

# インドネシア共和国南スマトラ地域 資源開発協力基礎調査報告書

(第三年次)

昭和63年2月

国際協力事業団  
金属鉱業事業団

鉱計資
SC
88-13

インドネシア共和国南スマトラ地域  
資源開発協力基礎調査報告書

(第三年次)

昭和六十三年二月

国際  
金属

LIBRARY

108

66.1

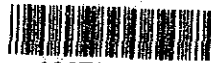
MIN

LIBRARY

インドネシア共和国南スマトラ地域  
資源開発協力基礎調査報告書

(第三年次)

JICA LIBRARY



1065937[3]

昭和63年2月

国際協力事業団  
金属鉱業事業団



## はしがき

日本国政府は、インドネシア共和国政府の要請に応え、同国南スマトラ地域の非鉄金属鉱物資源賦存の可能性を確認するため、地質調査等の鉱床探査に関する諸調査を実施することとし、その実施を国際協力事業団に委託した。国際協力事業団は、本調査の内容が地質及び鉱物資源の調査という専門分野に属することから、この調査を金属鉱業事業団に委託することとした。

本調査は、昭和62年度が第3年次にあたり、金属鉱業事業団は7名の調査団を編成して昭和62年6月21日から昭和63年1月7日まで現地に派遣し、調査及び現地報告書の作成を行った。

現地調査は、インドネシア共和国政府関係機関、鉱物資源総局の協力を得て予定通り完了した。

本報告書は、第3年次の調査結果をとりまとめたもので、最終報告書の一部となるものである。

終わりに、本調査実施に当たってご協力いただいたインドネシア共和国政府関係機関ならびに外務省、通商産業省、在インドネシア共和国日本国大使館及び関係各位に衷心より感謝の意を表します。

昭和63年2月

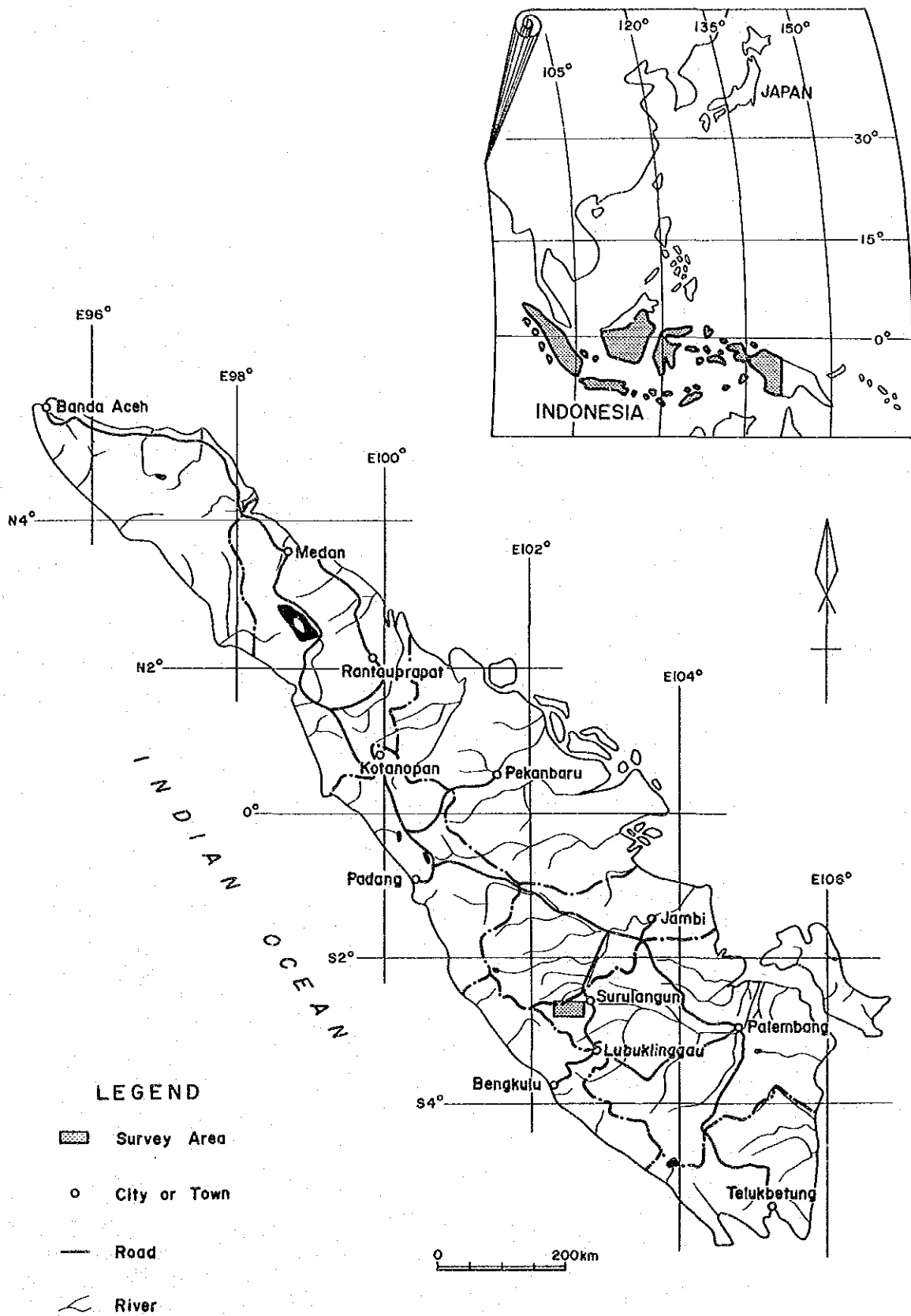
国際協力事業団

総 裁 柳谷 謙介

金属鉱業事業団

理事長 佐藤淳一郎





第1図 南スマトラ地域位置図









## 要 約

インドネシア共和国南スマトラ地域の第3年次の調査は、トウボ川 (S. Tuboh) 地区のボーリング調査 (13孔, 3,170m) からなっている。この調査地区及び調査手法の選定は、第2年次の調査結果に基づいて行ったものである。

第3年次の調査の結果、トウボ川地区にはある程度まとまりのある銀・鉛・亜鉛からなる9帯のスカルン型鉱化帯の賦存が明らかとなり、埋蔵鉱量の試算が可能となった。

この鉱化帯は、これまでの探査結果では3つのやや延長が大きい鉱化帯 (D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>, D<sub>6</sub>) と、その他の鉱化帯 (D<sub>3</sub>, D<sub>5</sub>, D<sub>7</sub>, D<sub>8</sub>, D<sub>9</sub>, D<sub>10</sub>) から成るもので、第3年次に新たに捕捉した浅部の鉱化帯はいずれも品位が高い傾向を示す。

鉱化帯は N-S ないし NNE-SSW 方向の数本の断層によって変位しており、断層を挟んだ鉱化帯相互の関係は必ずしも明らかではない部分もあるが、これらの鉱化帯について行った埋蔵鉱量の試算結果は、次の通りである。

埋蔵鉱量	品 位					含 有 量				
	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	Au	Ag	Cu	Pb	Zn
( $\times 10^3$ )	(g/t)	(g/t)	(%)	(%)	(%)	(kg)	(kg)	(t)	(t)	(t)
1.762	0.1	130	0.8	1.5	10	192	229,760	14.00	25,600	176,000

本地区の埋蔵鉱量の試算結果は、これらの鉱化帯のみを対象としてコマーシャル・ベースでの開発を考えるのには、鉱量・品位的に十分とは思われない。又、これまでの探査のみでは精度の点で問題があるものと思われる。また、残された探査余地も多いことから、今後次のような対応をかんがえる必要があるものと思われる。

① 更に探査を行い、鉱量・品位の確度を上げるとともに残された探査余地に対して探査をすすめ、鉱量増をはかる。

② トウボ川地区に近いクリン川 (S. Kering) およびスパン川 (S. Sepang) の二つの鉱化帯に加え、北方ニラオ川 (S. Nilau) の中流に分布するマーブル地帯を探査し、これらの周辺地域も含めた鉱量ポテンシャルを把握したうえで、トウボ川地区開発の可能性を検討する。

③ 開発対象に金属鉱物資源のみでなく、マーブルをも加えて検討する。

以上の他、トウボ川地区の地質・鉱床に関する知見としては、次のような事項を挙げることができる。

1) トウボ川地区の鉱化作用は、スカルン型鉱化作用の温度条件下における既存の硫化

物の移動・再編・固定と見なすことができる。これらの硫化物は、本来層準規制型の鉱化帯としてラウス川層に賦存していたものと見なされる。

ii) スカルン型の温度条件をもたらした火成活動は、60 - 50 M. Y. の頃の活動と見られる深成火成活動に求めることができる。

## 【目次】

はじめに

要 約

### 第 I 部 総 論

第1章 序 論	1
1-1. 調査の経緯	1
1-2. 第2年次調査の結論と提言	1
1-2-1. 第2年次調査の結論	1
1-2-2. 第2年次調査の提言	2
1-3. 第3年次調査の概要	2
1-3-1. 調査地域	2
1-3-2. 調査目的	2
1-3-3. 調査方法	2
1-3-4. 調査団の編成	3
1-3-5. 調査期間	3
第2章 調査地域の地理	5
2-1. 地形および水系	5
2-2. 気候および植生	6
第3章 一般地質	6
第4章 調査結果の総合検討	10
第5章 結論および将来への提言	13
5-1. 結 論	13
5-2. 将来への提言	14

## 第II部 各 論

第1章 トウボ川地区	15
1-1. 調査方法	15
1-2. ボーリング調査	15
1-2-1 調査目的	15
1-2-2 工法, 使用機材および工事实績	15
1-2-3 掘進状況	22
1-2-4 孔別地質および鉱化・変質作用説明	22
1-2-5 各種試験・分析結果	44
1-2-6 考 察	55

## 第III部 結論及び将来への提言

第1章 結 論	65
第2章 将来への提言	66

### 試錐柱状図

### 参考文献

## 表 (挿入)

第1表	調査作業量	5
第2表	ボーリング調査作業総括成績表	16
第3表	使用機材一覧表 (3-1, 3-2.)	17
第4表	作業総括表 (1, 2, 3)	19
第5表	硫黄同位体分析試料	45
第6表	埋蔵鉍量計算表	47
第7表	トウボ川地区鉍化帯硫化物の同位体温度	62

## 図 (挿入)

第1図	南スマトラ地域位置図	
第2図	トウボ川地区位置図	
第3図	調査日程	4
第4図	トウボ川地区地質図	7
第5図	トウボ川地区地質柱状図	9
第6図	ビット・ケーシング・プログラム	16
第7図	ボーリング断面図(MJI-11)	23
第8図	ボーリング断面図(MJI-12)	25
第9図	ボーリング断面図(MJI-13)	27
第10図	ボーリング断面図(MJI-14, 18)	30
第11図	ボーリング断面図(MJI-15, 16, 17)	32
第12図	ボーリング断面図(MJI-18, 19)	34
第13図	ボーリング断面図(MJI-19, 20)	37
第14図	ボーリング断面図(MJI-21)	39
第15図	ボーリング断面図(MJI-22)	41
第16図	ボーリング断面図(MJI-23)	43
第17図	鉍化帯投影図(鉍量計算図-1, 2, 3)	49
第18図	鉍化帯分布図	56
第19図	顕生代の層準規制型塊状硫化物鉍床と原油の平均同位体比 図上のトウボ川地区鉍化帯の硫黄同位体比	61
第20図	鉍物共生の酸素分圧-温度関係	62
第21図	トウボ川地区鉍化特性のまとめ	63
第22図	MJI-11柱状図	69

第23図	MJI-12柱状図	77
第24図	MJI-13柱状図	85
第25図	MJI-14柱状図	94
第26図	MJI-15柱状図	102
第27図	MJI-16柱状図	106
第28図	MJI-17柱状図	110
第29図	MJI-18柱状図	114
第30図	MJI-19柱状図	118
第31図	MJI-20柱状図	122
第32図	MJI-21柱状図	126
第33図	MJI-22柱状図	132
第34図	MJI-23柱状図	139

### 卷末資料

付表 1	岩石薄片・X線回折分析・鉍石研磨片試料一覧	147
付表 2	鉍石分析結果表(1, 2, 3)	148
付表 3	岩石薄片観察結果	152
付表 4	鉍石研磨片観察結果	153
付表 5	x線回折分析結果	154
付表 6	消耗品使用実績	155
付表 7	ダイヤモンド・ビット成績	156
付表 8	ボーリング成績表(I-1, 2, 3, 4, 5)	158
付表 9	ボーリング成績表(II-1~13)	165
付表 10	ボーリング掘進工程図(MJI-11~23)	178

### 付 図

- 付図第 1 図 ボーリング位置図  
 付図第 2 図 ボーリング地質断面図  
 付図第 3 図 鉍化帯分布図

## 第 I 部 總 論





## 第I部 総論

### 第1章 序論

#### 1-1. 調査の経緯

第3年次のインドネシア共和国南スマトラ地域の調査は、昭和60年8月31日付けをもって、日本・インドネシア共和国間に締結した Scope of work に基づく調査である。

第1年次調査は、全域(1,250 km<sup>2</sup>)に対する空中写真地質解析、地質調査・地化学概査および既存資料に基づいて選定した精査地域(18 km<sup>2</sup>)に対する地質調査・地化学精査からなり、これらの結果に基づき、第2年次の調査対象地域としてラヤ山地区およびトウボ川地区を選定した。

第2年次調査では、ラヤ山地区に対しては、地質・地化学精査および地上磁気探査を、トウボ川地区に対してはボーリング調査を実施した。この結果、トウボ川地区にはスカルン型の鉍化帯が存在することがわかった。第3年次においては、これらトウボ川地区の鉍化帯の広がりをもつて平面的および立体的に追跡し、その産状を明らかにするために、合計13孔、3,170 mのボーリング調査を実施した。

#### 1-2. 第2年次調査の結論と提言

##### 1-2-1. 第2年次調査の結論

###### (1) ラヤ山地区

「ラヤ山地区には、ポーフイリー・カッパー型の鉍化作用が認められるものの、品位は低く、今後の探査・開発の対象にはなり得ない」と結論した。即ち、ラヤ山地区には、60 - 50 M. Y. の深成火成活動に関連すると見られるポーフイリー・カッパー型の鉍化作用と、これと同時の形成と考えられる磁鉄鉍・赤鉄鉍からなる小規模スカルン型の鉍化作用の存在が明らかになったが、いずれも低品位あるいは小規模である。

###### (2) トウボ川地区

「D-1 ~ D-4の4富鉍部の存在が明らかになり、更にD-5およびD-6の2富鉍部の発達が高い確度で推定できること、D-2およびD-3は走向・傾斜のいずれの方向にもある程度の連続性をもつこと、今後更に新しい富鉍部が発見できる可能性があること、各富鉍部の交叉や合体があれば大きな富鉍部を形成する可能性があること、銀、亜鉛共に品位が高

いこと、などからトウボ川地区は、今後の有望な調査対象である」とした。

#### 1-2-2. 第2年次調査の提言

第2年次の調査結果から、第3年次の調査は、トウボ川地区のスカルン型のAg - Zn - Pb鉱化帯を調査対象とすることが望まれる。中でも、走向・傾斜のいずれの方向にも発展の可能性をもち、品位的にもすぐれているD-2およびD-3の両鉱化帯がより将来性のある対象と言える。

即ち、これら両鉱化帯については、走向方向については70 m ~ 100 m 間隔程度で、傾斜方向については地表下250 m 付近の深さまで、それぞれ鉱化状況を明らかにするようなボーリング調査が考えられる。鉱化帯は、N 45° ~ 50° E, 65° ~ 75° SEの構造を持っており、これを南東(上盤)から北西(下盤)に貫くようなボーリング孔の設定が望ましい。

#### 1-3. 第3年次調査の概要

##### 1-3-1. 調査地域

トウボ川地区は、南スマトラ地域の東半部中央に位置し、地域外東方のムアラ・ルピット (Muara Rupit) でラウス川 (S. Rawas) に合流するミナク川 (S. Minak) の支流シンパン川 (S. Simpang) の小支流トウボ川の上・中流域を指す。第2年次および第3年次のボーリング調査でカバーした範囲は、NE-SW方向に900m, NW-SE方向に500m程の範囲である。

トウボ川地区に至るには、南スマトラ州ラウス県の県都ルブク・リングウ (Lubuk Linggau) からスマトラ・ハイウェイを北に100kmで、スランゲン村 (Surulangun, ここに郡長がおり、ラウス川流域一帯を管轄している) に達し、ここからラウス川の川船で23 kmをさかのぼり、更に徒歩4 kmである。時間的には、ルブク・リングウから約4.5時間を要する。ラウス川沿いには車の通行可能な道路がスランゲンから上流7 kmしかなく、川船が唯一の交通手段である。

##### 1-3-2. 調査目的

第2年次の調査結果に基づき、トウボ川地区に存在が期待されるスカルン型鉱化帯の水平方向並びに深部方向への連続性を明らかにし、鉱量の評価を行い、その将来に於ける開発可能性に関する展望を得る。

##### 1-3-3. 調査方法

第3年次に於ける調査計画、即ちボーリング調査計画は、当初350m/孔 x 4孔 = 1,400mの傾斜孔と150 x 6孔 = 900mの垂直孔、計10孔、2,300mからなるものであったが、その

後の 270m x 1孔, 280m x 1孔, 300m x 1孔, 計3孔, 850mの傾斜孔の追加により合計13孔, 3,150mとなった。これを試錐機2台, 2チームによって実施するという内容で, 他にコア一等の試験・分析, データ解析, 鉍量計算とそれに基づくポテンシャル評価, 年次報告書および総括報告書の作成並びにこれらの業務を通じて行う技術移転を含む。

#### 1-3-4. 調査団の編成

調査団の編成は次の通りである。

##### 日本側

企画・調整	納 篤 (金属鉍業事業団)
	神谷 夏実 (金属鉍業事業団)
現地調査団	
団 長・総括	小熊 洋逸 (日鉍探開株式会社)
ボーリング調査	中山 勇 (日鉍探開株式会社)
ボーリング調査	堀口 進 (日鉍探開株式会社)
ボーリング調査	神成 総二 (日鉍探開株式会社)
ボーリング調査	杉淵 忠輝 (日鉍探開株式会社)
ボーリング調査	糸田 秀光 (日鉍探開株式会社)
ボーリング調査	野村 光雄 (日鉍探開株式会社)

##### インドネシア側

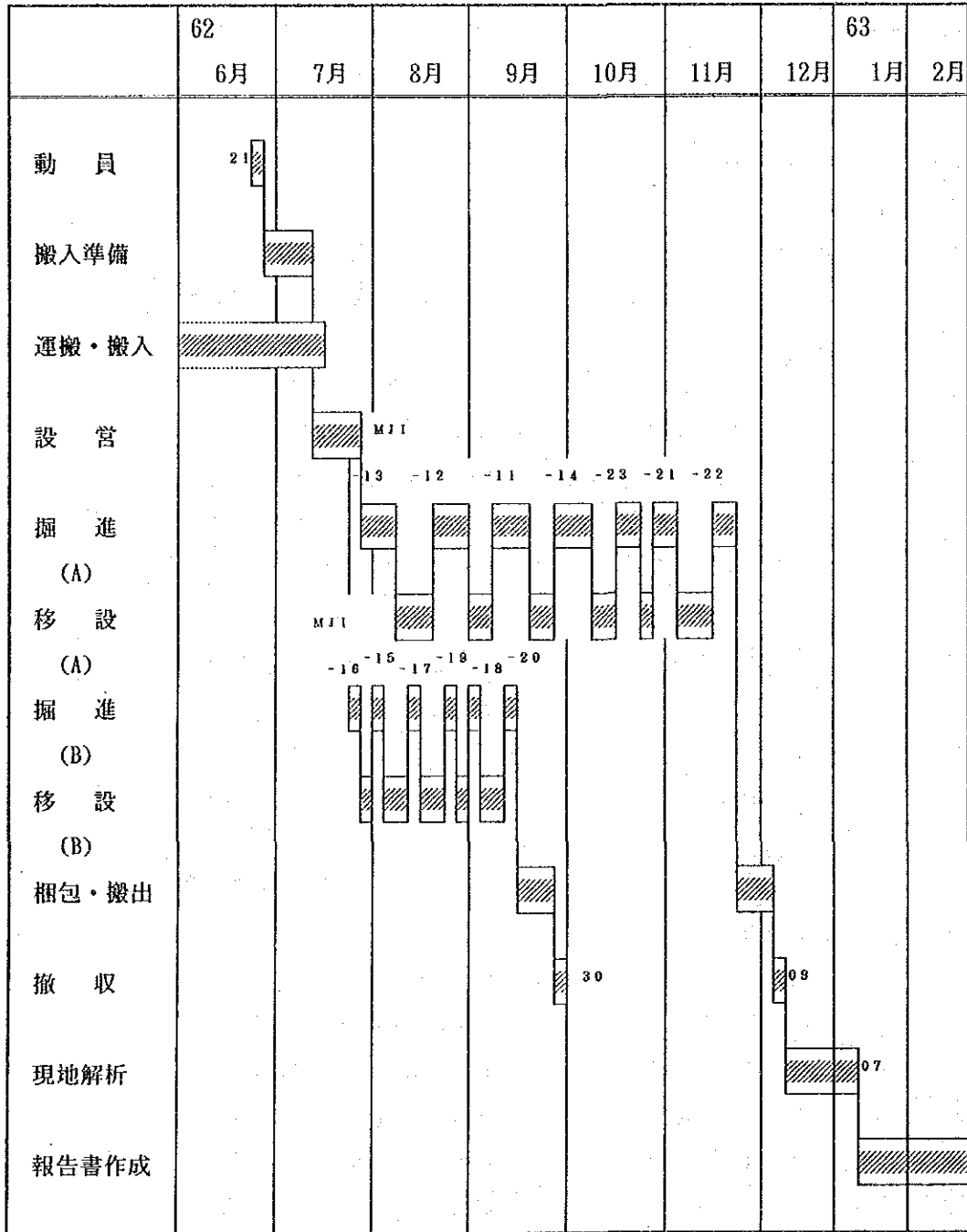
企画・調整	Salman Padmanagara (D. M. R.)
	J. Rainir Dhadar (D. M. R.)
	A. Machali Nuchsin (D. M. R.)
現地調査団	
総 括	Sukirno Djaswadi (D. M. R.)
ロギング	Bonifatius Bandi (D. M. R.)
ボーリング調査	Saksono (D. M. R.)
ボーリング調査	Agus Mulyadi (D. M. R.)
ボーリング調査	Encep Sudjana (D. M. R.)
ボーリング調査	Kisman (D. M. R.)

