

2016년 노벨 화학상

도춘호 | 자유기고가, 전 순천대 교수 (E-mail: choondo@sunchon.ac.kr)

스웨덴 왕립 학술원은 프랑스 스트라스부르 대학교의 장피에르 소바주(Jean-Pierre Sauvage) 교수, 미국 노스웨스트대학교의 제임스 프레이저 스토다트(James Fraser Stoddart) 교수, 그리고 네델란드 그로닝겐 대학교의 베르나르드 페링하(Bernard L. Feringa) 교수 3인이 분자 기계들(molecular machines)을 설계하고 합성한 공로로 2016년 노벨 화학상을 수상한다고 12월 5일 발표했다. 노벨상 위원회와 수상자들의 홈페이지 자료 등을 참고해서¹⁻³ 분자 기계의 설계와 합성에 관한 2016년 노벨 화학상을 소개한다.



1. 서론

‘분자 기계(molecular machine)’는 외부에서 적절한 자극을 주면 기계처럼 움직이는 특정한 분자 시스템으로 정의할 수 있다. 이미 초기 형태의 분자 스위치, 분자 자동차, 분자 엘리베이터, 분자 메모리칩과 분자 로봇 등이 개발되고 있다. 2016년 노벨수상자 3인의 업적을 통해서 분자 기계의 개념과 설계, 합성 그리고 미래 전망에 대해서 간단히 살펴보자.

기계 디자인의 핵심은 목적인 기능이 작동하도록 여러 부속품들을 조립하고 부속품 사이의 정확한 상대적 병진 운동이나 회전 운동이 제어되고 외부와 연결되어서 외부 에너지를 공급할 때 디자인한 목적이 달성될 수 있도록 작동되어야 한다. 이 기계의 기본 원리가 분자 기계에서도 그대로 적용된다. 여기에는 기계적 결합(mechanical bond)을 통해서 분자들을 엮는 방법, 위상 엮음(topological entanglement)과 빛이나 다른 에너지를 사용해서 이성화 결합(isomerizable bond)을 만든 방법이 관련된다.

2. 기계적 결합과 위상 엮음

소바주 교수와 그의 연구팀은 1983년 두 고리가 연결된 카테난(catenane) 구조의 화합물을 합성했다(그림 1). 카테난 화합물의 합성은 위상 화학(topological chemistry)의 영역을 열었고 분자 기계 발전의 시작이 되었다. 카테난 구조에서 두 고리는 각각 움직이지만, 서로 고리로 연결되어 있다.



그림 1. 카테난의 일반적 형태.

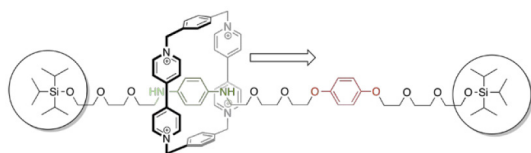


그림 2. 로텍산의 보기와 고리의 이동.

3. 로텍산의 합성과 분자 이동

스토다트 교수 그룹은 1988년 분

자 사슬 속에 고리 화합물을 펠 로텍산 화합물을 합성했다. 이후 계속된 연구로 고리화합물이 사슬 축을 따라 전기 화학적 방법으로 움직일수 있다는 것을 발견했다(그림 2).

4. 이성화 결합과 분자 모터의 합성

카테난 화합물과 로텍산 화합물에 대한 연구의 축적으로 분자 복합체 내에서 일부 분자 부분을 움직이는 방법이 계속 발전했다. 1999년 페링하 교수 연구팀은 제어된 한쪽 방향으로만 회전하는 분자 모터를 합성하였다(그림 3a). 이것은 이성화할 수 있는 이중결합을 회전축으로 사용하고 빛에 의해서 이중결합의 이성화와 큰그룹의 입체 장애 구조를 이용해서 한쪽 방향으로만 회전하는 분자 모터를 만든 것이다. 재미있는 본보기는 4개의 분자 모터를 이용한 분자 자동차이다(그림 3b).

5. 전망

분자 기계의 발전과 응용은 앞으로 무궁무진할 것이다. 분자 로봇과 분자 메모리칩 이외에도 생체 내에서의 각종 응용은 더욱 발전하고 나노과학과 화학의 새로운 영역을 넓히게 될 것이다.

참고문헌:

1. http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/2016/
2. http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/2016/popular.html
3. http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/2016/advanced.html

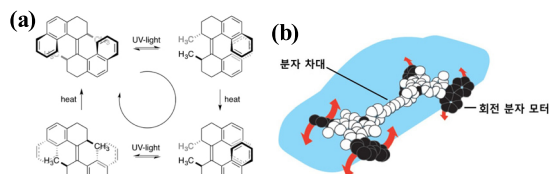


그림 3. (a) 이성화 결합과 한쪽방향으로만 도는 분자 모터, (b) 페링하 교수의 “나노카(nanocar)”.