

사우디아라비아의 수소 산업 투자 확대의 배경 조사와 수소 정책 및 프로젝트 분석

김호년

한국외국어대학교 국제지역대학원

Investigation of Background and Analysis of Policies and Projects for the Expansion of Hydrogen Industry Investments in Saudi Arabia

HONYUN KIM

Graduate School of International and Area Studies, Hankuk University of Foreign Studies, 107 Imun-ro, Dongdaemun-gu, Seoul 02450, Korea

[†]Corresponding author :
year@hufs.ac.kr

Received 4 April, 2024
Revised 9 May, 2024
Accepted 17 May, 2024

Abstract >> Saudi Arabia is transitioning from its traditional oil-dependent economy to become a leader in the hydrogen industry. This paper explores the kingdom's strategic investments in hydrogen production and infrastructure as key components of its energy diversification and sustainability efforts. The focus is on enhancing green hydrogen production to meet domestic needs and strengthen its position in the global market. The urgency of diversifying energy sources is emphasized, with projects like the NEOM Green Hydrogen Project illustrating Saudi Arabia's commitment to renewable energy integration. These initiatives are positioned to centralize Saudi Arabia in the global shift toward sustainable energy, signaling a significant pivot in its economic and environmental policies.

Key words : Green hydrogen(그린 수소), Oil industry(석유 산업), Hydrogen industry(수소 산업), Hydrogen policy(수소 정책), Saudi Arabia(사우디아라비아)

1. 서론

환경 보전과 지속 가능한 개발에 대한 전 세계적인 관심이 증가하면서 국가와 국제기구들은 친환경 에너지원에 대한 투자를 확대하고 있다¹⁾. 이러한 글로벌 트렌드 속에서 수소 에너지가 특히 주목을 받고 있는 이유는 그 환경적 이점과 함께 전통적 에너지원과 비교했을 때 높은 에너지 효율성과 광범위한

응용 가능성 때문이다²⁾. 수소는 사용 시 물만을 배출하기 때문에 탄소 배출이 전혀 없어 전 세계적으로 탄소 중립 목표를 달성하기 위한 핵심 에너지원으로 간주되고 있다. 또한 기존 에너지 인프라와의 호환성 및 수송, 저장의 유연성이 높다는 점에서 많은 국가들이 수소를 통한 에너지 전환을 모색 중이다.

사우디아라비아는 글로벌 변화에 대응하기 위해 기존의 석유 및 화학 산업 인프라를 활용하여 수소

생산 및 관련 기술의 발전에 투자하고 있다. 정부 주도로 해외 국가들과의 교류 및 투자 유치를 적극적으로 진행하고 있으며 민간 분야에서는 첨단 수소 기술 개발을 주도하고 있다. 이러한 노력은 국내외에서 기술 협력과 전략적 파트너십을 통해 더욱 확대되는 중이다.

사우디아라비아의 이러한 집중적인 투자와 개발 노력은 국가 경제의 다양화와 석유 의존도를 줄이기 위한 전략의 일환으로 세계 최대의 석유 수출국으로써 에너지 시장에서의 영향력을 유지하려는 의도에서 비롯되었다. 글로벌 시장에서 친환경 제품과 에너지에 대한 수요 증가는 사우디아라비아의 전통적인 석유 시장 패권에 대한 도전이 되며 이에 따른 전략적인 에너지 전환은 미래 산업의 경쟁력을 강화하고 지속 가능한 경제 성장을 목표로 하고 있다.

본 연구에서는 사우디아라비아의 수소 산업 전략과 관련 정책 그리고 이를 통한 국가의 에너지 전환 노력을 탐구한다. 한국은 사우디아라비아의 수소 산업 진행 사항을 파악하고 지속적인 상호 투자 방안을 모색함으로써 에너지, 기술, 경제적 측면에서 상호 보완적인 관계를 구축할 수 있다. 이는 양국의 에너지 산업 육성과 글로벌 온실가스 감축 목표라는 전 세계적 친환경 에너지 수요 증가에 대응하는 실질적 기회를 제공할 것이다. 더불어 사우디아라비아의 수

소 산업 육성은 한국 기업들에게 새로운 비즈니스 기회를 제공하며 기술 협력을 진행할 수 있다. 양국의 경제적 다각화를 위해서 사우디아라비아의 수소 산업 발전 및 현행 프로젝트를 파악하여 해당 산업에 진출 가능한 부분을 파악하고 대응할 필요가 있다.

2. 수소 산업 투자의 경제적 배경

사우디아라비아가 재생 가능 에너지로의 전환에 집중하고 있는 가장 큰 요인은 향후 예상되는 석유 수요의 감소에 기인한다. 전 세계적으로 환경 보호와 지속 가능한 발전에 대한 인식이 높아짐에 따라 재생 가능 에너지에 대한 수요가 증가하고 반대로 화석 연료에 대한 수요는 감소하고 있다. 이러한 변화는 전통적인 에너지 시장, 특히 석유 중심의 에너지 시장에 큰 영향을 미치고 있으며 석유 수출 대국인 사우디아라비아도 이로 인한 전 세계적 변화에 대응해야 한다. 즉 사우디아라비아는 석유 의존도를 감소시키고 경제 다양화를 촉진하기 위해 수소와 같은 청정 에너지원에 대한 투자를 확대하고 있다. 이는 단순히 환경적 책임을 넘어서 경제적 필요성에 의해서도 추진되고 있는 전략적 결정이다.

