

기술보고

주요국의 수소경제 지원 정책과 시사점

천 강¹ · 김진수^{2*}

¹산업통상자원부 통상정책총괄과 사무관, ²한양대학교 자원환경공학과 부교수

Hydrogen Economy in Major Countries: Policies of Promotion and Lessons Learnt from Them

Kang Cheon¹ and Jinsoo Kim^{2*}

¹Deputy Director, Trade Policy Division, Ministry of Trade, Industry and Energy

²Associate Professor, Department of Earth Resources and Environmental Engineering, Hanyang University

Received 11 November 2020 Final version Received 7 December 2020 Accepted 22 December 2020

Abstract : The hydrogen economy is an industry that uses hydrogen as one of the primary energy sources. The successful development of the hydrogen economy creates new opportunities for various sectors, such as fuel cells, heat supply, and transportation, including hydrogen vehicles. Because of these opportunities, industrialized countries have already developed policies to promote the hydrogen economy. Thus, we herein reviewed those policies from Germany, the United Kingdom, the European Union, Japan, and the United States. We also grouped the lessons learned from the policies under five points: setting statistics for hydrogen demand analysis, stable hydrogen supply and securing infrastructure, policies for creating jobs, technology innovation, and international cooperation with countries that have advanced technologies for the hydrogen economy.

Key words : Hydrogen economy, Hydrogen vehicle, Fuel cell, Hydrogen policy

요 약 : 수소경제는 수소를 주요 에너지원의 하나로 사용하는 경제 및 산업 구조를 말한다. 수소경제 활성화를 통해 수소차를 대표로 한 수송 분야뿐만 아니라 전기, 열 등 에너지 사용 분야 전반에 새로운 부가가치 창출이 가능하다. 세계 주요국들은 이러한 수소경제의 중요성을 인식하고 수소경제 지원정책을 수립, 추진 중에 있다. 이에 본 논문에서는 독일, 영국, EU, 일본, 미국 등 주요국의 수소경제 지원정책을 정리하고 한국의 수소경제 활성화를 위한 시사점을 도출하였다. 그 결과, 통계 정립 및 수요 분석, 안정적인 수소 공급원 및 인프라 확보, 고용 창출 지원, 기술혁신, 기술 선진국들과 국제협력의 다섯 가지 시사점을 도출할 수 있었다.

주요어 : 수소경제, 수소차, 연료전지, 수소정책

서 론

수소는 우주 전체 질량의 75%를 차지할 정도로 풍부한 자원이며 지역적 편중이 없는 보편적 에너지원이다. 수소는 산소와 화학반응을 통해 열과 전기를 생산하고 부산물이 물(H₂O)뿐이다. 또한 수소 에너지는 탄소가 없는 순수한 수소(H₂)를 이용하여 연소가 아닌 연료전지 형태로 이용하는, 탄소 배출이 없는 환경친화적인 자원이다. 그리고 다른 에너지원과 달리 수송 과정에서 손해율이 극히 적기 때문에 대용량으로 장기간 저장할 수 있다. 현재 수소를 생산하는 방법으로는 물의 전기분해(수전해) 방식과 화석연료에서 수소를 분해하는 방법이 있다. 반면, 수소는 기체 중에

서 가장 가볍고, 폭발의 위험이 크기 때문에 고도의 저장기술이 필요하다.

수소경제는 수소를 주요 에너지원의 하나로 사용하는 경제 및 산업 구조를 말한다. 장기적으로는 기존의 석유, 석탄, 가스와 같은 화석연료 기반의 에너지 시스템에서 벗어나 수소에너지를 활용하여 산업과 시장에 근본적인 변화를 이끌어, 친환경 에너지의 사용으로 경제성장을 도모하는 경제구조를 일컫는다. 수소에너지는 향후 성장 가능성이 높은 분야로, 생산(추출, 수전해, 부생수소 등), 운반 및 저장(장거리 운송인프라, 액화저장 등), 활용(수소 모빌리티, 연료전지 등) 부문 등에서 다양한 미래산업 성장과 부가가치 창출이 가능하다.

*Corresponding Author, Jinsoo Kim, jinsookim@hanyang.ac.kr, Hanyang University, 222 Wangsimni-ro, Seongdong-gu, Seoul, Korea

물론 아직 수소 생산, 운반 등 생태계 구축이 미흡하고, 기술적 난제가 많아 수소경제에 대한 일부 회의적인 시각도 존재한다. 그럼에도 불구하고 탄소 중립이라는 글로벌 트렌드와 미래 성장 잠재력을 감안하여 많은 국가들이 친환경 미래 에너지원으로서 수소경제의 가능성을 주목하고 있다. 단기적으로는 활용분야에서 많은 성장이 기대되는데, 특히 수소 모빌리티 분야에서 거대한 산업 생태계가 창출될 것으로 예상된다. 정부는 신년 기자회견에서 미래 신성장동력으로서 수소차를 거론하였다. 연료전지 역시 수소경제를 주도할 분야로, 수소 모빌리티, 가정 및 상업용 발전기 등 활용범위가 넓어 경제적 파급효과가 크다. 현재 한·중·일 등 아시아 지역이 성장을 주도하고 있으며, 기술경쟁도 점차 심화하고 있다.

우리나라도 수소경제의 중요성을 인식하고 2018년 8월 “혁신성장전략투자방향”에서 수소경제를 3대 투자 분야 중 하나로 선정했다. 이후 산업통상자원부는 민관합동으로 “수소경제추진위원회”를 구성하고 2019년 1월 “수소경제 활성화 로드맵”을 마련했는데, 수소차와 연료전지를 중심으로 한 수소경제 선도국가로 도약하는 비전과 계획을 로드맵에 담았다(MOTIE, 2019a). 비단 우리나라뿐만 아니라, 미국, 일본, EU, 호주, 중국 등 세계 주요국들은 수소 기술개발을 위한 정부 차원의 전략을 마련하거나 추진하고 있다. 이렇듯 여러 국가가 수소경제를 중요하게 인식하고 이에 대비하는 것은 그만큼 화석연료의 한계가 뚜렷해지고, 수소경제가 가져올 다방면의 파급효과와 영향력이 크기 때문일 것이다. 이에 본 논문에서는 먼저 주요 국가들의 수소경제 정책을 정리하고, 그 결과로부터 한국의 수소경제 활성화를 위한 시사점을 도출해 보았다.

수소경제 개요

수소경제의 장점

수소의 가장 큰 장점은 친환경성이라고 할 수 있다. 한국은 2030년까지 기준전망(BaU) 대비 37%의 온실가스를 감축하겠다고 목표를 설정했다. 아울러 2020년 11월에 문재인 대통령은 2050년까지 탄소중립 목표를 선언했다. 이를 달성하기 위해서는 화석연료 중심의 에너지 소비를 대폭 줄여야 하는 상황이다. 이산화탄소 등 온실가스를 배출하는 화석연료와 달리 수소는 연소를 시켜도 산소와 결합하여 다시 물(H₂O)로 환원되므로 배기가스로 인한 환경오염이 없어 온실가스 감축에 크게 기여할 수 있는 자원이다. 즉, 수소경제는 에너지 소비의 탈탄소화로 온실가스 감축에도 효과적이며 동시에 수송 발전 등 다양한 분야에서 미세먼지도 감소시킬 수 있어 사회적 비용도 절감할 수 있는 에너지 자원으로서 평가받고 있다.

또한 수소를 통해 우리나라의 에너지 자급률을 높이고 에너지 안보 확보에 기여할 수 있다. 2018년 기준 한국의 에너지 수입의존도는 약 94% 수준으로 세계 9위의 에너지 다 소비국임에도 불구하고 자급률이 매우 낮다. 현재는 화석연료로부터 수소를 생산하는 추출수소가 많이 공급되고 있지만, 기본적으로 수소는 생산하기 위한 원료인 물이 풍부하므로 화석연료에 비해 제약이 적다고 할 수 있다. 즉, 수소를 통해 에너지원의 다각화, 해외 에너지 의존도 감소 등을 피하여 에너지 공급 위험을 줄일 수 있다. 아울러 국내 생산 외에도 해외에서 수소를 생산한 후 수입하는 대안도 있어 중동 등 특정 지역 의존도를 낮출 수도 있다.

