

동아시아 3국의 주요 수소 정책수단 비교 연구: 한국·중국·일본을 중심으로

Fangting Cheng¹ · 박성빈² · 이유현^{2†}

¹IDE-JETRO, ²아주대학교 행정학과/과학기술정책학과

A Comparative Study of Major Hydrogen Policy Instruments in Three East Asian Countries: Focusing on South Korea, China and Japan

FANGTING CHENG¹, SEONGBIN PAK², YOUHYUN LEE^{2†}

¹Institute of Developing Economies, Japan External Trade Organization (IDE-JETRO) 3-2-2 Wakaba, Mihama-ku, Chiba-shi, Chiba 261-8545, Japan

²Department of Public Administration, Department of Science & Technology Policy, Ajou University, 206, World Cup-ro, Yeongtong-gu, Suwon-si, Gyeonggi-do 16499, Korea

[†]Corresponding author :
youhyun@ajou.ac.kr

Received 16 March, 2026

Revised 1 April, 2026

Accepted 6 April, 2026

Abstract >> This study analyzes the hydrogen policy instruments of South Korea, China, and Japan based on Christopher Hood's NATO model, comparing each country's representative policy instruments and policy mixes. The interactions among the four core instruments—Nodality (information), Authority, Treasure (finance), and Organization—and their effects on the development of the hydrogen industry are examined in depth. The findings confirm that the policy instruments employed by each country are mutually complementary, and that the coherence among instruments matters more than the effectiveness of any single instrument. Based on these findings, the study presents policy implications necessary for the transition to a sustainable hydrogen economy, including the strong inducement of private investment, the strengthening of legally binding regulations, and the establishment of an imported hydrogen management system.

Key words : Hydrogen Economy(수소 경제), Policy Instruments(정책 수단), Comparative Analysis(비교 분석), Energy Transition(에너지 전환), 동아시아(East Asia), Energy Policy(에너지 정책)

1. 서 론

에너지 전환의 핵심 축인 수소 경제는 정부의 정책적 의지와 개입에 의해 그 성패가 결정되는 정책

의존적 산업이다¹⁻³⁾. 정부는 법적 규제, 재정 지원, 정보 제공 등 다양한 정책 수단을 동원하여 수소 생태계의 조성을 촉진하고 청정에너지로써의 수소 활용 촉진을 통해 탄소중립으로의 전환을 가속화

한다^{4,5)}. 이 과정에서 정책은 기술 혁신을 유도하고 초기 시장의 불확실성을 상쇄하는 강력한 동력원으로 작용하며, 민간 투자를 유인하는 마중물의 역할을 수행한다.

그러나 정책은 산업을 촉진하는 촉매인 동시에, 부적절한 설계나 일관성 없는 집행을 통해 기술발전과 생태계를 위축시키는 역촉매로 기능하기도 한다. 급격한 제도적 변화나 현실과 괴리된 규제, 혹은 정치적 가시성에 치중한 단기적 재정 지원은 오히려 수소 산업의 자생력을 약화시키고 시장의 혼란을 야기할 수 있다. 특히 정책의 예측 가능성이 결여될 경우, 시장 참여자들의 기대를 굴절시켜 투자를 지연시키거나 산업 생태계 전체를 황폐화하는 역설적 결과를 초래하기도 한다¹⁾.

이러한 정책의 양면성은 정책 목표와 이를 실현하기 위한 구체적인 수단 사이의 정합성 문제로 귀결된다. 정부가 보유한 자원 배분의 효율성과 제도적 정교함에 따라 정책은 수소 사회로의 이행을 앞당기는 지렛대가 될 수도, 혹은 기존 산업 구조에 고착된 경로 의존성을 타파하지 못한 채 뒷걸음질 치게 만드는 걸림돌이 될 수도 있다. 따라서 에너지 전환기 수소 정책의 실체를 파악하기 위해서는 정부가 어떤 자원을 활용하여 어떠한 수단적 조합을 구성하고 있는가에 대한 심층적인 분석이 요구된다.

본 연구는 이러한 문제의식 하에 Christopher Hood의 NATO 모형을 분석 틀로 채택하여 수소 정책의 수단적 구성을 체계적으로 고찰하고자 한다. 정부가 동원하는 정보(Nodality), 권위(Authority), 재정(Treasure), 조직(Organization)이라는 네 가지 핵심 자원은 수소 산업의 성장을 견인하거나 때로는 저해하는 실질적인 힘의 원천이다. 이어지는 장에서는 이들 정책 수단의 유형과 특성을 분석하고, 특히 한국, 중국, 일본 3국의 사례 비교를 통해 각국이 채택한 정책 수단의 조합이 수소 산업 생태계에 어떠한 제도적 신호를 보내고 있는지 규명하고자 한다.

2. 정책수단 이론과 분석틀

2.1 정책수단 이론

정책수단(policy instrument)이란 정부가 정책목표 달성이나 사회적 변화를 유도하기 위해 의도적으로 선택·활용하는 수단과 기법의 집합을 의미하며⁶⁻¹¹⁾, 이는 규제와 조세지출·세제감면을 비롯해 보조금, 직접 재정지출, 바우처, 정책홍보 및 설명회, 도덕적 설득 등 강제적·비강제적 방식 전반에 걸쳐 다양한 형태로 나타난다.

정책수단은 정부가 특정 정책 목표를 달성하기 위해 동원하는 구체적인 기제이자 방법론으로 정의된다. 이는 정책 목표라는 추상적 의지를 실제적인 사회 변화로 치환하는 가교 역할을 수행하며, 정부가 보유한 유무형의 자원을 어떻게 배분하고 집행할 것인가를 결정하는 핵심 요소이다. 정책수단은 단순한 기술적 도구를 넘어, 정부의 개입 강도와 사회적 자원 배분의 우선순위를 투영한다는 점에서 분석 단위로 기능한다.

최근의 정책수단 이론은 단일 수단의 효과를 분석하는 차원을 넘어, 복수의 수단이 상호작용하는 정책 조합(Policy Mix)의 중요성에 주목하고 있다¹²⁾. 특히 환경정책이나 에너지 정책과 같이 기술적 불확실성과 시장의 외부성이 큰 영역에서는 어느 하나의 수단만으로 목표를 달성하기 어렵기 때문이다¹²⁾. 따라서 개별 수단들이 서로의 한계를 보완하는 상호보완성과 하나의 목표를 향해 일관되게 정렬되는 정합성을 확보하는 것이 정책 성패의 관건이 된다. 이러한 이론적 틀은 국가별 수소 정책이 어떠한 자원 배분 전략을 취하고 있으며, 그 조합의 양상이 산업 생태계에 어떠한 영향을 미치는지 분석하는 유용한 근거를 제공한다.

2.2 Hood의 NATO모형

크리스토퍼 후드의 정책수단 이론은 정부가 정책을 집행하는데 있어 핵심자원을 4가지로 분류하고

있다. 본 모형은 정책의 전과정(정책형성, 집행, 평가)을 체계적으로 평가하고 분석하는데 활용된다. Hood는 정책수단의 유형중 첫 번째를 정보(Nodality)로 보았다. 정보 및 연결성의 성질을 가지는 정책수단은 정보 흐름의 중심(노드)에 위치하여 정보를 수집하고, 배포하고, 조정하는 수단을 의미한다. 정보제공을 주로 하는 본 정책수단의 장점은 비용이 적게 든다는 점과 수용성이 높다는 측면이다. 다만 구속력과 강제성이 없다는 한계가 있다. 두 번째 유형은 권위(Authority)이다. 권위의 정책수단은 법적, 제도적 권한을 통해 명령이나 금지, 허가를 부과하는 수단을 의미하며, 강제성이 있기에 즉각적인 정책효과를 얻을 수 있는 장점이 있다. 다만 정책수용성이 낮으며, 집행비용도 든다는 한계가 있다. 세 번째 재정(Treasure)의 경우 재정적 유인 혹은 부담을 통해 행위를 유도하는 수단으로 주로 인센티브에 해당하는 보조금이나 부과금, 혹은 디센티브에 해당하는 세금의 형태로 활용된다. 재정수단의 경우 유연하고 시장친화적이어서 수용성이 높은 장점이 있으나, 인센티브의 경우 공공의 재정부담이 제고된다는 한계가 있다. 마지막으로 조직(Organization)의 경우 정부조직과 집행조직 구축등의 수단을 의미하며, 안정적인 집행구조 및 기반 구축에 기여하는 장점이 있으나, 비효율이 제고될 수 있다는 단점이 있다.

2.3 수소정책에서의 정책수단의 중요성

에너지 전환이라는 거대한 패러다임의 변화 속에서 수소 정책은 국가의 비전을 실질적인 이행으로 전환하는 핵심 기제이다¹³⁾. 수소 경제와 같은 신산업 분야에서 정책수단은 단순한 집행 도구를 넘어, 기술적 불확실성을 해소하고 시장 참여자들에게 일관된 신호를 전달함으로써 산업 생태계의 향방을 결정짓는 전략적 매개체로서 기능한다^{14,15)}.

이러한 정책수단들은 개별적으로 작동하기보다 상호 유기적으로 결합한 정책 조합(Policy Mix)의 형태를 띠 때 그 효과성이 극대화된다¹²⁾. 예를 들어, 청정 수소 인증제와 같은 정보적 수단이 법적 근거인 권위

적 수단이나 인센티브를 제공하는 재정적 수단과 정교하게 맞물리지 못할 경우, 민간의 자발적 참여를 유도하는 데 한계가 발생한다. 따라서 특정 국가의 수소 정책 역량은 단일 수단의 우월성이 아니라, 각 수단 간의 정합성(coherence)을 어떻게 확보하여 정책적 시너지를 창출하느냐에 달려 있다.

