

## 第 部

## 第 部 各論

### 第 1 章 地質調査

#### 1 - 1 調査方法

調査地域全域を対象とし、既存データを検討して設定した踏査ルート沿いに調査を行った。踏査に当たっては、縮尺 1/5 万の地形図を拡大した 1/2.5 万の地形図を使用しルートマップを作成した。また、現地調査では地質構造及び鉱化状況の把握に主眼を置き、位置の確認には GPS を活用したが、鉱化帯・露頭の位置は必要に応じ簡易測量により求め、特に重要な露頭はスケッチ (1/100 ~ 1/200) ・カラー写真撮影を行った。なお、代表的な岩相・岩種を示す試料を採取し標本とした。試料採取地点は第 - 1 - 1 表に示した。

#### 1 - 2 調査結果

調査結果は地質図および断面図として第 - 1 - 1 図、第 - 1 - 2 図に示した。試料採取地点は第 - 1 - 3 図に示した。

#### 1 . 地質層序

模式地質層序図を第 - 1 - 4 図に示した。

調査地域の地質は下位から、テフピルコ片岩、ビジャアヤラ層、アカペトラワヤ層・石灰質堆積岩類 (テロロアパン層・パチビア層)、モレロス層、バルサス層、ティルサポトラ流紋岩層および貫入岩類で構成される。

##### 1) テフピルコ片岩

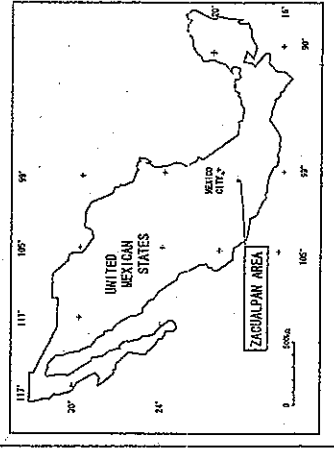
本層名は Serratos et al., (2000) がアマテペック図幅の中で使用している。また JICA・MMAJ (1994) のタスコ片岩のうち上部の火山岩類を除いたものに相当する。

・分布：サクアルパンの西方から調査地域中央西端のイスタサカトラ (Ixtazacatra) 付近まで北東～南西方向に連続する。

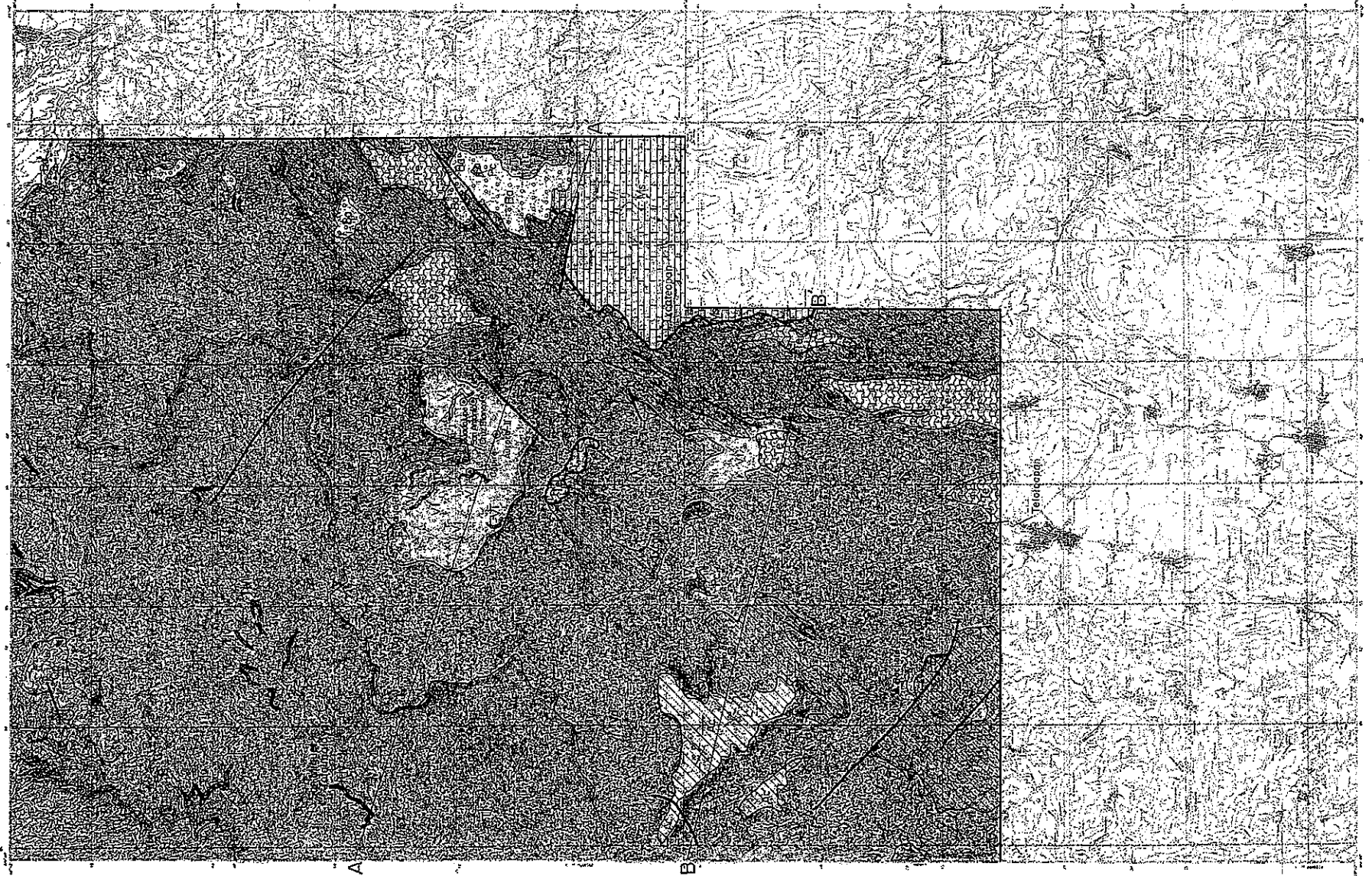
・岩相：黒色～灰色の泥質・砂質・珪質片岩～スレートを主体とし、緑色片岩を伴う。西部 (下位) では砂質・珪質片岩と石墨質片岩の数ミリから数センチの互層が発達し、緑色片岩薄層を比較的多く伴い、部分的に石灰質となることがある。東部 (上部) では細粒のスレート主体となる。泥質片岩・砂質片岩には片理面・劈開面が発達し片状に割れやすい。

REPORT  
ON  
THE MINERAL EXPLORATION  
IN  
THE ZACUALPAN AREA,  
UNITED MEXICAN STATES

PHASE I  
GEOLOGICAL MAP  
(SCALE 1:100,000)



JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY  
METAL MINING AGENCY OF JAPAN  
MARCH 2002



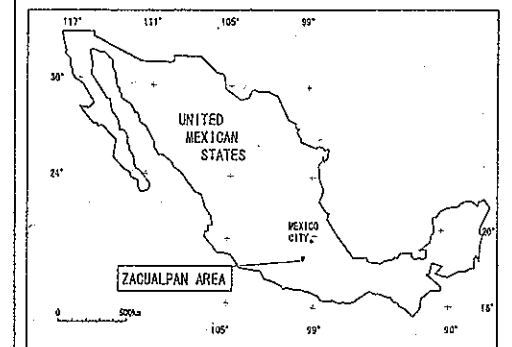
Legend

- |                                 |   |  |
|---------------------------------|---|--|
| Altiplano                       | A | Conglomerate, sand and mud                 |
| Tlitzapoteca Rhyolite Formation |   | Basalt-Rhyolite tuff                       |
| Balsas Formation                | B | Conglomerate-sandstone and minor andesite  |
| Morelos Formation               | M | Limestone                                  |
| Calcareous rocks                |   | Slate, limestone and sandstone alternation |
| Calcareous rocks                |   | Limestone                                  |
| Acapulchahuaya Formation        |   | Sandstone and siltstone alternation        |
| Villa Ayala Formation           | V | Calcareous siltstone-limestone             |
|                                 |   | Basalt, tuff and siltstone alternation     |
|                                 |   | Basalt-Andesite (lava-hyaloclastite)       |
| Tejupilco schist                |   | Green schist-green rock                    |
|                                 |   | Feitico-Pyramitic schist                   |
| Intrusive rocks                 |   | Andesite                                   |
|                                 |   | Quartz Porphyry                            |
- 
- |         |                      |                    |
|---------|----------------------|--------------------|
| Symbols | Fault                | Strike, dip        |
|         | Thrust               | Cleavage           |
|         | Overturned anticline | Schistosity        |
|         | Overturned anticline | Biological section |
- 
- |              |   |                               |
|--------------|---|-------------------------------|
| Ore showings | ● | Massive sulfide               |
|              | ⊠ | Massive sulfide (hebert) type |
|              | ▲ | Vein type                     |

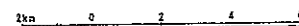
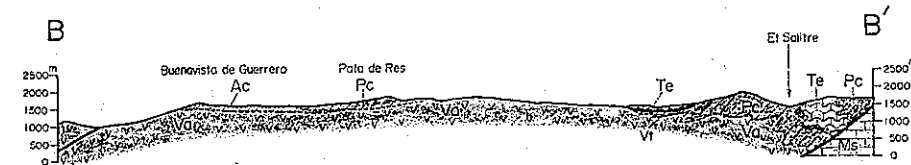
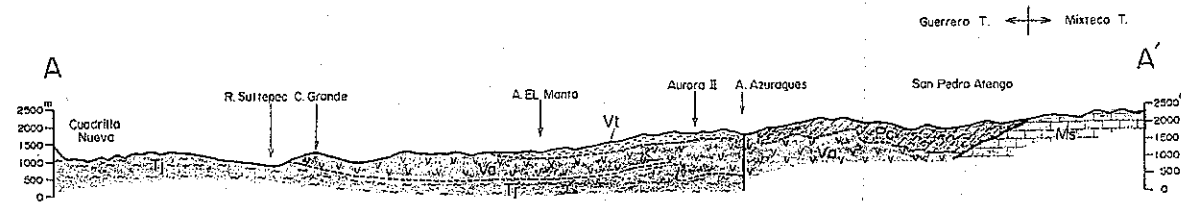
第II-1-1-1 地質図

REPORT  
ON  
THE MINERAL EXPLORATION  
IN  
THE ZACUALPAN AREA,  
UNITED MEXICAN STATES

PHASE I  
GEOLOGICAL SECTION  
(SCALE 1:100,000)



JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY  
METAL MINING AGENCY OF JAPAN  
MARCH 2002



