



서울대 재료공학부 유한일 교수

차세대의 청정에너지원 '고체산화물 연료전지' 연구

서울대 재료공학부 유한일(50세)교수는 세라믹소재의 이온과 전자의 이동현상을 주로 연구하면서 차세대 에너지원인 '고체산화물 연료전지' 개발을 위해 연구실을 지키고 있는 주목받는 과학자이다. 유교수는 그동안의 연구를 통해 초전도체가 아닌데도 불구하고 상온 이상의 매우 넓은 온도 범위에 걸쳐서 열기전력이 0이 되는 새로운 세라믹스물질을 발견하는 성과를 올렸다.

인류는 현재 에너지의 대부분을 화석연료에 의존하고 있다.

그러나 화석연료로 인한 환경파괴는 이미 한계를 넘어섰고 그나마 양도 바닥을 드러내고 있는 형편이다. 이대로라면 2000년대 중반쯤

에는 인류의 주 연료가 새로운 에너지원으로 대체될 것이 확실시되고 있다. 따라서 전 세계적으로 환경문제와 연계해 화석연료로 인한 제반문제를 해결할 수 있는 방법을 강구하기 위해 연구가 지속돼왔다.

이중 고체이온공학(solid state

ionics)은 고체 내 이온이동현상과 소재와 그 응용을 대상으로 하는 과학기술로 청정 대체에너지원인 고체산화물 연료전지(SOFC)를 만드는 데 쓰이기 때문에 1980년대 이후 각광받고 있는 기술로 수소의 에너지를 전기에너지로 변환해 이용하기 위한 유일한 수단이다. 환경오염가스 발생을 최소화하면서도 가장 높은 효율로 변환할 수 있게 해주기 때문에 각국에서 집중적으로 연구되고 있다. 유한일교수(50세·서울대 재료공학부 교수)는 차세대 청정에너지원인 '고체산화물 연료전지' 개발 분야에서 주목을 받고 있는 학자이다.

세라믹소재 이온이동 응용

유교수는 지구상 가용소재의 70% 이상이 세라믹소재인데 세라믹소재에 농도물매, 전위물매, 온도물매 등 열역학적 힘이 가해지면 전자 뿐만 아니라 이온이 움직이게 되고, 이온이 이동하면 전하와 물질도 함께 이동하므로 전기적 현상과 화학적 현상이 함께 생긴다고 설명한다. 따라서 화학확산(농도물매가 원인이 되어 물질이 이동하는 현상), 전자농도분극(농도물매에 의하여 전압이 발생하는 현상), 이온전도, 화학분극(전압에 의하여 농도차가 생기는 현상), electro-transport(전압에 의하여 물질이 이동하는 현상), thermotransport(온도물매에 의하여 물질이 이동하는 현상), 열전현상(온도물매

에 의하여 전압이 발생하는 현상) 등이 발생하게 되는데, 고체산화물 연료전지는 바로 이 세라믹소재의 이온이동현상을 이용한 대표적인 고체이온공학장치이다.

유교수는 이온이동현상과 소재의 응용은 범위가 상당히 넓다고 설명한다. 응용분야는 화학/전기에너지 변환장치(고체산화물연료전지), 에너지저장장치(이차전지), 전기/화학 정보저장장치(전색소자), 화학/전기 정보변환장치(화학센서), 열/전기에너지 정보변환(열전발전소자), 물질분리장치(산소분리막, 수소분리막), 물질저장장치(산소펌프, 수소펌프), 전자소자 신뢰도확보/향상(DRAM, FRAM, 연결선 등의 경시열화), 구성소재 수명 예측/향상(내화물열화, 금속부식), 전자세라믹스 공정설계(MLCC, PTCR) 등이라고.

유한일교수는 서울대학교 고체이온공학연구실(solid state ionic research lab)을 주 무대로 세라믹소재의 이온과 전자의 이동현상을 주로 연구하면서 앞서 설명한 고체산화물 연료전지 개발을 위해 전력을 다하고 있다.

지난 70년대, 전 세계적으로 새로운 학제간 학문으로서 재료공학의 붐이 일 때 이 분야에 관심을 두게 된 유교수는 고체이온공학의 비조인 독일 C. Wagner(1901~1977년)교수의 후계자인 독일 하노버대학교의 H. Schmalzried교수로부터 사사했으며 일본

Tohoku대학 고체이온공학연구소와 미국 MIT 재료공학과와 초빙교수로 강의와 연구를 수행하고 독일 Aachen대학과 Braunschweig 대학의 물리화학과에서 공동연구를 수행해왔다.

지난 해 10월에는 중국 Fuzhou 대학에서 개최된 '제7회 아시아 고체이온공학회(Asian Conference on Solid State Ionics)'에서 부회장에 선임되었고 국제이온공학회(International Society for Solid State Ionics) 회원으로도 활발하게 활동하고 있다.

전기전도 구리에 버금

유교수는 그간의 연구를 통해 초전도체가 아닌데도 불구하고 상온 이상의 매우 넓은 온도범위에 걸쳐서 열기전력이 0이 되는 새로운 세라믹스 물질을 발견하는 성과를 올렸다. 세라믹스 소재의 한계를 뛰어넘는 돌파구가 될 것으로 보이는 이 물질은 전기전도도가 전 온도 범위에 걸쳐 금속 구리의 전도도에 버금가며 열전도도 역시 금속만큼 높고 파괴인성, 강도, 내열충격성 등 기계적 특성은 기존의 어떤 세라믹스보다도 뛰어나다. 그러면서도 내산화성이 탁월하며 윤활유 없이도 선반가공, 드릴링 등 기계적 가공이 또한 가능하다. 화학적 조성이 Ti_3SiC_2 로서 절대열기전력이 실온에서부터 550℃까지의 온도 범위에 걸쳐서 0이 되는 것으로 확인되었으며 이 온도 영역 바

깎에서도 0이 될 것으로 예상되기도 한다. 따라서 이 세라믹 신소재는 열전현상을 응용하거나 제어하는 재료공학적 전기를 마련하고 재료의 열전현상을 보다 더 근본적으로 이해하고 나아가 열전특성을 제어할 수 있는 재료공학적 기법을 찾는 계기를 제공했다는 평을 받고 있다. 유교수는 이 결과를 바탕으로 지금까지 해오던 대로 세라믹소재의 이온과 전자의 이동에 의한 현상과 소재, 응용에 대한 연구를 계속할 생각이다. 또 새로 발견된 Ti_3SiC_2 계 소재를 본격적으로 연구해 볼 계획도 갖고 있다.

유교수는 우리나라 과학발전은 과학과 공학을 별개의 것으로 보지 않는 인식이 우선돼야 한다고 말한다. 일례로 유교수는 최근 고체이온공학의 기술인력 인프라를 구축할 목적으로 과학재단의 우수연구센터(ERC)사업에 '고체이온공학 연구센터'를 제안했던 적이 있었는데 이때 '이해', '규명' 등의 단어는 '과학'의 전용용어인 것으로 너무 과학(SRC)에 가깝다는 지적을 받았다고 한다. 安分을 생활신조로 삼은 것처럼 현실에 만족하며 이따금 산에 오르는 것으로 여가를 보낸다는 요즘은 해금을 배워보기 위해 노력중이며 부모님과 처, 1남 1녀와 함께 살고 있다. 유교수는 74년 서울대, 76년 한국과학기술원, 84년 미국 메사추세츠대학에서 박사학위를 취득했다. ㉔

송해영<본지 4월기자>