무엇보다 수소경제를 통해 새로운 산업과 시장 창출을 기대할 수 있다. 수소를 활용한 산업은 기본적으로 협력 부품업체가 많고, 수소 생산·저장·운송·활용 등의 가치사슬(value chain) 전반에 걸쳐 다양한 산업과 연계가 가능하다. 수소차 및 연료전지의 협력부품업체가 대부분 중소·중견 기업으로, 수소 활용이 확대됨에 따라 협력기업의 성장과 고용 창출로 이어진다. 차량별 부품 수는 내연기관차가 3만 개, 수소차는 2.4만 개, 전기차는 1.9만 개이며, 연료전지 부품 수도 발전용 연료전지가 약 1만 개, 가정·건물용이 4천 개로 산업연계 효과가 클 것으로 예상된다. 또한 수소 생산, 운송·저장, 충전소 등 인프라 구축은 금속·화학·기계설비 등 관련 산업의 투자와 시장 및 고용 확대를 유발한다. 수소의 생산, 운송·저장 등의 가치사슬(Fig. 1)을 수전해, 초고압, 액화·액상으로 고도화하기 위한 R&D와 투자를 확대하여 새로운 시장을 형성할 수 있다.

마지막으로 수소경제는 탄소경제에 비해 정책 수립 및 집행이 용이하다. 탄소경제는 기본적으로 화석연료를 에너지원으로 이용하므로 정유, 석유화학, 철강 등 대규모 투자가 필요한 기반산업이며 중앙집중형 에너지 수급 수단이다. 즉, 입지적 제약이 크고 주민 수용성이 높지 않아 진입 장벽이 매우 높다. 이에 반해 수소경제는 소규모 투자로 공급이 가능한 분산형 에너지 수급원으로서 입지 제약이 적다는 이점이 있다. 규모의 경제도 중요한 요소이나, 무엇보다 생산, 공급, 활용 등을 위한 기술력이 수소경제의 주도권을 담보할 수 있는 주요 요인이다. 이는 곧, 탄소경제에 비해 정부의 정책추진 자유도가 높다는 것을 말해준다.

수소경제에 대한 낙관적 전망

주요국가들이 수소경제로의 이행에 적극 관심을 갖는 이유는 무엇보다 지구 온난화 대응을 위한 국제협약 상 환경규제의 강화에 있다. 친환경 에너지원으로서 수소는 온실가스 감축에 효과적인 수단으로 많은 국가들은 수소경제 주도권을 갖기 위해 수소경제 지원정책을 수립하고 있다. 선진국을 중심으로 한 정부의 정책적 추진 의지는 수소경

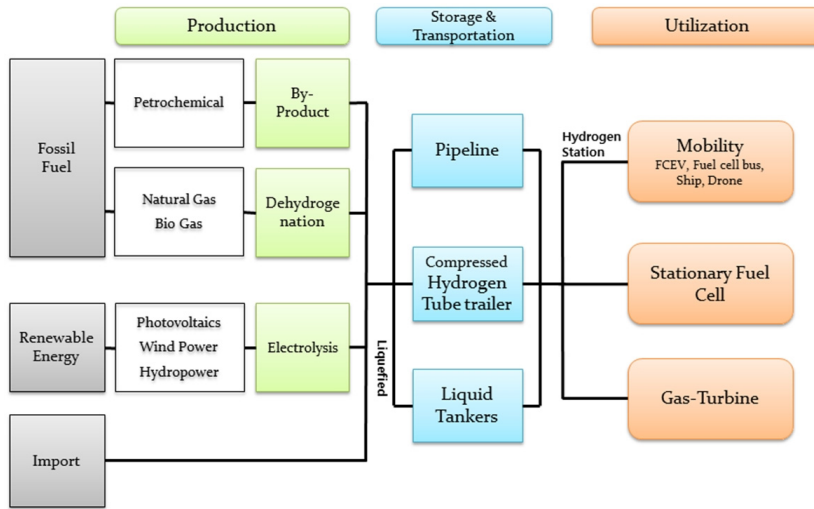


Fig. 1. Value chain of hydrogen economy (modified from MOTIE, 2019a).

Table 1. Supply and price of hydrogen

| | 2018 | 2022 | 2030 | 2040 |
|--------|--------------------------------------|---|---|---|
| Supply | 130K ton/yr | 470K ton/yr | 1,940K ton/yr | 5,260K ton/yr |
| Method | ① By-product(1%) ② Reforming(99%) | ① By-product ② Reforming ③ Electrolysis | ① By-product ② Reforming ③ Electrolysis ④ Import ※①+③+④: 50% ② : 50% | ① By-product ② Reforming ③ Electrolysis ④ Import ※①+③+④: 70% ② : 30% |
| Price | - | ₩ 6,000 /kg (Initial Market Price) | ₩ 4,000 /kg | ₩ 3,000 /kg |

Source: MOTIE (2019a)

제를 긍정적으로 바라보게 하는 이유 중 하나이다. 경제적인 부분 역시 전망이 밝다. 2017년 수소위원회(Hydrogen Council, 2017)는 전 세계 수소 수요가 급증하여 2050년 수소 관련 산업은 연간 2.5조 달러의 부가가치와 누적 3,000만개의 신규 일자리를 창출할 것으로 예상하였다. 또한 전 세계 수소 에너지 수요도 2015년 8 EJ에서 2050년 78 EJ로 급증하여 전 세계 에너지 수요의 약 18%를 수소가 차지할 것으로 전망하였다. 수송용이 수소 수요 확대를 견인하고, 연료전지도 빠르게 성장할 분야로 꼽았다. 수송과 발전분야의 수소 활용이 증가하며 2050년 CO₂ 필요 감축량의 20%(연간 60억 톤)까지도 수소로 인해 달성할 수 있을 것으로 보았다.

수소 생산도 많은 기술개발을 통해 가격 경쟁력을 갖추기 시작했다. 현재 수전해를 통해 생산하는 그린 수소의 생산비용은 kg당 3~7.5달러로, 천연가스에 열을 가해 분해하

여 생산하는 추출 수소(\$1.2~2.2 /kg)나 이산화탄소 포집·저장 기술(Carbon Capture Storage, CCS)을 사용하여 만드는 부생 수소를 갖춘 천연가스(\$1.5~2.9 /kg)에 비해 높은 편이나, 독일, 미국 등 기술 선진국을 중심으로 기술개발을 통해 생산 가격을 낮추고 있다. 수소위원회는 2030년경에 시장규모가 성장하고, 수소 생산비용이 최대 40%까지 하락할 것으로 예상하며 열병합발전용 연료전지가 천연가스 발전과 동일비용을 달성할 가능성이 높다고 전망했다. 우리나라도 수소공급 확대를 통해 가격을 낮추겠다는 목표를 세웠다(Table 1, MOTIE, 2019a).

