

한국산 맥반석의 미네랄 용출 및 중금속제거 효과

황진봉[†] · 양미옥 · 김민아 · 박성훈*

한국식품개발연구원 식품분석실, *식품경제연구원
(1996. 6. 5. 접수)

Extraction of Minerals and Elimination Effect of Heavy Metals in Water by Korean Quartz Porphyry

Jinbong Hwang[†], Miok Yang, Mina Kim, Sunghoon Park

Food Analysis Lab., Korea Food Research Institute, Kyonggi-do, 463-420, Korea
(Received Jun. 5, 1996)

요약 : 한국산 맥반석의 원소분석 결과, 다공성과 밀접한 관계가 있는 강열감량은 수안보, 예천, 안강, 경산산 맥반석 순으로 각각 7.03, 3.68, 2.09, 0.73%였다. 미네랄 용출은 수안보산과 경산산 맥반석이 0.5~2.0%, 안강산은 1.5% 농도 이하에서 탈이온수에 첨가하여 180rpm에서 3시간 교반했을 때 음용수 수질기준에 적합하였고, 예천산 맥반석은 철분이 다량 검출되어 부적합하였다. 최적화된 농도를 이용한 중금속 제거효과는 단일 용액에서 납의 경우 3%의 맥반석을 사용했을 때 수안보, 예천, 안강산 등이 4시간만에 약 99%가 제거되었고, 카드뮴은 7% 맥반석을 사용한 수안보산이 반응 1시간 후 약 98%가 감소하였다. 그리고 구리는 저농도의 맥반석에서 매우 탁월했는데, 특히 안강산 맥반석의 경우 0.4% 농도에서 4시간만에 약 99% 이상이 이온교환되었다. 그러나 전반적으로 한국산 맥반석들을 이용한 비소 제거효과는 극히 낮았다.

Abstract : According to the element analysis of Korean Quartz Porphyry, the ignition loss related to porosity was 7.03, 3.36, 2.09 and 0.73% in the order of Suanbo, Yeachen, Angang and Kyongsan. Extraction of minerals in deionized water and elimination effect of heavy metals in water by Quartz Porphyry were examined. When the Quartz Porphyry of the Suanbo, Yeachen of 0.5~2.0% concentration and the Quartz Porphyry of the Angang of 1.5% concentration were immersed and stirred in deionized water for 3 hours at 180rpm, various minerals concentration of the all stirred water were suitable for potable water. But Quartz Porphyry of the Yeachen was not suitable for potable water because of excess extraction of iron. The elimination rate of lead in single solution was 99% by Quartz Porphyry of the Suanbo, Yeachen and Angang of 3% concentration. Cadmium by Quartz Porphyry of the Suanbo of 7% concentration was eliminated about 98% in 1 hour. The copper was significantly eliminated in Quartz Porphyry of low concentration. Especially in Quartz Porphyry of Angang at 0.4% concentration, the rate of ion exchange was 99% in 4 hours. But elimination effect of arsenic in water by Korean Quartz Porphyry was very low.

Key words : Quartz Porphyry, Mineral Extraction, Heavy Metal Elimination, ICP-AES

1. 서론

중국 명나라 때 이시진의 본초강목¹에 기록된 맥반석은 석영반암, 장석반암류에 속하는 반심성암으로, 그 장석은 $KAlSi_3O_8$, $NaAlSi_3O_8$, $CaAl_2Si_2O_8$, $MgAl_2Si_2O_8$ 등의 화학조성으로 그 중 SiO_2 는 SiO_4 의 정사면체가 3차원의 입체 구조를 갖는 규산염 광물로서 SiO_4 사면체와 AlO_4 사면체가 상호 1개씩 산소원자를 공유하여 결합한 원상구조의 결정격자를 가지고 있다².

우리 나라의 맥반석 분포면적은 총 5,615km²에 달하고 있으며, 지역별로 살펴보면 경상남도 2,081km²로 가장 넓은 분포면적을 나타내고 있으며, 그 다음으로 경상북도 1,480km², 전라남도 1,442km², 전라북도가 558km²로 나타나고 있다³.

따라서 전 보⁴에 이어 맥반석이 가지고 있는 다공성의 성질을 이용한 한국산 맥반석 종류에 따른 미네랄 용출 및 물리적·화학적 활성에 의한 흡착작용을 활용하여 중금속 제거능을 고찰하였다.

2. 실험

2.1. 재료 및 시약

실험에 사용된 맥반석은 안강, 예천, 수안보, 그리고 경산산으로 325 mesh에 통과된 분말을 재료로 사용하였으며, 이들에 함유된 성분 분석은 한국산업규격방법⁵으로 하였다. 본 연구에 사용한 맥반석의 성분 조성은 Table 1과 같으며, 실험에 사용한 증류수와 일반시약은 전 보⁴와 같다.

2.2. 기기 및 장치

맥반석의 다공성을 확인하기 위하여 SEM(JEOL JSM-6400, JAPAN)을 사용하였으며 Si, Al, Ti, P, Ca, Mg, Na, K, Fe, Mn, Cu, As, Cd, Pb 등 금속의 원소는 전 보⁴와 마찬가지로 Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometer(Jobin Yvon JY 38 plus, France)에 의하여 분석하였다.

