

# PC14) La이온 농도에 따른 MCM-48 메조포러스 실리카의 표면전위 변화연구

장용수\*, 김지혜, 김정배, 박상원  
 계명대학교 환경과학과

## 1. 서 론

1992년 최초의 실리카계열의 나노기공소재인 MCM-41이 개발된 이후, FSM, SBA 계열의 나노기공과 규칙성을 지닌 물질들이 개발되었다. 이 나노기공소재들은 계면활성제나 고분자를 구조유도체로 사용한다. 이러한 나노기공소재들을 환경이나 기타 다양한 분야에서 적절하게 응용하기 위하여, 많은 연구진들이 나노기공소재들의 표면을 개질하기 위한 연구들을 수행하고 있다.

일반적으로 실리카계열의 나노기공소재는 표면의 기능이 Si-OH의 형태이기 때문에 여러 가지 유기기능기를 가진 실란(silane)을 이용하여 표면을 개질시킬 수 있다. 유기 기능기는 일반적으로 접합(grafting), 코팅(coating), 공중합(co-condensation), 임프린팅(imprinting) 등의 방법을 이용하며, 공유결합이나 반데르발스힘(van der Waals force)으로 고정하게 된다. 접합법은 제조한 실리카 표면에 존재하는 Si-OH 그룹과 유기실란을 무수조건에서 반응하는 것을 말하고, 임프린팅은 아민기를 지닌 유기실란을 중금속 이온과 착화합물을 만들어 기공 내에 도포시키는 것이다. 접합법은 무작위 적으로 표면에 도포되는 반면, 임프린팅은 보다 균일하게 코팅이 된다.

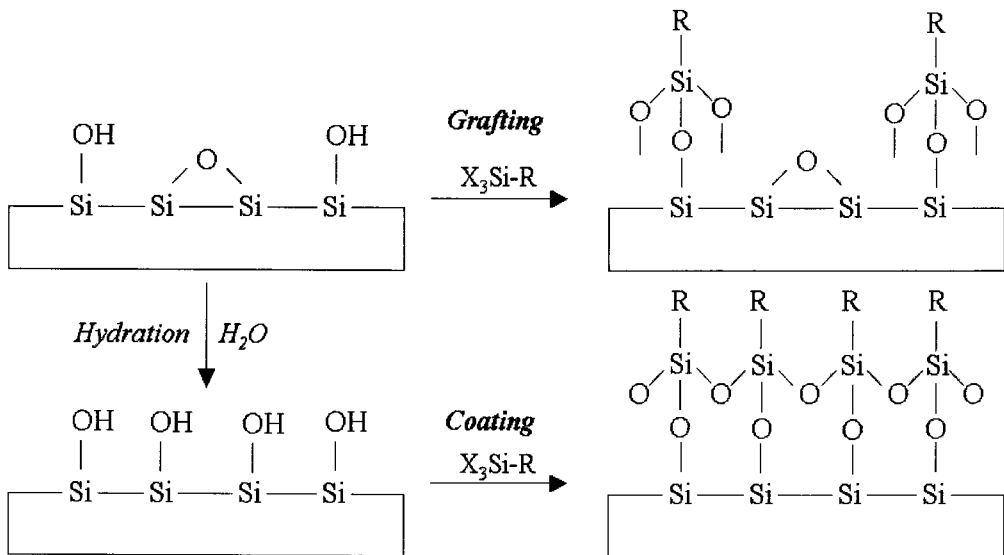


Fig. 1. The method of grafting and coating.