Legend

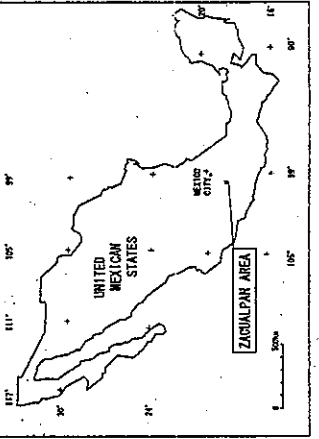
- |                     |                         |                               |  |   |
|---------------------|-------------------------|-------------------------------|--|---|
| Quaternary          | Quaternary              | Alluvium                      | ▲  | Conglomerate, sand and mud                |
|                     | Paleogene               | Tilzapotla Rhyolite Formation | ■  | Dacite~Rhyolite tuff                      |
|                     |                         | Balsas Formation              | ■  | Conglomerate~sandstone and minor andesite |
| Jurassic~Cretaceous | Morelos Formation       | ■                             | Limestone                                  |   |
|                     | Calcareous rocks        | ■                             | Slate, limestone and sandstone alternation |   |
|                     |                         | ■                             | Limestone                                  |   |
|                     | Acapetlahuaya Formation | ■                             | Sandstone and slate alternation            |   |
|                     | Villa Ayala Formation   | ■                             | Calcareous slate~limestone                 |   |
|                     |                         | ■                             | Dacite, tuff and slate alternation         |   |
|                     | Tejupilco schist        | ■                             | Basalt~Andesite (lava~hyaloclastite)       |   |
|                     |                         | ■                             | Green schist~Green rock                    |   |
|                     | Intrusive rocks         | ■                             | Pelitic~Psammitic schist                   |   |
|                     |                         | ■                             | Andesite                                   |   |
|                     | ■                       | Quartz Porphyry               |  |   |
|                     | —                       | Fault                         |  |   |
|                     | —                       | Thrust                        |  |   |

第II-1-2图 地质断面图

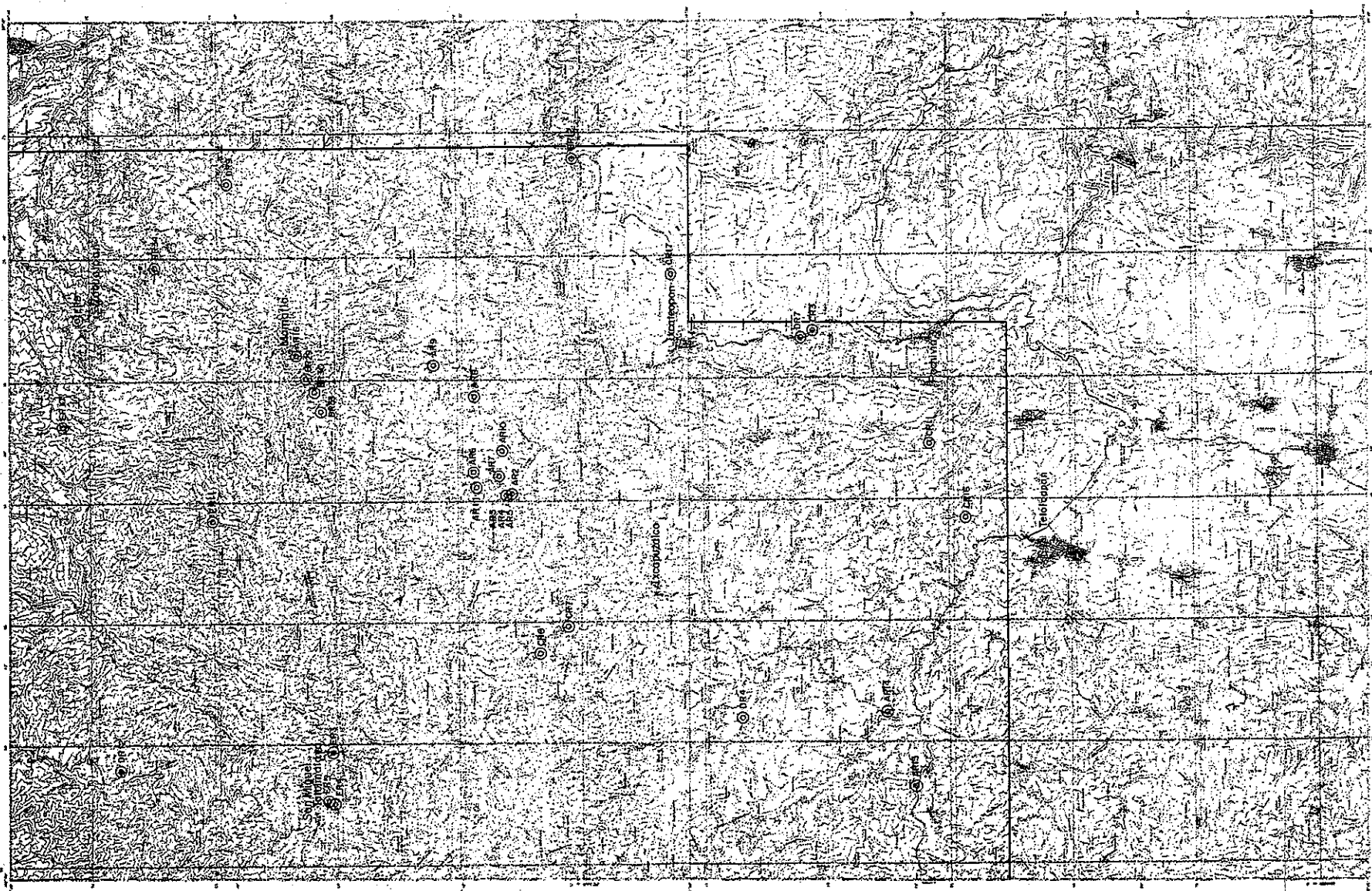
REPORT  
ON  
THE MINERAL EXPLORATION  
IN  
THE ZAGUALPAN AREA,  
UNITED MEXICAN STATES

PHASE I

LOCATION MAP OF THE ROCK AND ORE SAMPLES  
(SCALE 1:100,000)



JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY  
METAL MINING AGENCY OF JAPAN  
MARCH 2002

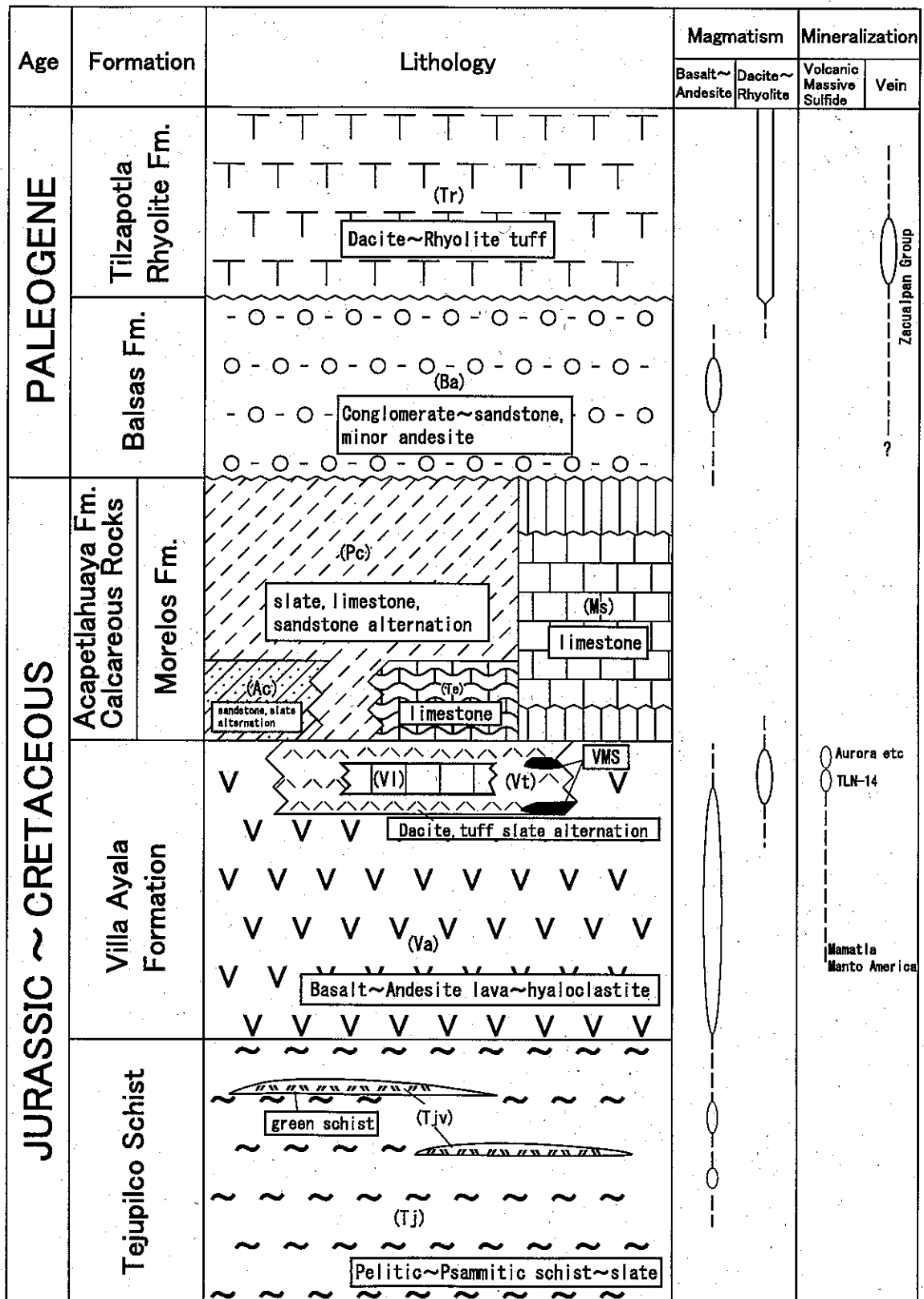


Legend

- ⊙ Location of Rock and Ore sample
- Zagualpan Area



第II-1-3 图 試料採取地点位置図



第II-1-4图 地質模式層序図

第II-1-1表 試料採取地点一覽表

No.	Sample Number	Rock Name	Formation	UTM(X)	UTM(Y)
1	BR30	slate	Tejupilco Schist	414580	2060950
2	ER3	slate	Tejupilco Schist	399681	2060127
3	ER5	phyllite	Tejupilco Schist	397423	2060237
4	ER4	green schist	Tejupilco Schist	397426	2060253
5	CR6	massive green rock	Villa Ayala Fm.	403700	2051850
6	ER9	massive green rock	Villa Ayala Fm.	417708	2070693
7	CR11	lapilli tuff	Villa Ayala Fm.	412250	2036087
8	CR7	schistose green rock	Villa Ayala Fm.	404717	2050850
9	AR8	hyaloclastic rock	Villa Ayala Fm.	414250	2054550
10	AR3	dacite	Villa Ayala Fm.	410275	2053100
11	AR7	tuff breccia	Villa Ayala Fm.	410975	2053550
12	AR4	slate	Villa Ayala Fm.	410275	2053100
13	DR4	slate	Acapetlahuaya Fm.	400914	2043679
14	CR16	limestone	Calcareous Rocks(Teloloapan Fm.)	408265	2034523
15	AR13	calcareous shale	Calcareous Rocks(Amatepec Fm.)	398060	2036650
16	CR17	limestone	Morelos Fm.	419222	2046456
17	CR3	calcareous shale	Calcareous Rocks(Pachivia Fm.)	416900	2040700
18	DR7	calcareous shale(altered)	Calcareous Rocks(Pachivia Fm.)	416008	2041233
19	DR9	conglomerate	Balsas Fm.	422963	2064770
20	BR12	rhyolite	Tilzapotla Rhyolite Fm.	423900	2050450
21	DR12	rhyolitic intrusive rock	Intrusive rock	398860	2069055
22	BR29	dacitic intrusive rock	Intrusive rock	415100	2061250
23	AR2	altered rock	Villa Ayala Fm.	410600	2052950
24	AR5	tuff	Villa Ayala Fm.	410275	2053100
25	AR9	limestone	Calcareous Rocks(Teloloapan Fm.)	415600	2056150
26	AR14	mineralized altered green rock	Villa Ayala Fm.	401250	2037775
27	AR6	ore(Aurora I)	Ore	411100	2054575
28	AR10	ore(Aurora II)	Ore	412050	2053375
29	AR11	ore(Capire)	Ore	410525	2054425
30	AR16	ore(Pyrite-Mamatla)	Ore	416050	2061550
31	BR33	ore(Manto America)	Ore	413600	2060925
32	BR34	ore(Cuchara)	Ore	419500	2067750
33	ER10	siliceous ore	Ore	413145	2071307
34	ER11	siliceous ore	Ore	409259	2065236

