

第1部 総論

第1章 序論

1-1 調査経緯および調査目的

日本国政府は、ベトナム社会主義共和国政府からの資源開発協力基礎調査に対する要請に応え、2000年9月に事前調査団を派遣し、同年9月27日に同国のベトナム国営鉱業公社 (Vietnam National Corporation) とベトナム北部に位置する Dong Pao 地域の資源開発調査に関する協定書 (Scope of Work) を締結した。

本調査は、ベトナム社会主義共和国 Dong Pao 地域の鉱化帯を対象に、2年間にわたって鉱山開発へ繋がる可能性を調査することを目的とする。

1-2 第1年次の目的および作業の概要

第1年次は Dong Pao 地域 (特に F3 鉱体) を対象として既存データ解析、地質調査、ボーリング調査、環境影響調査および選鉱試験を行うことにより、レアアース鉱床として開発に繋がる可能性の有無を調査することを目的とする。

本調査の作業内容およびその数量の概要は表 I-1-1、表 I-1-2 のとおりである。

表 I-1-1 調査数量一覧表

1地質調査	対象面積	11km ²
2ボーリング調査	①道路造成 ②ボーリング調査	道路拡張延長 7.5km×幅 4.5m 道路新設延長 1,530m×幅 4.5m 追加道路造成 630m×幅 4.5m 合計 16 孔, 総掘削長 1,480m コア分析: 1,481 試料採取
3環境影響調査	①土壌調査 ②水文調査 ③植生調査 ④気象観測	対象面積 11km ² , 1,606 試料採取 調査個所 5ヶ所; 水温, 気温, 導電率, pH および流量 (現地), 水分析 (22 成分) 対象面積 11km ² , 代表植物種のリストアップ 温度, 湿度, 雨量, 風向, および風速 (年間を通じて観測), Tam Duong の気象観測所からデータ入手
4選鉱試験	①試料採取 ②選鉱試験	ピット掘削 4ヶ所, 総掘削長 15m, ピットスケッチ, 試料採取 1,431kg 試料調整, 鉱石性状試験, 選鉱試験

表 I-1-2 室内試験数量表

試験内容		数量	単位
岩石・ 鉍石分析	全岩分析	10	件
	化学分析（鉍石）	50	件
	岩石薄片作成	20	件
	鉍石薄片作成	20	件
	X線回折試験	17	件
	放射年代測定(K-Ar 法)	2	件
	流体包有物（均質化温度，塩濃度）	5	件
地化学探査試料分析		1,606	件
コア試料分析		1,481	件
ピット，トレンチ試料分析		70	件

1-3 調査団の編成

本調査団員は以下のとおりである。

(1) 事前調査および協定折衝

当該調査の計画策定に当たり，ヴィエトナム側との事前調査および協定折衝のため，以下の日本側調査団が編成され，2000年9月25日から同年10月4日までの日程で派遣された。

日本側

団長	逆瀬川敏夫	金属鉍業事業団 調査事業部長
	杉浦孝志	通商産業省資源エネルギー庁 長官官房鉍業課
	梅津 径	国際協力事業団 鉍工業開発調査部 資源開発調査課
	鈴木哲夫	金属鉍業事業団 調査事業部 海外協力課
	守屋 猛	金属鉍業事業団 バンコック海外調査員

ヴィエトナム側

Nho Van Troi	Director General, Vietnam National Mineral Corporation
Pham Trung Luong	Senior Expert, International Co-operation Department, Ministry of Industry
Nguyen Van Chung	Director International Co-operation and Marketing Department Vietnam National Mineral Corporation

Ngo Manh Hung Senior Executive
International Co-operation and Marketing
Department,
Vietnam National Mineral Corporation
Duong Trong Bong Director
Rare Earth Corporation

(2) 現地指導監督

神田慶太 金属鉱業事業団 調査事業部 海外協力課
平成 12 年 12 月 10 日から 12 月 16 日
鈴木哲夫 金属鉱業事業団 調査事業部 海外協力課
平成 13 年 2 月 1 日から 2 月 9 日

(3) 現地調査団

派遣期間は平成 12 年 11 月 21 日から平成 13 年 2 月 10 日までである。

日本側

団長 中島清治 住鉱コンサルタント（株）地質・鉱床調査，ボーリング調査
上田晃司 住鉱コンサルタント（株）地質・鉱床調査，環境影響調査
上野孝志 住鉱コンサルタント（株）ボーリング調査

ヴェトナム側団員

団長 Nguyen Van Chung
International Co-operation and Marketing Department,
Vietnam National Mineral Corporation
地質・鉱床調査

Hoang Van Cong
Rare Earth Corp. - TERRAPRODEX
Vietnam National Mineral Corporation
ボーリング調査，調査環境影響調査

Ngo Manh Hung
Vietnam National Mineral Corporation
通訳，調査環境影響調査

第2章 調査地域の地理

2-1 位置および交通

調査地域は、ハノイ (Hanoi) 市の北西約 300km で、中華人民共和国との国境に近いラオカイ (Lao Cai) 市の西南西約 47.5 km (直線距離)、旧 Tam Duong 部落の東南東約 13 km にある Dong Pao 部落の北西側に位置する (Dong Pao 地域位置図参照)。

調査範囲 北東端：北緯 22° 19′ 28″， 東経 103° 33′ 28″
南東端：北緯 22° 17′ 46″， 東経 103° 34′ 37″
南西端：北緯 22° 16′ 56″， 東経 103° 33′ 07″
北西端：北緯 22° 18′ 38″， 東経 103° 31′ 58″

現地調査ベースキャンプとした新 Tam Duong 部落は、旧 Tam Duong 部落の西方約 8km にある。この部落に至るには、ハノイ市からラオカイ (Lao Cai)、サパ (Sapa)、ビンルー (Binh Lu) を経由して車輛で約 11 時間を要する。

この間でハノイから Sapa と Binh Lu の中間付近までは舗装されているが、その先は未舗装道路になる。

調査地域の南部にある F3 鉱体に至るには、ベースキャンプから旧 Tam Duong 部落へ行き、そこから南方の Ban Hon (バンホン) 部落を通過してドンパオ (Dong Pao) 部落の北側から西方に約 2km 進むと新 Dong Pao 部落に入り、この部落の西側に F3 鉱体がある。この間の車輛による移動距離は約 26km で、その所要時間は約 50 分である。

Ban Hon から F3 鉱体に至る道路は車輛での進入が不可能だったため、本調査で補修・造成を行なった。また、旧 Tam Duong 部落と Ban Hon 部落間は、一部で渡河が必要なため、雨季および雨季明けの 7 月から 9 月にかけての増水時には、車両による通行が不可能である。

2-2 地形および水系

調査地域は Fan Si Pan 山脈に連なる Pu Sam Cap 山 (標高 2,111m) の北東側に位置する急峻な山岳地帯である。

調査地域は、標高が 700m から 1,133m の山地で、石灰岩のカルスト地形からなり、地区南部にはドリーネ (漏斗状の落ち込み) や一部にカッレン (墓石地形)、また、地区外北側ではポリエ (Ban Hong 部落付近の平坦地) が見られる。

広域的には NW-SE の方向性を持つ構造線 (後述) が発達しているが、調査地区の北東側にはこの構造帯に支配されたと思われる Nam Hon 川が南東から北西に流れ、この川はバンホンから方向を変えて東方に約 3.5km 流れた後に、南東に流れて Nam Ma 川に合流する。

地区内には前記構造線に平行する沢、また、斜交する NE-SW および E-W 方向の沢や小沢が発達する。

地区南部の Dong Pao 川は、地区南部で地下に流れ込み、その水の出口は明らかでない。地区北東には温泉 (29℃) が湧出している。

2-3 気候および植生

気候は亜熱帯性のモンスーン気候で、雨季は 5 月～8 月、乾季は 11 月～翌年 2 月で 3 月、

4月と9月、10月は雨季と乾季の中間期に当たり、年によって変化する。現地調査を開始した2000年12月は、例年に比べて降雨の日が多かった。

気温は乾季の9月～4月には13～18℃、5月から8月までは20℃から24℃である。湿度は乾季に70～80%、雨季に80～94%の多湿である。一般に湿度は高いが、気温はさほど高くない。

植生は、原生林が少なく、急傾斜地では灌木や雑木が比較的密集し、緩傾斜部では休耕地に雑草や低灌木が生えている他、一部ではキャッサバの一種が栽培されている。また、河川沿いの平坦地では稲作が行われている。

第3章 調査地域付近の地質鉱床概要

3-1 地質概要

ヴェトナムの北部地域の地質は基盤岩が原生界の地層からなり、これらを覆って古生代、中生代、新生代の地層がこれらを覆って分布する(図1-3-1, 1-3-2)。

基盤岩は下部原生界の片麻岩、角閃岩、珪岩、結晶質石灰岩および上部原生界の片岩、珪岩、苦灰石等の堆積岩類からなる。また貫入岩類には花崗閃緑岩、花崗岩、ミグマタイト等がある。

下部原生界の地層は中央部付近のHong川沿いに北部のLao Cai町からHanoi市に近いViet付近にかけてNW-SE方向に細長い分布を示すほか、この南西側にも分布する。また、上部原生界の地層は西部に当たるLai Chai町の南からDien Bien Phuの東部にかけて分布し、さらに南東方向に細長い分布を示す。

これらの原生界を覆う古生代の地層は、カンブリア紀から二疊紀にかけての、石灰岩、頁岩、珪岩、緑色岩、チャート、礫岩、砂岩、シルト岩、石炭等の堆積岩類および流紋岩、正長斑岩、安山岩、玄武岩等の火山岩類からなる。また貫入岩には斑レイ岩、閃長岩、花崗岩等がある。これら古生代の地層は、中央部から北東部にかけて広く分布するほか、北西部や南部に分布する。

中世代の地層は、三疊紀から白亜紀にかけての礫岩、砂岩、頁岩、石炭、石灰岩、正長斑岩、流紋岩、凝灰岩、玄武岩等の堆積岩類および火山岩類からなる。貫入岩類には斑レイ岩、閃長岩、花崗岩、花崗閃緑岩、閃緑岩等がある。これらの地層は中央西部、西部、東部南部に分布する。

新生代の地層は古第三紀の粗面岩、新第三紀の礫岩、砂岩、粘板岩、第四紀の沖積層(海生堆積物)からなり、Hanoi市付近から南東部の海岸付近に広く分布する。

3-2 地質構造の概要

ヴェトナム北部(北緯20°以北)の地質区は、LITTORAL BACBO, VIET BAC, WEST BACBO, TRUONG SON, NORTH WEST LAOSに分類されている(図1-3-3)。

北部地域に発達する断層構造はNW-SE系が最も顕著で、次いでこれらのNW-SE系の断層を切るNE-SW系の断層が発達する。

調査地域はNW-SE方向に伸びるWEST BACBO地質区の北西部に位置し、調査地域付近の地質は主に三疊紀の石灰岩、礫岩、砂岩、頁岩およびこれらに貫入した後期中生代～前期新

生代(?)の閃長岩の分布域に当たり、この付近に発達する断層構造も NW-SE 系が顕著である。

3-3 鉱床概要

3-3-1 鉱業生産

ベトナムで産出する鉱物資源は、金属鉱物には金、銅、鉛、亜鉛、鉄、チタン、錫、タングステン、クロム、ボーキサイト、イルメナイト、ニッケル、マンガン、レアアース等があり、非金属鉱物には石炭、石油、天然ガス、燐酸鉱物、石英、珪砂、リン、黒鉛などがある。

石炭、石油、天然ガス等を除く鉱物資源の大半は、資金不足とインフラストラクチャーの未整備により未開発のままである。

3-3-2 鉱床概要

ベトナムの主要な鉱物生成期は長期間に渡っており、以下に述べる 5 期に分類されている。ベトナムの鉱床生成期の地質構造と鉱床の分布は図 I-3-4 に、また、各鉱種の鉱床生成期は図 I-3-5 に示す。また、ベトナム北部の主要鉱床および本調査に係るレアアース鉱床の分布を図 I-3-6 に示す。

(1) カンブリア紀の鉱床

下部原生界および一部始生界の変成岩生成期に係る鉱物鉱床はごく限られており、燐灰石鉱床、鉄鉱床等の他に、含銅磁鉄鉱、金鉱床等がある。

(2) 前期-中期古生代の鉱床

この時代には南中国プレートとインドシナプレートおよびそれらの中にあるマイクロプレート等の分離と結合が起ったと考えられ、この断層帯に沿ってオフィオライトの火成活動があった。この時期の鉱化作用には、オフィオライト帯に胚胎するクロム鉄鉱床、黄鉄鉱床、含金黄鉄鉱床がある。また、変堆積岩中には含金石英脈鉱床がある。その他、中期古生代リフト帯のアルカリ質～珪長質の火山活動に係る層状鉄鉱床、マンガン鉱床、鉛・亜鉛鉱床等がある。Que Son 衝上断層帯にはルビーとサファイアを産出する。

