

애 설

애탈풀자이트와 세피오라이트 그리고 그 응용

김 건 영
원자력연구소

점토광물학자들조차도 혼란스러워 하듯이 애탈풀자이트(atapulgit)는 미국 내에서 펠리고르스카이트(palygorskite)나 산성백토(fuller's earth)로도 알려져 있다. 산성백토라는 용어는 광물학적으로 분류된 용어가 아니고 애탈풀자이트나 몬모릴로나이트와 같은 광물을 일컬어 통용되는 용어로서 백토를 이용하여 직물을 세척하는데 사용하는데서 유래한 것이다.

흔히 각종 기름의 표백이나 정제에 뛰어난 특성을 가진 세피오라이트(sepiolite)는 종종 둥그런 관모양의 변종으로 유명한 미어샤움(meerschaum)으로도 불린다. 미어샤움이라는 용어는 세피오라이트가 둔한 수지광택을 나타내면서 분말상태로 물에 분산되어 떠있기 때문에 바다거품(sea foam)을 의미하는 독일어에서 유래된 것으로 국내 문헌에는 메르썸으로 명칭되기도 한다. 한글 명으로는 해포석으로 알려져 있기도 하며 국내에서는 (주)왕표화학, (주)케이콘 등에서 상품으로 판매하고 있다.

광물학적 특성

애탈풀자이트는 단사정계(사방정계)에 속하는 광물로서 $(Mg, Al)_2Si_4O_{10}(OH) \cdot 4H_2O$ 의 화학

식을 가지며 흰색 내지 회색을 띤다. 비중은 3.63이다. 세피오라이트는 $Mg_4Si_6O_{15}(OH)_2 \cdot 6H_2O$ 의 화학식을 가지며 흰색, 회색, 황색, 적색, 청녹색 등의 다양한 색을 갖고 산출된다. 비중은 2.0이하이고 경도가 2-2.5로서 사방정계에 속한다.

애탈풀자이트는 크림색 내지 회색의 점토광물로서 기다란 사슬형태의 결정구조를 갖고 있어서 현미경으로 관찰해 보면 침상의 결정형태를 보인다. 물에 분산시킬 경우 이 결정들은 매우 안정하며 스�멕타이트와 같은 팽창성을 보이지는 않으나 올라미처럼 서로 엉키기 때문에 매우 뛰어난 농밀성 및 부유성을 보여 물을 썰과 같은 상태로 만드는 특성이 있다. 이러한 특성은 압출성형과 같은 약간의 처리과정을 거치면 더욱 향상될 수 있으며 또한 점성을 향상시키기 위해 1~2%의 MgO를 첨가하거나, 흡착특성이 향상된 저활성 점토를 생산하기 위해 가열처리를 하기도 하고, 부유특성을 높이기 위해 초미립으로 분쇄하는 과정을 거치기도 한다.

애탈풀자이트와 세피오라이트는 펠리고르스카이트 그룹에 속하면서 형태상으로 매우 유사한 특징을 갖고 흡착제로 매우 널리 사용되는 특성을 보유하고 있다. 이들은 모두 길게 신장된 형태의 결정형을 가지며 길게 통하는 열린 채널의

결정구조를 가지는 복잡한 마그네슘 알루미늄 규 산염 광물이다. 또한 애탈풀자이트와 세피오라이트는 자연상태에서 벤토나이트와 매우 밀접한 관계를 갖고 산출된다. 이들 두 점토광물은 벤토나이트와 더불어 매우 높은 표면적, 우수한 흡착능력 및 매우 뛰어난 탈색력(decolorizing), 결합력, 농밀화(thickening) 능력을 지닌다.

