

## 베트남 광물자원현황

이지윤 · 허철호 · 서정률

한국지질자원연구원 광물자원연구본부

국가 경제에 있어 광물자원의 안정적인 공급은 기반산업과 관련하여 매우 중요하다. 우리나라는 일부 비철금속을 제외한 에너지 및 금속자원을 전적으로 해외에 의존하고 있어 주요광물자원의 공급기반이 날로 질실해지고 있다. 또한 세계적으로 광물자원시장의 불안정과 가격상승으로, 자원 보유국가의 자원개발 규제 강화와 수요 국가의 자원 확보 경쟁이 심화 되고 있어 이에 따른 해외광물자원 분야의 개발강화 방안 모색이 요구되고 있으며, 정부 및 주요 공공기관/민간 기업을 중심으로 적극적으로 추진 중에 있다. 특히 전략광물자원 확보의 가장 효과적인 대안으로 평가받고 있는 동남아시아, 중앙아시아, 남미, 아프리카 등 자원부국의 유망정보 수집 및 분석을 통한 안정적인 자원 확보가 관심으로 대두되고 있다. 그 중 동남아시아의 자원부국으로 미얀마, 베트남, 인도네시아 등이 있으며, 이중 베트남은 국가 기반산업의 소비 측면과 관련하여 철, 구리, 아연, 니켈, 우라늄, 유연탄, 석유 및 천연가스 이외에도 보오크사이트, 텅스텐, 티탄철석 및 인회석과 같은 풍부한 천연 광물자원을 확보하고 있다. 베트남의 부존 광물자원은 풍부하나 탐사 및 개발이 초기 단계로 대부분이 미개발 상태이고, 개발되는 곳에서도 구식 장비와 낙후된 기술로 생산성이 선진국 수준에 미치지 못하는 실정이다. 그러나, 2006년 베트남 정부

의 외국 자본투자와 광물에 관한 최종정부 승인 인가에 따라, 외국 회사들과 민간 기업의 투자에 유리한 조건으로 제시되어 점차 투자 및 탐사 개발이 활발해 지고 있다. 따라서 베트남의 개발 잠재력 및 경제성이 가장 유망한 광종들을 대상으로 한 광물자원 현황 및 부존 특성의 파악은 국내 산업발전에 필수적 요소인 전략광물광종 및 비금속 광물자원의 안정적인 수급방향을 모색함에 도움이 될 것으로 사료된다.

### 지 질

베트남은 남중국판과 인도차이나 판의 일부에 속해 있으며, 판의 경계는 홍강(Red river) 단층대로, 주향방향은 북서-남동으로 확장되어 있다(그림 1). 양쯔강과 메콩 분지에 위치하는 인도차이나 순상지, 라오스 및 캄보디아 일부가 인접해 있으며 습곡대는 후기 헤르시니아 조산운동(주로 중부와 남부에서 활발)과 인도네시아 조산운동(주로 북부 베트남에서 활발)이 일어나는 동안 발생했으며, 이후 인도차이나판은 조산운동에 의한 지역적 안정화와 북동(NE)지괴, 북서(NW)지괴, Truongson 지괴, Kontum 지괴, Nambo 지괴의, 5개 구조적 지괴로 나누어졌다(그림 2).

북동 지괴는 이전 중국대륙의 일부로 인식되었

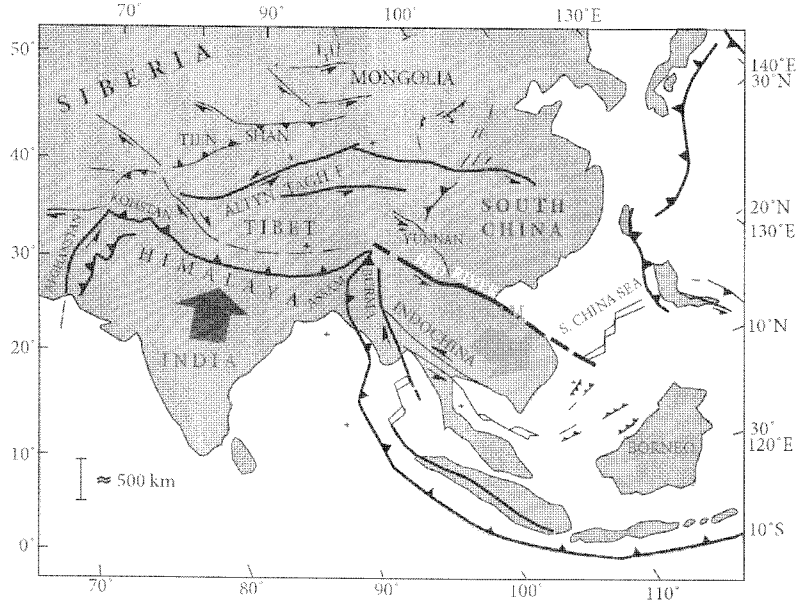


그림 1. Schematic map of major Cenozoic fault zone in eastern Asia(After SHARER et al. 1990).

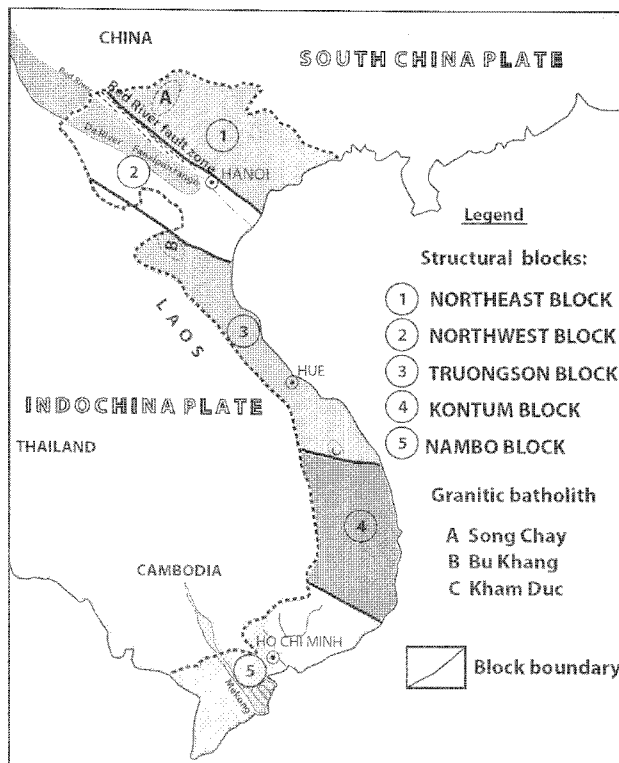


그림 2. Tectonic division of the territory of Vietnam.

으며, 후기 원생대에서 제 4기에 이르는 다양한 층서 및 화성암으로 이루어져 있다. 북서(NW) 및 Truongson 지괴는 두꺼운 고생대층으로 이는 북서-남동 방향의 고생대 습곡계로 인식되었으며, 일부 다른 구조적 발달을 보이는 후기 고생대층도 발견된다. Kontum 지괴는 융기된 기반암으로 이루어져 있으며, 가장 오래된 Archean 층서를 발견할 수 있다. Nambo 지괴는 말레이시아-마이에미 “지향사계”의 일부에 속하며, 이후 두터운(6km) 신생대 퇴적층으로 채워진 대륙 열곡으로 인식되었다(DE et al., 1986).

