0.022%, Zn 25.90%であった。

③ 鉱床規模は極めて小さく，連続性に乏しい。

2－4 Chaglla 地域の地質および鉱床

調査地域は，Pucara 層群が本地域から北部にかけて北へプランジする向斜構造の南東部に位置する。下位より Mitu層群，Pucara 層群，および Sarayaquillo 累層などの堆積岩類から構成され，このうちPucara 層群が調査地域全体に広く分布している。本地域には火成岩の分布は認められない。

(1) Mitu 層群

調査地域の北東部およびPatio(パティオ)東方に分布し，凝灰岩，帯緑灰色凝灰質砂岩および安山岩質凝灰角礫岩などの火山性砕屑岩からなる。Pucara 層群に不整合に覆われる。

(2) Pucara 層群

Mitu 層群を覆い本地域の北部から南部にかけ広く分布し，下位より下部石灰岩層，ドロストン ― 石灰岩層，砂岩層，上部石灰岩層に区分され層厚約1,900mに達する。

下部石灰岩層は Mitu層群を不整合に覆い，本地域の Pucara層群の最下部層に相当し，調査地域北東部および南東部に分布する。本層は層理のよく発達した灰色 ― 暗灰色，微晶質 ― 泥質石灰岩を主体とし，暗灰色細粒石灰質砂岩および灰色細粒結晶質ドロストン薄層を挟む。石灰岩は，鏡下では微晶質方解石岩であり，少量の砕屑性石英を含む。Patio 付近の石灰質砂岩は散点状に微粒黄鉄鉱を含み，黒色濃青質頁岩の薄層と互層状をなす部分があり，上部の石灰岩はドロマイト質である。本層の石灰岩から次のような化石が産出される (ペルー共和国地質鉱物研究所 Rangel 技師鑑定，A．I－7)。

	サンプル番号
Psiloceras cf. P. reissi (TILMANN) ……	N759, D1
Pentacrinitis cf. P. jurensis (QUENSTEDT)……	D1

これらの化石から本層はジュラ紀 Hettangian 期に対比される。層厚は Patio 付近で約700mである。

ドロストン ― 石灰岩層はドロストンおよび石灰岩からなり，調査地域中央部の Tambo de Vaca，南部 Huarao Grande および北部 Monopampa に広く分布する。

ドロストンは本層の下部に二層あり，そのうち下位層が発達している。上位層は層厚75m，下位層は300mである。灰色細粒 ― 粗粒結晶質ドロストンで，鏡下ではモザイク組織を呈し，粗晶質ドロマイトに相当する。上部の石灰岩に近いドロストン中には小レンズ状の灰白色チャートを挟むところもあり，また Huarao Chico では斜交層理の発

達が認められる。

このドロストン中にはゼブラ構造が良く発達している。一般に個々の幅0.5㎝ないし，2.0㎝を有し，縞模様を形成している。縞模様の方向は層理に平行な場合が多いが，斜交する場合もある。白色粗大結晶ドロマイトの結晶粒は２－３㎜に達することもあり，また晶洞の発達も顕著である。ゼブラ構造は，ほぼ層理面に平行にレンズ状にあり，最大の厚さ１０ｍに達することもあるが，伸長方向の連続性はあまり見られない。Huarao Grande および Huarao Chico では灰色細粒結晶質ドロストン中に鉛の鉱徴が認められる。

石灰岩は主として本層の上部に発達し，前述のドロストンの中間とその上位に二層認められ，肉眼的には灰色細粒を呈している。Tambo de Vacaでは魚卵状（oolitic）石灰岩があり，化石を多く含んでいる。鏡下では，ペレットを含む粗晶質方解石岩（pelsparite）もある（Ｎ－７０１）。また灰白色チャートのノジュールも認められる。石灰岩の層厚は上位層で１００ｍ，下位層で８０ｍである。Huarao Grande ではこの石灰岩中に方解石を伴う方鉛鉱の鉱徴がある。

以上のドロストン ― 石灰岩層からは，次のような化石が産出される （ペルー共和国地質鉱物研究所Rangel技師鑑定，A．Ｉ－７）。

	サンプル番号
Rimirhynchia cf. R. rimosiformis BUCKMAN	N752
Pentacrinites cf. P. jurensis (QUENSTEDT)	N752, D3
Porifera ind.	P705
Rhynehonella sp.	D2
Rhynchonella cf. R. Tetraedra SOW	P710
Rhynchonella cf. R. Wanneri TILMANN	P710
Rhynchonella sp. Cyclostomata ind.	P1

これらの化石から本層はLias 期下位ないし中位に対比される。

砂岩層は，Tambo de Vaca から Mũna および Monopampa 付近にかけて分布し，一部 Huarao Chico にもその露出が認められる。風化すると帯褐色を示す暗灰色細粒石灰質砂岩からなり，黒色瀝青質頁岩および暗灰色細粒石灰岩の薄層を挟む。砂岩中には微粒黄鉄鉱が認められる。Tambo de Vaca では炭質物を挟在する。本層から次のような化石が産出する （ペルー共和国地質鉱物研究所Rangel技師鑑定，A．Ｉ－７）。

	サンプル番号
Vermiceras cf. V. Stubeli TILMANN	N768, D5
Arnioceras ceratitoides (QUENSTEDT)	S712, D6
Arnioceras cf. A. angusticostatus TILMANN	D5, D7

Schlotheimia cf.S.angustisulcata GEYEY……D6

Arnioceras sp. ……P7

これらの化石から本層はSinemurian 期に対比される。Tambo de Vacaでは上位のSarayaquillo 累層の礫岩に直接覆われ，層厚は薄く２０m程度であるが，その西方のMuña では層厚１２０m以上に達するものと推定される。

上部石灰岩層は，Tambo de Vacaから北部Gungapa にかけて分布する。淡灰色 ― 灰色細粒石灰岩を主体とし，灰色細粒結晶質ドロストンの薄層を一部で認める。鏡下では微晶質方解石岩であり，僅かに砕屑性石英を含む。本層はTambo de Vaca北部にて不整合にSarayaquillo 累層の礫岩に覆われるが層厚は北部にかけて厚くなり，Gungapa では５００m以上に達すると推定される。

以上の各岩相は，その岩相上の特徴と産出する化石から，下部石灰岩層は第Ⅱ層に，ドロストン ― 石灰岩層は第Ⅲ層に，砂岩層は第Ⅳ層に，また上部石灰岩層は第Ⅴ層にそれぞれ対比される。その詳細は第３章第１節において取りまとめ記述する （Fig. Ⅰ－4 (3)）。

(3) Sarayaquillo累層

本層はPucara 層群と斜交不整合でTambo de Vaca から Gungapa にかけての山頂部にのみ分布する。亜円礫の中礫をもつ礫岩からなる。礫種は灰色細粒石灰岩が多く，僅かに灰色細粒ドロストンおよび暗灰色細粒石灰質砂岩を含む。基質は帯褐灰色石灰質砂岩である。層厚は約５０m確認されている。

(4) 第四紀堆積物

Gungapa 付近に発達し石英砂の中に円礫の中礫花崗閃緑岩，チャート，砂岩，頁岩および細礫珪質岩と石英質砂とから成る堆積物である。淘汰および固結度悪く，洪水堆積物と考えられる。

(5) 地 質 構 造

地域南部および中央部では一般走向Ｎ４５°－７０°E，傾斜１０°－３０°NWを示し，ＮＥ方向の軸をもって緩くうねってはいるが，全体的には緩傾斜の単斜構造を呈し，北部では走向ＮＳ，傾斜４５°－７０°Wの急傾斜の単斜構造をなしている。

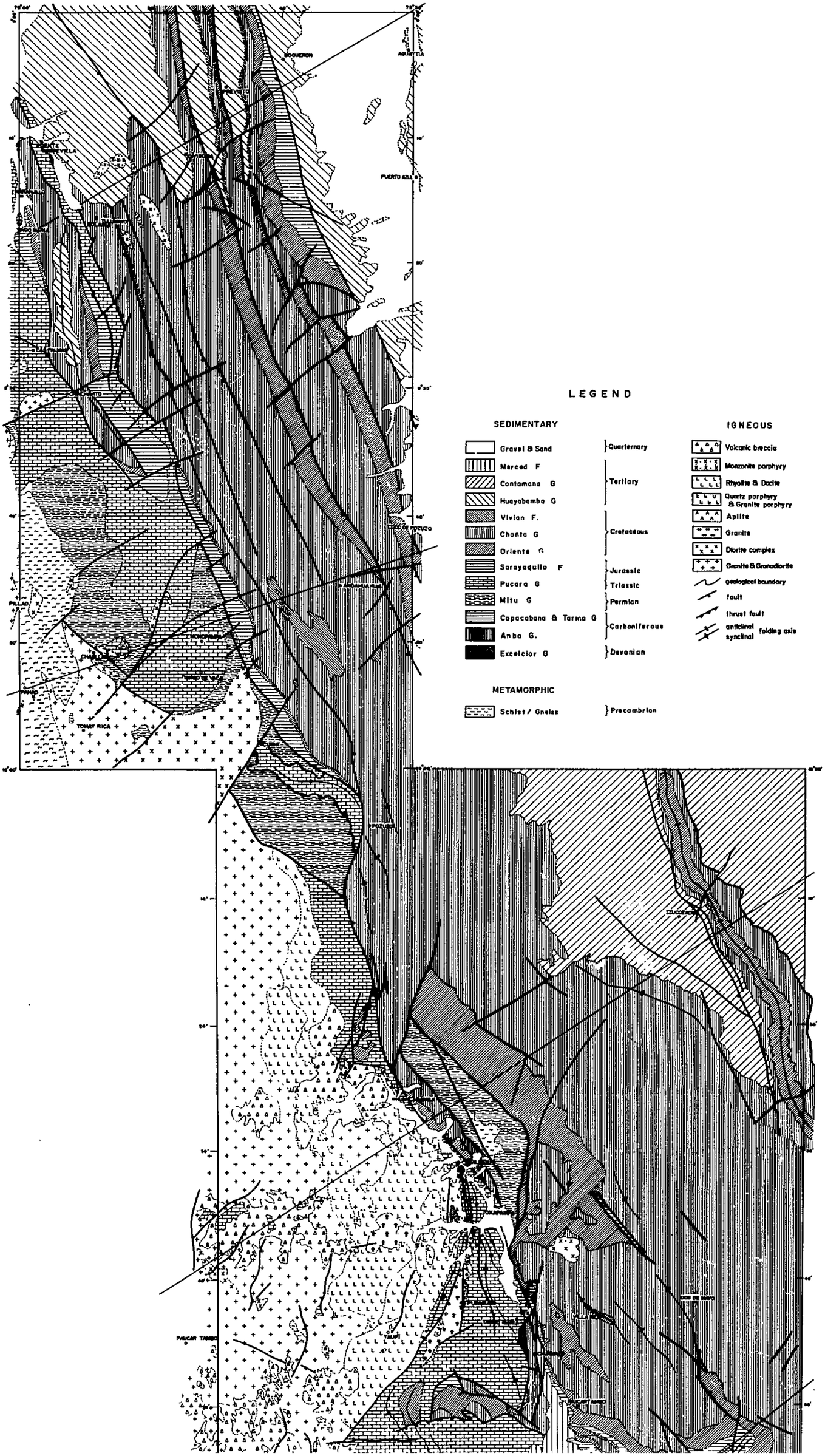
断層はHuarao GrandeにてＮＮＷ－ＳＳＥ系，Monopampa にてＮＥＥ－ＳＷＷ系，Patio にてＮＷＷ－ＳＥＥ系の発達が推定される。ＮＮＷ－ＳＳＥ系は中部地区の主要構造と同一方向をとり，ＮＮＥ－ＳＷＷ系，ＮＷＷ－ＳＥＥ系の断層とともに，隆起および沈降の地塊運動が本地域を各ブロックにわけているのが推察される。

(6) 鉱　　徴

本地域にはHuarao Chico および Huarao Grande の第Ⅲ層のドロストン ― 石灰岩層中に方鉛鉱の鉱徴が認められる（Table Ⅰ－1.）。しかし閃亜鉛鉱については肉眼的なものはなく，鏡下で認められるのみである。

Huarao Chico の鉛の鉱徴は淡灰色細粒結晶質ドロストン中に認められる。このドロストンには粗粒，不規則塊状の方解石および少量の螢石が発達し，方鉛鉱はこの方解石および螢石の中に５－１０㎜の粗粒結晶の集合として豆殻状に存在する。塊状方解石および螢石の周囲のドロストンは淡褐色，粗粒結晶質である。この鉱徴のピースサンプルの分析品位はCu ２０ppm，Pb 4.３３%，Zn ＜0.０１%，Ag １８g／T，である（Ｎ７４６）。

Hoarao Grande の鉱徴は，ドロストンおよび石灰岩の２ケ所において認められた。ドロストン中の方鉛鉱鉱徴はHuarao Chico の鉱徴に類似し，灰色細粒結晶質ドロストン中にある方解石および螢石に伴われ豆殻状，アメーバ状を呈する。ピースサンプルの分析品位はCu ８ppm，Pb ２５.８０%，Zn 0.１１%，Ag ７４g／T である（A７５２）。また，石灰岩中の方鉛鉱鉱徴は前述のドロストンよりはやや上位の層準に小レンズ状をなし，少量の方解石を伴っている。ピースサンプルの分析品位はCu ７０ppm，Pb ２３.６８%，Zn 0.０４%，Ag ６２g／T である（Ｐ８０７）。　この鉱徴付近の石灰岩中に，鏡下でほぼ自形を呈し約３０μの閃亜鉛鉱が僅かに認められている（Ｐ８００）。


LEGEND
SEDIMENTARY
Gravel & Sand
Merced F
Contamana G
Huayabamba G
Vivian F.
Chonta G
Oriente G
Sarayaquillo F
Pucara G
Mitu G
Copacabana & Tarma G
Anbo G.
Excelcior G
Quarternary
Tertiary
Cretaceous
Jurassic
Triassic
Permian
Carboniferous
Devonian
METAMORPHIC
Schist / Gneiss
Precambrian
IGNEOUS
Volcanic breccia
Monzonite porphyry
Rhyolite & Dacite
Quartz porphyry & Granite porphyry
Aplite
Granite
Diorite complex
Granite & Granodiorite
geological boundary
fault
thrust fault
anticlinal
synclinal
folding axis
ROQUEIRON
AGUARITIA
PUERTO AZUL
PUERTO INCA
PUCALLPA
TOMAY RICA
PALCAR TAMBO
TOCACHE

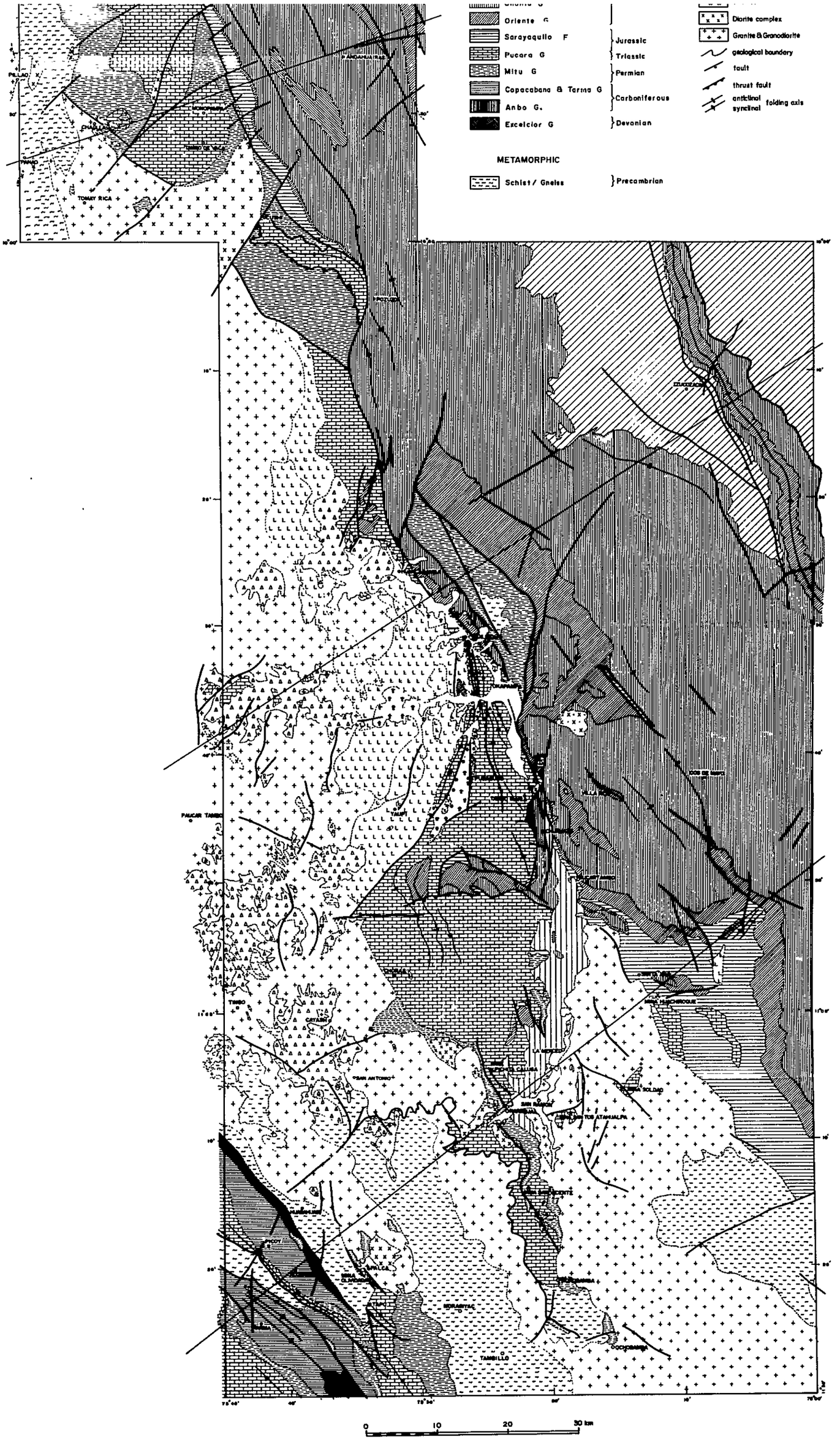


Fig.I-1. Generalized Geological Map of the Surveyed Area

Fig. I-2. Generalized Geological Columns of the Entire Surveyed Area

Southern Block

GEOLOGICAL AGE			GEOLOGICAL UNITS	COLUMNAR SECTION	IGNEOUS ACTIVITY	DESCRIPTIONS: SEDIMENTARY & METAMORPHIC	DESCRIPTIONS: IGNEOUS
CENOZOIC	QUATERNARY	HOLOCENE	ALLUVIUM			GRAVEL, SAND & CLAY	
		PLEISTOCENE	DILUVIUM				
	TERTIARY	PLIOCENE	MERCED FORMATION 400m+			CONGLOMERATE, SANDSTONE & MUDSTONE	VOLCANIC BRECCIA ANDESITIC, DACITIC AGLOMERATE
		MIOCENE				UPPER PART BROWN SHALE WITH SANDSTONE & MUDSTONE	
		OLIGOCENE	CONTAMANA GROUP 1,400m+			LOWER PART. RED SHALE, SANDSTONE & MUDSTONE WITE GREY LIMESTONE	MONZONITE PORPHYRY MONZONITE & MONZONITE PORPHYRY
		EOCENE					
		PALAEOCENE					
MESOZOIC	CRETACEOUS	LATER	CHONTA GROUP 1,900m+			UPPER PART RED SHALE WITH SANDSTONE MIDDLE PART GREY LIMESTONE LOWER PART RED SHALE WITH SANDSTONE & SHALE	RHYOLITE & DACITE RHYOLITE & DACITE COMPLEX
		MIDDLE					
		EARLIER	ORIENTE GROUP 1,000m+			RED TO WHITE SILICEOUS SANDSTONE WITH SHALE & CONGLOMERATE	QUARTZ PORPHYRY & GRANITE PORPHYRY GRANITE PORPHYRY, APLITE & QUARTZ PORPHYRY COMPLEX
	JURASSIC	LATER	SARAYAQUILLO FORMATION 1,000m+			UPPER PART SANDSTONE MIDDLE PART SHALE & SANDSTONE LOWER PART CONGLOMERATE WITH SHALE	GRANITE : GRANITE
		MIDDLE					
		EARLIER					
	TRIASSIC	LATER	PUCARA GROUP 2,450m+			GREY TO BLACK LIMESTONE & GREY DOLOSTONE WITH THIN BEDS OF SHALE & SANDSTONE	DIORITE DIORITE, GRANODIORITE PORPHYRY & MICRO GRANODIORITE COMPLEX
		MIDDLE					
		EARLIER					
PALAEOZOIC	PERMIAN	LATER	MITU GROUP 1,300m+			UPPER PART SANDSTONE & SHALE MIDDLE PART SANDSTONE & SHALE WITH LIMESTONE CONGLOMERATE LOWER PART CONGLOMERATE WITH SANDSTONE & SHALE	GRANITE EASTERN PART RED GRANITE WITH GREY GRANODIORITE WESTERN PART GREY TO GREEN GRANODIORITE
		MIDDLE					
		EARLIER					
	CARBONIFEROUS	LATER	1,900m+ COPACABANA - TARMA GROUP			GREY TO DARK GREY LIMESTONE & PHYLLITIC SHALE PARTLY RED CALCAREOUS SHALE DOMINANT	
		EARLIER	AMBO GROUP 900m+			COMPACT GREY SANDSTONE WITH BLACK SHALE	
	DEVONIAN	LATER	EXCELCIOR GROUP 700m+			GREY SANDSTONE WITH GREY TO BLACK SHALE	
		EARLIER					
	SILURIAN	LATER					
		EARLIER					
	ORDOVICIAN	LATER					
		EARLIER					
	CAMBRIAN	LATER					
		EARLIER					
PRECAMBRIAN			BASAL COMPLEX			GNEISS & SCHIST WITH SERPENTINITE	

Northern Block

GEOLOGICAL UNITS	COLUMNAR SECTION	IGNEOUS ACTIVITY	DESCRIPTIONS: SEDIMENTARY & METAMORPHIC	DESCRIPTIONS: IGNEOUS
ALLUVIUM			GRAVEL, SAND & CLAY	
DILUVIUM				MONZONITE PORPHYRY MONZONITE & MONZONITE PORPHYRY
HUAYABAMBA FORMATION 1,400m+			RED TO BROWN SANDSTONE WITH SHALE, MUDSTONE AND CONGLOMERATE	
VIVIAN FORMATION 300m+			WHITE SANDSTONE WITH SHALE	
CHONTA FORMATION 2,300m+			UPPER PART RED SHALE & SANDSTONE MIDDLE PART GREY LIMESTONE LOWER PART RED SANDSTONE, & SHALE	
ORIENTE GROUP 1,200m+			UPPER PART SANDSTONE MIDDLE PART ALTERNATION OF SANDSTONE & SHALE LOWER PART SANDSTONE WITH CONGLOMERATE	
SARAYAQUILLO FORMATION 1,200m+			UPPER PART PEBBLE CONGLOMERATE AND SANDSTON LOWER PART RED SADSTONE & SHALE WITH THIN BED OF CALCAREOUS SANDSTONE	
PUCARA GROUP 1,900m+			GREY TO BLACK LIMESTONE & GREY DOLOSTONE WITH THIN BEDS OF SANDSTONE	DIORITE MICRODIORITE, GRANODIORITE AND GRANITE
MITU GROUP 2,500m+			UPPER PART ANDESITIC & DACITIC LAVA AND TUFF(PARTLY WELDED) WITH TUFFACEOUS SANDSTONE MIDDLE PART SANDSTONE WITH SHALE & CONGLOMERATE LOWER PART CONGLOMERATE WITH SANDSTON & SHALE	GRANITE GRANITE, GRANODIORITE AND DIORITE
BASAL COMPLEX			GNEISS & SCHIST	

LEGEND

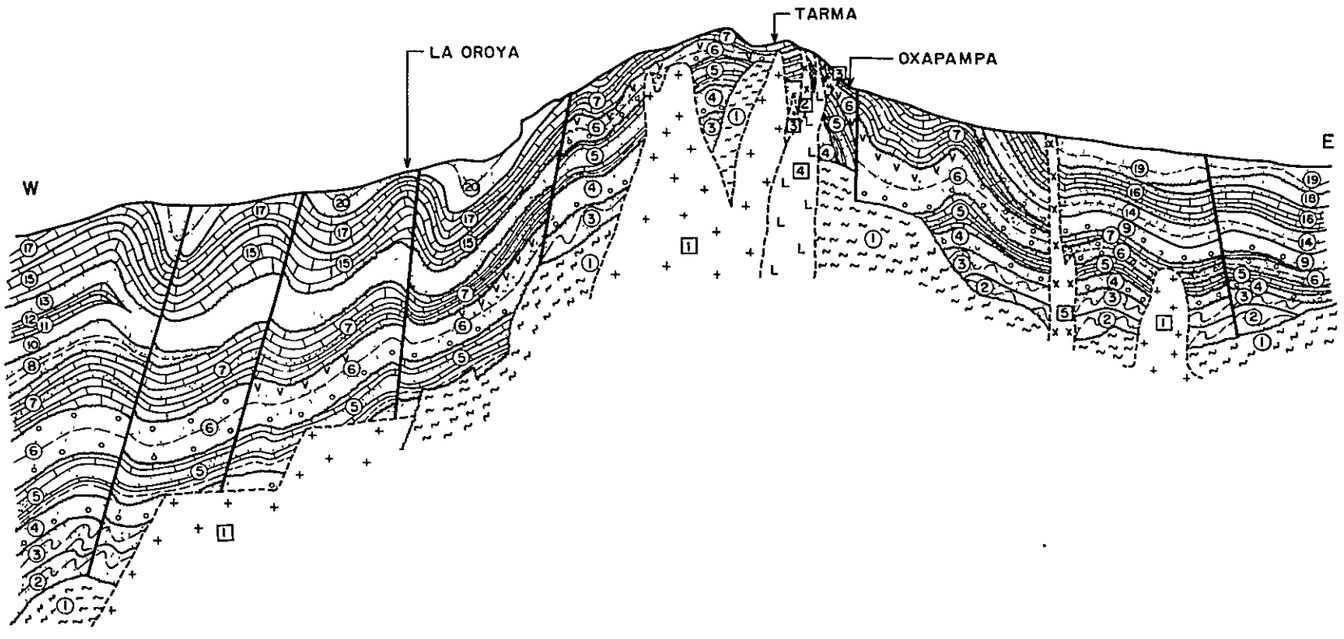
SEDIMENTARY ROCK
- SAND
- GRAVEL
- SHALE & PHYLLITE
- SANDSTONE
- CONGLOMERATE
- LIMESTONE / DOLOSTONE

METAMORPHIC ROCK
- GNEISS & SCHIST

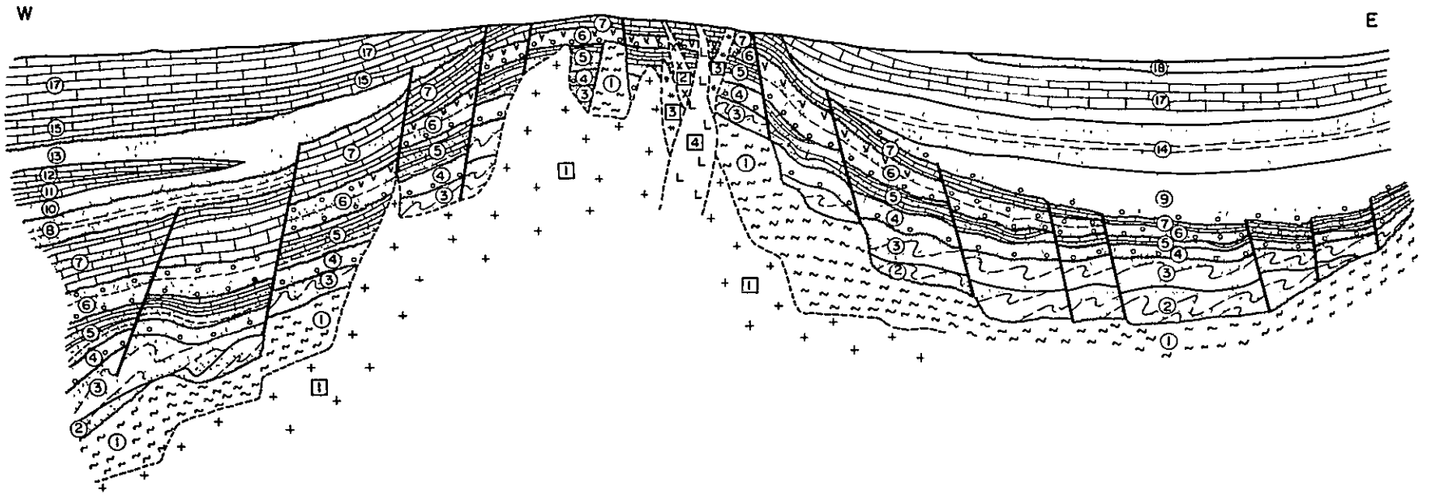
IGNEOUS ROCK
- VOLCANIC BRECCIA
- MONZONITE & MONZONITE PORPHYRY
- RHYOLITE & DACITE
- QUARTZ PORPHYRY & GRANITE PORPHYRY
- DIORITE
- GRANITE
- ANDESITIC TO DACITIC LAVA AND TUFF

