

Deloitte Insights

2023. 03



수소경제 실현을 위한 딜로이트의 솔루션 제안

Hydrogen: Making it Happen

수소경제 실현을 위한 딜로이트의 솔루션 제안

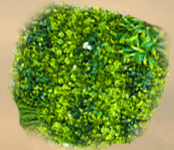
Hydrogen: Making it Happen

탈탄소화는 전세계적으로 선택이 아닌 필수이다.

유엔기후변화협약(UNFCCC) 제27차 당사국총회(COP27)는 파리협정에서 도출된 목표를 더 강하게 추진하여, 선언적인 감축 목표를 실질적 액션 플랜으로 전환해 나감과 동시에 적극적인 탈탄소화, 즉 온실가스 배출 저감을 우선 과제로 삼고 있다.

청정수소는 미래 에너지 시스템에서 특히 전기화가 불가능하며 온실가스 배출을 '저감하기 어려운'(hard-to-abate) 부문에서 핵심적인 역할을 담당할 것으로 예상된다. 2030년까지 메탄올 생산, 정유업, 항공업, 육상 운송업 등의 분야에서 청정수소가 우선적으로 적용된 이후, 해운업 등 기타 산업까지 확대될 것으로 전망된다. 딜로이트의 분석 결과, 전세계적으로 많은 수의 청정수소 생산 프로젝트가 발표되고 있지만, 아직까지 실질적이며 구체화된 계획은 다소 부족하고, 그만큼 사업화 가능성 또한 불투명한 측면이 존재하는 것도 사실이다. 또한, 국제에너지기구(IEA)의 '2050년 탄소중립 시나리오 (Net-Zero Emissions by 2050 Scenario, NZE)에서 제시한 예상 수요를 충족시키기에는 청정수소의 공급 자체가 다소 부족한 상황이다. 실제로 2050년까지 탄소중립 시나리오에서 제시한 수준에 도달하기 위해서는, 2030년까지 현재까지 발표된 수소 생산량의 약 3배 이상이 더 필요한 것으로 파악되고 있다.

본 보고서는 대량의 청정수소 보급을 촉진하고, 탄소 배출 감축 목표를 달성하는 관점에서 실질적인 해결책을 제시하고자 한다.



1. 시장 니즈(needs) 기반의 자연발생적 수요

녹색산업이 왜 필요한지에 대한 명확한 가치 제안을 통해 청정수소 수요를 촉발시켜 나감으로써, 정부 규제에 의해 창출될 수요 이외에 시장 니즈 기반의 자연발생적 수요를 확대해 나가는 것이 굉장히 중요하다. 이러한 자연발생적 수요는 시장에 긍정적인 시그널을 전달하고, 규제 수요를 지속적으로 확대하며, 수소 생산 투자를 유도할 수 있을 것이다.

2. 정부 정책과 규제

수소 수급 전반에 걸쳐 수소의 탄소배출 수준 (예: 수소의 탄소집약도지수)에 대한 간명하고 통일된 규제 체계와 간소화된 사업 인허가 체계를 도입함으로써, 대규모 수소 보급을 촉진하고 그 결과 탄소배출을 감축할 수 있다.

3. 기술

각 분야별로 적용될 탈탄소화 기술에 대해 합의를 도출하고, 이렇게 도출한 탈탄소화 기술 수준을 빠르게 제고하는 것이 청정수소 수요를 활성화할 수 있는 중요한 요소이다. 공급 관점에서는, 대규모 수요를 충족시키는 동시에 단기적 공급의 제약요인도 함께 극복하는 관점에서 크게 생각하고, 소규모로 시작하되, 빠르게 확장하는 (Think big, Start small, and Scale fast) 수소 생산 방식을 발전하는 접근법이 필요하다.

4. 자산, 인프라 및 공급

신재생 에너지 생산 증설, 송배전망 및 인프라에 대한 대규모 투자와 함께, 기존 인프라의 재사용 등 수소 공급 인프라 자산에 대한 빠른 교체 주기를 적용함으로써 수소 수요를 증가시킬 수 있다.

5. 협력

투자를 지연시킬 수 있는 구조적인 도전 요소들과 변화에 저항하는 시장의 관성적 요소들을 함께 극복하기 위해서는 새로운 비즈니스 모델을 기반으로 하는 이해관계자들 간의 협력이 필수적이다.

위에서 제시한 해결책들(그림 1)은 수소 허브를 조성함으로써 유기적인 형태로 구현이 가능하다. 수소 허브는 풍부하되 낮은 비용의 자원들을 수소 생산을 위해 결합할 수 있을 뿐만 아니라, 충분한 규모의 수요자를 결집해 시장 우호적인 지원 정책을 유도하고, 수소 생산 단가 하락을 위한 규모의 경제 달성과 투자 요구 조건을 절감할 수 있는 지리적 공간이 될 수 있다. 수소 허브는 본격적 수소경제에 빠르게 도달함과 동시에, 기존 글로벌 에너지 시장의 취약성을 보완하는 데 큰 도움이 될 수 있다.