西部ではセグリゲーション石英が片理に平行に発達する。緑色片岩は緑泥石 - セリサイト - 長石質で片理の発達が良い部分や比較的塊状を示すことがある。

・年代・層位・層厚：本地域では最下位の地層であるが、年代については不明である。上位のビジャアヤラ層とは構造的に不連続な関係は認められず、緑色岩と互層しながら漸移的に移り変わる。層厚は褶曲による繰り返りで明らかではないが、500m 以上と推定される。

## 2) ビジャアヤラ層

本層名は Guerrero et al.( 1990 )による。クエルナバカ図幅説明書によれば、Fries( 1960 )のタスコ緑色岩類 ( Rocaverdetaxco Viejo )、Campa et al., ( 1974 )の中生代変成火山堆積岩類 ( secuencia Mesozoica Volcánico-Sedimentaria metamorfizada ) または Campa y Ramírez ( 1979 )の変成火山堆積岩類 ( secuencia vulcanosedimentaria metamorfizada ) にほぼ相当する。

・分布：北部のサクアルパンからクルス・アルタ ( Cruz Alta ) まで帯状に南下し、以降は南西方向に分布方向を変え、地域を帯状に横切って広く分布する。

・岩相：大部分が玄武岩～安山岩類 ( 塊状溶岩、枕状溶岩、自破碎溶岩～ピロープレッチャー、ハイアロクラスタイト ) で構成され、上部にやや酸性 ( 酸性安山岩～デイサイト質 ) の溶岩・凝灰岩類と粘板岩・石灰質堆積岩類の互層が発達する部分が存在する。

玄武岩～安山岩類は、緑色～灰緑色を呈し、輝石、斜長石の斑晶が認められる斑状のものから無斑晶質のものまで変化する。また、しばしば枕状、自破碎状となりさらにハイアロクラスタイトへと数メートルの間に変化する。緑泥石や方解石によって空隙が充填された杏仁状組織がしばしば認められる。塊状部では片理の発達は弱いですが、細粒部 ( 恐らく凝灰岩 ) では片理が良く発達する。

上部の互層帯は調査地域中央部でカピレ、アウロラの鉱徴地を中心にまとまって分布する。主に斜長石斑晶の多いガラス質デイサイトまたは安山岩と、時にマッドボールを伴うデイサイト質凝灰岩～火山礫凝灰岩、灰色砂質凝灰岩、粘板岩、石灰質粘板岩～石灰岩で構成される。石灰質粘板岩～石灰岩は上位層のテロロアパン層やパチピア層のものと酷似している。互層の規模は数センチから数メートルの規模であることが多い。

斜長石斑晶の多い岩相は、下部の大部分を占める安山岩質火山岩類とは異なり、火山活動の変化を示している。



同様のデイサイト質火山岩類が小規模に認められたのは、サクアルパン北東のラス・オエルタス (Las Hoertas)、ママトラ東のクルス・アルタ (Cruz Alta) 東方の尾根、ランチョ・ビエホ (Lancho Viejo) 付近、調査地域南西端のエル・ポチョテ (El Pochote) 南方や同国道沿いの西端部である。特に国道沿いでは地域外ではあるが変質した粘板岩・凝灰岩互層帯が広く存在する可能性がある。

・年代・層位・層厚：Campa et al., (1974) は地域外のカンポ・モラド (Campo Morado) のアンモナイトからジュラ紀後期から白亜紀前期の年代を、Guerrero et al., (1990) は放散虫年代として白亜紀前期の年代を報告している。

上下の地層との関係は整合漸移であり、層厚は約 300~400m と見積もられる。上部の互層では数十メートルと推定される。

### 3) アカペトラワヤ層・石灰質堆積岩類 (テロロアパン層・パチビア層)

これらの地層は野外での観察結果から、ほぼ同時期に形成されたと考えられるため本項に一括して記載する。アカペトラワヤ層は Guerrero et al., (1990) によるが、De Cserna (1981) はタスコ片岩 (Esquisto Taxco) に含めて記載している。

・分布：アカペトラワヤ層は、調査地域南西部のブエナビスタ・デ・ゲレロ (Buena Vista de Guerrero) 付近の道路沿いを中心にして東西に分布する。東方に向かっては石灰質堆積岩類へ漸移している。石灰質堆積岩類は、イスカプサルコ北部~プエンテ・デ・ディオス (Puente de Dios) 付近~エル・ポチョテ (El Pochote) 南西付近などに各々約 10km<sup>2</sup> の広がりをもって分布する。また地域東部ではサン・パブロ (San Pablo) 付近から南方にイスカテオパン~パチビア以南まで連続して帯状に分布し、テロロアパン付近にも一部分分布する。

・岩相：アカペトラワヤ層は良く成層した粘板岩・砂岩の互層を主とし、砂質凝灰岩または礫岩を伴う。砂岩および凝灰岩類は風化して黄灰色を示すことが多い。互層の単位は数ミリメートルから数十センチメートルである。劈開面の発達ที่著しいが、堆積面とは斜交する部分が多く観察された。層理面の傾斜は北東に 50-60° ~北に 10-25° を示す。劈開面は北北東走向で西に 15-40° の緩傾斜である。

石灰質堆積岩類は黒色の片理の発達した粘板岩を主体とし暗灰色の泥質石灰岩を伴うことが多いが、石灰岩は数センチの薄層やレンズから部分的に発達して幅 1-2km の岩体を形成することがある。石灰岩卓越部が従来テロロアパン層とされていたものに相当する。最

下部付近の粘板岩に赤鉄鉱がフィルム状に認められることがある。

全体的に劈開面を軸とした小褶曲が発達し、キンク褶曲、ブーディン構造などもよく認められる。

・年代・層位・層厚：Guerrero et al., (1992) はテロロアパン層の石灰岩から白亜紀後期 (Aptian-Albian) に相当する化石を報告している。下位のビジャアヤラ層とは漸移的な関係にある。層厚はビジャアヤラ層の上に島状に分布する部分では薄く数十メートル、東部では厚く数百メートルの可能性もある。

#### 4) モレロス層

本層はミステコテレーンに含まれる。Fries (1960) によって、モレロス州 (Estado de Morelos) に分布する石灰岩に対して命名された。

・分布：調査地域西端のイスカテオパン (Ixcateopan) 東部の山塊で南北方向に連続して分布する。

・岩相：灰黒色～灰白色を呈する塊状石灰岩を主体とする。粘板岩～頁岩の薄層と共に層状に産する場合や、チャートの薄層・レンズ (1～20cm) を伴う。また、化石が多く含まれバイオミクライト～バイオスパライト質石灰岩である。本岩は建材として利用され、大理石と称され加工されている。

・年代・層位・層厚：含有される微化石、大型化石からアプチアン - アルビアンとセノマニアン (Aptiano-Albiano と Cenomaniano) の境界付近とされている。

ゲレロテレーンのパチビア層とは衝上断層や横ずれ断層で接している。新生代の地層には不整合に覆われる。

#### 5) バルサス層

本層は Fries (1960) により命名された。

・分布：調査地域北東隅から南方に、調査地域の東端沿いにイスカテオパンの北東のサント・ドミンゴ (Santo Domingo) 付近まで断続的に分布する。分布の中心は地域外である。

・岩相：赤褐色を呈する礫岩を主とする。基質は中粒～粗粒の砂または凝灰質な砂であり、礫は亜角礫～亜円礫を示す緑色岩、石灰岩、石英、頁岩、粘板岩、チャートなど様々である。礫径は 1 cm～20cm である。サクアルパン東部では、礫の多い部分と砂質な部分とが厚さ 10～30cm 間隔で互層状を呈する。イスカテオパン北東では安山岩質ないし玄武岩質

溶岩（厚さ 50m）を挟在している。走向は南北系で東へ 20° 傾斜する。

・年代・層位・層厚：本層の年代は上位の流紋岩が漸新世後期（Oligocene）を示すことから、始新世～漸新世前期と考えられている。

下位層とは不整合または断層で接し、上位の流紋岩に漸移する。本調査地域での層厚は薄い。

#### 6) ティルサポトラ流紋岩層

本層名は Fries（1960）による。モレロス州のティルサポトラ（Tilzapotla）山地が模式地である。

・分布：調査地域の北西端とイスカテopan北東の調査地域端などに限られて分布する。分布の中心は調査地域外である。

・岩相：イスカテopan北東では、灰桃色の細粒凝灰岩が認められ層理面の傾斜は 40° 前後を示す。北西部ではゴレタ山塊の一部を形成しているが、主にデイサイト質火砕流堆積物からなる。

・年代・層位・層厚：Fries（1960）は鉛同位体法により 26 Ma の放射年代を報告している。地域北西ではテフピルコ片岩を不整合に覆う。層厚は数百メートルと見積もられる。

#### 7) 貫入岩類

貫入岩は流紋岩～デイサイト、安山岩がまとまった岩体として分布する。これ以外は小規模なデイサイト、安山岩の岩脈・シート状岩脈である。

流紋岩～デイサイトの岩体は調査地域の北西端、プエルト・デ・ラス・マハダス（Puerto de las Majadas）付近に幅 2km で北東 - 南西方向に分布する。白色から灰白色の石英斑岩質岩であるが周縁部で細粒無斑晶質となる。弱い黄鉄鉱の鉱染を伴う。周囲に分布する粘板岩や緑色岩に変質は与えていない。

安山岩岩体はイスカプサルコ南東のテカマチャルコ（Tecamachalco）付近に分布する径 2km 程度の岩体である。岩相は暗緑色斑岩状であり、緑泥石化した有色鉱物や斜長石の斑晶を伴う。

デイサイト質シート状岩脈のうち鉱化を伴うものが、ママトラ西南西に認められ、著しい珪化作用、セリサイト化と黄鉄鉱の鉱染が認められ、被貫入岩であるビジャアヤラ層の緑色岩と共に鉱化変質帯を形成している。原岩の組織は明確ではないが、斑晶の斜長石や

稀れに石英の斑晶が確認される。

## 2．地質構造

調査地域の大部分を占める、ゲレロテレーンの地層( テフピルコ片岩・ビジャアヤラ層・アカペトラワヤ層・石灰岩質堆積岩類など )には強い変形作用が認められる。この変形は白亜紀末～古第三紀初頭のララミー変動の結果と考えられる。

これらの地層の層理面 ( S0 ) や初期の片理面 ( S1 ) は全体を通じしばしば観察されるが、より後期の割れ目劈開 ( fracture または penetrative cleavage: S2 ) の発達が著しいためこの初期の構造が消されるか目立たなくなっていることが多い。これは S2 劈開に沿って鉱物の再配列や成長が起こっているためである。また同時に S2 劈開と初期の構造が平行していることも多いが斜交しているときのみ識別が可能である。

ゲレロテレーンの地層で最も支配的な構造は、この S2 劈開を軸とした褶曲構造である。露頭で観察できる褶曲構造は数センチから数メートルの閉じた褶曲でありそのドラッグセンスからより大きな褶曲の存在が推定される。