- UNCONFORMITY
- CONFORMITY

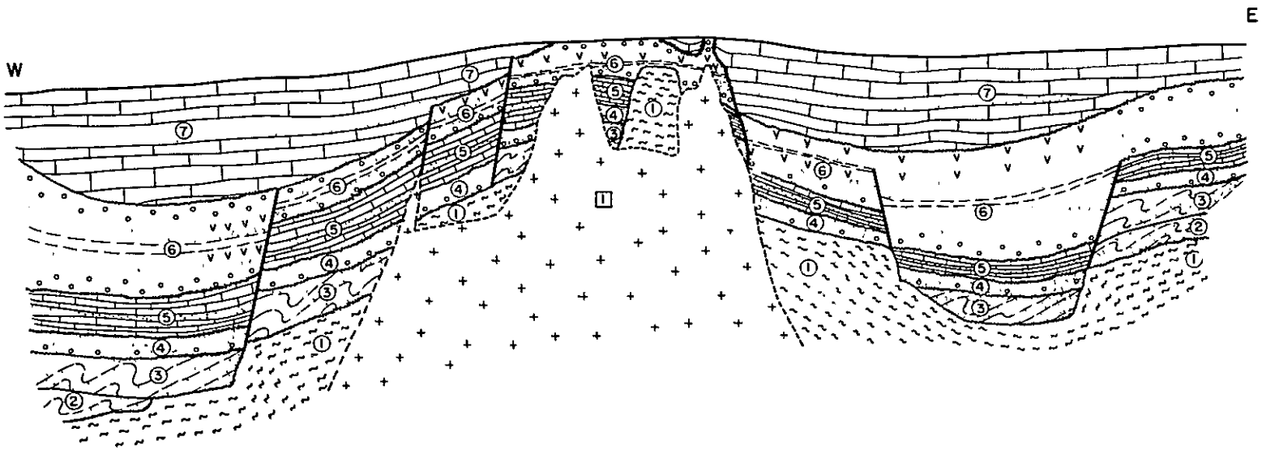
Andean Orogeny
Incaica Phase



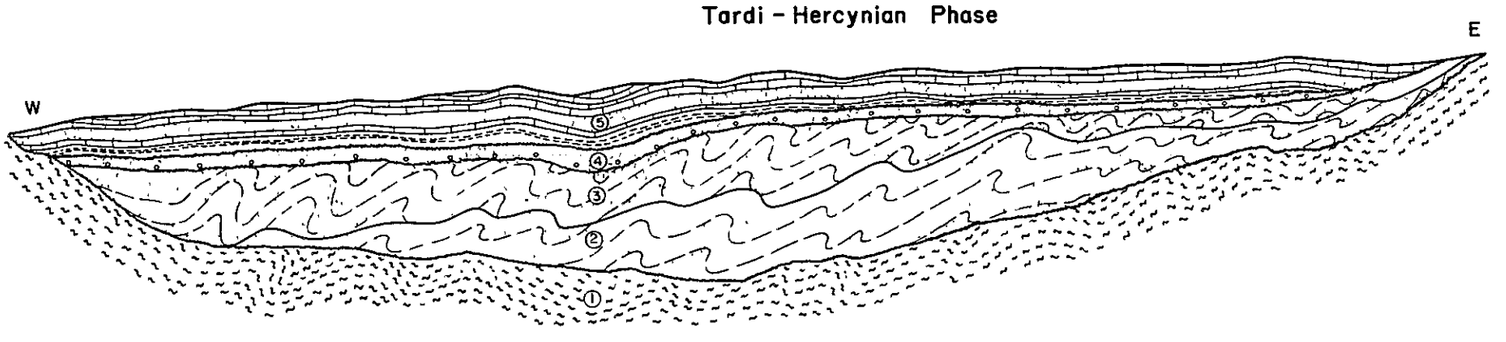
Peruana Phase



Nevadan Movements



Hercynian Orogeny
Tardi - Hercynian Phase



SEDIMENTARY ROCKS

IGNEOUS ROCKS

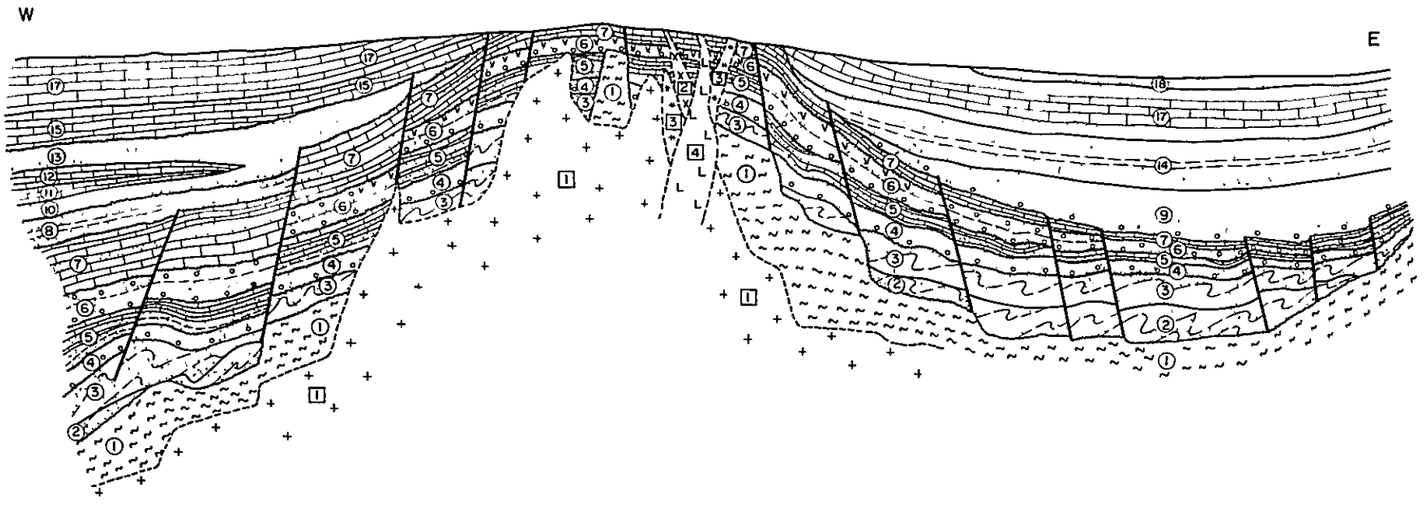
CENOZOIC

TERTIARY

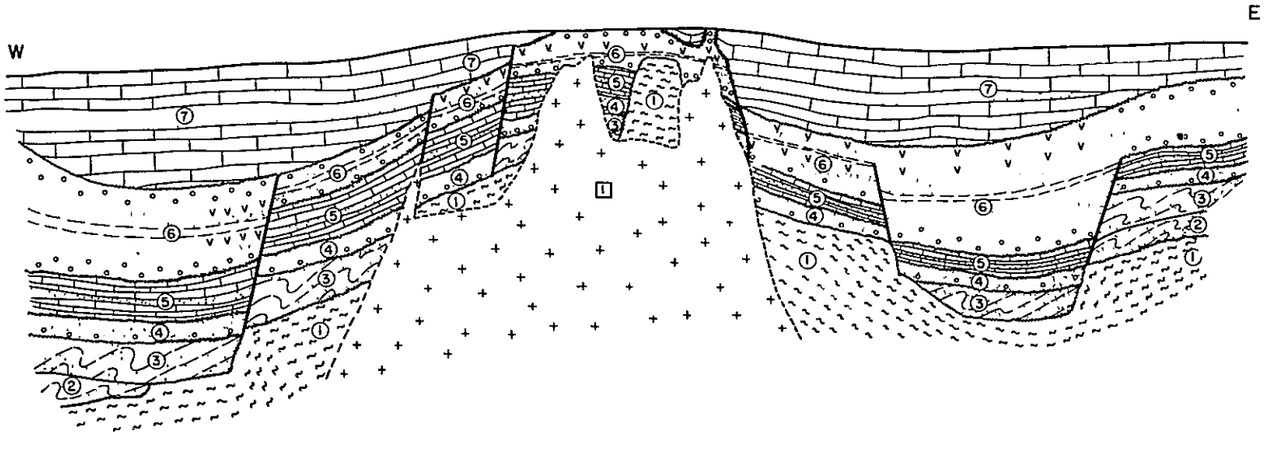
20 CASAPALCA F
19 CONTAMANA (HUAYABAMBA) GROUP

5 x x x MONZONITE PORPHYRY

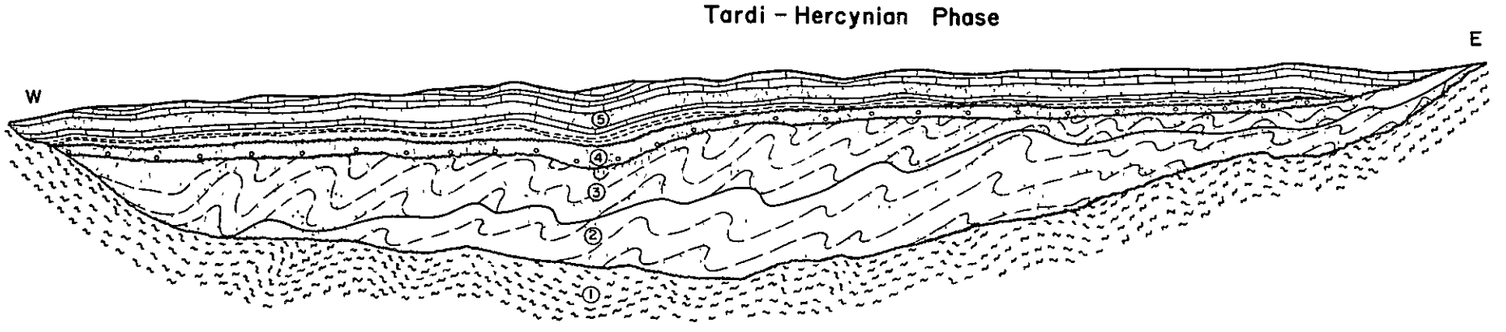
Peruana Phase



Nevadan Movements



Hercynian Orogeny
Tardi - Hercynian Phase



SEDIMENTARY ROCKS

CENOZOIC	TERTIARY	⑳	CASAPALCA F
		⑲	CONTAMANA (HUAYABAMBA) GROUP
MESOZOIC	CRETACEOUS	⑱	VIVIAN F
		⑰	CELENDIN F CAJAMARCA F. JUMASHA F
		⑯	CHONTA G.
		⑮	PARIATAMBO F CHULEC F
		⑭	ORIENTE G
		⑬⑫⑪⑩	GOYLLARISQUIZGA G: FARRAT F, CARHUAZ F, SANTA F, CHIMU F
	JURASSIC	⑨	SARAYAQUILLO F
		⑧	CHICAMA F
	TRIASSIC	⑦	PUCARA G.
		⑥	MITU G
PALAEOZOIC	PERMIAN~PENNSYLVANIAN	⑤	COPACABANA-TARMA G
	MISSISSIPPIAN	④	AMBO G
	DEVONIAN~SILURIAN	③	EXCELSIOR G
	ORDOVICIAN	②	CONTAYA G
PRECAMBRIAN		①	GNEISS & SCHIST

IGNEOUS ROCKS

5	MONZONITE PORPHYRY
4	QUARTZ PORPHYRY & GRANITE PORPHYRY
3	GRANITE
2	DIORITE COMPLEX
1	GRANITE & GRANODIORITE COMPLEX

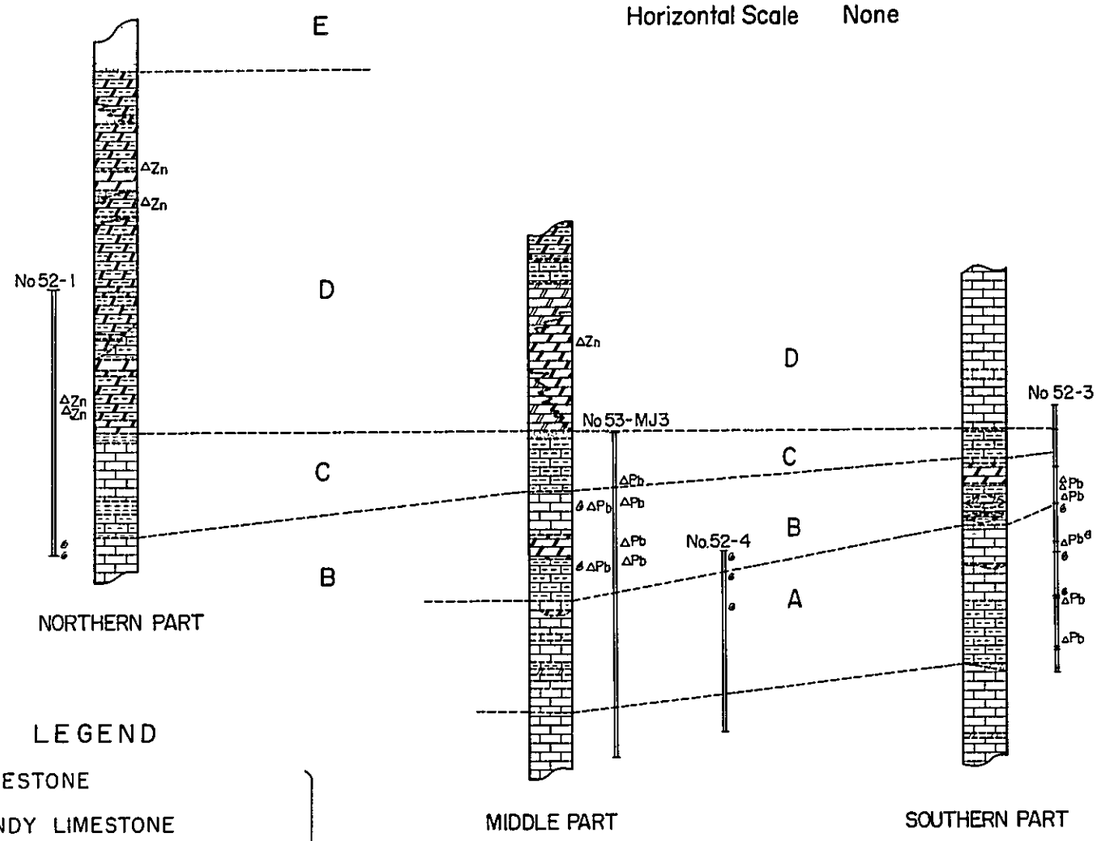
- LAVA & PYROCLASTIC ROCK
- SANDSTONE
- CONGLOMERATE
- SHALE
- LIMESTONE

Fig. 1-3. Scheme of Orogenic Cycle in the Surveyed Area

LOCAL COLUMNAR SECTION

Vertical Scale 1 : 5,000

Horizontal Scale None



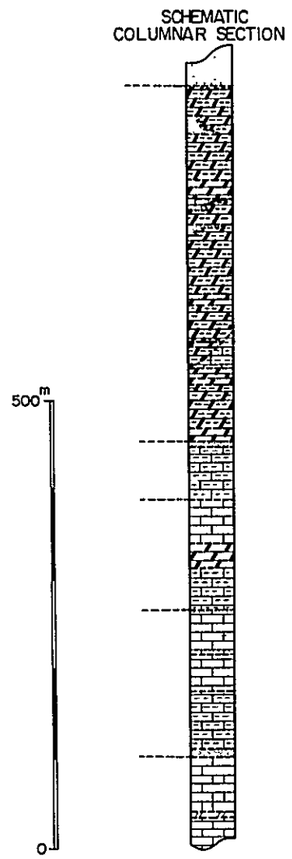
LEGEND

- LIMESTONE
- SANDY LIMESTONE
- MUDDY LIMESTONE
- DOLOSTONE
- SANDY DOLOSTONE
- MUDDY DOLOSTONE
- CALCAREOUS DOLOSTONE
- SANDSTONE
- MUDSTONE OR SILTSTONE

PUCARA GROUP (TRIASSIC ~ JURASSIC)

ΔZn, Pb MINERAL INDICATION

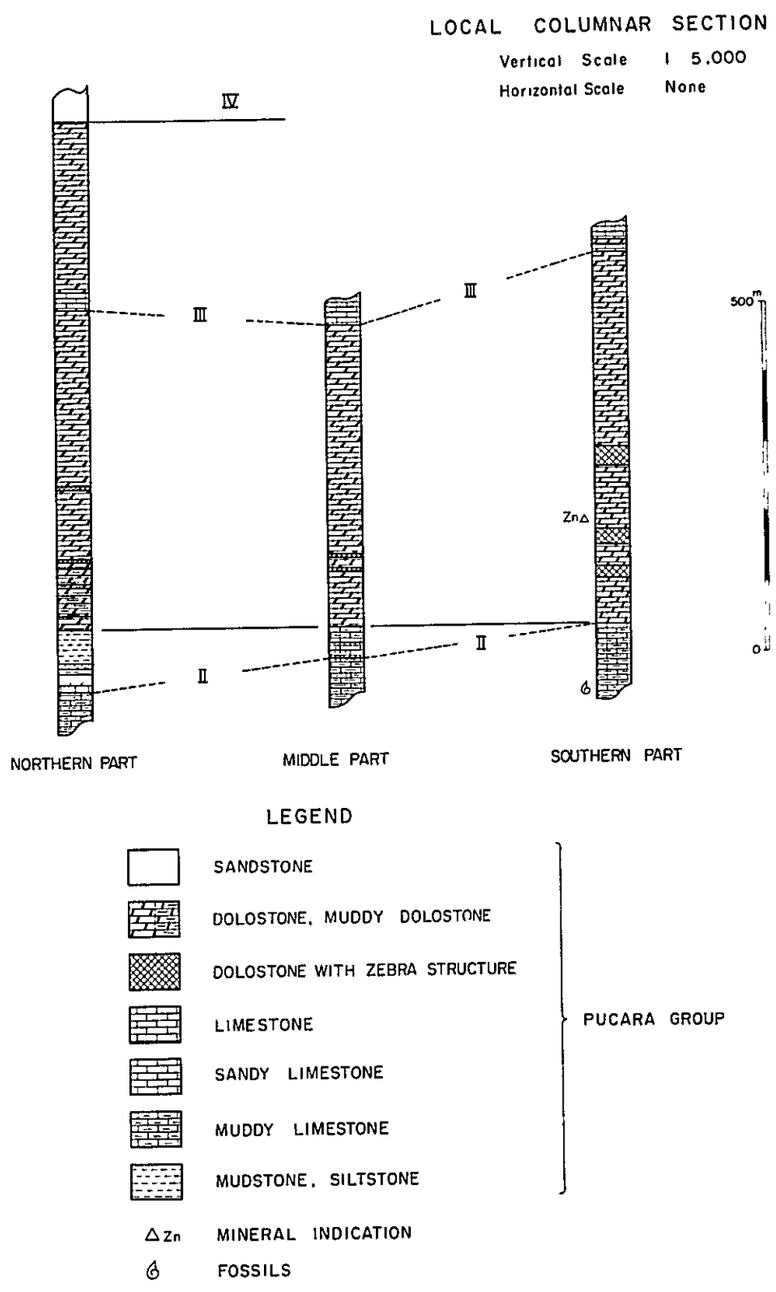
ϕ, ϕ FOSSILS (MACRO, MICRO)



MEMBER		LITHOLOGY	THICKNESS	REMARKS
V	E	Dolomitic Sandstone, micritic, very fine grained, quartzose, light brownish grey	+ 50m	
	D	Muddy Dolostone, micritic, very fine grained, grey to brownish grey, hard Dolostone, crystalline, fine to medium grained, grey to light brownish grey Muddy Limestone, micritic, fine grained Sandstone; fine to medium grained, light grey	200m ~ 400m	Δ Zn,Pb Δ Zn,Pb Δ Zn,Pb Δ Zn,Pb
IV	C	Muddy Limestone; fine grained, black to dark grey Sandy Limestone; fine grained, grey	30m ~ 120m	ϕ
	B	Muddy Limestone; biomicritic, fine grained, dark grey Limestone, crystalline, biomicritic, fine grained, dark grey. Dolostone, crystalline, fine grained, dark grey	75m ~ 150m	ϕ Δ Pb ϕ Δ Pb
	A	Limestone, crystalline, medium grained, grey Muddy Limestone; micritic, fine to very fine grained, dark grey to black Sandy Limestone; fine to medium grained, brownish grey.	160m	ϕ Δ Pb ϕ ϕ ϕ
III		Limestone; crystalline, medium grained, grey		Δ Pb

Fig. I-4. Generalized lithological distribution and correlation of the Pucara Group

(1) San Roque area



MEMBER	LITHOLOGY	THICKNESS	REMARKS
Ⅳ	Sandstone, Calcareous, fine grained to medium grained, light brownish grey to grey	+ 50m	
Ⅲ	Dolostone, Well-crystalline to crystalline, fine grained to medium grained, light grey to dark grey, partly muddy, partly showing zebra structure, cross laminated to bedding plane Limestone, Aphanic to crystalline, very fine grained to fine grained, light grey to grey in color	820m	△ Zn
Ⅱ	Mudstone, Bituminous, dark grey to black, partly calcareous, coexisted many pyrite, Observed only in northern part Siltstone, Partly calcareous, grey to dark grey, Observed only in northern part Sandy Limestone, Fine grained to very fine grained, brownish grey to dark grey Muddy Limestone, Partly bituminous, dark grey to black		6 psiloceras

Fig. I－4. Generalized lithological distribution and correlation of the Pucara Group
(2) Tambo Maria area

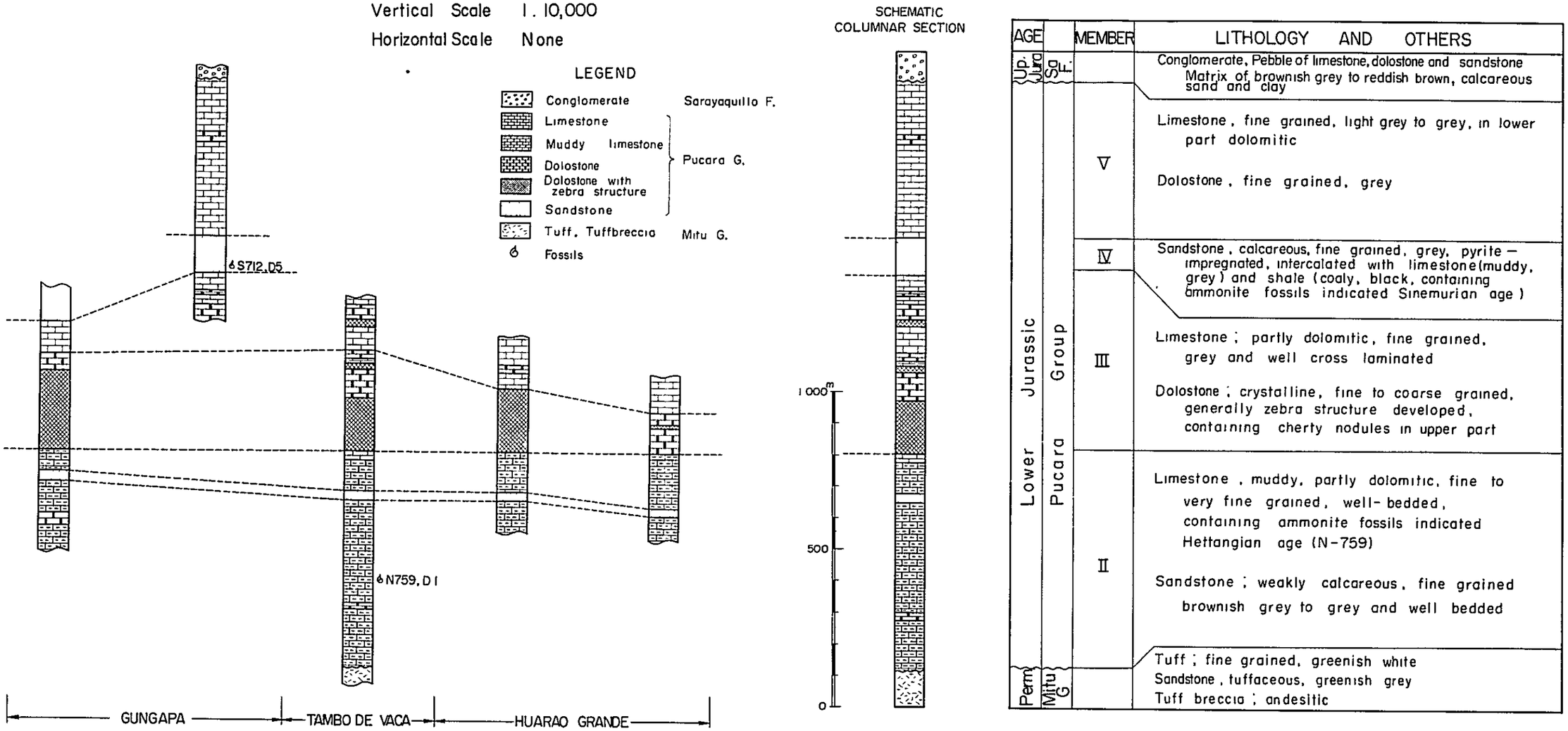


Fig. I-4. Generalized lithological distribution and correlation of the Pucara Group
(3) Chaglla area

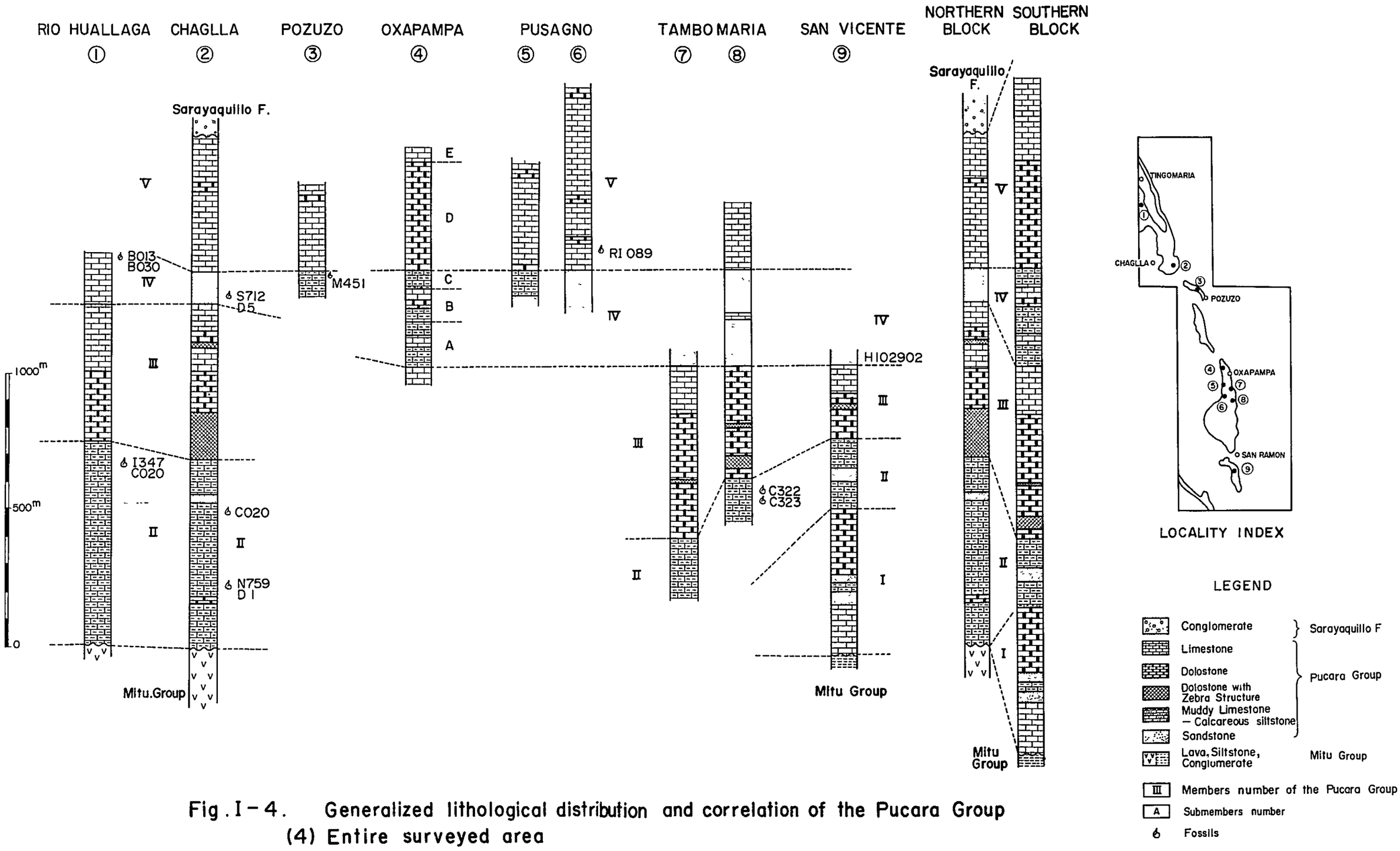


Fig. I-4. Generalized lithological distribution and correlation of the Pucara Group
(4) Entire surveyed area

Table I-1. List of mineralization in the surveyed area.

