

中國社會科學院
經濟研究所
中國經濟史論叢刊

1958年

中國社會科學院
經濟研究所

119, 23

メキシコ合衆国北部地区
鉱物資源開発基礎調査報告書

総合報告書

1979年2月

国際協力事業団
金属鉱業事業団

JICA LIBRARY



1052677(0)

國際協力事業団	
入 184,83294	615
金録No. 607326	566.1
	MPN

は し が き

日本国政府はメキシコ合衆国政府の要請に応え、同国コアウィラ州北西部の鉱物資源賦存の可能性を調査することを目的として地質等の調査をすることとし、この調査を国際協力事業団及び金属鉱業事業団に委託することとした。

現地での調査は昭和50年度から昭和53年度までの4年間にわたって実施され、現地政府関係機関の協力を得て所期の成果をあげて終了することができた。

本報告書は4年間の調査結果をとりまとめたものである。

本調査の実施にあたってこれまで御協力いただいたメキシコ合衆国関係政府機関ならびに通商産業省、外務省、現地大使館及びその他関係各位に対して衷心より感謝の意を表する次第である。

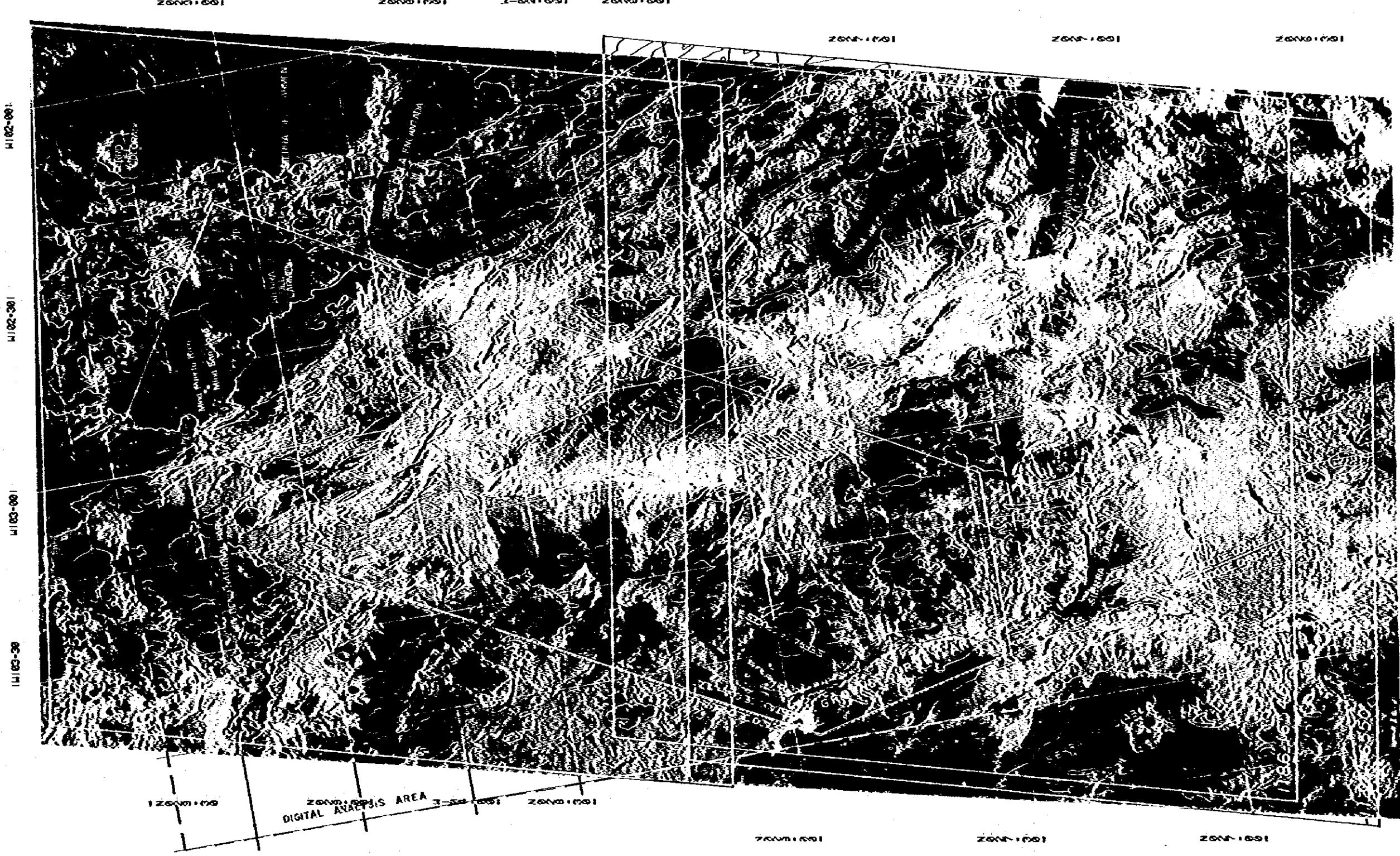
昭和54年2月

国際協力事業団
総裁 法 銀 晋 作

金属鉱業事業団
理事長 西 家 正 起

LANDSAT Pseudo-Natural Color Composite Image
of

The Project Region, Northern Coahuila, Mexico



103-30

103-00

102-30

102-00

103-00

DIGITAL ANALYSIS AREA

103-00

103-00

103-00

103-00

103-00

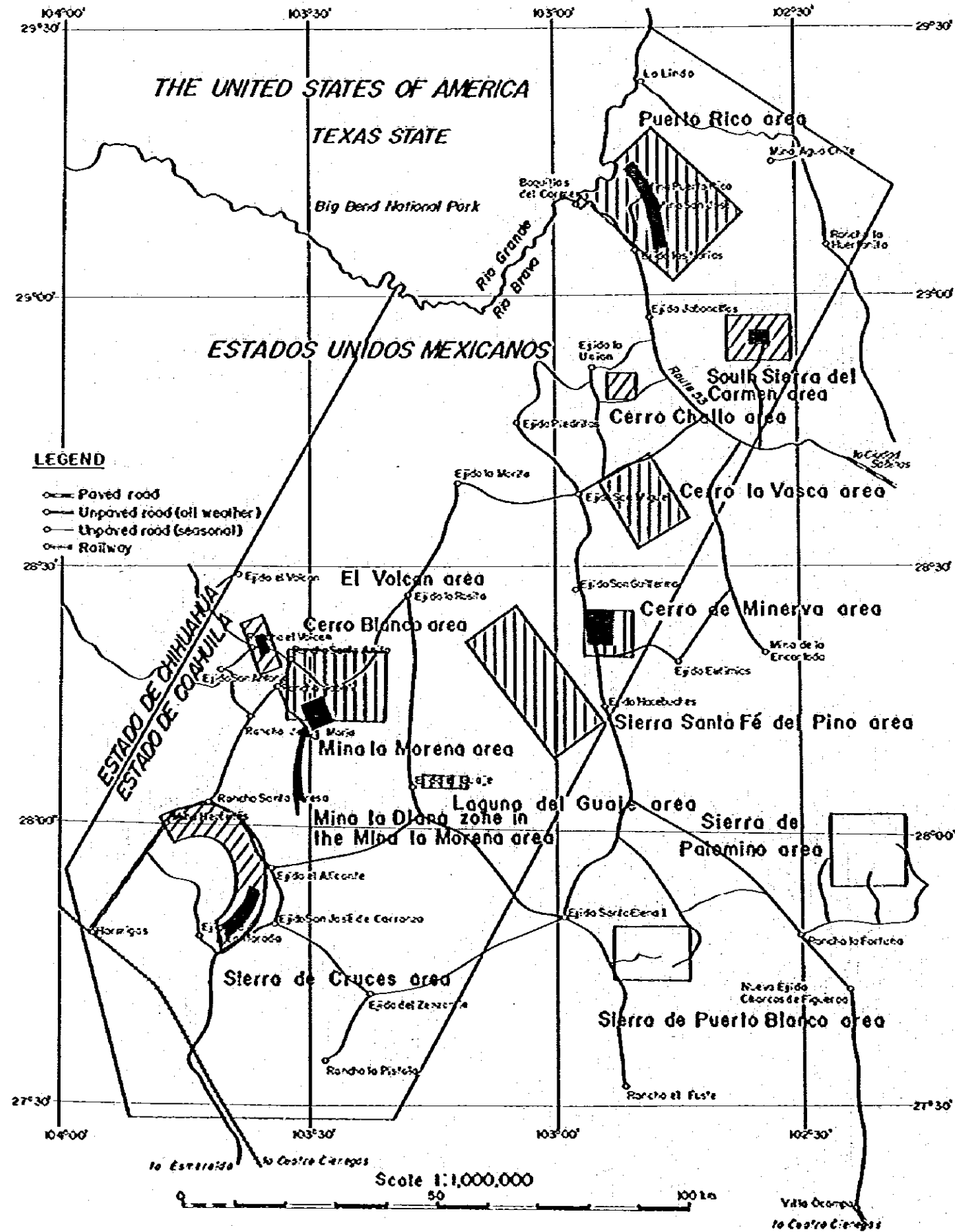
8205072 C 1027-2/103-19 N 1027-19/103-16 NSS 4 103-30 1027-20
103-00 1027-20
2 SUN EL 04 AZ 145 189 1840-G-1-N-D-2L NSSA EATS E-1132-16550-a 01

Scale 1:1,000,000



Fig. 2 LOCATION MAP OF THE SURVEY AREAS

LEGEND



PHASE I AND II SURVEY (1975, 1976)

- Regional survey district
- Semi-detailed survey areas
 - Puerto Rico area
 - Cerro la Vasca area
 - Cerro de Minerva area
 - Sierra Santa Fé del Pino area
 - Cerro Blanco area
 - Laguna del Guaje area

PHASE III SURVEY (1977)

- Reconnaissance survey areas
 - Sierra del Palomino area
 - Sierra de Puerto Blanco area
- Semi-detailed survey areas
 - South Sierra del Carmen area
 - Cerro Challo area
 - El Volcan area
 - Sierra de Cruces area
- Detailed survey areas
 - Puerto Rico area
 - South Sierra del Carmen area
 - Cerro de Minerva area
 - El Volcan area
 - Mino la Morena area
 - Sierra de Cruces area

PHASE IV (1978)

- Highly detailed survey zone (Mino la Diana zone in the Mino la Morena area only)

目 次

は し が き

LANDSAT疑似自然色合成画像

位 置 図

目 次

要 約

第1章 序 論	1
1-1 調 査 目 的	1
1-2 調 査 経 過 概 要	1
1-3 既 往 調 査	4
1-4 調 査 員	4
1-5 謝 辞	5
第2章 調査地域の環境	6
2-1 位 置	6
2-2 交 通	6
2-3 橋 給	6
2-4 気 候 ・ 植 生	6
2-5 人 口 ・ 集 落 ・ 産 業	7
2-6 地 形	8
2-7 水 系	8
第3章 地 質	9
3-1 ま え が き	9
3-2 層 序	9
3-2-1 先 白 堊 系	9
3-2-2 白 堊 系	10
3-2-3 第 三 系	22
3-2-4 貫 入 岩 類	23
3-2-5 第 四 系	24
3-3 地 質 構 造	25
3-4 地 史	25

3-5 鉛 床	26
3-5-1 螢石鉛床	27
3-5-2 含銀銅鉛亜鉛鉛床	28
3-5-3 金銀鉛床	29
3-5-4 鉄鉛床	29
3-5-5 考 察	29
3-6 Mina la Morena 地区の鉛床	31
3-6-1 Morena 山脈北東部	31
3-6-2 Morena 山脈中央部	32
3-6-3 考 察	35
第4章 LANDSAT データ解析	36
4-1 概 要	36
4-2 アナログ解析	36
4-2-1 疑似自然色合成画像による地質判読	36
4-2-2 線構造解析による地質構造判読	37
4-3 デジタル解析	39
4-3-1 概 要	39
4-3-2 判別カテゴリーの設定	40
4-3-3 判別結果	40
4-3-4 考 察	41
第5章 写真地質	42
5-1 地形図および空中写真	42
5-2 判読要素および結果	42
第6章 地化学探査	44
6-1 概 要	44
6-2 調査地域の土壌断面	44
6-3 試料調整	44
6-4 分析方法	44
6-5 データ処理	45
6-6 地化学異常域	48
6-6-1 広域観査	48
6-6-2 地区別準精査および精査	50

6-6-3 第Ⅲ年次地区別調査	52
第7章 物理探査	54
7-1 総 説	54
7-2 調査方法	55
7-3 調査結果	57
第8章 試錐探査	60
8-1 概 要	60
8-2 試錐作業	60
8-2-1 工法および使用機材・資材	60
8-2-2 準備・移設・撤去作業	60
8-2-3 掘進作業	61
8-3 試錐探査のまとめ	62
8-3-1 試錐結果	62
8-3-2 試錐技術	63
第9章 結論および将来への展望	65

List of Illustrations

Fig. 1	Location Map of the Survey District
2	Location Map of the Survey Areas
3	Progress of Survey Work
Fig. III-1	Generalized Stratigraphical Column of the District
III-2	Interpretation Map of the Mina la Morena Area
Fig. IV-1	Index Map of LANDSAT Images, Northern Coahuila
IV-2	LANDSAT Data Analysis Flow Chart
IV-3	Distribution Map of Curvicular Structure
IV-4	Distribution Map of Lineament, A and C Type
IV-5	Distribution Map of Lineament, B and D Type
IV-6	Assumed Tectonic Line by Declination of Lineament
Fig. VI-1	Cumulative Frequency Distribution of Residuals
Fig. VII-1	Areas Recommended to Further Investigation
VII-2	Interpretation Map of IP and Turam Survey
Table 1	Method and Type of Survey Work
2	Laboratory Examination
3	Members' List
Table III-1	Cretaceous Molluscan Fossils of the District
III-2	Potassium-Argon Ages of Some Igneous Rocks
Table IV-1	Classification Standard of Geological Unit by LANDSAT Pseudo-Natural Color Composite Image
IV-2	Classification of Training Samples, Final 10 Geologic Categories
IV-3	Mean Reflected Intensity of Geologic Categories
IV-4	Classification of Training Samples Including "Mineralization" Categories
Table V-1	Classification Standard of Geological Unit for the Cretaceous System by the Photogeological Interpretation
V-2	Classification Standard of Geological Unit for the Tertiary System and Intrusive Rocks by the Photogeological Interpretation
Table VI-1	Number of Geochemical Samples
VI-2	Some Fundamental Values of Geochemical Statistics of the Regional Geochemical Survey
VI-3	Some Fundamental Values of Geochemical Statistics of the Semi-detailed Geochemical Survey
VI-4	Some Statistical Values of Geochemical Elements (Phase III)
VI-5	List of Geochemical Anomalies of Regional Geochemical Survey (Phase II)

Table list

Table VIII-1	Drilling Equipment
Table VIII-2	Drilling Tools
Table VIII-3	Consumed Materials (Puerto Rico)
Table VIII-4	Consumed Materials (Mina la Morena)
Table VIII-5	Progress of Drilling Works (Puerto Rico)
Table VIII-6	Progress of Drilling Works (Mina la Morena)
Table VIII-7	Summary of Drilling Results: DDH-1 (Puerto Rico)
Table VIII-8	Summary of Drilling Results: DDH-2 (Puerto Rico)
Table VIII-9	Summary of Drilling Results: DDH-3 (Puerto Rico)
Table VIII-10	Summary of Drilling Results: DDH-M1 (Mina la Morena)
Table VIII-11	Summary of Drilling Results: DDH-M2 (Mina la Morena)
Table VIII-12	Summary of Drilling Results: DDH-M3 (Mina la Morena)
Table VIII-13	Summary of Drilling Results: DDH-M4 (Mina la Morena)
Table VIII-14	Summary of Drilling Results: DDH-M5 (Mina la Morena)

Attached Sheet

PL-III-1	Geological Map of the Northern Coahuila, Mexico.
PL-IV-1	Rose Diagram of Lineament in 31 Blocks.
PL-IV-2	Digital Classification Map of Rock Unit
PL-IV-3	Digital Classification Map of "Mineralization"
PL-VI-1	Regional Geochemical Survey Cu Anomaly Map
PL-VI-2	" " Pb Anomaly Map
PL-VI-3	" " Zn Anomaly Map
PL-VI-4	" " Ag Anomaly Map
PL-VI-5	" " F Anomaly Map
PL-VII-1	Interpretation Map of IP Survey (Phase IV)

要 約

(1) 調査概要

この調査はメキシコ合衆国Coahuila州北部の16,000km²の面積を占める地域において、各種鉱物資源探鉱開発の基礎資料を得ることを目的とし、日墨両国政府の共同調査として行なわれた。

調査地域は、北限をアメリカ合衆国との国境Rio Grande河、西限をChihuahua州との州境にそれぞれ境される。東西幅80km、南北延長200kmの長方形の区域である。

地形は北北西-南南東方向に細長く伸長しケスタ地形を示す白亜系褶曲山脈・第三系火山岩類からなる台地状山脈・貫入岩類が形成する、平原に突出した山塊と、これら山地の間を埋める第四系堆積物におおわれた砂漠状平原によって特徴づけられる。

調査は1975年度から1978年度にわたる4年間に実施された。その経過は、初期段階における全域を対象とした空中磁気探査・LANDSATデータ解析・写真地質・広域地質調査および広域地化学探査などの各種の広域調査、中期段階における、全域の中から選定された有望地区に対する地質・地化学準精密および精密調査・物理探査および試験探査、そして、各種の調査結果を総合して、各地区の有望性の比較評価などが順次実施された。その結果、Mina la Morena地区の石灰岩再結晶帯が、鉱床賦存の可能性の最も高い地区として、最終年次の探鉱対象に選出された。

最終年次の調査は精密地質調査・IP法電気探査および試験探査からなり、結果として、スカルンを一部にとり高温型熱水性鉱脈（一部マント型・不規則塊状型）からなる、本地域では類例の少ない含銀銅鉱床を発見確認した。

鉱石品位は、金1g/l前後・銀数10～数100g/l・銅数%で、鉛・亜鉛は一般的に微量である。

(2) 調査方法

1. LANDSAT データ解析

今回試みたLANDSATデータ解析は、4バンドの70mmフィルムによるアナログ解析と、CCTを使用したコンピューターによるデジタル解析からなる。

アナログ解析においては、擬似自然色合成画像上の地質単元の判読・エッジ強調画像上の線構造解析による地質構造の推定を行なった。

デジタル解析においては、既知の地質・鉱床などを反映したLANDSAT多波長帯域スペクトルデータをトレーニングサンプルとして、数量的に、任意の場所の同スペクトルデータがどの単元に属するかの判別を試みた。

アナログ解析においては、線構造解析によって、地下に伏在する貫入岩類・構造線などを非

常によく検出することができた。

しかしながら、デジタル解析による各単元の判別は顕著な成果をあげるにいたらなかった。

2. 写真地質

調査地域全域の空中写真判読を地表調査に先立って実施した。植生が薄いことと地質と地形の対応がよいことと恵まれて、判読の精度を著しく向上することができた。特に白堊系堆積岩類は、各地層の境界線で構成される縞模様を極めて明瞭に示し、これらを写真上で詳細に追跡することが可能であった。

