NO. 18

615
66.1
MPN
LIBRARY

正　誤　表

頁	行	誤	正
1	上から10行	Albian統	Albian階
VI	上から13行	鉱化期前の	古期の
2	上から　6行	約15kmの	約11kmの
6	上から　5行	特徴的非対称	特徴的に非対称
8	下から　3行	薄層の	薄層理の
10	上から　2行	石英岩	石英安山岩
11	上から　7行	前述するように	後述するように
11	上から　7行	形成され	もたらされ
11	上から11行	上述岩片	後述岩片
12	上から　2行	新規の	新期の
12	上から15行	発達する一番の	発達する一対の
14	上から19行	壁開面	劈開面
20	上から14行	輝安銀鉱	輝安銅銀鉱
22	上から　4行	物鉱染	物質染
25	上から　1行	方解石脈と	方解石脈を
26	下から　1行	ゆう兼石	ゆう廉石
27	下から　2行	0 0 1～0 0 2	001～002mm
31	上から21行	赤鉄鉱鉱化	赤鉄鉱化
32	上から11行	間填めた	間を填めた
32	上から18行	黒色岩質物	黒色炭質物
36	上から　4行	水長石	氷長石
37	上から　7行	鉄別	識別
37	下から　1行	緑泥石作用	緑泥石化作用
38	上から16行	層理沿って	層理に沿って
38	上から21行	室内試難結果	室内試験結果
39	上から　1行	珪化もみられ	珪化もみられる
41	上から　5行	黄鉄鉱を	黄鉄鉱と
41	下から　3行	含鉄硫化鉄鉱物	含鉄硫化鉱物
42	上から　3行	燐片状	鱗片状
42	上から　5行	黄鉄鉱鉱仮像	黄鉄鉱仮像
44	上から　1行	示ものと	すものと
49	上から12行～13行	初初生硫化鉱	初生硫化鉱
52	上から11行	類帯配列	累帯配列
52	下から　6行	高銀化試料	高銀比試料
54	上から14行	れ，比較的	れた比較的
71	上から　3行	整型	整形
72	下から　6行	様の異常が	様な異常か
87	下から　2行	胚循する	胚胎する
88	上から　3行	鉱区標織	鉱区標識

メキシコ合衆国北部地区
鉱物資源開発基礎調査
報　告　書

（第Ⅳ年次）

1979年2月

国際協力事業団
金属鉱業事業団

JICA LIBRARY
1052748[9]

国際協力事業団
受入月日 '85. 3. 12 | 615
登録No. 11139 | 66.1
MPN

はしがき

日本国政府はメキシコ合衆国政府の要請に応え，同国コアウィラ州北西部の鉱物資源賦存の可能性を確認するため，地質等の調査を実施することとし，この調査を国際協力事業団並びに金属鉱業事業団に委託した。

本調査は昭和５０年度から４年間にわたって実施され，本年度はその最終年度として清川求氏を団長とする調査団を昭和５３年６月２５日から１１月１０日まで現地に派遣した。現地調査はメキシコ政府関係機関の協力を得て予定通り完了した。

本報告書は５３年度に実施した地質調査，物理探査及び試錐探査の結果をとりまとめたものである。なお４年間にわたる調査結果は総括報告書として別途印刷されることになっている。

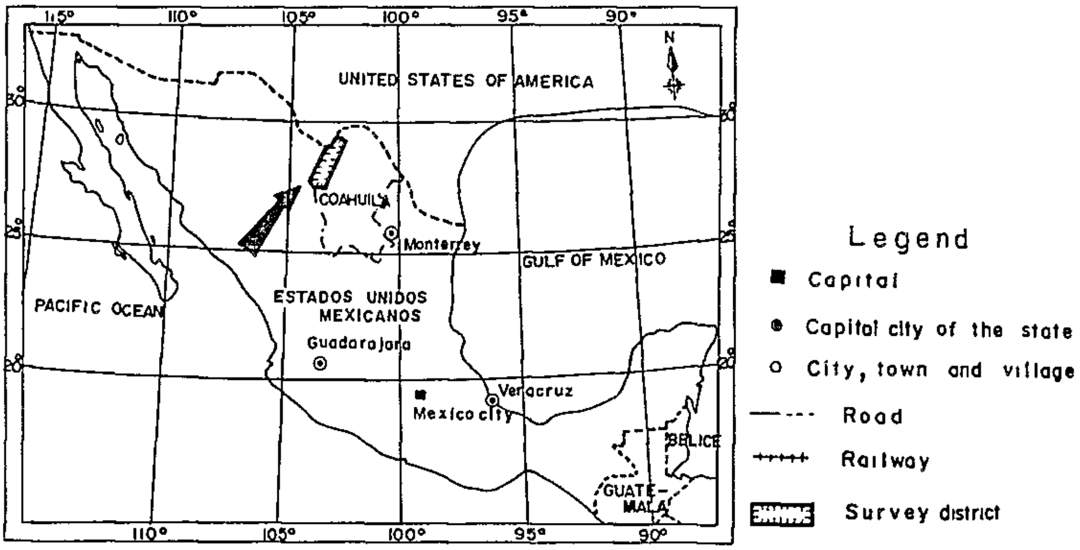
本調査の実施にあたって御協力をいただいたメキシコ合衆国政府ならびに，通商産業省，外務省，現地日本大使館及びその他関係各位に対して衷心より感謝の意を表する次第である。

昭和５４年２月

国際協力事業団
総裁　法眼晋作

金属鉱業事業団
理事長　西家正起

Fig.1 LOCATION MAP OF THE PROJECT DISTRICT



ACCESSIBILITY MAP

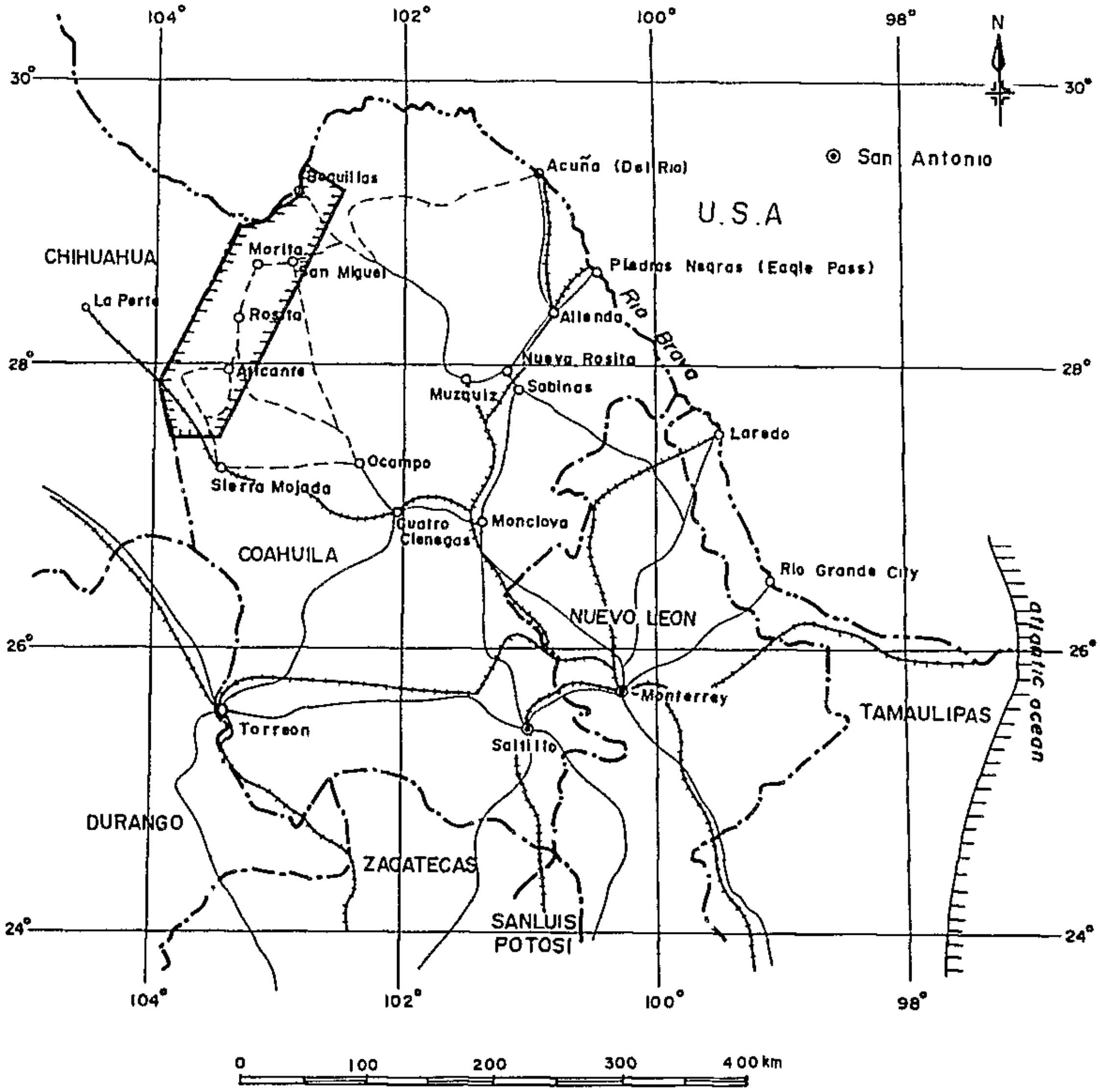
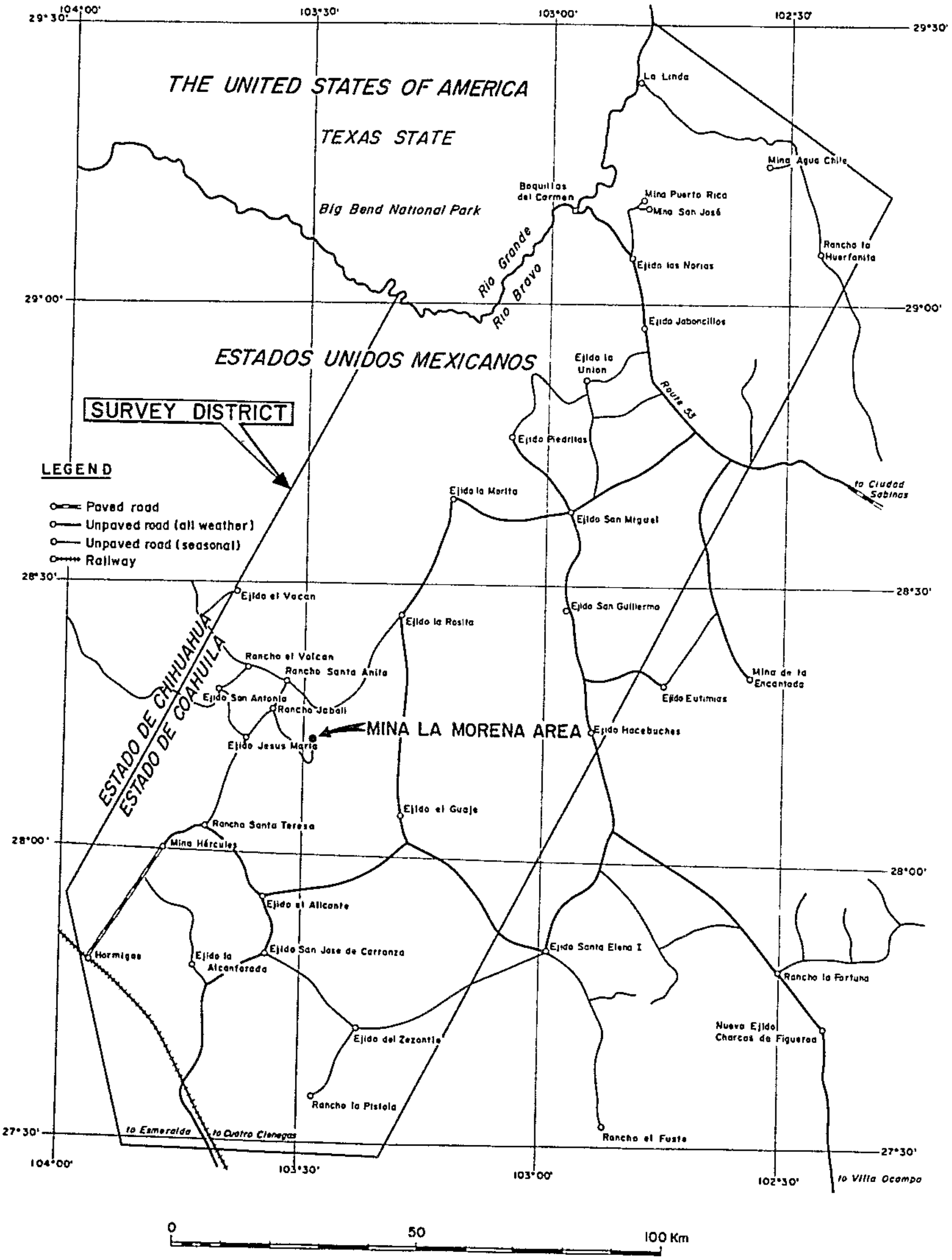


Fig.2 LOCATION MAP OF THE SURVEY AREA



要　　約

第Ⅰ～Ⅲ年次の調査結果にもとづいて，鉱床賦存の可能性が高いとして選出されたMina la Morena地区の La Diana鉱山周辺において，本年次に 6.25 km²の地質特別精査，34.9 line-kmのＩＰ法電気探査，延べ１２４0.90 m の試錐探査が実施された。その結果，本地区の地質・構造・鉱化作用など，鉱床に関連する多くの事実が明らかにされ，また，本地区における鉱化作用の経済的評価を主目的とする今後の探鉱にとって，重要と考えられる幾つかの問題点が浮び上がってきた。その概要は次のとおりである。

〔地質および鉱床〕

本調査地区は，４５～３５×１０⁶放射年代（第三紀始新世中期～漸新世前期）に主褶曲期を迎えた Laramide 造山運動によって形成された Sierra la Morena 山脈の複背斜構造の南西翼部に発達する窪地状地形異常部に位置し，下部白亜系 Albian統に属する石灰質堆積岩からなるAurora層が地区全域にわたって分布している。

Aurora層は Laramide造山運動の主褶曲期の影響やその後の構造運動・貫入火成活動の影響を受けており，褶曲や断裂構造が良く発達している。

Aurora 層を貫いて，新第三紀に潜頭性の酸性貫入岩が貫入し，周辺の石灰質堆積岩に熱変成を与えている。熱変成帯は，内側から含スカルン鉱物再結晶帯・糖晶質再結晶帯・微晶質再結晶帯の順に，中心が南東に偏心した偏心同心円状に累帯配列している。

前記の潜頭貫入火成岩の貫入末期に，広域的な運動があったと推定され，上記熱変成帯中に新期の断裂構造が形成され，これに沿って貫入火成活動末期の熱水性鉱化作用がもたらされたと推定される。

鉱床および鉱徴は，Aurora 層石灰質堆積岩中に発達する主として NE－SW 系の裂か・断層・破砕帯等の断裂構造を充填交代した比較的優勢な鉱脈型のもので，一部で層理や泥質岩に規制されてマント状の富鉱部を形成することがある。これらの鉱脈は，銀および銅に富み，鉛に乏しい特徴があり，熱水性含銀銅鉱脈型鉱床と呼べるもので，本プロジェクト地域内の鉱脈型鉱床の大部分が鉛に富むなかで特異な鉱化相を示す。

鉱床および鉱徴の分布範囲は，熱変成帯およびその外縁から外側に９００ m以内で，分布頻度や規模には，熱変成帯の分布との相関がみられ，また，鉱質の分布には，超高銅比鉱化帯（Cu/Zn＞3）・高銅比鉱化帯（Cu/Pb+Zn≧1）・高亜鉛比鉱化帯（Cu/Pb+Zn＜1）の累帯配列があり，超高銅比鉱化帯は鉱化された絹雲母石英岩の近傍に分布する。この鉱床の累帯配列の分布と前記の熱変成帯の分布は，斜交した関係にある。

有意な金属含有量（Ag≧１００ g/t，Cu・Pb・Zn≧0.1％）を示す鉱石の大部分は熱変成帯中

に分布し，このうち銅や亜鉛の高い品位（各々1％以上）を示す鉱石の多くが上記の高銅比鉱化帯中に分布する。

これらの鉱石は，半乾燥気候帯特有の酸化性環境下で著しく酸化されており，地表では主に酸化鉄に富む酸化鉱として産出し，地下では深さ300 m以深にまでその影響がみられ，酸化鉱が多いが，鉱体中の微細な裂かまで石膏によって充填されたところでは，初生硫化鉱が残存していることもある。酸化鉱のなかには，地表近くの浅成富化を受けたものや著しく溶脱されたものもあるが，概して浅成作用による主要金属元素の二次移動は小さいと考えられる。

〔残された問題点〕

これまでの地質調査・試錐・物理探査によって見い出された鉱床および鉱徴の全ては，Aurora層の石灰質堆積岩中に発達する断裂を充填交代した熱水性鉱脈型（一部マント状）鉱床であるが，本地区の深部には，本プロジェクト地域の大部分の含銀鉛亜鉛鉱床が賦存し，鉱化作用にとって何らかの好ましい条件を備えていると考えられるCupido層や，多孔質で，かつ，いちじるしく泥質岩に富むLa Peña 層が伏在していることから，両層とくにCupido層中に富鉱部が形成されている可能性が充分考えられる。しかし，現在の段階では上記両層中の鉱化状況は全く不明で，その良否は本地区の鉱床の経済的評価にとって極めて重要な鍵となっている。また，潜頭貫入火成岩は，本地区の鉱化作用の重要な規制要因であると推定されるにも拘らず，地質調査及び試錐によって確認された範囲では，潜頭貫入火成岩によるスカルン化作用は，Aurora層準では極めて微弱で，スカルン期の揮発性成分の大部分がLa Peña層を帽岩としてその下位のCupido層中でほとんど消費され，そこに鉱床を伴うスカルンを形成している可能性が考えられ，その解明が今後の重要な課題として残されている。

〔今後の探鉱〕

今後の探鉱に際しては，Aurora層中では絹雲母石英岩の分布と鉱化状況を明らかにし，また，既知鉱体の下部の状況を確認するために，(1)含スカルン鉱物再結晶帯下部・(2)熱変成帯東部・(3)同北東部のNE2〜4の鉱脈および鉱化帯・(4)同北部のN4鉱化帯・(5)Pの分極率異常等に重点を置いた試錐探鉱を実施するのが好ましい。

La Peña層およびCupido層の探鉱のためには，La Diana鉱区標識周辺のKaul単元の分布地区が深度的に有利であると判断され，深さ約300 mでCupido層上面に到達し得ると考えられる。さらに南西方の鉱化帯では試錐深度は600〜800 mが必要である。

これらの探鉱にあたっては，潜頭貫入火成岩・熱変成帯・鉱化帯・絹雲母石英岩等の数々の鉱化に関連した構造が北西〜北北西に傾斜する可能性があることや，本地区の鉱床と本地区北方のLa Morena鉱山・El Refugio鉱山等の鉱床が同一の鉱化作用によってもたらされた可能性が高いこと等を考慮する必要があると考えられる。また，鉱体の方向性の確認等のために，

試錐孔を利用した流電電位法による物理探査等も併用するのが好ましい。

目　　　　　次

はしがき
プロジェクト地域位置図
調査地区位置図
要　　約
目　　次

序　　　　　論

1. 調査目的 ………………………………………… 1
2. 調査地区選定理由 ………………………………………… 1
3. 調査地区概要 ………………………………………… 1
4. 調査内容・調査期間・調査方法 ………………………………………… 2
5. 調査員 ………………………………………… 4
6. 謝　辞 ………………………………………… 5

各　　　　　論

第Ⅰ部　地　質　調　査

第1章　地質概要 ………………………………………… 6
第2章　地質および構造 ………………………………………… 7
　2－1　白亜系 ………………………………………… 7
　2－2　貫入岩 ………………………………………… 10
　　(1)　粗粒玄武岩 ………………………………………… 10
　　(2)　石英粗面岩 ………………………………………… 10
　　(3)　伏在貫入火成岩 ………………………………………… 10
　　(4)　絹雲母石英岩 ………………………………………… 11
　2－3　構　造 ………………………………………… 12
第3章　変成・変質および鉱化作用 ………………………………………… 14
　3－1　変成作用 ………………………………………… 14

(1) 熱変成帯の分布と変成鉱物 …… 14
(2) 熱変成帯の累帯配列 …… 14
3－2 変質作用 …… 14
3－3 鉱化作用 …… 15
(1) 熱変成帯北部 …… 15
(2) 熱変成帯北東部 …… 17
(3) 熱変成帯東部 …… 18
(4) 含スカルン鉱物再結晶帯 …… 20
(5) 熱変成帯南西部 …… 20
(6) 熱変成帯南部 …… 22
第4章 試錐孔の地質および鉱床 …… 23
4－1 各孔の地質および構造 …… 23
4－1－1 ＤＤＨ－Ｍ１孔 …… 23
4－1－2 ＤＤＨ－Ｍ２孔 …… 25
4－1－3 ＤＤＨ－Ｍ３孔 …… 29
4－1－4 ＤＤＨ－Ｍ４孔 …… 32
4－1－5 ＤＤＨ－Ｍ５孔 …… 33
4－2 試錐孔における変成・変質および鉱化作用 …… 36
4－2－1 変成作用 …… 36
(1) ＤＤＨ－Ｍ１・ＤＤＨ－Ｍ２・ＤＤＨ－Ｍ５孔 …… 37
(2) ＤＤＨ－Ｍ３孔 …… 37
(3) ＤＤＨ－Ｍ４孔 …… 37
4－2－2 変質作用 …… 37
(1) 熱変成帯での変質 …… 37
(2) 非変成部での変質 …… 38
4－2－3 各孔の鉱化作用 …… 38
(1) ＤＤＨ－Ｍ１孔 …… 38
(2) ＤＤＨ－Ｍ２孔 …… 40
(3) ＤＤＨ－Ｍ３孔 …… 44
(4) ＤＤＨ－Ｍ４孔 …… 45
(5) ＤＤＨ－Ｍ５孔 …… 45

第5章　方解石およびスカルン鉱物と鉱化作用 ……………………………… 48
5－1　方解石と鉱化作用 ……………………………………………… 48
5－2　スカルン鉱物と鉱化作用 ……………………………………… 48
第6章　浅成作用 ………………………………………………………… 49
第7章　主要金属元素比分布と鉱床の累帯配列 ………………………… 50
7－1　主要金属元素比とその分布 …………………………………… 50
7－1－1　地表試料の主要金属元素比とその分布 ………………… 50
7－1－2　岩芯試料の主要金属元素比とその分布 ………………… 51
7－1－3　硫化鉱に富む試料の主要金属元素比 …………………… 51
7－2　鉱床の累帯配列……………………………………………………… 52
7－3　鉱床の累帯配列と鉱石品位 …………………………………… 52
第8章　鉱床の地質構造規制 ……………………………………………… 54
8－1　鉱化期前の断裂構造による構造規制 ………………………… 54
8－2　熱変成帯および潜頭貫入火成岩による構造規制 …………… 54
8－3　新期の断裂構造による構造規制 ……………………………… 54
第9章　考　　察…………………………………………………………… 55

第Ⅱ部　物理探査（IP法電気探査）

第1章　調査概要 ………………………………………………………… 56
第2章　調査要項 ………………………………………………………… 57
2－1　調査要項 ………………………………………………………… 57
2－2　測線および測点配置 …………………………………………… 57
2－3　調査数量 ………………………………………………………… 57
2－4　測線設定 ………………………………………………………… 58
第3章　測定方法 ………………………………………………………… 59
第4章　測定結果の解析 ………………………………………………… 60
4－1　平面解析 ………………………………………………………… 60
4－1－1　分極率平面図の解析 ……………………………………… 60
4－1－2　見掛比抵抗平面図の解析 ………………………………… 64
4－1－3　見掛金属ファクター平面図の解析 ……………………… 66
4－2　断面解析 ………………………………………………………… 68

第５章　ＩＰシミュレーション …… ６９
第６章　岩石標本の比抵抗測定 …… ７１
第７章　調査結論 …… ７２

第Ⅲ部　試　錐　探　査

第１章　調査要項 …… ７３
１－１　目　的 …… ７３
１－２　試錐位置選定理由 …… ７３
１－３　工　法 …… ７４
１－４　人員と班編成 …… ７５
１－５　使用資機材 …… ７５
１－６　岩芯の鑑定・分析・保管 …… ７５
１－７　通信連絡 …… ７６
１－８　工　程 …… ７６
第２章　試錐作業 …… ７７
２－１　設営作業 …… ７７
２－１－１　事前準備 …… ７７
２－１－２　搬入・設営 …… ７７
２－２　移設作業 …… ７７
２－３　撤収作業 …… ７８
２－４　岩芯採取率と孔壁維持 …… ７８
２－５　試錐用水の確保 …… ７９
２－６　掘進作業 …… ７９
２－６－１　ＤＤＨ－Ｍ１孔 …… ７９
２－６－２　ＤＤＨ－Ｍ２孔 …… ８１
２－６－３　ＤＤＨ－Ｍ３孔 …… ８３
２－６－４　ＤＤＨ－Ｍ４孔 …… ８４
２－６－５　ＤＤＨ－Ｍ５孔 …… ８４
第３章　考　察 …… ８５

第Ⅳ部　結　　論

第1章　結　論 ……………………………………………………………… 87
第2章　今後の探鉱……………………………………………………………… 87

LIST OF ATTACHED SHEETS

PART I GEOLOGICAL SURVEY

PL I-1	Sample location map		1:5,000
PL I-2-(1)	Geological map (SW)		1:2,000
PL I-2-(2)	Geological map (NE)		1:2,000
PL I-3	Geological profiles		1:2,000
PL I-4-(1)	Vein map (SW)		1:2,000
PL I-4-(2)	Vein map (NE)		1:2,000
PL I-5	Interpretation map		1:5,000

PART II GEOPHISICAL SURVEY (IP SURVEY)

PL II-1	Location map of IP survey lines and points		1:5,000
PL II-2	Map of chargeability	n=1	1:5,000
PL II-3	"	n=2	1:5,000
PL II-4	"	n=3	1:5,000
PL II-5	"	n=4	1:5,000
PL II-6	Map of apparent resistivity	n=1	1:5,000
PL II-7	"	n=2	1:5,000
PL II-8	"	n=3	1:5,000
PL II-9	"	n=4	1:5,000
PL II-10	Map of apparent metal factor	n=1	1:5,000
PL II-11	"	n=2	1:5,000
PL II-12	"	n=3	1:5,000
PL II-13	"	n=4	1:5,000
PL II-14	IP profiles (L-A, B, C, O)		1:5,000

PL II-15	IP profiles (L-1, 2, 3, 4)	1:5,000
PL II-16	" (L-5, 6, 7, 8)	1:5,000
PL II-17	" (L-9, 10, 11, 12)	1:5,000
PL II-18	" (L-13, 14, 15, 16)	1:5,000
PL II-19	" (L-17, 18, 19, 20)	1:5,000
PL II-20	Results of IP model calculation (L-A, 6, 8, 11, 17)	1:5,000
PL II-21	Interpretation map of IP survey	1:5,000

PART III DIAMOND DRILLING

PL III-1	Location map of diamond drillings	1:5,000
PL III-2-(1)	Geological log of drill holes (DDH-M1, DDH-M2, DDH-M3)	1:2,000
PL III-2-(2)	Geological log of drill holes (DDH-M4, DDH-M5)	1:2,000

LIST OF APPENDICES

PART I GEOLOGICAL SURVEY

- APX. I-1 Geological sketches
- APX. I-2 Chemical analyses of surface ore samples
- APX. I-3-(1) Microscopic observations of thin sections of surface samples
- APX. I-3-(2) Photomicrographs of thin sections of surface samples
- APX. I-4-(1) Microscopic observations of polished sections and electron probe microanalyses of surface samples
- APX. I-4-(2) Photomicrographs of polished sections, secondary electron images and characteristic X-ray images of surface samples
- APX. I-4-(3) Qualitative analyses of ore minerals of surface samples by electron probe microanalyzer
- APX. I-5-(1) Detected minerals by X-ray diffractions from surface samples
- APX. I-5-(2) Charts of X-ray diffractions of surface samples
- APX. I-6 Chemical analyses and X-ray diffraction data of natrojarosite
- APX. I-7 K-Ar datings and whole rock chemical analyses

PART III DIAMOND DRILLING

- APX. III-1 Chemical analyses of drill core samples
- APX. III-2-(1) Microscopic observations of thin sections of drill core samples
- APX. III-2-(2) Photomicrographs of thin sections of drill core samples

APX. III-3-(1)	Microscopic observations of polished sections and electron probe microanalyses of drill core samples
APX. III-3-(2)	Photomicrographs of polished sections, secondary electron images and characteristic X-ray images of drill core samples
APX. III-3-(3)	Qualitative analyses of ore minerals of drill core samples by electron probe microanalyzer
APX. III-4-(1)	Detected minerals by X-ray diffractions from drill core samples
APX. III-4-(2)	Charts of X-ray diffractions of drill core samples

序　論

序　　論

1. 調 査 目 的

1975以来進められてきた本プロジェクトは，最終年度にあたる第Ⅳ年度目を迎えた。

今年度における調査の主目的は，第Ⅰ年次から第Ⅲ年次にわたる調査の結果を総合して有望地区の第一順位に挙げられた Mina la Morena 地区の La Diana 鉱化帯を含む熱変成帯の地質的位置づけと，鉱床の規模および性状の確認を図り，その開発の可能性の有無を考察することにある。

2. 調査地区の選定理由

第Ⅰ～Ⅲ年次の調査によって本プロジェクト地域内には，含銀鉛亜鉛鉱床・鉄鉱床・蛍石鉱床あるいは金銀鉱床等が多数分布することが明らかにされ，それらの地質的位置づけ，規模，性状等が考察され，また，その開発状況等が調査された。

これらの調査結果を綜合して第Ⅲ年次に要探鉱地区として選出された8地区中，比較的優勢な鉱化作用や変質・変成作用がみられ，潜頭性鉱床賦存の可能性が考えられながら組織的な探鉱が殆んどなされていない本地区，El Volcan 鉱山周辺の熱変成帯および Sierra de Cruces 地区南部の熱変成帯等が上位に順位づけされた。このうち，とくに高い銀や銅の露頭品位を示し，その調査結果の他地区へ及ぼす波及効果が高いと考えられる本地区が，今年度の調査対象地区として選出された。

3. 調 査 地 区 概 要

〔位置・交通〕本地区は，Table G－1 に示す1～4の4点を結んだ面積 6.25 ㎢を有する矩形の地域で，プロジェクト地域南西部の Sierra la Morena 山脈中に位置している。

Table G-1　Location of the survey area

Corner	UTM Coordinates	
	E	N
1	649,690	3,124,286
2	647,295	3,125,892
3	645,944	3,123,903
4	648,344	3,122,284

調査地北方および西方を，Ejido la Rosita から Rancho Santa Anita • Rancho el Jabali および Ejido Jesus Maria を経て Hércules 鉱山に至る道路が走っており，Ejido la Rosita から車で約2時間半，Hércules 鉱山から車で約1時間半で調査地最寄りの Rancho el Jabaliに到着できるが，道路は狭く悪路が多く，雨天時には通行不能となる。調査地最寄りの Rancho el Jabaliから調査地までは，本調査のために造成された幅員4 m 延長約15 kmの道路によって車で約30分で到達し得る。

〔地形・植生〕 本地区は，Sierra la Morena 中央北部に位置し，殆んどの部分は，Sierra la Morena 複背斜の南西翼のケスタ上にある。地形は中央部の窪地状低地，その周辺をとりかこんで分布する比高最大約200 mの比較的急峻な山々および地区北東端部の，ケスタ受盤特有の，比高約300 mの急崖によって特徴づけられる。

植生は，半乾燥地特有の棘の多い矮性豆科のかん木・龍舌らん属の植物・はまびし科の常緑かん木・サボテン類などの疎な群落からなっている。

4. 調査内容・調査期間および調査方法

本年度の調査は，地質調査・物理探査および試錐からなっており。その作業量・現地調査期間およびそれに従事した技師数をTable G－2に，また，室内試験内容およびその数量をTable G－3に示す。

なお，これらの現地作業に先立って，調査地区およびその周辺の道路造成あるいはベースキャンプ用木造家屋（床面積50 m²）の建築等が実施された。

Table G-2　Type, quantity and term of the field works

Type of works	Quantity	Term	Member	
			Japanese	Mexican
Geological survey	6.25 km^2	Jun. to Dec., 1978	4	4
Geophysical survey (I.P.method)	34.9 line-km	Jun. to Aug., 1978	1	2
Diamond drilling	1240.90m, 5 holes	Jul. to Nov., 1978	3	2
Road construction	11.0 km	Jun. 1978		
House construction	1 house (50m^2)	Jun. 1978		

Table G-3 Laboratory examinations

<table>
<tr><th colspan="2" rowspan="2">Type of examination</th><th colspan="5">Quantity</th><th rowspan="2">Place of work</th></tr>
<tr><th colspan="2">Geological survey</th><th>Geophysical survey</th><th colspan="2">Diamond drilling</th></tr>
<tr><td colspan="2">Chemical analysis of ore sample</td><td colspan="2">104 samples
680* elements</td><td>-</td><td colspan="2">94 samples
746** elements</td><td>Japan and Mexico</td></tr>
<tr><td colspan="2">Whole rock chemical analysis</td><td colspan="2">2 samples</td><td>-</td><td colspan="2">-</td><td>Japan</td></tr>
<tr><td colspan="2">Microscopic observation of thin section</td><td colspan="2">27 samples</td><td>-</td><td colspan="2">25 samples</td><td>Japan</td></tr>
<tr><td colspan="2">Microscopic observation of polished section</td><td colspan="2">16 samples</td><td>-</td><td colspan="2">17 samples</td><td>Japan</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Electron probe micro-analysis</td><td>spot analysis</td><td rowspan="3">6 samples</td><td>22 spots</td><td rowspan="3">-</td><td rowspan="3">9 samples</td><td>18 spots</td><td rowspan="3">Japan</td></tr>
<tr><td>line scanning</td><td>3 lines</td><td>-</td></tr>
<tr><td>characteristic X-ray image</td><td>2 scenes</td><td>2 scenes</td></tr>
<tr><td colspan="2">K-Ar age determination</td><td colspan="2">2 samples</td><td>-</td><td colspan="2">-</td><td>Japan</td></tr>
<tr><td colspan="2">X-ray powder diffraction</td><td colspan="2">5 samples</td><td>-</td><td colspan="2">8 samples</td><td>Japan</td></tr>
<tr><td colspan="2">Measurement of resistivity and frequency effect</td><td colspan="2">-</td><td>23 samples</td><td colspan="2">-</td><td>Japan</td></tr>
</table>

Note: * Includes 183 elements reanalized.
** Includes 166 elements reanalized.

