



베트남의 점토 광물 자원

편집부

베트남은 습한 열대성 기후와 낮은 구릉이 많은 지리·지형적인 특성에 의한 영향으로 다양한 암석들의 풍화에 의해 고령토와 흡착성 점토(예, 벤토나이트)가 상당히 풍부하게 부존된다. 풍화 과정에서는 원암의 조성에 따라 형성된 다양한 규모와 품위를 가지는 광상들이 존재한다. 이 중에서도 특히 페그마타이트의 풍화에 의해 형성된 고령토 광상은 큰 매장량과 최고의 품위를 갖는다. 또한 열수 변질에 의해 형성된 고령토 광상 역시 경제적으로 상당한 중요성을 갖는다.

베트남의 고령토와 점토는 수백 년 동안 요업용으로 개발되어 왔다. 베트남의 근대 요업은 베트남의 옛 수도인 'Hue'의 교외 지역 'Long Tho'에서 처음 시작되었다. 현재 베트남의 자기 생산은 'Hai Duong', 'Thai Binh', 'Quang Ninh' 지방과 'Hanoi'시의 외곽부, 그리고 'Nam Bo' ('Dong Nai', 'Binh Duong', 'Vinh Long', 'Ho Chi Minh')에 집중되어 있다. 고령토와 점토는 전체 생산량의 약 70%가 요업에 사용되고 있으며, 도자기 공예품으로 제작되어 많은 나라에 수출되고 있다. 최근 들어 요업과 제지 산업에서 고령토의 국내 수요량이 급격히 증가하는 추세에 있다. 1995~2000년 사이에 제지 산업과 요업 부문에서 사용된 고령토의 수요량은 각각 연간 약 10,000~15,000톤, 150,000~200,000톤에 이른다. 그러나 대

부분의 고령토 광상이 수작업으로 소규모로 채굴이 이루어지고 있으며 새로운 장비에 대한 투자가 제한적이기 때문에 품위가 좋은 고령토는 여전히 작은 규모로만 생산되고 있다.

지난 50년 동안(1955~2005) 전역에 걸친 지질학적 탐사를 통해 확인된 개발 가능성이 있는 고령토와 점토 광상은 약 70 곳 정도 된다. 이는 전체 부존량의 약 40%에 이르는 2억8천5백만 톤에 달하는 결과이다. 잠재성이 있는 고령토와 점토 광상이 부존되는 주요한 6개의 지역은 다음과 같다: '홍강', 북동부 'Bao Bo' 지역, 'Binh-Tri-Thien', 베트남 중부의 해안가에 위치한 지방, 남부 'Tay Nguyen', 'Dong Nai river'. 각 지역에 대한 광상의 조성, 부존량 및 주요 응용 분야는 표 1에 제시되어 있다.

홍강 (Red river)

'Lao Cai'부터 'Son Tay'까지(약 220km) 홍강의 원편을 따라 페그마타이트(pegmatite), 미그마타이트(migmatite) 및 미그마타이트질 화강암(migmatised granite)이 분포한다. 이 지역에서 산출되는 고품위의 고령토는 암석의 표면에서 풍화작용에 의해 변질되어 주로 생산된 것으로 색이 희고 0.2mm보다 작은 입자가

기술정보 (편집부)

표 1. 베트남에서 산출되는 고령토와 흡착성 점토 광상의 분포 현황.