(3) インドシナ期の鉱床 (前期石炭紀～後期三畳紀)

中期古生代に衝突した南中国プレートとインドシナプレートは前期石炭紀～後期三畳紀の Da 川に沿った地溝帯に沿って再び分離した。この地溝帯に分布する堆積岩類中には塩基性の火山岩類や貫入岩類が見られる。また、この地溝帯縁辺部には中期三畳紀の活動による塩基性および酸性の火山岩類が分布する。花崗岩および斑レイ岩もこの縁辺部に分布する。

この時代の鉱化作用はベトナム北部に集中しており、Da 川地溝帯ではニッケル・銅、銅、金、層状黄鉄鉱等の鉱床で代表される。他の地溝帯ではチタン鉄鉱、鉛、亜鉛鉱床がある。この生成期はスカルン、熱水性、正マグマ型の鉱床が特徴的である。

(4) 後期中生代～前期新生代の鉱床

この鉱物生成期は主に白亜紀～古第三紀の期間で、プレートの衝突に関係した鉱化作用を特徴とする。ヴェトナム南部の Da Lat 帯の中性～酸性火山岩類と深成岩には、錫、金、モリブデン、ベースメタル、ポーフイリー銅鉱床等がある。

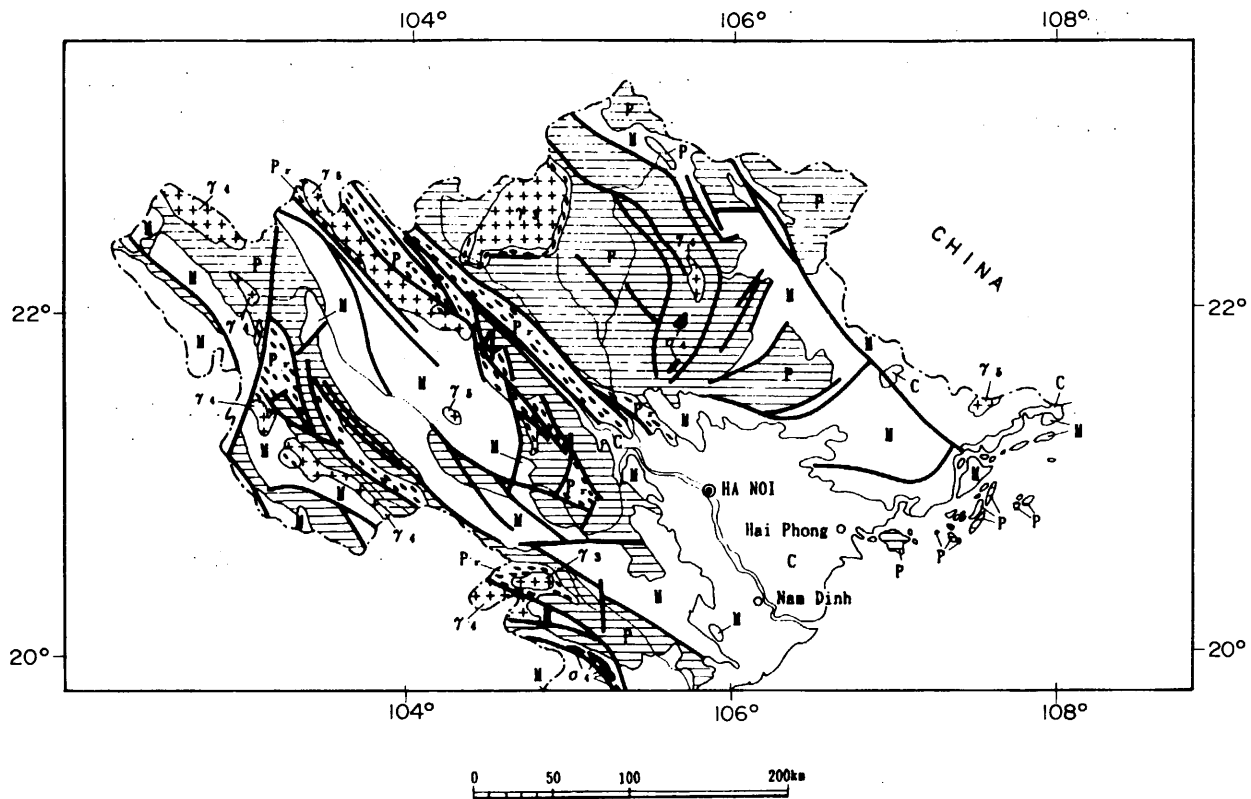
ヴェトナムの最も高い山脈で代表される Hong Lien Son 帯の酸性～中性の火山岩類と貫入岩類に関係した鉱化作用には、モリブデン、レアアース、鉛・亜鉛、金、ウラン、トリウム、の鉱化がある。その他、両雲母花崗岩および花崗閃緑岩には、錫、タングステン、ウラン、金、Fluorite の鉱化があり、花崗岩、花崗閃長岩および閃長岩には、錫、金、アンチモン、鉛・亜鉛の鉱化がある。NW-SE 系の断層に沿った古生界～中性界の地層中には、アンチモン、鉛・亜鉛、水銀、金、Barite の鉱床がある。

レアアース鉱床は、ヴェトナム北西の中国との国境に近い石灰岩層に胚胎した Nam Xe 鉱床がある(図 I-3-7)。また、この南方では閃長岩および石英閃長岩に胚胎した Dong Pao 鉱床がある(図 I-3-8: 本調査の対象地域)。

(5) 新第三紀～第四紀の鉱床

この時代の鉱床は漂砂鉱床、堆積鉱床、風化鉱床からなる。

漂砂鉱床にはクロム鉄鉱、錫石、鉄マンガン重石、金、ルビー、チタン鉄鉱、モナズ石、燐酸イットリウム鉱等がある。堆積鉱床には石炭および石油・天然ガスがある。風化鉱床にはカオリンおよびボーキサイト鉱床がある。



LEGEND

Stratified Rocks

- C Cenozoic System
- M Mesozoic System
- P Paleozoic System
- P* Proterozoic System*
- A* Archaean System*

* including intrusive rocks

Intrusive Rocks

Late Mesozoic-Early Cenozoic

- ++++
+76+ Felsic Rocks

Late Paleozoic-Early Mesozoic

- ++++
+74+ Felsic Rocks
- /σ₁ Mafic-Ultramafic Rocks

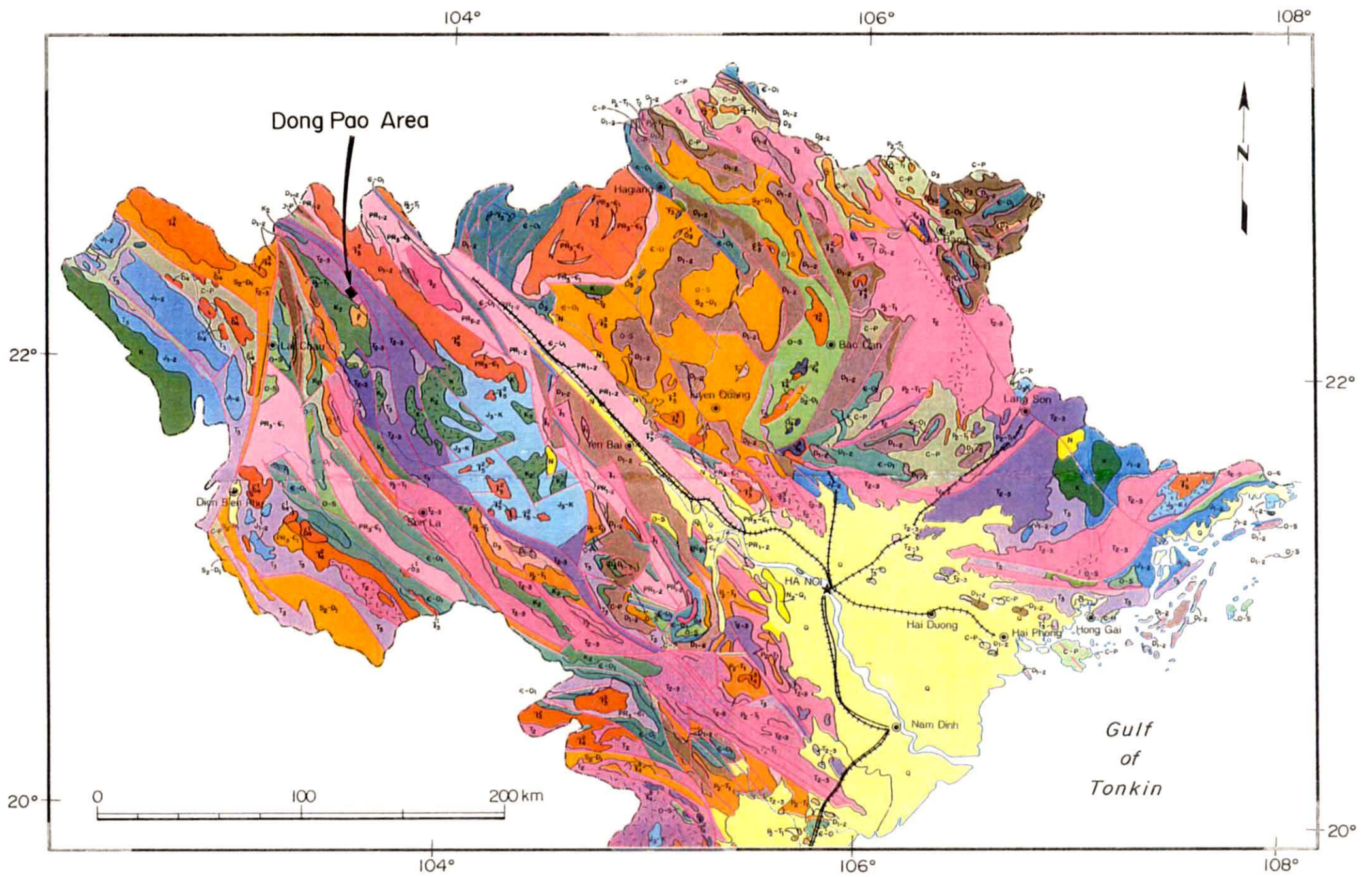
Early-Middle Paleozoic

- ++++
+72+ Felsic Rocks
- /σ₁ Mafic-Ultramafic Rocks

Others

- Fault
- River
- Capital, City

図 1-3-1 ヴィエトナム北部概略地質図



LEGEND

STRATIFIED ROCKS

- Quaternary: Alluvium with marine deposits in coastal area, βQ: Basalt
- U. Neogene - Quaternary: Gravel, clay, pebble, laterite
- Neogene: Conglomerate, sandstone, claystone, lignite
- Paleogene: Trachyte, leucitophyre
- U. Cretaceous: Red continental deposits - conglomerate, sandstone, siltstone
- Cretaceous: Red continental deposits of conglomerate, sandstone, siltstone, rhyolite
- U. Jurassic - Cretaceous: Orthophyre, tuff, basalt, rhyolite
- L - M. Jurassic: Continental deposits of conglomerate, sandstone, siltstone
- U. Triassic: Conglomerate, sandstone, marly shale, coal
- M - U. Triassic: Shale, limestone, conglomerate, sandstone, basalt, rhyolite
- M. Triassic: Conglomerate, sandstone, shale, limestone, rhyolite
- U. Permian - L. Triassic: Conglomerate, siltstone, siliceous limestone, shale, coal, basalt
- Carboniferous - Permian: Shale, coal, limestone, chert with andesite and basalt
- U. Devonian: Limestone, chert, shale
- L - M. Devonian: Conglomerate, sandstone, shale, limestone
- U. Silurian - L. Devonian: Sandstone, shale, limestone, rhyolite, chert
- Ordovician - Silurian: Conglomerate, sandstone, shale, chert, rhyolite, orthophyre
- Cambrian - L. Ordovician: Limestone, shale, quartzite, greenstone, chert
- U. Proterozoic - L. Cambrian: Schist, quartzite, dolomite
- L - M. Proterozoic: Gneiss, amphibolite, quartzite, marble

INTRUSIVE ROCKS

- LATE MESOZOIC - EARLY CENOZOIC**
- Granodiorite, granite, granosyenite / Diorite, granodiorite, granite
- LATE PALEOZOIC - EARLY MESOZOIC**
- Biotite granite, granophyre, granodiorite, diorite
- Gabbro, granophyre / Diorite, granodiorite
- Dunite, peridotite
- EARLY - MIDDLE PALEOZOIC**
- Biotite granite
- Nepheline syenite, granosyenite
- Gabbro - diabase, gabbro / Serpentinite, dunite
- PROTEROZOIC**
- Granodiorite, granite, migmatite / Plagiogranite, granodiorite, granite, migmatite
- Felsic volcanics
- Fault
- Railways
- Roads