베트남은 인도차이나 반도의 동측부에 위치하

고, 면적은 335,000km<sup>2</sup>이다(그림 3). 폭이 좁은(지역에 따라 40-70km) 띠 모양의 육지로 중국 해를 따라 1,500km 뻗어있다. 대부분의 베트남 북쪽(Tonkin)과 나라의 중심은 산이 많은 지역이고, 중국 국경에 근접하고 있다. 기후는 열대 지방의 습윤기후로 이와 같은 특징으로 이들은 주로 농업에 종사한다. 주산물은 쌀이며, 대체로 메콩 강과 홍강 삼각주에서 생산된다. 베트남은 풍부한 광물자원을 보유하고 있으며 이러한 광물자원의 대부분은 북쪽에 위치하고 있다.

베트남의 기저는 선캄브리아대부터 제 4기 시대의 다양한 암석으로 구성되어있다(그림 3).

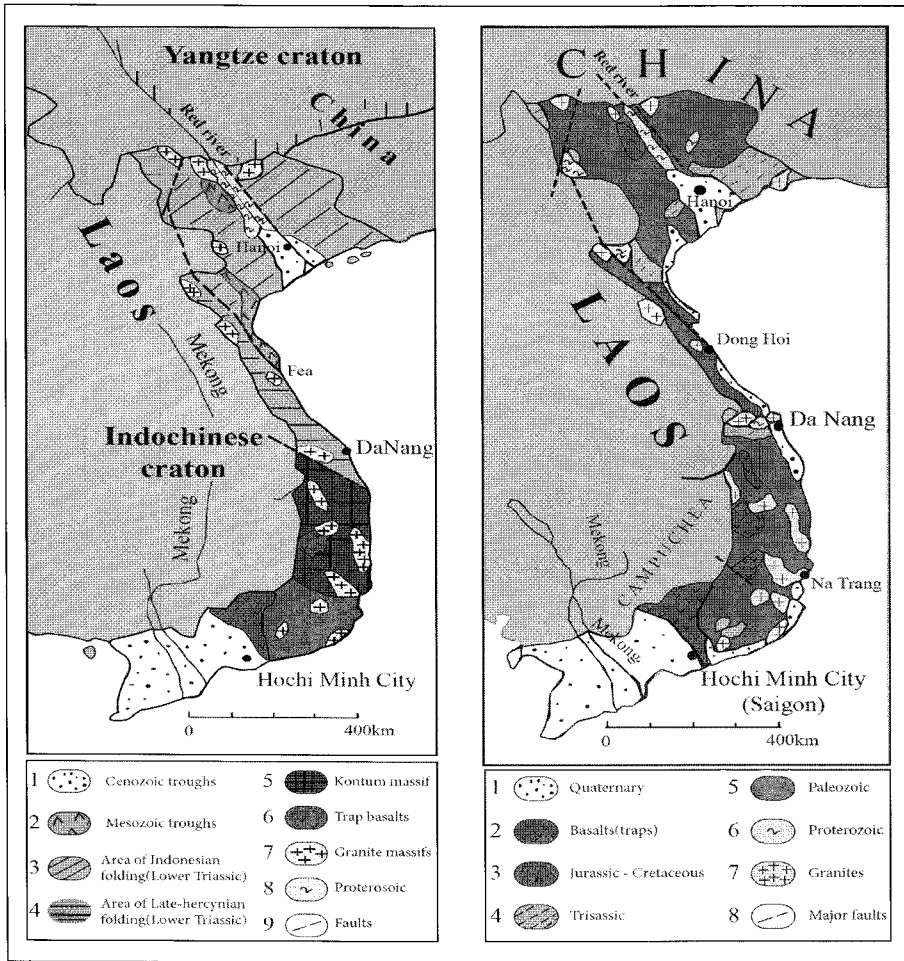


그림 3. Tectonic map and simple field geological map of Vietnam(After TRAN, 1995).

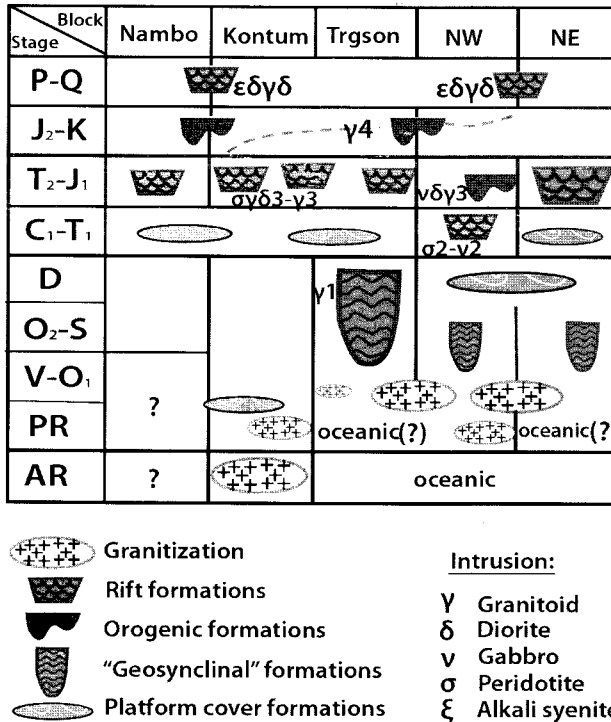


그림 4. Geological history of the Vietnam(After TRAN, 1995).

Kontum 지괴를 이루고 있는 선캄브리아층은 주로 홍강을 따라 중앙 베트남의 대부분과 북부에 걸쳐 연장되어 있다. Song Ghay와 홍강 사이에 노출되어 있는 결정질 암석(자철석류, 정편마암)들은 시생대의 것으로 간주되어 진다. 고생대층은 베트남 전 지역에 넓게 퍼져 있으며, 주로 캄브리아기층, 두꺼운 실루리아기층(셰일, 사암), 데본기-석탄기층의 석회암으로 구성되고, Annam과 북부 베트남의 거대한 지역을 이루고 있다. 하부와 중부 트라이아스기층은 주로 육성기원(셰일, 사암)과 화산기원의 암석층으로 이루어져 있다. 쥐라기와 트라이아스기에 형성된 지구대에는 두꺼운 대륙 지각과 화산성 지각 물질이 퇴적되었다. 제 3 기층과 4 기층은 매콩강 삼각주와 홍강의 삼각주를 이루고 있으며, 일부 지구대에 퇴적되었다. 홍적세의 쉐레이틱 현무암은 베트남 남부 넓은 대지

에 형성되어 있다(그림 3).