2.3. 미네랄 용출

맥반석에 의한 미네랄 용출실험은 안강, 예천, 수안보, 그리고 경산산 맥반석을 350ml 삼각플라스크에 시료와 증류수를 무게비로, 즉 0.5, 1.0, 1.5, 2.0% 되게 달아 넣고 전 보⁴와 동일한 방법으로 분석하여 비교 조사

Table 1. Elemental analysis of samples used

unit : wt%

Compounds	AG	SB	YC	KS
SiO ₂	68.80	58.66	62.59	72.91
Al ₂ O ₃	12.99	13.44	14.70	11.46
Fe ₂ O ₃	2.47	2.70	2.59	2.30
CaO	1.99	4.19	2.10	1.45
MgO	0.56	3.18	2.53	0.51
K ₂ O	4.53	5.51	1.64	4.03
Na ₂ O	6.25	4.95	9.80	6.18
TiO ₂	0.23	0.25	0.27	0.31
P ₂ O ₅	0.06	0.07	0.08	0.07
MnO	0.06	0.05	0.05	0.08
Ig-loss	2.09	7.03	3.68	0.73

AG : Angang, SB : Suanbo, YC : Yeachen, KS : Kyongsan

하였다.

2.4. 농도에 따른 중금속 제거

맥반석 농도에 따른 중금속 제거효과를 살펴 보기 위해 증류수와 Pb, Cd, As, Cu 등의 표준물질을 각각 50ppm 농도로 제조하여 전 보⁴와 같은 방법으로 분석하여 검토하였다.

2.5. 침지시간에 따른 중금속 제거

맥반석 농도에 따른 중금속 제거 실험에서 그 효과가 가장 높은 농도는 Pb의 경우 안강, 예천, 수안보산 맥반석으로 각각 3%로 결정하였으며, 경산산은 10%였으나 다른 맥반석에 비해 그 제거율이 매우 불량하여 생략하였다. Cd는 수안보산 맥반석의 경우 7%, 그외 맥반석은 각각 10% 농도에서 가장 양호하여 시간에 따른 경향을 살펴 보았으며, 또한 Cu는 안강산은 0.4%, 예천산은 0.6%, 수안보산 0.4%, 그리고 경산산은 7% 농도로 각각 결정하였다. 그러나 As는 최종 10% 농도에서 As 제거능이 극히 낮아 경제적·효율적 측면을 고려한 결과 침지시간에 따른 중금속 제거실험을 생략하였다.

한편, 분석조건은 전 보⁴와 동일한 방법으로 처리하여 중금속의 제거율을 조사하였다. 이 때 초기 중금속의 농도는 각각 50ppm이었다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 미네랄의 용출

맥반석에 증류수를 첨가하여 맥반석의 종류에 따라 용출되는 무기질을 측정 비교 조사한 결과 Table 2와 같다. Ca, Mg, Na, K, Fe 등은 맥반석의 농도가 높을수록 전반적으로 용출되는 양이 증가하는 경향이었으며 Mn, Pb, Cu, As, Cd 등은 우리나라 음용수 수질기준⁶보다 낮거나 검출되지 않았다. 한편, Fe는 2% 안강산과 예천산 맥반석에서 음용수 수질기준인 0.3ppm 이하보다 높게 나타났으며, 특히 예천산은 모든 농도에서 전반적으로 상당량이 검출되어 식용수로 사용하기엔 부적합하였다.

그러나 수안보산과 경산산 맥반석은 전 농도에서 음용수 수질기준에 대해 비교적 양호하게 나타났다. 이 측정 결과 Mg의 경우 전 보⁴의 노화도산 맥반석에 비

해 2%의 동일한 농도에서 안강산은 비슷한 결과로 분석되었으나 예천, 수안보, 경산산은 각각 약 6, 5, 2배 이상 높았으며, 일본산에 비해서도 상당량이 검출되었다. 그리고 Ca는 같은 2% 노화도산에 비해 전반적으로 낮은 결과치를 보여준 반면, Na는 Ca와는 대조적으로 동일 농도에서 2~3배 높았고, K는 안강산과 수안보산은 3.39, 4.08ppm으로 노화도산과 유사하였으나 예천산과 경산산은 각각 1.55, 1.56ppm으로 상기의 것보다 약 2배 이상 낮았다. Fe는 노화도산 맥반석의 경우 농도 차이에 따른 미네랄 용출의 유의차를 발견할 수 없었으나 수안보산은 0.04ppm, 예천산은 1.39ppm으로 약 35배의 차이를 보였다. 그리고 기타 각각 맥반석에서 용출된 중금속은 노화도산과 비슷하였다. 또한 국립보건원⁷의 자료에 의하면 증류수 250ml에 맥반석(산지와 맥반석의 분쇄 정도는 알 수 없음) 25g을 넣어 침지시킨 다음 72시간 경과 후 거른 다음 시험한 결과 Ca, Mg, Na, K 등은 각각 8.8, 1.8, 26.1, 29.8ppm이라고 보고하였다.

따라서 본 연구 결과를 종합하여 볼 때 미네랄 용출능은 맥반석의 종류, 산지, 농도, 분쇄 정도, 그리고 화학성분 등이 미네랄 용출에 큰 영향을 주는 것으로 생각된다.