결과적으로 이 세 점토광물은 상업적 용도에 있어서 어느 정도 겹치는 경향이 있어서 서로 경쟁자의 입장에 놓여있다. 반면에 이들간의 상이한 결정구조는 이들의 용도에 있어서도 중요한 차이를 유발시키기도 하는데, 예를 들어 벤토나이트는 염수에서는 서로 응집되는 특성을 가지지만 반면에 애탈풀자이트는 사실상 전해질에 의해 영향받지 않는다. 또한 애탈풀자이트는 고온에서도 안정한 특성을 가진다.

소비 분야

물에 분산시켰을 때, 약 1 μ m 길이에 0.01 μ m 폭을 갖는 침상의 애탈풀자이트는 액상내에서 이들 결정이 불규칙한 격자 상으로 연결된 채로 존재하기 때문에 뛰어난 농밀화(thickening) 능력, 부유성(suspension) 및 요변성(thixotropic or

gelling)을 갖는다. 세피오라이트 또한 서로 뭉쳐진 형태의 침상 덩어리를 형성하며 이들은 물과 같은 극성의 용체에 분산되어 용체속에서 서로 뒤엉킨 섬유들의 불규칙한 망상 형태를 구성한다. 따라서 용액의 점성이 증가하게 되며, 이들의 농도와 교반정도 및 pH를 조절함으로써 다양한 유동학적 특성들이 조절될 수 있다. 이러한 특성은 화학적 안정성과 더불어 세피오라이트를 매개체(carrier)로서 사용할 수 있게 해준다.

시추수(drilling fluid)에서의 경우, 애탈풀자이트와 세피오라이트는 벤토나이트와 유사한 역할을 하지만 대부분의 특성에서 벤토나이트보다 떨어진다. 그러나 전해질에 전혀 영향받지 않고 염분으로 포화된 용액에서도 시추수의 특성을 유지하기 때문에 애탈풀자이트는 종종 "염수 점토(salt water clays)"로도 불리우며, 기존의 벤토나이트나 헥토라이트(hectorite) 및 다른 몬모릴로나이트 계열의 점토들이 그들의 점성을 유지할 수 없는 염분환경에서 특히 효과적으로 이용될 수 있다(Haden and Schwint, 1967). 이러한 예는 바닷물, 석고(gypsum)로 오염된 물, 시멘트를 함유한 시추수 등이 있다 (Sawyer, 1986). 세피오라이트는 심부 시추공이나 지열지대의 고온에서도 안정한 특성을 가지고 있다

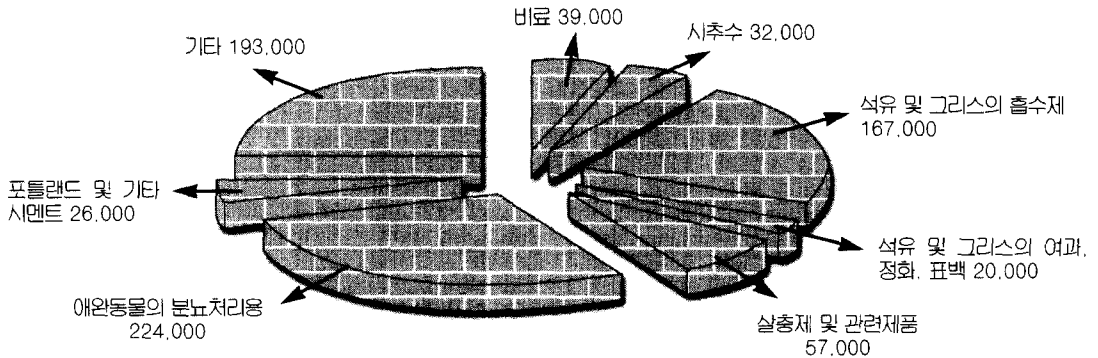


그림 1. 미국 내 애탈풀자이트의 소비분야 (단위 : tone) (*동물사료, 동물성 기름, 석고 제품, 흡수제, 충전재, 증량제, 이음재, 여과, 정화, 시멘트 내화물, 플라스틱, 지붕타일, 방수재 등).

