

フィリピン共和国

鉱物資源基本図調査

報告書

北部シェラマドレ地域総合評価

パラワン地域総合評価

平成元年 3 月

国際協力事業団
金属鉱業事業団

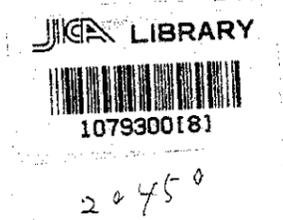
フィリピン共和国

鉱物資源基本図調査

報告書

北部シェラマドレ地域総合評価

パラワン地域総合評価



平成元年 2 月

国際協力事業団
金属鉱業事業団



国際協力事業団

20450

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、ビサヤス及びパラワ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、北シェラマドレ地区とパラワン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。

平成元年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 佐藤淳一郎

北部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調査のうち、1986年に実施した北シェラマドレ地域9,785km²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。

ルソン島北部に位置する北シェラマドレ地域は、地質学的特徴から東西2つの地域、すなわち、白亜紀のオフィオライトからなる東部地域と、古第三紀の安山岩・閃緑岩からなる西部地域に区別される。両者の境界には西に傾斜する Divilacan 衝上断層が発達している。

東部地域のオフィオライトは、主に蛇紋岩化したかんらん岩からなり、一部にはんれい岩、玄武岩及び白亜紀のチャートを伴う。これらの岩石を不整合に覆い、新第三系石灰質泥岩層が一部に分布する。

西部地域は、東側の山岳地帯と西側の盆地地帯に更に細分される。山岳地帯の地質は古第三紀のカルク・アルカリ岩火成活動の産物である安山岩質～石英安山岩質火山岩とそれに貫入する閃緑岩からなる。これらの岩石を不整合に覆い、新第三系の玄武岩質火山岩層が山岳地帯から盆地地帯に分布する。その上に石灰岩層、陸源砕屑岩層が順次積重なり、全体として西にゆるく傾く単斜構造をしめす。

以上のように、本地域は東から西にむかい、白亜紀オフィオライト、古第三紀のカルク・アルカリ岩、そして緩傾斜の新第三系へと、岩相が変化している。これら三者は、それぞれ、海洋地殻、火成活動弧、後背盆地の場で形成されたものである。

本地域の鉱化作用は、東部地域では、正岩漿型クロム鉱化作用とキプロス型銅鉱化作用が、超塩基性岩中及び玄武岩質枕状溶岩中に、それぞれ発見されている。

西部地域では銅・鉛・亜鉛の鉱脈・鉱染型鉱化作用が第三紀安山岩中に、斑岩銅鉱化作用が閃緑岩質貫入岩と安山岩質火山岩の接触境界部に認められる。

地化学異常の広域解析は、本地域で採取した約5,000個の河床堆積物試料（粒径0.175mm以下）の分析結果（JICA-MMAJ, 1987）について実施した。分析成分は11成分（Cu, Pb, Zn, As, Mn, Ni, Co, Mo, Hg, Cr）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よぶ）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（付図-2-1～付図-2-4）。

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3箇所の探査有望地を選出した（付図-9参照）。

- (I) 西部地域南東端の Dimakawal 鉱徴地周辺地区。この地区には主として漸新世の安山岩に伴う火山角礫岩が分布し、西側に近接して閃緑岩質貫入岩体の貫入がある。期待される主な鉱床型と鉱種；熱水性鉱脈・鉱染型鉱化作用 Cu, Pb, Zn
- (II) 東部地域北部の Port Bicobian 西部地区。この地区は主として白亜紀の超塩基性岩類が分布している。期待される主な鉱床型と鉱種；キプロス型銅鉱化作用 Cu, Zn, Mn, Cr
- (III) 西部地域脊稜山脈北部の Tuguegarao 川上流地区。この地区には第三紀漸新世の Mt. Cresta 層の石英安山岩とこれに貫入する閃緑岩質岩体の接触部が見られる。期待される主な鉱床型と鉱種；斑岩銅鉱化作用 Cu, Zn

フィリピン共和国鉱物資源基本図調査
北シェラマドレ地域
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 総合評価に関与した人員	1
1-3-1 総合評価策定及び折衝	1
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	2
1-4-4 重鉱物試料	3
1-4-5 既存の広域調査資料	3
1-5 結 論	3
2. 総合評価地域の地質及び鉱床	4
2-1 地質概要	4
2-1-1 東部地域	4
2-1-2 西部地域	4
2-2 層 序	4
2-2-1 東部地域	4
2-2-2 西部地域	4
2-3 地質構造	6
2-4 火成活動	6
2-4-1 東部地域	6
2-4-2 西部地域	6

2-4-2-1	漸新世初期の火成活動	6
2-4-2-2	北シェラマドレ底盤	6
2-4-2-3	漸新世末期の火成活動	6
2-5	鉱化作用と鉱徴地	6
2-5-1	正岩漿性鉱化作用	6
2-5-2	キプロス型塊状硫化鉱化作用	6
2-5-3	漸新世玄武岩に伴う火山角礫岩中の鉱脈・鉱染鉱化作用	6
2-5-4	斑岩銅鉱型鉱化作用	6
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	地化学探査解析結果の明細	9
3-2-1	グリッド平均値の単一変量解析	9
3-2-1-1	基本的統計量	10
3-2-1-2	ヒストグラム・累積頻度曲線	10
3-2-1-3	相関係数	10
3-2-1-4	グリッド平均値の地域的分布	10
3-2-2	移動平均値の単一変量解析	11
3-2-2-1	基本的統計量	11
3-2-2-2	ヒストグラム・累積頻度曲線	11
3-2-2-3	移動平均値の地域的分布	11
3-2-3	ハイパスフィルター値の単一変量解析	12
3-2-3-1	基本的統計量	12
3-2-3-2	ヒストグラム・累積頻度曲線	12
3-2-3-3	ハイパスフィルター値の異常値の地域的分布	13
3-2-4	グリッド平均値の多変量解析(因子分析法)	14
3-2-4-1	因子の抽出	14
3-2-4-2	因子の解釈	14
3-2-4-3	因子得点の分類	14
3-2-4-4	地化学異常の分布	14
3-3	重鉱物試料の解析	15
3-3-1	重鉱物パンニング試料分析結果の単一変量解析	15
3-3-2	重鉱物パンニング試料の構成鉱物鑑定結果の解析	15
3-3-2-1	重鉱物構成比の分布状況	15
3-4	地化学探査異常帯と鉱徴地の関係	15
4.	広域探査データの解釈	17
4-1	リニアメントデータ	17
4-2	重力探査データ	17

5. 総合評価と結論	18
5-1 調査結果の総合評価	18
5-1-1 地質及び構造	18
5-1-1-1 東部地域	18
5-1-1-2 西部地域	18
5-1-1-3 地質構造	18
5-1-2 鉱化作用	18
5-1-3 地化学探査結果の総合解析	18
5-1-3-1 各異常帯の評価	19
5-2 結 論	19
参考文献	20
巻末資料	巻末

図表一覧

	頁
図 - 1 調査地域位置図	1
図 - 2 フィリピン群島の広域構造図	2
図 - 3 北シェラマドレ地域構造区分図	3
図 - 4 模式東西断面図	3
図 - 5 北シェラマドレ東部地域の層序図	5
図 - 6 北シェラマドレ西部地域の層序図	5
表 - 1 東部地域の主要鉱徴地	7
表 - 2 西部地域の主要鉱徴地	8
表 - 3 AAS分析における各元素の検出限界値	9
表 - 4 分析値バッチテストの分散	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 グリッド平均値の各元素間の相関係数表	10
表 - 8 試料別分析値の各元素間の相関係数表	10
表 - 9 移動平均値の元素別基本的統計量	11
表 - 10 ハイパスフィルター値の元素別基本的統計量	12
表 - 11 ハイパスフィルター値の異常値の分類基準	13
表 - 12 相関行列及び固有値	13
表 - 13 因子負荷量表	14
表 - 14 重鉱物パンニング試料の基本的統計量	15
表 - 15 重鉱物パンニング試料の構成鉱物の平均重量比	15
表 - 16 重鉱物パンニング試料構成鉱物間の相関係数表	15
表 - 17 鉱徴地と地化学異常解析結果との関係表	16
表 - 18 抽出異常帯と地化学異常解析結果との関係	18

付図一覧

付図-1	地質図・断面図 (1/1,000,000)
付図-2-1 (No. 1~No. 10)	グリッド平均値分布図 (1/1,000,000)
付図-2-2 (No. 1~No. 10)	移動平均値分布図 (1/1,000,000)
付図-2-3 (No. 1~No. 10)	ハイパスフィルター異常値分布図 (1/1,000,000)
付図-2-4 (No. 1~No. 5)	多変量解析 (因子分析) 因子得点分布図 (1/1,000,000)
付図-3	重鉱物パンニング試料の異常値分布図 (1/1,000,000)
付図-4	重鉱物パンニング試料の主要重鉱物重量比分布図 (1/1,000,000)
付図-5	重力のブーゲー異常分布図 (1/1,000,000)
付図-6	リニアメント解析図 (1/1,000,000)
付図-7	鉱徴地位置図 (鉱徴地一覧表添付) (1/1,000,000)
付図-8	既存データインデックス図 (1/1,000,000)
付図-9	探査有望地と鉱徴地の関係図 (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）との間に締結されたI/A（Implementing Arrangement（業務実施契約書））に基づき実施した鉱物資源基本図調査のうち、本報告書は北シェラマドレ地域の総合評価結果をまとめたものである。なお北シェラマドレ地域に対する現地調査は、本地域を4地区に分けて1986年5月から7月にかけて行われた。（JICA-MMAJ, 1987）

1-1-2 報告書の目的

本報告書はフィリピン共和国北東部に位置する北シェラマドレ地域において実施した地質調査、地化学探査によって得られた調査結果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存在状況を把握し、調査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

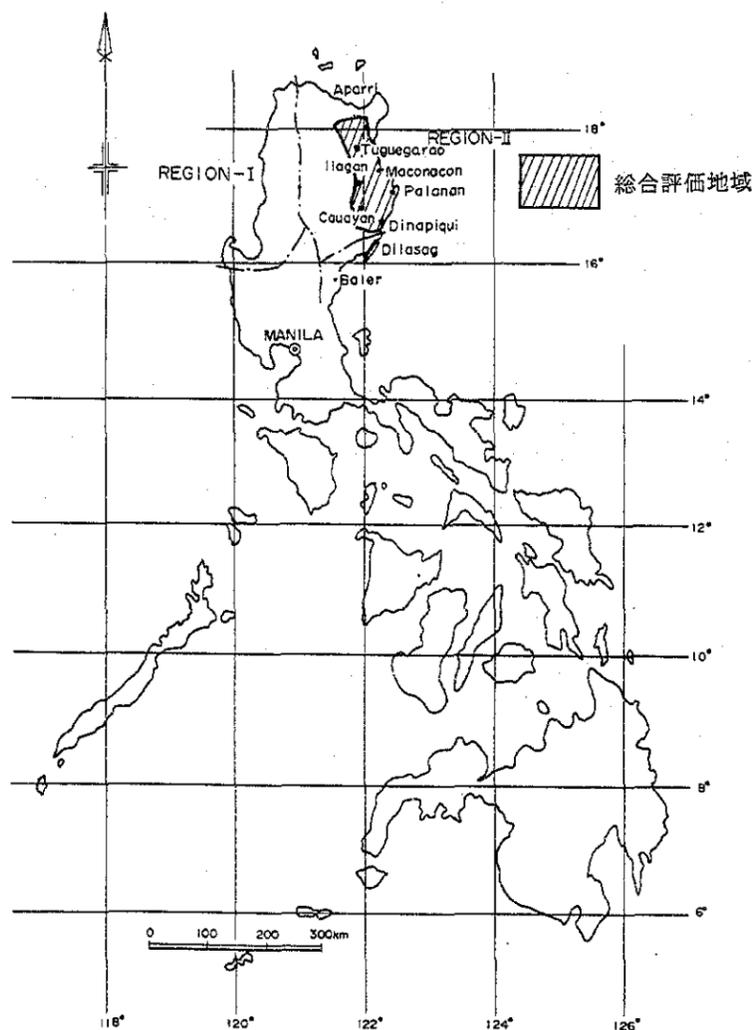


図-1 調査地域位置図

1-2-1 位置（図-1、図-3参照）

本地域はフィリピン共和国ルソン島の北東部に位置する。地域のほぼ中央部を南北に縦断する北シェラマドレ山脈があって険しい山岳地帯を形成している。最高峰はMt.Dos Cuernos (1,850m) である。

調査範囲は北緯18° 07' 付近を通るルソン島北海岸への分水界を北限、北緯16° 30' 付近を通るIsabela Provinceの南の境界を南限、Cagayan川を西限、東海岸を東限とし、総面積は9,785km²である。

当地域は行政区分上、大部分はRegion IIのIsabela Provinceに属し、北部はCagayan Provinceに属する。

1-2-2 交通

本地域西部はマニラ～Aparriを結ぶCagayan川沿いの高速道路により結ばれており、マニラ～Tuguegarao間は車で10時間を要する。この高速道路から東海岸に通じる道路はなく、東海岸への交通はAurora ProvinceのBaler又はDilasagからの海路による他はない。

空路はチャーター機によりCagayan川沿いのCauayanより東海岸のDinapiquiのPATECO社、MaconaconのACME社の私設飛行場、又はPalananの飛行場への便がある。

1-2-3 気候

気候は北シェラマドレ山脈を境として東部は西太平洋地域のモンスーン気候帯に属し、乾期（4月～6月）と台風シーズン（7月～10月）及び雨期（11月～3月）に分かれ、西部は亜熱帯性気候帯に属し、乾期（11月～5月）と雨期・台風シーズン（6月～10月）に分かれている。

1-2-4 植生・その他

山岳地帯は全般に原生林に覆われ、広葉樹を主とするが竹林も多く林業が主な産業になっている。山岳地帯と平野部の間に発達する丘陵地帯では雑草、低灌木からなる原野が多い。内陸部のCagayan川及びその支流沿いの低地帯と東海岸のPalanan周辺の海岸平野部では稲作をはじめ各種の農業が行われている。

東海岸には珊瑚礁が発達している。

1-3 総合評価に関与した人員

1-3-1 総合評価計画策定及び折衝

日本側	和泉 武	金属鉱業事業団
	小山 恭一	同上
	平野 英雄	同上
	神谷 夏実	同上
	細井 義孝	同上
フィリピン側	L.T.Abuyuan	環境天然資源省 (DENR)
	G.R.Balce	鉱山地球科学局 (MGB)
	R.M.Luis	同上
	E.G.Domingo	同上

R.L.Almeda 同 上
 N.V.Ferrer 同 上

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。

1-3-2 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	同 上
	嶋崎 吉彦	同 上
	志田 彰夫	日鉄鉱コンサルタント(株)
	増淵 和芳	同和工営株式会社
フィリピン側	R.M.Samaniego	鉱山地球科学局(MGB)
	M.V.Garcia	同 上
	B.S.Vargas	同 上
	R.M.Luis	同 上
	R.L.Almeda	同 上
	R.Villones	同 上
	A.Apostol Jr.	同 上
	M.A.Aurelio	同 上
	R.A.Santos	同 上

1-4-1 調査地域(図-1, 図-3参照)

調査地域をほぼ南北に縦断する Divilacan Thrust を境とし、その東側を北シエラマドレ東部地域(以下東部地域と呼ぶ)、西側を北シエラマドレ西部地域(以下西部地域と呼ぶ)に分けた。

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を使用し(図-5, 図-6参照)、これに基づき縮尺1:1,000,000の地質図を作成した。

1-4-3 地化学探査

地化学探査試料は全域を2km×2kmのグリッドに分割し、グリッドごとの単一変量解析と多変量解析(因子分析)を行い、更に9グリッドごとの移動平均値の単一変量解析、グリッドごと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。解析対象の試料は当地域で採取した河床堆積物サンプル(粒径0.175mm以下)4,973個で、分析成分

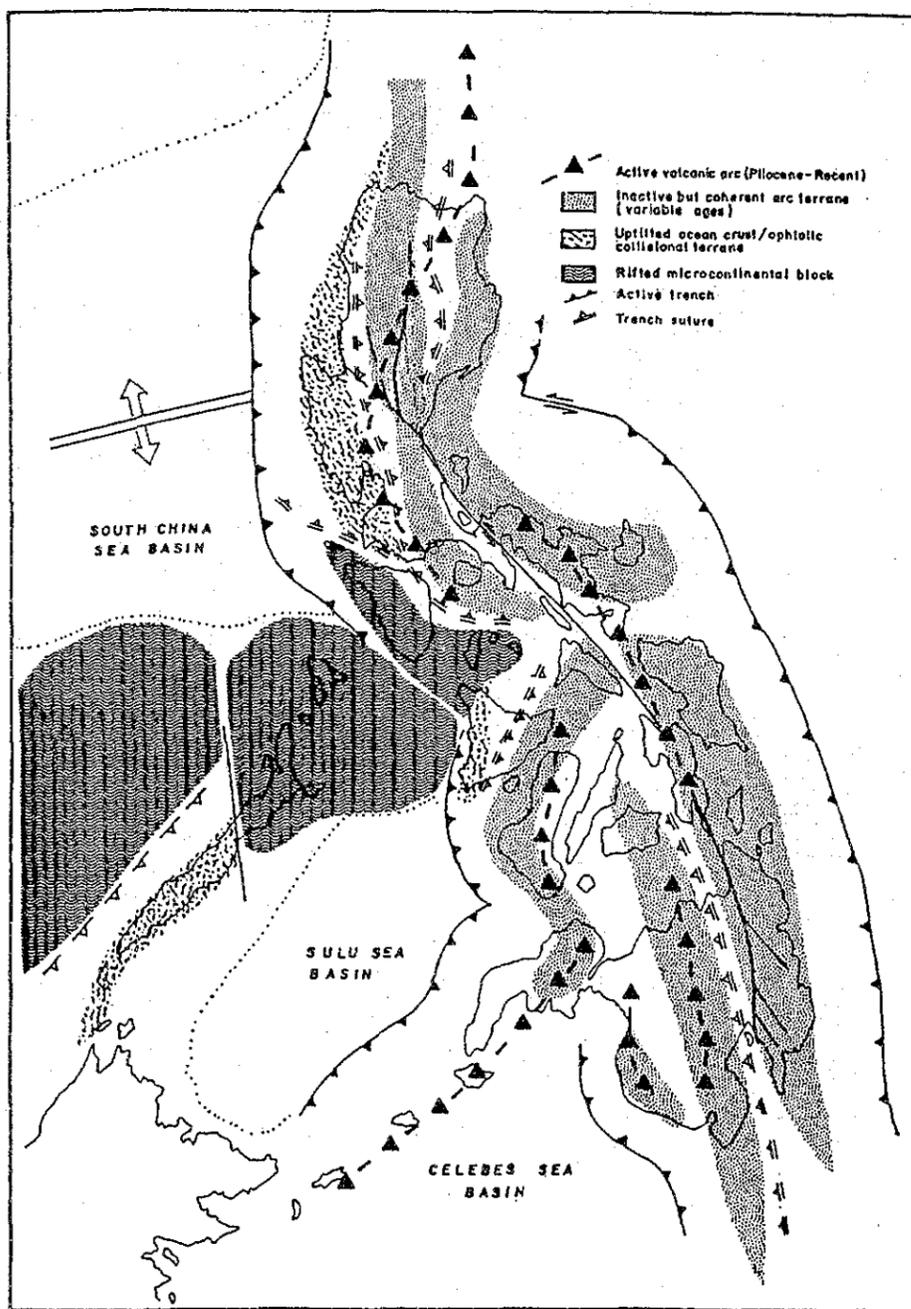


図-2 フィリピン群島の広域構造図
 (After A.S. Zanoria et al., 1984)

はCu, Pb, Zn, Ag, As, Mn, Ni, Co, Mo, Hg, Crの11元素である。

1-4-4 重鉱物試料

重鉱物試料は370個をパンニングにより採取し、Au, Ag, Gaの3成分を分析し、この結果を単一変量解析した。又この中から40個の重鉱物試料を任意に選び、構成鉱物のモード分析を行った。

1-4-5 既存の広域調査資料

既存の広域調査資料をリニアメント解析図、重力探査図、鉱徴地位置図及び既存データインデックス図としてまとめ、多色刷り（一部単色刷り）とし、地質図、地化学探査異常値分布図と同じ1:1,000,000の縮尺で作成した。

