

2020-10



# Industry Watch

## 뉴딜 인프라산업 밸류체인 검토 - ② 수소경제

우리금융경영연구소 미래금융연구실

2020. 10. 30

- 그린뉴딜 정책은 에너지 소비를 줄이고, 신재생에너지 활용도를 높여 탄소 배출량을 감축하는 것이 골자로, 화석연료를 대체할 차세대 에너지원으로 수소를 선정
- 수소경제의 밸류체인을 검토한 결과, 우리나라는 생산 단계의 가격경쟁력이 열위하나 수소차·발전 등 활용은 우수하며, 유통과정은 국산화 대체가 빠르게 진행되고 있어 전반적으로 성장성이 양호
  - [생산] 민관의 수소 생산시설 투자가 늘어날 전망이나 그레이수소 위주인 점이 한계
  - [저장·운송] 수소의 유통량 증가와 국산화 대체로 저장용기 등 핵심 부품·소재 수요가 증가할 전망
  - [충전] 충전소 운영사업은 당분간 저조한 수익성이 지속되나 충전소 설치 증가에 따라 기계설비와 부품은 수혜를 받을 것으로 보임
  - [연료전지] 전해질막, 전극촉매, GDL 등의 핵심소재 개발 필요
- 장기적으로 수소경제 전 주기에 걸쳐 수요가 늘어날 것으로 예상하며, 금융회사는 밸류체인 별로 새로운 사업기회를 모색할 필요
  - 국산화 대체가 기대되는 소재·장비 기업에 투융자 확대, 해외 생산기지 PF 참여, 액화수소캐리어 선박금융 등

작성자: 김수진 연구위원 (02-2173-0570)

책임자: 권우영 실장 (02-2173-0582)

## 1. 국내 수소산업 정책 개요

### ■ 그린뉴딜 정책은 화석연료를 대체할 차세대 에너지원으로 수소를 선정

- 한국판 뉴딜정책의 일환으로 추진되는 그린뉴딜은 ① 에너지 소비를 줄이고, ② 신재생에너지 활용도를 높여 탄소배출량을 감축하는 것이 골자
- 태양광, 풍력과 함께 수소산업을 육성하여 저탄소 경제로 전환을 촉진
  - 재생에너지는 발전량이 일정하지 않고 국내 자연환경의 특성상 확대에 한계가 있어 태양광·풍력에 이어 장기적으로 수소경제<sup>1)</sup>를 구축할 필요
- 수소의 생산부터 운송·저장, 충전, 활용에 이르는 전주기의 원천기술을 확보한다는 목표
  - 밸류체인별로 (생산) 추출수소 생산능력 확보, (운송·저장) 수소가스 저장용기 국산화와 액체수소 관련 기술 개발, (충전) 충전소 구축과 충전부품 국산화, (활용) 수소차 구매보조금 지원과 발전의무제도 도입 등의 정책 목표를 제시<sup>2)</sup>

