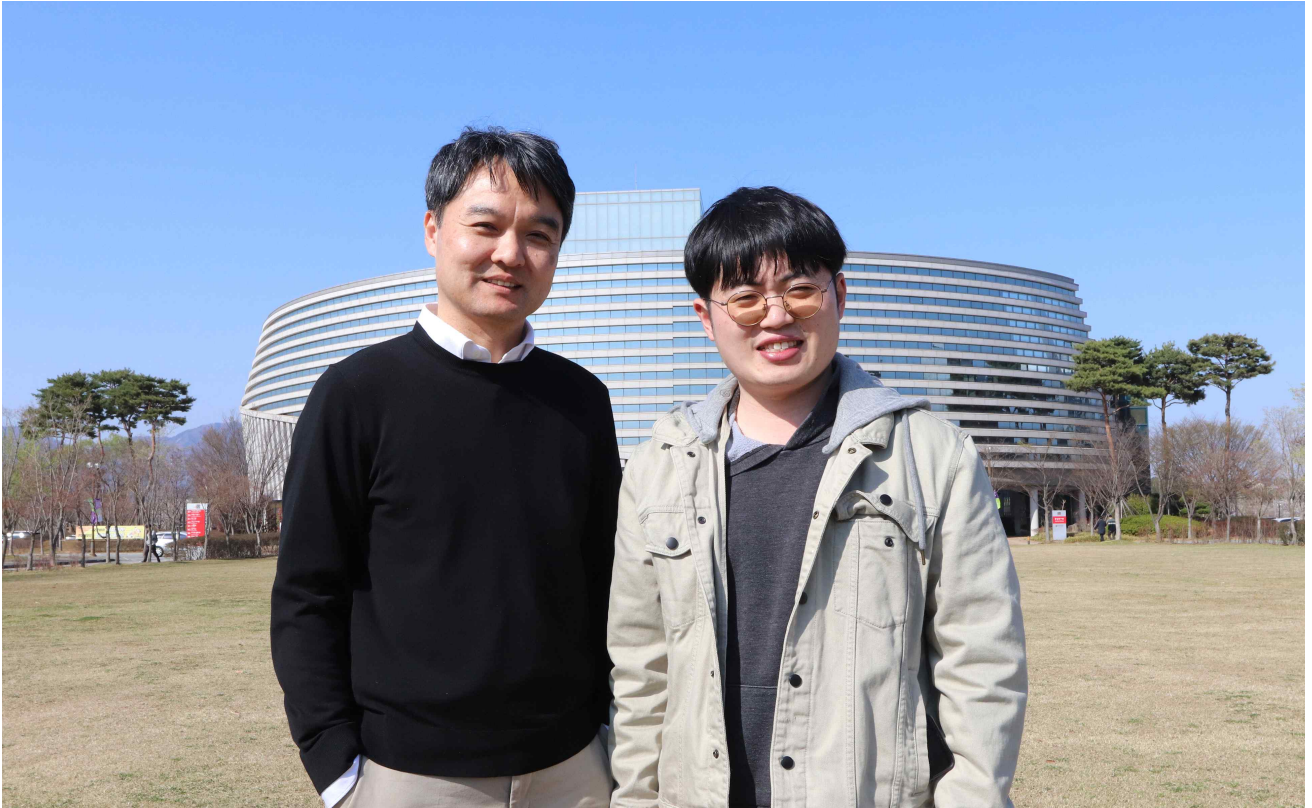


결정성 낮추고도 전도도 30배 높였다! 새로운 전도성 고분자 열전소자 개발

- 결정성을 높이는 기존 통념 깨뜨려... 열전도도 60% 낮추고 열전특성 6배 높여



▲ (왼쪽부터) 지스트 화학과 홍석원 교수, 변진환 박사과정생

온도 차이로 전력이 발생하는 제벡효과*를 이용해 전력을 생산하는 열전소자는 산업체 및 인체에서 버려지는 열로 전력을 생산할 수 있어 최첨단 에너지 소자로 주목받고 있다.

열전소자는 주로 값비싼 비스무트(Bi), 텔루륨(Te), 란타넘(La), 안티몬(Sb) 등 희귀원소가 소재로 이용되므로 이를 대체할 탄소 기반의 저렴한 전도성 고분자 열전소자가 주목받고 있다.

