

이슈보고서

지역연구팀

VOL.2022-지역이슈-21(2022.12)

아프리카 주요국의 수소산업 동향 및 시사점



CONTENTS

- I. 아프리카 지역에서 수소 개발의 중요성 대두
- II. 아프리카 주요국의 수소산업 동향 및 개발 잠재력
 - 1. 남아프리카공화국
 - 2. 모로코
 - 3. 나미비아
- III. 시사점

작성

책임연구원 김경하 (6252-3598)

kh.kim@koreaexim.go.kr

※본 보고서의 내용은 담당 연구원의 주관적 견해로, 한국수출입은행의 공식입장과는 무관합니다.

<요 약>

I. 아프리카 지역에서 수소 개발의 중요성 대두

- 아프리카는 1인당 전력 보급률 및 소비량이 현저히 낮아 에너지 사용에 대한 잠재수요가 높으며, 빠른 인구 증가와 더불어 경제활동 및 가계소득 증가, 급격한 도시화 현상 등으로 인해 향후 에너지 수요가 크게 증가할 것으로 전망됨.
- 아프리카 지역이 보유한 막대한 에너지 자원에도 불구하고 아프리카 국가의 주민들은 여전히 에너지 빈곤을 겪고 있으며, 향후 에너지 수요의 증가를 전망할 때 현대화된 에너지의 개발 및 투자 확대는 시급한 과제임.
- 아프리카는 풍부한 재생에너지원과 발전단가의 하락으로 재생에너지 개발의 높은 잠재력을 보유함에 따라 재생에너지를 활용하여 생산이 가능한 수소가 차세대 에너지원으로 떠오름.
- 그 결과 아프리카 지역에서는 재생에너지를 활용한 일련의 수소 개발 프로젝트가 계획 혹은 진행 중임. 이집트, 모로코, 남아공은 아프리카 지역 수소 개발 프로젝트를 주도하고 있으며, 최근 모리타니와 나미비아도 그린 수소 및 암모니아 관련 프로젝트를 발표함.
- 프로젝트가 완료될 경우 수소 생산은 현재 약 3백만 톤(대부분 화석연료 기반)에서 2050년 2천만 톤(저탄소 수소 비중 80%)으로 증가할 것으로 전망되며, 생산된 수소 중 2030년에는 10%, 2050년에는 1/3이 주로 유럽 지역으로 수출될 예정임.

II. 아프리카 주요국의 수소산업 동향 및 개발 잠재력

1. 남아공

- 남아공은 세계적 수준의 태양에너지 자원과 재생에너지 개발에 대한 정부의 높은 의지, 풍부한 백금족 광물 매장량(전 세계 추정매장량의 약 90%)을 바탕으로 아프리카 지역의 그린 수소 개발을 주도하고 있음.
- 아프리카에서 가장 산업화된 경제를 보유한 남아공은 물류 인프라 및 항구가 잘 발달되어 있어 향후 비용 효율적 수소 생산과 더불어 수소 수출에 있어 잠재력이 높음.
- 2022년 2월 과학혁신부(DSI)는 그린 수소와 그린 암모니아 수출시장 조성, 수소제품 제조를 위한 센터 설립, 국내 수소 공급망 개발, 2030년까지 그린 수소 50만 톤 생산, 2040년까지 수소 기반 15GW 용량의 전력 생산을 목표로 한 수소 생산 로드맵인 'South African Hydrogen Society Roadmap(HSRM)'을 발표함.
- 현재 그린 수소 및 암모니아 개발을 위한 4개의 대규모 촉매 프로젝트가 개발 중임. 대표적으로는 전 세계 백금족 자원 중 70%가 매장된 Bushveld Igneous Complex(BIC)와 산업 및 상업 지역인 Johannesburg, Mogalakwena, Durban을 연결하는 835km의 '수소 밸리'(hydrogen valley) 건설 계획인 The Platinum Valley Initiative(PVI), 그린 수소 및 암모니아 생산 및 수출을 위한 Boegoebaai Green Hydrogen Development Project가 있음.

2. 모로코

- 모로코는 풍부한 재생에너지원을 바탕으로 일찍이 아프리카 지역의 재생에너지 분야의 선두 주자로 자리매김했으며, 2010년에는 국가 에너지 전략 수립, 2019년에는 국가 수소위원회 창설, 2021년에는 국가 그린 수소 로드맵 개발을 통해 수소 개발을 꾀함.
- 모로코는 그린 수소 생산을 위하여 유럽과의 기술협력 협정을 체결했는데, 대표적으로는 2020년 6월 독일과 체결한 독일-모로코 수소 협정이 있음.

- 동 협정의 주 목적은 아프리카에 그린 수소를 위한 최초의 산업 플랜트를 건설하는 것으로, 독일은 향후 모로코에서 그린 수소 조달을 위하여 모로코의 수소 생산 공장 건설 및 그린 경제 달성을 위한 재정적 지원을 제공키로 했음. 아울러 그린 수소 생산을 위한 'power-to-X'* 프로젝트와 이를 위한 플랫폼 구축, 지식 이전 및 강화 등도 지원 내역에 포함됨.
- 현재 모로코 최대 규모의 그린 수소 프로젝트는 그린 수소 & 암모니아 프로젝트인 Hevo Ammonia 프로젝트로, 2026년 완공 시 연간 그린 암모니아 18만 3,000톤을 생산할 것으로 예상됨.

3. 나미비아

- 나미비아는 아직 개발되지 않은 세계적 수준의 재생에너지를 보유함에 따라 향후 아프리카 그린 수소 시장의 주도국으로 부상할 가능성이 다분함. 이에 독일 정부는 나미비아 그린 수소 타당성 조사 및 시범 프로젝트에 4천만 유로를 투자했으며, 나미비아 정부도 그린 수소 생산시설 개발을 위한 첫 번째 메가 프로젝트에 독일 Hyphen Hydrogen Energy를 우선협상 대상자로 선정함.
- 독일 산업 분야(정제 제외)는 2030년까지 연간 170만 톤, 이후로는 더 많은 양의 수소가 필요할 것으로 예상됨에 따라 나미비아 그린 수소 개발을 통해 대용량 그린 수소를 저렴한 비용으로 수입할 계획임.
- 2021년 11월 나미비아 정부는 그린 수소 생산시설 개발을 위한 첫 번째 메가 프로젝트를 발표함.
- 나미비아 정부는 독일의 Hyphen Hydrogen Energy를 우선협상 대상자로 선정함. 예상 비용 94억 달러인 동 프로젝트는 2030년까지 재생에너지 발전용량과 수전해 용량을 각각 5GW, 3GW로 확대하며 연간 30만 톤의 그린 수소를 생산할 계획임.

Ⅲ. 시사점

- 아프리카 각국에서 수소 수출을 위한 대규모 프로젝트가 검토되고 있지만 대부분 초기 개발 단계로, 향후 저탄소 수소의 수출을 위해서는 높은 수준의 투자 및 지원이 필요함.
- 대부분의 아프리카 국가는 어려운 재정상황으로 개발을 위한 자금 조달이 여의치 않아 투자자원 확보 및 향후 그린 수소 경제의 활성화를 위해서는 민간 기업 참여의 확대를 촉진해야 하며, 자금 수용능력 강화를 위한 공공 및 민간 부문 이해당사자들의 상호 협력이 필요함.
- 우리나라는 높은 수소 수요와 높은 생산단가로 인해 장기적으로 수소를 수입에 의존할 가능성이 다분함.
- '2050 탄소중립 시나리오 초안' 및 '수소경제 성과 및 수소 선도국가 비전'에 따르면 2050년 국내 수소 수요의 약 80%가 수입으로 충당될 것으로 전망되며, 수소 사용량 중 청정 수소의 비율이 2030년 50%, 2050년 100%로 확대될 예정임을 미루어볼 때 청정 수소 공급망 확보는 매우 중요함.
- 아프리카는 풍부한 재생에너지를 바탕으로 수소 생산에 가장 큰 잠재력을 지닌 지역으로 현재 수소 생산 프로젝트가 진행 중인 모로코, 나미비아, 남아공, 모리타니아로부터 청정 수소의 도입을 고려해볼 만함.
- 아프리카 수소산업의 경우 아직 개발이 이루어지지 않아 진출에 있어 상당한 기회가 될 수 있음. 실제로 유럽 등 선진국은 탄소 중립 달성과 안정적 에너지 공급을 위하여 선진 기술을 앞세워 수소산업의 블루오션인 아프리카로의 진출에 큰 관심을 보이고 있음. 우리나라는 수소차, 수소연료전지, 개질수소 생산 관련 기술을 보유하고 있어 아프리카 진출 시 동 분야의 시장 선점도 가능함.

