

3차원 나노기공 분석기술

다공성 재료는 촉매 반응과 선택적인 분자 분리공정, 그리고 한번에 몇 개의 분자들을 반응시킬 수 있는 소형 반응기로 매우 유용한 물질이다.

제올라이트와 같은 자연적인 다공성 재료는 기공의 크기가 작은 분자의 크기($< 2\text{nm}$) 정도에 제한된다. 그러나 재료과학자나 화학공학자들은 인공적으로 더 큰 기공을 지니고 있는 ($2\text{nm} - 50\text{nm}$) 메조다공성(mesoporous) 고체를 만들어 더 거대한 분자에 대한 선택 공정에 사용하고자 한다.

그 동안 기술적 진보가 많이 되어 원하는 메조다공성 고체를 제조하는 방법들이 고안되었다. 그럼에도 불구하고 기공의 원자수준적 구조분석은 불가능하여 메조다공성 고체의 구조를 제어하는 것은 한마디로 시행착오의 과정을 답습하였다. 부분적이거나 그 이유는 X선이나 중성자를 이용하는 현재의 회절 기법에 사용될 수 있을 만큼 커다란 단결정을 얻기 힘들었기 때문이기도 하다.

최근 한국과학기술원의 유훈 교수와 University of California, Santa Barbara의 Galen Stucky 교수, 그리고 Tohoku University의 Osamu Terasaki 교수가 공동으로 참여한 연구팀이 고배율 전자현미경과 수학적 방법을 이용하여 메조다공성 물질의 3차원적 기공 구조를 완벽히 분석할 수 있는 방법을 개발하였다[Nature, 408, 449 (2000)].

전자현미경은 정전 렌즈를 이용하며 회절된 전자선을 결합하여 시료의 이미지를 형성한다. 이때 초점에서 전자선의 직경은 수 마이크로미터 정도이므로 매우 작은 영역에서 이미지를 구성할 수 있다. 이 기법을 사용하면 구조적 정보를 보다 완벽히 획득할 수 있다. 결정 또는 비결정상 재료의 구조분석 방법과 비교해 볼 때, 이 기법은 원자수준에서 무질서하되 메조차원에서 질서를 지닌 “연한(soft)” 재료의 구조분석에 범용될 수 있는 장점이 있다.

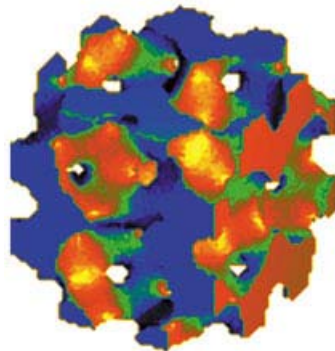


그림. 메조다공성 실리카의 3차원 기공 구조.

소개된 그림은 연구팀이 획득한 것으로서 메조다공성 실리카의 3차원 구조를 나타낸다. 이미지에서 기공들의 크기와 형태를 나노미터 수준에서 파악할 수 있을 뿐 아니라 기공들의

연결 상태도 알 수 있다. 심층분석 결과 특이하게도 두 가지의 마이크로 및 메조 기공들이 존재함을 알게되었다.

X선 회절법과 비교하여 연구팀의 기법이 지닌 장점은 미리 가정된 모델이나 파라미터들을 사용하지 않고서도 구조적 정보를 완벽히 얻을 수 있다는 점이다. 게다가 다공성 복합재료의 기공구조를 다양한 크기차원에서 고배율로 파악할 수 있다. 이 기법은 향후 다양한 복합재료에 대한 상세한 구조를 분석하는 데에 매우 유용할 것으로 전망된다. [원문: *Nature*, **408**, 417 (2000)]