

독일과 한국의 해외 청정수소 확보를 위한 양자협력 전략 비교 분석: 지정학적 관점을 중심으로

전은진[†] · 우아미 · 박미라 · 정현덕 · 신현우

녹색기술센터

A Comparative Analysis of the Germany and Korea's Bilateral Cooperation Strategy to Secure Overseas Clean Hydrogen: Focusing on the Geopolitical Perspective

EUNJIN JUN[†], AMI WOO, MIRA PARK, HYOUNDUK JUNG, HYUN WOO SHIN

Green Technology Center, 17th Floor, NamsanSquare Bldg., 173 Toegye-ro, Jung-gu, Seoul 04554, Korea

[†]Corresponding author :
honeysuckle@gtck.re.kr

Received 30 August, 2022

Revised 12 October, 2022

Accepted 20 October, 2022

Abstract >> Recently, the world has been considering hydrogen energy as the primary energy transition means to achieve carbon neutrality by 2050. In order to achieve the goal of reducing greenhouse gas emissions, Korea is also promoting a clean hydrogen economy. However, it is necessary to introduce various clean hydrogen from overseas so that the projected demand can not meet the domestically produced. For this study, we conducted the policy comparison approach between countries other than the generally considered technical and economic approaches. The finding proposes the direction of bilateral cooperation for a strategy of securing overseas clean hydrogen from a geopolitical perspective. Germany was a target country for the policy comparison since it has a high proportion of manufacturing, like Korea, and is taking the lead in the renewable-based energy transition policy. According to the survey and analysis of the policy establishment status and new projects of the two countries, Germany is promoting bilateral international cooperation in the hydrogen area with about 33 countries based on 7 types of activities. In comparison, Korea is involved in bilateral cooperation with about 12 countries on relatively few activities. Among the types of bilateral cooperation, R&D cooperation with advanced countries for hydrogen technology was a common activity type. Germany preemptively promotes cooperation for demonstration and commercialization, considering geopolitical means and strengthening manpower training and assistance on policy and regulation to preoccupy the market for the future. Therefore, it is necessary to consider establishing a network of an entire life cycle of supply and demand network that links the future market with securing clean hydrogen considering

the geopolitical distribution. To this end, Korea also needs to expand bilateral cooperation countries by activity type, and it seems necessary to seek various geopolitical-based bilateral cooperation and support measures for developing countries to diversify the supply sources of hydrogen.

Key words : Clean hydrogen(청정수소), Geopolitics(지정학), Energy security(에너지 안보), Russia-Ukraine War(러시아-우크라이나 전쟁), Bilateral cooperation(양자협력)

1. 서론

수소 에너지는 사용 단계에서 이산화탄소를 배출하지 않는 이점이 있기 때문에, 수소 제조 단계에서 배출되는 이산화탄소 문제만 해결할 수 있다면 에너지 시스템의 탈탄소화에 기여할 수 있는 잠재력을 갖춘 에너지원으로 평가받고 있다. 수소 제조 과정에서의 탄소배출 문제가 있지만 잉여 재생에너지 전력을 활용한 수전해로 생산하는 방식(이하 녹색수소), 화석연료로 수소를 제조하는 과정에서 배출되는 이산화탄소를 포집하여 생산하는 방식(이하 청색수소)을 활용하여 대처 가능하다. 이러한 방식으로 생산되는 수소를 청정수소(clean hydrogen)로 지칭하며, 온실가스 감축 정책을 강력히 추진하고 있는 국가에서는 청정수소를 중심으로 한 수소경제의 도입을 가속화하고 있다.

또한, 수소 에너지는 재생에너지, 갈탄 등 다양한 에너지원으로부터 제조가 가능한 특성 또한 가지고 있다. 에너지자원의 대외 의존도가 높은 국가에서 이러한 수소의 특성은 에너지 안보 차원에서 더욱 중차대한 의미가 있다. 석유 등 화석연료와 같이 특정 국가 혹은 지역에 의존할 필요가 없기 때문에 에너지 시스템의 유연성을 확보할 수 있기 때문이다. 따라서 에너지 대외의존도가 높은 국가 입장에서 청정수소의 도입은 에너지 안보 차원에서도 중요한 의미를 갖는다. 수소경제 추진 국가 중 에너지 대외의존도가 높은 독일, 일본, 우리나라와 같은 국가들은 호주, 칠레, 사우디아라비아 등 청정수소수출국으로서의 잠재력이 높은 것으로 평가받고 있는 국가들과의 협력을 확대하여 해외 청정수소 공급망을 구축하

고자 힘쓰고 있는 상황이다.

최근 수소경제를 적극적으로 도입하고 있는 주요국의 해외수소 협력 동향을 조망해보면 호주, 칠레 등 잠재적인 수소 수출국들이 중복되는 경향이 나타난다. 주로 재생에너지 잠재량과 운송거리 등 경제적인 요소와 기술적인 요소들이 고려되고 있기 때문인 것으로 보인다. 재생에너지는 이론상 무한대의 에너지에 가깝다는 것은 사실이지만, 실제 재생에너지 발전량은 결국 자연조건, 생산 부지 확보 등 다양한 요건에 의해 제한받을 수 있음을 고려할 필요성이 있다.

본 연구는 수소수출국에서의 녹색수소 생산에 사실상의 한계가 존재한다면, 과연 현재처럼 편중된 상태에서 생산된 청정수소가 수입국의 수소 수요를 모두 충족시킬 수 있을 것인가에 대한 의문에서 출발한다. 청정수소 생산에 물리적 제약이 존재하는 상황에서 수많은 수소 수입 국가들이 특정 국가 혹은 지역에 편중하여 청정수소 공급망을 구축하게 된다면, 여전히 에너지 안보 문제에서 자유로울 수 없게 된다.

물론 에너지 안보 측면에서도 기술성 및 경제성 측면에서의 평가는 필수적이다. 그러나 기술성 및 경제성을 중시하여 특정 국가에 의존하는 방식을 채택할 경우 에너지 시스템 자체가 취약해지게 된다. 자연히 위기 관리를 위한 공급처 다변화는 필수불가결하다. 수소수출국의 분산 및 다변화에 관한 측면은 상대국과의 지리적 관계를 함께 고려할 필요성이 있으며, 지리적 관계가 수소경제와 같은 에너지 정책 및 국가전략에 미치는 영향관계에 대한 평가와 해석은 지정학(geopolitics)의 영역에 속한다.

상기 사항을 고려하여 본 연구에서는 우리나라보

다 직접적인 지정학적 요인으로 인해 에너지 위기를 겪고 있는 국가를 대상으로 해외 청정수소 확보 전략을 비교 분석하여 시사점을 발굴하는 것을 목적으로 한다. 본 연구에서는 우리나라와의 비교 대상으로서 독일을 선정하였다.

독일은 비록 국가차원의 수소전략은 우리나라보다 다소 늦은 시기에 수립되었으나, 자국의 풍부한 북해 풍력자원에 힘입어 재생에너지 위주의 에너지 전환(energiewende)과 수소경제 도입을 일찍부터 추진해온 국가이다. 2050 탄소중립 선언과 함께 재생에너지 확대 등 온실가스 감축 노력을 경주하고 있는 우리나라와 정책적 지향점이 유사할 뿐만 아니라, 상대적으로 제조업 비중이 높다는 산업구조 상의 공통점도 가지고 있다. 아울러, 최근 러시아의 천연가스 등 에너지 자원의 전략무기화로 인해 지정학적 요인으로 발생한 에너지안보 위기를 직접적으로 겪고 있는 상황이다. 따라서 비교적 유사한 환경에 처한 국가들이 지정학적 요인으로 인한 에너지 안보에 직면하여 어떻게 대응방안을 마련하고 있는지를 살펴볼 수 있는 주요 참고사례라고 생각된다. 본 연구에서는 독일의 해외 수소 확보를 위한 국제협력 전략의 추진현황과 최근의 논의 동향을 종합하여 방향성 변화를 짚어보고 이를 기반으로 우리나라의 해외 수소 확보 전략의 방향성에 관한 시사점을 도출하여 정책 제언을 제시하고자 한다.

2. 방법론

2.1 기존 문헌 검토

국내에서 수소경제 관련 논의가 활성화됨에 따라, 이에 비례하여 수소 공급 전략에 관한 논의도 자연스럽게 부상하고 있다. Yoo와 Jeong¹⁾은 EU, 일본, 호주 등의 수소공급 정책 및 수소생산 프로젝트 해외 사례 분석을 기반으로 수소 공급 기술별 장단점 및 경제성 비교 연구를 수행하였다. 그러나 대상국 선정 등 해외 수소 확보 전략이 아닌 국내 수소공급시스템 구축을 위한 정책 제언 제시에 주안점을 두어 해

외 수소 공급망 형성에 관한 내용은 구체적으로 제시하지 않고 있다.

Ryu²⁾는 해외 청정수소 도입 문제를 다루고 있으나, 청정수소 인증제와 관련된 규제적 대응 차원의 방향성 제시에 초점을 둔다. 최근 Kim 등³⁾의 연구에서는 호주, 인도네시아, 러시아, 카타르, 칠레, 인도, UAE를 잠재적 수소수출국으로 설정하여 대상국과 우리나라 사이의 해외 수소 공급망 구축 관련 경제성 비교 분석을 수행하는 형태로 해외 청정수소 도입 문제를 다루고 있다. 동 연구에서는 해당 국가와 우리나라의 물리적 거리에 관한 고찰 또한 포함하고 있다. 그러나 지정학적 관점이 아닌, 운송거리에 따른 비용 산정 등에 반영되는 경제성 분석을 위한 변수로서 고려하고 있다는 점에서 다소 차이가 있다³⁾.

Pflugmann과 De Blasio⁴⁾는 재생에너지의 지정학적 연구는 비교적 최근에 재부상하는 상황이기에, 연구산출물은 대부분 학술문헌이 아닌 형태로 존재하며 아직 재생에너지로부터 생산된 수소의 역할에 대해서는 광범위하게 다루어지고 있지는 않은 상태로 보고 있다. 이 연구에서는 전 세계적인 관점에서 재생에너지 잠재량, 지속가능한 수자원(water resource), 재생에너지 기반 수소 생산국의 관련 인프라 건설 및 운영 역량에 관한 잠재력 등 3가지 척도를 활용하여 수출 챔피언(1그룹), 인프라 잠재력은 높지만 수자원 제약이 있는 재생에너지 부국(2그룹), 인프라 잠재력은 높은 재생에너지 제한국(3그룹), 높은 인프라 잠재력을 가진 자원 부국(4그룹), 인프라 잠재력 낮은 자원 부국(5그룹) 등 5개 그룹으로 구분하고 지정학적 관점에서의 그룹 간 전략에 관한 정책 제언을 제시하고 있다. 우리나라는 일본, 일부 EU 지역과 함께 향후 재생에너지 수소를 수입하게 될 3그룹에 속한다. 이 그룹에 대해서는 공급원의 다변화 등의 조치를 포함한 장기 수소 개발 전략을 명확히 하고, 다변화된 공급지 구축을 위해 협력대상국에 대한 투자를 활성화하기 위한 정책도 고려할 필요성이 있음을 지적하고 있다.

2.2 분석틀

이미 상술한 바와 같이 이 연구는 우리나라와 산업구조 및 정책 추진 방향이 유사한 독일을 비교분석의 대상으로 한다. 해외 청정수소 확보 관련 정책 형성 및 정책 실행에 관한 심층 분석을 기반으로 현재 야기되고 있는 지정학적 리스크 관리 차원에서의 대응 방향을 미리 조망함으로써 우리나라에 대한 정책 제언을 제시하는 것에 초점을 두고 있다. 그러나 단순한 정책 수준에서의 비교만으로는 구체적인 현황을 파악하기 어렵다. 양국 모두 해외 청정수소 확보에만 초점을 맞춘 별도의 전략을 수립하고 있지 않은 상황에서 적은 비중으로 표시된 정책문헌 상의 추상적인 문구만으로는 대략적인 전략 방향성 정도만을 파악할 수 있을 뿐이다. 구체적인 방향성을 도출하기 위해서는 독일의 관련 정책 형성(policy formulation)부터 현재까지의 정책 실행(policy implementation)에 관한 이해를 기반으로 최근의 지정학적 위기에 대응하기 위한 독일 내부의 움직임을 종합하여 해석하는 과정이 필요하다. 독일이 관련 정책 수립 이후 현재시점까지 쌓아온 토대에 대한 이해가 있어야만 앞으로의 전략 전개 방향을 보다 실제 의도에 가깝게 해석할 수 있기 때문이다. 그러나 이를 위해서는 정책 상의 문구 이외 보다 구체적인 내용에 대한 조사분석이 요구된다. 그리고 이 과정에서 무엇을 비교 연구의 범위로 포함시킬 것인지에 대한 여부가 핵심이 된다. 이러한 접근 방식은 비교정책 연구에 해당한다. 일찍이 Park⁵⁾은 비교정책 사례 연구의 질적 향상을 위해 광범위한 표본 채택과 시간적 차원 고려 등의 필요성을 제안한 바 있다. 본 연구에서는 방법론 설정 과정에서 Park⁵⁾의 지적사항을 고려하여 시간적 범위 설정 및 조사 범위를 보강하였다.

시간적 범위의 기준은 우리나라의 수소경제 활성화 로드맵이 발표된 2019년부터 현재까지 이르는 약 3년의 기간을 분석 대상으로 삼았다. 독일의 경우에는 국가수소전략(Nationale Wasserstoff Strategie) 수립 자체는 2020년으로 우리나라보다 1년 이상 늦으나, 2019년부터도 국가수소전략 수립에 앞서 다양한

연구기관들이 참여하여 숙의를 진행하고 있었다. 사실상 양국 모두 본격적인 국가수소전략 관련 논의-수립-추진과정 기간은 유사하다.

조사 범위에 대해서는 상기 시간 내에서의 정책 형성(policy formulation)에서부터 정책 실행(policy implementation)까지의 단계를 조사 범위로 포함하였다. 해외 청정수소 확보는 수소경제 추진전략의 한 부분에 해당하며, 이 부분에 대해서 별도의 전략을 수립하는 경우는 드물다. 따라서 양국 모두 수소경제 관련 정책과 그 관련 내용들을 모두 종합한 후, 각 자료들의 성격을 개별적으로 분류하여 비교 분석하는 과정을 거쳐야 한다.

국제협력은 국가의 직접적인 의도가 노골적으로 드러나는 경우가 드물다는 점을 함께 고려한다면 지극히 적은 분량의 정책상의 문언으로는 전략적 의도를 유추하기에는 한계가 있다. 이를 보완하기 위해 단순한 정책 비교 뿐만 아니라 그 정책수단(policy tool)에 속하는 지원 프로그램 운영 현황 등까지를 포괄할 필요성이 있다. 또한, 프로그램의 대략적인 내용만으로는 향후 전개할 전망의 토대가 되는 정책 실행 현황에 대한 구체적인 파악이 어렵다. 따라서 본 연구에서는 정책 실행 단계에서 진행된 활동들의 유형 및 대상국 특성을 조사분석하여 양국의 해외 청정수소 확보를 위한 전략적 방향성의 차이를 고찰하고자 하였다. 활동유형은 국제협력 사업 등을 검토하여 다음과 같은 7개 활동유형을 설정하여 국가별 협력 내용을 구분하였다(Table 1).

대상국 설정에서는 지정학적 요인에 대한 고려를 위해 지리적 분포를 포함하여 소득수준, 재생에너지 잠재량에 대한 내용을 조망하였다.

지리적 구분과 소득수준에 관한 기준은 세계은행의 분류⁶⁾를 기준으로 하였다. 전체적인 연구의 분석틀을 도식화하면 Fig. 1과 같다.

2.3 자료의 수집 범위 설정

연구 분야를 막론하고 일반적으로 자료의 비교 분석의 대원칙은 같은 것은 같게, 다른 것은 다르게 취

급하는 것이다. 우리나라와 독일은 정치체제 등 여러 가지 사회적 구조들이 상이하기 때문에 생성되는 자료들 역시 상이할 수밖에 없다. 그렇다면 어디에서부터 어디까지 유사한 성격으로 보아야 하는가가 관건이 된다. 따라서 본 연구에서는 수집된 자료들의 동일성을 최대한 확보할 수 있도록 수집 범위별 기준을 설정하여 분석을 진행하였다.

2.3.1 대상 협력 형태

해외 청정수소 확보를 위한 전략은 필연적으로 국제협력과 연계된다. 그러나 국제협력도 여러 가지 형태가 있는 바, 어떠한 형태의 국제협력에 초점을 둘지에 대한 기준이 필요하다.

