



김정호의 경제읽기

No. 2021-24

수소경제, 신의 한 수 또는 악수?

한국은 수소경제에 가장 열심인 나라입니다. 최초로 수소경제법도 만들었을 뿐 아니라, 수소차 생산량도 세계 최고입니다. 2020년 전세계 수소차 판매 9,021대 중 75%가 현대차의 넥소입니다.¹ 수소에 대한 적극적 투자는 과연 신의 한 수일까요, 아니면 수렁으로 이끄는 악수가 될까요? 수소 산업에 대해서 살펴보려고 합니다.

수소가 중요 이슈로 떠오른 이유는 기후변화 때문입니다. 이산화탄소 배출을 줄이기 위해 석유, 가스, 석탄 같은 화석연료를 대체하자는 데에 많은 나라들이 합의를 봤습니다. 태양광, 풍력 같은 재생에너지, 원자력과 더불어 수소도 대체 에너지에 포함됩니다.

수소는 산소와 결합해서 물로 변하는데요. 그 과정에서 전자와 열에너지, 물을 방출합니다. 방출되는 전자를 전선으로 모으면 전기가 됩니다. 수소전기차를 움직이는 연료전지가 바로 그런 역할을 합니다. 열만 따로 모으면 수소 보일러가 될 수도 있습니다. 또 최소한 이론적으로는 철강 제조 공정에 사용하는 석탄을 수소로 대체할 수도 있습니다. 어쨌든 수소는 전기가 되거나 열을 발생하는 과정에서 이산화탄소를 배출하지 않는다는 특성 때문에 석유, 석탄 같은 화석연료의 대안으로 등장했습니다.

소리의 요란함에 비해 현실 경제에서 수소는 존재가 미미합니다. 현재 수소의 가장 큰 용도는 자동차용, 즉 수소연료전지를 장착한 수소전기차용입니다. 2020년 수소전기차 판매량은 9,024대인데 배터리 전기차 판매량은 310만 대입니다.² 수소차가 배터리 전기차의 1/300도 채 안 됩니다.

¹ 한국, 2년 연속 세계 수소전기차 시장 '1위' 기록했다, 에너지데일리 2021.02.08, <https://www.energydaily.co.kr/news/articleView.html?idxno=115903>

² Canals: Global electric vehicle sales up 39% in 2020 as overall car market collapses, <https://canalys.com/newsroom/canalys-global-electric-vehicle-sales-2020>

수소차가 부진한데는 여러가지 이유가 있습니다. 첫째는 비싸다는 겁니다. 자동차 소유 및 운행에 따르는 비용은 총소유비용이라는 지표로 나타내는데요.³ 아래 그림은 세계전기차 저널에 최근 발표된 논문에서 발췌한 총소유비용 자료입니다. 2020년 현재 유럽에서 소형 SUV를 사서 15,000km 운행할 경우 드는 비용을 산정했습니다. 전기차는 6,445 유로, 즉 870만 원 정도입니다. 휘발유차, 디젤차가 전기차와 비슷하고요. 하이브리드차는 10% 정도 낮습니다. 반면 수소전기차는 10,163유로. 원화로는 1,372만 원이고 전기차에 비해서는 58%가 더 높습니다. 수소차와 전기차를 저울질하는 소비자의 입장에서는 전기차 쪽이 훨씬 매력적인 것이죠. 수소차 비용이 비싼 이유는 차값 자체가 비싸고요. 이 그림에서 감가상각이 바로 차값에 비례하는 비용입니다. 연료비도 비쌉니다.

