

해설

벤토나이트와 세피올라이트

박성완·이상현

주식회사 한국수드케미

점토광물인 벤토나이트(bentonite)와 세피올라이트(sepiolite)는 많은 유사점이 있지만, 각 광물들의 결정 구조에 있어서 뚜렷한 차이를 나타낸다. 벤토나이트(스멕타이트 그룹의 광물을 주구성광물로 하는 광석명 또는 상품명)는 평평한 층상구조를 가지고 있는 반면에, 세피올라이트는 바늘 모양(또는 침상)의 결정구조를 가지고 있다. 간단히 설명하면, 벤토나이트는 상대적으로 무겁고 기공이 없는 점토광물이라 할 수 있고, 세피올라이트는 보다 가볍고 기공이 있는 점토광물이라 할 수 있다. 주요 차이점 중의 하나는 벤토나이트는 물에 넣으면 팽윤을 하고 물과 함께 젤을 형성하는 반면에(흡습 알루미늄 실리케이트), 세피올라이트는 물에 넣었을 때 다소 영향을 받지 않는 채로 유지된다(흡수 마그네슘 실리케이트).

세피올라이트에 비례한 벤토나이트의 사용 가능성은 어떤 특정한 시장을 지배할 수 있는 또 다른 열쇠가 될 수 있다. 벤토나이트는 전 세계에서 채광되는 반면에, 세피올라이트의 매장량은 희소하고, 전 세계 매장량의 약 70%가 스페인에 분포하고 있다. 벤토나이트의 전 세계 생산량은 연간 약 10,500,000 톤이고, 세피올라이트는 연간 약 600,000 톤이다.

고양이 깔짚용 점토 부문에서의 비교

고양이 깔짚(cat litter)에 사용되는 벤토나이트와 세피올라이트는 매년 생산되는 전 세계 벤토나이트 생산량의 약 40%와 세피올라이트 총 생산량의 약 70% 이상에 해당 할 만큼의 큰 사업 분야이다. 그러나 벤토나이트와 세피올라이트사이의 기본적인 구조적인 차이점으로 인해 두 광물은 고양이 깔짚용 부문 내에서 매우 뚜렷한 서로 다른 시장을 가진다.

이 두 점토는 기본적으로 급속히 액체를 흡수하고, 그리고 나서 악취를 풍기는 분자들과 화학적, 물리적으로 반응을 하는 점에 공통점을 갖는다. 그러나 벤토나이트는 깔짚(litter)을 '응집'시키는 능력을 가지고 있는 것이 세피올라이트와의 뚜렷한 차이점이라 할 수 있다.

'S&B Industrial Minerals GmbH'의 생산 책임자인 'Annette Krause'는 "이러한 성질은 소비자에게 있어서 사용된 깔짚을 쉽게 제거할 수 있는 편리함과 화장실이 늘 신선하고 깨끗해 진다는 이점이 있으며, 응집력이 없는 제품을 사용한 화장실은 완벽하게 새로워져야 한다"고 말한다.

표 1. 벤토나이트와 세피올라이트의 주요 응용분야.

Main applications for bentonite & sepiolite	Bentonite	Sepiolite
Foundry sand	●	
Industrial absorbents	●	●
Drilling muds	●	●
Sealing in civil engineering	●	
Bonding agent(eg. IOP, ceramics)	●	●
Filler in rubber, plastics	●	
Filler in adhesives, paints	●	●
Thickener in paint coatings	●	
Caulks, mastics, joint compounds, sealants for paint	●	
Paper	●	

구조적인 차이점

Na-벤토나이트(또는 팽윤성 벤토나이트)가 물에 첨가되었을 때, 물 분자가 점토 사이의 판 사이에 들어가서 그 판들을 떼어 놓고 팽윤하도록 한다. 그 판들은 표면에서는 음전하를 지니고 모서리부분에서는 양전하를 지니기 때문에, 입자들이 스스로 음전하에서 양전하로 움직여 겔을 형성한다. 만약 용액을 휘젓게 되면, 전기 결합이 깨어지고, 용액은 액체형태로 돌아간다. 이에 비해 세피올라이트는 물에 분산되었을 때 단단한 결정 구조 때문에 벤토나이트처럼 팽윤하지는 않는다. 반면에 입자들이 연결된 채로 남아 있어서 그들의 저항성을 유지한다. 이 구조는 높은 흡수능력을 지닌 매우 고운 입자 크기로 이루어진 물질과 같은 스펀지를 만들어 낸다.

