₂ O(+)	2.25	0.23	2.92	0.69	0.60	2.24
H ₂ O(-)	0.34	0.11	0.80	0.20	0.27	0.14
Total	99.92	100.61	99.33	100.55	100.47	99.90
FeO*	6.19	9.31	4.54	7.22	2.63	5.03
FeO*/MoO	1.10	1.64	1.18	1.37	2.63	1.95
Na ₂ O+K ₂ O	4.32	2.51	7.36	4.80	4.01	5.00

Table I-3 Normative constituents of the dioritic rocks

Sample No.	C-5D	B-34	B-93	PA-14	A-200	D-5-52
Quartz	-	5.71	-	5.65	43.48	23.60
Corundum	-	-	-	-	-	0.92
Orthoclase	6.68	3.34	23.37	5.57	2.78	6.68
Albite	19.92	16.78	24.64	32.51	29.89	33.03
Anorthite	35.60	40.32	25.03	26.14	14.74	19.47
Nepheline	3.98	-	2.27	-	-	-
Diopside	17.70	9.96	10.44	15.37	5.20	-
Hypersthene	-	15.00	-	-	-	9.60
Forsterite	5.63	-	3.52	-	-	-
Fayalite	2.65	-	0.81	-	-	-
Magnetite	2.78	5.56	3.01	6.28	2.08	2.78
Ilmenite	1.06	1.67	1.82	1.37	1.06	0.91
Hematite	-	-	-	0.64	0.32	-
Quartz	-	8.63	-	8.09	47.84	28.51
Alkali-feldspar	42.77	30.42	65.73	54.50	35.94	47.97
Plagioclase	57.23	60.95	34.27	37.41	16.22	23.52

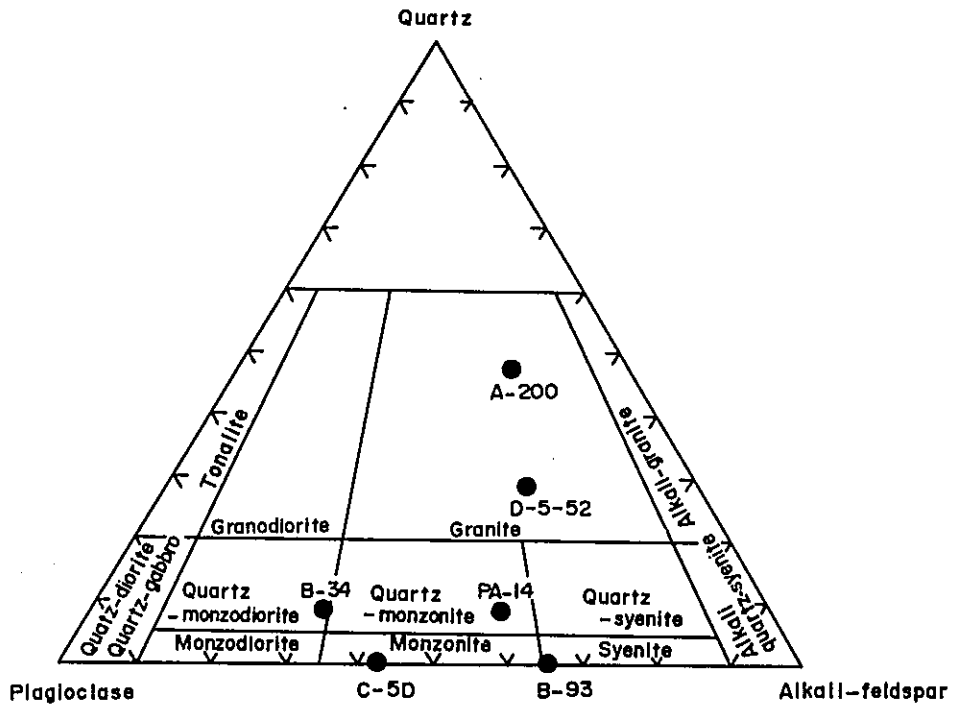


Fig. I-1 Normative quartz-plagioclase-alkali-feldspar diagram

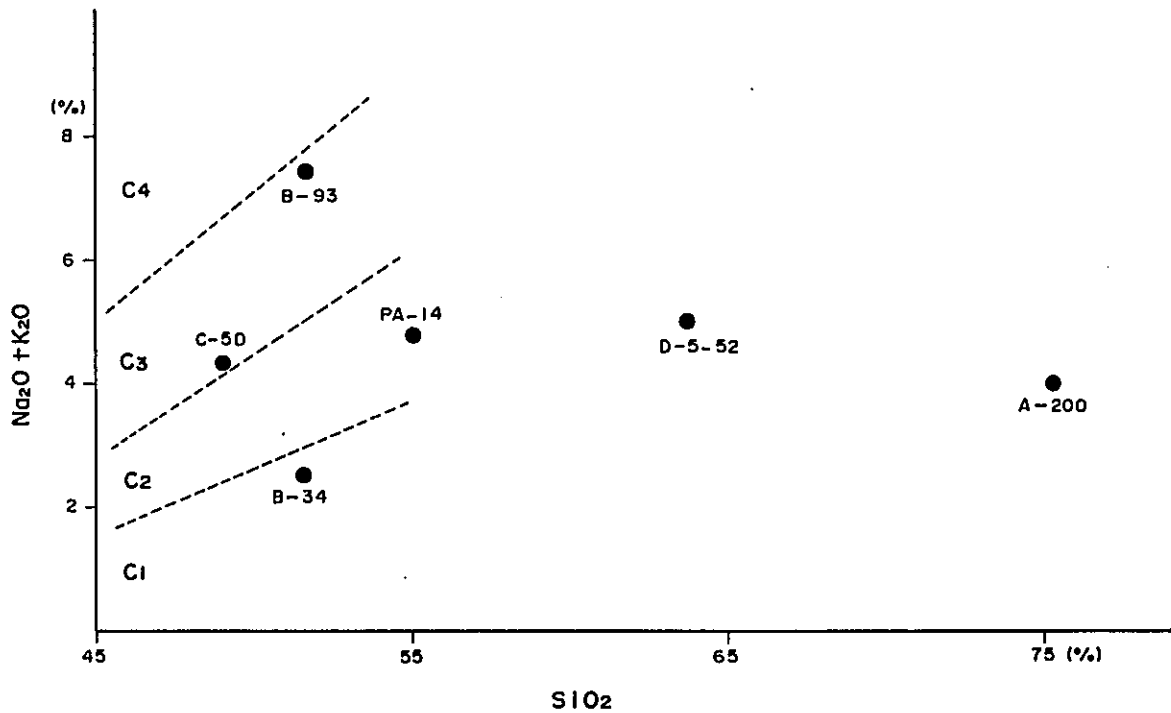


Fig. I-2 Alkali contents of the dioritic rocks

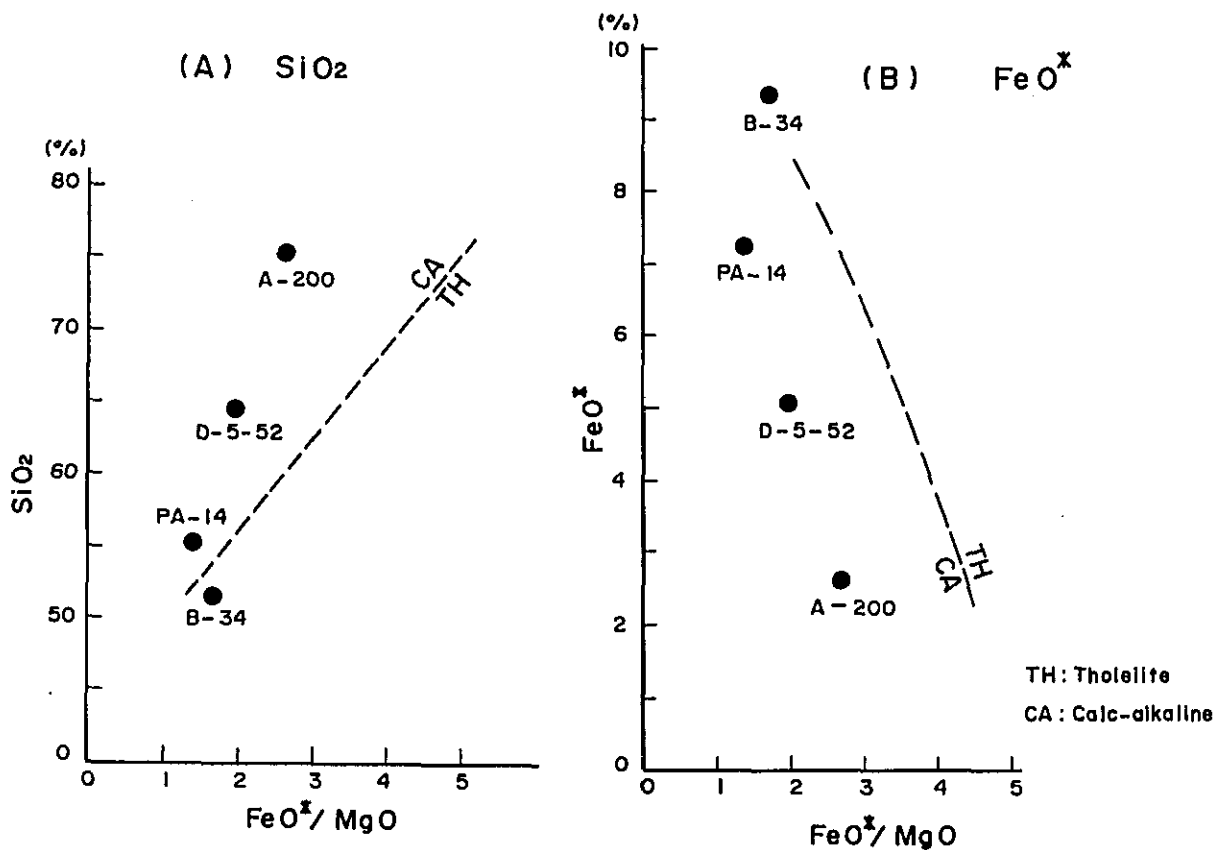


Fig.1-3 Chemical components plotted against Fe^*/MgO of the dioritic rocks

B-34 SiO_2 の値は中性岩 (SiO_2 52~66%)に近い塩基性岩である。Fig I-3 A・B にプロットすると、いずれもソレライト系列の領域にはいり、牛来の C_1 (島弧-陸弧帯の低アルカリ質ソレライト) 領域内である。花崗岩質深成岩類の分類では、石英モンソ=閃緑岩に相当する。

B-93 SiO_2 の値は、中性岩に近い塩基性岩である。Fig I-2 には、 C_3 と C_4 (強アルカリ塩基性岩) の境界付近にプロットされる。C-5D 同様ノルムに橄欖石と少量の霞石を含むので、この岩石はアルカリ・橄欖石玄武岩マグマ型に属している。Fig I-1 のダイアグラムでは、モンソ=岩と閃長岩の境界付近にプロットされる。

PA-14 SiO_2 の値は中性岩を示している。 $SiO_2 \cdot FeO^*$ ともカルクアルカリ岩系の領域にプロットされ、牛来の C_2 の範囲にはいる。分類では、石英モンソ=岩になる。

A-200 SiO_2 の値からは、明らかに酸性岩 (SiO_2 66%以上) である。この岩石の特徴は SiO_2 の値に比して、 K_2O が極めて少ない点にある。Table I-4 はこの岩石とほぼ同じ SiO_2 を有する日本の花崗岩の平均値 (荒牧他 1972) と Daly による世界の花崗岩 546 箇の平均値を示したものである。

この表を比較検討すると、A-200 は外より、 Al_2O_3 がやゝ少なく、 CaO に富み、 K_2O が乏し

い事がわかる。この事は、この岩石がトロニウム岩的鉱物組成を持つ花崗岩であることを意味している。

Table I-4 Chemical composition of the granitic rocks

Sample No.	A-200	Aramaki	Aramaki	Aramaki	Daly
SiO ₂	75.48	77.24	75.45	73.55	70.91
TiO ₂	0.58	0.06	0.14	0.23	0.39
Al ₂ O ₃	11.77	13.10	13.66	14.20	14.62
Fe ₂ O ₃	1.69	0.42	0.59	0.76	1.59
FeO	1.12	0.44	0.93	1.42	1.80
MnO	0.02	0.03	0.04	0.05	0.12
MgO	1.00	0.00	0.20	0.55	0.89
CaO	4.32	0.52	1.18	1.84	2.01
Na ₂ O	3.52	4.00	3.91	3.82	3.52
K ₂ O	0.50	4.21	3.90	3.59	4.15
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

D-5-52 SiO₂ の値は、酸性岩に近い中性岩を示している。分類では花崗岩の領域にプロットされる。

以上まとめると次表のようになる。

Table I-5 Features of the dioritic rocks in the survey area

Sample No.	Name after I. U. G. S.	Rock series	K/Ar age	Remarks
C-5D	Monzonite	Alkali-olivine basaltic	27 ^{MY}	
B-93	Syenite	do.	26	
B-34	Quartz-monzodiorite	Tholeiitic	25	
PA-14	Quartz-monzonite	Calc-alkalic	49	
A-200	Granite	do.	43	
D-5-52	Granite	do.	149	

以上調査地域内に分布する閃緑岩類の化学組成について略記したが、これらのデータから次のような傾向が指摘できる*

1. 閃緑岩類には、a) アルカリ・橄欖石玄武岩系、b) ソレライト岩系、c) カルクアルカリ岩系の3系列があり、その分布地域は大略a) →コルディレラセントラルとカラパロ北部地区(モンソニ岩～閃長岩)、b) →カラパロ地区(石英モンソニ閃緑岩～石英モンソニ岩)、c) →ジェラマドレ地区(花崗岩)と考えられる。

2. 現在開発中のポーフリー・銅型タウウィ鉱床と、後述するソロング河のMoの顕著な地化学異常帯は、a)の岩系に関係している。

3. 大規模なポーフリー・銅鉱床がコルディレラセントラルに集中し、ジェラマドレに発見されていない(Fig I-6 参照)のは、上記岩系の違いによるのかも知れない。

フィリピンにおいては、この種の鉱床に関係する貫入岩の化学組成についての研究が少ないが、北米大陸では古くから研究が行なわれている。それによると、鉱床に関係する貫入岩は、ユタ州のビンガムを除いてほとんどがカルクアルカリ岩系の領域を占めている。(Fig I-4 参照)。

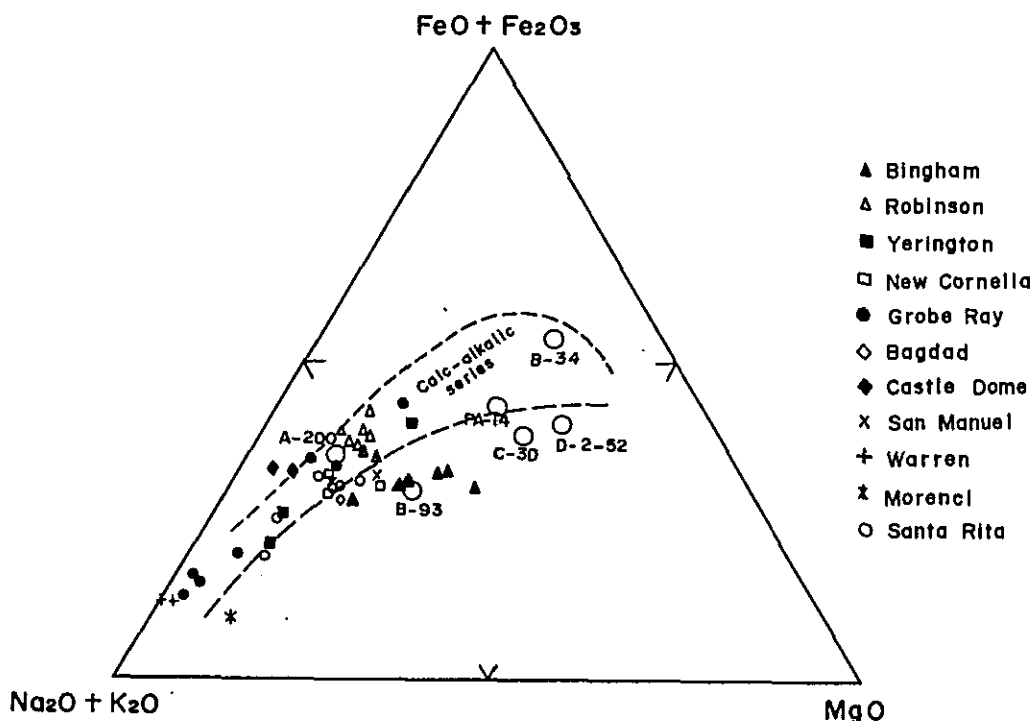


Fig. I-4 MFA diagram of intrusive rocks

この事実は、前述した調査地域の閃緑岩類の傾向と相反している。この問題は本源マグマに及ぶ重要な問題であり、今後の鉱床探査に大きな影響を与えると思われるので、第二年次以降更に詳しい検討が望ましい。

* しかし資料数が少ないので、二年次以降追加して考察を深めたい。

1-5 火成岩の貫入時期

付録の Table 2 に示されるように、調査地域内の閃緑岩類の K/Ar 年代は、明瞭に 3 つの時期に分れている。すなわち最初の I 期は $43 \sim 49 \times 10^6$ 年前(始新世)、次の II 期は $25 \sim 33 \times 10^6$ 年前(漸新世)、最後の III 期は $6 \sim 10 \times 10^6$ 年前(中新世末)である。

Fig 3 に示すように、この内第 I 期のグループは、東側のシェラマドレ山脈を構成する花崗岩質岩類、第 II 期は中央部のドボックス～ソロング河の閃緑岩質岩類、第 III 期のグループは、西側の石英安山岩脈で、東側から西側に向かって年代が若くなっていることがわかる。

前述のように、鉱床に係するアグノバソリスの貫入時期は、 $9.7 \sim 14.8 \times 10^6$ 年前と測定されている (Wolf 1970) が、これは上記の第 III 期に最も近い数字である。カラバロ山脈の火成岩の貫入時期に関するデータが得られなかったのが惜しまれるが、全体的傾向からみると、調査地域内では、アグノバソリスと同時期の火成岩の活動は、コルディレラセントラルに限られる可能性が強い。

1-6 地質構造及び地史

1-6-1 地質構造

北部ルソンの地形的特徴は、前述のように、N-S 方向に伸びた巾の広いカガヤン溪谷を中心として、東側にシェラマドレ山脈、西側にコルディレラセントラルがそびえている事であるが、調査地域内では、これらの両山脈をつなぐように NW-SE 方向のカラバロ山脈が走っている。このような地形的特徴は、地質構造を非常によく反映している。

PL I-8 は、調査地域に分布する岩石を、基盤岩類 (B.C.)、カラバロ層群 (CG-I, -II, -III)、新期堆積岩類の 3 群に大別し、それらの地質構造を多少模式化して示したものである。

基盤岩類と超塩基性岩から成る隆起帯は、この地域の南端ディンガラン付近から、東海岸に沿って海中を北上し、調査地の北端をかすめて、ディヴィラカン (Divilacan) 湾まで細長く連続している。又超塩基性岩は認められないが、基盤岩類は、フィリピン断層に接しても点在するので、断層に沿う NNW-SSE 方向の隆起帯が想定され、全体としては北に向かって U 字形をなす隆起が考えられる。シェラマドレ及びカラバロの両山脈は、この基盤岩類の内側にそびえていることになる。カガヤン溪谷の堆積盆は、この U 字形の隆起帯に囲まれており北に向かってその深度を増すが調査地域の北側で既に深度 1,000 m 以上に及ぶことが空中磁気探査結果から推定できる。基盤岩類はこの外パレルの西北西約 25 Km のバリントゴン (Balintogon) 河上流にも、小規模露出が推定される。

カラバロ層群は、基盤岩類を不整合に覆って、U 字形に分布すると推定される基盤岩類の内側に分布するが、その構造は基盤岩の構造と調和しているようである。すなわち、シェラマドレ山脈では NE-SW の方向の走向を示し、北へ緩傾斜 ($20^\circ \sim 30^\circ ?$) し、他方カラバロ山脈からドボックス・パンパン地域では、NW-SE 方向が卓越している。この走向の屈曲点は、新期堆

積岩類に覆われて明らかでないが、恐らく基盤岩同様北側に向かってU字形をなす構造を示すのであろう。

基盤岩とカラパロ層群の構造は、空中磁気探査からもかなり情報が得られている。PLIII-3は、海面下約1,000m付近の磁気図であるが、シェラマドレでは山脉にほぼ一致するNE-SW方向の磁気異常帯があり、カラパロ山脈からドボックス・バンバン地域にかけては、NW-SE系の磁気異常がみられ、U字形構造を暗示している。同図の中央部が弱磁性を示しているのは、堆積盆を示しているものと推定される。

次に調査地域の北西部のサンタフェ河に沿って、NNE-SSW系の断層が考えられるが、この断層の西側では、NE-SW系の構造が発達していて、前述のNW-SE系と調和しない。これは、断層運動によるとみるより、層序的にみて、北側に向かって凸字形をなす褶曲構造の一部をなすと考えた方が説明し易い。

この断層の西延長は、フィリピン断層から分岐するNNW-SSE方向の大構造線に切断されるが、この大構造線の西側では、タウィタウィ鉱床付近に小規模なドーム構造が確認された以外は不明の点が多い。ここではバンバン河で観察されるE-W系の走向は局部的とみて、全体的にはN-S系の構造を示すと考えておきたい。

以上のように、この地域は、コルデラセントラルを含めて、北側に向かってU字形構造を示すが、第四紀の火山錐や火山岩栓の配列も、この構造に支配されている。サンタフェ河沿い、カラングラン、ディタリィ河上流の輝石安山岩がそれである。Luis Santos-Yñigo(1966)が指摘したように、北部ルソン全体としては、内側火山弧は、コルデラセントラルやカラパロ山脈を造る酸性～中性の深成岩帯の東に沿って分布し、シェラマドレでは西側に位置している。

フィリピンの大構造線については、Smith and Maso(1924)、Alcaraz(1947)、Irving(1951)、Teves(1955)、Gervasio(1966)等が論じているが、この内当地域に関連あるものは、北ルソンの基部を横断するリングエン(Lingayen)～ディンガラン構造線、北部ルソンの東の沖合を走る北部ルソン沖合構造線である。後者は、海深の急激の変化からその位置を推定することが出来るが、前者については、過去において2～3議論がなされた。

すなわち、ディンガランを通るNW-SE方向の大構造線は、リサル(Rizal)付近で分岐し、一本はそのまゝ進んでリングエンへ、他方はNNWに方向を転じ、コルデラセントラルに沿って北上している。前者が、山岳地帯と平野部を分かつ明瞭な地形上の特徴をもつのに対し、後者は平行又は雁行する断層の集りで、地形的特徴も少なく、断層による大きな転移を示す地質的又は磁氣的証拠が得られなかった。従って、Allen(1962)の指摘にもかかわらず、この構造線は、フィリピン断層ではなく、多少の「水平ずれ」を含む断層帯と考えられる方がよいように思われる。結論的には、Hashimoto & Sato(1970)のように、フィリピン断層帯の延長は、この断層が認識された初期の考え通り、リングエン～ディンガラン線と考えられる。

空中写真判読によれば、上記の二大構造線の外、各所に構造線があるが、その地域の主構造を

切るものは延長性を欠き、平行するものほど連続性に富む傾向がある。換言すれば、構造線は凹字構造に平行して、東側でNE-S E系が卓越している。この内、断層の落差が推定できたものは、サンルイス (San Luis) 付近で交わるように見えるNW-SE系の2断層に挟まれたブロックで、磁気探査より、その落差は約 2,000 m と考えられる。又リサル付近の、フィリピン断層の南側平野部で、深度約 1,500 m の位置に、閃緑岩類様の磁性体が検出されている。この深さが落下前の地表面を示すと仮定すると、この付近でのフィリピン断層の垂直方向の移動差は約 2,000 m と推定される。

1-6-2 地 史

本地域の基盤をなす古生層は、主として塩基性の溶岩を原岩とする緑色片岩から成る。Gervasio (1967)によると、これは古生代の地向斜に堆積したオフィオライト質岩やフリッシュ型堆積物が、二疊紀に生じた構造運動によって変成したものである。北部ルソンにおいては、現在のフィリピン海のルソン島沿岸部に古陸塊があったと推定されている。

本地域はその後陸化し、三疊紀まで堆積がみられないが、白亜紀に入ると、海没があり、先の古陸塊の西側に生じた南北方向に伸びる沈降域には、主として玄武岩～安山岩の火山活動が活発に行なわれ、その厚さが約 8,000 m に及ぶカラパロ層群が堆積した。溶岩流や火砕岩の分布から推定して、火山活動の中心は、西側のコルディラセントラル側に位置していたと考えられる。恐らくカラパロ層群が堆積を終了した白亜紀末に、東側地区では、超塩基性岩類の貫入が行なわれた。これらは、弧状をなす衝上断層線に規制されている。

北部コルディラセントラルには、厚い晩新世～始新世の巨礫礫岩層が知られていて、局所的な隆起運動があった事を示しているが、シェラマドレ地区でもこの時期に、古生層の分布する地帯の内側で隆起運動が起り、カルクアルカリ岩系の花崗岩の大岩脈の貫入が行なわれている。

漸新世にはいと、玄武岩又は安山岩質の火山活動が起こり、先の隆起運動によって生じた堆積盆を埋めながら、約 1,000 m の厚さをもつマンバラン層群が堆積した。当時の堆積環境は、陸成又は浅海性と推定され、最後には、石灰岩の厚層が沈積している。この頃西側のドバックス付近では、緩慢な隆起があり、アルカリ橄欖石玄武岩系又はソレライト岩系の閃緑岩～モンゾニ岩が貫入した。この時期の閃緑岩類が、タウィタウィ鉱床 (ポーフイリーカッパー型) をもたらしたと考えられる。

その後中新世になると、地域全般に海退が続いたので、局所的な石灰岩の沈積を除いて、ほとんど堆積が行なわれていない。中新世後期には、西部地域で隆起運動が活発に行なわれた。N-S 方向の断裂帯が形成されたのは、恐らくこの時期であろう。フィリピン断層は、第三紀初期から現在に至るまで運動を続けている (King et al. 1949) と云われているが、こゝでは、中新世後期の運動が最も顕著である。地域内では、この時期に石英安山岩の小規模岩脈群が貫入しているだけで、閃緑岩類の貫入は発見出来なかったが、アグノバソリスはこの期のものと云われている。マトツ河のモラッセは、この隆起運動に関連して生じたものである。

その後地域全体の上昇が続いたが、マデラ付近は浅海性の堆積盆地があり、泥岩・砂岩及びその互層が沈積している。

鮮新世～第四紀には、局部的な変動と安山岩の貫入があって、パンタバガンのモラッセ堆積や、U字形構造の内側に、円錐状火山を形成している。

第2章 鉍 床

2-1 概 説

調査地域の西側のコルディラセントラルは、既述のように、新第三紀の造山運動によって生じた地背斜構造をなすが、この軸部に沿って中新世の閃緑岩質探成岩の貫入がある。フィリピンではトレド (Toledo) 鉍山を始め8つのポーフィリーカッパー鉍山が稼行中であるが、コルディラセントラルには、この内の4鉍山があり、更に近く新らしい鉍山がスタートする予定である。

この4鉍山は、ボネン (Boneng)・サントニーニョ (Santo Niño) , ブラックマウンティン (Black Mountains) , フィレックス (Philex) で、いずれもアグノバソリス (Agno batholith) の西側周辺近くに分布している (Schafer, 1956)。Gervasio (1967) によれば、アグノバソリスは比較的粗粒で、黒雲母石英閃緑岩～角閃石石英閃緑岩に相当するものである。この地帯の鉍化帯の特徴として、母岩が激しく破砕されていることと、変質帯は通常最低次の3帯に分けられることが挙げられている。

1. 外側……………粘土化変質帯
2. 中間……………部分的に珪化又は粘土質黄鉄鉍化変質帯
3. 内側……………黒雲母化—緑泥石化—珪化変質帯—大部分のCuがこの帯に濃集している。

構成鉍物は、他の地域のポーフィリーカッパー型と同様、黄銅鉍・黄鉄鉍が主で、局部的に藍銅鉍・輝銅鉍・コペリン・輝水鉛鉍又は磁鉄鉍を伴う。

一方金鉍床については、バギオ市を中心として数多くの鉍山が知られており、その歴史は古く、ポーフィリーカッパー鉍床が発見されるまでは、この地域は産金地として有名であった。代表的鉍山としてFig I-6に示すように、バギオゴールド (Baguio gold) 外がある。

このように、アグノバソリスの西側には、大規模なポーフィリーカッパー鉍床や金鉍床が多数存在するので、バソリスの東側に位置する調査地域内には、新しい鉍床胚胎の可能性が高いと期待されていた。

2-2 鉍 化 帯

この地域における鉍兆については、鉍山局でまとめた未発表の資料があるが、今回の調査で目撃した鉍化帯は次の通りである。

2-2-1 ボロ (Bolo) 川鉍化帯

この鉍化帯は、アグノ河の一支流ボロ川の南岸沿いにみられる。この鉍化帯の露頭は巾 80 m あり、上部は第四紀の砂礫層に覆われている。原岩は強度の絹雲母化と珪化作用を受けて明瞭でないが、周辺の地質から閃緑岩～モンソニ岩と思われる。鉍石鉍物は黄銅鉍—黄鉄鉍から成り、

