



기존 수소 정책의 점검과 정책 과제

유재국

무탄소 에너지 시스템으로 전환을 가능케 하는 수소(H₂)는 궁극의 에너지원이지만 자연계에서 다른 물질과 결합하여 존재하기 때문에 이를 분리해 내는 과정에서 환경문제와 경제성 문제를 가지고 있다. 세계적인 수소 정책의 흐름과 기후변화 대응 등을 고려할 때 수소 정책은 청정수소의 생산과 이용에 정책 역량을 집중하되, 연관 기술개발에 주력하면서 내실을 기해야 할 것이다.

1 수소 에너지와 수소 경제

수소(H₂)는 이산화탄소(CO₂)를 발생시키지 않고 에너지를 얻을 수 있는 재화로 최근에 그 이용 기술의 성공을 전제로 수소 보급 정책이 추진 중이다.

수소를 저장·이용·전환하여 주력 에너지로 사용하는 경제시스템을 수소경제라 한다. 다만, 수소는 자연계에서 독립적으로 존재하지 않고 다른 물질과 결합하여 존재하므로 수소를 얻으려면 추가적 경제활동이 필요하다. 석유를 땅속에서 채굴 하듯 지상에서 원료를 투입해 수소를 제조해야 한다. 수소 자체로는 이산화탄소 배출이 없는 에너지 원임에도 불구하고 ①수소에 대한 접근성·이용 가능성과 관련된 기술진보 속도가 느리고, ②그레이 수소에서는 이산화탄소가 발생하며, ③현실적으로 청정수소 제조 비용이 높다는 한계가 있다.

2 수소의 환경성과 경제성에 대한 논쟁

수소에 대한 첫 번째 쟁점은 친환경성 문제이다. 수소는 인위적으로 에너지를 투입해서 만들어야

하는 재화이다. 제조 과정에 화석연료가 들어가면 온실가스가 배출된다. 수소 제조 시 이산화탄소 배출량과 제조 방식에 따라 수소를 [표 1]과 같이 구분하고, 이 중 그린수소와 핑크수소를 주로 탄소배출이 없는 청정수소로 분류한다. 기후변화 대응에 이용되어야 할 수소는 청정수소이지만 제조 비용이 많이 들어 보급에 한계가 있다.

[표 1] 온실가스 배출별 수소의 분류

구분	제조 수소			그레이	분쇄 천연 수소	
	청정수소					
	그린	핑크	블루			
주용도	연료, 전기	연료, 전기	전기	전기	화학 반응용	전분야
원료	물	물	화석 연료	화석 연료	원유, 철광석	수소 (H ₂)
원리	전기·열 분해	전기·열 분해	개질	개질	제조 공정	자연 상태
투입 전기	풍력·태양광	무탄소 원자력	일반 전기	일반 전기	-	-
이산화탄소	미발생	미발생	발생후 포집	발생후 배출	공정중 배출	-

※ 자료: 이종수, 「로드맵 부생수소에 주목한다. ①수소경제 포문 연 '부생수소', 『월간수소경제』, 2020. 7. 2. 등을 참조함



수소의 두 번째 쟁점은 경제성이다. 원자력이나 재생에너지를 전기의 형태로 직접 이용해도 되는데, '전기→수소(암모니아)→전기'로 변환하여 이용하는 것이 오히려 비경제적이다.

에너지의 형태 변환 단계마다 추가적인 에너지가 투입되어 온실가스가 발생 될 뿐만 아니라 이용 가능 에너지가 감소하는 열역학 제2법칙인 '엔트로피 증가의 법칙'으로 경제성은 낮아진다.

3 국내 수소 정책의 연혁과 정책 목표

(1) 수소 정책의 연혁

정부는 수소가 지닌 에너지로서의 가치와 기후 변화 대응 수단으로서의 가치를 인지하고 2000년대 초반부터 수소 정책을 추진해 왔다. 2005년 정부는 '수소경제 기반을 구축하기 위한 수소경제 대응 종합마스터플랜'을 수립한 바 있다. 이보다 한 해 앞선 2004년 12월에 수립된 제2차 전력수급기본계획(이하 '전기본')부터 현재의 10차전기본까지 연료전지 보급 용량은 계속해서 포함되었다.