なお、此の地域に於いて実施された各種調査はその位置をPL-8に示すと共にそのリストを巻末資料として添付した。

1-5 結 論

当地域の主要な鉱化作用は、東部地域ではマントル起源のマグマ分化過程で濃集したとされるオフィオライト帯に分布するニッケル・クロムの正岩漿型鉱化作用、Bicobian玄武岩の上部境界付近に認められるキプロス型銅鉱化作用、西部地域ではAbuan層の火山礫岩中の硫化鉱物の鉱脈・鉱染型鉱化作用及び北シエラマドレ底盤の閃緑岩とMt.Cresta層の石英安山岩またはAbuan層の安山岩との接触部に見られる斑岩銅型鉱化作用の4種類が見られる。

これらの鉱化・変質の状況と各種地化学探査解析結果等から、次の3地区の探査有望地区を優先順位をつけて選定した。

なお、オフィオライトに伴うレンズ状クロマイトの鉱化作用は操業中のWasayan鉱山付近に異常が集中しているため、新規の探査有望地の選定から除外した。

- I. 西部地域南東端のDimakawal鉱徴地周辺地区。
期待される主な鉱床型及び鉱種：熱水性鉱脈・鉱染型鉱化作用。Cu, Pb, Zn, Mn
- II. 東部地域東海岸中部のPort Bicobian鉱徴地周辺地区。
期待される主な鉱床型及び鉱種：キプロス型銅鉱化作用。Cu, Zn, Mn, Cr.
- III. 西部地域中央山脈中のTuguegarao川上流にあるCasablangan鉱徴地周辺地区。
期待される主な鉱床型及び鉱種：斑岩銅型鉱化作用。Cu, Zn

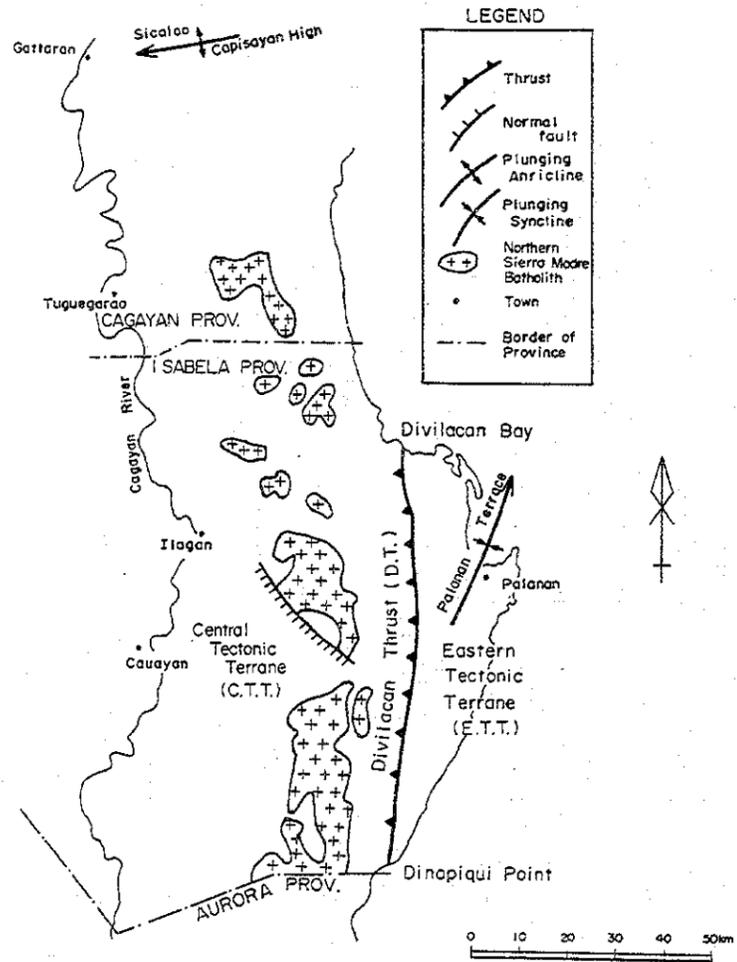


図-3 北シエラマドレ地域構造区分図

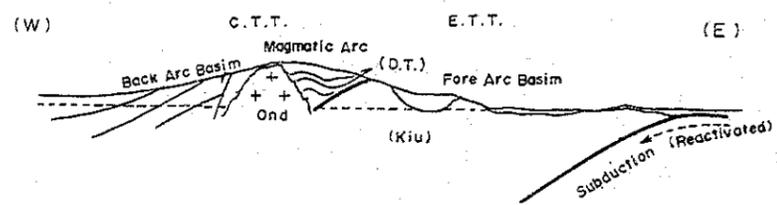


図-4 模式東西断面図

2. 総合評価地域の地質及び鉱床

2-1 地質概要 (付図1 地質図参照)

本地域は地形上 Philippine Mobil Beltの東部地形区に属し、南北に伸びる北シエラマドレ山脈の東側で、ほぼこれに平行する Divilacan Thrust を境にして、東部地域と西部地域の二つの構造区に分けられる。(図-3参照)

2-1-1 東部地域

東部地域は一連のオフィオライトを基盤とする東部構造地塊 (East Tectonic Terrane) によって構成される。これは東方のフィリピン海の海洋底地殻として形成された地塊である。これを不整合に覆って中新世中期～鮮新世の堆積物が見られる。それらは当時東方海中に存在した海溝と、北シエラマドレ山稜部との間に発達した前縁盆地 (Fore Arc Basin) に堆積したものである。

2-1-2 西部地域

西部地域はフィリピン孤状構造地塊 (Central Philippine Arc Terrane) に属し (McCabe, et al., 1985), 中央構造地塊 (Central Tectonic Terrane) と呼ばれ、北シエラマドレ山稜地と Cagayan 盆地よりなる。北シエラマドレ山脈は magmatic arc であって、その南延長部は東部ルソン古第三紀閃緑岩-花崗岩貫入帯 (Eastern Luzon Paleogene Diorite-Granite Belt) を形成する。中央・東部構造地塊の南延長部は、フィリピン断層で切断されている。当地域最古の地層は漸新世初期の Abuan 層で主として山稜地に露出し、これを漸新世後期の閃緑岩～花崗閃緑岩からなる北シエラマドレ底盤 (Northern Sierra Madre Batholith) が貫く。

Cagayan 川沿いの盆地部は後縁盆地 (Back Arc Basin) で漸新世後期以降の堆積物が堆積している。これらの地層は西へ緩やかに傾斜する。本地域の東西方向の模式断面図を図-4に示す。

2-2 層 序

1988年6月マニラで行われた共同解析で作成した層序図を図-5及び図-6に示す。

2-2-1 東部地域

Isabela 超塩基性岩類は当地域の基盤をなし、東海岸に沿って広く露出しており、大部分がかんらん岩で、レンズ状のダナイトと塊状及び層状のはんれい岩を伴う。この超塩基性岩類は変質をうけ、クロマイト鉱床の主な母岩となっている。

Isabela 超塩基性岩類は西部地域の Dipadian 層の下に潜り込んで (underthrust) いる。

Bicobian 玄武岩と Dikinamaran チャートは Port Bicobian 付近及び Palanan の東海岸付近に分布し、順次 Isabela 超塩基性岩類の上に堆積している。野外の観察では互いに断層で接するため、これら相互の層位学的関係は明確でない。最上位の Dikinamaran チャートは放射虫により白亜紀初期と同定された (JICA-MMAJ, 1987)。Bicobian 玄武岩は黒色・塊状で細粒である。枕状溶岩の産状を示し、しばしば Dikinamaran チャートに属すると見られるチャートを挟在する。

Dierico 層は多源礫岩と泥岩の互層よりなり、中新世初期と考えられる。

Divilacan 衝上断層を覆って分布する事から、同断層より後期の堆積である事を示す。分布は Dinapiqui Point の北方と北部 Hang River 上流に小範囲の露出が見られるのみである。

Palanan 層は Isabela 超塩基性岩類を不整合に覆う。固結度の低い砂岩と石灰質泥岩からなる。堆積年代は中新世後期とされているので Dierico 層より上位になる。

Kanaipang 層は珊瑚礁性の塊状石灰岩で Palanan 層の周辺部に発達し、整合にこれを覆っている。堆積年代は鮮新世から更新世とされている。

2-2-2 西部地域

Abuan 層は本地域で知られている最古の地層で、北シエラマドレ山脈に広く分布する。玄武岩質から安山岩質に至る溶岩流と同質の堆積物・火砕岩を伴う角礫岩が不均質に混合した地層である。Abuan 層の堆積年代は漸新世初期以前と推定されている。

Dipadian 層は Abuan 層と共に西部地域の基盤をなし、Divilacan Thrust の西側に南北方向の露出を示す。本層の下部は層間礫岩を挟在する非常に硬質な火山起源の硬砂岩よりなる。その上部はよく成層したシルト岩よりなる。Dipadian 層は有孔虫を含む石灰岩の薄層を含み、その堆積年代は有孔虫の化石から漸新世後期から中新世初期に同定されている。上位層への漸移部には緑色凝灰岩の薄層が発達し、西部地域の Masipi 緑色凝灰岩層に対比されている。

Mt.Cresta 層は Mt.Cresta の山麓に標式的に露出し、北シエラマドレ山脈の山稜部に散在する。石英安山岩質の溶岩流・貫入岩体及び火砕堆積物の複合地層である。溶岩流は柱状節理が発達し、火砕堆積物は砂質でよく成層している。Masipi 緑色凝灰岩層が整合にこれを覆う。

Masipi 緑色凝灰岩層はよく成層した凝灰質砂岩からなり火砕岩を伴う。Cabagan の東方 Masipi 川に標式的な露出が見られる。この凝灰質砂岩は微化石鑑定により漸新世中期～後期に対比される (JICA-MMAJ, 1987)。

Abuan 層、Mt.Cresta 層、Masipi 緑色凝灰岩層は継続した堆積環境を示し、Dipadian 層と同時異相の関係にあると考えられている。

Masipi 緑色凝灰岩層の堆積後に北シエラマドレ底盤が貫入した。

Dibuluan 層は玄武岩の溶岩流及び火砕岩堆積物よりなり、Abuan 層、Mt.Cresta 層、Masipi 緑色凝灰岩層及び北シエラマドレ底盤を不整合に覆う。Cagayan 盆地の西傾斜構造の主体をなす。堆積年代は漸新世後期とされている。

Ibulao 石灰岩層は Dibuluan 層と Masipi 緑色凝灰岩層の両層をそれぞれ不整合に覆う。層厚の変化に富み、よく成層した石灰岩で石灰砂岩と互層し、石灰礫岩も見られる。堆積年代は漸新世後期から中新世初期とされている。当地域南部 Dicamay 川に沿って露出し、Dibuluan 層と共に北に断続しながら、Cabagan 付近まで北に追跡することができる。

Lubuagan 層は Ibulao 石灰岩層を不整合に覆って堆積した炭質頁岩、夾炭層、砂岩及び礫岩よりなり、層厚は 10,000m 以上と言われている。この下底部は砂岩、シルト岩及び頁岩がリズムカルに堆積したフリッシュ型の地層で、砂岩は塊状の硬砂岩である。中部はよく成層した安山岩、玄武岩及び Ibulao 石灰岩の巨礫を含む礫岩で、砂岩及びシルト岩を挟在する。上部は浅海性の砂岩を主とした堆積物よりなる。このような地質状況特に砂岩・シルト岩を挟在する巨礫を含む

礫岩の存在はタービダイトに見られるような乱流堆積の状況を示している。上部層はタービダイトの浅海相当層とされている (Aurelio, 1987)。本層は Ilagan 東方から NNW の走向を示し Tuguegarao 東方まで分布している。本層の堆積年代は中新世初期～中期である。

Callao 石灰岩層：本層の下部は陸棚型の石灰岩で塊状を示し、風化に耐えて急崖を形成する。上部は珊瑚礁状でよく成層し、風化され易い。堆積年代は微化石で中新世中期に同定されている。Callao 石灰岩層は一般に浅海～海浜で形成されたと考えられ、下部では Lubuagan 層と互層する部分がある。また上部では

GEOLOGIC				BMG		JICA and MMAJ		RP JAPAN WORKSHOP (1988) *2		
DATE	ERA	PERIOD	EPOCH	AGE	1981 *1	1987	FORMATION	LITHOLOGY	IGNEOUS ACTIVITY	REMARKS
0.01	CENOZOIC	QUATERNARY	HOLOCENE		Alluvium fan and debris.	Alluvium	Alluvium			
1.8			PLEISTOCENE	L	Didicas avalanche. Volcanics Mt. Cagua Volc.	Kanaipang Limestone	Kanaipang Limestone	Limestone		• Kanaipang Limestone is dated late Miocene by nanno-fossils. (JICA and MMAJ 1987)
5.0		TERTIARY	PLIOCENE	L	Butete F.	Palanan F.	Palanan F.	Sandstone and calcareous mudstone		• Palanan Formation is dated Late Miocene by fossils
22.5				M	Bugnem F. Mainit F.	Dulang River F.	Dierco F.	Conglomerate and mudstone		
38.0			E	Dingalan F. Coronel F. Hingan F.	Lubuagan F. Dibulan River F.	Bios River Diorite				
55.0		Eocene	OLIGOCENE	L		Abuan River F.				
65.0				M		Dipadian River F.				
MESOZOIC		CRETACEOUS	PALEOCENE	L	Coastal Batholith Lubingan F.					
				M		Dikinamaran River Chert.	Dikinamaran Chert	Chert, tuff and calcarenite	Basalt flow	• Dikinamaran Chert is dated Early Cretaceous by Radiolaria. (JICA and MMAJ 1987)
			E	Caraballo Group	Bicobian Basalt	Bicobian Basalt	Basalt			
			Isabela Ultramafic Complex (gabbroic)	Isabela Ultramafic Complex	Peridotite, dunite pyroxenite, gabbro and amphibolite					

*1 BHG: Geology and Mineral Resources of the Philippines, Volume I Geology (1981) p. 68 (Table II 31)
 *2 M.A. Aurelio and E.B. Billo. Tectonic Implications of the Geology and Mineral Resources of Northern Sierra Madre, ms. (1987)

図-5 北シエラマドレ東部地域の層序図

GEOLOGIC				BMG		JICA and MMAJ		RP JAPAN WORKSHOP (1988) *2		
DATE	ERA	PERIOD	EPOCH	AGE	1981 *1	1987	FORMATION	LITHOLOGY	IGNEOUS ACTIVITY	REMARKS
0.01	CENOZOIC	QUATERNARY	HOLOCENE		Quaternary Alluvium Terrace gravel	Alluvium (Qal)	Alluvium			
1.8			PLEISTOCENE	L	Awiden Mesa F.	Ilagan F. (II)	Ilaga F.	Poorly compacted sandstone shale and thin conglomerate		• Ilagan Formation is the youngest stratigraphic unit representing Pliocene and Pleistocene
5.0		TERTIARY	PLIOCENE	L	Ilagan F.	Cabagan F. (Ca)	Cabagan F.	Interbedded sandstone, shale, siltstone and conglomerate. Limestone lenses intercalated in some places		• Upper part of Cabagan Formation (calcareous sandstone) is dated late Miocene to Early Pliocene (Nanno zone CN7-11) by nanno fossils. (JICA-MMAJ 1987)
22.5				M	Cabagan F.	Callao Limestone (Ca)	Callao Limestone	Reefal limestone		• Bottom part of Cabagan Formation (turbidites) is dated Late Miocene by foraminifera fossils.
55.0			E	Lubuagan F.	Lubuagan F. (Lu)	Lubuagan F.	Coaliferous shale siltstone, wacke and conglomerate.			
MESOZOIC		CRETACEOUS	OLIGOCENE	L	Ibulao F.	Dibulan F. (Di)	Ibulao Limestone	Creamy gray limestone		• Ibulao Limestone is dated Late Oligocene to Early Miocene by foraminifera fossils.
				M	Dumatata F.	Masipi Green Tuff Mt. Cresta F.	Masipi Green Tuff Mt. Cresta F.	Basalt lava, pyroclastics, sandstone, wacke and conglomerate	Basalt flow	• Masipi Green Tuff is dated Middle to Late Oligocene Oligocene by nanno fossils.
			E		Mt. Cresta F. (Mc)	Dipadian F.	Green tuff and sandstone, dacite flow and pyroclastics, and conglomerate	Dacite flow Northern Sierra Madre batholith	• Dipadian Formation is dated Late Oligocene to Early Miocene by foraminifera fossils.	
			65.0	E	Caraballo Group	Abuan River F. (Ab)	Abuan F.	Basalt and andesite flow and pyroclastics	Andesite, Basalt flow	• Northern Sierra Madre Batholith is 31.3 ± 1.5 ma. (Middle Oligocene) dated by K-Ar Method. (JICA and MMAJ 1987)

*1 BHG: Geology and Mineral Resources of the Philippines (1981), Volume I p. 38 (Table II-13)
 *2 M.A. Aurelio and E.B. Billo. Tectonic Implications of the Geology and Mineral Resources of Northern Sierra Madre, ms. (1987)

図-6 北シエラマドレ西部地域の層序図

Cabagan層の一部と互層する。IlaganからTwin Peakの山麓にかけて三日月型の分布を示す。

Cabagan層は下部からタービダイト、礫岩及び石灰質砂岩の順を示す三層から構成される。タービダイトは砂岩と頁岩の互層である。Lubuagan層の乱流堆積物との区別は化石によるほかはない。砂岩は中・粗粒で化石に乏しいのに対し、頁岩は石灰質で豊富な化石を伴う。堆積年代は中新世後期と同定された。Cabagan礫岩は変質した安山岩又はスピライト及びCallao石灰岩と推定される岩石の円礫を含む厚い礫岩である。最上部の石灰質砂岩は優勢な石灰質の砂岩、頁岩及び泥岩からなる。本層はCallao石灰岩層を整合に覆って本地域の南部から北部まで広く分布する。微化石の鑑定から鮮新世初期に同定されている。

Ilagan層は本地域中で最上位の堆積岩で、Cagayan盆地の大半を覆っている。成層はしているがあまり緻密でない砂岩、頁岩及び多源礫岩より構成される。本層の下部は浅海性の堆積物で、上部になるほど粒度をまし、覆瓦構造を示す礫や巨礫からなる礫岩となる。これは陸水性の堆積環境に堆積したことを示す。Ilagan層はCabagan層を整合に覆う、その堆積年代は鮮新世から更新世とされる。

2-3 地質構造

(図-3北シェラマドレ構造区分図、図-4模式断面図参照)

北シェラマドレ地域の地質構造の形成はルソン東方沖合で起きたサブダクションに密接に関係している。このサブダクションは始新世に始まって漸新世に終結したが、現在新しいサブダクションが始まっている。初期サブダクション帯を生じた古い海溝(the Old East Luzon Trench)は現在の東ルソン海溝に一致する(Lewis & hayes, 1983, Hunburger, et al., 1983)。

山稜地の東側にはほぼ南北方向に延びる主要な衝上断層がある。この衝上断層は東海岸南部のDinapiqui Pointから東海岸中部のDivilacan湾まで90kmにわたって追跡されており、北シェラマドレ地域を白亜紀に形成されたオフィオライト地塊からなる東部地域と第三紀漸新世以降の地層と貫入岩からなる西部地域とに分けている。この衝上断層を覆って中新世初期のDierico層が分布することから、この断層活動は漸新世後期には終了していたと判断される。この衝上断層の性格を明確にするには更に詳細な調査が必要である。

東部地域は白亜紀のオフィオライトからなる基盤岩類が地域の大半を占めている。この基盤にはPalanan付近を通る、北東-南西方向の向斜がある。この向斜軸は断層の可能性もある。東部地域の第三系はこの凹地に堆積したものと考えられる。Isabela超塩基性岩類、Bicobian玄武岩類、Dikinamaranチャートは相互に衝上断層で接している。

北シェラマドレ山脈の西側は後縁盆地で、漸新世以降の地層が西に傾斜する単斜構造をもって分布している。この盆地の北部ではBaggaoを中心とするParet向斜があって、ほぼ東西方向の地溝帯が見られる。南部のCauayan付近ではSan Mariano向斜が盆地を作り、この盆地と山稜部の境には断層が発達している。

2-4 火成活動

北シェラマドレ地域における火成活動は次の通りである。

2-4-1 東部地域：

東部地域の火成活動は白亜紀のBicobian玄武岩を形成した海底火山活動のみである。

2-4-2 西部地域

2-4-2-1 漸新世初期の火成活動：

この火成活動によりAbuan層の玄武岩質及び安山岩質の溶岩流及び火砕岩が形成され、ついでMt.Cresta層の石英安山岩質の溶岩流が形成され、最後にMasipi緑色凝灰岩が形成された。