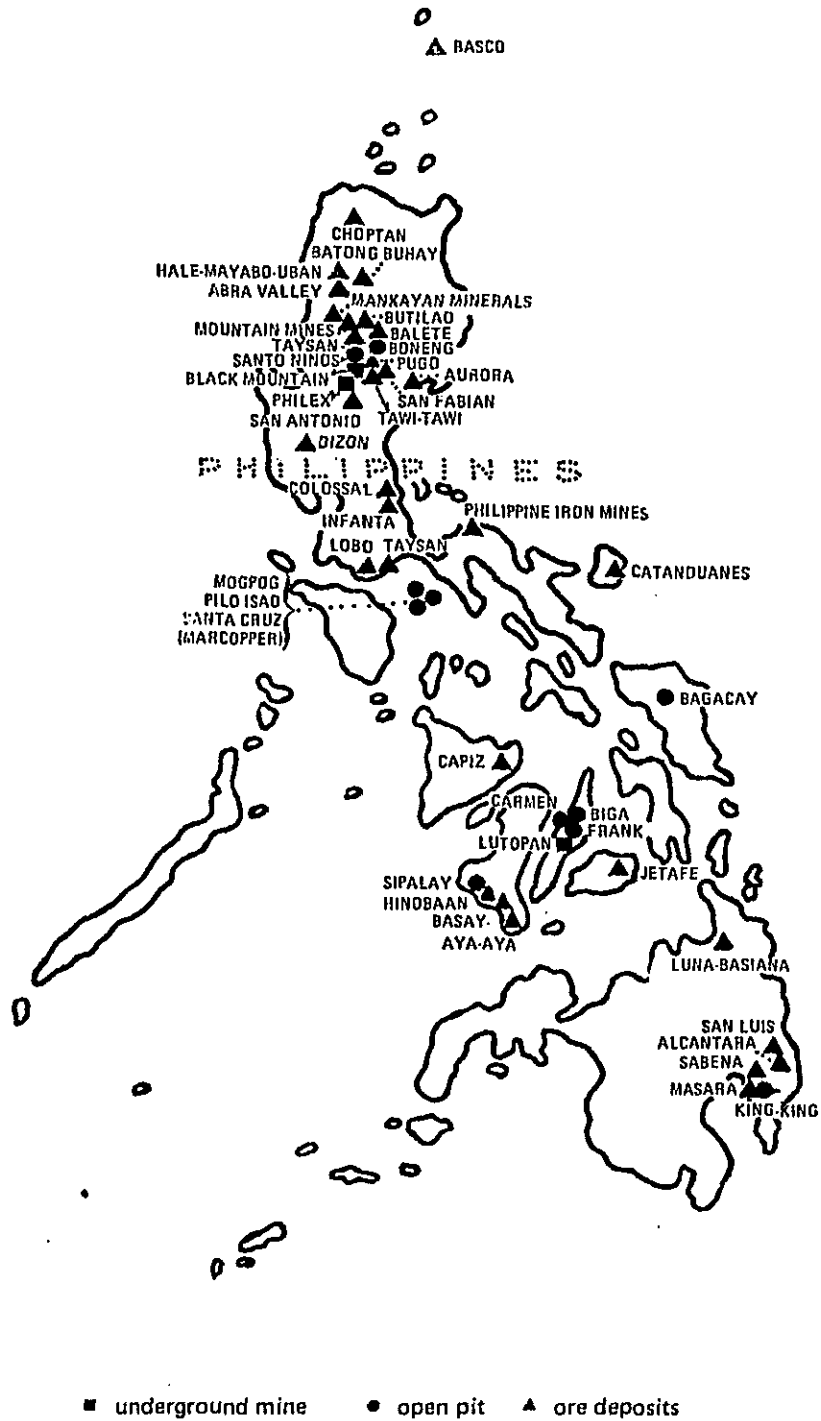


Fig. I-5 Location map of porphyry copper deposits, Philippines
 after D.H. Almogera (1974)

Table I-6 Locality and names, ore reserves in tons, grades in percent copper, and daily production of porphyry copper prospects and mines in the Philippines

Locality	Name of Mines or Prospects	Reserves, Tons	Copper, Percent	Tons per Day Milled or Remarks
NORTHERN LUZON				
Central Cordillera				
Benguet	Boneng-Lobo	98,305,605	0.48	10,000
Benguet	Sta. Nino	53,119,915	0.35	4,500
Benguet	Black Mountain	25,917,550	0.47	2,700
Benguet	Philex Mines	121,079,544	0.466	16,000
Kalinga-Apayao	Batong Buhay	60,120,000	0.702	Explored Deposit
Benguet	San Antonio	28,100,000	0.50	Under Exploration
Ilocos Sur-Abra	Hale-Mayabo	45,350,000	0.50	Under Exploration
Isabela	Cordon	50,000,000	0.35-1.70	Under Exploration
Abra	Abra	Unknown	---	Under Exploration
Kalinga-Apayao	Butilao	30,000,000	0.60	Under Exploration
Kalinga-Apayao	Mountain Mines	Unknown	---	Under Exploration
Benguet	Pugo Mines	Unknown	---	Under Exploration
Benguet	Tawi-Tawi	176,000,000	0.393	Under Exploration
Total Proven and Probable Ore Reserves		678,992,614		
CENTRAL LUZON				
Zambales Range				
Zambales	Dizon	56,667,800	0.45	Explored Deposit
SOUTHERN LUZON				
Batangas area				
Batangas	Taysan	60,000,000	0.38	Explored Deposit
Paracale-Quezon District				
Camarines Norte	Philippine Iron Mines	17,000,000	0.56	Under Exploration
Quezon	Colossal	100,000,000	0.42	Under Exploration
MARINDUQUE				
Marinduque	Marcopper Mining Corporation	101,500,000 ¹	0.64	21,000
		6,000,000 ²	0.53	
Marinduque	Ino-Capayang	75,187,861	0.61	Explored Deposit
Total Proven and Probable Ore Reserves		359,687,861		
CENTRAL PHILIPPINES				
Cebu District				
Toledo, Cebu	Atlas Consolidated Mining & Development Corp.	697,528,000	0.47	70,000
Toledo, Cebu	Carmen ore body of Atlas	267,000,000	0.44	Explored Deposit
Negros Island				
Negros Occidental	Sipalay Mines of Marinduque Mining and Indus. Corp.	342,021,000	0.521	12,000
Negros Occidental	Hinobaan	98,000,000	0.5	Explored Deposit
Negros Oriental	CDCP Mining Corp.	64,000,000	0.56	Explored Deposit
Negros Oriental	Sipalay Mining and Exploration Co.	30,000,000	0.5	Under Exploration
Total Proven and Probable Ore Reserves		1,480,549,000		
MINDANAO				
Davao				
Davao del Norte	Apex Exploration & Mining Co.	27,500,000	0.39-0.53	2,500
Davao del Norte	King-King	45,000,000	0.5	Explored Deposit
Tagbura, Davao del Norte	Sabena Mining Corporation	8,377,356	0.632	Under Exploration
Kalamatan, Davao del Norte	Sabena Mining Corporation	12,700,000	0.383	Under Exploration
Davao del Norte	Alcantara	Unknown	---	Under Exploration
Davao del Norte	San Luis Mining	Unknown	---	Under Exploration
Davao	Semar Mining Corporation	44,230,000	0.445	Under Exploration
Cabadbaran, Agusan	Luna-Basiana Mining Company	80,707,700	0.293	Explored Deposit
Total Proven and Probable Ore Reserves		218,515,456		

¹ Sulphide. ² Oxide

珪化した岩石中に鉍染状フィルム状又は網状に発達している。銅の二次鉍物として、孔雀石・胆礬等が産出している。

この露頭の分析値は良好部の5mでAu 0.5 g/T Ag 20 g/T Cu 0.17% Mo 0.02% S 0.50%であった。

この鉍化帯は、現在タウィタウィプロジェクト (Tawi Tawi Project) として探鉍中のポーフィリー銅鉍床の北端に当たり、調査地域内では最良のものである。

2-2-2 ベネン (Benneng) 川鉍化帯

前記のタウィタウィ鉍床帯の南側を取り囲むように、アグノ河支流ベネンが流れているが、こゝには、微閃緑岩の岩株が玄武岩質溶岩又は火砕岩中に所々貫入し、鉍化帯をもたらしている。その規模は、ボロ川鉍化帯ほど大きくない。

一番上流の鉍化帯は、自破砕玄武岩溶岩中に閃緑斑岩がN20Eの方向に幾条にも貫入し、その付近一帯が強度の珪化変質を受けている。珪化帯の巾は約700mあるが、不毛で、黄鉄鉍の鉍染が僅かに認められるに過ぎない。この斑岩の両側付近には、巾5cm程度の石英脈が不規則に発達し、黄銅鉍・閃亜鉛鉍・黄鉄鉍の微粒が少量含まれることがある。

ベネン川中流及び下流では、緑簾石-石英脈又は粘土脈が網状に発達し、場所によってはCu 0.10% S 5.20%の黄銅鉍染を見るが、概して母岩は新鮮であって、鉍化作用は、こゝまで強くは及んでいないと考えられる。

2-2-3 マパヤオ (Mapayao) 川鉍化帯

サンタクルス (Santa Cruz) 河の支流マパヤオ川の上流に、強度の珪化作用を受けた中粒の閃緑岩が小規模に露出し孔雀石や藍銅鉍がき裂に沿って少量認められる。品位Au 0.6 g/T, Cu 0.64%, S 0.05%。

この鉍化帯の東延長上には、以前Cuの探掘が試みられたことがあり、又更に東では、試錐探鉍を実施して、800万トン (Cu 0.4%) の鉍量を確保しているとの情報が得られている。いずれもポーフィリー銅鉍型と思われる。

2-2-4 マアシン (Maasin) 川鉍化帯

マガット河の支流スロング川には、モンゾニ岩が広く分布するが、この岩体の西縁部にあたるマアシン川上流に、鉍化変質した斑状安山岩および安山岩質火山角礫岩が露出している。この露頭は巾10mあり、微粒の黄鉄鉍が鉍染状又は網脈状に発達し、極く少量の黄銅鉍を随伴している。母岩の変質作用として、珪化の外に絹雲母化とカオリナイト化が認められる。分析品位はAu < 0.2 g/T, Cu 0.13% S 2.01%であった。

スロング川の金鉍床については、現在企業で試錐探鉍が進められているが、現地の情報では、鉍床はモンゾニ岩周辺の火砕岩に鉍染する金鉍床で、微量の黄鉄鉍・閃亜鉛を伴っている。産状は脈状をなさず、凝灰岩中の割れ目に沿って粒状に鉍染している模様である。

その他の鉍兆としては、次の数箇所では黄鉄鉍鉍染帯が認められた。

1. サンタクルス河支流パアン川上流の閃緑岩岩脈中と、その周辺の安山岩溶岩中に見られる珪化を伴う黄鉄鉱・黄銅鉱の鉱染帯 (Cu < 0.1%)
2. マガット河支流のマパルヤオ (Mapalyao) 川中流における、泥岩・粗粒凝灰岩中の珪化を伴う黄鉄鉱鉱染帯
3. ドボックスの南東 7 Km 付近における花崗閃緑岩体中の黄鉄鉱鉱染帯
4. ディドヨン (Diduyon) 河の支流カムポテ (Campote) 川における、斑状安山岩中の黄鉄鉱鉱染帯 (Cu < 0.01% S 3.12%) この近傍に閃緑斑岩の岩脈があり、鉱化変質作用として、珪化・緑泥石化・絹雲母化が認められる。
5. スロング川下流の斑状安山岩中の黄鉄鉱鉱染帯。これは強粘土化 (絹雲母化) と強珪化を受けている (Au 0.3 g/T, Cu < 0.01%, S 6.49%)

以上本地域の鉱化作用および変質作用をまとめると、

1. 主な鉱化作用は、黄銅鉱を伴う黄鉄鉱の鉱染型で、閃緑岩類の貫入に関係があり、その周縁部か、接触部に近い火山岩類中に認められる。
2. 鉱化作用は、ドボックスのような大きな岩体の中心部には認められない。鉱量を確認又は獲得している既知鉱床では、閃緑岩類が小岩株状をなして貫入している。
3. 母岩の変質作用として、珪化・緑泥石化・絹雲母化が認められる。しかし、変質は小範囲に限られ、タウィタウィ鉱床のような、広範囲の変質は今回発見されなかった。

II 地化学調査

第1章 総 説

本年次の地化学概査は、地質調査と並行して行なわれた。地質調査のルートが、主として道路や河の主流に限られたため、地化学探査のサンプルも必然的にそれらの周辺に密集する結果となった。4班による1ヶ月の探査では、すべての水系をカバーすることが出来なかったため、この協力調査終了後、その一部に対してフィリピン鉱山局地質技師4名による補足探査が実施された。この報告書では、その際採取された167の試料も含めて解析してある。

この地域には、主としてポーフィリー-銅型鉱床の存在が予想されるので、採取した全サンプルにつき、Cu、Zn、Moの3成分の定量分析を行った。

その主な結果は次の通りである。

1. 調査地域内の8箇所においてCu、Zn、Moの地化学異常帯が検出された。いずれも閃緑岩類が貫入している箇所か、その存在が予想される箇所である。
2. 最良のCu、Zn、Moの異常帯は、現在開発中又は過去に試錐探鉱が行なわれた地区で得られた。
3. コンコンバレー-存びスrong河流域のCu又はMoの異常は、他と違って地域的広がりをもっている。これらは岩相の違いに幾分関係があると考えられるが、今後精査を行って、その原因を解明した方がよい。
4. カガヤン河上流の各支流のZn異常は、Cu・Moを伴わず、その異常域がマンバラン層の分布地域に限られるので、岩相の違いによる可能性が強い。

第2章 採試方法及び分析方法

2-1 採試方法

地化学探査用のサンプルは、原則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川砂とし、その採取箇所は、重要な情報が得られない本流を避け、小さな支流が選ばれた。乾期のため完全に干上っている川や、伏流して水のない箇所では、川の中央部から川砂が採取された。

サンプリングに際しては、誤差の要因となる有機質物質やバンク堆積物が混入しないよう、特に注意が払われ、又主な支流では、pHが測定された。

各地点で採取された10～20gのサンプルは、水を切った後、ビニール袋に入れ、風乾のためベースキャンプに送られた。

混乱を避けるため、各班はA B C Dの異った頭文字と、各班ごとの一連番号を使用した。この探査終了後釧山局で採取した補足サンプルには、Jの記号が使用された。

2-2 分析方法

現地では調整された全サンプルは、日本において分析されたが、Cu・Znの2成分については原子吸光法、Moについては比色法が用いられた。その方法は次の通りである。

2-2-1 原子吸光法

Cu・Znの試料分解法は、日本の地質調査所で使用されている方法が採られた。すなわち、

試料1gに濃硝酸5mlと過塩素酸3mlを加え、サンドバス上で白煙が上るまで加熱する。放冷後稀硝酸(1+2)5mlを加えて溶解し、水を加えながら全量を20mlに調整し、その濾液を原子吸光光度計で測定する。測定波長は、Cu：3247Å、Zn：2139Åである。

2-2-2 比色法

Moの定量は、I.L. Elliotの亜鉛ジチオール法の改良法によった。

試料0.25gに王水2ml、過塩素酸1ml、硫酸(1+1)2mlを加え、白煙が上るまで加熱する。放冷後稀硫酸を加えて加熱溶解し、比色管に移し入れて、これにアンモニア水2～3mlを加える。全量を10mlに稀釈し、水酸化鉄を沈澱除去した後、2mlを分取し、2.5%の塩化ヒドロキシアミン2mlを加え、軽く振とうする。次に1%の亜鉛ジチオール溶液0.5mlを加え、十分振とうした後標準系列と比色する。

第3章 結果の処理とその検討

3-1 分析データの処理

通常地化学探査の分析データは統計的に処理されるが、そのためには、探試密度が均一であることが前提となる。しかし、今回の探試箇所は、PLII-2に示すように、比較的道の発達した地区に密集し、中央部山岳地帯やシャラマドレ山岳地帯には非常に少なかった。従って、得られた1,168箇の分析データの度数分布が一応対数正規分布型を示しているとは云え、それらを統計的に処理することは問題があるように思われる。

前述のように、調査地域には花崗岩～閃緑岩類が広く分布し、堆積岩類も幾つかのグループに分けることが出来るが、含有量の平均後背値が、夫々において大きな差異が認められない（例ドボックス閃緑岩体 Cu 38 ppm, カシブ花崗閃緑岩体 Cu 73 ppm, 堆積岩類 Cu 47 ppm）ので、単純に高い方から全体の2.5%に相当する値 t をもってこの地域の地化学異常値とし、結果を PL II-1 に示した。又異常値が孤立すると全体の傾向がわからなくなるので、同図には全体の約10%に相当する値 t' と、特に高い数値として $2t$ をとり、多小模式化して記入してある。

このようにして定めた Cu・Zn・Mo 3成分の各々の含有量は次表の通りである。

Table II-1 Regional mean background and threshold values of stream sediment samples

	b	t'	t	$2t$	Remarks
Cu	50	112	175	350	Number of observations : 1,168
Zn	97	225	450	900	do
Mo	<2	2	5	10	do

b : mean background value

t' : 10%-value of total observations from the highest

t : threshold value

3-2 各異常帯の検討

付図Ⅱ-1で明らかのように、調査地域内で、川砂による地化学異常帯が数箇所検出された。その中には既知鉱床に関係があるとみられる異常や、全く関係を示さぬものもある。主な異常は次の通りである。

異常1. Cu・Zn・Mo

この異常はアグノ河の支流ボロ川の南岸の閃緑岩体中にあり、巾2Km以上広がっている。こゝでは、Cu 188～1,184 ppm(4箇)、Zn 1,018～1,446 ppm(2箇)、Mo 7～20 ppm(4箇)と云う、川砂としては非常に高い異常値が得られた。これは現在タウィタウィプロジェクトとして開発中の鉱床の北限に当たり、川岸でも強度の石英・絹雲母変質作用を受けた閃緑岩中に、黄銅鉱・くじゃく石が鉱染状又は網状に発達しているのが認められる。鉱化帯の中心部は調査を割愛したので、この異常の大きさや形状は不明であるが、調査地域内では最も顕著なものである。

異常2. Cu

この異常はサンタクルス河の支流マバヤオ川の上流にあり、玄武岩質安山岩を貫く岩株状の閃緑岩に関係している。こゝでも強度の珪化作用を伴う銅鉱染が認められ、以前採掘又は試錐探鉱が行われた。

異常値はCu 245～610 ppm(3箇)で比較的高いが、Zn・Moの含有量は共にtを上回るものではなく、平均後背値より若干高い値を示している。

異常3. Cu・Zn

この異常は、イムガン(Imugan)河の下流にあり、サンタクルス河との合流点まで約2Kmの西側支流から得られた。異常値はCu 1,819 ppm、Zn 944 ppm(1箇)を示し、Moを伴っていない。付近の岩石はやゝ粗粒の玄武岩から成り、局部的に蛇紋石化作用を受けている。特に鉱化変質を受けた転石もなく、隣接の枝沢にも異常が表われなかったので、この異常は非常に局所的なものと考えられる。

この異常3と異常2の中間で、サンタクルス河の東岸では、暗灰色の安山岩中に少量の黄銅鉱・黄鉄鉱の鉱染がみられ、2～3の小沢でCu・Moの値が少し高くなっている(Cu 130～205 ppm(2箇)、Mo 4～7 ppm(2箇))。これらは、異常3の延長とも考えられるので、今後の検討が望ましい。

異常4. Cu

この異常は、マラング河中流のサンフランシスコ(San Francisco)部落付近の小沢で得られ、Cu含有量が405 ppmと云う高い値を示している。この付近の露出状況が悪いので詳細は不明であるが、位置的にはドバックスパソリスの中心に当る。隣接する小沢にCuの異常が現われていないので、異常域は0.3 Km²以下の規模をもつと考えられる。

既存の資料によれば、ドバックとサンフランシスコの中間には鉱区があり、変質玄武岩と閃緑岩の接触部付近に発達する、少量のCuを伴う鉱染状又は網脈状の黄鉄鉱が認められている。

従ってこの異常も同タイプの鉍化作用によって生じたと考えられ、小規模の可能性が高い。

異常 5. Cu

カシブ川上流のコンコンバレー (Kongkong Valley) で、広範囲の Cu 異常が得られた。こゝでは、サンプルを採取したほとんど全ての沢で、Cu 含有量が t 値を上回っている。異常値は 175 ~ 245 ppm (12箇)、平均値は 191 ppm であり、Mo、Zn の異常を伴わない。この異常を示す流域の大きさは約 30 Km² である。

このコンコンバレーには、NW—SE 方向に伸張した閃緑岩の貫入があり、Cu 異常はこの岩体に密接な関係があると推定される。Cu の地化学的コントラスト (max/ t) が 1.4 と低いこと、異常の範囲が閃緑岩の分布と一致していること、その岩体の中では Cu 含有量があまり変化しないことなどから、この異常は、岩相の違いにある程度起因すると考えられるが、異常の範囲が広いので今後精査を行ってその原因を明らかにすることが望ましい。

カシブ川沿いには、この異常の外、カシブ部落の南東 6 Km と 12 Km の地点で、それぞれ Cu 異常 175 ~ 195 ppm (3箇)、185 ~ 210 ppm (3箇) が得られている。

異常 6. Mo

この異常は、コンコンバレーの東側に平行して流れるスrong河の上流にあり、岩株状をなすモンソニ岩体内の東側に表われている。こゝでの Mo 異常値は 5 ~ 16 ppm (22箇) で、その平均値は 97 ppm を示している。この異常域の大きさは、20 ~ 25 Km² と推定される。

前述のように、スrong川上流には、モンソニ岩周辺の火砕岩中に金鉍床が存在することが知られている。未発表資料によれば、その位置は、今回明らかになった Mo 異常帯の中にあることになる。この Au と Mo の相互関係は、鉍床の詳細がわからぬので不明であるが、ドボックス付近の閃緑岩体中に、輝水鉛鉍—黄鉄鉍細脈が報告されているので、Mo 異常は、これと同様、ポーフィリー—銅型 の鉍化作用に関係するものと考えられる。

この地域には、Cu・Zn の特に顕著な異常は得られなかったが、まとまった Mo 異常が現われたので、今後の追跡調査が望ましい。

異常 7. Zn

この異常は Zn 異常で、カガヤン河沿いに得られたものである。異常値は 486 ~ 793 ppm (8箇) に過ぎないが、ワング部落 (Bo. Wasig) 付近から 20 Km 上流まで、本流に注ぐほとんどの支流の川砂が、 t' (225 ppm) 以上の Zn 含有量を示している。この間の地質は、中新世初期マnpalang 層群の玄武岩質溶岩又は同質火砕岩から成立っており、Zn 含有量がカラパロ層群の分布する地域に入ると 324 ppm から 188 ppm に急激に低下することから、この Zn 異常は岩質の違いによるとみられる。

異常 8. Cu・Zn・Mo

この異常は、ジャラバシン (Diarabasin) 河上流にある。こゝでは Cu 186 ppm, Zn 870 ppm, Mo 6 ppm (1箇) のように 3 成分とも t 値を上回っている。しかし隣接する 3 つの沢に、491 ~

1,000 ppm のような Zn 異常が顕著に表われているにもかかわらず、Cu・Mo は共に低く、平均後背値以下であった。

このジャラバツン河沿いでは、輝石安山岩溶岩又は同質火砕岩が露出し、2～3箇所で弱い粘土化を伴う黄鉄鉱の鉱染が認められる。閃緑岩類はみられないが、こゝより数Km北方の海岸近くでは、石英閃緑岩に伴うCuの鉱化帯が報告されている。

III 空中磁気探査

第1章 総 説

本空中磁気探査は、第1年次フィリピン共和国ルソン島北東部地区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。

調査の結果、本調査地域を支配する地質主構造および線状構造の分布状況が明らかとなった。また、磁気異常を定量解析する事により、磁気異常岩体を帯磁率の面から分類し、岩石試料帯磁率測定結果との対比を行ない、本調査地域の鉱床に関係すると考えられている閃緑岩類の分布する可能性大なるゾーンが抽出された。これらのゾーンは主として調査地域北西部に分布しており、今後の精査が望まれる地域である。

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した。本地域は、ルソン島の北東部に位置し、調査地域の境界の緯度、経度は次の通り。

	緯度(北緯)	経度(東経)
A	16° 35'	120° 40'
B	16° 35'	121° 30'
C	16° 20'	121° 30'
D	16° 20'	121° 45'
E	16° 30'	121° 55'
F	16° 30'	122° 17.5'
G	16° 17.5'	122° 17.5'
H	16° 00'	122° 00'
I	16° 00'	121° 50'
J	15° 52.5'	121° 42.5'
K	15° 41.3'	121° 42.5'
L	15° 20'	121° 30'
M	15° 20'	121° 20'
N	16° 00'	120° 40'

2-2 調査期間

現地調査

先発隊 昭和50年1月4日～昭和50年3月20日

本隊 昭和50年1月16日～昭和50年3月20日

データ処理、解析

昭和50年3月21日～昭和50年10月31日

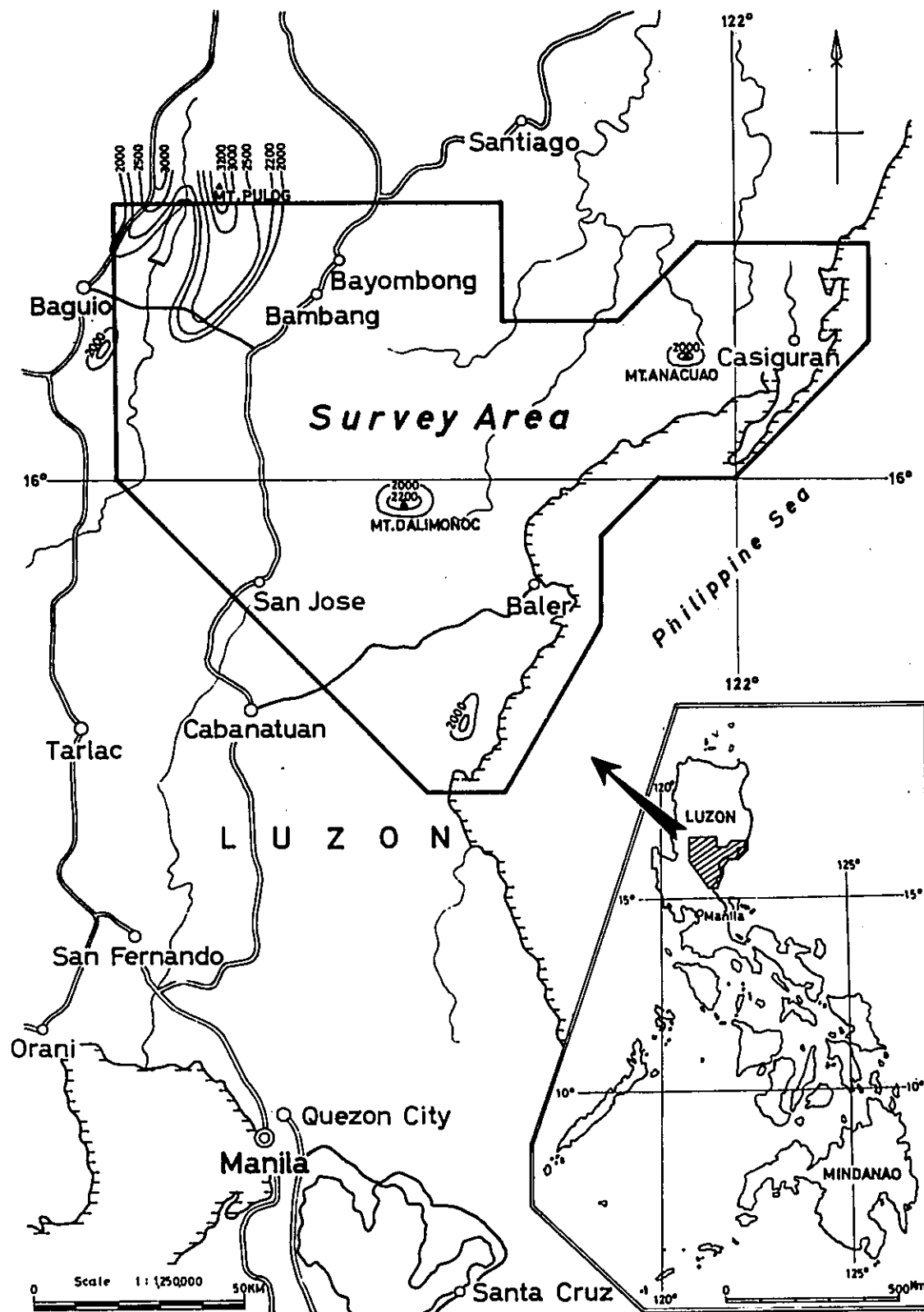
2-3 調査員

現地調査

吉沢 正夫 Federico E. Miranda

高橋 郁夫 Carol S. Samonte

立川 三郎 Arnulfo V. Cabantog



(contours indicate areas exceeding 2000M ASL)

