



KIEP 기초자료  
24-05

2024년 4월 29일

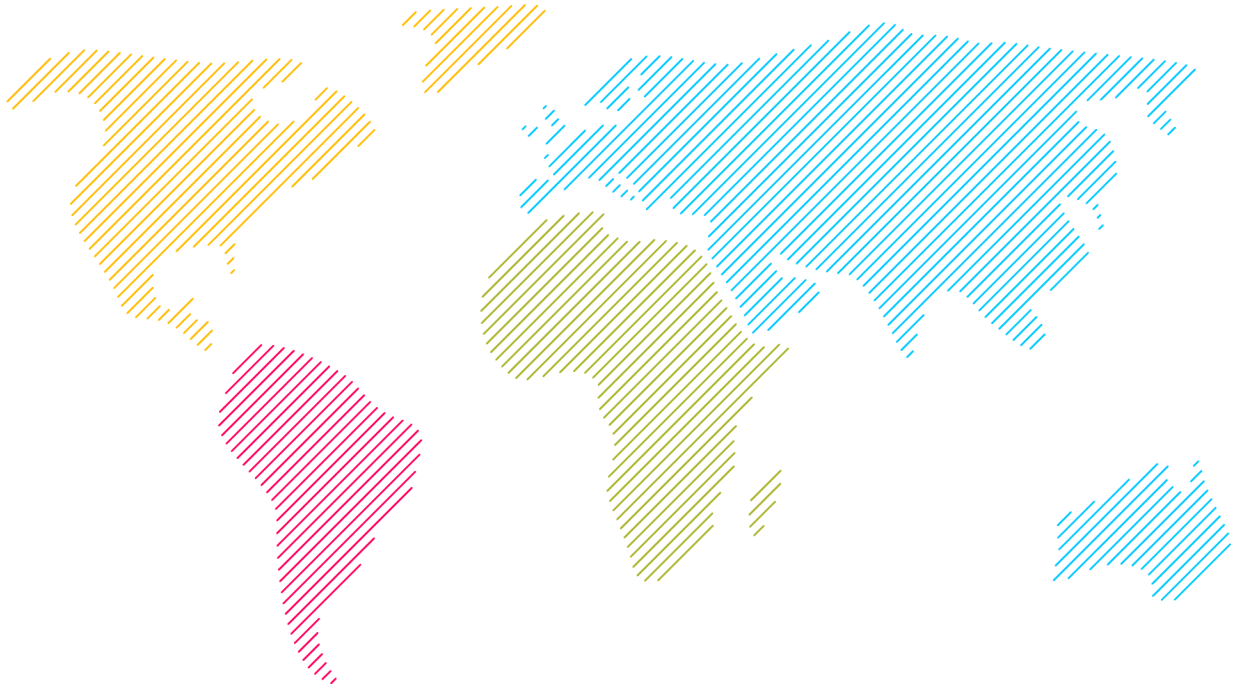
# 미국 수소정책 추진 동향 및 시사점

김종혁 세계지역연구센터 북미유럽팀 전문연구원  
([jhkim@kiep.go.kr](mailto:jhkim@kiep.go.kr), 044-414-1193)

## 미국 수소정책 추진 동향 및 시사점

### 요약

- ▶ 미국정부는 수소가 넷제로(Net-Zero) 사회 실현을 지원하고 지역의 자원 활용과 지속가능한 성장에 기여할 수 있다고 판단하고 정책적으로 지원하고 있음.
  - 친환경 에너지만으로 해결하기 어려운 산업 부문에서 수소를 천연가스나 석탄을 대체할 에너지 지원으로 인식하고 있으며, 수소산업 육성을 위해 블루수소, 핑크수소, 그린수소를 '청정(Clean)수소'로 정의하고 정책적으로 지원
- ▶ 미국은 수소 및 연료전지 관련 특허 1,306건(1977~2022년 누계 기준)을 보유하고 있으며, 수소의 생산, 저장·운송, 자동차·특수목적 차량, 발전 및 산업 활용, 안전·인프라 부문에서 비용을 낮추고 활용률을 높일 수 있는 기술 개발을 위해 노력하고 있음.
  - 보유 특허 중 연료전지 관련 비중이 51.3%로 가장 높았으며, 그다음으로 수소 생산 및 운송(34.6%), 저장(14.1%) 순으로 나타남.
  - 수전해 분리막 기술 상용화, 기존 천연가스 파이프라인 활용 등 비용을 낮추기 위한 기술 개발 노력과 함께 수소의 최종 활용방안과 같이 일부 명확하지 않은 부분에 대해 민간 이해관계자들과 의견을 조율하고 있음.
- ▶ 바이든 행정부는 수소의 전 밸류체인에서 개발을 가속화하기 위하여 '국가 청정수소 전략 및 로드맵'을 발표(2023년 6월)하고 후속조치를 추진하고 있음.
  - △ 2030년까지 온실가스 배출량을 2005년 수준 대비 50~52% 감축, △ 2035년까지 발전 부문의 탈탄소화, △ 2050년까지 온실가스 순 배출량 제로 달성 등을 목표로 함.
  - 청정수소 개발을 가속화하기 위한 3대 핵심 전략으로 △ 청정수소의 전략적이고 영향력 있는 사용, △ 비용 절감, △ 지역 네트워크 구축을 제시함.
  - 청정수소 허브로 7개 지역을 지정하고, 「인플레이션 감축법(IRA)」에 근거한 청정수소 세제혜택 세부지침(안) 마련 등 관련 후속조치를 진행하고 있음.
- ▶ 국가 차원의 수소정책에 대해 민주당과 공화당이 모두 초당적으로 동의하고 있어 오는 11월 치러지는 대통령 선거 결과에 상관없이 수소정책의 연속성은 유지될 전망이다.
  - 트럼프 1기 행정부의 'H2@Scale' 이니셔티브 추진, 수소 기술 개발을 위한 단계별 전략(Hydrogen Program Plan) 마련, 수소 및 연료전지 관련 예산 증액 등을 고려할 때, 선거 결과에 따라 수소 부문이 에너지정책의 후순위로 밀릴 가능성은 높지 않아 보임.
  - 다만 11월 대선에서 트럼프 전 대통령이 승리하게 되면 바이든 행정부의 친환경 및 관련 R&D 예산이 대폭 삭감되고, 수소 관련 연구 예산도 함께 줄어드는 등 일정 부분 수소정책의 변화는 불가피할 것으로 예상됨.
- ▶ 한국은 수소 생산, 저장, 운송 등 업스트림 분야의 경쟁력이 상대적으로 취약하다고 평가되는데, 해당 분야에 대한 지원을 확대하여 전반적인 수소산업 밸류체인 경쟁력을 향상할 필요가 있음.



## 차 례

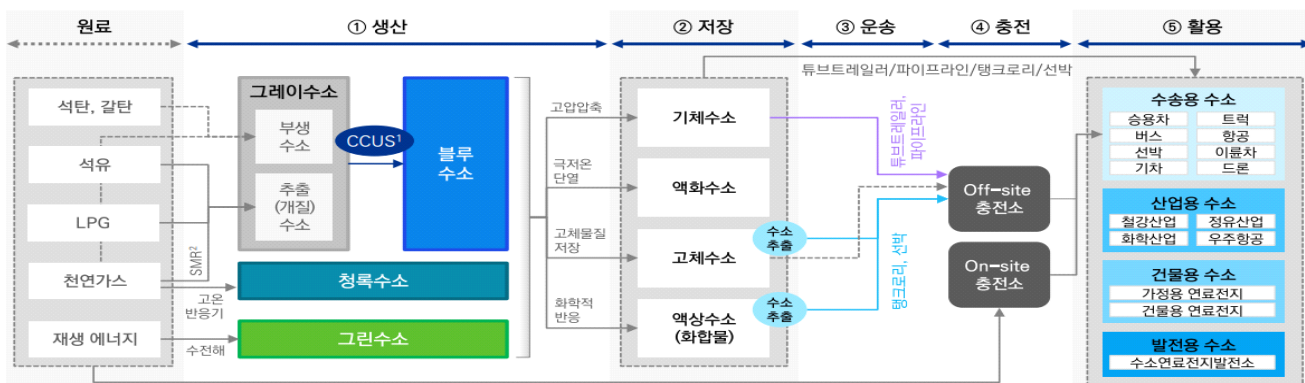
1. 연구 배경
  2. 미국 수소 시장 현황 및 주요 이슈
    - 가. 수소 시장 현황
    - 나. 주요 이슈
  3. 수소정책 주요 내용 및 추진전략
    - 가. 추진 경과 및 주요 내용
    - 나. 추진전략 및 후속조치
  4. 시사점
- 참고문헌

## 1. 연구 배경

■ 미국정부는 수소가 넷제로(Net-Zero) 사회 실현을 지원할 수 있는 에너지원 가운데 하나이며, 지역의 자원 활용과 지속가능한 성장에 기여할 수 있다는 점을 인식하고 수소 전 밸류체인에서의 개발을 가속화하기 위한 적극적인 수소정책을 추진하고 있음.

- 탄소배출이 없는 친환경에너지(태양광, 풍력)만으로는 해결하기 어려운 산업 부문에서 천연가스나 석탄을 대체할 에너지원으로 수소가 대안이 되고 있음.
  - 수소 기술은 철강, 비철금속, 시멘트와 같이 생산 과정에서 고열이 필요한 산업 또는 장거리 항공 운송(항공유 대체), 대형 운송 트럭, 해운 등의 부문에서 온실가스 배출을 줄이기 위한 핵심 기술로 인식되고 있음.
- 바이든 행정부는 청정수소의 생산, 저장, 운송, 활용 전 과정을 지원하기 위한 로드맵과 전략을 발표(2023년 6월)하고 관련 후속조치를 진행하고 있음.
  - ‘국가 청정수소 전략 및 로드맵(U.S. National Clean Hydrogen Strategy and Roadmap)’ 이행을 통해 청정 수소 생산역량을 확보하고 2050년 탄소중립을 실현한다는 계획
  - 수소는 생산방식과 친환경 정도에 따라 그레이(Gray)<sup>1)</sup>수소, 블루(Blue)<sup>2)</sup>수소, 그린(Green)<sup>3)</sup>수소, 핑크(Pink)<sup>4)</sup>수소 등으로 구분하는데, 수소산업 육성을 위해 블루수소, 핑크수소, 그린수소를 ‘청정(Clean)수소’에 포함하여 지원하고 있음.
- 2023년 기준 1kg당 수소 생산 비용은 그린수소(4.5~12.0달러)가 가장 높고 그다음으로 블루수소(1.8~4.7달러), 그레이수소(0.98~2.93달러) 순으로 나타나고 있으나, 2035년 이후에는 전 세계적으로 그린수소의 생산비용이 그레이수소보다 낮아질 것으로 예상됨.<sup>5)</sup>

그림 1. 수소경제 생태계



자료: 삼정 KPMG(2023. 6.), 「수소 시대의 도래, 기업의 13가지 기회」, p. 9.

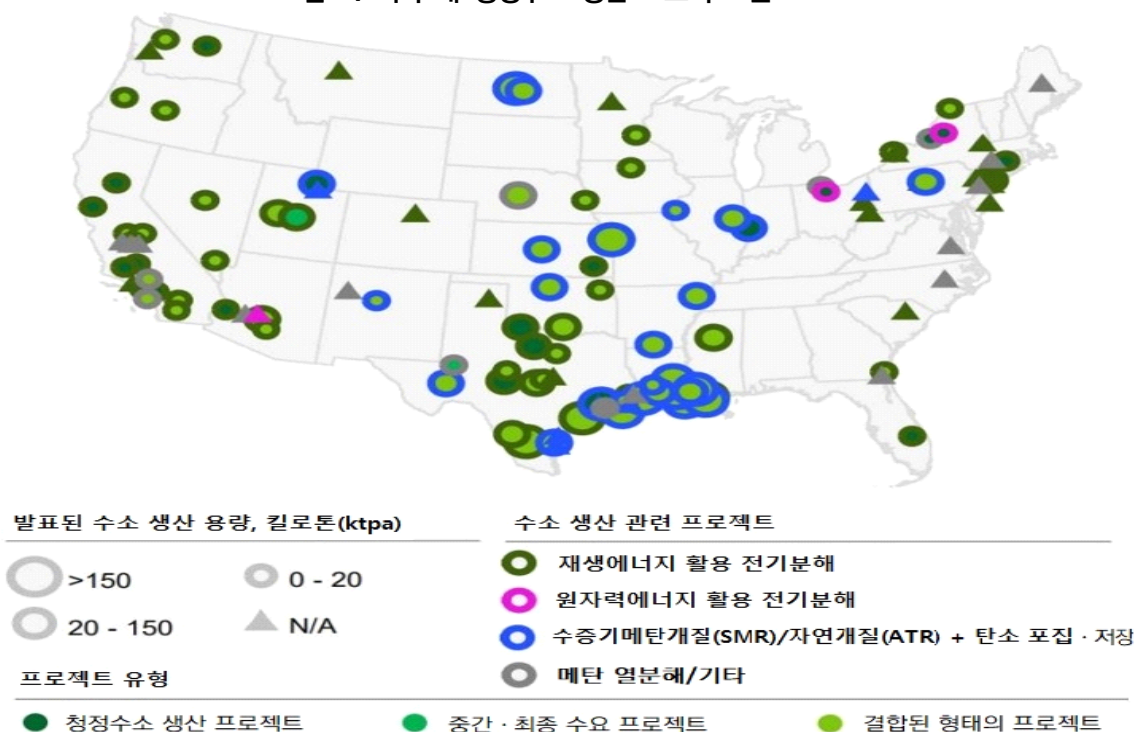
1) 화석연료인 천연가스를 개질(reforming)해 수소를 생산하며, 탄소배출량이 블루수소, 그린수소에 비해 상대적으로 많음.  
 2) 수소 생산 과정 중 발생하는 이산화탄소를 포집·저장하여 탄소배출을 줄인 수소를 말함.  
 3) 태양광, 풍력 등 재생에너지를 통해 생산되는 수소이며, 가장 친환경적인 에너지원으로 평가됨.  
 4) 원자력 발전 시 생성되는 전기와 증기를 활용해 수소를 생산하는 방식임.  
 5) "Will White, Blue and Green Hydrogen Fuel a Clean-Energy Future, or Fizzle?"(2023. 10. 12.), 온라인 기사(검색일: 2024. 3. 29.).

