



녹색기술 이슈 분석 리포트 | 2018-02호

Green-Tech Issue Analysis Report

수소경제사회 실현을 위한 미국의 수소 정책 분석 및 시사점

저자 | 오상진, 이성규

Contents

I. 분석 개요 1

- 1. 분석배경 및 목적 1
- 2. 분석방법 및 범위 2

II. 미국 수소경제사회 추진 현황 분석 3

- 1. 정책 추진 배경 3
- 2. 정부 추진체계 6
- 3. R&D 추진 현황 10

III. 국내 수소경제사회 준비 현황 분석 14

- 1. 국내 수소 정책 여건 14
- 2. 국내 수소 정책 추진 현황 14
- 3. R&D 추진 현황 18

IV. 결론 및 시사점 20

표 목차

〈표 1〉 수소·연료전지 관련 주요 정책	4
〈표 2〉 미국 에너지부 수소·연료전지 관련 예산	5
〈표 3〉 국내 수소·연료전지차 및 충전소 중장기 보급 목표	15
〈표 4〉 수소경제 활성화를 위한 부문별 추진방안	17
〈표 5〉 국내 수소·연료전지 부문 주요 연구개발사업 내용	18
〈표 6〉 미래차 기술로드맵 주요 내용	19

그림 목차

〈그림 1〉 수소경제의 국가적 중요성	1
〈그림 2〉 전략문서 도출 과정	7
〈그림 3〉 미국 수소·연료전지 정부 프로그램 조직도	7
〈그림 4〉 범부처 간 수소·연료전지 R&D 정책 협의 구조	8
〈그림 5〉 민관 파트너십 참여 기업 및 단체 목록	9
〈그림 6〉 H2@Scale 도식	12
〈그림 7〉 수소경제 활성화 로드맵 기본체계	16
〈그림 8〉 연도별 수소·연료전지 국가 R&D 투자 추이	19



I

분석 개요

1. 분석배경 및 목적

1) 국가 저탄소경제 실현 도구로서 수소에너지의 급부상

■ 국가 에너지 정책 패러다임 전환기의 도래

- ❖ 신기후체제의 출범은 에너지 부문에서의 혁신과 저탄소 경제를 지향하며, 향후 저탄소 에너지 시스템이 본격적으로 주류화 될 것으로 전망
 - 저탄소 에너지원으로서 재생에너지 개발 및 보급이 장려되는 추세이며, 고효율 에너지시스템의 구축과 이를 기반으로 한 에너지 수요관리 중심의 정책 패러다임의 전환기를 맞이하는 중
 - 단순한 에너지 공급 중심에서 벗어나 에너지 수급안정과 기후변화 대응을 동시에 만족하기 위한 새로운 에너지 기술 및 정책 수단이 필요한 시점임

■ 국가 에너지 저탄소화를 실현하는 수단으로서 수소의 잠재력에 주목

- ❖ 화석연료 대체 및 재생에너지 보급의 안정성을 동시에 보완할 수 있는 차세대 에너지원으로서 수소가 급부상
 - 기존 자연에너지를 활용한 태양광 및 풍력 등의 재생에너지는 출력의 변동성과 보급의 불안정성을 가지고 있으며, 저장 및 운송에 필요한 비용 및 규모화 등의 문제들이 상존
 - 수소는 재생에너지를 포함한 다양한 에너지원으로부터 영구적 생산이 가능하며, 에너지 안보, 녹색성장 및 지속가능성의 측면에서 기존 재생에너지의 단점을 보완할 수 있는 차세대 에너지원임

〈그림 1〉 수소경제의 국가적 중요성



출처: Hydrogen Council 2017을 바탕으로 재구성

2) 국내 수소경제사회 준비를 위한 비교분석 및 정책 시사점 제공

■ 수소경제사회 준비를 위한 비교 분석 및 향후 정책적 대응 방향 제시 필요

- ❖ 한국의 경우 미국, 일본 및 유럽에 비해 수소경제사회 준비시기가 다소 늦은 편이나, 최근 수소경제사회 실현을 위한 로드맵 수립 작업을 추진 중
 - 최근 정부에서는 'Innovative Platform 혁신성장 전략투자 방향(안)'에서 플랫폼 경제 구현을 위한 3대 전략투자 부문 중 하나로 '수소경제'를 선정 ('18.08)
 - 수소경제 전환을 위한 '수소경제 활성화 로드맵' 수립 및 발표 ('19.01)
- ❖ 주요 선진국인 미국을 중심으로 수소경제사회를 준비하기 위한 정책 거버넌스를 파악하고 국내 수소 정책 거버넌스 확립을 위한 시사점 제공이 필요한 시점임
 - 미국은 수소 R&D 최고기술수준을 보유한 국가로서 높은 기술력을 보유
 - 또한 미국은 오래 전부터 에너지 전환을 위한 수소·연료전지 R&D 투자 및 관련 정책들을 주도해 왔으며, 정권 변화에 따른 정부 시책상의 변동성이 존재하여 상기 거버넌스 체계를 분석할 필요가 있음

2. 분석 방법 및 범위

■ 미국의 수소·연료전지 주요 정책 및 프로그램을 대상으로 문헌 조사에 기반하여 분석

- ❖ 수소·연료전지 정책 거버넌스에 관한 분석을 통해 수소사회경제를 준비하기 위한 미국 정부의 정책 프레임워크 소개
- ❖ 미국의 수소·연료전지 산업 진흥을 위한 국가 전략 및 주요 연구개발 프로그램을 분석하여 향후 국내 수소 R&D 투자 방향에 관한 시사점 제시
- ❖ 미국 수소·연료전지 관련 법제도 및 역량강화 측면에서의 정책 이슈를 분석하고 향후 국내 수소사회경제 실현을 위한 개선사항 및 정책적 제언 도출



II 미국의 수소경제사회 추진 현황 분석

1. 정책 추진 배경

■ (개발 연혁) 미국은 1970년대 오일파동을 계기로 에너지 안보를 위해 수소에너지 개발에 착수하였으며, 1990년에 미국 에너지부(DOE)가 주무부처로 지정되면서 정부주도의 연구개발 본격화

❖ 1970년대 오일파동을 겪으면서 미국은 에너지가 국가 안보와 직결되는 사안임을 직시하고 에너지 안보 차원에서 수소에너지 개발에 착수

- 1970년에 내연기관을 대체할 수 있는 기술 연구를 위해 Advanced Automotive Propulsion System Program (AAPSP) 런칭

- 1976년 수소 프로그램(Hydrogen Program)이 승인되어 미국과학재단(National Science Foundation)의 주관 하에 추진

- 1977년 에너지부 (DOE)를 신설하여 AAPSP를 이관하고 1990년에는 수소 프로그램도 에너지부에 이관

■ 미국은 수소에너지 관련 연구개발을 법령으로 제정하여 에너지부에게 연구개발을 시행할 법적 의무 부여하고 수소·연료전지 연구개발이 활성화될 수 있는 환경 조성

❖ 1992년 제정된 에너지정책법 (Energy Policy Act of 1992)을 필두로 일련의 법령들이 에너지부 장관이 수소·연료전지와 관련된 연구개발을 실시할 것을 규정

