

미생물 담체 성능 향상을 위한 금속 치환 Metal-Modified Natural Zeolite for Bacterial Media

김재근* · 민지은** · 박재우***

Jae-Keun Kim · Jee-Eun Min · Jae-Woo Park

Abstract

To see the effect of magnesium on adhesion to natural zeolites, a series of batch tests were performed in this research. Mixed bacteria were sampled from the digestion tank at a local sewage treatment plant in Seoul. Magnesium-zeolites were synthesized by mixing natural zeolites with 0.096 M, 0.24 M, and 0.48 M of $MgCl_2$ solution. For comparison, manganese and trivalent ferric zeolites were also prepared. Two grams of 0.2 mm ~ 0.3 mm sized zeolites(non-treated, Mg, Mn and Fe(III) treated zeolites) and 20 mL of water were mixed in a Corex 25 mL tube. Five milliliters of culture solution including bacteria was added to the tube. The tubes were equilibrated in a shaking incubator at mesophilic temperature ($30 \pm 2^\circ C$). The bacterial concentrations were measured with a Microluminometer (New Horizons 3550i) and total organic carbon (TOC) spectrophotometer (Multi NC-3100).

key words : Natural Zeolite, Bacteria, Media

1. 서 론

미생물막 형성에 많이 사용되고 있는 미디어 중의 하나인 천연제올라이트는 가격이 저렴하고 국내에서 다량이 생산되며 표면적이 높고, 양이온 교환 능력이 뛰어나며 다공성 물질로서 암모니아를 비롯한 여러 가지 오염물질의 흡착제로서 많이 사용되고 있다. 또한 미생물막을 이용한 폐수처리 분야에서도 미생물의 부착이 잘 이루어짐으로써 현재 미생물 담체로 널리 사용되고 있다. 그러나 현재까지 제올라이트와 미생물의 부착의 연관 관계에 대한 설명은 전하량에 따른 정전기적 항력에 의한 설명밖에 밝혀지지 않았다. 기존의 논문들에 따르면 미디어로 사용되는 클레이의 마그네슘의 함량에 따라 미생물의 부착과 활동성이 좌우됨을 알 수 있다(Perez-Rodriguez et al., 1989).

따라서 미디어 즉, 천연제올라이트의 양이온 교환 능력(Cation Exchange Capacity)를 이용하여 마그네슘 양이온으로 전처리 하여 천연제올라이트의 마그네슘 함량을 인위적으로 높여주면, 기존의 천연 제올라이트에 비하여 많은 미생물의 흡착을 확인할 수 있다.

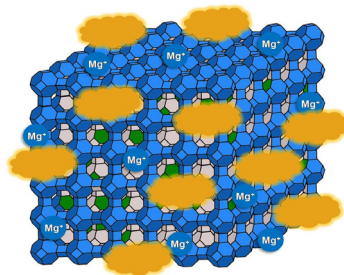


그림 1. 마그네슘 전처리 제올라이트의 개념도

* 비회원 · 한양대학교 토목공학과 석사과정 · E-mail:jaekeun79@hanmail.net-발표자
** 비회원 · 한양대학교 토목공학과 Post-Doc
*** 정회원 · 한양대학교 토목공학과 교수

2. 천연제올라이트의 금속 전처리

천연제올라이트 100g 과 천연제올라이트의 양이온 교환능력의 20%, 50%, 100%에 해당하는 0.096M, 0.24M, 0.48M 의 $MgCl_2$ 용액 300 mL 을 48시간 동안 교반 한 후 50°C에서 48시간동안 건조하여 금속 전처리된 천연제올라이트를 준비하였다. 마그네슘이 2가 양이온이므로 그에 대한 대조군으로서 천연제올라이트의 양이온 교환 능력 100%에 해당하는 0.49M 의 $Fe(III)Cl_2$, $MnCl_2$ 용액으로도 금속 전처리 제올라이트를 만들었다. 실험에 사용된 미생물은 서울시 중랑 폐수 처리장의 소화조에서 혐기성 슬러지를 채취한 후, LB 배양액을 이용하여 혼합 혐기성 박테리아를 배양한 후 천연제올라이트의 부착 실험에 사용하였다.

3. 혐기성 미생물의 부착 실험

준비된 금속 제올라이트와 혐기성 박테리아의 부착을 확인하기 위하여 배치 테스트를 실행하였다. 25 mL 의 바이알에 준비된 제올라이트 2 g 과 증류수 20 mL, 혐기성 미생물이 포함된 배양액 5 mL 를 주입한 후 200 rpm 의 속도로 인큐베이터 웨이커에서 교반하였다. 박테리아 군집의 측정은 용액의 상등액을 추출하여 분석하였다. 미생물 군집의 분석은 상등액을 추출한 후 HCl을 이용하여 미생물의 활동을 정지시킨 후 Total Organic Carbon (TOC) 측정기(Multi NC-3100)와 박테리아 군집 측정기(Microluminometer 3550i)를 동시에 측정하여 TOC와 미생물 군집의 양의 상관 관계를 구하였다.

