

제지용 원료광물의 국내 부존 및 개발현황

고 상 모

한국지질자원연구원 지질기반정보연구부

종이의 주원료는 펄프를 물에 풀어 얇은 시트(sheet)상으로 재구성한 물질로서 다공성이며 표면이 거칠어 충전제와 같은 기능성원료를 첨가하지 않으면 안 된다. 기능성 충전제로서 원료광물이 주로 사용되고 있으며 이는 주원료인 펄프 다음으로 사용량이 많다. 제지산업에 활용되는 산업 원료광물은 펄프액속에 첨가되는 광물분말로서 고령토, 탄산칼슘, 활석, 이산화티타늄, 벤토나이트, 석고 및 규조토 등이다. 이들 원료광물들은 안료(pigments), 충전제(filler) 및 코팅제(coating)로 활용되어 펄프의 백색도(whiteness 또는 brightness), 불투명도(opacity), 경량화(light weight) 및 강도(strength)를 향상시키고 원료비를 절감시키는 역할을 한다. 이외에도 펄프간의 공극을 매워주고 종이의 평활도(smoothness 또는 flatness)를 향상시키며 잉크의 흡수성과 보전성을 높여주는 역할을 한다.

국내에서 산업원료광물이 제지산업에 활용되

는 분야는 충전제 및 코팅제가 가장 일반적으로 이 용도로 활용되고 있는 원료광물은 탄산칼슘(석회석 및 방해석), 고령토, 활석, 이산화티타늄 및 벤토나이트 등이다. 탄산칼슘이나 고령토는 국내 산업에 유용하게 활용되고 있는 주요 산업원료광물이다. 벤토나이트 및 활석은 국내에서 생산되고 있으나 이산화티타늄은 전량 수입되어 사용되고 있다. 국내에서 부존하여 생산되는 탄산칼슘, 고령토, 활석 및 벤토나이트의 일부 생산물이 제지용에 활용되고 있다. 주요 제지용 원료광물인 탄산염자원, 고령토 및 벤토나이트의 국내 부존현황이나 개발현황은 다음과 같다.

탄산염자원

국내 석회석 자원의 부존량은 약 58억톤(확정 매장량이 36억 톤)이며, 백운석 부존량(추정 매장

표 1. 탄산염자원의 부존량 및 수급추이

	석회석(천톤)	방해석(천톤)	백운석(천톤)	참고문헌
자원량	5,816,761	-	326,338	산업자원부, 대한광업진흥공사(2003)
생산량(2005)	77,865	1,303	2,264	한국지질자원연구원, 산업자원부(2006)
내수량(2005)	79,980	825	1,649	"
수입량(2005)	1,292	-	6.5	"
생산광산수	90	11	32	"

표 2. 국내 석회암층별 부존특성

지층명	산출상태	층후	분포지
선캄브리아기 석회암층	층상, 렌즈상 (변성석회암)	박층, 연장 불량	가평, 춘천, 홍천, 광주, 장성, 영덕, 평해
조신계 대석회암통 내 석회암층	층상, 괴상, 렌즈상 (변성석회암)	두꺼운 층후 연장 매우 양호 백운석 협재	삼척, 임계, 평창, 정선, 강릉, 단양, 영월, 태백
평안계 홍점통 내 석회암층	맥상 (퇴적층 내)	수조의 맥상	제천, 매포, 단양, 영월, 정선, 예미, 서벽, 호명, 고사리
옥천계 내 석회암층 (캄브로-오르도비스기?)	층상, 렌즈상 (변성퇴적층 내)	박층	강경, 무주, 전주, 금산, 미원, 보은

2005년 국내에서 생산된 탄산염자원의 상위 가행 광산의 생산실적은 표 3과 같다. 석회석의 경우는 태백산 지구인 동해-삼척-강릉 지역과 영월-단양지역 및 울진지역에서 주로 생산되고 있다. 방해석은 태백-정선-삼척-영월지역과 안동지역에서 주로 생산된다. 백운석은 영월지역에서 주로 생산되며 단양과 충주지역에서 일부

생산되고 있다.