수소경제 활성화 해법을 현실에서 구현하고 이를 통해 글로벌 탄소배출량을 감축하기 위한 노력이 최우선 과제로 떠올랐다.

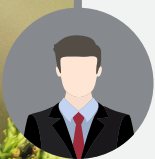
수소경제 활성화 해법을 현실에서 구현하고 이를 통해 글로벌 탄소배출량을 감축하기 위한 노력이 최우선 과제로 떠올랐다. 수소는 전기화 (electrification) 이외에는 몇 안 되는 탈탄소화 옵션 중 하나로, 온실가스 배출량을 저감하는 데 중요한 역할을 담당할 뿐만 아니라 시장의 수요와 기대 또한 지속적으로 높아질 전망이다. 수소는 경제 활성화와 고용 촉진에도 직접적인 기여할 것으로 기대되는 바, 유럽연합 (EU)은 2030년까지 10억 유로를 투자할 경우, 약 1만 개의 직간접적인 일자리가 창출될 것으로 전망하고 있다. 하지만 수소경제로 빠르게 전환시키기 위한 구체적인 방안들은 아직까지 불명확한 상태이다. 최근 2년간 청정수소(신재생에너지를 이용한 수전해 방식의 수소 생산 및 화석연료 개질 후 탄소 포집 저장을 통해 탄소를 거의 배출하지 않는 방식으로 생산되는 수소)라는 개념이 시장의 많은 관심을 받고 있으며, 이에 따라 연구 개발(R&D) 뿐만 아니라, 실증 및 상업화 시도 등이 활발하게 전개되고 있다. 최근에는 청정수소에 대한 인식도 높아지면서, 실현 가능하고 사업 타당성이 보장된 수소 프로젝트에 대한 투자 결정 또한 증가하고 있다.

청정수소 프로젝트는 경제성을 확보하기 위해 상당한 수준의 정부 재정 지원이 필요한 경우가 대부분이었고, 최종투자결정(FID)까지 이어지는 경우는 사실 많지 않았다. 세계 기후 목표를 달성하기 위해서는 대형 청정수소 프로젝트를 시장에서 작동 가능한 수준으로, 그것도 빠르게 구현해 나갈 수 있는 방안을 찾는 것이 여전히 시급한 과제로 남아있다.



“COP27의 주제는 '이행을 위한 협력'(Together for Implementation)이었습니다. 이는 수소경제에도 똑같이 해당됩니다. 우리 모두 청정수소 개발 및 활용을 위해 협력해야 합니다.”

항공업 임원



“정부의 지원제도만을 바라보며 수소경제가 형성되기를 기다릴 수는 없습니다. 수요, 인프라, 기술 혁신, 새로운 비즈니스 모델 개발 등과 같은 다른 조건들도 정부의 지원만큼, 아니 그 이상 중요합니다.”

항만업 임원

본 보고서는 현재 청정수소의 글로벌 산업 환경, 시장 잠재력 및 공급 모멘텀을 분석하고 <시장 니즈 기반의 자연발생적 수요>, <규제>, <기술>, <자산, 인프라 및 공급>, <협업> 등 5가지의 핵심 요소들에 대해 좀 더 깊게 살펴본 후, 수소 공급과 수요의 확대를 위한 솔루션을 제안하고자 한다.

마지막으로, 이러한 5가지 핵심 요소들이 통합적으로 적용되어 수소경제를 현실화할 수 있는 방안 중 하나로서 청정수소 허브에 대해 간략히 설명하고자 한다.

그림 1
수소 생산 및 수요 활성화 촉진을 위한 핵심 변수 및 주요 해결 방안

핵심 변수	주요 해결 방안
자연발생적 수요	- 정책 수요를 촉발시킬 수 있는 시장 니즈 기반의 자연발생적 수요 - 새로운 녹색 가치 제안 - 등록 및 청구 (Book & Claim) 인증 체계
정부 정책 및 규제	- 수소 (탄소) 배출 집약도지수 (HEII) 도입 - 수소 수급을 둘러싼 간명하고 통일된 규제 체계 - 간소화된 사업 인허가 체계
기술	- 수요 창출 목적을 위한 정밀 타격 후 확산 전략 - 기술 성숙과 상용화를 위한 R&D 투자 및 업계 내 합의일치된 탄소중립 기술의 도출 - 수소생산과 수소 공급망 확대를 위한 '크게 생각하고, 소규모로 시작하되, 빠르게 확장하는 (Think big, Start small, and Scale fast) 접근 방식
자산, 인프라 및 공급	- 신속한 자산 교체 및 재사용 - 인프라 개발에 집중 - 공급 주도형 허브
협력	- 새로운 비즈니스 모델 개발 - 인재 육성 - 녹색 금융 활용

자료: 딜로이트 분석

글로벌 수소경제 현황

- 1.1 청정수소의 성장 잠재력
- 1.2 청정수소 공급 전망
- 2.1 시장 니즈 기반의 자연발생적 수요
- 2.2 규제
- 2.3 기술
- 2.4 자산, 인프라, 그리고 공급
- 2.5 협력
- 3.1 수소 허브

1.1

청정수소의 성장 잠재력

청정수소는 미래 에너지 시스템에서 중요한 역할을 담당할 것이며, 특히 상대적으로 온실가스 배출 '저감이 어려운'(hard-to-abate) 부문의 탈탄소화에 있어 핵심적인 역할을 할 것으로 전망된다. 2030년까지 메탄을 생산, 정유업, 항공업, 육상물류업 등의 분야에서 청정수소가 사용될 것으로 전망되며, 이후 해운업 등 기타 산업으로도 확대될 것으로 예상된다.

