

第4章 F3 鉱体の考察

4-1 地質・構造

F3 鉱体付近の地質鉱化帯平面図を図 II-4-1 に示す。

F3 鉱体付近の地質は、三疊系中部統の石灰岩、これに貫入した古第三紀の閃長岩、この閃長岩を貫くミネット岩脈からなる。

石灰岩は地区の南西側で、急峻な崖を形成して分布する。本岩は淡灰色の塊状岩からなる。

閃長岩は三疊系の石灰岩に貫入しており、本地区に広く分布する。この閃長岩は全般に強風化作用を受けて軟弱である。閃長岩の内、未鉱化の風化閃長岩は褐色を呈するが、鉱化帯作用を受けた閃長岩は灰色～黒灰色を示す。

閃長岩中には石灰岩のブロックが多数取り込まれており、比較的大きなブロックは西部と東部に分布する。大きなブロックの石灰岩は淡灰色～灰色細粒質であるが、鉱化帯中に含まれる小規模な石灰岩は鉱化作用を伴って、白色～灰色微完晶質になっている。

ミネット岩脈はボーリングで確認できたが、地表部での確認はできなかった。本岩は小規模な岩脈として閃長岩を貫いている。本岩も閃長岩と同様に強風化作用を受けた褐色の軟弱岩である。本岩には緑色の黒雲母（大きさ 2～5mm）を特徴的に含む。

南東側の Dong Pao 川に沿って沖積層（砂礫層）が分布する。

広域的な地質構造帯の方向性は NW - SE 方向で、本地区はこの構造帯の中にある。本地区内の断層構造には、南西部で石灰岩と閃長岩を切る NNW-SSE 系の断層がある。また、ミネット岩脈の貫入方向はボーリングによる地質断面から NE-SW 系の方向性と推定される。

4-2 鉱床

ボーリング調査結果から地質鉱化帯断面図 A-A' から G-G' までの 7 断面を作成し、図 II-4-2 (1/7) ～ (7/7) に示した。また、東西断面に含まれる各ボーリング孔の分析結果から T-RE₂O₃ の品位を棒グラフ、CaF₂ および BaSO₄ の品位を折れ線グラフで記入し、図 II-4-3 (1/4) ～ (4/4) に示した。

F3 鉱体の鉱化変質帯の範囲は、風化のために露頭が少なく余り明瞭ではないが、既存の調査および今回の地表調査の結果から、東西約 300m、南北約 500m と推定した。ボーリングの鉱化状況から推定すれば、鉱化変質帯は西方と北方へさらに広がる可能性が高い。

本調査では、F3 鉱体のほぼ中央部に近い標高 826～875m 付近において約 50m 間隔で 16 孔のボーリングを実施し、Dong Pao 川の水位面に近い標高約 750m 付近までの鉱化作用を明らかにした。

(1) レアアース鉱化帯

16 孔のボーリングの内、MJVD-5, 6, 7, 9, 10, 12, 15n の 7 孔で T-RE₂O₃ が 10% 以上の有望なレアアース鉱化帯を確認し、さらに MJVD-2, 3, 4, 8, 16 の 5 孔ではこれに続く T-RE₂O₃ が 5～10% の中程度の鉱化帯を確認した。その他の 4 孔はいずれの低品位であった。

地質鉱化帯断面図の東西断面 (A-A'～D-D') に示すように、鉱化帯中の富鉱部の連続は東部で尖滅するが、西部では優勢になる傾向が見られる。南北断面 E-E' では南部の富鉱部

は地表近くにあり、北部の富鉍部がやや深部に賦存して、一見上部と下部が分かれた富鉍部に見える (MJVD-9 ボーリング)。しかし、東西断面 C-C'で分かるように、MJVD-9 の上部と下部の富鉍部はこの西側の MJVD-10 では両者が一緒になった一連の富鉍部と考えられる。

F3 鉍体の富鉍部 ($T-RE_2O_3 \geq 10\%$) の周辺部には中程度 ($10\% > T-RE_2O_3 \geq 5\%$) の鉍化帯があり、これらは広範囲に広がる低品位 (5%以下) な鉍化変質帯の中で比較的大規模な不規則レンズ状鉍体を形成している。

地質鉍化帯断面図から、 $T-RE_2O_3$ が 10%以上の有望な富鉍部を Fig. II-4-4 (1) に示した。

東西断面 D-D'より南側の富鉍部は地表下 30m付近までの既存資料を参考にして記入した。富鉍部の分布範囲は東西 100m以上、南北約 300mに及ぶが、本調査では富鉍部の西方と北方への連続を確認していないため、富鉍部はさらに拡大する可能性が高い。

F3 鉍体レアアース富鉍部の主要な鉍化状況を表 II-4-1 に示す。

表 II-4-1 レアアースの主要鉍化状況

Section No.	Boring No.	Depth (m)	Width (m)	Content T- RE_2O_3 (%)
A-A'	MJVD-15	63.00~77.00	14.00	10.90
B-B'	MJVD-6	63.00~87.00	24.00	14.20
	MJVD-12	46.00~91.00	45.00	10.82
C-C'	MJVD-10	44.00~96.00	52.00	10.44
	MJVD-9	64.00~88.00	24.00	10.59
	MJVD-7	39.00~55.00	16.00	11.72
D-D'	MJVD-5	0.00~25.00	25.00	11.00

(2) Fluorite の鉍化帯

Fluorite の鉍化が比較的顕著に見られたボーリング孔は MJVD-2, 5, 6, 7, 9, 10, 12, 15 で、その分布範囲を図 II-4-4 (2) に示す。

Fluorite の分布範囲は平面的にはレアアースの濃集部とほぼ重複している。しかし、垂直方向では一部の Fluorite はレアアースの分布範囲の近くに濃集している場合もあるが、それ以外の場所に濃集する場合が多く、両者の間には相関関係が認められない。従って、Fluorite とレアアースの生成時期はそれぞれの異なっていたと推定される。

Fluorite は閃長岩中では鉍染状、石灰岩中では細脈状および鉍染状に産する。

Fluorite の主要鉍化状況を表 II-4-2 に示す。

表 II-4-2 Fluorite の主要鉱化状況

Section No.	Boring No.	Depth (m)	Width (m)	Content CaF ₂ (%)
A-A'	MJVD-15	58.00 ~ 80.00	22.00	14.99
B-B'	MJVD-6	69.00~100.00	31.00	27.42
C-C'	MJVD-10	47.00~ 65.00	18.00	18.85
	Ditto	90.00~100.00	10.00	34.63
	MJVD-9	29.00~100.00	71.00	19.81
D-D'	MJVD-5	18.00~ 32.00	14.00	11.37
	Ditto	55.00~ 78.00	23.00	12.94

(3) Barite の鉱化帯

Barite の鉱化は当地区では非常に顕著に見られ、全てのボーリング孔で高品位を示した。Barite の分布範囲を FII-4-4 (3) に示す。

MJVD-1, 10, 13 のボーリング孔では Barite の鉱化が他のボーリング孔に比べて弱い。Barite の平面的な分布範囲はレアアースの分布範囲を超えて広く分布する。垂直方向ではレアアースの濃集部と無関係に Barite が濃集しており、両者の間に相関関係は認められない。Barite の富鉱部は南部から北部へ、また、東部から西部へ向かって厚くなり品位も高くなる傾向がある。Barite と Fluorite との相関関係も認められない。

Barite の特に顕著な鉱化が見られボーリング 4 孔の鉱化状況を表 II-4-3 に示す。

表 II-4-3 Barite の主要鉱化状況

Section No.	Boring No.	Depth (m)	Width (m)	Content BaSO ₄ (%)
A-A'	MJVD-16	10.00~33.00	23.00	62.03
	Ditto	36.00~75.00	39.00	68.01
B-B'	MJVD-6	0.00~76.00	76.00	50.95
	MJVD-12	1.00~90.00	89.00	58.93
C-C'	MJVD-8	1.00~59.00	58.00	60.20

(4) 鉱化状況

① 鉱石の産状

F3 鉱体は地表露頭部およびボーリングコアとも強弱はあるが全般に風化しており、鉱物の肉眼鑑定が非常に困難であった。このため、鉱化帯中の岩石や鉱石を色調によってある程度分類した。岩石や鉱石の色調には褐色、黒灰色～灰色、黄色～淡黄色、白色、紫色等があり、以下のように大きく分けられる。

- * 褐色～暗褐色、一部暗灰色：主に表土に見られる。
- * 褐色～淡褐色：強風化閃長岩が主体である。

- * 黒灰色～灰色：マンガン含有量のやや高い鉱石で $T\text{-RE}_2\text{O}_3$ は一般に 10% 以下の品位である（図 II-4-5・P3）。
- * 黄色～淡黄色：Bastnaesite の含有量が比較的高く、一般に 10% 以上の品位を示すことが多い（図 II-4-5・P2, P4）。
- * 白色：Barite で、礫状（図 II-4-5・P5）または風化して白色砂状である。
- * 紫色：Fluorite で、石灰岩中では結晶質であるが、強風化部では砂状（図 II-4-5・P6）で、マンガンに汚染されて暗紫色になる。

F3 鉱体の露頭は、ボーリング MJVD-3～5 地点付近の道路沿いの側壁で観察される。道路沿い露頭の採取試料位置およびその分析結果を図 II-4-6 に、MJVD-5 付近の露頭スケッチ図を図 II-4-7 に示す。

露頭スケッチ図に示すように、黄色～淡黄色は Bastnaesite の含有量の高い所で $T\text{-RE}_2\text{O}_3$ の分析品位は大半が 10% 以上で、最高品位は 56.28% である。この黄色～淡黄色部から移行した黒灰色部では $T\text{-RE}_2\text{O}_3$ の分析品位が 10% 以下である。左上には白色の Barite、左下には Fluorite の濃集部が挟まれる。

この Bastnaesite, Barite および Fluorite の富鉱部の産状は、各濃集部がそれぞれ水平方向に広がったレンズ状である。Barite の濃集部は Bastnaesite の上部に接し、Fluorite は挟まれて産出する。道路沿いの分析品位から見ても、Bastnaesite, Barite および Fluorite の間に相関関係は認められない。F3 鉱体の産状はこの露頭の産状に似ていると考えられる。

② 産出鉱物

鉱石薄片の鑑定結果を Apx. 1, X 線回折試験結果を Apx. 2 に示した。

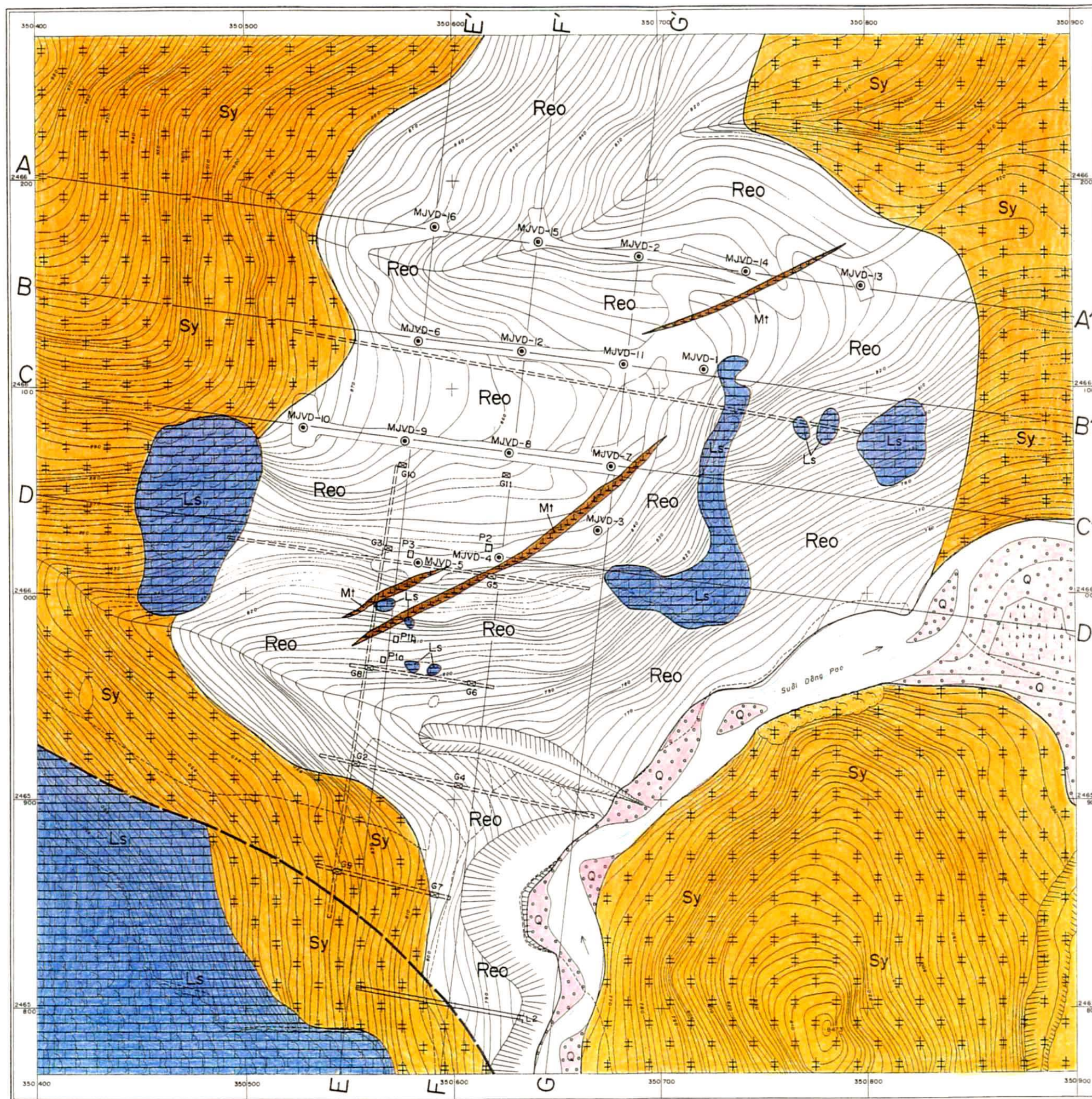
F3 鉱体から産出する鉱石鉱物は Bastnaesite, Synchysite, Barite, Fluorite および少量の Monazite からなり、脈石鉱物は Quartz, Calcite, K-feldspar および少量の Phlogopite, Illite, Kaolinite, Halloysite, Smectite, Boehmite 等である。

Bastnaesite の産状は、細粒の Bastnaesite が Barite, Fluorite, 石英の結晶粒間を埋めている場合（図 II-4-5・P7）が主体であり、一部では Bastnaesite 方解石の細脈が Barite や Fluorite 等の結晶粒を貫いている。Bastnaesite 方解石の細脈が Barite 結晶粒を貫いている写真を図 II-4-5・P7 に示す。

③ レアアース元素の挙動

F3 鉱体におけるレアアース元素の特徴をみるために、代表的なボーリングコア試料 (9 試料) とピットから採取した鉱石試験試料のコンドライトによる規格化を行った。図 II-4-8 にコンドライト規格化図を示す。規格化には C1 コンドライト (Evensen et al., 1978) の値を用いた。図中には Bastnaesite (Mountain Pass) とモナザイト (Yoganup) の値も合わせて示した。

図より、本調査のコア試料および選鉱試験試料は、コンドライトに比べて重希土類元素よりも軽希土類元素に富むことがわかる。コンドライト規格化パターンは、いずれも Bastnaesite のものに良い一致を示し、軽～中希土類元素に富むモナザイトのパターンとは明らかに異なる。従って、X 線回折試験、顕微鏡観察結果に加えて、レアアースの分配の



LEGEND

- Gravel and sand (quaternary)
- Syenite, Quartz syenite (paleogene?)
- Limestone (triassic)
- Minette (Dike)
- Rare earth-barite-fluorite mineralization zone
- Fault
- Drilling site
- Pit site
- Tunnel
- Old pit
- Old trench



图 II-4-1 F3地質鉍化帶平面图
- 143 -

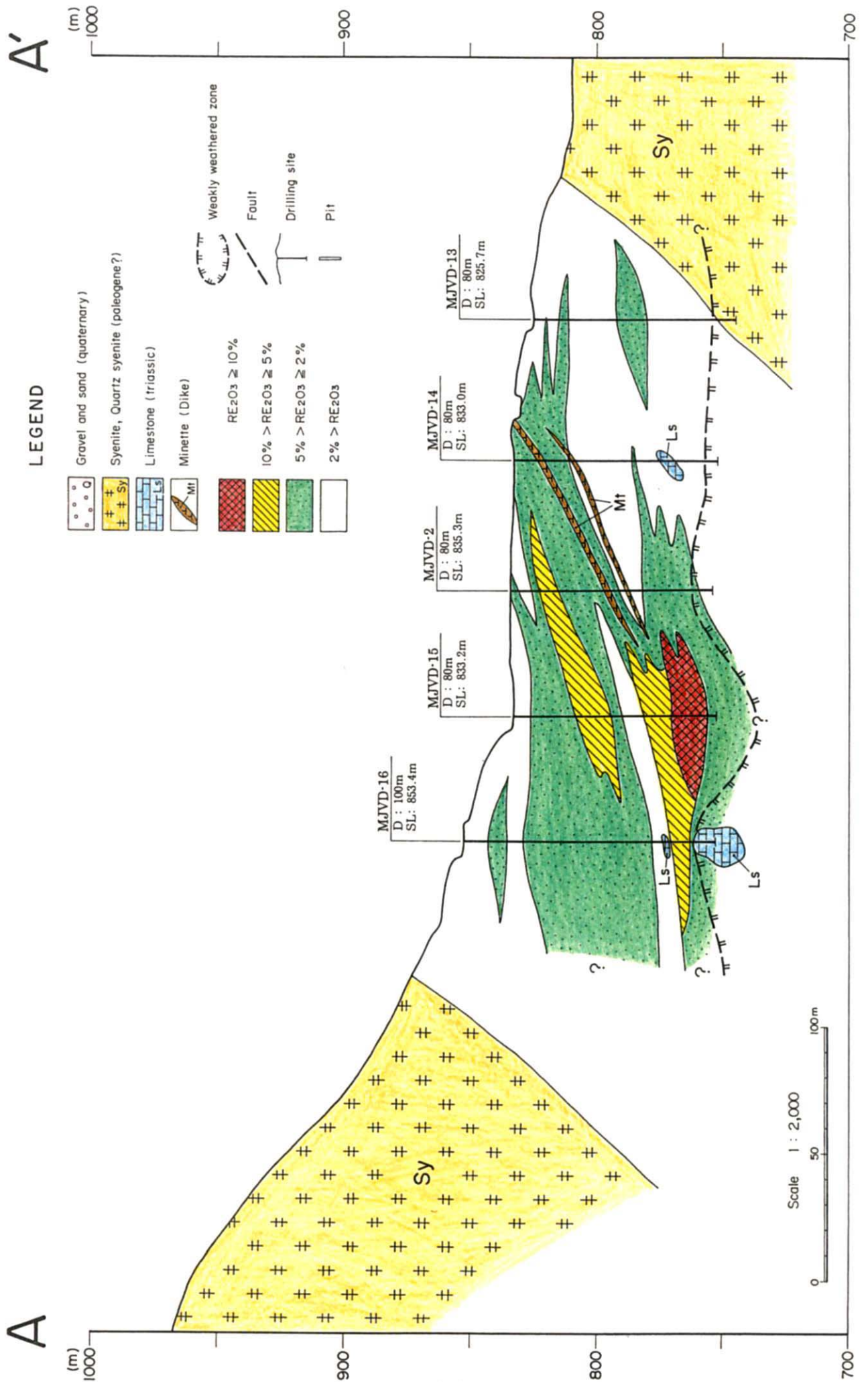


图 II-4-2 (1/7) F3地質鉍化帶断面图 (A-A')

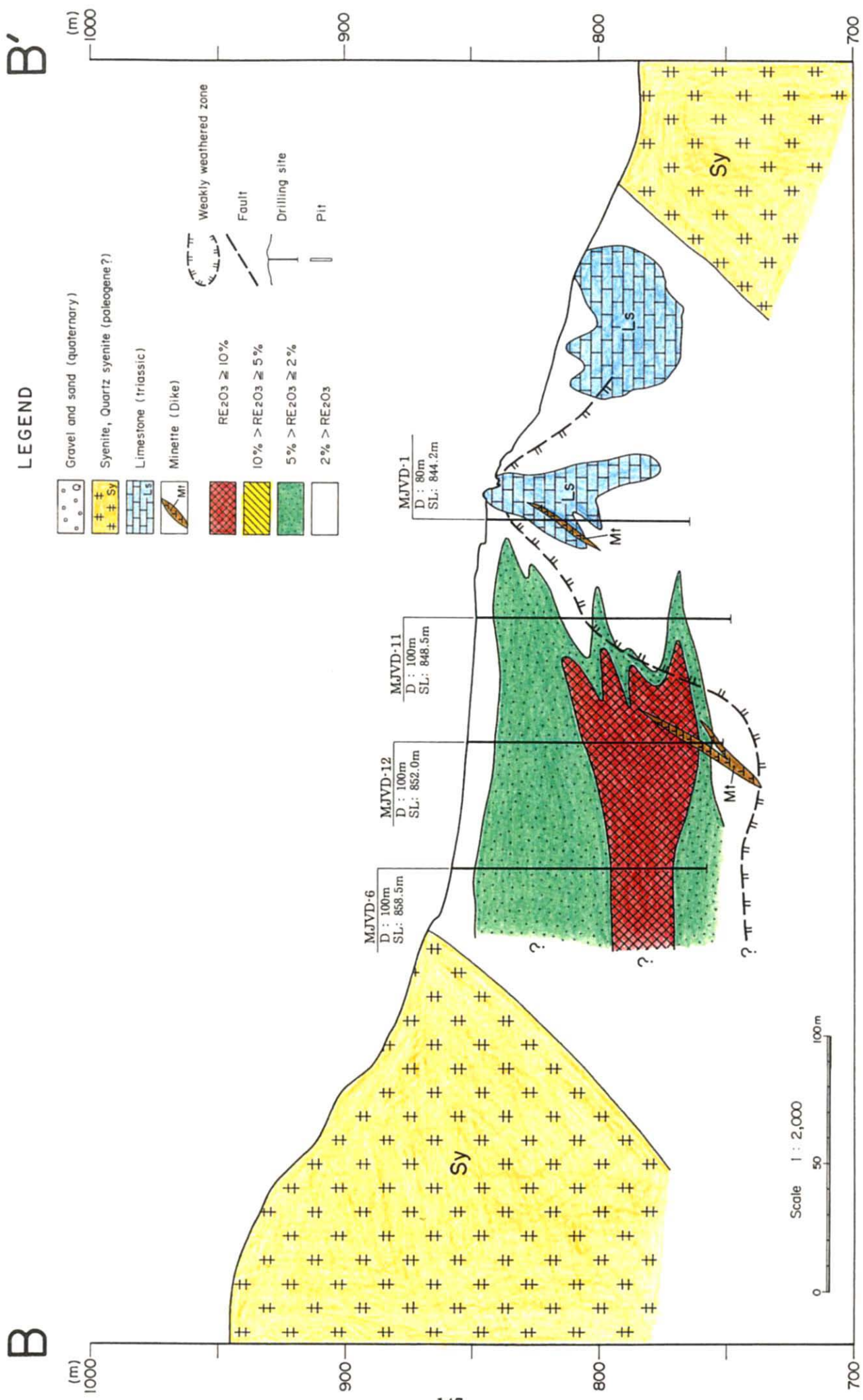


图 II-4-2 (2/7) F3地質鉍化帶断面图 (B-B')