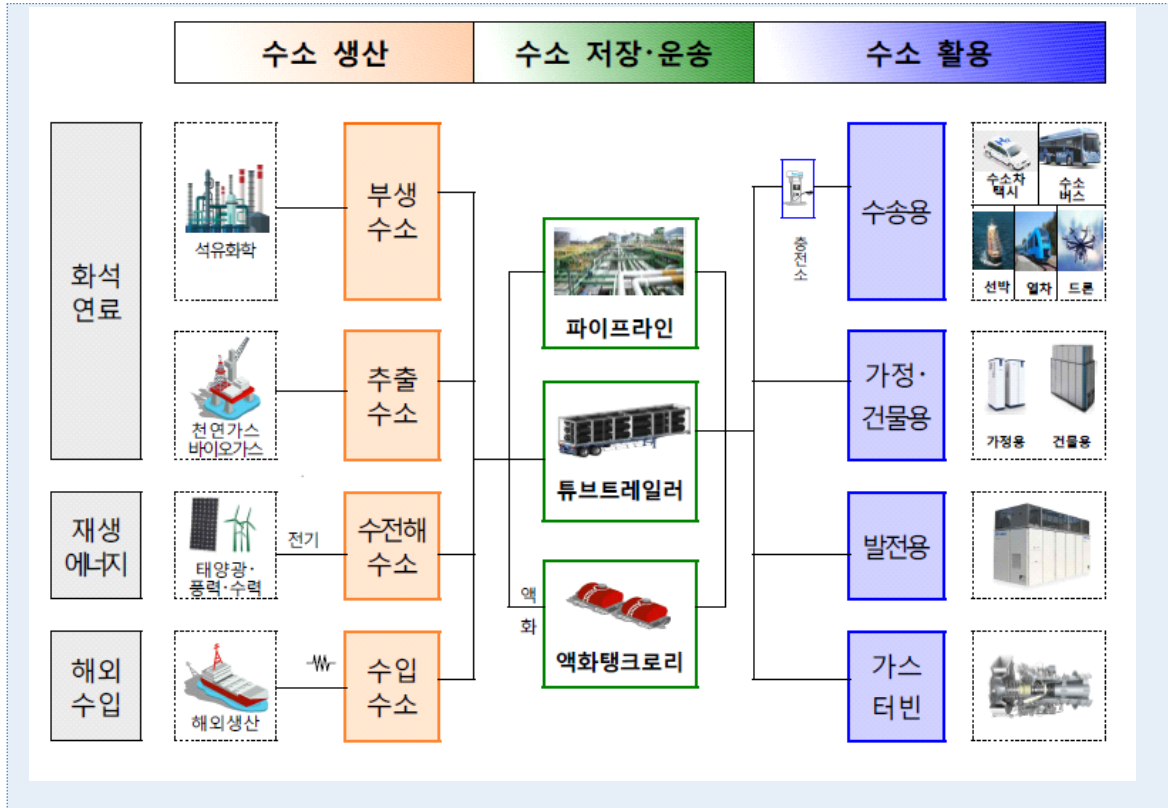
### 수소 밸류체인별 주요 정책

분야	주요 내용	
생산	<ul style="list-style-type: none"> <li>• [추출수소] LNG개질 방식으로 수소를 생산하는 추출수소 설비 확충하고, 수소 제조업체에 원재료(천연가스)를 저렴히 공급하여 가격경쟁력 제고</li> <li>• [그린수소] 그린수소 생산을 위한 수전해 기술 개발 지원</li> </ul>	
운송·저장	<ul style="list-style-type: none"> <li>• [기체수소] 수소가스 저장용기 국산화 개발</li> <li>• [액체수소] 대용량 수송이 가능한 액체수소 생산 실증사업 추진, 액체 충전소 구축</li> </ul>	
충전	<ul style="list-style-type: none"> <li>• [충전소] '20년 100기 → '22년 310기 → '30년 660기로 확대</li> <li>• [상용차용 충전소] Kohygen 설립, 상용차 전용 충전소 35개 구축</li> <li>• [부품, 장비] 충전기술과 충전설비 부품 100% 국산화</li> </ul>	
활용	수소차	<ul style="list-style-type: none"> <li>• [승용차] '20년 1.6만대 → '22년 6.5만대 → '30년 81만대</li> <li>• [버스] '22년 수소 광역버스 도입 → '30년 2만대 보급</li> <li>• [중대형 화물차] '23년 이후 양산 본격화, '30년까지 1만대 보급</li> </ul>
	발전	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 신재생에너지 공급 의무화(RPS) 제도에서 연료전지만 별도로 분리</li> <li>• 2040년 연료전지 보급량 8GW 달성</li> <li>• 연료전지 주요 제조기술 국산화</li> </ul>

자료: 그린뉴딜 정책, 수소산업 생태계 경쟁력 강화 방안, 수소경제위원회 정리

1) 에너지 밸류체인 전 영역에서 화석연료를 대신하여 수소를 사용하는 경제 또는 에너지수급 시스템  
 2) 그린뉴딜과 후속정책[수소산업 생태계 경쟁력 강화방안'(2020.07)과 제2차 수소경제위원회(2020.10)] 포함

## 2. 수소 밸류체인 검토



### (1) 수소 생산

#### ■ 국내 수소 생산설비는 그레이수소의 일종인 부생수소에 집중

- 부생수소는 석유화학 공정에서 부산물로 생산되고, 생산된 물량은 대부분 자체 이용되거나 석유화학 단지 내에서 소비
  - \* 수소는 생산 방식에 따라 추출수소, 부생수소, 수전해 수소로, 화석연료 사용 정도에 따라서는 그레이수소(추출수소, 부생수소 등)와 블루수소(그레이수소에 탄소포집·저장 기술 적용), 그린수소(신재생에너지 전력을 이용한 수전해)로 분류<sup>3)</sup>
- 그 외 추출수소는 주로 일본 수입산이 이용되고, 블루수소와 그린수소는 실증플랜트 운영 단계에 머물러 상업화에 시간이 필요
- 주요 수소생산 기업은 덕양, SPG, 에어리퀴드, SDG가 부생수소 시장을 과점