유사한 에너지 구조를 공유하면서도 각기 다른 정치·경제적 경로를 걸어온 한·중·일 3국의 수소 정책수단 비교는 각국이 보유한 정책 자원의 편중성과 보완성을 식별하는 유용한 분석 틀을 제공한다. 이러한 비교 분석은 동북아 수소 밸류체인 구축을 위한 제도적 기반을 탐색하고, 향후 지속 가능한 에너지 체계로의 이행을 위한 정책적 시사점을 제공하고자 한다.

2.4 분석틀

본 연구는 한국, 중국, 일본의 수소 정책 믹스를 NATO 프레임워크(Nodality, Authority, Treasure, Organization)에 기반하여 비교 분석하며, 분석의 엄밀성과 재현가능성을 확보하기 위해 다음과 같은 분석 설계를 적용하였다. 효과성은 정책 수단이 ① 수소 시장 형성, ② 탈탄소화 성과, ③ 산업 경쟁력에 기여하는 정도로 조작적으로 정의하였으며, NATO 각 차원의 분류 기준은 다음과 같이 명시적으로 설정하였다: Nodality(정보)는 전략, 로드맵, 인증 시스템, Authority(권위)는 법률, 의무 사항 및 규제 의무, Treasure(재정)는 보조금, 세제 혜택, 차액계약(CfD), Organization(조직)은 전담 기관 및 조정 기구로 구분하였다. 분석의 시간적 범위는 동아시아 3국의 수소 전략이 본격적으로 등장하고 확대된 2017년부터 2025년까지로 설정하였으며, 사례 선정의 근거로는 한국, 중국, 일본이 각기 상이한 거버넌스 모델을 보유하면서도 동아시아 내 수소 정책을 선도하는 국가라는 점을 고려하였다. Table 1에서 보는바와 같이 각 NATO 차원의 비교는 ① 구속력, ② 재정 규모, ③ 이행 성숙도의 세 가지 지표를 기준으로 평가하였으며, 데이터는 공식 정책문서, 법령, 정부 보고서를 우선적으로 활용하고 학술 문헌 및 산업 분석 자료로 이를 보완하였다.

Table 1. Analytical framework for NATO policy analysis

Category	Details
Definition of effectiveness	Operationalized as the degree to which policy instruments contribute to: ① Hydrogen market formation ② Decarbonization outcomes ③ Industrial competitiveness Based on policy instrument theory
NATO coding rules	Nodality (Information): Strategies, roadmaps, certification systems Authority: Laws, mandates, regulatory obligations Treasure: Subsidies, tax incentives, contracts for difference (CfDs) Organization: Dedicated agencies, coordination bodies
Temporal scope	2017–2025: Covers the emergence and expansion of hydrogen strategies across all three countries
Case selection	Korea, China, Japan: Leading hydrogen policy adopters in East Asia with distinct governance models
Comparative criteria	Each NATO dimension is evaluated using three indicators: ① Binding force ② Financial scale ③ Implementation maturity
Data selection	Official policy documents, laws, and government reports (primary), Supplemented by academic literature and industry analyses

3. 분석결과

3.1 한국

3.1.1 정보: 청정수소인증제와 K택소노미

한국은 수소발전과 관련하여 규제나 재정 지원 이전에, ‘청정수소란 무엇인가’를 명확히 정의하고 이를 사회 전반에 전달하는 정보 수단을 핵심 정책 도구로 활용하고 있다. 대표적으로 청정수소 인증제도를 통해 청정수소의 개념, 기준, 범위를 공식적으로 제시하고 있으며, K-택소노미를 통해 수소 관련 기술과 활동이 친환경 투자 대상에 해당하는지에 대한 정보를 제공함으로써 시장 참여자들의 인식과 판단

을 유도하고 있다. 이러한 정보 제공은 정책 대상의 자발적 순응과 친환경 투자 결정을 촉진하는 신호 기능을 수행한다.

청정수소 인증제도는 정보 수단으로서 청정수소의 기술적·환경적 기준을 구체적으로 명시한다. 청정수소 인증제란 수소법 제 25조의 2에 따라 수소 생산·수입 과정에서 온실가스 배출량이 일정 수준 이하인 경우 청정수소로 인증하고, 이에 대한 행정적 지원이 가능한 제도이다⁶³⁾. 청정수소의 인증기준은 kgCO₂e/kgH₂ 이러한 기준은 단순한 기술 요건을 넘어, 어떤 수소가 ‘정책적으로 바람직한 선택’인지를 구분하는 정보적 기준선으로 기능한다.

인증제 운영 과정에서 산업통상자원부는 검사, 시정명령, 인증 취소 등 행정 권한을 보유하지만, 제도의 핵심 기능은 처벌보다 배출량 산정 방식, 시스템 경계, 추적성 요건을 명문화하여 정보를 표준화하는 데 있다. 현재 인증은 생산 단계까지의 배출을 포함하는 웰투게이트 방식에 기반하며(에너지경제연구원 홈페이지), 운송·저장 단계의 배출은 제외된다는 점이 명확히 공표되어 있다. 이러한 한계 또한 제도 설계를 통해 공개됨으로써, 정책이 관리하는 범위와 관리하지 않는 범위를 시장에 분명히 알리는 역할을 한다.

한편 K-택소노미는 수소 관련 활동을 보다 넓은 지속가능 금융 맥락에서 위치 짓는 분류·가이드라인 중심의 정보 수단이다. K-택소노미는 온실가스 감축을 포함한 여섯 가지 환경 목표에 기여하는 경제 활동의 원칙과 기준을 제시하며, 수소 생산·저장·운송 및 관련 인프라를 녹색 또는 전환 활동의 후보로 분류한다. 다만 이는 법적 의무가 아닌 자발적 참고 지침으로, 수소 활동이 친환경으로 간주되기 위해 충족해야 할 조건을 시장에 ‘알려주는’ 역할을 수행한다.

그러나 이러한 정보 수단의 효과는 민간 부문에서 일관되게 수용되지 못하고 있다는 한계를 지닌다. K-택소노미가 비구속적 지침에 머무르면서, 다수의 민간 금융기관은 이를 체계적으로 적용하기보다는 적도원칙이나 IFC 성과 기준, 혹은 자체 ESG 기준에 의존하고 있다¹⁶⁾. 이는 한국의 수소 정책에서 정보

수단이 정책 신호를 제공하는 데에는 성공했으나, 민간 투자 행태를 일관되게 조정하기에는 아직 제도적 응집력이 충분하지 않음을 시사한다.

3.1.2 권위: 수소 법정계획과 수소법

한국 정부는 수소경제 활성화를 위해 정보 제공이나 재정 유인 이전에, 법과 법정계획을 통한 권위적 정책수단을 핵심적으로 활용해 왔다. 한국의 수소경제는 시장 불확실성에 대한 우려로 정부주도로 불가피하게 추진되어왔으며¹⁷⁾, 이 때문에 수소는 비교적 이른 시기부터 국가 에너지 정책 문서에 포함되었다. 2004년 제2차 전력수급계획에 연료전지 보급이 반영된 데 이어, 2005년에는 ‘수소경제 대응 종합 마스터플랜’이 수립되었다. 이는 수소를 장기 에너지 체계의 일부로 공식화하고, 정부 계획을 통해 정책 방향을 제시한 초기 권위적 개입으로 평가할 수 있으나, 이때의 계획은 법적 구속력은 없다는 점에서 한계가 있었다.

2018년 문재인 정부는 수소를 전략 산업으로 재정의하고 2019년 「수소경제 촉진 로드맵」의 발표와 2020년 「수소경제 육성 및 수소 안전관리에 관한 법률」의 제정하여 수소경제를 더 이상 선택적 정책 영역이 아닌 법적으로 제도화된 국가 정책 영역으로 전환시켰으며, 권위적 수단에 기반한 수소경제 기반을 구축하였다.

행정계획 차원에서 한국 정부는 수소를 온실가스 감축과 탄소중립 달성을 위한 핵심 수단으로 명확히 지정하고 있다. 2050 탄소중립 선언 이후 수소는 법정계획인 「탄소중립·녹색성장 기본계획」과 국가온실가스감축목표(NDC)에 포함되며, 발전·산업 부문에서 화석연료를 대체할 기술로 공식 위치를 부여받았다. 이는 단순한 정책 권고가 아니라, 국가가 정한 감축 경로 속에서 수소의 역할을 의무적 계획 요소로 규정한 권위적 조치로 해석할 수 있다.

권위적 정책수단의 정점에는 세계 최초로 제정된 한국의 수소법이 위치한다. 수소법은 수소의 생산·저장·운송·활용 전 주기를 포괄하며, 국가와 지방정부의 책무, 기본계획 수립 의무, 안전 기준 준수 의무를

법적으로 규정한다. 특히 국무총리를 위원장으로 하는 수소경제위원회를 설치함으로써, 수소정책을 범정부적 조정 체계 하에 두고 부처 간 이행을 강제하는 제도적 장치를 마련하였다. 동시에 안전 관리 기준과 감독 권한을 명문화하고, 수소법은 산업 진흥을 넘어 행위 기준과 준수 의무를 부과하는 전환 법제로 확장되고 있다. 다만 수입 수소의 환경성 관리나 전주기 배출 규율에 대해서는 여전히 권위적 규제가 충분히 확립되지 않았다는 점에서, 향후 법적 보완의 필요성도 함께 제기된다.

