

접어도 되는 ‘종이 배터리’ 시대 열린다



김형자 과학칼럼니스트

종이를 고효율 배터리의 소재로 사용하는 꿈의 기술이 개발됐다. 스웨덴 린셰핑대(LiU) 물리전자공학과 매그너스 버그렌 교수팀이 ‘종이 배터리’를 개발한 것. 기록과 포장이라는 고유의 역할을 넘어 종이의 영역이 정보기술(IT)로까지 확장된 것이다. NT(나노 공학)와 IT(정보기술)가 만난 획기적인 이 제조기술은 앞으로 휴대전화기의 배터리 용량 확대 등에 크게 기여할 것으로 평가된다.

종이 재료인 셀룰로스 이용해 전기만드는 시스템 구현
불과 얼마 전까지만 해도 배터리는 약간의 변형으로 휘어지는 정도의 곡선형 플렉시블 배터리가 최고 연구 기술인 줄 알았다. 하지만 지난해 12월, 버그렌 교수팀이 가로로 접고 세로로 접고 두루마리처럼 둥글게 말아도 안정적으로 전류가 흐르는 ‘종이 배터리’를 개발하면서 상황은 달라졌다. 종이 한 장 크기의 이 배터리는 마음대로 접어도 망가지지 않을 정도로 유연성이 뛰어나다. 심지어 일부를 잘라내도 기능을 유지한다.

전력을 공급하는 종이의 주재료는 나무의 약 40%를 구성하는 셀룰로스. 셀룰로스는 식물체 세포막의 주성분으로 섬유소라고도 한다. 연구팀은 나무에서 추출한 셀룰로스 섬유에 고압의 물을 쏴서 지름 20nm(나노미터, 1nm는 10억 분의 1m)까지 얇게 만든 다음, 여기에 전기적으로 대전시킨 고분자 화합물을 가했다. 그 결과 섬유 주변에 아주 얇은 코팅 막이 생기면서 전기가 잘 흐르는 소재가 만들어

졌다. 헝클어진 코팅 섬유 사이에는 작은 구멍이 많이 뚫려 있고, 이 빈 공간에 든 액체가 전해질 역할을 한다.

스마트폰을 비롯해 휴대용 기기 개발의 가장 큰 걸림돌은 바로 배터리. 용량이 큰 보조 배터리의 최대 단점은 휴대하기가 너무 무겁다는 것. 반면 종이의 가장 큰 매력은 ‘가벼움’이다. IT 업계가 최근 종이 배터리에 주목하는 이유다. 종이 배터리가 현실화된다면 수많은 휴대용 전자기기는 자연스럽게 ‘다이어트’에 돌입하게 된다.

배터리 역할을 하는 박막은 이미 오래전에 개발되었다. 2007년 미국 렌셀러 폴리테크닉대학의 연구진은 검은색 탄소 나노튜브를 입힌 종이 배터리를 만들었는가 하면, 2009년에는 미국 스탠퍼드대학의 연구팀이 코팅 방법을 단순화해 생산단가를 낮추기도 했다. 하지만 지나치게 얇기만 할 뿐 전기의 흐름이 원활하지 않아 활용이 어렵다는 한계가 있었다. 이번에 버그렌 교수팀이 개발한 ‘종이 배터

리'는 단 몇 초 만에 원활하게 충전할 수 있고, 수백 번까지 재충전 사용이 가능하다. 지름 15cm인 종이 배터리 한 장에는 최대 1F(패럿)까지 전기를 저장할 수 있다.

종이는 어디서든 쉽게 구할 수 있는데다, 잘 접히고 자연에서 분해되는 등 장점이 많다. 종이 배터리는 위험한 화학물질이나 중금속을 쓰지 않고 나무에서 쉽게 얻을 수 있는 재료를 이용하기 때문에 친환경적이다. 게다가 배터리 충전 용량을 종전의 세 배로 늘릴 수 있어서 기존 전지보다 3배 이상 오래 쓸 수 있다. 최근 IT 선진국들이 종이 배터리에 도전하는 이유가 여기에 있다.

