

한국과 UAE의 수소 충전소와 수소 버스 협력 전략

권영인^{1,†} · 김설주² · 백영순³ · 정병도¹

¹한국교통연구원 글로벌교통협력센터, ²대한교통학회 교통연구소, ³수원대학교 건설환경에너지공학부

Strategies of the Korea-UAE Cooperation for Hydrogen Station and Hydrogen Bus

YOUNG-IN KWON^{1,†}, SEOLJOO KIM², YOUNGSUN BAEK³, BYUNGDO JUNG¹

¹Center for Global Transport Cooperation, Korea Transport Institute, 370 Sicheong-daero, Sejong 30147, Korea

²Transport Research Center, Korean Society of Transportation, 22 Teheran-ro 7-gil, Gangnam-gu, Seoul 06130, Korea

³Division of Construction Environment Energy, The University of Suwon, 17 Wauan-gil, Bongdam-eup, Hwaseong 18323, Korea

[†]Corresponding author:
ykwon@koti.re.kr

Received 6 December, 2021
Revised 15 December, 2021
Accepted 16 December, 2021

Abstract >> UAE is first country in Middle East to approve UN Paris Climate Agreement. Ministry of Climate Change and Environment of UAE announced National Climate Change Plan for carbon reduction to replace 24% by clean energy. Dubai open its first hydrogen station in UAE and Middle East in 2017, and Abu Dhabi planed to open second hydrogen station in 2019 but not realized. Korean government announced hydrogen economy roadmap in 2019 and various hydrogen cooperation are realized between UAE, Korea, Germany, USA, and Japan. MOU between Ministry of State of UAE and Ministry of Land, Infrastructure and Transport of Korea in 2019 for the cooperation of hydrogen city. This study propose strategies for the 'Hydrogen Based Public Transport in UAE' by the support of Korea government considering various stakeholder.

Key words : Hydrogen station(수소 충전소), Hydrogen bus(수소 버스), Cooperation(협력), Strategies(전략), UAE(아랍에미리트)

1. 서론

UAE는 2016년 9월 중동국가 중에서 처음으로 UN의 파리기후협약을 승인한 국가이며, 기후변화환경부(Ministry of Climate Change and Environment)는 국가기후변화플랜(national climate change plan)을 수립하여 UAE의 기후변화대응 실행 계획을 제시

했다. 이 계획에서 UAE는 재생에너지 및 원자력 에너지, 에너지 및 수자원 효율성, 탄소 감축에 대한 선제적 정책을 통해 2021년까지 청정에너지로 24%를 대체하는 목표를 설정하였으며, 또한 엄격한 친환경 건축과 경전철 및 지하철 등 에너지 절약 인프라를 구축하는 것을 계획했다¹⁾.

2017년에 수립된 'UAE 에너지 전략 2050'에서는

UAE의 재생에너지와 지속 가능 이니셔티브 정책을 위하여 1,600억 USD를 지원하는 전략을 발표했다. UAE 에너지 전략 2050의 목표는 2050년에 에너지 소비량의 44%는 재생·청정에너지를 사용하고, 천연 가스 38%, 청정석탄 12%, 핵발전 6%를 사용하며 탄소 배출 70%를 감축하는 것이다(Fig. 1).

교통부문은 화석연료에 의존하여 전 세계의 이산화탄소 배출량의 20%를 차지하고 있으며, 교통부문의 탈탄소화는 반드시 필요하며 수소 차는 글로벌 경제 속에서 이용활성화가 진행, 확대되고 있다.

UAE는 에너지를 다양화하고 에너지 안전을 확보하기 위하여 민간 재생에너지 기술개발을 장려, 인센티브를 주고 있다. 수소는 에너지 전환의 핵심이고 재생에너지의 저장과 간헐적 공급도 가능하다. 또한 수소는 수요가 적은 시간대의 잉여 전기를 장시간 저장할 수 있어 에너지 전환에 필수적이다.

이 전략에 따라 교통부문에서도 많은 변화가 예상되며, 항만의 수소 터미널, 새로운 파이프라인과 같은 새로운 인프라가 필요하다. 또한 UAE의 아부다비, 두바이 등은 인구 밀도가 높고 차량 보유대수가 많기 때문에 수소 충전소를 설치할 경우 어느 정도 타당성이 있을 것이다.

수소 충전소는 수소 연료가 가벼울 뿐 아니라 충전소에서 충전 시 휘발유보다 복잡한 과정이 필요하기 때문에 여러 단계를 거쳐야 하는 불편함이 있다.

2. UAE 수소 충전소·수소 버스의 사회적 니즈

2.1 아부다비

아부다비는 UAE의 「국가기후변화계획」에 맞추어 2018년 12월 UAE의 두 번째 수소 충전소를 계획하였으며, 2019년 아부다비의 마스다르에 수소 충전소 설치를 추진하였다. 첫 번째 수소 충전소는 두바이 페스티벌 시티에 Al Futtaim Motors (Dubai, UAE)가 설치한 수소 충전소였다.

2021년 1월 Masdar Clean Energy (Mubadala

Company, Abu Dhabi, UAE)가 아부다비의 버스와 승용차에 사용할 수소의 생산을 위하여 Solar Photovoltaic (PV)을 사용하였다. 재생에너지 회사인 마스다르는 아부다비의 에너지부 등 5개 기관과 UAE 수소 인프라를 위한 청정 수소연료 솔루션을 개발하는 것에 합의하였으며, 현재 마스다르는 4개의 다른 에너지 회사와 협력하여 아부다비의 Al Dhafra 지역에 2 GW 규모의 태양광 발전을 개발하고 있고, 아부다비에 그린수소를 시범적으로 생산하기 위한 플랜트를 건설하여 교통, 물류운송 및 항공산업으로 확대할 예정이며, 마스다르는 Siemens (Munich, Germany), Marubeni (Tokyo, Japan)와 공동으로 이 사업을 위한 인프라 개발에 착수하였다.