S2 劈開を軸とした褶曲をさらに曲げるキंक褶曲や間隔のやや広い割れ目劈面を軸とした褶曲が露頭規模で確認される。さらにこれらを曲げる、より新しい波長の長い褶曲の存在が推定される。

このほかの構造要素の主要なものは断層である。ゲレロテレーンとミステコテレーンの境界はパチビア層とモレロス層の間にあるが、衝上断層と考えられ、パチビア層がモレロス層に衝上している。

小規模な衝上断層、低角逆断層はゲレロテレーンを構成する地層には多く存在する。

第三紀以降には NW 系、 NE 系、 NS 系 EW 系の高角断層が形成されており、サクアルパン付近の鉱脈鉱床を胚胎している。この中で地層に大きな変位を与えている断層としては、ママトラ南西の NW 系の正断層、イスカテオパン北東の EW 系、 NE 系の横ずれ断層、ポチョテ南西の NW 系の断層などが確認された。

## 3．鉱化・変質

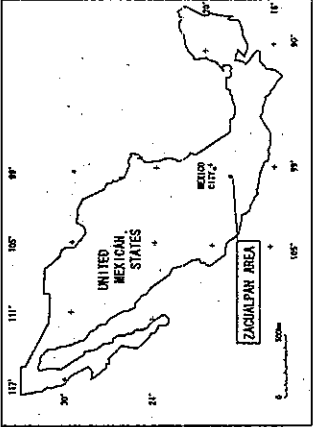
鉱徴地位置図を第 - 1 - 5 図に示す。

本地域に認められる鉱化・変質作用は塊状硫化物鉱床と第三紀の鉱脈型鉱床に関連したものを主とする。

REPORT  
ON  
THE MINERAL EXPLORATION  
IN  
THE ZACUALPAN AREA,  
UNITED MEXICAN STATES

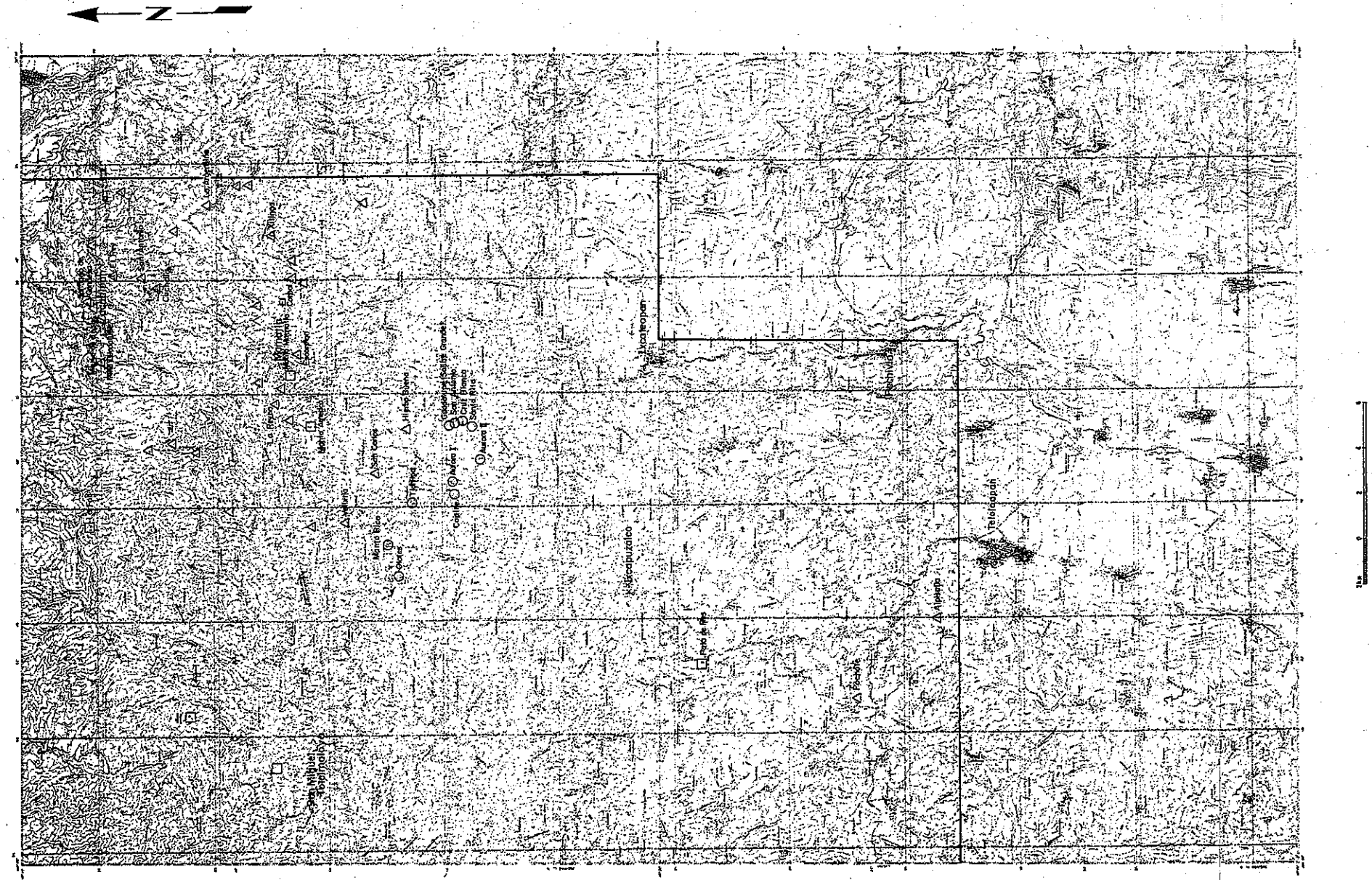
PHASE I

LOCATION MAP OF THE ORE SHOWINGS  
(SCALE 1:100,000)



JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY  
METAL MINING AGENCY OF JAPAN  
MARCH 2002

- Legend
- Massive Sulfide Mineralization
  - Massive Sulfide Type Mineralization (Network)
  - △ Vein Type Mineralization
  - └ Zacualpan Area



第II-1-5 図 鈹微地位置図

### 1) 塊状硫化物型鉛床・鉛徴地

主としてアウロラ地区、ママトラ地区に分かれて分布する。

アウロラ地区ではアウロラ（ および ）カピレ、サンフランシスコ、グアダルーペ、クルスブランカ、サンアントニオ、トラニルパ（ Tlanilpa ） マント・リコ（ Manto Rico ）などの鉛徴地が存在する。

鉛床はピジャアヤラ層上部のやや酸性の火山岩類と粘板岩、石灰質堆積岩類の互層帯に胚胎されるレンズ状の鉛床である。

アウロラ 、、では細粒の閃亜鉛鉛、方鉛鉛を主とした鉛体が粘板岩・細粒砂質凝灰岩互層中に確認できた（第 - 1 - 6 図）。しかし、顕著な変質帯は伴っていない。母岩には S2 劈開面を軸とした逆転した小褶曲が認められる。

アウロラ では、水没した坑道がありズリの中に細粒の閃亜鉛鉛、方鉛鉛が認められた。この付近の河床には緑色安山岩の露頭があり、褐色酸化部が網状に認められ、微粒の黄鉄鉛が弱く鉛染している。ズリ中には黒色粘板岩（石灰質）が多く、鉛石は粘板岩に胚胎されていたと推定される。

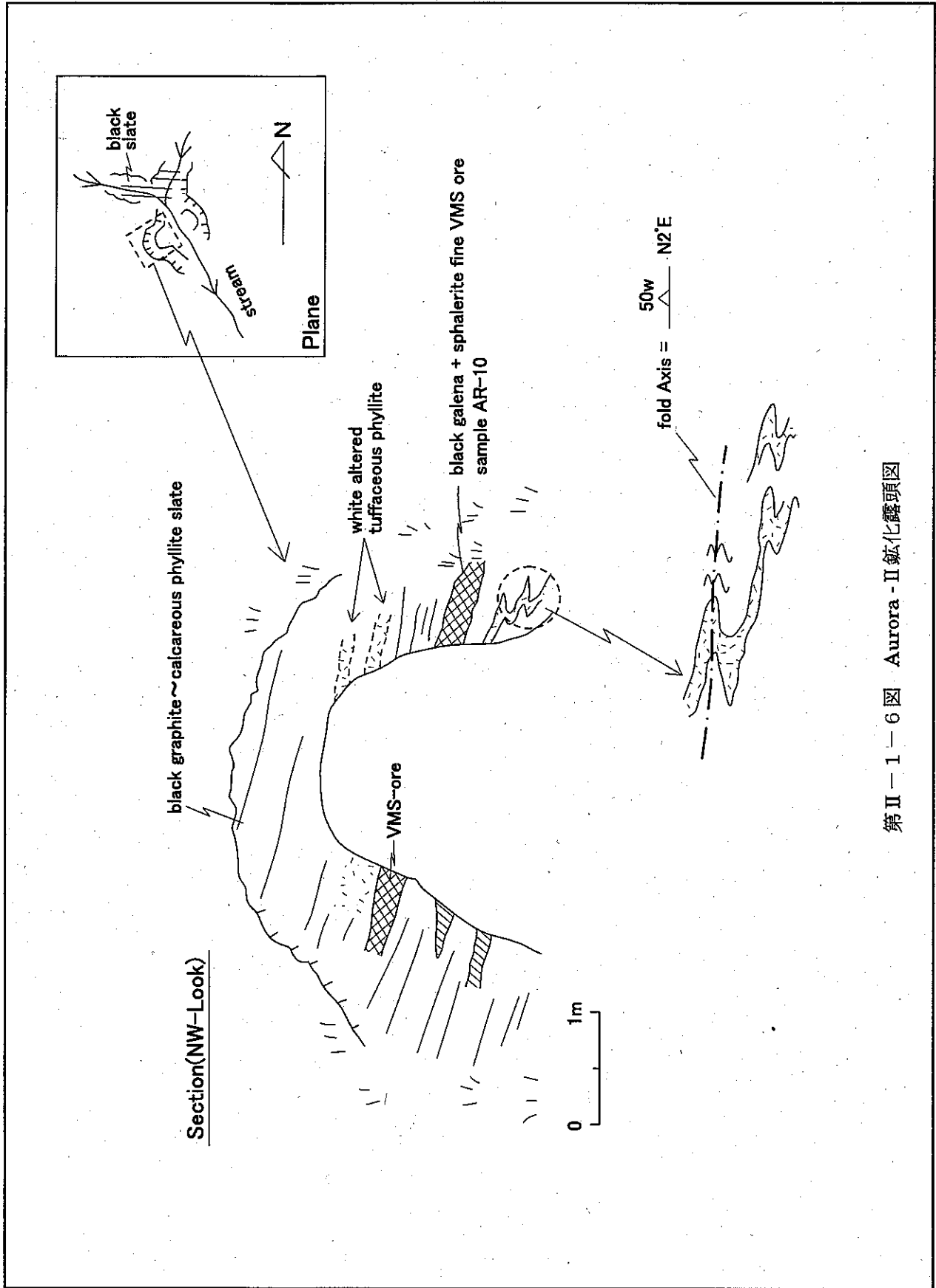
カピレでは N25-45° E 方向の小規模な坑道がみられ、厚さ 10-20cm の珪質鉛が黒色粘板岩中に北に緩く傾斜（20°）して胚胎されている。付近の地質は片理の発達した粘板岩と白色化した凝灰岩の数メートル単位の互層であり、凝灰岩にはマッドボール状に粘板岩の礫が取り込まれている部分が存在する。