これらの判読によって、本地域に特徴的な北北西-南南東方向に伸びる白堊系の褶曲山脈は、同方向性の軸をもつ非対称な複背斜構造により特徴づけられていることが明らかになり、地表調査の指針として写真判読は大きく貢献した。

3. 地表地質調査および地化学探査

地表地質調査は、第Ⅲ年次の全域に対する広域調査から始まって、各年次ごとに順次しぼられた有望地区の準精密および精密調査を行う経過をたどった。

地化学探査は地表地質調査に平行して、第Ⅲ年次における河川堆積物を対象にした広域調査と、一部地区の準精密調査、および第Ⅳ年次における岩石および土壌試料を対象とした地区別準精密～精密調査からなる。

対象元素は、第Ⅲ年次においては、Cu・Pb・Zn・Ag・Fの5成分であったが、F成分は他の4成分とは異なった挙動を示し、酸化・変質帯を敏感に指示しないことが明らかになったので、第Ⅳ年次においてはF成分を除く4成分を指示元素とした。

結果的に、広域調査によって捕捉された異常域は、さらに引続いた地区別準精密・精密調査によって、より詳細に、異常の規模・分布・元素の組合せ等が追跡調査された。これらの調査結果は精密調査対象地区を選定するための基礎資料として、極めて有用であった。

4. 物理探査

物理探査は

第Ⅰ年次………全域の空中磁気探査

第Ⅲ年次………Puerto Rico地区におけるIP法電気探査とTURAM法電磁気探査, Sierra de Cruces地区における地上磁気探査

第Ⅳ年次………Mina la Morena地区におけるIP法電気探査

よりなる。

(a) 空中磁気探査は副線間隔1Kmで実施され、総副線長は19,100Kmに達した。

この調査により多くの磁気異常が検出されたが、磁気異常の原因となっているほとんどの磁性岩体は中性ないし塩基性の火成岩類であると解釈された。

(b) 第Ⅲ年次の Puerto Rico 地区における調査

IP法電気探査は測線間隔 200m で、延 200Km にわたって実施された。この結果、古生代の結晶片岩からなる本地区の基盤の構造が推定された。

TURAM法電磁気探査はIP調査と同じ区域において、測線間隔 100m で、延 40Km にわたって実施された。

この結果、本地区内の Las Norias 構造帯およびその周辺に多数分布する鉛・亜鉛・銅・鉄鉱化帯と密接な関係があると考えられる電磁気異常が検出された。

(c) 第Ⅲ年次の Sierra de Cruces 地区の地上磁気探査

本調査は Sierra de Cruces 山塊を形成する貫入岩体の東側縁辺部で、延 45.5Km にわたって実施された。

この結果、多数の磁性岩体の分布が明らかにされたが、この中の幾つかは鉄鉱床と推定された。

(d) 第Ⅳ年次 Mina la Morena 地区の IP法電気探査

最終年次における Mina la Morena 地区の精密調査の一環として、測線間隔 100m で延 34.9Km が実施された。

この結果、バックグラウンド値の2倍前後の、あまり優勢でないIP異常が多く検出された。これらの大部分は、炭質物および細粒酸化鉄鉱などを含む泥灰岩に由来する異常と推定されたが、酸化に関係すると考えられる2~3の異常も認められた。

5. 試錐探査

試錐探査は、第Ⅲ年次に Puerto Rico 地区で、第Ⅳ年次に Mina la Morena 地区で実施された。

Puerto Rico 地区においては、Las Norias 構造帯の鉱化状況を確認する目的で3孔延 600m、Mina la Morena 地区においては、Aurora 層の石灰岩中の熱変成帯に含まれる鉄床探査および伏在貫入火成岩を確認する目的で、5孔延 1440.90m が実施された。

その結果、Puerto Rico 地区においては、Las Norias 断層の地質的性格を解明する上で重要な資料が得られたほか、同断層がこの地区における鉱化作用を規制する一つの要素であることも明らかにされた。

Mina la Morena 地区においては、M1・M2・M3・M5 の各孔で Cu・Ag に富む鉄体に着鉱し、特に M2・M5 孔では初生硫化鉄が一部に認められ、鉱化作用の性質を解明する上で重要な資料が得られた。一方、伏在の予想された潜頭性火成岩には接着せず、伏在深度が予想

外に深いことも明らかにされた。

(3) 調査結果

1. 地 質

本プロジェクト地域は、Nevada造山運動の後に劣地向斜として生じたメキシコ地向斜の北東部に位置しており、古生界と考えられる結晶片岩類を基盤として石灰質堆積岩に卓越した白亜系の堆積岩類が広範に分布しており、これらを覆って、一部に第三系の火山岩類が分布している。

1-1 層 序

地質は、古生界と考えられる基盤岩類、石灰質堆積岩が卓越した白亜系および主に火山岩類からなる第三系に分けられる。白亜系は大きく下部白亜系と上部白亜系に分けられ、下部白亜系は Coahuila 統 (Puerto Rico 層, La Mula 層, Cupido 層), Comanche 統 (La Peña 層・Glen Rose 層・Telephone Canyon 層・Del Carmen 層・Sue Peaks 層・Santa Elena 層) からなり、上部白亜系は Comanche 統 (Del Rio 層・Buda 層) および Gulf 統 (Boquillas 層・San Vicente 層・Pen 層) からなる。なお、South Sierra del Carmen 地区以南では、下部白亜系の Glen Rose 層・Telephone Canyon 層・Del Carmen 層の同時異相として Aurora 層が認められ、さらに、El Volcan 地区・Sierra del Palomino 地区では同層は、Sue Perks 層および Santa Elena 層までの同時異相として堆積している。

第三系は、South Sierra del Carmen 地区、El Volcan 地区および Sierra de Cruces 地区にそれぞれ分布している。South Sierra del Carmen 地区には南部 Sierra del Carmen 火山岩類が分布しており、下位より、流紋岩類 I、粗面安山岩類、玄武岩類および流紋岩類 II が累重する。玄武岩類より下位のは始新世以前のもと考えられ、流紋岩類 II は 4.4×10^6 年 (K-Ar 法) を示し、鮮新世と考えられる。El Volcan 地区には、Sierra de Hechiceros 火山岩類の南部が分布しており、下位より、安山岩類、流紋岩類および玄武岩類が累重しており、安山岩類は始新世、流紋岩類は漸新世～中新世、玄武岩類は中新世と考えられる。Sierra de Cruces 地区には Sierra de San José 火山岩類に属する安山岩および流紋岩の一部が分布する。

1-2 貫入岩類

調査地域内に分布する貫入岩類は、褶曲運動の影響の有無によって A) 褶曲期前の貫入岩・B) 褶曲期の貫入岩および C) 褶曲期後の貫入岩に大きく分けられ、これらはさらに産状・岩質・K-Ar 年代測定結果および相互の貫入関係によってさらに細分される。

A) 褶曲期前の貫入岩

A) -1 先期的火成活動による半深成貫入岩

この分類に属する貫入岩は、シル状の産状を示すことを特徴としており、粗粒玄武岩・流紋岩・グラノファイア一等からなっており、一般に上部白亜系中に貫入しているが、下部白亜系の泥質岩中にも小規模に認められ、また、上部白亜系上部が厚く発達した所に主に貫入しており、後述のA) -2によって切られている。

地向斜末期の火成活動によってもたらされたものと考えられる。なお、これらの貫入岩には重要な金属鉱物の濃集は伴っていない。

A) -2 白亜紀末期～第三紀初期の深成岩

本分類に含まれる貫入岩類は、周辺に熱変成帯（再結晶）を伴っているものの、スカルン帯の発達は弱く、所謂ドライな状態で貫入したと考えられる。一部に鉛・亜鉛や鉄の酸化作用を伴っているが、大規模な浸染型鉱床は認められない。（K-Ar絶対年代 $65\sim 67 \times 10^6$ 年）。

B) 褶曲期後の貫入岩

本プロジェクト地域のLaramide造山運動による主褶曲期は、 45×10^6 年（前期始新世）と 35×10^6 年（前期漸新世）との間にあると考えられる。この時期には、主にSierra del Carmen地域に貫入火成活動が認められ、一部に優勢な塊状～不規則鉱筒型鉛石鉱床を伴っている。

C) 褶曲期後の貫入岩

C) -1 漸新世の貫入岩

本分類に属する貫入岩として、Sierra del Carmen地区の石英閃長斑岩（ $27\sim 27.2 \times 10^6$ 年、漸新世後期）およびSierra de Cruces地区の変質した流紋岩岩脈が挙げられる。前者は、周辺にスカルン鉱物を伴う熱変成帯を伴っており、その中に金銀の酸化作用が認められる。後者は、Sierra de San José火山岩類下部流紋岩の活動に関連して貫入したものと推定される。

C) -2 中新世末期～鮮新世の貫入岩

Sierra de Cruces複合岩体（ 5.2×10^6 年、中新世末期）およびEl Volcan地区に分布する花崗斑岩（ 4.2×10^6 年、鮮新世）がこれに該当し、これらは周辺に著しい熱変成帯やスカルン帯を伴うことを特徴としている。また、Mina la Morena地区やPicacho地区に伏在の予想される深成岩もこの時期のものと推定される。

これらは、主に酸性の貫入岩からなり、鉄の優勢な鉱床、マンガン鉱床、銅の著しい鉱徴などをそれぞれ伴っており、本プロジェクト地内では最も優勢な卑金属の濃集を伴っている。

2. 地質構造（PL-III-1参照）

本プロジェクト地域およびその周辺は、メキシコ地向斜の厚い石灰質堆積岩の堆積に示され

るジュラ紀末期から白亜紀後期にかけての沈降に続いて、白亜紀末期から第三紀初期にかけての Laramide 造山運動の影響下に入り、正稜性応力下のもとに、非対称褶曲を特徴とする褶曲やそれに伴われた褶曲断層が形成され、また、この褶曲運動の東限を両す Las Norias 構造帯が形成された。

なお、K-Ar 法による年代測定結果と測定資料が採取された岩体に対する褶曲運動の影響の有無から、同造山運動による主褶曲期は 45×10^6 年と 35×10^6 年の間にあると考えられる。また、地域北部は、活発な火成活動に表わされる Texas Zone の影響下であり、この地域には、特有の短波長の褶曲や多くの貫入岩が認められる。第三紀後期には、全域にわたって活発な酸性火成活動にみまわれ、伸張性応力下で形成されたと考えられる正断層が生じ、従来から存在した断層も再活動したと考えられる。

これらの構造的要素にもとづいて、本プロジェクト地域およびその周辺は、Marathon 地帯・Sierra del Carmen 地帯・Rio Bravo 褶曲帯・Pino-Monclova 地帯および Mula-Mojada 地帯の 5 つに分けられた。

3. 鉄 床

調査範囲内に分布する多数の鉄床や鉄微地は、鉄種から螢石鉄床、含銀銅鉛亜鉛鉄床、金銀鉄床および鉄鉄床に分類され、さらに産状・鉄床形成期等により以下のように細分類される。

3-1 螢石鉄床

螢石鉄床は、大半が Los Alazanes 構造線以北の Sierra del Carmen および Rio Bravo Folded Zone に集中分布するが、地域南部の Cerro la Vasca 付近および El Volcan 付近にも小規模な分布がみられる。

また、鉄鉄床を除く他の鉄床にも鉄石として螢石が伴われることが多い。螢石鉄床はその形態からつぎのように分類される。

(A) 塊状～不規則鉄筒型螢石鉄床

本調査地区内で本格的に採掘された螢石鉄床の大部分は本型に属しており、概して単位鉄体の規模が大きいものが多い。

鉄床は、アルカリ岩系に属する粗面岩質～流紋岩質貫入岩、一部ではアグノロ岩～モンゾニ岩に伴われており、貫入岩と被貫入岩である石灰岩の境界部に沿って不規則塊状に石灰岩中に賦存している。鉄石の主なものは方解石である。

(B) マント型螢石鉄床

本型に属する螢石鉄床は、Santa Elena 層最頂部に選択的に賦存する小規模マント～網状鉄鉄床である。

本型の鉄床分布地域には、特筆すべき火成活動が認められないことなどが重要な特徴とな

っている。

(C) 鉄脈型螢石鉄床

El Volcan地区のLeaおよびLa India鉄床がこれに属する。これらは、比較的連続のよい新層帯中の隆行した珪化帯に胚胎し、その胚胎層準はPen層およびSan Vicente層で、他の型のものに比し酸化層準が著しく上位で、酸化期も鮮新世以降と推定され、著しく若い。

3-2 含銀銅鉛亜鉛鉄床

鉄床はその産状から、a)型：鉄脈型鉄床、およびb)型：接触型鉄床に大別され、後者はさらに、Laramide造山運動の褶曲期を境としてb)-1型：褶曲期前の貫入岩によってもたらされたもの、および、b)-2型：褶曲期後の貫入岩によってもたらされたものの2型に分けられる。

a)型 鉄脈型含銀銅鉛亜鉛酸化鉄床

この型の鉄床として、Puerto Rico地区の全ての鉄床および鉄微地・Collan鉄床・La Morena鉄床は、Laramide造山運動による背斜構造や褶曲断層あるいはLas Norias構造帯などの大きな地質構造を主要な鉄床胚胎の場としている。酸化期は、同造山運動以後であるが、鮮新世にまでおよんでいる可能性がある。Collan鉄床およびMina la Morena地区のLa Diana鉄床がAurora層中にあるほかは、他の全てがCupido層およびそれより下位にみられ、主要な鉄床の殆んどはCupido層中に胚胎している。

b)-1型 褶曲期前の接触型含銀銅鉛亜鉛鉄床

本型に属する鉄床としてCerro de Minerva地区周辺の鉄床および鉄微地が挙げられる。これらの鉄床および鉄微地は、所謂ドライな状態で貫入したと考えられるA-2（前出）に属する貫入岩によってもたらされたものと考えられ、酸化規模は小さく、品位も低い。鉄床としての経済価値は現段階では極めて低いと考えざるを得ない。

b)-2型 褶曲期後の接触型含銀銅鉛亜鉛鉄床

本型に属する鉄床としてEl Volcan鉄床・La Diana鉄床・Libertad鉄床・Quebrada鉄床が挙げられる。これらの鉄床はC)-2（前出）に分類された深成貫入岩に伴われたと考えられる。この深成貫入岩は、酸性のものが多く、通常周辺に著しいスカルン帯や再結晶帯を伴っている。この種の鉄床は本地区では殆んど未探鉄に近く、とくに貫入岩が伏在する場合には殆んど探鉄されていない。今後組織的に貫入岩の形状とその接触部付近の状況を探鉄し鉄床賦存の可能性を探る必要があると考えられる。

3-3 金銀鉄床

標記鉄種を対象とした鉄床は、South Sierra del Carmen地区のみ分布しており、既知鉄床としてFronteriza鉄床・Teresita鉄床・Juarez鉄床等が挙げられる。これらの鉄床は先に記したC)-1に属する石英閃長斑岩に關係して生じたものと考えられ、同岩周辺のスカルン化～再結晶化帯中に胚胎している。現在まで発見されている鉄床は、比較的小規模で低品

位鉄が多く、経済的価値は低い。

3-4 鉄 鉄 床

この型の鉄床は本プロジェクト地域内で相模的かつ大規模に探鉄・開発されている唯一のものである。

本地域の鉄床は a)型：正岩漿性鉄床、および、b)型：接触型鉄床に分類される。

Sierra de Cruces 地区で現在探鉄・開発されているものは、a)型に属する。一方、b)型のものとしては Cerro de Minerva 地区および Cerro la Vasca 地区に小規模なものが2・3認められる。

このように地域内には各種の鉄床が分布しているが、第Ⅲ年次までの調査結果を総合し、鉄床賦存の可能性の高い有望地区として、Mina la Morena 地区の石灰岩再結晶帯が第1順位に挙げられ、最終年次の探鉄対象となった。

4. Mina la Morena 地区の調査結果

調査地区は Sierra la Morena 中央部に分布する窪地状地形異常部を中心とした、NE-SW 方向に長軸を有する約 2.4km・短径約 1.5km のほぼ楕円形の石灰岩再結晶帯である。

この再結晶帯は中心部に糖晶質石灰岩からなる核 (1.7km×1.1km) をもち、その周囲を幅 80m~400m で取囲む微晶質再結晶帯とからなる。さらに糖晶質石灰岩からなる部分の一部には、脈状柎榴石や変斑晶状巨晶柎榴石が生じているほか、珪灰石・緑閃石等も伴われ、珪化作用も観察される。

鉄化帯は、その地理的分布によって、6箇所に分けられる。この中で代表的な地区中心部の鉄化帯は、NE-SW 系赤鉄鉄・方解石・石英脈が約 15 条集中し、幅約 150m で延長約 350m の規模をもつ。これらの鉄脈のほとんどは急傾斜で同じ方向性を示すが、一部に交叉脈やマント状を示すものもみられる。

単位鉄体の規模は、脈幅数 10cm・延長数 10m 程度のもが多いが、脈幅数 m・延長 100m にわたって追跡されるものも存在する。

鉄石は地表部では緑色銅鉄物をともなう酸化鉄鉄を主とし、鏡下では赤鉄鉄・赤銅鉄・黒銅鉄・自然銅・粉銅鉄等が観察される。脈石鉄物としては、方解石・石英・螢石・石膏が認められるほか、柎榴石・珪灰石・緑閃石等のスカンズ鉄物や絹雲母・緑泥石等もともなわれている。

この鉄化帯中で実施された試掘探鉄で着鉄した部分では、酸化鉄のほか黄鉄鉄・磁鉄鉄・黄銅鉄・四面銅鉄・輝安銅鉄・方鉛鉄等の初生硫化鉄物のほか、角銀鉄~臭銀鉄等も含まれている。

このような鉄石の品位は、金 1g/t 前後、銀が数 10g/t から数 100g/t、銅が数 % のオーダーであり、亜鉛 0.5%、鉛 0.05% である。

第 1 章 序 論

第 1 章 序 論

本報告書は、昭和50年度から昭和53年度までの4年間、日本およびメキシコ两国政府が共同で行なった鉱物資源開発基礎調査の各年度毎の結果をとりまとめた総合報告書である。

調査の詳細は各年度別報告書によって既に報告されているので、ここでは各年度調査結果の総合的な要約と各種調査の概要について述べる。

1-1 調査目的

メキシコ合衆国北部、Coahuila (コアウイラ)州の北部16,000km²の面積を占める地域を対象として、各種の調査、すなわち空中磁気探査・LANDSAT データ解析・写真地質判読・地表地質調査・地化学探査・物理探査および探鉱ボーリングを実施し、鉱物資源探鉱開発の基礎資料を得ることを目的とした。具体的には、本地域に卓越した分布を示す白亜系炭酸塩岩層を貫ぬき、点にあるいは伏在する貫入火成岩類と密接な関係をもつものと推定される各種の金属鉱床および螢石鉱床の探査を指向した。