우리나라 연구진도 버그렌 교수팀보다 먼저 '종이 배터리'를 만드는 데 성공했다. 공동으로 연구한 산림청 국립산림과학원 이선영 연구관팀과 울산과학기술대(UNIST) 이상영 교수팀이 그 주인공. 이들은 지난해 9월 셀룰로스로 만든 종이 분리막과 전극을 이용해 휘어지는 배터리를 구현해 냈다. 셀룰로스를 나노 크기로 아주 잘게 쪼갠 뒤 리튬이온의 +와 - 사이에 분리막을 형성하는 아주 작은 막을 개발한 것이 핵심이다. 즉, 분리막의 양쪽 면에 각각 양극과 음극 역할을 할 수 있는 물질을 입힌 것이다.

기존 리튬이온 전지는 전극에 해당하는 양극과 음극 그리고 분리막이 각각 분리돼 있고, 전극을 만들 때 알루미늄과 구리와 같은 금속 물질이 필요했기 때문에 전지를 과도하게 훨 경우 서로 분리되는 현상이 발생했다. 하지만 '전극 일체형 분리막'은 휘거나 외부에서 큰 힘을 가해도 안정적으로 작동한다. 전문가들은 '종이 배터리' 기술이 앞으로 다가올 웨어러블 기기의 전원이나 전기 자동차의 동력에너지로 사용될 것으로 기대하고 있다.

다양한 분야에서 활용 가능

'나노 셀룰로스'는 초극세 섬유로 꿈의 첨단 소재다. 따라서 그 활용 폭이 매우 넓다. 이미 전 세계적

으로 전기 · 전자 재료, 생체의학 재료, 나노복합 재료 등에 쓰이고 있고, '스마트페이퍼'에 대한 연구도 활발히 진행 중이다. 스마트페이퍼는 단순히 정보를 적어 놓는데 그치지 않고, 대용량의 정보를 저장하거나 제공하는 종이를 말한다. 스마트페이퍼의 개발이 완료되면 삶의 질은 한층 더 개선될 것이다.

현재 핀란드와 스웨덴, 미국, 일본 등에서 IT와 종이를 접목한 복합체를 개발하는 연구가 한창이다. 생물학과 의학 분야에서는 '바이오액티브 종이'의 개발을 고대하고 있다. 이것은 생물학적 센서를 가진 종이다. 맥주병에 붙은 종이가 온도에 따라 색깔이 변하는 것처럼, 세균이나 독성물질 등이 감지되면 내장된 잉크가 반응해 색깔을 나타내는 식이다. 이 종이를 포장지로 쓰면 제품이 유통되는 동안 손쉽게 품질관리를 할 수 있게 된다. 바이러스나 신경 전달물질을 이용한 생물학적 테러를 예방하는 데도 이용될 수 있다.

미육군에서는 나노 셀룰로스로 군복을 만들려고 하고 있다. 종이 배터리나 전자제품을 다른 물질과 같이 군복에 직조하면 된다. 그럴 경우 군복은 화학 전에 뿐만 아니라 화재에 저항할 수 있고, 종이 태양전지를 군복에 넣으면 야간투시경 같은 전자제품들에 전기를 공급할 수 있다.

과학계는 궁극적으로 '종이 배터리'를 인공장기 동력으로 쓴다는 계획까지 세워 놓았다. 우리 몸의 혈액, 땀, 소변이 자연스럽게 배터리의 전기 발생을 위한 전해질로 이용되기 때문에 한 번 몸에 넣은 '종이 배터리'는 다시 충전할 필요도 없다. 과학계의 종이 욕심은 끝이 없다. 이제 '종이는 고루하다'는 생각을 버리자. 또 어디선가 종이의 낯선 모습을 마주할지 모를 일이다. 