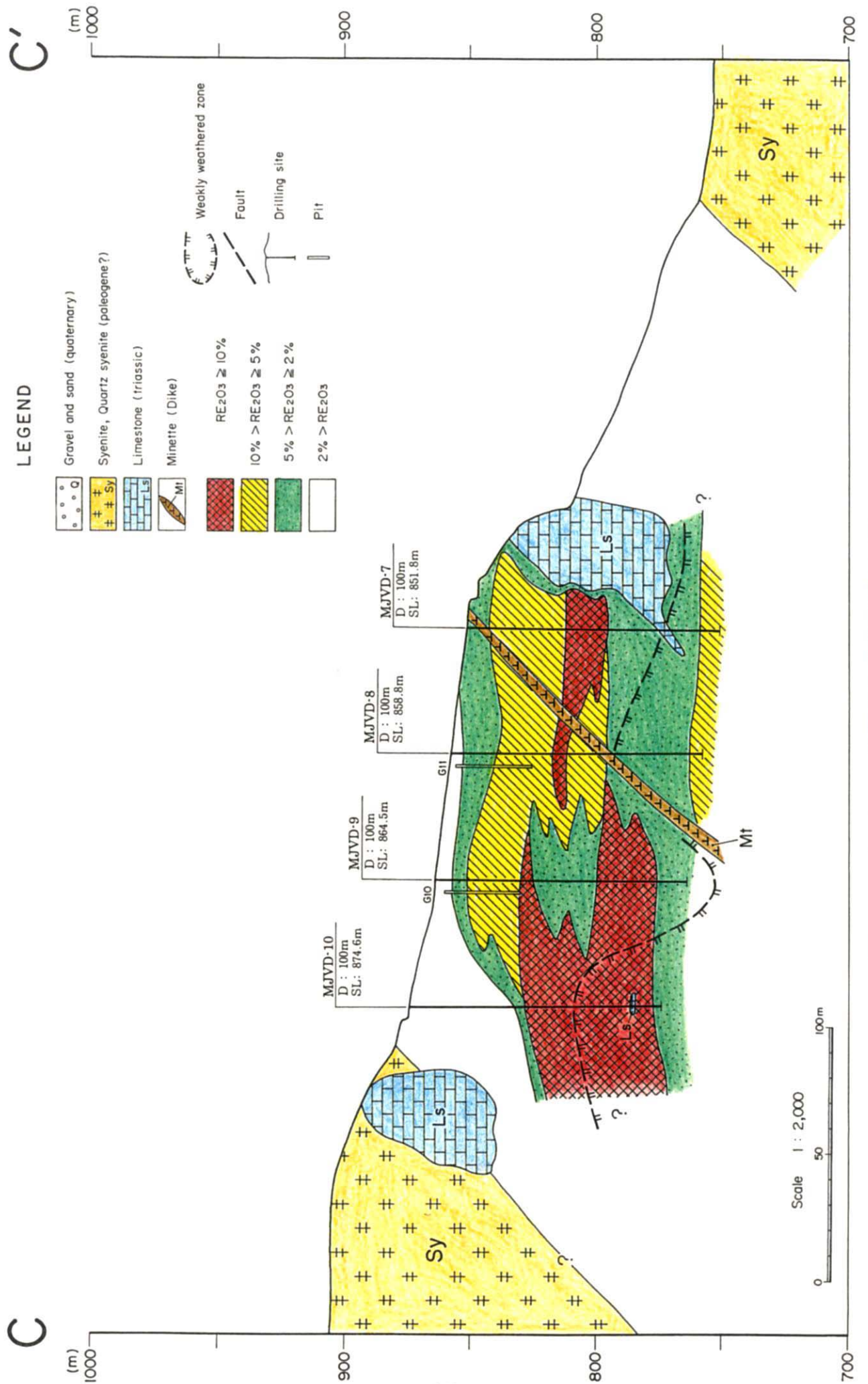
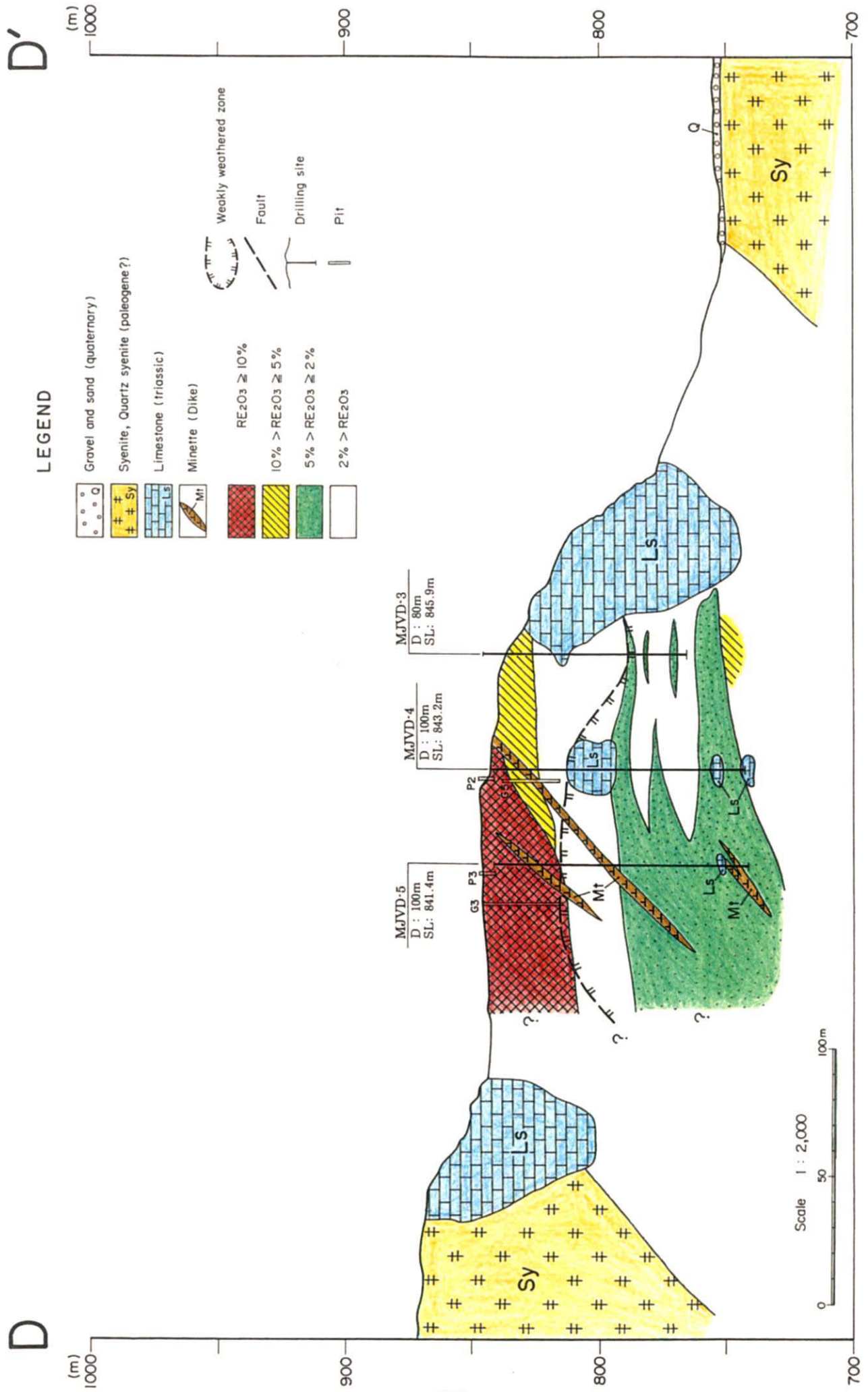
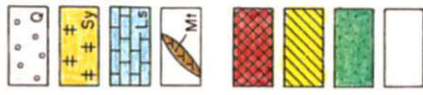


图 II-4-2 (3/7) F3地質鉍化帶断面图 (C-C')



LEGEND



D

(m)

1000

900

800

700

D'

(m)

1000

900

800

700

图 II-4-2 (4/7) F3地質鉍化帶断面图 (D-D')

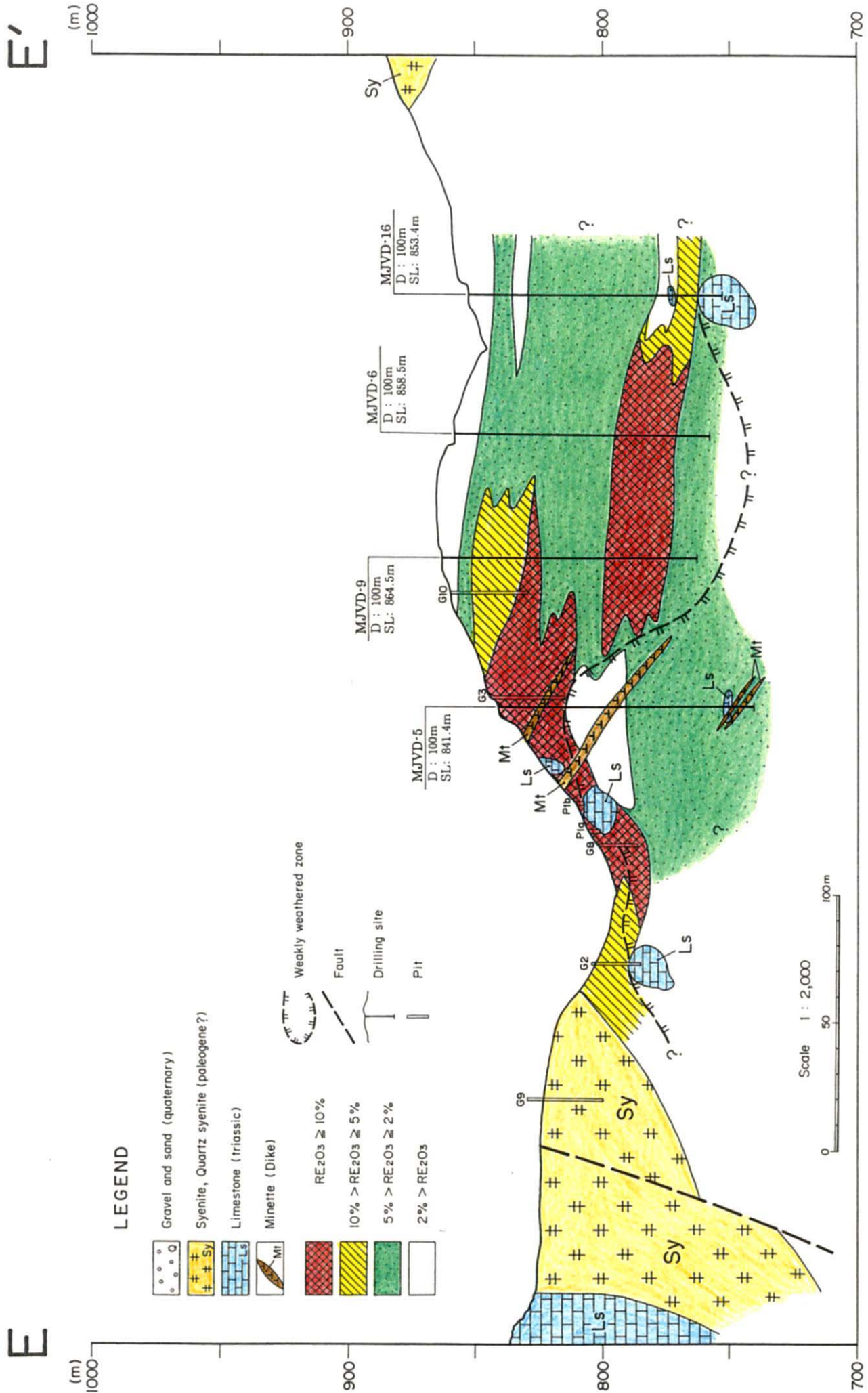


図 II-4-2 (5/7) F3地質鉍化帯断面図 (E-E')

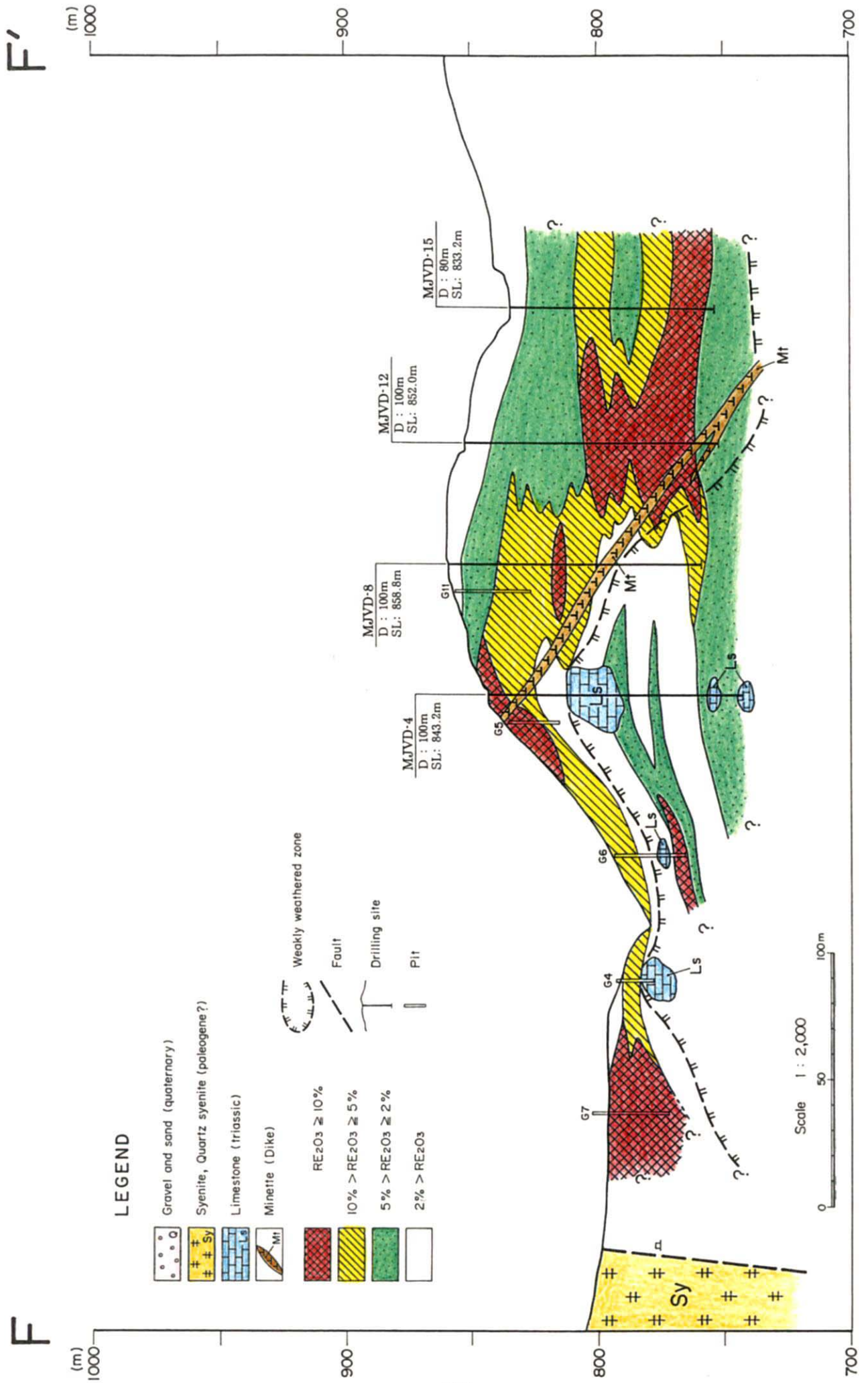


图 II-4-2 (6/7) F3地質鉍化帶断面图 (F-F')

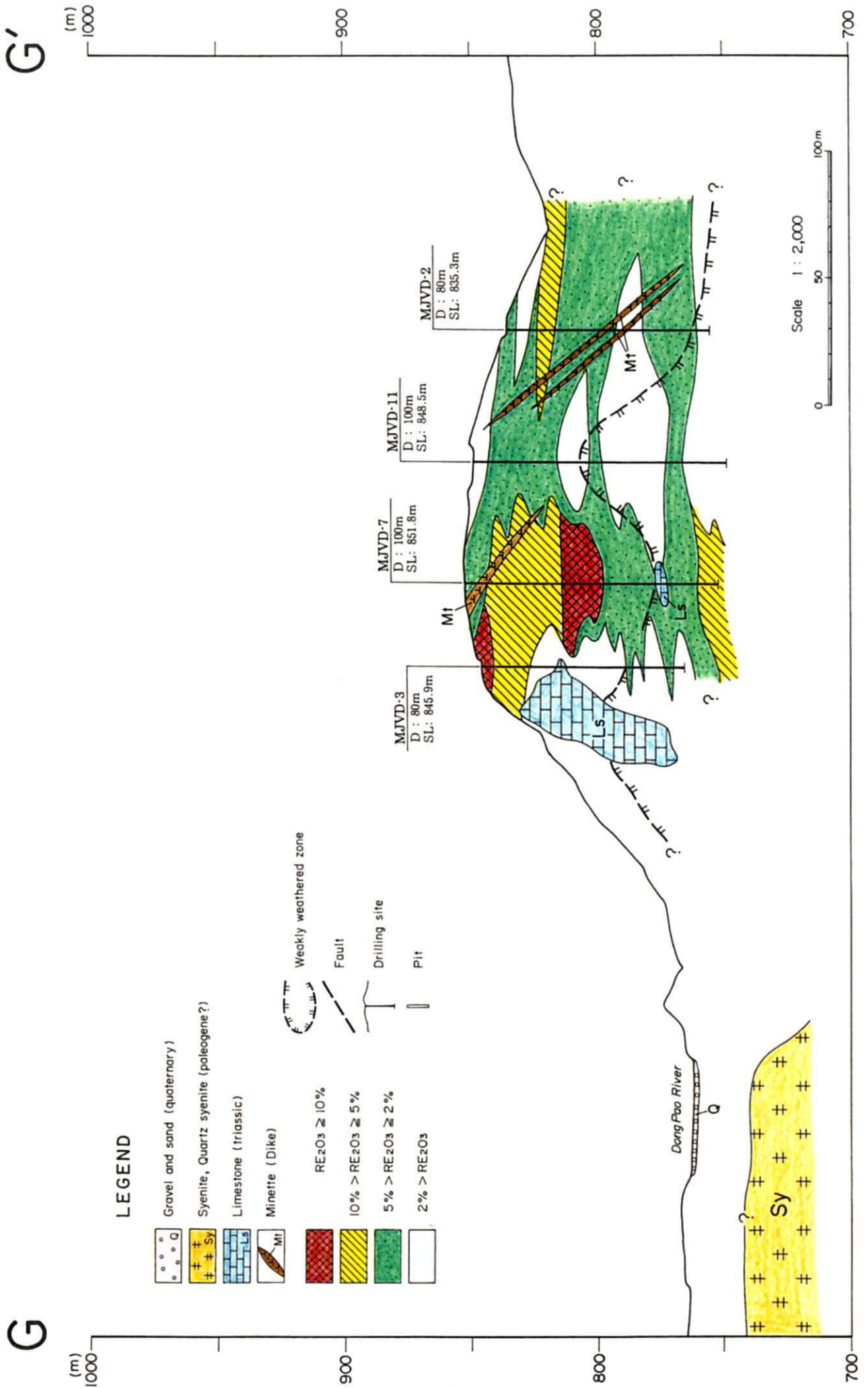


图 II-4-2 (7/7) F3地質鉍化帶断面图 (G-G')

A

A'

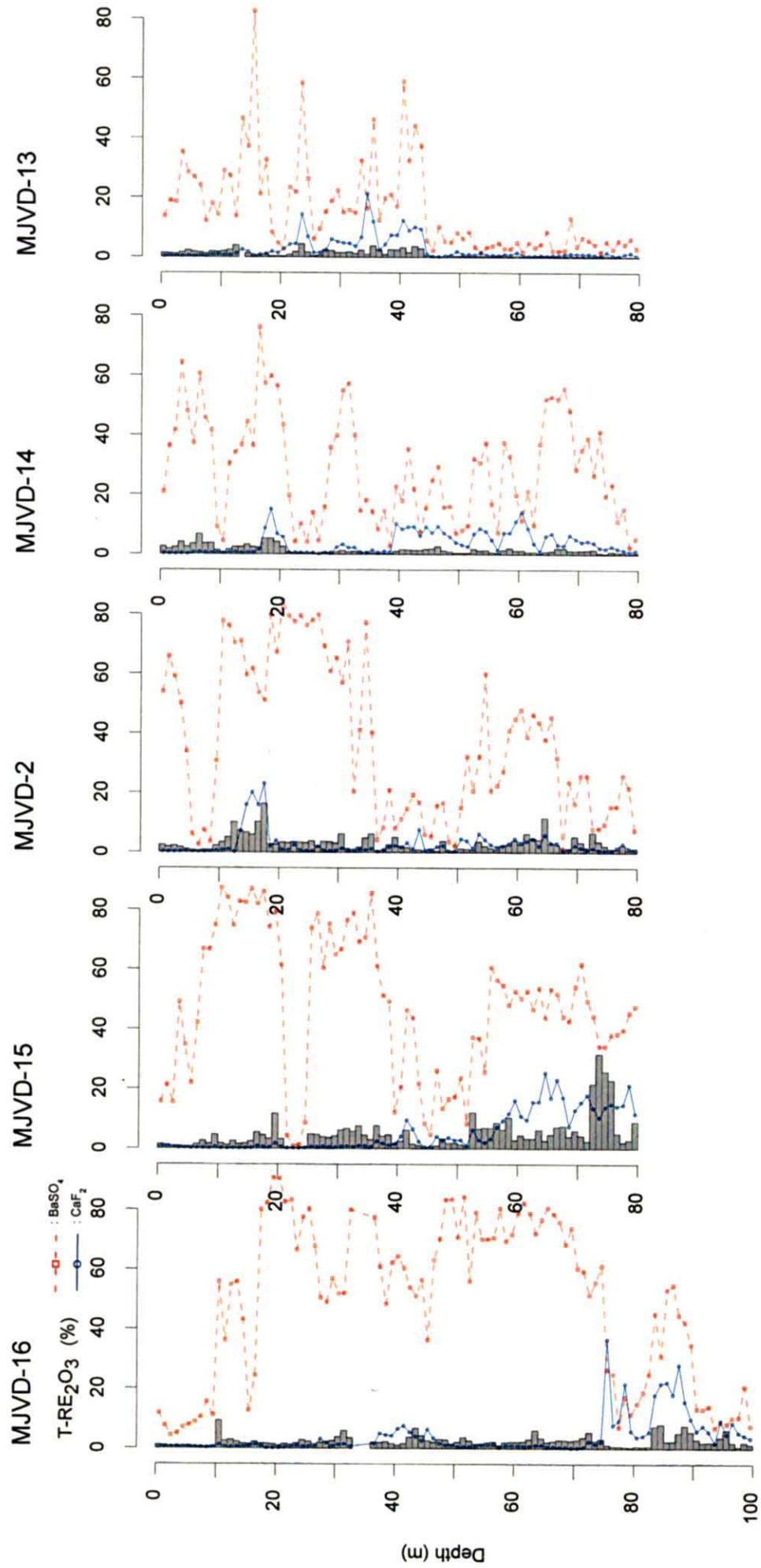
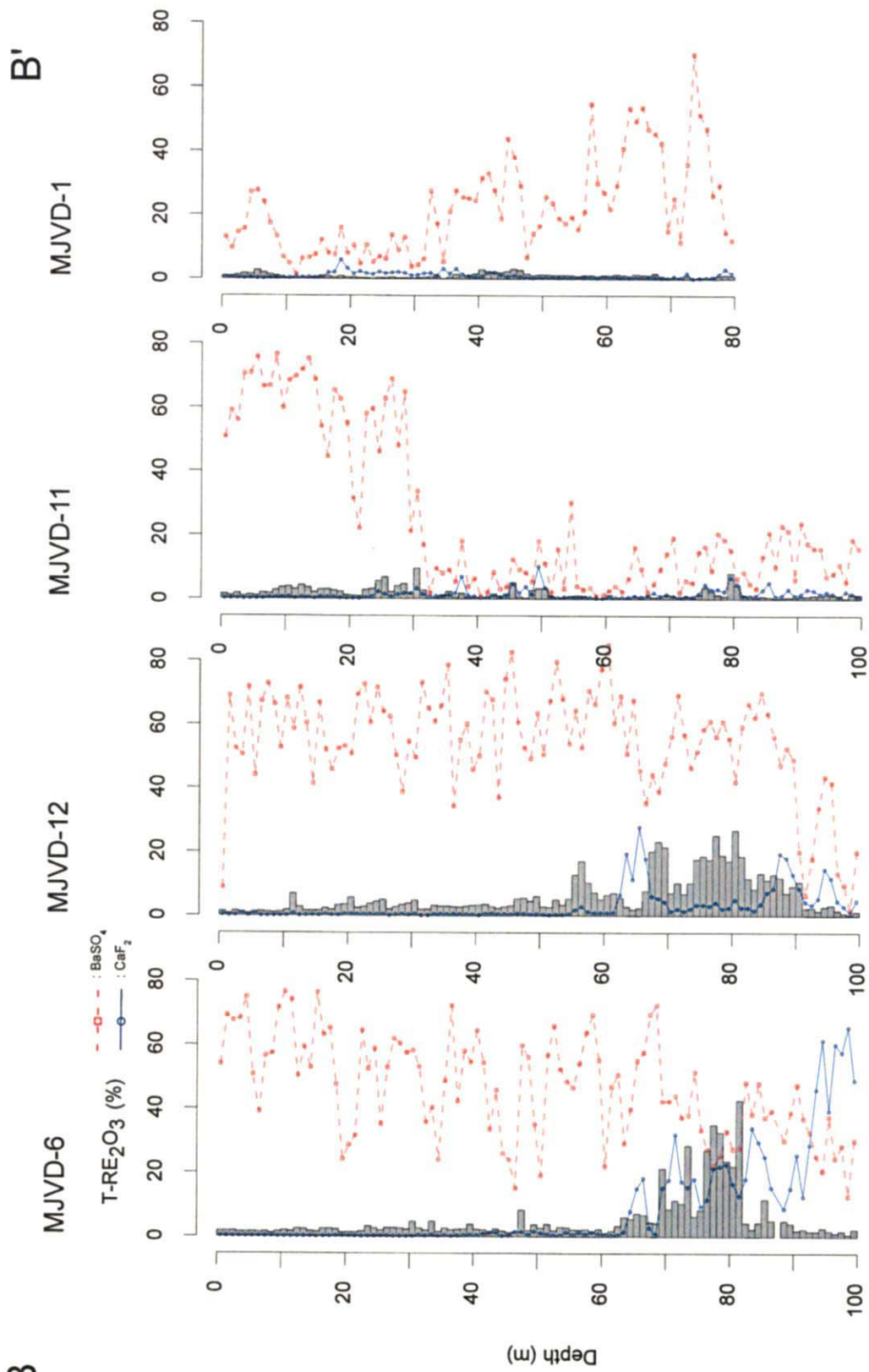