2021년 3월, 아부다비의 Mubadala(국유지주회사 국부펀드, UAE)는 Snam(이탈리아 에너지 인프라 회사, San Donato Milanese, Italy)과 MOU (memorandum of understanding)를 체결하여 수소중심 프로젝트를 모색하고 UAE의 수소개발을 촉진하는 기술 및 경제적 타당성 연구를 수행할 계획을 밝혔다.

2.2 두바이

두바이에는 UAE와 중동 최초로 수소 충전소가 설치되었으며, UAE 내 수소모빌리티 도입 가능성을 검토하기 위하여 민간기업이 시범·실증사업으로 추진하였다. 사업주체는 ALEMIR, Air Liquide (Paris, France) 현지법인으로 건설비는 1.5백만 USD, 건설에 8개월이 소요되었으며 2017년 10월에 사용되게

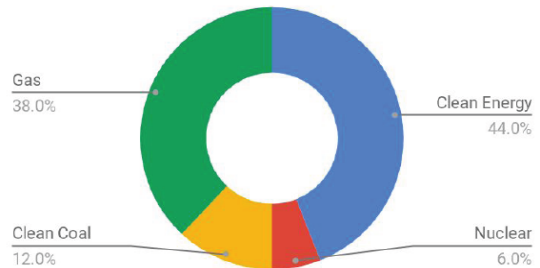


Fig. 1. UAE energy consumption plan in 2050¹⁾

되었고 충전 소요시간은 5분, 용량은 700 Bar, 1일 40 kg 규모였다(Fig. 2)²⁾.

또한 도로교통청(Roads and Transport Authority, RTA)은 2017년 12월 수소 택시를 시범운영한다고 언론에 보도하였다.

2.3 현지 이해 관련기관 정책동향

Air Liquide, 칼리파대학교, Al Futtaim, 토요타가 공동으로 아부다비의 중장기 수소모빌리티 프로젝트를 수행하였으며, 이 프로젝트는 수소를 에너지로 전환하고, 이 수소 연료 전기차(fuel cell electric vehicles, FCEV)는 배출가스가 없어 교통부문의 탈탄소화 달성에 기여할 수 있다. 이 수소 차는 혼다, 현대, 도요타, 메르세데스, 비야디가 개발하고 있으며 현재 상용화된 차는 도요타의 미라이, 혼다의 클라리티, 현대의 넥소 수소 차이다.

Al Futtaim Motors는 3대의 도요타 미라이로 시범 운영하였으며, 2017년에는 전 세계에 375개소의 수소 충전소가 설치되었고 2030년까지 5,300개를 설치한다고 발표하였다. Air Liquide는 두바이에 1개소, 전 세계에 100개소 이상의 수소 충전소를 설치하였다. 2017년 Al Futtaim Motors와 협력하여 착수한 수소 충전소는 UAE에서 모빌리티 로드맵을 개발하기 위한 출발점이며, 두바이에 설치한 충전소는 Al Futtaim이 시범적으로 수입한 3대의 도요타 Mirai에 연료를 공급하고 있으며 용량은 1일 40 kg에 불과하였다.

3. UAE 대중교통 주요 현황

3.1 아부다비 대중교통 현황

아부다비의 교통을 담당하는 부서는 department of municipalities and transport 산하의 조직으로 The Integrated Transport Centre (ITC)가 있는데, ITC는 2006년 아부다비법 19호인 택시 규제법을 2016년에 수정하여 만든 조직으로, 아부다비의 대중교통 운영,

주차, 교통상황 모니터링 센터, 과적단속, 물류 수송, 도로 등을 담당하고 있다.

교통부와 ITC는 Abu Dhabi transport mobility management (TMM) strategy를 수립하여 교통수요 감축과 1인 승차 차량을 억제하여 환경영향을 감소시키고자 하는 전략으로 카셰어링, park and ride, E-scooter, 직원통근버스 서비스, 도보 및 자전거 활성화 전략을 구현하고 있다.

아부다비의 대중교통은 버스, 페리, 택시가 있는데, 버스는 60-70개 노선이 운행되고 있고 버스요금은 스마트 교통카드로 지불하여야 하며 이 카드는 ITC나 DARB 웹사이트에서 충전하여 사용할 수 있다. 이 카드를 이용하여 버스 안에서 온라인으로 벌금 등의 지불도 가능한데, 버스 이용 활성화를 위하여 아부다비와 교외 지역으로 통행 시 무제한 이용할 수 있도록 하고, 지역 간 버스 요금이 50% 할인되고, 모든 버스에는 장애인을 위한 휠체어 사용 공간이 있다.

택시는 The Taxi Transport Management가 공공택시와 개인택시의 면허와 조직을 담당하고 있는데, Uber (San Francisco, CA, USA), Careem (Dubai, UAE)과 같은 서비스제공 업체도 담당한다.

3.2 아부다비 대중교통 계획

3.2.1 Plan Abu Dhabi 2030

2030년까지 아부다비의 비전과 도시발전 방향을 제시하고 있으며 아부다비의 새로운 도시개발 수요에 체계적으로 대응하는 방향을 제시하고 있다³⁾. 이 계획은 교통, 자연환경, 토지 이용, open space, 도시



Fig. 2. First hydrogen station in UAE²⁾

디자인, 주택, 경제 등 모든 분야의 정책 가이드라인을 제시하고 있다.