응집 대 비응집

세피올라이트는 액체와 접촉할 때, 응집을 하지 않기 때문에 그것은 응집형태의 동물 깔짚 시장에서 Na-벤토나이트와 직접적으로 경쟁이 되지는 않는다. S&B의 생산책임자 'Krause'에 따르면, 고양이 깔짚용 점토의 적용을 놓고 세피올

라이트와 벤토나이트 사이의 경쟁은 고양이 깔짚 부문에 있어서 원칙 그 이상이라고 한다.

응집용 제품 중에서 벤토나이트에 대체할 것은 없다. 그러나 만약 '비응집' 제품 부문의 경우, 세피올라이트는 규조토, 아타풀자이트, 알가나이트(alganite), 칼슘 실리케이트, 'wood noodles' 및 실리카 겔과 같은 다른 광물들과는 경쟁관계에 있다고 할 수 있다.

주요 시장

미국은 와이오밍 주에 매장량이 풍부한 Na-벤토나이트 덕분에 응집용 벤토나이트가 상업용으로 판매되는 고양이 깔짚용 점토의 대부분을 차지한다. 조지아 주와 플로리다 주에서 생산되는 Ca-벤토나이트는 소위 전통적인 또는 조립의 깔짚용 점토를 생산하는데 사용된다.

유럽에서는 세피올라이트와 벤토나이트가 고양이 깔짚용 점토 시장을 나누어 가지고 있다. 유럽에는 Na-벤토나이트가 산출되지 않기 때문에, 어떤 물질을 첨가하여 처리하거나 혼합한 Ca-벤토나이트가 사용된다. 이것은 소다회(soda ash, Na₂CO₃)를 첨가하여 Na으로 치환된 벤토나이트로 만드는 것인데, Na가 Ca와 치

환을 함으로서 생성된 탄산칼슘이 침전을 하여 생성되고 그 결과로 Na-벤토나이트가 생성된다.

최근 몇 년 사이에 고양이 깔짚 소비자 시장이 비응집 제품에서 응집 제품으로 가고 있다. 2003년, 유럽에서 시장은 경량 깔짚용 점토(세피올라이트와 아타폴자이트가 판매의 60 % 이상을 차지했다)가 연간 약 1,550,000 톤 시장에서 56 %, 즉 868,000 톤에 달했고, 중량 깔짚용 점토(대부분 다른 품질과 다른 입자 크기 형태의 벤토나이트)가 41 %, 즉 635,000 톤을 차지했다.

세피올라이트 흡습제의 이점

유럽에서 고양이 깔짚 시장에 공급되고 있는 세피올라이트는 50 %가 조금 못 되는 양이지만 산업용 흡습제 시장에서는 중요한 광물이다. 이것은 가벼운 무게, 밝은 색깔(동물들이 더 좋아하는), 그리고 적은 먼지의 발생으로 인해 주목받고 있다. 세피올라이트는 미생물과 반응하고 흡착하는 좋은 능력을 지니고 있다. 악취를 생성하는 박테리아의 번식을 지연시키며, 세피올라이트와 같이 보다 단단하고 기공이 있는 광물은 벤토나이트와는 다르게 미끄러운 잔류물을 덜 남기기 때문에 산업용 폐액 유출 방지에 더 일반적으로 사용된다. 또한 세피올라이트는 가벼운 무게 덕분에 선적에서 이점을 지니고 있다. 스페인에서 다량의 세피올라이트가 생산되기 때문에, 유럽에서는 경쟁력 있는 가격으로 널리 이용되고 있다.