2-4-2-2 北シェラマドレ底盤：

現在の北部シェラマドレ山脈に沿って、ほぼ南北に伸長して分布する巨大な底盤が見られる。

この底盤はDipadian層、Abuan層及びMt.Cresta層に貫入し、一部は岩株又はキュボラの形を示す。岩質はトーナライトから閃緑岩～花崗閃緑岩まで変化する。接触変成帯はMt.Cresta層に典型的に見られる。K-Ar法による貫入の年代は22～31Ma.(漸新世後期)である。

2-4-2-3 漸新世末期の火成活動：

この火成活動によりDibuluan層の主要部を占める玄武岩溶岩流及び火山碎屑岩が形成された。このDibuluan層は北シェラマドレ底盤を不整合に覆う。これ以後の火成活動は北シェラマドレ地域では知られていない。

2-5 鉍化作用と鉍徴地 (表-1, 表-2参照)

北シェラマドレ地域の鉍化作用のうち、重要なものを下記する。

JICA-MMAJ(1987)により調査された鉍徴地は表-1, 表-2の通りである。

2-5-1 正岩漿性鉍化作用：

Isabela超塩基性岩類を母岩とするクロム・ニッケルの濃集。この鉍化作用は東部地域のオフィオライト地帯に分布する。鉍徴地としてはCas Chrome Wasayan II (35), Dibeneiang (43)等。(数字は表-1, 2中の鉍徴地の番号を示す)

2-5-2 キプロス型塊状硫化鉍鉍化作用：

東海岸のオフィオライト帯の中でBicobian玄武岩に伴って分布する。この種の鉍化作用の典型的な鉍徴地がPort Bicobian西部にみられる。

2-5-3 漸新世玄武岩に伴う火山角礫岩中の鉍脈・鉍染鉍化作用：

北シェラマドレ山脈の南東部でAbuan層の玄武岩に伴う火山角礫中に見られる。このタイプの代表的な鉍徴地のDimakawalは熱水性変質帯中に生じており、脈状部と珪化帯中の鉍染部よりなる。主な変質は珪化及び緑泥石化である。

2-5-4 斑岩銅鉍型鉍化作用：

北シェラマドレ底盤の閃緑岩とMt.Cresta層の石英安山岩及びAbuan層の安山岩の接触部付近に見られる。代表的な鉍徴地としては北シェラマドレ山脈北部のCasablangan付近である。

本地域で操業中の鉍山はCAS CHROME社のWASAYAN (I)鉍山のみである。この鉍山はIsabela超塩基性岩類にある正岩漿性クロマイト鉍床でレンズを示すダナイト中にあり、厚さは変化が激しい。現在主としてラテライト中の塊状クロマイトを採掘している。生産規模は精鉍月産400tである。

1983年操業開始以来精鉍約15,000t(品位43%Cr₂O₃)を生産した。

表-1 東部地域の主要鉱徴地

MINERAL SHOWING *1 NAME	LOCATION	COMMODITY AND MENERALIZATION	AGE *2	TECTONIC PROVINCE	DESCRIPTION	
					OCCURENCE	CHEMICAL ASSY OF SAMPLE
9 Dikadiaoaan	122°27' E 17°00' N	Mn strata-bound	Cretaceous	Oceanic crust	Manganese wad with manganiferous chert	Banded sample of manganese wad & chert; SiO ₂ 47.94%, MnO 4.80%, Fe 20.66%
17 Disawit	122°29' E 16°59' N	Mn strata-bound	Cretaceous	Oceanic crust	Strata-bound manganese in basalt flow and chert	Banded sample of manganese wad & chert; SiO ₂ 45.28%, MnO 4.86%, Fe 19.81%
26 Kanaipang Hill	122°27' E 16°58' N	Mn strata-bound	Cretaceous	Oceanic crust	Strata-bound manganese in tuffaceous sediments	Boulder of manganiferous sediment; SiO ₂ 50.26%, Mn 6.77%, Fe 18.44%, P 0.2%, CaO 0.62%
28 Bicobian	122°24' E 17°15' N	Cu strata-bound massive sulfide	Cretaceous	Oceanic crust	Cyprus type massive sulfide in footwall of pillow basalt	*3 Massive sulfide boulder; Au 5.5g/t, Ag 168.5g/t, Cu 54.4%, Zn 0.26%, S 26.14%, (bearing chalcocite)
34 Cas Chrome Wasayan I	122°17' E 16°35' N	Cr ortho magmatic	Cretaceous	Oceanic crust	Operating mine	
35 Cas Chrome Wasayan II	122°18' E 16°35' N	Cr ortho magmatic	Cretaceous	Oceanic crust	Disseminated chromite in lateritized dunite	Lenticular chromite; Cr ₂ O ₃ 53.39%, Al ₂ O ₃ 14.95%, FeO 14.50%, SiO ₂ 0.40%, MgO 13.11%
39 Dikapisan	122°27' E 16°53' N	Cr ortho magmatic	Cretaceous	Oceanic crust	Chromite lens in dunite	
43 Dibeneiang	122°20' 24" E 17°17' 42" N	Cr ortho magmatic	Cretaceous	Oceanic crust	Massive chromite in dunite	Massive chromite; Cr ₂ O ₃ 46.35%, Al ₂ O ₃ 10.91%, FeO 13.32% SiO ₂ 6.79%, MgO 17.53%
44 Lacson	122°23' 04" E 17°14' 33" N	Cu strata-bound massive sulfide	Cretaceous	Oceanic crust	Cyprus type massive sulfide at top of altered pillow basalt	Masive sulfide; Au 0.5g/t, Ag 12.1g/t, Cu 7.46%, Zn 0.26%, S 46.67%
46 Disukad	122°23' 06" E 17°11' 15" N	Cr ortho magmatic	Cretaceous	Oceanic crust	Blocks of disseminated chromite in lateritized dunite	
47 Dilacnadinom	122°19' 40" E 17°11' 05" N	Cr ortho magmatic	Cretaceous	Oceanic crust	Composite layers of chromite in serpentinized dunite and peridotite	

*1 Number; corresponds to those in Plate-7.

*2 Chromite, manganese and massive sulfide bodies associated with Cretaceous ophiolite which emplaced along east Luzon Fore Arc during Oligocene.

*3 This sample is composed mainly of secondary chalcocite, therefore does not represent the average grade.

表-2 西部地域の主要鉱徴地

MINERAL SHOWING *1 NAME	LOCATION	COMMODITY AND MINERALIZATION	AGE	TECTONIC PROVINCE	DESCRIPTION	
					OCCURENCE	CHEMICAL ASSAY OF SAMPLE
6 Menuma	122° 05' E 07° 06' N	Cu Porphyry copper	Oligocene to Miocene	Volcanic and plutonic arc	Pyrite dissemination in marginal part of diorite stock	Altered rock sample; Cu 0.01%, Zn 0.04%, Fe 2.94%
7 Siagot	122° 04' E 17° 06' N	Cu Dissemination	Oligocene to Miocene	Volcanic and plutonic arc	Pyrite dissemination in silicified diorite	Silicified rock sample; Cu 0.001%, Zn 0.002%, Fe 2.71%
8 Ilagan	122° 04' E 17° 08' N	Cu Dissemination	Oligocene to Miocene	Volcanic and plutonic arc	Pyrite dissemination in quartz diorite	Altered diorite sample; Cu 0.006%, Zn 0.011%, Fe 5.71%
11 Isabela	122° 05' E 17° 09' N	Cu Porphyry copper	Oligocene to Miocene	Volcanic and plutonic arc	Pyrite dissemination in altered zone around diorite stock	Altered diorite sample; Cu 0.001%, Zn 0.009%, Fe 4.89%
⑭ Casablangan	122° 00' E 17° 37' N	Cu Porphyry copper	Oligocene to Miocene	Volcanic and plutonic arc	Pyrite, chalcopyrite dissemination in dacite	Pyrite disseminated sample; Cu 0.027%, Zn 0.009%, Fe 6.68%, Ag 21g/t
⑮ Dinacdacan	122° 02' E 17° 34' N	Cu Porphyry copper	Oligocene to Miocene	Volcanic and plutonic arc	Pyrite, chalcopyrite dissemination in dacite	Pyrite disseminated sample; Cu 0.007%, Zn 0.08%, Fe 1.29%, Ag 8g/t
⑯ Capisayan West	121° 54' E 18° 03' N	Fe Sedimentary	Pliocene	Back arc basin	Sedimentary sequence in pliocene formation	Magnetite rich layer sample; Ag 26g/t, Cu 0.017%, Zn 0.015%, Fe 13.26%
⑰ Capisayan East	121° 55' E 18° 03' N	Fe Sedimentary	Pliocene	Back arc basin	Sedimentary sequence in pliocene formation	Outcrop; length 150m thickness 0.5m
19 Dimakawal	122° 12' E 16° 35' N	Mn Strata-bound Cu Dissemination	Oligocene to Miocene	Volcanic and plutonic arc	Strata-bound manganese and sulfide dissemination in volcanic breccia	Manganese sample; SiO ₂ 13.97%, Mn 45.47%, Fe 8.49%, P 0.05%, CaO 1.72% Sulfide sample; Au 0.1g/t, Ag 132.3g/t, Cu 15.88%, Zn 23.00%, S 18.5%
37 Dinapiqui	122° 13' E 16° 36' N	Cu, Au Vein	Oligocene to Miocene	Volcanic and plutonic arc	Pyrite, chalcopyrite mineralization in basalt	Quartz vein (w: 20cm) sample; Au 0.1g/t, Ag 4.5g/t, Cu 0.23% S 2.87%, Fe 2.23%
38 Dimatatno	122° 15' E 16° 39' N	Cu Vein	Oligocene to Miocene	Volcanic and plutonic arc	Quartz vein in andesite	Quartz vein sample (w: 0.15m); Au tr, Ag tr, Cu 0.02%, Fe 4.27%
41 Giwed	122° 21' E 16° 56' N	Cu Dissemination and vein	Oligocene to Miocene	Volcanic and plutonic arc	Quartz vein in andesite	Silicified zone sample; Au tr, Ag tr, Cu 0.01%, S 1.34%, Fe 4.37%
42 Diudenan	122° 21' E 16° 57' N	Cu Vein	Oligocene to Miocene	Volcanic and plutonic arc	Quartz vein in andesite	Quartz vein sample (w: 0.4m); Au tr, Ag tr, Cu 0.01%, Fe 1.50%
45 Bolos River	122° 08' E 17° 25' N	Cu Vein	Oligocene to Miocene	Volcanic and plutonic arc	Calcite vein associated sheared zone in diorite	Sheared zone sample (w: 2m); Au tr, Ag tr, Cu 0.01%, Fe 4.08%
48 Disdo Creek	122° 01' E 16° 34' N	Au Quartz vein	Oligocene to Miocene	Volcanic and plutonic arc	Quartz vein in meta-andesite	Quartz vein sample; Au 0.07g/t, Ag 1.7g/t, Cu 0.03%
49 Dina Creek	122° 13' E 16° 49' N	Cu, Au Vein	Oligocene to Miocene	Volcanic and plutonic arc	Veinlets, dissemination in meta-andesite near diorite stock	Sheared chloritized andesite; Au 0.14g/t, Ag 9g/t, Cu 3.07%
50 Diwagao	122° 12' E 16° 41' N	Au, Cu Unknown	Unknown	Volcanic and plutonic arc	Only float sample available	Float sample; Au 2.5g/t, Ag 0.07g/t, Cu 0.07%
51 Dicamay River	121° 54' E 16° 31' N	Fe? Unknown	Unknown	Volcanic and plutonic arc	Only float sample available hematite in calcareous conglomerate	
52 Ilagan River	122° 03' E 16° 38' N	Au Network dissemination	Oligocene to Miocene	Volcanic and plutonic arc	Pyrite dissemination in altered zone around diorite stock	Altered zone sample; Au < 0.07g/t, Ag 0.3g/t, Cu < 0.01%
53 Diden River	122° 04' E 16° 37' N	Au? Ag? Network	Oligocene to Miocene	Volcanic and plutonic arc	Pyrite dissemination in altered andesite around diorite stock	Altered andesite sample; Au < 0.07g/t, Ag 1.7g/t, Cu < 0.01%
54 Palig Creek	122° 11' E 16° 37' N	Cu?, Au? Vein type	Oligocene to Miocene	Volcanic and plutonic arc	Quartz, pyrite veins in argillized andesite near diorite stock	

*1 Number; corresponds to those in Plate-7.

3. 地化学探査結果の総合解析

3-1 地化学探査解析方法及び精度

3-1-1 総合解析の方法

本地域を東経121° 30' ,北緯16° 30' を基準点として南北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（粒径・0.175mm以下）の分析値について、次の4種類の 방법으로統計解析を行った。

- (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ずつ平均範囲を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) 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（第5因子までの因子分析）

これらの解析の対象とした試料は北部シエラマドレ地区から採取した4,973個で、分析成分はCu, Pb, Zn, Ag, As, Mn, Ni, Co, Mo, Hg, Crの11元素である。

上記各統計解析に使用したグリッドは2,180個である。（1グリッド当りの平均試料数は2.28個である）

統計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BMD08Mである。

計算には対数を使用し、計算結果を常数に変換した。検出限界値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（AAS）により実施された。検出限界値は表-3の通りである。

表-3 AAS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	Mo	Hg	Cr
検出限界	2	10	2	1	0.5	50	3	3	2	0.04	100

検出限界値以下の試料が70%以上の元素はPb, Ag, Mo, Hgで、この中Agは検出限界以上の値を持つグリッドが2個しかないので解析から除外した。

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。以下テスト結果を述べる。

バッチテストの結果

分析バッチ（約20試料）ごとに1試料を選び、この控試料をほか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, Crについては約300個である。

表-4 分析値バッチテストの分散

成分	分散
Cu	±15%
Pb	±20%
Zn	±20%
As	±25%
Mn	±10%
Ni	±20%
Co	±20%
Hg	±25%
Cr	±30%

Ag, Moについては検出
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。

3-2 地化学探査解析結果の明細

3-2-1 グリッド平均値の単一変量解析

解析対象の2,180個のグリッドのうち、採取試料のないグリッドに対しては、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個のグリッド中4個以上が有効値を持てば、その平均値をブランクグリッドの値として補填した（有効値が4個未満の場合は補填しない）
- 2) この補填操作を2回繰返して行う。

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)	Cr (ppm)
\bar{X}	41.00	5.11	88.22	0.50	1.73	1,083.58	32.64	27.14	1.03	21.07	340.75
$\bar{X} + 1.0 \sigma$	65.18	6.02	136.21	0.52	4.24	1,641.63	137.31	48.65	1.20	25.85	2,232.62
$\bar{X} + 1.5 \sigma$	82.21	6.32	169.25	0.53	6.63	2,020.60	281.64	65.15	1.30	28.26	5,719.81
$\bar{X} + 2.0 \sigma$	103.66	6.78	210.31	0.54	10.36	2,487.06	577.87	87.23	1.40	31.16	14,628.13
Minimum	6.67	5.00	13.00	0.50	0.25	290.00	3.00	4.00	1.00	20.00	50.00
Maximum	518.80	66.50	1,665.40	2.00	115.92	33,575.00	6,100.00	461.00	15.00	190.00	149,000.00
グリッド数	2,180	2,180	2,180	1,539	2,180	2,180	2,180	2,180	2,180	2,180	2,177
検出限界以下の出現率	0%	98.9%	0%	99.9%	8.3%	0%	0%	0%	98.7%	97.3%	30.7%

\bar{X} : 平均値 σ : 標準偏差

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)	Cr (ppm)
\bar{X}	39.78	5.07	84.99	0.50	1.61	1,040.46	30.40	25.73	1.02	20.86	283.15
$\bar{X} + 1.0\sigma$	70.21	5.93	141.76	0.53	4.56	1,705.31	129.56	48.57	1.23	26.16	1,920.30
$\bar{X} + 1.5\sigma$	93.28	6.41	183.08	0.54	7.68	2,183.20	267.47	66.44	1.36	29.30	5,000.91
$\bar{X} + 2.0\sigma$	132.92	6.93	236.45	0.55	12.02	2,795.00	552.19	91.70	1.49	32.81	13,023.49
Minimum	1.00	5.00	10.00	0.50	0.29	100.00	1.50	1.50	1.00	20.00	50.00
Maximum	1,040.00	110.00	3,400.00	4.00	210.00	50,000.00	6,200.00	530.00	24.00	460.00	161,000.00
サンプル数	4,973	4,973	4,973	3,581	4,973	4,973	4,973	4,973	4,973	4,973	4,930
検出限界以下の出現率	0%	98.9%	0%	99.9%	0%	0%	0%	0%	98.3%	96.0%	30.7%

\bar{X} : 平均値 σ : 標準偏差

3-2-1-1 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、試料別分析値の元素別基本的統計量を表-6に示す。

3-2-1-2 ヒストグラム・累積頻度曲線

グリッド平均値の品位別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-1参照)

これを検討して、各元素別に異常値の範囲を決定した。

(1) Cu: 累積頻度80%付近で頻度曲線に明瞭な変曲点が認められる。この変曲点は60ppmでほぼ $\bar{X} + 1.0\sigma$ 値に相当するので、この値以上の平均値をもつグリッドを異常とした。

(2) Pb: 検出限界品位以下を示すグリッドが約99%を占めるため、対数正規分布から大きくずれているので、異常値の範囲は不明である。

(3) Zn: 累積頻度95%付近で頻度曲線に変曲点が認められる。この変曲点は174ppmでほぼ $\bar{X} + 1.5\sigma$ 値の値を示すので、この値以上の平均値をもつグリッドを異常とした。

(4) Ag: 解析から除外した。(3-1-1参照)

(5) As: 累積頻度97%付近で頻度曲線の変曲点が認められる。この変曲点は7.0ppmでほぼ $\bar{X} + 1.5\sigma$ 値に相当するので、この値以上の平均値をもつグリッドを異常とした。

(6) Mn: 累積頻度92%付近で頻度曲線の変曲点が認められる。この変曲点は1,700ppmでほぼ $\bar{X} + 1.0\sigma$ 値を示すので、この値以上の平均値をもつグリッドを異常とした。

(7) Ni: 累積頻度88%付近で頻度曲線の明瞭な変曲点が認められる。この変曲点は200ppmで $\bar{X} + 1.0\sigma$ 値と $\bar{X} + 1.5\sigma$ 値の中間に相当するので、この値以上の平均値をもつグリッドを異常とした。

(8) Co: 累積頻度95%付近で頻度曲線の明瞭な変曲点が認められる。この変曲点は70ppmでほぼ $\bar{X} + 1.5\sigma$ 値を示すので、この値以上の平均値をもつグリッドを異常とした。

(9) Mo: 約98%の試料が検出限界以下の品位を示すので、異常値を設定できなかった。

(10) Hg: 約97%の試料が検出限界以下の品位を示すため、対数正規分布から外れている。

(11) Cr: 累積頻度90%付近で頻度曲線の明瞭な変曲点が認められる。この変曲点は約9,000ppmで $\bar{X} + 1.5\sigma$ の値と $\bar{X} + 2.0\sigma$ 値の中間に相当するので、この値以上の平均値をもつグリッドを異常とした。

3-2-1-3 相関係数

グリッド平均値の各元素間の相関係数を表-7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-8に示す。

表-7 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	Cr
Cu	1.000										
Pb	0.198	1.000									
Zn	0.552	0.296	1.000								
Ag	0.094	0.531	0.085	1.000							
As	0.155	0.262	0.191	0.112	1.000						
Mn	0.888	0.260	0.633	0.177	0.187	1.000					
Ni	0.115	-0.034	0.041	0.030	-0.003	0.240	1.000				
Co	0.242	-0.085	0.216	-0.034	-0.067	0.457	0.827	1.000			
Mo	-0.008	0.153	-0.014	-0.008	0.182	-0.122	-0.067	-0.070	1.000		
Hg	0.114	0.379	0.182	0.391	0.145	0.286	0.267	0.237	0.013	1.000	
Cr	-0.029	-0.056	0.012	-0.015	0.030	0.158	0.888	0.716	-0.056	0.197	1.000

表-8 試料別分析値の各元素間の相関係数表

	Cu	Pb	Zn	Ag	As	Mn	Ni	Co	Mo	Hg	Cr
Cu	1.000										
Pb	0.184	1.000									
Zn	0.537	0.276	1.000								
Ag	0.056	0.327	0.072	1.000							
As	0.232	0.207	0.196	0.080	1.000						
Mn	0.408	0.236	0.638	0.139	0.187	1.000					
Ni	0.148	-0.023	0.050	0.025	-0.002	0.232	1.000				
Co	0.317	-0.059	0.245	-0.020	-0.026	0.478	0.795	1.000			
Mo	-0.010	0.078	-0.038	-0.004	0.135	-0.139	-0.049	-0.035	1.000		
Hg	0.128	0.358	0.132	0.213	0.128	0.237	0.190	0.178	0.022	1.000	
Cr	-0.013	-0.043	0.027	-0.003	-0.003	0.161	0.862	0.664	-0.051	0.128	1.000