본 연구에서는 지정학적 요인을 고려하여 공급처 다변화 전략 등에 대한 시사점을 발굴하고자 하는 목적에서 수행되므로 양자협력에 초점을 두어 진행

Table 1. Categorization of type of activity for int'l cooperation and its definition

| No. | Types of activity | Definition |
|-----|-------------------------------------|--|
| 1 | R&D cooperation | • Promoting R&D projects like Int'l joint research |
| 2 | Assistance on policy and regulation | • Advising on establishing policy and legal regulation like National Hydrogen Strategy |
| 3 | Manpower training | • Training professional technical personnel in connection with universities, research institutes and others |
| 4 | Status analysis on target countries | • Analyzing hydrogen production, ripple effects of local communities, and other related matters |
| 5 | Network establishment | • Building networks between stakeholders and experts for Know-how sharing (including Working Group, Campaign, Technical Workshops, etc.) |
| 6 | Demonstration and commercialization | • Demonstration and business model development |
| 7 | Others | • Difficult to specify the details (details are not disclosed) |

※ Source : Agreed by the Authors

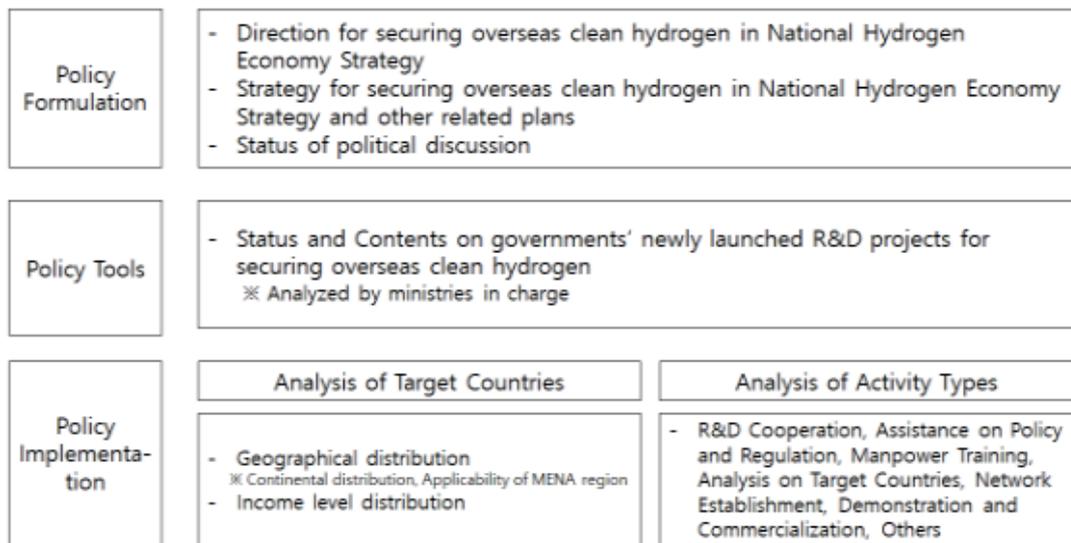


Fig. 1. Frame for analysis

하고자 한다. 국제기구 및 협의체를 통해 진행되는 다자협력에서는 국가 간 협력에서의 지리적 속성이 매몰될 가능성을 배제할 수 없기 때문이다. 이 경우 다자기구로 분류 가능한 EU회원국을 양자협력 분석 대상에 포함할지 여부가 문제가 된다. 독일은 국가수소전략의 실행계획 내 협력사항 및 관련 정책적 논의 내에서 EU회원국과 비EU회원국 그룹을 별도로 구분하고 있는 점을 비추어 볼 때, 별개의 전략적 관점에서 두 그룹을 보고 있는 점을 알 수 있다. 이외 양자협력 전략 문헌 및 정부 공개자료에서도 EU와 비EU회원국을 분리하여 보고 있는 관점이 일관적으로 나타난다. 이러한 점들을 고려하여 본 연구에서는 독일의 양자협력국 분석 범위에서 EU회원국들은 제외하였다. 우리나라는 해외 청정수소 관련 정책에서 대상별로 별도의 구분이 없고 개별 EU회원국을 별도로 구분할 이유가 없으므로 대상국의 지역협력체 소속 여부에 상관없이 모두 분석 대상으로 포함하였다. 또한 국가 차원의 전략을 검토하기 위한 차원이므로 정부 간 MOU에 기반하여 추진되는 것이 아닌 순수한 개별 공공기관 간 협력은 대상에서 제외하였다.

2.3.2 대상 분야

본 연구의 목적은 독일의 해외 청정수소 확보 전략을 분석하기 위함이므로 수소 제조 분야에 방점을 두고자 한다. 따라서 수소연료전지자동차, 연료전지 등 수소에너지 활용 분야는 본 연구의 분석 범위에서 제외된다.

수소 제조 분야는 수소의 생산 방식에 따른 분류가 존재하며 국가별 경제·사회·환경·기술적 요인들에 따라 중점 생산 방식에 다소 상이한 부분이 있다. 예컨대, 우리나라는 ‘제1차 수소경제 이행 기본계획’에서 녹색수소와 청색수소를 청정수소로 지칭하고 중점 분야로 보고 있으며, 향후 열분해기술을 활용하여 천연가스로부터 분리·생산되는 청록수소도 청정수소 범주에 포함될 것으로 보인다. 독일의 경우 국가수소전략의 채택 과정에서 초안 상으로는 녹색수소(신재생에너지 전력을 활용한 수전해를 통해 생산)만을 대상으로 하였으나, 최종안에서는 전략의 대상 범위

에 청색수소와 청록수소를 포괄하였다. 이는 COVID-19 등의 영향을 고려하였기 때문인 것으로 해석⁷⁾되고 있다. 본 연구에서는 현재 시점에서 양국에서 공통으로 중점분야로 설정하고 있는 녹색수소 및 청색수소를 청정수소로 분류하고, 청정수소 및 그 청정수소들을 기반으로 제조된 수소운반체(암모니아, 메탄올 등) 분야에 관한 국제협력 내용으로 범위를 한정하였다.

2.3.3 대상 정책

비록 우리나라가 독일법을 간접적으로 계수하였으나 독일과 우리나라는 정치, 경제적인 체제가 상이하기 때문에 세부적인 정책 및 법령에서도 위상과 범위의 격차가 자연스럽게 발생한다. 따라서 양국 간 세부적인 정책 및 법령 단위에서의 등위 비교 분석을 진행하기에는 한계가 있다. 동 연구에서는 양국 간 정책의 위상 격차를 최소화하기 위해 ‘관계부처 참여 하에 국가 전체 차원에서의 수소경제에 대한 방향성을 설정하는 정책’에 초점을 맞추어 분석을 진행하도록 한다. 따라서 독일의 경우에는 2020년에 수립된 ‘국가수소전략(Nationale Wasserstoffstrategie, NWS)’을, 우리나라의 경우에는 제1차 수소경제 이행 기본계획 상을 비교대상으로 설정하였다. 단, 우리나라의 제1차 수소경제 이행 기본계획은 2020년에 제정된 ‘수소경제 육성 및 수소 안전관리에 관한 법률(이하 수소법)’에 기반하여 2021년에 수립되었기 때문에 수립 시점에 따른 격차가 있을 수 있다. 동 연구에서는 이 점을 감안하여 양국의 수소경제에 대한 기본계획 수립을 전후한 시기인 2019년부터 2021년까지의 정책적 논의를 통시적으로 비교분석하고자 한다. 우리나라의 경우에는 2019년에 수립된 ‘수소경제 이행 로드맵’, ‘수소기술개발 로드맵’ 과 유관계획에서의 해외 수소 확보 관련 사항들을 조망하고, 이에 대응하여 독일 문헌 조사의 대상은 2020년 국가수소전략과 유사한 시기에 수립된 유관계획을 포괄하였다. 그리고 해당 정책 수립 시점을 전후하여 진행된 독일의 정책연구기관의 기획 및 평가보고서를 중심으로 해외 수소 확보 관련 논의 동향을 추적하였다.

2.3.4 대상 정부부처 소관 사업

현재 독일 정부 차원에서 공개하고 있는 정보들을 조사한 결과, 해외 녹색수소 확보 관련 사업 및 프로젝트 추진 현황을 범부처 차원에서 종합적으로 정리하여 공개하고 있는 내역은 없는 것으로 파악된다. 그러나 국가수소전략의 주무부처인 연방경제기후보호부(Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, BMWK) 홈페이지에서 수소분야의 협력 국가 목록을 공개⁸⁾하고 있다. 양국 간 에너지 파트너십 혹은 에너지대화 등 사전 준비단계에 해당하는 협력이 이루어지고 있는 비EU회원국 중 수소 협력이 진행되고 있는 사항이 있는 경우를 기준으로 하여 작성된 것으로 보이며, 연방경제기후보호부 이외 연방교육연구부(Bundesministerium für Bildung und Forschung, BMBF), 연방경제협력개발부(Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung, BMZ), 연방외무청(Auswärtige Amt, AA) 등 다른 부처에서 관할하는 협력 내용까지 포괄하고 있다. 현재 앙골라, 나미비아 등 총 21개국에 대한 협력 개요를 공개하고 있는 상태이다. 그러나 업데이트 날짜가 별도로 기재되어 있지 않기에 누락분이 있을 가능성을 배제할 수 없다. 본 연구에서는 상기 연방경제기후보호부의 수소협력 국가 목록을 기반으로 협력 현황을 파악하되, 정보 누락 가능성을 최소화하기 위해 다음과 같이 3단계를 걸쳐 정보수집 및 보완 절차를 추가하였다. 먼저, ‘국가수소전략’ 수립 후 1년을 기점으로 발간된 ‘국가수소전략 실행에 관한 연방정부 보고서(Bericht der Bundesregierung zur Umsetzung der Nationalen Wasserstoffstrategie)⁹⁾’와 2022년 6월에 공개된 ‘국가수소전략 실행에 관한 경과보고서(Fortschrittsbericht zur Umsetzung der Nationalen Wasserstoffstrategie)¹⁰⁾’에서 다루고 있는 양자 간 국제협력에 관한 내용을 추가한다. 그 다음 국가수소전략 실행에 관한 연방정부보고서(2021) 발간 이후 발표된 주요부처(연방경제기후보호부, 연방교육연구부, 연방외무청, 연방경제협력개발부(Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung,

BMZ)의 보도자료를 검토하여 협력 추진현황 정보를 보완하였다. 마지막으로 연방경제기후보호부에서 발간하는 에너지 파트너십 및 에너지 대화 연차보고서(Jahresbericht Energiepartnerschaften und Energiedialoge)¹¹⁾에서의 협력 현황 관련 자료를 참고하여 지원 사업 및 프로젝트를 역으로 추적하는 과정을 거쳐 보완하였다. 이 결과 총 33개 협력국을 도출하였으며, 이들 국가들을 대상으로 추진되고 있는 독일의 양자협력 사업 및 프로젝트를 중심으로 전략적 특성 등을 검토하였다.

우리나라의 경우 수소경제 정책 내 포함된 청정수소 확보 관련 국제협력 프로젝트에 관한 사항을 조망하였다. 우리나라에서 추진하고 있는 수소 분야 국제협력 사업은 수소경제 이행 기본계획 등에 관련 협력사업명이 명시되어 있을 경우를 일차적인 기준으로 하였으나, 대부분 신규 사업에 대한 계획 위주로 구성되어 있어 구체적인 추진 상황을 찾기 어려운 경우가 많았다. MOU 등을 통한 양자협력의 기준은 대조군인 독일의 정보 수집이 연방경제기후보호부가 소관하는 에너지 파트너십을 기반으로 추진되는 수소 분야 국제협력 정보에서 시작하는 점을 고려하여 우리나라에서도 에너지 분야 주무부처인 산업통상자원부에서 발표한 보도자료를 중심으로 하되 누락분을 최소화하기 위해 산하 연구관리전문기관인 한국에너지기술평가원(Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning, KETEP)의 MOU 체결 현황을 검토하여 수소 협력 관련 양자 협력에 관한 내용을 추가하였다. 누락 자료를 최소화하기 위해서 보도자료 상으로 청정수소 확보 목적이 명시되지 않았더라도 분석 대상에 포함하였다. 독일의 경우와 달리 연구개발 및 외교 관련 소관 부처의 MOU 추진 현황이 포함되지 않은 사유는 다음과 같다. 외교부 홈페이지에서 공개되는 보도자료 내에서는 수소 관련 내용들이 대부분 1회성 회담, 사절단 이외 경제공동위 안건 내 포함되어 있는 내용들이며 소수 존재하는 MOU 내용도 산업통상자원부의 협력 국가와 중첩되는 것으로 파악된다. 연구개발 소관 부처인 과학기술정보통신부 MOU 체결 현황에 대해서도 별

도로 조사하였으나 과학기술정보통신부에서 공개하고 있는 보도자료를 검토한 결과 분석 대상 기간 중 MOU 상으로는 수소에 특화된 내용이 존재하지 않았다. 통상적으로 소관부처에서 MOU를 체결할 경우 이를 근거로 소속 연구관리전문기관에서도 함께 MOU를 체결하는 경우가 많은 점을 고려하여 조사 범위를 한국연구재단이 공개하고 있는 해외기관 MOU 체결 현황¹²⁾까지 확대하여 조사하였으나, 동 자료에서도 마찬가지로 수소 관련 사항이 나타나지 않고 있다. 그러나 연구개발에의 경우에는 국가과학기술정보서비스(National Science & Technology Information Service, NTIS)의 조사분석 자료를 활용할 경우 이를 보완할 수 있다고 판단되어 NTIS를 통해 관련 협력 사항을 추적하였다. 조사 대상 기간은 2019년부터 2020년까지 2개년도의 수소 분야 국제협력 R&D 프로젝트로 조사 범위를 한정하였다. 정책분석 시기와 일치시키기 위해서는 2021년 R&D 과제까지를 대상으로 하는 것이 적절하나, 수행년도의 차년도에 데이터가 수집되는 조사분석 자료의 특성상 2021년 조사분석 데이터는 아직 소분류까지 확정되어 공개되지 않은 상태이기 때문이다. 수소 분야 국제협력 R&D 과제 분류는 2단계에 걸쳐 진행하였다. 먼저 NTIS 과제 정보 중 국가과학기술표준분류 체계 상의 소분류 코드인 수소(EF0609)를 기준으로 1차 후보군을 도출하고, 이 중 국제협력 R&D 사업의 일환으로 수행되고 있는 과제를 추출하는 방식으로 소관 사업 및 추진 현황을 추적하였다. 추출 과정에서 구체적인 내용 일체가 공개되지 않은 보안과제 및 단순한 국내 인력양성에 해당하는 과제는 제외하였다. 국제협력 R&D 사업 여부의 판단은 과학기술정보통신부와 한국과학기술기획평가원에서 발간한 정부연구개발사업 종합안내서¹³⁾상의 세부사업별 유형분류에서 국제협력으로 표기되어 있는지 여부를 기준으로 하였다.

3. 독일의 해외 청정수소 확보를 위한 양자협력 전략 분석

3.1 해외 청정수소 확보 관련 정책

3.1.1 국가수소전략(Nationale Wasserstoff Strategie, NWS) 수립 이전 시점의 논의

독일의 국가수소전략이 수립되기 전에 앞서 다양한 연구기관에서 선행연구를 진행하여 정책 제언을 제시하였다. 2019년 10월 프라운호퍼 연구회에서는 국가수소전략 수립에 관련된 부처들을 지원할 목적으로 “독일을 위한 수소 로드맵(Eine Wasserstoff-Roadmap für Deutschland)¹⁴⁾” 보고서를 발표하였다. 제목에서 알 수 있듯이 수소 분야의 각 분야수전해, 산업, 교통 및 이동성, 건물, 발전, 횡단적 측면-별로 2030년 및 그 이후 기간 동안의 구체적인 R&D, 시장, 정책 목표가 포함된 로드맵을 제시하고 있다. 본 보고서는 로드맵 이외에도 국제적인 측면을 별도의 장으로 할애하고 있는데, 해당 부분에서 해외 청정수소 확보에 관한 부분을 포함하여 해외 수소 확보를 위한 방향성을 제시하고 있다. 이 부분에서 당시에 이미 독일 내 재생에너지 잠재량을 활용하여 만들어지는 녹색수소가 독일 내부 수소 수요를 충당할 가능성이 있는지 혹은 유럽 대륙 내 근린국에서 생산되는 재생에너지 전력을 활용 가능함에 대해서 회의적인 시각이 있었음을 알 수 있다. 프라운호퍼 연구회에서는 자연환경 조건상 재생에너지 잠재량이 풍부한 국가로부터의 수소 공급원 확충이 필요함을 지적하면서 관련된 다양한 추진과제들을 제시하고 있는데, 주목할 만한 사항은 잠재적 수소생산국의 혁신전략 개발이 필요하다고 지적한 점이다. 수소 생산-수송 단계별로 필요한 기술들과 점점 사항들 또한 제시되었지만, 혁신전략 개발의 필요성을 가장 먼저 거론한 것은 현지 청정수소 확보를 위해서는 청정수소 생산 국가의 정책적 대비도 필요한 것으로 인식하였기 때문인 것으로 해석된다. 아울러, 국제적인 연구개발 협력 및 에너지 파트너십 형성이 장기적으로 안정적인 투자 환경 조성 및 무역관계 구축의 초석임을 강

조하고 있다.

