

フィリピン共和国

鉍物資源基本図調査

報告書

南部シェラマドレ地域総合評価

レイテ・ディナガット・シャルガオ地域
総合評価

(付 サマール地区地化学探査単一変量解析)

セブ・ボホール・西部ネグロス地域
総合評価

平成 2 年 2 月

国際協力事業団
金属鉍業事業団

フィリピン共和国

鉱物資源基本図調査

報告書

南部シェラマドレ地域総合評価

レイテ・ディナガット・シャルガオ地域

総合評価

(付 サマール地区地化学探査単一変量解析)

セブ・ボホール・西部ネグロス地域

総合評価

平成 2 年 2 月

JICA LIBRARY



1080486121

20817

国際協力事業団
金属鉱業事業団



国際協力事業団

20817

はしがき

日本国政府はフィリピン共和国の要請に応え、同国ルソン東部、ビサヤス及びパワランの各地域において、鉱物資源賦存の可能性を確認するため、鉱物資源基本図調査を実施することとし、その実施を国際協力事業団に委託した。国際協力事業団は、本調査の内容が地質及び鉱物資源の調査という専門分野に属することから、この調査を金属鉱業事業団に委託することとした。

本総合評価報告書は既に調査した地区のうち、南シェラマドレ地区、レイテ・ディナガット・シャルガオ地区及びセブ・ボホール・南西ネグロス地区の調査結果を広域的に解析し、その総合評価結果をとりまとめたものである。

本調査の実施に当たって、御協力いただいたフィリピン共和国政府関係機関、ならびに外務省、通商産業省、在フィリピン日本国大使館及び関係各位の方々に衷心より感謝の意を表するものである。

平成2年2月

国際協力事業団

総 裁 柳 谷 謙 介

金属鉱業事業団

理事長 福 原 元 一

南シェラマドレ地域総合評価

要 約

本報告書はフィリピン共和国鉱物資源基本図調査のうち、1985年に実施した南シェラマドレ・ポリーリョ地域4,770km²の地化学探査結果を広域的に再統計処理し、その結果を地質・鉱床調査の結果ならびに既存資料とともに、総合評価した結果をまとめたものである。

ルソン島中東部に位置する南シェラマドレ・ポリーリョ地域はルソン中央山脈の南延長部にあたるシェラマドレ山脈の主要部を占める南シェラマドレ地区と東フィリピン弧の北延長部に当たるポリーリョ地区の二つの構造区よりなる。この二つの構造区はポリーリョ海峡を通るフィリピン断層によって区分される。

南シェラマドレ地区の地質は中世代の変成岩類と塩基性複合岩類を基盤とし、これらを覆う第三紀の堆積岩類、火山岩及び火山砕屑岩と更新世の火山岩・火岩砕屑岩によって構成される。

ポリーリョ地区の地質は中世代の変成岩類及び火山岩類とオフィオライトを基盤とし、これらを覆う第三紀の堆積岩類及び石灰岩により構成される。

貫入岩体としては南シェラマドレ地区に暁新世の花崗閃緑岩と漸新世の閃緑岩があり、ポリーリョ地区には始新世の閃緑岩質貫入岩体が認められる。

両地区ともにフィリピン断層及びこれに関係して生じたN-S系、NNE系及びNNW系の急傾斜断層のため、各地層は著しいブロック化を受け、N-S方向の褶曲を生じ、南北に伸長した分布を示している。

本地域の鉱化作用は南シェラマドレ地区では接触交代型鉄鉱化作用、斑岩銅鉱型鉱化作用、熱水性の含金石英脈を主とした鉱脈型鉱化作用及び銅の塊状硫化鉱化作用が見出された。ポリーリョ地区では赤鉄鉱を主体とする鉱脈鉱染型鉄鉱化作用及び斑岩モリブデン型鉱化作用が認められた。

地化学異常の広域解析は、本地域で採取した約4,500個の河床堆積物試料（粒径0.175mm以下）の分析結果（JICA-MMAJ, 1985）について実施した。分析成分は10成分（Cu, Pb, Zn, Ag, As, Mn, Ni, Co, Mo, Hg）である。本地域全域を2km×2kmのグリッドに分割し、各グリッドに含まれる試料分析値の幾何平均値（以下グリッド平均値と呼ぶ）を用いて、次の4種類の統計解析を行った。

- 1) グリッド平均値の単一変量解析。
- 2) グリッド平均値9個の幾何平均値を、その中心グリッドの値とする移動平均値の単一変量解析。
- 3) グリッド平均値と移動平均値の差によるハイパスフィルター値の単一変量解析。
- 4) グリッド平均値による多変量解析（因子分析）。

これらの解析結果を、縮尺1:1,000,000の地形図上に表した（Pl.2-1-1~Pl.2-4-5）。

さらに、これらの解析結果と、火成岩の分布、地質構造、鉱化・変質作用等の地質条件とを総合評価して、次の5箇所の探査有望地を優先順位をつけて選出した（Pl.8）。

- (I) 南シェラマドレ地区中部 Umiray 川上流区域。この区域は始新世から漸新世の安山岩質火山岩中の地化学探査指示元素の重複異常帯（以下異常帯と呼ぶ）で、閃緑岩質貫入岩体の貫入がある。Cuの鉱徴地 Marcopper Matani, Lumbay Collosal を含む。期待される主な鉱床型と鉱種；斑岩銅鉱型鉱化作用 Cu, Pb, Zn
- (II) 南シェラマドレ地区南西部 Montalban 北東区域。この区域は白亜紀の玄武岩質凝灰角礫岩に伴う異常帯で、塊状硫化鉱の鉱徴地 Puray を含む。期待される主な鉱床型と鉱種；塊状硫化鉱型鉱化作用 Cu, Zn
- (III) ポリーリョ地区南東部変質貫入岩体分布区域。この区域は始新世の閃緑岩質貫入岩中の変質帯に伴う異常帯で、Moの鉱徴地 Maropper Polillo を含む。期待される主な鉱床型と鉱種；斑岩モリブデン型鉱化作用 Cu, Mo
- (IV) 南シェラマドレ地区東海岸 Tignoan 西部区域。この区域は中新世の変質安山岩に伴う異常帯で、Auの鉱徴地 Tignoan River を含む。期待される主な鉱床型と鉱種；含金石英脈型鉱化作用 Cu, Au, Ag

(V) ポリーリヨ地区中部 Burdeos 南西区域。この区域は白亜紀の火成岩類及び堆積岩中の異常帯で、Feの鉱
徴地 Mt. Malolod を含む。期待される主な鉱床型と鉱種；細脈鉱染鉱化作用 Cu, Zn

フィリピン共和国鉱物資源基本図調査
南シェラマドレ・ポリーリョ地域
総合評価報告書

目 次

要 約	頁
1. 総 論	1
1-1 報告書の背景と目的	1
1-1-1 背景・経緯	1
1-1-2 報告書の目的	1
1-2 現地一般状況	1
1-2-1 位 置	1
1-2-2 交 通	1
1-2-3 気 候	1
1-2-4 植生・その他	1
1-3 調査団の編成	2
1-3-1 総合評価計画策定及び折衝	2
1-3-2 報告書ドラフトの検討・協議	2
1-4 総合評価の方法	2
1-4-1 調査地域	2
1-4-2 地質層序	2
1-4-3 地化学探査	3
1-4-4 重鉱物試料	3
1-4-5 既存の広域調査試料	3
1-5 結 論	3
2. 総合評価地域の地質と鉱化作用	4
2-1 地質概要	4
2-1-1 南シェラマドレ地区	4
2-1-2 ポリーリョ地区	4
2-2 層 序	4
2-2-1 南シェラマドレ地区	4
2-2-2 ポリーリョ地区	6
2-3 地質構造	6
2-3-1 南シェラマドレ地区	6
2-3-2 ポリーリョ地区	7
2-4 火成活動	7

2-4-1	南シェラマドレ地区	7
2-4-2	ポリーリョ地区	7
2-5	鉱化作用と鉱徴地	7
3.	地化学探査結果の総合解析	9
3-1	地化学探査解析方法及び精度	9
3-1-1	総合解析の方法	9
3-1-2	分析精度の検討	9
3-2	グリッド平均値の単一変量解析	9
3-2-1	基本的統計量	9
3-2-2	ヒストグラム・累積頻度曲線	10
3-2-3	相関係数	10
3-2-4	地域的分布	10
3-3	移動平均値の単一変量解析	11
3-3-1	基本的統計量	12
3-3-2	ヒストグラム・累積頻度曲線	12
3-3-3	地域的分布	12
3-4	ハイパスフィルター値の単一変量解析	13
3-4-1	基本的統計量	13
3-4-2	ヒストグラム・累積頻度曲線	13
3-4-3	地域的分布	13
3-5	グリッド平均値の多変量解析(因子分析法)	14
3-5-1	因子の抽出	14
3-5-2	因子の解釈	14
3-5-3	因子得点の分類	14
3-5-4	地域的分布	15
3-6	重鉱物試料の解析	15
3-6-1	重鉱物パンニング試料分析結果の単一変量解析	15
3-6-2	重鉱物異常試料の地域的分布	16
3-7	地化学探査異常帯と鉱徴地の関係	16
4.	広域探査データの解析	18
4-1	重力探査データ	18
4-2	リニアメントデータ	18
5.	総合評価と結論	19
5-1	調査結果の総合評価	19
5-1-1	地質及び構造	19
5-1-2	鉱化作用	19
5-1-3	地化学探査結果の総合評価	19
5-2	結論	20

参考文献	21
卷末資料	卷末

図表一覧

	頁
図- 1 調査地域位置図	1
図- 2 南シェラマドレ・ポリーリヨ地域構造区分図	2
図- 3 フィリピン群島の主要地形区区分図	4
図- 4 南シェラマドレ地区の層序図	5
図- 5 ポリーリヨ地区の層序図	5
図- 6 フィリピン群島の広域構造図	7
図- 7 単一変量解析の異常グリッドの地域的分布	11
図- 8 因子分析の異常グリッドの地域的分布	16
表- 1 南シェラマドレ・ポリーリヨ地域の主要鉱徴地明細	8
表- 2 試料明細表	9
表- 3 原子吸光分析における各元素の検出限界値	9
表- 4 バッチテストの分析値の分散	9
表- 5 グリッド平均値の元素別基本的統計量	9
表- 6 試料別分析値の元素別基本的統計量	10
表- 7 グリッド平均値の元素別累積頻度曲線の変曲点明細	10
表- 8 グリッド平均値の各元素間の相関係数表	10
表- 9 試料別分析値の各元素間の相関係数表	10
表- 10 移動平均値の元素別基本的統計量	12
表- 11 移動平均値の元素別累積頻度曲線の変曲点明細	12
表- 12 ハイパスフィルター値の元素別基本的統計量	13
表- 13 ハイパスフィルター値の元素別累積頻度曲線の変曲点明細	13
表- 14 相関行列	14
表- 15 固有値及び累積寄与率	14
表- 16 因子負荷量表	15
表- 17 成分別記号表	15
表- 18 重鉱物パンニング試料の基本的統計量	16
表- 19 鉱徴地と地化学異常解析結果との関係表	17
表- 20 抽出異常帯と地化学異常解析結果との関係	20

付図一覧

Pl. 1	地質図・断面図 (1/1,000,000)
Pl. 2-1 (1~10)	グリッド平均値分布図 (1/1,000,000)
Pl. 2-2 (1~9)	移動平均値分布図 (1/1,000,000)
Pl. 2-3 (1~9)	ハイパスフィルター異常値分布図 (1/1,000,000)
Pl. 2-4 (1~5)	多変量解析 (因子分析) 因子得点分布図 (1/1,000,000)
Pl. 3	重鉍物パンニング試料の異常値分布図 (1/1,000,000)
Pl. 4	重力 (ブーゲー異常) 分布図 (1/1,000,000)
Pl. 5	リニアメント解析図 (1/1,000,000)
Pl. 6	鉍徴地位置図 (鉍徴地一覧表添付) (1/1,000,000)
Pl. 7	既存データインデックス図 (1/1,000,000)
Pl. 8	探査有望地と鉍徴地の関係図 (1/1,000,000)

巻末資料一覧

1. グリッド平均値のヒストグラム・累積頻度曲線図
2. 既存調査資料リスト

1. 総論

1-1 報告書の背景と目的

1-1-1 背景・経緯

1984年9月26日日本側：国際協力事業団・金属鉱業事業団とフィリピン側：環境天然資源省鉱山地球科学局 (Mines and Geo-Sciences Bureau; MGB) との間で締結されたI/A (Implementing Arrangement) 調査業務実施協定書に基づき実施した鉱物資源基本図調査のうち、本報告書は南シエラマドレ・ポリリーヨ地域の総合評価結果をまとめたものである(図-1)。なお本地域は1985年4月から7月にかけて現地調査が実施された。

1-1-2 報告書の目的

本報告書はフィリピン共和国ルソン島中東部に位置する南シエラマドレ・ポリリーヨ地域において実施した地質調査・地化学探査によってえられた調査結果(JICA-MMAJ, 1985)と各種の既存調査結果を総合的に解析することにより、当地域の鉱物資源の既存状況を把握し、資源開発有望地区の抽出に資することを目的とする。

1-2 現地一般状況

1-2-1 位置(図-1, 図-2)

本地域はフィリピン共和国ルソン島の中東部に位置する。

南シエラマドレ地区では地区のほぼ中央部を南北に縦断するシエラマドレ山脈があって、Mt.Cacanado (1739m)を最高峰とする険しい山岳地帯を形成している。ポリリーヨ地区は構成する地層に規制されて比較的平坦な高地及び低地が発達する島で、最高峰はMt.Malolod (329m)である。

調査範囲は南シエラマドレ地区ではLaur-Dangalan峡谷を北限、Laguna De Bayの北岸道路を南限、San Mateo町を通る東経121°05'の経度線付近にあるLuzon Central平原の東縁部を西限、東海岸を東限とし、面積は4,150km²である。ポリリーヨ地区はポリリーヨ海峡をへてルソン島の東約30kmにあるポリリーヨ島で、面積は620km²である。

南シエラマドレ地区は行政区分上Region IIIのNueva Ecija Bulacan ProvinceとRegion IVのAurora・Quezon・Laguna・Rizal Provinceにまたがっている。ポリリーヨ地区はQuezon Provinceに属する。

1-2-2 交通

本地域の北部はマニラからDaang-Maharlika HighwayでCabanatuan Cityに達し、Dingalanを経て、更に海岸を南下してUmirayに至る道路がある。南部はManila East Road経由でFamyに至り、これより非舗装道路で東海岸のInfanta町に達する。内陸部はこれらの主要道路から地方道を経て材木運搬の道路網に接続している。東海岸地区及び大きな河川ではbanca boatによる交通が行われる。

ポリリーヨ地区へはInfantaの南のReal港よりポリリーヨ港にフェリーが通っている(片道約3時間)。内陸部はポリリーヨ港から島を横断してBurdeos町に達する道路があるのみで道路の発達は遅れている。陸上の輸送は人力が主体とな

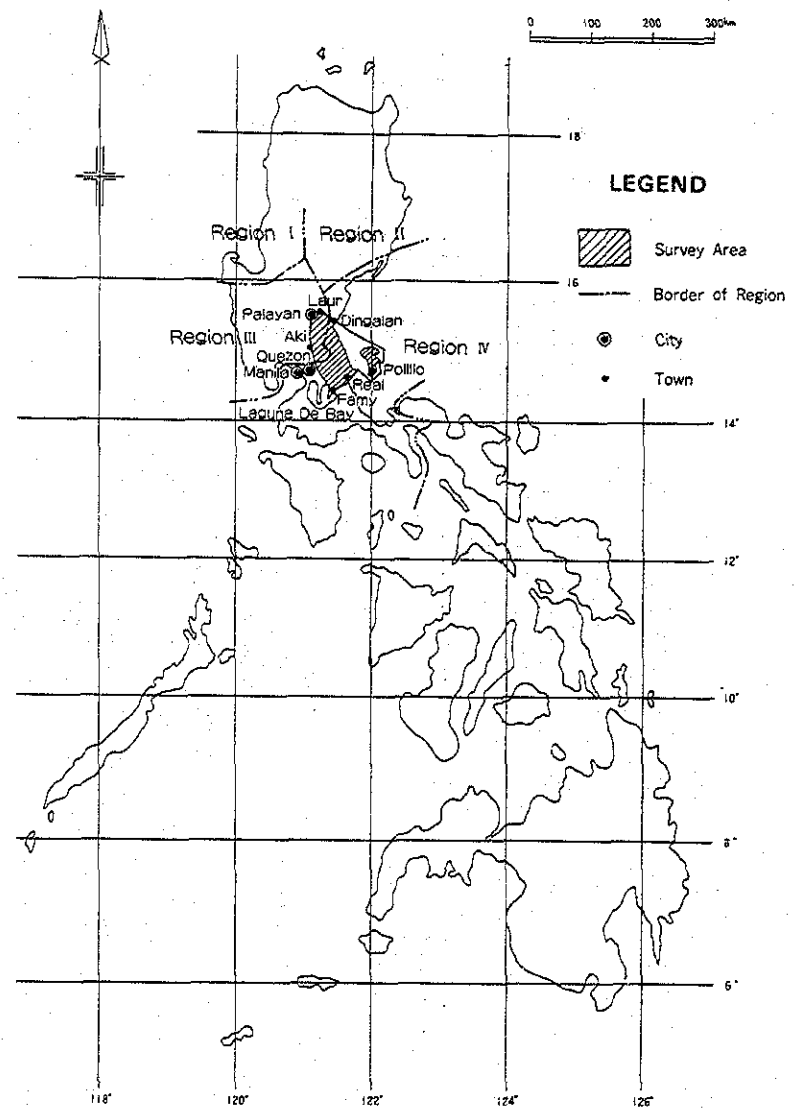


図-1 調査地域位置図

り、banca boatによる水上輸送が行われる。

1-2-3 気候

本地域は熱帯雨林気候帯に属するが、降雨の状態により、次の3タイプに分けられる。

- ①無乾燥期・無多雨期型：南シエラマドレ地区西部区域では年間を通じて平均した降水量をしめす。
- ②無乾燥期・冬雨型：南シエラマドレ地区東部区域では、非常にはっきりした雨期が11月から1月の間に見られる。
- ③短期乾燥期・無多雨期型：ポリリーヨ島は6月から8月が乾季で、その他は雨季であるが、極端に雨量の多い月はない。

