



해외 청정수소 인증제도와 국내적 시사점

류 경 주*

요 약

제3차 수소경제위원회는 청정수소의 조기 상용화 지원을 위해 청정수소 인증제(이하 ‘인증제’) 도입 계획을 심의·의결하였고, 국회에는 인증제 도입을 위해 「수소경제 육성 및 수소 안전관리에 관한 법률」 개정안이 발의되어 소관 상임위원회에 계류 중이다. 이 보고서에서는 EU·중국·일본의 인증제 도입을 위해 논의된 사항을 분석하여 국내 인증제 도입에 필요한 시사점을 살펴보았다.

EU는 수소 생산과정에서의 이산화탄소 배출량 감축 수준 및 재생에너지 사용 여부에 따라 저탄소 또는 그린 수소로 인증하는 안을 마련하여 유럽 「재생에너지 지침(REDII)」에 이를 반영하기 위한 단계를 진행하고 있다. 중국은 청정수소에 대한 기준 및 평가 방법을 표준으로 제정하였고 수소생산 시 이산화탄소 배출량 감축 정도 및 재생에너지 사용 여부에 따라 저탄소·청정·재생 수소로 구분하여 인증한다. 일본은 청정수소 인증을 위한 연구를 진행 중이며 재생에너지 사용 여부와 상관없이 수소생산 시 이산화탄소 배출량 대비 감축량에 따라 4단계 등급으로 인증하는 안이 검토되고 있다.

EU·중국·일본의 청정수소 인증기준 및 등급은 자국의 수소생산 여건 및 생산공정에서의 이산화탄소 배출량을 고려한 것으로, 국내 인증제 도입 시 해외 인증제도, 국내 수소 공급 안정성, 수소 생산 기술수준 및 경제성 등을 고려하여 국내 환경에 맞는 인증기준과 등급을 마련할 필요가 있다. 더불어 아직 다수 국가에서 청정수소 인증제가 도입되지 않은 현실임을 감안하면 청정수소 인증 대상으로 해외생산 수입수소를 포함하는 경우 해외에서 생산된 수소의 청정성을 확인하기 위한 방안도 마련해야 할 것이다.



I. 들어가며

1. 논의 배경

수소위원회(Hydrogen Council)¹⁾는 ‘Hydrogen, Scaling up(수소 시장의 확대)’ 보고서²⁾를 통해 2050년에 수소에너지가 전 세계 에너지 수요량의 대략 20%를 담당할 것으로 전망했다. 에너지원으로서 수소에너지는 사용 시 이산화탄소를 배출하지 않아 탄소중립 목표 달성을 위한 핵심적 역할을 할 수 있다는 점에서 많은 나라가 탄소에너지에서 수소에너지로의 전환에 힘쓰고 있다.

수소는 우주 질량의 약 75%를 차지하는 가장 풍부한 원소이지만, 에너지원으로 사용하기 위해서는 화석연료나 물 등 수소가 포함되어 있는 에너지 자원으로부터 별도로 수소를 분리·생산하는 과정을 거쳐야 한다. 생산방식에 따라 수소는 부생수소, 추출수소, 수전해수소로 구분된다. 부생수소는 석유화학 공정의 부산물로 발생하고, 추출수소는 천연가스를 고온·고압의 수증기로 분해하여 생산하며, 수전해수소는 재생에너지 전기를 이용해 물에서 분해하여 얻어진다. 이 중 부생수소와 추출수소는 그레이수소라 하는데, 화석연료를 기반으로 하기 때문에 태생적으로 생산과정에서 많은 온실가스가 발생한다. 그레이수소 생산과정에서 발생한 이산화탄소를 포집·활용·저장(Carbon Capture Utilization and Storage: CCUS) 기술을 적용하여 생산한 수소가 블루수소로 이는 이산화탄소를 모아 가두어 둠으로써 온실가스의 배출을 최소화한다. 재생에너지를 사용하여 생산한 수전해수소는 생산과정에서 이산화탄소를 배출하지 않아 그린수소라는 명칭으로 불리지고 있다.

