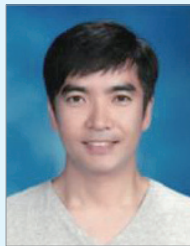


## 수소경제화의 시작: 수소산업의 도전과 기회 그리고 물산업 연계



서진석

K-water연구원 물정책연구소  
책임연구원  
suhjs@kwater.or.kr

### 수소경제화 진입: 수소산업의 도전과 기회 그리고 물산업 연계

지금 국제사회는 기후변화에 대한 막연한 위협성 또는 발생가능한 불안감(Grey Rhino) 수준이었지만, 이제는 ‘포괄적 기후위기’(Inclusive Climate Crisis)라는 표현을 통해 그 심각성을 인식하고 있다. 즉, 변화에 대한 정책적 담론(또는 정치적 논쟁) 수준에서 벗어나 위기에 대한 실질적 대응전략을 고민하고 그에 따른 구체적 방안을 실행에 옮기고 있다. 소위 ‘탄소중립(Net-Zero) 시대’라는 말이 어색하지 않을 정도로 기후위기에 대한 경각심과 이를 바라보는 시각이 이제는 매우 보편화 되어 있다. 탄소중립(Net-Zero)을 실현하기 위한 노력에는 기존의 에너지 산업 생태계의 전환과 이산화탄소 저감노력 뿐만 아니라,

삼림조성, 그린에너지 인프라투자 등 새로운 탄소상쇄 활동을 병행하여 이산화탄소 배출량 감소를 실행하려 하고 있다.

탄소중립을 위한 국가별 정책 및 경제전략은 각 국가의 경제적 여건과 산업환경에 따라 상이하다. 그러나 그린산업(수소·전기 관련) 육성과 신재생에너지의 활용 확대에 대해서는 공통적으로 집중하고 있다. 주요국 정책의 대부분이 그린뉴딜과 실물경제 지원, 인프라 투자를 통해 경제회복과 탄소중립을 동시에 달성하는 것을 목표로 한다. 그린산업 분야는 수소 관련 (가치사슬)인프라(생산-저장-운송-활용)에 중점을 두고, 신재생에너지는 태양광·풍력산업, 그리고 ESS(에너지저장장치) 분야에 집중하는 추세이다. 특히 수소는 에너지원으로 사용할 경우, 미세먼지 저감 등 대기환경 개선에 일조하고 재생에너지를 이용하여

수소를 생산할 경우 탄소감축 효과도 기대할 수 있다.

