



내화물용 원료광물의 부존 및 개발현황

고 상 모

한국지질자원연구원 지질기반정보연구부

국내에서 사용하는 내화물용 원료광물은 납석, 고령토, 보오크사이트, 마그네사이트, 규선석(홍주석, 납정석) 및 지르코니아광물(저어콘, 바텔리아이트)이다. 이 중에서 납석은 국내에서 생산된 원료를 사용하나 기타 원료광물들은 100% 수입에 의존하고 있다.

내화물 제품의 국내수요량은 약 80만톤으로서 시장규모는 약 5,000억원에 달한다. 국내 생산량은 약 60만톤이고 수입량이 약 20만톤이다. 주요 사용업체는 철강업체가 약 70%를 사용하여 내화물시장을 주도하고 있다. 최근 국내생산량은 감소 추세에 있으며, 저가의 중국산 제품 수입이 증대되고 있는 실정이다. 내화물의 주요 제조업체는 조선내화, 한국내화, (주)원진, 진주내화, 동국내화, 아세아세라텍, 경동내화사업부(주) 등이다.

내화물의 종류는 알루미늄질 벽돌(점토질 벽돌과 고알루미나질 벽돌), 탄화규소질 벽돌 및 특수 내화벽돌(지르코니아 벽돌, 마그네시아 벽돌 등)로 구분된다. 내화물의 형태는 과거에는 정형 내화물 생산이 우세하였으나 최근에는 내화성 골재에 점토나 알루미나 시멘트를 가미하여 현장에서 물을 첨가하여 casting 하거나 현장에서 혼화하여 사용하는 부정형 내화물이 60%를 차지한

다. 기타 내화물 제품으로는 castable, plastic 및 mortar 내화물로 구성된다.

각 내화물원료광물의 부존 및 개발현황은 다음과 같다.

납석 (Pyrophyllite)

지질학적 부존특성

납석은 국내에서는 상품명 또는 광석명으로 사용되고 있으나 매우 광범위하게 사용되는 용어이다. 엽납석(pyrophyllite)으로 주로 구성되는 광석이 엄격한 의미에서 납석으로 불리워져야 하나 상품의 의미에서 유사용도로 사용되는 고령토(특히 디카이트)와 견운모도 납석으로 명명되고 있다. 이러한 연유로 엽납석질 납석, 고령토질 납석 및 견운모질 납석으로 나누기도 한다. 그러나 이 연구에서는 엽납석으로만 구성되는 광석을 납석으로 칭하고 이에 대한 지질학적 부존특성을 기재 하고자 한다.

국내 납석 광상은 특이한 지질학적 환경에서만 형성되어 제한된 지역인 경상분지와 전남지역에서만 주로 분포하고 있다. 경상분지에서는 경상

계 백악기 유천층군 화산암지대 내에 부존하며, 전남 지역에서는 유천층군에 대비되는 지층에서만 분포한다(그림 1). 경상분지 지역에서는 유천층군의 주사산 안산암류로 명명된 안산암, 안산암질 응회암을 모암으로 하여 후화산활동의 일환으로 초래된 열수변질작용(hydrothermal alteration)에 의해 형성되었고, 전남지역에서는 유천층군의 운문사 유문암류에 대비되는 유문암과 응회암 또는 응회질 퇴적암류가 산성 화산활동

동 이후 동반된 열수변질작용에 의해 형성되었다. 따라서 국내 납석광상의 유형은 열수변질광상에 속하며, 납석광상이 밀집-분포하는 지역을 경상열수변질대와 전남열수변질대로 구분한 바 있다(Koh and Chang, 1997).

경상열수변질대 내 분포하는 광상들은 경주시 일대의 태웅, 경주, 불국사, 산내 광상 등, 밀양시 일대의 밀양, 동곡, 삼성 광상 등과 양산시 일대의 송진, 동래, 천불산 광상 등이다. 이 열