## 2. 미국 수소 시장 현황 및 주요 이슈

### 가. 수소 시장 현황

- 미국은 연간 1,000만 톤의 수소를 생산하여 다양한 산업 부문에서 활용하고 있으며, 미국정부는 2050년까지 탄소 중립 목표를 달성하기 위해 청정수소의 생산 규모를 5,000만 톤으로 확대하기 위해 노력하고 있음.
- 연간 1,000만 톤<sup>6)</sup>의 수소(그레이수소 포함)를 생산하고 있는데, 이는 세계 수소 생산(9,500만 톤,<sup>7)</sup> 2022년 기준)의 10.5%에 해당함.<sup>8)</sup>
- 생산된 수소는 석유정제(55%, 2021년 기준), 암모니아·메탄(35%), 철강산업(2%) 또는 기타(8%)의 용도로 사용되고 있음.
- 미국정부는 청정수소의 생산 규모를 2050년까지 5,000만 톤으로 확대한다는 계획이며, 이에 따라 2050년 탄소중립 목표의 10%를 청정수소가 담당하게 됨.
  - 청정수소 생산 목표: 1,000만 톤(2030년) → 2,000만 톤(2040년) → 5,000만 톤(2050년)

그림 2. 미국 내 청정수소 생산 프로젝트 분포



자료: Department of Energy(2023. 6. 5.), "U.S. National Clean Hydrogen Strategy and Roadmap," p. 15(검색일: 2024. 3. 18.).

6) Department of Energy(2023. 6. 5.), "U.S. National Clean Hydrogen Strategy and Roadmap"(검색일: 2024. 3. 18.).

7) International Energy Agency(2023. 9.), "Global Hydrogen Review 2023," p. 64(검색일: 2024. 3. 18.).

8) Department of Energy(2023. 6. 5.), "U.S. National Clean Hydrogen Strategy and Roadmap"(검색일: 2024. 3. 18.).

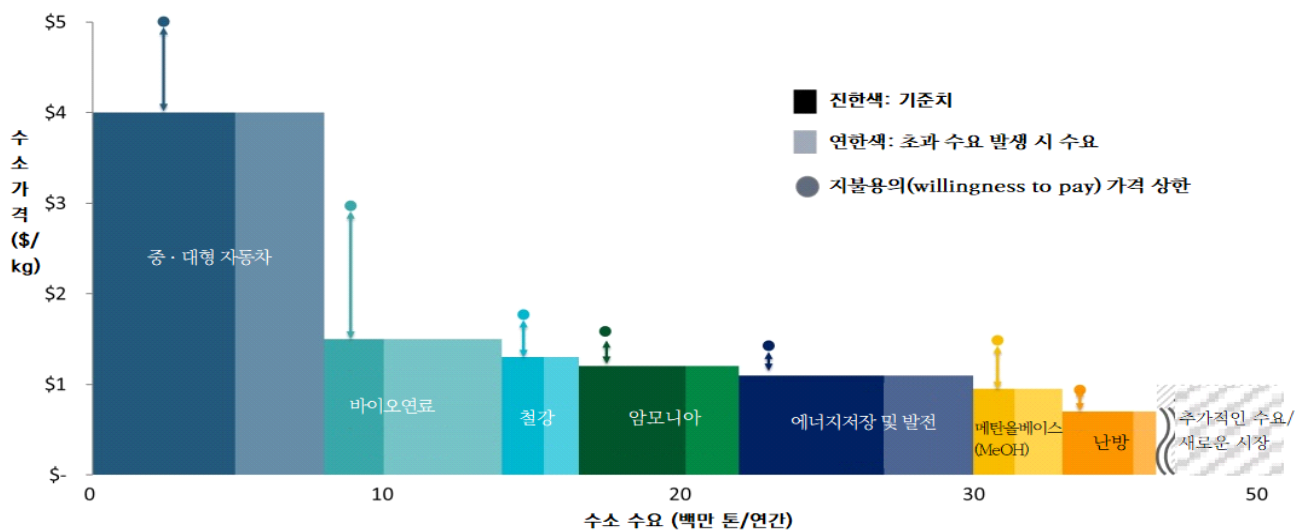
- 유타주(Intermountain Power Project), 루이지애나주(Clean Energy Complex), 텍사스주(Hydrogen Production Plant) 등에서 발표(2022년 12월 기준)한 수소 관련 프로젝트들이 모두 최종 투자로 이어져 2030년까지 운영에 들어간다고 가정할 경우, 연간 1,200만 톤(정부의 생산 목표치 상회)의 청정수소 생산능력을 보유하게 됨.

■ 청정수소 공급이 늘어남에 따라 수송, 산업 원료(석유정제, 암모니아, 메탄올), 발전, 건물 등 현재 제한적으로 사용되고 있는 수소의 수요도 함께 늘어날 것으로 예상됨.<sup>9)</sup>

- 현재 수송 부문에서는 지게차·굴착기, 버스, 경량자동차 등에 수소가 제한적으로 사용되고 있는데, 향후 수소 생산 비용이 낮아져 보다 저렴한 가격에 수소가 공급되면 중·대형 자동차, 철도, 해운, 항공, 건설장비(광업, 건설, 농업) 부문으로 수요가 확대될 전망이다.

- 미국정부는 현재 kg당 5~6달러 수준인 청정수소의 생산 단가를 보조금(kg당 0.6~3달러)을 통해 낮춤으로써 다른 에너지원에 비해 경쟁력을 확보하고 규모의 경제를 갖출 수 있도록 지원
- 청정수소 생산 단가 목표: 2달러/kg(2026년) → 1달러/kg(2030년)
- 물의 전기분해를 통한 수소의 생산 비용을 2달러/kg 또는 1달러/kg로 낮추기 위해서는 전력을 각각 30달러/MWh, 20달러/MWh 이하로 공급받아야 하는데, 이러한 목표를 달성하기 위해서는 원자력, 지열 등의 활용을 늘리는 한편 자본 및 운영 비용을 줄이고 효율성을 높이는 노력이 함께 진행되어야 함.

그림 3. 주요 산업 부문별 잠재적 청정수소 수요 추정치



자료: Department of Energy(2023. 6. 5.), "U.S. National Clean Hydrogen Strategy and Roadmap," p. 20(검색일: 2024. 3. 18.).

- 수소를 보다 저렴한 가격에 공급하게 되면 중·대형 자동차, 바이오연료, 철강, 암모니아, 에너지 저장 및 발전, 메탄올베이스(MeOH), 난방 등의 분야로 수요가 확대될 수 있음.

- 청정수소 가격이 5달러/kg일 경우 연료전지 트럭 시장에서 시범운영이 가능하며, 4달러/kg 수준에서는 모든 중·대형 연료전지 트럭 중 수소 사용 트럭(10~14%)에 대한 연간 500만~800만 톤의 추가 수요가 발생할 것으로 추정됨.

9) Ibid.

■ 미국은 수소의 △ 생산, △ 저장·운송, △ 자동차·특수목적 차량, △ 발전 및 산업활용, △ 안전·인프라 부문에서 비용을 낮추고 활용률을 높일 수 있는 기술 개발을 위해 노력<sup>10)</sup>

- [생산] 고분자전해질막(PEM)<sup>11)</sup> 수전해 기술을 상용화하는 등 수소 생산 기술을 선도하고 있으며, 생산방법 다양화 및 효율성 개선을 위해 연구하고 있음.
  - PEM 전기분해를 활용한 청정수소 생산 비용은 1kg당 4달러 미만일 수 있음.<sup>12)</sup>
- [저장·운송] △ 파이프라인 제조에 사용되는 강철 및 용접부와 수소의 화학반응 최소화, △ 수소 누출 및 제어, △ 보다 저렴하며 안정적이고 내구성 높은 수소 압축 기술을 개발하는 데 초점을 맞추고 있음.<sup>13)</sup>
  - 미국 내에는 1,600마일의 수소 공급 파이프라인이 가동되고 있는데, 해당 시설은 걸프 연안 지역의 석유 정제소 및 화학 공장과 같이 주로 대규모 수소 사용자가 밀집한 곳에 위치하고 있음.
  - 상기 이슈에 대한 잠재적 해결책으로서 섬유 강화 폴리머(fiber reinforced polymer) 파이프라인을 사용하는 방안이 있는데, 이 경우 철강 파이프라인에 비해 더 길게 제조할 수 있어 용접부위를 최소화할 수 있고, 설치비용도 20% 저렴하다는 장점이 있음.
- [수송] 수소 연료전지 차량 기술을 개발하기 위해 노력하고 있으며, 캘리포니아 지역을 중심으로 수소 교통 및 충전소 시스템을 구축하는 한편 수소충전소 표준화를 선도하고 있음<sup>14)</sup>
  - 수소 1kg(휘발유 2 gallons에 해당)의 가격은 13~16달러로 휘발유 가격과 유사한 수준이며, 일부 차량의 경우 한번 충전으로 300마일 이상 주행 가능<sup>15)</sup>
  - 'SuperTruck III 프로젝트'<sup>16)</sup>를 통해 기존 기술과 경쟁할 수 있는 중·대형 수소 연료전지 트럭 11대가 시범 운영될 예정<sup>17)</sup>
  - 또한 SuperTruck III 프로젝트를 확대하여 배터리·전기와 연료전지 파워트레인 결합과 같이 다양한 분야의 기술을 지원<sup>18)</sup>
  - 수소 연료전지 프로젝트 자금을 활용해 700대의 지게차 운영 비용을 업계와 주 정부가 분담하였으며, 최근에는 6만 대 이상의 연료전지 지게차가 운영되고 있음.<sup>19)</sup>
- [발전] 미국 최대 원전 기업인 컨스텔레이션(Constellation)은 에너지부로부터 580만 달러를 지원받아 2023년 3월부터 뉴욕주의 Nine Mile Point 원자력 발전소에서 1MW급 원전 수소 생산 시설 실증 가동을 시작함.<sup>20)</sup>

10) Hydrogen and Fuel Cell Technology Office(2023. 7.), "Progress in Hydrogen and Fuel Cells"(검색일: 2024. 3. 18.).

11) Polymer Electrolyte Membrane.

12) Department of Energy(2023. 7.), "2022 Annual Merit Review and Peer Evaluation Report," p. 28(검색일: 2024. 3. 18.).

13) Hydrogen and Fuel Cell Technology Office(2023. 7.), "Progress in Hydrogen and Fuel Cells"(검색일: 2024. 3. 18.).

14) California Air Resources Board(2020. 9. 2.), "Hydrogen Refueling Station Requirements"(검색일: 2024. 3. 18.).

15) Department of Energy(2024. 3.), "Hydrogen Fuel Cell Vehicles"(검색일: 2024. 3. 18.).

16) SuperTruck 프로젝트는 에너지부가 트럭 연료 효율성 향상을 위해 2009년부터 시작하였으며, SuperTruck III 프로젝트(2022~26년)에서는 상업용 트럭 전기화 기술 개발을 위해 총 1억 2,700만 달러가 투입될 예정임. "DOE Announces SuperTruck 3 Electric-Truck Projects"(2021. 11. 1.), 온라인 기사(검색일: 2024. 4. 19.).

17) Hydrogen and Fuel Cell Technology Office(2023. 7.), "Progress in Hydrogen and Fuel Cells"(검색일: 2024. 3. 18.).

18) Information Technology & Innovation Foundation(2023. 6. 20.), "Closing the Trucking Gaps: Priorities for the Department of Energy's RD&D Portfolio"(검색일: 2024. 3. 19.).

19) Hydrogen and Fuel Cell Technology Office(2023. 7.), "Progress in Hydrogen and Fuel Cells"(검색일: 2024. 3. 18.).

20) "Constellation Starts Production at Nation's First One Megawatt Demonstration Scale Nuclear-Powered Clean Hydrogen Facility"(2023. 3. 7.), 온라인 기사(검색일: 2024. 3. 19.).