No.	Region/deposit/province	composition(%)		Reserves ('0000s tonnes)	Market application
		Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃		
I	Red River				
1	San Man (Loo Cai)	20-37	0.8-2.5	1,338 (kaolin),5m. (feldspar)	porcelain, refractory
2	Lang Muc (Loo Cai)	30-35	1.2-1.8	664	porcelain
3	Yen Bai (Yen Bai)	15-35	0.8-2.5	504	refractory
4	Phuong Vien (Phu Tho)	18-37	0.8-2.5	623	elec. porcelain, paper
5	Thach Khoan (Phu Tho)			5,258(kaolin),6m. (feldspar)	porcelain, refractory
	-Ba Bo	21-40	0.5-2.1	646	porcelain, refractory
	-Doi Dao	25-40	0.8-2.5	1,578	elec. porcelain
	-Huu Khanh	22-37	0.5-2.0	817	paper
	-Mo Ngot, etc	24-37	1.2-1.8	1,246	filler
6	Dinh Trung (Vinh Phuc)	21-28	1.0-2.5	1,255	porcelain, refractory
7	Thu Trung (Ha Tay)	24-27	0.5-1.5	322	porcelain
8	Cuoi Ha (Hoo Binh)	15-23	0.4-1.1	257	porcelain, refractory
II	Northeast Bac Bo				
9	Minh Tan (Hai Duong)	15-21	1.2-1.8	7,260	porcelain, plastic, white
10	Truc Thon (Hai Duong)	25-30	0.6-3.5	7,225	clay, refractory, white cement
11	Tan Mai (Quang Ninh)	37-39	0.1-0.8	45,149	ceramics
12	Kim Tinh (Quang Ninh)	19-24	1.2-1.7	144	ceramics
13	Vinh Thuc (Quang Ninh)	14-20	1.4-2.5	263	ceramics
14	Viet Dan (Quang Ninh)	12-22	0.6-2.5	316	
III	Binh-Tri-Thien				
15	Dong Hoi (Quang Binh)	12-18.13	0.6-1.5	15,463	ceramics
16	Ta Re-A Ngo	28-33.6	0.33-0.64	821	porcelain, refractor
17	Huong Ho-phu Bai	26.83	2.53	large	absorbent material
IV	Central Vietnam				
18	Chia Gan (Quang Nam)	12-25	1.4-2.5	1,000	ceramics
19	Deo Le (Quang Nam)	17-37	0.8-3.2	3,000	ceramics
20	Tinh Minh (Binh Dinh)	15-23	1.5-2.0	1,285	ceramics
21	Ca Dao (Binh Dinh)	14-15.6	1.4-1.5	305	ceramics
22	Dai Loc (Quang Nam)	14.6-18.3	0.26-0.35	1,843(feldspar)	ceramics, glass
23	Thang Binh	26.4-33.4	2.7-2.93	5,000	absorbent material
V	South Nguyen				
24	Trai Mat (Lam Dong)	22-36	1.7-1.9	5,000	ceramics, refractory, white
25	Prenn (Lam Dong)	15-18.5	0.5-1.5	9,800	cement
26	Tam Bo (Lam Dong)	20.3	8.02-	3,400 (bentonite)	drilling mud
27	Ea Knop (Dak Lac)	32.2-34.2	0.24-0.35	large	refractory, pocelain
28	M' Drak (Dak Lac)	20.1	0.1	2,000 (feldspar)	porcelian
29	Nha Me (Binh Thuan)	10.75	4.83	5,000 (bentonite)	filtration, absortion
VI	Dong nai River				
30	Dat Quoc(Binh Duong)	14-20	0.5-1.5	38,000	porcelain, Pattery
31	Suoi Thon(Binh Duong)	9.5-10.7	1.0-1.3	10,336	Pattery
32	Chanh Thon(Binh Duong)	10-22	0.2-1.0	8,925	Pattery
33	Binh Hoa(Binh Duong)	15-22	1.0-1.5	3,200	Pattery
34	Thanh Binh(Binh Duong)	5-8	1.0-1.3	15,400	Pattery
35	Hoa Thanh(Binh Duong)	9.32	1.0-1.3	13,000	Pattery
36	Binh Thuan(Binh Duong)	10.18	1.2-1.7	13,000	Pattery
37	Tan Phuoc Khanh(B.D)	17.87	1.3-1.6	10,500	Pattery
38	Hoa Dinh(Dong Nai)	13.4	0.95	3,200	Pattery
39	Cha Va(Tay Ninh)	12.2-15.8	1.2-1.7	540	Pattery
40	Duong Minh Chau(T.N)	15.45	1.19	720	Pattery
41	Ao Ho (Tay Ninh)	4.75	0.49	800	Pattery

*kaolin + pyrophyllite, plus and 1.4m tonnes alunite

Source : RIGMR

30~60% 분포한다. 화학 조성은 Al_2O_3 25~35%, Fe_2O_3 0.4~1.2%, TiO_2 0.0~0.35%를 갖고, 낮은 Fe_2O_3 (1%이하) 함량을 갖는 흰색의 고령토는 고품질의 중국자기와 'electric porcelain' (35kw) 또는 제지 산업에서 첨가제와 코팅제로 사용된다.