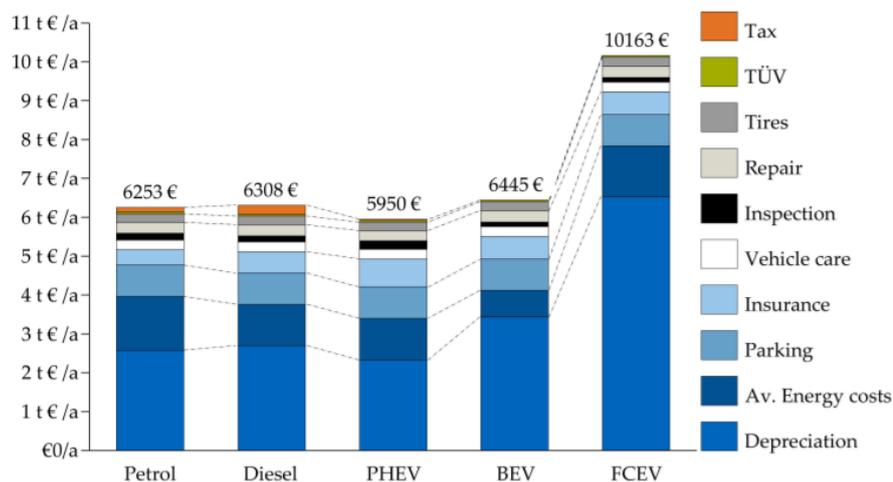


Figure 10. TCO per year for small SUVs based on 15,000 km per year and a five-year period of ownership in 2020.

충전소도 부족합니다. 2020년 전국 수소충전소는 90개에 불과합니다. 전기차용 충전 장치는 아파트마다 있지요. 참고로 기존의 주유소 숫자는 전국에 1만 2천 개입니다. 2021년에 180개를 목표로 추진 중인데요. 주민들의 반대가 심해서 얼마나 성사가 될지 미지수입니다.

수소 프로젝트를 추진하는 사람들은 수소의 미래가 매우 밝다고 말합니다. 특히 대형 트럭이나 선박 등에서는 상당한 이점이 있다고 강조합니다. 배터리는 에너지 밀도가 낮아

³ König, A.; Nicoletti, L.; Schröder, D.; Wolff, S.; Waclaw, A.; Lienkamp, M. An Overview of Parameter and Cost for Battery Electric Vehicles. World Electr. Veh. J. 2021, 12, 21. <https://doi.org/10.3390/wevj12010021>

서 전기차로 장거리 운행을 하기가 어렵습니다. 수소는 비교적 에너지 밀도가 높기 때문에 트럭이나 선박, 비행기 등 장거리 수송 수단에서는 리튬이온배터리보다 수소연료전지가 더 유리합니다. 그래서 장거리 수송에서 수소의 가능성에 베팅하는 사람들이 상당히 있습니다.

하지만 수소는 극복하기 힘든 약점을 안고 있습니다. 원료인 수소 자체를 만드는 것이 쉽지 않다는 것입니다. 흔히들 '우주 물질의 75%가 수소다' 이런 말을 하는데요. 하나하나 한 소리입니다. 햇빛 태양에너지도 사방에 널려 있죠. 그러면 뭐합니까. 인간이 사용하려면 태양전지판을 만들고 나무를 베어내서 산에 설치해야 합니다. 엄청난 노력이 필요합니다. 수소도 우주 곳곳에 있기는 하지만 모두 다른 원소들과 결합한 상태로 존재합니다. 우리가 필요한 것은 다른 원소와 결합하지 않은 수소입니다. 수소를 산업적으로 이용하려면 탄소, 산소 등과 결합한 분자에서 수소만 분리해야 합니다. 그 과정에서 많은 노력과 비용이 요구됩니다.

수소는 만들어지는 방법에 따라 부생수소, 추출수소, 수전해수소로 나뉩니다. 부생수소는 정유공장의 부산물로 나오는 수소를 말합니다. 추출수소는 LNG 가스 같은 것에 뜨거운 수증기를 가해서 분리해낸 수소를 말합니다. 정유업체들이 여기에 많은 투자를 하고 있습니다. 수전해수소는 물에 전기를 흘려 보내서 산소를 떼내고 만든 수소입니다.

