

ヴェトナム社会主義共和国ドンパオ地域
資源開発協力基礎調査報告書

第 1 年 次

平成 13 年 3 月

国際協力事業団
金属鉱業事業団

鉱調資
CR(2)
01-086

は し が き

日本国政府はベトナム社会主義共和国政府の要請に応え、同国北部に位置するドンパオ地域の鉱物資源賦存の可能性を確認するため、既存データ解析、地質調査、ボーリング調査、環境影響調査など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、本調査の内容が主に地質および鉱物資源関係の調査という専門分野に属することから、調査の実施を金属鉱業事業団に委託することとした。


本調査は、平成12年度を第1年次とする1年次に当たり、金属鉱業事業団は3名の調査団を編成して平成12年11月21日から平成13年2月10日まで現地に派遣した。

現地調査は、ベトナム社会主義共和国政府機関、ベトナム国営鉱業公社の協力を得て予定どおり完了した。

報告書は、本年次の調査結果を取りまとめたもので、最終報告書の一部となるものである。

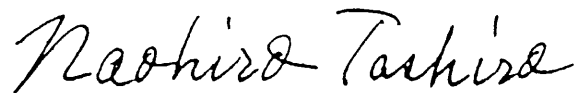
おわりに、本調査の実施に当たってご協力いただいたベトナム社会主義共和国政府関係機関ならびに外務省、通商産業省、在ベトナム社会主義共和国日本大使館および関係各位の方々に哀心より感謝の意を表すものである。