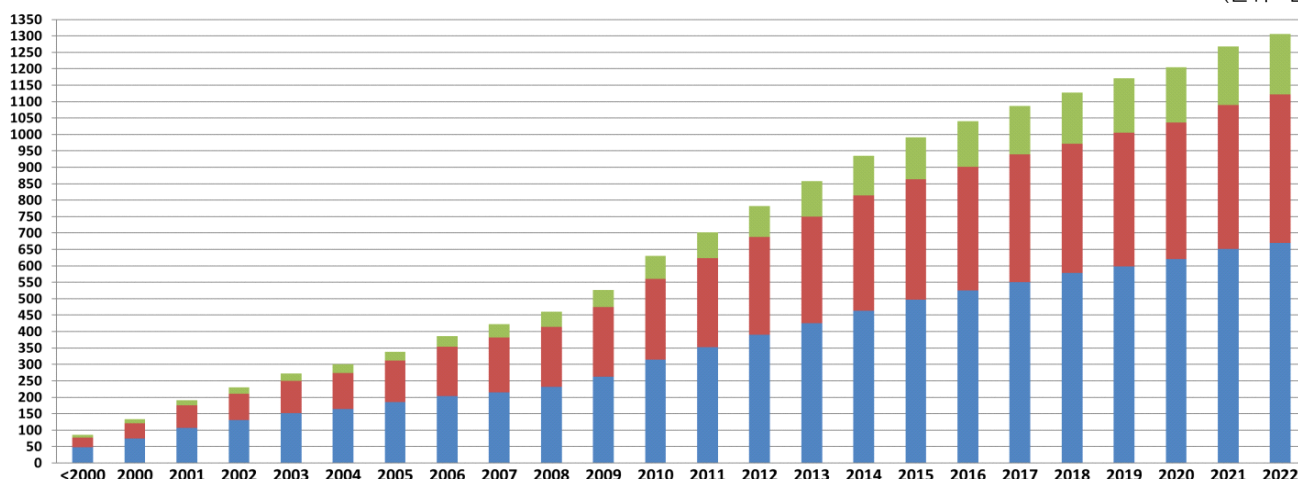
- 컨스텔레이션은 민관협력 프로그램을 통해 수소의 생산 및 유통 허브 구축을 추진하고 있으며, 상업용 청정수소 생산을 위해 2025년까지 9억 달러를 투자할 계획임.
  - 이는 에너지부가 상업용 원자력 발전소에서 청정수소를 생산하기 위해 지원하고 있는 네 개 프로젝트 중 하나임.<sup>21)</sup>
  - 미국에서 생산되는 수소의 약 95%가 화석연료를 사용하고 있는데, 원자력 에너지 활용 기술은 새로운 시장으로 진출할 수 있는 기회를 제공
- [안전·표준] 수소의 생산, 저장, 취급 등에 대한 안전표준(NFPA-2)을 개정함으로써 극저온 액화수소 충전소의 설치 면적을 40% 줄일 수 있었음.<sup>22)</sup>
- 수소 저장 용기의 설계 수명을 최대 세 배까지 연장하는 미국기계학회 기술기준 사례(ASME Code Case)를 개발함.

■ 미국은 1,306건(1977~2022년 누계 기준)의 수소 및 연료전지 관련 특허를 보유하고 있으며, 이 가운데 36%는 정부 산하 연구기관이 보유하고 있음.<sup>23)</sup>

- 총 1,306건 중 연료전지 관련 특허 비중(51.3%)이 절반 이상을 차지하였으며, 그다음으로 수소 생산 및 운송(34.6%), 저장(14.1%) 순으로 나타났음.
- 특허 보유 기관(organization)별로 살펴보면 민간 회사가 597건(45.7%)으로 가장 많았으며, 정부 산하 연구기관이 466건, 대학이 243건을 보유하고 있음.
- 민간 회사는 수소 생산 및 운송 관련 연구를 주로 담당하고 있으며, 정부 산하 연구기관은 수소 저장, 대학은 수소 및 연료전지 생산 연구에 초점을 맞추고 있음.

그림 4. 수소 및 연료전지 관련 특허 출원 수 누계 추이

(단위: 건)



주: 그래프의 녹색은 저장(storage), 빨간색은 수소 생산 및 운송, 파란색은 연료전지를 나타냄.

자료: Pacific Northwest National Laboratory(2023. 6. 8.), "Patent and Technology Portfolios Resulting from HFTO R&D Funding," p. 6(검색일: 2024. 3. 19.).

21) Hydrogen and Fuel Cell Technology Office(2023. 7.), "Progress in Hydrogen and Fuel Cells"(검색일: 2024. 3. 19.).

22) Ibid.

23) Pacific Northwest National Laboratory(2023. 6. 8.), "Patent and Technology Portfolios Resulting from HFTO R&D Funding," p. 5(검색일: 2024. 3. 19.).



## 나. 주요 이슈

■ 국토 면적이 넓은 미국에서 대량으로 생산된 수소를 사용처까지 효율적으로 운송하기 위해 기존의 천연가스 파이프라인을 활용하는 방안이 적극적으로 검토되고 있음.

- 파이프라인 운송은 대부분 원료산업 운반용으로 석유화학 플랜트 내 또는 플랜트간 중거리(middle distance) 용으로 사용되고 있으며, 수소자동차 충전용, 발전용 연료전지의 수소 공급, 부생 또는 개질 수소 운송 등 에너지 인프라 용도로도 활용되고 있음.<sup>24)</sup>
- 수소 사용을 확대하려면 현재 수소를 운송하고 있는 1,600마일(2,575km)의 수소전용 공급 파이프라인을 획기적으로 확장해야 하는데, 기존의 천연가스 파이프라인 인프라를 활용하는 것이 대안으로 언급되고 있음.<sup>25)</sup>
  - 미국은 천연가스 생산 지역 및 저장 시설과 소비자를 연결하는 300만 마일(483만 km)의 천연가스 파이프라인 네트워크를 보유하고 있음.<sup>26)</sup>
  - 20여 개(2022년 기준) 에너지 기업들이 수소 취화(hydrogen embrittlement)<sup>27)</sup> 현상 개선, 용도 변경비용 평가, 수명 예측 등 안전성 검증, 수소혼입 실증 및 운영기술 개발 등 천연가스 파이프라인을 활용한 수소 공급 가능성을 시험하고 있음.<sup>28)</sup>
  - 캘리포니아주, 텍사스주, 유타주 등에서 5~30% 수소 혼합 천연가스 공급을 위한 프로젝트를 진행 중에 있음.<sup>29)</sup>
- 수소 운송이 가능하도록 천연가스 파이프라인의 용도를 변경하는 비용은 수소 전용 파이프라인 건설비용의 10~35% 수준에 불과할 것으로 예상됨.<sup>30)</sup>
  - 향후 전 세계 수소 파이프라인의 50% 이상을 용도가 변경된 천연가스 파이프라인이 담당할 것으로 예상되며, 미국과 같이 천연가스 파이프라인이 이미 구축된 국가의 경우 80%까지 그 비중이 높아질 수 있음.

24) 한국산업기술기획평가원(2021), 「수소 파이프라인 강제 기술개발 동향」, p. 67(검색일: 2024. 3. 21.).

25) Office of Energy Efficiency & Renewable Energy(2023. 3. 27.), "Hydrogen Pipelines"(검색일: 2024. 3. 21.).

26) U.S. Energy Information Administration(2022. 11. 18.), "Natural gas explained"(검색일: 2024. 3. 21.).

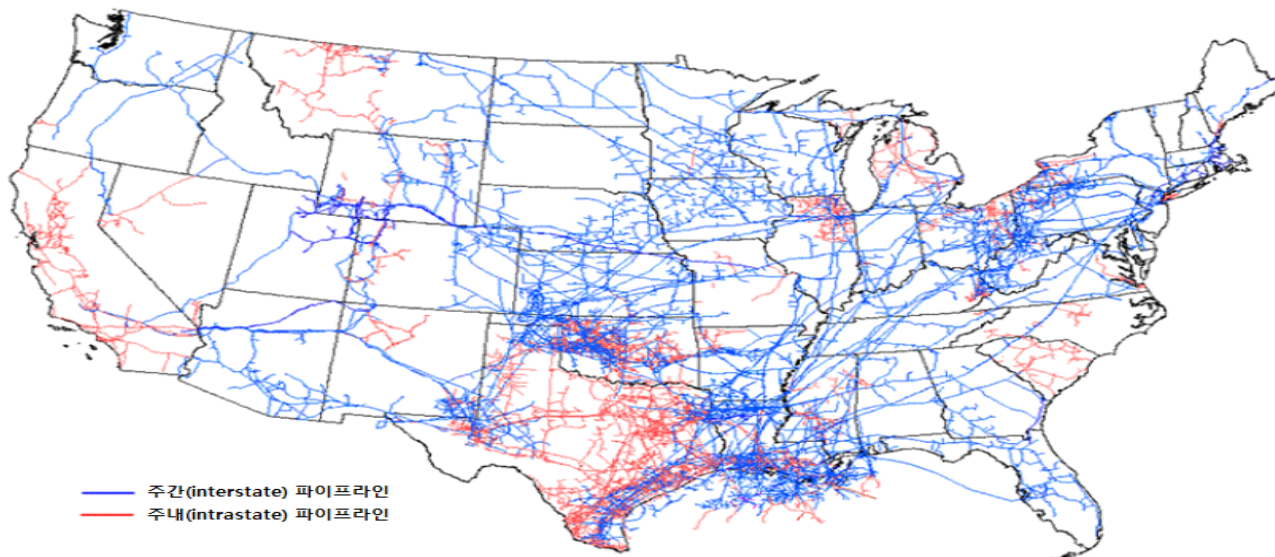
27) 강(鋼)속에 흡수된 수소에 의해서 강재에 생기는 연성 또는 인성이 저하되는 현상임.

28) 「"10년 내 수소 생산 비용, 5분의 1로 낮추겠다" 수소강국 美의 자신감」(2022. 1. 3.), 온라인 기사(검색일: 2024. 3. 21.).

29) CleanEnergyGroup(2022. 1. 3.), "Hydrogen Projects in the US"(검색일: 2024. 3. 21.).

30) "Repurposing pipelines for hydrogen transportation"(2023. 7. 24.), 온라인 기사(검색일: 2024. 3. 21.).

그림 5. 미국 천연가스 파이프라인 현황



자료: U.S. Energy Information Administration(2022. 11. 18.), "Natural gas explained"(검색일: 2024. 3. 21.).

■ 캘리포니아주는 탄소중립 목표를 달성하기 위하여 수소, 전기 등 배출가스 '제로'인 신차만 판매하도록 하는 행정명령(E.O. N-79-20)을 발표(2020년)하고 관련 규정을 제정하는 등 후속절차를 진행하고 있으나, 실현 가능성에 대해서는 이견이 있음.

- 캘리포니아주는 신차 판매에서 16%를 차지하는 탄소 무배출<sup>31)</sup> 차량의 비중을 2030년까지 68%로 늘리고, 2035년에는 휘발유 등 내연기관 자동차의 신차 판매를 금지(Advanced Clean Cars II rule)한다고 발표함.<sup>32)</sup>
- 뉴욕주, 매사추세츠주, 코네티컷주, 메릴랜드주, 뉴저지주, 오리건주, 로드아일랜드주, 워싱턴주가 연방 배출가스 기준(US EPA)보다 강화된 캘리포니아주의 요건(Advanced Clean Cars II rule)을 채택하는 데 동참하고 있음.<sup>33)</sup>
  - 연방 「청정대기법(Federal Clean Air Act)」 177조에 따라 각 주는 연방 배출가스 기준을 준수하거나 캘리포니아주보다 엄격한 기준을 채택하여야 함.
- 그러나 캘리포니아주의 강화된 규정을 채택한 주들이 2035년까지 휘발유 전용 신차 판매를 종료한다는 계획에 대해 일각에서는 회의적인 의견도 상존함.
  - 전기차의 보급률이 비교적 높은 캘리포니아주의 경우 초기 목표를 실현할 수 있지만, 전기차 판매가 저조한 다른 주들은 목표 실현 가능성이 '현저히 낮다(is far less certain)'고 할 수 있음.<sup>34)</sup>
  - 자동차 회사들이 규정을 준수하는 것과는 별개로 해당 주의 고객들이 탄소 무배출 차량 비중 목표를 달성할 수 있을 정도로 구매할지 여부는 불분명하며, 이는 자동차 회사 입장에서 리스크 요인으로 작용

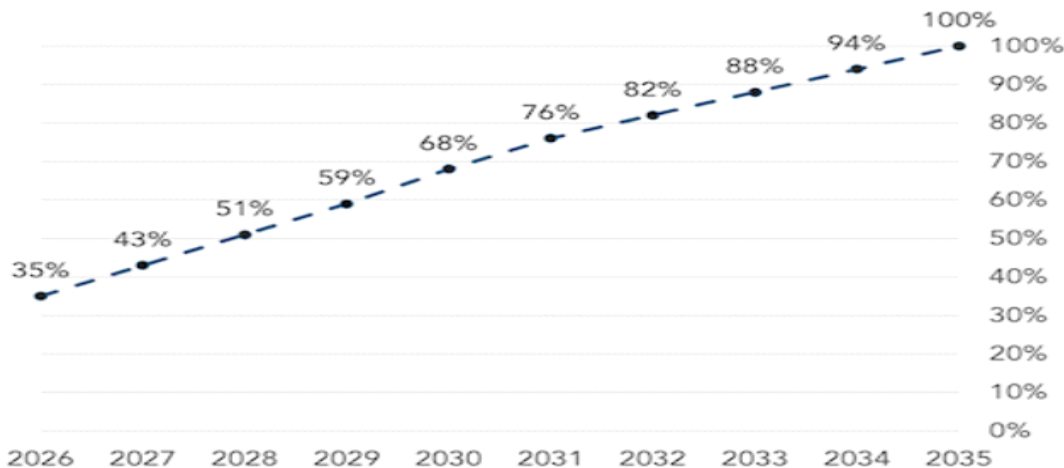
31) 탄소 무배출(zero-emission vehicle) 차량에는 플러그인 하이브리드 차량도 포함되는데, 신차 판매의 20%를 초과하지 않아야 함.

