

수소 에너지를 얼음 속에 저장한다

글_ 장원락 한국경제신문사 기자 wrjang@hankyung.net

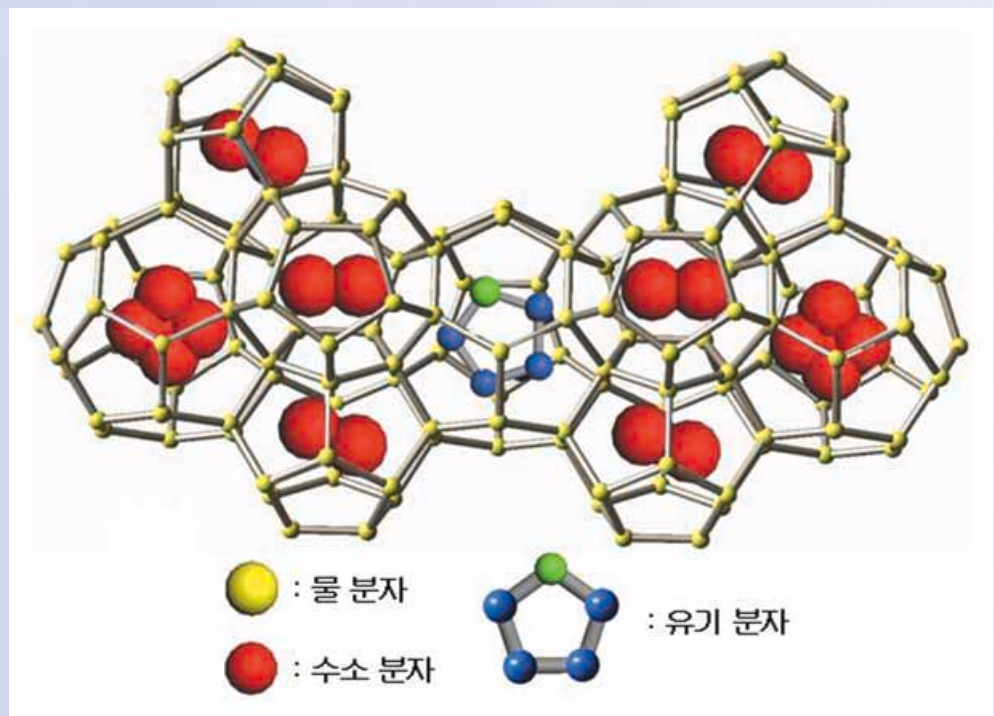
수소 에너지 상용화의 난제로 꼽혀왔던 저장문제를 얼음을 활용해 해결한 획기적 기술이 국내 연구진에 의해 세계 최초로 개발됐다. 이에 따라 차세대 청정에너지로 꼽히고 있는 수소에너지 확보와 활용에 가속도가 붙을 전망이다.

한국과학기술원(KAIST) 생명과학과 이 혼 교수는 섭씨 0도 부근에서 수소 분자를 얼음 입자 속의 수많은 미세공간에 저장시킬 수 있다는 사실을 세계 처음으로 규명했다. 이번 연구의 결과

는 세계적 과학잡지인 '네이처' 4월 7일자에 가장 주목해야 할 하이라이트 논문으로 실렸다.

이 교수는 이번 연구에서 순수한 물에 미량의 유기물을 첨가한 후 얼리면 얼음 입자 속에 나노 크기의 미세한 공간들이 만들어지고, 이 공간에 수소를 안정적으로 저장할 수 있다는 것을 밝혀냈다. 또한 얼음 속으로 수소를 붙여넣어 주기만 하면 수소 분자들이 이 나노공간에 자연적으로 흡수된다는 원리도 규명해 냈다.

그 동안은 수소를 섭씨 영하 250도의 저온에



수소분자 구조

서 액화시키거나 350기압 정도의 아주 높은 압력을 가하는 방법으로 저장해야 했으나, 이번 기술을 활용하면 섭씨 3~4도의 상온에서도 수소를 저렴하고 안전하게 저장할 수 있게 된다고 이 교수는 설명했다.