2020년 글로벌 에너지 사용량을 분석한 결과, 석유화학, 철강 등의 산업 부문, 자동차, 해운, 항공, 육상 물류 등의 수송 부문 및 건물 부문 등을 포괄하여, 약 410억사줄(EJ)가량의 에너지를 소비했으며, 그 대부분은 화석연료였다.

전기화가 탈탄소화에 매우 중요한 역할을 하겠지만, 여전히 분자 기반의 에너지 운반체가 2050년까지 에너지 총 소비의 약 30~35%를 차지할 것으로 보인다. 이 중에 수소는 분자 기반의 에너지 운반체의 35%를 차지할 것으로 예상되며, 이는 전체 에너지 소비의 약 10%, 즉 약 35EJ를 차지할 전망이다(그림 2 참조).

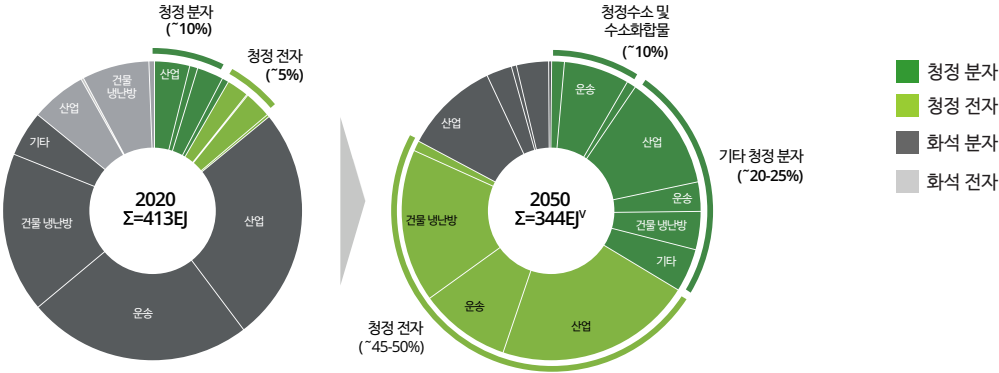
분자 기반의 에너지 운반체는 탄소 감축이 상대적으로 어려운 산업군에서 그 가치가 증명될 수 있다. 이들 에너지 운반체는 고온 공정에서 활용이 가능하고, 산업 공정에 있어 원료 또는 환원제로 사용 가능하며, 배터리에 비해 고에너지 밀도를 제공하여 화물 운송 차량 등에 연료로 활용할 수 있다. 또한, 이러한 에너지 운반체 형태로 신재생에너지 전력을 저장할 수 있는 장점이 있다.

청정수소의 구체적인 잠재력과 본격적 상용화 시기는 분야별로 상이하며, 이는 개별 산업의 특수한 상황에 따라 다르게 나타난다(그림 3 참조). 예를 들어, 석유화학 분야에서는 이미 그레이수소가 사용되고 있기 때문에 인프라 변경에 대한 압박이 거의 없고, 청정수소 기반의 암모니아 및 메탄올 생산을 위한 투자 필요성을 크게 느끼지 않는다. 마찬가지로 정유산업 역시 그레이수소를 이미 사용하고 있기 때문에 청정수소로의 공정 개선이 필수적이지는 않다. 그러나 항공 및 육상 운송산업 뿐만 아니라 앞서 언급한 석유화학 및 정유산업에서도 2030년까지는 새로운 규제 도입으로 인한 청정수소의 수요가 촉발될 가능성이 있다.

규제에 의해서 강제되는 수요가 아닌, 녹색 제품을 요구하는 소비자들의 니즈에 의해 발생하는 자연발생적 수요는 철강과 같은 분야에서의 청정수소의 조기 도입에 기여를 할 수 있을 것이고, 2030년경에는 대규모 도입이 가능해질 것으로 전망된다.

해운업에서는 관련 기술이 아직까지 성숙화 단계에 접어들지 못한 상태이고, 탈탄소화에 대한 이행방안이 불분명하기 때문에 2030년 이후에나 실질적인 수요 증가로 이어질 것으로 보인다(제2, 3장 기술편 참조). 마지막으로, 수송과 건물 부문 등은 아직까지 경제적 타당성이 확보되지 않은 상황인 만큼, 수소의 본격적 활용은 2030년 이후로 전망된다.