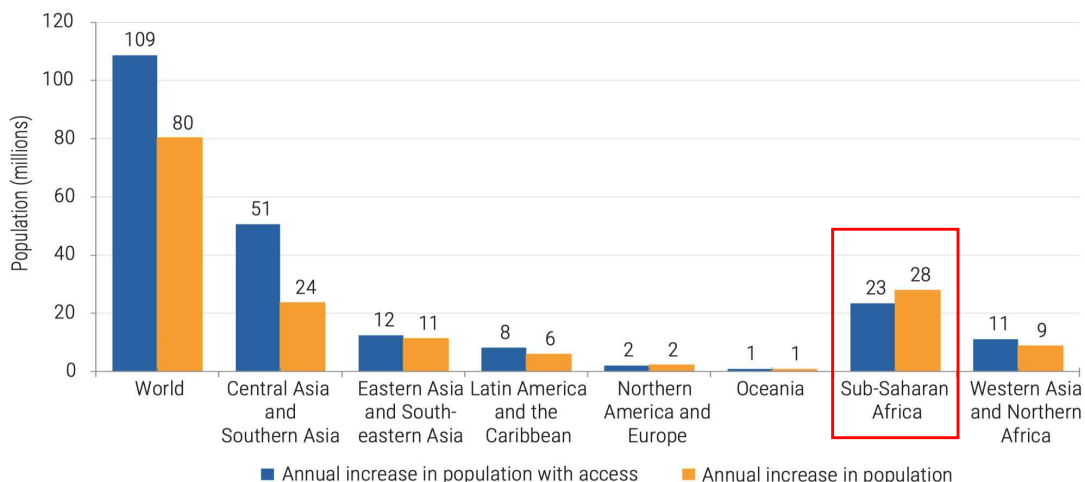


I. 아프리카 지역에서 수소 개발의 중요성 대두

세계 평균 대비 현저히 낮은 전력 소비량 및 보급률

- 아프리카 지역은 세계 인구의 약 18%를 차지하고 있음에도 세계 에너지 수요의 6%, 전력 수요의 3%만을 차지하며, 1인당 전력 보급률 및 소비량이 현저히 낮아 에너지 사용에 대한 잠재수요가 높음.
- 전력 산업은 국가의 기간산업이며, 전력은 개인의 필수재일 뿐 아니라 보건-위생 환경 개선, 농업 현대화 등에 필요한 주요 자원임에도 불구하고 2020년 사하라 이남 아프리카의 전력 보급률(혹은 전력 접근 가능 인구 비율)은 48.4%로 세계 평균인 90.5%의 절반 수준에 불과함.
- 특히 남아공을 제외한 사하라 이남 아프리카의 1인당 에너지 소비량은 2018년 기준 180kWh로, 미국(1만 3,000kWh)과 유럽(6,500kWh) 대비 극히 낮은 수준임.
- 아프리카의 총에너지 수요는 2010~19년 동안 연간 2.4% 이상 증가하였으나, 동 기간의 전력 사용량 증가율은 2.3%에 불과하며, 아프리카 인구의 64%는 여전히 취사용 연료로 나무 땔감, 숯, 가축 분뇨, 영농 폐기물 등을 사용 중임.
- 2021년 기준 아프리카 인구의 43%(약 6억 명)가 여전히 전력 공급으로부터 소외되어 있으며, 이 중 대다수(5.9억 명)는 사하라 이남 아프리카에 거주하고 있음.
- 2013년 들어 케냐, 세네갈, 르완다, 가나 등 일부 국가들의 강력한 전력 공급 정책과 오프그리드(기존 전력계통과 독립적으로 동작) 이니셔티브 정책의 시행으로 전력 공급 소외 인구는 2014년부터 꾸준히 감소해옴. 그러나 빠른 인구 증가 속도로 인해 사하라 이남 아프리카 전체의 전력 공급 소외 인구는 2010년 5.6억 명에서 2019년 5.7억 명으로 증가했으며, 코로나19 팬데믹 여파와 우크라이나 사태로 인한 에너지 가격의 상승으로 인해 2021년 아프리카의 전력공급 소외 인구는 5.9억 명으로 2019년 대비 4% 증가함.
- 그 결과 사하라 이남 아프리카는 전력 접근 가능 인구 증가율이 인구 증가율 보다 낮은 유일한 지역이며(그림 1 참고), 2020년 기준 전 세계 전력 공급 소외 인구 상위 20개국 중 15개국이 사하라 이남 아프리카 국가임(그림 2 참고, 나머지 5개국은 파키스탄, 인도, 미얀마, 수단, 북한).

[그림 1] 2018~20년 사이 지역별 전력 접근 가능 인구 및 총인구 증감

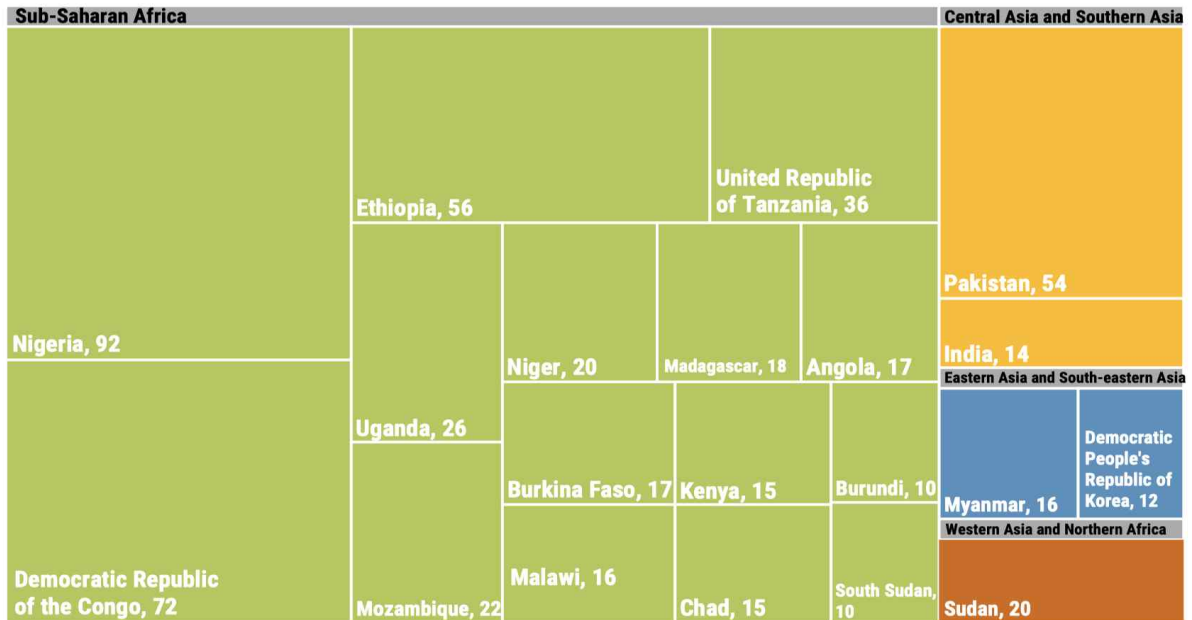


자료: IEA, IRENA, UN, World Bank, WHO(2022). "The Energy Progress Report."



[그림 2] 전력 공급 소외 인구 상위 20개국

(단위: 백만 명)



자료: IEA, IRENA, UN, World Bank, WHO(2022). "The Energy Progress Report 2022.", p. 7.

향후 빠른 인구 증가와 경제성장으로 에너지 수요 급증 예상

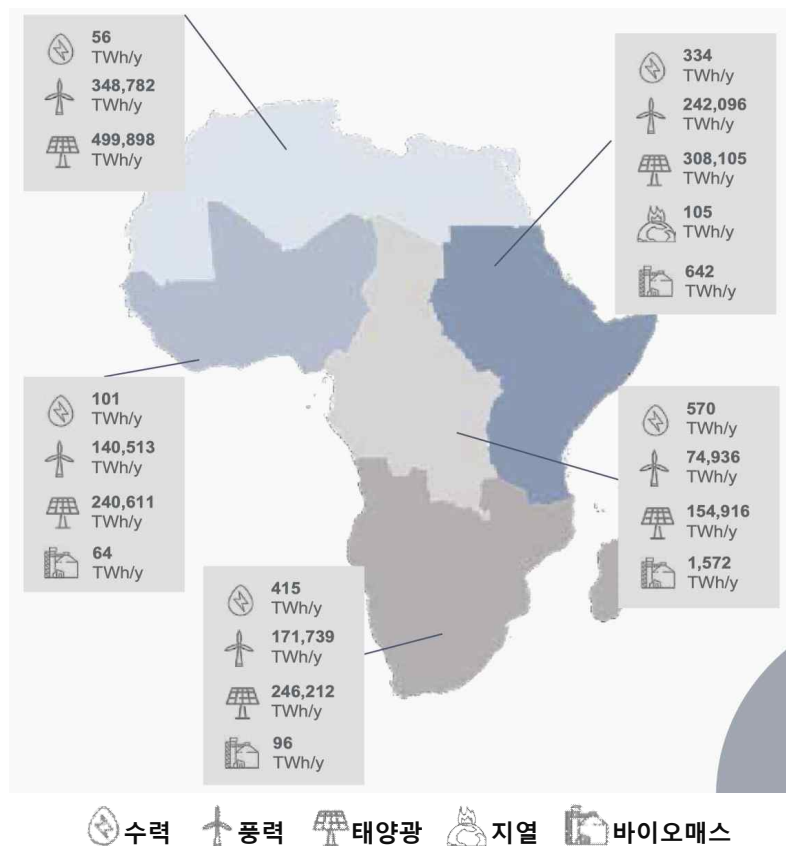
- 아프리카는 세계에서 인구 증가 속도가 가장 빠른 지역으로 향후 10년 간 세계 인구 증가분의 절반 이상을 차지할 것으로 전망되며, 더불어 경제활동 및 가계소득 증가, 급격한 도시화 현상 및 기후 변화 등으로 인하여 에너지 수요가 크게 증가할 것으로 전망됨.
- 2021년 아프리카는 전 세계 인구의 약 18%를 차지하여 2000년(13%)에 비해 가파른 성장세를 나타내었으며, 지난 3년 간 아프리카 인구증가율은 연평균 2.5%로 세계 평균의 2배 이상임. 아프리카 인구는 2030년까지 현재 미국 인구 수준인 3.5억 명이 증가하여 총 17억 명에 이를 것으로 예측됨.
- 아프리카는 도시화 현상이 빠르게 일어나는 지역으로 도시인구가 연평균 3.2%씩 성장하고 있으며(세계 평균 2%), 도시화가 가장 빠르게 진행되는 부룬디, 니제르, 우간다, 탄자니아, 부르키나파소의 경우 2020년 도시 인구 증가율은 전년 대비 4% 이상이었음.
- 2020년 기준 아프리카 인구 중 4.72억 명이 도시에 거주 중이며, 이는 2035년까지 8.1억 명으로 증가할 것으로 예상됨
- 아프리카 지역이 보유한 막대한 에너지 자원에도 불구하고 아프리카 국가의 주민들은 여전히 에너지 빈곤을 겪고 있으며, 향후 에너지 수요의 증가를 전망할 때 현대화된 에너지의 개발 및 투자 확대는 시급한 과제임.
- 국제에너지기구(IEA)는 2030년까지 아프리카의 에너지 수요가 75% 이상 증가할 것으로 전망하며, 주요 원인으로 ①인구 및 소득 증가, ②도시화 및 기후 변화, ③농업, 산업 분야 개발 및 확대를 꼽음.
- 2020~30년 동안 에너지 소비량은 산업, 서비스, 농업 분야에서 총 33% 가량 증가할 것으로 전망했으며, 특히 산업 분야에서 에너지 소비량 증가폭이 가장 클 것으로 전망함.



아프리카는 풍부한 재생에너지원과 발전단가의 하락으로 재생에너지 개발의 높은 잠재력 보유

- 아프리카는 세계에서 가장 풍부한 재생에너지원을 보유한 지역으로, 자원별 잠재 발전설비 용량은 태양에너지 10TW, 수력 35GW, 풍력 110GW, 지열 15GW이며, 잠재 발전량은 수력 1,476TWh/y, 풍력 978,066TWh/y, 태양광 1,449,742TWh/y, 지열 105TWh/y, 바이오매스 2,374TWh/y임(그림 3 참고).
- 아프리카는 세계에서 가장 풍부한 태양에너지 발전 잠재력을 보유한 지역임. 대륙의 80% 이상 지역에서 태양 조사(照射) 강도가 2MWh/m²/year 이상으로 특정 지역에 높게 분포된 수력, 풍력 자원과 달리 대륙 전반적으로 상당히 고르게 분포되어 있음(그림 4 참고). 남아공은 아프리카 대륙 전체 태양에너지 및 풍력 설비용량의 각각 57% 및 41%를 점유하여 가장 큰 부분을 차지하고 있음.
- 풍력의 경우 북부와 남부 지역이 연평균 풍속 7m/s로 높은 수준이며, 특히 알제리, 에티오피아, 나미비아, 모리타니는 풍력에너지 분야에서 세계 최고 수준의 잠재력을 보유함. 풍력에너지원은 북아프리카와 사헬 지역을 제외하면 아직 탐사가 극히 미미하게 진행되어 향후 상당한 개발 잠재력이 있음.