#### 1-3-5. 調査期間

現地に於けるボーリング調査にかかる掘進作業は, 傾斜孔については MJ1-13から昭和62年7月27日に掘進を開始し, 垂直孔は MJ1-16から同7月22日に開始した。垂直孔の掘進終了は昭和62年9月12日, 傾斜孔のそれは同11月18日である。調査日程を第3図に,

調査作業量を第1表に示す。

第3図 調査日程



第1表 調査作業量

ボーリング 番号	計画延長 (m)	掘進延長 (m)	方位 (°)	傾斜 (°)	表土深度 (m)	岩芯長 (m)	岩芯採取率 (%)
MJI-13	350	351.00	340	-50	29.35	313.60	97.5
MJI-12	350	351.00	340	-50	14.70	333.15	99.1
MJI-11	350	351.00	340	-50	13.50	303.15	89.8
MJI-14	350	351.00	340	-50	17.30	235.60	99.1
MJI-16	150	151.00	-	-90	16.40	133.60	99.3
MJI-15	150	151.10	-	-90	32.00	104.50	87.7
MJI-17	150	151.00	-	-90	10.00	141.00	100.0
MJI-19	150	151.00	-	-90	25.10	118.30	94.0
MJI-18	150	153.70	-	-90	22.60	75.80	57.8
MJI-20	150	151.00	-	-90	20.50	124.00	95.0
MJI-23	270	276.30	340	-50	15.40	235.20	90.1
MJI-21	280	281.00	340	-50	36.10	237.35	96.9
MJI-22	300	300.00	340	-50	43.00	242.55	94.4
合計	3,150	3,170.10	-	-	295.95	2,597.80	95.4

以上のほか、試験・分析件数は、次のとおりである。

- 鉍石化学分析 : 105個, 525件 (Au, Ag, Cu, Pb, Zn)
- X線回折分析 : 22個
- 鉍石研磨片 : 21個
- 鉍石・岩石薄片 : 14枚
- 硫黄同位体分析 : 10件

## 第2章 調査地域の地理

### 2-1. 地形および水系

トウボ川地区は、起伏量の小さな丘陵地の連なりからなり、海拔高度は、最高所でも300mを越えず、トウボ川沿いの平地では100m以下である。

トウボ川は、前述の通り、調査地域東方でラウス川に注ぐルビット川の支流ミナク川の小支流シンパン川の更に支流である。

付近に集落はなく、近い所でも約6 km離れている。

## 2-2. 気候および植生

一帯は、熱帯雨林に属していて高温多湿、年間降雨量は、3,000 mmを超える。通常5月から9月の間は、やや晴天の日が多い時期であるが、10月から4月にかけては、いわゆる雨季で、ほぼ連日降雨がある。

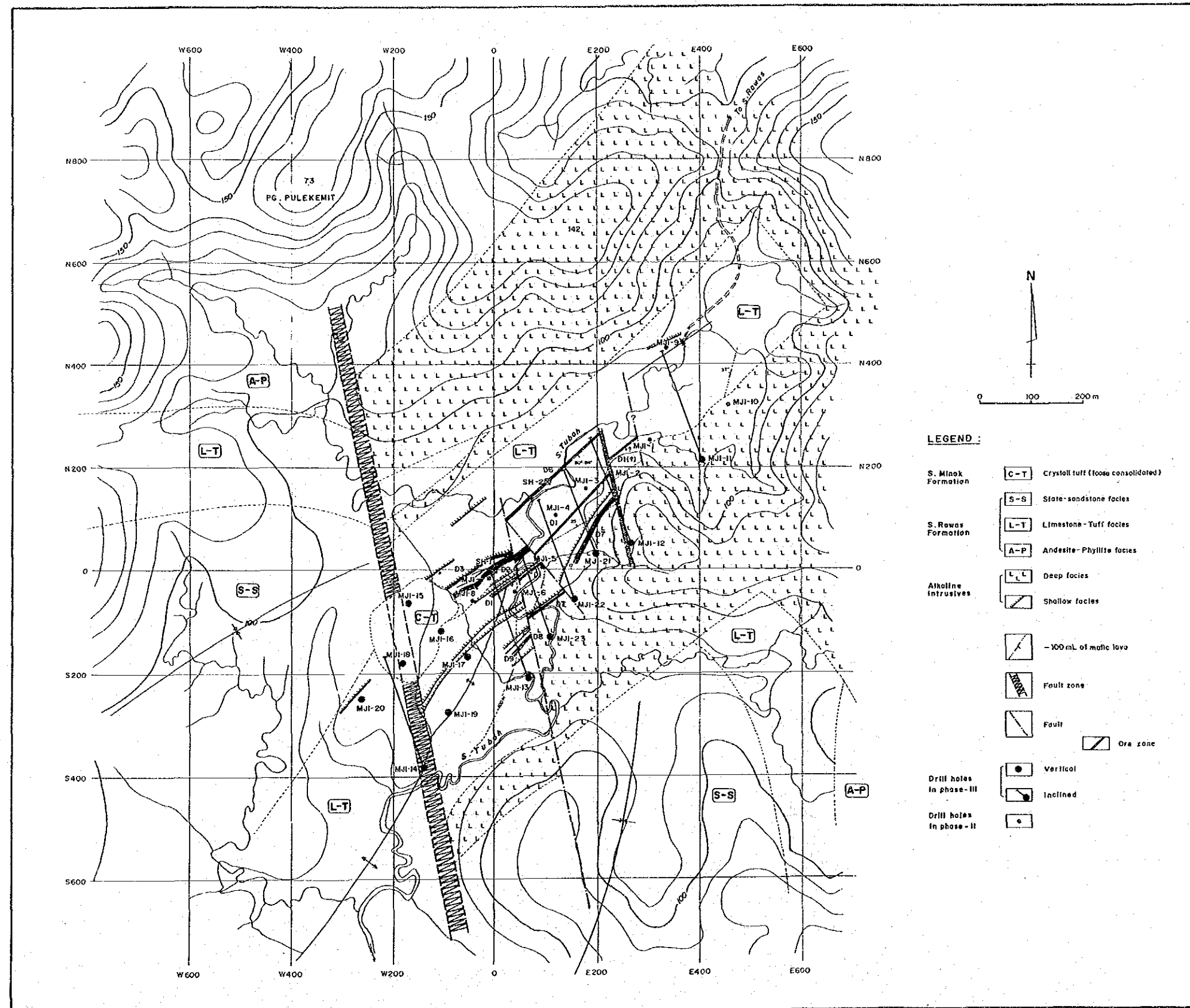
植生は、土地の大部分が過去に焼き畑を行いその後放置されたところで、樹齢20年ないし25年程度の密生林である。この中には過去に植栽したとされているゴムの木がかなりの密度で混在している。

## 第3章 一般地質

これまでの調査結果によれば、トウボ川地区の地質はラウス川層(S. Rawas Formation)中生代ジュラ紀後期から白亜紀初期)の中～上部に属するメルシップ石灰岩部層(L-T, これ自体3岩相に区分出来る。後述)を主体とし、その下位の安山岩質凝灰岩、安山岩質溶岩を挟む砂・泥質相(A-P)、上位に来る砂岩相(S-S)、これらを貫くアルカリ岩(50 M. Y. 前後)から構成されている。

トウボ川地区のメルシップ石灰岩部層は、模式地のメルシップから、ラヤ山地区を経て、南東に伸長した部分に相当する。トウボ川地区では大理石化しており、これに挟まる薄い砂・泥質相はホルンフェルス化を、凝灰質相は蛇紋石化・滑石化を受けている。しかし、多くの場合、原岩の構造・構成が保存されており、これにより、おおよその地質構造を窺い知る事が出来る。アルカリ岩質貫入岩類は地質構造に密接に支配されつつ貫入したことを窺わせる産状を示していて、規模の大小を問わず NE-SWに伸長する傾向が強い。多くの岩種から構成されているが、大きくは、深成相を示す多数の岩体の集合と見られるやや規模の大きい岩体-深成相-と、しばしば鉍化帯と共産し、かつ、スカルン化を受けていることが多い小規模な岩体-浅成相(火山岩相)-からなるものと見なすことが出来る。

鉍化作用は、小規模なアルカリ岩質貫入岩(浅成相)の上盤、下盤またはその両盤に形成されたスカルン型鉍床であって、鉍化帯は、スカルンを伴い、主として閃亜鉛鉍-方鉛鉍からなり、銀に富む。



第4図 トボ川地区地質図





FORMATION	FACIES	COLUMNAR SECTION	ROCK FACIES		
Alluvium Terrace deposits			clay, silt, sand, gravel		
S. Minak			loose consolidated crystal tuff. silicified wood, gravel		
S. Rawas	S - S		slate, sandstone (thermal metamorphosed)		
		L - T	P - 3		fine, impure mbl.
					mafic lava coarse, mss. pure mbl
			P - 1		fine, impure tuff mbl
				coarse mss. pure mbl cloudy pattern	
	P - 2			medium grain mbl.	
	P - 1			coarse mss. pure mbl.	
	A - P		tuffaceous ss	andesitic tuff	
			slate (tuffaceous)	andesite lava	
				micaceous phyllite	

第5図 トウボ川地区地質柱状図

## 第4章 調査結果の総合検討

### (1) 地質および地質構造

この2年間のボーリング調査によりカバーした範囲は、900m(NE-SW) × 500m(NW-SE)であるが、極端に少ない露出からおおざっぱに推定するしかなかった第1年次当時のトウボ川地区の地質に関する知見は、この2年間のボーリング調査による地質データの蓄積によって、ようやくまとまったものになって来た。

#### a. 地質

ボーリング調査を実施した範囲内は、南側にあつて NE-SWに伸びるアルカリ岩質貫入岩(深成相)以外は、ほぼマープルによって占められる。これは、メルシップ石灰岩部層相当の層準の変成産物と見られ、岩相的に、P-1、P-2、P-3の3相に分けることが出来る。

P-1：白色、淡灰色、明灰色等の色調を呈し、粗粒・塊状の事が多い。不純物に由来するとみられる縞や模様を欠くので、恐らく塊状高純度石灰岩に由来するマープルと考えられる。第2年次のPMBLに当たる。

P-2：次に述べる P-3と P-1との中間的な岩相。P-1に比較してやや暗色勝ちである。第2年次のMBLに当たる。

P-3：多くの場合暗灰色を呈する細粒の岩相。黒雲母ホルンフェルス化により赤色を呈するもの、蛇紋石化を伴って帯黄緑色を呈するものなどがある。本相にはラミナの発達著しい“Laminated marble”，塊状等粒質細粒で砂岩状を呈する“Sandy marble”あるいは極細粒で剥離性に富むことから“Shally marble”と仮称した岩相がある。第2年次のIMBLに当たる。

P-3では、スランプ構造や水逃げ構造と見なされる部分がしばしば出現し、堆積環境と堆積様式を暗示している。更に、トウボ川地区に見いだされているアルカリ岩質溶岩(Trachy andesite, Trachy basalt)および同質凝灰岩は、常に P-3中に挟まれて産する。

このマープルの原岩となった炭酸塩岩は、その構成から、火山体斜面の浅海底に堆積したことが考えられる。

上記マープルを貫き、しばしば鉍化帯を伴う一鉍化帯と共産する一浅成相(火山岩相)のアルカリ岩質貫入岩については第2年次に於いて記述したところと変わるところがない。

一方、マープル帯の南側に発達するアルカリ岩質貫入岩(深成相)については、この岩体が見掛けは一連ながら、多くの、岩質を異にする貫入岩の集合体から成ることが考えられるに至った。

#### b. 地質構造

第4図および第21図で明らかなように、トウボ川地区の地質構造上の際立った特徴は、

NE-SWに伸びる地層とこれにほぼ平行する貫入岩並びに鉍化帯、およびこれらを幾つかのブロックに分断し、NNW-SSE(以下単に N-S 系と呼ぶ)に走るほぼ平行な数条の断層の存在である。

#### b-1. 褶曲構造

地層は MJ1-1 の北東部では ENE-WSW に伸び、SW に沈む緩い向斜構造をなすもののように見える。MJ1-1 から MJ1-5 に至る間では、NW 傾斜の単斜構造のように見えるもの、MJ1-1 北東部の向斜構造の南東翼かもしれない。MJ1-5 から南西では MJ1-20 までの間に NE-SW に伸び NE に沈む背斜構造が考えられる。

#### b-2. 断層

第 1 年次の報告書には、トウボ川地区を含む精査地区を NE-SW 系および NW-SE 系ないし N-S 系の 2 系統の断層が発達する地域として述べてある。しかし、この 2 年間の調査の結果をまとめると、地質図に示すように N-S 系の断層のみが際立って発達しているかの様に表現される。この理由は、N-S 系の断層がトウボ川地区では最も若い地質構造要素であることに加え、古い構造方向とほぼ直交するという特性を持つことによるものである。これに対し、NE-SW 系の断層の方は、貫入岩形成の場を支配した、古い時期の形成にかかるものであるため、貫入岩の活動によりその存在が不明瞭になっていること、および地層や貫入岩の走向と一致しているためにその存在が分かりにくいことによるものである。

### (2). 鉍化作用および構成鉍物

第 18 図に示す通り、これまでにトウボ川地区でその存在が明らかになった鉍化帯は、9 帯である。これには MJ1-9 および MJ1-18 に於ける鉍化帯即ち、D<sub>5</sub> と D<sub>10</sub> をそれぞれ 1 として数えてある。

鉍化帯の鉍物組成は、スカルン型鉍化作用を示しているが、鉍化帯の形状は、一見したところ、平行する鉍脈鉍床か層状鉍床のように見える。

トウボ川地区の鉍化帯作用がスカルン型であることを支持するデータとしては、次の 2 点がある。その 1 は、第 2 年次に記載したグスタバイト (Gustavite, Ag<sub>2</sub>S-Bi<sub>2</sub>S<sub>3</sub>-PbS 系の銀鉍物) の産状がスカルン型鉍床としてよく知られている中竜鉍山の場合によく一致することであり、その第 2 点は、硫黄同位体データが示す方鉛鉍および閃亜鉛鉍生成にかかる温度条件が多くのスカルン型鉍床の場合に一致することである。鉍化帯を構成する鉍石・脈石鉍物のうちで、第 3 年次の調査により新たに追加されたものは無い。

### (3). 鉍化作用と地質構造および火成活動

地質図(第 4 図)で明らかなように、トウボ川地区の鉍化帯の形成には NE-SW 系の地質構造要素が強く影響している。恐らく、ラウス川層が褶曲運動にさらされた時期(多分白亜

紀末)の末期に生じた NE-SW 方向の断層(深部断裂)に沿って古第三紀の初期にアルカリ岩質貫入岩(深成相)を構成する岩体が相次いで貫入して来た。これらの岩体をもたらしたマグマおよび固結しつつあった貫入岩体から周囲に伝播した熱は、メルシップ石灰岩部層を次第にマープルへと変成して行ったのであろう。

鉍化帯と共産するアルカリ岩質貫入岩(浅成相)の活動もまた、深成相のそれと相前後して始まり、やはり NE-SW方向の強い構造規制を受け、NE-SW方向の平行岩脈を形成するに至った。

アルカリ岩質貫入岩の活動に引き続いて始まったと見られる鉍化作用は、それに拘わった鉍化流体の循環が、冷却・固結により生じた浅成相貫入岩体内の多数の割れ目およびこれらの岩体とマープルとの境界部を好適な場として起こったために、鉍化帯の構造もまた NE-SWを示すに至ったものと考えられる。即ち、トウボ川地区の鉍化帯の構造には、より広域的な地質構造を形作った造構運動が反映していると言える。

トウボ川地区は、ラヤ山地区とは火成活動も含め、地質的に同じ領域にあると考えられる。ラヤ山地区の花崗岩質岩石の年代値は、アルカリ岩質貫入岩(深成相)にほぼ同じかまたは5 M. Y. 程古い。これはトウボ川地区のアルカリ岩質貫入岩(深成相)がラヤ山地区からトウボ川地区にかけて起こった一連の深成火成活動の後期を代表する貫入岩体である可能性を示唆している。トウボ川地区の鉍化作用は、これらアルカリ岩質貫入岩(深成相)の活動後間もない時期に起こったと見るのが妥当であろう。

以上を時系列的に示せば次の通りである。

170-140 M. Y. :メルシップ石灰岩部層の堆積, 鉍化帯の金属ソースとなった微量元素とジュラ紀海水硫酸硫黄による硫化物の生成・沈澱

↓

70-60 M. Y(?) : 褶曲運動, NE-SW系の断層形成

↓

60-55 M. Y. : アルカリ岩質貫入岩(深成相および浅成相)の貫入, 石灰岩のマープル化の開始

↓

55-50 M. Y. : 晩期のアルカリ岩質貫入岩(深成相)の貫入, 早期貫入岩および石灰質岩への熱的影響, 不毛スカルン帯の形成

↓

50 M. Y. ≥ : スカルン型鉍化作用(メルシップ石灰岩部層中に形成されていた硫化物の移動・再編・固定)

## 第5章 結論および将来への提言

### 5-1. 結論

トウボ川地区の地質、火成活動、鉍化作用、鉍量ポテンシャル等に関する結論は次の通りである。

#### 〈A〉メルシップ石灰岩部層

- ① 原岩の石灰岩の組成をかなり良く反映し、P-1、P-2、P-3と仮称した3岩相のマーブルからなる。それぞれ、P-1は純度の高い石灰岩起源、P-3は不純石灰岩起源、P-2はその中間的組成と考えられる。
- ② P-3は多量の砂・泥質相および凝灰質相の薄層を挟在しており、これによって表現されるラミナやスランプ構造をしばしば伴い、また、水逃げ構造の見られることがある。凝灰質相はマフィック質で、蛇紋石化していることが多い。P-3にはマフィック質溶岩を挟み、サンゴらしい化石が認められている。これらの産状は、P-3がマフィック質火山体の浅海斜面に堆積し、海底地滑りにより、P-1堆積の場にしばしば流入・堆積したらしいことを暗示している。
- ③ マーブルを含め、トウボ川地区の堆積岩類は、NE-SWの走向を持ち、緩い向斜構造および背斜構造を形作っているが、この走向方向は、トウボ川地区とその近傍にのみ発達するらしく、ラウス川から北西域での、ラウス川層の一般走向のNW-SEとは際立った対照をなす。トウボ川地区で支配的なNE-SWの走向と同時造構性のNE-SW方向の断層、および若いN-S系の断層の発達が現在の分布・構造を形成している。
- ④ N-S系断層が存在する辺りでは表土層下での空洞の発達が著しい。

#### 〈B〉アルカリ岩質貫入岩

- ⑤ やや規模の大きい深成相と、規模が小さくしばしば鉍化帯と共産する浅成相(火山岩相)に分けられる。
- ⑥ 深成相はかなり早期(60 M. Y.)から晩期(≦50 M. Y.)に亘る活動によってもたらされた貫入岩体であり、アルカリ斑礫岩からトナル岩、石英閃緑岩、石英モンゾニ岩等にまたがる各種の岩体の集合体からなるものとみることができる。
- ⑦ 深成相の縁辺部に発達している不毛スカルン帯は、石灰岩と早い時期の貫入深成相との境界部に生じたもので、晩期貫入岩の混成作用を伴う変成・交代作用によって形成されたものと考えられ、粗粒のグロシュラー、ベスブ石、透輝石等を特徴的に産する。

#### 〈C〉鉍化帯

- ⑧ 9-鉍化帯からなり、概算埋蔵鉍量は約1,760,000 t、品位 Au 0.1 g/t, Ag 130 g/t, Cu 0.8%, Pb 1.5%, Zn 10% である。
- ⑨ この鉍量・品位は、経済的環境が整えば、開発の可能性を考えることができる程

度のものであり、また、今後の探査作業により、鉱量の増加も考えられる。更に、マープルをも開発対象として考えることもできる。

- ⑩ 鉱化帯の品位は深部に向かいかなり急激な低下傾向を示すが、スカルン帯を含めた鉱化帯の幅はそれほど劣化しない。
- ⑪ 鉱化作用に関係した火成岩や火成活動は高い確度をもってアルカリ岩類の活動に求める事が出来る。その時期は  $\leq 50$  M. Y. のころ、白亜紀末から古第三紀の前半である。
- ⑫ 鉱化帯の著しい NE-SW 方向の構造は、小規模なアルカリ岩質貫入岩体(浅成相)の構造を反映したものであり、それはまた同時造構性の断層(断裂)の反映でもある。
- ⑬ 鉱化帯を構成する硫化物中の硫黄は、ジュラ紀の海水硫酸に由来する Biogenic な硫黄であることが高い確度をもって言える。このことと、第 2 年次の Sr/Sr 比のデータとはトウボ川地区の鉱化作用が、スカルン型の鉱化作用の物理的条件下に於いて、ラワス川層中に存在していた既成硫化物の移動・固定・再編であったことを暗示している。その温度条件  $430^{\circ}\text{C}$  は、多くのスカルン型鉱床の値に一致するものである。
- ⑭ トウボ川地区鉱化帯の今後の探査余地としては、MJI-13 の南西部、MJI-18 周辺、D<sub>6</sub> の下盤域、MJI-9~MJI-2 の北西部、MJI-11~MJI-12 間等がある。

## 5-2. 将来への提言

今回の試算埋蔵鉱量 1,760,000 t、その経済価値 125,000,000 \$ は、探査の初期段階に於いて計上できた数値であり、探査余地も多いところから、今後の鉱量増が期待出来ることを意味するものといえる。一方、現段階では未だ精度が低いという問題がある。ついては、トウボ川地区の将来への提言としては次のことが挙げられる。

- 1) 現在までに把握した鉱量は将来の開発ターゲットの候補となり得るが、更に探査を進めて、鉱量の精度を上げると共に、鉱量の増をはかり、開発可否を判断できる段階までにする必要ある。
- 2) 比較的近傍に位置するクリン川、スパン川の両鉱化帯並びにニラオ川までを含む地域の調査を進め、トウボ川地区周辺の総合的なポテンシャルを明らかにする。

## 第 II 部 各 論





## 第Ⅱ部 各 論

### 第1章 トウボ川地区

#### 1-1. 調査方法

トウボ川地区における第3年次の調査は、ボーリング調査とこれに伴うコア一等の品位分析、X-線回折分析、岩石顕微鏡観察、鉱石顕微鏡観察、硫黄同位体分析、これらのデータ解析・評価等である。

#### 1-2. ボーリング調査

##### 1-2-1. 調査目的

第2年次のボーリング調査によって、その存在が明らかになったスカルン型鉱化帯の平面的広がり、わけても、南西方向への伸長状況を明らかにすること、およびこれら鉱化帯の傾斜方向への広がりや鉱化の程度を把握し、鉱量・品位の評価を行い、その将来における開発可能性に関する展望を得る。

##### 1-2-2. 工法、使用機材および工事实績

ボーリング調査にあたっては、垂直孔にはOE-8L型試錐機を、傾斜孔にはL-38型試錐機をそれぞれ用い、いずれもワイヤー・ライン工法を採用した。

ボーリング掘進作業は、既知の地質および鉱化状況並びに当該孔に先立って実施したボーリング孔の状況を踏まえ、垂直孔についてはMJI-16, MJI-15, MJI-17, MJI-19, MJI-18, MJI-20の順序で、傾斜孔についてはMJI-13, MJI-12, MJI-11, MJI-14, MJI-23, MJI-21, MJI-22の順序で、それぞれ実施した。

現地における調査作業日程は前出の通り第3図に、ビット・ケーシング・プログラムを第6図に、作業総括成績を第2表にそれぞれ掲げる。使用機材を第3表に、工事实績として作業総括表を第4表に示す。その他の諸成績表は、添付図表として巻末に掲げた。

使用機材の中では、スurlラングンの機材集積所とトウボ川地区との間の機材の搬入・搬出にヘリコプターを使用したこと、現場間移転にキャタピラー付きのクレーン・キャリアーを使用したことが、作業の迅速化と円滑化をもたらしたと考えられる。