- 1992 에너지정책법은 에너지부 장관에게 연료전지와 관련된 연구개발 및 실증(RD&D)을 실시할 의무 부여

- 2001 국가에너지정책 (National Energy Policy)은 에너지부 장관에게 수소에너지를 포함하는 차세대 기술을 개발할 의무 부여

- 2005 에너지정책법은 에너지부 장관에게 다른 연방기구와 협력하여 수소·연료전지 연구개발 프로그램을 실시할 것을 규정

❖ 법령을 통해 수소·연료전지 개발을 촉진할 수 있는 환경 조성

- 1996 수소미래법 (Hydrogen Future Act)을 통해 수소 기금 조성 규모와 수소 생산 관련 지침 세분화

〈표 1〉 수소·연료전지 관련 주요 정책¹⁾

연도	정책	내용
1976	Electric and Hybrid Vehicle Research, Development, and Demonstration Act of 1976	- 하이브리드 차량 기술개발 및 수소 프로그램 승인
1990	Spark M. Matsunaga Hydrogen Research, Development and Demonstration Act of 1990	- 수소 R&D 5개년 계획 수립 - 수소기술자문패널 (Hydrogen Technical Advisory Panel, HTAP) 설치
1992	Energy Policy Act (EPA) of 1992	- 에너지부가 연료전지와 연료전지 수송수단에 대한 포괄적인 RD&D 프로그램을 실시할 것을 규정
1996	Hydrogen Future Act of 1996	- 펀딩 레벨 등 수소 프로그램 관련 세부 내용 구체화
2001	National Energy Policy	- 에너지부가 수소에너지를 포함하는 차세대 에너지를 개발할 것을 규정
2005	Energy Policy Act (EPA) of 2005	- 에너지부가, 다른 부처와 민간부문과 함께, 수소의 생산, 정제, 분배, 저장에 관련한 연구개발과 수소에너지와 연료전지의 사용, 관련 인프라 구축에 관한 연구개발을 실시할 것을 규정
2007	Energy Independence and Security Act(EISA) of 2007	- 미국 정부가 에너지 해외의존을 줄여 에너지 안보를 강화하고, 재생가능한 청정에너지의 생산을 증가시키고, 운송수단의 효율성을 높이는 방향으로 나아갈 것을 규정

■ 집권정당 교체에 따른 수소·연료전지 관련 예산의 부침은 다소 존재하나, 일정수준 이상의 예산이 안정적으로 배분하는 경향

❖ 부시(G.W. Bush)정부는 수소·연료전지를 국가적 전략 개발목표로 설정하고 집권 2년차부터 관련 예산을 대폭 증가시킴

- 수소·연료전지 관련 예산은 부시정권 2기가 시작하는 2005년에 전년 대비 40%를 상회하였으며, 이와 같은 대규모 예산 투입은 오바마 정부 초기인 2010년까지 지속됨

❖ 오바마 정부는 신재생에너지 중에서 태양광과 풍력에 예산을 집중시켰고 수소·연료전지 관련 예산은 직전 대비 대폭 삭감되었으나 예산이 급격히 증가되었던 2005년 이전 수준과 비교해서는 감소폭이 크지 않음

- 에너지부의 수소·연료전지 관련 예산은 오바마 정부 1기 후반인 2011년부터 큰 폭으로 삭감
- 이는 오바마 정부에서 신재생에너지 투자의 초점이 태양광과 풍력으로 옮겨간 것에 기인하는 것으로 보이며 실제로 2009년 1조 7천만 달러 수준이었던 태양광 관련 예산이 2011년에 3조를 초과했다는 사실에서도 유추 가능²⁾
- 하지만 부시 정권에서 관련 예산이 급격히 증가되기 이전인 2004년 수준과 비교했을 때 그 감소폭은 크지 않으며 통상적인 수준에서 안정적으로 예산이 투입되는 수준임

1) <https://www.hydrogen.energy.gov/background.html>

2) <https://www.energy.gov/sites/prod/files/2016/09/f33/2011%20Budget%20in%20Brief.pdf>



❖ 트럼프(D.J. Trump) 정부 수립 이후 수소·연료전지 R&D 예산은 「미국 최우선 에너지 정책」 기조로 인해 감소하는 추세이며, 천연가스 R&D 투자 증가에 따른 가스 개질 수소생산 R&D는 일정수준으로 유지될 것으로 전망

- 트럼프 정부는 이전 오바마 정부의 ‘청정전력계획’ 이행을 철회함으로써 석탄 R&D를 기존 수준으로 유지하고 재생에너지 R&D 예산을 2017년 47.7억 달러에서 22.1억 달러로³⁾ 대폭 삭감
- 재생에너지 R&D 예산 삭감로 인해 수소·연료전지 R&D 예산도 감소되는 추세이나 천연가스 R&D 적극 투자에 따른 가스 개질 수소생산 R&D 투자의 부수적인 효과는 유지될 것으로 전망

〈표 2〉 미국 에너지부 수소·연료전지 관련 예산⁴⁾

Department/ Office	Energy/ Energy Efficiency and Renewable Energy	Energy/ Fossil Energy (Coal) ^a	Energy/ Nuclear Energy	Energy/ Science	Total
FY04	144,881	4,879	6,201	0.0 ^b	155,961
FY05	166,722	16,518	8,682	29,183	221,155
FY06	153,451	21,036	24,057	32,500	231,044
FY07	189,511	21,513	18,855	36,388	266,267
FY08	206,241	14,891	9,668	36,483	267,283
FY09	195,865	20,151	7,340	38,284	261,640
FY10	170,297	13,970	5,000	38,053	227,320
FY11	95,847	11,394	2,800	34,611	144,652
FY12	101,087	0	0	27,466	128,553
FY13	95,845	0	0	25,769	121,614
FY14	89,518	0	0	19,922	109,440
FY15	94,830	0	0	18,499	113,329
FY16	98,479	0	0	24,686	123,165
FY17	98,115	0	2,000	22,000	122,115

3) http://overseas.mofa.go.kr/us-houston-ko/brd/m_5630/list.do

4) <https://www.hydrogen.energy.gov/budget.html>

2. 정부 추진체계

■ 미국의 수소·연료전지 관련 정책의 주무부서는 에너지부이며 그 중에서도 에너지효율 및 재생에너지국 (Energy Efficiency and Renewable Energy, EERE)에서 핵심적인 역할을 담당

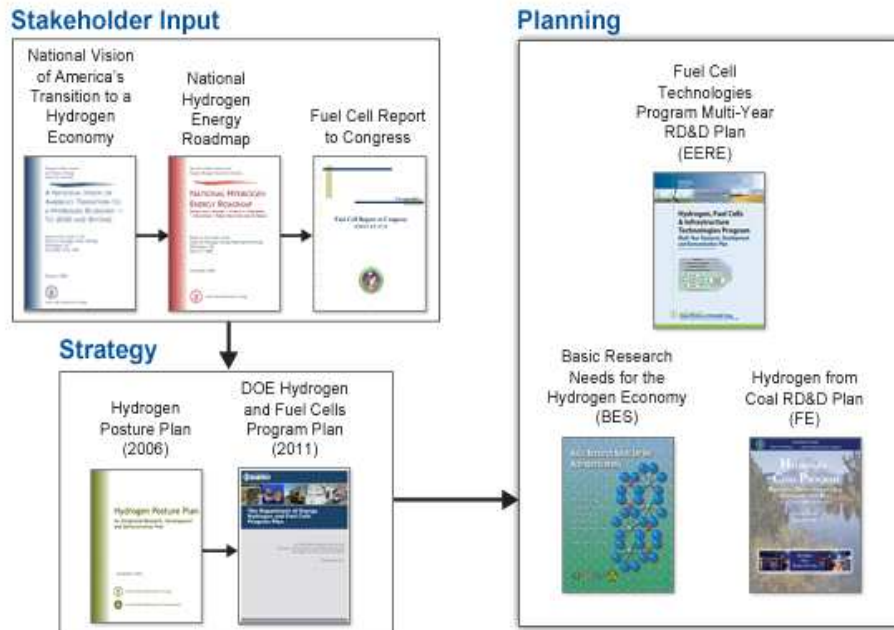
- ❖ 1976년 승인되어 미국과학재단(National Science Foundation)의 주관 하에 추진되던 수소 프로그램(Hydrogen Program)은 1990년에 에너지부에 이관되었고, 이후 미국의 수소·연료전지 관련 정책은 에너지부의 주관 하에 시행되고 있음
- ❖ DOE 내부적으로는 에너지효율 및 재생에너지국 (Office of Energy Efficiency and Renewable Energy)이 2011부터 시행된 수소와 연료전지 프로그램 (Hydrogen and Fuel Cells Program)에 따라 연방정부 부처간 협력, 연방정부와 민간의 협력 등에서의 중심점 역할을 하고 구체적인 정책의 시행을 주관함.