또한, 이와 별도로 舊연방경제에너지부(BMWK의 전신)의 의뢰를 계기로 하여 아델피(Adelphi), 네비건트(Navigant), 독일에너지공사(Deutsche Energie-Agentur, DENA), 독일국제협력공사(Deutsche Gesellschaft für International Zusammenarbeit, GIZ) 등 4개 기관 합동으로 녹색수소 분야 협력이 가능한 국가의 우선순위에 대한 분석을 진행하였다¹⁵⁾. 동 분석 과정에서 우선순위 국가 도출의 모수는 비EU회원국 중 독일과 에너지 파트너십 혹은 그 사전단계인 에너지 대화를 추진하고 있는 국가들로 구성되었으며 평가 지표별로 적합도를 설정하여 종합적으로 매우 적합, 적합, 고려가능 등 3개 등급으로 구분하였다. 동 평가 과정에서 특이한 점은 평가 기간을 중 중기(2030년), 장기(2050년)로 나누었으며, 기간별로 각기 다른 평가 기준을 적용하였다는 점이다. 이는 기간별로 협력의 목적을 다르게 설정한 연유에서 비롯된다. 중기협력국 도출 과정에서는 우선 실증 및 상용화 프로젝트에 중점을 두어 시장의 가능성을 평가하였기에 녹색수소 생산 운송 등 경제성과 정책적 규제·투자안전성·독일과의 외교 관계 등에 초점을 맞추었으나, 장기협력국 선정과정에서는 경제적 조건 이외 현지의 사회적 특성(인구 밀도, 토지사용 경제성, 정책 친화성)과 수자원 가용도 등 대상국의 지속가능발전을 염두에 둔 지표들을 설정하여 평가에 활용하였다.

3.1.2 국가수소전략(Nationale Wasserstoff Strategie, NWS) 상의 국제협력 관련 내용

2020년 6월에 수립된 독일의 국가수소전략은 단순히 수소라는 새로운 에너지의 보급확산에 관련된 계획이 아니다. 전략 목표에서부터 수소의 에너지원으로서의 활용에 관한 내용 이외 연구개발 및 혁신, 국제무역, 신산업 육성 및 국내의 시장 개발, 국제협력 등에 관한 내용을 모두 포괄한다. 즉, 동 전략은 본질적으로 수소 관련 에너지·산업·기술혁신·국제협력 정책의 총화라고 해석하는 것이 적절하다.

동 전략에서는 2030년까지 독일의 수소 수요를 약 90-110 TWh로 전망하고 있다. 국내 수요 충족을 위

해 다양한 재생에너지 발전 용량을 증대할 계획을 수립하고 있으나, 국내 생산만으로는 예상 수소 수요를 충족하기 어려워 수입이 불가피할 것으로 예상하고 있었음을 알 수 있다.

국가수소전략은 전략 방향성과 현황 분석 이외 구체적인 조치들(massnahmen)을 제시한 실행계획(aktionsplan)까지 제시하고 있다. 이 중 국제수소시장 및 대외경제파트너십 부문에서 제시하고 있는 실행조치 34번, 37번, 38번이 녹색수소 확보 관련 양자협력에 관한 내용에 해당한다. 조치 34번은 수소에너지 관련 사항을 기존 에너지 파트너십으로 통합하고, 수출입 협력국가와 새로운 전략적 파트너십 구축을 골자로 하고 있다. 이 조치는 독일로 녹색수소를 수출하는 협력국가가 독일의 기술을 활용하게 하는 것에 초점을 두고 있다. 조치 37번은 협력국가에 지속가능한 가치 창출의 기회를 제공하는 형태로 지속가능한 공급망을 구축하는 것을 목적으로 하고 있다. 이 부문의 지속가능성을 보장하기 위해 실행계획상으로 에너지와 물, 두 개의 부문에서 방침을 제시하고 있다. 에너지 부문 방침은 독일의 녹색수소 수입이 협력국의 국내 재생에너지 발전 및 공급 부족을 야기하지 않는 범위 내에서 이루어져야 한다는 내용으로 구성되어 있다. 즉, 협력국에서 생산되는 녹색수소를 무한히 독일로 수렴시키는 것이 아니라, 협력국의 에너지 접근권(energy access)을 침해하지 않겠다는 의미이다. 물 부문에서는 물부족 지역에서의 녹색수소를 제조할 경우 해당 지역의 물부족을 심화시키지 않도록 할 것을 요구하고 있다. 녹색수소는 재생에너지 전력을 활용하여 물을 전기분해하여 제조되는 특성상 건조지역에서의 대량의 녹색수소 생산은 물부족을 심화시킬 가능성이 있기에 이에 대한 가이드라인을 제시하는 것이다. 조치 38번에서는 현재 화석연료 수출국을 대상으로 점진적으로 수소를 포함한 에너지 전환에 관한 심도 있는 대화 전개가 과제로 제시되어 있다. 조치 34, 37번의 경우에는 해외 청정수소의 확보를 위해 협력국과의 직접적인 협력관계 구축에 초점을 두고 있다면, 조치 38번은 화석연료 수출국이 수소 에너지를 교두보로 하여 점진적으로 에너

지전환에 동참하도록 하여 수소경제 도입을 후압하는 구도를 형성하고 있다.

3.1.3 국가수소전략 수립 이후의 유관 계획

국가수소전략 수립 이후 독일의 수소경제 추진 및 확산과 관련하여 다수의 정책이 발표되었으나, 해외 청정수소 생산 및 확보와 관련해서는 연방교육연구부(BMBF) 및 연방경제개발협력부(BMZ)에서 각각 발표한 전략을 주목할 필요성이 있다.

연방교육연구부에서는 2020년 11월 대표적인 소관 연구개발 프로그램 중 하나인 제3차 ‘지속가능성 연구(Forschung für Nachhaltigkeit, FONA)’ 프로그램의 추진전략(이하 FONA 전략[FONA Strategie])¹⁶⁾을 발표하였다. 동 프로그램은 생물다양성, 바이오경제, 미래도시, 에너지, 지구과학, 사회, 기후, 토지관리, 해양 및 극지연구, 자원 효율성, 지속가능한 물관리 등 11개 분야를 연구주제로 설정한 분야로, 국제연합의 지속가능목표(SDGs)와 연계하여 녹색수소를 주요 분야 중 하나로 다루고 있다. 기후 목표 달성을 위한 온실가스 배출 감축 및 회피 분야의 주요 수단으로서 독일 내 녹색수소의 확립을 실행과제로 설정하고 있다. 아울러 태양광, 풍력 등 재생에너지가 풍부한 지역으로부터의 녹색수소 수입 가능성이 높은 상황임을 지적하면서 향후 밀접한 국제협력 관계가 더욱 중요하게 부상할 가능성이 높은 상황임을 기술하고 있다. 동 전략에서 공동타당성 조사 및 공동 연구 지원 등 국가 간 연구 파트너십을 확대·강화하는 방안을 주요 실행수단으로 제시하고 있다.

연방경제협력개발부(BMZ)에서는 2021년 7월에 ‘BMZ-핵심분야 전략: 우리 행성을 위한 책임-기후 및 에너지(BMZ-Kernthemenstrategie: “Verantwortung für unseren Planeten - Klima und Energie)”¹⁷⁾를 발표하였다. 동 계획에서는 국가수소전략이 녹색수소의 활용이 재생에너지 확대, 에너지 효율향상에 이어 세 번째 에너지전환의 주역임을 지적하면서, PtX 생산 시설 건설의 중점 추진을 주요 과제로 제시하고 있다.

3.1.4 국가수소전략 수립 이후 현재까지의 최근 논의 동향

앞서 살펴본 바와 같이 독일은 국가수소전략 수립 이전 시점에서부터 해외 청정수소 확보를 주요한 이슈로 주목하여 전략 수립 과정에 반영하였으며, 그 이외 유관 전략에서도 일관성 있게 해외 수소 확보를 위한 실행과제를 추진하고 있다. 그러나 독일은 이에 그치지 않고 프라운호퍼연구회(Fraunhofer-Gesellschaft) 산하 연구소들과 부퍼탈 연구소(Wuppertal Institut) 등 정책연구기관들을 중심으로 해외 청정수소 관련 제반 환경변화를 지속적으로 주시하면서 이행 과정에서 발생한 이슈에 관한 논의를 전개해나가고 있다. 독일이 국가수소전략을 발표한 직후 시점에 해당하는 2020년 12월, 프라운호퍼-시스템혁신연구소(Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung, Fraunhofer ISI)에서는 녹색수소와 그 합성생산품에 관한 정책 제언을 발표¹⁸⁾하였다. 기본적으로 녹색수소의 수입이 국가수소전략의 유효성 확보를 위한 주춧돌로서 중요시하는 입장은 유지하고 있다. 독일과 EU의 재생에너지 잠재량이 권역 내 수소 수요를 모두 충족시킬 수 없을 것으로 전망하고 있는 점은 동일하기 때문이다. 다만, 동 보고서에서는 수소 수입을 방해할 수 있는 위기관리 차원에서 안정적, 민주적 협력 상대국과의 장기 관계 구축과 함께, 협력국이 지속가능발전을 이어갈 수 있도록 녹색수소 생산이 협력국의 물공급 등의 환경 조건을 해치지 않도록 조치를 취할 것을 권고하고 있는 점이 특색이다. 해외 녹색수소를 확보하는 과정에서 흔히 고려되는 기술·경제적 요소 뿐만 아니라 협력국에서 발생할 수 있는 정치적·정책적 요소 또한 해외수소 확보를 위한 장기적인 협력의 안정적 운용을 저해할 수 있는 중대한 요인으로 주목하고 정부측에 이에 대한 대응책 마련의 필요성을 지적하고 있는 것이다.

그 이후 시점의 논의 동향에서도 국가 차원의 본격적인 수소경제 확산전략 추진에도 불구하고 독일의 수소 필요량을 확보하기 어려울 수 있다는 위기 의식이 일관적으로 나타나고 있다. 2021년 11월, 독

일경제연구원(Institut der Deutschen Wirtschaft, IW)이 부퍼탈 연구소(Wuppertal Institut), 프라운호퍼 환경·안전상에너지기술연구소(Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik, Fraunhofer UMSICHT)와 공동으로 발간한 연구보고서¹⁹⁾에서 이같은 위기의식이 더욱 두드러지게 나타난다. 동 연구는 네덜란드, 스페인, 모로코, 칠레 등 4대 중점국가를 대상으로 한 타당성조사 연구로, 해당 4개국에서 생산된 수소가 모두 독일로 운송된다고 하더라도 국가수소 전략상의 2030년 예상 수요(110 TWh)를 충족하기 어려울 것으로 전망하고 있다. 본 연구 결과에서 가장 중요한 함의는 잠재적인 녹색수소 수출국의 에너지 전환 속도가 당초 예상하였던 것보다 더딘 상황에 대해 독일이 위기의식을 가지고 있다는 점을 들 수 있다. 녹색수소를 생산하기 위한 기술적인 재생에너지 잠재량 자체는 4개국 모두 높아 장기적으로는 독일로 막대한 녹색수소를 수출 가능할 것이라고 전망하고 있음에도 불구하고 2030년 수소 수요 충족 가능성에 대해 회의적인 결론이 나온 것은, 기술 및 경제적 요소 이외에도 수출국의 에너지산업의 개발 수준 및 제도·인프라 등 프레임워크 관련 조건이 미흡한 상태인 것으로 평가하였기 때문이다. 독일은 이미 국가수소전략 수립 이전 시점에서부터 협력 대상국 현지에서의 지속가능발전을 유지하기 위해 에너지 접근권(energy access)을 저해하지 않는 범위 내에서의 녹색수소 생산을 추진하고 있다. 그렇기 때문에 현지에서 생산되는 재생에너지 전력 등은 현지의 에너지 수요 해결에 먼저 활용되고, 그 이후의 잉여 재생에너지 전력을 활용하여 녹색수소를 생산하여 독일로 수출하는 형태로 추진되게 된다. 이는 협력국의 재생에너지 확대 속도가 늦어지면 잉여 재생에너지 전력도 기대하기 어렵게 되며, 자연히 독일이 확보 가능한 해외 녹색수소 생산량에 대한 압박이 가중됨을 의미한다.

더욱이 상기 보고서들은 러시아의 우크라이나 침공이 발발하기 이전 시점에 공개된 보고서기에 지금보다 전 세계적으로 에너지 수급이 현재보다 상대적으로 원활한 상태였음을 고려할 필요성이 있다. 최

근 러시아가 천연가스와 같이 EU가 러시아에 크게 의존하였던 자원 공급을 차단하는 등 에너지자원 수급을 전략적으로 활용함에 따라 유럽의 에너지 수급에도 큰 타격이 가해지고 있는 상황이다. 2022년 초 진행되었던 연방경제기후보호부 장관의 중동지역 방문 역시 우크라이나 전쟁으로 인한 에너지 공급 문제를 겨울이 오기 전에 가급적 빨리 해소하고자 하는 노력의 일환이다. 일련의 급격한 국제정세의 변화는 독일의 국가수소전략에 대하여 긍정적인 측면과 부정적인 측면 등 양방향에서 영향을 미칠 것으로 예상된다. 긍정적인 측면은 특정국가가 에너지자원을 독과점할 경우 발생할 수 있는 위험 요인을 경감하기 위해 녹색수소를 중심으로 한 에너지전환을 가속화할 것이라는 점이다. 비록 경제성 등을 고려하면 장기적·안정적 공급 차원에서 타 국가 대비 긴밀한 협력관계를 구축하는 경우가 발생할 수밖에 없으나, 화석연료와는 달리 수소는 다양한 에너지원으로 제조할 수 있기 때문에 상대적으로 쉽게 대안 마련이 가능한 이점이 있기 때문이다. 부정적인 측면은 2030년 독일 국내 수소 수요의 충족가능성을 보장할 수 없는 상황에서 국가수소전략상으로도 정책의 대상 범위에 포함되어 있는 청색수소의 활용을 고려하지 않을 수 없다는 점이다. 독일이 청색수소의 활용 비중을 높이게 된다면 현재 러시아의 침공으로 인한 천연가스 가격의 고공행진은 청색수소의 경제성에도 위협적인 요소로 작용할 가능성이 높다. 아울러 잠재적 수소수출국이 석탄화력의 비중을 상향하는 등 에너지전환 속도에 제동을 걸 가능성도 배제할 수 없게 된다.

독일은 우크라이나 침공 직후 원점에서부터 해외 청정수소 확보 전략을 검토하여 이 사태가 독일에 미칠 영향을 전망하는 작업을 수행하였다. 이 역할은 수소경제 관련 정책 연구 프로젝트인 HyPAT에서 수행하였으며, 국내의 논의를 종합하여 정부에 긴급권고하는 영향보고서²⁰⁾를 발표하였다. 여기서 주목할 사항은 협력대상국에서 발생하는 정치적인 리스크들(politische Risiken)에 대한 고려에 관한 논의가 더욱 강화되고 있다는 점이다. 협력대상국 선정 시 기술적·

경제적 요인 이외에도 정치적인 요인에 대해 보다 신중하게 평가할 필요성이 있음을 지적하면서 국가 시스템 및 정책의 회복 탄력성, 지정학적 요건, 가치 기반 무역관계 등 정치적인 요인들에 대해 평가 가능한 명확한 기준을 설정하고 해당 기준에 따라 잠재적인 공급 협력국가를 선정할 것을 요구하고 있다. 이와 함께 다양한 지역을 대상으로 협력을 진행하는 방향으로 공급 포트폴리오의 다변화를 요구하고 있는 점도 지정학적 리스크를 분산시키기 위한 것으로 해석된다. 비록 장거리 운송 등으로 인한 경제성 문제가 발생할 수 있음은 인정하고 있으나 결국 에너지 안보 위기로 야기되는 경제적 피해를 완화하는 쪽이 보다 경제적 이득이 크다는 판단을 내린 것이다.

국가수소전략 수립 이후 독일 내부에서의 정책적 논의 동향을 살펴보면 경제적·기술적 요인과 함께 정치사회적인 요인의 중요성에 대한 인식이 점차 강화되고 있는 점을 알 수 있다. 특히 최근에 발생한 우크라이나 침공 사태 및 자원의 전략무기화로 발생한 에너지 안보 위협은 독일이 더욱 에너지안보를 강화하고 다소 경제적인 부담이 강화되더라도 공급처 다변화 등의 조치를 통해 수소 공급의 유연성을 확보하는 방향으로 지정학적 위기 관리를 추진할 가능성이 높은 것으로 전망된다.