수송 분야에서도 많은 국가들이 수소차의 미래 시장성을 보고, 수소차 기술개발에 매진하고 있다. 수소차는 2019년 기준으로 전 세계 약 16,000대가 보급되었으며, 국가별 경쟁이 가장 치열한 분야 중 하나이다(Table 2, KAMA, 2019). 2017년 기준 세계 자동차 시장규모는 약 20,000억 달러인

Table 2. Hydrogen vehicles sold globally

| | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2018.1~10 | 2019.1~10 | Share | YoY % |
|---------------|------|-------|-------|-------|-----------|-----------|-------|-------|
| Korea | 41 | 80 | 61 | 744 | 444 | 3,207 | 52.4 | 622.3 |
| U.S. | 108 | 1,042 | 2,298 | 2,368 | 1,932 | 1,798 | 29.4 | -6.9 |
| Japan | 411 | 1,055 | 849 | 575 | 488 | 596 | 9.7 | 22.1 |
| Europe | 13 | 32 | 78 | 157 | 115 | 397 | 6.5 | 245.2 |
| Rest of World | | 10 | 17 | 60 | 46 | 128 | 2.1 | 178.3 |
| Total | 573 | 2,219 | 3,303 | 3,904 | 3,025 | 6,126 | 100 | 102.5 |

Source: KAMA (2019)

테이 중 10%만 수소차로 전환해도 디스플레이 시장(1,251억 달러)의 약 1.5배, 반도체 시장(4,190억 달러)의 약 1/2 규모를 달성하게 된다. 연료전지 시장 역시 급성장하고 있다. 친환경이면서 고효율로 전기와 열을 생산하는 수소 연료전지는 분산전원에 최적화된 에너지 설비다. 현재 세계 발전용 연료전지 시장은 연평균 22% 이상 성장하고 있다(MOTIE, 2019a).

수소경제의 비관적 전망

수소생산의 경제적 비효율성, 기술적 난제 등의 이유로 수소경제를 낙관만 할 수 없다는 의견도 있다. 지난 수년 동안 수소는 생산기술의 한계로 풍력, 태양광에 비해 발전분야에서 상대적으로 더 비싼 에너지원으로 인식되어 왔다. 대표적으로 수소차의 경우에도 전기차에 비해 에너지 효율이 낮고, 아직까지는 차 가격이 전기차에 비해 훨씬 높게 형성되어 있어 현재로서는 수소차 시장성을 비관적으로 보는 이들도 있다. 수소차 배터리의 발열에 따른 안정성 문제와 성능 향상 장치 등의 추가로 무게가 증가하며 효율이 더욱 낮아진다는 기술적인 단점도 있다. 또한 수소충전소 건설 비용 역시 전기충전소에 비해 높아 수익성이 낮게 평가된다.

경제성 외에 기술적 난제들도 수소경제 실현에 걸림돌이다. 전 세계적으로 수소 생산, 저장, 수송, 활용 등 수소 생태계를 구축하기 위한 기술 수준이 아직은 초보적인 단계이기 때문이다. 현재 수소 관련 많은 R&D가 이루어지고 있으나, 수소차와 연료전지 일부 기술을 제외하면 아직 대부분 분야에서 연구개발과 실증단계에 마무르고 있다. 특히 2019년 노르웨이에서 발생한 수소충전소 폭발 사고로 인해 많은 사람들이 수소충전소 안전성에 의문을 제기하는 상황에서 수소의 안전성 확보를 위한 기술개발 역시 수소경제 실현을 위한 필수적인 요소이다.

주요국의 수소경제 추진 정책

기존 석유, 가스 등의 화석연료 기반의 탄소경제는 화석연료 확보와 규모의 경제를 실현하기 위한 자본이 핵심이었다. 이에 반해 수소경제는 기술경쟁력이 필수적이다. 수소경제에 대해 일부 회의적인 시각이 존재하는 상황에서 수소 생태계 마련을 위한 국내의 경제·사회적 변화를 위한 동력을 마련하는 것도 중요하다. 결국 수소경제를 위한 국가별 주요 정책 목표는 수소의 생산, 공급, 활용 등 전 가치사슬에 걸친 기술력 증진과 함께 수요 창출을 통한 생태계 구축에 초점을 맞춰야 한다.

많은 기업들이 기술경쟁과 함께 협력 사업을 통해 수소경제에 주도권을 갖기 위해 노력하고 있으나 아직 뚜렷한 선도 기업은 부재하다. 많은 기업들이 수소 기술개발에 매진 중이며 특히 수소차는 기업 간 경쟁이 치열하다. 현대차는 지난 2013년 세계 최초로 수소차 양산체제를 갖추고 “투싼”을 출시했다. 하지만 수소충전소 등 인프라 부족, 고가의 차량 가격, 심리적인 장벽 등에 부딪혀 판매실적은 미미했다(916대). 그러나 2018년 “넥쏘”를 출시하며 수소차 출시 7년 만에 글로벌 누적판매 1만대를 돌파했다. 전 세계 자동차 업계에서 수소차 총 판매량이 1만대를 넘어선 것은 도요타에 이어 두 번째다. 현대차는 2025년까지 수소차 연간 판매량을 11만 대로 늘리고 2030년까지 연간 50만 대 규모의 생산체계를 구축할 예정이다. 이외에도 벤츠는 2019년, 아우디는 2020년 수소차를 출시하였고, BMW와 GM, 닛산 등도 2021년 출시를 목표로 하고 있다.

연료전지 분야는 한국과 일본, 독일 기업이 경쟁하고 있다. 연료전지는 응용 형태에 따라서 발전용, 수송용(이동형) 등으로 세분화할 수 있다. 이 중에서 특히 발전용에 사용되는 고정식 연료전지(발전소, 가정 등 고정된 장소에서 설치하는 연료전지)는 시간당 수백 kW 이상의 전력 생산을 통해 기존의 발전 설비를 대체할 수 있어 많은 전기 생산

Table 3. Company-level global cooperation for hydrogen economy

| | |
|----------------|---|
| Production | HySTRA  -  AGL Energy |
| Transportation | Hydrogenius  -  Broad-Ocean Motor |
| Utilization | Bloom Energy  -  SoftBank |

Source: MOTIE (2019a)

공급 기업들이 기술개발에 매진하고 있다. 고정형 연료전지 분야에서 우리나라는 독일, 일본, 미국과 함께 상위 4개국에 속한다. 특히 우리나라의 시장 성숙도는 상위권인데 이는 대규모 상업용 연료전지 생산을 주도하고 있는 두산퓨얼셀과 포스코에너지 등 두 글로벌 국내 업체들의 영향이 컸다. 가정용 고정형 연료전지 제조업의 경우 파나소닉, 아이신 등 일본기업들이 앞서 있는 형국이다. 이동형 연료전지(수소차 등 이동수단에 탑재되는 연료전지) 부문에서도 국내 시장이 높은 산업 성숙도를 보이고 있다. 이는 현대차가 세계 최초로 수소차 양산에 성공한데 이어 2018년 “넥쏘”를 출시해 수소전기차 분야에서 경쟁력을 입증했기 때문이다. 다만 수소충전소와 같은 인프라가 부족하여 보급률은 높지 않아 산업 성숙도에 비해 시장은 크지 않다.

생산, 운송·저장, 활용 등 수소산업 전 가치사슬에 걸쳐 기업 간 협력도 점차 확대되고 있다. 이에 맞춰 정부(G2G), 민간(B2B)의 글로벌 협력 플랫폼도 확산되고 있다. 특히 국제 수소에너지 파트너십(International Partnership for the Hydrogen Economy) 등 국가 간 협의회를 통해 글로벌 협력사업이 발굴되고 있다. 일본과 호주는 호주산 갈탄에서 수소를 추출하여 일본으로 수출하는 프로젝트를, 독일과 중국은 액화 수소송 기술의 공동개발을, 그리고 미국과 일본은 한국시장 진출을 위해 손을 잡았다(Table 3, MOTIE, 2019a). 이처럼 수소차의 점진적인 보급 확대와 분산형 에너지 공급체계의 핵심이라고 할 수 있는 수소연료전지 발전소 설치 등을 통해 수소경제는 점차 실현 가능성이 높아지고 있다. 미국, 일본, 유럽, 독일, 중국 등 세계 각국은 점차 우리 앞에 그 모습을 드러내고 있는 수소경제를 정부 차원에서 적극적으로 준비하고 있다. 수소경제에 앞장서고 있는 주요 선진국들의 수소경제 지원정책은 다음과 같다.