그림 2
2020년 vs 2050년 - 전 세계 최종 에너지 소비량 (IEA '2050년 넷제로 배출 시나리오')



출처: IEA '2022 세계 에너지 전망', 딜로이트 분석

그림 3
청정수소의 성장 잠재력과 부문별 도입 (예상) 시점

부문		청정수소의 역할	도입 시점			
			2030+	2040+	긍정적 잠재력에 대한 판단 근거	
산업	철강	H	직접환원철(DRI) 혹은 고로-전로(BF-BOF) 및 고온용 환원제	~	✓	평판강철에 대한 자연발생적 수요가 있을 수 있지만, '지불 의향'이 낮고 자산 교체 주기가 길어 실질적인 수요는 낮을 수 있음
	암모니아	H	암모니아 생산용 원료	✓	✓	식품에 대한 자연발생적 수요가 있을 수 있으며, 자산 교체가 용이하기 때문에 실질적인 수요가 높을 수 있음
	메탄올	H	메탄올 생산용 원료	✓	✓	해운운송에서 메탄올에 대한 자연발생적 수요가 있을 수 있으며, 자산 교체가 용이하고 정부의 신규 정책과 규제가 있어 실질적인 수요가 높을 수 있음
	정유	H	수소 분해 및 처리용 원료	✓	✓	
	기타 석유화학	M	증기 분해용 원료/연료	~	~	
	시멘트	L	발열 증가용 촉매 연료 (단, 연료로서 저비용 바이오매스와 경쟁)	X	~	
	기타 산업	L	대부분 직접 전기화 가능 / 틈새 적용	X	~	
수송	육상화물	H	장거리 대형 화물 운송용 연료	✓	✓	자연발생적 수요가 창출될 수 있고, 높은 '지불 의향', 신규 정부 정책 및 규제, 짧은 자산 교체 주기로 인해 실질적인 수요가 높을 수 있음
	해운	H	수소, 암모니아 또는 메탄올 형태의 국제 해운용 연료	~	✓	자연발생적 수요 가능성은 있지만 (컨테이너 운송 부문은 비용 영향이 상대적으로 낮음), 기술적 조정이 어려우며 자산 교체 주기가 길어 실질적인 수요는 낮을 수 있음
	항공	H	지속가능 항공연료(SAF) 직접 사용 및 생산용 원료	✓	✓	자연발생적 수요 가능성 (예: 비즈니스 출장 등)이 있고, 자산 교체가 필요하지 않으며, 신규 정부 정책과 규제 등으로 실질적인 수요가 높을 수 있음
	기차	M	장거리 수송의 디젤 엔진 기차 대체용 연료	~	~	
	자동차	L	차량의 전기화 및 경제성 증대 도모	X	X	
건물	주거용	L	전기화의 경제적 한계가 있는 경우의 난방용 연료의 대안	X	~	
	상업용	L		X	~	
	발전		M	에너지 저장을 통한 재생 에너지의 간헐성 보완	X	~

■ 높음

■ 중간

■ 낮음

■ 높음 ■ 중간 ■ 낮음

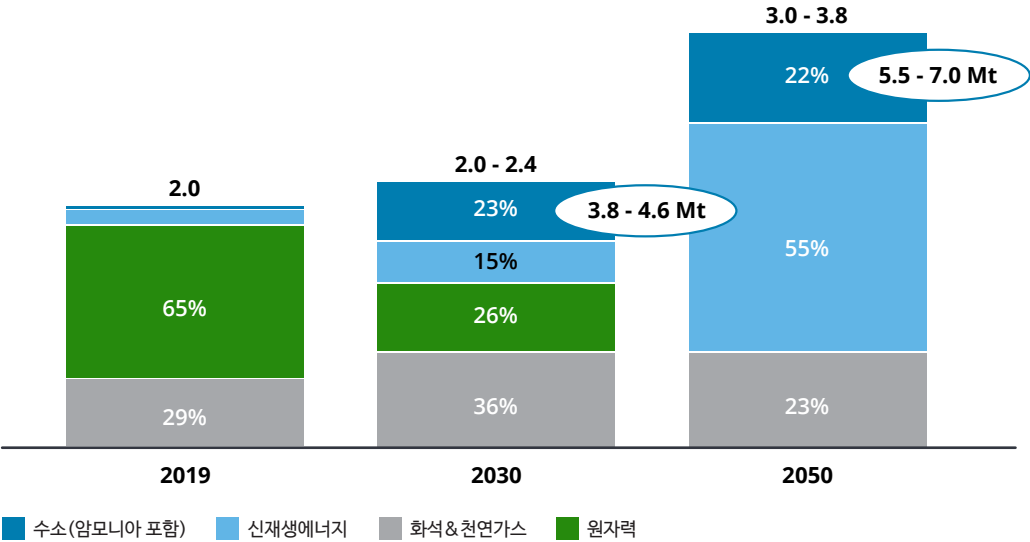
출처: IEA '2050년 넷제로 배출', 딜로이트 분석

부문별 및 지역별로 청정수소 도입에 영향을 미칠 수 있는 또 다른 요인들도 불확실성이다. 예를 들어, 수소는 현재까지는 장거리 대형 육상 운송에 적극 활용될 것으로 전망되지만, 향후 배터리 기술의 발전으로 인해 실제 미래 수요는 감소할 수 있다.