32) California Air Resources Board(2024. 3. 18.), "Advanced Clean Cars II"(검색일: 2024. 3. 21.).

33) "These 9 States Are Banning the Sale of Gas-Powered Cars"(2023. 9. 7.), 온라인 기사(검색일: 2024. 3. 21.).

34) "Automakers question feasibility of California 2035 EV sales mandate plan"(2024. 3. 1.), 온라인 기사(검색일: 2024. 3. 21.).

그림 6. 캘리포니아주의 신차 판매량 중 탄소 무배출 차량 비중 예상 추이



자료: California Air Resources Board(2024. 3. 18.), "Advanced Clean Cars II"(검색일: 2024. 3. 21.).

### 3. 수소정책 주요 내용 및 추진전략

#### 가. 추진 경과 및 주요 내용

■ 미국정부는 1970년대 석유파동을 겪으며 에너지 안보를 위해 정부 주도로 수소에너지 개발에 착수(1976년)하였으며, 이후 1992년 「에너지 정책법(Energy Policy Act)」, 1996년 「수소미래법(Hydrogen Future Act)」 등이 제정되면서 수소 및 연료전지 연구개발이 활성화될 수 있는 계기가 마련되었음.<sup>35)</sup>

- 1992년 「에너지 정책법(Energy Policy Act of 1992)」을 제정하여 에너지부 주도하에 수송을 위한 연료전지 및 관련 시스템 개발, 실증 응용 프로그램 개발 등 종합적인 연구 프로그램을 개발하고 시행할 것을 규정함.
- 1996년 「수소미래법」 제정을 통해 수소 프로그램에 대한 구체적인 자금지원 규모를 지정(specified)하고, 수소 생산을 위해 태양광 시스템과 연료전지를 통합하는 방안 또는 고형 폐기물로부터 수소를 생산하는 방법 등을 평가하기 위한 지침을 마련함.
- 2001년에는 '국가에너지정책(National Energy Policy)'을 통해 에너지부 장관에게 수소를 포함한 차세대 에너지 기술을 개발하도록 의무를 부여함.
- 2005년 「에너지 정책법(Energy Policy Act of 2005)」은 에너지부 장관이 수소 및 연료전지 기술과 관련된 연구개발 프로그램을 기획, 조정하여 의회에 전달하는 한편 해당 프로그램을 다른 부처와 민간 부문이 협력하여 수행할 것을 규정(Title VIII on Hydrogen)함.<sup>36)</sup>
  - △ 다양한 에너지원으로부터의 수소 생산, △ 상업용·산업용·가정용 전력 생산을 위한 수소 사용, △ 수소의 안전

35) Department of Energy(2024. 2. 15.), "Federal Support for Hydrogen and Fuel Cell R&D"(검색일: 2024. 3. 25.).

36) Congress.GOV(2005. 8. 8.), "H.R.6 - Energy Policy Act of 2005"(검색일: 2024. 3. 25.).

한 운송, △ 수소 자동차 기술, △ 수소 저장 기술, △ 안전하고 효율적인 연료전지 개발, △ 상업적으로 경쟁력 있는 하이브리드 자동차 기술을 미국에서 제조할 수 있도록 미국 자동차 제조업체 지원 등이 주요 내용임.

- 또한 대통령이 태스크포스를 설치하여 △ 수소 관련 인프라(트럭과 같은 수송지원 포함), △ 정부 및 기타 응용 분야의 연료전지, △ 수소 발전 사업 분배, △ 수소 표준 및 안전 프로토콜, △ 차량 수소연료 시스템 안전 성능 향상 등을 지원하도록 함.<sup>37)</sup>
- 2007년 「에너지 독립 및 안보법(Energy Independence and Security Act of 2007)」에서는 에너지부 장관이 수소의 상업적 활용을 촉진하는 프로그램을 시행하도록 규정하는 한편 관련 예산을 2008년(회계연도 기준)부터 2017년까지 집행할 수 있도록 함.<sup>38)</sup>
  - 운송수단의 효율성을 높이고 재생가능한 청정에너지의 생산을 증가시키는 한편 해외의존도를 낮춰 에너지 안보를 강화하는 것을 목적으로 함.
  - 「에너지 독립 및 안보법」은 2005년 발표된 「에너지 정책법」과 함께 에너지 시장의 혁신을 촉진하고 경제 전 부문에서 에너지 보존(conservation) 및 효율성 개선을 촉진
- 에너지부는 수소 관련 인프라 구축과 수소 자동차 상용화 지원을 위해 2013년 민관협력 협의체인 'H2USA'를 출범시켰으며, 이를 통해 국제적으로 교류하고 협력할 수 있는 플랫폼을 제공함.<sup>39)</sup>
  - GM, 토요타, 혼다 등이 수소 자동차 상용화 계획을 발표하자 미국정부가 이를 뒷받침하기 위해 추진하였으며, 현재 현대자동차를 포함한 30여 개 기업이 참여하고 있음.
  - 캘리포니아주에 집중되어 있는 수소충전소를 미국 북동부(보스톤, 뉴욕, 워싱턴 D.C.) 지역으로 확대하기 위한 계획을 발표하는 등 수소자동차 보급 확산을 지원<sup>40)</sup>

■ 2017년 출범한 트럼프 행정부는 과거 에너지부를 중심으로 이어져 오던 수소 프로그램을 계승하는 한편, 효과적인 수소 활용을 위하여 본격적으로 'H2@Scale' 이니셔티브를 추진하였음.

- 에너지부의 'H2@Scale' 이니셔티브는 2015년 처음 언급되기 시작하였는데, 2017년 트럼프 행정부 출범 이후 매년 1~4회<sup>41)</sup>에 걸쳐 워크숍을 개최하는 등 본격적으로 'H2@Scale' 이니셔티브를 추진함.<sup>42)</sup>
  - 'H2@Scale'은 민관협력 프로젝트로 수소의 생산, 운송, 저장, 활용을 촉진하여 다양한 에너지 부문에서 수익 창출 기회를 늘리는 것을 목적으로 함.<sup>43)</sup>
  - 주요 연구개발 부문은 △ 그리드 시뮬레이션 및 테스트, △ 공동생산 R&D 개발 및 활용 방안, △ 기술경제학적 모델링 및 분석, △ 수소 소재 적합성 연구개발, △ 안전연구, △ 소재부품 제조 연구개발, △ R&D 가이드를 위한 성과검증 등임.
- 트럼프 행정부 시기인 2017년부터 2020년 말까지 수소 관련 민관협력(CRADA)<sup>44)</sup> 프로젝트를 30개 이상 추

37) Department of Energy(2020. 7. 23.), "U.S. Department of Energy Hydrogen and Fuel Cell Technologies Office Overview"(검색일: 2024. 3. 25.).

38) Congress.GOV(2007. 12. 19.), "H.R.6 - Energy Independence and Security Act of 2007"(검색일: 2024. 3. 25.).

39) Department of Energy(2024. 2. 15.), "H2USA"(검색일: 2024. 3. 25.).

40) National Renewable Energy Laboratory(2017. 4.), "H2USA - Siting Refueling Stations in the Northeast"(검색일: 2024. 4. 23.).

41) Department of Energy(2024. 1. 15.), "Workshop and Meeting Proceedings"(검색일: 2024. 3. 25.).

42) Department of Energy(2020. 11. 12.), "H2@Scale"(검색일: 2024. 3. 25.).

43) *Ibid.*

44) H2@Scale Cooperative Research and Development Agreement.

진하였으며, 이 가운데 27개 프로젝트가 2020년 12월 이전에 완료(15개) 또는 착수(12개)되었음.<sup>45)</sup>

- 민관협력(CRADA) 프로젝트의 47%는 수소 관련 인프라였으며, 다음으로 수소 그리드 통합(22%), 안전 및 표준(13%), 수소 생산(12%), 활용(6%) 순으로 나타남.
- 당시 의회에서는 수소·연료전지 관련 연구와 프로젝트 지원을 위해 매년 1억 8,500만 달러 이상의 예산을 편성하였으며, 트럼프 행정부 마지막 해인 2020년에는 그 규모가 약 2억 7,700만 달러로 확대되었음.

표 1. 트럼프 행정부 시기 수소 및 연료전지 관련 예산 편성

(단위: 천 달러)

구분	FY 2016	FY 2017	FY 2018	FY 2019	FY 2020
에너지효율 및 신재생에너지국(EERE) <sup>46)</sup> 의 수소 관련 프로그램 지원	98,479	98,115	110,804	115,870	160,880
핵에너지	0	1,255	4,000	11,200	11,000
에너지 연구	25,749	25,699	20,552	20,900	15,485
화석 에너지 고체 산화물 연료전지 <sup>47)</sup>	30,000	30,000	30,000	30,000	53,000
에너지 첨단연구프로젝트 사무국(ARPA-E) <sup>48)</sup>	39,300	47,000	19,700	24,200	36,400
총계	193,528	202,069	185,056	202,170	276,765

자료: Department of Energy(2024. 3.), "Regional Clean Hydrogen Hubs Selections for Award Negotiations"(검색일: 2024. 3. 25.).

#### ■ 트럼프 행정부 임기 마지막 해인 2020년 11월에는 수소 기술의 중장기적 개발을 위한 수소 프로그램(Hydrogen Program Plan)을 발표함.<sup>49)</sup>

- Hydrogen Program Plan은 수소 부문의 이점을 최대한 활용하고 에너지 부문에서 새롭게 등장하는 기술과의 경쟁에서 우위를 확보하기 위해 수소 기술의 밸류체인별 목표를 설정함.
  - 수소 생산, 운송, 저장, 변환(conversion), 활용으로 구분하고 각 부문별 기술영역과 R&D 계획을 제시
  - 수소를 기존 에너지 시스템과 통합하고, 수소 수출 기회를 줄이는 규제 및 시장의 장벽을 해결
  - 대규모 수소 수요 및 공급이 이루어질 수 있는 방안을 모색하는 한편 새롭고 혁신적인 수소 활용을 위한 아이디어를 제안
- △ 수소 생산 비용 1kg당 2달러(산업용과 발전용은 1달러) 이하, △ 장거리 대형 트럭용 연료전지 시스템 비용 kW당 80달러 이하, 내구성 2만 5,000시간 이상 확보, △ 차량용 수소 저장 1kg당 2.2kWh(또는 8달러/kWh, 1.7kWh/l), △ 전해조(electrolyzer) 자본 비용 kW당 300달러 이하, 8만 시간 내구성 확보, △ 플렉시블 고온 연료전지 시스템 비용 인하(900달러/kW) 및 4만 시간 내구성 확보 등이 주요 내용임.

45) Department of Energy(2021), "H2@Scale: Enabling affordable, reliable, clean, and secure energy across sectors"(검색일: 2024. 3. 25.).

46) Office of Energy Efficiency and Renewable Energy는 에너지부(DOE) 산하기관으로 에너지 효율화 및 신재생에너지 관련 프로그램을 전담하고 있음.

47) Fossil Energy Solid Oxide Fuel Cell.

48) Advanced Research Projects Agency-Energy.

49) "Department of Energy Hydrogen Program Plan"(2020. 11. 12.), 온라인 기사(검색일: 2024. 3. 26.).

■ 적극적인 친환경 에너지 전환정책을 강조해온 바이든 행정부는 출범 5개월 후인 2021년 6월 'DOE Energy Earthshots Initiative'를 발표하고, 그 첫 번째 행동 지침인 'Hydrogen Shot'을 통해 10년 안에 수소 생산 단가를 5달러/kg에서 1달러/kg으로 낮추겠다는 목표를 제시함.<sup>50)</sup>

- Hydrogen Shot 목표(\$1 per 1 kilogram in 1 decade: '111')를 달성할 경우 청정수소 사용량이 최소 다섯 배 이상 증가할 것으로 예상됨.
  - 2030년까지 1,400억 달러 매출 증가, 70만 개의 새로운 일자리 창출, 2050년까지 이산화탄소 배출량 16% 감소 기대
- 바이든 행정부는 Hydrogen Shot 자금지원을 위해 2021년 2억 8,500만 달러(회계연도 기준)인 수소 관련 예산을 2022년에는 4억 달러로 늘려줄 것을 의회에 요청함.
- 에너지부는 Hydrogen Shot 후속조치로 수소 관련 31개 프로젝트에 5,250만 달러를 지원할 것이라고 발표함 (2021년 7월 7일).<sup>51)</sup>
  - 에너지부 산하 EERE(Office of Energy Efficiency and Renewable Energy)가 관리, 감독하는 청정수소 생산, 연료전지 내구성 강화, 저장, 공급망 관련 프로젝트 19개에 3,600만 달러 지원
  - FECM(Office of Fossil Energy and Carbon Management)이 지원하는 가역 고체산화물 전지(R-SOC: Reversible Solid Oxide Cells) 시스템 성능 및 내구성, R-SOC 비용 절감, 수소 100% 연소 시스템 개발 등 12개 프로젝트에 1,650만 달러 지원
- 또한 에너지부는 트럼프 행정부에서부터 이어져 오던 기존의 H2@Scale 프로그램을 보완하고 Hydrogen Shot 목표를 지원하기 위해 9개의 프로젝트에 약 800만 달러를 투자한다고 밝힘.<sup>52)</sup>
  - 선정된 프로젝트들은 통합 에너지 시스템의 발전적 연구(ARIES: Advanced Research on Integrated Energy Systems) 플랫폼을 통해 에너지 저장, 안전 및 리스크 관리 등 수소 기술을 통합하는 것을 목적으로 함.