독일 「국가수소전략」 수립 동향 및 주요 내용

독일 연방정부는 수소시장의 주도권을 확보하고 온실가스 감축 글로벌 리더십을 강화하려는 목표로 2020년 6월, 연방내각회의에서 “국가수소전략(National Hydrogen Strategy)”을 채택했다(FMEAE, 2020). 본 절에서는 경제에너지부(Federal Ministry for Economic Affairs and Energy)에서 발표한 국가수소전략을 중심으로 독일의 수소 정책을 정리해 보았다. 독일 정부는 수소가 재생에너지를 저장하

는 다목적 에너지 운반체를 위한 필수요소로 판단했다. 특히 재생에너지를 전력원으로 활용할 수 없는 분야에서 부문간 결합(sector coupling)을 통해 재생에너지 전력을 수소 합성연료 형태로 저장할 수 있는 수단으로 인식하여, 독일 탈탄소 전략의 핵심으로 판단했다. 또한 EU 의장국으로서 유럽연합 차원의 수소시장 구축도 목표로 했다. 동 전략의 주요 내용은 국제 수소시장 확대를 통해 규모의 경제를 달성할 수 있도록 수소 생산, 유통, 활용 등 전주기에 걸친 민간투자자 지원에 초점을 맞추고 있다. 독일은 자국 수소시장에 70억 유로, 해외 수소시장에 20억 유로 등 총 90억 유로의 투자를 계획하고 있다.

독일은 수소경제 선도를 위해 우선 재생에너지 활용을 극대화한다는 계획이다. 2030년 재생에너지를 50%까지 보급하기 위한 기반 구축과 함께 타산업과 연계할 수 있는 수소 융합 기술 개발에 주력할 계획이다. 분야별로 보면, 수소 생산을 위해 총 10 GW 규모 수전해 수소기반 생산시설을 구축하는 것을 목표로 하고 있다. 2030년에 5 GW, 2035년부터 2040년까지 추가로 5 GW를 증축한다. 태양광·풍력의 잉여전력을 활용하여 수전해를 통해 수소를 생산하며, 이를 위해 라인란트 정유소에 세계최대 규모(연간 1,300만 톤)의 수전해 시설을 건설(2017~2020년)한다.

민간섹터에서 아우디는 가스 그리드로 활용하기 위한 프로젝트로서 가스 그리드에 메탄가스(수전해 수소 + CO₂) 공급 실증단지 2016년에 구축했다. 독일은 이를 활용하여 내수 시장 구축을 통해 기술 주도권을 확보하고, 향후 미래의 수요에 대응하여 그린수소를 수입할 계획이다. 동시에 가격 경쟁력이 높은 모로코 등 아프리카 국가에 그린수소 생산기지를 구축하고, 북해·발틱해 EU 회원국과 개도국으로부터 그린수소를 수입한다. 과도기적으로는 CO₂ 중립의 블루수소를 터키로부터 수입한다. 이를 위해 수전해 시설 설치를 지원하고, 수소 생산용 재생에너지에 부과되는 세금을 면제하며 해상풍력을 활용한 수소 생산설비 투자를 지원한다.

운송·유통 분야에서는 수소 전용망을 신규로 건설하거나 확장하며 동시에 기존 가스망 활용도 병행할 계획이다. 이를 바탕으로 화학, 석유화학, 철강 등을 중심으로 한 산업계의 활용을 극대화할 계획이다. 전기사용이 어려운 모빌리티 분야(항공·해운)에서 수소 수요를 확대한다. 수소차

를 위해 2020년에 충전소 100 개소를 건설한 후 연 평균 10~15 개소를 추가하는 등 인프라를 구축해 나갈 예정이다. 2030년까지 수소차 180만 대, 수소충전소 1,000 개소를 목표로 하고 있다. 독일은 관계부처 국무장관회의를 통해 동 전략의 이행을 보장하고, 산·학·시민단체가 함께하는 국가수소위원회가 국무장관회의를 지원하는 거버넌스를 구축하였다. 아울러 유럽 이사회 의장국으로서 그린수소에 대한 지속가능성 표준과 원산지 증명 도입, 유럽 수소 이니셔티브 이행 등을 통해 수소 산업을 적극적으로 활성화시킬 계획이다.

이번 전략에서는 2023년까지 시장 확대를 위한 첫 단계로서 정부가 취해야 할 총 38가지의 조치를 포함하는 실행 계획을 제시하였다. 2024년에 시작되는 두 번째 단계에서는, 국내시장은 통합되고 유럽 및 국제 차원의 계획이 확립될 것이다. 독일의 국가수소전략은 기후보호·에너지 전환과 산업 전략 측면을 동시에 고려한 코로나19 경기 부양책의 일환으로 여겨지며, 독일 정치권과 산업계는 대체로 긍정적으로 평가하고 있다. 다만, 일부에서는 수소차 개발지원 배제, 재생에너지 확대 대책 미비, 수소 에너지 자립 등과 관련하여 우려를 하고 있는 것도 사실이다. 아울러, 초기부터 블루수소를 배제하고 그린수소 생산에 집중해야 한다는 의견과 산업분야와 운송분야 중 우선활용분야에 대한 논란도 존재한다.

EU 집행위원회의 「EU 수소 전략」 수립 동향 및 주요 내용

2020년 7월, EU 집행위원회는 “수소 전략(Hydrogen Strategy)”을 발표하였다(EC, 2020). EU 집행위원회는 유럽성장전략으로 2019년 유럽 그린딜(European Green Deal)을 채택한 바 있는데, 수소를 유럽 그린딜의 중추로서 경제 활성화와 에너지 전환을 동시에 달성할 수 있는 핵심요소로 평가하였다. EU 집행위는 수소가 활용처가 다양하고, 저장·운송이 용이하며, 탄소의 배출 없이 생산이 가능하므로, 세계 경제 전반의 탈탄소화에 적합한 자원이라는 점을 배경으로 꼽았다. 과거 수소 상용화에는 실패하였으나, 최근 산업적으로 명확한 수요와 유의미한 비용감소 등으로 분위기가 반전되었다고 판단하였으며 재생에너지 확대에 따른 전력계통 운영의 변동성을 줄이기 위한 에너지 저장 수단으로서의 수소 역할 매우 중요하다는 점으로부터 동 전략을 마련하였다.

EU가 내세운 기간별 목표는 2020년부터 2024년까지는 최소 6 GW의 재생에너지 기반 수전해 시설 설치를 통해 최대 1백만 톤의 재생수소(그린수소)를 생산하고, 2025년부터 2030년 사이에는 최소 40 GW의 재생에너지 기반 수전해 시설 설치를 통해 최대 1천만 톤의 그린수소를 생산한다. 그리고 2030년 이후로는 탈탄소화가 어려운 모든 분야

에 그린수소를 대규모로 활용한다. 분야별 수소 활용 확대 방안으로는 먼저 지속가능한 수소산업 생태계를 형성하고 기존 산업·수송 분야에 청정수소 활용을 확대한다. 또한 2050년까지 유럽을 최초의 탄소중립 대륙으로 만들기 위한 수소 생산능력 제고를 목표로 기업, 정부, 산업전문가로 구성된 ‘유럽 청정수소 동맹(European Clean Hydrogen Alliance)’을 통한 투자재원 확보와 함께 R&D를 적극 지원할 계획이다. 이를 위해 정부 지원과 함께 효과적인 시장, 명확한 규칙에 대한 설정을 통해 시장 참여자를 지원하고 수소 시장을 구축할 예정이다.