グリッド平均値ではCu-Zn, Pb-Ag, Zn-Mn, Ni-Co, Co-Crの間に相関が認められる。

3-2-1-4 グリッド平均値の地域的分布

(付図2-1 No.1~No.10参照)

各元素別のグリッド平均値を下記の11ランクに区分し、各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。

ランク	累積頻度
A	99% ≤ Z
B	95% ≤ Z < 99%
C	90% ≤ Z < 95%
D	75% ≤ Z < 90%
E	60% ≤ Z < 75%
F	50% ≤ Z < 60%
G	40% ≤ Z < 50%
H	30% ≤ Z < 40%
I	20% ≤ Z < 30%
J	検出限界値 ≤ Z < 20%
K	Z < 検出限界値

以下各元素別の異常値グリッドの主な集中区を示す。(括弧内は異常値を示す元素)

西部地域北部 Capisayan 北部 (Cu, Zn, Mn)

東海岸 Awang Cove 西部 (Cu, Mn)

Tuguegarao 川上流 (Cu, Zn, As)

東海岸 Divilacan 湾南部 (Cu, Zn, Mn, Ni, Co, Hg, Cr)

東海岸 Port Bicobian 西部 (Cu, Mn, Ni, Co, Hg, Cr)

東海岸南部 Dimatadmo Point (Ni, Co, Hg, Cr)

Dimakawal 鉍徴地周辺部 (地域南東端) (Cu, Pb, Zn, Mn, Hg)

これらの集中区のうち、地質、火成活動、鉍化作用から説明できるのは次の6地区である。(鉍徴地の番号は表-1、表-2の番号を示す。)

(a) 地域北部 Capisayan 北部: この地区には中新世後期~鮮新世初期の Cabagan 層が堆積し、堆積性鉄鉍層の鉍徴地が知られている。

(b) Tuguegarao 川上流: この地区には北シェラマドレ底盤を構成する閃緑岩が貫入しており Cu, Zn, As の異常は、これに起因すると見られる。

(c) 東海岸 Divilacan 湾南部: この地区は Isabela 超塩基性岩が分布し、当地域を東西の構造区に分ける Divilacan 断層が通っている。Ni, Co, Cr の異常はこの超塩基性岩類に起因すると見られる。

(d) 東海岸 Port Bicobian 西部: この地区には白亜紀の Dikinamaran Chert, Bicobian Basalt 等が分布し、Bicobian (28) 等のキプロス型の塊状硫化鉍の鉍徴地及び Kanaipang hill (26) 等の層状マンガンの鉍徴地が知られている。Cu, Mn, Hg の異常はこれら鉍徴地の影響と見られる。

(e) 東海岸南部 Dimatadmo Point 周辺部: この地区には白亜紀の Isabela 超塩基性岩類が分布する。本地域唯一の稼行鉍山(クロマイト)の CAS CHROME Wasayan I (34) 及び Wasayan II (35) 等の鉍徴地が知られている。Ni, Co, Cr の地化学異常は母岩の超塩基性岩によるものとみられる。

(f) Dimakawal 鉍徴地周辺部 (地域南東端): この地区には漸新世後期の Abuan 層及び貫入閃緑岩が分布し、Dimakawal (19), Dinapiqui (37), Palig Creek (54), Diwagao (50) 等の鉍徴地が知られている。各種元素の異常はその影響と見られる。

3-2-2 移動平均値の単一変量解析

移動平均値は3-1-1でのべた方法により算定された。

移動平均値での周辺部のブランクグリッドの補填は、これをコの字型に取巻く5個のグリッドのうち3個以上が有効値をもてば、その平均値をこの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。

このよう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、グリッドごとのばらつきをならした値を示し、全体の傾向や構成岩層による後背値の変化を知るのに適している。

3-2-2-1 基本的統計量

移動平均値の基本的統計量を表-9に示す。

3-2-2-2 ヒストグラム・累積頻度曲線

移動平均値の品位別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、これを検討して、各元素別の異常値の範囲を決定した。

- (1) Cu: 累積頻度92%付近に頻度曲線の変曲点が認められる。この変曲点は70ppmでほぼ $\bar{X}+1.5\sigma$ 値に相当するので、この値以上の平均値を異常とした。
- (2) Pb: グリッドの99.7%が検出限界以下の品位を示すので、対数正規分布から外れている。異常値の範囲は不明である。
- (3) Zn: 累積頻度90%付近に頻度曲線の変曲点が認められる。この変曲起点は134ppmで $\bar{X}+1.0\sigma$ と $\bar{X}+1.5\sigma$ 値の中間の値を示すので、この値以上の平均値を異常とした。
- (4) Ag: 解析から除外した。(3-1-1参照)
- (5) As: 累積頻度90%付近に頻度曲線の変曲点が認められる。この変曲点は4.6ppmを示す。この変曲点は $\bar{X}+1.0\sigma$ 値と $\bar{X}+1.5\sigma$ 値の間の値を示すので、この値以上の平均値を異常とした。
- (6) Mn: 累積頻度90%付近で頻度曲線の変曲点が認められる。この変曲点は1,590ppmで $\bar{X}+1.0\sigma$ 値と $\bar{X}+1.5\sigma$ 値の中間の値を示すので、この値以上の平均値を異常とした。
- (7) Ni: 累積頻度90%付近で頻度曲線の変曲点が認められる。この変曲点は約300ppmでほぼ $\bar{X}+1.5\sigma$ 値と $\bar{X}+2.0\sigma$ 値の中間に相当するので、この値以上の平均値を異常とした。
- (8) Co: 累積頻度90%付近で頻度曲線の変曲点が認められる。この変曲点は45ppmでほぼ $\bar{X}+1.0\sigma$ 値に相当するので、この値以上の平均値を異常とした。
- (9) Mo: 99.7%のグリッドが検出限界以下の値を示すので、異常値を設定出来なかった。
- (10) Hg: 99%のグリッドが検出限界以下の値を示すので異常値を設定できなかった。
- (11) Cr: 累積頻度90%付近で頻度曲線の変曲点が認められる。この変曲点は約7,900ppmでほぼ $\bar{X}+1.5\sigma$ 値と $\bar{X}+2.0\sigma$ 値の中間に相当するので、この値以上の平均値を異常とした。

3-2-2-3 移動平均値の地域的分布 (付図2-2 No.1~No.10参照)

各元素別の移動平均値をグリッド平均値同様11ランクに区分し、各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。

表-9 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)	Cr (ppm)
\bar{X}	40.96	5.11	88.21	0.50	1.73	1,081.32	32.38	27.01	1.03	21.07	338.34
$\bar{X}-1.0\sigma$	59.84	5.56	124.46	0.51	3.62	1,493.79	124.35	45.49	1.12	24.00	1,897.42
$\bar{X}-1.5\sigma$	72.33	5.81	147.84	0.51	5.25	1,766.32	243.68	59.03	1.17	26.86	4,493.33
$\bar{X}-2.0\sigma$	87.42	6.06	175.61	0.52	7.59	2,080.21	477.52	76.60	1.22	28.67	10,640.74
Minimum	14.88	5.00	30.77	0.50	0.25	403.60	5.65	6.30	1.00	20.00	50.00
Maximum	164.99	17.56	376.49	0.70	19.48	8,839.89	3,293.65	244.92	2.58	61.29	84,140.78
グリッド数	2,205	2,205	2,205	1,552	2,205	2,205	2,205	2,205	2,205	2,205	2,200
検出限界以下の出現率	0%	99.7%	0%	100%	4.4%	0%	0%	0%	99.7%	98.9%	29.7%

\bar{X} : 平均値 σ : 標準偏差

異常グリッドの集中区は一般的にグリッド平均値と同様だが、異常グリッドの集中性が良好になっている。

以下各元素別の異常値グリッドの集中区を示す。(括弧内は異常値を示す元素)

西部地域北部 Capisayan北部 (Cu, Zn, Mn)

東海岸 Awang Cove西部 (Cu, Mn)

Tuguegarao川上流 (Cu, Zn, As)

東海岸 Divilacan湾南部 (Cu, Zn, Mn, Ni, Co, Cr)

東海岸 Port Bicobian西部 (Cu, Zn, Mn, Ni, Co, Cr)

東海岸南部地区 Dinatadmo Point周辺部 (Ni, Co, Cr)

Dimakawal鉍微地周辺部 (地域南東端) (Cu, Zn, As, Mn)

これらの集中区のうち、地質、火成活動、鉍化作用から説明出来るのは次の6地区である。(鉍微地の番号は表-1、表-2の番号を示す)

(a) 地域北部 Capisayan 北部：この地区には中新世後期～鮮新世前期の Cabagan 層が分布し、堆積性鉄鉍層の鉍微地知られている。グリッド平均値に比べ、A, B, Cランクグリッドの集中が顕著である。異常値グリッドの集中を示す元素はグリッド平均値と同じである。

(b) Tuguegarao川上流：この地区には北シユラマドレ底盤を構成する閃緑岩が貫入しており、Cu, Zn, Asの異常グリッドはこの岩体に伴う鉍化作用によるものと見られる。A, B, Cランクグリッドの集中は、グリッド平均値と同程度である。異常値グリッドの集中を示す元素はグリッド平均値と同じである。

(c) 東海岸 Divilacan湾南部：この地区には当地域を東西の構造区に分ける Divilacan 衝上断層が通っており、Ni, Co, Crの異常グリッドは東部地区の基盤をなす超塩基性岩類の影響によると見られる。A, B, Cランクグリッドの集中は、グリッド平均値より明瞭である。グリッド平均値の異常グリッド集中区に比べHgの異常グリッドの集中が見られない。

(d) 東海岸 Port Bicobian西部：この地区には白亜紀の Dikinamaran Chert, Bicobian Basaltが分布し Bicobian (28) 等キプロス型塊状硫化鉍の鉍微地分布する。Cu, Zn, Mn等の異常グリッドは、これらの鉍微地の影響と見られる。A, B, Cランクグリッドの集中は、グリッド平均値より明瞭である。グリッド平均値の異常グリッド集中区に比べHgの異常グリッドが欠け、Znが加っている。

(e) 東海岸南部 Dinatadmo Point周辺部：この地区には白亜紀の Isabela 超塩基性岩類が分布し、クロマイトの稼行鉍山である CAS CHROME Wasayan I (34) や同 Wasayan II (35) 等の鉍微地知られている。各種元素の異常グリッドの集中は母岩の超塩基性岩によると見られる。A, B, Cランクグリッドの集中はグリッド平均値より明瞭である。グリッド平均値の異常グリッドの集中区に比べHgの異常グリッドの集中が見られない。

(f) Dimakawal鉍微地周辺 (地域南東端)：この地区には漸新世の Abuan 層及び貫入閃緑岩が分布し、Dimakawal (19), Palig Creek (54) 等の鉍微地分布する。各種元素の異常グリッドはその影響と見られる。A, B, Cラン

クグリッドの集中はグリッド平均値より明瞭である。グリッド平均値の異常グリッドの集中区に比べAsの異常グリッドの集中が加わり、Pbの異常グリッドの集中がみられない。

3-2-3 ハイパスフィルター値の単一変量解析

3-1-1で述べた各グリッドのグリッド平均値と移動平均値の差(正の値のみを対象とする)をハイパスフィルター値とし、これに対する単一変量解析を行った。

ハイパスフィルター値は2km×2kmの各グリッドのグリッド平均値と6km×6kmの平均値の差の正の部分で、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になるものである。二つの値の差をとることにより、後背値は相殺されるので、鉍化作用や二次富化作用等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。

3-2-3-1 基本的統計量

ハイパスフィルター値の元素別の基本的統計量を表-10に示す。

3-2-3-2 ヒストグラム・累積頻度曲線

ハイパスフィルター値の品位別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、これを検討して、各元素別の異常値の範囲を決定した。

- (1) Cu：累積頻度79%付近に頻度曲線の変曲点が認められる。この変曲点は約16ppmで $\bar{X}+1.0\sigma$ 値に相当するので、この値以上のハイパスフィルター値をもつグリッドを異常とした。
- (2) Pb：累積頻度76%付近に頻度曲線の変曲点が認められる。この変曲点は約5ppmでほぼ $\bar{X}+1.0\sigma$ 値に相当するので、この値以上のハイパスフィルター値をもつグリッドを異常とした。
- (3) Zn：累積頻度79%付近に頻度曲線の変曲点が認められる。この変曲点は約36ppmで $\bar{X}+1.0\sigma$ 値に相当するので、この値以上のハイパスフィルター値をもつグリッドを異常とした。
- (4) Ag：解析から除外した。(3-1-1参照)
- (5) As：累積頻度79%付近に頻度曲線の変曲点が認められる。この変曲点は約1.8ppmでほぼ $\bar{X}+1.0\sigma$ 値に相当するので、この値以上のハイパスフィルター値をもつグリッドを異常とした。
- (6) Mn：累積頻度79%付近に頻度曲線の変曲点が認められる。この変曲点は約380ppmで $\bar{X}+1.0\sigma$ 値に相当するので、この値以上のハイパスフィルター値をもつグリッドを異常とした。
- (7) Ni：累積頻度91%付近に頻度曲線の変曲点が認められる。この変曲点は550ppmで $\bar{X}+2.0\sigma$ 値に相当するので、この値以上のハイパスフィルター値をもつグリッドを異常とした。
- (8) Co：累積頻度92%付近に頻度曲線の変曲点が認められる。この変曲点は約10ppmでほぼ $\bar{X}+1.0\sigma$ 値に相当するので、この値以上のハイパスフィルター

表-10 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)	Cr (ppm)
\bar{X}	3.22	0.63	7.06	0.06	0.31	80.62	3.47	1.99	0.13	1.71	98.60
$\bar{X}-1.0\sigma$	16.14	4.96	35.76	0.69	1.78	377.14	44.18	10.00	1.17	15.05	1,616.07
$\bar{X}-1.5\sigma$	36.14	13.88	80.50	2.33	4.24	815.69	157.63	22.40	3.46	44.63	6,542.59
$\bar{X}-2.0\sigma$	80.94	38.84	181.23	7.91	10.09	1,764.24	562.40	50.16	10.25	132.35	26,487.39
Minimum	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.10	0.00	0.01	0.00	0.02	0.04
Maximum	418.40	54.87	1,199.81	1.30	109.75	30,530.01	4,779.26	318.86	12.42	138.41	99,698.08
グリッド数	1,016	78	1,002	5	1,050	1,016	1,011	1,023	91	210	997

\bar{X} ：平均値 σ ：標準偏差

ター値をもつグリッドを異常とした。

(9) Mo: 累積頻度74%付近に頻度曲線の変曲点が認められる。この変曲点は約1.2ppmで $\bar{X}+1.0\sigma$ 値に相当するので、この値以上のハイパスフィルター値をもつグリッドを異常とした。

(10) Hg: 累積頻度74%付近に頻度曲線の変曲点が認められる。この変曲点は約15ppbで $\bar{X}+1.0\sigma$ 値に相当するので、この値以上のハイパスフィルター値を持つグリッドを異常とした。

(11) Cr: 累積頻度86%付近に頻度曲線の変曲点が認められる。この変曲点は約6,400ppmでほぼ $\bar{X}+1.5\sigma$ 値に相当するので、この値以上のハイパスフィルター値をもつグリッドを異常とした。

3-2-3-3 ハイパスフィルター値の異常値の地域的分布

(付図2-3 No.1~No.10参照) $\bar{X}+1.0\sigma$ 以上の値を持つグリッドを元素別に下記の基準により、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。

表-11 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
$\bar{X}+2.0\sigma$ 値 $\leq Z$	赤
$\bar{X}+1.5\sigma$ 値 $\leq Z < \bar{X}+2.0$ 値	黄
$\bar{X}+1.0\sigma$ 値 $\leq Z < \bar{X}+1.5$ 値	青

以下このハイパスフィルター値の異常値の地域的分布をのべる。(括弧内は異常値を示す元素)

西部地域北部 Capisayan 北部 (Cu, Zn, Mn)

東海岸 Awang Cove 西部 (Cu, As, Mn)

Tuguegarao 川上流 (Pb, Zn, As)

東海岸 Divilacan 湾南部 (Zn, Mn, Ni, Co, Hg)

東海岸 Port Bicobian 西部 (Cu, Ni, Co, Hg)

東海岸南部 Dinatadmo Point 周辺部 (Ni, Co)

Dimakawal 鉍微地周辺部 (地域南東端) (Cu, Pb, Zn, As, Mn, Hg)

上記のハイパスフィルター値の異常集中区のうち、地質、火成活動、鉍化作用から説明できるのは次の5地区である。

(a) 西部地域北部 Capisayan 北部: この地区には中新世後期~鮮新世前期の Cabagan 層が分布し、堆積性鉄鉍層の鉍微地知られている。各種異常グリッドの集中は、この影響と見られる。異常値グリッドの集中を示す元素はグリッド平均値と同じである。

(b) Tuguegarao 川上流: この地区には北セラマドレの底盤を構成する閃緑岩が貫入しており、斑岩銅鉍型の鉍微地もあるので、これらの異常は貫入岩体に伴う鉍化作用の影響と見られる。グリッド平均値の異常グリッド集中区に比べ Pb の異常グリッドの集中が加わり、Cu の異常グリッドの集中が欠けている。

(c) 東海岸 Divilacan 湾南部: この地区には対象地域を東西の構造区に分ける Divilacan 衝上断層が通っており、白亜紀の超塩基性岩を母岩とするレンズ状クロマイトや層状マンガン鉍の鉍微地知られている。各種のハイパスフィルター値の異常はこれらの鉍化作用によるものと見られる。グリッド平均値の異常集中区に比べ、Cu, Cr の異常グリッドの集中がみられない。

(d) 東海岸 Port Bicobian 西部: この地区には Bicobian 玄武岩に伴うキプロス型塊状硫化鉍の鉍微地知られている。この地区のハイパスフィルター値の異常は、この鉍化作用によるものと見られる。グリッド平均値の異常グリッド集中区に比べ、Mn, Cr の異常グリッドの集中がみられない。

(e) 東海岸南部 Dinatadmo Point 周辺部: この地区には白亜紀の Isabela 超塩基性岩類が分布し、クロマイトを稼行している CAS CHROME Wasayan I 始め数個の鉍微地知られている。Ni, Co のハイパスフィルター値の異常グリッドの集中は、超塩基性岩に関連をもつものと見られる。グリッド平均値の異常グリッド集中区に比べ、Hg, Cr の異常グリッドの集中がみられない。

(f) Dimakawal 鉍微地周辺部 (地域南東端): この地区の地質は玄武岩質の火山碎屑物からなる漸新世の Abuan 層で数個の脈状鉍染状の硫化鉍の鉍微地知られている。各種元素のハイパスフィルター値の異常は、これらの鉍化作用によるものと見られる。グリッド平均値の異常グリッド集中区に比べ、As の異常グリッドの集中がみられる。

表-12 相関行列および固有値

	Cu	Pb	Zn	As	Mn	Ni	Co	Mo	Hg	Cr
Cu	1.000									
Pb	0.198	1.000								
Zn	0.551	0.296	1.000							
As	0.163	0.262	0.191	1.000						
Mn	0.397	0.260	0.632	0.187	1.000					
Ni	0.114	-0.034	0.039	-0.004	0.238	1.000				
Co	0.240	-0.083	0.215	-0.059	0.486	0.827	1.000			
Mo	-0.009	0.153	-0.014	0.182	-0.122	-0.067	-0.070	1.000		
Hg	0.115	0.380	0.134	0.146	0.288	0.288	0.238	0.013	1.000	
Cr	-0.029	-0.056	0.012	0.031	0.168	0.888	0.716	-0.066	0.197	1.000

	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	第8因子	第9因子	第10因子
固有値 (対角要素1)	3.124	2.153	1.296	0.973	0.777	0.579	0.543	0.333	0.147	0.075
累積寄与率	0.312	0.528	0.675	0.755	0.832	0.890	0.945	0.978	0.993	1.000
固有値 (対角要素SMC)	2.844	1.703	0.613	0.218	0.082	0.052	-0.058	-0.106	-0.204	-0.226