이 교수는 “지구상에서 가장 풍부한 물질인 얼음으로 수소를 저장할 수 있는 방법을 찾아냈다는 점에서 이번 기술은 획기적인 아이디어”라며 “수소자동차나 수소연료전지 등의 상용화를 급진전 시킬 것”이라고 말했다.

메탄하이드레이트에 착안, 얼음 속 나노공간 만들어

이 혼 교수가 ‘얼음 입자내 수소저장 원리’를 규명한 것은 미래 에너지원인 수소를 가장 저렴하면서도 간편한 방법으로 저장할 수 있는 기술을 확보했다는 데 큰 의미가 있다. 수소에너지 활용의 성공여부는 효과적인 저장법을 확보하는데 달렸는데, 이 교수가 이를 가능케 하는 획기적인 방법을 찾아낸 것이다.

그 동안 전세계적으로 수소를 생산하는 방법에 대해서는 많은 연구가 진행됐지만 안전하고 저렴하게 수소를 저장할 수 있는 방법에 대해서는 그다지 연구성과가 나오지 않았다. 그런 점에서 언제 어디서든 손쉽게 얻을 수 있는 얼음(물) 속에 수소를 저장한다는 아이디어는 지금껏 생각하지 못했던 것으로, 향후 수소에너지 상용화에 전기를 마련할 것으로 기대된다.

이 교수는 해저에서 메탄이 얼음 속에 녹아 메탄하이드레이트 상태로 존재한다는 점에 착안, 이번 연구를 시작했다. 수소도 메탄처럼 얼음 속에 저장시킬 수 있지 않을까 하는 아이디어를 떠올린 것이다. 그러나 일반 얼음의 분자구조에서는 수소를 저장할 수 있을 만큼의 공간이 존재하지 않는다.

얼음 속에 수소 분자를 가둘 만큼의 폐쇄된 빈 나노공간을 만들 수 있는 방법을 찾던 이 교수는 순수한 물에 미량의 유기물을 첨가한 결과 얼음



수소 방출모습

내부에 수많은 나노크기의 공간이 만들어지는 것을 확인했다. 화학 연구실에서 널리 쓰이는 용매인 ‘테트라하이드로퓨란’이 유기물로 활용됐다. 이렇게 만든 얼음에 수소를 주입시킨 결과 이 교수는 얼음 100g당 4g의 수소를 저장시키는데 성공했다. 약 4%의 수소 저장률을 보인 것이다.

이 교수는 또 수소를 얼음에 붙어 넣어 주면 얼음 속 나노공간의 흡입력에 끌려 자동으로 저장된다는 메커니즘도 밝혀냈다. 이같은 얼음 속 수소저장 현상은 인위적으로만 가능할 뿐 자연계에서는 일어나지 않는다고 이 교수는 설명했다. 다만 토성 등 외계의 대기권에서는 불순물이 섞인 얼음 속에 수소가 결합돼 있을 가능성도 있다고 덧붙였다.

3~4°C의 상온에서 수소 저장할 수 있게 돼

이번 연구의 가장 큰 의미는 섭씨 0도 부근의 온도에 수소를 저장할 수 있게 됐다는 것이다. 이 교수는 유기물을 첨가할 경우 3~4°C의 상온

에서도 얼음이 녹지 않은 채 수소를 저장할 수 있다는 것을 확인했다.

현재까지 개발된 수소 저장기술로는 압축수소, 액화수소, 수소저장합금, 탄소나노튜브 등이 있다. 그러나 압축수소의 경우 350~700 기압의 고압 상태를, 액화수소의 경우 영하 250도 정도의 저온 상태를 유지시켜줘야 하는 단점을 안고 있다. 이같은 상태로 만들기 위해선 고가의 비용을 필요로 하는 것이다.