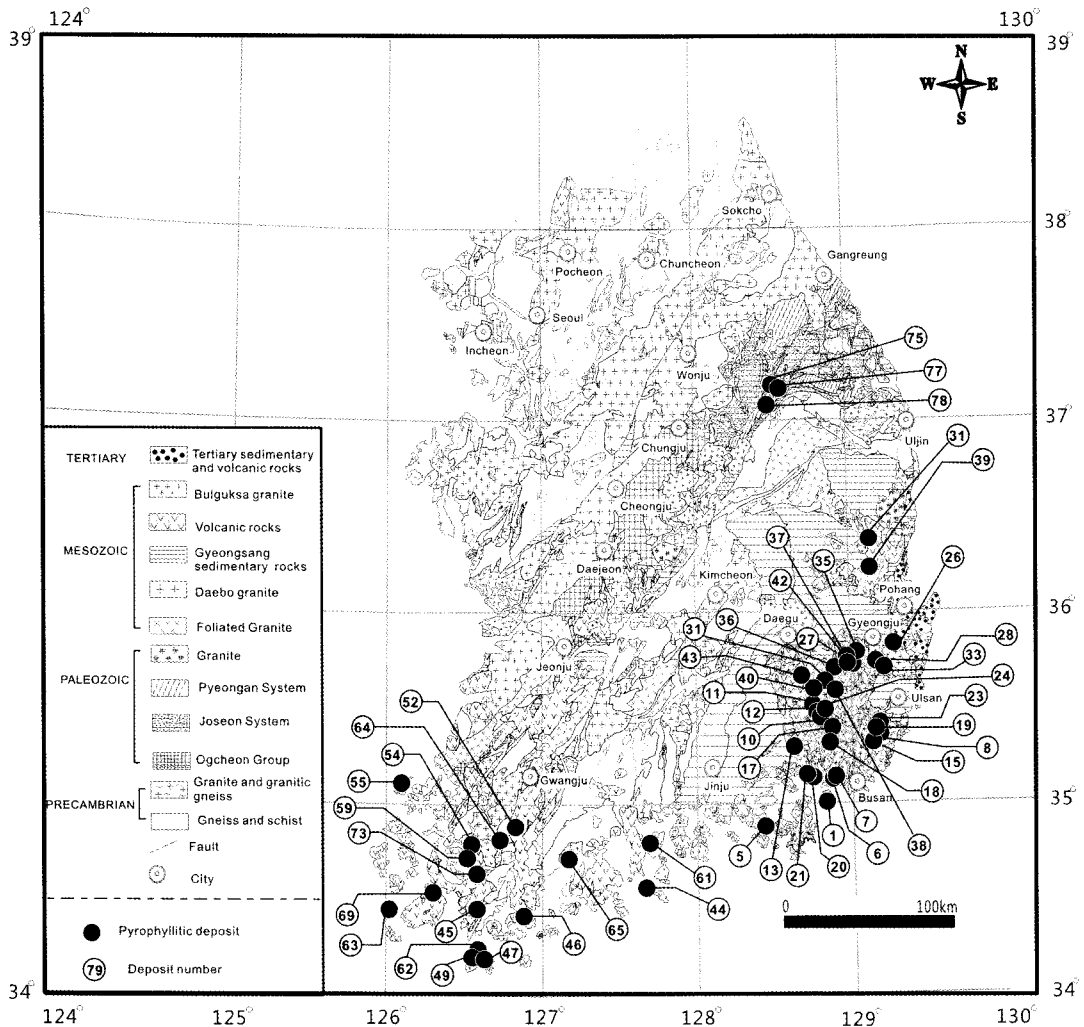


그림 1. 납석광상 분포도 (고상모 및 유장한, 2005).

수변질대는 대부분 유천층군의 화산암류와 화강암류로 주로 구성되며 납석광상의 모암은 안산암 또는 안산암질 응회암이다. 이들 광상들은 소위 콜드론 내 또는 외곽부에 밀집된 특성을 보인다. 이 변질대에 속하는 광상들의 형성 시기는 66-79 Ma으로서 백악기 말에 속하며, 열납석이 주요 변질광물로 산출하며 홍주석과 같은 고온성 변질광물의 산출과 붕소계 광물인 전기석 및 듀모티어라이트(dumortierite)의 산출

이 특징적이다. 이는 경상열수계에서는 열수용액의 온도가 중열수에 가까울 정도로 다소 높았으며 마그마성분의 영향을 강하게 받은 것으로 해석한 바 있다(Koh et al., 2000). 전남열수 변질대에 분포하는 광상들은 해남군 일대의 해남, 구시, 독천 광상 등이며 완도군 일대의 노화, 완도 및 광성 광상 등이고 진도 일대의 옥출, 녹진 및 가사 광상 등이다. 이 광상들은 주로 유천층군의 운문사 유문암류에 대비되는 유

