

수소水素에너지, 우리가 선도해야 할 수자원水資源



안재현

서경대학교 토목건축공학과 교수
wrr21@naver.com



김진관

에이치쓰리코리아(주) 대표이사
kjkwater@naver.com

1. 글을 시작하며

기후변화가 우리 삶에 미치는 영향은 이제 위기라고 불릴 수준에 도달했다. 태풍, 홍수, 가뭄, 폭염, 산불 등과 같은 자연재해는 이제 일상이 됐으며, 사계절이 뚜렷했던 우리나라의 기후도 이제는 아열대화되고 있다는 것을 모두가 인식하고 있다. 이러한 ‘기후 위기’를 극복하기 위한 전 세계적인 노력이 ‘탄소중립’이란 모습으로 진행 중이다.

‘탄소중립’은 우리나라에서 배출하는 이산화탄소 등과 같은 온실가스의 배출량을 제로(0)로 만들겠다는 의미다. 온실가스를 유발하는 인간의 활동을 최소화하고, 그래도 발생하는 양은 흡수나 제거를 통해 최종적으로는 그 발생량을 0으로 하겠다는 노력이다.

전 세계적 차원의 ‘탄소중립’ 정책은 이제 단순한 기후위기의 대응 차원을 넘어 국가의 미래 경제력 확보

와 산업 생태계의 변화에까지 영향을 미치고 있다.

기후변화 위기에 대응하자는 노력이 명분과 당위성을 확보하면서 세계적인 환경 규제 움직임이 가시화되고 있다. 특히 2021년 1월 출범한 미국 바이든 행정부는 전임 트럼프 대통령 정부에서 탈퇴했던 파리 기후 변화 협약에 재가입하면서 이런 움직임에 힘을 실었다.

온실가스를 최소화하기 위해서는 탄소가 발생되지 않는 신재생에너지의 사용이 필수적이다. 그러나 기존 원자력은 안전성에 대한 의문이 여전하고, 태양광이나 풍력 등의 재생에너지는 제한된 활용으로 인한 한계로 궁극적인 대안이 되지 못하고 있다.

이러한 상황에 등장한 것이 ‘수소’다. 2021년 9월 8일 경기도 일산 킨텍스에서 개최된 ‘2021 수소모빌리티+쇼’에서는 수소 비즈니스 서밋(H₂ Business Summit)이 출범했다. 현대차, SK, 포스코 등 국내 10

여개 대기업이 참여하면서 수소생태계 구축에 속도를 내기 시작했다.

산업의 큰 축이 수소를 향하고 있는 상황이다. 우리도 수소에 관심을 가져야 한다. 수소에너지는 다른 영역의 이야기가 아니다. 수자원을 전공하는 우리가 가장 중심이 되어 주도할 수 있는 분야다. 이 글을 통해 우리가 선도해야 할 수자원인 수소에너지에 대해 살펴본다.

2. 수소 만들기

수소를 만드는 방법은 아래 표 1에서 같이 그레이 수소와 그린수소라는 두 가지 틀 속에서 대략 세 가지 정도를 들 수 있다.

그레이수소는 생산과정에서 온실가스가 발생한다. 그래서 친환경적이지 못하고 ‘탄소중립’이라는 취지에 맞지 않는다. 하지만 기존 시설을 활용해서 대량 생산이 가능하거나 생산 비용이 저렴할 수 있다.

그레이수소 중 개질수소는 천연가스, 갈탄 등의 기존 에너지를 고온과 고압으로 분해해서 수소를 추출한다. 현재 우리나라 기술에서 가장 현실적으로 대량 생산이 가능한 방법이다.

부생수소는 석유화학이나 제철 등의 공정에서 나오는 부산물인 수소를 분리, 정제해서 만들어진다. 타 공정의 부산물로 생성되기에 생산단가가 가장 저렴하다. 하지만 대량 생산이 현실적으로 어렵다.

수전해는 그린수소다. 즉 생산과정에서 온실가스가 발생하지 않는다. 하지만 전기를 이용해서 물을 분해하기에 생산단가가 높다. 아직까지는 경제성이 맞지 않는다.

이런 수소 생산과정의 장단점으로 인해 현재 우리나라에서 만들어지는 수소는 대부분 개질수소다. 그러나 2050년 ‘탄소중립’이라는 목표를 향해 가기 위해서는 개질수소는 답이 될 수 없으며, 궁극적으로 수전해를 이용한 그린수소를 생산해야 한다.