1-2 調査経過概要

4年間に亘り実施された年度別の調査地区、調査方法、調査量および調査経過はFig. 1, 2, 3およびTable 1, 2にそれぞれにまとめたとおりである。

初年度の調査は、全域(16,000km²)に対する空中磁気探査と調査地域周辺の既存地質資料の収集および稼行鉱山の視察からなる。空中磁気探査によって、全磁力図、疑似重力図などの各種解析図が作成され、磁性岩体の分布、特に潜在する貫入岩体の存在が推定された。

第Ⅱ年次調査は、全域を対照としたLANDSAT データ解析・写真地質判読・広域地質調査および広域地化学探査等の広域調査と、既存調査資料と写真地質判読結果から選定された6地区(合計1,500km²)に対する地質・地化学準精密調査とからなる。その6地区はそれぞれ

(1) Puerto Rico 地区	..... (プエルト・リコ)	500 (km ²)
(2) Cerro la Vasca 地区	..... (セロ・ラ・バスカ)	200
(3) Cerro de Minerva 地区	..... (セロ・デ・ミネルバ)	100
(4) Sierra Santa Fé del Pino 地区	..... (シエラ・サンタ・フェ・デル・ピノ)	375
(5) Cerro Blanco 地区	..... (セロ・ブランコ)	300
(6) Laguna del Guaje 地区	..... (ラグーナ・デル・グアヘ)	25

である。この内、(6) Laguna del Guaje 地区は、地域中央平原部の干潟近傍において、蒸発残留鉱床賦存の可能性を調査したものであって、その他5地区とは探鉱対象が異なっている。

FIG. 3 PROGRESS OF SURVEY WORK

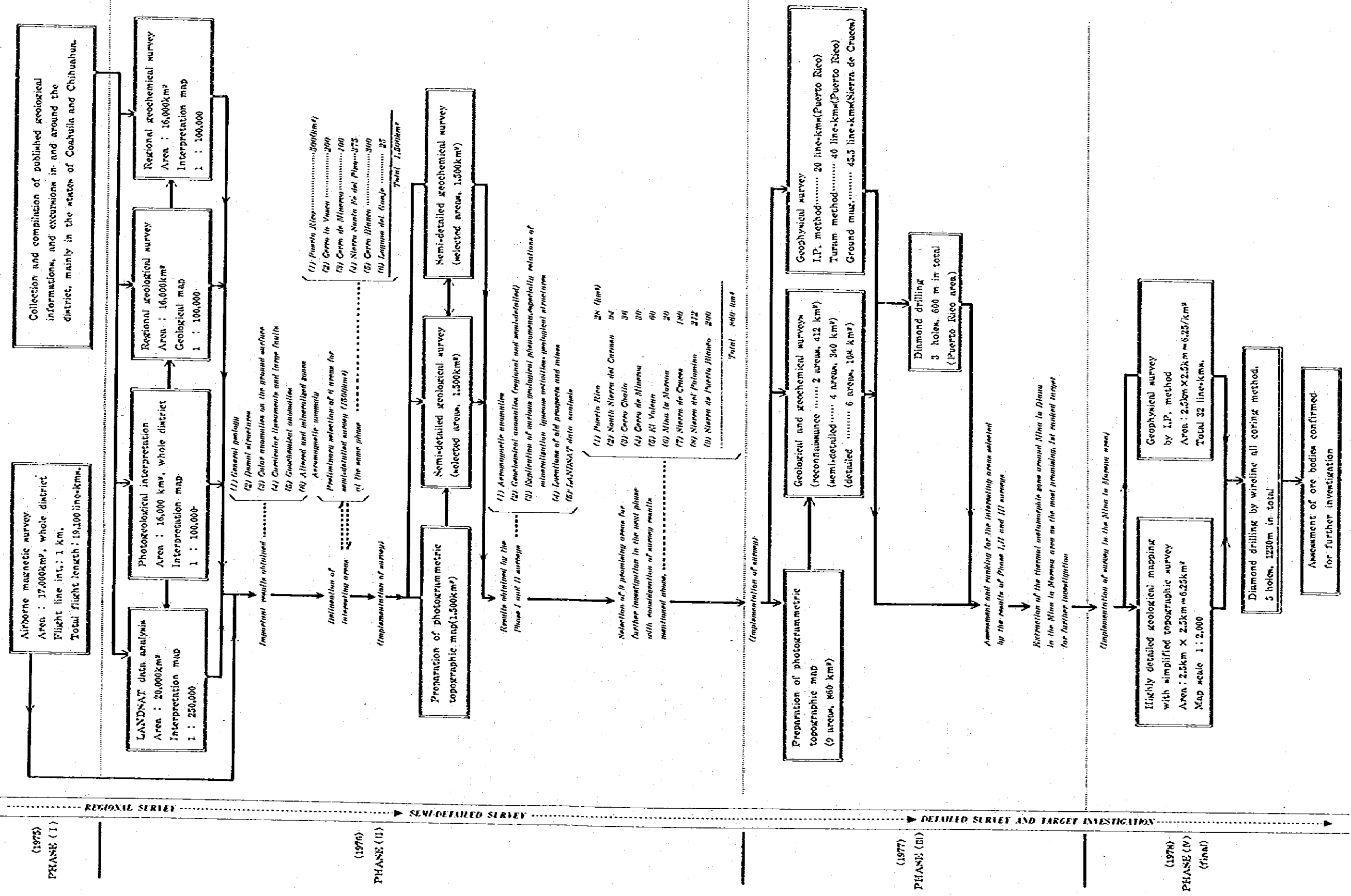


Table 1 Method and Type of Survey Work

Type of survey	Method of survey	Covered area in total (km ²)	Scale of interpretation map
Geological survey	Photogeology	16,000	1:100,000
	Regional geological survey	16,412	1:100,000
	Semi-detailed geological survey	1,840	1:50,000 to 25,000
	Detailed geological survey	115	1:10,000 to 2,000
Geochemical survey	Regional survey (stream sediments)	16,412	1:100,000
	Semi-detailed survey (soil and stream sediments)	1,840	1:50,000 to 25,000
	Detailed survey (soil and rock)	108	1:10,000 to 5,000
LANDSAT data analysis	Geologic interpretation by pseudo-natural color composite image	16,000	1:250,000
	Lineaments analysis by edge-enhanced image	16,000	1:250,000
	Digital classification map of geologic units by digital analysis of CCI	16,000	1:250,000
	Discrimination of mineralized zone by digital analysis of CCI	16,000	1:250,000
	Airborne magnetic survey	17,000	1:100,000
Geophysical survey	Electric survey by IP method	7.1	1:5,000
	Electromagnetic survey by TUVAM method	3.8	1:5,000
	Ground magnetic survey	37	1:5,000
Diamond drilling	Wireline all core boring	3 holes, 600m in Puerto Rico	drill core log
		5 holes, 1,240 in Mina La Moravia	1:200
Miscellaneous	Preparation of photogrammetric topographic map	2,360	
	Investigation for private mining concessions	860	

Table 2 Laboratory Examinations

Type of examination	Number of samples	Number of elements
Chemical analysis of geochemical sample (stream sediments)	2,761	
Chemical analysis of geochemical sample (soil)	1,489	28,220
Chemical analysis of geochemical sample (rock)	2,040	
Chemical analysis of ore sample	484	2,689
Whole rock chemical analysis	8	105
Microscopy of rock thin section	455	
Microscopy of ore polished section	46	
K-Ar age determination	24	
Fossil identification	198	
X-Ray powder diffractometry	26	
E P M A - analysis	47	
Fluid inclusion test	10	
Measurement of rock magnetism	10	
" of magnetic susceptibility	54	
" of resistivity	48	
" of frequency effect	25	

これらの広域調査および一部地区の準精密調査によって得られた、

- (1) 空中磁気異常
- (2) LANDSAT データ解析によるドーム状円形構造
- (3) 地化学異常
- (4) 地質構造、鉱化帯、貫入岩体の分布

等を考慮して、次の段階における調査地区として9地区、合計860km²が選定された。

第Ⅱ年次調査はこれら9地区を対象としてつぎのように実施された。調査精度は各地区におけるこれまでの調査の実施状況に応じて定められた。

- (1) Puerto Rico 地区 28km²
地質・地化学精査および鉱化帯に対する精密露頭調査、IP法電気探査、TURAM法電磁気探査およびパイロットボーリング(200m×3孔)。
- (2) South Sierra del Carmen 地区 94km²
地質・地化学準精査および鉱化帯に対する精査
- (3) Cerro Chalió 地区 36km²
地質・地化学準精査。
- (4) Cerro de Minerva 地区 30km²
地質・地化学精査
- (5) El Volcan 地区 60km²
地質・地化学準精査および鉱化帯に対する精査
- (6) Mina la Morena 地区 20km²
地質・地化学精査
- (7) Sierra de Cruces 地区 180km²
地質・地化学準精査および鉱化帯に対する精査、地上磁気探査
- (8) Sierra del Palomino 地区 200km²
- (9) Sierra de Puerto Blanco 地区 212km²

これら2地区はプロジェクト地域の外に位置している。第Ⅱ年次調査において、LANDSAT データ解析をプロジェクト地域およびその周辺を包含する広い範囲を対象として実施した結果、プロジェクト地域外にも異常地が発見されたが、これら2地区にはドーム状曲線構造が識別され、同時に地質構造上からも要調査地と推奨されたものである。従って地質・地化学精査が実施された。

これらの調査結果を総合し、本地域における火成活動の時期・性質、これらと鉱化作用の関係、鉱床の産出場所・層準等について検討がなされた。そしてこれまでに確認された鉱化帯・

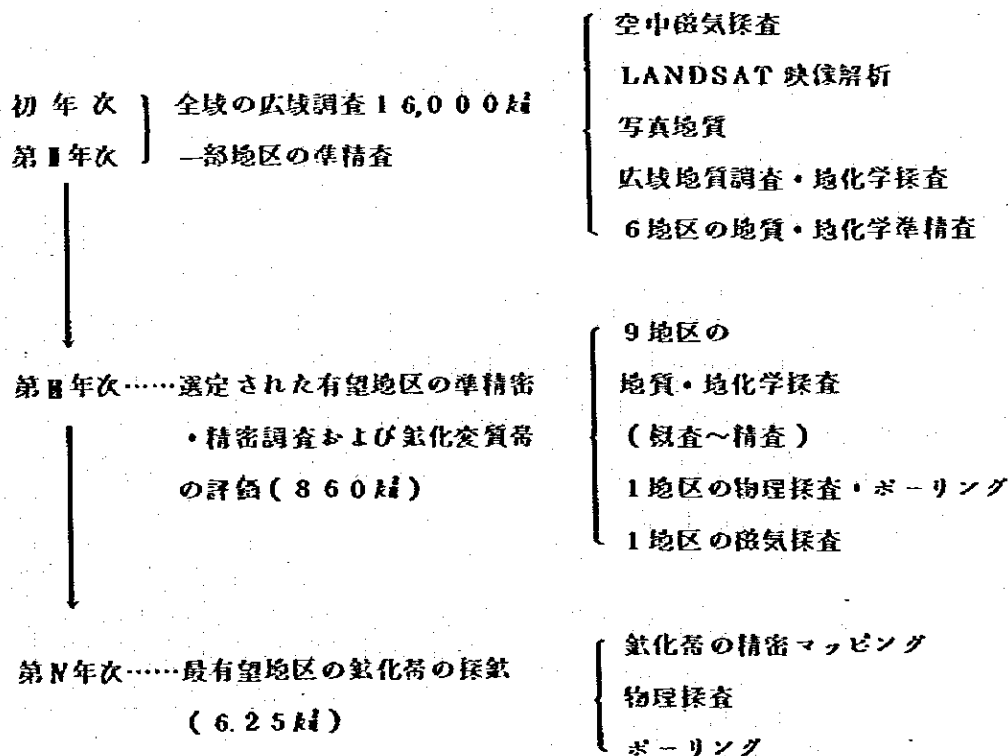
変質帯について有望性の比較評価を行い、最終的に Mina la Morena 地区に存在する石灰岩の再結晶帯が第一順位に位置づけられ、次期採鉱のターゲットとして推奨された。

最終年次にあたる第N年次調査は、前年次の推奨に従って、Mina la Morena 地区において石灰岩の再結晶帯を中心にもつ2.5 km×2.5 kmの地区を対象にした次の精密調査が実施された。

- (1) 精密地質調査…調査地区全域をカバーして測線を50 m間隔で設定し、縮尺1:1000のマッピングを行い、すべての地山露頭を調査記載し、鉱化露頭のスケッチ、分析試料のサンプリングを行い、調査結果を縮尺1:2,000地質図にまとめた。
- (2) 物理探査…IP法電気探査を、測線間隔100 m、電極隔離係数n=4で実施し、各種解析結果を縮尺1:5,000解析図にまとめた。
- (3) ボーリング…上記精密地質調査およびIP法電気探査結果を総合して5箇所の位置を選定し、採鉱ボーリングを行った。工事量は5孔、延1,240.90 mに達した。各孔深度の最も浅いものおよび最も深いものは、それぞれ、203 mおよび300 mである。

この結果、本地区において、Aurora 層に属する石灰岩中に、高温熱水型鉱化作用によるものとみられる鉱脈型・マント型・一部不規則塊状型の含銀銅鉱床が確認された。

このような本調査の実施経過を簡単にまとめると、



の順になる。

1-3 既往調査

調査地域の一部または全域をカバーする地質図としてつぎのものがある。

- (i) Geologic map of northern Coahuila, Mexico 縮尺1:250,000
(C.I. Smith, 1970)
- (ii) Plano Geologico Estado de Coahuila y Norte de Nuevo Leon
縮尺1:500,000 (CRM, 1976)
- (iii) CETENAL発行5万分の1地質図 (Cenzontle, Norias del Caballo, El
Carmen, Palo Blanco) 北緯27°45'以南の地区のみ。

その他の既存調査資料は巻末参考文献に一括した。

1-4 調査員

当時本プロジェクトに参加した人員は Table 3 のとおりである。

Table 3 Members' List

氏名		氏名		氏名		氏名		氏名	
氏名	氏名	氏名	氏名	氏名	氏名	氏名	氏名	氏名	氏名
昭和五十年度	日本側	廣橋 隆雄	通商 投資 協定 促進 委員会	長 田 隆	総括 地質 物探	大 澤 秀 次	生 産 課	生 産 課	生 産 課
		金 佐 野 隆 彬	金 佐 野 隆 彬	地 質 物 探	地 質 物 探	高 橋 彌 次	高 橋 彌 次	高 橋 彌 次	高 橋 彌 次
		寺 高 池 耕 彦	寺 高 池 耕 彦	地 質 物 探	地 質 物 探	高 橋 彌 次	高 橋 彌 次	高 橋 彌 次	高 橋 彌 次
		浅 谷 邦 夫	浅 谷 邦 夫	地 質 物 探	地 質 物 探	高 橋 彌 次	高 橋 彌 次	高 橋 彌 次	高 橋 彌 次
		Cuillermo P. Salas	メキシコ 鉱物 投資 課	地 質 物 探	地 質 物 探	高 橋 彌 次	高 橋 彌 次	高 橋 彌 次	高 橋 彌 次
		José L. Lee Moreno	"	地 質 物 探	地 質 物 探	高 橋 彌 次	高 橋 彌 次	高 橋 彌 次	高 橋 彌 次
		Mauricio de la Fuente de D.	"	地 質 物 探	地 質 物 探	高 橋 彌 次	高 橋 彌 次	高 橋 彌 次	高 橋 彌 次
昭和五十一年度	日本側	廣橋 隆雄	通商 投資 協定 促進 委員会	長 田 隆	総括 地質 物探	大 澤 秀 次	生 産 課	生 産 課	生 産 課
		金 佐 野 隆 彬	金 佐 野 隆 彬	地 質 物 探	地 質 物 探	高 橋 彌 次	高 橋 彌 次	高 橋 彌 次	高 橋 彌 次
		寺 高 池 耕 彦	寺 高 池 耕 彦	地 質 物 探	地 質 物 探	高 橋 彌 次	高 橋 彌 次	高 橋 彌 次	高 橋 彌 次
		浅 谷 邦 夫	浅 谷 邦 夫	地 質 物 探	地 質 物 探	高 橋 彌 次	高 橋 彌 次	高 橋 彌 次	高 橋 彌 次
		Cuillermo P. Salas	メキシコ 鉱物 投資 課	地 質 物 探	地 質 物 探	高 橋 彌 次	高 橋 彌 次	高 橋 彌 次	高 橋 彌 次
		José L. Lee Moreno	"	地 質 物 探	地 質 物 探	高 橋 彌 次	高 橋 彌 次	高 橋 彌 次	高 橋 彌 次
		Mauricio de la Fuente de D.	"	地 質 物 探	地 質 物 探	高 橋 彌 次	高 橋 彌 次	高 橋 彌 次	高 橋 彌 次
		Cuillermo Monroy Ochoa	メキシコ 鉱物 投資 課	地 質 物 探	地 質 物 探	高 橋 彌 次	高 橋 彌 次	高 橋 彌 次	高 橋 彌 次

Table 3 (Continued)

氏名		住所		現地調査		調査所		所属	
日	藤田 賢	国際協力事業団	総務	岩手	岩手	佐賀	佐賀	佐賀	佐賀
本	佐藤 彰	金属鉱業事業団	地質	中川	中川	中川	中川	中川	中川
側	小原 常	金属鉱業事業団	"	高島	高島	高島	高島	高島	高島
	原 伸	同前	"	三好	三好	三好	三好	三好	三好
	菅 求	同前	"	渡部	渡部	渡部	渡部	渡部	渡部
昭		佐賀県	物産	佐藤	佐藤	佐藤	佐藤	佐藤	佐藤
和		佐賀県	"	高島	高島	高島	高島	高島	高島
五	Guillermo P. Salas	メキシコ鉱物資源局	地質	Panfilo Sanchez Alvarado	Panfilo Sanchez Alvarado	Panfilo Sanchez Alvarado	Panfilo Sanchez Alvarado	Panfilo Sanchez Alvarado	メキシコ鉱物資源局
十	José L. Lee Moreno	"	"	Francisco J. Garcia Canis	Francisco J. Garcia Canis	Francisco J. Garcia Canis	Francisco J. Garcia Canis	Francisco J. Garcia Canis	"
二	Mauricio de la Fuente de D	"	"	Rafael Valladolid Cacho	Rafael Valladolid Cacho	Rafael Valladolid Cacho	Rafael Valladolid Cacho	Rafael Valladolid Cacho	"
年	Cuscayo Camacho Ortega	"	"	Hector Perez Martinez	Hector Perez Martinez	Hector Perez Martinez	Hector Perez Martinez	Hector Perez Martinez	"
成				Miguel A. Olera Cano	Miguel A. Olera Cano	Miguel A. Olera Cano	Miguel A. Olera Cano	Miguel A. Olera Cano	"
				Juan M. Lopez Medal	Juan M. Lopez Medal	Juan M. Lopez Medal	Juan M. Lopez Medal	Juan M. Lopez Medal	"
				Gerardo Gonzalez Fanstino	Gerardo Gonzalez Fanstino	Gerardo Gonzalez Fanstino	Gerardo Gonzalez Fanstino	Gerardo Gonzalez Fanstino	"
				José N. Hernandez Martinez	José N. Hernandez Martinez	José N. Hernandez Martinez	José N. Hernandez Martinez	José N. Hernandez Martinez	"
				Hermilo Alvarez Machiel	Hermilo Alvarez Machiel	Hermilo Alvarez Machiel	Hermilo Alvarez Machiel	Hermilo Alvarez Machiel	"
				Marco A. Cifuentes Diaz de Leon	Marco A. Cifuentes Diaz de Leon	Marco A. Cifuentes Diaz de Leon	Marco A. Cifuentes Diaz de Leon	Marco A. Cifuentes Diaz de Leon	"
				Juan F. Hernandez Garcia	Juan F. Hernandez Garcia	Juan F. Hernandez Garcia	Juan F. Hernandez Garcia	Juan F. Hernandez Garcia	"
				Socorro Garcia Pinada	Socorro Garcia Pinada	Socorro Garcia Pinada	Socorro Garcia Pinada	Socorro Garcia Pinada	"
				Jesus Garcia Pinada	Jesus Garcia Pinada	Jesus Garcia Pinada	Jesus Garcia Pinada	Jesus Garcia Pinada	"
				Marcelino Perez Hernandez	Marcelino Perez Hernandez	Marcelino Perez Hernandez	Marcelino Perez Hernandez	Marcelino Perez Hernandez	"
				Javier R. Rodriguez Torres	Javier R. Rodriguez Torres	Javier R. Rodriguez Torres	Javier R. Rodriguez Torres	Javier R. Rodriguez Torres	"
				Efraim Gonzales Serrato	Efraim Gonzales Serrato	Efraim Gonzales Serrato	Efraim Gonzales Serrato	Efraim Gonzales Serrato	"
				Armando Escobedo Hernandez	Armando Escobedo Hernandez	Armando Escobedo Hernandez	Armando Escobedo Hernandez	Armando Escobedo Hernandez	"