지속성, 연결성, 변화하는 환경과 문화에 대응하며 2030년까지 3백만 명의 인구를 수용할 교통 인프라를 구축하도록 방향을 제시하고 있는데, 이후 수립된 surface transport master plan은 이 계획에서 제시한 방향과 전략을 수용하였다.

3.2.2 Surface transport master plan

아부다비 교통부가 2009년에 수립한 아부다비의 2030년까지의 육상교통계획(surface transport master plan [STMP]: a vision for connecting Abu Dhabi)은 plan Abu Dhabi 2030: urban structure framework plan에 부합하도록 육상교통과 화물, 도보, 자전거 등에 대한 전반적인 내용을 포함한다⁴⁾.

이 계획의 목표는 대중교통을 이용자 친화적으로 계획, 운행하여 대중교통의 이용률을 높이고 개인승용차 통행을 감소시키는 것이다. 이 목표를 위하여 수단간 연계가 통합적으로 연계되어 환승이 편리하고, 어느 곳을 통행하더라도 양호한 접근성을 가진 복합수송망을 구축하도록 하고 있다.

또한 전자 지불제도 도입, 실시간 정보제공 등 대중교통을 장려하는 여러 정책을 시행하여 대중교통 이용률을 높이고 개인 교통수단을 억제하며 이동 시간 및 탄소 배출을 감축시키는 것을 목표로 한다.

STMP는 2030년 아부다비 인구 310만 명으로 예측하여 2008년 계획 수립당시 90만 명의 3.5배에 대비하여 수립되었고, 일일 통행수요는 2008년에 120만 명에서 2030년에 540만 명으로 예측하였다(Table 1).

아부다비는 관광 수요가 많은 도시로 2030년에

790만 명으로 2008년 180만 명 대비 4.4배 증가될 것으로 예측되었다.

대중교통은 버스, 페리, 택시가 있는데 2030년에는 수상 택시, 트램과 메트로, 지역간 철도를 계획하였고, 버스는 정기적이고 운행빈도를 높여서 편리하도록 계획하고, 특히 다른 대중교통 수단이 없는 지역을 운행하도록 하였다. 아울러, 양질이면서 에어컨이 있는 버스 차량을 공급하고, 버스정류장의 고급 쉘터, 실시간 교통정보, 편리한 환승 등으로 이용률을 높이도록 계획하였다(Fig. 3).

페리와 수상 택시는 아부다비의 몇 개의 섬에서 이루어지는 주거, 상업, 관광, 레저를 위하여 빈번하고 정기적인 페리 운행을 계획하였다.

트램은 central business district (CBD)와 시 외곽의 공항 등 고밀지역들을 연결하는 340 km의 복선으로 계획하였으며, 정거장 간격 500 m, 도보거리 300 m 이내가 되도록 하며, 트램, 메트로, 버스, 택시와의 편리한 환승이 되도록 계획하였다.

메트로는 130 km의 복선 4개 구간으로 계획하였는데, CBD, 공항, Masdar, Capital City, 자예드 스포츠 시티 등을 연결하는 순환선을 3개의 지선으로 연결하였다.

지역 간 철도는 아부다비와 두바이, Al Ain, Al Gharbia를 연결하는 고속철도를 계획하며, 주요 경유지는 CBD, Capital City, 아부다비 국제공항 등이며

Table 1. Comparison of population and others between 2008 and 2030 in Abu Dhabi³⁾

Year	2008	2030
Population (million)	0.9	3.1
Tourist (million)	1.8	7.9
Building (million m ²)	1.4	7.5
Total Trips (million/day)	1.2	5.4



Fig. 3. Abu Dhabi transport masterplan for 2030³⁾

이들 지역에서 메트로와의 편리한 환승이 되도록 하였다. 고속철도의 다음 단계로 오만, 사우디 아라비아, 카타르 등 주변국과의 연계도 고려하고 있다.

3.2.3 Abu Dhabi Transport Mobility Management

아부다비는 2030년까지 교통모빌리티 관리 전략(TMM)을 수립하였는데 그 목표는 다음과 같다⁵⁾.

- 1) 지속 가능한 교통수단의 이용률 향상을 위한 의식 변화 및 대중교통 접근성 개선
- 2) 기존 및 미래 교통 및 토지이용의 요구에 부합되게 통합적으로 계획
- 3) 교통량 증가에 따른 교통 혼잡을 감소시키기 위하여 승용차 통행을 지속가능한 교통수단으로 전환
- 4) 지역 간 네트워크의 연계를 통한 수단 간 통합된 효율적 교통망 구축

3.3 수소 버스 운영이 가능한 노선 대안

아부다비와 두바이를 연결하는 고속버스 노선에 수소 버스를 도입하고 양 도시에 수소 충전소를 설치하여 노선 및 차량, 충전소의 실증과 검증 후 기타 노선으로 확대하는 방안을 검토해 볼 수 있으며, 모니터링과 시행 효과를 평가할 수 있다(Fig. 4)⁶⁾.



Fig. 4. Proposed possible hydrogen bus in UAE⁶⁾

4. UAE 수소기반 대중교통 인프라 사업화 전략

수소의 사용이 가능한 대중교통은 버스, 페리, 택시, 열차, 항공기 등 다양한데, 연료전지는 수소를 차량의 전기모터를 구동하기 위한 에너지로 변환하기 위하여 사용되며 연료전지를 장착한 연료전지 전기자동차(FCEV)와 배터리 전기자동차(battery electric vehicles, BEV)는 배기가스가 전혀 없지만 부산물로 물만 생성하게 된다. 연료전지 및 전기 자동차는 교통부문의 탈탄소화와 배기가스 감소를 위하여 도입되어야 하며 UAE의 저탄소 경제에 대한 비전에도 부합한다(Fig. 5).