U: Upper M: Middle L: Lower

図 I-3-2 ヴィエトナム北部地域地質図

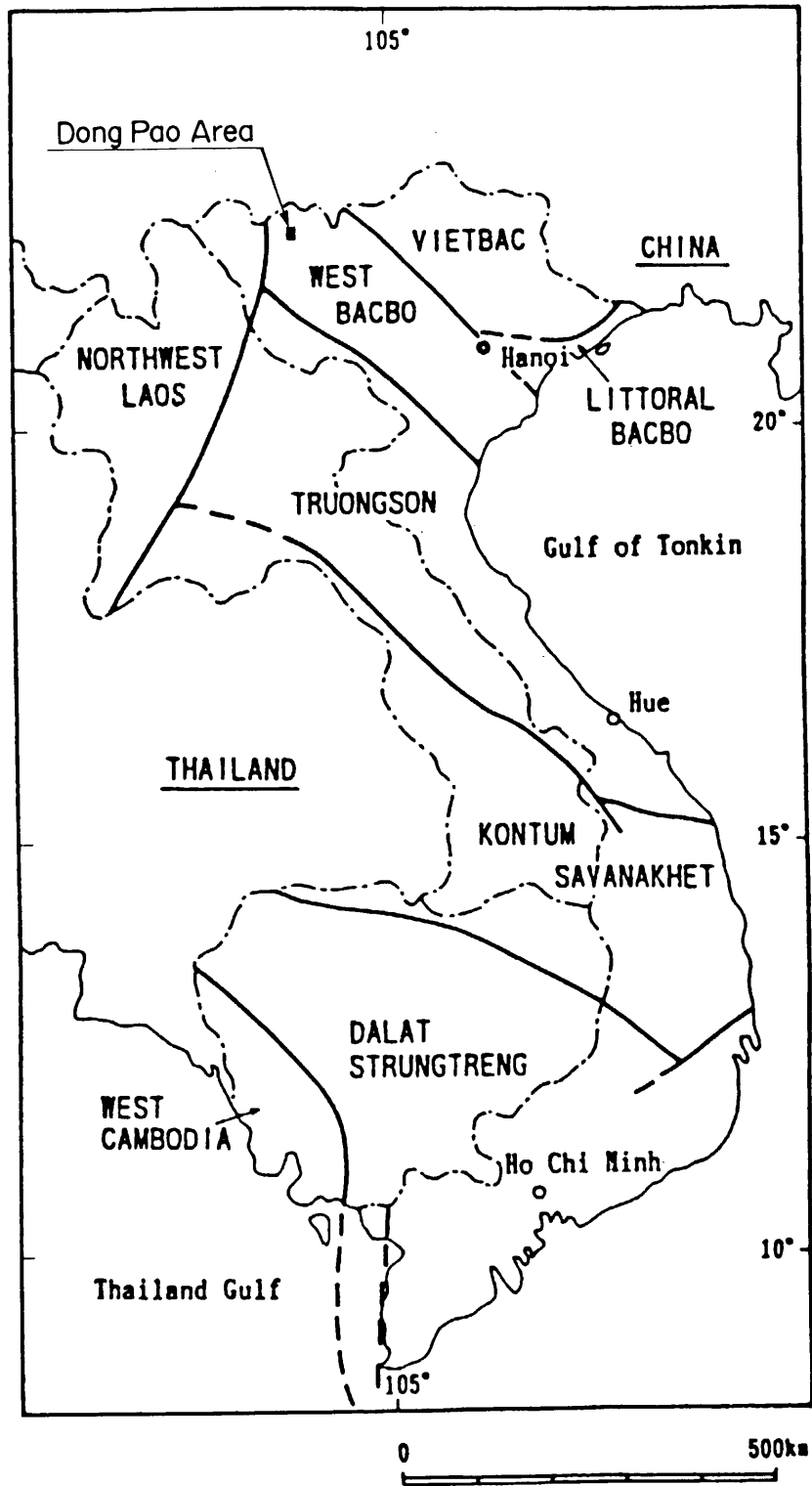
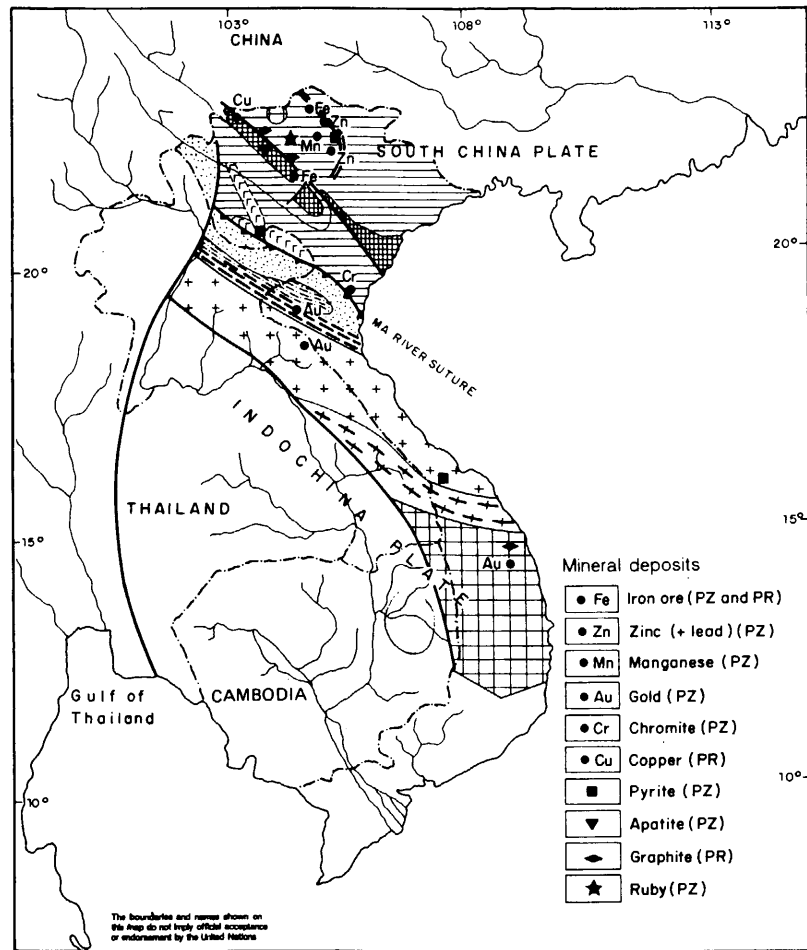
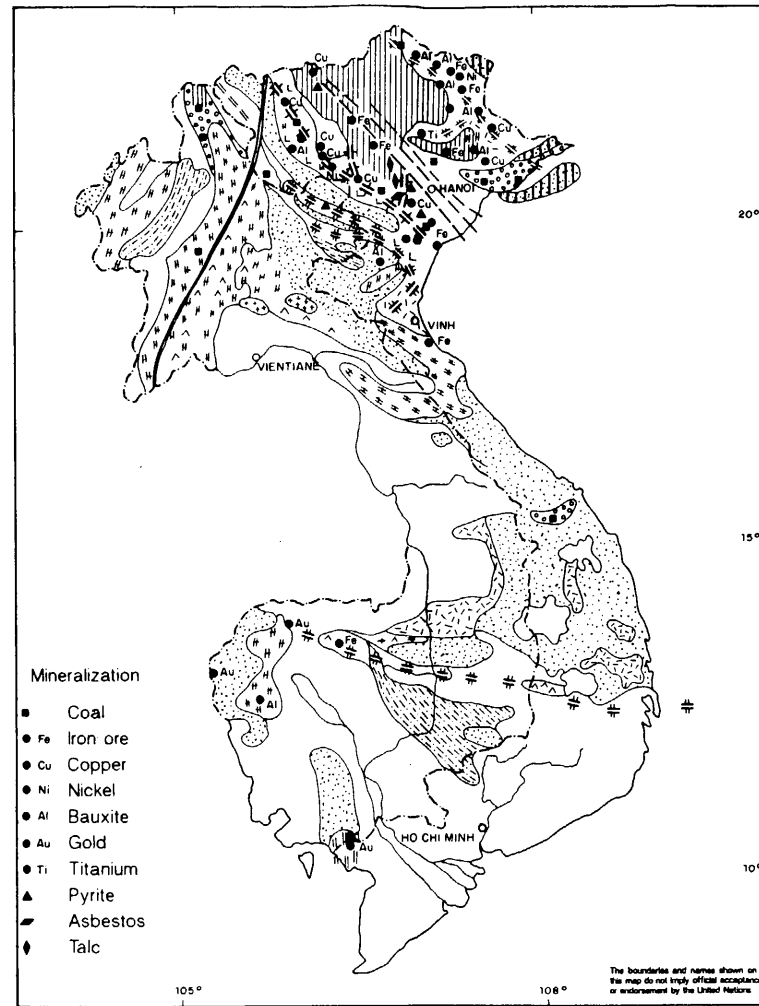


図 1-3-3 カンボジア-ラオス-ヴィエトナムの地質区



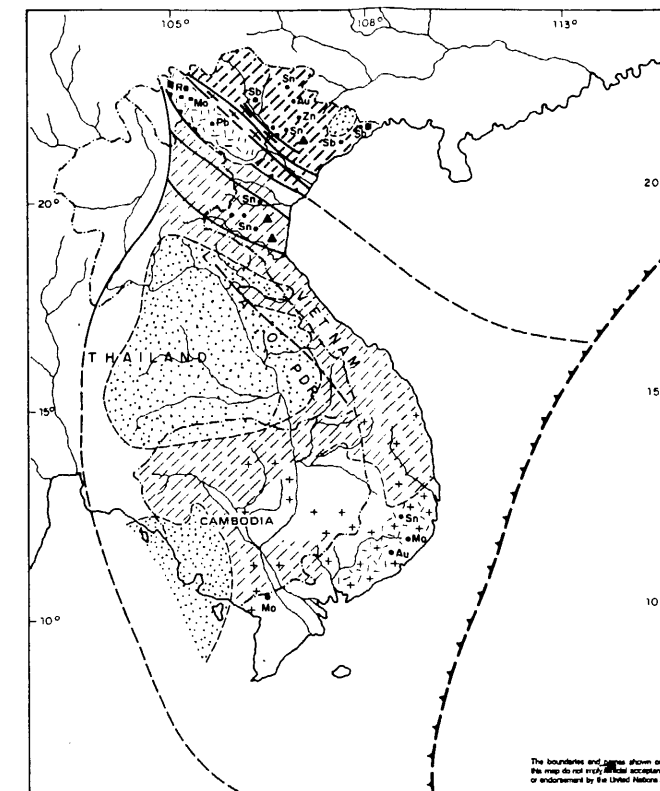
- LEGEND**
- South China plate:
- Phanerozoic stages
 - Outcrop of Pre-Cambrian basement along the Red River zone
 - Lower Paleozoic ophiolite along the Ma River zone
 - Mid Paleozoic rift of Tong Ba-Phu Ngu
- Indochina plate:
- Uplifted Kontum massif
 - Mesozoic-Paleozoic cover of Khorat-Da Lat
- Back arc thrust of Que Son
 - Truong Son volcanic arc
 - Foreland basin of Ca River
 - Outer island of Phu Hoat
 - Outer Trough of Sam Nua
 - Suture zone of Ma River

Tectonic setting and mineralization of the Lower-Mid Paleozoic and Pre-Cambrian epochs



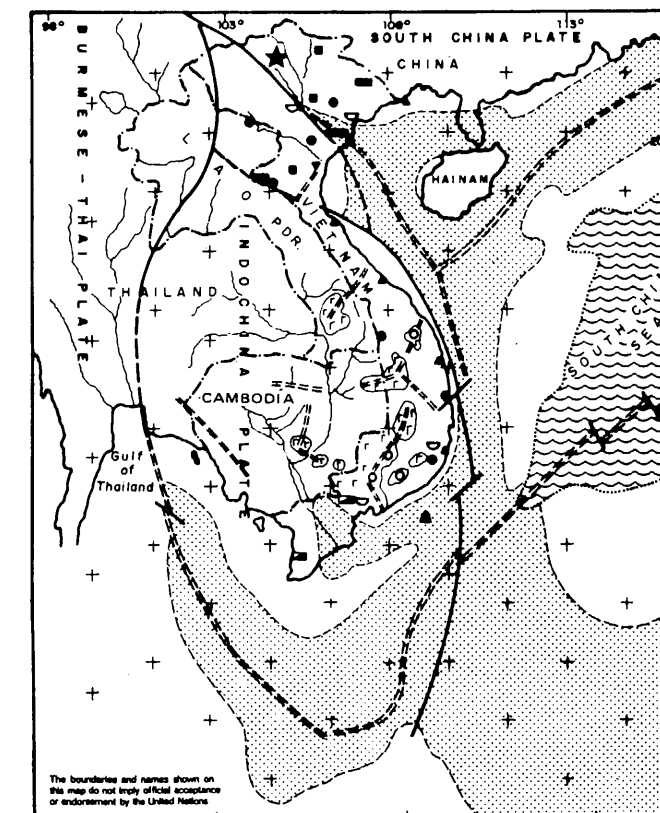
- EXPLANATION**
- Pre-Indosinian folded basement:
- Indochina plate
 - South China plate
 - Post-Indosinian stage
- Indosinian stages:
- Lower stage (Carboniferous-Lower Permian)
 - Middle stage (Upper Permian-Carnian)
- Upper stage (Norian-Rhaetian)
 - Basic volcanics
 - Intermediate volcanics
 - Acid volcanics
 - Granitoid
 - Boundary of Indochina plate
 - Da river rift
 - Marginal rift