표 1. 국내 납석광상 목록 (2006년 가행 중인 광상명은 굵은 글씨로 표시)

번호	광상명	위치	번호	광상명	위치	번호	광상명	위치
1	가덕	부산강서천가	28	내남	경북경주내남	55	북포-지도	전남신안지도
2	녹산	부산강서녹산	29	대림-봉화	경북봉화석포	56	봉황	전남나주봉황
3	녹산계1광산	부산강서생곡	30	대풍	경북울진북면	57	수도	전남신안임자
4	강남-김해	경남김해한림	31	동곡	경북청도금천	58	신안	전남신안임
5	광도	경남통영광도	32	부남	경북청송부남	59	신옥	전남영암서호
6	김해	경남김해녹산	33	불국사	경북경주내남	60	약산	전남완도약산
7	김해덕봉	경남김해한림	34	사방	경북월성안강	61	여수	전남여천삼일
8	동래-정관	경남양산웅상	35	산내	경북경주산내	62	완도	전남완도노화
9	무연	경남밀양부북	36	삼성	경북청도금천	63	옥출	전남진도조도
10	원동	경남양산원동	37	삼원	경북경주산내	64	월평	전남영암신북
11	밀양	경남밀양교동	38	서도	경북청도매전	65	이화	전남보성회천
12	밀양송진	경남밀양삼랑진	39	죽장	경북포항죽장	66	일평	전남해남현산
13	북면	경남창원북면	40	중앙	경북청도매전	67	장산	전남신안장산
14	삼창	경남양산원동	41	청송	경북경주산내	68	죽전	전남진도군내
15	용천산	경남양산정관	42	태웅	경북경주산내	69	진도	전남진도군내
16	우용	경남양산원동	43	풍산	경북청도매전	70	중도	전남완도노화
17	유림	경남양산원동	44	개도	전남여천화정	71	진도	전남진도군내
18	웅용	경남양산원동	45	구시	전남해남현산	72	한송	전남진도조도
19	정관	경남양산웅상	46	국보-약산	전남완도약산	73	해남	전남해남계곡
20	죽곡	경남진해웅천	47	광명	전남완도노화	74	국일	충북단양영춘
21	진해	경남마산중앙	48	남곡	전남해남계곡	75	광성	충북단양영춘
22	창원북면	경남창원북면	49	민경-노화	전남완도노화	76	대영	충북서산운산
23	천불산	경남양산웅상	50	녹진	전남진도군내	77	대현	충북단양영춘
24	문화대릉	경남밀양단장	51	도암	전남진도군내	78	영춘	충북단양영춘
25	한국	경남통영용남	52	다도	전남나주다도	79	영춘공예	충북단양가곡
26	경북	경북경주강동	53	대덕	전남장흥대덕			
27	경주	경북경주산내	54	독천	전남영암서호			

표 2. 2006년 광산별 납석 생산량 (산업자원부 · 한국지질자원연구원, 2007)

(단위 : 톤)

광산명	생산량	광산명	생산량	광산명	생산량
완 도	130,605	중 앙	6,714	밀 양	1,807
광 성	121,211	다 도	6,106	연 화	1,560
민경-노화도	117,095	산 내	3,420	옥 출	1,520
옥 동	91,799	진 도	3,400	구 시	1,220
청석-사지원 (영춘공예)	35,660	옥 매	3,345	삼 원	1,128
경 주	23,438	부 남	3,236	기 타	2,883
진 해	18,584	불국사	2,240		
계	576,971톤				

문암, 유문암질 응회암 또는 그와 관련된 퇴적암이 열수변질작용을 받아 형성된 화산암원 열수변질광상에 속한다. 이 광상들은 유문암 돔의 형성과 성인적 관련성이 있는 것으로 해석한 바 있다(Koh et al., 2000). 이 광상들의 형성시기는 70-80Ma로서 백악기 말에 해당된다.

충북지역의 일부 엽납석질 납석광상은 주로 단양군 가곡면과 영춘면 일대에 밀집 분포하며 국일, 광성, 영춘 광상 등이 이에 속한다. 이 광상들은 평안계 녹암통이나 대동계의 반송통에 속하는 세일층이 광역변성작용에 의해 형성된 변성광상에 속하는 것으로 보이나 상세한 연구 결과가 보고된 적은 없다.