マント・リコ鉛床はエル・マント川上流沿いに位置し、数箇所の坑道が存在する。ズリは確認できなかったが、付近の地質は黒色粘板岩と斜長石斑晶の目立つ灰白色凝灰岩の数十センチメートルの互層帯から成る。S2 劈開面を軸としたほぼ水平に近い褶曲が発達している。

CRM（1986）による鉛石の分析結果は以下のとおりである

鉛床名	Au(g/t)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)	Fe(%)	Ba(%)
アウロラ（W）	2.18	735	1.16	4.75	12.7	4.6	17.4
アウロラ（E）	0.8	600	0.5	4.9	14.9	5.58	5.5
カピレ	0.4	445	0.55	5.42	17.3	3.24	9.95
サンフランシスコ	0.6	240	1.04	7.49	17.3	3.37	17.07
グアダルーペ	No data	665	No data	10.81	17.24	No data	No data

鉛石の構成鉛物は、主として閃亜鉛鉛から成り方鉛鉛を伴う。その他少量の黄鉄鉛、黄銅鉛、輝安銀鉛、斑銅鉛、二次鉛物としてコベリン、クジャク石、藍銅鉛を伴う。脈石鉛物として、石英、重晶石、石膏、方解石がみられる。



第II-1-6 図 Aurora-II 鉱化露頭図

鉱石の組織としてはコロフォーム組織や黄鉄鉱のフラムボイダル組織が認められる。また、閃亜鉛鉱中に良く観察される黄銅鉱の包有物は認められない。

ママトラ地区ではマント・ママトラ、マント・アメリカの鉱徴地が存在する。

ママトラの鉱徴地は Reyes (1990) によってマント型の鉱徴とされている。サクアルパン～イスカプサルコへ通じるママトラ集落付近の道路沿いに 1km 以上にわたって分布する鉱化変質帯である。鉱化帯の厚さは 5～10m である。ママトラ集落西南西の露頭では、テフピルコ片岩の緑色片岩中に黄鉄鉱の鉱染～網状脈とやや塊状の黄鉄鉱帯が観察される。同時に強い珪化とセリサイト化を伴う。その他では、珪化、セリサイト化、黄鉄鉱の鉱染を主としている。これらは、塊状硫化物鉱床の下部に発達した鉱化帯、鉱化熱水の上昇域の特徴を示している。

鉱石の品位の最高値は Reyes(1990)によれば、Au( 20.1g/t ) Ag( 622.5g/t ) Pb( 0.18% ) Zn ( 2.00% ) である。

マント・アメリカはママトラ集落西南西約 4km の北斜面に位置し、水没した坑道が 3 箇所存在する。Reyes (1990) によれば、鉱体は厚さ 1.2m、走向 N80° W で傾斜は SW に 55° である。周辺の地質はやや白色化(セリサイト)、珪化したテフピルコ片岩の緑色岩である。ズリ中には黄鉄鉱、閃亜鉛鉱を伴う珪質な鉱石が確認される。

## 2) 鉱脈型鉱床・鉱徴地

サクアルパン付近には、数多くの Ag、Pb、Zn を主とする鉱脈鉱床が存在しスペイン統治時代から今日に至るまで開発されてきた。現在ではラ・アラクランおよびクチャーラ鉱床が稼行されているだけである。鉱山技術者によれば、生産量は 350t/日、脈幅約 1m、品位は Ag:230g/t、Pb:5.6%、Zn:7.4%である。鉱脈の方向は NW-SE 系である。鉱床は裂隙充填型であり、鉱石鉱物は、方鉛鉱、閃亜鉛鉱、黄鉄鉱、黄銅鉱、輝銀鉱、濃紅銀鉱、四面銅鉱などであり、方解石、石英を脈石鉱物として少量伴う。

一般的にこの地域の鉱脈の方向は N-S 系、NE-SW 系、NW-SE 系であるとされ、品位は Au : 0.1-0.6g/t、Ag:10-485g/t、Pb:0.15-1.2%、Zn:0.45-2.8%、Cu:0.3-9.0%の範囲であったとされる (Serratos et al., 1999)。また、鉱脈は石灰質岩に胚胎されるとき高品位となる傾向がある。

サクアルパン以外では、サンカルロス (San Carlos)、イエルバブエナ (Yerbabuena) ポチョテ (Pochote) などの鉱徴地が存在する。



## 第2章 既存ボーリングコア調査

### 2 - 1 調査方法

調査地域内のサクアルパン役場倉庫に保存されている既存ボーリングコアのうち、地区毎に主要なものを選択し合計 4,177m についてコア調査を行った。地質・鉱化作用等の記載は縮尺 1/200 で行い、柱状図としてまとめた。

### 2 - 2 調査結果

対象とした地区・ボーリング孔の一覧表は第 - 2 - 1 表に、既存ボーリング位置図を第 - 2 - 1 図に、柱状図凡例および柱状図を第 - 2 - 2 図～第 - 2 - 7 図に示した。

第 - 2 - 1 表 調査ボーリング一覧表

地区名	孔井名 ( m )	コア観察長 ( m )
Aurora	AU-5 ( 201m ) , AU-8 ( 222m ) , AU-9 ( 203m ) , A-11 ( 153m )	779m
Cruz Blanca	CB-7 ( 252m ) , CB-12 ( 279m )	531m
Guadalupe	GL-6 ( 201m )	201m
Capire	CP-21 ( 142m ) , CP-26 ( 102m ) , CP-38 ( 207m ) , CP-41 ( 174m ) , CP-51 ( 147m )	772m
Tlanilpa	TN-4 ( 201m ) , TN-5 ( 111m ) , TN-14 ( 195m )	507m
Los Mantos	MT-8 ( 174m ) , MT-9 ( 165m )	339m
San Carlos	SC-1 ( 267m ) , SC-2 ( 300m )	567m
Yerbabuena	YB-7 ( 280m )	280m
Velixtla	VLX-5 ( 201m )	201m
9 地区	21 孔	総計 4,177m

確認された地質は、ビジャアヤラ層の安山岩～玄武岩の溶岩、ハイアロクラスタイト、デイサイト質凝灰岩類、粘板岩～石灰質粘板岩、凝灰岩と粘板岩の互層である。以下地区毎に地質・鉱化作用についてまとめて述べる。

#### 1. ロス・マントス～トラニルパ地区

表層部は風化した凝灰岩、石灰質粘板岩またはこれらの互層であり、下部に安山岩質ハ

イアロクラスタイト、安山岩溶岩が出現する。

鉱化作用は下部の安山岩質ハイアロクラスタイトと凝灰岩・粘板岩互層の境界部に確認された。TN-14 では深度 72-88m 間に黄鉄鉱を主とした火山性塊状硫化物鉱化作用があり、下部で塊状、上部で薄層状に粘板岩や凝灰岩と共に互層し堆積している。この上部は斜長石斑状の層状デイサイト質凝灰岩が薄く覆っている。下部の安山岩質ハイアロクラスタイトには深度約 130m まで網状の黄鉄鉱鉱化と変質による脱色（珪化・セリサイト化）が認められる。

TN-4、TN-5 ではほぼ TN-14 と同層準にフィルム状の黄鉄鉱鉱化作用が確認されるが規模は小さい。

## 2. カピレ地区

地表部にデイサイト質凝灰岩、ハイアロクラスタイト、その下部に粘板岩と凝灰岩の互層、さらに 50-60m の見かけ上の厚さを示す石灰質粘板岩層を挟んで最下部にデイサイト、塊状安山岩が出現する。CP-21 では上半部の地層が褶曲により繰り返している可能性が考えられる。

鉱化作用は石灰質粘板岩層の下底部に微量の黄鉄鉱の薄層～フィルムが確認された。また、CP-38 と CP-41 の最深部に分布する安山岩中には全体に黄鉄鉱の弱い鉱染が認められ、緑泥石化している。

## 3. アウロラ地区

デイサイト質火山岩類と粘板岩・凝灰岩の互層が卓越する。石灰質粘板岩層の見掛けの厚さは約 30m 程度である。AU-11 で石灰質粘板岩層が比較的厚く連続している様に見えるが、これは褶曲による繰り返しがあるためと考えられる。また、その他の坑井には明瞭な破碎帯が存在し、断層・スラストの存在を示している可能性がある。他ボーリングコアで確認されたような下部の安山岩溶岩は未確認である。

鉱化作用は弱く、デイサイト、ハイアロクラスタイト中に黄鉄鉱のわずかな鉱染が認められ、AU-5 の石灰質粘板岩層最上部に 4-7cm の層状黄鉄鉱の鉱化が 3 箇所確認されただけである。

## 4. グアダルーペ～クルス・ブランカ地区（アスラケス地区）

グアダルーペ (GL-6) では薄い石灰質粘板岩層を挟んで上部がデイサイト質ハイアロクラスタイト、下部が安山岩溶岩である。クルス・ブランカでは上部がデイサイト質ハイアロクラスタイト、粘板岩と凝灰岩の互層で、下部が石灰質粘板岩層 (パチビア層) である。したがって、クルス・ブランカでは地層が完全に逆転している。また浅部には明瞭な破碎帯が存在する。