Table 3 (Continued)

氏名	協定		新		現地		調査		所	属
	氏名	氏名	所	属	地	名	地	名		
日	水 森	渡 湖	四 郎 助	力 事 業 団	島 根 県	川 島	水 弘	島 根 県	佐 賀 県	佐 賀 県
本	金 野	畑 畑	金 野 金 野	事 業 団	金 野 県	阿 部 昭	矢 野	阿 部 昭	佐 賀 県	佐 賀 県
	次 田	治 畑	金 野 金 野	事 業 団	金 野 県	佐 藤 昭	矢 野	佐 藤 昭	佐 賀 県	佐 賀 県
例	原 田	雄 畑	同 部 外 調 査 員	メキシコ駐在	メキシコ	小 川 孝	雄 畑	小 川 孝	メキシコ	メキシコ
	河 川	次 畑	佐 賀 県	佐 賀 県	佐 賀 県	安 宅 久	雄 畑	安 宅 久	メキシコ	メキシコ
メキシコ例	Cuillermo P. Salas			メキシコ 鉱物資源局		菊 地 次 吉		Panfilo Sanchez Alvarado		メキシコ 鉱物資源局
	José L. Lee Moreno							Hector Perez Martinez		
	Mauricio de la Fuente de D							Miguel A. Olvera Cano		
	Custavo Camacho Ortega							Gerardo Gonzalez Faustino		
								Gilberto Paredes R.		
								Mario Alvear Viguera		
								Jesus Garcia Pineda		
							Javier R. Rodriguez Torres			
							Eligio Arellano Basques			

昭和五十三年度

1-5 謝 辞

昭和50年度から開始された本プロジェクトは、昭和53年度を最終年度とする4ヶ年におわたって実施され、ここに予定どおり完了することができた。これは、現地および日本国内において、関係各位からいただいた多大なる御指導および御配慮の賜物である。

メキシコにおいては、現在、国際協力事業団派遣の専門家として、メキシコ鉱物資源局（CRM）で御活躍中の、工業技術院地質調査所竹田英夫博士、同和鉱業株式会社メキシコ駐在事務所飯田茂吉所長、ENIJAMEX社加茂野寿氏、同原田基史氏、Minera Norte S.A.社Hércules鉱山S. Rema 鉱山長の各位。

日本国内においては、工業技術院地質調査所松野久也博士、同田中啓策博士、同星野一夫博士の各位から、それぞれ、一方ならぬ御高配を賜わった。

ここに明記して衷心から感謝の意を表する次第である。

なお、ここに総括報告書を提出するにあたり、調査団一同は、第Ⅲ年次調査の際、調査地において不幸にも客死された故三好武臣団員の御冥福を慎しんでお祈りすると共に、当時種々に御高配を賜わったメキシコ鉱物資源局Salas局長ほか関係者各位・日本大使館・国際協力事業団・金属鉱業事業団および在墨関係者各位にあらためて深謝の意をささげる次第である。

第 2 章 調査地域の環境

第 2 章 調査地域の環境

2-1 位置 (Fig.1, 2参照)

メキシコ北東部の Coahuila 州北西部に位置するプロジェクト地域は、北限をアメリカ合衆国との国境 Rio Grande 河、西限を Chihuahua (チワワ) 州との州境にそれぞれ境されながら、東西幅 80 km、南北延長 200 km の長方形の区域を占める。この区域は大略、北緯 $27^{\circ} 30' \sim 29^{\circ} 30'$ 、西経 $102^{\circ} \sim 104^{\circ}$ の範囲に含まれる。行政区画は Ocampo (オカンボ) 郡と Acuña (アクーニャ) 郡にまたがる。

2-2 交通 (Fig.1参照)

首都メキシコ市から調査地最寄りの町、Coahuila 州 Sabinas (サビナス) 市に至るには陸路と空路がある。

陸路は完全舗装・全天候の国道 57 号線を経由することにより、1175 km の距離にある。

空路はメキシコ市から Nuevo Leon (ヌエボ・レオン) 州 Monterrey (モンテレイ) 市 (ジェット機で約 1 時間) に至り、その後、陸路 (国道 57 号線) を経由し 320 km で Sabinas 市に到着する。

Sabinas 市から調査地域に進入する経路は南側と北側の 2 経路があるが、南側経路は雨期にしばしば通行不能になることと、9 時間という長時間を要することから、調査に際しては北側経路が主に利用された。北側経路は、Sabinas 市より国道 57 号および 53 号を利用し、Nueva Rosita (ヌエバ・ロシータ) および Muzquiz (ムスキズ) 市を経由し、約 5 時間で調査地北部に到着する。

2-3 補 給

北側経路においては Muzquiz 市、南側経路においては Ocampo (オカンボ) 市のそれぞれより先の調査地域内では車両用油脂・燃料および食糧品を購入することは困難であり、また、車両故障の修理も不可能に近い。従って現地進入に際しては、ガソリン・オイル・スペア・タイヤ・食糧品・飲料水その他の完全装備が必要である。

2-4 気 候 ・ 植 生

調査地域は亜熱帯性高気圧帯に含まれ、一般的に乾燥型気候が卓越するが、雨期には豪雨もみられる。年間降雨量は、砂漠状平原部で 400 mm 前後であるが、これと 1,000 mm 以上の標高差をもつ山岳部では 650 mm に達する。雨期は 7 月から 9 月にかけて、メキシコ湾から吹く

湿った東季節風によってもたらされる。降雨は一度に多量に降る豪雨型で、しばしば道路、橋梁の欠損をみる。

気温は年平均18°C程度であるが、夏は35°C~45°Cまで上昇し、冬は0°C~-10°Cまで降下する。

また日中と夜間の温度差が大きいほか、降雨時の落雷、降雹、夏から秋にかけての砂塵をともなう突風、11月後半から1月にかけて降雪などもみられる。

植生は、前述の標高差による降雨量や気候条件の変化の影響を受けて、砂漠状平原部と山間高地ではつぎのように異なっている。

(i) 砂漠状平原部………砂漠型耐乾性植物相を構成する。

はまびし科の常緑かん木	(Larrea Mexicana)
龍舌らん属の草類	(Agave Lechugilla)
豆科のかん木	(Mesquite)
サボテン類………主として	(Nopal)

等の残存群落でおおわれる。

(ii) 山間高地……… Sierra del CarmenおよびSierra Santa Fé del Pino 2山脈の標高2,200 m以上の高地に矮性の松、杉、楓等からなる疎林の発達がみられ森林保護区となっている。

これら(i)と(ii)の中間の山腹には両者の漸移型とみられる部分もある。

このように植生は一般にうすいので空中写真およびLANDSAT映像等ではその地貌を比較的明瞭にみとれる利点がある。

2-5 人口・集落・産業

地域内の集落は共同入植地(Ejido)、鯨山町および個人経営の牧場に限られる。国家からの土地貸与によって設置された共同入植地は地域内に20ヶ所程散在している。それぞれが約30戸前後の家屋と200人近い人口で構成され、共同牧場、公共事業、カンデリージャ(ワックス原料となる植物)採取および個人牧場の手伝い等で生計をたてている。これらの共同入植地には小学校があり、また、その中の幾つかには医療施設、電信設備等がある。

飲料水は地下水の汲上げによってかろうじて確保されているが、農業用灌漑用水は得られていないので、農業は成立っていない。

この地域の主要経済活動は牧畜と鉱業である。牧畜は主として肉牛で、ほかに馬、ろ馬、山羊なども飼育されており、山岳高地を除く調査地の殆んど全域が放牧地になっている。その規模は牛馬数十頭から千頭以上のものまで様々である。

鉱業は、調査地北半部の螢石鉱山および南部の鉄鉱山が比較的大規模で、その他、北部の Sierra del Carmen 西側にある鉛脈型鉛・亜鉛鉱山等もある。これら鉱山の稼働人数を集計すると400人前後になる。

2-6 地形

調査地域の地形は、主要な地質構造を反映しながら、北北西-南南東方向に細長く伸長する白亜紀堆積岩類よりなる山脈、(北より北部 Sierra del Carmen, Sierra del San Vicente Sierra de Arina, Sierra Santa Fé del Pino 等)、第三紀火山岩類からなる台地状山塊(南部 Sierra del Carmen, Sierra de Hechiceros 等)、第三紀貫入岩類からなる、平原に突出した山塊(Sierra de Cruces, Cerro la Vasca, Cerro de Minerva 等)および第四紀堆積物におおわれた半砂漠状準平原等によって特徴づけられる。また白亜紀堆積岩類よりなる山脈は、多くの場合、複背斜構造をもち、ケスタ地形を示している。山脈は標高1,400mから2,500mに達するが、平原部は800m~1,100mである。

2-7 水 形

調査地域内で、四季を通して流水のある川は、最北部の Rio Grande 河が最大で、その他は La Rosita (ラ・ロソータ)入植地の西にある小川のほか、標高の高い山岳部の小沢が幾つかあるのみである。

雨期に流入のみられる水系としては、地区南部にある Laguna del Guaje (ラグーナ・デル・グアへ、ひょうたん湖の意)から調査地中央部を北流して Rio Grande 河に注ぐものと、Sierra del Carmen 山岳地帯の西側平原部を北流して Rio Grande 河に注ぐ両水系が主要水系である。しかしこれらの平均勾配は0.3%前後しかないので、低地帯各所に沼あるいは乾湖が形成されている。

第 3 章 地 質

第3章 地 質

3-1 ま え が き

本地区には先白亜系・白亜系・第三系および第四系の地層が相互に不整合に累重している。

先白亜系は、当地域の基盤をなすもので、Sierra del Carmen 西側山麓にみられる。白亜系は、当地域全域にわたって広く分布し、主要な山脈を形成しており Coahuila 統、Comanche 統および Gulf 統の 3 統に分けられている。Coahuila 統は、下位より Puerto Rico 層・Cupido 層からなる。Comanche 統は、下位より La Peña 層・Glen Rose 層・Telephone Canyon 層・Del Carmen 層・Sue Peaks 層・Santa Elena 層・Del Rio 層および Buda 層からなり、地域南部では Aurora 層が Glen Rose 層から Del Carmen 層にかけての同時異相として分布する。Gulf 統は Boquillas 層・San Vicente 層・Pen 層および Aguja 層からなる。

第三系は火山岩類を主とし、Sierra del Carmen 火山岩類、Sierra de Hechiceros 火山岩類および Sierra de San José 火山岩類に分けられる。

以上の地層を貫いて第三系貫入岩類が分布する。貫入岩類の岩種・産状・貫入期および貫入規模は後述するように様々である。これらの層序を、Fig. 1-1 図の様式柱状図に示した。なお、下部白亜系の地層名は C. I. Smith (1970) にほぼ準じており、上部白亜系については R. A. Maxwell et al. (1967) に準じている。各層の化石による時代を Table 1-1 に、火成岩の K-Ar 法年代測定結果を Table 1-2 にそれぞれ示した。

3-2 層 序

3-2-1 先白亜系 (基盤岩類)

〔分布〕Sierra del Carmen 西側急斜面の山麓部にある Puerto Rico 鉱山北方に 3 箇所の小さな露出がある。

〔岩相〕本基盤岩類は、黒色を呈する中粒結晶片岩で、片状構造が良く発達している。鏡下に石英・絹雲母・珪線石・黒雲母・電気石および不透明鉱物からなっており、泥質岩類のものと考えられる。

〔対比〕本岩類は、傾斜不整合によって白亜系に覆われており、L. B. Kellum et al.

(1936) によれば、Texas 西部の二疊系地層と一連と考えられる Coahuila 州南部の二疊紀地層に隣接した先カンブリア界基盤岩であると考えられている。一方、C. I. Smith (1970) は、P. T. Flawn (1958) の絶対年代測定結果 ($240 \sim 370 \times 10^6$ years) を引用し古生界と見做している。

周辺の地質状況、とくにアメリカ側のものを考慮すると古生界のものである可能性が高

Fig. II-1 GENERALIZED STRATIGRAPHIC COLUMN OF THE DISTRICT

Time stratigraphic units		Rock stratigraphic units		Geological events				
System Series	Stage	Name of formation	Column	Lithology	Structural Adjustment			
Tertiary	Quaternary to Pliocene			Unconsolidated to weakly consolidated gravel, sand and silt. Sometimes, secondary calcareous crust is formed.				
		Miocene			Black, dark gray, blue-gray, and gray marls, thin-bedded, micaceous, silty, and silty shales, sandstones, and shales. Some beds contain fossiliferous marls.			
			Oligocene			Dark gray, blue-gray, and gray marls, thin-bedded, micaceous, silty, and silty shales, sandstones, and shales. Some beds contain fossiliferous marls.		
		Eocene						
		Paleocene						
		Cretaceous	Upper	Companion		Marine sandstones and silty shales.		
				Santonian	Aguje formation	120 ±		
Pen formation	200				Dark grayish-blue crystalline marl and gray with limestone and calcareous sandstone, containing fossils abundantly.			
Coniacian	San Vicente formation			100 ~ 150	Gray chert and gray to buff silty limestones with fossils abundantly.			
	Bocuillos formation			150 ~ 200	Black to gray, thin-bedded limestone and regular limestone interbedded with gray to buff, thin-bedded marl. This formation contains fossils abundantly.			
Cenomanian	Buga formation			20 ~ 50	Gray to light gray, white limestone and regular limestone.			
	Del Rio formation			25 ~ 30	Light gray to yellow gray, thin-bedded limestone. Mostly massive, thick-bedded, cherty limestone, with thin marly limestone near the base.			
Lower	Cenozoic			Santa Elena formation	220 ~ 270			
				Sue Peaks formation		30 ~ 100	Black marl, black calcareous mudstone and dark gray to black regular limestone, thin-bedded. Light gray to light brown, fine to coarse grained limestone with chert nodules.	
					Del Carmen formation	120	Dark gray, medium-grained limestone marl and black to yellow, black, thin-bedded shales.	
		Aurora formation	Telephus Canyon formation	30	Dark gray, medium-grained limestone marl and black to yellow, black, thin-bedded shales.			
			Glen Rose formation	370	Alternation of black, medium-grained limestone and black, thin-bedded marl.			
		Aptian	Neocretaceous	La Peña formation	95	Dark gray, medium-grained limestone with long thin-bedded shales. Some beds contain fossiliferous marls.		
Cupido formation				290	Gray to grayish brown, fine-grained, massive limestone. Alternation of marl and gray, medium-grained limestone. Dark gray to black, thin-bedded, fossiliferous limestone.			
				150	Alternation of black, bedded, calcareous shale and black, thin-bedded limestone. Gray to black, medium-grained, massive, partly fossiliferous limestone interbedded with silty layers.			
Puerto Rico formation	70			Reddish brown to gray, bedded sandstone, especially intergrading with siltstone and thin layer of fine sandstone.				
		Basement		Unknown				

x Referred from "The introduction of geochronology," when the earth was born", Kojima M., 1973, TOKYO Univ. Press.

Table 1 - 1 Cretaceous Molluscan Fossils of the District

Age		Formation		Characteristic fossils
Campanian	Early	Pen	upper	<i>Delawarella danei</i> <i>Placenticerus meeki</i>
	Late Middle		lower	<i>Inoceramus (Platyceramus) cf. platinus</i>
Santanian	Middle Early	San Vic- ente	upper	<i>Inoceramus (Cladoceramus) undulatoplicatus</i> <i>Texanites (Texanites) cf. Texanus</i>
	Early			<i>Inoceramus (Platyceramus) ex gr. cycloides</i>
	Late Middle		middle	<i>Inoceramus cf. subquadrates</i> <i>Inoceramus cf. stantoni</i>
Coniacian	Early		lower	<i>Didymotis sp.</i>
	Late Middle	Boqui llas	upper	<i>Inoceramus aff. perplexus</i> <i>Inoceramus (Mytiloides) aff. latus</i>
Early	middle		<i>Inoceramus (Inoceramus) ex gr. lamarki</i>	
	lower		<i>Inoceramus (Mytiloides) labiatus</i>	
Cenomanian	Middle Early	Buda		<i>Inoceramus aff. crippsi</i>
	Early	Del Rio		<i>Budaiceras sp.</i>
Albian	Late	Santa Elena		
	Middle	Sue Peaks	upper	<i>Oxytropidoceros (Adkinsites) bravoensis</i> <i>Venezolicerus aff. texanum</i>
			middle	<i>Hoplites sp.</i>
			lower	<i>Cleoniceras sp.</i>
	?		upper	<i>Douvilleiceras sp.</i>
	Early	Auro- ra		<i>Hypacanthoplites sp.</i> <i>Acanthohoplites sp.</i>
Aptian	Late	La Peña		<i>Australiceras sp.</i>

(This list is prepared by the leading fossils collected by the regional and semi-detailed survey.)