동 전략 발표와 함께 EU 집행위는 올해 내 발표 예정된 “지속가능한 스마트 모빌리티 전략(Sustainable and Smart Mobility Strategy)”에서 수송 분야의 수소 활용 확대 정책을 자세히 다룰 것으로 예고했다. 기존의 “재생에너지 지침(Renewable Energy Directive)”을 기반으로 그린수소에 대한 수요를 지원하기 위한 추가 조치도 검토할 계획이다. 재생에너지 지침은 EU의 재생에너지 생산과 산업진흥을 위한 정책으로 2019년 지침에 따르면 2030년까지 회원국의 재생에너지 비율을 32%까지 올릴 것을 의무화하였다. 또한 수소 전주기 온실가스 배출량 분석을 바탕으로 2021년 상반기까지 수소생산 설비 설치지원을 위한 기준을 설정할 계획이다. 그린수소와 저탄소 수소에 관한 유럽 내 일관된 인증 기준과 정의도 마련하고 저탄소 제철, 기초 화합물 지원을 위한 탄소 차액계약제도(Contract for Difference)를 시범 도입한다. 충전소 확대 계획을 포함한 수소 인프라도 구축한다. 수소 운송에 천연가스 파이프라인 이용을 허용하고 수소 수요자와 공급자가 유통성이 높은 수소시장에 진입할 수 있도록 지원하는 등 시장규칙을 통한 수소 활용을 확대해 나갈 계획이다.

R&D 분야에서는 유럽 그린딜의 일부로 100 MW급 수전해, 그린 공항, 그린 항만에 대한 “계산제출 요청 절차”를 개시(2020년 3/4분기)하였다. 또한 저렴한 가격에 청정수소를 사용하기 위해 그린 수소 생산, 저장, 수송 및 유통 등을 위한 “청정수소 파트너십(Clean Hydrogen Partnership)”도 출범시켰다. 청정수소 파트너십은 유럽 최대의 연구 혁신 지원 프로그램인 “호라이즌 유럽(Horizon Europe)”의 세부 프로그램으로 그린수소 생산, 운송, 저장 등에 관한 상용화 기술 R&D와 실증을 지원하는 프로그램이다. 그리고 2020년 7월, “EU 배출권 거래제 혁신 펀드”를 활용한 제안 제출 요청을 개시하였고, 이로부터 혁신적인 수소 기술의 실증을 촉진할 계획이다. 아울러 EU 역시 독일과 마찬가지로 우크라이나 등 EU 인근국가와 에너지 협력 파트너 국가와의 재생에너지, 수소협력을 강화해 나가는 수소경제 활성화를 위한 국제협력 방안도 수립하였다.

독일의 국가수소전략이 발표되고 약 1개월 만에 EU가

또다시 수소경제 지원 전략을 발표한 점으로부터 수소에 대한 유럽 전역의 관심이 크다는 것을 알 수 있다. 동 전략을 살펴볼 때, EU는 수소를 전기, 가스 등 에너지 시스템 전체를 통합할 수 있는 매개체로서 인식하는 것으로 보인다. 다만, 일부 유럽 매체에 따르면 수소전략의 이행이 매우 험난한 여정이며, 몇 가지 어려움을 극복할 필요가 있다고 언급하였다. 먼저 단기적으로 화석연료에 기반을 둔 수소에 대한 투자 없이는, 급증하는 수소 수요를 청정수소의 공급만으로 감당키 어려울 것으로 예상하였다. 즉, 블루수소 생산을 위해 CO₂ 포집·저장(CCS) 비용을 지불한다 하더라도, 대규모의 CO₂를 저장할 시설공간이 없는 상황임을 비판한 것이다. EU의 수소전략 및 그린딜 목표 달성을 위해서는 대량의 재생에너지가 필요할 것으로 예측되나, 재생에너지 대규모 확충에도 어려움이 따를 것으로 예상하였다 (America, 2019).

일본 「수소연료전지 전략로드맵」 수립 동향 및 주요 내용

일본의 에너지 공급은 우리나라와 마찬가지로 해외 수입에 크게 의존하고 있다. 최근 신흥국의 에너지 수요가 확대되며 에너지 가격이 불안정해지고 있고, 후쿠시마 원자력 발전소 사고로 인해 화석연료 의존도도 증가하였다. 이러한 배경으로부터 일본은 이미 2014년 4월 “신에너지 기본계획”을 통해 수소경제 실현을 위한 정책을 제안한 바 있다. 또한 후쿠시마 사고 후 자립형 에너지 공급을 위해 수소경제를 집중 육성한다는 목표 아래 2017년 12월 “수소 기본전략”을 채택하였고, 2050년까지의 방향성을 제시하였다 (METI, 2017). 그리고 그로부터 3년만인 2020년, 수소차 판매가격을 낮추고, 수소 발전기술을 구체화하며 수소충전소 등 인프라 보급 확대 등을 포함하는 3번째 수소 지원 정책인 “수소연료전지 전략로드맵”을 발표하였다.

동 로드맵에 따르면 일본은 2030년까지 수소차 80만 대, 수소버스 1,200 대, 수소충전소 900 개소, 가정용 연료전지 530만 대, 수소 발전단가 17 엔/kWh를 목표로 삼고 있으며, 수소차와 가정용 연료전지 확대를 기반으로 저비용의 수소 이용과 액화수소, 수전해, 해외 생산 등 수소 공급 체인 개발에 주력할 계획이다. 일본의 1단계 에너지 공급분야의 목표는 가정용 연료전지 시장을 조속히 자립화시키는 데 있다. 가정용 연료전지 설치 목표를 2020년에 140만 대, 2030년에는 530만 대로 설정했다. 사용자 부담액의 투자회수 기간도 2020년에는 7~8년, 2030년에는 5년으로 목표를 세웠다.

연료전지 자동차의 보급목표는 2020년까지 약 4만 대, 2025년까지 약 20만 대, 2030년까지 약 80만 대로 설정했다. 신흥국 중산층시장을 목표로 한 연료전지 자동차를 2025년에 도입하고 동종의 하이브리드 자동차와 가격경쟁이 가능하도록 차량 가격을 낮추는데 목표를 두고 있다. 수

소 충전소의 경우에도 2025년에는 약 320 개까지 설치한다. 2020년경 자가발전용 수소발전을 본격적으로 도입하고 2030년에는 발전 사업용 수소 공급시스템을 도입한다. 2030년경에 미사용 에너지를 이용한 생산, 운송, 저장을 포함한 수소 공급망을 해외로부터 도입한다. 수소 제조는 우선적으로 부생 수소, 원유 수반가스, 갈탄 등 저렴하고 안정적인 환경 부담이 덜한 형태를 이용한다. 수소의 수송·저장은 먼저 가장 유망한 유기 수산화물 및 액화수소로 한다. 최종적으로 2040년에는 저렴하고 안정적으로 친환경 수소를 제조하고, 총체적인 CO₂ free 수소 공급시스템을 확립한다 (METI, 2017).

영국 기후변화위원회의 「저탄소경제를 위한 수소 활용」 제안 주요 내용

영국 정부는 2018년에 영국의 기후변화위원회(Committee on Climate Change)에 보고서를 의뢰했다. 이에 기후변화 위원회는 2018년 12월, 영국 정부에 저탄소 경제 진인을 위한 수소 지원책을 담은 “저탄소경제를 위한 수소전략(Hydrogen on Low-Carbon Economy)”을 발표하였다(CCC, 2018). 동 전략을 바탕으로 영국은 2019년 G7 국가 중 최초로 2050년까지 탄소중립국이 될 것임을 공식 선언하였으며, 탄소 중립 관련 법령을 마련하였다. 동 법령에는 2035년까지 신차를 모두 전기차로 대체하고, 저탄소 발전 비중을 4배로 확대하는 방안을 담았다. 영국은 산업전략기금의 1.7억 파운드 규모의 공공투자를 통해 탈탄소산업 클러스터를 구축할 계획을 발표하였다.