3.1.3 조직: 민관거버넌스

한국의 수소정책은 법·제도 차원을 넘어 공공조직의 구축과 역할 분화를 핵심 집행 수단으로 하는 조직 중심의 정책체계를 형성해 왔다. 한국은 2020년 세계 최초로 수소법을 제정함으로써 수소경제 촉진을 위한 법적 토대를 마련했을 뿐 아니라, 이를 실제로 집행·관리하기 위한 다층적 조직 인프라를 제도화하였다. 산업통상자원부, 환경부(2025년 10월 이후 기후에너지환경부로 통합됨), 에너지경제연구원 등 주요 공공기관은 수소 생산·유통·소비 전반에 걸친 정책 기획과 집행, 기술 개발 지원, 규제 운영을 담당하는 핵심 행위자로 기능하고 있으며¹⁸⁾, 이를 통해 수소정책은 단순한 선언적 전략을 넘어 조직화된 행정 집행 체계로 작동하고 있다.

아울러 한국수소협회와 같은 준공공·민간 조직은 정부 조직과의 협력 구조 속에서 산업계와 정책 당국을 연결하는 중간 조직(intermediary organization)으로서, 기술 확산과 산업 생태계 조성에 기여하고 있다. 온실가스 감축과 관련해서도 정기적인 보고, 데이터 수집, 평가 기준 설정 등은 개별 기업의 자율에 맡겨지기보다는, 공공조직이 주도하는 행정적 관리·감독 절차를 통해 제도화되어 있다.

거버넌스 차원에서는 수소법 제6조에 근거해 국무총리가 위원장을 맡는 수소경제위원회가 설치되어, 부처 간 정책 조정과 재정 배분의 전략적 방향을 설정하는 중앙 조정 조직으로서의 역할을 수행하고 있다. 이는 수소정책을 개별 부처의 분절적 사업이

아닌, 중앙정부 차원의 통합적 정책 영역으로 관리하려는 조직적 시도로 평가할 수 있다.

그러나 이러한 조직 중심의 정책체계에도 불구하고, 수소 생산 공정 전반의 환경적 영향, 특히 온실가스 감축 측면에서는 조직적 관리 범위의 한계와 취약성이 드러난다¹⁹⁾. 정부가 재생에너지 기반 수소 확대를 목표로 하고 있음에도 불구하고, 2050년 기준 수입 수소 의존도가 약 80%에 이를 것으로 예상되는 상황에서, 수입 수소의 환경적 영향을 체계적으로 검토·관리하는 전담 조직이나 명확한 행정 절차는 아직 마련되지 않았다는 점에서, 조직 정책수단으로서의 수소 거버넌스는 구조적 공백을 안고 있다.

3.1.4 재정: 수소발전입찰제도와 공적금융

한국의 수소 정책은 최근 제도 설계와 집행 과정에서 재정적 유인을 핵심 정책수단으로 활용하는 방향으로 진화하고 있다. 청정 수소 생산 시설 지원과 수소 발전 입찰 제도는 개정된 「수소경제 육성 및 수소 안전관리법」에 근거하여 도입된 청정수소발전의 무화(CHPS)의 주요 구성 요소로, 청정수소인증제도(CHCS)에 따라 온실가스 감축 효과가 검증된 경우에 한해 정부 재정 지원이 제공되도록 설계되어 있다. 이는 재정을 단순한 산업 육성 수단이 아니라, 기후 성과를 조건으로 하는 선택적 보상 메커니즘으로 활용하고 있음을 보여준다.

CHPS는 수소 또는 암모니아를 기존 연료와 혼소하여 발전하는 전력 생산자에게 직접적인 가격 기반 재정 인센티브를 제공함으로써, 초기 수소 경제의 시장 형성을 촉진하기 위해 고안된 제도이다. 이 제도는 15년 장기 전력구매계약을 수반하는 경쟁 입찰 방식을 통해 투자 안정성을 확보하며, 정부는 수소 기반 발전에 대해 합의된 계약가격과 전력시장 가격(SMP)간의 차액을 보전한다²⁰⁾. 다만 이러한 재정 지원을 받기 위해서는 발전 사업자가 사용한 수소의 일부가 청정수소 기준($\leq 4 \text{ kg CO}_2\text{e/kg-H}_2$)을 충족함을 입증해야 하며, 재정적 보상은 명확한 환경 성과와 연계되어 있다.

CHPS 입찰 제도는 2023년 시범 사업을 거쳐 2024년

총 6,500 GWh 규모의 세계 최초 수소 기반 발전 입찰로 본격화되었다. 비록 전체 물량 중 750 GWh만이 낙찰되었으나, 이는 시장 메커니즘을 활용한 청정 수소 보급이라는 점에서 중요한 제도적 진전으로 평가된다²¹⁾. 그러나 2025년 5월 발표된 두 번째 CHPS 입찰(3,000 GWh 규모)은 같은 해 10월 중순 취소되면서, 이 재정 정책수단의 지속성과 예측 가능성에 대한 불확실성이 부각되었다. 언론 보도에 따르면 암모니아-석탄 혼소가 국가 석탄 감축 전략과 충돌할 수 있다는 점이 제도 중단의 배경으로 거론되었으며, 이는 재정 수단이 다른 에너지·기후 정책 목표와의 정합성에 크게 의존함을 시사한다²²⁾.

CHPS 외에도 한국수출입은행, 한국개발은행, 산업은행, 한국신용보증기금 등 공공 금융기관들은 보조금, 정책 대출, 보증을 통해 수소 부문에 대한 간접적 재정 정책수단을 운용하고 있다. 이들 기관은 수소를 전략적 녹색 산업으로 간주하고, 금리 인하, 대출 한도 확대, 우대 보증료 등 다양한 금융 유인을 제공하는 한편, 적도원칙과 ESG 금융 프레임워크를 적용하여 환경·사회적 요건을 재정 지원의 전제 조건으로 설정하고 있다. 이는 재정 수단이 단기적 산업 촉진을 넘어 장기적 전환 금융과 지속가능성 기준을 내재화하는 방향으로 진화하고 있음을 보여준다. 다만 현재 수소 부문에서 정부 주도의 핵심 재정 유인 수단은 여전히 CHPS에 크게 의존하고 있다는 점에서 정책 포트폴리오의 편중 역시 확인된다.

3.2 중국

3.2.1 정보: 유연한 정의를 수반한 상향식(Top-down)

중국의 수소정책은 강력한 최상위(중앙) 리더십과 분권화된 정보 확산이 결합된 형태로 특징지어진다. 중앙정부는 수소를 2030년 탄소피크와 2060년 탄소중립이라는 이중 목표를 뒷받침하는 전략적 에너지 운반체로 위치시켜 왔다²³⁾. 가장 중요한 정보수단은 국가발전개혁위원회(NDRC)와 국가에너지국(NEA)이 2022년에 발표한 「수소에너지 산업 중장기 발전계획(2021–2035)」이며, 이는 수소를 중국의 국가 에너지

체계에 처음으로 공식 편입한 문서이다.

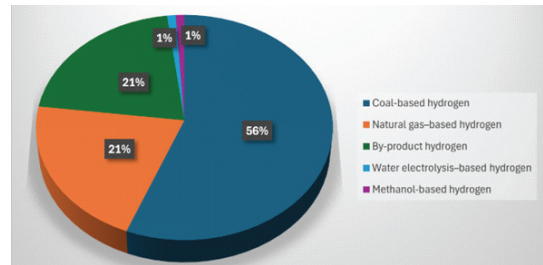
이 계획은 산업 탈탄소화, 운송, 에너지 저장에서 수소의 역할을 강조하면서도 ‘그린수소’에 대한 경직된 정의를 의도적으로 회피한다. 대신 정책 문서는 ‘청정·저탄소 수소(clean and low-carbon hydrogen)’라는 더 포괄적 개념을 채택하여, 재생에너지 기반 수소, 산업 부생수소, 탄소포집을 동반한 화석연료 기반 수소 등 다양한 생산 경로를 포괄할 수 있도록 유연성을 부여한다^{24,25)}.

계획은 단계별 대표 이정표도 제시한다. 2025년까지는 산업 부생수소의 활용과 재생에너지 기반 수소의 지역 내 이용을 중심으로 초기 수소 공급체계를 구축할 것으로 예상된다. 정량 목표로는 재생에너지 기반 수소 연간 약 10만~20만 톤 생산, 연료전지차 약 5만 대 보급, 그리고 다수의 수소충전소 구축이 포함된다. 2030년과 2035년에는 재생수소의 최종 수요 비중을 추가로 확대하고, 보다 다각화된 수소 활용 생태계를 조성하는 방향을 제시한다.

「2025 중국 수소에너지 발전보고서」에 따르면 중국의 수소 생산은 여전히 화석연료 의존도가 매우 높으며, 2024년에는 전체 생산의 50% 이상이 석탄에서 유래한다(Fig 1). 이러한 정보전략은 기존 산업과 지방정부의 초기 반발을 줄이는 데에는 유리하지만, 환경 기준의 명확성을 약화시키는 측면이 있다.

정보 확산은 2024년에 발표된 「공업 부문 청정·저탄소 수소 활용 가속화 이행계획」과 같은 부문별 지침에 의해 추가로 뒷받침된다. 해당 문서는 철강, 화학, 정유 분야의 기술 로드맵과 실증 우선순위를 제시한다. 이들 문서는 통일된 기준을 강제하기보다는 지역의 실험을 유도하는 비구속적 조정 도구로 기능한다²⁶⁾.