국내 석회석 자원의 2005년 용도별 판매량은 시멘트용 81%, 제철용 11%, 화학용 4%, 건축재용 1%, 기타 3%로 집계되어 있다(표 4). 방해석의 2005년 용도별 판매량은 화학용 79%, 건축재용 1% 미만, 시멘트용 12%, 제철용 1% 미만, 기타 약 9% 이다(표 4). 백운석의 2005년

표 3. 탄산염자원의 상위 가행광산 생산실적(한국지질자원연구원 및 산업자원부, 2006)

광종	광산명	위 치	생산(천톤)	광종	광산명	위 치	생산(천톤)
석회석	쌍용자원-동해	강원 동해 삼화	12,890	방해석	송원개발	강원 정선 신동	170
석회석	동양제1	강원 삼척 사직	10,083	방해석	덕암	강원 삼척 하장	159
석회석	한라	강원 강릉 옥계	8,711	방해석	임동	경북 안동 임동	141
석회석	성신	충북 단양 매포	7,058	방해석	서진	강원 영월 중동	132
석회석	현대	강원 영월 서	5,114	방해석	대창산업-상동	강원 영월 상동	126
석회석	한일시멘트	충북 단양 매포	4,931	백운석	고려실리카-영월	강원 영월 북	490
석회석	아세아시멘트	강원 영월 주천	4,095	백운석	대성-쌍용	강원 영월 서	388
석회석	쌍용자원-영월	강원 영월 서	3,893	백운석	태봉-영월	강원 영월 서	372
석회석	쌍용-삼척	강원 삼척 조비곡	2,319	백운석	삼보	충북 단양 매포	328
석회석	한국공항-평해	경북 울진 후포	1,559	백운석	한성-마차	강원 영월 북	115
방해석	반천	강원 정선 임계	297	백운석	한영기업	강원 영월 북	115
방해석	동신자원	강원 태백 혈	224	백운석	자성	충북 충주 삼척	87

표 4. 탄산염암 자원의 용도별 판매량 (한국지질자원연구원 및 산업자원부, 2006)

	화학용 (천톤)	건축재용 (천톤)	시멘트용 (천톤)	제철용 (천톤)	기타 (천톤)	합계 (천톤)
석회석	3,341	1,023	61,343	8,181	2,224	76,112
방해석	997	2	145	2	114	1,260
백운석	467	235	-	812	691	2,205

용도별 판매량은 화학용 21%, 건축재용 11%, 제철용 37%, 기타 31%이다 (표 4). 이중 제지용 충전제 및 코팅제로 사용되는 중질탄산칼슘(GCC) 및 경질탄산칼슘(PCC) 사용량은 표 4에 집계된 석회석 및 방해석의 화학용에 포함되어 있으며, 2005년 사용량은 정확하게 알 수는 없으나 약 3백만톤 정도로 추정된다.

고령토

고령토의 주요 산지는 미국, 영국, 브라질, 호주, 독일, 프랑스 및 스페인이며, 이 외에도 인

도, 체코, 인도네시아, 말레이시아, 한국, 중국 및 러시아도 중요한 고령토 생산국이다. 고령토의 용도는 제지용, 도자기용, 내화벽돌 및 화학공업용 등이다. 선진국에서는 제지용이 주종을 이루고 있지만, 국내에서는 요업용이 주종을 이룬다. 현재 제지용 고령토는 전적으로 수입 캐올리나이트에 의존하고 있으며, 자기용(도자기, 위생도기, 식기용 등) 및 타일용 고령토는 주로 국내산 할로이사이트(halloysite)가 사용되고 있다. 내화재용 고령토도 할로이사이트가 사용되고 있으며, 페인트, 플라스틱, 고무 등에도 사용된다. 특히 순도가 높은 수입산 고령토는 화