베트남의 화성활동은 여러 차례에 걸쳐 발생했으며, 여러 지질시대의 다양한 관입암으로 이루어져 있다. 베트남 남쪽 원생대 관입암은 Chu Lai 와 Tumorong 지괴 화강암으로 구성되어 있으며, 2,300 Ma 연대를 보인다. 북부 관입암은 Song Chay 지괴 화강암질암, 변성암과 염기성암인 Bao Ha-Ca Vinh 복합체로 이루어져 있다. 이는 여러 현생 관입암/마그마 계열로 분류되었다.

상부 고생대 관입암은 화강암(베트남 남부 Loa Son, Dien Binh 지괴, 약 250-360 Ma (Nhan, 1988); 북동 방향의 Nam Rom, Moug Lat 지괴, K-Ar 연대 약 252-268(Ma Dovzikov, 1965))과 염기성암으로 구성되어 있으며, 페름기 유출물을 포함한다.

트라이아스기 관입암은 인도네시아 조산운동

이 일어나는 동안 관입하였으며, 초염기성암 (Bang Xang, Nui Nua 지괴)에서 화강암질암 (Vanh Canh, K/Ar 연대 215-240 Ma)에 이르는 다양한 암석으로 구성되어 있다.

상부 백악기-제 3기 관입암은 염기성, 분출암, 화강암(Pia Oac, Dinh Quan 지괴, 98Ma와 86Ma(Fan Si Pan, 33-56 Ma)), 섬강암 (Nam Se, 40-56 Ma), 일부 반려암과 감람암으로 구성되어 있다(그림 4).

## 광물자원 현황 및 부존특성

### 광물자원 현황

국가 경제에서 광업 분야는 베트남의 경제에 매우 중요한 분야이고, 또한 광물 무역은 거래 무역 전체에 걸쳐, 2005년을 기준으로 광산의 산출량과 채석 분야는 국내 총생산의 5.75%를 차지하였고, 1994년 약 14억 3천만 달러로 추정되었다. 2006년 베트남의 주요 수출광물은 에너지 자원과 관련된 원유(약 8억 3천2백만 달러)와 석탄(9백 2십7만 달러)이었고 이들은 총 수출(39억 6천만 달러)의 각각 21.0%와 2.3%를 차지하였다. 주요 수입광물은 석유(5억 8천6백만 달러)와 강철(2억 9천만 달러), 비료(6백7십 3만 달러)이며, 이들은 총 수입(44억 4천만 달러)의 각각 13.2%, 6.5%, 1.5%를 차지하였다 (General Statistics Office of Vietnam, 2006b,c). 2005년-2006년 기준으로 베트남의 주요 광물 생산품은 금속광물(구리, 크롬철광, 티탄철광, 강철, 연-아연, 주석, 저어콘), 산업광물을 포함한 비금속광물(중정석, 고령토, 흑연, 석고, 소금, 모래와 자갈, 인산염암), 에너지와 관련된 광물(석탄, 석유, 천연가스)이다(표 1).

정부정책과 계획에 있어서 베트남 정부는 2005년~2006년에 걸쳐 광업법 수정 및 시행령

을 발표하였다. 2006년 1월, MONRE 회보 012006/TT-BTNMT가 제정되었고, 광물탐사와 탐사계획의 평가가 공식화 되었다(Department of Geology and Mineral[s] of Vietnam, 2006a). 2006년 광물산업보고에 따르면 향후 5년간(2006-10) 광물자원개발 및 정책이 작성되어 제시되고 있다. 보오크사이트 광산, 알루미늄 처리, 강철 제조는 핵심사업으로 분류되고 있다 (VietnamNet, 2006c). 2006년 3월, 광물산업회보 02/2006/TT-BCN이 공포되었으며, 광물 수출의 기준과 조건을 제공하였다. 이 회보는 04/2005/TT-BCN를 보완하였으며, 2006년 5월 1일 효력이 발생하였다(Department of Geology and Mineral of Vietnam, 2006b).

### 부존특성

베트남은 북위 16도 이남을 남부지역, 북위 16도에서 20도 사이를 중부지역, 북위 20도 이상을 북부지역으로 구분하여, 북부지역은 하노이를 경계로 북동부 지역으로 구분할 수 있으며, 지역에 따라 철 금속, 비철금속, 귀금속, 희토류 금속, 에너지 화학 및 비료 산업을 위한 광물, 유리 산업, 석재, 보석류의 다양한광물들이 부존하고 있다(그림 5).

## 철금속(Ferrous metals)

### 철

베트남에서 가장 중요한 철 광상은 북쪽 Hoang Lien Son주 Bao Ha 가까이에 있는 Qui Xa로, Hanoi-Lao Cai 철로에 인접해 있다(그림 3). 산출 광석 대부분은 자철석과 갈철석이고, 54-60%의 철을 함유한다(평균 55%(Fe) + 2~4%(Mn)). 노천 채굴에 의한