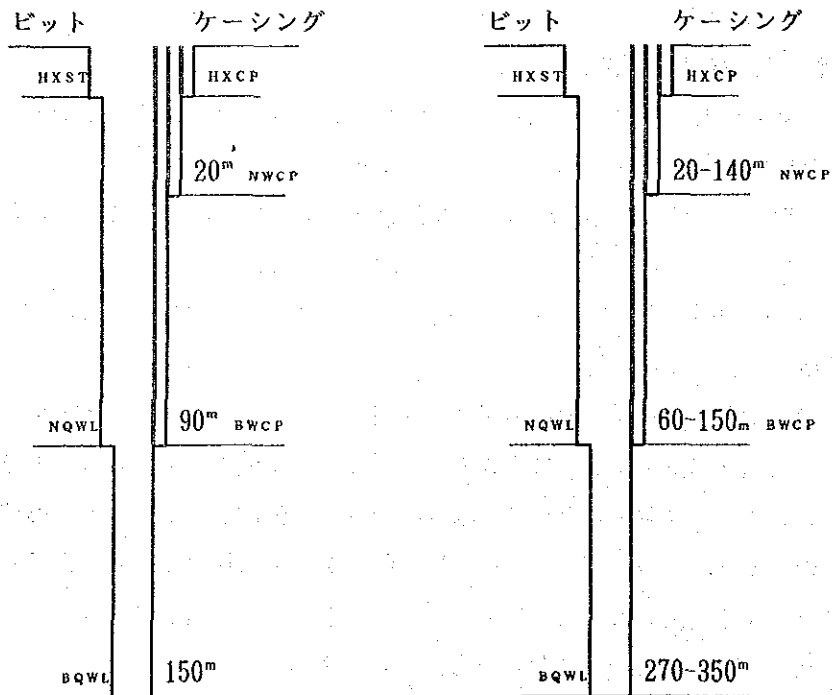
第 2 表 ボーリング調査作業総括成績表

孔数	13孔	総工数 (技師)	768 工
総延長	3,170.10m	(労務者)	2,833 工
コアー長	2,649.00m	作業時間 (掘進)	1,829°40'
コアー採取率	92.2%	(その他)	570°20'
ダイヤモンド・ビット		(回復作業)	24°00'
NQ 22 個 : 掘進長	711.10m	(小計)	2,424°00'
ライフ	32.3m/個	(現場間移動)	538°00'
BQ 43 個 : 掘進長	2,167.30m	(道路造成およびその他)	310°00'
ライフ	50.4m/個	(合計)	3,272°00'
総掘進方数	303方	総作業方数	409

第 6 図 ビット・ケーシング・プログラム

垂直孔 (150m)

傾斜孔 (270m-350m)



第3表 使用機材一覽表(3-1)

<u>Drilling machine, Model "L-38" 1-set</u>	
【Specification】	
Capacity	600m in BQWL
Dimensions L x W x H	2,150mm x 1,170mm x 1,450mm
Hoisting capacity	4,000kgs
Spindle speed	Forward 70(230), 144(490), 240(900)rpm
Engine, Model F3L912	52Hp/2,500 rpm
<u>Drilling pump, Model "NG-15h" 1-set</u>	
【Specification】	
Piston diameter	85mm
Stroke	100mm
Capacity	Discharge capacity 160 l/min Max. pressure 25 kg/cm <sup>2</sup>
Dimensions L x W x H	2,350mm x 720mm x 1,120mm
Engine, Model NS-130G	13Hp/2,200 rpm
<u>Water supply pump, Model "TA-800" 1-set</u>	
【Specification】	
Capacity	Discharge capacity 80 l/min Max. pressure 40 kg/cm <sup>2</sup>
Engine, Model NF-90K	9Hp/2,200 rpm
<u>Mud mixer, Model "MCE-250" 1-set</u>	
【Specification】	
Capacity	200 l/1,000 rpm
Engine, Model NS-50C	5.5Hp/2,400 rpm
<u>Drilling tools</u>	
Drilling rod	NQWL:3m x 80pcs, BQWL:3m x 125pcs
Casing pipe	HW:1m x 5pcs, NW:1m x 5pcs NW:3m x 20pcs, BW:1m x 3pcs, BW:3m x 80pcs
Drilling mast	1-set Height:9.5m, Max. load capacity:6,000kgs
<u>Helicopter, Model "Bell 212B" 1-craft</u>	
	Max. sling load : 4,500 lbs

第3表 使用機材一覽表(3-2)

Drilling machine, Model "OE-8BL" 1-set

**【Specification】**

Capacity 300m in BQWL  
 Dimensions L x W x H 1,550mm x 700mm x 1,260mm  
 Hoisting capacity 2,000kgs  
 Spindle speed Forward 100, 190, 320, 530 rpm  
 Engine, Model NS-130CG 13Hp/2,200 rpm

Drilling pump, Model "MG-10" 1-set

**【Specification】**

Piston diameter 68mm  
 Stroke 100mm  
 Capacity Discharge capacity 120 l/min  
 Max. pressure 70 kg/cm<sup>2</sup>  
 Dimensions L x W x H 1,690mm x 580mm x 980mm  
 Engine, Model NS-110C 11Hp/2,200 rpm

Mud mixer, Model "NCE-250" 1-set

**【Specification】**

Capacity 200 l/1,000 rpm  
 Engine, Model NS-50C 5.5Hp/2,400 rpm

Wire-line hoist, Model "WLH-4" 1-set

**【Specification】**

Rope capacity 500m(Hoistin speed : 8 ~ 105m/min)  
 Engine, Model NS-40C 5Hp/2,400 rpm

Drilling tools

Drilling rod NQWL:3m x 60pcs, BQWL:3m x 60pcs  
 Casing pipe HX:1m x 3pcs, NW:3m x 10pcs  
 NW:1m x 3pcs, BW:3m x 40pcs  
 BW:1m x 3pcs

Crane carrier, Model "YFC-2" 1-set Max. sling load : 960 kg

Hole No.	Terms of Drilling	Drilling				Shift		Man Power		Working Time				Total Hour		
		Bit Size	Drilled Length	Core Length	Core Rcv.	Drl.	Ttl.	Eng.	Wkr.	Drilling	Other Works	Rev. Works	Total		Rmv.	Road/ Others
MJI-11	04.09.87	HX	10.10	0.00	0.0	1										
		NQ	50.90	28.30	55.6	5										
	21.09.87	BQ	290.00	274.85	94.8	27										
	Total		351.00	303.15	89.8	33	42	90	217	185.0	79.0	-	264.0	64.0	8.0	336.0
MJI-12	13.08.87	HX	16.30	0.40	2.5	1										
		NQ	136.80	134.85	98.6	15										
	03.09.87	BQ	197.90	197.90	100.0	21										
	Total		351.00	333.15	99.1	37	48	132	279	210.8	85.2	-	296.0	44.0	44.0	384.0
MJI-13	19.07.87	HX	24.00	0.00	0.0	1										
		NQ	126.10	112.70	89.4	14										
	12.08.87	BQ	200.90	200.90	100.0	22										
	Total		351.00	313.60	97.5	37	49	146	292	234.0	62.0	-	296.0	80.0	16.0	392.0
MJI-14	22.09.87	HX	17.30	0.00	0.0	1										
		NQ	95.90	51.20	53.4	11										
	08.10.87	BQ	237.80	235.60	99.1	27										
	Total		351.00	286.80	85.9	39	47	68	400	232.0	80.0	-	312.0	36.0	28.0	376.0
MJI-15	27.07.87	HX	30.00	0.00	0.0	1										
		NQ	17.80	1.20	6.7	5										
	05.08.87	BQ	103.30	103.30	100.0	9										
	Total		151.10	104.50	87.7	15	20	30	138	88.0	8.0	24.0	120.0	30.0	10.0	160.0
MJI-16	12.07.87	HX	16.40	0.60	3.6	1										
		NQ	10.60	9.20	86.7	1										
	26.07.87	BQ	124.00	123.80	99.8	10										
	Total		151.00	133.60	99.3	12	23	45	167	77.7	18.3	-	96.0	32.0	56.0	184.0

第4表 作業総括表(1)

Hole No.	Terms of Drilling	Drilling				Shift		Man Power			Working Time							
		Bit Drilled Length	Core Length	Core Rev.	Drl. Ttl.	Eng.	Wkr.	Drilling	Other Works	Rcv. Works	Total	Rmv.	Road/ Others	Total Hour				
MJI-17	06.08.87	HX	10.00	0.00	0.0	1												
		NQ	29.00	29.00	100.0	2												
		BQ	112.00	112.00	100.0	10												
	Total		151.00	141.00	100.0	13	20	36	186			93.0	11.0	-	104.0	32.0	24.0	160.0
MJI-18	29.08.87	HX	22.60	0.20	0.9	1												
		NQ	30.20	9.70	32.1	2												
		BQ	100.90	65.90	65.3	7												
	Total		153.70	75.80	57.8	10	17	23	123			63.0	17.0	-	80.0	48.0	8.0	136.0
MJI-19	18.08.87	HX	25.10	0.00	0.0	1												
		NQ	14.80	7.20	40.4	3												
		BQ	111.10	111.10	100.0	9												
	Total		151.00	118.30	94.0	13	19	33	145			84.0	20.0	-	104.0	40.0	8.0	152.0
MJI-20	05.09.87	HX	25.40	1.20	4.7	1												
		NQ	16.50	13.70	83.0	2												
		BQ	109.10	109.10	100.0	9												
	Total		151.00	124.00	95.0	12	21	36	162			73.0	23.0	-	96.0	48.0	24.0	168.0
MJI-21	27.10.87	HX	36.10	0.00	0.0	2												
		NQ	84.00	76.45	91.0	7												
		BQ	160.90	160.90	100.0	15												
	Total		281.00	237.35	96.9	24	30	36	268			148.8	43.2	-	192.0	24.0	24.0	240.0
MJI-22	09.11.87	HX	43.00	0.00	0.0	2												
		NQ	38.00	23.55	62.0	4												
		BQ	219.00	219.00	100.0	22												
	Total		300.00	242.55	94.4	28	36	45	208			159.0	65.0	-	224.0	24.0	40.0	288.0

第4表 作業総括表(2)

Hole No.	Terms of Drilling	Drilling			Shift		Man Power		Working Time							
		Bit Drilled Length	Core Length	Core Rcv.	Drl.	Ttl.	Eng.	Wkr.	Drilling	Other Works	Rcv. Works	Total	Rmv.	Road/ Others	Total Hour	
MJ1-23	11.10.87	HX	15.40	0.00	0.0	1										
	21.10.87	NQ	60.50	38.55	63.7	6										
	Total	BQ	200.40	196.65	98.1	23										
			276.30	235.20	90.1	30	37	48	251	181.5	58.5	-	240.0	36.0	20.0	296.0
		HX	291.70	2.40	0.8	15										
		NQ	711.10	535.60	75.3	77										
		BQ	2,167.30	2,111.00	97.4	211										
Sum Total			3,170.10	2,649.00	92.2	303	409	768	2,833	1,829.8	570.2	24.0	2,424.0	538.0	310.0	3,272.0

◆ Core recovery = Core length ÷ (Drilled length - Surface soil part) × 100(%)

【Abbreviations】

- Core Rcv. : Core recovery(%)  
 Drl. : Drilling(actual shift for drilling)  
 Ttl. : Total(total shift for drilling)  
 Eng. : Number of engineers(man/day)  
 Wkr. : Number of workers(man/day)  
 Rcv. Work : Recovering work(hour)  
 Rmv. : Removing hole to hole(hour)

第4表 作業総括表(3)



### 1-2-3 掘進状況

掘進作業自体は、MJI-15においてセメンテーションを行ったことを除けば、前年の経験を踏まえ、柔軟なビット・ケーシング・プログラムの採用、事前の十分な泥水管理と逸水防止策により、孔内事故を回避し、ほぼ順調な掘進状況を確認出来た。特に、傾斜孔の場合では、かなりの長さに亘って風化帯、空洞、割れ目の発達した火成岩中を掘進したが、上のような事前準備と迅速な対応によって孔内事故を防止出来た。作業が順調、かつ、リズムカルに進展した背景には、試錐機材の搬入・搬出および現場間移転に機動力を投入したことが大きい要素である。

### 1-2-4 孔別地質および鉱化・変質作用説明

#### (1). MJI-11

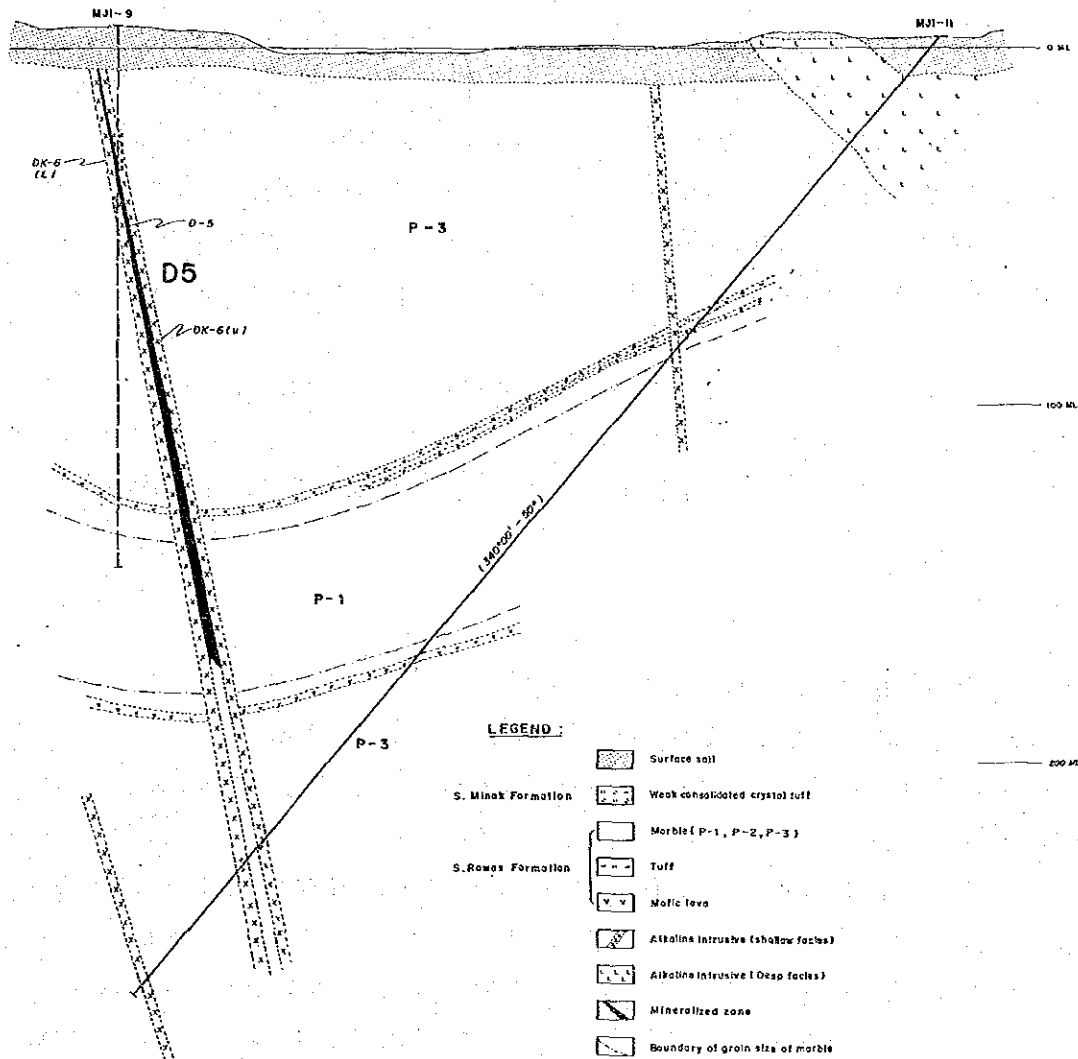
[延長, 方位, 傾斜] 351.00m, 340° 00', -50°

[目的] 第2年次の MJI-9 により把握した鉱化帯の下部延長の把握。

[結果] 表土下 13.50m-39.80m間は、熱変成作用を受け、一部はスカルン化していると思われるアルカリ岩質貫入岩(深成相)で、部分的に風化が著しく進んで、土状化した部分も認められる。ざくろ石、透輝石、石英、蛇紋石、白雲母等が肉眼で識別できる。この部分には少量の磁硫鉄鉱鉱染がある。この下部 88.90mまでのマーブルには空洞が発達する。小規模貫入岩(浅成相)は 113.20m-115.00m, 293.20m-297.20m, 301.70m-305.15m, 345.90m-347.25mの各所に出現するが、アンドラダイト・蛇紋石、アンドラダイト・石英・白雲母・蛇紋石等からなるフィルム状の細脈がマーブルとの境界部に認められるのみで注目すべき鉱化帯を伴わない。

本孔のマーブルは、全般に極めて粗粒で部分的には結晶の一辺長が6cmに及ぶ方解石の集合として産し、4cm程度の結晶は普通に認められる。これらのマーブルには、他孔にしばしば見られるようなスランプ構造や砂・泥質相あるいは凝灰質相の発達は余り優勢ではないが 100.70m-102.75mにはスレートと凝灰質岩の互層部、107.50m-107.90mにはラミナをもつ蛇紋石化した凝灰質部が認められる。227.80m-229.65mは赤鉄鉱・蛇紋石・緑泥石・磁硫鉄鉱を含むマフィック質溶岩と見られる部分である。281.00m-287.40mは粗粒化しているが、本来は砂・泥質相と凝灰質相に富む部分であつたらしい。粗粒化のため、砂・泥質薄層であったと見られる部分は胡麻粒状の黒色粒子となっており、凝灰質相であつたらしい部分はタルク状を呈する。320.20m-345.90mには粗粒マーブル中にスランプ構造と見られる部分や網目状に連なる黒色胡麻状部および蛇紋石化部分が認められる。

[検討] 293.20m-297.20mおよび 301.70m-305.15mの二つの貫入岩体は、岩質的に明らかに MJI-9 の 29.35m-40.35mおよび 46.80m-52.90mに連続するものと見なすことができる。従って本孔は D<sub>5</sub>のゾーンは捕捉したものの、注目すべき鉱化を伴っていないということ



第7図 ボーリング断面図(MJI-11)

ができる。マールが全般に極めて粗粒である理由は、本孔の北西および南東に規模の大きなアルカリ岩質貫入岩(深成相)が発達していることと関連しているであろう。石灰質物質の粗粒化に伴い、その中に挟在していた砂・泥質相および凝灰質相もまた再結晶化し本来の組織を失うに至ったものと考えられる。

本孔の 33.00m 部分の岩石薄片による観察結果では、アルカリ斑れい岩またはモンゾニ岩と言える岩石で、アルカリ長石に富み、エジリン輝石を伴う。338.50m 部分の岩石薄片および X-線分析の結果は、オリビン・方解石(薄片)および方解石・蛇紋石・クロマイト・オリビン(X-線)の鉱物組み合わせが得られている。恐らく原岩の石灰岩に含まれていたマフィック質な火山噴出物に由来するものと考えられるが、227.80m-229.50m のマフィック質溶岩をもたらした火山活動に関連しているであろう。同じような見掛けをもつ部分は、

285.60m-287.00m にも認められている。いずれも石灰岩の大理石化に伴い、不純含有物が再結晶化および(或は)凝集したかのように見える。

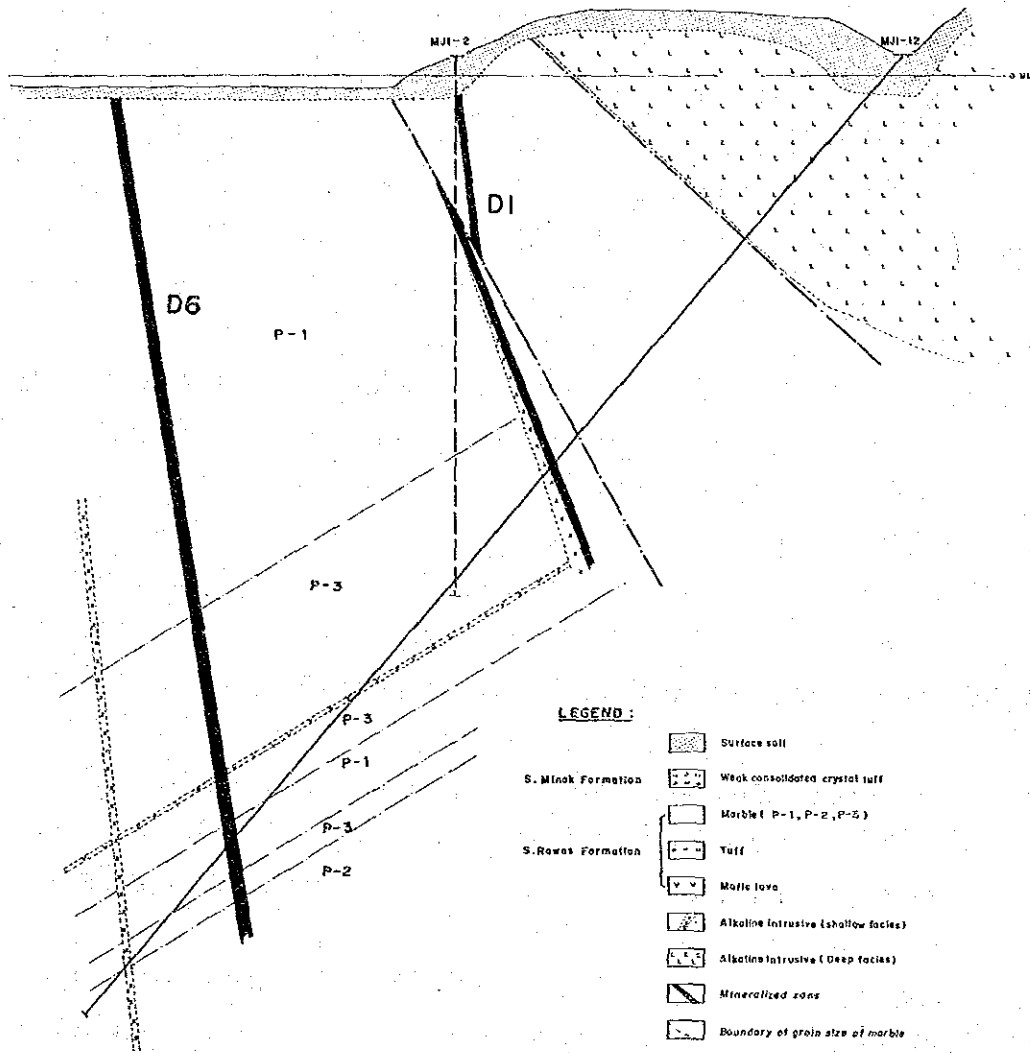
本孔と MJ1-9 を結ぶ方向の断面は、両者の間に NNE-SSW に伸びる緩い向斜構造が存在することを窺わせる。

## (2). MJ1-12

[延長, 方位, 傾斜] 350.00m, 340°00', -50°

[目的] 第2年次の MJ1-2 により把握した鉱化帯の下部延長の把握。

[結果] 表土下 14.70m-33.90m の間はアルカリ岩質貫入岩(深成相)、この下部 68.79m までの間は延長 34.80m に及ぶスカルン化帯である。石英、グロシュラー、ベスプ石、エジリン輝石、透輝石、緑れん石、方解石、カリ長石、緑泥石等で構成されており、部分的に蛇紋石も認められる。グロシュラー・方解石部が優勢であるがベスプ石・方解石からなる部分もかなりの発達を示す。また、明らかにアルカリ岩質貫入岩(深成相)自体と見られる部分も存在する。これら相互の間は常に漸移的で明瞭な境界を示さない。全体に少量の磁硫鉄鉱を鉱染状に含む。小規模貫入岩は 150.50m-152.50m, 153.50m-155.00m, 283.45m-283.55m, 283.85m-287.15m, 289.95m-289.40m, 331.30m-333.35m に出現し、これらのうち 150.50m-152.50m の上部 149.52m-150.50m および 287.95m-289.40m のそれぞれ、上・中・下部の 285.15m-285.30m, 286.00m-287.10m, 288.00m-289.35m, 289.90m-290.15m に鉱化帯を捕捉した。前者は、閃亜鉛鉱・方鉛鉱・磁硫鉄鉱・黄銅鉱からなる塊状鉱でスカルン鉱物としてヘデンベルグ輝石を僅かに伴う。後者は、ヘデンベルグ輝石主体のスカルン帯に閃亜鉛鉱(赤色)が鉱染状をなす。平均品位を次に示す。