■ 2011년 발표된 수소와 연료전지 프로그램 (Hydrogen and Fuel Cells Program)의 틀 안에서 하위 기관들의 세부 전략을 수립·추진 중

- ❖ 전략문서를 도출하기 위한 사전 작업으로 정부, 학계, 민간기업 등 이해관계자들이 모여 워크숍을 진행하고 이를 통해 도출된 결과를 의회에 보고
 - 2001년, 2002년 이해관계자들과 함께 워크숍을 진행하여 국가비전과 로드맵을 각각 도출하고 이를 2003년 의회에 보고
- ❖ 수립된 이해관계자들의 의견을 반영하여 2006년 1차 전략 문서인 Hydrogen Posture Plan을 도출했고 이를 발전시켜 2011 기본 전략문서인 수소와 연료전지 프로그램 (Hydrogen and Fuel Cells Program) 도출.
- ❖ 수소와 연료전지 프로그램 (Hydrogen and Fuel Cells Program)이 국가전략의 방향성을 제시해주며 이에 따라 하위 부서들이 구체적인 계획을 수립
 - 에너지부의 하위 부서인 에너지효율 및 재생에너지국 (EERE), 기초 에너지 연구국 (BES), 화석에너지국 (FE)이 각자의 관련 계획을 수립

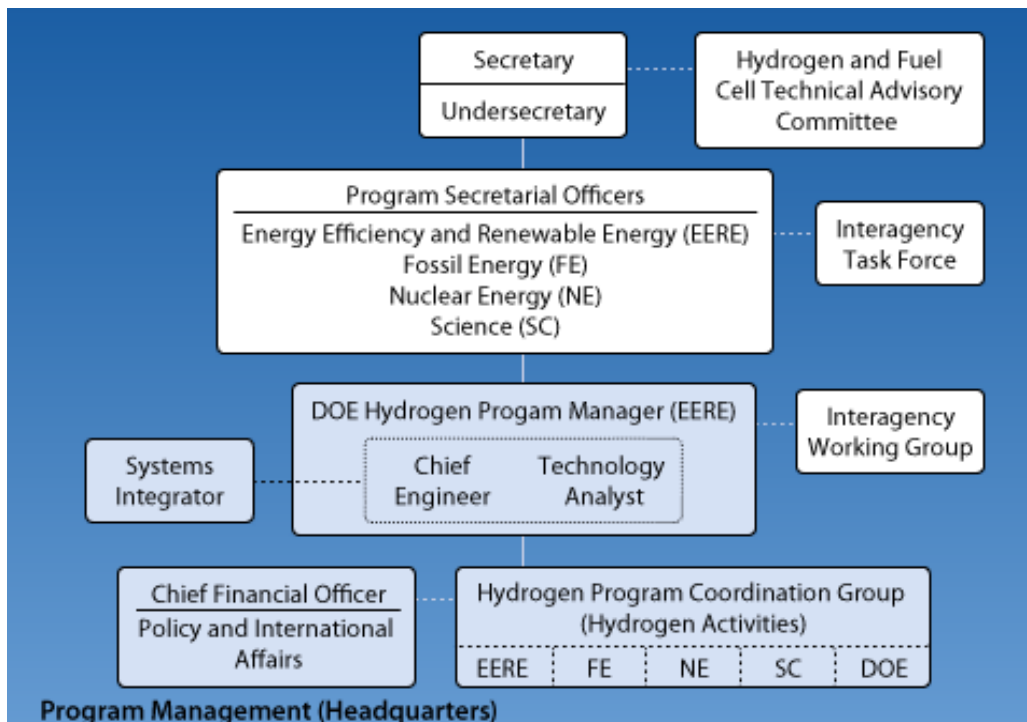


〈그림 2〉 전략문서 도출 과정⁵⁾



- 상기 프로그램에 근거하여 에너지부의 주도 하에 정부 부처 간 정기적인 협의를 진행하고 이를 통해 비효율적인 자원 낭비 방지 및 정책 효과성 제고를 도모

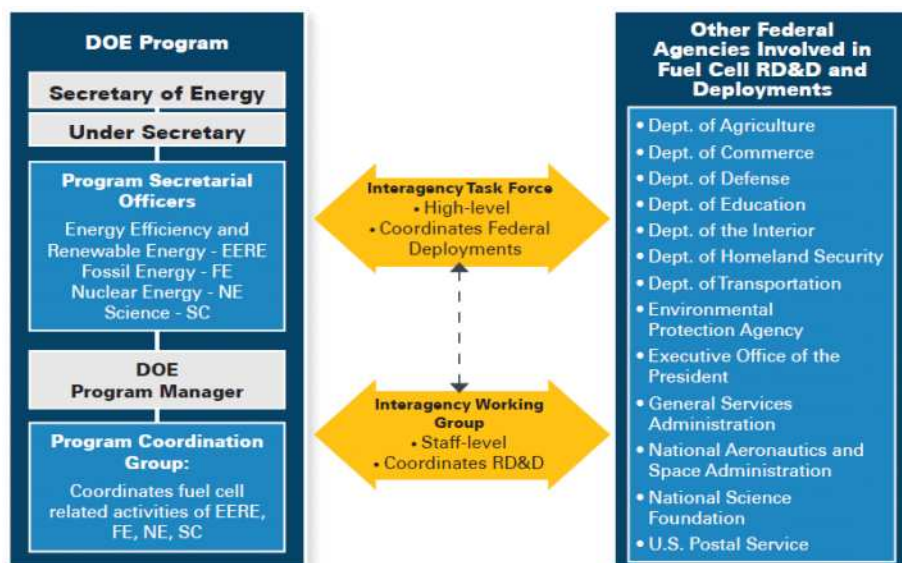
〈그림 3〉 미국 수소-연료전지 정부 프로그램 조직도⁶⁾



5) https://www.hydrogen.energy.gov/guiding_documents.html

- ❖ 법령으로 에너지부가 여타의 정부 부처와 협력할 것과 민간을 포함하는 자문위원회를 구성하여 수소·연료전지 관련 연구를 진행할 것을 의무사항으로 규정했고 2011년 전략문서가 이를 반영했다는 점이 주목할 필요성이 있음
 - EAct 2005, SEC. 805 - "conduct a research and development program—in consultation with other federal agencies and the private sector—on technologies related to the production, purification, distribution, storage, and use of hydrogen energy, fuel cells, and related infrastructure."
 - EAct 2005, SEC. 807 - "The Hydrogen Technical and Fuel Cell Advisory Committee is established to advise the Secretary on the programs and activities under this title"
- ❖ IWG (Interagency Working Group)는 실무자 수준의 부처간 협의체로서 수소·연료전지와 관련된 여러 정부 부처의 실무자들이 정기적으로 모여 정보를 교환하고 향후 방향에 대해 협의 진행
- ❖ ITF (Interagency Task-Force)는 의사결정권자 수준의 고위급 담당자 협의체로서 IWG에서 논의 된 사항에 대한 승인을 부여하는 역할을 하며, 또한 반대로 ITF에서 사안에 대해 논의하고 논의 된 사안을 IWG로 송부해 실무자 레벨에서 구체화하도록 하는 역할을 수행하기도 함
- ❖ 수소와 연료전지 기술 자문 위원회 (Hydrogen and Fuel Cell Technology Advisory Committee, HTAC)는 정부와 민간으로 구성되는 수소·연료전지 관련 기술을 자문하는 기구로서 에너지부 장관에게 직접 자문을 제공

〈그림 4〉 범부처 간 수소-연료전지 R&D 정책 협의 구조 7)

6) <https://www.hydrogen.energy.gov/organization.html>



(주 정부와의 협력) 에너지부는 개별 주정부 및 지방정부와 비공식적인 모임을 통해 정보를 교환하고 다양한 사안에 대해 논의를 진행함

- ❖ 주정부 및 지방정부와 함께 개최하는 비공식적인 모임의 일반적인 형태는 민간을 포함한 여러 이해관계자가 참석하는 워크숍이며 이를 통해 수소·연료전지에 대한 민간의 인식수준 제고, 네트워킹, 이해관계자의 의견수렴 등이 이루어짐

(민관 파트너십) 미국의 수소·연료전지 연구개발의 궁극적인 목표는 관련 시장 형성이고 이를 위해서는 민간의 역할이 필수적임을 인지하고 정책 추진 초기부터 민간을 포함한 로드맵 설정 워크숍을 실시했고 민간과의 파트너십을 적극 활용할 것을 전략문서에도 명시함