가장 최근의 핵심 진전은 2025년 12월 30일 공표된 공고(Announcement) 제7호에 따라, NEA가 「청정·저탄소 수소 평가 기준」을 포함한 에너지 산업표준 묶음을 승인·발표했으며, 이 기준이 2026년 6월부터 시행된다는 점이다²⁷⁾. 이 기준의 정책적 의의는 ‘청정수소’를 단순한 개념·수사적 표현을 넘어 측정 가능하고, 보고 가능하며, 검증 가능한(MRV: meas-



Source: NEA, 2025²⁷⁾.

Hydrogen production in 2024 amounted to approximately 36.5 million tons.

Fig. 1. Hydrogen production in China by production method in 2024

urable, reportable, verifiable) 체계로 전환한다는 데 있다²⁸⁾.

또한 중국의 2026~2030년 기간을 대상으로 하는 제15차 5개년 계획에서 수소 에너지는 경제 성장의 새로운 동력으로 명확히 자리매김하였다. 해당 계획에 대한 권고안은 2025년 10월 중국 공산당에 의해 채택되었으며, 최종 개요는 2026년 3월 전국인민대표대회에서 승인되었다. 국제 인증을 촉진하고 실행 가능한 비즈니스 모델을 육성함으로써, 이 계획은 그린 수소 관련 산업의 발전을 가속화하고 탈탄소화로의 보다 광범위한 전환을 지원할 것으로 기대된다²⁹⁾.

다만 중국의 정보수단은 몇 가지 중대한 도전에 직면한다. 예컨대 정책 신호가 수자원 스트레스나 토지이용 영향과 같은 사회·생태적 지속가능성 차원보다 산업 규모 확대와 비용 절감을 우선시한다는 점이 지적된다³⁰⁾. 또한 지역 단위 데이터 수집의 분절성은 중앙정부가 성(省) 간 정책 효과를 평가하는 능력을 제한한다²³⁾. 그 결과, 중국의 정보수단은 의제 설정에서는 강하지만, 일관된 지속가능성 성과를 보장하는 데에는 취약한 것으로 나타난다.

3.2.2 권위: 법적 의무가 없는 계획 기반

권위 측면에서 중국은 강한 법적 의무(경성법)보다는 계획 기반·행정적 수단에 주로 의존한다. 수소정책은 산업정책과 에너지 계획이라는 더 큰 틀에 내재되어 있으며, 구속력은 독립적인 수소 입법보다는 국

가 발전계획에 포함되는 방식에서 주로 발생한다.

중앙 차원에서 수소 계획은 NDRC와 NEA가 발하는 정책 지침을 통해 행사된다. 이들 기관은 산업 진입 조건, 실증사업 승인, 탄소피크 이행계획과의 통합성 등을 통해 수소 목표를 간접적으로 조정한다. 지방정부는 이러한 신호를 성(省) 단위 수소 계획, 보조금, 시범사업으로 확대한다.

이 접근의 강점은 행정적 유연성이다. 지방정부는 수소 프로젝트를 신속히 승인하고 이를 산업단지나 지역 발전전략에 통합할 수 있다. 다만, 이러한 유연성은 규제의 비밀관성도 초래한다³¹⁾.

또한 중국에는 수소의 전과정(lifecycle) 온실가스 배출이나 지속가능성 보호장치를 규율하는 통일된 ‘수소 특화’ 국가 프레임워크가 부재하다³²⁾. 일반 산업·환경 규제가 적용되기는 하지만, 수소 프로젝트는 주로 기존 환경영향평가(EIA) 체계로 규율되며, 이는 수소의 전과정 배출, 공급망 위험, 더 넓은 지속가능성 쟁점을 다루도록 설계된 제도는 아니다.

더 나아가 법적으로 구속력 있는 수소 소비 의무가 없다는 점은 권위 기반 수단의 강제력을 제한한다. 재생전력 의무할당제와 달리, 중국의 수소 도입은 대체로 자발적이며 국가 차원의 집행보다는 지방 인센티브에 의해 주도된다³³⁾. 이는 정책 집행을 불균 등을 초래했고, 수소 개발이 장기 탈탄소 목표보다 단기 산업 확장에 치우칠 위험을 높인다.

3.2.3 재정: 규모 주도·기술중립적 재정지원

중국의 재정(금융) 수단은 수소 정책 믹스에서 가장 영향력 있는 구성요소이다. 공공재정은 주로 지방 정부 보조금, 실증사업 재원, 산업용지 및 전력에 대한 우대 접근을 통해 투입된다³⁴⁾.

중국은 통일된 국가 보조금 프로그램을 구축하기 보다는, 수소 촉진을 위한 분권형 시범사업(pilot) 기반 접근을 채택하여 지방정부가 지역 여건에 맞는 지원책을 설계하도록 명시적으로 장려해 왔다²⁴⁾. 베이징, 상하이, 광둥 등 주요 지역은 지역 정책을 통해 연료전지차, 수소충전 인프라, 수전해 설비 제조에 대한 직접 보조금을 도입했다³⁵⁾. 또한 풍력·태양광 출력

제한(curtailment)을 경험하는 재생에너지 부존 지역에 위치한 산업용 수소 프로젝트는 우대 전력요금이나 그린전력 직공급(직거래)의 혜택을 받을 수 있다²⁶⁾.

동시에 중국은 수소를 더 넓은 녹색금융 메커니즘에 점차 통합하고 있다. 녹색채권, 정책금융기관 대출, 국유기업(SOE) 투자 등이 인프라 확장에 핵심적 역할을 한다. 다만 재정 인센티브는 수소의 ‘색(그린/블루/그레이 등)’과 관련해 대체로 기술중립적이어서, 단기적으로 저비용 화석기반 수소의 우위를 강화한다³⁰⁾.

현행 정책은 수소 관련 프로젝트의 빠른 확산에 기여했지만, 지속가능성 관점의 한계도 드러낸다. 공공 지원이 전과정 배출 성과보다는 보급·산업 규모 확대에 더 많이 연동되어 있으며³⁶⁾, 명확한 탄소 기반 가격 신호가 부재해 재생수소에 대한 유인이 제약된다. 이는 중국의 상당한 재생에너지 잠재력에도 불구하고 나타나는 구조적 한계다.

3.2.4 조직: 부처 간 조정과 SOE 주도 집행

조직 관점에서 중국의 수소 거버넌스는 매우 분절적이면서도 국가 중심적이다. 어느 단일 부처도 수소 정책에 대한 전속적 책임을 지지 않으며, NDRC는 주요 현안을 조정하고 지원정책을 마련하기 위해 수소산업 발전을 위한 부처 간 조정 메커니즘 구축을 명시적으로 요구해 왔다.

산업 차원에서는 공업정보화부(MIIT)가 집행을 주도한다. 2024년 12월 발표된 「공업 부문 청정·저탄소 수소 활용 이행계획」은 부처 간 조정 메커니즘의 역할을 강조하며, 자금, 프로젝트, 규제정책, 기술 표준 등 핵심 정책수단의 조정과 부처 간 협력을 강화할 것을 명시한다.

또한 국유기업(SOE)은 정책 집행자이자 시장 참여자로서 조직 측면의 중심적 역할을 차지한다³⁷⁾. 대형 SOE는 수소 생산, 인프라 개발, 산업적 활용을 지배하며, 내몽골과 같은 특정 지역에서 자본과 기술을 신속히 동원할 수 있게 한다³⁸⁾. 동시에 지방정부는 수소 산업단지와 실증구역을 조성하여 수소 개발을 지역 경제·산업 전략에 내재화하고 있다³⁵⁾.

이러한 조직 모델은 비교적 빠른 보급을 뒷받침했지만, 강한 행정 개입과 분절적 거버넌스라는 제도적 한계가 있다. 그 결과, 중앙-지방 및 지역 간 조정 문제로 인해 역할 중복이나 경쟁적 정책 집행이 발생할 수 있다³⁹⁾. 또한 시민사회와 비국가 행위자의 참여가 상대적으로 제한적이라는 점은 투명성과 사회적 책무성 측면에서 도전이 될 수 있다.

3.3 일본

3.3.1 정보: 정량 목표에 기반한 전략 주도

일본의 수소정책은 정보 기반 정책수단의 가장 성숙한 적용 사례 중 하나로 널리 평가된다. 2017년 세계 최초의 국가 차원 「수소기본전략」을 발표한 이후, 일본 정부는 장기 비전, 단계별 로드맵, 명시적 비용 목표를 통해 시장 기대를 유도하고 정책 불확실성을 낮추는 방식에 일관되게 의존해 왔다⁴⁰⁾.

이 접근은 강한 전략적 연속성과 명료성이 특징이다. 2023년 개정 「수소기본전략」은 2050년 탄소중립 달성을 위한 핵심 에너지 운반체로서 수소의 역할을 강화하는 동시에 에너지안보를 강화하는 방향에서, 수소를 전력 부문·산업·국제 에너지 공급망을 가로지르는 시스템적 연결고리로 제시했다^{41,42)}.

일본은 2030년 연간 약 300만 톤, 2050년 약 2,000만 톤이라는 기존 수소 소비 목표에 더해, 암모니아 등 수소 유도체를 포함한 2040년 연간 약 1,200만 톤의 확대 목표를 도입했다. 또한 CIF(운임·보험료 포함 인도조건) 기준에 기반한 수소·암모니아 도입 비용의 단계별 목표 등 비용 절감 벤치마크를 명시했다.