鉱化作用は弱く、粘板岩と凝灰岩の互層部などにフィルム状の黄鉄鉱がまばらに存在する以外顕著な鉱化は認められない。

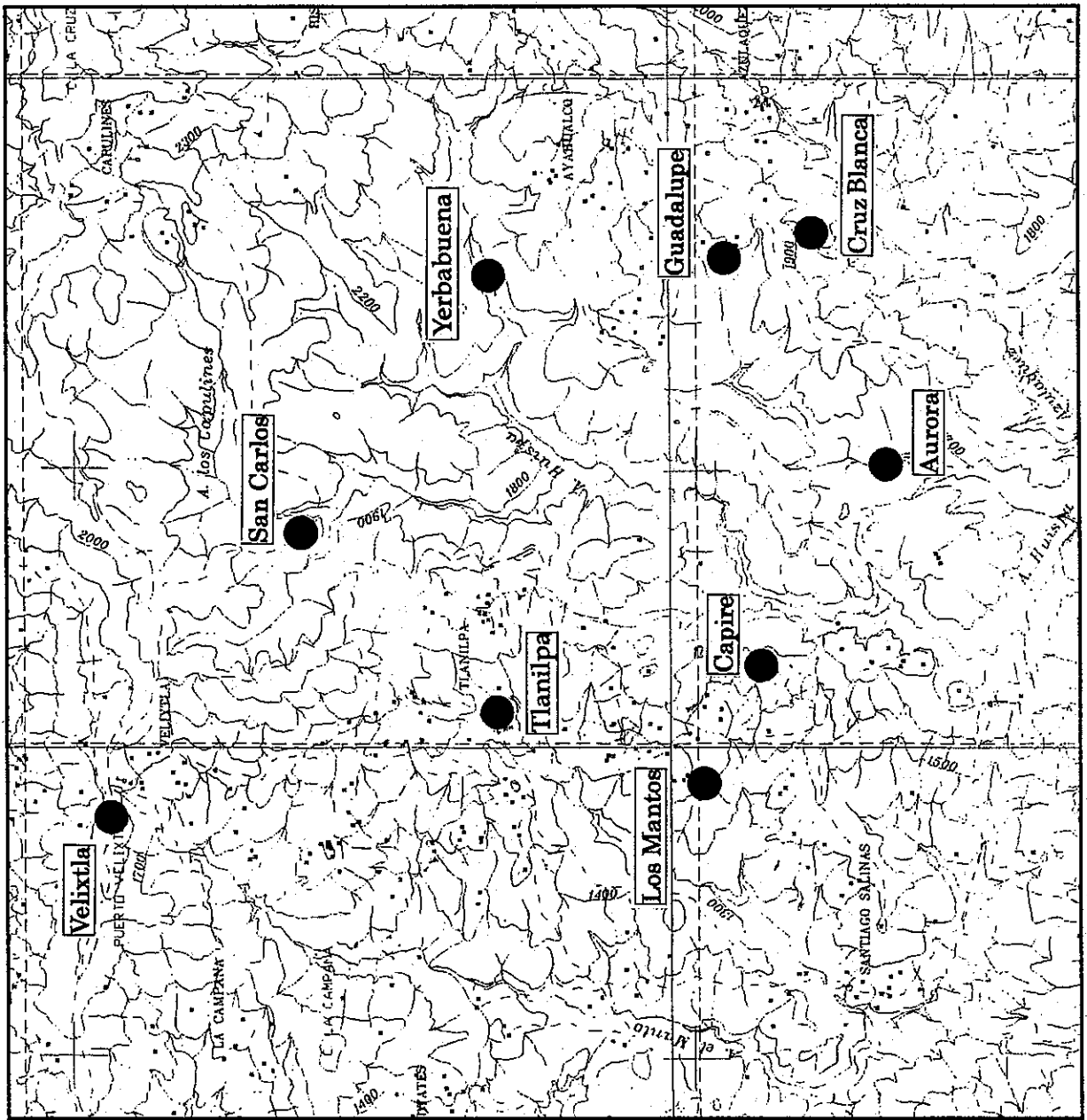
#### 5. ベリストラ～サンカルロス～イエルバブエナ地区

これらの地区は鉱脈鉱床の鉱徴地に位置する。ベリストラ (VLX-5) は、全深度が緑色岩であり片状構造が発達した部分を主としている。サンカルロス (SC-1,SC-2) では上部から安山岩質火山岩類、凝灰岩と粘板岩の互層で最下部が石灰質粘板岩層となっており、全体が逆転している可能性が高い。イエルバブエナの地質はやや特異で、大部分が黒色斜長石斑状デイサイト (ガラス質) であり、少量の安山岩、ハイアロクラスタイトを伴い、最下部には石灰質粘板岩層が出現する。少なくとも 4 箇所に断層破碎帯が存在し、層序を複雑にしている。

鉱化・変質作用は塊状硫化物型に鉱脈型が重複しているためやや複雑である。ベリストラ (VLX-5) では深度 57-63.5m の間は黄鉄鉱、閃亜鉛鉱を主とし黄銅鉱を伴う鉱脈鉱体である。また、深度 87-97m は石英、方解石、黄鉄鉱、黄銅鉱の網状脈の発達した部分である。地表からこの部分まで緑簾石化が著しい。

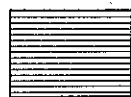
サンカルロス (SC-1,SC-2) では、安山岩質火山岩類、凝灰岩中に方鉛鉱、黄鉄鉱、まれに閃亜鉛鉱を伴う方解石 + 石英脈が存在するがまとまってはいない。これ以外に、細粒黄鉄鉱のフィルム状の鉱化が石灰質粘板岩層に伴われ、細粒黄鉄鉱の鉱染 (5-10%) が深度 266.2-269m 間に存在する。

イエルバブエナでは、閃亜鉛鉱と黄鉄鉱を伴う石英 + 方解石脈 (数 cm) が散在している。また細粒黄鉄鉱の薄層～フィルム状の鉱化が 122m、134m、254m などの粘板岩中に認められる。



