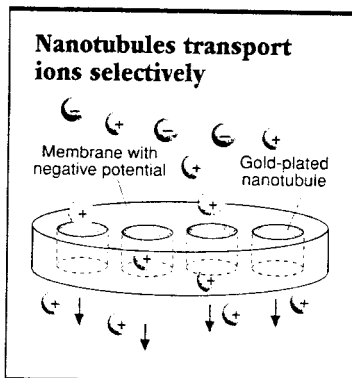


## 금속미세관 동공을 이용한 이온 선택성 막

새로운 형태의 막이 미국 콜로라도 주립대의 C. R. Martin등의 연구진에 의해 제조되었다. 이 막은 상업적으로 판매되는 폴리카보네이트 여과막에 존재하는 실린더 형태 미세공을 금으로 plating한 것으로서, 막에 걸여 주는 전하의 종류에 따라 양이온 또는 음이온을 선택적으로 투과한다. 양이온 또는 음이온 어느 한 가지를 전달하는 다공성 물질들은 주변에서 흔히 볼 수 있지만, 이들은 동공(pore)의 크기와 선택성이 고정되어 있다. 그러나 마틴이 제조한 막의 특징은 막을 potentiostat에 걸어 음 또는 양으로 하전시킴에 따라 양 또는 음이온 모두에 대해 선택적 투과를 가능케 한다는 것이다. 따라서 이 막은 일종의 universal ion exchange resin으로 볼 수 있다. 많은 연구진들은 생체 막에 존재하는 나노미터 크기의 pore에 존재하는 전하가 이온들의 막 투과에 어떠한 영향을 미치는가에 대하여 큰 관심을 가져 왔는데, 마틴의 금속 미세관 물질은 생체 막에 대한 좋은 모델 시스템으로도 연구될 수 있다. 또한 공업적으로는 금속 미세관이 이온 선택성 분리에 매우 유용할 것으로 예측된다.

콜로라도 연구진은 폴리카보네이트 여과 막의 25 nm 반경의 실린더 형태의 미세공을 금으로 무전기 도금하여 금속 미세관을 제조하였다. 금도금이 진행되어 관 구멍의 반경이 1.6 nm가량 되었을 때 막이 이온 선택성을 갖는 것을 발견하였다. 막에 positive potential을 가하면 음이온을 선택적으로 투과시키고 negative potential을 가하면 양이온을 선택적으로 투과시킨다. 이때 금관의 직경이 매우 작아야 하는 것이 이온 선택성을 나타내는 데 있어서 필요조건이다. 구체적으로 언급하면 미세관의 반경이 막에 걸린 potential에 의해 발생된 관 내의 전기 이중층(electrical double layer)의 두께보다 작아야 이온 선택성이 나타난다. 만약 미세관의 반경이 전기 이중층의 두께보다 작다면, 관은 이온들로 꽉차게 되어 반대 전하의 물질이 관으로 들어오는 것을 막게 된다. 만약 미세관의 반경이 전기 이중층의 두께보다 훨씬 크다면 양이온과 음이온 모두 확산에 의하여 관을 금에 잘 흡착되는 염소 이온 등의 음이온들은 미세관의 내부 벽에 흡착되어 과도한 음전하의 층을 형성하여 potential을 걸지 않더라도 양이온만을 이동시키게 된다. 뿐만 아니라 양 또는 음의 potential을 걸어도 양이온만을 이동시키게 된다. 즉 막의 이온 선택성이 사라지게 되는데, 이 문제는 중성 분자인 1-propanethiol을 미세관의 금 표면에 단분자층의 형태로 흡착시킴으로 해결하였다. 즉 Whitesides, Allara등의 기초 연구에 의하여 잘 알려진 thiol화합물이 금 표면에 흡착되어 self assembly의 형태로 단 분자 막을 형성하는 현상을 응용한 것이다. 1-propanethiol을 흡착시킨 막은 걸여주는 potential에 따라 양이온 또는 음이온 선택성의 상호변환이 가능하다. 마틴의 새로운 막은 이온 선택성 분리 또는 생체 막의 모델 시스템으로서 뿐만 아니라, pore의 크기가 1.6 nm 또는 그 이하로 0.8 nm까지도 제조할 수 있으므로 nanotubule의 size와 charge를 동시에 이용하여 분자들을 선택적으로 여과하는데 사용할 수 있을 것으로 기대된다. 예를 들면, 매우 작은 pore를 갖는 음으로 하전된 막은 크고 작은 양이온과 음이온을 함유한 용액으로부터 작은 크기의 양이온만을 선택적으로 분리할 수 있을 뿐만 아니라, pore의 반경이 분자 크기 정도로 조절 가능하므로 공업적인 기체 분리막으로의 응용도 가능할 것이다.

(C&EN 1995, May 8 ; Science 1995, 268, 700을 중심으로)



〈인하대학교 고분자공학과 김철희〉