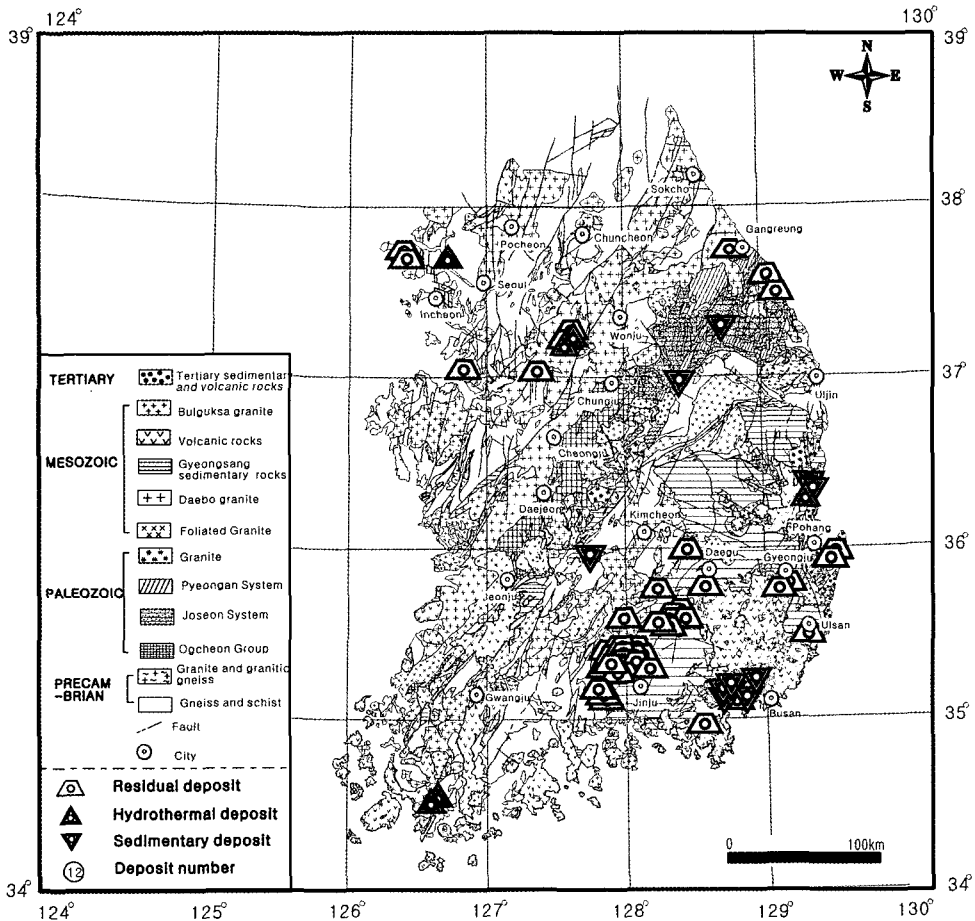


그림 2. 유형별 고령토 광상 분포도 (고상모 외, 2005).

장품, 의약품 제조, 유리섬유 및 제올라이트 촉매 제조에 주로 활용되고 있다.

고령토는 성인상 일차고령토와 이차고령토로 구별되고, 이들은 다시 다음과 같이 세분된다. 국내 고령토광상의 유형은 성인상 분류에서 일차고령토에 해당하는 풍화산류형 광상과 열수변질형 광상, 그리고 이차고령토에 해당하는 퇴적형 광상으로 구분 되어진다(Fig. 2). 광상의 분포를 살펴보면 경상분지 서남단 회장암 분포지에 발달하는 풍화산류형 광상이 76%로 대부분을 차지하며, 경기육괴의 주라기 화강암 분포지에 발달하는 퇴적형 광상이 15%, 열수변질형 광상이 약 9%를 차지한다(Fig. 2).

풍화산류형 광상은 하동-산청 지역, 합천-성주 지역에서 산출되며, 주 구성광물은 할로이사이트이다. 광상은 대부분 이 지역에 분포하는 회장암이 표성환경에서 풍화작용을 받아 생성되었다. 고령토 광체의 배대심도는 수m에서 수십m까지로 변한다. 이 유형의 광상들은 모암인 회장암에 함유된 유색광물들의 함량비와 풍화정도에 따라 품위가 결정되며, 특히 산화철광물의 함유량에 지배되어 나타나는 색도가 주요한 품위기준으로 적용된다. 이 유형의 광상은 조사된 총 광상 중에서 76%를 차지한다. 대표적인 광산으로는 가야, 계림, 단성, 대명-산청, 대한특리, 범우-하동, 삼령, 옥계, 풍산, 하동카오린,

표 5. 국내 유형별 고령토 광상목록 (굵은 글씨체로 표시된 광상은 2005년 기준 가행광산임)