표 1. Production of Mineral Commodities of Vietnam

Commodity <sup>2</sup>	2002	2003	2004	2005	2006 <sup>*</sup>
<b>METALS</b>					
Bauxite <sup>e</sup>	20,000	20,000	20,000	25,800 <sup>r</sup>	30,000
Chromium ore, gross weight	66,300 <sup>r</sup>	91,000 <sup>r</sup>	82,000 <sup>r</sup>	89,000 <sup>r</sup>	90,000
Copper:					
Mine output, Cu content	1,100	1,200	1,200	1,200	5,200
Metal, refined	--	--	--	--	4,800
Gold kilograms	2,000 <sup>r</sup>	2,000 <sup>r</sup>	2,065 <sup>r</sup>	2,138 <sup>r</sup>	2,500
Iron and steel :					
Iron ore, Fe content do.	430,000 <sup>r</sup>	540,000 <sup>r</sup>	495,000 <sup>r</sup>	504,700 <sup>r</sup>	510,000
Metal :					
Pig iron do.	146	200	187	202	300
Steel, crude do.	409	544	689 <sup>r</sup>	890 <sup>r</sup>	1,000
Steel, rolled do.	2,503	2,954	3,280 <sup>r</sup>	3,888 <sup>r</sup>	4,000
Lead, mine output, Pb content	1,100 <sup>r</sup>	1,100 <sup>r</sup>	5,000 <sup>r</sup>	6,000 <sup>r</sup>	6,000
Manganese concentrate, gross weight	68,000 <sup>r</sup>	68,000 <sup>r</sup>	15,000 <sup>r</sup>	18,000 <sup>r</sup>	20,000
Pyrite, gross weight <sup>r</sup> thousand metric tons	400	450	450	500	500
Tin :					
Mine output, s content	1,700	2,100	3,500 <sup>r</sup>	3,500 <sup>r</sup>	3,500
Metal smelter	1,700	21,00	2,500 <sup>r</sup>	2,500 <sup>r</sup>	2,500
Titanium :					
Ilmenite concentrate, gross weight	180,000	200,000	145,000 <sup>r,3</sup>	150,000 <sup>r,3</sup>	150,000
Rutile, gross weight	--	--	400 <sup>3</sup>	500 <sup>3</sup>	500
Zinc :					
Mine output, Zn content <sup>r</sup>	42,000	45,000	45,000 <sup>r</sup>	50,000 <sup>r</sup>	50,000
Meal, powder	--	--	5,000	23,000	23,000
Zirconium, gross weight	11,000 <sup>r</sup>	13,000 <sup>r</sup>	10,000 <sup>r</sup>	10,000 <sup>r</sup>	10,000
<b>INDUSTRIAL MINERALS</b>					
Barite	60,300	81,500	120,000 <sup>r</sup>	130,000 <sup>r,e</sup>	130,000
Cement, hydraulic thousand metric tons	21,121	24,127	26,153 <sup>r</sup>	27,100 <sup>r</sup>	31,500
Clays, kaolin <sup>r</sup>	600,000	650,000	650,000	650,000	650,000
Fluorspar	3,000 <sup>r</sup>	3,000 <sup>r</sup>	4,000 <sup>r</sup>	4,000 <sup>r</sup>	4,000
Grahitite	2,000 <sup>r</sup>	2,000 <sup>r</sup>	2,000	2,000	2,000
Gypsum <sup>r</sup> thousand metric tons	5,000	5,000	5,000 <sup>3</sup>	5,000	5,000
Lime do.	1,420 <sup>r</sup>	1,384 <sup>r</sup>	1,464 <sup>r</sup>	1,718 <sup>r</sup>	1,950
Nitrogen, N content of ammonia	58,400	79,700	216,200	220,000 <sup>r</sup>	230,000
Phosphate rock :					
Gross weight thousand metric tons	779 <sup>r</sup>	821 <sup>r</sup>	902 <sup>r</sup>	1,066 <sup>r</sup>	1,220
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> content <sup>r</sup> do.	234 <sup>r</sup>	246 <sup>r</sup>	271 <sup>r</sup>	320 <sup>r</sup>	366
Pyrophyllite <sup>r</sup>	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000
Salt thousand metric tons	974 <sup>r</sup>	909 <sup>r</sup>	906 <sup>r</sup>	925 <sup>r</sup>	950
Sand and gravel do.	125,200 <sup>r</sup>	133,000 <sup>r</sup>	145,300 <sup>r</sup>	146,400 <sup>r</sup>	148,000
Silica sand <sup>r</sup> do.	160 <sup>r</sup>	170 <sup>r</sup>	185 <sup>r</sup>	190 <sup>r</sup>	200
Stone, building stone do.	95,500 <sup>r</sup>	138,500 <sup>r</sup>	143,400 <sup>r</sup>	184,100 <sup>r</sup>	205,400
Sulfur <sup>r</sup> do.	22,000	22,000	22,000	22,000	22,000
<b>MINERAL FUELS AND RELATED MATERIALS</b>					
Coal, anthracite thousand metric tons	16,409 <sup>r</sup>	19,314 <sup>r</sup>	27,349 <sup>r</sup>	34,100 <sup>r</sup>	38,900
Gas, natural, gross million cubic meters	2,260	3,450	6,266 <sup>r</sup>	6,342 <sup>r</sup>	6,766
Petroleum, crude thousand 42-gallon barrels	117,753	125,281	141,930 <sup>r</sup>	131,003 <sup>r</sup>	119,300

\* Estimated: : estimated date are rounded to no more than three significant digits, rRevised. -- Zero.

<sup>1</sup> Table includes date available through July 27, 2007.

<sup>2</sup> In addition to the commodities listed, antimony, bentonite, refractory clay, construction aggregates, gemstones, granite, graphite, marble, rare earths, and silver were mined but not reported. Available information is inadequate to make reliable estimates of output.

<sup>3</sup> Reported figure.

Sources : Vietnam's General Statistics Offices, Statistical Yearbook, 2005; British Geological Survey, World Mineral Statistics, 2002~2004; World Metal Statistics, May 2006; South East Asia Iron and Steel Institute, Crude Steel Production, Annual Statistics, 2001~04; The Barytes Association, World Barytes Production 2001~05; International lead and Zinc Study Group, Lead and Zinc Statistics, Monthly Bulletin of the International Lead and Zinc Study Group, February 2006; U.S. Geological Survey Minerals Questionnaire, 2004~2005.

베트남 광물자원현황

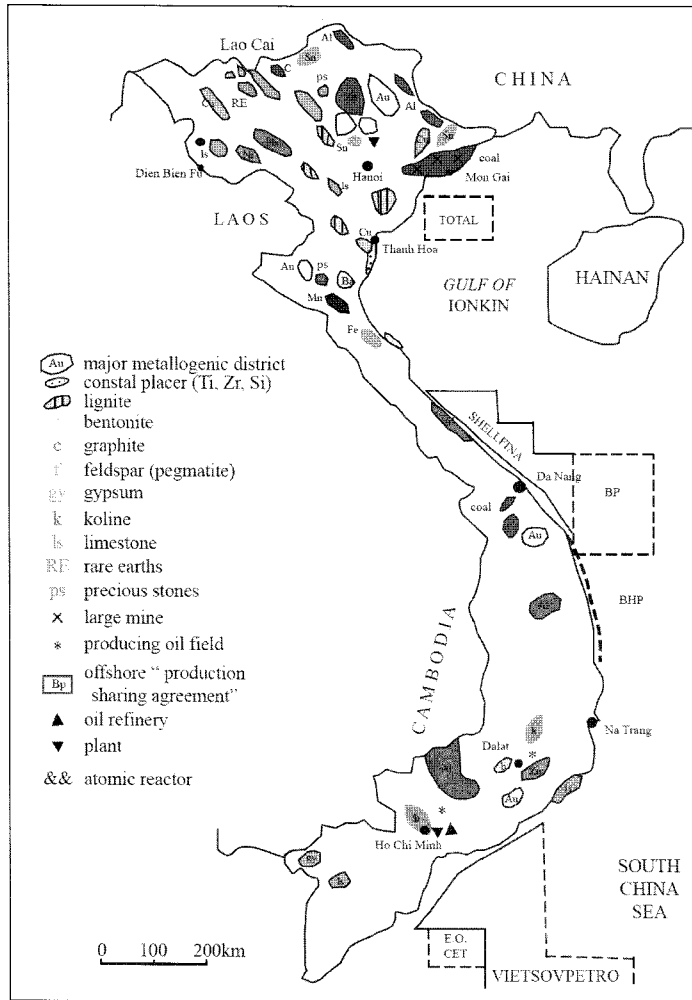


그림 5. Mineral resources of the Vietnam

회수 가능 양은 총 확정 매장량 기준으로 약 118 백만 톤이다. 광상은 데본기 석회암에 대규모의 카르스트 공동에 형성되었으며, 이 카르스트 공동은 Yen Bay 와 Lao Cai사이, 홍강을 따라 산출하는 시생대 BIF 층의 풍화 또는 침식 물질로(적철석과 자철석) 채워져 있다(Glazk and Juskoviak, 1964). Trai Cau 광산은 북쪽 20km 떨어진 곳에 위치하고 있으며, 연간 400,000톤의 철과 강철을 공급하고 있다. 광체는 20-200m 연장과 층두가 5-10m인 휘록암질

관입암과 석탄기 석회암의 접촉부에 발달하고 있으며, 광석인 자철석이 렌즈 상으로 나타난다. 자철석의 철 함유량은 평균 53% 이다. 서쪽으로 광화대가 확장되어 있으며, 갈철석 광상이 부분적으로 발달되어 있다(약 47%(Fe) + 3-5%(Mn)). Cau 지역 확정 매장량은 광석 44 백만 톤이다(Kusnir, 1967). Cao Bang, Qung Tin에 인접한 Mot Sat와 Ban Lang(스카른)과 같이 나라의 곳곳에 수많은 소규모의 철 광상이 발달한다. 베트남의 철광석 추정 매장량

은 700,000톤으로 광석의 철 함유량은 약 60% 이다(Min. Ann. Rev., 1992).