코팅은 접합법과는 다르게 수화과정을 거치게 된다. 수화과정은 제조한 물질의 비표면적의 1-2층 정도 부피에 해당하는 물로 진척리를 하는 것을 의미한다. 코팅은 도입되는 유기기능기의 밀도가 이상적으로는 단분자용량(monolayer capacity)을 가질 수 있다는 장점이 있는 반면에, 수화시 사용되는 물의 양이 많을 경우 표면반응보다는 유기실란간의 중합과 같은 부반응이 수반된다는 단점을 갖는다. 이러한 접합, 임프린팅, 코팅 방법이 메조포러스 실리카를 만든 후에 기능기를 도입하는 방식(post-synthesis)인 반면에, 공중합에 의한 방법은 나노기공소재를 합성하는 과정 중에 유기실란을 투입하는 방식으로서 합성과정이 비교적 간단한 장점을 가지고 있다. 그러나 공중합법은 유기실란의 표면뿐만 아니라 기공 내벽에서도 중합이 일어나는 단점을 가지고 있다. 이는 접합이나 코팅으로 제조한 나노기공소재 보다 안정성을 떨어뜨리는 요인이 된다. 그러므로 기능성 유기실란과 실리카 전구체간의 비율이 40% 이상을 넘지 않도록 하는 것이 중요하다.

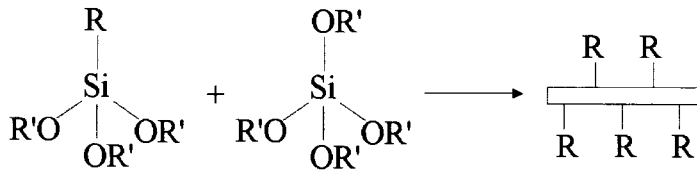


Fig. 2. The introduction of organic functional group for co-condensation.

이러한 내용들을 배경으로 하여 본 연구에서는 공중합법을 이용하여 La 이온을 MCM-48 메조포러스 실리카에 입히고 La 이온의 농도에 따라 MCM-48 메조포러스 실리카의 표면전위의 변화를 관찰하고, 학문적인 적용가능성을 검토 하였다.

## 2. 실험방법

일반적인 MCM-48 메조포러스 실리카의 합성 과정에서 공중합법을 이용하여 La 이온 소스를 다음과 같이 메조포러스 실리카에 도입한다. 또한 La 이온의 농도를 각각 0.05M, 0.1M, 0.2M 로 달리 하여 특성분석을 위한 샘플을 제조한다. Fig. 3에 La 이온을 공중합 시킨 MCM-48 메조포러스 실리카의 합성 모식도를 나타내었다.

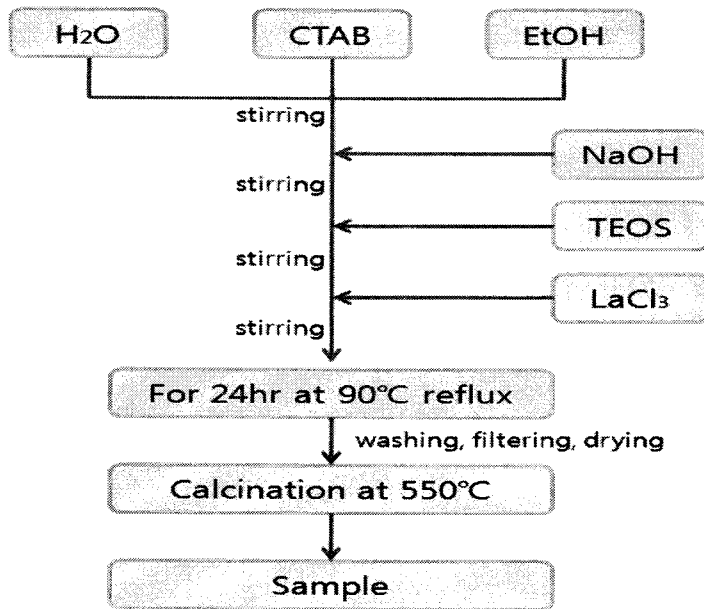


Fig. 3. Synthesis procedure of MCM-48 Mesoporous silica.