번호	광상명	광상형	위치	번호	광상명	광상형	위치	번호	광상명	광상형	위치
1	가야	풍화산류	경남 합천 가야	24	보성	풍화산류	경남 합천 가야	47	풍산-하동	풍화산류	경남 하동 북천
2	가천	풍화산류	경남 합천 가야	25	부곡	열수변질	경북 영덕 지포	48	하동카오린	풍화산류	경남 하동 북천
3	계림-월형	풍화산류	경남 하동 옥종	26	북삼	풍화산류	경북 칠곡 북삼	49	한홍	풍화산류	경남 하동 북천
4	단성	풍화산류	경남 산청 단성	27	삼령	풍화산류	경남 산청 금서	50	활성	풍화산류	경북 경주 외동
5	단성운리	풍화산류	경남 산청 단성	28	삼양-백운	풍화산류	경남 산청 단성	51	성산	열수변질	해남 황산
6	대경	풍화산류	경남 하동 북천	29	삼원	풍화산류	경북 포항 연일	52	옥매	열수변질	해남 황산 옥동 22
7	대명-구정	풍화산류	경남 합천 가야	30	생초	풍화산류	경남 산청 생초	53	해도	퇴적점토	무주 해제 양일
8	대명-단성	풍화산류	경남 산청 단성	31	손곡	풍화산류	경남 함양 유림	54	길상	풍화산류	경기 강화길상 초지
9	대명-산청	풍화산류	경남 산청 금서	32	송강	풍화산류	경남 산청 단성	55	대성	열수변질	경기 김포 율곡 개곡
10	대한-구정	풍화산류	경남 합천 가야 경북 고령 덕곡	33	신영덕	-	경북 영덕 축산	56	동양망상	풍화산류	강원도 동해 망상
11	대한-안의	풍화산류	경남 산청 생초	34	신홍제1	풍화산류	경남 산청 생초	57	동양삼척	풍화산류	강원도 삼척 사직
12	대한특리	풍화산류	경남 산청 금서	35	양주	퇴적점토	경남 양산 상북	58	명전	퇴적점토	충북 단양 영춘 유암
13	덕산제(1)	퇴적점토	경남 창원 동면	36	양산	풍화산류	경남 창원 동면	59	삼죽	풍화산류	경기 안성 삼죽 배태
14	덕산제(2)	퇴적점토	경남 창원 동면	37	옥계	풍화산류	경북 고령 덕곡	60	씨리산	풍화산류	경기 여주 북대 현암
15	동면	퇴적점토	경남 창원 동면	38	왕산	풍화산류	경남 산청 금서	61	여주	열수변질	경기 여주 능서 배유
16	동영	풍화산류	경북 포항 동해	39	월계	퇴적점토	경남 창원 북	62	온수	풍화산류	강화 길상 온수
17	동원규광	풍화산류	울산 울주 농소	40	월천	풍화산류	경북 경주 천북	63	율곡	풍화산류	경기 여주 능서 내양
18	명동	퇴적점토	경남 기해 이북	41	유가	풍화산류	경북 달성 유가	64	장덕	풍화산류	강원 화성 남양
19	백운	풍화산류	경남 산청 단성	42	유림삼양-문태	풍화산류	경남 산청 신안	65	증산	퇴적점토	강원 정선 남 무릉
20	범우-구정	풍화산류	경남 합천 가야	43	유림-오부	풍화산류	경남 산청 신안	66	청산	열수변질	경기 여주 북대 신남
21	범우-산청	풍화산류	경남 산청 금서	44	창동	-	경북 의성 의성	67	한라	풍화산류	강원 강릉 천남 및 남양
22	범우-하동	풍화산류	경남 하동 북천	45	풍산	풍화산류	경남 산청 금서	총 67개 광상 중 가행광산수 26개			
23	병곡	퇴적점토	경북 영덕 병곡	46	풍산-고성	풍화산류	경남 고성 구만				

동양삼척 및 한라 광산 등이다(표 5).

열수변질형 광상은 화산암류나 화강암류가 열수변질작용에 의해 형성된 광상으로써, 국내 해남지역, 영일-울산 지역, 그리고 경기지역 일부에 분포한다(Fig. 2). 이 유형의 광상은 조사된 광상의 9%를 차지하며, 대표적인 광산으로는 옥매, 성산, 대성, 여주, 청산 그리고 부곡광산 등이다(표 5).

퇴적형 광상은 호성층 또는 범람원층, 또는 현생 퇴적층에서 주로 산출되며, 소량의 일라이트와 유기물을 함유한다. 일반적으로 유기물 때문에 검은색을 띄어 흑점토라 불리우며, 소성시 명도, 파괴계수 및 소성이 좋은 특성을 가지고

있다. 이 유형의 광상은 조사된 광상의 15%를 차지하며, 대표적인 광산으로는 덕산제일과 덕산제이, 동면, 명동, 병곡, 월계, 해도, 명전, 그리고 증산광산 등이다(표 5).

