

# 수소자동차, 상용화 지연 이유는?

## IEA, 발전부문에서 실현 가능성 높아 ... 연료전지 기술개발이 유리

선진국들이 앞 다투어 수소연료 개발을 장려하고 있고 Shell과 GM이 수소자동차 기술에 도전하고 있지만 여러 문제들을 고려할 때 수소연료를 운송부문에만 적용하려는 전략은 수정돼야 할 전망이다.

국제에너지기구(IEA)의 장기협력 상설그룹회의에서 전문가들은 수소가 앞으로 대규모 연료로 등장할 것이라는 전망에는 동의했으나 이를 자동차 등 운송에 대해서만 강조하는 것은 적절치 않다고 지적했다.

수소가 현재 전세계 최종에너지 소비의 극히 일부만을 차지하고 있는데다 자동차 등 운송부문은 수소와 연료전지가 중·장기에 실현될 가능성이 가장 불투명하며, 오히려 상당 시간 지체되더라도 발전 부문에서 수소에너지가 실현될 가능성이 더 높다는 의견이다.

수소는 그 자체로는 CO<sub>2</sub>를 발생시키지 않지만, 수소의 98%가 탄화수소로부터 생산되고 있는 만큼 상당한 양의 CO<sub>2</sub>가 발생하며 이를 제거하기 위한 다양한 방법이 연구되고 있다.

그러나 현재까지는 가스 개질(Reforming) 및 전기분해(Electrolysis)를 통해 CO<sub>2</sub>를 흡착하거나 저장하는 방법을 제외하고는 어떠한 대안도 시연되지 못하였으며, 이 방법도 비용이 많이 들어 에너지시장에서 경쟁력을 갖지는 못하는 상태이다.

우선 수소가 연료로 생산되면 현재의 전기, 가스 혹은 석유제품 등에 상응하는 운송·배분 체계를 개발해야 한다.

북부 유럽에는 이미 수소망(hydrogen grids)이 설치돼 있으나 생산지와 소비자 간의 거리가 짧아 가능하다는 평가이다. 수소의 질량당 열량은 매우 높은 반면, 부피당 열량은 매우 낮기 때문에 파이프라인을 통해 운송할 시 비용은 액상 탄화수소보다 5배가 비싸고 천연가스보다 3배가 비쌀 것으로 예상된다.

수소의 물리적 특성을 근거로 추정해 보면, 배분 비용은 액상 탄화수소보다 약 15배 클 것으로 예상되며, 누출 및 폭발 등 안전사항과 관련된 추가 비용도 고려돼야 한다. 가스 상태가 아닌 액체 수소의 운송은 더 큰 비용을 수반하기 때문에 고려조차 되지 않고 있다.

또 수소는 부피당 열량이 대단히 낮다는 물리적 특성 때문에 경제적·기술적 문제가 발생하며 이를 위한 해결책들이 제안돼야 한다는 지적이다.

수소를 고압탱크에 저장하는 방식을 사용해 수소차량이 가솔린 혹은 디젤 차량과 동일한 크기의 탱크를 지니기 위해서는 700 bar의 압력이 필요하며, CNG의 탱크압력이 250 bar임을 감안할 때 이는 상당한 에너지 소비를 필요로 한다.

또 수소를 수소화물(Hydride) 혹은 탄소 나노튜브에 저장하는 방법을 사용하면 저장되는 수소의 무게는 탱크 무게의 2-3%에 불과하지만 필요한 저장능력을 달성하는 데에는 질량과 부피 문제가 발생한다. 수소를 액화상태로 저장하는 방법도 무게 문제를 해결할 수 있으나, 섭씨 영하 253도에서 수소를 액화시키는 데에는 상당한 에너지가 소모된다.

LNG 수송선처럼 액화가스의 온도를 유지하기 위해 매일 1% 정도의 수소가 방출되어야 하는데, 이는 비행기에서는 받아들여 질 수 있는 수준이나 수소 차량에는 심각한 문제가 된다.

한편, 연료전지는 전기와 열을 생산하기 위해 전해질에서 수소와 산소를 결합시키는 전기화학적인 장치인데 낮은 온도에서는 효율이 낮아지고, 높은 온도에서는 효율이 높아지는 특성이 있다. 연료전지의 연료로는 수소 혹은 탄화수소가 사용되며 현재에도 연료전지가 상업적으로 판매되고 있으나 아직까지 생산량은 제한적이다.

특히, 운송부문은 연료전지에 대해 대중적인 잠재성이 가장 높은 시장이지만 수소를 사용할 때 특별한 문제가 발생한다.

수소연료전지의 주요 편익 중 하나는 소비할 때 어떠한 공해물질도 발생하지 않는다는 점이지만 수소는 에

너지 캐리어에 불과하기 때문에 수소를 생산, 운송 및 소비할 때의 에너지소비 및 CO<sub>2</sub> 배출을 모두 고려한 <well to wheel> 접근으로 살펴보면 하이브리드 디젤 시스템이 가장 효율적일 것으로 전망된다.

**이용가능한 기술 옵션들에 대한 well-to-wheel 효율성 비교**

구 분	연료생산의 효율성	엔진의 효율성	전반적인 효율성
열 시스템			
가솔린 분사	80-85	20	16-17
디젤 common rail*	85-90	25	21-23
하이브리드 시스템			
하이브리드 디젤	85-90	32-29	27-34
전기분해 연료전지	15-25	37-52	5.5-13
메탄올 연료전지	48-60	37-52	18-31
메탄 연료전지	40-60	37-52	15-31

† common rail: 직접분사식 디젤엔진을 의미하며, 혼합기를 분사하는 기존엔진과 달리 연료가 실린더로 공급돼 연소효율을 획기적으로 개선한 기술

메탄올과 메탄 연료전지 시스템도 수소연료전지와 경쟁이 가능할 것으로 보이지만 전반적인 효율성만으로 전체 윤곽을 파악할 수 없으며, 연료전지 시스템이 운송부문의 탄화수소 시스템(열 시스템)을 대체하지 못할 우려도 있다.

열 시스템은 단일 엔진을 필요로 하는데 비해 연료전지 시스템은 전환장치(Reformer), 연료전지 및 전기엔진의 3가지 장비를 필요로 해 공간제약이 있으며, 연료전지는 수소의 물적 특성으로 인해 연료저장의 부피가 크다. 또 점화단계에서 전환장치의 속도가 매우 느려 운전자에게 불편을 초래할 수 있기 때문이다.

다만, 항공운송은 액화수소의 높은 열량(제트 연료의 3배)이 큰 장점으로 작용하기 때문에 자동차에서 발생하는 문제가 해당되지 않을 수 있다.

IEA는 연료전지의 기술개발에 초점을 두면 연료전지 경쟁력을 WEO(World Energy Outlook)의 예상 수준보다 향상시킬 수 있을 것이라며 수소의 단일 연료만을 강조하는 것보다는 포트폴리오 전략 등 다른 대체에너지와 함께 사용하는 방법이 더욱 효율적일 것이라고 제안했다. <조인경 기자>

<Chemical Journal 2003/06/27>