No.	Area	Location	Kind of Ore	Host Rock		Alteration	Related Igneous Rock	Mode of Occurence	Scale of Mineralization	Direction of Mineralization	Amount of Unit Ore Body	Unit Ore body			Grade of Ore	Ore Minerals	Gangue Minerals	Structural Control	History	Note	Sample No.
				Group	Rock							Scale	Thickness Width	Direction							
1	SAN RAMON	SAN VICENTE	Zn, Pb, Cu	PU	Do , Ls	-	-	ba	8km×500m	N-S 20~50W	10	main 200m×200m	20m	N-S 45~50W	Pb 1% Zn 14%	Sp, Gn> Cp, Py	dol, cal	strata bound	worked product 1200T/D		
2	SAN RAMON	PICHITA CALUGA	Zn,Pb,Cu	PU	Ls	-	Di	ba	200m×75m	N50W NE	2	200m×75m	5m	N50W NE	Pb 5% Zn 15%	Sp, Gn> Cp, Py	dol, cal	strata bound	closed in 1969		
3	SAN RAMON	SANTOS	Zn, Pb, Cu	PU	Ls	Sk	Qp	diss	80m×	E-W S	1	80m×	max 1.5m	E-W S	Pb 1% Zn 18%	Sp, Gn> Py, Cp, Po	epi, gar	intrusive	exploited in 1974		S91202 S91204
4	SAN RAMON	SOLDADO	Zn Pb,Cu	PU	Ls	Sk	Qp	diss	100m×	N50W,S65 N40E,S50	2	100m×	max 5m	N40E S50	Pb 1% Zn 12%	Sp, Gn> Cp, Py	epi, gar	intrusive	closed		F108001
5	TARMA	LA OLIVIDADA	Cu	PU	Ls	Sil	-	net	50m×	NW-SE	1	50m×	max 85m	NW-SE	Cu 5%	Az, Mal> Sp	cal	NW-SE-fracture	worked product 9 T/M		T91902
6	OXAPAMPA	HONDA	Cu	PU	Ls	Sk	Mo	diss							Cu 0.06%	Py, Cp	skarn	intrusive		Surveyed by Japanese Mission (1976)	K244
7	OXAPAMPA	HONDA	Cu	-	Mo	-	Mo	diss							Cu 0.08%	Mt, Py> Ht, Cv		intrusive		Surveyed by Japanese Mission (1976)	K264
8	CHAGLLA	CHAGLLA	Cu, Pb	PU	Ls	-	-	vein							Cu 0.24% Pb 0.016% Zn 0.066%	Mal, Gn	cal			Surveyed by Japanese Mission (1976)	A023 A024 A025
9	SAN RAMON	SOUTH PICHITA CALUGA	Cu,Zn	-	Do	epi chl	Di	vein					0.25m		Cu 1.90% Zn 0.18%	Mal, Cp Py, Sp	cal, qt epi, chl	fault		Surveyed by Japanese Mission (1976)	T008 I082 F072
10	OXAPAMPA	CHONTABAMBA	Pb,Zn	PU	Ls	-	-								Pb 28% Zn 3%	Gn, Sp			closed product 10T	Surveyed by Japanese Mission (1976)	A089
11	OXAPAMPA	SAN ROQUE VALLEY	Pb,Zn	PU	Ls	-	-	diss							Pb 15.8% Zn 0.68% (C416)	Gn	cal	strata bound		Surveyed by Japanese Mission (1976)(1977)	L819, C416 OF007 M494 OF017
12	OXAPAMPA	TAMBO MARIA	Zn	PU	Do	-	-	ba					32m		Cu 0.02% Pb 0.018% Zn 4.12%	Sp, Sm	dol	strata bound		Surveyed by Japanese Mission (1976)(1977)	S024, S025 S846, S847 S850
13	OXAPAMPA	SAN ROQUE T-2	Zn,Pb	PU	Do	-	-	diss							Pb 0.09% Zn 0.85%	Sp ,Gn	qt, dol	strata bound		Surveyed by Japanese Mission (1978)	L729
		SAN ROQUE T-4	Zn	PU	Do	-	-	diss & fr							Pb 0.15% Zn 20.72%	Sp	qt, dol	strata bound			S725
		SAN ROQUE T-10	Zn, Pb	PU	Do	-	-	fr							Pb 6.56% Zn 19.16%	Sp, He, Gn	dol	strata bound			S788
		SAN ROQUE T-28	Zn, Pb	PU	Do	-	-	fr					5m		Pb 0.87% Zn 2.85%	Sp, Gn	dol	strata bound			L788-1 L788-2 L788-3 L788-4 L788-5
		SAN ROQUE T-29	Zn, Pb	PU	Do	-	-	fr							Pb 2.11% Zn 11.06%	Sp, Gn	dol	strata bound			L815
14	CHAGLLA	HUARAO CHICO	Pb	PU	Do	-	-	diss								Gn	cal, flu	strata bound		Surveyed by Japanese Mission (1978)	N746
		HUARAO GRANDE	Pb	PU	Do	-	-	diss								Gn	cal, flu	strata bound			N752
		HUARAO GRANDE	Pb	PU	Ls	-	-	diss								Gn	cal	strata bound			D807.

Group: PU : Pucara Group

Rock Name: Do . Dolostone; Ls Limestone; Mo Monzonite; Di : Diorite; Qp Quartz porphyry

Alteration: Sil : silicification; epi : epidotization; chl chloritization; Sk : Skarnization

Ore Mineral: Az : Azurite; Cp : Chalcopyrite; Cv . Covellline; Gn : Galena; He : Hemimorphite; Ht : Hematite; Mal : Malachite; Mt : Magnetite; Po : Pyrrhotite; Py : Pyrite; Sm : Smithsonite; Sp : Sphalerite

Gangue Mineral: cal : Calcite; chl : Chlorite; dol : Dolomite; epi : Epidote; flu : Fluorite; gar : Garnet; qt : Quartz

Mode of occurence: diss : disseminated; fr : fracture filling; ba : banded; vein : vein type; net : network

第 3 章　Pucara層群について

本層群のドロストンは，調査地域における鉛，亜鉛鉱床の母岩として重要である。このためこれまで実施された調査は，その岩相上の特徴および層序関係を明白にすることが目的の一つとされた。本章ではこれまでの調査結果に基づきPucara層群に関し総括的に取まとめ考察を行う。

3－1　層序とその対比

3－1－1　層　　序

調査地域のPucara層群は，１９７７年の調査により６層準に分け，第Ⅰ － Ⅵ層と呼称した。本年度は，それらのうち第Ⅴ層と第Ⅵ層のドロストンおよび石灰岩が，San Roque 地域の調査などにより岩相の変化として取扱うべきであることが明らかにされたので同一層とし，最下位の第Ⅰ層から最上位の第Ⅴ層までの５層準に改めた。以下各層準について記述する。なお，それらの対比の基準に関しては３－１－２にて述べる。

(1)　第Ⅰ層（下部ドロストン・石灰岩層）

本層は，調査地域南部の San Ramon，San Vicente 付近においてのみ分布し，San Ramon 以北では未だその分布は確認されていない。灰色珪質石灰岩ないし黒色石灰岩，ドロストン及び砂岩によって構成されており，ドロストン中には局部的にゼブラ構造が伴われている。本層と下位のMitu 層群とはSan Vicente付近で認められるように不整合関係にある。層厚は約５３０ｍである。

(2)　第Ⅱ層（泥質－砂質石灰岩層）

中部地区のほぼ全域にわたり確認されており，泥質ないし漂背質物質を含んだ石灰岩を特徴としている。層厚は南部で約２５０ｍ，北部では７００ － ７５０ｍに及んでいるように地域的な差異があるが，岩質的にはほぼ均質である。南部では第Ⅰ層の上位にあるが，北部ではMitu 層群に対し不整合関係で上位にある。

(3)　第Ⅲ層（中部ドロマイト・石灰岩層）

第Ⅱ層とほぼ同様の地域に分布しており，主にドロストンと石灰岩とにより構成されている。本年の調査によりChaglla地域とTambo Maria 地域で，本層の詳細が明らかにされている。本層の下位にあるドロストンは結晶質であり，さらに全般にゼブラ構造を伴うのが特徴であり，特にChaglla 地域では厚さ１００ｍにわたってゼブラ構造の発達の顕著なところがある。

岩相は，San Vicente地域のように石灰質砂岩，泥岩などの薄い層と互層を形成し，堆積環境が変化に富んでいたと考察されるところを除き，均質である。

ドロストンの上位の石灰岩は比較的結晶質で，上位の第Ⅳ層（砂質石灰岩層）と漸移的のところもある。

また，San Vicente および Tambo Maria の鉛・亜鉛鉱は，第Ⅲ層のゼブラ構造を伴うドロストンに胚胎されている。

(4) 第Ⅳ層（砂質石灰岩層）

調査地域のほぼ全域に層厚１２０ — ４３０ｍで分布している。主として，層理の明瞭な暗褐色の中粒 — 細粒砂質石灰岩により構成されているが，Chaglla 以北ではやや砂質となっている。そのうち特にOxapampa地域では泥質石灰岩と石灰岩およびドロストンとの互層が顕著であり微弱ではあるが，鉛を鉱染状に伴っている。

(5) 第Ⅴ層（上部ドロマイト・石灰岩層）

San Ramon 以北からChaglla 付近まで分布しており，San Vicente および Huallaga 川流域では欠除している。石灰岩を主とするが，ところどころにドロストンを挟在している。その中でも，特にOxapamapa 北西部の San Roque 付近では，僅か数㎞の範囲内でドロストン，石灰岩および泥質，砂質ドロストンの著しい互層や指交関係が認められる。San Roque における鉱染型 — 割れ目充填型鉛・亜鉛鉱はこのドロストン層準に胚胎されている。

なお，Chaglla 地域では，本層と上位の Sarayaquillo 累層（礫岩）との不整合関係が認められるが，その他の地域では上位岩との直接的関係はまだ確認されていない。

３－１－２ 対　　比

Fig．Ⅰ－４(4)は，以上述べたことを総合的に対比したものである。調査地域では連続的な露出による層序の対比が不可能なため，採取された化石の層準上の位置を考慮し，岩相上の特徴，特に二つの砕屑岩質層を鍵層として取扱い，各層準の対比が行われた。

調査地域に広く分布している第Ⅱ層の砂質－泥質石灰岩層は，よく成層されていること，濫背質であることおよび上位のドロストンへと整合的に変っていることなどの共通点が見出される。また，Chaglla 地域およびTambo Maria地域においてジュラ紀 Hettangian 期の示準化石であるPsiloceras 属のアンモナイトを産出する。これらのことから各調査地域における本層は同一層準として対比することができる。

一方，第Ⅳ層の砂岩層は石灰質またはドロマイト質の砂岩を主とするが，Tambo Maria 地域およびChaglla 地域などにおいて連続する上下関係をその岩相とから前述の黒色石灰岩層とは区別される。このうちOxapampa地域に分布する砂岩層（Ａ，ＢおよびＣ層）は，局所的な露出しか存在せず，明瞭な示準化石も欠くことからまだ断定は出来ないが濫背質でないこと，第Ⅱ層（泥質－砂質石灰岩層）のように成層がよくないこと，さらに構造的にPucara

層群が北へゆるくプランジしている中でOxapampa付近を隆起させたという現象も見出されないことから，第Ⅳ層（砂質石灰岩層）に対比すべきものと考察される。

この結果，それぞれの上下の石灰岩，ドロストン層が対比されるがOxapampaの第Ⅴ層を除き，それぞれの岩相は極めてよく類似していると考察される。

以上の考察から以下のことが言える。

① 第Ⅰ層は，三畳紀上部に相当し，標式地のChambara累層に対比される。

② 第Ⅱ層はジュラ紀下部に相当し，標式地のAramachay 累層の下部に対比される。

③ 第Ⅲ層以上はジュラ紀下部 ― 中部に相当し標式地のCondorsinga累層に対比されるが両累層の境界はまだ明確ではない。

④ Pucara層群の層厚は北部約1,９００m，南部約2,４５０mである。

３－２ Pucara層群のドロストンとその堆積環境

調査地域のドロストンは，全域に分布する第Ⅲ層のものとSan Roque 地域において発達する第Ⅴ層のものが顕著で，San Roque 地域以外の第Ⅴ層にはその発達は弱い。そのほかSan Vicente 地域において第Ⅰ層にも分布が認められる。調査地域の主要な鉛，亜鉛鉱床は，この第Ⅲ層と第Ⅴ層のドロストンに胚胎されているが，このドロストンの生成と堆積環境が鉱床の発展あるいは分化に関して重要となっている。従って本節では調査地域において鉱床を胚胎し，調査の主たる対象となった第Ⅲ層と第Ⅴ層のドロストンについてその堆積環境と生成機構について考察する。

３－２－１ ドロストンの産状

第Ⅲ層のドロストンは，San Vicente 地域では，石灰質砂岩，石灰質泥岩などの薄層との互層が顕著であるが，その他の地域に分布するものは，殆んど均質で，僅かな石灰岩，石灰質泥岩および石灰質砂岩が挟在されるに過ぎない。ドロストンは比較的よい層理を示しており，Chaglla 地域では斜交層理の発達も著しい。これに対しSan Roque 地域に分布する第Ⅴ層ドロストンは，泥質ドロストンが主で，ドロストン，泥質 ― 砂質石灰岩および石灰岩との間の著しい互層と岩相変化とを特徴としている。

第Ⅲ層のドロストンは，全般に結晶質で鏡下では結晶粒が平均して0.１－0.２㎜，時には１㎜にも達し再結晶作用による結晶の成長と純化が認められる。また硫化物もドロマイトの成長と並行し，特に黄鉄鉱について微小フランボイダル球顆から立方体状への成長が認められる。これに対し，第Ⅴ層San Roque 北部のドロストンは微晶質で殆んど0.０１㎜以下の粒子で構成されており，Brachiopod,Echinoid の破片や石灰藻の破片も見出される。また結晶質ドロストンには殆んど見出されない砕屑性石英，玉髄質石英，および陸成起源の粘土質物質など

が含有されている。硫化物は，微晶質ドロストンでは単に少量の球状黄鉄鉱および閃亜鉛鉱が微粒状（0.02㎜以下）で認められるにすぎないがドロマイトの結晶度がよくなるに従い成長し肉眼で認められる程までの大きさとなっている。

炭酸塩岩のマグネシウム（以下Mg）含有量は，今年度採取された地化学探査サンプルのすべてに対して分析されている。Fig. Ⅰ－6はMg分析結果のヒストグラムである。Mg 3%以下とMg 10%以上のサンプルが過半数を占め，中間成分のものは少い。この傾向はFAIRBRIDGE（1957）により示される古生代の炭酸塩岩中のMg含有量の分布とほぼ一致している（この項 庄司（1971）より）。 Mg 10%以上を含有するサンプル，すなわちドロストンと呼ばれるサンプルには再結晶し1～2㎜のドロマイト結晶から成るTambo Maria 地域のサンプル（L767など）のほか，泥サイズ（0.01㎜以下）の粒子から構成されるSan Roque 地域のサンプル（S727など）も含まれている。従ってそれらの間にはMg成分の差異は殆んどなく，単に再結晶度の違いがあるだけと見ることが出来る。中間的成分のサンプルは，石英，粘土などの異質物を含んでいるか，またはドロマイトと方解石の混合物であると見られる。

米国，カルフォルニア州のDeep Spring湖において見出される現世ドロマイトには，再結晶作用のため小さい結晶は見当らないと JONES（1961）は述べている（この項FRIEDMAN（1967）より)。また FRIEDMAN （1967） はドロマイトの分類の中で準同時堆積性ドロマイトは微晶あるいは細粒結晶として堆積されると述べている。従って調査地域のドロマイトの産状およびその組成から，FRIEDMAN のいう準同時堆積性起源のドロマイトと見做して差支えなかろう。

3－2－2 堆積環境の考察

(1) ドロストン中の微量成分

① ストロンチウム

炭酸塩岩が堆積した古環境を知る方法として微量成分に関する研究が古くから欧米の研究者によって行なわれている。ここでは，炭酸塩岩の微量成分から調査地域のPucara層群の堆積環境を予察して見る。 CHESTER（1975）はカナダ北西部Sturgeon湖地域に分布する生成起源の明らかにされているドロマイト※，ドロマイト質石灰岩などの炭酸塩岩を分析し，含有するストロンチウム（以下Sr とする）が，礁性（Reef）起源で平均67㏙，非礁性（Non-reef）起源で平均553㏙を示し，非礁性起源の石灰岩の方にSrが濃集されやすい傾向にあると述べている。また WOLFら（1967）は Srに関する FLUGEL（1962），STERNBELG （1959）の論文を引用し，再結晶作用を経ない炭酸塩岩の Strontianite（$SrCO_3$）の含有量は，バックリーフ

※ CHESTERはドロストンの意でドロマイトという表現をしている。

(Back-reef) 60－150ppm, フォアリーフ(Fore-reef) 50－420ppm, ベーズン(Basin) 380－1,570ppm (Sr に換算すると, それぞれ40－100ppm, 100－280ppm, 250－1,030ppm) のようにリーフ環境から離れ深海性となると極度に上昇する傾向にあり, これらの炭酸塩岩が再結晶作用を蒙った場合には Sr の含有量は低下すると説明している。

本年度調査地域の炭酸塩岩の53ケについて Srを分析した結果は Table Ⅰ－2, Fig. Ⅰ－5に示す。Sr の最高値は2,440ppm (N804) で, Tambo Maria 地域のドロストンの下位にある第Ⅱ層の泥質－砂質石灰岩がこれに相当する。これに対しその他のサンプルのSr 値はいづれも400ppm以下である。このことは1975年8月調査の際に採取されたサンプルのSr 分析結果 (第5巻, Table 15参照) からも明らかで, Oxapampa地域では第Ⅱ層が一様に高い値を有し, 第Ⅴ層のうち石灰岩が優勢となるところでやや高い値を示し, その他のサンプルは10－390ppmの値を示している。

この傾向について先に述べた CHESTER らの報告に基づき考察すると以下のごとくである。

ⅰ) 第Ⅱ層は極めて成層のよい泥質 ― 砂質石灰岩によって構成されており, アンモナイト類を産出する。従って非礁性起源の静かなるベーズンに堆積した石灰岩とみなしうる。

ⅱ) 第Ⅲ層ドロストンは, Tambo Maria 地域, Chaglla 地域ともに再結晶化が著しい。従って WOLF ら (1967) が述べているように Sr 分析結果からは正確にはその生成環境は考察できない。

ⅲ) 第Ⅴ層はドロストン ― 石灰岩により構成されているが San Roque 地域北部のドロストンは陸成砕屑物の多い礁性起源であり, 中部以南ではやや深海性のところもある。換言すれば, やや変化に富む環境において堆積したものと考察される。

② バリウム

CHESTER (1965) によると, バリウム (以下 Ba とする) についても礁性起源 9.5－137ppm, 非礁性起源133－1,350ppmの傾向を示し, 100ppmより多いか少ないかにより炭酸塩岩は非礁性, 礁性の環境を考察することが可能である。

調査地域では, San Roque 地域の鉛, 亜鉛 (以下Pb, Znとする) 鉱徴 ($BaSO_4$, 2.00%含有) を除き, 600－3,000ppmを示している。すなわち CHESTER の値に対し極端に高い。CHESTER の結論からすると, すべて非礁性起源の環境を考えねばならないが, STANTON (1972) が説明しているように, 層準規制鉱床の初生堆積時

に，Pb，Znなどの金属元素とともに，多量の陸成起源の Ba が添加されたとすると，CHESTER の結果は適用できない。 だが，平均６００～3.０００㎜に対し San Roque の鉱床地域における硫酸バリウム2.００%のサンプル（Ｌ７８７）から示されるように Ba 含有量が数倍に濃集されていることは，盛んな蒸発作用があったかどうかの判断の基礎になるといえよう。

③ アルミニウム

アルミニウム（Ａl） は，主として陸成砕屑物である長石およびその分解した粘土鉱物であるアルミナ（Al_2O_3）成分として含まれる。一般に低い値を示すが，Chaglla 地域，Tambo Maria 地域にはやや高い値（7.5 %）を示すところもある。これら高い Ａl を含有する炭酸塩岩は陸からの砕屑物の供給をうけたところでの生成物と考えられる。

(2) ドロマイトの生成環境について

① 全般的考察

ドロマイトの生成に関しては，多くの研究者により種々論議されており，おおむね高濃度塩水（Hypersaline brine）の存在のもとに，既成の炭酸カルシウムの交代作用により生成されるというのが定説化しつつある。

調査地域のドロストンは，先に述べたＳr，Baの分布から見て，礁性かつ高濃度塩水が生成される蒸発作用が盛んであった環境と考察される。それはFRIEDMAN（１９６７）があげている現世のドロマイトの生成されている環境と一致している。それにはオーストラリア，Coorong 湖のような海域から離された湖のようなところ，ペルシャ湾，Abu Dhabi 付近のように浅瀬で若干の潮流を伴いながら特に沿岸部で濃縮してゆくものとが例示されている。リーフ（礁性）環境の場合，堡礁(Barrier reef)の陸側の水域，すなわちバックリーフの堡礁が海水面より低い場合，Abu Dhabi のケースであり，堡礁が海水面より高い場合にはCoorong 湖のケースといえよう。

ドロマイトは溶液から直接的に沈殿することは稀れで，大部分は炭酸カルシウムとして沈殿したのちに高濃度塩水中のＭｇと交代され，ドロマイトの素地を作るという生成理論が唱えられている。高濃度塩水は，海水の沿岸部の多孔質岩から水分が発散するか，あるいは海水の直接的な蒸発により生成される。一方内陸部ベーズンでも真水の蒸発により形成される （FRIEDMAN（１９６７））。

高濃度塩水が生ずるための閉塞性の強い水域の場合，塩濃度は上昇し炭酸カルシウムとＭｇの置換は行われやすくなるが，大量のドロマイトはＭｇ量あるいは炭酸カルシウムの量的制限のあることから生成され得ない。すなわち，炭酸カルシウムの沈殿やその

起源の一つとなる石灰藻（Mgを含む）を繁植させるための塩度を保ち，かつ炭酸カルシウムと交代されるMgを補給するため新しい海水の流入が条件である。SCHNEIDER（1964）によって示されているようなリーフ環境における堡礁の成長とそれに伴う永続的なバックリーフ環境が必要である。潮流がある海域の場合，Bahama，Andros島のようにドロマイトは生成されても蒸発残留物は生じないこともある（FRIEDMAN（1967））。従って蒸発残留物の存在は蒸発の盛んな閉塞性の強い環境を示しているといえる。

以上のことから，調査地域の第Ⅲ層，第Ⅴ層をはじめとするドロストンは，概ね礁性環境において生成されたものであるといえる。しかしSCHNEIDER（1964）が示したような単純なものではない。それは，ドロマイトの形成を促進し，かつ蒸発残留物を沈殿させる時期や，外洋からMg成分を補給できる時期など，時代と共に変遷する礁性環境において，生成されたものと考察される。

② San Roque地域の堆積環境

San Roque地域では，Pucara層群中にその走向とほぼ平行にMitu層群が幅100－400mで分布している。Mitu層群はここではNNW－SSE方向に分布しているが，さらに南方約30kmのPusagno地域にも小規模であるが，その分布が認められている。従って，これらの地域ではPucara層群はMitu層群とその西側の古期岩類（花崗岩類およびMitu層群など）との間に挟まれたように分布している。地質構造的に見ると，調査地域の西側東部アンデス山脈沿いに古生代初期から大規模な地背斜運動がNNW－SSE方向に火成活動を伴いながら起っている（Fig.Ⅰ－3）。上述のMitu層群は，地背斜帯の東縁から1－5kmの間隔を保ちながらPucara層群と断層関係で地塁状に存在している。起源的にはPucara層群の堆積盆を東西に二分し，①で述べたような変化に富んだ礁性環境を与えながら，地背斜構造に関連して隆起したものと考えられる。この地塁状Mitu層群は，西側の地背斜帯に認められるのと同一の火成岩類の貫入を伴っている。この事からその隆起が地背斜運動と関連した火成活動に原因していることの理解は容易であろう。

San Vicente地域のドロストンは第Ⅲ層に相当するがその東側にMitu層群が分布しており，蒸発残留物の存在も知られている（第2巻；KOBE（1977）。従ってSan Roque地域の第Ⅴ層と全く同一環境で生成されたものと見られる。

Fig.Ⅰ－7はSan Roque地域を中心として第Ⅳ層および第Ⅴ層のA層からD層までの堆積環境を模式的に考察したものである。Mitu層群の堡礁の基盤としての効果は，堆積岩類の組成上の分布から見てD層堆積時に北部において著しく，急激なドロマイト

の生成と蒸発残留物を伴っている。この傾向はB層堆積時にも若干認められ，A層およびC層堆積時にはあまり強く現れなかったのではないかと思われる。

③ Tambo Maria地域およびChaglla 地域の堆積環境

San Roque 地域に比較し，地背斜構造帯より大きく離れたところに位置するこれらの地域では，Pucara 層群の中にMitu 層群が分布しているようなところはなく，また蒸発残留物もまだ発見されていない。従ってSan Roque 地域のように堡礁により境された閉塞的環境ではなかったと判断するには早いかもしれぬ。しかしChaglla 地域の第Ⅲ層中位のドロストンに斜交層理の発達が著しい。潮流環境下で生成されるドロストンの堆積構造として斜交層理などがよく現われるというFRIEDMAN（１９６７） の説明に一致している。従ってドロストン帯の西側にMitu 層群などの古期岩類による浅瀬が形成され，潮流により新しい海水を受け入れながらドロマイトの生成が行われたものと想定される。Tambo Maria地域はドロストンの再結晶化が進んでおり，堆積構造は殆んど痕跡を留めていないが，Chaglla 地域と同様の環境におかれたものと思われる。