Fig. III-1 Location map of Survey area

市川 元二	José N.	Almasco
坂崎 充	Benjamin	Cadawan
木村 庄三	Romeo L.	Almeda
藤川 保	Urbano	Polaganas
山中 敬		

データ処理, 解析

古川 雄也	Federico E.	Miranda
本間 一郎	Arnulfo V.	Cabantog
田村 芳雄		
野村 拳一		
吉沢 正夫		
鎌田 治朗		
高橋 郁夫		
立川 三郎		

2-4 調査仕様

本調査に関連する現地作業の仕様は次の通りである。

飛行基地 ニコラス飛行基地 (Nicholas Airbase)

(マニラ国際空港, Manila International Airport)

日変化観測地 バヨンボン, ニエバビスカヤ (Bayombong, Nuevavizcaya)

調査地域全面積 約 14,500 km²

飛行高度 海拔高度 2,000 m (水平飛行)

2,000 m を越えた飛行高度の地域については Fig III-2 参照

	主 測 線	交叉測線	
測線間隔	1.5 km	10 km	
飛行方向	南北	東西	
有効測線長	9,717.25 km	1,526.75 km	Total 11,244 km
地磁気伏角	20°		
地磁気偏角	0°		
全磁力値	40,000 ガンマ		

2-5 測定機器

調査のため使用された測定・記録および航法システムは次のとおりである。

a) 空中磁気探査用航空機

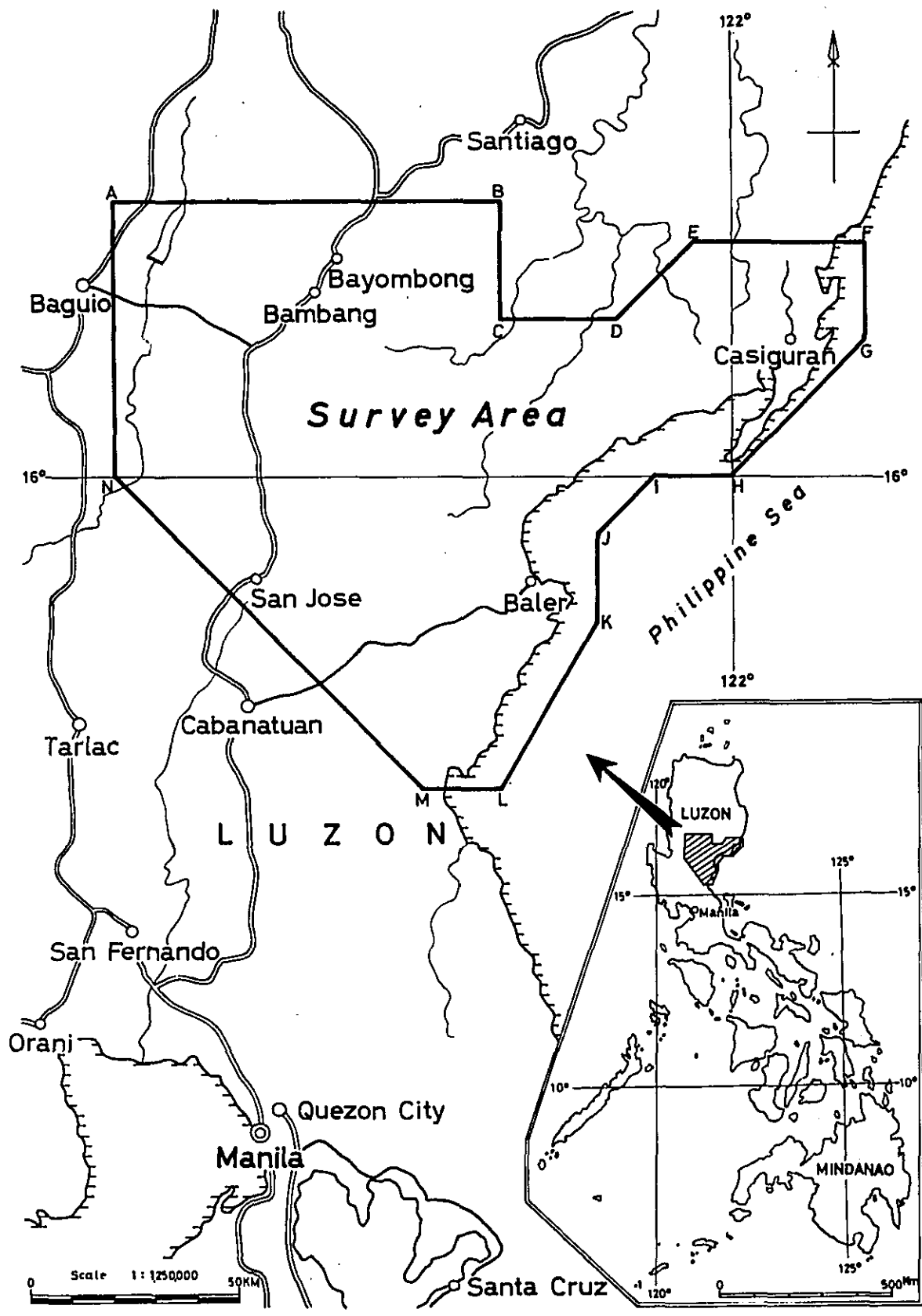


Fig. III-2 Flight altitude

- b) 高感度空中磁気探査用プロトン磁力計
- c) 高感度光ポンピング磁力計
- d) 高精度デジタル時計
- e) 電波高度計
- f) 気圧高度計
- g) 35%航跡用カメラ
- h) 2チャンネルアナログ記録計
- i) ドップラレーダ航法装置
- j) デジタルデータ集録装置

これらの装置は高精度デジタル水晶時計からの信号で同期がとられ、データ処理における各データの照合が容易にできるよう考慮されている。(Fig III - 3 参照)

以下に上記測定機器の仕様および測定原理を記載する。

a) 空中磁気探査用航空機

今回の調査に使用した航空機は、日本航空機製造 YS-11, 登録番号 JA 8612 である。この航空機は、双発のタービンエンジンを備えている。通常は 60 人乗りであるが、本機は塔乗員 10 名で、空中探査用に改造されており、航続飛行時間は約 6 時間、巡航スピード 130 ~ 200 Knot の性能を有している。また空中磁気探査用に約 3 m の tailcorn (tail stinger) が装備され、センサーはこの中に収納されており、機体の持つ残留磁気は 3 軸のコイルで作る磁場により補償されている。

b) 高感度空中磁気探査用プロトン磁力計

本調査に使用した機上磁力計は、GeoMetrics 社製 (U.S.A.) のエアボーン用高感度磁力計 G-804 型である。これは、現在開発されたプロトン型の中で、最高の感度と安定度をもつ磁力計で、その特徴を次に列挙する。

- イ) 高感度で、サンプリング時間が早い。(0.05 gammas / 0.95 sec)
- ロ) 精度が高く、ドリフトが微少である。(測定全磁力値に対して ± 0.5 gammas, 0.1 gamma / month)
- ハ) プリアンプがセンサに近く設置されているため S/N 比が高く (400), 測定中のラモア信号が大きくなり、良好な波形が得られる。したがって Phase lock が有効に働き、磁気値の読みとりが安定する。
- ニ) アナログ出力、および B C D コード (1 - 2 - 4 - 8) のデジタル出力が得られ、デジタルによるデータ収集、処理が可能である。
- ホ) 集積回路の採用により、小型、軽量で安定した作動をする。故障の場合の修理は保守カードの差しかえで済み、短時間に行なえる。
- ヘ) ニキシ管による 6 桁の gamma 値表示を採用しているため、磁気値が直接読みとれる。

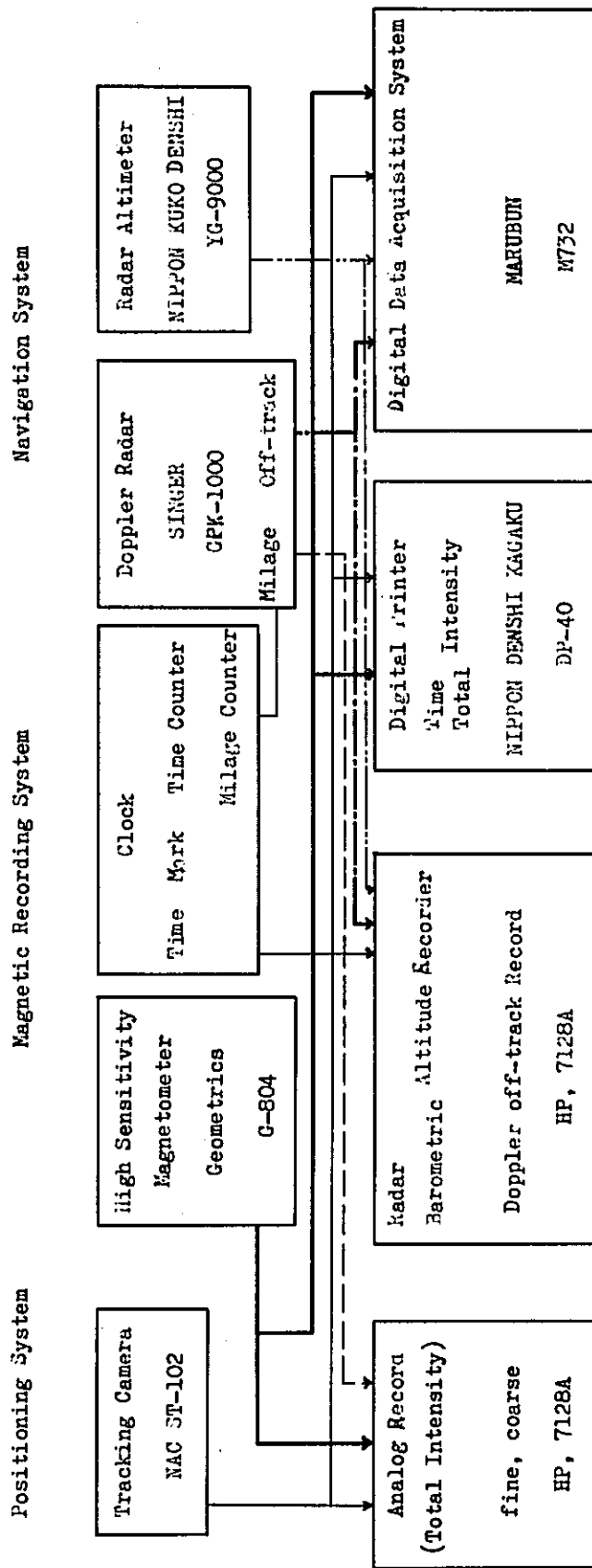


Fig. III-3 Block diagram of airborne magnetic survey (airborne system)

ト) 同形のセンサ・プリアンプと若干の付加回路により、垂直または水平の磁気勾配の測定が高感度のもとに行なえる。(G-804型)

A) プロトン磁力計の測定原理

プロトン磁力計はプロトンの自由才差運動を利用し、核磁気共鳴の原理を用いて、地球磁場の全磁力値を測定するものである。プロトン磁力計のセンサ内で、水または、ケロシンのような、プロトンを多く含む、炭素化合物の液体の周囲のコイルに、数アンペアの電流を流して一様な磁場を作る。すると回転しているプロトンは、小さな磁気双極子として与えられた磁場内で整列する。ここで外部磁場を除去する(励磁電流を切断する)と、プロトンは地球磁場の全磁力値に比例した周波数(ラモア才差周波数と呼ぶ)で、地球磁場の方向に推移する。このラモア才差周波数は、プロトンの磁気回転比(23.4874 gammas/Hz)で決まる。この値は7.5 parts per millionの精度で、原子定数として知られている。才差周波数は、プロトンの回転軸の地球磁場に対する方向とは無関係で、地球磁場の強さによって変化する。

信号は回転軸が地球磁場に直交する時最大で、平行の時零となる。ラモア信号は才差運動しているプロトンの運動により発生し、励磁のために用いたコイルを用いて検出する。数十マイクロボルトの検出電圧は、熱じょう乱により数秒間で減衰する。才差運動の周波数は約0.04 Hz/gammaで、地球磁場の強さ30,000~80,000 gammasに対応する周波数は、1,250~3,400 Hzである。

B) G-804 回路説明

G-804の仕様一覧を次に記載する。

測定範囲 30,000 ~ 80,000 gammas
 精 度 全磁力値に対し±0.5 gammas
 ドリフト 0.1 gamma/month 以下

感度 (gammas)	測定時間間隔 (per . sec)	アナログ記録フルスケール (gammas)
0.05	1.1	5 , 50
0.10	2.0	10 , 100
0.25	3.5	25 , 250
0.50	5.0	50 , 500
0.20	ドブラー信号により 50 m毎	20 , 200

磁気値表示	6桁	gamma値表示
デジタル 記録	1-2-4-8	BCDコード
消費電力	Stand by 85 watts, max 575 watts	
温度範囲	本体	-10°C ~ 65°C
	アナログ記録計	0°C ~ 50°C
	センサ	-40°C ~ 50°C
相対湿度	0 ~ 90%	

c) 高感度光ポンピング磁力計

この磁力計は丸文製MDA-7101 Aセシウム型磁力計である。使用目的は二つあり、一つは地上において地磁気の日変化観測を行ない機上で得られた磁気値の日変化の補正を行なうためのもので、他方は調査飛行中の磁気嵐を監視するために使用した。

セシウム磁力計はセシウム原子の光ポンピングによる磁気共鳴吸収を利用したもので、磁気測定原理を次に説明する。

セシウム、ルビジウム等アルカリ蒸気の価電子は数種のエネルギー準位をもっており、Z E E M A N 効果によってエネルギー準位はさらにいくつかのサブ準位をもつ。この準位間隔に相当するラモア周波数は、外部磁界の強さに比例する。

セシウム (Cs^{133}) では、ラモア周波数が $3,498 \text{ Hz/sec/gamma}$ であるので、光ポンピング技術を利用すれば、このラモア周波数をもつ自励の原子発振器となる。このラモア周波数を計測することにより、地球磁場を連続的に測定することができる。セシウムのラモア周波数はプロトンのラモア周波数の約100倍に当るので100倍の感度で地球磁場を測定することが可能である。丸文製MDA-7101 Aステーションマグネットメータは20,000 ~ 80,000 ガンマの地球磁場全磁力を最高0.1 gamma/0.5 secの感度で測定することができる。

また、Hewlett Packard 社製の680型アナログ記録計により連続記録をとっている。

(Fig III - 4 参照)

d) 高精度デジタル時計

デジタル時計丸文製M733では時刻の表示のほか、1秒毎、10秒毎のパルス出力が得られる。1秒毎の信号により磁力計が作動し、10秒毎の信号によりアナログ記録計、航跡標定用カメラにタイムマークが記録される。データ処理において、この照合マークを用いてアナログ記録、航跡フィルム、日変化記録が同一時刻に照合される。

e) 電波高度計

日本航空電子社製YG-9000 電波高度計が航空機に搭載されている。これによって測定できる対地高度の範囲は0 ~ 5,000 feet である。電波高度計により飛行中の対地高度が常にチェックされHewlett Packard 社製記録計に記録される。

f) 気圧高度計

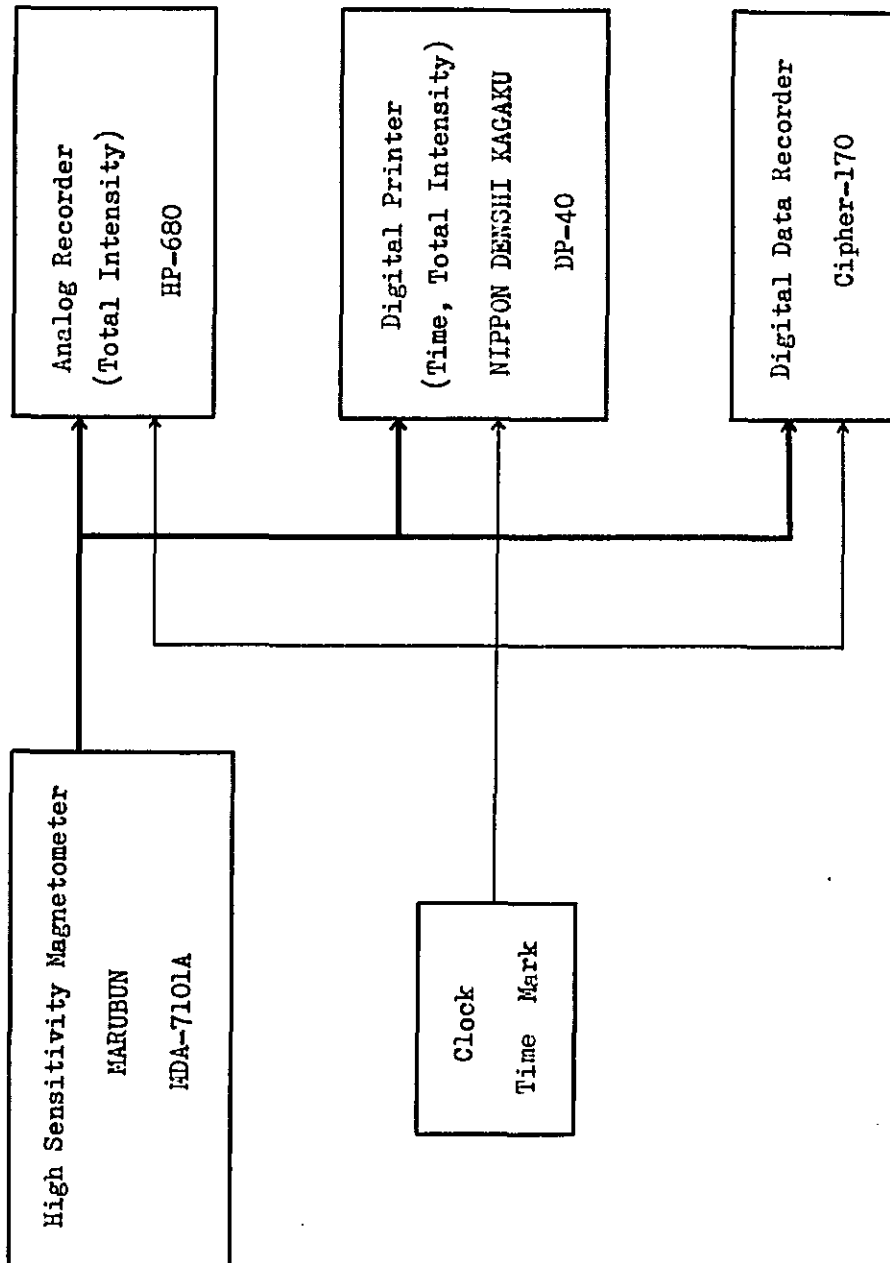


Fig. III-4 Block diagram of airborne magnetic survey (ground system)

気圧高度計は航空機を一定気圧高度に保持するために用いられ、今回の調査では、2,000 mの一定気圧高度で飛行した。

g) 35%航跡標定用カメラ

航跡決定のために、NAC社製の35mmストリップカメラST-102を搭載している。軽量で耐震性をもち次の特徴を備えている。

- イ) 可変フィルムスピード
- ロ) 遠隔操作可能
- ハ) フィルム使用量チェック用カウンタ
- ニ) 2個の照合用マーク写しこみ
- ホ) フィルム破損時の自動電源切断装置
- ヘ) フィルム長さは400 feet or ft.

このカメラは、後部座席の下に取付けられドップラレーダの信号によりフィルムスピードを可変し、飛行方向に対し一定縮尺になるよう考慮され、また10秒毎のデータ照合用マークが写しこまれている。

h) 2チャンネルアナログ記録計

Hewlett packard社7128A型アナログ記録計が2台使用された。1台には磁気値の記録用にフルスケール100ガンマ、10ガンマの2種のデータが記録され、他の記録計には電波高度計の記録とドップラーのオフトラックのデータが記録されている。これらの記録は10秒毎の照合マークが入るようになっており、他のデータとの照合が行なえる。

i) ドップラレーダ航法装置

本調査における航法装置としては、Singer社製GPK-1,000, GPQ-601, ドップラレーダシステムを採用した。航空機の調査予定測線上への誘導は、予定測線の距離、飛行方向、測定間隔をあらかじめコンピュータ(GPL-GPQ-601)にセットしておき、ドップラレーダからの信号との偏差分が操縦席パネルに表示される。この指示器の零(偏差零)の状態を維持するよう航空機を誘導する。

ドップラレーダおよびコンピュータの出力としては、進行方向の積算距離に当るアロングトラックの設定方向に対する変位を示すクロス・トラック(設定測線からの偏差分)が得られる。アロングトラックの信号は1マイル毎にパルス信号として、磁気値のアナログ記録、対地カメラおよび電波・気圧高度のアナログ記録にマークされる。クロス・トラックの出力はアナログ記録計で記録し、航跡決定用の補助データとした。

j) デジタルデータ集録装置

Cipher社製70型デジタルデータ集録装置が使用された。収録されたデータは 1)測線名、飛行方向、2)時刻、3)磁気値、4)ドップラレーダオフトラック、電波高度のアナログ記録である。これらのデータは、東京にて電子計算機によりデジタルデータ処理された。

2-6 データ処理

2-6-1 航跡図の作成

航跡決定の対地フィルムは、航空機の対地スピードが165 Knotsであることから、フィルムの流れ方向の縮尺が約5万分の1になるよう送りスピードを4.3 mm/secに選定した。航跡図は次の手順にしたがって作成した。一次航跡図を現地で作成するため、フィルムは毎日のフライト終了後、即日現像と乾燥を実施する。磁気データとの照合点(10秒毎に磁気記録、対地フィルム同時写しこみ)を航空写真(約4万分の1)に移写し、さらに5万分の1地形図に移写した。得られた5万分の1航跡図により、次の飛行計画および追加測線の必要を検討した。また、湿原等の標定目標が見出し難い地域においては、ドブラー資料による標定を併用し、航跡を決定した。

2-6-2 日変化補正

日変化補正のため連続定点測定を、バヨンボンで実施した。これは、空中磁気測定中における地球磁場の時間的変化を測定するもので、磁気嵐の観測もかねている。調査期間中の当地での磁気日変化の割合は、およそ0.2~0.3 gammas/minであり、著しい磁気変化を起こす磁気嵐は認められなかった。

地上磁力計設置点での標準磁力値は40,900 ガンマと決定し、この値に対する時間的変化はデジタル記録およびアナログ記録から読みとり、日変化補正表を作成した。機上において測定した磁気値は、日変化補正表により補正し、地球磁場の時間的変化を含まない地域的な磁気変化値とした。

2-6-3 全磁力図

日変化補正を行なった機上測定データは、10秒毎の照合マークにしたがい航跡図に書きこまれる。しかし、トラバースラインとタイラインの交点の磁気値は種々の理由により若干異なることが多い。その主なる原因は標定誤差によるもので、その他にも飛行高度、飛行機のヘディングエラー(航空機の向きが変わることにより生ずる誘導磁気量のちがひ)による誤差等がある。したがって、トラバースラインとタイラインの交点において磁気値の誤差が生じた場合は再度標定を行ない、航空機の水平度などを検定し、予想される誤差を最小としたのち、電算機により、各測線の交点磁気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計算し、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。このように航跡の再標定、交点磁気値の誤差配分を行なったのち最終航跡が決定され、この最終航跡および日変化補正済みの機上測定磁気値から間隔1 kmの格子点上の磁気値を計算して全磁力図を作成する。

2-6-4 残差図

全磁力図で得られた間隔1 kmの格子点上の磁気値から、国際標準地球磁場(IGRF)を差し引くことにより地方的変化(Regional Variation)を取り去り、残差図が得られる。

2-7 解析方法

空中磁気探査の結果を解析する手法として、定性解析と定量解析の2つがある。定性解析法では、残差図をもとに各種のフィルタ処理を行い、磁気異常を選択的に抽出したり、除去することにより磁気特性を定性的に判断する。

定性解析のためのフィルタ処理には次のものが挙げられる。

- (1) 鉛直二次微分フィルタ (Second Vertical Derivative Filter)
- (2) 帯域フィルタ (Band pass Filter)
- (3) 方向性フィルタ (Strike Filter)
- (4) 擬似重力フィルタ (Pseudo-gravity Filter)
- (5) 上方または下方接続フィルタ (Upward or Downward Continuation Filter)
- (6) 自己相関解析 (Auto-correlation Analysis)
- (7) スペクトル解析 (Spectrum Analysis)

etc.

一方、定量解析法は、各磁気異常の磁気断面につき、磁気異常を発生させる岩体の深度、形状および磁氣的性質を求める事を目的としており、次の方法が挙げられる。

- (1) 特性点法 (Specific Point Method)
- (2) 曲線照合法 (Curve Matching Method)
- (3) 特性曲線法 (Specific Curve Method)
- (4) 解析的方法 (Analytical Method)

今回の調査では、調査地域内 (Santa Fe を含む) 40 km × 40 km の地区に対し、二次元フーリエ級数を用いたエネルギースペクトル解析を行ない、磁気異常の波長特性を求めた。この結果から、3種類の帯域を選び、各帯域につき残差図から帯域フィルタ図を得た。さらに各帯域フィルタ図に対して擬似重力フィルタ処理をして、3種類の擬似重力図を作成した。以上、残差図も含めて7種類の図面を定性解析の基本図とした。

また、残差図から23本の南北方向磁気断面図を選び出し、電算機による定量解析を行なった。

今回の調査で使用した解析法の概要を以下に記述する。またFig. III-5にデータ処理・解析のフローチャートを示す。

2-7-1 スペクトル解析

調査地域の磁気図に表現された磁気異常の波長特性を知ることは、フィルタ処理も含めた種々の解析を進める上で有効であり、さらにポテンシャル論から、平均磁気基盤深度の推定にも役立つ。

a) エネルギースペクトルの求め方

点 (x , y) における観測値 $F (x , y)$ を、2次元フーリエ級数で、

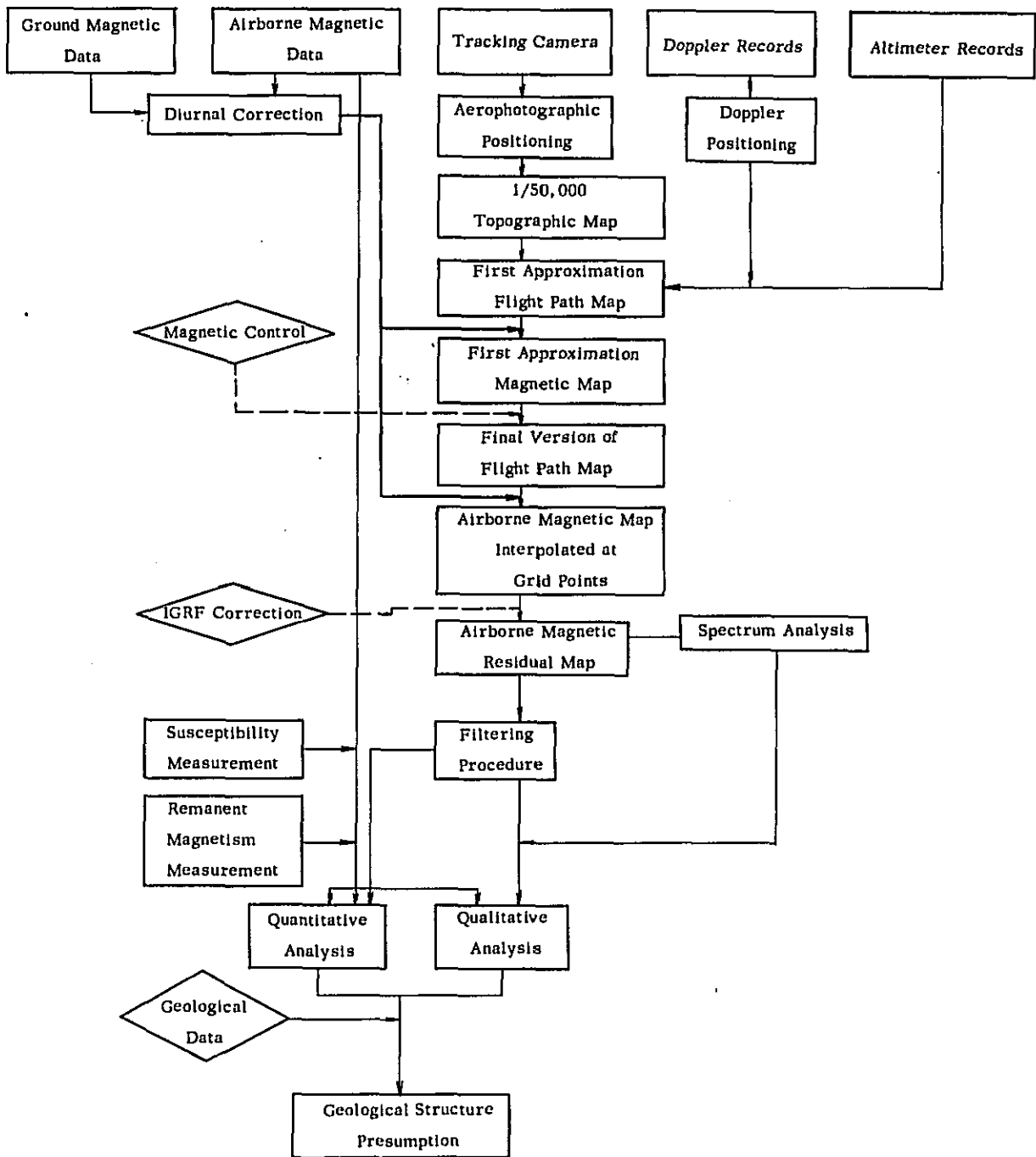


Fig. III-5 Flow Chart of Data Processings and Analyses

$$F(x, y) = \sum_{m=0}^M \sum_{n=0}^N \left(A_{mn} \cos \frac{2m\pi x}{L_1} \cos \frac{2n\pi y}{L_2} + B_{mn} \cos \frac{2m\pi x}{L_1} \sin \frac{2n\pi y}{L_2} \right. \\ \left. + C_{mn} \sin \frac{2m\pi x}{L_1} \cos \frac{2n\pi y}{L_2} + D_{mn} \sin \frac{2m\pi x}{L_1} \sin \frac{2n\pi y}{L_2} \right) \quad (1)$$