부존 및 생산현황

납석은 79개 광상이 가행되어 생산한 적이 있으며, 경남북 일원에 43개 광상, 전남 지역에 30개 광상, 충북에 6개 광상이 분포하고 있다(표 1). 대

체적으로 경남북과 전남 지역에 집중적으로 분포되고 있음이 특징이다(그림 1). 총 광상 중에서 2006년 생산이 보고된 광상은 28개 광상으로서 생산량은 약 58만 톤이다(표 2).

수급현황 및 부존량

납석의 연간 생산량은 2006년 기준 약 58만 톤으로서 총수요량(총공급)은 약 99만톤이다(표 3). 총 수요량 중 내수량이 약 61만톤, 수입량 6천톤 및 수출량이 약 12만톤이다(표 3). 납석은 국내 생산량으로 국내 수요를 충족시켜 자급도가 거의 100%에 달한다. 2006년 연간 생산량 약 58만톤을 기준하고 부존량 약 6천6백만톤으로 추정한다면 약 100년간 사용량이 잔존해 있다고 볼 수 있다. 그러나 대체적으로 모든 광산에서 생산되고 있는 광석의 품위 저하로 유리섬유용 원료의 공급은 장기간 지속되기가 어려울 것으로 예상된다.

표 3. 납석 부존량 및 수급량 (한국지질자원연구원 및 산업자원부, 2007)

부존량 (톤)	2006년 생산량 (톤)	총수요 (총공급)	내수량 (톤)	수입량 (톤)	수출량 (톤)
66,478,000	576,971	990,780	611,277	6,423	124,479

보오크사이트 (Bauxite)

지질학적 부존특성

보오크사이트는 국내에서 생산되지 않기 때문에 세계적으로 산출되는 광상의 지질학적 부존특성을 간략히 소개하고자 한다.

보오크사이트는 알루미늄이 풍부한 원료광물인 깃사이트($Al_2O_3 \cdot 3H_2O$), 보헤마이트($Al_2O_3 \cdot H_2O$), 다이아스포아($Al_2O_3 \cdot H_2O$)로 구성된 광석이다. 보오크사이트는 크게 두 그룹인 Lateritic bauxite(silicate bauxite)와 Terra rossa(limestone bauxite)로 나뉘어진다. 전자는 알루미늄 규산염광물이 풍부한 화성암의 풍화작용에 의해 형성되는 풍화잔류광상으로서 기아나, 수리남, 인도, 서 아프리카 및 미국 Arkansas 등에 주로 분포하고 있다(Harben and Bates, 1990). 후자는 석회암이나 백운암과 관련된 풍화잔류광상으로서 프랑스, 이태리, 그리스, 유고슬라비아, 헝가리, 자메이카, 도미

니카 공화국 등에 주로 분포한다(Zans, 1977).

보오크사이트는 건기와 우기가 반복되고 평균 년기온 $20^{\circ}C$ 이상의 열대성기후에서 화학적 풍화작용에 의해 형성된다. 이러한 기후에서 규산염광물과 점토광물들이 분해되어 규소가 제거되고 알루미늄과 철 산화물만 농집되어 보오크사이트를 형성시킨다(Harben and Bates, 1990). 다공질 암석, 박테리아 활동이 수반될 수 있는 식물이 피복하고 있는 지층, 지하수의 유동이 자유로운 저지대 등의 조건이 보오크사이트를 형성시키기에 가장 적절한 환경으로 알려져 있다(Harder, 1952). 사장석이 가장 용이하게 보오크사이트를 형성시키는 모광물로서 풍화작용에 의해 사장석은 고령토화작용(kaolinization) → 라테라이트화작용(lateritization) → 보오크사이트화작용(bauxitization)의 일련의 변질작용을 거쳐 보오크사이트가 만들어진다.

