

벤토나이트산업의 현황 및 추세

고상모* · 이동진

한국자원연구소 지질연구부

I. 서론

벤토나이트는 자연계에서 산출하는 광물중에서 독특한 성질을 가진 광물중의 하나로서 "스멕타이트군의 점토광물로 구성되고 스멕타이트군의 물성을 가진 천연산 점토 (defined as any natural material composed of the clay minerals of the smectite group and whose properties are controlled by these clay minerals)" 로 정의되며 광석명 또는 상품명으로 사용하고 있다. 스멕타이트는 사면체 및 팔면체에 치환된 양이온종에 따라 삼팔면체 스멕타이트인 헥토라이트(hectorite), 사포나이트(saponite)로 나누어지고 이팔면체 스멕타이트인 몬모릴로나이트(montmorillonite), 베이델라이트(heidellite), 논트로나이트(nontronite)로 나누어 진다. 자연계에서는 몬모릴로나이트가 대부분 산출되기 때문에 벤토나이트는 몬모릴로나이트로 구성된 광석으로 생각하여도 무방하다.

벤토나이트는 크게 층간 양이온종에 따라 Ca-벤토나이트와 Na-벤토나이트로 구분되고 팽윤성에 따라 팽윤성 벤토나이트와 비팽윤성 벤토나이트로 구분된다. 우리나라는 Ca-벤토나이트가 주로 산출되기 때문에 물리적 성질을 향상시키기 위하여 Na로 치환시킨 즉 활성화과정 (activation)을 거친 Na-벤토나이트로 가공-처리하여 사용하며 이를 활성-벤토나이트 (activated-bentonite) 로 부르기도 한다. 산성백토 (Fuller's earth)는 크게 몬모릴로나이트로 구성된 산성백토와 애타풀자이트 (attapulgite)로 구성된 산성백토로 구분되며 대체로 산으로 처리하여 pH를 3~4로 조절하여 흡착성을 향상시켜 산성점토(acid clay)로 불리기도 한다.

미국 Wyoming 벤토나이트와 같은 Na-벤토나이트는 높은 팽윤성 (swelling)을 가지고 있어 시추용 이수제, 주물사 점결제, 타코나이트 (taconite) 철광석의 페리타이징 (pelletizing)용으로 주로 사용된다. 산성백토 과립 (granule)은 높은 흡착력을 가지고 있기 때문에 기름, 그리스, 화학물, animal litter와 토양개선제로 주로 사용된다. 스멕타이트군 광물은 높은 팽윤성, 팽창성 (expansion), 큰 표면적 (surface area), 높은 층전하 (layer charge), 높은 양이온교환능(CEC), 높은 수분 흡착력과 물과 혼합하면 콜로이드성질을 띠는 것이 일반적으로 잘 알려진 특성이다. 이러한 성질로서 활용도는 대단히 다양하게 이용되고 있는 실정이다. 또한 최근에는 흡착제용으로서의 활용이 증대 될 뿐만 아니라 유기물을 치환시킨 유기점토가 개발되어 폐수처리 및 오염된 토양정화에 활용됨이 선진국의 추세이다.

II. 세계 벤토나이트생산량

표 1. 세계 벤토나이트 생산량 (Minerals Yearbook, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998, USGS) (단위: Ton)