3.2 정부부처 소관 사업

우리나라의 산업통상자원부의 역할과 유사한 역할을 수행하는 독일의 연방경제기후보호부(Bundesministerium Wirtschaft und Klimaschutz, BMBK)는 해외 녹색수소 생산 관련 국제협력사업을 다수 운영하고 있는데, 이 중 주요 사업으로는 ‘국제 수소증산 프로그램(International Hydrogen Ramp-Up Program, H₂UPPP)’ 및 ‘PtX Hub’ 등이 있다.

H₂UPPP는 독일 내 중소기업의 개도국 및 신흥공업국의 소규모 녹색수소 분야 시장 및 사업 개발을 민·관 협력 파트너십(public-private partnership, PPP) 형태로 지원하는 사업으로, 독일의 중소기업이 개도

국 현지에 진출하여 녹색수소 생산 플랜트 건설 작업을 지원하는 것을 골자로 하고 있다. 본질적으로 독일 기업이 해외 녹색수소 생산 플랜트 시장을 선점할 수 있도록 지원함과 동시에 플랜트 건설을 통한 개도국의 녹색수소 생산 용량을 확보하는 의도를 함께 가지고 있는 것으로 해석된다. 동 사업은 1개 프로젝트 당 총 200,000 유로의 자금을 지원하고 있으며, 이외 공공 부문 파트너십을 담당하는 GIZ 역시 프로젝트 식별, 준비, 실행 전 단계에 걸쳐 자문 서비스를 제공하는 형태로 독일 기업을 지원한다. GIZ는 10개의 우선순위 국가-인도, 태국(아시아), 멕시코, 칠레, 브라질(아메리카), 모로코, 알제리, 튀니지, 이집트, 남아프리카공화국(아프리카)-에 존재하는 ‘수소정찰단(H₂ Scouts)’을 활용하여 수소 프로젝트 아이디어 발굴 및 개발을 지원하고 있으며, H₂UPPP 사업은 이 수소정찰단 활동과 연계하여 추진된다. 동 사업은 본질적으로 독일 기업이 해외 녹색수소 생산 플랜트 시장을 선점할 수 있도록 지원하는 것에 초점을 맞추고 있으나, 개도국의 플랜트 건설량 증가는 결국 개도국의 녹색수소 생산 용량 증대와 직결되며 이는 독일의 해외 녹색수소 확보를 용이하게 해줄 가능성이 높다는 점을 주목할 필요가 있다. 즉, 해외 청정수소 확보와 동시에 수전해 등 독일의 강점 기술의 수출 시장 개척의 기능을 겸하고 있다.

PtX Hub 역시 H₂UPPP와 마찬가지로 개도국을 대상으로 하고 있는 국제협력 사업이다. 지원 분야는 녹색수소 생산부터 녹색수소를 기반으로 한 연료 등 화학물질 제조까지 포괄한다. 개도국 현지 P2G 기술 관련 연구개발 및 혁신 관련 네트워크 거점을 형성하고 이를 중심으로 정책 자문을 제공하는 역할을 수행하고 있다. 동 사업 역시 GIZ가 시행기관으로 활동하고 있다.

이외에도 아직 사업 혹은 프로젝트 형태로 구체화된 단계는 아니나, 러시아의 우크라이나 침공 이후 로베르트 하벡(Robert Habeck) 연방경제기후보호부 장관이 UAE와 카타르를 방문하여 MOU를 체결하는 등 수소 분야 협력관계 강화를 도모하는 움직임을 주목할 필요가 있다. 하벡 장관은 방문 직후 언론을

통하여 해당 국가와의 협력 관계 강화는 단기적으로는 천연가스 수급의 특정국가 의존도를 낮추기 위한 이나 장기적으로는 청정수소의 수급을 확보하기 위한 것임을 언급하고 있다. 인터뷰의 표면적인 문구 상으로는 장기적으로 UAE, 카타르 등 걸프 지역 국가들이 녹색수소 생산 잠재력이 높은 국가임을 지적하고 있어 순수하게 녹색수소 확보만을 목적으로 하는 것으로 해석할 수 있으나, 당시 순방한 국가들이 모두 대표적인 화석연료 수출국가이기도 한 점을 고려할 필요성이 있다. 현재 독일의 국가수소전략 상으로는 청색수소까지 포괄하고 있는 상태이기 때문에 청색수소의 수입을 도외시할 필요가 없는 상황이다. 따라서 화석연료 수출국과의 협력 강화는 향후 청색수소의 도입 가능성을 열어두는 의미가 있다고 보는 것이 타당하다. 실제 카타르 방문 후의 언론 인터뷰²¹⁾에서 알 수 있듯이, 카타르와의 협의 내용은 러시아에 의존하였던 천연가스 수급원의 대체 뿐만 아니라 청색 암모니아의 수입에 관한 내용이 포함되어 있었다는 점 역시 이러한 해석을 방증한다.

연방경제협력개발부(BMZ)의 대표적인 소관사업으로는 브라질과 남아프리카공화국을 대상으로 하는 H₂Brazil²²⁾, H₂.SA (일부 문헌에서는 H₂SouthAfrica로 표기되기도 함)²³⁾ 사업이 있다. 동 사업은 해당 국가의 녹색수소 시장 개발을 위한 법제도 및 기술적 제반 환경 개선에 초점을 두고 있으며, 역시 GIZ가 시행기관 형태로 추진하고 있다. 상기 사업 이외에 앞서 언급한 모로코, 튀니지를 대상으로 PtX 분야 개발 동맹(Allianz zur Entwicklung des Power-to-X-Sektors) 형성을 주관하고 있다. 일견 연방경제기후보호부에서 지원하는 H₂UPPP 및 PtX Hub 사업과 중복되는 영역이 다수 존재하는 것으로 보이나, 독일 내부에서는 녹색수소의 공급 부문(협력국에서의 녹색수소 생산)은 연방경제협력개발부가 담당하고, 수요 부문 차원(독일의 PtX 관련 제품의 판매 시장)에서의 접근은 연방경제기후보호부 등 부처가 담당하는 방식으로 역할 분담이 설정되어 있는 상태이다²⁴⁾.

연방교육연구부(Bundesministerium Bildung und Forschung, BMBF)에서는 ‘지속가능성을 위한 연구

(Forschung für Nachhaltigkeit, FONA)’ 프로그램의 일환으로 R&D를 통한 녹색 수소 분야 파트너십 강화를 추진하고 있다. 동 연구 프로그램의 방향성은 앞서 언급한 ‘지속가능성을 위한 연구 전략(FONA Strategie)’에 기반하고 있다. 양자 간 협력이 이루어지고 있는 나라는 호주와 나미비아이며, 세부 내용은 각 국가별로 차이가 있다. 예컨대, 호주의 경우에는 HyGATE, HySUPPLY 프로젝트를 통해 수소 에너지 관련 모든 가치사슬 단계에서의 혁신기술 공동개발 및 시험 적용과 함께 공동 타당성 조사를 진행하고 있다. 반면 나미비아에서는 수소전략과 타당성 조사, R&D 및 실증 프로젝트 지원 및 학술교류 프로그램 운영에 초점을 두고 있다. 나미비아는 연방경제기후보호부 국제협력 자료에서 유일하게 연방교육연구부가 유일한 협력장구로서 활동하고 있는 국가이다. 동 사업은 서부 및 남부 아프리카 대상 수소 관련 잠재력을 경제사회적 정보와 종합 평가하여 지도로 제작한 프로젝트인 H₂Atlas-Africa²⁵⁾에 기반하여 추진하고 있다. 동 작업은 FONA 프로그램에의 아프리카 지역에서의 기후변화 및 적응적 토지관리 분야 R&D 전문인력양성 및 현장적용형 연구개발 경쟁력센터(Kompetenzzentren für Klimawandel und angepasstes Landmanagement in Afrika)²⁶⁾ 지원 사업으로 형성된 거점인 WASCAL (West African Science Service Centre on Climate Change and Adapted Land Use), SASSCAL (Southern African Science Service Centre for Climate Change and Adaptive Land Management)과 독일의 관련 연구기관의 협업 하에 수행되었다는 특색이 있다.

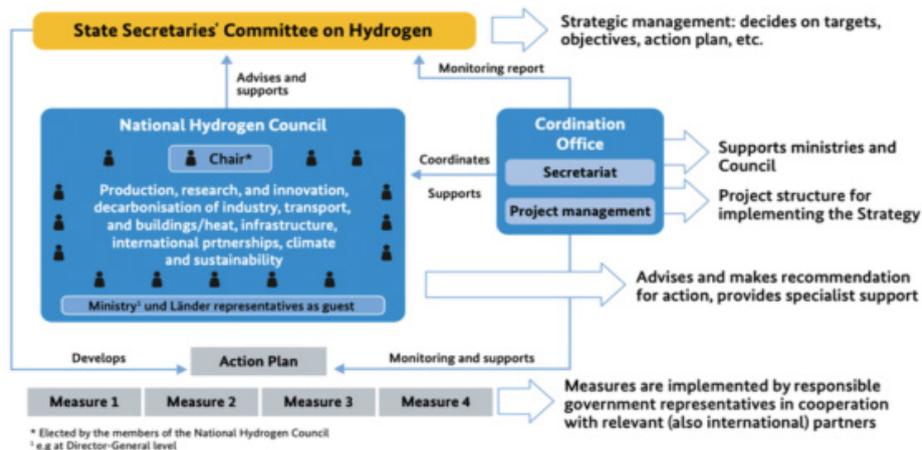
연방외무청(AA)에서는 독자적인 프로그램으로서 ‘수소외교사무소(Wasserstoff Diplomatie Büro, H₂Diplo)’를 운영하고 있다. 화석연료 국가의 점진적인 에너지 전환을 지원하는 독일국가수소전략 실행계획상의 조치 38에 대응하는 사업으로 독일국제협력공사(GIZ)가 시행기관으로서 역할을 수행한다. 사우디아라비아, 나이지리아, 앙골라, 러시아, 우크라이나 등 주요 화석연료 수출국에 수소외교사무소를 설치하고 있다 (단, 현재 러시아와 우크라이나의 수소외교사무소는

러시아의 우크라이나 침공으로 인해 협력이 중지된 상태임). 동 프로그램은 수소 및 power to X 기술에 대한 아이디어 교환, 수출산업으로서의 수소의 기회와 위협요소에 관한 자문 제공, 대외 정책 관련 문제에 대한 커뮤니케이션 지원, 양국 간 민간 부문과의 협력 촉진, 에너지전환 관점에서의 수출국의 노동시장 개발 및 장기 수입원에 관한 연구 수행이 주된 내용으로 구성되어 있는데, 주요 화석연료 수출 국가들이 청정수소 수출국으로 점진적으로 전환될 수 있도록 기술, 경제, 사회적 요소 전반에 관한 자문을 수행하는 동시에 독일 기업의 대상국 진출을 위한 네트워크 형성을 병행하고 있는 점이 특색이다. 그러나 로베르트 하벡 장관이 천연가스 확보 차원에서 중동 지역을 순방하면서 청색 암모니아 등에 관한 협의를 진행하고 있는 점을 다시 한 번 상기할 필요가 있다. 화석연료 수출 국가와의 네트워크 강화는 장기적으로 독일의 녹색수소 관련 기술의 시장을 확보하는 한편, 단기적으로 청색수소 등의 형태로 해외 수소를 공급할 루트로 활용할 수 있는 이면도 숨겨져 있는 것으로 해석할 수 있다.

지금까지 살펴본 독일의 정부부처 소관 사업들을 살펴보면, 각 부처별 소관 영역 내 독립성을 유지하면서 연계할 수 있는 구조를 취하고 있는 것을 알 수 있다. BMZ는 해외 청정수소의 공급 측면에서 접근

하고, BMWK는 수요 측면에서 접근하여 수전해 등 독일이 경쟁력을 가지는 수소경제 시장을 공략하고 있다. 이는 앞서 언급한 바와 같이 독일의 기술시장 개척과 함께 협력국의 청정수소 생산 역량을 향상시키는 시너지 효과가 있다. BMBF는 R&D 협력 및 녹색수소 잠재량 평가 등 현지 정보 분석을 지원하고 있으며, AA는 화석연료 수출국과의 네트워크를 긴밀히 함으로서 에너지전환 지원 등의 소임을 수행하는 형태로 국가수소전략의 실행을 책임진다. 이렇게 다양하게 존재하는 부처별 소관 사업은 개별 부처의 독단만으로 진행되지 않고, 조정사무국(Coordination Office)의 지원에 의해 국가 전체적인 관점에서 모니터링 하여 수정·보완할 수 있는 체제가 구축되어 있다(Fig. 2). 조정보고서에서 매년 발간하는 모니터링 보고서는 각 부처별로 진행되는 국가수소전략 추진 현황을 국가 전체 차원에서 검토하기 위한 토대를 제공하는 역할을 수행한다.

또한, BMBF에서 추진되는 일부 사업 및 프로젝트를 제외하면 대부분의 양자협력 관련 사업을 실질적으로 관리하는 기관이 GIZ로 설정되어 있는 점도 주목할 필요성이 있다. GIZ는 독일의 ODA를 담당하는 기관으로, 개발협력정책 추진 과정에서 개도국 대상 네트워크를 보유하고 있는 기관이다. 국제협력 사업에 대한 탄탄한 전문성 및 네트워크를 보유하고 있



※ Source : BMWi (2020)

Fig. 2. Governance structure of the national hydrogen strategy

Table 2. Categorization of Germany's int'l cooperation countries by its activity type

| No. | Country | Types of activity |
|-----|---|--|
| 1 | Algeria | 2. Assistance on Policy and Regulation 4. Status Analysis on Target countries 6. Demonstration and Commercialization |
| 2 | Angola | 4. Status Analysis on Target countries 5. Network Establishment |
| 3 | Argentina | 2. Assistance on Policy and Regulation 3. Manpower Training 4. Status Analysis on Target countries 5. Network Establishment |
| 4 | Australia | 1. R&D Cooperation 4. Status Analysis on Target countries 5. Network Establishment 6. Demonstration and Commercialization |
| 5 | Brazil | 1. R&D Cooperation 2. Assistance on Policy and Regulation 3. Manpower Training 5. Network Establishment 6. Demonstration and Commercialization |
| 6 | Canada | 1. R&D Cooperation 5. Network Establishment |
| 7 | Chile | 1. R&D Cooperation 2. Assistance on Policy and Regulation 4. Status Analysis on Target countries 5. Network Establishment 6. Demonstration and Commercialization |
| 8 | China | 1. R&D Cooperation 2. Assistance on Policy and Regulation 5. Network Establishment |
| 9 | Egypt | 4. Status Analysis on Target countries 5. Network Establishment 6. Demonstration and Commercialization |
| 10 | India | 2. Assistance on Policy and Regulation 4. Status Analysis on Target countries 6. Demonstration and Commercialization |
| 11 | Israel | 1. R&D Cooperation 5. Network Establishment |
| 12 | Japan | 1. R&D Cooperation 5. Network Establishment |
| 13 | Jordan | 2. Assistance on Policy and Regulation |
| 14 | Kazakhstan | 2. Assistance on Policy and Regulation |
| 15 | Korea, Republic of | 1. R&D Cooperation 5. Network Establishment |
| 16 | Morocco* *PtX alliance is under discussion | 2. Assistance on Policy and Regulation 6. Demonstration and Commercialization |
| 17 | Mexico | 4. Status Analysis on Target countries 5. Network Establishment |

| | | |
|----|---|--|
| 18 | Namibia | 1. R&D Cooperation 2. Assistance on Policy and Regulation 4. Status Analysis on Target countries 5. Network Establishment |
| 19 | New Zealand | 1. R&D Cooperation |
| 20 | Nigeria | 4. Status Analysis on Target countries 5. Network Establishment |
| 21 | Norway | 4. Status Analysis on Target countries 5. Network Establishment |
| 22 | Oman | 1. R&D Cooperation |
| 23 | Qatar | 5. Network Establishment |
| 24 | Russia | 7. Others ※ The cooperation has been suspended due to Russia's invasion of Ukraine |
| 25 | Saudi Arabia | 4. Status Analysis on Target countries 5. Network Establishment 6. Demonstration and Commercialization |
| 26 | South Africa, Republic of | 1. R&D Cooperation 2. Assistance on Policy and Regulation 3. Manpower Training 4. Status Analysis on Target countries 5. Network Establishment 6. Demonstration and Commercialization |
| 27 | Thailand | 1. R&D Cooperation 6. Demonstration and Commercialization |
| 28 | Tunisia* *PtX alliance is under discussion | 4. Status Analysis on Target countries 6. Demonstration and Commercialization |
| 29 | Türkiye | 5. Network Establishment |
| 30 | Ukraine | 1. R&D Cooperation 4. Status Analysis on Target countries 5. Network Establishment ※ The cooperation has been suspended due to Russia's invasion of Ukraine |
| 31 | United Arab Emirates | 1. R&D Cooperation ²⁷⁾ 2. Assistance on Policy and Regulation 5. Network Establishment |
| 32 | United States of America | 5. Network Establishment |
| 33 | Viet Nam | 5. Network Establishment |

※ Source : Agreed by the Authors

는 기관이 각 부처별 양자협력사업에 깊게 관여하고 있는 점은 향후 사업 운영에 강점으로 작용할 가능성이 높다.