수소 자동차와 수소 버스 생산은 기술적 성숙도에 문제가 없으며 수소를 이용한 밴, 트럭 및 기차의 개발이 진행 중인데, 현재 제조업체는 Honda (Tokyo, Japan), Hyundai (Seoul, Korea), Toyota (Toyota, Japan) Mercedes (Stuttgart, Germany) 및 BYD (Shenzhen, China)이다. Toyota Mirai, Honda Clarity 및 Hyundai Nexo가 상용화되었으며, 모두 안전 인증 및 규정을 통과하여 운행 중이다.

특히, UAE는 인구 밀도가 높고 자동차 보유율이 높기 때문에 수소 충전소의 사업성이 좋을 것으로 예상되며, 소비자에게 적절한 충전소 이용 권역으로 나누어 볼 때 상대적으로 적은 수의 충전소로 전 지



Fig. 5. Possible transport modes by hydrogen mobility²⁾

역에 보급할 수 있을 것으로 예상된다.

4.1 한국-UAE 협력

4.1.1 한국의 수소 경제 활성화 전략

한국은 2019년 1월, ‘수소 경제 활성화 로드맵’을 발표하여 수소모빌리티와 수소의 생산·저장·운송 등에 대한 2040년까지의 추진 계획을 발표하였는데, 이 로드맵은 한국의 새로운 성장 동력임과 동시에 친환경 에너지로 온실가스를 감축하고 에너지 자립을 위한 것이다.

수송 분야에서는 2040년까지 내수와 수출을 포함하여 수소 차 620만 대(수소 승용차 590만 대, 수소 버스 6만 대, 수소 택시 12만 대, 수소트럭 12만 대) 보급과 수소 충전소 1,200개소 구축을 계획하였다.

1) 수소 충전소는 경제성 확보 시까지 설치지원과 운영지원도 검토하여 충전소의 자립화를 지원

2) 민간주도의 충전소 확대를 위해 SPC 참여 확대, 기존 LPG-CNG 충전소를 수소 충전이 가능한 융복합 충전소로 전환

3) 규제 샌드박스를 활용하여 도심지, 공공청사(정부 세종청사 등) 등 주요 거점에 충전소 구축

4) 이러한 로드맵에 따라 수소 충전소 증가는 2019년 기준으로 세계 최다 구축 기록을 세움

5) 2018년과 비교하여 2019년 대비 한국은 14→34, 일본은 102→112, 독일은 66→81, 미국은 74→70

6) 충전소 구축 가속화를 위해 2019년 민간 주도의 특수목적법인(SPV) 수소에너지 네트워크 출범

세계 최초로 2020년 1월 ‘수소 경제육성 및 수소 안전 관리법’을 제정, 지속 가능한 수소 경제 생태계 조성을 완료, UAE도 ‘에너지 계획 2050’을 실현하여야 하므로 수소 등 신에너지 분야에서 양국 간 협력을 더욱 강화할 수 있을 것으로 기대될 수 있다.

2017년 수소 융합 얼라이언스(H2KOREA)를 창립하였으며 이는 유럽의 FCH-JU, 미국의 H2USA와 같이 수소보급 활성화를 위한 민관협의체로 총 70개 기관이 회원으로 가입하였다.

4.1.2 한국과 UAE 수소 협력

2019년 2월 UAE 정상 방한시 국토교통부와 UAE 간 수소도시 협력에 관한 MOU를 체결하였고, 이를 토대로 UAE에서 한국형 수소기반 대중교통 시스템 구축, 운영을 위한 기술개발 연구를 추진하였고, 2020년 9월 한국-UAE 제7차 경제 협력 위원회에서 수소도시 모델 및 수소기반 대중교통 시스템개발 협력에 양국이 합의하였다.

2021년 3월에는 한국의 산업통상자원부와 UAE 산업첨단기술부(Ministry of Industry and Advanced Technology, MOIAT)가 수소 경제협력 양해각서와 산업기술협력 양해각서를 체결하고 수소 등 신재생 에너지 분야 협력방안을 논의하여 한국의 H2Korea와 UAE 수소동맹 간 협력채널을 구축하여, 수소, 탄소 재활용 및 배출저감 기술에 대한 투자 기회를 모색하였다.

UAE는 스마트 도시에 맞는 교통 인프라 구축이 필요한 국가로 신기술 적용에 대한 의지와 높은 투자 여건 등을 고려할 때 여러 산업진출이 가능하지만 특히, 모빌리티 분야에서는 친환경 교통수단인 수소, 전기차량의 도입이 급부상할 것이며 이에 따라 수소 충전소 설치가 필요할 것이다.

UAE에서 수소 차량, 수소 충전소 설치 등은 두 정부 및 민간협력이 절실히 필요하며 H2KOREA와 UAE 수소동맹 기업 간 공동추진을 모색하여야 한다. 한국과 UAE간 협력 동맹 체제를 활용하고, 한국의 뛰어난 대중교통 정책 모델을 전수하여 UAE에 성공적 수소기반 대중교통 인프라를 사업화하여야 한다.

4.2 독일-UAE 협력

4.2.1 독일의 수소 전략

유럽의 수소 경제를 선도하는 독일이 2020년 6월 발표한 ‘국가 수소 전략’은 2030년까지 신재생에너지 비중을 전체 전력소비의 65%로 한다는 목표하에 다음의 4가지 전략을 제시하였다.