本地域全域に亘り、通常9月から12月は台風(Cyclone)の季節である。地域全域の平均気温は23℃で、平均年間降雨量は約3,700mmである。

1-2-4 植生・その他

本地域は熱帯雨林地帯で、内陸部の高地には原生林が広がっている。山岳地帯の斜面や海岸低地では、一部開拓された畑地で芋類、陸稲、ココナッツ等が栽培されているが、密生した灌木やつる草が大部分を占めている。マングローブとニッサ椰子は河口及び海岸の潮間帯の平坦部の大部分を占めている。

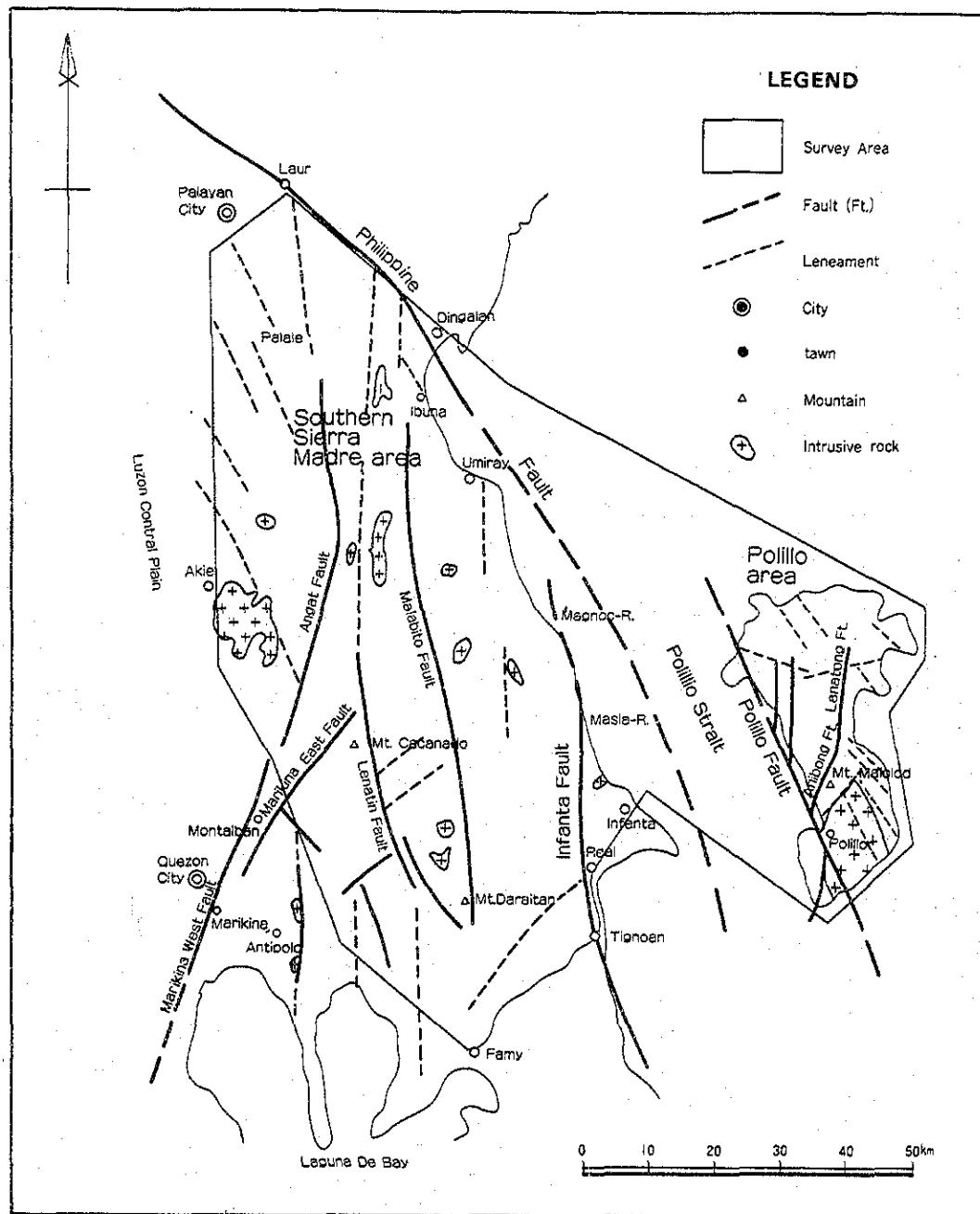


図-2 南シエラマドレ・ポリーリヨ地域構造区分図

1-3 調査団の編成

1-3-1 総合評価計画策定及び折衝

日本側	篠川 秀育	通商産業省
	青山 正之	同上
	貝沼 弘康	国際協力事業団
	平野 英雄	金属鉱業事業団
	佐藤 直樹	同上
フィリピン側	R. D. San Juan	環境天然資源省 (DENR)
	P. C. Caleon	鉱山地球科学局 (MGB)
	R. M. Luis	々
	R. L. Almeda	々
	A. Apostol Jr.	々

1-3-2 報告書ドラフトの検討・協議

日本側	大久保 義和	海外鉱物資源開発株式会社
	上原 幸雄	々
	嶋崎 吉彦	々
フィリピン側	R. M. Samaniego	鉱山地球科学局 (MGB)
	M. V. Garcia	々
	B. S. Vargas	々

R. M. Luis	鉱山地球科学局 (MGB)
R. L. Almeda	々
N. V. Ferrer	々
A. Apostol Jr.	々
G. P. Revilla	々
E. R. Malaca	々
F. R. Zepeda	々
D. C. Jagolino	々

1-4 総合評価の方法

総合評価は下記の手法により行った。

1-4-1 調査地域 (図-1, 図-2)

本調査地域は南シエラマドレ地区とポリーリヨ地区の2構造地塊にわけて各種記載を行った。両地区の間にあるポリーリヨ海峡を通るフィリピン断層が構造地塊の境界となっている。

1-4-2 地質層序

地質層序は1988年6月の共同解析で決定されたもの (図-4, 5) を使用し、縮尺1:1,000,000の地質図 (P1.1) を作成した。地質記載は南シエラマドレ地区は

(E.R.Malaca & G.P.Revilla) の報文, ポリーリョ地区は (D.C.Jagolino & F.R.Zepeda) の報文を参照した。

1-4-3 地化学探査 (Pl.2-1~Pl.2-4)

解析対象とした試料は本地域で採取した沢砂サンプル (0.175mm以下) 4,588個で分析成分はCu, Pb, Zn, Ag, As, Mn, Ni, Co, Mo, Hg, 10成分である。

これらの試料は全域を2km×2kmのグリッドに分割し各グリッド毎の各成分の平均値の単一変量解析と多変量解析 (因子分析) 及び9グリッド毎の移動平均値の単一変量解析, さらにグリッド毎の平均値と移動平均値の差によるハイパスフィルター値の単一変量解析を行って異常帯の抽出を図った。

1-4-4 重鉱物試料 (Pl.3)

重鉱物試料は171個をバンニングにより採取し, Au, Ag, 及びGaの3成分を分析し, その結果を単一変量解析した。

1-4-5 既存の広域調査資料

既存の広域調査資料は重力分布図, リニアメント解析図, 鉱微地位置図及び既存データインデックス図にまとめ, 地質図と同じ縮尺1:1,000,000で付図 (Pl.4, 5, 6) を作成した。なお, 各種調査資料のリストは巻末試料として添付した。

1-5 結 論

本地域に見られる主な鉱化作用は南シェラマドレ地区では次の4種類である。

- ①白亜紀のBarenas - Baito層, 始新世~漸新世のBayabas層及び中新世のTignoan層中の安山岩質火山岩または火山砕屑岩に伴う鉱脈型または鉱染型の鉱化作用
- ②主として始新世から漸新世のBayabas層の火成岩類とこれに貫入した漸新世のAntipolo閃緑岩との接触部に分布する斑岩銅鉱化作用
- ③白亜紀のBarenas - Baito層の玄武岩質凝灰角礫岩に伴う塊状硫化鉱型の鉱化作用
- ④始新世~漸新世のMaybangain層およびBayabas層とこれに貫入した漸新世のAntipolo閃緑岩の接触部に伴う接触交代型の鉱化作用

ポリーリョ地区の鉱化作用については次の2種類が知られている。

- ①白亜紀の安山岩質火山岩または火山砕屑岩に伴う細脈鉱染型の鉱化作用
- ②始新世のPolillo貫入岩の粘土化変質帯に伴うポーフィリーモリブデン型の鉱化作用

これらの鉱化・変質の状況と各種地化学探査の解析結果等から, 次の5地区の有望地を優先順位をつけて選定した (Pl.8) (括弧内は期待鉱種を示す)。

- I) 南シェラマドレ地区中部Umiray川上流区域: 期待される主な鉱化作用; 斑岩銅鉱型 (Cu, Pb, Zn)
- II) 南シェラマドレ地区南東部Montalban北東区域: 期待される主な鉱化作用; 塊状硫化鉱型 (Cu, Zn)
- III) ポリーリョ地区南東部の変質貫入岩分布区域: 期待される主な鉱化作用; 斑岩モリブデン型 (Cu, Mo)
- IV) 南シェラマドレ地区東海岸Tignoan西部区域: 期待される主な鉱化作用; 細脈鉱染型 (Cu, Au, Ag)
- V) ポリーリョ地区中部Burdeos南西区域: 期待される主な鉱化作用; 細脈鉱染型 (Cu, Zn)

2. 総合評価地域の地質と鉱化作用

2-1 地質概要 (図-2, 図-3, 図-6, Pl.1)

本地域はフィリピン変動帯 (Philippine Mobil Belt) の東部地形区 (Eastern Physiographic Province) に属し、ルソン Central Cordillera の南延長部にあたるシエラマドリ山脈の主要部を占める南シエラマドリ地区と Mitchell (1986) の言う東フィリピン弧 (East Philippine Arc) の北延長部に当たるポリリーヨ地区の二つの構造区よりなる。この二つの構造区はポリリーヨ海峡を通るフィリピン横断によって区分される。

両地区ともにフィリピン断層及びこれに関係して生じたとされる NS 系、NNE 系及び NNW 系の急傾斜断層のために、各地層は著しいブロック化をうけ、ほぼ N-S 方向の褶曲軸を持つ褶曲を生じて、南北に伸長した分布を示す。

貫入岩体としては南シエラマドリ地区に Lupa 花崗閃緑岩 (暁新世) と Antipolo 閃緑岩 (漸新世) があり、ポリリーヨ地区にはポリリーヨ貫入岩 (始新世) がある。

2-1-1 南シエラマドリ地区

本地区は南北に伸びるシエラマドリ山脈の大部分を占め、白亜紀前期の変成岩類 (Katablingan Metamorphics) と白亜紀後期の塩基性複合岩類 (Boso-boso Mafic Complex) と Barenas-Baito 層を最下位層とし、これらを覆う白亜紀後期から暁新世の Kanan 層・Kinabuan 層、始新世後期から漸新世前期の Bayabas 層及び中新世中期の Angat 層・Tignoan 層の各地層が地区の大部分を占めて分布している。

白亜紀後期から暁新世の地層は地区東部に Kanan 層、その西側に Kinabuan 層が分布し、Lupa 花崗閃緑岩が主として Kanan 層及び Barenas-Baito 層に貫入している。

始新世後期から漸新世前期の地層は Bayabas 層で地区の中央部に広く分布している。漸新世前期の Antipolo 閃緑岩がこれに貫入している。

中新世前期の地層は Angat 層及び Tignoan 層で前者は主として地区西縁部に分布し、後者は地区南東部に分布する。

2-1-2 ポリリーヨ地区

本地区の地質は前白亜紀の変成岩類 (Masisi Schist) と白亜紀の火山岩類を主とする Anawan 層及びポリリーヨ オフィオライトを最下位とし、これを覆う第三紀の堆積岩によって構成される。

変成岩類 (Masisi Schist) は緑色片岩と千枚岩を主とし、広域変成作用を受けた複合岩体で島の西部に分布する。

Anawan 層は島の中央部に分布する。オフィオライトは島の南部と北部に露出し、変成岩類と Anawan 層に夫々 thrust で接している。

第三期の堆積岩類は古い順から始新世後期の Babacolan 層、漸新世後期から中新世中期の Burdeos 層、中新世中期の Langoyen 層、鮮新世の Karlagan 層で、Burdeos 層と Langoyen 層は島の東部で南北に伸長した分布を示し、Karlagan 層は北部の大半を占めて分布する。

貫入岩としては前期始新世とされるポリリーヨ貫入岩が変成岩類及び Anawan 層を貫いて島の南部に分布している。

始新世後期以後本地区の火成活動は認められていない。

2-2 層 序

1988年6月協同解析で作成した層序図を図-4, 5に示す。

2-2-1 南シエラマドリ地区

Katablingan 変成岩

本岩類は本地区の最も古い地層で Infanta 断層の東部に海岸線に沿って南北に伸長した分布を示す。

主に、片岩、片麻岩及び千枚岩よりなり、中生代の生成とされている (Revilla and Malaca, ms, 1987.)

Boso-boso 塩基性複合岩類

本岩類は塊状はんれい岩、岩床状輝緑岩の複合岩脈および玄武岩よりなり、上位の Barenas-Baito 層に漸移し、シエラマドリ山脈の西部で NE-SW 方向の帯状に分布する。珪質泥岩を挟在する枕状玄武岩は上位の Barenas-Baito 層に含まれる。生成年代は上位の珪質泥岩の化石により後期白亜紀初期かそれより古いと見られる。