### 망간

망간의 주요 산출지역은 베트남 북쪽에 위치한다. 맥상으로 산출하며, Hai Hung(or Nien Son) 지역을 포함하여, Hai Phong의 북쪽과 Vinh의 남서쪽 Yen Cu에서 산출한다. Yen Cu 광상에는 최상의 고품위 광석(10-15%(Mn), Xinh, 1988) 2.5 백만 톤이 매장되어 있으며, 곧 채광될 것이다. 광체는 경망간석과 갈철석이 맥상으로 발달하며, 대본기 편암에 약 0.5-4m 두께로 배태되어있다. 중국 국경에 인접한 Cao Bang 지역에서는 퇴적기원의 망간이 산출하며, 대본기 석회암에 배태되어 있다. Toc Tac 지역에는 두께의 약 0.2-2m 층이 나타나며, 이 층은 대략 1백만 톤의 부화된 광석(풍화 받은 38-40%(Mn), 부화대 1차 광석 20-23%)을 포함한다. 광석광물은 경망간석, 산화망간, 갈망간석 뿐만 아니라 탄산염 망간이다. 채광된 광석은 배터리 제조 산업에 이용한다.

### 크롬철석

Than Hoa주 Nui Nua 초염기성 암체(15×4km) 주위에 크롬철석 총적광상은 1930년부터 채광되었다. 1936년, Co Din 광상의 생산량은 최대 36,000톤을 선광하였으며, 오늘날의 생산량은 연간 약 3,500-4,000톤에 달한다(Premoli, 1989). 총적광상은 제 4기층에 위치하며, 규모는 약 1km 정도이다. 광체는 렌즈 상으로 발달하였으며, 역과 자갈, 점토를 포함한다. 크롬철석의 매장량은 20.8 백만 톤으로, 품위는 1.5-5%(Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), 층의 두께는 8m로 보고되었다(Xinh, op.cit.). Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/FeO 비율은 2.2-2.4이고, 대부분의 크롬철석은 세립(70-

280µm)의 입자 크기로 야금 용도로 부적당하다.

### 니켈

대부분의 주요 니켈 광상은 Son La (Black) 강에 인접한 Ta Khoa에 위치한다. 니켈 광화작용과 구리 황화물(황화 니켈광, 황동석, 황화 철광)은 소규모의 사문석화된 감람암 기저 및 칼슘-규산염암 주위에 발달한다. 1960년대 개발되기 시작한 Ban Sang 광상은 광석 3백만 톤에 달하였으며, 광석 품위는 0.93%(Ni), 1.2%(Cu)로, 일부는 코발트와 희유원소인 텔루륨, 셀레늄, 금을 포함한다. Ban Phuc에서 7%(Ni) 이상의 고품위 광화작용이 보고되었다(e.g. Bao Lac). 이와 비슷한 산출양상은 베트남 북쪽의 Cao Bang 지역에서 찾을 수 있다.

## 비철금속(Non-Ferrous metals)

### 구리

주요한 구리 산출 지역은 베트남의 북쪽에서 찾을 수 있다. 홍강 서쪽 제방, Lao Cai와 중국 국경 사이, 북동쪽의 Luc Ngan 강 분지, 북서쪽의 Son La- Son Da 강 지역으로 가장 유명한 광상은 Lao Cai 지역에 위치한 Sinh Quyen으로, 1960년대 발견하였다(그림 3). 광화작용은 수 미터의 두께와 수 백 미터 길이의 렌즈 상으로 나타나며, 광석광물로는 자철석, 황동석, 자황철광, 황철석과 각섬석암질 관입암내에 갈림석이 있다. 광석의 품위는 0.5-2.5%(Cu)이고, 일부 2g/t (Au)와 니켈을 함유한다. 지역의 잠재량은 구리 약 200,000 톤으로 추정된다. Luc Ngan과 Son La- Son-Da 지역 광화작용은 평행하게 발달하며, 트리아스기 사암에서 산출한다. 광화작용은 노두에서 약 1km 떨어진



Bien Dong과 Cam Son 지역 사이에서 발견된다. Cam Son에 인접한 광화대는 50m-1.2km의 길이로 0.5-7m의 두께로 형성되어 있으며, 0.5-0.6%의 구리를 함유한다. Bien Dong은 0.7-1.5%의 높은 구리 함유량을 보인다.

## 연-아연

베트남은 우수한 연-아연 잠재량을 갖고 있다. 광상의 대부분은(150개 정도) Hanoi의 북쪽, Tuyn Quang 와 Ngan Son 사이에 위치하고, 고생대 석회암층에 배태되고 있다. Ba kan의 북서 약 40km 지점에 위치하는 Cho Dien 광상에서 프랑스에 의해 광석 품위 25-48%의 아연이 개발되었다. 1960년, 일부 425,000톤의 아연과 87,000톤의 납(+일부 은, 카드뮴, 인듐)이 산화물과 황화 광석에서 발견되었다. 층과 평행하게 발달한 황화 광석(주로 방연석, 황철석, 섬아연석)은 변성 석회암에서 존재하며, 평균 품위 10%(Zn), 3.5%(Pb)이다. 2차 광석(이극석, 능아연석, 휘당타이트)은 일반적으로 카르스트 공동에 존재하고, 평균 품위 15.9%(Zn), 2.8%(Pb)이다. 광상은 곧 개발될 것이고, 산화아연은 국내사용을 위해 소규모 공장에서 생산한다. Na Tum 광상은 Cho Dien에서 9km 떨어진 곳에 위치하고 매장량은 12 백만 톤, 광석의 품위는 15%(Zn+Pb)이다. Lang Hit 광상은 Thai Nguyen의 북쪽으로 18km 떨어진 곳에 위치하고, 매장량은 1 백만 톤, 광석 품위는 8.5%(Zn)과 3.5%(Pb)이다(Kusnir, 1967). 유사한 아연-납 광화작용은 Vinh(Le Thuy) 근처와 Than Hoa, Dalat의 남서쪽에서 찾을 수 있다.