이에 비해 비교적 높은 Fe_2O_3 (1% 이상) 함량을 갖는 고령토는 'civil porcelain' 또는 내화벽돌로 사용된다. 'Son Man', 'Yen Bai', 'Thach Khoan', 'Dinh Trung' 지역에 큰 광상이 분포하고 고령토-장석 광체는 도자기, 제지 및 'electric porcelain' 생산에 사용된다.

'Bac Bo' 북동부지방

'Bac Bo' 북동부에 위치하는 'Hai Duong' 과 'Quang Ninh' 지방에 주요 고령토 광상이 분포하고 있다. 'Hai Duong' 지역은 낮은 구릉과 평지지형으로 풍화된 신생대 암석이 특징적이다. 이곳의 고령토는 두 가지 유형으로 구분된다. 첫 번째는 고생대의 화산암이 풍화되어 생성된 전형적인 'Minh Tan' 광상으로, 광체는 움푹 패인 등지 모양 또는 복합된 렌즈상의 형태를 보인다. 회백색, 장미색-흰색과 노란색을 띄며, 마립자로 구성된 조직과 괴상 구조를 가진다. 이 유형의 광석에는 고령토(70~75%), 석영(20~25%)과 소량의 철산화물을 포함되며, 0.06mm 체를 사용하였을 때 회수율이 65~78%로 높다. 그러나 Al_2O_3 의 함량이 20%(17~18%)보다 작고 Fe_2O_3 의 함량도 0.8~1.2% 정도로 이 경우는 'civil porcelain' 생산에 적합하다.

두 번째 유형은 제 4기에 퇴적된 고령토(Truc Thon 광상)로 높은 가소성을 갖어 주로 요업에서 사용된다. 'Truc Thon' 광상은 01~6.0m

두께의 광체가 길이가 1000m 이상으로 연장되며 층상이나 렌즈상으로 산출된다. 이 광상에는 65~75%의 고령토, 20~35%의 함량을 갖는 열수변질물 및 소량의 석영이 포함된다. 북동부 'Quang Ninh' 지방에는 중생대의 산성 화성암이 넓게 분포하는데, 이는 강한 열수변성교대 작용을 받아 경제적으로 중요한 고령토, 납석과 명반석이 형성되었다(Tan Mai 광상). 이 지방에서 산출되는 고령토, 납석과 명반석은 요업, 내화물, 합금, 제지, 고무 및 페인트 산업에서 응용이 가능할 것으로 보고 있다. 특히, 'Tan Mai' 고령토로 만든 내화 샴트(chamotte) 벽돌은 1730~1740°C까지 견딜 수 있는 특징을 갖는다.

'Binh-Tri-Thien' 지역

해안 지역에는 신 제 3기 조립질의 퇴적물, 유문암 및 셰일이 50~100m 두께로 10km가 연장성 좋게 발달한다. 풍화된 잔자갈, 셰일의 자갈(gravels of shale), 견운모 편암 및 화강암은 점토와 고결되어 평균 20~25km 두께를 갖는 고령토층을 형성한다. 'Dong Hoi' 광상은 'Quang Binh' 주의 해안가에 위치하며 'Dong Hoi' 마을에서 북서쪽으로 5km 떨어져 있다. 고생대의 화강암과 대본기의 육성퇴적층 위에 놓인 고령토는 조립질의 신생대 퇴적층이 풍화되어 생성되었고, 가장 큰 규모의 광체는 'Bac Ly'로 길이가 3.5km, 폭이 2.5km이며 1~49m의 두께를 갖는다.

남부의 광상(Nam Ly)은 등지 또는 렌즈 상으로 형성된 6개의 고령토 광체가 분포되며 42,500m²~645,000m²의 면적을 갖는다.