Barenas-Baito 層

本層は枕状及び塊状玄武岩、赤色チャート、赤色珪質泥岩及び頁岩・火砕岩より

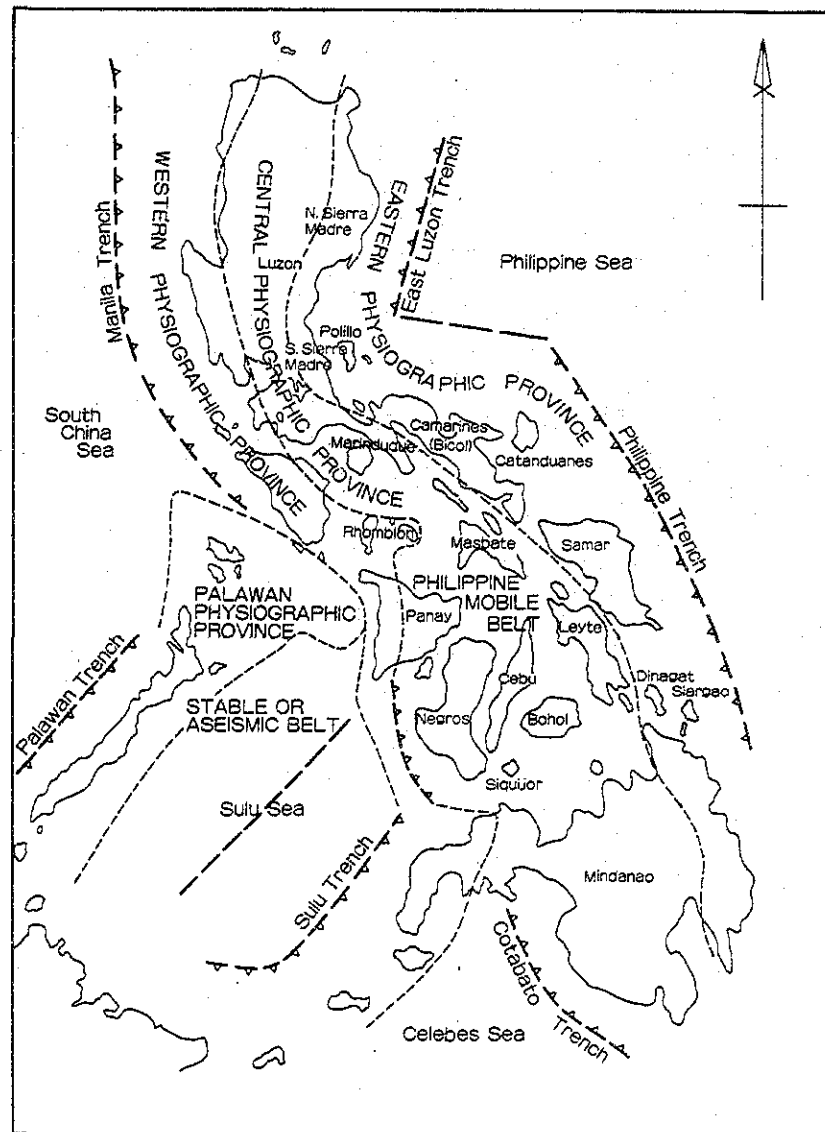


図-3 フィリピン群島の主要地形区分図

GEOLOGIC TIME				BMG (1981)*1	JICA & MMAJ (1985)	FORMATION	LITHOLOGY	IGNEOUS ACTIVITY	REMARKS	
AGE	ERA	PERIOD	EPOCH							
0.1 1.8 5.0 22.5 38.0 55.0 65.0 141.0	QUATERNARY	HOLOCENE		Alluvium	Alluvium	Alluvium				
			PLEISTOCENE	L	Guadalupe F.	Guadalupe F. (Qg)	Debris deposit	Rounded volcanic breccia		• A Pleistocene age is assigned to the Guadalupe Formation based on radiometric datings (Wolfe, 1981) of a volcanic flow (1.7 Ma.) and a welded ignimbrite (1.0 Ma.) at Mt. Sembrano in the Jala Jala Peninsula.
	E				Guadalupe F.		Basaltic & andesitic pyroclastics	Basalt and Andesite		
	TERTIARY	PLIOCENE	L		Tartaro F. (T)	Butete F.		Conglomerate interbedded with sandstone, shale and mudstone		
			E							
		MIOCENE	L		Lambek Shale (Lsh)					
			M	Madlum F., Sta. Ines D.	Madlum F. (MF)	Tignoan F.		Agglomerate and lava flows with fine clastic sediments	Andesite	
		OLIGOCENE	L	Binangonan F.	Binangonan Limestone (NF)	Binangonan F.		Limestone and clastic sedimentary rocks and minor coal bed		• Limestone of Angat Formation is dated Early to Middle Miocene by fossils Foraminifera (Gonzales et al., 1971).
			E	Antipolo Diorite				Andesite & basalt flows agglomerate and tuff with clastic sediments	Basalt and Andesite	
	Eocene	L					Limestone and minor clastic rocks		• Reyes and Ordoñez (1970) and Hashimoto, et al. (1979) identified species of Globotruncana on shale and mudstone of Kinabuan Formation indicating an age of late Late Cretaceous age.	
		E	Maybangain F.	Maybangain Ls. (Lm-2)	Maybangain F.					
	PALEOCENE	L					Bedded Ls. with sediments	Basalt	• The ophiolitic complex could be early Late Cretaceous or older based on the dated red siliceous mudstone intermixed with the pillow basalt.	
		E					Agglomerate, volcanic breccia, tuff and minor basalt	Basalt and Lupa Granodiorite		
	CRETACEOUS	L	Kinabuan F.	Kinabuan Limestone (Lm-1)	Kinabuan F.	Barenas-Baito F.	Pillow and massive basalt, red chert, mudstone, shale.			
E										
PRE-CRETACEOUS				Infanta Schist (P)		Chlorite schist, gneiss and phyllite.				

*1 BMG, 1981. "Geology and Mineral Resources of the Philippines" Volume I p.68 (Table II-31).
 *2 Revilla and Malaca, ms., 1987. "Geology of Southern Sierra Madre Range".

図-4 南シエラマドレ地区の層序図

GEOLOGIC TIME				BMG (1981)*1 Polillo Island	JICA - MMAJ (1985)	FORMATION	LITHOLOGY	IGNEOUS ACTIVITY	REMARKS	
AGE	ERA	PERIOD	EPOCH							
0.1 1.8 5.0 22.5 38.0 55.0 65.0 141.0 195.0 250.0 280.0	QUATERNARY	HOLOCENE		Alluvium	Alluvium	Alluvium				
			PLEISTOCENE	L						
	E									
	TERTIARY	PLIOCENE	L	Karlagan F.	Karlagan F.	Karlagan F.	Sandstone, shale, mudstone and limestone		• The age given by Fernandez, et al. (1967) and BMG (1982) for this formation is Pliocene.	
			E							
		MIOCENE	L	Patnanongan F.	Patnanongan F.				• The age of this ls. is estimated as Middle Miocene by fossils (Llave & Luna, 1968 and BMG, 1982).	
			M	Langoyen F.		Langoyen Ls.	Limestone			
		OLIGOCENE	L	Burdeos F.	Burdeos F.	Burdeos F.		Conglomerate, sandstone, shale and coal beds		• BMG reviewed the fossils obtained from previous samples and established that Burdeos F. was really Late Oligocene to Early Miocene (1982).
			E							
	Eocene	L	Babacolan F.	Babacolan F.	Babacolan F.		Sandstone, shale and limestone			
		E	Polillo Diorite							
	PALEOCENE	L							Polillo Intrusive	
		E	Lubi F.							
	CRETACEOUS	L	Polillo Diorite	Polillo Diorite	Polillo Ultramafic Complex	Anawan F.	Peridotite, gabbro with amphibolite	Tuffaceous ss. and shale, basalt and andesite flows	Basalt	Andesite
E										
MESOZOIC	JURASSIC	L								
		M								
	TRIASSIC	L								
E										
PALEOZOIC	PERMIAN	L								
		M								
CARBONIFEROUS	L									
	E									

*1 Geology and Mineral Resources of the Philippines, VI Geology P.68 (Table I-32) 1981.
 *2 F.R. Zepeda & D.G. Jagolino, Reconnaissance Geological and Geochemical Survey of Polillo Island, ms. 1986.

図-5 ポリーリョ地区の層序図

構成され、地区のほぼ中央部に南北に伸長する広い分布を示す。生成年代は後期白亜紀中期である。

Kinabuan 層

本層の下部は碎屑堆積岩類で、上部は石灰岩である。地区中央部の南部にパッチ状に露出し、Barenas - Baito 層を整合に覆っている。堆積年代は有孔虫の化石により、後期白亜紀後期とされている。

Kanan 層

本層は安山岩質および玄武岩質の集塊岩及び火山角礫岩・火山礫質及び岩片質凝灰岩よりなり少量の玄武岩溶岩を挟在する。地区東部で南北方向に伸長した広い分布を示し Barenas - Baito 層を整合に覆っている。生成年代は後期白亜紀初期から暁新世である。

Maybangain 層

本層は塊状から、層状の石灰岩で、緻密質で化石に富む。地区中央から東部にかけての小規模の露岩が数多く散在する。Kanan 層を整合に覆うが、Kinabuan 層とは不整合関係を持つと見られる。堆積年代は、暁新世後期から始新世前期である。

Bayabas 層

本層は安山岩質と玄武岩質の溶岩・集塊岩及びシルト岩・砂岩・礫岩を挟在する凝灰岩よりなり、地区中央部から北西部に、ほぼ南北に伸長した形を広く分布する。本層は Maybangain 層を不整合に覆う。堆積年代は始新世後期から漸新世前期である。

Binangonan 層

本層は主として石灰岩層よりなり、碎屑堆積岩と少量の石炭層を随伴する。地区中央付近に南北方向に伸びる小規模の露岩として点在し、Bayabas 層を不整合に覆う。本層の堆積は浅海で礫性環境の特徴を持っているが、挟炭層は縁海 (Marginal marine) の環境で形成された。生成年代は漸新世後期である。

Angat 層

本層は下部が碎屑岩層、上部は石灰岩層よりなり、Binangonan 層に整合である。地区の最西端に南北に伸長した分布を示す。生成年代は中新世前期である。

Tigocan 層

本層は安山岩質及び玄武岩質の集塊岩・凝灰岩よりなり、地域の南東部に広く分布する。この地層は漸新世後期から中新世の Binangonan 層の石灰岩の碎屑物を含むところから、中新世中期とみられルソン中央平原の Madlum 層に対比される。

Butete 層

本層は主として礫岩よりなり、少量の砂岩・頁岩・泥岩の互層を随伴する。地区東側に小規模の露岩の点在が見られる。

Binangonan 層を不整合に覆っている。生成年代は鮮新世である。

Guadalupe 層

本層は本地区で最も若い地層で主として安山岩質及び玄武岩質の溶岩流・凝灰岩・集塊岩よりなり、凝灰岩質の碎屑岩を随伴する。地区南部の Lagna De Bay の北部に広く分布する。生成年代は放射能年代決定法により 1.0~1.7ma. (更新世) とされている (Wolfe, 1981)。

2-2-2 ポリーリョ地区

Masisi 片岩

本岩類は広域変成作用を受けた緑色片岩類よりなり、千枚岩、緑色片岩及び大理石を含む本地区最古の地層である。大理石は千枚岩層中にレンズ状に産する。Masisi 片岩は本島中部及び南部の西海岸側に分布し、年代はジュラ紀といわれて

いる (Revilla and Malaca, ms. 1987)。

Poliilo 超塩基性岩

本岩類は強く蛇紋岩化したかんらん岩と角閃岩を随伴するはんれい岩よりなる。

地区の北西部では白亜紀の Anawan 層と、南部 Agta 付近では Masisi 片岩と衝上断層で接している。

角閃岩は Anawan 層と超塩基性岩の間に挟在している。

Anawan 層

本層は安山岩質及び玄武岩質の火山岩と堆積岩の互層から構成され、Masisi 片岩類を不整合に覆って地区中央部付近に広く分布する。火山岩は溶岩流で、堆積岩は凝灰岩質の砂岩及び頁岩である。本層は化石を産しないが、生成年代は白亜紀と見られる。

Babacolan 層

本層は砂岩・頁岩及び石灰岩よりなる。Burdeos 川の上流に細長いレンズ状の露出を示し、Anawan 層を不整合に覆い小規模の分布を示す。最下部は礫混じりの砂岩よりなり、中部は硬質の頁岩、上部は砂岩・頁岩互層の中にレンズ状の石灰岩を挟在する。堆積年代は始新世後期とされている (BMG, 1981)。

Burdeos 層

本層は礫岩・砂岩・頁岩・石灰岩及び石炭層よりなり有力な挟炭層である。地区東部に南北系の帯状の分布を示し、Babacolan 層を不整合に覆う。礫岩は火山岩の円礫を主とし淘汰は悪いがよく固結している。この礫岩は本層下部の大部分を占め、石炭の探査の指標となる。砂岩と頁岩は互層を示す。本層の下部準は薄い黒色泥岩と互層する石灰岩があり、豊富な化石を産する。

堆積年代は漸新世後期から中新世中期である (BMG, 1981)。

Langoyen 石灰岩

本石灰岩は塊状で緻密な石灰岩で Burdeos 層を整合に覆う。東海岸に沿って発達する沖積堆積物中に低い小丘状の露岩として分布する。堆積年代は中期中新世初期である (BMG, 1981)。

Karlagan 層

本層は砂岩・頁岩・泥岩及び石灰岩からなる。地区北部に広く分布し本地区で最も若い地層である。傾斜は穏やかで 15° を超える箇所は見られない。上部の頁岩と泥岩は石灰質でマールに近く、偽層が発達しており、浅海性の堆積環境を示す。本層は Langoyen 石灰岩を不整合に覆う。堆積年代は鮮新世に対比されている (BMG, 1981)。

2-3 地質構造 (Pl.1, 図-2, 図-3, 図-6)

本地域はフィリピン断層により南シエラマドレ地区とポリリーヨ地区に分けられる。両地区ともこの断層と、これに関係があると言われている N-S 系及び NE-SW 系又は NW-SE 系の急傾斜断層により、強いブロック化を受けている。

2-3-1 南シエラマドレ地区

本地区は構造的には北はフィリピン断層に、東は Infanta 断層、南西は Marikina 断層に切られ、西はルソン Central Basin に接している。中央部は Angat・Lenatin 及び Malabito の 3 本の主要な急傾斜断層が見られる (図-2 参照)。これらにより本地区ではルソン島 Laguna De Bay 以北の構造特性を示す N-S 系の軸を持つ褶曲構造と南北方向に伸長した地層配置を示すブロック化が形成された。

フィリピン断層は Laur から Dingalan の間に露出し、その北延長は Lingayen

Gulfまで、南はポリーリョ海峡を通り、レイテ島まで約1,200kmにわたり追跡することができる。この断層は左横ずれ断層であって (Ruthland, 1967), その活動は Mitchell (1986) の言う東フィリピン弧の Sulu - Bohol - Masabate Arc に対する衝突後の中期中新世後期に始まり、現在も動いていることが確認されている (北レイテの新第三紀の地層を8km 転移させている)。

Infanta 断層は南北の方向を示し、東海岸では Magnac から Masla まで追跡できるが、さらに南に伸びてパナイ島の西側を通る Tablas Lineament まで続くと考えられている (Revilla, ms, 1987)。この断層は右横ずれ断層でポリーリョ海峡でフィリピン断層に湾曲を生じさせたと考えられる。

2-3-2 ポリーリョ地区

本地区西のポリーリョ海峡を通るフィリピン断層と、本地区東の沖合にあるフィリピン海溝は本地区の構造の発達に重要な役割を果たしている。

ポリーリョ島の西海岸に沿って、フィリピン断層に平行なポリーリョ断層がある (Fernandez et al., 1967)。この断層は左横ずれ断層で、地区南部ではポリーリョ貫入岩を切り、北部では Karlagan 層を縦断する。

この断層から分岐した走向 N-S の急傾斜断層が、特にポリーリョ断層の東側で発達する。

本地区には又 N45° E の走向を示す急角度の断層と NW 方向の裂かがあって、これらの動きがブロック化を促進している。前者の例として急角度の逆断層である Anibong 断層及び Lanatong 断層がある (Delos Santos and Spencer, 1957)。

2-4 火成活動 (図-6)

本地域における主要な火成活動は暁新世に南シエラマドレ地区の Lupa 花崗閃緑岩と始新世前期ポリーリョ地区のポリーリョ貫入岩を形成した火成活動、漸新世に南シエラマドレ地区の Antipolo 閃緑岩を形成した火成活動及び後期白亜紀、始新世乃至漸新世、中新世及び更新世の4回にわかれて噴出し、玄武岩～安山岩の溶岩流を生じた火山活動である。

2-4-1 南シエラマドレ地区

本地区には次の如く2種類の貫入岩と4種類の火山岩を形成した火成活動がある。

後期白亜紀の火山活動は Barenas - Baito 層の玄武岩溶岩を形成した。Lupa 花崗閃緑岩は暁新世の Kanan 層に貫入し始新世の Mayabangain 層に覆われ、暁新世の貫入とみられる。後期始新世から前期漸新世の火成活動により Bayabas 層の玄武岩質・安山岩質溶岩流が形成された、Antipolo 閃緑岩はこの Bayabas 層に貫入し、貫入年代は K - Ar 法により 36.9ma. (漸新世前期) とされている (Wolfe, 1981)。

中新世と更新世の火山活動により、中新世の Tignoan 層の安山岩質及び玄武岩質の火砕岩ならびに更新世の Guadalupe 層の安山岩質及び玄武岩質の溶岩流がそれぞれ形成された。

2-4-2 ポリーリョ地区

本地区に見られる火成活動は白亜紀の Anawan 層の主要部を占める安山岩質及び玄武岩質の溶岩流を形成した火山活動とポリーリョ島の中南部に広く露出するポリーリョ貫入岩を形成した火成活動である。