とあらわすと、フーリエ係数 A_{mn} は

$$A_{mn} = \frac{4}{L_1 L_2} \int_0^{L_1} \int_0^{L_2} F(x, y) \cos \frac{2m\pi x}{L_1} \cos \frac{2n\pi y}{L_2} dx dy \quad (2)$$

として求めることができる。 B_{mn} , C_{mn} , D_{mn} , についても同様である。電算機によりこれらの値を求める場合には、 $x = i\Delta x$, $y = j\Delta y$ とおき、格子点 (i, j) における観測値を $F(i, j)$ とすると(2)式は、

$$A_{mn} = \frac{4}{L_1 L_2} \Delta x \Delta y \sum_{i=0}^{L_1/\Delta x} \sum_{j=0}^{L_2/\Delta y} W_{ij} F(i, j) \cos \frac{2m\pi i \Delta x}{L_1} \cos \frac{2n\pi j \Delta y}{L_2} \quad (3)$$

と書きかえられる。 W_{ij} は二次元台形則の重み関数である。

よってこれからエネルギースペクトル E_{mn} は

$$E_{mn} = A_{mn}^2 + B_{mn}^2 + C_{mn}^2 + D_{mn}^2$$

として求まる。

b) エネルギースペクトルによる平均基盤深度の推定

深度 H における地下構造が白色スペクトルを持つ場合には、上述の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

$$E_{mn} \propto e^{-4\pi H f} \quad (4)$$

の関係が成り立つことが知られている。

ただし、 $f = \sqrt{\left(\frac{m}{L_1}\right)^2 + \left(\frac{n}{L_2}\right)^2}$ である。

よって縦軸に $\log E$, 横軸に f をとり各 E_{mn} をプロットすればこれらの点の回帰直線の勾配から 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、カットオフ周波数の互いに異なる2つの low-pass フィルタの差として表わされる。

カットオフ周波数が ω_0 である low-pass フィルタのスペクトルは、

$$F(\omega) = \begin{cases} 1 & : |\omega| \leq \omega_0 \\ 0 & : |\omega| > \omega_0 \end{cases} \quad (1)$$

である。

別の low-pass フィルタ (カットオフ周波数 ω_0) を考え, (1)との差をとれば帯域フィルタとなる。

low-pass フィルタの逆フーリエ変換は

$$\begin{aligned} f(x) &= \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} F(\omega) e^{j\omega x} d\omega \\ &= \frac{1}{2\pi} \int_{-\omega_0}^{\omega_0} F(\omega) e^{j\omega x} d\omega \\ &= \frac{1}{\pi} \int_0^{\omega_0} \cos \omega x d\omega \\ &= \frac{\sin \omega_0 x}{\pi x} \end{aligned} \quad (2)$$

である。

入力データを $h(x)$, 出力を $g(x)$ とすれば, フィルタによって

$$g(x) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x-x') h(x') dx' \quad (3)$$

と, convolution の形に書き表わされる。

ここで,

$$f(x) = \begin{cases} f(x) & : |x| \leq x_0 \\ 0 & : |x| > x_0 \end{cases} \quad (4)$$

のように定義されるフィルタを考え,

$$x = 0, S, 2S, \dots, Ns$$

とし,

$$f_n = f(ns) \text{ と表記する。}$$

これに対するフーリエ変換は

$$\begin{aligned} F(\omega) &= \sum_{n=0}^{N-1} \left\{ \int_{ns}^{(n+1)s} f(x) e^{-j\omega x} dx + \int_{-(n+1)s}^{-ns} f(x) e^{-j\omega x} dx \right\} \\ &= S \sum_{n=0}^N \epsilon_n f_n \cos n\omega s \end{aligned} \quad (5)$$

ここに

$$\epsilon_n = \begin{cases} 1 & n=0 \text{ or } n=N \\ 2 & n \neq 0, n \neq N \end{cases} \quad (6)$$

である。

$F(\omega)$ が理想的 low-pass フィルタであるためには

$$I = \int_{-\pi/s}^{\pi/s} \left[\sum_{n=0}^N \epsilon_n f_n \cos n \omega s - \frac{F(\omega)}{S} \right]^2 d\omega \quad (7)$$

を最小にすればよい。すなわち

$$\frac{\partial I}{\partial f_n} = 0$$

として

$$f_n = \frac{\sin n \omega_0 s}{n \pi s} \quad (8)$$

が求まる。

特に、

$$f_0 = \frac{\omega_0}{\pi} \quad (9)$$

である。

二次元の場合には、(5)式に代って

$$F(\omega_1, \omega_2) = S^2 \sum_{m=0}^M \sum_{n=0}^N \epsilon_m \epsilon_n f_{mn} \cos m \omega_1 S \cos n \omega_2 S \quad (10)$$

ここに、

$$\epsilon_m = \begin{cases} 1 & : m=0 \text{ or } m=M \\ 2 & : m \neq 0, m \neq M \end{cases} \quad (11)$$

$$\epsilon_n = \begin{cases} 1 & : n=0 \text{ or } n=N \\ 2 & : n \neq 0, n \neq N \end{cases}$$

(7)と同様にして

$$I = \int_{-\pi/s}^{\pi/s} \int_{-\pi/s}^{\pi/s} \left[\sum_{m=0}^M \sum_{n=0}^N \epsilon_m \epsilon_n f_{mn} \cos m \omega_1 S \cos n \omega_2 S - \frac{F(\omega_1, \omega_2)}{S^2} \right]^2 d\omega_1 d\omega_2 \quad (12)$$

を定義し、

$$F(\omega_1, \omega_2) = \begin{cases} 1 & : |\omega_1| \leq \omega_{10}, |\omega_2| \leq \omega_{20} \\ 0 & : |\omega_1| > \omega_{10}, |\omega_2| > \omega_{20} \end{cases} \quad (13)$$

なる場合の f_{mn} を最小自乗法的に決定すれば、

$$f_{00} = \frac{\omega_{10} \omega_{20}}{\pi^2}$$

$$f_{0n} = \frac{\omega_{10}}{\pi} \cdot \frac{\sin n \omega_{20} S}{n \pi S}$$

$$f_{m0} = \frac{\omega_{20}}{\pi} \cdot \frac{\sin m \omega_{10} S}{m \pi S} \quad (14)$$

$$f_{nm} = \frac{\sin m \omega_{10} S}{m \pi S} \cdot \frac{\sin n \omega_{20} S}{n \pi S}$$

$$f_{mN} = f_{Mn} = f_{MN} = 0$$

となる。

実際の計算では、格子点において(14)式で与えられる。 f_{mn} の値をとるフィルタを考え、入力値 h_{mn} と convolution 積をとる。

このときのフィルタのスペクトルは(10)で与えられる。

帯域フィルタは $M' < M$, $N' < N$ なる領域を考え、互いに差をとればよい。

2-7-3 擬似重力フィルタ

磁極における磁気異常は、重力の鉛直1次微分異常と同様な量である。擬似重力図は、ある伏角をもつ地域における磁気異常をすべて伏角 90° すなわち磁極 (pole) における磁気異常に変換するために用いられる。

具体的な計算処理は、全磁力残差図の磁北の方向を Y 軸とする直交 X-Y 座標を設定し、1,000 m 毎の格子点の磁気値 $T(X, Y)$ を求める。

この $T(X, Y)$ から最小自乗法により近似平面 $N(X, Y)$ を求め、格子点における残余磁気値

$$\Delta TR(X, Y) = T(X, Y) - N(X, Y)$$

を求める。

この $\Delta TR(X, Y)$ と、8方向格子系の重み係数との convolution 積をとり、格子点の擬似重力値を算出する。

2-8 岩石磁性測定

岩石資料は PL-III-11 に示す位置から採取したもので、すべて地表の試料である。採取個数は 57 個であり、Bison 製帯磁率計を用いて帯磁率を測定し、このうち 17 個については Spinner 型磁力計を用いて残留磁気を測定している。

測定結果を Table III-1, III-2 に示す。

帯磁率測定の結果、岩石別帯磁率の平均値は安山岩類 4629 (試料数 9 個)、玄武岩類 4747 (4 個)、閃緑岩類 2276 (9 個)、凝灰岩類 539 (11 個)、砂岩 2080 (4 個)、泥岩 378 (3 個)、石灰岩 13 (3 個)、片岩 (調査地域北西部) 5340 (1 個)、片岩 (調査地域南部) 38 (2 個) である。

なお、各岩石帯磁率平均値の単位は 10^{-6} cgsemu/cc である。

Table III-1 Susceptibilities of rock samples

Sample No.	Rock	Susceptibility x 10 ⁻⁶ cgs emu/cc	Mean Susceptibility x 10 ⁻⁶ cgs emu/cc
A - 1	Andesite	4179	
A - 4	Andesite	5790	
A - 6	Andesite	3167	
A - 14	Altered Andesite	3627	
A - 2	Andesite	3356	
A - 15	Andesite	4136	4629
A - 19*	Andesite	52	
B - 4	Andesite	5365	
C - 13*	Andesite	110	
C - 11*	Andesite	26	
D - 5	Altered Andesite	4537	
D - 3	Altered Andesite	7505	
A - 3	Basalt	4736	
A - 5	Dolerite	4544	4747
C - 3	Basalt	2488	
D - 1	Basalt	7221	
A - 13	Granodiorite	1205	
A - 12	Granodiorite	117	
B - 13	Granodiorite	1885	
B - 12	Granodiorite	2965	
B - 14*	Granodiorite	7007	
B - 6	Granodiorite	2334	
C - 2	Granodiorite	1092	2276
D - 2	Quartz Diorite	3135	
B - 8	Diorite	7048	
A - 8*	Diorite Porphyry	1302	
A - 10	Diorite Porphyry	3684	
B - 17*	Diorite Porphyry	11736	
B - 3	Porphyry	2884	

Sample No.	Rock	Susceptibility x 10 ⁻⁶ cgs emu/cc	Mean Susceptibility x 10 ⁻⁶ cgs emu/cc
C - 1	Dacite	13	
C - 4	Andesitic Tuff	172	
C - 5	Andesitic Tuff	1083	
C - 12	Fine Tuff	293	
C - 10	Fine Tuff	62	
C - 9	Coarse Tuff	8	
C - 6	Tuff Breccia	1768	539
A - 11	Tuff	173	
A - 9	Andesitic Tuff Breccia	215	
A - 17	Andesitic Tuff Breccia	73	
C - 8	Andesitic Tuff Breccia	69	
D - 4	Andesitic Tuff Breccia	2008	
A - 7*	Sandstone	7650	
A - 20	Sandstone	1974	
A - 18*	Sandstone	210	2080
B - 5	Fine Sandstone	1795	
B - 2	Fine Sandstone	2511	
B - 18	Fine Sandstone	2038	
B - 16	Mudstone	636	
B - 15	Mudstone	194	378
B - 7	Mudstone	304	
B - 11	Mudstone	2901	
B - 10	Marl	19	
B - 9	Limestone	14	13
B - 1	Limestone	6	
C - 7	Schist	5340	
D - 7	Schist	34	38
D - 6	Schist	41	
A - 16	Peridotite	1032	

* Excluded from calculation of mean susceptibility

Table III-2 Remanent magnetism of rock samples

Sample No.	Rock	Susceptibility 10 ⁻⁶ cgs emu/cc	Declination deg.	Inclination deg.
A - 8	Diorite Porphyry	1302	9	+ 40
A - 9	Andesitic Tuff Breccia	215	226	- 71
A - 10	Diorite Porphyry	3684	30	- 76
A - 11	Tuff	173	184	+ 15
A - 14	Altered Andesite	3627	186	+ 11
A - 17	Andesitic Tuff Breccia	73	174	- 20
B - 4	Andesite	5365	11	+ 76
B - 6	Granodiorite	2334	30	+ 64
B - 12	Granodiorite	2965	214	+ 72
B - 13	Granodiorite	1885	329	+ 26
B - 14	Granodiorite	7007	306	+ 80
B - 17	Diorite Porphyry	11736	36	+ 71
D - 1	Basalt	7221	232	+ 57
D - 2	Quartz Diorite	3135	1	+ 75
D - 3	Altered Andesite	7505	352	+ 83
D - 5	Altered Andesite	4537	250	- 21
D - 7	Schist	34	nd	nd

従って、本調査地域の磁性岩体をランクA（強磁性岩体）、ランクB（中磁性岩体）、ランクC（弱磁性岩体）、ランクD（微弱磁性岩体）と分類すると、ランクAには安山岩類・玄武岩類、ランクBには閃緑岩類・砂岩、ランクCには凝灰岩類・泥岩、ランクDには緑色片岩・石灰岩がそれぞれ対応する。

一方、本調査地域の鉱床はポーフィリクーパータイプの鉱床であり、閃緑岩類の貫入に関係するものと推定される。また、本調査地域の閃緑岩類の分布は構造線に規制されている。従って、磁氣的立場から構造線を主とした地質構造を明らかにするとともに、ランクBの磁気異常に着目する事により探鉱有望地域を推定する事が可能となる。

第3章 調査結果

本調査地域を Fig. III - 6 に示す 3 つの地域に分割し、それぞれ地域 I、地域 II、地域 III と呼ぶことにし、磁気異常の分類には磁気異常番号の頭にそれぞれの異常が所属する上記地域の番号をつけるものとする。

3-1 残差図 (Residual Map)

残差図 PL. III - 1 に表現される磁気異常から定性的に判断される本地域の磁気的特性は次のとおりである。

- 1) 振幅 500 ガンマ以上、波長 10 Km 程度の顕著な磁気異常群が、地域 I Santa Fe 付近から南東に約 40 Km 延び、地域 II のマエバビスカヤとケソンの州境でその方向を北東に変え、シエラ マドレ 山脈に沿って調査地域北東端に向けて連続している。この磁気異常ゾーンには主として前述 (第 2 章 2 - 8) ランク A 磁性岩体 (安山岩・玄武岩) が大規模に分布している事が推測される。
- 2) 調査地域北西部は、3 Km 程度の波長を有し、振幅 100 ~ 400 ガンマの磁気異常が群集していることで特徴づけられる。ランク A ~ C に属する小規模磁性岩体が複雑に分布していることを反映するものと考えられる。
- 3) 地域 I 北東部には波長 10 Km 程度、振幅 300 ~ 700 ガンマの磁気異常が示されており、ランク A ~ B の磁性岩体の存在が推定される。
- 4) 地域 I 中央部には、波長 20 Km 程度で振幅約 300 ガンマのゆるやかな大構造磁気異常が存在し、ランク B またはランク C 程度の磁性岩体を反映していると考えられる。
- 5) 地域 I 南東部より地域 II 中央部のマデラに向けて延びる 50 ~ 150 ガンマの振幅を有する比較的ゆるやかな磁気異常ゾーンはランク C ないしランク D の磁性岩体が分布する地域であると推定される。
- 6) 地域 III 南西の境界に並行して北西から南東にかけて延びる波長 20 ~ 30 Km、振幅 300 ガンマ程度の磁気異常は主として、深部に広範囲にわたって分布するランク C あるいはランク D の岩体によるものと考えられる。
- 7) 地域 III バレル湾から北東に延び、地域 IV カングラン湾に至る大波長 (約 30 Km) で 600 ガンマの正の磁気異常を有するゾーンはランク B ~ D の岩体が深部に分布する可能性のあることを表わしていると考えられる。

3-2 帯域フィルタ図 (Band Pass Maps)

地域 I の Santa Fe を含む東西方向 40 Km、南北方向 40 Km の地区 (Fig. III - 6 参照) に対し残差図の磁気異常をエネルギースペクトル解析をした結果を Fig. III - 7 に示す。エネルギースペ

クトル分布から、エネルギーは低周波域から高周波域になるに従い漸減の傾向にあり、特定周波でのスペクトルのピークは示されていない。従って、本地区の磁気異常の原因となる磁性岩体は、地表から深部にかけてほぼ一様に分布している事が推察される。

最小自乗法的に直線を引くと、 0.5 cycl/s/Km ($\lambda = 2 \text{ Km}$)、 0.25 cycl/s/Km ($\lambda = 4 \text{ Km}$)、 0.125 cycl/s/Km ($\lambda = 8 \text{ Km}$) および 0.0625 cycl/s/Km ($\lambda = 16 \text{ Km}$) を境界周波数とする3種類の周波数帯域に分けられる。

各周波数帯域 $0.5 \sim 0.25 \text{ cycl/s/Km}$ 、 $0.25 \sim 0.125 \text{ cycl/s/Km}$ 、 $0.125 \sim 0.0625 \text{ cycl/s/Km}$ において最小自乗法的に決定された直線から、それぞれの磁気基盤面までの平均深度は、+800m ASL, +150m ASL, -400m ASL 程度の値が得られた。すなわち、 0.25 cycl/s/Km 以上(波長4 Km以下)の周波数域の磁気異常はほぼ地形を反映していると判断される。従って、本調査地域地下における磁性岩体の分布を立体的に把握する事を目的として、 0.25 cycl/s/Km 以下の周波数域で下記の3種類の帯域フィルタを設計した。

- 1) BP-1 周波数帯域 $0.5 \sim 0.25 \text{ cycl/s/Km}$ (波長2~4 Km)の磁気異常を主として抽出する帯域フィルタ。
- 2) BP-2 周波数帯域 $0.25 \sim 0.125 \text{ cycl/s/Km}$ (波長4~8 Km)の磁気異常を主として抽出する帯域フィルタ。
- 3) BP-3 周波数帯域 $0.125 \sim 0.0625 \text{ cycl/s/Km}$ (波長8~16 Km)の磁気異常を主として抽出する帯域フィルタ。

上記帯域フィルタの波長特性は Fig. III-8, III-9, III-10 に示す。

以上3種類のフィルタを残差図に施して、帯域フィルタ図 BP-1 (PL. III-3), BP-2 (PL. III-3), BP-3 (PL. III-4) を得た。

なお、エネルギースペクトル解析の結果から、帯域フィルタ図 BP-1 は海拔-500~+500 m 付近の磁気構造を、BP-2 は海拔-1,000~0 m 付近の磁気構造を、また BP-3 は地下深部(海拔-500 m~+1,500 m 程度)の磁気構造を選択的に表現しているものと判断される。

以下に各帯域フィルタ図から定性的に判断される事項を列挙する。

3-2-1 帯域フィルタ図 BP-1 (Band Pass Map BP-1)

サンタフェよりパレルに向けて振巾200ガンマ程度の磁気異常 I-6, III-1, III-3, III-5 (PL. III-8 参照) が分布しており、規模の大きなランクAの磁性岩体の存在が推定される。同じく、地域I東部の I-11, I-12 はそれぞれ振巾300, 200 ガンマであり、ランクAの磁気異常と判断される。I-6, III-1, III-3, III-5 を含み約25 Km の巾でサンタフェより南東に約75 Km の範囲に分布する磁気異常をAグループの磁気異常群と呼び、I-11, I-12 およびその北西に分布する磁気異常を含み30 Km × 50 Km の広がりを持つ磁気異常群をBグループ磁気異常群と呼ぶ事とする。また、Aグループ磁気異常群南東端付近から巾20 Km で調査地域北東部に連続する磁気異常群をCグループとする。

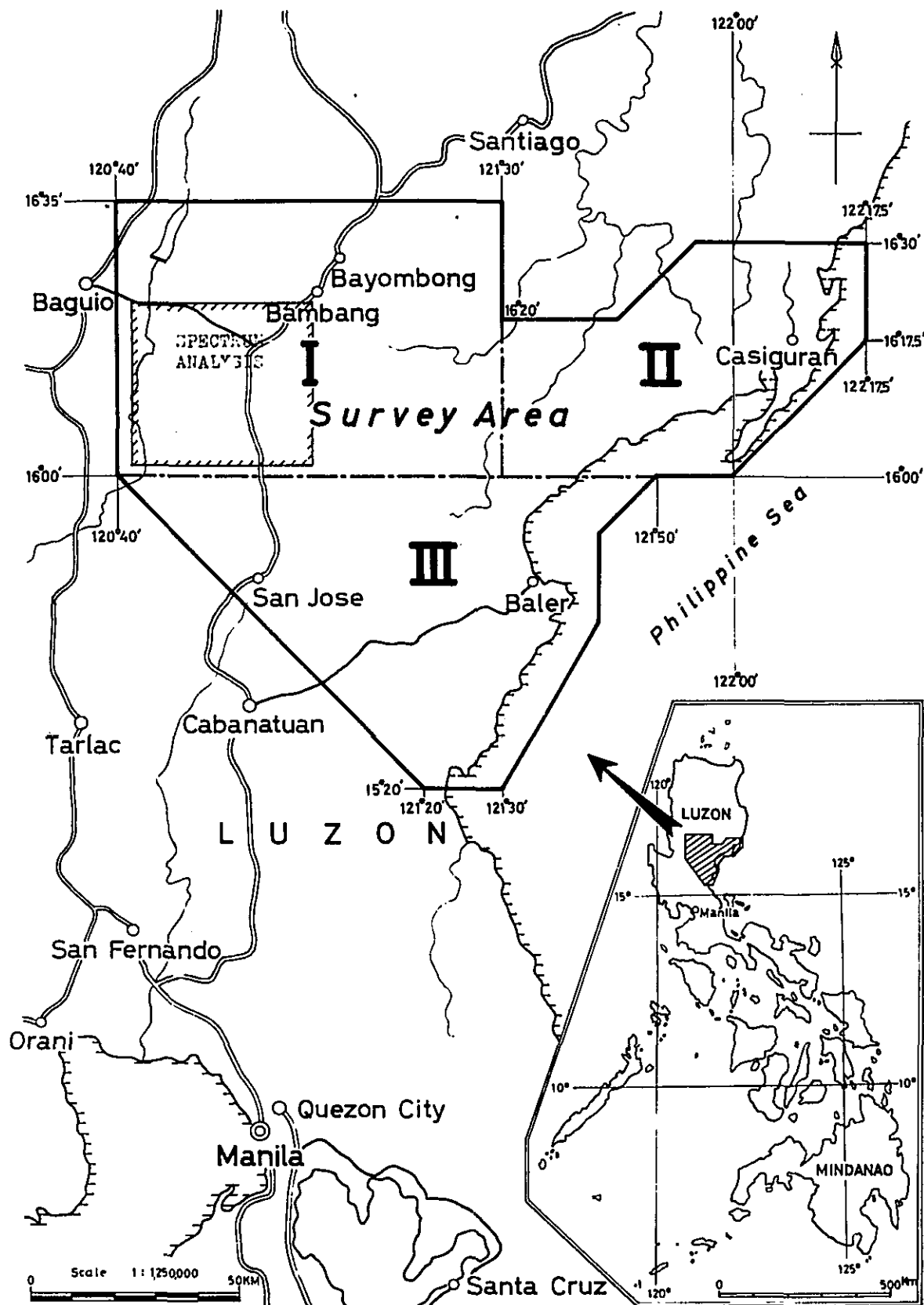


Fig. III-6 Index to survey area

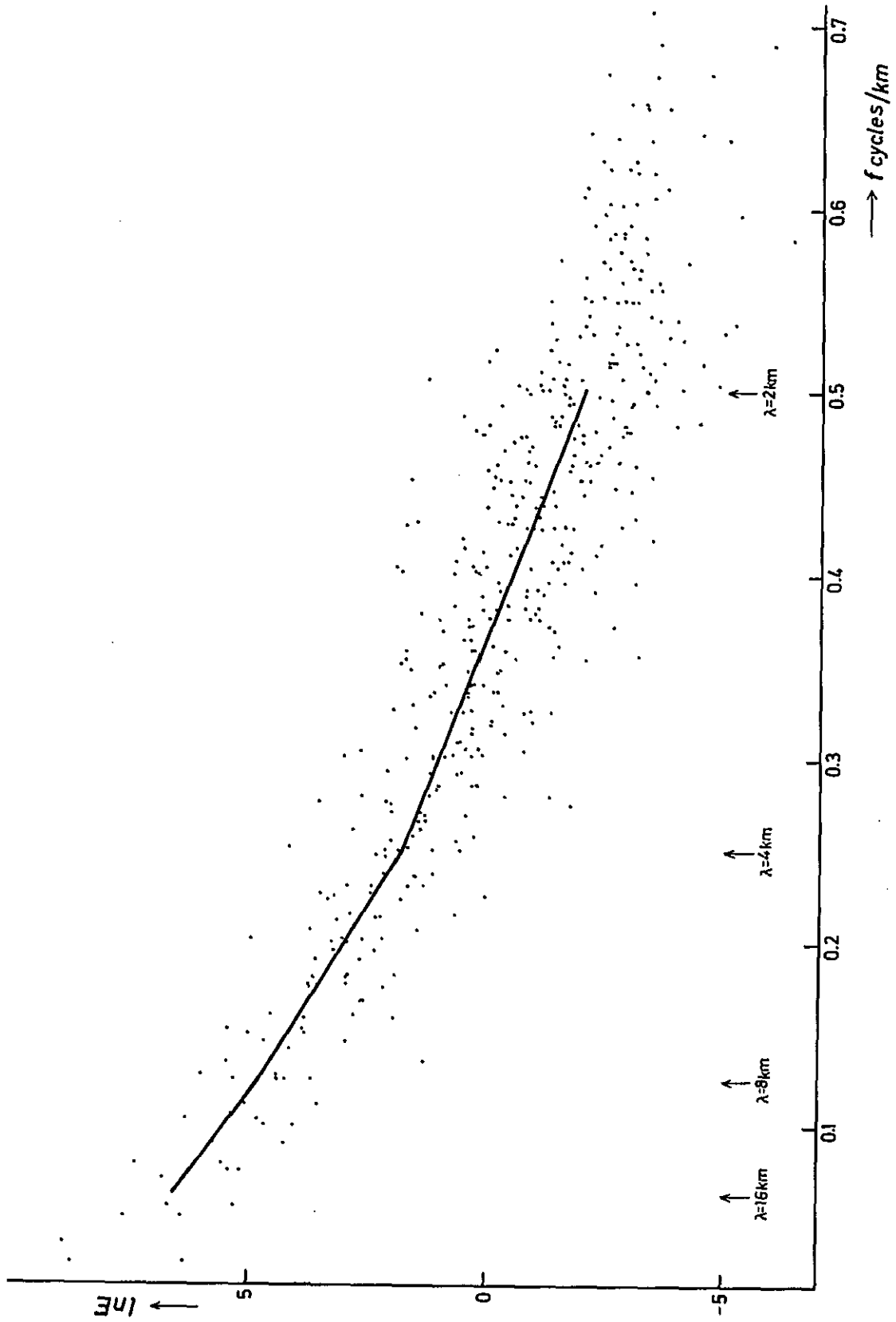


Fig. III-7 Energy spectrum vs. frequency

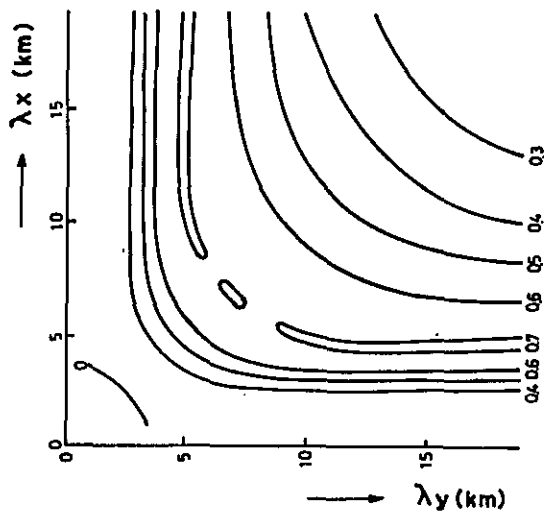


Fig. III-8
Characteristics of
band-pass filter
BP-1

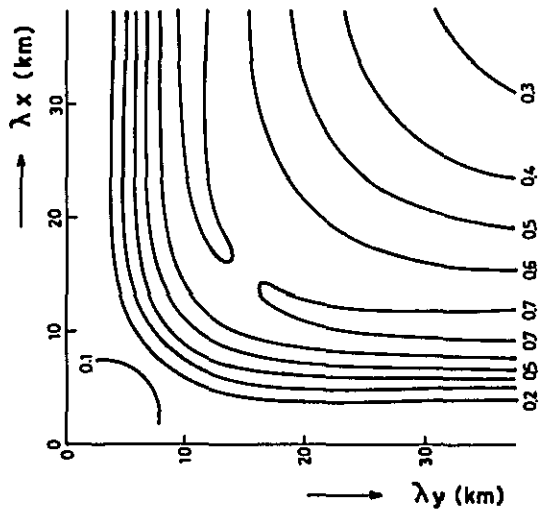


Fig. III-9
Characteristics of
band-pass filter
BP-2

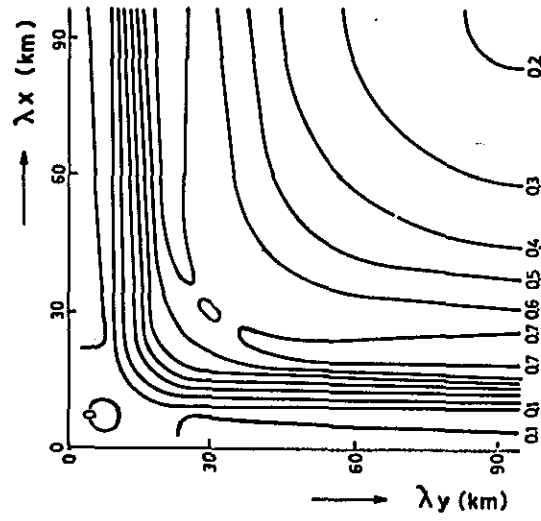


Fig. III-10
Characteristics of
band-pass filter
BP-3

上記A,B,Cの各グループはいずれも磁気異常の振巾が大きく、かつグループ内の磁気異常配列に連続性がみられる。すなわち、Aグループでは北西-南東方向の連続性が、Bグループも主として北西-南東方向の連続性が、またCグループでは南西-北東方向の連続性が顕著である。