Table III-2 Potassium-Argon Ages of Some Igneous Rocks

Area	Sample location	Sample No.	Rock name	Age in m.y.	Remarks
South Sierra del Carmen	Lava mesa on the mountain range	BRD62	Trachyandesite	4.4	fresh
	Alamo canyon	AR43, BRD36	Monzonite	27	carb., chl., seri., py.
	Logging road from Mina los Cojos	AR23	Anorthoclase andesite	37	chl.
	Rancho Santa Salome	AR27	Adamellite	39	weak chl., limo.
Northern end of the district	Agua Chile	G25	Altered rhyolite	33	weak chl.
	Northern part of Mina Mal Abrigo	G10	Andesite	43	weak chl., carb.
	Mina Mal Abrigo	G5	Dolerite	44	fresh
	Rico Etereo	G12	Trachyandesite	44	dehydrified
Puerto Rico	Mina Puerto Rico	AR79	Altered diorite	32	seri., chl., limo.
Cerro Challo	Cerro Challo	BRD15	Cabbro	68	-
Cerro la Vasca	Cerro la Vasca	R106	Quartz monzonite	52	fresh
	13km west from Castillon	D29	Basalt	18	chl., limo.
Sierra de Nechiceiros	Rancho el Carricito	D3	Classy andesite	27	carb.
	Picacho de Noche Buena	D6	Riebeckite-quartz porphyry	30	fresh
	5km southeast from Rancho Santa Anita	M138	Aegirineaugite andesite	45	fresh
	10km south from Castillon	D50	Aegirineaugite basalt	56	fresh
Cerro Blanco	South-southwest of Cerro Blanco	M155	Quartz porphyry	35	prehnite
El Volcan	El Volcan	AR15	Granite porphyry	4.2	fresh
Sierra de Cruces	Central part of Sierra de Cruces	Las Cruces	Syenite	5.2	weak chl.
Sierra de San José	8km north from Ejido-el Alicante	D71	Hypersthene-augite andesite	35	-
Mina la Moreba	IV phase survey area	SLM4	Altered dolerite	20	strong carb., chl.
	ditto	SLM2	Natrojarosite	-	-

い。しかし、P. T. Flawn の年代は変成期を表わしている可能性もあり、今回の調査では一応、石炭—二疊系を含みこれより古い時代未詳層としておく。

3-2-2 白亞系

A) Coahuila 統

A) Puerto Rico 層

〔命名〕今回、新たに命名したものである。

〔模式地〕Puerto Rico 鉱山北方約2kmのSierra del Carmen 西側急崖の山麓部。

〔層厚〕約150m

〔分布〕模式地から、後述のLas Norias 漸層の東側に沿って約7kmの連続した分布が認められる。

〔岩相〕全体に特徴的な赤色を呈する地層で、約70mの層厚を有する大～中粒岩に優勢な下部層と、約80mの層厚を有する砂岩に優勢な上部層からなる。

〔化石〕本層からの化石の産出は知られていない。

〔堆積環境〕特徴的な赤褐色を呈することから、陸上堆積層であると考えられるが、上部層は良く淘汰されており、頁岩を枚有し、一部石灰岩であるところから、海成層に変わる漸移相であると考えられる。

〔対比〕下部層は、その構成物からみて白亞紀以前の堆積物と考えられるが、C. I. Smith [比よれば白亞系の基底礫岩である可能性が高いとされ、また、上部層は La Mula 層] に相当するものとされている (W. E. Humphrey, 1956)。

今回の調査では、下部層と上部層が漸移すること、全体として一連の級化構造をもつこと、下部層中に新鮮な石灰岩礫を伴うことなどから、本層は白亞系の基底部をなすもので、下部層はその基底礫岩にあたるものと考えられ、これを Puerto Rico 層と名付けた。なお、La Mula 層を使用しなかったのは、下部に礫岩を含めたことによる。

本層は R. W. Imlay (1940) の La Mula 層に対比される。

A)-2 Cupido 層

〔命名〕R. W. Imlay (1937) によって初めて用いられ、W. E. Humphrey (1949) によって再定義されたものである。

〔模式地〕本層は、Coahuila 州 Parras 南東方約60kmのSierra de Parrasの中央部を模式地とする。本調査地域内では、Pico Puerto Rico 西方のSierra del Carmen 西側急斜面下部に模式的に露出する。

〔分布〕模式地のほか、Sierra Santa Fé del Pino, Sierra de Cruces 南東方の Sierra del Corazon 北端部, Sierra la Morena などに露出する。

〔層厚〕模式地付近では、約290mの層厚を有し、Sierra Santa Fé del Pino で

は約200m+, Sierra del Corazon北端部では約150mの層厚を示す。

〔岩相〕Pico Puerto Rico西方では、石灰岩が優勢な上部および下部と、泥質岩と石灰岩が互層する中央部に大きく分けられる。

〔化石〕本層からは、*Cryplaea* sp., *Lunatia* sp., *Tylostoma* sp.等の他に多種の足類や腹足類を産し、また、Miliolids, Stromatolites等を産する(C.I.Smith, 1970)。

〔堆積環境〕Sierra del Carmenのものは、比較的陸成供給物に富み、Miliolids, Pelecypods, Gastropodsを多く含み、また、Stromatolitesを含むことから極めて浅い沿海性の環境下で堆積したものと考えられる。陸成供給物の量は、下部・中部・上部のそれぞれで異なっており、Puerto Rico層に始まる沈降、それに続く海進の進行と停滞が比較的短い周期で反復したことを暗示している。

一方、Sierra Santa Fé del PinoやSierra del Corazon北端部にみられる本層は化石に乏しく、全体に均質な粗粒石灰岩に富み、Sierra del Carmenの本層に比して汀線から離れた地域の堆積であることが推定される。

〔対比〕本層は、Coahuila統の最上部に位置し、ヨーロッパ時階のAptianの中下部に対比されている(C.I.Smith, 1970)。

B Comanche 統

B-1 La Peña 層

〔命名〕本層は、R.W.Imlay (1936) によって、Coahuila南部のSierra de Parrasにおいて命名され、W.E.Humphrey (1949) が再定義したものである。

〔模式地〕本層は北部Coahuila州では、W.E.Humphrey (1956) によって、Sierra de la Encantada北側山麓のRancho la Peñaで記載された。調査地域ではPico Puerto Rico西方のSierra del Carmen西側急斜面中下部に良く露出している。

〔分布〕調査地域内での本層の分布は、Cupido層の分布に一致しており、模式地の他、Sierra Santa Fé del Pino, Sierra del Corazon北端部およびSierra la Mbrenaに分布している。

〔層厚〕Pico Puerto Rico西方では、上・中・下の3層に分けられ、全体で約95mの層厚を有している。Sierra Santa Fé del Pinoでは、下盤部は断層で切られており、約90m+の層厚を示す。なお、Sierra del Corazon北端部付近では348mが報告されている(J.V.Hernandez, 1964, C.R.M.)。

〔岩相〕Pico Puerto Rico西方では、薄層理を示す黒色石灰質頁岩からなる下部(層厚約33m)、暗灰色を呈する厚層理(1~1.5m)の発達した中~粗粒石灰岩とそれに挟まれる薄層、団塊状石灰岩からなる中部、および、黒色中層理(40cm±)泥灰石と

薄層理の発達した黄灰色石灰質シルト岩の互相からなる上部とに分けられる。下部には、*Amonite* が、中・上部には大型の *Ostrea* が多産する。

〔堆積環境〕本層は極めて広汎な分布が知られており、本調査地域内では明瞭ではあるが、漸移的な境界で下位層に接している。堆積環境は、本層の特徴的岩相および頭足類や斧足類の化石に富むことから、波浪による海底攪拌がある、開いた正規海水中の堆積であると考えられる。また、下位の *Cupido* 層からの急激な岩相の変化に関しては、造陸運動あるいは海退に伴う後背地の拡大によるものと考えられている (G. I. Smith, 1970)。

〔対 比〕 *Dufrenoya* を産し、*Parahoplites* を伴うことから、上部 Aptian に対比されている。

D)-2 Glen Rose 層

〔命 名〕本層名は、R. T. Hill (1891) が Texas 州 Somervell 島の Glen Rose 近くの Paluxy 川沿いの露出に対して最初に命名したもので、北部 Coahuila 州では E. T. Dumble (1895) が最初に記載した。

〔模式地〕調査地東方の Sierra del Burro 山中にある Cerro el Palmo が、北部 Coahuila 州での模式地とされており、調査地域内では Pico Puerto Rico 西方の Sierra del Carmen 西側急斜面中腹に模式的に露出している。

〔分 布〕本層は Sierra del Carmen 付近にのみ分布し、同山脈西側急崖中腹部に沿って帯状の露出が認められるほか、Sierra del Carmen 中を流れる Arroyo del Veinte 西側の大きな支流の上流部の溪谷中に露出が認められている。

〔層 厚〕Sierra del Carmen では、約 370m の層厚を有している。

〔岩 相〕Pico Puerto Rico 西方では、岩相上、下位から上位に向って 6 単元に分けられる。

〔堆積環境〕本層は、Texas 州から Coahuila 州北部にかけての幅約 100 ~ 160 km にわたる極めて幅広い、ほぼ水平であるが、南方にゆるく傾斜した沿海性の場所で、*Miliolids* や *Orbitolina* に代表されるように、極めて浅い水深下で堆積したものと考えられる。

また、本層に特徴的な泥灰質岩と、より抵抗性の高い石灰岩からなる階段状の地形は、造陸運動の周期的変動あるいは海進・海退の周期的変化に起因して陸縁細粒碎屑物の供給が変化し、それに対応した岩相の周期的な繰返しを示しているものと考えられる。

Sierra del Carmen 以南では、さらに水深を増しており、陸縁碎屑物がより少なく、岩相変化も乏しく、*Globigerinids* 等の浮遊性有孔虫で代表される Aurora 層 (後述) が同時異相として堆積している。

〔対 比〕本層下部より *Parahoplites*, *Hypaonathoplites* および *Douvilleiceras* を産し、

Dufrenoyi を欠くことから、Albian 階最下部とされたが、本層上部からは時代を明らかにし得る *Ammonite* を産せず上限は明らかでない。しかし、後述の Sue Peaks 層からは中部 Albian 階を示す化石を産している (C. I. Smith, 1970)。

B)-3 Telephone Canyon 層

〔命名〕本層は、La Linda 西方約 12km の Texas 州 Sierra del Carmen 中の Telephone Canyon を模式地とし、R. A. Maxwell et al. (1967) によって薄層理の団塊状石灰岩および泥灰石よりなる地層に対して名付けられた。

〔模式地〕上記 Sierra del Carmen 中の Telephone Canyon を模式地とし、Coahuila 州 Sierra del Carmen の西側急崖に連続が追跡されている。

〔分布〕Sierra del Carmen 西側急斜面のほか、Arroyo del Veinte 西支流の溪谷中に分布が認められる。

〔層厚〕Pico Puerto Pico 西方の Sierra del Carmen 西側急斜面の中上部では、約 20m の層厚を示す。

〔岩相〕灰褐色～暗灰色を呈する比較的薄層理の石灰岩および黒色泥灰岩の中～薄互層からなっており、Del Carmen 層の急崖の下の斜面をなしている。全体に化石に富み、しばしば網状炭化鉄脈やクロット状方解石集合が認められるが、露出は通常あまり良くない。本層は、整合的に Glen Rose 層の上位にのり、境は漸移的である。

〔堆積環境〕本層は、Glen Rose 層堆積時の海域の後退と同時におこった Texas 州での Marathon 地域の陸化の後、再び海域が拡大し始めた初期の堆積相と考えられ、全体に陸源細粒砕屑物に富んでいる。また、泥質海底に生棲したと考えられる *Mollusca* が多く、陸棚から汀線にかけての波没や強い潮流の影響の少ない浅い海で堆積したものと考えられる。

〔対比〕本層から正確な地質時代を決めるに十分な化石は産しないが、それらの化石には典型的な中期 Albian の化石相が含まれており、Texas の Walnut 層と同時期・同様の環境下で堆積したものと考えられる。

B)-4 Del Carmen 層

〔命名〕本層は、W. A. Maxwell et al. (1967) が、Texas 州 Sierra del Carmen 山中の Telephone Canyon 層上位の造崖性石灰岩に対して名付けたものである。

〔模式地〕Texas 州 Sierra del Carmen を模式地としており、Coahuila 州 Sierra del Carmen にその連続が認められ、とくに Pico Puerto Rico 西方の急斜面上部に模式的な露出が認められる。

〔分布〕Sierra del Carmen 西側急崖に良く露出するほか、Boquillas del Carmen

東方の急崖, Arroyo del Veinte 西支流およびその北方, Agua Chile, Mina la Cueva F-ムなどに分布する。

〔層厚〕 Pico Puerto Rico では約 122 m の層厚を示すが, Agua Chile では約 81 m が報告されている (C.I. Smith, 1970)。

〔岩相〕本層は, 下位の Telephone Canyon 層と漸移関係にあり, 最下部に数 m の黒色塊状中粒泥灰岩がみられ, その上に約 64 m の層厚を有する中粒～粗粒の淡褐色塊状層厚理 (1～2 m) の石灰岩が発達し, 比較的多くの貝化石片を含み, 団塊状チャートも多数認められる。最上部は, 約 5.5 m の厚さがあり, 中～薄層理 (10～40 cm) を示す淡灰色～淡褐色を呈する中～細粒石灰岩からなり, *Ostrea*, *Gastropods* 等の化石や団塊状チャートが認められる。ステイロライト構造が特徴的である。

〔対比〕本層は, Texas 中央部の Edward 層に対比されており, 調査地西方の West Nueces 層および McKnight 層と同時期であると考えられている (C.I. Smith 1970, R. A. Maxwell 1967)。

時代を決定するに足る化石を産しないが, Sue Peaks 層の下位にあることから Albian 階中期と考えられる。

19-5 Aurora 層

〔命名〕本層は, R.H. Burrows (1910) によって調査地に隣接する Chihuahua 州で名付けられたものである。

〔模式地〕 Chihuahua 州 Cuchillo Parado 山脈にある Aurora 鉱山付近を模式地としており, 調査地域内では Ejido San Guillermo 西南西約 12 km にある Cañon Tara に模式的露出がみられる。

〔分布〕 Cerro la Vasca 以南の主に白堊系からなる主要褶曲山脈および山塊の中核部をなして露出している。即ち, Cerro la Vasca, Cerro de Minerva, Sierra Santa Fé del Pino, Sierra la Morena, Sierra la Maquina, Sierra del Corazon, Sierra de las Moras, Sierra de Almagre 等に分布する。

〔層厚〕 Sierra Santa Fé del Pino 北部の Cañon Tara では約 462 m+, Cerro la Vasca では約 305 m+, Sierra la Maquina では 150 m+ を示す。

また, Sierra de Cruces 南東方の Sierra del Corazon 付近では約 860 m が報告されている (J.V. Hernández, 1964, C.R.M)。

〔岩相〕 Cañon Tara から Cañon de Oso にかけての Sierra Santa Fé del Pino では, 下位から上位に向って 6 岩相単元, Sierra la Morena においては 9 単元に分けられ, 上部は比較的陸源碎屑物に富んでいる。

〔堆積環境〕本層は、調査地域北部に限られた分布を示す Glen Rose層、Telephone Canyon層および Del Carmen層の南方における同時異相と考えられ、これらの地層が堆積した海浜性地帯から南にゆるく傾斜した、より深い半深海性の地域での堆積層であると推定される。本層と上記3層との境は、Rio Bravo 褶曲帯では本層に相当するものが露出せず、また、この東方では広く第四系が発達しているため明瞭ではないが、Sierra del Carmen南端部付近で漸移するものと考えられる。

〔対 比〕本層から, *Douvilleiceras* を産し, Albian階下部と考えられる。また, *Hypocanthoplites* や *Acanthoplites* を産する Sierra de Chile 東部の Aurora 層下底部は Aptian 階にまたがる可能性も考えられ、今後の検討を要する。

19-6 Sue Peaks 層

〔命名〕本層は、R.A. Maxwell et al. (1967) によって、Sierra del Carmen の Texas 倒延長部にある Sue Peaks で名付けられたものである。

〔模式地〕上記 Sue Peaks 付近を模式地としており、調査地域内では Pico Puerto Rico 西方の Sierra del Carmen 西側急斜面に模式的に露出している。

〔分布〕Sierra del Carmen, Sierra de la Encantada 北端部, Cerro la Vasca, Cerro de Minerva, Sierra Santa Fé del Pino, Sierra la Maquina, Sierra de las Moras, Sierra del Corazon, Sierra de Almagre 等の主に白堊系の分布する主要褶曲山脈および山塊のほとんどにその分布がみられる。

〔層 厚〕Pico Puerto Rico 西方では、約 110 m, Cerro la Vasca で約 30 m, Cerro de Minerva で約 50 m +, Sierra Santa Fé del Pino 北部の Cañon Tara では約 40 m, Sierra la Maquina では約 35 m の層厚を示し、Sierra del Corazon 付近では約 155 m が報告されている (J.V. Hernández, 1964, G.R.M.)。

なお、Sierra del Carmen 周辺では R.A. Maxwell と同義に本層が用いられているが、Sierra de la Encantada および Cerro la Vasca 以南では、上部石灰石と Santa Elena 層とが岩相的に識別し難いため、下部の泥岩質部に対して本層名が主に用いられている。層厚の著しい差はこのためと考えられる。

〔岩 相〕Sierra del Carmen での本層は、約 40 m の層厚を有する頁岩を主とした下部層と石灰岩に富む層厚約 70 m の上部層からなり、最頂部付近ではチャート団塊を伴っている。下部層は、黄灰色石灰質頁岩に優勢な頁岩、細粒石灰岩および団塊状石灰岩の互層からなっているが、露出状態は概して良くない。上部層は、中粒～細粒の淡褐色～灰褐色を呈する中～厚層理 (0.5～1 m) の発達した石灰岩を主とし、下部に薄層の灰褐色頁岩を挟有している。

〔堆積環境〕本層は、Del Carmen 層を堆積した全域的な海域の拡大期ののちにおこった、上昇に伴う海域の後退期の堆積層で、調査地北方では陸域がかなり拡大したと推定され、本層中に多い陸源細粒碎屑物は陸化した後背地から供給されたものと考えられる。堆積環境は、底棲動物相に富む沿海性～浅海性と考えられ、所によっては黄鉄鉱を多量に伴うことから、有機質の多い還元性環境も一部にあったと考えられる。

〔対 比〕本層から中期 Albian 最上部を示す *Armonite* 類の化石を産しており、中期 Albian 末期とされ、中央 Texas の Kiamichi 層に対比されている (C. I. Smith, 1970)。しかし、今回の化石鑑定結果でも、本層は主に中期 Albian であると考えられるが、*Oryctodoceras* (*Atkinsites*) *bravoensis* あるいは *Venezoliceras texanum* を含み、これについてはその示す時代に関して議論があり、さらに *Cleonoceras* は Albian 初期の可能性もあることから、Albian 初期から末期にまたがる可能性も否定できない。

B)-7 Santa Elena 層

〔命 名〕本層は、R. A. Maxwell et al. (1967) によって、最初に名付けられたものである。

〔模式地〕調査地北西約 30km の Santa Elena Canyon を模式地とした。主に石灰岩からなる地層で、調査地域内では、Pico Puerto Rico 西方の Sierra del Carmen 西側急斜面の最上部および Sierra Santa Fé del Pino 北部の Cañon Tara 上流部に模式的露出が見られる。

〔分 布〕本層は、今回 Rio Bravo 褶曲帯と名付けた Big Bend National Park に南接する Cerro del Veinte から Cuesta Los Alazares にかけての著しい褶曲山脈地帯に広く分布するほか、Sierra del Carmen, Cerro la Vasea, Cerro de Minerva, Sierra Santa Fé del Pino, Sierra de la Concordia, Sierra la Mapina, Sierra de la Moras, Sierra del Corazon, Sierra de Almagre 等の主要褶曲山脈および山塊に広く認められる。