Poilillo 貫入岩類は花崗閃緑岩・石英閃緑岩・石英モンソニ岩・アブライトから

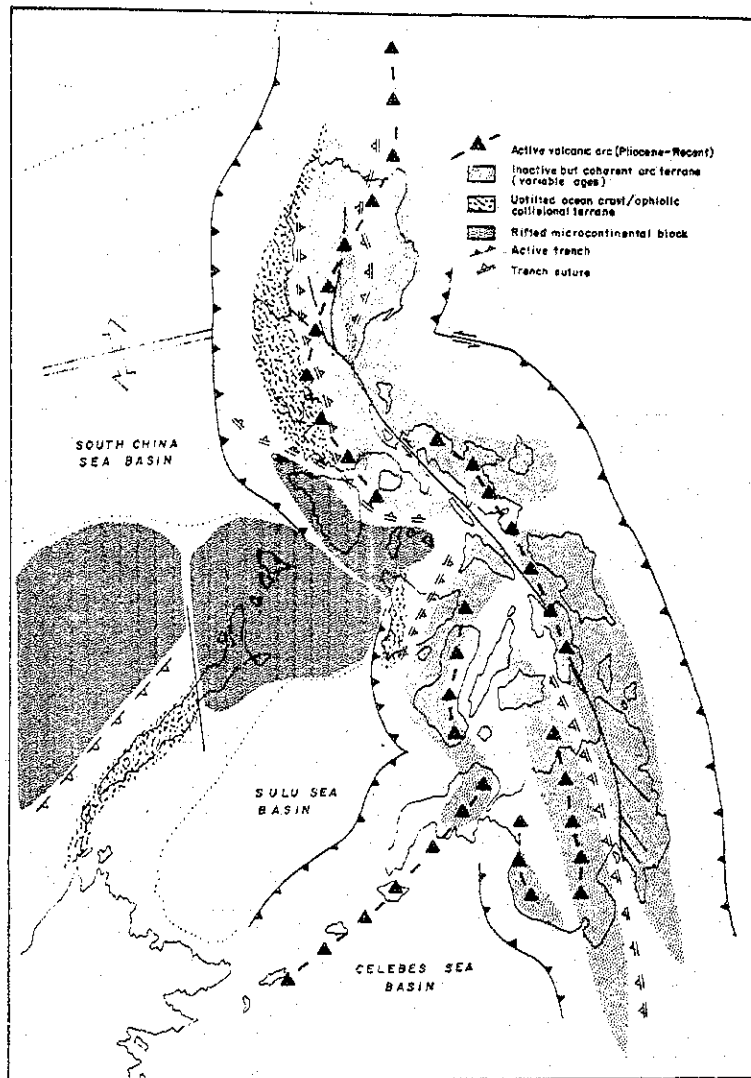


図-6 フィリピン群島の広域構造図

(After AS. Zanoria et al. 1984)

なり、石英に富む部分と閃緑岩等の中性岩タイプの部分がある等変化に富む。本岩は漸新世後期～中新世前期とされる Burdeos 層に不整合に覆われるほか、始新世後期とされる Babacolan 層中に閃緑岩起源の含礫砂岩が見られるところから、貫入の年代は始新世前期とされている (BMG, 1981)。

この貫入岩類を最後として、火成活動は南西の Bicol 地域に移り、本地区では後期始新世以後の火成岩は見られない。

2-5 鉱化作用と鉱徴地

本地域では地表調査の結果次の5種類の鉱化作用が認められた。今回の調査 (1985) での現地調査された鉱徴地を表-1に示す (括弧内の数字はP1.7の鉱徴地の番号を示す)。

(A) 接触交代型鉄鉱化作用

始新世から漸新世前期の地層 (Mayabangain 層, Bayabas 層) とこれらに貫入した閃緑岩 (Antipolo Diorite) との接触部付近に胚胎する鉄の鉱化作用である。鉱石鉱物は主として磁鉄鉱で、少量の初生赤鉄鉱・黄鉄鉱・黄銅鉱を随伴する (90. Santa Ines, 92. Angat, 93. Camaching)。

(B) 斑岩銅型鉱化作用

南シエラマドレ山地のほぼ中央部に露出する Bayabas 層とこれに貫入した漸新世の Antipolo 閃緑岩との接触部付近に分布する。ポリーリョ地区では古第三紀のポリーリョ貫入岩の周辺部付近に、輝水鉛鉱・黄銅鉱を伴う石英細脈群として見られる (17. Sumacbao, 27. Lumbay Collosal, 13. Marcopper Poilillo)。

(C) 鉱脈型鉱化作用

主として熱水性の含金石英脈 (一部粘土脈) である。ポリーリョ地区では赤鉄鉱を主体とする細脈及び鉱架鉱化作用が見られる。白亜紀から中新世までの主と

表-1 南シェラマドレ・ポリーリョ地域の主要鉱徴地明細

MINERAL SHOWING NAME	LOCATION	COMMODITY AND MINERALIZATION	AGE	TECTONIC PROVINCE	DESCRIPTION	
					OCCURRENCE	CHEMICAL ASSAY OF SAMPLE
16 Papaya	121°10' E 15°25' N	Au Placer	Pleistocene	Volcano-plutonic arc	Placer gold in terrace sediments	
17 Sumachao River	121°12' E 15°17' N	Cu Porphyry Au copper	Paleogene	Volcano-plutonic arc	Dissemination and veinlets observed in and around intrusive rocks	Six (6) assay results; Cu 0.12~0.96%, Au tr-53 g/t, Ag tr-11 g/t
18 Ibuna	121°22' E 15°18' N	Cu Hydrothermal Au vein	Paleogene	Volcano-plutonic arc	Gold bearing quartz veins in basaltic pyroclastics	Cu 4.88%, Au 0.1 g/t
26 Marcopper Matani	121°12' E 14°46' N	Au Hydrothermal vein	Paleogene	Volcano-plutonic arc	Gold bearing quartz veins in andesite and basalt flows	(1) Cu 0.11%, Zn 0.12%, Ag 6.8 g/t, Au <0.1 g/t (2) Cu 0.34%, Zn 1.02%, Ag 15.9 g/t, Au 1.8 g/t
27 Lumbay Collosal	121°24' E 14°51' N	Cu Porphyry copper	Paleogene	Volcano-plutonic arc	Dissemination and veinlets observed in alteration zone in andesitic porphyry	Cu 0.02~0.07%, Au 0.1 g/t
28 Puray	121°12' E 14°46' N	Cu Massive Au sulfide	Cretaceous	Oceanic crust	Strate-bound massive sulphide in basaltic tuff breccia	Cu 13%, Zn 0.09%, Pb 0.03%, Au 3.2 g/t
29 Boso-boso River	121°12' E 14°32' N	Au Placer	Pleistocene	Volcano-plutonic arc	Placer gold in terrace sediments	
32 Tignoan	121°33' E 14°35' N	Au Hydrothermal vein	Oligocene-Miocene	Volcano-plutonic arc	Clay vein in basaltic pyroclastic rock small gold grain observed	(1) Cu 0.08%, Ag 1.3 g/t, Au 0.1 g/t (2) Cu 0.03%, Ag 2.7 g/t, Au <0.1 g/t
90 Sta. Ines	121°19' E 14°44' N	Fe Contact metasomatism	Oligocene-Miocene	Volcano-plutonic arc	Contact metasomatism between Bayabas Formation and Antipolo diorite	Fe 63.53%, Cu 0.11%, Au <0.1 g/t
92 Angat	121°08' E 14°59' N	Fe Contact metasomatism	Oligocene-Miocene	Volcano-plutonic arc	Contact metasomatism between Bayabas Formation and Antipolo diorite magnetite > hematite > pyrite > chalcopyrite observed	
93 Camaching	121°08' E 15°05' N	Fe Contact metasomatism	Oligocene-Miocene	Volcano-plutonic arc	Contact metasomatism between calcareous sedimentary rocks and diorite	
36 Mount Malolod	121°57' E 14°50' N	Fe Hydrothermal vein	Paleogene	Volcano-plutonic arc	Hydrothermal dissemination and veinlets in altered volcanics	
91 Marcopper Polillo	121°59' E 14°47' N	Mo Porphyry molybden	Oligocene-Miocene	Volcano-plutonic arc	Quartz veinlets in boundary zone of diorite, molybdenite and pyrite observed	Cu 0.13%, Mo 1.0%, Au 0.1 g/t

*1 These numbers correspond to those of in Attached Plate-6

して玄武岩類及び変朽安山岩中に胚胎する (18. Ibuna, 26. Marcopper Natani, 32. Tignoan, 36. Mount Malolod)。

(D) 深砂型鉱化作用

河岸段丘堆積物中に濃集した砂金がしばしば見られる。

南シェラマドレ地区北西部のPapaya川では段丘礫岩中の基盤岩に接した部分が高品位と言われている (16. Papaya, 29. Boso-boso River)。

(E) 塊状硫化鉱化作用

白亜紀の玄武岩質集塊岩又は枕状玄武岩に伴って分布する。

Puray 鉱徴地では塩基性火砕岩中にレンズ状を示す鉱体が見られる。この鉱体は下盤に石英安山岩、上盤に玄武岩質集塊岩を伴い、鉱石鉱物は黄鉄鉱・黄銅鉱・斑銅鉱である。変質は上盤の緑泥石化が顕著である (28. Puray)。

3. 地化学探査結果の総合解析

3-1 地化学探査解析の方法及び精度

3-1-1 総合解析の方法

本地域全域をルソン島中東部の東経121° 00' 北緯14° 20' を起点とし南北2km×東西2kmのグリッドに分割し、各グリッド内に採取点を持つ河床堆積物試料 (JICA - MMAJ., 1985) の分析値について、全域を1母集団として次の4種類の方法で解析を行った。

- (1) 分析値のグリッドごとの幾何平均値 (以下グリッド平均値と呼ぶ) の単一変量解析
- (2) 9グリッド (南北3グリッド×東西3グリッド) ごとの幾何平均値を中心グリッドの値とし、2kmづつ移動させて計算した移動平均値 (以下移動平均値と呼ぶ) の単一変量解析
- (3) 各グリッドのグリッド平均値と移動平均値の差 (正の値のみ) (以下ハイパスフィルター値と呼ぶ) の単一変量解析
- (4) グリッド平均値の多変量解析 (因子分析)

これらの解析の対象とした試料数、グリッド数、分析成分数は次の通りである。

表-2 試料明細表

試料数	グリッド数	分析成分数
4,588	1,257	10成分 Cu, Pb, Zn, Ag, As, Mn, Ni, Co, Mo, Hg

解析に使用したコンピュータはIBM3084Q、使用したソフトはUCLAで開発された統計解析パッケージのBMD 08Mである。

数値はすべて対数で入力し、結果を常数に変換した。

検出限界以下の分析値は検出限界値の1/2の値を与えて計算した。分析はMGBの分析部門であるPETROLABで原子吸光法により実施した。検出限界は表-3の通りである。

表-3 原子吸光分析における各元素の検出限界値 (ppm)

成分	Cu	Pb	Zn	Ag	As	Mn	Ni	Co	Hg	Mo
検出限界 PETROLAB	2	10	2	1	0.5	50	3	3	0.04	2

3-1-2 分析精度の検討

解析にさきだち各分析値の精度を調べるためPETROLABのバッチテストの結果から、Thompson et al. 1973. の方法で信頼度95%における分析値の分散を求めた。以下テスト結果をのべる。

分析バッチ (約20試料) ごとに1試料を抽出し、これを他のバッチに含めて分析し、両者の分析値を統計処理し分散を求めた。

検体数はCu, Pb, Zn, As, Mn, Hgについては約1,000個、Ni, Coについては約800個である。

表-4 バッチテストの分析値の分散

成分	分散	記 事
Cu	± 15%	Mo, Agについては検出限界以下の分析値を示す試料が多く、分散を決定できなかった。
Pb	± 20%	
Zn	± 20%	
As	± 25%	
Mn	± 10%	
Ni	± 20%	
Co	± 20%	
Hg	± 25%	

3-2 グリッド平均値の単一変量解析

グリッドごとの試料の分析値の幾何平均値を使用した。採取試料のないグリッド (以下ブランクグリッドと呼ぶ) に対しては、次の方法で補填を行った。

- (1) ブランクグリッドを取巻く8個のグリッドのうち4個以上が有効値を持つときはその平均値をブランクグリッドの値として補填する (4個以下のときは補填しない)。
- (2) この操作を2回繰返す。

3-2-1 基本的統計量

グリッド平均値の元素別基本的統計量を表-5に示す。比較のため試料分析値の元素別基本的統計量を表-6に示す。

表-5 グリッド平均値の元素別基本的統計量

	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	Ag (ppm)	As (ppm)	Mn (ppm)	Ni (ppm)	Co (ppm)	Mo (ppm)	Hg (ppb)
M	49.73	-	94.52	-	1.30	998.84	23.46	22.68	-	-
M+1.0σ	74.29	-	148.75	-	2.93	1,455.05	42.22	33.07	-	-
M+1.5σ	90.79	-	186.61	-	4.39	1,756.18	56.64	39.92	-	-
M+2.0σ	110.96	-	234.10	-	6.59	2,119.63	75.98	48.20	-	-
Maximum	1,143.20	89.09	430.64	1.33	42.00	3,000.00	214.94	77.45	11.21	430.00
Minimum	5.00	5.00	13.79	0.50	0.25	197.48	1.50	1.50	1.00	20.00
R. B. D.	0%	99%	0%	99%	11%	0%	0.6%	0.2%	99%	98%

M: mean value σ: standard deviation R. B. D.: ratio of cells below detection limit

表-6 試料別分析値の元素別基本的統計量

	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	Ag (ppm)	As (ppm)	Mn (ppm)	Ni (ppm)	Co (ppm)	Mo (ppm)	Hg (ppb)
M	49.44	-	92.30	-	1.42	969.35	23.93	22.31	-	-
M+1.0σ	82.29	-	163.66	-	4.09	1,586.12	48.25	34.95	-	-
M+1.5σ	107.29	-	217.92	-	6.96	2,028.91	68.51	43.75	-	-
M+2.0σ	138.90	-	290.18	-	11.82	2,595.31	97.27	54.76	-	-
Maximum	2,000.00	1,800.00	3,000.00	9.50	86.00	6,700.00	460.00	85.00	120.00	900.00
Minimum	3.00	5.00	4.00	0.50	0.25	25.00	1.50	1.50	1.00	20.00

M: mean value σ: standard deviation

表-7 グリッド平均値の元素別累積頻度曲線の変曲点明細

(南シエラマドレ地区)

Element	Cu	Zn	As	Mn	Ni	Co
Cumulative frequency	85%	93%	89%	94%	91%	85%
Cell average	70 ppm	170 ppm	3.5 ppm	1,700 ppm	50 ppm	30 ppm

3-2-2 ヒストグラム・累積頻度曲線

グリッド平均値の頻度分布を示すヒストグラムと累積頻度曲線を元素別に作成した(巻末資料-1)。

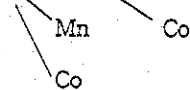
C.Lepeltier (1969) の方法により累積頻度曲線の変曲点を抽出し、この変曲点に対応するグリッド平均値を異常値の下限(しきい値)とした。Pb, Ag, Mo及びHgは検出限界以下のグリッドが98~99%を占めるので変曲点を抽出できなかった。

元素別の変曲点の明細を表-7に示す。

3-2-3 相関係数

グリッド平均値の各元素別の相関係数を表-8に示す。比較のため試料別分析値の各元素間の相関係数を表-9に示す。

グリッド平均値では Cu-Zn Zn-Mn Mn-Co Ni-Cu



間に相関係数0.5以上の相関が認められる。

表-8 グリッド平均値の各元素間の相関係数表

	Cu	Pb	Zn	Ag	As	Mn	Ni	Co	Mo	Hg
Cu	1.000									
Pb	0.203	1.000								
Zn	0.549	0.141	1.000							
Ag	0.205	0.706	0.118	1.000						
As	0.124	0.231	0.077	0.186	1.000					
Mn	0.506	-0.001	0.822	-0.017	-0.136	1.000				
Ni	0.237	-0.039	0.123	0.006	0.139	0.023	1.000			
Co	0.554	0.010	0.610	0.056	-0.102	0.650	0.548	1.000		
Mo	0.105	0.217	-0.068	0.189	0.129	-0.148	-0.019	-0.104	1.000	
Hg	0.077	0.260	0.076	0.280	0.164	-0.015	0.050	0.037	0.078	1.000

表-9 試料分析値の各元素間の相関係数表

	Cu	Pb	Zn	Ag	As	Mn	Ni	Co	Mo	Hg
Cu	1.000									
Pb	0.263	1.000								
Zn	0.525	0.271	1.000							
Ag	0.174	0.525	0.167	1.000						
As	0.131	0.232	0.124	0.106	1.000					
Mn	0.426	-0.002	0.712	-0.010	-0.114	1.000				
Ni	0.163	-0.026	0.099	0.009	0.065	0.027	1.000			
Co	0.486	0.004	0.525	0.020	-0.111	0.612	0.519	1.000		
Mo	0.050	0.116	-0.022	0.067	0.093	-0.148	-0.004	-0.124	1.000	
Hg	0.121	0.262	0.125	0.214	0.145	0.024	0.001	0.017	0.056	1.000

3-2-4 地域的分布 (Pl2-1-1~2-1-9)

元素別のグリッド平均値を下記の11ランクに分類し、ランクごとに色分けして縮尺1:1,000,000の地形図にプロットした。

- A 99% ≤ Z G 40% ≤ Z < 50%
- B 95% ≤ Z < 99% H 30% ≤ Z < 40%
- C 90% ≤ Z < 95% I 20% ≤ Z < 30%
- D 75% ≤ Z < 90% J Detection Limit ≤ Z < 20%
- E 60% ≤ Z < 75% K Detection Limit > Z
- F 50% ≤ Z < 60%

以下各元素の異常グリッドの集中区を示す(括弧内は異常値を示す元素)。その位置は図-7に示した。

南シエラマドレ地区

- A-1 北西部 Papaya 東部 (Cu, Ni)
- A-2 中部東海岸~内陸部 (Cu, Pb, Zn, As, Mn, Ni, Co, Mo, Hg)
- A-3 中西部 Angat 北東 (Cu, Co)
- A-4 中西部 Montalban 東 (Cu, Zn, As, Ni, Hg)
- A-5 南部 San Andres 周辺 (As, Mn, Co, Mo, Hg)
- A-6 南東部 Tignoan 西部 (Cu, Mn, Co, Hg)