국명	1994	1995	1996	1997	1998
Algeria	20,215	20,000	20,000	17,000	17,000
Argentina	117,095	113,760	110,000	104,900	105,000
Armenia	100	110	2,750	28,000	3,000
Australia	35,000	35,000	35,000	35,000	35,000
Bosnia	800	800	800	800	800
Brazil	145,000	130,000	130,000	224,100	220,000
Bulgaria	76,300	125,800	118,212	171,000	175,000
Burma	795	2,655	2,600	600	1,000
Chile	1,213	1,000	1,000	700	700
Croatia	10,391	7,327	9,728	7,300	7,500
Cyprus	46,530	50,000	70,900	101,000	140,000
Czech Rep.	65,000	54,000	59,000	110,000	100,000
Egypt	2,400	1,900	1,100	1,200	1,000
France	7,000	-	-	-	-
Georgia	13,000	13,000	13,000	12,000	11,000
Germany	499,000	529,000	491,000	510,000	500,000
Greece	697,773	1,115,119	973,517	950,000	950,000
Guatemala	4,408	4,500	4,500	4,500	3,800
Hungary	14,700	22,792	15,376	14,848	15,000
Indonesia	14,409	26,057	26,000	25,000	25,000
Iran	71,759	54,798	85,000	105,300	105,000
Italy	386,000	591,000	475,000	513,000	500,000
Japan	484,115	478,056	468,728	495,646	444,507
Macedonia	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000
Mexico	92,476	72,599	69,810	111,503	185,729
Morocco	24,919	29,308	39,680	49,633	50,000
Mozambique	3,349	3,500	11,501	13,799	14,000
New Zealand	930	3,699	13,734	12,802	14,000
Pakistan	11,180	5,759	15,290	12,000	14,196
Peru	27,682	26,691	18,592	22,285	18,600
Philippines	3,415	7,636	8,000	8,000	8,000
Poland	19,900	6,300	8,000	10,000	10,000
Romania	41,056	42,277	43,543	27,133	30,000
Serbia	215	192	95	100	100
South Africa	71,773	70,927	48,076	33,326	34,000
Spain	179,223	172,265	151,155	150,000	150,000
Tanzania	70	70	75	75	75
Turkey	516,187	602,499	515,452	500,000	500,000
Turkmenistan	50,000	50,000	50,000	50,000	50,000
U.S.S.R.	1,300,000	1,300,000	1,200,000	1,100,000	900,000
United States	3,290,000	3,820,000	3,740,000	4,020,000	3,820,000
Zimbabwe	169,097	169,823	185,953	186,000	140,000
Total	8,740,000	9,800,000	9,420,000	9,750,000	9,330,000

1994년부터 1998년까지의 세계 벤토나이트의 연간 생산량은 약 8.7~9.3 Mt 이

며 산성백토는 2.6~3.7 Mt 이다 (표 1 참조). 벤토나이트의 경우 미국이 연간 3.3~4.0 Mt으로서 세계 생산량의 약 40%를 차지하며 연간 500,000 톤 규모의 생산국은 미국, 러시아, 그리스, 터키, 독일, 이태리 및 일본이다. 산성백토의 경우는 미국이 연간 2.4~2.6 Mt 으로서 세계 생산량의 70% 이상을 차지하고 있고 연간 100,000 톤 이상 생산국은 미국, 독일, 세네갈 및 영국이다.

III. 국내 벤토나이트 광산 및 가공산업체 현황

1. 생산량 및 가행광산 현황

우리나라 1994년부터 1999년까지의 벤토나이트의 연간생산량 규모는 약60,000~142,000 톤으로서 세계 15위권에 해당된다 (표 2 참조). 산성백토는 연간생산량이 21,000~35,000 톤으로서 벤토나이트에 비해서는 적은 량이다 (표 2 참조).

94년부터 99년까지의 가행광산수는 12개부터 18개이나 생산량의 월평균보고 광산수는 평균 5개 광산에 불과하다. 즉 1년내 계속 생산하는 광산수로 따진다면 5개 광산에 불과하다는 결론이다.

표 2. 한국의 벤토나이트 및 산성백토 생산량 (단위: 톤)

	1994	1995	1996	1997	1998	1999
벤토나이트	121,262	66,157	93,864	142,027	59,765	112,258
산성백토	23,852	27,563	21,820	24,829	28,805	35,246

인용자료 : 94년, 95년, 96년, 97년, 98년, 99년도 광산물수급현황 (산업자원부)