SMC: 重相関係数の自乗

表-13 因子負荷量表

バリマックス回転前						バリマックス回転後						
因子	1	2	3	4	5	因子	1	2	3	4	5	共通性
Cu	0.450	0.513	-0.338	0.246	-0.127	Cu	0.032	-0.805	0.001	-0.085	0.027	0.656
Pb	0.231	0.596	0.438	-0.318	-0.139	Pb	-0.156	-0.233	0.767	-0.164	0.166	0.721
Zn	0.505	0.627	-0.340	0.135	-0.065	Zn	-0.005	-0.875	0.118	0.009	0.083	0.786
As	0.179	0.436	0.436	0.289	0.701	As	-0.009	-0.131	0.123	-0.090	0.973	0.987
Mn	0.689	0.414	-0.263	-0.070	0.036	Mn	0.253	-0.740	0.251	0.196	0.089	0.721
Ni	0.800	-0.517	0.140	0.066	0.006	Ni	0.961	-0.042	0.077	0.014	-0.004	0.932
Co	0.854	-0.358	-0.092	0.113	-0.098	Co	0.882	-0.311	0.013	0.033	-0.115	0.888
Mo	-0.086	0.179	0.595	0.604	-0.456	Mo	-0.032	0.033	0.061	-0.976	0.088	0.966
Hg	0.466	0.191	0.443	-0.563	-0.131	Hg	0.240	-0.042	0.848	0.066	0.004	0.784
Cr	0.716	-0.562	0.191	0.078	0.102	Cr	0.932	0.066	0.036	0.030	0.078	0.881

3-2-4 グリッド平均値の多変量解析 (因子分析法)

3-2-4-1 因子の抽出

各元素の分析値を基準化し、その値に従って得られた相関行列及び固有値(λ)を表-12に示す。表から明らかのように、固有値は大きい順にλ₁=3.124, λ₂=2.153...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λ₃以下に比べれば比較的大きい。またλ₃までの累積寄与率は83%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。

つぎに相関行列の対角要素に、共通の推定値としてSMC (Squared Multiple Correlation) を代入して固有値を求めると、λ₁=2.844, λ₂=1.703...となる。固有値が正という基準を用いると因子数は6となるが、固有値を見るとλ₁以下は小さいので因子数を5として解析を行った。

3-2-4-2 因子の解釈

因子数を5として主因子法を適用すると、表-13に示す因子負荷量の左半分の結果が得られる。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) 第一因子

回転前の因子負荷量はMoを除くといずれも正で、とくにNi, Co, Cr, Mnの数値が高い。これ等の元素は超塩基性岩類に濃集する傾向が強い。回転後の因子負荷量は超塩基性岩類の分布域又はそれに伴うNi, Co, Cr, Mnの鉱化作用を表すと解釈される。

(b) 第二因子

回転前の因子負荷量はCr, Ni, Coで負、Cu, Pb, Zn, As, Mn等が正の値を示す。Cr, Ni, Coは塩基性岩類に濃集する傾向が強く、Cu, Pb, Zn, As, Mn等は酸性岩類に濃集する傾向を有する。これにより、この因子は相反する挙動を示す指示元素の鉱化作用を表すと解釈される。回転後の因子負荷量はCu, Zn, Mnで負の大きな値を示し、これよりCu, Zn, Mnの鉱化作用を表すと解釈される。

(c) 第三因子

回転後の因子負荷量は、どの元素も正でHg, Pbでとくに大きい。これによりPbの鉱化作用及びこれに関連する変質作用を示す因子と解釈される。

(d) 第四因子

回転後の因子負荷量は、Moでとくに大きな負の値を示す。これによりMoの鉱化作用を示す因子と解釈される。

(e) 第五因子

回転後の因子負荷量は、Asでとくに大きい。これによりAsの挙動を示す因子と解釈される。

以上のことから鉱化作用を表す因子としては、Ni, Co, Crと関連する回転後の第一因子、Pbの鉱化作用と関連する回転後の第三因子、Moの鉱化作用を示す回転後の第四因子がそれぞれ重要であると考えられる。

3-2-4-3 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 Coefficients) 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5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。(第1, 3因子及び第5因子)

回転後の第2, 第4因子は関連元素が負の負荷量を示すので、負の領域を細分する別のランクによりプロットした。

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

(第1, 3, 5因子に適用) (第2, 第4因子に適用)

3-2-4-4 地化学異常の分布

付図2-4 No.1~No.5に示された各因子の地化学異常の分布には次のような集積が認められる。

第1因子 (Co, Ni, Crに関連が強い因子)

Divilacan 衝上断層の東側に分布するオフィオライトの全域
Tuguegarao 東部の Callao 石灰岩・Cabagan 層の分布する地区

第2因子 (Zn, Cu, Mnに関連が強い因子)

西部地域北部の Capisayan 北部地区
東海岸北部の Awang Cove 西側地区
Tuguegarao 川上流地区
東海岸中部の Divilacan 湾南部オフィオライト分布地区

東海岸中部 Port Bicobian 西側地区

地域南西部 Dimakawal 鉱地周辺地区

第3因子 (Hg, Pbに関連の強い因子)

脊稜山地中南部の閃緑岩貫入地区及び東海岸南部

第4因子 (Mo) に関連の強い因子)

- Awang Cove 西側閃緑岩分布地区
- Tuguegarao 上流閃緑岩分布地区
- Bicobian 鉍微地周辺地区 (地域南東端)

第5因子 (As) に関連の強い因子)

- 対象地域中北部の Abuan 層, Callao 石灰岩及び Cabagan 層分布地区
- 東海岸の Palanan 南部の Kanaipang 石灰岩分布地区, Dimakawal 鉍微地周辺地区 (地域南東端)

3-3 重鉍物試料の解析

3-3-1 重鉍物パンニング試料分析結果の単一変量解析

北シェラマドレ地域では370個の重鉍物パンニング試料が採取され, Au, Ag 及びGaの3成分について原子吸光法による微量分析がPETROLABで行われた。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。

これら $\bar{X}+1.0\sigma$ 値以上の値を下記の区分により3ランクに分け縮尺 1:1,000,000 の地形図に成分別に色分けしてプロットした。(付図3)

	ランク
$\bar{X}+2.0\sigma$ 値 $\leq Z$	A
$\bar{X}+1.5\sigma$ 値 $\leq Z < \bar{X}+2.0\sigma$ 値	B
$\bar{X}+1.0\sigma$ 値 $\leq Z < \bar{X}+1.5\sigma$ 値	C

この図により各元素の異常値の分布について, 次の3点が明らかになった。

(A) AuのA, B, Cランクの試料は地域南部の脊稜山地の閃緑岩貫入部に多く分布し, Cu, Pb, Zn, Mn, Hg等のグリッド平均値の異常地区と重複を示す。

(B) AgのA, B, Cランクの試料は上記のAuと重複するほか, 東海岸Divilacan 湾南部と東海岸北部のBolos Cove南西の閃緑岩貫入地区に分布し, Cu, Pb, Zn, As, Mo等のグリッド平均値の異常地区と重複を示す。

(C) GaのA, Bランクの試料はCauayan南東のIbulao石灰岩とDibuluan 層との境界付近, Tuguegarao東部のDibuluan層の分布域及び東海岸Divilacan湾南部のDipadian層分布域に見られ, Cauayan南東部ではZnとDivilacan湾南部ではCu, Zn, Mn, Ni, Co, Cr等のグリッド平均値の異常地

表-14 重鉍物パンニング試料の基本的統計量

	Au (ppb)	Ag (ppb)	Ga (ppm)
\bar{X}	31	75	12
$\bar{X}+1.0\sigma$ 値	282	184	18
$\bar{X}+1.5\sigma$ 値	857	287	22
$\bar{X}+2.0\sigma$ 値	2604	448	27
最大値	4600	650	33
最小値	< 20	< 100	< 2.0
検出限界値	20	100	2
検出限界値 以下の出現率	95%	89%	5%

\bar{X} : 平均値 σ : 標準偏差

表-15 重鉍物パンニング試料の構成鉍物の平均重量百分率

鉍物名 略号 重量比	重 鉍 物						造 岩 鉍 物					
	磁鉄鉍 mt	クロマイト cm	イルメナイト il	ルチル ru	鉄鉍物 Fe	ジルコン Z	かんらん石 ol	輝石 P	角閃石 Ho	長石 F	石英 Q	その他 Oth
	49.46%	17.64%	3.62%	0.03%	5.21%	0.26%	3.62%	7.59%	4.56%	5.91%	1.99%	0.31%

区と重複を示す。

3-3-2 重鉍物パンニング試料の構成鉍物鑑定結果の解析

重鉍物パンニング試料40個を任意に選び, PETROLABにおいて双眼顕微鏡により構成鉍物を鑑定した。パンニングは後背地の状況を反映させるため統一した手順方法で行ったため重鉍物含有量の少ない地域では珪酸塩鉍物が多く混入する結果となった。

構成鉍物の平均重量百分率を表-15に示す。

3-3-2-1 重鉍物構成比の分布状況

付図-4は鑑定試料の重鉍物の構成比を扇形グラフにして採取点にプロットしたものである。

これによると重鉍物総量の割合は次の3群に大別され, 各群ごとに異なる地区に分布していることが分る。

(A) 重鉍物構成比 73~98%の試料群 (試料数28個)

主要鉍物は磁鉄鉍とクロマイトで, これらは互いに明瞭な負の相関を示す。この試料群はオフィオライトを基盤とする東部地域と火砕岩を含むAbuan層とこれに貫入するシェラマドレ底盤からなる脊稜部に分布する。構成比は東部地区と脊稜部の南部と北部で高く, 脊稜部の中部では高低の変化に富む傾向が見られる。

(B) 重鉍物構成比 53~68%の試料群 (試料数8個)

主要鉍物は磁鉄鉍とクロマイトで, イルメナイトを伴うのが特徴である。構成比が60%以上の試料ではこれらに負の相関が認められる。この試料群は脊稜部の西斜面が盆地に移る部分に分布する。

(C) 重鉍物構成比 16~26%の試料群 (試料数3個)

主要重鉍物は磁鉄鉍とクロマイトであるが, その含有率は低い。分布地域は山麓部の扇状地である。

これら構成鉍物間の相関係数を表-16に示す。

3-4 地化学探査異常帯と鉍微地の関係

北シェラマドレ地域で調査した鉍微地と各種地化学探査の解析結果との関係を表-17に示す。これによると単一変量解析でクロムの鉍微地に密接に伴うの

表-16 重鉍物パンニング試料構成鉍物間の相関係数表

	mt	cm	il	ru	Fe	Z	Ol	P	Ho	F	Q	Oth
mt	1.00											
cm	-0.47	1.00										
il	-0.07	0.06	1.00									
ru	0.12	-0.05	-0.03	1.00								
Fe	-0.52	0.22	-0.37	-0.01	1.00							
Z	-0.20	0.01	0.52	-0.07	-0.08	1.00						
Ol	-0.46	-0.18	0.42	-0.13	0.21	0.51	1.00					
P	-0.42	-0.40	-0.25	-0.13	0.28	0.03	0.25	1.00				
Ho	-0.23	-0.42	-0.11	0.11	-0.13	-0.03	0.11	0.45	1.00			
F	-0.52	-0.40	-0.25	-0.09	0.28	-0.08	0.40	0.75	0.59	1.00		
Q	-0.52	-0.40	-0.07	-0.07	0.33	0.02	0.53	0.60	0.55	0.87	1.00	
Oth	-0.35	-0.20	-0.18	-0.04	0.28	-0.10	0.38	0.37	0.09	0.61	0.59	1.00

Oth: その他の鉍物

4. 広域探査データの解釈

第一年度に実施したランドサットの画像解析による対象地域のリニアメントの抽出図 (JICA・MMAJ, 1984) とカウンターパートのMGBが1966年以降実施した対象地域の重力探査の結果を縮尺1:1,000,000の地形図にプロットし (付図6, 5参照), 地質・鉱床調査結果との関連を解析した。

4-1 リニアメントデータ

付図-6に上記のJICA・MMAJが作製したリニアメント図とカウンターパート (DENR) が1985年に作製した総合リニアメント図を色分けして示した。

これによると Divilacan 湾を南北に通る Divilacan 断層が明瞭に認められるほか, 本地域の南北系の地質境界は優勢な南北系のリニアメントによく反映されている。

また Ilagan 南東部の Dibuluan 層と Cabagan 層の東への突出は, リニアメントの同形の彎曲として反映されている。更に, Tuguegarao 東部の Paret 彎曲は北東系, 南北系及び東西系のリニアメントとして夫々対応する位置に認められる。

4-2 重力探査データ

付図-5は対象地域の重力のブーゲー (Bouguer) 異常を10milliGalごとのコンターで示したものである。

これによるとブーゲー異常は南北系のトレンドを示し, 全般に東に高く, 西に低い傾向を示す。これらの配置は東部の比重の高いオフィオライトから西方へ Abuan 層・北シェラマドレ底盤を経て Cagayan 盆地の新第三系に至る本地域の構造をよく反映している。

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

本総合評価の対象となった北シェラマドレ地域はルソン島北部の東部地形区から中央地形区にわたる地域でIsabela州の主要部とCagayan州の南部を含む。地質は東海岸のDivilacan湾を通る南北系の衝上断層により、オフィオライト地塊を基盤とする東部地域と漸新世の火砕岩よりなるAbuan層とこれに貫入した北シェラマドレ底盤及び新第三系からなるCagayan盆地からなる西部地域に分けられる。

5-1-1-1 東部地域

東部地域は一連のオフィオライトを基盤とする。この主体をなすIsabela超塩基性岩類は大部分がかんらん岩でダナイトのレンズを伴い、クロマイト鉱床の主な母岩となっている。

Bicobian玄武岩、Dikinamaranチャートが順次この超塩基性岩類を覆って堆積している。

第三紀以降の岩層としては中新世のDierico層、Palanan層及び鮮新世のKanaipang石灰岩等の前縁盆地の堆積物が基盤を不整合に覆って分布する。

火成活動としては白亜紀のオフィオライトを形成した海底火成活動がある。

5-1-1-2 西部地域

西部地域は始新世から漸新世中期の玄武岩～石英安山岩溶岩と火砕岩及びこれと同時に形成される火山起源の硬砂岩及び礫岩層からなる基盤が、中央部の山脈部に広く分布する。

閃緑岩ないし花崗閃緑岩からなる北シェラマドレ底盤が漸新世以前のこれらの堆積岩に貫入し、一部は岩株状又はキューボラ状を示す。

これら全てを漸新世後期の玄武岩溶岩及び火砕岩(Dibuluan層)が不整合に覆い、更にフレッシュ型の堆積物からなる中新世のLubuagan層のタービダイトが不整合に覆っている。

中新世後期のCallao石灰岩層は下部でLubuagan層の一部と上部でCabagan層のタービダイトの一部と互層する。

本地域最上部層は鮮新世～更新世のIlagan層の砂岩、頁岩及び多源礫岩からなる。

山脈部は火成活動弧で、その西側のCagayan川流域は典型的な後縁盆地(backarc basin)であり、漸新世のMasipi緑色凝灰岩層より上位の各層が西に緩やかに傾斜する単斜構造を示している。

火成活動として漸新世後期の北部シェラマドレ底盤の貫入が主体で閃緑岩類の岩株が南北の方向に断続して分布する。

このほか始新世から漸新世中期の玄武岩～石英安山岩の火成活動及び漸新世後期の玄武岩の火成活動が知られている。

5-1-1-3 地質構造

本地域の地質構造の形成は東方沖合に存在した海溝(古東ルソン海溝)での海底地殻のサブダクションに緊密に関係している。このサブダクションは始新世に始まり、漸新世後期に終結した。

現在東ルソン海溝でサブダクションが復活している。

5-1-2 鉱化作用

北シェラマドレ地域の鉱化作用のうち、重要なものは次の4種である。

(A) 正岩漿性鉱化作用：基盤のIsabela超塩基性岩類を母岩とするクロム、ニッケルの鉱化作用

(B) キプロス型塊状硫化鉱の鉱化作用：基盤のBicobian玄武岩の枕状溶岩とDikinamaran層のチャートの境界部にみられる。

(C) 漸新世の玄武岩に伴う火山角礫岩中の硫化銅鉱の鉱脈、鉱染状鉱化作用：Abuan層の玄武岩に伴う火山角礫岩中に生じ、熱水変質帯を伴う。

(D) 斑岩銅鉱床型鉱化作用：北シェラマドレ底盤と基盤岩類の安山岩及び石英安山岩との接触部に見られる、絹雲母化及び緑泥石化作用を伴っている。

5-1-3 地化学探査結果の総合解析

各種地化学探査の結果判明した異常値を示すグリッドから次の基準により異常帯を抽出した。

異常帯の選定基準

『2個以上の異常グリッドの集合で、2元素以上の重複異常がみられ、かつ2種類以上の解析方法で重複異常がみとめられたもの。』

この選定基準により抽出された、7個所の異常帯とその特性を表-18に示す。

表-18 抽出異常帯と地化学異常解析結果との関係

No.	Extracted anomalous zones	位置	グリッド平均値										ハイパスフィルター値										因子分析					地質状況と 鉱化作用					
			Cu	Pb	Zn	Ag	As	Mn	Ni	Co	Hg	Cr	Cu	Pb	Zn	Ag	As	Mn	Ni	Co	Hg	Cr	1.	2.	3.	4.	5.						
1.	対象地域北部のCapisayan北部	121° 54' E 16° 02' N	○		○			○						○		○												○					Capisayan West・EastのFeの鉱化地がある
2.	東海岸Awang Cove西部	122° 09' E 17° 21' N	○					○						○														○					閃緑岩の貫入に伴い変質帯が発達する
3.	Tuguegrao川上流	122° 00' E 17° 37' N	○		○										○		○											○	○	○			同上
4.	東海岸Divilacan湾南部	122° 18' E 17° 15' N	○		○			○	○	○	○	○	○	○														○					オフィオライト地帯で多くの鉱化地がある
5.	東海岸Port Bicobian西部	122° 24' E 17° 15' N	○					○	○	○	○	○															○	○				塊状硫化鉱のBicobian鉱化地がある	
6.	東海岸Dinatadmo Point西側	122° 18' E 16° 38' N						○	○	○	○																○	○				超塩基性岩類に伴うクロマイト鉱床がある	
7.	Dimakawai 鉱化地周辺部	122° 13' E 16° 28' N	○	○	○			○						○	○	○											○	○	○	○		塊状硫化鉱の鉱化地が知られている	

○：地化学探査で異常値を示した元素

5-1-3-1 各異常帯の評価

表-18にあげた7個所の異常帯の評価は下記の通りである。(各鉱徴地に付けた番号は表-1, 2及び付図-7に対応する)

(1) 西部地域北部のCapisayan北側: この異常帯は同地区に知られている漸新世の堆積性鉄鉱層からなるCapisayan West (16) 及び同Eastの鉱徴地に伴っているが、これらの鉱徴地で得られた品位が低かったので有望地から除外した。

(2) 東海岸Awang Cove西部: この異常帯は異常値を示す元素数も少ない上、閃緑岩の貫入帯から離れているため有望地から除外した。

(3) Tuguegarao川上流: この異常帯は貫入閃緑岩の周辺にあり、Casablangan (14), Dinacdacan (15), の鉱徴地を伴っている。これらの鉱徴地では黄鉄鉱の鉱染を伴う緑泥石化帯・絹雲母化帯が認められ、斑岩銅鉱型の鉱化作用が期待されるので有望地Ⅲに選んだ。

(4) Divilacan湾南部及び(5) Port Bicobian西部: これらの異常帯は共に東部地域のオフィオライト地帯にあり、異常値を示す元素も、ほぼ同種類なのでキプロス型塊状硫化鉱のBicobian 鉱徴地 (28) が知られているPort Bicobian西部地区を有望地Ⅱに選んだ。

(6) 東海岸Dinatadmo Point西側: この異常帯はIsabela超塩基性岩類中にあり、開発中のCAS CHROME WASAYAN鉱山に伴っているため有望地から除外した。

(7) Dimakawal 鉱徴地周辺部: この異常帯は漸新世のAbuan 層中にあり、鉱染状硫化鉱の鉱徴地であるDimakawal (19), 鉱脈の鉱徴地であるPalig Creek (54) を伴っている。多くの元素の異常グリッドが重複しており、閃緑岩の貫入帯に近いので有望地Ⅰに選んだ。

5-2 結 論

本地域から有望地区を選定すると次のような優先順位となる。

I) Dimakawal 鉱徴地周辺地区 (地域南東端)

始新世のAbuan 層の玄武岩に伴う火山角礫岩中にみられる鉱脈、鉱染状の鉱化帯である。期待される鉱種はCu, Pb, Znである。

II) Port Bicobian 西部地区 (東海岸)