〔層 厚〕Puerto Rico 鉄山付近で約 250 ~ 280 m, Arroyo del Veinte 西支流上流部で約 300 m, Rio Bravo 褶曲帯で約 250 ~ 300 m, Cerro la Vasca で約 250 m, Cañon Tara で 230 m, Sierra la Mapina で約 220 m の層厚が得られた。また、Agua Chile では約 150 m, Sierra de Cruces 南西では約 300 m が報告されている。

〔岩 相〕全域的に比較的均一な岩相を呈する地層であるが、Sierra Santa Fé del Pino 以南では化石に乏しい傾向がある。全体に風化に対する抵抗性が高く急峻な崖をなす。

Sierra del Carmen では、上部は造崖性の灰白色を呈する中～厚層理 (0.5 ~ 2 m)

の中～細粒石灰岩からなっており、全体に塊状～レンズ状チャートを伴っている。上部は、中層理のものが卓越し、特徴的な積椀様の発達したケスタ地形をなすことが多い。

Rudistes 貝化石片に富んでいる。

〔堆積環境〕本層は、Del Carmen期から本層堆積期にかけて、調査地北西端部から東方にかけて発達した礁性石灰岩層 (Devils River 層) によって分けられた堆積盆地 (C.I. Smith, 1970) の西方の浅海性堆積相で、地域的な海域の拡大期の堆積物と考えられ、全体に陸源細粒碎屑物に極めて乏しい。

〔対 比〕本層は、中央 Texas の Georgetown 石灰岩層に対比され、上部 Albian 階と考えられる。

D-8 Del Rio 層

〔命 名〕本層名は、R.T.Hill and T.W.Vaughan (1898) によって Texas 州 Val Verde 郡 Del Rio で名付けられたが、その後 W.S. Adkins (1933) はこれを中央 Texas に分布する Grayson Marl 層に対比し、本層名を用いなかった。しかし、R.A. Maxwell et al. (1967) は Big Bend National Park 周辺に分布する本層に相当するものは、Grayson Marl 層の模式地より Del Rio 層模式地の方に類似することから、復活させたものである。

〔模式地〕本層は、上記 Texas 州 Val Verde 郡 Del Rio 付近を模式地としている。調査地域内では、Sierra del Carmen の西側急斜面を流れる Cañon de San Juan 下流および Sierra Santa Fé del Pino 北部 Cañon Tara 上流に良い露出がみられる。

〔分 布〕Santa Elena 層の分布と一致しており、Santa Elena 層あるいはそれより下位の白亜系が作る山脈や山塊の山麓部に幅狭い帯状の分布を示す。

〔層 厚〕本層は、層厚の変化の著しい地層で、一般に Sierra del Carmen から Rio Bravo 褶曲帯にかけての調査地北部で薄く、調査地南部の Sierra Santa Fé del Pino や Sierra la Maquina 等で厚い。

Cañon de San Juan では 1.5 m の層厚を示し、Rio Bravo 褶曲帯では約 50 ~ 60 cm, Sierra Santa Fé del Pino 北部では約 1.5 m, Sierra la Maquina では約 1.0 m の層厚を示す。

〔岩 相〕Carmen フォーム西の Cañon de San Juan では、下底部および頂部に厚さ約 30 cm の暗灰色～風化による褐灰色を示す粘土岩がみられ、その間に約 90 cm の層厚を示す暗灰色泥灰色 (層理 5 ~ 15 cm) が挟まれている。また、Carmen フォーム南西には細粒砂岩も認められた。大型化石は認められなかった。

〔堆積環境〕本層は、Santa Elena 期末期に始まり、Santa Elena 層の堆積を終了させ

さらに一部では陸化するまでに至った広域的隆起の後の海進期の堆積相で、一旦拡大した広大な陸域を後背地とした多量の陸源細粒碎屑物で特徴づけられる。堆積環境は、沿海性の有機質に富む還元性のものと考えられる。

〔対 比〕調査地域北部から Big Bend National Park にかけて分布する本層は、模式地における Del Rio 層および中央 Texas の Grayson Marl 層の一部に対比されており、(R.A. Maxwell et al. 1967), 下部 Cenomanian 階の地層と推定される。

D-9 Buda 層

〔命 名〕本層名は、Texas 州 Hays 郡 Buda において T.W. Vaughan (1900) が最初に名付けたものである。

〔模式地〕上記 Texas 州 Hays 郡 Buda を模式地としており、調査地域内では Sierra del Carmen 西側急斜面を流れる Cañon de San Juan, Ejido Piedritas 北東約 5 km の地点等に良い露出が見られる。

〔分 布〕Del Rio 層と良く一致した分布を示し、主に主要褶曲山脈および山塊の山麓部に認められる。地域北部の方が、南半部に比べ良く保存されている傾向がある。

〔層 厚〕Sierra del Carmen では、約 10 ~ 30 m, Ejido Piedritas 北東約 5 km の地点では約 15 m, Cañon Tara 上流部で約 20 m, Sierra la Maquina で約 20 m の層厚が得られた。そのほか、Sierra del Alazan で約 20 ~ 30 m が報告されている。

〔岩 相〕本層は、調査地北東方では、下部の団塊状泥灰質石灰岩、中部の軟かい団塊状泥灰質石灰岩および上部の砕けやすい白色石灰岩からなり (C.I. Smith, 1970), また、調査地北方の Big Bend National Park では、下部の石灰岩、中部の泥灰質団塊状石灰岩および泥灰岩、上部の石灰岩の三つに分けられている (R.A. Maxwell, 1967)。しかし、調査地域内では、Big Bend National Park にみられる岩相が調査地北部の Ejido Jaboncillos 北西方の Cerro del Veinte 付近で認められるのみで、その他の地域では主に灰白色を呈する中~厚層状石灰岩を主とし、調査地南部の Sierra la Maquina では薄層の泥灰岩を挟有している。

〔堆積環境〕本層は、不整合と考えられる明瞭な境で下位の Del Rio 層から露されており、海進の比較的進んだ時期の浅海性~沿海性環境下で堆積したものと考えられる。なお、本層および後述の Boquillas 層からそれぞれ採取された化石の間には、上部 Cenomanian 階が欠如しており、本層末期には陸化したものと推定される。

〔対 比〕本層から *Budaiceras*, *Inoceramus off. erippsi* を産することから、下部~上部 Cenomanian 階のものと考えられる。

C)-Gulf 統

C)-1 Boquillas 層 (Ernst 部層)

[命名] 本層名は、J.A. Udden (1907) が調査地に隣接する Texas 洲 Boquillas で命名したもので、R.A. Maxwell et al. (1967) が再定義したものである。R.A. Maxwell (1967) は、さらに本層を Ernst 部層および San Vicente 部層に分けている。調査地域内の既存資料では、Ernst 部層に対して Boquillas 層、San Vicente 部層に対して San Vicente 層が用いられていることから (C.I. Smith, 1970, J.O. Rivera 1973), 本報告書では、これに準じて R.A. Maxwell の Ernst 部層に対して本層名を用いることにする。

[模式地] 本層は、国境の町 Boquillas del Carmen 北西約 10 km の Ernst Tinaja を模式地としており、調査地域内では調査地北部の La Union から Ejido Jaboncillos に抜ける山道に標式的露出がみられる。

[分布] Sierra la Maquina 以北の調査地北部に主にみられ、Sierra la Maquina, Sierra de Concordia, Sierra de Monterrey, Sierra la Morena, Cerro Blanco, Sierra Santa Fé del Pino, Rio Bravo 褶曲帯, Sierra del Carmen 北東部, Sierra de los Altares などの主に白亜系からなる山脈や山塊の向斜性山間低地や山麓緩斜面に主に露出がある。

[層厚] 本層は、向斜性山間低地に緩傾斜をなして分布することが多く、小断層や小褶曲によって複雑に反復するため、層厚は正確に得難いが、Carmen ーム南部で約 80 m, La Union の丘陵性山地で約 100 m, Sierra de San Vicente の南端部で約 90 m, Cerro la Vasca 北西部で約 150 m, Sierra Santa Fé del Pino 北端部付近で約 150 m, Sierra la Maquina 付近では約 100 m が得られた。調査地北方の模式地では約 135 m とされている。

[岩相] 本層は、分布地域全域にわたって比較的均一な岩相を呈し、泥岩、頁岩を伴う粘土質石灰岩などの薄互層からなり、基底部に細粒砂岩を伴っている。本層頂部および中部には、珪質石灰岩および粘土質石灰岩に比較的富む部分がみられ、風化に対する抵抗性が他の部分に対し高いため、特有のゆるやかなケスタ地形をなすことが多い。また、石油臭を伴う黒色石灰岩も認められる。

[堆積環境] 本層は、全体に陸源碎屑物に富んだ地層で、外洋性浅海環境下で堆積したものと考えられる。石油臭を伴う有機質の多いものも認められるにもかかわらず黄鉄鉱は殆んど認められず、酸化性の条件下であったと考えられる。また、すでに融れたように本層は不整合の下位を覆っている。

〔対 比〕本層は、Texas の Eagle Ford 層に対比され、*Inoceramus perplexus* や *Inoceramus (Mytiloides) latus* 等を産することから、中～上部 Turonian 階と推定される。

C-2 San Vicente 層

〔命 名〕本層は、R. A. Maxwell et al. (1967) の San Vicente 部層と一致するもので、C. I. Smith (1970) および J. O. Rivera (1973, C.R.M.) らの地質に用いられている用法に準じ San Vicente 層として用いた。

〔模式地〕 Boquillas del Carmen 南西約 10 km の San Vicente 北東約 3.2 km の地点を模式地としており、調査範囲内では、San Vicente から La Union にかけての Arroyo del Olan 沿いに良い露出がみられる。

〔分 布〕 Boquillas 層とほとんど一致した分布を示し、向斜性山間低地や砕漠状平原部の山脈寄りの山麓緩斜面などに主に露出がみられる。

〔層 厚〕本層は、Boquillas 層と同様に主に山間低地や山麓緩斜面などに緩傾斜で露出し、小断層や小褶曲によって複雑に反復するため正確な層厚は今回の調査では得られなかったが、調査地に隣接する Big Bend National Park では約 105～120 m の層厚が報告されており、Rio Bravo 褶曲帯地域では、ほぼ同様の層厚を示すと考えられる。なお、Sierra Santa Fé del Pino 北端部付近では、約 120 m、Sierra de San Vicente の南端部では約 88 m + の層厚が得られた。

〔岩 相〕 Sierra de San Vicente の南端部では、下底部は泥岩と薄層泥灰岩の薄互層からなり、泥岩がやや優勢で、約 22 m の厚さを有している。その上位に約 7 m の黄鉄鉱団塊を特徴的に伴うチョーク質石灰岩と薄層理の発達した黑色泥岩の 0.1～0.3 m の互層がみられる。この上に、約 59 m の厚さの薄層理 (3～5 cm) の発達したチョーク層がみられ、多数の化石を伴っている。ここでは、本層の上部は欠如している。

Bjido Jaboncillas 南西約 10 km の所では、Sierra de San Vicente 南端部の上位と考えられる *Inoceramus Undulatoplicatus* に富む中層理の発達したチョーク層が認められる。

Sierra Santa Fé del Pino 北端部では、チョーク・泥灰岩・泥岩の薄互層からなり、一部に砂岩を伴っている。全体に黄鉄鉱に富み、保存の良好な化石を多産する。

〔堆積環境〕本層は、半浮遊性～底棲化石に富む、浅海性～沿海性の有域下で堆積した地層で、黄鉄鉱を伴う有機質に富む還元性環境が推定される。

なお、本層は下位の Boquillas 層を不整合に覆うとされているが、その境は層理に調和し、岩相に著しい変化がないことから、不整合による欠如は小さいと思われ、化石の点からもこのことは裏づけられる。

〔対 比〕本層から, Coniacian 階を示すと考えられる *Didymotis*, *Inoceramus stantoni*, *Inoceramus cf. subquadratus* 等を産し, また, 上部から Santonian 階を示すと考えられる *Inoceramus exgr. cycloides*, *Inoceramus undulotopricolus* を産する。Texas の Austin 層に対比されている。

C)-3 Pen 層

〔命 名〕 R. A. Maxwell et al. (1967) によって調査地に北接する Big Bend National Park で名付けられたものである。

〔模式地〕上記 Big Bend National Park 内の Chisos 山脈北部の Chisos Pen を模式地としており, 調査地域内では La Union 南西の丘陵地帯に良い露出がみられる。

〔分 布〕 Rio Bravo 褶曲地帯から Sierra de Heciceros 北東山麓部にかけての向斜性山間低地および砂漠状平原部に主に分布し, 小高い丘陵性山地をなすことが多い。

〔層 厚〕本層は, 向斜性山間低地や砂漠状平原部に点在して露出し, 第四系によってしばしば覆われているため, 今回の調査で全体の層厚は得られなかった。Rio Bravo 褶曲地帯では約 170~200 m が, また, 調査地に北接する Big Bend National Park では 65~210 m 層厚が報告されている (J. O. Rivera 1973, C. R. M.; R. A. Maxwell et al., 1967)。

〔岩 相〕本層下部約 15 m は, 薄層チャーク (2~3 cm) を挟有する石灰質泥岩からなり, その上に厚く暗灰色~黄褐色を呈する泥岩が発達しており, 薄層細粒砂岩や砂質~石灰質団塊を伴っている。全体に固結度が低く, 黄鉄鉱が全体に認められる。また, 本層頂部付近には厚さ 1.5 m に達する砂岩層がみられることがある。

〔堆積環境〕本層は, Boquillas 層および San Vicente 層を堆積させた海域が後退した時期の陸原細粒碎屑物に極めて富んだ地層で, 沿海性の堆積環境が推定される。全体に黄鉄鉱に富んでおり, 比較的有機物に富む還元性の条件が考えられる。

なお, 本層と下位の San Vicente 層の関係は整合的であるが, 岩相は急激に変っている。

〔対 比〕本層から, *Inoceramus (Platyceramus) platinus*, *Placentoceras neeki*, *Dela-xarella donei* 等を産し, Santonian 階上部~ Campanian 階下部と考えられる。

C)-4 Aguja 層

〔命 名〕本層は, W. S. Adkins (1933) によって命名されたものである。

〔模式地〕調査地北西方の Sierra Aguja を模式地としている。

〔分 布〕 Rancho Taraihos から Sierra de Harina 南端にかけての丘陵性山間低地帯, 調査地北東部の Sierra de los Altares 東方丘陵性低地などに限られた分布がみられるだけである。

〔層 厚〕本層は主に山間低地などに分布し、起伏の低い露出が第四系中に点在するため、その層厚は調査地域間では得られなかったが、San Vicente 北方では約230mと報告されている (R.A. Maxwell, 1967)。

〔岩 相〕調査地域内では、上下層との関係の明らかな露出はみられなかったが、Rancho Tarai zos 南西部では細粒砂岩に優勢な砂岩・泥岩の互層が主に分布し、その南方 Rancho los Alamos 付近でも同様な露出がみられ、細粒閃緑岩岩床によって貫かている。調査地北方の San Vicente 付近 (R.A. Maxwell et al, 1967) では、本層は不整合に層を覆い、基底部は1.5~1.0mの砂岩からなり、下底に鉄質部を伴っている。この上に約50mの暗灰色~黄褐色を呈する泥岩が発達し、頂部付近に石炭層を伴っている。この上位に砂岩と泥岩の互層が累重しており、陸成層に移行するとされているが、本調査地域内では陸成層に相当する部層は殆んど削割されており、主に海成層が分布するものと考えられる。

3-2-3 第三系

プロジェクト地域内には、Sierra del Carmen 南部に南部 Sierra del Carmen 火山岩類が、Sierra de Hechiceros に同名の火山岩類が、また、地域南部に Sierra de San José 火山岩類がそれぞれ分布している。これらは全て構造的に沈降した地域に分布しており、Sierra de San José 火山岩類周辺には巨大な曲線構造が認められているが、その分布を規制するその他の地質・構造的要素は明らかでない。

南部 Sierra del Carmen 火山岩類は、下位より、流紋岩類 I・粗面安山岩類・玄武岩類および流紋岩類 II (4.4×10^6 年、鮮新世)の順に累重しており、アルカリ岩系の火山岩類が優勢である。玄武岩類より下位のは始新世以前と考えられ、これらと上位の流紋岩類 IIとの境には不整合が推定される。

Sierra de Hechiceros 火山岩類は、後述の褶曲運動の影響を受けている下部とその影響の認められない上部とに分けられ、下部は下位より、下部安山岩・玄武岩および上部安山岩 ($4.5 \sim 5.6 \times 10^6$ 年、始新世)の順に累重し、また、上部は下位より、流紋岩・玄武岩 (1.8×10^6 年、中新世)および石英安山岩の順に累重している。同火山岩類下部はアルカリ岩系の火山岩類に富み、また、同上部との境は不整合である。

Sierra de San José 火山岩類は、下位より、凝灰質砂岩・下部安山岩・石英安山岩 (3.5×10^6 年、漸新世)・流紋岩質凝灰岩・中部安山岩・下部玄武岩・流紋岩・上部安山岩および玄武岩の順に累重しており、主にカルクアルカリ岩系に属する火山岩からなっている。褶曲運動の影響が認められず、また、比較的下位から漸新世を示す K-Ar 年代が得られたことから、漸新世~中新世にかけての火山活動によってもたらされたものであろう。これらを総合

してみると、褶曲運動前に活動したと考えられる火山岩類にはアルカリ岩系に属する塩基性～中性のものが多く、同運動後のものにはカルクアルカリ岩系の中性～酸性のものが多傾向がみられ、また、鮮新世火山岩類は酸性火山岩が卓越している (Fig. Ⅱ-1, Table Ⅱ-2 参照)。

3-2-4 貫入岩類

調査地域内に分布する貫入岩類は、褶曲運動の影響の有無によってA) 褶曲期前の貫入岩・B) 褶曲期の貫入岩およびC) 褶曲期後の貫入岩に大きく分けられ、これらはさらに産状・岩質・K-Ar年代測定結果および相互の貫入関係によって次のように細分される。

A) 褶曲期前の貫入岩

A)-1 先駆的火山活動による半深成貫入岩

この分類に属する貫入岩は、シム状の産状を示すことを特徴としており、粗粒玄武岩・流紋岩・グラノファイア等からなっており、Cerro Chalió 地区に顕著に認められるほか、Cerro de Minerva 地区・El Volcan 地区・Mina la Morena 地区および Sierra de Cruces 地区に認められる。これらは、一般に上部白亜系中に貫入しているが、下部白亜系の泥質岩中にも小規模に認められ、また、上部白亜系上部が厚く発達した所に主に貫入しており、後述のA)-2によって切られている。