3) 현재 전세계 생산량(2018년 1.2억톤)의 90% 이상을 그레이수소가 차지

하고 있고, 제이엔케이히터가 유일하게 추출수소 기술을 확보

#### \* 수소의 종류와 분류 기준

추출수소	• 천연가스를 개질시키거나 석탄을 고온에서 가스화시켜 추출
부생수소	• 석유화학, 제철 공정에서 발생하는 혼합가스를 정제하고 순도를 높여 생산
수전해수소	• 전해질에 전력을 공급하여 물을 수소와 산소로 분해하는 기술
그레이	• 수소의 생산 과정에 화석연료가 이용 (추출수소와 부생수소 해당)
블루	• 그레이수소에 CCS(탄소포집·저장) 기술을 적용하여 탄소배출 저감
그린	• 전기분해 과정에 신재생에너지 전력을 이용한 수전해수소

#### ■ 민관의 수소 생산시설 투자가 늘어날 전망이나 그레이수소 위주인 점이 한계

- 수소차 보급 확대로 국내 수송용 수소 소비량은 2022년 3만톤에서 2025년 10만톤, 2040년 101만톤 까지 늘어날 것으로 추정
- 수소 소비 증가에 따라 정부는 2025년까지 총 3만톤 규모의 추출수소 생산기지를 구축할 계획<sup>4)</sup>이고, 민간에서는 SK석유화학과 현대제철이 부생수소, 효성화학과 SK가스가 액화수소 생산을 추진
- 그러나 부생수소와 추출수소는 화석연료를 기반으로 생산되는 그레이수소에 해당되어 온전한 청정에너지로 보기 어려움<sup>5)</sup>
  - 추출수소 1톤 생산 시 10~11톤의 이산화탄소가 발생하고 황산화물, 미세먼지 등도 배출
- 또한 우리나라는 추출수소의 원재료인 천연가스 가격이 전세계 최고(最高) 수준으로 원가경쟁력 열위
  - 정부는 수소제조업체에 천연가스를 최대 43% 저렴히 공급하는 방안을 추진
  - 미국, 중동 등 천연가스 생산국의 추출수소 생산단가는 1달러/kg 수준이나, 국내는 천연가스 조달 가격이 하락해도 kg당 2천원을 상회할 것으로 추정

#### ■ 수소 생산은 궁극적으로 친환경 에너지원인 그린수소 중심으로 이동할 전망

- 그린수소는 원재료(물)와 공정과정(재생에너지) 모두 탈탄소화된 에너지원이

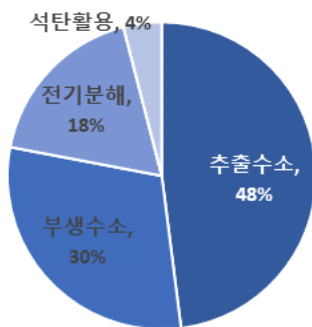
4) 2025년까지 LNG 개질 방식의 중규모(각 연간 4천톤) 생산단지 4개소, 버스 충전소와 연계하여 소규모(각 연간 365톤) 생산단지 17개소 구축

5) 전세계 천연가스와 석탄 소비의 6%, 2%가 수소 생산에 투입되어, 수소 생산과정에서 발생하는 이산화탄소 배출량은 영국과 인도네시아 배출량을 합산한 수준에 달함. 「The Future of Hydrogen」 IEA, 2019.06