第8図 ボーリング断面図(MJI-12)

深 度	コア一長	Au(g/t)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)
149.52-150.50	0.98m	0.14	350	3.78	6.38	25.0
285.15-287.10	1.95	0.17	34.8	0.12	0.10	4.13
285.15-290.15	5.00	< 0.07	14.0	0.02	0.04	1.69

本孔の 174.30m-179.10m, 201.10m-206.95m, 238.10m-241.00m, 257.00m-259.10mではスランプ構造が明瞭で、これらの部分を含む 155.00m-271.80m間では泥質相および凝灰質相の薄層が著しく発達する。凝灰質相は部分的に蛇紋石質となっており、泥質相の多くはホルンフェルス化している。106.80m-108.45m は、熱的影響を受けた溶岩と見られ、上・下に厚さ15cmの凝灰質相を伴う。

〔検討〕 位置的に見て、本孔の150m付近の鉍化帯(D<sub>1</sub>)は、従来のD-4に、286m付近のそれ(D<sub>6</sub>)は同じく D-6にそれぞれ対比できるものと考えられる。D-4は MJI-2 によって捕捉した閃亜鉛鉍・石英からなる2カ所の鉍石部分であるが、上・下に空洞を伴うために浅部では産状の明らかでない鉍化帯であった。その原因は MJI-2 を NNW-SSEに通る断層によるらしいことが考えられるに至った。即ち、MJI-2 の 12.90m-13.30mの鉍化帯は断層帯に取り込まれた部分と考えられ、39.17m-39.50mの鉍化帯が MJI-12の 150m付近につながる事が考えられる。空洞は恐らく断層に沿って浸透した地下水の溶蝕作用により形成されたものであろう。

D-6もまた D-4と同様、産状が殆ど不明な鉍化帯で、僅かに旧立坑 SH-2 付近の捨て石からその存在を推定していたに過ぎない鉍化帯であった。しかし、本孔で捕捉したことによって、独立した一つの鉍化帯をなすことが明らかになった。ただし、鉍染状鉍であるだけに品位は低い。

鉍石鉍物の産状の特徴は、従来知見(MJI-2)と同様であるが、本孔の150m付近の鉍石に初めて肉眼的に明瞭な磁硫鉄鉍の存在が認められた。この部分では黄銅鉍が磁硫鉄鉍の中で葉片状をなし、その外側では磁硫鉄鉍を縁取るように産する状況が観察出来る。

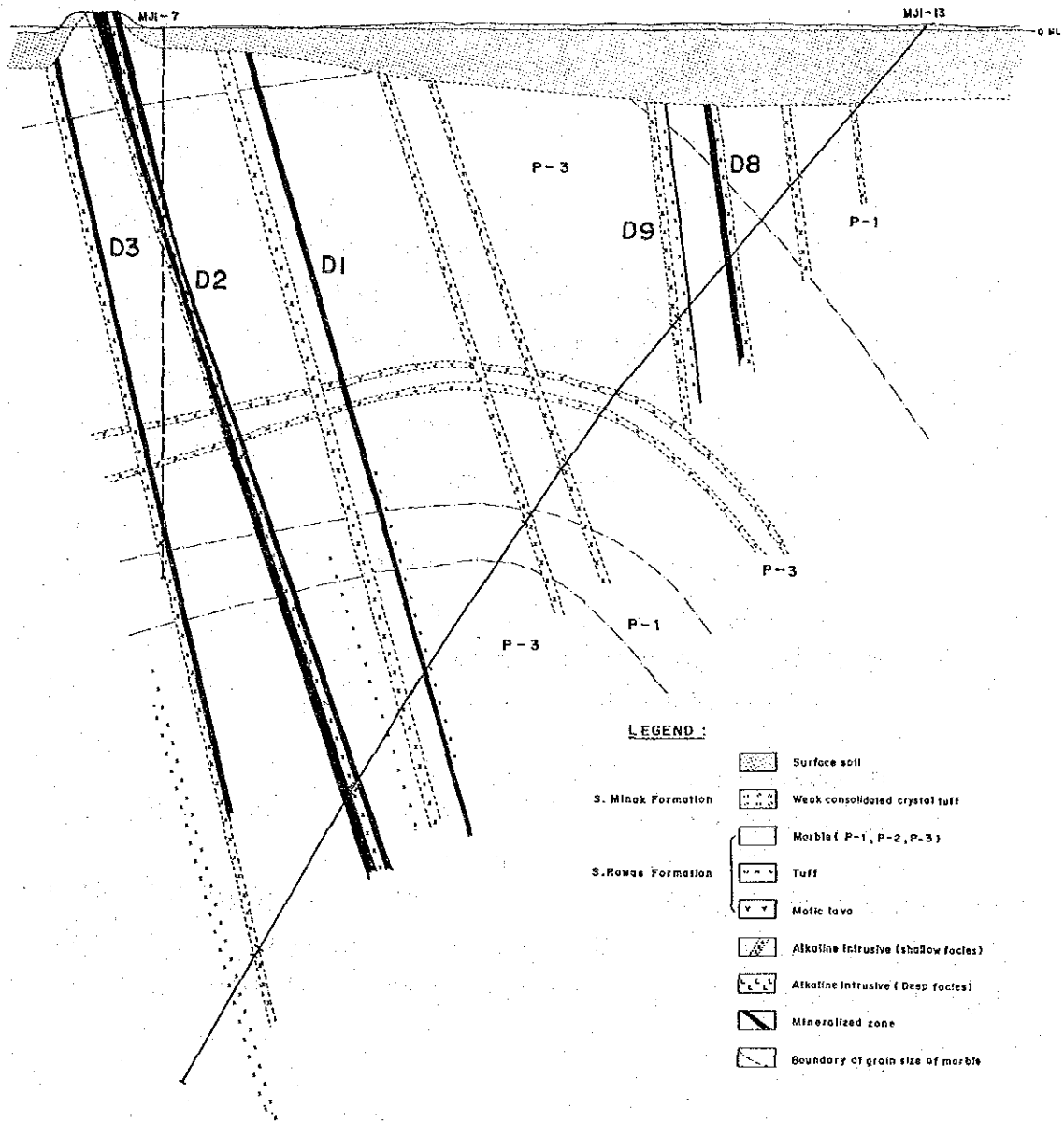
### (3). MJI-13

〔延長, 方位, 傾斜〕 351.00m, 340°00', -50°

〔目的〕 第2年次の MJI-6, MJI-7, MJI-8 により把握した鉍化帯の下部延長を把握すること。

〔結果〕 4箇所の鉍化部と、13箇所の貫入岩および15箇所のスカルン部分を捕捉した。鉍化部の状況は次のとおりである。これらのほかに、309.00m-311.30mにスカルンを伴う貫入岩が認められる。

85.35m-85.85m(wd 0.5m): ヘデンヘルグ輝石・閃亜鉛鉍・方鉛鉍・赤鉄鉍からなる縞状鉍。ただし、この部分には磁性があるものの磁硫鉄鉍が認めら



第9図 ボーリング断面図(NJI-13)

れないので磁鉄鉱によるものらしい。この上部 84.58m-85.35m は緑れん石に富み少量の赤鉄鉱を伴うスカルン帯、この更に上部 80.80m-84.58m 間は灰緑色(スカルン化部)から灰色(脱色部)を示す貫入岩で上部は粘土化している。

101.13m-101.53m(wd 0.4m): マーブル中に産する高品位塊状鉱。モザイク状の閃亜鉛鉱・方鉛鉱の塊状鉱に少量の黄銅鉱およびざくろ石(アンドラダイト)が斑状に散在する。

222.75m-223.10m(wd 0.35m): このうち 222.80m-223.00m 間は貫入岩であつて上部 222.75m-222.80m および 223.00m-223.10m 間が鉱石部分である。上部の部分はヘデンベルグ輝石・方解石に赤色閃亜鉛鉱が鉱染し、最上部(鉱化部の緑)は赤色閃亜鉛鉱から成る鎖状のバンドによって縁取りされている最上部と、その下のアンドラダイト・方解石部に斑状をなして散在する黒色閃亜鉛鉱からなる。下部の鉱化部はヘデンベルグ輝石・方解石・赤色閃亜鉛鉱から成り上部と同じように赤色閃亜鉛鉱の縁取りが認められる。

255.60m-264.43(wd 8.83m): このゾーンは次の5部分からなっている。

- ① 255.60m-257.15m(wd 1.55m): 緑色スカルン・閃亜鉛鉱
- ② 257.15m-259.50m(wd 2.35m): 緑れん石に富む貫入岩
- ③ 259.50m-260.80m(wd 1.30m): アンドラダイト・ヘデンベルグ輝石・閃亜鉛鉱
- ④ 260.80m-261.50m(wd 0.70m): マーブル
- ⑤ 261.50m-264.43m(wd 2.93m): アンドラダイト・ヘデンベルグ輝石・閃亜鉛鉱

鉱化帯の中でのこれら相互の境界は、マーブルとの場合を除けば漸移的である。鉱化帯の最上部と最下部には赤色閃亜鉛鉱の縁取りが認められる。貫入岩はほぼ完全にスカルン化しており、この状況は NJI-7 の 56.20m-56.98m に類似する。上に述べた鉱化部分の分析品位を次に示す。

深 度 m	コア長	Au(g/t)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)
85.35-85.85	0.50m	0.14	378	3.20	4.20	14.50
101.13-101.53	0.40	0.21	1,220	0.79	5.42	36.40
222.75-223.10	0.35	< 0.07	62.0	1.42	0.15	5.22
255.60-257.15	1.55	< 0.07	15.6	0.34	0.08	3.81
259.50-260.80	1.30	< 0.07	6.8	0.26	0.04	1.89
261.50-264.43	2.93	< 0.07	16.0	0.17	0.06	9.49
255.60-264.43	8.83	< 0.07	7.7	0.16	0.05	4.94

地質状況は、これまでの各孔の場合と変わらない。なお、138.80mおよび143.40mに水逃げ構造、129.75m-139.80mにスランプ構造が認められる。

〔検討〕産状から見て255.60m-264.43mの鉍化帯は、D<sub>2</sub> (旧D-2) 相当の鉍化帯と見なすことが出来る。こうすると222.75m-223.10mはD<sub>1</sub> (旧D-1) に、309.00m-311.30mはD<sub>3</sub> (旧D-3)に(但し、スカルンを僅かに伴うのみ)、それぞれ相当する可能性がある。これに対し、上部の85.35m-85.85m、101.13m-101.53mの鉍化帯、134.40m、144.45m付近のスカルン化部や153.73m-155.95m、170.95m-172.70mのスカルンを伴う貫入岩等は、これまでには知られていない鉍化・スカルン帯ある。D<sub>1</sub>、D<sub>2</sub>の更に南東にも鉍化帯が分布・発達している可能性を示唆するものと言える。

鉍化部の分析結果を見ると、小規模な浅部の2カ所の鉍化帯は極めて高品位を示すものの、D<sub>2</sub>に相当すると見られる255.60m以深の鉍化帯ではMJ-8に於ける場合よりもかなり低い品位を示していて、深部での品位低下の傾向が著しい。なお、本孔は、断面図に示したように、150m付近から数度程度下向きに孔曲がりしたらしい。

#### (4). MJ-14

〔延長、方位、傾斜〕351.00m、340°00′、-50°

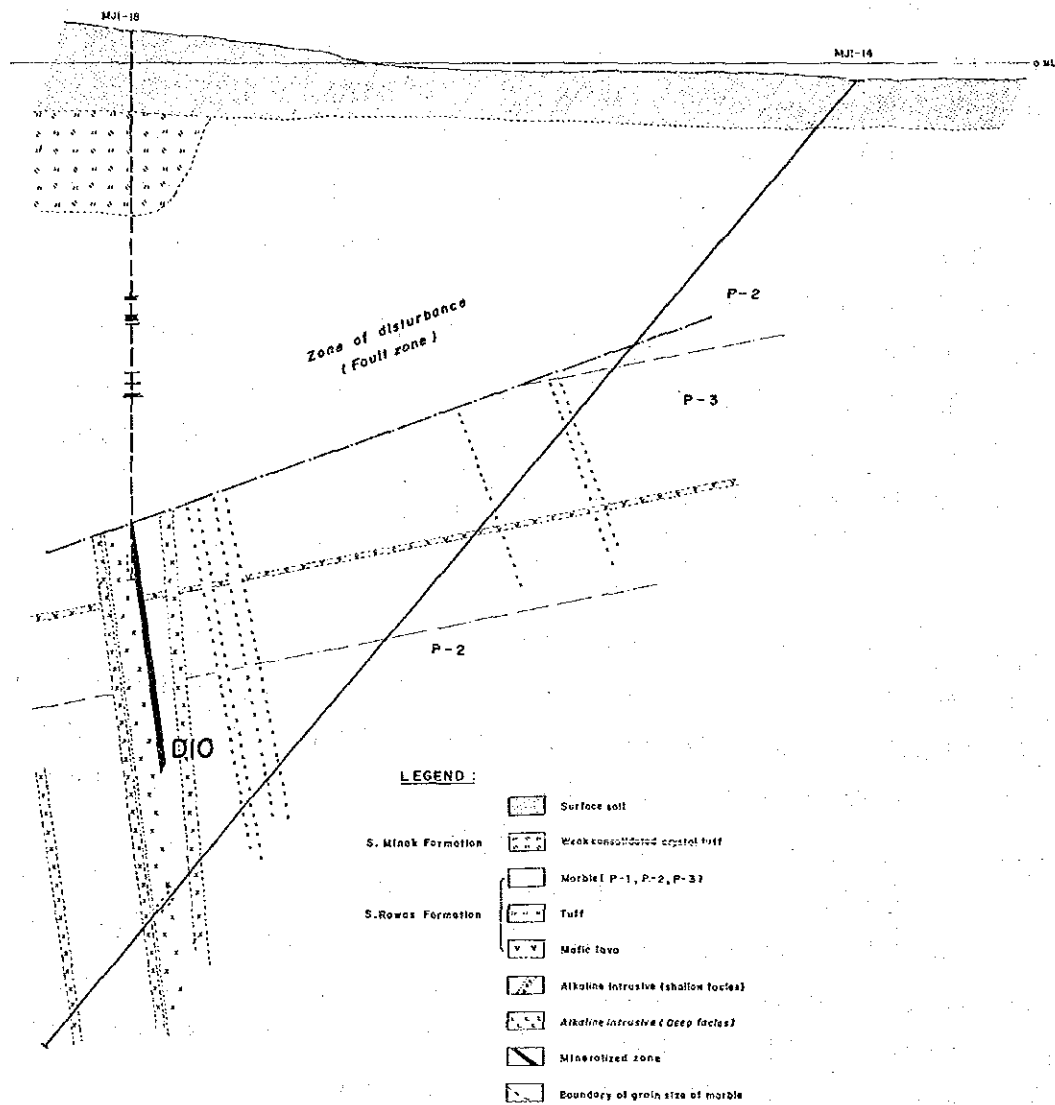
〔目的〕MJ-13、MJ-18、により把握した鉍化帯の下部(MJ-18)およびSW延長部(MJ-13)の把握。本孔は、MJ-15～MJ-20各孔の結果を勘案してその位置を設定するとしていたものであるが、MJ-18が鉍化帯を捕捉したため、その下部ややMJ-20寄りに向けて設定した。

〔結果〕MJ-18で把握した鉍化帯の出現を期待したが捕捉出来なかった。貫入岩は72.10m以深14カ所に出現し、この中には、縁辺部にざくろ石を伴う岩体も認められたが鉍化帯を伴っていない。貫入岩は、他孔の場合と同じく無斑晶質、堅硬であるが、295.70m-304.95m間の貫入岩だけは、変質が著しい為断定は出来ないものやや岩質を異にし、かなり斑晶に富んだ岩石であったらしい。この貫入岩はMJ-18にも出現する。

表土下17.30m以深314.63mに至る間には多くの空洞が出現し、わけても17.30m-113.20m間には31カ所あり、その最大のもは6.95mに達する。空洞の上・下に接するマーブルには明らかに溶蝕の痕跡が保存されている。また、褐鉄鉍に汚染された割れ目は341.10m(地表下約260m)でも認めることが出来る。マーブルは殆どが細粒相(P-3)からなり、暗色を呈する。

〔検討〕本孔およびMJ-15、MJ-16、MJ-17、MJ-19各孔の結果からみると、MJ-18の鉍化帯は、同孔を中心とする辺りに突発的に発達しているかの様に見える。本孔に空洞の発達が著しいこと、褐鉄鉍の汚染が深部にまで及んでいること、一方、MJ-18にも空洞が多く、母岩のマーブルにめり込んだような産状を示す破片状鉍が認められること、変質鉍物にカオリンが出現すること、などからMJ-18とMJ-14は、ある共通の領域、即ち、同じ





第10図 ボーリング断面図(MJI-14, 18)

変動・圧砕の場におかれていると考えられる。よって、両者を結ぶ方向に断層帯が伸びており、MJI-18の上部の鉍化帯はこの断層帯に採み込まれ、破壊された鉍化帯の一部であり、MJI-14およびMJI-18の多くの空洞は断層帯に沿って深部まで到達し易くなった地下浸透水による風化および石灰質岩や鉍化部(MJI-18)の溶蝕を意味していると考えられる。

なお、295.70m-304.95mの貫入岩は、岩質や変質状況から見て MJI-18の 145.20m-孔底の貫入岩に連続するものと見なされる(ただし、鉍化帯を伴わない)。従って、変位・圧砕を受けてはいるが MJI-18の 140.60m以深の鉍化帯はいわゆる in situ であると見なすことが出来る。このことについては MJI-18で再びふれる。

#### (5). MJI-15

〔延長, 方位, 傾斜〕 151.10m, -90°

〔目的〕 第2年次の MJI-8 が把握した鉍化帯の SW延長部の捕捉, 並びに旧立坑 SH-2 から SWに伸びると推定されるD-6鉍化帯の把握。

〔結果〕 100.20m から 108.75m にかけてその上縁および下縁をざくろ石・緑れん石からなり赤鉄鉍, 緑泥石および(または)ヘデンヘルグ輝石を伴うスカルン帯によって縁どられた貫入岩を捕捉したが、鉍化帯を伴わない。

本孔では、表土下 32.00m-33.20m 間に珪化・脱色した火成岩とみられる部分があるがこの下 47.80m までは主状に風化・分解した岩石のように見える。この部分が何かは本孔では確認出来なかった(その後 MJI-18の実施により、この部分が固結度の低い凝灰質相であって従来クリスタル・タフと呼んできた、ミナク川層 — S. Minak Form. — に対比すべき地層であることが判明した)。

47.80m 以深のマーブルは、暗灰色から灰色を呈する細粒相を主とする。

〔検討〕 本孔は、MJI-7 と MJI-8 を結ぶ線、即ち、ほぼ D-2 鉍化帯の伸長方向と推定した線の北西に位置していて、D-2(およびD-3)鉍化帯が北西に方向を変えた場合でもこれを捕捉出来る筈であり、また、鉍化帯の方向が変わらなければD-6の延長部をも捕捉出来るように位置を設定したものである。結果的には、いかなる鉍化帯をも捕捉出来ないまま終了した。その理由は、本孔と鉍化帯との位置関係によるものでなく、単にこの辺りには鉍化帯が発達していないことによるものであろう。

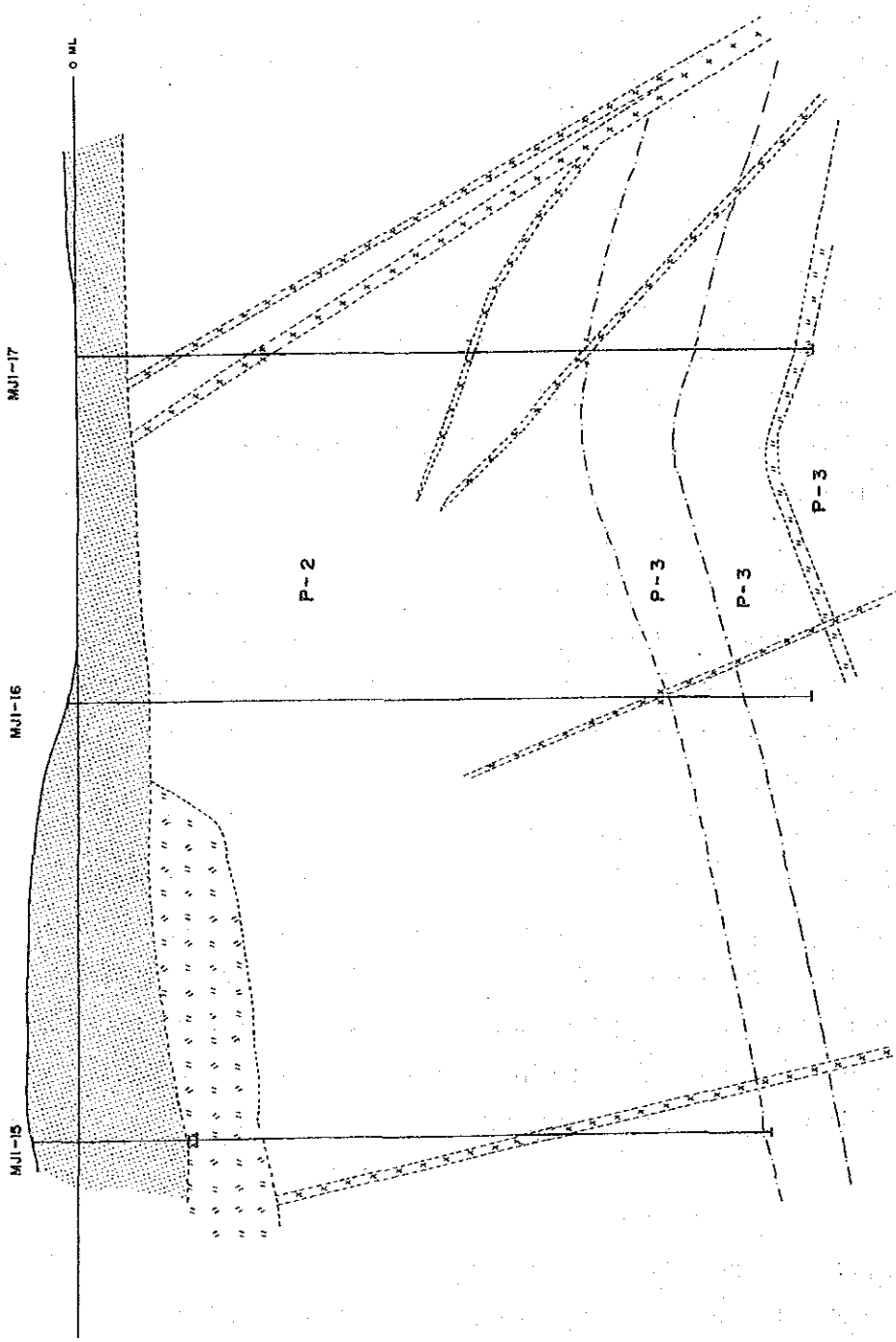
#### (6). MJI-16

〔延長, 方位, 傾斜〕 150.00m, -90°

〔目的〕 第2年次の MJI-8 が把握した鉍化帯(D-2, D-3)の SW延長部の捕捉。

〔結果〕 120.39m-120.69m 間に暗灰色ないし黒色の貫入岩を確認した。上・下の境界部には緑れん石を主とする緑色スカルンがそれぞれ 10cm に互って認められる。