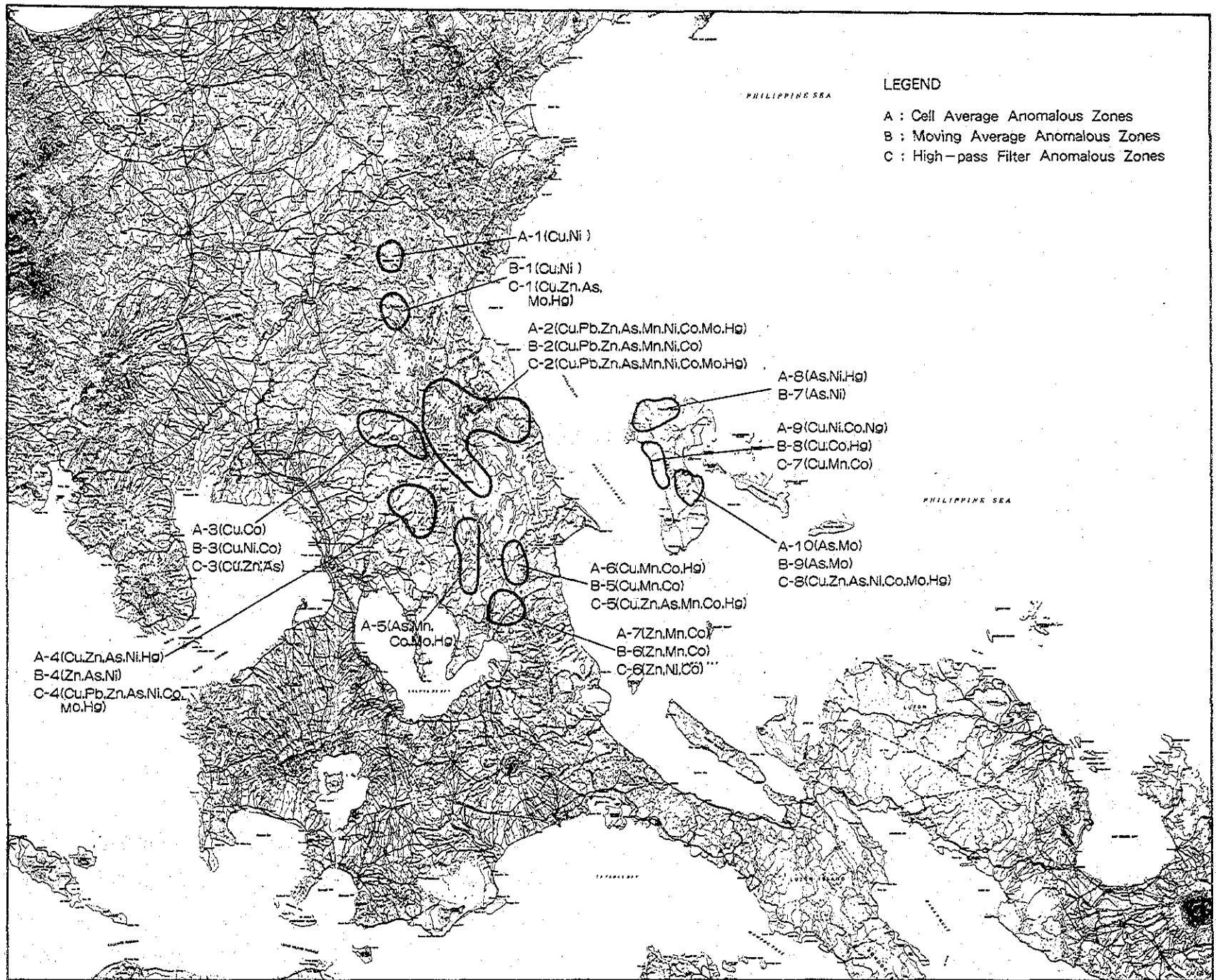


図-7 単一変量解析の異常グリッドの地域的分布

A-7 南部 Santa Maria 北東 (Zn, Mn, Co)

ポリーリヨ地区

A-8 北部 (As, Ni, Hg)

A-9 西海岸中部 (Cu, Ni, Co, Hg)

A-10 中東部 (As, Mo)

上記のうち、地質・火成活動・鉱化作用から説明できるのは次の集中区である。

(a) 南シエラマドレ中部, 東海岸～内陸部

この集中区は南シエラマドレ地域を南北方向に縦断しており白亜紀から漸新世の堆積岩が分布し、北部と南部に晩新世の Lupa 花崗閃緑岩が貫入し、中部に漸新世の Antipolo 閃緑岩が貫入している。

Cu, Pb, Zn, As, Mo の異常グリッドの集中は中南部の Lupa 花崗閃緑岩に伴わない、東海岸 Umiray 南部の白亜紀～晩新世の Knan 層に伴って認められる。今回調査された鉱徴地は中南部の Marcopper Matani, Lumbay Collsal である。

(b) 南シエラマドレ中西部, Angat 北東

この集中区は、Mt. Maon を構成する Antipolo 閃緑岩質貫入岩体の東側にあり、Cu の異常グリッドの集中は閃緑岩に伴って認められ、Co の異常グリッドの集中は東側の Boso-boso 塩基性複合岩類に伴って認められる。今回調査された Angat 鉱徴地はこの集中区に含まれる。

(c) 南シエラマドレ南西部, Montalban 北東

この集中区には白亜紀の Barenas Baito 層の玄武岩と同じ白亜紀の Boso-

boso 塩基性複合岩類が分布している。Cu, Zn, As の異常グリッドの集中は玄武岩に伴い、Ni の異常グリッドの集中は塩基性複合岩類に伴っている。黒鉱型の鉱徴地である Puray が玄武岩に伴って認められる。

(d) 南シエラマドレ南東部, Tignoan 西部

この集中区には中新世の火山砕屑岩及び溶岩を含む Tignoan 層が分布している。各種元素の異常グリッドの集中は塩基性火山岩およびこれに伴う熱水鉱化作用の影響と見られる。この地区では金の鉱徴地である Tignoan River が調査された。

(e) ポリーリヨ島中部西

この集中区には中生代の Masisi 片岩、白亜紀の塩基性火山岩を含む Anawan 層、始新世の堆積岩よりなる Babacolan 及び漸新世～中新世の堆積岩よりなる Burdeos 層が分布している。各種元素の異常グリッドの集中はこれらの母岩の影響又はこの地区の東側に貫入している Polillo 貫入岩体に伴う熱水鉱化作用の影響と見られる。

3-3 移動平均値の単一変量解析

グリッド平均値を計算したグリッドについて 3-1-1 で述べた通り 9 個のグリッド平均値の幾何平均値を、この 9 個のグリッドの中心グリッドの値とし、2km づつ平均範囲を移動して移動平均値計算をした。ブランクグリッドは、これにコの字型に接する 5 個のグリッドのうち 3 個以上が有効値を持つ場合は、その平

表-10 移動平均値の元素別基本的統計量

	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	Ag (ppm)	As (ppm)	Mn (ppm)	Ni (ppm)	Co (ppm)	Mo (ppm)	Hg (ppb)
M	49.78	-	94.44	0.50	1.30	999.40	23.42	22.67	-	-
M+1.0σ	67.60	-	137.60	0.51	2.42	1,369.07	38.31	31.05	-	-
M+1.5σ	78.78	-	166.10	0.51	3.29	1,602.40	49.77	36.33	-	-
M+2.0σ	91.80	-	200.49	0.52	4.49	1,875.49	62.68	42.52	-	-
Maximum	123.93	16.81	207.30	0.63	7.42	1,991.50	76.29	50.67	2.32	50.58
Minimum	10.08	5.00	24.04	0.50	0.32	329.28	2.80	4.26	1.00	20.00
R. B. D.	0%	99%	0%	100%	5%	0%	0.2%	0%	99.8%	99.7%

M: mean value σ: standard deviation R. B. D.: ratio of cells below detection limit

表-11 移動平均値の元素別累積頻度曲線の変曲点明細

Element	Cu	Zn	As	Mn	Ni	Co
Cumulative frequency	85%	80%	77%	79%	97%	85%
Moving average	62 ppm	120 ppm	2 ppm	1,200 ppm	55 ppm	29 ppm

均値をブランクグリッドの移動平均値とし、この操作を2回繰返して補填した。

この様にして算出した移動平均値は各グリッドの周辺6km×6kmの範囲のグリッドの平均値を示すことになり、全体の傾向や後背地の地質による変化を知るのに適している。

3-3-1 基本的統計量

南シェラマドレ地域の移動平均値の元素別基本的統計量を表-10に示す。Agについては全てのグリッドが検出限界以下の値を示すので解析から除外した。

3-3-2 ヒストグラム・累積頻度曲線

移動平均値の頻度分布を示す、ヒストグラムと累積頻度曲線を元素別に作成した。

C. Lepeltierの方法により累積頻度曲線の変曲点に対応する移動平均値を異常値の下限(しきい値)とした。Pb, MoおよびHgは99%以上のグリッドが検出限界以下の値を示すため、しきい値を決定できなかった。元素別の変曲点の明細を表-11に示す。

Pb, Ag, Mo, Hgについては検出限界以下の値を示すグリッドが99%以上を占めるため変曲点を設定できなかった。

3-3-3 地域的分布 (P12-2-1~2-2-9)

元素別の移動平均値をグリッド平均値と同様に11ランクに分類しランクごとに色分けして縮尺1:1,000,000の地形図にプロットした。

以下各元素の異常グリッドの集中区を示す(括弧内は異常値を示す元素)と共にその位置を図-7に示した。

南シェラマドレ地区

- B-1 北西部 Papaya 東部 (Cu, Ni)
- B-2 中部東海岸~内陸部 (Cu, Pb, Zn, As, Mn, Ni, Co)
- B-3 中西部 Angat 北東部 (Cu, Ni, Co)
- B-4 中西部 Montalban 北東部 (Zn, As, Ni)
- B-5 南東部 Tignoan 西部 (Cu, Mn, Co)
- B-6 南部 Santa Maria 北東部 (Zn, As, Ni)

ポリーリョ地区

- B-7 北部 (As, Ni)
- B-8 西海岸中部 (Cu, Co, Hg)
- B-9 中東部 (As, Mo)

これらの集中区は、南シェラマドレ地区のSan Andres周辺を除き、全てグリッド平均値の異常グリッド集中区として重複している。濃集元素でみるとグリッド平均値に比べ、南シェラマドレ地区では中部東海岸~内陸部でMo, Hgが、Montalban北東部でCu, Hgが、Tignoan西部でHgが欠如し、ポリーリョ地区では北部でHgが、西海岸中部でNiが欠如している、これに対し加わったのは南シェラマドレ地区 Angat北東のNiのみである。

これ等の集中区のうち現在知られている地質、火成活動、鉱化作用に関連すると見られるのは次の5集中区である。

- (a) 南シェラマドレ中部東海岸~内陸部
この集中区の明細は上記のグリッド平均値のものと同様である。異常グリッドの集中はグリッド平均値に比べ明瞭で特に中南部の貫入岩体の周辺ではCu, Pb, AsのA, Bランクグリッドの集中が顕著である。
- (b) 南シェラマドレ中西部 Angat北東
この集中区の明細は上記のグリッド平均値のものと同様である。グリッド平均値に比べNiのA, Bランクグリッドの集中が顕著である。
- (c) 南シェラマドレ南西部 Montalban 東部
この集中区の明細は上記のグリッド平均値のものと同様である。
- (d) 南シェラマドレ南東部 Tignoan 西部
この集中区の明細は上記のグリッド平均値のものと同様である。グリッド平均値に比べ、西部のCuのBランクグリッド, 東部のMnのCランクグリッド, 南部のCoのBランクグリッドの集中が顕著である。
- (e) ポリーリョ中部西海岸
この集中区の明細は上記のグリッド平均値のものと同様である。グリッド平均値に比べ北部のCuのAランクグリッド, CoのDランクグリッドの集中が顕著である。

3-4 ハイパスフィルター値の単一変量解析

3-1で述べた通り各グリッドのグリッド平均値と移動平均値の差の正の値を計算してハイパスフィルター値とした。この値は個々のグリッド平均値が平滑化された移動平均値よりどの位突出しているかを示す指標となるものである。二つの差をとることにより後背地の数値は相殺されるので、鉱化作用や二次富化作用により後生的に付加された異常が浮彫りにされる利点があり、これを検討することにより、地化学探査異常帯の範囲、強度、優先順位を知る指針となるものである。

3-4-1 基本的統計量

ハイパスフィルター値の元素別基本的統計量を表-12に示す。Agについては有効値を示すグリッドがないので、解析から除外した。

3-4-2 ヒストグラム・累積頻度曲線

ハイパスフィルター値の頻度分布を示すヒストグラムと累積頻度曲線を元素別に作成した。

C. Lepeltier (1969) の方法により累積頻度曲線の変曲点に対応するハイパスフィルター値を異常値の下限(しきい値)とした。Pb, Mo及びHgは99%以上のグリッドが有効値を示さないで、しきい値を決定できなかった。元素別の変曲点の明細を表-13に示す。

3-4-3 地域的分布 (PL2-3-1~2-3-9)

前章で設定されたしきい値はすべてM+1.0σ以上の値を示すので異常グリッドは元素別に下記の基準により分類し、赤・黄・青の色別に区分して縮尺1:1,000,000の地形図にプロットした。

ハイパスフィルター値の分類基準

異常値の区分基準	色分け	ランク
$M + 2.0 \sigma \leq Z$	赤	A
$M + 1.5 \sigma \leq Z < M + 2.0 \sigma$	黄	B
$M + 1.0 \sigma \leq Z < M + 1.5 \sigma$	青	C

以下このハイパスフィルター値の異常グリッドの分布域から各元素のグリッド

平均値の異常と関連するものを抽出し、その位置を図-7に示した。

南シェラマドレ地区

- C-1, 北西部Papaya東南 (Cu, Zn, As, Mo, Hg)
- C-2, 中部東海岸~内陸部 (Cu, Pb, Zn, As, Mn, Ni, Co, Mo, Hg)
- C-3, 中西部Angat北東 (Cu, Zn, As, Mn)
- C-4, 南西部Montalban北東 (Cu, Pb, Zn, As, Ni, Co, Mo, Hg)
- C-5, 南東部Tignoan西部 (Cu, Zn, As, Mn, Co, Hg)
- C-6, 南部Santa Maria北東 (Zn, Ni, Co)

ポリーリヨ地区

- C-7, 西海岸中部 (Cu, Mn, Co)
- C-8, 東海岸中部 (Cu, Zn, As, Ni, Co, Mo, Hg)

これらの集中区は南シェラマドレ地区南部のSan Andres周辺を除き全てグリッド平均値の集中区と重複している。濃集元素でみるとグリッド平均値に比べ、南シェラマドレ地区では北西部Papaya南東でZn, As, Mn, Hgが、中西部Angat北東でZn, As, Mnが、中西部Montalban北東でPb, Co, Moが、南東部Tignoan西部でZn, Asが、南部Santa Maria北東ではNiが加わっており、ポリーリヨ地区では東海岸中部でCu, Zn, Ni, Co, Hgが加わっている、これに対し欠如しているのは、南シェラマドレ地区北西部PapayaのNi, 中西部AngatのCo, 南部Santa MariaのMn, ポリーリヨ地区西海岸中部のNi, Hgである。上記のうち現在知られている地質・火成活動・鉱化作用に関連すると見られるのは次の5集中区である。

(a) 南シェラマドレ中部東海岸~内陸部

この集中区の明細はグリッド平均値の項で記載したものと同様である。ハイパスフィルター値の異常グリッドは全元素にわたって認められる。特に南部のUmiray川上流ではCu, Pb, Zn, As, Mo, HgのAランクグリッドが認められ優勢な鉱化作用の存在を示唆するものと見られる。周辺の地質の状況から恐らく貫入閃緑岩に伴う熱水鉱化作用に由来する異常帯であろう。

(b) 南シェラマドレ中西部Angat北東

この集中区の明細はグリッド平均値で記載されたものと同様である。異常を示す元素のうちCu, Zn, As, Mnの異常グリッドはMt. MaonのAntipolo閃緑岩の貫入岩体に伴って認められ、この閃緑岩に伴う鉱化作用に起因する異常帯と見られる。

表-12 ハイパスフィルター値の元素別基本的統計量

	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	Ag (ppm)	As (ppm)	Mn (ppm)	Ni (ppm)	Co (ppm)	Mo (ppm)	Hg (ppb)
M	3.59	1.09	8.07	0.30	0.57	64.10	3.04	1.70	0.34	2.66
M+1.0σ	14.87	4.25	35.17	0.67	1.56	272.89	12.14	5.79	0.91	12.81
M+1.5σ	30.26	8.38	73.43	1.00	2.58	563.06	24.29	10.69	1.49	28.10
M+2.0σ	61.57	16.51	153.31	1.49	4.27	1,161.79	48.59	19.72	2.44	61.65
Maximum	1,047.80	72.28	251.63	0.71	39.95	1,956.10	157.87	47.14	9.77	389.62
Minimum	0.10	0.11	0.10	0.14	0.10	0.38	0.11	0.10	0.10	0.10