図 II-4-3 (1/4) ボーリング孔の T-RE₂O₃ - CaF₂ - BaSO₄品位関係図 (A-A')

B



B'

図 II-4-3 (2/4) ボーリング孔の T-RE₂O₃ - CaF₂ - BaSO₄品位関係図 (B-B')

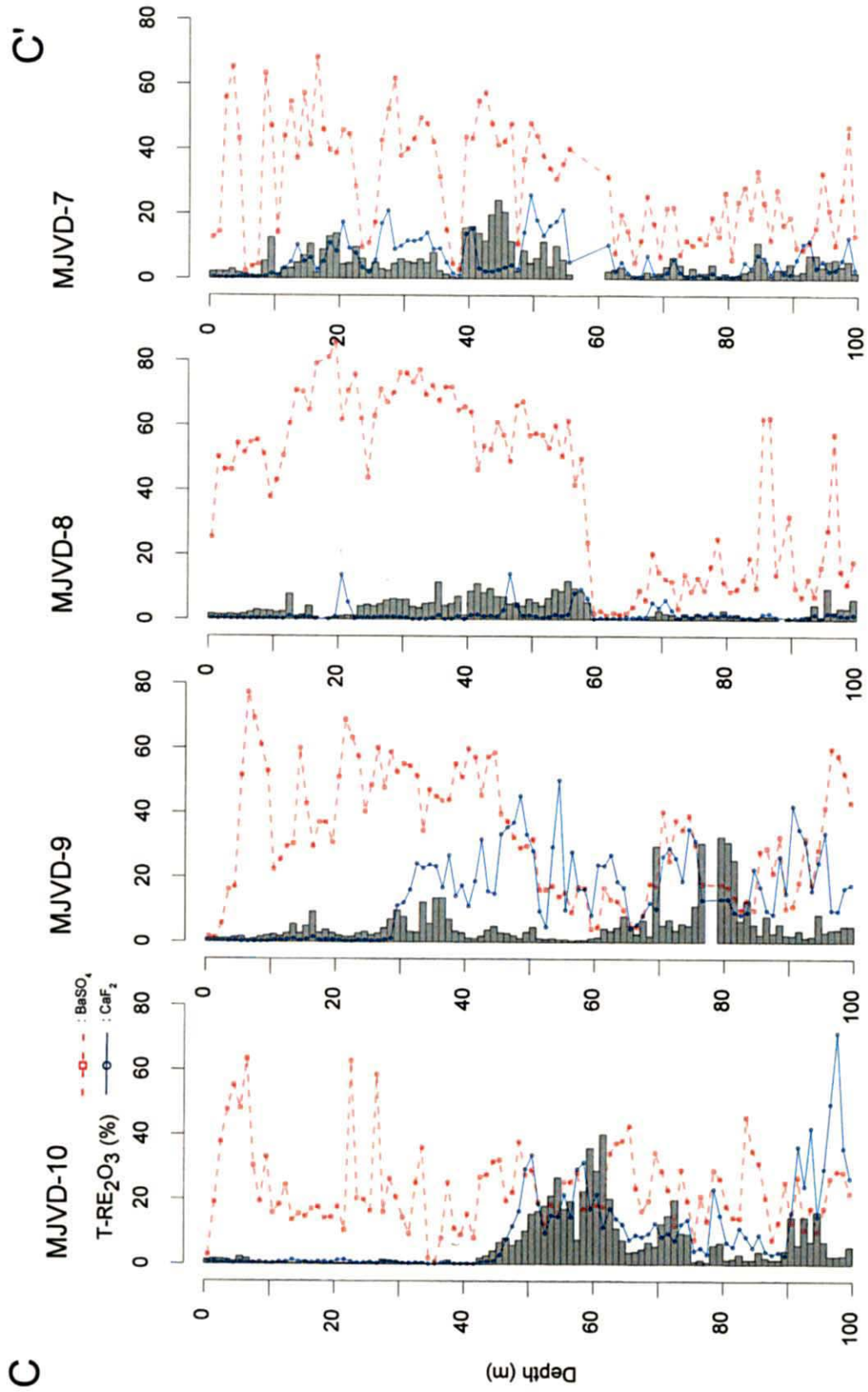


図 II-4-3 (3/4) ボーリング孔の $\text{T-RE}_2\text{O}_3 - \text{CaF}_2 - \text{BaSO}_4$ 品位関係図 (C-C')

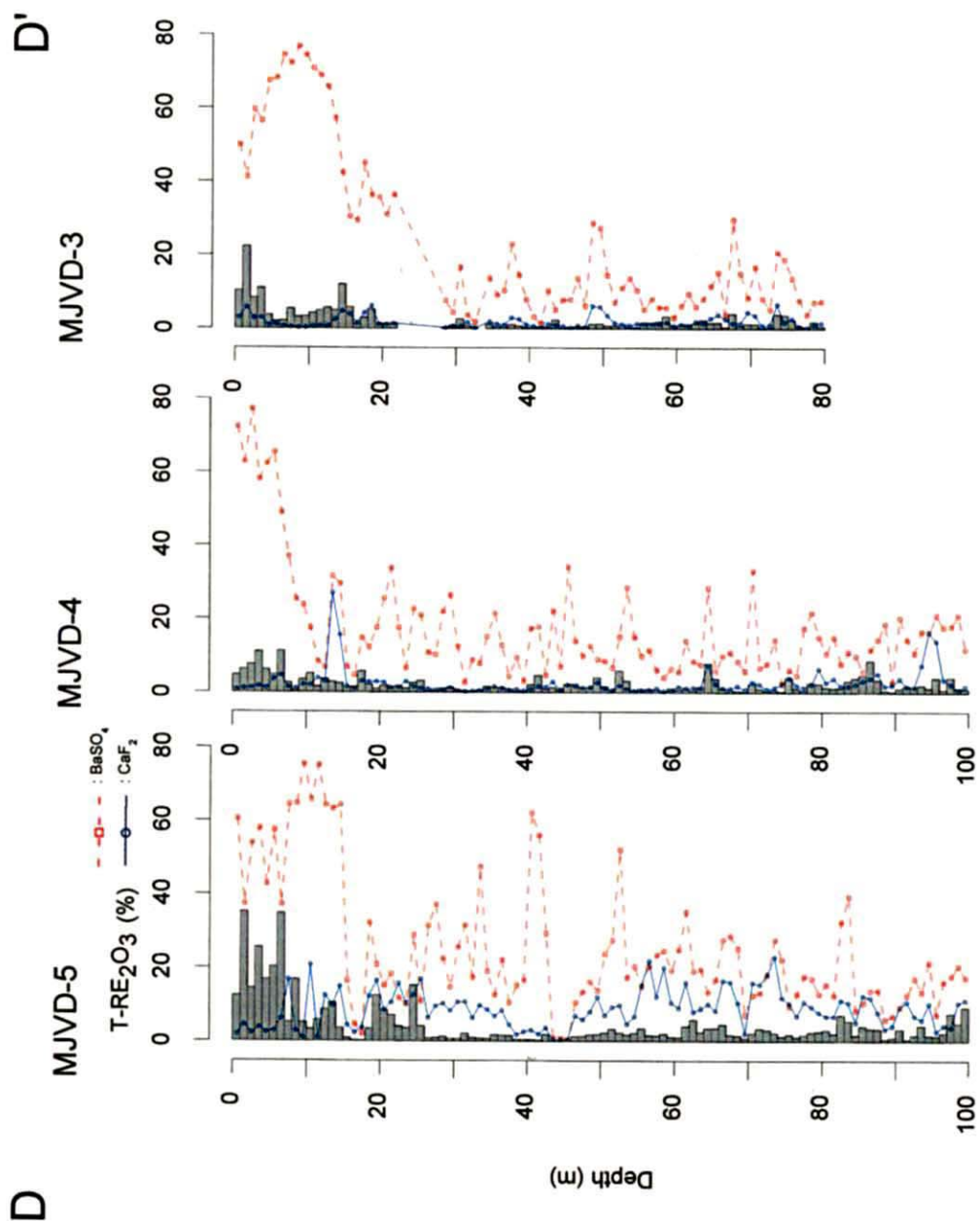
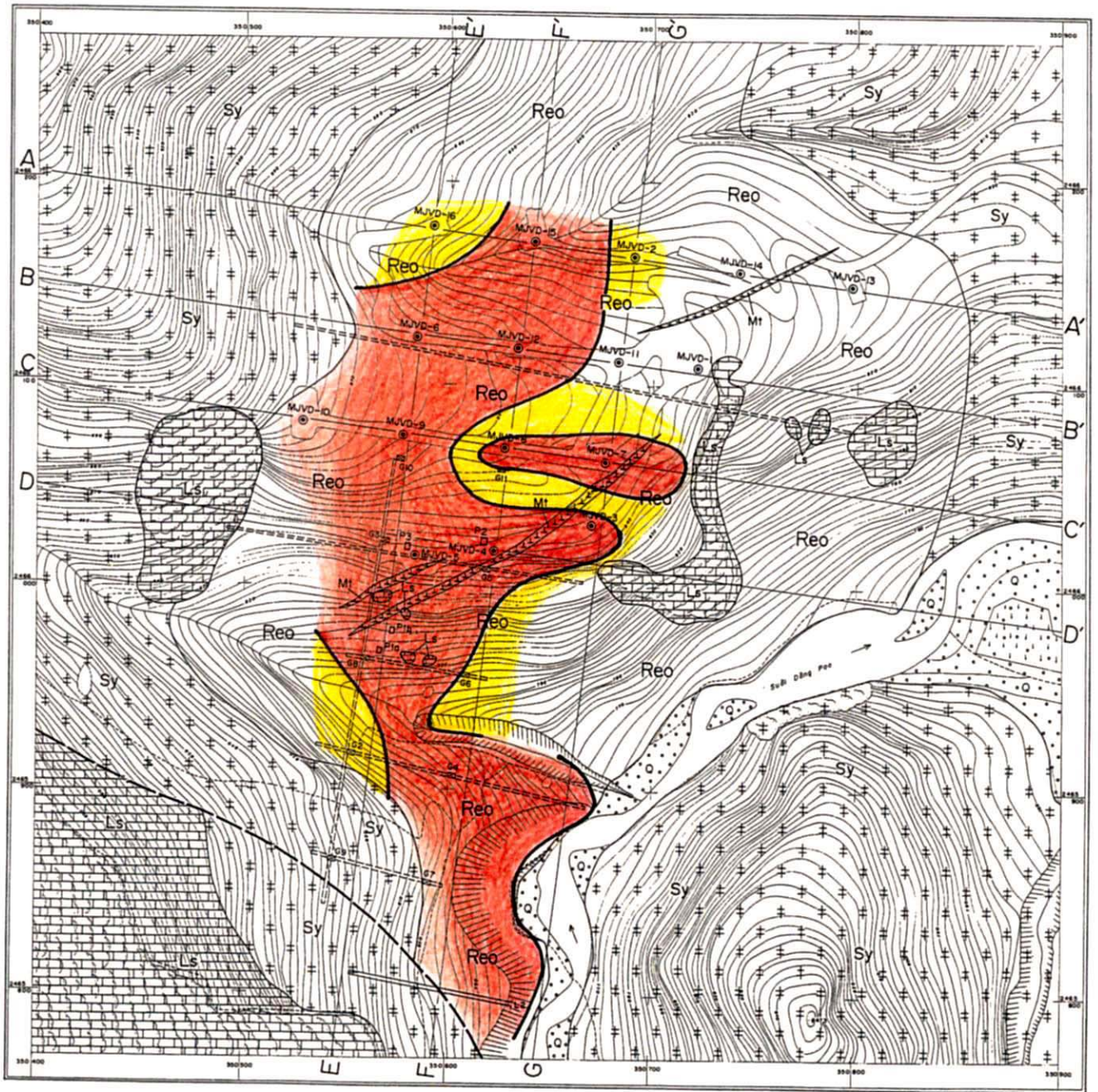


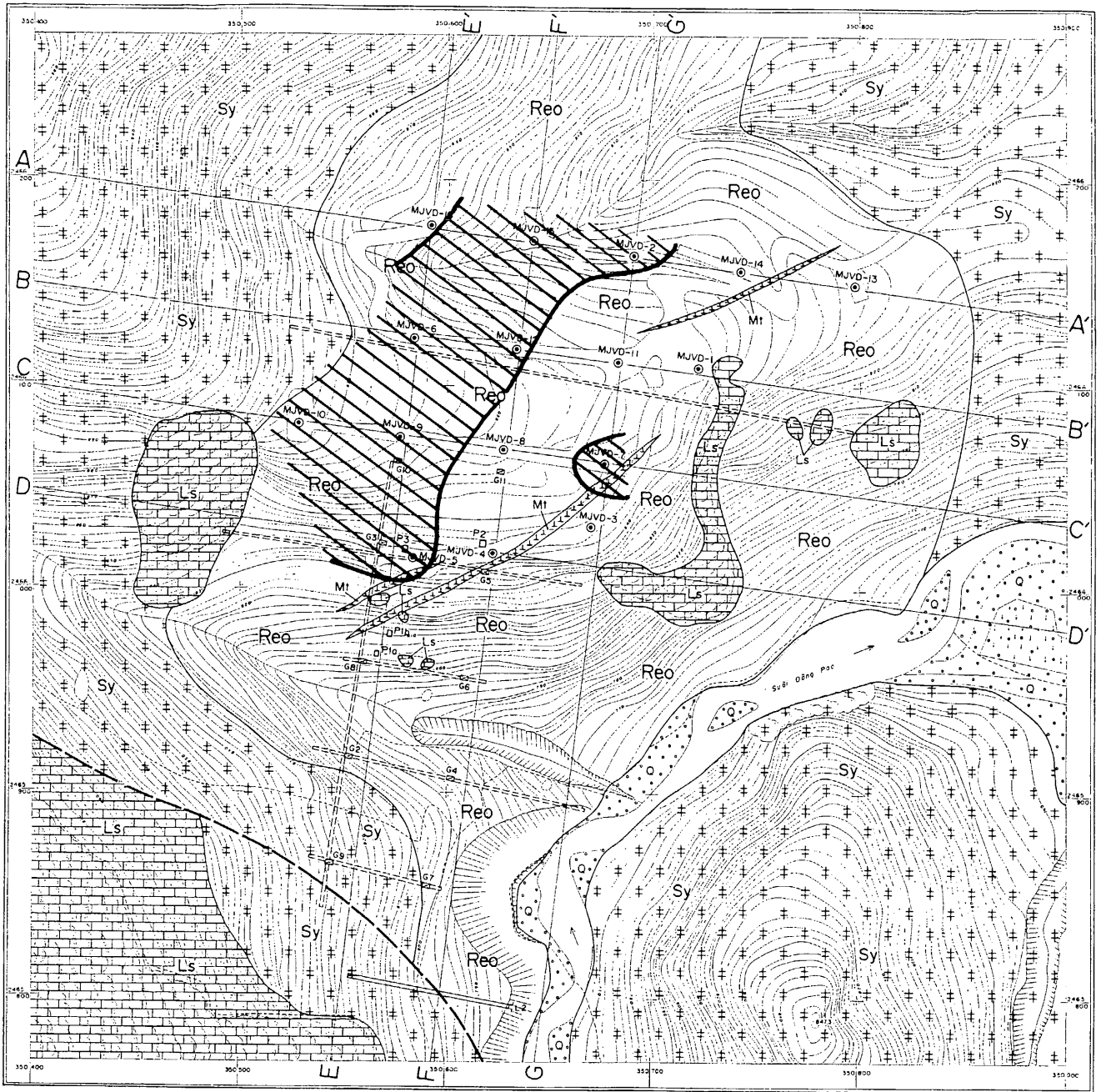
図 II-4-3 (4/4) ボーリング孔の T-RE₂O₃ - CaF₂ - BaSO₄品位関係図 (D-D')



LEGEND

- | | | | |
|--|--|--|----------------------------|
| | Gravel and sand (quaternary) | | $TRE_2O_3 \geq 10\%$ |
| | Syenite, Quartz syenite (paleogene?) | | $10\% > TRE_2O_3 \geq 5\%$ |
| | Limestone (trassic) | | |
| | Minette (Dike) | | |
| | Rare earth-barite-fluorite mineralization zone | | |
| | Fault | | |
| | Drilling site | | |
| | Pit site | | |
| | Tunnel | | |
| | Old pit | | |
| | Old trench | | |

図 II-4-4 (1) F3 鉍体のレアアース富鉍部の分布域



LEGEND













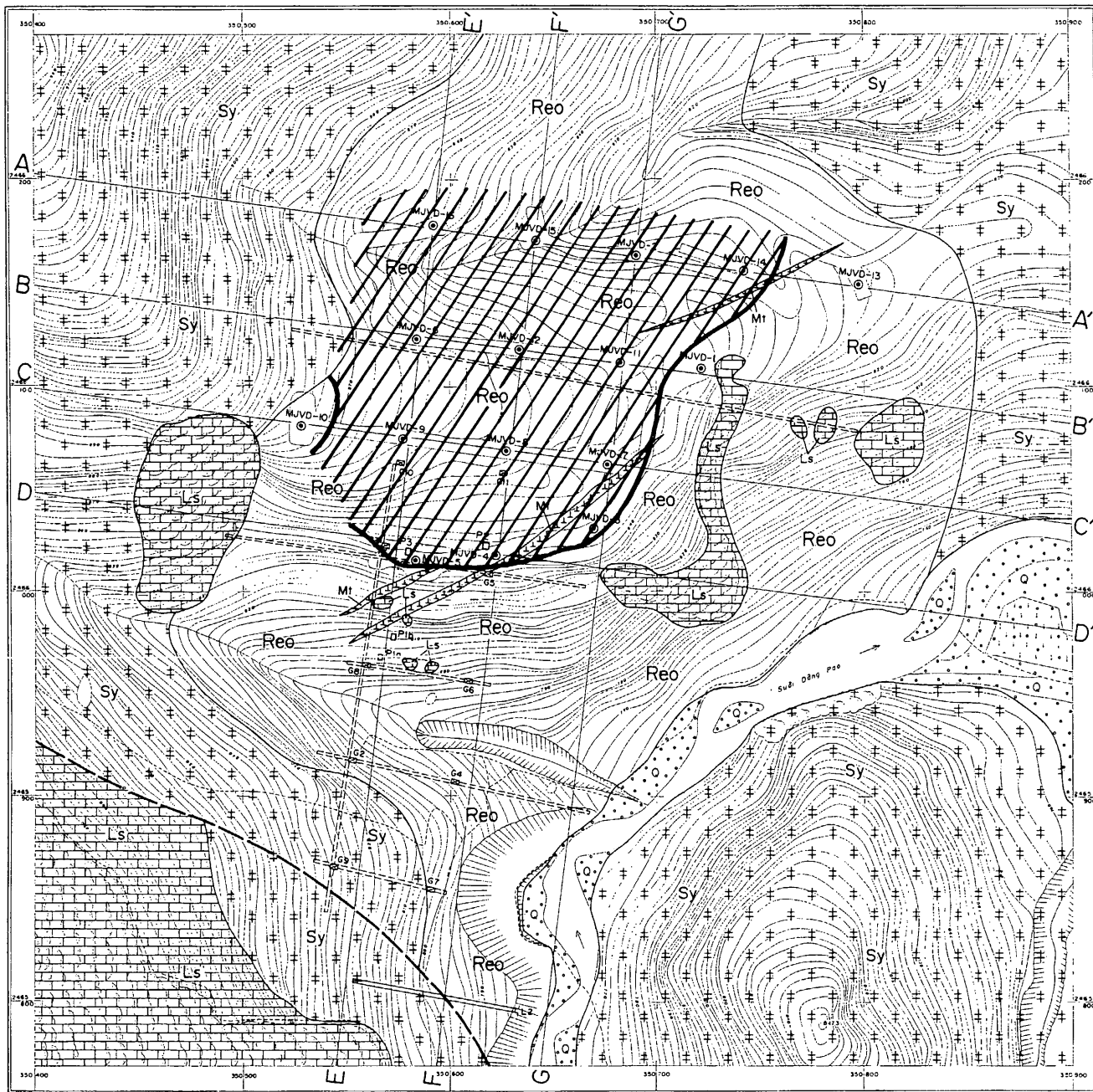
-  Gravel and sand (quaternary) (Q)
-  Syenite, Quartz syenite (paleogene?) (Sy)
-  Limestone (triassic) (Ls)
-  Minette (Dike) (Mt)
-  Rare earth-barite-fluorite mineralization zone (Reo)
-  Fault
-  Drilling site (MUV)
-  Pit site (P)
-  Tunnel
-  Old pit (G2)
-  Old trench
-  Fluorite rich zone (more than 10%)

