마그네사이트 (Magnesite)

고 상 모
한국지질자원연구원 지질기반정보연구부

마그네슘(Mg)은 지각의 구성물질 중 여덟 번째로 풍부한 원소로서 지각의 약 2%를 차지한다. 또한 마그네슘은 해수 속에 세 번째로 풍부하게 함유되어 있으며, 해수의 약 0.13%를 차지한다. 마그네슘을 함유하는 광물은 약 60종이 있으나, 상업적으로 중요하게 활용되는 광물은 마그네사이트(magnesite), 백운석(dolomite), 수활석(brucite), 카날라이트(carnallite) 및 감람석(olivine)이다(Kramer, 2001). 마그네슘 금속이나 마그네슘 화합물(산화물이나 수산화물)의 주 원료는 상위의 광물 외 해수로부터 추출하여 사용하는 비율도 매우 높으며, 미국의 경우 해수 또는 염호로부터 추출하여 생산하는 마그네슘화합물의 비율이 약 51%에 달한다(Kramer, 2005). 마그네슘 화합물의 총 소비량 중 51%가 내화물용으로 활용되며 나머지가 농업용, 화학용, 환경처리용 등으로 활용된다.

광물특성 및 산출상태

마그네사이트는 방해석 유형의 탄산염광물에 속하며 화학식은 $MgCO_3$이다. 마그네사이트는 두 가지의 물리적 형태로 산출하는데 결정질(crystalline) 또는 본(bone) 마그네사이트와 은미정질(cryptocrystalline) 또는 비정질(amorphous) 마그네사이트로서 이들은 화학조성은 동일 하지만 색상, 비중 및 경도에서 다소 차이를 보인다(표 1).

마그네사이트는 주로 탄산염암에서 교대광물로 산출하며, 초염기성암에서 맥충진광물(vein-filling material)이나 변질산물(alteration

표 1. 마그네사이트의 광물특성(Harben, 1999)

결정형태	화학식	MgO 함량(%)	CO_2 함량(%)	색 상	비 중	단 구	모오스 경도
결정질 마그네사이트	$MgCO_3$	47.6	52.4	백색, 흑색 회색, 청색	3.02	-	3.5-4.0
은미정질 또는 비정질 마그네사이트	$MgCO_3$	47.6	52.4	백색, 담황색, 황색	2.9-3.0	패각상	3.5-5.0

표 2. 마그네사이트 생산량(2004년) 및 매장량 현황 (단위: 천톤).

국 명	생산량	매장량	국 명	생산량	매장량	국 명	생산량	매장량
호 주	325	100,000	그리스	500	30,000	스페인	250	10,000
오스트리아	700	15,000	인 도	370	14,000	터어키	3,800	65,000
브라질	269	45,000	북 한	1,000	450,000	미 국	-	10,000
캐나다	180	-	러시아	1,200	650,000	기 타	261	290,000
중 국	4,650	380,000	슬로바키아	995	45,000	계	14,500	2,200,000

* 자료원: Minerals Commodity Summaries, USGS(2005); Minerals Yearbook, USGS(2004)

product) 또는 퇴적암에서 주로 산출되기도 한다(Bain, 1924).

결정질 또는 거정질 마그네사이트는 백운암이나 석회암은 Mg이 풍부한 용액에 의해 변질되어 형성되며 대리암과 같이 높은 결정도를 나타낸다. 대체적으로 은미정질 마그네사이트보다 불순물이 많다. 일반적으로 렌즈상 및 새집형의 광체형으로 산출되며, 대표적 산출국은 오스트리아, 슬로바키아, 스페인, 브라질, 캐나다 및 미국 등이다. 결정질 마그네사이트는 고용체 형태의 불순물을 함유하고 있어 분쇄하여 부유선광, 중광물 분리 및 자력선별 등의 정제과정이 요구되어 경제성이 낮다.

