

나노기술을 통해 저렴한 고성능 배터리로 거듭나는 종이와 천

최근 미국을 위시한 세계 각국에서 에너지 저장 장치에 대한 관심이 크게 높아지고 있다. 친환경 산업이 중시되면서 어떻게 하면 저렴한 비용으로 높은 효율성을 가지고 있는 배터리나 축전지 등의 저장장치를 개발할 지를 모색하고 있는 것이다. 이러한 와중에 나노 기술을 이용하여 배터리의 경계를 획기적으로 확대한 기술이 발표되어 주목을 받고 있다.

2009년 12월, 미국 스탠포드 대학 재료공학부(Department of Materials Science and Engineering)의 Yi Cui¹⁾ 연구 팀은 일반 종이나 천(cloth)에 탄소나노튜브와 잉크를 이용하여 만든 배터리 관련 기술을 발표하였다. 이 기술을 사용한 배터리는 디지털 카메라나 휴대폰 등에 주로 사용되어왔던 리튬 이온(Li-Ion) 배터리보다 성능이 우수한데다가, 배터리로서 종이나 천을 활용하였기 때문에 저렴하고 초경량이라는 데 주목할 필요가 있다.

종이와 천의 변신 비결은 나노기술

전도성 높은 대용량의 축전지를 만드는 방법은 비교적 간단하다. 일반적인 종이나 천에 탄소 나노튜브(Carbon Nanotube)와 실버 나노 와이어(Silver Nanowire)로 만든 잉크를 코팅하고 이를 말리면 된다.

일상생활에서 사용되는 범용품인 종이와 천을 하이테크 제품으로 바꾸는 핵심 요소는 사람 눈에는 보이지 않는 나노 구조이다. 탄소 나노 튜브와 실버 나노 와이어 같은 나노 재료의 특성은 직경이 작은 1차원 구조(one-dimensional structure)를 갖고 있다는 것이다. 이 작은 직경이 섬유 조작을 가지고 있는 종이나 천에 나노 재료

잉크가 강력하게 부착될 수 있게 해주고 축전지의 내구성을 강화시켜 준다. 또 접거나 구기더라도 성능엔 아무런 지장을 주지 않는 것으로 밝혀져 보다 다양하게 적용할 수 있을 것으로 기대된다.

연구팀은 종이나 천을 기반으로 만들어진 배터리로 동일한 크기의 리튬 배터리 보다 훨씬 많은 약 4만 번의 충전 및 방전을 지속할 수 있고, 나노 재료가 일반적인 도체보다 효율적으로 전기를 이동시키기 때문에 이상적인 도체를 만들어 낼 수 있다고 밝혔다.

이전에도 플라스틱과 나노를 활용한 에너지 저장 장치를 개발한 적이 있으나 종이나 천을 이용한 방법이 내구성이 높고 산성 용액에 담가도 에너지 저장 성능에 변화가 없다고 한다.

또한 종이 배터리는 고 표면적-체적 비율(high surface-to-volume ratio)로 인해 에너지 전이가 신속하므로 배터리보다 충전 및 방전이 빠르게 이루어지는 특징을 가진 초고용량 축전지(Supercapacitors)로도 사용될 수 있다.

1800년에 Alessandro Volta가 세계 최초의 전지를 개발한 이래 에너지 저장 기술은 또 한 번의 혁신에 직면하고 있다. 현재 에너지 저장기기는 자본 집중적 방식으로 환경에 해를 끼치며 제조되고 있으며, 전통적 리튬 이온 배터리는 저장 공간이 한정적인데다가 비싸기까지 하다. 반면 나노 기술은 경제적 측면과 에너지 효율적인 측면에서 명실 공히 혁신적이라 할 수 있다. 일례로 리튬이온 배터리의 탄소양극(Carbon anodes)을 실리콘 나노와이어의 양극으로 교체한다면 저장 능력을 10배나 향상시킬 수 있다.

단기간 내에 상용화 기대돼

종이나 천을 이용한 배터리가 실제 생활에서 활용될 수 있는 잠재력은 실로 무궁무진하다. 에너지를 저장할 수 있는 벽지를 바른 미래의 주택을 상상해보라. 휴대용 전자제품 애용자는 전기가 저장된 티셔츠로 MP3 플레이어나 기타 기기를 이동 중에 충전할 수도 있을 것이다. 에너지 섬유는 또한 고성능 스포츠웨어로도 사용될 수 있을 것이고, 움직이는 전선 의류로 활용될 수도 있다.

좀 더 산업적으로 들어가면 종이나 천을 사용하여 만들어진 초고용량 축전지는 신속한 전기 전달이 요구되는 전기 자동차나 하이브리드 자동차에 유용하게 사용될 것으로 전망된다.

또한 최근 급부상하고 있는 지능형 전력망 구축을 위한 대용량 저장 장치에 종이를 활용한 축전지의 수요가 높아질 것으로 기대되고 있다.

야간에 발생하는 유휴 전기를 저장하여 전력 소비량이 많은 낮 시간에 사용할 수도 있기 때문이다.

캘리포니아 주립대학 버클리 캠퍼스의 화학과 교수인 Peidong Yang 교수는 이번에 개발된 기술은 비용이 저렴하고 어떤 전자제품에도 사용할 수 있다는 장점을 가지고 있어 짧은 시간 내에 상용화될 가능성이 높다고 밝혔다.

그동안 종이는 인류가 이룩한 훌륭한 아이디어와 지식을 전달하는 최고의 도구로서, 천은 인류의 체온 및 안전을 지켜주는 도구로서 사회와 과학 발전에 큰 영향을 주었다. 이번 연구를 계기로 종이와 천이 21세기 녹색 에너지 솔루션을 제공하는 기술 혁신 재료로 거듭나기를 기대해 본다. [K](#)

1) Cui 박사의 연구 내용 및 결과는 2009년 12월, 미국 국립 과학원 회보(Proceedings of the National Academy of Sciences)에 '에너지 저장 장치를 위한 전도성이 뛰어난 종이(Highly Conductive Paper for Energy Storage Devices)'라는 제목으로 발표됨

종이를 활용한 에너지 저장 장치 만드는 과정



- 일상에서 사용되는 종이에 나노물질이 함유된 잉크를 칠한 후 열을 가해 굽는다
- 호일에 싸인 종이 배터리로 전구를 밝힌 모습

(사진 : 스탠포드 대학교)