2. 판매실적

1996년부터 1999년까지 벤토나이트 생산 광산수는 약 20여개되나 이 기간동안 3년이상 계속 생산한 광산수는 8개 광산에 불과하며 연간 생산량이 평균 10,000톤이상 광산수는 3개 광산 정도이다. 1999년부터 최근까지 계속 가행하는 광산은 동양송전, 두산, 나아 및 옥산 벤토나이트광산에 불과하다 (표 3 참조). 최근 5년간의 연간 생산량, 판매실적 및 가행광산수로 본다면 국내 벤토나이트 광업현황은 너무나 취약한 실정으로서 값싼 중국산 광석과 고품위 Wyoming 광석의 수입이 계속 급증할 수밖에 없다. 1999년부터 한국슈드케미의 경우는 중국, 이태리 및 터키로부터 원광을 수입하고 있으며 볼크레이코리아의 경우도 Wyoming 광석과 중국 광석을 수입하여 사용하고 있다. 국내 벤토나이트 원광의 가격은 톤당 10,000원~20,000원 수준이며 고품위 광석의 경우 톤당 50,000원까지 판매되고 있다. 취약한 국내 벤토나이트 광업과 수요의 불안정성을 타개하기 위해서는 벤토나이트 광상탐사가 정부 차원에서 수행되어 영세 광업사의 효율적인 개발을 유도하며 새로운 광체를 확보하여 국내 수급에 보조를 맞추어야 될 것으로 판단된다.

표 3. 국내 벤토나이트광산의 판매실적

수요처명	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
동양벤토나이트	10,180	16,524	12,910	9,520	11,558	20,511	14,026
블크레이코리아	4,267	9,088	11,675	29,213	21,220	-	7,412
한국슈드케미	7,260	23,289	50,931	63,410	50,617	22,054	31,749
일성케미칼	-	-	-	-	-	-	12,146
동해화학	3,901	6,755	3,598	14,357	6,772	9,796	7,274
보성화학	7,457	11,261	-	-	500	-	3,250
한일화학	2,000	-	-	510	-	-	-
함창탄소	713	1,060	1,594	2,200	-	-	-
기타	11,179	13,740	9,240	5,284	27,370	6,345	10,493
계	46,957	81,717	89,948	121,194	118,037	58,706	86,350

인용자료 : 월간자원정보 제 104호, 2000. 09, 한국자원연구소

3. 수요처별 구매량 추이

국내 벤토나이트 원광의 활용업체별 구매량을 살펴보면 1993년부터 1999년까지 연간 47,000~121,000 톤 정도이다. 업체는 8개 이상이나 주 사용업체는 동양벤토나이트, 블크레이코리아, 한국슈드케미 3개사이다 (표 4 참조). 여기 보고된 자료는 구매량으로서 자체광산을 보유하고 있는 업체는 이 양보다 훨씬 많은 양을 사용한다.

표 4. 국내 벤토나이트 사용처의 구매량 추이

수요처명	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
동양벤토나이트	10,180	16,524	12,910	9,520	11,558	20,511	14,026
블크레이코리아	4,267	9,088	11,675	29,213	21,220	-	7,412
한국슈드케미	7,260	23,289	50,931	63,410	50,617	22,054	31,749
일성케미칼	-	-	-	-	-	-	12,146
동해화학	3,901	6,755	3,598	14,357	6,772	9,796	7,274
보성화학	7,457	11,261	-	-	500	-	3,250
한일화학	2,000	-	-	510	-	-	3,250
함창탄소	713	1,060	1,594	2,200	-	-	-
기타	11,179	13,740	9,240	5,284	27,370	6,345	10,493
계	46,957	81,717	89,948	121,194	118,037	58,706	86,350

인용자료 : 월간자원정보 제 104호, 2000. 09, 한국자원연구소

4. 활용현황

벤토나이트 주 수요업체인 한국슈드케미, 블크레이코리아 및 동양벤토나이트의 최근 활용현황은 표 5와 같다.