3－3　ドロマイトの生成とゼブラ構造について

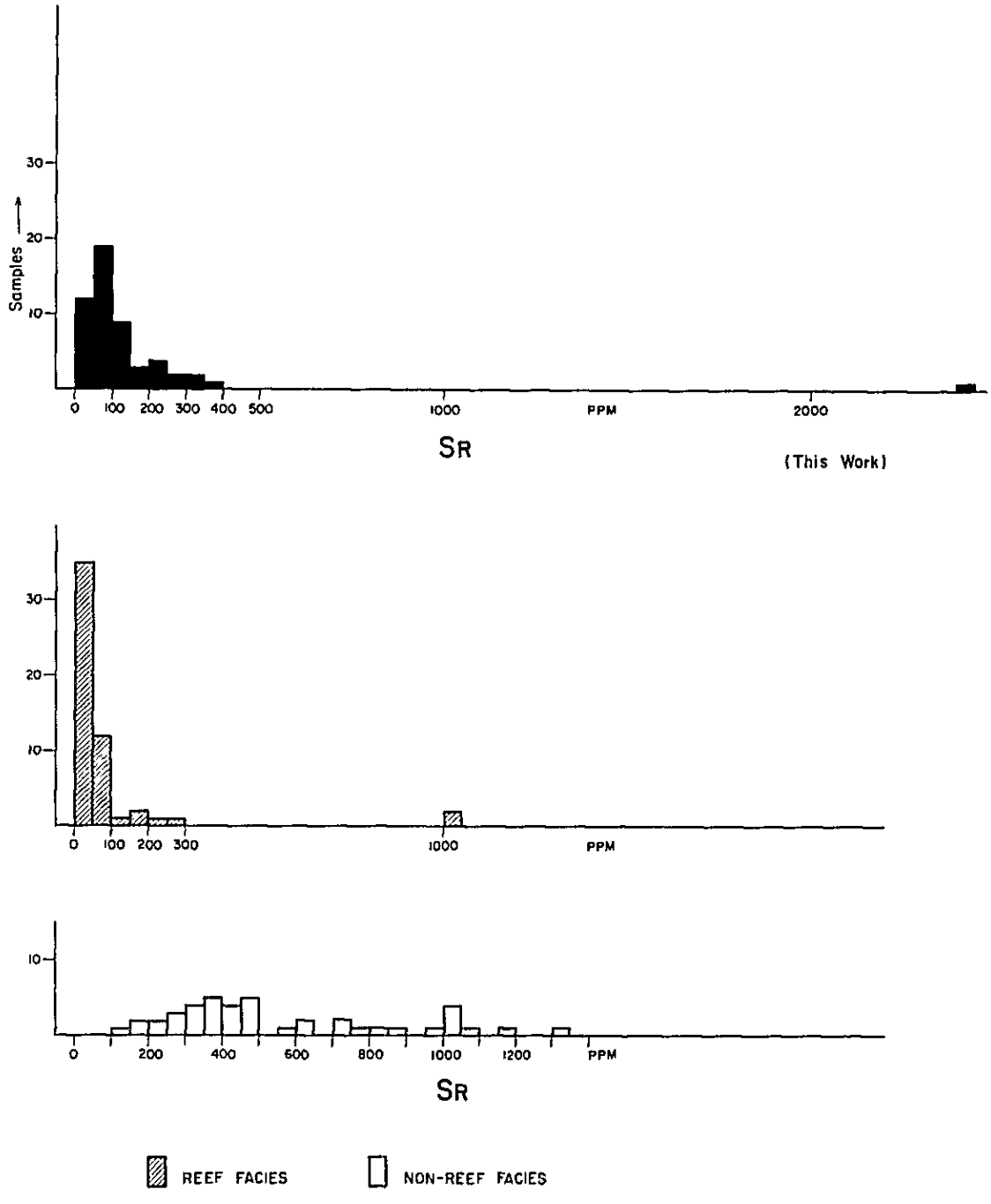
これまで調査地域においてドロマイトが生成された堆積環境について考察した。ドロマイトの生成については，１９７７年度まで生物源のドロマイト質岩として堆積するのも存在するが石灰岩として堆積し固結するまでの続成期に海水中にMg 成分と，堆積したCa 成分との交代作用によると考察して来た（第６巻第１部第２章第３節参照）。現在までの調査の結果，その考え方の大筋については変わりはないが，ここで若干補足しておく。

FRIEDMAN （１９６７），庄司（１９７１） らによるドロマイトの生成機構を総括すると以下のごとくである。リーフなどにおいて海水中のｐＨ，塩濃度がある一定基準に達すると，海水中のカルシウムは化学的に，また生物化学的にアラゴナイト，石灰藻などいろいろな形で沈澱する。沈澱物は多孔質で化学反応を起こしやすい状態にある。沈澱の間，海水はバックリーフや浅瀬で囲まれたところで蒸発作用を続け，Ｍｇを含む高濃度塩水になる。この塩水は閉塞された内海に残留し，また浅瀬で囲まれたところでは底部において表層水と逆の流れを起こし，先に沈澱した炭酸カルシウムの中へ浸透していく。塩水中のＭｇは炭酸カルシウムと反応し，高Ｍｇ方解石，プロトドロマイトなどが生成される。すなわち，堆積作用が行われている期間中ないし続成作用のほぼ初期にドロマイトの素地が作られるといえる。堆積終了後の続成期には，圧密作用，脱水作用などの物理的動機により転移，膠結作用，再結晶作用，交代作用およびドロマイト化作用などの化学的プロセスが進められる。すなわち，不安定鉱物の安定化，各粒子の膠結と再結晶さらに間隙水に含まれる成分との交代作用など複雑な機構があり，高Ｍｇ

方解石，プロトドロマイトなどはドロマイトとして安定していく。

調査地域のドロマイトも概ね以上のプロセスを経て生成されたと推論される。その中でドロマイト化作用に関連し注目すべきことは，炭酸カルシウム（高Ｍｇ方解石も含まれる）が，ドロマイトに交代されるとき，その容積の１２～１３％（最大）を減少することである（CHILINGAR, １９６７； FAIRBRIDGE, １９６７）。この容積減少による空隙は，未反応の高Ｍｇ塩水の移動によるドロマイト化作用を促進させ，さらに再結晶による結晶成長を助長させる効果ももたらしているものと推察される。調査地域のドロストン中随所に発達するゼブラ構造の生成の大部分もこの続成期の容積減少に関連しているものと推察される。Mg の含有が少い石灰岩でも，ドロマイトは形成されている。Chaglla 地域の第Ⅲ層の石灰岩，サンプルＰ８００は1.3％のＭｇを含有している。Ｘ線マイクロアナリシス（ＸＭＡ）の結果，ドロマイトの菱形微晶は方解石の粒間に僅かに認められる（Ａ．Ｉ－１１）。すなわち，Ｍｇ含有量が少くとも，Ｍｇはドロマイトとして安定していることの証拠といえる。

ゼブラ構造はこれまでその方向性が層理面および地質構造と調和的であることから，ＮＥＥ－ＳＷＷ方向の横圧力に関係した構造運動により形成されたものと考察してきた。少くともOxapampa 地域ではそのように見られた。しかし，Chaglla 地域における地質調査の結果からは，その方向性は緩傾斜を呈す層理面とは調和的であるが，地質構造とは調和的であるとは言えない。そこで，その大部分は続成期の極く初期，すなわち，ドロマイト化作用が進められたとき生ずる空隙にドロマイトが穏やかに，また連続的に晶出することにより形成されたもの，と考えを改めた方が良いようである。このように考えるとSan Vicente 地域やTambo Maria 地域にて見られる角礫状構造も，空隙が出来た際に上部からの圧密作用によって崩壊された結果と説明できる。角礫状構造の周辺には再結晶により生じたドロマイトがあるが，ゼブラ構造と同様の機構で生じたものといえよう。San Vicente 鉱床のゼブラ構造から採取されたドロマイトの液体包有物の充填温度は７０°－１５０°Ｃであったが（第１巻参照），これはこの時のドロマイトの晶出温度を示しているものと見られる。また，この温度は STANTON（１９７２）が述べている層準規制鉛・亜鉛鉱床の液体包有物の充填温度１００°－１５０°Ｃにも一致している。



(From Chester, 1965)

Fig. I-5. Histograms of Sr content on carbonate rocks

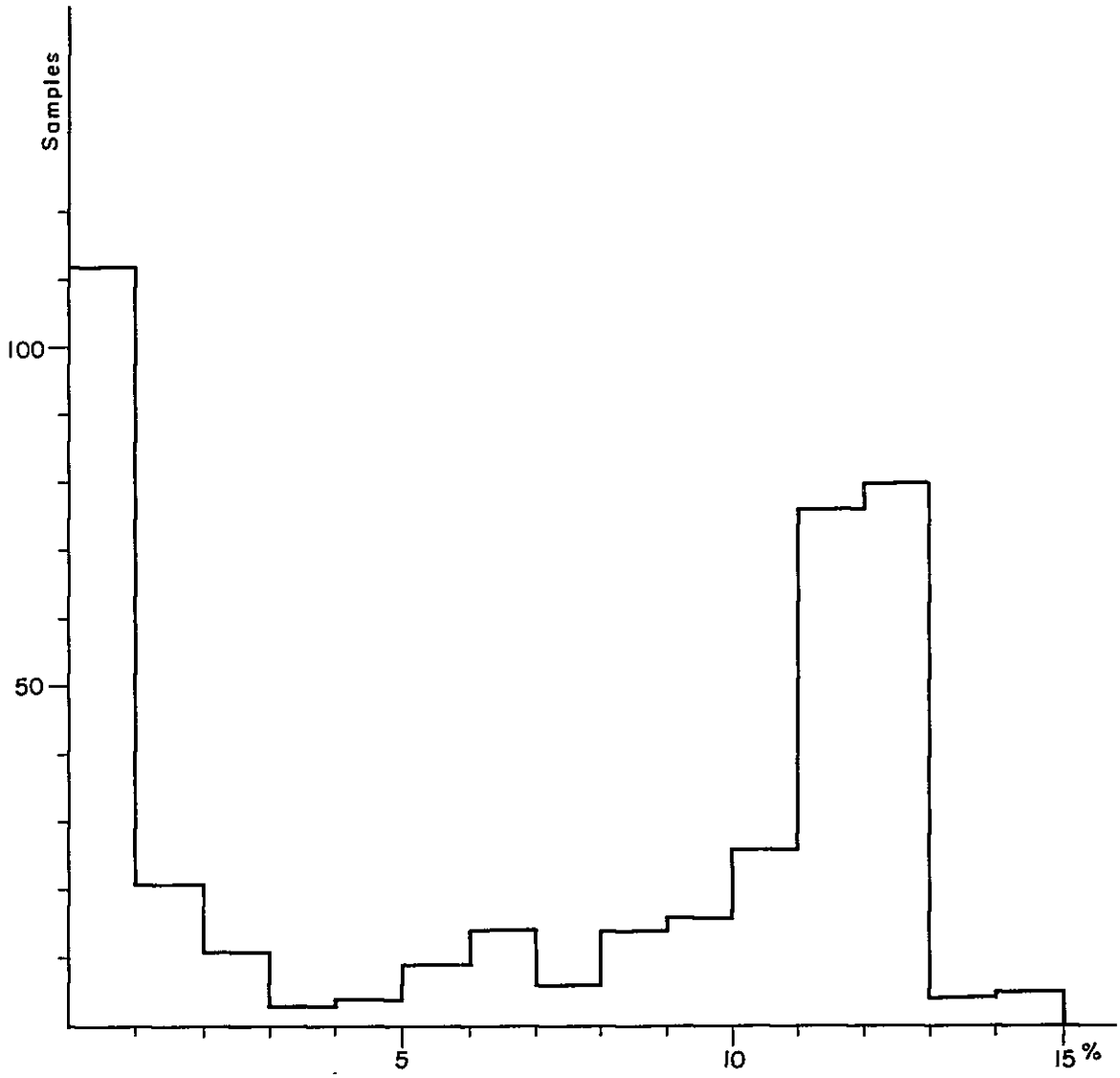


Fig. I-6. Histogram of Mg contents on carbonate rocks

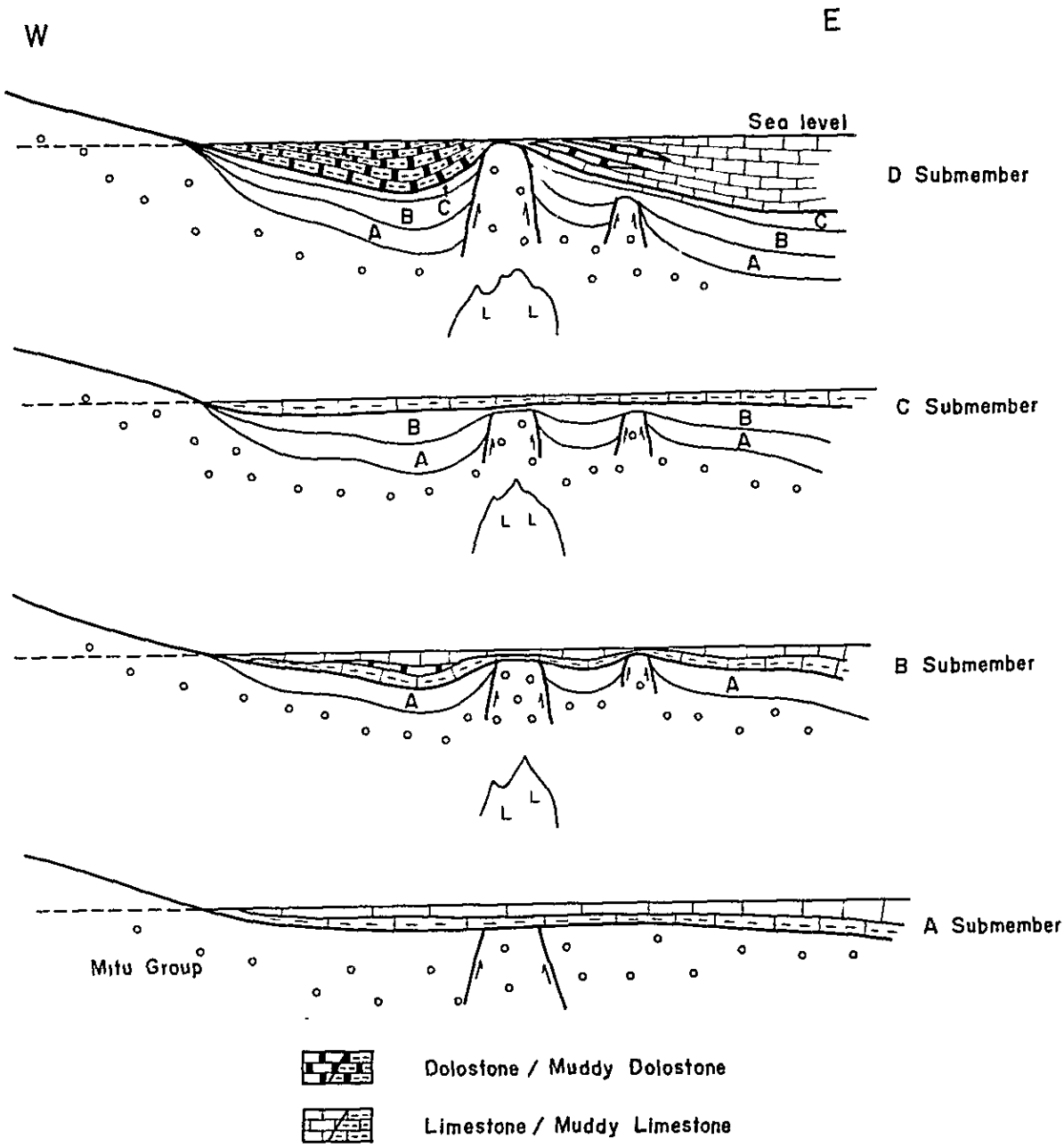


Fig. I-7. Schematic cross-sections of San Roque area during sedimentation of the Pucara Group

Table I-2 Contents and those relationship of minor elements on carbonate rocks in the surveyed area.

* cf. A. I-1. Geological Index; Location

Sample No.	Field No.	Location *	SiO_2(%)	Al_2O_3(%)	CaO(%)	$BaSO_4$(%)	Sr (ppm)	Mg(%)	Zn (ppm)	Ba(%)	Weight ratio Ba(ppm)/Sr(ppm)	Ca (%)	Molal ratio Mg/Ca
957	A755	HG	1.35	0.46			50	12.9	17				
965	A763	HG	0.05	0.50			30	12.8	6				
1004	L709	S.T-13	0.67	0.67	29.03	0.11	210	11.8	6120	0.06	2.9	20.75	0.94
1008	L713	S.T-2	94.75	3.45	0.35		10	0.1	146			0.25	0.80
1019	L726	S.T-2	16.11	1.74	23.31	0.49	120	9.2	207	0.29	24.2	16.66	0.91
1020	L727	S.T-2	23.93	1.65			140	8.6	195				
1026	L733	S.T-1	4.33	1.62	30.84		100	8.4	267			22.04	0.63
1032	L742	S.T-5	3.62	1.90			230	11.7	690				
1033	L744	S.T-5	4.27	1.02	28.53	0.24	310	11.3	570	0.14	4.5	20.39	0.91
1034	L745	S.T-5	8.57	1.54			140	11.2	495				
1035	L746	S.T-5	50.12	0.71	14.46	0.22	70	6.4	195	0.13	18.6	10.33	1.02
1047	L760	T.T-25	0.21	0.73			90	11.7	15				
1048	L761	T.T-25	0.11	0.68	28.64		80	13.6	19			20.47	1.10
1049	L762	T.T-25	0.06	0.93			80	13.2	8				
1051	L764	T.T-25	0.46	0.99			70	13.1	9				
1052	L766	T.T-24	3.24	1.41			90	23.9	16				
1057	L772	T.T-22	0.06	0.92	29.52		100	13.1	53			21.10	1.02
1075	L785	S.T-28	0.67	0.77	28.04	0.12	100	12.3	1380	0.07	7.0	20.04	1.01
1076	L786	S.T-28	42.99	1.00	17.04		60	6.8	257			12.18	0.92
1077	L787	S.T-28	61.23	0.79	10.78	2.00	50	4.5	235	1.18	236.0	7.70	0.97
1078	L788	S.T-28	3.59	0.82			100	11.4	760				
1079	L789	S.T-28	51.82	1.24			60	5.4	191				

Sample No.	Field No.	Location	SiO_2(%)	Al_2O_3(%)	CaO(%)	$BaSO_4$(%)	Sr (ppm)	Mg(%)	Zn (ppm)	Ba(%)	Weight ratio Ba(ppm)/Sr(ppm)	Ca(%)	Molal ratio Mg/Ca
1080	L790	S.T-28	7.32	1.05		0.24	80	11.0	778	0.14	17.5		
1082	L793	S.T-28	14.02	1.44	25.18	0.51	160	10.2	187	0.30	18.8	18.00	0.93
1084	L795	S.T-28	3.73	1.53			220	11.3	7160				
1085	L796	S.T-28	1.30	1.32	27.88	0.52	350	12.2	558	0.31	8.9	19.93	1.01
1086	L797	S.T-28	2.11	1.50		0.23	110	11.8	961	0.14	12.7		
1118	N703	TV	0.04	0.42	28.53	0.17	40	12.8	4	0.10	25.0	20.39	0.01
1134	N719	TV	0.05	0.34			40	12.8	3				
1140	N726	TV	0.16	13.58			30	12.9	7				
1155	N756	TV	0.97	1.65			80	12.8	6				
1174	N796	GG	0.07	0.65	29.25		50	12.8	9			20.90	1.01
1177	N804	T.T-16	4.31	9.27			2440	0.3	117				
1190	N833	T.T-20	1.56	2.60			110	21.4	20				
1193	N838	T.T-15	0.63	2.12			60	22.7	11				
1196	N843	T.T-15	0.22	0.85			50	12.2	275				
1197	N845	T.T-15	0.23	2.76	29.52	0.25	50	23.8	158	0.15	30.0	21.10	1.86
1198	N846	T.T-15	1.37	0.64	28.64	0.29	80	11.9	148	0.17	21.3	20.47	0.96
1256	P750	GG	0.59	0.79		0.12	70	1.9	398	0.07	10.0		
1257	P752	GG	4.47	8.01	30.07		50	11.0	125			21.49	0.84
1258	P753	GG	3.85	0.87		0.25	280	0.2	530	0.15	5.4		
1259	P754	GG	7.04	1.39	37.72		390	0.3	648			26.96	0.02
1285	P800	HG	5.41	1.19	38.49	0.23	150	1.3	1270	0.14	9.3	27.51	0.08
1319	S721	S.T-4	1.57	7.61			110	12.5	220				

Sample No.	Field No.	Location	SiO_2(%)	Al_2O_3(%)	CaO(%)	$BaSO_4$(%)	Sr (ppm)	Mg(%)	Zn (ppm)	Ba(%)	Weight ratio Ba(ppm)/Sr(ppm)	Ca (%)	Molal ratio Mg/Ca
1320	S724	S.T-4	7.98	1.76			120	11.2	440				
1322	S727	S.T-4	9.43	1.44			100	11.2	319				
1323	S728	S.T-4	42.32	1.09	16.11		70	7.2	172			11.51	1.03
1325	S730	S.T-4	16.95	2.10			260	10.0	231				
1326	S732	S.T-4	13.94	0.79		0.33	130	20.7	367	0.19	14.6		
1331	S746	S.T-6	5.12	1.30	27.49		160	10.7	153			19.65	0.90
1342	S761	S.T-9	0.34	0.38	30.18		190	11.6	2450			21.57	0.89
1357	S789	S.T-10	1.27	0.49			250	12.6	136				
1360	Z 4	HG	0.58	0.35		0.17	40	13.0	9	0.10	25.0		

第 4 章　地 化 学 探 査

4 － 1　目的および方法

この探査は，調査地域の地質調査と並行し層準規制鉛・亜鉛鉱床の賦存状況を考察し，鉱床が発見される可能性の高い地域を抽出するため，主としてPucara 層群の岩石を対象に行われた。

試料は，トレンチおよび補足調査の調査ルートにおいて遭遇した露岩から採取された。その約１００g が８０メッシュ以下に粉砕され，四分法により１０g の分析試料となるように調整された。これらの試料は日本に持帰られ，指示元素３成分（Cu，Pb，Zn）およびMg の化学分析が原子吸光法により行われた。分析のフローシートはA.I－１２，分析結果はA．I －１３に示す。

4 － 2　解析および結果の検討

4 － 2 － 1　解　　析

１９７７年に実施された岩石による地化学探査の解析により，調査地域のサンプルは，①高い平均値のサンプルが多いグループ，②中間の平均値のグループ，および ③低い平均値のグループの３種のグループに分けられ，採取された地域によって異った頻度分布を有していることが明らかにされている。そこで，①のグループがSan Roque 型，③のグループがTambo Maria 型と呼称された。このことから今回の解析も本年度採取されたサンプル４０１個と１９７７年のサンプルの一部の４６６個との合計８６７個とを対象とし，採取地域毎に分けて解析された。分析データ処理の結果はTable Ⅰ－３ に示されているが，それぞれの平均値を要約すると，

		Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm
San Roque	トレンチ	5.5	73.8	282.9
	露　岩	7.4	71.2	163.0
Tambo Maria	トレンチ	3.1	34.2	16.1
	露　岩	6.0	31.4	23.0
Chaglla	露　岩	3.1	24.0	12.0
平　均		5.3	42.2	46.7

であり，それぞれの頻度分布はFig.Ⅰ－８ のごとく図示される。

4－2－2　結果の検討

(1)　頻度分布

ヒストグラムから，San Roque 地域の場合トレンチからのサンプル群と露岩からのサンプル群との間に，サンプルの構成の差によるとみなされる差異が認められるが，二つのピークを有するほぼ似たようなグラフが得られる。Pb，Znいづれの場合でも最も大きい頻度の分析値は全サンプルの平均値よりやや高いところに位置し，次に大きい頻度の分析値はさらに高い分析値のところに存在するという高値過剰型の分散を示している。これに対しTambo Maria 地域の場合Chaglla 地域を含めサンプル頻度のピークが，全サンプルの平均値より低いところに位置しており，San Roque 地域のサンプル群の場合と極端な差異がある。

(2)　バックグランド

バックグランド値（平均値）は，Cu は三つのグループともに大差がないが，Pb，Znは地域によって差があり，San Roque 地域は高く，Tambo Maria，Chaglla 地域は低い。

炭酸塩岩中の微量成分に関し，多くの報告がなされているが，そのうち GRAF（1960）はCu 14±9ppm，Pb 8±4ppm，Zn 26±5ppm，TUREKIAN（1961）らはCu 4ppm，Pb 9ppm，Zn 20ppmとまとめている（以上藤貫（1973）より）。調査地域の炭酸塩岩は，これらのデータに比較して著しく高いPb，Znの含有を示している。これはPb，Znが鉱床として濃集されるような外部からの供給量の多い環境の場合の現象と見られ，一般的な炭酸塩岩とは比較出来ない。いづれにしろバックグランド値でZn がPbより低いという報告はまだ知られてない。従ってTambo Maria地域，Chaglla 地域の場合はZnがPbより少く沈澱するという環境にあったのでなく，沈澱のあとに何らかの変動があったことを示唆している。

調査地域では，1977年の結果の検討の段階で，Cu 7ppm，Pb 39ppm，Zn 66ppmを有するPusagno 東部地域のサンプル群が"平均値のサンプルが多いグループ"として区別されている。この地域はその後の変化が少かったところで，中部地区の炭酸塩岩が含有する平均的なCu，Pb，Zn のバックグランド値を示しているものと考察される。

(3)　サンプル群のタイプ

Cu 7ppm，Pb 39ppm，Zn 66ppm をバックグランド値として取扱うと，San Roque 地域のサンプル群はPb，Znともにやや高いバックグランド値を有し，高い値のピークはPb，Zn 含有量を上昇させる変化を蒙ったことによるものと推察される。

これに対しTambo Maria地域のサンプル群は，Pb はバックグランド値とほぼ一致し

ているのに対し，Zn は約40 ppm（66 ppmに対し20 ppm）ほど低くなっており，しかもZn値はPb 値より低いという現象を生じている。このような例はChaglla 地域のサンプル群においても認められる。これらの地域にPb 値より高いZn 値が全く存在しない訳ではないので，何らかのZn含有量を低下させる変化を受けていることがうかがわれる。

San Roque 地域のサンプル群は高い値について，Tambo Maria地域およびChaglla 地域は低い値についてそれぞれ考察する必要がある。昨年と同様に前者をSan Roque 型，後者をTambo Maria 型と呼ぶこととする。

(4) しきい値

	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm	
San Roque 型	17	171	489	(M+1.5σ)
Tambo Maria型	−	−	9.8	(M−1.0σ)

(5) アノマリーの考察

PL. I－7(1), (2)および(3) は以上のしきい値に従って抽出されたアノマリーを示したものである。

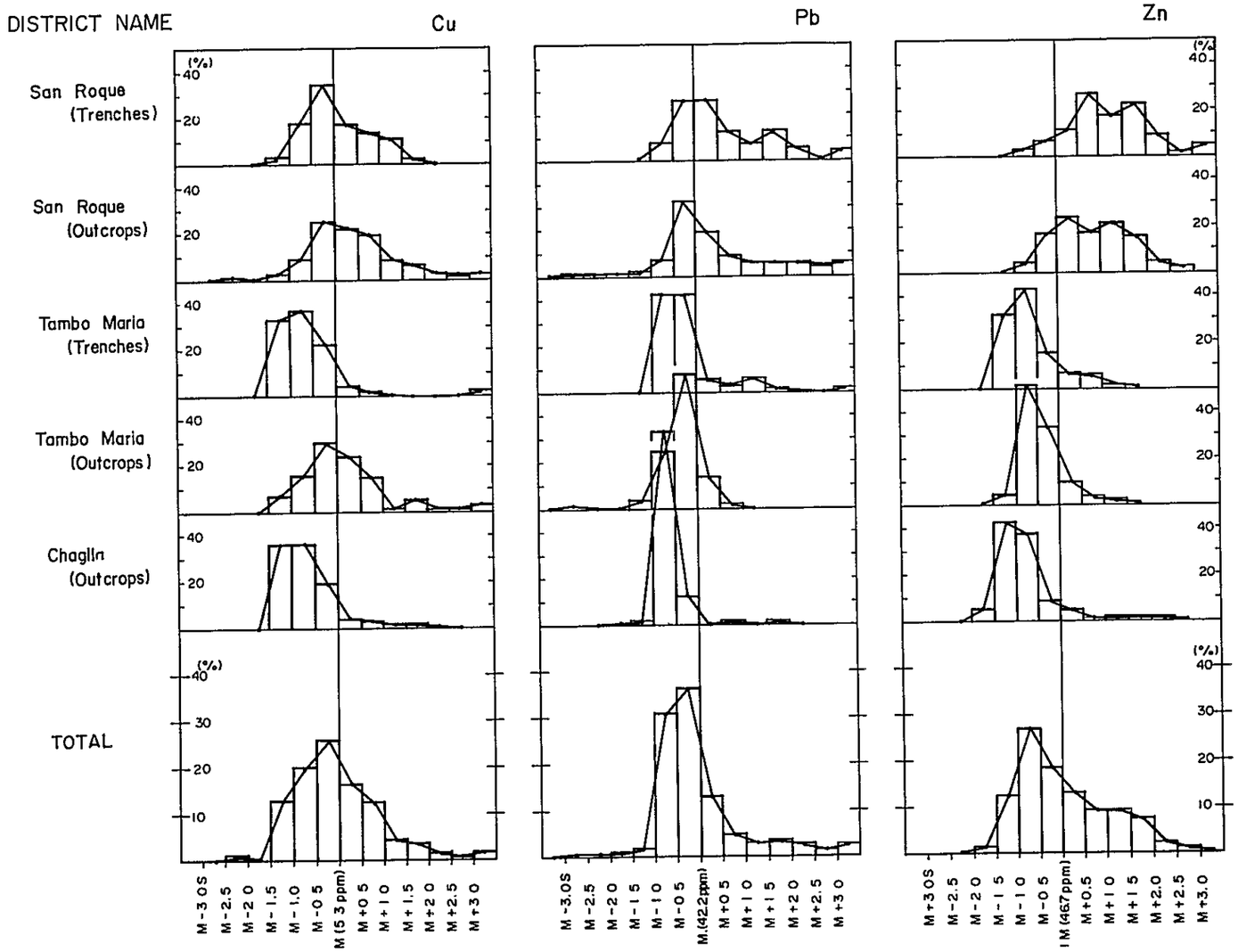
San Roque 型のアノマリーについて以下のことが考察される。Pb, Zn アノマリーの大部分は，炭酸塩岩類の走向とほぼ一致した分布を示している。それらは重複して存在するところもあり，またそれぞれ隣接して存在するところもある。