[그림 3] 아프리카 권역별 육상 재생에너지 추정 잠재력



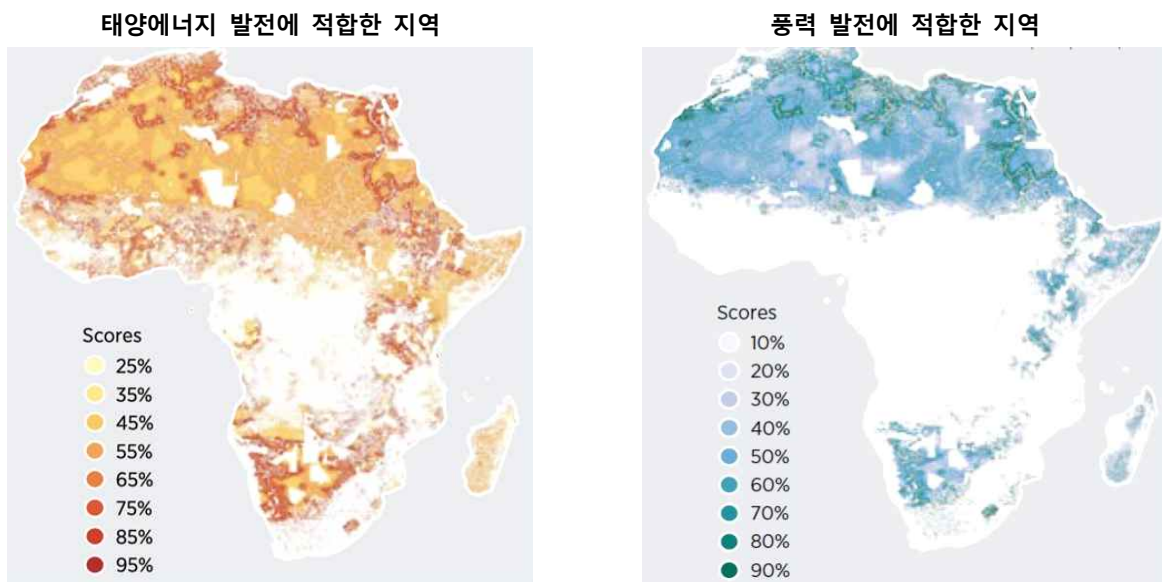
자료: IRENA(2021). "Renewable Energy Transition in Africa.", p. 38.

- 아프리카 지역의 총재생에너지는 2010~20년 사이 연평균 21% 성장했으며, 2021년 기준 총 재생에너지 설비용량은 58GW 이상으로 이 중 수력이 63%를 차지하고 있음.
- 태양에너지는 가장 빠르게 성장하고 있는 재생에너지원으로, 국제재생에너지기구(IRENA)에 따르면 지난 2011~20년 사이 연평균 태양에너지 성장률은 54%로 풍력(22.5%)의 2.5배, 지열(14.7%)의 4배, 수력(3.2%)의 17배에 해당하는 성장률을 보임. 지난 10년 간 총 태양에너지 발전설비 용량은 총 10.4GW 추가되었으며(태양광 9.4GW, 태양열 1GW), 가장 큰 증가는 2018년에 있었음(2.9GW 추가).



- 2020년 말 기준 아프리카 지역의 풍력 발전설비 용량은 6.5GW이며, 남아공, 모로코, 이집트, 케냐, 에티오피아, 튀니지가 아프리카 총 풍력발전 용량의 95%를 차지함.
- PwC는 2010~20년 사이 아프리카의 태양에너지 및 풍력 설비용량이 각각 50.2%, 25.3% 성장한 것으로 추정하는 한편, 2050년까지 태양에너지 및 풍력으로부터의 에너지 생산은 현재보다 각각 110배, 40배 증가할 것으로 전망함.
- 그 결과, 현재 수력은 재생에너지에서 가장 큰 비중을 차지하지만 향후 비수력 재생에너지가 이를 앞설 것으로 예측되며, 이집트, 알제리, 튀니지, 모로코, 에티오피아의 태양에너지 개발 프로젝트가 비수력 재생에너지의 성장을 견인할 것으로 전망됨에 따라 재생에너지를 활용하여 생산이 가능한 수소가 차세대 에너지원으로 떠오름.

[그림 4] 아프리카 태양에너지 및 풍력 발전 지도



자료: IRENA(2022). "Renewable Energy Market Analysis.", p. 41 & 43.

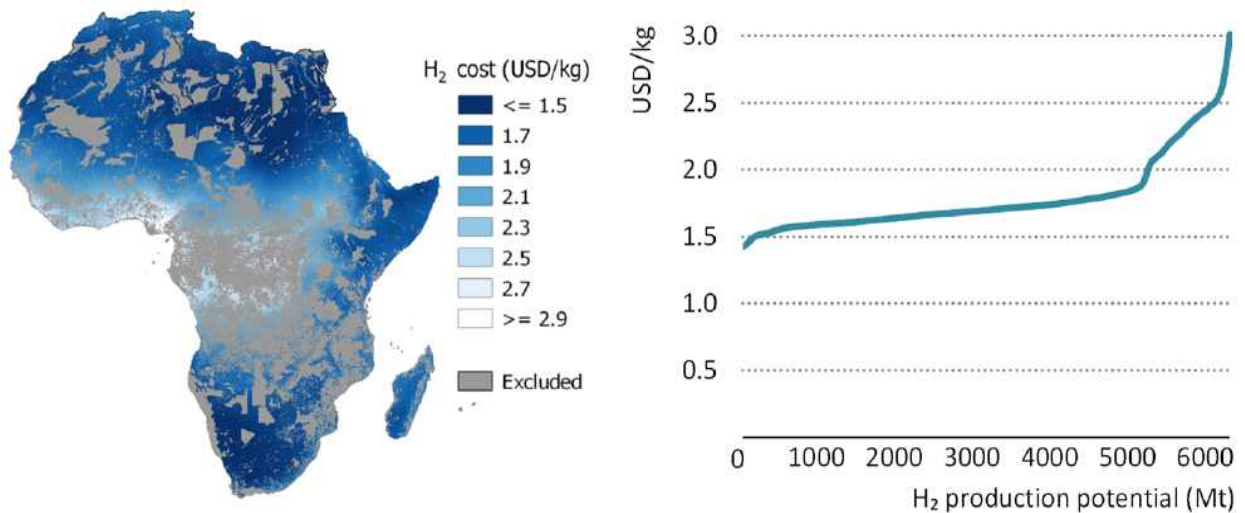
풍부한 재생에너지를 바탕으로 한 저탄소 수소(그린 수소) 생산의 높은 잠재력

- 아프리카는 저탄소 수소의 거점이 될 수 있는 지정학적 요충지에 위치하며 풍부한 에너지를 보유함에 따라 친환경적인 저탄소 수소의 생산 및 수출에 있어 잠재성 높은 지역으로 부상함.
- 저탄소 수소(Low-Carbon Hydrogen)는 그린 수소(재생에너지를 통해 생산한 전기로 물을 전기 분해하여 생산), 블루 수소(화석연료에서 수소를 얻지만, 수소 생산 과정에서 발생하는 이산화탄소를 포집·저장)를 포함함.
- 아프리카에서 저탄소 수소의 개발은 청정에너지 자원 접근 및 고용 기회 확대, 공기 질 개선 및 국민 건강 증진, GDP 증가 및 수출수익 창출뿐만 아니라 불안정한 연료 국제가격과 지정학적 긴장으로부터 에너지 안보를 강화할 기회를 제공하며, 철강, 화학, 비료, 운송 등의 산업 분야의 탈탄소화를 가능케 함. 또한 에너지 공급 및 자립 문제, 식량 안보 및 실업률 문제의 해결에 도움이 될 수 있음.
- 그린 수소는 풍부한 태양 및 풍력 자원을 보유한 아프리카 북부 및 남부 열대 지역에서 개발 잠재력이 높으며, 나이지리아, 알제리, 앙골라는 대규모 천연가스 매장량을 보유하여 블루 수소 개발의 잠재력이 높음. 이에 따라 여러 유럽 국가들은 아프리카 수소 개발 참여에 큰 관심을 갖고 있으며, 독일의 경우 일찍이 아프리카 국가들과 협력하여 수소 자원 지도(Hydrogen Potential Atlas)를 개발함.



- 특히 그린 수소는 탄소 중립 달성과 잉여에너지 저장이 가능한 이점으로 인해 큰 주목을 받고 있으며, 재생에너지원이 풍부한 아프리카는 그린 수소 시장으로 부상 중임.
- 최근 태양광·태양열, 육상(onsshore) 풍력 발전비용이 기술 발전으로 크게 하락함에 따라 그린 수소 생산의 용이성이 높아짐.
- 2010~19년 동안 균등화 발전비용(Levelized Cost of Energy: LCOE)*의 경우 태양광 발전이 82%, 태양열 발전이 44%, 육상 풍력이 40% 감소함.
 - * 발전설비 수명 기간 동안 발생하는 모든 비용과 발전량을 화폐의 시간적 가치를 고려하여 일정 시점으로 할인하고 연도별로 균일하게 나타낸 단위 가격
- 특히 '아프리카의 뿔', 북부, 남부 사막 및 반건조 지역은 재생에너지 발전비용의 큰 감소와 이를 통해 저렴한 비용으로 수소 생산이 가능한 잠재력이 가장 큰 지역 중 하나임.
- 만약 태양광 모듈과 수전해 비용이 IEA가 2050년 탄소 중립 달성을 위한 경로를 제시한 "Net Zero by 2050" 시나리오에 따라 지속해서 감소할 경우 2030년 아프리카의 수소 생산 비용은 \$1.4~2.0/kg 수준으로 감소할 것이며, 이는 아프리카를 제외한 전 세계의 \$1.3~4.0/kg, 북유럽의 \$2.2~3.2/kg(해상 풍력 발전을 통한 생산)와 비교하여 매우 경쟁력이 있음.
- 아프리카 해안선에서 200km 이내 위치한 지역의 경우 IEA가 2050년 전 세계의 탄소 중립 달성을 위하여 필요하다고 제안한 저탄소 수소량의 10배에 해당하는 연간 50억 톤을 \$2/kg 비용으로 생산 가능한 재생에너지 개발의 잠재력을 보유하고 있으며, 수출 터미널과 발달된 산업을 보유한 수소 생산에 가장 유리한 지역의 경우 1.5억 톤을 \$1.5/kg 미만으로 생산할 수 있음.