Fig. 1을 보면 국제에너지기구(International Energy Agency, IEA)의 ‘World Energy Outlook 2023’ 보고

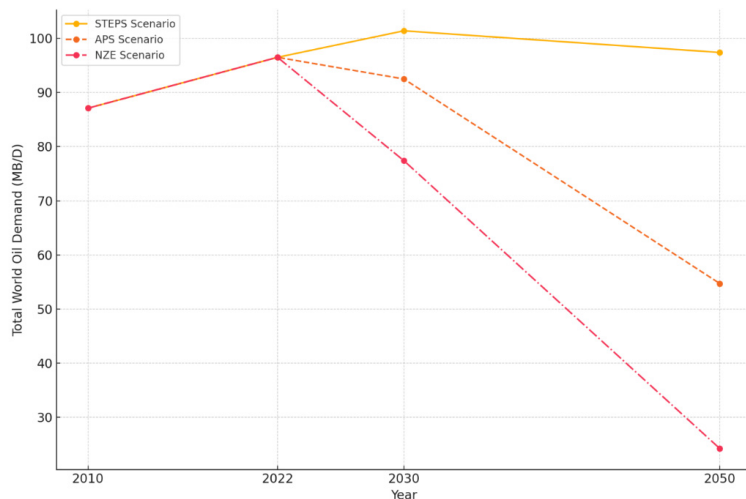


Fig. 1. Global oil demand by scenario from World Energy Outlook 2023

서는 현 정책 유지 시나리오(stated policies scenario, STEPS), 목표 선언 시나리오(announced pledges scenario, APS), 탄소 중립 시나리오(net zero emissions by 2050 scenario, NZE) 세 가지 시나리오를 통해 미래의 석유 수요 변화를 전망하였다³⁾. STEPS에서는 2020년대 후반 석유 수요가 최대 101.5 mb/d에 달하였으나 2050년에는 약간 감소하여 97.4 mb/d에 이를 것으로 예상된다. 반면 APS에서는 2030년에 92.5 mb/d로 감소하며 2050년에는 더욱 급격히 감소하여 55 mb/d에 달할 것으로 전망된다. NZE에서는 2030년에 77.4 mb/d로 감소하고 2050년에는 더욱 큰 폭으로 감소하여 25 mb/d 미만으로 떨어질 것으로 예상된다. 이러한 감소는 전기차의 보급 확대와 효율 개선, 신재생 에너지의 사용 증가가 주요 원인으로 분석되었다. 세 가지의 시나리오에서와 같이 화석 에너지에 대한 수요는 어느 시나리오에서도 2030년을 최고점으로 더 이상 증가하지 않는다. 이러한 예상되는 감소는 2010년대 중반부터 본격화된 다양한 대체 에너지에 대한 투자 확대로 이어졌다.

Fig. 2는 2023년 IEA에서 발표한 데이터를 시각화한 그래프로 2015년부터 2023년까지 에너지 공급의 부문별 투자액을 보여준다. 이를 보면 재생 에너지에

대한 투자가 2015년 이후로 지속적으로 증가하는 추세를 보인다. 이러한 투자액의 증가는 친환경 에너지 전환을 위한 글로벌 노력을 반영하는 지표로 해석된다.

재생 에너지 부문에 대한 투자액은 2019년을 기점으로 오일 및 가스 업스트림 부문에 대한 투자액을 초과하였고 이후에도 성장세를 유지하였다. 한편 오일 및 가스 업스트림 부문의 투자는 2020년에 감소를 보인 후 점차 회복되었으나 재생 에너지 투자의 가속화는 지속될 것으로 예상된다.

이러한 데이터는 에너지 부문 내에서 이해관계자들이 재생 에너지를 우선시하는 전략적 전환을 나타내며 재생 에너지에 대한 투자가 현재와 미래의 에너지 전환에서 중심적인 역할을 하고 있음을 시사한다.

에너지 생산을 위한 발전 부문만으로 한정된 투자액에 대한 추세는 더욱 명확하다. Fig. 3의 2015년부터 2023년까지의 발전 부문에 대한 전 세계 투자 추세에서도 재생 에너지에 대한 투자가 지속적으로 증가하고 있음을 확인할 수 있다. 이는 화석 연료(석탄, 석유 및 천연가스)와 비교할 때 두드러지는 경향으로 재생 에너지 부문의 투자는 2015년에 이미 다른 에너지원보다 높았으며 2023년에는 최고치를 기록

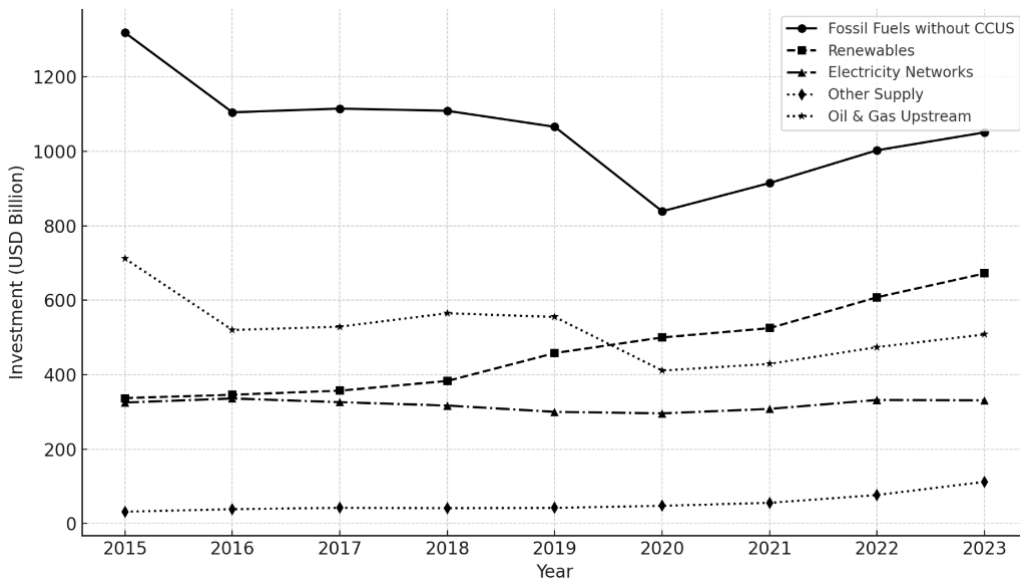


Fig. 2. Energy investment trends (2015-2023)

하였다.

재생 에너지에 대한 투자의 지속적인 증가는 글로벌 에너지 전환을 향한 전략적 초점을 반영하며 환경적 지속 가능성뿐만 아니라 경제적 및 기술적 동기에 의해 더욱 강화되고 있다. 이와 대조적으로 석탄에 대한 투자는 지속적으로 감소하고 있다. 이는 환경 정책 변화와 글로벌 온실가스 감축 노력의 영향으로 탄소 배출이 높은 에너지원에 대한 투자는 더 이상 매력적이지 않다는 점을 보여준다.