マーブルの岩相は、MJI-15 の場合と変わらない。



第11図 ボーリング断面図(MJ1-15, 16, 17)

〔検討〕 D-2 鈳化帯のSW延長部を捕捉するには、最も好適なボーリング位置と思われたが、上のような結果に終わっていることから、この部分にD-2 鈳化帯は発達していないと考えざるを得ない。これはD-2鈳化帯が MJI-8 ~ MJI-16の 40m余りの間で急激に衰微することを示している。

#### (7). MJI-17

〔延長, 方位, 傾斜〕 151.00m, -90°

〔目的〕 第2年次の MJI-5 と MJI-6 間には、第2年次にD-1と呼んだ鈳化帯が小規模な露頭をなしている。このD-1および未知の鈳化帯の存在有無を究明する。

〔結果〕 18.40m-18.60m, 19.35m-19.70m, 20.80m-21.80m, 36.95m-40.60m, 80.70m-81.35m, 104.14m-104.90m の各所に変質・脱色した貫入岩を認めた。80.70m-81.35m の貫入岩では上・下にそれぞれ幅 2 cm および 1-4 cm のアンドラダイト・黄鉄鈳の縁取りが認められ、また、104.15m-104.90m では上端部に 1 cm のアンドラダイトのバンドを伴う。しかしながら、鈳化作用を窺わせるものはこの程度にとどまり、鈳石鈳物を伴う部分は見いだされなかった。

本孔では、107.35m-128.80m 間の暗灰色細粒で細かなラミナを伴うマーブルに、しばしばスランプ構造と見られる変形したラミナが認められる。148.10m-孔底間はアルカリ岩質火山礫凝灰岩または同質凝灰角礫岩ないしは水冷自破碎熔岩であり(変成のためははっきりしない)、マーブル化した石灰岩のブロックを含む。

〔検討〕 本孔にさきがけて実施した MJI-13により明らかになった 54.20m以深 108.35mまでの貫入岩・スカルン帯または 172.70m までの同様な組み合わせを、部分的にでも捕捉することを期待したが実現しなかった。このことは、これらのゾーンがより SW方向に位置するか、または MJI-16に於けるように、鈳化帯が SW方向に急激に衰微するかのいずれかを意味している。一方、D-1, D-2, D-3 等の鈳化帯については、これらのいずれのケースも考えられるが、MJI-15, MJI-16 に述べたように、前者のケースの可能性が高い。

#### (8). MJI-18

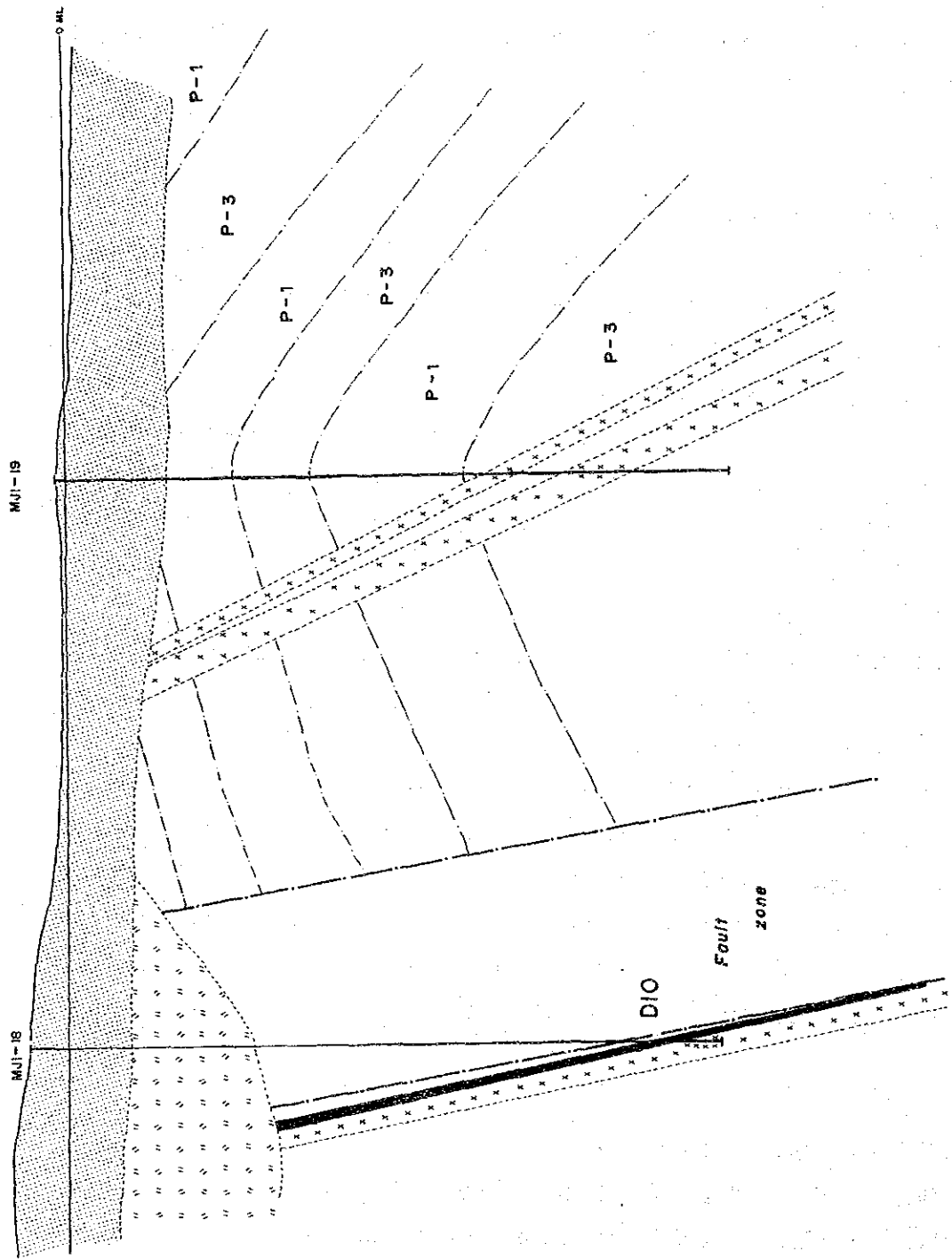
〔延長, 方位, 傾斜〕 153.70m, -90°

〔目的〕 D-2, D-3のMJI-16の更にSW延長部の把握。

〔結果〕 0.00m-22.60m : 表土層, 22.60m-51.30m : 低固結度凝灰質相, 51.30m-孔底 : マーブル・貫入岩・鈳化帯, のように大別できる。125.80m以浅ではノン・コア一部および空洞が多い。低固結度凝灰質相はMJI-15において触れたようにミナク川層に対比されるクリスタル・タフであって、僅かに得られたコアには珪化木が含まれている。

鈳化帯の状況は次のとおりである。

74.03m-74.50m:方鉛鈳・閃亜鉛鈳・黄銅鈳塊状鈳, 上・下は空洞



第12図 ボーリング断面図(MJ-18, 19)

- 79. 60m-80. 20m:方鉛鉱・閃亜鉛鉱・黄銅鉱塊状鉱, 上は空洞
- 81. 60m-81. 75m:方鉛鉱・閃亜鉛鉱・黄銅鉱塊状鉱, マーブル中
- 95. 15m-95. 45m:灰色粘土+鉱石円礫, 下は空洞
- 98. 25m-98. 55m:灰色粘土+少量の鉱石円礫
- 101. 20m-101. 50m:灰色粘土+閃亜鉛鉱礫, 下 30cm(101. 50m-101. 80m)は褐色粘土で  
その更に下部は 125. 20mまで空洞が大部分を占める。
- 125. 20m-137. 70m:脱色・粘土化・珪化貫入岩+黄鉄鉱染マーブル
- 140. 65m-140. 75m:閃亜鉛鉱主体に少量の黄鉄鉱
- 142. 92m-144. 05m:閃亜鉛鉱・方鉛鉱塊状鉱
- 144. 25m-144. 55m:閃亜鉛鉱・方鉛鉱の破片状塊状鉱を含む珪化マーブル
- 144. 75m-145. 15m:閃亜鉛鉱・方鉛鉱の破片状塊状鉱を含む珪化マーブル

これらの鉱化帯のうち, 125. 20m-137. 70mおよび140. 65m以深の鉱化帯ではこれに接して, またはその近傍に, 貫入岩が存在している。

分析結果を下に示したが, 明瞭な鉱化部分の品位はかなり高い。

深 度 m	コアー長	Au(g/t)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)
74. 03 -74. 50	0. 47m	0. 35	1, 730	2. 52	16. 10	34. 7
79. 60 -80. 20	0. 60	0. 21	780	7. 00	15. 70	11. 30
81. 60 -81. 75	0. 15	0. 07	590	6. 10	27. 8	14. 40
101. 20-101. 50	0. 30	< 0. 07	265	1. 38	4. 68	7. 05
140. 60-140. 75	0. 15	1. 27	276	0. 04	2. 96	33. 1
142. 70-145. 15	2. 45	0. 11	263	0. 09	11. 27	15. 76

本孔のマーブルは全般に細粒相を示すが, 粘土化・珪化・圧砕が著しく, 空洞も多いため岩相は今一つはっきりしない。144. 05m-144. 25mにはスランプ構造と見られる部分が認められる。

[検討] 本孔で捕捉した鉱化帯の産状は, これまでに知られているいずれの場合ともやや異なっている。即ち, 125. 20m以深に認められるセリサイト化・珪化・カオリン化を伴う変質, および144. 25m以深に産する破片状を示す鉱石の産状である。中でも破片状鉱は, 鉱石生成後の圧砕により破片化した鉱石が柔らかい石灰質岩の中にめりこんだような産状を示している。これは, 本孔が圧砕帯(断層帯)に位置しており, これに伴う変形・破砕作用の可能性を疑わせる。一方, スカルン型の鉱化帯であると考えられるにも拘わらずスカルン鉱物を伴わずセリサイト化・珪化・カオリン化が主体の変質作用を示す理由は, 破砕作用の進行 ⇨ 地表水の浸透 による変質, または最も末期の変質(後退変質)を意味していると受け取れる。

浅部に発達している多くの空洞は本質的には、ドリーネと考えられるが、空洞が特に発達し易かった条件、例えば多くの割れ目や断層の発達を暗示していると思なすことができる。その後 SE方向から本孔下部に向けて掘進した MJ1-14によってN-S系の断層擾乱帯が存在するものと見なされるに至ったことは既述の通りである。

本孔の 140m以深の鉍化帯が in situ と見なされることは MJ1-14でふれた。このことは、MJ1-15 ~ MJ1-16 ~ MJ1-17の線で尖滅したかに見える鉍化帯が MJ1-18に至り、再び優勢になっているとも受け取れ、また、新たな鉍化帯の始まりとも受け取れる。そのいずれであっても、そこには、鉍化帯の発達(膨)と衰微(縮)をもたらした要因が潜んでいる筈である。何故、MJ1-18に高品位の鉍化作用が突発的に発達しているのか、明快に説明出来る証拠は見だし得ていない。

#### (9). MJ1-19

[延長, 方位, 傾斜] 151.00m, -90°

[目的] MJ1-17の更に SW方向に於ける鉍化帯の把握。

[結果] 96.75m-104.60m, 113.70m-128.65mに貫入岩が出現し、それぞれの上部境界部にはアンドラダイト・赤鉄鉍からなる薄い縁取りが認められるが、まとまりのある鉍化帯は捕捉出来なかった。表土直下から、スランプ構造をもつ細粒のマーブルが発達し、本孔全体としても細粒相(P-3)が主体である。113.70mの微弱な鉍化部の分析結果を下に示す。

深 度 m	コア-長	Au(g/t)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)
113.70-113.85	0.15m	< 0.07	5.5	< 0.01	0.33	0.31

[検討] 本孔では、MJ1-13の浅部で確認した鉍化帯のSW延長を捕捉出来るのではないかと期待したが、上に述べたように、微弱な鉍化作用を伴うスカルン化変質貫入岩を確認したにとどまった。即ち、貫入岩は MJ1-13から連続しているとする事が出来るが、鉍化帯の連続は小さく、本孔の位置までは伸びていないと考えられる。

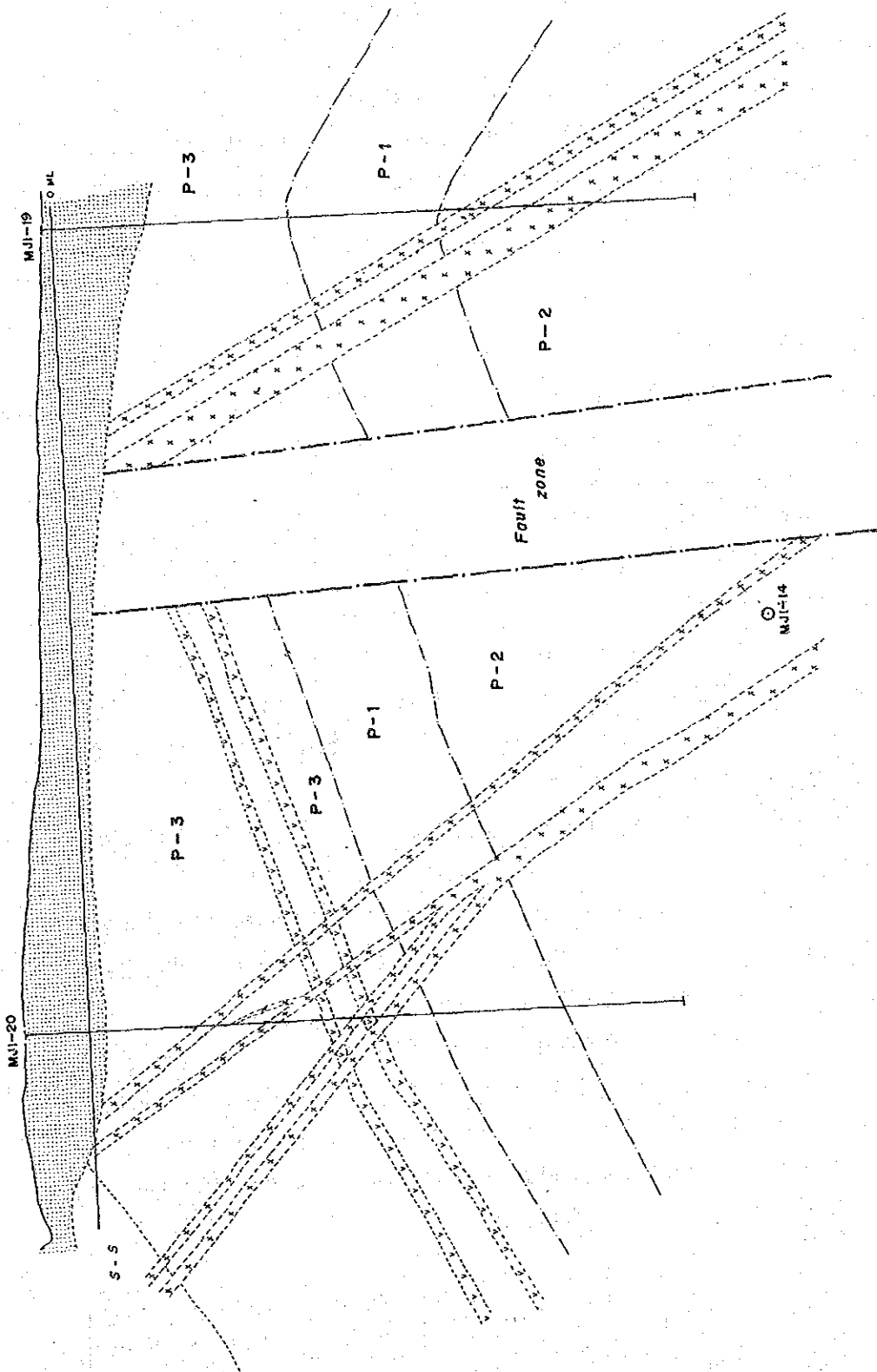
#### (10). MJ1-20

[延長, 方位, 傾斜] 151.00m, -90°

[目的] D-2, D-3の更に SW方向に於ける鉍化帯の把握。

[結果] 39.30m以深 85.30mにかけて 8カ所に及ぶ貫入岩が認められ、これらの中にはスカルンを伴う岩体もあるが鉍化帯は捕捉できなかった。

本孔では、全体として変成度が低いように見え、原岩が他孔に比べてより明瞭である。例えば、113.20m以深の細粒マーブルには 123.10m-123.40mにサンゴらしい化石が認められ、また 128.30m-131.30mでは暗灰色スレートと石灰質部からなる 1-ユニット 10cm程度



第19図 ボーリング断面図(MJT-19, 20)



リバーズ・グレーディングの発達を認めることが出来る。135.85m以深は石灰質スレートまたは泥質石灰岩を原岩とするとみられるマーブル (P-3) である。

【検討】 本孔では、MJI-18で確認した鉍化帯の SW延長が捕捉出来るのではないかと期待したが実現しなかった。81.70m-85.30m間の貫入岩は岩質的に MJI-18の 142.92m以深の鉍化帯の下部に来る貫入岩に対比出来るものと見なされる。しかし、変質のみで鉍化帯を伴わない。

(11). MJI-21

【延長, 方位, 傾斜】 281.00m, 340°00', -50°

【目的】 MJI-12 ~ MJI-13間に於ける鉍化帯の分布と発達状況の把握。

【結果】 次に掲げるような鉍化帯を捕捉した。

49.80m-50.50m, 52.20m-52.60m, 52.80m-53.70m, 54.15m-54.20m : ヘデンベルグ輝石を伴う閃亜鉛鉍塊状鉍。47.15m-48.80mに細粒貫入岩, 48.80m-49.80mにスカルンを伴う。50.50m-52.20m, 52.60m-52.80mは空洞。52.20m-52.60mのスカルンは脱色(風化)し, クリーム色を呈するヘデンベルグ輝石である。

133.20m-133.60m : ヘデンベルグ輝石・アンドラダイト・方解石・閃亜鉛鉍・方鉛鉍に少量の黄銅鉍を伴う。この上 131.30m-131.70mは, 緻密質貫入岩, 131.70m-133.20mは, 細粒のアンドラダイト・緑れん石に赤鉄鉍を伴い, 微量の閃亜鉛鉍を伴うらしいが肉眼では確認出来ない。

248.90m-249.20m : ヘデンベルグ輝石・閃亜鉛鉍・アンドラダイト。249.20m-250.70mは, ややスカルン化を受けた貫入岩。

260.30m-260.70m : 赤鉄鉍・閃亜鉛鉍・方解石・ヘデンベルグ輝石(?)。260.70m-

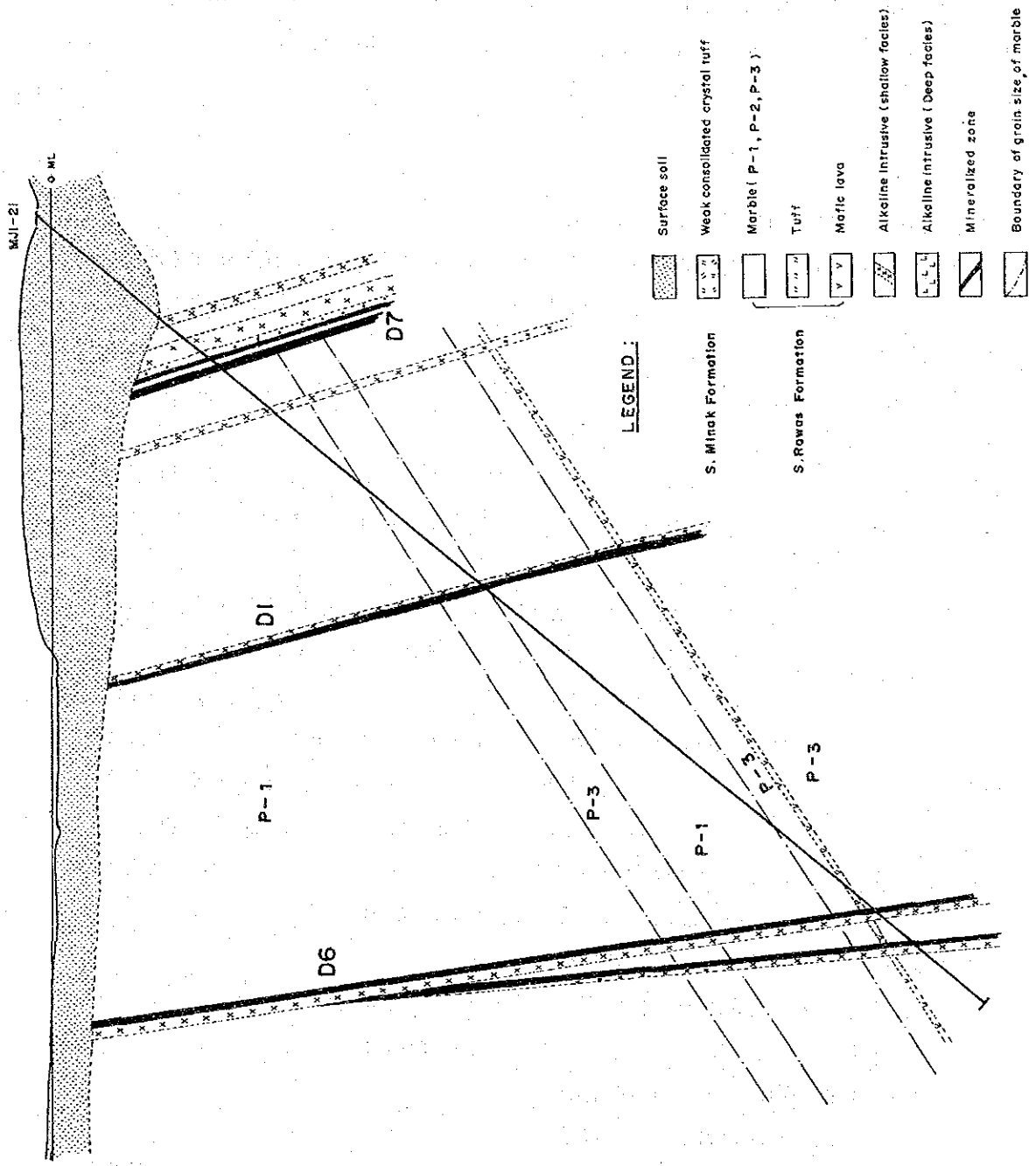
261.30m : 変質貫入岩, 261.30m-261.50m : 細粒アンドラダイト, 261.50m-

262.05m : 破碎マーブルを充填する石英脈。

本孔では, アルカリ岩質貫入岩(深成相)の縁辺部に MJI-12に認められたようなスカルン帯を伴っている。この部分は, グロシュラー・ベスブ石・石英・透輝石・カリ長石から成るが, このゾーンを貫く小規模貫入岩とマーブルの間に鉍化帯が発達している。

本孔のマーブルは, 全体としてやや粗い場合が優勢であるが, 96.90m-123.50mおよび 218m以深では, 細粒である。平均品位を次に示す。

深 度 m	コア-長	Au(g/t)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)
48.60 -54.20	5.60m	< 0.07	56.5	0.23	0.24	6.10
131.30-133.60	2.30	< 0.07	18.8	0.03	0.10	1.32
248.90-250.70	1.80	< 0.07	1.9	0.02	0.01	0.13
260.30-261.70	1.40	< 0.07	7.1	0.09	0.02	1.94