M: mean value σ: standard deviation

表-13 ハイパスフィルター値の元素別累積頻度曲線の変曲点明細

Element	Cu	Zn	As	Mn	Ni	Co
Cumulative frequency	93%	78%	96%	93%	97%	78%
High-pass Filter value	21 ppm	23 ppm	2.2 ppm	380 ppm	33 ppm	4.2 ppm

(c) 南シェラマドレ南西部Montalban北東

この集中区の明細はグリッド平均値で記載したものを同様である。ハイパスフィルター値の異常グリッドはAg, Mnを除く各元素に認められる。特にCu, Pb, ZnはAランク及びBランクの異常グリッドが玄武岩に伴って認められ、この地区の鉱徴地Purayに見られるような黒鉱型の鉱化作用に由来するとみられる。

(d) 南シェラマドレ南東部Tignoan西部

この集中区の明細はグリッド平均値の項に記載したものと同様である。ハイパスフィルター値の異常グリッドはPb, Ag, Ni, Moを除く各元素に認められ、特にCu, Zn, HgはA, Bランクの異常グリッドの集中が認められ、熱水鉱化作用の存在を示唆している。

(e) ポリーリヨ島東海岸西部

この集中区の明細はグリッド平均値の項で記載したものと同様である。ハイパスフィルター値の異常グリッドはPb, Ag, Mnを除く各元素に認められ、特にCu, Zn, As, Mo, Hgの異常グリッドの存在は貫入岩類に伴う熱水鉱化作用の存在を示唆している。

3-5 グリッド平均値の多変量解析 (因子分析法)

3-5-1 因子の抽出

各元素のグリッド平均値を基準化し、解析して得られた相関行列及び固有値(λ)を表-14及び表-15に示す。表から明らかのように、固有値は大きい順にλ₁ = 3.023, λ₂ = 2.114...となる。固有値の大きさが1以上という基準を用いると因子数は3となるがλ₁及びλ₂も比較的大きく、またλ₃までの累積寄与率は81%に達しており、λ₃までをとれば全分散の大部分を説明できることになる。

表-14 相関行列

	Cu	Pb	Zn	Ag	As	Mn	Ni	Co	Mo	Hg
Cu	1.000									
Pb	0.203	1.000								
Zn	0.549	0.141	1.000							
Ag	0.205	0.705	0.118	1.000						
As	0.124	0.231	0.077	0.186	1.000					
Mn	0.506	-0.001	0.822	-0.017	-0.135	1.000				
Ni	0.237	-0.039	0.123	0.007	0.139	0.023	1.000			
Co	0.554	0.010	0.610	0.056	-0.102	0.650	0.548	1.000		
Mo	0.105	0.217	-0.068	0.189	0.129	-0.148	-0.019	-0.104	1.000	
Hg	0.077	0.260	0.076	0.280	0.164	-0.014	0.050	0.037	0.079	1.000

つぎに相関行列の対角要素に、共通の推定値としてSMC (Squard Multiple Correlation) を代入して固有値を求めるとλ₁ = 2.669, λ₂ = 1.555...となる。

表-15 固有値及び累積寄与率

	第1因子	第2因子	第3因子	第4因子	第5因子	第6因子	第7因子
固有値 対角要素: 1	3.023	2.114	1.193	0.941	0.869	0.794	0.457
累積寄与率	0.302	0.514	0.633	0.727	0.814	0.893	0.939
固有値 対角要素: SMC	2.699	1.555	0.763	0.243	0.099	-0.041	-0.100

SMC: Squard Multiple Correlation

固有値が正という基準を用いると因子数は5となるので、因子数を5として解析を行った。

3-5-2 因子の解釈

因子数を5, 対角要素SMC (Squard Multiple Correlation) として主因子法を適用すると表-16に示す因子負荷量の左半分の値が得られる。右半分は単純構造を得るためバリマックス回転法を適用したものである。これらによると各因子は次のように解釈される。

(a) 第1因子

回転前の因子負荷量はMoを除くといずれも正で、Zn, Mn, Co, Cuの値が高い、回転後の因子負荷量も同様な傾向を示し、Zn, Mn, Co, Cuの鉱化作用の有無を示す因子と解釈される。

(b) 第2因子

回転前の因子負荷量はZn, Mn, Ni, Coで負の値を示し、Ag, Pb, Hg, Moで正の高い値を示し、Ag, Pb, Hgの鉱脈型の鉱化作用を示す因子と解釈される。

(c) 第3因子

回転前の因子負荷量はPb, Zn, Ag, Mnで負の値を示し、Ni, Coで正のやや高い値を示す。回転後の因子負荷量はPb, Mn, Moで負の値を示し、Ni, Coで正の高い値を示す事から母岩中のNi, Coの濃集を示唆する因子と解釈される。

(d) 第4因子

回転前の因子負荷量はPb, Ag, Mn, Coで負の値を示し、Asで正のやや高い値を示す。回転後の因子負荷量はMn, Coで負の値を示し、Asで正のやや高い値を示すので、この因子はAsの濃集に関連すると見られるが、この濃集がどのような鉱化作用によるのかは不明である。

(e) 第5因子

回転前の因子負荷量はPb, Zn, Ag, Mn, Ni, Hgで負の値を示し、Cu, Moで正のやや高い値を示す。回転後の因子負荷量はZn, Mn, Ni, Co, Hgで負の値を示し、Mo, Cu, Pbで正のやや高い値を示すので、斑岩銅・モリブデン型の鉱化作用を示唆する因子と解釈される。

3-5-3 因子得点の分類

各元素のグリッド平均値に因子得点計算のための重み係数 (Factor Score Coefficient) を乗じグリッドごとに合計して因子得点とした。この因子得点を統計処理し次の8ランクに分類して縮尺1:1,000,000の地形図にプロットした。

ランク	累積頻度	ランク	累積頻度
A	90% ≤ Z < 100%	E	30% ≤ Z < 50%
B	80% ≤ Z < 90%	F	20% ≤ Z < 30%
C	70% ≤ Z < 80%	G	10% ≤ Z < 20%
D	50% ≤ Z < 70%	H	0% ≤ Z < 10%

表-16 因子負荷量表

Before Varimax Rotation						After Varimax Rotation					
Factor	1	2	3	4	5	Factor	1	2	3	4	5
Cu	0.663	0.129	0.047	0.106	0.169	Cu	0.605	0.164	0.243	0.079	0.200
Pb	0.189	0.753	-0.093	-0.106	-0.012	Pb	0.084	0.755	-0.058	0.100	0.181
Zn	0.839	-0.038	-0.235	0.160	-0.078	Zn	0.872	0.097	0.050	0.103	-0.098
Ag	0.197	0.736	-0.041	-0.172	-0.024	Ag	0.066	0.763	0.005	0.050	0.155
As	0.036	0.349	0.153	0.352	-0.070	As	-0.018	0.206	0.070	0.461	0.125
Mn	0.820	-0.255	-0.349	-0.022	-0.017	Mn	0.900	-0.046	-0.016	-0.159	-0.154
Ni	0.339	-0.044	0.679	0.002	-0.046	Ni	0.092	-0.010	0.746	0.123	-0.007
Co	0.825	-0.181	0.292	-0.176	0.016	Co	0.663	0.027	0.596	-0.169	-0.077
Mo	-0.043	0.308	0.037	0.097	0.205	Mo	-0.064	0.191	-0.022	0.116	0.308
Hg	0.099	0.334	0.041	0.026	-0.120	Hg	0.026	0.331	0.045	0.160	-0.004

3-5-4 地域的分布 (図-8, Pl.2-4-1~2-4-5)

Pl.2-4-1~2-4-5に示された各因子の因子得点の地域的分布には次のような高得点グリッドの集中区が認められる。集中区的位置を図-8に示す。

第1因子 (Mn, Zn, Co, Cuに関連が深い因子)

D-1-1, 東海岸 Umiray から Magnac にいたる白亜紀の Kanan 層の分布する地区

D-1-2, 内陸部中央 Umiray 川上流の白亜紀の Barenas Baito 層及び始新世~漸新世の Bayabas 層の分布する地区

D-1-3, 東海岸 Infanta 西側の白亜紀の Kanan 層及びこれに貫入する Lupa 花崗閃緑岩の分布する地区

D-1-4, 南部 Santa Monica 北東の更新世の Guadalupe 層の分布する地区

第2因子 (Pb, Ag, Hgに関連が深い因子)

D-2-1, 内陸部中央 Umiray 川上流の始新世~漸新世に至る Bayabas 層の分布する地区

D-2-2, 中西部 Mt.Maon 周辺の Antipolo 閃緑岩と前記 Bayabas 層の分布する地区

D-2-3, 南西部 Montalban 北東の白亜紀の Boso - boso 塩基性複合岩類及び Barenas Baito 層の分布する地域

D-2-4, ポリーリョ島中部の漸新世~中新世の Burdeos 層及び始新世のポリーリョ貫入岩の分布する地区

第3因子 (母岩中の Ni, Coに関連が深い因子)

D-3-1, 北部の白亜紀の Barenas - Baito 層の分布する地区

D-3-2, 中西部の白亜紀の Boso - boso 塩基性複合岩類及び Bayabas 層の分布する地区

D-3-3, ポリーリョ島北部の白亜紀の Anawan 層及び更新世の Karlagan 層の分布する地区

第4因子 (Asに関連が見られる因子)

指示元素中 As に関連をしめすのみなので、プロットは行わなかった。

第5因子 (Mo, Cu, Pbに関連を示す因子)

D-5-1, 北部の白亜紀の Barenas - Baito 層及び Boso - boso 塩基性複合岩類の分布する地区

D-5-2, 内陸部中部の Umiray 川上流の Bayabas 層の分布する地区

D-5-3, 内陸部中南部の Limutan 川上流の Barenas - Baaito 層とこれに貫入する Lupa 花崗閃緑岩の分布する地区

D-5-4, 中西部の Mt.Maon 南部の Antipolo 閃緑岩と Bayabas 層の分布する地区

D-5-5, 南西部 Tignoan 西部の中新世の Tignoan 層の分布する地区

D-5-6, ポリーリョ島西海岸のジュラ紀の Masisi 片岩と白亜紀の Anawan 層の分布する地区

D-5-7, ポリーリョ島東海岸の始新世のポリーリョ貫入岩とこれに接する漸新世~中新世の Burdeos 層の分布する地区

3-6 重鉍物試料の解析

3-6-1 重鉍物パニング試料分析結果の単一変量解析

南シェラマドレ・ポリーリョ地域の河床堆積物試料の採取と平行して、171個の重鉍物パニング試料を各河川の分岐点付近で採取し、Au (ppb), Ag (ppb), Ga (ppm) の3成分について原子吸光法による微量分析を PETROLAB で実施した。以下この分析値について行った単一変量解析の結果を述べる。なお検出限界値以下の試料には検出限界値の1/2の値を与えて計算を行った。

これらの $M + 1.0\sigma$ 値以上の試料を下記の区分により3ランクに区分し、縮尺1:1,000,000の地形図に成分別の記号でプロットした (Pl.3)。

表-17 成分別記号表

Rank	Classified Range	CODE		
		Au	Ag	Ga
A	$M + 2.0\sigma \leq Z$	◎	△	□
B	$M + 1.5\sigma \leq Z < M + 2.0\sigma$	○	△	□
C	$M + 1.0\sigma \leq Z < M + 1.5\sigma$	○	△	□

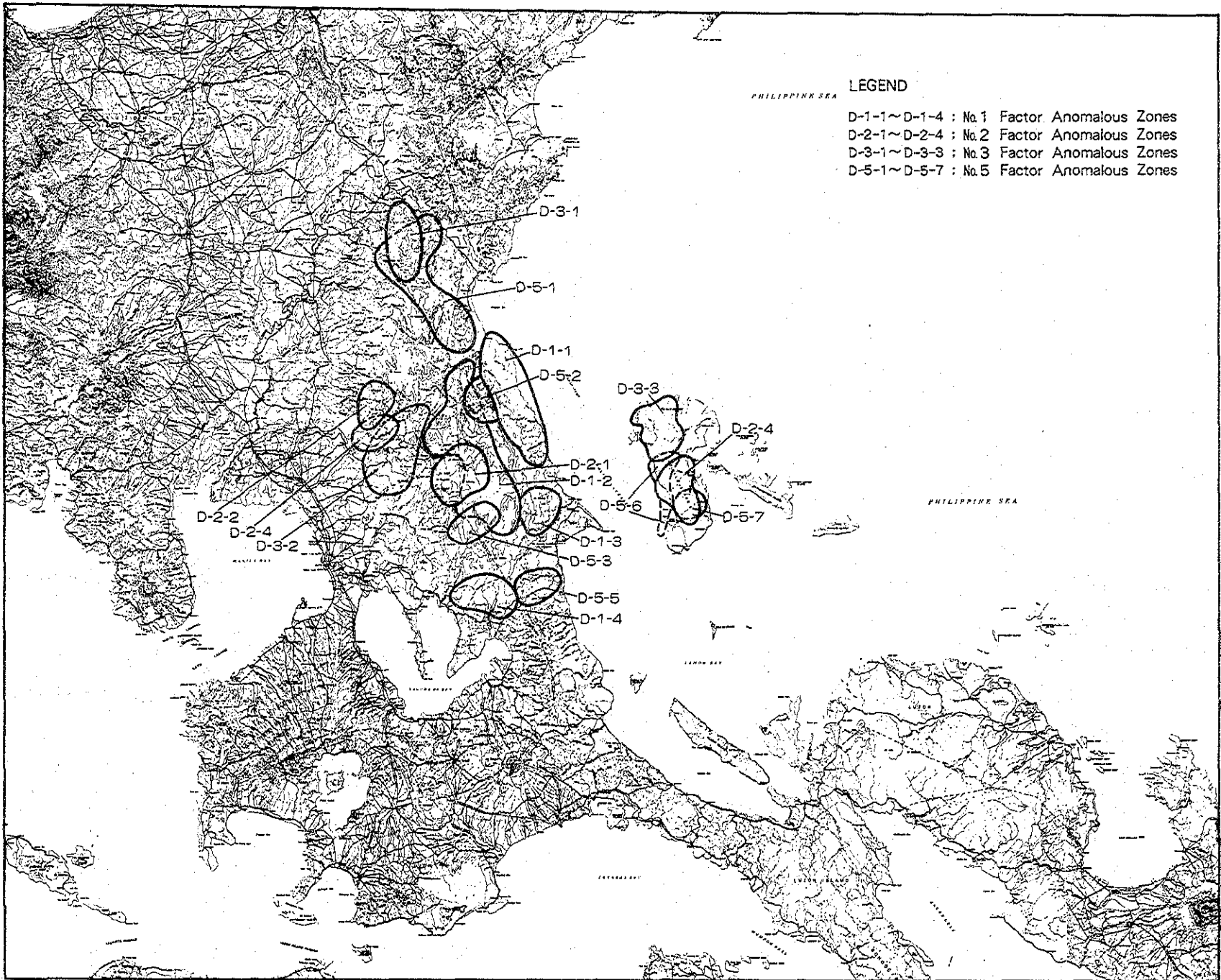


図-8 因子分析異常グリッドの地域的分布

表-18 重鉱物パンニング試料の基本的統計量

	Au (ppb)	Ag (ppb)	Ga (ppm)
M	1,196	774	18
M+1.0σ	7,514	2,363	26
M+1.5σ	18,836	4,393	31
M+2.0σ	47,213	7,834	37
Maximum	64,000	19,000	52
Minimum	<20	<1,000	<4
Detection Limit	20	1,000	4
R. B. D.	89%	95%	3%

R. B. D.: Ratio of cells below detection limit

3-6-2 重鉱物異常試料の地域的分布 (Pl.3)

この図より Au, Ag の重鉱物の異常試料はすべてシエラマドレ地区にあり、中部の Umiray 川上流の Lumbay Colossal 鉱徴地付近 (Au: B ランク異常 1 個, Ag: C ランク異常 2 個) 東海岸 Tignoan 西部 (Au: B ランク異常, C ランク異常各 1 個, Ag: A ランク異常, C ランク異常各 2 個), 及び地区中南部 Limutan 川中流 (Au: A ランク異常 1 個) に分布する。

Ga の AB ランク異常試料はすべて南シエラマドレ地区にあり、中南部の

Barenas - Baito 層中 (4 個), 及び東部の白亜紀~晩新世の Kanan 層中 (3 個) に多く分布し、東海岸 Tignoan 西部の中新世 Tignoan 層中 (1 個) にも認められる。C ランクの異常試料は南シエラマドレ中南部の始新世~漸新世の Bayabas 層中 (9 個) 及び南部の中新世の Tignoan 層 (3 個) に多く分布する。