[그림 1] 생산방식에 따른 수소의 분류



출처: 수소융합얼라이언스추진단

그런데 2020년 기준 국내에서 생산된 수소는 대부분 그레이수소(부생수소 및 추출수소)로서 이산화탄소의 배출을 줄인 친환경적인 청정수소(그린수소 및 블루수소)의 비중은 전무한 상태이다.³⁾ 2050년 탄소중립 목표 실현을 위해서는 청정수소 보급이 매우 중요한 문제이며, 이산화탄소 무배출(CO₂-free) 그린수소 생산을 위

1) 수소 경제 관련 글로벌 CEO 협의체로, 2017년 1월 17일 세계경제포럼 개최 기간에 설립되었다.

2) Hydrogen Council, 「Hydrogen, Scaling up」, 2019.11.

3) 관계부처 합동, 「제1차 수소경제 이행 기본계획」, 2021.11.26.

한 제도적·기술적 기반 마련이 시급하다.

정부는 탄소경제에서 수소경제로의 전환을 위해 2019년 1월 6일 발표한 ‘수소경제 활성화 로드맵’에서 그레이수소에서 그린수소로 수소생산 패러다임 전환을 표명한 바 있고, 2021년 3월 제3차 수소경제위원회⁴⁾는 청정수소의 조기 상용화 지원을 위해 청정수소 인증제 도입 계획을 심의·의결하였으며, ‘수소경제 민간투자 계획 및 정부 지원방안’에서는 청정수소 인증제 도입 후 단계적 그린수소 의무화를 추진하고, 그 일환으로 「수소경제 육성 및 수소 안전관리에 관한 법률」(이하 ‘수소법’)에 청정수소의 개념 및 지원근거를 명시하겠다고 밝힌 바 있다.

한편, 국회에 발의된 수소법 개정안에서는 그린수소 외에 블루수소도 청정수소에 포함하는 내용으로 청정수소 인증제가 설계되고 있다.

EU, 중국, 일본 등을 중심으로 청정수소 인증제 도입을 위한 논의가 활발히 진행 중이므로, 이 보고서는 이들 국가에서 현재까지 논의된 내용을 살펴보고, 국내 청정수소의 개념 정립 및 인증제 도입을 위해 필요한 입법·정책적 시사점을 도출하고자 한다.

II. 주요국의 청정수소 인증제도 도입 추진 현황

1. 유럽연합(EU)

유럽연합(EU)은 2014년부터 그린 및 저탄소 수소 인증제 도입을 위한 제도설계를 시작하였다. 이는 EU 집행위원회(European Commission)의 요청에 따라 FCH JU(연료전지 및 수소 공동사업: The Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking)⁵⁾ 자금 지원 프로젝트인 ‘CertifHy’에 의해 수행되고 있다.

CertifHy는 그린 및 저탄소 수소의 정의와 프리미엄 수소 인증제도(Guarantee of Origin scheme for premium hydrogen: GO)⁶⁾ 구현 로드맵 등을 포함하여 그린 및 저탄소 수소에 대한 인증을 유럽 전역에서 시행하기 위하여 3단계로 진행되는 프로젝트이다. 그린 및 저탄소 수소의 정의와 GO 제도의 설계는 1단계(2014년부터 2016년까지)에서 이루어졌고,⁷⁾ 현재까지 75,000개 이상의 그린 및 저탄소 수소 인증이 이루어졌으며,⁸⁾ 현재는 EU 「재생에너지 지침(Renewable Energy Directive, REDII)」에 수소 GO 제도를 반영하는 3단계 프로젝트가 진행 중이다.

EU는 수소 생산 전과정에서 발생하는 이산화탄소 배출량을 기준으로 수소를 구분하여 인증한다. 수소 생산

4) 「수소경제 육성 및 수소 안전관리에 관한 법률」 제6조에 따라 수소경제 이행과 관련된 주요 정책 및 계획에 관한 사항을 심의하기 위하여 국무총리 소속으로 설치되었다.

5) 유럽의 연료전지 및 수소에너지 기술에 관한 연구, 기술개발 및 실증(RTD) 활동을 지원하는 공공 민간 파트너십이다.