국내에서 개발된 광상이나 가행중인 고령토 광산은 표 5와 같다. 조사된 광상수는 총 67개 광산이며 2005년 가행된 광산수는 26개이다(표 5).

고령토의 추정매장량은 8,063천톤이고, 가채광량은 5,745천톤으로 집계되어 있다(산업자원부와 대한광업진흥공사, 2003). 2005년 국내 68개 광산에서 생산된 고령토는 585,463톤으로서(표 6), 가채광량 약 6백만톤과 생산량 60만톤을 기준 한다면 약 10년 정도 사용 가능한 부존량이 잔존해

표 6. 고령토 생산량 (한국지질자원연구원 및 산업자원부, 2006)

광산명	생산량(톤)	광산명	생산량(톤)	광산명	생산량(톤)
풍산-산청	70,764	경원	7,500	유연	1,000
부남	41,026	대경	6,850	정현	910
대련	38,107	금호	6,550	화명	900
고려-울산	37,050	영남고령토	5,890	우림	900
삼령	29,584	단성	5,800	한흥고령토	800
대한-특리	24,586	하동카오링	5,460	장호	800
백운	21,820	상동	5,142	보성	797
수성	20,582	섬진	4,700	형제	790
손곡	19,125	경주고령토	4,329	연화고령토	716
범우-하동	18,990	경남요재-구정	3,860	범우-산청	710
생림	17,800	하남	3,555	예산99호	650
장죽	17,425	지오	3,432	창동고령토	615
대명-산청	15,500	경림	3,372	신진청자	600
동원소재-대광	14,800	대양	3,250	구마고령토	600
불국사납석	14,640	가야고령토	2,618	풍산-고성	517
동원소재-대산	14,500	하일	2,050	대량	290
파인세라믹	13,749	오곡-영월	2,020	양구	226
삼성	12,880	봉교	2,009	금천고령토	150
신영남고령토	10,130	대호고령토	2,009	호명	120
동인	9,450	연화납석	1,850	유유	120
우일	8,500	강진청자	1,760	청도	100
계림-월형	7,775	대한-안의	1,415	거광-초당	80
송강	7,600	영림	1,268		
계			585,463	톤	

표 7. 벤토나이트의 부존량 및 2005년 수급추이

매장량			생산량	생산광산수	내수량	수입량
확정	추정	계				
943,000	4,911,000	5,854,000	93,084	12개	-	132,084

있을 뿐이다(산업자원부와 대한광업진흥공사, 2005). 국내 고령토 광석의 전체적인 품위 저하현상은 매우 심각하며, 난개발에 의한 부존 잠재성 역시 매우 낮아 신규자원 확보를 위한 탐사가 매우 시급하다.

국내에서 생산되는 고령토는 주로 할로이사이트로 구성된 저품위 광석이고, 주요 용도는 요업용(도자기, 위생도기, 타일류 등)과 내화물용이다. 고품위 고령토가 필요한 제지용은 대부분 수입에 의존하고 있는 실정이다. 또한 채광현장에서 단순한 수선 정도의 선광과정을 거쳐 비교적 납품 가능한 고령토만 선택적으로 채광하고 나머지는 대부분 폐기하고 있어서 자원 활용 측면에서도 비효율적이다. 향후 고령토의 국내 수요가 증가할 것으로 예상되기 때문에 상대적으로 그 양이 많은 국내 저품위 고령토를 정제하여 품질향상과 부가가치를 높일 수 있는 활용 기술 개발 역시 시급한 현실이다.

벤토나이트

국내 벤토나이트 자원의 부존량은 5,854,000톤

(확정 매장량 943,000톤)이며, 가채광량은 4,286,000톤으로 집계되어 있다(표 7, 산업자원부 및 대한광업진흥공사, 2003). 2005년 12개 광산에서 생산된 벤토나이트 생산량은 93,084톤이며 수입량은 132,084톤이다(표 7, 한국지질자원연구원 및 산업자원부, 2006).