東部地域のオフィオライト地帯にみられるキプロス型塊状硫化鉱の鉱化帯で、層状マンガン及びレンズ状クロマイトの鉱化帯も知られている。期待される鉱種はCu, Zn, Mn, Crである。

III) Tuguegarao川上流地区 (脊梁山脈北部)

北シエラマドレ山脈北部のTuguegarao川上流にある閃緑岩質貫入岩体とAbuan層の安山岩及びMt.Cresta層の石英安山岩の接触部に黄鉄鉱を伴う緑泥石化帯、絹雲母化帯が認められる。斑岩銅鉱型の鉱化作用が期待される。期待される鉱種はCu, Znである。

以 上

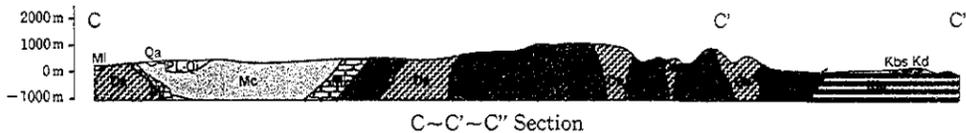
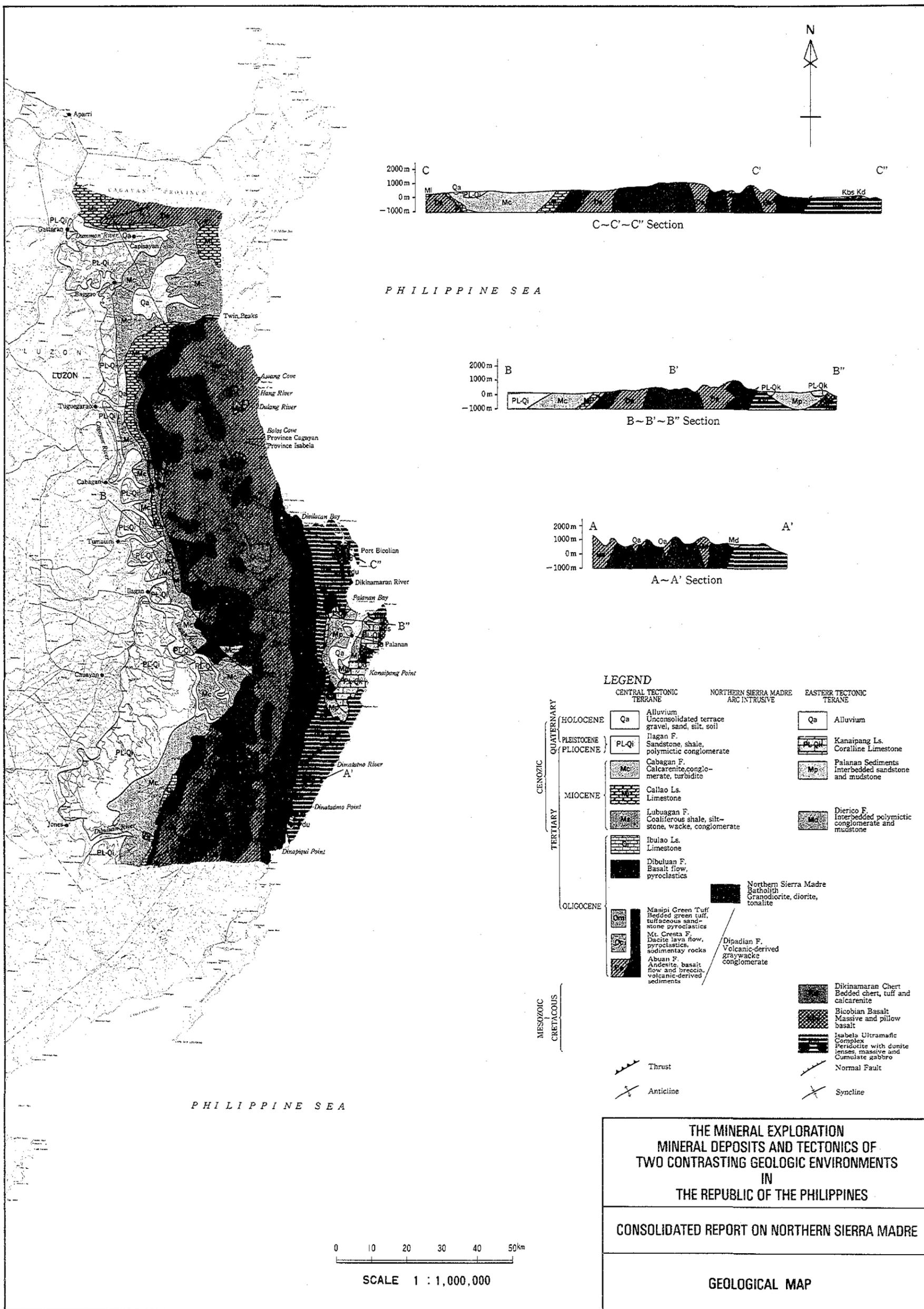
参考文献

- Aurelio, M. A., et al., 1987, ¹ms., Tectonic Implications of the Geology and Mineral Resources of Northern Sierra Madre.
- Balce, G. R., et al., 1980, Metallogenesis in the Philippines, Explanatory text for the CGMW Metallogenic Map of the Philippines, Metallogeny of Asia.
- Bed, 1986, ²unpub., Sedimentary Basins of the Philippines: Their Geology and Hydrocarbon Potential.
- BMG, 1981, Geology and Mineral Resources of the Philippines, vol.I
- BMG, 1986, id vol.II
- Caagusan, N. L. 1986, Source Material, Compaction History and Hydrocarbon Occurrences in the Cagayan Valley Basin, Luzon, Philippines, PNOC.
- Caagusan, N. L. 1986, Stratigraphy of the Cagayan Valley Basin, 44p.
- Cabantog, A. V. 1974, ms. Geological Field Verification of Copper manganese, etc., Deposits of Black Rock Mining Corporation in Barrio Dimakawal San Mariano, Isabela.
- Christian, L. B., 1964 Post Oligocene Tectonic History of the Cagayan Valley Basin. *The Philippines Geologist*, vol.18, pp.114-147.
- De Guzman, R., 1968, Geology of Bicobian, Port Area GSP, p.109.
- DENR, 1985, Lineament Map from LANDSAT Imagery (1 : 250,000).
- Durkee, E. F. and Pedersen, S. L., 1961, Geology of Northern Luzon, AAPG Bull., vol.45, pp.137-168.
- Hamburger, M. W., Cardwell, R. K. and Isacks, B. L., 1983, Seismotectonics of the Philippine Island Arc. Edited by D. E. Hayes. *The Tectonic and Geologic Evolution of Southeast Asian Seas and Islands Part 2*, Edited by Hayes, D.E., pp.1-22.
- JICA-MMAJ., 1987, Report on the Mineral Exploration - Mineral Deposits and Tectonics of two Contrasting Geologic Environments in the Republic of the Philippines. Phase III (Part I), the Northern Sierra Madre Area.
- Jones, D.L., Howell, D. G., Coney, P.J. and Monger, J. W. H., 1983, Recognition, Character and Analysis of Tectonostratigraphic Terranes in the Western North America, *Accretion Tectonics in the Circum-Pacific Region*, Edited by Hashimoto, M. and Uyeda, S. pp.21-35.
- Karig, D. E., 1982, Accreted Terranes in the Northern Part of the Philippine Archipelago, Philippine SEATAR Committee Special Publication No.1, p.9-11.
- Lewis, S. D. and Hayes, D. E., 1983, The tectonics of Northward Propagating Subduction Along Eastern Luzon, Philippine Islands, in the Tectonic and Geologic Evolution of Southeast Asian Seas and Islands, Part 2, pp.57-94.
- McCabe, R. L., Almasco, J. N. and Yumul, G. P. Jr., 1985, Terranes in the Central Philippines, *The Philippine Geologist*, vol.39, No.1, pp.3-23.
- Tamesis, E. V., 1976, The Cagayan Valley Basin - A Second Exploration Cycle is Warranted, SEAPAX Program, 21p.
- Uyeda, S. and McCabe, R. L., 1982, A possible Mechanism of Episodic Spreading of the Philippine Sea, *Geological Survey of Japan, Bulletin, Special Vol.1 No.1*, pp.130-142.
- Zanoria, A. S., Domingo, E. G., Bacuta, G. C. and Almeda, R. L., 1984, Geology and Tectonic Setting of Copper and Chromite Deposits of the Philippines, *Geological Survey of Japan Report, No.263*, pp.209-233.

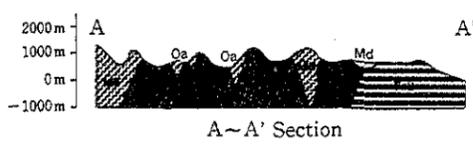
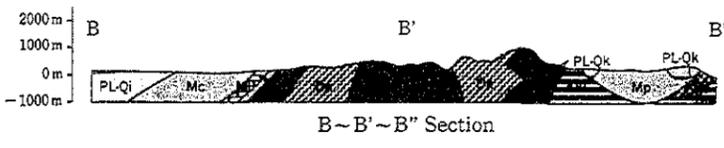
¹ms.; manuscript

²unpub.; unpublished

付図-1 地質図・断面図 (1/1,000,000)



PHILIPPINE SEA



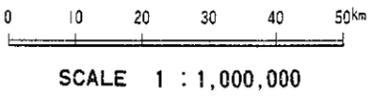
LEGEND

	CENTRAL TECTONIC TERRANE	NORTHERN SIERRA MADRE ARC INTRUSIVE	EASTERN TECTONIC TERRANE
CENOZOIC	QUATERNARY		
	HOLOCENE	Qa Alluvium Unconsolidated terrace gravel, sand, silt, soil	Qa Alluvium
	PLEISTOCENE	PL-Qi Ilagan F. Sandstone, shale, polymictic conglomerate	PL-Qk Kanaipang Ls. Coralline Limestone
		Mc Cabagan F. Calcarene conglomerate, turbidite	Mp Palanan Sediments Interbedded sandstone and mudstone
	MIOCENE	Callao Ls. Limestone	
		Ma Lubagan F. Coaliferous shale, siltstone, wacke, conglomerate	Md Dierico F. Interbedded polymictic conglomerate and mudstone
		Ibulao Ls. Limestone	
		Dibulan F. Basalt flow, pyroclastics	
	OLIGOCENE	Omi Masipi Green Tuff Bedded green tuff, tuffaceous sandstone pyroclastics	Northern Sierra Madre Batholith Granodiorite, diorite, tonalite
		Oca Mt. Cresta F. Dacite lava flow, pyroclastics, sedimentary rocks	Dipadian F. Volcanic-derived graywacke conglomerate
MESOZOIC			
			Dikinamaran Chert Bedded chert, tuff and calcarenite
			Bicobian Basalt Massive and pillow basalt
			Isabela Ultramafic Complex Peridotite with dunite lenses, massive and cumulate gabbro
			Normal Fault
			Syncline
			Thrust
			Anticline

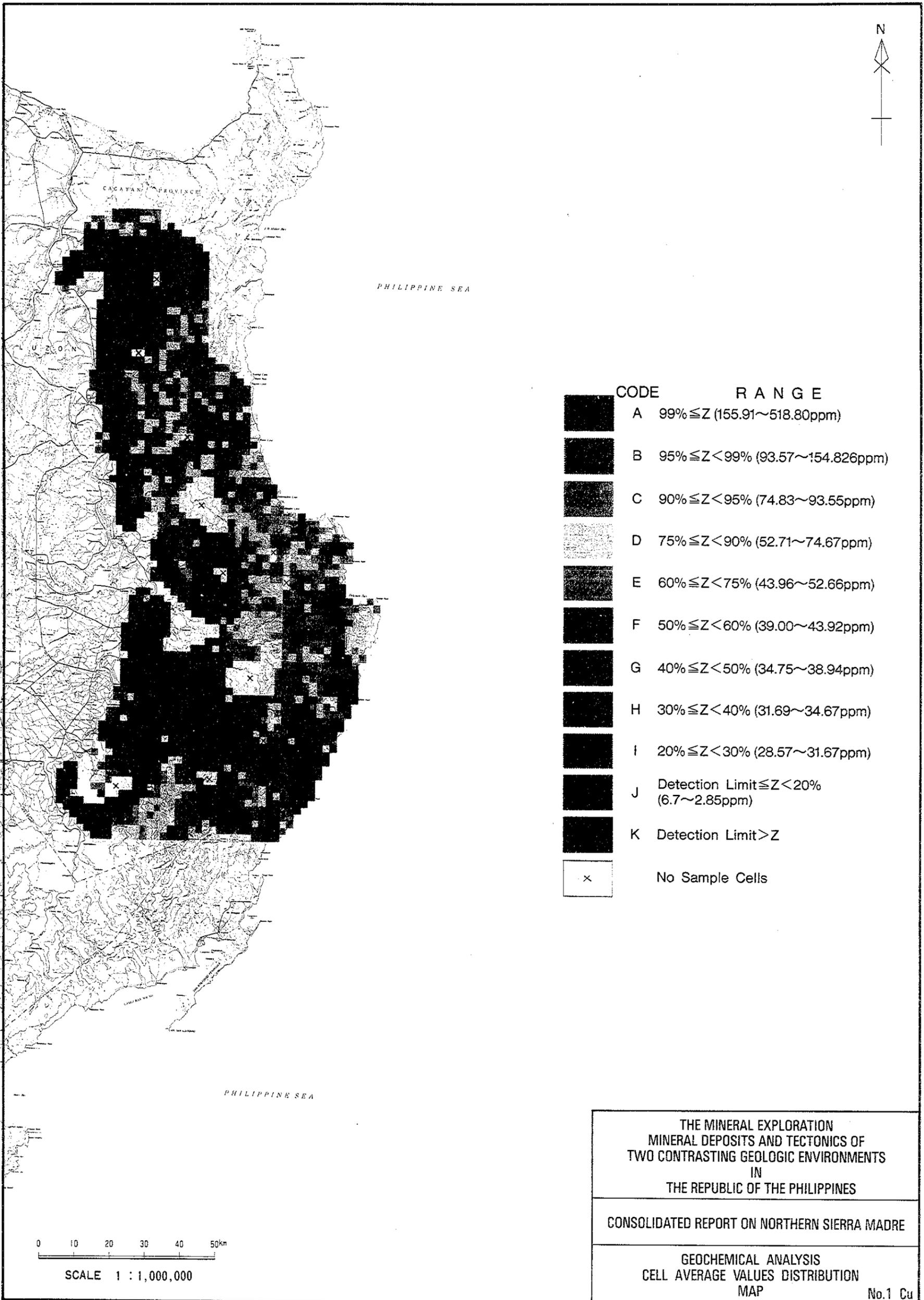
**THE MINERAL EXPLORATION
MINERAL DEPOSITS AND TECTONICS OF
TWO CONTRASTING GEOLOGIC ENVIRONMENTS
IN
THE REPUBLIC OF THE PHILIPPINES**

CONSOLIDATED REPORT ON NORTHERN SIERRA MADRE

GEOLOGICAL MAP



付図-2-1 (No.1~No.10) グリッド平均値分布図 (1/1,000,000)



PHILIPPINE SEA

PHILIPPINE SEA

CODE	RANGE
A	99% ≤ Z (155.91~518.80ppm)
B	95% ≤ Z < 99% (93.57~154.826ppm)
C	90% ≤ Z < 95% (74.83~93.55ppm)
D	75% ≤ Z < 90% (52.71~74.67ppm)
E	60% ≤ Z < 75% (43.96~52.66ppm)
F	50% ≤ Z < 60% (39.00~43.92ppm)
G	40% ≤ Z < 50% (34.75~38.94ppm)
H	30% ≤ Z < 40% (31.69~34.67ppm)
I	20% ≤ Z < 30% (28.57~31.67ppm)
J	Detection Limit ≤ Z < 20% (6.7~2.85ppm)
K	Detection Limit > Z
x	No Sample Cells

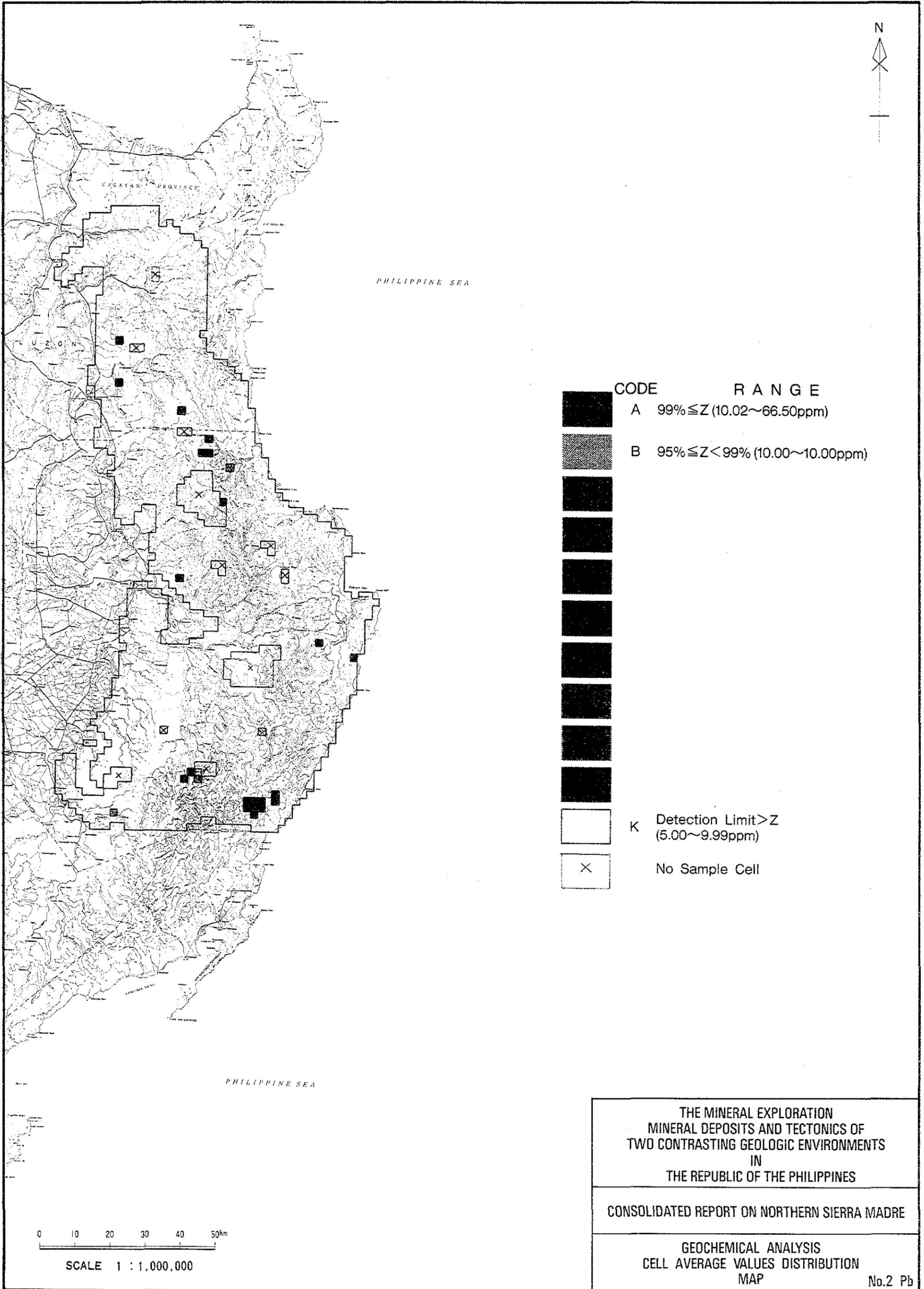
0 10 20 30 40 50km
SCALE 1 : 1,000,000

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

CONSOLIDATED REPORT ON NORTHERN SIERRA MADRE

GEOCHEMICAL ANALYSIS
CELL AVERAGE VALUES DISTRIBUTION
MAP

No.1 Cu



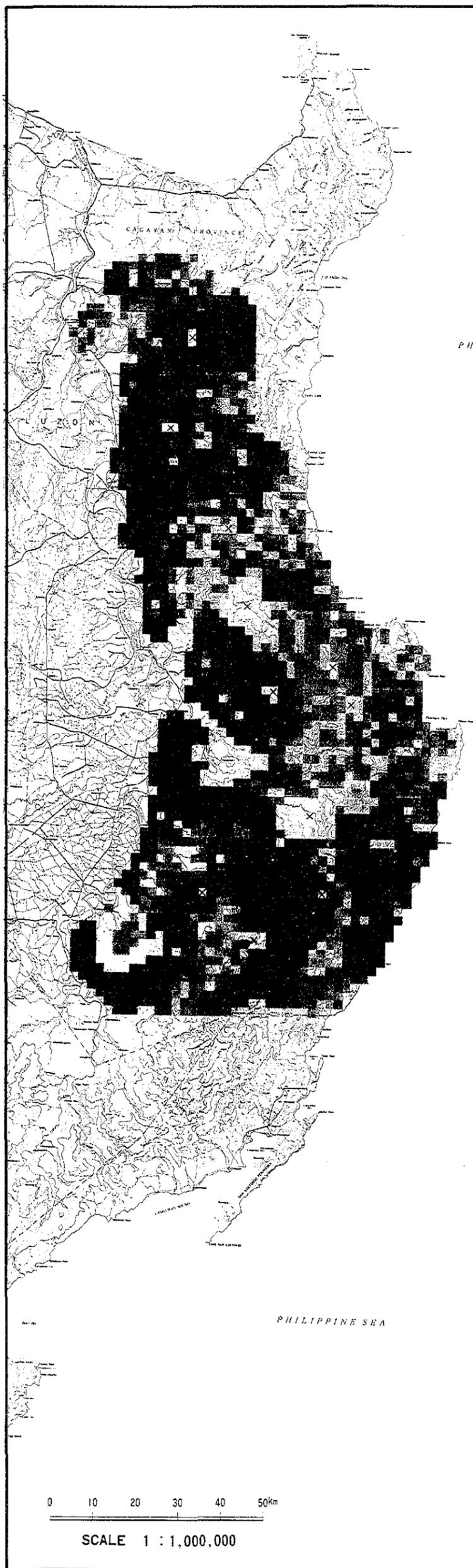
CODE	RANGE
A	$99\% \leq Z$ (10.02~66.50ppm)
B	$95\% \leq Z < 99\%$ (10.00~10.00ppm)
K	Detection Limit $> Z$ (5.00~9.99ppm)
X	No Sample Cell