은미정질 또는 비정질 마그네사이트는 Mg이 풍부한 사문석이 CO_2 풍부한 용액에 의해 변질되어 형성되며, 패각상의 깨짐을 가지며 괴상으로 산출한다. 이러한 유형의 광상들은 소규모이며 천처에서 형성되고, 그리이스 및 터어키에 대표적 광상이 존재한다. 또한 석호(lagoon), 염호(salt lake) 또는 담수호(freshwater lake)에서 침전되어 형성되는 퇴적형 광상에서도 은미정질 마그네사이트가 산출하며 대표적 광상은 중국에 분포한다. 초염기성암이 풍화, 침식되어 호수에 운반되어 형성되는 은미정질 마그네사이트는 결핵체 형태로 침전되어 규모가 큰 퇴적 광상을 형성시키기도 하며, 대표적 광상은 오스트리아에 분포한다. 풍화된 사문암이 마그네사이트 맥이나 망상맥을 형성하는 침투광상(infiltration deposit)으로 산출되는 은미정질 마그네사이트의 대표적 광상은 폴란드에 분포한다. 은미정질 또는 비정질 마그네사이트는 불순물이 적은 장점으로 결정질 마그네사이트보다 보다 높은 경제성을 가진다.

마그네사이트는 600-1,000℃의 저온에서는 하소되어 높은 표면적(1.0-250 m^2/g)과 화학적 반응성을 가지는 경소 마그네시아(caustic-calcined magnesia; CCM; light-burned)를 형성하며, 1,450℃ 이상의 고온에서는 화학적 불활성을 가지는 중소 마그네시아(dead-burned magnesia; DBM; magnesia clinker; periclase)를 형성하며 2,750℃ 이상에서는 용융된 용융 마그네시아를 형성한다(Harben, 1999).

자원 및 생산 현황

마그네사이트의 확인된 세계 매장량은 약 22억 톤이며(표 2), 잠재자원까지 합친 자원 부존량은 약 36억 톤이다. 매장량은 러시아, 북한, 중국, 호주 및 터키 순이다. 2004년 세계 총 생산량은 14.5백만 톤이며, 중국이 압도적으로 우세한 465만 톤을 생산하였으며, 다음으로 터어키(380만 톤), 러시아(120만 톤), 북한(100만 톤) 및 오스트리아(70만 톤)순이다(표 2).

활용 분야

자연상태에서 산출되는 마그네사이트는 값이 싸고 MgO의 주 공급원료로 써 산업적으로 매우 중요하게 활용되고 있다. 각 마그네시아의 종류별 활용분야는 다음과 같다(Harben, 2002).

경소 마그네시아(CCM)

절대적으로 높은 표면적을 가지는 경소 마그네시아는 농업용, 환경처리용, 촉매제 및 화학용 등으로 주로 활용된다. 농업용은 가축사료용이나 비료용 등으로 주로 활용되며, 비료용의 활용은 증가 추세에 있다. 수처리용으로는 오수 및 폐수의 암모니아, 인산염 및 중금속 제거에 이용되고, 섬유 제조 시 산성 중화제 및 굴뚝 SO_2 흡착제 등에 활용된다.

화학용 마그네시아의 주 공급원인 경소 마그네시아는 옥시클로라이드시멘트(기경성시멘트) 또는 옥시설페이트시멘트용으로 이용되고 이는 벽재, 바닥재, 섬유판재, 타일용으로 주로 활용된다. 유리섬유, 특수유리, 유리식기 및 글라스세라믹의 코팅제 등 다양한 유리원료로 이용되기도 한다. 윤활유와 같은 산 중화제, 접합제 또는 고무, 플라스틱, 안료 등의 충진제로도 이용된다. 고순도 마그네시아는 제약의 제산제나 화장품용으로도 활용된다.

미국에서는 2000년도에 경소 마그네시아를 약 17만 톤 생산하여 환경처리용(수처리 및 가스 흡착제) 40%, 화학용 34%, 동물사료 및 비료용 18%로 활용하였다.

중소 마그네시아(DBM)

표면적이 매우 낮고, 고밀도이며 화학적으로 비활성인 중소 마그네사이트는 모든 내화산화물들 중에서 가장 높은 용융온도를 가짐으로써 염기성 내화벽돌 및 입상형 내화제로 주로 활용되어 왔다. 2004년 미국에서 생산된 마그네시아의 56%는 내화물로 활용되었다.