2005년 이후 10년 넘게 정책 아젠다로 부각되지 않았던 수소 정책은 2018년 8월에 '혁신성장 전략 투자 방향'에서 재등장하였다. 이후 정부는 2019년 1월 '수소경제 활성화 로드맵'을 발표하고, 2020년 2월 국회는 「수소경제 육성 및 수소 안전관리에 관한 법률(이하 '수소사업법」)을 제정하여 수소경제를 제도화한다. 동 법률에 근거하여 2020년 7월 수소경제위원회가 발족한다.

(2) 주요 정책 목표

2021년 11월에 정부는 수소사업법 제5조에 따른 "제1차 수소경제 이행 기본계획(이하 "21년 이행계획")"을 수립하면서 2030년까지 발전용 353만tH₂(수소톤), 수송용 37만tH₂ 등 총 390만tH₂

의 수요를 예측하고 이의 공급을 계획하였다.

2022년 11월에 "청정수소 생태계 조성방안"을 마련하고 여기에서 수소발전 입찰시장 제도 도입 방안을 제시한다. 이 방안의 '청정수소 발전 계획'은 2023년 1월에 수립된 10차전기본에 반영되어 수소·암모니아 발전이 처음으로 정부 계획에 명시되었다. [표 2]와 같이 2030년 총발전량의 2.1% 해당하는 13TWh(약 80만tH₂에 해당)를 수소·암모니아 발전으로 계획한다. 이와는 별도로 연료전지로 16TWh의 전기를 생산하기로 한다.

[표 2] 제10차 전력수급기본계획의 수소 관련 내용

(단위 : TWh)

연도	구분	수소 암모니아	연료 전지	소계	총발전
'30	발전량	13.0 (≈80만tH ₂)	16.0	29.0	621.8
	비중	2.1%	2.6%	4.7%	100%
'36	발전량	47.4 (≈292만tH ₂)	24.2	71.6	667.3
	비중	7.1%	3.6%	10.7%	100%

※ 자료: 산업통상자원부, 「제10차 전력수급기본계획」, 2023. 1.

정부는 2023년 12월 "청정수소 인증제 운영방안(이하 '23년인증제운영방안")에서 청정수소로 10차전기본의 수소·암모니아 혼소(混燒)용 수소 80만tH₂ 공급을 계획하였다. 연료전지용 청정수소 생산 계획은 없는 것으로 보아 10차전기본의 연료전지용 수소는 이산화탄소를 배출하는 그레이 수소(8.4백만 CO₂톤 배출)로 추정된다.

같은 날 발표된 '수소전기차 보급 확대방안'에서는 '30년까지 ①수소차 30만대 보급, ②수소충전소 660기 이상 구축 목표를 수립한다. 금년도에는 신성장 산업 프로젝트로 수소 산업 생태계 기반 육성을 위한 ①수소특화단지 지정, ②소재부품장비 기술투자 확대 계획을 발표하였다.¹⁾

이러한 정책 방향을 기초로 2024년 2월 현재 167개의 수소 충전소가 설치되어 운영 중이고, 7개 광역자치단체에서 15개 수소 관련 사업을 규제 샌드박스의 실증특례 등으로 진행하고 있다.

1) 관계부처 합동, 「신성장 주요 프로젝트 추진계획」, 2024. 2. 14.

4 기존 수소 정책의 평가

기존 수소 정책의 한계와 제약점을 냉정하게 평가하면 다음과 같은 점을 지적할 수 있다. ①기후 변화 대응과 탄소중립 달성이라는 목표 아래 기술 개발 수준에 대한 충분한 고려와 수소 공급망 확충에 대한 명확한 경로 설정 없이 목표량을 제시하였다. ②각종 계획에서 수소 관련 전력 목표 예측이 바뀌고 있다. '21년이행계획에서는 2030년 발전용 수소 수요를 353만tH₂(48TWh 발전)으로 잡고, '23년인증제운영방안에서는 80만tH₂(13TWh 발전)으로 발표한다. 2년 사이의 변화폭이 크다. ③수소 관련 기술은 첨단 기술로 이용·운송·저장 기술의 성공 불확실성이 크지만 정부 정책은 성공을 전제로 수립되었다. 현재 기업들은 수소 사업의 불확실성을 고려하여 적극적 투자에 나서지 못하고 있다. 2023년에 한국가스공사는 해외 그린수소 사업을 중단하였다. 국제에너지기구(IEA)는 청정수소 생산을 위한 재생에너지 설비 보급이 더디게 진행되어 2024년 전세계 그린수소 보급 전망치를 하향 조정하였다.²⁾

5 수소 상업화 요인 검토

(1) 기술개발 성공의 불확실성

수소 자체로는 무탄소 에너지원과 에너지 운반체 역할을 하는 궁극의 에너지원임은 분명하다. 그러나, 수소 관련 기술 중 연료전지 이외에서 뚜렷한 성과를 낸 기술을 찾아보기 어렵다. 천연가스와 수소 등 이질적 연료 혼합 연소 시 온도 변화 및 열분포 변동으로 터빈·보일러 물성(物性)에 영향을 준다. 따라서 수소 혼소에 대한 충분한 실증과 수소 전용 연소장치 개발이 필요하다.