본 데이터는 전 세계 에너지 정책에서 재생 에너지의 우선순위가 강조되고 있음을 시사하며 이는 기술적 진보와 경제적 인센티브가 재생 에너지를 더욱 매력적인 투자 대상으로 만들고 있음을 의미한다.

예상되는 석유 수요 감소, 화석 연료에 대한 투자 감소와 이에 따른 재생 에너지에 대한 투자 확대에 따라 사우디아라비아 역시 재생 에너지를 위한 정책 및 신규 투자를 확대하고 있다.

3. 수소 산업 투자의 환경적 배경

사우디아라비아의 재생 에너지에 대한 지속적인 투자와 다양한 정부 주도 프로젝트의 이유에는 앞서

설명한 거시적인 경제 변화 외에도 사우디아라비아 자체의 지리적, 환경적 조건이 재생 에너지 개발에서 타 국가에 비해 유리하기 때문이다. 여기에서는 이와 관련된 다양한 선행 연구를 살펴본다.

Al-Sharafi 등⁴⁾은 사우디아라비아, 캐나다, 호주를 대상으로 태양열 에너지를 통한 수소 및 에너지 생산에 대한 투자를 분석하였다. 세 국가(사우디아라비아, 호주, 캐나다)의 주요 지역에서 태양광 및 풍력을 활용한 전력 발전과 수소 생산 단가를 분석하였으며 태양광 어레이, 풍력 터빈, 혼합 시스템을 전력 발전의 대안으로 설정하였다. 또한 배터리, 전기 분해기, 연료 전지 및 수소 탱크 등의 저장 시스템 시나리오를 고려하였다. 후자의 시스템에서는 초과된 에너지가 전기 분해 과정을 통해 수소로 전환되어 수소 탱크에 저장되어 사용하는 것으로 설정하였다.

이러한 다양한 시스템에 대한 시뮬레이션은 Dhahran, Riyadh, Jeddah, Abha, Yanbu, Toronto, Sydney 등 여덟 곳을 대상으로 수행되었다. 연구 결과 태양 및 풍력 자원을 통합한 재생 에너지 시스템과 배터리 저장 시스템을 사용할 때 사우디아라비아 Yanbu 지역에서 최소 에너지 비용(cost of energy, COE) 0.609 \$/kWh를 달성하였다. 연료 전지, 전기 분해기 및 수

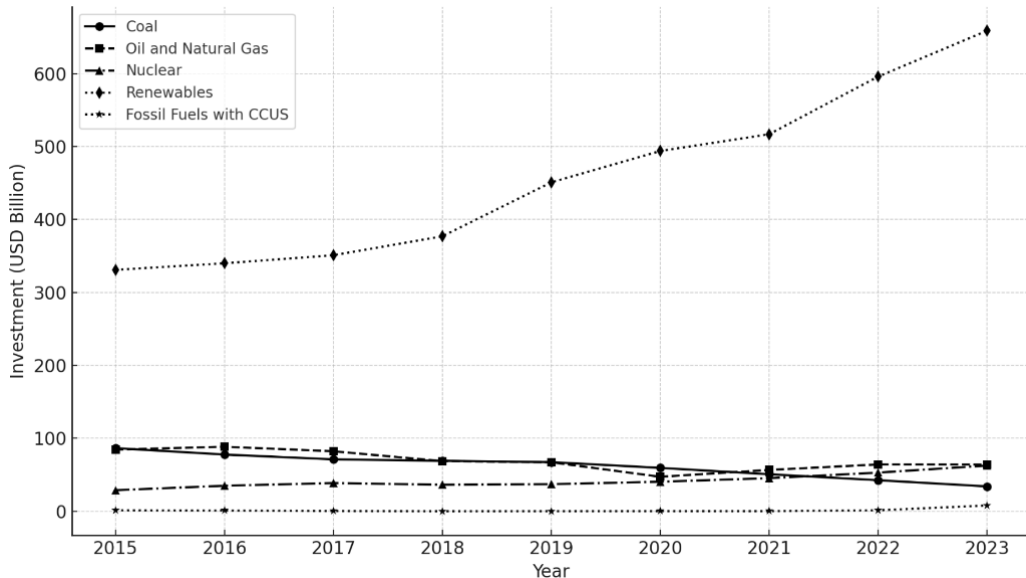


Fig. 3. Global investment trends in generation (2015-2023)

소 탱크를 포함하는 저장 시스템에서는 사우디아라비아 Abha 지역에서 COE 1.208 \$/kWh로 기록되었다. 즉 높은 태양 복사열로 인해 사우디아라비아가 재생 가능 에너지를 토론토(캐나다), 시드니(호주)보다 낮은 단가로 생산 가능한 점이 파악되었다.

이 결과는 Fig. 4에서와 같이 IEA에서 발표한 태양광 에너지 생산 시 중동 지역에서 가장 낮은 단가로 생산 가능하다는 사실과 일치한다. 이를 통해 수소 에너지 생산에 대한 중동의 유리한 위치를 간접적으로 추론할 수 있다.

Raza 등⁵⁾은 사우디아라비아의 수소 지하 저장 시설의 가능성을 검토하였다. 이 연구는 수소 에너지의 생산, 운송, 저장 및 누출 문제 완화를 포괄하는 새로운 관점을 제공하였다. 사우디아라비아에는 광범위한 지하 저수지 및 석유를 채굴하고 남은 유전 지대가 있어 본 시설을 활용한 수소 저장을 설명하였다. 일차적으로 기존 저수지를 지하 수소 저장(underground hydrogen storage)의 주요 옵션으로, 이차적으로는 현 무암질 매과질 암석 지대를 선정할 것을 언급하였다. 저수지 중에서는 사암 지대가 지화학적 활동이 낮아 안전한 옵션으로 선정했다.

마지막으로 정책의 측면에서 Hassan 등⁶⁾은 그린

수소의 중요성과 에너지 전환 시대에서의 사우디아라비아의 역할을 강조하였다. 사우디아라비아는 풍부한 태양광 및 풍력 에너지 자원을 바탕으로 녹색 수소 시장에서 주요한 공급자 즉 주요 수소 및 암모니아 생산국 중 한 곳이 될 수 있다고 언급하였다. 다만 그린 수소 생산으로의 전환 과정에서 높은 생산 비용, 인프라 부족, 수소 활용의 제한된 가시성과 같은 도전에 직면해 있기 때문에 이를 극복하기 위해 연구 개발에 투자하고 재생 가능 에너지 프로젝트에 대한 민간 투자를 유도하며 그린 수소 생산에 전문성을 가진 국제 기업 및 국가들과 파트너십을 맺어야 한다고 강조하였다.