第14図 ボーリング断面図(MJJ-21)

【検討】 MJI-21 ~ MJI-23の3孔はいわゆる追加のボーリング調査である。

本孔浅部の 49.80m-54.20mの鉍化帯は、新たに捕捉したものであって、本孔に先立って実施した MJI-23の 65.95m-66.35mの産状とは類似する。これらはそれぞれ、131.30m-133.60mはD-4に、248.90m-250.70mと 260.30m-262.05mは全体としてD-6に対比出来よう。

なお、浅部のグロシユラー・ベズブ石・石英・透輝石・カリ長石から成る部分については、MJI-12の項で述べたところと変わらない。

#### (12). MJI-22

【延長、方位、傾斜】 300.00m, 340°00', -50°

【目的】 MJI-21, MJI-23に同じである。これら両孔の中間に位置し、鉍化帯が比較的良いまとまりを示す MJI-12 ~ MJI-21 ~ MJI-22 ~ MJI-23 ~ MJI-13間に於ける鉍化の状況を把握する。

【結果】 次の3カ所に鉍化帯を捕捉したが、分析結果に示すように、いずれも品位的にそれほど優勢ではない。

125.60m-130.35m : マーブル中のラミナ(凝灰質相)に沿って、また、これを切る細脈として、産する閃亜鉛鉍・ヘデンベルグ輝石・アンドラダイトを主体とする鉍化帯。

125.60m-128.85m : 僅かに蛇紋石化した帯緑暗灰色、堅硬な火成岩と見られる部分。しかし、少量の閃亜鉛鉍(赤色)または赤鉄鉍を含む。

128.85m-130.35m : マーブル中の凝灰質相ラミナに沿って浸潤したような産状を示す閃亜鉛鉍・ヘデンベルグ輝石+アンドラダイトとこれらを貫く閃亜鉛鉍・アンドラダイトの毛状細脈からなる鉍化部。同じ産状は、この下部 130.35m-131.35m間の貫入岩を隔てた 131.65m-133.15m間の凝灰質ラミナをもつマーブル中にも 131.80m-131.90m および133.05m-133.15m の2カ所に認められる。

140.86m-143.00m : 次の3部分からなる。

140.86m-141.06m : 粗粒の閃亜鉛鉍・石英・(方解石)。

141.06m-141.60m : アンドラダイトに富む珪化部。

141.60m-143.15m : 珪化貫入岩。

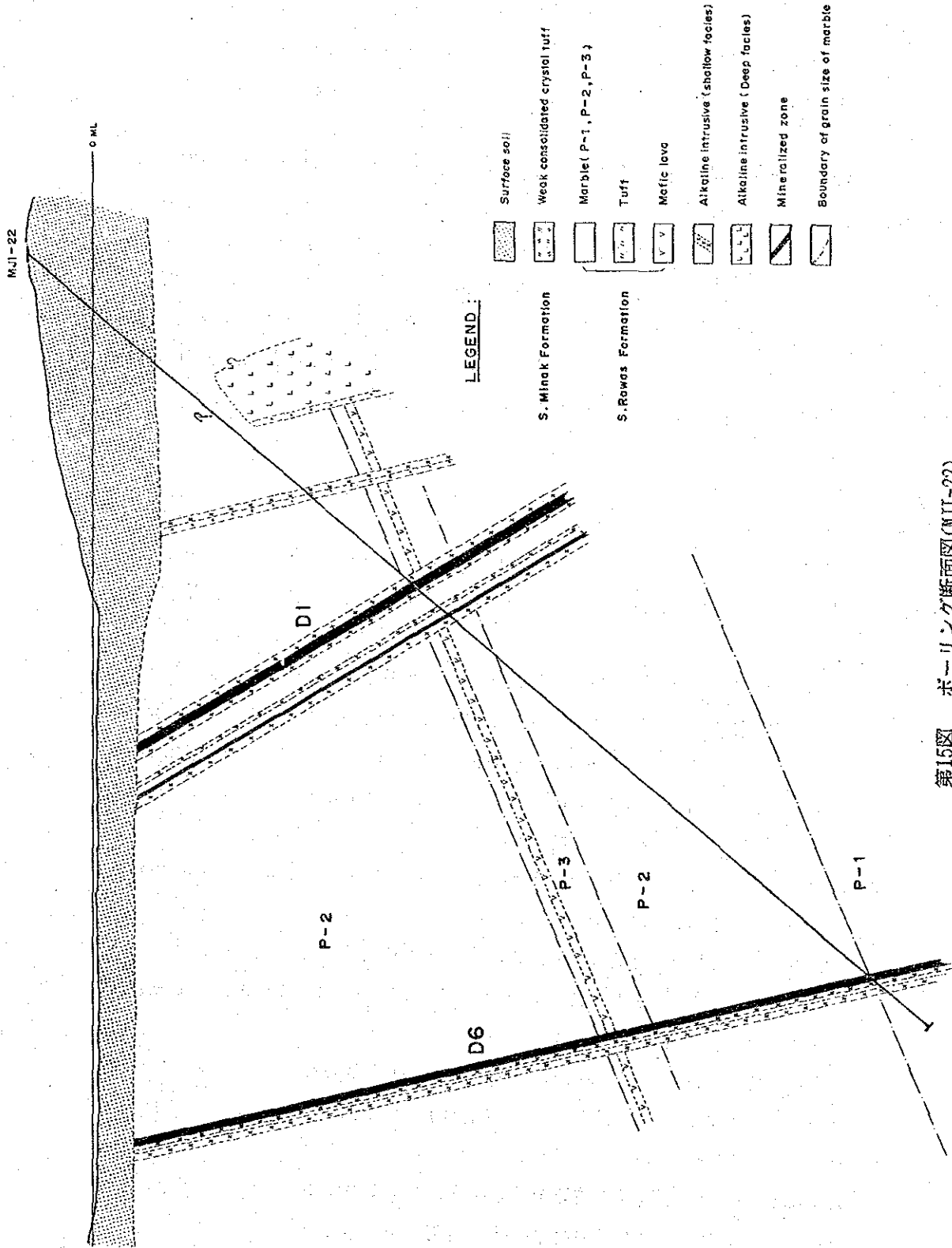
280.85m-287.55m : 次の各部分からなる。

280.85m-282.13m : 赤鉄鉍・閃亜鉛鉍・アンドラダイト・ヘデンベルグ輝石

282.13m-283.13m : スカルン化火成岩(?)。

283.13m-285.65m : マーブル。

285.65m-287.55m : スカルン化火成岩。



第15図 ボーリング断面図 (NJ1-22)

深 度 m	コア長	Au(g/t)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)
128.85-130.35	1.50m	< 0.07	3.9	< 0.01	0.02	1.34
140.86-143.15	2.29	0.08	4.0	0.01	0.02	1.80
280.85-283.13	2.28	< 0.07	13.3	0.28	0.03	5.47

本孔の浅部は、0.00m-43.00m : 表土層, 43.00m-68.60m : 風化部および土状物質で充填された空洞。

[検討] 上に掲げた各鉱化帯は、125.60m-130.35mと 140.86m-141.60mを一つの鉱化帯と見て、このゾーンは D-2に、280.85m以深は、D-6に相当すると言える。本孔では、MJ1-21やMJ1-23の浅部の鉱化帯が把握出来ていないが、その理由は、本孔が MJ1-23よりは 18m程度、MJ1-21よりは 15m程度それぞれ高い所に位置するため風化帯が深く、相当する深度を風化帯の中で通過してしまった為と考えられる。

### (13). MJ1-23

[延長, 方位, 傾斜] 276.30m, 340°00', -50°

[目的] MJ1-13とMJ1-12の中間部に於いて MJ1-7および MJ1-6に認められた鉱化帯の深部延長を把握すること、および、MJ1-13で捕捉した鉱化帯の NE方向への伸長状況を把握する。

[結果] 65.95m-66.35mに閃亜鉛鉱に富み方鉛鉱を伴う塊状鉱を捕捉した。この上部

33.30m以浅はアルカリ岩質貫入岩(深成相)のみから成るが、33.30m-65.95m間は、アルカリ岩質貫入岩(深成相スカルン・緻密質貫入岩・マーブルの密雑部分である。この中の38.50m-39.50mでは径2mm-10mmのざくろ石および7mm-25mmの透輝石(?)がマーブル中に散在する。

93.70m-94.35m : 鉱化帯。この部分は次のように区分出来る。更にこの下部 94.35m-96.75mは脱色した緻密無斑晶質貫入岩。

93.70m-93.80m : 閃亜鉛鉱の鉱染状ないし散点状鉱化を受けたマーブル。

94.80m-94.20m : スカルン(アンドラダイト・緑れん石)・閃亜鉛鉱・赤鉄鉱。

94.20m-94.35m : 細粒スカルン

160.37m-164.48m : 鉱化帯。この部分は次のように区分出来る。

160.37m-160.52m : アンドラダイト・閃亜鉛鉱・黄銅鉱

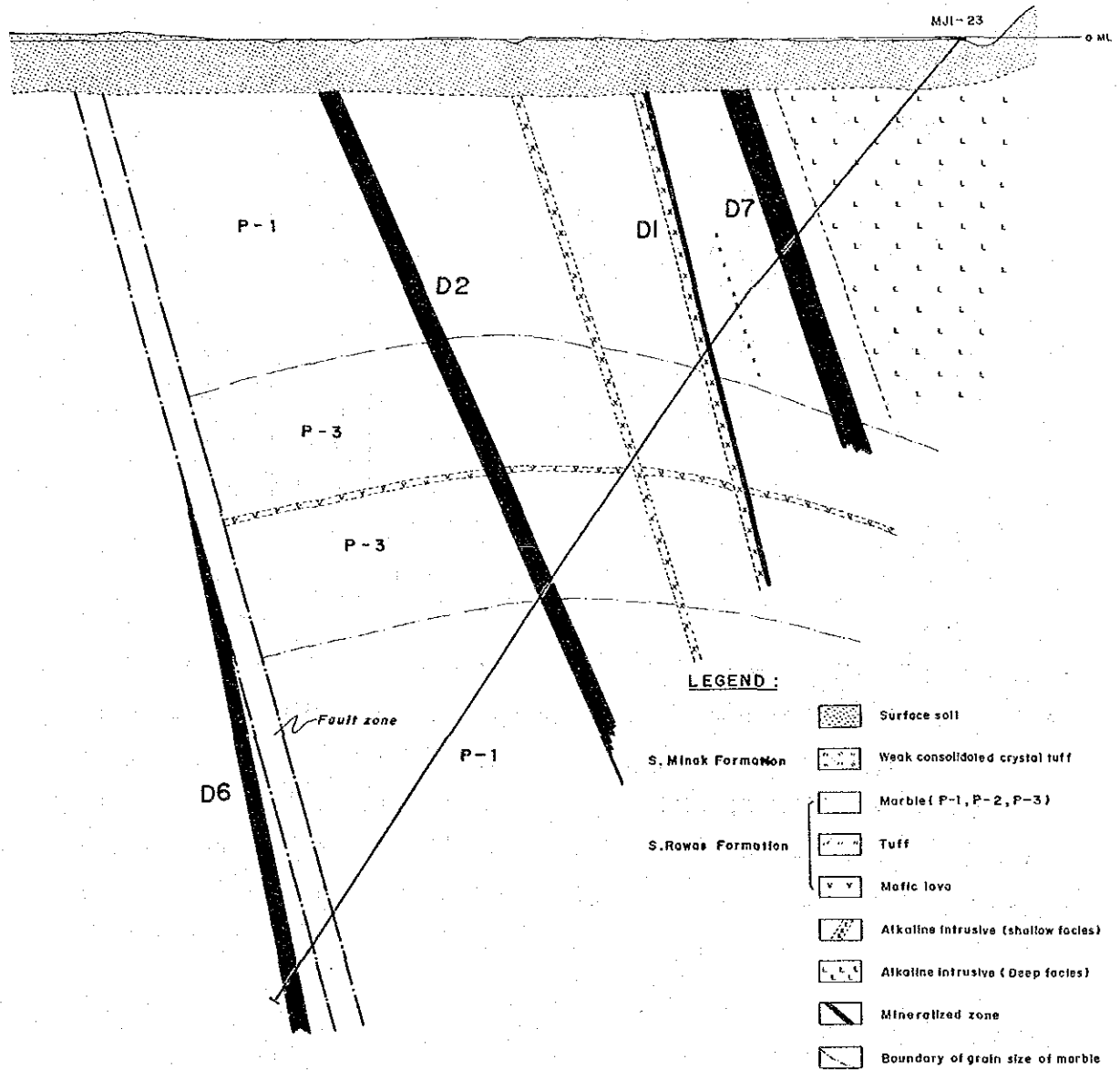
160.52m-160.60m : アンドラダイト

160.60m-160.70m : 微量の閃亜鉛鉱を伴うアンドラダイト

160.70m-160.85m : 褐鉄鉱の汚染を伴う石英・閃亜鉛鉱

160.85m-161.50m : 閃亜鉛鉱塊状鉱

161.50m-163.35m : 赤鉄鉱を伴う緑泥石・緑れん石



第16図 ボーリング断面図(MJI-23)

163.35m-164.30m : 少量の閃亜鉛鉱散点を伴う方解石・石英

164.30m-164.48m : 黄銅鉱・閃亜鉛鉱

267.15m-272.55m : 鉍化帯。次の部分から成る。

267.15m-267.95m : 少量の閃亜鉛鉱を含むヘデンベルグ輝石

267.95m-268.85m : ヘデンベルグ輝石

268.85m-269.65m : アンドラダイト(?)・緑れん石

269.65m-270.95m : ヘデンベルグ輝石

270.95m-272.55m : ヘデンベルグ輝石・アンドラダイトの混合物

尚、272.55m-273.10mのマーブルを隔てて 273.10m-273.20mにヘデンベルグ輝石・閃亜鉛鉱の球状集合部がある。平均品位を次に掲げる。

深 度 m	コアー長	Au(g/t)	Ag(g/t)	Cu(%)	Pb(%)	Zn(%)
65.95 -66.35	0.40m	< 0.07	383.0	0.05	1.90	29.2
93.70 -94.35	0.65	< 0.07	13.3	0.15	0.04	4.26
160.37-164.48	4.11	< 0.07	17.6	0.18	0.05	7.34
267.15-268.85	1.70	< 0.07	22.8	0.89	0.05	6.56
267.15-272.55	5.40	< 0.07	9.2	0.31	0.02	2.30

【検討】 65.95m-66.35mの鉍化帯は MJ1-21の項に述べたように新たに捕捉した鉍化帯である。一見 MJ1-13の浅部鉍化帯につながるもののように見えるが、MJ1-13と本孔の間には NNW-SSEの断層の存在が考えられること、MJ1-13と MJ1-23の場合では鉍化帯の構成が異なり、MJ1-13ではその鉍化帯に接して深成相を示すアルカリ岩質貫入岩や、これらの岩相を混じたスカルン帯を伴わないという違いがある。その他の鉍化帯については、それぞれ、93.70m-94.35mはD-1 (=D<sub>1</sub>) に、160.37m-164.48mはD-2 (=D<sub>2</sub>) に、267.15m-272.55mはD-6 (=D<sub>6</sub>) に対比可能と見なされる。

#### 1-2-5 各種試験・分析結果

##### (1). 鉍石分析

採取した鉍化部分の試料105個について Au, Ag, Cu, Pb, Zn の 5-成分の成分分析を実施した。結果を付表 1 に掲げる。

分析結果から、小規模、かつ浅い鉍化帯では概して高品位であり、これに対して深部の鉍化帯は、概ね低品位を示す傾向がある。

##### (2). 研磨片観察、岩石薄片検鏡およびX線回折分析

対象とした試料の一覧を付表 2 に示す。また、各手法毎の結果を付表 3 から付表 8 に掲

げる。

これらの試験・分析の中では、岩石薄片検鏡によって、深成相を示すアルカリ岩質貫入岩が石英閃緑岩からアルカリ斑れい岩にわたる各種の岩石からなる一種の複合岩体であるとの見方が出来るに至ったことおよび、X線回折分析によって、マーブル中にベスブ石、クロマイト、蛇紋石(一部はタルク化)、オリビン、ナトロライト等の諸鉱物の存在が確認された。

### (3). 硫黄同位体分析

硫黄同位体分析は、鉱物を構成する硫黄成分についてその同位体比、即ち、 $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$ 等を求め、鉱物生成過程に於ける同位体分配比から、硫化鉱物の生成に関与した硫黄の起源および硫化物生成の温度条件を解明しようとするものである。

今回用いられた試料およびその $\delta^{34}\text{S}$ 分析値は次のとおりである。

第5表 硫黄同位体分析試料

区 分	採取箇所	$\delta^{34}\text{S}$ 値(‰)	備 考
閃亜鉛鉱試料	MJI-8 64.20m	-2.5	黒色塊状鉱
	MJI-13 101.50m	-3.4	同 上
	MJI-12 150.00m	-3.1	同 上
	D <sub>1</sub>	-3.5	D <sub>1</sub> 鉱化帯露頭
	D <sub>2</sub> -1	-5.2	D <sub>1</sub> 鉱化帯露頭の旧探鉱捨て石
	D <sub>2</sub> -2	-4.7	同 上
方鉛鉱試料	MJI-12 150.00m	-4.0	閃亜鉛鉱試料の僅かに上部
	D <sub>1</sub>	-6.6	D <sub>1</sub> 鉱化露頭部
	D <sub>2</sub> -1	-4.1	D <sub>2</sub> 鉱化帯露頭
	D <sub>2</sub> -2	-5.3	D <sub>2</sub> 鉱化帯露頭の旧探鉱捨て石

この分析結果の意味するところについては考察において述べるが、上記の $\delta^{34}\text{S}$ 値はこの硫黄 (Ore sulfur) の起源が母岩堆積時代の海水硫酸にあることを示している。

### (4). 鉱量計算結果

第2年次、第3年次の2年間にトウボ川地区で実施した23孔、4,680mのボーリング調査により捕捉した、ある程度のまとまりと広がりのある鉱化帯は、都合9帯である。この垂直面投影を第17図に示す。第17図は、埋蔵鉱量計算のための鉱画図であり、鉱量計算図でもあるが、必ずしも鉱化帯の地質学的形状をそのまま垂直面に投影したものではなく、風化部分や溶脱部分を削除する一方、鉱化帯の連続性や広がり(規模)については地質学的な判断に基づき推定を加えた結果を図示したものである。

さて、ここに述べる鉱量計算とは、埋蔵鉱量のおおよその見積りを行う程度の計算を指している。探査の現段階では、計算の為のデータが多くないので、この程度の計算が限界である。



埋蔵鉱量は、可採粗鉱量とは異なり、採掘法やそれに基づく制約条件がなく、地質・鉱床学的鉱物存在量を適確に見積もることが出来れば良い訳で、探査の段階を考慮し、今回は次のような条件を設定した。

【埋蔵鉱量計算条件】

- ① 例え断層で分割されていても、地質的にみて2孔以上のボーリングで捕捉したと考えることの出来る鉱化帯であること、または、1孔のみでの捕捉であっても、ある程度の走向・傾斜延長が見込める鉱化帯であること。
- ② コア長にして連続1m以上の長さ(着鉱幅)があること、または、品位×コア長が④に定める数値以上であること。
- ③ 計算深度は、鉱化帯により異なるが、基準面(MJI-7の地上高さ=0m)下最大-300mまでとする。
- ④ 計算対象成分は、Au, Ag, Cu, Pb, Znとし、それぞれの限界品位を一連続の鉱化帯の平均値として次の通りに定め、いずれかの成分がこの条件を満たせば計算の対象とする。  
Au  $\geq$  0.5g/t    Ag  $\geq$  5 g/t    Cu  $\geq$  0.5 %    Pb  $\geq$  1 %    Zn  $\geq$  1 %
- ⑤ 岩石および鉱石の比重は、3.5とした。

なお、鉱石の比重は、金属の含有量(=品位)に応じて連続的に変化するのが普通であり、品位区分による幾つかの値を採用すべきであるが、ここではあくまでも概略的な鉱量の見積もりという観点から、上の値によった。

以上の条件に基づく計算結果を第6表に掲げた。また、各ユニット毎の計算結果は、第17図にも記入してある。計算に当たっては、断層によって分割された各鉱化帯ユニット毎の計算を行い、次いでこれを鉱化帯毎にまとめた。

計算結果を眺めると、D<sub>2</sub>(=旧D-2)が、埋蔵鉱量の上でも、品位的に見てもトウボ川地区の鉱化帯の主要部をなすことがわかる。D<sub>7</sub>は、品位的に優れ、D<sub>6</sub>(=旧D-6)は連続性において優位にあることがわかる。

尚、後で述べるように、マーブルの存在量を試算しておく必要があると考え、これについては次の要領によった。

計算範囲 : 鉱化帯が分布する 500m × 150m~300m

深さ : 基準面下 50m

総容積 = {(350m × 150m) + (150m × 300m)} × 50m = 4,875,000 m<sup>3</sup>

総量 = 4,875,000 m<sup>3</sup> × 2.5 = 12,187,500 ton

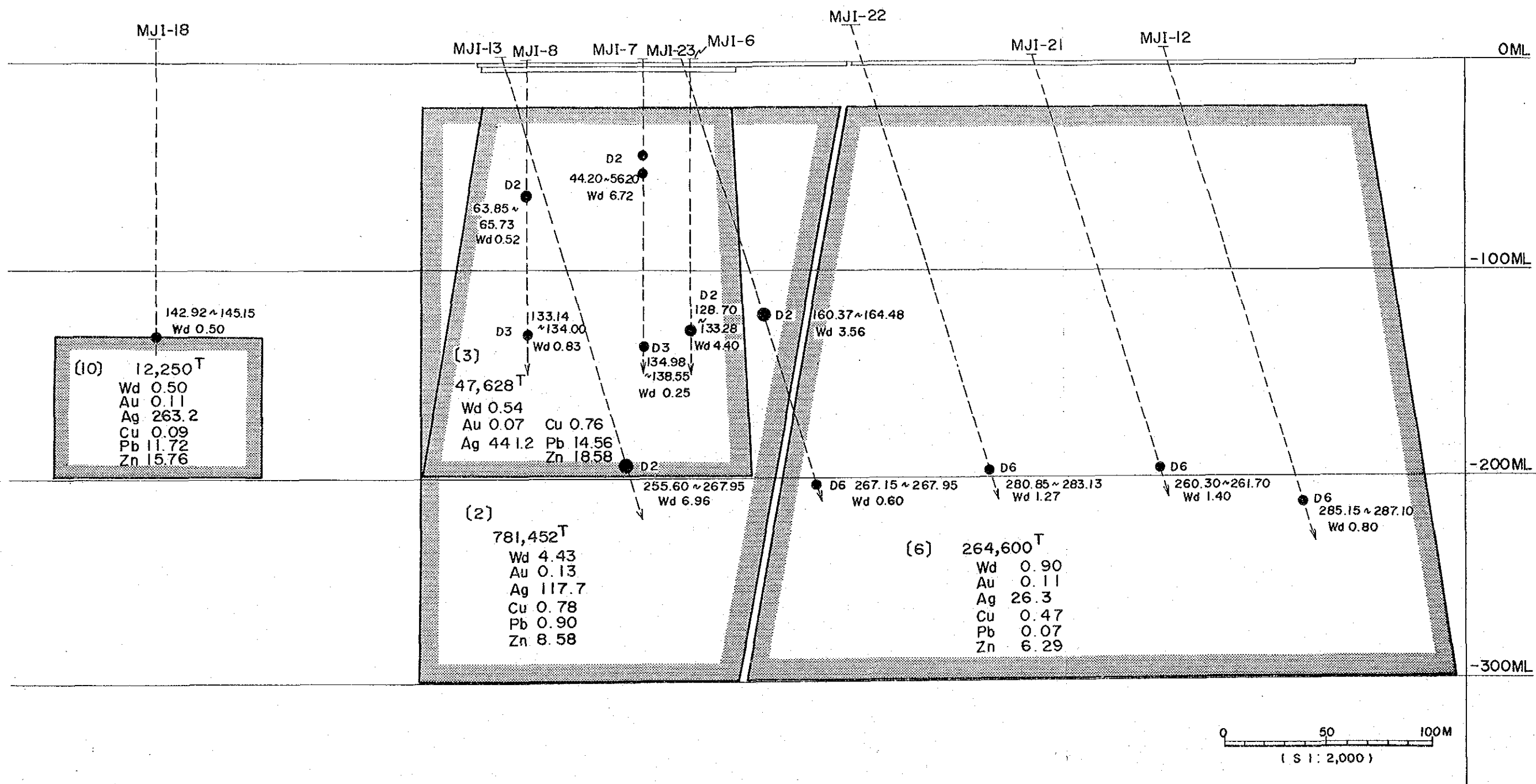
マーブルはその模様や色調により価格や需要あるいは仕向け先、用途が異なる場合があるので、本来は岩相によって別計算をすべきであるが、ここでは概算であることから一括