3.3 정책실행 현황 분석

현재 독일이 수소경제 관련 양자협력 관계를 구축한 국가들은 총 33개 국가이다. 2장에서 언급한 자료들을 토대로 독일의 양자협력 활동을 조사한 결과를 유형화를 통해 요약한 결과는 Table 2와 같다²⁷⁾.

협력국가의 지역별 분포(Fig. 3)를 살펴보면 세계 대부분의 지역에 협력국들이 분포하고 있음을 알 수 있다. 이 중 아시아(14개국)와 아프리카(8개국)에 가장 많은 국가 수가 분포하고 있으며, 그 외 라틴 아메리카 및 카리브해 연안(4개국), 유럽(3개국), 오세아니아(2개국), 북아메리카(2개국) 순으로 분포하고 있다. 그러나 지역별 분포 분석 결과를 수치만을 근거로 아시아 지역과의 국제협력에 보다 집중하고 있는

상태라고 해석하는 것은 단편적인 해석에 불과하다. 수치 해석에 앞서 본 연구의 목적에 따른 각 지역별 국가 분포 및 연구의 목적에 따른 대상범위 상의 특성을 함께 고려할 필요성이 있다.

본 연구가 비EU회원국과의 양자 협력 성향 파악에 초점이 맞춰져 있는 특성 상 자연히 유럽 국가 중에서는 EU회원국이 제외되어 있다. 따라서 유럽 지역의 양자협력 건수를 살펴볼 때 모수인 유럽대륙 내 비EU 국가의 수 자체가 적은 점을 고려하여야 한다. 북미의 경우 2개 국가밖에 존재하지 않으며, 오세아니아에는 군소 도서국가들이 많은 특성 상 청정수소 대량 생산이 가능한 국토환경을 갖춘 국가의 수가 한정적이라는 지리적 제약요소가 존재하는 상황이다. 협력국가가 가장 많이 분포한 아시아 국가들의 협력현황을 살펴보면 또 다른 함의가 나온다. 우리나라를 비롯한 일본, 중국, 이스라엘, UAE 등 연구 개발에 적극적인 국가에 대해서는 청정수소의 직접적인 조달이 아닌 공동연구 등 R&D 협력에 초점을 맞추고 있다. 실제로 청정수소 생산 및 수출과 직접적인 연관관계가 있는 국가는 카타르 등 중동 지역 국가들에 해당한다. 이는 최근 러시아의 우크라이나 침공 이후 독일의 에너지 안보 확보를 위해 더욱 강화되고 있는 카타르 등 중동지역 소재 석유수출국가와의 협력 경향 역시 반영되어 있다.

주목할 필요성이 있는 것은 아프리카 대륙 역시 아시아 다음으로 많은 양자협력 건수가 조사되었다는 점이다. 아시아 지역과 아프리카 지역에 협력 건수가 공히 높게 나왔다면, 이는 독일이 유럽대륙과 인접한 지역인 Middle East & North Africa (MENA) 지역의 수소 공급원 확보에 대한 전략적 우선순위가 실제로 투영된 결과로 해석하는 것이 타당하다. 실제로 전체 33개국 중 MENA 지역에 해당하는 국가가 총 10개국으로 전체의 30.3%를 차지하는 것으로 나타나고 있다(Fig. 4).

특히 유럽과 가까운 북아프리카 지역 소재 국가인 모로코와 튀니지에 대해서는 보다 높은 수준의 협력 관계인 PtX 분야 동맹 구축을 제안(Table 2)하고 이에 관한 협의를 진행 중인 점을 주목할 필요성이 있다.

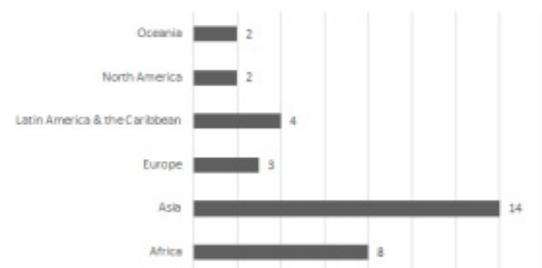


Fig. 3. Continental distribution of Germany's bilateral cooperation countries

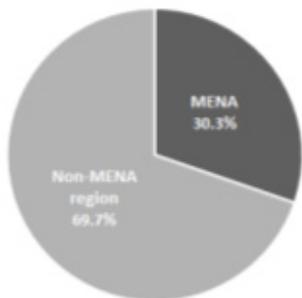


Fig. 4. The proportion of Germany's bilateral cooperation countries that located in MENA region

이러한 제반 상황들을 종합하여 고려해보면 Fig. 3에 대륙별 분포 현황은 독일과 비교적 가까운 MENA 지역과의 협력을 확대하고 긴밀한 관계 구축을 도모하는 한편, 생산지와 독일 간 운송거리에 따른 비용요인이 존재함에도 불구하고 수소 공급원의 다변화를 모색하고 있는 상황으로 해석하는 것이 적절한 것으로 사료된다.

수소경제는 상당한 기술력을 요구하는 특성상 국가차원에서 수소경제를 추진하는 국가들은 소득이 일정 수준 이상 도달한 국가에서 추진되는 경우가 많다. 그러나 독일의 수소경제 관련 양자협력 국가들의 소득수준을 분석해보면 고소득국(high-income economies [\$12,696~ or more]) 13개의 수가 가장 많으나 중간국(upper-middle-income economies [\$4,096 to \$12,695]) 11개국, 차상위국(lower-middle income economies [\$1,046 to \$4,095]) 9개국을 포함하고 있는 것을 알 수 있다(Fig. 5). 저소득국(low income economies [\$1,045 or less])을 제외하고는 다양한 소득 수준의 국가들을 대상으로 협력을 전개하는 형태를 취하고 있다.

33개 국가들과 진행하고 있는 주요 협력내용을 활동유형으로 유형화하고 국가별로 유형화된 것을 1건으로 가정하여 분석해보면 총 81건의 활동유형 분류건수 중 네트워크 형성(23건), 대상국 제반 환경 분석(16건), R&D 협력(15건), 정책 및 규제지원(12건), 실증 및 상용화(11건), 인력양성(3건), 기타(1건) 순으로 많이 수행되고 있는 것을 알 수 있다(Fig. 6). 세부 내역을 살펴보면 R&D 협력은 나미비아와 우크라이나(현재 러시아 침공으로 협력 중지 상태)를 제외

하고는 미국, 캐나다, 한국, 일본, 중국, UAE, 호주 등 상대적으로 기술수준이 높은 국가에 편중되어 있으며, 역으로 규제/정책 자문의 경우 개도국을 대상으로 하는 경우가 많은 것으로 파악되고 있다. 특히 카자흐스탄, 알제리, 요르단, 아르헨티나, 모로코, 브라질, 칠레 등을 대상으로는 국가수소전략 수립에도 참여하고 있는 것으로 조사되었다.

태양광 및 풍력발전 잠재량^{28,29)} 지도를 기반으로 협력국 분포현황을 살펴보면, 이미 상당수의 풍력 및 태양광 잠재량이 큰 국가들을 대상으로 양자협력 관계를 구축하고 있음을 알 수 있다(Fig. 7). 우즈베키스탄, 러시아 등 태양광 발전 잠재량이 상대적으로 낮아 보이는 국가 역시 풍력 잠재량 지도를 살펴보면 잠재량이 상당한 점을 알 수 있다. 또한, 다양한 대륙 소재 국가들을 대상으로 협력을 전개하고 있음에도 불구하고 상대적으로 협력이 드문 지역이 있다. 이 지역은 풍력 잠재량 지도에서 더욱 쉽게 식별 가능하다. 바로 푸른색으로 표시된 적도수렴대³⁰⁾(赤道收斂帶, Intertropical Convergence Zone [ITCZ]) 지역이다. 적도수렴대는 문자 그대로 북반구의 북동무역풍과 남반구의 남동무역풍이 수렴되는 지역으로, 적도무풍대로 지칭될 정도로 풍력이 약한 지역이다. 습한 공기가 상승하기 때문에 호우 및 스콜 현상이 나타나기 쉬운 특성상 몬순 지역 대비 태양광 발전 잠재량도 상대적으로 적은 것으로 평가되지만 고위도 국가보다는 태양광 잠재량이 높다. 그럼에도 불구하고 적도수렴대 소재 국가와의 협력이 상대적으로 저



Fig. 5. Germany's distribution of bilateral cooperation countries by Income level

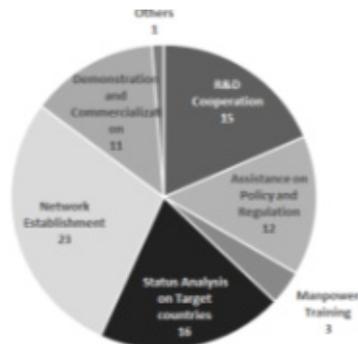
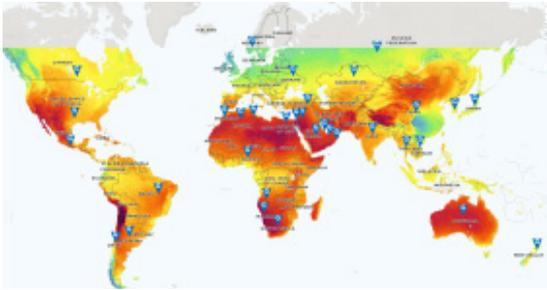
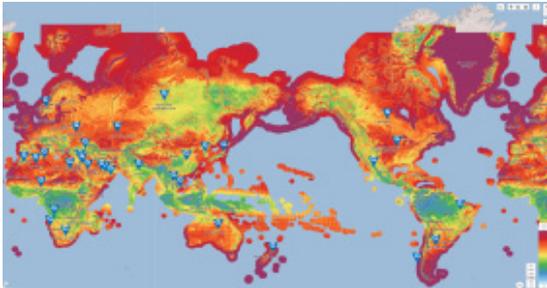


Fig. 6. Comparison of Germany's bilateral cooperation by its activity type



※ Source : Global Solar Atlas



※ Source : Global Wind Atlas

Fig. 7. Distribution of Germany's bilateral cooperation countries in photovoltaic (top) and wind (bottom) potential maps

조한 것은 현재까지 독일의 양자협력국 선정 경향이 풍력과 태양광 잠재량이 공히 높은 국가를 가장 우선시하는 경향이 있기 때문인 것으로 보인다.

4. 우리나라의 해외 청정수소 확보를 위한 양자협력 전략 분석

4.1 해외 청정수소 확보 관련 정책

4.1.1 수소경제 활성화 로드맵

우리나라에는 2000년대 초반에 이미 ‘친환경 수소경제 구현을 위한 마스터 플랜(2005)³¹⁾’ 등 수소경제의 도래를 대비하는 정책들이 존재하였다. 그러나 아직 관련 기술이 상용화 단계에 도달하지 못하였던 당시의 상황 상 해당 정책들은 후발주자로서의 전략적 기술개발을 도모하는 연구개발정책에 가깝다. 따라서 본격적인 산업 등을 아우르는 종합정책의 성격을 가지고 수소경제 추진 자체에 초점을 두어 추진된 정책은 2019년 1월에 발표된 ‘수소경제 활성화 로드맵³²⁾’이 그 효시라고 볼 수 있다. 동 로드맵에서

는 현재 활용되고 있는 부생수소와 추출수소를 활용하되 장기적으로는 수전해 수소와 해외생산 수소로 확대하는 것으로 되어 있어 수소경제 정책의 초기부터 해외생산 수소의 도입을 고려하고 있었음을 알 수 있다. 이 중 해외에서 생산된 수소의 범위로서는 ‘해외 재생에너지, 갈탄 등 활용한 수소생산’으로 정의하고 있어 녹색수소 이외 청색수소까지를 포괄하는 것으로 해석할 수 있다. 이러한 해외 수소의 확보와 관련해서는 구체적인 방향성과 과제는 제시되어 있지 않은 상태이다. 계획의 본문 상으로 ‘재생에너지+수소생산’ 거점 구축에 관한 내용 자체는 존재하고 있으나 구체적인 시행과제가 제시되지는 않았으며, 갈탄 추출수소-액화운송, 석유 추출수소-액화운송 등에 관한 협력 및 실증을 추진한다는 예시만을 제시하고 있다. 즉, 전체적인 방향성만을 제시하고 있을 뿐 협력국 선정, 구체적인 협력 형태 등 해외수소 확보를 위한 글로벌 공급망 구축에 대한 구체적인 형태는 제시되어 있지 않다.

4.1.2 수소기술개발 로드맵

수소기술개발 로드맵은 상기 수소경제활성화 로드맵 수립을 계기로 수소에너지 분야 기술경쟁력 제고를 목적으로 수립된 기술개발 로드맵³³⁾으로, 과학기술정보통신부의 주관 하에 수립된 범부처 기술개발 로드맵이다. 세계 최고수준 기술력 확보를 목표로 하는 기술혁신정책의 일환인 특성상, 동 계획에서의 국제협력에 관한 내용은 국제공동연구과제에 초점을 맞추고 있다. 기술 로드맵의 이행력 강화 차원에서 과기정통부, 국토부 산업부, 해수부, 환경부, 특허청 등 6개 부처와 소관 연구관리전문기관이 참여하는 ‘범부처 수소 R&D 협의체’를 운영하고 있으나, 동 협의체의 역할은 R&D 추진현황과 성과, 신규 R&D 투자 수요 검토, 규제개선 사항 발굴로 규정하고 있어 R&D 사업의 성과를 계승한 협력사업의 전개 등 전체적인 국가 차원의 방향성 차원에서의 협력 의제를 검토에는 한계가 있는 구조이다.

4.1.3 제3차 국제개발협력 종합기본계획 및 그린뉴딜 ODA 시행계획

우리나라의 공적개발원조(ODA)는 5년마다 수립되는 ODA 부문 최상위 전략인 ‘국제개발협력 종합기본계획’에 따라 추진되고 있다. 동 계획은 국제개발협력기본법³⁴⁾에 근거한 법정계획으로, 계획 기간 중의 ODA 사업 비전 및 목표와 이를 위한 정책과제를 제시한다. 현재는 ‘제3차 국제개발협력 종합기본계획(2021-2025)³⁵⁾’의 시행기간으로, 수소경제와 관련된 내용은 중점과제 중 하나인 녹색전환 선도의 일환으로 다루어져 있다. 그러나 관련 내용은 글로벌 청정수소 공급망 구축 전략과 연관되는 사항이라고 보기 어렵다. 동 계획에서는 수소를 배터리, 수자원 위생, 송배전 효율화 기술 등과 같이 우리나라가 보유한 강점 기술이며, 이러한 기술을 개도국 수요국가와 연계하는 융복합 ODA를 추진하는 내용을 골자로 하고 있기 때문이다. 즉, 우리나라 강점 기술의 해외 진출 전략에 관한 내용만이 다루어지고 있으며, 해외 청정수소 공급망 확보 전략과 개발 협력 전략과 연계하는 내용은 부재한 상태이다. 이 내용이 계획 내에서 언급되어 있는 위치도 중요하다. 녹색전환 선도의 하위 과제인 전략적 그린 뉴딜 ODA 추진에 기재되어 있는데, 이 내용과 함께 기술된 소위 수원국 맞춤형 그린뉴딜 ODA 지원 강화 부분을 주목할 필요가 있다. 이 대목에서 수원국 맞춤형 그린 뉴딜 ODA 지원 강화에 대한 예시를 제시하고 있는데, 상위중소득국에는 노후화석연료 발전소의 친환경화 수요에 대해 녹색에너지로 교체를 지원하는 형식으로 대응하고 하위 중소득국의 경우 전력공급 고효율화 수요를 송배전망 안정화 지원으로 대응하는 내용으로 구성되어 있다. 이는 우리나라의 수소를 포함한 에너지/환경 부문 개발협력 정책에서 수원국의 현재 소득 수준별로 주력 분야를 달리하여 접근하는 시각이 나타나 있는 것으로 해석할 수 있다.