보오크사이트 광상은 남미 권역(북남미 기아나 순상지와 브라질 순상지), 서 아프리카 기아나 순

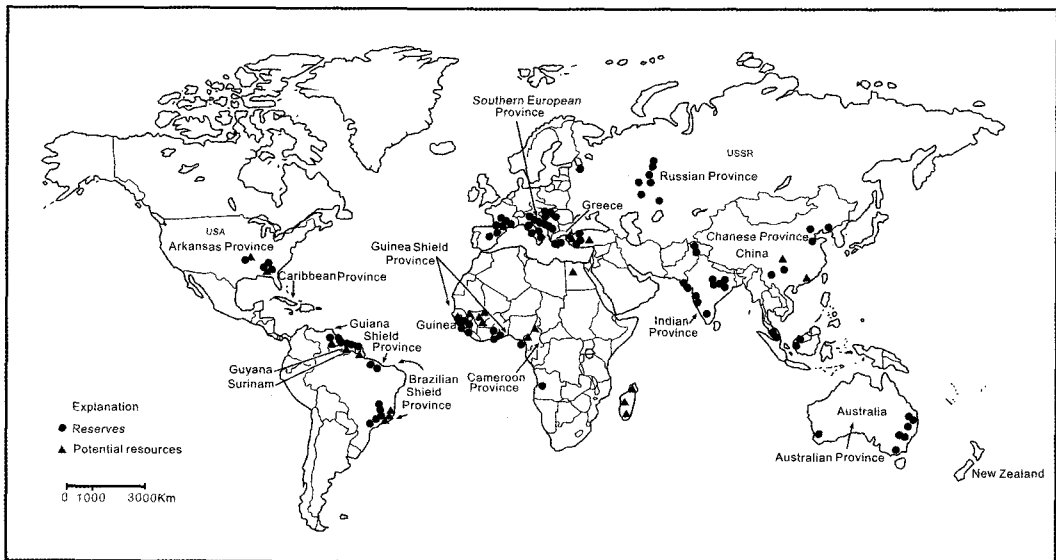


그림 2. 보오크사이트 광상 분포도 (Patterson, 1967).

상지와 카메룬 권역, 남유럽 권역, 인도권역, 러시아 권역, 호주권역에서 주로 분포한다(그림 2). 보오크사이트 광상은 제3기 동안 가장 우세하게 형성 되었으며, 주요 알루미늄 광물은 깃사이트와 보헤마이트이다. 중생대 보오크사이트 광상은 두 번째로 풍부한데 주로 석회암으로부터 유래되었으며 보헤마이트가 가장 우세하고 다음으로 다이아스포아가 수반되고 깃사이트는 소량 산출한다. 고생대 광상은 다이아스포아와 보헤마이트로 제한되어 산출한다(Patterson, 1967).

산업적으로 활용되는 보오크사이트 광상은 형태와 크기에서 매우 다양한데, 지표 부근에서 산출되는 광상인 blanket deposit와 퇴적암이나 화산암 내 협재되는 interlayered deposit로 나누어진다. 전자는 제3기에 주로 형성되며 연장 수백 미터까지 수평적으로 발달하고 15-20ft의 폭을 나타낸다. 이러한 광상은 열대 및 아열대 기후인 남미, 서 아프리카, 인도에 주로 분포한다. 후자는 퇴적암이나 화산암 내 소규모 층상이나 렌즈상으로 배태되며, 중생대 및 신생대 지층의 매몰작용에 의해 형성된다. 이 유형 광상은 기아나, 수리남, 남 유럽, 러시아 및 중국에 주로 분포한다. 이러한 유형 외 카르스트 침강대에서 형성되는 pocket deposit는 석회암, 점토 및 화

성암 지층 내 불규칙한 괴상 형태로 배태되며, 자메이카에 이 유형 광상이 많다.

부존 및 생산현황

보오크사이트의 세계 부존량은 총 250억톤이며 기니아, 호주, 자메이카, 인도 순의 매장량 순위를 나타낸다(표 4). 2006년 생산량은 호주, 브라질, 중국, 기니아 순의 생산량 규모를 나타내며(표 4), 부존량 규모와 비례하여 생산 되지 않고 있다. 이는 광업이 활성화 되거나 산업 성장에 따른 차이에 기인된 것으로 판단된다.

마그네사이트 (Magnesite)

지질학적 부존특성

보오크사이트와 마찬가지로 마그네사이트는 국내에서 생산되지 않기 때문에 세계적으로 산출되는 광상의 지질학적 부존 특성을 간략히 소개하고자 한다.