した。

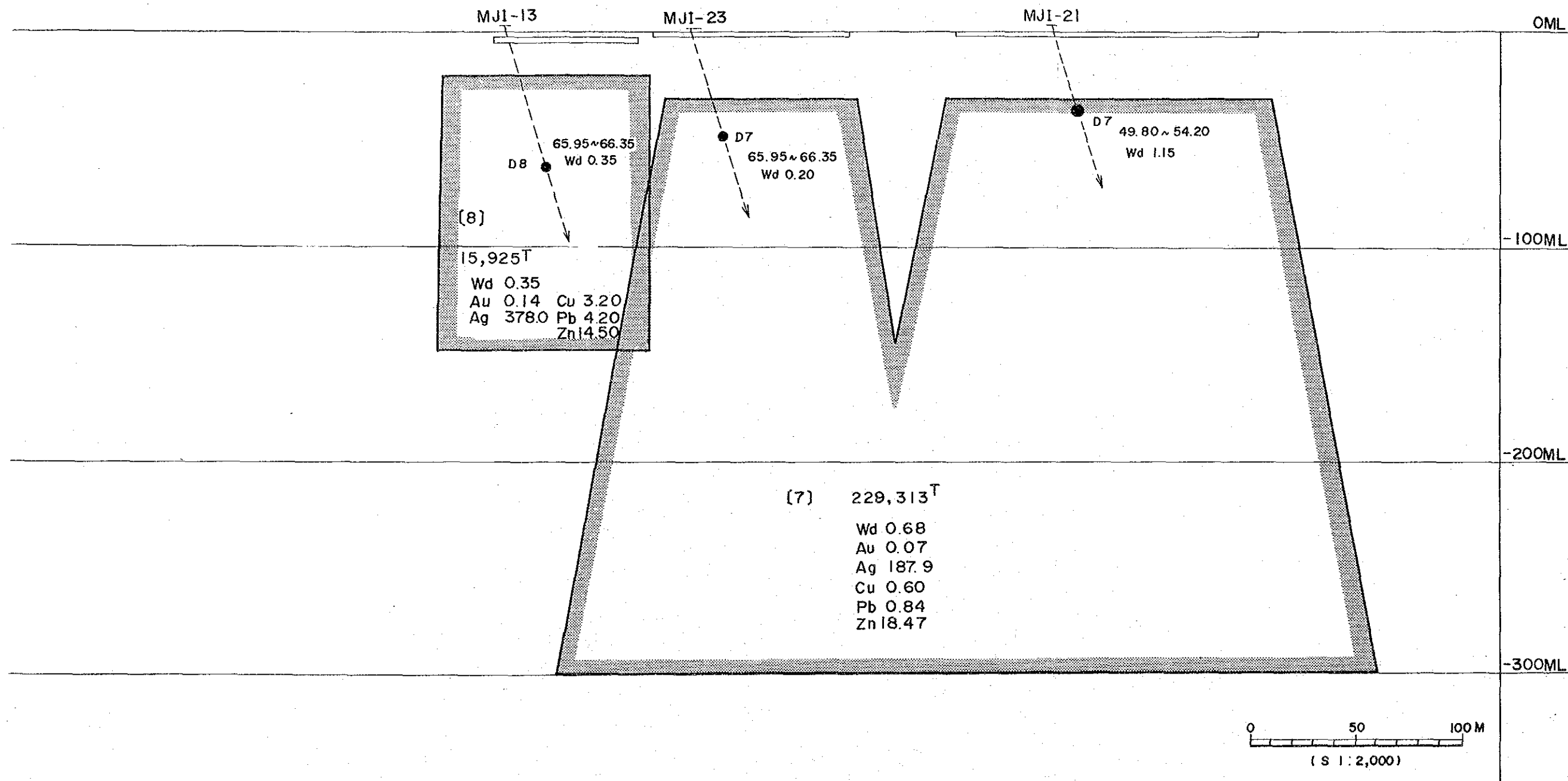
第6表 埋藏鉱量計算表

鉱化帯名	面積 m <sup>2</sup>	幅 m	容積 m <sup>3</sup>	比重	埋藏鉱量 t	品位				
						Au	Ag	Cu	Pb	Zn
D <sub>1</sub>	126,575	0.90	113,917	3.5	398,709	0.09	105.2	1.10	1.69	8.05
D <sub>2</sub>	50,400	4.43	223,272	3.5	781,452	0.13	117.7	0.78	0.90	8.58
D <sub>3</sub>	25,200	0.54	13,608	3.5	47,628	0.07	441.2	0.76	14.58	18.58
D <sub>6</sub>	84,000	0.90	75,600	3.5	264,600	0.11	26.3	0.47	0.07	6.29
D <sub>7</sub>	96,350	0.68	65,518	3.5	229,313	0.07	187.9	0.60	0.84	18.47
D <sub>8</sub>	13,000	0.35	4,550	3.5	15,925	0.14	378.0	3.20	4.20	14.50
D <sub>9</sub>	13,000	0.28	3,640	3.5	12,740	0.20	1,220.0	0.79	5.42	36.40
D <sub>10</sub>	7,000	0.50	3,500	3.5	12,250	0.11	263.2	0.09	11.72	15.76
合計		1.21			1,762,617	0.11	130.4	0.80	1.45	9.98
含有金属量										
金属 含有量										
Au 192.1 kg										
Ag 229,768.1 kg										
Cu 14,084 t										
Pb 25,622 t										
Zn 175,868 t										

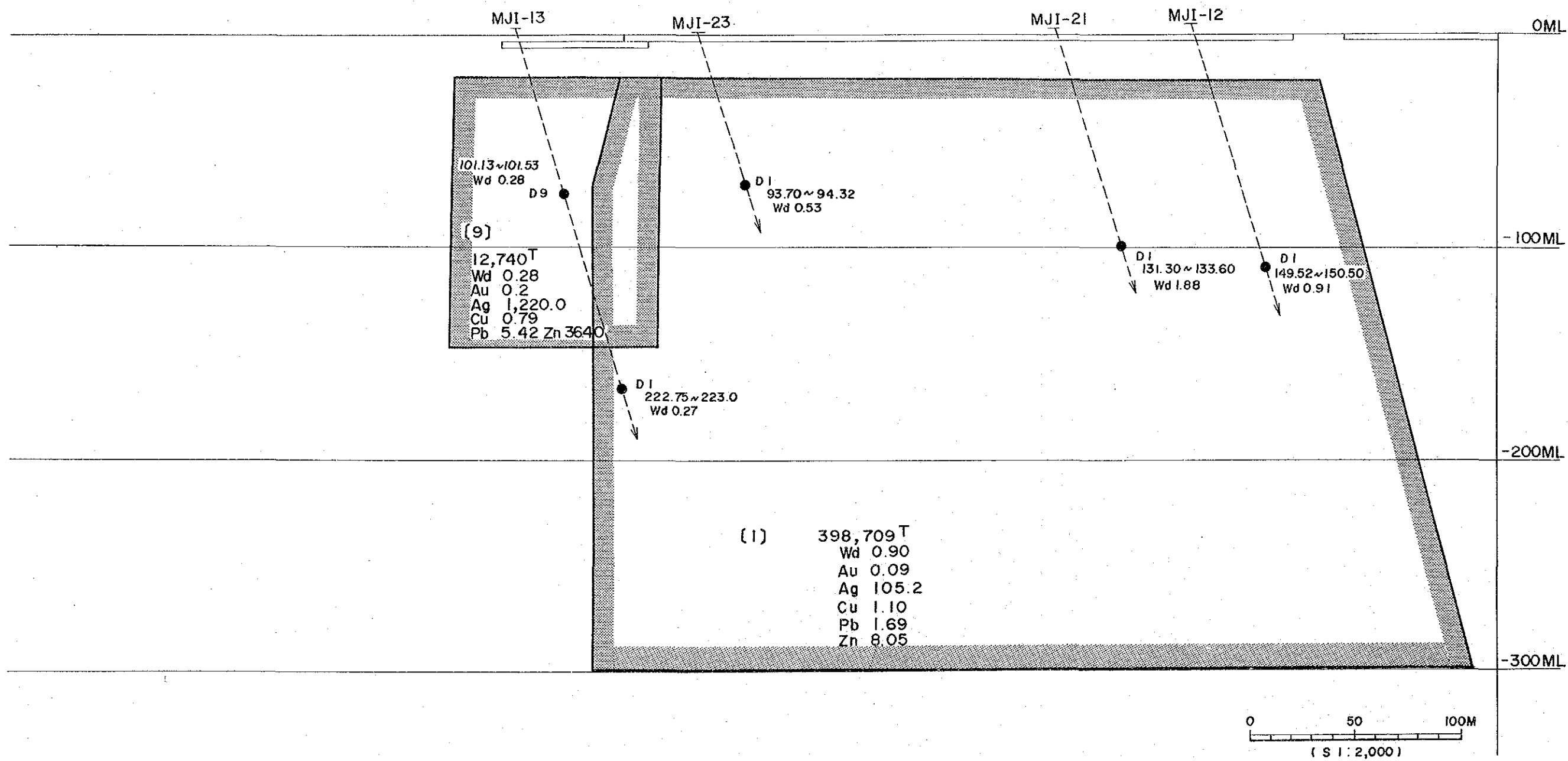




第17図 鉍化帯投影図(鉍量計算図-1)



第17図 鋳化帯投影図(鋳量計算図-2)



第17図 鉛化帯投影図 (鉛量計算図-3)



## 1-2-6 考 察

### (1). 地質および地質構造

#### a. 地質

ボーリング調査を実施した範囲は、第 18 図(鉍化帯分布図)に示すとおり、南側にあって NE-SW に伸びるアルカリ岩質貫入岩(深成相)以外は、ほぼマーブルによって占められている。このマーブルは、既にふれたように、メルシップ石灰岩部層に相当する層準の変成産物と見なされ、南スマトラ地域の北半部ブキット・ブラン(Bt. Bulang)付近の広い分布地から模式地のメルシップを経、ラヤ山をかすめて南東に伸びトウボ川地区に至ったものである。

既述の通り、このマーブルは、P-1, P-2, P-3 の 3 岩相に分けることができる。このうち、P-3 には Laminated marble, Sandy marble, Shally marble と仮称した各種岩相が含まれており、しばしばスランプ構造や水逃げ構造を伴う。これは P-3 を形成した堆積物が、一旦堆積後多少とも“移動”し、再堆積した可能性を示唆している。恐らく、P-3 の原堆積物はその初生堆積の場から海底地滑りにより、二次堆積の場 — P-1 堆積の場であり、かつ、P-3 および/または P-2 の最終堆積の場 — へしばしば移動・流入し、P-1 と大まかな互層状をなして堆積したものであろう。

P-3 にはアルカリ岩質溶岩や同質凝灰質相を挟んでおり、P-3 の初生堆積の場は、アルカリ岩質火山の火山斜面に連なる浅い海底であったと推定できる。恐らくは、P-1 堆積の場も P-3 の初生堆積の場とはそれほど離れてはいなかったのかも知れない。上記マーブルを貫き、しばしば鉍化帯を伴う一鉍化帯と共産する一浅成相(火山岩相)のアルカリ岩質貫入岩の産状や岩質については、第 2 年次に於いて記述したところと変わるところがない。

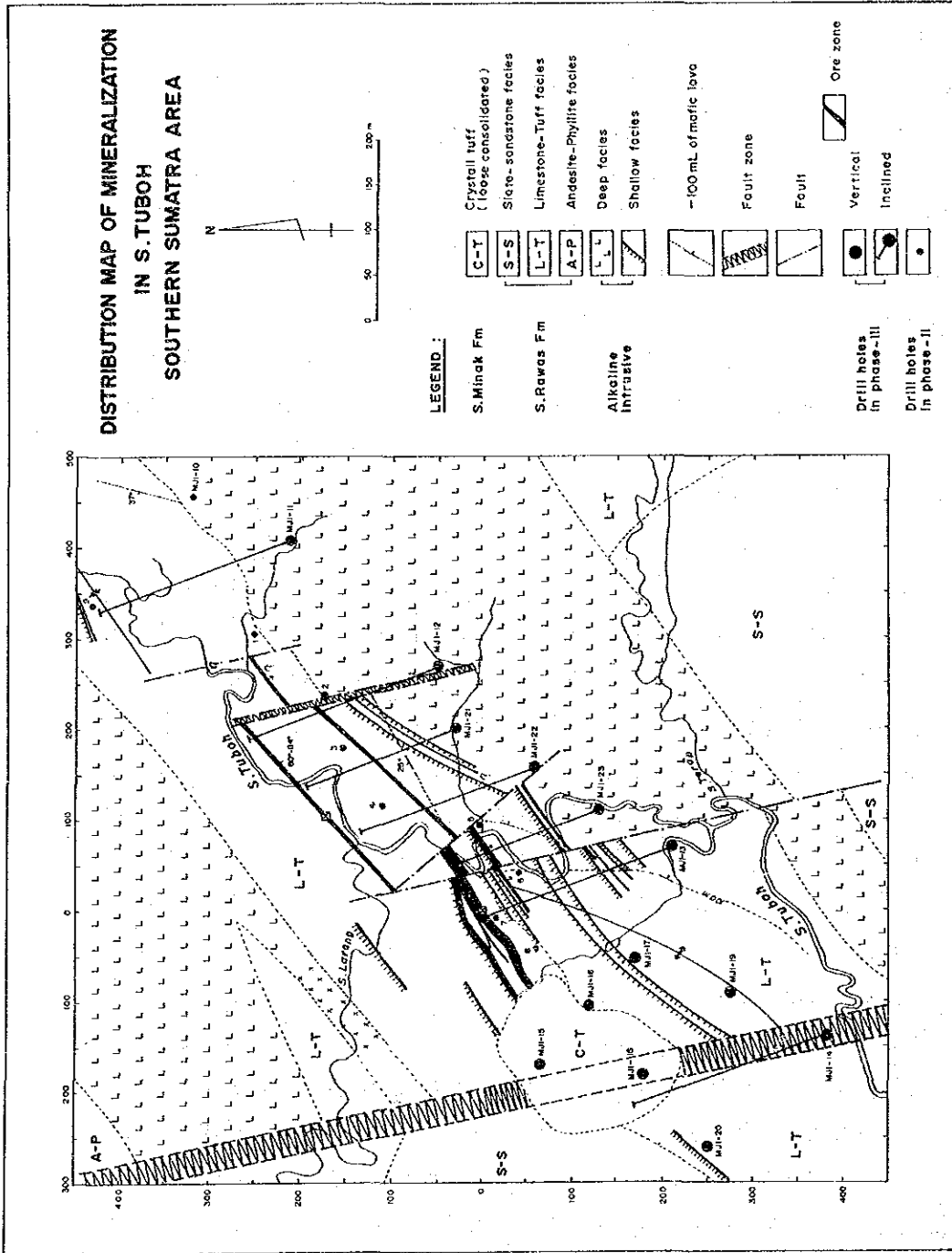
一方、マーブル帯の南側に発達するアルカリ岩質貫入岩(深成相)については、この岩体が見掛けは一連ながら、石英閃緑岩、石英モンゾニ斑岩、石英モンゾニ岩、閃緑岩、モンゾニ岩、トナル岩、アルカリ斑れい岩等多くの岩質・岩種からなる複合的な岩体であることが考えられるに至った。これらの中には、かなりの熱変成作用を被っているものがあるところから、貫入時期に差があることを示唆しているものと思われる。

更に、この岩体の主として外縁部(北縁)に沿って、マーブルとの間に広がる不毛なスカリン帯は、石灰質岩とアルカリ岩質貫入岩(深成相)との混成・交代作用の産物であると見なされる。同様の岩相の存在は、アルカリ岩質貫入岩(深成相)分布域の内部にも知られており、この部分を岩体相互の境界部とみなせば、アルカリ岩質貫入岩(深成相)が実際には余り規模の大きくない多くの貫入岩体の集合体であることを支持することにつながり、この種の岩石が、その源となったマグマと石灰質岩とのかなりの程度の混成・交代作用によって形成された可能性を示唆しているものといえるのではなからうか。

なお、MJI-15, 16, 18 の位置には殆ど未固結の火砕岩が小さく分布している。この岩相の存在は、第 1 年次に実施したトレンチ調査で知られていたもので、所属不明のまま岩相



**DISTRIBUTION MAP OF MINERALIZATION  
IN S. TUBOH  
SOUTHERN SUMATRA AREA**



第18图 鉍化带分布图

に基づきクリスタル・タフと呼んで来たが、MJI-18の実施により、その岩相と構成から、これがミナク川層に対比できることが判明した。恐らく、やや規模の大きいドリーネか、後述するN-S系断層の発達に伴って形成された窪地に流入した火砕流(非溶結)であろうと考えられる。

## (2). 地質構造

### a. 褶曲構造

地層は MJI-1 の北東部では ENE-WSW に伸び、SW に沈む緩い向斜構造をなすものように見える。MJI-1 から MJI-5 に至る間では、NW 傾斜の単斜構造の様に見えるものの、MJI-1 北東部の向斜構造の南東翼かもしれない。MJI-5 から南西では MJI-20 までの間に NE-SW に伸び NE に沈む背斜構造が考えられる。この背斜構造は MJI-5 ~ MJI-6 および MJI-23 ~ MJI-13 の間を N 10°W に走る断層によって、その北東延長部が切られている。これらの構造は、P-3 に挟在する主として溶岩を Key-bed とすることにより得られた解釈である。即ち、ラウス川から北西でのラウス川層は、NW-SE の一般走向 — これはスマトラ島の一般方向でもある — をもつのに対し、トウボ川地区では、これにはほぼ直交する NW-SE の一般走向を示す。このことはラウス川を挟んでその北西と南東では、地質構造に際立った差があることを意味している。

しかし、トウボ川地区の更に南方では、再び NW-SE の構造方向が窺われ、トウボ川地区の NE-SW 構造は局部的な一般地質構造の乱れとでもいべき様相を呈するものとしてとらえられる。トウボ川地区では、アルカリ岩質貫入岩もまた NE-SW の伸長方向を示していることから、地層のもつこの NE-SW 走向は、貫入岩の構造を規制した深部断裂の方向とも一致しているらしい。従って、トウボ川地区で支配的な NE-SW 方向の地質構造は、南スマトラ地域全体の中では局部的な構造とみられるものの、本質的な構造の一つであると考えることができる。

### b. 断層

第1年次の報告書には、トウボ川地区を含む精査地区を NE-SW 系および NW-SE 系ないし N-S 系の2系統の断層が発達する地域として報告した。しかし、この2年間の調査の結果をまとめると、地質図に示すように N-S 系の断層のみが際立って発達しているかの様に表現される。この理由は、N-S 系の断層がトウボ川地区では最も若い地質構造要素であることに加え、古い構造方向とほぼ直交するという特性を持つことによりその存在が分かり易いという点にある。これに対し、NE-SW 系の断層の方は、トウボ川地区の貫入岩形成の場を支配した、古い時期の形成にかかるものであるため、貫入岩の活動によりその存在が不明瞭になっていること、および地層や貫入岩の走向と一致することによりその存在が分かりにくいといった特性によるものである。

しかし、ここに述べた断層の新・旧は、トウボ川地区に限って言えば、との前提に立っている。第1年次の報告書に述べた通り、南スマトラ地域のNW-SEとNE-SWの二系統の断層の関係は、単純に新・旧では説明できるものではなく、それぞれの系統が度々再生を繰返しつつ発展して来たと見なす可き性格をもっている。従って、トウボ川地区ではNW-SE系の一つと見られるN-S系断層は、NE-SWに比べて明らかに若い。南スマトラ地域全域について眺めれば、両者の関係は、逆の場合も少なくない。つまり、このことは、トウボ川地区では、「N-S系の断層がNE-SW系よりも若い活動の歴史をもつという現象が認められる」との認識に立つべきことを示唆するものであるといえる。

トウボ川地区には、表土層に覆われた空洞が多い。ドリーネ構造と見なされるが、このことは、第1年次の空中写真解析が既にその可能性を指摘しており、この2年間のボーリング調査がこれを立証した形となった。ドリーネの発達程度には浸透地下水の通路を形成したであろうN-S系断層の存在が大きいと考えられる。

### (3). 鉱化作用および構成鉱物

第18図に示す通り、これまでにトウボ川地区でその存在が明らかになった鉱化帯は、前述のように9帯である。これにはMJ1-9およびMJ1-18に於ける鉱化帯(D<sub>5</sub>とD<sub>8</sub>)をそれぞれ1として数えてある。

鉱化帯の鉱物組成は、既述の通り、スカルン型鉱化作用を示していると言えるが、鉱化帯の形状は、一見平行する鉱脈鉱床か層状鉱床に見える。

しかし、鉱化帯の傾斜から見る限りトウボ川地区の鉱化帯は、層準規制型の層状鉱床(Bedded sulfide)ではあり得ない。しかしながら、Sr/Sr比データは鉱化帯を構成する起源物質が堆積性であった可能性を示唆しており(第2年次)、後に述べるように、硫黄同位体のデータは鉱化帯を構成する硫化物の硫黄(Ore sulfur)の起源が海水硫酸であることを示している。つまり、トウボ川地区の鉱化作用は、スカルン型の鉱化作用を生じるような物理的条件下に於ける既成の硫化物の移動・再編・固定であることを暗示している。鉱化帯に石英(水晶)を多量に産する部分があること、珪化・脱色(セリサイト、カオリン)を主とする変質部分がしばしば認められること、脈石があまり粗粒でないことなど、スカルン型の鉱化作用としてはやや異なる産状を示すことなども、トウボ川地区の鉱化作用の特異性を意味しているのかも知れない。

尚、トウボ川地区の鉱化作用がスカルン型鉱化作用に一致するデータとしては、第2年次に記載したグスタバイト(Gustavite, Ag<sub>2</sub>S-Bi<sub>2</sub>S<sub>3</sub>-PbS系の銀鉱物)の産出と、硫黄同位体による地質温度計のデータがある。グスタバイトの産状は、スカルン型鉱床としてよく知られている中竜鉱山の場合に類似しており、また、硫黄同位体から得られた同位体温度の平均値430°Cは、多くのスカルン鉱床での測定値と良く一致する。更には、マープルと鉱化帯との境界の状況は、いわゆる交代鉱床に特有な組織を示している。