■ 2021년 11월 「인프라 투자 및 일자리법(Infrastructure Investment and Jobs Act)」 일명 「초당적 인프라법(Bipartisan Infrastructure Law)」이 통과되며, 향후 10년 동안 전기차 충전소 건설, 도로 및 교통 시스템 현대화 등 기후변화 대응을 위한 기반사업에 대규모 예산(1조 2,000억 달러)을 집행할 수 있게 되었음.<sup>53)</sup>

- 수소와 관련하여 '지역 청정수소 허브(H2Hubs: Regional Clean Hydrogen Hubs)' 프로그램에 80억 달러, 수전해 연구개발(Clean Hydrogen Electrolysis Program)에 10억 달러, 수소 제조 및 실증(Clean Hydrogen Manufacturing Recycling Research, Development and Demonstration) 프로그램에 5억 달러를 지원하기로 함.<sup>54)</sup>
- 「초당적 인프라법」은 예산 지원 후속조치로 에너지부가 기술적, 경제적으로 실현가능한 국가 청정수소 전략

50) Department of Energy(2024. 2. 15.), "Hydrogen Shot"(검색일: 2024. 3. 26.).

51) "DOE Announces \$52.5 Million to Accelerate Progress in Clean Hydrogen"(2021. 7. 7.), 온라인 기사(검색일: 2024. 3. 26.).

52) "DOE Announces Nearly \$8 Million for National Laboratory H2@Scale Projects to Help Reach Hydrogen Shot Goals"(2021. 10. 6.), 온라인 기사(검색일: 2024. 3. 26.).

53) The White House(2023. 12.), "A Guidebook to the Bipartisan Infrastructure Law"(검색일: 2024. 3. 26.).

54) The White House(2023. 12.), "Build a Better America," pp. 153-154(검색일: 2024. 3. 26.).

및 로드맵을 작성·발표하고, 3년마다 전략 및 로드맵을 업데이트하도록 명시하였음.<sup>55)</sup>

- 또한 청정수소 생산 표준 개발을 요구함에 따라 에너지부는 2022년 9월 22일 청정수소 생산 표준 지침(CHPS: Clean Hydrogen Production Standard Guidance)을 발표함.<sup>56)</sup>
- 한편 트럼프 전 대통령 재임 기간인 2020년 2월과 3월에도 각각 1조 달러, 3조 달러 규모의 인프라 투자 법안이 제출되었으나, 대형 인프라 프로젝트에 대한 기후변화 평가 간소화, 석유 및 가스 파이프라인 건설 가속화 등의 내용을 포함하고 있어 민주당과 합의에 이르지 못하고 법안이 폐기된 바 있음.<sup>57)</sup>

■ 「인플레이션 감축법(IRA: Inflation Reduction Act)」은 2022년 8월 16일 발효되었는데, 미국 내 수소 및 연료전지 관련 프로젝트를 지원하기 위해 투자세액공제(ITC: Investment Tax Credit), 생산세액공제(PTC: Production Tax Credit), 전기차세액공제 등의 혜택을 제공함.<sup>58)</sup>

- IRA는 수소자동차 관련 투자, 수소 생산세액공제 등 청정수소 생산 지원을 위해 130억 달러를 배정하고 있음.<sup>59)</sup>
  - 상기 130억 달러 예산에는 수소를 포함한 청정 자동차 보급 확대를 위한 투자도 포함되어 있음.
  - 특정 지역에 수소·전기 등 청정연료 충전시설을 설치·가동 시 설치비용의 최대 30% 세액공제 제공
- 미국 내에서 생산된 청정수소에 대해 1kg당 최대 3달러의 세액공제(45V credit)를 제공함.<sup>60)</sup>
  - IRA에서는 생산세액공제(45V credit)를 받기 위한 ‘적격 청정수소(qualified clean hydrogen)’의 기준을 규정하였는데, 수소 1kg당 4kg 이하(4kgCO<sub>2</sub>eq/kgH<sub>2</sub>)의 이산화탄소를 배출하는 프로세스를 통해 생산되어야 함.<sup>61)</sup>
- 수소 전기차를 상업용으로 구매할 경우 승용(총중량 1만 4,000파운드 미만)은 최대 7,500달러, 화물용(총중량 1만 4,000파운드 이상)은 최대 4만 달러의 세액공제(45W credit) 혜택을 제공함.<sup>62)</sup>

■ 「초당적 인프라법(Bipartisan Infrastructure Law)」에 근거하여 에너지부는 2023년 3월 15일 청정수소 비용을 획기적으로 줄이기 위한 연구개발과 실증 노력에 7억 5,000만 달러를 투자할 것이라고 발표함.<sup>63)</sup>

- 전기분해 기술 연구, 수소 및 연료전지 비용 절감 등을 위해 사용될 15억 달러의 자금 중 일부를 우선적으로 집행하는 것임.

55) Morgan Lewis(2022. 11. 3.), “Draft DOE National Clean Hydrogen Strategy and Roadmap Details Opportunities in Hydrogen Sector”(검색일: 2024. 3. 26.).

56) Department of Energy(2022. 9. 22.), “U.S. Department of Energy Clean Hydrogen Production Standard (CHPS) Guidance”(검색일: 2024. 3. 26.).

57) 김중혁, 임지운(2021. 4. 14.), 「미국 인프라 투자 계획의 주요 내용과 전망」, KIEP 세계경제 포커스 21-17, p. 4.

58) Department of Energy(2024. 2.), “Financial Incentives for Hydrogen and Fuel Cell Projects”(검색일: 2024. 3. 27.).

59) Environmental and Energy Study Institute(2023. 9. 28.), “The Latest on the Clean Energy Tax Incentives in the Inflation Reduction Act”(검색일: 2024. 3. 27.).

60) Department of Energy(2024. 2.), “Financial Incentives for Hydrogen and Fuel Cell Projects”(검색일: 2024. 3. 27.).

61) Department of Energy(2022. 9. 22.), “U.S. Department of Energy Clean Hydrogen Production Standard (CHPS) Guidance”(검색일: 2024. 3. 27.).

62) Congress.GOV(2022. 8. 16.), “H.R.5376 - Inflation Reduction Act of 2022”(검색일: 2024. 3. 27.).

63) “Biden-Harris Administration Announces \$750 Million to Advance Clean Hydrogen Technologies”(2023. 3. 15.), 온라인 기사(검색일: 2024. 3. 26.).

- 90여 개의 민간 기업이 참여하는 First Movers Coalition<sup>64)</sup>은 이미 관련 연구 분야에서 성과를 보이기 시작했으며, 그 결과 투자자들이 진행 중인 수소 관련 프로그램에 신뢰를 표시하고 있다고 평가함.<sup>65)</sup>
  - 현재 연간 100만 톤의 청정수소가 생산되고 있는데, 최근 발표된 프로젝트들이 모두 투자되어 가동될 경우 2030년까지 미국 내 청정수소 생산은 연간 1,200만 톤까지 늘어날 수 있음.

■ 바이든 행정부는 수소의 전 밸류체인에서 개발을 가속화하기 위하여 총 97쪽 분량의 ‘국가 청정수소 전략 및 로드맵(U.S. National Clean Hydrogen Strategy and Roadmap)’을 발표(2023년 6월 5일)함.<sup>66)</sup>

- 동 로드맵은 수소가 국가적인 탈탄소 목표에 기여할 수 있도록 청정수소의 생산, 운송, 저장, 활용을 가속화하기 위한 포괄적인 전략을 포함하고 있으며, 정부기관간 조정을 통해 3년마다 업데이트될 예정임.
- △ 2030년까지 온실가스 배출량을 2005년 수준 대비 50~52% 감소, △ 2035년까지 발전 부문의 탈탄소화, △ 2050년까지 온실가스 순 배출량 제로 달성 등을 목표로 함.
- 2030년까지 연간 1,000만 톤의 청정수소를 생산하고 2040년과 2050년까지 각각 2,000만 톤, 5,000만 톤으로 생산을 확대한다는 계획임.

표 2. 미국 수소경제정책 및 주요 내용

연도	정책	주요 내용
1992년	「에너지정책법 (Energy Policy Act of 1992)」	- 에너지부 장관에 연료전지 및 관련 시스템을 개발하도록 규정
1996년	「수소미래법 (Hydrogen Future Act)」	- 수소 프로그램 자금지원, 수소 생산 방법 평가를 위한 지침 마련
2007년	「에너지 독립 및 안보법(Energy Independence and Security Act)」	- 수소의 상업적 활용을 촉진하는 프로그램을 시행하도록 규정
2013년	H2USA 출범	- 민관협력 협의체로 국제적으로 교류하고 협력하는 플랫폼 제공
2015년	H2@Scale 이니셔티브	- 민관협력 프로젝트로 수소 부문의 수익 창출 기회 확보 - 그리드 시뮬레이션 및 테스트, 수소 소재 적합성 연구, 안전성 확보, 소재부품 제조 연구, R&D 가이드를 위한 성과검증 등을 연구 - 2017년 출범한 트럼프 행정부는 매년 워크숍을 개최하는 등 H2@Scale 이니셔티브를 본격적으로 추진
2020년 11월 12일	Hydrogen Program Plan	- 트럼프 행정부 임기 말 중장기적 수소 기술 개발을 위한 단계별 전략 목표 발표 - 분산되어 추진되던 다양한 연구개발 실증 프로젝트들을 통합
2021년 6월 7일	Hydrogen Shot 발표	- 에너지부에서 출범한 ‘Energy Earthshots Initiative’를 지원하기 위한 첫 번째 행동지침으로 ‘Hydrogen Shot’을 발표 - 10년 이내 청정수소 생산 비용을 1kg당 5달러에서 1달러로 낮추는 것을 목표
2021년 7월 7일	Hydrogen Shot 지원 프로젝트	- Hydrogen Shot 지원을 위해 31개 프로젝트에 5,250만 달러 지원 - 수소 생산, 저장, 유통, 활용의 기술격차를 해소하는 데 중점

64) 온실가스를 줄이기 위해 크게 7개 산업 부문(알루미늄, 항공기, 시멘트·콘크리트, 선박, 철강, 트럭, 이산화탄소 제거)에 집중하고 있음.

65) The White House(2023. 10. 13.), “Biden-Harris Administration Announces Regional Clean Hydrogen Hubs to Drive Clean Manufacturing and Jobs”(검색일: 2024. 3. 27.).

66) Department of Energy(2023. 6. 5.), “U.S. National Clean Hydrogen Strategy and Roadmap”(검색일: 2024. 3. 27.).



연도	정책	주요 내용
2021년 11월 15일	「초당적 인프라법 (Bipartisan Infrastructure Law)」	- 지역 청정수소 허브 프로그램(80억 달러), 수전해 프로그램(10억 달러), 수소 제조 및 실증 프로그램(5억 달러)에 투자 - 2026년까지 수전해 기술로 생산된 수소의 비용을 1kg당 2달러 미만으로 낮추는 것이 목표
2022년 8월 16일	「인플레이션 감축법 (Inflation Reduction Act)」	- 청정수소 생산 지원을 위해 130억 달러 배정 - 청정수소 생산 1kg당 최대 3달러의 세액공제 혜택 제공 - 수소차 구매 시 최대 7,500달러(승용), 4만 달러(상용) 지원
2022년 9월 22일	수소 연구개발을 위한 로드맵 초안 및 청정수소 허브 프로그램 신청 발표	- 국가 청정수소 전략 및 로드맵(U.S. National Clean Hydrogen Strategy and Roadmap) 초안 발표 - 「초당적 인프라법」에 근거한 지역 청정수소 허브 프로그램 신청 접수
2023년 3월 15일	수소 비용 절감 연구를 위한 조기 예산 집행	- 「초당적 인프라법」에 근거한 수소 연구개발 자금(15억 달러) 중 일부를 우선적으로 집행
2023년 6월 5일	국가 청정수소 전략 및 로드맵 (U.S. National Clean Hydrogen Strategy and Roadmap)	- 청정수소의 생산, 운송, 저장, 활용을 가속화하기 위한 포괄적 전략 - 2030년까지 온실가스 배출량을 2005년 수준 대비 50~52% 감축, 2035년까지 발전 부문의 탈탄소화, 2050년까지 온실가스 순 배출량 제로 달성 등을 목표로 함. - 대안적인 탈탄소 기술과 경쟁하기보다는 탈탄소화가 어려운 부문에 전략적으로 자원을 집중
2023년 10월 13일	수소허브 7곳 선정	- 에너지부 산하 청정에너지 실증 사무국(OCED)이 관리·감독 - 70억 달러 투자로 새로운 산업 기반 마련 및 일자리 창출 - 애팔래치아(Appalachian), 캘리포니아(California), 걸프만(Gulf Coast), 하트랜드(Heartland), 대서양 중부(Mid-Atlantic), 중서부(Midwest), 태평양 북서부(Pacific Northwest)
2023년 12월 22일	청정수소 생산세액공제 지급 기준(안) 제시	- 「인플레이션 감축법(IRA)」에 근거하여 예산 집행 - 그린수소 1kg 생산 시 최대 3달러를 지원하며, 온실가스 배출량에 따라 0.6달러에서 3달러까지 4단계로 차등 지원

자료: 저자 작성

## 나. 추진전략 및 후속조치

■ 바이든 행정부는 청정수소 개발을 가속화하기 위한 3대 핵심 전략으로 △ 청정수소의 전략적이고 영향력 있는 사용, △ 청정수소의 비용 절감, △ 지역 네트워크 구축을 제시함.<sup>67)</sup>

- 대안적인 탈탄소 기술과 경쟁하기보다는 산업공정, 대형 운송, 고열 처리, 고압 저장 등 탈탄소화가 어려운 부문에 전략적으로 지원을 집중할 계획임.
- 전기분해, 탄소 포집·저장(CCS)<sup>68)</sup> 기술 연계 열 변환, 차세대 또는 하이브리드 생산 방법과 같이 지속가능하고 공급망 복원력을 증진할 수 있는 기술 개발을 통해 비용을 획기적으로 낮춤으로써 10년 이내에 수소 활용 시장 확대에 기여하고자 함.
- 인접 지역에서 수소를 생산하고 최종 사용하여 전체적인 생태계를 용이하게 조성하고 인프라 구축 비용을 줄이는 등 지역 네트워크에 초점을 맞춤으로써 전략적으로 규모를 확대할 수 있음.