- 1) 이산화탄소 감축과 신재생에너지와의 연계를 통한 미래 녹색수소시장 선점
 - 2) 이산화탄소 배출량이 많은 화학·철강·항공·산업 등에 대한 집중 대응
 - 3) 시장조성을 위한 생산·확산 P2X 인프라를 건설하여 수소를 에너지 저장체로 다양한 열, 가스, 액체 등 형태로 변환 사용
 - 4) 독일의 부족한 녹색수소는 외국에서 수입
- ‘국가 수소 전략의 액션플랜으로 수소의 생산, 적용(교통, 산업, 에너지 부문), 인프라 관리, R&D, 국제적 협력으로 나누어 수립하였다. 이 중 교통 분야의 여러 전략 중에는 energy and climate fund (EKF)를 활용하여 수소 충전 인프라 확대와 수소 품질, 수소 차량 유형 등 수소 연료전지 시스템에 대한 국제 표준을 선도하는 것이 포함되어 있다. 현재 독일에서 수소기반 대중교통 관련 추진하고 있는 프로젝트는 수소 버스용 수소 충전소와 쾰른 지역의 수소 버스 및 인프라 확충사업을 추진하고 있다.

독일은 유럽에서 수소 충전소가 가장 많이 설치된 국가로서 2020년 기준 84개소의 수소 충전소가 운영되고 있고 주로 버스와 화물차를 대상으로 하고 있으며 22개를 추가로 계획하고 있다(Fig. 6). 수소 자동차 보급이 증가함에 따라 2025년까지 400여개소의 수소 충전소를 확충할 계획이며, 2019년 기준 전 세계 432개의 수소 충전소가 있으며 아시아 178개소, 유럽 177개소, 북미 74개소가 운영 중에 있다.

수소 충전소 구축 계획은 독일 교통디지털인프라 부가 주관이 되고 국가 수소 및 연료전지기술협회가 실행기관으로 참여하는 수소 연구기술분야 지원하는 수소 및 연료전지 기술 국가 혁신 프로그램(national innovation program, NIP)에 의하여 진행이 되고 있으며 H2 Mobility Deutschland GmbH & Co. KG가 주관이 되어 충전소 구축사업을 전개하고 있다. 연방 정부는 2020년까지 뮌헨, 뉘른베르크, 함부르크, 베를린, 라인-루르, 프랑크푸르트, 슈투트가르트 등 독일 7대 대도시를 연결하는 고속도로에 100개의 충전소를 설치하여 수소 충전 네트워크를 구축할 목표를 수립하여 추진하고 있다.

현재 유럽에서의 수소 차량 증가에 따라 유럽 내 수소 충전소 네트워크를 수립하는 사업인 Hydrogen Mobility Europe (H2ME)은 독일이 주도하고 있다. 이 프로젝트는 화석연료의 대안인 수소의 경쟁력과 실행가능성을 보여주고 있으며 독일정부는 ‘국가 수소 전략을 통해 지속적인 수소산업 개발 및 국제협력으로 수소기술을 수출하는 국가가 되는 방향으로 전략을 추진하고 있다’.

4.2.2 독일과 UAE의 협력

UAE 에너지산업부(Ministry of Energy and Industry, MOEI)와 독일 경제에너지부(Ministry for Economic Affairs and Energy, BMWi)는 2017년부터 양국 간의 에너지 협력을 시작하였다⁸⁾.

이 협력은 정부 및 민간 협력을 모두 포함하며 파리조약의 목표달성을 위하여 안전하고 지속 가능한 에너지 공급을 목표로 하고 있다.

양국 간의 협력에는 재생에너지, 모든 산업과 건

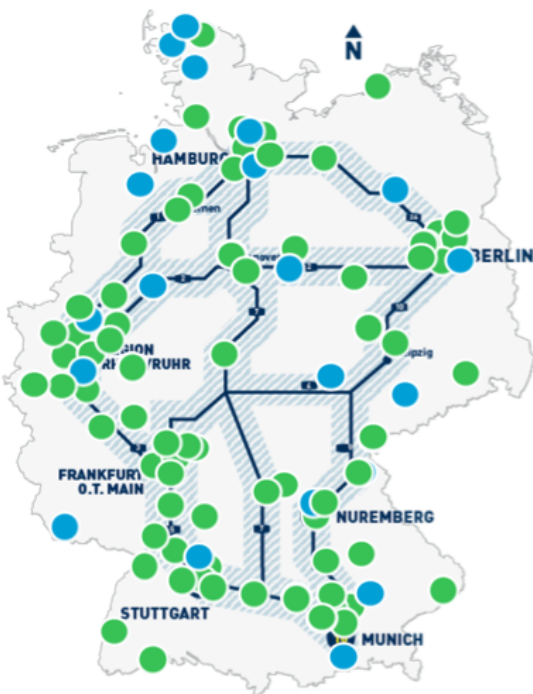


Fig. 6. Hydrogen stations in Germany⁹⁾

물의 에너지 효율, 지속 가능한 모빌리티를 모두 포함하며, 2020년 2차례에 걸친 수소행사를 계기로 수소에 대한 협력에 집중하고 있다. 또한 UAE 에너지 산업부와 독일 경제에너지부의 공동연구를 통해 수소관련 협력방안을 모색하고 있다.

독일과 UAE의 수소협력 현황을 보면 2021년 아부다비 국부펀드 무바달라(Mubadala)는 독일 지멘스 에너지와 녹색수소·합성연료 생산에 대한 전략적 파트너십 MOU를 체결하고, 지멘스는 아부다비 국부펀드인 무바달라를 비롯하여 아부다비 국영지주회사인 ADQ, 아부다비 국영석유기업인 ADNOC가 협력하여 UAE에 ‘수소 경제’를 확립하기 위한 협의체인 ‘아부다비 수소동맹’과 함께 녹색수소 시범 공장을 설립할 계획이다⁹⁾.