平成13年 3月



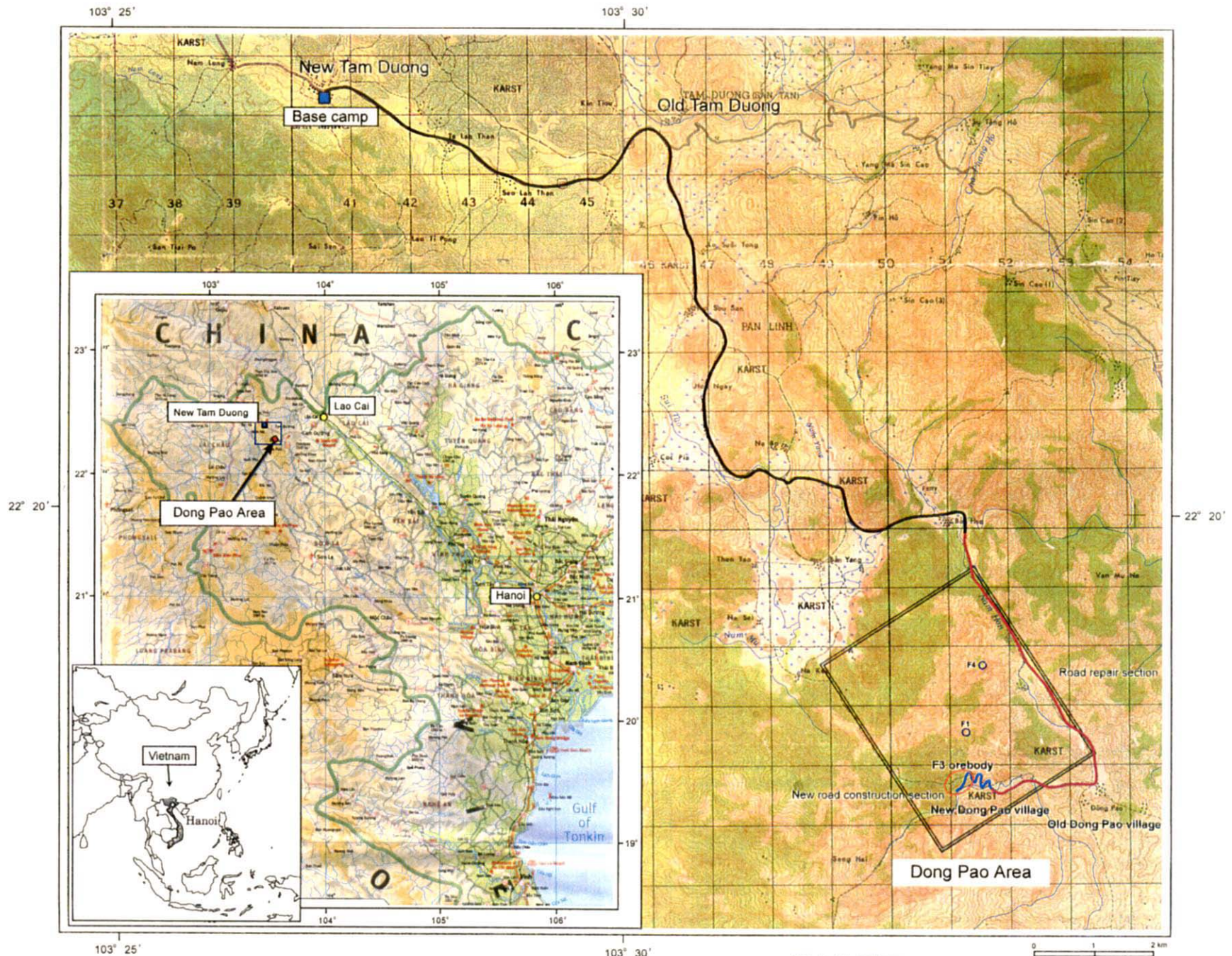
国際協力事業団

総 裁 齊 藤 邦 彦



金属鉱業事業団

理事長 田 代 直 弘



調査位置図

要 約

本調査は、ベトナム社会主義共和国のドンパオ (Dong Pao) 地域における資源開発協力基礎調査地域開発計画調査で、本年度が第1年次である。本報告書は第1年次の調査結果をまとめたものである。

現地調査は平成12年11月21日から平成13年2月10日の期間に、ベトナム国営鉱業公社の協力のもとに、国際協力事業団および金属鉱業事業団が派遣した調査団によって実施された。

第1年次の調査では全域の地質調査、環境影響調査、およびF3鉱体を対象としたボーリング調査、選鉱試験を実施した。これらの調査の目的は、Dong Pao地域のレアアース鉱床が開発に繋がる可能性を調査することである。

Dong Pao地域の地質は三畳系の石灰岩、頁岩、砂岩、シルト岩および古第三系のアルカリ岩質火山岩・凝灰岩類からなり、貫入岩には古第三系の閃長岩および小規模なミネット岩脈がある。当地域にはNW-SE系の断層、N-S系およびE-W系のリニアメントがある。

環境影響調査のうち、土壌試料による分析結果でT-RE₂O₃の分析値が2%以上を示す所が本地区の鉱体の多くで検出された。また、有望な鉱化露頭が確認された。当地域のT-RE₂O₃は相関分析の結果から軽希土類元素との相関が高く、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。

水質試験(5試料)の結果、pHは中性から弱アルカリ性を示す。水温は河川が16.7~21.2℃で、泉温が28.9℃の温泉が認められた。電気伝導度は一般の河川水の値に比べて高い値を示す。微量成分は一般的な河川水に比べて、砒素が0.25~0.34mg/l、フッ素が0.79~2.42mg/lと多く含有する。これは鉱化作用の影響に起因するものと考えられる。

気象観測調査では、現在新 Tam Duong に気象観測システムを設置して、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。Tam Duong 気象観測所の過去5年間の気象データによれば、5月~8月間が一般に高温(20~24℃)、多雨(200~800mm/月)で、9月~翌年4月間が低温(13~18℃)、少雨(0.3~200mm/月)である。

植生調査では、長年の農地開拓による伐採が原因で原生林が減少していることが判明した。本地区の植生のうち、主要な一般種53種、希少種9種の存在が明らかになった。

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、これらを通るミネット岩脈からなる。

ボーリング調査の結果、7孔でT-RE₂O₃が10%以上を示す富鉱部に着鉱し、さらに他の5孔ではT-RE₂O₃が5~10%を示す有望な鉱化部を確認した。T-RE₂O₃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はまだ確認されていない。

富鉱部の産状は不規則レンズ状で、東部は尖滅し、南部から北部へやや深くなる。レアアース鉱の代表的な着鉱部は、西部のMJVD-10ボーリングで着鉱した厚さ52m間のT-RE₂O₃平均品位が10.44%であり、この西方延長への連続が期待される。