베트남 남서쪽에 위치한 Dien Bien Phu와 Tu Le 광상은 Ngia Lo로부터 50km 떨어진 곳에서 발견되었으며, 맥상으로 납 광화작용이 우세하게 발달하고 있다. Tu Le 맥은 0.5-1m

두께와 600m의 길이로, 은을 포함한 방연석(4-5kg/t Ag)을 함유하며, 트리아스기와 하부 중생대의 변성퇴적암에 배태되어 있다. 광석은 4-6%(Pb), 1-2.5%(Zn)의 비교적 넓은 범위의 품위를 갖는다.

## 석석과 주석

베트남에서 현재 생산되고 있는 석석은 연간 2,000톤으로 추정된다. 모두 충적토에서 산출하며, 매장량은 약 85,000톤이다(Min. Journal, 1995). 주석을 함유한 주요 지역은 북쪽의 Pia Oac, Tam Dao와 남쪽 Qui Hop-Dalat 지역이다. 첫 번째 두 지역은 남중국 주석 산출지와 지질학적으로 유사하며, 최대 잠재성을 갖는다. 1차 광화작용(주로 석영 맥과 철망간중석, 석석, 약간의 몰리브데늄)은 백악기 화강암과 관련 있다. 충적 광상은 경제적으로 중요하며, 이러한 광상은 흔히 카르스트의 공동/함몰에 의해 형성된다. Tin Tuc 광상은 중국 국경에 인접한 곳에 위치하고 있으며, 일부 16,000톤의 석석을 포함한다. 주로 충적층의 기저부에서 찾을 수 있다. 1963년, Tam Dao 지역 Tuyen Quang의 남동에 위치하는 충적광상의 매장량은 주석 약 7,000톤으로 추정되었다(Kabakov, 1963).

## 안티몬

베트남은 상당한 안티몬 자원을 갖고 있으며, 일부를 제외하고 거의 대부분 북동쪽에서 찾을 수 있다(Quang Nhai, Quang Tin은 남부에 위치). 안티몬 광화작용의 대부분은 금과 관련 있다. 그 중 가장 잘 알려진 안티몬 광화작용은 Chiem Hoa 지역에서 발생하며, Cho Dien 연-아연 광상에서 남서쪽으로 25km 떨어진 곳에 위치한다. 광상은 1962년 개발되었다. 휘안

석(소량의 황철석, 황비철석, 금)은 Lang Vai, Dam Hong, Pa Kha, Na Mo, Tho Binh와 Hoa Phu의 석영맥에서 찾을 수 있다. 또한 안티몬 광화작용은 Hon Gay의 북동쪽, Lang Son 지역에서도 알려져 있다.

## 귀금속(Precious metals)

### 금

금의 생산량은 연간 1톤으로, 주요 금 생산 지역은 베트남 북부 8곳과 남쪽 2곳으로 잘 알려져 있다. Chiem Hoa 지역의 금 광화작용은 자연금과 캔필다이트를 포함하며, 이러한 광화작용은 휘안석과 연관되어 발생한다. 금 광화작용은 주로 사광과 금을 산출하는 석영맥에서 일어나며, 대표적인 지역은 잘 알려진 Ngan Son 지역과 남부의 Thanh Hoa 지역이다. Nam Chou강의 충적토에는 1-5g/t의 금이 포함되어 있다(Kabakov, 1963). 10-15g/t 금을 생산하는 Bong Mieu 광상은 Da Nang의 남쪽 80km 지점에 위치하며(그림 3), 초기 프랑스에 의해 개발되었다(Blondel, 1931). 최근 광상탐사에 의해 매장되어 있는 금 5톤을 발견하였다(Min. Ann. Rev., 1995). 자연금을 포함한 석영맥에서의 광화작용은 금을 함유한 황철석, 소량의 방연석을 수반하며, 맥은 3-4m의 두께로 편마암에 배태되어 있다. 그리고 일부 휘안석, 구리, 망간 및 철광상은 금을 포함하고 있다.

## 산업광물(Industrial minerals)

### 티탄철석과 저어콘

티탄철석은 1차 광상과 사광상에서 산출한다.

Thai Nguyen의 북서부에 위치하는 Nui Tchoua 지역에서 산출하며, 반려암 기저에 산재되어(30-70%Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 층을 이루고 있다. Tram과 Phu Long광상은 층의 두께가 약 5-10m, 길이 400-500m의 크기로, 10-15%(TiO<sub>2</sub>)와 0.1-0.3% (V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)를 함유하고 있다(kusnir, 1967). 이 광상의 확정 매장량은 2.8 백만 톤이다.

베트남의 해안 사광상의 잠재성은 고려해 볼만한 가치가 있다. 이 사광의 모래 광물은 티탄철석과 하급의 저어콘, 일부 모나자이트를 포함하고 있으며, 알려진 많은 사광들이 베트남의 해안가를 따라 약 1,500km 정도 확장되어 있다(그림 5).

Cat Khanh 광상은 1.59 백만 톤의 티탄철석과 32,000톤의 저어콘이 매장되어 있다. Hue의 부근 Quang Nam 광상의 모래 광물은 평균 5%의 중광물로 이루어졌으며, 212,000톤의 티탄철석과 49,000톤의 저어콘, 10,800톤의 모나자이트 매장량을 갖고 있다(Premoli, 1990).

### 인산염광물

90여개의 인산염 광상은 Thanh Hoa 지방과 북부 Lang Son, Nge Thin 지방의 탄산염 석회암내에 존재한다. Lao Cai 광상은 홍강의 서쪽에 위치하고 있으며 대량의 인산염이 매장되어 있다. 인회석층은 인회암의 변성작용으로 형성되어, 주로 캄브리아기 변성암(편암 및 대리암)에 배태되어있으며, 베트남 100km 이상의 면적에서 산출하며, 중국까지 계속된다. 인산염의 총 매장량은 1,700 톤이며(Xinh, 1988), 이 중 채굴 층의 두께는 10-20m 정도이다. 4종류의 광석을 생산하며, 가장 많은 36-41%(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) 함유량과 적은 함유량의 16%(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), 부수적으로 콜로페인을 포함한다.

## 흑연

흑연광상은 Lao Cai 지역에 분포한다. 홍강 동측에 위치하며 광상 면적은  $9 \times 11 \text{km}$ 이다. 광체는 선캄브리아기 암석(Ca-염기성 편마암과 각섬석, 백운모-편암) 혹은 페그마타이트에 형성되어 있다. 추정 매장량은 3.78톤이며, 광석은 5-12%(C)의 품위를 갖는다(Xinh, op.cit.). 대표적으로 Nam Tri 광상은 1960년대 발견되었고, Lao Cai의 동쪽 6km떨어진 곳에 위치한다. 흑연 층은 20m 두께, 1km길이로 페그마타이트내에 배태되어있다. 광석 품위는 평균 14%(C)이다. 몇몇 광상은 Lao Cai 남동쪽 Yen Bay 지역에 분포한다. 흑연 광상의 채굴은 국내 수요를 위한 것이며, 지역의 결정질 흑연 매장량은 약 1.3톤으로 추정된다. 베트남의 남부에서 산출하는 흑연은 선캄브리아기 규선석-석류석 편암에 배태되어있다. 6개 주요 광체의 확정 매장량은 흑연 2.5 백만 톤과 규선석 1.8 백만 톤에 달한다(Premoli, 1990). 주로 괴상으로, 30-50%(C)가 함유되어 있으며, 저품위 평균 함유량은 6-8%(C)의 2 종류 광석이 채굴된다.