3. 수소경제

1970년대 중반 우리도 산유국이 될 수 있다는 희망에 차 있던 시기가 있었다. 제주도 남쪽에 위치한 일명 ‘제7광구’에 다량의 석유와 천연가스가 매장되어 있다는 소식이 전 국민이 열광했었다. 하지만 이후 기술적, 정치적 등의 어려움으로 인해 산유국의 꿈은 멀어져갔고 지금은 거의 잊혀져간 이야기가 되었다.

표 1. 수소의 종류, 원리 및 장단점

구분	그레이수소 (Grey수소)		그린수소 (Green수소)
	개질수소	부생수소	수전해
원리	천연가스 등에서 수소를 추출	석유화학, 제철 등의 공정에서 부산물로 생성되는 수소	물을 전기분해해서 만들어지는 수소
장점	가장 일반적인 수소 기존 에너지 활용	가장 저렴한 생산비용	CO ₂ 발생이 없어 가장 친환경적
단점	CO ₂ 발생	CO ₂ 발생	현재 가장 고비용

산유국은 이를 수 없는 불가능한 꿈일까? 수소를 통해서만 가능할 수 있다. 수소의 가장 큰 장점이 클린에너지라고 답하는 분들이 있다. 이 답은 절반만 맞다. 더 큰 장점은 저장과 운반이 용이하다는 것이다. 수소를 생산하고 저장해서 다른 나라에 운반해서 팔 수 있다면 그게 바로 산유국이다. 에너지를 수출하는 나라가 될 수 있는 것이다.

외국에 전기를 직접 수출하는 것은 거의 불가능하다. 아주 긴 송전선을 깔거나 대용량 배터리를 충전해서 전기를 이동시킬 수 있겠지만 경제성이 떨어지는 방법이다.

하지만 수소를 통해서만 이런 문제를 쉽게 해결할 수 있다. 전기를 이용해서 수소를 만들고, 만들어진 수소를 압축해서 이동시킨 후 다시 에너지로 사용하면 된다. 에너지의 이동 매체로서 수소의 장점은 무궁무진하다.

따라서 '수소경제'의 핵심은 얼마나 싼 값에 대량으로 그린수소를 생산하느냐와 수소를 압축 및 저장해서 운반하느냐의 문제이다. '탄소중립' 시대에 온실가스를 만들어내는 그레이수소는 대안이 될 수 없으며, 국내 소비만이 아닌 해외로의 수출까지 고려한 수소 에너지를 준비해야 한다.

수전해를 통해 만들어지는 그린수소를 위해서는 전기가 필요하다. 이때 사용하는 전기가 화력발전 등과 같이 온실가스를 만들어내는 굴뚝에너지라면 그린수소가 될 수 없다.

완전한 의미의 그린수소가 되기 위해서는 수소를 만드는 과정에서도 온실가스가 배출되지 말아야 하며, 그때 사용되는 전기에너지도 온실가스와는 무관한 클린에너지가 필수적이다. 따라서 태양광이나 풍

력 등을 통해 만들어진 전기로 수전해를 하려는 시도가 일부 추진되고 있으나 아직까지는 제한적이다.

“재생 에너지를 이용해 깨끗한 수소(그린수소)를 만들고, 이를 통해 탄소 배출 없이 철 등을 생산하겠다는 청사진은 아직 그 실현 가능성이 미지수다. 현재 운용 중인 풍력·태양광 발전소에서 나온 전기로 물을 분해해 수소를 생산하려는 코오롱, 한화그룹과 철광석에서 산소를 떼어내는 환원제로 석탄 가스 대신 그린 수소를 사용하겠다는 포스코가 대표적이다. 코오롱 관계자는 “물에서 수소를 분리하는 수전해 기술은 지금도 있지만, 상업성을 갖추는 게 관건”이라고 했다.” 2021년 9월 신문 기사의 일부¹⁾다.

기업 입장에서는 기술적인 한계가 있다고 생각하는 그린수소보다는 당장 생산이 가능한 개질이나 부생수소가 더 매력적인 상황이다. 여기에 더해 정부의 대책은 더 소극적이다. 대통령 직속 2050 탄소중립위원회는 2021년 8월 ‘2050 탄소중립 시나리오 초안’을 제시했는데 포함된 3개의 시나리오 모두 수소 공급의 대부분을 수입하는 것으로 되어있다.