한편, 산지별 맥반석의 조성을 살펴 보면(Table 1) SiO₂는 경산, 안강, 예천, 수안보산 순으로 각각 72.91, 68.80, 62.59, 58.66%로서 강열감량(이하 Ig-loss로 함)과 밀접한 관계가 있음을 보여 주고 있다. 즉, SiO₂의 함량이 높을수록 Ig-loss가 낮아지는 현상으로서 이것은 맥반석의 특징 중의 하나인 다공성과 깊은 관련이 있는 것으로 해석되며 이러한 근거는 SEM의 결과(Fig. 8의 A, B, C, D)에서도 관찰되고 있다. Al₂O₃는 예천산이 가장 높은 14.7%, 경산산 맥반석이 11.46%로 약 3%가 적은 것으로 나타났다. 그리고 CaO와 K₂O는 수안보산이 높게 분석되었고, Na₂O는 예천산이 9.80%로 분석되어 미네랄 용출실험(Table 2)과 일치됨을 보였다. 그리고 TiO₂, P₂O₅, MnO 등은 비슷한 분석값을 보인 반면, Ig-loss는 수안보산이 7.03%로 경산산의 0.73%에 비해 약 9배 이상 높은 함량을 보이고 있다. 그러나 김⁸이 사용한 맥반석(산지 알 수 없음)은 SiO₂와 Al₂O₃가 각각 56.36, 16.50%였으며, 홍⁹이 분석한 맥반석(산지 알 수 없음)은 61.08, 17.98%였다. 또한 전 보⁴에서 사용한 노화도산과 일본산은 각각 SiO₂

Table 2. Mineral composition of deionized water immersed with Quartz Porphyry and stirred at 180rpm for 3 hours

unit : wt%

		Ca	Mg	Na	K	Fe	Mn	Cu	As	Cd	Pb
Deionized water		0.10	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
AG wt(%)	0.5	4.86	0.12	0.74	1.06	0.16	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
	1	5.65	0.19	1.57	1.79	0.22	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
	1.5	5.55	0.21	2.37	2.35	0.28	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
	2	5.69	0.26	3.40	3.39	0.48	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
SB wt(%)	0.5	4.92	0.57	1.05	1.52	0.07	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
	1	5.41	0.83	2.11	2.81	0.08	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
	1.5	5.79	1.06	3.02	3.88	0.04	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
	2	6.17	1.18	3.68	4.08	0.04	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
YC wt(%)	0.5	4.60	0.60	1.03	0.46	0.52	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
	1	4.69	0.83	2.37	0.91	0.78	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
	1.5	4.63	0.84	3.28	1.19	1.06	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
	2	6.18	1.31	4.78	1.55	1.39	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
KS wt(%)	0.5	1.03	0.17	0.80	0.53	0.11	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
	1	1.78	0.28	1.42	0.88	0.17	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
	1.5	2.25	0.32	1.93	1.09	0.19	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
	2	3.03	0.44	2.71	1.56	0.25	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D

AG : Angang, SB : Suanbo, YC : Yeachen, KS : Kyongsan

N.D : Not Detected

는 64.2, 69.76%, Al₂O₃는 14.7, 14.01%로서 맥반석 산 지에 따라 맥반석의 주성분인 실리카와 알루미늄이 크게 차이가 나는 것을 알 수 있었다.

3.2. 맥반석의 농도에 따른 중금속 제거효과

맥반석의 농도에 따른 중금속 제거효과를 살펴본 결과는 Fig. 1, 2, 3, 4와 같다. Pb의 경우 안강, 예천, 수안보산 맥반석 등은 비교적 저농도에서 Pb 제거율은 약 99% 이상이었으며, Cu의 제거효과는 다른 중금속과는 달리 특이한 양상을 보였는데, 안강, 예천, 수안보산

맥반석의 경우 1% 이하의 농도에서 Cu의 이온교환이 신속하게 이루어짐을 알 수 있었다.

한편, As 제거 경향을 분석한 결과 안강, 예천, 수안보, 경산산 맥반석의 경우 비교적 농도에 따라 다소 차이는 있으나 그 제거율은 매우 낮았으며 다른 중금속과 비교해 볼 때 전체적으로 저조하였다. 맥반석을 이용한 Cd 제거 양상은 Fig. 4에 도시된 바와 같이 그 제거율은 수안보산 맥반석이 가장 좋았는데, 7% 농도에서 0.43ppm이 측정되어 약 99%가 제거되었으며, 안강, 예천, 경산산 순으로 10% 농도에서 Cd 농도는 각

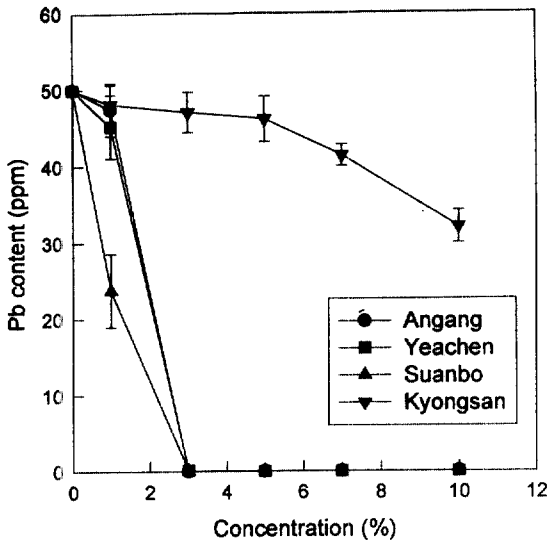


Fig. 1. Effect of Quartz Porphyry concentration on Pb elimination in water. Mean ± S. D. (n=3)