## 보오크사이트

베트남에는 두 종류의 보오크사이트가 산출된다. 퇴적기원 즉 트라이아스기 규질 점토암에 의해 덮여진 카르스트화 탄산염 석회암에서 찾을 수 있으며, 다른 하나는 “라테라이트” 보오크사이트와 같이 현무암 풍화에 의해 형성된 것이다. 첫 번째 보오크사이트는 주로 베트남의 북동쪽에 존재하며, Lang Son에서 Dong Van에 걸쳐 200km 확장되어있다. Bo Phun 광상은, Cao Bang 가까이 위치하고,  $2.7 \text{km} \times 500 \text{m} \times 4-6 \text{m}$ 의 규모를 나타낸다. 10 백만 톤의 매장량은 품위 50%( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )를 포함한다. 지역의 총 매장량은 1,000 백만 톤으로 추정된다(Gazenko, pers.comm.).

라테라이트 보오크사이트는 주로 남서쪽에서 발달한다. 호치민시와 Boun Ma Thout사이와 캄보디아 국경지대에 위치하며, 면적은  $20,000 \text{km}^2$ 에 달한다. 현무암의 풍화 받은 층위는 60m에 달하며, 보오크사이트 자원은 그 매장량이 4,000 백만 톤에 이른다(Xinh, 1988). 평균 품위 36-39% ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), 5-9% ( $\text{SiO}_2$ ), 25-29% ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )과 4-9% ( $\text{TiO}_2$ )를 갖는다. Dac Nong 광상은 지역의 5분의 1을 개발하였으며, 확정 매장량은 103 백만 톤이다.

## 장석, 백운모와 녹주석

대부분의 페그마타이트는 Lao Cai와 Phu To 사이 홍강의 구조적 특징을 따라 산출되는 것으로 알려져 있다. 주로 선캄브리아기 암석에 배태되어있으나, K-Ar 연대는 백악기에 해당한다(69-79 Ma, Kusnir, 1967). 페그마타이트는 장석과 석영, 운모(대체로 백운모), 전기석과 녹주석의 광물로 구성되어있다. Phu To 근처의 Phu 페그마타이트는 약 500m 길이와 7-9m의 두께의 규모로 형성되어있다. 대부분의 장석은 Thach Khoan 광장에서 생산된다(1985년 3,000톤 생산, Premoli, 1990). 녹주석은 이 광장에서 고령토 개발 중에 처음으로 발견되었다.

## 고령토

베트남 카올린(내화성의 점토)은 잘 알려져 있으며 높은 알루미늄 함량을 보이는 암석으로부터 고온 습윤의 열대기후에서 형성된다. 최상품질의 카올린 광석은 세라믹 산업을 위해 개발이 허용되었다. 현재 카올린은 6개의 주요 지구에서 산출되고 있으며(그림 5). 홍강(Thach Koan 광상), Hai Hung 지방, 하노이 남동쪽(Ha Duong, Tri Linh 점토)과 Dalat로 구성되어 있다. 각 각의 광상의 매장량 범위는 수십 톤에 달하고 품위는 30% ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )이다.

## 중정석

중정석 맥은 Ngai Tinh 지방에 분포하며, 규모는 두께 3m와 길이 50-150m로, 섬아연석과 방연석을 수반한다. 전단대 60km 지점에 위치하며 두 광상(Bao Khe, Ngia Lam)에서 존재하는데 이곳에서 산출하는 광석의 평균 품위는 75%(BaSO<sub>4</sub>) 이하에 해당한다. 두꺼운 중정석 맥은 Tuyen Quang에서 발견되었다(Cho Ra, Ngai Thang). 중정석은 매우 중요한 희토류 광상의 성분이며, Dong Pao 광상은 2.9백만 톤의 매장량을 갖는다.

## 석회석

베트남은 고 품질의 석회석이 매장되어 있으며, 이는 시멘트 생산을 위해 사용한다. 석고 광상은 Kien Giang 지방에 위치하며, 대부분 시멘트 기업에 의해 채굴된다.

## 규사

규사의 광상은 베트남 해안을 따라 분포한다. 대부분 Thuy Trieu, Nha Trang의 18km 지점에 위치하고, 22백만 톤의 매장량과 평균 품위 98.52% (SiO<sub>2</sub>)를 갖는다(Premoli, 1990). 석영 모래는 면적 30km<sup>2</sup>, 5-15m 사이의 해수면 아래에서 건조 채굴이 허용되었다. 베트남은 비금속 이외에도 다양한 자원이 분포한다. 소금은 국내 수요와 수출을 위해 생산되며, 유리질 모래는 Van Sai 및 Hai Son 섬에 위치한 광장에서 산출하며, 트리아스기 석영의 풍화에 의해 형성된다. 활석은 Vinh Phu 지방의 데본기 석회암층에 배태되어 있다. Thanh Son 부근의 광상에서는 화강암과 대리암 등 석재가 채굴된다.

## 희토류 원소

희토류 원소는 모래 광물의 모나자이트와 저어콘에 포함되어 있다. 베트남은 탄산염암내에 대규모 희토류 광상이 분포하며, 1950년대 말 개발되었다. 이러한 광상들은 주상 혹은 렌즈상의 광체로 탄산염 석회암에 배태되어 있다. 광화 작용이 일어날 때 바스트넛사이트 이외에 2차 광물과, 황철석, 인회석과 많은 양의 중정석과 형석이 수반된다. 풍화대는 약 20m 깊이로, 4-5% 희토류 산화물을 포함하고, 일차 광석은 평균 품위 1.4%(REO), 1.1%(Nb)이고, 200-300ppm의 우라늄과 품위 30%(Ba)를 갖는다. 평균 7.8%의 대규모 매장량을 갖으며, 대부분 고생대 관입암에 배태되어 있다(53 Ma).

## 에너지 자원(Energy resources)

### 석유

1987년 호치민시 남동쪽 Bach Ho에서 구 소련의 원조와 함께 석유 개발이 이루어졌으며, 다른 해안가에서 떨어진 곳에서 유전이 발견되었다(그림 5). 1989년 베트남의 석유자원 개발량은 1,000톤으로 추정되었다. 1992년 원유의 생산은 3.5 백만 톤으로, 대부분 수출되었다(Min. Ann. Rev., 1992). 베트남은 상당한 천연가스가 매장되어 있다. Bach Ho 유전에서의 면적은 300억 m<sup>3</sup>, Dragon과 Dai Hung 유전에서는 면적 660억 m<sup>3</sup>에 달한다. 베트남의 석유 잠재 지역은 다음과 같은 지역을 포함하여 고려해 볼 수 있다. 1. 메콩강과 홍강의 강어귀(해안가 또는 해안에서 떨어진 곳), 2. Hue와 Na Trang 사이의 해안지역, 3. 베트남 남동쪽과 Spratly 섬 사이.