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

CONSOLIDATED REPORT ON NORTHERN SIERRA MADRE

GEOCHEMICAL ANALYSIS
 CELL AVERAGE VALUES DISTRIBUTION
 MAP

No.2 Pb



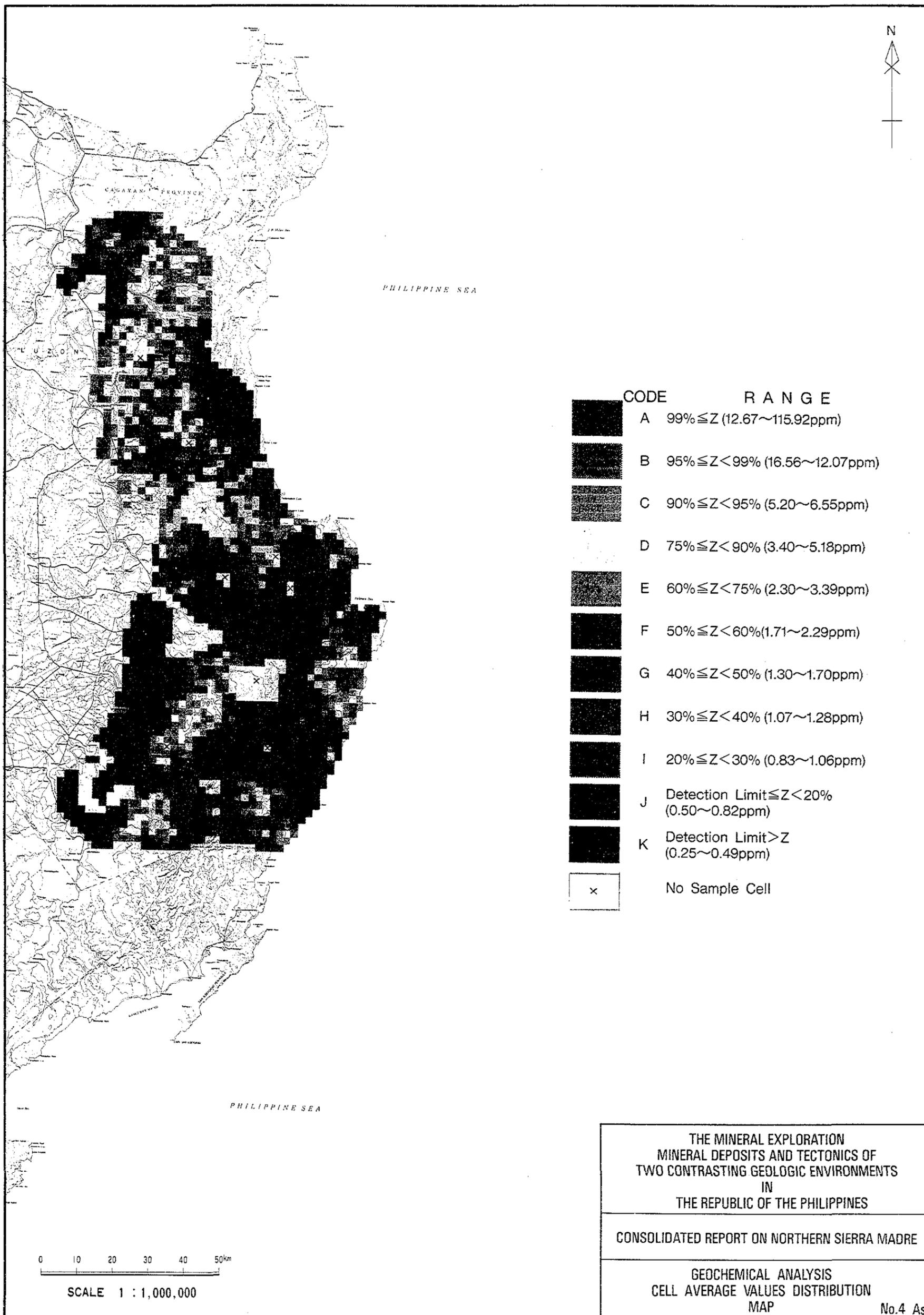
CODE	RANGE
A	$99\% \leq Z$ (299.0~1,565.4ppm)
B	$95\% \leq Z < 99\%$ (173.8~288.0ppm)
C	$90\% \leq Z < 95\%$ (147.67~173.80ppm)
D	$75\% \leq Z < 90\%$ (115.67~147.50ppm)
E	$60\% \leq Z < 75\%$ (97.50~115.67ppm)
F	$50\% \leq Z < 60\%$ (87.27~97.49ppm)
G	$40\% \leq Z < 50\%$ (79.19~87.23ppm)
H	$30\% \leq Z < 40\%$ (71.02~79.18ppm)
I	$20\% \leq Z < 30\%$ (61.52~71.00ppm)
J	Detection Limit $\leq Z < 20\%$ (13.0~61.50ppm)
K	Detection Limit $> Z$
x	No Sample Cell

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

 CONSOLIDATED REPORT ON NORTHERN SIERRA MADRE

 GEOCHEMICAL ANALYSIS
 CELL AVERAGE VALUES DISTRIBUTION
 MAP

No.3 Zn



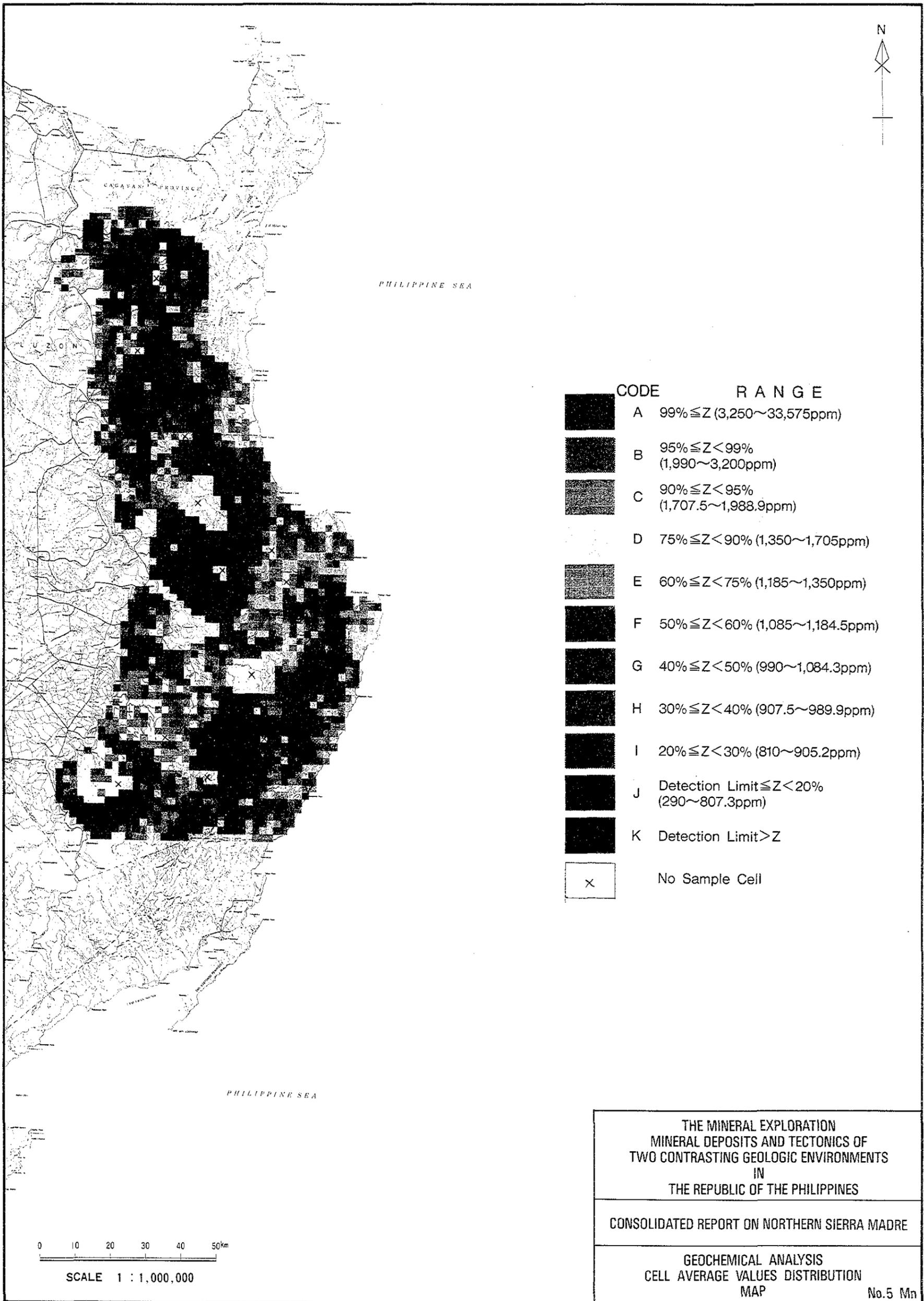
CODE	RANGE
A	99% \leq Z (12.67~115.92ppm)
B	95% \leq Z < 99% (16.56~12.07ppm)
C	90% \leq Z < 95% (5.20~6.55ppm)
D	75% \leq Z < 90% (3.40~5.18ppm)
E	60% \leq Z < 75% (2.30~3.39ppm)
F	50% \leq Z < 60% (1.71~2.29ppm)
G	40% \leq Z < 50% (1.30~1.70ppm)
H	30% \leq Z < 40% (1.07~1.28ppm)
I	20% \leq Z < 30% (0.83~1.06ppm)
J	Detection Limit \leq Z < 20% (0.50~0.82ppm)
K	Detection Limit > Z (0.25~0.49ppm)
x	No Sample Cell

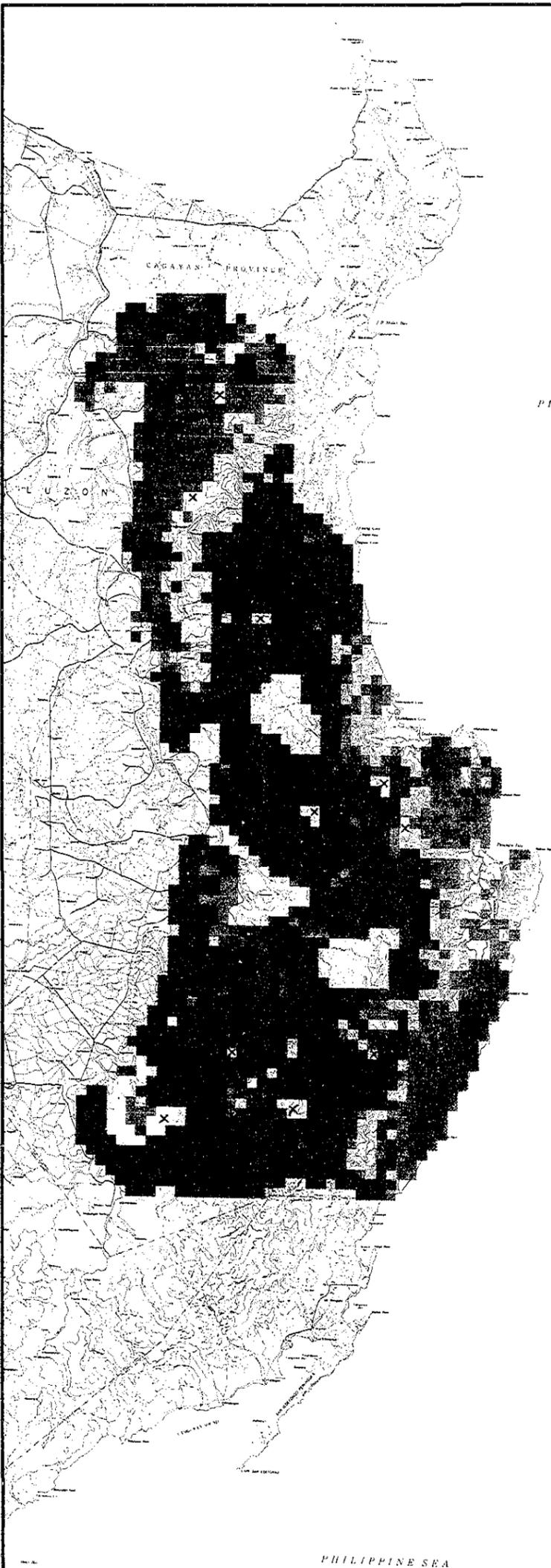
THE MINERAL EXPLORATION
MINERAL DEPOSITS AND TECTONICS OF
TWO CONTRASTING GEOLOGIC ENVIRONMENTS
IN
THE REPUBLIC OF THE PHILIPPINES

CONSOLIDATED REPORT ON NORTHERN SIERRA MADRE

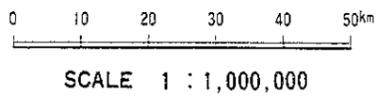
GEOCHEMICAL ANALYSIS
CELL AVERAGE VALUES DISTRIBUTION
MAP

No.4 As





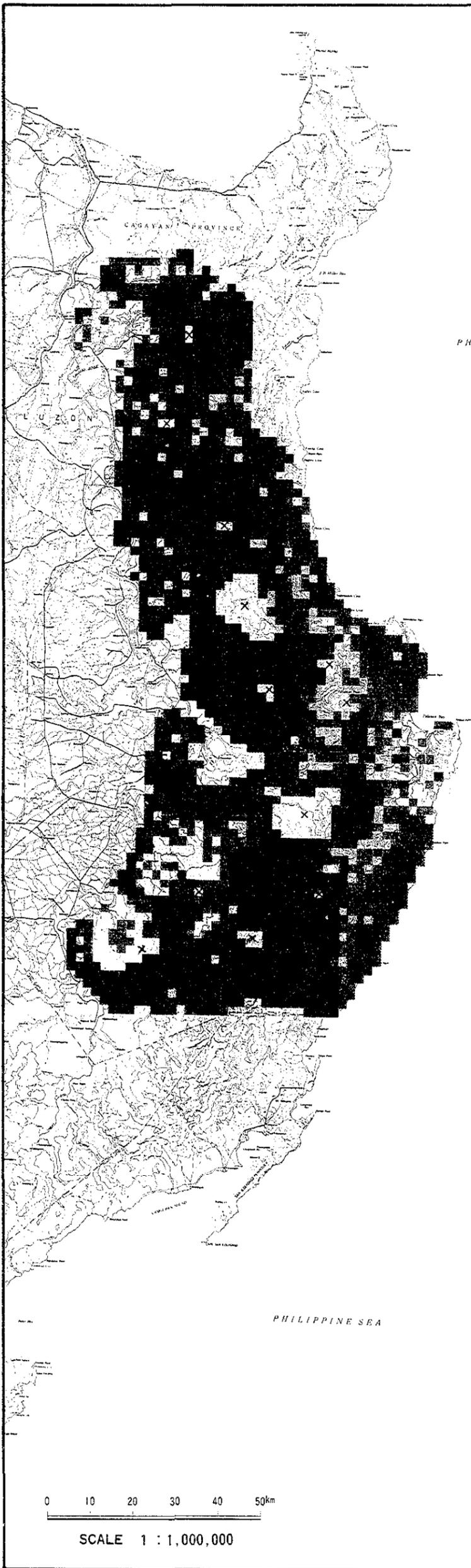
CODE	R A N G E
A	99% \leq Z (3,000~6,100ppm)
B	95% \leq Z < 99% (1,345~2,998.48ppm)
C	90% \leq Z < 95% (345~1,331.70ppm)
D	75% \leq Z < 90% (31.20~340ppm)
E	60% \leq Z < 75% (23.67~31.15ppm)
F	50% \leq Z < 60% (20.33~23.63ppm)
G	40% \leq Z < 50% (17.75~20.29ppm)
H	30% \leq Z < 40% (15.71~17.71ppm)
I	20% \leq Z < 30% (13.63~15.70ppm)
J	Detection Limit \leq Z < 20% (3.00~13.62ppm)
K	Detection Limit > Z
x	No Sample Cell



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

 CONSOLIDATED REPORT ON NORTHERN SIERRA MADRE

 GEOCHEMICAL ANALYSIS
 CELL AVERAGE VALUES DISTRIBUTION
 MAP No.6 Ni



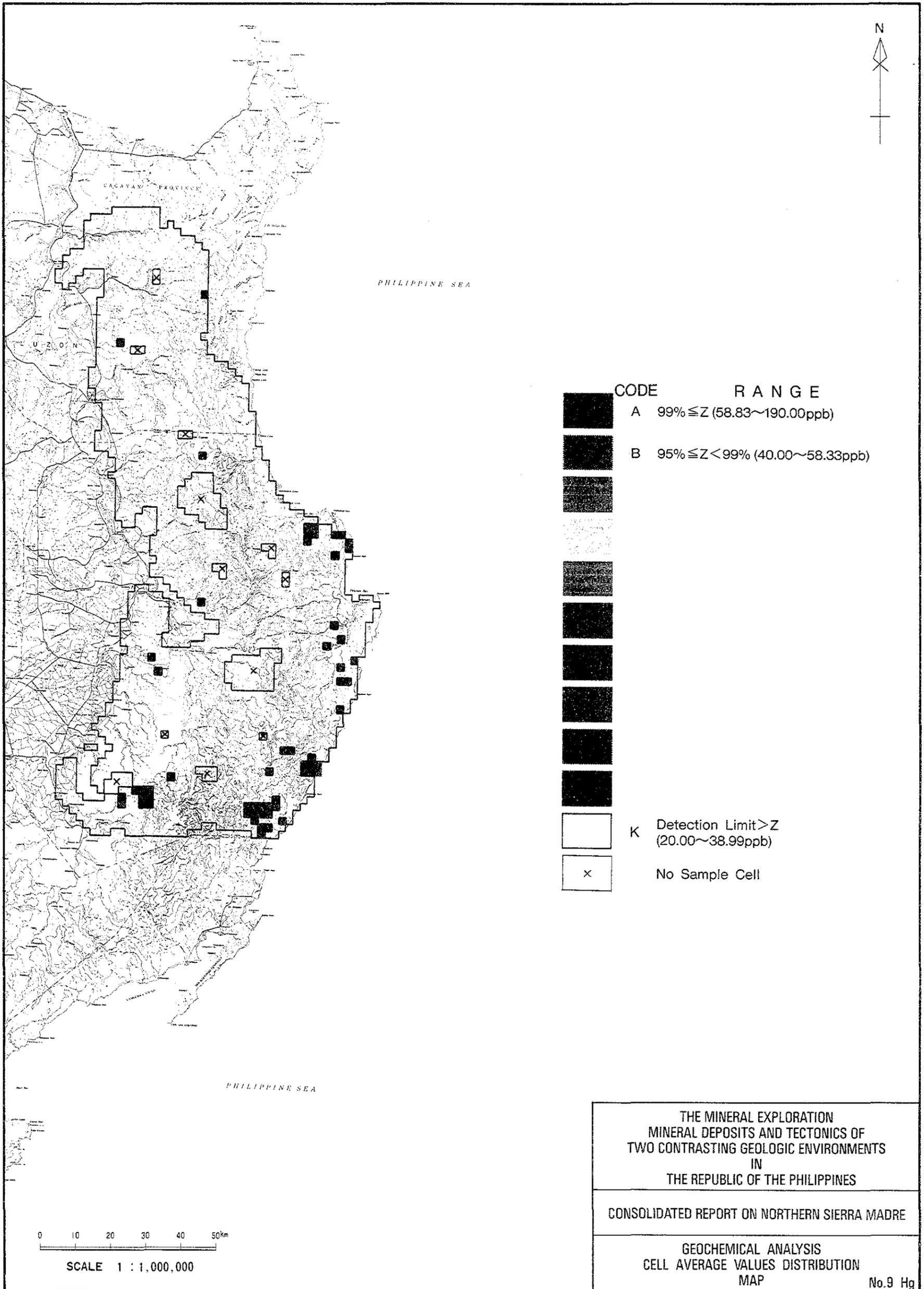
CODE	RANGE
A	99% \leq Z (216.85~461.00ppm)
B	95% \leq Z < 99% (92.50~216.80ppm)
C	90% \leq Z < 95% (47.51~92.18ppm)
D	75% \leq Z < 90% (32.50~47.50ppm)
E	60% \leq Z < 75% (27.73~32.47ppm)
F	50% \leq Z < 60% (25.75~27.67ppm)
G	40% \leq Z < 50% (23.73~25.73ppm)
H	30% \leq Z < 40% (21.33~23.72ppm)
I	20% \leq Z < 30% (18.60~21.29ppm)
J	Detection Limit \leq Z < 20% (4.00~8.50ppm)
K	Detection Limit > Z
x	No Sample Cell