西側に分布する火成岩には，Pb, Znアノマリーはほとんどない。San Roque 北部には顕著なPb, Zn 鉱徴が発見されている。しかし，その周辺のドロストン中のアノマリーは局部的で小規模である。これに対しこの鉱徴地以南ではアノマリーもB層およびD層を中心に大規模であるが，肉眼的にはPb, Znは僅量に過ぎない。この付近ではドロマイト化も弱い。1976年，1977年の地化学探査の結果の検討において，San Roque 地域のPb, Znアノマリーはその位置的関係から火成岩の貫入による再編成の結果であると考察された。地塁構造に伴う火成活動が認められることから，そのように考えられないこともない。しかし，先に述べたように，アノマリーの規模あるいは強度は，火成岩との関係より母岩，すなわちドロストンであるか，石灰岩であるか，との関係の方がむしろ強い。ドロストンは，第3章で述べたように石灰岩として堆積した後の転移，交代により生成されたものである。これらのことから，石灰岩中に沈殿した鉛・亜鉛などの鉱石鉱物が，ドロマイト化作用により移動したことが示唆される。

Tambo Maria型アノマリーは，Tambo Maria地域およびChaglla 地域のいづれにおいても，大部分がドロストンに沿って分布しており，Tambo Maria 鉱徴（Zn） はこのアノマリーの中から発見されている。従ってここでは1977年に考察したように，ド

ロストン中のゼブラ構造が形成された際に，Zn が移動し濃集したものと考察される。

以上の事は，層準規制鉛・亜鉛鉱床に対する岩石を対象とした地化学探査は適応性のあることを示している。しかし結果の解釈において，単に平均値を重視するだけでなく，低くなっていることにも留意する必要がある。高い値の San Roque でも岩相および露出する鉛，亜鉛鉱の賦存のタイプによりアノマリーの規模は違っており，詳細には鉱染型アノマリー，割れ目充填型アノマリーと区別すべきかも知れない。San Roque 型アノマリー，Tambo Maria 型アノマリーのいづれにおいても，ドロマイト化作用は母岩が含有する元素の再編成の要因として重要であり無視できない。換言すれば，地化学的に高い値を示していても母岩が石灰岩でありドロマイト化が遅れていれば鉱石鉱物の濃集は期待できない。逆に低くとも，その値が周辺部あるいは同一層準に比べて一段と低くなっておれば濃集が期待できる。層準規制鉛・亜鉛鉱床における岩石を対象とした地化学探査は，以上のことに留意して実施されることにおいて，極めて有効な手法と結論される。



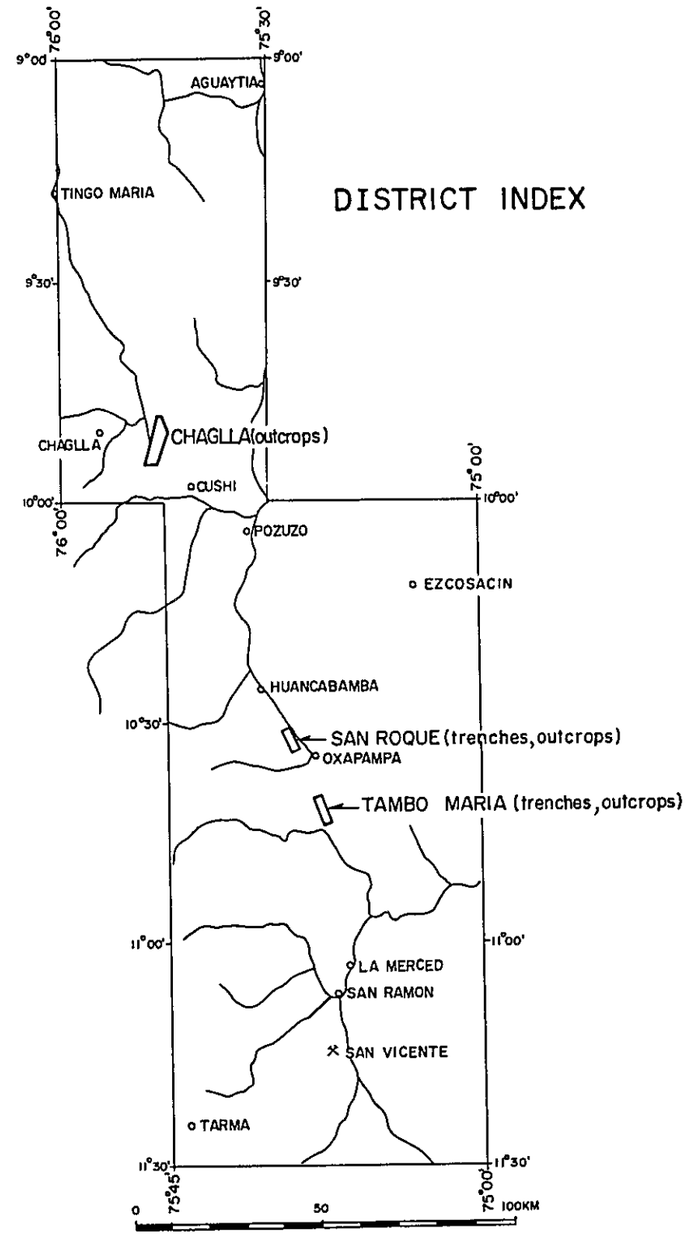


Fig. I-8. Histograms for Cu, Pb and Zn on rocks classified by each district in the surveyed area

Table I-3 Results of statistical analysis of geochemical samples.

(1) Detailed survey area, Trench and Outcrops (867 samples)

	Cu	Pb	Zn
	ppm (Cu-log)	ppm (Pb-log)	ppm (Zn-log)
Maximum	657	7,300	17,900
Minimum	1	3	3
Average (M)	5.3 (0.721)	42.2 (1.625)	46.7 (1.669)
Standard Deviation (σ)	- (0.3391)	- (0.4047)	- (0.6798)

(2) San Roque area, Trench (81 samples)

	Cu	Pb	Zn
	ppm (Cu-log)	ppm (Pb-log)	ppm (Zn-log)
Maximum	24	2,320	17,900
Minimum	2	18	13
Average (M)	5.5 (0.739)	73.8 (1.868)	282.9 (2.452)
Standard Deviation (σ)	- (0.2398)	- (0.4170)	- (0.5779)

(3) San Roque area, Outcrop (282 samples)

	Cu	Pb	Zn
	ppm (Cu-log)	ppm (Pb-log)	ppm (Zn-log)
Maximum	657	7,300	4,220
Minimum	1	3	14
Average (M)	7.4	71.2	163.0
Standard Deviation (σ)	- (0.3648)	- (0.5244)	- (0.5366)

(4) Tambo Maria area, Trench (67 samples)

	Cu	Pb	Zn
	ppm (Cu-log)	ppm (Pb-log)	ppm (Zn-log)
Maximum	62	1,500	275
Minimum	2	17	6
Average (M)	3.1 (0.491)	34.2 (1.534)	16.1 (1.207)
Standard Deviation (σ)	- (0.2198)	- (0.3067)	- (0.3783)

(5) Tambo Maria area, Outcrops (257 samples)

	Cu	Pb	Zn
	ppm (Cu-log)	ppm (Pb-log)	ppm (Zn-log)
Maximum	103	83	258
Minimum	2	3	6
Average (M)	6.0 (0.776)	31.4 (1.497)	23.0 (1.362)
Standard Deviation (σ)	- (0.2198)	- (0.3067)	- (0.3783)

(6) Chaglla area, Outcrops (180 samples)

	Cu	Pb	Zn
	ppm (Cu-log)	ppm (Pb-log)	Zn (Zn-log)
Maximum	32	222	1,270
Minimum	2	10	3
Average (M)	3.1 (0.490)	24.0 (1.381)	12.0 (1.079)
Standard Deviation (σ)	- (0.2100)	- (0.1310)	- (0.3931)

第 5 章　層準規制鉱床について

近年特に世界的に問題となってきた，炭酸塩岩に伴われる層準規制鉛・亜鉛鉱床がある。この鉱床は，ある特定の層準に限られて，硫化物の鉱石が存在する特徴があり，鉱体の形態は成層状（Stratiform），塊状（Massive）および角礫状（Breccia）などがある。これについて，様々な成因論が歴史的に唱えられて来ているが，低温同時堆積性鉱床であることがほぼ定説となっている（STANTON　1972ほか）。調査地域で本年度新たにトレンチにより発見された鉱徴も，現在までの種々の検討の結果から，このタイプの可能性が強い。さらに，1977年までに発見されたTambo Maria鉱徴，San Roque鉱徴，および稼行中のSan Vicente鉱床も層準規制鉱床と考えられる。

5－1　タイプおよびその産状

調査地域の各鉱徴は，形態的な特徴から以下の3つのタイプに分類される。

1. 縞状型鉱床（Banded type ore deposits）
2. 割れ目充填型鉱床（Fracture filling type ore deposits）
3. 鉱染型鉱床（Disseminated type ore deposits）

なお，この区分の基準はあくまで地質調査での形態的なものであり，成因的にはすべて層準規制鉱床に属する。

5－1－1　縞状型鉱床

このタイプの鉱床の代表的なものは現在稼行中のSan Vicente鉱床があり，1976年の調査で発見されたTambo Maria鉱徴もこれに属する。

San Vicente鉱床は，San Ramonの南約20 *km*に位置し，Pucara層群第Ⅲ層のゼブラ構造を有するドロストンに伴われる縞状の閃亜鉛鉱で，San Vicente鉱山ではこの鉱石を主に採掘している。San Vicente鉱床についての記載は，第1巻，第6巻などに記述されているので詳しいことは省略するが，鉱床胚胎層準は泥質岩の挟みが多いドロストンであるのが特徴である。一方，Tambo Maria鉱徴地付近におけるドロストン層の厚さは450 *m*に達し，Oxapampa　地域で最大規模を有する。亜鉛鉱石を胚胎しているゼブラ構造を有するドロストンは1977年の調査で予想された程の層厚がなく，かつ水平方向にその連続性も乏しい事がトレンチにより明らかにされた。

ゼブラ構造に伴われる閃亜鉛鉱のさらに新しい鉱徴は，今回のトレンチでも，また試錐でも全く認められず，鉱徴の露頭に最も近いトレンチT－24，T－25においてもゼブラ構造を有するドロストンは存在しているが閃亜鉛鉱は認められず，分析結果でも亜鉛は低い値を示した　（Zn 9－19 ppm）。これらの結果からTambo Maria鉱徴の水平連続性はきわめて乏しい

事が確認された。このタイプの鉱床の特徴は以下のとおりである。

(1) Pucara層群第Ⅲ層のドロストンに伴われる。その中でも特にゼブラ構造を有する部分に濃集している。

(2) ゼブラ構造はドロストンの一般的な層理面に概ね並行しているが，斜交するところもあり，かつレンズ状で存在する。

(3) ゼブラ構造を有するドロストンは，非常に結晶粒の大きい（0.5－2㎜）ドロマイト（白色）とそれより微粒でかつ不純物の多い暗灰色ドロマイトのリズミカルな縞模様で成立っている。その中で閃亜鉛鉱の濃集部は上記の白色部と暗灰色部の境界に沿って存在している。

(4) ゼブラ構造の角礫化されたところでは閃亜鉛鉱の濃集はさらに著しい。

(5) Zn品位は10－20%であり，Pb品位は1%前後である。

5－1－2 割れ目充填型鉱床

本年度実施されたトレンチによりSan Roque地域に新たに発見されたタイプの鉱床で，ほかの地域ではまだ発見されていない。Pucara層群の第V層のドロストン中に胚胎される。閃亜鉛鉱は少量の方鉛鉱を伴い，暗灰色，帯青黒色細粒結晶質ドロストンと泥質ドロストン（鏡下では微晶質ドロストンないし微晶質泥質ドロストン）との境界部および結晶質ドロストン寄りに，あたかも割れ目を充填しているかのように脈状に存在している。この脈の巾は数㎜から3㎝に達し，部分的には網状を示している。ドロマイト，方解石，石英などの脈石鉱物は少い。閃亜鉛鉱の一部は二次鉱物である異極鉱（Hemimorphite）または菱亜鉛鉱（Smithsonite）が交代している。

T－28におけるチャンネルサンプリング5mの分析結果はPb 0.87%，Zn 2.35%であり，特に高品位部でのサンプル（20㎝）の分析結果はPb 0.15%，Zn 20.72%であった（L783）。

鉱床の立体的な形態は明らかではないが，脈状，網状の濃集した部分は地層の走向とは斜交しているが，全体として，層理面に沿う傾向にある。

鉱徴地付近の母岩である泥質ドロストン，細粒結晶質ドロストン層は，まったく変質しておらず，やや複雑な地質構造を示し割れ目や小褶曲構造が発達している。

また，一部玉髄質石英，コロフォーム状石英の含まれる泥質ドロストンにも存在するが，石英分の増加に伴って濃集度は低下している。このタイプの鉱床の特徴をまとめれば以下の通りである。

(1) Pucara層群第V層の泥質ドロストンと細粒結晶質ドロストンとの境界部付近に伴われる。

(2) 少量の方鉛鉱を伴う閃亜鉛鉱は，層理面と斜交する脈状，網状で濃集している。

(3) 泥質ドロストンのうち微粒の玉髄質石英を含む。不純なドロストンでは濃集度は低下している。

(4) 何れのドロストンもまったく変質をうけていない。

(5) Zn 品位は３－４％程度である。

5－1－3 鉱染型鉱床

このタイプには１９７７年調査されたSan Roque 地域の旧坑の鉛鉱徴，試錐孔,№53-MJ１孔での鉱徴，さらにChaglla 地域の鉱徴などである。Pucara層群の第Ⅳ層，第Ⅴ層の泥質または細粒結晶質の炭酸塩岩類に伴われる。

いずれの鉱徴も細粒（数μから数㎜）の方鉛鉱および閃亜鉛鉱が泥質石灰岩，細粒結晶質石灰岩，泥質ドロストンおよび細粒結晶質ドロストンなどに偏か存在する。鏡下においてのみ認められるのも少くない。鉱床胚胎層準では，極めて保存の良い腕足類，うに類などの浅海棲化石が顕著であり，その周辺に閃亜鉛鉱，方鉛鉱などが伴われていることもある(52113)。また凝灰質およびシルト質の炭酸塩岩類にも伴うものも発見されている。品位は低く，最高は№５２－１孔の１２９.３５ － １３０.３５ｍ間Pb 0.０８８％，Zn 4.9％で（５２１１６），その前後7.7ｍでPb 0.２３５％，Zn 1.1％の品位である。その他はいずれも数１００㎜ないし数１０００㎜のオーダーの品位であり，稀にZn １％前後に達する事もある。母岩に特徴的なことは，ドロマイト化作用の弱い，もしくはほとんどない石灰岩であることである。

5－2 鉱石の特徴

本年度発見のSan Roque 地域の鉱石を中心に，鉱石鉱物の特徴を述べる。

(1) 閃亜鉛鉱およびその二次鉱物

San Roque 地域では，脈状もしくは割れ目を充填している形で存在している。また，Tambo Maria地域，San Vicente地域では縞状に存在し，Chaglla 地域では鏡下でしか認められていない。飴色から淡褐色を呈し，鉄分が乏しいタイプの色調である。

脈状，割れ目充填型の閃亜鉛鉱は鏡下の観察によると帯黄褐暗灰色を呈し４００μから数㎜の粒子の集合体からなっており，周縁部および劈開に沿って菱亜鉛鉱に交代されている（Ｌ７８３，Ｌ７８４）。閃亜鉛鉱中には包有物および離溶した硫化物の存在は認められない。また閃亜鉛鉱，菱亜鉛鉱共に内部反射が観察される。

San Vicente地域ならびにTambo Maria地域の閃亜鉛鉱もほぼ似たような組織を呈し，そのうちTambo Maria地域では菱亜鉛鉱，または異極鉱にかなり交代されている。

鉱染型の閃亜鉛鉱は，細粒他形（数μから数１０μ）で集合体を作ることもなく，ドロ

マイトまたは方解石の粒間の間隙，または空洞を充填している。特にChaglla 地域の場合，肉眼的な亜鉛鉱物はなく，分析結果の最高値はZn 0.11%（A752），Zn 0.127%（P800）にすぎない。ここでの閃亜鉛鉱は，微粒（数μから50μ）で方解石の粒間を埋めるような他形として存在している。これに類似した産状は，San Roque 地域のNo.52－3孔の180m付近でも認められる（52312，第6巻参照）。これに対しSan Roque の北部のNo.52－1孔の130m付近で認められた鉱徴は粒子がやゝ大きい。数100ミクロンから数mmの閃亜鉛鉱がBrachiopodsの破片，Algal debris などの周辺に存在している（52113，52116）。

San Roque 地域T－10で見出された鉛，亜鉛鉱（S783）の閃亜鉛鉱はすべて異極鉱によって交代されているが，その他のサンプルでは殆んど酸化作用を蒙っていない。

(2) 方鉛鉱およびその二次鉱物

方鉛鉱の顕著な鉱徴はSan Roque 地域とChaglla 地域のごく一部で認められた。San Roque 地域では，1977年調査された旧坑付近，San Roque 谷の地表露頭（No.52－4孔付近，トレンチT－2およびNo.52－3孔，No.53－MJ3孔などである。T－2では，きわめて高品位の塊状の方鉛鉱（30×50cm）が転石ながら泥質ドロストン中に認められている（L731）。このサンプルは肉眼的には殆んど純粋な方鉛鉱であるが，鏡下ならびにX線回折によれば方鉛鉱のほかに少量の白鉛鉱（Cerrusite）が認められる。San Roque 地域のそのほかの方鉛鉱はいずれも泥質石灰岩，細粒結晶質石灰岩および泥質ドロストン中に0.5－5mm大の自形単結晶，または数個の集合体として鉱染状に散在している。鏡下の観察では殆んど方鉛鉱であり，一部周縁部から白鉛鉱によって蚕食されている（L783）。

Chaglla 地域では，Huarao Grande，Huarao Chico の2ヶ所で認められ，方鉛鉱の自形単結晶および，その集合体が不規則な豆殻状，アメーバ状の形で存在する。およそ2×15cmの大きさの塊状集合体が多く，時に10×50cm程度の塊状の部分もある（A752）。これらの方鉛鉱は，ごく一部が白鉛鉱化しているのみである。また方鉛鉱の周辺に螢石，方解石を伴うのが特徴である。いずれにしても方鉛鉱の鉱徴はきわめて規模が小さくかつ連続性に乏しい。

また，一部の方鉛鉱は割れ目充填型閃亜鉛鉱にも伴われる（L783，L784，L820）。これらはT－28周辺に多い。ここでの方鉛鉱は先にのべた鉱染型と異り，微粒が，母岩の基質に散在するのでなく，常に肉眼で識別出来る程度の大きさで閃亜鉛鉱と共に認められる。鏡下では自形 ― 半自形を呈し，0.5mm以上の単体および集合体で，閃亜鉛鉱中に取込まれ，または脈状をなしてドロマイト中に見られる。周縁部は白鉛鉱化している。

銀は概して少ない。鉱染型であるChaglla 地域の鉛鉱徴で７４ｇ／ｔ（A７５２，Ｐｂ２５.８０％）が含有されており，San Roque 地域の割れ目充填型では４－２４ｇ／ｔである。

(3) 黄鉄鉱およびその分解生成物

黄鉄鉱およびその分解生成物は，鏡下の観察によると，微球状，または立方体の自形を呈して鉱徴の周辺に普遍的に存在する。微球状黄鉄鉱，すなわちフランボイダル組織をもった黄鉄鉱（Framboidal Pyrite，径１０μ以下）は，１９７７年試錐岩芯のサンプル５２１０８で発見され，今年度のSan Roque 地域の鉱石鉱物の周辺およびその母岩中にも顕著に認められた（L７０９，L７６１，L７９６など）。また立方体（３０－５０μ）黄鉄鉱はフランボイダル組織をもった黄鉄鉱の集合体の組織を残し，その成長の過程を示し広範囲に認められた。すなわち，立方体の自形結晶になりつつあるもの，また５００ミクロン大の結晶に成長しつつある過程がみられるものもある（L７８３，L７９５，５２１０９など）。これらの黄鉄鉱は，一部針鉄鉱（Goethite）または鱗鉄石（Lepidocrocite，FeO(OH)）に置換され，その立方体は仮像であることが多い。地域を問わず，黄鉄鉱を詳細にみると微球状のもの，立方体のものも，さらに細い１－５μの超微粒の小球体から構成されている（５２１０８など）。

Chaglla 地域では殆んどの黄鉄鉱は粒子が小さくかつ少量でかなりの部分が針鉄鉱化している。立方体への発達はサンプルＰ８００において，径も７０μ程度に成長しているのがみられるのみである。この黄鉄鉱には，ＸＭＡの結果，微量のＺｎを伴っているのが確認されている（A.Ｉ－１０）。

Tambo Maria の試錐孔，№５３－ＭＪ２孔のサンプル５３２１３付近では自形の黄鉄鉱（0.１－0.２㎜）が凝灰質泥岩中に異常に濃集している。このサンプルでは，Ｚｎが１９,０８０㎎とTambo Maria地域としては鉱徴露頭に次いで異常に高い値を示したが，閃亜鉛鉱は，極く僅かしか確認されていない。なお，San Vicente 地域の黄鉄鉱は，Tambo Maria 地域およびSan Roque 地域などのそれと異り，閃亜鉛鉱中に微粒で包有されている。

５－３　母岩と鉱化作用について

前述のように鉱徴は，ほぼ層準規制を受けており，泥質炭酸塩岩のうちドロストンの再結晶した所に特に鉛，亜鉛が濃集されることが明らかである。このことから鉱徴の強弱，規模の大小は母岩に強く支配されていることであり，それはとりもなをさず母岩と鉱石鉱物の濃集に強い相関関係があることを示している。中部地区の主要な鉱徴は，Pucara 層群第Ⅳ層のゼブラ構

造を有するドロストンと第V層の泥質ドロストンおよび細粒結晶質ドロストンとに集中しており，そのほかの泥質石灰岩，細粒結晶質石灰岩に伴う鉛の鉱徴は上記に比してごく僅量である。

(1) 母岩の結晶粒度と鉱石鉱物との関係

本年度の調査地域に存在するドロストンは大別すると，初生的な微晶質ドロストンと再結晶した結晶質ドロマイト（ゼブラ構造を有するドロストン，角礫化ドロストンも含まれる）である。

San Roque 地域北部の鉱徴地周辺では微晶質ドロストンすなわち泥質ドロストンと続成作用により結晶粒子のやや大きくなった細粒結晶質ドロストンとの互層からなっている。基質の微晶質ドロストン中の閃亜鉛鉱は，一般に粒度が小さい。しかし，その中のやや粗粒化したドロマイトに伴われる閃亜鉛鉱は，やや粒子が大きくなっている。閃亜鉛鉱はそれら結晶質ドロストンの結晶粒子間隙を埋めている。それはドロマイトの結晶化よりやや遅れて結晶成長したものと考えられる（C783，L760など）。さらに，この粒間の閃亜鉛鉱がつながり発達したのが割れ目充填型である。粗大ドロマイト結晶に成長した部分にのみ閃亜鉛鉱の濃集がみられる。Tambo Maria 鉱徴は，粒大結晶質ドロマイトからなるゼブラ構造を有するドロストンに，縞状に閃亜鉛鉱がやはり粗大結晶（1－3㎜）に成長している。

また，San Roque の微晶質ドロストン中には，コロホーム組織をした玉髄から成る0.5 － 1㎜の石英の集合体（径1－5㎝）がある。閃亜鉛鉱は，この粗大な集合体石英を取り囲むところではやや粗粒（100 － 500μ）状を呈しているが，石英から離れた微晶質ドロストン側では粒度が小さく，かつ量も少くなっている（L721，S725）。なお，この付近では，泥質ドロストン中にチャート質石英に富む砂岩がレンズ状に存在している。この砂岩中には，まったく鉛，亜鉛鉱徴は見い出されない。以上のことから，母岩の結晶成長に伴なって，閃亜鉛鉱の結晶成長ないし集合が行われていることが明らかである。

(2) 母岩の成分と亜鉛との関係

調査地域のドロストンの堆積環境としては3－2で述べたように，Sr，Baの分布から礁性の浅海であり，かつ閉塞性の強い所であったと推定される。

① SrとZnの関係

Fig. I－9 はSr値とZn値の相関関係を図示したものである。

San Roque 地域では正の相関関係がみられ，特にT－28のサンプルで明瞭であり，Chaglla 地域の鉱徴付近のサンプルについても認められる。しかしTambo Maria地域や鉱徴地以外の Chaglla 地域のサンプルには，この関係はあまり明瞭でなく，ま

た両成分とも低い値に集中している。すなわち鉱徴地の岩石（特に炭酸塩岩）中のSr値とZn値との間には正の相関関係があると言える。このことは続成過程における両元素の濃集の挙動が一致していることを意味している。Sr値の１００ppm以下に低下する所では，高いZn値はそれ程期待できないとも言えよう。しかし，Tambo Maria，Chaglla 両地域の鉱徴地以外のSr値が低いのは第３章でも述べたように，再結晶化作用（結晶粒子の成長）がSan Roque 地域より強かったことが考察される。さらに，前述のようにSr値から母岩の環境が推定でき，そのことからZn値の初生の濃集の状態（バックグランド）が推察できる。そして，鉱徴地に近接する範囲内での（５００－６００m）Zn元素の移動の規模がSr値によっても推定可能である。

② Mg／Caモル比 （庄司，１９７１）とZn値との関係

一部の試料（石灰質ドロストン，泥質ドロストン，ドロストン）についてカルシウム（Ca）の分析を行い，Mg／Ca比を計算した（Table Ⅰ－２）。この比とZn値を比較してみると相関関係はない。すなわち，Znの濃集の要因としてMg／Ca比にはそれ程関係なく，むしろ炭酸塩岩類の堆積環境に大きく支配されているものと考えられる。また一部のドロストン試料の染色薄片の観察からも石灰岩が後生の熱水ドロマイト化作用を受けたとは考えにくい。San Roque 鉱徴地ではすべて微晶質ドロマイトからなりたっているドロストンが多い。これから，Mg／Ca比に相関したZn値を有する熱水性のドロストンに伴われる鉛・亜鉛鉱床とは，まったくタイプを異にする鉱床であるといえる。

③ 螢石の共存

Chaglla 地域，San Roque 地域の方鉛鉱に伴なって螢石が脈石鉱物として存在するのが，X線回折などで確認された（N７４６，A７５２，L７３１）。螢石は量，規模は別にして，層準規制鉱床において普遍的に鉛・亜鉛鉱に伴われている （SCHNEIDER（１９６４），STANTON（１９７２））。従って本地域の鉛・亜鉛鉱床は螢石の存在からも層準規制鉱床にきわめて類似していることが考えられる。

(3) ま と め

ドロマイトの粒度と鉱石鉱物との関係，母岩の成分などから，炭酸塩岩類の性質およびそれと亜鉛との相関関係が明らかになった。微量元素としてのSrは，鉱徴地のZnの濃集の挙動を示す正の相関関係があり，また母岩の炭酸塩岩類の堆積環境を推定するのにも役立つ。このタイプの鉱床を考察するのに極めて有効な指示元素である。

5－4　鉱床生成機構について

これまで述べてきた事から，母岩であるドロストンに変質のないこと，鉱物ドロマイトの粒間を埋める鉛・亜鉛硫化物の存在，フランボイダル組織を示す黄鉄鉱の存在，石英，方解石などの脈石鉱物の極めて少いこと。Mg／Ca比とZn値との関係，螢石と鉱石鉱物との共存などから，中部地区の Pucara 層群に伴う鉛・亜鉛鉱床は，層準規制鉱床であることは疑いもない。

母岩である炭酸塩岩類は礁性環境で堆積され，ドロマイトはバックリーフの高濃度塩水から直接沈澱した低Mg方解石，アラゴナイトなどが，循環する高濃度塩水に含まれるMgと交代し，圧密作用，結晶化作用で生成されたと考えられる。これらの現象に伴って鉛，亜鉛がどのように固定し，どのように濃集したかを，これまでのデーター，文献などから考察してみる。