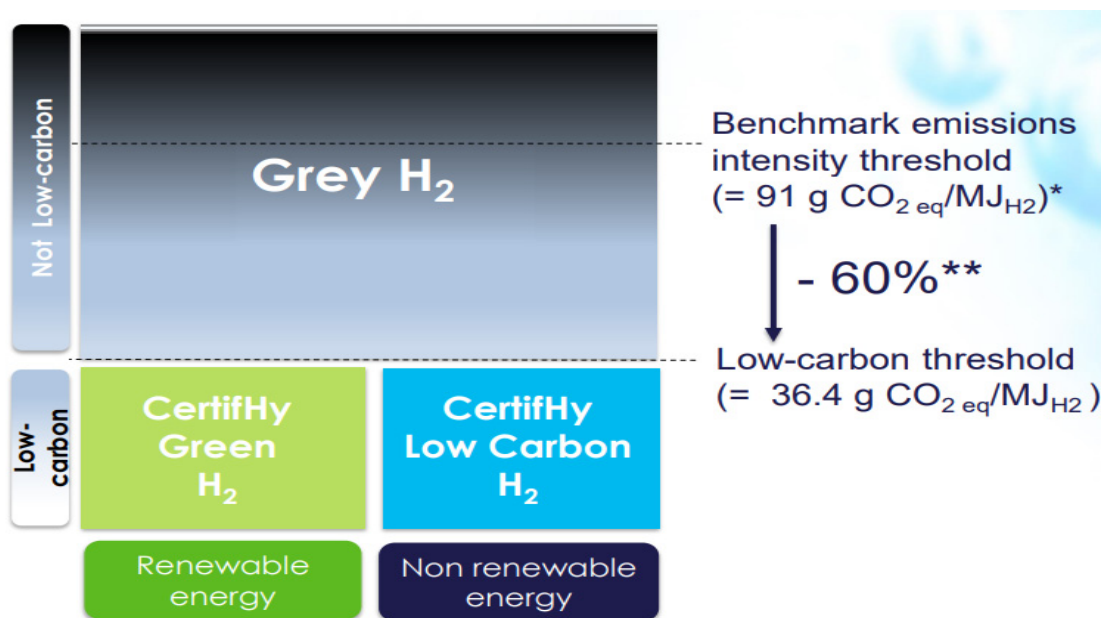
6) GO는 수소 소비자에게 이용하고자 하는 수소가 그린수소 또는 저탄소수소인지 등에 대한 정보를 전자문서로 보증하고 제공한다.

7) 2단계(2017.10.~2019.6.)에서는 수소 생산 공장 감사, 그린·저탄소 수소의 인증, GO 발행·거래·사용에 이르는 수소 GO 전과정에 걸친 프로세스와 절차를 정의하는 것을 목표로, 이를 위해 GO 이해관계자 플랫폼 구성, EU 회원국에 수소 GO가 그린 및 저탄소 수소의 인증을 보장하는 주요 방식이 되도록 제도 설계, 수소 GO 시범운영 등을 수행하였고, 3단계(2019년 말~ 2021년 말)에서는 EU 전역에 수소 GO를 적용하기 위한 핵심요소(관할당국·발행기관·등록부·인증기관)를 구현하고, 규정·규범 및 표준 등을 확정할 예정이다.

8) CERTIFHY®, <https://www.certifhy.eu>, (2021.12.16.)

방식 중 천연가스에서 수소를 추출하는 방식, 특히 탄소포집 및 저장(Carbon Capture and Storage: CCS) 설비가 추가되지 않은 중앙 집중형 천연가스 추출방식의 EU 내 평균 이산화탄소 배출량인 $91\text{gCO}_2\text{eq/MJ}_{\text{H}_2}$ ⁹⁾를 기준 배출량으로 설정한다.¹⁰⁾ 이 기준 배출량보다 이산화탄소를 60% 이상 감축하여 40% 수준($36.4\text{gCO}_2\text{eq/MJ}_{\text{H}_2}$ ¹¹⁾)으로 유지한 수소를 프리미엄 수소로 정의하고 있다. 프리미엄 수소는 다시 저탄소수소(Low-carbon Hydrogen)와 그린수소(Green Hydrogen)로 구분하여 인증한다.

[그림 2] EU 프리미엄 수소의 정의



주: * BAT (Best available technology) = SMR of Natural Gas

** RED reduction requirement for biofuels in 2018

자료: CertifHy, "Developing a European Framework for the generation of guarantees of origin for green hydrogen", <https://www.certifhy.eu/media-centre>, (2021.12.1.)