図 II-4-4 (2) F3鉍体の螢石富鉍部の分布域



LEGEND

- Gravel and sand (quaternary)
- Syenite, Quartz syenite (paleogene?)
- Limestone (triassic)
- Minette (Dike)
- Rare earth-barite-fluorite mineralization zone
- Fault
- Drilling site
- Pit site
- Tunnel
- Old pit
- Old trench
- Barite rich zone (more than 40%)

図 II-4-4 (3) F3鉱体の重晶石富鉱部の分布域



P. 1 View of F3 orebody from north-west

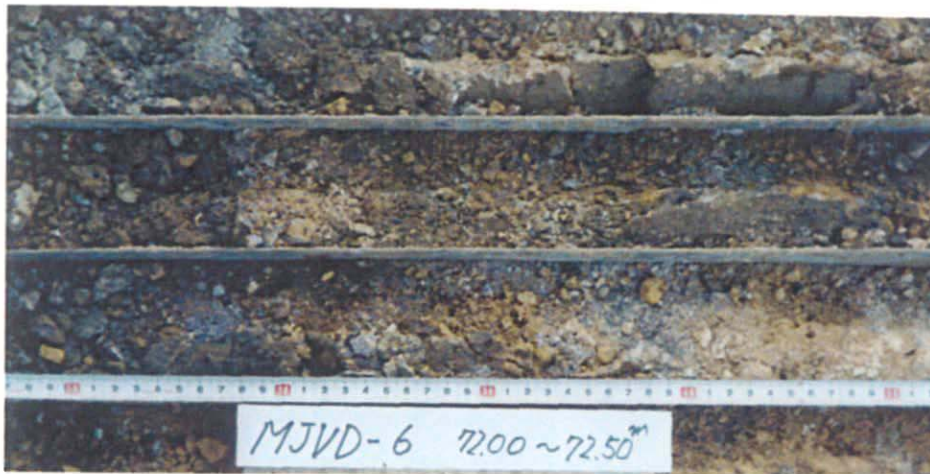


P.2 Pit 3 cutting
(Yellow part contains bastnaesite)

図 II-4-5 (1) F3鉱体の鉱石写真



P.3 MJVD-9 62.30~62.50m strongly weathered black ore
 (TRE₂O₃:3.36%, CaF₂:26.92%, BaSO₄:13.09%)

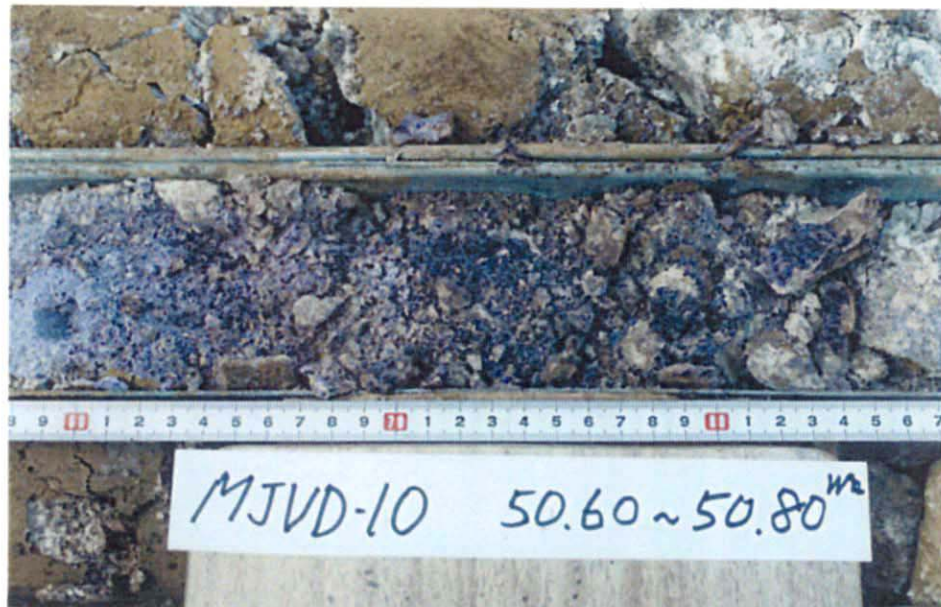


P.4 MJVD-6 72.00~72.50m
 Batnaesite: yellow, Fluorite:Purple, Barite:white
 (TRE₂O₃:10.36%, CaF₂:17.22%, BaSO₄:37.22%)

図 II-4-5 (2) F3鉱体の鉱石写真



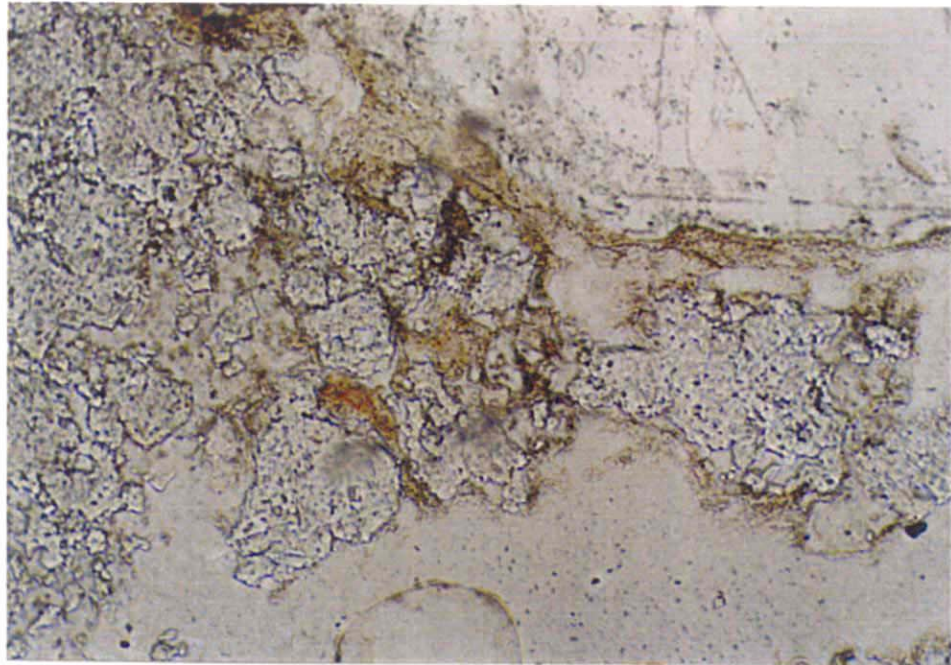
P.3 MJVD-4 13.60~13.80m
Fluorite:purple, Barite:white



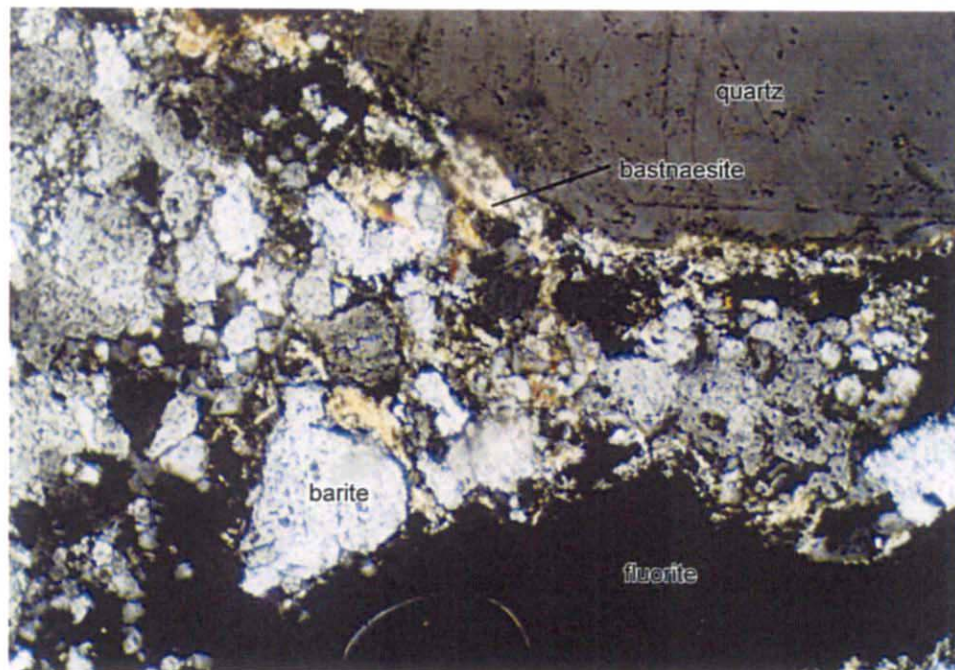
P.4 MJVD-10 50.60~50.80m
Fluorite:purple, Barite:white

図 II-4-5 (3) F3鉍体の鉍石写真

Sample No. P3-550
Rock Name : Barite and Fluorite
Location : Pit



Opened



Crossed

0.1mm

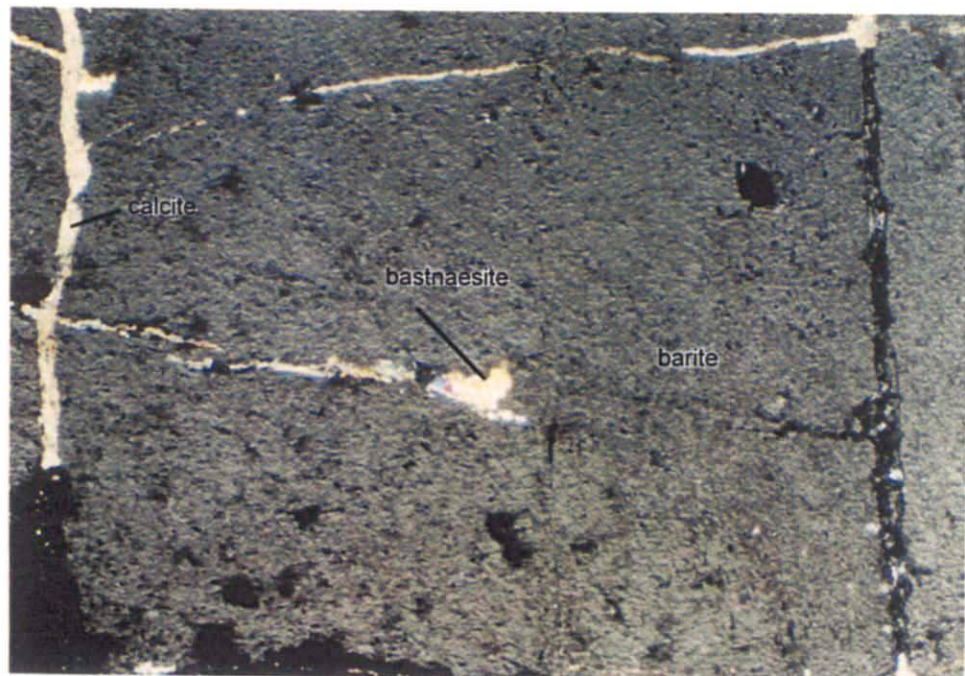
P.7 Sample from Pit P3, depth 550cm

図 II-4-5 (4) F3鉱体の鉱石写真

Sample No. MJVD-10-96.40
Rock Name : Barite and Fluorite ore
Location : Drilling core



Opened

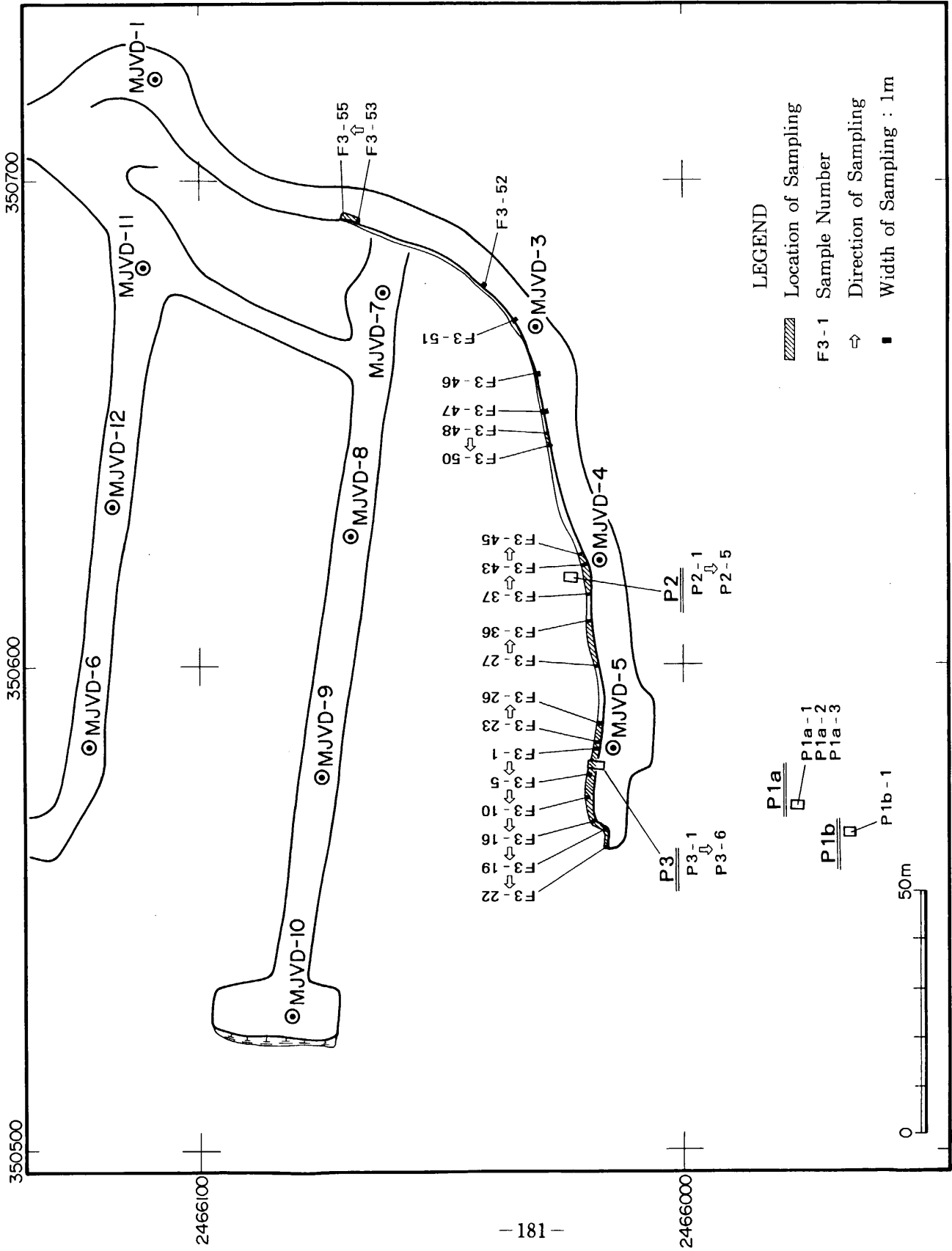


Crossed

P.8 Sample from Core of MJVD-10, depth 96.40m

1mm

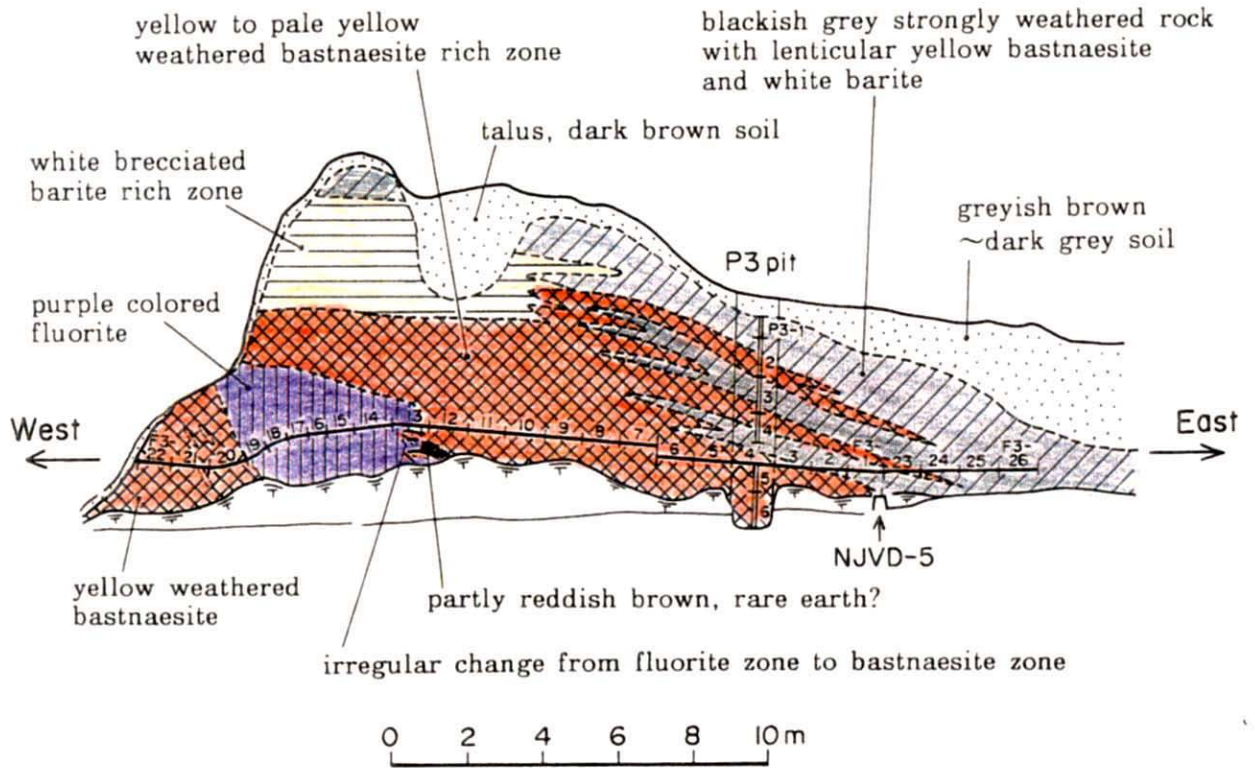
図 II-4-5 (5) F3鉋体の鉋石写真



Sample No.	Width	Assay result (%)		
		T-RE ₂ O ₃	BaSO ₄	CaF ₂
F3-1	1	4.10	64.07	0.39
F3-2	1	3.91	64.27	0.39
F3-3	1	7.27	64.11	0.39
F3-4	1	15.33	52.96	0.78
F3-5	1	3.44	61.40	0.39
F3-6	1	24.13	47.96	0.39
F3-7	1	14.15	59.47	0.39
F3-8	1	8.31	58.00	1.305
F3-9	1	22.25	39.02	4.23
F3-10	1	40.55	20.33	2.73
F3-11	1	56.28	16.87	1.17
F3-12	1	18.44	55.28	1.17
F3-13	1	6.39	57.57	14.03
F3-14	1	7.33	43.01	26.62
F3-15	1	2.32	17.02	65.82
F3-16	1	6.22	52.47	13.84
F3-17	1	8.45	37.84	24.32
F3-18	1	12.49	30.60	28.64
F3-19	1	27.79	13.12	64.09
F3-20	1	22.33	45.42	1.55
F3-21	1	33.94	42.10	0.97
F3-22	1	45.99	25.33	2.73
F3-23	1	3.91	64.52	0.195
F3-24	1	8.00	60.71	0.195
F3-25	1	7.88	67.05	0.195
F3-26	1	6.18	67.35	0.29
F3-27	1	7.15	68.03	0.97
F3-28	1	18.13	60.23	0.48
F3-29	1	29.05	49.48	0.58
F3-30	1	18.50	63.20	0.39
F3-31	1	29.83	49.79	0.58
F3-32	1	1.82	80.80	0.195
F3-33	1	7.17	65.99	0.195
F3-34	1	37.97	41.28	0.58
F3-35	1	39.61	39.69	0.49
F3-36	1	30.50	51.32	0.39
F3-37	1	0.37	90.81	0.19
F3-38	1	4.31	74.72	0.19
F3-39	1	5.20	65.14	0.19
F3-40	1	2.95	78.18	0.19
F3-41	1	8.83	70.26	0.39
F3-42	1	4.28	76.04	0.39
F3-43	1	4.26	78.52	0.29
F3-44	1	8.61	56.26	0.39
F3-45	1	1.53	74.05	0.19
F3-46	1	21.52	41.25	0.57
F3-47	1	0.10	31.50	3.90
F3-48	1	8.77	67.69	0.39
F3-49	1	16.58	57.06	0.37
F3-50	1	5.60	54.93	0.19
F3-51	1	10.48	67.09	0.39
F3-52	1	17.69	57.91	0.39
F3-53	1	3.59	58.98	0.19
F3-54	1	6.31	61.33	0.19
F3-55	1	6.79	60.44	0.19
Total		758.48	3022.22	282.98
Average		13.79	54.95	5.15

Sample No.	Width	Assay result (%)		
		T-RE ₂ O ₃	BaSO ₄	CaF ₂
P1a-1	1	6.53	41.93	19.87
P1a-2	1	6.04	37.10	19.46
P1a-3	1	13.80	39.41	19.67
P1b-1	1	10.77	36.80	32.14
P2-1	0.4	2.59	58.22	0.19
P2-2	1	3.36	59.15	0.19
P2-3	1	4.00	65.10	0.19
P2-4	1	5.07	73.69	0.19
P2-5	1	5.74	78.98	0.39
P3-1	0.6	9.16	57.05	0.19
P3-2	1	12.13	61.01	0.19
P3-3	1	1.216	62.20	0.39
P3-4	1	15.40	54.35	0.19
P3-5	1	28.71	44.89	0.39
P3-6	1	2.61	79.66	0.19
Total		138.07	849.54	93.85
Average		9.20	56.64	6.26

図 II-4-6 F3鉍体露頭部試料採取位置および分析結果



Sample No.	Width	Assay result (%)			Description
		T-RE ₂ O ₃	BaSO ₄	CaF ₂	
F3-1	1	4.10	64.07	0.39	black and grey mixed ore
F3-2	1	3.91	64.27	0.39	black and grey mixed ore
F3-3	1	7.27	64.11	0.39	black ore network
F3-4	1	15.33	52.96	0.78	yellow ore
F3-5	1	3.44	61.40	0.39	yellow >black ore
F3-6	1	24.13	47.96	0.39	black ore with yellow ore
F3-7	1	14.15	59.47	0.39	yellow ore
F3-8	1	8.31	58.00	13.05	yellow >>black ore
F3-9	1	22.25	39.02	4.29	yellow and black mixed ore
F3-10	1	40.55	20.33	2.73	mainly yellow ore
F3-11	1	56.28	16.87	1.17	mainly yellow ore
F3-12	1	18.44	55.28	1.17	mainly yellow ore
F3-13	1	6.39	57.77	14.03	yellow and black mixed ore
F3-14	1	7.33	43.01	26.69	fluorite > yellow = black ore
F3-15	1	2.92	17.02	65.84	fluorite > yellow, partly grey
F3-16	1	9.22	52.47	13.64	fluorite > yellow, partly grey
F3-17	1	8.45	37.54	24.35	fluorite > yellow, partly grey
F3-18	1	12.49	30.80	28.64	fluorite > yellow = black ore
F3-19	1	7.79	15.12	64.09	fluorite rich ore
F3-20	1	22.33	45.42	1.56	yellow = black > fluorite ore
F3-21	1	33.94	42.10	0.97	yellow >> fluorite ore
F3-22	1	45.99	25.33	2.73	yellow >> fluorite ore
F3-23	1	3.91	64.52	0.195	black >> yellow ore
F3-24	1	8.00	60.71	0.195	black >> yellow ore
F3-25	1	7.88	67.05	0.195	black >> barite ore
F3-26	1	6.18	67.35	0.29	black ore with yellow ore
P3-1	0.6	9.16	57.05	0.19	dark brown ore
P3-2	1	12.13	61.01	0.19	dark grey ore
P3-3	1	12.16	62.20	0.39	grey and yellow mixed ore
P3-4	1	15.40	54.35	0.19	grey and yellow mixed ore
P3-5	1	28.71	44.89	0.39	yellowish grey ore
P3-6	1	2.61	79.66	0.19	yellow bastnaesite rich ore