일본 정보 수단의 핵심 특징은 2030·2050년 공급량 목표, CIF 기반 비용 목표, 탄소집약도(CI) 지표의 체계적 활용 등 정량적·투명한 정책목표를 강조한다는 점이다. 일본은 CI 기반 문턱값을 통해 저탄소 적격성을 운용함으로써, 수소 보급을 측정 가능한 탈탄소 성과와 명시적으로 연결한다. 이 체계에서 수소는 화석기반 그레이 수소 대비 전과정 배출을 약 70% 감축해야 하며, 이는 웰투게이트 기준 수소 1 kg당 3.4 kg-CO₂e 문턱값에 해당한다^{41,43)}.

일본은 탄소회계에 관한 국제적 접근과 수소정책의 정렬 필요성도 강조해 왔다. 정책 논의 및 공청회 자료는 IPHE (International Partnership for Hydrogen and Fuel Cells in the Economy) 등 국제 방법론과 정합적인 CI 기반 평가방법의 사용을 언급한다⁴⁴⁾.

또한 일본의 정보 수단은 시장 신호에 그치지 않고 대중 커뮤니케이션과 사회적 수용성까지 포괄한다. 2023년 전략은 안전, 인프라 구축, 사회적 정당성에 대한 우려를 반영하여 ‘대중의 이해’를 핵심 정책 축으로 제시했다^{41,45,46)}.

그럼에도 한계는 존재한다. 일본의 수소전략은 수입 수소 및 수소 유도체 의존도가 높아 CI 불확실성과 해외 생산지의 환경·사회적 지속가능성 거버넌스에 대한 불확실성을 키운다^{47,48)}. 또한 저탄소 수소를 단기적 실현가능성을 위한 과도기 옵션으로 위치시키는 접근이 장기화될 경우, 재생수소에 대한 장기 투자 유인을 약화시키고 기술 고착(lock-in) 위험을 높일 수 있다^{25,49)}.

3.3.2 권위: 「수소사회 촉진법」과 법제화된 거버넌스

일본의 수소 부문에서 권위 기반(Authority) 정책수단은 최근 몇 년 사이 더 공식화되는 경향을 보이며, 전략 중심의 조정 방식에서 보다 법제화된 거버넌스 체계로 점진적으로 이동하고 있음을 시사한다. 이러한 변화는 2024년 「수소사회 촉진법(Hydrogen Society Promotion Act)」 제정에서 가장 분명히 드러나며, 이는 일본 수소 정책 지형에서 중요한 제도적 진전으로 평가된다. 이 법은 저탄소 수소 촉진을 위한 법적 근거를 제공하고, 법률에 의해 정의된 정책 프레임워크를 도입하며, 수소 관련 활동 전반에서 정부 주도의 조정 메커니즘을 구축한다^{47,50)}.

이 입법 프레임워크 하에서 권위는 기존의 행정 관행을 통해서만 행사되는 것이 아니라, 새롭게 제도화된 수단들을 통해서도 행사된다. 여기에는 사업(프로젝트) 계획 및 인증 제도, 수소 특화 규제 장치, 인프라 구축을 촉진하기 위한 절차적 조치 등이 포함된다. 특히 인증 제도는 사전에 정해진 정책 목표에 부합하는 수소 공급 및 수요 프로젝트를 정부가 인

정할 수 있게 함으로써, 규제상 인허가(authorization)를 탈탄소화 및 공급망 구축과 같은 상위 목표와 연결하는 기능을 수행한다⁵⁰⁾. 안전 규제는 대체로 기존 법체계 내에서 지속적으로 운영되지만, 해당 법은 수소의 생산·운송·저장·활용 전반에 걸친 정책 조정력을 강화하는 데 기여하며, 이는 국제기구의 일본 수소 거버넌스 평가에서도 언급된 특징이다⁴²⁾.

일본의 권위 수단은 수소 시장과 공급망을 구조화하는 데 있어 법적 구속력이 있는 프레임워크에 더 크게 의존한다^{50,51)}. 이러한 법제화는 특히 안전기준 및 인프라 입지 선정과 같은 영역에서 민간 행위자에게 예측가능성을 높이고 규제의 모호성을 줄인다. 이는 일본의 보다 광범위한 산업 거버넌스 전통-즉 산업정책이 재량적 행정 통제에 주로 의존하기보다 법률·제도적 장치에 내재되는 전통-과 맞닿아 있다⁵²⁾.

그럼에도 일본의 권위 수단은 적용에 있어 의도적으로 신중한 태도를 유지한다. 엄격한 수소 소비 의무나 구속적 할당제(quota)를 도입하기보다는, 유인·조정·규제 추진을 우선시해 왔다. 이러한 절제는 산업 경쟁력과 에너지 가격 부담에 대한 정치적 민감성, 그리고 에너지 다소비 산업에 과도한 부담을 부과할 수 있다는 우려를 반영한다. 동시에 강력한 강제적 수요측 수단의 부재는 대표적 실증 프로젝트를 넘어 수소 확산 속도를 늦출 수 있다. 따라서 일본의 권위 프레임워크가 법제적으로 정교하고 제도적으로 정합적임에도, 강제수단의 제한적 배치는 수요 구조 전환의 속도를 제약하는 요인으로 작용한다.

3.3.3 재정: 중앙집중형 재정지원

일본의 재정수단은 포괄적이며 전략적으로 표적화되어 있고, 일본 수소정책 믹스의 핵심 축을 이룬다. 공공재정은 수소와 기존 화석연료 간의 지속적인 비용 격차를 해소하는 데 결정적 역할을 수행하며, 이는 대규모 보급을 가로막는 주요 장벽 중 하나이다. 주요 재정수단으로는 그린 이노베이션 펀드(Green Innovation Fund), CfD(차액계약)형 가격 격차 지원 메커니즘, 그리고 공급 저점·항만·파이프라인 등 수소

관련 인프라에 대한 대규모 보조금이 포함된다^{41,53)}.

후속 시행규정과 장관 고시(ordinances)를 통해, 해당 법은 저탄소 수소 및 그 유도체에 대한 생애주기 CO₂ 배출 기반 탄소집약도(CI) 기준을 설정한다. 그리고 이러한 기준은 두 가지 주요 정책지원 범주와 결합된다. (1) CfD 메커니즘으로 설계된 가격 격차 지원, (2) 수소 가치사슬 전반의 투자를 촉진하기 위한 공급망 및 인프라 지원이 그것이다⁴³⁾.

일본의 정책 경로는 ‘저탄소 수소’를 공공 지원 대상이자 장기 계약에 적합한 인증 가능한(certifiable) 상품으로 법률을 통해 제도화한다는 점에서 특징적이다. 이 틀에서 CfD는 가격 위험을 완화하고 수익 예측가능성을 높여 프로젝트의 금융가능성(bankability)을 강화한다. 이러한 제도 설계는 그린본드, 전환금융(transition finance), 그리고 공급망 투자 동원을 가능하게 했다. OECD 사례연구는 이에 따라 일본을 CfD 기반의 제도화된 보조금 체계를 통해 시장을 형성한 선도적 사례로 평가한다⁵³⁾.

단기적·분절적 보조금과 달리, 일본의 재정지원은 장기적이고 중앙집중적 성격으로 설계되어 안정적인 재원 신호를 제공하며, 투자 확실성을 줄이고 민간의 지속적 참여를 촉진한다. 최근 정책 개정은 재정 지원이 단순한 기술 보급이 아니라 CI 기준에 점차 조건화되고 있음을 보여주며, 재정 인센티브를 탈탄소 목표에 더 밀접하게 정렬시키고 있다. 국제기구들은 이러한 변화를 기술중립적 보조금 접근과 대비되는 일본 수소금융 모델의 차별적 특징으로 지적해 왔다^{54,47)}.

일본의 중앙집중적 재정 거버넌스는 지역·부문 전반에서 높은 수준의 정책 정합성과 일관성을 가능하게 한다. 대규모 공적 자금은 초기 상용화 단계에서 공급망 형성과 비용 절감에 전략적으로 집중되며, 공공과 민간 기업 간 조정을 강화하고 장기 로드맵의 신뢰성을 높인다⁴²⁾.

한편, 공공재정에 대한 높은 의존은 재정 지속가능성에 대한 우려를 동반한다. 비용 격차를 메우기 위해 필요한 보조금 규모는 상당하여 공공 예산에 지속적 압박을 가할 수 있다. 기존 연구들은 기술 학

습에 따른 비용 하락과 실행 가능한 국제 수소시장 형성이 충분히 이루어지지 않을 경우, 장기간의 재정 지원은 경제적·정치적으로 지속되기 어려울 수 있다고 경고한다⁵⁵⁻⁵⁷⁾. 이는 일본의 재정 중심 정책 접근이 본질적으로 과도기적 성격을 가진다는 점을 보여준다.

3.3.4 조직: 중앙집중 조정과 제도화된 공공-민간 협력

일본의 조직(Organization) 차원은 강력한 중앙 조정과 제도화된 공공-민간 협력이 결합된 형태로 특징지어진다. 경제산업성(METI)은 수소정책의 핵심 조정기관으로 기능하며, 전문기관, 전문가 위원회, 산업 협의체 등의 지원을 받는다. 이러한 중앙집중적 조직 구조는 정책 정합성에 기여하고 부처 간 분절을 제한하며, 프로그램 중복 위험을 줄여 비교적 일관되고 예측 가능한 정책 집행을 가능하게 한다^{41,47)}.

동시에 일본은 민간 기업을 정책 설계와 집행에 적극적으로 통합하는데, 이는 오랜 조합주의(corporatist)적 거버넌스 전통을 반영한다. 산업계 행위자는 자문 기구, 로드맵 수립 과정, 대규모 실증사업에 참여하며, 이를 통해 정책수단이 기술적 역량과 변화하는 시장 여건에 긴밀히 정렬되도록 한다. 이러한 제도화된 공공-민간 협력 모델은 일본 산업정책의 특징으로 오랫동안 지적되어 왔다⁵⁸⁾.