제3차 국제개발협력 종합기본계획의 하위 계획이라고 볼 수 있는 ‘그린뉴딜 ODA 추진전략³⁶⁾’에서도 수소경제는 큰 비중을 차지하고 있지 않은 것을 알

수 있다. 상위계획과 마찬가지로 해외 청정수소 확보보다는 개도국 수요를 바탕으로 우리나라의 강점 분야를 지원하는 전략의 일환으로서 국제협력 전략을 다루고 있다는 한계점도 마찬가지로 존재한다. 그러나 예시로서 중동·동남아 등 풍부한 재생에너지를 이용한 녹색수소 생산 사례를 제시하는 형태로 해외 청정수소 공급망에 대한 내용을 일부 포함하고 있다는 점은 상위 계획 대비 범위가 다소 확대되었다고 볼 수 있다. 그러나 독일의 전체적인 정책 구조와 범위를 비교해서 볼 때 동 계획은 BMZ의 ‘핵심테마 전략: 기후 및 에너지’에 준하는 위상을 가지는 계획으로 볼 수 있지만, BMZ에서는 해당 전략 내에서 해외 청정수소 공급망 확보를 지원할 수 있는 내용을 비중있게 다루고 있는 점과 비교해보면 양국의 정책에서 해외 청정수소 확보에 대한 비중은 상당한 격차가 있는 상태이다.

4.1.4 제1차 수소경제 이행 기본계획

2020년 4월, 세계 최초로 수소경제 이행을 효과적으로 추진하기 위한 목적에서 ‘수소경제 육성 및 수소 안전관리에 관한 법률(이하 수소법)³⁷⁾’이 제정되었다. 수소법은 수소경제 추진체계, 수소전문기업 육성, 수소연료공급시설 설치, 수소경제이행을 위한 기반 조성, 안전관리 등에 관해 규정하고 있으며, 국제협력은 이 중 수소경제 이행을 위한 기반 조성 부문에서 다루어지고 있다(수소법 제29조).

동 법은 효율적인 추진을 위해 수소경제 이행 기본계획을 수립할 것을 규정(수소법 제5조)하고 있으며, 이를 근거로 하여 2021년 11월 ‘제1차 수소경제 이행 기본계획³⁸⁾’이 법정계획으로서 수립되었다. 수소경제 이행 기본계획에서는 녹색수소 및 청색수소를 청정수소의 범주로 구분하고 있으며, 해외 청정수소 생산 역시 국내의 수소 수요 충족을 위한 주요 수단으로 다루고 있다. 기존 에너지 교역국과 잠재적 수소 생산·수출국을 대상으로 타당성을 검토하여 우선 협력국가를 선정하고, 국내의 자본 및 기술을 활용하여 해외에서 청정수소 생산을 추진하는 내용을 주요 내용으로 하고 있다.

이외 타국과의 수소경제 관련 정책 협력에 관한 것도 동 계획 내 일부 포함되어 있다. 국내의 기업 간 협력 부분에서 공동 프로젝트, 정책 공조 등 상호 협력 주도 및 G2G 협력으로의 확대의 일환으로 국가 수소경제 계획 및 정책 멘토링 프로그램 운영, 수소 인프라 구축계획 협력 등이 이에 해당한다. 그러나 이 조치들은 양자 협력 강화 자체에 목적을 두고 있지 않고 청정에너지장관회의의 수소 이니셔티브 등 국제기구 간 네트워크 강화 수단의 하나로 활용되고 있다는 차이점이 있으며, 정책 협력의 목적, 범위 등 구체적인 내용은 언급이 되어 있지 않다.

동 계획은 분명 수소법에 기반하여 추진되는 수소 분야 최상위 법정계획이라는 의의가 있으나, 국가차원에서의 전략 이행 현황 파악 및 점검이 가능한 체계는 아직 구체화되어 있지 않은 것으로 파악된다. 수소법 제6조에 따라 국무총리 소속으로 수소경제위원회를 두게 되어 있고, 그 역할로서 “기본계획의 수립, 시행, 추진실적 점검 및 평가에 관한 사항”이 부여되어 있으나, 정작 계획 내에서 점검 시기, 절차 및 방법 등에 관하여 구체적인 사항을 정하고 있지 않아 추진실적 점검 및 평가의 실효성을 확보할 수 있을 것인가에 대해서는 의문의 여지가 있다. 제1차 수소경제 이행 기본계획 자체가 2021년 말에 수립되었기 때문에 불과 1년이 지나지 않아 이행 점검 자체가 진행되기 어려운 상태이기 때문에 이를 논하기에는 다소 시기상조일 수 있으나, 독일과 달리 연도별 모니터링 보고서 및 수소경제 지원을 위한 상시조직이 부재한 상태에서 국가전체차원의 국가 전체 차원에서 방향성을 검토할 수 있는 기반조성 측면은 다소 격차가 있는 것으로 보인다.

4.2 정부부처 소관 사업

4.2.1 우리나라의 녹색수소 확보 관련 양자협력 논의 및 국제협력 사업 추진 현황

2019년도 1월 수소경제 활성화 로드맵 수립 이후 현재 시점까지 산업부 및 KETEP의 보도자료 등을 통해 공개된 수소분야 양자협력 논의 현황을 조사해

보면, 호주, 스페인, 칠레, 폴란드, 사우디아라비아, 캐나다, 콜롬비아, 미국, 노르웨이, 이스라엘 등 총 12개 국가와 MOU를 체결한 것으로 파악된다.

실제 추진되고 있는 R&D를 중심으로 양자 간 국제협력 현황을 NTIS 상에서 살펴보면, 2개년(2019-2020) 총 6개의 수소 분야 국제협력 R&D 과제가 존재하는 것으로 확인된다(Table 3). 그러나 각 프로젝트의 세부 내용을 살펴보면, 지원사업-과제명-수행주체 등 사실상 내용이 동일하여 실질적으로는 총 3개의 과제가 존재하는 것으로 보아야 한다. 해당 과제는 모두 다년도 과제들이기 때문에 수년에 걸쳐 수행되지만 연도별로 과제 수행 내용을 수집하는 NTIS³⁹⁾의 특성 상 연 단위로 별도의 과제인 것처럼 보이는 착시효과가 발생하는 것을 감안하여야 하기 때문이다. 동 3개 과제들은 각각 국가 간 협력기반 조성사업(과학기술정보통신부), 에너지국제공동연구사업(산업통상자원부)을 통해서 지원받고 있으며, 미국, EU만을 대상으로 국제협력 R&D를 진행하고 있다. 이 중 수소 생산과 연관이 깊은 과제는 한-EU국제 공동연구 지원사업을 통해 지원되는 “NEWELY-AEM 수전해용 막” 뿐이며 나머지는 수소저장 및 연료전지 분야의 부품소재 기술개발에 해당한다. 사실상 해외 청정수소 개발 관련 국제협력 R&D는 미국과 같은 선진국과 진행하는 점에 초점을 두고 있으며, 양적으로도 활발한 협력이 전개되고 있지는 않은 단계임을 알 수 있다.

제1차 수소경제 이행 기본계획에서는 국내 자본과 기술을 활용한 해외 청정수소 및 암모니아 생산 프로젝트(H2STAR 프로젝트) 신규 추진 내용을 포함하고 있다. 후보 국가로서는 호주, 칠레, 사우디 아라비아, 러시아, 오만, UAE를 거론하고 있다. 향후 H2STAR 프로젝트가 추진될 경우, 러시아, 오만, UAE 등으로 우리나라의 수소경제 관련 양자협력국 대상이 확대될 가능성이 있다.

4.3 정책실행 현황 분석

우리나라의 경우에는, 공동 연구 관련 사항까지 포함

하더라도 수소경제 관련 국가 간 양자협력이 진행되고 있는 국가는 총 12개국인 것으로 파악된다. 상기 12개 국가와 우리나라의 주요 협력 내용을 분석한 결과를 활동유형으로 구분하여 요약하면 Table 4와 같다.

양자협력이 진행되고 있는 국가들의 지리적 분포를 살펴보면, 유럽(4개국), 아시아(3개국), 북아메리카 및 남아메리카(각 2개국), 오세아니아(1개국) 순으로 나타난다(Fig. 8). 아프리카 대륙에서 진행되는 양자협력은 없는 것으로 조사되었다. 특이한 점은 우리나라와의 거리가 가장 먼 유럽 지역과의 교류가 가장 많다는 점이다. 또한, EU회원국을 제외한 국가들은 대부분 독일과의 양자협력을 이미 구축하고 있는 국가들이다. 이는 향후 해외 청정수소 생산량이 부족할 경우, 수소 공급 확보를 둘러싸고 독일과 직접적인 경쟁관계에 놓일 가능성도 있음을 함축한다.

이 중 사우디아라비아 및 이스라엘 등 2개국만이 MENA 지역 국가에 해당하는 것으로 나타났다(Fig. 9). MENA 지역에 화석연료 수출국가가 분포하는 비

Table 4. Categorization of Korea's int'l cooperation countries by activity type

| No. | Country | Types of activity |
|-----|--------------|--|
| 1 | Australia | 1. R&D Cooperation 4. Status Analysis on Target countries |
| 2 | Spain | 1. R&D Cooperation |
| 3 | Colombia | 7. Others |
| 4 | Norway | 1. R&D Cooperation 7. Others |
| 5 | Saudi Arabia | 5. Network Establishment 7. Others |
| 6 | Israel | 7. Others |
| 7 | Thailand | 1. R&D Cooperation |
| 8 | Canada | 1. R&D Cooperation |
| 9 | Chile | 7. Others |
| 10 | Poland | 7. Others |
| 11 | U. S. | 1. R&D Cooperation 5. Network Establishment 6. Demonstration and Commercialization |
| 12 | Germany | 1. R&D Cooperation 5. Network Establishment |

※ Source : Agreed by the Authors

Table 3. Status of int'l cooperation R&D in hydrogen for YR 2019 and YR 2020

| Year | Program | Managing ministry | Project | Partner country |
|------|---|--|---|-----------------|
| 2019 | International Energy Joint R&D Program | Ministry of Trade, Industry and Energy (MOTIE) | Developing air-cooled passive type ultra-light fuel cell MEA operated with no humidification | U.S. |
| | | | Development of Solid-State Hydrogen Storage Material Based on Hybrid Nanostructure Using Metal Hydride for Hydrogen Vehicle | U.S. |
| | International Cooperation Framework Program (KOR-EU Joint Research Programme) | Ministry of Science and ICT (MSIT) | NEWELY - Membranes for Alkaline Membrane Water Electrolysers | EU |
| 2020 | International Energy Joint R&D Program | Ministry of Trade, Industry and Energy (MOTIE) | Developing air-cooled passive type ultra-light fuel cell MEA operated with no humidification | U.S. |
| | | | Development of Solid-State Hydrogen Storage Material Based on Hybrid Nanostructure Using Metal Hydride for Hydrogen Vehicle | U.S. |
| | International Cooperation Framework Program (KOR-EU Joint Research Programme) | Ministry of Science and ICT (MSIT) | NEWELY - Membranes for Alkaline Membrane Water Electrolysers | EU |

※ Source : NTIS

중이 높다는 점을 고려할 때, 이는 청색수소 확보를 위한 네트워크 형성도 크게 확대되지 못한 상태인 것으로 보인다.

양자협력국가의 소득수준별 분포는 고소득국은 10개국인 반면, 차상위국은 2개국에 불과한 것으로 나타나고 있다(Fig. 10). 이는 우리나라의 국제개발 협력 정책에서도 나타났듯이 수소경제 분야에서 협력을 진행하는 경우 고소득국을 우선적으로 고려하는 경향이 강하기 때문인 것으로 해석된다. 또한, 기술선진국과의 R&D 협력 비중이 높은 점도 높은 고소득국 비중에 일조하는 것으로 해석된다.

독일과 동일한 기준을 적용하여 활동유형 내용을 1개의 건수로 가정하여 분석해보면 총 18개의 활동유형 분류 건수 중 R&D 협력이 7건으로 가장 많으며, 기타(6건), 네트워크 형성(3건), 실증 및 상용화(1건), 대상국 제반 환경분석(1건) 순으로 수행되고 있는 것

으로 파악된다(Fig. 11). 독일과 달리 기타의 비중이 현저히 높은 것은 독일은 동 분야의 양자 협력에 대해 국가수소전략 이행 보고서, 관계부처 홈페이지(개별 사업 소개 포함), 정책연구기관들의 연구 결과 등을 통해 실제 이행현황을 추적하기 상대적으로 용이하여 기타 분류가 상대적으로 낮을 수밖에 없기 때문이다. 반면, 현재 우리나라는 ‘제1차 수소경제 이행 기본계획’이 수립된 지 채 1년도 되지 않은 시점이므로 이행 점검 등의 형태로 관련 자료의 축적이 이루어질 수 없는 상태이며, 해외 청정수소 확보 이슈 대응을 위한 전략 방향성에 대한 연구 논의도 이제 활성화되는 단계이다. 아울러 독일에서는 주무부처인 연방경제기후보호부 차원에서 관계부처의 수소경제 관련 협력 현황을 종합하여 대략적인 추진 내용을 공개하고 있는 반면, 우리나라에서는 부처별 협



Fig. 8. Germany's distribution of bilateral cooperation countries by income level

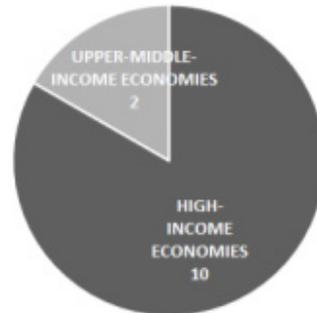


Fig. 10. Korea's distribution of bilateral cooperation countries by income level

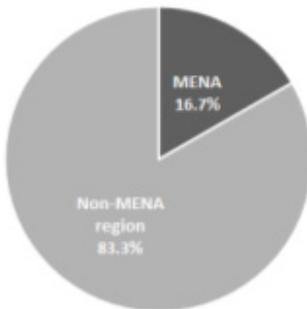


Fig. 9. The proportion of Korea's bilateral cooperation countries that located in the MENA region

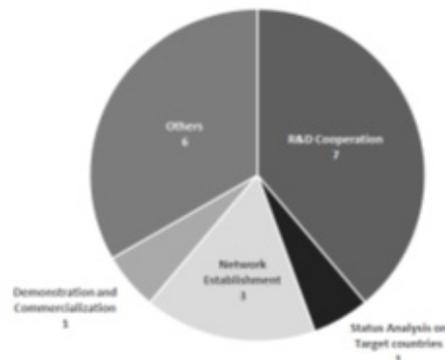
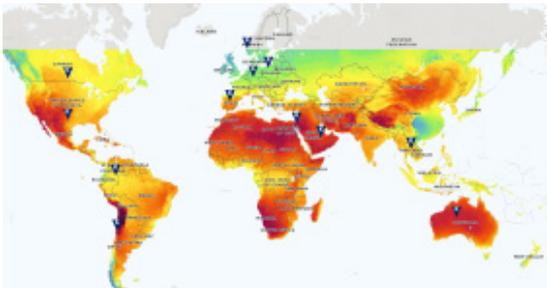


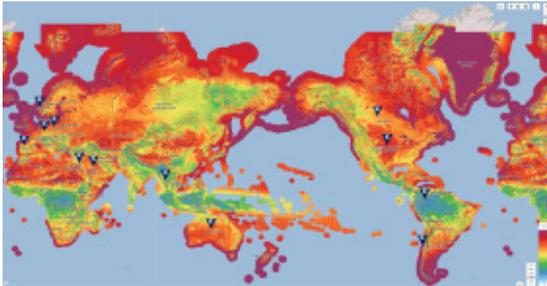
Fig. 11. Comparison of Korea's bilateral cooperation by its activity type

력 자료를 MOU 등 체결에 관한 보도자료 등을 통해서 추적할 수밖에 없으며, 통상적으로 이러한 보도자료들은 협력 추진 목적 및 방향성에 주안점을 둘 뿐 구체적인 실행형태까지 다루는 경우는 드문 점 역시 고려하여야 한다. 그리고 앞서 언급한 제1차 수소경제 이행 기본계획의 수립 후 불과 반년 남짓 경과한 시점이라는 점을 감안하면, 계획 내에서 제시된 H₂STAR 등 해외 청정수소 확보 프로젝트 등이 구체화된 형태로 세간에 공개되기에는 아직 이른 시점이다. 따라서 현재 확보 가능한 정보 수준에서는 기타 유형으로 분류할 수밖에 없는 경우가 대다수이며, 향후 계획이 구체적으로 시행됨에 따라 구체적인 유형화가 가능해질 여지가 있다.

우리나라와의 양자협력국을 태양광 및 풍력발전 잠재량 지도에 분산해보면 독일과 마찬가지로 주요 잠재량을 기준으로 협력관계를 구축한 점을 알 수 있다(Fig. 12). 아직 독일에 비해 상대적으로 협력국가 수가 적기에 경향성을 예단하기는 어려운 상태로 사료된다.