(Mayhew et al., 1979). 이들의 유동학적 특성을 살려 상품의 첨가제로 사용되기도 하는데, 예를 들어 흐르지 않는 페인트(non-drip paint), 액상 세제, 접착제, 플렉소 인쇄용 잉크(flexographic ink), 자동차용 광택제, 화장품 등의 침전재나 부유재 등으로 사용되고 있다(그림 1).

애탈폴자이트는 소량이기기는 하지만 유류접착 주물사로도 이용되나 그 결합특성은 일반적으로 벤토나이트에 비해 떨어진다. 애탈폴자이트와 세피오라이트는 모두 뛰어난 흡착능력을 가지고 있으며 이는 이들이 극도의 다공질 결정형태를 지니고 있어서 애탈폴자이트의 경우 약 $150\text{m}^2/\text{g}$, 세피오라이트의 경우 약 $300\text{m}^2/\text{g}$ 의 BET 표면적을 갖기 때문이다. 더구나 결정구조내에서 알루미늄을 마그네슘과 철이 치환하고 있어서 과도한 음전하를 띠고 있으며 양이온 교환능력이 $20\sim 50\text{ meq}/100\text{g}$ 으로서 벤토나이트보다는 낮지만 카올리나이트보다는 높다. 이러한 흡착능력 때문에 유출된 기름의 제거, 애완동물용 깔개나 동물들의 깔개, 탱크의 청소, 화분용 복합재 등으로서 다양하게 활용되며 이밖에 비료, 살충제 및 액상으로 사용할 수 없는 독성화학물의 운반재로서도 사용된다. 특히 애완동물용 깔개의 원료로서 애탈폴자이트는 중요한 광물 중 하나이다.

애탈폴자이트는 여러 광물, 채소, 동물성 기름의 표백, 탈향, 탈수 및 중화제로서도 사용된다. 또한 카본이 사용되지 않는 종이의 생산에도 활용된다. 또한가치 활용에는 복사용지의 윗면, 즉 수신되는 표면은 애탈폴자이트로 코팅하고 아랫면, 즉 통과되는 표면은 무색의 염료가 미세한 캡슐안에 들어있는 작은 방울들을 포함한 전분으로 코팅한다. 쓰거나 타자기 등에 의해 이 미세한 방울들이 터지게 되면 캡슐내의 염료들이 빠져나와 애탈폴자이트로 스며들어서 애탈폴자이트의 촉매작용에 의해 색깔을 띄게 된다

(Haden and Schwint, 1967).

가축사료에 사용될 경우 애탈폴자이트와 세피오라이트는 펠렛 형태로 가공된 사료의 결합재, 미네랄 성분과 비타민, 항생제 등의 운반재, 분말형태의 사료들이 원활하게 유동될 수 있는 부가재, 펠렛을 만드는 공정에서 생산력을 높이고 마찰을 줄이기 위한 윤활재 등으로서 사용된다. 이들은 또한 가축사료의 효율을 향상시키며 소화력을 높이는 것으로 알려져 있다. 블록형태의 세피오라이트(미어샤움)는 조각용으로도 이용된다. 또한 세피오라이트를 주원료로 하여 석면을 대체할 수 있는 압출성형 시멘트 패널 생산기술이 국내기술진에 의해 개발되기도 하였다 (envinews.co.kr).

성인별 유형

애탈폴자이트와 세피오라이트광상은 다음과 같이 생성될 수 있다.