표 5. 국내 주요 벤토나이트 산업체의 활용현황

용도	한국슈트케미	동양벤토나이트	블크레이코리아
주물용	59,000 (74%)	6,000	13,000~15,000
토목용(차수제)	16,000 (20%)	6,000	
재지산업용	16,000 (20%) ※ 98년부터 생산시작	-	-
가죽사료용	1,200 (1.5%) ※ 2000년부터 생산시작	-	-
기타사항	<ul style="list-style-type: none"> ● 수입량 10~15% ● China, Italy, Turkey 	<ul style="list-style-type: none"> ● 내화물 ● 고무 충전제 ● 고무노화방지제 ● 안료 	<ul style="list-style-type: none"> ● 98년 6월 태광화학인수 ● 원광조달 <ul style="list-style-type: none"> - Wyoming 6,000T/Y - China 4,000T/Y - 국내 3,000~5,000T/Y
총량	70,000~80,000T/Y (95~2000)	10,000~12,000T/Y (1999)	13,000~15,000T/Y (1999)

인용자료 : 업체로부터 수집된 자료 (2000)

표5에서 보는 바와 같이 우리나라 벤토나이트 활용은 토목용과 주물용이 90% 이상을 차지하고 있다. 이러한 용도는 전통적인 용도로서 신용도 개발과 선진국형 용도로 방향을 전환 시켜야 될 것이다.

IV. 미국 벤토나이트의 산업현황

1. 광상분포

미국의 벤토나이트 생산량은 앞서서도 언급하였지만 세계 생산량의 40% 이상을 차지하고 있다. 벤토나이트 광상은 Alabama, Arizona, California, Colorado, Florida, Georgia, Idaho, Illinois, Kansas, Louisiana, Mississippi, Missouri, Montana, Nevada, New Mexico, Oklahoma, Oregon, South Carolina, South Dakota, Tennessee, Texas, Utah, Virginia 및 Wyoming 주 등 매우 넓게 다양한 지역에 분포하고 있다 (Fig. 1 참조). 이들 광상은 대부분 제3기 퇴적층 특히 Miocene에서 Pliocene기 퇴적층 내에 주로 분포되며 드물게 백악기 또는 쥐라기층 내에도 분포하고 있다. 특히 미국 벤토나이트 생산의 거의 80% 이상을 차지하는 Wyoming 지역은 백악기층 내에 부존하고 있다. Wyoming 지역의 벤토나이트 광상은 Black Hills Region, Power River Basin, Big Horn Basin, Wind River Basin 과 Laramie Basin 에 주로 분포하고 있다.

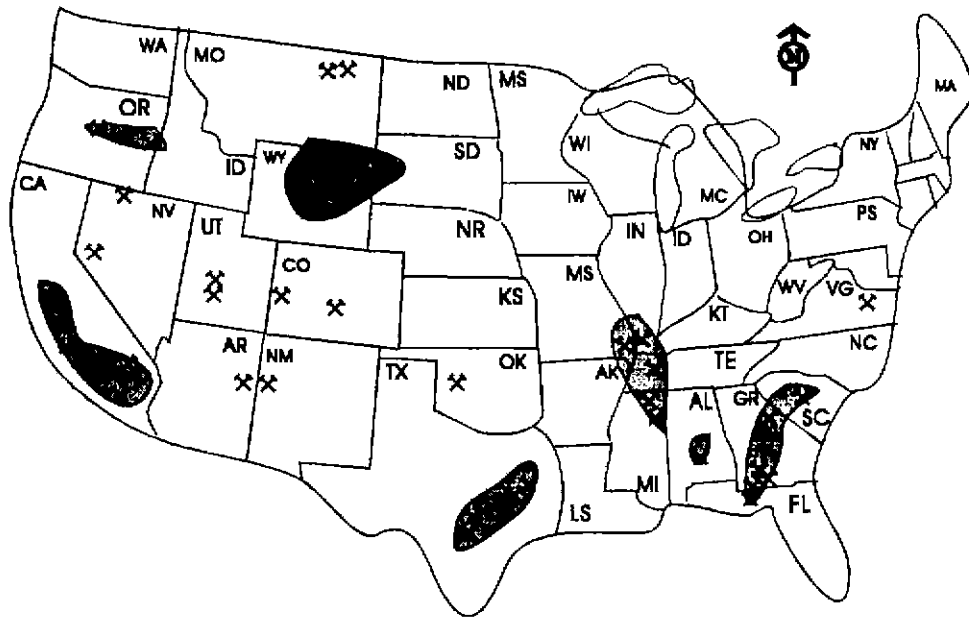


Fig. 1 Distribution map of bentonite deposits of USA
(from J. W. Hosterman and S. H. Patterson, 1992)

2. 주별 생산량

미국 벤토나이트의 주별 생산량은 표 6과 같으며 1994년부터 1998년까지의 자료를 보면 Wyoming 주에서의 생산이 거의 80% 이상 차지하고 있다. 이는 거의 Wyoming 주의 생산에 의존하고 있음을 보여주는 자료이다.