- ❖ 에너지부는 민관합동 협력체인 ‘캘리포니아 연료전지 파트너십 (California Fuel Cell Partnership)’, ‘U.S. DRIVE (Driving Research and Innovation for Vehicle efficiency and Energy sustainability)’를 통해 민간과 파트너십을 맺고 민간의 역량을 활용하여 수소·연료전지를 확산시키려는 노력 경주
 - 캘리포니아 연료전지 파트너십(California Fuel Cell Partnership)은 1999년 설립된 단체로 2018년 기준 도합 43개의 민간기업과 정부단체가 멤버로 속해있으며 캘리포니아의 연료전지 자동차 시장 형성을 목적으로 활동 중
 - U.S. DRIVE는 아직 경쟁력을 갖추지 못하였지만 잠재적 파급력이 큰 연료전지 기술에 대한 투자를 촉진하고 관련 인프라를 구축하는 것을 목적으로 하는 미국 정부, 자동차 기업, 전력회사로 구성된 단체

〈그림 5〉 민관 파트너십 참여 기업 및 단체 목록⁸⁾



- ❖ 에너지부는 토요타, 혼다, 현대자동차 등이 연료전지 자동차 상용화 계획을 발표함에 따라 이를 뒷받침할 수 있는 인프라 구축을 위해 2013년 H2USA를 출범시켜 미국 정부와 민간기업이 함께 인프라 구축을 포함한 수소차 상용화를 위한 노력을 경주

7) <https://hydrogen.gov/>

8) <https://cafcp.org/members>

- H2USA는 대표적인 민관협력 협의체로서 현재 30개가 넘는 단체들이 참여하고 있으며 독일, 일본, 영국 등의 유사한 단체들과 국제적으로 교류하며 협력할 수 있는 플랫폼을 제공

3. R&D 추진 현황

1) 정부 주도 R&D 추진 현황

- 에너지부는 초기 단계의 R&D를 중점적으로 진행할 것이며 후기 단계의 연구 개발이나 상업화 관련된 투자는 민간의 역할로 규정

* 2016년 6월에 진행되었던 Peer Evaluation Meeting에서 연료전지 기술국 (FCOT)의 국장인 Sunita Satyapal이 이야기 함

- 에너지부 내에서는 에너지효율 및 재생 에너지국, 화석 에너지국, 핵 에너지국, 기초과학국이 수소·연료전지 관련 연구개발에 직접적으로 참여⁹⁾¹⁰⁾

- ❖ (에너지효율 및 재생 에너지국) 수소와 연료전지 프로그램의 핵심을 담당하는 부서로서 수소의 생산, 운반, 저장을 포함한 거의 모든 분야의 연구를 진행 중
 - (수소 생산) 재생에너지로부터 수소를 생산할 때 저온과 고온에서 생산하는 기술, 광전기화학과 태양열화학 수전해 연구 등
 - (수소 운반 및 저장) 수소 충전소의 안정성 제고, 수소 압축 기술의 경제성 제고, 수소 저장비용 절감, 값비싼 파이프라인을 대체할 수 있는 물질 개발, 획기적인 수소 액화기술, 수소의 저장과 운반을 용이하게 하는 더 가볍고 내구성이 강한 물질 개발 등
- ❖ (화석 에너지국) 화석에너지국은 천연가스와 석탄으로부터 수소를 생산하는 기술과 수소 운반 및 저장 기술 연구
 - 천연가스로부터 수소를 생산하는 과정에서 발생하는 이산화탄소를 포집하고 유용할 수 있도록 중앙집중형과 분산형 수소 생산 기술과 탄소 분리 기술 연구
 - 석탄으로부터 수소를 생산할 때 탄소 배출을 제로로 만들고 수소와 함께 전기를 생산할 수 있는 기술 연구
- ❖ (핵 에너지국) 핵 에너지국은 핵 에너지를 이용하여 상업적 생산이 가능한 수준의 수소를 생산하는 실증연구를 진행
 - 열화학 수전해 사이클 기술 (Thermochemical water-splitting cycles (TC))
 - 고온 전기분해 기술 (High-temperature electrolysis (HTE))
 - 원자로/수소 생산 프로세스 인터페이스 (Reactor/Hydrogen Production Process Interface)

9) <https://www.hydrogen.energy.gov/offices.html>

10) https://www.hydrogen.energy.gov/program_areas.html



❖ (기초과학국) 기초과학국은 나노기술, 촉매제, 모델링, 시뮬레이션, 바이오기술 등을 수소와 연료전지 기술에 접목하고자 하는 시도를 진행

- 수소 분리와 정제를 위한 멤브레인과 이온 운반 기술
- 나노 크기의 촉매제 기술

■ (FCTO 컨소시엄) 에너지효율 및 재생에너지국 내에서 수소·연료전지와 관련한 업무를 담당하는 부서는 연료전지 기술국(FCTO)이며 FCTO의 지원 하에 컨소시엄을 구성하여 관련 연구가 진행 중

❖ FCTO는 Energy Materials Network¹¹⁾의 일환으로 컨소시엄을 통한 R&D 프로그램을 진행 중

- ElectroCat : PGM-free 촉매 개발
- HydroGEN : 재생에너지와 관련된 수전해 기술 향상
- HyMARC : 고체상태의 물질에 수소를 저장하여 차량용으로 사용할 수 있는 방법을 연구

■ (ARPA-E R&D 동향) ARPA-E는 2007년 ‘경쟁력 강화법(COMPETES Act)’을 근거로 설립 되었으며 잠재력이 높지만 시장에서 투자가 원활히 이루어지고 있지 않은 기술 개발을 지원하기 위해 DOE 내에 설립 된 조직이며 현재 진행되고 있는 수소·연료전지 관련 프로그램은 REBELS, REFUEL, IONICS가 있음¹²⁾

- ❖ REBELS (Reliable Electricity Based on Electrochemical Systems) 프로그램은 중간 온도(Intermediate temperature)에서 구동할 수 있는 연료전지를 개발하여 내구성을 향상시키고, 비용을 낮추어 저비용 고성능의 분산 발전을 가능하게 하는 것을 목표로 연구를 진행
- ❖ REFUEL (Renewable Energy to Fuels Through Utilization of Energy-Dense Liquids) 프로그램에서는 전기에너지를 에너지 밀도가 높은 CNLFs (Carbon-neutral liquid fuels)로 변환시키고 이를 다시 전기나 수소 수요에 대응할 수 있는 기술을 확장 가능한 형태로 개발하는 것을 목표로 연구를 진행
- ❖ IONICS (Integration and Optimization of Novel Ion-Conducting Solids) 프로젝트에서는 고체 이온 도체를 사용하여 분리기와 전극의 성능을 향상시켜 기존 배터리와 연료전지의 단점을 극복할 수 있도록 고성능의 Ion-conducting Solids를 개발하고 상용화시키는 연구를 진행

2) 민-관 협력 R&D 추진 현황

■ (H2@Scale) 에너지부는 H2@Scale 프로젝트를 위해 민간 컨소시엄을 구성하여 연구를 진행하고 CRADA CALL이라는 이름 하에 참여 기관을 선정한 후 연구자금을 지원

11) EERE는 R&D에 민간의 참여를 확대하고자 에너지 재료 네트워크(Energy Materials Networks)를 형성하여 DOE 산하 연구소, 대학, 비영리단체, 기업 등이 참여하는 컨소시엄을 발족시켰음