地質調査は，100m毎に設定された物理探査測線とその延長およびその中間に設けられた測線沿いに，縮尺に1：1000で実施され，重要な露頭についてはスケッチも行われた。その結果は，地表調査の際に実施された簡易測量にもとづいて作成された縮尺1：2,000地形図の1：1,000拡大図に整理され，最終的に縮尺1：2,000の地質図としてまとめられた。

物理探査としては，時間領域法によるIP法電気探査が，測線数23本・予定測線長1.5km・測線間隔100m・測点間隔100m・電極配置ダイポール－ダイポール・電極隔離係数n＝4で実施され，その結果は第Ⅲ年次に作成された縮尺1：5,000地形図上にまとめられた。

試錐は，利根TGM－5A試錐機を用い，オールコアリングワイヤライン工法によって5孔が掘穿され，その総掘進長は1240.90mに達した。

5. 調　査　員

本年度調査のための計画と折衝，および，現地調査に参加した調査員は下記の通りである。

a．調査計画策定および折衝

末森　満	（国際協力事業団）	
金野　雄	（金属鉱業事業団）	
沢田賢治	（金属鉱業事業団）	
原田幸雄	（金属鉱業事業団メキシコ駐在）	
清川　求	（住鉱コンサルタント株式会社）	

b．現地調査団

日本側

団長	清川　求	（住鉱コンサルタント株式会社）	全般総括
（地質調査担当）			
団員	宮島　弘	（住鉱コンサルタント株式会社）	
団員	阿部昭夫	（住鉱コンサルタント株式会社）	
団員	佐藤哲男	（住鉱コンサルタント株式会社）	
（物理探査担当）			
団員	小川孝雄	（住鉱コンサルタント株式会社）	
（試錐担当）			
団員	安宅久雄	（住鉱コンサルタント株式会社）	
団員	菊地末吉	（住鉱コンサルタント株式会社）	

メキシコ側

Guillermo P. Salas	（CRM局長）	全般総括
José L. Lee Moreno	（CRM特別研究部部長）	プロジェクト責任者
Mauricio de la Fuente de Deutch	（CRM物探部長）	プロジェクト補佐
Gustavo Camacho Ortega	（CRM広域調査部課長）	プロジェクト補佐
（地質調査）		
Panfilo Sanchez Alvarado	（CRM広域調査部）	Sabinas事務所長
Hector Perez Martinez	（CRM）	技師
Gerardo Gonzalez Faustino	（CRM）	技師
Miguel A. Olvera Cano	（CRM）	技師

（物理探査）

Gilberto Paredes R. （CRM 物探部） 技師

Mario Alvear Vigueras （CRM 物探部） 技師

Jesus Garcia Pineda （CRM 物探部） 技師

（試錐）

Javier R. Rodoriguez Hernandez （C.R.M. Sabinas 事務所）

Eligio Arellano Vasques （CRM Sabinas 事務所）

6. 謝　　辞

本調査の実施にあたっては，国際協力事業団による専門家派遣の一環として，現在メキシコ合衆国鉱物資源局にて御活躍中の工業技術院地質調査所竹田英夫博士から，多大なる御指導・御援助をいただいた。ここに明記して深謝の意を表する次第である。

また，調査地区最寄りの Hércules 鉄鉱山鉱山長 Esteban Lerma, R. 氏からは，調査実施中種々御便宜をいただいた。ここに厚く御礼申し上げる。

各　　論

第I部　地　質　調　査

第Ⅰ部　地質調査

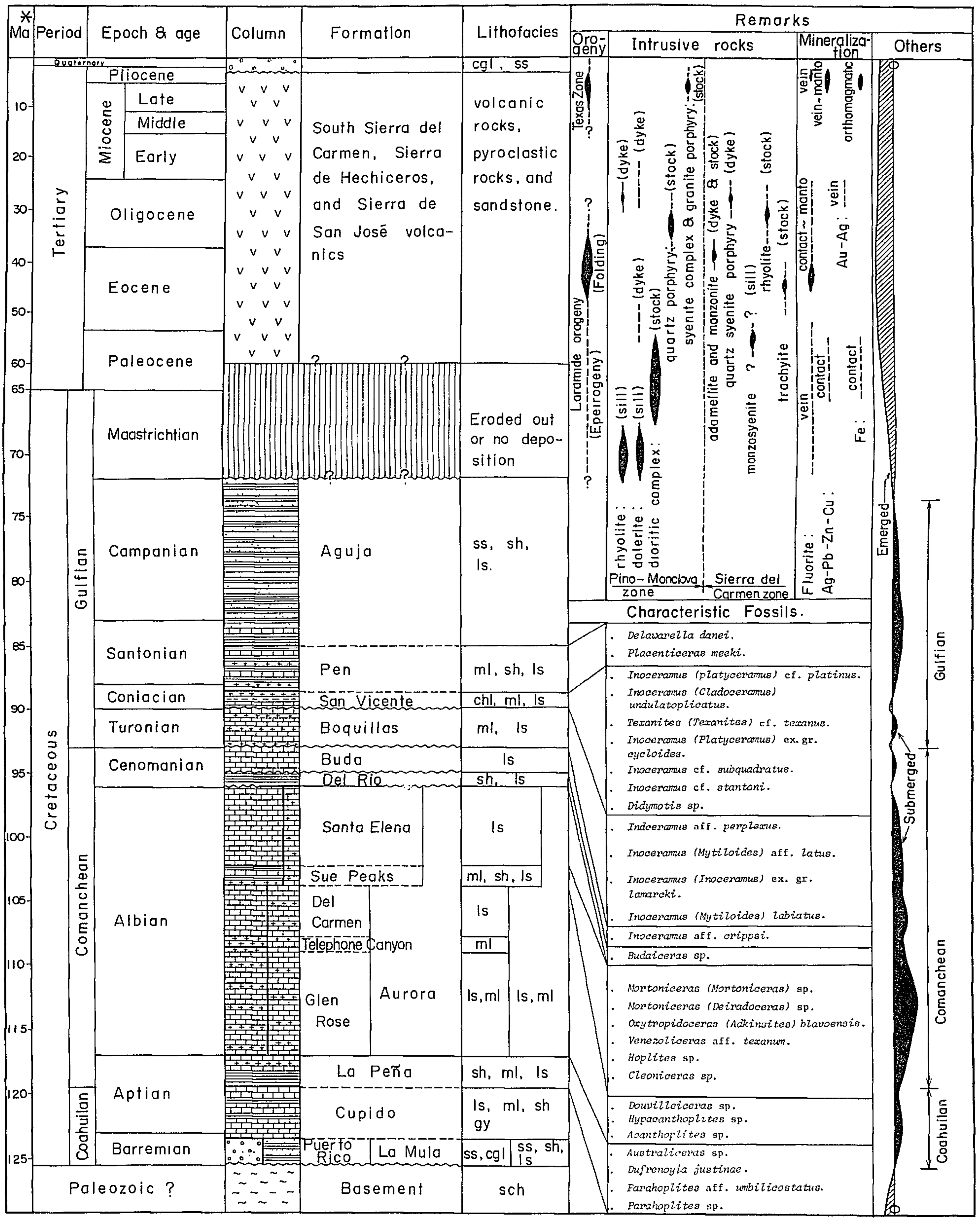
第1章　地質概要

本プロジェクト地域は，Nevada造山運動の後に劣地向斜として生じたメキシコ地向斜の北東部に位置するジュラ紀末期のSabinas Bayの北部にあたり，古生界と考えられる低変成結晶片岩を基盤とし，これを傾斜不整合で覆う石灰質堆積岩に卓越した白亜系が全域にわたって厚く分布しており，さらに，第三紀に入って一部に火山岩類が活動した地域で，白亜紀末期から古第三紀にかけては，Laramide造山運動の影響下にあり，特徴的非対称褶曲を伴う褶曲山脈やこれに伴われた褶曲断層により地塊化し，さらに新第三紀に入ってからはTexas Zone の影響を受けて地塊化した地域である。これらの造山運動や火山活動に伴われて白亜紀末期から第三紀末期にかけて，多種多様の岩質や産状を示す火成岩が貫入しており，とくに地域北部に多く貫入している。これらの構造運動や貫入火成活動によって形成された断裂系やドーム構造等は，しばしば蛍石鉱化作用・含銀鉛亜鉛鉱床・金銀鉱床あるいは鉄の鉱化作用に好適な場を提供しており，多様な産状や鉱種の鉱山や鉱徴地が多数地域内に分布している。これらをFig. Ⅰ－1模式柱状図にまとめた。

本年度の調査地区は，上記プロジェクト地域の南西部に位置しており，周辺には広範囲に厚い白亜系が分布するほか，地区北方にSierra de Hechiceros 火山岩類下部に属する第三系火山岩類が分布している。本地区周辺の白亜系は，Coahuila統に属する砂岩が優勢なLa Mula 層および蒸発残留岩相の堆積物や浅海相を示す石灰岩を特徴としたCupido層，ならびにComanche統に属し，Ammoniteを多産し泥質岩に富むLa Peña 層，浮遊性有孔虫に富むAurora層，泥質岩に富みAmmoniteを産するSue Peaks 層，淡灰色塊状石灰岩を特徴とするSanta Elena層，Inoceramusを多産し泥質岩に富むDel Rio 層および暗灰色石灰岩に富みInoceramusを産するBuda 層に分けられる。なお，Gulf 統に属する地層としては，同統下底部をなすBoquillas 層が山麓部に狭い分布を示すにすぎない。

本調査地区およびその近傍は，比較的貫入火成活動に乏しい地区でSierra la Morena山脈中には粗粒玄武岩岩脈が数条確認されているにすぎないが，地区東北東約10kmのCerro Blancoには35×10^6年の放射年代を示す石英斑岩岩株が露出している。なお，地区内には比較的規模の大きな再結晶帯が分布し，その下部に酸性貫入岩の伏在が予想されており，その活動時期は中新世末期～鮮新世と推定されている。また，地質構造的に本地区およびその周辺は，第Ⅱ年次に分類されたPino-Monclova 地帯に属し，Laramide造山運動によって形成されたNW－SE系褶曲構造および衝上性褶曲断層が発達しており，褶曲の主なものはSierra la Morenaをなす同名の複背斜構造（調査地区はこの南西翼部に位置する）や，その南西方に

Fig. I-1 Schematic geological column of the survey district



Remarks : cgl : conglomerate, ss : sandstone, sh : shale, ls : limestone, ml : marl, chl : chalk, sch : schist

*: Different time scales are used for Tertiary (Hardenbol & Berggren, 1976) and for Cretaceous (Armstrong & McDowall, 1977).

分布するPalo Blanco向斜があり，褶曲断層の主なものとして本地区北方のケスタ地形受け盤側急斜面下部にMina la Morena断層やEl Refugio断層がある。これらのNW−SE系断層のほかに，転位量や変形量は比較的小さいが多数のNE−SW系の小断層や褶曲が認められる。

本地区周辺には，今回の調査対象となったLa Diana鉱山周辺の鉱徴のほかに，上記衝上性断層沿いに分布するLa Morena鉱山やEl Refugio鉱山付近に鉱脈型の鉱床が分布している。

第２章　地質および構造

２−１　白　亜　系

本地区内に分布する白亜系は，Comanche統に属する下部白亜系のAurora層で，貫入岩としては小規模な粗粒玄武岩岩脈が露出している。なお，地区中央部を占める地形上窪地では，Aurora層石灰岩は再結晶化し，一部にスカルン鉱物を伴う熱変成帯が生じており，その下部には酸性貫入岩の分布が予想される。

(1)　Aurora層

本層は石灰岩に卓越した地層で，本地区内では約837m+の層厚が得られ，岩相上，下位から上位に向ってKauI〜KauXVの15単元に分けられたが，地質断面図上ではKauIの下位にさらに約150mのAurora層が分布すると推定され，これを一括してKau 0とした。なお，以上の区分は，泥灰岩や石灰質泥岩の量比，石灰岩の成層状況，地質構造等を勘案して分けられたものであるが，酷似する岩相を有する各単元の地表での追跡は，地区中央部に再結晶帯が分布することや，小断層による転位があるために非常に困難であった。

Kau 0単元は，層厚約150mと推定されるが，Sierra la Morena北側の急斜面中腹部にのみ露出し，地区内には露出しないためその岩相は明らかでないが昨年度調査結果では，中〜薄層理の発達した暗灰色石灰岩を主としているが，上部では泥灰質となり泥灰岩薄層も伴っている。

Kau I 単元は，層厚約40mと推定され，その上部が地区南東部の分水嶺の南西斜面中腹に窓状に露出する。本単元下部は，上記分水嶺南東斜面では急崖をなし，主に灰色厚〜中層理石灰岩からなるが，上部はやや緩傾斜な中層理灰色石灰岩を主とし，泥灰岩の薄層を挾有している。

Kau II 単元は，約10mの層厚を有し上記分水嶺南西側斜面に露出する。比較的厚層理の発達した灰色石灰岩からなり，再結晶帯や鉱化帯の近傍では灰褐色を呈する。過崖性の地層で良くその分布が追跡される。

Kau III 単元は，約24mの層厚を有し，窓状に分布するKau I およびKau II とともに

上記分水嶺南西斜面上部および裾に分布する。本単元は，後述するⅣ単元のなす急崖の下にあり，露出の少ない緩斜面をなし，主に薄層理の発達した暗灰色泥灰岩および石灰質頁岩からなり，薄層理灰色石灰岩を伴っている。再結晶帯あるいは鉱化帯近傍では褐色を呈し，著しい酸化鉄による汚染を受けている。

Kau Ⅳ 単元は，層厚約 125 m と推定され，調査地区中央部を NW−SE 方向に縦貫する断層以東に広く分布している。本単元は，厚層理の発達した塊状灰色石灰岩で特徴づけられ，とくに下部の層理が厚く，急崖をなすことが多い。スティロライト構造も伴われている。一方，上部の層理は下部に較べてやや薄く，やや丸味を帯びた山稜を有する山をなしている。層理面は一般に凹凸の多い不規則な形状を有している。地区中央部を占める熱変成帯部での本単元は，白色塊状糖晶質石灰岩からなり，多くの酸化鉄鉱脈や緑色銅を伴う方解石・石英細脈によって切られている。

Kau Ⅴ 単元は，約 12m の層厚を有し地区中央，北部および南部に地塊化しながら帯状に分布する。本単元は主に薄層理の発達した暗灰色泥灰岩からなり，石灰質頁岩や石灰岩薄層を挟有しているが，本単元およびその下部が巨晶方解石によって交代されていることもあり，その周辺あるいは再結晶帯中では全体に褐色の酸化鉄による汚染を受けている。

Kau Ⅵ 単元は，約 63m の層厚を有する 主に中〜厚層理灰色石灰岩からなる地層で，調査地北部,Base Camp 周辺およびその南東に分布する。造崖性の地層で階段状の地形を作るが，上部には薄い泥灰岩も伴われており，Base Camp 周辺では白色糖晶質石灰岩に変っている。

Kau Ⅶ 単元は，層厚約 7 m で地区北部，中央部および中央南部に分布がみられる。主に泥灰岩からなる浸蝕に対する抵抗性の低い単元で，一般に露出は少ない。地区北部では，しばしば本単元およびその周辺に層状の産状を示す比較的小規模な赤鉄鉱化した黄鉄鉱脈が分布しているほか，Base Camp 南方では本単元が粗粒方解石によって交代されている。

Kau Ⅷ 単元は，約 155 m の層厚が推定される暗灰色石灰岩を主とした地層で，地区北部の向斜部，Base Camp 北北西の NW−SE 方向に連なる山並みの北東斜面中腹部および地区南部の山腹斜面に良く露出しており，やや急な斜面をなしている。本単元は，中〜厚層理の発達した暗灰色石灰岩から主になっており，少なくとも 3 回の厚層理石灰岩から中層理石灰岩への繰り返しが認められ，中層理部には少量の泥灰岩が挟まれている。

Kau Ⅸ 単元は，層厚約 35m の泥灰岩に優勢な地層で，Base Camp 北北西の山並みの北東斜面中上部に良く露出するほか，これから南東方向に地塊化した分布がみられ地形的には風化や浸蝕に対する抵抗性が低く，緩斜面をなす。薄層理暗灰色泥灰岩を主とし，薄層の発達した石灰質頁岩や暗灰色石灰岩を伴っている。地表には赤鉄鉱化した粒径 1 mm以下の黄鉄鉱鉱染や微粒黄鉄鉱のクロット状集合が伴われている。地区中央部の地形上窪地をなす再結晶帯の南

に分布する本層準およびその下部には巨晶方解石が生じており，また全体に酸化鉄汚染を強く受けて褐色になっている。

Kau X 単元は，層厚約 85m と推定され地区南西部に主に分布する。厚～中層理暗灰色石灰岩を主とした造崖性の地層で，少なくとも2回以上の厚層理石灰岩から中層理石灰岩への移り変りが繰り返されており，中層理石灰岩部には薄い泥灰岩も伴われている。1㎜内外の粒度を示す堆積性起源のサイコロ状黄鉄鉱や微粒黄鉄鉱のクロット状集合も観察されるが，地表部ではこれらは全く赤鉄鉱に変質している。また，小管状生痕や Miliolids が少量伴われている。

Kau XI 単元は，層厚約6mの薄層理の発達した暗灰色泥灰岩および石灰岩薄層からなる地層で，地区南西部に分布する。

Kau XII 単元は，約45mの層厚が推定される主に暗灰色石灰岩からなる地層で，中～厚層理が良く発達している。主に地区南西端に分布する。

Kau XIII 単元は，約15mの層厚が推定される地層で，地区南西端に主に分布しており，主に暗灰色泥灰岩からなり，石灰岩中～薄層も挟まれている。地区南西端に分布する。

Kau XIV 単元は，層厚約 50m と推定され，主に厚～中層理暗灰色石灰岩からなり，地区南西端に分布する。

Kau XV 単元は，調査地南端に局所的に分布するため，その層厚は明らかでないが地区内には厚さ約 15mの本単元が分布している。主に暗灰色石灰岩からなっている。

以上のように分類されたKau 0～Kau XV単元は，既に触れたように陸源細粒砕屑物と生物起源の遠洋性石灰質堆積物との量比および成層状況を主なる鍵とした岩相区分として分類されたものであるが，偶数単元は石灰岩を主とし，奇数単元は泥灰岩や石灰質頁岩等の陸源細粒砕砕物に富む堆積岩を主としており，偶数単元から奇数単元に漸移的に移行する。このサイクルの厚さは 35m～70m程度で，50m 前後のものが多い。また，Kau 0 から Kau I にかけて，および Kau VIII からKau XV にかけての Aurora 層は比較的陸源細粒砕屑物に富む傾向があり，Kau II から Kau VII にかけての Aurora 層は生物源遠洋性堆積物に富む傾向を有している。このような現象は，Aurora 層が堆積した環境は比較的安定した外洋性のものと考えられるに拘らず，プロジェクト地域北部に分布する Glen Rose 層にみられるような陸源細粒砕屑物を供給する後背地の周期的変化のうちの長周期の影響や，あるいは Aurora 層堆積環境の長期的変化があったことを表わしているものと推定される。

なお，本地区に分布する Aurora 層は化石に乏しく小量の Bivalvia sp，小管状生痕，Miliolids 等を産するのみで，時代を決定するに足る大型化石は認められない。

2−2 貫 入 岩

本地区内には，粗粒玄武岩脈が2箇所に，石英岩が1箇所に貫入している。このほか，地区中央部の再結晶帯下部に酸性貫入岩の伏在が予想されており，また，試錐によって火成岩と推定される絹雲母石英岩が見い出された。

(1) 粗粒玄武岩

本岩は，Base Camp 南西の1595.8m丘南東約30mおよび同丘北方約 150mの小丘東にそれぞれ小規模なNS方向の岩脈として貫入している。幅は共に1m以内で，最も延長の追跡される1595.8m丘北方約 150 mの小丘東のものは延長約 180 mにわたって連続が認められたが，もう一つのものは 10m内外しか追跡されていない。これら二つの岩脈の岩質は酷似しており，肉眼的に弱い炭酸塩化を受けた灰色斑状の火成岩で，鏡下では斑晶として変質斜長石および緑泥石や炭酸塩鉱物によって交代された橄欖石や輝石仮像を含み，石基はアルカリ長石の外套を伴う斜長石，変質輝石および不透明鉱物からなる間粒状組織を有する変質橄欖石・輝石粗粒玄武岩である。変質鉱物として絹雲母，緑泥石，炭酸塩鉱物，酸化鉄および石英が生じているほか，二次的に小量の黒雲母が生じており，鉱化作用に伴われる熱水変質のほかに後述する伏在する貫入岩による熱変成を受けたことを示している。

比較的新鮮な1595.8m丘南東の岩脈から採取した試料のK−Ar放射年代は 20×10^6 年を示しているが，炭酸塩化作用や珪化作用を受けており，また熱変成の影響も考えられ，実際の年代はこれより古い可能性が高い。

(2) 石英安山岩

本岩は，Base Camp の北西約 450 mの小丘鞍部に NW−SE 方向の小岩脈として露出している。肉眼的には灰白色を呈する流理構造の認められる斑状岩で，石英，斜長石，角閃石等の斑晶が認められる。鏡下では，斑晶として石英・斜長石・カリ長石・角閃石および磁鉄鉱が認められ，長石は一部絹雲母化している。角閃石は核部が酸化角閃石，イディングス石や緑泥石に変化しており，結晶外縁はオパサイト化している。石基は弱い流理構造を示し，短冊状斜長石・燐灰石・微粒磁鉄鉱およびガラスからなり，ガラスは著しく脱玻璃し，石英−斜長石に変っている。二次鉱物として少量の炭酸塩鉱物や石英が生じている。含角閃石石英安山岩である。

比較的新鮮な外観を有し，勢変成を受けていないと推定されるが，その貫入期は明らかでない。

(3) 伏在貫入火成岩

第Ⅲ年次調査によって，本地区中央部に分布する熱変成帯の下部に，中新世末期〜鮮新世にかけての時期に貫入したと考えられる酸性貫入岩の伏在が予想された。周辺地区の貫入岩体（Sierra de Cruces 複合岩体，El Volcan 花崗斑岩体，Cerro Chalio 複合岩体，Cerro

la Vasca複合岩体，Cerro de Minerva 複合岩体など）に伴われる再結晶帯・スカルン帯の水平幅が通常250 m以内であることから，本地区においても再結晶帯・スカルン帯が分布する地表面から貫入岩頂部までの深度は 250 m以内であると予想された。しかし，今回の調査では，地表では勿論，最大深度302.25mの5孔の試錐によっても本岩に着岩しなかった。

したがって，本岩に伴う再結晶帯・スカルン帯は側方に対するよりも，上方に向って著しく発達していると考えられるに至った。

前述するように，当地域の鉱化作用は，この伏在する貫入岩による熱水作用によって形成されたと考えられ，また本岩は鉱床分布あるいは主要な金属元素分布に重要な規制要因をもたらしていると考えられるが，上述した理由によって鉱化作用に対する直接の関係を把握することができなかった。しかし，第Ⅰ年次に実施された空中磁気探査では殆んど異常を示さないことや上述岩片が著しく珪長質であることから，花崗岩質なものと予想される。本岩によって形成された熱変成帯中に分布する熱変成作用を受けた粗粒玄武岩が 20×10^6 年の放射年代を示すことから，その貫入期は中新世前期にまでさかのぼる可能性もある。

(4) 絹雲母石英岩

本岩は，後述の含スカルン鉱物再結晶帯中で実施されたDDH−M2およびDDH−M5の2孔の試錐によって見い出された岩石で，それぞれ深度125.40mおよび深度147.50〜156.75m間に賦存する鉱脈中に直径 10cm 以内の岩片状に認められる。

DDH−M2孔の深度125.40mのものは，著しい緑色銅汚染を受けた酸化鉱中に破砕された岩片として認められ，主に石英と絹雲母からなっており，赤鉄鉱化黄鉄鉱鉱染や緑色銅汚染を受けている。著しく変質しているため，原岩は明らかでないが，多量の絹雲母を生じ次に記すDDH−M5孔のものと類似する。

DDH−M5孔では，深度147.25〜147.85 m，150.90〜151.20 m，152.55〜153.10m，156.45〜157.05 mの4条の鉱脈部から採取した深度147.50m，151.05m，152.85m，156.75mの試料中に著しく絹雲母が多い絹雲母石英岩が見い出された。147.50mのものは，自形〜半自形短柱状または球顆状の絹雲母化による斑状構造の顕著なもので，微粒硫化鉱物の鉱染が認められる。鏡下に石英および絹雲母からなり，絹雲母には短柱状〜短冊状の長石と思われる鉱物を交代したもの，石英粒間を充塡したもの，球顆状に集合したものなどがみられる。

151.05m，152.85mおよび156.75 mの絹雲母石英岩は，やや粗粒な優白色岩で，多量の絹雲母を伴っている。黄鉄鉱をはじめとする硫化鉱物の鉱染が顕著に認められる。著しく変質し，鉱化されているために原岩構造は明らかでないが，絹雲母のなかには長石仮像と思われるものが存在する。

以上の絹雲母石英岩は著しい変質のため，その原岩を確認することができなかったが，火成岩源である可能性がある。本岩は，新規の断裂構造を充塡する鉱脈中にのみ認められ，その産出が今のところ熱変成帯の中心である含スカルン鉱物再結晶帯中に限られており，また，後述するように本岩およびその上盤側に銀および銅品位が比較的高い鉱石が生じているなどの特徴がみられ，これらの事実から今後の本地区の探鉱上極めて興味がもたれる岩石であると考えられる。

2－3　構　　造

本地区は，Laramide 造山運動の褶曲期に形成された NW－SE 系の Sierra la Morena 複背斜構造の南西翼部に位置しており，同構造を一次の褶曲構造として，ほぼ同方向の二～三次の褶曲構造が発達しているほか，これらの構造に直交する Arroyo los Barriles から，Base Camp 西を通る NW －SE 系の褶曲構造も発達し，先の褶曲を変形させている。NW－SE 系の二次の構造としては，調査地北部および Base Camp 北西約 1 km から北西に流れる沢付近に発達する一対の向背斜構造，Base Camp 南西約 600 m および 800 m にみられる一対の向背斜構造があり，NW－SE 系の三次の構造としては，上記の地区北部および Base Camp 北西方の沢に発達する一帯の向背斜構造の間に認められる三対の向背斜，Base Camp 南東にみられる一対の向背斜があげられる。NE－SW 系の褶曲構造としては，前記の Arroyo los Barriles から Base Camp 西を通るもののほか，地区北部の NW－SE 系の二～三次の褶曲構造にプランジを与えている一対の向背斜構造がある。これらの褶曲構造によって，本地区の Aurora 層は複雑に変形されているものの，地区北部の二～三次の NW－SE 系褶曲が発達している所を除いて全体に変形量は小さく，白亜系は全体として南西に 10～15°傾斜した単斜構造をなして，地区南西の Palo Blanco 向斜に移り変っていく。

本地区内に認められる断層には，NW－SE 系および NE－SW 系の二方向のものがある。NW－SE 系のものは出現頻度は少ないが，Base Camp 南西約 150 m から Base Camp 北西の沢の西岸を通る断層のように転位量百数 10 m が推定されるものもあり，概して連続性が良い。一方，NE－SW 系断層は，全体に破砕されているが転位量は小さく，連続性もやや乏しいが，その分布頻度は NW－SE 系に比し高く，とくに地区中央に分布する熱変成帯の南西および北東側に数 m～数 10 m の転位量が推定される多くの断層が認められ，方解石脈や赤鉄鉱・方解石・石英脈がこれを充塡・交代している。これらの比較的顕著な断層は，熱変成帯の外側では比較的良く鉱脈として連続が確認されることが多いのに較べて，熱変成帯中では不明瞭となることが多い。一方，熱変成帯中では緑色銅鉱物汚染を伴い，黄鉄鉱が鉱染した方解石・石英細脈が微小裂かを充塡して多数生じている。

これらの NW－SE 系および NE－SW 系断層は，Laramide 造山運動による圧縮性応力下の NE－SW 方向の主応力軸に直交する圧縮性断裂および同軸に平行する伸張性断裂として生

じた構造が，その後のＮＥ－ＳＷ褶曲を生じた応力環境や貫入火成活動等によって複雑に変形したものと推定され，貫入火成活動による熱の影響を強く受けた部分では，さらに，断層や破砕帯が方解石によって充填されている。

第3章　変成，変質および鉱化作用

3－1　変成作用

3－1－1　熱変成帯の分布と変成鉱物

既に度々触れてきたように，本調査地区中央部に分布する窪地状地形異常部を中心とした NE－SW 方向に長軸を有する長径約 2.4km，短径約 1.5kmのほぼ楕円形の熱変成帯が認められる。

この熱変成帯は，中心が南東部にやや偏って分布する長径約 1.7km，短径約 1.1kmの主として糖晶質石灰岩からなる核（以下に糖晶質再結晶帯と呼ぶ）と，その周囲を幅８０～４００ｍで取り囲む弱い再結晶帯（以下に微晶質再結晶帯と呼ぶ）からなっている。

これらの再結晶帯にみられる熱変成作用は，石灰質堆積岩の再結晶作用を主としており，一部にスカルン化作用を伴っている。Base Camp から，その南西にかけての小丘が分布する地区には，脈状柘榴石や変斑晶状巨晶柘榴石が生じており，一部に珪灰石・緑閃石・灰鉄輝石等も伴われ，また粗晶方解石や著しい珪化作用が認められ，熱変成作用および熱水変質作用が最も優勢である（以下に含スカルン鉱物再結晶帯という）。このほか，地区北東端の鞍状分水嶺の南西斜面中腹の糖晶質再結晶帯中に極く少量の透輝石や緑簾石がプール状に生じており，また粗粒玄武岩等の Fe，Mg，Al 等に富む岩石では黒雲母が熱変成鉱物として生じている。

これらの各々の熱変成帯は，それらに生じている変成鉱物組成から推定して，含スカルン鉱物再結晶帯で角閃岩相，糖晶質再結晶帯で緑簾石角閃岩相の鉱物が生成する温度迄上昇したものと推定される。なお，柘榴石中にみられるパーティングや劈開面沿いに部分的に生じている石英・緑閃石・緑泥石等は，貫入活動による熱変成に引き続く熱水作用によって後退的に形成されたものと考えられる。

3－1－2　熱変成帯の累帯配列

熱変成帯中にみられる微晶質再結晶帯・糖晶質再結晶帯・含スカルン鉱物再結晶帯の各々は，より高い変成度をもつものが，より低い変成度をもつものの中に囲繞されており，南東に偏心した偏心同心円状に累帯配列をしている。このため，熱変成帯から非変成帯にかけての変化は，熱変成帯の南東側で急激である。このような現象は，本熱変成帯の形成に関与した伏在貫入岩の産状を反映しているものと考えられ，その形状として含スカルン鉱物再結晶帯下部に貫入岩の岩枝が上ってきていることや潜頭性貫入火成岩自体が北北西方向に傾斜していることなどが予想される。

3－2　変質作用

本地区は，全体に厚い石灰質堆積岩に覆われているために，鉱床母岩の変質は殆んど認めら

れないが，粗粒玄武岩中には絹雲母・緑泥石・炭酸塩鉱物・石英などが生じており，また，鉱脈中には石英・炭酸塩鉱物・絹雲母・稀れに緑泥石・ジャスペロイド様鉱物などが生じている。

岩脈・鉱脈・母岩の全てにわたって最も広く認められる変質作用は，炭酸塩鉱物化および珪化作用で，前者はしばしば泥質石灰岩・断層・破砕部などを交代充填した粗晶方解石脈として産し，また，全域にわたって細脈状に産する。珪化作用は，鉱脈部に常に認められるが，とくに Base Campから南西にかけての小丘部に著しく，しばしば石英・方解石脈を生じている。

これらの珪化・炭酸塩鉱物化・緑泥石化・絹雲母化等の変質作用は，伏在が予想される貫入火成岩の熱水期にもたらされたものと考えられ，本地区の鉱床生成と深い関り合いをもつものと推定されるが，鉱床母岩が石灰質堆積岩を主とするために変質帯の分布が局限されていることに加えて，ナトロジャロサイト，(含水) 酸化鉄鉱物等を生じた著しい風化作用を受けているため，変質帯分布を鍵とし鉱床探査指針を設定することは極めて困難である。

3－3 鉱化作用

本地区には，赤鉄鉱を主とした多数の酸化鉱鉱床および鉱徴が賦存しており，これらの一部はLa Diana鉱山・Base Camp東約 300 *m*，同南西約 800 *m*，DDH－M2号試錐孔付近等で小規模に探鉱あるいは採掘された形跡が認められるが，現在全て廃坑となっている。