3-7 地化学探査異常帯と鉱徴地の関係

南シエラマドレ地区で調査した鉱徴地と各種地化学探査の解析結果の関係を表-19 に示す。

これによると単一変量解析では 26. Marcopper Matani と 27. Lumbay Colossal が最も多くの元素の異常グリッドを伴っており、次いで 28. Puray 90. Sta. Ines 91. Marcopper Polilio 32. Tignoan の順になっている。因子分析では 16. Papaya 27. Lumbay Colossal 28. Puray 32. Tignoan 及び 36. Mt. Malolod がプロットしたすべての因子の異常グリッドを伴い、次いで 17. Smacbao 26. Marcopper Matani 90. Sta. Ines が 3 個の因子の異常グリッドを伴っている。

各因子のうち鉱徴地と関連の深いのは斑岩銅モリブデン型の鉱化作用を示唆すると見られる第 5 因子で、18. Ibuna 29. Boso - boso River を除く各鉱徴地に伴って異常グリッドが見られる。

表-19 鉱徴地と地化学異常解析結果との関係表

Index No.	Mineral Showing	Commodity	Cell Average										High-pass Filter										Factor Analysis				
			Cu	Pb	Zn	Ag	As	Mn	Ni	Co	Mo	Hg	Cu	Pb	Zn	Ag	As	Mn	Ni	Co	Mo	Hg	No. 1 Post	No. 2 Post	No. 3 Pre	No. 3 Post	No. 5 Pre
16	Papaya	Au	-	-	-	-	-	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	◎	○	○	◎	○	
17	Smacbao	Cu	-	-	-	-	-	-	◎	-	-	-	-	-	◎	-	-	-	-	-	◎	-	-	-	◎	◎	◎
18	Ibuna	Au	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	-	-	-	-	○	○	○	-	-	-	-	-	
26	Marcopper Matani	Au	◎	◎	○	◎	◎	◎	-	◎	-	-	-	◎	◎	○	◎	○	-	-	-	◎	◎	-	-	◎	
27	Lumbay Collosal	Cu	○	◎	○	-	◎	○	-	-	◎	-	◎	○	-	-	◎	◎	-	◎	◎	-	◎	◎	◎	○	◎
28	Puray	Cu-Au	◎	-	◎	-	◎	-	◎	◎	-	-	-	○	○	-	-	-	-	◎	-	-	◎	◎	◎	◎	○
29	Boso-boso River	Au	-	-	-	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	-	-	-	-	
32	Tignoan	Au	○	-	-	-	-	○	-	○	-	◎	○	-	-	-	○	-	-	-	-	◎	◎	○	◎	◎	
90	Sta. Ines	Fe	-	-	-	-	○	-	◎	-	◎	-	-	-	◎	◎	◎	-	○	-	-	-	-	◎	◎	◎	
92	Angat	Fe	◎	-	○	-	-	-	-	-	-	-	◎	-	-	-	○	-	-	-	-	-	◎	-	-	◎	
93	Camaching	Fe	◎	-	○	-	○	-	-	-	-	-	◎	-	-	-	-	-	-	-	-	○	-	-	-	◎	
36	Mt. Malolod	Fe	○	-	○	-	-	-	○	-	-	-	-	-	-	○	-	-	○	-	-	◎	◎	○	◎	◎	
91	Marcopper Polillo	Mo	-	◎	-	-	-	-	-	-	◎	-	○	○	-	-	○	-	-	-	◎	◎	-	◎	-	◎	

Pre: Before Varimax Rotation Post: After Varimax Rotation
 ◎; over M+1.5σ ○; between M+1.5σ and M+1.0σ -; below M+1.0σ

4. 広域調査データの解析

第1年度に行ったデータ収集にあたり、既存の重力探査データのコンパイルとランドサットの画像解析によるリニアメントの抽出が行われた (JICA - MMAJ, 1985)。

本報告書ではこれらのデータを縮尺1:1,000,000の地形図にプロットし (Pl. 4-5) 地質調査・鉱産地調査結果との関連を解析した。

4-1 重力探査データ (Pl.4)

本地域には全域にわたり重力探査データ (Bouguer 異常) がある。この図から南部セラマドレ地区では Bouguer 異常は白亜紀の Kanan 層の分布する東海岸中部で 70 miligal の高異常を示し、北は Umiray から Dingalan と漸次低下し 50 miligal の等重力線に沿って北西に伸びるフィリピン断層に達する。南は中新世の Tignoan 層で漸次低下し、地区南部では 30 miligal を示す。地区南西部では NNE - SSW 方向の高異常帯があり、Montalban 東南東 10km で本地区最高の 90 miligal を示す。この高異常帯は白亜紀の玄武岩の溶岩及び火山砕屑岩を含む Barenas - Baito 層の分布に伴い、Marikina West 断層に沿って NNE の方向を示す。

ポリーリョ地区では中生代の Masisi 片岩や白亜紀のポリーリョ塩基性複合岩類の分布する南西部で高く (60 miligal 以上)、鮮新世の Karlagan 層の分布する北東部で低い (50~40 miligal) 単斜構造を示している。

4-2 リニアメントデータ (Pl.5)

Pl.5 は第1年度に JICA - MMAJ がおこなった南セラマドレ地区のランドサットの画像解析によるリニアメントの抽出図と DENR (フィリピン共和国環境天然資源省) が 1985 年に行った南セラマドレ地区とポリーリョ地区の各種資料をコンパイルしたりリニアメント図を複合したものである。

南セラマドレ地区のリニアメント図 (Pl.5) からフィリピン断層、Infanta 断層、Malabito 断層、Lenatin 断層、Marikina West 断層、Marikina East 断層等この地区の主要な構造に影響を持つ断層がすべて読取れるほか、これらに斜交する多くのリニアメントが抽出されている。

ポリーリョ地区のリニアメント図からは西海岸を通るポリーリョ断層やこれに斜交する NNE 系の Anibong 断層、Lanotong 断層等この地区の主要断層に相当するリニアメントが捕捉されている。

5. 総合評価と結論

5-1 調査結果の総合評価

5-1-1 地質及び構造

対象地域はフィリピン群島ルソン島東側に位置し、フィリピン断層により南シエラマドレ地区とポリーリヨ地区に分けられる。両地区ともフィリピン断層とこれに伴うN-S系及びNE-SW系の急傾斜断層により激しいブロック化を受けている。

本報告書では対象地域をルソン島東側を通るフィリピン断層により西側の南シエラマドレ地区と東側のポリーリヨ地区の二つの構造区にわけて記載を行った。

南シエラマドレ地区は構造的には北はフィリピン断層、東はInfanta断層、南西部はMarikina断層に切れ、西はルソン中央平原に接している。この地区の基盤を構成するのは前白亜紀のKatablingan変成岩類とこれを覆う白亜紀のBoso-boso塩基性複合岩類及びこれを覆う枕状溶岩やチャートを含むBarenas-Baito層で、その上にKanan層とこれと同時に異相をなす石灰岩及び堆積岩よりなるKinabuan層が堆積している。

第三紀の地層として北東部には始新世の石灰岩と堆積物からなるMaybangan層が分布し、北東部から中南部にかけては始新世～漸新世の溶岩や火山砕屑物を含むBayabas層が分布し、中央部には漸新世の石灰岩と堆積物からなるBinangonan層が分布している。

中新世の地層は西部のルソン中央盆地沿いに石灰岩と砕屑岩からなるAngat層が分布し、東南部では火山砕屑物や凝灰質の物質を含むTignoan層が分布する。鮮新統は東海岸沿いに小規模の堆積岩よりなるButete層が分布し、更新統としては南部のLaguna De Bayに沿って溶岩、火山砕屑岩よりなるGuadalupe層が分布している。

上記の通りこれらの堆積岩類には白亜紀後期から更新世までに4度の火山活動が記録されており、これはフィリピン群島を形成した島弧活動の一環をなすものと見られる。

当地区に見られる貫入岩としては暁新世に東部の基盤岩類に貫入したLupa花崗閃緑岩と漸新世に西部のBayabas層に貫入したAntipolo閃緑岩が見られる。

フィリピン断層は当地区北部のLaurから東海岸のDingalanの間に露出し、その北延長は遠くLingayen湾まで認められ、南延長はポリーリヨ海峡を通りレイテ島南まで約1200Kmに亘って追跡することができる。この断層は左横ずれ断層であってその活動は東フィリピン弧がSulu-Bohol-Masbate Arcに対し衝突した中新世中期以後に始まり、現在も続いているといわれている。

Infanta断層は南北の方向を示し、東海岸でInfanta付近で確認されるが、更に南に延びてPanay島付近まで連続すると見られる。この断層は右横ずれ断層でポリーリヨ海峡でフィリピン断層に湾曲を生じさせたと考えられている。

当地区中央部にはAngat, Lenatin及びMalabitoの3本の南北系の急傾斜断層があって、これら断層の活動によって本地区の地質構造には褶曲構造とブロック化が顕著に認められる。

ポリーリヨ地区の地質・構造は西側のポリーリヨ海峡を通るフィリピン断層及びこれから派生したと見られる西海岸を通るポリーリヨ断層に支配されている。この地区の基盤岩類は中生代のMasisi変成岩類とこれに衝突するポリーリヨ超

塩基性岩で、両者とも西海岸に見られる。地区中央部では白亜紀の溶岩と堆積岩の互層からなるAnawan層がMasisi変成岩類を不整合に覆って露出している。第三紀の堆積岩類としては下位から始新世の堆積岩類からなるBabacolan層、漸新世～中新世の礫岩、砂岩、頁岩の互層よりなるBurdeos層、中新世のLangoyen層（石灰岩層）および鮮新世のKarlagan層である。Burdeos層とLangoyen層は地区中央部東側から東海岸にかけて南北に伸長した配列をしめし、鮮新世の砂岩、頁岩、泥岩及び石灰岩からなるKarlagan層は地区北部に広範囲の露出を示す。

本地区の貫入岩としては始新世前期とされるポリーリヨ貫入岩が地区南部に貫入し、始新世後期のBabacolan層に覆われている。上記のように本地区の火成活動は白亜紀のAnawan層中の安山岩質及び玄武岩質の溶岩流とポリーリヨ貫入岩の貫入のみで南シエラマドレ地区と異なり始新世以降の火成活動は認められていない。

5-1-2 鉱化作用

南シエラマドレ地区で調査された鉱化作用は次の3種類である

- ①白亜紀のBarenas-Baito層、始新世～漸新世のBayabas層、中新世の安山岩質火山岩または火山砕屑岩及びこれらに貫入したLupa閃緑岩に伴う鉱脈および鉱染型の鉱化作用（例、Ibuna, Marcopper Matani, Lumbay Collosal, Tignoan）。
- ②南シエラマドレ山地のほぼ中央部に露出するBayabas層と、これに貫入する漸新世のAntipolo閃緑岩との接触部付近に分布する斑岩銅鉛型鉱化作用（例、Lumbay Collosal）。
- ③始新世～漸新世のBayabas層、とこれに貫入した漸新世のAntipolo閃緑岩との接触部に生じた接触交代型鉱化作用（例、Smacbao, Sta. Ines, Angat, Camaching）。
- ④白亜紀のBarenas-Baito層、の玄武岩に伴う、塊状硫化銅型の鉱化作用（例、Puray）。

ポリーリヨ地区で調査された鉱化作用は次の2種類である。

- ①白亜紀の安山岩質火山岩又は火山砕屑岩に伴う鉱脈および染型鉱化作用（例、Mt. Malolod）。
- ②始新世のポリーリヨ貫入岩の変質部に見られる黄鉄鉱と輝水鉛鉱の細脈よりなる斑岩モリブデン型鉱化作用（例、Marcopper Polillo）。

5-1-3 地化学探査結果の総合評価

地化学探査結果を総合解釈するため、各グリッド内の試料の分析値について次の4種類の方法で統計解析を行った。

- ①各グリッド内の分析値の幾何平均値による『グリッド平均値』の単一変量解析。
- ②各グリッド平均値9個（南北3個×東西3個）の平均値を中心グリッドの値とする『移動平均値』の単一変量解析。
- ③グリッド平均値と移動平均値の差の正の値を対象とした『ハイパスフィルター値』の単一変量解析。
- ④グリッド平均値の多変量解析（因子分析）。

参考文献

Southern Sierra Madre

- Abiog, D. B., 1970, unpub.*1, Geology of portion of Eastern Sierra Madre Range in Quezon and Nueva Ecija Provinces: Bureau of Mines.
- Agadier, M. A., 1986, unpub., A re-evaluation of the Cretaceous-Paleogene sediments of a portion of the Sierra Madre in the Baras, Quadrangle, Rizal: Bureau of Mines and Geo-Sciences.
- Allen, C. R., 1962, Circum-Pacific faulting in the Philippines-Taiwan Region: *The Philippine Geologist*, vol. 16, No. 4, p. 122-143.
- Alvir, A. D., 1929, A geological study of the Angat-Novaliches Region: *Philippine Journal of Science*, vol. 40, No. 3.
- Antonio, L. R., 1967, Geology of Sta. Ines Iron Deposits, Antipolo, Rizal, Philippines: Proceedings of the Second Geological Convention and First Symposium of the Geology of the Mineral Resources of the Philippines and Neighboring Countries, vol. 1, p. 121-136.
- Avila, Jr., E. T., 1975, unpub., Report on the geology and mineral resources of southern Batangas covering Lobo, Batangas City, Malabrigo and San Juan Quadrangles: Bureau of Mines.
- Balce, G. R. and Contreras, P. V., 1970, unpub., Geological verification of mining claims in Torrijos and Sta. Cruz, Marinduque for Marinduque Exploration Company: Bureau of Mines.
- Blome, C. D., 1935, U. S. Geological Survey - Report on Referred Fossils, shipment No. 0-85-10D, 6 p.
- Bureau of Mines, 1963, Geological map of the Philippines, Scale 1:1,000,000.
- Bureau of Mines and Geo-Sciences, 1981, Geology and Mineral Resources of the Philippines, vol. 1, 406 p.
- Bureau of Mines and Geo-Sciences, 1983, Geological map of Manila and Quezon City Quadrangle, Scale 1:50,000.
- Bureau of Mines and Geo-Sciences, 1983, Geological map of Montalban Quadrangle, Scale 1:50,000.
- Bureau of Mines and Geo-Sciences, 1983, Geological map of Norzagaray Quadrangle, Scale, 1:50,000.
- Bureau of Mines and Geo-Sciences, 1983, Geological map of Umiray River Quadrangle, Scale 1:50,000.
- Bureau of Mines and Geo-Sciences, 1983, Geological map of Umpacan Quadrangle, Scale 1:50,000.
- Bureau of Mines and Geo-Sciences, 1986, Geology and Mineral Resources of the Philippines, vol. II, p. 259-260.
- Corby, G. W. et al, 1951, Geology and oil possibilities of the Philippines: Department of Agriculture and Natural Resources, Technical Bulletin No. 21, p. 99-100.
- Cruz, A. J., 1969, unpub., Reconnaissance geologic survey of the Maybakong, Paliparan, Kalinawan area of Northeastern Tanay, Rizal for Marble: Bureau of Mines.
- Cruz, A. J., and Cusi, E. G., 1966, unpub., Geologic investigation of the four Sidling Placer Claims and vicinity, Antipolo-Teresa area, Rizal for cement raw materials: Bureau of Mines.
- Cruz, A. J., and Lingat, P. H., 1964, unpub., Geologic investigation of Tanay, Rizal for cement raw materials and location of plant site: Bureau of Mines.
- De la Rosa, S. C. et al., 1978, unpub., Geology and mineral resources of Dofia Remedies Trinidad Municipality, Bulacan: Bureau of Mines and Geo-Sciences (Region IV).
- De la Rosa, S. C. et al., 1978, unpub., The Geology of Real Quadrangle: Bureau of Mines and Geo-Sciences (Region IV).
- Espiritu, E. A. et al., 1968, Biostratigraphy of Bondoc Peninsula: *The Philippine Geologists*, vol. 22, No. 2, p. 73 & 83.
- Fernandez, J. C., 1970, unpub., Geological investigation of the Ruby, Buna, Stercom, and Ontegon copper prospects, Barrio Ligaya, Gabalson, Nueva Ecija: Bureau of Mines.
- Fernandez, M. V., 1986, unpub., Sedimentary environment and facies analysis of a portion in Tanay, area, Rizal Province: Up sedimentology class.
- Fuller, M. D. et al., 1982, Paleomagnetism of Luzon: Philippine Seatar Committee Special Publication No. 1, p. 131-156.
- Gervacio, F. C., 1970, Geological map of Marinduque Island: Bureau of Mines, Scale 1:50,000.
- Grey, R. R., 1967, Time stratigraphic correlation of Tertiary rocks in the Philippines: *The Philippine Geologist*, vol. 21, No. 1, p. 19-20.
- Hashimoto, Wataru and Matsumaru, Kuniteru, 1981, Larger Foraminifera from the Philippines, Part XII, Eocene Limestone from Southeastern Luzon: Contribution to the Geology and Paleontology of Southeast Asia, vol. 22, p. 65-66.
- Hashimoto, W., et al., 1975, Cretaceous System of Southeast Asia: *Geology and Paleontology of Southeast Asia*, vol. 15, p. 219-220.
- Hashimoto, W., 1977, Larger foraminiferal assemblages useful for the correlation of Cenozoic marine sediments in the mobile belt of the Philippines: *Geology and Paleontology of Southeast Asia*, vol. 18, p. 105-110.
- Hashimoto, W., 1978, Larger Foraminifera from the Philippines, Part VI, Larger foraminifera found from the Pinugay Hill limestone, Tanay, Rizal, Central Luzon: Contribution to the Geology and Paleontology of Southeast Asia, vol. 19, p. 65-71.
- Hashimoto, W., 1979, Larger Foraminifera from the Philippines, Part X. Stratigraphic and faunal break between the Maybangain and Kinabuan Formations in the Tanay Region,