이 공장은 아부다비가 ‘탄소제로 도시’로 건설 중인 마스다르 신도시에 설립될 예정이다. 또한 UAE의 Air Liquide와 Al Futtaim은 2017년 두바이에 설치한 1개소의 수소 충전소 외에 2020년 마스다르 신도시 설립시 수소 충전소를 추가할 계획이다.

독일의 수소 전략 중 하나는 글로벌 시장 확장이고 2019년 기준 70개 이상의 수소 충전소를 운영한 경험과 기술이 있으므로 UAE의 수소 충전소 도입 지원에 적극적이다. 따라서 수소 차량 제작 및 도입, 수소 차량에 필연적으로 수반되어야 하는 수소 충전소에 대한 적극적인 지원은 지속될 것이다.

4.3 미국-UAE 협력

4.3.1 미국의 수소 경제

미국은 1992년 제정된 ‘에너지정책법(energy policy act)’에서 처음으로 수소에 대한 정책을 제시하였고, 기술과 시장성으로 인하여 소외되어 오다가 다시 수소 경제에 대한 관심이 대두되게 되었다.

2010년 연료전지 및 수소에너지협회(Fuel Cell and Hydrogen Energy Association, FCHEA)가 설립되었으며, 2020년 공표된 ‘미국 수소 경제로드맵’을 통해 연간 7,500억 불 수익과 340만 개 일자리 창출을 목표로 2050년까지의 수소 경제 구축을 위한 정책을 제안하였다.

미국 정부는 2013년 H2USA를 조직하였고, 2019년 수소 경제 이행을 위한 ‘H2@Scale’ 프로젝트를 발표하였다¹⁰⁾. 이 프로젝트의 내용은 2050년까지 탄소중립 목표를 이행하고 경제 활성화를 위한 수소 산업을 육성하는 것이다(Fig. 7).

가장 적극적으로 수소정책을 전개하는 주는 캘리포니아로 민관 협력단체인 California Fuel Cell Partnership (CaFCP)을 조직하였고, 2004년부터 수소 고속도로 사업을 추진하면서 충전소를 확충하였다. 그 결과 2019년 기준 미국 내 수소 충전소의 65%가 캘리포니아에 있다.

캘리포니아 로드맵은 2023년 기준으로 123개의 수소 충전소, 수소 자동차는 약 35,000-60,000대 충전소를 제시하고 있으며, 충전소당 2,700-4,800대를 충전할 수 있는 양인 1일 3,300 kg H₂/day 용량을 계획하고 있다.

2020년 수소 자동차는 18,465대, 충전소는 87개소, 충전소당 약 212대의 수소 자동차 충전을 목표를 수립하였으나 실제 이 목표는 달성하지 못하였다.

캘리포니아를 포함하여 11개 주에서는 zero emission vehicle (ZEV) 크레딧 제도를 도입하여 주행거리, 배출량 등에 따라 자동차회사에 벌금을 부과하면서 수소 차량 확산시키는 정책을 추진하고 있다.

2021년 6월 수소에너지 정책은 ‘Hydrogen Shot’이라고 불리는 ‘111’ 정책에 착수하였는데, ‘111’은

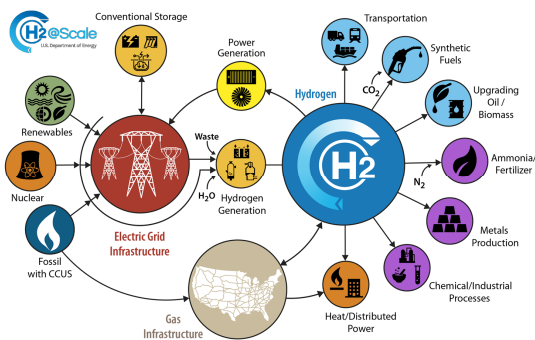


Fig. 7. H2@Scale project in USA¹⁰⁾

십 년(1 decade) 내에 1 kg의 클린수소를 1 USD 가격으로 공급하는 것이다.

4.3.2 미국과 UAE와의 수소 충전소 관련 협력

미국의 수소 전문업체인 Power Tap Hydrogen Fueling Corp은 중동 정부와 민간, 공공 다국적 기업 등과 협력하여 최소 100개소의 수소 충전소를 배치할 계획이다. 이 계획은 화석 연료에 대한 대안으로 UAE에 수소 생태계를 구축하는 데 도움을 주기 위해 Viridian Hydrogen UAE와 추진하고 있다¹¹⁾.

PowerTap 시스템은 수소 생산지와 기존 주유소를 함께 배치하고 새로운 수소 충전소는 재생 가능한 천연 가스와 물 투입을 통해 영업용차와 승용차 모두에 수소를 생산하여 분배하고 있다.

4.4 일본-UAE 협력

4.4.1 일본의 수소 전략

일본정부는 2014년 제4차 에너지 기본 계획에서 수소 사회 추진을 선언하였고, 2017년에는 세계 최초로 ‘수소 기본 전략’을 발표하였다.

일본은 정부기관과 민간기업의 활발한 협력으로 수소 사업이 진행되고 있으며 2050년까지 민관협동으로 활발한 R&D 및 해외 프로젝트를 계획하고 있다. 수소모빌리티의 확산으로 수소 차 80만 대, 수소 버스 1,200만 대, 수소 충전소 900개소를 확충할 계획이다.

수소 경제 기반으로 에너지안보 및 새로운 에너지 원으로의 전환, 이로 인한 경제적 파급효과와 함께 온실가스 배출량을 줄이기 위하여 ‘수소사회(hydrogen society)’가 조직되었고 사업 추진을 위한 정부의 재정지원을 강력히 요구하고 있다.