これらの鉱床および鉱徴は，主に NE－SW系（一部 NW－SE系）の断層・破砕帯・裂か・層理等によって規制された鉱脈型～マント型のもので，前述の熱変成帯外縁から 900 *m*以内の範囲に分布している。その分布頻度は，熱変成作用あるいは鉱化作用以前に存在した断層・破砕帯・裂かの分布頻度を反映し，熱変成帯の北東部や南西部で高いが，熱変成帯との位置関係による影響も顕著に認められる。即ち，熱変成期に断裂構造が閉塞された可能性がある糖晶質再結晶帯部で頻度がやや低く，その外縁から微晶質再結晶帯とその近傍の非変成部および含スカルン再結晶帯中で高く，熱変成帯から離れるに従い漸減する傾向が認められ，また，全体的には熱変成帯の北西側で高い。なお，鉱脈の規模にも熱変成帯との位置関係による影響がみられ，分布頻度と概ね相関した傾向が認められる。

これらの鉱床や鉱徴の主なるものを，その熱変成帯に対する地理的分布によって1)熱変成帯北部，2)熱変成帯北東部，3)熱変成帯東部，4)含スカルン鉱物再結晶帯，5)熱変成帯南西部，6)熱変成帯南部に分けて記載する（PL.I－5 参照）。

1) 熱変成帯北部

地区北部の褶曲部の微晶質再結晶帯および非変成部に，多数のレンズ状小赤鉄鉱脈および層状赤鉄鉱脈が分布し，このうち比較的規模の大きいものにはN1－N8 がある。

N1は，N55°E方向に延長約140mにわたって，方解石・石英脈として追跡されるもので，幅0.8m×延長20m前後のレンズ状を呈する方解石細脈によって貫かれた赤鉄鉱脈が伴われている。赤鉄鉱鉱脈のチャンネルサンプル（C10A）の品位は，銀 tr，銅0.08％，鉛0.02％，亜鉛0.08％であった。

N2は，薄層理石灰岩を交代した厚さ約1mのマント状鉱体で，主に赤鉄鉱からなり，40m×40mの範囲にわたって鉱化がみられる。鉱体周辺にはN20〜60°E方向の急傾した赤鉄鉱細脈や赤鉄鉱・方解石・石英細脈が多数伴われている。チップサンプル（C11A）の品位は，Ag 7.2 g/t，銅0.17％，鉛0.02％，亜鉛0.44％であった。

N3は，N45°E方向に延長約200mにわたって追跡される破砕帯を充填した方解石・石英脈からなるもので，幅0.3〜0.8m・延長10〜20mのレンズ状赤鉄鉱・方解石脈である。本破砕帯の南西延長部には，約300mにわたって断続しながら0.3〜1mのレンズ状赤鉄鉱脈の分布がみられ，全体で約500mの鉱化帯をなしている。南西延長部のレンズ状鉱体からのチップサンプル（G29A）は，銀0.9g/t，銅0.09％，鉛0.003％，亜鉛0.13％を示した。

N4は，140m×140mの範囲にわたって露出がみられる緑色銅示徴を伴う鉱化帯で，層厚約15mの薄層理泥質部を選択的に鉱化している。鉱化帯の西端部にはN40°E，70°SE，幅0.5m内外の数条の緑色銅鉱物を伴う赤鉄鉱・石英・方解石脈が幅約10mの角礫化部に生じている。鉱化帯全域にわたって赤褐色の含水酸化鉄やけがみられ，珪化・粘土化等も認められ，格子状に発達する方解石・石英細脈に沿って緑色銅の鉱染も伴われている。鉱化帯の下限には著しく酸化した粘土化部があり，これを境として下盤の非鉱化石灰岩と明瞭に境されている。緑色銅を伴うチップサンプル（C13A）は，銀65.7g/t，銅3.11％，鉛0.02％，亜鉛2.21％，鉱脈部の酸化鉄部のチップサンプル（E23A）は，銀10.0g t，銅0.05％，鉛0.02％，亜鉛0.33％を示す。

N5は，一部マント状部を伴うN40°E方向の鉱脈型鉱体で，幅1mの膨縮の激しい破砕帯を充填した3条の鉱脈（幅0.2〜0.9m，延長20〜80m）と石灰岩層理中に拡がった厚さ約0.8mのマント状富鉱部（10×15m）からなり，鉱石は赤鉄鉱・方解石・石英からなっている。

鉱石は上記の範囲にしか認められないが，その北東延長部には巨晶方解石脈が約60m連続する。マント状富鉱部から採取したチャンネル試料（C9A）は，金0.8g/t，銀11.5g/t，銅0.05％，鉛0.052％，亜鉛0.092％を示した。

N6〜N8は，石灰岩中に挟まれた泥質部を交代したマント型鉱体で，N75〜85°E，20°NWの構造を有し，150m×50mの範囲に分布している。N6は厚さ2m，N7は0.5m，N8は0.8mの最大層厚を有し，共に赤鉄鉱に富む（含水）酸化鉄からなっており，少量の方解石を伴っている。

2) 熱変成帯北東部

熱変成帯北東縁にあたる分水嶺南西斜面には，La Diana鉱山の鉱床をはじめとする断層や破砕帯中に賦存する比較的品位の高い鉱脈が多くみられる。このうち比較的連続の追跡される優勢なものにNE 1～ NE 4がある。これらの鉱床は主に微晶質再結晶帯中に賦存している。

NE 1 は，本地区中央部の窪地状地形異常部の北西端部を画す比較的大きな断層破砕帯（幅約 20*m*）を場とした延長約 600 *m*の鉱化帯で，中央部は崖錐で覆われているため明らかでないが，北部の約 250 *m*および南部の約 70*m* に鉱化が認められる。北部には，雁行する15余りの小鉱体（単位鉱体規模：幅0.5～2*m*，延長10～60*m*）が認められ，これらは裂かを充填する赤鉄鉱を主とした赤鉄鉱・方解石・石英脈からなっている。これらの鉱体から採取されたチップサンプルの品位をTable I－1 に示す。

Table I－1　Analytical results of ores from the NW1 mineralized zone

Sample No.	Au g／t	Ag g／t	Cu%	Pb%	Zn%	remarks
E22A	tr	3.0	006	0.01	0.23	Dip & Strike:N30°W·90° 2(W)×10(L)*m*
G34A	0.8	0.7	0.14	003	0.47	Dip & Strike N18°W 60°SW 2(W)×10(L)*m*
G72A	0.6	189.8	002	0.01	0.01	Dip & Strike.N30°W 90° 4(W)×60(L)*m*

南部には，幅約2*m*，延長約 70*m* の主として赤鉄鉱からなる赤鉄鉱・方解石脈が認められ，その露頭から採取されたチップサンプル（G28A）の分析品位は金1.0 g／t，銀12.2 g／t，銅0.02％，鉛0.004％，亜鉛0.02％であった。

NE 2 は，NE － SW系断層近傍の破砕帯（幅約 60*m*）を充填した赤鉄鉱・方解石・石英脈を伴う幅約 80*m*，延長約 200 *m*の鉱化帯で，単位鉱体規模が幅0.5～4*m*，延長10～30*m*で，N30°E，90°の走向傾斜を有する鉱脈が4帯に分かれて多数存在している。鉱石は，赤鉄鉱に富み方解石・石英を伴っているが肉眼的に銅鉱物は認められない。露頭のチップサンプル品位をTable I－2に示す。

Table I－2　Analytical results of ores from the NW2 mineralized zone

Sample No.	Au g／t	Ag g／t	Cu%	Pb%	Zn%	Remarks
G30AP	1.5	15.3	0.04	0.004	0.08	Manto,Dip & Strike:N10°E 17°E, 0.7(T)×3(L)*m*
G31A	1.8	91.8	0.13	0.01	0.02	Vein,Dip & Strike. N30°E·90°, 0.4(T)×5(L)*m*
G32A	tr	4.4	003	0.004	0.03	Vein,Dip & Strike: N30°E·90°, 4(T)×10(L)*m*

NE3 は，La Diana鉱山をなす鉱脈で，鉱区標識東からその北東にかけて，延長 350 m にわたって追跡される。本脈は，N40°E，70°SE 方向の断層破砕帯を充填交代したもので，破砕帯や断層の不規則な変化に伴い，雁行状・平行状あるいは矢羽根状等の複数脈に分岐し，また，節理や泥質岩に沿ってマント状に鉱脈が広がることもしばしば認められるが，地形上の下部では比較的明瞭な幅約1 m の鉱脈として露出している。しかし，その南西延長は明らかでない。鉱化作用は主に破砕帯中の断層粘土部にみられ，鏈の内外を問わず，母岩を交代することは少ないが，地表部では破砕帯全体が赤鉄鉱に富む鉱石に変っていることがあり，浅成作用による二次富化があったことを示している。鉱石は赤鉄鉱に富み，少量の方解石・石英を伴っているが，晶洞部や多孔質部には緑色銅鉱物も生じている。鉱石鉱物として鏡下に赤鉄鉱のほか，自然銅・自然銀・角銀鉱～臭銀鉱・黒銅鉱・赤銅鉱・緑色銅鉱物が見い出された。Table I-3 に本鉱脈から採取されたチップサンプルの分析値を示す。

Table I-3　Analytical results of the NW3 mineralized vein

Sample No.	Au g/t	Ag g/t	Cu%	Pb%	Zn%	Remark
C19A	25	131.4	4.79	0.0075	083	Iron oxide ore with green coppor mineral
C20A	1.5	131.4	492	070	0.39	Stocked ore
C21AT	1.5	441.8	5.44	037	0.22	Compact hemalite ore
C22A	1.5	43.8	1.55	032	1.32	Compact hematite jasper
A8105APE	3.1	9,090.1	16.06	016	0.19	Green-copper-rich ore

NE4 は，分水嶺南西斜面山腹部から山麓部にかけて約 450 m にわたって追跡される断層沿いの方解石・石英脈で，南西端部では連続が不明瞭である。この方解石・石英脈中の所々に幅 0.3～2 m，延長 5～30 m の赤鉄鉱・方解石・石英脈が平行脈あるいは単一脈として伴われており，山麓部付近のものには緑色銅鉱物も認められ，その分析品位は銀394.2g/t，銅 25.00 %，鉛 0.012 %，亜鉛 0.51 % である。

3)　熱変成帯東部

Base Camp東方約 300 m の探鉱採掘跡から，その北東の探鉱道路にかけての熱変成帯東縁部に，N50°E 方向に延びる幅約100 m，延長約 350 m の鉱化帯（E）が認められる。本鉱化帯は，緑色銅示徴を伴う多数の平行する赤鉄鉱・方解石・石英脈および酸化鉄鉱染を受けた多数の平行方解石・石英脈が群発しているもので，一部にマント状のものも伴われている。鉱化の認められる鉱脈の数は15鉱体に達し，地表で認められる単位鉱体の規模は幅 0.3～4 m，延長10～120mと多様である。鉱脈はN30～50°E の走向を有し，垂直あるいは西に急傾斜

したものが多く，主に赤鉄鉱や褐鉄鉱等の（含水）酸化鉄鉱物からなり，緑色銅鉱物が肉眼的に認められる。鏡下では赤鉄鉱・赤銅鉱・黒銅鉱・緑色銅鉱物（主として粉銅鉱）が認められた。脈石鉱物として方解石・石英・石膏が認められる。なお，本鉱化帯近傍で実施した試錐では，珪酸亜鉛鉱やオースチナイト等の亜鉛の砒酸塩鉱物が見い出された。本鉱帯から採取した試料の分析値をTable I－4にする。

Table I-4 Analytical results of ores from the eastern mineralized zone

Sample No.	Au g/t	Ag g/t	Cu %	Pb %	Zn %	Remarks
A8098A	1.1	545.4	7.90	0.029	19.50	} Sampled from an ore stock pile
A8099A	0.6	413.9	1.68	0.027	4.30	
A8147A	tr	59.3	7.71	0.0027	21.75	Green copper mineral-rich ore
A80910APE	tr	27.9	8.03	0.019	0.25	Sampled from an ore stock pile
A8141A	1.9	13.4	0.17	0.004	0.08	Banded limonite
A8142A	tr	69.6	0.38	0.01	0.04	Banded limonite
A8143A	0.5	43.5	0.15	0.02	0.04	Porous calcite
A8101A	tr	27.9	5.83	0.041	0.72	Sampled from an ore stock pile
A8102AP	-	8.0	0.81	0.05	0.31	Dip & strike: } N45°E·60°NW
A8103APE	2.0	545.4	2.40	0.16	2.08	2(W) x 30(L) m
C5A	0.9	4.8	0.02	0.02	0.01	4(W) x 30(L) m
G67A	2.9	56.2	0.083	0.016	0.37	N45°E·90°,1.5(W)x20(L)m
G69A	0.5	15.3	0.13	0.01	0.31	N45°W·90°,0.6(W)x20(L)m

4) 含スカルン鉱物再結晶帯の鉱床

Base Campがある小丘から，その西南西約 200 mの小丘部にかけての含スカルン鉱物再結晶帯中に， NE−SW 系赤鉄鉱・方解石・石英脈が15条余り分布し,幅約 150 m・延長約350 mの鉱化帯（S）を形成している。鉱脈は，N30〜50°E の走向を有し，北西に70〜85°で傾斜しているものが多いが，N10°W，90°の走向・傾斜を示すものやマント状をなすものも一部に認められる。単位鉱体の規模は，幅数10cm・延長数 10m 程度のものが多いが，幅数m・延長 100 mにわたって追跡されるものも存在する。これらの鉱脈は，著しい珪化作用を伴うことを特徴としており，しばしば柘榴石・珪灰石・緑閃石等のスカルン鉱物も伴われる。

地表部における鉱石は，緑色銅鉱物鉱染を伴う酸化鉱を主とし，鏡下で赤鉄鉱・赤銅鉱・黒銅鉱・自然銅・粉銅鉱等が同定され，また，トルコ石様非晶質青緑色銅鉱物も伴われている。脈石鉱物として，方解石・石英・螢石・石膏が認められるほか，柘榴石・珪灰石・緑閃石等のスカルン鉱物や，絹雲母・緑泥石等の熱水変質鉱物も伴われている。本鉱化帯中で実施された DDH−M1 ， DDH−M2 ， DDH−M5でも，後述するように，鉱脈に着鉱しており，これらには黄鉄鉱・磁硫鉄鉱・黄銅鉱・四面銅鉱・輝安銀鉱・コベライト?(kobellite:6PbS・$FeS \cdot 2Bi_3S_3 \cdot Sb_2S_3$)・方鉛鉱等の初生硫化鉱物のほか ，輝銅鉱・銅藍・硫銀鉱等の次生硫化鉱物，元素鉱物として自然銅，ハロゲン鉱物として角銀鉱〜臭銀鉱，珪酸塩鉱物として珪孔雀石，砒酸塩鉱物として粉銅鉱・ミメタイト等が見い出され，トルコ石様青緑色非晶質銅鉱物も見い出された。試錐によって得られた試料中にみられる脈石鉱物には，前述したもののほか菱鉄鉱・ジャスペロイド様鉱物等がある。Table I−5に地表試料の分析結果を示す。

5) 熱変成帯南西部

熱変成帯南西縁部から，その南西の非変成部にかけての比較的断層が多発する地域には，断層・破砕帯・裂か・層理等に規制された鉱脈状〜マント状酸化鉱鉱床が多数分布しており，その主なものにSW1〜SW8がある。

SW1 は，厚層理石灰岩中に挟まれた薄層理泥質石灰岩部を充填交代したマント型鉱床で，70× 150 mの範囲にわたって断続しながら露出が認められる。鉱床はN10°E，10°NWの走向・傾斜を示し，最大厚は1 mである。鉱体下盤には，厚さ約1 mの著しく酸化された方解石部が層状に伴われ，また，周辺に N40°E の走向を示し急傾斜する幅 10cm内外の連続性に乏しい赤鉄鉱・方解石脈が数条認められる。鉱石は黒色緻密な赤鉄鉱に富むもので，方解石細脈や石英が伴われている。露頭から採取したチャンネル試料の分析値は，金 1.8g/t，銀 14.5 g/t，銅 0.08 %，鉛 0.03 %，亜鉛 0.16 %を示した。

SW2 は，N25°W 方向に連なる赤鉄鉱・方解石・石英脈および方解石脈で表わされる，延長約350 mの鉱化帯で，平行する数条の方解石脈および断続する赤鉄鉱に富む赤鉄鉱・方解石・石英

Table I-5 Analytical results of ores from the skarn mineral-bearing recrystallized zone

Sample No.	Au g/t	Ag g/t	Cu %	Pb %	Zn %	Remarks
A7274APE	0.5	255.6	8.16	0.024	0.21	Massive, 2(W)x2(L)m
A8081A	tr	21.7	0.95	0.01	0.03	Network, 2(W)x20(L)m
A8091A	0.8	133.9	2.01	0.013	0.044	Vein,1(W) x 4(L)m, channel sampling (W: 0.5m)
A8092A	2.6	62.7	0.24	0.013	0.18	Channel sampling (W: 1m)
A8093A	5.8	131.2	4.53	tr	0.067	Green copper mineral-rich ore
A8094A	1.2	108.7	0.06	0.01	0.03	Hematite-calcite ore
A8095APE	1.6	757.6	5.57	0.0093	1.050	Stocked ore
E3A	-	5.0	0.04	0.03	0.04	Vein, 0.5∿0.9(W)x70(L)m iron oxide ore
G13A	tr	3.0	0.13	0.004	0.02	Iron oxide ore with green copper mineral
G87A	tr	27.5	0.05	0.003	0.02	Iron oxide ore with quartz vein
G3A	1.3	131.4	4.40	0.014	0.22	Stocked ore
G5A	tr	4.5	0.08	0.004	0.02	Vein, 0.5(W)x20(L)m, dip & strike: N55°E·90°
G80A	2.4	117.2	2.46	0.011	0.021	Vein, 0.1(W)x1.5(L)m, dip & strike:N50°∿60°E·90°, Green copper mineral-rich ore
G83A	tr	2.3	0.91	0.011	0.021	Iron oxide ore with green copper mineral
G82APT	tr	28.6	0.32	0.01	0.02	Vein, 0.1(W)x1.5(L)m, dip & strike: N82°E·65°E, iron oxide ore with skarn minerals
G85AP	0.5	12.7	0.42	0.001	0.21	Vein, 2.5∿3(W)x70(L)m, dip & strike: N50°E·90°, iron oxide ore with green copper mineral
G86AT	9.7	18.8	0.45	tr	0.25	Vein, 0.3(W)x8(L)m, dip & strike: N50°E·90°, skarn vein with iron oxide

脈からなっている。鉱脈は幅10～50cmの小規模なものが多いが，泥質岩付近では局所的に幅4mに肥大するものも認められる。本鉱化帯から採取した試料の分析品位をTable I－6に示す。

Table I－6 Analytical results of ores from the SW2 mineralized zone

Sample No.	Au g/t	Ag g/t	Cu%	Pb%	Zn%	Remarks
E13A	－	100	0.02	006	0.02	Manto, Dip & Strike N80°E・20°SE, iron oxide ore 1×(W)×5(L)m
E18A	－	3.0	0.01	0.002	0.05	Vein, Dip & Strike N40°E 90° iron oxide ore 3.5×(W)×10(L)m
E20A	tr	0.6	002	0.03	0.01	Vein, Dip & Strike N55°E 90° iron oxide ore 0.5(W)×2(L)m

SW3は，延長約200mにわたって追跡される破砕帯を充塡する方解石・石英脈で，平行する数条の脈からなっており，一部にN30～60°E・90°の走向・傾斜を示す幅0.7～1m，延長20m前後の赤鉄鉱・方解石・石英脈が伴われている。鉱脈露頭から採取した試料は，銀7.2g/t，銅0.17%，鉛0.02%，亜鉛0.44%の分析品位を示す。

SW4は，N65°E方向の急傾斜する断層を充塡する鉱脈で，断続しながら連なる幅1～2m・延長20～40m前後の3つの鉱体を伴っており，延長200mにわたって鉱化が認められる。鉱石は赤鉄鉱を主とし，方解石・石英を伴う。露頭試料（G38A）の分析品位は，銀6.0g/t，銅0.05%，鉛0.01%，亜鉛0.03%を示した。

SW5は，延長約250mにわたって連続が確認され，N40°Eの走向を有する北西に急傾斜する方解石・石英脈で，脈幅は0.5mから1mである。局部的に幅1m，延長20m程度の赤鉄鉱に富む部分がみられる。

SW6は，N60°E方向の断層破砕帯を充塡する赤鉄鉱・方解石・石英脈および方解石・石英脈からなり，断続しながら延長約500mにわたって追跡される。赤鉄鉱に富む部分は，微晶質再結晶帯から非変成帯にかけてみられ，一部で小規模に探鉱された跡がみられる。鉱石は赤鉄鉱を主とし，方解石・石英を伴うもので，探鉱跡付近での鉱石（G25A）は，銀1.4g/t，銅0.02%，鉛0.004%，亜鉛0.01%の分析品位を示した。

SW7は，走向N55°E方向の急傾斜した断層破砕帯を充塡交代した鉱脈で，部分的に石灰岩薄層中の層理に沿って広がったマント状を呈する。鉱脈露頭は，断層沿いに延長約400mにわたって連続的に追跡される。鉱脈が微晶質再結晶帯中にあるところでは，脈幅は1m内外で方解石・石英に富んだ鉱質を示すが，非変成帯内では脈幅が最大6mまで肥大することもあり，鉱質は赤鉄鉱に富んだものに変る。鉱石は赤鉄鉱・方解石・石英からなっているが，著しく風化の進んだ所では，鱗片状を呈する黄褐色のナトロジャロサイトが生じている。本鉱体から採取した試料の分析値をTable I－7に示す。

Table I-7 Analytical results of ores from the SW7 vein

Sample No.	Au g/t	Ag g/t	Cu%	Pb%	Zn%	
E35A	tr	tr	0.0009	0.005	0.0078	Manto part, Dip & Strike N50°E·20°SE, iron oxide ore
E32A	tr	1.7	0.01	0.01	0.03	Vein iron oxide ore
C8A	tr	2.4	0.15	002	0.04	Vein iron oxide ore
G45A	0.4	6.1	0.04	003	0.04	Manto: iron oxide ore
G44APX	tr	27.5	0.05	001	0.03	Manto·jarosite
A8031A	tr	206.5	0.02	0.01	0.02	Vein limonite

SW8 は，延長約 3 5 0 mにわたって連続が予想される破砕帯を充塡する鉱脈で，南西部で約 1 0 0 m，北東部で約 5 0 m の露出がみられる。共に小規模な立坑およびトレンチによって探鉱された跡がみられる。南西部の露頭は，幅約 3 m の破砕帯中の細裂かを充塡する緑色銅鉱物鉱染を伴う赤鉄鉱・方解石・石英網状細脈からなり，石英の量が相対的に多い。この部分での鉱石（C7A）の分析品位は，銀 4.3 g/t，銅 0.6 4 %，鉛 0.0 3 %，亜鉛 0.0 4 %を示した。

一方，北東部の露頭は，幅約 2 m の赤鉄鉱に富む酸化鉱からなり，2 条に分岐している。この延長と思われる露頭（E7A）の分析品位は，金 0.5 g/t，銀 1 9 7.1 g/t，銅 2.9 8 %，鉛 0.0 1 8 %，亜鉛 4.0 6 %を示した。

6) 熱変成帯南部

熱変成帯南部には，顕著な鉱化作用は認められないが，鉱化帯南縁部をNE－SW方向に横切る断層沿いに，延長 3 0 0 mにわたって断続しながら追跡される幅 2 5～3.5 m の断層破砕帯を埋める方解石・石英脈 (S1A) に，部分的に鉱化作用が認められる。鉱化部は幅 0.2～2 m，延長 2 0～4 0 m の規模を有し，N 5 0°～5 5°E・6 0°SE～6 0°NW の走向・傾斜を示しており，鉱石は赤鉄鉱・方解石・石英からなっている。露頭から採取された試料（A7311A）の分析品位は，銀 1.6 g/t，銅 0.2 1 % 鉛 0.0 1 %，亜鉛 0.0 4 %であった。

第4章　試錐孔の地質および鉱床

今年度の調査の一環として実施された総掘進長 1240.90mに達する5孔の試錐による岩芯の鑑定・記載資料を，各種の室内試錐結果と共に縮尺1：200柱状図（PL・Ⅲ－2－(1)～(2)）にまとめ，その概略をFig.Ⅰ－2に示す。また，各孔の位置はPL・Ⅲ－1に示した。

4－1　各孔の地質および構造

4－1－1　DDH－MⅠ孔（深度302.25m，垂直）

本孔は，Base Camp 西北西約50mに位置し，含スカルン鉱物再結晶帯中にあり，熱変成帯および試錐位置近傍に露出する鉱脈の下部探査を主目的としている。本孔にみられる地層は次のとおりで，それぞれ，次のように地表に分布する地層と対比される。

【0.00～53.00m】　白色～淡褐色糖晶質再結晶石灰岩からなり，極めて小量の針状～粒状の赤鉄鉱化した黄鉄鉱鉱染が伴われている。0.1～1m（平均 30cm前後）毎に層理が発達した中～厚層理の石灰岩で，一部にスティロライト構造も発達し，層理やスティロライト構造部等には極めて薄い酸化された褐色粘土層が挟まれている。掘進方向に直交する面と層理のなす角（以下に見掛け傾斜角という。ただし，垂直試錐孔では単に傾斜角という。）は10°～20°の範囲にあり，15°前後のものが多い。本区間は，Kau Ⅵ単元に相当する。

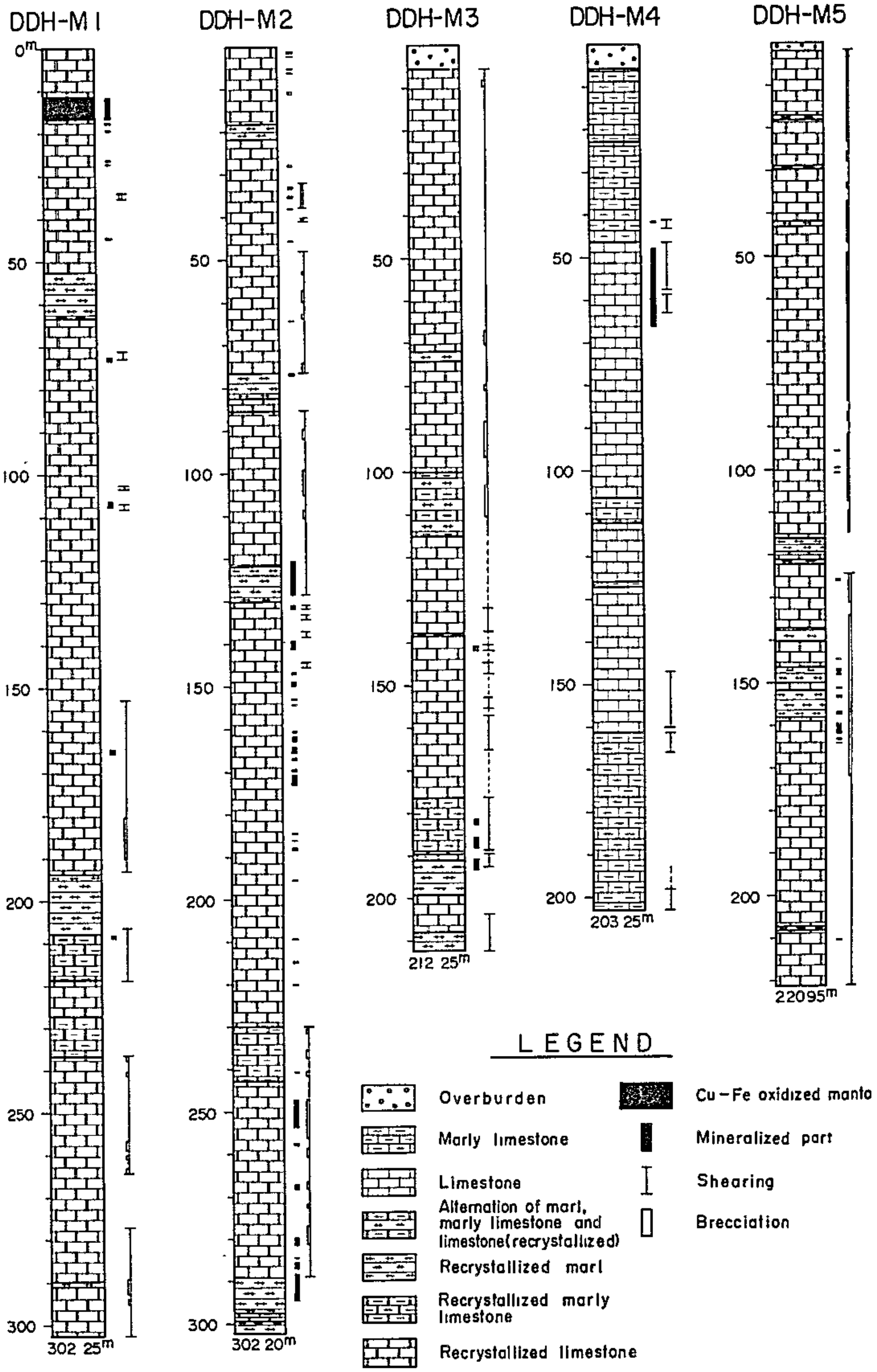
本区間は，比較的裂かに乏しく，棒状岩芯が大部分であるが，34.10～35.20m間には方解石脈によって充填された角礫化帯が発達しており，また，一部に水酸化鉄や緑色銅の著しい汚染を受けた開口亀裂が認められる。なお，後述するように，12.05～17.55m間には，顕著な緑色銅汚染を伴う優勢な酸化鉱がみられる。

【53.00～63.90m】　この区間には，褐色～灰白色泥灰岩が認められ，糖晶質石灰岩を挟在している。泥灰岩は，再結晶化して糖晶質となっているため石灰岩部との識別が困難であるが，特徴的な水酸化鉄による縞状構造を有し，鏡下ではプール状あるいはレンズ状石英が葉理に沿って生じているほか，酸化鉄が葉理に沿って認められる。

層理は，0.1～0.4m毎に発達し，10°～20°の傾斜を示し，層理部に酸化された極めて薄い粘土層が挟まれている。この区間は，Kau Ⅴ単元に相当する。本区間は，全体に裂かの発達が弱く，棒状岩芯が採取されているが，53.10m，57.10m等に約60°傾斜した幅5cm程度の褐色犬牙状～透明間填状方解石脈がみられ，このほか，75°前後の急傾斜した赤鉄鉱化黄鉄鉱鉱染を伴う方解石細脈が数条伴われている。

【63.90～193.60m】　主に淡褐色～白色糖晶質石灰岩からなり，極く少量の微粒正六面体黄鉄鉱および極く微粒黄鉄鉱の針状集合の鉱染がみられる。これらの鉱染状黄鉄鉱は，74.25～76.20m等の極めて裂かに乏しい部分では黄鉄鉱として残留するが，大部分酸化され，赤

Fig. I-2 Compiled core-log



鉄鉱等に変質している。また，７１.８０～７３.２５*m*間等のような，著しい（含水）酸化鉄汚染を伴う開口裂かの発達した部分では，石灰岩全体に酸化鉄汚染が行きわたり，全体に褐色を呈する。８６.６０*m*から採取した糖晶質石灰岩試料の顕微鏡下での観察結果では，主に縫合組織を有する方解石（0.2㎜内外）からなり，少量の束状～針状ヘデン輝石・緑閃石・石英・絹雲母が認められた。

層理は，0.2～1.5*m*毎に発達し，１５°～３０°の傾斜を示すが，２０°内外のものが多い。層理面にそって，しばしば赤鉄鉱化した黄鉄鉱鉱染を伴う方解石脈や犬牙状方解石脈がみられ，また，褐色酸化粘土薄層も認められる。スティロライト構造も発達する。本区間は，地表地質調査によるKau Ⅳ単元に相当する。

６３.９０～１５２.５０*m*間では，岩芯は棒状をなすものが大部分で，開口性裂かは少ないが，上述の（含水）酸化鉄汚染の著しい部分，１０２.３５～１０３.００*m*，１０６.８５～１０７.２０*m*等には緑色銅示徴を伴う開口性裂かがみられ，岩片状に破砕された岩芯が得られた。これらのほかに，全体に不規則網状を示す犬牙状方解石細脈が全体に発達しており，６０°～８０°の傾斜のものが多いが，これらには鉱化は認められない。

１５２.５０～１９３.２０*m*間は，全体に著しく破砕されており，平行状～網状に発達した細裂かを充填して褐色犬牙状方解石が生じている。破砕は，とくに１８０.００～１９０.００*m*間で著しく，石灰岩は片状化し，角礫化帯をなしており，角礫間を褐色犬牙状方解石が充填し，弱い珪化も認められ，また，犬牙状方解石の晶洞部には透明～白色方解石も生じているが，鉱化作用は伴われていない。このように，この区間は全体に著しく破砕され，角礫化されているが，これらを方解石が充填膠結しているため，岩芯は良形の棒状をなすことが多い。しかし，１５８.５０～１６０.３０*m*，１６４.５０～１６５.７０*m*，１７０.９０～１７３.０５*m*，１８９.４０～１９０.００*m*間等には，開口性亀裂も発達し，岩芯は一部岩片状を呈し，これらの一部には著しい暗褐色（含水）酸化鉄汚染が認められる、

【１９３.６０～２１８.２５m】　この区間は，熱変成を受けた泥灰岩および石灰岩からなっている。泥灰岩は，１９３.６０～２０７.６０*m*間に多くみられ，再結晶化しているため，石灰岩との識別は難しいが，葉理に沿って葉片状に発達する縞状酸化鉄汚染を伴うことを特徴とし，一部に厚さ約２０*cm*の脆弱な粘土質部も伴われている。層理は５～２０*cm*毎に発達し，層理に沿って（含水）酸化鉄汚染を受けた粘土の薄層が挟有されている。