석유 및 천연가스 개발을 위해 몇몇 외국계 회사는 “생산 공유 협정”하에 베트남과 탐사 계약을 체결하고 있다.

## 석탄

베트남의 석탄 매장량은 추정량이 20,000 백만 톤이다(Min. Ann. Rev., 1995). 석탄 대부분은 상부 삼척기의 무연탄이다. 분지는 약 200 km 확장되어 있고, Hon Gay 근처의 해안으로부터 서쪽에 분포하고 면적은 5,000km<sup>2</sup>에 달한다. 무연탄은 7,000-8,600kcal/kg의 발열량으로 낮은 ash와 황을 포함한다. 무연탄의 추정 매장량은 3,300 백만 톤이다. Phan Me-Luc Nam 분지는 몇몇 소규모 점결탄 광상을 포함한다. 북부 베트남은 부수적인 갈탄 자원을 갖는다. 최근 역청탄/갈탄은 홍강 삼각주에서 석유, 천연가스와 함께 개발되고 있다. 남부의 Nong Son분지에는 석탄이 분포하며, 광상은 남서쪽으로 30km에 위치한다. 7-41m 두께와 Hon Gay 광장과 유사한 특징의 석탄을 포함한다(Vinh, 1966). 1997년 베트남은 10.7 백만 톤의 석탄을 생산하였다(Min. Mag., 1998).

## 결 언

베트남은 매우 다양하고 풍부한 광물자원을 가지고 있으며, 여러 분야의 기반산업에 이용될 수 있는 잠재성을 가지고 있다. 비록 풍부한 자원이지만 개발과 관련해서는 아직 자원 개발을 위한 인프라 구축과 시장성의 확보가 어렵다. 채광기술 또한 선진국의 수준에 미치지 못하고 있어 광물자원이 풍부함에도 불구하고 광물광상의 미흡한 탐사로 개발이 어렵기 때문이다. 그러나 최근 베트남의 광업 분야에 있어 외국 기업들의 자본투자와 광물관련 법규에 관한 새로운 법안이 통과된 이후 외국 기업들과 민간 기업에게 유리한 조건으로 제시되어 외국기업의 투자 증가와 함께 광업 분야가 활발해 지고 있다. 이러한 상황은 우리나라의 해외자원 확보와 관련하여 유리하게 작용할 것이다. 베트남의 광업 분야는 베트남의

도시화, 산업화의 촉진과 함께 발달하고 있으며, 이와 더불어 베트남의 경제 또한 빠르게 성장하고 있으며, 이러한 경제 성장은 지속적으로 이루어질 것으로 기대되고 있다.

## 사 사

본 연구는 한국지질자원연구원이 수행하고 있는 지식경제부 출연사업인 “해외 광물자원 협력 및 기술정보 구축”(09-1121)과제에서 지원되었습니다.

## 참고문헌

- Blondel, F(1931) Le developpement minier de l'Indochine. *Revue Industrie minerale*. *Memories*, 249 p.
- Department of Geology and Mineral(s) of Vietnam(2006a) Promulgation of Circular No. 01/2006/TT-BTNMT by the Ministry of Natural Resources & Environment, providing guidance on the implementation of Decree No. 160/2005/ND-CP date 27 December 2005 of the Government and the mineral law: Department of Geology and Mineral(s) of Vietnam. (Accessed July 17, 2007, at [http://www.dgmv.gov.vn/default\\_en.aspx?tabid=163&ItemID=1521](http://www.dgmv.gov.vn/default_en.aspx?tabid=163&ItemID=1521)).
- Department of Geology and Mineral(s) of Vietnam(2006b) Circular No.02/2006/TT-BCN of the Ministry of Industry on export of minerals: Department of Geology and Mineral(s) of Vietnam, 2 p.(Accessed July 17, 2007, at [http://www.dgmv.gov.vn/default\\_en.aspx?tabid](http://www.dgmv.gov.vn/default_en.aspx?tabid)

- =163&Item ID=1466).
- Dovzikov, A. E. (1965) Geologia Severnogo Vietnama. Objasnitelnaja zapiska k geologiceskoj karte Severnove Vietnama mast. 1:500,000. Gen. Uprav. Geol. Vietnam, Hanoi, 668 p.
- General Statistics Office of Vietnam (2006a) Monthly statistical information-Socio-economic situation for the year 2006-Exports, December & whole year 2006: General Statics Office of Vietnam, 2p.(Accessed July 17, 2007, at <http://www.gos.gov.vn/default-en.aspx?tabid=501&thangtk=12/2006>).
- General Statistics Office of Vietnam (2006b) Monthly statistical information-Socio-economic situation for the year 2006-Imports, December & whole year 2006: General Statics Office of Vietnam, 2 p.(Accessed July 17, 2007, at <http://www.gos.gov.vn/default-en.aspx?tabid=501&thangtk=12/2006>).
- Glazek, J. and Juskoviak J (1964) Sur la stratigraphie et la metamorphose des roches de la Bao Ha-Yen Bay(Vietnam). Bull. Pol. Acad. Scie., Series Geol. Geogr. Scie., vol. XII no 3, 1964, pp. 195-204.
- Kabakov, L. M (1963) Resultaty poiskov na zoloto I olove na teritoriji Demokraticeskoj Respubliky Vietnam. Report, Conf. Dept. Gen. Geol. N. Vietnam, Hanoi.
- Kusnir, I. (1967) Prehled nejdulzitejsich nerostnych surovin Vietnamske demokraticke republiky. Unpubl. rep., Karlovy Vary. 54 p.
- Mining Annual Review. Mining Journal, London (1992).
- Mining Annual Review. Mining Journal, London (1995).
- Mining Magazine (1998) Global coal and soft rock extraction. Min. Mag., Dec. 285 p.
- Nhan, N. (1988) Types of the endogenic metallic deposits and occurrences of Vietnam(in polish). Geologia, Zeszyt 38, Academia Gorn. - Hutn., Kralow (Poland), 133 p.
- Premoli, C. (1989) Mineral resources of Vietnam: problems, but potential. Mining Magazone, 208-211.
- Premoli, C. (1990) Industrial minerals of Vietnam. Industrial Min., 58-71.
- Schrer U., Tapponnier P., Lacassin R., Leloup P. H., Zhong D. & JI S. (1990) Intraplate tectonics in Asia: a precise age for large-scale Miocene movement along the Ailao Shan-Red River fault zone, China. Earth and Planetary Science Letters, 97, 65-77.
- Tran N. N (1995) The geology of Vietnam: A brief summary and problems, Geosci. Repts. Shizuoka Univ., 22, 1-10.
- VietnamNet (2006) News highlights October 11-Business: VietnamNet, 8p.(Accessed October 17, 2006, at <http://english.vietnamnet.vn/reports/2006/10/621506>.)
- Xinh, L. T.(1988) Geology and mineral resources of Vietnam. Gen. Dept. Geol. Min. (GDGM) Vietnam, Hanoi, 217 p.