5－4－1　初生沈澱物としての鉛・亜鉛について

層準規制型鉱床における重金属イオンの濃集メカニズムは，SCHNEIDER（1964），LAFFITE（1976），STANTON（1972），ANDERSON（1973，1975），RENFRO（1974），SKALL（1975），BEALES（1975），HOAGLAND（1976）らによって詳しく研究されている。

重金属元素は陸成物，遠所の（海底）火山噴出物，さらには（遠所の）断層沿いの熱水溶液などによってもたらされる。これらの重金属は，地下水または断層沿いの溶液や，あるいは岩石中を循環する高濃度塩水中に溶けこみ，海水と反応して炭酸塩岩類と同時に沈澱したと考えられている。このような炭酸塩岩との同時沈澱の場は閉塞性の強い暖海の環境とも言われている（NICOLINI，1974）。

調査地域のPucara層群には火山活動は殆んど認められず，また断層沿い熱水作用も考えられない。従って重金属元素は，主として西側に露出する古期岩類（Mitu 層群など）からの陸成物としてもたらされ，イオン化し沈澱したものであろう。

鉄，鉛および亜鉛元素について考察すると，これらの元素はSO_4イオン，Clイオンなどと塩または錯塩を形成し，溶液として海水中に運びこまれ，CO_2ガスの存在する弱酸性から中性の場で低Mg方解石およびアラゴナイトなどに伴って，硫化物として沈澱したと考えられる。鉄は，LOVE（1961，1962，1964），MASSAAD（1974）らが述べているように，有機腐泥質の堆積する静水の環境で，硫酸バクテリアがSO_4イオンを分解してSイオンを放出し，その細胞膜外側にFeS_2が固定され，やがてそれらが集合，成長し，フランボイダル組織をした黄鉄鉱を形成する。

1977年のSan Roque 地域における№52－1孔のサンプル52108（第6巻）に始まり，本年度得られた試料にも径10μ以下の微球状のフランボイダル組織を有する黄鉄鉱が見い出されている事実は，黄鉄鉱が海水溶液中から直接沈澱し，母岩と同時に堆積した事を示

し．かつバックリーフの閉塞性の強い環境を示している。

亜鉛については，海水中にZn イオンとして運ばれてきて，以下の反応で沈澱したと考えられる （ STANTON，1972； BARTON，1967）。

$$CH_4 + ZnCl_2 + SO_4^{2-} + Mg^{2+} + 3CaCO_3$$
$$= ZnS\downarrow + CaMg(CO_3)_2 + 2Ca^{2+} + 2Cl^- + H_2O + 2HCO_3^-$$

この反応におけるCH_4は腐泥質の有機物に由来されるメタンガスであり，SO_4 イオンからSへの分解は硫酸バクテリアによってもさらに促進される。また，バクテリア以外の有機物としては，浮遊性石灰藻（Dasycladacea など），排出糞（Faecal pellets など）があげられている。（ SCHNEIDER， 1964；浜田1977 など）メタンガス，硫酸バクテリアを発生させ，初生の硫化物を沈澱させやすい環境としては，灰青質 ― 石灰質シルト岩が堆積する凹地（Trough，Pocket など）が考えられている （ SCHNEIDER， 1964）。

San Roque 地域では石灰藻の破片，排出糞とみられるペレットなどはNo.52－3孔の岩芯に認められている（52113，53305，53308など）。この地域はすでに述べられたように，閉塞性の強いバックリーフ環境で有機物を含有しており，SCHNEIDER （1964）が述べている環境とほぼ一致している。従って亜鉛の沈澱は，STANTON （1972） などが考察したメタンガスあるいは硫酸バクテリアによる還元作用によるものと考察できる。一方フランボイダル黄鉄鉱およびその集合体の中にZnが微量ながら含まれていることがXMAにより明らかにされている（P754，P800）。このことは，Zn の沈澱もフランボイダル組織をした黄鉄鉱の沈澱の時期とほぼ一致していることを示唆している。鉛についても，亜鉛とほぼ同じ挙動を示し，閃亜鉛鉱の沈澱と同時もしくはその後に沈澱したものと思われる。一方，循環する高濃度塩水中に溶け込んだZn，Pb イオンは，かなり遠所まで運ばれ，時には炭酸塩岩類が固化した後も地下を循環する事が考えられている （ SKALL 1975； AMSTUTZ et ae 1964）。すなわち，Zn イオンを溶かし込んだ高濃度塩水は方解石およびドロマイトの結晶空隙を循環し，一部ドロマイト化の際放出される有機不純分およびHS イオンなどと反応して，これらの粒子を埋めるように閃亜鉛鉱，方鉛鉱が沈澱したと考えられる。

調査地域の泥質または細粒石灰岩中には，肉眼で認められないにも拘らず，分析で高い値（7×10^3 ppmオーダー）を示す試料がある。検鏡結果，非常に微粒（10－30μ）の硫化物が基質に散在しているが，これはもともとの初生堆積時に鉛，亜鉛が沈澱したものと，高濃度塩水によりもたらされたものと見なされる（P800，52312，52108）。

5－4－2　続成過程における濃集について

次に初生の沈澱の場における，亜鉛，鉛などが現在に至る地史の中でどのように濃集したか考察してみる。沈澱した鉛，亜鉛が母岩の脱水作用，圧密作用，結晶化作用の過程でどのよう

にして経済的価値のある品位までに濃集したかのメカニズムは，いまだにはっきりした理論，定説もない。ただ母岩である炭酸塩岩の研究は石油地質の方面での研究が目ざましく，CHILLINGAR，BISSELL，FAIRBRIDGE（1967）らによってその成因，産状，分類等が詳しく報告されている。また，炭酸塩岩類の続成過程における研究も近年特に盛んであるが，それを鉛・亜鉛鉱床の生成と結びつけたものは少ない。炭酸塩岩類に伴う同時堆積性の鉛・亜鉛鉱床の記載およびその成因については，AMSTUTZ（1964），BROWN（1967），STANTON（1972），BERNARD（1977）などによって集大成されている。しかし，いづれも初生の堆積環境を重視し，さらに海水および炭酸塩岩を循環する高濃度塩水にその起源を求めている。続成過程における地下水による崩壊角礫化に引続く再結晶作用でも濃集すると簡単に触れている。

鉱物の濃集の要因には，固相間反応による閃亜鉛鉱などの集合および成長と，溶液によるZnの運搬→沈積，濃集が考えられる。すなわち，初生沈殿での濃集と続成過程での2回目の濃集という二つの条件が，経済的価値を有する鉱床の生成条件となる。

この続成過程における濃集の結果により濃集の中心である鉱徴地の周辺の鉛，亜鉛は初生の堆積時のバックグランド値より低くなっている筈である。この現象は，調査地域の中では，San Roque地域およびTambo Maria地域でみられる。また，LAUNEY，ROUTHIER（1964）が鉱徴地周辺における亜鉛値がやや低くなる傾向を図示している。固相間反応による亜鉛の濃集の結果と考えられるのが，San Roque地域T－28付近の鉱徴，すなわち割れ目充填型の鉱徴である。この付近では初生堆積時，すなわちバックリーフの礁性環境にn×10^2－n×10^3ppmのオーダーで鉛・亜鉛が沈殿した。このままの状態で残存したのが鉱染型である。母岩のアラゴナイト，含Mg方解石は，ドロマイトへの転移が進む過程でドロマイト化に伴う空隙率の増加があり（CHILINGAR，1967；FAIRBRIDGE 1967），その空隙に既に沈殿したドロマイト化の際の不純物である閃亜鉛鉱などが抽出，運搬され，固相での結晶粗大化集合で濃集されたと考えられる。空隙を作るのに一番条件が良いと考えられるのがドロマイトの結晶成長の始る面である。すなわち，不純な微晶質ドロストンと結晶質ドロストンの間の境界から結晶質ドロストンにかけて生じた空隙が閃亜鉛鉱，方鉛鉱の最も集積する場となり濃集部を形成したと考えられる。ゼブラ構造に伴われる閃亜鉛鉱は，このようなプロセスの連続的なものと見られる。すなわち，閃亜鉛鉱は圧密作用により排出される塩水により連続的にゼブラ構造を形成するような空隙に運搬，集積され，固相間反応により縞状鉱の形成と結晶の粗大化が行われたものと見られる。San Vicente鉱床の個々の鉱体はレンズ状をなしゼブラ構造とほぼ整合的である。鉱体の中心部では幅も厚く，濃集も著しく，閃亜鉛鉱は集合体を形成している（San Vicente 鉱の実物写真，顕微鏡写真参照）。しかし，周辺部へは厚さ，

品位ともに漸減している。このことは，濃集がゼブラ構造が続成作用の初期に生成されるのとほぼ同時に，閃亜鉛鉱がそこへ運搬され集積され，そして固相反応により粗大化したことを示しているといえよう。粗大化した閃亜鉛鉱中には細粒の黄鉄鉱が点滴状に包有されており，あたかも離溶したもののように観察される。しかし，A．Ⅰ－2に示したSan Vicente 鉱からは集合した閃亜鉛鉱に閉じ込められた黄鉄鉱を考察すべきである。

以上のように中部地区における層準規制鉛・亜鉛鉱床は，いづれのタイプの鉱床も起源的には同一であるが，初生の条件，続成の条件のそれぞれの違いにより，規模，品位に差異が生ずるように分化したものであると結論できる。

中部地区のこれらの鉱床の移動，濃集および固相間反応とは別に，溶液によるZn の再溶解，再濃集作用がある。それは炭酸塩岩類の固化後の循環地下水によるもので，炭酸塩岩類の溶解→カルスト生成→崩落→再結晶→充填というメカニズムに伴う亜鉛の濃集である。崩落角礫に伴うこの濃集は大規模鉱床を形成する傾向があり，これにはMississippi Valley 型およびApparachian型などが知られている（NOBLE，1963；CALLAHAN，1967；HOAGLAND，1971，1976；STANTON，1972；HAGNI，1976）。このカルスト水系に伴う濃集による鉱床は，本調査では発見されなかったが，Tambo Maria 地域№53－MJ1孔の岩芯で小規模ながら認められた角礫状のドロマイトがこれに相当するかも知れない。しかし，ここでは鉱徴は認められなかった。

5－4－3　層準規制鉱床についてのまとめ

以上述べたことから，本調査地域の層準規制鉛・亜鉛鉱床について次のことが明らかにされた。

(1) 層準規制鉱床である本地域の鉛，亜鉛の鉱徴は，Pucara 層群の主として第Ⅲ層，第Ⅴ層の炭酸塩岩類に伴われる。

(2) 鉱徴は，濃集のそれぞれの段階で，以下の3つのタイプに分類できる。

① 鉱染型……初生沈殿の状態を保持し，濃集はない。

② 割れ目充填型……初生沈殿から空隙に集積され固相反応により濃集している。

③ 縞状型……初生沈殿から高濃度塩水によりゼブラ構造を作る空隙に連続的に運搬され濃集している。

(3) 初生の鉛，亜鉛が沈殿し，母岩が堆積した環境は暖海性のバックリーフであり，かつ閉塞性の強い内海または浅瀬で，石灰藻などの有機物の豊富であったところである。

(4) 堡礁の生成は，その基盤となったMitu 層群の古地形に支配されている。

(5) 鉱石鉱物は，炭酸塩岩中特にドロストンに濃集する傾向にあり，さらに不純な泥質ドロストンと結晶質ドロストンとの境界もしくは，やや結晶質ドロストン側に著しい。ゼブラ

構造に伴われる縞状型はその連続的なものである。

(6) 後生のカルスト形成に伴う角礫再結晶作用による経済的濃集は認められてない。

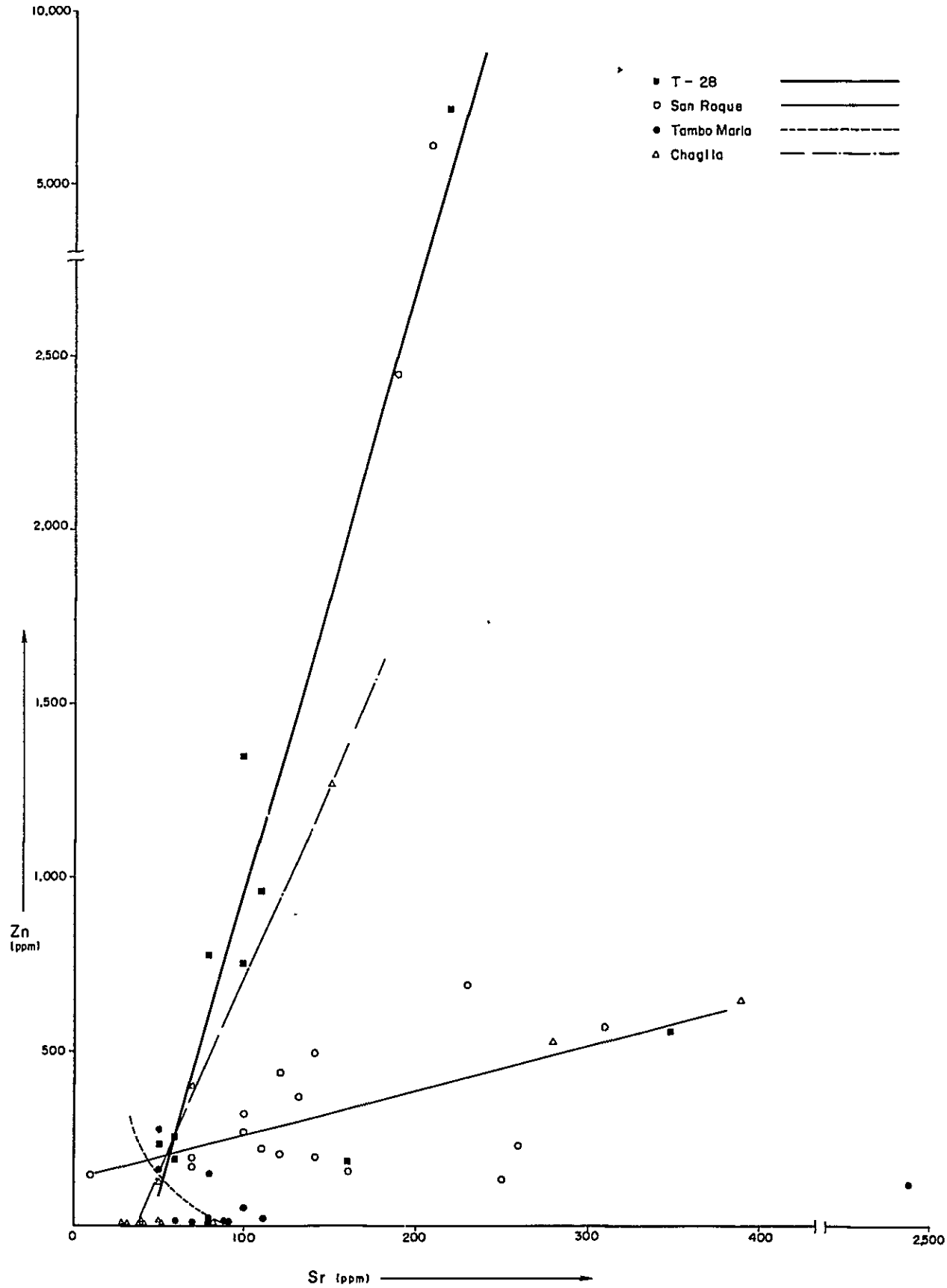


Fig. I-9. Correlation of geochemical values between Sr and Zn on carbonate rocks

各　論

第II部　試錐工事

第 Ⅱ 部　試 錐 工 事

第 1 章　序　　論 …… Ⅱ－ 5
1－1 調 査 目 的 …… Ⅱ－ 5
1－2 調 査 概 要 …… Ⅱ－ 5
1－3 調査員の編成 …… Ⅱ－ 5

第 2 章　試錐調査の概要 …… Ⅱ－ 6
2－1 試 錐 地 点 …… Ⅱ－ 6
2－2 設 営 作 業 …… Ⅱ－ 6
2－3 掘 進 作 業 …… Ⅱ－ 8
2－4 撤 収 作 業 …… Ⅱ－10
2－5 工　　程 …… Ⅱ－10

第 3 章　試錐孔の地質および鉱床 …… Ⅱ－11
3－1 各試錐孔の地質および鉱床 …… Ⅱ－11
3－2 層 序 対 比 …… Ⅱ－15

LIST OF ILLUSTRATIONS

Fig. II-1 Columnar section of the drill holes in the San Roque area.

Fig. II-2 Columnar section of the drill holes in the Tambo Maria area.

Fig. II-3 Copper, Lead and Zinc content of each drill hole.

LIST OF TABLES

Table II-1 Drilling Machine Used and Materials Consumed Drilling Machines: TGM-2C.

II-2 Consumables used.

II-3 Working time by Drill Hole.

II-4 Results of diamond core drilling.

II-5 Moving operations.

II-6 Operational results by drill hole, No. 53-MJ1.

II-7 Operational results by drill hole, No. 53-MJ2.

II-8 Operational results by drill hole, No. 53-MJ3.

II-9 Specifications of diamond bits.

II-10 Drilling meterage of diamond bits.

LIST OF APPENDICES

A. II-1. Drilling progress No. 53-MJ1

II-2. Drilling progress No. 53-MJ2

II-3. Drilling progress No. 53-MJ3

II-4. List of Rock Samples (Boring Core)

II-5. Microscopic observation of the thin section

II-6. Microscopic observation of the polished section

II-7. Fossils under microscopic observation

II-8. Photomicrographs of rocks, ores, and fossils

II-9. Chart of X-ray diffraction test

II-10. Results of X-ray diffraction test

II-11. Chemical analysis of boring core samples

LIST OF PLATES (in the associated case)

PL. II-1 Geological columns of the diamond drill hole. Scale 1/200.

(1) No. 53-MJ1.

(2) No. 53-MJ2.

(3) No. 53-MJ3.

PL. II-2 Geological profiles of the diamond drill hole. Scale 1/1,000.

(1) No. 53-MJ1.

(2) No. 53-MJ2.

(3) No. 53-MJ3.

第１章　序　　論

１－１　調　査　目　的

１９７７年までに実施された調査によって，San Roque地域およびTambo Maria 地域において，Pucara層群中に鉱染型および縞状型の鉛・亜鉛鉱徴が発見された。これらの鉱徴は層準規制を受けて胚胎されていることから，本年度の試錐は，San Roque，Tambo Maria 両地域において，鉱床胚胎層準や層準規制の状況をより明確にすることを目的として実施された。

１－２　調　査　概　要

１９７８年5月１８日，先発試錐調査員１名がOxapampaに入山し，１孔目の道路工事を完成した。これをまって6月9日本隊３名が入山した。　道路工事にはＡＤ－７ブルドーザー１台，ＶＴ－３コンプレッサー１台，ＲＨ－５７１－３Ｌさく岩機１台を使用した。試錐工事にはＴＧＭ－２Ｃ型試錐機１台，ＮＡＳ－３Ｃ型ポンプ１台，ＭＧ－１０型ポンプ１台，MCE－１００Ａ型ミキサー１台などが使用された。工事はワイヤーライン工法にて行われ，総掘進延長９０２.６０ｍの掘進は９月１８日に完了した。

１－３　調査員の編成

当該調査に従事した調査隊は，日本人主任技術者１名，技術者３名，地質調査員１名，カウンタパート１名，現地人試錐助手９名，現地人雑役夫約１５名によって編成された。

試錐作業は準備期間中は１日１０時間１方作業が行われ，掘進期間中は１日３交代２４時間作業が行われたが，通勤時間を含めると各方１０時間の作業時間となった。

試錐作業に従事した技術者は下記の通りである。

主任技術者	谷　川　勝　政	三井金属エンジニアリング株式会社
調査技師	中　山　　勇	〃
調査技士	那　須　忠　利	〃
調査技士	渡　辺　重　光	〃
コアー鑑定地質調査員	土　居　信　一	〃

第 2 章　試錐調査の概要

2－1　試　錐　地　点

№５３－ＭＪ　１孔は，Tambo Maria地域に選定された。Oxapampa市の南方１７㎞，標高1,６０９.１ｍに位置し，Pucara層群のドロマイト中において行われた。

Oxapampa市の宿舎より路面距離にて２１㎞あり，ジープにて片道６０分を要した。

№５３－ＭＪ　２孔は，№５３－ＭＪ　１孔の北方1.６㎞標高1,６３０ｍにあり，やはりPucara層群のドロマイト中に選定された。

№５３－ＭＪ　３孔は，San Roque 地域に選定された。Oxapampa市北西方６㎞，標高1,９１０ｍに位置し，Pucara層群の石灰岩中に設置された。宿舎より路面距離にて７㎞あり，ジープにて片道４０分を要した。

2－2　設　営　作　業

(1)　道　路　工　事

５月１８日調査員１名がOxapampa市に到着した。直ちに運搬道路の踏査を行うとともに，土地所有者個人および共有組合に対する試錐用地の借用，農地内の立入通行，既設道路の補修および新規道路の造成の了解をとりつけた。なおブルドーザー１台，コンプレッサー１台，さく岩機１台を現地にて借用し切土，露出岩盤の発破，軟弱地盤への砂利埋立などの道路工事が行われた。

№５３－ＭＪ　１孔，№５３－ＭＪ　２孔への道路は５月２２日に着工され，６月３日まで工事量2,０００ｍの切土，発破作業，補修工事が行われた。その途中№５３－ＭＪ　３孔の道路工事を早急に行う事となり，№５３－ＭＪ　１孔，№５３－ＭＪ　２孔の道路は一時中止された。

№５３－ＭＪ　３孔の道路を終了後，再度６月１８日より道路工事を開始して，さらに2,７００ｍ進行して７月７日完了した。№５３－ＭＪ　３孔への道路は６月５日より工事が開始され，３０度の傾斜面のブルドーザーによる切土，露出岩の発破が行われ，新たに道路を５５１ｍ造成し６月１７日完了した。

(2)　機材の搬入

Lima 市より Oxapampa 市までベントナイトおよび泥水用添加剤は大型トラックで運搬され，また去年現地にて保管された試錐機，ポンプ，ミキサ，櫓およびロッド，ケーシングパイプ類などは大型トラックにて運搬し現場近くで小型トラックに積替えられて運搬された。

(3) 掘進順序

運搬道路工事の進行ならびに試錐座切取りの関係上No.５３－ＭＪ　３孔，No.５３－ＭＪ　１孔，No.５３－ＭＪ　２孔の順に掘進を行った。

(4) 運搬，設営

No.５３－ＭＪ－１孔の地点は，３５度の傾斜地の畑の上に位置し，試錐座の切土は人力によりおこなわれた。表土が浅く岩盤が早く出たため，丸太材で柵を作成し，発破により岩盤をおこして柵内を埋立て試錐座を設置した。機材は小型トラックで試錐座附近まで運搬し，その地点より試錐座までの７０ｍ間は重機械をチルホールにて引上げ，ロッドおよびケーシングパイプ類は人力により運搬した。

No.５３－ＭＪ　２孔の地点は道路より３６度の傾斜地の上にあり，下方では常時農民が通行している。そのため丸太材を使用して下方での転石，転落物による事故の発生を防ぐための高さ２ｍの柵を設け人力による切土を行い試錐座を設置した。

道路終点より試錐座までの１５０ｍ間は常に落石が生じ危険なため所々に転石防止柵を設け，かつ機械引上げ用の桟橋を作成して重機械はその上をチルホールで引上げ，ロットおよびケーシングパイプ類は人力により運搬した。

No.５３－ＭＪ－３孔は，ブルドーザーにより切土を行い試錐座の整地を行っていたが工事の⅔を終了したところでブルドーザーが故障したため人力に切替え整地を完了した。

機材は全部小型トラックを使用し直接現場まで運搬した。

(5) 試錐用水

試錐作業に必要な水はいづれも谷川から試錐現場近くまでパイプで自然流入させ，さらにポンプにて揚水して使用した。

No.５３－ＭＪ　１孔は谷川より１½吋ポリパイプ６５０ｍを配管してポンプ座下まで導水し，さらに高低差８０ｍの試錐座まで２吋鉄管を１５０ｍ布設し揚水した。

No.５３－ＭＪ　２孔は谷川より１½ポリパイプを２４０ｍ布設しポンプ座下まで導水し，さらに高低差１８０ｍの試錐座まで２吋鉄管１５０ｍ，ポリ管１００ｍを布設して揚水した。

No.５３－ＭＪ　３孔はポンプ据付け位置と試錐地点の高低差は６０ｍであり２吋鉄管１２０ｍ，１½ポリパイプ２７０ｍを布設して揚水した。

水は部落で使用しているものであり時々断水して水待ち時間を生じた。

2－3 掘 進 作 業

(1) №５３－ＭＪ　１孔（３０2.１０m垂直）

0.００m～6.００m　ＨＱビットで６mまで掘進し硬質岩に達したので１１２㎜ケーシングシュビットで追切を行い１１２㎜ケーシングパイプを挿入設置した。岩質は転石層で崩壊が激しかった。

6.００m～５4.５０m　6.００mよりＨＱワイヤーラインに切替え掘出したが6.５０mにて完全逸泥を生じたため,１１２㎜ケーシングパイプを6.００mより7.００mまで延長した。引続きＨＱワイヤーラインにて５4.５０mまで掘進したが，岩質は亀裂の多いドロマイトで常に逸泥を生じ，セメント及び濃泥水を注入しても逸泥を防止出来ずロッドにバイブレーションを生じたのでロッド外側よりベントナイト泥水，廃油を注入してバイブレーションを防止しながら掘進を行った。

５4.００mよりバイブレーションがさらに激しく掘進困難になったためＮＷケーシングパイプを５4.５０mまで挿入設置した。

５4.５０m～１８3.００m　５4.５０mよりＮＱワイヤーラインに切替え１８3.００mまで掘進したが，岩質は亀裂の多いドロマイトで常に逸泥を生じた。ＮＷケーシングの挿入延長を試みたが逸水のため７8.１０m以降不可能となった。掘進中はロッド外側よりベントナイト泥水，廃油を注入してロッドのバイブレーションを防止しながら掘進を行ったが段々掘進が不可能となり１８3.００mまでＢＷケーシングパイプを挿入設置した。

１８3.００m～３０2.１０m　１８3.００mよりＢＱワイヤーラインに切替え掘進したが岩質は亀裂の多いドロマイトで常に逸泥があり，そのためロッドのバイブレーションを生じたのでベントナイト泥水，廃油を注入しバイブレーションを防止しながら３０2.10mまで掘進して終了した。

なを6.００mより３０2.１０mまでインナーチューブ挿入はワイヤーで吊り下げてセットさせた。

(2) №５３－ＭＪ　２　（３００.００m垂直）

0.００m～６0.００m　ＨＱビットで掘進開始し7.１０mで硬質岩になったが0.００mより7.１０mまで崩壊が激げしいため１１２㎜ケーシングシュビットで追切して１１２㎜ケーシングパイプを7.１０m挿入設置した。

引続きＨＱワイヤーラインビットにて６0.００mまで掘進したが，岩質は破砕質ドロマイトで逸泥が続きセメンテーションおよび逸泥防止剤の注入も効果がなくロッドのバイブレーションが激しくなりロッド外部よりベントナイト泥水，エマール２０Ｃ，廃油を注入して掘進した。

ロッド外部よりの注入も効果がなくなったので６０.０００ｍまでＮＷケーシングパイプを挿入設置した。

６０.０００ｍ～２０１.００ｍ　６０.０００ｍよりＮＱワイヤーラインに切替え掘進した。掘進中，少量の逸泥を生じていたが１０８.０００ｍで完全逸泥を生じた。マッドシール，テルストップの逸泥防止剤を注入したが亀裂が多く完全防止は出来なかった。岩質は泥質ドロマイト，砂質ドロマイト，石灰質ドロマイトの互層で亀裂の多いものであった。

２０１.０００ｍまで掘進しＢＷケーシングパイプを挿入設置した。

２０１.０００ｍ～３００.０００ｍ　２０１.０００ｍよりＢＱワイヤーラインに切替え掘進した。２７１.５０ｍまでは亀裂の多い石灰質砂岩，頁岩の互層で特に２１３.００ｍ，２６１.００ｍ，２７１.００ｍでは完全逸泥したので逸泥防止剤を注入し防止した。２７２.００ｍ附近を掘進中，再度完全逸泥を生じたので点検したところ２０１.００ｍで逸泥していた。孔底には水があるが孔口までの返り水なくロッドのバイブレーションを生じたためロッド外部より廃油を注入してバイブレーションを防止して３００.０００ｍまで掘進し完了した。

(3) №５３－ＭＪ　3孔　（３００.５０ｍ垂直）

０.０００ｍ～４.１０ｍ　１１６㍉メタルビットにて掘進開始したが３.００ｍで着岩したため４.１０ｍまで掘進し１１２㍉ケーシングパイプを挿入設置した。

４.１０ｍ～１２.００ｍ　４.１０ｍよりＨＱワイヤーラインに切替えた。岩質は亀裂の多い石灰岩で完全逸泥を生じて調泥がまにあわないためケーシングパイプを常に延長して行くことにした。

１２.００ｍまでＮＷケーシングパイプを挿入設置した。

１２.００ｍ～１２９.００ｍ　１２.００ｍよりＮＱワイヤーラインに切替え掘進した。岩質は頁岩質石灰岩，砂質石灰であり亀裂，空洞が多く逸泥がひん発した。

ＮＷケーシングパイプを１２.００ｍより３１.５０ｍまで挿入した。

３１.５０ｍ以深では完全逸泥箇所をセメンテーションで防止しながら掘進したが，７２.４０ｍよりセメンテーションの効果がなく，各所の逸泥のためバイブレーションも激しくなって来たのでロッドにグリス，廃油を塗付して掘進したが，掘進困難な状態となったので１２９.００ｍまでＢＷケーシングパイプを挿入設置した。

１２９.００ｍ～３００.５０ｍ　１２９.００ｍよりＢＱワイヤーラインに切替え掘進したが亀裂の多い石灰岩，泥質石灰岩で逸泥が続きＢＷケーシングパイプを１２９.００ｍより１６８.５０ｍまで延長した。それ以深も各所で逸泥を生じたが，ケーシングパイプの延長は不可能となった。逸泥防止剤を使用したが逸泥は完全に防止出来なかった。逸泥を生じるごとにロッドのバイブレーションがおきたためロッドにグリス，廃油を塗布してバイ

ブレーション防止しながら３００.５０ｍ掘進して終了した。

２－４　撤　収　作　業

№５３－ＭＪ　３孔終了後全機材を Oxapampa　市まで搬出し整備および梱包して９月１８日 Lima に向け発送完了し現地作業を終了した。

２－５　工　　程

(1)　掘 出 成 績

試錐孔　　３孔　　総掘進長　　９０２.６０ｍ

総掘進作業方当り　　６.３１ｍ／方

実掘進作業方当り　　７.１１ｍ／方

(2)　コアー採取率

$$\frac{\text{総コアー長　８３６.２０ｍ}}{\text{総掘進長　９０２.６０ｍ}} = 92.6\%$$

(3)　掘進速度及び回転数

掘進速度　　２.３cm／分～８.０cm／分

回 転 数　　８０～２００ r.p.m

№５３－ＭＪ　１孔，№５３－ＭＪ　２孔，№５３－ＭＪ　３孔の各孔とも亀裂，空洞多く逸泥を生じ掘進中バイブレーションが激しく，機械の回転数および掘進速度をあげる事が出来なかった。

Table II-1 Drilling Machines Used and Materials Consumed

Drilling Machine : TGM-2C.