F3鉱体の鉱石は、コンドライトによる規格化パターンでは軽希土類元素に富み、

Bastnaesite を主体する鉱石である。

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, Quartz 等の結晶粒間を埋めており、一部では Barite や Fluorite 等の結晶粒の中に細脈状に産する。

今回の調査結果および東ドイツの調査結果をもとに計算した F3 鉱体の T-RE₂O₃ 品位 10% 以上の概略推定鉱量の総計は、鉱量が約 89 万トン、平均品位が約 12%、T-RE₂O₃ の含有量が約 10 万トンである。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。

Dong Pao 地域の鉱体は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 鉱体以外の主要な鉱体には F1, F4, F7, F9, F10, F16 等がある。

F1, F4 は Fluorite を主体とする鉱体で前者は稼行中、後者は休山中である。

F7 は東西約 1.5km, 南北約 0.5km の鉱体で、F3 鉱体の北東部に連続する。鉱体西部の露頭では T-RE₂O₃ が 11.09% の高品位を示す他、土壤の地化学異常も顕著に現れている。鉱体の分布範囲は広く、下部に有望鉱床の潜在する可能性が高い。

F9, F10, F16 の各鉱体の分布範囲は広く、露頭では有望なレアアースの鉱化を確認している。土壤の地化学異常が顕著なことから、これらの地区に有望鉱床が潜在する可能性が高い。

本地区の鉱床形成過程を考察すると、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、三畳系がブロック化された。古第三紀になって、この断裂帯に沿ってアルカリ岩質のマグマの貫入が地下深部で起こり、当地区の閃長岩が形成された。このマグマの下部では希土類元素を含む高温・高圧のガスが形成され、このガスが閃長岩の岩体周縁部の冷却節理帯や破碎された石灰岩の弱線帯に沿って上昇した。地下水の影響等から高温、高圧のガスは冷却されて、ある条件下でレアアース鉱物、Fluorite, Barite 等が沈殿して鉱床を形成した。その後、侵食されて現在に至ったと推定される。

選鉱試験は、F3 鉱体のピットで採取した鉱石 (T-RE₂O₃ が 9.25%, BaSO₄ が 62.7%, CaF₂ が 4.7%) で実施した。選鉱試験では浮遊選鉱試験を主体に条件を色々変えて試験を実施したが、Bastnaesite は分離されなかった。さらに、磁力選鉱および温水による浮遊選鉱を試みたが良い結果は得られなかった。その理由は、①鉱石が強風化しており、Bastnaesite の鉱物粒が細粒であること、②細粒の Bastnaesite が Fluorite や Barite の結晶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。本年度の選鉱試験に用いた試料は地表に近い鉱石であったため、①の理由から F3 鉱体の鉱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、8 μ m 未満の部分の TREO 品位と分布率は、破碎産物では品位 32.5% と分布率 32%、摩砕産物では品位 22.1% と分布率 51% である。この細粒部を分離回収することで、品位約 30% のレアアースを含む粗精鉱が得られる可能性がある。

以上の調査結果から、Dong Pao 地域のレアアース鉱床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。

(1) F3 鉍体に対する調査

ボーリング調査：F3 鉍体の開発を検討するためには鉍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、まだ確認できていない F3 鉍体富鉍部の西方および北方への連続を確認するボーリング調査を実施する。

選鉍試験：F3 鉍体のピット試料による選鉍試験では、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鉍であったことから、Bastnaesite の鉍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、強風化鉍からのレアアース分離濃縮方法の再検討に加え、ボーリングで着鉍した地表に比べて強風化されていない深部の鉍石を用いて選鉍試験を実施し、F3 鉍体の開発時の主体となる鉍石に最も適した選鉍方法を解明する。

冶金試験：地表付近の強風化鉍石は選鉍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%、摩鉍試験では $\text{T-RE}_2\text{O}_3$ 品位が 22.1%であることが明らかになった。このことから鉍石の細粒部をそのまま粗精鉍として利用可能となれば、選鉍工程が不要となり、コスト的にも有利になると見込まれることから、粗精鉍から直接レアアースを回収する冶金試験を実施する。