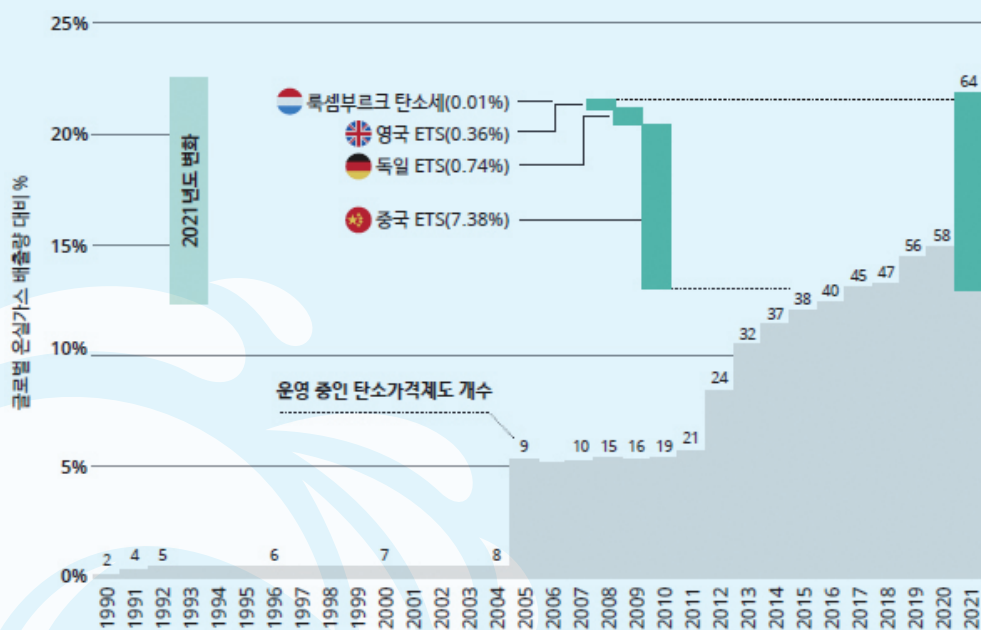
## 탄소중립과 수소산업 활성화

국제사회는 그린산업 육성을 통한 탄소중립 외에도 효과적인 탄소배출 감소를 위해 ‘탄소가격제’의 도입을 추진하고 있다. 일반적으로 탄소가격제는 탄소 배출에 따른 사회적 비용을 상쇄하는 기능을 가지고 있다. 즉, 탄소배출 주체에게 사회적 비용을 부담하게 하여 외부효과를 내재화하는 제도적 장치로서, 대표적으로 ‘탄소세’, ‘배출권거래제’, ‘탄소국경(조정)세’ 등이 있다. 현재 탄소가격제는 64개국에서 시행 중이며, 이는 세계 온실가스 배출량의 약 21.5%를 상쇄하는 수준이다. 실제로 파리협정 당사국들이 제출한 국가온실가스감축목표(NDC)의 약 2/3에 해당하는 감축량에 대해 탄소가격제 활용을 고려 중이며, 향후 도입국가는 증가할 것으로 전망된다.

탄소중립 시대로의 진입은 친환경 자원인 수소를

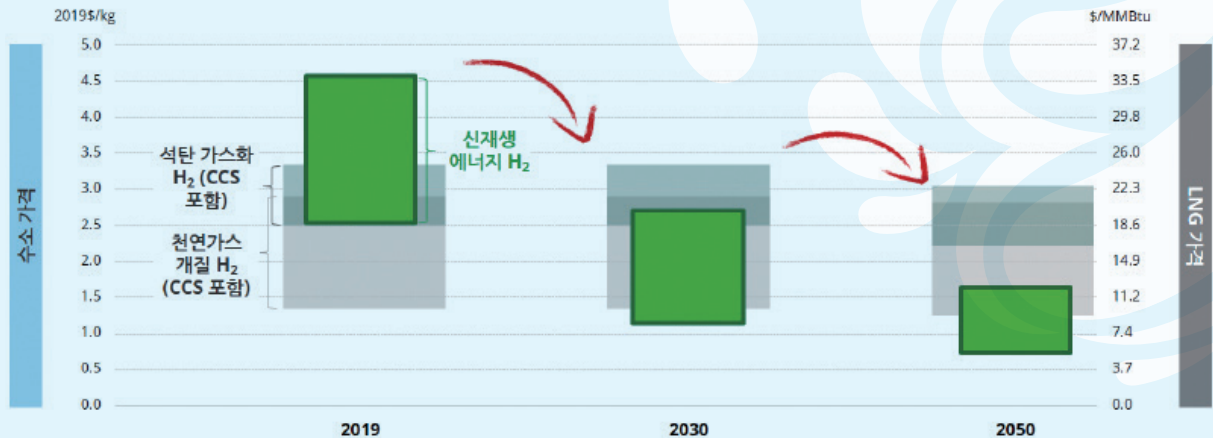
통해 기후위기 대응과 에너지 시장경제 체제의 전환이라는 글로벌 화두의 정착이라고 말할 수 있다. 글로벌 에너지 시장구조는 화석연료와 같은 탄소 기반에서 친환경 수소 중심의 경제로 빠르게 전환 중이다. 이제는 탄소 발생을 비용으로 인지함으로써 수소의 가치 상승과 동시에 수소산업에 대한 주도권 경쟁이 확대될 것으로 전망된다. 특히 글로벌 에너지 시장의 전환에 있어 수소산업과 같은 신시장의 형성 초기일수록 ‘Fast-Follower’가 아닌 경쟁력 있는 ‘First-Mover’가 될 필요가 있다.