地角斜末期の火山活動によってもたらされたものと考えられる。なお、これらの貫入岩には重要な金属鉱物の濃集は伴っていない。

A)-2 白亜紀末期～第三紀初期の深成岩

この分類に属する貫入岩は、Cerro Chalió 地区および Cerro de Minerva 地区に分布しており、斑岩～閃長岩の岩相変化を有する岩株からなる。特徴的な NNW-SSE 方向に伸長した卵形の形態を示し、ドーム構造を伴っている。Sierra del Puerto Blanco 地区の同名ドーム構造下部にも同様な深成岩の伏在が予想される。

これらは、Cerro la Vasca の複合岩体と共にほぼ南北に連なる直線上にあり、強い磁気異常を伴っている。K-Ar 絶対年代は $67.5 \sim 52 \times 10^6$ 年で、白亜紀末期～第三紀初期 (始新世前期) を示している。

本分類に含まれる貫入岩類は、周辺に熱変成帯 (再結晶) を伴っているものの、スカルン帯の発達は弱く、所謂ドライな状態で貫入したと考えられる。一部に鉛・亜鉛や鉄の鉱化作用を伴っているが、大規模な接触型鉱床は認められない。

A)-3 時代未詳の貫入岩

Puerto Rico 地区にみられるモンゾニ閃長岩は、後述する Las Norias 新層による正ドラッグ褶曲によって変形されており、褶曲期以前の貫入岩と考えられるが、その下限を決定するに足る地質的証拠は得られていない。

B) 褶曲期の貫入岩

本プロジェクト地域の Laramide 造山運動による褶曲期は、 45×10^6 年（前期始新世）と 35×10^6 （前期漸新世）との間にあると考えられる。この時期には、主に Sierra del Carmen 地域に貫入火成活動が認められ、一部に優勢な塊状～不規則鉛筒型後石鉛床を伴っている。

第Ⅱ年次の調査地域内では、South Sierra del Carmen 地区西部にアダノロ岩（ 39×10^6 年、始新世後期）が貫入している。この周辺に後石鉛化作用がみられるが、今回の調査では、この鉛化作用は本岩と直接関係はないと考えられた。また、本岩周辺には、これ以外の鉛化作用は認められていない。

C) 褶曲期後の貫入岩

C)-1 漸新世～中新世の貫入岩

本分類に属する貫入岩として、Sierra del Carmen 地区の石英閃長斑岩（ $27 \sim 27.2 \times 10^6$ 年、漸新世後期）および Sierra de Cruces 地区の変質した流紋岩岩脈が挙げられる。前者は、周辺にスカルン鉛物を伴う熱変成帯を伴っており、その中に金銀の鉛化作用が認められる。後者は、Sierra de San José 火山岩類流紋岩の活動に関連して貫入したものと推定される。

C)-2 中新世末期～鮮新世の貫入岩

Sierra de Cruces 複合岩体（ 5.2×10^6 年、中新世末期）および El Volcan 地区に分布する花崗閃岩（ 4.2×10^6 年、鮮新世）がこれに該当し、これらは周辺に著しい熱変成帯やスカルン帯を作うことを特徴としている。また、Mina la Morena 地区や Picacho 地区に伏在の予想される深成岩もこの時期のもものと推定される。

これらは、主に酸性の貫入岩からなり、鉄の優勢な鉛床、マンガン鉛床、銅の著しい鉛化などをそれぞれ伴っており、本プロジェクト地内では最も優勢な卑金属の濃集を伴っている。

C)-3 時代未詳の貫入岩

Cerro de Minerva 地区や Chalió 地区に多量に認められる放射状粗玄武岩岩脈は、褶曲構造を切って貫入しているが、その上限を定めるに足る地質証拠は得られていない。

South Sierra del Carmen 地区には、岩脈状の産状を示す斜長閃岩および粗粒玄武岩が認められるが、これらの貫入期は明らかでない。なお、これらの岩脈およびその周辺には、金属鉛物の濃集は認められない。

3-2-5 第四系

第四系は、山脈間にはさまれた準平原部および向斜性山間低地などに広範囲に発達する。

層厚は、巾 20km に達する Laguna del Cuaje 等の構造性平地では、かなり厚いものと思われるが、その他の地域ではそれ程厚くはないと思われるが、厚さは不明である。

Laguna del Cuaje, Laguna Jaco, Laguna Colorada 等の内陸乾湖には、泥質物に富む蒸発岩がみられ、比較的細粒の碎屑物が発達するほかは、全体に砂礫が広く発達する。

これらは構成物、段丘面等で更に細分し得るが、目的と関係が薄いため、ここでは一括して第四系として扱ったが、その一部は第三紀後期までさかのぼることも考えられる。

3-3 地質構造

本プロジェクト地域およびその周辺は、メキシコ地向斜の厚い石灰質堆積岩の堆積に示されるジュラ紀末期から白亜紀後期にかけての沈降に続いて、白亜紀末期から第三初期にかけてのLaramide造山運動の影響下に入り、圧縮性応力下のもとに、非対称褶曲を特徴とする褶曲やそれに伴われた褶曲断層が形成され、また、この褶曲運動の東限を画すLas Norias構造帯が形成された。なお、K-Ar法による年代測定結果と測定試料が採取された岩体に対する褶曲運動の影響の有無から、同造山運動による褶曲期は既に触れたように 45×10^6 年と 35×10^6 年の間にあると考えられる。また、地域北部は、活発な火成活動に表わされるTexas Zoneの影響下にあり、この地域には、特有の短波長の褶曲や多くの貫入岩が認められる。第三紀後期には、全域にわたって活発な陸性火成活動にみまわれ、伸張性応力で形成されたと考えられる正断層が生じ、従来から存在した断層も再活動したと考えられる。

これらの構造的要素にもとづいて、本プロジェクト地域およびその周辺は、Marathon地帯・Sierra del Carmen地帯・Rio Bravo褶曲帯・Pino-Nonclova地帯およびMula-Mojada地帯の5つに分けられた。

調査地区内に分布する鉱床のうち、前述の断層や褶曲構造が成因的に密接に関連している鉱床としてPuerto Rico地区内のLas Norias断層沿いの鉱床・Mina la Morena地区のEl RefugioおよびLa Morena両鉱山の鉱床・Sierra de Cruces地区のSanta Elena背斜付近の鉱床等が挙げられ、Texas Zoneの影響下にあるものとしてRio Bravo褶曲帯からSierra del Carmen地帯にかけて分布する螢石鉱床が挙げられる。また、第三紀末期の伸張性応力下の断層構造および火成活動に関連する鉱床として、El Volcan地区の螢石や鉛亜鉛鉱床、Sierra de Cruces地区のNoria del Picachoドーム内の鉱床・Libertad鉱床・鉄鉱床およびMina la Morena地区La Diana含銅鉛鉄床などが挙げられる。

3-4 地 史

ジュラ紀後期から白亜紀前期にかけて起ったNevada造山運動により、北米大陸西部は陸起しコルデイレラ地背斜を形成したため、その東側には、ロッキー劣地向斜・メキシコ劣地向斜が生じた。

この時の海進は、メキシコ湾からアメリカ合衆国南西部～中央部を通じて幅広く帯状に達していたものと考えられている(Smith, 1969)。

海浸されたメキシコ北部から大陸内部は、構造的には比較的安定であったが、地形的に凹凸

をもっており、その堆積物には石灰岩のほか浅海性赤色層や蒸発岩が含まれている。

これらは高地の間の盆状地に堆積した。

白亜紀前期の Neocomian 期までには堆積盆はこれらの堆積物により満たされ、高地部周辺における陸源砕屑物と炭酸塩堆積物の互層部を除き、石灰岩類の堆積が全域に卓越する。

Aptian 期から Albian 期にかけて、周期的海退により、北部と西部から陸源砕屑物が断続的に供給され、石灰岩の堆積を中断する。この頻度は白亜紀後期の Cenomanian 期から Campanian 期にかけて、より高くなる。

このように、Neocomian 期から Albian 期にかけての地層は、主として、メキシコ地向斜の発展期に堆積したものであるが、この期間における海退期を示す地層も挟在している。これに比較して、上部白亜系の Cenomanian 期から Campanian 期にかけての地層は陸源砕屑物と浅海性堆積相を示す石灰質堆積物の互層よりなり、さらに、その上部は石炭をともなう潮沼性堆積相を示しているので、上部白亜系はメキシコ地向斜後期の堆積相を示していると言える。

このような地史的背景をもつ Coahuila 州北部に位置する調査地域は、東側の Tamaulipas (タマウリパス) 半島と西側の Coahuila 半島に挟まれたジュラ紀後期の Sabinas 湾と、その湾頭付近を占めている (Imlay, 1943)。この証拠として、調査地域の基盤と考えられる変成岩(古生界と推定される)の露出が、地域北部 Sierra del Carmen 西側山麓にある。

白亜紀後期までの沈降に引続き、白亜紀末期から第三紀初期にかけて Laramide 造山運動の影響下に入り、圧縮性応力によって、白亜系には非対称な褶曲構造およびこれに伴われる褶曲断層等が発達し、陸化する。

調査地域内の主褶曲帯は、Sierra del Carmen 西麓において、北北西-南南東方向に走る Las Narias 構造帯にあって東限を画されている。Las Narias 構造帯より東側は比較的ゆるやかな背斜・向斜両構造の繰り返しで、湾岸平野に移り変ってゆるくのくに反し、西側には激しい褶曲構造の発達が見られる。

なお、K-Ar 法による年代測定結果と測定試料が採取された岩体に対する褶曲運動の影響の有無から、同造山運動による主褶曲期は 45×10^6 年と 35×10^6 年の間にあると考えられる。また、地域北部は、活発な火成活動に表わされる Texas Zone の影響下であり、この地域には、特有の短波長の褶曲や多くの貫入岩が認められる。第三紀後期には、全域にわたって活発な陸性火成活動にみまわれ、伸張性応力下で形成されたと考えられる正断層が生じ、従来から存在した断層も再活動したと考えられる。

3-5 鉛 床

調査範囲内に分布する多数の鉛床や鉛徴地は、鉛種から螢石鉛床、含銀銅鉛亜鉛鉛床、金銀鉛床および鉄鉛床に分類され、これらはさらに産状・鉛床形成期等から以下のように細分類される。

3-5-1 螢石鉍床

鉍床や鉍微地の形成に関与したと推定される火成岩の活動期や地質構造の形成期は白堊紀末期から第三紀末期にまでまたがっており、鉄鉍床を除く他の鉍床にも脈石として螢石が伴われることが多く、本プロジェクト地域は長期にわたって弗素が供給され易い地化学的状況下にあったと推定される。

螢石鉍床は、主として地域北半部に分布するが、南半部の Cerro la Vasca および El Volcan 地区にも点在する。

その形勢は

- (1) 塊状～不規則鉍筒型
 - (2) マント型
 - (3) 鉍脈型
- の3型に分類される。

(1)の塊状～不規則鉍筒型鉍床は最も大規模であって、過去に採掘され、また、現在でも稼行されている鉍床の殆んどがこの型のものである。

この型の鉍床は、アルカリ岩系に属する粗面岩質～流紋岩質貫入岩、一部ではアダメロ岩～モンゾニ岩に伴われており、貫入岩と枝貫入岩である石灰岩の境界部に沿って不規則塊状に石灰岩中に賦存している。脈石の主なものは方解石である。

液体包有物試験による本型の鉍床生成温度は、後に記すマント型鉍床に比し一般に高く、350°C 以上を示すものも幾つか報告されている。また、この型の鉍床が産出する層準は、マント型のものに比べて変化があり、Sue Peaks層あるいは Del Rio層にまでまたがっており、比較的泥質な地層の下位に富鉍部を形成することが多い。

(2)のマント型螢石鉍床は、Santa Elena層最頂部に選択的に産出する小規模マント～網脈状鉍床で、Rio Bravo Folded Zoneに100をこす多数の採掘跡がみられ、また、Sierra del Carmen 地区にも Carmen ームの北東および西側に認められる。

鉍石は一般に無色透明～白色を主とし一部紫色を呈する螢石からなり、脈石として方解石を伴っている。

液体包有物試験による本型鉍床の生成温度は、先の塊状不規則鉍筒型鉍床に比し低く、150°C 前後の温度を示すものが多く、また、本型の鉍床分布地域、とくに Rio Bravo Folded Zone には、特筆すべき火成活動が認められないことなどが重要な特徴となっている。鉍床位置が F 源となった火成活動から遠く、そのため先の塊状不規則鉍筒型鉍床に比して劣性の鉍床が多く、鉍床生成温度もやゝ低いことから、経済的価値もまた低いと考えられる。

(3)の鉍脈型鉍床としては、El Volcan 地区の Lea および La India 鉍床がある。これらは比較的連続の良い新層中の雁行した珪化帯に産出し、その産出層準も Pen層および San Vice-

nte層で、従来から知られていたものに比し欽化層準が著しく上位で、欽化期も鮮新世以降と推定される。この型の欽床は、辰石として石英が多い特徴がある。新期火成岩およびその周辺に発達する珪化帯や新層帯に規制された分布を示し、低品位のものが多い。

3-5-2 含銀銅鉛亜鉛欽床

標記欽種の欽床として、Puerto Rico地区のLas Norias新層帯内の欽化欽床(Puerto Rico欽床・San José欽床・Papicuanó欽床・Venos欽床・その他の多数の欽徴地)。Cerro de MinervaFーム周辺の欽化欽床(Mezquite欽床・Minerva欽床・Gloria y Lucia欽床・Gloria欽床・Estelella欽床)、El Volcan地区の欽化欽床(Collan欽床・El Volcan欽床)、Mina la Morena地区のLa Morena欽床・El Refugio欽床・La Diana周辺の欽床)、Sierra de Cruces地区の欽化欽床(Santa Elena背斜付近の欽床・Libertad欽床・Quebrada欽床)等の多数の欽床および欽徴地が挙げられる。なお、El Volcan欽床は欽化マンガンを主体としたものであるが、比較的高い銅・鉛・亜鉛品位を示すことから、ここに含める。

これらの欽床および欽徴地はその産状から、(a)欽脈型欽床、および(b)接触型欽床に大別され、後者はさらに、Laramide造山運動の褶曲期を境として(b)-1褶曲期前の貫入岩によってもたらされたもの、および、(b)-2褶曲期後の貫入岩によってもたらされたものに分けられる。

(a) 欽脈型含銀銅鉛亜鉛欽化欽床

この型の欽床として、Puerto Rico地区の全ての欽床および欽徴地・Collan欽床・La Morena欽床・El Refugio欽床・Santa Elena背斜付近の欽床等が挙げられる。これらの欽床は、Laramide造山運動による背斜構造や褶曲新層あるいはLas Norias構造帯などの大きな地質構造を主要な欽床胚胎の場としており、欽化期は、同造山運動以後であるが、Santa Elena背斜のように中新世末期の貫入岩によって変形された背斜構造が重要な構造となっているものや、鮮新世の貫入岩を切る新層系に胚胎するCollan欽床などがあることから、鮮新世まで欽化作用がおよんでいる可能性がある。Collan欽床およびMina la Morena地区のLa Diana欽床がAurora層中にあるほか、他の全てがCupido層およびそれより下位にみられ、主要な欽床の殆んどがCupido層中に胚胎しており、同層が重要な欽床胚胎の場を規制する要因となっていることを示している。この原因として同層が下部から上昇する欽液が最初に遭遇する本格的な石灰質堆積岩であることが考えられるが、石膏層で表わされる塩類の多い蒸発残留岩が間接的に欽化作用に寄与している可能性も考えられる。

b)-1 褶曲期前の接触型含銀銅鉛亜鉛欽床

本型に属する欽床としてCerro de Minerva地区周辺の欽床および欽徴地が挙げられる。これらの欽床および欽徴地は、所謂ドライな状態で貫入したと考えられるA-2(前出)に属する貫入岩によってもたらされたものと考えられ、欽化規模は小さく、品位も低い。欽床

としての経済価値は現段階では極めて低い。

(b)-2 褶曲期後の接触型～高温熱水柱含銀銅鉛亜鉛鉱床

本型に属する鉱床として El Volcan 鉱床・Diana 鉱床・La Diana Libertad 鉱床・Quabrata 鉱床が挙げられる。これらの鉱床は C-2 (前出) に分類された深成貫入岩に伴われたと考えられる。この深成貫入岩は、酸性のものが多く、通常周辺に著しいスカルン帯や再結晶帯を伴っており、(b)-1 型鉱床をもたらした貫入岩に比し揮発性成分に富むものであると推定される。この種の鉱床は本地区では殆んど未探鉱に近く、とくに貫入岩が伏在する場合には殆んど探鉱されていない。今後組織的に貫入岩の形状とその接触部付近の状況を探鉱賦存の可能性を採る必要があると考えられる。最終年次に探査された La Diana 鉱床付近の鉱化帯は、これに属するものであるが、それを含めた Mina la Morena 地区の状況については別途詳述することにする。

3-5-3 金銀鉱床

標記鉱種を対象とした鉱床は、South Sierra del Carmen 地区にのみ分布しており、既知鉱床として Fronteriza 鉱床・Teresita 鉱床・Juarez 鉱床等が挙げられる。これらの鉱床は先に記した C-1 に属する石英閃長斑岩に關係して生じたものと考えられ、同岩周辺のスカルン化～再結晶化帯中に賦存している。現在まで発見されている鉱床は、比較的小規模で低品位鉱が多く、経済的価値は低い。

3-5-4 鉄 鉱 床

この型の鉱床は本プロジェクト地域内で組織的かつ大規模に探鉱・開発されている唯一のものである。

本プロジェクト地域内には、(a)正岩酸性鉄鉱床、および、(b)接触型鉄床が分布しているが、主要なものは Sierra de Cruces 地区に分布する (a) 型の鉄鉱床である。

本型鉱床は、C-2 に分類された Sierra de Cruces 複合岩体の貫入末期に濃集した酸化鉄が、同岩体周辺に形成された弱構造部を選んで貫入したレンズ状鉱床と考えられ、鉱体縁に異帯配列したスカルン帯が形成されている所も認められた。今回の調査地内には 14 ヶ所達する多数の露頭がみられ、また、幾つかの鉄鉱床と推定される磁気異常が認められた。このうち Sierra de Cruces 岩体北部のものは Mineral del Norte S. A. 社、同岩体東部のものは Hojalata y Lámina S. A. 社によって開発あるいは探鉱されている。

3-5-5 考 察

本地区に分布する鉱床は螢石・含銀銅鉛亜鉛および鉄鉱床の 3 種類に分けられる。

今後これらの鉱床探査の方針として、つぎのように考察される。

(i) 螢石鉱床

鉱床は全球に分布するが、大半のものは北半部に集中してみられる。3 種類の鉱床型がある

が、規模が大きく、稼行対象となっているのは、アルカリ岩系に属する粗面岩質～流紋岩質貫入岩と被貫入岩である石灰岩の境界部付近において、不規則塊状～鉱筒状に賦存する型が殆んどで、現在 Agua Chile, Cuatro Palmas および La Borada 等の鉱床が知られている。これらは、地質構造上 Sierra del Carmen 地帯に分布している。この地区にはアルカリ岩系の火成岩動が発達しているが、これは Texas Zone と関係がある可能性が強い。