[그림 5] 2030년 아프리카 수소 생산 비용과 태양광 및 육상 풍력 발전을 통한 잠재적 수소 공급량



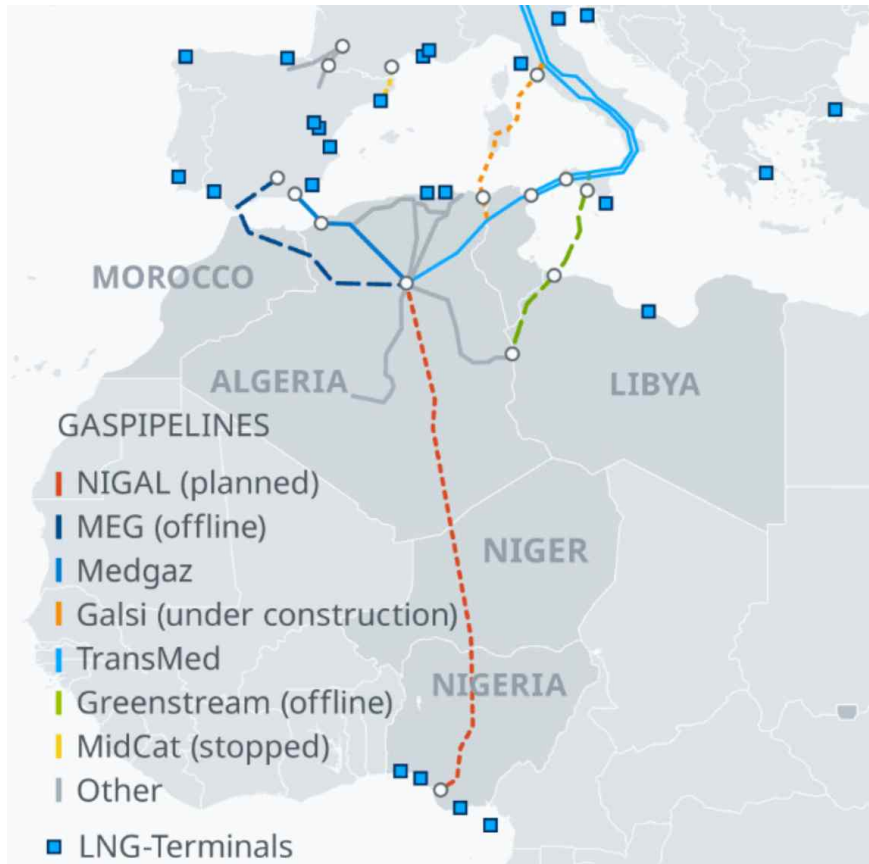
자료: IEA(2022). "Africa Energy Outlook 2022", p. 154.

- 또한, 기존에 설치된 가스 파이프라인의 활용을 통해 수소 운송 비용을 절감할 수 있음
- 수소의 해상 운송은 운송 거리가 3,000km 이상일 경우 가장 효율적이며 운송 비용은 \$1~2.75/kg으로 추정됨. 이보다 짧은 거리의 경우 파이프라인을 통한 운송이 가장 저렴하며 운송 비용은 신규 파이프라인의 경우 1,000km당 \$0.18/kg, 기존 파이프라인을 개조해서 사용할 경우 1,000km당 \$0.08/kg임.



- 현재 아프리카에 설치된 국제 파이프라인은 북아프리카와 유럽 간 천연가스 운송에 사용되고 있는데, 이를 개조하여 아프리카에서 생산된 수소를 유럽으로 수출하기 위한 용도로 활용할 수 있음. 대륙 내 파이프라인으로는 현재 나이지리아에서 인근 서아프리카 국가인 베냉, 토고, 가나로 가스를 운송하는 서아프리카 가스 파이프라인(WAGP)과 설치가 계획된 나이지리아-모로코 파이프라인이 있으며, 이 또한 역내 수소 운송을 위해 활용할 수 있음.

[그림 6] 아프리카-유럽 파이프라인 네트워크



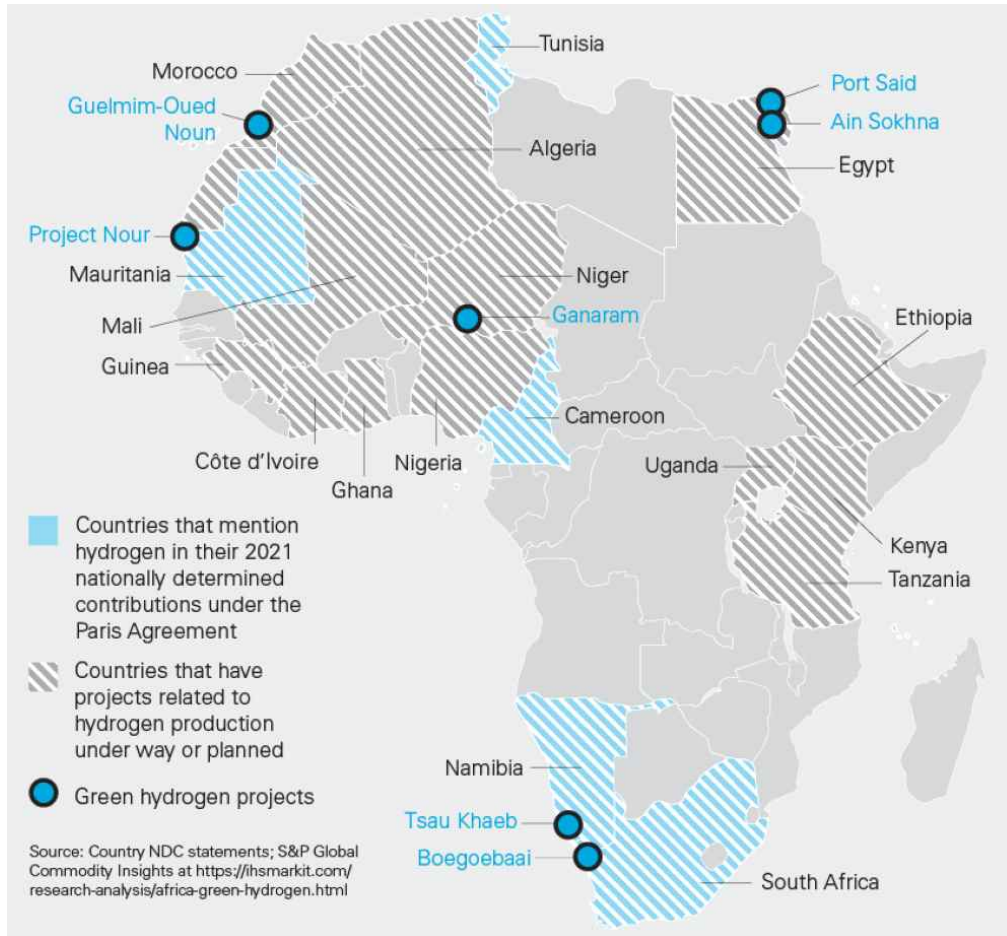
자료: Holleis, J. & Schwikoski, M.(2022). "Europe looks to Africa to fill natural gas gap."

현재 다양한 저탄소 수소 개발 프로젝트가 계획 혹은 진행 중

- 현재 아프리카에서 생산된 수소는 산업 영역에서 사용되는데, 주로 암모니아 기반 비료 생산 혹은 석유 정제(북아프리카 및 나이지리아)를 위하여 그레이 수소를 생산 및 사용하며, 저탄소 수소는 남아공에서 탄소 포집을 통해 화석 연료에서 극히 미미하게 생산 중임.
- 그러나 수소 개발을 위한 정책과 투자가 진행 중인 바, 향후 저탄소 수소 생산이 크게 증가될 것으로 전망되며 이는 아프리카뿐만 아니라 특히 러시아의 우크라이나 침공 사태로 인한 에너지 공급의 위기를 맞은 유럽의 에너지 수요 중 큰 부분을 충족시킬 것으로 전망됨.
- 현재 아프리카 54개국 중 18개국이 수소 생산 관련 프로젝트를 계획했거나 시행 중이며, 44개국은 기후 변화에 관한 파리 협정에 서명하여 국가 온실가스 감축 목표(Nationally Defined Contributions: NDCs)를 설정했고, 이 중 5개국(남아공, 나미비아, 모리셔스, 튀니지, 카메룬)은 수소를 잠재적 에너지원으로 언급함(그림 7 참고).



[그림 7] 수소 프로젝트를 계획 혹은 진행 중이거나 NDCs에서 수소를 언급한 아프리카 국가들



자료: Brunell, M.(2022). "Is "low-carbon" hydrogen a useful option for Africa's energy needs?"

- 아프리카 주요 5개국(이집트, 모리타니아, 모로코, 나미비아, 남아공)의 경우 민간 부문의 주도로 17개의 수소 생산 프로젝트가 계획되었거나 개발 중임(표 1 참고).
- 이집트, 모로코, 남아공은 아프리카 지역 수소 프로젝트 개발을 주도하고 있으며, 최근 모리타니아와 나미비아도 그린 수소 및 암모니아 관련 프로젝트의 추진을 발표함.
- 이들 국가들은 기존의 수출 터미널 혹은 저탄소 수소를 활용할 수 있는 산업을 보유하고 있음. 예를 들어 이집트와 모로코는 비료 생산을 위해 주로 사용 중인 화학 연료 기반 암모니아(대부분 수입)를 재생에너지 기반 암모니아로 대체할 수 있으며, 북부 아프리카 국가들과 남아공은 저탄소 수소를 사용하여 제강 과정에서 철광석 사용을 감소시킬 수 있음.
- 남아공에서는 영국의 다국적 광산기업인 Anglo American이 광산 트럭 연료로 사용할 수소 생산을 위하여 3.5MW 전기분해 시설을 건설 중이며, 모로코의 OCP 그룹은 장기적으로 비료 산업에서 암모니아 수입을 감소하기 위한 목적으로 재생에너지 기반 암모니아 생산을 위하여 연간 260톤급 시범 플랜트를 건설 중임.
- 프로젝트가 완료될 경우 수소 생산은 현재 약 3백만 톤(대부분 화학연료 기반)에서 2030년까지 5백만 톤(화학 연료의 탄소 포집 혹은 전기분해를 통한 저탄소 수소 비중 15%) 이상, 그리고 2050년까지 2천만 톤(저탄소 수소 비중 80%) 이상으로 증가할 것으로 전망됨.
- 또한, 생산된 수소 중 2030년에는 10%, 2050년에는 1/3이 주로 유럽 지역으로 수출될 예정임.