図 II-4-7 F3鉱体の露頭スケッチおよび分析結果

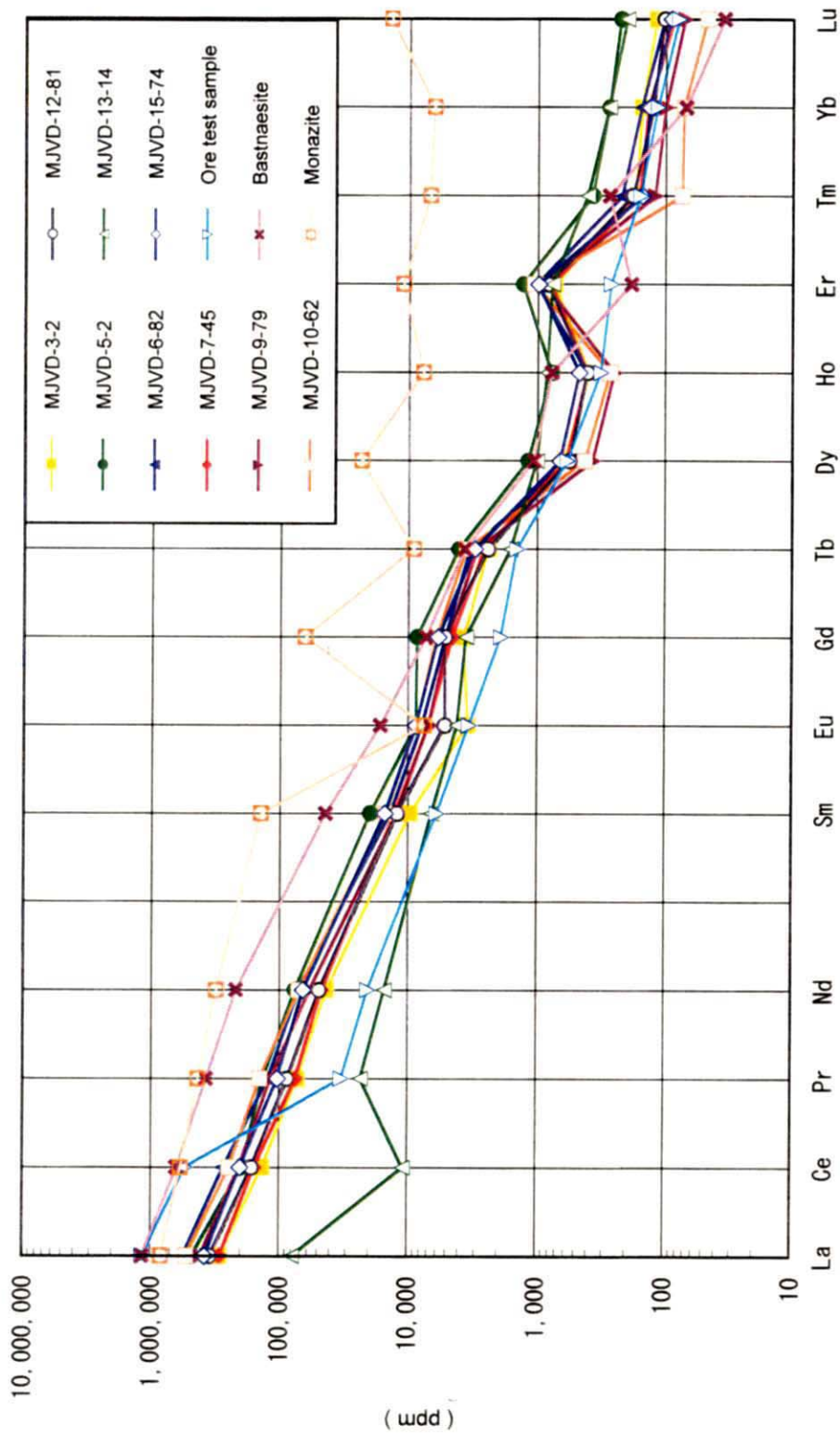


図 II-4-8 C1 隕石で規格化したREEパターン

点からも、F3 鈳体のレアアースの鈳化は Bastnaesite を主体としていることがわかる。

選鈳試験用の鈳石試料ではボーリングコア試料に比べて、La と Ce の富化が認められる。これは、選鈳試験用の鈳石試料が崖沿いの地表付近の試料であるため、レアアースの風化による2次富化が現れた可能性が考えられる。また、MJVD-5-2 試料において、Ce の負の異常が認められる。これは、MJVD-5-2 試料が他の試料に比べて、Bastnaesite (Ce) よりも Bastnaesite (La) に富む可能性が考えられる。

4-3 F3 鈳体の概略鈳量の検討

平成 12 年度に実施したボーリング調査範囲について、概略の鈳量を検討した。その検討図面を図 II-4-9、図 II-4-10、計算結果を表 II-4-4 に示す。この概略鈳量計算結果は、F3 鈳体の西部および北部延長が確認されていないため、この鈳量はごく大雑把な目安としての鈳量に過ぎない。

鈳画は T-RE₂O₃ 品位の平均が 10%以上の富鈳部を対象に 13 鈳画を設定して計算した。鈳体西部および北部は着鈳部から約 25mまでを対象とし、比重は 1986 年に実測された 1.93 を用いた。

表 II - 4 - 4 ボーリング調査範囲の TREO 鈳量計算結果一覧表

ブロック	MJVD No.	断面積-1 m ²	断面積-2 m ²	断面積平均 m ²	奥行 m	体積 m ³	平均品位 %	比重 g/cm ³	鈳量 t	TREO 量 t
C1	15	350		350.00	25	8,750	10.90	1.93	16,888	1,841
C2	6	600		600.00	25	15,000	14.20	1.93	28,950	4,111
C3	6, 12, 15	1,200	175	687.50	25	47,188	11.81	1.93	91,072	10,756
C4	12, 15	1,125	175	650.00	50	32,500	10.84	1.93	62,725	6,799
C5	10	2,556		2556.25	25	63,906	10.45	1.93	123,339	12,889
C6	6, 9	1,031	600	815.63	50	40,781	12.21	1.93	78,708	9,609
C7	6, 12	2,325		2325.00	25	58,125	12.00	1.93	112,181	13,457
C8	9	600		600.00	50	30,000	10.58	1.93	57,900	6,126
C9	8	120				1,600	10.51	1.93	3,088	325
C10	7	624		624.00	50	8,320	11.75	1.93	16,058	1,887
C11	9, 10	3,156		3156.25	25	42,083	10.49	1.93	81,221	8,521
C12	5	700	0	350.00	25	9,333	11.01	1.93	18,013	1,983
C13	5	525				15,438	11.01	1.93	29,794	3,280
Total						373,024	11.33		719,937	81,584

安全率 10%	647,943	73,425
安全率 20%	575,949	65,267

Ore class I の概略鈳量計算結果を安全率 0%で表示し、その他に計算結果の安全率を 10%および 20%考慮した場合の鈳量を以下に示した。

安全率	T-RE ₂ O ₃ の 10%以上の鉱量	T-RE ₂ O ₃ の品位	T-RE ₂ O ₃ の含有量	備考
0%	719, 937 t	11. 33%	81, 584 t	
10%	647, 943 t	11. 33%	73, 425 t	
20%	575, 949 t	11. 33%	65, 267 t	①

今回、1986 年の報告書による鉱床断面図に基づいて、F3 鉱体の南部について新たに 18 鉱画を設定して鉱量の再計算を実施し、その結果は既に第 I 部第 4 章の表 I-4-6 に示したとおりである。

本ボーリング調査範囲について計算した概略鉱量と表 I-4-6 の F3 鉱体南部の鉱量とは鉱画の一部が重複しているため、これ相当する鉱量として表 I-4-6 の鉱画の内、CI-13 から CI-18

の鉱量を削除した鉱量を求めて以下に示した。

安全率	Ore class I (C1+C2) の 鉱量	T-RE ₂ O ₃ の品位	T-RE ₂ O ₃ の含有量	備考
0%	393, 322 t	13. 44%	52, 856 t	
10%	353, 990 t	13. 44%	47, 570 t	
20%	314, 657 t	13. 44%	42, 285 t	②

以上の計算結果の内、F3 鉱体が不規則レンズ状の鉱体であることから、安全率 20%を考慮した鉱量を概略鉱量と考え、前表備考欄の①と②の合計を F3 鉱体の概略鉱量とした。その結果は次のとおりである。

安全率	Ore class I (C1+C2) の鉱量	T-RE ₂ O ₃ の品位	T-RE ₂ O ₃ の含有量
20%	890, 606 t	12. 08%	107, 552 t

この結果から、現在までのデータによって計算された F3 鉱体の T-RE₂O₃ 10%以上の概略鉱量の総計は、鉱量が約 89 万トン、平均品位が約 12%、T-RE₂O₃ の含有量が約 10 万トンと推定される。

今後、F3 鉱体の西部および北部への連続が明らかになれば、さらに鉱量増が期待される。

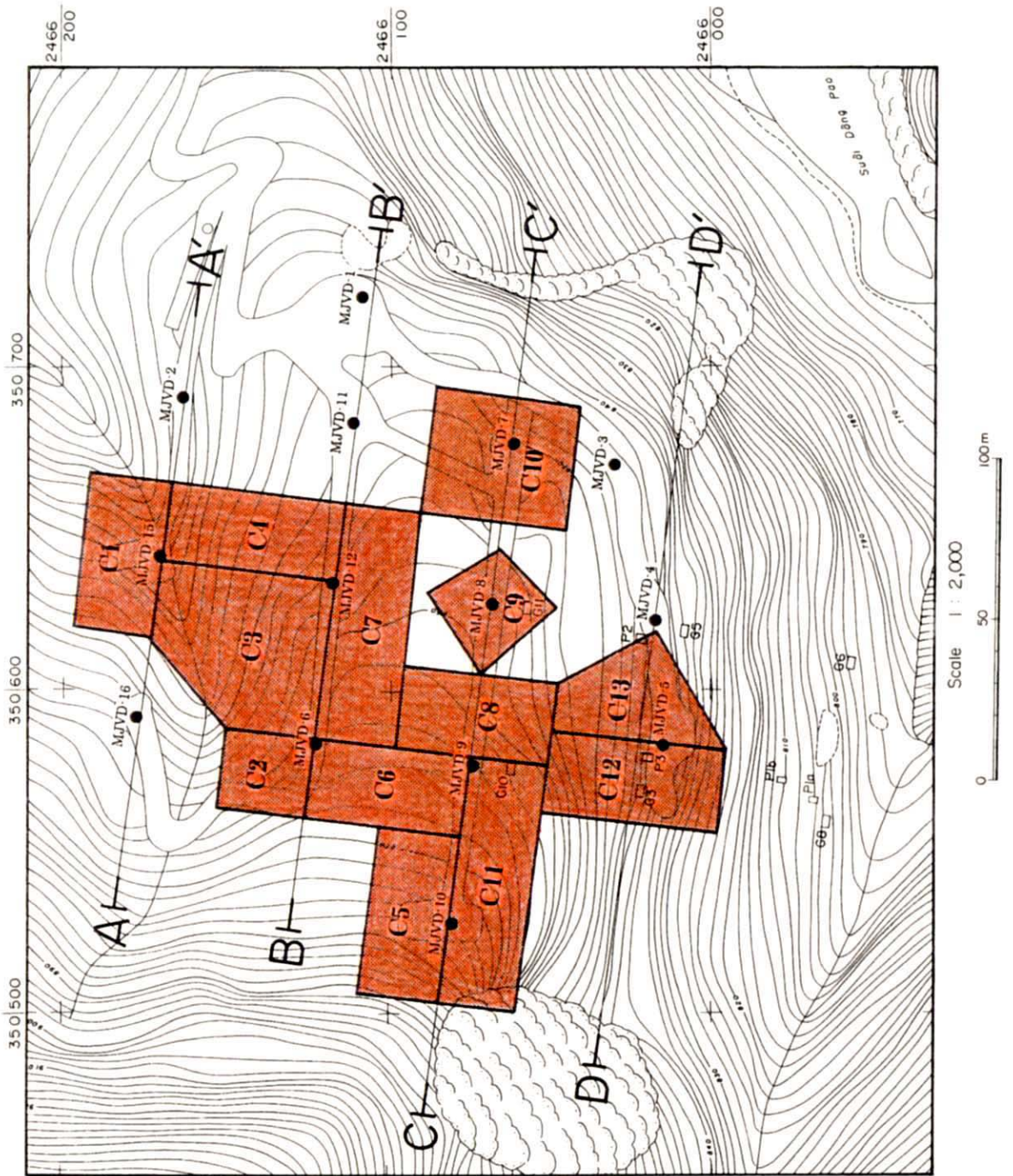


図 II-4-9 F3鉋体のボーリング孔による鉋画平面図 (C1~C13)

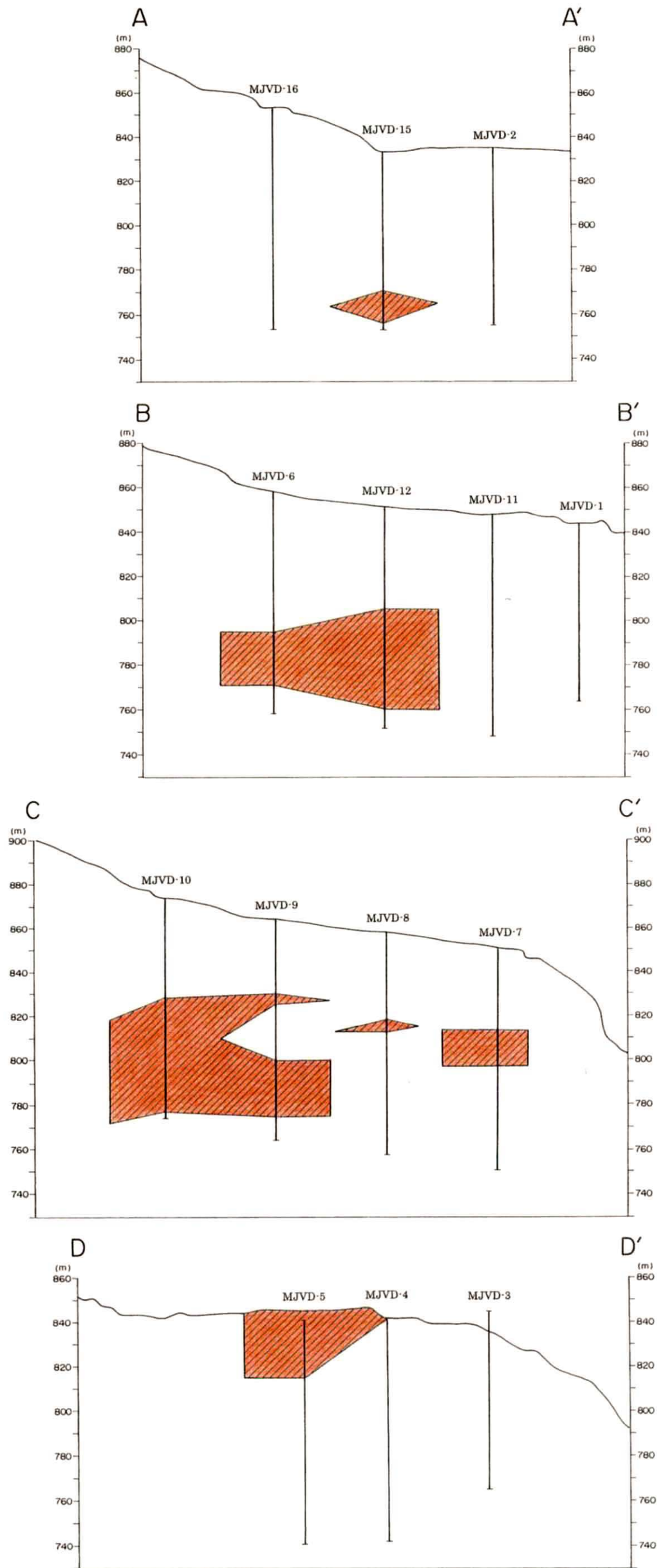


図 II-4-10 F3鉱体の鉱画断面図 (A-A'~D-D')

4-4 レアアース鉱床の形成モデル

本地区のレアアース鉱床の形成モデルを図 11-4-11 に示す。このモデル図に従って、Dong Pao 地域の鉱床モデルを考察すると以下のように推察される。

(1) アルカリ岩質のマグマの貫入

本地域に分布する三畳系の石灰岩およびこれに挟まれる頁岩や砂岩層は、中生代後期のアルプス造山運動の影響を受けて、NW-SE 系の大規模な断層構造や破碎帯を伴う断裂帯によってブロック化された。

古第三紀に入って、NW-SE 系の断裂帯に沿ってアルカリ岩質のマグマの貫入が Dong Pao 地域の地下深部で起こった。このマグマは貫入時に周辺に分布する石灰岩を破壊すると同時にマグマの中に多数の石灰岩の礫や巨大ブロックを取り込んだ。このマグマは上昇に伴ってその温度、圧力が低下して行き、マグマ中の非揮発成分から徐々に鉱物が晶出して閃長岩を形成した。また、マグマに取り込まれた石灰岩の礫やブロックはマグマの熱で一部が再結晶して微完晶質になった。

(2) 鉱床の生成期

閃長岩の形成によるマグマの分化に伴って、マグマの下部では液体マグマが次第に揮発成分に富み、蒸気圧が増大すると共に希土類元素の濃集が促進された。この揮発成分に富む高温・高圧ガスは、弱線帯すなわち閃長岩の岩体周縁部に発達した冷却節理帯や貫入時に岩体周辺部の石灰岩や頁岩に形成された破碎帯に沿って徐々に上昇した。閃長岩は高温高圧ガスの上昇に伴って岩体周縁部が自変成作用を起こした。

高温・高圧ガスは地表から浸透した地下水の影響を受けてその温度と圧力が下がって熱水に変わり、希土類元素の沈殿し易い条件下でレアアース鉱物が沈殿した。

本調査で測定した石英および Fluorite 中の流体包有物均質化温度は 128~281℃を示し、本地区のレアアース鉱床は浅熱水性~中熱水性鉱床と考えられる。

本地域のレアアース、Fluorite、Barite の沈殿・濃集はそれぞれ異なった時期に起こっていると考えられ、レアアースの高品位部で必ずしも Fluorite や Barite の品位が高いという相関関係は認められない。しかし、これら鉱物は一連の鉱化作用による産物で、産出場所はお互いに接近している。

レアアース、Fluorite、Barite の濃集部の産状は、変質した閃長岩中では比較的大規模なレンズ状または不規則レンズ状濃集部を形成して産するが、石灰岩中では細脈状または狭い範囲で鉱染状に産出する。

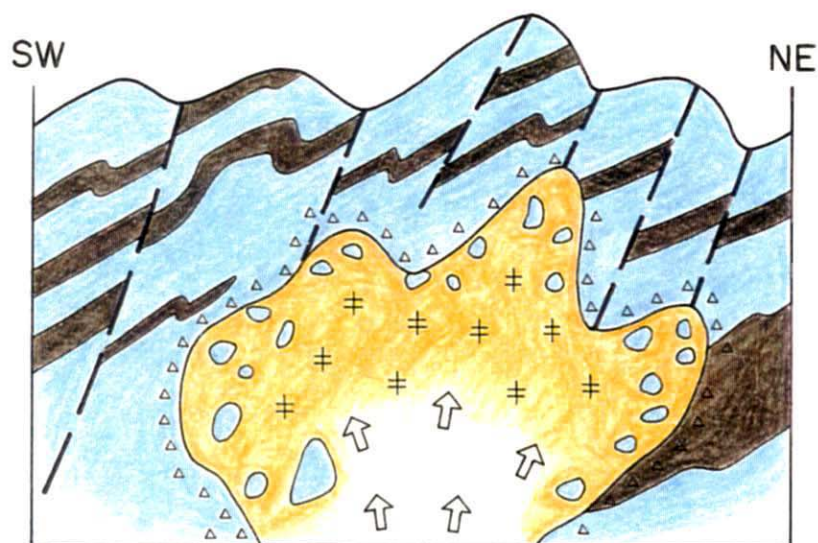
(3) 現在の鉱床状況

鉱床が形成された後に、閃長岩の岩体上部あった石灰岩が侵食されて、閃長岩が地表に現れた。現在の閃長岩の分布範囲は不規則だが東西約 4 km、南北約 5 km に及んでおり、鉱床は閃長岩の周辺部に当たる南部、北部、西部に主に分布する。

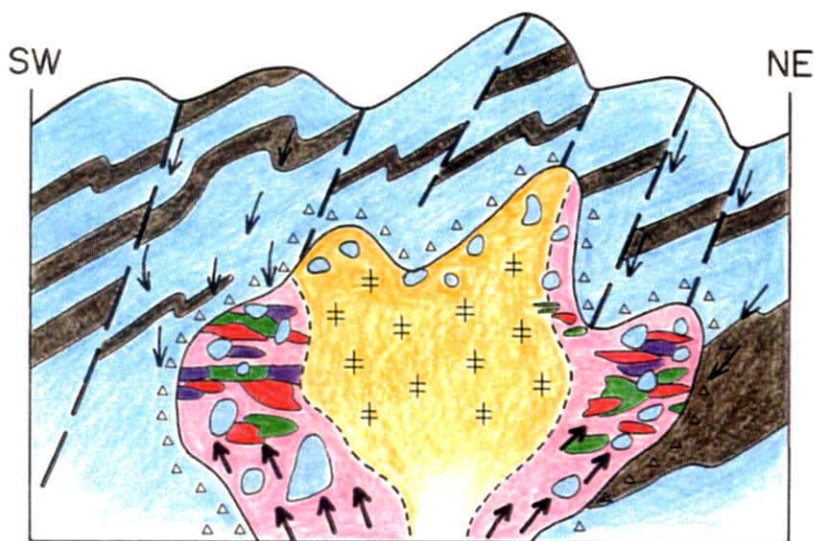
以上、本地区の鉱床生成について考察したが、閃長岩中に分布する石灰岩は微完晶質で、ボーリングで貫いた石灰岩では硫化鉱物（黄鉄鉱、閃亜鉛鉱、方鉛鉱）の鉱染が一部で観察され、この石灰岩がカーボナタイトの可能性はある。

本報告では、ボーリングで貫いた石灰岩の産状が脈状又は貫入状ではなく、礫又はブロックと考えた。また、地表露頭やボーリング間で、脈としての連続性が認められない。従って閃長岩内部の石灰岩は周辺部から取り込まれた礫およびブロックであると考えた。