### 3. 실험결과

#### 3.1. 각각의 메조포러스 실리카의 제타전위

그림 4에서 볼 수 있듯이 순수한 MCM-48 메조포러스 실리카와 0.05M, 0.1M La 이온을 공중합 시킨 메조포러스 실리카의 제타전위가 아주 작은 정도 이지만 약간의 이동이 있는 것을 볼 수 있고, 좀 더 높은 농도인 0.2M에서는 ZPC(zero point charge)가 눈에 띄게 높아진 것을 볼 수 있다.

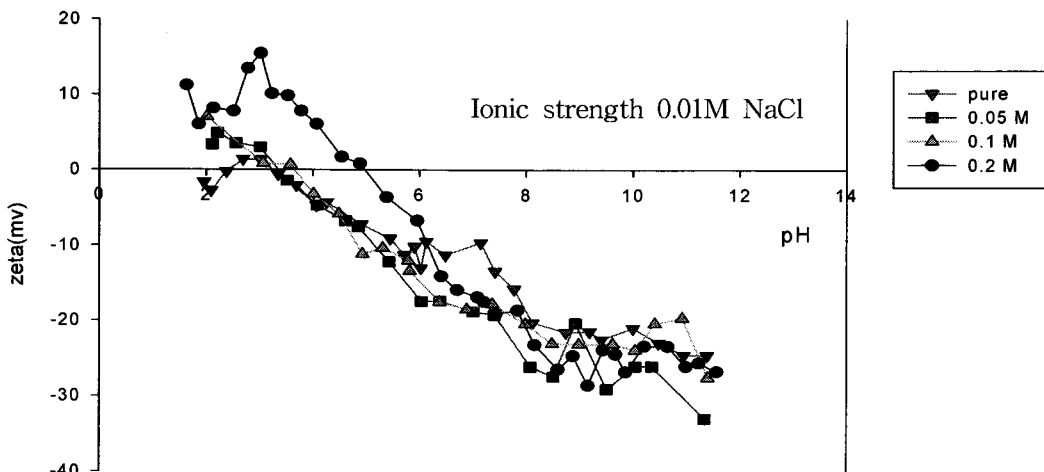


Fig. 4. Zeta potential of samples.

### 3.2. $\text{La}(\text{OH})_3$ 의 제타전위

$\text{La}$  이온 및 가수분해 생성물과 공중합 되어진 MCM-48 메조포러스 실리카 간의 연관성을 알아보기 위해 pH에 따른 화학종의 분포도를 Fig. 5에 나타내었고, Fig. 6은 수산화물이 생성되는 pH 범위에 한하여  $\text{La}(\text{OH})_{3(s)}$ 의 제타전위를 측정된 결과이다. Fig. 5를 보면 pH가 증가함에 따라 분포하는  $\text{La}$  화학종은  $\text{La}^{3+}$ ,  $\text{La}(\text{OH})_{3(s)}$  순서임을 알 수 있다. 또한 pH 8 이상에서는 거의  $\text{La}(\text{OH})_3$ 으로 존재하는 것을 볼 수 있다. 따라서  $\text{La}$ 의 이온의 농도에 따라 작거나 혹은 크게 메조포러스의 표면전위가 변한다고 사료된다.