일본의 조직 역량은 국제 파트너십을 통해 더욱 확장된다. 국제 협력은 해외 수소 공급망 개발과 국제 표준화 진전에서 핵심적 역할을 수행한다. 양자다자 협력 프레임워크는 일본이 국가 경계를 넘어 조직적 영향력을 투사할 수 있게 하며, 이를 통해 국내 자원 제약을 보완하고 신흥 글로벌 수소시장 내 전략적 지위를 강화하는 데 기여한다⁵¹⁾.

그럼에도 리스크는 남아 있다. 높은 중앙집중성은 행정적 경직성을 유발하여, 급격한 기술 변화나 글로벌 시장 역학의 변동에 대응한 정책 적응을 지연시킬 수 있다. 또한 절차 중심의 의사결정은 지역 또는 프로젝트 수준의 유연성을 제약할 수 있는데, 이는 제도적 경로의존성과 정책 관성에 관한 문헌에서 널리 논의되는 문제이다^{59,60)}. 다만 비교 관점에서 볼 때, 일본의 조직 프레임워크는 특히 대규모 인프라

개발과 지속적인 국제 조정 측면에서, 보다 분절적인 체계에 비해 장기 수소 거버넌스에 더 안정적이고 신뢰할 수 있는 기반을 제공하는 것으로 평가될 수 있다.

4. 종합분석

분석결과를 종합한 결과가 아래의 Table 2에 제시되어 있으며, 주요 내용은 다음과 같다. 한국은 청정 수소 인증제도와 K-택소노미를 통해 명확한 기준을 제시함으로써 민간 투자 유인을 강화하고자 하였다. 그러나 K-택소노미의 비구속적 성격으로 인해 민간 부문의 수용성은 제한적인 수준에 머물러 있다. 권위(authority) 기반 정책수단 측면에서 한국은 수소법과 법정 계획을 통해 수소경제를 제도화하였으나, 수입 수소의 환경 관리 측면에서는 여전히 한계가 존재한다. 조직적 측면에서는 공공-민간 거버넌스 구조를 통해 정책 집행이 강화되었지만, 수입 수소의 환경적 영향을 체계적으로 관리하기 위한 제도적 장치는 충분히 마련되지 못하였다. 재정적 측면에서는 청정수소발전의무화제도(CHPS)와 같은 재정적 유인을 도입하여 기후 성과와 연계된 보상 메커니즘을 구축하였으나, 정책 신호의 신뢰성과 지속성에 대해서는 여전히 불확실성이 존재한다.

결절성(nodality) 측면에서 중국의 수소 정책은 상향식 접근을 채택하고 있으며 수소에 대한 유연한 정의를 적용하고 있다. 이러한 접근은 초기 산업 단계에서 산업계의 저항을 완화하는 데 효과적이었으나, 지속가능성 기준이 불명확하다는 비판도 제기되고 있다. 권위 측면에서는 수소 정책이 법적 구속력이 없는 계획 중심 체계로 운영되어 행정적 유연성을 제공하지만, 그 결과 규제의 일관성이 부족하다는 문제가 발생한다. 재정적 정책수단은 지방정부 보조금과 기술 중립적 지원을 중심으로 이루어지며, 이는 단기적으로 저비용 화석연료 기반 수소의 우위를 강화할 가능성이 있다. 조직적 측면에서는 국유기업(SOE)이 중심적 역할을 수행하는 국가 중심의 분절된 거버넌스 구조가 형성되어 있어 중앙정부와 지방정부 간 정

Table 2. Comparative analysis of hydrogen policy instruments

Dimension	S. Korea		China		Japan	
	Key Instruments	Effects /Limitation	Key Instruments	Effects /Limitation	Key Instruments	Effects /Limitation
Nodality (Information)	Hydrogen Economy Roadmap (2019); National H2 Strategy; green hydrogen certification	(+) Market signaling; public awareness (-) Weak enforceability; vague green H2 definition	H2 Mid- & Long-Term Plan (2021-35); Industrial Implementation Plan (2024); Clean H2 Standards	(+) Sector coordination; flexible diffusion (-) Unclear green H2 definition; limited MRV	Basic H2 Strategy (2017, rev. 2023); cost & volume targets; CI-based standards (IPHE-aligned)	(+) Clear quantitative targets; intl. standard-setting (-) Limited enforceability; import dependency risk
Authority	Hydrogen Economy Promotion Act (2020); safety regulations; supply chain mandates	(+) Legal certainty; regulatory predictability (-) Slow to update; limited demand-side binding rules	National H2 planning system; decarbonization guidelines; carbon-peaking integration	(+) Rapid local implementation (-) No binding legal mandates; fragmented standards	H2 Society Promotion Act (2024); certification system; supply chain regulation	(+) Legalized governance; infrastructure facilitation (-) No binding quotas; cautious pace may slow demand
Treasure (Finance)	FCEV subsidies; H2 station support; R&D funds; renewable H2 tariffs	(+) Demand creation; infrastructure build-out (-) Heavy fossil H2 bias; limited carbon price signal	Local FCV/infra subsidies; green finance (bonds, SOEs); preferential electricity pricing	(+) Market creation; rapid scaling (-) Technology-neutral; regional disparities; weak carbon pricing	Green Innovation Fund; CfD price-gap support; CI-conditioned incentives	(+) Investment mobilization; cost reduction (-) High fiscal burden; subsidy dependency risk
Organization	H2 Convergence Alliance; inter-ministry coordination; public-private councils	(+) Stakeholder coordination; industry alignment (-) Overlapping responsibilities; limited autonomy	Demo city clusters; H2 industrial parks; inter-ministerial body; SOE-led projects	(+) Rapid deployment; industrial integration (-) Fragmented governance; limited non-state participation	METI-led coordination; public-private partnerships; intl. supply chain consortia	(+) Stable governance; global supply chain expansion (-) Administrative rigidity; private sector dependence

Note : Along with the expert judgment of three co-authors, Effects (+) and limitations (-) are summarized from official policy documents and academic literature.

책 조정의 어려움이 발생할 가능성이 있다.

일본은 정보 기반 정책수단을 전략적으로 활용하여 시장 조정 기능을 강화하고 정책 신뢰성을 제고하며 투자 불확실성을 감소시키고 있다. 특히 정량적 목표와 비용 목표를 명시적으로 제시함으로써 정책 신뢰성을 강화하였다. 그러나 수입 수소에 대한 높은 의존도는 탄소집약도(CI)의 불확실성과 해외 생산지에서의 환경·사회적 지속가능성 거버넌스 문제를 야기할 수 있다. 권위 측면에서는 수소사회추진법 제정을 통해 법적 기반을 마련하고 규제 예측가능성을 높였지만, 강제적 정책수단의 부재는 수소 확산 속도를 제한할 수 있다. 재정 측면에서는 중앙정부 중심의 재정 지원을 통해 안정적이고 장기적인 투자 환

경을 조성하였으나, 높은 재정 의존도는 재정 지속가능성 측면에서 우려를 낳는다. 조직적 측면에서는 강력한 중앙 조정과 제도화된 공공-민간 협력 구조가 구축되어 있으나, 제도적 경직성으로 인해 급격한 환경 변화에 대한 적응이 지연될 가능성이 있다.

한국, 중국, 일본은 수소경제로의 전환을 통해 탈탄소화와 경제성장이라는 이중 목표를 추구하는 과정에서 국가 주도적 접근을 공유하고 있다. 그러나 각국의 산업화 과정에서 형성된 제도적 경로의존성에 따라 정책수단의 조합에는 차이가 나타난다. 이러한 역사적 경로의존성은 국가와 시장 간 관계 및 선호되는 거버넌스 방식에 영향을 미친다. 강한 발전국가 전통을 가진 한국은 법률과 법정 계획을 통해 집

행되는 권위 기반 정책수단에 상대적으로 높은 비중을 두고 있다. 발전국가 전통과 코포라티즘이 결합된 일본은 전략 중심의 조정 메커니즘에서 점차 법제화된 거버넌스 체계로 전환하는 모습을 보인다^{61,62}). 반면 국가자본주의 전통이 강한 중국은 독립적인 수소 법률보다는 국가 발전계획을 중심으로 수소 정책을 추진하고 있다.

수소경제 실현을 위해서는 한국, 중국, 일본 간 협력적 리더십이 중요하다. 특히 낮은 에너지 자급률, 유사한 산업 구조, 낮은 경제 성장률이라는 사회경제적 조건을 공유하는 중견국인 한국과 일본은 글로벌 수소 공급망 구축을 위해 협력을 강화하고, 이러한 협력을 ASEAN, 중동, 아프리카, 중국 등으로 확대할 필요가 있다⁶²). 중국과 한·일 간 수소 협력은 장기적으로 유망하지만, 경제안보 관점에서 한국과 일본 모두 이미 중국에 대한 경제 의존도가 높은 상황이므로 수소 공급망 구축 과정에서 중국 의존도를 적절히 관리할 필요가 있다.

5. 결론 및 정책적 시사점

본 연구는 한국, 중국, 일본의 수소 정책수단을 비교 분석하여 각국의 정책 접근 방식을 파악하였다. NATO 분석 틀을 통해 해석한 결과, 정책수단들은 상호 보완적이며 개별 정책수단의 효과성보다 정책수단 간 정합성이 산업 생태계 형성에 더 큰 영향을 미칠 수 있다. 특히 정보 제공, 권위적 규제, 재정 지원, 조직적 관리가 조화롭게 결합될 때 수소경제의 성공적 발전이 가능하다는 점을 강조한다.