시추산업에서의 벤토나이트

세피올라이트와 벤토나이트는 둘 다 시추작업 용도로 사용되는데, 이들은 시추작업 과정(물, 석유, 광물 그리고 건설용)을 손쉽게 하고, 시추 기계와 암반사이의 마찰력을 낮추어 기계를 보호

하고, 시추공의 붕괴를 막는 역할을 한다. 하지만 벤토나이트는 건조된 양보다 수배로 겔화로 되고, 팽윤하는 능력 때문에 주로 시추용 이수에 첨가되어 사용된다. 벤토나이트가 이수에 첨가되면, 시추공 기둥을 통해서 펌프된 슬러리를 형성하여, 시추공벽면에 윤활작용을 하여 공벽을 보호하며 전단강도와 점도에 의해 공벽 함몰을 방지하는 역할을 한다. 또한 벤토나이트의 팽윤 능력은 지층(layer)의 투수성을 최소화해 준다.

'Wyo-ben Inc.'의 부사장 'Richard Brown'에 의하면 "세피올라이트/아타폴자이트가 시추작업에 사용되고는 있지만, 특수한 목적과 용도에 사용되고 있으므로, Na-벤토나이트의 사용 용도와 목적과는 사실상 경쟁관계에 있지 않다"고 한다. 또한 벤토나이트의 물리화학적 성질들이 특별히 적용되는 용도에 있어서 벤토나이트는 매우 특별한 적용분야에서 더욱 더 많은 용도를 찾고 있는 중이라는 의견을 제시하고 있다.

시추산업에 있어서 벤토나이트의 수요는 매우 활발하다. 마치 더 많은 에너지 자원을 발견하려고 하면 할수록 석유를 더 많이 개발하는 것과 같다. 미국의 지질조사소(USGS)에 따르면, 세계적으로 2004년도 벤토나이트 생산량은 10,500,000 톤에 달했고, 이들 중 960,000 톤, 즉 21 %가 2004년에 시료용으로 소비되었다.

염수에서 성공적인 세피올라이트

염수 머드의 시추 작업에 있어서, 때로 'salt gel' 이라고도 불리는 세피올라이트는 벤토나이트 보다 선호된다. 왜냐하면 세피올라이트는 고리(annulus)의 'lifting' 과 중정석의 현탁액을 위한 낮은 전단강도와 점도를 가지고 있기 때문이다. 세피올라이트는 침전을 일으키지 않는 모서리를 가지고 있고, 높은 온도에서도 안정하다. 스페인의 'Tolsa SA'사는 세피올라이트를 이

용한 점증제(rheological thickening additives)를 생산하고 있는데, 이것은 시추작업에 사용되어 현탁액에서 잔류물을 유지, 온도가 상승을 억제, 윤활 작용을 증가시키며, 시추시에 생기는 저항을 최소화시키는 역할을 한다. 'Smectagel', 'Pangel FF', 'Pangel C150' 그리고 'Pangel B20' 이 그 제품들이다. 'Sepiolsa SA' 사는 또한 API(American Petroleum Institute)와 OCMA(Oil Companies' Materials Association)의 염수용 시추니수 규격(salt water drilling mud specifications)에 맞추어 스페인의 'Azuqueca de Henares, Guadalajara' 에 위치한 공장에서 세피올라이트 제품을 생산하고 있다.

충진제로의 가능성

플라스틱과 고무 충진제 산업에서의 강도를 증가시키기 위해 사용되는 충진제(fillers) 용도로서의 세피올라이트 또는 벤토나이트의 선택은 동전 던지기와 같은 반반의 가능성을 가지고 있다. "벤토나이트는 넓고 평평한 표면을 가지고 있는 이점이 있고, 반면에 세피올라이트는 바늘모양(침상)에 이점이 있다. 이것은 아마도 서로 다른 혼합물에 대해 장점을 가지는 제품을 강화시키는 두 가지의 다른 방법이라 할 수 있다"라고 USGS 점토 전문가인 'Robert Virta'는 설명하고 있다. 아직 약간의 상업적인 적용에 있어서 서로 영역을 넘나드는 것을 제외하고는 벤토나이트가 세피올라이트보다 그 용도에 있어서 더 유연성을 지니고 있다고 할 수 있다.

판상의 이점

벤토나이트의 판상 구조는 접착제 생산에서 접착제의 평평한 표면 분포를 보장해 주는 일종

의 보너스라 할 수 있다. 즉, 점토 입자들이 혼합될 때 접착제로 코팅된다. 이 때, 벤토나이트의 판상 입자가 더 좋은 접착성으로 귀결되는 접착면(substrate)에 놓이면 섬유모양의 세피올라이트보다 더 큰 표면적을 커버한다.