0.053mm 입자 크기를 갖는 고령토의 광물 조성은 카올리나이트 40~63.6%, 수운모

(hydromica) 33~33.7%, 석영이 23.8~24% 이고 부수광물은 1.6~2%를 보인다. 화학조성은 SiO₂ 60%, Al₂O₃ 25.5%, Fe₂O₃ 1%, TiO₂ 0.7%, CaO 0.1%, Na₂O 0.20%, K₂O 2.7%, LOI 7%를 갖는다. 'Dong Hoi'의 지방의 고령토는 건설용 자재, 백색 시멘트 및 'civil porcelain ware'로 적합하다. 게다가 'Thua Thien-Hue' 주의 'Huong Ho'와 'Phu Bai' 지역에서는 고령토와 함께 흡착성 점토가 산출되는데, 이 점토는 크림색 또는 녹회색을 나타낸다.

주요 화학조성은 Al₂O₃ : 26.83%, Fe₂O₃ : 2.53%, MgO : 1.1%, CaO : 0.42%, SiO₂ : 57%(Huong Ho), Al₂O₃ : 23.69%, Fe₂O₃ : 4.37%, MgO : 1.63%, CaO : 1.53%, SiO₂ : 59.87%(Phu Bai)이다. 이 지역의 점토는 1.5에서 5의 팽윤도를 가지며 이온교환능력이 뛰어나고, 여과를 할 때 흡수력이 뛰어나다. 현재는 위의 두 지방에서 개발되는 점토가 비누제조에 사용되고 있다.

베트남 중부 연안 지방

'Quang Nam'에서 'Phu Yen'까지의 연안 지방은 과거(플라이스토세)에 계곡이 발달했던 지역으로 화학적 풍화에 의해 형성된 많은 고령토 광상이 분포한다. 'Quang Nam' 지방의 동부에는 12개의 고령토 광상이 분포한다. 이 지역의 고령토는 보통 백색이고 매우 세립질이며 다음과 같은 조성을 갖는다 ('Deo Le' 광상): SiO₂ : 45.96%, Al₂O₃ : 30.58~31.38%, Fe₂O₃ : 1.69~1.78%, TiO₂ : 미량, 회수율 24.68~27.72%. 이는 상당히 좋은 품위를 가지며 'civil porcelain' 제품의 품질 기준을 충족시킨다. 'Thang Binh'의 흡착성 점토 광상

은 하해성(fluviomarine) 환경에서 형성되었다. 이 점토층은 3m의 두께와 수백에서 1,500m까지의 너비를 가지며 4~8km에 걸쳐 분포한다. 모래와 혼재되어 있기 때문에 회수율은 40.5%에 이른다. 이 점토의 조성은 몬모릴로나이트(40~70%), 카올리나이트와 소량의 수운모(hydromica)로 구성된다.

팽윤도는 1.5~4이고, 평균 가소성은 22~29, 화학조성은 SiO₂ : 43.34~49.68%, Al₂O₃ : 26.04~33.4%, Fe₂O₃ : 2.7~2.93%, CaO : 0.16~1.06%, MgO : 0.23~1.56%를 갖는다. 이 점토는 탈색 능력을 가지며 비누제조에 사용되어 왔다.

'Tay Nguyen' 남부 지방

'Daklac'과 'Lam Dong' 지방의 고령토와 بنت로나이트 광상은 1,300~1,500m의 높이의 완만한 경사를 갖는 준평원에 위치하고 있다. 이 지역의 고령토 광상의 유형은 다음과 같다.

- (1) 백악기 산성암들의 풍화 잔류에 의해 형성된 광상.
- (2) 산성 관입암체의 풍화에 의해 형성된 광상.
- (3) 페그마타이트의 풍화에 의해 형성된 광상.

이 지역의 고령토는 베트남 남부에서 자기 생산용으로 개발되고 있다. 'Lam Dong' 지방에는 9개의 고령토 광상이 분포하며 이 중 8개의 광상이 첫 번째 광상 유형에 속한다.