저탄소수소 인증은 재생에너지 이외의 저탄소 에너지(예: 원자력, 탄소포집 및 저장장치를 설치하여 사용하는 화석연료)로 생산된 수소에 부여된다.¹²⁾ 즉 화석연료 기반 추출수소의 경우 수소를 추출하는 과정에서 발생하는 이산화탄소를 포집해 저장하는 CCS나 탄소를 포집한 후 활용하는 CCU(Carbon Capture Utilization) 방식으로 기준 배출량보다 이산화탄소를 60% 이상 감축($36.4\text{gCO}_2\text{eq/MJ}_{\text{H}_2}$ 이하로 유지)하면 저탄소수소로 인정한다.

그린수소 인증은 수소 생산에 투입된 에너지가 재생에너지(예: 바이오, 수력, 풍력, 태양광 등)인 경우로서 저탄소수소의 배출기준 이하를 만족하면 부여된다.

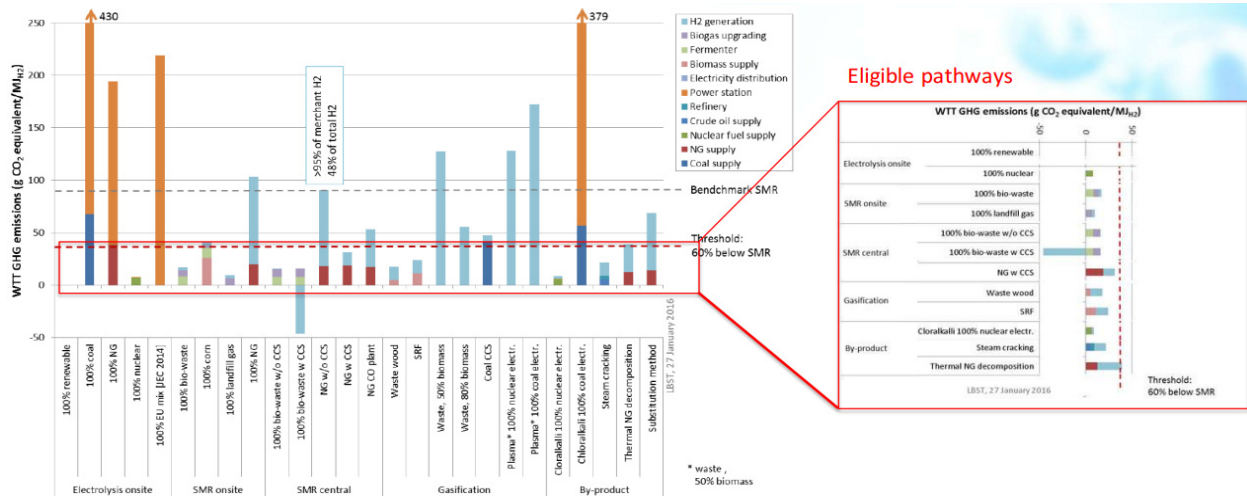
9) $\text{gCO}_2\text{eq/MJ}_{\text{H}_2}$ 는 수소 단위열량(MJ)당 CO_2eq (이산화탄소 환산량)의 g을 의미한다. 이를 수소 kg당 CO_2eq 의 kg으로 환산하면 $10.92\text{kgCO}_2\text{eq/kg}_{\text{H}_2}$ 이다($1\text{kg}=120\text{MJ}$).

10) 김재경, 「친환경 CO₂-free 수소생산 활성화를 위한 정책연구」, 에너지경제연구원, 2019.3.21. p.52.

11) 수소 kg당 CO_2eq 의 kg으로 환산하면 $4.4\text{kgCO}_2\text{eq/kg}_{\text{H}_2}$ 이다

12) 김재경, 위의 글, p.53.

[그림 3] EU의 수소 생산방식별 온실가스 배출량



자료: CertifHy, "Creating the 1st EU-wide Guarantee of Origin for Green Hydrogen", <https://www.certifyhy.eu/media-centre>, (2021.12.1.)