2) IEA, "Renewables 2023-Analysis and forecasts to 2028", 2024.(오현영, 「2023년 재생에너지 보급 동향 및 전망(IEA)」, 『세계에너지시장 인사이트』, 제24-4호, 2024.2.19.에서 재인용)

수소 자동차나 수소 선박도 시장에서의 소비자 반응과 선택이 중요한데, 충전시설 구축 비용, 충전시설 접근성, 급격한 중고차 가격(resale value) 하락 등의 이유로 소비자 입장에서 기존 운송수단을 수소 운송수단으로 대체하는 것을 고민할 수밖에 없다. '22년 1만여 대의 수소차 등록 이후 '23년 등록 대수는 '20년 수준으로 돌아갔다.

【표 3】 수소차 등록 대수

(단위: 대)

구분	'18년	'19년	'20년	'21년	'22년	'23년
신규	-	4,190	5,823	8,498	10,219	4,635
누적	893	5,083	10,906	19,404	29,623	34,258

※ 자료: 국토교통부 통계누리, 『자동차 등록자료 통계』, 각 연도.

(2) 청정수소 생산 시스템의 구축 가능성

2023년 말 수소경제위원회가 의결한 청정수소 기준은 수소 1kg당 4kgCO₂ 미만의 이산화탄소 배출이다.³⁾ 국내 액화천연가스(LNG) 개질 연료전지 배출계수는 약 12.47 kgCO₂e/kgH₂(기화과정 포함)으로,⁴⁾ 탄소포집 장치(CCS) 없는 천연가스 개질 수소의 경우 청정수소로 인증받기 어렵다.

국내 수전해 수소도 청정수소로 인증받기 어려울 것으로 예상된다. '2021년 승인 국가 온실가스 배출·흡수계수'의 배출계수는 443g CO₂e/kWh로 EU 청정 전력 기준 65gCO₂e/kWh보다 크다.⁵⁾

국내에서 경제성 있는 청정수소 개발 환경이 형성되지 않아 기업은 청정수소를 액화수소나 암모니아 형태로 해외에서 도입할 것을 선호하고 있다. 이는 청정수소 보급과 국내 수소 관련 산업 육성 정책 간에 연계성을 낮출 것이다. 청정수소·암모니아 수입 도중 원료 조달 문제 등 공급망 교란 시 국내 청정에너지 수급 불확실성을 높일 수 있다.

3) EU의 청정수소 기준은 신재생에너지로 생산한 그린수소의 기준인 3.38kgCO₂e/kgH₂와 동일하다.

4) 한자령, 박진모, 김요한, 이영철, 김형식, 「국내 수소 생산에 따른 CO₂ 발생량 분석」, 『한국가스학회지』, 한국가스학회, 23(2), 2019, pp.1-8. (<https://doi.org/10.7842/KIGAS.2019.23.2.1>)

5) EU는 회원국이 저탄소 전력을 사용하면 청정수소 인증을 면제하는데, 면제 기준은 18gCO₂e/MJ(≒ 65gCO₂e/kWh) 미만이다. 이 기준을 충족하는 국가는 원자력 위주의 프랑스(56gCO₂e/kWh)와 수력·원자력·풍력 위주의 스웨덴(28gCO₂e/kWh) 정도이다.

(3) 수소의 경제적 생산 가능성

수소 생산의 경제성은 추가성(additionality) 개념과 관련 깊다. 추가성이란 별도의 발전기 가동 또는 추가 설치 없이 에너지 수급 균형을 위한 활동 중에 부가적(추가적)으로 수소를 생산하거나 재생에너지의 잉여 전기로 이를 생산하는 활동을 의미한다. 국내 청정수소 인정 기준에는 추가성이 없지만, EU는 추가성 기준을 충족해야만 청정수소로 인정한다.⁶⁾ '23년인증제운영방안의 2030년 청정수소 공급량 80만tH₂를 태양광으로 수전해하여 공급하려면 10차전기본 태양광(46,500MW) 계획과 별도로 35,312MW의 설비가 필요하다.⁷⁾ 그러나 이에 대한 계획마저 수립되어 있지 않아 경제성 있는 청정수소 생산 가능성은 불확실하다.