12) <https://arpa-e.energy.gov/?q=program-listing>

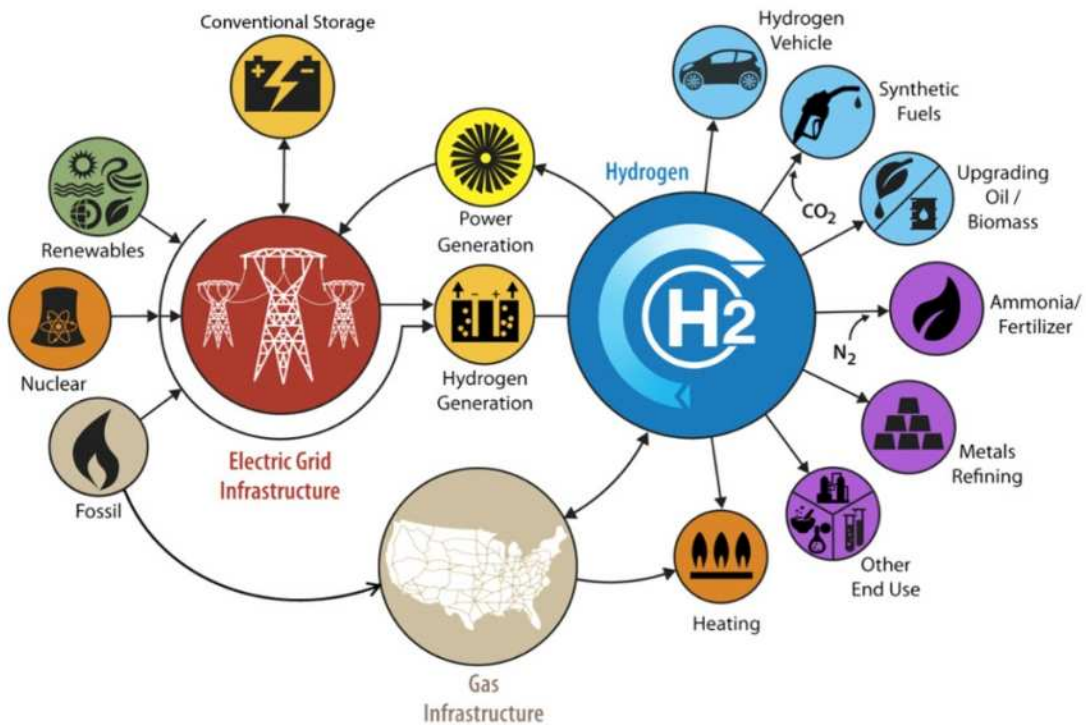
수소경제사회 실현을 위한 미국의 수소 정책 분석 및 시사점

❖ 당해 프로젝트는 에너지부와 에너지부 산하의 NREL (National Renewable Energy Lab)이 주관하며 2017년 CRADA CALL은 마감되었음

- 2017년 CRADA CALL의 토픽

1. 모델링과 분석
2. 수소물질 양립가능성 R&D
3. 그리드 시뮬레이션과 테스트
4. 물질과 구성요소 제작 R&D
5. 관련 제품 개발과 사용
6. R&D 연구에 정보를 줄 수 있는 위한 성능 증명과 실증
7. 저렴하게 수소를 생산하거나 부산물로부터 수소를 획득할 수 있는 혁신적인 방법

〈그림 6〉 H2@Scale 도식¹³⁾



13) <https://www.energy.gov/eere/fuelcells/h2scale>



■ (HTAC 리포트) 수소와 연료전지 기술 자문위원회(HTAC)의 2016년 보고서와 이에 대한 에너지부의 답변에서 에너지부는 향후 인프라 구축 및 제도 정비, 원천기술 개발, 연구소들과의 컨소시엄을 통한 R&D를 진행할 것으로 예상됨

❖ (리포트의 법적 지위) HTAC는 EPOA 2005를 통해 설립되었고, 에너지부 장관은 HTAC와 협의할 의무가 있음

- HTAC는 에너지부 장관에서 연간 보고서를 제출하며 의회에는 2년에 한 번씩 보고서를 제출
- 비록 연구에너지부 장관이 HTAC의 보고서를 수용할 법적 의무는 존재하지 않지만 공식적인 답변 문서를 제출하며 긴밀하게 협조

❖ (인프라 구축 및 제도 정비) 충전소에서 바로 수소를 생산해서 충전을 실시할 수 있는 기술 개발, 수소와 연료차에 대한 정보를 한 눈에 볼 수 있는 시스템 구축에 투자, 수소 세이프티 패널 (Hydrogen Safety Panel)의 역할 증대

- 에너지부는 H2 Refuel H-Prize¹⁴⁾를 통해 충전소에서 수소를 생산하고 생산된 수소를 바로 주입할 수 있는 기술에 백만 달러를 투자함
- 대체에너지 데이터 센터에 수소 충전소 정보를 포함한 수소·연료전지 자동차에 관한 내용을 업데이트 했고, 인프라 관련 데이터 시스템 구축 지속 예정
- HTAC는 보고서에서 안정성이 수소 관련 프로그램의 핵심임을 이야기하면서 수소 세이프티 패널의 역할을 증대시킬 것을 요청했고 에너지부 역시 답변에서 역할 확대의 필요성에 동의

❖ (원천기술 개발) 에너지부가 주관하는 수소와 연료전지 프로그램에서는 원천기술 관련 R&D에 집중하고 응용기술과 상업화 관련 기술은 민간섹터에 일임

- 소재 개발의 측면, 그 중에서도 백금을 사용하지 않는 촉매 (platinum-free catalysts)와 수소 저장용기와 관련된 소재 개발 지속할 예정

❖ (컨소시엄을 통한 R&D 유지) 연구소와의 컨소시엄을 통해 R&D 개발을 수행하는 현재의 기조는 계속 유지될 전망

- 현재 진행되고 있는 HydroGEN, FC-PAD, ElectroCAT, HyMARC¹⁵⁾와 같은 컨소시엄을 통한 R&D 방식 유지

14) H2 Refuel H-Prize는 2007년 에너지독립법에 의해 설립된 상으로서 수소 에너지 기술 혁신을 유도하기 위한 목적으로 제정되었으며 가장 최근에 발표된 시상은 2017년 1월 19일이었음.

15) <https://www.energy.gov/eere/fuelcells/fuel-cell-technologies-office-consortia>

III

국내 수소경제사회 준비 현황 분석

1. 국내 수소 정책 여건

■ 온실가스 감축 및 환경문제 해결을 위해 친환경 자동차 생산·보급이 지속적으로 진행 중이나 제품 보급 및 인프라 측면에서의 법령과 통합 정책이 부재

❖ 정부는 중장기적인 온실가스 감축과 미세먼지 문제 등의 환경문제 해결 차원에서 전기차 및 수소차 보급 정책을 시행하고 있으나 인프라 구축과 제반 법제도의 부조화로 인해 난항을 겪는 중

- 수소차의 경우 차량 이용자가 원하는 시점에서 바로 충전할 수 있는 근거리 충전시설이 충분히 갖추고 있지 않아 충전시설 이용에 많은 불편을 초래
- 수소 충전소 운영 및 유지보수에 있어 경제성을 담보하지 못하는 문제 발생
- 기존 법령에서는 수소를 신재생에너지원으로 규정하고 있으나, 관련 사업의 인허가 사항, 안전규제, 품질 기준 등을 포함하고 있지 않아 수소 산업 활성화에 저해요인으로 작용

2. 국내 수소 정책 추진 현황

■ 정부는 2015년 12월, ‘수소차 보급 및 시장 활성화 계획’을 통해 2030년 수소차 10% 시대를 개막하기 위한 전략 로드맵을 제시

❖ 2030년까지 전체 대비 수소차 10% 목표*를 달성하기 위한 수소·연료전지차 630대 보급 및 충전소 520개소 설치 추진

* 수소차 10% 달성 시 재정지원 없이 수소차 자생력 확보 가능

- 5대 중점 추진과제로 ①핵심기술 개발, ②충전소 확충, ③제도정비, ④민간보급 활성화, ⑤인센티브 항목 선정



〈표 3〉 국내 수소·연료전지차 및 충전소 중장기 보급 목표

보급목표	구 분	~'16	'17	'18	'19	'20	~'25	~'30	~'50
	수소차(천대)	0.2	0.5	2.5	5.1	9.0	100	630	7,000
	충전소(개소)	13	20	30	50	80	210	520 [310]	1,500 [980]

출처: 수소차 보급 및 시장 활성화 계획(2015, 관계부처 합동)

- ❖ 2017년 12월, 산업통상자원부는 ‘미래형 친환경 스마트카 육성’의 일환으로 수소차 기술개발로드맵을 수립

- 세계시장에서 국내 수소차 가격경쟁력 확보를 위한 내구성 향상, 가격 저감, 충전소 부품 국산화, 대량생산 기술 및 부품 공용화 등을 추진하는 안 제시