石灰岩は，２０７.６０～２１８.２５*m*間に多く，糖晶質再結晶石灰岩で，層理間隔は３０*cm*前後である。

本区間での層理の傾斜は，５°～１０°を示す。裂かの発達は，全体に弱く，とくに泥灰岩に富む　１９３.６０～２０７.６０*m*間には殆んど認められないが，２０７.６０～２１８.２５*m*間の石灰岩に富む部分では，石灰岩中に平行状～網状褐色犬牙状方解石細脈がみられ，晶洞部に透明

方解石が少量生じている。これらの方解石脈と切って，約60°の傾斜を示す緑色銅示徴を伴う赤鉄鉱化黄鉄鉱方解石細脈が稀に生じている。岩芯は，短柱状～棒状を示すものが多いが，217.50～218.25m間のように開口性亀裂の発達した所では細片状岩芯もみられる。

本区間は，KauⅢ単元に相当するものと考えられ，本区間と上位のKauⅣ単元との境は相互に漸移的に移化している。

【218.25～302.25m】　この区間は，主として褐色～灰白色塊状糖晶質再結晶石灰岩からなるが，226.90～236.25mおよび282.75～284.25mにはやや泥灰質な石灰岩が，また，289.80～290.30m間には，粘土化した泥灰岩がみられる。

層理の発達は全体に弱く，とくに石灰岩を主とする所では0.5～1.5mの厚層理を示すが，泥灰岩および泥灰岩質部では5～30cmの薄～中層理を示し，薄層の酸化鉄汚染を受けた粘土層を挟有している。層理面の傾斜は20°～25°である。

218.25～236.60mおよび266.45～277.00mでは，裂かの発達が弱く，1mに数本程度の45°～85°傾斜したやゝ不規則な方解石細脈がみられ，主に褐色犬牙状方解石によって充塡されている。極くまれに，これらの方解石脈を切って比較的真直ぐな面をなし，約70°の傾斜を示す緑色銅示徴を伴う赤鉄鉱化黄鉄鉱方解石細脈が認められる。

上記以外の区間には，平行状～網状を呈する褐色犬牙状方解石脈によって充塡交代された裂かが良く発達し，破砕作用が顕著であったことを示しており，とくに，236.60～236.90m, 240.25～240.65m, 257.60～258.00m, 259.50～260.40m, 260.90～261.45m, 265.50～266.40m, 289.20～293.25m, 294.20～295.40m 等の区間に，褐色犬牙状方解石によって充塡膠結された角礫化帯が発達する。しかし，鉱化作用は非破砕帯部と同様に60°～70°の傾斜を示す緑色銅示徴を伴う赤鉄鉱化方解石脈として，極く一部に認められるのみで，破砕部或いは角礫化部には認められない。

本区間は，地表地質調査によるKau０上部およびKauⅠに相当するものと考えられる。

4－1－2　DDH－M2孔（深度：302.20m, 方向・傾斜：S35E・－80°）

本孔は，Base Campの西南西約200mの探鉱道路傍に位置しており，柘榴石脈を伴う含スカルン鉱物再結晶帯の下部の状況探査，本孔東に発達する石英に富む赤鉄鉱方解石脈の深部での鉱況変化の状況を探ること，および，貫入火成岩が伏在するか否かを調べることを主目的として実施された試錐である。

【0.00～76.40m】　本区間は，主に糖晶質再結晶石灰岩からなり，18.00～21.60m間に泥灰岩と推定される再結晶岩が伴われている。

糖晶質石灰岩は，白色～灰白色を呈する糖晶質なもので，一部には，（含水）酸化鉄汚染を受けて淡桃褐色を呈する部分も認められる。鏡下では，0.1mm以下の縫合組織を有する方解石

が多量に生じ，これらの間に0.6㎜程度の方解石集合（直径3㎜前後）や粒状赤鉄鉱化黄鉄鉱（0.02 ㎜）が散見されるものである。

泥灰岩と推定される部分は，葉理に沿って生じたとみられる葉片状の（含水）酸化鉄汚染縞を有する岩石で，再結晶化が著しいため原岩が明らかでないが，鏡下では，主に0.04〜0.01㎜の縫合組織をなす方解石からなり，葉理に沿った方解石配列のみられるもので，少量のプール状石英や微粒正六面体黄鉄鉱（大部分は赤鉄鉱化，直径0.1㎜前後）鉱染がみられる。外観はDDH−M1孔で，泥灰岩としたものに酷似することから，泥灰岩の再結晶化したものと推定される。

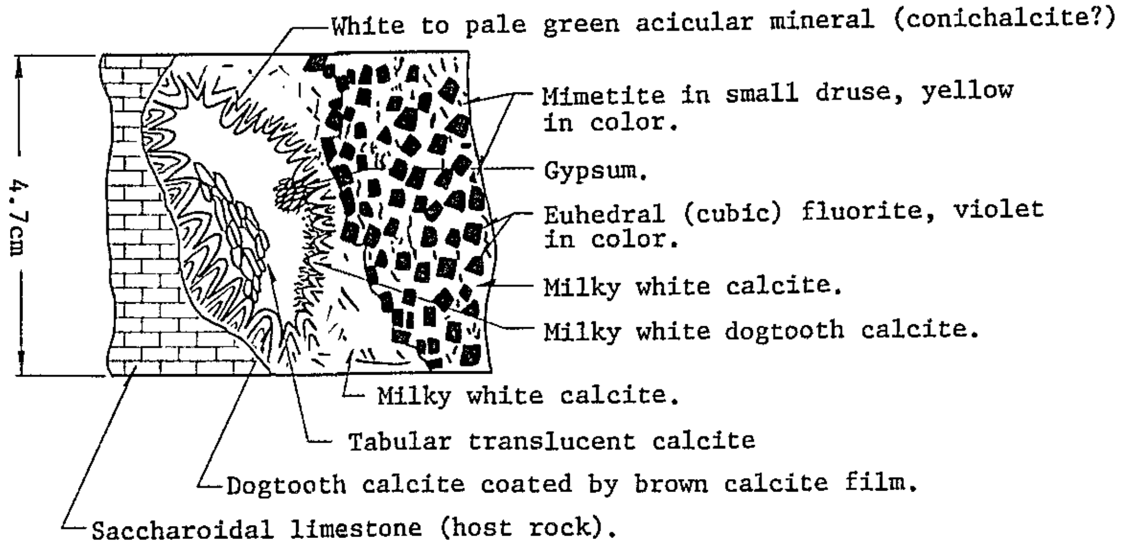
石灰岩部での層理の発達は概して悪く，厚層理塊状石灰岩を主とするものと考えられるが，泥灰岩と推定される所では，30°前後の見掛け傾斜を示す葉理が発達し，ほぼ，同傾斜の層理も5〜30㎝毎にみられ，層理面に沿って著しく（含水）酸化鉄汚染を受けた薄層粘土が挟まれていることが多い。

0.00〜48.00 m間には，やゝ不規則な平行状〜網状方解石細脈やこれ切る赤鉄鉱化方解石石英（蛍石）脈がみられ，前者は，しばしば母岩との境が不明瞭になる程に母岩に同化されており，熱変成を受けたと推定され，後者はしばしば緑色銅示徴を伴い，母岩との境は明瞭である。また，27.75〜28.50 m，25.95〜26.05 mには，厚さ5〜10㎝の晶洞の多い方解石脈も認められる。この区間は，これらの裂か構造が発達し，また，後述するような鉱脈が発達するものの，その頻度はやや低く，良形の棒状岩芯が多く得られているが，32.00〜38.15 m，40.25〜40.90 m 等の（含水）酸化鉄汚染を受けた所では破片状岩芯も認められる。

48.00〜76.40 m間は，上述区間に比し，やゝ強く破砕を受けており，不規則な平行状〜網状方解石細脈が良く発達する。とくに，48.30〜52.20 m間には見掛け傾斜約70°を示す厚さ約1.5 mの優勢な方解石脈がみられるほか，52.90〜53.20 m，57.25〜59.90 m，62.70〜63.35 m，76.00〜76.40 m等に角礫化した著しい破砕帯が，また，64.25〜64.65 mに褐鉄鉱鉱脈が認められる。この区間では，やゝ破砕が強いが，裂かの多くは方解石によって充塡膠結されており，棒状岩芯が採取されているが，上述鉱脈部，62.90〜63.35 m，71.70〜74.00 m等には片状岩芯もみられる。

上述の優勢な方解石脈から採取した試料（深度50.15 m）は，肉眼的に蛍石・方解石・ミメタイト等に富むもので，脈際に褐色方解石によって覆われた犬牙状方解石（0.5㎝程度）が発達し，これを覆ってc面の発達した乳白色〜透明板状方解石が晶洞に生じ，石膏は，さらにその後に生じている。蛍石・ミメタイト・方解石からなる部分は，上記乳白色方解石部を切っている。このスケッチをFig.I − 3に示す。本試料の顕微鏡観察結果では，主として半自形方解石からなり，自形蛍石・間塡状石英および石膏・ミメタイト・ゆう兼石・菱鉄鉱・重晶石(?)

Fig. I-3　Geological sketch of core (depth 50.15m)



等が認められ，また，蛍石に富む部分でのX線回折試験結果では蛍石・ミメタイト・方解石・・モンモリロン石・（石英）・（加水ハロイサイト）が同定された。

なお，以上の区間は，地表地質調査で区分されたKau Ⅵ単元に相当する。

【76.40～85.50m】　本区間は，再結晶した泥灰岩および石灰岩からなっており，76.40～82.40m間には主に泥灰岩が，82.40～85.50m間には主に石灰岩がみられる。

泥灰岩は，淡褐色～褐灰色を呈する再結晶化したもので，葉理に沿った褐色（含水）酸化鉄汚染が顕著なもので，葉理および層理面の示す見掛け傾斜は25°～30°で，層理面に沿って極めて薄層の酸化鉄汚染を受けた粘土層が挟まれ，10～30cmの互層をなしている。全体に裂かは乏しいが，70.80～77.25m間に開口性のものがみられる。

石灰岩は，淡褐色～白色糖晶質なもので，5～20cmの層理が発達し，層理面に沿って極く薄い酸化された粘土の薄層がみられる。層理面は，上位の泥灰岩部と同様に25°～30°の見掛け傾斜を示し，全体にやゝ細裂かが発達し，犬牙状方解石細脈がこれを充填膠結しているが，82.40～83.85m間には（含水）酸化鉄汚染を伴う開口性亀裂も発達する。

本区間は，地表地質調査によるKau Ⅴ単元に相当するものと考えられる。

【85.50～229.75m】　本区間は，比較的厚層理の石灰岩を主としており，121.60～130.00m間に泥灰岩と思われる部分を挟在している。

石灰岩は，白色～一部淡褐色を呈する糖晶質なもので，赤鉄鉱化した微粒黄鉄鉱染がみられ，また，156.50mには直径5.5cmに達する巨晶柘榴石変斑晶が生じている。層理は10～50cm毎に発達し，比較的厚層理なものである。鏡下では石灰岩は，縫合組織を示す直径0.01～0.02（稀に1mm内外）の方解石を主とした等粒完晶質なもので，極く少量の石英（0.3mm以下）や

赤鉄鉱化した黄鉄鉱（0.2㎜以下）が点在していた。

泥灰岩と思われる部分は，淡褐灰色を呈し５～１５cmの薄層理の発達したもので，葉理構造が比較的明瞭に認められ，やゝ粘土質である。これらに認められる層理および葉理の見掛け傾斜角は２０°～２５°を示し，約２０°のものが多い。本区間の上部（深度１２８.５０mまで）は，比較的破砕されており，とくに，８９.５０～９２.３５m，９８.９０m～１０５.１０m，１０８.４０～１１０.６０m等には一部角礫化された破砕部がみられ，これらの大部分は褐色～白色を呈する犬牙状方解石によって充塡されて，棒状の岩芯として採取されているが，９５.５０～９６.２５m，１０３.４０～１０５.２５m，１０８.３０～１１６.６０m，１２０.５０～１２８.５０m等に（含水）酸化鉄汚染のみられる開口裂かや緑色銅示徴を伴う鉱化部が発達し，片状岩芯も採取されている。なお,120.50～１２８.５０m間の鉱化部から採取した試料（深度１２５.４０m）中には，火成岩源と推定される絹雲母石英岩片が認められた。

本区間の下部（１２８.５０～２２９.７５m間）は，犬牙状方解石脈が比較的乏しい区間であるが，多数の比較的優勢な初生硫化鉱を伴う鉱脈（後述）が生じている。この間における岩芯は，１３０.８０～１３１.０５m，１３３.０５～１３４.１５m，１３６.７５～１３８.５０m，１４４.３５～１４５.５０m等に開口性の亀裂が発達し，岩片状を呈するほかは，概ね良形の棒状を呈している。

本区間は，地表地質調査によって区分されたKau Ⅳに相当するものと考えられる。

【229.75～242.60m】　本区間は，全体に著しく破砕された糖晶質石灰岩からなっているが，破砕された礫間や裂か中にやゝ多量の粘土質物質が伴われており，恐らく粘土質あるいは泥灰質石灰岩が再結晶した部分と推定される。全体に破砕が著しく，再結晶しているため，原岩構造は明らかでないが，一部に石灰岩も挟まれていたものと考えられる。破砕は，とくに２３０.３５～２３１.００m，２３５.４０～２３７.１０m，２４０.２０～２４１.２０mで著しく，角礫化しているが，破砕部および角礫化部は白色～褐色を呈する方解石によって概ね良く充塡膠結されており，岩芯は棒状をなすものが多い。

本区間における鉱化は概して弱く，主に開口亀裂を汚染する（含水）酸化鉄として認められるが，２４０.００～２４０.４０m間には幅約１４cmの酸化鉱鉱脈が生じている。

本区間は，地表地質調査によって区分されたKau Ⅲ単元に相当するものと考えられる。

【242.60～289.10m】　本区間は，上記区間に続く著しい破砕帯中にあり，全体に著しく破砕され，一部角礫化された白色～淡褐色糖晶質石灰岩からなっている。石灰岩には微粒粒状あるいは，それが直線的に連なり針状を呈する赤鉄鉱化黄鉄鉱の極めて弱い鉱染が認められるが，層理等の原岩構造は明らかでない。角礫化は，２４７.００～２４７.９０m，２４８.６０～２４９.４０m，２５０.１５～２５０.５０m，２５１.４１～２５３.６０m，２５４.１０～２５６.１０m，２５８.５５～２５８.９０m，２５９.１５～２５９.５０m，２６０.００～２６０.４０m，２６６.３０～２６６.８０m，２６７.０５～２６８.

35*m*, 271.65～212.15*m*, 276.55～276.85*m*, 277.60～277.95*m*, 279.30～281.10 *m* 等の区間で著しく，石灰岩は数mm～数cmの小片状に破砕されている。これらの角礫化部や破砕された裂かは，褐色犬牙状方解石によって充塡膠結されており，岩芯は棒状をなすことが多いが，（含水）酸化鉄汚染を受けた開口亀裂も多くみられ，岩片状岩芯もしばしば認められる。この区間における鉱化作用は，極めて弱く主として上記開口亀裂部を汚染する次生のものである。

本区間は，地表地質調査によって区分されたKau Ⅰおよび Ⅱ 単元に相当するものと推定される。

【289.10～302.20m】　本区間は，スティロライト構造の発達した泥灰岩を主とし，石灰岩も認められる。

泥灰岩は，褐色を呈するやゝ再結晶化した粘土質なもので，主に289.10～297.45*m* および299.00～302.20*m*間に認められる。3～15*cm*毎に層理やスティロライト構造が発達し，これらに沿って薄層の酸化された褐色粘土層が挾有されている。

石灰岩は，上記泥灰岩にはさまれて297.45～299.00*m*間にみられ，微粒赤鉄鉱化黄鉄鉱鉱染を伴う糖晶質なものである。層理面は，凹凸が激しいため明瞭ではないが，約20°の見掛け傾斜を示す。

裂かの発達は全体に弱いが，297.45*m*以深に犬牙状方解石細脈によって充塡された細裂かが若干発達している。しかし，鉱化作用は認められない。

本区間は，地表地質調査によって区分されたKau 0に相当すると推定される。

4－1－3　DDH－M3孔（深度：212.25*m*, 垂直）

本孔は，Base Camp 東北東約300*m*に位置する探鉱跡にみられる鉱化帯の延長部を探ることを主目的として実施された。

【0.00～5.50m】　0.00～4.75*m* 間は，主として灰色～暗灰色を呈する新鮮な石灰岩小礫に富む表土層からなり，礫間は主に腐植土および灰色粘土が充塡する。

4.75～5.50*m*間は，褐色を呈する酸化された石灰岩礫を主とし，礫径は最大約5*cm*程度で，礫間は褐色粘土が充塡している。岩盤直上の風化部である。

【5.50～100.00m】　本区間は，主に石灰岩からなり，71.90*m*～74.20*m*間に泥灰岩質部を挾在している。石灰岩は，弱く再結晶した微糖晶質なもので，DDH－M1，DDH－M2 に較べ，再結晶度・脱色度等は低く，全体に（含水）酸化鉄汚染を蒙り淡褐灰色を呈する。全体に破砕されているため，層理等の構造は明らかでないが，比較的厚層理石灰岩と思われる。

泥灰岩質部（71.90～74.20*m* 間）は，紅褐灰色を呈する（含水）酸化鉄汚染の著しいもので，層理が比較的良く発達し，その傾斜は約20°である。本区間は，全体に著しく破砕さ

れており，一部に角礫化部が伴われている。これらの断裂構造の多くは褐色犬牙状〜白色方解石によって充填膠結され，棒状良形の岩芯が多いが，一部には（含水）酸化鉄汚染を受けた開口性亀裂も認められ，岩片状岩芯も局部的にみられる。角礫化部は，8.40〜8.60m，9.55〜9.65m，67.15〜69.90m，79.85〜80.60m，87.75〜88.00m，89.40〜93.35m，94.30〜96.50m等に発達しており，また，比較的顕著な方解石脈は14.25〜16.20m，18.50〜20.55m，34.20〜34.50m，35.00〜35.25m，36.85〜37.30m，50.20〜52.90m，58.05〜58.60m，64.80〜66.70m，73.80〜74.80m，79.85〜80.90m等に発達している。方解石脈の多くは，褐色犬牙状方解石からなるが，その晶洞部あるいは一部の裂かには白色方解石が生じている。80.85mの試料には褐色犬牙状方解石脈を食って方射状重晶石が生じている。

このように，本地区には著しい破砕構造やこれを埋める方解石脈が発達しているが，鉱化作用は認められない。

本区間は，地表地質調査によって区分されたKau Ⅳ単元に相当する。

【100.00〜115.00m】　本区間は，泥灰岩および石灰岩からなっている。

泥灰岩は，100.00〜101.10mにみられ，褐灰色を呈し熱変成を受けて微糖晶質に再結晶している。層理の発達は弱く，塊状の産状を示す。石灰岩は，淡褐色を呈する微糖晶質なもので，5〜20cmの薄層理が発達し，層理面に沿って1〜3cmの褐色酸化鉄汚染の強い泥灰岩を挾在している。層理面のなす傾斜角は約20°である。

本区間は，全体にやゝ破砕されているが，とくに，103.20〜110.30m間には角礫化を伴う著しい破砕がみられ，破砕された裂かや角礫化された礫間は褐色犬牙状方解石および白色方解石によって充填膠結されている。白色方解石は主に晶洞部に生じている。岩芯は良形の棒状をなすものが多いが，110.90〜111.40m間では開口亀裂がみられ，岩片状岩芯がみられる。

本区間は，地表地質調査によって区分されたKau Ⅲ単元に相当する。

【115.00〜176.20m】　本区間は，主に石灰岩からなり，一部に泥灰岩質部が伴われている。石灰岩は，褐灰色を呈する微糖晶質なもので，全体に極く少量の赤鉄鉱化した黄鉄鉱鉱染がみられる。層理およびスティロライト構造は，5〜30cm毎に発達しており，これらに沿って1cm内外の厚さを有する著しく酸化された褐色粘土層が挾まれていることが多い。層理面の傾斜は20°内外のものが多い。

泥灰岩質部は，137.60〜138.20mにみられ，帯褐暗灰色を呈する微糖晶質なもので，全体に赤鉄鉱化黄鉄鉱の弱い鉱染や葉片状酸化鉄汚染がみられる。犬牙状方解石によって充填膠結された細裂かは全体にみられるが，とくに，131.60〜137.25m，140,40〜141.55m，144.50〜145.40m，146.35〜147.30m，153.00〜155.40m，157.10〜163.20m，164.00〜165.50m，174.00〜176.20m等は著しく破砕され，一部に角礫化部もみられる。

これらの断裂構造の多くは，褐色犬牙状方解石によって充塡膠結されており，棒状岩芯をなすものが多いが，一部には開口亀裂もみられ，岩片状岩芯も局部的にみられる。なお，140.50～141.45 m間には，緑色銅示徴を伴う鉱化作用がみられる（後述）。

本区間は，地表地質調査によって区分されたKauI～II単元に相当する。

【176.20～212.25m】　本区間は，地表地質調査による地質断面図上でKau0として一括された地層に相当し，粘土質石灰岩・石灰岩および泥灰岩からなり，岩相および産状から上部（176.20～198.90 m），中部（198.90～207.70 m）および下部（207.70～212.25 m）に分けられる。

・上部（176.20～198.90 m）　この区間は，粘土質石灰岩・石灰岩および泥灰岩からなっており，全体に著しく含水酸化鉄汚染を受けている。粘土質石灰岩は，176.20～188.65 mおよび189.25～190.80 mにみられ，全体に著しく破砕された角礫状の産状をす。角礫は弱い再結晶化作用を受けた粘土質石灰岩からなり，角礫化された礫間を充塡して褐色に酸化された粘土や，褐色～白色方解石が充塡している。全体に破砕が著しいため，層理等の構造は明瞭でないが，一部にスティロライト構造や著しく含水酸化鉄汚染を受けた粘土層（厚さ1～5 cm）が挟まれており，これらは，約20°の傾斜を示す。石灰岩は，188.65～189.25 m間にみられ，淡褐色を呈する微糖晶質なものである。7～10 cmの層理が発達し，層理に沿って極く薄い酸化された粘土層が挟まれており，スティロライト構造も認められる。

泥灰岩は，190.80～198.90 m間にみられ，特徴的な葉理構造に沿う葉片状含水酸化鉄汚染が認められるものである。197.25 mから採取した試料の顕微鏡観察結果では，本岩は主に微粒（0.01 mm程度）の方解石細晶からなっており，より大きい方解石（0.2 mm程度）・石英・赤鉄鉱鉱化黄鉄鉱・黒色炭質物等が少量伴われている。より大きい方解石・石英・赤鉄鉱等は葉理構造に沿ってプール状～葉片状に配列し，また，炭質物も葉片状の産状を示している。恐らく肉眼的にみられる葉片状構造は，このような鉱物配列からなっているものと推定される。190.80～195.00 mおよび197.70～198.90 m間での泥灰岩は，著しく酸化され全体に褐色を呈するが，195.00～197.70 m間はやゝ酸化が弱く，葉理沿いにのみ酸化され，褐灰色を呈する。葉理は，20°前後の傾斜を示すことが多いが，190.80～192.45 m間のように著しく破砕された部分では，30°前後の傾斜を示すこともある。本泥灰岩は，岩相的にDDH-M2孔の孔底近くのKau0単元に対比したものに酷似している。

・中部（198.90～207.70 m）　この区間は，淡褐色を呈する微糖晶質石灰岩からなっており，微粒の赤鉄鉱化した黄鉄鉱鉱染が認められる。層理は，10～40 cm毎に発達しており，スティロライト構造も伴われており，これらに沿って極く薄い褐色の酸化鉄汚染を受けた粘土層が挟まれており，その傾斜は約20°である。203.75 mから207.70 mにかけて著しく破砕され，

多数の不規則細裂かが発達しており，犬牙状方解石細脈がこれを充塡膠結している。

・下部（207.70～212.25m） この区間には，上部にみられた泥灰岩と同様の葉理構造に沿う葉片状酸化鉄汚染の著しい泥灰岩がみられる。全体に著しく含水酸化鉄汚染を受けて褐色を呈し，とくに層理や葉理面の近傍で顕著に汚染されている。

層理面と葉理面の傾斜はほぼ一致し，約50°の急な傾斜を示す。全体に破砕されており，210.60～210.85m，211.30～212.00m等には白色方解石脈も認められる。

4－1－4 DDH-M4孔（深度：203.25m，垂直）

本孔は，IP法電気探査の現地解析の結果，同探査測線L-AおよびL-B上に認められた著しい分極率異常部の下部構造を探り，その異常が鉱化作用に関連するか否かを調査することを主目的として実施された。

【0.00～5.90m】 本区間は，新鮮な石灰岩小礫に富み，腐植土あるいは粘土がこれらの間塡めた表土からなっている。

【5.90～23.25m】 本区間は，暗灰色～灰色を呈する新鮮な細粒石灰岩からなり，石灰岩は，やゝ泥灰質で暗色を示すものが多く，堆積性と考えられる微粒黄鉄鉱鉱染が認められる。

比較的，層理に乏しい塊状の産状を示すが，所々に1～5cmの薄層の黒色炭質層や泥灰岩薄層を挟んでおり，これらは10°～20°の傾斜を示す。裂かは全体に著しく少なく，1～2本／m程度の頻度で出現する程度で，これらは60°～70°の傾斜を示し，白色方解石によって細脈状に充塡されていることが多いが，黒色岩質物がこれを充塡していることもある。なお，鉱化は全く認められない。

本区間は，地表地質調査によって区分されたKau X単元に相当する。

【23.25～46.50m】 本区間は，主に新鮮でやゝ泥灰質な暗灰色石灰岩からなり，1～0.1cmの厚さの多数の黒色炭質物が分泌脈状に，あるいは層状に挟まれている。石灰岩中には，堆積性の起源をもつと考えられる微粒黄鉄鉱集合が認められる。

層理は概して良く発達し，23.25～32.25m間では5～15cm，32.25～46.50m間では10～30cmの薄～中層理が認められ，層理面の傾斜は10°～20°である。23.25～41.25m間は，極めて新鮮で裂かの発達も悪く，一部に僅かに白色方解石脈（60°～70°の傾斜を示す）が認められるにすぎないが，41.25～43.00m間には白色方解石脈を伴う脱色された酸化部があり，黄褐色～赤褐色含水酸化鉄鉱物の沈澱が顕著である。また，この前後には比較的高い頻度で白色方解石脈が生じている。このような変質部が一部にみられるものの，岩芯は全体を通じて良形の棒状をなすものが大部分である。

本区間は，地表地質調査によって区分されたKau IX単元に相当する。

【46.50～161.25m】　本区間は，主に石灰岩からなり，106.40～112.25mおよび125.90～127.20mに泥灰質石灰岩を伴っている。

石灰岩は，上記の泥灰質石灰岩部を除く本区間全体にわたってみられ，46.50～57.50m間および58.65～62.75m間で脱色・変質しているほかは，大部分が灰白色を呈する新鮮で細粒緻密質石灰岩からなっており，極めて少量の堆積性微粒黄鉄鉱染が認められる。

石灰岩は，全体に層理の発達が悪く，0.2～1.5mの中～厚層理の産状を示し，層理部には厚さ1cm以下の黒色炭質物や泥灰岩薄層が挟まれており，約15°の傾斜を示す。また，スティロライト構造も普通に伴われている。

裂かの発達は，上記の脱色・変質部を除いて弱く，1～2本／m程度の頻度で60°～70°急傾斜した白色方解石脈が認められるのみである。しかし，46.50～57.50mおよび58.65～62.75m間には，裂かが比較的良く発達し，とくに，46.50～57.50m間には顕著に裂かが発達し，一部に角礫化帯もみられ，数mm～10数cm程度の白色方解石がこれらの断裂構造を充塡膠結している。これらの裂か構造の周辺の石灰岩は，脱色され一部酸化されている。このほか，146.80～159.90m間には，酸化されて褐色化した密着網状細裂かが多数認められ，周辺の石灰岩は淡い褐色を帯びている。

泥灰質石灰岩は，暗灰色を呈する細粒緻密質なもので，1～5cmの黒色炭質物薄層と互層しており，中～薄層理が発達している。層理面は10°～15°の傾斜を示し，裂かは殆んど発達しない。

本区間は，地表地質調査によって区分されたKau Ⅷ単元の上部に相当する。

【161.25～203.25m】　本区間は，黒色～暗灰色を呈し，炭質物に比較的富んだ薄～中層理（5～30cm）泥灰質石灰岩を主とし，厚さ0.5～4cmの黒色炭質物薄層を挟有している。

全体に，極く微量の堆積性黄鉄鉱鉱染が認められる。層理面の傾斜は，上位層と調和しており，10°～15°を示す。

裂かは，161.25～167.25m間ではやゝ多く，厚さ0.1～0.5mmの網状～平行状白色方解石脈がみられ，167.25～193.00m間では著しく少なく，1～2本／m程度の頻度で白色方解石細脈が認められる。193.00～198.30m間は，やゝ破砕され，層理に沿ってあるいは網状裂かを充塡して白色方解石脈が多数生じており，また，脱色や含水酸化鉄汚染が顕著に認められる。198.30～203.25m間は，やゝ裂かが発達し，不規則網状白色方解石脈が多く認められ，なかには厚さ10cmのものも存在する。なお，岩芯は完全棒状のものが大部分である。

本区間は，地表地質調査によって区分されたKau Ⅷ単元の下部に相当するものと考えられる。

4－1－5　DDH－M5孔(深度：220.95m，方向・傾斜：N55°W －55°)

本孔は，DDH－M2孔で確認された鉱化帯の規模およびその産状を立体的に解明することを主

目的として実施された。

【0.00～1.90m】　0.00～1.10m 間は，暗褐色を呈する腐植土を含む石灰岩細礫からなり，1.10～1.90m 間は褐色粘土を伴う石灰岩および方解石脈の礫からなっている表土層である。

【1.90～116.05m】　本区間は，主として熱変成を受けた石灰岩からなり，泥灰岩と推定される再結晶岩を伴っている。

石灰岩は，白色～淡褐灰色を呈する糖晶質なもので，少量の赤鉄鉱化した微粒黄鉄鉱や針状微粒黄鉄鉱集合（長さ1mm以内）の鉱染がみられる。再結晶化が著しいため，成層構造は明瞭でないが，一部に酸化された褐色粘土薄層・スティロライト構造・含水酸化鉄および方解石によって交代された薄層等がみられ，これらは約15°～20°の見掛け傾斜を示す。厚層理塊状石灰岩であると思われる。

泥灰岩と推定される再結晶岩は，16.90～18.00m，28.60～29.50m，41.70～44.15m，46.95～50.40m等にみられ，これらは，淡褐色を呈するやゝ粘土質な再結晶化した炭酸塩岩で，恐らく泥灰岩あるいは泥灰質な石灰岩が再結晶したものと推定される。石灰岩に較べてやゝ多い赤鉄鉱化した微粒黄鉄鉱や針状微粒黄鉄集合の鉱染がみられ，全体に含水酸化鉄汚染が顕著である。5～20cm の薄～中層理の成層構造がみられ，15°～20°の見掛け傾斜を示す。

本区間には，白色方解石や褐色犬牙状方解石によって充填された裂かや，角礫化部を伴う破砕帯が顕著に発達し，とくに，1.90～23.65m，25.60～27.90m，33.50～34.00m*，37.40～37.65m*，37.85～38.35m*，38.95～43.70m，43.95～45.45m，46.95～47.30m，49.00～51.35m，53.05～54.40m，55.30～55.75m，56.00～56.10m，56.55～56.90.m，58.20～58.40m，58.75～59.35m+，61.20～61.35m，63.35～64.10m，65.05～65.40m，67.00～69.00m，70.15～70.75m，73.45～74.65m，75.25～75.95m，76.20～76.65m，77.35～81.50m，81.90～82.95m．83.75～83.90m，86.55～87.15m，88.55～88.80m+，91.65～92.50m，93.25～95.85m×，96.15～99.75m，100.10～100.35m，100.70～101.35m×，102.10～103.20m+，103.50～104.15m，105.35～106.40m，106.90～107.40m，109.70～111.15m+，112.00～114.90m等で著しい破砕・角礫化等がみられる。なお，上記区間中，無印は白色～褐色犬牙状方解石によって充填された角礫化破砕帯を表わし，*印は白色方解石脈を表わし，+印は褐色方解石細脈によって充填された破砕砕部を表わし，また，×印は鉱化を伴う角礫化破砕帯を表わす。これらの多数の裂かや破砕帯と母岩の境は鮮明なものが多く，その見掛け傾斜は45°～85°の範囲にあり，60°～75°のものが多い。これらの顕著な断裂構造のほかに，不規則網状に発達する犬牙状方解石細脈や，これを切る直線状の急傾斜（70°～80°の見掛け傾斜）した黄鉄鉱（赤鉄鉱化）鉱染や緑色銅示徴を伴う方解石細脈（幅1～5mm）が多数生じている。以上のような構造

に多量に生じている方解石は，白色を呈するものと褐色犬牙状を呈するものとがあり，両者が共存する場合には前者が後者を覆っているか切っていることが多い。

本区間は，地表地質調査によって区分されたKau Ⅵ単元に相当する。なお，1.9 0〜2 3.6 5 *m*間に発達する角礫化帯の一部は，Kau Ⅶ単元の下底部にかかる可能性がある。

【116.05〜122.05m】　本区間は，泥灰岩と思われる再結晶岩および熱変成を受けた石灰岩からなっている。

泥灰岩と思われる再結晶岩は，1 1 6.0 5〜1 1 8.9 5 *m*および1 2 0.8 5〜1 2 2.0 5 *m*に認められる。1 1 1.6 5〜1 1 8.9 5 *m*間は，淡褐色を呈するやゝ粘土質な再結晶岩からなり，1 2 0.8 5〜1 2 2.0 5 *m*間は褐色を呈し，特徴的な含水酸化鉄による葉片状構造を示す粘土質な再結晶岩からなっており，共に赤鉄鉱化した微粒正六面体状〜針状微粒集合状黄鉄鉱の鉱染が認められる。恐らく，泥灰岩の再結晶化したものであろう。