일본의 수소 사회 구축 로드맵에서는 기본 인프라, 발전, 교통, 기타 산업 분야에서 최종 목표를 제시하였는데 교통에서는 친환경 수소 차 확대 목표로 2030년까지 수소 자동차 80만 대 도입, 전기 버스 1,200대, 충전소 900개소를 목표로 하고 있다.

민간에서 수소 자동차 핵심기술을 확보하고 2011년

민간 주도로 교통산업에 진출 하였으며 참여 업체는 Toyota, Honda, Nissan (Yokohama, Japan) 등과 같은 자동차 제조업체와 JX닛코에너지, 쇼와켄 석유 등 가스 회사의 연합체로 구성되었으며 이 기술을 이용하여 제작한 수소 차량은 UAE에서 사용되고 있다.

4.4.2 일본과 UAE의 협력

일본에는 약 100개소의 수소 충전소가 있으며 이중 40개소는 이동식 수소 충전소로 운영 중인데, 이동식 수소 충전소는 트럭의 적재함에 수소 충전설비를 장착해 사용하고 있으며 압축기와 압축가스설비 등 저장설비를 제외한 충전소의 기본설비를 갖추고 있다.

일본은 전략적으로 UAE에 수소 협력 사업을 추진하고 있고, 2021년 1월 UAE 수소동맹과 블루암모니아 사업 협정을 체결하였으며, 같은 해 4월 UAE와 일본 경제 산업성은 일본의 국제 수소공급망개발을 공동으로 검토하기 위해 MOU를 체결하였다.

UAE에서 도요타 독점 판매업체인 Al Futtaim Motors는 Air Liquide가 두바이에 설치한 UAE 최초의 수소 충전소에서 연료를 보급받는 것을 시험할 목적으로 55대 Toyota Mirai를 수입하였는데, 이는 UAE의 수소와 관련된 모든 이해 당사자들의 수소 체인을 통해 UAE에서 수소시장의 잠재력을 검증하기 위한 것으로 UAE는 수소에너지 시장개발을 위한 최적의 플랫폼을 제공하고 있다. 또한 인구가 집중된 아부다비와 두바이에 12개소의 수소 충전소를 설치하는 것이 적정한 것으로 제시하였다.

아부다비 경찰은 2057년까지 경찰 차량 전체를 연료전지차량으로 전환하는 것을 발표하였으며, 두바이 택시공사와 아부다비 경찰기관은 기관내 사용하는 차량을 결정하기 위하여 도요타 미라이를 시험 운행하고 있으며, 2019년 상반기에는 아부다비 마스다르에 수소 충전소를 건설하는 것으로 추진하였다¹²⁾.

5. 결론 및 향후 과제

수소 차와 수소 충전소와 같이 수소를 이용한 대

중교통 인프라는 지속 가능성이나 시장성 등을 고려하면 성장동력이 되지만 기술적, 법적으로 진입이 쉽지 않다. 수소 경제로의 진입과 해외진출은 지분참여, 합작투자, 인수합병 등의 다양한 전략이 필요하다.

UAE는 2009년부터 한국과 수소도시 협력을 위한 MOU체결 등 협력관계를 구축하여 한국-UAE 간 발전, 플랜트, 문화, 국방 등 다분야에 걸쳐 밀접하게 협력관계를 유지하고 있다. 또한 한국 기업이 UAE에서 수주하여 성공한 사업들이 많아 한국의 기술에 대한 신뢰를 가지고 있다.

수소 기반 대중교통 인프라 기술개발을 위한 협력은 UAE 및 한국이 공통으로 달성하여야 하는 각국의 에너지 전략과 로드맵에 따라 운송 부문의 청정 에너지 및 탈탄소 정책으로 꼭 추진되어야 하는 사업이다. UAE도 대중교통을 중심으로 수소정책을 강력하게 추진하고 있다.

그러나 전 세계적으로 수소 저장, 운송, 활용 등의 기술이 완전하지 못하고 막대한 비용과 법적 뒷받침 등이 되어야 하므로 양국 정부의 적극적인 협력이 필요하다. 또한 완전한 수소 경제 구축을 위해서는 기술개발과 여러 산업의 융합이 필수적이므로 정부, 공기업, 민간기업의 R&D 투자뿐 아니라 각 산업별 기업이 모두 참여하는 것이 필요하다. 기업 간 협력은 여러 전략적 제휴 방안을 적용될 수 있다.

수소 차량을 상용화하고 있는 현대 자동차, 수소 경제에 적극적으로 참여하고 있는 H2KOREA 등이 공동 협의체를 구성하고 아부다비의 DMT, ‘아부다비 수소동맹’에 참여하는 ADQ, ADNOC, 무바달라 및 마스다르 시 등 모든 이해관계자가 협력하여 수소 버스 도입 및 수소 충전소 설치에 참여하여야 한다.

또한 기술적 측면에서 수소 활용에 대한 기본적인 국내 원천기술도 중요하지만 아부다비와 두바이의 고온, 모래바람 등의 기후 특성을 고려한 기술개발이 선행되어야 하며 비용 측면에서도 사업성에 대한 검토가 반드시 포함되어야 한다.

우리나라의 경우 ‘2050 탄소중립 추진 전략’을 관계부처 합동으로 2020년 12월에 발표하여 2016년에

발효된 파리협정에 대응하고 글로벌 탄소중립 정책에 부응하고 있으며, 수소 경제 부문에 대하여는 2019년 1월에 발표된 ‘수소 경제 활성화 로드맵’과 연계하여 수소 차의 생산·보급의 확대와 기술개발·인프라 확충을 위하여 도심·거점형 수소 충전소와 그린수소 생산 시스템 인프라를 완비하고 관련 예산과 세제의 지원을 강화하도록 민관합동 탄소중립위원회 설치 및 지원조직 신설이 제시하였다.