매일경제²⁾는 “수소경제를 이루기 위해 연료전지나 수소터빈 등의 에너지 수요 전환, 철강·석유화학·시멘트 등의 산업, 수소차 등의 수송 분야에 필요한 연간 약 2천800만 톤 안팎의 수소 가운데 81% 정도를 수입하고, 나머지는 물에서 수소를 추출하는 수전해 방식 등을 통해 확보하도록 하고 있다.”고 전하면서 “현재 우리나라에서는 연간 약 164만 톤의 수소가 생산되지만, 이는 온실가스를 배출하는 화석연료 기반의 이른바 '부생수소'여서 탈 탄소를 위해 결국 퇴출당할 수밖에 없다.”고 보도했다.

1) 2021년 9월 13일 한겨레신문. 한국의 수소 열풍, 기회인가 거품인가.

2) 2021년 9월 11일 매일경제. 2050년 수소 80% 수입한다는데..갈 길 먼 '수소경제'

4. 그린수소와 수력

지금까지 설명한 내용을 정리하면 ‘기후변화’를 대비하기 위한 세계 각 국의 노력은 ‘탄소중립’을 달성하기 위한 정책적 실현으로 가시화되고 있으며, 이러한 상황의 가장 중심은 ‘수소경제’로의 전환이다.

수소의 생산방법에는 그 과정에서 온실가스가 배출되는 그레이수소와 그렇지 않은 그린수소가 있다. 그레이수소는 탄소가 생성되는 한계에도 불구하고 대량 생산이 가능하고 상대적으로 저렴한 생산비용이 장점이다. 그린수소는 높은 생산단가로 인해 제약이 많지만 궁극적으로는 도달해야 할 클린에너지다.

완전한 그린수소가 되기 위해서는 사용하는 전기도 신재생에너지를 이용해서 온실가스 배출을 제로(0)로 만들어야 한다. 현재 고려되는 에너지는 태양광이나 풍력 등이 있다.

수전해를 통한 그린수소 생산은 많은 전력의 사용, 촉매나 분리막 등의 이용으로 인해 단가가 높은 것으로 알려져 있다. 만약 기술 개발을 통한 비용 절감으로 개질수소 못지않은 생산단가를 확보할 수 있다면 당연히 가야 할 길임은 확실하다.

태양광이나 풍력과 같은 재생에너지는 간헐성, 계절성, 저장성이라는 단점을 가지고 있다. 하지만 수력 발전을 통해 만들어지는 에너지는 간헐성과 계절성을 극복할 수 있다. 또한 수소를 이용하면 저장성 문제도 해결할 수 있다. 따라서 경제성 높은 수전해 기술과

수력에너지의 결합은 큰 시너지를 발휘할 수 있다.

계절에 상관없이 충분한 물을 확보할 수 있다면 매일 지속적으로 전력을 생산할 수 있으며, 이 에너지를 이용해서 경제성 높은 수전해가 가능할 수 있다.

우리나라의 수력설비 용량은 6.454MW로 총 발전설비 용량의 7.4%를 차지한다. 발전량은 8.483GWh로 1.65%를 점유하고 있다. 이를 금액으로 환산하면 수력발전을 통해 한해 1조원 이상의 전기를 생산한다. 이 가운데 일반수력은 총 16개소, 전력 거래량은 3,561GWh로 0.7%이며, 설비용량은 1,596MW로 총 설비용량의 1.8%를 차지한다. 소수력 발전은 전국 234개소로 설비용량이 187.9MW에 이른다. 현재 소수력은 한국수자원공사 78개소, 한국수력원자력 13개소, 민간이 121개소 등을 운영하고 있다. 개발 가능한 소수력 발전 규모가 1.5GW임을 감안할 때 현재 11% 정도만 개발된 상태로서 앞으로의 확장 여력도 충분하다.³⁾

현재 운영 중이거나 개발 가능한 (소)수력발전을 이용해서 수전해 그린수소를 생산할 수 있다면 수소경제 생태계에 수자원 분야가 적극적으로 참여할 수 있는 계기 마련이 가능할 수 있다. 지금처럼 단순히 수력발전을 통한 신재생에너지의 생산에만 집중한다면 그 역할이 미미할 수 있다. 하지만 사계절 항상 일정하게 전력을 생산하고 공급한다면 안정적인 수소생산 체계 구축이 가능할 수 있으며, 이는 수소경제에서 핵심적인 역할이 될 수 있다.