나 전기분해 과정에 다량의 전력이 소요되어 생산단가는 현재 그레이수소 대비 3~5배 높은 수준

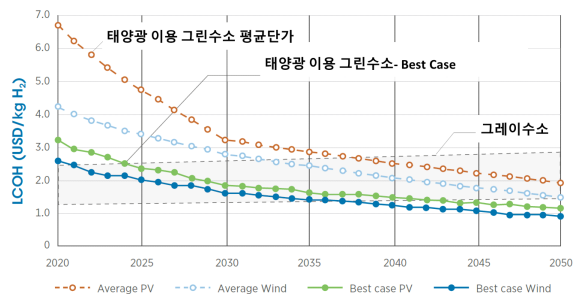
- 재생에너지 발전원가 하락과 수전해기술 개선, 규모의 경제로 2035~2040년 호주, 중국, 유럽 일부 국가 등의 그린수소 가격은 그레이수소 수준까지 하락하여 경제성을 갖출 것으로 전망<sup>6)</sup>
  - 수전해 기술은 전력비용이 원가의 80%를 차지하기 때문에 전기분해 공정에 투입되는 재생에너지 발전단가에 따라 국가별로 가격경쟁력이 크게 차별화
  - 국내 재생에너지 LCOE(균등화 발전원가)<sup>7)</sup>는 전세계 평균 대비 2배 가량 높은 수준으로, 원가경쟁력을 확보하기 어려움
- 우리나라의 수소 생산능력은 그레이수소와 그린수소 모두 원가경쟁력이 열위하여 늘어나는 수요를 국내 생산으로 모두 대응하기 어려울 것으로 보임
  - \* 2040년 수소 소비량은 2025년 대비 91만톤 증가
- 낮은 원가로 그린수소 제조가 가능한 해외 생산기지를 구축하거나 그린수소 수입이 필요할 것으로 예상

전세계 수소 생산방식별 비중



자료: IEA (2018)

수소 생산원가 추이 전망



자료: IRENA

6) 「Hydrogen: A Renewable Energy Perspective」, IRENA, 209.09

7) LCOE(Levelized Cost Of Electricity) : 초기자본투자비와 발전원가는 물론 원전·석탄·LNG·태양광·풍력 등 각 발전원의 환경오염·사고, 탄소 가격 등 외부효과를 고려한 생애주기별 추산 비용

## (2) 운송과 저장

### ■ 최근까지 수소는 주로 석유화학단지 내에서 생산되고 소비되어 운송과 저장 수요도 미미

- 현재 수소의 운송·저장 방식은 기체수소를 고압으로 압축하여 튜브트레일러 (특장차 위에 수소가스 저장용기를 장착, 주로 중거리 이송용)나 파이프라인 (단거리)을 통해 이송하는 방식이 보편적으로 활용
- 국내에 약 500대 튜브트레일러가 부생수소 생산지 인근 유통에 이용

### ■ 전국적으로 수소 생산기지과 충전소 구축이 본격화되고 국내 수소 이송량이 늘어남에 따라 튜브트레일러와 저장용기 수요가 급증할 전망

- 신생 생산기지과 충전소를 중심으로 튜브트레일러 수요가 증가하여 2030년까지 800대 이상의 신규수요가 창출될 것으로 추정
- 저장·운송은 외국 기술에 대한 의존도가 가장 높았던 분야<sup>8)</sup>이나 튜브트레일러의 핵심소재인 저장용기의 국산화 개발이 빠르게 진행

#### \* 기체수소 고압 저장용기 국산화 현황

- 엔케이 : 튜브트레일러를 제조할 수 있는 국내 유일 업체로, 저장용기 국산화도 추진 (2018년 600bar급, 870bar급의 타입3 개발, 타입4 개발 중)
- 일진복합소재 : 현대차와 타입4 수소자동차용 제품 납품 계약(2020)
- 한화솔루션 : 450bar, 300L 이상의 튜브트레일러용 타입4 개발, 2022년 상용화 계획
- 롯데케미칼 : 한국탄소융합기술원 등과 공동으로 수소 저장탱크(700bar, 1400L) 개발
- 효성첨단소재 : 수소연료 탱크용 탄소섬유 개발, 제품 인증 진행중으로 알려짐

- 기체수소를 운송·저장하는 기술은 저장용기 압력을 높여 운송량을 늘리는 것이 핵심 경쟁력이나 고압용기는 높은 압력을 견딜 수 있도록 복합소재를 이용해 제조가 어렵고 원가부담이 높음

\* 저장용기는 재질과 구성, 강도에 따라 타입1~4 구분 : (타입1, 2) 150~300bar 압력, 금속 재질 / (타입3, 4) 350~700bar 압력, 복합소재

- 과거에는 수소 저장용기 대부분을 일본 JSW 제품 등 수입에 의존하였으나 200bar 이하의 타입1 저장용기는 2018년 이후 국산화 완료

8) 수소산업 생태계 경쟁력 강화 방안

- 가볍고 내용량이 개선된 타입3, 4 수요가 늘어남에 따라, 400bar 이상의 튜브트레이일러용 고압용기와 수소전기차용 저장용기의 국산화 개발이 활발
- 저장용기 소재로 일본 수입산에 대부분 의존했던 탄소섬유도 국내 개발 완료