なお、A,C両グループは南部で接しており、その境界はバレル北西約20Km付近である。

AグループとBグループおよびCグループとBグループに挟まれた、巾約20Kmの地区では磁気異常の振巾は50ガンマ程度であり、ランクCまたはランクDの岩体の分布が優性であると推定される。

なお、磁気異常から判断される磁気的不連続構造は、岩体を帯磁率の見地から区分した場合の地下構造(岩体の境界、構造線等)を表現したものであり、従って磁気的不連続線が必ずしも地質学的な意味での構造線とは一致しない場合もある。このような事を念頭におき、さらに採取された帯磁率測定結果を統計学的に考察してBP-1図を解釈すると、以下の推定がなされる。

- 1) Aグループ磁気異常地区ではランクA磁性岩体(安山岩類あるいは玄武岩類)が厚く分布し、主たる構造線の方向は北西-南東である。
- 2) Bグループ磁気異常地区では、主としてランクA磁性岩(安山岩類あるいは玄武岩類)が分布し、その厚さは南部で厚く、北部でその厚さを減少している。構造線の方向は北西-南東である。
- 3) Cグループ磁気異常地区では、ランクA磁性岩体(安山岩類あるいは玄武岩類)は主として南部および北部に分布する。主たる構造線の方向は北東-南西である。

3-2-2 帯域フィルタ図BP-2 (Band Pass Map BP-2)

本図の磁気異常の傾向は、帯域フィルタ図BP-1に同じく、前述Aグループに対応する地区ではサンタフェ付近より南東方向へ振巾の大きい(200~300ガンマ)磁気異常群が連続する。この南端部で磁気異常部は方向を北東に変えて調査地域北東端に連続する。(前述Cグループに対応)また、BP-1図Bグループに対応する地区には振巾410ガンマの磁気異常が示されている。

本図における振巾300ガンマ以上の磁気異常はI-6, III-1, III-3, III-6, III-5(PL. III-9参照)であり、ランクAの磁気異常と判断される。

本図において振巾100~200ガンマ程度の磁気異常は、地域IではI-2, I-3, I-4, I-7, I-8, I-9, I-10, I-12, 地域IIでは, II-2, II-7, II-9, また地域IIIではIII-5, III-7, III-9, III-10, III-11であり、主としてランクBに属する磁気異常と推定される。

3-2-3 帯域フィルタ図BP-3 (Band Pass Map BP-3)

本図は地下深部(海拔-500~1,500m)の磁性岩体による磁気異常を選択的に表現するものである。磁気異常は調査地域北西部では、北西-南東の方向性が顕著である。一方、調査地域東部では南西-北東の方向性が優勢である。調査地域中部には、上記の大規模磁気異常にとり囲まれるようにして振巾のゆるやかな磁気異常が盆状に表現されている。また、この構造は北東部に連続する傾向を示す。

本図より推定される地下深部（海拔－500，－1,500 m）の地質構造は次のとおりである。

- 1) 地域Ⅰにおいては北西－南東の方向性を有する3つの主構造A,B,B'が支配的である。主構造A，B（PL.Ⅲ-10参照）はそれぞれ前述（第3-2-1章）AおよびB各グループにおけるランクA磁気異常の分布と良い相関を示す。従って，A,B両グループのランクA磁性岩体は地表付近より海拔－1,500 m付近にまで連続して分布する事が推定される。なおBP-1図でAグループ南東端部に分布する磁気異常Ⅲ-3，Ⅲ-5は本図では磁気異常Cの連続構造として把握されている。
- 2) 地域Ⅲ北東部および地域Ⅱ北東部には北東－南西の方向性を有する主構造C,C'が表現されており，ランクA磁性岩体の分布が推定される。
- 3) 調査地域中央部には主構造B,B',A,C,C'にとり囲まれるようにして，振巾のゆるやかな磁気異常で表現される盆状主構造Eが把握されている。主構造Eを表現する磁気異常の振巾は，100ガンマ程度であり，ランクA磁性岩体の分布する可能性は小さいと判断される。

3-3 擬似重力図（Pseudo-gravity Map）

第3-2章で得た3種類の帯域フィルタ図BP-1，BP-2，BP-3に対し，擬似重力フィルタ処理をして擬似重力図PG-1，（PL.Ⅲ-5），PG-2（PL.Ⅲ-6），PG-3（PL.Ⅲ-7）を得た。

各擬似重力図から定性的に判断される事項は次のとおりである。

3-3-1 擬似重力図PG-1（Pseudo-gravity Map PG-1）

本図では，帯域フィルタ図BP-1で把握された磁性岩体，磁氣的構造線分布の特徴的方向性がさらに顕著に表現されている。地域Ⅰ中部から地域Ⅱ西部にかけて磁性岩体は北西－南東の方向性を持って分布する。地域Ⅲ西部から中部にかけても同様の方向性を有する。地域Ⅲ北西部においてこの傾向は除々に南北の方向性を示すようになり，地域Ⅰサンタフェ付近からは北東－南西の方向性が優勢となる。地域Ⅲ東部から地域Ⅱ中部にかけては北東－南西の方向性が顕著であるが，地域Ⅱ北東部では西北西－東南東の方向性が卓越してくる。

3-3-2 擬似重力図PG-2（Pseudo-gravity Map PG-2）

本図では，帯域フィルタ図BP-1およびBP-2で推定された北西－南東および北東－南西の方向性を持つ大規模な磁氣的構造線が明瞭に示されている。また，帯域フィルタ図BP-3で推定された主構造Eにおいても北西－南東の方向性が優勢である事が本図から推定される。

3-3-3 擬似重力図PG-3（Pseudo-gravity Map PG-3）

擬似重力異常の連続性から，調査地域主構造の方向性は北西－南東および北東－南西の2種類が卓越し，擬似重力の正異常は帯域フィルタ図BP-3から推定されたランクA磁性岩体の分布と一致する。また，BP-3図で把握された盆状構造にも北西－南東および北東－南西の構造が存在する事が推定される。

なお、以上3種類の各帯域フィルタ図および擬似重力図から定性的に判断される地下構造を各帯域毎に解析図1, 2, 3 (Fig. PL. III - 8, III - 9, III - 10) に示す。

3-4 定量解析

残差図に対し、南北方向に合計23本の断面線を設定し、各断面に対し電算機による二次元モデル自動解析を行い、磁性岩体頂部の深度、見かけ帯磁率を求めた。得られた見かけ帯磁率はA, B, C, Dの4つのランクに分類し前述(第2-8章)磁性岩体に対応させた。定量解析から推定される事項は次のとおりである。

- 1) ランクA磁性岩体は地域I中部および北東部および地域II北東端から地域III北東部にかけて分布する。
- 2) ランクB磁性岩体は主として地域I西部から中部にかけて分布する。
- 3) ランクCおよびD磁性岩体は地域I南東部から地域III南部にかけて分布する。なお、地域I南東部から地域II北西部にかけてはランクC磁性岩体の分布が優性であり、地域I南西端より地域III南部にかけてはランクD磁性岩体の分布が優勢である。

以上の定性・定量解析により総合的に判断される結果を総合解析図としてPL. III - 11に示す。

第4章 考察および今後の問題点

本調査により、調査地域の磁気異常はA,B,C,Dの4つのランクに大別された。A,B,C,D各ランクの磁気異常はそれぞれランクA磁性岩体(強磁性岩体)、ランクB磁性岩体(中磁性岩体)、ランクC磁性岩体(弱磁性岩体)、ランクD磁性岩体(微弱磁性岩体)によって誘起された異常と考えられる。岩石試料の帯磁率測定により、安山岩類・玄武岩類はランクA、閃緑岩類・砂岩はランクB、凝灰岩類・泥岩はランクC、緑色片岩・石灰岩はランクDの磁性岩体に対応すると判断された。

本調査で得られた結果に地質学的考察を加えて推察された事項は下記のとおりである。

- 1) 調査地域南部においてはランクD磁気異常が優勢であり、地質調査の結果からも当地区において基盤岩類の分布が確認されている。さらに、バレル北東約40Kmの位置において基盤岩類の分布が確認されているが、この南に把握されたランクA磁性岩体Ⅲ-2は、定量解析により地表(1,000m ASL)から厚さ2,500mにわたって分布すると推定される。従ってバレル北東40Kmで確認された基盤岩類は南に向けて深度を増し、Ⅲ-2付近で基盤岩類頂部の深度は-1,500m ASLを越え、調査地域南部で再び地表に露出するものと考えられる。
- 2) バレル北東部で確認された基盤岩類の北部には、ランクA磁性岩体Ⅲ-1が分布する。Ⅲ-1はその南西部を、北西-南東の方向性を有する構造線で切断されて上記基盤岩類と接している。定量解析により、Ⅲ-1は地表より厚さ約2,000mにわたって分布すると推定される。従って、Ⅲ-1がその下部において基盤岩類と接すると想定した場合の、上記北西-南東の方向性を有する構造線は、落差2,000mの北東落とし断層である。
- 3) 前項2)で述べた構造線は、さらに北西に延び、ランクB磁性岩体I-7北東部を西南西-東北東に延びる構造線で中断される。前述北西-南東の方向性を有する構造線はその後北東部に位置を移し、ランクA磁性岩体I-6の南西部に沿って磁性岩体I-4西端に延びる。定量解析によりI-6は地表(1,000m ASL)より厚さ2,000mにわたり分布すると推定された。従ってI-6付近における基盤岩類の深度は-1,000m ASLを越えるものと判断される。
- 4) ランクB磁性岩体I-4南西部では地質調査により基盤岩類の露出が、またその南部において凝灰岩類の分布が確認されている。磁気異常解析により把握されたI-4南部のランクC磁気異常岩体は上記凝灰岩類の分布を表現するものと考えられる。なお、前述西南西-東北東の方向性を有する構造線がその南東部の境界をなしている。この構造線を境界として南東部ではランクD磁性岩体の分布が優勢である。定量解析で得られた磁性岩体I-7の西端部における頂部の深度は-1,000m ASL程度である。従って上述ランクD磁性岩体下部がI-7頂部に接すると想定した場合の、I-7西部付近に分布するランクD磁性岩体の厚さ

は1,500 m 程度である。上記の考察から、基盤岩類はI-4南部から南東に向けて深度を増し、I-7北西部の南東落としの断層構造を境として南東部でさらに1,000 m 程度深度を増している事が推察される。

- 5) 帯域フィルタ図BP-3により、ランクA磁性岩体の地下深部(-500~-1,500 m ASL程度)における分布から主構造A,B,B',C,C'が把握された。この主構造は地質調査結果との対応から安山岩溶岩を主体とするカラバロ層群IIが厚く分布する事を表現するものと推察される。なお、B,B'に挟まれる地域では、カラバロ層群IIが地表に分布する事が確認され、その向斜軸は北西-南東の方向性を有している。主構造Eは主としてランクCまたはDの磁性岩体で構成される盆状構造を表現するものと考えられる。また、BP-1, BP-2の両フィルタ図においても盆状構造Eには、地表より海拔-1,500 m程度にわたる範囲ではカラバロ層群IIが厚く分布する可能性は小さい。
- 6) 調査地域北西部において、地表より海拔-1,500 m 程度にわたっては、ランクBおよびC磁性岩体の分布が優勢であり、カラバロ層群IIの分布する可能性は小さい。当地区は、本調査地域南西部で把握された北西-南東の方向性を示す構造線が、その方向を除々に変えて南北の方向性を示すようになり、さらにこれに30°程度の角度で斜交する構造線が多数分布する地区に当る。定量解析により把握されたランクB磁性岩体は主として当地区に分布する傾向を示す事、および調査地域における構造線分布から見た当地区の特異性から、当地区で把握されたランクB磁性岩体は、上述構造線に規制されて分布する閃緑岩類を主として表現しているものと判断される。

以上の考察から、本調査は次の様に結論される。

調査地域地下深部における主たる地質構造は、地域西部で北西-南東、地域東部で北東-南西の方向性を有し、磁気図から把握された構造線の方向に一致する。調査地域北西部では、南北方向およびこれに鋭角で斜交する多数の構造線の分布が認められ、さらにこれらの構造線に規制されて閃緑岩類と推定される磁性岩体の分布が把握された。一方、調査地域における鉱床はポーフィリタイプタイプの鉱床であり、構造線に規制されて分布する閃緑岩類の貫入に関係するものと推定されている。従って、鉱床賦存の有望地域は調査地域北西部を主体とするランクB磁性岩体の把握された地域である。

今後、上記で抽出された調査地域西部を精査地域とし、空中磁気探査で把握されたランクB磁性岩体およびその周辺を主体とする空中あるいは地上電磁探査、およびIP調査を実施する事が望まれる。

APPENDICES

Table 1. Fossils

Eighteen (18) samples numbered A-12, A-23, A-243, B-13, B-16, B-64, B-70, B-107, B-108, C-72, DF-1, DF-2, DF-3, DF 4, DF-5, DF-6, DF-10 and DF-11 were collected from Caraballo Groups I, II and III. All of them are muddy or sandy rocks but do not contain smaller foraminifera probably due to metamorphism.

Six (6) samples numbered B-102, B-331, C-56, DF-7, DR-20 and DR-77 are coral limestones. No fossils could find in them.

(Larger Foraminifera)

Sample No. A-2

Locality : Cagayan River
 Formation : Mamparang F.
 Species : Eulepidina monstrosa
 E. sp.
 Spiroclypeus leupoldi
 Nephrolepidina parva
 Cycloclypeus sp.
 Operculina sp.
 Gypsina globulus
 G. vesicularis

Geological age : Te₁ - 4 (Upper Oligocene)

Sample No. A-3

Locality : Cagayan River
 Formation : Mamparang F.
 Species : Spiroclypeus leupoldi
 Eulepidina monstrosa
 E. sp.
 Borelis philippinensis
 Operculina sp.
 Cycloclypeus sp.
 Heterostegina cf. borneensis

Geological age : Te₁ - 4 (Upper Oligocene)

Sample No. A-6

Locality : Cagayan River
 Formation : Mamparang F.
 Species : Eulepidina ephippioides
 Nephrolepidina parva
 Spiroclypeus higginsii
 Cycloclypeus sp.
 Amphistegina radiata

Geological age : Te₁ - 4 (Upper Oligocene)

Sample No. A-29

Locality : San Luis River
 Formation : Santa Fe F.
 Species : Flosculinella cf. bontangensis
 Amphistegina radiata
 Austrillina howchini
 Spiroclypeus sp.
 Nephrolepidina sumatrensis

Geological age : Te₅ (Lower Miocene)

Sample No. B-332

Locality : Santa Fe
 Formation : Santa Fe F.
 Species : Amphistegina sp.
 Nephrolepidina sumatrensis
 Flosculinella philippinensis
 Planorbulinella larvata

Geological age : Te₅ (Lower Miocene)

Sample No. B-333

Locality : Santa Fe
 Formation : Santa Fe F.
 Species : Eulepidina sp.
 Cycloclypeus sp.

Geological age : Te₅ (Lower Miocene)

Sample No. B-395

Locality : Aglipay
Formation : Aglipay F.
Species : Operculina sp.
Borelis cf. philippinensis
Nephrolepidina sp.
Gypsina globulus
Geological age : T_f (Middle Miocene)

Sample No. B-401

Locality : Ganano
Formation : Santa Fe F.
Species : Cycloclypeus (Katacylo-
clypeus) annulatus
Miogypsina polymorpha
Amphistegina radiata
Eulepidina sp.
Nephrolepidina sp.
Operculina sp.
Gypsina globulus
Geological age : T_{e5} (Lower Miocene)

Sample No. C-57

Locality : Benneng River
Formation : Aglipay F.
Species : Cycloclypeus sp.
Miogypsina polymorpha
Austrotrillina howchini
Amphistegina radiata
Nephrolepidina sp.
Planorbilineella larvata
Gypsina globulus
G. vesicularis
Geological age : T_{e5} - T_f (Lower Miocene
-Middle Miocene)

Table 2. Potash-Argon ages on some intrusive rocks

No.	Sample No.	Location	Rock	Mineral	Sample Wt. (g)	k %	$^{40}\text{Ar}/^{40}\text{K}$	Air (%) contamination	Age m. y.
1	A-22	Pacuaao R.	Gabbro	hornblende	1.2822	0.07	0.001110	84.78	19
2	A-31	Dibauan R.	Granite	plagioclase	1.4356	0.16	0.002640	79.75	45
3	A-182	Buanad R.	Micro-gabbro	whole rock	1.4760	0.50	0.001740	53.16	30
4	A-200	Ditali R.	Granite	whole rock	1.1140	0.41	0.002527	66.56	43
5	A-201	do.	Gabbro	whole rock	1.2959	0.05	0.002789	85.85	47
6	A-283	Cabatangan R.	Granite	whole rock	1.3034	0.14	0.002643	77.74	45
7	B-35	Smapanuan R.	Gabbro	hornblende	1.1491	0.27	0.001460	62.95	25
8	B-41	Marang R.	Granodiorite	hornblende	1.4007	0.96	0.001600	48.57	27
9	B-93	Sulong R.	Monzonite	biotite	0.5103	5.32	0.001514	23.07	26
10	B-314	Dupax	Granodiorite	hornblende	1.1429	0.59	0.001688	51.76	29
11	B-330	Konkong V.	Granite	biotite	0.5297	4.78	0.001490	16.22	25
12	B-340	Caraballo R.	Diorite	biotite	1.0130	7.10	0.001721	12.70	29
13	B-379	Makati	Porphyrite	whole rock	1.3339	2.57	0.001964	43.96	33
14	C-1D	Pampang R.	Dacite	whole rock	1.1445	1.46	0.000401	77.11	7
15	C-3D	Benneng R.	Diorite aplite	whole rock	1.2468	0.86	0.000529	91.79	9
16	C-4D	do.	Quartz-dolerite	whole rock	1.2224	0.54	0.001597	64.23	27
17	C-6D	do.	Andesite	whole rock	1.4711	0.76	0.000393	81.11	7
18	C-7D	do.	Dacite	whole rock	1.1884	1.26	0.000378	85.04	6
19	D-R7D	Digidig R.	Andesite	hornblende	1.1837	0.50	0.000593	74.23	10
20	PA-14	Dibauan R.	Quartz-diorite	hornblende	1.6269	0.16	0.002909	63.72	49

^{40}Ar R ; radiogenic argon ^{40}Ar ,

$$\lambda_e = 0.585 \times 10^{-10} \text{yr}^{-1},$$

$$\lambda_\beta = 4.72 \times 10^{-10} \text{yr}^{-1}.$$

$$^{40}\text{K}/\text{K} = 1.19 \times 10^{-2} \text{atom. \%}$$

Table 3. Microscopic observations

Sample No.	Location	Group or Formation	Rock	Macroscopic features	Microscopic observations	Remarks
Thin Section						
A-1	Cagayan R.	Intrusives	Micro-uralite gabbro	Fresh, dark gray and compact	Phenocrysts of idiomorphic, zoned and twinned plagioclase (<3mm in length, An 50~An 60, rimmed by albite) and hypidiomorphic clinopyroxene, altered to uraltite, occur in a fine grained holocrystalline matrix of the same minerals. Accessories are quartz, magnetite and rutile. A few epidote are also present.	
A-9	do	Mamparang G.	Two-pyroxene basalt	Gray and compact rock with reddish brown patches	Phenocrysts of zoned and twinned plagioclase (0.5~0.1 mm), augite (max 5 mm, mostly 0.5 mm) and hypersthene with reaction rim of clinopyroxene are in a holocrystalline matrix of plagioclase, clinopyroxene, orthopyroxene and magnetite. Calcite replaces augite partially. Iddingsite and yellowish brown clay mineral are secondarily produced.	See PL-III B
A-16	Casiguan R.	do	Two-pyroxene basalt	Dark gray, compact	Porphyritic. Idiomorphic plagioclase (<2 mm, An 55), augite (<2 mm) and hypersthene (<2 mm, having sometimes parallel growth with augite) are in a matrix of plagioclath microlites, clinopyroxene, orthopyroxene and magnetite with a pilotaxitic texture. Pale brownish green clay mineral and a few iddingsite are observed.	
A-17	do	do	Two-pyroxene andesite	Dark gray, glassy	Microphenocrysts of zoned plagioclase (<1 mm, An 45), clinopyroxene (<0.5 mm) and orthopyroxene (<0.3 mm, very weak pleochroism) are in a matrix of glass, plagioclase microlites and a few pyroxene with a hyalopilitic texture. No alteration minerals.	
A-18	do	Caraballo G-II	Dacitic pumiceous tuff	Pale green rock with white patch	Pyroclastic texture. Rock fragments of pumice replaced thoroughly by laumontite, and chips of corroded quartz, plagioclase replaced by laumontite and clinopyroxene are in an altered matrix.	
A-19	Tabayong R.	Intrusives	Two-pyroxene dolerite	Dark gray, medium grained, holocrystalline	Holocrystalline. Large plagioclase crystals (2~4 mm) are embedded in a fine grained matrix which is composed of plagioclase (<2 mm, An 50~55), clinopyroxene and orthopyroxene. Magnetite and sphene are also present. Brownish green clay mineral replaces plagioclase and orthopyroxene.	
A-21	do	Caraballo G-II	Augite basalt	Gray, compact and aphyric	A few phenocrysts of plagioclase (<2 mm) and corroded augite (<0.5 mm Z/C = 450) are observed in a matrix of plagioclase laths (0.1 mm ±), granular clinopyroxene (0.05 mm ±) and magnetite with a basaltic texture. Secondary mineral is chlorite.	

Sample No.	Location	Group or Formation	Rock	Macroscopic features	Microscopic observations	Remarks
A-22A	do	do	Basaltic andesite	Reddish brown, compact, and glassy	Aphyric. Plagioclase laths (0.2 mm ± in length), prismatic or granular clinopyroxene, magnetite locally altered to hematite and hematite make up a matrix. The texture is trackytic.	
A-22B	do	Intrusives	Two-pyroxene gabbro	Pale gray, medium grained and holocrystalline	Hypidiomorphic-granular texture. The essential minerals are idiomorphic orthopyroxene. A little amount of biotite and reddish brown magnetite are accessories. Uralite, sericite and brownish green clay minerals are produced.	
A-23	Pacucac R.	Caraballo G-II	Altered basalt	Dark gray, compact rock with white spots	Phenocrysts of plagioclase, which are less clearly defined by alteration, are enclosed in a matrix of plagioclase laths (0.1 ~ 0.2 mm), granular clinopyroxene (0.05 mm ±) and magnetite with a basaltic texture. Chlorite, prehnite, calcite and epidote are much produced so that the primary texture is not so clear. This rock is similar to A-21 and A-22A.	
A-27	Diteki R.	Caraballo G-II	Altered volcanic rock	Dark green, massive	The rock is composed of epidote, chlorite, mosaic quartz with a undulatory extinction and altered plagioclase. Alteration is too strong to estimate the original rock.	
A-28	do	Intrusives	Gabbro	Greenish gray, holocrystalline	Hypidiomorphic-granular texture. The essential minerals are plagioclase (< 5 mm) and clinopyroxene which is mostly altered to uraltite. Clinzoisite and opaque minerals are also produced.	
A-30	San Luis R.	Caraballo G-II	Dacitic tuff	Greenish white	Crystal fragments of corroded quartz, albite, epidote and calcite. From the existence of quartz probably derived from volcanic rocks and the heterogeneous texture, this rock is probably an acidic tuff. There are some paralleled laumontite stringers.	
A-31	Bazal R.	Intrusives	Granite	Medium-grained, leucocratic	Hypidiomorphic-granular texture. The essential minerals are hypidiomorphic plagioclase and microcline, and xenomorphic quartz and hornblende. Color index = 10%. A few magnetite and chlorite.	See PL-VA
A-182	Dijanad R.	do	Micro-gabbro	Gray, medium-grained, hard	Similar texture to A-1. Idiomorphic and zoned plagioclase (< 3 mm, An60 ~ An65) and uraltized clinopyroxene are the essential minerals. Magnetite and quartz are accessories. Secondary minerals are uraltite (chiefly tremolite) and calcite.	
A-200	Dibutan R.	Intrusives	Granite	Medium-grained, leucocratic	Hypidiomorphic-granular texture. The essential minerals are quartz, orthoclase with a perthite texture, zoned plagioclase (< 5 mm) and hornblende. Chlorite epidote and calcite occur secondarily. C.I. = 10%	
A-201	do	do	Uralite-gabbro	Medium-grained, melanocratic	Hypidiomorphic-granular texture. Dominant minerals are hypidiomorphic plagioclase (< 2 mm, An55), clinopyroxene altered to uraltite and magnetite (1 ~ 2 mm). A few epidote. C.I. = 50%	

Sample No.	Location	Group or Formation	Rock	Macroscopic features	Microscopic observations	Remarks
A-256A	Matayay R.	do	Pyroxenite	Dark greenish gray, holocrystalline	Olivine, partially serpentinized, is enclosed in interstitial clinopyroxene (olivine is less than 10%). A little calcite occurs in the rock.	
A-256B	do	do	Peridotite	Brownish black rock with white splashed patterns	The essential minerals are clinopyroxene, pleochroic orthopyroxene and serpentinized olivine. There are some calcite stringers.	See PL-IVA
A-283	Malupa R.	do	Granite	Medium-grained, leucocratic	Mosaic texture consisting heterogeneously of fine- and coarse-grained crystals. The essential minerals are quartz, orthoclase, microcline, plagioclase and hornblende. A little apatite and magnetite. Secondary chlorite, calcite and kaolinite are also observed. The constituent minerals are the same as those of A-31 or A-200 but the texture is quite different.	
A-294	do	do	Two-pyroxene gabbro	Coarse-grained, melanocratic	Plagioclase with a lamella twin, unalitized clinopyroxene, orthopyroxene, with accessory quartz and magnetite, make up this rock.	See PL-IVB
PA-2	Cagayan R.	Manparang G	Basalt	Dark gray, compact rock with tiny, white crystals	Porphyritic. Phenocrysts of zoned and twinned plagioclase and a few clinopyroxene occur in a holocrystalline matrix of plagioclase laths and clinopyroxene. A little amount of calcite and pale brownish clay are present.	
PA-7	Casiguan R.	Caraballo G-II	Altered andesite	Brownish gray rock with white patches	Phenocrysts of altered plagioclase, quartz and orthopyroxene (?) altered thoroughly to clay minerals are in an altered matrix. Pale brownish green clay mineral, sericite and zeolite are observed as secondary minerals.	
PA-9	do	Intrusives	Basalt	Gray, holocrystalline	Porphyritic. Phenocrysts of plagioclase and glomeroporphyritic clinopyroxene are enclosed in a holocrystalline matrix of plagioclase laths, granular orthopyroxene and magnetite. This rock locally shows an ophitic texture. A large part of mafics are altered to chlorite.	See PL-IVC
PA-10	do	Caraballo G-II	Acidic crystal tuff	Greenish gray rock with quartz grains	Clastic texture. Crystal fragments of corroded quartz probably derived from volcanic rock, with angular edges, and prismatic plagioclase are found in an aggregate of felsic minerals. This rock consists of 50% of the crystal fragments with 50% of the matrix.	
PA-14	Bazal R.	Intrusives	Quartz diorite	Medium-grained, holocrystalline C.I. = 35%	The essential minerals are zoned and twinned plagioclase, twinned hornblende and interstitial quartz. Accessories are chloritized biotite and magnetite. A few chlorite and epidote are produced.	See PL-VC
PA-20	Dibutunan R.	Caraballo G-II	Altered andesite	Gray, compact rock with a few pyrite	Phenocrysts of plagioclase (altered partially to calcite and kaolinite) quartz and hornblende (altered to chlorite and magnetite) are in a unclerly defined matrix of albitized plagioclase laths, calcite, chlorite and magnetite. There are some vesicles filled with zeolite.	