石灰岩は，1 1 8.9 5〜1 2 0.8 5 *m*間にみられ，糖晶質なもので，極く少量の赤鉄鉱化した黄鉄鉱鉱染が認められる。全体に再結晶化しているため，成層構造はあまり明瞭でないが，一部に約1 0°の見掛け傾斜を示す褐色粘土薄層やスティロライト構造が認められる。

褐色犬牙状方解石によって充塡された網状〜平行状細脈や赤鉄鉱化黄鉄鉱鉱染を伴う直線状方解石細脈が，やゝ頻繁にみられ，1 1 8.7 0〜1 1 8.9 0 *m*間には約5 0°の見掛け傾斜を示す白色方解石脈も認められる。

本区間は，地表地質調査によって区分されたKau Ⅴ単元に相当する。

【122.05〜220.95m】　本区間は，熱変成を受けた石灰岩を主とし，一部に泥灰岩と推定される再結晶岩を挾有している。また，鉱脈部には火成岩と推定される絹雲母石灰岩が認められる。

石灰岩は，淡褐色〜白色を呈する糖晶質なもので，正六面体状〜針状集合をなす赤鉄鉱化した微粒黄鉄鉱鉱染が僅かに認められる。1 2 5.7 5 *m*には，巨晶柘榴石変斑晶が生じている。再結晶化しているため，成層構造は不明瞭であるが，一部に厚さ0.5〜1 *cm*の含水酸化鉄汚染の著しい粘土層やスティロライト構造がみられ，これらは1 5°〜2 0°の見掛け傾斜を有している。中〜厚層理の発達した石灰岩と思われる。

泥灰岩と推定される再結晶岩は，1 3 6.9 5〜1 3 9.9 0 *m*，1 4 6.1 0〜1 4 9.8 5 *m*，1 5 1.4 5〜1 5 8.1 0 *m*，2 0 7.1 5〜2 0 7.8 5 *m*にみられる。これらの再結晶岩は微粒正六面体赤鉄鉱化黄鉄鉱鉱染を伴い，含水酸化鉄汚染を顕著に伴うやゝ粘土質な岩石で，糖晶質な外観を有し，特徴的な葉理に沿う葉片状含水酸化鉄汚染縞が認められる。層理は，比較的良く発達し，しばしば褐色粘土薄層を挾有しており，それらの見掛け傾斜は1 5°〜2 0°である。

絹雲母石英岩は，1 4 7.5 0 *m*・1 5 1.0 5 *m*・1 5 2.8 5 *m*および1 5 6.7 5 *m*等の鉱脈中にみられ

る。147.50mにみられる本岩は，肉眼的に自形〜半自形柱状または球顆状を呈する絹雲母化した鉱物（長石？）による斑状構造の顕著な珪質岩で，黄鉄鉱やエンブレクタイト〜輝蒼鉛銅鉱？の鉱染が認められる。顕微鏡下では，主に石英・絹雲母および不透明鉱物からなり，少量の燐灰石・螢石・氷長石を伴っている。石英は，1㎜内外の他形を呈し，縫合組織をなしている。

絹雲母は，石英間を充塡するものと，短柱状（0.3㎜前後）〜短冊状（0.1〜0.4㎜）を呈する長石と思われる鉱物を交代して生じたものとがあり，また，石英中に斑ら状に（0.02㎜前後）生じたものも認められる。氷長石は，主に裂かを充塡して生じており，新鮮である。恐らく，著しく変質した酸性火成岩と推定される。

151.05m・152.85mおよび156.75m の絹雲母石英岩は，肉眼的に細粒完晶質な優白色岩で，多量の絹雲母を伴い，一部に短柱状の絹雲母によって交代された長石様鉱物がみられ，全体に著しい黄鉄鉱やエンブレクタイト〜輝蒼鉛銅鉱(?)や輝安銅銀鉱の鉱染を受けている。著しく鉱化され，破砕されているため，鏡下では火成岩組織が明瞭でないが，鉱脈中にみられる石英の一部には縫合組織をなす集斑晶状のものが存在し，これらは，融食されており斑ら状に絹雲母を伴っている。恐らく半花崗岩のような完晶質酸性火成岩であろう。

本区間には，白色方解石や褐色犬牙状方解石脈あるいは黄鉄鉱石英方解石石膏鉱脈等によって充塡された裂か・角礫化部を伴う破砕帯等の構造が良く発達しており，鉱脈は144.05〜163.80m 間に主にみられる（後述）。角礫化を伴う破砕帯は，主に124.10〜171.90m間にみられ，その主なものは124.10〜131.20m，144.05〜144.45m×，146.85〜147.85m×，149.85〜151.20m×，151.85〜153.10m×，156.45〜157.35m×，159.20〜161.60m×，162.80〜163.80m×，164.20〜171.90m等で，犬牙状方解石・白色方解石・鉱脈等がこれらを充塡交代している。

上記区間のうち，×印をつけた区間は鉱脈あるいは鉱脈を伴う破砕帯である。これらの主要な構造のほかに，網状〜平行状小裂かが比較的良く発達している。

171.90mから孔底（220.95m）にかけては，数㎜〜10㎝ の褐色犬牙状方解石脈によって充塡された網状〜格子状裂かが顕著に発達しており，一部に角礫状を呈することもあり，著しい破砕を受けたことを示している。この区間では，白色方解石は褐色・犬牙状方解石脈の晶洞部に僅かに認められるのみである。

本区間は，地表地質調査によって区分されたKau Ⅳ単元に相当する。

4−2 試錐孔における変成，変質および鉱化作用

4−2−1 変成作用

DDH−M1，DDH−M2およびDDH−M5 の3孔は，地表地質調査の結果，最も顕著な再結

晶化作用や熱水変質作用の認められた含スカルン鉱物再結晶帯中で実施されており，このうちDDH－M2およびDDH－M5の2孔は，柘榴石脈の地表露出近傍で実施された。また，DDH－M3 孔は，糖晶質再結晶帯の東縁部で実施された。一方，DDH－M4孔は，熱変成帯南方の非変成部で実施された。

(1) DDH－M1・DDH－M2・DDH－M5孔

標記3孔にみられる石灰質堆積岩は，熱変成を受けて糖晶質石灰岩に変っており，しばしば層理・葉理・微化石等の構造が失われ，原岩の識別が困難なことが多かった。再結晶粒度は，概して石灰岩を原岩とした場合は粗く約0.1～0.2㎜であり，泥灰岩を原岩とした場合はやゝ細粒で 0.1㎜以下であることが多い。また，DDH－M1およびDDH－M5孔では深度による再結晶粒度変化はみられないが，DDH－M2孔では孔底付近でやゝ細粒となっている。

スカルン化作用は全体に弱く，局所的にヘデン輝石・珪灰岩・透輝石（?）・柘榴石・緑簾石・ゆう簾石・緑閃石等が認められる。柘榴石以外のスカルン鉱物は，肉眼的には認められず，薄片中に極く少量認められるもので，主に鉱脈およびその近傍に存在する。

柘榴石は，DDH－M2孔（深度156.50m）およびDDH－M5孔（深度125.75m）にみられ，直径約5cmの巨晶変斑晶として生じている。これらの柘榴石は，肉眼的に褐色～黄褐色を呈する累帯構造の発達したもので破砕されており，裂かに沿って黄鉄鉱・方解石・石英・石膏・蛍石等が細脈状に，あるいは鉱染状に認められる。変質して多量の酸化鉄や，その他の変質鉱物を生じていることから，アンドラダイト系のものと推定される。なお，スカルン鉱物が鏡下で同定された深度は，DDH－M1孔では86.60m，DDH－M2孔では50.15m・156.50m・164.80m，DDH－M5孔では125.75mである。

(2) DDH－M3孔

本孔は，微糖晶再結晶石灰質堆積岩からなり，スカルン鉱物は全く認められない。

(3) DDH－M4孔

本孔は，全体に新鮮な石灰質堆積岩からなっており，熱変成作用の影響は認められない。

4－2－2 変質作用

(1) 熱変成帯での変質

熱変成帯中で実施されたDDH－M1・DDH－M2・DDH－M3およびDDH－M5の各試錐孔では，炭酸塩化・珪化・絹雲母化・緑泥石化・粘土化等の変質作用が認められる。このうち，炭酸塩化および珪化は，上記4孔を通じて普遍的に認められる。絹雲母化作用は，DDH－M2孔（深度125.40m），DDH－M5孔（深度147.50～156.75m）等の火成岩と推定される絹雲母石英岩の認められる部分で顕著で，黄鉄鉱・エンプレクタイト～輝蒼鉛銅鉱（?）等の鉱染を伴い，また，一部に弱い緑泥石作用も伴われている。粘土化作用は，主に層理あるいはス

ィロライト構造に沿ってみられ，泥灰岩等の陸源細粒砕屑物に富む石灰質堆積岩でも比較的顕著で，肉眼的には褐色に酸化された粘土がみられ，X線回折試験ではモンモリロン石・加水ハロイサイト等が同定された。

これらの変質作用は，粘土化作用を除いて，鉱脈・白色方解石を伴う破砕帯およびそれらの極く近傍の石灰質堆積岩中にのみ認められ，母岩中に広く拡がることは殆んどなく，鉱化作用に密接に関連したものであることを示している。しかし，粘土化作用は泥質な石灰質堆積岩中にかなり拡がっているのがDDH−M1孔（深度289.80〜290.30 *m*）等にみられる。

なお，巨晶変斑晶として生じている柘榴石の割れ目等に生じている緑泥石・方解石・石英・含水酸化鉄鉱物・黄鉄鉱・絹雲母等は，スカルン期に生じた柘榴石が熱水期に後退的に変質されたことを示し，本地区の鉱化期を考えていく上で重要な資料を提供している。

(2) 非熱変成部での変質

熱変成帯南方の非熱変成部で実施されたDDH−M4孔は，全体的には新鮮な石灰岩中を掘進したが，41.25〜43.00 *m*，46.50〜57.50 *m*，58.65〜62.75 *m* および193.00〜198.30 *m* の比較的裂かが発達し，白色方解石脈が多数生じている所では，石灰質堆積岩が全体に脱色され，（含水）酸化鉄汚染を蒙り黄褐色〜赤褐色を呈し，弱い粘土化が認められる。これらの変質は裂かや方解石脈の近傍でとくに著しいが，層理沿って変質が拡がっていると推定される所も存在する。これらの変質された区間には，顕著な鉱化作用は認められないが，地表部では石灰岩が新鮮であること，裂かや方解石脈の分布に規制されて変質帯が生じていること等から，これらの区間にみられる変質は熱水作用によってもたらされたものであると推定される。

4−2−3 各孔の鉱化作用

(1) DDH−M1孔

本孔には，12.05 *m* から209.50 *m* にかけての区間に12箇所のマント〜鉱脈型の鉱化作用がみられる。これらの鉱化帯の産状・規模・岩芯採取率・室内試錐結果等を一括してTable I−8に示す。なお，以後の記載に際して，主に同表左端に付した鉱体番号を用いることにする。

M1−1鉱体(深度：12.05〜16.65m)　本鉱体は，糖晶質再結晶石灰岩を交代して生じた主として酸化鉱からなる鉱体で著しい緑色銅示徴を伴っている。鉱体の上盤側の境は，凹凸の激しい不規則な形状を示し，裂かに沿って脈状をなす所もみられるが，全体としてほぼ水平である。一方，下盤側の境は，ほぼ水平な層理面で明瞭に母岩と境されており，マント型の鉱体であると考えられる。

本鉱体は，外観上，①やゝ多孔質で酸化鉄鉱物および白色方解石に富む12.05〜13.35 *m* 間，②多孔質で緑色銅鉱物に著しく富んだ13.35〜13.70 *m* 間，③やゝ緻密質で酸化鉄に富み弱い

Table I-8 Analytical results of ores from DDH-M1 drill hole

Vein No.	Interval (m)	Length (m)	Width (m)	Incli-nation	Core-recovery(%)	Chemical analysis Au(g/t)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)	As(%)	Cd(%)	Hg(g/t)	Co(%)	Ore minerals	Gangue minerals	Remarks
M1-1	12.05∿ 13.35	1.30	4.60	0°	83.0	0.4	36.8	0.14	0.02	0.07	-	-	-	tr	*hm-gt	*qz-ca-fl	Manto
	13.35∿ 13.70	0.35				8.7	121.9	4.08	0.02	0.34	2.39	0.03	1.6	tr	*hm-gt-py-cp-cn-gr·cu	*qz-fl	
	13.70∿ 14.60	0.90			90.0	4.8	70.3	0.97	0.01	0.17	1.40	0.01	1.1	tr	hm-gt-cn-gr·cu	qz-ca	
	14.60∿ 15.50	0.90				0.7	234.4	1.36	0.021	0.19	1.52	0.02	2.9	tr	*hm-gt-ce?	*qz-ca	
	15.50∿ 16.65	1.15			88.7	1.4	328.1	6.80	tr	0.20	2.62	0.001	2.7	tr	*hm-gt-py-cp-ac-cc-cv-ct-tn-cn-gr·cu	*qz-ca	
	Average of 12.05∿ 16.65	4.60	4.60	0°	87.2	2.2	161.3	2.51	0.013	0.17	1.96	0.012	2.2	tr			
M1-2	16.95∿ 17.55	0.60	0.05	75°	100	1.4	210.9	4.99	0.01	0.11	0.20	0.03	0.72	tr	hm-gt-cn-gr·cu	qz-ca	gr·cu-stained vein
M1-3	19.40∿ 19.75	0.35	0.03	90°	100	tr	17.0	0.25	0.01	0.11	-	-	-	tr	hm-gt-cn		cn-stained crack
M1-4	26.25∿ 27.75	1.50	1.50	15°	36.7	3.9	46.9	0.97	tr	4.20	1.47	0.04	0.85	tr	gt	ca	Manto?: porous limonite
M1-5	44.30∿ 44.90	0.60	0.01	90°	100	0.8	12.7	0.36	0.02	0.03	-	-	-	tr	hm-cn		cn-stained crack
M1-6	72.60∿ 73.20	0.60	0.005	80°	100	tr	11.3	0.24	0.01	0.07	-	-	-	tr	gt		gt-cn-stained cracks
M1-7	106.75∿107.20	0.45	0.01	75°	100	tr	2.8	0.11	0.02	0.04	-	-	-	tr	gt-hm-cn	ca	Oxidized vein
M1-8	158.50∿158.90	0.40	0.05	75°	75.0	0.4	76.4	0.20	0.01	0.05	-	-	-	tr	gt-hm	ca	Limonite-stained fractured zone
M1-9	159.45∿160.35	0.90	0.01	90°	83.0	tr	2.8	0.11	0.01	0.04	-	-	-	tr	gt-hm		Limonite-stained crack.
M1-10	164.50∿165.70	1.45	0.05	85°∿90°	100	tr	2.8	0.06	0.01	0.07	-	-	-	tr	gt-hm	ca	Porous iron oxide vein
M1-11	170.90∿172.00	1.10	0.005	85°∿90°	90.9	tr	2.3	0.14	0.01	0.11	-	-	-	tr	gt	ca	Iron oxide-stained cracks
M1-12	208.50∿209.50	1.00	0.005	65°∿90°	100	tr	2.3	0.29	0.01	0.05	-	-	-	tr	hm-gt-(cn)	ca	Oxidized vein
M1-13	209.50∿211.45	1.95	0.005	65°∿90°	100	0.4	1.6	0.05	0.01	0.03	-	-	-	tr	gt		Iron oxide-stained crack.

Note: hm: hematire, gt: goethite, py: pyrite, cp: chalcopyrite, cn: conichalcite, gr·cu: green copper, ce: cerargyrite,
tn: tenorite, ac: acanthite, cc: chalcocite, cv: covelline, ct: cuprite, qz: quartz, ca: calcite, fl: fluorite.
Asterisk shows that the minerals are identified under the microscope.

珪化もみられ13.70〜14.60m間，④緻密質で珪化が著しく一部に母岩角礫も認められ，主に酸化鉄からなる14.60〜15.50m間，および，⑤緻密質で多量の緑色銅を伴う15.55〜16.65m間に分けられる。これらのうち，③を除く他の区間から採取された代表的試料の顕微鏡観察の結果，①〜④の鉱化部では，酸化鉄鉱物が初生硫化鉱物仮像を示すことが少なく，主としてコロフォーム構造をなしているものが多く，石英が少なく，方解石と酸化鉄鉱物が同心円状に共生することがあり，破片状の石英がみられるなどの特徴が認められ，浅成作用によって原鉱石組織が組み変えられた次生鉱を主としていると推定される 一方，⑤の鉱化部には初生鉱石構造が比較的良く保存されており，初生鉱の鉱石組織のまま変質した部分であると推定される。

浅成作用による原鉱石組織の組み変えの程度は，上位にあるもの程著しいが，その組み変えは主に鉱体内でのみ起っている。なお，本鉱体内で同定された鉱石鉱物は，黄鉄鉱・赤鉄鉱・針鉄鉱・黄銅鉱・輝銅鉱・銅藍・硫銀鉱・自然銅・赤銅鉱・黒銅鉱・粉銅鉱等で，脈石として方解石・石英・螢石が認められた。

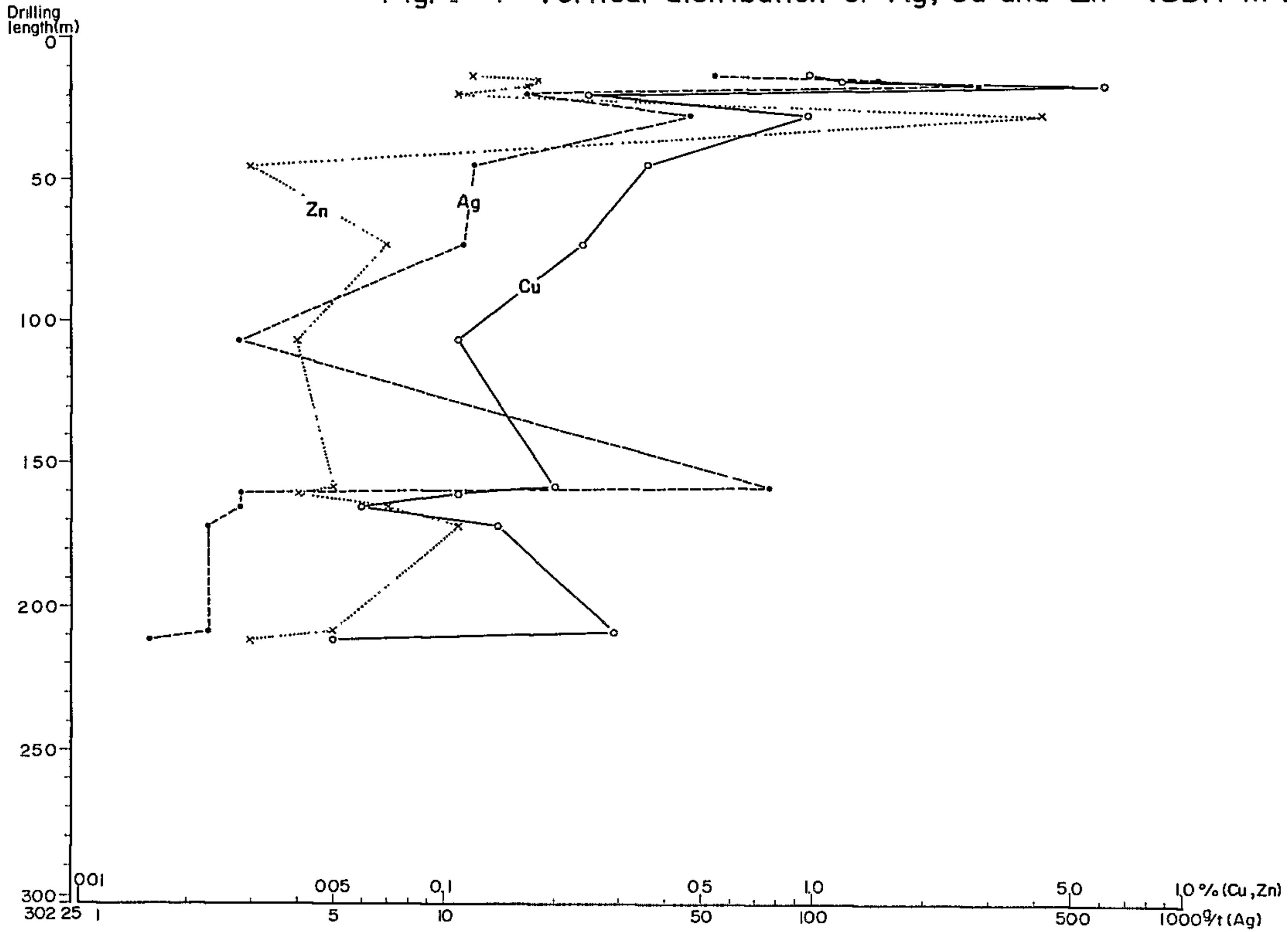
・M1−2鉱体（深度16.95〜17.55m）　本鉱体は，傾斜約75°のやゝ不規則にうねった裂かを充填した鉱脈からなる鉱体で，顕著な緑色銅汚染を伴う酸化鉱からなっている。主に赤鉄鉱および褐鉄鉱に変質した初生硫化鉱物は，幅約3〜5cmの裂かを充填し，脈石として方解石および石英を伴っている。粉銅鉱およびトルコ石様非晶質緑色銅鉱物等の次生銅鉱物は，主に母岩の石灰岩中に生じている。また，鉱脈の晶洞部には透明な粒状多面体方解石が被膜状に生じている。

本鉱体は，M1−1鉱体の直下に位置し，同鉱体と同様に著しく銅に富んでいることから，同鉱体の根に相当するものと考えられる。

・M1−3（深度19.40〜19.75m），M1−5（深度44.30〜44.90m），M1−7（深度106.75〜107.20m）の鉱脈　これらの鉱脈は，糖晶質石灰岩中に発達する75°〜90°の急傾斜な裂かを充填する緑色銅汚染の著しい酸化鉱鉱脈で，脈幅は1〜3cm程度の小規模なものである。鉱石は，主に赤鉄鉱化した正六面体形の黄鉄鉱からなり，方解石・（石英）・（螢石）を脈石として伴っている。緑色銅鉱物は，主として裂かに沿ってフィルム状に生じている。鉱床としての経済価値は低い。

・M1−4鉱体（深度26.25〜27.75m）　本鉱体部での岩芯採取率が36.7%と低かったため，鉱況は明らかでないが，得られた岩芯は，主に多孔質で脆弱な酸化鉄（主として褐鉄鉱）からなっており，著しい酸化や地下水による溶脱を受けた鉱石である。鉱床の形態は明らかでないが，本鉱体の上下にみられる石灰岩の面は，著しく酸化されており，共に約15°の傾斜を示すことから，マント型の鉱体であると推定される。なお，本鉱体には緑色銅鉱物の汚染は肉眼的に認められない。

Fig. I-4 Vertical distribution of Ag, Cu and Zn (DDH-M I)



・M1−6（深度72.60〜73.20m），M1−8（深度158.50〜158.90m），M1−9（深度159.45〜160.35m），M1−10（深度164.50〜165.70m），M1−11（深度170.90〜172.00m），M1−12（208.50〜211.45）の鉱脈　これらの鉱脈は，主に糖晶質石灰岩中に発達する急傾斜した裂かおよび破砕帯中の細裂かを充填するもので，その多くは鉱脈幅が5cm以下の小規模なものである。鉱石は，正六面体をなす赤鉄鉱化黄鉄鉱を含む酸化汚染の著しい方解石・（石英）脈からなり，酸化鉄汚染が母岩中に及んでいることも多いが，緑色銅は殆んど伴われていない。鉱脈規模が小さく，含有金属量も乏しいことから，鉱床としての経済的価値は低い。また，これらの比較的顕著な鉱脈のほかに，幅0.5cm以下の急傾斜した裂かを充填した細脈が全孔にわたって散見される。これらは赤鉄鉱化含鉄硫化鉱物の鉱染を伴う方解石（石英）細脈で，赤鉄鉱の近傍にしばしば緑色銅鉱物汚染を伴っているものであるが，鉱脈規模が極めて小さい。

・DDH−M1孔の鉱化作用の特徴　以上の各鉱化部において行なった分析のうち，銀・銅・亜鉛品位の深度による変化状況をFig I−4に示した。なお，本図では鉱脈幅が5cm以下の場合は，分析試料中に母岩が混入することから鉱脈幅に応じて研混入率を計算し，鉱脈のみの品位に換算してある。以下の同様の品位分布図においても，同様の補正を加えた品位を使用した。

この図からも明らかなように，本孔にみられる鉱化帯は，比較的高い銅含有量を示し，大部分が銅＞亜鉛の傾向を示す。また，比較的優勢な鉱化作用は，深度 27.75 m以浅にみられ，これ以深では，裂かや破砕帯が多数発達しているにも拘らず，その多くは褐色犬牙状方解石によって充填され，鉱化作用は小規模な裂かに沿ってしか認められない。

(2) DDH−M2孔

本孔には，地表から深度240.40m間にわたって40条余りの鉱脈（一部マント状）がみられ，240.40〜294.25mにかけては含水酸化鉄汚染の著しい亀裂の発達部がみられる。これらは，000〜138.50m間および222.45〜302.20m間では著しく酸化され，鉱石は主に酸化鉱からなっているが，138.50〜222.45m間では脈石鉱物として特徴的に石膏を伴い，初生硫化鉱に富む鉱石が認められる。これらの多数の鉱脈の産状・規模・岩芯採取率・室内試験結果等を一括してTable I−9に，また，掘進深度に対する銀・銅・亜鉛の品位変化をFig I−5に示す。なお，以後の記載に際しては，主に同表左端に付した鉱脈番号を用いることとする。これらの多数の鉱脈は，産状・構成鉱物・鉱石品位から，次に記すようなA〜Fの種類に大きく分けられる。概ねAからFにかけての深度が深い位置に賦存している。

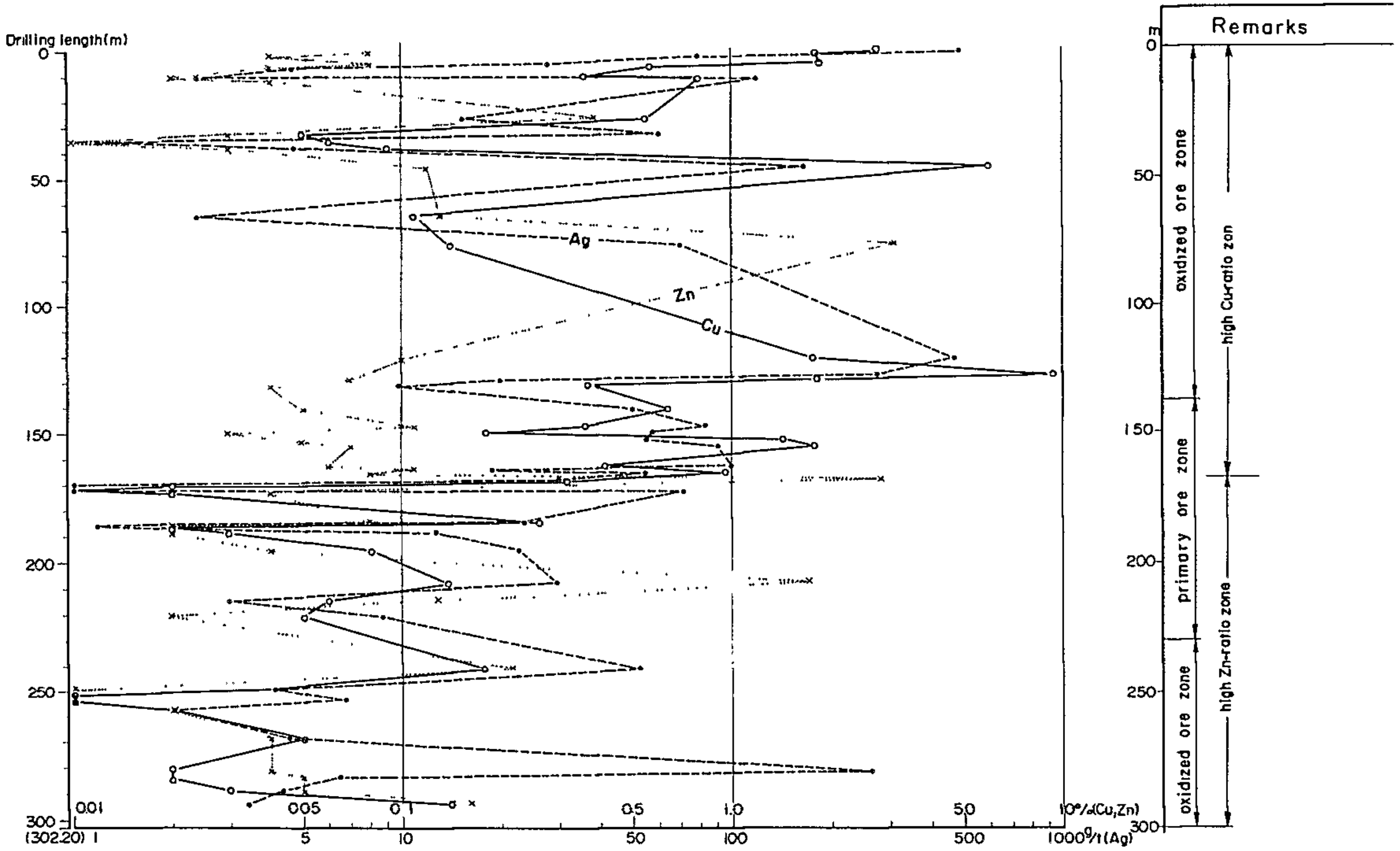
・Aの鉱脈……M2−1・M2−2・M−3・M2−4・M2−5・M2−6 等の鉱脈がこれに該当し，これらは0.00〜11.10m間に分布するが，その他，さらに小規模なものが0.00〜13.15m間に4条認められる。