더욱이 한국과 일본 등 일부 국가는 발전용으로 직접 수소(암모니아 포함)의 사용을 고려하고 있지만(그림 4 참조), 다른 국가들의 경우 발전용으로는 간헐적 재생에너지 전력을 저장하는 용도로 수소 및 암모니아를 활용할 것으로 예상된다.

한편, 그린메탄올과 같은 합성 연료 생산에는 CO₂와 수소가 모두 필요하기 때문에, 대기 중 이산화탄소(CO₂)를 포획하여 추출하는 직접공기포집(DAC) 기술의 새로운 발전이 수소의 부상을 가속화할 수도 있다.

그림 4
한국의 발전 부문 청정수소 활용 현황



출처: 대한민국 산업통상자원부 자료, 딜로이트 에너지시스템모델



1.2 청정수소 공급 전망

청정수소 공급 프로젝트 발표가 급속하게 늘고 있지만,
2030년까지 예상 수요를 충족시키기 위해서는 현재까지 발표된 것과 비교해
3배 이상의 추가 공급이 필요한 상황이다.

2021년 기준, 전세계 수소 공급은 약 9천만 톤이며, 이 중 99%가 그레이 수소로 공급되고 있다. 그레이 수소는 화석연료를 기반으로 생산되며, 주로 암모니아 생산(37%), 메탄올 생산(15%), 원유정제(42%)에 사용되고 있다.

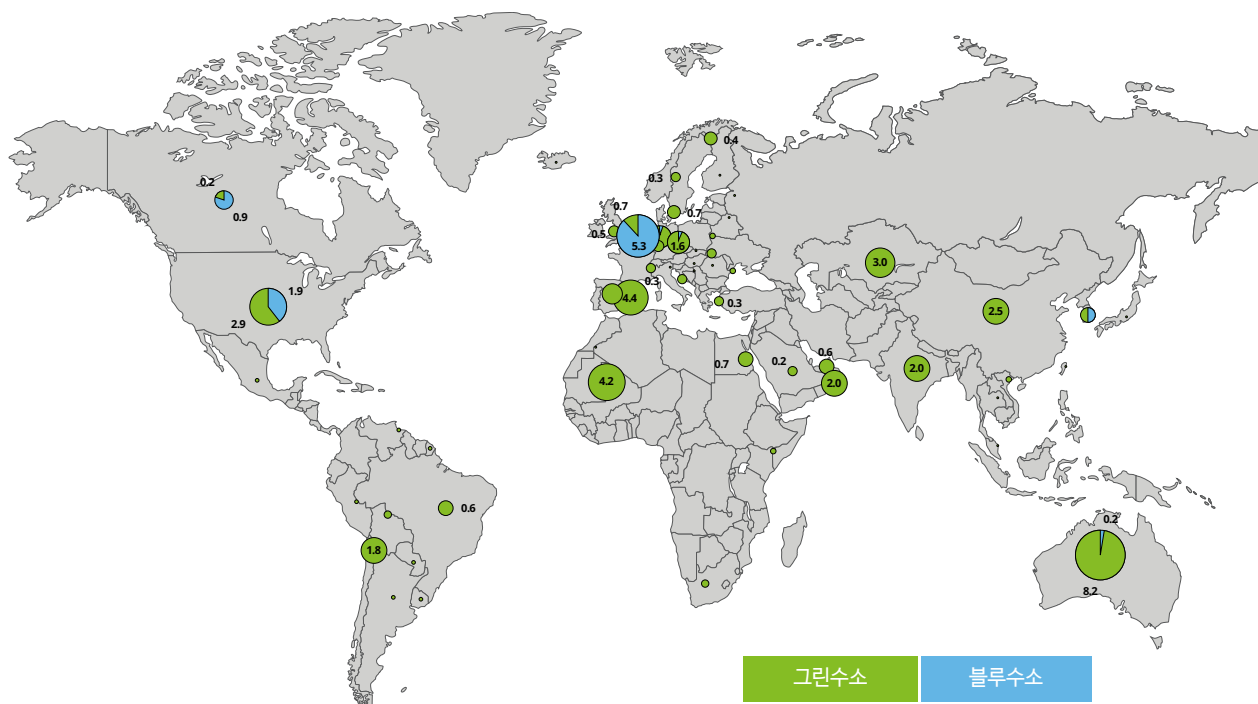
딜로이트 에너지전환 모니터 (Deloitte Energy Transition Monitor, DETM)는 청정수소 공급(수소화합물 포함)과 관련된 전세계 모든 프로젝트를 분석하고 있다. 청정수소 생산량은 최근 빠르게 증가하고 있으며, 2022년 8월 기준, 신규 발표 프로젝트들은 4천4백만 톤의 신재생에너지 기반의 수전해 생산 그린수소와 화석 연료 개질 및 탄소 포획 및 저장(CCUS)을 통해 생산되는 9백만 톤의 블루수소로 구성되고 있다.