[그림 3]에서 보는 바와 같이 100% 재생에너지로 생산한 수소 외에도 100% 원자력, 100% 바이오폐기물, 100% 매립가스로 생산한 수소, 폐목재·고형폐기물을 가스화 공정을 거쳐 생산한 수소, CCS를 활용한 천연 가스 기반 추출수소 등은 그린수소 또는 저탄소수소로 인증받을 수 있다.

즉 EU는 현실적인 경제성 등을 감안하여 완전한 CO₂-free 수소 생산인 재생에너지 연계 수전해수소 생산 방식만을 고집하기 보다는, 수소 생산과정에서 발생하는 온실가스를 줄이는데 비용 효과적인 다양한 방식들도 함께 지원하는 체계를 구축했다고 볼 수 있다.¹³⁾

2. 중국

중국은 중국수소연맹이 「저탄소수소, 청정수소 및 재생에너지원 수소의 표준과 평가(이하 “수소표준”)를 통해 수소 분류기준을 발표한 이후, 2020년 12월 29일부터 수소 인증 제도를 시행하고 있다. 수소표준은 수소 에너지 전체 가치사슬의 친환경 발전을 위해 전과정평가(Life Cycle Assessment, LCA) 방법으로 수소 이용의 탄소배출량을 계량화한 것으로, 이는 수소가스 생산원료의 획득, 수송, 수소의 생산·제조, 현장저장·수송 등 4단계에서 수소의 탄소배출량을 측정·평가함을 의미한다.¹⁴⁾

중국은 석탄가스화 기술을 이용한 수소 생산방식의 이산화탄소 발생량인 29.02kgCO₂eq/kgH₂를 기준으로 정하고 저탄소수소(Low-carbon Hydrogen), 청정수소(Clean Hydrogen), 재생수소(Renewable Hydrogen)로 구분하여 인증한다. 저탄소수소 인증은 수소 생산 과정에서 재생에너지의 사용 여부와 상관없이 이산화탄소 배출량이 14.5kgCO₂eq/kgH₂ 이하이거나, 기준 배출량 대비 이산화탄소를 50% 감축하면 부여된다. 청정수소와 재생수소의 인증은 모두 수소 생산과정에서 이산화탄소 배출량이 4.9kgCO₂eq/kgH₂ 이하거나, 저탄소수소 배출량 대비 이산화탄소를 1/3 수준으로 감축하여야 한다. 다만, 청정수소는 재생에너지원의

13) 김재경, 위의 글, p.55.

14) 에너지경제연구원, 「중국수소연맹, 탄소배출량 기반의 수소 분류기준 정립」, 『세계 에너지시장 인사이트』 제21-2호, 2021.1.25. p.29.

사용과 상관없이 인증을 부여할 수 있으나, 재생수소는 재생에너지원으로 생산한 수소만 인증이 부여된다.

[표 1] 중국의 청정수소 등급 분류기준

등급 분류	정 의
저탄소수소 (Low-carbon Hydrogen)	· 재생에너지를 고려하지 않고, 14.5kgCO ₂ eq/kg _{H₂} 이하 CO ₂ 감축 · 기준 배출량 대비 50% 감축 수준
청정수소 (Clean Hydrogen)	· 재생에너지를 고려하지 않고, 4.9kgCO ₂ eq/kg _{H₂} 이하 CO ₂ 감축 · 저탄소수소 CO ₂ 배출량 대비 1/3감축 수준
재생수소 (Renewable Hydrogen)	· 재생에너지를 고려하고, 4.9kgCO ₂ eq/kg _{H₂} 이하 CO ₂ 감축 · 저탄소수소 CO ₂ 배출량 대비 1/3 감축 수준

자료: 산업통상자원부 제출자료(2021.12.3.)