특히 그린수소의 경우, 재생에너지 비중의 증가와 에너지 저장·운송 수단으로써 경제성 및 활용방안에 대한 확장성이 증가할 것으로 전망된다. 유럽의 기술 수준 관점에서 그린수소의 생산비용은 기술발전, 생산량 증가, 유통개선으로 2030년경부터 경제성을 확보할 것으로 전망된다. 그린수소의 경제성 확보 기준은 3달러/kg이며, 2030년경 유럽은 수소경제 시대로의 진입을 예상할 수 있다.



출처 : 딜로이트(2021)

그림1. 세계 온실가스 배출량 중 탄소세 및 배출권거래제 적용 비중



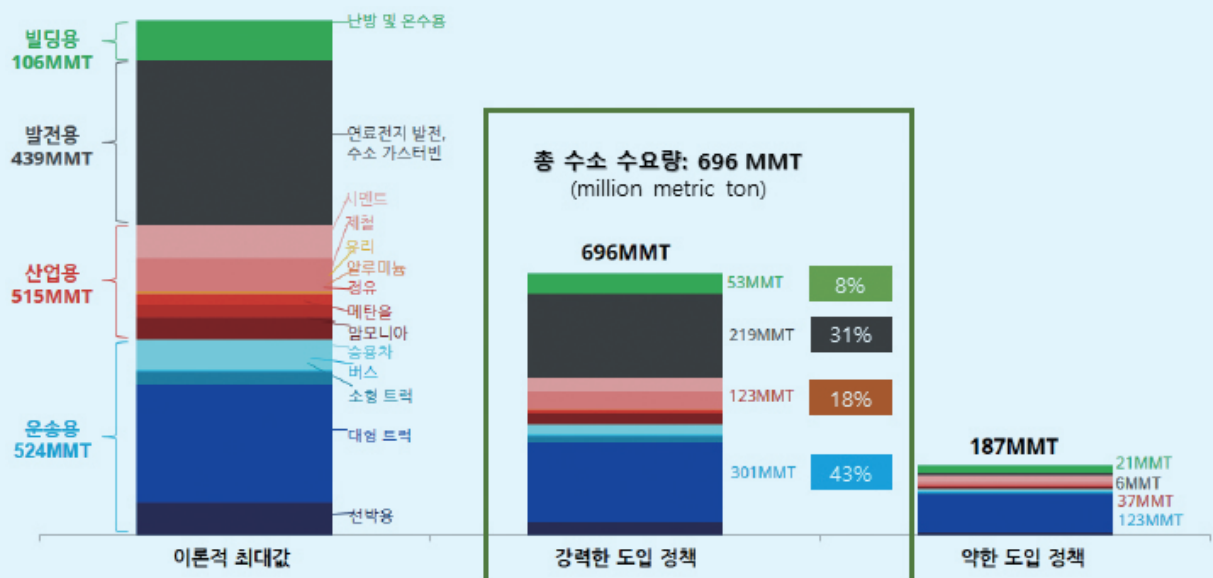
출처: 딜로이트 보고서(2020), 블룸버그 보고서(Hydrogen Economy Outlook, 2020)

그림2. 글로벌 수소 생산단가(Levelized Cost of Hydrogen)

글로벌 수소시장 투자는 2050년까지 11조 달러 규모로 성장할 것으로 전망된다. 또한, 수소관련 매출기준 7천억 달러의 시장규모 수준을 확보할 것으로 보고 있다. 특히 블룸버그 보고서(Hydrogen Economy Outlook, 2020)의 시나리오별 수소 수요전망에 따르면, 탄소중립 목표 달성을 위해 적극적(강력한) 수소

정책 도입 시 2050년 글로벌 에너지 총수요의 24%를 수소를 통해 충족할 수 있을 것으로 전망하고, 이러한 총수요 696MMT(million metric ton) 중, 운송용으로 43% 소비, 발전용 31%, 산업용 18%, 그리고 빌딩용으로 8% 소비할 것으로 예상된다.