기후변화위원회는 영국정부에 탈탄소화 경제의 확실한 수단으로서 수소 전략, 배치, 대중 참여, 시연, R&D 등에 대한 정책을 제안했다. 먼저 영국에서 온실가스 배출량 감축 목표를 달성하기 위해 가장 큰 분야 중 하나인 건물용·산업용 난방을 위해 향후 가스 그리드와 CCS 이용에 대한 완전한 전략을 개발할 것을 요구하였다. 또한 수송 분야의 수소 활용 증진을 통한 탄소배출 제로 전략을 제시하였는데 승용차 외 버스, 트럭과 같은 상용차(Heavy Goods Vehicles) 대상 수소 활용 전략을 2020년 하반기에 마련하여 조속히 테스트 베드를 구축할 필요성을 강조하였다. 다음으로 영국 정부의 “친환경 성장전략(The Clean Growth Strategy)” 이행을 위해 주택의 열효율성을 높일 것을 주문하였다. 즉, 신축 건물은 설계 단계부터 저탄소 난방 시스템을 도입하여 고효율의 친환경 에너지 기반으로 건설하도록 지원해야 한다는 것이다. 그 외에도 산업 난방 응용 분야, 특히 수소 활용 관련 연구개발과 안전성 확립 필요성을 언급하며 정책적 지원을 요구하였고, 수소가 대기로 배출될 경우 온실가스로 작용하는지에 대한 기본적인 연구도 필요하다고 제안하였다.

그 외 주요국의 수소경제 지원 정책

미국

미국은 현재 에너지부(Department of Energy) 주관으로 수소 경제로의 전환에 대한 “H2@Scale”이라는 프로젝트를 추진하고 있다. 동 프로젝트는 미국이 수소 생산, 활용에 있어 어떤 자원을 이용하고, 효과적으로 활용할지에 대한 연구이다. 미국은 지게차와 연료전지 등 비(非)수송 부문에서 수요창출에 어느 정도 성공을 거두었다. 현재 약 2만 6,000 대의 연료전지 지게차가 월마트 등에 보급돼 물류창고에서 사용되고 있다. 미국은 고정형 연료전지 분야도 개발 중이다. 현재 이동통신타워 등에 고정형 연료전지 설비가 설치되어 있다. 이 외에도 캘리포니아주 역시 수소정책을 추진 중이다. 캘리포니아주와 연방정부는 민·관 파트너십을 결성하여 수소에너지 정책을 수립하였다. 캘리포니아주 기준으로 2030년까지 수소차 100만 대, 수소충전소 1,000 개소 설치를 목표로 하고 있다. 풍력발전의 잉여전력(Wind-to-Hydrogen Project; Wind2H2) 및 천연가스 인프라를 활용한 수소의 생산·공급도 계획에 포함되어 있다(Yang and Kim, 2019). 현재 미국은 다수 주에서 연간 총 1,000만 톤의 수소를 생산하고 있다. 1,600마일 이상의 수소파이프라인을 구축한 상태이며 4개의 신규 액체수소플랜트도 구축할 계획을 수립한 바 있다.

중국

중국은 2015년 “중국제조 2025”에서 신에너지자동차를 핵심 사업으로 선정하고, 국제 연료전지차 대회를 통해 “차이나 수소 이니셔티브”를 선언하였다. 2030년까지 수소차 100만 대, 수소충전소 1,000 개소를 목표로 삼고 있으며, 신재생에너지 및 원자력 이용, 메탄의 개질 등을 통한 수소 제조기술을 중점 개발할 계획이다. 특히 허베이성은 풍력연계 수전해 수소 생산에 나서 2016년 4 MW를 완료한데 이어 2018~2020년 10 MW를 완공하려는 목표를 갖고 있다. 또한 상하이시는 “수소전기차 발전계획”을 발표하며 2020년까지 100여 개 이상의 연료전지 부품기업을 유치할 계획이다. 중국 자동차산업의 메카 중 한 곳인 허베이성 우한도 2025년까지 세계적인 수소 도시가 될 것을 공언하고, 2020년까지 수소에너지 산업 파크를 조성할 예정이다(Cho, 2019).

호주

호주는 연방산업과학에너지부에 수소사업팀을 신설하며 정부차원에서 적극적으로 수소경제 전략 이행에 나서고 있다. 호주는 수소를 수출 자원화로 도모한다는 계획 하에 2018년에 수소 로드맵(“National Hydrogen Roadmap”)을

수립했다. 이 전략을 바탕으로 호주는 수소의 풍부한 자원을 활용하여 세계 최대의 수소생산과 수출 전략을 추진할 계획이다. 특히 호주는 우리나라와 일본, 싱가포르, 미국 등 국가 간 양자협력을 중점적으로 추진 중이다. 우리나라와는 2019년 수소협력 의향서를 체결한 이후 실무 워킹그룹을 설립하는 등 후속조치를 이행 중이며 일본과는 갈탄에서 수소를 추출하고 일본에 수출하는 프로젝트(Hydrogen Energy Supply Chain 프로젝트)를 진행 중이다. 2020년 3월에는 싱가포르와 저탄소 기술 협력 MOU를 체결하고 수소를 포함한 저탄소 기술 협력을 강화키로 했다. 이외에도 미국의 화학공학회가 수소 활용 안전성을 높이기 위해 2019년 설립한 미국 수소안전센터 회원으로 가입하며 미국과 협력기반도 구축하였다.州政府별로도 생태계 구축을 위해 연료전지 발전소를 건설하고 수소차를 보급하고 있다(CSIRO, 2018).

결론 및 시사점

앞서 소개한대로 우리 정부는 2019년 1월, “우리나라가 강점이 있는 수소차와 연료전지를 양대 축으로 수소경제를 선도할 수 있는 산업생태계 구축”을 목표로 하는 수소경제 활성화 로드맵을 발표하였다. 이후 기업, 지자체, 정부의 역량을 집중해 온 결과, 우리 수소경제의 글로벌 위상이 빠르게 높아지는 추세이다. 수소차는 일본 등 경쟁국을 제치고 2019년 최초로 글로벌 판매 1위를 달성하였고, 수소경제의 핵심 인프라인 수소 충전소도 2019년 한 해 동안 세계에서 가장 많이 구축(20 개소)하였다. 연료전지 보급은 전 세계의 40% 정도를 차지하며 세계 최대 발전시장으로 올라섰고(MOTIE, 2020), 2020년 2월, 세계 최초로 “수소법(수소경제 육성 및 수소 안전관리에 관한 법률)”을 제정하며 법적기반도 마련하였다.

다만, 이에 앞서 2005년 수소경제 로드맵에서 제시한 2020년 현재의 수소경제의 모습은 당초 기대치에 한참 못 미친다. 당초 올해(2020년)까지 수소차의 생산목표는 200만 대였으나 2019년 기준 4천여 대로 크게 차이가 나며, 발전용 연료전지 설비용량도 기대치였던 3,100 MW에 한참 부족한 375.5 MW(2019년 기준)이다. 수소경제 활성화의 필수적인 인프라 구축과 수소 생산 역시 요원한 분야이다.

수소경제 마스터플랜이 당초 목표를 달성하지 못한 원인으로서는 먼저 유가하락으로 인한 화석연료 중심의 탄소경제 전환 추진력의 부족과 함께 기술 시장 창출 미흡, 관련 인프라(생태계) 미비 등을 들 수 있다. 일부 수소활용 분야를 제외하고는 여전히 생산·저장·운송·충전 등 수소경제 인프라 분야의 경쟁력은 취약하기에, 분야별 전문기업 육성, 지역별 확산여건마련, 글로벌 가치사슬 확장 등 구체적인 실천

전략 마련을 통해 수소경제의 기본 생태계를 조성하는 것이 무엇보다 급선무이다. 즉, 수소의 생산, 운송, 활용 등 수소경제 전체 주기 측면에서 균형 잡힌 성장 전략이 필요하다. 다만, 현재 정부의 “수소경제 활성화 로드맵” 등 우리나라의 정책은 주로 활용에 초점이 맞추어져 있고, 생산, 운송 분야의 구체적 실천방안은 상대적으로 부족하다.