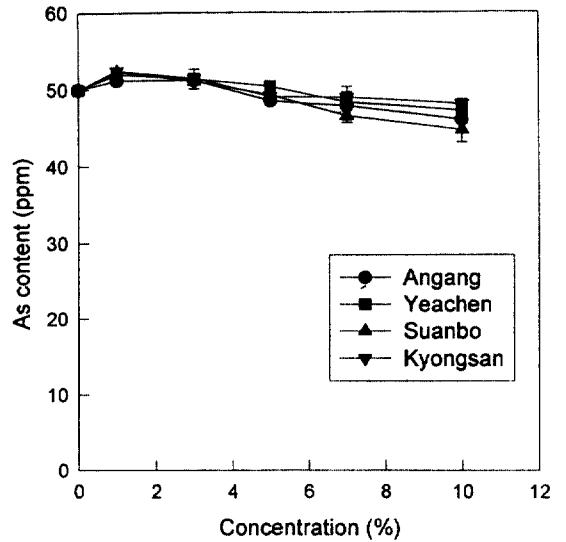


Fig. 3. Effect of Quartz Porphyry concentration on As elimination in water.

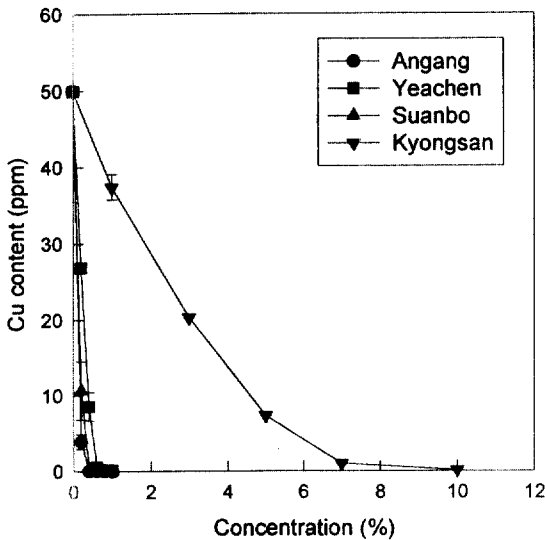


Fig. 2. Effect of Quartz Porphyry concentration on Cu elimination in water. Mean ± S. D. (n=3)

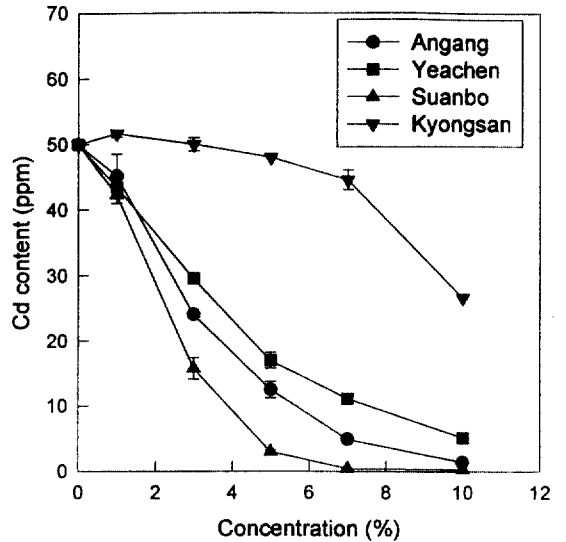


Fig. 4. Effect of Quartz Porphyry concentration on Cd elimination in water.

각 1.41, 5.16, 26.6ppm이었다.

따라서 상기의 자료들을 고찰한 결과 안강, 예천, 수안보산 맥반석이 경산산 맥반석보다 중금속 제거율이 비교적 양호하였는데, 이와 같은 현상은 맥반석의 가장 중요한 성질인 다공성이 풍부했기 때문으로 생각되며, 이러한 근거는 Table 1의 Ig-loss 함량과 Fig. 8의

A, B, C, D의 자료에서도 확인되고 있다. 맥반석이 중금속을 흡착하는 기작은 맥반석이 갖고 있는 다공성 성질이 표면적을 크게 하여 분자간 반응에 의하여 고체의 촉매 표면에 흡착원자를 끌어 들여 (+) 이온과 (-) 이온 작용에 의하여 석출된 무기질의 용출, 고체의 촉매작용에 의한 물리적 흡착이나 화학적 흡착작용

에 기인한 것으로 추정되고 있다.²

3.3. 침지시간에 따른 중금속 제거효과

침지시간에 따른 Pb 제거는 Fig. 5와 같다. 3%의 백반석 농도에서 1시간 반응 후 시간에 따른 감소율을 조사한 결과 안강, 예천, 수안보산의 순으로 1.17, 2.88, 4.12ppm이었으며 백반석 종류마다 다소 차이가 있으나 4시간 경과 후에는 0.34, 1.55, 1.0ppm으로 평형에 도달하여 약 99%가 제거되었으며, 특히 안강산 백반석이 가장 우수하였다. 이러한 사실은 동일 조건에서 분석한 전 보⁴의 노화도산 백반석의 경우 5% 농도를 사용한 결과에 비해 안강, 예천, 수안보산 백반석은 2% 적은 양을 첨가한 것이었으며, 일본산 백반석(5% 농도)과도 상당한 차이를 보였다. 즉, 같은 조건에서 1시간 반응시킨 후 측정된 농도는 39.7ppm으로, 이 때 Pb의 제거율은 20.6%, 24시간 후에는 36.2%로 반응 1시간부터 24시간 경과 후에도 Pb 제거율이 15.6% 정도만 개선된 것으로 보아 한국산 백반석이 전반적으로 우수함을 알 수 있었다.