이러한 맥락에서 다양한 이점을 지니고 있는 사우디아라비아의 에너지 정책 및 수소 프로젝트들을 면밀히 분석할 필요가 있다. 다음 장에서는 사우디아라비아가 어떻게 이러한 도전을 극복하고 글로벌 그린 수소 시장에서 선도적인 역할을 수행하기 위해 에너지 정책을 조정하고 있는지, 이러한 변화가 국가의 경제적 및 환경적 지속 가능성에 어떤 영향을 미칠지에 대해 살펴볼 것이다. 이를 통해 사우디아라비아의 에너지 전환 과정에서 나타나는 주요 동향과 향후 방향성에 대한 이해를 돕고자 한다.

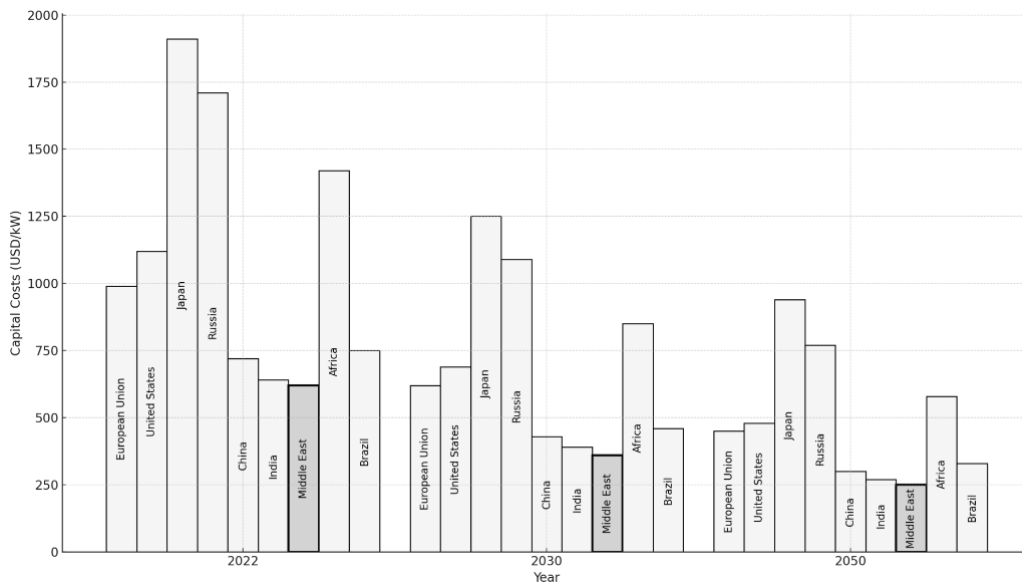


Fig. 4. Yearly capital costs of large scale solar photovoltaics by region

4. 사우디의 에너지 정책 동향

사우디아라비아는 전 세계 2위의 석유 매장량을 보유하고 있으며 국가 설립 초기부터 현재까지 석유 및 가스 부문이 국가 경제의 중심축을 이루어 왔다. 석유 및 가스는 국가의 주요 수출 품목이자 정부 수입의 주된 원천으로 이는 대부분 국가 소유이며 정부에 의해 통제된다. 이는 정부 주도의 산업 구조 형성을 의미한다. 또한 사우디아라비아는 석유 수출국 기구(organization of the petroleum exporting countries, OPEC)의 핵심 회원국으로 OPEC은 세계 석유 공급의 상당 부분을 조정하는 데 중요한 역할을 해 왔다. 즉 사우디아라비아의 국가 경제는 석유 및 가스 부문의 수출에 크게 의존하고 있으며 미국, 유럽, 아시아를 포함한 전 세계 여러 국가에 석유를 공급하는 주요 공급자로 석유 시장에서 큰 역할 및 영향력을 행사하였다. 그러나 2015년 파리 기후 협정 이후로 사우디아라비아는 에너지의 다양화와 화석 연료에 대한 의존도 감소를 위해 재생 가능 에너지 및 수소와 같은 새로운 에너지 산업에 주목하고 있다. 이러한 전환은 사우디아라비아가 세계적인 기후 변화 대응에 기여함과 동시에 국가의 에너지 수출 구조를 전환하고 글로벌 에너지 시장에 중요한 변화를 가져올 것으로 예상된다. 사우디아라비아의 재생 에너지와 수소 에너지 분야에 대한 투자 확대는 국가의 에너지 다양화를 추진하는 핵심 전략이며 국제적으로도 큰 관심을 받고 있다. 이러한 노력은 장기적으로 사우디아라비아가 세계 에너지 시장에서의 역할을 재정립하는 데 중요한 역할을 할 것이다. 사우디아라비아의 투자 규모와 대규모 에너지 시설 프로젝트는 전 세계의 주목을 받고 있다.

4.1 재생 에너지 정책

사우디아라비아는 지속 가능한 에너지 전환을 국가 목표로 설정하였으며 특히 전력 공급 내에서 재생 가능 에너지의 비중을 증대시키기 위해 노력을 기울이고 있다. 국가의 Vision 2030 계획에는 2030년

까지 전력의 50%를 재생 가능 에너지로부터 조달하겠다는 목표가 포함되어 있으며⁷⁾ 이는 국가의 화석 연료 의존성을 감소시키고 기후 변화에 대응하기 위한 전 세계적인 트렌드에 맞추어 나가는 사우디 정부의 입장 변화로 볼 수 있다. 이 목표를 달성하기 위하여 사우디아라비아는 재생 에너지 확대를 목적으로 한 다수의 이니셔티브 및 프로젝트를 발의하였다. 사우디아라비아의 에너지부가 다수의 대규모 재생 에너지 프로젝트의 개발을 주관하고 있다.