그러나 프로젝트 중 절반은 아직 구체적인 계획까지 도달하지는 못한 상황이다. FID를 통과한 프로젝트는 10개 (발표된 용량의 1% 미만)에 불과하며, 이 중 규모가 가장 큰 프로젝트는 중국의 신장위구르 쿠처 프로젝트(300MW)와 홀랜드 수소 1호기(200MW)이다.

또한 최근 몇 달간 특별한 발표가 있지 않은 데도 불구하고 원자력 에너지 발전과 수전해로 생산되는 핑크수소에 대한 논의가 활발히 이루어지고 있다. 핑크수소는 수소 생산 발전원의 다양화를 가능하게 할 수 있기 때문에 지속적인 관심을 받고 있는 상황이다. 핑크수소 방식은 전해조의 부하율을 개선할 수 있을 뿐만 아니라, 균등화 수소생산비용 (Levelized Cost of Hydrogen)을 낮출 수 있다. 특히 소형모듈원전(SMR) 기술의 발전으로 낮은 자본 경비와 짧은 건설 공기가 가능해지면서 수소 생산원으로 더욱 각광받고 있다.

그림 5

국가별 운영 및 발표된 청정수소 공급량 (Mt/년, '22.8월 기준)



참고: 운영 중, 계획 중(FID 전/후 포함) 및 목표

출처: 딜로이트 에너지전환모니터



"앞으로 몇 년간은 모든 수요를 충족시킬 만큼의 수소 공급은 어려울 것 같습니다. 그리고, 수소 가격 자체도 꽤 높을 것으로 전망됩니다. 따라서, 선별적인 접근 자체가 필요하며, 경제적으로 타당한 지역부터 시작해야 합니다."

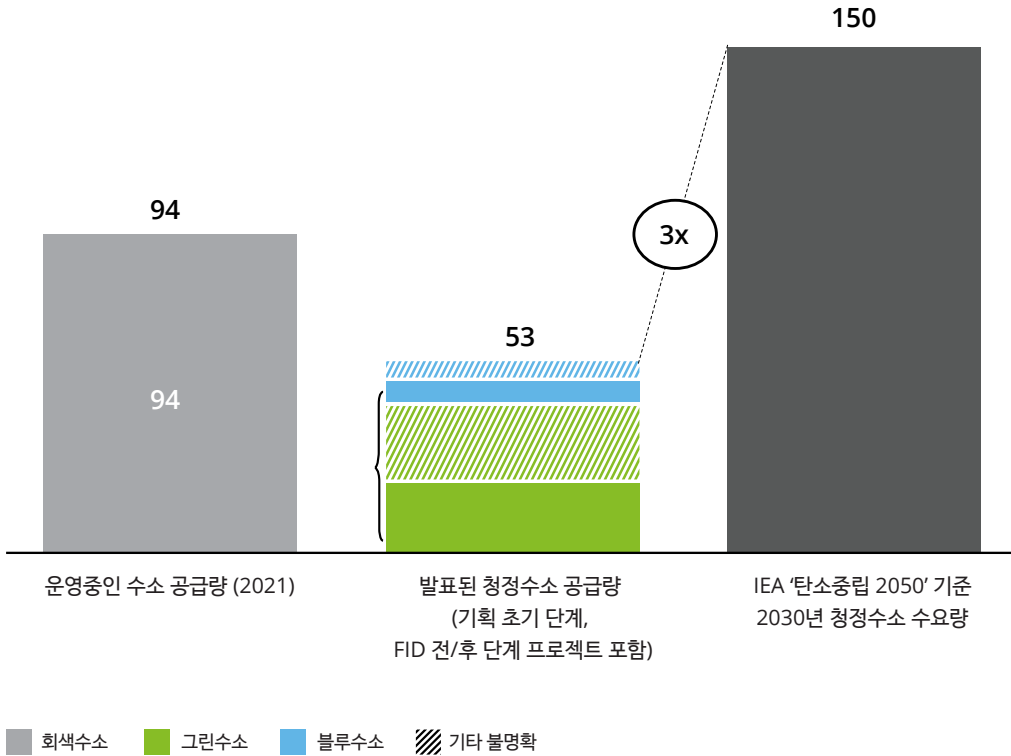
화학기업 수소 담당 임원

대부분의 수소 프로젝트는 유럽, 중국, 미국 및 호주에서 추진 중이다(그림 5 참조). 현재까지 블루수소 프로젝트 투자 발표는 영국(530만 톤, 전체 블루수소 생산량의 60%), 미국(190만 톤, 20%), 캐나다(90만 톤, 10%) 등으로, 기존 생산 플랜트와 광구가 밀집한 지역을 중심으로 발표되고 있으며, 딜로이트 분석에 따르면 중동과 노르웨이에서 앞으로 꽤 많은 블루수소 프로젝트가 발주될 것으로 전망된다. 한편 대부분의 그린수소 프로젝트는 유럽(1,300만 톤, 총 그린수소 생산량의 30%), 중동(900만 톤, 20%), 호주(800만 톤, 19%)를 중심으로 투자가 진행되고 있으며, 이 국가들은 풍부하고 저렴한 재생에너지 생산 능력을 보유하고 있다는 점이 특징이다.