3. 일본

일본은 2018년 수소경제 활성화 계획을 수립한 이후 연료전지 실용화 추진 협의회(FCCJ) 주관으로 청정수소 인증을 위한 연구가 진행 중이다. 일본은 수소 생산 과정에서 재생에너지 사용 여부와 상관없이 이산화탄소 기준 배출량 대비 감축률에 따라 청정수소 등급을 인증하는 방안을 추진 중이다. 이에 따르면 수전해수소 외의 생산방식으로 생산한 수소도 일정 수준으로 이산화탄소를 감축할 경우 청정수소로 인증받을 수 있을 것으로 예상되는데, 이는 청정(CO₂-free) 수소의 범위를 너무 엄격히 할 경우 당분간 청정수소의 활용 및 보급 확산에 어려움이 있음을 고려하고 있는 것으로 보인다.¹⁵⁾

일본은 이산화탄소 감축량에 따라 4단계로 구분하여 인증하는 방안이 유력하게 검토되고 있는데, 기준 배출량을 중국보다 높은 39.21kgCO₂eq/kg_{H₂}로 정하고, 수소 생산 시 발생하는 이산화탄소 배출량이 기준 배출량보다 가장 적게 줄인 11.2~39.21kgCO₂eq/kg_{H₂}이면 가장 낮은 단계의 등급이 부여되고, 이산화탄소 배출량이 기준 배출량보다 가장 많이 줄인 1.12~4.48kgCO₂eq/kg_{H₂}일 경우 가장 높은 단계의 등급을 부여받게 되는 방안이다.

[표 2] 일본 청정수소 등급 분류기준(안)

등급 분류	정 의
★	· CO ₂ 배출량 11.2~39.21kgCO ₂ eq/kg _{H₂}
★★	· CO ₂ 배출량 7.84~11.2kgCO ₂ eq/kg _{H₂}
★★★	· CO ₂ 배출량 4.48~7.84kgCO ₂ eq/kg _{H₂}
★★★★	· CO ₂ 배출량 1.12~4.48kgCO ₂ eq/kg _{H₂}

자료: 산업통상자원부 제출자료(2021.12.3.)

15) 「FCCJからのCO₂フリー-水素の定義の提案」, 『第12回CO₂フリー-水素ワーキング資料』, 燃料電池実用化推進協議会(FCCJ)・CO₂フリー-水素ワーキング, 2018.3.29. p.21.

III. 시사점

우리나라 청정수소 인증제 도입과 관련하여 국회에 발의된 수소법 개정안을 살펴보면,¹⁶⁾ 청정수소를 ‘수소의 생산(제조) 과정에서 이산화탄소를 배출하지 않거나 현저히 적게 배출하는 수소로서 산업통상자원부장관 등으로부터 인증받은 수소’로 정의하고 있고, 인증 대상 수소에 해외생산 수입수소를 포함하고 있으며, 청정수소를 등급별로 인증하도록 하고,¹⁷⁾ 인증기준은 대통령령 또는 고시로 정하도록 있다.¹⁸⁾

앞서 살펴본 바와 같이, EU·중국 및 일본에서 청정수소 인증제도를 도입하거나 도입을 추진하기 위해 논의된 사항은 우리나라에 다음과 같은 시사점을 제공하고 있다.

첫째, 국내 특성에 맞는 청정수소 인증기준과 등급을 마련할 필요가 있다. EU·중국·일본은 수소 생산공정에서의 이산화탄소 배출량 및 수소생산 여건(생산기술 수준, 경제성) 등 각국의 실정을 고려하여 청정수소 인증기준·등급을 마련하고 있다.

수소법 개정안은 청정수소 범위에 ‘이산화탄소를 현저히 적게 배출하는 수소’를 포함함으로써 완전한 CO₂-free인 그린수소뿐 아니라 이산화탄소의 배출을 최소화한 블루수소까지 포함하려는 것으로 이해된다. 그러나 ‘현저히 적게 이산화탄소 배출하는 수소’로만 규정하고 있고 인증기준을 하위법령으로 위임하고 있어 발의된 개정안과 같이 의결될 경우 청정수소의 명확한 범위 및 등급 등을 정하기 위해서는 별도의 논의과정을 거쳐야 한다. 우리나라는 개질 기술을 활용한 수소 생산 시 발생하는 이산화탄소 배출량이 12.47~15.03kgCO₂/kgH₂로 분석되고 있고,¹⁹⁾ 산업통상자원부는 인증제 도입을 위한 연구용역을 통해 수소 생산방식별 이산화탄소 배출 현황을 조사 중인 바, 이와 함께 해외 인증제도, 국내 수소 공급 안정성, 수소 생산 기술수준 및 경제성 등을 고려하여 국내 특성에 맞는 인증기준과 등급을 마련해야 할 것이다.