마그네사이트는 마그네슘을 함유하는 탄산염 광물의 일종으로서 광물명, 상품명과 광석명으로

표 4. 보오크사이트의 세계 매장량 및 2006년 생산량 현황 (USGS 2006 Minerals Yearbook)

국 가	매장량 (천톤)	2006년 생산량 (천톤)	국가	매장량 (천톤)	2006년 생산량 (천톤)
기니아	7,400,000	15,200	그리스	600,000	2,000
호 주	5,800,000	61,400	수리남	580,000	4,800
자메이카	2,000,000	14,900	카자흐스탄	350,000	4,900
브라질	1,900,000	21,000	베네수엘라	320,000	6,000
인 도	770,000	13,000	러시아	200,000	7,200
기아나	700,000	1,500	미 국	20,000	-
중 국	700,000	20,000	기 타	3,400,000	4,820
매장량 합계 25,000,000천톤, 2006년 생산량 총 177,000천톤					

불리워지고 있다. 마그네사이트는 두개의 물리적 형태로 산출하는데 은미정질(혹은 비정질) 마그네사이트와 결정질 마그네사이트(혹은 bone 마그네사이트)이다(Harben and Bates, 1990).

마그네사이트는 탄산염광물의 교대작용이나 초염기성암 및 퇴적암의 변질작용에 의해 주로 형성되고 백상충진물질로도 산출한다(Bain, 1924). 교대작용에 의해 형성된 마그네사이트 광상은 규모가 크고 품위가 높아 상업적으로 매우 중요하다(Harben and Bates, 1990). 이러한 광상은 미국, 브라질, 스페인, 오스트리아 및 체코슬로바키아에 분포한다. 이 유형 광상은 마그네슘이 풍부한 유체가 모암 특히 석회암의 균열, 벽개, 공극 등을 통해 침투하여 Mg이 Ca과 선택적으로 교대하여 마그네사이트와 백운석을 형성시킨다. 두 번째 중요한 광상형이 초염기성암을 구성하는 사문석의 변질작용에 의해 형성되는 광상으로서 주로 은미정질 마그네사이트로 구성된다. 이 광상은 그리스, 터키, 인도 및 호주 등지에 분포한다. 상업적으로는 중요하지 않지만 맥상으로 산출하는 마그네사이트 광상은 위에 기재된 광상들에 수반되어 산출한다. 교대광상에서 수반되는 이 유형은 바레인, 브라질 등지에 분포하고 단층이나 균열면에 충전된 맥

상 마그네사이트로 산출하고 흔히 백운석이 수반된다(Bodenlos, 1954). 퇴적형 마그네사이트 광상은 규모가 매우 적으며 불규칙하고 불순광물이 많아 상업적으로 사용하기가 어렵다. 호주에서는 은미정질 마그네사이트가 호성퇴적층 내 단괴로서 산출하기도 한다.

부존 및 생산현황

마그네사이트의 세계 부존량은 총 220억톤이며 러시아, 북한, 중국, 호주, 터키 순의 매장량 순위를 나타낸다(표 5). 2006년 세계 총 생산량은 약 4백만톤으로서 중국, 터키, 북한 및 러시아순의 생산량 규모를 나타내며(표 5), 호주를 제외하고는 대체적으로 부존량이 우세한 국가에서 개발이 활성화되고 있다.

**무수 알루미늄 규산염광물
(Anhydrous aluminium silicates)**

지질학적 부존특성

보오크사이트, 마그네사이트와 마찬가지로 무

표 5. 마그네사이트의 세계 매장량 및 2006년 생산량 현황 (USGS 2006 Minerals Yearbook)

국 가	매장량 (천톤)	2006년 생산량 (천톤)	국 가	매장량 (천톤)	2006년 생산량 (천톤)
러시아	650,000	330	그리스	30,000	145
북한	450,000	350	오스트리아	15,000	200
중국	380,000	1,400	인도	14,000	105
호주	100,000	100	미국	10,000	-
터키	65,000	850	스페인	10,000	150
브라질	45,000	166	기타	390,000	120
스로바키아	45,000	130			
매장량 합계 2,200,000천톤, 2006년 생산량 총 4,050천톤					

수알루미늄 규산염광물은 국내에서 생산되지 않기 때문에 세계적으로 산출되는 광상의 지질학적 부존 특성을 간략히 소개한다.

자연계에서 산출하는 Al_2SiO_5 화학조성을 가지는 알루미늄 규산염광물은 규선석(sillimanite), 홍주석(andalusite) 및 남정석(kyanite)으로서 상품명으로 총칭하여 규선석으로 명명되기도 한다.