진¹⁰ 등은 본 실험과 동일한 50ppm 용액에서 50 mesh로 분쇄된 0.1% 백반석(산지와 종류 알 수 없음)을 이용, 20일 경과 후 kg당 Pb 32.9g이 제거된다고 발표하는데 비해 안강, 예천, 수안보산의 백반석 등은 1시간 반응 후 kg당 Pb 제거는 각각 1.63, 1.63, 1.62g이었

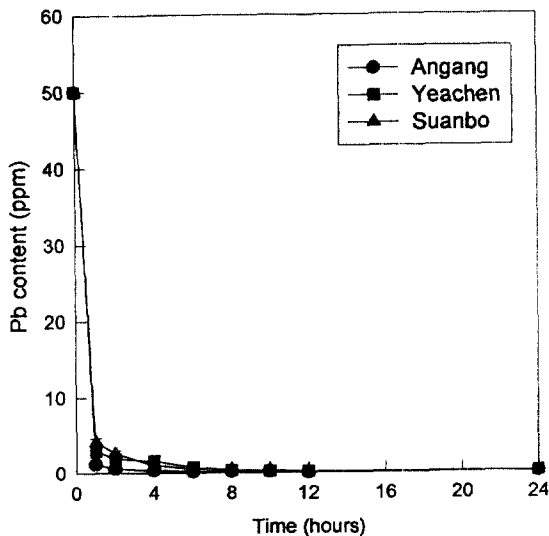


Fig. 5. Effect of stirring time on Pb elimination in water. Mean ± S. D. (n=3)

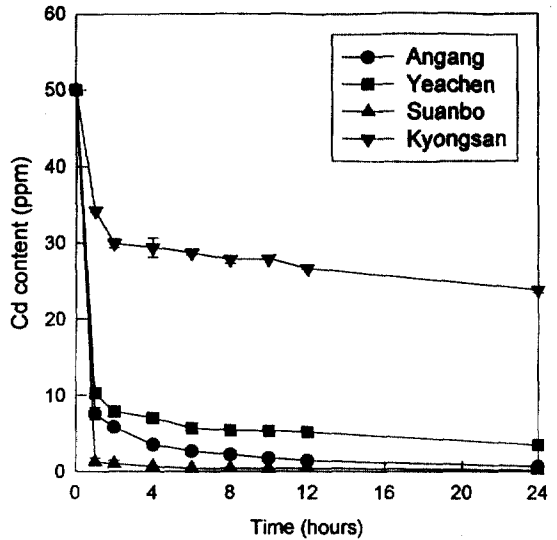


Fig. 6. Effect of stirring time on Cd elimination in water. Mean ± S. D. (n=3)

다. 또한 김¹¹은 경상북도 청도산 백반석(200 mesh) 0.1g을 각각 알칼리성(pH 12.0), 중성(pH 7.0), 산성(pH 2.4) 용액으로 구분하여 Pb 제거율을 조사했을 때 산성 용액에서 가장 양호하였으며, 특히 pH가 2.4로 조절된 Pb 50ppm 용액에서 3분간 반응시킨 후 분석한 결과 전부 제거된다고 밝힌 바 있다.

Fig. 6은 농도가 50ppm인 Cd 용액에 안강, 예천, 수안보산의 백반석을 첨가하였을 때 침지시간에 따른 Cd의 농도 변화를 보여 주고 있다. Fig. 6에 도시된 바와 같이 1시간 반응 후 백반석 종류에 따른 Cd 제거 경향을 살펴본 결과 수안보, 안강, 예천, 경산산이 각각 1.26, 7.57, 10.26, 34.26ppm이 검출되어 그 제거율은 각각 97.5, 84.9, 79.5, 31.5%였다. 그리고 7% 농도를 사용한 수안보산은 반응 4시간부터 평형에 도달하여 일정한 유형을 지속하고 있는 반면, 10% 농도를 각각 이용한 안강, 예천, 그리고 경산산 백반석은 완만한 속도로 감소하였고, 특히 경산산은 그 제거속도가 둔화되었다. 또한 24시간 경과 후에도 Cd의 농도는 동일한 순서로 각각 0.16, 0.67, 3.46, 23.76ppm이었다. 이상의 결과를 전 보⁴와 비교하였을 때 같은 조건에서 노화도산 백반석의 경우 19.9ppm이 검출, 약 60%가 제거되어 국내산 백반석은 종류에 따라 많은 차이가 있음을 보여 주고 있다. 또한 일본산과 대조구린 화강암은 24시간 경과 후에도 각각 28%, 17%만 제거되어 전반적으로 국

내산 맥반석이 양호함을 관찰할 수 있었다.