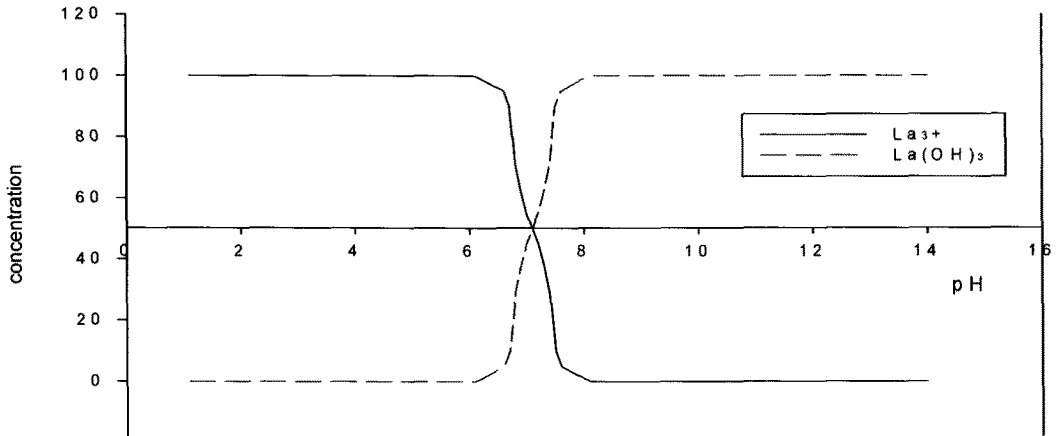


Fig. 5. La species diagrams.

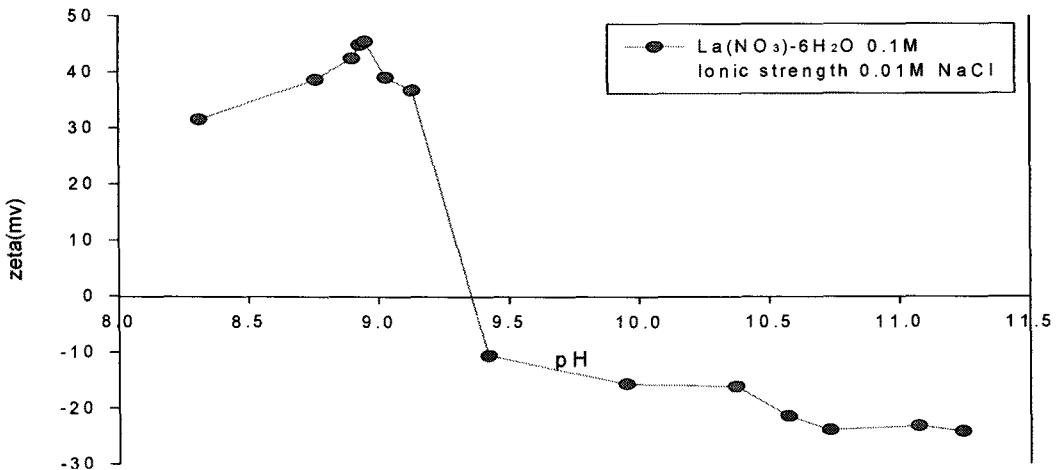


Fig. 6. The zeta potential of  $\text{La}(\text{OH})_3$

### 4. 고 찰

각각 다른  $\text{La}$  이온의 농도로 공중합법을 이용하여 합성한 MCM-48 메조포러스 실리카의 표면전위를 측정된 결과, 실리카의 표면전위는  $\text{La}$ 의 농도 및 pH의 함수임을 짐작 할

수 있었다. 낮은 농도의 La 이온으로 합성했을 경우에는 그 변화가 미약했지만 일정 농도이상일 경우에는 눈에 띄는 표면전위 변화가 관찰되었다. 이러한 표면개질을 통한 특성변화의 관점에서 다양한 시도가 필요하다고 판단되고 이로 인한 추가적인 많은 연구들이 수행되어야 할 것이다.

#### 참 고 문 헌

- 강정필, 2004, 메조포러스 물질의 합성 및 응용, 고분자과학과 기술, 제15권 3호. pp.303-316
- A. Stein, B. J. Melde, and R. C. Schroden, 2000, Hybrid Inorganic-Organic Mesoporous Silicates - Nanoscopic Reactors Coming of Age, *adv. Mater*, Volume 12 Issue 19, Pages 1403 - 1419
- X. Feng, G. E. Fryxell, L.-Q. Wang, A. Y. Kim, J. Liu, \* K. M. Kemner, 1997, Functionalized Monolayers on Ordered Mesoporous Supports, *Science*, Vol. 276. no. 5314, pp. 923 - 926
- S. L. Burkett, S. D. Sims, and S. Mann, 1996, Synthesis of hybrid inorganic - organic mesoporous silica by co-condensation of siloxane and organosiloxane precursors, *Chem. Commun*, 1367 - 1368