1. 화학적 퇴적 환경으로서 epicontinental과 inland seas 및 lakes, 혹은 속성작용동안 기존에 생성된 점토의 재변질작용
2. Fore-arc basins과 관련된 open oceans 및 현무암질 글라스, 화산퇴적물 및 점토광물들의 열수변질
3. 직접적인 결정화 작용에 의한 탄산염질 토양
4. 슬럼프 및 저탁류에 의해 운반되거나 바람에 의해 운반된 연해상의 퇴적물에 의해 형성된 해양 광산
5. 사문암과 마그네사이트의 풍화

일반적으로 고기의 토양, 호수 혹은 천해성 환경에서 다른 점토광물들과 함께 산출되며 이러한 환경은 주로 반건조 기후에서 지중해성 기후와 관련이 있어서 북반구에서는 후기 데본기와

석탄기 및 후기 페름기에서부터 트라이아스기까지가 해당되며 지구 전체적으로는 전기 및 후기에 오신, 후기 올리고신 및 후기 신세3기에 해당되고 아마도 후기 백악기에 주로 생성되었을 것이다(Callen, 1984).

이들의 주요 산출지는 비교적 드물어서 미국 조지아주 남서부와 플로리다주 북부의 Meigs-Attapulcus-Quincy 지역이 가장 큰 산출지이다. 이 지역의 생산량이 전세계 생산량의 반 이상을 차지한다.

산출 지역

세계적인 애탈풀자이트와 세피오라이트 및 스멕타이트의 산출지와 생산현황을 표 1에 나타내었다. 미국 - 플로리다/조지아: 남서부 조지아주와 북부 플로리다주의 마이그스-애탈풀거스-퀸시 지역은 미국 내 산성백토의 약 3분의 2를 생

산한다. 이 지역은 석회가 풍부하기 때문에 종종 "석회가 스며드는 지역(lime-sink district)"으로 알려져 있기도 하다.

이 지역 산성백토 광상은 Hawthorn 층 내에 배태되어 있으며, 특히 후기 하부 마이오세의 Dogtown 점토층원 위에 부정합으로 놓여있는 전기 중부 마이오세의 마이그스 층원에 부화되어 있다. Hawthorn 층은 이 지역 내에 광범위하게 분포하며 실트와 점토가 협재된 세립질 내지 중립질이고 원마도가 높은 석영 모래 층으로 구성되고 산성백토와 함께 소량의 사질 석회암과 인산염 광물들로 구성되어 있다. 커다란 렌즈상의 산성백토 광체는 국지적으로는 연속적인 층을 형성하기도 하며 조지아주의 마이그스 지역에서부터 플로리다주의 퀸시 지역까지 약 80km이상 연장되어 있다. 상업적으로 가치가 있는 광상은 이 광화대의 남쪽과 북쪽 끝에 밀집되어 있으며 이들은 서로 매우 상이한 특성을 보인다. 조지아주의 마이그스와 오클로크니 지역

표 1. 애탈풀자이트, 세피오라이트, 스멕타이트: 세계의 산출지 및 생산량 현황 (단위 '천' 톤)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995
알제리	8	5	4	3	5	5
아르헨티나	2	2	2	2	2	2
호주 (애탈풀자이트)	20	15	15	15	15	15
독일 (원석)	653	708	673	670	498	500
이탈리아	46	23	28	30	30	30
멕시코	30	41	41	36	214	21
모로코(스멕타이트)	45	38	38	39	23	23
파키스탄	17	22	22	21	15	13
세네갈 (애탈풀자이트)	115	129	112	119	119	120
남아프리카 (애탈풀자이트)	8	8	8	7	10	8
스페인 (애탈풀자이트)	54	73	87	85	85	80
영국	205	189	189	187	134	130
미국	2,310	2,740	2,410	2,450	2,640	2,640
총 합 계	3,512	3,993	3,630	3,664	3,789	3,586

(자료출처:USGS)

근처의 광상들은 약 10~20m 두께를 가지며 일반적으로 점토-자갈대를 포함하며 보통 Hawthorn 층의 최상부에 배태되어 있다. 남쪽으로 갈수록 조지아주의 애탈폴거스 지역이나 플로리다주의 퀸시 지역 근처에서는 평균 2~3m의 두께를 보이며 점토-자갈대가 없고, 광체와 그 상부의 Miccosukee 층간에는 Hawthorn 층이 24m 두께로 존재한다.