페인트의 산업에서의 적용에서도 유사하게 벤토나이트의 판상 입자들이 더 나은 'sealing' 능력을 제공한다. 이는 판상의 입자들이 섬유모양의 세피올라이트보다 더 큰 표면적을 커버하고 기질 표면을 'sealing' 하는 것을 돕기 때문이다. 또한, 세피올라이트는 라텍스 페인트나, 'cellulostic' 또는 'associative' 점증제에 점증제와 점도제로서 사용된다. 벤토나이트의 판상 형태가 세피올라이트보다 이점을 주는 또 다른 분야는 'carbonless' 종이분야이다. 판상의 벤토나이트에 의한 좋은 적용은 'carbonless' 종이에 글씨를 쓸 때 화학물질이 방출되므로, 종이의 전 표면을 가로질러 좋은 탄소복사(carbon copy)를 가능하게 하는 작용이다.

차수제로서의 강점

벤토나이트가 세피올라이트보다 더 나은 두드러진 영역은 벤토나이트의 팽윤 능력이 점토층(clay layer)에 침투하는 물질주변에 점토가 차수하는 것을 돕는 차수제(sealant) 영역에서이다. 예를 들면, 매립건설현장에서 벤토나이트가 주위의 토양과 혼합되어, 기공 사이로 들어간다. 이때 물이 첨가되면, 벤토나이트는 남아 있는 기공의 공간(pore space)을 채우기 위해 팽윤한다. 그리고 방수셀(seal)을 만들어낸다. 세피올라이트를 능가하는 벤토나이트의 이러한 이점은 점토방벽(clay barrier)을 붕괴시킬 수 있는, 벤토나이트가 얼고 녹는 활동 또는 굴을 파고드는 생물체에 의한 영향을 받지 않는다는

것이다. 벤토나이트는 자가 차수를 하고, 매립 침출액에 대해 영구적인 방벽을 유지한다.

벤토나이트의 점결력

팽윤하거나 팽윤하지 않는 벤토나이트의 점결력은 생형강도(green strengths)와 성형력(plasticity)을 향상시켜주는 주물사와 세라믹 분야에 대해 또한 세피올라이트보다 더 선호된다. 주물사 분야에 있어서, 벤토나이트는 철(iron, steel) 그리고 비철 주조(casting)에 있어서 거푸집(molding sand)을 만드는 데 있어서 점결제(binding agent)로서 사용된다.

거푸집에 요구되는 어느 정도의 생형강도 없이는 금속 주조과정에 요구되는 틀(cavities)을 유지하지 힘들기 때문에 벤토나이트는 핵심적인 역할을 한다. 이와 유사하게, 세라믹 분야에서도 벤토나이트의 점결력이 없이는 완제품을 만들기가 아주 힘들다. 벤토나이트는 타블렛(tablet) 제조에서도 바인더로서 사용될 때 똑 같은 방식으로 작용한다.

펠렛 생산

'Iron ore pelletising(IOP)' 분야에서 벤토나이트는 철광석의 미세한 입자들을 뭉쳐주는 데 사용된다. 이 뭉쳐진 입자들인 펠렛(pellet)은 그 다음 용광로에 투입이 된다. 세피올라이트는 펠렛화된 비료와 건초를 위한 바인더로서 사용될 수 있다. 벤토나이트의 강점은 제조와 처리 과정 동안에 펠렛의 모양을 유지할 수 있으며, 용광로 내에서 환원이 가능하다는 것이다. IOP는 주물사 다음으로 벤토나이트의 두 번째로 큰 소비분야이다. 'S&B Industrial Minerals'에 따르면 유럽에서는 IOP가 2004년 약 650,000 톤에 해

당되었고, 이는 전체 수요의 2 %에 해당된다. 미국에서는, IOP에서 벤토나이트의 소비량이 2003년에 530,000 톤이었으며, 전체 수요의 약 15 %를 차지한다.