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

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。

(2) F3 鉍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 地域でレアアース鉍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 鉍体および F7 鉍体を含む New Dong Pao 地区、調査地域北部の F9 鉍体および F10 鉍体を含む Ban Hon 南部地区、調査地域北西部の F16 鉍体を含む Tong Pao Nieu 地区の 3 地区と考えられる。これらの地区において鉍床賦存のポテンシャルを把握することは、将来の F3 鉍体の鉍山開発を検討する上で鉍量確保の点から重要な情報になると考えられる。

目 次

はしがき	
調査地域位置図	
要 約	
目 次	
付図・付表一覧	

第 I 部 総 論

第 1 章 序 論	1
1-1 調査経緯および調査目的.....	1
1-2 第 1 年次の目的および作業の概要.....	1
1-3 調査団の編成.....	2
第 2 章 調査地域の地理	4
2-1 位置および交通.....	4
2-2 地形および水系.....	4
2-3 気候および植生.....	4
第 3 章 調査地域付近の地質鉱床概要	5
3-1 地質概要.....	5
3-2 地質構造の概要.....	5
3-3 鉱床概要.....	6
第 4 章 既往調査	20
4-1 既往調査の概要.....	20
4-2 既往調査の解析.....	21
第 5 章 調査結果の総合検討	35
5-1 地質調査.....	35
5-2 環境調査.....	35
5-3 ポーリング調査.....	36
5-4 F3 鉱体.....	36
5-5 F3 以外の鉱化作用.....	37
5-6 レアアース鉱床の形成モデル.....	37
5-7 選鉱試験.....	38
第 6 章 結論および提言	39
6-1 結 論.....	39
6-2 提 言.....	42

第Ⅱ部 各 論

第1章 地質調査.....	45
1-1 調査方法.....	45
1-2 地質概要.....	45
1-3 地質層序.....	45
1-4 地質構造.....	51
1-5 鉱徴地調査.....	51
第2章 環境影響調査.....	69
2-1 土壌調査.....	69
2-2 水文調査.....	81
2-3 気象観測調査.....	89
2-4 植生調査.....	92
第3章 ボーリング調査.....	97
3-1 調査の概要.....	97
3-2 コア調査結果.....	105
第4章 F3 鉱体の考察.....	138
4-1 地質・構造.....	138
4-2 鉱 床.....	138
4-3 F3 鉱体の概略鉱量の検討.....	187
4-4 レアアース鉱床の形成モデル.....	193
第5章 ピット調査.....	197
5-1 試料採取.....	197
5-2 ピット調査.....	197
第6章 選鉱試験.....	203
6-1 選鉱試験の概要.....	203
6-2 選鉱試験試料.....	203
6-3 選鉱試験.....	204
6-4 試験結果.....	207
6-5 考 察.....	217
第7章 結論および提言.....	219
7-1 結 論.....	219
7-2 提 言.....	222
参考文献.....	227
APPENDICES	