창원시의 경우 수소 버스 운행에 따른 수소 버스 운행 데이터 및 충전소 가동율 분석¹³⁾을 통하여 수소 산업 2040 중장기 육성계획이 수립되었으며¹⁴⁾, 이러한 내용을 참고로 하여 UAE 아부다비나 두바이의 경우에도 수소모빌리티 도입전략 등을 협력사업으로 추진할 수 있을 것이다.

UAE는 2021년 10월 ‘2050년 탄소제로’를 선언하였으며, 최근 영국 글래스고에서 개최된 유엔 기후변화협약 당사국총회(COP)에서 제28회 총회를 2년 후인 2023년 UAE에서 개최하는 것으로 확정함에 따라 두바이의 도로교통청(RTA)과 아부다비의 통합교통센터(ITC)는 한국의 국토교통부가 지원하는 ‘해외 수소기반 대중교통 인프라 기술개발’ 프로젝트에 적극 협력하고 있으나 양국 간의 구체적인 역할분담이 명확하지 않아서 관계기관 간의 긴밀한 협력을 위한 양해각서(MOU)의 체결과 공동 세미나, 워크숍의 개최 및 고위급의 한국방문에 의한 한국의 수소차, 수소 충전소 기술에 대한 선진기술의 견학 등의 협력으로 지속화될 필요가 있다.

한편, UAE의 두바이는 2024년 지능형 교통체계인 intelligent transportation system (ITS) World Congress 개최지로 결정되어 UAE ITS 발전의 계기가 될 수 있고, 우리나라는 세종시에서 시범 주행 예정인 자율주행이 가능한 수소 차 개발에 대한 양국간의 전략적인 협력도 양국의 협력 사업 추진에 도움이 될 것이다.

후 기

이 연구는 국토교통부 해외 수소기반 대중교통 인

프라 기술개발 사업(과제번호 : 21OHTI-C163280-01)의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

References

1. "UAE ratifies Paris climate agreement", Gulfnews, 2016. Retrieved from <https://gulfnews.com/uae/environment/uae-ratifies-paris-climateagreement-1.1900434>.
2. Air Liquide, Khalifa University, and Al Futtaim, "Medium to long term development of Hydrogen Mobility in the UAE", Air Liquide, 2018. Retrieved from <https://www.airliquide.com/sites/airliquide.com/files/2019/01/28/medium-to-long-term-development-of-hydrogen-mobility-in-the-uae.pdf>.
3. "Plan abu Dhabi 2030: urban structure framework plan", Abu Dhabi Urban Planning Council, 2007. Retrieved from <https://u.ae/en/about-the-uae/strategies-initiatives-and-awards/local-governments-strategies-and-plans/plan-abu-dhabi-2030>.
4. "Surface transport master plan: a vision for connecting Abu Dhabi", ANDP, 2009. Retrieved from https://andp.unescwa.org/sites/default/files/2020-10/Surface%20Transport%20Mster%20Plan_A%20vision%20for%20connecting%20Abu%20Dhabi.pdf.
5. Integrated Transport Center, "Abu Dhabi transport mobility management strategy", Abu Dhabi Department of Transport, 2011. Retrieved from https://civitas.eu/sites/default/files/abu_dhabi_tmm_strategy_0.pdf.
6. KIER, "Final report of pre-research on Hydrogen City in-frastructure of future hydrogen society", KAIA, 2019.
7. "Hydrogen refuelling infrastructure", Hydrogen Mobility Europ. Retrieved from <https://h2me.eu/about/hydrogen-refuelling-infrastructure/>.
8. J. Schröder, K. Jöring, R. C. Francy, F. A. Falasi, E. v. Zitzewitz, K. Zangerl, "The role of hydrogen in the energy transition in the UAE and Germany", Guidehouse, 2021. Retrieved from <https://www.oxfordenergy.org/wpcms/wp-content/uploads/2021/05/OEF-127.pdf>.
9. E. Hancock, "Masdar, Siemens, Marubeni to develop green hydrogen in Abu Dhabi", PV-TECH, 2021. Retrieved from <https://www.pv-tech.org/masdar-siemens-marubeni-to-develop-green-hydrogen-in-abu-dhabi3/>.
10. S. Satyapal, "U.S. DOE hydrogen and fuel cell perspectives", ENERGY EFFICIENCY & RENEWABLE ENERGY, 2021. Retrieved from <https://www.energy.gov/sites/default/files/2021-12/ghc-fall-meeting-2021.pdf>.
11. "PowerTap eyes over 100 hydrogen stations in Middle East in two years", Petrol Plaza, 2021. Retrieved from <https://www.petrolplaza.com/news/27835>.
12. B. A. Kader, "Second hydrogen station in UAE to open in Abu Dhabi", UAE, 2018. Retrieved from <https://gulfnews.com/uae/environment/second-hydrogen-station-in-uae-to-open-in-abu-dhabi-1.2155940>.
13. B. M. Kang, Y. T. Kang, M. W. Kim, S. H. Lee, M. J. Park, C. H. Jeong, and D. W. Jeong, "Current status of hydrogen consumption and promotion plan for the deployment of fuel cell bus in Changwon City", Trans Korean Hydrogen New Energy Soc, Vol. 30, No. 6, 2019, pp. 479-484, doi: <https://doi.org/10.7316/KHNES.2019.30.6.479>.
14. M. J. Park, H. M. Kim, Y. J. Gu, C. H. Jeong, B. M. Kang, S. W. Ha, and D. W. Jeong, "A study on fostering plan for the hydrogen industry in Changwon City", Trans Korean Hydrogen New Energy Soc, Vol. 31, No. 6, 2020, pp. 509-521, doi: <https://doi.org/10.7316/KHNES.2020.31.6.509>.