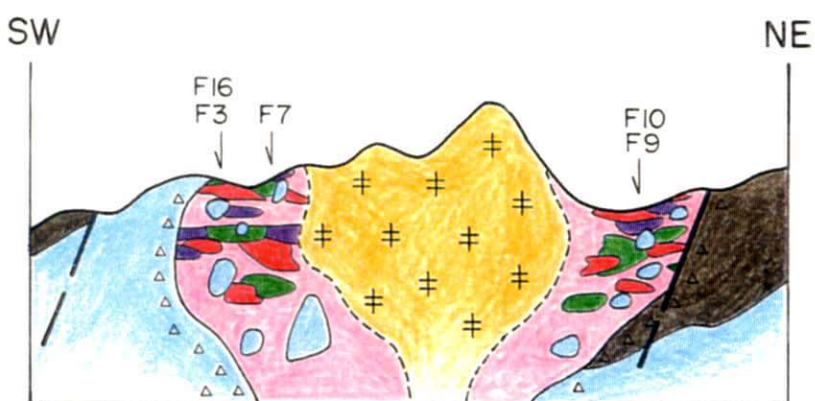
今後、閃長岩内部の石灰岩と周辺部の石灰岩との詳細な比較検討を行って、閃長岩内部の石灰岩がカーボナタイトかどうかを明らかにすることが望ましい。



(1) Intrusion of alkali magma



(2) Formative period of rare earth ore deposits



(3) Condition of ore deposits in the present

LEGEND













-  Syenite
-  Shale and sandstone
-  Limestone
-  Rare earth ore body
-  Fluorite rich zone
-  Barite rich zone
-  Altered syenite
-  Breccia of limestone
-  Fault
-  Ground water
-  Alkali magma
-  Magmatic gas (High pressure and high temperature)
- F9 Name of ore body

図 II-4-11 Dong Pao地域の鉱床形成モデル図

第5章 ピット調査

5-1 試料採取

選鉱試験試料を採取することを目的として、F3 鉱体の3地区でピットの掘削を実施し、ピット内からレアアース鉱石を採取した。

今回掘削したピットの掘削位置は、1984～1985年に掘削された既存のG8ピット付近でP-1a(3.9m)、P-1b(3m)の2箇所、G5ピット付近でP-2(5m)、既存のG3ピット付近でP-3(6m)のピットを掘削し、各ピットの表土を除き、鉱石部分をチャンネルサンプリングして選鉱試験試料1,431kgおよび同一個所で分析用試料15試料を採取した。

ピットの掘削位置を図II-5-1、ピットのスケッチおよび試料採取ヶ所を図II-5-2、図II-5-3に示す。分析用の試料はハノイの分析所(Geological Division for Rare & Radioactive Elements Enterprise)で分析し、その結果を同スケッチ図に示した。採取した15試料の平均品位は $T-RE_2O_3$:9.49%、 $BaSO_4$:56.56%、 CaF_2 :6.69%であった。

ピットから採取した1,431kgの選鉱試験用試料は、オーストラリアの選鉱試験場に空輸した。これらの試料は選鉱試験場で混合され、選鉱試験用の試料に用いられた。選鉱試験場で分析したこの元鉱の分析結果は、 $T-RE_2O_3$:9.25%、 $BaSO_4$:62.7%、 CaF_2 :4.7%で、レアアースの品位の平均値はほぼ近い値を示し、BariteとFluoriteの分析値では両者にやや開きが見られる。BariteとFluoriteは鉱体中で礫状の濃集を示すため、分析値に差が現れたと思われる。

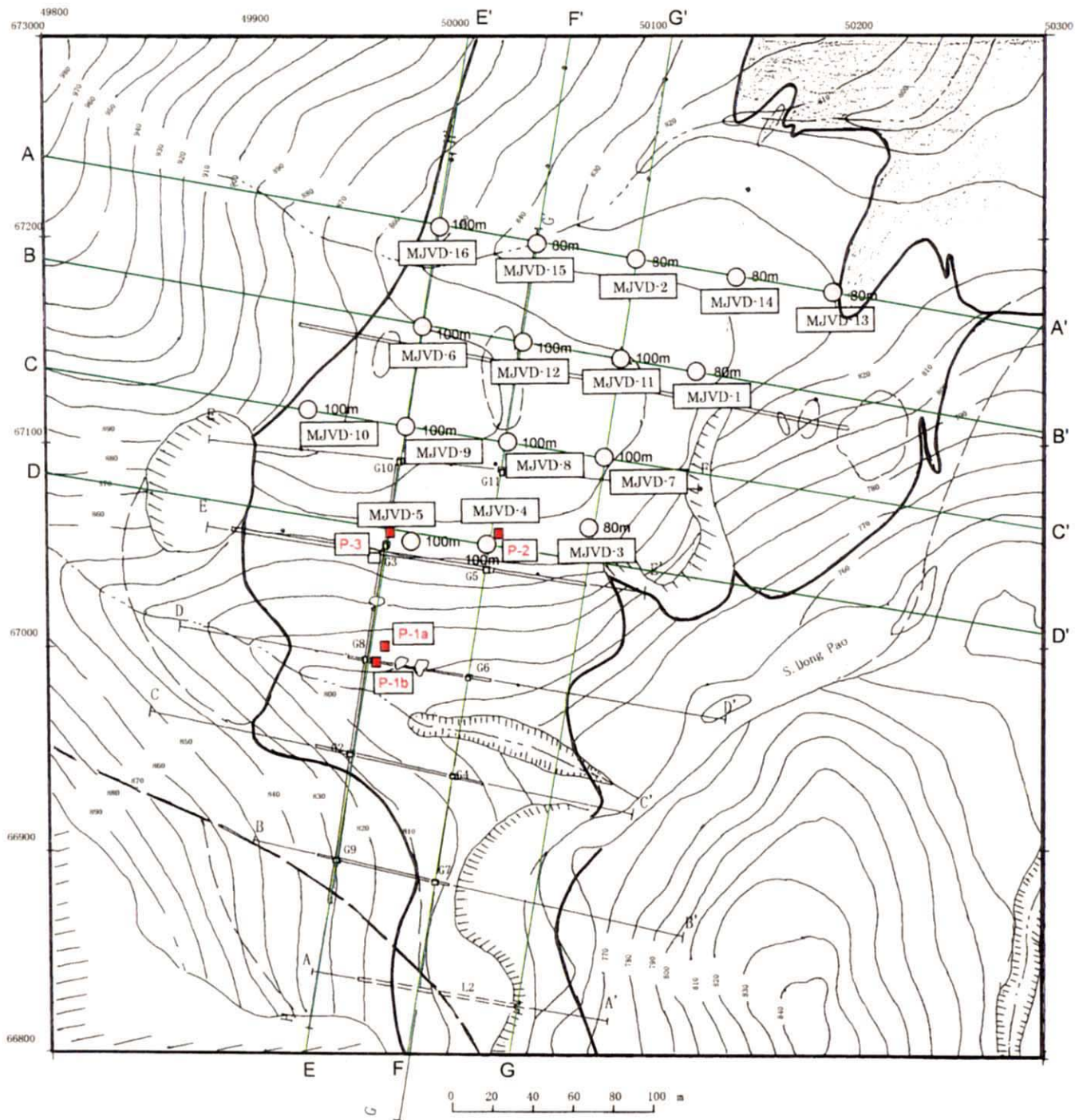
5-2 ピット調査

P-1aピットは旧G8ピットの北東約7m付近の標高808.3m地点から3.9m掘削した。深度0.5m付近までは暗褐色の土壌で、その下位は、暗灰色、白色、一部黄色を示す強風化帯に弱風化したBarite-Fluorite-方解石が礫状に多数含まれる。深度2.9m付近からはレアアース-Barite-Fluorite-方解石鉱の未風化帯が現れる。肉眼では紫色のFluoriteの結晶(1cm±)が顕著に見られる。このピットの3m間の平均品位は $T-RE_2O_3$:8.79%、 $BaSO_4$:39.48%、 CaF_2 :19.67%であった。

P-1bピットはP-1aの北北東12mの標高814.5m地点から3.0m掘削した。深度0.6mまでは暗褐色の表土で、その下部約1.2m間にBariteの礫を含む暗褐色の崖錐がある。その下部に強風化のBarite-Fluorite-レアアース鉱があり、一部に黄色のBastnaesiteやFluoriteの濃集部がある。震度3m付近からFluorite-Barite-レアアース鉱の弱～未風化の堅硬岩が露出する。このピットの1m間の品位は $T-RE_2O_3$:10.77%、 $BaSO_4$:36.80%、 CaF_2 :32.14%でFluoriteが顕著である。

P-2ピットは旧G5ピットの北北西15m付近、MJVD-4ボーリング地点の北西側の標高847.8m地点から5.0m掘削した。深度0.4mでは褐色～赤褐色の表土、0.40～2.7m付近までは褐色、黄褐色および白色、3.00～3.50m間は淡黄色～黄褐色、4.10m以深は黄褐色、淡灰色および褐色を示す強風化鉱化帯である。このピットの4.6m間の平均品位は $T-RE_2O_3$:4.29%、 $BaSO_4$:67.79%、 CaF_2 :0.23%で、レアアースの品位は予想よりも低く、Bariteが顕著であった。深度4.30mで採取した局部サンプルの暗褐色鉱石では $T-RE_2O_3$:22.08%を示す高品位である。

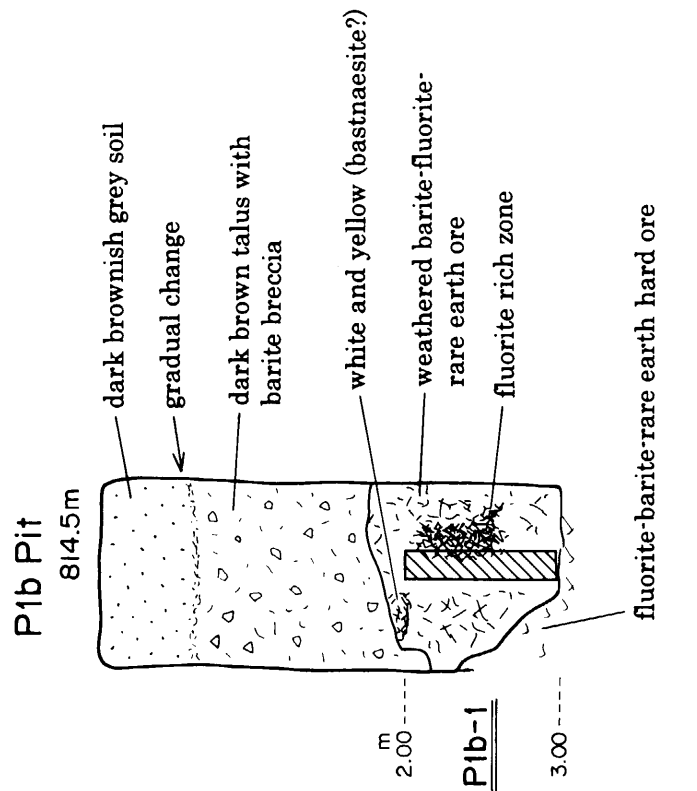
P-3 ピットは旧 G3 ピットの東方 10m 付近, MJVD - 5 の北西側の標高 846.9m から道路の側壁を 6.0m 掘削した。深度 0.4m までは暗褐色の表土からなる。0.4m からピット底までは暗灰色と黄色～淡黄色の強風化鉱物が不規則な縞状を呈して分布し, 5.5m 以深には一部に赤色～赤褐色の褐鉄鉱が見られる。このピットの 5.6m 間の平均品位は $T-RE_2O_3$: 13.66%, $BaSO_4$: 60.06%, CaF_2 : 0.26% で, レアアースと Barite が顕著である。一般的に黄色部で Bastnaesite が顕著と思われるが, 局所的に見られる淡黄色の鉱石 (P-3 - 540) ではレアアースが 0.84% と低品位で, Barite が 70.02% の高い値を示した。



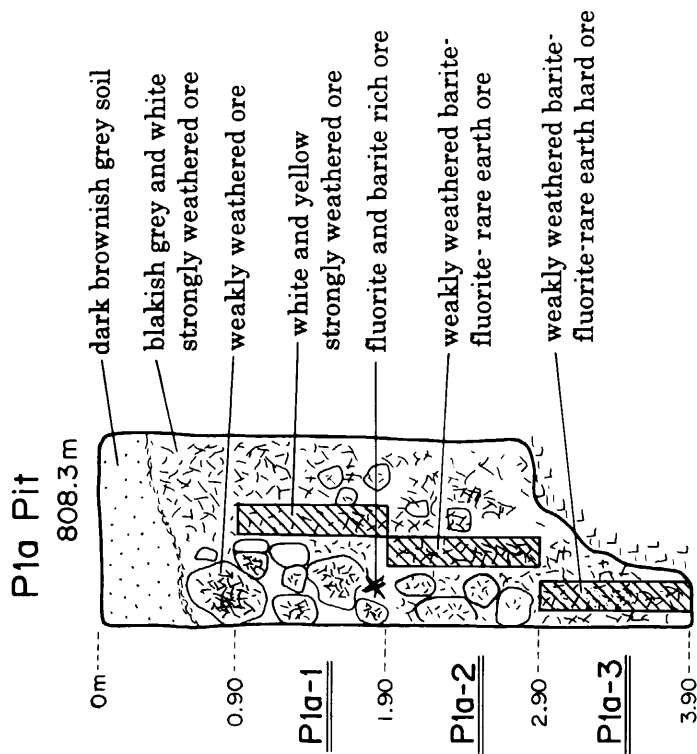
Legend

- MJVD-1 Drill
- P-1 Pit
- G2 Old Pit
- H2 Old Trench
- L2 Old Tunnel

図 II-5-1 ピット掘削位置図



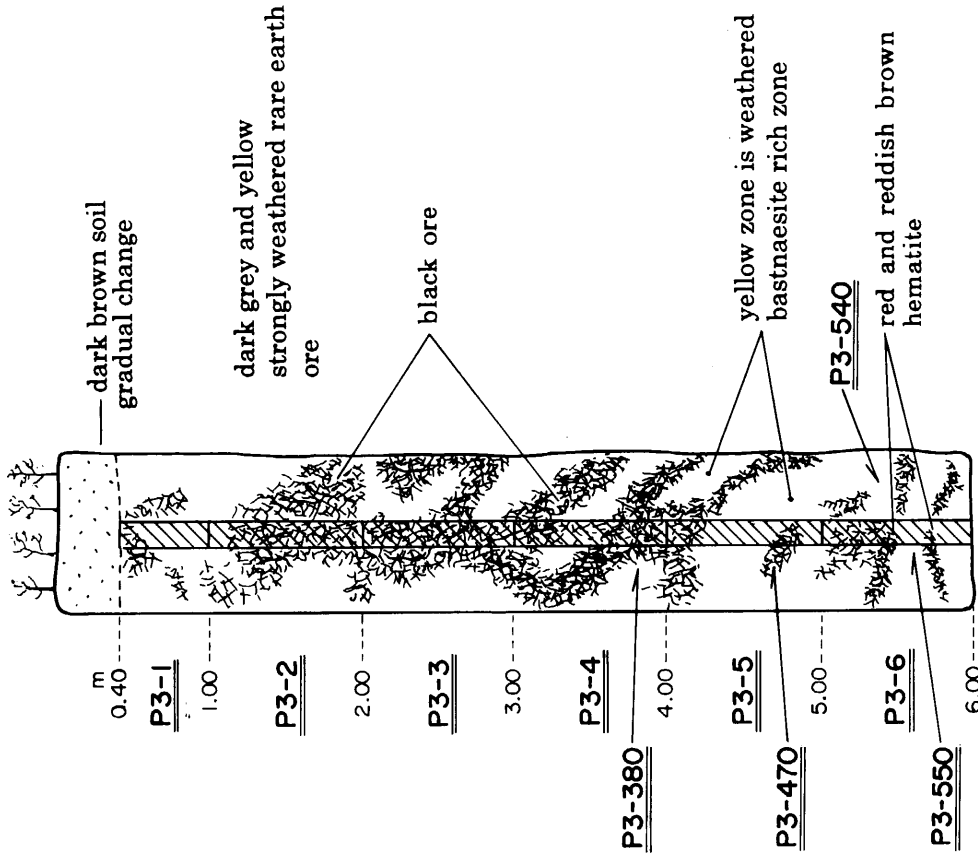
Sample No.	width m	Assay result (%)			Note
		T-RE ₂ O ₃	BaSO ₄	CaF ₂	
P1b-1	1.0	10.77	36.80	32.14	dark brown ore



Sample No.	width m	Assay result (%)			Note
		T-RE ₂ O ₃	BaSO ₄	CaF ₂	
P1a-1	1.0	6.53	41.93	19.87	dark brown ore
P1a-2	1.0	6.04	37.10	19.48	dark brownish grey ore
P1a-3	1.0	13.80	39.41	19.67	brown ore
Average		8.79	39.48	19.67	

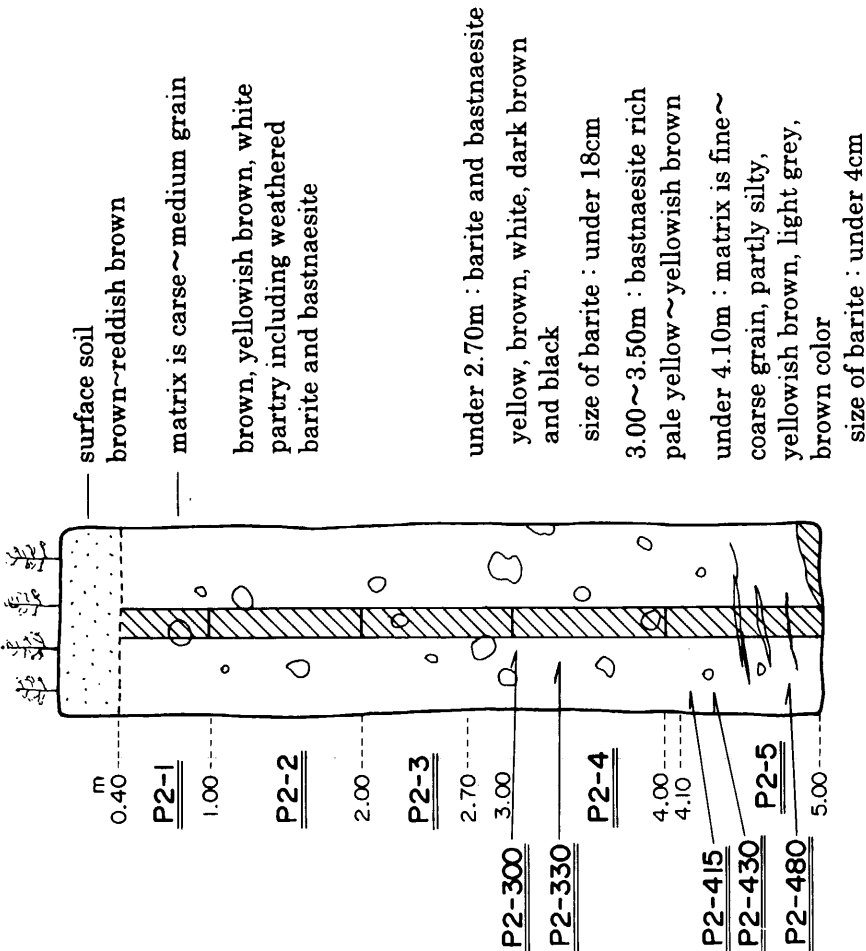
図 II-5-2 ピット断面スケッチ (P1a, P1b)

P3 Pit 846.9m



Sample No.	width m	Assay result (%)			Note
		T-RE2O3	BaSO4	CaF2	
P3-1	0.6	9.16	57.03	0.19	dark brown ore
P3-2	1.0	12.13	61.01	0.19	dark grey ore
P3-3	1.0	12.16	62.20	0.39	grey and yellow mixed ore
P3-4	1.0	15.40	54.35	0.19	grey and yellow mixed ore
P3-5	1.0	28.71	44.89	0.39	yellowish grey ore
P3-6	1.0	2.61	79.66	0.19	yellow barite rich ore
Average		13.66	60.06	0.26	
P3-380	spot	0.88	56.23	0.67	reddish brown ore
P3-470	spot	5.98	25.66	39.79	black ore
P3-550	spot	0.84	70.02	0.10	pale yellow ore
	spot	0.72	53.36	4.72	red ore

P2 Pit 847.8m



Sample No.	width m	Assay result (%)			Note
		T-RE2O3	BaSO4	CaF2	
P2-1	0.6	2.59	58.22	0.19	dark brown ore
P2-2	1.0	3.36	59.15	0.19	dark brown ore
P2-3	1.0	4.00	65.10	0.19	dark brown ore
P2-4	1.0	5.07	73.69	0.19	dark brown ore
P2-5	1.0	5.74	78.98	0.39	dark brown ore
Average		4.29	67.79	0.23	
P2-300	spot	11.87	76.14	1.52	light brown ore
P2-330	spot	6.00	72.57	0.23	black ore
P2-415	spot	4.32	80.73	0.49	dark brown ore
P2-430	spot	22.08	53.19	3.51	dark brown ore
P2-480	spot	3.23	71.38	0.41	pale yellow - grey ore

図 II-5-3 ピット断面スケッチ (P2, P3)

第6章 選鉱試験

6-1 選鉱試験の概要

6-1-1 調査目的

Dong Pao 地域 F3 鉱体のレアアース鉱石を対象に、この鉱石の性状を把握し、鉱石に含まれるレアアース（特に、セリウム、ランタン）鉱物、Fluorite, Barite 等の有用鉱物を経済的に回収可能とする最適選鉱処理システムを確立することを目的として本試験を実施した。

6-1-2 試料採取

選鉱試験を実施するに当たって、F3 鉱体の 3 ヶ所でピットの掘削を実施し、ピット内からレアアース鉱石を採取した。

今回掘削したピットの掘削位置は、既存の G8 ピット付近で P-1a (3.9m), P-1b (3m) の 2 箇所、既存の G5 ピット付近で P2 (5m), 既存の G8 ピット付近で P-3 (6m) のピットを掘削し、各ピットから試験試料を採取した。ピットの位置、スケッチ図、試料採取位置および分析品位等は第 5 章に示したとおりである。採取試料の総重量は 1,431kg, ハノイで分析した結果の平均値は T-RE₂O₃ : 9.49%, BaSO₄ : 56.56%, CaF₂ : 6.69% である。

6-2 選鉱試験試料

6-2-1 元鉱分析

試験試料は、鉱床の比較的浅い部分（地表より 6m の範囲）から約 1,431kg が採取され、2000 年 12 月末に Lakefield Oretest 社に送られた。表 II-6-1 に試料の分析値を示す。

表II-6-1 選鉱試験試料分析結果 (Head Assay)

TLnO %	BaSO ₄ %	CaF ₂ %	ThO ₂ ppm	U ₃ O ₈ ppm	S %
9.25	62.7	4.7	139	117	8.85

6-2-2 鉱物試験

X線回折試験による同定鉱物を表 II-6-2 に示す。

表 II-6-2 X線回折試験結果

Mineral	Wt (%)
Barite	74.1
Bastnaesite -Ce	1.2
Bastnaesite -La	1.1
Calcite	1.5
Celestine	3.4
Finnemanite	0.5
Fluorite	4.2
Mordenite	5.5
Perloffite	3.5
Quartz	4.1
Synchysite	0.3