본 연구의 정책적 함의는 다음과 같다. 첫째, 정책수단 간 정합성을 높이는 방향으로의 검토가 필요하다. 이를 위해 정보 기반 정책수단이 권위 기반 규제 및 재정적 인센티브와 일관되게 연계될 수 있도록 설계를 정교화할 필요가 있다.

둘째, 민간 투자를 유도하기 위한 인센티브 구조의 보완이 고려될 수 있다. 단순한 비구속적 가이드라인에 대한 의존도를 낮추고, 민간 부문의 자발적 참여를 촉진할 수 있는 정책 설계가 점진적으로 모

색될 필요가 있다.

셋째, 수입 수소의 환경 영향을 체계적으로 관리하기 위해 전담 규제기관과 범부처 조정기구 등 제도적 기반을 단계적으로 마련하는 것이 바람직하다. 이는 지속가능한 수소경제로의 전환을 뒷받침하는 하나의 방향이 될 수 있다.

넷째, 정책의 일관성과 예측가능성 제고를 위해 수소 관련 규제의 법적 구속력을 점진적으로 강화하는 방안을 검토할 수 있다.

다섯째, 공공 재정에 대한 의존도를 완화하기 위해 다양한 자원 조달 방식과 장기적으로 지속가능한 금융 모델을 모색하는 것이 중장기적 과제로 논의될 수 있다.

이러한 정책적 함의는 정책수단 간 정합성을 높이고 수소경제로의 전환을 뒷받침하는 데 있어 하나의 방향성을 제시한다. 특히 정보 제공, 규제, 재정 지원, 조직적 관리가 상호 보완적으로 작동하는 정책 설계는 수소 산업 생태계의 안정적 형성과 시장 신뢰 확보를 촉진할 수 있을 것으로 보인다. 나아가 이러한 거버넌스 체계는 수소 공급망의 지속가능성 확보와 국제 협력 확대에도 긍정적인 영향을 미칠 수 있으며, 글로벌 에너지 전환 과정에서 각국의 전략적 대응 역량을 높이는 데 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

후 기

본 연구는 아주대학교 교내연구비의 지원을 받아 수행되었으며, Fangting Cheng, 박성빈, 이유현이 참여하여 저술한 RIFS의 2025년도 보고서(ISBN미부여) 중 “한국” 파트의 내용을 일부 재구성하고 있음을 밝힘.

References

1. Y. Lee, M. C. Lee, and Y. J. Kim, “Barriers and strategies of hydrogen fuel cell power generation based on expert survey in South Korea”, *International Journal of Hydrogen Energy*, Vol. 47, No. 9, 2022, pp. 5709-5719, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2021.11.212>.
2. Y. Lee, M. H. Cho, M. C. Lee, and Y. J. Kim, “Policy agenda

- toward a hydrogen economy: institutional and technological perspectives”, *International Journal of Hydrogen Energy*, Vol. 54, 2024, pp. 1521-1531, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2023.12.129>.
3. N. Johnson, M. Liebreich, D. Kammen, P. Ekins, R. McKenna, and I. Staffell, “Realistic roles for hydrogen in the future energy transition”, *Nature Reviews Clean Technology*, Vol. 1, No. 5, 2025, pp. 1-21, doi: <https://doi.org/10.1038/s44359-025-00050-4>.
 4. S. H. Kim, J. Kim, and H. Y. Shin, “Exploring strategies for implementing hydrogen society based on psychological attitudes towards hydrogen fuel: focused on risk perception, familiarity and acceptability”, *Transactions of the Korean Hydrogen and New Energy Society*, Vol. 33, No. 4, 2022, pp. 267-283, doi: <https://doi.org/10.7316/KHNES.2022.33.4.267>.
 5. X. Chen, L. Zheng, G. Cai, X. Qi, and J. He, “Promoting innovation: policy impacts on global hydrogen value chain”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 223, 2025, pp. 116014, doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2025.116014>.
 6. G. B. Doern and P. S. Wilson, “Issues in Canadian public policy”, Macmillan of Canada, 1974, Retrieved from <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:152568833>.
 7. L. M. Salamon and M. S. Lund, “Beyond privatization: the tools of government action”, Urban Institute Press, USA, 1989.
 8. A. Schneider and H. Ingram, “Behavioral assumptions of policy tools”, *The Journal of Politics*, Vol. 52, No. 2, 1990, pp. 510-529, doi: <https://doi.org/10.2307/2131904>.
 9. E. Vedung, “Policy instruments: typologies and theories”, In M.L. Bemelmans-Videc, R. C. Rist, and E. Vedung (Eds.), “Carrots, sticks, and sermons: policy instruments and their evaluation”, Transaction Publishers, USA, 1998, pp. 21-58.
 10. Y. H. Chun, “The diversity of policy tools: issues and evaluations of tool classifications”, *Journal of Government Studies*, Vol. 13, No. 4, 2007, pp. 259-295, Retrieved from <https://scholar.kyobobook.co.kr/article/detail/4040060730934>.
 11. M. J. Moon, “Locus and theoretical focus in policy tool studies: new area or new perspective?”, *Korean Public Administration Review*, Vol. 42, No. 4, 2008, pp. 321-346, Retrieved from <https://scholar.kyobobook.co.kr/article/detail/4040060730439>.
 12. Y. Lee, I. Seo, and S. Kim, “The effect of combinations of policy instruments: focusing on the impact on the sustainability of the marine environment”, *Korean Journal of Policy Studies*, Vol. 32, No. 1, 2023, pp. 113-142, Retrieved from <https://scholar.kyobobook.co.kr/article/detail/4040049723269>.
 13. Y. Park and S. Yeom, “Socio-technical transition on Korea hydrogen economy: analysis of Korean hydrogen economy using multi-level perspective”, *Journal of Technology Innovation*, Vol. 25, No. 2, 2022, pp. 389-408, doi: <https://doi.org/10.35978/jktis.2022.4.25.2.389>.
 14. S. Borrás and C. Edquist, “The choice of innovation policy instruments”, *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 80, No. 8, 2013, pp. 1513-1522, doi: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2013.03.002>.
 15. J. Meckling and J. Nahm, “When do states disrupt industries? Electric cars and the politics of innovation”, *Review of International Political Economy*, Vol. 25, No. 4, 2018, pp. 505-529, doi: <https://doi.org/10.1080/09692290.2018.1434810>.
 16. D. Oh, D. Lee, and S. Y. Yoon, “A comparative legal study of the EU taxonomy and the Korean green taxonomy”, *Business Law Review*, Vol. 38, No. 3, 2024, pp. 373-421, doi: <https://doi.org/10.24886/BLR.2024.09.38.3.373>.
 17. J. Kim and S. Jang, “A study on the strategies for early settlement of market driven hydrogen economy in Korea (2/3)”, KEEI Report 2021, 2021, Retrieved from https://www.keei.re.kr/pdfOpen.es?bid=0001&list_no=82118&seq=1.
 18. Y. Lee, M. Kim, and S. Pak, “Technical and institutional policy goals of the FCEV industry: comparing perceptions of policy experts in South Korea and Japan”, *Japanese Studies Review*, Vol. 30, 2024, pp. 298-327, Retrieved from <https://www.earticle.net/Article/A442658>.
 19. Y. Lee, Y. J. Kim, and M. C. Lee, “Navigating stakeholder perspectives on hydrogen generation technologies: a Q-methodology study of current hydrogen production policy in South Korea”, *International Journal of Hydrogen Energy*, Vol. 113, 2025, pp. 777-786, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2025.02.431>.
 20. D. Majumder-Russell and S. Lee, “Hydrogen law, regulations & strategy in South Korea”, CMS, Tax-Law-Future, 2024, November 21, Retrieved from <https://cms.law/en/int/expert-guides/cms-expert-guide-to-hydrogen/south-korea>.
 21. S. Tam, “South Korea opens hydrogen power bidding market”, Argus Media, 2023, June 9, Retrieved from <https://www.argusmedia.com/en/news-and-insights/latest-market-news/2457898-south-korea-opens-hydrogen-power-bidding-market>.
 22. L. Collins, “South Korea abruptly cancels controversial clean hydrogen power generation tender announced five months ago”, *Hydrogen Insight*, 2025, October 17, Retrieved from <https://www.hydrogeninsight.com/power/south-korea-abruptly-cancelscontroversial-clean-hydrogen-power-generation-tender-announced-five-months-ago/2-1-1887750>.
 23. X. Meng, M. Chen, A. Gu, X. Wu, B. Liu, J. Zhou, and Z. Mao, “China’s hydrogen development strategy in the context of double carbon targets”, *Natural Gas Industry B*, Vol. 9, No. 6, 2022, pp. 521-547, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ngib.2022.11.004>.
 24. National Development and Reform Commission (NDRC) and National Energy Administration of China (NEA), “Medium and long-term plan for the development of the hydrogen energy industry (2021-2035)”, Government of China, 2022.
 25. International Energy Agency (IEA), “Global hydrogen review 2022”, 2022, Retrieved from <https://www.iea.org/reports/glob>