Tectonic setting and mineral distribution during the Indosinian epoch in Indochina



- LEGEND**
- South China Plate
 - Indochina plate
 - Acidic and intermediate volcanics
 - Granitoids
 - Intercontinental basins of Jurassic-Cretaceous
 - Metallic deposits: Au-gold, Sn-tin, Mo-molybdenum, Sb-antimony, RE-rare earths, Pb-lead and zinc
 - Non-metallic deposits: a/ kaolin, b/ barite
 - Benioff zone: a/ inferred, b/ established
 - a/ back arc thrusts, b/ faults

Tectonic setting and distribution of mineralization during the Mesozoic-Early Cenozoic epoch

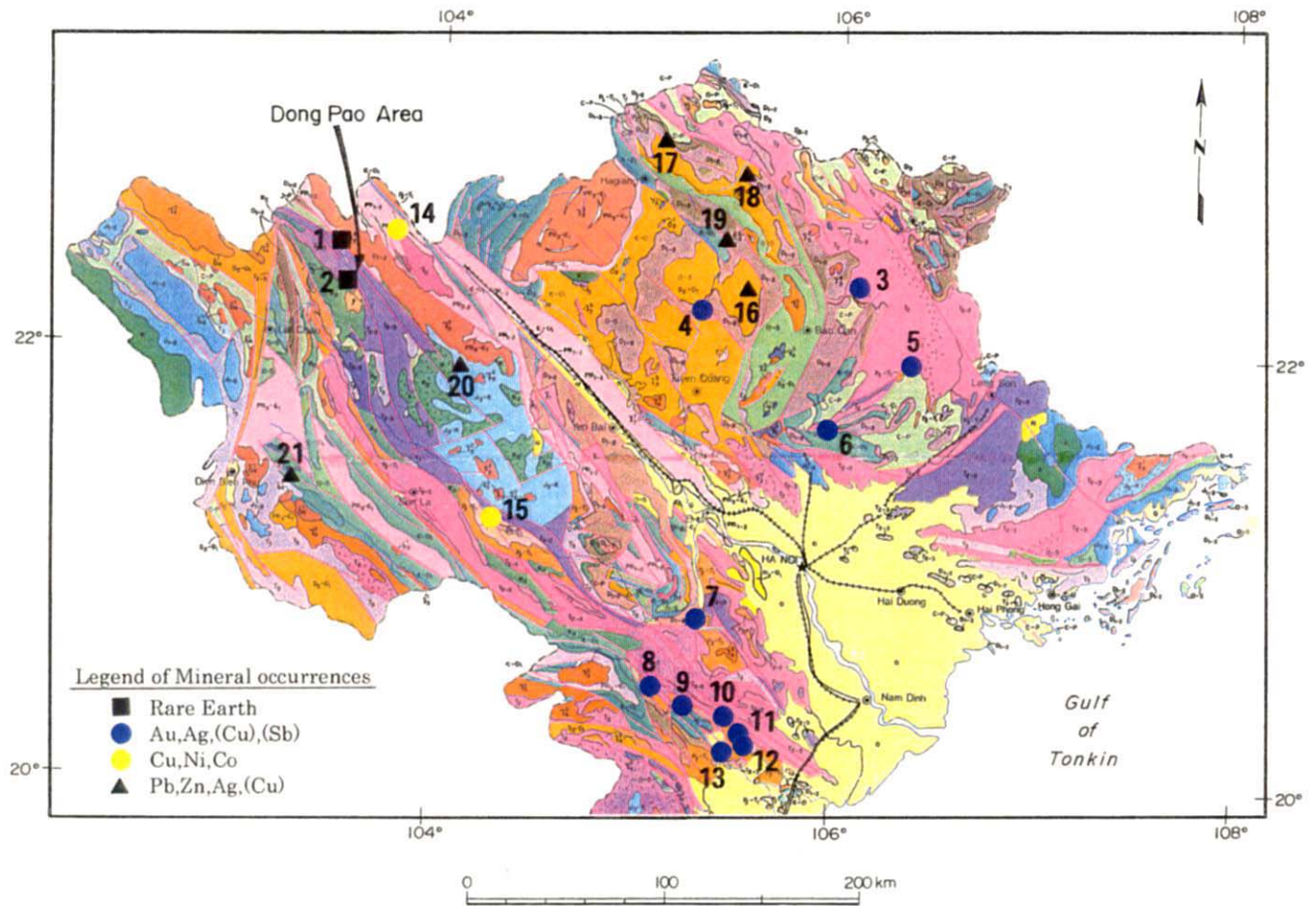


- LEGEND**
- Continental crust
 - Neogene depressions with thick sedimentation on the continental shelf
 - Oceanic crust
 - Basaltic cover
 - Faults and thrusts
 - Rift zones
 - Gold placers
 - Cassiterite placers
 - Kaolin deposits
 - Lateritic bauxite deposits
 - a/ Ilmenite placers; b/ Chromite placers
 - Ruby placers
 - Hydrocarbon deposits
 - a/ Lignite; b/ Peat

Tectonic setting and distribution of mineralization in the Neogene-Quaternary epoch

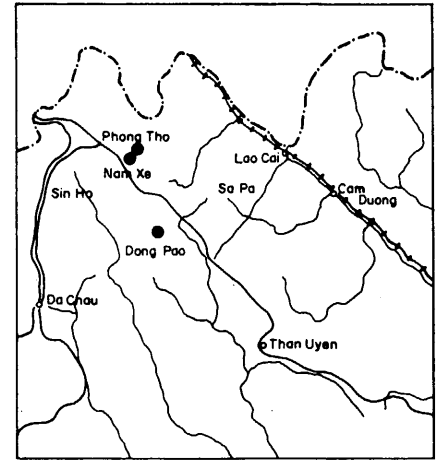
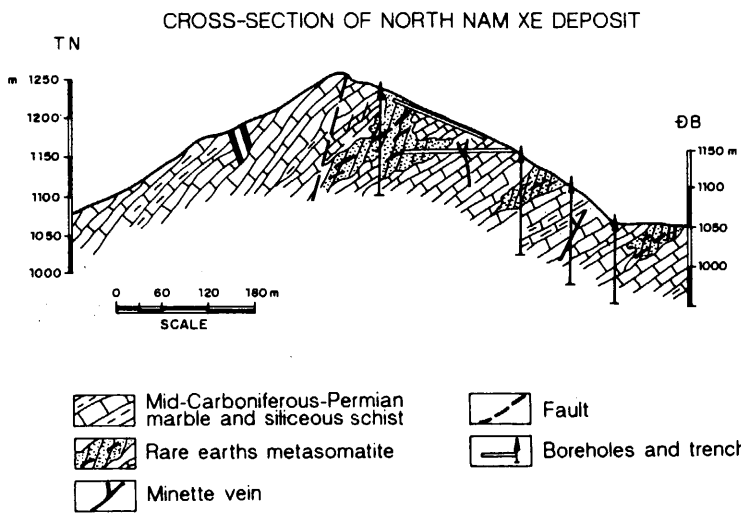
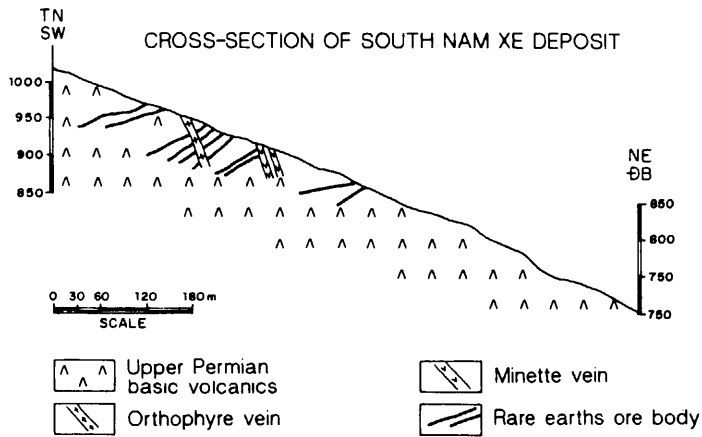
Mineral Resources \ Metallogenic epoch	Neogene-Quaternary	Late Mesozoic- Early Cenozoic	Late Paleozoic- Early Mesozoic	Early-Middle Paleozoic	Pre-Cambrian
Hydrocarbons	██████████				
Coal	██████████		██████████		
Iron ore	██████████		██████████	██████████	██████████
Manganese ore	██████████			██████████	
Chromite	██████████			██████████	
Ilmenite	██████████		██████████		
Copper		██████████	██████████		██████████
Nickel	██████████		██████████		
Molybdenum, tin and tungsten	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
Rare earths, lead and zinc		██████████	██████████	██████████	
Antimony		██████████			
Gold	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
Bauxite	██████████		██████████		
Ruby and sapphire	██████████			██████████	
Phosphate	██████████			██████████	
Kaolin	██████████	██████████			
Barite		██████████			
Fluorite		██████████			
Pyrite		██████████	██████████	██████████	
Graphite					██████████

図 I-3-5 ヴィエトナムの時代別主要鉱化作用



No.	Project	Province	Commodity	Type of Ore
1	Nam Xe (N,S)	Lai Chau	REE	Hyd.
2	Dong Pao	Lai Chau	REE	Hyd.
3	Pac Lang	Coa Bang	Au, Ag	Hyd. Qz-vein
4	Lang Vai	Tuyen Quang	Au, Ag, Sb	Hyd. Qz-vein
5	Na Pai	Lang Son	Au, Ag	Hyd. Qz-vein
6	Bo Cu	Thai Nguyen	Au, Ag	Hyd. Qz-vein
7	Kim Boi Area	Hoa Binh	Au, Ag	Hyd. Qz-vein
8	Lang Neo	Thanh Hoa	Au, Ag	Hyd. Qz-vein
9	Lang Buong	Thanh Hoa	Au, Ag	Hyd. Qz-vein
10	Lang Mo	Thanh Hoa	Au, Ag	Hyd. Qz-vein
11	Khe Mon	Thanh Hoa	Au, Ag	Hyd. Qz-vein
12	Thach Kam	Thanh Hoa	Au, Ag	Hyd. Qz-vein
13	Kam Tam	Thanh Hoa	Au, Ag	Hyd. Qz-vein
14	Sin Quyen	Lao Cai	Au, Ag, Cu	Hyd. (vein/lenses)
15	Ban Phuc	Son La	Cu, Ni, Co	Mam. Lay
16	Cho Dien	Bac Thai	Ag, Pb, Zn	Strf oxide & Sulfide
17	Na Son	Ha Giang	Pb, Zn	Strf
18	Tung Ba-Bac Me	Cao Sang & Ha Giang	Au, Pb, Zn, Cu	Strf (Pb, Zn), Hyd. (Au, Cu)
19	Ngan Son District	Cao Bang	Pb, Zn	Hyd.
20	Tu Le	Lao Cai	Ag, Pb, Zn	Hyd.
21	Phu Ta	Lai Chau	Pb, Zn	Hyd.