수소경제는 아직 초기단계이다. 그만큼 시장선점이 중요한 분야이며, 각국의 경쟁도 매우 치열하게 진행되고 있다. 우리나라도 경제·산업구조의 근본적인 변혁을 통해 선도적으로 수소경제를 주도해 나가야 한다. 앞서 정리한 주요국의 수소경제 지원 정책으로부터 도출할 수 있는 시사점은 다음과 같다.

첫째, 수소 수요에 대한 정확한 분석을 통해 공급 정책을 수립할 필요가 있다. 수소경제 활성화 로드맵의 목표 수요는 현재 우리나라에서 분석·발표하고 있는 국가 에너지 수요 전망에 포함되지 않은 결과이다. 로드맵의 수요를 전환 손실을 고려하지 않고 단순하게 열량 기준으로 전환하면, 2040년 수소 526만 톤은 석유환산톤 기준 약 1,517만 톤에 해당한다. 3차 에너지 기본계획(MOTIE, 2019b)의 최종 에너지 목표 수요는 2040년 1억 7,180만 석유환산톤으로 목표 수요 기준 수소가 차지하는 비중은 8.8% 달한다. 따라서 이러한 수요가 적절한 것인지, 다른 에너지원과의 관계는 어떻게 설정할 것인지를 국가 전체 에너지 시스템 내에서 분석할 필요가 있다. 이를 위해서는 수소에 대한 통계 분류를 별도로 분리하여 에너지 밸런스를 작성하는 것이 출발점이 될 것이다. 이미 에너지경제연구원에서는 관련 연구에 착수하였는데(Shin *et al.*, 2019), 아직 본격적인 통계 분류와 수요 분석은 이루어지지 않은 상태로, 수소에 대한 관심이 높은 만큼 앞으로 심도 있는 연구가 진행될 필요가 있다.

둘째, 수소경제 활성화를 위해서는 안정적인 공급원과 수소 수송 인프라를 확보하는 것이 필수적이다. 현재 우리나라가 검토하고 있는 수소 공급원은 부생수소, 추출수소, 수전해, 해외 수입의 네 가지이다. 현재 주로 활용하고 있는 방식인 추출수소와 부생수소는 석유, 가스 등 화석연료 부산물로 생성되므로 CO₂ 배출에서 자유롭지 못하며 공급량 확대에 한계가 있다. 탄소중립을 위해 궁극적으로 수소를 생산하기 위해 이용해야 할 수전해는 상용화 기술개발이 진행 중이며 아직까지는 높은 비용이 형성되어 있다. 해외 수입을 위한 수송비용도 매우 높은 상황이며, 상당 기간 추출수소가 중요한 역할을 해야 하는 상황이다. 그런데 추출수소는 천연가스를 원료로 사용하기 때문에 천연가스 가격 변동에 직접적인 영향을 받는다. 아울러 천연가스 공급 안정성 확보도 중요한 문제가 된다. 하지만 아직까지 수소경제 활성화 논의에서 천연가스 원료 확보에 대한 논의는 거의 이루어지지 않았다. 이외에도 독일의 정책에서 볼 수

있듯, 수소에너지의 친환경성과 경제성 확보를 위한 정부 정책을 도모해야 한다. 독일은 신재생에너지(태양광과 풍력)를 활용하여 수전해 방식으로 수소를 생산하는 발전방안을 도입하였고, 신재생에너지를 활용하기 위해 마이크로 그리드 등 다양한 전력 생산 및 운송 인프라를 구축할 계획이다.

인프라 측면에서 우리나라는 석유화학·플랜트 산업 기반과 경험이 풍부하므로 수소경제를 구축하기 위한 장점도 많이 가지고 있다. 대규모 석유화학단지(울산·여수·대산)를 중심으로 수소 파이프라인과 고순도 수소생산 기술을 보유하고 있으며 연간 약 164만 톤의 수소를 활용하고 있다. 앞으로 충분한 수소 수요와 경제성을 확보한다면, 설비 증설, 공정전환 등을 통해 대규모 부생수소 공급여력이 충분할 것이다. LNG 공급망을 활용한 전국 단위의 수소 공급 가능성도 높다. 전국 LNG 공급망에 추출기를 설치하여 추가적인 인프라 투자 없이도, 쉽게 안정적이고 경제적인 수소 생산·공급이 가능하다. 즉, 인천, 평택, 삼척, 통영 인수 기지에서 공급받은 천연가스를 적정 압력으로 조정하는 정압관리소(143개소) 등을 중간 생산·공급기지로 활용할 수 있다. 따라서 앞으로 이러한 인프라 구축 및 운영 경험을 적극 활용할 필요가 있다.

셋째, 수소경제 신산업이 기존 제조업 일자리를 보완하고 더 나아가 새로운 일자리 창출효과로 이어지도록 정부의 정책적 지원이 필요하다. 정부의 수소경제 정책적 의지와 함께, 탄소중립을 향한 시대적 흐름은 결국 기존 화석연료 기반 제조업의 쇠퇴와 맥을 같이 할 수밖에 없다. 예를 들어 자동차 산업의 경우, 완성차 기업은 장기적 목표로서 자체 플랜 아래 내연기관 자동차에서 친환경미래차로 사업전환을 꾀하고 있다. 그러나 이러한 여력이 없는 내연기관 자동차 부품을 공급하는 중소 협력업체의 경우에는 중업원들의 고용승계를 담보할 수 없어, 대규모 실직을 방지하기 위한 정부 지원이 필수적이다. 정부는 기존 중소 제조기업을 대상으로 신규 수요처 발굴과 사업전환 기술개발을 지원하고, 기술지도(교육)를 통해 신산업 분야로의 전환을 유도해야 한다. 다행히, 정부는 이러한 기존 제조업 종사자들이 수소 신산업으로 자연스럽게 정착할 수 있도록 정책적 지원을 모색하고 있으며, 이의 일환으로 2018년 “신산업 일자리 창출 민간 투자프로젝트 지원방안”을 발표한 바 있다. 이 보고서에서 정부는 상생생태계 강화를 위해 중소기업의 사업전환을 지원하고, 기존 자동차 산업 퇴직인력도 전환 교육과 재취업 지원예산을 활용하여 2022년까지 완성차 대기업 협력업체 천 곳을 지원할 계획이라고 밝혔다. 에너지 공기업들도 수소 일자리 창출을 위한 투자를 계획하고 있다. 한국가스공사는 2030년까지 4조 7천억 원을 투자하여 5만 개 일자리를 창출할 계획이다(KOGAS, 2019).

넷째, 적극적인 R&D 투자가 필요하다. 우리나라는 그간 기업 중심으로 수소 모빌리티와 연료전지 등 활용분야에 대한 R&D가 많이 이루어졌으나, 아직도 생산, 저장, 운송 등 국내 수소산업의 전반적 경쟁력은 미국, 일본 등 주요국가 비교하여 미흡하다. 산업연구원은 “한국 수소산업 생태계 분석과 발전과제(2019)”에서 부생수소 생산은 공급망까지 갖춘 상용화 단계로, 수소 모빌리티와 수송용, 가정·건물용 연료전지 역시 세계적인 경쟁력을 갖춘 것으로 평가했다. 저장, 운송 분야의 경우, 상용화 단계에 진입한 고압기체 기술과 달리 액화·액상 기술은 개발단계라고 지적하였으며, 특히 탄소중립을 목표로 산업화를 추진하기 위해서는 수전해 방식의 기술개발이 필수적인 상황에서, 수전해 방식의 그린수소 생산은 실증단계에 머물러 있는 점을 우려하였다(KIET, 2019).

