

상온 중합 기반의 전도성 고분자 대량 생산

조한희 | 울산과학기술원 신소재공학과 (E-mail: hhcho@unist.ac.kr)

전도성 고분자는 광전기적 특성 조절이 용이하고 용액 공정이 가능하기 때문에 다양한 유기 소자에서 활용 가능하지만, 기존 합성법으로는 균일한 분자량의 고분자를 대량 생산하는 것이 제한적이어서 상용화에 어려움이 많았다. 최근 중국의 Hui Huang 연구팀은 Buchwald 타입의 촉매를 Suzuki-Miyaura 중합반응에 활용하여 균일한 분자량의 전도성 고분자를 상온에서 대량 생산하는 방법을 개발하였다. 특히, 20종 이상의 고분자 중합에 활용하여 새로운 합성법의 범용성을 입증하였기 때문에 차후 전도성 고분자 상용화에 큰 기여를 할 것으로 기대한다.

공액(conjugation) 구조를 가지는 전도성 고분자는 우수한 광전기적 특성과 저온 용액 공정을 강점으로 하여 유기태양전지나 유기트랜지스터 등 다양한 유기 소자(organic electronics)에 활용되고 있다. 이러한 전도성 고분자의 특성 조절을 극대화하기 위해서는 Stille이나 Suzuki-Miyaura 중합반응을 통해 두 가지 이상의 단량체를 교대로 결합하여 공중합체를 만들어야 한다. 하지만 이러한 step-growth 축합 중합반응의 경우 단량체 선택이 제한적이고 자가중합(homocoupling)으로 인해 구조적 결함이 발생하기 쉬워서 균일한 분자량의 고분자를 대량 생산하기에 어려움이 있다.

중국의 Hui Huang 연구팀은 Buchwald 타입의 전촉매(precatalyst)와 potassium trimethylsilylanolate (TMSOK)를 Suzuki-Miyaura 중합반응에 활용하여 자가중합을 억제할 수 있는 방법을 보고하였다. 연구진은 이를 통해서 분자량이 비교적 균일하고 구조적 결함이 거의 없는 24종의 전도성 고분자를 상온에서 24시간 내에 합성할 수 있었다. 특히

donor-acceptor, donor-donor, acceptor-acceptor 등의 다양한 형태를 가지는 고대 공중합체를 성공적으로 합성함으로써 단량체 선택의 폭을 넓혔고, 100 kDa 이상의 수 평균 분자량(Mn)을 가지는 전도성 고분자를 100 g 스케일로 합성함으로써 대량 생산이 가능하다는 것을 입증하였다. 이렇게 합성된 고분자들은 기존 합성법 기반 고분자에 대비하여 낮은 트랩 밀도(trap density)와 조밀한 패킹(packaging) 구조를 가지기 때문에 유기 소자에 적용되었을 때 더 우수한 성능을 나타낼 수 있었다.

해당 연구 결과는 균일한 특성을 가지는 전도성 고분자를 상온에서 대량으로 합성할 수 있는 혁신적인 기술이기 때문에 향후 전도성 고분자 기반 유기 소자의 시장 경쟁력 제고에 크게 기여할 것으로 기대한다.

본 연구결과는 *Nature Materials*에 “General room-temperature Suzuki-Miyaura polymerization for organic electronics”의 제목으로 2024년 1월에 게재되었다 (DOI: 10.1038/s41563-023-01794-9).

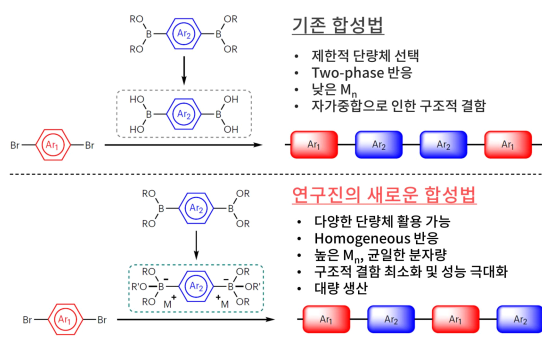


그림 1. (좌) 기존 합성법과 연구진의 새로운 합성법 비교. (우) 100g 스케일의 고분자 대량 생산 과정.