현재 글로벌 수소시장은 새로운 산업군으로 형성되



출처: 딜로이트 보고서(2020), 블룸버그 보고서(Hydrogen Economy Outlook, 2020)

주: 수소는 대형화 기반의 최적 생산 가정, 천연가스 가격 1.1~10.3달러/MMBtu, 석탄 30~116달러/t 가정

그림 3. 시나리오별 수소 수요전망(2050년)

어 가고 있다. 주요국들은 이러한 수소산업 기술 경쟁력 확보를 위한 정책을 도입하고 실행력을 강화하기 위해 투자를 확대하고 있다. 이러한 수소산업은 새로운 가치사슬(Value-Chain) 생태계 구축으로 신성장 동력산업으로서 지속적인 성장이 전망되고 있다.

수소산업의 가치사슬 생태계 구조는 크게 '수소생산-수소저장·운송-수소활용' 분야로 구분할 수 있다. 수소생산부터 활용까지 가치사슬별 다양하게 연계된 산업이 존재하며 기존 산업 인프라를 활용한 수소 산업군도 형성되고 있다. 수소는 전력생산뿐만 아니라 남은 전력을 오래 저장할 수도 있고, 파이프라인, 트럭, 선박을 통해 전력망 없이 에너지의 장거리 운송도 가능하다는 이점도 있다.

글로벌 수소산업은 선진국을 중심으로 에너지 시장 전환의 중심에 있다. 주요국들은 선제적 수소관련 정책 수립을 통해 탄소중립을 이행하고 미래 에너지 시장 개편에서 경쟁우위를 선점하기 위해 보이지 않는 전쟁을 치르고 있다. 이미 전세계 총 24개 국가에서 수소경제 이행을 위한 국가 단위의 정책 수립을 추

진하거나 혹은 완료하였으며, 글로벌 환경규제(탄소세, 탄소국경세 등)를 강화하고 탄소중립을 본격적으로 시행하고 있다. 경제·에너지 관련 국제기구 및 주요 기업들도 14~18%까지 에너지 산업분야에 대해 수소비중을 확대하고 있어 수소관련 산업과 시장의 규모는 계속 확대될 것으로 전망된다. 그에 비해 우리나라의 수소정책은 그 비전이 아직 구체적이지 않고, 수소산업에 대해 경제성, 대안 및 기술표준 부재, 인프라 미비, 소비시장 불투명 등 산업생태계 전환에 따른 구체적 실행계획의 부족 등 해소해야 할 문제들이 많이 있다.

이러한 상황에서 수소산업 경쟁력 강화를 위해서는 수소관련 新산업에 대한 접근방식의 개선(Fast Follower → First Mover)이 필요하다. 이를 통해 도전적 시장개척, 기술개발, 신속한 제도개선 등 글로벌 경쟁우위를 선점해야 한다. 수소는 에너지 경쟁력과 시장성장력이 높고, 수소 가치사슬 쏠 주기의 총소유비용이 감소하고 있으며, 쏠산업에 걸친 영향력이 가장 큰 저탄소 해결방안이다. 이러한 수소를 매개로 한

표 1. 국가별 기술수준 비교

구분	수소 가치사슬별 기술 수준			주요 정책
	생산	저장·운송	활용	
미국	●	●	●	<ul style="list-style-type: none"> <li>수소 자급률 100% 달성 계획(2030년)</li> <li>수소 충전소 확대 구축 및 수소차 보급 확대</li> </ul>
독일	●	●	●	<ul style="list-style-type: none"> <li>수전해 기술, 그린수소 연료전지 발전소 실증</li> <li>액화수소 중심의 정책 추진, 수소 보조금 확대</li> </ul>
일본	●	●	●	<ul style="list-style-type: none"> <li>액상수소 저장, 액상 변환 기술 실증</li> <li>수소차, 수소버스 대규모 보급 예정(2030년)</li> </ul>
중국	●	○	●	<ul style="list-style-type: none"> <li>부생수소 중심의 수소생산 정책 추진</li> <li>수소차 보조금 확대 및 수소차 육성 정책 추진</li> </ul>
한국	●	●	●	<ul style="list-style-type: none"> <li>그린수소 R&amp;D 및 실증 지원</li> <li>액화수소 충전소 구축, 수소차 보급 확대(2030년)</li> </ul>