Table I-9 Analytical results of ores from DDH-M2 drill hole

Vein No.	Interval (m)	Length (m)	Width (m)	Incli-nation	Core recovery(%)	Assay Au(g/t)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)	As(%)	Cd(%)	Hg(g/t)	Co(%)	Ore minerals	Gangue minerals	Remarks
M2-1	1.10~ 1.45	0.35	0.005	70°	100	tr	65.1	0.37	0.01	0.01	-	-	-	tr	hm-gt-cn-gr·cu	ca	Veinlet
M2-2	2.20~ 2.35	0.15	0.01	85°	100	tr	20.6	0.48	0.01	0.01	-	-	-	tr	ditto	ca	ditto
M2-3	5.00~ 5.25	0.25	0.005	85°	100	tr	tr	0.25	0.01	0.01	-	-	-	tr	ditto	ca	ditto
M2-4	5.90~ 6.25	0.35	0.01	85°	100	tr	1.2	0.15	0.01	0.01	-	-	-	tr	hm-gt-cn	ca	Limonite-stained veinlet
M2-5	10.54~ 10.70	0.16	0.02	60°	100	tr	1.2	0.18	0.01	0.01	-	-	-	tr	hm-gt-cp-cn	ca	Veinlet
M2-6	10.80~ 11.10	0.30	0.01	60°	100	tr	26.6	0.21	0.003	0.01	-	-	-	tr	hm-gt-cn	ca	ditto
M2-7	27.75~ 27.92	0.17	0.06	55°	100	tr	15.7	0.55	0.01	0.39	-	-	-	tr	hm-gt	ca-ba	Vein
M2-8	32.85~ 33.25	0.40	0.20	45°	100	tr	60.5	0.05	0.02	0.03	-	-	-	tr	hm-gt	ca-qz	Porous, iron-oxide vein
M2-9	35.08~ 35.45	0.37	0.03~0.05	70°	100	tr	1.2	0.06	0.01	0.01	-	-	-	tr	gt	ca-qz	ditto
M2-10	37.90~ 38.05	0.15	0.15	50°	100	1.4	4.7	0.09	0.03	0.03	0.17	0.001	1.6	tr	gt	ca-qz	ditto
M2-11	45.45~ 45.80	0.35	0.20	60°	100	0.7	168.7	6.18	0.04	0.12	0.98	0.002	20.0	tr	hm-gt-cn	ca-qz	Vein
M2-12	64.25~ 64.65	0.40	0.30	50°	87.5	tr	2.4	0.11	0.02	0.13	-	-	-	tr	hm-gt	ca-qz	Porous, iron-oxide vein
M2-13	76.40~ 77.10	0.70	0.50	45°	31.4	0.4	70.0	0.14	0.02	3.14	1.14	0.07	2.3	tr	hm-gt-(cn)	ca	Vein
M2-14	85.50~ 85.70	0.20	0.15	45°	100	-	-	-	-	-	-	-	-	tr	hm-gt-(cn)	fl-ca-qz	Vein same as No.11
M2-15	86.00~ 86.05	0.05	0.05	20°	100	-	-	-	-	-	-	-	-	tr	ditto	ca-qz	Manto, ore is same as No.11
M2-16	86.85~ 86.95	0.10	0.03	70°	100	-	-	-	-	-	-	-	-	tr	ditto	ditto	Oxidized vein with green copper
M2-17	118.35~119.55	1.20	0.60	60°	17.7	-	-	-	-	-	-	-	-	tr	ditto	ditto	ditto
M2-18	120.50~121.60	1.10	networks		27.3	1.3	147.6	1.78	0.03	0.10	0.36	0.003	30.0	tr	hm-gt-gr·cu	qz-ca-fl	Petwork vein ?
	121.60~124.80	3.20	2.26	45°	9.5	tr	76.2	0.36	0.02	0.05	-	-	-	tr	gt	ca-qz	Strongly oxidized porous vein
	Average of 120.50~124.80	4.30	3.00	45°	14.0	8.3	94.5	0.72	0.02	0.06	-	-	-	tr			
M2-19	124.95~127.75	2.80	?	?	19.6	2.6	274.1	9.45	0.03	0.11	1.19	0.001	44.9	tr	*hm-gt-cn-gr·cu-(py)	*ca-qz-sr	Gn.cu-stained fracture zone filled with veins
	127.75~128.50	0.75	0.40	60°	100	tr	20.0	1.82	0.002	0.07	0.05	0.002	2.2	tr	ditto	ditto	ditto
	Average of 124.95~128.50	3.55	1.80	60°	36.6	2.1	220.4	7.83	0.024	0.10	0.95	0.001	35.9	tr			
M2-20	130.80~131.45	0.65	0.07	60°	100	tr	9.7	0.37	0.004	0.04	-	-	-	tr	hm-cn-gr·cu	ca	Veinlets
M2-21	139.50~141.15	1.65	0.30	80°	39.4	tr	50.0	0.65	0.02	0.05	0.12	0.001	2.4	tr	py-hm-gt-gr·cu	fl-qz-ca	Veins
M2-22	146.45~146.80	0.35	0.35	20°	100	tr	83.3	0.36	0.01	0.11	-	-	-	tr	py	qz-ca-gy	Manto
M2-23	148.70~149.90	1.20	0.60	60°	100	tr	15.7	0.18	0.01	0.03	-	-	-	tr	py	qz-ca-gy	Vein
M2-24	152.65~152.85	0.20	0.05	70°	100	tr	55.0	1.46	0.02	0.05	0.17	0.001	0.63	tr	py-ko ?	qz-ca-gy-ga	Vein
M2-25	154.00~154.30	0.30	0.15	45°~70°	100	0.9	90.0	1.78	0.02	0.07	0.20	0.0004	0.84	tr	py	qz-ca-gy	Vein
M2-26	160.50~160.90	0.40	0.20	60°	100	tr	33.3	0.67	0.01	0.05	-	-	-	tr	py-ko ?	qz-ca-gy	Vein
M2-27	161.65~162.70	1.05	0.52	60°	100	tr	100.0	0.42	0.01	0.06	-	-	-	tr	*py-ko?-gl	qz-ca-gy	Vein
	162.70~163.80	1.10	0.55	60°	100	tr	27.8	0.77	0.003	0.11	-	-	-	tr	ditto	qz-ca-gy	Vein
	Average of 161.65~163.80	2.15	1.07	60°	100	tr	62.9	0.60	0.006	0.09	-	-	-	tr			
M2-28	164.20~165.75	1.55	0.78	60°	100	0.7	55.0	0.97	0.02	0.08	0.19	0.001	6.7	tr	*py-cc-(ko?)	*qz-ca-fl-gy-at	Vein
M2-29	167.80~168.20	0.40	0.20	60°	100	0.7	30.0	0.32	0.02	2.81	1.43	0.005	0.09	tr	py-hm-gt	qz-ca-gy	Strongly oxidized vein
M2-30	169.30~170.0	0.70	0.18	75°	100	tr	1.0	0.02	0.01	0.16	-	-	-	tr	py-hm-gt	qz-ca-gy	Vein
M2-31	170.65~171.25	0.60	0.10	70°	100	tr	1.0	0.01	0.01	0.05	-	-	-	tr	py	qz-ca-gy	Vein
M2-32	172.15~172.80	0.65	0.08	70°	100	0.5	70.8	0.02	0.01	0.04	-	-	-	tr	py	qz-ca-gy	Two veins
M2-33	183.90~184.30	0.40	0.15	70°	100	1.0	6.2	0.07	0.01	0.02	-	-	-	tr	py	qz-ca	Vein
M2-34	185.77~185.97	0.20	0.03	70°	100	tr	1.2	0.02	0.003	0.02	-	-	-	tr	py	ca-gy	Vein
M2-35	187.85~188.10	0.25	0.05	65°	100	tr	12.5	0.03	0.01	0.02	-	-	-	tr	py-(ko?)	qz-ca-gy	Vein
M2-36	195.05~195.22	0.17	0.018	70°	100	tr	6.2	0.04	0.01	0.02	-	-	-	tr	*py-(ko?)-hm-gt	*ca-qz-gy-ba	Vein
M2-37	207.95~208.20	0.25	0.02	70°	100	0.7	15.0	0.07	0.02	0.90	0.02	0.01	0.46	tr	py-hm-gt	ca-gy	Vein
M2-38	214.30~214.80	0.50	0.05	85°	100	tr	3.0	0.06	0.01	0.13	-	-	-	tr	*py-hm-gt	*qz-ca-fl-gy	Vein
M2-39	219.60~220.00	0.40	0.03	85°~90°	100	tr	8.9	0.05	0.01	0.02	-	-	-	tr	*py-cc-cp-hm-gt	*qz-ca-fl-gy	Vein
M2-40	240.20~240.40	0.20	0.14	45°	100	1.1	53.2	0.18	0.02	0.23	-	-	-	tr	hm-gt	ca	Vein
	247.00~249.00	2.00			100	tr	4.1	0.03	0.01	0.01	-	-	-	tr			Iron oxide stained
M2-41	249.00~251.00	2.00	fractured zone		100	tr	2.8	0.01	0.01	0.01	-	-	-	tr	hm-gt		Fracture zone
	251.00~253.60	2.60			100	tr	6.9	0.01	0.01	0.01	-	-	-	tr			
	Average of 247.60~253.60	6.60	6.60		100	tr	4.8	0.02	0.01	0.01	-	-	-	tr			
M2-42	257.20~257.70	0.50	fractured zone		100	tr	2.0	0.02	0.01	0.02	-	-	-	tr	hm-gt		Fractured zone, disseminated by hematite after pyrite.
M2-43	267.00~268.35	1.35	ditto		100	tr	4.5	0.05	0.02	0.04	-	-	-	tr	hm-gt		ditto
M2-44	279.40~281.30	1.90	ditto		100	tr	263.2	0.02	0.02	0.04	-	-	-	tr	hm-gt		ditto
M2-45	284.00~284.30	0.30	ditto		100	tr	6.5	0.02	0.03	0.05	-	-	-	tr	hm-gt		ditto
M2-46	286.45~288.05	1.60	ditto		100	tr	4.3	0.03	0.03	0.05	-	-	-	tr	hm-gt		ditto
M2-47	289.10~294.25	5.15	ditto		100	tr	3.4	0.14	0.03	0.16	-	-	-	tr	hm-gt		ditto

Note: hm: hematite, gt: goethite, cn: conichalcite, gn·cu: green copper, cp: chalcopyrite, py: pyrite, ko: kobellite,
gl: galena, cc: chalcocite, ca: calcite, ba: barite, qz: quartz, fl: fluorite, sr: sericite, gy: gypsum, at: actinolite,
wo· wollastonite, ga: garnet.
Asterisk shows that the minerals are identifi under the microscope.

Fig. I-5 Vertical distribution of Ag, Cu and Zn (DDH-M2)



(Note) Assay values which were obtained from drill cores comprising veinlets thinner than 5cm are corrected to ore's values using waste ratio.

これらの鉱脈は，糖晶質再結晶石灰岩中に発達する60°～85°の傾斜を有する，うねりの少ない裂かを充塡するもので，鉱脈の厚さはM2－1～6では2～0.5cm，その他のものでは，0.1～0.5cmの小規模なものである。鉱石は，正六面体形～不定形の赤鉄鉱や褐鉄鉱に変質した含鉄硫化鉱物の仮像・方解石・（石英）からなり，赤鉄鉱化した含鉄硫化鉱物仮像の周囲にやゝ多量の緑色銅鉱物汚染が伴われている。含鉄硫化鉱物仮像の大部分は，黄鉄鉱を推定されるが，不定形を示すものの核部に稀に黄銅鉱が極く少量認められることもあり，黄銅鉱も存在したと推定される。緑色銅鉱物は，主に粉銅鉱からなり，一部にトルコ石様のものも認められ，その汚染は鉱脈内よりも糖晶質石灰岩中により拡散しており，また，地表に近いM2－1～3鉱脈で著しく，深度が増すにつれ汚染の強さが減じており，やがて次に記すB型の黒色酸化鉄に富む鉱脈に漸移する傾向を示す。これらの鉱脈は，比較的高い銅含有量を示すが，鉱脈規模が小さいことから，鉱床としての経済的価値は低い。

・Bの鉱脈……M2－7・M2－8・M2－9・M2－10・M2－12・M2－40等がこれに該当し，13.15～64.65m間に主に分布するが，M2－40は240.20～240.40mに分布する。

これらの鉱脈は，主に網目状～スポンジ状を呈する黒色～暗褐色（含水）酸化鉄鉱物（主に褐鉄鉱）からなるもので，脆弱であるため一部で岩芯採取率が低下し，また，母岩との接触部の岩芯が採取されていないことが多いため，その産状は明らかでないが，45°～70°の比較的緩い見掛け傾斜を有する裂か，あるいは破砕部を交代した鉱脈であると推定される。鉱石は，既に触れたように（含水）酸化鉄からなり，少量の方解石や石英を脈石として伴っており，著しく多孔質な外観を有している。著しい溶脱を受けた酸化鉱鉱脈で，銀・銅・鉛・亜鉛品位は共に低いものが多い。

・Cの鉱体……M2－11・M2－13・M2－14・M2－15・M2－16・M2－17・M2－18・M2－19・M2－20等の鉱体がこれに該当し，45.45～138.50m間に分布する。

これらの鉱体は，主に45°～70°の見掛け傾斜を示す裂かや破砕帯を充塡・交代した鉱脈であるが，M2－15のように層理に沿って発達するマント状の鉱体や，M2－18上部（120.50～121.60m）あるいはM2－19のような網状裂かや層理を充塡交代した不規則な形状を示す鉱体等も認められる。

鉱石は，DDH－M1孔のM1－1鉱体下部（14.60～16.65m）に類似した外観を有し，顕著な緑色銅汚染を受けた酸化鉄からなっており，高い銅品位を示すことを特徴としている。

薄片および研磨片による顕微鏡観察に供された125.40mの鉱石は，肉眼的に0.1～1cmの自形赤鉄鉱化黄鉄鉱および微粒正六面体形～不定形の含鉄硫化鉄鉱物による鉱染の著しいもので，全体に顕著な粉銅鉱や珪孔雀石～トルコ石様非晶質銅鉱物等の緑色銅鉱物汚染がみられ，なかには小礫状の赤鉄鉱化硫化鉱物鉱染が伴われた石英絹雲母岩片がみられる。鏡下に，鉱

石鉱物として，赤鉄鉱・針鉄鉱・黄鉄鉱・粉銅鉱・珪孔雀石（？）が認められ，赤鉄鉱および針鉄鉱は黄鉄鉱仮像として，あるいはコロフォーム状に産し，黄鉄鉱は同仮像中の残晶として見い出される。脈石として，鱗片状絹雲母およびモザイク状石英（1㎜±）が主としてみられ，少量の緑泥石・方解石が生じている。絹雲母はモザイク状集合をなす石英粒中に，あるいはこれと共生して主にみられ，また，黄鉄鉱鉱仮像周辺およびその内部にも認められる。脈石中にみられる石英と共生して，多量の絹雲母が生じた岩片は，すでに述べたようにDDH-M5 孔にみられるものと類似し，半花崗岩質な酸性火成岩片である可能性が高い。

これらの鉱体のなかには，M2-11・M2-13・M2-17・M2-18・M2-19等の脈幅20㎝を越す比較的優勢な鉱体がみられ，とくにM2-17～19 のように鉱化帯の幅が6 mに達し，その一部に火成岩と推定されるものを伴っている区間は，銀および銅品位が高く，当地区の鉱床評価のうえでは重要なものの一つであると考えられる。

・Dの鉱脈……M2-21・M2-22・M2-23・M2-24・M2-25・M2-26・M2-27・M2-28 等が，これに該当し138.50～165.75m間に分布する。

これらは，大部分が 60° 前後，一部に45°～80° の見掛け傾斜を示す裂かや破砕帯を充填交代した初生硫化鉱に富む鉱脈であるが，M2-22のように層理に沿ったマント状のものも一部に認められる。また，これらの他，鉱脈幅が1㎝に満たない 60°～80° の見掛け傾斜を示すものも数条伴われている。

これらの鉱脈と母岩の境界は，マント状のものを除いて，鉱脈部の硫化鉱が母岩側に入り込んだやゝ複雑な境をもつことが多く，鉱脈中に母岩が礫状に取り込まれていることも少なくない。しかし，マント状のものではその境はやゝ鮮明である。

鉱石は，主として粗晶の黄鉄鉱（数㎜～数㎝）からなり，黄鉄鉱と共生してあるいは脈石中に束状のコベライト(?)（Kobellite ？）や方鉛鉱が認められる。黄鉄鉱（とくに粗粒のもの）は大部分は破砕されており，破砕面あるいは結晶表面に沿って赤鉄鉱が生じている。細粒黄鉄鉱の多くは，完全に赤鉄鉱その他の（含水）酸化鉄鉱物によって交代されていることが多い。

鏡下では，コベライト(?)は黄鉄鉱結晶の周縁部に包有されているものや，脈石中に針状集合～束状結晶として単独に生じているもの等がみられ，その産状から黄鉄鉱の後期に晶出したものと考えられる。また，164.80mの比較的酸化の進んだ鉱脈では次生硫化鉱物としてコロフォーム状の（含水）酸化鉄鉱物と共生する輝銅鉱も認められた。

脈石鉱物として，石英・方解石・石膏・蛍石および極く少量の緑閃石が生じており，黄鉄鉱を始めとする鉱石鉱物粒間を充填している。

これらの鉱脈にみられる鉱石は，次に記す"Eの鉱脈"と外観上大差は認められないが，分析結果では鉱石の大部分は銅品位が高く亜鉛品位が低い点でこれと異っており，また，後述す

るように，銀・銅・亜鉛の比が著しく異なった分布を示す点でこれと異なっている。

Dの鉱脈は，その多くが20cm以上の鉱脈幅を有し，とくにM2−27およびM2−28では，約0.80〜1.00mの鉱脈幅が確認され，その銅品位も0.6〜1.0%と比較的高いことから，注目される鉱脈である。

・Eの鉱脈……M2−29・M2−30・M2−31・M2−32・M2−33・M2−34・M2−35・M2−36・M2−37・M2−38・M2−39等の鉱脈がこれに該当し，167.80〜222.55m間に分布する。これらの比較的顕著な鉱脈のほかに，鉱脈幅が2cmに満たない小規模なものが数条同区間中に認められる。

これらの鉱脈は，主に糖晶質石灰岩中に発達する60°〜90°（70°前後のものが多い）の見掛け傾斜を示す裂かや破砕部を充填交代したもので，極めて粗晶の黄鉄鉱（数cm大）がしばしば認められ，これらが母岩中に複雑に入り組んだ不規則な境で鉱脈と母岩が接していることが多い。

鉱石は，肉眼的に先の"Dの鉱脈"に酷似し，主に破砕構造の認められる粗晶黄鉄鉱からなり，M2−35およびM2−36では極少量のコベライト様の鉱物が伴われており，また，M2−39では鏡下に極く少量の黄鉄鉱に包有された磁硫鉄鉱・黄銅鉱・輝銅鉱等が認められ，222.40mからの試料には上記の硫化鉱物のほか，四面銅鉱・硫銀鉱・銅藍等も認められた。黄鉄鉱は，破砕された割れ目や結晶縁部から酸化されており，赤鉄鉱や針鉄鉱等の（含水）酸化鉄鉱物が生じている。脈石鉱物として，石英・方解石・石膏が主にみられ，少量の螢石や重晶石も生じている。

これらの鉱脈は，規模が小さく，品位が低いことから，経済的価値は乏しいと考えられるが，その下部延長部で"Dの鉱脈"としたものに移化する可能性も考えられ，このような下部での鉱況変化は今後の探鉱によって明らかにされなければならない問題の一つである。

・Fの鉱脈……M2−41・M2−42・M2−43・M2−44・M2−45・M2−46・M2−47等がこれに該当し，主に247.00〜294.25m間にみられる。

これらの鉱脈は，犬牙状方解石によって充填膠結された一部角礫化を伴う破砕帯にみられる不規則網状開口亀裂を汚染する含水酸化鉄からなるもので，鉱石は小亀裂を充填する黒色〜暗褐色褐鉄鉱からなっている。上位に賦存する鉱化帯を溶脱した地下水から沈澱した次生酸化鉱と考えられ，稀に高い銀品位を示す部分が存在するものの，金属品位は概して低く，鉱床としての経済的価値は低い。

・DDH−M2孔の鉱化作用の特徴……本孔には，主に酸化鉱からなるA·B·C·Fの鉱脈と初生硫化鉱を主としたD·Eの鉱脈とがみられる。

主に酸化鉱からなるA·B·C·Fの鉱脈の差は，浅成作用による鉱脈の変質のされ方の違いを示

示ものと考えられ，このうちAおよびCの鉱脈は，元素移動の少ない鉱脈と考えられ，高い銅品位を示す特徴があり，とくに，火成岩と推定される石英絹雲母岩を伴うM2－19では高い品位を示す。Bの鉱脈は，著しく溶脱された鉱脈で概して低い金属品位を有し，銅品位が概して亜鉛品位より高い特徴をもっている。また，Fの鉱脈は主に次生鉱からなるもので，金属品位は低く，亜鉛品位が銅品位より概して低い。

主に初生硫化鉱からなるDおよびEの鉱脈は，前者では銅・銀共に比較的高い品位を示し，亜鉛に乏しく，後者はその逆の傾向を示す。

全孔を通してみると，DとEを分ける165.75～167.80 mの間を境として，（以後，両者のほぼ中間をとって167.00mをその境とする），銅および銀品位は上方で高く，下方で低く，また，亜鉛品位はバラツキが大きいが，概して下方でとくにEの鉱脈部で高い傾向がみられる。

この境は，高銅比鉱化帯と高亜鉛比鉱化帯（後述）の境の地下延長部に相当するものと考えられる。

(3) DDH－M3孔

本孔には，多くの角礫化を伴う破砕帯や裂かが発達し，これらの大部分を褐色犬牙状方解石が充填し，一部には白色方解石も伴われている。全孔を通じ著しく酸化されているが，鉱化作用は局部的にしか認められない。その主なものをTable I －10に産状・規模・岩芯採取率・室内試験結果等と共に示す。

・M3－1鉱脈（深度140.50～141.45m）……本鉱脈は，脆弱な酸化鉱からなるもので，岩芯採取率が低いため，その産状は明らかでないが，周辺の裂かの状況・鉱脈内の鉱石の産状等から，約60°の傾斜を示す角礫化破砕帯を充填交代した脈幅約45cmの鉱脈であると推定される。

鉱石は，弱い緑色銅汚染を伴う（含水）酸化鉄からなっており，多くの再結晶石灰岩片を伴っている。141.00mから採取した試料の検鏡結果では，著しく破砕され（含水）酸化鉄鉱物（赤鉄鉱・針鉄鉱等）によって交代された黄鉄鉱・アメーバ状の破砕された石英・他形粒状方解石等が認められる。また，原鉱物が閃亜鉛鉱と推定される網目構造の発達した酸化鉱物が存在し，粒状～六角柱状の珪酸亜鉛鉱・粒状オースチナイト・方解石・（含水）酸化鉄鉱物等が生じ，網目の中には，これを充填した（含水）酸化鉄鉱物・放射状集合をなす粉銅鉱・非晶質緑色銅鉱物等が生じている。黄鉄鉱仮像と思われる（含水）酸化鉄鉱物は，しばしば緑色銅鉱物やその他の鉱物と共に環礁状構造やリング構造をなしている。

約45cmの脈幅を有しており，著しく高い亜鉛品位を示すことから注目すべき鉱化部と考えられる。

Table I-10 Analytical results of ores from DDH-M3 drill hole

Vein No.	Interval (m)	Length (m)	Width (m)	Incli- nation	Core recovery(%)	Au(g/t)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)	As(%)	Cd(%)	Hg(g/t)	Ore minerals	Gangue minerals	Remarks
M3-1	140.50∿141.45	0.95	0.45?	60°?	57.9	0.9	20.0	1.14	0.01	10.10	4.22	0.08	0.17	*hm-gt-wl-au-cn-gr·cu	*qz-ca	Brecciated zone filled with hematite-calcite-green copper veinlets.
M3-2	181.30∿182.50	1.20	fractured zone		87.5	0.7	2.4	0.01	0.01	0.15	-	-	-	gt	ca	Limonite-stained fractured zone
M3-3	185.70∿188.20	2.50	brecciated zone		50.0	tr	2.9	0.02	0.004	0.16	-	-	-	gt	ca	Brecciated zone stained by limonite
M3-4	190.80∿191.80	1.00				tr	0.6	0.05	0.003	0.11	-	-	-	gt	ca	ditto
	191.80∿192.80	1.00	ditto			1.0	2.9	0.05	0.01	0.12	-	-	-	gt	ca	ditto
	192.80∿193.40	0.60				0.7	15.0	0.49	0.02	0.90	0.80	0.01	0.17	gt	ca	ditto
	Average of 190.80∿193.40	2.6				0.55	4.8	0.15	0.01	0.30						

Note: hm: hematite, gt: goethite, wl: willemite, au: austinite, cn: conichalcite, gr·cu: green copper, qz: quartz, ca: calcite.
Asterisk shows that the minerals are identified under the microscope.

Table I-11 Analytical results of ores from DDH-M4 drill hole

Vein No.	Interval (m)	Length (m)	Width (m)	Incli- nation	Core- recovery(%)	Au(g/t)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)	Ore minerals	Gangue minerals	Remarks
M4-1	41.40∿41.95	0.55	sheared zone	?	100	tr	0.8	0.004	0.01	0.009	gt	ca	Brecciated and bleached limestone with calcite veinlets stained by limonite slightly.
M4-2	47.85∿48.20	0.35	ditto	?	100	tr	3.3	0.01	0.01	0.03	gt	ca	ditto
	48.20∿50.00	1.80	ditto	?	100	tr	1.2	0.01	0.01	0.02	gt	ca	
	50.00∿51.50	1.50	ditto	?	100	tr	0.8	0.01	0.01	0.04	gt	ca	
	51.50∿53.00	1.50	ditto	?	100	tr	0.5	0.01	0.01	0.02	gt	ca	
	53.00∿54.50	1.50	ditto	?	100	tr	3.8	0.003	0.01	0.01	gt	ca	
	54.50∿56.00	1.50	ditto	?	100	tr	5.4	0.002	0.02	0.01	gt	ca	
	56.00∿57.50	1.50	ditto	?	100	0.5	2.1	0.002	0.01	0.02	gt	ca	
	Average of 47.85 to 57.50	9.65	ditto		100	tr	2.3	0.006	0.01	0.02			

Note: gt: goethite, ca: calcite.

・M3－2（深度181.30～182.50m），M3－3（深度185.70～188.20m），M3－4(深度190.80～193.40m）……これらの鉱化帯は，主に泥灰質石灰岩中に発達する破砕帯～角礫化帯中にみられるやゝ粘土質な著しい酸化鉄汚染を伴う鉱化帯で，M3－3およびM3－4等では白色方解石脈も伴われているが，各々の鉱化帯の形状は明らかでない。

鉱石は，主として，含水酸化鉄からなるやゝ粘土質なもので，脈石として方解石もみられる。全体に品位は低いが，亜鉛含有量が相対的に著しく高い特徴を示す。

鉱床としての経済価値は低いと考えられる。

・DDH－M3孔にみられる鉱化作用の特徴 ……本孔には，相対的に亜鉛品位の高い酸化鉱からなる鉱化作用がみられる。

(4) DDH－M4孔

本孔は，非変成の新鮮な石灰岩地帯に位置しており，全体に鉱化作用は弱いが，Table I－11に示したような鉱徴の他，190.00～198.30 *m*間にも鉱徴が認められる。

これらの鉱徴は，白色方解石脈が多数生じている弱い破砕部にみられるもので，石灰質堆積岩の脱色・含水酸化鉄汚染・局部的な弱い黄鉄鉱鉱染等で特徴づけられ，恐らく，鉱化作用をもたらした熱水作用の末端部における変質作用によって生じたものであろう。これらの鉱徴には，鉱石と呼ぶに足るものは認められないが，その分析値には銅に比し亜鉛が相対的に高い傾向がみられる。

本孔にみられるこれらの鉱徴は，熱水期に形成されたものと推定されるが，その鉱石品位は低く，鉱床としての経済的価値は殆んどない。

(5) DDH－M5孔

本孔には，95.25 *m*から210.25 *m*にかけて，比較的優勢な15条の酸化鉱を主とした鉱脈や初生硫化鉱を伴う鉱脈が認められ，これらの他に，鉱脈幅が2 *cm*以下の劣勢な数条の鉱脈および，比較的浅所に発達する白色方解石脈中に弱い蛍石鉱化作用等が認められる。なお，蛍石の鉱化については，地質および構造の項で触れたので，ここでは主に酸化鉱および硫化鉱を伴う鉱脈について記載する。

これらの鉱脈の産状・規模・岩芯採取率・室内試験結果とを併せて，Table I－12にまとめた。また，深度による銀・銅・亜鉛品位の変化状況をFig I－6に示す。なお，記載にあたっては，その便宜のためにTable I－12左端に付した鉱脈番号を主に用いる。

これらの鉱脈は，その産状・構成鉱物・分析品位等から，95.25～101.10 *m*間の鉱脈，125.55～157.35 *m*間の鉱脈および159.20～210.25 *m*間の鉱脈に分けられる。

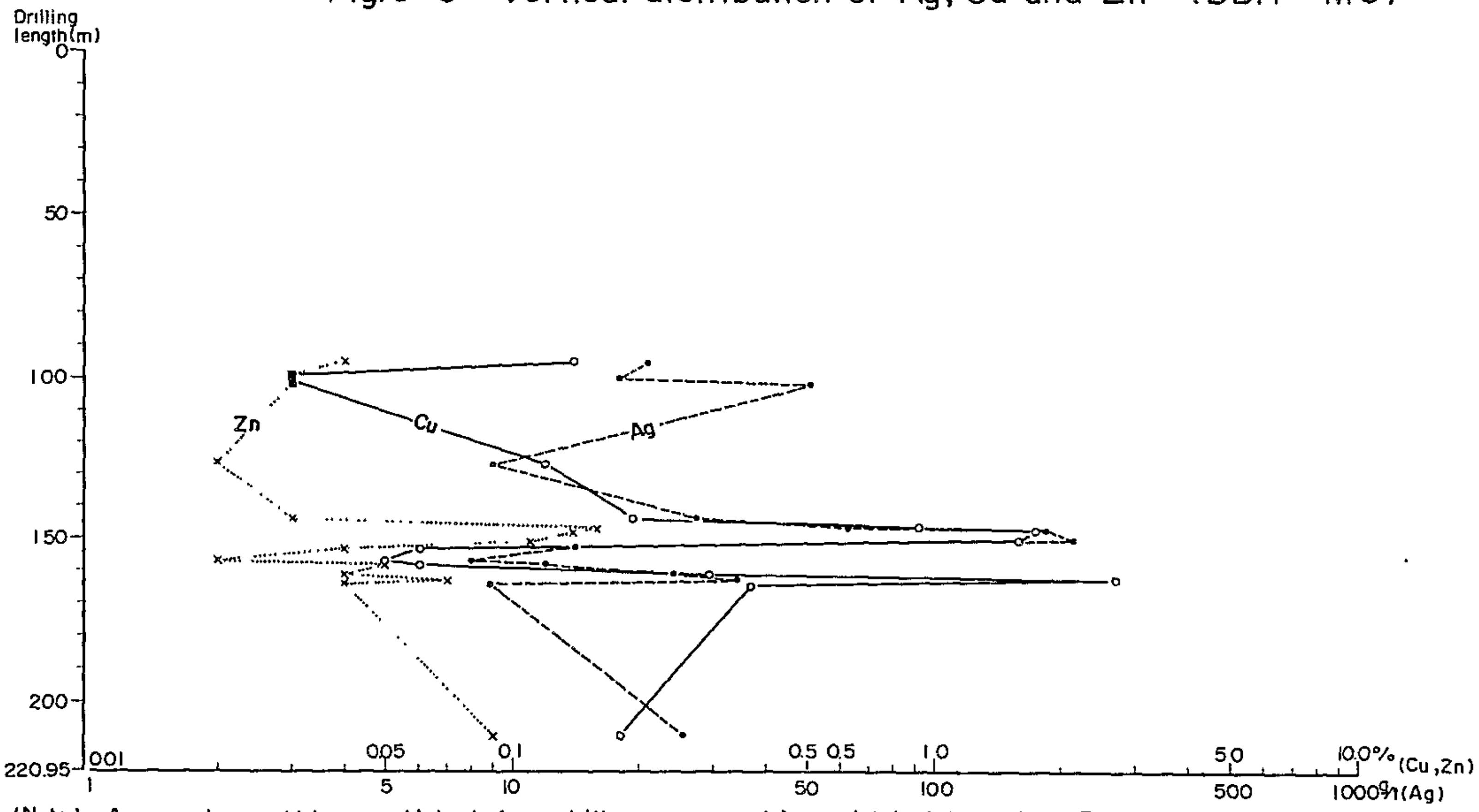
・95.25～101.10m間の鉱脈 ……これに該当する鉱脈にM5－1（深度59.25～59.85 *m*）・M5－2（深度99.30～99.60 *m*）およびM5－3（深度100.70～101.10 *m*）があり，

Table I-12 Analytical results of ores from DDH-M5 drill hole

Vein No.	Interval (m)	Length (m)	Width (m)	Incli-nation	Core recovery(%)	Au(g/t)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)	As(%)	Cd(%)	Hg(g/t)	Ore minerals	Gangue minerals	Remarks
M5-1	95.25∿ 95.85	0.60	0.40	45°	25.0	tr	22.2	0.14	0.03	0.04	-	-	-	hm-gt	qz-ca-fl	Vein
M5-2	99.30∿ 99.60	0.30	0.20	30°	33.3	tr	18.1	0.03	0.01	0.03	-	-	-	hm-gt	qz-ca	Vein
M5-3	100.70∿101.10	0.40	0.30	30°∿45°	50.0	tr	50.8	0.03	0.004	0.03	-	-	-	hm-gt	qz-ca	Vein
M5-4	125.55∿126.05	0.50	0.03∿0.05	50°	100	tr	9.0	0.12	0.01	0.02	-	-	-	*py-(ko?)-hm-gt	*qz-ca-fl-gy-ga	Vein
M5-5	144.05∿144.22	0.17	0.025	60°	100	tr	18.1	0.13	0.004	0.02	-	-	-	py-(ko?)-hm-gt	qz-ca-gy	Vein stained by green copper
M5-6	146.85∿147.00	0.15	0.002	60°	100	tr	62.5	0.92	0.01	0.16	0.13	0.002	6.6	py-hm-gt	qz-ca	ditto
M5-7	147.25∿147.85	0.60	0.05∿0.07	20°∿65°	100	tr	93.7	0.89	0.02	0.07	0.20	0.001	6.8	*py-cp-th-ac-ko?-cc-cv-hm-gt	*qz-ca-fl-gy	ditto
M5-8	150.90∿151.20	0.30	0.15	20°∿60°	100	tr	214.8	1.60	0.02	0.11	0.13	0.001	5.8	*py-hm-(ko?)	*qz-ca-gy	ditto
M5-9	152.55∿153.10	0.55	0.30	60°	100	tr	14.1	0.06	0.01	0.04	-	-	-	*py-(ko?)-hm-gt	*qz-ca-gy-fl	Weakly oxidized vein
M5-10	156.45∿157.05	0.70	0.60	60°∿15°	100	tr	8.1	0.05	0.01	0.02	-	-	-	*py-(ko?)-hm-gt	*qz-ca-gy-fl	Manto? ∿ vein
M5-11	157.20∿157.35	0.15	0.15	20°	100	tr	12.1	0.06	0.01	0.05	-	-	-	ditto	ditto	ditto
M5-12	159.20∿161.60	2.40	1.60	45°	41.7	tr	24.2	0.29	0.02	0.04	-	-	-	hm-gt	qz-ca-fl-gy	Oxidized vein
M5-13	162.80∿163.10	0.30	0.07	70°	100	tr	34.0	2.70	0.01	0.07	0.22	0.003	29.5	hm-gt-gr·cu	qz-ca-fl-gy	ditto
M5-14	163.50∿163.80	0.30	0.08	75°	0.50	tr	8.9	0.37	0.01	0.04	-	-	-	hm-gt	qz-gy	ditto
M5-15	209.80∿210.25	0.45	fractured zone		100	tr	8.5	0.06	0.05	0.03	-	-	-	hm-gt	qz-ca	Oxidized fractured zone

Note: hm: hematite, gt: goethite, py: pyrite, ko: kobellite, cp: chalcopyrite, th: tetrahedrite, ac: acanthite,
cc: chalcocite, cv: covelline, gr·cu: green copper, qz: quartz, ca: calcite, fl: fluorite, ga: garnet, gy: gypsum.
Asterisk shows that the minerals are identified under the microscope.

Fig. I-6 Vertical distribution of Ag, Cu and Zn (DDH - M5)



(Note) Assay values which were obtained from drill cores comprising veinlets thinner than 5cm are corrected to ores' values using waste ratio.