1:50,000

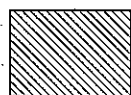
第II-2-1 図  
既存ボーリング実施位置図



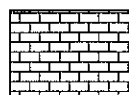
Slate



Lapilli tuff



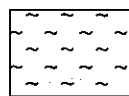
Alternation of  
slate-tuff



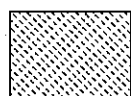
Calcareous  
phyllite



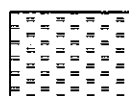
Foliated slate  
~ phyllite



Layered tuff



Slate with  
fine tuff ~ silt



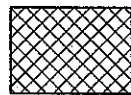
Green Andesitic  
tuff



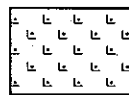
Plagio-rich tuff



Black glassy  
lapilli tuff



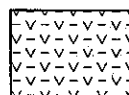
Mineralization



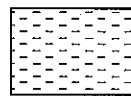
Dacite



Fracture Zone

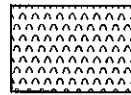


Green schist



Fine green tuff

F : Fault



Green hyaloclastite

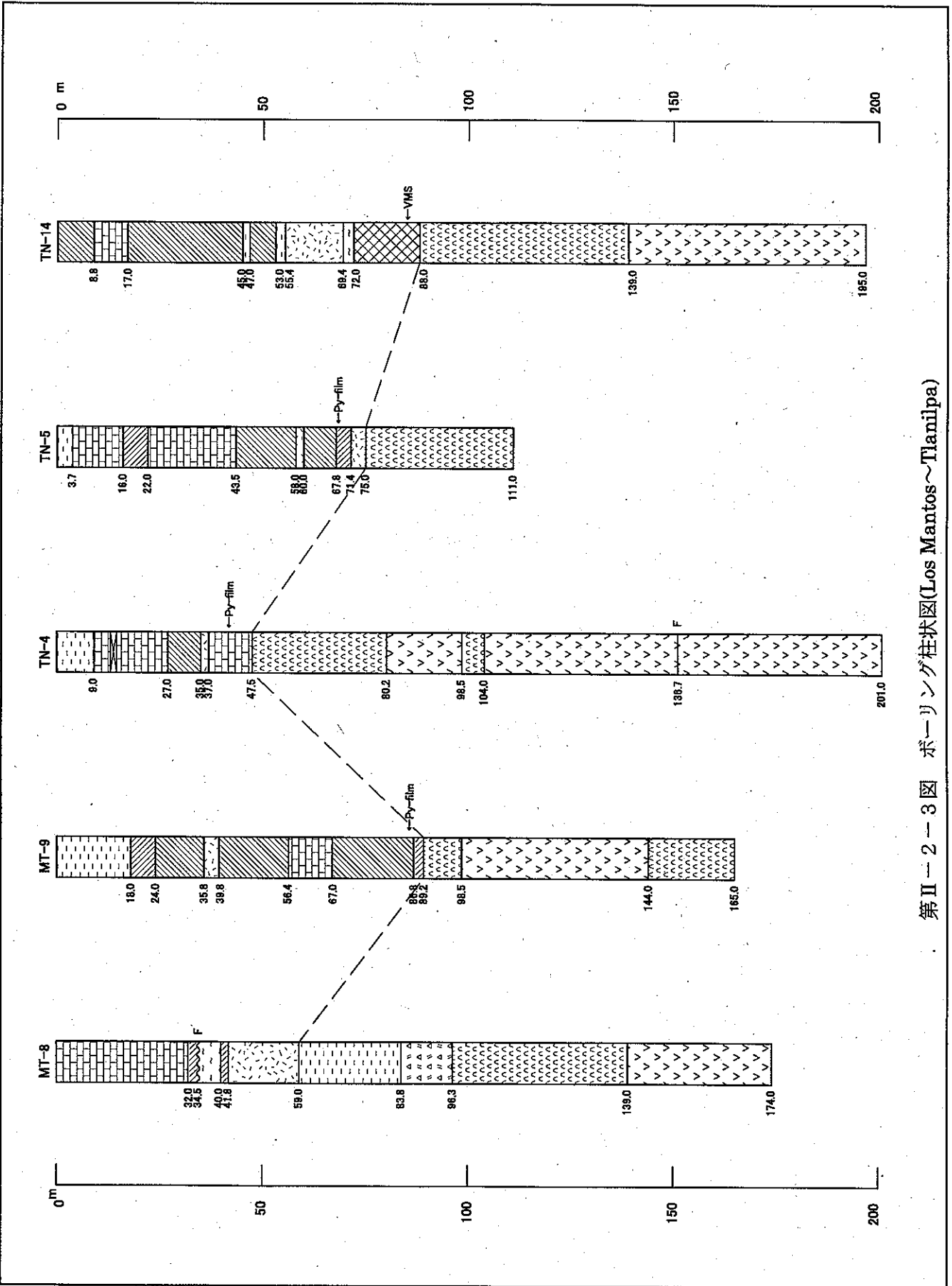
VMS : Massive Sulfide



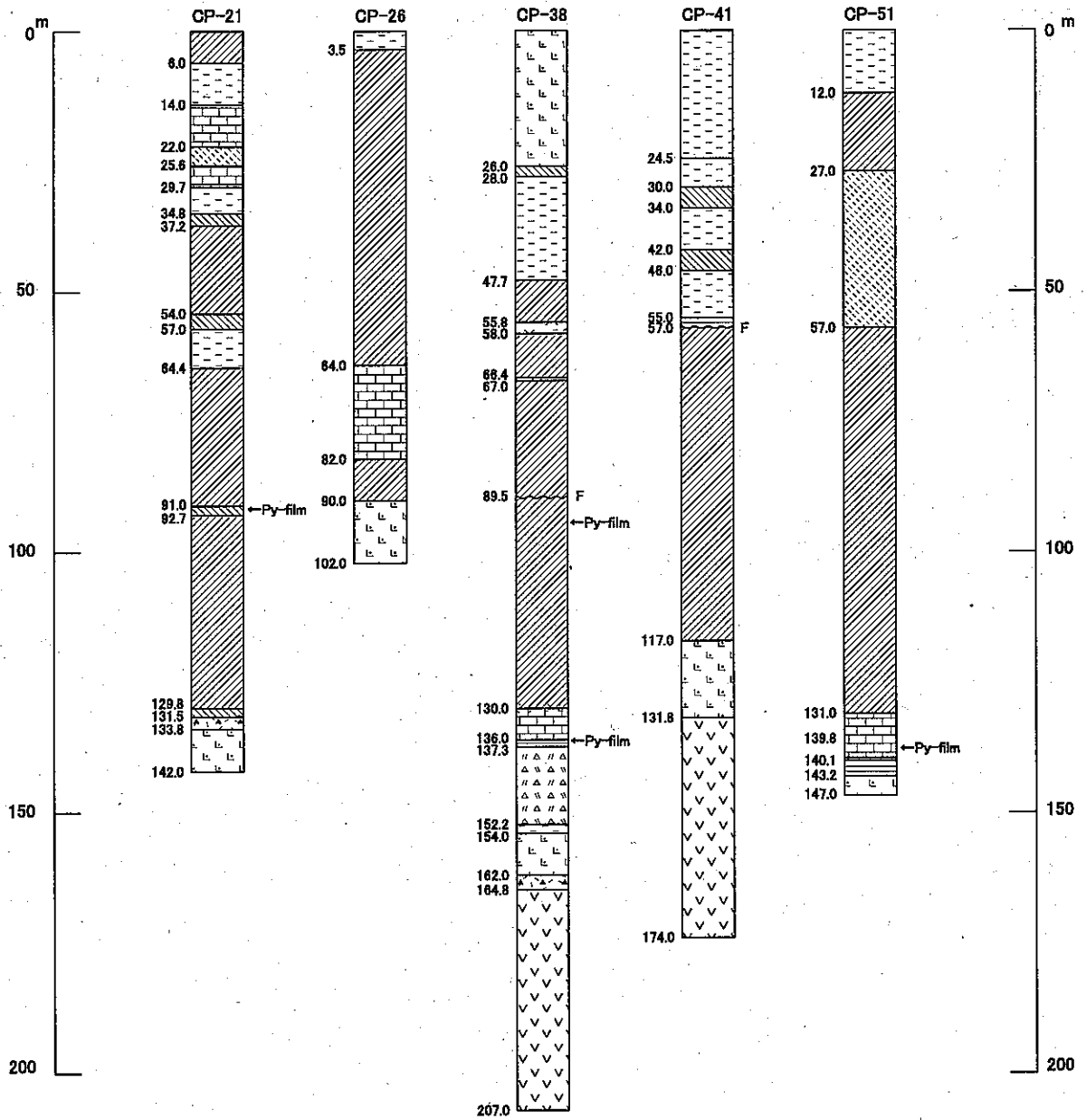
Andesite/

Py : Pyrite

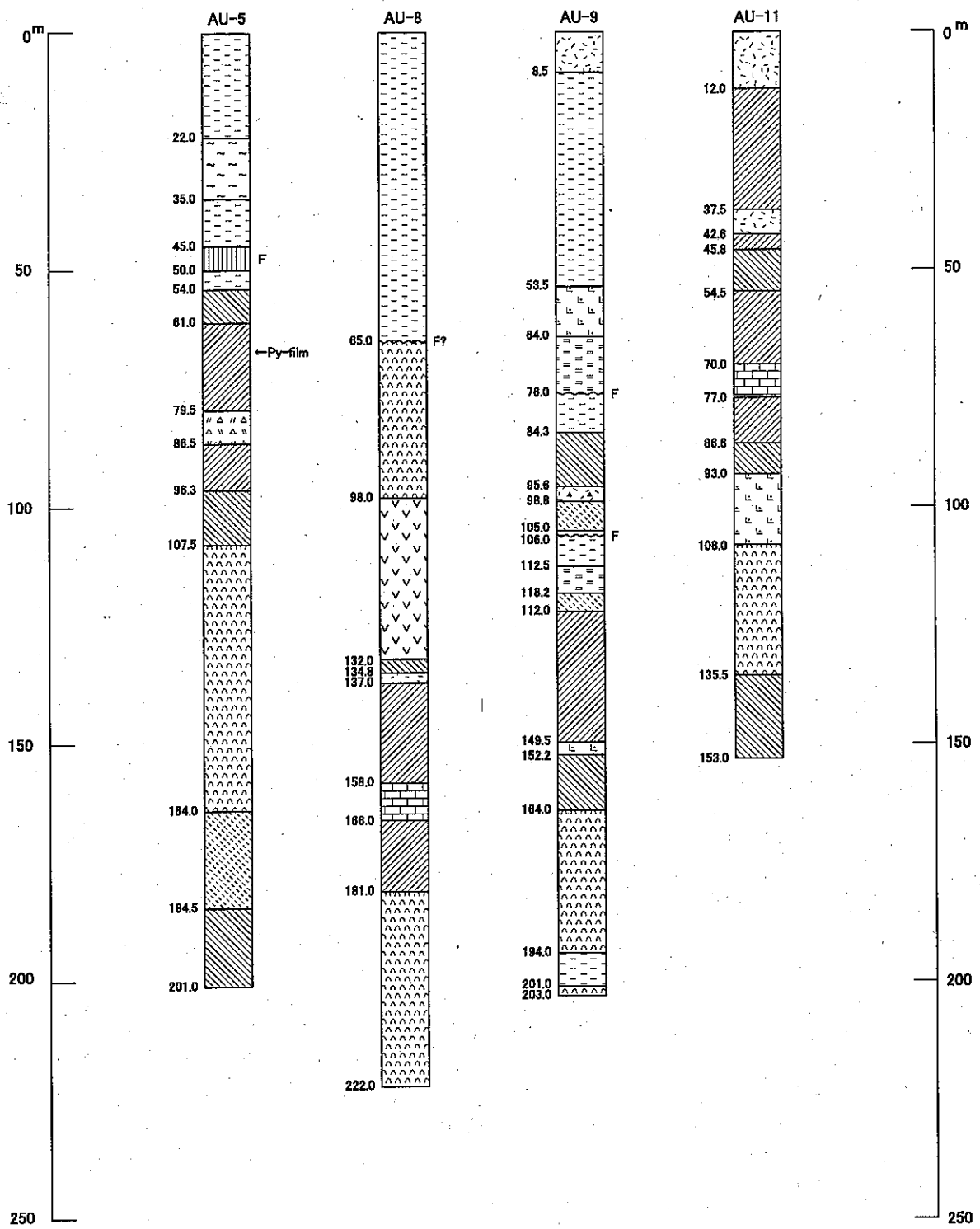
第II-2-2図 ボーリング柱状図凡例



第II-2-3図 ボーリング柱状図(Los Mantos~Flanilpa)

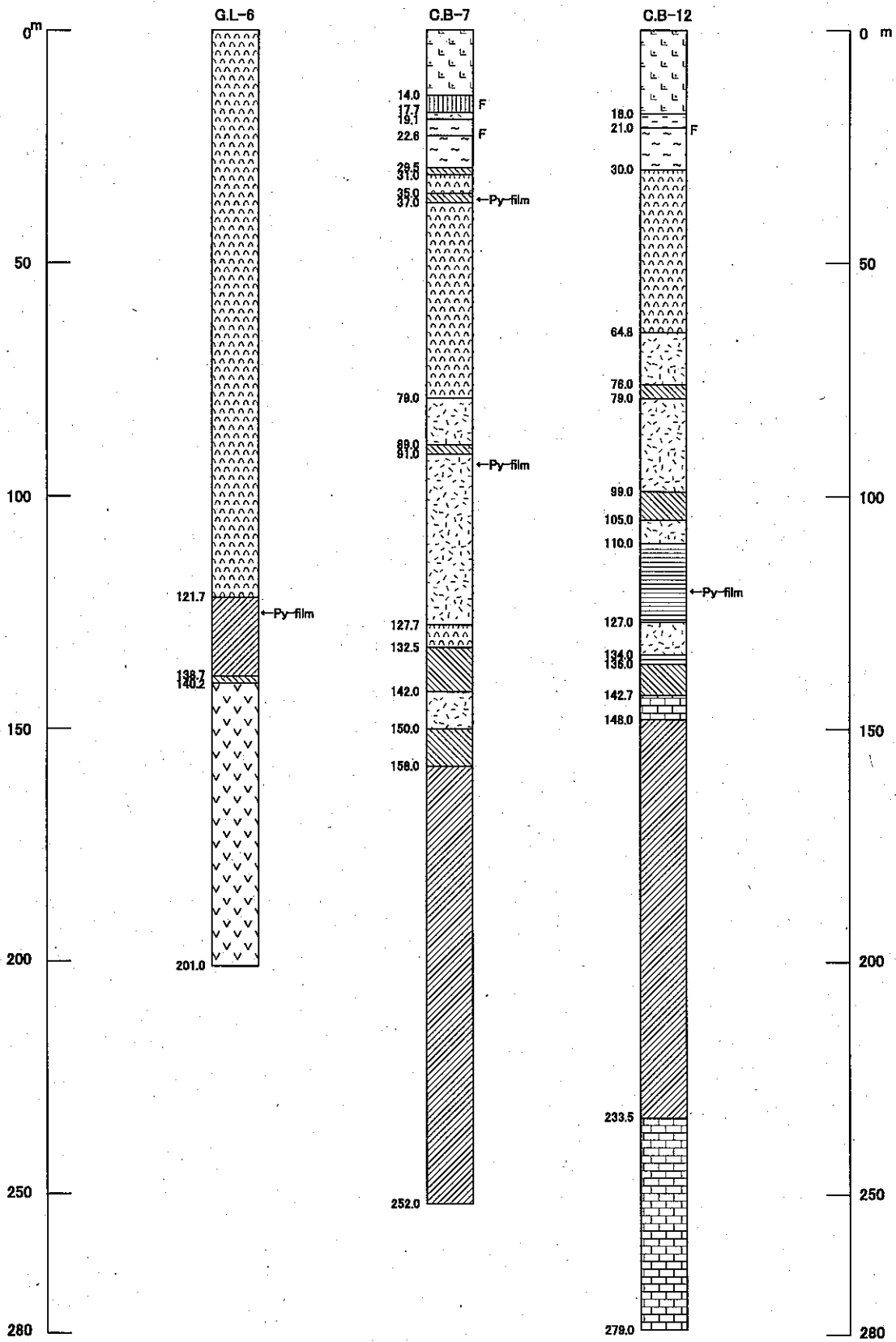


第Ⅱ-2-4図 ボーリング柱状図(Capire)

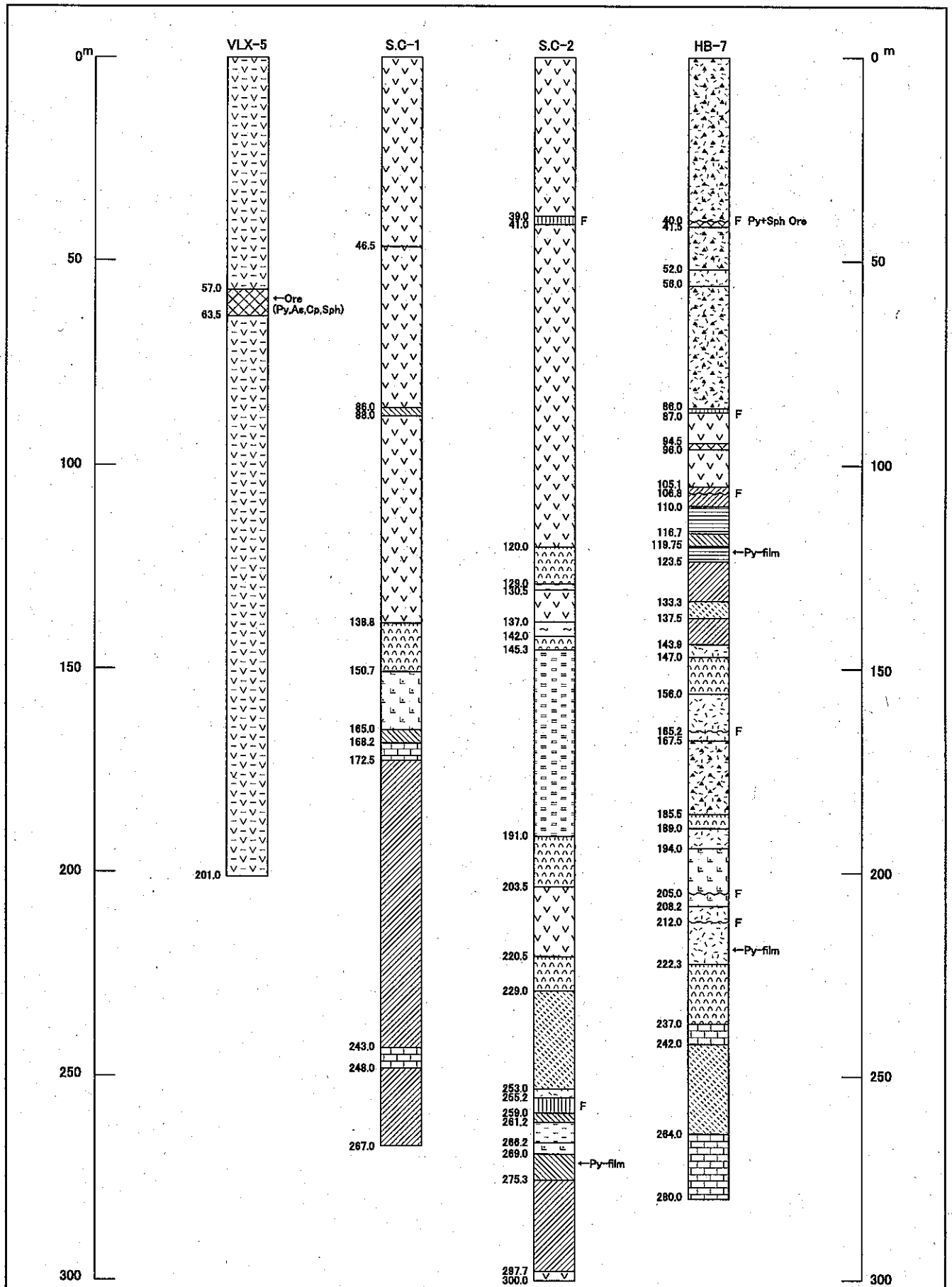


第II-2-5図 ボーリング柱状図(Aurora)