付 図

- 図 I-3-1 ヴィエトナム北部概略地質図
 - 図 I-3-2 ヴィエトナム北部地域地質図
 - 図 I-3-3 カンボジア-ラオス-ヴィエトナムの地質区
 - 図 I-3-4 時代別構造区および鉍化作用の分布図
 - 図 I-3-5 ヴィエトナムの時代別主要鉍化作用
 - 図 I-3-6 北部ヴィエトナムの鉍床分布図
 - 図 I-3-7 Nam Xe レアアース鉍床の地質・鉍床断面図
 - 図 I-3-8 Dong Pao レアアース鉍床分布図
 - 図 I-4-1 F3 鉍体鉍量計算鉍画平面図
 - 図 I-4-2 F3 鉍体鉍画断面図
 - 図 I-4-3 F3 鉍床南部のクラス I 鉍量再計算鉍画平面図
 - 図 I-4-4 F3 鉍体南部のクラス I 鉍画対応断面図 (A-A' ~F-F')
-
- 図 II-1-1 地質図・地質断面図
 - 図 II-1-2 模式柱状図
 - 図 II-1-3 主要鉍徴地位置図
 - 図 II-1-4 (1) F1 鉍体
 - 図 II-1-4 (2) F4 鉍体
 - 図 II-1-4 (3) F7 鉍体 (1)
 - 図 II-1-4 (4) F7 鉍体 (2)
 - 図 II-1-4 (5) F16 鉍体
 - 図 II-1-4 (6) F3 鉍体の南西部の鉍化
 - 図 II-2-1 土壌試料採取位置図
 - 図 II-2-2 Total REO 濃度分布図
 - 図 II-2-3 BaSO₄ 濃度分布図
 - 図 II-2-4 CaF₂ 濃度分布図
 - 図 II-2-5 水系分布図
 - 図 II-2-6 Stiff 図
 - 図 II-2-7 Piper 図
 - 図 II-2-8 Tam Duong の月別平均温度および降水量変化 (1996~2000 年)
 - 図 II-2-9 植生分布図
 - 図 II-3-1 ボーリング調査位置図
 - 図 II-3-2 ボーリング地点位置図
 - 図 II-3-3 ボーリング概略柱状図凡例
 - 図 II-3-3 (1/16) ボーリング概略柱状図 (MJVD-1)
 - 図 II-3-3 (2/16) ボーリング概略柱状図 (MJVD-2)
 - 図 II-3-3 (3/16) ボーリング概略柱状図 (MJVD-3)

- 図 II-3-3 (4/16) ボーリング概略柱状図 (MJVD-4)
- 図 II-3-3 (5/16) ボーリング概略柱状図 (MJVD-5)
- 図 II-3-3 (6/16) ボーリング概略柱状図 (MJVD-6)
- 図 II-3-3 (7/16) ボーリング概略柱状図 (MJVD-7)
- 図 II-3-3 (8/16) ボーリング概略柱状図 (MJVD-8)
- 図 II-3-3 (9/16) ボーリング概略柱状図 (MJVD-9)
- 図 II-3-3 (10/16) ボーリング概略柱状図 (MJVD-10)
- 図 II-3-3 (11/16) ボーリング概略柱状図 (MJVD-11)
- 図 II-3-3 (12/16) ボーリング概略柱状図 (MJVD-12)
- 図 II-3-3 (13/16) ボーリング概略柱状図 (MJVD-13)
- 図 II-3-3 (14/16) ボーリング概略柱状図 (MJVD-14)
- 図 II-3-3 (15/16) ボーリング概略柱状図 (MJVD-15)
- 図 II-3-3 (16/16) ボーリング概略柱状図 (MJVD-16)
- 図 II-4-1 F3 地質鉍化帯平面図
- 図 II-4-2 (1/7) F3 地質鉍化帯断面図 (A-A')
- 図 II-4-2 (2/7) F3 地質鉍化帯断面図 (B-B')
- 図 II-4-2 (3/7) F3 地質鉍化帯断面図 (C-C')
- 図 II-4-2 (4/7) F3 地質鉍化帯断面図 (D-D')
- 図 II-4-2 (5/7) F3 地質鉍化帯断面図 (E-E')
- 図 II-4-2 (6/7) F3 地質鉍化帯断面図 (F-F')
- 図 II-4-2 (7/7) F3 地質鉍化帯断面図 (G-G')
- 図 II-4-3 (1/4) ボーリング孔の T-RE₂O₃ - CaF₂ - BaSO₄ 品位関係図 (A-A')
- 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 T-RE₂O₃ - CaF₂ - BaSO₄ 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')
- 図 II-4-4 (1) F3 鉍体のレアアース富鉍部の分布域
- 図 II-4-4 (2) F3 鉍体の Fluorite 富鉍部の分布域
- 図 II-4-4 (3) F3 鉍体の Barite 富鉍部の分布域
- 図 II-4-5 (1) F3 鉍体の鉍石写真
- 図 II-4-5 (2) F3 鉍体の鉍石写真
- 図 II-4-5 (3) F3 鉍体の鉍石写真
- 図 II-4-5 (4) F3 鉍体の鉍石写真
- 図 II-4-5 (5) F3 鉍体の鉍石写真
- 図 II-4-6 F3 鉍体露頭部試料採取位置および分析結果
- 図 II-4-7 F3 鉍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
- 図 II-4-9 F3 鉍体のボーリング孔による鉍画平面図 (C1~C13)
- 図 II-4-10 F3 鉍体の鉍画断面図 (A-A' ~D-D')
- 図 II-4-11 Dong Pao 地域の鉍床形成モデル図