4. 접촉시간에 따른 미생물의 흡착

박테리아의 흡착 실험에 있어서 NaCl로 완전 증진하지 않은 일반 천연제올라이트로 금속 이온을 치환한 제올라이트의 경우 그림 2에서와 같이 1시간 안에 수용액의 미생물 농도가 평형상태에 도달하였다. 본 실험에 사용된 제올라이트의 경우 표면적에 미생물이 부착할 수 있는 공간이 제한적이기에 1시간 동안 미생물이 제올라이트에 흡착한 후에 더 이상 미생물이 흡착할 공간이 없기 때문이라 예상된다. 또한 전체 측정 시간을 약 150여 시간동안 측정을 하였으나, 미생물의 흡착의 경우 초기에 매우 짧은 시간에 흡착이 완전히 완료됨을 확인할 수 있었다. 제올라이트나 몬모릴로나이트를 사용한 실험에서도 1시간 안에 모든 흡착이 완료되는 것을 타 연구에서도 확인하였다(Jiang et al., 2006).

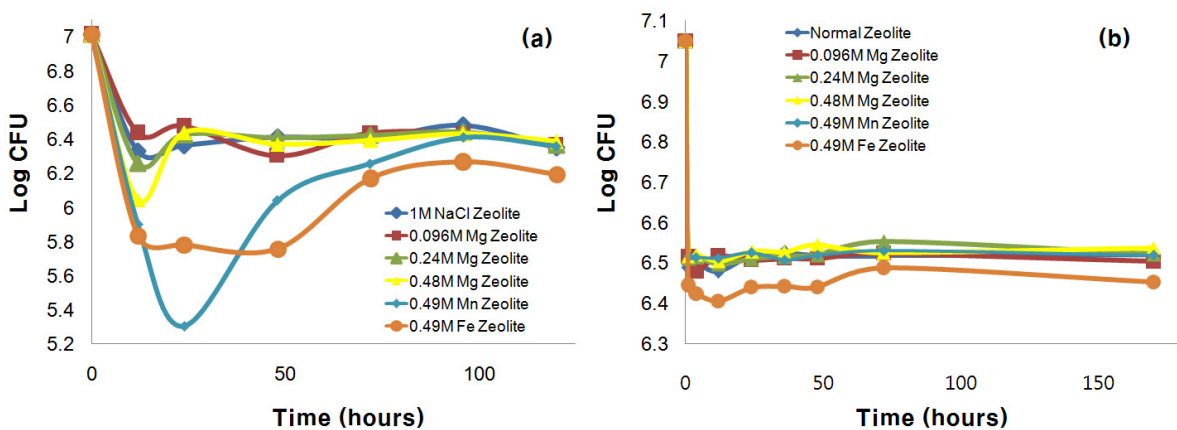


그림 2. 상등액의 미생물 농도 (a) 1 M NaCl 전처리 제올라이트 사용 (b) 일반 천연 제올라이트 사용

5. 양이온 금속의 이온가에 따른 미생물의 흡착

2가 양이온 금속인 마그네슘과 3가 양이온 금속인 3가 철을 비교하여 보았다. 천연제올라이트의 양이온 교환 능력 100%에 해당하는 0.48 M의 $MgCl_2$ 와 0.49M 의 $Fe(III)Cl_2$ 로 이온교환하여 준비한 제올라이트와 혐기성 박테리아의 흡착을 관찰하면 그림. 2와 같이 Fe-zeolites에 더 많은 미생물이 흡착되었음을 확인할 수 있다. 이는 3가 양이온인 Fe(III)으로 인하여 발생하는 반 데르 발스 힘이 마그네슘으로 인하여 발생하는 것보다 크기 때문이다. 본 실험에서 사용된 금속 용액이 고농도이기에 역시 농도를 낮추면 그 효과를 더욱 자세히 관찰할 수 있을 것이다.

6. 결 론

본 연구에서는 제올라이트에 함유된 금속이온의 종류와 함량에 따른 미생물의 부착 정도를 실험해 보았고, 그 결과는 다음과 같다.

1. 미생물의 제올라이트 부착은 제올라이트와 미생물의 접촉 면적의 한계로 인하여 1시간 안에 평행상태에 도달하게 된다.
2. 제올라이트의 양이온 금속의 함량이 높을 경우 미생물의 초기 부착을 증진시킨다.
3. 2가 양이온 금속보다 3가 양이온 금속이 미생물 부착에 효과적이다.
4. 제올라이트에 함유된 금속의 농도가 상대적으로 높을 경우 마그네슘이 미생물의 부착에 큰 영향을 미치지 않는다.

참고문헌

1. Perez-Rodriguez,J.L., Maqueda.C. and Carretero,M.I. (1989) Effect of some clay minerals on the growth sulphate-reducing bacteria in anaerobic reactors, *Applied Clay Science*, Vol. 4, pp. 449-459
2. Jiang.D., Huang.D., Cai.P., Rong.X. and Chen.W. (2007) Adsorption of *Pseudomonas putida* on clay mineral and iron oxide, *Colloids and Surface B:Biointerfaces*, Vol. 54, pp. 217-221