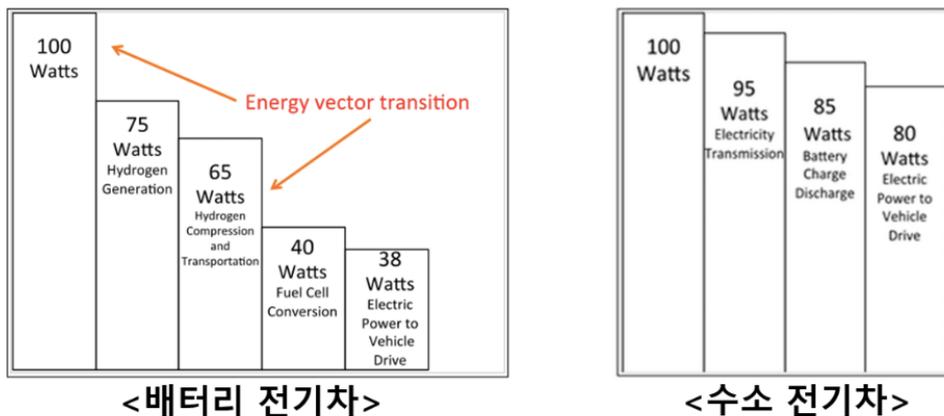
부생수소와 추출수소는 생산 과정에서 많은 CO₂가 발생합니다. CO₂를 발생시키고 깨끗하지 못하다고 해서 그레이 수소, 회색 수소라고 부릅니다. 그 이산화탄소를 포집, 압축해서 땅속에 묻어버리는 기술이 등장해서 시행되기 시작했습니다. 그 과정을 거친 수소는 블루 수소, 청색 수소라고 부릅니다.

한편 물에 전기를 흘리는 방식의 수전해 공정에서는 CO₂가 전혀 발생하지 않습니다. 수소와 더불어 부산물로는 산소와 열이 나올 뿐입니다. 하지만 크게 보면 다른 그림이 보입니다. 수전해에 사용되는 전기를 석탄으로 만들었다면 결국 CO₂가 발생한 거죠. 태양광이나 풍력 등 재생에너지로 만든 전기를 사용한다면 그런 문제가 없습니다. 그렇게 재생에너지 전기로 수전해를 해서 생산한 수소를 그린 수소, 녹색 수소라고 부릅니다. 수소 경제의 궁극적 지향점은 그린 수소로 경제의 대부분을 움직이게 하는 것입니다.

수소경제의 한계는 바로 그 그린 수소에 있습니다. 수소 연료 전지를 예로 들어 보죠. 전기로 수소를 만든 후 그 수소로 다시 전기를 만드는 것이 수소연료전지의 원리입니다. 그럴 바에는 바로 전기를 배터리에 저장해서 쓰는 게 에너지 효율 면에서 낫습니다. 공정의 단계가 늘어날수록 에너지 손실이 발생하니까요.

호주 애버딘 대학 화공과의 백스터 교수가 수소차와 전기차의 에너지 효율을 비교했습니다.⁴ 최초 수전해를 위해 전기 100와트를 투입할 경우 수소차는 최종적으로 38와트를 사용할 수 있습니다. 수전해, 저장 및 이동, 연료전지에서 전기 발생 과정 등을 거치면서 에너지가 소실되기 때문입니다. 반면 그 100와트의 전기를 바로 배터리에 저장해서 전기차에 사용할 경우 거치는 단계가 짧기 때문에 80와트가 사용 가능합니다. 이런 숫자만 보면 굳이 수소연료 전지를 쓸 이유가 없어집니다.