출처: 수소 산업의 글로벌 기술동향 및 정책 전망 인용(한국기계연구원, 2021)

주: 각 국가별 정책보고서 및 기관별 공개보고서, 동향 분석하여 기술 가중치를 자체적으로 수치화

신산업의 활성화는 수소경제로의 전환이며, 이러한 전환은 글로벌 환경규제의 확대, 친환경 투자자 및 소비자의 니즈 증가, 기업의 ESG 또는 RE100 적용을 통한 경영 활성화를 통해 그 속도가 더 빨라지고 있다.

## 수소경제화의 도전과 기회

수소는 에너지 생태계 시장 변환을 이끄는 트리거이자, 수소산업 동반성장의 핵심요소이다. 수소산업 활성화는 탄소중립을 가속화하고, 수소경제의 시작을 의미한다. 수소경제로의 진입은 수소분야에 대한 대규모 자본비용의 투입에 따른 경제적 도전이자 탄소중립 사회로의 전환을 위한 기회이기도 하다. 수소산업 활성화는 탈탄소 자원의 생산-저장-운송-활용 분야와 연계된 수소산업 인프라를 통해 경제 전반에 걸쳐 새로운 시너지 효과를 극대화시킬 수 있다. 수소산업은 기술·자본집약적 연관산업이기에, 타산업에 미치는 파급력이 상당하고 탄소중립 실현, 에너지 효율성 증가와 더불어 에너지, 발전, 항공, 선박, 자동차 산업들과의 상호연계 및 동반성장의 효과가 발생한다.

우리나라는 2019년부터 수소산업 활성화 정책을 추진 중이지만, 수소산업 생태계 관점에서 경쟁력 있는 분야의 선택과 집중이 필요하다. 글로벌 주요국<sup>1)</sup>은 탄소중립과 경제활성화를 동시에 달성할 수 있는 분야와 기술에 집중하여 이미 경쟁력 있는 산업군을 형성하고 있다. 우리나라는 탄소중립의 핵심분야인 그린수소 생산, 저장·운송 분야 기술 고도화, 수소기반 ESS 기술 활용에 대한 중점 육성 방안이 필요한 시점이다. 실제로 현대자동차의 수소차 개발 분야를 제외하고는 글로벌 수소기술 시장에서의 First-Mover 분

야가 전무한 상황이다.

또한, 우리나라는 태생적 탄소집약적 산업국이며, 미국과 EU 등에 무역의존도가 높아, 글로벌 탄소중립 규제 강화에 따른 부담이 증가할 것으로 예상된다. 탄소가격제 가운데 탄소세를 도입한 국가는 27개국이며, 배출권거래제 도입국가는 9개국, 그리고 탄소국경(조정)세를 예고한 지역은 EU(2023년 시행 예정)와 미국(2025년 시행 예정)뿐이다. 현재 우리나라도 탄소배출거래제가 시행 중이지만, 글로벌 탄소중립 및 관련 규제 압박에 대한 추가적 해소방안으로 탄소세를 검토 중이다. 그러나 탄소배출거래제 시행에도 불구하고, 여전히 탄소배출량이 높은 상황에서 탄소세를 시행한다는 것이 이중과세 부과라는 조세 저항 발생 우려가 높다. 따라서 탄소세를 현실적으로 뒷받침할 수 있는 ‘탄소세금환급제’ 등 여러 해소방안에 대한 논의가 필요하다.

향후 수소경제화를 위해서는 기술성숙도, 경제성, 시장 수용성의 확보가 필요하다. 수소는 글로벌 에너지 산업체계의 패러다임을 전환시키는 폭발적 잠재력을 갖춘 친환경 자원이다. 기존 화석연료 중심의 글로벌 에너지 거래구조를 바꿀 수 있는 잠재력은 우리나라와 같이 천연자원 빈국에게는 기회의 영역이다. 특히 수소는 독립적인 에너지원으로서의 인식 전환이 필요하며, 탄소중립 실행의 주요 수단이자 전기·전력의 효율적 관리 수단이기도 하다.