표 6. 미국 벤토나이트의 주별 생산량 (Minerals Yearbook, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998, USGS)

	1994	1995	1996	1997	1998
California	W	W	W	W	W
Colorado	1(NS)	3(NS)	1(NS)	-	-
Mississippi	139(NS)	164(NS)	145(NS)	W	W(NS)
Nevada	W	W	W	W	W
Oregon	W	W	W	W(S)	W(S)
Wyoming	2,530(S)	2,940(S)	3,030(S)	3,340(S)	3,150(S)
Others					
Alabama					
Montana	246(NS)	216(NS)	315(NS)	397(NS)	410(NS)
Tennessee	203(S)	324(S)	251(S)	283(S)	260(S)
Texas					
Utah					
Total (×1000 ton)	3,290	3,820	3,740	4,020	3,820
Value (×1000. US\$)	136,000	138,000	134,000	169,000	176,000

3. 활용도 및 사용량

미국에서의 벤토나이트 활용도 및 용도별 사용량은 표 7과 같다. 1998년의 경우 전통적인 활용분야인 토목공업용이 약 8%, 주물공업용이 24%, 철광 점결제용이 18% 및 시추용 이수제가 약 20%를 차지하나 국내의 용도와는 차이를 보이는 것이 cat litter 는 animal litter 와 같은 애완동물의 오폐물 흡착제용이 18%를 차지하고 계속 증가 추세에 있다. 일본의 경우도 뒷장에서 기재되었지만 이 용도가 약 17% 로서 이러한 용도분야는 선진국형 용도로 취급될 수 있다.

표 7. 미국 벤토나이트의 용도별 사용량 (Minerals Yearbook, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998, USGS)

	1994	1995	1996	1997	1998
Absorbents					
Pet. waste	455,000	574,000	607,000	604,000	773,284
Other	91,000	88,400	90,500	W	W
Adhesives	W	W	11,200	15,100	12,856
Animal feed	96,900	97,800	65,200	110,000	77,442
Ceramics(except refr.)	W	W	W	W	W
Drilling mud	586,000	627,000	572,000	789,000	664,912
Filler and extend applications	30,000	69,900	W	41,250	48,695
Filtering, clarifying, decoloring(Oils)	W	W	W	82,400	103,540
Foundary sand	712,000	745,000	772,000	901,000	868,548
Pelletizing (Fe ore)	509,000	646,000	674,000	536,000	529,226
Refractories	32,200	21,800	16,700	7,800	2,525
Waterproofing and sealing	287,000	228,000	227,000	267,000	235,968
Miscellaneous	55,400	94,900	242,000	126,000	79,820
Total	2,850,000	3,390,000	3,310,000	3,480,000	3,396,816

V. 일본 벤토나이트의 산업현황

1. 광상분포

일본의 벤토나이트 광상의 분포는 제3기 Miocene 화산쇄설물과 퇴적암으로 구성된 퇴적분지에 한정되어 산출되고 있다(Fig. 2).

2. 생산량 및 활용도

1994년부터 1998년까지 일본의 연간 벤토나이트 생산량은 450,000~500,000 톤으

로서 세계 주생산국의 하나로 자리잡고 있다. 주 생산광산은 Kunimain, Hojun, Hoyo, Nisho, Mitsuishi 등이며 주 활용분야는 주물사용, 토목용, Cat litter용, 시추용 이수제 등으로 요약된다.