국내 벤토나이트 광상의 분포는 포항 연일-구룡포지역, 포항 장기지역, 경주 양북-양남지역, 울산지역 및 기타지역으로 구분되어지나 대부분의 광상은 포항 연일-구룡포-장기지역과 경주 양북-양남지역에 집중적으로 밀집 분포되며 일부 울산 정자지역에도 산출되고 있다(Fig. 3). 과거 장기간동안 포항 연일-구룡포 지역과 장기지역이 집중적으로 개발되어 왔으나 최근에는 거의 채진된 상태이며 산성백토로 개발되는 몇 개 광산을 제외하면 거의 고갈되어 폐광상태에 있다. 이러한 추세에 따라 근 10여년전부터 경주 양북-양남지역의 개발이 활발히 이루어지고 있다. 특히 최근 양북지역 옥산광산은 국내 생산량의 대부분을 차지하고 있다.

2005년 국내에서 생산된 벤토나이트의 생산 실적은 표 8과 같다. 각 광산에서 고령토를 생산하였다고 보고한 광산수는 표 8과 같이 12개

표 8. 벤토나이트 자원의 가행광산 생산실적(한국지질자원연구원 및 산업자원부, 2006)

광산명	위 치	생산량(톤)	광산명	위 치	생산량(톤)
옥산	경북 경주 양북	50,607	태광화학(태령)	경북 경주 양북	2,500
한림	경북 경주 양북	11,300	대성	경북 경주 양남	1,555
나아	경북 경주 양남	7,907	동양송전	경북 경주 양북	1,200
효동	경북 경주 양남	7,000	흰돌	경북 경주 양남	1,000
노당	경북 경주 안강	5,500	두산	경북 경주 양북	885
진명	경북 경주 양남	3,000	옥천	경북 경주 양남	630