한편, 김¹¹은 pH에 따라 Cd 제거 속도가 크게 달라진다고 언급하였는데, 50ppm의 Cd 용액 100ml에 0.1g의 맥반석을 넣었을 때 중성 용액(pH 7.0)에서는 3분 경과 후 Cd량이 50%, 산성 용액(pH 2.4)에서는 90%, 알칼리성 용액(pH 12)에서는 거의 전부가 제거되었다고 보고하였다. 또한 진¹¹ 등은 Cd의 경우 맥반석(산지와 종류 알 수 없음) 0.1g을 50ppm의 용액 100ml에 넣어 약 6시간 교반시킨 후 평형에 도달하였으며, 이 때 최대 제거율은 kg당 9.9g이었다. 이¹²는 Cd 100ppm으로 오염된 쌀 kg당 6~10 mesh를 통과한 맥반석(산지와 종류 알 수 없음) 25g, 50g을 첨가하여 취반과정 중 Cd 제거효과를 고찰한 결과 각각 66%, 77%의 효과가 있었다고 발표한 바 있다. Cd는 광산지역 및 아연광산, 석유화학, 초자, 사진재료, 쓰레기 소각장 등의 국소적인 지역을 포함하는 광범위한 오염원이며, 인체에 축적되면 뼈의 이상을 가져오고, 칼슘과 인의 대사장애를 일으키는 “이타이타이병”의 주발생원¹³으로 알려져 있기 때문에 Cd의 제거는 매우 중요하다 할 수 있다.

이와 같이 국내산 맥반석의 Pb, Cd 제거능이 본 실험 결과와 다소 차이가 나는 것은 맥반석의 산지와 종류에 따른 SiO₂ 함량과 Ig-loss, 다공성, 입자 크기 등의 차이 때문인 것으로 사료된다.

한편, 안강, 예천, 수안보, 경산산 맥반석에 의한 Cu

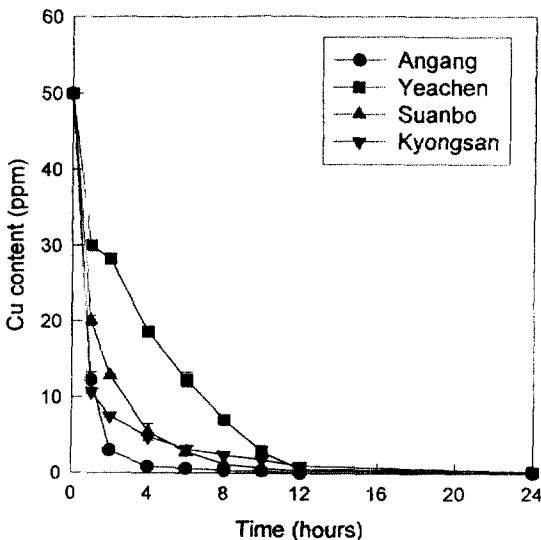


Fig. 7. Effect of stirring time on Cu elimination in water. Mean \pm S. D. (n=3)

제거 효과는 시간이 경과함에 따라 감소하는 추세로 Fig. 7과 같다. 안강산 맥반석(0.4% 사용)은 Cu 제거에 있어서 매우 우수했는데, 반응 4시간만에 평형에 도달하였다. 이 때의 농도는 0.9ppm으로 약 99%가 제거되었고, 24시간이 지난 후에는 음용수 수질기준⁶ 1ppm보다 훨씬 미달되는 0.04ppm이었다. 그리고 수안보(0.4% 사용), 예천산(0.6% 사용) 맥반석도 전 보⁴의 노화도(7% 사용), 일본산(7% 사용) 맥반석에 비해 비교적 Cu 제거능이 매우 탁월하였다. 그러나 경산산(10% 사용) 맥반석은 이들과 경향은 유사하였으나 첨가된 맥반석 농도를 비교해 보면 앞서 기술한 안강, 예천, 수안보산 맥반석보다 약 10배 이상 높은 농도였으며 노화도, 일본산 맥반석에 비해 3%가 높은 농도로서 경제성 및 효율성 등을 고려해 볼 때 Cu 제거에는 부적합하였다.

지금까지 국내산 맥반석의 농도 및 침지시간에 따른 중금속 제거효과 최적화를 고찰한 결과 안강, 예천, 수안보산 맥반석이 Pb, Cu, Cd 등의 중금속 제거에는 매우 우수한 반면, 경산산 맥반석은 전체적으로 제거효과가 낮았다. 이와 같은 실험결과는 Ig-loss와 깊은 관계가 있는 것으로 Table 1에 의하면 안강, 수안보, 예천산 맥반석은 Ig-loss가 각각 2.09, 7.03, 3.68%로 경산산 맥반석 0.73%와는 약 3배 이상 차이가 나며, 이것은 맥반석의 가장 중요한 성질인 다공성과 밀접한 관계가 있는 것으로 알려져 있다.¹⁴ 이를 확인하기 위하여 SEM으로 관찰한 결과 Fig. 8의 A, B, C, D가 보여 주듯이 Ig-loss가 가장 높은 수안보산 맥반석의 경우 다공성이 풍부함을 알 수 있었으며 예천산 맥반석은 동일 조건으로 촬영한 것을 비교했을 때 다공성의 존재가 적음을 보여 주고 있다. 그러므로 Ig-loss는 광물의 함수량을 의미하며, 즉 이 값의 크기는 표면적의 크기와 밀접한 관계가 있다고 할 수 있다.