図 1-3-6 北部ヴェトナムの鉱床分布図



LOCATION MAP

図 I-3-7 Nam Xe レアアース鉱床の地質・鉱床断面図

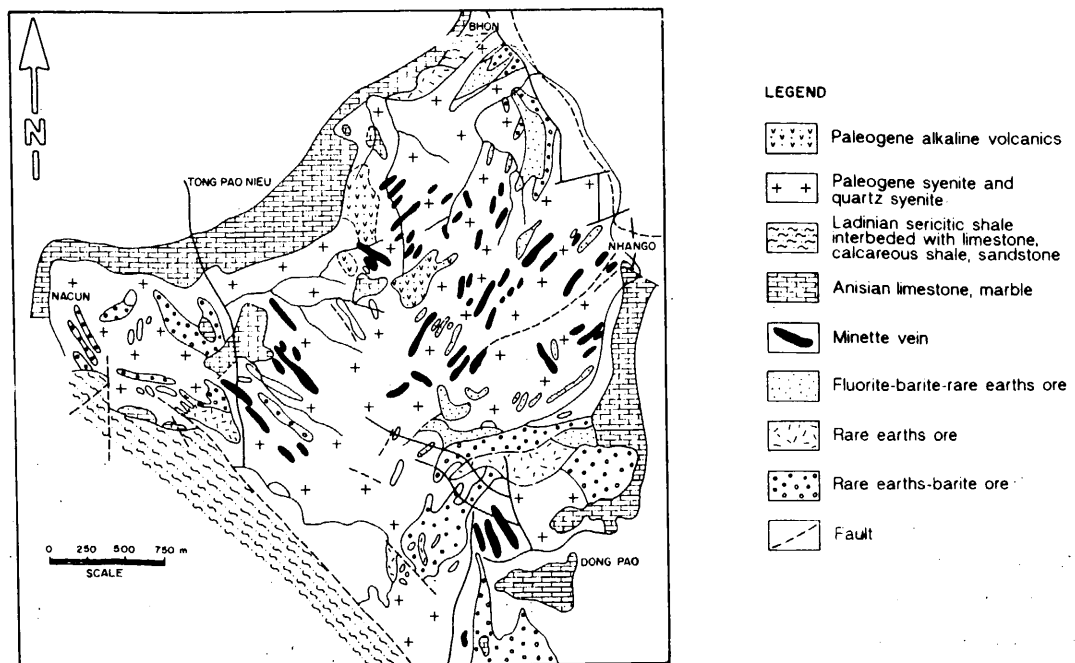


図 I-3-8 Dong Pao レアアース鉱床分布図

第4章 既往調査

4-1 既往調査の概要

4-1-1 探鉱経緯

Dong Pao 地域付近の探鉱経緯の概略は以下のとおりである。

1950年代：フランスの地質技師による地質概査が実施された。

1950年代：ヴェトナム連邦地質技師による地質調査が実施された。

1959年：レアアースおよびFluoriteの鉱化帯の存在が発見された。

1964～1968年：地質総局（General Department of Geology）の指導の基で、組織的な地質・鉱床調査が実施された。この結果は1972年に報告書としてまとめられた。

1984～1985年：東ドイツの協力でF3 鉱体南部の精査および鉱量計算を実施した。この報告書は1986年にまとめられた。

1995年：VIMICO が小規模にレアアース鉱を採掘（合計50 t）し、鉄の圧延原料としての使用を試みた。また、ヴェトナム地質鉱物局（DGMV）傘下のINTERGIOが、Dong Pao 地域周辺部の地質・鉱床調査を実施して5万分の1地質図を作成した。

1997年：韓国のLG社がレアアース鉱床に興味を持ち、ヴェトナム政府と協議して、VIMICO と合弁企業を設立した。年産6千～1万トン規模の操業を計画したが、アジアの経済危機でこの計画は解消された。LG社は4箇所のピットから3tの鉱石を韓国に持ち帰り選鉱試験を実施したと言われているが、その資料は無い。

4-1-2 1964～1968年の調査の概要

本調査は2期に分けて実施された。1964～1966年にDong Pao, Nha Ngo, Na Cuaの3地区を含む面積10 km²の地質・鉱床調査（縮尺1/10,000）を実施した。1966～1968年には主要5鉱体（F1, F2, F3, F4, F5）を対象に鉱床の精査が実施された。

この調査の調査量は表I-4-1, I-4-2のとおりである。

表I-4-1 調査数量表（1964～1968年）

Method	for Geological survey	for Ore deposit survey	Geophysical survey	Total
Pit	2,959.20 m ³	103.35 m		3,062.55 m
Trench	6,009.60 m	5,245.93 m ³		11,255.53 m ³
Deep pit	158.30 m			158.30 m
Tunnel		223.30 m		223.30 m
Channel samples	1,395 pcs	1,321 pcs		2,716 pcs
Chemical analysis	162 pcs	974 pcs		1,136 pcs
Geochemical soil samples	1,956 pcs			1,956 pcs
Heavy mineral assay	230 pcs			230 pcs
Petrographic samples	101 pcs			101 pcs
Ore dressing sample		4,406.01 kg		4,406.01 kg
Surface gamma measuring			50km	50 km

表 I-4-2 各鉱体別調査数量表 (1964~1968 年)

Method	FI	FII	FIII	FIV	FV	Total
Pit	16.50m	-	45.25m	41.60m	-	103.30m
Trench	284.02m	155.00m ³	3,282.71m ³	1,419.2m ³	105.00m ³	5,245.93 m ³
Tunnel	122.80m	-	87.00m	13.50m	-	223.30m
Channel samples	190pcs	18pcs	440pcs	320pcs	6pcs	974pcs

4-1-3 1984~1985 年の調査の概要

調査は東ドイツの協力により、機械・冶金省地質部 (Geological Division of Mechanics and Metallurgy) によって実施された。調査の目的は Dong Pao 地域で最も有望なレアアース鉱床である F3 鉱体の精査を行なって、鉱量計算を行なうことであった。精査は F3 鉱体南部の風化帯を対象に実施された。

本精査で実施された調査方法と調査数量を表 I-4-3 に示す。

表 I-4-3 各鉱体別調査数量表 (1984~1985 年)

Method of survey	Quantity of survey work	Note
Survey area	25 ha	Including F3 ore body
Shafting (deep pit)	251.5 m	10 place, maximum depth is 30m
Trenching	1,800 m	
Channel samples	397 pcs	Sampling from shaft
Chemical analysis	391 pcs	Elements: T-RE ₂ O ₃ , BaSO ₄ , CaF ₂
Petrography samples	43 pcs	
Mineralogical samples	13 pcs	
Ore dressing sample	9,700 kg	97samples

4-2 既往調査の解析

4-2-1 地質・地質構造

Dong Pao 地域では地質・鉱床調査が約 10km² の範囲で実施された。この地域の地質は中部三疊系の石灰岩および片岩主体層からなり、これらを貫く古第三紀の閃長岩および石英閃長岩、さらにこれらを覆う古第三紀のアルカリ火山岩類からなる。岩脈にはミネット岩脈がある。

石灰岩層は地域北西部および南東部に分布し、灰白色から暗灰色を示す塊状岩からなり、断崖絶壁を形成する。片岩主体層は南西部に分布し、粘土質片岩を主として石灰岩や砂岩の薄層を伴い、NW-SE の走行で傾斜は 30-50° W である。

アルカリ火山岩類は本地区の北部で閃長岩を覆って小分布する。粗面岩質凝灰岩、集塊岩からなる。

貫入岩では、閃長岩~石英閃長岩は本地区に広く分布し、新鮮岩は灰色または淡色、風化部は黄色または褐色を示す。カリ長石は一般に 80% 以上で、少量の斜長石、黒雲母、単斜輝石、希に石英を含む。その他、微量のチタナイト、ガーネット、燐灰石、磁鉄鉱を含む。本岩体は漸移的に閃長岩、斑状閃長岩、粗面岩等に岩相変化する。本岩体中にはレアアース、Fluorite, Barite の鉱床が胚胎する。

ミネット岩脈は小規模ながら閃長岩体中に多数分布する。本願は暗灰色、黒緑色で、風化部は暗過食を示し、黒雲母をふくむ。

地質構造は広域的な構造と同様に NW-SE 系の断層構造が顕著で、これに斜交する NE-SW 系の小規模な断層がある。

4-2-2 鉍 床

1964～1968 年に実施された多数のトレンチとピット調査によって、本地域内で 60 箇所のレアアース、Fluorite、Barite の鉍体が確認された。これらの中で比較的規模の大きな鉍体は F3、F7、F9、F10、F15、F16、F17 等がある。また、1984～1985 年には F3 鉍体を対象に深堀ピットやトレンチ等による精査が行なわれた。

これまでに当地域で採掘された鉍体は F1、F4、F5 鉍体で、これらは主に Fluorite を対象に採掘され、F1 鉍体は現在採掘中、F4 鉍体は休止中、F5 は採掘が完了している。

鉍床は大半が閃長岩体中に胚胎し、一部は周辺部の石灰岩中にも鉍化が及んでいる。比較的規模の大きい鉍体は閃長岩の岩体の周辺部に分布する。鉍体の産状は脈状、鉍染状、レンズ状等である。産出するレアアース鉍物は、Basnaesite、Synchysite、Lanthanite、Prisite、燐酸イットリウム鉍、モナズ石で、その他の鉍物には Fluorite、Barite、方解石、石英、菱鉄鉍、Hollandite 等の報告がある。

Dong Pao 地域の鉍床は、レアアース、Fluorite、Barite の含有量から以下の 4 種類に分類されている。

- a. レアアース鉍
- b. レアアース-Barite 鉍
- c. Fluorite-Barite-レアアース鉍
- d. レアアース-含 Fluorite 鉍

レアアースの品位が高く、有望な鉍体は F3 鉍体で、鉍体の延長は 450～650m、幅 200～300m である。

Dong Pao 地域の鉍床について、1972 年には 1964～1968 年の調査結果を基に F1、F2、F3、F4、F5 の鉍体を対象に概略の鉍量計算が実施され、1986 年には 1984～1985 年の調査結果を基に F3 鉍体の鉍量計算が行なわれた。

鉍量計算基準は旧ソヴィエト連邦国家鉍物埋蔵委員会による「国家鉍物埋蔵委員会に関する規定」(1955 年 2 月 5 日制定) に準拠している。

鉍量計算に用いられたカテゴリーの C1、C2 は以下のとおりである。

- * カテゴリー C1：詳しい調査と研究がなされ、概略の鉍体の賦存形態、外観、構成について説明できる。自然状態および工業原料としてのランク、品位、技術的特徴も、自然要素と同様、鉍区開発工事を施工するための条件となる。埋蔵鉍物の境界は調査工事に基づいて確定され、地質および物理探査のデータによって推量することができる。
- * カテゴリー C2：大雑把に評価された埋蔵資源で、鉍体の賦存形態、外観、分布は、個別地点で鉍石を発見するか、または既に調査された鉍区と比較してその類似性を検討することによって確認された地質および物理探査のデータによって確定されている。鉍石の品位はいくつかの単位サンプルと鉍塊サンプルにより、あるいは隣接する鉍区のデータにより確

定されている。埋蔵鉱物の境界は「地質構造とそれらを構成する複雑な岩石の組成」の範囲内で区分できる。

a) 1964~1968年の調査による鉱量計算結果

1964~1968年の調査結果をまとめた1972年報告書によれば、5鉱体(F1, F2, F3, F4, F5)の概略鉱量計算結果は以下のとおりで、詳細は表I-4-4に示す。

- ① Fluorite-レアアース-Barite帯のカテゴリー C1+C2の総鉱量は2,691,611t、品位はT-RE₂O₃が7.86%、BaSO₄が33.34%である。
- ② レアアース-Barite帯のカテゴリー C2の総鉱量は4,500,495t、品位はT-RE₂O₃が9.63%、BaSO₄が43.18%である。
- ③ Fluorite帯のカテゴリー B+C1+C2の総鉱量は2,691,612t、品位はCaF₂が34.94%である。

表I-4-4 5鉱体(F1~F5)の鉱量計算集計表(1972)

Fluorite - Rare earth - Barite Zone								
Category		Ore body	F1	F2	F3	F4	F5	Total
C1 category	Reserve of dry ore(t)		67,283	-	1,200,491	420,627	-	1,688,401
	RE ₂ O ₃ (%)		5.12	-	9.57	4.19	-	8.05
	BaSO ₄ (%)		26.98	-	33.78	33.08	-	33.33
C2 category	Reserve of dry ore(t)		46,079	1,687	613,278	338,721	3,445	1,003,210
	RE ₂ O ₃ (%)		5.57	7.29	9.57	4.19	2.51	7.54
	BaSO ₄ (%)		31.82	32.06	33.78	33.08	6.02	33.36
Total	Reserve of dry ore(t)		113,362	1,687	1,813,769	759,348	3,445	2,691,611
	RE ₂ O ₃ (%)		5.3	7.29	9.57	4.19	2.51	7.86
	BaSO ₄ (%)		28.95	32.06	33.78	33.08	6.02	33.34

Rare earth - Barite Zone								
Category		Ore body	F1	F2	F3	F4	F5	Total
C2 category	Reserve of dry ore(t)		88,654	313	3,578,299	833,229	-	4,500,495
	RE ₂ O ₃ (%)		6.17	4.43	11.53	1.84	-	9.63
	BaSO ₄ (%)		31.04	17.34	50.11	14.75	-	43.18

Fluorite								
Category		Ore body	F1	F2	F3	F4	F5	Total
B category	Reserve of dry ore(t)		15,565	-	-	-	-	15,565
	CaF ₂		54.71	-	-	-	-	54.71
C1 category	Reserve of dry ore(t)		51,719	-	1,200,491	420,627	-	1,672,837
	CaF ₂		49.57	-	32.17	39.49	-	34.55
C2 category	Reserve of dry ore(t)		46,079	1,687	613,278	338,721	3,445	1,003,210
	CaF ₂		41.31	43.38	32.17	39.49	88.24	35.27
Total	Reserve of dry ore(t)		113,363	1,687	1,813,769	759,348	3,445	2,691,612
	CaF ₂		46.92	43.38	32.17	39.49	88.24	34.94

b) 1984~1985年の調査による鉱量計算結果

1984~1985年の調査結果をまとめた1986年の報告書によれば、F3鉱体南部の風化帯の鉱量計算結果は以下のとおりで、その鉱画平面図および鉱床断面図を図I-4-1、図I-4-2に、