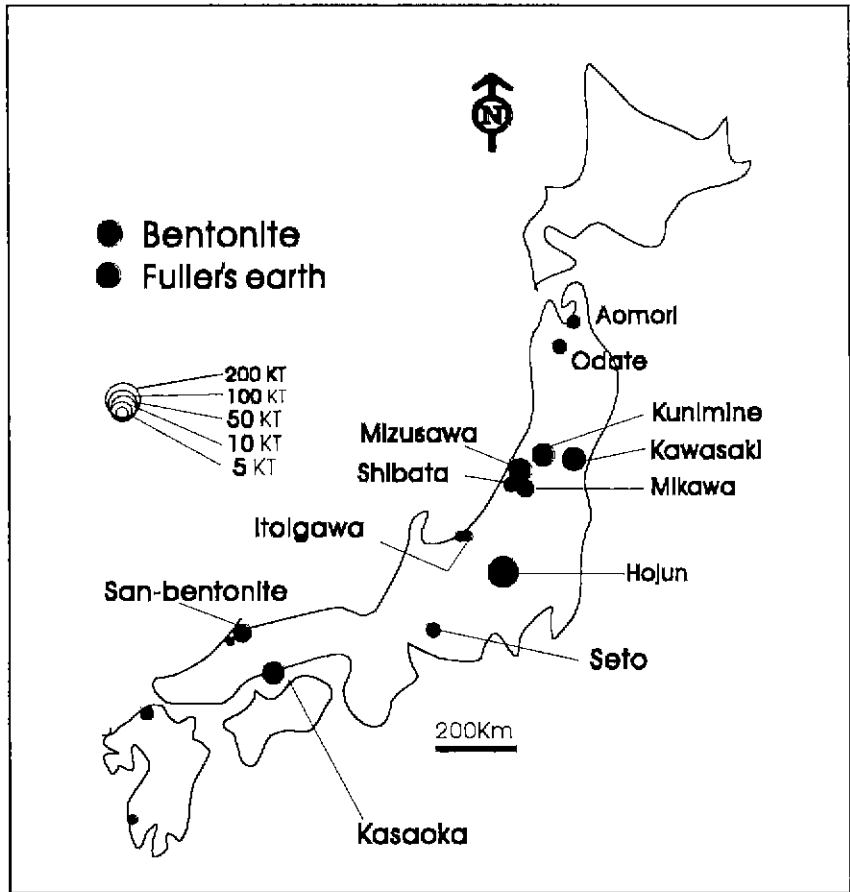


Fig. 2. Distribution map of bentonite and fuller's earth deposits in Japan (after Hirano and Sudo, 1994)

표 8. 1999년 일본의 벤토나이트 생산량 및 활용분야 개요 (고상모 외, 2000)

광산명	생산량(톤/년)	활용분야	활용량(톤/년)
Kunimain (月布)	200,000	주물사용	200,000
Hojun (豊順)	130,000	토목용	200,000
Hoyo	130,000	Cat litter	100,000
Nisho	80,000	기타	100,000
Mitsuishi	50,000		
기타 (San-bentonite 외)	40,000		
총량	600,000		600,000

3. 용도별 출하량

일본의 용도별 출하량을 1978년, 1988년, 1998년으로 나누어 비교하여 보았다 (표 9 참조). 총량으로 본다면 1998년은 1978년에 비해 134% 증가율을 보이며 1988년에 비교하면 116% 증가율을 보이는 완만한 증가 패턴이다.

1970년대에서 90년대말로 증가추세를 보이는 용도는 토목용과 cat litter용이며 감소추세를 보이는 용도는 주물사용, 비료분산제, 철광 점결제, 시추용 이수제, 충전제 및 내화물용 등으로 구분되어진다 (표 9 참조). 특히 80년대에는 활용되지 않았던 cat litter용이 1998년부터 최근까지 연간 약 100,000 톤 활용되고 있는 것이 특징이다. 1998년의 경우 업체수는 7개에 달한다.