Sample No.	Location	Group or Formation	Rock	Macroscopic features	Microscopic observations	Remarks
B-4	Casignan R.	Caraballo G-II	Tuffaceous sandstone	Pale green, medium-grained, compact rock with clear bedding	Subrounded particles (0.5 mm ±) are mainly composed of stained quartz with plagioclase, hornblende, augite, hypersthene, sphene and iron ore. Well sorted.	
B-5	do	do	Hornblende-augite andesite	Purplish rock with white and black crystals	Phenocrysts of albitized plagioclase and augite with opaque rims are in a matrix of plagioclase laths, augite, iron ore and apatite with an intersertal texture. A few amount of zeolite.	
B-6	do	do	Altered augite	Dark gray, aphyric and amygdaloidal	A few plagioclase and augite phenocrysts occur in a devitrificated matrix which is composed of albitized plagioclase laths, augite, iron ore and chlorite, with an intergranular texture. There are some amygdales filled with chlorite.	See PL-2B
B-9	do	Intrusives	Dolerite	Black, compact	Plagioclase phenocrysts (<4mm) are enclosed in a holocrystalline matrix of plagioclase laths, augite and greenish brown clay minerals, with an intergranular texture. Some plagioclase in the matrix are rimmed with alkali-feldspar.	
B-14	Munguia R.	Caraballo G-II	Basalt	Black, aphyric	A few phenocrysts of plagioclase (<1 mm, altered to sericite and chlorite) occur in a matrix of plagioclase laths rimmed with alkali-feldspar, augite, iron ore, and brown clay minerals. Texture is intergranular ~ subophitic.	
B-17	do	do	Tuff	Khaki, coarse-grained	Crystal chips of plagioclase pyroxene, opaque mineral and rock fragments of andesite and pumice are cemented by quartz and brown clay mineral. Each particle is 1-2 mm in size.	
B-18	Bendy R.	Intrusives	Granodiorite	Coarse-grained, leucocratic (C.I. = 10)	Subhedral-granular texture. The essential minerals are quartz, K-feldspar and plagioclase are altered to kaolinite and sericite. Accessories are apatite, sphene and epidote.	
B-20	do	do	Aplitic granodiorite	Pale orange, microgranitic	The essential minerals are quartz, K-feldspar and plagioclase. A few biotite altered slightly to chlorite and epidote are also observed. The texture is granular and locally graphic.	
B-21	do	do	Augite andesite	Dark blue rock with thinny prismatic crystals	Glomeroporphyritic phenocrysts of augite and plagioclase are in a matrix of plagioclase laths, granular augite, quartz, and chlorite, with an intersertal texture. Some carbonate stringers and laumontite.	
B-23	Diduyon R.	Mamparang G.	Pitchstone	Pale purple rock with pyroxene-needles	Phenocrysts of plagioclase, altered thoroughly to kaolinite and zeolite and augite (<2mm) are in a glassy matrix. Much zeolite are produced.	See PL-11C

Sample No.	Location	Group or Formation	Rock	Macroscopic features	Microscopic observations	Remarks
B-27	Campote R.	Intrusives	Diorite porphyry	Dark gray, porphyritic rock	Holocrystalline. Porphyritic texture. Phenocrysts of zoned and twinned plagioclase (<3 mm), hornblende and biotite are in a fine-grained matrix of plagioclase (<0.5 mm) hornblende, biotite and magnetite. A few apatite are present.	
B-29	Malabing R.	Mamparang G.	Acidic tuff	Pale green rock with quartz and plagioclase fragments	Chips of plagioclase, quartz, garnet and spherulite (<4 mm) are cemented by chlorite, magnetite and glassy material. Zeolite and carbonate occur as secondary minerals. Pumice is also present.	
B-30	do	do	Acidic tuff	Pale green, coarse-grained	Chips of plagioclase (replaced by carbonate), glass (<4 mm) and pumice are cemented by less clearly defined glassy material.	
B-32	do	Caraballo G-II	Augite andesite	Gray rock with pyroxene and plagioclase crystals	Phenocrysts of plagioclase (<1.5 mm, altered thoroughly to saussurite) and augite are scattered in a matrix of plagioclase, augite, magnetite, sphene, apatite and glass. A little amount of secondary quartz are also recognized in the matrix.	
B-34	Smapanuan R.	Intrusives	Biotite-hornblende gabbro	Holocrystalline C. I. = 30	The essential minerals are plagioclase, hornblende, augite (cotectic to hornblende), hyperthene, biotite and a few quartz. Accessories are sphene, apatite and magnetite.	See PL-VIA
B-36	do	Basement Complex	Hornblende-augite-schist	Black, schistose	The rock consists of two parts of different mineral assemblage. One is hornblende-quartz-sphene and the other plagioclase-augite-magnetite-quartz. Clear schistosity.	See PL-IA
B-42	Matono R.	Intrusives	Quartz diorite	Leucocratic rock with large hornblende crystals	A Granular texture. The essential minerals are zoned and twinned plagioclase, hornblende and quartz. Accessories are sphene and apatite. A few sericite and chlorite are locally produced.	
B-51	Mapayao R.	Caraballo G-II	Altered andesite	Dark gray rock with amygdals	A few glomeroporphyritic phenocrysts of plagioclase and mafic minerals altered thoroughly to chlorite and calcite occur in a matrix of plagioclase laths, chlorite, epidote, glass and magnetite with an intersertal texture. Most of the plagioclase alter to albite.	
B-53	do	do	Augite andesite	Dark olive, porphyritic	Phenocrysts of twinned plagioclase (andesine) altered to sericite, chlorite and epidote, and augite altered partially to chlorite are in a matrix of plagioclase laths, chlorite, magnetite and brown glass with an intersertal texture. A few sphene are present.	
B-63	do	do	Augite andesite	Dark gray, porous	Some phenocrysts of plagioclase and augite, altered to chlorite and brownish yellow clay are in a hyalopititic matrix. Plagioclase in the matrix is changed to albite. Accessories are apatite and magnetite.	

Sample No.	Location	Group or Formation	Rock	Macroscopic features	Microscopic observations	Remarks
B-66	Mandaag R.	Intrusives	Hornblende-augite diorite	Dark blue, fine-grained, holocrystalline	A granular texture. The essential minerals are plagioclase (rimmed with alkali-feldspar and partially altered to kaoline), hornblende and augite with accessory apatite, sphene and magnetite. Most of augite are altered to chlorite.	
B-72	do	Caraballo G-III	Dacitic tuff	Pale gray compact rock with pyrite dissemination	Crystal fragments are almost carbonitized or kaolinized. Jaumontite and sericite occur as the secondary minerals.	
B-75	Mapayao R.	Caraballo G-II	Augite andesite	Dark olive rock with plagioclase phenocrysts	Phenocrysts consist of plagioclase and chloritized augite. They are enclosed by plagioclase microlites, chlorite and brown glass with magnetite. It shows an intersertal texture. A considerable carbonization.	
B-77	do	do	Trachyte	Gray porous rock with pinkish crystals	Phenocrysts of K-feldspar, kaolinized and carbonized plagioclase and few biotite are enclosed in a altered matrix of plagioclase microlite, opaque minerals and glass, with a hyalopilitic texture. Some druses filled with zeolite are present.	
B-82	Sulong R.	Caraballo G-II	Dacitic tuff	Pale green, fine-grained and compact	Very fine-grained quartz, secondary albite, mafic mineral and opaque mineral make up this rock. Most of grains are less than 0.1 mm in size.	
B-93	do	Intrusive	Augite-biotite-hornblende monzonite	Holocrystalline rock with large crystals of hornblende and feldspar	The essential minerals are K-feldspars (more than 60% of the total feldspar), plagioclase, hornblende, biotite and augite. The K-feldspars enclose the rest poikilitically. Accessories are magnetite, apatite and sphene.	See PL-VB
B-96	Dabli R.	Caraballo G-II	Olivine-augite basalt	Black, porphyritic	Phenocrysts of olivine, augite and plagioclase occur in a matrix of plagioclase laths, granular augite, magnetite and brown clay mineral, with an intersertal texture. Augite is idiomorphic ~ hypidiomorphic and is altered to iddingsite with opacite margin. Some druses are filled with brown and fair green clay minerals.	See PL-IC
B-103	Addatan R.	do	Olivine bearing basalt	Black rock with plagioclase crystals	Phenocrysts are plagioclase altered vermicularly and olivine altered thoroughly to green clay minerals. A matrix consists of plagioclase laths, acicular or granular augite, magnetite and chlorite.	
B-105	do	do	Olivine-augite basalt	Dark gray rock with large plagioclase crystals	Phenocrysts of plagioclase (<5mm An 55 ~ An 60), augite and olivine altered to chlorite are in a matrix of plagioclase laths granular augite, magnetite and brown clay mineral, with an intergranular texture.	
B-311	Casignan R.	do	Andesitic lapilli tuff	Dark green rock with andesitic rock fragments Weak pyrite-dissemination	Rock fragments of porphyritic andesite with an intersertal texture, are cemented with felsic material. Mafic minerals are replaced by chlorite.	

Sample No.	Location	Group or Formation	Rock	Macroscopic features	Microscopic observations	Remarks
B-317	Karuluta R.	Caraballo G-II	Altered basalt	Pale green, aphyric	A few, small phenocrysts of plagioclase and mafic minerals, altered thoroughly to chlorite or calcite, are scattered in a matrix of plagioclase laths and chloritized mafics. Texture is intersertal and locally subophitic.	
B-351	Baan R.	do	Altered andesite	Pale green rock with very weak pyritization	Few tinny phenocrysts of albitized plagioclase are enclosed in a matrix of albitized plagioclase, chlorite, opaque and secondary quartz. Considerably epidotized.	
B-352	do	Intrusive	Diorite	HolocrySTALLINE, medium-grained rock with weak pyrite dissemination	Equigranular texture. The major constituents are twinned, slightly altered andesine, K-feldspar (about 30% of the total feldspar) and hornblende with accessory magnetite and apatite.	
C-1D	Panpang R.	do	Hornblende-biotite dacite	Purplish gray, porphyritic	Phenocrysts of plagioclase with poikilitic hornblende and biotite, corroded quartz, hornblende and biotite occur in a felsic matrix. Mafic minerals are thoroughly replaced by chlorite, calcite or epidote. A little rutile is present.	
C-2D	do	do	Gabbroic dolerite	Greenish gray, medium grained	The essential minerals are plagioclase and unalitized clino-pyroxene with an ophitic or granular texture. Uralite, epidote and chlorite are secondarily produced. Ilmenite is also observed.	
C-3D	Benneng R.	do	Diorite-aplite	Gray compact with hornblende needles	A rather even-grained plagioclase and hornblende are associated with a little amount of interstitial quartz and orthoclase. Secondary brownish green clay mineral and calcite are found.	
C-4D	do	do	Gabbroic quartz-dolerite	Greenish gray, fine-grained	Ophitic ~ hypidiomorphic granular texture. Sausuritized plagioclase, clino-pyroxene with a hourglass texture, interstitial quartz, a little hornblende and magnetite make up this rock. Outer part of clino-pyroxene is unalitized. Much chlorite and calcite, and a few epidote are produced.	
C-5D	do	do	Altered micro-diorite	Fine-grained	The main constituent minerals are saussuritized plagioclase, pleochroic hornblende with accessory, chloritized biotite and magnetite. Secondary minerals are much chlorite and uraltite which replaces partially hornblende. Prehnite stringers are developed.	
C-6D	do	do	Augite bearing hornblende-andesite	Gray compact rock with mafic needles	Phenocrysts of hornblende (max = 1 cm in length), plagioclase, and augite are a matrix of plagioclase laths, granular magnetite and altered, interstitial glass, with a hyalopilitic texture. Brown clay mineral and calcite replace the matrix.	
C-7D	Benneng R.	Caraballo G-III	Hornblende-biotite-dacite	Greenish gray, porphyritic	Phenocrysts of twinned and zoned plagioclase, corroded quartz, biotite and altered hornblende are in a fine-grained felsic matrix. Calcite and chlorite mainly replace mafic minerals.	

Sample No.	Location	Group or Formation	Rock	Macroscopic features	Microscopic observations	Remarks
C-1R	Imugan R.	do	Muddy crystal tuff	Dark gray, compact	Rock fragments of mudstone (< 2.5 mm) with foraminifera and crystal chips of plagioclase (< 0.5 mm), clino-pyroxene, hornblende and quartz are cemented by chlorite and calcite. The texture is well-sorted and clastic.	
C-6R	do	do	Muddy tuff	Gray, compact	Crystal chips of plagioclase, clino-pyroxene and biotite (all of them are 0.1 mm in size) are cemented by chlorite and calcite. This rock is well-sorted and shows a very fine clastic texture.	
C-7R	do	Intrusives	Uralite gabbro	Greenish gray, fine-grained	Hypidiomorphic-granular and locally ophitic. Twinned and zoned plagioclase (< 5 mm, An 60) and unalitized clino-pyroxene are the main minerals.	
C-9R	do	Caraballo G-III	Augite (?) basalt	Pale yellowish brown	Varfolitic. Phenocrysts of pyroxene, altered thoroughly to yellowish brown clay mineral, occur in a matrix of radiating slender fibers of plagioclase and hematite. Some prehnite, calcite and laumontite stringers are present.	
C-11R	do	do	Glassy andesite	Dark gray, porphyritic	Porphyritic and amygdaloidal texture. Phenocrysts of plagioclase and few clino-pyroxene occur in a matrix of plagioclase microlite and brown glass. There are many amygdaloids filled with prehnite, pumpellyite, calcite and chlorite. A few epidote.	
C-15R	do	Intrusives	Altered dolerite	Yellowish green, banded compact	Strongly epidotized so that the original texture is not clear (probably ophitic). The essential minerals are plagioclase and altered mafic minerals. Much epidote, a few chlorite and fibrous actinolite occur all over this section.	
C-17R	do	Caraballo G-II	Basalt	Dark gray aphyric	A few phenocrysts of plagioclase and unalitized clino-pyroxene are in a matrix of plagioclase, magnetite and chlorite. Some quartz-prehnite stringers are observed.	
C-20R	Pampang R.	Caraballo G-III	Biotite-hornblende-dacite	Pale gray, porphyritic	Porphyritic. Phenocrysts of plagioclase, hornblende, quartz, altered biotite and clino-pyroxene are enclosed in a cryptocrystalline matrix. Apatite, greenish brown clay mineral which replace biotite, and zeolite are present.	
C-22R	do	Intrusives	Dolerite	Greenish gray, compact	The essential minerals are idiomorphic plagioclase and ophitic augite with a few sphene. Chlorite, prehnite and kaolinite are secondarily produced.	
C-24R	Pampang R.	Caraballo G-III	Basalt	Reddish gray, porphyritic	Phenocrysts of plagioclase, replaced vermicularly by kaolinite, are in a matrix of plagioclase laths, granular clino-pyroxene and opaque mineral, with an intergranular texture. There are many amygdaloids which are filled with calcite, prehnite and laumontite. The matrix is partially replaced by chlorite. Hematite is seen along cracks in the plagioclase phenocryst.	

Sample No.	Location	Group or Formation	Rock	Macroscopic features	Microscopic observations	Remarks
C-25R	do	do	Andesitic tuff	Dark greenish gray, compact	This rock is composed of 50% of lithic fragments and 50% of crystal fragments with few matrix, and shows a clastic texture. Lithics: andesite & basalt (both <0.5 mm). Crystals: plagioclase & clino-pyroxene (both <0.3 mm). The matrix is replaced by chlorite and plagioclase by kaolinite.	See PL-III A
C-29R	Noso Cr.	do	Basalt	Dark gray, porphyritic	Phenocrysts of plagioclase (<1.5 mm) and clino-pyroxene (<0.3 mm) occur in a matrix of plagioclase laths, clino-pyroxene and opaque minerals, with an intergranular texture. Secondary minerals are hematite and chlorite.	
C-30R	do	do	Basalt	Dark gray, compact	Sausritized plagioclase and uralitized clino-pyroxene phenocrysts are distributed in a fine matrix of plagioclase laths, acicular clino-pyroxene and opaque minerals. Pumpellyite, quartz and albite occur in amygdules. Chlorite is also observed. This rock resembles C-17R in texture.	
C-31R	do	do	Basalt	Gray, porphyritic	Phenocrysts of not so well-defined plagioclase and uralitized clino-pyroxene are found in a matrix of plagioclase laths and clino-pyroxene. Epidote and laumontite chiefly occur in amygdules. Kaolinite replaces the plagioclase phenocrysts vermicularly. Some chlorite are also present.	
C-34R	Pampang R.	Intrusives	Biotite-hornblende quartz-diorite	Medium grained	Hydidiomorphic-granular texture. The essential minerals are plagioclase (<3 mm), hornblende (<1 mm), chloritized biotite and quartz. Plagioclase is partially replaced by kaolinite. A little amount of epidote.	
C-46R	Benneng R.	do	Olivine-dolerite	Black, compact	Large crystals of olivine (<5 mm) occur in a holocrystalline matrix of plagioclase (<2 mm) and ophitic clino-pyroxene. Clino-pyroxene is thoroughly replaced by uraltite. Hematite is found along cracks of olivine. Some chlorite.	
C-47R	do	Caraballo G-III	Basalt	Gray, compact	A few smaller phenocrysts of uralitized clino-pyroxene are in a matrix of plagioclase laths, clino-pyroxene and opaque mineral, with an intergranular texture. Calcite, epidote, prehnite, laumontite and pumpellyite occur in stringers. A little chlorite.	
C-49R	do	do	Muddy tuff	do	Lithic fragments of mudstone and andesite, and chrtstal chips of plagioclase, quartz, and calcite are cemented by chlorite and calcite. The matrix is very few.	
C-68R	do	do	Basalt	Purplish gray, compact	A few smaller phenocrysts of sausritized plagioclase (<1 mm) are embedded in a matrix of plagioclase laths (<0.2 mm), carbonized pyroxene and opaque minerals, with an intergranular texture. Chlorite and hematite are also produced. Amygdules are filled with calcite and chlorite.	

Sample No.	Location	Group or Formation	Rock	Macroscopic features	Microscopic observations	Remarks
C-70R	Bolo R.	Caraballo G-III	Muddy tuff	Dark gray, compact	Lithic fragments of mudstone, and crystal chips of plagioclase and quartz are cemented by chlorite, calcite and muddy material. Resemble C-59R.	
C-71R	do	Caraballo G-II	Hornblende-bearing phroxene andesite	Greenish gray, compact	Phenocrysts of saussuritized plagioclase, clino-pyroxene and hornblende are in a matrix of altered glass with plagioclase laths. It shows a hyalopilitic texture. Calcite and chlorite are much procuded. Prehnite is also present in amygdules.	
DR-2	Dingalan	Intrusives	Dolerite	Dark gray, compact	Phenocrysts of twinned plagioclase (less than 3mm in length) and augite (less than 0.7 mm) are in a matrix of twinned plagioclase laths (0.3mm), granular augite (0.3 mm) partially altered to chlorite, intersertal chlorite and magnetite. The matrix shows an intergranular texture.	
DR-6	East shore	do	Syenite porphyry	Fine grained, pinkish gray	Phenocrysts of euhedral, twinned plagioclase rimmed with alkali-feldspar (less than 5 mm), prismatic augite (C \wedge Z = 43°, less than 2mm) and biotite occur in a matrix of alkali-feldspar (less than 2mm), augite (less than 1mm) and magnetite. Alkali-feldspar in the matrix is prismatic and shows carlsbad twinning. A few titanite, biotite and apatite are also present.	
DR-7	do	Caraballo G-I	Lapilli tuff	Dark gray tuff with tiny rock fragments	Rock fragments of basalt, andesite, pumice and carbonate are cemented by tuffaceous materials. Basalt is composed of phenocrysts of plagioclase and augite and a matrix of plagioclase laths, granular pyroxene, magnetite and chlorite which fills the amygdules. Andesite is aphyric. There are something like fossil in a carbonate rock.	
DR-8	do	do	Quartz-plagioclase augite-hornblende schist	Dark green, schistose rock with white stripes	Holocrystalline. This rock is composed of quartz, plagioclase, hornblende, augite and sphene and has a schistose texture. Quartz : < 4 mm, irregular form. Plagioclase : altered thoroughly to sericite and chlorite. Hornblende : < 5 mm, subhedral, strong pleochroism (green ~ yellowish green), C \wedge Z = 16°. Augite : < 1 mm subbedral, pale green, C \wedge Z = 42°. Sphene : < 0.3 mm, brown. Much sphenes are distributed in the hornblende and augite. A few wollastonite stringers (0.2 mm in width).	
DR-9	do	do	Quartz-plagioclase garnet-hornblende schist	Dark gray schistose rock with red garnet and white stringers	Holocrystalline. The rock is principally made up of quartz, plagioclase, hornblende and garnet. Quartz : < 2 mm irregular form. plagioclase: replaced thoroughly by sericite and chlorite. Hornblende : < 1 mm, strong pleochroism (brown yellowish brown) C \wedge Z = 18°. Garnet : < 7 mm, pale pinkish red, including many quartz and magnetite grains.	See PL-1B
DR-10	Dingalan	Intrusives	Hornblende diorite	Gray, holocrystalline	Holocrystalline. The principal minerals are twinned and zoned plagioclase (< 3 mm), pale green hornblende (< 2 mm, C \wedge Z = 16°), ilmenite (< 1 mm) and sphene. Epidote grains and zoisite stringers are also present.	

Sample No.	Location	Group or Formation	Rock	Macroscopic feature	Microscopic observations	Remarks
DR-12	Lubingan R.	Basement Complex	Quartz-plagioclase epidote schist	Greenish gray, schistose	This rock contains lenticular quartz (0.01 mm), acicular plagioclase parallel to the schistosity, and granular epidote (<0.2 mm).	
DR-17	do	do	Muscovite-quartz-plagioclase-hematite	Reddish black, schistose	Banded texture. Main components are quartz (<0.5 mm), twinned plagioclase (<0.5 mm) partially altered to sericite, calcite (<1 mm), fibrous hematite and muscovite.	
DR-18	do	do	Quartz-plagioclase-epidote-two mica schist	Greenish gray, schistose	Distinct schistosity. Quartz (<0.02 mm), plagioclase (<0.1 mm), flakes of biotite and muscovite, epidote with accessory sphene and apatite. Quartz-epidote stringers cut the schistosity.	
DR-24	Villa Aurora	Caraballo G-I	Andesitic lapilli	Greenish gray rock with rock fragments	Chips of andesite, quartz and plagioclase are cemented by chlorite. Most of the andesite are aphyric and consist of acicular plagioclase, granular pyroxene and glass.	
DR-25	do	do	Basaltic lapilli tuff	Dark gray rock with fine rock fragments	Rock fragments of basalt and a few andesite are embedded in a few amount of chlorite. Basalt : porphyritic. Abundant phenocrysts consisting of plagioclase and augite (partially altered to celadonite) occur in a matrix of plagioclase laths, granular pyroxene and magnetite. Andesite : porphyritic. Phenocrysts of plagioclase and augite are in a matrix of plagioclase laths, pyroxene and magnetite. Most of the minerals in the matrix are altered to chlorite and calcite.	
DR-26	Villa Aurora	Intrusives	Granophyre	Gray, compact	A few euhedral plagioclase phenocrysts (<3 mm) are observed in a matrix of quartz, plagioclase, epidote, zoisite, chlorite and magnetite, with weak parallelism. Quartz grains have irregular forms and show a mosaic texture. Plagioclase laths are less than 0.2 mm in length and are also included in the quartz grains poikilitically.	
DR-30	Dalatan R.	do	Hornblende-quartz diorite	Leucocratic, granitic	Holocrystalline. The essential minerals are anhedral quartz (<2 mm), zoned and twinned plagioclase (idiomorphic ~ hypidiomorphic, 2 mm, partially altered to epidote), hornblende (hypidiomorphic ~ xenomorphic, C/VZ = 20° altered to chlorite) and magnetite. Narrow veinlets (1 ~ 2 mm in width) of quartz, hornblende and plagioclase or chlorite are present.	
DR-44	Talavera R.	Caraballo G-II	Augite basalt	Gray rock with mafic crystals	Augite phenocrysts, sometimes in clusters, occur in a matrix of plagioclase laths (<0.2 mm), acicular augite and magnetite, with a flow texture.	
DR-45	do	do	Pyroxene basalt	Gray, compact	A few pyroxene phenocrysts are enclosed in plagioclase laths and granular pyroxene. Texture : intergranular. A weak flow texture is recognizable.	

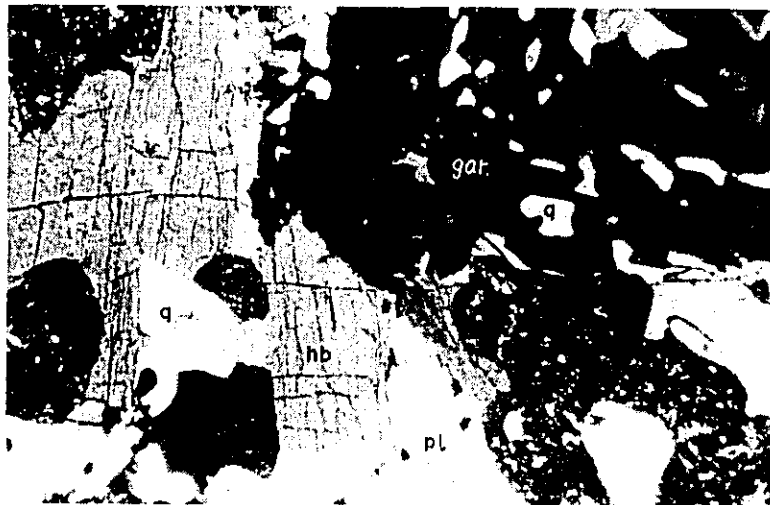
Sample No.	Location	Group or Formation	Rock	Macroscopic feature	Microscopic observations	Remarks
DR-46	Bunga R.	Intrusives	Quartz bearing hornblende spessartite	Gray, compact	Holocrystalline. All minerals are anhedral. The principal minerals are hornblende (<0.2 mm), pleochroic : green~yellowish green, (C/A Z = 20°) and twinned plagioclase (<0.4 mm) with a little magnetite, intersertal quartz and sphene. Some epidote veinlets.	
DR-48	Digdig R.	Caraballo G-III	Altered basalt	Dark gray, compact	Phenocrysts of plagioclase (Carlsbad-twinned) occur in a matrix of acicular plagioclase (<0.3 mm, arranged radially), pyroxene altered thoroughly to chlorite, acicular hematite (?) and secondary quartz and chlorite which fill cavities. Calcite and quartz stringers are developed like a network.	
DR-50	do	Basement Complex	Crystalline limestone schist	White, schistose	Finely granulated calcite and quartz (both <0.2 mm) with a distinct schistosity. Same granular chlorite bands also occur in them.	See PL-IC
DR-56	do	Intrusives	Dacite	Reddish gray, porphyritic	Phenocrysts of quartz (with rounded, corroded edges), zoned and twinned plagioclase (<3 mm) and magnetite are distributed in a fine-grained matrix of plagioclase (<0.05 mm), quartz (<0.1 mm), pyroxene and hematite.	
DR-64	do	Caraballo G-I	Quartz-spessartite	Greenish gray, fine-grained	Holocrystalline. The texture is quite similar to DR-46. A few intersertal quartz are present.	
DR-70	do	Intrusives	Biotite-hornblende andesite	Gray, porphyritic	Phenocrysts of zoned and twinned plagioclase with poikilitic hornblende, hornblende (C/A Z = 18°) and biotite are scattered in a matrix of plagioclase laths, quartz, magnetite and chlorite. Calcite is recognized as secondary minerals.	
DR-72	do	do	Hornblende-andite	Greenish gray	Dominant minerals are twinned plagioclase (<4 mm, labradolite), hornblende (<6 mm, flexured, altered locally to actinolite and epidote), and augite (with a well-marked parting). An accessory is magnetite.	
DR-75	Puncon R.	Caraballo G-III	Andesitic lapilli tuff	Reddish gray rock with rock fragments	Rock fragments of andesite (<5 mm) and chips of plagioclase and augite are cemented by ferruginous materials. Andesite is porphyritic. Phenocrysts of plagioclase, altered partially to sericite, and clinopyroxene occur in a glassy matrix or a matrix of plagioclase laths, granular pyroxene and magnetite. Generally andesite is affected by silicification.	
DR-81	Daugrug R.	Caraballo G-II	Augite basalt	Black, compact rock with tiny white stringers	Phenocrysts of twinned plagioclase (<1.2 mm, partially altered to chlorite) and augite (<1 mm) are in a fine-grained matrix which is composed of plagioclase laths (<0.2 mm), acicular or granular augite (<0.2 mm), magnetite and chlorite. The texture is intergranular. Some quartz-epidote stringers are present.	