6 정책 과제의 제시

정책 당국은 전력수급 안정, 효율성 확보, 기후 변화 대응, 국내 기술 축적 및 연관 산업 육성, 공급망 안정성 확보 등을 종합적으로 고려하여 수소 정책을 면밀하게 추진하여야 할 것이다. 세계적인 수소 정책의 흐름과 기후변화 대응 등을 고려할 때 정책 당국은 청정수소의 생산과 이용에 정책 역량을 집중하되, 연관 기술개발에 주력하면서 내실을 기해야 할 것이다. 기술적 불확실성을 반영하지 않은 공격적 보급목표 설정은 지양해야 할 것이다.

첫째, 촉매 개발 등 그린수소 생산, 수소 혼소(연소), 수소 배관망, 탄소포집, 철강의 수소환원 등 청정수소 관련 연구개발을 실효성 있게 추진하고, 연구개발의 결과와 타당성 있는 예측 등을 기초로 수소발전 및 수소 이용 기술 도입계획을 수립하여야 할 것이다. 안전성과 경제성이 검증되지 않은

기술 도입에 따른 좌초 자산 발생과 기업 부실 위험을 방지하기 위해서는 성과에 기반한 연구개발과 비용효과적 실증사업 추진이 필요하다.

둘째, 충분한 양의 청정수소 생산이 가능한 전력 시스템이 구축되어야 한다. 국내에서 적정 원자력 발전량을 확보하고, 풍력발전이 여의치 못한 현실을 감안할 때 영농형 태양광을 포함한 태양광 발전 보급 기반을 확충하는 것이 필요하다. 또한 국가전략기술 세액공제 제도도 명확하게 청정수소 중심으로 개편할 필요성이 있다.

태양광 설비 수출, 해외 현지 태양광 발전사업 추진, 청정수소 생산 시설 구축, 국내 반입 등 사업성이 높은 인바운드(inbound) 청정수소 공급망 체계를 구축해야 한다. 병커링(bunkering) 구축 사업은 청정수소 도입량에 대한 정확한 예측을 바탕으로 규모와 시기를 판단해야 할 것이다.

셋째, 청정수소의 경제성을 제고시키고, 이를 거래할 수 있도록 제도를 정비할 필요가 있다. 10차 전기본의 2030년 태양광 및 풍력 보급 목표는 각각 46,500MW, 19,300MW로 총 65,800MW이다. 이것이 계획대로 건설되면 전력수요가 적은 때에 전력이 과잉 공급되어 정전 위험이 커진다. 정전 방지를 위한 출력 저하 지시 또는 인위적 공급 차단 시에 원자력과 태양광의 과잉 전기를 수소로 전환하고 이 수소의 추가성을 인정하여 이를 우선 거래하는 시장이 필요하다.

넷째, 수소 자동차·선박 등의 보급은 소비자 선호도, 공급자의 기술개발 속도, 친환경 운송수단의 세계적 보급 흐름, 미국 대통령 선거 결과에 따른 정책 변화, 수소의 친환경성 여부에 대한 체계적 분석 및 청정수소 인증 체계 구축에 대한 평가 등을 기초로 현실적 관점에서 추진할 필요가 있다.

6) 브뤼셀무역관, 『EU, 원자력 기반 수소 포함한 청정수소 기준 마련』, KOTRA 경제통상 리포트, 2023. 3. 7.

7) 58kWh/kgH₂의 효율을 갖는 수전해 시설과 태양광 발전 이용률 15% 가정(노고산, 김영진, 전홍준, 김우현, 고희상, 강경수, 정성욱, 「제주도 MW급 저온 수전해 수소 생산 시스템의 그린수소 생산 능력 및 경제성 분석」, 『한국수소및신에너지학회 논문집』, 제34권제3호, 2023.)

『이슈와 논점』은 국회의원의 입법활동을 지원하기 위해 최신 국내외 동향 및 현안에 대해 수시로 발간하는 정보 소식지입니다. 이 보고서의 내용은 국회의 공식 입장이 아니라 국회입법조사처의 조사분석 결과입니다.