애탈폴자이트는 일반적으로 두 가지 뚜렷한 형태로 산출된다. 마이그스 층원에서는 짧은 길이의 펠리고르스카이트($<2\mu\text{m}$)로 산출되고 Dogtown 층원에서는 긴 펠리고르스카이트($>10\mu\text{m}$)로 산출된다(Merkl, 1989; Heivilin and Murray, 1994). 또한 한가지 중요한 점토 광물학적 차이점이 있다. 이 지역 북부에서는 애탈폴자이트가 광석 조성의 20%를 넘지 않는 반면에 애탈폴거스-퀸시지역에서는 어떤 경우 70~80%를 차지하기도 한다. 세피오라이트는 북부에서는 광석 조성의 약 10%정도만을 차지하지만 남쪽의 광상에서는 산출되지 않는다. 칼슘 몬모릴로나이트는 특히 상부의 풍화대에서 카올리나이트처럼 흔하게 산출된다. 점토광물들의 집합체 이외에도 대부분 광상은 석영, 장석, 중광물, 방해석, 백운석, 탄산염 및 불화 인산염 광물, 오판, 유기기원의 조개껍질, 물고기 잔해, 규조류 등의 비점토 광물을 함유한다. 규조류의 함량은 북부지역에서는 규조토를 구성할 정도로 높다.

여러 증거들은 이들 광상들의 생성이 제한된 얇은 바다에서 퇴적에 의한 기원임을 지시한다. 충분한 마그네슘이 바닷물로부터 공급되는 동안 염도에는 심한 변화가 있었으며 알루미늄과 실리카는 규산염광물 및 강물에 의해 용해되어 공급되었다. Weaver(1984)는 몬모릴로나이트와 카올리나이트가 아마도 애탈폴자이트와 세피오라이트의 풍화에 의해 형성되었을 것이라도 추정하는 반면에 Millot(1970)은 스�멕타이트가 소

량의 세피오라이트가 침전을 수반하면서 애탈폴자이트와 세피오라이트로 변했을 것이라고 주장하였다.

이 지역의 주요 생산회사는 플로리다주의 애탈폴거스와 퀸시지역근처의 'Engelhard Mineral & Chemical Corp.'사(공장당 연간 약 250,000톤의 애탈폴자이트를 생산), 애탈폴거스의 Milwhite사(연간 약 55,000~60,000톤의 애탈폴자이트를 생산), 조지아주의 오클로크니지역 근처의 'Oil-Dri Corp. of America'사(연간 250,000톤의 칼슘 몬모릴로나이트, 카올리나이트, 애탈폴자이트, 규조토 생산)가 있다.

미국-네바다: 벤토나이트, 사포나이트, 헥토라이트와 함께 세피오라이트가 네바다주의 'Amargosa Valley'의 수평한 층에서 산출된다. 생성시기는 아마도 플라이스토세인 것으로 알려져 있다. 광화대는 벤토나이트가 생성된 것과 같은 방법으로 화산재의 열수변질작용에 의해 생성된 것으로 여겨진다. 마그네슘이 풍부한 호수에 화산재가 쌓였고 시간과 온도 및 대부분 지역의 하부에 놓여있는 백운암을 통과하여 상승하는 열수의 마그네슘, 칼슘, 나트륨 농도의 변화에 따라 사포나이트에서부터 세피오라이트까지의 변화를 보이게 되었다(Mayhew et al., 1979).

스페인: 스페인의 연간 점토광물 생산량은 세피오라이트가 평균 500,000톤, 애탈폴자이트가 95,000톤, 벤토나이트가 50,000톤이며 이중 세피오라이트와 애탈폴자이트는 중요한 수출품목이다. 주요 세피오라이트 생산지역은 중부 스페인의 마드리드와 톨레도 지역이다. 이 지역은 타조분지의 부분으로서 북쪽과 북서쪽으로는 구아다라마와 그레도스 시에라에 의해 경계지워지고, 남쪽으로는 톨레도 산맥, 동쪽으로는 이베리안 산맥으로 경계 지워진다.