[표 1] 현재 개발 중인 아프리카 저탄소 수소 프로젝트

국가	프로젝트	주요 개발업체	연도	용량	사용	상태
이집트	EBIC Ammonia	Fertiglobe	2024	100MW 전기분해	암모니아 생산	f/s
	EEHC-Siemens MoU	EEHC Siemens	n/a	100~200MW 전기분해	미확정	공표
모리타니	Aman Green Hydrogen	CWP Global	2030	1.8Mt H2/year	암모니아 연료, 비료, 수출	공표
	Project Nour	Chariot	n/a	10GW 전기분해	수출	공표
모로코	OCP Group	OCP Group	2022	260t H2/year	비료	건설 중
	Masen green hydrogen	Masen	2025	100MW 전기분해	수출	f/s
	HEVO Morocco	Fusion Fuel	2026	31kt H2/year	암모니아 연료, 수출	f/s
나미비아	O&L Group CMB.TECH hydrogen hub	O&L group CMB.TECH	2023	4MW 전기분해	교통	공사 중
	Renewstable Swakopmund	HDF Energy Namibia	2025	24MW 전기분해	발전	f/s
	Hyphen Hydrogen Energy(Phase I)	Hyphen Hydrogen Energy	2026	120kt H2/year	수출	f/s
	Hyphen Hydrogen Energy(Phase II)	Hyphen Hydrogen Energy	n/a	3GW 전기분해	수출	공표
남아공	Anglo American Mogalakwena mine	Anglo-American	2022	3.5MW 전기분해	광산트럭	건설 중
	Sasolburg green hydrogen	Sasol	2023	2kt H2/year	화학약품, 철강, 교통, 전력	f/s
	Nelson Mandela Baygreen ammonia	Hive Hydrogen	2026	140kt H2/year	암모니아 연료, 비료, 수출	f/s
	Secunda SAF(Phase I)	Sasol	n/a	8kt H2/year	합성연료	f/s
	Secunda SAF(Phase II)	Sasol	2040	1.3Mt H2/year	합성연료	공표
	Boegoebaai green hydrogen	Sasol	n/a	400kt H2/year	화학약품, 합성연료, 수출	f/s

주) H2 = hydrogen; MW= megawatt; GW= gigawatt; Mt= million tonnes; t= tonnes; kt= thousand tonnes
 자료: IEA(2022). "Africa Energy Outlook 2022", p. 101.

최근 아프리카 6개국은 그린 수소 동맹을 공식적으로 출범

- 아프리카 6개국(남아공, 케냐, 나미비아, 이집트, 모로코, 모리타니아)은 아프리카 대륙의 그린 수소 프로젝트 개발을 위한 협력 강화를 위하여 2022년 5월 18일 그린 수소 동맹(African Green Hydrogen Alliance)을 창설함.
- 그린 수소 동맹은 내수 충족 및 수출을 위한 그린 수소 관련 규제 및 정책 개발, 역량 강화, 자금 조달 등을 포함하며, 이를 통해 아프리카를 그린 수소 개발의 선두 주자로 거듭나게 하고, 화석 연료에 대한 의존에서 벗어나 새로운 에너지 기술로의 전환을 가속화하여 적정 가격의 청정에너지 공급에 대한 접근성을 높이는 것을 목표로 함.
- 그린 수소를 적정 규모로 개발하고 생산비용을 절감하기 위해서는 정부, 기업, 투자자, 다자개발은행, 시민사회, 기술 및 학술 전문가 등과의 협력이 필요한데, 동맹은 이를 위한 플랫폼을 만들고 수소 프로젝트 사이 시너지 효과를 탐색하며 지식을 공유하고 민간 부문과 개발 금융 기관, 시민사회와의 협력, 연구 및 개발을 추진할 계획임. 또한, 재생에너지 생산 비용의 절감과 수전해 기술 개발을 위하여 더 많은 아프리카 국가들을 동맹으로 초대할 계획임.



II. 아프리카 주요국의 수소산업 동향 및 개발 잠재력

1. 남아공

- 남아공은 총발전량의 87.6%를 화석 연료에 의존하고 있어 탄소 배출량이 매우 많은 상황이며, 최근 국영 전력공사인 Eskom의 재정난과 기존 에너지 발전 설비의 노후화, 기술 부족 등으로 전력 공급 불안정이 이어지면서 전력난이 심화되는 중임.
- 남아공은 세계 8위 수준의 풍부한 석탄 매장량(약 99억 톤)으로 인해 석탄 화력발전이 국가의 1차 에너지 공급량의 74% 이상을 차지함. 그 결과 2021년 기준 남아공은 세계에서 온실가스 배출이 12번째로 많은 국가로 아프리카 대륙 총 탄소 배출량의 약 36%를 차지하며, 2019년 기준 1인당 탄소 배출량은 사하라 이남 아프리카(70만 톤) 및 세계 평균(450만 톤) 대비 월등히 많은 750만 톤을 기록함.
- Eskom은 화력발전을 통해 남아공 전력의 90% 이상을 생산하는 핵심 전력회사이지만 발전소 설비 노후화와 경영 부실로 10년 이상 순환 단전을 이어오고 있으며, 송전손실 역시 증가 중임.
- 이에 남아공 정부는 전력난의 완화 및 탄소 배출량 감소를 위하여 재생에너지 개발을 적극적으로 도모하고 있음.
- 2020년 남아공 발전소의 총 설비용량(57,436MW) 중 재생에너지의 비중은 17%(9,638MW)로 전년 대비 6%p 증가했으며, 2020년 기준 남아공의 태양에너지 설비용량은 약 6GW로 아프리카 태양에너지 설비용량의 약 60%를 차지함.
- 2021년 기준 남아공의 비수력 재생에너지 발전량은 6.7GW로 아프리카 지역에서 선두를 달리고 있음. 향후 10년(2020~30년)간 남아공의 총발전량 중 비수력 재생에너지 비중은 5.75%에서 10.6%로 약 2배 증가할 것으로 전망되고, 동 기간 중 비수력 재생에너지 설비용량은 6GW 이상 성장하여 2030년에는 약 12GW에 이르며, 풍력과 태양에너지는 총 비수력 재생에너지의 각각 48.4% 및 49.0%를 차지할 것으로 전망됨.
- 남아공은 세계적 수준의 태양에너지 자원과 풍부한 백금족 매장량을 보유함.
- 남아공은 대부분의 지역에서 연평균 일조시간 2,500시간, 평균 일사량 4.5~6.5kWh/m²/day로 태양에너지 개발 관련 높은 잠재력을 보여 전 세계에서 그린 수소 생산을 위한 최적의 입지 중 한 곳으로 꼽힘.
- 남아공은 연료전지 및 수소 생산을 위한 전해조에 사용되는 백금족의 전 세계 추정매장량 중 90%를 보유함. 백금족은 전력 수송, 발전, 철강 및 기타 금속 공정에서 사용되며 청정수소 기술 개발에 중요한 역할을 함에 따라 백금족 자원이 풍부한 남아공이 아프리카 그린 수소 개발을 주도하고 있음.
- 아프리카에서 가장 산업화된 경제를 보유한 남아공은 물류 인프라 및 항구가 잘 발달 되어 있어 향후 비용 효율적 수소 생산과 더불어 수소 수출에서도 잠재력이 높음.
- 남아공의 본격적인 수소 개발은 2007년 과학혁신부(DSI)의 주도로 수소·연료전지 기술 개발을 위한 '수소 남아공'(HySA) 전략을 수립하며 시작됨. 동 전략은 2008~13년(1차년), 2014~18년(2차년) 및 2019~22년(3차년)으로 구분되며, 수소 및 연료전지 기술의 가치 사슬 개발, 재생에너지를 통한 수소 생산의 비용경쟁적인 솔루션 및 인적자본의 개발을 목표로 함. 동 전략을 시작으로 남아공 정부는 수소 개발에 대한 높은 의지를 보이며 다양한 수소 개발 계획을 발표함.



1) Northern Cape Green Hydrogen Strategy

- 남아공은 2021년 11월 COP26 회의에서 '공정한 에너지 전환'(Just Energy Transition)*의 달성을 위하여 Northern Cape 주(州)를 국가 그린 수소 개발의 거점으로 만들기 위한 계획을 발표함. Northern Cape 주는 남아공 9개 주의 하나로, 재생에너지 발전과 광물 자원의 허브이자 우수한 일조량과 풍속으로 인하여 남아공 재생에너지 프로젝트의 대부분이 동 지역에서 진행되고 있음. 남아공에서 면적이 가장 크고(독일과 비슷) 인구밀도가 가장 낮은 지역으로 부지 확보가 용이하여 풍부한 재생에너지원을 바탕으로 그린 수소 생산의 잠재적 허브가 될 전망이다.

* 현재 에너지 시스템에서 지속성, 환경적 영향, 기후 변화, 보건, 경제, 고용, 사회적 평등과 관련하여 나은 시스템으로 전환하는 것을 말함.

- 동 계획은 다음 6가지 목표를 가짐:

- ① Northern Cape 주를 그린 수소 생산 및 수출을 선도하는 지역으로 개발
- ② Boegoebaai 항구와 철도 개발, 그린 수소 경제특구(SEZ), 저장 인프라, 송전망, 파이프라인 등의 인프라 개발을 통한 그린 수소 잠재력 확보
- ③ 2025~26년까지 Boegoebaai SEZ에서 건설 중인 10GW급 재생에너지 발전량을 바탕으로 5GW의 전기 분해 용량 보유
- ④ 2025년까지 태양광 패널과 풍력 터빈 제조업체 유치를 포함 그린 수소와 재생에너지 부품 및 제품의 전략적 현지화 및 재산업화를 통한 고용 창출, 기술 개발, 청년고용, 투자 유치 잠재력을 극대화
- ⑤ Northern Cape 주의 그린 수소 발전용량을 활용하여 특히 탄소 집약적 대규모 산업기지의 탈탄소화를 촉진하며 녹색화를 희망하는 중공업 부문 기업들을 유치
- ⑥ 남아공의 '공정한 에너지 전환' 지원을 위하여 그린 수소와 양허성 자금을 활용

2) South African Hydrogen Society Roadmap(HSRM)

- 2022년 2월 과학혁신부(Department of Science and Innovation: DSI)가 발표한 동 로드맵은 내수용(주로 천연가스를 통한 블루 수소 및 석탄을 통한 브라운 수소) 및 수출용(주로 그린 수소) 수소 생산 계획을 포함하고 있음.

- 그린 수소와 그린 암모니아 수출시장 조성, 수소제품 제조를 위한 센터 설립, 국내 수소 공급망 개발, 2030년까지 그린 수소 500Kt 생산, 2040년까지 수소 기반 15GW 용량의 전력 생산이 주요 목표이며, 추가 목표로는 2025년까지 1MW급 소규모 전기분해 시설 건설, 2030년까지 Northern Cape 주에 10GW 수전해 시설 건설, 2030년까지 수소 밸리에 1.7GW 수전해 시설 건설 등이 있음.

- 현재 그린 수소 및 암모니아 개발을 위한 4개의 대규모 촉매 프로젝트가 개발 중임:

- ① The Platinum Valley Initiative(PVI): 과학혁신부(DSI)는 영국의 Anglo American, 남아공의 Bambili Energy, 프랑스의 ENGIE와 협력하여 Limpopo 주에 위치한 전 세계 백금족 자원 중 70%가 매장된 Bushveld Igneous Complex(BIC)와 산업 및 상업 지역인 Johannesburg, Mogalakwena, Durban 시를 연결하는 835km의 '수소 밸리'(hydrogen valley) 건설 계획을 발표함(그림 8 참고). 3개의 도시는 미래 수소 수요 잠재력과 수소 생산 가능성(태양광/풍력, 수력 인프라 접근성), '공정한 에너지 전환'에 기여 정도에 따라 선정된 그린 수소 허브 지역으로 다양한 그린 수소 프로젝트를 유치하며 수소 밸리의 수소 경제 확대에 기여할 것임. 동 지역의 수소 수요는 2030년까지 18.5만 톤에 다다



르며 2050년까지 직간접적 영향을 포함하여 GDP에 39~88억 달러를 추가하는 동시에 연간 14,000~ 30,000개의 고용을 창출할 것으로 전망됨.