67) Ibid.

68) Carbon Capture and Storage.

- 한편 최종 사용자가 지불하는 높은 비용(22%), 인프라 미비(19%), 수소에 대한 대중의 낮은 인식(17%), 미성숙 기술(11%), 기업 인센티브 부족(8%), 기술간 경쟁(6%), 안전 우려(6%), 부족한 최종 수요자(5%), 정부 R&D 지원 미비(5%) 등은 정책 추진의 장애요인으로 꼽힘.

■ 청정수소 개발을 기간별(단기, 중기, 장기), 부문별(생산, 인프라, 최종 사용 및 시장, 정부지원)로 구분하여 전략을 마련함.<sup>69)</sup>

- 2022~25년: 청정수소 생산 기준 수립, R&D 촉진, 청정수소 생산 기술 실증, 내구성 평가 및 개선을 위한 테스트 기술 설계 가속화, 저장·운송 방법 개발 및 평가, 대규모 청정수소 보급과 관련된 기준 마련, 민관협력 프레임워크 개발 및 시행 등을 추진
- 2026~29년: 전기분해 청정수소 생산 단가 \$2/kg 실현, 저장·운송 효율성 제고, 수소 기술 관련 규정의 국제적 조화 실현, 탈탄소화가 어려운 부문(산업, 대형 수송)에서 수소 활용 실증, 성과 가속화를 위한 민간 제휴 촉진 등 실시
- 2030~35년: 2030년까지 청정수소 1,000만 톤 생산, 청정수소 생산 단가 \$1/kg 실현, 효율 두 배 액화수소 실증, 저장·운송 관련 연구·개발·실증·전개(RDD&D)<sup>70)</sup>를 위해 데이터 수집, 청정수소 수출을 위한 시장 구조 및 지침 마련, 지역 청정수소 허브의 기술·사회·경제적 영향 평가 등 추진

그림 7. 미국 청정수소 주요 부문별 3단계 추진전략



자료: Department of Energy(2023. 6. 5.), p. 68, 재인용: 에너지경제연구원(2023. 10. 23.), 「미국의 청정수소 개발 단계별 추진 일정과 대책」, p. 15(검색일: 2024. 3. 27.).

69) Ibid.

70) Research, Development, Demonstration and Deployment.

■ 바이든 행정부는 저비용 청정수소로 국내 에너지 시장 전환을 가속화하기 위해 7개 지역을 '지역 청정수소 허브(H2Hubs: Regional Clean Hydrogen Hubs)'로 지정함(2023년 10월 13일).<sup>71)</sup>

- 바이든 대통령이 2021년 11월 서명한 「초당적 인프라법(Bipartisan Infrastructure Law)」에 근거하여 70억 달러의 자금지원이 이루어질 예정임.
- △ 대서양 중부(Mid-Atlantic), △ 애팔래치아(Appalachian), △ 캘리포니아(California), △ 걸프만(Gulf Coast), △ 하트랜드(Heartland), △ 중서부(Midwest), △ 태평양 북서부(Pacific Northwest) 7개 지역 수소 허브 프로젝트에 17개 주가 참여하고 있음.
- 7개 지역 청정수소 허브를 통해 매년 300만 톤 이상의 청정수소를 생산하는 것을 목표로 하고 있으며, 이는 2030년 청정수소 생산 목표의 약 1/3에 해당함.
  - 이산화탄소 배출을 연간 2,500만 톤가량 줄일 수 있을 것으로 예상함.
- 에너지부 산하 청정에너지 실증 사무국(OCED)<sup>72)</sup>이 H2Hubs 프로젝트를 관리·감독하며, 선정된 7개 청정수소 허브 지원자들은 에너지부와 프로젝트의 구체적인 내용에 대한 의견조율<sup>73)</sup>을 거쳐 2024년 9월 말까지 협상을 완료할 예정임.<sup>74)</sup>
  - 애팔래치아(Appalachian) 수소 허브의 경우 생산된 수소의 최종 사용 용도에 대한 구체적인 내용이 제시되지 않고 있음.<sup>75)</sup>
  - 또한 바이든 행정부는 전기화가 어려운 산업 부문(시멘트 제조, 철강·석유화학), 장거리 운송 등에도 수소의 적극적인 활용을 기대하고 있으나, 선정된 지역 허브 주계약자들이 이를 적극적으로 반영할지 여부는 불명확

표 3. 바이든 행정부 선정 7개 지역 청정수소허브(H2Hubs)

수소 허브 프로젝트	위치	연방정부 분담금 (백만 달러)	주요 내용	배출가스 감소 (매트릭 톤)
Appalachian	펜실베이니아, 오하이오, 웨스트버지니아	925	천연가스 활용 수소 생산 및 탄소 포집(CCUS), 파이프라인, 수소충전소	900만
Pacific Northwest	워싱턴, 오리건, 몬태나	1,000	재생에너지 기반 수소 생산, 수소연료전지트럭, 수소충전소, 산업(데이터센터, 정유), 항구(화물 운송 및 처리), 농업(비료생산)	100만
California	캘리포니아	1,200	재생에너지·바이오매스 활용 수소 생산 및 CCUS, 수소충전소, 대중교통, 중장비 트럭, 항만운영의 탈탄소 지원	200만
Gulf Coast	텍사스	1,200	재생에너지·천연가스 활용 수소 생산 및 CCUS, 파이프라인, 수소 충전 및 저장	700만
Mid-Atlantic	펜실베이니아, 델라웨어, 뉴저지	750	재생에너지·원자력 활용 수소 생산, 중장비운송, 제조 및 산업공정 개선, 복합 열 및 전력 장치에 수소 활용 확대	100만

71) The White House(2023. 10. 13.), "Biden-Harris Administration Announces Regional Clean Hydrogen Hubs to Drive Clean Manufacturing and Jobs"(검색일: 2024. 3. 28.).

72) Office of Clean Energy Demonstration.

73) 협상을 취소하거나 선정을 철회할 수도 있음.

74) Department of Energy(2023. 7. 20.), "Bipartisan Infrastructure Law WAP Enhancement & Innovation"(검색일: 2024. 3. 28.).

75) "The Hydrogen Hubs Selection Sets Off the Dawn of U.S. Hydrogen Economy"(2023. 10. 20.), 온라인 기사(검색일: 2024. 3. 20.).

수소 허브 프로젝트	위치	연방정부 분담금 (백만 달러)	주요 내용	배출가스 감소 (매트릭 톤)
Heartland	미네소타, 노스다코타, 사우스다코타	925	재생에너지·원자력 활용 수소 생산, 파이프라인, 농업 비료 생산의 탈탄소화	100만
Midwest	일리노이, 인디애나, 미시간	1,000	재생에너지·원자력·천연가스 활용 수소 생산 및 CCUS, 철강·유리 생산, 발전, 정유, 항공연료, 중장비 운송 등에 활용	390만

자료: Office of Clean Energy Demonstration(2024. 3.), "Regional Clean Hydrogen Hubs Selections for Award Negotiations"(검색일: 2024. 3. 20.).

#### ■ 2023년 12월 22일 미 재무부와 국세청(Internal Revenue Service)은 「인플레이션 감축법(Inflation Reduction Act)」에 따른 청정수소 세제혜택 세부지침(안)을 제시함.<sup>76)</sup>

- IRA의 청정수소 국내 생산 장려, 친환경차 구매 세액공제 등 청정수소 기반 조성 사업의 후속조치임.
  - 청정수소 세제혜택 세부 내용은 이해관계자들의 의견 차이가 커 2024년 3월 발표될 것으로 예상되었으나, 재무부의 신속한 이견 조율로 2023년에 발표될 수 있었음.<sup>77)</sup>
- 세제혜택 세부지침의 주요 내용은 △ 탄소배출량별 수소 생산세액공제(Clean Hydrogen Production Tax Credit) 금액 확정, △ 세제 혜택의 기준이 되는 탄소배출량 분석 모델(45VH2-GREET)<sup>78)</sup> 도입, △ 청정수소 적격 여부 판단을 위한 에너지 속성 인증서(EAC: Energy Attribute Certificate) 조건 제시임.
- 수소 생산세액공제는 생산공정의 온실가스 배출량에 따라 4단계로 구분하며 1kg당 0.6달러에서 최대 3달러까지 차등하여 10년 동안 지급할 방침임.

표 4. 수소 생산 시 발생 CO2 비율에 따른 세제 혜택 적용 기준

수소 1kg당 CO2 발생량(kg)	세제 혜택 최대 적용 비율(%)	세제 혜택 금액(달러/kg)
0.45 미만	100.0	3.00
0.45 이상 1.5 미만	33.4	1.00
1.5 이상 2.5 미만	25.0	0.75
2.5 이상 4 이하	20.0	0.60

자료: The White House(2023. 12. 22.), "Treasury Sets Out Proposed Rules for Transformative Clean Hydrogen Incentives"(검색일: 2024. 3. 28.).

- 청정수소로 인정받기 위해서는 △ 추가성(Incremental), △ 시간적 상관성(Time-matched), △ 지리적 상관성(Deliverable) 항목이 포함된 에너지 속성 인증서(EAC) 조건을 충족시켜야 함.

76) "U.S. Department of the Treasury, IRS Release Guidance on Hydrogen Production Credit to Drive American Innovation and Strengthen Energy Security"(2023. 12. 22.), 온라인 기사(검색일: 2024. 3. 28.).

77) "US hydrogen tax credit rule could slip into 2024 amid debate over its design -sources"(2023. 11. 17.), 온라인 기사(검색일: 2024. 3. 28.).

78) 아르곤랩(Argonne National Laboratory)의 온실가스 배출 분석(Greenhouse gases, Regulated Emissions, and Energy use in Transportation: GREET) 최신 모델임.

표 5. 에너지 속성 인증(EAC) 조건

구분	개념	비고
추가성	·수소 생산 시 3년 내 신규 건설된 재생에너지 설비를 통해 전력 공급 필요	-
시간적 상관성	·수소 생산과 동 시간대 공급 전력의 온실가스 배출량을 기간별 매칭	(~'27) 연 단위 매칭 허용 (~'28) 시간 단위 매칭
지리적 상관성	·수소 생산설비와 동일한 지역으로부터 전력 공급 필요	-

자료: 산업통상자원부 보도자료(2023. 12. 23.), 「미국 인플레이션감축법(IRA) 청정수소 생산세액공제 잠정 가이드라인 발표」, p. 1.

■ IRA 청정수소 세제 혜택 요건이 너무 엄격하다는 비판이 제기됨에 따라, 정부가 업계의 의견 수렴과 공청회를 거쳐 구체적인 세부지침을 확정할 예정임.

- 수소 생산세액공제를 최대로 받기 위해서는 수소 생산 3년 이내 동일 지역 그리드의 재생에너지를 사용하여 전기를 공급해야 하고, 2028년부터는 수소 생산 기업이 청정 에너지를 활용하여 생산된 전기를 공급받아 1시간 이내에 수소를 생산해야 함.<sup>79)</sup>
  - 풍력, 태양광과 같은 청정 에너지를 활용하여 3년 이상 전기를 생산해온 시설에서는 세제 혜택을 받을 수 없다는 것을 의미
- 미국 상공회의소(U.S. Chamber of Commerce), 수소연료전지협회(Fuel Cell & Hydrogen Energy Association), 청정수소 미래연합(Clean Hydrogen Future Coalition)을 비롯한 관련 업계에서는 엄격한 세제 혜택 요건들이 미국 내 투자를 위축시키고 수소 생산 비용을 증가시킬 것이라고 주장함.<sup>80)</sup>
  - 원자력 업계는 원자력 발전을 위한 건설에는 많은 시간과 자금이 필요하며, 세제 혜택을 받기 위한 기준을 충족시키는 것이 거의 불가능하다는 입장<sup>81)</sup>

## 4. 시사점

■ 탈탄소를 목표로 수소산업에 대한 정책, 기술 개발, 상용화 및 보급을 추진하고 있는 미국과 함께 저탄소 기술 분야에 대한 공동연구 및 협력가능사업 발굴을 위한 노력이 필요함.