これらのほかに，類似した鉱質を有する鉱脈幅が２cm以下の劣勢なものが95.25～125.00m間に数条認められる。

これらの鉱脈は，含水酸化鉄鉱物を主とする酸化鉱からなり，鉱石が脆弱であるため岩芯採取率が25～50%と低く，そのため鉱脈の形態ははっきりと確認できないが，一部の岩芯に母岩との接触部が残されているものや，鉱脈の内部構造を示すものがあり，それらの状況から30°～45°の見掛け傾斜を示す裂かを充填交代した鉱脈であると判断される。

鉱脈部の岩芯は，外観状DDH-M2孔で"Bの鉱脈"としたものに類似し，主に網状～スポンジ状を呈する多孔質な褐色～暗褐色含水酸化鉄（主として針鉄鉱・一部に赤鉄鉱）からなっている。それらの産状や鉱石に緑色銅鉱物が肉眼的に殆んど伴われていないことなどから，本区間の鉱脈は著しく酸化・溶脱された鉱石であると考えられる。脈石鉱物として少量の石英・方解石・蛍石等が認められた。

これらの鉱脈は，著しく溶脱された鉱石を主とするため，その金属含有量は低いが，脈幅は20～40cmで比較的優勢なものである。

- 125.55～157.35m間の鉱脈　……この間には，M5-1～11の8条の初生硫化鉱に富み，石膏を伴う鉱脈が分布している。

これらの鉱脈は，50°～60°の見掛け傾斜を示す裂かや破砕部を充填膠結したもので，鉱脈上盤が20°前後の見掛け傾斜を示す褐色酸化粘土層で境され，一見マント状を示すものも多い。

鉱石は，主に粗粒の破砕された黄鉄鉱からなり，少量の束状コベライト(?)が認められ，脈石鉱物として石英・方解石・蛍石・石膏・絹雲母等が肉眼的に認められるもので，黄鉄鉱は割れ目や結晶外縁に沿って酸化されて，一部が赤鉄鉱や針鉄鉱等の（含水）酸化鉄鉱物に変質しているものが多く，石膏は主に鉱石中に発達する晶洞や小裂かの充填鉱物として産し，また，絹雲母は既に述べたように，147.50～156.75m間の火成岩と推定される岩片を伴う鉱脈部で多量に生じている。

M5-7およびM5-8の鉱脈から，それぞれ採取された147.50mおよび151.05m試料の検鏡結果では，多量の黄鉄鉱・黄鉄鉱結晶外縁部に包有されてあるいは共生して生じているコベライト(?)および硫銀鉱・黄鉄鉱中に包有されている磁硫鉄鉱や黄銅鉱・硫銀鉱中に脈状にあるいはこれを虫喰い状に交代している四面銅鉱・黄銅鉱周辺に二次的に生じている輝銅鉱や銅藍や粉銅鉱や角銀鉱～臭銀鉱・黄鉄鉱中に虫喰い状に生じている輝安銅銀鉱・黄鉄鉱の表面に生じている赤鉄鉱や針鉄鉱等の（含水）酸化鉄鉱物等が認められた。なお，黄銅鉱には上記のもののほか，硫銀鉱中に脈状に産するものや石英と共生するものも認められる。

M5-9～11の鉱脈から採取された試料には，肉眼的にコベライト(?)が伴われているが，鏡下

では一部酸化された黄鉄鉱のみがみられ，脈石鉱物としては石英・方解石・石膏・螢石・絹雲母等が認められる。

これらの鉱脈のうちM5－7～11の鉱脈は，火成岩と推定される絹雲母石英岩を伴っており，同様の岩片を伴うDDH－M2孔のM2－18～19の鉱化帯の延長部に相当するものと考えられ，鉱脈のなかには，脈幅が約60cmのものや1.6％の銅品位を示すものがあることから，M5－7～11の鉱脈は当地区の鉱床を評価する上で重要なものであると考えられる。

・159.20～210.25m間の鉱脈　……これに該当する鉱脈としてM5－12～15の4条の鉱脈があげられる。これらのうち，M5－12～14は159.20～163.80m間に近接して分布する。

これらの鉱脈は，著しく酸化された酸化鉱からなるもので，脆弱な鉱石が多いためM5－12およびM2－14では岩芯採取率が低いが，鉱脈と母岩境界部の岩芯が良く採取されており，それらの状況から45°～75°の見掛け傾斜を示す裂かおよび破砕帯を充填した鉱脈であると考えられる。

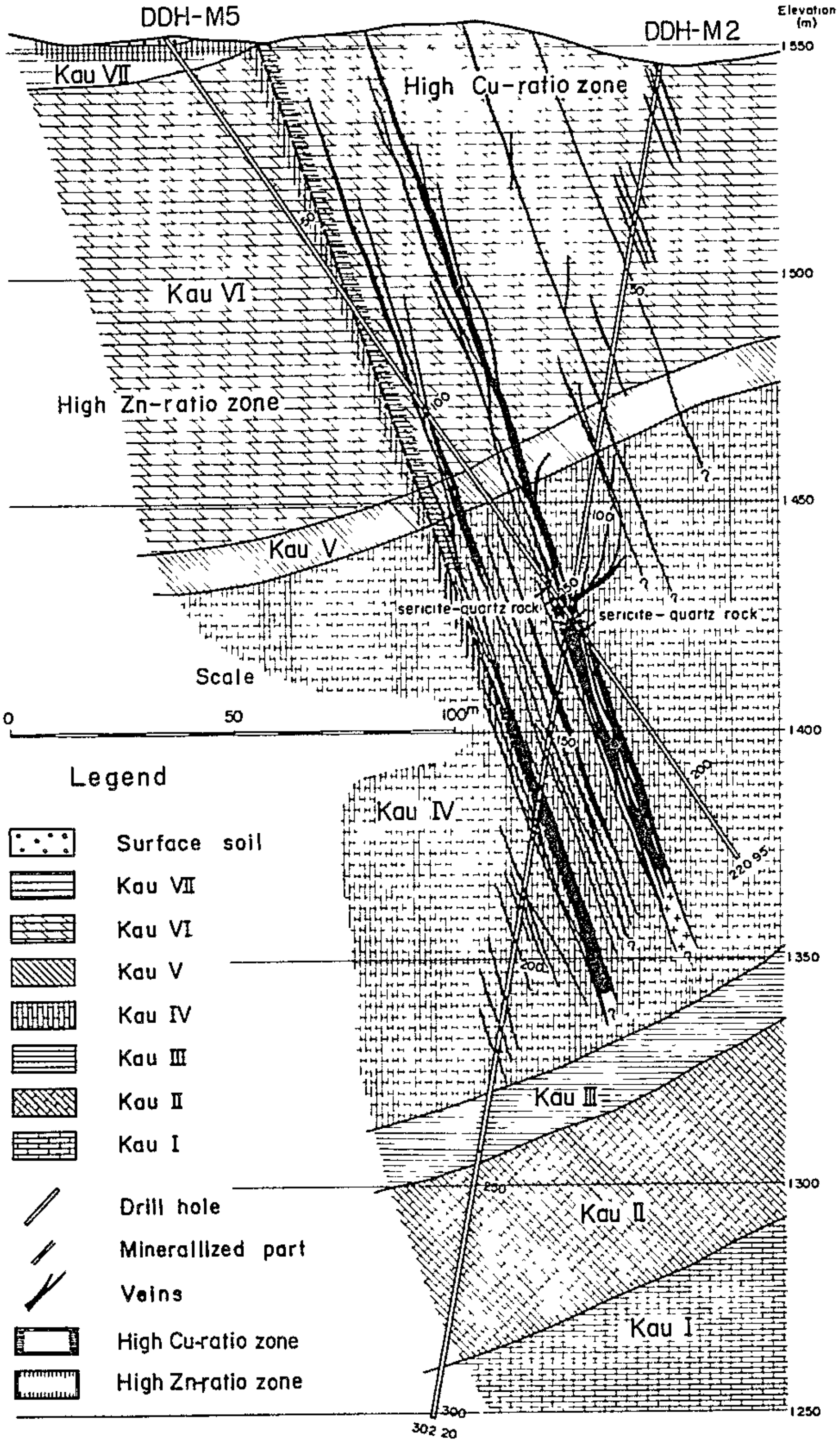
鉱石は，主に黄褐色～暗褐色を示す針鉄鉱に富む（含水）酸化鉄からなっており，一部に多孔質な著しく溶脱された鉱石や弱い緑色銅汚染の伴われた鉱石がみられる。

M5－12～14は，近接してみられ，前述のM5－7～11の鉱脈と同様の鉱脈が酸化溶脱されたものと考えられ，なかには約1.6cmの脈幅を示す優勢なものがあることから，注目すべき鉱脈であると考えられる。

・DDH－M5孔の鉱化作用の特徴……本孔には，主に銅品位が亜鉛品位より高い鉱石が認められ，鉱石品位はDDH－M2孔と同様に，火成岩と推定される岩片を伴う深度150m付近の鉱脈部で高い。

なお，DDH－M2孔およびDDH－M5から推定される地質・鉱脈の予想断面図をFig I－7に示す。

Fig. I-7 Geological profile of DDH-M2 and DDH-M5



第5章　方解石およびスカルン鉱物と鉱化作用

5－1　方解石と鉱化作用

熱変成帯中で実施されたDDH－M1・DDH－M2・DDH－M3およびDDH－M5　の試錐岩芯の状況から明らかにされたように，熱変成帯中に発達する多数の断裂構造の大部分は，褐色を呈する犬牙状方解石脈によって充塡されており，鉱化作用は伴われていない。一方，褐色犬牙状方解石によって充塡膠結された断裂構造とは無関係に，または，それを切って生じている鉱脈および蛍石方解石脈やDDH－M4孔の熱水変質部には，板状～粒状白色方解石が伴われており，少なくとも2期にわたる二次方解石の晶出があったと判断される。

褐色犬牙状方解石が充塡閉塞した断裂構造には，鉱化作用が伴われておらず，また，褐色犬牙状方解石が主に熱変成帯中に生じていることから，褐色犬牙状方解石は鉱化期に先立つ熱変成期の末期にもたらされたものと判断される。

白色方解石は，蛍石・石英・鉱石鉱物等と密接に関連しており，鉱脈の主要な脈石鉱物となっていることから，鉱化作用を伴う熱水作用によってもたらされたものと判断される。白色方解石を伴う鉱脈が充塡している断裂構造は，上記褐色犬牙状方解石による既存断裂構造の閉塞後で，鉱化期直前あるいは鉱化期中に形成された構造であると推定される。これを以下に新期の断裂構造といい，また，熱変成帯中で褐色犬牙状方解石によって充塡されたものを古期の断裂構造という。

5－2　スカルン鉱物と鉱化作用

地質調査および試錐によって確認されたように，本地区の含スカルン鉱物再結晶帯中には弱いスカルン化作用がみられ，柘榴石・灰鉄輝石・透輝石（？）・珪灰石等のスカルン鉱物が生じている。これらのスカルン鉱物は，既に述べたように熱水期に後退的に変質しており，柘榴石の裂か中には酸化鉄や熱水性細鉱脈が生じている。しかし，現在まで地表および試錐によって確認された範囲内では，スカルン化作用に伴われたと判断される鉱化作用は全く認められず，Aurora層中で確認されている全ての鉱床および鉱徴は，スカルン期に遅れておこった熱水期の鉱化作用によってもたらされたものと推定される。

Aurora層のスカルン帯に鉱化作用が認められない事実は，スカルン期に生じた揮発性成分が本地区の下部に伏在するCupido層（本地域の含銀卑金属鉱床形成の最適層準）中で消費され，Aurora層準にまではほとんど達していないことによる可能性が考えられる。その解明は今後の重要な課題である。

第6章　浅成作用

本地区に分布する鉱床および鉱徴にみられる鉱石は，これまでの記載からも明らかなように内陸性半乾燥地帯特有の降雨量の少ない，強い酸化性環境下にさらされ，地表部では殆んどすべて酸化鉄に富む酸化鉱に変質している。このような浅成作用は，本地区の地下水位が低いことを反映して，地表下 300 m以深にまで及んでいることが試錐によって確認されたが，一部の石膏を特徴的に伴う部分や硫化鉱物が石英等の割れ目の少ない安定な鉱物によって囲繞されている場合には，硫化鉱物が残留していることが多い。

このような浅成作用による鉱石の溶脱や二次富化が随所に認められるが，これらの現象は主に鉱脈内でのみおこっており，鉱脈の側方（母岩中）への拡散は鉄を除く他の主要金属元素（銀・銅・鉛・亜鉛等）では極めて弱く，鉱脈壁から数cm以内に限られている。鉱脈内では，著しく溶脱された多孔質酸化鉱がみられることもあるが，多くの鉱脈では溶脱は少ないと思われ，次生鉱石鉱物が初生硫化鉱物仮像中に，またはその周囲に生じている。地下浅所では，鉱脈内で初初生鉱の組織を失い二次富化している酸化鉱もみられ，（例：M 1 − 1 鉱体・La Diana 鉱山をなす NE3 鉱体等），また，地表に露出し溶脱の著しいと推定される鉱脈でも，その直下に二次富化帯を形成している例が多い。

このような浅成作用による元素の二次拡散が少ない現象は，本地区の降雨量が少ないこと，鉱脈が炭酸塩岩を母岩とすること，鉱脈自身が脈石として多量の方解石を伴うことによるものと推定される。

浅成作用によって形成された鉱石鉱物としては，自然銅・赤銅鉱・黒銅鉱・輝銅鉱・粉銅鉱・トルコ石様緑色銅鉱物・珪孔雀石等の銅鉱物，自然銀・硫銀鉱・角〜臭銀鉱等の銀鉱物，オースチナイト・珪酸亜鉛鉱等の亜鉛鉱物，ミメタイト等の鉛鉱物が認められた。

なお，これまでの調査の範囲では，初生鉱帯の上に発達する本格的な二次富化帯は認められていない。

第７章　主要金属元素比分布と鉱床の累帯配列

７－１　主要金属元素比とその分布

本地区に分布する多数の鉱床および鉱徴から得られた試料の分析結果を用いて，本地区の鉱化作用の特徴と地質構造の関連を検討した。このために，地表から得られた１０４個の試料については，１０Ａｇ，Ｃｕ，Ｐｂ+Ｚｎを端成分とした三角ダイヤグラム（Fig.I−8）を用いて，各々の三角ダイヤグラム上の分布パターンの特徴と地表分布の関係を検討した。また，鉛含有量は概して低く，その変動幅が小さいことから亜鉛と一括して扱った。

試錐から得られた８０試料については，１０Ａｇ・Ｃｕ・Ｚｎの各々の（１０Ａｇ+Ｃｕ+Ｚｎ）に対する比と深度の関係（Fig.I−９）を検討した。この際に，一つの鉱体中に近接して２つ以上の分析値がある場合は，上位から２つを１つの単位として扱い，その品位は荷重平均によって求めた。また，鉛品位は 0.0３％以下で，多くが 0.0１％であることから検討の対象から外した。

以上の鉱石の大部分，とくに地表の試料の殆んどが酸化鉱であるため，初生硫化鉱に富む鉱石のみを選び，その三角ダイヤグラムをFig.I−8の要領に従って作成し（Fig.I−10），上記２図と比較検討した。

７－１－１　地表試料の主要金属元素比とその分布

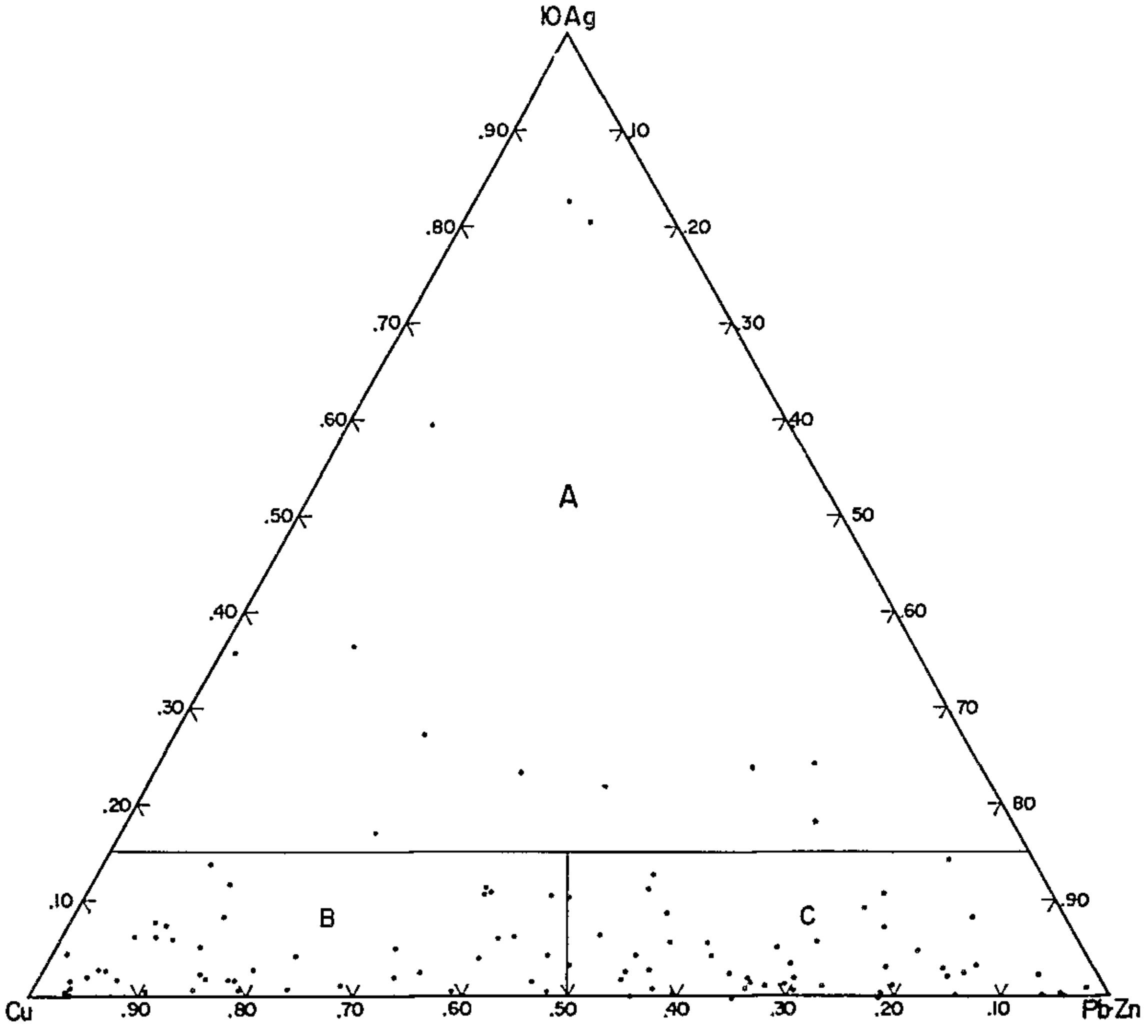
Fig.I−9では，次のようなパターンが読みとれ，それら各々は地質構造的に次のように解釈される。

(1) 試料の大部分は，１０Ag比が 0.1５以下の領域に入るが，全試料の約１２％が10Ag>0.15の領域（以下高銀比試料または鉱石という）に散点する。これらの高銀比試料の分布（PL.Ｉ−５参照）は，熱変成帯およびその極く近傍に限られるが，熱変成帯の累帯配列との関係は認められない。高銀比試料の大部分は，主要な断層構造に胚胎した鉱脈や連続が良く追跡される鉱脈から採取されている。熱変成期と鉱化期が互いに独立していることを示すものと推定される。

(2) １０Agが0.1５以下の地表試料は，Cu と Pb+Zn の比に関する限りでは連続的なパターンを示し，特定比での濃集あるいは欠如がみられない。しかし，Cu/Pb+Zn＞1を示す試料（以下に高銅比試料という）の多くは，含スカルン鉱物再結晶帯からその北東にかけての熱変成帯北東部に分布し，含スカルン鉱物再結晶帯北で拡がった分布を示す（以下に，この範囲を高銅比鉱化帯と呼び，その外側の鉱化帯の範囲を高亜鉛比鉱化帯と呼ぶ）。

(3) 高銅比試料でありながら，上記の高銅比鉱化帯に含まれない試料は，主要な断層構造に胚胎する鉱脈から採取されており，熱変成帯外に分布する高銅比試料は，１例を除いて熱変成帯中にまで追跡される断層に生じた鉱脈から採取されている。

Fig. I-8 10Ag-Cu-Pb·Zn diagram



A: high Ag-ratio ore B: high Cu-ratio ore C: high Zn-ratio ore

Fig. I-9 Vertical distribution of elemental ratios $\left(\frac{10Ag, Cu, Zn}{10Ag+Cu+Zn}\right)$

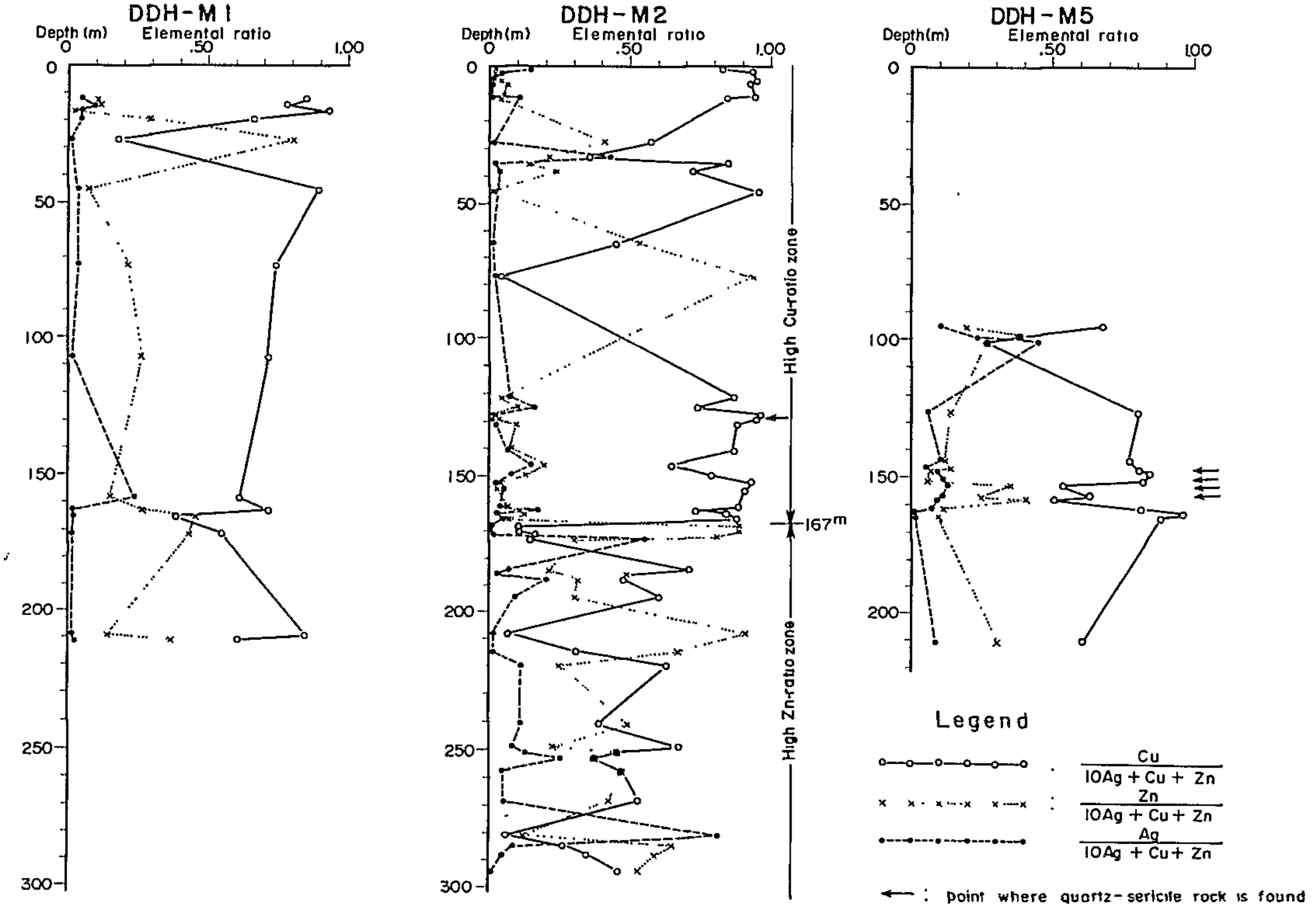
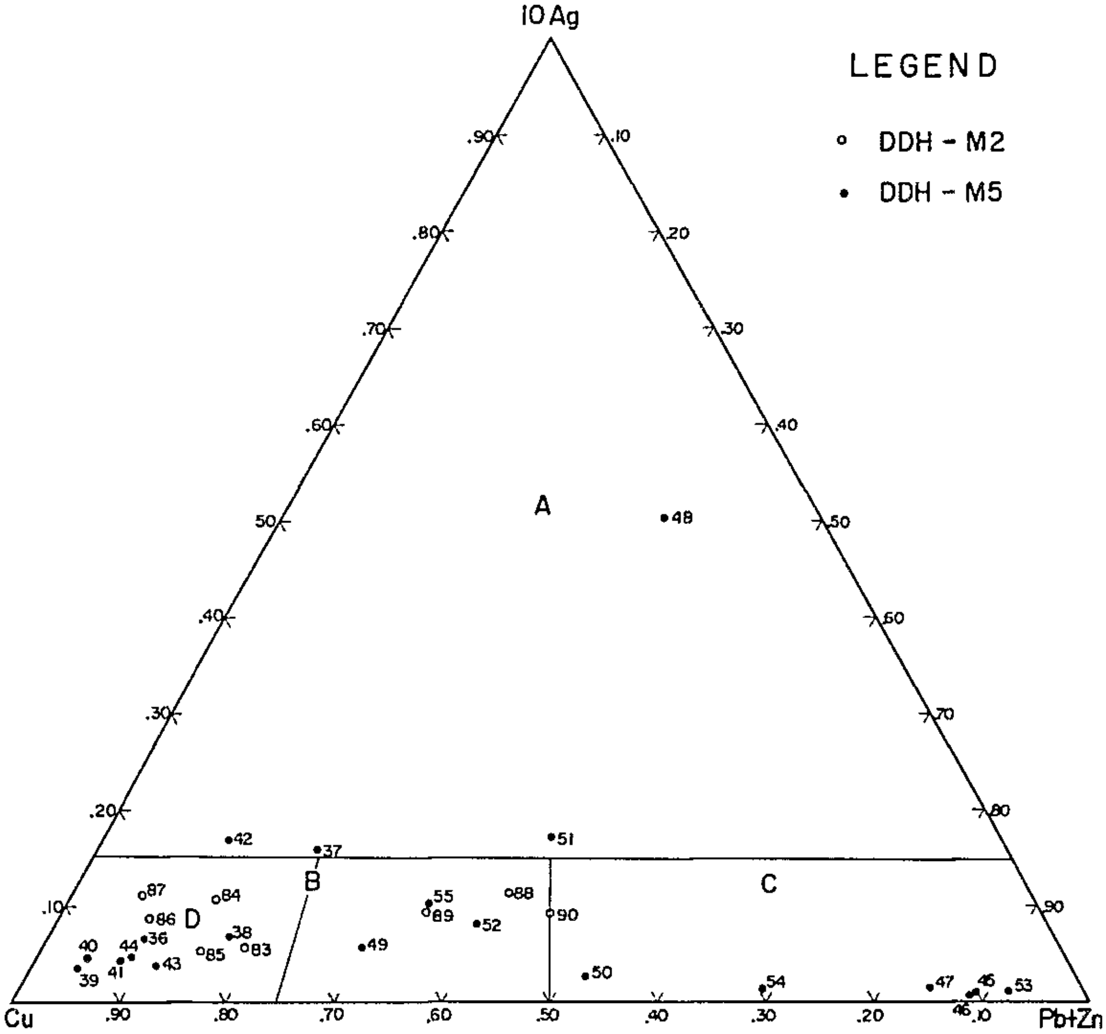


Fig.I-10 10Ag-Cu-Pb+Zn diagram of sulfide-rich ores (DDH-M2 & DDH-M5)



A : high Ag-ratio ore, B : high Cu-ratio ore, C : high Zn-ratio ore, D : Very high Cu-ratio ore.

Figures correspond to the serial numbers in the APX.III - 1

7－1－2　岩芯試料の主要金属元素比とその分布

Fig.I－9 では，次のようなパターンの読み取れ，その各々は地質構造的に次のように解釈される。

(1)　10Ag 比が 0.15 以上を示す試料は 11 あり，全試料の約 13% を占め，4 例が初生硫化鉱に富む試料で，7 例が著しく酸化溶脱された試料である。これらの高銀比試料の分布には，特定の地質あるいは地質構造との相関は認められない。

(2)　DDH－M1 および DDH－M5 孔では，Cu の線が安定して Zn 比を示す線の右側にあり，Cu/Zn（Fig.I－9 の Cu/Pb+Zn に近似できる）が，1 より大きい。両孔が共に高銅比鉱化帯から掘進し，両孔の深部まで高銅比鉱化帯が続いていることを示している。

(3)　DDH－M2 孔は，地表の高銅比鉱化帯から掘進しており，一部の溶脱の激しい酸化鉱部を除いて地表から深度 167 m まで(2)と類似したパターンがみられ，深度 167 m まで高銅比鉱化帯がここまで続いていることを示している。

(4)　しかし，DDH－M2 孔の深度 167 m 以深では，Cu 比が著しく変動し，深度 167 m 以浅にみられた安定したパターンは失われており，しばしば Cu/Zn＜1 となっており，Cu 比も小さい。深度 167 m は，高銅比鉱化帯と高亜鉛比鉱化帯の境を示すものと考えられ，その境は地表の状況から判断して 65 ～70° 北々東に傾斜するものと考えられる。この傾斜は，鉱脈の傾斜とほぼ一致している。

(5)　DDH－M2 および DDH－M5 でみられる著しく Cu 比の高い部分（DDH－M2：120～167 m間，DDH－M5：120～165m間）の近傍には，火成岩と推定される絹雲母石英岩がみられ，同岩の産状や鉱化の状況と共に同岩が鉱化作用と密接な関連があることを示している。

7－1－3　硫化鉱に富む試料の主要金属元素比

Fig.I－11 上には，次のような特徴がみられ，それぞれ地質構造的に次のように解釈される。

(1)　Cu/Pb+Zn が 1 以下の高亜鉛比試料は，DDH－M2 孔の深度 167 m 以深の高亜鉛比鉱化帯からの試料で，これらは，10Ag比が 0.03 以下の銀に著しく乏しい特徴を示す。

(2)　一方，Cu/Pb+Zn ＞1 である高銅比試料は，大部分が高銅比鉱化帯からの試料で，10Ag 比は 0.03 ～ 0.18 を示しており，高亜鉛比試料に較べ高い 10Ag比を示している。このように 10Ag 比が Cu/Pb+Zn ＞1 の領域において高い傾向は，高亜鉛比鉱化帯中の Cu/Pb+Zn＞1 の鉱石においても認められ，銀が銅とより高い相関関係にあることを示すものと考えられる。なお，Fig.I－9 の地表試料では，高亜鉛比試料でこのような 10Ag 比の低下の傾向は認められない。恐らく，銀・鉛・亜鉛の方が銅よりも溶脱され難いことを示すものと思われる。

(3)　高銅比試料領域への試料の濃集が著しく，とくに Cu/Pb+Zn ＞3 の領域（以下に超高銅比

試料という）への濃集が著しく，Fig.I-8で地表試料がCu/Pb+Zn 比に関して特定比へ濃集しなかった傾向とは著しい対照をなしている。初生硫化鉱に富む鉱石の多くが，高銅比鉱化帯中に賦存することによる偏りを示すものと解釈される。

(4) 上記の超高銅比試料は，DDH－M2孔では深度139.50～165.75 m間，DDH－M5孔では深度125.55～151.20 m間に分布しており（以下に，この範囲を超高銅比鉱化帯という），この両区間は共に火成岩と推定される絹雲母石英岩の近傍，とくにその下盤に位置している。

初生硫化鉱に富む試料と地表試料の主要金属元素比パターンには，例外はあるが全体としては概ね類似しており，浅成作用による主要鉱石元素の移動が大きくないことをうらづけている。

7－2 鉱床の累帯配列

上記の主要金属元素比と地質構造の関係から,次のような鉱床の類帯配列が推定される(PL.I－5参照) 。

1) 超高銅比鉱化帯は，地表に認められた含スカルン鉱物再結晶帯の下部に存在し，火成岩と推定される絹雲母石英岩およびその近傍に発達している。

2) 高銅比鉱化帯は，超高銅比鉱化帯を包含して，その外側に発達し，地表では熱変成帯の北東半部の主に糖晶質再結晶帯中に分布している。その下部は，DDH－M2孔では深度 167 mまで続き，この付近では高銅比鉱化帯が北西に65 ～70° 傾斜すると推定されるが，DDH－M3孔では 141 m以深に高亜鉛比試料が存在し，この付近では北西に約45°傾斜するものと考えられる。

なお，地表での本鉱化帯の分布は，大局的には熱変成帯の分布と一致しているが，本鉱化帯南端部や北東部では斜交した関係も認められる。

3) 上記の高銅比鉱化帯の外側の熱変成帯および非変成部には，主に高亜鉛比鉱化帯がみられ，その範囲は熱変成帯外縁から外側に 900 m以内である。

4) 高亜鉛比鉱化帯のなかにも，主要な断層や破砕帯に生じた鉱脈やN4の鉱化帯等の比較的優勢な鉱化作用が伴われたと推定される所には，島状に高銅比鉱化部が生じている。

5) 銀に関しては，熱変成帯の累帯配列との相関が認められない。しかし，高銀化試料を産する鉱脈の大部分は，主要な断層や破砕帯およびそれらの極く近傍に生じており，熱変成帯外縁から外側に 300 m以内の範囲に分布している。

