

폴리머 젤로 만들어진 초소형 펌프

강한창 | 가톨릭대학교 (E-mail: hckang@catholic.ac.kr)

미국 연구진은 폴리머 젤로 독특한 특성을 가진 새로운 초소형 펌프를 만들었다.

펌프를 소형화하는 연구는 현재 많이 수행되고 있다. 예를 들어, 이번 연구진은 칩 위에서 발생하는 반응을 분석하고 진단할 수 있는 시스템을 만들었다. 이런 시스템은 거시적인 구성 요소와 장치를 소형화 하는데 필요하다. 저널 *Angewandte Chemie International Edition*에 게재된 최근 연구에서, 이번 연구진은 미세적인 펌프를 만들었다. 이것은 폴리머 젤 마이크로입자를 기반으로 하고, 자외선 광으로 조사될 때 작동한다. 이 장치의 놀라운 점은 자극이 제거될 때도 계속적으로 펌프될 수 있다는 것이다.

펜 실베이니아 주립대학(Pennsylvania State University)의 연구진은 매우 작은 펌프를 개발했는데, 이것은 300 μm 의 지름을 가진 폴리머 젤 구체를 기반으로 한다. 폴리머 젤 구체의 표면은 서로 다른 종류의 분자와 결합된다. 첫 번째 유형의 분자는 자외선 광을 조사할 때 분리되는데, 이것은 CO_2 , 양자, 불소 이온, 작은 유기 분자로 나누어진다. 불소 이온은 구체의 표면에서 분리되면서 2차 분자를 생성시킨다. 자외선 광이 존재하지 않을 때도 심지어 이것은 발생한다. 또한 두 번째 유형의 분자도 CO_2 , 양자, 불소 이온, 작은 유기 분자로 분리된다. 불소가 지속적으로 방출되기 때문에, 반응은 두 번째 유형의 분자들이 다 사용될 때 중단된다.

모든 반응은 아르곤의 정압 하에서 화염 건조된 유리 제품에서 수행되었다. 공기 및 습도 민감성 액체들은 주사기 또는 스테인리스 스틸 캐놀라(cannula)에 의해서 전달되었다.

유기 용액들은 주위 온도 하의 고진공(1~5 mmHg)에서 회전증발(25~40 mmHg)로 농축되었다.

구체는 어떻게 펌프를 할 수 있는가? 구체가 방출하는 분자들은 구체의 표면으로 확산되고 농도 구배를 형성한다. 농도 구배는 항상 액체 내에서

유동을 형성한다. 구체는 스스로 액체 속에 삽입된다. 반응으로 방출되는 유기 분자는 구체가 백색에서 오렌지까지 색상이 변화되게 한다. 이것은 마이크로펌프가 작동("on") 상태라는 것을 나타낸다.

거시적인 기능을 가진 외부 자극에 반응할 수 있는 "지능적인" 폴리머 재료들은 연구 대상이다. 이 재료가 초기 자극(자외선 광)을 기억하고 자극이 없어질 때도 펌프를 지속한다는 사실은 이런 유형의 재료에서 매우 새로운 것이다. 이 새로운 재료가 액체를 이동하기 위해서 어떤 시약 또는 연료의 추가도 필요로 하지 않는다. 이것은 자발적으로 기능하고, 화학 에너지를 기계적 반응(액체의 유동)으로 전환시킨다. 분자 1은 신호를 받고, 불소 이온은 이것을 전달한다. 이것이 가능한 것은 "지능적인" 폴리머 재료와 결합되었기 때문이라는 것을 이번 연구진은 최초로 밝혀내었다.

특정 물질의 존재와 같은 빛 이외의 다른 자극과 반응하는 재료를 고안하는데 많은 도움을 줄 것이다. 이러한 미세적인 펌프는 특정 물질이 존재할 때 마이크로유체 시스템으로 유동의 흐름을 변화시키는데 사용될 수 있을 것이다. 이 연구결과는 저널 *Angewandte Chemie International Edition*에 "A Self-Powered Polymeric Material that Responds Autonomously and Continuously to Fleeting Stimuli"라는 제목으로 게재되었다(DOI:10.1002/anie.201304333).

본 토픽은 KISTI 미리안의 글로벌동향브리핑(<http://mirian.kisti.re.kr>)에서 발췌, 정리하였습니다.



그림 1. 자극 반응성 폴리머 미세구체의 구동 과정을 보여주는 모식도. 폴리머 속에 자가 유도성, 자전적(self-propagating) 반응을 직접적으로 만들기 위해서 자극의 존재를 기억할 수 있는 자극 반응성 재료를 사용하였다. 이런 개념의 증거로서, 비기계적, 폴리머 기반의 펌프는 잠깐 동안의 신호에 노출될 때, 폴리머 주위의 액체를 펌프할 수 있다.