Sample No.	Location	Group or Formation	Rock	Macroscopic features	Microscopic observations	Remarks
DR-82	do	Intrusives	Epidote granophyre	Dark gray, porphyritic	Holocrystalline and porphyritic. Glomerophyritic phenocrysts of twinned plagioclase (<1.2 mm) and epidote (<1.5 mm) occur in a matrix of quartz, plagioclase laths, magnetite and chlorite with micrographic texture. Alterations are very weak.	
DR-84	do	do	Porphyritic granophyre	Pale greenish, porphyritic	Porphyritic. Similar to DR-82. Phenocrysts of much quartz (<8 mm, with corroded edges) and twinned plagioclase (<6 mm, altered partially to sericite and epidote) are in a micrographic matrix. A few epidote stringers.	
DR-90	Barak R.	do	Quartz-hornblende microdiorite	Dark gray, compact	Holocrystalline. The main minerals are twinned plagioclase (0.3 ~ 2 mm), quartz (<0.5 mm, intersertal to plagioclase), hornblende (<1 mm, CAZ = 17°) and magnetite (<0.5 mm).	
Polished Section						
C-45	Benneng R.	Intrusives	Diorite		A few pyrite with chalcopyrite are disseminated in an altered diorite or fill its cracks.	
C-46	do	do	do		Sphalerite, chalcopyrite and pyrite grains are disseminated in a quartzose matrix.	
C-73	Bolo R.	do	do		Fractured chalcopyrites are healed with a gangue.	



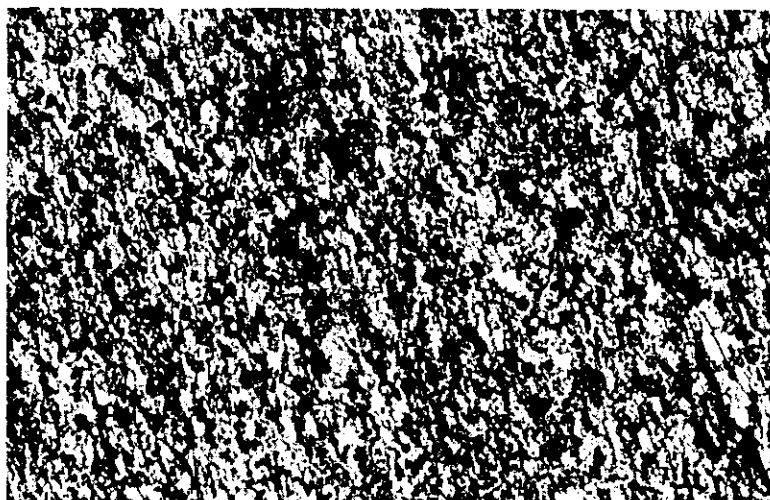
A: Hornblende-augite-schist
 (Sample No. B-36)
 The essential minerals are plagioclase(pl), augite(aug), magnetite (mag) and quartz (q).

x 75



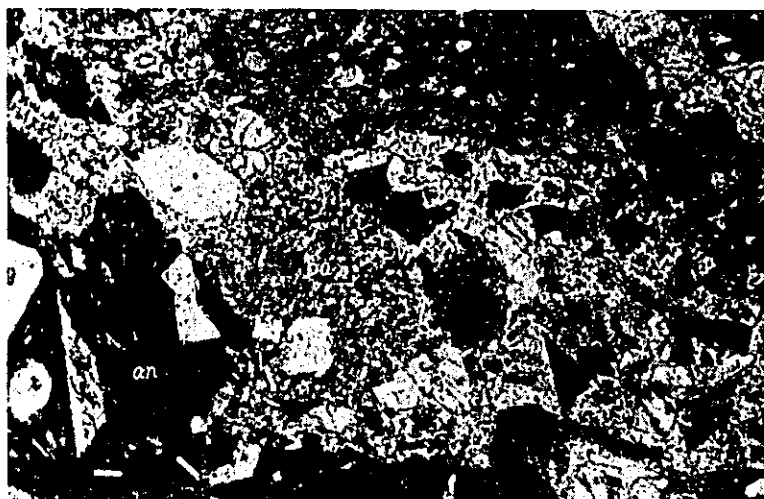
B: Quartz-plagioclase-garnet-hornblende-schist
 (Sample No. DR-9)
 Quartz(q), plagioclase(pl), garnet (gar) and hornblende(hb), make up this rock.

x 50



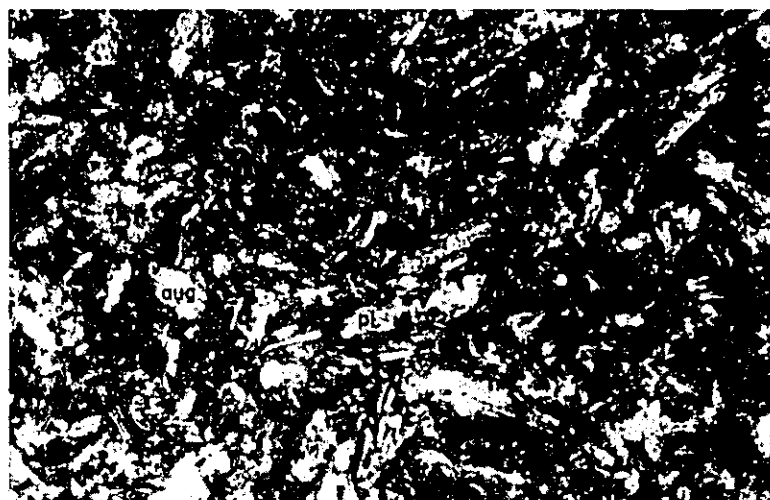
C: Crystalline limestone schist
 (Sample No. DR-50)
 Finely granulated calcite and quartz with a distinct schistosity.

x 75



A: Basaltic lapilli tuff
(Sample No. DR-25)
 Rock fragments of basalt(ba) and a few andesite(an) are cemented by a few amount of chlorite.

x 75



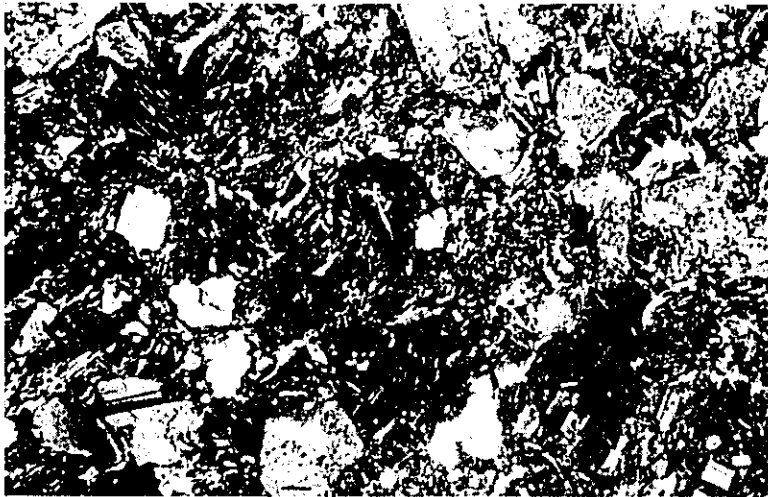
B: Altered augite basalt
(Sample No. B-7)
 Tiny phenocrysts of plagioclase(pl) and augite(aug) occur in a devitrified matrix.

x 75



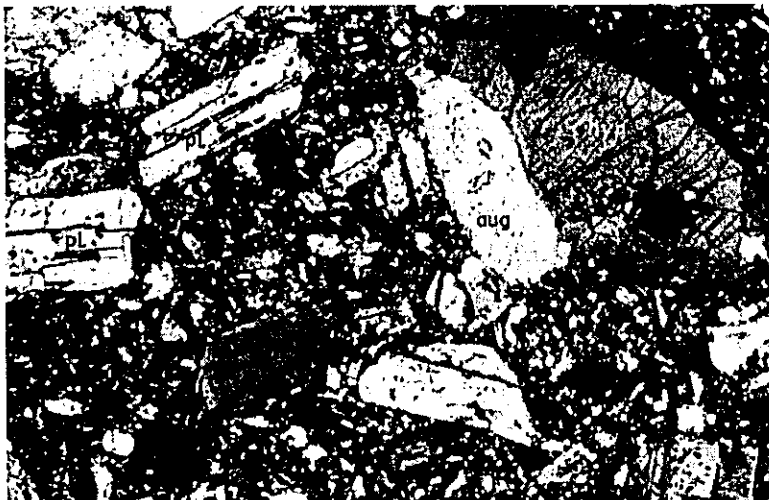
C: Olivine augite basalt
(Sample No. B-96)
 Phenocrysts of plagioclase(pl), augite(aug) and olivine(ol) are in a matrix.

x 75



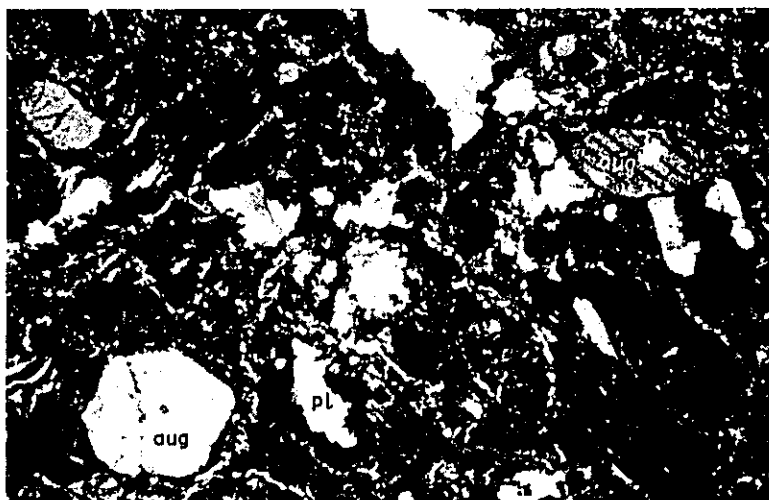
A: Andesitic fine tuff
(Sample No. C-25R)
About 50% of lithic fragments and the rest of crystal chips and few matrix compose this rock.

x 75



B: Two-pyroxene basalt
(Sample No. A-9)
Plagioclase(pl), augite(aug) and hyperthene(hyp) are phenocrysts.

x 75



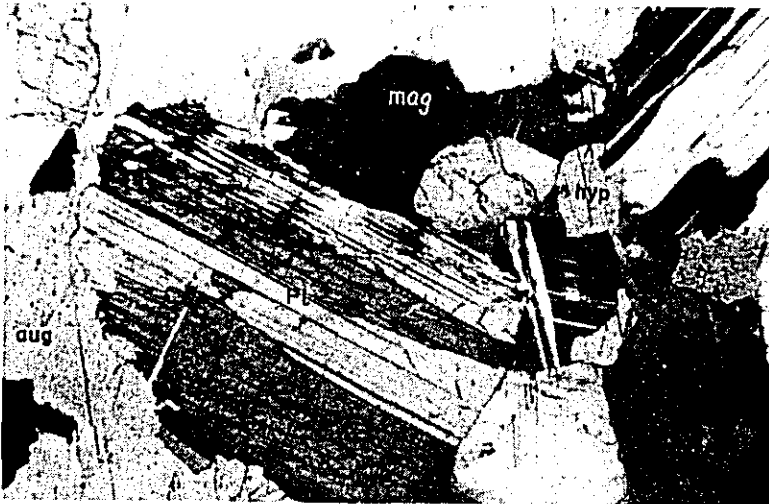
C: Pitchstone
(Sample No. B-23)
Plagioclase(pl) altered to kaoline and zeolite, and augite(aug) are in a glassy matrix.

x 75



A: Peridotite
 (Sample No. A-2568)
 The essential minerals are augite (aug), hyperthene (hyp) and serpentine (serp) after olivine.

x 75



B: Two-pyroxene gabbro
 (Sample No. A-294)
 Plagioclase (pl), augite (aug), hyperthene(hyp) and accessory magnetite (mag).

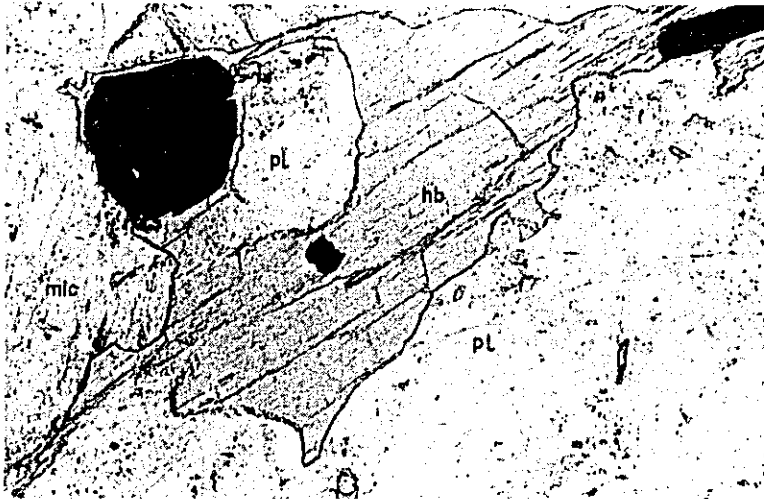
x 50



C: Augite-basalt
 (Sample No. PA-9)
 Phenocrysts of plagioclase (pl) and augite (aug) are enclosed in a holocrystalline matrix.

x 75

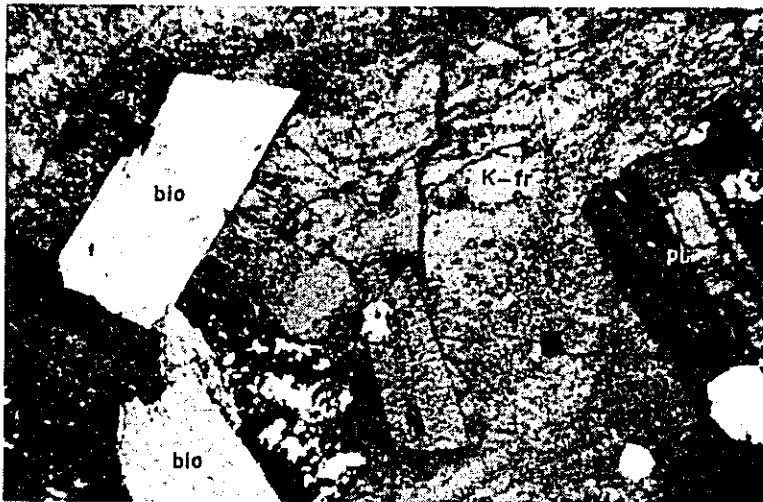
PL-V



A: Hornblende granite
(Sample No. A-31)

The essential minerals are plagioclase (pl), hornblende (hb) and microcline (mic). Some magnetite.

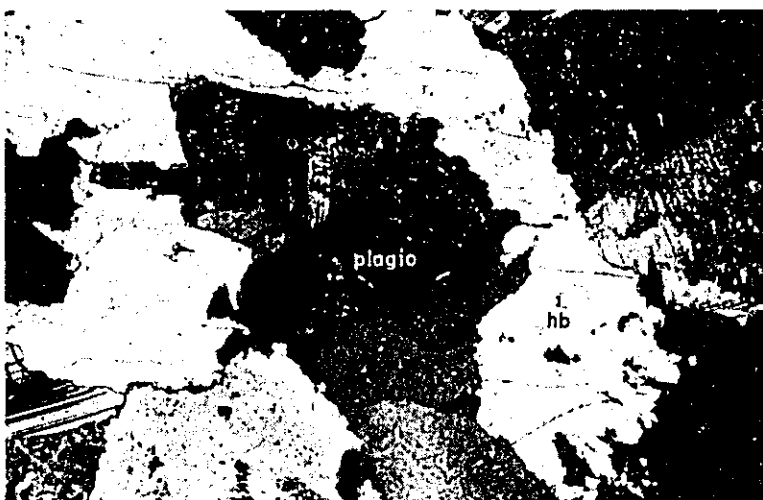
x 75



B: Monzonite
(Sample No. B-93)

K-feldspar (K-fr), plagioclase (pl) and biotite (bio) are the main components.

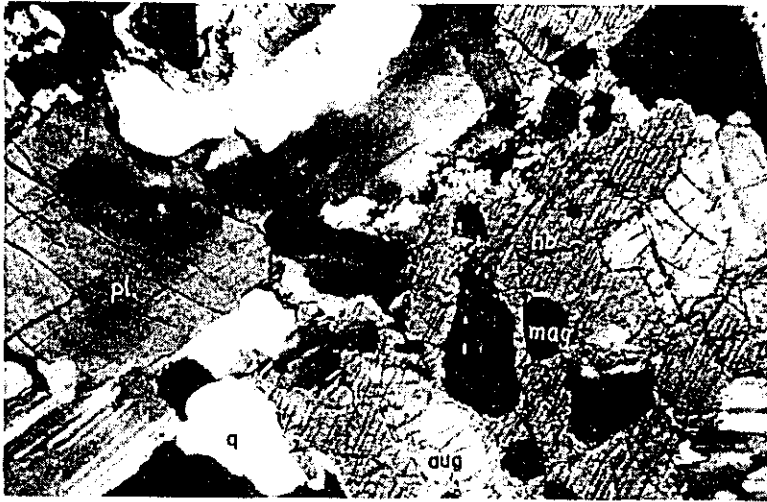
x 50



C: Quartz diorite
(Sample No. PA-14)

Plagioclase(pl), hornblende(hb) and quartz (q).

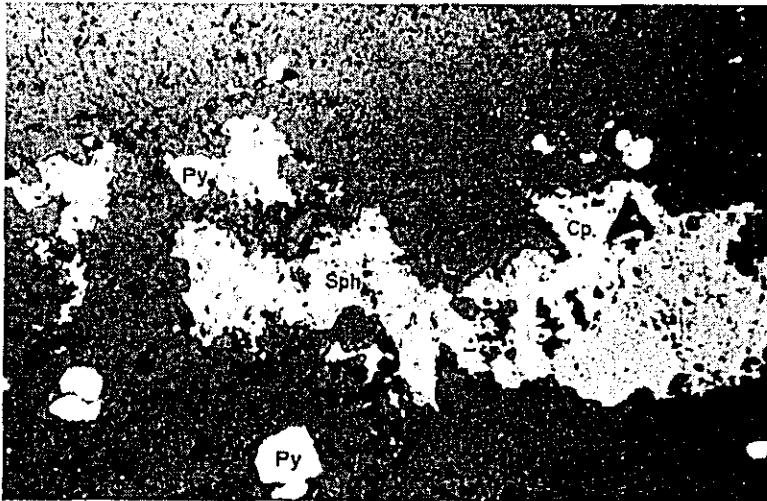
x 75



A: Biotite-hornblende-gabbro
(Sample No. B-34)
Plagioclase(pl), hornblende(hb)
augite (aug), quartz (q) and mag-
netite (mag). A few hyperthen are
out of this field.

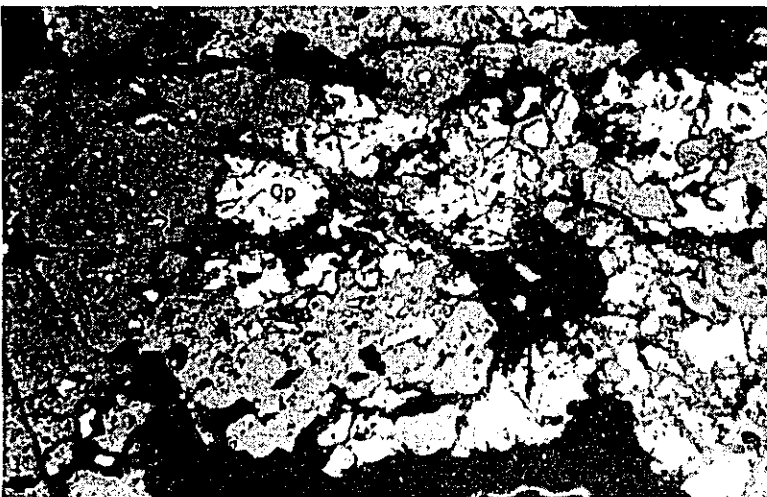
x 50

Ore



B: Sphalerite-chalcopyrite
-pyrite
(Sample No. C-65)
Sphalerite (sph), chalcopyrite
(cp) and pyrite (py).

x 50



C: Chalcopyrite
(Sample No. C-73)
Fractured chalcopyrite (cp).

x 50

Table 4. Chemical analysis of rock samples

(A) Rock

Sample No.	Location	Formation	Rock	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	H ₂ O	H ₂ O	Total
A-200	Dibutuan R.	Intrusives	Granite	75.15	0.58	11.72	1.68	1.12	0.02	1.00	4.30	3.51	0.50	0.02	0.60	0.27	100.47
PA-14	Bazal R.	do.	Quartz diorite	54.98	0.71	16.89	5.07	2.06	0.01	5.26	9.23	3.86	0.94	0.05	0.69	0.20	100.55
B - 34	Smapanuan R.	do.	Gabbro	51.46	0.85	18.72	3.87	5.83	0.18	5.67	11.11	1.98	0.53	0.07	0.23	0.11	100.61
B - 93	Sulong R.	do.	Monzonite	51.64	0.92	19.10	2.04	2.70	0.03	3.85	7.93	3.40	3.97	0.03	2.92	0.80	99.33
C- 5D	Benneng R.	do.	Micro-diorite	49.03	0.55	19.56	1.94	4.44	0.15	5.64	11.62	3.23	1.09	0.07	2.25	0.34	99.92

(B) Mineralized rock

Sample No.	Location	Rock	Au	Ag	Cu	Mo	S	Remarks
A - 23	Pacucan R.	Altered basalt	-	-	0.01	-	2.10	Weak pyrite dissemination.
B - 26	Campote R.	Porphyritic andesite	-	-	0.01	-	3.12	Weak pyrite dissemination with silicification. Close to a diorite porphyry body.
B - 52	Mapayao R.	Diorite	0.6	-	0.64	-	0.05	Malachite stain along joints.s.
B - 95a	Sulong R.	Porphyritic andesite	0.3	-	0.01	-	6.49	Strong silicification and dissemination. Close to a monzonite body.
B - 119	Maasin R.	Silicified rock	0.2	-	0.13	-	2.01	Strong silicification and dissemination. Very close to a monzonite body.
C - 72	Bolo R.	Diorite	0.5	20	0.17	0.02	2.50	North extension of Tawi-Tawi ore deposits.

Table 5. X-ray diffractive analysis

Sample No.	Location	Group or Formation	Rock	Kao	Halloy	Seri	Chl.	Laum	Preh	Qz	Felds	Horn	Cal	Py	Remarks
A-281	Cabatangan R.	Caraballo G-II	Fine grained sandstone		0		0			0	0				Argillized
B-26	Campote R.	do.	Porphyritic andesite			0	0			0	0			0	Silicified and pyritized
B-52	Santa Cruz R.	Intrusives	Diorite	0		0	0			0	0			0	Mineralized
B-95a	Sulong R.	Caraballo G-II	Porphyritic andesite			0				0				0	Strongly silicified
B-119	do.	do.	Andesitic volcanic breccia	0		0				0	0			0	Strongly silicified and phritized
C-50a	Benneng R.	Intrusives	Diorite				0	0	0		0	0			Strongly argillized
C-50b	do.	do.	do.				0	0	0		0	0			Weakly argillized
C-69	Bokod R.	Caraballo G-III	Tuff breccia			0	0	0		0			0	0	Argillized
DR-58	Digidig R.	Caraballo G-I	do.			0	0			0	0				Strongly argillized

Remarks : Kao : Kaolinite Chl : Chlorite Cal : Calcite O : Present
 Halloy : Halloysite Laum : Laumontite Py : Pyrite
 Seri : Sericite Preh : Prehnite Qz : Quartz
 Felds : Feldspar Horn : Hornblende

Table 6. Metal content of geochemical samples

						(ppm)									
Ser. No.	Sample No.	Cu	Zn	Mo		Ser. No.	Sample No.	Cu	Zn	Mo	Ser. No.	Sample No.	Cu	Zn	Mo
1	A - 1	36	281	< 2		56	A - 58	39	256	< 2	111	A - 118	78	244	< 2
2	2	27	115	< 2		57	59	34	129	< 2	112	119	37	77	< 2
3	3	47	281	< 2		58	60	73	205	< 2	113	120	20	56	< 2
4	4	49	409	< 2		59	61	51	307	< 2	114	121	16	192	< 2
5	5	81	256	< 2		60	62	47	281	< 2	115	122	14	64	< 2
6	6	58	230	< 2		61	63	23	256	< 2	116	123	6	77	< 2
7	7	72	153	< 2		62	64	47	205	< 2	117	124	28	72	< 2
8	8	116	435	< 2		63	65	50	154	< 2	118	125	16	95	< 2
9	9	49	102	< 2		64	66	55	205	< 2	119	126	10	154	< 2
10	10	49	435	< 2		65	67	41	244	< 2	120	127	10	92	< 2
11	11	51	230	< 2		66	69	43	218	< 2	121	128	6	78	< 2
12	12	58	205	< 2		67	70	65	90	< 2	122	129	4	29	< 2
13	13	40	153	< 2		68	71	30	128	< 2	123	130	17	44	< 2
14	14	40	230	< 2		69	72	54	169	< 2	124	131	15	20	< 2
15	15	47	281	< 2		70	74	34	141	< 2	125	132	22	46	< 2
16	16	58	77	< 2		71	75	46	82	< 2	126	133	13	32	< 2
17	17	67	384	< 2		72	76	43	128	< 2	127	134	22	32	< 2
18	18	49	115	< 2		73	78	39	179	< 2	128	135	7	24	< 2
19	19	67	102	< 2		74	79	50	154	< 2	129	136	20	20	< 2
20	20	81	716	< 2		75	80	44	103	< 2	130	137	23	73	< 2
21	21	60	102	< 2		76	81	65	154	< 2	131	138	37	122	< 2
22	22	58	486	< 2		77	82	117	410	< 2	132	139	16	85	< 2
23	23	41	205	< 2		78	83	157	244	< 2	133	140	30	102	< 2
24	24	41	205	< 2		79	84	57	244	< 2	134	141	21	44	< 2
25	25	43	358	< 2		80	85	83	218	< 2	135	142	27	93	< 2
26	26	47	691	< 2		81	86	100	192	< 2	136	143	28	117	< 2
27	27	56	473	< 2		82	87	61	326	< 2	137	144	32	41	< 2
28	28	77	153	< 2		83	88	63	167	< 2	138	145	37	51	< 2
29	29	62	384	< 2		84	89	30	174	< 2	139	146	66	207	< 2
30	30	60	435	< 2		85	90	98	167	< 2	140	147	33	73	< 2
31	31	69	153	< 2		86	91	61	90	< 2	141	148	32	98	< 2
32	32	69	537	< 2		87	93	133	108	< 2	142	149	33	78	< 2
33	33	39	793	< 2		88	95	63	77	< 2	143	150	28	78	< 2
34	35	47	179	< 2		89	96	50	154	< 2	144	151	29	76	< 2
35	37	39	230	< 2		90	97	109	77	< 2	145	152	9	15	< 2
36	38	51	281	< 2		91	98	70	103	< 2	146	154	11	54	< 2
37	39	30	230	< 2		92	99	67	103	< 2	147	154	13	68	< 2
38	40	43	307	< 2		93	100	102	97	< 2	148	155	11	24	< 2
39	41	41	486	< 2		94	101	104	82	< 2	149	156	19	98	< 2
40	42	51	409	< 2		95	102	36	77	< 2	150	157	11	39	< 2
41	43	43	409	< 2		96	103	39	77	< 2	151	158	12	34	< 2
42	44	28	179	< 2		97	104	47	82	< 2	152	159	12	98	< 2
43	45	21	205	< 2		98	105	94	308	< 2	153	160	4	37	< 2
44	46	30	230	< 2		99	106	96	436	< 2	154	161	4	44	< 2
45	47	43	435	< 2		100	107	38	87	< 2	155	162	5	44	< 2
46	48	36	256	< 2		101	108	54	108	< 2	156	163	11	85	< 2
47	49	51	256	< 2		102	109	43	64	< 2	157	164	10	146	< 2
48	50	73	205	< 2		103	110	43	90	< 2	158	165	5	24	< 2
49	51	13	332	< 2		104	111	135	713	< 2	159	166	4	112	< 2
50	52	58	281	< 2		105	112	87	397	< 2	160	167	27	90	< 2
51	53	54	358	< 2		106	113	113	500	< 2	161	168	3	41	< 2
52	54	34	741	< 2		107	114	48	210	< 2	162	169	5	88	< 2
53	55	47	281	< 2		108	115	33	79	< 2	163	170	3	80	< 2
54	56	34	256	< 2		109	116	83	256	< 2	164	171	12	97	< 2
55	57	34	256	< 2		110	117	33	167	< 2	165	172	5	34	< 2