표 9. 일본 벤토나이트의 용도별 출하량비교 (고상모외, 2000)

Uses	1998		1988 (톤)	1978 (톤)
	(톤)	(%)		
Waterproofing and sealing	181,204	35.8	141,274	85,172
Foundary sand	158,234	31.3	171,643	146,263
Fertilizers	16,958	3.3	44,440	69,103
Cat litter	90,103	17.8	-	-
Iron pelletizing	758	0.1	10,997	48,903
Drilling mud	14,704	2.9	24,102	26,051
Filler and binder (Paint)	8,041	1.6	10,451	12,603
Refractories	2,746	0.5	3,776	1,124
Miscellaneous	30,220	6.0	36,665	15,888
Export	-	-	2,199	4,809
Total	506,390		455,137	418,058
Import	123,000		89,000	53,000
Companies	7		7	9
Total	631,390		544,137	475,058

4. 일본의 벤토나이트 광상

1) San-벤토나이트 광상

- * 위치 : 일본 서남부 島根縣 (Shimanae) 出雲 (Izumo)市 소재
- * 연혁 : 1971년 부터 생산을 시작하여 월 1,000 ton 생산 (20,000Yen/T)하며 고품위 광석을 China로부터 수입하고 있다.
- * 지질 : 제3기 화산쇄설물층내 부존
- * 광석 : 연녹색을 띠며 Ca-montmorillonite, 석영, 크리스토퍼라이트 및 장석으로 구성된다.

* 가공공정

압편제거(Hand picking)→ 혼화 (햇빛에 건조후)→건조(Rotary dryer)→1차 분쇄 (Roller mill) : 활성화 (Na₂CO₃)→ 건조(Rotary dryer) 및 2차분쇄 (활성화) → 입도분리 (Air injet : 300 mesh 이하)→ 포장

* 제품 특성

제품명	입도(mesh)	pH	팽윤도(배)	CEC
K급 (Ca-계)	300	5-7	2.0-2.5	65
KG급 (Ca-계)	300	7-9	2.5-3.0	65
KA급 (Na-계)	300	>9	4.0-4.5	65

* 용도: 철광 pellet용 점결제, 주물사형 점결제, 농약용, 토목건설용, 시추용 니수 제, 토양개량제 (누수억제작용, 비료유효성분고정화), 기타 (화장품, 의약품, 치약 및 세제)

2) 豊順 (Hojun) 벤토나이트 광상

- * 위치 : 일본 群馬縣 (Gunma), 安中 (Annaka)市 소재
- * 연혁 : 1914년 풍순양행주식회사를 시조로 하여 현재 풍순광업, 일본유기점토, 풍순양행을 운영하고 있음. 년 100,000 톤 생산하며 자체원광 70%와 Wyoming 고품위 광석 30% 수입
- * 지질 : 제3기 퇴적층내 부존 (Middle Miocene Fukushima Fm.)
- * 광석 : Na-bentonite, Ca-bentonite (활성화)
- * 가공공정과정
crushing→ drying→ milling (Raymond) →size separation→ packing
- * 제품 및 용도
 - 200# powder : 토목용 및 주물용
 - 250# powder : 토목용, 주물용, 농약용
 - 14~40# granule : 농약용
 - 2~0.5 mm granule : cat litter

3) 月布 (Kunimain) 벤토나이트 광상

- * 위치 : 일본 新潟縣 (Niigata), 寒河江(Sagae)市 소재
- * 연혁 : 1941년 광상발견하여 1943년 채광시작 하였으며 연간 약 90,000~150,000 톤 생산함.
- * 지질 : 제3기 해성퇴적층내 부존 (Middle Miocene Kusangai, Mazawa Fms.) 하며 1~2m (7m max.) 맥폭 광체가 35매 발달
- * 광석 : 회색 내지 암녹색의 Na-bentonite

* 가공공정과정

- Powder

mixing→crushing (Roller crusher)→drying (Rotary dryer)→milling
(Centrifugal Roller mill)→size separation→ packing

- Granule

mixing→ 20~40% H₂O 주입하여 pasting→입도별로 절단 (0.8, 0.9, 1.2 φ)
→drying (Rotary dryer) : H₂O 1% 미만으로 조절→Silo 에 저장→packing

* 용도 및 가격

- 주물용 : 70,000 T/Y, 30,000 ¥/T

- 토목용 : 70,000 T/Y, 15,000~30,000 ¥/T

- 시추용 이수제 : 10,000 T/Y, 50,000 ¥/T

- Cat litter : 40,000 T/Y, 30,000 ¥/T

- 농약용 : 20,000 T/Y

- 기타 : 방사성 폐기물 처분장용 brick, 쓰레기 매립장 liner, 화장품(세척크림, 스킨로션)