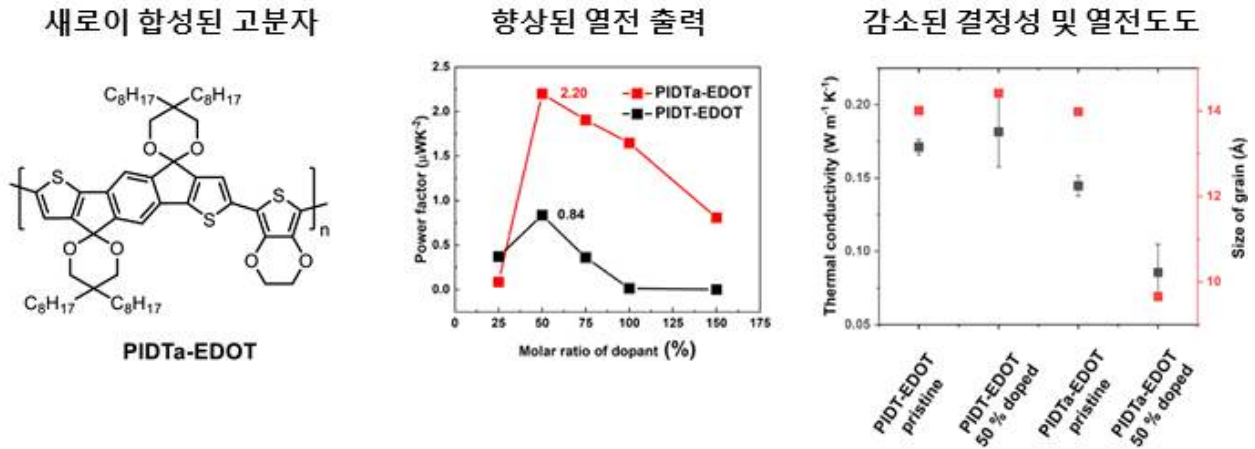
* 제벡효과: 물질의 두 지점에 온도의 차이를 주면 전자가 온도가 높은 곳에서 낮은 곳으로 움직이며 전력이 발생하는 효과.

지스트(광주과학기술원, 총장직무대행 박래길) 화학과 홍석원 교수 연구팀은 기존 연구방향과 반대로 결정성을 떨어뜨려 열전도도를 감소시키고 동시에 전기전도도 및 열전특성을 증가시키는 전도성 고분자 열전소자를 개발했다.

연구팀은 루이스 산-염기 복합체(Lewis acid-base complex) 형성*을 통해 도핑이 가능한 아세탈 기능이 부착된 새로운 형태의 분자로 구성된 전도성 고분자를 이용했다.

* 루이스 산-염기 복합체(Lewis acid-base complex) 형성: 전자 주개인 루이스 염기에서 전자 받개인 루이스 산으로 전자가 이동하며 생성되는 복합체.

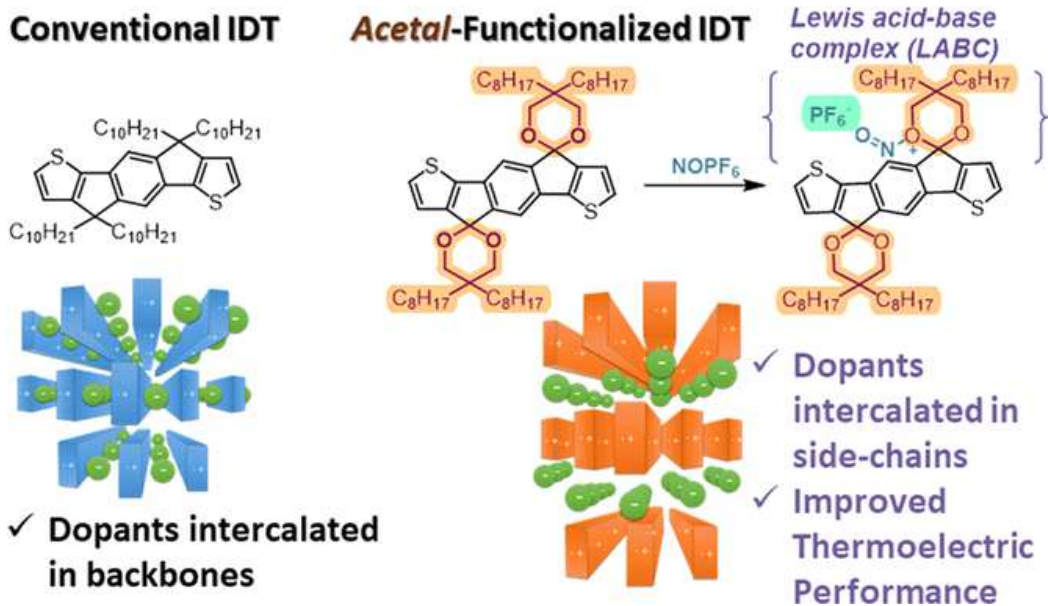
기존 전도성 고분자 열전소자 연구는 금속 물질과 같은 **단단한 결정성을 유도하여 전도성과 열전성능을 향상시키는데 집중되어 있었다**. 그러나 결정성을 향상시키면 열전도도 역시 증가해 결국 열전성능이 감소하는 문제가 발생한다.