- ② COOLCO2-X Project: Mpumalanga 주에서 개발 중인 프로젝트로, 그린 수소와 석탄 화력발전소에서 배출되는 가스 오염물질을 활용하여 '공정한 에너지 전환'에 기여하며, 탈탄소 에너지 시스템으로의 전환과 배출 감소 목표를 달성하고 수출용 비료염(fertilizer salts) 등 부가가치 제품을 생산할 계획임.
 - ③ Boegoebaai Green Hydrogen Development Project: Sasol이 주도하는 프로젝트로, 사업지는 Northern Cape 주 Namakwa 경제특구(SEZ)에 위치하며, 이곳에는 이미 수소 생산 플랜트가 건설되어 있음. Boegoebaai는 해안가로부터 심해까지가 가장 가까운 해안 도시로 수출에도 매우 유리한 지역임. 남아공 국가 개발 계획인 전략적 통합 프로젝트(SIP) 중 하나로 지정되었으며, 프로젝트를 통해 남아공은 상당량의 그린 수소 생산과 국제 수출 허브가 될 계획임. 심해항 건설, 수전해 시설 가동을 위한 배터리 단지 등 7개의 주요 시설로 구성되며, 수출, 선박용 연료 및 피드 스톱을 위한 그린 수소와 연계된 암모니아 생산도 포함됨.
 - ④ Sustainable Aviation Fuels project(SAF): Sasol이 주도하는 프로젝트로 온실가스 배출 감소, 지역 대기질 개선, 항공유 공급 및 가격 변동성 감소, 항공 연료 탈탄소화 등의 달성을 위한 핵심 프로젝트임.
- 이외에도 Sasol은 2022년 4월 기존 수전해 시설과 암모니아 플랜트를 통해 최초로 수소를 생산할 계획임을 밝힘. 내수용 수소 3.5t/day 생산을 목표로 하고 있으며 수출 목적의 그린 수소 생산을 위한 그린필드 프로젝트를 개발할 예정임.

[그림 8] 수소 벨리의 그린수소 허브 지역



자료: 남아공 과학혁신부(DSI)(2021). "South Africa Hydrogen Valley Final Report."



- 남아공은 파리 협정의 서명국으로 2050년까지 탄소 중립 달성을 목표로 하며, 향후 글로벌 그린 수소 수요의 증대가 예상됨에 따라 기존의 그레이 수소에서 그린 수소로의 전환, 신재생에너지를 활용한 발전설비의 확보 등을 통해 그린 수소 시장에서 상당한 점유율을 차지하면서 청정에너지 수출국으로 거듭날 잠재력이 다분함.
- 2020년 초 그레이/블루/그린 수소 프로젝트에 따른 파이프라인 건설에만 950만 달러가 투입되었으며, 시릴 라마포사 대통령은 국가 우선 과제로 수소 개발을 언급하며 향후 10년 간 178억 달러의 지원을 통해 그린 수소 프로젝트의 파이프라인 건설을 지원할 계획임을 밝힘.
- 남아공은 그린 수소의 수입을 원하는 EU(특히 독일), 일본, 한국, 중국과 우호적 무역관계를 유지하고 있어 향후 대규모 그린 수소 수출국이 될 수 있음.

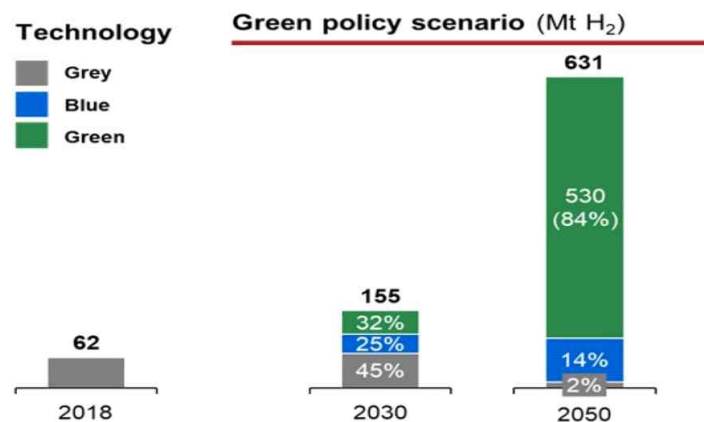
2. 모로코

- 모로코는 태양 및 풍력 에너지 개발에 유리한 입지조건을 갖추며 그린 수소 생산의 높은 잠재력을 갖고 있음.
- 모로코는 석유 및 천연가스 등 탄화수소 계열의 자원은 부족하지만, 연간 태양 일사량 3,000시간 이상, 일조량 2,500~3,000kWh/m²로 빛의 강도가 커 광전효율이 높기 때문에 우수한 태양광 발전지역으로 꼽힘.
- 남부 사하라 사막의 풍부한 일조량과 일사량을 바탕으로 건설된 Noor Ouarzazate 태양열 발전소는 여의도 10배 규모의 세계 최대 태양열 발전소로 580MW 규모의 전력을 생산하며, 연간 76만 톤의 이산화탄소 배출량을 감축하고 있음(전 세계 탄소 배출량의 약 1.3% 수준).
- 또한, 서부 대서양부터 북부 지중해에 달하는 3,500km의 긴 해안을 따라 6.5~10m/s의 강한 풍속으로 바람이 불어 풍력발전에도 매우 적합한 입지 조건을 갖추.
- 모로코의 풍부한 태양광과 풍력의 조합은 전기 분해 공정에 높은 부하율을 제공하며, 이는 그린 수소 생산 비용의 경쟁력으로 이어질 수 있음.
- 모로코 정부는 에너지의 수입 의존도 감소 및 높은 화석 에너지 의존으로부터의 탈피를 목적으로 에너지 다각화를 위한 재생에너지 개발을 추진하였고, 2030년까지 총발전량 중 재생에너지 비율 52% 달성을 목표로 다양한 프로젝트를 추진 중임. 향후 태양에너지가 가장 빠른 성장을 보일 것으로 예상되며, 발전용량은 2020년 844MW에서 2030년 3,351MW로 약 300% 성장할 것으로 전망됨.
- 모로코는 풍부한 재생에너지원을 바탕으로 일찍이 2009년부터 아프리카 지역의 재생에너지 분야의 선두 주자로 자리매김함. 2010년에는 경제, 사회, 환경 목표의 달성을 위하여 저탄소 에너지 개발의 로드맵 역할을 하는 국가 에너지 전략(National Energy Strategy)을 수립하였고, 2019년에는 국가 수소위원회(National Hydrogen Commission for Green Hydrogen)를 창설하였으며, 2021년에는 국가 그린 수소 로드맵(National Roadmap for Green Hydrogen)을 개발함.
- 국가 에너지 전략은 풍부하고 저렴한 에너지 생산을 통해 국가 에너지 수요를 충족시켜 에너지 수입 의존도를 줄이고(2009년 자국 내 에너지 수요의 95% 이상을 수입) 지속 가능한 발전 측면에서 지역의 원동력이 되는 것을 목표로 함.



- 국가수소위원회는 수소 분야의 연구 이행을 지휘하고 모니터링하며, 재생에너지 기반 수소 및 파생물 생산 관련 로드맵의 이행을 검토하는 역할을 함.
- 그린 수소 로드맵은 2020~50년 간 그린 수소 경제의 달성을 위한 단계별 계획으로 단기(2020~30년), 중기(2030~40년), 장기(2040~50년)로 구분됨. 각 기간별 우선순위는 단기는 그린 수소 수출, 국가 산업을 위한 인산염의 사용, 천연 수소 퇴적물 탐사, 중기는 수소 프로젝트 개발 및 에너지 저장 매체로서 그린 수소 사용, 장기는 더 높은 수준의 수소 수출과 암모니아 생산을 목표로 함.
- 동 로드맵은 3가지 주요 축인 기술 개발 및 비용 절감, 산업 클러스터 구축 및 해당 인프라를 위한 마스터플랜, 시장 및 수요 창출 기회를 중심으로 한 시행 방안을 포함함. 동 축들은 2050년 국가 그린 수소 개발을 위한 8가지 세부 실행계획으로 변환되며, 이는 비용 절감, 연구 및 혁신, 지역 콘텐츠, 산업 클러스터, 국내 시장, 저장, 수출, 금융으로 구성됨.
- 그린 수소는 여러 측면에서 모로코에 상당한 기회를 제공할 것으로 기대됨.
 - ① 그린 암모니아 생산: 인산염과 암모니아를 활용한 비료 생산은 모로코의 주요 산업 중 하나로, 모로코는 세계 최대 인산염 생산국이지만 암모니아의 경우 연간 100~200만 톤의 그레이 암모니아를 수입하고 있음. 그린 수소를 통해 생산된 그린 암모니아는 그레이 수소를 대체하여 사용될 수 있으며, 이는 탄소 배출과 수입 비용을 경감할 수 있음. 현재 개발 중인 그린 수소 프로젝트를 바탕으로 모로코는 2030년까지 탄소 배출 없이 현재 수입하는 암모니아 양의 약 2배를 생산할 수 있을 것으로 예상됨.
 - ② 그리드 안정화: 태양 및 풍력 에너지원은 기상 상태에 따라 발전량이 크게 달라지는 단점으로 인해 전력 믹스에서 재생에너지원의 비율이 증가함에 따라 균형적, 안정적인 전력 공급이 과제로 떠오름. 에너지 저장이 가능한 그린 수소의 활용은 재생에너지 과잉 및 부족 발생 시 해결책이 될 수 있음.
 - ③ 수출 가능성: 모로코는 유럽 지역과 가스 파이프라인으로 연결되어 있어 아프리카 수소 'landing zone'으로서 아프리카 지역의 수소 허브로서 역할을 할 수 있음. 국가 로드맵에 따르면 유럽 시장과 가까운 지리적 이점과 기존에 보유한 물류 및 에너지 인프라는 모로코가 국제시장에서 경쟁력을 확보하며 장기적으로 생산된 그린 수소 중 상당 부분을 수출용으로 활용할 것으로 예측함. 국가수소위원회는 유럽의 그린 수소 수요가 2050년까지 5.3억 톤에 다다를 것으로 전망하며, 모로코의 수소 수출은 동 수요의 65~70%를 커버할 수 있을 것으로 예측함(그림 9 참고).

[그림 9] 유럽 지역 예상 수소 수요



자료: RES4Africa & PwC(2022), p. 32.