마드리드의 북동쪽 6.6km²를 차지하고 있는 'Vallecas-Vicalvaro' 광상은 세계에서 가장 큰 세피오라이트 광상으로 알려져 있다. 두 개의 개발성 있는 층에서의 세피오라이트 함량은 65~95%이며 상부층에서는 수평적으로 암회색 처트로 전이하고, 하부층에서는 스멕타이트로 전이한다. 톨레도 지역 근처 남쪽으로 'Yunclillos' 광상은 약 3km² 규모이다. 'Vallecas' 광상처럼 이 광상도 두 층으로 이루어져 있다. 상부층은 불순물로서 마그네슘 스멕타이트와 처트가 상대적 함량차를 보이면서 성분이 변화하는 반면, 하부층은 좀더 연속적이고 순도가 높다(Galan and Castillo, 1984).

'Tolsa SA' 사는 세계에서 가장 큰 세피오라이트 생산회사이며 'Vicalvaro-Yunclillos' 지역에 노천광상을 갖고 있다. 이 회사는 마드리드에 연간 600,000톤 규모의 분쇄공장을 소유하고 있으며 애완동물용 깔개(65%), 가축사료(25%) 등에 사용되는 다양한 등급의 세피오라이트와, 산업분야에 사용되는 고순도(95%+)의 특급 세피오라이트(15%)를 생산한다. 특급 세피오라이트는 광상의 특별한 층에서 선택적으로 채광되며 촉매 운반재, 엘라스토머 충전재, 분말의 유동재로 사용된다.

'SAMCA Group'의 자회사인 'Myta' 사는 자라고자의 오래나에서 연간 75,000톤의 세피오라이트를 생산하며 이외에 세고비아의 마데루엘로의 채석장에서 연간 25,000톤을 생산한다. 'Sepiolsa' 사는 마드리드와 구아달라자라 지역에서 세피오라이트를 채광하고 있다.

에탈풀자이트를 생산하는 지역은 서부 중앙 스페인의 카세레스지역으로서 포르투갈과의 국경선에 인접해 있다. 주된 생산회사는 'Tolsa Sa'사와 'Myta'사이다. 경제적으로 가치있는 광상 중에서 카디즈의 세빌라지역은 일련의 상부 마요세의 해양성 청회색 이회질 점토로 구성되며, 플라이오세의 해양성 모래에 의해 덮여있고,

대륙기원의 플라이오세 석회암, 이회암, 점토 등으로 구성된다. 이들 대륙기원 암석은 다양한 양의 점토광물을 함유한다. 최하부는 40~80%의 방해석, 10%의 석영, 소량의 세피오라이트와 에탈풀자이트를 함유한 이회질 탄산염층이다. 에탈풀자이트와 일라이트의 함량은 상부로 갈수록 세피오라이트를 소비하면서 증가한다. 점토와 이회암 내의 에탈풀자이트함량은 35~75%이고 매장량은 9백 만 톤이다. 이 광상은 퇴적물이 염수호에 퇴적되었을 때 생성된 것으로 여겨진다. 건조한 기후와 조구조적 안정성은 세피오라이트의 생성을 촉진시켰으며 심한 풍화작용은 일라이트를 생성시켜서 주변환경이 변화하여 에탈풀자이트가 직접 침전될 수 있는 환경이 되면서 일라이트가 에탈풀자이트로 전이되었다(Galan and Ferrero, 1982).

기타 지역: 세피오라이트와 에탈풀자이트는 터키의 'Eskisehir'와 'Kutahya' 지역에서도 산출되며 이들은 플라이오세의 역암내의 마그네사이트 노두가 변질되어 생성된 것이다. 세피오라이트는 백색이며 약 3%정도의 유기탄소를 함유한다. 우크라이나에서도 키예프 근처 'Cherkassy' 지역에서 에탈풀자이트가 탐사되었다.