세피올라이트의 공급

지질학적인 관점에서 봤을 때, 세피올라이트와 비교하여 벤토나이트의 이용가능성은 시장점유율에서 큰 부분을 차지한다. 미국은 풍부한 벤토나이트 매장량을 갖고 있으나 세피올라이트는 부족하다. USGS의 'Virta'는 "미국은 벤토나이트가 우세하고, 그 특성은 두 개 사이에서 결정하는 데 있어서 그다지 중요인자가 아니라는 데 의심의 여지가 없다"고 언급한다. 대신에, 아타폴라이트는 조지아 주와 플로리다 주에 광범위하게 매장되어 있는데, 이것은 가장 널리 사용되는 'hormite clay'이다.

반대로, 스페인에서 산출되는 세피올라이트는 유럽의 산업용 흡습제 시장에 상당한 양이 공급된다. 고양이 깔짚용 점토로서 유럽 시장의 반 조금 못 미치는 양이 공급되고 있다. 스페인에서, 'Tolsa SA'는 마드리드와 톨레도에서 운영하는 연간 600,000 톤의 생산량을 가진 세피올라이트의 선두 생산업체이다. 다른 생산업체들은 마드리드의 'Paracuellos del Jarama'와 'Barajas'에 있는 'Sepiolsa SA'와 사라고사(Zaragasa) Orera에 있는 SAMCA 그룹의 일부인 MYTA가 있다. 스페인 외에 다른 세피올라이트 생산업체들은 생산량이 적거나 미미하다. 'Industrial Mineral Ventures(IMV) Nevada'는 북미에 있는 세피올라이트의 유일한 상업용 생산업체로서 'Nevada/California' 경계에 'Amargosa Valley'에 있는 광산으로부터 원광을 공급받는다. 이 업체는 매우 특수화

된 분야에 적용되는 아주 적은 양을 생산한다. 2002년, 개인업체인 'Afhold Ltd' 는 시장의 발판을 마련한다는 희망으로 'Namibia' 의 'Gobabis' 남쪽 120 km의 광상으로부터 유럽의 고양이 깔짚용 세피올라이트 생산업체에게 운송을 시작하였다.

벤토나이트의 공급

벤토나이트의 전 세계 연간 생산량은 약 10,500,000 톤이다. 미국은 연간 4,010,000 톤 정도의 생산량을 가진 가장 큰 공급원이다. 가장 큰 업체들은 'Amcol International Corp', 'BPM LLC', 'Mi Swaco', 'Wyo Ben Inc.' 와 'Black hills Bentonite LLC' 등이다. 와이오밍 주는 Na-벤토나이트 광상으로부터 미국에서 채광되는 대부분의 벤토나이트를 생산한다. 미국에서 생산되는 벤토나이트의 대부분은 미국 국내에 사용되고 단지 11 %라는 적은 양만이 전 세계로 수출된다. 미국 벤토나이트 시장의 현 상태를 함께 해 보면, USGS의 'Virta' 에 따르면, "애완동물용

흡습제 시장(Pet waste absorbent market)은 지난 15년간 꾸준히 유지되어 왔으며, 어떤 쇠퇴의 징후도 보이지 않는다. 더 적은 벤토나이트 시장들 중에, 토목용(주로 방수와 차수)은 꾸준히 증가하고 있다. 석유 시추용 이수과 더 작은 범위에서 IOP는 단기간 성장을 하였다. 주물사 시장들은 경직되어 있으나, 미국 제조업 부문의 경제 성장과 연계되어 있으며 가변적이다" 라고 말한다.

기타 지역

그리스가 미국 다음으로 두 번째로 큰 벤토나이트 생산국이며(전 세계 생산량의 약 10 %차지), 그 다음으로, CIS(9 %), 인디아 (6~8 %), 터키, 이탈리아 그리고 독일(각각, 약 5 %) 등이다. 유럽의 주요 벤토나이트 생산업체들은 그리스의 'S&B Industrial Minerals SA', 그리고 독일의 'Sud-Chemie AG' 이다. 이들 회사들은 벤토나이트 원광, 반제품 그리고 완제품을 통합적으로 생산한다.