						(ppm)								
Ser. No.	Sample No.	Cu	Zn	Mo	Ser. No.	Sample No.	Cu	Zn	Mo	Ser. No.	Sample No.	Cu	Zn	Mo
166	A - 173	5	53	< 2	231	A - 239	6	13	< 2	296	A - 308	23	71	< 2
167	174	10	59	< 2	232	240	16	65	< 2	297	309	14	114	< 2
168	175	11	97	< 2	233	241	57	139	< 2	298	310	36	71	< 2
169	176	12	83	< 2	234	242	90	120	< 2	299	311	58	129	< 2
170	177	13	134	< 2	235	243	89	61	< 2	300	B - 2	40	235	< 2
171	178	20	23	< 2	236	244	65	161	< 2	301	3	65	110	< 2
172	179	26	34	< 2	237	245	56	213	< 2	302	4	50	100	< 2
173	180	22	34	< 2	238	246	58	133	< 2	303	5	65	145	< 2
174	181	16	38	< 2	239	247	68	159	< 2	304	6	50	115	< 2
175	182	28	57	< 2	240	248	38	170	< 2	305	8	55	115	< 2
176	183	30	75	< 2	241	249	59	62	< 2	306	10	110	130	< 2
177	184	20	91	< 2	242	250	66	179	< 2	307	11	90	120	< 2
178	185	32	1000	< 2	243	251	48	86	< 2	308	13	70	225	< 2
179	186	49	491	< 2	244	252	15	223	< 2	309	14	45	90	< 2
180	187	33	925	< 2	245	253	7	464	< 2	310	15	55	120	< 2
181	188	48	59	< 2	246	254	9	161	< 2	311	16	35	200	< 2
182	189	186	870	< 6	247	255	12	112	< 2	312	17	45	110	< 2
183	190	33	70	< 2	248	256	9	196	< 2	313	18	40	185	< 2
184	191	31	41	< 2	249	257	5	77	< 2	314	19	45	260	< 2
185	192	20	37	< 2	250	258	7	107	< 2	315	20	49	95	< 2
186	193	43	56	< 2	251	259	19	71	< 2	316	21	125	1165	< 2
187	194	32	74	< 2	252	260	12	98	< 2	317	23	75	250	< 2
188	195	28	74	< 2	253	261	4	107	< 2	318	24	45	85	< 2
189	196	35	59	< 2	254	262	10	54	< 2	319	25	50	130	< 2
190	197	28	106	< 2	255	263	15	89	< 2	320	26	65	105	< 2
191	198	9	31	< 2	256	264	24	54	< 2	321	27	60	440	< 2
192	199	27	48	< 2	257	265	19	41	< 2	322	28	40	120	< 2
193	200	70	65	< 2	258	266	23	36	< 2	323	29	50	205	< 2
194	201	64	56	< 2	259	267	15	34	< 2	324	31	10	35	< 2
195	202	24	22	< 2	260	268	22	62	< 2	325	32	30	35	< 2
196	203	40	52	< 2	261	269	15	45	< 2	326	35	15	45	< 2
197	204	41	46	< 2	262	270	7	34	< 2	327	36	25	65	< 2
198	205	113	104	< 2	263	271	6	36	< 2	328	37	15	105	< 2
199	206	64	59	< 2	264	272	10	61	< 2	329	39	10	35	< 2
200	208	60	93	< 2	265	273	22	57	< 2	330	41	10	25	< 2
201	209	50	93	< 2	266	274	72	107	< 2	331	42	5	15	< 2
202	210	39	65	< 2	267	275	19	36	< 2	332	44	15	30	< 2
203	211	19	78	< 2	268	276	19	32	< 2	333	45	20	50	< 2
204	212	49	65	< 2	269	277	10	39	< 2	334	46	45	95	< 2
205	213	68	69	< 2	270	278	15	42	< 2	335	48	10	20	< 2
206	214	44	24	< 2	271	279	37	38	< 2	336	49	40	80	< 2
207	215	32	41	< 2	272	280	33	45	< 2	337	50	15	45	< 2
208	216	34	28	< 2	273	281	11	32	< 2	338	52	5	30	< 2
209	217	36	46	< 2	274	282	21	64	< 2	339	53	15	40	< 2
210	218	42	11	< 2	275	283	17	48	< 2	340	56	170	155	< 2
211	219	48	56	< 2	276	284	12	49	< 2	341	56	185	400	< 2
212	220	44	50	< 2	277	285	5	32	< 2	342	59	205	230	< 2
213	221	47	102	< 2	278	286	2	34	< 2	343	60	210	715	< 2
214	222	77	78	< 2	279	287	4	32	< 2	344	61	160	415	< 2
215	223	25	33	< 2	280	288	2	27	< 2	345	62	170	400	< 2
216	224	23	31	< 2	281	291	42	89	< 2	346	64	140	415	< 2
217	225	33	56	< 2	282	292	4	43	< 2	347	65	95	190	< 2
218	226	22	89	< 2	283	293	15	29	< 2	348	66	130	275	< 2
219	227	35	56	< 2	284	294	14	46	< 2	349	68	105	245	< 2
220	228	10	30	< 2	285	295	19	50	< 2	350	69	75	180	< 2
221	229	19	39	< 2	286	296	41	84	< 2	351	70	110	500	< 2
222	230	30	30	< 2	287	297	35	98	< 2	352	71	55	165	< 2
223	231	31	65	< 2	288	298	44	134	< 2	353	72	75	440	< 2
224	232	19	57	< 2	289	299	12	54	< 2	354	73	45	190	< 2
225	233	16	111	< 2	290	301	20	143	< 2	355	74	50	135	< 2
226	234	24	139	< 2	291	302	64	89	< 2	356	75	60	120	< 2
227	235	48	185	< 2	292	304	39	129	< 2	357	77	50	125	< 2
228	236	7	41	< 2	293	305	72	107	< 2	358	78	85	115	< 2
229	237	49	83	< 2	294	306	41	89	< 2	359	79	95	105	< 2
230	238	18	78	< 2	295	307	70	98	< 2	360	80	110	130	< 2

					(ppm)									
Ser. No.	Sample No.	Cu	Zn	Mo	Ser. No.	Sample No.	Cu	Zn	Mo	Ser. No.	Sample No.	Cu	Zn	Mo
361	B - 83	180	275	< 2	426	B - 173	120	335	2	491	B - 354	105	285	< 2
362	84	80	135	< 2	427	174	135	190	< 2	492	356	100	135	< 2
363	85	95	210	< 2	428	175	150	190	3	493	358	75	165	< 2
364	86	99	110	< 2	429	176	140	125	34	494	359	75	210	< 2
365	88	105	115	< 2	430	177	110	140	2	495	360	110	300	< 2
366	89	100	205	< 2	431	178	90	150	2	496	362	135	205	< 2
367	91	55	135	< 2	432	180	85	230	< 2	497	364	195	230	< 2
368	95	45	30	< 2	433	181	60	105	< 2	498	365	195	325	< 2
369	100	40	20	< 2	434	182	70	140	< 2	499	366	175	280	< 2
370	101	40	25	< 2	435	184	65	130	< 2	500	367	160	235	< 2
371	102	40	30	< 2	436	185	95	185	< 2	501	368	215	175	< 2
372	104	45	50	< 2	437	189	75	200	< 2	502	369	190	170	< 2
373	105	50	40	< 2	438	190	80	105	< 2	503	371	245	120	< 2
374	107	50	50	< 2	439	192	85	130	< 2	504	373	240	150	< 2
375	108	45	50	< 2	440	193	90	100	< 2	505	375	200	125	< 2
376	109	25	45	< 2	441	194	95	145	< 2	506	377	230	465	< 2
377	110	30	45	< 2	442	195	80	115	< 2	507	379	170	390	< 2
378	112	15	50	< 2	443	196	130	190	< 2	508	381	245	375	< 2
379	114	35	55	< 2	444	197	70	140	< 2	509	382	180	305	< 2
380	115	20	45	< 2	445	198	125	190	< 2	510	384	190	350	< 2
381	116	30	50	< 2	446	199	45	60	< 2	511	385	20	215	< 2
382	117	40	40	< 2	447	200	110	95	< 2	512	386	175	225	< 2
383	119	40	35	< 2	448	201	115	90	< 2	513	388	80	120	< 2
384	120	45	50	< 2	449	202	110	130	< 2	514	390	125	390	< 2
385	121	35	55	< 2	450	203	130	115	< 2	515	391	115	125	< 2
386	123	20	50	< 2	451	204	85	95	< 2	516	392	90	330	< 2
387	124	50	30	< 2	452	205	110	100	< 2	517	394	110	220	< 2
388	126	60	80	< 2	453	206	100	230	< 2	518	395	150	245	< 2
389	127	50	80	< 2	454	207	95	150	< 2	519	396	170	305	< 2
390	128	60	85	< 2	455	208	85	125	< 2	520	397	130	135	< 2
391	130	40	75	< 2	456	209	110	120	< 2	521	398	75	155	< 2
392	131	20	35	< 2	457	210	70	115	< 2	522	399	95	140	< 2
393	132	40	85	< 2	458	211	60	170	< 2	523	400	110	275	< 2
394	133	90	120	< 2	459	212	85	135	< 2	524	403	145	315	< 2
395	134	60	85	< 2	460	213	115	145	< 2	525	405	45	75	< 2
396	135	40	40	< 2	461	214	95	120	< 2	526	406	45	40	< 2
397	136	195	140	< 2	462	215	50	110	< 2	527	411	45	90	< 2
398	137	20	140	< 2	463	216	50	150	< 2	528	413	55	65	< 2
399	138	105	80	< 2	464	217	55	45	< 2	529	415	25	30	< 2
400	139	200	165	< 2	465	218	70	305	< 2	530	417	25	40	< 2
401	140	65	70	< 2	466	219	55	125	< 2	531	421	25	40	< 2
402	141	90	120	< 2	467	220	55	120	< 2	532	422	20	55	< 2
403	142	80	135	< 2	468	221	55	135	< 2	533	427	65	65	< 2
404	143	355	255	< 2	469	222	50	665	< 2	534	430	110	45	< 2
405	144	610	365	< 3	470	302	65	185	< 2	535	432	60	50	< 2
406	145	245	195	< 2	471	304	60	260	< 2	536	434	75	55	< 2
407	147	105	105	< 2	472	308	45	135	< 2	537	435	75	65	< 2
408	149	180	160	< 3	473	309	75	130	< 2	538	437	60	45	< 2
409	150	160	120	< 2	474	310	35	130	< 2	539	438	95	45	< 2
410	151	175	105	< 4	475	313	30	125	< 2	540	441	20	25	< 2
411	152	205	145	< 4	476	315	30	150	< 2	541	443	405	40	< 2
412	153	90	90	< 2	477	318	50	85	< 2	542	445	55	30	2
413	154	75	225	< 2	478	319	70	105	< 2	543	446	70	55	3
414	156	110	125	< 2	479	320	35	120	< 2	544	447	55	95	< 2
415	157	110	90	< 2	480	323	60	135	< 2	545	450	80	100	< 2
416	159	70	130	< 2	481	324	10	60	< 2	546	451	130	105	4
417	160	54	95	< 2	482	328	25	70	< 2	547	452	65	90	< 2
418	161	40	105	< 2	483	332	15	70	< 2	548	454	205	125	7
419	164	140	170	< 2	484	334	25	70	< 2	549	456	100	120	< 2
420	166	145	140	< 2	485	342	75	160	< 2	550	457	76	73	< 2
421	167	165	140	< 2	486	344	55	120	< 2	551	459	52	66	< 2
422	168	85	150	< 2	487	348	50	140	< 2	552	461	80	75	< 2
423	169	100	215	10	488	350	30	115	< 2	553	462	71	69	< 2
424	171	90	150	5	489	352	40	105	< 2	554	463	84	66	< 2
425	172	125	275	2	490	353	80	60	< 2	555	465	49	61	< 2

					(ppm)									
Ser. No.	Sample No.	Cu	Zn	Mo	Ser. No.	Sample No.	Cu	Zn	Mo	Ser. No.	Sample No.	Cu	Zn	Mo
556	B - 467	39	68	< 2	621	C - 22	39	176	< 2	686	C - 122	39	101	< 2
557	469	44	63	< 2	622	23	65	139	< 2	687	124	39	70	< 2
558	470	77	63	< 2	623	24	64	111	< 2	688	126	37	101	< 2
559	471	73	79	< 2	624	25	42	74	< 2	689	128	37	103	< 2
560	477	56	39	< 2	625	26	56	130	< 2	690	130	32	99	< 2
561	481	70	50	< 2	626	27	46	81	< 2	691	132	37	84	< 2
562	483	75	20	< 2	627	28	48	131	< 2	692	134	34	125	< 2
563	485	91	57	< 2	628	29	66	115	< 2	693	136	45	70	< 2
564	487	77	57	< 2	629	30	40	157	< 2	694	138	39	101	< 2
565	488	47	21	< 2	630	31	45	152	< 2	695	140	41	174	< 2
566	490	34	60	< 2	631	32	78	130	< 2	696	142	41	90	< 2
567	491	75	57	< 2	632	33	46	120	< 2	697	144	47	99	< 2
568	492	53	59	< 2	633	34	54	93	< 2	698	146	30	209	< 2
569	494	103	110	< 2	634	35	60	107	< 2	699	148	37	157	< 2
570	495	97	71	< 2	635	36	62	70	< 2	700	150	47	122	< 2
571	496	99	56	< 2	636	37	76	111	< 2	701	152	37	115	< 2
572	497	67	109	< 2	637	38	47	143	< 2	702	154	47	89	< 2
573	498	79	139	< 2	638	39	29	52	< 2	703	157	39	87	< 2
574	499	62	203	< 2	639	40	51	124	< 2	704	159	43	160	< 2
575	500	66	168	< 2	640	41	38	102	< 2	705	160	47	78	2
576	501	40	94	< 2	641	42	52	148	< 2	706	161	43	330	< 2
577	502	71	78	< 2	642	43	48	148	< 2	707	162	20	52	< 2
578	505	58	94	< 2	643	44	1819	944	< 2	708	163	36	84	< 2
579	506	54	94	< 2	644	45	64	176	< 2	709	164	36	66	< 2
580	508	77	94	< 2	645	46	41	157	< 2	710	166	34	87	< 2
581	509	23	70	< 2	646	47	48	120	< 2	711	168	36	70	< 2
582	512	37	85	< 2	647	48	59	115	< 2	712	170	32	108	< 2
583	514	25	72	< 2	648	49	37	200	< 2	713	172	30	87	< 2
584	515	75	89	< 5	649	50	33	98	< 2	714	174	37	139	< 2
585	516	66	83	< 2	650	52	37	102	< 2	715	176	24	54	< 2
586	517	40	68	< 2	651	54	51	126	< 2	716	178	39	66	< 2
587	518	61	82	< 2	652	56	44	120	< 2	717	180	22	44	< 2
588	521	93	86	< 2	653	58	34	126	< 2	718	182	36	52	< 2
589	525	99	86	< 2	654	60	58	93	< 2	719	184	21	30	< 2
590	526	84	86	< 2	655	62	50	130	< 2	720	186	24	52	< 2
591	527	87	79	< 2	656	64	38	102	< 2	721	188	32	57	< 2
592	530	68	85	< 2	657	66	38	93	< 2	722	189	41	73	< 2
593	536	62	84	< 2	658	68	31	115	< 2	723	190	27	50	< 2
594	537	43	97	< 2	659	70	45	107	< 2	724	192	28	50	< 2
595	538	126	82	< 2	660	72	49	102	< 2	725	194	24	6	< 2
596	540	61	77	< 2	661	74	91	37	< 2	726	196	32	62	< 2
597	541	82	90	< 2	662	76	39	80	< 2	727	198	30	68	< 2
598	542	67	90	< 2	663	78	26	87	< 2	728	200	30	68	< 2
599	543	81	98	< 2	664	80	43	85	< 2	729	202	35	71	< 2
600	C - 1	54	124	< 2	665	82	49	83	< 2	730	204	28	45	< 2
601	2	25	296	< 2	666	84	75	45	3	731	206	32	50	< 2
602	3	33	130	< 2	667	86	46	78	< 2	732	207	34	59	< 2
603	4	113	133	< 2	668	88	39	90	< 2	733	208	29	71	< 2
604	5	72	111	< 2	669	90	45	84	< 2	734	209	64	73	< 2
605	6	38	189	< 2	670	92	51	87	< 2	735	210	78	86	< 2
606	7	89	115	< 2	671	94	59	73	< 2	736	212	36	71	< 2
607	8	98	89	< 2	672	96	43	77	< 2	737	213	188	268	3
608	9	41	1313	< 2	673	98	43	87	< 2	738	215	16	54	< 2
609	10	41	111	< 2	674	100	51	87	< 2	739	216	47	107	< 2
610	11	47	93	< 2	675	102	40	70	< 2	740	217	54	70	< 2
611	12	51	130	< 2	676	104	57	61	< 2	741	218	22	39	< 2
612	13	107	148	< 2	677	106	63	66	< 2	742	220	47	52	< 2
613	14	56	83	< 2	678	108	36	78	< 2	743	222	34	32	< 2
614	15	57	126	< 2	679	110	51	82	< 2	744	224	40	89	< 2
615	16	44	93	< 2	680	112	39	108	< 2	745	226	66	107	< 2
616	17	60	111	< 2	681	114	47	104	< 2	746	227	32	64	< 2
617	18	45	89	< 2	682	116	37	101	< 2	747	229	56	111	< 2
618	19	63	96	< 2	683	118	43	104	< 2	748	231	42	39	< 2
619	20	40	52	< 2	684	120	47	84	< 2	749	233	32	45	< 2
620	21	48	207	< 2	685	121	34	104	< 2	750	235	140	223	< 2

(ppm)														
Ser. No.	Sample No.	Cu	Zn	Mo	Ser. No.	Sample No.	Cu	Zn	Mo	Ser. No.	Sample No.	Cu	Zn	Mo
751	C - 237	33	161	< 2	816	D - 17	75	70	< 2	881	D - 105	40	60	< 2
752	239	34	98	< 2	817	18	68	88	< 2	882	106	42	60	< 2
753	241	51	93	< 2	818	19	72	75	< 2	883	107	95	54	< 2
754	243	37	107	< 2	819	21	58	75	< 2	884	108	42	38	< 2
755	245	52	125	< 2	820	22	50	50	< 2	885	109	35	32	< 2
756	247	56	71	< 2	821	23	68	78	< 2	886	110	50	66	< 2
757	249	45	164	< 2	822	24	68	78	< 2	887	111	45	70	< 2
758	251	48	129	< 2	823	25	72	75	< 2	888	115	35	28	< 2
759	253	51	118	< 2	824	26	66	75	< 2	889	118	50	49	< 2
760	255	47	125	< 2	825	27	78	90	< 2	890	122	50	76	< 2
761	257	48	77	< 2	826	28	66	98	< 2	891	124	60	54	< 2
762	259	48	125	< 2	827	29	52	107	< 2	892	125	75	57	< 2
763	261	84	59	< 2	828	30	62	73	< 2	893	131	45	64	< 2
764	263	49	134	< 2	829	31	65	64	< 2	894	134	45	64	< 2
765	265	37	154	< 2	830	32	60	75	< 2	895	136	45	60	< 2
766	267	52	107	< 2	831	33	50	70	< 2	896	137	40	57	< 2
767	269	38	121	< 2	832	34	60	66	< 2	897	139	40	70	< 2
768	271	48	157	< 2	833	35	56	57	< 2	898	141	30	23	< 2
769	273	46	89	< 2	834	36	60	64	< 2	899	143	45	72	< 2
770	274	47	98	< 2	835	38	54	55	< 2	900	147	44	44	< 2
771	276	47	179	< 2	836	39	60	72	< 2	901	150	42	53	< 2
772	278	50	136	< 2	837	40	88	60	< 2	902	152	60	92	< 2
773	280	52	107	< 2	838	41	40	58	< 2	903	155	35	18	< 2
774	282	62	125	< 2	839	42	72	55	< 2	904	158	40	23	< 2
775	284	52	116	< 2	840	43	58	53	< 2	905	160	40	69	< 2
776	286	36	286	< 2	841	44	60	53	< 2	906	162	50	41	< 2
777	288	46	87	< 2	842	46	26	37	< 2	907	165	45	61	< 2
778	290	46	121	< 2	843	47	28	44	< 2	908	166	25	28	< 2
779	292	49	105	< 2	844	48	38	48	< 2	909	169	45	60	< 2
780	294	51	98	< 2	845	49	38	48	< 2	910	171	147	247	< 2
781	296	40	75	< 2	846	50	30	44	< 2	911	172	55	157	< 2
782	298	52	119	< 2	847	51	46	63	< 2	912	173	25	78	< 2
783	300	40	170	< 2	848	53	55	58	< 2	913	175	82	184	< 2
784	302	46	121	< 2	849	54	56	55	< 2	914	176	52	129	< 2
785	304	84	107	< 2	850	55	34	52	< 2	915	179	60	170	< 2
786	305	54	130	< 2	851	58	48	52	< 2	916	180	42	101	< 2
787	306	70	104	< 2	852	61	56	63	< 2	917	183	72	175	< 2
788	307	33	143	< 2	853	62	60	58	< 2	918	184	48	72	< 2
789	310	82	125	< 4	854	64	80	58	< 2	919	188	55	122	< 2
790	311	36	170	< 2	855	65	62	46	< 2	920	189	40	57	< 2
791	313	36	205	< 2	856	67	78	40	< 2	921	190	45	42	< 2
792	315	80	139	< 6	857	70	62	71	< 2	922	192	42	101	< 2
793	317	40	121	< 2	858	71	52	64	< 2	923	194	45	87	< 2
794	319	51	143	< 2	859	72	46	64	< 2	924	196	52	57	< 2
795	321	48	152	< 2	860	73	48	91	< 2	925	198	45	72	< 2
796	323	188	1446	< 2	861	75	62	65	< 2	926	202	35	30	< 2
797	325	64	232	< 2	862	76	50	81	< 2	927	203	60	59	< 2
798	327	36	250	< 2	863	78	104	43	< 2	928	204	71	60	< 2
799	329	592	1018	< 14	864	79	112	68	< 2	929	208	20	22	< 2
800	331	1184	241	< 20	865	82	92	55	< 2	930	210	48	39	< 2
801	332	412	286	< 7	866	83	108	55	< 2	931	211	52	54	< 2
802	D - 1	85	82	< 2	867	85	74	58	< 2	932	213	121	63	< 2
803	2	90	83	< 2	868	86	60	45	< 2	933	215	61	70	< 2
804	3	72	68	< 2	869	87	55	48	< 2	934	216	50	51	< 2
805	4	118	60	< 2	870	88	55	45	< 2	935	220	66	55	< 2
806	6	138	88	< 2	871	90	50	61	< 2	936	222	69	56	< 2
807	7	112	75	< 2	872	91	135	61	< 2	937	223	39	47	< 2
808	8	100	75	< 2	873	92	120	92	< 2	938	225	42	45	< 2
809	9	98	98	< 2	874	94	92	59	< 2	939	227	50	60	< 2
810	10	55	88	< 2	875	96	75	56	< 2	940	228	36	60	< 2
811	11	92	90	< 2	876	97	94	59	< 2	941	229	47	64	< 2
812	12	85	70	< 2	877	98	80	59	< 2	942	231	31	56	< 2
813	13	78	70	< 2	878	99	50	63	< 2	943	232	36	54	< 2
814	15	74	75	< 2	879	100	55	60	< 2	944	233	40	50	< 2
815	16	78	60	< 2	880	104	40	57	< 2	945	244	21	73	< 2

(ppm)				
Ser. No.	Sample No.	Cu	Zn	Mo
1141	J - 150	64	104	< 2
1142	151	68	439	< 2
1143	152	57	145	< 2
1144	153	54	63	< 2
1145	154	32	87	< 2
1146	155	39	119	< 2
1147	156	36	148	< 2
1148	157	27	72	< 2
1149	158	36	133	< 2
1150	159	43	102	< 2
1151	160	46	104	< 2
1152	161	54	333	< 2
1153	162	36	126	< 2
1154	163	29	350	< 2
1155	164	29	351	< 2
1156	165	25	79	< 2
1157	166	29	82	< 2
1158	167	61	151	< 2
1159	168	146	129	< 2
1160	169	46	137	< 2
1161	170	54	114	< 2
1162	171	50	158	< 2
1163	172	50	60	< 2
1164	174	46	91	< 2
1165	175	64	158	< 2
1166	176	43	180	< 2
1167	177	61	491	< 2
1168	178	125	135	< 2

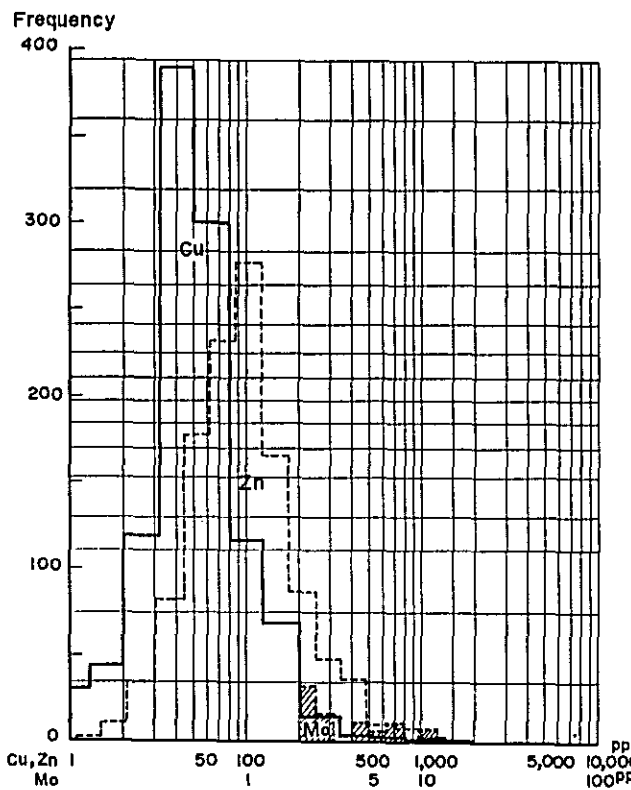


Fig. 1. Histogram of Cu, Zn and Mo

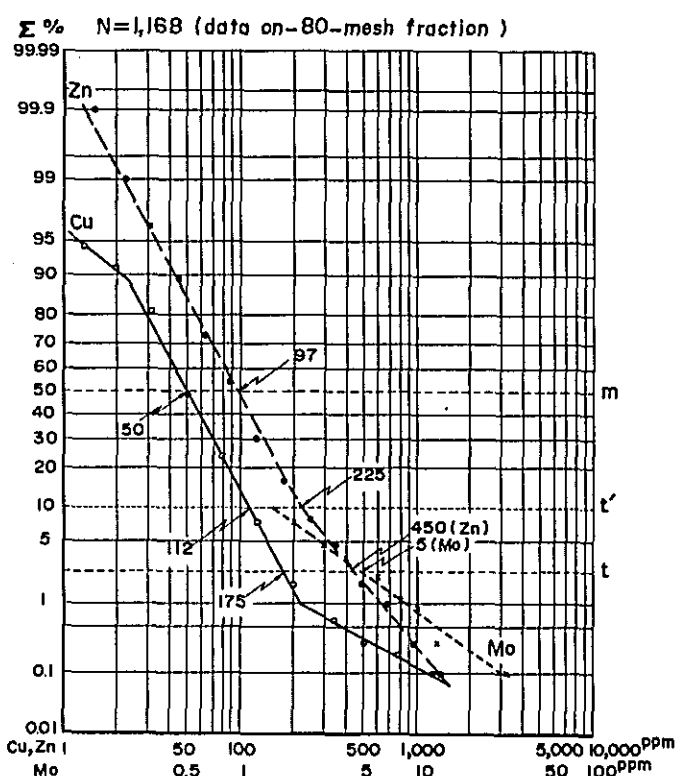


Fig. 2. Cumulative frequency distribution of Cu, Zn and Mo

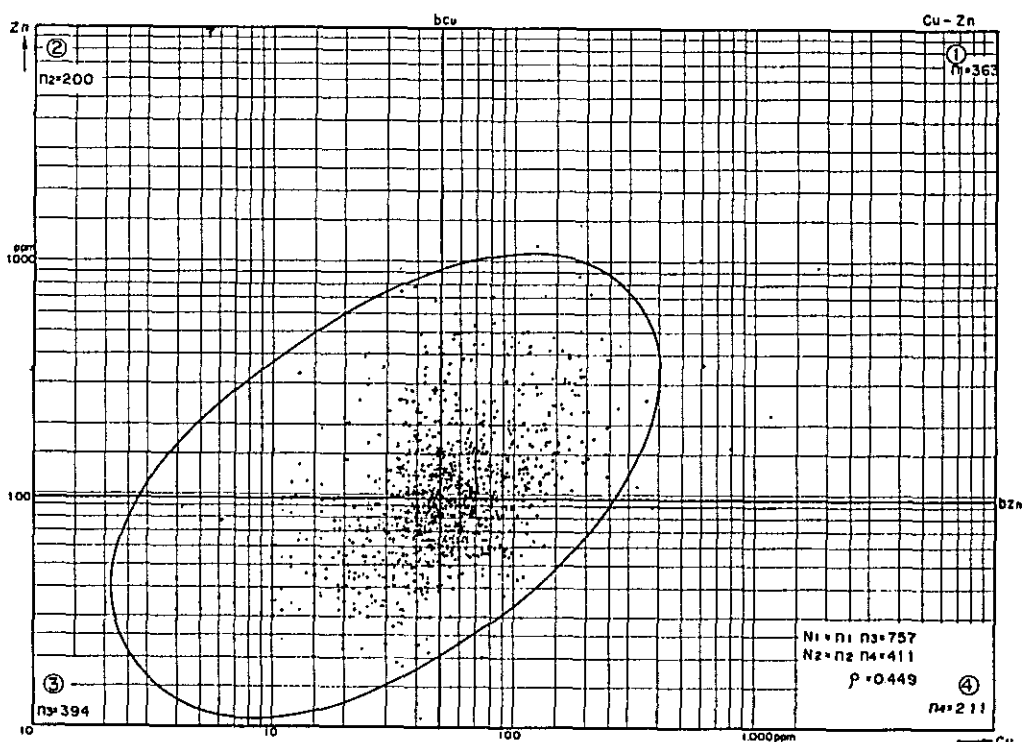


Fig. 3. Corration diagram Cu-Zn