호주에서는 'Mallina Holdings Ltd.'사가 서부 호주의 'Geraldton' 지역 약 160km 북동부에 위치한 'Nerramyne' 호수에서 연간 30,000톤 정도의 에탈풀자이트를 생산하고 있다. 남아프리카 공화국의 북동 트랜스발 지역의 'Thabazimbi'에서도 고양이의 깔개나 흡착제용으로서 에탈풀자이트를 채광하고 있다. 인도의 'Gujarat State'의 'Bhaumagar' 지역에서도 'Ashapura Minechem Pvt Ltd.'사가 에탈풀자이트를 생산하고 있다.

표 1과는 별도로 에탈풀자이트에 관해서만 'Industrial Minerals' 2001년도 1월에 발표된 세계 각국의 생산량을 보면 1999년에는 전세계

계적으로 939,500 톤이 생산되었으며 이중 4분의 3 이상이 미국에서(725,000톤, 약 8천만 달러에 해당) 생산된 것으로 추정되었다 (그림 2).

또한 총 미국 내 생산량 중 3분의 2가 남서부 조지아주와 북부 플로리다주에서 생산되었으며 나머지는 네바다주에서 벤토나이트, 사포나이트 및 헥토라이트와 함께 채광된 것이다. 앞서 설명하였듯이 스페인과 세네갈 역시 주요한 애탈풀자이트 생산지이며 이 국가들은 또한 주요한 세피오라이트 생산국이기도 하다. 애탈풀자이트, 세피오라이트, 몬모릴로나이트 등을 포함하여 산성백토의 세계적인 총 생산량은 3천 3백만 톤 이상으로 추정되며 주요 수입국으로는 캐나다, 네덜란드, 남아프리카, 사우디아라비아, 일본, 독일 및 영국이다.

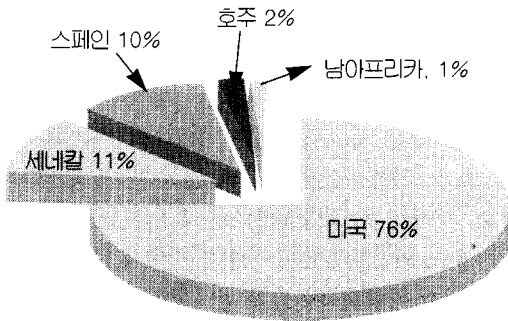


그림 2. 국가별 애탈풀자이트 생산량 (1999)
(총 939,500톤) (자료출처 USGS).

시장 추이

미국 내 생산자들에 의한 애탈풀자이트의 판매량은 1998년 793,000톤에서 1999년에는 725,000톤으로 감소하였으며 1995년 967,000톤에서부터 최근 5년 동안 계속 감소하고 있는 경향을 보이고 있다. 애완동물용 분뇨처리제, 기름 및 윤활유 흡착제, 살충제 및 비료의

운반재, 시멘트, 시추수, 석고산업, 가축사료, 접착제의 활용 등 주요 소비시장에서 주문량이 감소하고 있다.

거시적인 수요는 국제적인 석유 시추 활동에 민감하며 이는 국제 천연가스 및 유가, 국제 경제 및 정책, 시추환경 및 기술 등에 영향받는다. 고분자 중합체가 사용되어지면서 점토의 소비를 대체하면서 심부 시추와 다방향(multidirectional) 시추에 있어서 점토의 소비가 줄어들고 있다.

그러나 애탈풀자이트의 수요는 1980년대 미국 내에 애완동물 사육이 증가하여 애완동물용 깔개시장이 중요 소비분야로 대두되면서 매우 고무적으로 진전하고 있다. 애완동물용 깔개시장은 경제적인 주변환경에 구애받지 않고 지속적인 성장을 할 것으로 기대된다(미국에서 연간 약 5~7%). 반면, 기름을 머금은 산업쓰레기를 반입하는 것이 금지된 쓰레기 매립지가 증가하고 있기 때문에 기름의 흡착재로서의 수요는 정체될 것으로 예측된다. 이와 유사하게 표백용 점토의 수요 역시 정체될 것으로 보이지만 가축 사료용으로는 GNP의 증가에 따라 증가될 것으로 예측된다.