수소산업의 기술·자본집약적 특성을 고려하여 수소경제화의 시점은 신기술 적용, 시장성 확보, 사회적 수용성 단계의 단축으로 결정지을 수 있다. 수소의 시장수용성 확장은 신재생 에너지의 질과 양을 결정하는 기술발전이 따른 수소 생산원가 경쟁력으로 부각

1) (미국) 캘리포니아주를 필두로 재생에너지 인프라 확충, 수소 모빌리티 분야 선점, (EU) 그린수소 생산을 위한 수전해 분야 기술 특화 및 사업화 중, (일본) 수소 저장·운송 분야 기술고도화를 통해 부족한 수소를 수입, 수소자원의 인프라/운송 시장에서의 경쟁력 확보

된다. 따라서 수소산업의 가치사슬은 결국 기술 경쟁력으로 귀결하고 정부의 재정지원 의지에 따라 충분한 경쟁력을 보유할 수 있다.

결론적으로 수소가격의 경제성 확보 시기 이전까지는 정부와 민간분야의 지속적인 투자 노력이 필요하다. 또한, 일관성 있는 정책 추진, 추가적 제도개혁, 혁신적이고 지속적인 R&D 기술개발이 요구된다. 수소경제의 원활한 진입을 방해하는 외부요인으로 기후위기 불확실성 확대를 언급할 수 있다. 우리가 예상하지 못하는 불확실성의 확대는 수소경제 실현의 지연가능성을 높일 수 있기 때문에, 이를 고려한 보다 지속가능하며 유연성 있는 사회경제적 제도 수립이 필요하다. 실제로 국내 수소관련 기업의 경우, 기후위기 및 시장변동 파급력에 대한 리스크 관리에 취약하며, 외부충격 빈도와 규모에 대한 대응 수준을 평가할 수 있는 제도적 기반 및 정부지원이 반드시 필요하다. 수소에 대한 외부경쟁 상대로 전기차의 기술적 향상(고속충전기, 친환경 전기생산 활용 등)에 따른 수소경제화 지연에 대한 우려가 있다. 그러나 수소경제는 탄소중립을 위해 반드시 실현해야 할 목표이고, 전기차 확장은 내연기관에서 수소경제로 넘어가는 과도기를 채워줄 중간 다리와 같은 역할이라는 점을 인지할 필요가 있다.

## 수소연계 물산업 패러다임 전환

수소경제화 또는 수소사회로의 진입은 물산업 생태계의 변화에도 영향을 줄 것이다. 이러한 변화는 글로벌 물관리 분야가 디지털(또는 스마트) 수소·물관리 영역으로의 확대·전환을 의미한다. 즉, 앞으로의 물관리는 4차산업의 디지털 개념에 수소분야의 생산-저장-운영-활용을 포함하는 미래형 디지털 물관리의 확장판이라 할 수 있다. 수소에너지를 활용하는 수력댐

관리, 정수장, 스마트워터시티(Smart Water City) 등 수소개념을 포함한 다양한 물관리 시스템은 향후 물산업의 新성장 포인트로 자리매김할 것으로 여겨진다.

예를 들어 K-water는 수력 및 조력, 수상태양광 등 풍부한 수소 에너지를 보유, 전국적으로 분포된 재생에너지 인프라를 운영하고 있다. 이를 활용한 P2G(Power to Gas) 모델 개발은 향후 수소생산 및 잉여에너지 저장, 더 나아가 활용분야의 성장에 기여할 수 있다. 국내 그린수소 생산기술과 K-water 인프라(수력/조력, 수상태양광) 연계는 국내 물산업 활성화 관점에서 수소를 연계한 미래 수익창출 모델이자 국내 물관리 기술활용 측면에서 글로벌 First-Mover로서의 도약 기회이다. 세계적으로 아직까지 수력·조력을 이용한 그린수소 생산-에너지저장-수익 창출 모델은 활성화 되어 있지 않은 상황이다. 따라서 수상태양광, 수력·조력 등 그간 축적된 에너지 운영 역량을 통해 대단위의 신재생 및 수소에너지 소비지역을 연계하면 수소경제화 및 수소사회에 부합하는 그린수소 생산·소비 거점이 될 수 있고, 이를 통한 경제적 파급효과는 높을 것으로 전망할 수 있다.