- Rizal, Philippines: Contribution to the Geology and Paleontology of Southeast Asia, vol. 20, p. 143-157.
- Jagolino, R. B. and Gorriceta, A. J., 1965, unpub., A geologic investigation of cement raw materials in Sto. Niño-San Andres - Laiban area, Tanay, Rizal: Bureau of Mines.
- JICA-MMAJ., 1985, Report on the Mineral Exploration-Mineral Deposits and Tectonics of two Contrasting Geologic Environments in the Republic of the Philippines. Phase I Southern Sierra Madre-Polillo Area.
- Karig, D. E., 1982, Accreted terranes in the northern part of the Philippine Archipelago: Philippine Seatar Committee Special Publication No. 1, p. 67-79.
- Mars Mining Corporation, unpub., Geologic map of Alabat Island, Quezon Province, Scale 1:50,000.
- McCabe, Robert et al., 1985, Terranes in the Central Philippines: The Philippine Geologist, vol. 39, No. 1, p. 9-11.
- Melendres Jr., M. M. and Verzosa, R. E., 1960, unpub., Reconnaissance geology and oil possibilities of the Southeastern Luzon Central Valley: San Jose Oil Company, Inc.
- Miranda, E. F. and Mantaring, J. M., 1973, unpub., Geological-geochemical investigation of the Unisan Quadrangle, Quezon Province: Bureau of Mines.
- Mitchell, A. H. G. et al., 1984, Geology of Southwestern Panay: UNDP Internal Technical Report GLR/84/3, p. 45-53.
- Mitchell, A. H. G. et al., 1986, Cenozoic Evolution of the Philippine Archipelago: Journal of Southeast Asian Earth Sciences, vol. 1, No. 1, p. 3-22.
- Ocampo, V. P. and Martin, S. G., 1967, unpub., Report on the geology and section measurements in Southeastern Luzon Central Valley, Philippines: Bureau of Mines.
- Ondovilla, R. N., 1981, unpub., Geological-geochemical investigation of the Mauban Quadrangle, Quezon Province: Bureau of Mines and Geo-Sciences.
- Ordoñez, E. P., 1970, Notes on the Upper Cretaceous Radiolaria of Tanay, Rizal: Journal of the Geological Society of the Philippines, vol. 24, No. 2, p. 120-121.
- Pascual, R. D. and Revilla, G. P., 1984, unpub., Final Report on the geological appraisal and assessment of the limestone deposit of Makaira-Dayapa area, Lungsod Silangan: Bureau of Mines and Geo-Sciences (Region IV).
- Pelayo, A. M., 1981, unpub., Stratigraphy of a portion of the Sierra Madre in the Norzagaray Quadrangle, Bulacan: Bureau of Mines and Geo-Sciences.
- Pelayo, A. M., 1983, Stratigraphy of a portion of the Sierra Madre in the Norzagaray Quadrangle, Bulacan (ABSTRACT): The Philippine Geologist, vol. 37, No. 2, p. 35.
- Revilla, G. P., 1986, unpub., Report on the Kagsa white clayey sand deposit, Real, Quezon: Bureau of Mines and Geo-Sciences (Region IV).
- Revilla, G. P. and Malaca, E. R., 1987, ms*2, Geology of southern Sierra Madre Range.
- Reyes, M. V. and Ordoñez, E. P., 1970, Philippine Cretaceous smaller Foraminifera: Journal of the Geological Society of the Philippines, vol. 24, No. 2, p. 1-13.
- Ronan, J. N., 1976, unpub., Memorandum report on the geological verification of two (2) placer claims for aggregate material in Barrio San Roque, Angono, Rizal: Bureau of Mines.
- Ruthland, F. W. R., 1967, Preliminary report on the geology of the Laur-Dingalan Fault Zone, Luzon, Philippines: Bureau of Mines Report of Investigation No. 63, 58 p.
- Santiago, P. D., 1982, unpub., Paleocene planktonic Foraminifera (reworked) in Maysawa Creek, Lenatin River, Tanay, Rizal: Bureau of Mines and Geo-Sciences.
- Santiago, P. D., and Alcantara, P. M., 1982, Bureau of Mines and Geo-Sciences Paleontological Report, Rep. Pl. No. 53-81, sample submitted by Aristeo M. Pelayo.
- Sliter, W. V., 1985, U. S. Geological Survey - Report on Referred Fossils, shipment No. 0-85-8M, 4p.
- Sonido, E. P., 1977, A review of the gravity data on the Central Valley Basin, Luzon, Philippines: Journal of the Geological Society of the Philippines, vol. 31, No. 2, p. 4-5.
- Taylor, B. and Hayes, D. E., 1980, The tectonic evolution of the South China Basin: AGU Geophysical Monograph No. 23, p. 89-104.
- Tamesis, E. V. et al., 1982, Stratigraphy and geologic structures of the Central Valley Basin, Luzon, Philippines: Philippine Seatar Committee Special Publication No. 1, p. 83-114.
- Tumanda, F. P. et al., 1984, unpub., Notes on the Paleontology of Northern Marinduque: Bureau of Mines and Geo-Sciences.
- Van Eysinga, F. W. B., 1981, Geological time table, 3rd edition.
- Walther, H. W. et al., 1981, Early Cretaceous porphyry copper mineralization on Cebu Island, Philippines: Hannover, Geol. Jb., D48, p. 21-35.
- Wolfe, J. A., 1981, Philippine geochronology: Journal of the Geological Society of the Philippines, vol. 35, No. 1 p. 16-24.
- Wolfe, J. A., et al., 1980, The Taysan porphyry copper deposit, Southern Luzon Island, Philippines: Journal of the Geological Society of the Philippines, vol. 34, No. 1, p. 1-21.
- Yumul Jr., G. P., 1985, unpub., Geology and petrography of the Angat Ophiolite - A Preliminary Report (ABSTRACT): Bureau of Mines and Geo-Sciences.

Polillo

- Alberding, H., 1939, unpub., Report on the coal resources of the Polillo District: BMG.
- Argaño, W. 1978, unpub., Geological investigation of forty Lode claims applied for mining lease in Pinagiugayan and Canicanian, Polillo, Quezon: BMG.

BMG, 1981, Geology and mineral resources of the Philippines, vol. 1, p. 69.

Crispin, O., and Buangan, A., 1964, unpub., Memorandum report on the geological investigation of the Malolod Iron prospect. Mt. Malolod, Polillo, Quezon province: BMG.

Celenk, O., Florendo F., and Santos, F., unpub., Reconnaissance Geochemical Survey of SW Panay: BMG.

Delos Santos and Abiog, D., 1956, unpub., Report on the geological investigation of coal claims in Anibawan, Burdeos (Polillo Island), Quezon for Commonwealth Ceramics Corporation: BMG.

Delos Santos, V., and Spencer, F., 1957, Geology and coal resources of Central Polillo Island, Quezon: BMG Special project series No. 15.

Fernandez, J., Vera Cruz, B., Estupigan, P., and Aberquez, O., 1967, unpub., Preliminary report on the regional geology of Polillo Island Group, Quezon: BMG.

Ferrera, L., and Francisco, F., 1957, unpub., Report on the coal property under coal lease No. 29, Burdeos Coal area in Bo. Burdeos, Municipality of Polillo, Island of Polillo, Province of Quezon: BMG.

Ickis, H., 1906, Polillo Coal deposits report concerning the coal fields of Polillo. 17 pages.

Karamata, S., 1978, Metamorphism beneath obducted ophiolites, Ophiolite Symposium. p. 219-227.

Karig, D., 1982, Accreted terrains in the northern part of the Philippine archipelago: Geology and tectonics of the Luzon-Marianas region. p. 67-79.

Llave, C., and De Luna, R., 1968, unpub., Report on the geological investigation of limestone deposit in Sitios Pangasinan and Tingtingon, BO. Cabalungan, Burdeos, Quezon: BMG.

Malicse, J., and Letargo, 1985, unpub., Metamorphic aureole at the base of Mindoro Ophiolite along Bongabong River, East-Southeast Mindoro: BMG.

Melendres, M., 1954, unpub., The geology and coal resources of southern Burdeos coal area, Polillo, Quezon Province, Philippines: BMG.

Miranda, F., and Caleon, P., 1979, unpub., Geology and mineral resources of Camarines Norte and part of Quezon Province: BMG.

Mitchell, A. H., Estupiga, P., Hernandez, F., and Dela Cruz, A., 1984, unpub., Cenozoic evolution of the Philippine Archipelago: BMG.

Smith, W., 1924, Geology and Mineral resources of the Philippine Islands: Bureau of Science, Pub. No. 19.

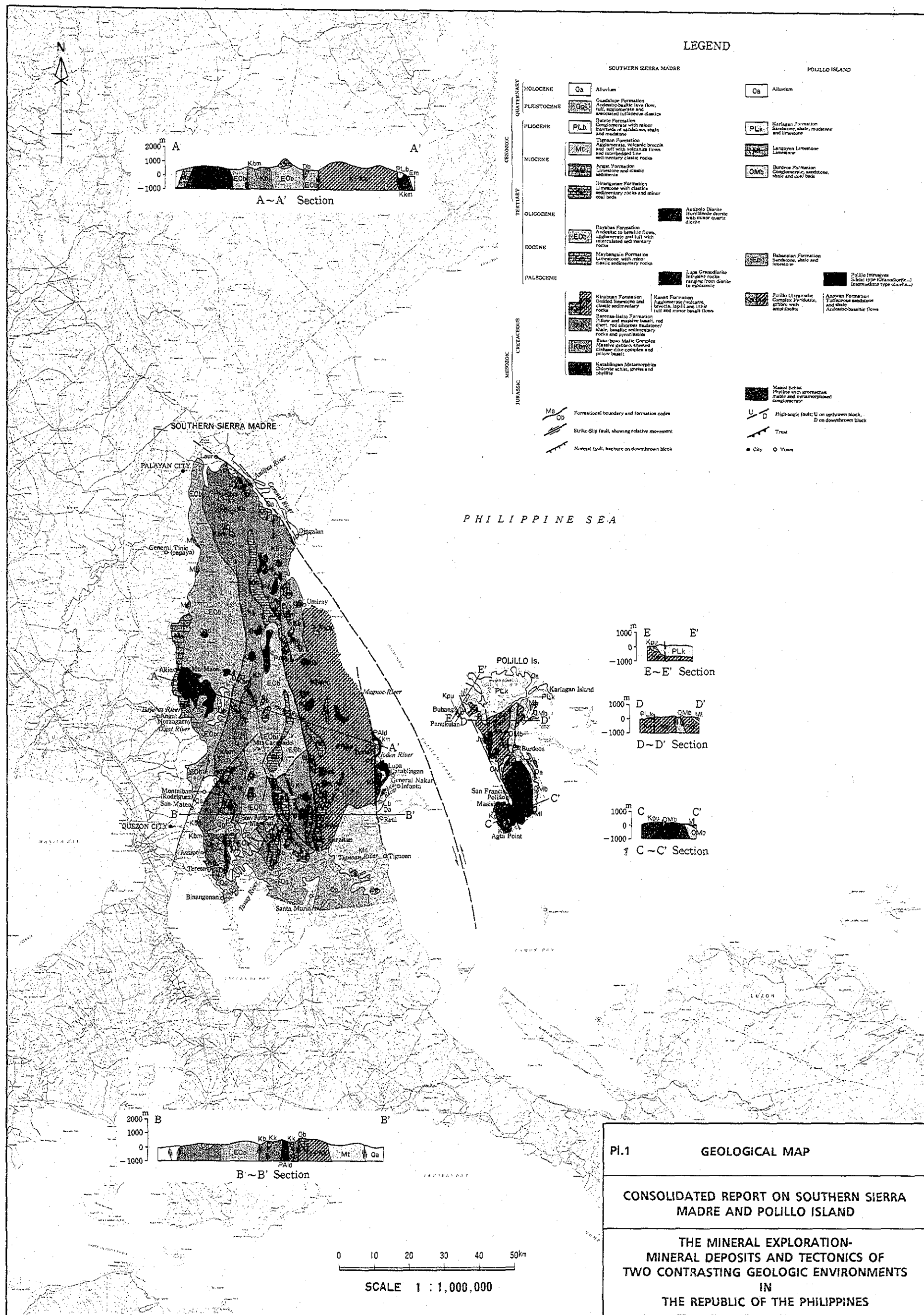
Uyeda, S., and McCabe R., 1982, A possible mechanism of episodic spreading of the Philippine sea: Geology and tectonics of the Luzon-Marianas region. p. 53-66

Zepeda, F. R. and Jagolino, D. C., ms., Reconnaissance Geological and Geochemical Survey of Polillo Island.

*1 unpub. ; unpublished

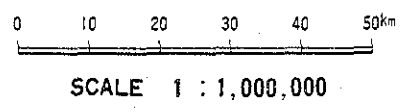
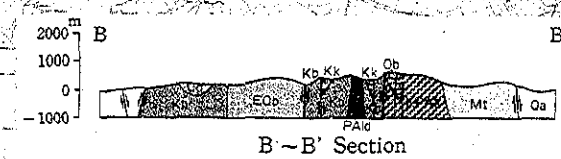
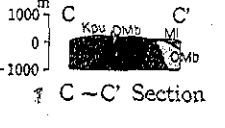
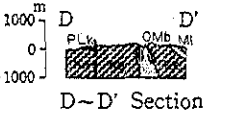
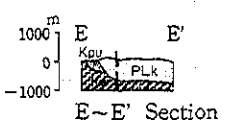
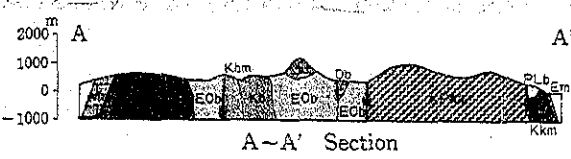
*2 ms. ; manuscript

Pl. 1 地質図・断面図 (1/1,000,000)



LEGEND

SOUTHERN SIERRA MADRE		POLILLO ISLAND				
QUATERNARY	HOLOCENE	Qa	Alluvium	Qa	Alluvium	
PLISTOCENE	Qob	Guadalupe Formation	Andesitic lava flow, tuff, agglomerate and associated tuffaceous clastic	PLk	Kariagan Formation	Sandstone, shale, mudstone and limestone
	PLb	Bute Formation	Conglomerate with minor horizons of sandstone, shale and mudstone	PLm	Langona Limestone	Limestone
MIOCENE	PLc	Agupan Formation	Agglomerate, volcanic breccia and tuff with volcanic flows and interbedded fine sedimentary clastic rocks	QMb	Burdoo Formation	Conglomerate, sandstone, shale and coal beds
	PLd	Angat Formation	Limestone and clastic sediments			
TERTIARY	PLe	Hinangonan Formation	Limestone with clastic sedimentary rocks and minor coal beds			
	OLIGOCENE	PLf	Antipolo Diorite	Haroldite diorite with minor quartz diorite		
EOCENE	EOa	Hayaba Formation	Andesite to basaltic flows, agglomerate and tuff with intercalated sedimentary rocks	EOb	Rabacolan Formation	Sandstone, shale and limestone
	EOc	Maybangan Formation	Limestone with minor clastic sedimentary rocks			
PALEOCENE	EOd	Lupa Granodiorite	Intrusive rocks ranging from diorite to monzonite			
	EOe	Kinabuan Formation	Unfolded limestone and clastic sedimentary rocks	PLi	Polillo Ultramafic Complex	Peridotite, gabbro with amphibole
MESOZOIC	EOf	Barracudilla Formation	Pillow and massive basalt, red chert, red siliceous sponges, black basaltic sedimentary rocks and pyroclastics			
	EOg	San Jose Staircase Complex	Massive gabbro, shawed diharite complex and pillow basalt	AN	Anawan Formation	Tuffaceous sandstone and siltstone
JURASSIC	EOh	Katubingan Metamorphic	Chlorite schist, gneiss and siltstone			
	EOi	Masat Schist	Phyllite with greenish matrix and metamorphosed conglomerate			



PI.1 **GEOLOGICAL MAP**

CONSOLIDATED REPORT ON SOUTHERN SIERRA MADRE AND POLILLO ISLAND

THE MINERAL EXPLORATION- MINERAL DEPOSITS AND TECTONICS OF TWO CONTRASTING GEOLOGIC ENVIRONMENTS IN THE REPUBLIC OF THE PHILIPPINES