수전해 방식은 전해질에 전력을 공급, 물을 수소와 산소로 분해하는 기술로서 전해질 종류에 따라 알칼라인, 고분자 전해질막, 고체산화물 방식으로 구분된다. 현재 알칼라인 수전해 방식이 상용화가 가장 많이 진척된 분야로 꼽는다. 시스템 소형화, 유지·보수 측면에서는 세 가지 방식 중 고분자 전해질막 방식이 가장 우수한 것으로 알려져 있다. 다만 이 방식은 해외에서 이미 일부 업체가 상용화에 성공, 제품 판매에 있는 것에 반해, 국내는 여전히 실증단계에 머물러 있다. 이 방식의 가장 큰 단점은 이온교환막으로 사용하는 귀금속인 백금 촉매의 가격이 높아 가격 경쟁력이 떨어진다. 상업화를 위해서는 백금을 대체할만한 저가 촉매개발이 필수적이다. 다행히도 최근 KIST 유성중 박사 연구팀이 백금 대신 수소 생산 효율성을 향상시키고, 비백금 촉매의 문제로 지적되었던 내구성 문제를 극복한 전이금속 소재의 촉매를 개발하는 등 정부 지원을 통한 학계의 연구 성과가 나타나고 있다.

마지막으로 세계 각국이 수소경제의 중요성을 인식하고 생태계를 조성하는데 정책적 역량을 총 동원하는 가운데, 기술 선진국과의 협력도 주요한 수단으로서 작용할 것이다. 특히 안정적인 수소의 생산과 공급을 위해 조속히 국제협력의 틀을 구축해야 하며, 이를 위해 정부 간, 민간 기관 및 단체 간 협력이 필요하다. 수소 수출입에 따른 공동기술 개발 등 장기간의 시간 소요가 필요한 분야 위주로 협력 분야를 선정해야 한다. 정부도 우리나라에서 필요한 수소를 모두 생산·공급하기에는 역부족이라고 판단하여, 2030년부터 본격적으로 해외 수소의 생산·수입을 추진하겠다는 내용을 로드맵에 담았다. 해외 거점지역에서 수소생산시설을 지어 수소를 생산하고, 국내 인수기지를 건설하여 2030년 수소 수입을 준비한다는 계획이다. 이의 일환으로 정부는 2019년 10월, 서울에서 국제수소연료전지파트너십(IPHE) 국제수소경제포럼 개최를 시작으로 본격적인 수

소경제 국제협력 구도를 구성했다. IPHE 주요 회원국은 수소에너지 전주기에 대한 협력관계를 견고히 하여 글로벌 수소경제 시장에 동참하겠다는 의지를 밝혔다. 특히 산업통상자원부는 2019년 1월, 제10차 국제재생에너지기구 총회에서 해외 수소생산 도입을 위한 대규모 재생에너지 잠재력을 가진 국가와의 적극적인 협력의지를 표명하였다.

수소생산, 공급 외 표준대응과 기술개발 부문에서도 국제협력력이 필요하다. 우리나라가 수소차와 연료전지 기술 부문에서는 우수하지만, 글로벌 시장에 대응하기엔 여전히 미흡하기 때문이다. 이를 위해 수소경제 이행을 위한 전담기관을 설치하고, 산업계가 국제협력을 통해 공동사업을 추진할 수 있는 계기를 만들어야 한다. 앞서 독일과 EU, 호주 등의 수소전략에서 볼 수 있듯 독일과 같은 세계 기술 강국들은 수소기술의 개발 및 세계 수소시장 확대를 위해 국제협력도 적극적으로 추진하려 한다. 우리나라도 선도적으로 에너지 파트너십 등을 통한 전략적인 협력 모색에 앞장서야 한다. 특히 우리보다 강점을 가진 그린수소 생산 기술 및 수소 공급 인프라, 철강 등 산업 부문의 탈탄소화 공정 기술, 항공, 선박, 화물운송 등에서 수소 활용 등 분야의 협력을 적극 고민해보아야 할 것이다.

정부가 수소경제 로드맵을 발표한 이후 수소생산의 경제적 비효율성, 기술적 난제 등을 이유로 수소경제를 낙관만 할 수 없다는 의견도 있었다. 그럼에도 불구하고 정부의 정책적 의지가 확고하며, 또한 주요 선진국들이 수소경제를 적극적으로 준비하고 있다는 점과, 지구 온난화 대응을 위한 환경적 요인이 수소경제로의 이행을 촉진시키는 중요한 개발 기제로 작용하는 점에서 미래사회의 주요한 에너지원으로써 수소의 가능성은 높다. 연료전지 수소차의 개발 등을 통해 우리는 수소경제로 나아가기 위한 한 발을 내디뎠다. 앞으로 극복해야 할 과제는 많다. 우리가 순조롭게 수소경제를 달성하기 위해서는 국제협력을 통한 기술개발을 바탕으로 수소생산, 저장, 운송 등의 경제성, 친환경성, 안정성, 인프라 구축, 제도 정비, 수소경제 추진에 대한 사회적 합의 등이 선행되어야 할 것이다.

References

- America H., 2019. *5 Hurdles Facing Europes Hydrogen Plans*, Politico, 2020.07.07.
- CCC, 2018. *Hydrogen in a Low-carbon Economy*, Committee on Climate Change, London, UK.
- Cho, N., 2019. *Strategies to Promote Hydrogen Economy in Major Countries*, Energy Daily, 2019.04.01.
- CSIRO, 2018. *National Hydrogen Roadmap*, Ministry for Industry, Science and Technology, Canberra, Australia.
- EC, 2020. *A Hydrogen Strategy for a climate-neutral Europe*,

European Commission, Brussels, Belgium.

FMEAE, 2020. *The National Hydrogen Strategy*, Federal Ministry for Economic Affairs and Energy, Berlin, Germany.

Glenk and Reichelstein, 2019. *Economics of Converting Renewable Power to Hydrogen*, Nature Energy, Vol. 4.

Hydrogen Council, 2017. *Hydrogen Scaling Up: A sustainable pathway for the global energy transition*, Hydrogen Council, Seoul, Korea.

KAMA, 2019. *Rapid Expansion of Global Hydrogen Vehicle Market*, Press Release 2019.12.02., Korea Automobile Manufacturers Association, Seoul, Korea.

KIET, 2019. *Korea Hydrogen Industry Ecosystem Analysis and Development Tasks*, Korea Institute for Industrial Economics & Trade, Sejong, Korea.

KOGAS, 2019. *Roadmap for Hydrogen Industry*, Press Release 2019.04.29., Daegu, Korea.

METI, 2017. *Basic Hydrogen Strategy*, Ministry of Economy, Trade and Industry, Tokyo, Japan.

MOTIE, 2019a. *Roadmap for Hydrogen Economy*, Ministry of Trade, Industry and Energy, Sejong, Korea.

MOTIE, 2019b. *The 3rd Basic Plan for Energy*, Ministry of Trade, Industry and Energy, Sejong, Korea.

MOTIE, 2020. *Strategy to Improve the Competitiveness of the Ecosystem for Hydrogen Economy*, Ministry of Trade, Industry and Energy, Sejong, Korea.

Shin, H., Choi, D., and Lee, B., 2019. *Preliminary Study for Hydrogen Energy Statistics to Promote Hydrogen Economy*, Korea Energy Economics Institute, Ulsan, Korea.

Yang, E. and Kim, E., 2019. *Clean Energy Power Expansion Plan in California, USA*, Korea Energy Economics Institute, Ulsan, Korea.



천 강

2009년 서울대학교 화학생물공학부 공학사
2019년 Vanderbilt University 경제학 석사

현재 산업통상자원부 통상정책총괄과 사무관
(E-mail; kcheon@korea.kr)



김진수

2003년 서울대학교 지구환경시스템공학부 공학사
2005년 서울대학교 지구환경시스템공학부 공학석사
2010년 서울대학교 에너지시스템공학부 공학박사

현재 한양대학교 자원환경공학과 부교수
(E-mail; jinsookim@hanyang.ac.kr)