Item	Model	Quantity	Capacity, Type, and Specification
Drilling Machine	TGM-2C (TONE)	1 set	Capacity BX: 500m Inner Diameter of Spindle 77m/m Weight (Except motor) 1,200kg Hoist Capacity 2,200kg Transmission 4 Speed Gearbox
Engine for Drill	KE-250 (Mitsubishi)	1 set	Diesel 31.5PS 1,800 r.p.m.
Drilling Pump	NAS-3C (TONE)	1 set	Piston Diameter 75m/m 60m/m 47.5m/m Capacity 130, 80, 48 ℓ/min
	MG-10 (KOKEN)	1 set	Piston Diameter 45m/m 52m/m 68m/m Capacity 40, 60, 105 ℓ/min
Engine for Pump	NS-130C	1 set	Diesel 12PS 2,200 r.p.m.
	NS-110C	1 set	Diesel 9.5PS 2,200 r.p.m.
Derrick	DR-10	1 set	Height 10m Max load capacity 5,000kg
Mud Mixer	MCE-100A	1 set	Mixing Capacity 100ℓ 4PS
Generator	YSG-2S	1 set	2KVA 100V 20A
Engine for Generator	NS-40C	1 set	5PS 3,000~3,600 r.p.m.
Drill Rod	HQ	3 pcs	Length 3.0m
	NQ	30 pcs	" 3.0m
	BQ	102 pcs	" 3.0m
Casing Pipe	112 m/m	2 pcs	Length 3.0m
	"	2 pcs	" 0.5m
	NW	26 pcs	" 3.0m
	"	2 pcs	" 1.0m
	"	2 pcs	" 0.5m
	BW	81 pcs	" 3.0m
	"	2 pcs	" 1.0m
	"	2 pcs	" 0.5m

Table Ⅱ -2 Consumables used

Description	Specification	Unit	Quantity			
			53-MJ-1	53-MJ-2	53-MJ-3	Total
Light Oil		ℓ	2,500	2,500	2,600	7,600
Mobil Oil		ℓ	50	50	50	150
Gear Oil		ℓ	25	25	25	75
Hydraulic Oil		ℓ	50	50	50	150
Grease		kg	40	40	20	100
Bentnite		kg	5,900	7,375	11,800	25,075
C. M. C.		kg	34	13	70	117
Libonite		kg	20	150	160	330
TEL STOP		kg	50	25	90	165
Mud Seal		kg	-	50	0	50
Emal 20C		ℓ	54	0	0	54
Metal Crown	116 m/m	pc	1	0	1	2
Diamond Bit	HQ W.L	pc	1	2	1	4
" "	NQ W.L	pc	3	3	4	10
" "	BQ W.L	pc	4	3	4	11
Single Core Tube	116 m/m	set	1	0	1	2
"	HQ W.L	set	1	0	1	2
"	NQ W.L	set	0	1	1	2
"	BQ W.L	set	0	1	1	2
Core Tube Head	HQ W.L	set	1	0	1	2
"	NQ W.L	set	0	1	1	2
"	BQ W.L	set	0	1	1	2
Casing Head	112 m/m	set	1	0	1	2
"	NW	set	1	0	1	2
"	BW	set	0	1	1	2
Casing Metal Shoe	112 m/m	pc	1	1	1	3
" Diamond Shoe	NW	pc	1	1	1	3
" "	BW	pc	1	1	2	4
Cement		kg	500	200	1,450	2,150
Core Box Wooden		pc	49	62	24	135
" Plastic		pc	14	0	26	40
Wire Rope 12 m/m		m				300
Manila Rope 25 m/m		m				200
Board	4.5cm x 1.80	m^2				25
Square Timber	12 cm x 3.60	pc				8
Pump Piston		set	4	4	4	12
" Packing		pc				10
V-Belt		pc				3
Nail		kg				60
Wire #10		kg				150
Core Lifter	HQ W.L	pc	2	2	1	5
"	NQ W.L	pc	3	3	5	11
"	BQ W.L	pc	4	3	7	14
Core Lifter Case	HQ W.L	pc	2	2	2	6
"	NQ W.L	pc	2	2	2	6
"	BQ W.L	pc	2	2	2	6

Table II-3 Working time by Drill Hole.

Borehole No.	Drilling	Miscellaneous			Repairs	Others	Moving operation	Total
		Casing insertion	Hole reaming	Others				
53-MJ-1	144°00'	29°00'	19°00'	135°00'	36°00'	133°00'	422°00'	918°00'
53-MJ-2	133°00'	30°00'	18°00'	125°00'	13°00'	168°00'	263°00'	750°00'
53-MJ-3	136°00'	41°00'	73°00'	135°50'	56°00'	234°30'	75°00'	751°20'
Total								

Table II-4 Results of diamond core drilling.

Drill hole No.	Type of machine	Drilling period	Drilling length	Core		No. of drilling shift			Drilling speed		Remarks
				Length	Recovery	Drilling	Casing etc.	Total	* m/shift	** m/shift	
53-MJ-1	TGM-2C	COM 24th Jul.1978 FIN 11th Aug.1978	302.10m	292.15m	96.7%	40	5	45	7.55	6.71	-
53-MJ-2	TGM-2C	COM 23th Aug.1978 FIN 6th Sep.1978	300.00	282.30	94.1	38	2	40	7.89	7.50	-
53-MJ-3	TGM-2C	COM 20th Jun.1978 FIN 15th Jul.1978	300.50	261.75	87.1	49	9	58	6.13	5.18	-
Total			902.60	836.20	92.6	127	16	143	7.11	6.31	

* Drilled per one shift covering net drilling operations.
** Drilled per one shift covering total works conducted.

Notes: COM: Commenced
FIN: Finished

Table II-5 Moving operations.

Item \ Hole No.		53-MJ-1		53-MJ-2		53-MJ-3											
Moving operation	In	21th May 1978		24th Jul. 1978		4th Jun. 1978											
		23th Jul. 1978		22th Aug. 1978		19th Jun. 1978											
	Out	12th Aug. 1978		7th Sep. 1978		16th Jun. 1978											
		12th Aug. 1978		16th Sep. 1978		16th Jun. 1978											
		Days	Man-shifts	Days	Man-shifts	Days	Man-shifts	Days	Man-shifts	Days	Man-shifts	Days	Man-shifts	Days	Man-shifts	Days	Man-shifts
Preparation	Access road	39	553.7	12	96.5	12	162.8										
	Haulage	3	82.5	8	365.1	3	27.5										
	Installation	2	55.0	2	20.0	3	33.3										
	Water pipe	1	27.5	3	18.6	1	10.0										
	Test run, etc.	1	5.0	1	5.0	1	4.0										
	Total	46	723.7	26	505.2	20	237.6										
Removal	Dismantling	0.7	19.5	0.7	7.9	0.7	16.1										
	Pipe removal	0.3	8.3	1.3	9.8	0.3	6.9										
	Haulage			7	283.4												
	Road reinstatement																
	Others																
	Total	1	27.8	9	301.1	1	23.0										
Grand Total		47	751.5	35	806.3	21	260.6										

Table II-6 Operational results by drill hole, No. 53-MJ1.

Working Period

	Period	Number of Days	Actual Working Days	Day Off	Total Number of Workers
Preparation	21th May 1978∿23th Jul.1978	50	46	4	723.7
Drilling	24th Jul.1978∿11th Aug.1978	19	16	3	266.1
Removing	12th Aug.1978	1	1	0	27.8
Total	21th May 1978∿12th Aug.1978	70	63	7	1,017.6

Drilling Length

Planned Length	300.00 m	Over-burden	- m
Increase or Decrease in Length	+ 2.10 m	Core Length	292.15 m
Length Drilled	302.10	Core Recovery	96.7 %

Core Recovery for each 100 m section

Depth of Hole	Section	Total
0.00∿105.30m	98.2 %	98.2 %
105.30∿191.20m	97.8 %	98.0 %
191.20∿302.10m	94.5 %	96.7 %
m	%	%
m	%	%
m	%	%

Working Time

Drilling	144°00'	29.0 %	15.7 %
Hoisting & Lowering Rod			
Hoisting & Lowering I.T.			
Miscellaneous	183°00'	36.9 %	19.9 %
Repairing	36°00'	7.3 %	3.9 %
Others	133°00'	26.8 %	14.5 %
Total	496°00'	100 %	54.0 %
Removing: Preparation	398°00'		43.4 %
Removing: Moving	24°00'		2.6 %
G. Total	918°00'		100 %

Efficiency of Drilling

302.10 m/Working Period	4.32 m/day
302.10 m/Working Days	4.80 m/day
302.10 m/Drilling Period	15.90 m/day
302.10 m/Net Drilling Days	18.88 m/day
Total workers/ 302.10 m	3.37 Man/m
Total Drilling Workers/302.10 m	0.88 Man/m

Casing Pipe Inserted

Pipe Size & Meterage	Inserted Length (%) / Drilling Length	Recovery of Casing Pipe
112m/m 7.00m	2.3 %	100 %
NW 78.10m	25.9 %	100 %
BW 183.00m	60.6 %	100 %

Remarks

G : Grand

I.T.: Inner Tube

Table II-7 Operational results by drill hole, No. 53-MJ2.

Working Period

	Period	Number of Days	Actual Working Days	Day Off	Total Number of Workers
Preparation	24th Jul.1978∿22th Aug.1978	30	26	4	505.2
Drilling	23th Aug.1978∿ 6th Sep.1978	15	14	1	200
Removing	7th Sep.1978∿16th Sep.1978	10	9	1	301.1
Total	24th Jul.1978∿16th Sep.1978	55	49	6	1,006.3

Drilling Length

Planned Length	300.00 m	Over-burden	- m
Increase or Decrease in Length	- m	Core Length	282.30 m
Length Drilled	300.00	Core Recovery	94.1 %

Core Recovery for each 100 m section

Depth of Hole	Section	Total
0.00∿101.00m	86.9 %	86.9 %
101.00∿201.00m	96.1 %	91.5 %
201.00∿300.00m	99.4 %	94.1 %

Working Time

Drilling	133°00'	27.3 %	17.7 %	
Hoisting & Lowering Rod	-			
Hoisting & Lowering I.T.	-			
Miscellaneous	173°00'	35.5 %	23.1 %	
Repairing	13°00'	2.7 %	1.7 %	
Others	168°00'	34.5 %	22.4 %	
Total	487°00'	100 %	64.9 %	
Removing: Preparation	179°00'		23.9 %	
Removing: Moving	84°00'		11.2 %	
G. Total	750°00'		100 %	

Efficiency of Drilling

300.00 m/Working Period	5.45 m/day
300.00 m/Working Days	6.12 m/day
300.00 m/Drilling Period	20.00 m/day
300.00 m/Net Drilling Days	21.43 m/day
Total workers/ 300.00 m	0.30 Man/m
Total Drilling Workers/ 300.00 m	1.50 Man/m

Casing Pipe Inserted

Pipe Size & Meterage	Inserted Length (%) / Drilling Length	Recovery of Casing Pipe
112m/m 7.10m	2.4 %	100 %
NW 60.00m	20.0 %	100 %
BW 201.00m	67.0 %	100 %

Remarks

G : Grand

I.T.: Inner Tube

Table II-8 Operational results by dril hole, No. 53-MJ3.

Working Period

	Period	Number of Days	Actual Working Days	Day Off	Total Number of Workers
Preparation	4th Jun.1978∿19th Jun.1978	16	16	0	237.6
Drilling	20th Jun.1978∿15th Jul.1978	26	24	2	447.0
Removing	16th Jul.1978	1	1	0	23.0
Total	4th Jun.1978∿16th Jul.1978	43	41	2	707.6

Drilling Length

Planned Length	300.00 m	Over-burden	- m
Increase or Decrease in Length	+ .50 m	Core Length	261.75 m
Length Drilled	300.50	Core Recovery	87.1 %

Working Time

Drilling		136°00'	20.1 %	18.1 %
Hoisting & Lowering Rod		-		
Hoisting & Lowering I.T.		-		
Miscellaneous		249°50'	36.9 %	33.2 %
Repairing		56°00'	8.3 %	7.5 %
Others		234°30'	34.7 %	31.2 %
Total		676°20'	100 %	90.0 %
Removing	Preparation	57°00'		7.6 %
Removing	Moving	18°00'		2.4 %
G. Total		751°20'		100 %

Casing Pipe Inserted

Pipe Size & Meterage	Inserted Length (%) / Drilling Length	Recovery of Casing Pipe
112m/m 4.00m	1.3 %	100 %
NW 31.50m	10.5 %	100 %
BW 168.50m	56.1 %	91.1 %

Core Recovery for each 100 m section

Depth of Hole	Section	Total
0.00 108.20m	81.7 %	81.7 %
108.20 196.40m	87.2 %	84.2 %
196.40 300.50m	92.6 %	87.1 %
m	%	%
m	%	%
m	%	%

Efficiency of Drilling

300.50 m/Working Period	6.99 m/day
300.50 m/Working Days	7.33 m/day
300.50 m/Drilling Period	11.56 m/day
300.50 m/Net Drilling Days	12.52 m/day
Total workers/ 300.50 m	2.35 Man/m
Total Drilling Workers/ 300.50 m	1.49 Man/m

Remarks

G : Grand

I.T.: Inner Tube

Table II-9 Specifications of diamond bits.

Size	Type	Carats per bit	Matrix	Stones per carat	Water way	Number	Remark
HX	HQ-WL	40	Z	20~40	6	E-2802	Reset
	"	"	Z	"	"	F-1158	"
	"	"	E	"	"	C-8057	"
	"	"	T1	"	"	1958	"
NX	NQ-W	30	ZZ	35~40	6	D-1354	"
	"	"	"	"	"	D-1355	"
	"	"	"	"	"	D-1356	"
	"	"	"	"	"	D-1357	"
	"	"	Z	"	"	D-1332	"
	"	"	"	"	"	D-1333	"
	"	"	"	"	"	D-1334	"
	"	"	"	"	"	D-1335	"
	"	"	E	"	"	18521	"
	"	"	T1	"	"	SCTN-5	"
BX	BQ-WL	20	E	35~40	4	72693	"
	"	"	"	"	"	72694	"
	"	"	"	"	"	72695	"
	"	"	"	"	"	72696	"
	"	"	T1	"	"	1964	"
	"	"	"	"	"	1965	"
	"	"	"	"	"	1966	"
	"	"	"	"	"	1967	"
	"	"	Z	"	"	1373	"
	"	"	"	"	"	1374	"
	"	"	Y	"	"	W-12755	"

Table II-10 Drilling meterage of diamond bits.

Item	Size	Type	Bit No.	Drilling meterage by drill hole. Unite meter			Total
				53-MJ-1	53-MJ-2	53-MJ-3	
Bit	HX	HQ-WL	E-2802	54.50			54.50
			F-1158		31.80		31.80
			C-8057		28.20		28.20
			1958			7.90	7.90
			Total	54.50	60.00	7.90	122.40
	NX	NQ-WL	D-1354	38.30			38.30
			D-1355		42.50		42.50
			D-1356			25.00	25.00
			D-1357			13.60	13.60
			D-1332	40.70			40.70
			D-1333		51.80		51.80
			D-1334		46.70		46.70
			D-1335			40.20	40.20
			18521			38.20	38.20
			SCTN-5	49.50			49.50
			Total	128.50	141.00	117.00	386.50
	BX	BQ-WL	72693	32.90			32.90
			72694	30.60			30.60
			72695		39.30		39.30
			72696			40.40	40.40
			1964	29.50			29.50
			1965		17.70		17.70
			1966			41.80	41.80
			1967			46.60	46.60
			1373		42.00		42.00
			1374			42.70	42.70
			W-12755	26.10			26.10
			Total	119.10	99.00	171.50	389.60

第 3 章　試錐孔の地質および鉱床

3－1　各試錐孔の地質および鉱床

3－1－1　№53－MJ1孔（深度302.1m）

(1)　0m－6.00m間は表土である。

(2)　6.00m－73.8m間は，灰色細粒のシルト質ないし泥質ドロストンで，部分的に角礫化を受け，再結晶ドロマイトを伴う。

60.5m－62.2m付近で，こけ虫（Bryozoan），サンゴの破片，有孔虫（Foraminifera）などの化石を含む。

弱い褐鉄鉱化作用を受けている部分もある。ここでの層理面は，コアの方向（垂直方向）に対して50°－65°である。

(3)　73.8m－107.4m間は，再結晶した角礫化ドロストンである。灰色を呈し，中粒からやや細粒の結晶で，部分的に砂質ドロストンもある。ここでの層理面はコアーの方向に対して40°－60°である。

鏡下では，粗晶質（0.5㎜×1㎜）ドロマイトがレンズ状に存在するのと，やや細粒の結晶質のドロマイトから構成されている。不透明鉱物は5－20μ程度の非常に微粒で形のはっきりしないものが多い。粗晶質ドロマイトの粒間を充填するように存在している。弱い褐鉄鉱化作用を受けた部分はあるが，鉛，亜鉛は認められていない。Pb，Zn値は20－30ppm前後を示し，45m付近でZn 328ppmを示すのが本孔の最高値であった（53103）。

(4)　107.4m－168.9m間は細粒から中粒結晶質ドロストンであり，一部に角礫化ドロストンを挟在する。白色ドロマイトの細脈（巾0.2－1cm）が，多数存在している。ここでの層理面はコアー方向に対し，50°－60°である。　Mg分析値，11.1－13.0％が示すように，ほぼ純粋なドロマイトから構成されているドロストンである。褐鉄鉱作用も弱く鉛，亜鉛の分析値も20ppm前後が多く極めて小さい。

(5)　168.9m－225.3m間はいわゆるゼブラ構造を有するドロストンが優勢である。一部に再結晶した角礫化ドロストンを挟在している。破砕されたコアが多く，層理面の方向は判り難いが，コアの方向に対し，およそ40°－70°である。ゼブラ構造の縞模様はこの層理面に斜交しており，不規則に曲折している。鏡下では，ゼブラ構造の白色部は粗大結晶（0.6㎜×1.8㎜）のドロマイトからなり暗灰色部は中粒結晶から構成されている。不純分は少く（Mg 11.1～13.0％）100－300μの玉髄質石英がごく僅か認められる。不透明鉱物は結晶粒子の細かいドロマイト中に僅かながら存在しており，不規則な形

状または微球状（２０－４０μ）で存在している。深度２００.８m付近から２１６m付近まで粘土化作用を蒙っており，褐鉄鉱化作用もみられる。鉛，亜鉛の分析値はいずれも小さい。

(6) ２２５.３m－２４３.７m間は暗灰色細粒－中粒結晶質ドロストンで，一部石灰質ドロストンを挟在する。方解石，ドロマイトの細脈が多数存在している。２４２m付近では黒色瀝青質泥質ドロマイトを挟在している。層理面の方向はコア方向に対し７０°である。

弱い褐鉄鉱化作用があり，鉛，亜鉛の分析値はいずれも小さい。変質作用は認められない。

(7) ２４３.７m－２５９.６m間は再結晶した角礫化ドロマイトが優勢であり，暗灰色中粒結晶質ドロストンから成る角礫を白色粗大結晶質ドロマイトが充填している。鏡下では，半自形ないし自形のドロマイトがモザイク組織を示し，１５－１５０μ大のやや粒度の小さい部分と２００－６００μ大の粒度の大きい部分があり，前者が角礫化ドロストン（暗灰色）後者が再結晶ドロマイト（白色）に相当する。若干の方解石，玉髄質石英が含まれている。不透明鉱物は非常に稀であるが２－２０μ大で，不規則な微球状の集合体であり，細粒のドロマイト中または結晶粒子間隙に存在する。

鉱化作用，変質作用ともにほとんどなく，鉛，亜鉛の分析値も非常に低い。

(8) ２５９.６m－２７１.２m間は暗灰色細粒シルト質ドロストンで，一部瀝青質石灰質ドロストンを挟在している。層理面はコア方向に対しおよそ７０°である。全体に弱い褐鉄鉱化作用を蒙っており，破砕化されている。鉛，亜鉛の分析値共に低い。

(9) ２７１.２m－２８５.１m間は再結晶した角礫化ドロストンが優勢である。一部ゼブラ構造が認められる。層理面はコア方向に対し４０°－５０°であるが角礫化の部分の方向は不明瞭である。変質作用は認められないが，２７９.８m－２８２.８m付近には，細粒の黄鉄鉱が，白色再結晶ドロマイト中に認められる。鉛，亜鉛の分析値は共に低い。

(10) ２８５.１m－３０２.１m（孔底）間は，暗灰色細粒結晶質ドロストンである。一部再結晶した角礫化ドロストンを挟在する。層理面はコア方向に対し，およそ５０°である。褐鉄鉱化作用，粘土化作用共に弱く，鉛，亜鉛の分析値は低い。

3－1－2 No.５３－ＭＪ２孔 （深度３００.０m）

(1) ０m－５４.７m間は，灰色細粒結晶質ドロストンで，一部ゼブラ構造を伴っている。この部分のコア採収率はやや悪く，またコアーはかなり破砕されているので，層理面は正確には判り難い。およそ６０°－７０°と推察される。

弱い褐鉄鉱化作用と粘土化作用を受けている。

鉛，亜鉛の分析値は共に低い。

(2) 54.7m－77.65m間はゼブラ構造を有するドロストンが優勢である。全般に破砕化を受けており，層理面の方向は判別できない。ドロマイトの結晶粒子はきわめて大きく，1－2mm大に達している。

ごく一部に砂質ドロストンを挟在している。

褐鉄鉱化作用はごく弱く，粘土化作用も僅か認められる。鉛，亜鉛の分析値は共に低い。

(3) 77.65m－84.7m間は黒色泥質ドロストンである。層理面はコア方向に対し50°である。多数の方解石細脈（巾0.1－0.5cm）が存在する。

弱い粘土化作用があるのみである。

(4) 847m－144.8m間は砂質ドロストンと礫岩質ドロストンの互層から成る。この礫岩質ドロストンの礫は泥質または細粒結晶質ドロストンの亜円礫，角礫で，径1cm－3cmである。その基質はやや粗晶質のドロマイトで，ドロマイトの結晶は大きくなっている。一部にゼブラ構造を伴い，再結晶した角礫化ドロストンも伴われる。層理面はコアの方向に対し，40°－70°である。鏡下では，粗晶質ドロストンである。不純な泥質の部分は，微晶のドロマイト，砕屑性の石英および玉髄質石英から構成されている。泥質部分の割合は面積比で全体の10－15%程度である。不透明鉱物は不規則な形状を示すが，微球状，立方体の結晶もみられる（サンプル番号53206）。鉱化作用，変質作用ともに微弱で，105m付近と135m付近で微粒の黄鉄鉱の鉱染が認められるのにすぎない。鉛，亜鉛の分析値は共に低い。

(5) 144.8m－181.2m間は暗灰色砂質ドロストンと泥質ドロストンの互層である。ごく一部に角礫化ドロストンを伴う。層理面はコアの方向に対し，50°－70°である。鏡下では，粗晶質ドロストンであり，ドロマイトは90%以上の割合を占めている。残り10%は非晶質物質，粘土鉱物，砕屑性石英および不透明鉱物から成り，不透明鉱物はその殆んどが黄鉄鉱である（53211）。この黄鉄鉱を除き，鉛，亜鉛などの鉱化作用はない。

(6) 181.2m－234.5mは黒色から暗灰色の泥質石灰岩，石灰質シルト岩である。両者は漸移的であり，かなり遷移質な部分もある。アンモナイト，二枚貝，石灰藻の破片などの化石を含んでいる。きわめて成層がよく，層理面はコアの方向に対し，50°－60°である。

鏡下ではペレットに富む生物微晶質方解石岩（Biomicrite）と呼べる。貝類の破片，腹足類（Gastropods）の粗晶質方解石と基質を構成しているペレット（φ150-450μ）状微晶質方解石から成り立っている。砕屑性石英も10%程度含まれる。不透明鉱物は細粒（5－100μ）で基質に散在しているが，一部脈状または不規則な集合体をしている

（５３２１５）。１９０ｍ－１９１ｍ間で黄鉄鉱が極端に濃集しており，１９０.６ｍのサンプルＺｎの分析値は１９,０８０㏙と最高値を示した。鏡下では微粒の閃亜鉛鉱（２０－５０μ）が黄鉄鉱の濃集部の周辺にわずかに認められた（５３２１３）。黄鉄鉱は，２００－５００μの自形を呈するが，微球状黄鉄鉱から成る集合体が，さらに重合した組織を呈している。

(7) ２３４.５ｍ－２７２.２ｍ間はきわめて成層のよい，黒色の石灰質シルト岩と石灰質砂岩である。燐骨質の部分もあるが，ここでは，化石は含まれていない。層理面はコア方向に対し，４５°－６５°である。２６０.３ｍ－２６６.０ｍ間で細粒の黄鉄鉱の鉱染が認められる。

(8) ２７２.２ｍ－３００.０ｍ（孔底）間は黒色シルト質石灰岩である。成層がよく，層理面の方向はコア方向に対し，５５°－７０°である。２８４ｍ－３００.０ｍ間できわめて微粒の黄鉄鉱の鉱染が認められた。鉛，亜鉛の分析値共に低い。

３－１－３　№５３－ＭＪ３孔　（深度３００.５ｍ）

(1) ０ｍ２.９５ｍ間は強く風化された淡黄褐色砂岩である。

(2) ２.９５ｍ－２２.２ｍ間は灰色細粒結晶質石灰岩である。砂質石灰岩も一部挟在する。層理面は明瞭でなく，コアの方向に対しおよそ７０°である。１７.３ｍ－２２.２ｍ間で化石帯を形成し腕足類，こけ虫，サンゴの破片などが濃集している。鉱化作用はなく，変質作用も認められない。

(3) ２２.２ｍ－５４.３ｍ間は泥質からシルト質石灰岩で腕足類の化石に富んでいる。層理面はコア方向に対し４０°－５０°である。弱い褐鉄鉱化作用があるのみで，鉛，亜鉛の分析値も５０－３００㏙前後である。