Ca-벤토나이트를 공급하는 주요한 독립적인 업체들이 있는데, 'Peletico Ltd' 는 사이프러스의

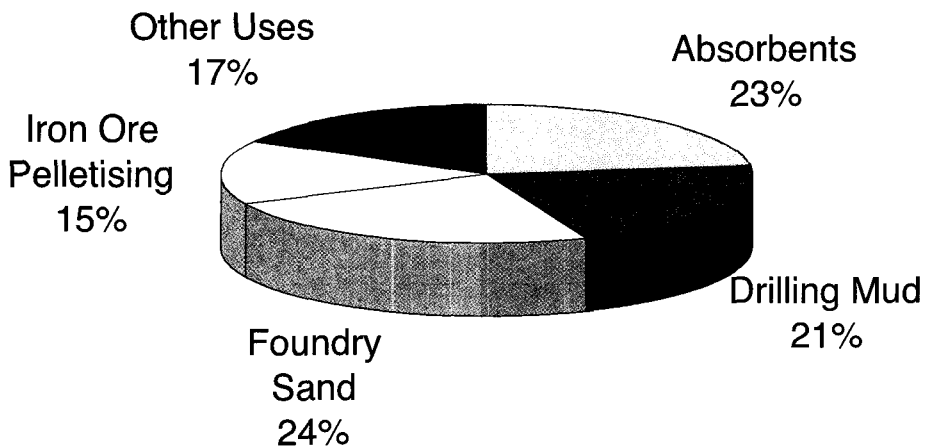


그림 1. 미국에서 사용되는 벤토나이트의 주요 용도(2005).

'Limassol' 근처의, 'Pentakomo' 광산에서 Ca-벤토나이트 원광을 약 200,000 톤 이상을 생산한다. 이 회사는 Na로 치환된 벤토나이트를 공급하는데, 석유시추용과 토목공사용의 'OCMA' 등급과 토목용 등급, 그리고 점결제와 충전제, 또한 흡습제 산업용의 고양이 깔짚용 벤토나이트를 공급한다. 이 회사는 최근에 고체 연료를 사용하는 새로운 건조설비를 설치했으며, 벤토나이트 분쇄용량을 증가시키고, 흡습제 산업에 새로운 등급의 벤토나이트를 도입할 계획이다.

톤당 32 \$에서 높게는 톤당 900 \$ 정도의 가격으로 판매되고 있다. 제품의 몰류비용 때문에 유럽지역에서 큰 시장을 형성하는 이유이다. 매우 특수화된 분야를 위해 적은 양이 세계로 선적되고 있다.

벤토나이트의 현재 가격 범위(미국 와이오밍 주 현장상차도)는 원광상태의 벌크(bulk)일 경우는 톤당 30~63 \$이고, API grade는 톤당 54~90 \$, 그리고 주물용은 톤당 50~76 \$이다. 영국에서의 벤토나이트 가격(현장상차도)은 OCMA grade는 톤당 90~100 파운드이고, 토목용은 톤당 90~100 파운드이며, 고양이 깔짚용은 톤당 55~65 파운드이다. 남아프리카의 가격(현장상차도)은 고양이 깔짚용이 톤당 25~40 파운드이다(Industrial Minerals 2006년 8월호).

가격

세피올라이트는 품위와 용도에 따라 낮게는

석회석연구개발협회의 홈페이지

www.rdla.or.kr

Carbonates & Limestone
석회석연구개발협회

LOGIN
아이디와 패스워드를 입력하신 후 로그인 버튼을 클릭하십시오

회원가입 | ID/PW찾기

본 협회에는 저작권으로 운영되고 있습니다. 따라서 웹사이트에 게재된 자료나 정보들은 무단등록을 하시어안 이용하실 수 있습니다.

협회회 기출정보서
연구개발광장 바로가기

Quick Menu
 - 신청처지
 - 운영방안
 - 회원가입 안내

자료검색

공지사항 | 행사안내 | 회원등록 | 산업계 소식

대한지질학사협회 비로생산설비 준공 [2007/01/02]

한국광물학회
대한지질학회
한국지질자원연구원
KSI 한국지질자원연구원

nammyoung | 주석회사성신 | 태영EMC
쌍용자원개발(주) | 삼성석회(주)

[200 701] 강원도 춘천시 유저2길 강원대학교 지리학과내 석회석연구개발협회
TEL. 033)250-8650 / FAX. 033)242-8560 MAIL. rdla@kangwon.ac.kr

Copyright 2006 rdla.or.kr All Rights Reserved.