7－3 鉱床の累帯配列と鉱石品位

本地区の地表および地下に分布する多数の鉱床および鉱徴から採取された試料の分析品位には，鉱床の累帯配列や熱変成帯の分布との間に次のような関連が認められた。

1) 銀が100g/t程度，銅・鉛・亜鉛については0.1%以上の品位を示す鉱石は，大部分が熱変成帯の範囲内に分布する。

2) 銅品位が1%以上を示す地表の鉱石の大部分が高銅比鉱化帯中に分布する。

3) 地下では，火成岩と推定される絹雲母石英岩を伴う鉱脈およびその近傍から上盤側の鉱脈が1)に記した品位を示し，銅品位1%，銀品位が100 g/t以上の高品位鉱石がしばしば伴われている。また，絹雲母石英岩と高亜鉛比鉱化帯の上限との間には，銀品位が10〜100g/t，銅品位が0.1〜1.0%の中程度品位を示す鉱脈が認められる。

4) DDH-M2孔でみられる高亜鉛比鉱化帯では，品位の変動が激しく，銅品位は0.01〜0.2%，銀品位は70g/t以下のものが多い。また，亜鉛品位は稀に2.8%に達するものがあるが，多くは0.3%以下である。

第8章　鉱床の構造規制

本地区の地表および地下で確認された鉱床および鉱徴には，古期の断裂構造（褐色犬牙状方解石によって充填された構造）・潜頭性貫入火成岩・およびそれに伴われた熱変成帯・新期の断裂構造等による顕著な構造規制が認められる。

8－1　古期の断裂構造による構造規制

古期の断裂構造としては，既に述べたように， Laramide 造山運動の主褶曲期に形成され，それに続く構造運動や貫入火成活動等により複雑化され，伸張性の構造に転じたと考えられる断裂構造がある。これらは， NE－SW 系および NW－SE 系の方向性を有し，前者が卓越する。

これらの断裂構造は，熱変成帯縁部およびその周囲において重要な鉱液沈澱の場となっている。古期の断裂構造は，熱変成帯南西部および東部から北東部にかけての地区にかけて多く認められ，とくに本地区付近の主要褶曲断層である La　Morena 断層や El Refugio断層に近い熱変成帯北東部で顕著に発達しており， NE1～NE4 および SW1～SW7 等の地表で確認され，比較的優勢な主に NE－SW 系の鉱脈や鉱化帯を生じている。

8－2　熱変成帯および潜頭貫入火成岩による構造規制

熱変成帯中（とくに糖晶質再結晶帯中）では，熱変成期末期に古期の断裂構造の多くが褐色犬牙状方解石によって充塡膠結されたと考えられ，このために，熱変成帯とくに糖晶質再結晶帯中には，新期の断裂構造が形成された所を除いて，規模の大きな鉱床は形成されなかったものと考えられる。しかし，鉱化帯の分布範囲・鉱脈の頻度等には，既に述べたように，明らかに熱変成帯および潜頭貫入火成岩によると考えられる影響がみられる。

8－3　新期の断裂構造による構造支配

既に述べたように，褐色犬牙状方解石による古期の断裂構造の閉塞の後に， NE－SW 系を主とした新期の断裂構造が形成されたと推定される。新期の断裂構造の形成は，鉱脈中の黄鉄鉱が著しく破砕され，後に脈石によって再び膠結されていることから推定されるように，鉱化期中にまで続いていると判断される。

これらの新期の断裂構造は，熱変成帯の外側では，既存構造の再活動をもたらし，鉱化を助長したと考えられるが，一方，既存構造が閉塞され，鉱化の場を失ったと推定される熱変成帯中では重要な鉱床胚胎の場となっている。絹雲母石英岩は，新期の断裂構造に胚胎する鉱脈中に認められる。

第9章　考　　察

以上の調査の結果，本地区内には，下部白亜系に属する Aurora層の石灰質堆積岩を母岩とした比較的優勢な新第3紀熱水性鉱床が賦存することが明らかにされた。これらの鉱床は，Laramide造山運動およびこれ以降の構造運動や火成活動によって形成され，複雑化されたと推定される断裂構造を主な鉱床胚胎の場としており，主として NE−SW 系の断裂構造によって支配されている。

鉱床は，一部でマント状の富鉱部を形成するが，多くは鉱脈状の産状を示す。鉱石は，比較的銀や銅に富み，鉛が少ないことを特徴としており，含銀銅鉱脈型鉱床である。

本地区の地表および地下に多くの鉱脈が賦存することが確かめられ，これらの産状・規模・鉱質・構造規制要素・鉱化期等が解明され，なかには，高い銀や銅品位を示す優勢な鉱脈や鉱化帯が存在することが明らかになった。

しかし，同時にまた，次に列記するような本地区の鉱床評価の上で重要と考えられる未解決の問題も浮き彫りにされてきた。

(1)　鉱化作用と密接な関り合いをもっていると推定され，それ自体が比較的高品位鉱となることが多い絹雲母石英岩の産状・分布が明らかでない。

(2)　現在まで確認されている鉱床および鉱徴の全てが Aurora層を母岩としたもので，鉱脈型のものが大部分である。しかし，本地区の Aurora層の下部には，層厚が約100mに達する泥質岩に著しく富んだ，多孔質な La Peña層が伏在し，さらにその下位には，本地域の本格的石灰岩の最下部層準にあたり，蒸発残留岩を特徴的に伴い，本プロジェクト地域内の含銀鉛亜鉛鉱床の大部分が賦存し，鉱化作用にとって何らかの好適な条件を備えていると推定される Cupido層が伏在している。本地区内の鉱化に関連した諸構造は，上記2層を切っており，それに沿って鉱化作用が上記の Aurora層にまで達している。このことから，La Peña層および Cupido層（とくに Cupido層）中に富鉱部が形成されている可能性が充分考えられ，両層中の鉱化状況の解明が本地区の鉱床の経済性の検討にもたらす影響は極めて大きいと考えられる。

(3)　潜頭貫入火成岩が本地区の鉱化作用の重要な規制要因となっていると判断されるにも拘らず，現在，地表および試錐では，スカルン期の鉱化作用が認められておらず，深部で（とくに本地区の最下位の本格的石灰質堆積岩である Cupido層で）スカルン期の揮発性成分がほとんど消費されてしまっている可能性が考えられる。

(4)　本地区の鉱化帯や熱変成帯は，地区北方の La Morena 鉱山や El Refugio 鉱山の鉱化帯と一連の鉱化作用によってもたらされていると考えられるが，その間の探鉱は未だ不充分である。

第II部　物 理 探 査（IP法電気探査）

第Ⅱ部　IP法電気探査

第1章　調査概要

本調査は，メキシコ合衆国北部地区における第Ⅳ年次調査として，Mina la Morena地区での鉱床賦存に関する情報を得る目的で実施されたものである。

本調査では，調査地における鉱化帯の規模を明らかにし，試錐位置選定のための情報を得るためにＩＰ法電気探査が実施された。

第2章　調 査 要 項

2－1　測線および測点配置

測線および測点配置はPL.Ⅱ－1（LOCATION MAP OF IP SURVEY LINES AND POINS） に示すとおりである。

2－2　調査数量

調査地区面積	3.3 ㎢
測線延長	34.9 ㎞
測線数	23　本
測線長	1.5 ㎞（1部 0.7, 1.1, 1.1, 1.8, 2.0 ㎞）
測線間隔	100　m
測点間隔	100　m
電極配置	ダイポール・ダイポール
電極隔離係数	n＝1, 2, 3, 4

2－3　測定機器

送信器

型　式： IPC－7／15KW

製作所： SCINTREX(CANADA)社

出力電圧： 0～5,000V, DC

出力電流： 0～20A, DC

受信器

型　式： IPR－8

製作所： SCINTREX(CANADA)社

最大感度レンジ： 0.3 mV

分極率測定範囲： 0～100 milli-seconds

発電機

型　式： MG 15KW－AC

製作所： SCINTREX(CANADA)社

出　力： 15KW, 400Hz, 300V

2－4　測線設定

測量はトランシットおよび巻尺を用いて実施した。測点は水平距離１００ｍ毎に設け，各測点には杭を打ち番号を付した。測線間隔は１００ｍ，各測線の方向はN56°Wである。

調査地区の縁の部分や，測線の端の部分に測定されたＩＰ異常については，その広がりを詳しく調べるために，Ｌ－ＢおよびＬ－Ｃの２本の測線を追加設定した。また，Ｌ－３，Ｌ－４，およびＬ－５では北西側に，Ｌ－５，Ｌ－６，Ｌ－１３，Ｌ－１５，およびＬ－１６では南東側にそれぞれ測線を延長した。

第3章　測 定 方 法

本ＩＰ法電気探査は時間領域強制分極法 (Time Domain Induced Polarization Method) により実施された。

岩石中の金属鉱床や鉱化帯など，電子伝導鉱物が存在する場所に直流電流を断続的に流すと，岩石と電子伝導鉱物の境界面に充電，放電現象が発生する。時間領域強制分極法では分極率 (Chargeability) と呼ばれるこの放電々圧が測定される。

流電々流と測定電圧の波形はFig.Ⅱ－1 に示すとおりであるが，今回の測定では流電々流切断後0.1 3秒から0.2 6秒間隔で図に示されているような$M_{61}, M_{62}, M_{63}, M_{64}, M_{65}, M_{66}$ の6個の過渡電圧の積分値が測定されたが，この積分値が分極率と呼ばれるもので，単位はmilli-seconds である。

分極率測定の電極配置はFig. Ⅱ－2に示したようにDipole-Dipole電極配置によった。

Dipole-Dipole 電極配置における電流電極と電位電極の距離は電極間隔をａ，電極隔離係数をｎとすると，ｎ・ａで表わされる。従って電極隔離係数が大きくなるにつれて，測定深度が大きくなる。本調査ではｎ＝１，２，３，４に対応する深度の電気的情報が得られた。電流電極C_1と C_2 との間にFig. Ⅱ－１に示すような２秒通電，２秒切断のパルス電流をくり返し通電し，通電時の電位差および電流切断後の分極率が電位電極P_1，P_2 で測定された。

本調査では，分極率Ｍ，電位差Ｖおよび流電々流Ｉが測定され，ＶとＩの測定値から次の式によって見掛比抵抗 ρ_a を算出した。

$$\rho_a = K\frac{V}{I} \ (\Omega - m)$$

ここで　$K = a \cdot \pi \cdot n(n+1)$：幾何係数

ａ：電極間隔

ｎ：電極隔離係数

金属硫化物は低比抵抗でかつ大きい分極率を持つことが多いことから，分極率と見掛比抵抗の比をとって，この比を金属鉱物による効果の指標として用い，見掛金属電導係数 (Apparent Metal Conduction Factor，以後ＡＭＦと略記する。) と呼ぶ。ここでは次式によって定義する。

$$AMF = \frac{M}{\rho_a} \times 1000 \ \ (\text{milli-sec} / \Omega - m)$$

Ｍ，ρ_a およびＡＭＦの値は，断面図において，電流電極C_1，C_2 と電位電極P_1，P_2 の各中点を結ぶ線を底辺とする直角二等辺三角形の直角を挟む頂点に表示される。

以下に使用する「ＩＰ異常」という言葉は上述の「分極率異常」と同じ意味である。

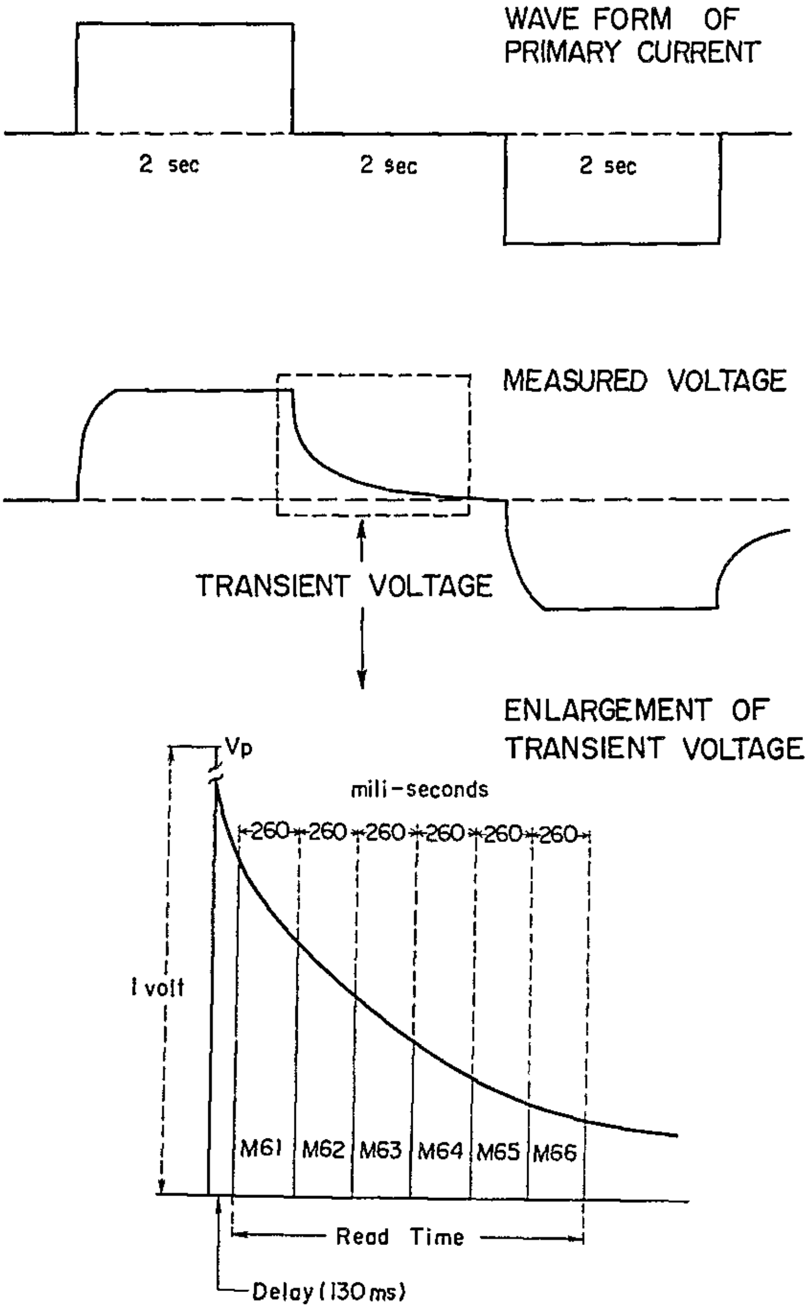
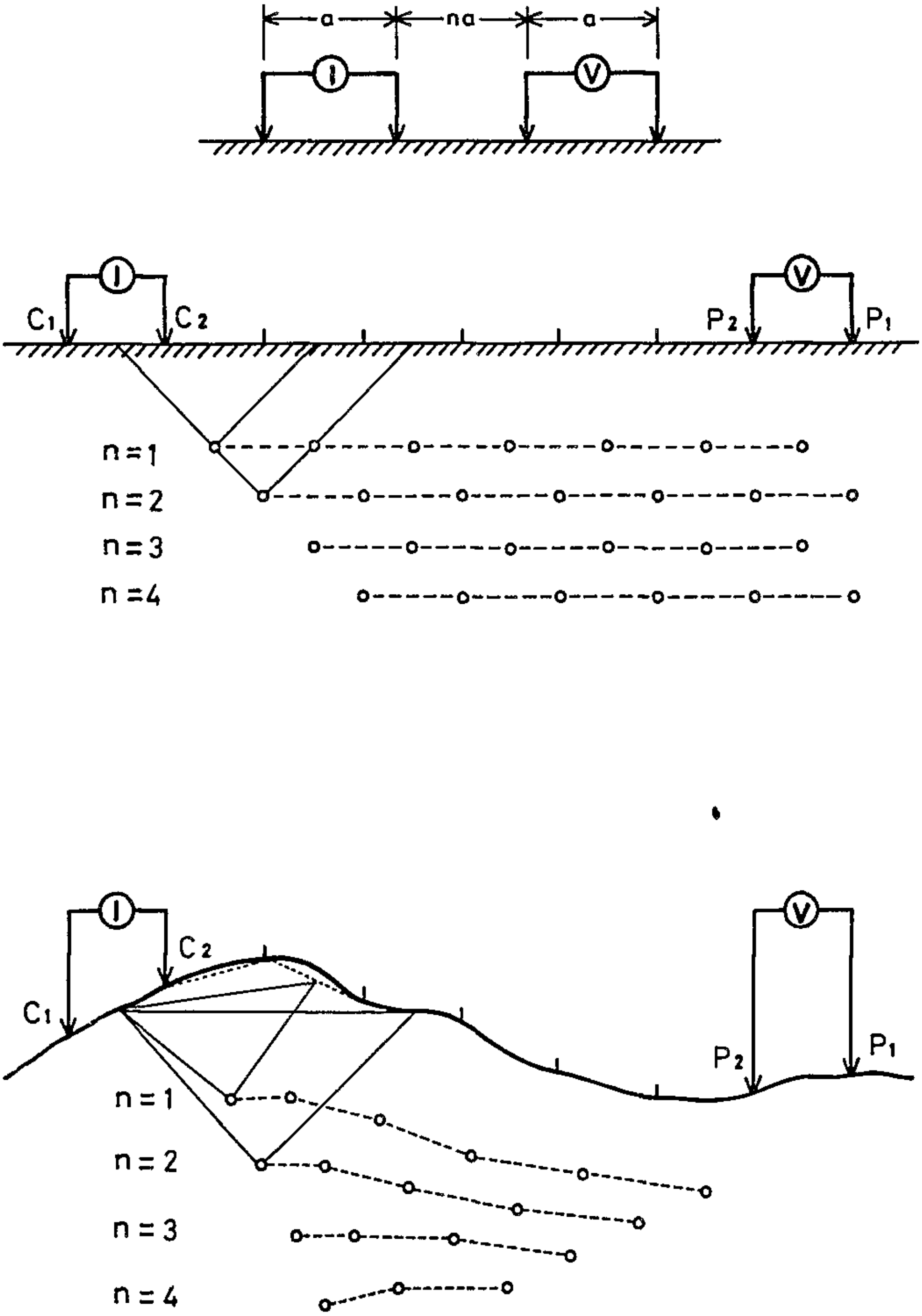


Fig II-1 Wave forms of primary current and measured voltage

Fig. II-2 Electrode configuration of dipole - dipole array



第4章　測定結果の解析

測定結果と計算結果はPL.Ⅱ－2～5（MAP OF CHARGEABILITY, n＝1, 2, 3, 4), PL.Ⅲ－6～9（MAP OF APPARENT RESISTIVITY n＝1, 2, 3, 4), PL.Ⅱ－10～13(MAP OF APPARENT METAL FACTOR n＝1, 2, 3, 4）の平面図とPL.Ⅱ－14～19（IP PROFILE）の断面図に表わした。

解析は上記の図面の定性的考察を行ない，さらにIP異常の顕著な5本の測線を選び，地下にIPモデルを仮定してシミュレーションした結果と測定値とを比較検討して本調査地区のIP異常と地質との関係を推定した。

4－1　平面解析

4－1－1　分極率平面図の解析

分極率平面図（MAP OF CHARGEABILITY PL.Ⅱ－2～5）をみると，本調査地区で測定された分極率は最小5.5，最大53.8 milli-sec. の値をもつが，25 milli-sec. 以下の値をもつ範囲が極めて広い。したがって，ここでは25 milli-sec.以下の値を本調査地区内に分布する岩石が普遍的に持つ，いわゆるバックグランド値と考え，25 milli-sec. 以上の値をIP異常値として解析を行なったが，n＝1，n＝2，n＝3，n＝4の各分極率平面図を比較検討して，20～25 milli-sec.のゾーンも異常帯とみなして，地質との関係を考察した部分もある。

各異常帯にはA(n−1)，B(n−1)，……A(n−2)，B(n−2)，……のように名前をつけた。以下に解析結果を述べる。

(1)　n＝1分極率平面図（PL.Ⅱ－2図参照）

この図にみられる異常帯につけた名称と異常値の幅は次のとおりである。また，比較のために異常帯の面積の大きさを定性的に大，中，小の3つに分類した。

A (n−1)：25～42.0 milli-sec. 大

B (n−1)：25～33.6 milli-sec. 大

C (n−1)：25～28.6 milli-sec. 小

D (n−1)：25～25.2 milli-sec. 小　n=2, 3, 4 の各図にはこの異常に対応する異常は認められない。したがってこの異常は浅部の小さな分極性岩体による異常と考えられる。

E$_{(n-1)}$：20～21.8 milli-sec. 小

F$_{(n-1)}$：20～20.2 milli-sec. 小

G$_{(n-1)}$：20～20.2 milli-sec. 小

H$_{(n-1)}$：20～23.0 milli-sec. 小

I$_{(n-1)}$：20～24.0 milli-sec. 小

(2) n＝2分極率平面図（PL. Ⅱ－3図参照）

A$_{(n-2)}$：25～43.7 milli-sec. 大 この異常はA$_{(n-1)}$とほぼ同じ位置に分布する。異常帯の面積はA$_{(n-1)}$より若干大きいが異常の最大値はほぼ同じである。

B$_{(n-2)}$：25～35.3 milli-sec. 大 この異常もB$_{(n-1)}$と同じ位置に分布し，最大値はB$_{(n-1)}$とほぼ同じであるが，異常帯の面積はB$_{(n-1)}$よりやや大きくなっている。

C$_{(n-2)}$：25～28.6 milli-sec. 小 C$_{(n-1)}$と近接した場所に分布している。

E$_{(n-2)}$：25～25.2 milli-sec. 小 E$_{(n-1)}$の近傍に分布している。

F$_{(n-2)}$：25～26.0 milli-sec. 小 F$_{(n-1)}$の近傍に分布している。

G$_{(n-2)}$：25～29.0 milli-sec. 小 G$_{(n-1)}$に近接して分布している。

H$_{(n-2)}$：25～31.9 milli-sec. 小 H$_{(n-1)}$と同じ場所に分布している。

I$_{(n-2)}$：25～26.0 milli-sec. 小 n＝1の平面図にはみられなかった異常である。したがって地表下100m以深に賦存する分極性岩体による異常と考えられる。

J$_{(n-2)}$：20～24.4 milli-sec. 中 I$_{(n-2)}$と同様にn＝1の平面図には見られなかった異常である。

(3) n＝3分極率平面図（PL. Ⅱ－4図参照）

AB$_{(n-3)}$：25～37.0 milli-sec. 大 この異常は，その分布の広がりからみると，n＝1，2の図面に見られたA$_{(n-1)}$, B$_{(n-1)}$またはA$_{(n-2)}$, B$_{(n-2)}$異常帯がつながって1つの異常帯となっており，しかも極めて複雑な形状を呈している。

C$_{(n-3)}$：25～25.2 milli-sec. 小 C$_{(n-2)}$と同じ場所に分布している。

E$_{(n-3)}$：25～26.9 milli-sec. 小 E$_{(n-2)}$に近接して分布している。

F$_{(n-3)}$：25～26.9 milli-sec. 小 F$_{(n-2)}$の近傍に分布している。

n＝1，2の各平面図のGとHに対応する異常はn＝3，4の両図には見られない。

I$_{(n-3)}$：25～37.0 milli-sec. 中 I$_{(n-2)}$とほぼ同じ場所に分布するが，異常の範囲はI$_{(n-2)}$よりもかなり広い。

J $(n-3)$：25～29.8 milli-sec. 小

K $(n-3)$：25～27.3 milli-sec. 小

J $(n-3)$はJ $(n-2)$と同じ場所に分布しているが，異常の面積はJ $(n-2)$の約¼である。K $(n-3)$はJ $(n-2)$の北端部に近接して分布している。

L $(n-3)$：25～28.6 milli-sec. 小

M $(n-3)$：25～29.4 milli-sec. 小

これらの2つの異常は，本図のみに見られる異常である。したがってn＝3の深さに対応する約200m付近に賦存する分極性を有する小岩体による異常と考えられる。

N $(n-3)$：25～28.6 milli-sec. 中 この異常は細長い形状をしており，A $(n-2)$の東北側の縁に沿って分布している。

(4) n＝4分極率平面図（PL. Ⅱ－5図参照）

AB $(n-4)$：25～40.3 milli-sec. 大 この異常帯はAB $(n-3)$とほぼ同じ場所に分布しているが，その分布範囲はAB $(n-3)$よりも狭くなっており，形状もいっそう複雑になっている。前述のAB $(n-3)$異常とこの異常はその形状から測線L－Cの測点300から1000附近まで広く続くように推定されるが，測線L－Cは測点800から1500までの短かい追加測線で0から800までの測点はこの測線に含まれていない。したがってこの間のデータがないことと，この測線の南側に測線がないことから，これらの異常帯がどこまで続くかは不明である。

C $(n-4)$：25～27.9 milli-sec. 中 C $(n-3)$とほぼ同じ位置に分布するが，異常の範囲はC $(n-3)$の約3倍である。

E $(n-4)$：25～31.9 milli-sec. 中 E $(n-3)$とほぼ同じ場所に分布するが，異常の範囲はE $(n-3)$の約3倍である。

n＝1，2，3の各平面図のF異常に対応する異常は本図には見られない。

I $(n-4)$：25～33.6 milli-sec. 中 I $(n-3)$に対応する。

J $(n-4)$：25～33.6 milli-sec. 中 J $(n-2)$，J $(n-3)$，K $(n-3)$ に対応する異常である。

n＝3平面図のL，M，Nに対応する異常は本図には見られない。

O $(n-4)$：25～53.8 milli-sec. 大 n＝1，2，3の各平面図には見られなかった異常で分布範囲も広く，異常値は本調査地区で最大の値をもつ。n＝4に対応する約250m以深に分極率の大きい岩体があるものと推定される。

P(n−4)：２５～３３.６　milli-sec．小

Q(n−4)：２５～２５.２　milli-sec．小

これらの異常も本図においてはじめて見られる異常であり，n＝４に相当する２５０m付近に分極性の強い岩体があるものと推定される。

上述のように，異常帯がn＝１，２，３，４の各図のほぼ同じ場所に見られるものや，ある図面にのみ見られるものなどがある。これらの関係を次の一覧表にまとめた。

表Ⅱ－１　測定された分極率異常の一覧表

異常名＼n	n　1		n＝2		n＝3		n＝4	
	規　模	最大値	規　模	最大値	規　模	最大値	規　模	最大値
A	◎	42.0	◎	43.7	}◎	37.0	◎	40.3
B	◎	33.6	◎	35.3				
C	ｏ	28.6	ｏ	28.6	ｏ	25.2	○	27.9
D	ｏ	25.2	—	—	—	—	—	—
E	ｏ	21.8	ｏ	25.2	ｏ	26.9	○	31.9
F	ｏ	20.2	ｏ	26.0	ｏ	26.9	—	—
G	ｏ	21.0	ｏ	29.0	—	—	—	—
H	ｏ	23.0	ｏ	31.9	—	—	—	—
I	ｏ	24.0	ｏ	26.0	○	37.0	○	33.6
J			○	24.4	ｏ	29.8	○	33.6
K					ｏ	27.3	—	—
L					ｏ	28.6	—	—
M					ｏ	29.4	—	—
N					○	28.6	—	—
O							◎	53.8
P							ｏ	33.6
Q							ｏ	25.2

規模は◎は大，○は中，ｏは小である。単位milli-sec．

分極率平面図に見られる異常と地質および試錐調査結果を対比して次の一覧表にまとめた。

表Ⅱ－2　分極率異常と地質との関係一覧表

異常名	n＝1 (100m)	n＝2 (150m)	n＝3 (200m)	n＝4 (250m)	地質との対比
A	◎	◎	}◎	}◎	Kau Ⅸより上部層の硫化物または炭質物を含む泥質層に対比される
B	◎	◎			
C	o	o	o	○	Kau Ⅶ, Ⅸ層中の硫化物または炭質物を含む層
D	o	—	—	—	Ⅸ層の炭質物を含む地表付近の小部分に対比される
E	o	o	o	○	Ⅶ, Ⅸ層の1部に対比される
F	o	o	o	—	鉱化帯(?), 断層(?)
G	o	o	—	—	Ⅲ層中の泥灰質層(?)または断層(?)
H	o	o	—	—	Ⅶ層中の泥灰質層に対比される
I	o	o	○	○	Ⅲ層中の泥灰質層に対比される
J		○	o	○	同　上
K			o	—	同　上
L			o	—	鉱化帯(?), 断層(?)
M			o	—	断層(?), 鉱化帯(?)
N			○	—	Ⅸ層中の泥灰質層に対比される
O				◎	Ⅸ, Ⅺ層中の硫化物または炭質物を含む層
P				o	Ⅴ層中の泥質物を含む層に対比される
Q				o	Ⅲ層中の泥灰質層に対比される

◎, ○, o は規模の大, 中, 小を表わす。

4－1－2　見掛比抵抗平面図の解析

見掛比抵抗平面図（MAP OF APPARENT RESISTIVITY, PL. Ⅱ－6－9）をみると，本調査地区の見掛比抵抗は全体的に極めて高いことが容易に理解される。見掛比抵抗ρ_aと分極率Mの関係を検討するために，前述したn＝1～4の分極率平面図に表わした各分極率異常をn＝1～4の各見掛比抵抗平面図に書き写し，これらの異常帯の中で，各nごとのρ_a平均値およびn＝1～4のρ_a の全平均値を求め次の一覧表に表わした。

見掛比抵抗平面図およびこの一覧表から次のことがいえる。

1）ρ_a 測定値の全平均値は5,000Ω－mでありn－1～4の各々のρ_a 平均値も5,000

Ω－mとみなすことができる。

2）見掛比抵抗分布のパターンはn＝2の図において最も複雑であり，次いでn＝1，3，4の順で少しずつ単純になっている。これは各nの ρ_a 測定値の最大値と最小値の比の大きさの順番に対応している。

表Ⅱ－3　分極率異常帯の中での見掛比抵抗平均値一覧表

分極率異常名＼測定値の平均値	n＝1		n＝2		n＝3		n＝4	
	5,300		4,800		5,100		4,900	
A	1,890	◎	1,980	◎	}2,700	◎	}1,870	◎
B	2,270	◎	3,070	◎				
C	4,150	o	1,460	o	2,080	o	1,690	○
D	910	o	—		—		—	
E	5,660	o	4,110	o	1,830	o	1,360	○
F	12,400	o	6,470	o	12,200	o	—	
G	6,910	o	2,200	o	—		—	
H	9,520	o	12,500	o	—	○	—	
I	2,390	o	1,450	o	1,010	o	2,000	○
J			3,100	○	3,870	o	3,200	○
K					1,000	o	—	
L					9,610	o	—	
M					6,100	○	—	
N					1,300		—	
O							2,470	◎
P							2,830	○
Q							3,300	○
Ⓐ	53,407		81,996		36,442		27,018	
Ⓑ	165		228		141		228	
Ⓐ/Ⓑ	324	②	360	①	258	③	119	④

Ⓐ測定最大値，Ⓑ測定最小値 。n＝1～4の測定値平均は5,000Ω－m。◎は大，○は中，oは小の規模を表わす。表中の単位はΩ－m。①，②……はⒶ/Ⓑの大きさの順位。

3） 5,000Ω－m以上の ρ_a の分布ゾーンは，巨視的には本調査地域内の再結晶帯に一致している。

4） 分極率異常のなかで，規模の大きな異常（一覧表中◎および○印の異常）は再結晶帯の周辺の ρ_a の低い場所に分布している。

5） 一覧表から，nが大きくなるにつれて「分極率異常帯の中での ρ_a 平均値」が「ρ_a 全平均値（5,000Ω－m）」よりも小さい異常帯の個数が増大していると言える。

6） 特にn＝4における分極率異常帯中の ρ_a 平均値は全て全平均値よりも小さい。

7） 平面図上で見られる分極率異常の数は合計36個であるがこれらの中で（ρ_a 平均値＜5,000Ω－m）の個数：（ρ_a 平均値＞5,000Ω－m）の個数＝27：9＝3：1で，分極率異常帯は ρ_a の小さいゾーンに分布しているということができる。

8） 特に規模の大きい（◎および○印）異常帯14個はすべて全平均値よりかなり小さな（1,000～3,200Ω－m）範囲の ρ_a 平均値をもっている。

9） 規模の小さい異常（○印）は ρ_a 平均値が大きく，その多くは再結晶帯の中に分布している。

10） 分極率異常のうち ρ_a の小さいところに分布するものをAタイプ，ρ_a の大きいところに分布するものをBタイプとし，これらと本調査地区の地質調査と試錐調査の結果を対比すれば，Aタイプの異常は石灰岩中の細かい硫化物ないしは炭質物を含む泥質層によるものと考えられ，Bタイプの異常は鉱床ないしは鉱化帯と推定される。

11） 6）と10)に述べたことからn＝4の異常に対応する地層には特に硫化物や炭質物が多く含まれるものと推定される。

12） 見掛比抵抗は極めて低いが分極率異常を生じていないところもある。これは硫化物がなくて，炭質物のみまたは水の影響によるものと推定される。

4－1－3　見掛金属ファクター平面図の解析

見掛金属ファクターは第3章で述べたように次式で定義される。

$$AMF = \frac{M}{\rho_a} \times 1000 (\text{milli-sec} / \Omega - m)$$

この式から理解されるように，前述のAタイプの異常のように，分極率Mが大きく，見掛比抵抗 ρ_a が小さい異常ではAMFが大きくなる。Bタイプの異常ではAMFは小さくなる。

n＝1～4の各図（PL.Ⅱ－10～13）に共通していえることは，

1） AMFの大きいゾーンは，巨視的にはMが大きく ρ_a が小さいゾーンに一致している。

2） Mが小さいが，AMFが大きいところもあるが，これは ρ_a が極めて小さいためで，これは4－1－2で述べた炭質物を多く含む部分，または含水量の多い部分に一致するもの

と推定される。

3) ＡＭＦの異常帯は本調査地区内の再結晶帯をとりかこむように分布しており，再結晶帯の中にはＡＭＦ異常帯は存在しない。