

02 차세대 전고체전지, 전기차-ESS 상용화 견인

과거 내연기관 자동차에서 엔진의 발전이 자동차산업의 핵심이었듯이 다가오는 전기자동차 시대는 배터리의 발전이 자동차산업의 향방을 결정짓는 요소가 될 것이라는 전망에는 큰 이견이 없다. 그런 의미에서 제주지역본부 김호성 박사가 이끄는 연구팀에서 개발한 대면적 전고체전지(All-Solid Battery)¹⁾ 제조기술은 그 의미가 크다고 할 수 있다.

현재 상용화된 이차전지는 가연성 액체 전해질을 사용하는 리튬이온전지로, 과열 또는 과충전될 경우 액체 전해질의 분해 반응에 의해 전지가 팽창하여 폭발할 위험이 있고 배터리 팩의 부피를 줄이기가 어려워 전기자동차 발전의 큰 숙제였다.

반면 이번 연구팀이 개발한 전고체전지는 내열성과 내구성이 뛰어난 산화물계 고체 전해질 소재를 사용하기 때문에 폭발 및 화재 위험이 없고, 다수의 단위셀을 하나의 셀 스택 안에 직렬로 연결하는 바이폴라(Bipolar) 구조로 설계·제작되어 고전압 구현에 유리해 배터리 팩 부피를 약 1/3로 크게 줄이면서도 주행거리는 2배 이상 향상시킬 수 있다.

전고체전지는 고체 전해질 종류에 따라 산화물, 황화물, 고분자 계열로 분류된다. 연구팀은 산화물계, 그 중에서도 가장 효과적이라 평가받는 가넷 LLZO(리튬·란타늄·지르코늄·산소) 소재를 사용한 고강도 복합고체 전해질 시트 제조 기술에 초점을 맞췄다.

LLZO 소재는 전위창²⁾ 및 안전성이 뛰어나지만 비용이 비싸고 이온전도도³⁾가 상대적으로 낮아 그동안 상용화에 어려움이 있었지만 연구팀은 테일러반응기⁴⁾를 활용한 저가의 연속생산 공정을 도입해 LLZO 분말의 생산비용을 최소화하고 분말 입자를 나노화하는 데 성공했다.

나노급 LLZO 고체 전해질 분말은 이중 원소(갈륨·알루미늄) 도핑에 의해 소결시간이 약 5배 이상 단축되어 비용이 크게 절감됐고, 이온전도도가 세계 최고 수준인 1.75 x 10⁻³ S/cm로 3배 이상 개선됐다. 이렇게 개발된 LLZO 분말은 소량의 고강도 이온전도성 바인더와 복합화되어 약 50~60 μ m 두께의 복합고체 전해질 시트로 제작됐는데, 이는 전고체전지의 부피 에너지밀도를 445Wh/L 수준으로 향상시키는 국내 최고 수준의 핵심기술이다.



전고체전지의 구성 소재와 단위셀 및 바이폴라 구조의 대면적 파우치셀

나아가 연구팀은 전고체전지 단위셀 10개로 구성된 바이폴라 구조의 셀스택(37V, 8Wh 급)을 국내 최초로 제작해 상용화 가능성을 높였다. 제작된 셀스택은 대면적(11cm x 12cm)의 파우치 외장재 형태이며, 셀스택에 사용된 단위셀은 400회의 충방전 실험 결과 배터리 초기 용량의 약 84%를 유지해 종래 전고체전지보다 수명 특성이 5배 이상 개선됐다.

이번 연구팀을 이끈 김호성 박사는 “국내 기술력으로 기존 전지를 대체할 수 있는 차세대 전고체전지 제조기술 확보에 성공했다”며 “LLZO 소재 제조기술은 이미 국내 기업에 이전 완료됐고, 올해부터는 셀스택 사업화에 착수해 조기 상용화에 주력할 계획”이라고 전했다.

한편, 일본 후지경제연구소에 따르면 세계 전고체전지 시장은 2035년 약 28조원 규모로 확대될 전망이다.

- 1) 전지 내부 양극과 음극 사이에 있는 전해질을 액체에서 고체로 바꾼 차세대 이차전지
- 2) 고체 전해질 소재에서 전기화학적 산화 또는 환원 반응이 일어나지 않은 전압구간
- 3) 고체 내부에서 리튬이온이 확산되는 속도로, 낮은 경우 용량 및 수명도 감소한다.
- 4) Taylor Reactor, 테일러 유체흐름 원리를 이용하는 일종의 화학 반응기

“위험·부피는 크게 줄이고 주행거리는 2배 이상 향상”



단위셀을 직렬로 10개 연결하여 제작한 바이폴라 구조의 37V, 8Wh 급 셀스택