다만 수소경제의 궁극적 목적인 탄소중립 목표 달성을 위해서는 대규모 수전해 기술 확보를 통해 그린수소 중심의 공급체계를 구축하는 것이 바람직할 것이므로 향후 수전해(그린) 수소 생산기술 향상 및 생산기반 구축 추이에 맞추어 인증기준 또한 탄력적으로 조정하는 것도 검토되어야 할 것이다.

둘째, 해외생산 수소의 청정성 확인이 필요하다. 수소법 제5조에 따른 법정 기본계획인 ‘제1차 수소경제 이행 기본계획’²⁰⁾에서는 2050년까지 청정수소 비중 100% 달성을 목표로 하고 있고, 2050년에 해외생산 수입수소의 목표량을 총 수소 공급 목표량(27.9백만톤)의 82.1%인 22.9백만톤으로 정하고 있다. 수소법 개정안 역시 해외생산 수입수소를 청정수소 인증 대상으로 포함하고 있는데, 아직 다수 국가에서 청정수소 인증 제도가 도입되지 않은 현실임을 감안하면, 해외에서 생산된 수소의 청정성 및 인증서 신뢰도를 확인할 수 있는 방안에 대한 논의가 국내 인증제 도입과 동시에 이루어져야 할 것이다.

16) 의안번호 제2110331호(의원육의원 대표발의, 2021.5.24.), 의안번호 제2110504호(송갑석의원 대표발의, 2021.6.1.), 의안번호 제2111279호(정태호의원 대표발의, 2021.7.1.)

17) 등급별 청정수소 인증은 송갑석·정태호의원 대표발의안만 해당한다.

18) 송갑석·정태호의원 대표발의안은 대통령령으로, 의원육의원 대표발의안은 고시로 위임하는 내용이다.

19) 한자령 외 4인, 「국내 수소 생산에 따른 CO₂ 발생량 분석」, 『한국가스학회지』제23권제2호, 2019.

20) 관계부처 합동, 「제1차 수소경제 이행 기본계획」, 2021.11.26.



해외 청정수소 인증제도와 국내적 시사점

외국 입법·정책 분석 발간목록

호수	제 목	발간일	집필진
01호	영국 「기후변화법」의 이행현황 및 국내적 시사점 - 기후변화 감축분야를 중심으로	2021.5.27.	이혜경
02호	중국 「해경법」 제정의 내용과 시사점	2021.8.19.	정민정
03호	외국의 인터넷 법률 플랫폼 규제동향과 시사점	2021.9.3.	김광현, 김성호
04호	미국의 법인 업무용 차량 세제정책과 시사점	2021.9.7.	김준현
05호	미국 가정폭력 의무체포 제도의 피해자 보호 함의 및 시사점	2021.9.16.	허민숙
06호	외국의 데이트강간 약물 이용 성범죄(DFSA) 규제와 시사점	2021.9.17.	전윤정
07호	2020년 독일 「연방선거법」 주요 개정내용	2021.9.24.	김종갑
08호	OECD 회원국들의 상속 관련 세제와 시사점	2021.10.1.	이세진, 김준현
09호	문신 등 신체예술 관련 미국의 법제도 현황과 시사점	2021.10.6.	문심명
10호	미국의 전자기기 수리권(Right to Repair) 논의 동향과 시사점	2021.10.12.	박소영, 김경민
11호	독일 자율주행자동차 상용화 관련 법률의 개정 내용과 시사점	2021.10.21.	박준환
12호	주요국의 피싱(Phishing) 사기 입법·정책 동향과 시사점	2021.10.28.	박소영
13호	대만의 「안녕완화의료조례」 및 「환자 자주 권리법」과 시사점 - 우리나라 연명의료결정 제도와 비교를 중심으로	2021.11.3.	정혜진
14호	온라인 정치광고에 대한 규제 - 미국 각 주 법령 개정 현황을 중심으로	2021.12.6.	조서연
15호	일본 공무원 정년 연장 관련 제도의 동향과 시사점	2021.12.10.	임준배
16호	해외 청정수소 인증제도와 국내적 시사점	2021.12.28.	류경주