詳細は表 I-4-5 に示す。

クラス I のレアアース-Barite-Fluorite 帯のカテゴリー C1+C2 の総鉱量は 422,359t, 品位および鉱物量は T-RE₂O₃ が 13.89%, 58,673t, CaF₂ が 22.81%, 96,360t, BaSO₄ が 42.46%, 179,301t である。

クラス I+II+III のカテゴリー C1+C2 の総合計鉱量は 1,068,257t で、品位および鉱物量は T-RE₂O₃ が 8.79%, 93,953t, CaF₂ が 19.54%, 208,709t, BaSO₄ が 47.29%, 505,136t である。

表 I-4-5 F3 鉱体の鉱量計算集計表 (1986)

Ore class	Reserve category	Reserve of dry ore (t)	T-RE ₂ O ₃ (%)	T-RE ₂ O ₃ (t)	CaF ₂ (%)	CaF ₂ (t)	BaSO ₄ (%)	BaSO ₄ (t)
I (rare earth - barite - fluorite)	C1	374,745	14.01	52,502	22.10	82,819	43.46	162,864
	C2	47,614	12.96	6,171	28.44	13,541	34.52	16,436
	Sub-total	422,359	13.89	58,673	22.81	96,360	42.46	179,301
II (rare earth - barite)	C1	79,065	4.66	3,684	6.13	4,847	60.91	48,158
	C2	260,470	5.09	13,258	6.12	15,941	56.85	148,077
	Sub-total	339,535	4.99	16,942	6.12	20,787	57.80	196,236
III (rare earth - fluorite)	C1	39,363	7.72	3,039	30.00	11,809	38.59	15,190
	C2	267,000	5.73	15,299	29.87	79,753	42.85	114,410
	Sub-total	306,363	5.99	18,338	29.89	91,562	42.30	129,600
Grand-total		1,068,257	8.79	93,953	19.54	208,709	47.29	505,136

c) 1986 年の調査報告書による鉱石のクラス I 鉱量の再計算

既存データ解析の一端として、1986 年に実施された鉱量計算結果の一部を見直して、今回、新たに再計算を行った。

1986 年の報告書による F3 鉱体の地質・鉱床断面図で分類された鉱石のクラス分類 I, II, III の内、クラス I (Rare earth - barite - fluorite) に分類された範囲について、今回、鉱量の概略を再計算して検討を行った (図 I-4-3, 図 I-4-4)。

再計算に当たっての計算方法は以下のとおりである。

* 鉱量計算ブロック

各地質断面図からクラス I に相当する鉱石の分布範囲を選定し、さらに平面的な広がりを見推定した。鉱石の分析結果のあるピットやトンネルを基準に、鉱量計算を行なう各ブロックの境界を決めて平面図に記入した。鉱画ブロックは大小合わせて 18 ブロックに分割した。

* 各鉱画の体積計算

- ・ 鉱画ブロックごとに断面図でクラス I の面積を計算し、2 断面に関係した場合には両断面の面積の平均に断面間の距離をかけて体積をもとめた。
- ・ 鉱画ブロックが 1 断面にのみ関係し、隣の断面まで連続しない場合は、1 断面の面積に連続する距離を掛け、これの 1/2 を体積とした。
- ・ 鉱画ブロックが 1 断面に関係し、隣の断面までは連続せず、ブロックの形状が錐形と思われる場合には面積掛け連続距離の 1/3 を体積とした。

* 比重

1986 年の報告書にある鉱量計算で用いられた比重と同じ乾燥密度 1.93 を用いた。

* 鉱量

鉱量は各鉱画の体積に比重を掛けて求めた。

* 品位

品位はピットおよびトンネルの分析値から、クラス I に相当する場所の平均品位を用いた。

鉱画ブロックが複数のピットに関係する場合は、複数ピットの T-RE₂O₃ 品位の加重平均を求めて鉱画ブロックの平均品位とした。なお、地表部で行なわれたトレンチの分析値は、地表に近く、レンズ状鉱体の表面に近いので、二次富化帯や同層準に近い品位を現している可能性があるため、本鉱量計算では用いていない。

F3 鉱体のクラス I の鉱量計算結果

計算結果は表 I-4-6 示す。

地表下 30m 付近までの風化帯中のクラス I の鉱量は 510,233t、平均 T-RE₂O₃ は 13.81% で T-RE₂O₃ の含有量は 70,458t と計算された。

レアアース鉱体の連続性から安全率を 10%~20% 考慮すると、

安全率 10% : 鉱量 459,209T-RE₂O₃ の含有量 63,412 t 品位 13.81%

安全率 20% : 鉱量 408,186t T-RE₂O₃ の含有量 56,366t 品位 13.81%

1986 年の計算結果によるクラス I の鉱量 422,359T-RE₂O₃ 品位 13.89% および T-RE₂O₃ 含有量 58,673t は、今回の計算結果で用いた安全率 10%~20% の計算結果に含まれる。

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

	Volume (m ³)	Gravity	Reserve (t)	TRE ₂ O ₃ (%)	TRE ₂ O ₃ (t)	Pit,Tunnel
CI-1	6,305	1.93	12,169	14.80	1,801	L2
CI-2	54,800	1.93	105,764	12.90	13,646	L2, G7
CI-3	19,850	1.93	38,311	12.73	4,876	G2,G4,G7
CI-4	21,735	1.93	41,949	12.73	5,340	G7
CI-5	2,770	1.93	5,346	12.73	681	G7
CI-6	504	1.93	973	12.70	124	G2
CI-7	2,585	1.93	4,989	15.20	758	G2,G8
CI-8	13,360	1.93	25,784	12.29	3,168	G2,G6,G8
CI-9	802	1.93	1,547	9.90	153	G6
CI-10	22,008	1.93	42,476	15.68	6,661	G3,G8
CI-11	35,656	1.93	68,816	14.29	9,832	G3,G5,G6,G8
CI-12	23,419	1.93	45,199	12.87	5,816	G5,G6
CI-13	19,013	1.93	36,694	15.71	5,765	G3,G10
CI-14	23,153	1.93	44,684	15.09	6,744	G3,G5,G10,G11
CI-15	17,533	1.93	33,839	14.26	4,825	G5,G11
CI-16	203	1.93	391	17.77	69	G10
CI-17	625	1.93	1,206	15.46	187	G10,G11
CI-18	50	1.93	97	12.00	12	G11
		Ore reserve	510,233	Total	70,458	
				Ore grade	13.81	
Case of safety factor 10%	Ore reserve	▶ 459,209	TRE ₂ O ₃ (t)	▶▶▶ 63,412		
Case of safety factor 20%	Ore reserve	▶ 408,186	TRE ₂ O ₃ (t)	▶▶▶ 56,366		
			Ore grade	▶▶▶▶▶ 13.81		