■ 문재인 정부에서는 혁신성장을 위한 플랫폼 경제 추진동력으로 ‘수소경제’를 3대 전략투자 분야로 설정하고, 중장기 비전 제시를 위한 ‘수소경제 활성화 로드맵’을 발표

- ❖ (혁신성장 3대 전략투자: 수소경제) 청정에너지 개발 및 보급 확대(ex. 재생에너지 3020 이행계획) 분위기와 맞물려 미래 친환경 에너지로서의 수소를 기반으로 에너지 전환을 가속화하고 수요기반 및 관련 인프라 확충을 통해 혁신성장을 견인하겠다는 취지

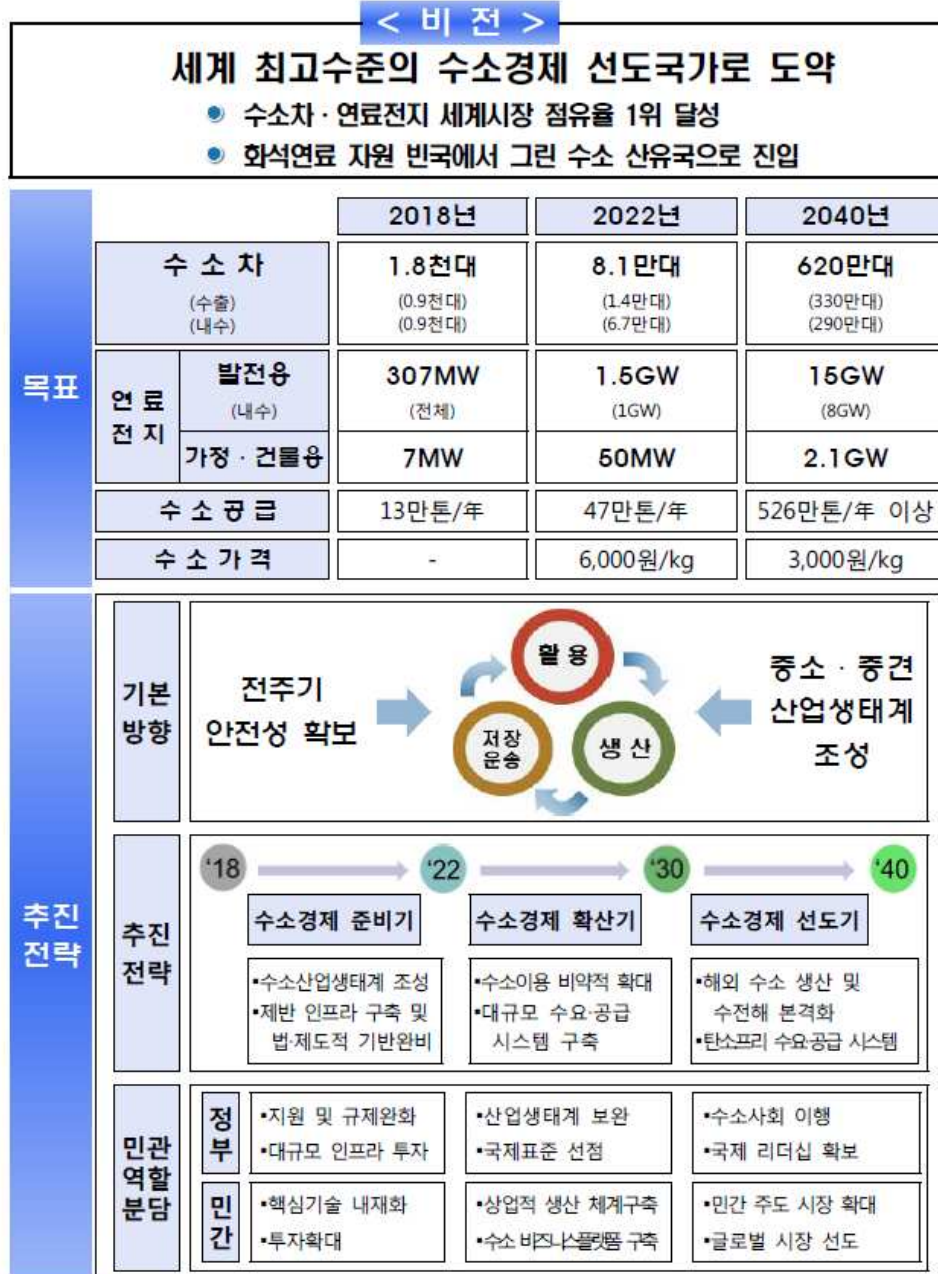
※ 중장기 추진과제로 ‘생산-저장운송-이용’ 밸류체인별 R&D 실증 및 생산거점을 구축하는 핵심 프로젝트 추진(안) 제시

- ❖ (수소경제 활성화 로드맵) 수소경제사회 실현을 위한 더욱 진보적이고 구체화된 국가비전, 목표 및 전략을 제시

- (비전) 세계 최고 수준의 수소경제 선도국가로 도약
- (목표) 2040년까지 수소차 620만대 보급, 연료전지 발전용(15GW)/가정건물용(2.1GW) 구축, 연간 526만톤의 수소 공급 및 kg당 3,000원 가격 달성
- (추진전략) 1단계(수소경제 준비기, '18~'22), 2단계(수소경제 확산기, '22~'30), 3단계(수소경제 선도기, '30~'40)에 따른 수소산업 생태계 조성 전략 제시
- (민관역할분담) 단순 정부주도에서 벗어나 민-관이 합동으로 주도하는 역할분담체계 구축

수소경제사회 실현을 위한 미국의 수소 정책 분석 및 시사점

〈그림 7〉 수소경제 활성화 로드맵 기본체계



출처: 수소경제 활성화 로드맵(2019, 관계부처 합동)

- (부문별 추진방안 제시) 강점이 있는 수소차 및 연료전지를 양대 축으로 국가가 수소경제를 선도한다는 목표 아래 부문별 (활용, 생산, 저장·운송, 안전, 산업생태계) 추진방안 제시
- ① 활용: 수소차 (택시, 버스, 트럭, 선박, 기차 등), 수소 충전소 및 연료전지 보급 가속화
 - ② 생산: 부생수소 기반 수소생산에서 수전해 수소 생산으로의 전환 및 확대
 - ③ 저장·운송: 수소 저장 형태의 다양화와 원활한 수소 유통을 위한 파이프라인 대규모 구축
 - ④ 안전: 수소에 관한 위험인식을 불식시키기 위한 대국민 홍보 및 안전관리 체계 확립
 - ⑤ 산업생태계: 기술개발, 인력양성, 인프라, 법제도, 국제협력 등을 통한 수소산업 생태계 조성



- 본 수소경제 활성화 로드맵은 수소의 밸류체인을 포함한 전 주기 R&D를 강화하고, 보급 및 이용과정에서의 국민의 안전인식을 제고하며, 산업활성화에 저해되는 법제도적 요인들을 해소하고 수출산업을 장려한다는 측면에서 기존에 비해 매우 구체적이고 실천적인 통합 정책으로 평가됨