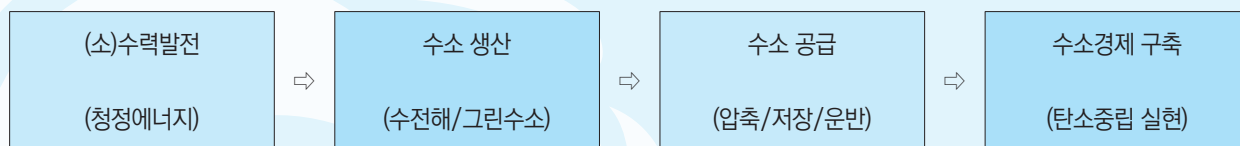


그림 1. 수력발전을 통한 그린수소의 생산 및 공급 체계

3) 2020년 3월 31일 한국에너지. 물로 한 해 1조 전력을 생산한다.

5. 저렴한 그린수소의 생산

그렇다면 남아있는 가장 큰 문제는 생산단가가 낮은 수전해 그린수소의 생산기술이다. 앞서 언급했듯이 이 분야에서 우리나라의 기술력은 낮은 상황으로 정부의 계획도 2050년 청정수소의 80%를 수입하는 것으로 되어있다. 현재 우리나라의 재생에너지 기반 그린수소 생산단가는 1kg당 약 8천 원 정도로 알려져 있다. 호주나 사우디아라비아의 2천 원 정도와 비교할 때 경쟁이 될 수 없는 가격이다.⁴⁾

하지만 이런 장벽을 넘으려고 시도하는 중소기업들이 계속 나오고 있는 상황은 고무적이다. 충남 태안에 위치한 중소기업인 에이치쓰리코리아가 백금 등의 촉매를 사용하지 않고 그린수소를 생산하는 ‘무촉매수전해기술’을 국내 최초로 개발한 것은 대표적인 사례다.

한국일보는 “에이치쓰리코리아가 개발한 수소발생기로 60kWh의 전력을 사용해 연87.6톤의 수소를 생산할 수 있다. 국내에서 운행 중인 현대 수소전기차 넥쏘 1만7,500대를 충전할 수 있는 양이다. 가격도 대폭 낮아질 전망이다. 현재 국내 시판 수소는 석유정제과정에서 나오는 부산물인 부생수소와 천연가스(LNG)에서 추출한 개질수소로 판매가는 1kg당 8,000원대에 이른다. 그러나 에이치쓰리코리아의 신기술은 물에서 수소를 생산, 원가를 대폭 낮췄다. 공급망이 확보

되면 3,000원대에 공급할 예정이다. 정부는 2019년 1월 수소가격을 2022년까지 1kg당 6,000원, 2040년까지 3,000원으로 낮추는 내용의 수소경제 활성화 로드맵을 발표했다. 이 회사의 수전해기술은 정부의 수소 목표가격을 20년 앞당긴 셈이다.”⁵⁾라고 소개했다.

6. 글을 마치며

지금까지 ‘탄소중립’을 위해 급격히 커지는 ‘수소경제’를 소개하면서 수소와 에너지에 대해 설명했다. 수자원이라는 우리의 분야는 (소)수력발전을 통해 주력 에너지 산업으로 확장될 수 있는 충분한 잠재력을 가지고 있으며, 그 매개체는 ‘수소’라 생각된다.

수전해를 이용한 그린수소의 생산도 기술력을 갖춘 기업들의 지속적인 투자가 이루어지고 있으며, 앞서 소개한 에이치쓰리코리아와 같은 기업들은 실제로 경제성 있는 기술들을 개발하고 있다.

수자원의 확보와 수력을 이용한 신재생에너지의 생산, 그리고 수전해를 통한 그린수소의 생산 및 공급까지를 전체적으로 연결할 수 있다면 ‘수소경제’의 선도도 가능할 수 있다. 새로운 시각으로 수소에너지를 바라보고, 수자원을 활용할 수 있는 다양한 시도가 있기를 기대한다.

4) 2021년 9월 11일 매일경제. 2050년 수소 80% 수입한다는데..갈 길 먼 ‘수소경제’

5) 2021년 5월 13일 한국일보. 온실가스 배출 없는 ‘그린수소’ 국내 첫 생산