▲ 위의 물질을 바탕으로 개발된 전도성 고분자와 확인된 향상된 열전 출력(power factor), 감소된 결정성과 열전도도.

연구팀이 개발한 전도성 고분자 열전소자는 결정성을 낮춤으로써 열전도도가 기존 대비 60% 감소되었으며, 기존 통념과 달리 낮아진 결정질에도 불구하고, 향상된 파이 겹침(pi-pi stacking)*으로 인해 무려 30배 높은 전도도와 6배 높은 열전특성을 확인할 수 있었다.

* 파이 겹침(pi-pi stacking): 공액고분자의 방향족 화합물 골격구조가 마주 보며 쌓여서 생기는 구조.

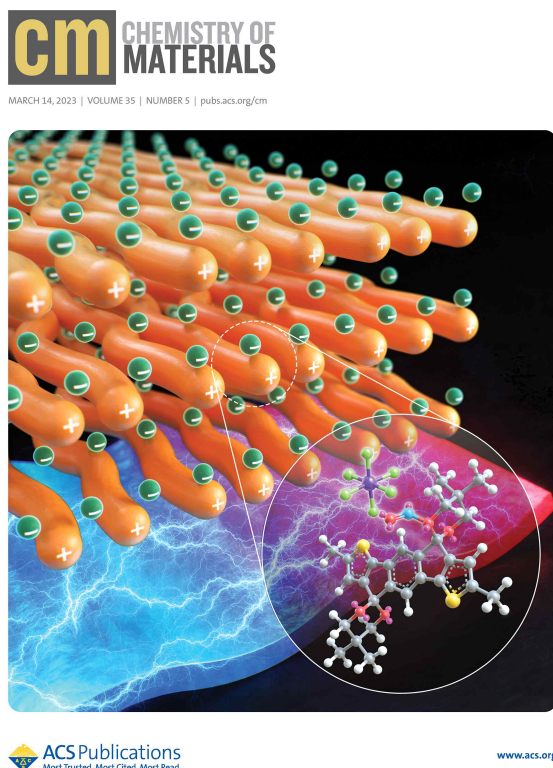


▲ 아세탈(acetal)과 니트로실 헥사포스페이트(Nitrosyl Hexaphosphate, NOPF6) 간의 루이스 산-염기 복합체(Lewis acid-base complex)를 형성을 통한 도핑이 가능한 분자. 도핑시 기존의 고분자와 다르게 도판트가 고분자의 결사슬에 분포하여 향상된 파이 겹침(pi-pi stacking)을 유도한다.

이번 연구 성과는 저렴한 전도성 고분자 열전소자의 성능을 대폭 향상해 상용화의 가능성을 높였다. 또한 전기자동차, 웨어러블 디바이스, 로봇 등 첨단 기기뿐만 아니라 공장과 발전소 같은 산업체에서 발생하는 열을 재활용하여 사회 전반적인 에너지 효율을 높일 것으로 보인다.

홍석원 교수는 "기존 연구방향과 반대로 결정성을 낮춰서 전도성 고분자의 전도성을 높이는 새로운 연구 방향을 제시했다"는데 의의가 있으며, "전도성 고분자 열전소자의 성능 향상과 상용화에 크게 기여할 것으로 기대된다"고 밝혔다.

이번 연구는 과학기술정보통신부 지원을 받아 기후변화 대응사업 및 차세대에너지 연구소 주관 지스트 개발과제로 수행되었으며, 연구결과는 국제학술지 '케미스트리 오브 머터리얼즈(Chemistry of materials)'에 3월 2일 온라인으로 게재되었고, 내지 삽화 논문으로 선정됐다.



▲ 내지 삽화 이미지.

논문의 주요 정보

1. 논문명, 저자정보

- 저널명 : Chemistry of materials (Supplementary cover) (IF=10.508)
- 논문명 : Acetal-Functionalized Indacenodithiophene (IDT): Controlling the Position of a Lewis Acidic Dopant for Improved Thermoelectricity
- 저자 정보 : 홍석원 교수 (교신저자, 지스트), 변진환 학생 (제1저자, 지스트), 경민규 박사 (공동저자/Dow Chem.), 김도원 학생 (공동저자/지스트), 박인규 박사 (공동저자/Los Alamos National Laboratory).