'Tam Bo' 지역에는 몬모릴로나이트, 카올리나이트, 수운모의 조성을 갖는 큰 규모의 흡착성 점토(벤토나이트) 광상이 분포한다. 이 점토의 화학조성은 SiO₂ : 57.73%, Al₂O₃ : 20.03%, Fe₂O₃ : 8.02%, TiO₂ : 0.85~2.98%, LOI : 5.2~15.37%이다. 최근 'Tam Bo' 광장에서 개발된 2만~3만 톤의 벤토나이트 원광은 주로

시추 이수로 사용되고 있다.

'M Drak(Dac Lac-Ho Chi Minh)' 지역에 위치하는 장석 광상은 약 2백만 톤 정도의 매장량을 가지며, 300×10m 크기의 페그마타이트 암체로 이루어져 있다. 그 조성은 다음과 같다: 구성광물 조성은 Ca-장석 : 55~62%, 알바이트-올리고클래스 : 10~20%, 석영 : 11~26%, 운모 : 3% 및 다른 부수광물 : 2% 이고 화학조성은 SiO₂ : 64.21%, Al₂O₃ : 20.1%, Fe₂O₃ : 30.1%, Na₂O : 4.83%, K₂O : 9.2%, CaO : 0.1%이다.

'Tay Nguyen' 남동부의 흡착성 점토(벤토나이트) 광상은 'Nha Me' 지역에 위치한다. 가채매장량은 약 5백만 톤이며, 현재 탐사와 개발 사업이 수행 중에 있다. 주로 56~58%의 몬토릴로나이트 함량을 갖는 알칼리성 벤토나이트로 회수율은 39~42%를 보인다.

여과 후의 화학조성은 SiO₂ : 55.22%, Al₂O₃ : 15.60%, Fe₂O₃ : 2.0%, FeO : 1.7%, CaO : 2.10%, MgO : 1.50%, K₂O : 0.6%, Na₂O : 2.45%, LOI : 10.85%이다.

'Nha Me' 벤토나이트는 수처리를 통해 여과된 물질을 채굴 대상으로 하고 있다. 'Nha Me' 벤토나이트와 아민염(amine salt)으로부터 유기 점토의 합성에 관한 최근 연구에 따르면 품질은 수입 제품과 동등하며 석유 근원의 시추 이수를 회석시켜 구조를 형성하는 물질로 사용할 수 있다. 이 연구의 성공으로 베트남의 석유와 가스 산업에 사용되던 수입제품을 국산 유기점토가 대체할 수 있을 것으로 전망된다.

'Dong Nai River' 분지

이 지역은 회백색의 고령토질 점토가 매우 풍부하다. 고령토 광상은 'Tay Ninh', 'Dong Nai' 와 'Binh Duong' 지방에 넓게 분포한다. 고령토 층의 두께는 3~5m이며, 0.1mm 체를 통과한 고령토의 화학조성은 Al₂O₃ : 10~22%, Fe₂O₃ : 1~2%이다. 'Nam Bo' 남동부 지역의 고령토는 매우 풍부하며(약 1억1천5백만 톤 정도의 매장량) 주로 이 지역의 요업 제품 공장에 공급되고 있다. 현재까지 49개의 광상과 산출지들이 등록이 되었고 주로 'Binh Duong' 과 'Tay Ninh' 지방에 위치한다.

맺는 말

베트남의 고령토와 흡착성 점토는 매우 풍부하며 많은 산업에 사용될 수 있는 잠재성을 갖고 있다. 그러나 풍부한 자원임에도 불구하고 소규모로 복합적인 광체를 이루기 때문에 그 자체로 개발되기에는 다소 어려움이 있다. 베트남의 채광 기술은 여전히 선진국의 수준에 미치지 못하고 있으나 2005년에 국회에 의해 외국 자본 투자와 광물에 관한 새로운 법안이 통과된 이후, 베트남의 광물 개발에 투자하려는 외국 회사들과 개인들에게 좀 더 유리한 조건이 제시되고 있다. 이에 더 활발한 개발이 이루어질 수 있으리라 여겨진다.