鉍石・脈石鉍物の中で、第3年次の調査により新たに追加されたものは無い。このことは、トウボ川地区の鉍化帯にはこれまでの調査範囲内に限れば、走向・傾斜のいずれの方向においても鉍化帯の鉍物種の組み合わせに変化が認められるには至っていないことを示している。しかし、一方、鉍石鉍物と脈石鉍物の量比、従って品位については、とりわけ傾斜方向に於いて変化が認められ、深部へ向かって品位の低下傾向が明らかである。また、深部では鉍石鉍物の量比という点で浅部とはやや異なる状況が認められ、深部では、鉍化帯に赤鉄鉍がかなり普遍的に産出する。

さて、調査の性格上、記述は金属鉍化作用についてのみ進めて来たが、地下資源という観点からすればマープルもまた無視できないのではないかと考えられる。金属だけ、あるいはマープルだけでは開発が難しくても、両者を併産するような開発・生産形態なら可能ということも考えられよう。検討課題の一つと言えるのではなからうか。

#### (4). 鉍化作用と地質構造および火成活動

地質図で明らかのように、トウボ川地区の鉍化帯の形成には NE-SW系の地質構造要素が強く影響している。恐らく、NE-SW系の断層の生成—それはラウス川層が褶曲運動にさらされた時期(多分白亜紀末)の末期のでき事か—が NE-SW方向の貫入岩体形成の場を提供し、アルカリ岩質貫入岩(深成相)を構成する岩体が相次いで貫入して来た。これらの岩体をもたらしたマグマおよび固結しつつあった貫入岩体から周囲に伝播した熱は、メルシップ石灰岩部層を次第にマープルへと変成して行ったのであろう。

鉍化帯と共産するアルカリ岩質貫入岩(浅成相)の活動もまた、深成相のそれと相前後して始まり、やはり NE-SW方向の構造規制を受け、NE-SW方向の平行岩脈を形成するに至った。

アルカリ岩質貫入岩の活動に引き続いて始まったと見られる鉍化作用は、それに拘わった鉍化流体の循環が、貫入後の冷却・固結により浅成相貫入岩体内に生じた多数の割れ目およびマープルとの境界部を好適な場として起こったために、鉍化帯の構造もまた NE-SWを示すに至ったものと考えられる。トウボ川地区の鉍化帯の構造には、より広域的な地質構造を形作った造構運動が反映していると言える。

既報(第2年次)の通り、ラウス川層メルシップ石灰岩部層は上部ジュラ系(170-140M. Y.)と見なすことができる。トウボ川地区の鉍化帯を構成している金属鉍物のソースがメルシップ石灰岩部層にあると考えられることは上述の通りである。貫入岩の年代値では、2試料(アルカリ斑れい岩、粗面岩質ドレライト)から 54.5-49.0 M. Y. とよくまとまった値が得られている。トウボ川地区とラヤ山地区とは火成活動も含め、地質・鉍床的に同じ領域にあると考えられるが、ラヤ山地区の花崗岩質岩石の年代値は、上のように、アルカリ岩質貫入岩(深成相)にほぼ同じかまたは5 M. Y. 程古い。これはトウボ川地区のアルカリ岩質貫入岩(深成相)がラヤ山地区からトウボ川地区にかけて起こった一連の深成火成活動の後

期を代表する貫入岩である可能性を示唆している。ラヤ山地区およびトウボ川地区の鉍化作用をこれら2地区にまたがって分布する深成火成岩体の活動に求めれば、トウボ川地区の鉍化作用の時期は、アルカリ岩質貫入岩(深成相)の活動とそれほど違わない時期と見るのが妥当であろう。つまり、トウボ川地区のスカルン型鉍化作用—それは既存の層準規制型硫化物の移動・再編・固定であるが—をもたらしたヒート・ソースは、アルカリ岩質貫入岩(深成相)の活動に求められる。

なお、トウボ川地区の鉍化帯は、NE-SWに伸長し、ほぼ平行する数条の単位鉍化帯から構成されている。しかし、鉍化帯が集中し、かつ品位、規模共に優勢な部位は、MJI-21~MJI-8およびMJI-18の辺りである。中でもMJI-5~MJI-8にかけての辺りで顕著である。つまり、鉍化帯の伸長方向はNE-SWであるが、その数、品位、規模が共に優勢な部位は、むしろNW-SE方向に伸びる傾向が窺われる。NE-SW方向には続かず、突発的な発達を見せるMJI-18の産状は、まさにNW-SE方向に鉍化帯の発達を左右した何かがあるのではないかと疑問を抱かせる。北西方ニラオ川中流にやや広く分布するマーブルの周辺には火成岩(貫入岩)の分布がなく、その粗いマーブルを形成した熱源としては、地下深部に潜在する火成岩体の存在を考えざるを得ないが、トウボ川地区の鉍化帯の消長には、このような岩体が関与している可能性があるのかも知れない。あるいはこのような岩体に加え、古くに形成され、今ではそれと認識できなくなったNW-SE系の深部断裂が関与している可能性も有り得るのではなからうか。

#### (5). 硫黄同位体から見た鉍化作用

##### i) 鉍石硫黄の起源

第6表に掲げた $\delta^{34}\text{S}$ 値は、マントル由来の火成源硫黄( $\delta \approx 0\text{‰}$ )とは同位体的に明らかに区別される。その理由は次のとおりである。

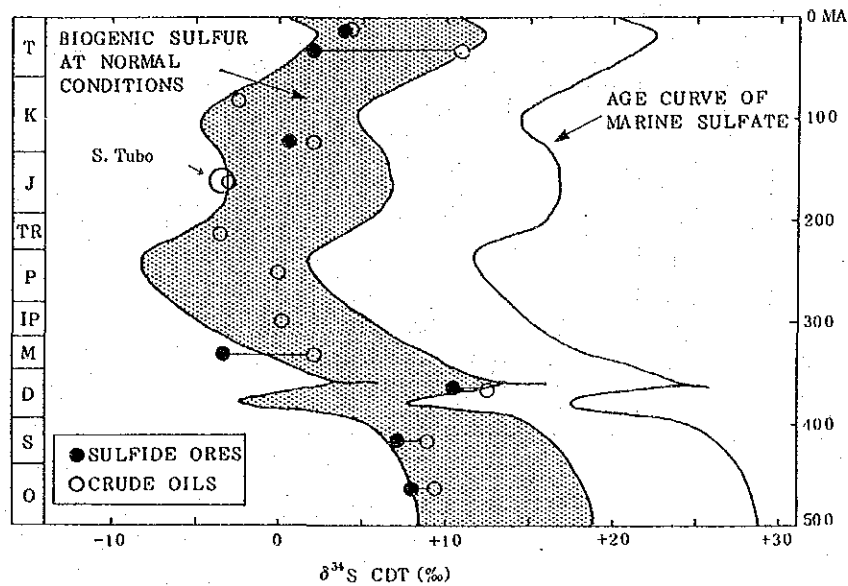
$$\text{ジュラ紀の海水硫酸} : \delta^{34}\text{S} = \text{ca.} + 16\text{‰} \text{ ---- (A)}$$

$$\text{トウボ川地区鉍化帯の硫化物平均値} : \delta^{34}\text{S} = \text{ca.} - 4\text{‰} \text{ ---- (B)}$$

↓

$$\text{両者の同位体分別} (\Delta \delta_A - \delta_B) = \text{ca.} 20\text{‰}$$

このA⇌B間の同位体分別の値は、バクテリアによる硫酸還元過程で生じる $\text{SO}_4^{2-} \leftrightarrow \text{S}^{2-}$ 間の同位体分別の典型的な値( $20 \pm 5\text{‰}$ )に極めて良く一致している。従って、トウボ川地区の鉍化帯の鉍石中の硫黄(Ore sulfur)は、「本質的にBiogenicであり、ジュラ紀の海水硫酸のバクテリア還元(Bacterial reduction)によって生じた硫化物を固定したものである」と結論できる。この値はまたジュラ紀の原油硫黄の平均値とも良く調和している。



第19図 顕生代の層準規制型塊状硫化物鉱床と原油の平均同位体比図上の  
トウボ川地区鉱化帯の硫黄同位体比(Kajiwara et Sasaki 1987原図)

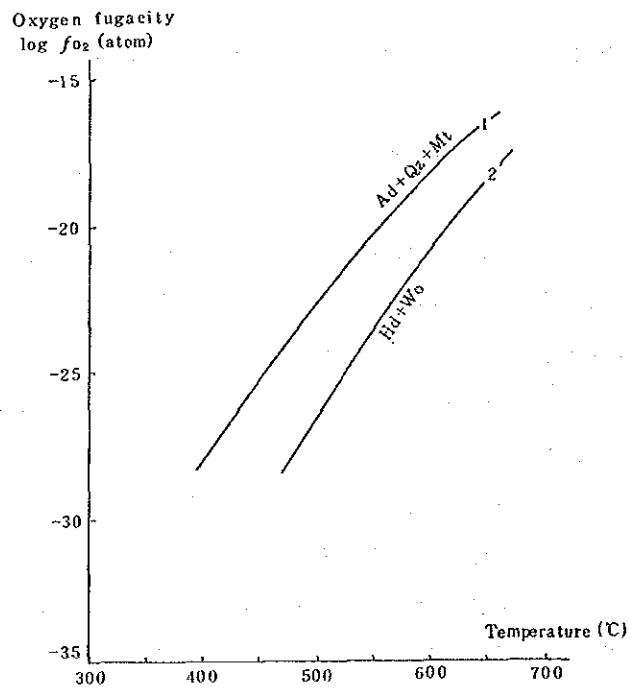
## ii) 同位体温度

上述のように、トウボ川地区の鉱化帯の鉱石硫黄がジュラ紀の海水硫酸に由来するBiogenicなものであるとすれば、地質温度計によって得られる温度は、スカルン形成時の再結晶温度(または変成温度)であるとみなさねばならない。

$\delta^{34}\text{S}$ 値から求めた硫黄同位体温度を第7表に示したが、一定の調和を示していない。これは粗粒結晶では同位体的なゾーニングが顕著であり、このため、例え同一試料から採取した閃亜鉛鉱、方鉛鉱でも必ずしも同時に共沈した部分を比較しているとは限らないことに起因するものである。従って、再結晶温度の目安としては、 $\delta^{34}\text{S}$ の平均値から得られた値の430°Cを採るのが妥当と考えられる(第7表)。この値は、多くのスカルン鉱床で測定されている温度と良く一致している。この“再結晶”温度は、スカルン鉱物の組み合わせ、中でもアンドラダイト・ヘデンベルグ輝石の酸素分圧-温度の関係(第20図)からも窺える。図上、酸素分圧が高い領域では鉄は $\text{Fe}^{3+}$ となってアンドラダイトが、低い領域では $\text{Fe}^{2+}$ となるためにヘデンベルグ輝石が、それぞれ安定であること示している。しかし、トウボ川地区の鉱化帯ではアンドラダイトとヘデンベルグ輝石が常に共産し、また、これらに磁鉄鉱、石英が普通に伴われるところから、これらの鉱物は、Ad + Qz + Mt ライン上で共生関係にある筈である。ところが、トウボ川地区の鉱化帯のやや深部では、磁鉄鉱-赤鉄鉱、磁硫鉄鉱-黄鉄鉱-磁鉄鉱の組み合わせも出現する。これらの組み合わせは、

第7表 トウボ川地区鉍化帯硫化物の同位体温度

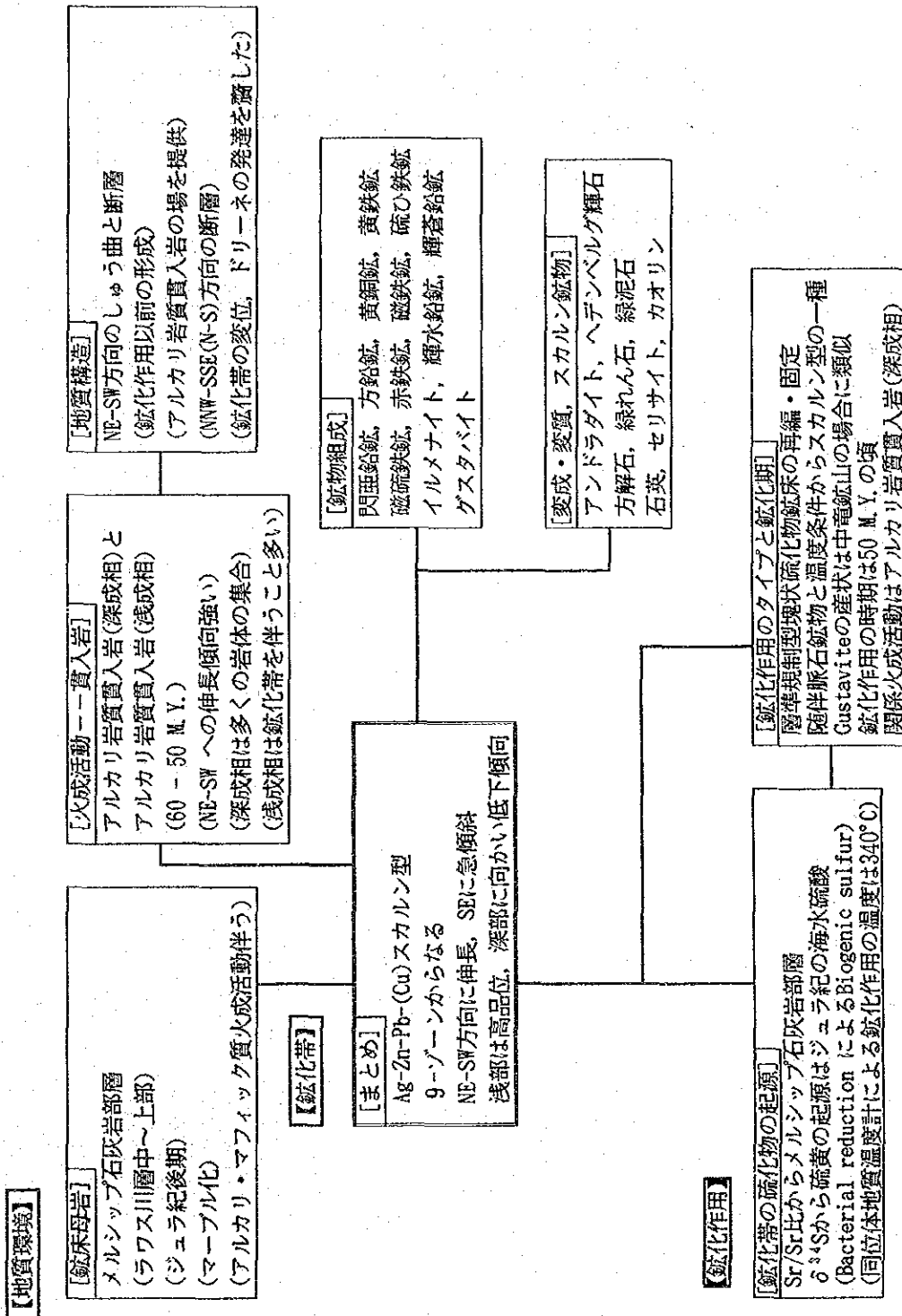
試料	$\delta^{34}\text{S}$ 値		同位体温度	備考
	閃亜鉛鉍	方鉛鉍		
D-1	-3.5	-6.6	180°C	$\Delta\delta_{\text{sp-cs}} = (0.8 \times 10^3) / T(^{\circ}\text{K})$
D <sub>2</sub> -1	-5.2	-4.1	非平衡	
D <sub>2</sub> -2	-4.7	-5.3	760°C	
MJI-8	-2.5	-		
MJI-12	-3.1	-4.0	570°C	
MJI-13	-3.4	-		
平均	-3.7	-5.0	430°C	



第20図 鉍物共生の酸素分圧-温度関係(島崎 1987 原図から抜粋)

酸素分圧がより高い領域で安定であり、鉍化作用のある時期に、そのような条件が保たれていたのかも知れない。あるいは、深部とは言っても、垂直延長にしてせいぜい200 m程度でこのような変化が窺えるところから、トウボ川地区の鉍化作用の場の物理的条件の傾度がかなり大きかったとの見方もできるかも知れない。

以上の各鉍化帯特性のまとめを第21図に示した。



第21図 トウボ川地区鉱化特性のまとめ



(6) 鉍量計算結果と鉍量ポテンシャル

トウボ川地区の鉍化帯の鉍量・品位は第6表に示したが、探査の初期段階でこれだけの鉍量・品位を計上できたということは、トウボ川地区の鉍化帯の高いポテンシャルを意味するものと受け取れる。そのうえ、これまでに把握した鉍化帯には、未だ多くの探査余地があるので今後の探査による鉍量の増が期待できる。更に、比較的近傍に位置するクリン川、スパン川の両鉍徴からニラオ川中流のマーブル分布地域にかけた辺りは、地質的に見てポテンシャルが高いと考えられるので、探査対象をこれらの地域に拡大することによって、より大きな鉍量を確保できる可能性がある。

一方、探査の初期段階における計算であるだけに、今回の鉍量計算に当たって取り込んだ諸条件には不確定な要素も多いことを考慮する必要がある。例えば、単位鉍化帯の連続性、鉍化帯の幅、品位の変動(ばらつき)の程度、鉍化部分の比重、品位と比重の相関性等に関する事項である。

### 第Ⅲ部 結論および将来への提言



### 第Ⅲ部 結論および将来への提言

#### 第1章 結 論

トウボ川地区の地質、火成活動、鉍化作用、鉍量ポテンシャル等に関する結論は次の通りである。

##### 〈A〉メルシップ石灰岩部層

- ① 原岩の石灰岩の組成をかなり良く反映し、P-1、P-2、P-3と仮称した3岩相のマーブルからなる。それぞれ、P-1は純度の高い石灰岩起源、P-3は不純石灰岩起源、P-2はその中間的組成と考えられる。
- ② P-3は多量の砂・泥質相および凝灰質相の薄層を挟在しており、これによって表現されるラミナやスランプ構造をしばしば伴い、また、水逃げ構造の見られることがある。凝灰質相はマフィック質で、蛇紋石化していることが多い。P-3にはマフィック質溶岩を挟み、サンゴらしい化石が認められている。これらの産状は、P-3がマフィック質火山体の浅海斜面上に堆積し、海底地滑りにより、P-1堆積の場にしばしば流入・堆積したらしいことを暗示している。
- ③ マーブルを含め、トウボ川地区の堆積岩類は、NE-SWの走向を持ち、緩い向斜構造および背斜構造を形作っているが、この走向方向は、トウボ川地区とその近傍にのみ発達するらしく、ラウス川から北西域での、ラウス川層の一般走向のNW-SEとは際立った対照をなす。トウボ川地区で支配的なNE-SWの走向と同時造構性のNE-SW方向の断層、および若いN-S系の断層の発達が現在の分布・構造を形成している。
- ④ N-S系断層が存在する辺りでは表土層下での空洞の発達が著しい。

##### 〈B〉アルカリ岩質貫入岩

- ⑤ やや規模の大きい深成相と、規模が小さくしばしば鉍化帯と共産する浅成相(火山岩相)に分けられる。
- ⑥ 深成相はかなり早期(60 M. Y.)から晩期(≦50 M. Y.)に亘る活動によって齎された貫入岩体であり、アルカリ斑輝岩からトナル岩、石英閃緑岩、石英モンゾニ岩等にまたがる各種の岩体の集合体からなるものとみることが出来る。
- ⑦ 深成相の縁辺部に発達している不毛のスカルン帯は、石灰岩と早い時期の貫入深成相との境界部に生じたもので、晩期貫入岩の混成作用を伴う変成・交代作用によって形成されたものと考えられ、粗粒のグロシュラー、ベスブ石、透輝石等を産する。

### (C) 鉍化帯

- ⑧ 9 鉍化帯からなり、概算埋蔵鉍量は約 1,760,000 t、品位 Au 0.1 g/t, Ag 130 g/t, Cu 0.8 %, Pb 1.5 %, Zn 10 % である。
- ⑨ この鉍量・品位は、経済的環境が整えば、開発の可能性を考慮することができる程度のものであり、また、今後の探査作業により、鉍量の増加も考えられる。更に、マープルをも開発対象として考えることもできる。
- ⑩ 鉍化帯の品位は深部に向かいかなり急激な低下傾向を示すが、スカルン帯を含めた鉍化帯の幅はそれほど劣化しない。
- ⑪ 鉍化作用に関係した火成岩や火成活動は高い確度をもってアルカリ岩類の活動に求める事ができる。その時期は  $\leq 50$  M. Y. のころ、白亜紀末から古第三紀の前半である。
- ⑫ 鉍化帯の著しい NE-SW 方向の構造は、小規模なアルカリ岩質貫入岩体(浅成相)の構造を反映したものであり、それはまた同時造構性の断層(断裂)の反映でもある。
- ⑬ 鉍化帯を構成する硫化物中の硫黄は、ジュラ紀の海水硫酸に由来する Biogenic な硫黄であることが高い確度をもって言える。このことと、第 2 年次の Sr/Sr 比のデータとはトウボ川地区の鉍化作用が、スカルン型の鉍化作用の物理的条件下に於いて、ラウス川層中に存在していた既成硫化物の移動・固定・再編であったことを暗示している。その温度条件  $430^{\circ}\text{C}$  は、多くのスカルン型鉍床の値に一致するものである。
- ⑭ トウボ川地区鉍化帯の今後の探査余地としては、NJI-13 の南西部、NJI-18 周辺、D<sub>6</sub> の下盤域、NJI-9~NJI-2 の北西部、NJI-11~NJI-12 間等がある。

## 第 2 章 将来への提言

トウボ川地区の将来については、これをこの 2 年間のボーリング調査の対象とした 9 鉍化帯に限定せず、比較的近傍のクリン川、スパン川の両鉍徴を含め、ニラオ川中流のマープル分布地域回りまで広げて検討することが考えられる。

今回の試算埋蔵鉍量 1,760,000 t、その経済価値 125,000,000 \$ は、探査の初期段階に於いて計上できた数値であり、探査余地も多いところから、今後の鉍量増が期待出来ることを意味するものと言えるが、一方、現段階では未だ精度が低いという問題点も持っている。については、トウボ川地区の将来への提言としては次のことが挙げられる。

- 1) 現在までに把握した鉍量・品位は、将来の開発ターゲットの候補となり得るが、更

に探査を進めて、鉍量の増を図ることが望まれる。

2) 鉍量の増につながる可能性のある探査余地としてトウボ川地区鉍化帯周辺では次のような部分が挙げられる。これらの部分については、ボーリング調査が望まれる。

- a. MJI-13～MJI-14の間
- b.  $D_6$ の下盤域
- c.  $D_5$ の南西および北東域
- d. MJI-11～MJI-12の間
- e. MJI-18の周辺
- f.  $D_2, D_3$ の下盤域
- g. 鉍化帯の下部延長

3) 比較的近傍に位置するクリン川、スパン川の両鉍化帯並びにニラオ川中流を含む地域もまた、地質的に見てポテンシャルが高いと見なされるので、これらの地域の探査を行えば鉍量増加が期待できる。これにより、トウボ川地区を中心とする周辺地域の総合的なポテンシャルを明らかにすることが望まれる。

4) 今回試算した鉍量・品位は、探査の初期段階における計算であるだけに、単位鉍化帯の連続性、鉍化帯の幅、品位の変動(ばらつき)の程度、鉍化部分の比重、品位と比重の相関性等について不確定な計算要素が多い。従って、今後の探査活動を通じてこれらの諸要素を確定して行くことが望まれる。このためには鉍化帯の産状から見て坑道とショート・ボーリングによる坑内探査が適当である。