(4) ５４.３ｍ－１０４.５ｍ間は灰色細粒結晶質，泥質石灰岩である。上部はやや化石に富み，腕足類，ウニ類の破片，貝形類（Ostracod），針骨（Spine）を含んでいる。

鏡下では砕屑性粗晶質方解石岩（Detrital Sparite）で，約２５％砕屑性の石英を含んでいる。方解石は粗晶質で，半自形－他形を呈し，集合している。径２－５μの微晶質方解石は粗晶質方解石をうめて，非晶質物質，粘土鉱物，不透明鉱物などとともに存在している。

５８.７５ｍ，７１.１ｍ，８４.３ｍの３ヶ所で方鉛鉱粒が粗晶質方解石中に肉眼で認められたが，いずれも分析値は低く，Ｐｂ６００㏙前後の値であった（５３３０４，５３３０５）。

(5) １０４.５ｍ－１３４.６ｍ間は泥質，シルト質の石灰岩である。一部に腕足類等の化石を含む。層理面はコア方向に対して４０°－５０°である。

鏡下では化石砕屑粗微晶質方解石岩（Bioclasparmicrite）と呼べる岩石で，方解石は約７５％の割合を占め，残りは砕屑性石英，非晶質物質，粘土鉱物などから構成されて

いる。一部に石灰藻の破片を含んでいる。１２３.１ｍに方鉛鉱の微弱な鉱染が認められるが，鉛分析値は１５８ppmであった。

(6) １３４.６ｍ－１４２.８５ｍは暗灰色砂質石灰岩である。下部にこけ虫，石灰藻遺骸（Algal debris），腕足類の殻を含む。やや弱い褐鉄鉱化作用が認められる。

(7) １４２.８５ｍ－１４９.５５ｍ間は灰色細粒結晶質石灰岩である。層理面は明瞭でなく，弱い褐鉄鉱化作用がある。

(8) １４９.５５ｍ－１６２.３ｍ間は化石に富む泥質からシルト質石灰岩である。化石は腕足類，こけ虫類の破片，殻が多く，１５７ｍ付近は特に濃集している

(9) １６２.３ｍ－２０５.６ｍ間は灰色細粒石灰岩で，一部結晶質になっている。層理面ははっきりしないが下部で，コアの方向に対し，１５°－５０°である。弱い褐鉄鉱化作用があり，１８４ｍ付近で粘土化作用が認められる。

(10) ２０５.６ｍ－２０６.６ｍ間は灰褐色砂質ドロストンである。

(11) ２０６.６ｍ－２４２.８ｍ間は灰色細粒石灰岩で，一部シルト質石灰岩を挟在する。層理面はコア方向に対し２０°－３０°である。微弱な褐鉄鉱化作用が認められる。

(12) １２４.８ｍ－２４３.５ｍ間は灰褐色のドロストンである。

(13) ２４３.５ｍ－２６６.０ｍ間は，褐灰色－灰色，砂質石灰岩である。層理面はコア方向に対し，１５°－４０°である。

弱い褐鉄鉱化作用が認められる。

(14) ２６６.０ｍ－２９８.３ｍ間は強い褐鉄鉱化作用を蒙った灰色中粒結晶質ドロマイト質石灰岩である。層理面はコア方向に対し，２０°－３０°である。肉眼的には鉛・亜鉛鉱物は認められなかったが，Ｚｎ値2,２１０ppmを示すところがあった。（５３３１８）

２７９ｍ，２８４ｍ付近で黄鉄鉱の鉱染が認められた。

(15) ２９８.３ｍ－３００.０ｍ（孔底）間は黒色泥質石灰岩，灰色細粒砂質石灰岩である。

３－２　層序対比およびまとめ

地質調査，トレンチ調査，１９７７年までの調査結果などによる詳細な層序対比については第Ⅰ部第２章でなされている。ここでは本年度の試錐孔岩芯がどの部層，層準に相当するかについてのみ述べる。

３－２－１　№５３－ＭＪ１孔，№５３－ＭＪ２孔

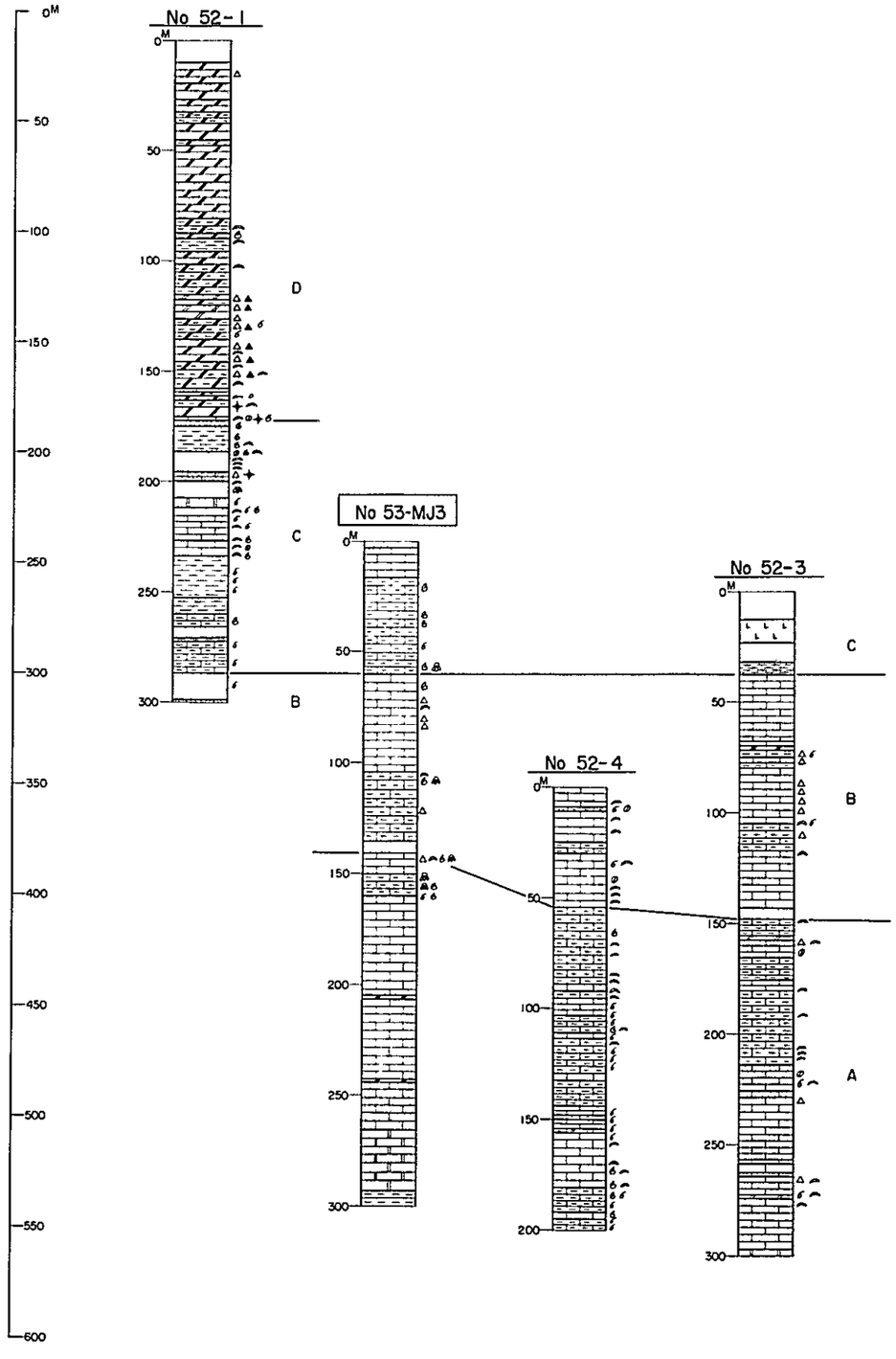
Tambo Maria地域のこれら２本の試錐孔岩芯はすべてPucara層群第Ⅲ層に対比できる（Fig. Ⅱ－２）。１９７６年に発見されたTambo Maria鉱徴露頭と同層準のゼブラ構造を有するドロストンは，これら２孔においてそれぞれ２６０ｍ，１７５ｍ付近で捕捉されてはいる

が，鉱徴は認められなかった。またNo.５３－ＭＪ２孔で，下盤の泥質岩中に微弱な閃亜鉛鉱の鉱染（Ｚｎ １９,０８０ppm）が認められただけで，これら２孔では鉛・亜鉛鉱徴はまったく認められなかった。

３－２－２　No.５３－ＭＪ３孔

San Roque 地域で実施されたこの試錐孔はすべて，Pucara層群の第Ⅳ層に対比される。さらに細分すれば第Ⅱ部３－１－３，(1)～(9)で述べた岩相が，前述（第Ⅰ部第２章，２－３－１）のＡ層，Ｂ層，Ｃ層に相当する。すなわち(7)～(9)の石灰岩を主としドロストンを挟在する部分がＡ層，(4)－(6)の泥質－砂質石灰岩がＢ層，(1)－(3)の石灰岩がＣ層に対比される。

鉱徴は鉛鉱染の微弱なものが認められただけで前述（第Ⅰ部第５章）の鉱染型に属する。



LEGEND

- Limestone
- Muddy limestone
- Sandy limestone
- Sandy dolomitic limestone
- Dolomitic limestone
- Calcareous dolostone
- Dolostone
- Muddy dolostone & Silty dolostone
- Sandy dolostone & Dolomitic sandstone
- Sandstone
- Muddy sandstone
- Shale & Siltstone
- Igneous rock
- A,B,C,D Submember

FOSSILS

- Algal debris or Coral fragments
- Bryozoan or Gastropods
- Foraminifera or Microfossil
- Bivalves
- Brachiopods
- Echinoids

MINERALIZATION

- Galena
- Sphalerite

Fig. II-1. Columnar Section of the Drill Holes in the San Roque Area

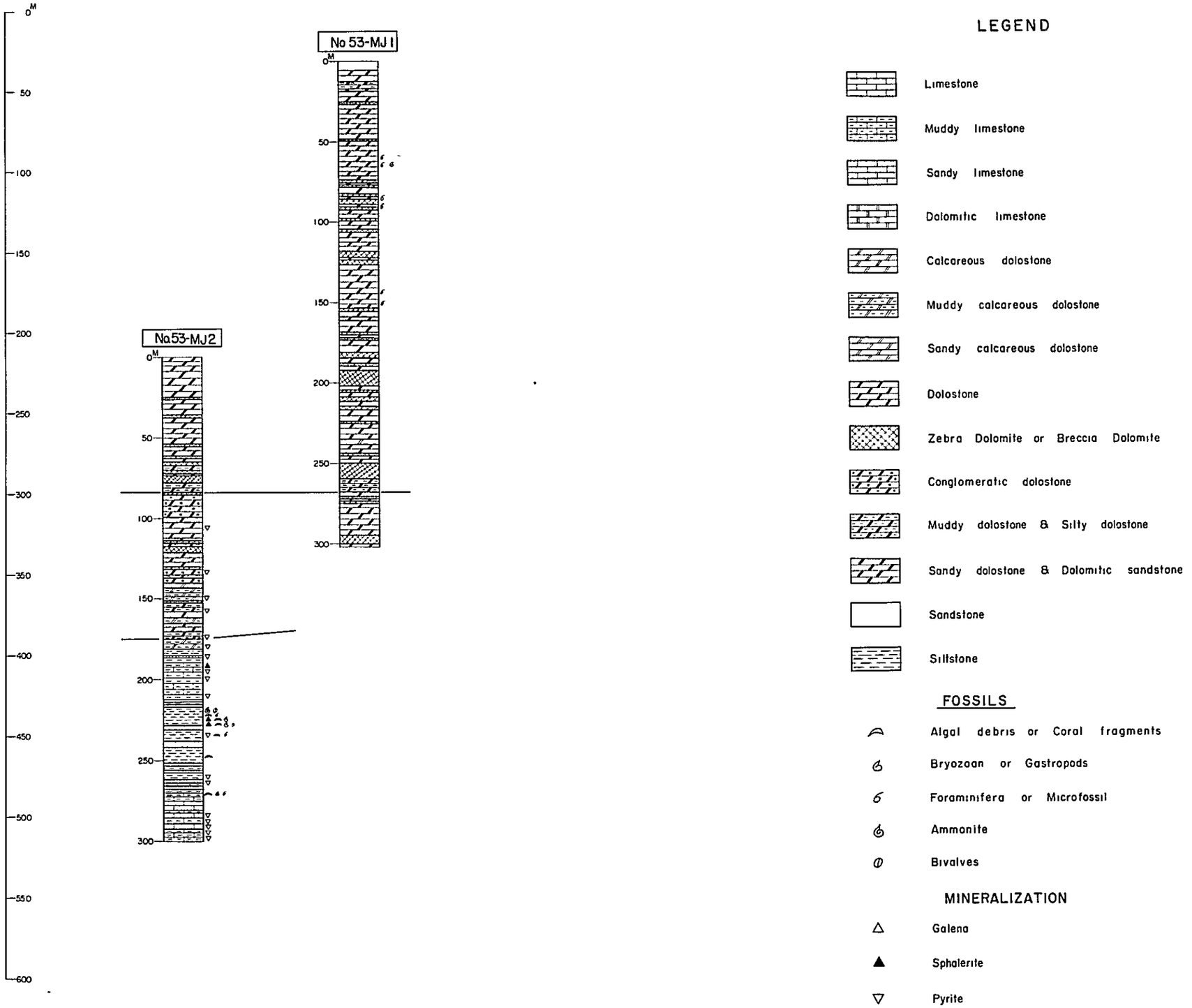
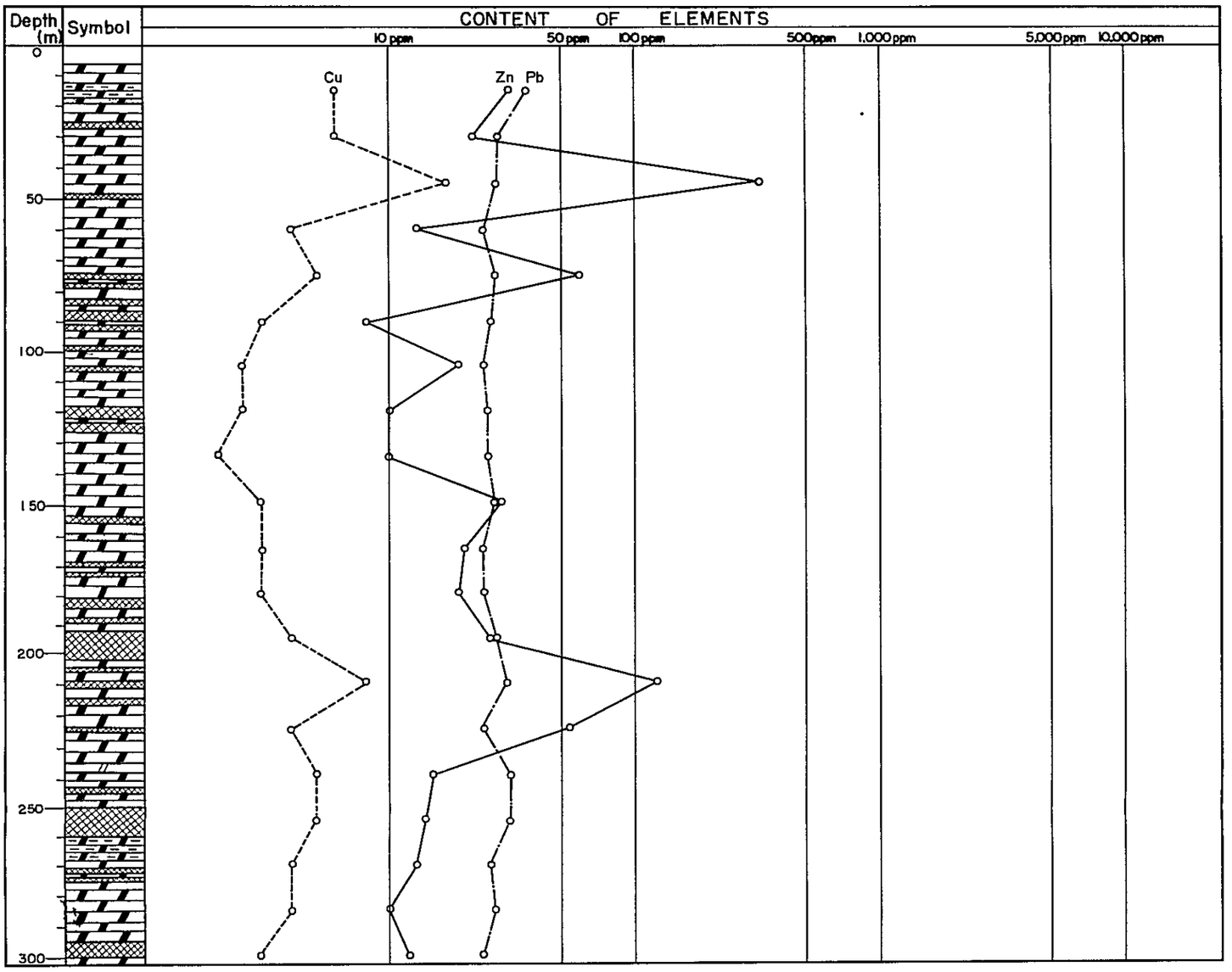
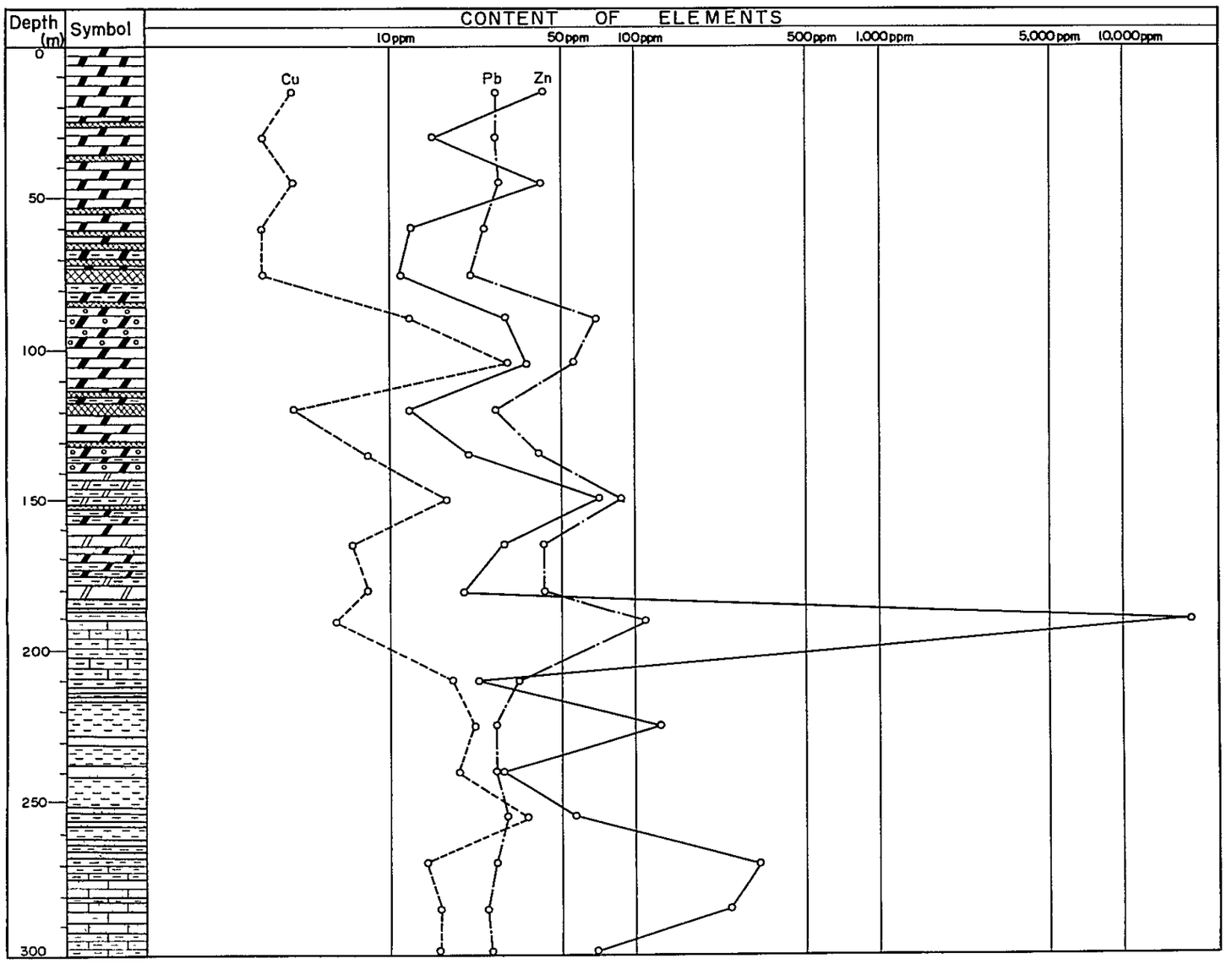


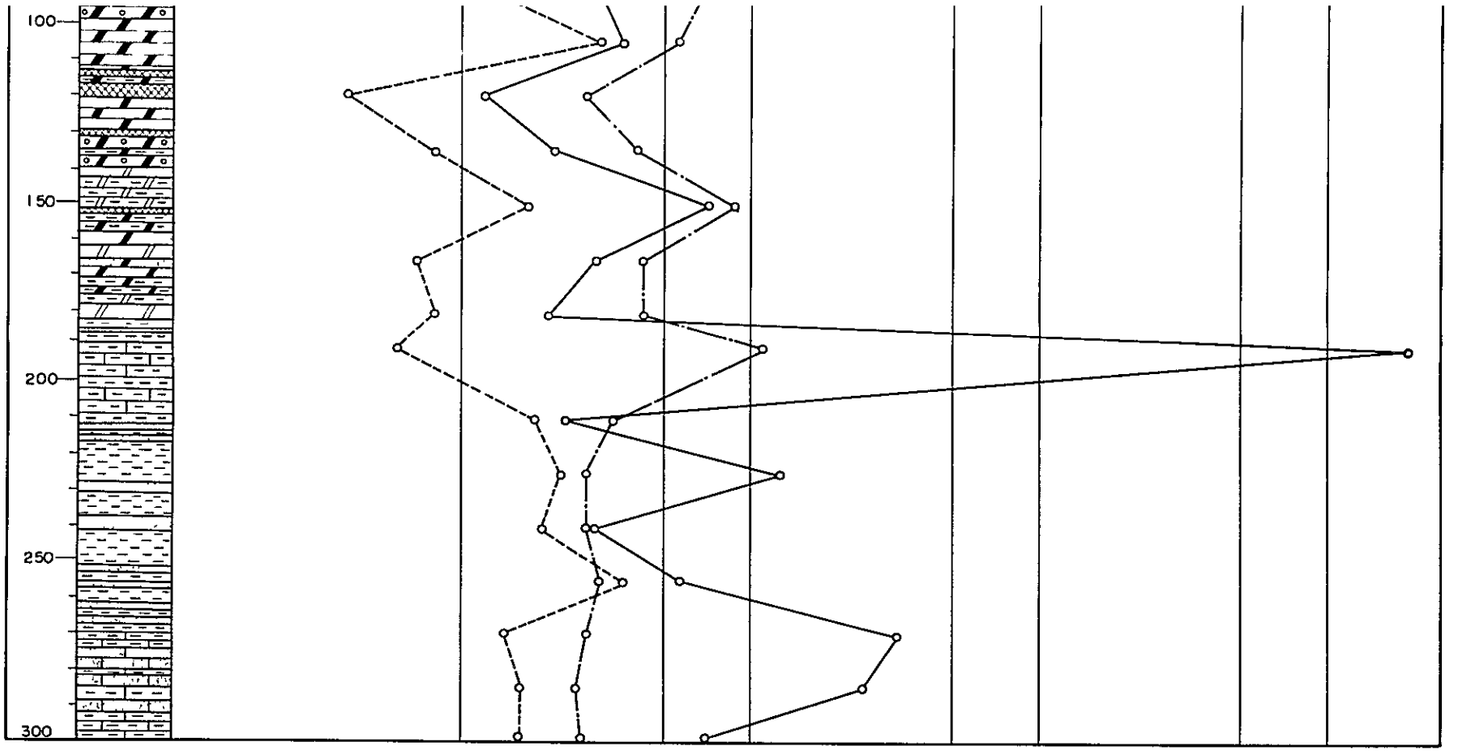
Fig. II-2. Columnar Section of the Drill Holes in the Tambo Maria Area

No. 53 – MJ 1

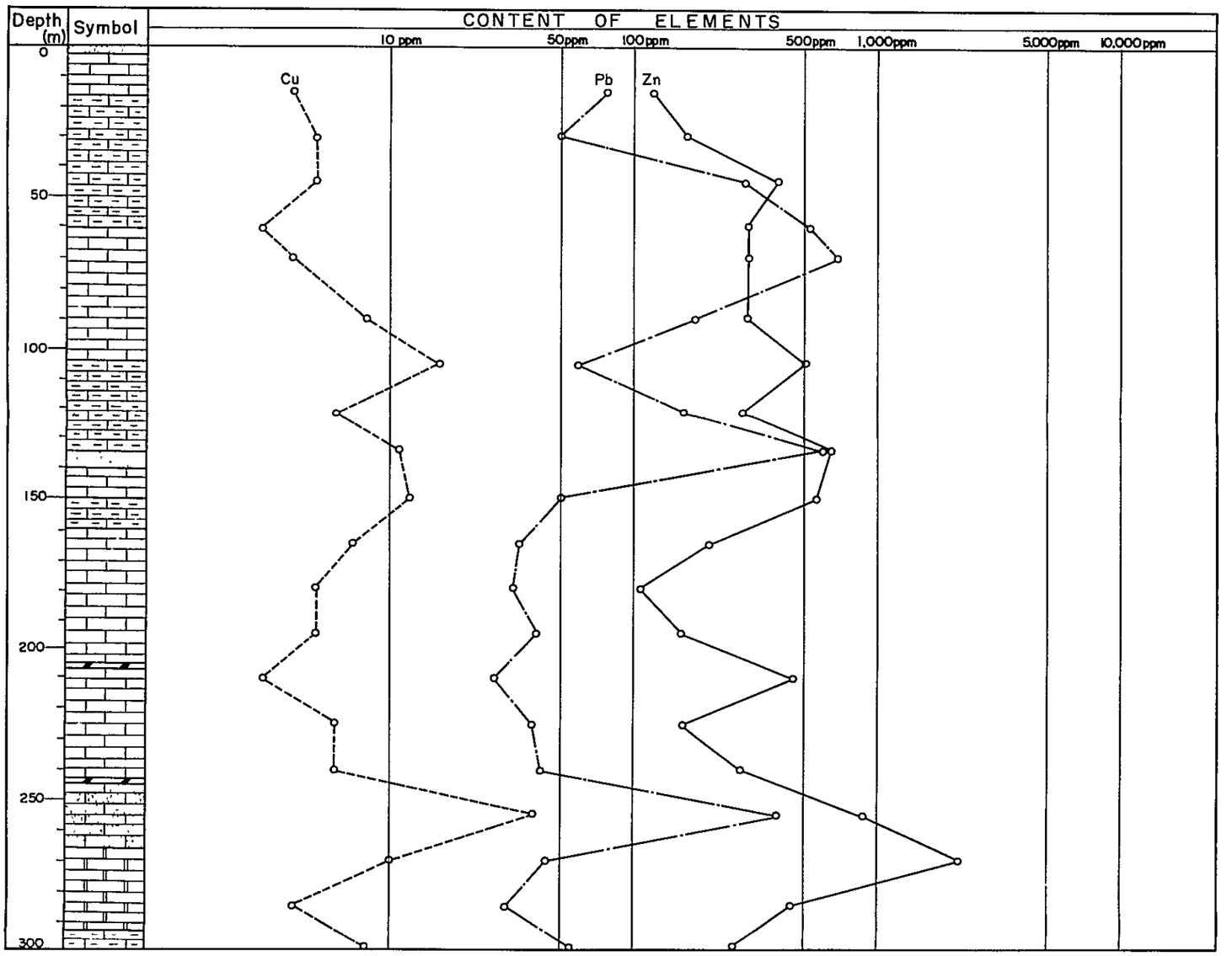


No. 53 – MJ 2





No. 53 – MJ 3



Geological Symbol

- Limestone
- Muddy limestone
- Sandy limestone
- Dolomitic limestone
- Muddy calcareous dolostone
- Sandy calcareous dolostone
- Calcareous dolostone
- Dolostone
- Zebra Dolomite or Breccia Dolomite
- Conglomeratic dolostone
- Muddy dolostone
- Sandy dolostone
- Sandstone
- Siltstone

Fig. II-3. Copper, Lead and Zinc content of each Drill Hole