배터리 전기차와 수소전기차의 에너지 효율 비교



자료: Tom Baxter, Hydrogen cars won't overtake electric vehicles because they're hampered by the laws of science, The Conversation, 2020.06.03, <https://theconversation.com/hydrogen-cars-wont-overtake-electric-vehicles-because-theyre-hampered-by-the-laws-of-science-139899>

그럼에도 불구하고 현대차, 도요타를 비롯한 많은 기업들이 수소에 투자를 시작한 이유는 여전히 가능성이 있기 때문입니다.

첫번째의 가능성은 풍력, 태양광 등 재생에너지의 보완 수단입니다. 전기는 늘 수요와 공

⁴ Tom Baxter, Hydrogen cars won't overtake electric vehicles because they're hampered by the laws of science, The Conversation, 2020.06.03, <https://theconversation.com/hydrogen-cars-wont-overtake-electric-vehicles-because-theyre-hampered-by-the-laws-of-science-139899>

급이 일치해야 하는데 이들 재생에너지는 그렇지가 못합니다. 사람들은 밤에 많은 전기를 쓰는 데 밤엔 태양이 없습니다. 바람도 사람들의 전기수요에 맞춰 불어주지 않습니다. 수소는 전기가 과잉 생산되었을 때 유용할 수 있습니다. 과잉 전기로 수전해 수소를 만들어서 저장하고 나중에 연료전지에 넣어 사용하면 되니까요. 리튬이온 배터리도 저장수단이 될 수 있지만 에너지 밀도는 수소가 더 높습니다.

두번째는 트럭, 선박, 항공기 등 장거리 수송 수단용으로서의 가치입니다. 여기에 대해서는 이미 앞 부분에서 말씀드렸습니다.

셋째는 보통의 배터리보다 오염이 적다는 이점입니다. 전기차에 쓰이는 리튬이온 배터리는 리튬, 코발트 같은 희토류 금속을 많이 포함하고 있습니다. 문제는 이 희토류 광물 채굴 및 정제 과정에서 심각한 오염이 발생한다는 것이죠. 수소연료전지 생산 공정은 상대적으로 오염이 적은 모양입니다. 게다가 수소차는 달리면서 주변 공기를 정화한다는군요.⁵

사실 수소 산업의 미래에 대해서 확실하게 말할 수 있는 것은 거의 없는 것 같습니다. 모든 것이 불확실합니다. 수전해를 통한 수소 생산 기술, 이산화탄소 포집 기술, 수소 연료 전지 생산 기술 등 관련된 거의 대부분 기술들이 초기 단계에 있습니다. 특히 산업적 측면에서 그렇습니다. 과거 10년 동안 리튬이온배터리처럼 생산비용이 1/10 수준으로 떨어졌듯이 수소 생산 및 활용에서도 파격적 기술혁신, 원가 혁신이 일어난다면 수소도 중요한 미래 에너지원이 될 수 있겠죠. 그렇지 못하다면 한바탕 요란만 떨다가 끝나 버릴 수도 있습니다.

사실 수소는 1970~1980년대 오일쇼크 때, 그리고 1990년대 지구온난화 이야기가 나오면서 대안적인 에너지원으로 부상이 되었던 적이 있었습니다만, 기술적인 문제들을 해결하지 못해 논의 자체가 가라앉았죠.⁶ 이번에는 과연 다를지 지켜볼 일입니다. 어느 쪽이

⁵ [다가온 수소사회] 수소전기차가 진정한 친환경차인 이유는? 현대자동차, 2020-08-14

<https://tech.hyundaimotorgroup.com/kr/article/hydrogen-society-so-why-are-they-so-green/>

⁶ After many false starts, hydrogen power might now bear fruit, Economist 2020.07.04,