※ Source : Global Solar Atlas



※ Source : Global Wind Atlas

Fig. 12. Distribution of Korea's Bilateral Cooperation countries in Photovoltaic (top) and Wind (bottom) Potential maps

5. 비교 분석

5.1 정책

독일은 국가수소전략(NWS) 수립 이전 시점에서부터 다양한 수소 분야 기술 및 산업 육성을 위한 정부 지원 프로그램을 추진해 온 바 있다. 이러한 맥락으로 볼 때 독일 국가수소전략의 진정한 가치는 독일의 강점 분야 중 하나를 수소로 두고 국내 싱크탱크들을 모아 시행한 체계적인 예측을 바탕으로 해외 수소 확보 필요성 등의 주요 아젠다를 선제적으로 발굴하여 이에 대한 대응방향을 제시하는 동시에 국가 전체 차원의 관점에서 수소 관련 에너지-산업-기술혁신-개발협력 정책을 모두 아울러 시너지 효과를 창출하고 있다는 점이다. 2030년 중기 전망과 2050년 장기 전망을 종합하고, 기후변화로 인한 수자원 부족 등의 장기 전망까지 포괄하여 당장의 수요 대응이 아니라 장기적인 시장 및 공급망 구축 차원에서 접근하고 있다. 특히 독일은 지속가능성을 가치로 내걸고 양자협력을 추진하고 있는 점이 특색인데, 여러 연구에서 지적하고 있듯이 독일의 공적개발협력에서의 인류의 보편적 가치 강조가 자국의 이익 구현을 배제한다는 것을 의미하지는 않는다⁴⁰⁾. 독일 내 일련의 정책 문헌을 살펴보면 협력대상국가의 에너지 접근성 확보, 수자원 보호 등 지속가능발전이라는 보편적 가치를 일관적으로 강조하는 것은 사실이다. 그러나 표면적인 문구를 넘어선 이면을 살펴볼 필요성이 있다. 수소경제는 탄소경제와는 달리 바이오매스 직접연소 등 단순한 방법으로 에너지를 얻을 수 없다. 또한 대부분의 개도국들이 수소를 분야별로 적절하게 활용하기 위한 기술력을 보유하고 있지 못하다. 이는 개도국의 수소경제 안착이 기술력을 보유한 선진국 입장에서는 새로운 시장의 지평이 열리는 것을 의미한다. 이러한 맥락에서 볼 때 독일이 개발정책과 함께 PtX Hub, H₂UPPP 등의 프로그램을 운영하는 것은, 독일의 수전해 플랜트 기술 등 강점기술들을 전 세계적으로 확산시키기 위해 협력국을 시작으로 하여 글로벌 시장을 개척하기 위한 포석으로 보아야 한다.

산업정책과 개발협력 정책 이외 에너지 정책의 관점에서 보면, 수소 에너지의 확보가 에너지 안보에 중차대한 역할을 한다는 인식이 있으며 최근의 러시아가 우크라이나 침공과 함께 자원을 전략적으로 활용하는 행태 등은 독일을 포함한 EU의 에너지 안보에 대한 경각심을 고조시키고 있는 것으로 파악된다. 단기적으로는 에너지난을 겪을지라도 장기적으로는 청정수소를 중심으로 하는 수소경제 확산을 추진할 동기를 제공하고 있다. 그러나 여기에는 가장 근본적인 문제가 존재한다. 독일의 수소 수요가 폭증할 경우 해외 생산 수소로도 국내 수요 충당 가능성을 장담할 수 없다는 가능성이다. 실제 앞서 살펴본 보고서들도 스페인, 네덜란드, 모로코 등 4대 중점 국가의 수소 도입을 계산한 결과 해당 국가의 수소를 모두 독일로 운송하더라도 국내 수요 충당이 어려울 것 같다는 예측이 있었음을 고려할 필요성이 있다. 또한 정책적 요인, 지정학적 요인 등으로 주요 청정수소 생산국가의 에너지전환 속도가 느려 당초 예상보다 생산량 증가 속도가 빠르지 않은 점도 불안요인으로 작용하고 있다. 이론적으로 신재생에너지는 무한이나 실질적으로는 생산 장소를 둘러싼 물리적, 정책적 환경에 영향을 받을 수밖에 없다. 주요 생산국의 기간별 생산량이 한정이 되어 있으면 결국은 수요자 측면에서도 경쟁이 발생할 가능성을 배제할 수 없는 상태이며, 이는 결국 에너지 안보 측면에서 위협 요소로 작용할 수 있다. 이미 독일은 폭넓은 공적개발원조를 강점으로 활용하여 협력국가를 확대하고 긴밀한 관계를 구성하고 있음에도 불구하고 내부적으로는 수소 수입 포트폴리오를 더욱 다변화할 필요성이 있음을 지적하는 것도 이러한 요인에서 기인하였을 가능성이 높다. 연방외무청에서 진행하고 있는 수소외교사무소의 사업 역시 장기적인 목적으로는 화석연료 수출국가의 에너지전환을 지원함으로써 전 세계적인 에너지전환을 후압하는 정책수단이지만 사업의 성격이 화석연료 수출국과의 네트워크 강화에 주안점을 주는 특성상 녹색수소만으로 국내 수소 충당이 어려울 경우 청색수소를 확보하기 위한 경로로 전환할 수 있는 유연성을 발휘할 여지가 있음을

주목할 필요성이 있다.

우리나라는 일본의 ‘수소기본전략(2017)’보다 늦은 시점인 2019년부터 수소경제 추진전략을 본격적으로 추진하였지만, 그 이후 수소경제 이행 로드맵-수소기술 개발 로드맵에 이어 세계 최초로 수소경제 도입에 초점을 맞춘 성문법을 제정하는 등 제도정책적인 기반 정비에 다각적인 노력을 기울여왔다. 최근 해외 수소 공급망에 관한 대응 또한 시작하고는 있으나 독일에 비해서는 상대적으로 착수 시점이 다소 늦은 편이다. 아울러 독일과는 달리 수소경제 관련 정책들이 긴밀하게 연결되어 있지 않다. 우리나라 정책 부분에서 살펴봤듯이 개발협력 정책과 연구개발 정책에서는 관련 내용들이 긴밀하게 연동되어 있지 않다. 독일과 같이 국가 전체 차원에서 이행현황을 조감하여 검토할 수 있는 지원체계가 구체적으로 제시되어 있지 않다. 각 계획마다 범부처 협의체 구성이 제시된 경우가 있으나 R&D 등 각 계획의 소관 영역만을 담당할 뿐 국가 전체 차원에서 현지조사, 네트워킹, R&D, 실증, 해외진출 지원, 정책 자문의 내용을 연계하여 검토하기는 어려운 체계이다.

5.2 정부부처 소관 사업

독일은 국가수소전략의 이행을 위해 다수 부처가 고유 소관 임무에 부합되는 사업들을 수행하고 있다. 타당성조사 등 현지정보 수집의 경우 기존 인력양성 사업 및 연구개발 사업과 연계하여 시너지 효과를 창출하는 경우도 다수 존재하는 것으로 보인다. 이러한 원활한 사업간 연계에는 독일의 국가수소전략 이행점검 체계의 기여도도 높은 것으로 판단된다.

수소경제의 효율적 확산을 위해서는 현지 정보 확보 및 네트워크 형성이 필수적이다. 독일은 H₂UPPP, PtX Hub, HySupply, H₂ Atlas 사업 등을 통해 상대국의 녹색수소 생산잠재력 평가 등 타당성 조사에서부터 시작하여 네트워크 형성, 국내 기업의 해외 진출 지원까지 전주기를 지원하는 체계가 구축되어 있다. 특히 괄목할 만한 것은 해당 사업 내 정책 및 규제에 대한 내용이 포함되는 경우가 많은 점이 특색인데,

이는 개도국의 수소 생산량 증가가 정책적 방해 요인 및 지정학적 요인으로 인해 진척이 느려지고 있는 점을 고려하였기 때문인 것으로 보인다. 또한 카자흐스탄 등 중위소득국을 중심으로도 국가수소전략 수립을 지원하는 등 상대국의 수소경제 정책 수립 단계에서부터 개입을 강화하고 있는 점이 특색인데, 개도국의 정책 수립 단계에서부터 참여함으로써 독일의 진출을 원활케 하고자 하는 의도인 것으로 파악된다. 이러한 다양한 부처의 지원사업에는 독일의 국제협력공사(GIZ)가 시행기관으로서 참여하고 있는 경우가 대다수인데, 이는 국제협력공사의 개도국 지원활동에서 확보한 네트워크 및 정보를 활용하기 좋은 추진체계라는 점 역시 주시할 필요성이 있다.

아울러 독일은 기존의 거점센터 사업 등과 연계하여 시너지 효과를 노리고 있지만 우리나라는 기존 사업과의 연계 및 활용에 대한 측면에서 접근하는 경우는 다소 적은 것으로 판단된다.

5.3 정책실행 현황

양국의 양자협력전략 실행현황을 살펴보면, 우선 독일의 양자협력 대상국은 33개국, 우리나라는 12개국으로 대상국 수에서부터 큰 차이가 있는 점을 알 수 있다. 독일은 모로코, 튀니지 등 PtX 동맹 형성을 추진하고, 러시아-우크라이나 전쟁 이후 특히 중동 지역에 대한 협력을 강화하고 있는 점을 감안할 때 수소공급망 구축에 있어 유럽대륙과 지리적으로 인접해 있는 MENA 지역을 우선시하고 있으나, 다른 대륙소재 태양광 및 풍력 잠재력이 높은 국가들에 대해서도 이미 폭넓은 협력관계를 구축함으로써 수소 에너지의 특정 지역 의존 위험을 분산시키고자 하는 의도가 강하게 나타난다. 33개국의 분포를 보면 적도 수렴대에 속하는 국가들에 대한 협력은 상대적으로 미진한 것으로 나타나 현재까지의 독일의 양자협력은 태양광과 풍력 잠재량이 공히 높게 나타난 국가에 가장 우선순위를 두고 진행되었던 것으로 추정된다. 그러나 최근 독일 내부 싱크탱크들이 다수의 연구를 통해 에너지 안보의 확보를 위해 보다 폭넓

은 국가로의 협력 확대 필요성을 지적하고 있으므로, 협력 대상은 다양한 기준에 따라 확대될 수 있는 여지가 있는 상황이다. 우리나라의 양자협력은 독일과는 달리 아시아와 가장 거리가 먼 유럽 지역에 대한 협력이 가장 많으며, 아프리카 대륙 소재 국가와의 협력관계는 매우 미진한 것으로 나타나고 있다. 아프리카와 마찬가지로 아시아로부터 거리가 먼 유럽에 대한 협력건수가 많은 것을 볼 때 현재까지의 한국의 양자협력은 운송거리 등을 크게 고려하지 않고 체결된 사례가 많았던 것으로 해석된다. 우리나라도 청색수소를 청정수소에 포괄하고 있음에도 불구하고, 독일에 비해 청색수소의 주요 수출국으로 전망되는 사우디아라비아 등 MENA 지역 국가들의 협력이 다소 미진한 상황이다. 제1차 수소경제 이행 기본계획에서 제시된 신규 프로젝트인 H₂STAR 프로젝트에서도 MENA 지역 소재 국가인 오만 등과의 협력이 제시되어 있지만, 보다 적극적인 협력 확대가 필요할 것으로 보인다.

협력국의 소득대별 협력 형태를 살펴보면 우리나라는 고소득국에 편중되어 협력을 진행하고 있는 것으로 나타나고 있다. 이는 현재 대부분의 협력 내용이 R&D 협력에 주력하고 있기 때문으로 추정된다. 고소득국가가 상대적으로 저소득국가보다 R&D 투자 및 협력에 적극적이기 때문이다. 또한, 우리나라 국제협력 정책에서 소득구간별로 강점 분야를 달리 하고 접근하고 있는 시각도 양자협력에 영향을 있을 것으로 판단된다. 이는 저소득국을 제외하고 차상위국까지 협력대상으로 포함하는 독일과 큰 차이이다. 독일은 소득수준별 편중현상도 없다. 이는 협력국이 향후 독일 기술의 수요국가가 될 수 있음을 감안하고 장기적인 관점에서 미래의 해외 시장을 조성해나가는 전략을 취하고 있을 가능성을 시사한다. 활동유형 부분에서 독일이 정책 및 규제 지원의 건수가 많고, 실제 협력국의 국가수소전략 수립에까지 관여하는 경우가 다수 발견되는 것도 이러한 맥락의 연장선인 것으로 해석된다. 정책 수립 단계에서부터 개입할 경우 현지 정보 수집이 용이하고, 협력국의 정책 결정자들과의 네트워크가 구성되면서 상대적으로 독

일의 기술이 진출하기 쉬운 환경을 만들기 용이해지기 때문이다. 더 나아가 독일이 해외 청정수소 확보 과정에서 크게 우려를 표하고 있는 협력국의 저조한 에너지전환 속도 역시 정책 수립 단계에서부터 개입하여 추동할 여지가 존재한다는 이점이 있다. 우리나라도 제1차 수소경제 이행 기본계획상으로 협력대상국에 대한 정책적인 지원을 언급하고 있으나, 구체적인 형태에 대한 언급은 없으며 추진 현황에서도 포착이 되지 않는 상태인 것과는 대조적인 상황이다.

행동유형을 살펴봐도 독일은 협력국과 다양한 활동의 협력을 전개하고 있는 것을 알 수 있다. 협력 활동에서 네트워크 형성은 기본적으로 진행되는 상황이라는 점을 감안해볼 때 정책 및 규제지원과 협력국의 제반환경분석이 높은 것은 주목할 만하다. 특히 협력국에 대한 체계적인 환경분석은 독일의 체계적인 해외 시장 공략 및 해외 청정수소 확보의 안정성을 도모하기 용이하다는 점에서 주목할 필요성이 있다. 또한 협력유형과 소득수준을 살펴보면, 독일은 비교적 인도, 나이지리아, 이집트, 알제리, 나미비아 등 저소득국가를 대상으로도 다채로운 협력활동을 진행하고 있는 점을 알 수 있다. 물론 우리나라는 보도자료 등의 자료로 국가 간 구체적인 협력 내용에 대해서 공표하고 있지 않기 때문에 한계가 있는 상황이라는 하나, 여러 가지 활동들을 패키지로 하여 접근하고 있는 사례는 별로 없는 것으로 파악된다. 물론 제1차 수소경제 이행 기본계획 발표 이후 얼마 지나지 않아 공표할 만한 추진성과가 나오기 어려운 시점이기 때문일 수 있다. 그러나 그러한 관점에서 보더라도 독일에 비해서 구체적인 협력 착수 시점이 늦어 상대적으로 불리한 상태임을 인지할 필요가 있다.

6. 결론

6.1 정책 제언

지금까지의 내용을 종합해보면 독일의 양자협력 기반 해외수소 확보 전략을 우리나라와 비교해볼 때 청정수소 생산 잠재량이 큰 국가를 대상으로 협력관

계를 구축함으로써 해외 청정수소를 확보한다는 대략적인 지향점 자체는 양국 모두 동일하다. 그러나 구체적인 전략 목표 설정과 이행상황을 살펴보면 양국 간에 차이가 존재함을 확인할 수 있었다. 대표적인 사항으로는 우리나라의 수소경제 이행 기본계획은 제목에서 보이는 바와 같이 경제·산업 정책의 측면에서 주로 접근하고 있는 것과 달리 독일의 국가수소전략은 독일의 산업·에너지·개발협력-R&D 정책 내 수소경제 관련 내용을 집대성시킨 총화란 점을 들 수 있다. 이러한 특성상 관련된 관련 정책들이 긴밀하게 연계되어 있다. UN이 표방하는 지속가능개발목표(SDGs)에 직결되는 “지속가능성”이라는 가치를 내세워 개도국들에게 접근하고 있으며, 이를 경제 및 산업 외교와 효율적으로 연계하여 해외 청정수소 확보 및 해외 시장개척을 동시에 노리고 있는 상황이다. 우리나라의 수소경제 관련 정책에서는 해외 실증 관련 협력이 주류를 이루고 있을 뿐, 수소 생산국이 새로운 우리나라 강점 기술의 수요처가 될 수 있다는 인식도 미약한 것으로 보이며, 개발협력과 효율적으로 연계하고자 하는 움직임도 다소 미진한 편이다.