6-2-3 顕微鏡観察

Roger Townend and Associates 社による顕微鏡観察結果を以下に要約する。

bastnaesite, synchysite, rutile, zircon などが認められた。bastnaesite は 1mm 以上の粗粒の単体も確認されたが、barite の周囲に薄く張りついたものや barite や goethite の inclusion を含むものなどが認められ、約 40% のレアアースは片刃状で存在している。顕微鏡写真を図 II-6-1 に示す。

6-3 選鉱試験

選鉱試験は、豪州パースにある Lakefield Orestest 社に依頼して、レアアース成分の分離濃縮の可能性を検討した。

選鉱試験では複数の浮遊選鉱試験を実施し、主な脈石成分である Fluorite や Barite とレアアース鉱物との分離を検討した。これまでに行なった試験を、図 II-6-2 に示す。

破碎産物 (-2mm) と磨鉱産物 (P80=53 μm) の粒度別分析を行なった後、一連のバッチ浮選試験と磁選試験を行なった。

浮選試験では、以下の因子についてその影響を調べた。

- 脈石成分と REO の浮遊順序
- 磨鉱粒度
- 試薬の種類と添加量
- 浮選温度
- 粒度別浮選

また、磁力選鉱での選別の可能性を、WHIMS (Wet High Intensity Magnetic Separator) と Induced Roll Separator (Dry) を用いて試験した。

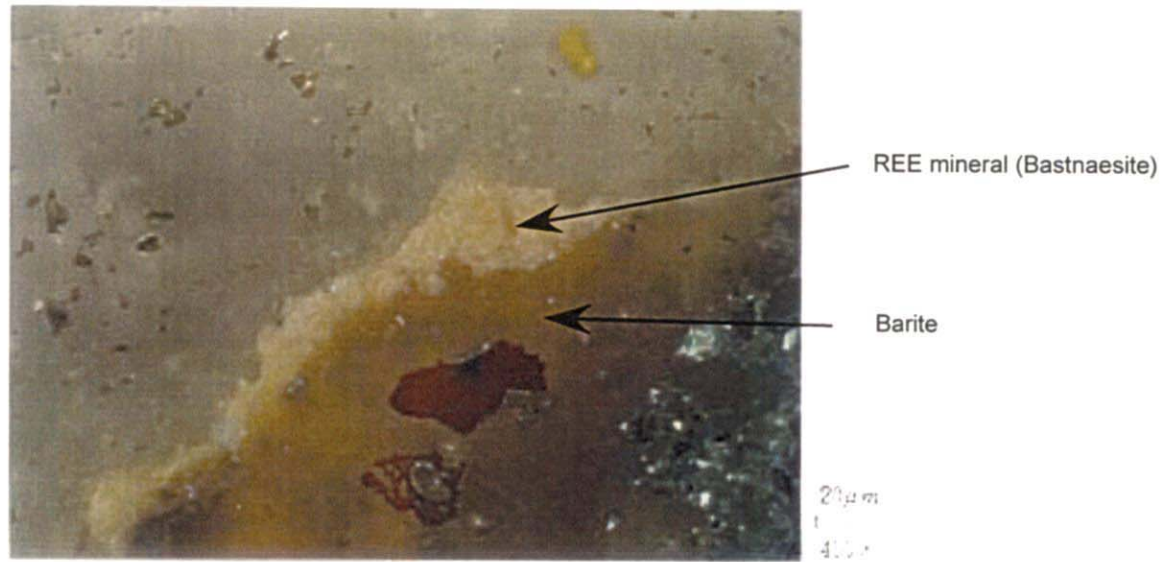


図 II-6-1 顕微鏡写真

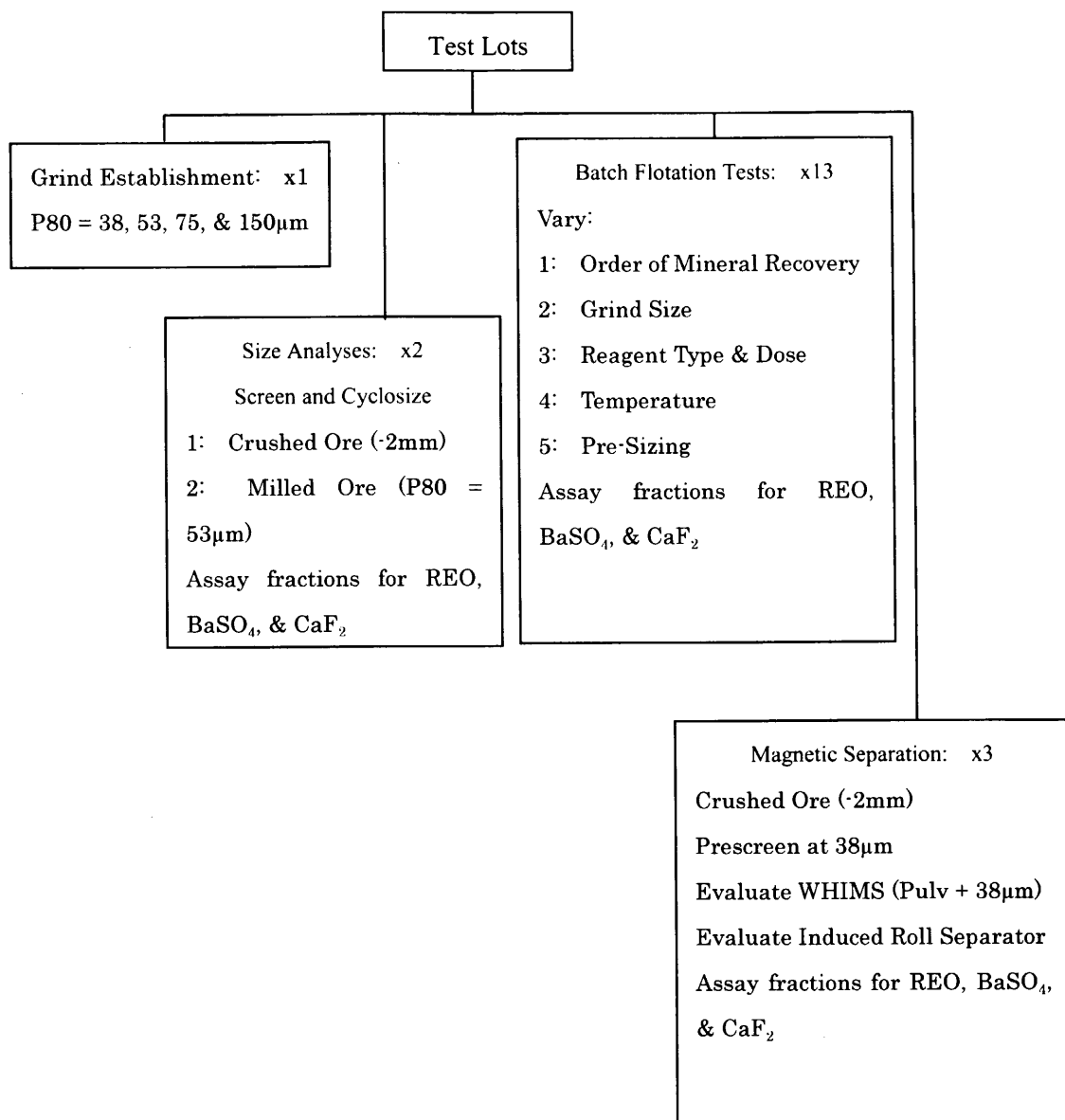


図 II-6-2 F3 鉍体 レアアース鉍石の選鉍試験プログラム

6-4 試験結果

6-4-1 粉碎産物の粒度別分析

2mm 以下に破碎したサンプルと浮選給鉍として P80=53 µm まで磨鉍したサンプルの粒度別分析結果を、図 II-6-3 と図 II-6-4 に示す。

いずれにおいても、10 µm 未満あるいは 8 µm 未満の細粒部において、T-RE₂O₃ の品位と分布率が高く、微粉への濃縮の傾向が示されている。8 µm 未満の部分の T-RE₂O₃ の品位と分布率は、破碎産物では品位 32.5% と分布率 32%、磨鉍産物では品位 22.1% と分布率 51% となっている。

微粉部以外でのレアアースの濃縮は認められず、簡単な分流または分級操作によりレアアースを予備濃縮する方法は考えられない。8 µm 未満の部分サイクロンにより分離する方法は、ニッケル選鉍などで脱スライム的手段として実用化されており、多段磨鉍とサ

イクロンの組み合わせで微粉部を分離回収する事は一つの方法と考えられる。ただし、分離回収した微粉部を別の方法で更に濃縮する必要がある場合は、浮選法や磁力選鉱などの適用を検討する必要がある。

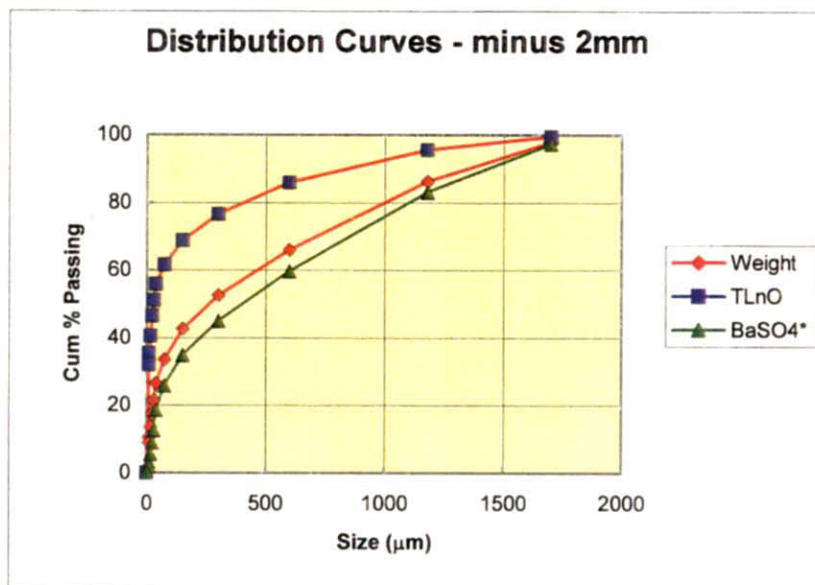


図 II-6-3 破碎産物 (-2mm) の粒度別分析結果

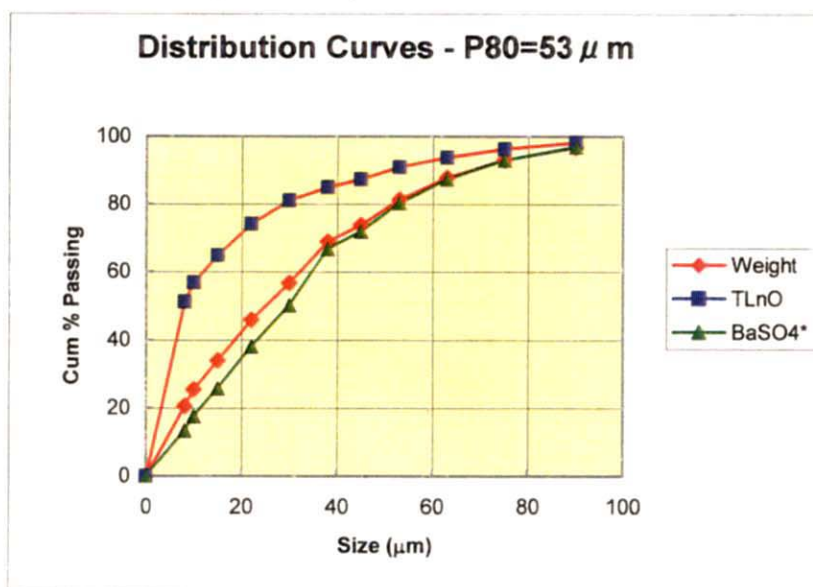


図 II-6-4 浮選給鉱 (P80=53 μ m) の粒度別分析結果

6-4-2 浮選試験結果

13 個の浮選試験を行なった。それらの結果を、表 II-6-3 に要約する。

表 II-6-3 浮選試験結果

Test No.	Test Conditions	BaSO ₄ Concentrate*			T-RE ₂ O ₃ Concentrate		
		Recoveries (%)			Recoveries (%)		
		BaSO ₄	REO	CaF ₂	BaSO ₄	REO	CaF ₂
RB 2819	Ba/Ca Bulk Float, Followed by REO Float	43.2	20.9	20.9	11.7	31.7	15.5
RB 2843	Similar, Increased Ba/Ca Collectors	95.8	67.6	75.3	4.0	27.9	23.1
RB 2844	REO Float, Followed by Ba/Ca Float	59.7	54.8	78.3	40.1	40.7	19.8
RB 2845	REO Float, Followed by CaF ₂ Float & BaSO ₄ Float	59.1	48.9	72.5	40.7	45.4	25.5
RB 2889	Similar to RB 2819, Increased Ba/Ca Collectors & REO depressant.	98.1	87.3	95.3	1.5	9.8	3.5
RB 2890	Repeat at Finer Grind	95.6	84.0	92.7	4.1	14.6	6.5
RB 2891	REO Float, Followed by Ba/Ca Float, Finer Grind	40.9	45.2	57.4	58.8	52.6	41.4
RB 2892	REO/CaF ₂ Float Followed by BaSO ₄ Float, Finer Grind	15.9	19.8	25.7	81.5	64.4	66.4
RB 2893	REO Float Followed by CaF ₂ Float, Different Reagents, Finer Grind	41.5	65.0	66.5	58.5	35.0	33.5
RB 2895	Pre-Size, Float +32um, +10um, Std Grind	90.6	59.5	84.2	1.2	1.8	0.8
PD321	Similar to RB 2889, Heat to 60 C	99.7	98.1	99.2	0.2	1.8	0.7
PD326	Repeat, Increase REO Depressant	99.8	98.3	99.3	0.2	1.7	0.7
PD327	Repeat, Decrease Collector Addition	99.6	97.2	98.8	0.4	2.8	1.2

*Combined CaF₂ and BaSO₄ Conc. where produced separately

これらのうち、後半の RB2889 から RB2895 の結果について、図 II-6-5 に浮鉱量とレアアース実収率の関係を、また図 II-6-6 に浮鉱量と浮鉱品位の関係を示す。

図 II-6-5 において、 $x/y=1/1$ の線より上のラインは、上昇の部分において浮鉱側にレアアースがより多く回収されている事を意味し、下であれば、グラフの傾斜が緩やかな部分でレアアースがより多く沈鉱側に残留している事を意味する。したがって、左上または右下に位置するグラフがあれば、その部分の試験条件を適用すれば、レアアースの分離濃縮の可能性がある事になる。いずれの結果も、ほぼ $x/y=1/1$ のラインに沿っており、まったく分離されていない事がわかる。

図 II-6-6 においては、元鉱品位が 9.3% T-RE₂O₃ であるから、それより高品位が得られれば濃縮されていると言え、急激に品位が上昇している部分では浮鉱側にレアアースが選択的に回収されていることを意味し、急激に品位が下降している部分では沈鉱側にレアアースが選択的に残留していることを意味する。RB2889 では、Ba-Ca バルク浮選 (Barite - Fluorite バルク浮選、以下同様) でレアアースは沈鉱側にやや多く残留しているが、浮選の目的から考えてまったく分離されていないといえる。このグラフからも、濃縮傾向は確認できない。

以下に、これら 13 個の浮選試験結果について要約する。

の目的から考えてまったく分離されていないといえる。このグラフからも、濃縮傾向は確認できない。

以下に、これら 13 個の浮選試験結果について要約する。

(RB2819)

P80=75 μ m で Ba-Ca バルク浮選ののちレアアース浮選を行なった。21%の T-RE₂O₃ は Ba-Ca バルク精鉱に回収されており、レアアース浮選では品位 20%で実収率 32%の粗精鉱しか得られなかった。

(RB2843)

RB2819 と試薬量を変えて実施した。Ba-Ca の分離浮選は行わず、Ba-Ca バルク精鉱とレアアース粗精鉱を回収した。

レアアースは、ほぼ浮鉱量に追従して回収されており、Ba-Ca 粗精鉱に 68%を分布し、レアアース粗精鉱には 28%しか回収できなかった。

(RB2844)

P80=75 μ m でレアアース浮選を先に行ない、続いて Ba-Ca バルク浮選を行なった。

レアアースは、ほぼ浮鉱量に追従して回収されており、分離濃縮されていない。粗精鉱は、浮鉱量が 34wt%、品位 11.6% T-RE₂O₃、実収率 41%であった。

Barite と Fluorite は、ほとんど分離濃縮されていない。

(RB2845)

RB2944 をさらに試薬量を変えておこなったが、結果は RB2844 とほぼ同等となった。

(RB2889)

P80=75 μ m で、Ba-Ca バルク浮選の後レアアース浮選を実施した。でんぷんをレアアース抑制剤とし、硝酸鉛と硫酸をレアアース活性剤として使用した。次の RB2890 で磨鉱強化 (P80=38 μ m) した結果と比較できる。

レアアースは Ba-Ca バルク浮選で浮鉱量に追従して浮いており、9 割近くが Ba-Ca 粗精鉱に回収されている。レアアース浮選では、品位 17%で実収率は 10%となった。

(RB2890)

磨鉱粒度を細粒化し P80=38 μ m とし、試薬は RB2889 と同条件とした。RB2889 やや多く 15%の T-RE₂O₃ が粗精鉱に回収されたものの、T-RE₂O₃ を十分に分離回収できていない。

(RB2891)

P80=38 μ m で、REO 浮選を先に実施した。硝酸鉛と硫酸を REO 活性剤とし、でんぷんを REO 抑制剤として使用した。

レアアースはまったく濃縮できなかった。レアアース精鉱は、浮鉱量 51%、品位 9.5%

T-RE₂O₃, 実収率 53%であった。

(RB2892)

P80=38 μ mで, T-RE₂O₃/Ca バルク浮選を実施した後, Ba 浮選を行なった。

バルク精鉱は, 浮鉱量 70%, 品位 8.5% T-RE₂O₃, レアアース実収率 64%となり, まったく濃縮されていない。

(RB2893)

Clarient 社の推奨する捕収剤 2 種 (H2875, V2711) を使用し, P80=38 μ mでレアアース浮選の後 Ca 浮選を実施した。

レアアース精鉱は, 浮鉱量 47%, 品位 7%, 実収率 35%となり, 期待した捕収効果は認められなかった。

(RB2895)

32 μ mと 10 μ mで分級し, +32 μ mと -32/+10 μ mをそれぞれ別々に浮選を行なった。さらに, -10 μ mは Falcon Concentrator を使って比重選別を試みた。

レアアースはほとんど脈石とともに浮遊し, 浮選によるレアアース精鉱には 1.8%しか回収されなかった。

また, マイナス 10 μ mの比重選別においては, 尾鉱 (軽量部) に比重選別給鉱 (マイナス 10 μ m) の 95%の物量が回収され, 品位は 24.6% T-RE₂O₃ から 25.4% T-RE₂O₃ に改善されただけであった。

(PD321)

浮選温度を 60°C で, 試薬は RB2889 にならった。

レアアースはまったく分離回収されず, 粗精鉱には 2%弱しか回収できなかった。

(PD326)

PD321 と同じく浮選温度を 60°C で, Ba-Ca バルク浮選でレアアース抑制剤を増量した。

レアアースはまったく分離回収されず, 粗精鉱には 2%弱しか回収できなかった。

(PD327)

PD321 と同じく浮選温度を 60°C で, レアアース捕集剤を増量した。

レアアースはまったく分離回収されず, 粗精鉱には 3%弱しか回収できなかった。

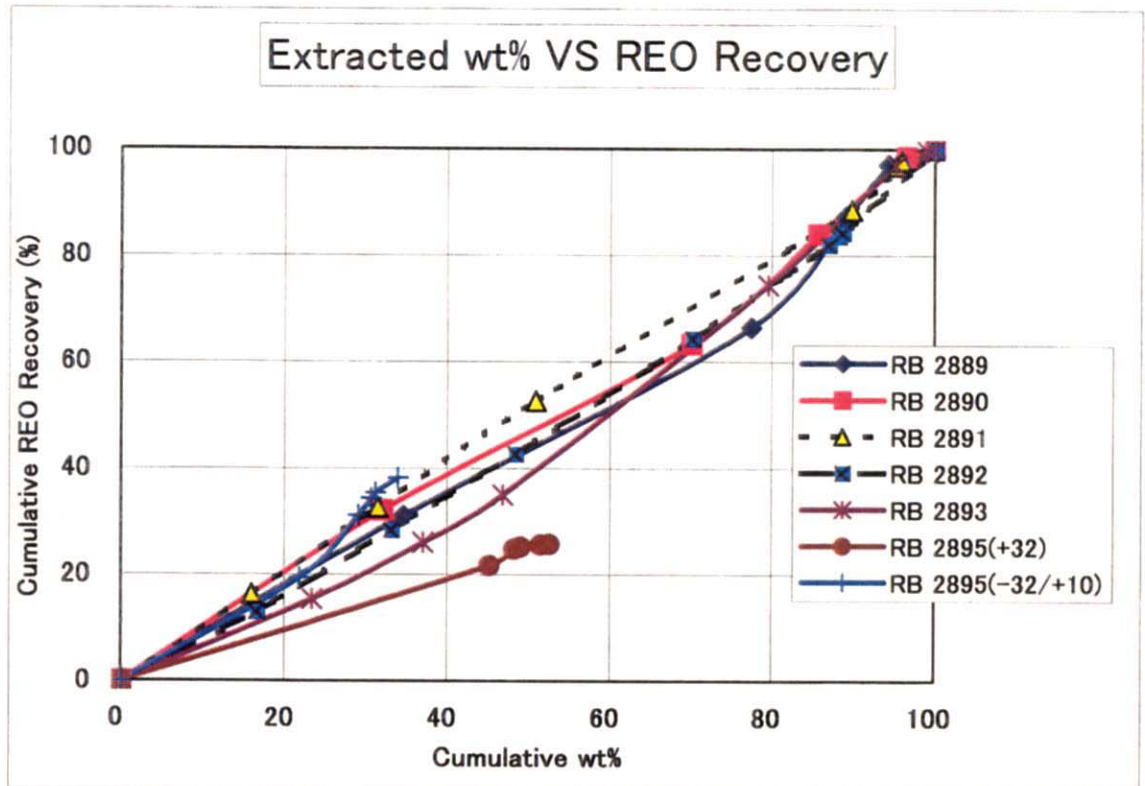


図 II-6-5 浮鉱量と実収率の関係 (Test No. RB2889-RB2895)