지역별로 자연 환경적인 특징(예: 중동의 풍부한 신재생에너지 여건)과 현지 규제 여건(예: 미국의 인플레이션 감축법, IRA) 등에 영향을 받으며 점차 생산 역량의 개선이 나타나고 있지만, 종합적으로 기 발표된 수소 생산 프로젝트가 모두 현실화된다고 하더라도 여전히 미래 수요를 감당하지 못할 것으로 보인다(그림 6 참조). IEA 'Net Zero by 2050' 시나리오에 따르면 2030년까지 현재 발표된 생산량의 3배가 더 필요할 것으로 추정되고 있다.

그림 6

전 세계 운영 및 발표된 청정수소 공급량 ('22.8 기준) vs 예상 수요 (Mt/년)



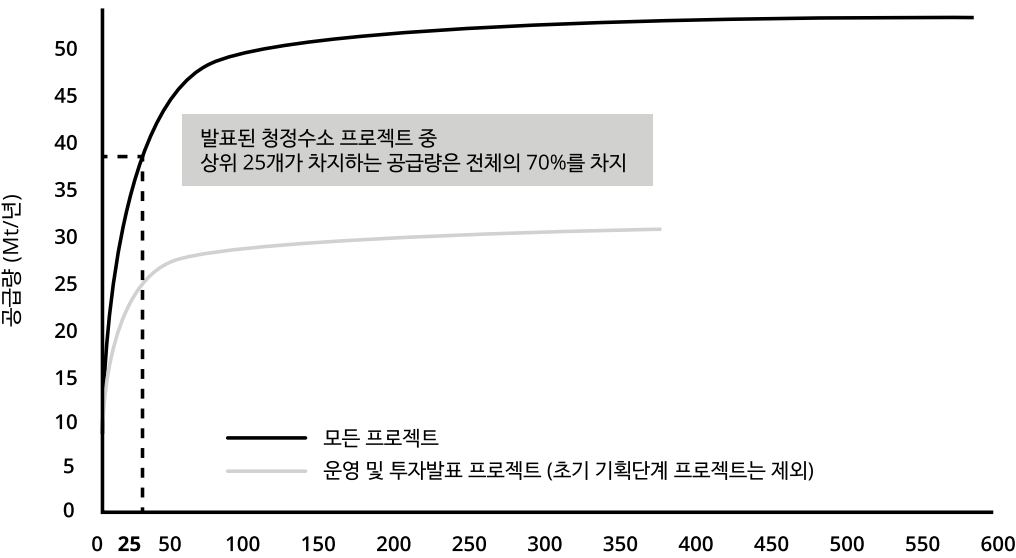
출처: 딜로이트 에너지전환모니터, 국제에너지기구(IEA) '2022 세계 에너지 전망' 및 '2050년 넷제로 배출 시나리오' 자료

현재까지 투자가 발표되거나 운영 중인 약 600개의 생산 프로젝트 중 상위 25개 프로젝트가 전체 생산량의 약 70%를 차지하고 있는 것을 볼 수 있다(그림 7 참조). 다수의 소규모 프로젝트부터 소수의 대규모 프로젝트 등 역내 단일 수요 충족 목적부터 대규모의 인프라 구축 목적까지 다양한 규모의 프로젝트가 추진되고 있다(상세 내용은 2.4 장 참고).

딜로이트 에너지전환모니터(DETM)는 수소 생산량 외에도 수소화합물 관련 투자 발표 정보를 분석하고 있으며(그림 8 참조), 해당 정보에는 주로 호주와 중동을 중심으로 하는 8,000만 톤 규모의 저탄소 암모니아 생산(현재 전 세계 소비량의 44%) 움직임이 주목된다. 항공 부문의 경우, 항공사 및 공항들과 다량의 공급계약을 체결한 유럽, 미국, 싱가포르 등을 중심으로 1,200만 톤 규모(현재 항공유 수요의 4%)의 지속가능항공연료(SAF) 생산 투자가 주목할만하다.