대표적인 예시로 전력 생산에 재생 에너지를 투입하고자 투자와 설비 건설을 진행하고 있다. 최근 수년간 사우디아라비아에서는 전력 생산 및 소비량이 지속적으로 증가하는 추세를 보였다. 2019년 기준으로 336.5 TWh의 전기를 생산하고 318.5 TWh의 전기를 소비하였으며 전력 최대 수요(peak demand)는 80.4 GW로 기록되었다⁷⁾. 이 기간 동안 전력 생산의 대다수는 화석 연료에 의존하였으며 2019년에는 석유와 가스가 전체 전기 발전량의 90% 이상을 차지하였다. 이러한 화석 연료 의존성을 낮추기 위하여 사우디아라비아는 재생 가능 에너지 설비의 용량을 확장하기 위해 투자를 진행하고 있다. 2021년에는 5.5 GW 용량의 재생 에너지 설비가 설치되었으며 현재 3.6 GW 규모의 신규 에너지 설비가 추가로 건설 중이다⁸⁾.

또한 사우디아라비아는 재생 가능 에너지 기술의 발전을 촉진하기 위해 연구 및 개발에 대한 투자를 강화하고 있다. 킹 압둘라 원자력 및 재생 가능 에너지 도시(K.A.CARE)는 국제기구 및 연구 기관과의 파트너십을 통해 국내 재생 가능 에너지 연구 및 개발을 촉진하고 재생 가능 에너지의 성장을 지원하기 위해 여러 정책과 규정을 도입하였는데 여기에는 소규모 재생 에너지 시스템의 배치를 장려하기 위한 고정 가격 매입 제도과 순계량제 프로그램, 재생 가능 에너지 프로젝트에 대한 민간 부문 투자를 용이하게 하는 규제 개혁이 포함되었다. 이러한 노력의 예로 사우디아라비아 에너지부는 매년 20 GW의 재생 가능 에너지 설비를 추가 건설하여 2030년까지 총 130 GW의 재생 가능 에너지를 목표하고 있음을

발표했다. 이는 국가의 재생 가능 에너지 목표 달성을 위한 실무적 투자로 이해할 수 있다⁹⁾.

4.2 수소 에너지 정책

사우디아라비아는 풍부한 자연 자원과 낮은 재생 에너지 비용을 바탕으로 그린 수소를 생산할 수 있다. 특히 태양광과 풍력 에너지의 잠재력이 매우 높으며 이를 활용한 그린 수소 생산 비용이 타 국가에 비해서 현저히 낮다. 이는 사우디아라비아가 그린 수소 생산에 있어 경쟁 우위를 가질 수 있는 주요 요인으로 작용한다. 또한 사우디아라비아는 연중 대부분 맑은 날씨와 높은 태양 복사량으로 기후 조건이 태양광 발전을 이용한 그린 수소 생산에 매우 유리하다. 또한 서부 지역에서는 강한 바람을 활용한 풍력 발전도 가능하다.

수출에 있어서도 아시아, 아프리카, 유럽을 잇는 전략적인 위치에 있어 유리한 조건을 갖추고 있다. 이는 글로벌 수소 공급망에 중요한 역할을 할 수 있는 잠재력을 제공한다. 사우디아라비아는 자국의 경제를 다각화하고 장기적인 지속 가능성 목표를 달성하기 위해 수소 에너지 개발에 투자하고 있으며 이는 국가의 탄소 중립 목표 달성을 위한 전략의 일환이다.

사우디아라비아는 Middle East and North Africa (MENA) 지역에서 가장 큰 규모의 그린 수소 프로젝트를 선언한 국가이다. 사우디아라비아의 사우디 그린 이니셔티브는 NEOM 인근에서의 그린 수소와 암모니아 생산을 계획하고 있다. 본 계획은 재생 가능 에너지 부문에서 수소 생산을 위한 시설 중 세계 최대 시설이 될 것으로 예상된다. 또한 사우디 그린 이니셔티브는 13곳의 프로젝트에서 총 11.3 GW의 에너지를 생산하는 것을 목표로 하고 있으며 이는 연간 약 2,000만 톤의 탄소 배출을 감소시킬 것으로 예상된다. 사우디아라비아 정부가 자국 태양열 에너지 시설 개발에 50억 달러를 투자하였으며 2021년 10월 사우디아라비아 에너지부 장관은 사우디아라비아가 최대의 수소 생산국이 되는 것을 국가 목표로 선포

했다¹⁰⁾.

5. 사우디아라비아의 수소 프로젝트

5.1 NEOM 그린 수소 프로젝트

2020년 7월, 지속 가능성과 재생 에너지를 향한 세계적인 변화의 흐름에 맞추어 사우디아라비아는 그린 에너지 생산 프로젝트를 발표했다. NEOM 그린 수소 프로젝트는 사우디아라비아의 미래 도시 이니셔티브인 NEOM 프로젝트와 산업 가스 분야의 주요 업체인 Air Products 그리고 발전 및 해수 담수화 플랜트의 개발, 투자, 운영하는 회사인 ACWA Power 간의 협력 프로젝트로 사우디아라비아의 그린 수소 생산 기지 건설을 목표로 한다. 50억 달러의 투자를 통해 태양광과 풍력을 이용한 4 GW 이상의 전력을 생산하여 물을 전기 분해함으로써 연간 최대 65만 톤의 그린 수소를 생산하는 것을 목표로 한다. 이 수소는 연간 최대 120만 톤의 그린 암모니아를 생성하는 데 사용되어 전 세계로 수출될 예정이다.

NEOM 그린 수소 프로젝트의 함의는 재생 에너지 및 수소 기술과 수소 밸류 체인을 구현하는 데 있다. 이는 국가 단위의 재생 에너지로의 전환을 상징하며 경제 다양화와 지속 가능한 Vision 2030 목표와 일치한다. 즉 세계 최대의 그린 수소 생산국이 되겠다는 목표로 에너지 부문만을 전환하는 것이 아니라 미래의 글로벌 에너지 시장에서 중심적인 역할을 하고자 에너지 무역 역할을 재편하고자 하는 사우디아라비아의 노력을 보여준다.