규선석은 편암과 편마암에 1-30%의 함량범위를 나타내며, 흑운모, 백운모, 장석, 석류석 및 각섬석 등이 수반된다. 때때로 규암에 50%의 함량 범위를 보이기도 한다. 이러한 유형의 광상은 미국 남부 Piedmont에 분포하며 상업적으로 매우 중요한 광상이다(Harben and Bates, 1990). 또한 규선석은 석영맥이나 페그마타이트맥에 산출하기도 하나 상업성이 매우 낮다. 홍주석은 접촉변성작용을 받은 셰일이나 호온펠스에 주로 분포하며, 남아프리카에 이 유형 광상이 분포한다(Harben and Bates, 1990). 남정석은 고온-고압 변성작용에 의해 형성된 규암, 편암 및 편마암에서 주로 산출하며, 석류석, 강옥, 십자석, 운모 및 석영을 수반한다.

부존 및 생산현황

알루미늄 규산염광물(규선석, 홍주석, 남정석)의 2005년, 2006년 생산량은 세계 총 420,000 톤이며 남아프리카공화국, 미국, 프랑스 및 인도에서 거의 생산이 이루어지고 있으며 남아프리카공화국

이 세계 총 생산의 56%를 차지한다(표 6). 특히 남아프리카공화국은 홍주석 및 규선석 자원량이 51 백만톤으로 집계되어 세계 최대 부존 규모를 보인다.

지르코니아

지르코니아(Zr)는 국내에서 생산되지 않기 때문에 세계적으로 산출되는 광상의 지질학적 부존 특성을 간략히 소개한다.

지르코니아는 저어콘(zircon: $ZrSiO_4$)과 바델리아이트(baddeleyite: ZrO_2)에 주로 함유되어 이들 광물들이 농집되어 광상을 형성한다. 이 광물들은 우라늄, 토륨, 희토류원소, 칼슘, 마그네슘, 철 및 하프늄을 함유한다. 지르코니아 광물은 암석에 함유되기도 하지만 주로 근세 및 과거에 형성된 해빈사에 농집되어 사광상으로 산출한다.

호주는 남아프리카공화국과 함께 사광상(루틸, 티탄철석, 저어콘 및 모나자이트)이 세계에서 매우 풍부하게 산출하는 국가이며 동쪽 및 서쪽 해안 지대에 주로 분포한다. 호주에서 티탄철석과 저어콘을 주로 생산하는 지역은 동쪽 해안지대인 시드니 북편의 Newcastle, New South Wales 지역 및 Queensland Gladstone 지역과 서쪽 해안지대인 서호주 지역의 Burnbury, Capel, Busselton 지역이다(Harben and Bates, 1990).

표 6. 알루미늄 규산염광물(규선석, 홍주석, 남정석)의 2006년 생산량 현황 (USGS 2006 Minerals Yearbook)

국 가	생산량 (천톤)		국 가	생산량 (천톤)	
	2005년	2006년		2005년	2006년
남아프리카공화국	235	235	프랑스	65	65
미 국	90	90	인 도	22	23
기 타	8	8	총	420	420

표 7. 지르코니아(저어콘 및 바델리아이트)의 세계 매장량 및 2006년 생산량 현황 (USGS 2006 Minerals Yearbook)

국 가	매장량 (천톤)	2006년 생산량 (천톤)	국 가	매장량 (천톤)	2006년 생산량 (천톤)
남아프리카공화국	14,000	310	인 도	3,400	20
호 주	9,100	480	브라질	2,200	35
우크라이나	4,000	37	중 국	500	20
미 국	3,400	-	기 타	900	20
매장량 합계 38,000천톤, 2006년 생산량 총 920천톤					

지르코니아광물(저어콘 및 바델리아이트)의 세계 총 매장량은 3,800만톤으로 알려져 있으며 남아프리카공화국, 호주, 우크라이나 순이다. 2006년 세계 총 생산량은 92만톤으로서 호주, 남아프리카공화국, 우크라이나 순으로 부존량이 풍부한 국가에서 개발이 활발하다(표 7).

결 론

국내에서 사용하는 내화물용 원료광물은 납석, 고평토, 보오크사이트, 마그네사이트, 규선석(홍주석, 납정석) 및 지르코니아광물이다. 납석은 국내에서 생산된 원료를 거의 100% 사용하나 기타 원료광물들은 전량 수입에 의존하고 있다.