아울러 독일은 우리나라와 달리 양자협력국을 선정하는 과정에서부터 장기적인 안목에서 접근하고 있는 점도 주목할 만한 점이다. 독일은 국가수소전략 수립 이전 시점에서부터 수자원 확보 가능성, 독일과의 관계 등 장기적인 환경변화까지 고려하여 협력국을 선정하는 등 장기적인 환경변화 및 지정학적 요소를 고려한 바 있다. 그러나 국내 수소 수요 확보 가능성에 부정적인 전망이 발표되고, 최근 러시아의 우크라이나 침공으로 촉발된 지정학적 위기를 계기로 더욱 협력국 선정 과정에서 지정학적 요인과 협력국 내의 정치·사회적 요인에 대한 평가를 더욱 강화할 것으로 보인다.

사업 부문에서도 외교 및 개발협력·산업 및 에너지-R&D 주무부처 모두 해외 청정수소 확보라는 일치된 목표 하에 부처 간 역할 분담 및 연계하여 추진하고 있으며, 네트워크 형성 뿐만 아니라 R&D 협력, 정책 및 규제지원, 실증 및 상용화, 협력국 제반환경

분석 등 다양한 협력활동을 전개하고 있는 것으로 나타난다. 이 과정에서 국제개발협력정책 시행을 담당하는 독일국제협력공사(GIZ)가 각 부처에서 추진하는 양자협력 지원사업의 시행기관으로서 활동하는 추진체계 역시 대상국과의 기존 네트워크를 새로운 패러다임(수소경제)과 효율적으로 접목시킬 가능성을 높여줄 것으로 전망된다. 연도별로 이행보고서를 발간함으로써 국가 전체 차원에서 전략 방향성 검토 및 이행상황을 점검할 수 있는 협조체계를 구성하고 있는 점도 역시 정책의 일관성 유지 및 부처 간 연계·협력을 지원하고 주요한 수단인 것으로 평가된다.

정책실행 현황을 살펴보면, 독일은 일찍부터 에너지안보 확보 차원에서 다양한 국가와의 협력을 진행하였으며, 그 규모는 우리나라의 협력국가 수의 3배에 가깝다. 우리나라는 독일에 비해 협력국 수도 적은 편이며, 지역적 편중도 강한 것으로 나타나 독일에 비해 공급처 다변화가 다소 미진한 상태로 파악된다. 특히 청색수소 확보에 필수적인 MENA 지역과의 협력관계 구축 건수는 녹색수소의 폭넓은 활용을 지향하는 독일보다도 적다. 또한 R&D 협력 이외의 청정수소 확보를 위한 협력도 아직 구체적으로 전개되는 경우가 적은 상황이다.

상기 내용들을 종합하면 우리나라는 해외 청정수소 확보를 위한 양자협력 관계의 구축은 여러모로 독일에 비해 다소 미진한 상황이다. 수소 수입의 지역적 편중, 수소 공급이 부족해질 경우 수소 수요국가 간 경쟁 강도, 장기적인 청정수소 제조 환경 변화에 따른 중점협력국의 변경 가능성 등의 지정학적 요인에 대해서도 보다 무게를 두어 고려할 필요성이 있는 상황이다. 또한 전체적으로 연관 부처·사업을 전반적으로 검토하여 시너지를 창출할 수 있는 방향으로 해외 청정수소 확보 정책의 전략성을 강화해야 한다. 본 연구에서 수행된 분석 결과를 기반으로 우리나라가 우선적으로 조치할 필요성이 있는 여섯 가지 과제를 제안하자면 다음과 같다.

1) 수요자 간의 경쟁 등을 고려하여 해외 청정수소 공급처를 더욱 다변화하여 특정 지역 편중성을

완화할 필요성이 있다.

2) 협력국 선정 과정에서 단기적인 시장 전망에 의존하지 않고 지정학적 요인과 정치경제적·환경적 변화에 대한 장기 전망을 종합적으로 고려하여 평가하여야 한다.

3) 수소경제 정책을 단순한 에너지 및 산업정책을 넘어 개발협력 및 R&D 전략과의 연계를 강화하여야 한다. 이 과정에서 국가 전체에서 부처 간 소관 사업을 연계하여 활용할 수 있도록 이행점검 체계 구축을 검토하여야 한다.

4) 녹색수소 수출 국가는 연료전지, 수소차 등 적용기기의 미래 시장이 될 수 있다는 점을 염두에 두고 대상국가의 정책 수립단계에서부터 교류를 활성화시킬 필요성이 있다.

5) 해외 R&D 거점센터를 활용하여 구체적인 현지 정보를 수집하는 동시에 적극적인 공동연구 등을 통해 개도국의 수소기술 수용능력 강화를 도모하여야 한다.

6) 보다 적극적으로 협력대상국의 정책 수립단계에서부터 협력을 강화하는 형태로 시장 연계를 지원하는 방안을 검토하여야 한다.

6.2 연구의 의의 및 한계

지금까지 본 연구는 해외 청정수소 확보와 관련하여 독일과 우리나라의 정책, 정부소관 사업, 실행현황 전반에 걸친 비교 분석을 수행하였다. 본 연구는 정책 단위에서의 추상적인 방향성 비교 분석에 그치지 않고 사업 및 프로젝트 단위에서 실제 진행상황을 조망하여 정책의 추상적인 문구 속에 숨어 있는 독일의 진정한 정책적 방향성을 해석하고자 시도하였다는 점에서 의의가 있다고 할 수 있다. 가급적 증거 기반으로 분석하기 위하여 실질적인 협력 사항까지 조사하여 분석하는 것에 주안점을 두었으나, 공개된 자료에 한정되어 수행되었기에 내부 자료로만 입수 가능한 사항은 자연히 누락될 수밖에 없었다. 따라서 실제적인 협력 내용과는 다소 격차가 있을 수 있다는 점에서 본 연구의 한계가 있다. 특히 우리나라

라의 경우 아직 구체적인 협력 형태의 정보를 파악하는 것이 제한적이었기 때문에 이 부분에 대해서는 더 큰 격차가 있을 수 있다. 이에 대해서는 지속적으로 모니터링 하여 보완하는 작업이 필요할 것으로 예상된다.

후 기

본 연구는 녹색기술센터 주요사업의 일환으로 추진 중인 ‘융·복합 기후기술 데이터 정보플랫폼 구축 및 인벤토리 연구(과제번호: F2230101)’의 지원을 받아 수행되었습니다.

References

1. D. H. Yoo and J. H. Jeong, “Overseas case study of hydrogen supply sector for hydrogen economy invigoration”, KEEI Report, KEEI, Vol. 19, No. 2, 2020. Retrieved from <http://lib.keei.re.kr/search/DetailView.ax?sid=1&cid=803047>.
2. K. J. Ryu, “Overseas clean hydrogen certification system and domestic implications”, Analysis of Foreign Legislation and Policy, National Assembly Research Service, Vol. 16, 2021. Retrieved from <https://www.nars.go.kr/report/view.do?categoryId=&cmsCode=CM0163&searchType=TITLE&searchKeyword=&brdSeq=37449>.
3. A. Kim, H. Kim, H. Lee, B. Lee, and H. Lim, “Comparative economic optimization for an overseas hydrogen supply chain using mixed-integer linear programming”, ACS Sustainable Chem. Eng., Vol. 9, No. 42, 2021, pp. 14249-14262, doi: <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.1c05446>.
4. F. Pflugmann and N. De Blasio, “The geopolitics of renewable hydrogen in low-carbon energy markets”, Geopolitics, History, and International Relations, Vol. 12, No. 1, 2020, pp. 9-44, doi: <http://doi.org/10.22381/GHIR12120201>.
5. D. Park, “Approaches to comparative public policy study”, Study of Social Science, Vol. 12, 2001, pp. 79-92. Retrieved from <https://www.dbpia.co.kr/pdf/pdfView.do?nodeId=NO DE01153514>.
6. World Bank, “World Bank Country and Lending Groups”, World Bank. Retrieved from <https://datahelpdesk.worldbank.org/knowledgebase/articles/906519-world-bank-country-and-lending-groups>.
7. NEDO, “Overseas trend on COVID-19 crisis”, 2020. Retrieved from https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/green_innovation/pdf/001_05_00.pdf.
8. BMWK, “Internationale Wasserstoffzusammenarbeit”, 2022. Retrieved from https://www.bmwk.de/Navigation/DE/Wasserstoff/Internationale-Wasserstoffzusammenarbeit/internationale-wasserstoffzusammenarbeit.html?cms_gtp=3600956_list%253D2.
9. BMWi, “Bericht der Bundesregierung zur Umsetzung der Nationalen Wasserstoffstrategie”, 2021. Retrieved from https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/bericht-der-bundesregierung-zur-umsetzung-der-nationalen-wasserstoffstrategie.pdf?__blob=publicationFile&v=16.
10. BMWK, “Fortschrittsbericht zur Umsetzung der Nationalen Wasserstoffstrategie”, 2022. Retrieved from <https://www.bmbf.de/SharedDocs/Downloads/de/2022/fortschrittsbericht-wasserstoffstrategie-nws.html>.
11. BMWi, “Jahresbericht Energiepartnerschaften und Energiedialoge”, 2021. Retrieved from <https://www.giz.de/en/downloads/giz-2022-de-jahresbericht-energiepartnerschaften-2020.pdf>.
12. NRF, “MOUs with overseas institutes”, 2022. Retrieved from https://www.nrf.re.kr/proclamation/promotion/view?menu_no=310&nts_no=181351.
13. KISTEP, “A comprehensive guidebook of national R&D projects in 2019”, 2019. Retrieved from https://corfa.or.kr/modules/board/bd_view.html?no=4&id=data_totalinfo&p=1&or=bd_order&al=asc.
14. Fraunhofer, “Eine Wasserstoff-Roadmap für Deutschland”, Fraunhofer, 2019. Retrieved from <https://www.ise.fraunhofer.de/de/presse-und-medien/presseinformationen/2020/fraunhofer-wasserstoff-roadmap.html>.
15. M. Jensterle, J. Narita, R. Piria, J. Schröder, K. Steinbacher, F. Wahabzada, T. Zeller, K. Crone, and S. Löchle, “Grüner Wasserstoff: Internationale Kooperationspotenziale für Deutschland - Kurzanalyse zu ausgewählten Aspekten potenzieller Nicht-EUPartnerländer”, 2019. Retrieved from https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2019/Gruener_Wasserstoff_Internationale_Kooperationspotenziale.pdf.
16. BMBF, “Forschung für Nachhaltigkeit : Eine Strategie des Bundesministerium für Bildung und Forschung”, 2020. Retrieved from https://www.bmbf.de/SharedDocs/Publikationen/de/bmbf/7/31638_Forschung_fuer_Nachhaltigkeit.pdf?__blob=publicationFile&v=5.
17. BMZ, “BMZ-Kernthemenstrategie: Verantwortung für unseren Planeten – Klima und Energie”, 2021. Retrieved from <https://www.bmz.de/resource/blob/93596/168173807e0c44aeec2b6d7dbc31774c/bmz-kernthemenstrategie-klima-energie-data.pdf>.
18. M. Wietschel, A. Bekk, B. Breitschopf, I. Boie, J. Edler, W. Eichhammer, M. Klobasa, F. Marscheider-Weidemann, P. Plötz, F. Sensfuß, D. Thorpe, and R. Walz, “Chancen und

- Herausforderungen beim Import von grünem Wasserstoff und Syntheseprodukten”, Fraunhofer ISI, ISI Policy Brief, Vol. 3, 2020. Retrieved from https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/cce/2020/policy_brief_wasserstoff.pdf.
19. B. Egenolf-Jonkmann, C. Glassnes, U. Seifert, P. Küper, T. Shaefer, F. Merten, A. Scholz, and A. Taubitz, “Wasserstoffimporte. Bewertung der Realisierbarkeit von Wasserstoffimporten gemäß den Zielvorgaben der Nationalen Wasserstoffstrategie bis zum Jahr 2030”, SCI4climate.NRW, 2021. Retrieved from <https://www.iwkoeln.de/studien/bewertung-derrealisierbarkeit-von-wasserstoffimporten-gemaess-den-zielvorgaben-der-nationalen-wasserstoffstrategie-bis-zum-jahr-2030.html>.
 20. HyPAT/Fraunhofer ISI, “Impulspapier – Krieg in der Ukraine: Auswirkungen auf die europäische und deutsche Importstrategie von Wasserstoff und Syntheseprodukten”, 2022. Retrieved from https://www.isi.fraunhofer.de/connt/dam/isi/dokumente/cce/2022/2022-03-21_HyPAT_Impulspapier_Ukraine.pdf.
 21. N. Blechner, “Was hat Habecks Energie-Reise gebracht?”, Tagesschau, 2022. Retrieved from <https://www.tagesschau.de/wirtschaft/habecks-heikle-energie-mission-101.html>.
 22. GIZ, “Promoting green hydrogen in Brazil (H2Brazil)”, 2022. Retrieved from <https://www.giz.de/en/worldwide/106138.html>.
 23. GIZ, “Promoting green hydrogen”, 2022. Retrieved from <https://www.giz.de/en/worldwide/108108.html>.
 24. BMZ, “Grüner wasserstoff und power-to-X”, 2022. Retrieved from <https://www.bmz.de/de/themen/wasserstoff>.
 25. PTJ, “Aufbau einer deutsch-namibischen wasserstoff-partnerschaft”, 2018. Retrieved from <https://www.ptj.de/projektfoerderung/anwendungsorientierte-grundlagenforschung-energie/deutsch-namibische-wasserstoff-partnerschaft>.
 26. FONA, “Centres of excellence for climate change and adaptive land management in Africa - Regional Science Service Centres (RSSC)”, 2022. Retrieved from <https://www.fona.de/en/measures/international-cooperation/climate-competence-centres-africa.php>.
 27. Y. I. Kwon, S. Kim, Y. Baek, and B. Jung, “Strategies of the Korea-UAE cooperation for hydrogen station and hydrogen bus”, Trans Korean Hydrogen New Energy Soc, Vol. 32, No. 6, 2021, pp. 431-441, doi: <https://doi.org/10.7316/KHNES.2021.32.6.431>.
 28. Global Wind Atlas, “Global wind atlas, energy data info”, 2022. Retrieved from <https://globalwindatlas.info/>.
 29. Global Solar Atlas, “Global solar atlas, energy data info”, 2022. Retrieved from <https://globalsolaratlas.info/map>.
 30. Doopedia, “Doldrums”, 2022. Retrieved from <https://terms.naver.com/entry.naver?docId=1139138&cid=40942&categoryId=32299>.
 31. MOCIE, “Master plan for establishing eco-friendly hydrogen economy - vision for fuel cell industry and mid-long term new renewable energy development”, 2005. Retrieved from http://www.motie.go.kr/motie/in/ay/majorpolicy/majorpolicylist/bbs/bbsView.do?bbs_seq_n=1361&bbs_cd_n=21.
 32. Joint Ministries, “Korea hydrogen economy roadmap”, Joint Ministries, 2019. Retrieved from https://policy.nl.go.kr/search/searchDetail.do?rec_key=SH2_PL20190231080&kwd=.
 33. Joint Ministries, “Hydrogen R&D roadmap”, Joint Ministries, 2019. Retrieved from <https://www.korea.kr/common/download.do?fileId=188792439&tblKey=GMN>.
 34. Republic of Korea, “Framework Act on International Development Cooperation”, 2020. Retrieved from <https://www.law.go.kr/lsSc.do?section=&menuId=1&subMenuId=15&tabMenuId=81&eventGubun=060101&query=%EA%B5%AD%EC%A0%9C%EA%B0%9C%EB%B0%9C%ED%98%91%EB%A0%A5#undefined>.
 35. Joint Ministries, “The third international development cooperation plan (2021-2025)”, 2021. Retrieved from <https://www.odakorea.go.kr/contentFile/MSDC/03.pdf>.
 36. Joint Ministries, “Green new deal ODA strategy”, 2021. Retrieved from <https://www.odakorea.go.kr/hz.bltn2.ODA-CmtRsltSIPL2.do>.
 37. Republic of Korea, “Hydrogen Economy Promotion and Hydrogen Safety Management Act”, 2020. Retrieved from <https://www.law.go.kr/lsSc.do?section=&menuId=1&subMenuId=15&tabMenuId=81&eventGubun=060101&query=%EC%88%98%EC%86%8C%EA%B2%BD%EC%A0%9C#undefined>.
 38. Joint Ministries, “The First Hydrogen Economy Implementation Plan”, 2021. Retrieved from http://www.motie.go.kr/motie/ms/nt/announce2/bbs/bbsView.do?bbs_seq_n=67130&bbs_cd_n=6.
 39. National Science & Technology Information Service, “2018~2021 program data information”, 2022. Retrieved from <https://www.ntis.go.kr/rndgate/eg/oneMain/OneIn-dex.do>.
 40. K. Y. Lee, “Germany’s ODA: its types of cooperation and development policy in Asia”, East European & Balkan Studies, Vol. 37, 2013, pp. 301-338. Retrieved from <https://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE09003406>.