수소저장합금이나 탄소나노튜브도 특수 재료로서의 한계성을 갖는다는 게 약점으로 꼽힌다. 수소저장합금은 비싼데다가 매우 무겁고, 탄소나노튜브는 복잡한 연구 과정을 필요로 하고 수소 저장능력이 떨어진다는 것이다.

수소 저장률 6% 이상 돼야 상용화 가능

반면 이번에 개발된 기술을 활용하면 손쉽게 구할 수 있는 얼음을 이용해 간편하게 수소를 저장 및 운송할 수 있게 된다고 이 교수는 강조했다. 다량의 수소 기체를 얼음 사이로 통과시키기만 하면 되기 때문이다. 0도 정도를 유지시키기만 하면 손쉽게 운반도 할 수 있다. 저온 고압의 수소는 저장뿐만 아니라 운반시에도 위험성을 갖지만 얼음 속에 저장시킨 수소는 이같은 위험성을 거의 갖지 않는다.

아울러 얼음입자를 상온에서 녹이기만 하면 자연적으로 수소를 방출시킬 수 있어 간편하게 활용할 수도 있다고 이 교수는 덧붙였다. 수소저장 비용을 획기적으로 절감하고 안정성도 대폭 높일 수 있게 된 것이다.

이밖에 3~4℃ 정도에서도 녹지 않은 얼음을 만들어냈다는 것도 또 다른 측면에서 활용될 수 있을 것으로 이 교수는 내다봤다.

실제로 네이처 측도 이같은 성과가 화학적으로 상당한 잠재력을 가진 것으로 평가했다고 이 교수는 설명했다.

본격적인 상용화를 위해선 현재 4% 정도인 얼

음 속 수소 저장률을 6% 이상으로 끌어올려야 한다. 최소한 이 정도 수준에 이르러야 경제성을 갖게 되기 때문이다. 이를 위해 이 교수는 다양한 유기 용매를 적용, 얼음 속 나노공간의 크기를 보다 확장시키는 연구에 본격 나설 계획이다.

그러나 이번 연구의 본격적인 실용화를 위해 앞으로도 상당한 시간이 소요될 것으로 이 교수는 내다봤다. 그는 “일단 얼음 속에 수소를 저장시킬 수 있다는 사실을 알아낸 것으로 수소 저장법의 새로운 길을 찾은 것”이라며 “이를 바탕으로 다양한 응용 연구가 가능하게 될 것”이라고 설명했다.

또 “이번 기술은 앞으로 수소자동차, 연료전지 등의 개발에 획기적인 전기를 마련한 것”이라고 강조했다.

이번 연구성과가 발표되면서 이 교수는 밀려오는 문의로 한바탕 홍역을 치렀다. 국내는 물론 해외에서도 높은 관심을 보인 것으로 알려졌다. 이 교수는 이번 연구의 결과를 정리, 보완한 뒤 국내·외 연구자들과의 공동 연구에 조만간 나설 계획이다.

이를 통해 이번 연구의 상용화 가능성을 높이는 연구에 박차를 가하기로 했다. 아울러 얼음 속에 수소 이외의 다른 폭발성 매체를 저장할 수 있는지, 얼음뿐만 아니라 다른 물질에도 이같은 방식으로 수소를 저장시킬 수 있는지 등에 관한 기초 연구도 수행해 나가기로 했다.

과학기술계에서도 이번 연구의 원리를 활용한 응용연구에 상당한 관심을 보이고 있다. 원자력연구소의 경우 연구용 원자로인 ‘하나로’에 건설될 냉중성자 연구시설에 이 원리를 적용할 수 있을 것으로 기대하기도 했다.

이 교수는 “이미 해외 각국으로부터 공동연구 제의가 들어오고 있다”며 “이번 연구의 원리 자체는 획기적인 것이지만 얼마나 이를 잘 활용해 상용화하는가는 후속 연구에 달려있다”라고 말했다. ❶