〈표 4〉 수소경제 활성화를 위한 부문별 추진방안

구분	추진 목표	주요 부문	추진방안
활용	모빌리티, 에너지 등 수소 활용 가속화	모빌리티	<ul style="list-style-type: none"> 수소차 양산체계 구축 및 보급 확대 수소 택사버스 등 대중교통 전환 공공부문 수소 트럭 활용 수소충전소 전국 확대 및 자생력 확보 선박, 열차, 드론 등 기타 활용분야 확대
		에너지	<ul style="list-style-type: none"> 발전용 연료전지 보급 확산 및 수출산업화 가정·건물용 연료전지 확대 수소가스터빈 기술개발 및 상용화
생산	Grey 수소에서 Green 수소로 생산 패러다임 변환	Grey 수소	<ul style="list-style-type: none"> 부생수소 활용 및 대규모 추출수소 생산
		Green 수소	<ul style="list-style-type: none"> 수전해 대량 생산 및 경제성 확보 해외 CO2 free 수소 본격 도입
저장·운송	안정적이고 경제성있는 수소 유통 체계 확립	저장	<ul style="list-style-type: none"> 고압기체 외에 고효율 액체·액상·고체 저장으로 다양화
		운송	<ul style="list-style-type: none"> 파이프라인 전국망 구축, 수소운반선 등 대규모 유통 추진
안전	<ul style="list-style-type: none"> 수소안전에 대한 국민인식 제고 및 수소 전주기 안전관리 체계 확립 		
산업생태계		기술혁신	<ul style="list-style-type: none"> 범부처 기술로드맵 수립
		전문인력	<ul style="list-style-type: none"> 안전 및 핵심기술인력 양성
		표준화	<ul style="list-style-type: none"> 글로벌 수소 표준 선점
		기반조성	<ul style="list-style-type: none"> 수소경제 이행 기반 구축
		법적기반	<ul style="list-style-type: none"> 수소경제법·안전법 완비
		국제협력	<ul style="list-style-type: none"> 선도국가로 적극 참여주도
		수출산업	<ul style="list-style-type: none"> 대중소기업 동반진출
		생태계	<ul style="list-style-type: none"> 촉촉한 밸류체인 구축

출처: 수소경제 활성화 로드맵(2019, 관계부처 합동)

수소차 보급 및 관련 사업 육성을 위한 부처 간 협업 및 정책 거버넌스의 부재는 수소경제사회 실현의 주요 장애요인으로 작용

❖ 관련 부처 간 협업 및 거버넌스가 체계화되어 있지 않아 향후 수소 정책의 일관성 및 추진동력 측면에서의 시너지 효과 감소가 우려됨

- 미국의 수소 정책 거버넌스와 같은 범부처 고위급 담당자간 협의체 및 실무자 간 소통체계가 국내에서는 갖추고 있지 않은 실정
- 또한 수소 부문 기술개발 및 보급 사업 또한 구심점 없이 개별 부처 사업 단위로 시행되고 있어 정책의 일관성, 기술성과 반영도 및 성과확산 측면에서의 신속성이 결여될 우려가 있음

수소경제사회 실현을 위한 미국의 수소 정책 분석 및 시사점

❖ 민-관 협의체 운영을 통해 상기 거버넌스의 부재를 극복하기 위한 방안을 모색 중

- 산업통상자원부는 2017년 2월에 수소경제사회 실현을 위한 관련부처, 유관기관 및 기업 간 협의체인 H2KOREA(수소융합얼라이언스 추진단)을 발족
- 부처 중심의 사업 기획 및 정책 수립의 폐쇄적인 구조에서 벗어나 산학연 주체들의 의견을 수렴하고 정부의 신속한 정책 대응을 도모한다는 측면에서 정책 거버넌스의 부재를 극복할 수 있을 것으로 기대

3. R&D 추진 현황

■ 과학기술정보통신부 및 산업통상자원부를 중심으로 수소·연료전지 연구개발사업이 지속적으로 추진 중이나 최근 국가연구개발비는 감소하는 추세

- ❖ 과기정통부에서는 2000년 초부터 수소제조 및 저장 부문에서의 기초원천연구를 지원하고 있으며, 산업통상자원부에서는 1990년대 초부터 연료전지 및 수소차 실용화를 목표로 R&D 투자를 지원

〈표 5〉 국내 수소·연료전지 부문 주요 연구개발사업 내용

주관 정부부처	사업명	사업기간 및 예산	사업추진 내용
과기정통부	프론티어 수소에너지 사업 (수소에너지사업단)	(기간) 2003-2013 (예산) 총 999억원	<ul style="list-style-type: none"> • (수소제조) 열화학, 광화학, 생물학적 수소제조 성능향상 • (수소저장) 금속-수소화물 및 나노재료 등을 이용한 수소저장기술 개발 • (수소이용) 리니어동력/발전(5kW) 및 수소센서 고성능화
	자기냉각액화물질사업단	(기간) 2011-2016 (예산) 연간 40억원 내외	<ul style="list-style-type: none"> • (수소저장) 수소액화기술, 액화물질 저장용기, 액화용기 건정성 평가 및 안전, 수소저장용 수소차단층, 자기냉각재료 및 기술개발
	차세대 수소에너지 원천기술개발	(기간) 2015-2020 (예산) 총 140억원 내외	<ul style="list-style-type: none"> • (수소제조) 세계 최고 수준의 수소생산 원천기술 확보 • (수소저장) 차세대 고용량 수소저장 원천기술 확보
산업통상자원부	신재생에너지(대체에너지) 핵심기술개발사업	(기간) 1992-현재 (예산) 2013년 기준 936억원(누적액수)	<ul style="list-style-type: none"> • 수소제조, 저장 및 보급 적용 기술 개발 • 연료전지(PAFC, SOFC) 스택 개발 • 수소·연료전지차 기술 개발
	수소연료전지사업단	(기간) 2003-2008 (예산) 연간 70억원 내외	<ul style="list-style-type: none"> • 수소 인프라 및 휴대용, 가정용, 수송용, 발전용 연료전지 상용화를 위한 실용화 기술 개발

출처: 2016 신재생에너지 백서 (2016, 한국에너지공단) 등을 기반으로 하여 재정리

❖ 국가 R&D 투자 측면에서 2011년 이후 5년간 수소·연료전지 부문 R&D 투자액은 감소하는 추세에 있었으나, 최근 문재인 정부 주도 아래 ‘수소경제’ 실현을 위한 R&D 부문의 전폭적인 투자 기대

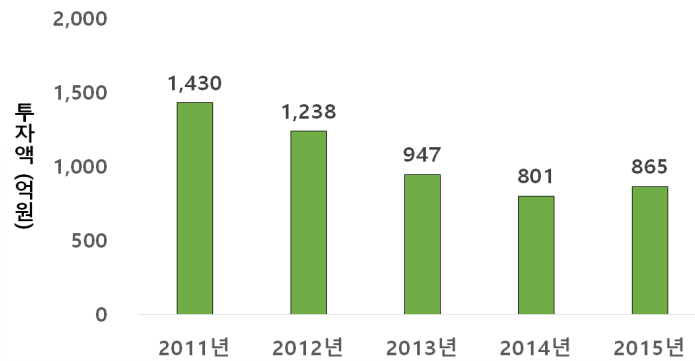
- 기술별로 보면, 수소 R&D의 경우 250~300억원의 투자 규모를 유지하고 있으나, 연료전지 R&D의 경우 투자액이 1,100억원(2011년)에서 500억원 중반(2015년)으로 감소하는 등 연료전지 부문에서의 공공재원 지출이 줄어드는 상황임



Ⅲ. 국내 수소경제사회 준비 현황 분석

※ 특히 대기업에 대한 정부 R&D 지원이 600억원 규모에서 200억원 규모로 감소하였으며, 이는 연료전지 부문 R&D 투자의 형태가 국가주도에서 민간주도로 변형되고 있음을 시사

〈그림 8〉 연도별 수소·연료전지 국가 R&D 투자 추이



출처: 녹색기술 국가연구개발 조사분석 보고서(2017, 녹색기술센터)를 바탕으로 구성

- 그러나 최근 정부는 ‘미래차 기술로드맵’ 수립을 통해 공급사슬 (supply chain) 단계별 기술개발 방향 목표를 설정하고 수소 및 연료전지 R&D 투자 확대를 위한 전기를 마련

〈표 6〉 미래차 기술로드맵 주요 내용

방 향	
	<ul style="list-style-type: none"> 공용화 가능한 부품과 수소차 전용부품에 대한 기술개발 방향 설정 수소차 보급에 필수적인 수소 및 수소충전소 가격저감 기술 개발 강화
한계돌파 기술	<ul style="list-style-type: none"> 現 내연기관 수준 엔진가격(수백만원), 내구성(승용차 30만km, 버스 50만km) 확보
모델 다양화	<ul style="list-style-type: none"> 수소차 강점(주행거리, 충전시간)을 이용한 해외시장(버스→상용차) 반영
수소	<ul style="list-style-type: none"> 내연기관차 대비 저렴한 가격 형성 가능한 기술 개발
수소충전소	<ul style="list-style-type: none"> 부품국산화(40%→80%)와 구축비 저감, 신뢰성 확보 가능한 기술개발