따라서 일반적으로 사용되고 있는 중금속의 처리방법은 Ferrite¹⁵법으로서 중금속계 폐액에 FeSO₄를 넣어 녹인 후 NaOH를 첨가하여 pH를 9~10으로 한 다음 65°C에서 공기를 통해 주면서 2~3시간 반응시켜 여기서 생성된 침전물과 중금속이 반응을 일으켜 제거된다. 그러나 Ferrite법에 의한 중금속처리에는 시약 및 설비 등 경제적 측면을 고려할 때 개선되어야 할 점이 많다. 그러므로 부존량이 풍부한 국내산 맥반석을 폐수처리에 활용하면 시약에서 오는 2차 오염의 방지뿐만 아니라 pH와 BOD를 저하시키는 기능도 보고되

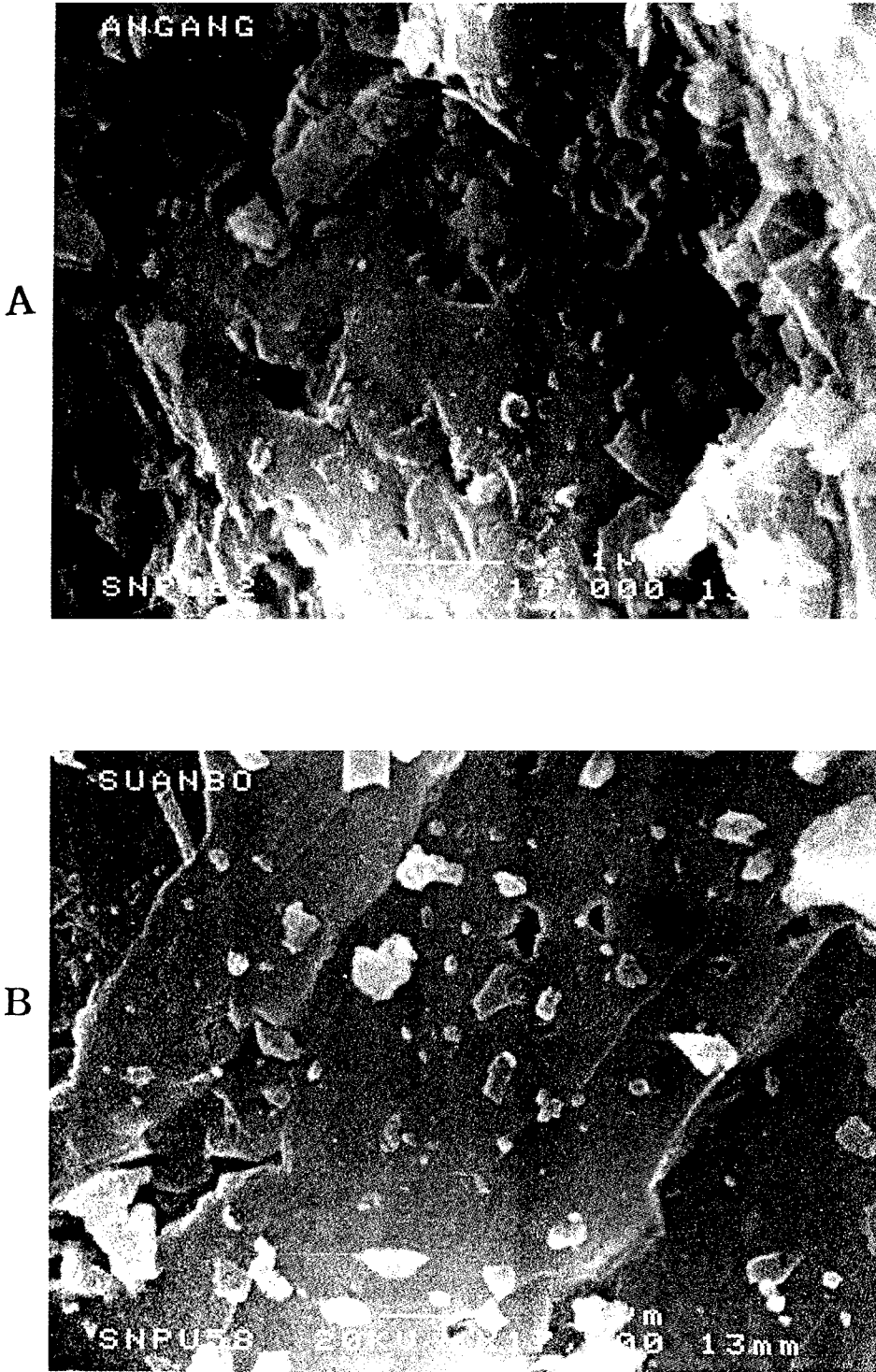
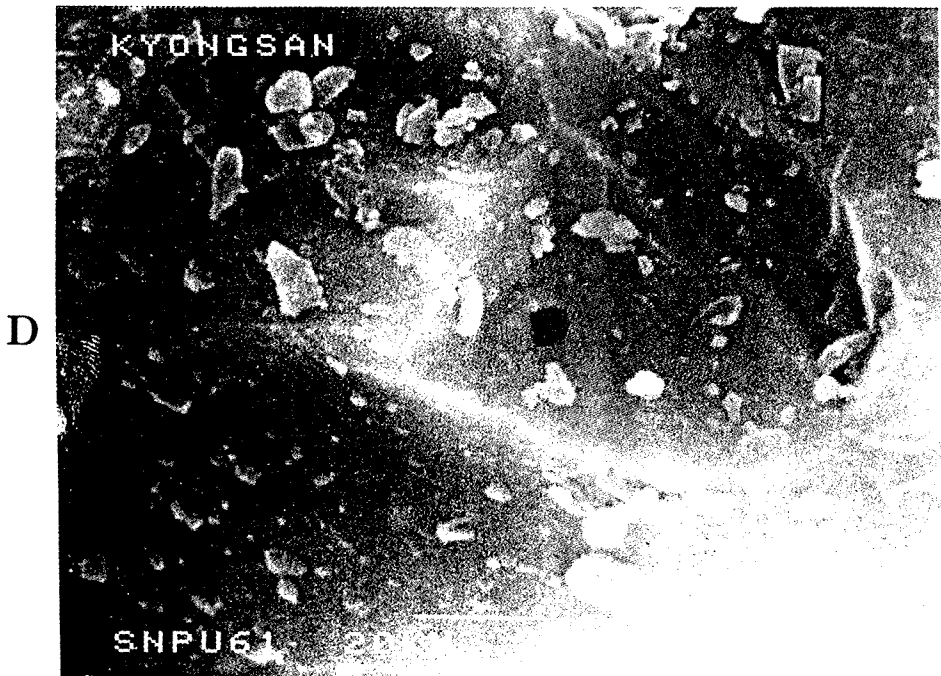