납석은 경남북 및 전남 일대의 경상계 백악기 유천층군의 화산암지대에 집중적으로 밀집 분포하며, 광상유형은 후화산활동과 관련된 열수변질 광상으로서 광상형성시기 역시 화산활동기와 유사한 66-80Ma이다. 충북 지역의 일부 납석광상은 평안계 퇴적층이 저온의 광역변성작용을 받아 형성된 변성형 광상도 일부 분포한다. 납석광상은 약 80여개가 가행된 적이 있으나 최근에는 30여개 광상이 가행되고 있고 2006년 생산량은 약 58만톤이다.

보오크사이트는 화성암 및 탄산염암 모암의

풍화잔류광상으로 산출한다. 보오크사이트는 건기와 우기가 반복되고 평균 년기온 20℃ 이상의 열대성기후에서 화학적 풍화작용에 의해 조암광물인 사장석이 고평토화작용→라테라이트화작용→보오크사이트화작용을 통해 형성된다. 보오크사이트 광상은 남미, 남유럽, 아프리카, 호주, 인도, 러시아 등 세계 여러 곳에 분포하고 있으며, 호주, 기니아, 자메이카 등에서 주로 생산되며 2006년 생산량은 약 1.8억톤이다.

마그네사이트는 탄산염광물의 교대작용이나 초염기성암 및 퇴적암의 변질작용에 의해 주로 형성된다. 교대광상은 미국, 브라질, 스페인, 오스트리아 및 체코슬로바키아에 주로 분포하고, 초염기성암의 변질작용에 의해 형성되는 광상은 그리스, 터키, 인도 및 호주 등지에 주로 분포한다. 기타 퇴적형 광상이나 맥상충진광상도 일부 산출한다. 마그네사이트의 2006년 세계 생산량은 약 4백만톤이다.

알루미늄 규산염광물(규선석, 홍주석, 납정석)은 규암, 편암 및 편마암과 광역변성작용을 받은 변성암이나 접촉변성작용을 받은 셰일, 점판암 및 호온펠스 등에 풍부하게 함유하여 광상을 형성한다. 이 광상은 남아프리카공화국, 미국, 프랑스 및 인도 등지에 주로 분포하며, 이들 광물의 2006년 세계 총 생산량은 총 42만톤이다.

지르코니아는 저어콘이나 바델리아이트에 풍

부하게 함유되어 있으며, 주로 사광상에서 산출한다. 지르코니아 사광상은 남아프리카공화국과 호주에서 매우 풍부하게 산출하며, 2006년 세계 총 생산량은 92만톤이다.

참고문헌

- 고상모, 유장한 (2005) 국내산 납석의 부존현황 및 자원잠재성. 제6회 산업광물심포지움 “납석과 그 응용”, 21-34.
- 산업자원부, 한국지질자원연구원 (2007) 2006년도 광산물 수급현황. 306p.
- Bain, G.W. (1924) Types of magnesite deposits and their origin. *Econ. Geol.* 19, 412-433.
- Bodenlos, A.J. (1954) Magnesite deposits in the Serra das Eguas, Brumado, Bahia, Brazil. *USGS Geol. Surv. Bull.* 975-C, 87-170.
- Harben, P.W. and Bates, R.L. (1990) *Industrial Minerals: Geology and world deposits.* Industrial Minerals Division Metal Bulletin Plc. 312p.
- Harder, E.C. (1952) Examples of bauxite deposits illustrating variations in origin. In: *Problems of Clay and Laterite Genesis*, AIME, New York, 35-64.
- Koh, S.M. and Chang H.W. (1997) Geological and geochemical characteristics of the Bukok hydrothermal clay deposits in the Haenam area, Korea. *Resource Geology*, 47, 29-40.
- Koh, S.M., Takagi, T., Kim, M.Y., Naito, K., Hong, S.S. and Sudo, S. (2000) Geological and geochemical characteristics of the hydrothermal clay alteration in South Korea. *Resource Geology*, 50, 229-242.
- Patterson, S.H. (1967) Bauxite reserves and potential aluminium resources of the world. *US Geol. Surv. Bull.*, 1228. 176p.
- USGS (2006) *Minerals Yearbook.*
- Zans, V.A. (1977) “Recent views on the origin of bauxite”. In: *Origin of bauxite*, R.M. Wright (ed.), Geological Society of Jamaica, 1-8.