- 수소 생산 및 활용, 연료전지, 이산화탄소 포집·활용·저장, 에너지저장장치(ESS)와 같은 저탄소 기술 부문에 대한 공동연구를 추진할 수 있음.
  - 차세대 수소 생산 기술,<sup>82)</sup> 음이온 교환막 수전해 스택 및 시스템 개발 등 한미 양국이 공통으로 관심을 가지고

79) "White House unveils strict hydrogen regulations in victory for environmentalists"(2023. 12. 22.), 온라인 기사(검색일: 2024. 3. 20.).

80) "New rules for America's green-hydrogen industry are controversial"(2023. 12. 22.), 온라인 기사(검색일: 2024. 3. 20.).

81) "US unveils clean hydrogen plan, nuclear power role uncertain"(2023. 12. 23.), 온라인 기사(검색일: 2024. 3. 21.).

82) 차세대 블루수소 생산설비 설계 및 제작, 대규모 상용 블루수소 생산설비 개념 설계, 새로운 수소 생산방식을 통한 생산공정 단계 축소 등의 기술 개발이 이루어지고 있음.

있는 분야에 대한 공동연구는 물론 협력가능한 사업 발굴을 위해 노력할 필요

- 미국 수소에너지 전문기업 플러그파워(Plug Power)는 SK E&S와 합작법인 형태로 한국 내 수소 기술 R&D 센터 및 수소 핵심설비 생산기지(기가팩토리) 건설을 위해 총 1조 원<sup>83)</sup> 규모의 투자계획을 발표(2023년 11월 25일)<sup>84)</sup>
- 또한 수소상용차 전환 촉진을 위한 수소 충전소의 전략적 배치, 수소 관련 인프라와 기존 인프라의 통합 등 스마트시티 구축 분야에서도 미국과 기술협력이 가능함.
- 신규 연구과제 공모, 타당성 조사 지원 등을 통해 수소 관련 연구를 추진하거나 사업을 발굴함으로써 기술 개발 및 제품을 생산할 수 있음.
- 수소 프로젝트에 대한 대규모 연방자금 지원은 수소 생산 기술 보유 기업 및 수소 압축, 운송, 충전, 발전 관련 기자재 시장에도 기회요인으로 작용할 전망이다.

■ 우리 정부는 수소 기술 개발 지원뿐만 아니라 국내 기업들이 규모의 경제를 통해 비용을 절감하는 한편, 미국에서 추진하고 있는 프로젝트에 보다 많이 참여할 수 있도록 지원할 필요가 있음.

- 한국정부는 차세대 수소 생산 기술, 음이온 교환막 수전해 스택 및 시스템 개발, 전기차 전력 자원화, 태양전지 핵심소재, 리튬 재활용 기술 개발 등을 2024년 신규 중점 투자 분야로 선정하며 관련 기술 개발을 지원할 필요가 있음.<sup>85)</sup>
- 관행적 보조금 성격의 지원을 중단하고 차세대 수소, 연료전지 기술 등 고위험 차세대 기술에 집중하는 방향으로 정책 기조를 전환하고 있음.
- 11대 분야 40개 초격차 프로젝트에 신규 예산의 70%를 집중적으로 투입한다는 방침이며, 에너지신산업 분야에는 총 5,231억 원(2024년 기준)을 투자할 계획
- 청정수소 인증, 기술표준화, 실증 시험 컨설팅, 판로개척 등을 통해 국내 기업들이 규모의 경제를 실현하고 비용을 낮출 수 있도록 지원이 필요함.
- 또한 바이든 행정부가 추진 중인 중인 청정수소 허브 구축 프로젝트에 컨소시엄 형태로 한국기업들이 참여하고 있는데, 프로젝트 진행 상황에 맞추어 보다 많은 국내 기업이 참여할 수 있도록 지원할 필요가 있음.<sup>86)</sup>
- 예컨대 걸프만 수소 허브의 경우, 텍사스주는 한국기업들을 비롯해 170여 개 기업들로 이루어진 HyVelocity Hub 컨소시엄을 통해 사업을 진행하고 있음.
- 아울러 청정수소 운반선 건설, 인수기지 건설, 해외 수전해 설비 공사 등 해외 주요 수소 관련 프로젝트에도 국내 기업들이 최대한 참여할 수 있도록 지원할 필요<sup>87)</sup>

■ 한국은 수소 생산, 저장, 운송 등 업스트림 분야의 경쟁력이 상대적으로 취약하다고 평가되는데, 해당 분야에 대한 지원을 확대하여 전반적인 수소산업 밸류체인 경쟁력을 향상시킬 필요가 있음.

83) 플러그파워와 SK E&S가 각각 4,900억 원, 5,100억 원을 부담하기로 함.

84) 「SK, 수소 기가팩토리 건설에 1兆... 최태원 회장, 그린파트너십 확장」(2023. 12. 13.), 온라인 기사(검색일: 2024. 4. 17.).

85) 산업통상자원부 보도자료(2024. 1. 18.), 「산업·에너지 연구개발(R&D) 4대 혁신방안 추진」, p. 5.

86) HyVelocity Hub(2024. 4.), 「Industry-owned Hub Sponsorsy」(검색일: 2024. 4. 17.).

87) 「수소경제, 어디로 가나?」(2023. 3. 31.), 온라인 기사(검색일: 2024. 4. 1.).

- 한국은 수소 전기차, 수소충전소, 발전용 연료전지 보급 등 수소의 활용 측면에서는 세계 최고 수준으로 평가되나, 수소 생산, 저장, 운송 기술은 주요국에 비해 기술력이 부족하고 상용화 수준이 낮음.<sup>88)</sup>
- 수소의 생산, 저장, 운송, 충전, 활용에 이르는 ‘수소 생태계’ 구축을 앞당기는 데 정부정책의 우선순위를 두는 한편 기술 개발, 인프라 구축 등에 대한 지원을 확대할 필요가 있음.
- 그린수소의 생산과 같이 경제성 확보에 다소 시간이 걸리는 부문에는 정책자금 지원이 장기적, 안정적으로 이루어질 수 있어야 함.
- 한편 2019년 이후 빠른 증가 추세를 보이던 한국의 수소 전기차 판매량이 2023년에는 크게 줄어들며 수소 전기차 부문의 성장동력 위축에 대한 우려도 제기됨.
  - 수소차 증가 대수(대): 5,823(‘20년) → 8,498(‘21년) → 10,219(‘22년) → 4,635(‘23년)<sup>89)</sup>
  - 수소충전소와 같은 인프라 부족, 다른 친환경 연료에 비해 떨어지는 효율성, ‘그린수소’ 생산 단가를 획기적으로 낮출 기술력 부족 등의 요인이 작용

그림 8. 수소 밸류체인별 주요 이슈에 대응하기 위한 사업 분야



자료: 삼정 KPMG(2023. 6.), 「수소 시대의 도래, 기업의 13가지 기회」, p. 9.

■ 미국은 국가 차원의 수소정책에 대해 민주당과 공화당이 초당적으로 동의하고 있어 오는 11월 치러지는 대통령 선거 결과에 상관없이 수소정책의 연속성은 유지될 전망이다.

- 많은 공화당원이 바이든 행정부의 탈탄소정책에 대해 반대하고 있음에도 불구하고 ‘유일하게(one clean-energy candidate)’ 수소정책에 대해서는 지지를 보내고 있음.<sup>90)</sup>
- 또한 트럼프 1기 행정부 때 본격적인 ‘H2@Scale’ 이니셔티브를 추진하고 수소 기술 개발을 위한 단계별 전략(Hydrogen Program Plan)을 마련하였다는 점을 고려하면, 트럼프 전 대통령이 재집권하더라도 수소 부문이 미국 에너지정책의 후순위로 밀릴 가능성은 높지 않다고 판단됨.

88) 「수소저장-운송 인프라 투자비 재원 조달 방안」(2023. 10. 20.), 온라인 기사(검색일: 2024. 3. 29.).

89) 수소경제 종합정보포털(2024. 3. 29.), 「국내 수소차 등록현황(연도별)」(검색일: 2024. 3. 29.).

90) “The Green Fuel That Even Red America Loves”(2023. 11. 5.), 온라인 기사(검색일: 2024. 3. 29.).

- 다만 11월 대선에서 트럼프 전 대통령이 승리하게 되면 바이든 행정부의 친환경 및 R&D 예산이 대폭 삭감되며 수소 관련 기술 연구 예산도 함께 줄어드는 등 일정 부분 수소정책의 변화는 불가피할 것으로 예상됨.
- 그러나 천연가스를 수소화시키기 위한 개질(reforming) 연구와 같이 천연가스를 활용한 R&D 투자는 오히려 확대될 것으로 예상되고 있어, 수소 생산 R&D의 간접적인 효과는 예산 삭감 효과를 상쇄하는 요인으로 작용할 전망
- 트럼프 전 대통령은 Agenda47,<sup>91)</sup> 언론 인터뷰 등을 통해 미국이 세계 1위 석유, 천연가스 생산국임을 강조하며 국제적으로 가격 경쟁력이 있는 석유와 천연가스를 적극 활용할 것임을 주장해왔음.<sup>92)</sup> KIEP

91) 트럼프 전 대통령은 자신의 홈페이지에 제47대 대통령으로 당선될 경우 펼칠 정책들을 'Agenda47'에 정리해서 동영상으로 발표하고 있음.

92) TRUMP(2024. 1. 19.), "Unleash Energy Dominance"(검색일: 2024. 3. 29.).



## 참고문헌

### [국문자료]

- 김종혁, 임지운. 2021. 「미국 인프라 투자 계획의 주요 내용과 전망」. KIEP 세계경제 포커스 21-17. 대외경제정책연구원. (4월 14일)
- 산업통상자원부 보도자료. 2023. 「미국 인플레이션감축법(IRA) 청정수소 생산세액공제 잠정 가이드라인 발표」. (12월 23일).
- \_\_\_\_\_. 2024. 「산업·에너지 연구개발(R&D) 4대 혁신방안 추진」. (1월 18일).
- 삼정 KPMG. 2023. 「수소 시대의 도래, 기업의 13가지 기회」. 『Business Focus』. (6월)

### [온라인 자료]

- 「“10년 내 수소 생산 비용, 5분의 1로 낮추겠다” 수소강국 美의 자신감」. 2022. 『머니투데이』. (1월 3일). <https://news.mt.co.kr/mtview.php?no=2021122413340970906>(검색일: 2024. 3. 21.).
- 「수소경제, 어디로 가나?」. 2024. 『한국경제』. (3월 31일). <https://www.hankyung.com/article/2024033192701>(검색일: 2024. 4. 1.).
- 수소경제 종합정보포털. 2024. 「국내 수소차 등록현황(연도별)」. <https://h2hub.or.kr/main/yard/domestic-hydrogen-vehicle-registration-status-yearly.do>(검색일: 2024. 3. 29.).
- 「수소저장·운송 인프라 투자비 재원 조달 방안」. 2023. 『에너지신문』. (10월 20일). <https://www.energy-news.co.kr/news/articleView.html?idxno=90204>(검색일: 2024. 3. 29.).
- 에너지경제연구원. 2023. 「미국의 청정수소 개발 단계별 추진 일정과 대책」. 『세계 에너지시장 인사이트』, 23(20), pp. 13~20. (10월 23일). [https://www.keei.re.kr/web\\_keei/d\\_results.nsf/0/94F528541DFAB39549258A5100163E7E/\\$file/WEMI2320.PDF](https://www.keei.re.kr/web_keei/d_results.nsf/0/94F528541DFAB39549258A5100163E7E/$file/WEMI2320.PDF)(검색일: 2024. 3. 27.).
- 한국산업기술기획평가원. 2021. 「수소 파이프라인 강제 기술개발 동향」. KIET PD 이슈리포트 2021-8(4). <https://rome.kei.t.re.kr/romeplus/biz/myis/rndData/pdfUeReportDetail.do?searchCdt=&searchKeyword=&pageIndex=19&blbdId=S0000010&bltSeq=82040>(검색일: 2024. 3. 21.).
- 「‘SK, 수소 기가팩토리 건설에 1兆’… 최태원 회장, 그린파트너십 확장」. 2023. 『조선일보』. (12월 13일). <https://biz.chosun.com/industry/company/2023/05/01/62JQTX5MWNFDDIUFNUSUZLVQFM/>(검색일: 2024. 4. 17.).
- “Automakers question feasibility of California 2035 EV sales mandate plan.” 2024. *Reuters*. (March 1). <https://www.reuters.com/business/autos-transportation/automakers-question-feasibility-california-2035-ev-sale-s-mandate-plan-2024-02-28/>(검색일: 2024. 3. 21.).
- “Biden-Harris Administration Announces \$750 Million to Advance Clean Hydrogen Technologies.” 2023. *Department of Energy*. (March 15). <https://www.energy.gov/articles/biden-harris-administration-announces-750-million-a-dvance-clean-hydrogen-technologies#:~:text=WASHINGTON%2C%20D.C.%20%E2%80%94%20The%20Biden-,the%20cost%20of%20clean%20hydrogen>(검색일: 2024. 3. 27.).
- California Air Resources Board. 2020. “Hydrogen Refueling Station Requirements.” (September 2). [https://www.energy.gov/sites/default/files/2023-08/BIL-WAP-E%26I-FOA\\_Applicant\\_Webinar.pdf](https://www.energy.gov/sites/default/files/2023-08/BIL-WAP-E%26I-FOA_Applicant_Webinar.pdf)(검색일: 2024. 3. 18.).
- \_\_\_\_\_. 2024. “Advanced Clean Cars II.” (March 18). <https://ww2.arb.ca.gov/our-work/programs/advanced-clea>