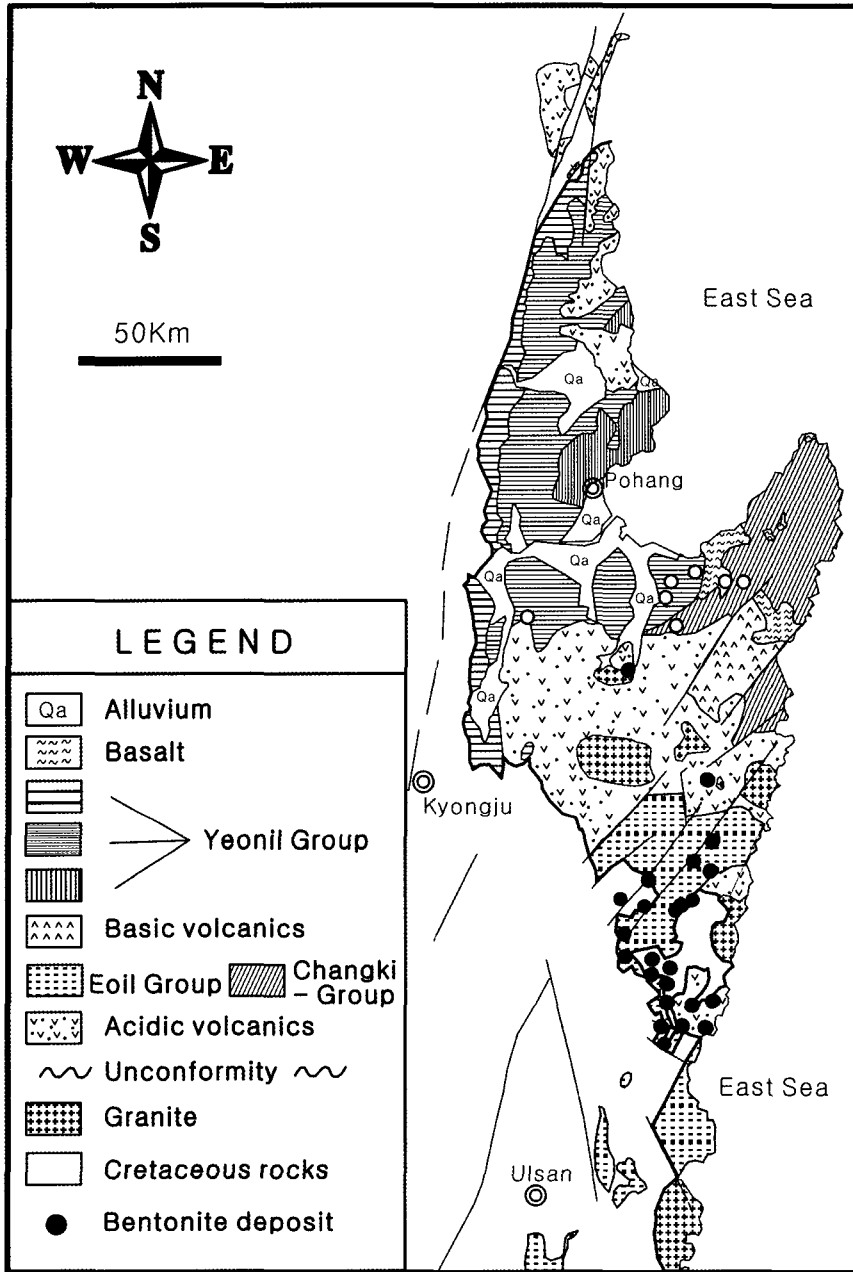


그림 3. 벤토나이트 광상 분포도 (고상모 외, 2001).

광산에 달하나 대부분 광산은 재고량을 반출하여 생산량으로 보고한 것으로 파악되며, 2005년 실제 개발된 광산은 2개에 불과하다. 어쨌든 집계된 통계자료에 의하면 경주시 양북지역의

옥산 광산이 50,607톤을 생산하여 총 생산량 93,084톤의 54%를 차지하고, 양북지역 한림 광산이 11,300톤을 생산하여 22%를 차지한다. 생산이 2개 광산에 편중하여 76%(실질적

으로는 100%)를 차지하는 것은 신규 벤토나이트 자원이 확보되지 않고 있음을 말해준다. 이러한 국내 생산의 저하로 인해 수입량은 계속하여 증가되고 있다.

국내에서의 벤토나이트는 주물용, 토목용, 동물사료용 및 제지용 등으로 활용되고 있으나 주물용과 토목용이 거의 대부분을 차지하고 있다. 제지용의 경우는 유기중합체인 PAM(Polyacrylamide)을 혼화하여 펄프의 수분제거 및 균질화를 위해 활용되고 있으며, 또한 펄프의 공극 충전제 역할도 하는 것으로 생각된다.

결 론

국내에서 제지용으로 주로 활용되는 원료광물은 탄산칼슘과 고령토이며, 일부 벤토나이트가 활용되고 있다.

국내 석회석은 약 58억톤, 백운석은 33억톤 매장된 것으로 집계되어 있으며, 개발 역시 매우 활발하여 2005년 석회석 연간 생산량이 약 8천만톤, 백운석이 2백만톤을 상회하고 있다. 2005년 기준한 석회석 가행광산은 약 90개 광산, 백운석 약 30개 광산 및 방해석이 약 10개 광산으로 보고되어 있다. 이들 탄산염자원의 국내 자급도는 거의 99%에 달한다. 제지용 탄산칼슘용인 중질 및 경질탄산칼슘은 중국 수입산 약 1백만톤과 국내산 약 2백만톤 총 3백만톤이 사용되고 있는 것으로 추정된다.

국내 고령토의 부존량은 약 8백만톤, 2005년 생산량은 약 60만톤으로서 26개 광산이 가행되

고 있다. 국내 자급도는 약 90%이다. 그러나 제지용 고령토는 전량 수입되고 있으며, 분체용으로 판매되는 20,000톤에 제지용이 포함된 것으로 추정되나 정확한 사용량은 파악되지 않는다.

국내 벤토나이트 부존량은 약 6백만톤으로 집계되어 있으며, 2005년 생산량은 약 10만톤, 수입량이 약 13만톤으로서 수입량이 생산량을 초과하여 국내 자급도는 40%에 불과하다. 제지용으로 활용되는 벤토나이트는 연간 약 7천~8천톤으로 추정되며 이는 총 사용량의 3~4%에 불과하다.

참고문헌

- 고상모, 유장한, 박성완 (2001) 제3기층에 분포하는 원료광물자원의 부존특성, 광물특성 및 활용현황. 제26회 자원활용·소재워크샵, 159-194.
- 고상모, 유장한, 이한영, 송민섭 (2005) 산업원료광물의 품질표준화 연구. 한국지질자원연구원 연구보고서, GAA 2005005-2005(1), 100 p.
- 산업자원부, 대한광업진흥공사 (2003) 광물자원매장량 현황. 440 p.
- 이석훈 (2006) 국내 주요 비금속광물의 이해. 한국광물학회 창립 20주년 기념 2006년 추계 학술세미나 및 학술답사 논문집. 62 p.
- 한국지질자원연구원, 산업자원부 (2006) 2005년도 광산물 수급현황. 334 p.