F3 鉍体南部クラスI 鉍量計算平面
 BÌNH ĐỒ TÍNH TRƯ LƯỢNG QUẶNG LOẠI I

F3 鉍体南部クラスII, III 鉍量計算平面
 BÌNH ĐỒ TÍNH TRƯ LƯỢNG QUẶNG LOẠI II III

KHOẢNG SANG ĐẤT HIỂM ĐÔNG PAO THÂN QUẶNG F.III
 19.300 50.000 50.100 50.200

KHOẢNG SANG ĐẤT HIỂM ĐÔNG PAO THÂN QUẶNG F.III
 19.300 50.000 50.100 50.200

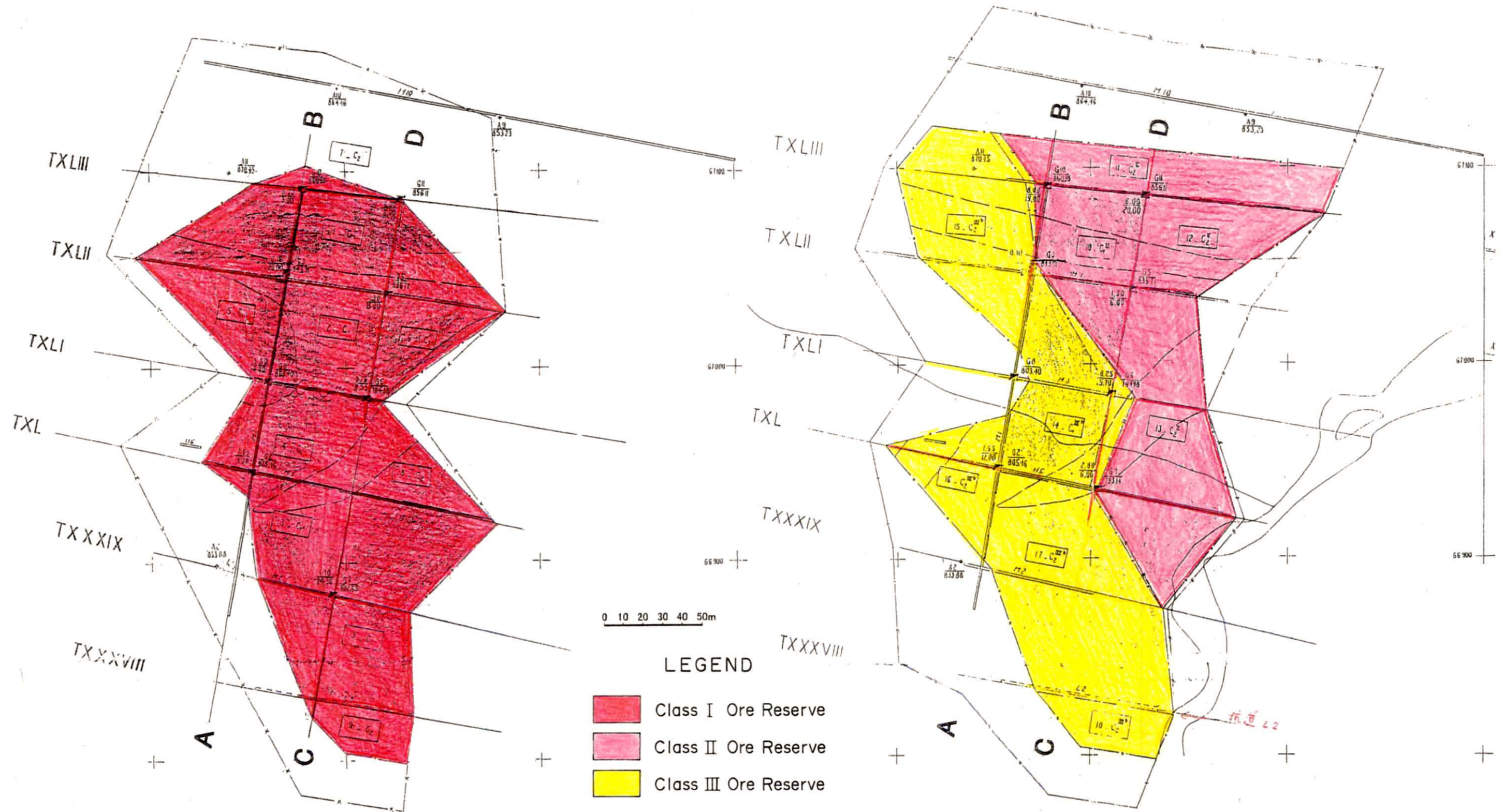


図 1-4-1 F3 鉍体鉍量計算鉍画平面図

MIẾT CẮT ĐO C A-B, C-D
 MỎ (H) HIỂN DƯƠNG PHẠO - THÂN QUẢNG PHỒI

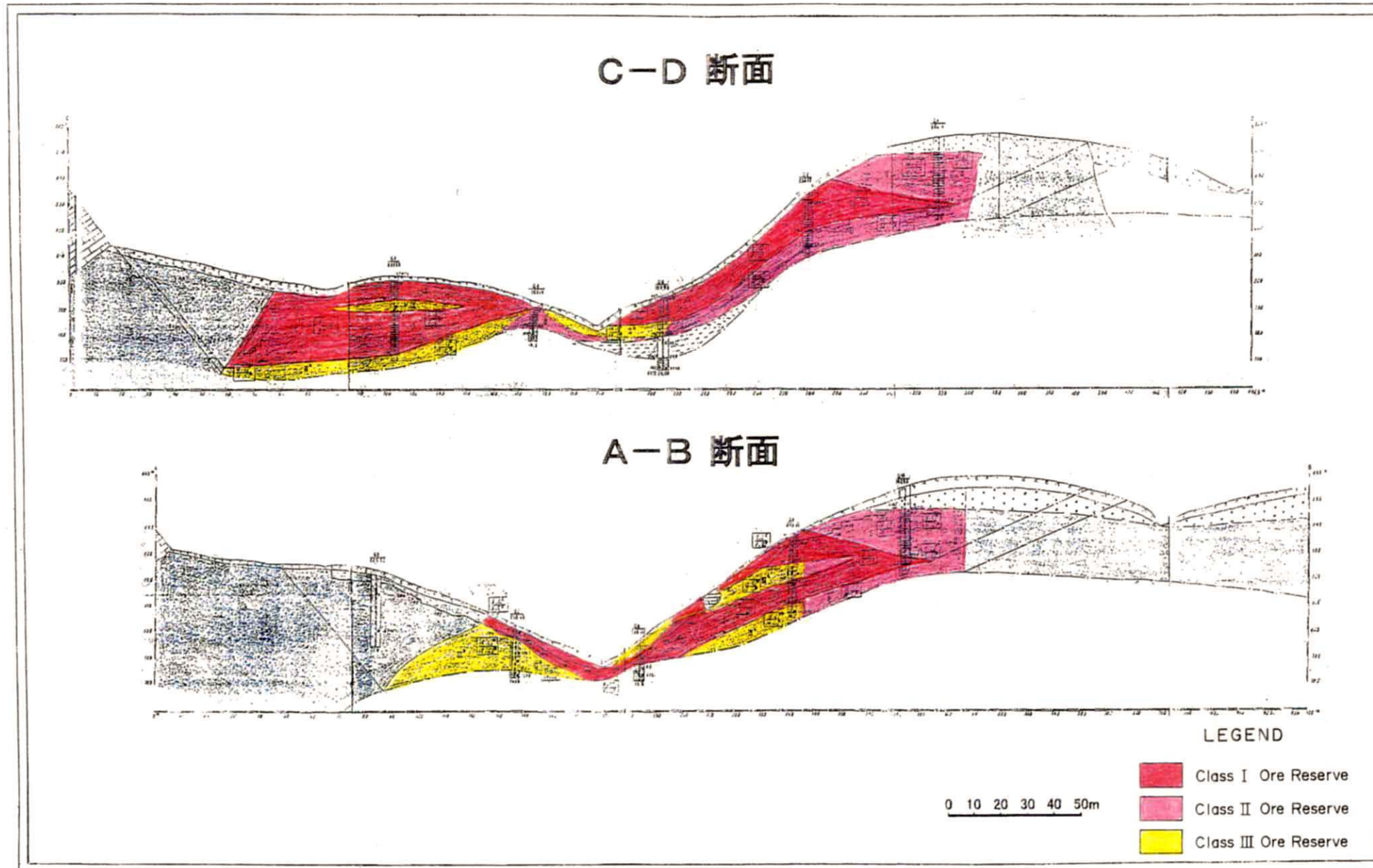


图 I-4-2 F3 钽体钽画断面图

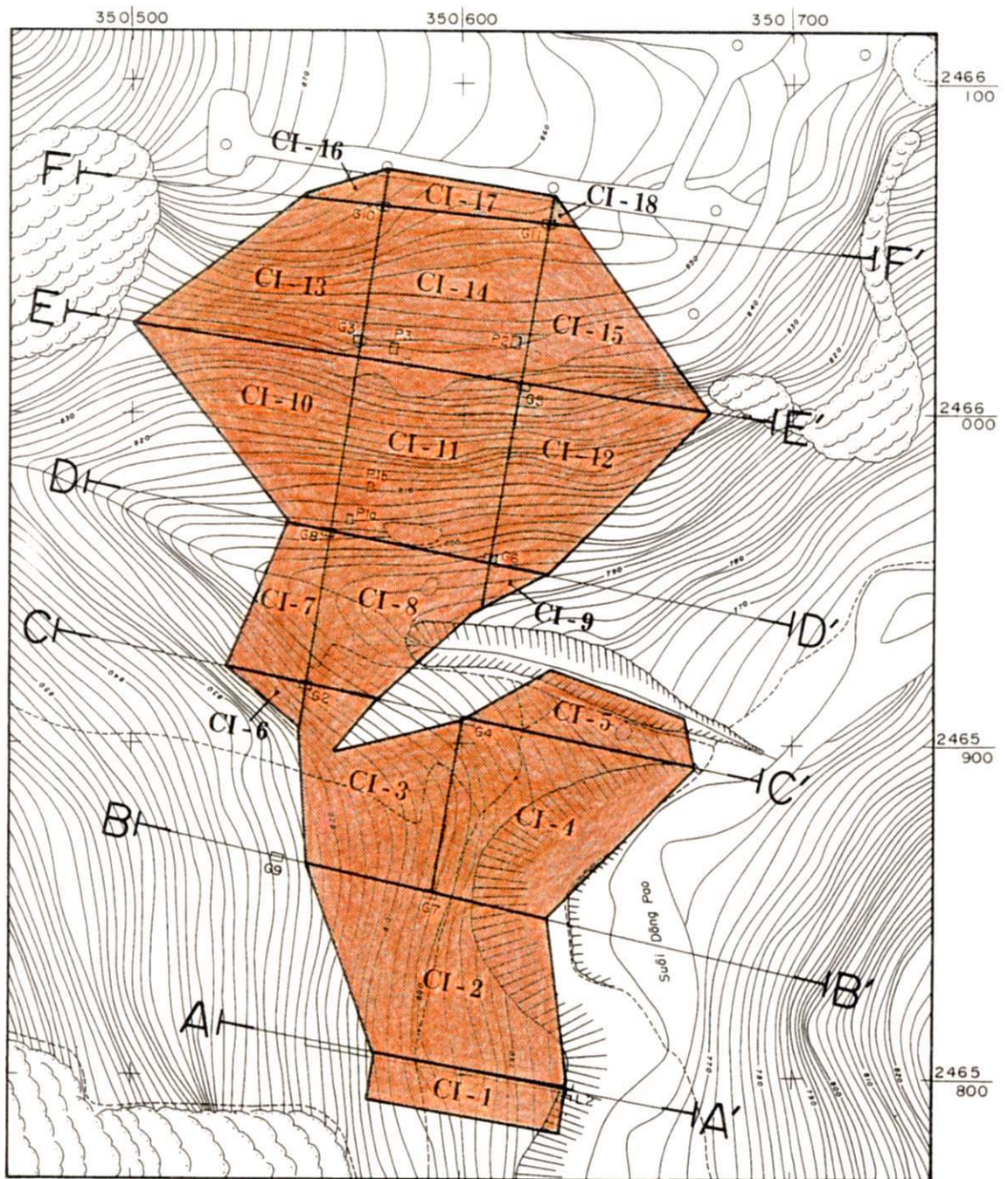


図 I-4-3 F3鉱床南部のクラスI鉱量再計算鉱画平面図

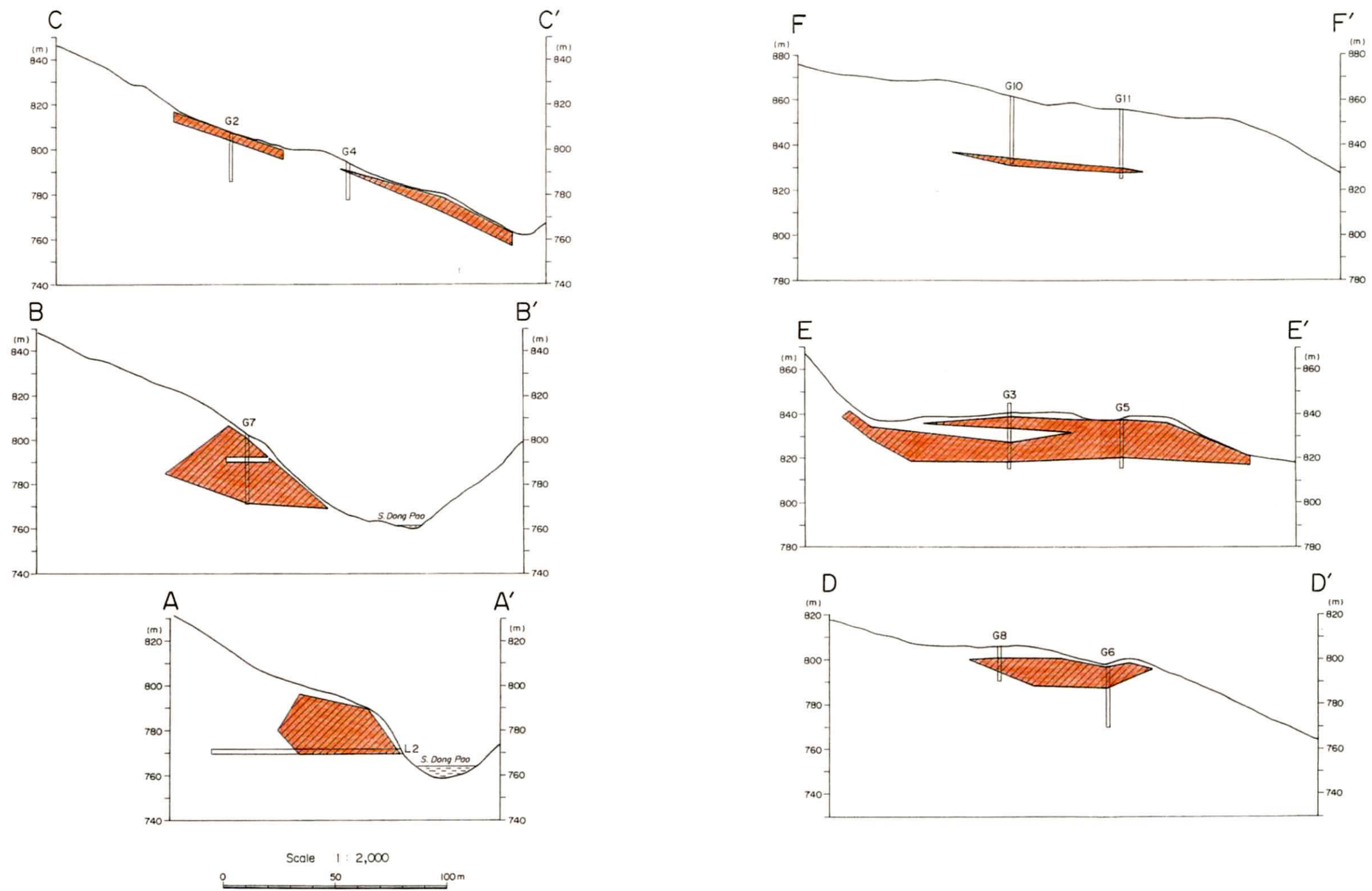


図 I-4-4 F3鉱体南部のクラスI鉱画対応断面図(A-A'~F-F')

第5章 調査結果の総合検討

5-1 地質調査

地質は三疊系の石灰岩、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分布する。本地区の鉍床母岩は閃長岩で広域的な NW-SE 系の断裂帯に沿って貫入したと推定される。また、本地区の NW-SE 系の断層やこれから派生した N-S 系および E-W 系のリニアメントも広域的な断裂帯に関係して本地区に存在すると考えられる。この閃長岩岩体の貫入に伴って、調査地域のレアアース、Barite および Fluorite の鉍体が形成されたと考えられる。

5-2 環境影響調査

(1) 土壌調査

土壌調査では、試料を B 層または B 層から C 層の漸移帯から 1,606 試料を採取した。分析結果によれば、主要鉍種である T-RE₂O₃ の顕著な異常は F1 鉍体、F3 鉍体、F4 鉍体、F7 鉍体、F9 鉍体、F10 鉍体、F14 鉍体および F16 鉍体の分布域で現れた。BaSO₄ および CaF₂ の異常はいずれも T-RE₂O₃ の異常域と良く一致し、これらの鉍物はほぼ同一時期に形成されたと考えられる。

相関分析の結果、本地区の鉍床の 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 との相関が高い鉍床であることが明らかになった。

(2) 水文調査

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。石灰岩の分布域の地下には空洞が多数形成されている可能性が高い。

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 16.7~21.2℃、DW-4 地点の温泉が 28.9℃である。電気伝導度は河川が 214~303 μS/m、温泉が 625 μS/m の高い値を示す。微量成分では砒素が 0.25~0.32 mg/l、フッ素が 0.79~2.42 mg/l と高く、これらは鉍化作用の影響を受けたと考えられる。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たと考えられる。

(3) 気象観測調査

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（200~800 mm/月）、9 月~翌年 4 月間が低温（13~18℃）、少雨（0.3~200 mm/月以下）である。5 月から 8 月の降雨期には、河川が増水し、通行不可能なヶ所が多々あると思われる。

(4) 植生調査

本地域の代表的な植物種と希少種については、Vietnam National University, Hanoi 教授の Dr. Tran Ninh の協力を得て調査した。

百年以上にわたる農地開拓によって、森林および原生林の被覆は減少し、変って水田、耕地および休耕地が増加した。河川に沿いの低地（高度 600～900m）の大部分では、森林が伐採され水田や休耕地となっている。

調査の結果、4 門、71 綱、110 属、合計 165 種の植物が同定された。同定された植物種の内、調査地域を含めて一般的に認められる一般種（53 種）と、調査地域周辺には生育する希少種（9 種）を抽出した。