참고 문헌

- Haden, W. L., Jr. and Schwint, I. A. (1967) Attapulgite - its properties and applications, *Industrial and Engineering Chemistry*, v. 59, no. 9, Sept., pp. 59-69.
- Sawyer, E. W., Jr. (1986) The characteristics and use of clays for gelling water fluids. AIME preprint no. 86-110, 9 pp.
- Mayhew, E. J., Mayhew, J. D. and Collins, M. (1979) Bentonites and special clays,

- AIME preprint no. 79-81, 7 pp.
- Callen, R. A. (1984) Clays of the palygorskite-sepiolite group: environment, age, and distribution. in: Palygorskite-Sepiolite: Occurrences, Genesis and Uses, Developments in Sedimentology 37, Elsevier Pub. Co., pp. 1-37.
- Merkel, R. S. (1989) A Sedimentological, Mineralogical and Geochemical Study of the Fuller's Earth Deposits of the Miocene Hawthorne Group of South Georgia-North Florida. PhD Dissertation, Indiana University, Bloomington IN, 182 pp.
- Heivilin, F. G. and Murray, H. H. (1994) Clays: Hormites - palygorskite (attapulgitite) and sepiolite. in: Industrial Minerals & Rocks, 6th. ed., D. D. Carr, ed. SME, Littleton, CO, pp. 249-254.
- Weaver, C. E. (1984) Origin and geologic implications of the palygorskite deposits of S. E. United States. in: Palygorskite-Sepiolite: Occurrences, Genesis and Uses, Developments in Sedimentology 37, Elsevier Pub. Co., pp. 39-55.
- Millot, G. (1970) Geology of Clays. Springer-Verlag, 429 pp.
- Galan, E. and Castillo, A. (1984) Sepiolite-palygorskite in Spanish Tertiary basins: genetical patterns in continental environments. in: Palygorskite-Sepiolite: Occurrences, Genesis and Uses, Developments in Sedimentology 37, Elsevier Pub. Co., pp. 87-124.
- Galan, E. and Ferrero, A. (1982) Palygorskite-sepiolite clays of Lebrija, southern Spain. Clays and Clay Minerals, v. 30, no. 3, pp. 191-199.

골재감정

귀사의 골재는 콘크리트용 골재로서 적합함이 증명되었습니까?

시험근거

- 암석학적 방법 (KSF 2548, ASTM C295)
- 화학적 방법 (KSF 2545, ASTM C289)
- 모르타르법 (KSF 2545, ASTM C227)

중소기업청선정우수벤처기업

한국콘크리트골재연구소

소장 정지곤 충남대학교 교수, 이학박사
 전화 : (042) 821-6424 / 팩스 : (042) 822-7661
 E-mail : jjeong@cnu.ac.kr

보석광물감정

- ◆ 다이아몬드 감정(G.I.A 마스터스톤 보유)
- ◆ 루비, 사파이어, 에메랄드, 자수정 등 유색보석 감별
- ◆ 연옥, 경옥 감별 및 착색 여부 식별
- ◆ 루비, 사파이어의 디퓨전, 열처리 식별
- ◆ 천연 및 합성 보석 감별
- ◆ 기타 희귀원석 감별
- ◆ 원적외선 복사량 온도별, 파장별 측정

중소기업청선정우수벤처기업

한국보석광물연구소

소장 김원사 충남대학교 교수, 이학박사
 영국보석감정사(F.G.A.)
 전화:(042)821-6428 팩스:(042)825-0052
 E-mail:kimw@cnu.ac.kr