- al-hydrogen-review-2022.
26. Ministry of Industry and Information Technology (MIIT), "Implementation plan for accelerating clean and low-carbon hydrogen applications in industry", Government of China, 2024.
 27. National Energy Administration (NEA), "Announcement No. 7 of the National Energy Administration", Government of China, 2025, December 18.
 28. Ministry of Ecology and Environment (MEE), "Expert interpretation: China's first CCER methodology for hydrogen, unlocking significant emissions reduction potential", Government of China, 2025, December 29.
 29. Japan External Trade Organization (JETRO), "World's largest green hydrogen, ammonia, and methanol production hub begins operations in Songyuan, Jilin Province", December 2025c, Retrieved from <https://www.jetro.go.jp/biznews/2025/12/2d076eae6684128f.html>.
 30. R. Su, Y. Xiao, F. Hamza, Z. Mamadiyarov, and A. Wahab, "Scaling up green hydrogen in China: economic opportunities and challenges", *International Journal of Hydrogen Energy*, Vol. 131, 2025, pp. 60-69, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2025.04.126>.
 31. Y. Huang, Y. Zhou, R. Zhong, C. Wei, and B. Zhu, "Hydrogen energy development in China: potential assessment and policy implications", *International Journal of Hydrogen Energy*, Vol. 49, 2024, pp. 659-669, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydne.2023.10.176>.
 32. W. Liu, Y. Wan, Y. Xiong, and P. Gao, "Green hydrogen standard in China: standard and evaluation of low-carbon hydrogen, clean hydrogen, and renewable hydrogen", In Y. Li, H. Phoumin, and S. Kimura (Eds.), "Hydrogen sourced from renewables and clean energy: a feasibility study of achieving large-scale demonstration (ERIA Research Project Report FY2021 No. 19, pp. 211-224)", Economic Research Institute for ASEAN and East Asia, Indonesia, 2021, Retrieved from https://www.eria.org/uploads/media/Research-Project-Report/RPR-2021-19/15_Chapter-9-Green-Hydrogen-Standard-in-China_Standard-and-Evaluation-of-Low-Carbon-Hydrogen%2C-Clean-Hydrogen%2C-and-Renewable-Hydrogen.pdf.
 33. A. Miller-Wang, "China's hydrogen development: a tale of three cities (OIES paper: CE5)", Oxford Institute for Energy Studies, 2023, March, Retrieved from <https://www.oxfordenergy.org/wpcms/wp-content/uploads/2023/03/Chinas-hydrogen-development-CE5.pdf>.
 34. Z. Sha, N. A. Adam, S. Mirzaliyev, S. Tanriverdiyev, and C. Bi, "Renewable revolution in China: unveiling the financial paradigm shift in hydrogen energy and sustainable finance management", *International Journal of Hydrogen Energy*, Vol. 122, 2025, pp. 374-385, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2025.03.140>.
 35. Japan External Trade Organization (JETRO), "Latest developments in the hydrogen fuel cell industry in South China", September 2025a, Retrieved from https://www.jetro.go.jp/ext_images/_Reports/02/2025/da6a00a5a3d32618/SCE_GUANGZHOU_report.pdf.
 36. Japan External Trade Organization (JETRO), "Focusing on achieving carbon neutrality through the promotion of green hydrogen (China) — green hydrogen promotion policies from the perspectives of production and demand", June 2025b, Retrieved from <https://www.jetro.go.jp/biz/areareports/special/2024/1002/96555771fd37e877.html>.
 37. B. E. Munkhsaikhan and A. Kamal, "The role of state ownership policy in China's energy sector: challenges and opportunities for foreign multinational corporations in controlled economy", *China and WTO Review*, Vol. 10, No. 2, 2024, doi: <https://doi.org/10.52152/cwr.2024.10.2.04>.
 38. Y. Lou and A. S. Corbeau, "China's hydrogen strategy: national vs. regional plans (Commentary)", Center on Global Energy Policy, Columbia University School of International and Public Affairs, 2023, October 31, Retrieved from https://www.energypolicy.columbia.edu/wp-content/uploads/2023/10/China-HydrogenDevelopment-Commentary_CGEP_102023-4.pdf.
 39. S. Zhang and P. Andrews-Speed, "State versus market in China's low-carbon energy transition: an institutional perspective", *Energy Research & Social Science*, Vol. 66, 2020, pp. 101503, doi: <https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.101503>.
 40. Ministry of Economy, Trade and Industry (METI), "Basic hydrogen strategy", Government of Japan, 2017, Retrieved from <https://policy.asiapacificenergy.org/sites/default/files/Basic%20Hydrogen%20Strategy%20%28EN%29.pdf>.
 41. Ministry of Economy, Trade and Industry (METI), "Basic hydrogen strategy", Government of Japan, 2023, Retrieved from https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shoene_shinene/suiso_seisaku/pdf/20230606_5.pdf?utm_source=chatgpt.com.
 42. International Energy Agency (IEA), "Global hydrogen review 2023", 2023, Retrieved from <https://www.iea.org/reports/global-hydrogen-review-2023>.
 43. W. Ito, T. Adachi, F. T. Cheng, T. Ishikawa, Y. Lee, S. B. Pak, R. Sharma, K. Tamura, M. Rischer, and R. Quitzow, "Hydrogen governance and sustainability in the Asia-Pacific: approaches in Japan, South Korea, and India (RIFS Study)", 2025, Retrieved from https://publications.rifs-potsdam.de/rest/items/item_6004759_2/component/file_6004786/content.
 44. International Partnership for Hydrogen and Fuel Cells in the Economy (IPHE), "Methodology for determining the greenhouse gas emissions associated with the production of hydrogen (working paper version 3)", 2023, Retrieved from <https://www.iphe.net/iphe-wp-methodology-doc-jul-2023>.
 45. J. Yap and B. McLellan, "Evaluating the attitudes of Japanese society towards the hydrogen economy: a comparative study of recent and past community surveys", *International Journal*

- of Hydrogen Energy, Vol. 54, 2024, pp. 66-83, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2023.05.174>.
46. S. Hienuki, M. Hirayama, Y. Hirayama, H. Kamada, N. Kasai, T. Shibutani, and T. Otaki, "Public acceptance for the implementation of hydrogen self-refueling stations", *International Journal of Hydrogen Energy*, Vol. 46, No. 72, 2021, pp. 35739-35749, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2021.08.115>.
 47. International Energy Agency (IEA), "Global hydrogen review 2025", 2025, Retrieved from <https://www.iea.org/reports/global-hydrogen-review-2025>.
 48. A. Abeynaike and Y. Barbenel, "Energy carrier exports from New Zealand to Japan: a comparative life cycle assessment of hydrogen and ammonia", *International Journal of Hydrogen Energy*, Vol. 107, 2025, pp. 270-278, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2024.07.146>.
 49. D. Rosenbloom and J. Meadowcroft, "Accelerating pathways to net zero: governance strategies from transition studies and the transition accelerator", *Current Climate Change Reports*, Vol. 8, 2022, pp. 104-114, doi: <https://doi.org/10.1007/s40641-022-00185-7>.
 50. Ministry of Economy, Trade and Industry (METI), "Overview of the hydrogen society promotion act", Government of Japan, 2024.
 51. International Energy Agency (IEA), "Global hydrogen review 2024", 2024, Retrieved from <https://www.iea.org/reports/global-hydrogen-review-2024>.
 52. C. Johnson, "MITI and the Japanese miracle: the growth of industrial policy, 1925-1975", Stanford University Press, USA, 1982.
 53. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), "Subsidy scheme for green hydrogen in Japan: case study", OECD, 2024, Retrieved from <https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/about/programmes/cefim/green-hydrogen/2024-case-studies/Subsidy-scheme-Japan-case-study-2024.pdf>.
 54. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) and World Bank, "Scaling hydrogen financing for development", OECD Publishing, 2024, doi: <https://doi.org/10.1787/0287b22e-en>.
 55. International Renewable Energy Agency (IRENA), "Global hydrogen review 2022", 2022, Retrieved from <https://www.iea.org/reports/global-hydrogen-review-2022>.
 56. G. C. Unruh, "Understanding carbon lock-in", *Energy Policy*, Vol. 28, No. 12, 2000, pp. 817-830, doi: [https://doi.org/10.1016/S0301-4215\(00\)00070-7](https://doi.org/10.1016/S0301-4215(00)00070-7).
 57. J. Huenteler, T. S. Schmidt, J. Ossenbrink, and V. H. Hoffmann, "Technology life-cycles in the energy sector: technological characteristics and the role of deployment for innovation", *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 104, 2016, pp. 102-121, doi: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2015.09.022>.
 58. S. K. Vogel, "Japan remodeled: how government and industry are reforming Japanese capitalism", Cornell University Press, USA, 2006.
 59. P. Pierson, "Increasing returns, path dependence, and the study of politics", *American Political Science Review*, Vol. 94, No. 2, 2000, pp. 251-267, doi: <https://doi.org/10.2307/2586011>.
 60. T. S. Schmidt and S. Sewerin, "Measuring the temporal dynamics of policy mixes: an empirical analysis of renewable energy policy mixes' balance and design features in nine countries", *Research Policy*, Vol. 48, No. 10, 2019, pp. 103557, doi: <https://doi.org/10.1016/j.respol.2018.03.012>.
 61. S. Pak and S. Lee, "Changes in Japan's infrastructure export strategy and Korea-Japan cooperation: the interplay of openness and complementarity in infrastructure export systems", *International Area Studies Review*, Vol. 33, No. 2, 2024, pp. 101-130, Retrieved from <https://hdl.handle.net/10371/214125>.
 62. Y. Lee and S. B. Pak, "Advancing global cooperation toward the hydrogen economy: a case study of Japan-Korea cooperation", *Pacific Focus*, Vol. 40, No. 1, 2025, pp. 100-124, doi: <https://doi.org/10.1111/pafo.12270>.
 63. Korea Energy Economics Institute (KEEI), Retrieved from <https://www.keei.re.kr/menu.es?mid=a10211010100>.