F3 鉍体付近は耕作地と休耕地からなり、鉍山開発によって希少種に影響を与えることは無いと考えられる。

5-3 ポーリング調査

ポーリング調査は F3 鉍体の下部探査を目的に 16 孔（1, 480m）を実施した。ポーリングは HQ サイズで掘削し、化学分析用のコア試料は 1m 間隔ごとにコアの約 1/4 を採取した。

孔内地質は鉍化変質を受けた閃長岩、ブロックとして閃長岩に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。化学分析の結果、MJVD-5, 6, 7, 9, 10, 12, 15 の 7 孔では T-RE₂O₃ が 10% 以上を示す富鉍部および一部で 5～10% を含む有望な鉍化部に着鉍し、さらに他の 5 孔では T-RE₂O₃ が 5～10% を含む有望な鉍化部を確認した。

5-4 F3 鉍体

F3 鉍体は対象鉍種がレアアースで、これに Fluorite および Barite が含まれる。本調査のポーリング結果および既存資料から、F3 鉍体の T-RE₂O₃ の含有量が 10% 以上含まれる鉍化範囲は東西 100m 以上、南北約 300m に及ぶが、本調査ではポーリングで確認した T-RE₂O₃ 富鉍部の西方および北方への連続を確認していない。

富鉍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、ポーリングの結果から非常に有望な地区である。

レアアースの鉍化と Fluorite および Barite の鉍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、お互いの富鉍部の中心は必ずしも一致しない。

レアアース鉍の代表的な着鉍部は、西部の MJVD-10 ポーリングで、厚さ 52m 間の T-RE₂O₃ 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 鉍体の鉍石は、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。

産出鉍物は Bastnaesite, Synchysite, Barite, Fluorite および少量の Monazite からなり、脈石鉍物は 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、一部では Barite や Fluorite 等の結晶粒の中に細脈状に産する。

F3 鉍体の富鉍部は西部や北部への連続が明らかでないが、現在までに確認された T-RE₂O₃ の平均品位が 10% 以上の概略鉍量について検討した結果、既存資料に基づいて計算した F3 鉍体南部の鉍量（重複した鉍量は削除と本調査のポーリング結果から計算した概略鉍

量との合計は、安全率を 20%見た場合、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。

5-5 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 F1, F4, F7, F9, F10, F16 の 6 鉱体である。

F1 鉱体は F7 鉱体の北西部に位置し、Fluorite を主とするレンズ状鉱体で、幅 50m 以上の分布を示す。分析品位は CaF_2 が 69.04~71.10%、 $T-RE_2O_3$ が 0.42~3.76% である。現在この鉱体は稼行中である。

F4 鉱体は F7 鉱体の北部に位置し、F1 と同様に Fluorite のレンズ状鉱体からなり、幅 80m 以上の分布を示す。分析品位は CaF_2 が 43.36~57.74%、 $T-RE_2O_3$ が 0.78~4.87% で、F1 鉱体より Fluorite の結晶粒が細粒で品位も低い。この鉱体は一時稼行されたが、現在は休山している。

F7 鉱体は東西約 1.5km、南北約 0.5km の鉱体で、南西部で F3 鉱体に連続する。鉱体西部の露頭に Barite・Fluorite の濃集部があり、その分析品位は $T-RE_2O_3$ が 11.09%、 CaF_2 が 24.35%、 $BaSO_4$ が 47.78% を示す。当鉱化帯では土壤による $T-RE_2O_3$ 品位が 2% 以上を示す地化学異常が顕著現れており、下部に潜在する有望鉱床が期待される。

F9 鉱体は北東部の道路沿いに位置し、約 0.3×0.7km の広がりを持つ鉱体で、露頭試料では $T-RE_2O_3$ が 4.44%、 CaF_2 が 40.79%、 $BaSO_4$ が 25.92% を示し、土壤による $T-RE_2O_3$ の地化学異常も顕著である。

F10 鉱体は F9 鉱体の北西に位置し、約 0.2×0.7km の広がりを持つ鉱体で、露頭試料では $T-RE_2O_3$ が 4.54%、 CaF_2 が 15.82%、 $BaSO_4$ が 23.45% を示し、土壤による $T-RE_2O_3$ の地化学異常も顕著である。

F16 鉱体は北西部に位置し、約 0.4×0.6km の広がりを持つ鉱体で、鉱化露頭付近の土壤の分析値は $T-RE_2O_3$ が 16.79% の高品位である。当鉱化帯の土壤による $T-RE_2O_3$ の地化学異常も顕著に表れている。

5-6 レアアース鉱床の形成モデル

本地域に分布する三畳系は石灰岩およびこれに挟まれる頁岩や砂岩層からなり、これらが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 Dong Pao 地域の地下深部で起こり、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こんだ閃長岩が形成された。

このマグマの下部では徐々に揮発成分に富み、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。この時、閃長岩は高温・高圧ガスによってその周縁部が自変成作用を起こしたと考えられる。

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鉱物、Fluorite、

Barite 等を形成して沈殿し、当地区の鉱化帯を形成したと考えられる。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が浅熱水~中熱水で形勢されたことを示している。

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 4 km、南北約 5 km に及んでおり、本地区の鉱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。

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。

5-7 選鉱試験

選考試験用の試料は F3 鉱体の 4ヶ所のピット（深さ 6m 以浅）から採取したレアアース鉱石試料 1, 431kg である。この鉱石(元鉱)の分析品位は、T-RE₂O₃ が 9.25%、BaSO₄ が 62.7%、CaF₂ が 4.7% である。

元鉱の粒度や試薬の条件を色々変えて浮遊選鉱試験を実施した結果、浮鉱量と浮鉱品位との関係から見てレアアースは全く分離されておらず、また、元鉱品位の 9.25% T-RE₂O₃ に比べて浮鉱側にも沈鉱側にもレアアースが濃集して品位が高くなる傾向は認められない。さらに、磁力選鉱および温水による浮遊選鉱の試験を試みたが良い結果は得られなかった。

浮遊選鉱試験によって Bastnaesite の分離が出来ない理由は、①鉱石が地表近くの風化鉱で、Bastnaesite の鉱物粒が細粒になっていること、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。

当初実施した粒度別分析の結果から、10 μm 未満あるいは 8 μm 未満の細粒部において、T-RE₂O₃ 品位と分布率が高く、微粉への濃縮傾向が認められる。8 μm 未満の部分の T-RE₂O₃ 品位と分布率は、破碎産物では品位 32.5% と分布率 32%、摩鉱産物では品位 22.1% と分布率 51% である。このことから細粒部を分離回収して、品位約 30% T-RE₂O₃ をレアアース鉱の粗精鉱とし、この粗精鉱から直接レアアースを回収できないかを検討する必要がある。

さらに、今回の浮遊選鉱試験に用いた鉱石が、地表近くの強風化鉱であったことから、レアアースの分離ができなかった可能性があるため、ボーリングで着鉱した深部のコアから鉱物組成の異なる鉱石で詳細な選鉱試験を実施して、F3 鉱体の主体をなすレアアース鉱石の高品位精鉱が回収できないかどうかを再チェックすることが望まれる。

第6章 結論および提言

6-1 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畳系の石灰岩、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F3鉱体、F7鉱体、F1鉱体、F4鉱体、F9鉱体、F10鉱体、F16鉱体およびF14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、温泉が625μS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, 調査地域内に限定されて生育する植物は認められない。また, New Dong Pao 地域周辺において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小規模なため, 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非常に有望な地区である。

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%, $T-RE_2O_3$ が 0.42~3.76% である。この鉱体では現在 Fluorite を稼行中

である。

F4 鉱体は主に Fluorite のレンズ状鉱体で、幅 80m以上の分布を示す。分析品位は CaF_2 が 43.36~57.74%、 $\text{T-RE}_2\text{O}_3$ が 0.78~4.87%である。この鉱体では過去に Fluorite が稼行された。

F7 鉱体は東西約 1.5km、南北約 0.5km の鉱体で、南西部では F3 鉱体に連続する可能性が高い。鉱体西部の露頭に Barite・Fluorite の濃集部があり、その分析品位は $\text{T-RE}_2\text{O}_3$ が 11.09%、 CaF_2 が 24.35%、 BaSO_4 が 47.78%を示す。当鉱化帯に現れたの土壤による $\text{T-RE}_2\text{O}_3$ の地化学異常も顕著である。鉱化帯の分布範囲は広く、下部には有望鉱床が期待される。

F9 鉱体は約 0.3×0.7km の広がりを持つ鉱体で、露頭試料では $\text{T-RE}_2\text{O}_3$ が 4.44%、 CaF_2 が 40.79%、 BaSO_4 が 25.92%を示し、土壤による $\text{T-RE}_2\text{O}_3$ の地化学異常も顕著である。

F10 鉱体は約 0.2×0.7km の広がりを持つ鉱体で、露頭試料では $\text{T-RE}_2\text{O}_3$ が 4.54%、 CaF_2 が 15.82%、 BaSO_4 が 23.45%を示し、土壤による $\text{T-RE}_2\text{O}_3$ の地化学異常も顕著である。

F16 鉱体は約 0.4×0.6km の広がりを持つ鉱体で、鉱化露頭付近の土壤の分析値は $\text{T-RE}_2\text{O}_3$ が 16.79%の高品位であり、当鉱化帯の土壤による $\text{T-RE}_2\text{O}_3$ の地化学異常も顕著である。

7) レアアース鉱床の形成モデル

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鉱物、Fluorite、Barite 等を形成して沈殿し、当地区の鉱化帯を形成した。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、本地区の鉱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) 選鉱試験

F3 鉱体の 4ヶ所のピットから選鉱試験用のレアアース鉱石試料 1,431kg を採取した。この鉱石の分析品位は、 $\text{T-RE}_2\text{O}_3$ が 9.25%、 BaSO_4 が 62.7%、 CaF_2 が 4.7%である。

浮遊選鉱試験では鉱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。

Bastnaesite の分離が出来ない理由は、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、10 μm 未満あるいは 8 μm 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 μ m未満の部分の T-RE₂O₃ 品位と分布率は、破碎産物では品位 32.5%と分布率 32%、摩鈹産物では品位 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%のレアアース粗精鈹が得られる可能性がある。

6-2 提言

本年度の調査結果から、F3 鈹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。

6-2-1 F3 鈹体に対する調査

① ボーリング調査

F3 鈹体のボーリングでレアアースの富鈹部に着鈹しているが、この富鈹部の西方や北部への連続はまだ確認していない。F3 鈹体の開発を検討するためには鈹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。

ボーリング調査は富鈹部の西方延長部で7孔、北方延長部で6孔を実施する。これらのボーリング結果から、さらに富鈹部が連続する場合には追加ボーリングを行って鈹体の全貌を確認する（図 II-7-1）。

② 選鈹試験

F3 鈹体のピット試料による選考試験では、複数の浮遊選鈹試験、温水浮遊選鈹試験、磁力選鈹試験等を実施したが、いずれも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鈹であったことから、Bastnaesite の鈹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。従って、第2年次は地表に比べて強風化されていない鈹石、即ちボーリングで着鈹した深部の鈹石によって詳細な選鈹試験を実施する。

選鈹試験用の試料は、鈹物組成の違う鈹石試料を深部（30m以深）のボーリングコアから採取する。各鈹石試料について各種選鈹試験を行って、F3 鈹体の鈹石に最も適した選鈹方法を解明する。

③ 冶金試験

地表付近の強風化鈹石は選鈹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 μ m未満の破碎産物は T-RE₂O₃ 品位が 32%、摩鈹試験では T-RE₂O₃ 品位が 22.1%であることが明らかになった。このことから鈹石の細粒部をそのまま粗精鈹として利用可能となれば、選鈹工程が不要となり、コスト的にも有利になることも考えられることから、粗精鈹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、粗精鈹（T-RE₂O₃ 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 鈹量計算

ボーリング調査で鈹体の全貌が明らかになった時点で F3 鈹体の鈹量計算を実施し、鈹量、品位および TRE 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。

6-2-2 F3 鉱体以外の有望地区に対する調査

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、南部の New Dong Pao 地区 (F3 鉱体を含む)、北部の Ban Hon 南部地区、北西部の Tong Pao Nieu 地区の 3 地区がある (図 11-7-2)。

1. New Dong Pao 地区

鉱山開発を検討する場合、鉱量をいかに確保するかで、鉱山操業年数や経済性が大きく違ってくる。F3 鉱体の周辺部には、これまでの調査からいくつかの鉱体が確認されており、鉱床の開発規模を検討するためには周辺鉱体の状況を把握することが非常に重要である。特に、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。

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。F7 鉱体の東部や中部にも顕著な異常が現れている。当地区では地質・鉱床調査精査およびパイロットボーリングを行って、F3 鉱体と F7 鉱体との連続性および F7 鉱体の鉱化状況を解明する。

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% 以上の値を示す異常が多数現れている。これらの鉱体内にはレアアースの鉱化露頭が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。今後、本地区の地質・鉱床調査精査および地化学探査精査を実施して、当地区に対する鉱床賦存のポテンシャルを検討する。

第 II 部 各 論