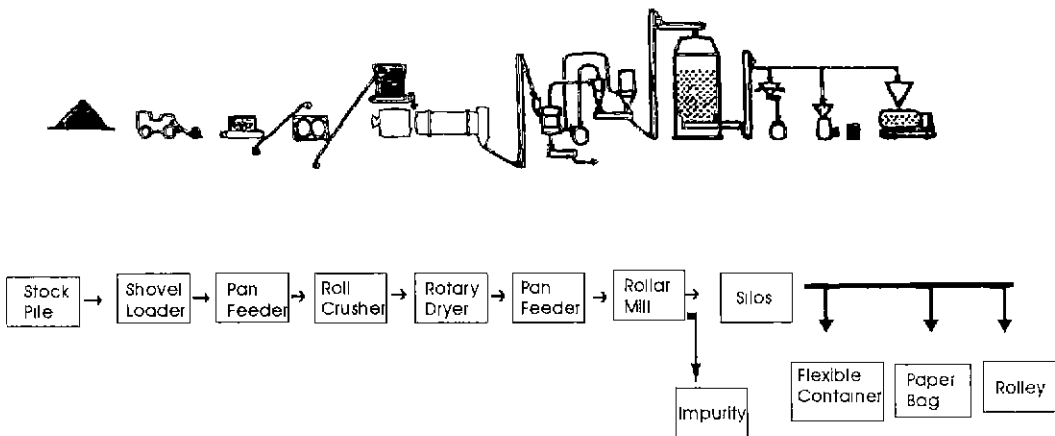


Fig. 3. Flow sheet of bentonite powder production (from Koh, 2000)

VI. 요약

1. 선진국의 경우 한 사업체에서 광산-가공산업체-연구소를 운영하는 시스템으로서 제품규제부터 시작하여 지속적인 용도개발이 가능하다.
2. 한국의 벤토나이트 광업 및 가공산업체의 현황이 일본의 5분의 1규모이며 연간 생산량 및 수요량이 100,000 톤 규모로서 세계 15위권에 해당된다.

3. 벤토나이트 광업의 영세화로 효율적이고 장기적이고 효율적인 개발이 되지 못한다.
4. 광량의 고갈 및 개발 침체로 수입량이 증대되고 있다.
5. 새로운 용도개발이 요구된다. 특히 최근 증대되는 cat litter용, 흡착제용 등 우선 개발이 용이한 용도개발을 추진해야 하며 다음으로 방사성 폐기물 처분장 liner 및 brick용, 폐수처리용 유기-벤토나이트, 쓰레기매립장 liner용과 화장품용 등의 부가가치를 향상시킬 수 있는 용도개발이 시급하다고 본다.

참고문헌

- 고상모외 (2000) 한국과 일본의 비금속광물자원에 대한 조사연구, KR-00(T)-19, 한국자원연구소, p. 158.
- 산업자원부, 한국자원연구소 (1995) '94도 광산물 수급현황
- 산업자원부, 한국자원연구소 (1996) '95도 광산물 수급현황.
- 산업자원부, 한국자원연구소 (1997) '96년도 광산물 수급현.
- 산업자원부, 한국자원연구소 (1998) '97년도 광산물 수급현황
- 산업자원부, 한국자원연구소 (1999) '98년도 광산물 수급현황
- 산업자원부, 한국자원연구소 (2000) '99년도 광산물 수급현황
- 한국자원연구소 (2000) 월간 자원정보, 제 104호, p. 91-101.
- Hirano H. and Sudo, S. (1994) Industrial mineral resources in Japan. Bull. Geol. Surv. Japan, 45,107-133.
- J. W. Hosterman and S. H. Patterson (1992) Bentonite and fuller's earth resources of the United States, USGS Prof. Pap., no. 1522, p. 45.
- R. L. Virta (1994, 1995, 1996, 1997, 1998) Minerals Yearbook, USGS