従って、今後螢石鉱床を探索する場合、Sierra del Carmen 地帯を中心地区と考える必要があり、この場合、上述の稼行鉱床と類似の地質条件をもつ可能性の強い場所としては、Carmen ドームが第一に挙げられる。然しながら、Carmen ドームは直径 10 km におよぶ構造であり伏在する貫入岩の位置・鉱化帯の捕捉には困難が予想される。

(2) 含銀銅鉛亜鉛鉱床

本地域に分布する銀・亜鉛・銅・鉛・硫化物鉱床を、産出位置・構造運動との前後関係および火成活動との関係等から 3 型に分類した。この中で今後探鉱の必要があると考えられるものはつぎの地質条件を備えている型であると考えられる。

(a) 関連する火成活動

本地域において、中新世末期～鮮新世の貫入岩類は、共通して、酸性であって、周辺に著しいスカン帯や石灰岩の再結晶帯をともっており、同時に熱水変質作用・鉱化作用をともっている。

これらの貫入岩として、Sierra de Cruces 複合貫入岩 (5.2×10^6 年)・El Volcan 花崗斑岩 (4.2×10^6 年) 等が挙げられる。Mina la Morena 地区の Mina la Diana 鉱化帯 (最終年次の探鉱対象) や Sierra de Cruces 南部の Picacho 地区に伏在の予想される深成岩もこの時期のものと推定される。

(b) 産出の場

地域内にみられる鉱脈型鉱床は、Laramide 造山運動による背斜構造や褶曲断層あるいは Las Norias 構造帯などの大きな地質構造を主要な産出場としており、鉱化期は同造山運動以後であるが、その下限は不明である。しかし Santa Elena 背斜のように、中新世末期の貫入岩によって変形された背斜構造が産出場となっているものや、El Volcan 地区において、鮮新世の貫入岩を切る断層系に産出する Collan 鉱床などがあることから、鮮新世まで鉱化作用がおよんでいる可能性がある。

また産出層準は、Collan 鉱床と La Diana 鉱床が Aurora 層中にあるほかは、すべてが Cupido 層中に産出している。この原因として、同層が下部から上昇する鉱液が最初に遭遇する本格的石灰質堆積岩であることが最も重要な要素と考えられる。また、同層が石膏層で示される蒸発残留岩の性格をもっていて、間接的に産出に寄与した可能性をも考えられる。

(3) 鉄 鉱 床

現在本地域内で鉱山として組織的かつ大規模に開発されている Hérculis 鉱山付近から、Sierra de Cruces 複合貫入岩体の東縁にかけて、14 箇所に達する露頭が観察され、鉄鉱床と推定される磁気異常も認められた。然しこれらは、すでに、民間会社の所有下にあり、開発あるいは採鉱対象になっているので、ここでは考察の対象から除外した。

3-6 Mina la Morena 地区の鉄床

本地区には、Morena 山脈北東部に位置し、La Morena 鉱山および El Refugio 鉱山で代表される、Morena 山脈北東部鉄化帯と、Morena 山脈中央部に位置し、La Diana 鉱山とその周辺の石灰岩再結晶帯からなる、Morena 山脈中央部鉄化帯の 2 鉄化帯があり、その状況は以下のとおりである。

3-6-1 Morena 山脈北東部

この鉄化・変質帯は、Sierra la Morena 複背斜構造の軸部にみられる N60°W 方向の Mina la Morena および El Refugio 断層沿いにみられるもので、Morena 山脈北側斜面下部の丘陵柱山地部に幅約 200 m・延長約 1.2 km の範囲にわたって、中程度の粘土化作用および黄鉄鉱鉄燐がみられ、また断層沿いに再結晶作用も認められる。

これらの主要なものは、La Morena 鉱山および El Refugio 鉱山である。

La Morena 鉱山は、前述の断層およびそれから派生した小裂かを充填した鉄脈型含銀鉛亜鉛鉄床を小規模な掘下りおよびトレンチにより採鉱あるいは採掘したものである。

鉄床は Cupido 層中の薄層～細脈状石膏をともなり黒色頁岩および泥灰岩互層中に発達する断層および小裂かを充填した幅 0.3～1.0 m、延長 20 m 前後の鉄化鉄を伴う石英・方解石脈からなる。黒色細粒の黄鉄鉱・白鉄鉱などのほか、黒色二酸化マンガンと思われるものもある。

また、脈石鉄物の中に自然硫黄が散見される。

El Refugio 鉱山は、La Morena 鉱山南東約 1 km に位置しており、そのすぐ北縁を El Refugio 断層が走っている。鉄床は La Morena 鉱山と類似した産状を示し、小裂かを充填した酸化鉄をともなり石英・方解石脈からなっている。

両鉱山の貯鉄の分析値は Ag 数 g ～ 299 g/l、Cu 0.5% 以下、Pb 0.1% ～ 36.5%、Zn 0.1% ～ 2.4% 程度である。

これらの鉄床は、その産状から Mina la Morena および El Refugio 断層などの、Sierra la Morena 複背斜構造軸部に発達する断層を通路として上昇した熱水溶液により形成されたものと推定される。現在みられる鉄床の規模は小さく、品位は低いものが多いが、これらは、後述する中央部鉄化帯の延長部に位置し、また、地化学探査によれば、両鉄化帯は一つの地化学異常の中に包含されることから、両鉄化帯の関係が注目される。

3-6-2 Morena 山脈中央部

地質構造 本地区は、大局的には、Sierra la Morena 復背斜構造の南西翼部に位置するが同構造を一次の褶曲構造とする、ほぼ同方向の二次～三次の褶曲構造と、これらの構造に直交し、変形させている、NE-SW系の褶曲構造も認められる。

再結晶帯 本鉬化帯は、Morena 山脈中央部に分布する窪地状地形異常部において、NE-SW方向に長軸をもつ長径約2.4Km・短径約1.5Kmほぼ楕円形の、Aurora 層石灰岩再結晶帯の内部および周辺部に分布する。

Aurora層石灰岩再結晶帯は、中心部の結晶質石灰岩からなる核(1.7Km×1.1Km)とその周辺部の微晶質再結晶帯からなる。さらに、核の一部には、柎榴石・石英・方解石細脈や変質晶状柎榴石巨晶が生じているほか珪灰石・稜閃石なども随伴され、珪化作用も観察される。

鉬化帯 鉬化帯は、その地理的分布によって、北部・北東部・東部・中央部・南西部および南部の6個所に分けられる。(Fig. 1-2 参照)

(1) 北 部

再結晶帯北端において、微晶質再結晶帯とその外側の非変成部にある多くの鉬脈状～層状赤鉄鉬・方解石鉬体からなり、主要なものはN1～N8の8鉬体である。(Phase N報告書参照)

鉬脈型のものは、破砕帯を充填したレンズ状をなし、単位鉬体は、幅0.2～0.8m・延長10～20mであるが、延長300mにわたって連続するものもみられる。

また、鉬脈型でも、層厚15mの薄層理泥質部を選択的に鉬化している例もある。これは薄層理泥質部に格子状に発達する角礫化部を充填した方解石・石英細脈からなるもので、鉬脈の下限は下盤の非鉬化石灰岩層によって明確に境されている。

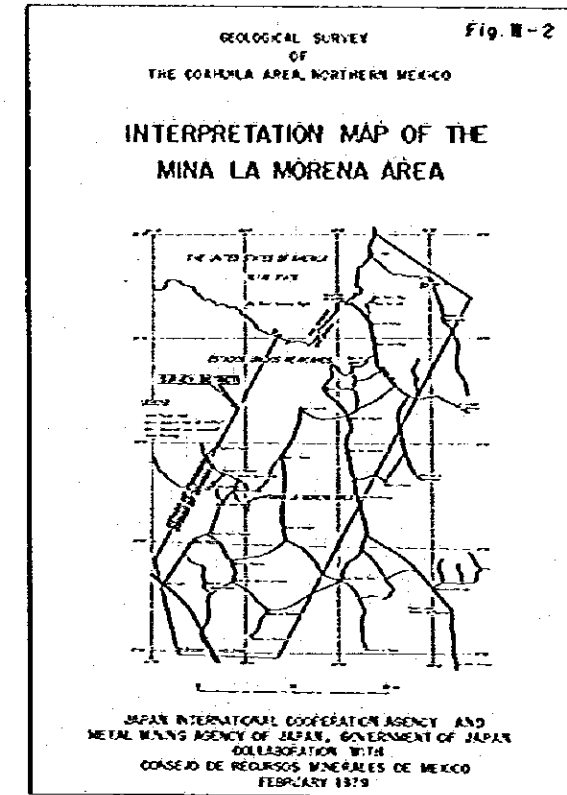
マント状のものは、石灰岩中に挟在する泥質部を交代したもので、厚さ0.5～2.0mで、約150m連続する。鉬石は赤鉄鉬・含水酸化鉄からなり、少量の方解石をともなっている。

これらの鉬体から採取した試料の分析値は、最も優勢な網状鉬脈型N4鉬体の緑色銅鉬物の認められるチップサンプルで、Ag 65.7g/t・Cu 3.11%・Pb 0.02%・Zn 2.21%であり、また、緑色銅鉬物の認められない部分では、Ag 10.0g/t・Cu 0.05%・Pb 0.02%・Zn 0.33%であった。マント型鉬体から採取された試料はより低品位であった。

このように、北部鉬化帯は、N4鉬体を除き、鉬化の程度は一般に弱く、かつ、その鉬石は低品位である。N4鉬体については、母岩となっている泥質層準が新層・破砕帯と交会する場所で、部分的に拡大している可能性も考えられる。

(2) 北 東 部

この鉬化帯は、La Diana鉬体をはじめとする、新層や破砕帯中に賦存する比較的高品位の鉬脈群からなり、連続がよく追跡されるものとしてNE1～NE4の鉬脈があり、これらは主に微晶質再結晶帯中に発達する。



LEGEND

- Shale interbedded with crystalline zone
 - Siderite crystalline zone
 - Fine-grained crystalline zone
 - High carbonate zone
 - High zinc zone
 - Vein and its number
 - ▨ Mineral zone and its number
 - ▨ IP energy and its number
- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ○ High carbonate zone ○ High zinc zone ○ High iron zone | <ul style="list-style-type: none"> ○ High carbonate zone ○ High zinc zone ○ High iron zone |
|---|---|

これらの鉱体は、断層・破砕帯中に、雁行状あるいは平行に配列する小鉱脈群よりなり、単位鉱脈は、脈幅0.3 m~4 m・延長10 m~60 mの規模をもつ。

脈石鉱物は、方解石・石英を主とし、鉱石鉱物として赤鉄鉱および緑色銅鉱物等が肉眼的に観察されるが、鏡下では、自然銅・自然銀・角銀鉱~臭銀鉱・黒銅鉱および赤銅鉱も認められた。

これらの鉱脈のチップサンプルの分析品位は大きな変動を示し、高品位部においては、Au 1~3 g/t・Ag 100~500 g/t (max. 9090 g/t)・Cu 1~16%・Pb 0.0n%・Zn 0.n%の値を示す、

このように、北東部鉱化帯は、割合延長がある断層破砕を充填した鉱脈群で構成される。

(3) 東 部

本鉱化帯は、再結晶帯東縁部の微晶質再結晶帯中に位置し、幅100 mで、N50°E方向に350 m伸長する範囲を占める。この範囲内に、緑色銅鉱物をとまなり方解石・石英・赤鉄鉱細脈が多数平行に濃集分布し(一部にマント状・不規則塊状を示す部分もある)鉱化帯を形成している。主要なものは15鉱体あり、その単位鉱体の規模は、幅0.3 m~4 m、延長10 m~120 mと多様である。

鉱石は、赤鉄鉱・褐鉄鉱および緑色銅鉱物等の鉱石鉱物と石英・方解石および石膏が認められ、鏡下では、赤銅鉱・黒銅鉱および粉銅鉱なども観察される。

これらの鉱脈のチップサンプル、あるいは貯鉱の分析値は、Au 1r~2.9 g/t・Ag 数g~500 g/t・Cu 0.n%~8%・Pb 0.0n%・Zn 0.n~21%の値を示す。なお、亜鉛の高品位鉱からは珪酸亜鉛が検出されている。

(4) 中 央 部

微晶質再結晶帯の南央部は、柘榴石・石英脈および少量の変良品状柘榴石・珪灰石・緑閃石などで特徴づけられる、含スカルン鉱物再結晶帯となっている。この広がり、幅約150 m・延長350 mあり、この中にNE方向性の赤鉄鉱・方解石・石英脈が15条分布している。これらの殆んどは、急傾斜・同方向性の鉱脈であるが、一部に交叉脈やマント状を示すものもみられる。

単位鉱脈の規模は、脈幅数10 cm・延長数10 m程度のもが多いが、脈幅数m・延長100 mにわたって追跡されるものも存在する。

鉱石は地表部では緑色銅鉱物をとまなり酸化鉄鉱を主とし、鏡下では赤鉄鉱・赤銅鉱・黒銅鉱・自然銅・粉銅鉱等も観察される。脈石鉱物として方解石・石英・螢石・石膏が認められるほか、柘榴石、珪灰石、緑閃石などのスカルン鉱物や絹雲母・緑泥石もともなわれている。

この鉱化帯において実施された試錐採鉱により、鉱脈の下部延長部から採取された試料には、酸化鉄のほか、黄鉄鉱・田鉄鉄鉱・黄銅鉱・四面銅鉱・輝安銅銀鉱・碲銀鉱・コペライト

(Kobellite) など初生硫化鉱物および角銀鉱～臭銀鉱も認められている。

鉱石の品位は、Au 1 g/t 前後・Ag 数 g/t から数 100 g/t ・Cu 数% ・Pb 0.0n% Zn 0.n% のオーダーを示す。

(5) 南西部および南部

再結晶帯南西部の微晶質再結晶帯およびその外側の非再結晶化部の、比較的、断層の多発する区域において、断層破砕帯・裂か・層理に規制された鉱脈状～マント状酸化鉱鉄床が多数分布しており、その主なるものは、8 鉱体である。

また、再結晶帯の南方・非再結晶化部に断層砕砕帯を充填した方解石・石英脈があり、部分的に酸化作用が認められる。

これら南西部および南部の鉱脈から採取した試料の分析値は、Au tr. Ag 数 g/t ・Cu・Pb・Zn は、それぞれ 0.n%～0.0n% のオーダーを示すものが一般的であって、低品位のものが多い。

以上述べてきた、6 箇所の酸化帯を概観すると、中央部・東部および北東部のものが、酸化作用の規模・熱水変質作用および熱変成作用などの点において他のものより優勢である。また第Ⅲ年次に実施された地化学探査によって検出された地化学異常も、大局的には、これら 3 酸化帯を包含しながら Morena 山脈北東部の酸化帯に連続する傾向を示している。

試験結果 第Ⅳ年次に本地区において実施された 5 孔の試錐のうち、3 孔が中央部の酸化帯の探鉱の目的をもっていった。これらの探鉱結果によると、DDH-M1 孔では、深度 1205 m から 1665 m までの区間でマント状酸化鉱鉄体を捕捉し、その区間の平均品位は Au 2.2 g/t ・Ag 161.3 g/t ・Cu 2.51% ・Pb 0.01% ・Zn 0.17% である。このほか、11 条の急傾斜鉱脈に着鉱しているが、条脈幅 1.5 m の 1 条を除き、いずれも 1 cm～5 cm の細脈である。

DDH-M2 孔でも多数の鉱脈に着鉱しているが主要なものの状況はつきのとおりである。

区 間 (m)	条脈幅 (m)	Au g/t	Ag g/t	Cu %	Pb %	Zn %	信 考
12050～12480	30	83	945	0.72	0.02	0.06	酸 化 鉄
12495～12850	18	21	2204	7.83	0.02	0.10	・
14870～14990	0.6	tr	15.7	0.18	0.01	0.03	石英・方解石・硫化鉄鉱
16165～16380	1.07	tr	62.9	0.60	0.00	0.09	・
16420～16575	0.78	0.7	55.0	0.97	0.02	0.08	・

DDH-M2 孔において特徴的なことは、深度 140 m から 220 m 付近にかけて、多数の酸化鉄鉱脈が濃集分布していることである。これらの鉱脈の条脈幅は数 cm～30 cm であり、鉱石品位は Au tr.～1 g/t ・Ag 数 g/t ～数 10 g/t ・Cu 0.0n%～1.78% ・Pb 0.0n% ・Zn 0.0n

～281%と低品位である。

なおDDH-M5孔は、DDH-M2孔で着鉱した、深度160.50mから165.75mの区間にある鉱床の形態を把握する目的で行なわれている。

これら3孔にみられる石灰質堆積岩類は完全に再結晶化されており、その程度は0.1～0.2 μ mであるが、泥灰質の部分ではさらに細粒になる。スカン化作用は全体に弱く、部分的に灰鉄輝石・珪灰石・透輝石(?)・柎榴石・緑簾石・ゆう簾石・緑閃石などが生じている。

これらの内、肉眼的に確認できるのは柎榴石のみで、その他の鉱物は薄片中に少量観察されるにすぎない。そしてこれらのスカン化鉱物は鉱脈およびその周辺に存在する。とくにDDH-M2孔(深度156.50m)およびDDH-M5孔(深度125.75m)において、直径約5cmの柎榴石巨晶が変質晶状に晶出しているのが観察される。

また、炭酸塩化・珪化・絹雲母化・緑泥石化、などの熱水変質作用もみられる。

この内、珪化および炭酸塩化作用は、各孔にわたって、鉱化帯に一般的に認められるが、絹雲母化作用は、DDH-M2孔(深度125.40m)およびDDH-M5孔(深度147.50m～156.75m)の鉱脈中にある、火成岩源と推定される絹雲母石英岩片の付近で顕著に認められる。

これらの熱水変質作用は鉱脈・粗晶方解石をとともなう破砕帯およびその盤際付近のみに限られ、母岩中に広く拡がることは殆んどない。また、前述した柎榴石巨晶の割目に沿って、緑泥石・方解石・石英・水酸化鉄鉱・黄鉄鉱・絹雲母などが生じており、このことは、スカン期に生成した柎榴石が、熱水期に後退的に変質されたことを示しているものと考えられる。

このように、試験探鉱によって得られた、鉱脈の状況は、地表で観察された鉱化帯が、その規模・熱変成作用の程度・鉱石品位などを、深部に向ってより優勢に連続していることを示している。さらに鉱脈の一部には、火成岩源と推定される岩片も含まれ、その部分は優勢な鉱脈となっていることも認められた。

3-6-3 考 察

本地区の鉱床はAurora層石灰岩を母岩として、その中に発達するNE系新層破砕帯および裂かを主要な産場としているが、一部に、石灰岩中に存在する泥質部に沿うマント状のものや不規則塊状のものもみられる。

一方、地域全域にわたる広域調査結果によれば、地域内の主要鉱床の殆んどがCupido層中に産出しており、同層が重要な、鉱床産場を規制する要因となっていることを示している。

また試験探査結果によれば、鉱化帯は深部に優勢に連続する傾向を示している。

これらのことを総合的に考察すれば、今後本地区における探鉱は、現在までに確認された鉱化帯の深部延長をCupido層の層準まで確認することを指向すべきものと考えられる。

なお、このためには、試験探鉱の垂直深度は600m～800mが必要である。