## ■ 장기적으로는 대량의 수소를 운송·저장할 수 있는 액화 기술 확보가 시급

- 액체 저장은 수소를 영하 253도 이하로 냉각하여 액화하는 방식으로, 이론상 대기압 상태에서 기체 대비 저장량이 약 240배 증가<sup>9)</sup>
- 수소의 유통량이 늘어날수록 비용을 절감을 위해 액화수소 도입이 필수적
  - 액화수소 운송비는 기체수소의 10분의 1에 불과
  - 특히 해외 수입의 경우 선박으로 수소를 운송하기 때문에 천연가스와 마찬가지로 액화수소 전용 선박, 액화수소 플랜트 등의 기술과 설비가 필요
- 정부는 2023년까지 ‘상용급 액체수소 플랜트 핵심기술 개발’ 프로젝트 등<sup>10)</sup>을 통해 액화수소에 대한 연구개발을 지원할 계획이나 현재 국내 기술은 미국, 독일, 일본과 격차가 큰 것으로 판단
  - 전세계적으로 액화수소는 극저온을 유지하기 어렵고 액화 시 많은 에너지가 필요한 단점 등으로 본격적으로 상용화되지 못한 단계
  - 그러나 이미 30개의 상용급 수소액화 플랜트가 운영 중<sup>11)</sup>이고 미국, 독일, 일본 등은 액화 저장탱크 및 액화수소 탱크로리를 보유하여 일부 활용
    - \* 미국(Air Products 등), 독일(Linde), 프랑스(Air Liquide) 액화 플랜트 원천기술 보유. 일본과 중국은 기술을 전수 받아 중형급 액화 플랜트 운영 가능
  - 반면 국내는 현재까지 액화수소 플랜트가 전무\*하고 수소액화 기술을 보유한 기업은 하이리움산업(한국과학기술연구원 창업기업)이 유일하며 생산량이 1톤 미만으로 매우 소규모
    - \* 효성화학이 독일 Linde그룹과 합작하여 2022년 완공을 목표로 액화플랜트 건설을 추진 중인 것으로 언론 보도
  - 액화수소 전용 선박의 경우 조선업 기술력이 우수하여 국내 건조가 가능할 것으로 보이나 LNG선과 마찬가지로 멤브레인 등 핵심소재의 원천기술 확보가 관건

9) 수소 보급 활성화를 위한 저장 및 운송기술 동향(김수현, Auto Journal, 2019.02)

10) 2025년 액화충전소 40기 구축, 2030년 1.5만톤의 액화수소 생산능력 확보

11) 「대한민국 액체수소 인프라 구축 방안」(기계연구원, 2019.05) 인용

### (3) 수소충전소

#### ■ 정부의 적극적 지원으로 충전 인프라가 빠르게 확대

- 국내 수소충전소는 현재 41개소가 운영 중이며, 2020년말 100개소에 달할 전망
- 2022년(누적 310기)에는 전국 주요도시에서 30분 내에 수소 충전소에 도달할 수 있고, 2030년(660기)에는 도시 내에서 20분, 고속도로에서 반경 75km 내에 수소충전소를 이용할 수 있도록 충전 인프라를 확대할 계획
- 충전소 증가에 따라 압축기, 고압밸브 등 충전관련 기계설비 수요도 크게 늘어날 것으로 예상
  - \* 정부는 수소충전기술과 수소충전소 핵심설비를 2030년까지 100% 국산화 목표

#### ■ 국내 수소충전소 지원 정책이 인프라 보급에 초점을 맞추고 있어 충전소 운영 사업은 당분간 저조한 수익성이 지속될 전망

- 수소충전소는 건설비 부담이 높고, 가동률이 낮은 수준에 머물러 있어 당분간 영업적자가 이어질 것으로 추정
  - 충전소 구축비용은 오프사이트의 경우 26~31억원, 수소추출기 등을 포함하는 온사이트는 50~60억원 수준으로, 설비보조금 없이 민간 참여가 어려운 영역
    - \* 정부 설비지원금 : 수소충전소 설치비용의 50%(수소버스 70%) 지원
    - \* (오프사이트) 외부 생산한 수소를 튜브트레일러 등으로 이송, (온사이트) 수소 추출설비와 저장, 충전 설비가 일괄 구축
  - 특히 충전소 가동률이 20%대에 그쳐 자본비용이 전체 운영비의 56%에 달하고, 하이넷(수소충전소 SPC)의 경우 2027년까지 영업적자가 이어질 전망<sup>12)</sup>
- 다만 2026년 이후 가동률이 100%에 달할 것으로 예상되고 기존 주유소를 활용하는 복합형 충전소의 경우 건설비를 절감할 수 있어 장기 전망은 양호