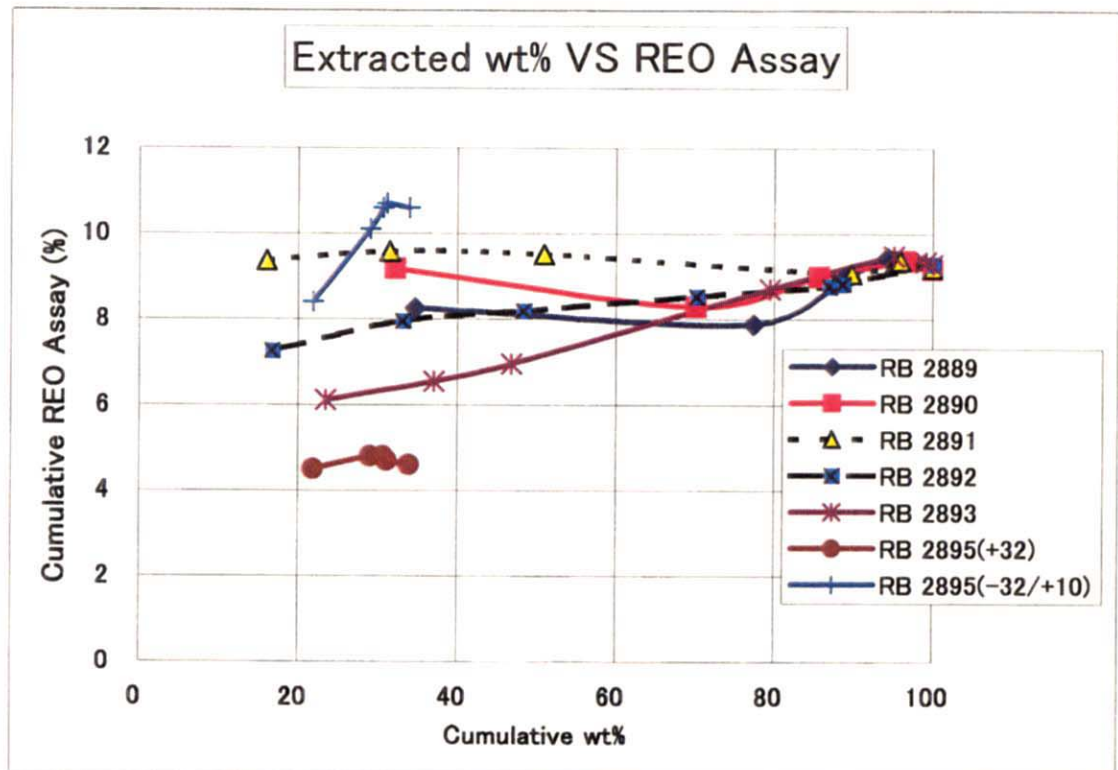


図 II-6-6 浮鉱量と浮鉱品位の関係 (Test No. RB2889-RB2895)

6-4-3 磁選試験の結果

破碎産物からふるい分けにより+38 μ mを採取し、湿式 HIMS と乾式 Induced Roll により、磁選試験を行なった。Bastnasite は、常磁性体と考えられており、磁着物に回収されるはずである。結果を、表 II-6-4 に示す。

湿式 HIMS では、30 μ mまで粉碎したものを給鉱とした。歩留り 3.7% で品位 6.6% T-RE₂O₃ のものが実収率 2.7% となり、レアアースはまったく分離回収されなかった。

乾式 Induced Roll では、30 μ mまで粉碎したものと未粉碎のもので試験を行なった。いずれの場合も、湿式 HIMS の結果より磁着物の品位は改善されており、やや分離性能は良いようであるが、bastnaesite が分離回収されているには品位は低すぎる。非粉碎物を用いた磁着物には、品位が 21% T-RE₂O₃ で 31% のレアアースが回収され、粉碎物については、単体分離度が増しているにもかかわらず、品位は 15% T-RE₂O₃ と非粉碎物よりも低下し、実収率も 20% まで低下する結果となった。

表 II-6-4 浮選試験結果 +38 μ m の磁選試験の結果

Magnetic Separation	+38 μ m Pulverised	Magnetics						
		Mass (%)	T-RE ₂ O ₃ (%)		BaSO ₄ (%)		CaF ₂ (%)	
			Grade	Rec	Grade	Rec	Grade	Rec
WHIMS	YES	3.7	6.6	2.7	41.0	2.4	4.5	3.5
IND ROLL	NO	13.0	21.3	30.6	25.7	5.3	4.5	12.3
IND ROLL	YES	12.6	14.5	19.8	48.9	9.8	4.7	12.0

6-5 考 察

ベトナム国 Dong Pao 地域レアアース鉱床の選鉱に関し、これまで行なった粒度別分析および浮選試験の結果から、選鉱試験の結果が悪い原因は、

- ① 鉱石が風化して、Bastnaesite の鉱物粒が細粒であること。
- ② Bastnaesite は Barite や Fluorite の結晶粒間を埋める産状で、結晶粒の縁に付着した Bastnaesite が分離できないこと。
- ③ Bastnaesite が Barite や Fluorite の結晶粒中に、Bastnaesite 方解石細脈として取り込まれており、分離がむずかしいこと。

などがあげられる。

粉碎産物の粒度別分析より、微細部に REO が濃縮していることが示され、この部分を分離回収することで、品位 30% REO の粗精鉱が得られる可能性が示された。なお、ボールミルを用いた試験試料の粉碎性の試験結果 (Apx. 20) によれば、仕事指数は 6.60 kw h / t (ス

クリーン・サイズ 106 μm) と低い。そのため、鉍石は容易に粉碎可能であり、経済性が高いと言える。仕事指数は、一般に花崗岩で 16 kw h / t 、石灰岩で 12 kw h / t 程度であり、本試験資料は石膏の約 6.7 kw h / t と同程度である。

浮選試験においては、浮遊順序や試薬条件、温水の適用など、浮選条件を種々検討したが、レアアースの分離濃縮は実現できておらず、成績改善の可能性を見出すに到っていない。

磁選試験においては、乾式磁選では給鉍品位の約 2 倍 (21% T-RE₂O₃) までの濃縮の可能性が示されたが、十分な分離が実現できなかった。

今後、レアアース精鉍回収の可能性をさらに検討するには、上記の操作を複数組み合わせた複合処理を検討する必要があると考えられる。

第7章 結論および提言

7-1 結論

1) 調査の概要

本調査は2000年11月21日から2001年2月4日まで現地調査を実施した。本調査では地質調査、環境影響調査（土壌調査、水文調査、気象観測、植生調査）、ボーリング調査、選鉱試験および室内試験（全岩分析、鉱石分析、岩石・鉱石薄片観察、X線回折試験、流体包有物の均質化温度および塩濃度測定）を実施した。

2) 地質調査

地質調査は環境影響調査と平行して実施した。調査地域の地質は三疊系の石灰岩、頁岩・シルト岩、頁岩・砂岩、これらに貫入する古第三系の閃長岩、これらの一部覆う古第三系のアルカリ岩質火山岩・凝灰岩類からなる。閃長岩体中に小規模なミネット岩脈がある。

地質構造は広域的に発達したNW-SE系の構造帯が当地域にも関係し、本地区北東端部および南部にNW-SE系の断層がある。本地域内にはN-S系およびE-W系のリニアメントが発達し、これらはNW-SE系断層の共役剪断面が現れたと考えられる。

3) 環境影響調査

環境影響調査では土壌調査、水文調査、気象観測調査および植生調査を実施した。

土壌調査で採取した1,606試料の分析結果によれば、主要鉱種であるT-RE₂O₃の顕著な異常はF1鉱体、F3鉱体、F4鉱体、F7鉱体、F9鉱体、F10鉱体、F14鉱体およびF16鉱体の分布域現れている。BaSO₄およびCaF₂の異常はいずれもT-RE₂O₃の異常域と良く一致する。

相関分析の結果、T-RE₂O₃は軽希土類との相関が高く、レアアース以外ではTh、Sr、As、Pb、U、F、Baとの相関が高いことが明らかになった。

水文調査では、水系の調査から選定した5ヶ所で水質測定を実施した。本地域の主要河川は東部のDong Pao川で、流水はこの川と一部の支流に見られるが、大半の小沢は涸れ沢である。流水は主要河川の一部で地下へ全量浸透し、これらが地下から湧出する個所が東部にある。

水質試験の結果、河川水はpHが7.33~8.55の中性から弱アルカリ性、水温は河川が16.7~21.22℃、DW-4地点の温泉が28.9℃である。電気伝導度は河川が214~303μS/m、温泉が625μS/mの高い値を示す。微量成分では砒素が0.25~0.32mg/l、フッ素が0.79~2.42mg/lと高く、これらは鉱化作用の影響を受けたと考えらる。陽イオンはCa、陰イオンはHCO₃、CO₃に富み、河川水は石灰岩の影響を受けている。

気象観測調査は、現在New Tam Duongに気象観測システムを設置し、温度、湿度、雨量、風向および風速を継続的に自動測定中（1年間）である。本地域はアジア・モンスーン地帯の湿潤・亜熱帯気候区に属する。Tam Duong観測所の過去5年間の気象データから通年の気象サイクルが認められる。当地域では5月~8月間が一般に高温（20~24℃）、多雨（200~800mm/月）、9月~翌年4月間が低温（13~18℃）、少雨（0.3~200mm/月以下）である。

植生調査では、長年の農地開拓による伐採で原生林が減少し、水田、耕地および休耕地

が増加している。当地域の植生は 4 門, 71 綱, 110 属, 合計 165 種の植物が同定され, その内, 主要な一般種として 53 種, 希少種として 9 種の存在が明らかになった。植生調査の結果, 希少種が確認されたものの, 調査地域内のみ生育する希少植物は認められない。また, New Dong Pao 地域周辺で鉱山開発を実施する場合, 開発規模は希少種の分布範囲に比べて極めて狭いため, その植生に与える影響は少ないと考えられる。

4) ボーリング調査

ボーリング調査は F3 鉱体の下部探査を目的に 16 孔 (1,480m) を実施した。孔内地質は鉱化変質を受けた閃長岩, ブロックとして取り込まれた石灰岩, これらを貫くミネット岩脈からなる。ボーリング調査の結果, 7 孔で $T-RE_2O_3$ が 10% 以上を示す富鉱部に着鉱し, さらに他の 5 孔では $T-RE_2O_3$ が 5~10% を示す有望な鉱化部を確認した。

5) F3 鉱体

F3 鉱体は対象鉱種がレアアースで, これに Fluorite および Barite が含まれる。 $T-RE_2O_3$ の含有量が 10% 以上含まれる鉱化範囲は東西 100m 以上, 南北約 300m に及ぶが, 本調査ではこの富鉱部の西方および北方への連続をまだ確認していない。

富鉱部の産状は不規則レンズ状で, 東部は尖滅し, 南部から北部にやや深くなる傾向がある。西部への連続は未確認であるが, ボーリングの結果から西部は非常に有望である。

レアアースの鉱化と Fluorite および Barite の鉱化とは密接に関係するが, その沈殿濃集時期には若干のずれがあり, お互いの富鉱部の中心は必ずしも一致しない。

レアアース鉱の代表的な着鉱部は, 西部の MJVD-10 ボーリングで, 厚さ 52m 間の $T-RE_2O_3$ 平均品位が 10.44%, MJVD-12 では厚さ 45m 間で平均品位が 10.82% 等であることを確認した。

F3 鉱体の鉱石は, コンドライトによる規格化パターン比べて, 重希土類元素より軽希土類元素に富み, その規格化パターンは Bastnaesite を主体とするパターンである。

産出鉱物は Bastnaesite, Synchysite, Barite, Fluorite および少量の Monazite からなり, 脈石鉱物は Quartz, Calcite, K-feldspar および少量の Phlogopite, Illite, Kaolinite, Halloysite, Smectite, Boehmite 等である。Bastnaesite の産状は主に細粒の Bastnaesite が Barite, Fluorite, 石英の結晶粒間を埋めており, 1 部では Barite や Fluorite 等の結晶粒の中に細脈状に産する。

現在までのデータによって計算された F3 鉱体の $T-RE_2O_3$ 10% 以上の概略鉱量の総計は, 鉱量が約 89 万トン, 平均品位が約 12%, $T-RE_2O_3$ の含有量が約 10 万トン程度と推定される。

今後, F3 鉱体の西部および北部への連続が明らかになれば, さらに鉱量増が期待される。

6) F3 鉱体以外の鉱化作用

小規模な鉱体を含め約 60 のレアアース鉱体が知られているが, その内 F3 鉱体を除く主要な鉱体は 6 鉱体である。

F1 鉱体は主に Fluorite のレンズ状鉱体で, 幅 50m 以上の分布を示す。分析品位は CaF_2

が 69.04~71.10%, T-RE₂O₃ が 0.42~3.76% である。この鉍体では現在 Fluorite を稼行中である。

F4 鉍体は主に Fluorite のレンズ状鉍体で、幅 80m 以上の分布を示す。分析品位は CaF₂ が 43.36~57.74%, T-RE₂O₃ が 0.78~4.87% である。この鉍体では過去に Fluorite が稼行された。

F7 鉍体は東西約 1.5km、南北約 0.5km の鉍体で、南西部では F3 鉍体に連続する可能性が高い。鉍体西部の露頭に Barite・Fluorite の濃集部があり、その分析品位は T-RE₂O₃ が 11.09%, CaF₂ が 24.35%, BaSO₄ が 47.78% を示す。当鉍化帯に現れたの土壤による T-RE₂O₃ の地化学異常も顕著である。鉍化帯の分布範囲は広く、下部には有望鉍床が期待される。

F9 鉍体は約 0.3×0.7km の広がりを持つ鉍体で、露頭試料では T-RE₂O₃ が 4.44%, CaF₂ が 40.79%, BaSO₄ が 25.92% を示し、土壤による T-RE₂O₃ の地化学異常も顕著である。

F10 鉍体は約 0.2×0.7km の広がりを持つ鉍体で、露頭試料では T-RE₂O₃ が 4.54%, CaF₂ が 15.82%, BaSO₄ が 23.45% を示し、土壤による T-RE₂O₃ の地化学異常も顕著である。

F16 鉍体は約 0.4×0.6km の広がりを持つ鉍体で、鉍化露頭付近の土壤の分析値は T-RE₂O₃ が 16.79% の高品位であり、当鉍化帯の土壤による T-RE₂O₃ の地化学異常も顕著である。

7) レアアース鉍床の形成モデル

本地域に分布する三畳系は、中生代後期のアルプス造山運動の影響を受けて、NW-SE 系の断裂帯が形成されブロック化された。古第三紀に、この断裂帯に沿ったアルカリ岩質のマグマの貫入が Dong Pao 地域の地下深部で起こり、閃長岩が形成された。このマグマの下部では揮発成分に富み、徐々に濃集した希土類元素を含む高温・高圧ガスが形成された。この高温・高圧のガスは閃長岩の岩体周縁部の冷却節理帯や破碎された石灰岩からなる弱線帯に沿って上昇した。地下水の影響等から高温・高圧ガスは冷却されて、ある条件の下で希土類鉍物、Fluorite、Barite 等を形成して沈殿し、当地区の鉍化帯を形成した。その後、閃長岩の岩体上部の地層が侵食されて、閃長岩が地表に現れた。現在の閃長岩の分布範囲は東西約 4km、南北約 5km に及んでおり、本地区の鉍床は閃長岩の周縁部に当たる南部、北部、西部に主に分布する。

8) 選鉍試験

F3 鉍体の 4ヶ所のピットから選鉍試験用のレアアース鉍石試料 1,431kg を採取した。この鉍石の分析品位は、T-RE₂O₃ が 9.25%, BaSO₄ が 62.7%, CaF₂ が 4.7% である。

浮遊選鉍試験では鉍石の粒度や試薬の条件を色々変えて試験を実施したが、Bastnaesite は分離されず、濃縮傾向は確認されなかった。さらに、磁力選鉍および温水による浮遊選鉍を試みたが良い結果は得られなかった。

Bastnaesite の分離が出来ない理由は、①鉍石が強風化しており、Bastnaesite の鉍物粒が細粒であること、②細粒の Bastnaesite が Fluorite や Barite の結晶粒の縁に付着して分離されないこと、③Bastnaesite が Barite や Fluorite の結晶粒の中にあること、等があげられる。本年度の選鉍試験に用いた試料は地表に近い鉍石であったため、①の理由から F3 鉍体の鉍石を代表していなかった可能性も考えられる。

粒度別分析の結果から、 $10\mu\text{m}$ 未満あるいは $8\mu\text{m}$ 未満の細粒部において、 $\text{T-RE}_2\text{O}_3$ 品位と分布率が高く、微粉への濃縮傾向が認められる。 $8\mu\text{m}$ 未満の部分の $\text{T-RE}_2\text{O}_3$ 品位と分布率は、破碎産物では品位32.5%と分布率32%、摩鋳産物では品位22.1%と分布率51%であることが判明した。このことから細粒部を分離回収することで品位約30%のレアアース粗精鋳が得られる可能性がある。

7-2 提言

本年度の調査結果から、F3 鋳体開発に向けて必要となるデータを得るために、今後実施すべき調査は以下のとおりである。

7-2-1 F3 鋳体に対する調査

① ボーリング調査

F3 鋳体のボーリングでレアアースの富鋳部に着鋳しているが、この富鋳部の西方や北部への連続はまだ確認していない。F3 鋳体の開発を検討するためには鋳体の産状とその規模の全貌を明らかにすることが重要である。したがって、現在把握されている鋳体の西方および北方において追加ボーリングを実施することが望ましい。

② 選鋳試験

F3 鋳体のピット試料による選鋳試験では、レアアースの分離濃縮が実現できなかった。これは、試験試料が地表付近の強風化鋳であったことから、Bastnaesite の鋳物粒が微細になっていたことが大きな原因と考えられる。今後は、強風化鋳からのレアアース分離濃縮方法の再検討に加え、地表に比べて強風化されていないボーリングで着鋳した深部の鋳石を用いた選鋳試験を実施し、F3 鋳体の開発時に主体となる鋳石に最も適した選鋳方法を解明する。

③ 冶金試験

地表付近の強風化鋳石は選鋳試験ではレアアースを分離濃集できなかったが、本調査で行った粒度別分析の結果から、 $8\mu\text{m}$ 未満の破碎産物は $\text{T-RE}_2\text{O}_3$ 品位が32%、摩鋳試験では $\text{T-RE}_2\text{O}_3$ 品位が22.1%であることが明らかになった。このことから、鋳石の細粒部をそのまま粗精鋳として利用可能となれば、選鋳工程が不要となりコスト的に有利になると考えられる。したがって、粗精鋳から直接レアアースを回収する冶金試験を実施する。

冶金試験では、粗精鋳($\text{T-RE}_2\text{O}_3$ 品位が約30%)からレアアースを分離精製するための最適手法を明らかにするとともに、その手法で企業化が可能かどうかについての従来のプロセスとの比較検討を行う。

④ 鋳量計算

ボーリング調査で鋳体の全貌が明らかになった時点で F3 鋳体の鋳量計算を実施し、鋳量、品位および TREO 含有量等を明らかにする。

⑤ 地形図の作成

本地区の調査を実施するに先立って、縮尺5,000分の1地形図を新たに作成する。

7-2-2 F3 鉱体以外の有望地区に対する調査

地質調査および土壌調査の結果から、Dong Pao 地域でレアアース鉱床が潜在している可能性の高い有望地区は、調査地域南部の F3 鉱体および F7 鉱体を含む New Dong Pao 地区、調査地域北部の F9 鉱体および F10 鉱体を含む Ban Hon 南部地区、調査地域北西部の F16 鉱体を含む Tong Pao Nieu 地区の 3 地区と考えられる。(図 II-7-1)。

1. New Dong Pao 地区

土壌試料による地化学異常から、F7 鉱体では $T-RE_2O_3$ が 2%以上の値を示す異常帯が顕著に現れている。西部に現れた異常帯は F3 鉱体の北部延長上に位置し、一連の鉱体と考えられる。F7 鉱体の西部には $T-RE_2O_3$ が 11.09%の高品位を示す鉱化露頭が存在し、有望な富鉱体が潜在している可能性がきわめて高い。さらに、F7 鉱体の東部や中部にも顕著な異常が現れている。F7 鉱体は F3 鉱体に隣接しており、F7 鉱体の鉱化状況によっては F3 鉱体とまとめて開発の検討が行える可能性がある。

2. Ban Hon 南部および Tong Pao Nieu 地区

Ban Hon 南部地区には F9 および F10 鉱体が存在し、Tong Pao Nieu 地区には F16 鉱体が存在する。両地区にある鉱体には土壌試料による $T-RE_2O_3$ が 2%以上の値を示す地化学異常が多数確認された。これらの鉱体内にはレアアースの鉱化露頭も確認されていることから、両地区内に鉱床が潜在している可能性が高い。

これらの地区において鉱床賦存のポテンシャルを把握することは、将来の F3 鉱体の鉱山開発を検討する上で鉱量確保の点から重要な情報になると考えられる。

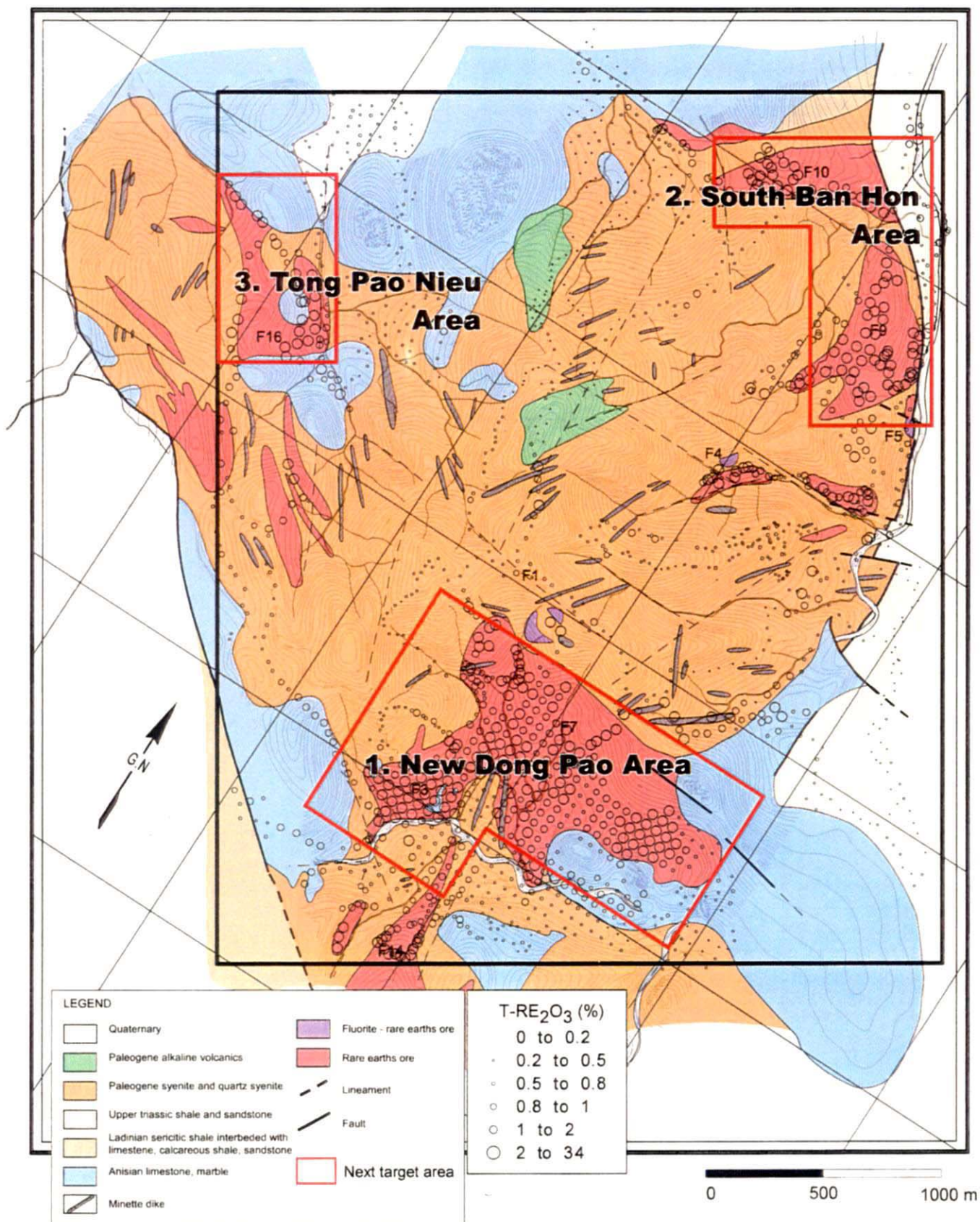


図 II-7-1 第2年次調査推奨地区