또한, 국내 물관리 역량에 더해진 수소분야를 연계한 글로벌 물시장 진출은 국내 물산업의 경쟁력을 높이는데 일조할 것이다. 가령, 물과 수소를 활용한 P2G 전략을 보다 고도화하면 수력발전량이 많은 동남아·아프리카 지역 해외진출 확대에도 선도적 경쟁력을 확보할 수 있다. 비록 국내 수전해 기술이 상용화 단계는 아니지만, 국내 물관련 대규모 인프라 연계 모델을 통해 그간 이슈화 되었던 재생에너지의 변동성과 간헐성 문제의 해소와 안정적 수소생산-판매-소비 구조 형성은 수소에너지에 대한 경제성 및 사회 수용성 확보에도 큰 도움이 될 것으로 판단된다.

결론적으로 이러한 글로벌 에너지 시장 변화에 부합

하는 국내 물관리 체제의 변화는 물산업의 패러다임 전환에 따른 도전이자 기회이다. 물분야의 에너지 체계 전환에 있어 수소를 연계한다는 것은 기존 국내 물시장의 변화를 야기시키기에 이에 따른 시장 안정성과 탄력성을 높여야 하고 이를 위해 물산업 관련 정부 부처뿐만 아니라 산학연의 역할이 매우 중요해지고 있다. 더 나아가 수소를 연계한 국내 물시장의 지속가능한 성장을 위해서는 수소활용 측면의 우선전략을 포함하는 물산업 분야 정책실행력을 담보한 제도 개선이 필요하다. 이를 통해 사회·경제 전반에서 수소에너지에 대한 인식의 변화와 공감대의 형성, 수소활용 확대를 위한 범정부 차원의 연계지원과 홍보 및 교육의 필

요성이 높아지고 있다. 마지막으로 국내 물산업 특성상 공공영역이 차지하는 비율이 높기 때문에 공기업 및 공공기관 등이 앞서서 재원·제도·전략 수립에 있어 세제, 부담금 등 수소가격의 시그널을 반영하여 공공영역에서 우선적으로 수소연계 물산업 체제를 구축해야 한다. 이를 통해 향후 민간 물기업이 안심하고 활동할 수 있는 물시장 기반을 마련해야 한다. 이러한 토대에서 민간기업의 적극적 참여를 유인할 투자사업화 모델 패키지(R&D+실증+사업화+지원제도)를 정부가 먼저 제시하고 리스크 헷징의 역할을 통해 국내 물시장의 제대로된 활성화를 도모해야 한다.

#### 참고문헌

- 딜로이트(2020), 수소경제의 본격화 시점, 결코 먼 미래가 아니다  
 딜로이트(2021), 글로벌 탄소가격제도 현황  
 미래에셋대우리서치(2021) 글로벌 수소경제 - 그린에너지의 마지막 퍼즐  
 산업통상자원부(2019a), 수소경제 활성화 로드맵 수립  
 산업통상자원부(2019b), 수소경제 활성화 로드맵 수립연구 최종보고서  
 수소융합얼라이언스 추진단(2020) 수소연관 산업 통계 현황(2020년 3월)  
 에너지경제연구원(2019) 국제 신재생에너지 정책변화 및 시장분석  
 에너지경제연구원(2020a) 시장주도형 수소경제 조기 정착을 위한 전략연구(1/3)  
 에너지경제연구원(2020b) 재생에너지 변동성 대응을 위한 P2G 활용방안 연구  
 한국기계연구원(2021) 수소 산업의 글로벌 기술동향 및 정책 전망  
 한전경영연구원(2021) KEMRI 전력경제 Review  
 BloombergNEF(2020) Hydrogen Economy Outlook