전융 마그네시아(Electrofused Magnesia: EFM)

2,800-3,000℃에서 용융된 마그네시아는 내화용 등급과 전기용 등급으로 크게 구분된다. 내화용 등급은 MgO 96%이상으로 페리클래스 함량이 높은 고순도이며, 비중 3.58 g/㎤(거의 이론치와 유사)과 높은 결정도를 보인다. 전기용 등급은 중간정도의 MgO 함량과 비중, 낮은 황, 붕소, 철 함량비 및 보다 풍부한 규소 함량은 전기적 성질을 향상시킨다. 내화용은 마그네시아-카본 내화벽돌과 같은 특수내화벽돌로 주로 활용되며, MgO 99% 이상의 고순도 마그네시아는 광학장비, 원자로, 로켓 분사구 등에 활용된다. 전기용 등급은 주로 가열장치의 전기절연체로 활용된다.

품질 기준

마그네사이트의 일반적 화학조성과 마그네시아의 제품별 및 용도별 품질기준은 표 3과 같다.

전 망

국제철강연구소에 의하면 2004년 세계 철강생산이 2003년에 비해 8.8% 증가하였으며 중국이 선도국이다. 중국의 철강 생산이 23% 이상 증가하였고 세계 생산량의 25% 이상을 차지

표 3. 마그네사이트의 화학조성 및 마그네시아의 품질기준 (Harben, 2002).

종 류		MgO(%)	CaO(%)	SiO_2(%)	Fe_2O_3(%)	Al_2O_3(%)	B_2O_5(%)	비중(g/cm^3)
천연산 마그네사이트		85-95	0.5-2.5	0.5-4.0	0.5-9.0	0.1-1.0	0.1-0.5	3.1-3.45
합성 마그네시아		〉96	0.4-2.5	0.2-1.0	0.01-1.5	0.05-0.1	0.02-0.1	3.3-3.45
경소 마그네시아	일반적	80-90	2.5	〈3.5	강열감량 5%			
	동물사료용	〉85	입상크기 0.1-1.5mm					
	비료용	〉85	미립상					
	시멘트용	낮은 Ca 및 Fe 함량, 백색						
	의약용	〉98	-					
중소 마그네시아	일반적	90-95	3.5	4-6	1-2	1-2	LOI 0.5%	
	화학등급	96-98	〈1.2	0.6	0.4	황산염 0.2%		
	의약등급	〉96	〈1.5	-	0.05	비소 3ppm; 중금속 40 ppm; 강열감량 10%		
전용 마그네시아	내화물등급	〉96	1-2	0.5-3.5	0.5-0.8	0.2-0.8		〉3.5
	전기용등급	낮은 황, 붕소 및 희유원소 함량비; CaO: SiO_2= 1:2						

한다. 중국의 제철 및 제강 생산 증가는 내화물의 중국 내 내수가 증가되어 수출이 감소하게 될 것으로 추측된다. 미국은 최근 내화물용 마그네시아의 생산 능력이 감소하여 중국이 주요 공급자가 될 것이나 미국 내 공급 부족이 예견된다. 중국은 거대한 마그네사이트 자원을 확보하고 있어, 증가되는 내수와 수출을 부응키 위해 마그네사이트 생산을 증가시킬 것이다. 경소 마그네시아 시장은 아직 덜 성장하였으나 환경처리용 마그네시아 수화물의 경우는 계속적인 증가가 예상된다.

참고 문헌

Bain, G.W (1924) Types of magnesite deposits and their origin. Econ.Geol. 19, 412-433.

Harben, P.W (1999) The industrial minerals handy book: A guide to markets, specifications and prices. Published by Industrial Minerals Information Ltd., 3rd edition, 117-124.

Harben, P.W (2002) The industrial minerals handy book: A guide to markets, specifications and prices. Published by Industrial Minerals Information Ltd., 4th edition, 194-207.

Kramer, D.A (2001) Magnesium, its alloys and compounds. USGS Open File Report, 01-341. 29p.

Kramer, D.A (2005) Magnesium compounds. Minerals Yearbook.

USGS (2005) Mineral Commodity Summaries.