NEOM 그린 수소 프로젝트의 핵심은 환경적 요소이다. 이러한 접근법은 기후 변화에 맞서는 전 세계적인 트렌드와 일치하며 탄소 발자국을 줄이기 어려운 산업 및 교통 부문에 보다 집중하고 있다. 이를 위해 총 84억 달러의 투자를 달성하였고 이 중 61억 달러는 23곳의 국내외 금융 기관으로부터의 투자로 이루어졌다. 또한 S&P 글로벌은 본 프로젝트를 위해 구성된 비소구 금융이 그린 대출 원칙을 준수한다고 인증하였으며 그린 대출 프레임 워크하에 마련된 가

장 큰 프로젝트 금융 중 하나라고 발표하였다. 또한 시설에서 생산된 모든 그린 암모니아에 대해 Air Products와 30년간의 독점 매수 계약을 확보하였다. 추가로 2023년 11월 NEOM 항구에서 첫 주요 풍력 터빈들이 도착하여 시설 건설이 본격화되었다. 총 250개의 터빈들은 전용 전기 전송 그리드를 통해 시설을 구동하는 데 필수적인 시설로 최대 4 GW의 태양광 및 풍력 에너지를 통합할 예정이다¹¹⁾.

5.2 사우디 아람코의 블루 수소 개발

사우디아라비아 정부가 아닌 기업 입장에서 가장 활발하게 진행되고 있는 수소 개발 분야는 사우디 아람코의 블루 수소, 블루 암모니아 생산이다. 사우디 아람코는 세계 최대의 석유 회사로 1933년 사우디아라비아와 스탠다드 오일 캘리포니아(SOCAL) 간의 양해 각서에 따라 설립되었으며 사우디아라비아의 석유 및 가스 탐사, 생산, 정제, 유통 및 마케팅에 이르기까지 전 과정을 담당한다. 사우디 아람코는 사우디아라비아의 경제 발전과 긴밀하게 연결되어 있으며 전 세계 에너지 공급에 중요한 역할을 담당하고 있다. 사우디아라비아의 에너지 정책 및 정부의 입장에서 볼 때 사우디 아람코는 단순한 국영 기업을 넘어서 국가 경제의 핵심축과 같은 역할을 한다. 사우디아라비아 정부는 사우디 아람코를 통해 석유 수익을 국가 발전의 주요 자원으로 활용하며 이를 기반으로 다양한 경제 다각화 노력을 추진하고 있다. 사우디 아람코의 블루 수소 및 암모니아 생산 진출은 지속 가능한 에너지원으로서의 전환을 향한 전략을 나타내며 이는 글로벌 기후 변화 대응 노력에 부합하는 것이다. 2018년 사우디 아람코는 에너지 포트폴리오 다각화를 위한 광범위한 전략의 일환으로 수소 및 암모니아에 대한 연구를 시작했다. 청정 연료로서의 수소의 잠재력을 인식하면서 회사의 가스 매장에서 수소 및 암모니아를 생산하는 가능성에 대한 예비 평가를 시작하였고 그 후 2019년 탄소 포집 및 활용(carbon capture and utilization) 기술에 대한 광범위한 경험을 활용하여 청색 수소 생산 계획을 발

표하였다. 스팀 메탄 개질(steam methane reforming, SMR)을 통해 수소를 생산하고 이 과정에서 생성된 CO₂를 다른 산업에서 활용하거나 지하에 저장하는 탄소 포집 및 저장(carbon capture and storage, CCS) 과정을 활용하는 것이다. 이에 따라 사우디 아람코는 2020년 블루 수소 생산에 필요한 기술 개발을 목표로 파일렛 프로젝트를 시작하였다. 이는 SMR 및 CCS 기술에 대한 투자뿐만 아니라 이러한 과정의 효율성을 향상시킬 수 있는 독자적 기술 개발이 포함되었다. 그 후 수소의 운송 및 저장이 가능한 수소 운반체로서 암모니아 생산으로 투자가 확대되었다. 이러한 노력의 결과로 2020년 9월 사우디 아람코는 일본으로 저탄소 블루 암모니아를 세계 최초로 선적하였는데 본 선적에는 CO₂ 포집이 이루어진 후 생성된 수소의 블루 암모니아 40톤이 포함되었다. 이 파일렛 프로젝트는 The Institute of Energy Economics, Japan (IEEJ) 및 사우디아라비아 국영 화학사인 SABIC과 수행되었으며 블루 암모니아 무역의 실행 가능성을 증명하였고 발전소에서 생성된 암모니아 운반을 시연하였다. 초기 선적의 성공을 기반으로 사우디 아람코는 블루 암모니아 생산을 확장하기 시작하였다. 직후 사우디 아람코는 블루 수소 및 암모니아 인프라에 대한 추가 투자 계획을 발표하였으며 이는 CCS 시설의 확장을 포함하였다. 2022년 사우디 아람코는 자체적으로 2030년까지 1,100만 톤의 블루 암모니아 생산을 목표로 설정하였고 2022년 12월에는 사우디 아람코가 생산한 블루 암모니아 2만 5,000톤이 한국으로 들어왔다. 2023년 사우디 아람코는 전력 발전소, 산업 공정 연료로서의 블루 암모니아를 위해 전 세계 에너지 회사들과 파트너십을 체결하였다. 이러한 협력은 블루 수소 및 암모니아의 글로벌 공급망을 구축하고 사우디 아람코를 신흥 수소 경제의 선도 공급체로 되기 위한 사우디아라비아 정부의 노력을 보여준다. 이후 사우디 아람코는 CO₂의 직접 공기 포집(direct air capture, DAC)을 위한 인공 광합성과 같은 기술뿐만 아니라 블루 수소 프로젝트와 통합될 수 있는 전해 방법을 탐색하고 있다. 또한 사우디 아람코는 수소 경제에 대한 표준 및 규제에 대한

글로벌 담화에 적극적으로 참여하고 있다.