- 그린 수소 생산의 높은 잠재력으로 인해 모로코는 일찍이 유럽 국가들과 수소 수출 관련 협정을 체결하였음.
- 모로코는 풍부한 재생에너지원과 대규모 에너지 프로젝트 및 인프라 개발(항만, 고속선 열차, 산업 및 광산 인프라, 암모니아 생산 플랜트 등) 관련 오랜 경험으로 수소 시장 개발이 유리하며, 오래 전부터 여러 유럽 국가들과 무역을 하며 호의적 관계를 유지해옴. 이로 인해 유럽은 일찍이 수소 에너지 공급처로서의 모로코에 큰 관심을 가져옴.
- 현재 모로코와 유럽 사이에 체결된 대부분의 협정 및 협력은 공급망 개발과 공동 R&D에 초점이 맞춰져 있으며, 독일, 포르투갈, 칠레는 탄화수소를 대체하고 완전한 탈탄소 경제의 달성을 위하여 모로코로부터의 그린 수소 수입에 큰 관심을 보이며 여러 공식 협정을 체결함(표 2 참고).

[표 2] 수소 수출을 위한 모로코-유럽 국가와의 협정 체결 현황

협정	연도	국가	목적
Green Hydrogen Declaration of Cooperation	2021	포르투갈	그린 수소 생산 부문 개발 및 그린 수소 활용을 위한 연구·투자 프로젝트 조직
"Power-to-X" Project Agreement	2020	독일	양국의 경제행위자들 사이 청정에너지 부문 파트너십 개발을 위한 기반 마련
MoU	2020	독일	지속적 파트너십 기반 마련을 위한 수소 동맹 구축과 그린 수소 생산 플랜트 건설 및 연구, 개발, 혁신 플랫폼 구축을 위한 기술 및 재정적 지원 제공
Cooperation in the Hydrogen Field(Masen과 Corfo 사이 협정)	2016	칠레	양국은 신재생에너지 중에서도 특히 수소의 상업화와 생산의 지역 중심이 되기 위하여 칠레 생산진흥청(CORFO)과 모로코 태양에너지청(MASEN)은 태양광 산업 촉진, 미래 재생에너지 프로젝트의 연구, 개발 및 시행을 위하여 협정을 체결

자료: RES4Africa & PWC(2022). "Green Hydrogen in Morocco: Policy Recommendation to Implement the National Roadmap", p. 33.

- 모로코는 그린 수소 생산을 위하여 유럽 국가들과 기술협력 협정을 체결했으며, 대표적으로는 2020년 6월 독일과 체결한 독일-모로코 수소 협정이 있음.
- 독일은 경쟁력 있는 그린 수소를 확보하기 위하여 수소 잠재력이 높은 모로코와의 수소 프로그램 공동 개발을 목적으로 2020년 6월 베를린에서 독일-모로코 수소 협정을 체결함. 동 협정의 주목적은 아프리카에 그린 수소를 위한 최초의 산업 플랜트를 건설하는 것으로, 독일은 향후 모로코에서 그린 수소 조달을 위하여 모로코의 수소 생산 공장 건설 및 그린 경제 달성을 위한 재정적 지원을 제공기로 함. 독일 정부는 이미 3억 유로에 달하는 지원을 약속했으며, 향후 모로코에서 그린 수소를 공급받을 예정임.
- 동 협정은 그린 수소 생산을 위한 'power-to-X'* 프로젝트와 이를 위한 플랫폼 구축, 지식 이전 및 강화 등이 포함되며, 협력의 틀에는 수소와 메탄올 생산 등이 포함됨. 'Power-to-X' 프로젝트는 모로코 최초의 산업용 대규모 그린 수소 프로젝트로, 전기 분해 방식으로 그린 수소를 생산하는 신재생에너지 플랜트임. 모로코 태양광 에너지청(MASEN)이 제안하였으며 2025년 완공 예정임.

* Power-To-x(PtX)는 주로 전기 분해를 통해 태양에너지, 풍력, 수력 등의 재생 에너지를 통해 생성된 잉여전력(Power)을 저장 가능한 다른 에너지(X)로 변환하는 기술을 의미하며, 주로 열, 가스, 수소 등 기타 합성연료 형태로 변환함.



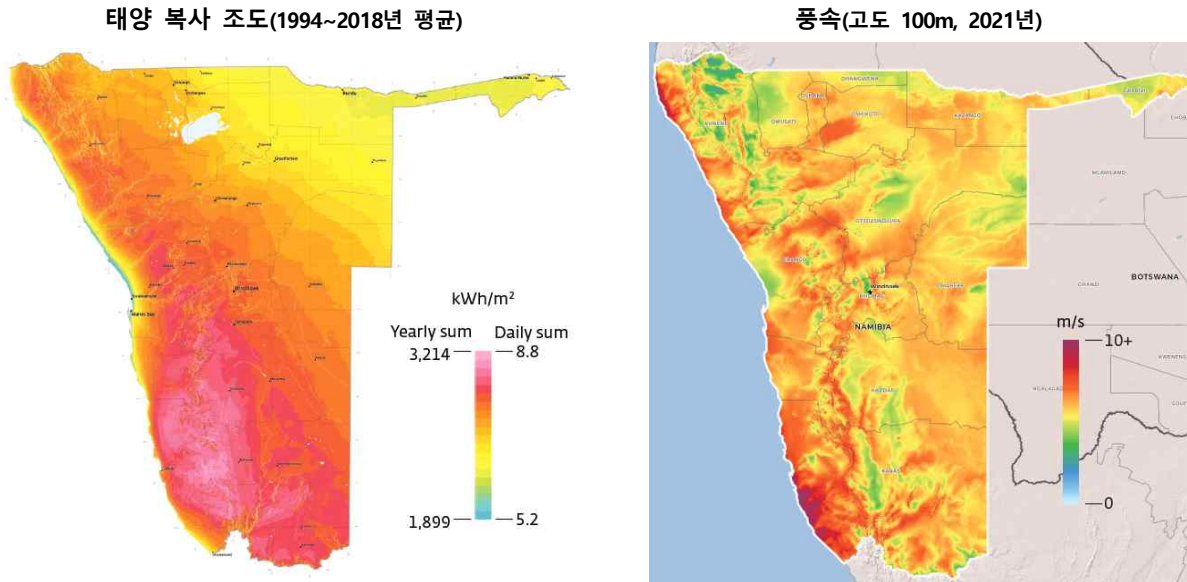
- 현재 모로코 최대 규모의 그린 수소 프로젝트는 그린 수소 & 암모니아 프로젝트인 Hevo Ammonia 프로젝트로, 5천만 유로 이상의 자금이 투자될 것으로 예상됨.
- 동 프로젝트는 아일랜드 소재 그린 수소 기술 기업인 Fusion Fuel과 중동 건설 기업인 Consolidated Contractors Group(CCC)이 협력하여 개발 중임.
- 2026년 완공 시 600MW의 수전해 용량을 보유하며 연간 그린 암모니아 18.3만 톤을 생산할 것으로 예측되며, 이를 통해 연간 탄소 28만 톤의 절감이 가능함.
- Fusion Fuel은 동 프로젝트에 필요한 연간 3.1만 톤의 그린 수소 생산기술을 제공할 것임.
- 모로코는 재생에너지 인프라 개발에 지속적으로 투자한 결과 국가의 에너지 수요의 충족을 위해 낮은 비용으로 그린 수소 생산이 가능한 잠재력을 쌓았으며, 이는 유럽의 에너지 안보 지원까지도 가능함.
- IRENA에 따르면 2050년 모로코의 그린 수소 생산 비용은 대략 킬로그램당 0.7~1.4달러 수준으로, 모로코는 에너지 믹스에서 재생에너지 비중의 확대 및 해수담수화 플랜트를 통한 식수 및 수전해용 물 공급 확보를 위한 노력을 바탕으로 호주, 멕시코, 인도, 미국과 같은 글로벌 에너지 부문 선두 주자보다 앞서 중국과 칠레 다음으로 수소 생산비용이 세계에서 3번째로 낮은 국가가 될 것으로 전망됨.

3. 나미비아

- 나미비아는 세계적 수준의 재생에너지원을 보유하고 있으나, 대부분이 개발되지 않은 상황임.
- 아프리카 서남단에 위치한 나미비아는 1년 중 약 300일 동안 햇볕이 강하게 내리쬐어 연간 태양 일사량이 3,500시간 이상이며, 국토의 대부분에서 태양 복사 조도가 세계에서 가장 높은 수준인 3,000kWh/m² 이상임. 또한, 해안 지역의 경우 고도 100m 기준 평균 풍속 10m/s로 우수한 풍력 자원을 보유함(그림 10 참고).
- 그 결과 1900년대 다이아몬드 광산으로 유명했던 나미비아는 아프리카 그린 수소 시장의 주도국으로 부상하고 있으며, 독일 정부는 나미비아 그린 수소 타당성 조사 및 시범 프로젝트에 4천만 유로를 투자함.
- 독일 정부는 나미비아가 가진 풍부한 재생에너지원으로 미루어볼 때 향후 나미비아 그린 수소 생산 비용이 세계에서 가장 낮은 수준인 킬로그램당 1.5~2유로에 도달할 것으로 추정함. 독일 산업 분야(정제 제외)는 2030년까지 연간 170만 톤, 이후로는 더 많은 양의 수소가 필요할 것으로 예상됨에 따라 향후 필요량 충족을 위한 대용량의 수소를 나미비아로부터의 저렴한 비용으로 수입할 수 있음.
- 2021년 11월 나미비아 정부는 그린 수소 생산시설 개발을 위한 첫 번째 메가 프로젝트를 발표함.
- 나미비아 정부는 독일의 Hyphen Hydrogen Energy(영국의 투자그룹 Nicholas Holdings와 독일의 에너지기업 ENERTRAG의 조인트 벤처)를 우선협상 대상으로 선정함.
- 동 프로젝트의 사업지인 Tsau Khaeb 국립공원은 육상 풍력 및 태양광 자원이 풍부하며 바다와 인접하여 육해상 운송 및 수출이 용이한 지역임.
- 예상 비용 94억 달러인 동 프로젝트는 2030년까지 재생에너지 발전용량과 수전해 용량을 각각 5GW, 3GW로 확대하며 연간 30만 톤의 그린 수소를 생산할 계획임. 1단계는 2026년까지 그린 수소 생산에 사용될 2GW 용량의 재생에너지 전력을 생산하는 것이며, 44억 달러의 비용이 소요될 것으로 추정함.