출처: 미래차 기술로드맵(2017, 산업통상자원부)

- 수소경제사회 실현을 위한 ‘Innovative Platform 혁신성장 전략 투자 방향’과 중장기 전략인 ‘수소경제 활성화 로드맵’을 통해 침체되어 있던 수소 및 연료전지 R&D가 탄력을 받을 예정

※ ‘혁신성장 전략 투자 방향’에서 2019년 수소 밸류체인별 R&D 실증 예산 1,000억원을 확보하는 목표 제시

※ ‘수소경제 활성화 로드맵’을 통해 수소 모빌리티(수소차), 에너지(연료전지), 수전해 수소생산 R&D 및 실증 부문의 재정지원 및 인프라 구축을 명시

VI

결론 및 시사점

■ (정책) 수소 충전 인프라 비활성 문제해결 및 수소차 보급 목표 달성을 위한 제도 및 법령 정비가 선제적으로 필요

❖ 수소경제사회 실현을 위한 국가 전략 및 관련 정책 수립 이전에 법령 정비를 통한 법적 근거 마련 필요

- 미국은 수소관련 연구개발 및 실증 단계에 필요한 법령을 먼저 제정하여 정책 지원 환경을 조성하고 법령을 바탕으로 수소 R&D 육성 및 보급을 위한 정책을 순차적으로 실시

※ 우리나라의 경우 관련 법령 부재 및 규제로 인하여 연구개발 및 실증단계에서의 검증 및 인증의 어려움 발생

※ 이는 기술의 신뢰성 확보 측면에서 큰 결점이며, 수소경제 활성화에 커다란 장애요인으로 작용

- 따라서 국내 수소경제사회 실현을 위해 수소 및 수소차 보급 활성화 측면에서 발생하는 법적 장애요인들을 분석하고 이를 선제적으로 완화할 수 있는 법령 정비가 필요

※ 지역 전략 산업과 연계하여 규제 프리존 (free-zone) 또는 샌드박스 (sandbox)와 같은 규제완화 실증 사업 기획 및 시행

※ 수소충전소 설치 요건의 완화 및 가스 공급 저장에 관한 안정성 확인 및 규제 해소 필요

※ 수소제조, 저장, 이용에 따른 별도의 인증기관 설립 및 운영 필요

- 향후 ‘수소경제 활성화 로드맵’ 이행을 통해 법제도적 기반 마련에 관한 기대감이 증폭

※ '19년 중에 ‘수소경제법(가칭)’을 제정하여 수소전문기업 세제지원, 충전소 설치 규제 완화 및 안전관리 규정이 개정될 것으로 예상

■ (이행체계) 중장기적인 차원에서 범부처 간 상시 협의체를 마련하고 수소 정책 이행 및 관련 행정 업무의 효율성을 제고하기 위한 중앙정부-지방정부 간 소통채널 확보 필요

❖ 미국의 경우 에너지부의 주도 하에 정부 부처 간 정기적인 협의를 진행하고 이를 통해 비효율적인 자원 낭비 방지 및 정책 효과성 제고를 도모

- IWG (Interagency Working Group) 및 ITF (Interagency Task-Force) 와 같은 고위급, 실무자급 협의체를 구축하고 상시 소통을 통한 수소 정책 프레임워크 강화

❖ 중앙부처의 경우 주요 관할 부처를 중심으로 수소사회실현을 위한 R&D 및 보급 지원 전담 팀을 구성하고 실무자 간 상시 협의체 구성 필요

- 실증단계에서의 수소 제조, 저장 및 연료전지 부문 연구개발투자를 지원할 수 있는 ‘수소·연료전지 R&D 팀’을 신설하며, 수소 충전소 구축, 수소·연료전지차 보급 및 재생에너지 계통 연계 등의 산업연계 R&D 지원을 담당하는 ‘수소산업팀’ 신설 제안



- 관련 부처 간 상호협력 및 정책합의 도출을 위한 실무자급 범부처 간 (과학기술정보통신부, 산업통상자원부, 환경부) 상시적 회의 마련 필요

❖ 지방정부의 경우 국가연구개발 전략 및 이행방안을 효과적으로 수행하기 위해 주요 지자체별 에너지산업조직 내 수소경제팀을 구성

- 미국 중앙정부(에너지부)는 지방 주 정부와의 비정기적인 워크숍 개최를 통해 이해관계자들의 의견을 수렴
- 충남의 경우, 수소경제 전담 팀을 조직화하여 수소에너지 보급 및 관련 산업 육성을 위한 정책을 체계적으로 마련 중이며, 국제포럼 개최를 통해 다양한 이해관계자들로부터 의견 수렴 창구 역할을 수행
- 향후 타 지자체에서도 충남의 사례를 토대로 수소경제팀을 신설하고, 중앙정부와의 효과적인 연계를 통해 수소사회 구축을 위한 국가적 전략 실행의 극대화 필요

■ (R&D) 수소 생산, 저장, 이송, 보급의 전 단계에 걸친 통합 R&D 프로그램 구성 및 원천기술개발을 위한 과감한 투자 필요

❖ 수소 부문 공급사슬(supply chain) 단계별 중장기 R&D 전략안 도출 및 세부 프로그램 구성을 통한 기술-시장 연계 초석 마련

- 미국 에너지부에서는 ‘수소·연료전지 프로그램 (Hydrogen and Fuel Cells Program)’ 수립을 통해 공급사슬 단계별 R&D 영역을 구성하고 세부분야에 대한 R&D 프로그램을 제시
- ‘수소산업 활성화 로드맵’에서 제시한 R&D 추진 방향은 상기 미국의 세부 R&D 추진방향과 유사성을 가지며 향후 미국의 R&D 추진 전략의 흐름을 지속적으로 모니터링하고 국내 실정에 맞게 벤치마킹할 필요 있음

❖ 수소사회 실현을 위한 중장기적인 관점에서 세부분야의 중복성에 대한 과감한 R&D 투자 지원 및 원천기술 확보가 필요

- 미국 ARPA-E 주관 REBELS 및 REFUEL 프로그램의 경우 중온형 연료전지 개발과 전기화학적 저장 기술 각각에 대해 동일한 기술개발을 목표로 다양한 연구과제가 동시에 추진 중
- 국내의 경우 시스템 제작 기술 부문에 치중되어 있으며, 중복성 투자를 회피하는 경향이 있어 원천기술의 확보가 필요한 세부분야에 한해 중복투자 및 장기적 연구 기간 허용 필요

참고문헌

1. 문헌자료

관계부처 합동(2015), 수소차 보급 및 시장 활성화 계획
 관계부처 합동(2018), Innovative Platform 혁신성장 전략투자 방향
 관계부처 합동(2019), 수소경제 활성화 로드맵
 녹색기술센터(2017), 녹색기술 국가연구개발사업 조사분석 보고서
 산업통상자원부(2017), 미래차 기술로드맵
 한국에너지공단(2016), 2016 산·재생에너지 백서

2. 홈페이지

<https://arpa-e.energy.gov/> (ARPA-E, 미국 에너지 첨단연구프로젝트 사무국)
<https://cafcp.org> (캘리포니아 연료전지 파트너십)
<https://www.energy.gov/> (미국 에너지부)
<https://www.energy.gov/eere/fuelcells/h2scale> (H2@scale)
<http://www.h2korea.or.kr/> (H2KOREA, 수소융합얼라이언스추진단)
<http://hydrogencouncil.com/> (수소위원회)
<https://www.hydrogen.energy.gov> (미국 수소 및 연료전지 프로그램)

저자소개

오상진

녹색기술센터 정책연구부 연구원

이메일 : rurouni628@gtck.re.kr

이성규

KDI 국제정책대학원

이메일 : tjdrb8305@naver.com

발행일 2018년 12월

발행인 오인환

발행처 녹색기술센터(GTC) 서울시 중구 퇴계로 173
(충무로 3가) 남산스퀘어 17층

인쇄처 알래스카인디고(02-2277-5553)