- 図 II-5-1 ピット掘削位置図
 - 図 II-5-2 ピット断面スケッチ (P1a, P1b)
 - 図 II-5-3 ピット断面スケッチ (P2, P3)
 - 図 II-6-1 顕微鏡写真
 - 図 II-6-2 F3 鉱体 レアアース鉱石の選鉱試験プログラム
 - 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
 - 図 II-6-5 浮鉱量と実収率の関係
 - 図 II-6-6 浮鉱量と浮鉱品位の関係
 - 図 II-7-1 第2年次調査推奨地区
- 添付図 Plate 1 Geological map of Dong Pao Area

付 表

- 表 I-1-1 調査数量一覧表
- 表 I-1-2 室内試験数量表
- 表 I-4-1 調査数量表 (1964~1968年)
- 表 I-4-2 各鉱体別調査数量表 (1964~1968年)
- 表 I-4-3 各鉱体別調査数量表 (1984~1985)
- 表 I-4-4 5 鉱体 (F1~F5) の鉱量計算集計表 (1972)
- 表 I-4-5 F3 鉱体の鉱量計算集計表 (1986)
- 表 I-4-6 F3 鉱体のクラス I カテゴリー C1+C2 の鉱量計算結果表
- 表 II-2-1 分析成分と検出限界値
- 表 II-2-2 相関係数一覧表
- 表 II-2-3 水質分析結果一覧表
- 表 II-2-4 気象観測値一覧表 (Tam Duong, 1996-2000)
- 表 II-2-5 調査地域の代表的な植物種 (一般種)
- 表 II-2-6 調査地域の代表的な植物種 (希少種)
- 表 II-3-1 ボーリング調査実績表
- 表 II-3-2 掘削機械別掘進工程表
- 表 II-4-1 レアアースの主要鉱化状況
- 表 II-4-2 Fluorite の主要鉱化状況
- 表 II-4-3 Barite の主要鉱化状況
- 表 II-4-4 ボーリング調査範囲の TREO 鉱量計算結果一覧表
- 表 II-6-1 選鉱試験試料分析結果
- 表 II-6-2 X線回折試験結果
- 表 II-6-3 浮選試験結果
- 表 II-6-4 浮選試験結果 +38 μ m の磁選試験の結果

Appendices

- Apx. 1 Results of microscopic observation of thin sections
- Apx. 2 Results of the X-ray diffraction analyses
- Apx. 3 Assay results of whole rocks and ore samples
- Apx. 4 Measurement results of fluid inclusion geothermometer
- Apx. 5 Photographs of hydrological working site in Dong Pao area
- Apx. 6 Metrological observation system
- Apx. 7 Vegetation study in Dong Pao area
- Apx. 8 (1)~(4) Drilling equipment of XY-2B, ckb-4, ckb-4t3 and common equipment
- Apx. 9 Amounts of consumed materials and diamond bits of drilling survey
- Apx. 10 (1)~(16) Drilling progress results of drill hole (MJVD-1~16)
- Apx. 11 Drilling column of MJVD-1~16 (scale:1/200)
- Apx. 12 Assay results (mainly rare earth) of drilling core samples (MJVD-1~16)
- Apx. 13 Assay results (57 elements) of drilling core samples (MJVD-1~16)
- Apx. 14 Assay results of soil samples (57 elements)
- Apx. 15 Assay results of tunnel L2 samples in Dong Pao F3 ore body
(data of 1964~1968)
- Apx. 16 Assay results of pits (from G2 to G11) samples of in Dong Pao F3 ore body (data
of 1964~1968)
- Apx. 17 Sample list
- Apx. 18 EPMA analysis of ore test samples
- Apx. 19 Report of a preliminary investigation into the differential flotation of rare earth
oxides, barite, & fluorite
- Apx. 20 Photograph of ore test works
- Apx. 21 Bond ball mill grindability results
- Apx. 22 Reference list

第I部 総論