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

CONSOLIDATED REPORT ON NORTHERN SIERRA MADRE

GEOCHEMICAL ANALYSIS
 CELL AVERAGE VALUES DISTRIBUTION
 MAP

No.7 Co



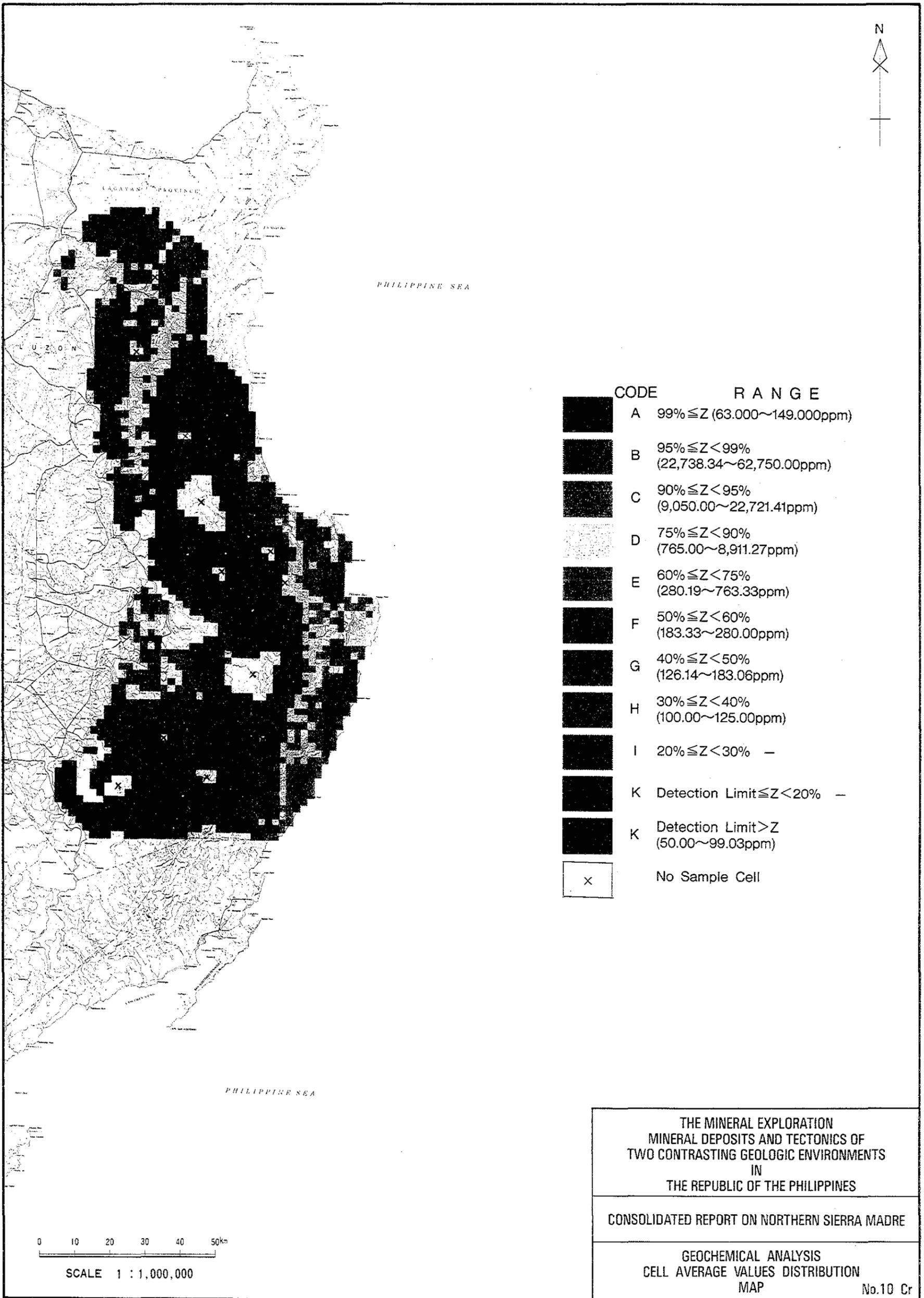
CODE	RANGE
A	99% ≤ Z (58.83~190.00ppb)
B	95% ≤ Z < 99% (40.00~58.33ppb)
K	Detection Limit > Z (20.00~38.99ppb)
x	No Sample Cell

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

CONSOLIDATED REPORT ON NORTHERN SIERRA MADRE

GEOCHEMICAL ANALYSIS
 CELL AVERAGE VALUES DISTRIBUTION
 MAP

No.9 Hg



PHILIPPINE SEA

LUZON

CAGAYAN PROVINCE

CODE	RANGE
A	$99\% \leq Z$ (63.000~149.000ppm)
B	$95\% \leq Z < 99\%$ (22,738.34~62,750.00ppm)
C	$90\% \leq Z < 95\%$ (9,050.00~22,721.41ppm)
D	$75\% \leq Z < 90\%$ (765.00~8,911.27ppm)
E	$60\% \leq Z < 75\%$ (280.19~763.33ppm)
F	$50\% \leq Z < 60\%$ (183.33~280.00ppm)
G	$40\% \leq Z < 50\%$ (126.14~183.06ppm)
H	$30\% \leq Z < 40\%$ (100.00~125.00ppm)
I	$20\% \leq Z < 30\%$ —
K	Detection Limit $\leq Z < 20\%$ —
K	Detection Limit $> Z$ (50.00~99.03ppm)
x	No Sample Cell

PHILIPPINE SEA

0 10 20 30 40 50km

SCALE 1 : 1,000,000

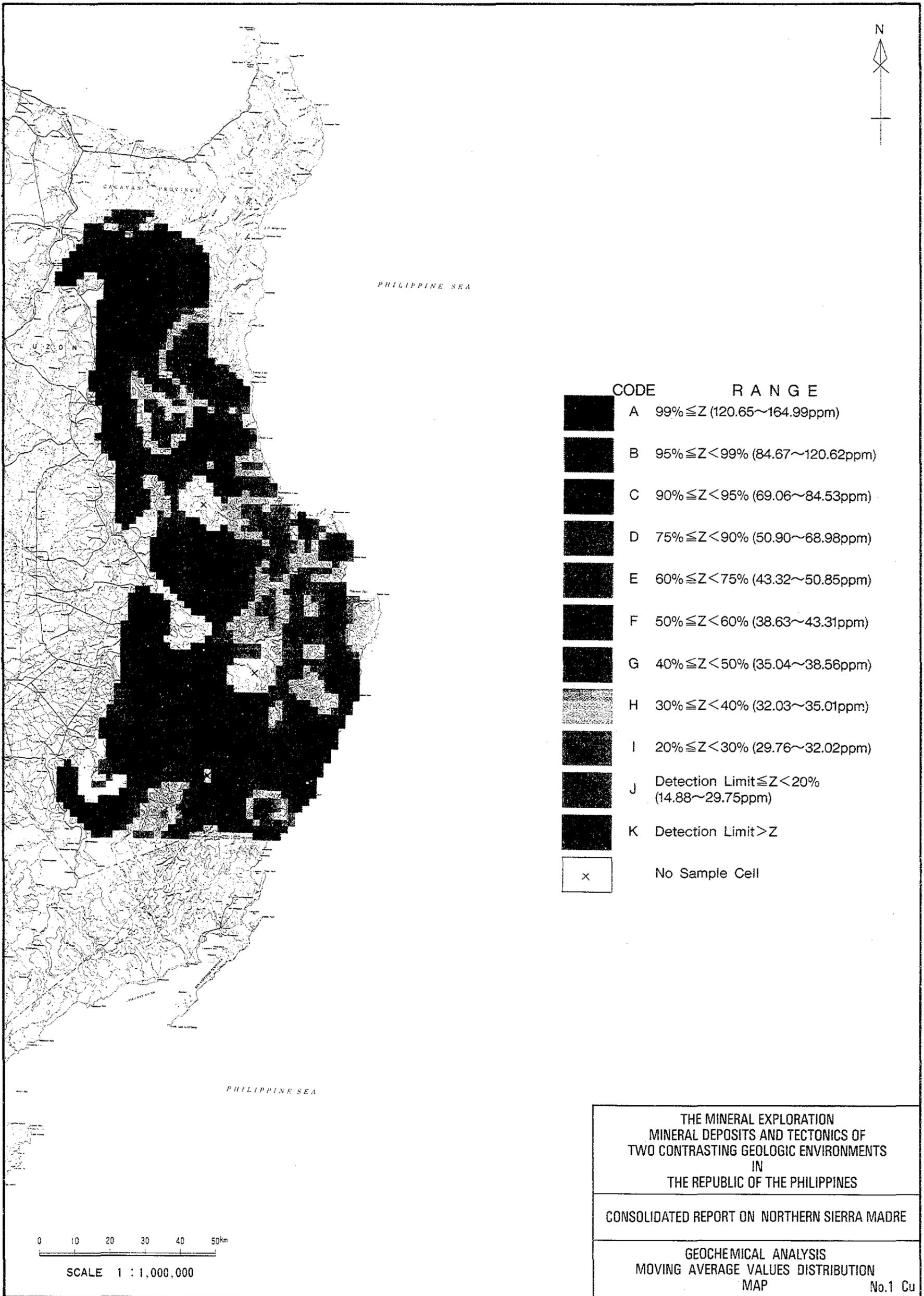
THE MINERAL EXPLORATION
MINERAL DEPOSITS AND TECTONICS OF
TWO CONTRASTING GEOLOGIC ENVIRONMENTS
IN
THE REPUBLIC OF THE PHILIPPINES

CONSOLIDATED REPORT ON NORTHERN SIERRA MADRE

GEOCHEMICAL ANALYSIS
CELL AVERAGE VALUES DISTRIBUTION
MAP

No.10 Cr

付図-2-2 (No.1~No.10) 移動平均値分布図 (1/1,000,000)



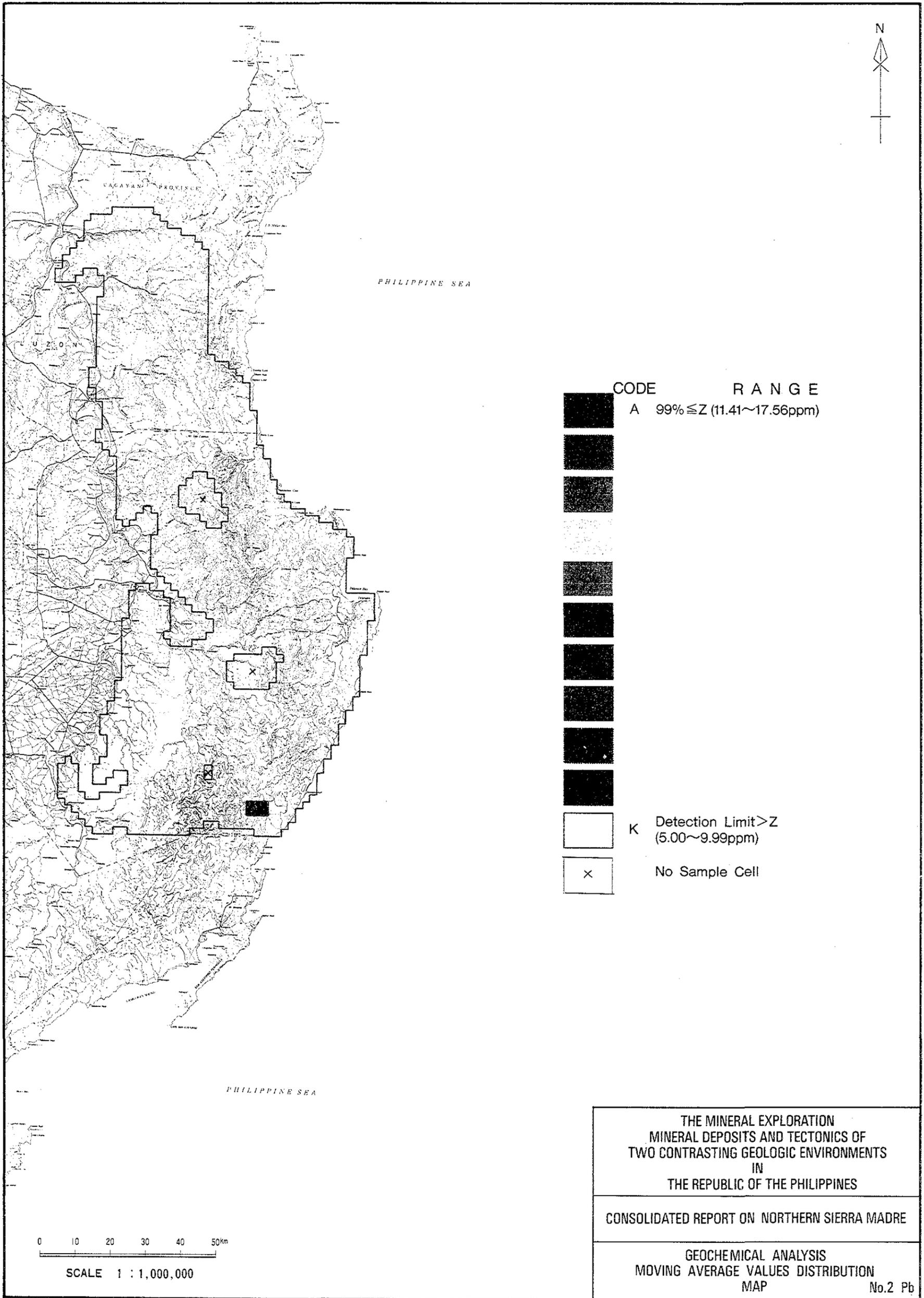
CODE	RANGE
A	99% ≤ Z (120.65~164.99ppm)
B	95% ≤ Z < 99% (84.67~120.62ppm)
C	90% ≤ Z < 95% (69.06~84.53ppm)
D	75% ≤ Z < 90% (50.90~68.98ppm)
E	60% ≤ Z < 75% (43.32~50.85ppm)
F	50% ≤ Z < 60% (38.63~43.31ppm)
G	40% ≤ Z < 50% (35.04~38.56ppm)
H	30% ≤ Z < 40% (32.03~35.01ppm)
I	20% ≤ Z < 30% (29.76~32.02ppm)
J	Detection Limit ≤ Z < 20% (14.88~29.75ppm)
K	Detection Limit > Z
x	No Sample Cell

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

CONSOLIDATED REPORT ON NORTHERN SIERRA MADRE

GEOCHEMICAL ANALYSIS
MOVING AVERAGE VALUES DISTRIBUTION
MAP

No.1 Cu



CODE R A N G E
 A $99\% \leq Z$ (11.41~17.56ppm)



K Detection Limit > Z
 (5.00~9.99ppm)

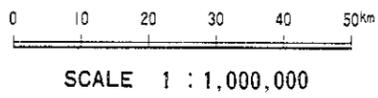
x No Sample Cell

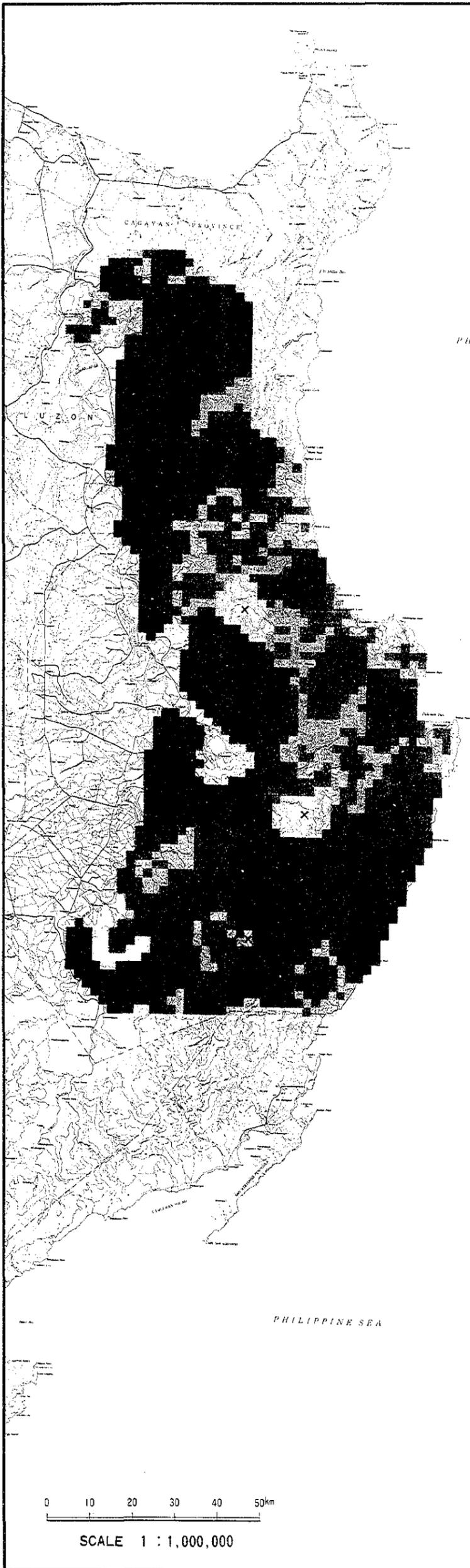
THE MINERAL EXPLORATION
 MINERAL DEPOSITS AND TECTONICS OF
 TWO CONTRASTING GEOLOGIC ENVIRONMENTS
 IN
 THE REPUBLIC OF THE PHILIPPINES

CONSOLIDATED REPORT ON NORTHERN SIERRA MADRE

GEOCHEMICAL ANALYSIS
 MOVING AVERAGE VALUES DISTRIBUTION
 MAP

No.2 Pb





CODE	R A N G E
A	$99\% \leq Z$ (199.86~376.49ppm)
B	$95\% \leq Z < 99\%$ (153.34~199.53ppm)
C	$90\% \leq Z < 95\%$ (134.30~151.51ppm)
D	$75\% \leq Z < 90\%$ (111.00~134.25ppm)
E	$60\% \leq Z < 75\%$ (96.47~110.97ppm)
F	$50\% \leq Z < 60\%$ (89.02~96.38ppm)
G	$40\% \leq Z < 50\%$ (82.06~88.99ppm)
H	$30\% \leq Z < 40\%$ (74.58~82.01ppm)
I	$20\% \leq Z < 30\%$ (65.21~74.58ppm)
J	Detection Limit $\leq Z < 20\%$ (30.77~65.21ppm)
K	Detection Limit $> Z$
x	No Sample Cell

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

CONSOLIDATED REPORT ON NORTHERN SIERRA MADRE

GEOCHEMICAL ANALYSIS
MOVING AVERAGE VALUES DISTRIBUTION
MAP

No.3 Zn