5.3 홍해 프로젝트 및 AMAALA 프로젝트

홍해 프로젝트는 사우디아라비아가 시작한 Vision 2030의 일환으로 지속 가능한 개발과 혁신을 통해 글로벌 관광 분야에서 사우디아라비아의 경쟁력을 확보하려는 목표를 가지고 있다. 이니셔티브의 핵심은 환경 파괴를 최소화하고 그린 에너지 솔루션의 발전을 선도하기 위한 수소 기술의 사업적 통합에 있다. 홍해 프로젝트는 넓은 사막과 산악을 풍경으로 둘러싸인 90개 이상의 섬들을 아우르는 관광 및 레저 프로젝트이다. 그 개발 전략의 핵심에는 지속 가능한 발전과 환경 보호가 있다. 프로젝트의 에너지 활용 원천에 그린 수소 기술을 통합하는 것은 이러한 노력을 표현하는 것으로 재생 에너지 자원을 활용한 접근 방식을 강조한다. 홍해 프로젝트 내의 수소 개발 계획은 다각적으로 진행되며 주요 에너지원으로 그린 수소의 생성, 저장 및 활용에 중점을 둔다. 해당 프로젝트는 사우디아라비아의 풍부한 태양광 및 풍력 자원을 활용한 그린 수소를 생산함으로써 해당 관광 시설 운영 과정에서 탄소 발자국을 줄이고자 한다. 이 그린 수소는 프로젝트 내 다양한 시설을 포함하여 교통 시스템, 해수 담수화 플랜트, 항공 부문의 전력에도 활용될 예정이다. 위 수소 개발 계획의 구성 요소는 수소 생산, 저장 및 배포를 위한 종합적인 인프라의 설립을 포함한다. 이는 수소 생산을 위한 재생 가능 에너지의 지속적인 공급을 보장하기 위한 태양광 및 풍력 농장의 건설뿐만 아니라 물을 수소와 산소로 효율적으로 전환 가능한 전기 분해 플랜트의 개발을 포함한다.

AMAALA 프로젝트는 사우디아라비아의 경제 다양화와 지속 가능한 에너지의 관광 부문으로의 전환을 위한 사우디아라비아 북서부 해안의 홍해에 위치한 관광지 개발 프로젝트이다. 이 프로젝트 역시 탄소 발자국을 줄이고 그린 에너지 분야의 리더가 되고자 하는 실무적인 전략의 일환으로 대규모 건설에 그린 수소 프로젝트를 통합하고 있다.

또한 AMAALA 프로젝트는 지속 가능성, 환경 보호 및 관광에 중점을 둔 사우디아라비아의 Vision 2030과 일치한다. AMAALA 프로젝트에는 본 지역의 풍부한 태양광 및 풍력 자원을 활용하는 그린 수소 및 암모니아 생산 시설 건설이 포함된다. 본 관광지에는 전기차 및 수소차가 주요 이동 수단으로 활용하는 계획이 포함되어 있다. 이 시설을 통해 사우디는 관광 산업 육성과 함께 수소 에너지의 이동 수단에서의 활용을 구체화하고자 하며 탄소 배출을 줄이고 대규모 관광 산업 단지 프로젝트에서 재생 에너지 사용의 기준을 설정하고자 한다.

5.4 기타 국외 투자

이러한 국내 개발을 넘어서 사우디아라비아의 ACWA Power를 필두로 수소 산업 육성을 위해 해외 프로젝트와 스타트업 등 여러 투자가 진행되고 있다. 2023년 사우디 국부 펀드(Public Investment Fund, PIF)가 50% 소유한 ACWA Power는 이집트에서 40억 달러 규모의 그린 암모니아 공장 설립 계약을 체결하였고 연간 60만 톤의 그린 암모니아 생산을 목표로 하였다¹²⁾.

또한 ACWA Power는 우즈베키스탄에서 풍력 발전을 이용해 연간 3,000톤 규모의 암모니아 플랜트 건설을 시작하였으며¹³⁾ 두 번째 플랜트에서는 연간 50만 톤의 암모니아 생산을 계획하고 있다. 또한 2022년에 태국 국영 석유 회사인 PTT와 함께 70억 달러 규모의 프로젝트로 120만 톤의 그린 암모니아 생산 플랜트를 건설하기 위한 양해 각서를 체결하였다¹⁴⁾. 그리고 2023년 12월에는 사우디아라비아는 인도네시아 국영 전력 회사인 PLN과 비료 회사인 Pupuk Indonesia와 함께 인도네시아 최대 규모인 15만 톤의 그린 암모니아 생산 공장 건설을 위하여 10억 달러 규모의 프로젝트를 계약하였다¹⁵⁾.

한편 사우디 아람코의 경우 벤처 캐피탈에서 대규모 투자를 진행하고 있다. 2024년 1월 Parallel Carbon에 360만 달러를 투자하였는데 본 기업은 태양광 및 풍력 에너지를 이용하여 대기 중 이산화탄소를 제거하고 수소를 생산하는 DAC 및 물 전기 분해 과정 결합

기술을 연구하고 있다¹⁶⁾. 또한 이탈리아의 ENI와 미국의 유나이티드 항공과 함께 영국 기반의 스타트업인 OXCCU에 2,270만 달러를 투자했다. OXCCU는 산업 과정이나 발전소에서 포집된 이산화탄소와 재생 가능 에너지로 만든 수소를 결합하여 연료를 생산하는 방법을 연구 중이다¹⁷⁾.

6. 결론

본 연구에서는 사우디아라비아가 글로벌 에너지 시장의 수요 변화에 적극적으로 대응하면서 수소 산업 발전 전략을 중심으로 재생 에너지와 수소 산업에 대한 국가적 투자 및 이니셔티브를 어떻게 구축하고 있는지 분석하였다. 서론에서 언급한 바와 같이 세계 최대의 석유 수출국인 사우디아라비아는 전통적인 화석 연료 의존 경제에서 벗어나 지속 가능한 에너지를 기반으로 하는 산업으로의 전체적인 전환을 국가적 목표로 설정하고 이를 적극 추진하고 있다. 이러한 전략은 특히 NEOM 그린 수소 프로젝트와 같은 대규모 프로젝트를 통해 구체화되고 있으며 이는 국제적인 수소 에너지 시장에서의 리더십을 확립하는 데 중요한 역할을 하고 있다.