12) '수소모빌리티 산업의 인프라 구축과 안정성 확보' 포럼(201.09.26). 충전소의 수소 매입원가 6천원, 충전단가 8천원, 운영보조금은 없는 것으로 가정



#### (4) 연료전지

##### ■ 수소를 전기에너지로 전환하는 장치인 연료전지 제조 능력 우수<sup>13)</sup>

- 발전용 대형 연료전지의 경우 한국은(세계시장 점유율 40%) 전세계 최상위의 생산능력 보유
  - \* 두산퓨얼셀(인산형), 한국퓨얼셀(융융탄산염), 블룸SK퓨얼셀(고분자전해질) 등
- 전세계에서 수소차 양산이 가능한 업체는 현대차와 일본 토요타, 혼다 뿐으로 수송용 연료전지 시장도 3사가 점유하여 국내 경쟁력 우수

##### ■ 전해질막, 전극촉매와 GDL 등의 핵심소재 개발 필요

- 국내 연료전지 제조능력이 우수한 편이나 핵심 부품·소재의 국산화는 미흡
  - 연료전지스택(수백 개의 연료전지셀을 직렬로 쌓아 올린 연료전지 본체)은 수소차 제조원가의 40~50%를 차지하는 핵심 부품으로, 막전극접합체(MEA), 가스확산층(GDL), 분리판, 가스켓 등으로 구성
    - \* MEA는 연료전지의 성능을 좌우하는 가장 중요한 부품으로 전해질막 양쪽에 음극, 양극과 백금으로 구성된 촉매입자를 발라 제조
    - \* GDL은 수소와 산소가 고르게 확산될 수 있도록 하는 기능을 하며 다공성 소재로 만들어 탄소소재의 paper 형태로 MEA 양쪽에 붙게 됨
  - 연료전지의 성능을 좌우하는 막전극접합체(MEA), 가스확산층(GDL)은 각각 2015년, 2019년 국내 제조에 성공하였으나 핵심소재는 수입에 의존
    - \* MEA에 사용되는 백금촉매는 대부분 해외수입이고, 전해질막도 듀폰, 다우케미컬 등 수입품이 주로 이용되고 있으며, GDL의 소재인 탄소섬유는 수입을 통해 조달
  - 그 외 전극 제조에 사용되는 이형 필름과 점착제 등의 부자재 등도 국산화 개발이 필요한 분야

### 3. 시사점

#### ■ 수소는 이미 산업용으로 활용되고 있는 물질이나 화석에너지를 대체할 신규 에너지원으로 중요성이 부각

13) (연료전지 작동원리) 주입된 수소는 연료극에서 양이온과 전자로 분리 → 양이온은 전해질을 통해 공기극 쪽으로, 전자는 외부 회선으로 이동 → 양이온은 산소와 만나 물이 되는 반응이 일어나며 동력원의 전자를 끌어 들임 → 이 과정이 반복돼 지속적인 전자의 흐름을 만들어 전기 생산

- 수소경제 밸류체인에서 우리나라는 생산 부문의 가격경쟁력이 열위하나 수소차, 발전 등 최종 단계의 기술력이 우수하며, 유통 과정에서도 국산화 대체가 빠르게 진행되고 있어 전반적으로 성장성이 양호한 것으로 평가
- 장기적으로 수소경제 전 단계의 수요가 크게 늘어날 전망이며, 금융회사는 밸류체인 별로 새로운 사업기회를 모색할 필요
  - 국산화 대체가 기대되는 핵심 소재와 기계설비 제조기업에 투융자 지원 확대
  - 해외 수소 생산기지 발굴에 PF 참여 등의 기회 모색
  - 액화수소 전용 선박 건조에 선박금융 제공
  - 소비자와의 접점이 많은 충전서비스 관련 결제카드 제휴 등 업무 협력 확대