- n-cars-program/advanced-clean-cars-ii(검색일: 2024. 3. 21.).
- CleanEnergyGroup. 2022. "Hydrogen Projects in the US." (January 3). <https://www.cleangroup.org/initiatives/hydrogen/projects-in-the-us/>(검색일: 2024. 3. 21.).
- Congress.GOV. 2022. "H.R.5376 - Inflation Reduction Act of 2022." (August 16). <https://www.congress.gov/bill/117th-congress/house-bill/5376/text>(검색일: 2024. 3. 27.).
- \_\_\_\_\_. 2005. "H.R.6 - Energy Policy Act of 2005." (August 8). [https://www.congress.gov/bill/109th-congress/house-bill/6#:~:text=Energy%20Policy%20Act%20of%202005%20-%20Sets%20forth%20an%20energy%20research,electricity%3B%20\(10\)%20energy%20tax](https://www.congress.gov/bill/109th-congress/house-bill/6#:~:text=Energy%20Policy%20Act%20of%202005%20-%20Sets%20forth%20an%20energy%20research,electricity%3B%20(10)%20energy%20tax)(검색일: 2024. 3. 25.).
- \_\_\_\_\_. 2007. "H.R.6 - Energy Independence and Security Act of 2007." (December 19). <https://www.congress.gov/bill/110th-congress/house-bill/6>(검색일: 2024. 3. 25.).
- "Constellation Starts Production at Nation's First One Megawatt Demonstration Scale Nuclear-Powered Clean Hydrogen Facility." 2023. *Constellation*. (March 7). <https://www.constellationenergy.com/newsroom/2023/Constellation-Starts-Production-at-Nations-First-One-Megawatt-Demonstration-Scale-Nuclear-Powered-Clean-Hydrogen-Facility.html>(검색일: 2024. 3. 19.).
- Department of Energy. 2020. "H2@Scale." (November 12). <https://www.energy.gov/eere/fuelcells/h2scale>(검색일: 2024. 3. 25.).
- \_\_\_\_\_. 2020. "U.S. Department of Energy Hydrogen and Fuel Cell Technologies Office Overview." (July 23). <https://usea.org/sites/default/files/event-/HFTO%20EERE%20DOE%20FE%20H2%20workshop%20Sunita%20Satyapal%207%2023%202020.pdf>(검색일: 2024. 3. 25.).
- \_\_\_\_\_. 2021. "H2@Scale: Enabling affordable, reliable, clean, and secure energy across sectors." <https://www.energy.gov/eere/fuelcells/articles/h2scale-crada-projects>(검색일: 2024. 3. 25.).
- \_\_\_\_\_. 2022. "U.S. Department of Energy Clean Hydrogen Production Standard (CHPS) Guidance." (September 22). <https://www.hydrogen.energy.gov/docs/hydrogenprogramlibraries/pdfs/clean-hydrogen-production-standard-guidance.pdf>(검색일: 2024. 3. 26.).
- \_\_\_\_\_. 2023. "U.S. National Clean Hydrogen Strategy and Roadmap." (June 5). <https://www.hydrogen.energy.gov/library/roadmaps-vision/clean-hydrogen-strategy-roadmap>(검색일: 2024. 3. 18~27.).
- \_\_\_\_\_. 2023. "2022 Annual Merit Review and Peer Evaluation Report." (July). <https://www.hydrogen.energy.gov/docs/hydrogenprogramlibraries/pdfs/review22/2022-amr-04-hydrogen-technologies.pdf>(검색일: 2024. 3. 18.).
- \_\_\_\_\_. 2023. "Bipartisan Infrastructure Law WAP Enhancement & Innovation." (July 20). [https://www.energy.gov/sites/default/files/2023-08/BIL-WAP-E%26I-FOA\\_Applicant\\_Webinar.pdf](https://www.energy.gov/sites/default/files/2023-08/BIL-WAP-E%26I-FOA_Applicant_Webinar.pdf)(검색일: 2024. 3. 28.).
- \_\_\_\_\_. 2024. "Federal Support for Hydrogen and Fuel Cell R&D." (February 15). <https://www.hydrogen.energy.gov/about/background>(검색일: 2024. 3. 25.).
- \_\_\_\_\_. 2024. "Financial Incentives for Hydrogen and Fuel Cell Projects." (February). <https://www.energy.gov/eere/fuelcells/financial-incentives-hydrogen-and-fuel-cell-projects>(검색일: 2024. 3. 27.).
- \_\_\_\_\_. 2024. "H2USA." (February 15). <https://www.energy.gov/eere/fuelcells/h2usa>(검색일: 2024. 3. 25.).
- \_\_\_\_\_. 2024. "Hydrogen Fuel Cell Vehicles." (March). <https://www.energy.gov/energysaver/hydrogen-fuel-cell-vehicles>(검색일: 2024. 3. 18.).

- \_\_\_\_\_. 2024. "Hydrogen Shot." (February 15). <https://www.energy.gov/eere/fuelcells/hydrogen-shot>(검색일: 2024. 3. 26.).
- Department of Energy. 2024. "Regional Clean Hydrogen Hubs Selections for Award Negotiations." (February). <https://www.energy.gov/oced/regional-clean-hydrogen-hubs-selections-award-negotiations>(검색일: 2024. 3. 25.).
- \_\_\_\_\_. 2024. "Workshop and Meeting Proceedings." (January 15). <https://www.energy.gov/eere/fuelcells/workshop-and-meeting-proceedings#h2-scale>(검색일: 2024. 3. 25.).
- "Department of Energy Hydrogen Program Plan." 2020. *Department of Energy*. (November 12). <https://www.energy.gov/articles/energy-department-releases-its-hydrogen-program-plan>(검색일: 2024. 3. 26.).
- "DOE Announces \$52.5 Million to Accelerate Progress in Clean Hydrogen." 2021. *Department of Energy*. (July 7). <https://www.energy.gov/articles/doe-announces-525-million-accelerate-progress-clean-hydrogen> (검색일: 2024. 3. 26.).
- "DOE Announces Nearly \$8 Million for National Laboratory H2@Scale Projects to Help Reach Hydrogen Shot Goals." 2021. *Department of Energy*. (October 6). <https://www.energy.gov/eere/articles/doe-announces-nearly-8-million-national-laboratory-h2scale-projects-help-reach>(검색일: 2024. 3. 26.).
- "DOE Announces SuperTruck 3 Electric-Truck Projects." 2021. *Heavy Duty Trucking*. (November 1). <https://www.truckinginfo.com/10155233/doe-announces-supertruck-3-electric-truck-projects>(검색일: 2024. 4. 19.).
- Environmental and Energy Study Institute. 2023. "The Latest on the Clean Energy Tax Incentives in the Inflation Reduction Act." (September 28). <https://www.eesi.org/briefings/view/092823ira>(검색일: 2024. 3. 27.).
- Hydrogen and Fuel Cell Technology Office. 2023. "Progress in Hydrogen and Fuel Cells." (July). <https://www.energy.gov/eere/fuelcells/hydrogen-and-fuel-cell-technologies-office-accomplishments-and-progress>(검색일: 2024. 3. 18.).
- HyVelocity Hub. 2024. "Industry-owned Hub Sponsors." (April). <https://www.hyvelocityhub.com/partners/>(검색일: 2024. 4. 17.).
- Information Technology & Innovation Foundation. 2023. "Closing the Trucking Gaps: Priorities for the Department of Energy's RD&D Portfolio." (June 20). <https://itif.org/publications/2023/06/20/closing-the-trucking-gaps-priorities-for-the-department-of-energys-rd-and-d-portfolio/>(검색일: 2024. 3. 19.).
- International Energy Agency. 2023. "Global Hydrogen Review 2023." (September). <https://iea.blob.core.windows.net/assets/ecdfc3bb-d212-4a4c-9ff7-6ce5b1e19cef/GlobalHydrogenReview2023.pdf>(검색일: 2024. 3. 18.).
- Morgan Lewis. 2022. "Draft DOE National Clean Hydrogen Strategy and Roadmap Details Opportunities in Hydrogen Sector." (November 3). <https://www.morganlewis.com/blogs/powerandpipes/2022/11/draft-doe-national-clean-hydrogen-strategy-and-roadmap-details-opportunities-in-hydrogen-sector>(검색일: 2024. 3. 26.).
- National Renewable Energy Laboratory. 2017. "H2USA - Siting Refueling Stations in the Northeast." (April). <https://www.nrel.gov/docs/fy18osti/67401.pdf>(검색일: 2024. 4. 23.).
- "New rules for America's green-hydrogen industry are controversial." 2023. *The Economist*. (December 22). <https://www.economist.com/business/2023/12/22/new-rules-for-americas-green-hydrogen-industry-are-controversial>(검색일: 2024. 3. 20.).
- Office of Energy Efficiency & Renewable Energy. 2023. "Hydrogen Pipelines." (March 27). <https://www.energy.g>

- ov/eere/fuelcells/hydrogen-pipelines(검색일: 2024. 3. 21.).
- Pacific Northwest National Laboratory. 2023. "Patent and Technology Portfolios Resulting from HFTO R&D Funding." (June 8). [https://www.hydrogen.energy.gov/docs/hydrogenprogramlibraries/pdfs/review23/sa190\\_steele\\_2023\\_p-pdf.pdf](https://www.hydrogen.energy.gov/docs/hydrogenprogramlibraries/pdfs/review23/sa190_steele_2023_p-pdf.pdf)(검색일: 2024. 3. 19.).
- "Repurposing pipelines for hydrogen transportation." 2023. *Petroleum Economist*. (July 24). <https://pemedianetwork.com/hydrogen-economist/articles/strategies-trends/2023/repurposing-pipelines-for-hydrogen-transportation/>(검색일: 2024. 3. 21.).
- "The Green Fuel That Even Red America Loves." 2023. *The Wall Street Journal*. (November 5). <https://www.wsj.com/business/energy-oil/the-green-fuel-that-even-red-america-loves-33229e03>(검색일: 2024. 3. 29.).
- "The Hydrogen Hubs Selection Sets Off the Dawn of U.S. Hydrogen Economy." 2023. *Center for Strategic & International Studies*. (October 20). <https://www.csis.org/analysis/hydrogen-hubs-selection-sets-dawn-us-hydrogen-economy>(검색일: 2024. 3. 20.).
- The White House. 2023. "Biden-Harris Administration Announces Regional Clean Hydrogen Hubs to Drive Clean Manufacturing and Jobs." (October 13). <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2023/10/13/biden-harris-administration-announces-regional-clean-hydrogen-hubs-to-drive-clean-manufacturing-and-jobs/>(검색일: 2024. 3. 27.).
- \_\_\_\_\_. 2023. "A Guidebook to the Bipartisan Infrastructure Law." (December). <https://www.whitehouse.gov/build/guidebook/>(검색일: 2024. 3. 26.).
- \_\_\_\_\_. 2023. "Building a Better America." (December). <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2022/05/BUILDING-A-BETTER-AMERICA-V2.pdf#page=152>(검색일: 2024. 3. 26.).
- \_\_\_\_\_. 2023. "Treasury Sets Out Proposed Rules for Transformative Clean Hydrogen Incentives." (December 22). <https://www.whitehouse.gov/cleanenergy/clean-energy-updates/2023/12/22/treasury-sets-out-proposed-rules-for-transformative-clean-hydrogen-incentives/>(검색일: 2024. 3. 28.).
- "These 9 States Are Banning the Sale of Gas-Powered Cars." 2023. *CNET*. (September 7). <https://www.cnet.com/roadshow/news/states-banning-new-gas-powered-cars/>(검색일: 2024. 3. 21.).
- TRUMP. 2024. "Unleash Energy Dominance." (January 19). <https://www.donaldtrump.com/issues>(검색일: 2024. 3. 29.).
- "U.S. Department of the Treasury, IRS Release Guidance on Hydrogen Production Credit to Drive American Innovation and Strengthen Energy Security." 2023. *U.S. Department of the Treasury*. (December 22). <https://home.treasury.gov/news/press-releases/jy2010>(검색일: 2024. 3. 28.).
- U.S. Energy Information Administration. 2022. "Natural gas explained." (November 18). <https://www.eia.gov/energyexplained/natural-gas/natural-gas-pipelines.php>(검색일: 2024. 3. 21.).
- "US hydrogen tax credit rule could slip into 2024 amid debate over its design -sources." 2023. *Reuters*. (November 17). <https://www.reuters.com/business/energy/us-hydrogen-tax-credit-rule-could-slip-into-2024-amid-debate-over-its-design-2023-11-16/>(검색일: 2024. 3. 28.).
- "US unveils clean hydrogen plan, nuclear power role uncertain." 2023. *Reuters*. (December 23). <https://www.reuters.com/sustainability/climate-energy/us-unveils-clean-hydrogen-plan-nuclear-power-role-uncertain-2023-12-22/>(검색일: 2024. 3. 21.).

“White House unveils strict hydrogen regulations in victory for environmentalists.” 2023. *Fox News*. (December 22). <https://www.foxnews.com/politics/biden-admin-unveils-strict-hydrogen-regulations-victory-environmentalists>(검색일: 2024. 3. 20.).

“Will White, Blue and Green Hydrogen Fuel a Clean-Energy Future, or Fizzle?” 2023. *Bloomberg*. (October 12). <https://www.bloomberg.com/news/articles/2023-10-11/hydrogen-fuel-of-the-future-or-fizzling-climate-change-solution?sref=QbgqEltZ>(검색일: 2024. 3. 29.).