IEA의 시나리오 분석을 바탕으로 석유 의존 경제에서 벗어나 다양한 재생 에너지원 특히 수소를 중심으로 하는 에너지 체제로의 변혁을 파악하여 글로벌 온실가스 감축 목표와 세계적인 친환경 수요 증가에 대응하고 있는 사우디아라비아의 여러 프로젝트를 통해 비즈니스 기회를 모색할 수 있다. 본 연구에서 조명한 바와 같이 사우디아라비아의 수소 산업 전략은 국가의 경제 다변화뿐만 아니라 글로벌 기후 변화 대응 노력에 기여하고자 하는 역할을 한다. 여러 대규모 프로젝트를 통해 이루고자 하는 재생 에너지를 활용한 수소 생산은 전 세계 수소 공급망에 주요한 공급자로서 기능하기 위한 노력과 사우디아라비아가 국가 주도하에 글로벌 에너지 전환에 적극적으로 대응하고 있음을 보여준다.

이러한 전략적 이니셔티브는 국내외적으로 사우디아라비아가 지속 가능한 에너지 개발에 있어 주도

적인 역할을 수행하고 장기적으로는 석유 의존 경제에서 벗어나 광범위한 에너지 포트폴리오를 구축하는 데 크게 기여할 것이다. 이는 사우디아라비아가 화석 연료를 넘어 글로벌 에너지 시장에서 지속적으로 영향력을 유지하고 국가의 경제적 및 환경적 지속 가능성을 증진시키는 중요한 이정표가 될 것이다. 이러한 이니셔티브들의 진행 사항을 면밀히 파악하고 한국이 협력 가능한 부분을 지속적으로 탐색하여 수소 산업 발전 기회를 모색해야 할 것이다.

References

1. C. Kim, G. Kim, and H. Kim, "Analysis of domestic and foreign policy and technology trends for hydrogen industry development", *Journal of Hydrogen and New Energy*, Vol. 34, No. 2, 2023, pp. 122-131, doi: <https://doi.org/10.7316/JHNE.2023.34.2.122>.
2. J. Shin, "Hydrogen policy trends and current status of hydrogen technology development by value chain", *Journal of Hydrogen and New Energy*, Vol. 34, No. 6, 2023, pp. 562-574, doi: <https://doi.org/10.7316/JHNE.2023.34.6.562>.
3. International Energy Agency (IEA), "World Energy Outlook 2023", IEA, 2023. Retrieved from <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023>.
4. A. Al-Sharafi, A. Z. Sahin, T. Ayar, and B. S. Yilbas, "Techno-economic analysis and optimization of solar and wind energy systems for power generation and hydrogen production in Saudi Arabia", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 69, 2017, pp. 33-49, doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.157>.
5. A. Raza, M. Mahmoud, M. Arif, and S. Alafnan, "Underground hydrogen storage prospects in the Kingdom of Saudi Arabia", *Fuel*, Vol. 357, Pt. A, 2024, pp. 129665, doi: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2023.129665>.
6. Q. Hassan, A. Z. Sameen, H. M. Salman, M. Jaszczur, M. Al-Hitmi, and M. Alghoul, "Energy futures and green hydrogen production: Is Saudi Arabia trend?", *Results in Engineering*, Vol. 18, 2023, pp. 101165, doi: <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2023.101165>.
7. M. Lee, "Saudi Vision 2030: what are Saudi Arabia's plans for the future?", *Earth.org*, 2021. Retrieved from <https://earth.org/saudi-vision-2030/>.
8. Y. H. A. Amran, Y. H. M. Amran, R. Alyousef, and H. Alabduljabbar, "Renewable and sustainable energy production in Saudi Arabia according to Saudi Vision 2030: current status and future prospects", *Journal of Cleaner Production*, Vol.

- 247, 2020, pp. 119602, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119602>.
9. Saudi Gazette, “Energy minister: Saudi Arabia targets 130 gigawatts of renewable energy by 2030”, Saudi Gazette, 2023. Retrieved from <https://saudigazette.com.sa/article/638847>.
 10. A. Alkhalidi, H. Battikhi, M. Almanasreh, and M. K. Khawaja, “A review of renewable energy status and regulations in the MENA region to explore green hydrogen production - highlighting the water stress effect”, *International Journal of Hydrogen Energy*, Vol. 67, 2024, pp. 898-911, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2024.01.249>.
 11. NEOM Green Hydrogen Company, “NEOM Green Hydrogen Company completes financial close”, NEOM Green Hydrogen Company, 2023. Retrieved from <https://nghc.com/news/neom-green-hydrogen-company-completes-financial-close/>.
 12. M. S. Atallah, A. Elimam, and A. Heavens, “Egypt, Saudi Arabia’s ACWA Power sign \$4 bln green hydrogen deal - Egyptian cabinet”, Reuters, 2023. Retrieved from <https://www.reuters.com/markets/deals/egypt-saudi-arabias-acwa-power-sign-4-bln-green-hydrogen-deal-egyptian-cabinet-2023-12-20/>.
 13. C. Howe and R. Aich, “ACWA Power, PowerChina break ground on green hydrogen plant in Uzbekistan”, Reuters, 2023. Retrieved from <https://www.reuters.com/business/energy/acwa-power-powerchina-break-ground-green-hydrogen-plant-uzbekistan-2023-12-01/>.
 14. A. Biogradlija, “Thailand’s PTT and ACWA Power to invest \$7bn in green hydrogen”, H2 Energy News, 2023. Retrieved from <https://energynews.biz/thailands-ptt-to-invest-7bn-in-green-hydrogen-with-saudi-firm/>.
 15. R. Parkes, “ACWA Power unveils plans for ‘more-than-\$1bn’ green hydrogen project in Indonesia”, Hydrogen Insight, 2023. Retrieved from <https://www.hydrogeninsight.com/production/acwa-power-unveils-plans-for-more-than-1bn-green-hydrogen-project-in-indonesia/2-1-1566564>.
 16. P. Trendafilova, “Parallel Carbon secures \$3.6M seed funding to advance hydrogen and direct air capture technology”, Carbon Herald, 2024. Retrieved from <https://carbonherald.com/parallel-carbon-secures-3-6m-seed-funding-to-advance-hydrogen-and-direct-air-capture-technology/>.
 17. A. Symes, “OXCCU, converting CO₂ into fuels, chemicals and plastics”, Maddynews, 2024. Retrieved from <https://www.maddynews.com/uk/2024/01/17/oxccu-converting-co%E2%82%82-into-fuels-chemicals-and-plastics/>.