

2050 탄소중립 시대, 지구를 지킬 친환경 촉매 원천기술 개발

연구책임자 청정기술연구소 친환경융합소재연구부 김용진 수석연구원

한국생산기술연구원(이하 생기원) 친환경융합소재연구부 김용진 박사는 최근 탄소중립 시대를 앞당길 '지속가능 자원 기반 화학적 촉매 전환기술' 개발에 성공했다. 이산화탄소/일산화탄소(이하 C1)와 바이오매스를 주원료로 고분자 원료물질인 핵심 단량체를 고효율로 제조할 수 있는 신촉매·신공정 기술이다. 지난 2017년 개발한 바이오매스 유래 FDCA 제조 촉매기술을 진일보시킨 원천기술 성과여서 의미가 깊다. 특히 고분자 제조 공정의 원천 소재기술로서 지속적인 연구개발이 가능해 더욱 기대를 모으고 있다.

이 기술을 이용하면 기존의 석유 유래 물질을 C1 및 바이오매스 기반의 재생가능 원료로 대체할 수 있어 환경에 덜 유해한 고분자 소재를 만들어낼 수 있다. 또한 PET의 대체 고분자인 PEF 단량체, 나일론 또는 폴리우레탄의 단량체, 차세대 2차 전지 전해액도 만들어낼 수 있다.

증전에 원유에서 뽑아내던 원료가 필요 없어지기 때문에 지구 온난화를 막는 데 기여할 수 있고, 촉매는 에너지 효율도 높여주기 때문에 공정에서 생산되는 이산화탄소를 줄이는 데에도 큰 도움이 된다는 것이 김 박사의 설명이다. 전 세계적으로 FDCA 제조기술은 아직 상용화된 기술이 아니지만, 2017년 기술이전 하면서 축적된 기술 노하우를 기반으로 꾸준한 연구를 통해 노하우를 쌓았다. C1 및 오탄당 또는 육탄당을 이용한 다양한 단량체를 제조하는 원천기술 포트폴리오(SCI논문 22편, 특허 80건)는 사실상 김용진 박사가 세계에서 유일하다.

1. 생기원
친환경융합소재
연구부 김용진 박사

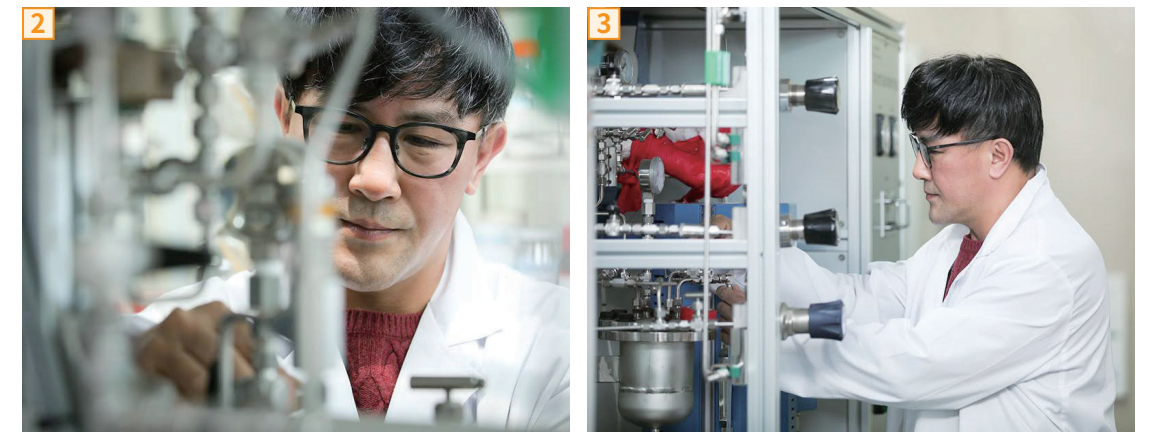


이번에 개발된 원천기술 역시 '진행형' 기술이다. 환경친화적이고 재생가능 물질을 원료로 하는 플라스틱 단량체를 만들기 위해서는 촉매가 달라져야 한다는 단순한 사실에서 출발했다. 이를 위해서 촉매가 다양한 소재에서 어떤 메커니즘으로 움직이는지 알아보고, 향상된 새로운 촉매를 만들어내는 것이 중요하다. 설명은 단순하지만 실험은 수없이 이뤄지고, 복잡한 과정을 거쳐 새로운 촉매가 만들어진다.

이번에 개발된 신기술은 C1과 바이오매스로부터 치환우레아, 카바메이트(우레탄) 등 이소시아네이트의 전구체와 퓨란계 다이올(diol) 등 플랫폼 단량체를 제조하는 기술이다. 카바메이트(우레탄)을 재료로 열분해한 물질을 고분자화하면 폴리우레탄이 되는 식이다. C1이나 바이오매스를 직접 플라스틱으로 만들 수는 없지만, 이를 다양한 화합물로 만들어 합성하는 과정에서 플라스틱 '원료의 원료'가 되는 물질(플랫폼 화합물)을 만들어 내야 하는데, 이를 위해서는 C1과 바이오매스를 '활성화'해야 한다. 촉매는 이 '활성화' 공정에서 필요하다.

2. 촉매 반응을
연구하고 있는
김용진 박사

3. 신촉매 시스템을
개발하고 있는
김용진 박사



촉매 효율이 높을수록 플랫폼 화합물 생산수율도 높아진다. 김용진 박사가 개발한 Cs[BTd] 촉매를 이용해 이산화탄소를 치환우레아로 전환할 경우 95.1% 수율, Ru/MnCo O 촉매를 이용해 바이오매스를 전환해 FDCA 수율 99.1%를 달성했다. 이 기록은 모두 세계 최고 수율 기록이다. 더욱이 종전 기술은 순산소(O)와 산화제, 유기용매 등을 사용해 폭발 위험이 있지만, 신기술은 일반 공기와 물을 촉매와 용매로 사용해 안전성을 더했다.