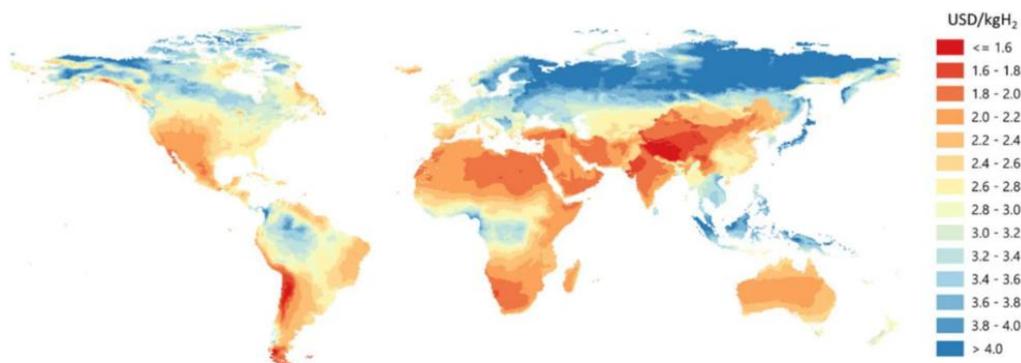
<https://www.economist.com/science-and-technology/2020/07/04/after-many-false-starts-hydrogen-power-might-now-bear-fruit>

든 최소한 한동안은 뉴스에서 수소 이야기를 자주 들으시게 될 것 같습니다.

수소에 투자를 하더라도 우리나라는 수소 생산보다는 수소 활용에 집중하는 것이 좋다고 생각합니다. 수소, 특히 그린 수소를 생산하려면 전기 값이 싸야 합니다. 특히 풍력, 태양광으로 만든 저렴한 전기가 있어야 그린 수소를 만들 수 있는데 우리는 그런 여건이 안 됩니다. 태양광 발전을 하기에 햇빛이 강하지 않고 사막 같은 불모지도 없습니다. 풍력 발전을 하자니 바람이 약합니다. 그린 수소의 생산은 중동의 사막 국가들, 또 북해에 접해서 해상 풍력 발전을 하기 좋은 노르웨이, 덴마크, 독일 같은 나라들에게 맞습니다.

아래 지도는 태양광 및 육상 풍력 발전으로 만든 전기를 활용해서 수소를 만들 경우의 비용을 보여줍니다.⁷ 빨간색이 진할수록 저비용, 파란색이 짙을수록 고비용을 뜻합니다. 적도 지방, 사막이 있는 곳, 히말라야, 안데스 고산지대 등이 빨간색이 진합니다. 햇빛과 바람이 강한 지역들이죠. 우리 한국은 파란색 쪽입니다. 햇빛도 바람도 발전에 적합하지 않음을 말해 줍니다. 수소를 생산하더라도 한국이 아니라 전기 값이 싼 그 나라에 가서 해야 합니다. 벌써 GS에너지는 UAE 정부와 수소 개발 및 도입을 위한 장기 계약에 합의를 했더군요.⁸

태양광 및 육상 풍력 발전을 활용한 수소 생산 비용의 분포
Hydrogen costs from hybrid solar PV and onshore wind systems in the long term



자료: <https://www.iea.org/reports/the-future-of-hydrogen>

결론적으로 수소경제의 미래가 어떻게 될지는 매우 불확실합니다. 투자를 하더라도 돌아

⁷ <https://www.iea.org/reports/the-future-of-hydrogen>

⁸ <https://www.bloomberg.com/news/articles/2021-07-08/uae-seeks-investors-and-long-term-buyers-for-blue-hydrogen?sref=9fHdl3GV>

리를 두드리듯이 조심스럽게 해야 합니다. 특히 수전해를 통한 그린 수소 생산은 우리 한국에 맞지 않습니다. 탈원전으로 전기값이 올라갈 상황에서는 더욱 그렇습니다. 수소는 수입해서 쓰고 우리 한국인들은 그것을 활용하는 기술과 판매 등에 집중하는 것이 합리적인 선택입니다. 지금까지 거의 모든 원자재를 수입해서 썼지만 훌륭한 제조업을 일으켰듯이 말입니다.

김정호 / 김정호의 경제TV 크리에이터, 서강대학교 경제대학원 겸임교수