[그림 10] 나미비아의 태양에너지 및 풍력 발전 지도



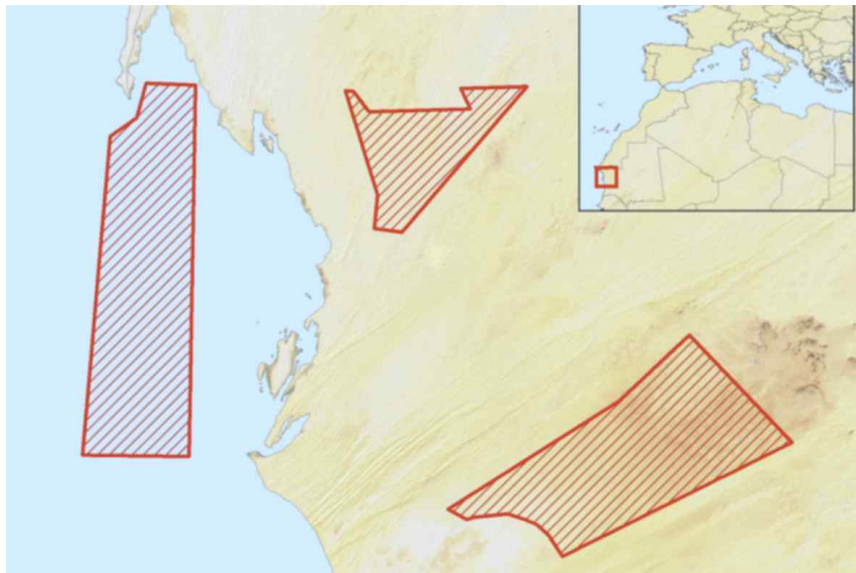
자료: World Bank(2022). "Creating Markets in Namibia", p. 30.

- 그린 수소 생산이 시작될 경우 나미비아는 만성적 전력 부족 문제를 해소하는 것은 물론 그린 수소 수출국으로 부상할 수 있음.
 - 나미비아는 아프리카 지역 내 정치적으로 가장 안정된 국가 중 하나이지만 최근 상품 수출가격 하락, 가뭄, 코로나19, 러-우 사태로 인하여 식료품 가격 급등 및 식량안보 위기 상황에 직면함.
 - 국내 발전량은 Ruacana 수력발전소에 크게 의존하고 있으나 최근 지속되는 가뭄으로 인해 용량 이하로 가동 중이며, 에너지 수요는 2006년 설치용량을 넘어선 상황임. 2020년 총 전력 공급량 중 60%가 수입되었으며, 에너지 수요가 높은 기간에는 90%를 수입에 의존함. 그 결과 현재 전력 접근 가능 인구는 55%이며, 농촌 인구의 경우 35%만이 전력 사용이 가능함.
 - 따라서 나미비아의 재생에너지 개발과 함께 중장기적으로 재생에너지 생산 비용이 하락한다면 재생에너지 및 그린 수소 발전을 통해 국내 에너지 수요를 완전히 충족할 수 있을 뿐만 아니라 남아공에 이어 아프리카에서 2번째 그린 수소 수출국으로 부상할 수 있음.
 - 나미비아는 Fitch Solutions가 발표한 2021년 수소 지수(Hydrogen index)*에서 사하라 이남 아프리카 지역 8위, 전 세계 86위를 기록함. Fitch는 낮은 수준의 전력 설치용량과 제한된 산업화로 인한 국내 에너지 수요 부족으로 인하여 순위는 낮지만, 국가의 재생에너지 개발에 대한 높은 의지와 대규모 그린 수소 생산 계획으로 미루어 볼 때 수소 생산의 전망은 매우 높은 지역으로 평가함.
- * Fitch Solutions가 그린 수소 산업 개발을 위한 시장의 적합성을 평가하기 위해 개발한 지수
- 위의 3개국 외에 아프리카 지역에서 향후 재생에너지 개발과 그린 수소의 개발 잠재력이 우수한 국가로는 모리타니가 있음.
 - 모리타니는 세계적으로 높은 수준의 일사량, 연안 지역 풍속 초속 10m/s 이상 등의 조건을 갖추어 나미비아에 이어 세계에서 가장 저렴한 그린 수소를 생산할 잠재력이 있으며, 유럽과 가까운 지리적 이점에 힘입어 그린 수소 및 파생 상품 수출국으로 거듭날 수 있음.



- 2021년 5월 호주의 개발업체인 CWP 글로벌은 모리타니 북부 사막지대에 30GW 용량의 풍력·태양광·그린 수소 플랜트인 Aman 플랜트를 건설하기 위하여 모리타니 정부와 MoU를 체결함.
- 또한, 2021년 11월 모리타니 정부는 대규모 그린 수소 개발 프로젝트를 진행을 위한 세계적 수준의 컨소시엄 구성을 위하여 영국의 석유·가스 개발회사 Chariot에 독점개발권을 부여함. Nour 프로젝트로 알려진 동 프로젝트는 2개의 육상, 1개의 해상 지역을 개발하는 것으로 대서양 해안에서 약 160km에 걸친 지역과 총규모 약 5,000km²에 달하는 북부 사막 지역 두 곳임(그림 11 참고). 2030년까지 그린 수소 70만 톤 생산과 1천만 톤의 그린 암모니아 생산을 목표로 하며, 이를 위한 10GW 이상의 초대형 수전해 프로젝트 착수를 발표함.

[그림 11] 모리타니 Nour 프로젝트 사업지



자료: Collins, L.(2011). "New 10GW green hydrogen project in Mauritania could include Africa's first Offshore wind farm."



Ⅲ. 시사점

수소 프로젝트 개발 및 시행을 위한 안정적 자금 확보와 민간기업 참여 확대 필요

- 아프리카의 저탄소 수소 프로젝트는 대부분이 아직 계획 단계에 머물러 있음.
- 현재 유럽 기업의 지원을 받아 수소 수출을 위한 1GW 이상의 대규모 프로젝트가 검토되고 있으나 대부분은 초기 개발 단계로, 개발이 상당히 진행된 수소 프로젝트는 내수용 혹은 암모니아 생산을 위한 소규모 플랜트임(10페이지의 표 1 참조). 따라서 향후 저탄소 수소 수출의 실현을 위해서는 높은 수준의 투자 및 지원이 필요함.
- 대부분의 아프리카 국가는 어려운 재정상황으로 개발을 위한 자금 조달이 어려우며, 역량 및 경험 부족으로 인하여 개발금융기관으로부터 지원받은 자금도 충분히 활용하지 못하는 실정임.
- 예를 들어 나미비아의 Hyphen Hydrogen Energy가 주도하는 수소 프로젝트의 경우 예상 비용이 94억 달러로 추산되는데, 나미비아의 GDP는 110억 달러 수준으로 국제사회로부터 대규모 투자자금 조달 없이는 프로젝트의 진행이 어려움.
- 특히 아프리카의 에너지 개발사업은 주로 정부나 국영기업들이 주도하며, 민간기업의 참여는 상대적으로 제한되어 있음. 투자 및 재원확보, 그리고 향후 그린 수소 경제의 활성화를 위해서는 민간기업 참여의 확대를 촉진해야 하며, 자금 수용능력 강화를 위한 공공 및 민간 부문 이해당사자들의 상호 협력이 필요함.

아프리카 수소 시장에 대한 진출 방안 모색 필요

- 우리나라는 수소 수요가 높은 동시에 수소 생산단가도 높은 국가로, 장기적으로 수소 수입 의존국이 될 가능성이 매우 큼.
- 2050 탄소중립녹색성장위원회가 2021년에 제안한 '2050 탄소중립 시나리오 초안'에 따르면 2050년 국내 수소 수요는 3천만 톤으로 전망되며, 이 중 약 80%인 2.2천~2.4천만 톤은 수입으로 충당하고 나머지는 수전해 방식을 통해 확보토록 함.
- 또한, 정부가 2021년에 발표한 '수소경제 성과 및 수소 선도국가 비전'에 따르면 수소 사용량 중 청정 수소의 비율을 2030년 50%, 2050년 100%로 확대할 계획임. 이에 따라 청정 수소의 생산기술 개발은 매우 중요한 상황임.
- 아프리카는 풍부한 재생에너지를 바탕으로 수소 생산에 가장 큰 잠재력을 지닌 지역으로 IEA가 '아프리카 에너지 전망 2022'를 통해 제시한 시나리오에 따르면 2030년 아프리카가 생산한 수소는 다른 지역 수소 가격의 최대 절반가량 저렴함. 따라서 아프리카를 향후 우리나라 그린 수소 프로젝트의 활성화를 위한 테스트베드(testbed)로 활용할 수 있다.



- 아프리카 지역은 풍부한 재생에너지원과 전력 보급 및 수출을 위한 그린 수소 개발에 대한 정부의 높은 관심으로 수소산업의 성장 가능성이 매우 큼.
- 아프리카 수소산업의 경우 아직 개발이 이루어지지 않아 진출 기회가 상당히 많음. 실제로 유럽 등 선진국은 탄소중립 달성과 안정적 에너지 공급을 위하여 선진 기술을 앞세워 수소산업의 블루오션인 아프리카로의 진출에 큰 관심을 보이고 있음.
- 따라서 아프리카 지역의 재생에너지 및 그린 수소 시장 규모 및 진출 분야가 장기적으로 확대될 것으로 전망됨에 따라, 우리나라 기업들도 동 시장의 새로운 진출 기회를 포착해야 함.
- 에너지 분야는 주로 정부에 의해 개발 및 계획되며 정부의 입찰을 통해 진행되는 만큼 정부와의 긴밀한 협력체계 구축이 중요할 것으로 사료되며, 선진국 및 현지 기업과의 파트너십 체결, 업무협약 및 전략적 제휴 등을 통한 프로젝트 참여 방안을 고려해볼 만함.
- 아울러 우리나라는 수소차, 수소연료전지, 개질수소 생산 관련 기술을 보유하고 있어 아프리카 수소 시장 진출 시 동 분야들의 시장 선점도 가능함.



[참고 문헌]

- Burnell, M.(2022). "Is "low-carbon" hydrogen a useful option for Africa's energy needs?."
- Clifford Change(2021). "Focus on Hydrogen: A New Energy Frontier for Africa."
- Collins, L.(2011). "New 10GW green hydrogen project in Mauritania could include Africa's first Offshore wind farm."
- DSI(2021). "South Africa Hydrogen Valley Final Report."
- EMEA Investment Support Social Risk and Compliance(2022). "Can Africa clean up with green hydrogen?"
- Energy Capital & Power(2022). "Top 5 Hydrogen Projects in Africa."
- Energy Capital & Power(2022). "Upcoming Green Hydrogen Projects in Afrca."
- Fitch Solutions(2021). "SSA Green Hydrogen Index: South Africa Ranks Highest In Region."
- GME(2021). "Challenges and Opportunities to Produce Green Hydrogen in Africa."
- Holleis, J. & Schwikoski, M.(2022). "Europe Looks to Africa to Fill Natural Gas Gap."
- IEA(2022). "Africa Energy Outlook 2022."
- IEA, IRENA, UN, World Bank, WHO(2022). "The Energy Progress Report."
- IRENA(2021). "Renewable Energy Transition in Africa."
- NCEDA(2021). "Northern Cape Green Hydrogen Strategy."
- RES4Africa & PWC(2022). "Green Hydrogen in Morocco: Policy Recommendation to Implement the National Roadmap"
- South African government(2022). "Minister Blade Nzimande: Launch of Hydrogen Society Roadmap."
- Whyte, K.(2022). "South Africa: Hydrogen Roadmap - A Crucial Step in the Energy Transition Journey." Baker Mckenzie.
- World Bank(2022). "Creating Markets in Namibia: Creating Resilient and Inclusive Markets."