Fig. 8. SEM photograph of Quartz Porphyry :

A : quartz porphyry of Angang

B : quartz porphyry of Suanbo



C : quartz porphyry of Yeachen
D : quartz porphyry of Kyongsan

고 있어⁶ 항상 무해한 상태로 폐수를 방류시킴에 따라 수역을 청결케 하여 최소의 비용과 신속한 처리로 폐수처리시 일석이조의 결과를 얻을 수 있을 것이라 판단된다.

4. 결론

한국산 맥반석의 원소 조성과 미네랄 용출 및 이온교환능의 특성을 살펴본 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 한국산 맥반석의 원소분석 결과, SiO₂의 함량은 경산산이 72.91%로 가장 높았으며 Al₂O₃는 예천산이 14.70%, Fe₂O₃, CaO, MgO, K₂O의 함량은 각각 수안보산이 2.70, 4.19, 3.18, 5.51%였으며, Na₂O는 예천산이 9.80%로 풍부했으며, 다공성과 밀접한 관계가 있는 Ig-loss의 함유율은 수안보산이 7.03%로 매우 높았다.
2. 수안보산과 경산산 맥반석의 경우 0.5%~2.0%, 안강산은 1.5% 이하의 농도에서 음용수에 적합하였으며 예천산 맥반석은 모든 농도에서 Fe가 다량 함유되어 부적합하였다.
3. 최적화된 농도를 이용하여 침지시간에 따른 한국산 맥반석의 중금속 제거능을 조사한 결과 Pb의 경우 안강, 예천, 수안보산 맥반석이 각각 4시간만에 약 99% 제거되었다. Cd는 7%를 사용한 수안보산이 4시간 경과 후 약 99% 제거로 가장 양호하였으며 안강, 예천, 경산산 순으로 감소하였다. Cu의 제거에 있어서는 저농도 맥반석에서 매우 우수하였으며 특히 안강산 맥반석이 우수하였다. 그러나 As의 경우 전반적으로 제거효과가 극히 저조하였다.

참고문헌

1. 李時珍, 本草綱目, 10, 30-31, 臺灣商務印書館印行 (1968).
2. 脈脈石, 日本 ジェムファクトリー · 西尾.
3. 한국식품개발연구원, "맥반석 가공제품의 식품 저장, 가공 활용을 위한 기초조사연구, p. 21-29, 경기도 (1995).
4. 황진봉, 양미옥, 구민선, 분석과학, 9(2), (1996).
5. 한국산업규격, 납석 분석 방법, KSE3803(1993).
6. 한국식품과학회 국제심포지움, "광천음료수(생수)의 품질관리와 미생물", 한국식품과학회, p. 56-60, 서울, (1992).
7. 맥반석의 이온용출 및 흡착효과평가, 시험성적통보 (관련 : 음관 31800-9732), 국립보건원(1991).
8. 김희성, 석사학위논문, 서울여자대학교 대학원, 서울 (1983).
9. 洪性律, 碩士學位論文, 嶺南大學校大學院, 경북 (1986).
10. 陳甲德 · 李神雄 · 李壽根, 資源問題研究, 5, 55-68 (1986).
11. 金鐵實, 碩士學位論文, 成均館大學校大學院, 서울 (1989).
12. W. J. Lee, Ms., Thesis, Kyongbook, YeungNam University(1988).
13. De Man, J. M. : Principles of Food Chemistry, AVI, Westport, Connecticut, 171(1976).
14. 金淙澤 · 孫宗洛 · 崔遠馨 · 金海源, 화학공학, 17(5), 331-344(1979).
15. 박윤창, 홍사옥, 송영신, 한국육수학회지, 17, 23-30 (1984).