第II-2-6図 ボーリング柱状図(Guadalupe~Cruz Blanca)



第II-2-7図 ボーリング柱状図(Velixtla~San Carlos~Yerbabuena)

### 第3章 総合解析

第 - 3 - 1 図に総合解析図を示す。

#### 3 - 1 地質構造

調査地域にはゲレロテレーンを構成するテフピルコ片岩、ビジャアヤラ層、アカペトラワヤ層、石灰質堆積岩類、ミステコテレーンを構成するモレロス層、新生代の地質体であるバルサス層、ティルサポトラ流紋岩層が分布する。

調査地域の大部分を占めるゲレロテレーンの地質は、本地域周辺ではテロロアパンサブテレーンと呼ばれ、ティサパ鉱床、レイ・デ・プラタ鉱床、カンポモラード鉱床などの黒鉱鉱床に類似した塊状硫化物鉱床を伴っている。これら鉱床はすべて本地域で確認されたビジャアヤラ層相当の緑色火山岩類の最上部に胚胎されている。

テロロアパンサブテレーンでは泥質岩が堆積する環境が常に卓越しているが、ビジャアヤラ層で代表される、まとまった緑色火山岩類の活動はその一時期を占めるものである。

本地域の緑色火山岩類はその構造・組織が良く保存されている部分が多く認められる。すなわち、大部分が玄武岩～安山岩の溶岩（枕状、自破碎状～塊状）またはその破碎岩（ハイアロクラスタイト）を主体としていることから、海底火山活動の産物であることは明らかである。活動の末期には、岩質がやや酸性（デイサイト質ないしは酸性安山岩質）に変化した。火山活動は間欠的になり泥質堆積物と互層を形成する部分が局所的に形成されたと考えられる。同時に塊状硫化物型鉱床が形成された可能性がある。本地域の中央部に位置する、アウロラ、カピレ、トラニルパなどの鉱徴地はすべて、この火山岩類と堆積岩類の互層中にあり、地質構造的には変形した火山性堆積盆（カルデラ）構造を示している可能性が考えられる。

火山活動の終息後、堆積環境は大きく変化し、石灰質堆積物の占める割合が増大したと考えられ、部分的には泥質物より石灰質物が優勢となり、石灰質堆積岩類（パチビア層やテロロアパン層）を形成したと考えられる。これは本地域に限定された現象ではなく、テロロアパンサブテレーン全体の傾向であり、グローバルな環境変化を示している。

その後これらゲレロテレーンの海底火山・堆積岩類は広域的な変形作用や変成作用を受けミステコテレーンを形成する石灰岩層のモレロス層と接するようになった。ゲレロテレーンの岩石にみられる変形作用は、割れ目劈開の発達に伴う、閉じた褶曲構造が主要なものであり、数メートルから数百メートルの規模で発達していると考えられる。同時に様々な規模の断層、衝上断層を伴う。

一方ミステコテレーンのモレロス層や新生代の地層にはこのような変形作用は認められない。第三紀以降は脆性的な変形様式が認められるだけで NW 系、NE 系、NS 系などの断層に鉍脈型の鉍床を伴うことがある。

### 3 - 2 鉍化・変質作用

調査地域内には海底火山活動に伴う塊状硫化物型の鉍化作用と鉍脈型鉍化作用が存在する。

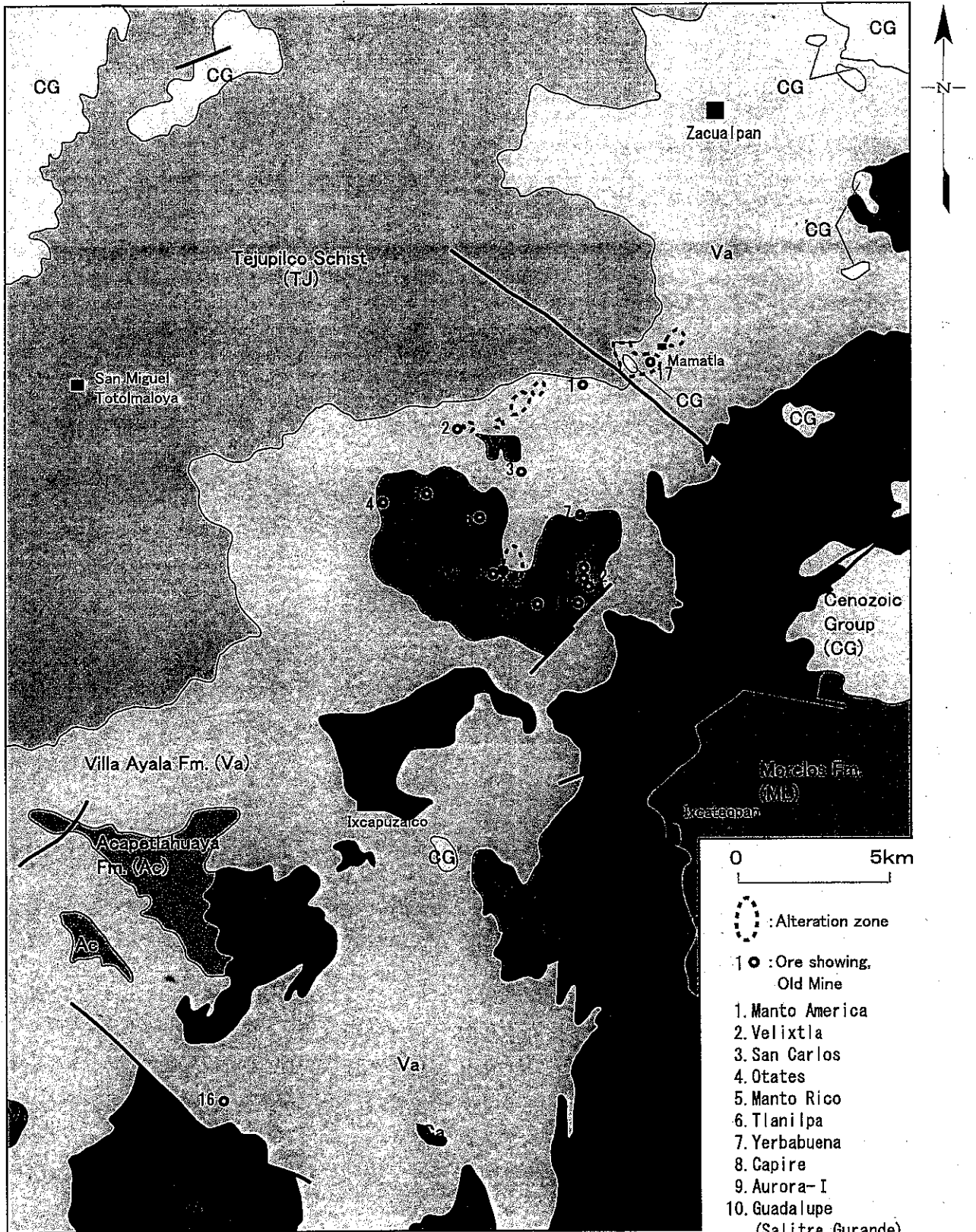
塊状硫化物型の鉍化作用はビジャアヤラ層最上部に伴われる。アウロラ、カピレなどでは細粒の鉛・亜鉛を主としたレンズ状の鉍体が、粘板岩・凝灰岩互層帯に確認された。また、既存ボーリングのなかでトラニルパ地区の TN-14 では黄鉄鉍を主とした鉍体が凝灰岩、粘板岩と共に堆積したものが認められた。下盤側の変質はアウロラ、カピレなどでは明瞭でないが、TN-14 では下盤側の安山岩質ハイアロクラスタイトや溶岩中に弱い黄鉄鉍の網状脈や珪化・セリサイト化による脱色が認められる。したがって、アウロラ、カピレより北部に位置するトラニルパ地区の方が塊状硫化物型鉍床の熱水活動の中心に近いと推定される。

地表で確認された鉍化・変質のなかで最も著しいのは、ママトラの北東から西南西方向にベリストラ付近まで点在するもので、マント・ママトラ、マント・アメリカを含む。特にママトラでは緑色岩中に著しい珪化・セリサイト化が発達し、黄鉄鉍の鉍染や網状脈を伴い一部塊状を示す。鉍脈型の鉍化作用が重なっている可能性もあるが、鉍脈型の鉍化作用では黄鉄鉍や閃亜鉛鉍は粗粒であり、石英、方解石脈が伴われる点が異なる。したがってマント・ママトラ、マント・アメリカの鉍化・変質は塊状硫化物型を示すと考えられるが、層準的には下盤中の鉍化部で鉍化熱水の上昇部と解釈できる。

鉍床胚胎層準は、ビジャアヤラ層の緑色岩の上部で凝灰岩・粘板岩・石灰質粘板岩の互層帯に覆われている。したがって大規模な塊状硫化物鉍床が存在する可能性があるのは、上盤の互層帯がまとまって分布する地区であり、マン・トリコ～トラニルパ～カピレ～アウロラ～アスラケス地区などの鉍徴地を含む地区がこれに相当する。

鉍脈型鉍床はサクアルパン付近に多く存在したとされるが、現在では 2 鉍体が稼行対象となっているだけである。既存のボーリングコア中にも鉍脈型の鉍化作用が確認され、ベリストラ (VLX-5) では緑色岩中の深度 57-63.5m で黄鉄鉍、閃亜鉛鉍を主とした鉍脈に達している。しかし、一般に高品位部は石灰質岩中の脈に限られているとされ、調査地

域内ではサクアルパン地区の東方に限定されると考えられる。



0 5km

○ : Alteration zone

1 ● : Ore showing, Old Mine

- 1. Manto America
- 2. Velixtla
- 3. San Carlos
- 4. Otates
- 5. Manto Rico
- 6. Tlanilpa
- 7. Yerbabuena
- 8. Capire
- 9. Aurora-I
- 10. Guadalupe (Salitre Grande)
- 11. San Antonio
- 12. Cruz Blanca
- 13. Aurora-II
- 14. Santa Rita
- 15. Pata de Res
- 16. Pochote
- 17. Manto Mamatla

Legend

- |    |                        |    |   |            |
|----|------------------------|----|---|------------|
| CG | Cenozoic               | Va | Villa Ayala Formation (Andesite~Basalt)               | Teloloapan |
| ML | Morelos Formation      | Va | Villa Ayala Formation (alternation of tuff and slate) |            |
|    | Calcareous rocks       |    | Thrust  |            |
| Ac | Acapetahuaya Formation |    | Fault   |            |

第II-3-1図 総合解析図