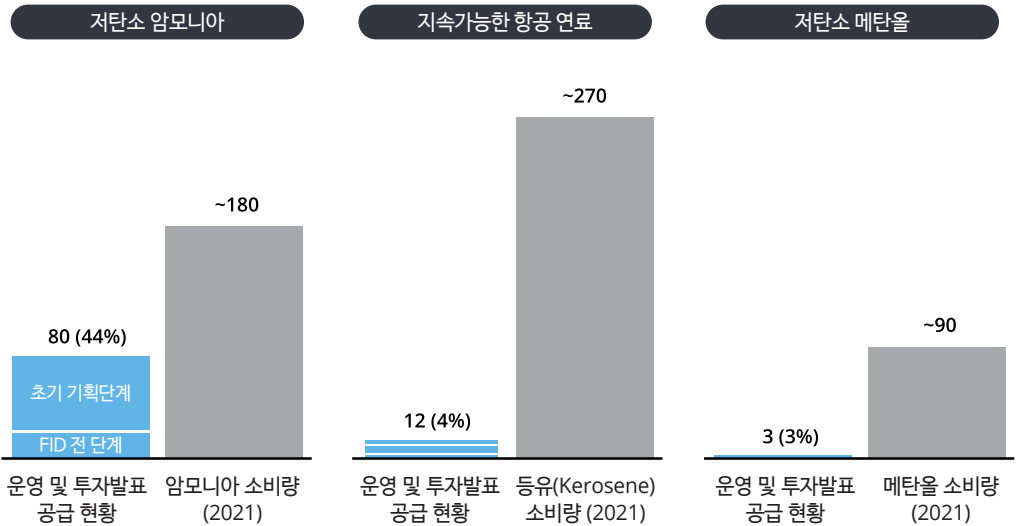
현재까지 발표된 저탄소 메탄올 생산량은 약 200만 톤(현재 소비량의 약 2%) 정도로, 주로 유럽과 미국에서 생산이 이뤄지고 있다. 그 중 상당량은 해상운송 부문의 이중연료선박(Dual-Fuel Ships)의 발주 시점에 맞추어 혼합 선박연료(Blend Shipping Fuel)를 생산하는데 사용될 전망이다. 그러나 발표된 대부분의 수소화합물 프로젝트는 아직 FID 이전 단계에 머무르고 있고, 지속적인 추진이 이루어지기 위해서는 충분한 수소가 공급되어야 한다.

그림 7
전 세계 운영 및 발표된 청정수소 공급 프로젝트('22. 8 기준)



출처: 딜로이트 에너지전환모니터

그림 8
전 세계 운영 및 발표된 청정 수소화합물 공급량 (Mt/년, '22.8 기준)



발표된 청정수소 프로젝트 중 상위 25개가 차지하는 공급량은 전체의 70%를 차지

출처: 딜로이트 에너지전환모니터

2.1

시장 니즈 기반의 자연발생적 수요

녹색산업이 왜 필요한지에 대한 명확한 가치 제안과 구매자 통합을 통해
청정수소에 대한 자연발생적 수요를 촉발하는 것이 매우 중요하다.
이를 통해 시장에 긍정적인 시그널을 전달하고, 추가적인 정책 수요를 창출할 수 있다.

청정수소 시장 형성에 수요 측 요소는 매우 중요하다. 그 중에서도 정부 규제와 관계없이 시장의 니즈에 의해 자연발생적으로 창출되는 수요의 중요성은 매우 크다고 할 수 있다. 자연발생적 수요만으로 시장 규모가 결정적으로 확대되지는 못하더라도, 시장의 추가적인 성장을 촉발시킬 수 있는 정부 정책들의 입안 근거가 될 수 있기 때문이다. 딜로이트는 자연발생적 수소 수요 창출로 연결될 수 있는 3가지 기회 여건들을 다음과 같이 정의한다.

01

수소 활용을 통해 기업 (예: 시장 점유율 증가)과 소비자 (예: 새로운 기능적 또는 정서적 혜택 제공)에게 어떠한 이득을 제공할 수 있는가?

02

수소를 활용하지 않음으로써, 사회와 정부로부터 평판 리스크에 노출될 가능성이 있는가?

03

수요자에게 수소 전환에 필요한 최소한의 비용 전가가 가능한가?



“수소에 대해 이야기할 때, 우리는 수요 측 요소들은 종종 간과한 채, 공급에 대해서만 이야기하곤 합니다. 수요에 대해 좀 더 진지하게 고려해야 하며, 시장에서 무엇을 원하는지, 그리고 어떻게 변화시켜 나갈 것인지 고민해야 합니다.”

에너지 기업, 수소 담당 임원

그림 9
산업별 청정수소의 잠재성

산업		그린 프리미엄의 가능성이 있는 최종 시장	수요 드라이버			자연발생적 청정수소 수요 발생 가능성
			이익을 포착할 수 있는 능력	평판 리스크	최종 소비자에 대한 비용의 증가	
산업	철강	그린스틸 모빌리티 (전체 시장의 15%)				★ ★ ★
	암모니아	식품				★ ★ ★
	메탄올	컨테이너 운송 (전체 시장의 25%)				★ ★ ★
	정유					★ ★ ★
	기타 석유화학	포장, 화장품				★ ★ ★
	시멘트	정부				★ ★ ★
	기타					★ ★ ★
모빌리티	육상화물	주요 선주				★ ★ ★
	해양	컨테이너 운송 (전체시장의 25%)				★ ★ ★
	항공	출장 및 화물기 선정				★ ★ ★
	철도	장거리 디젤 열차				★ ★ ★
	승용차					★ ★ ★
건물	거주용					★ ★ ★
	상업용					★ ★ ★
발전	발전					★ ★ ★

청정수소의 잠재성

출처: 딜로이트 분석, 산업계 리더와의 인터뷰 자료

기업들은 저탄소 제품의 채택을 독려하는 새로운 가치 제안을 개발해야 할 필요성이 높아지고 있다. 각 산업별 아래의 시장 동인들은 청정수소의 자연발생적 수요 창출을 예견할 수 있는 배경이 되고 있다.



- **철강업:** 그린스틸(green steel)은 완성차 제조사(OEM)들에게 전기자동차 혹은 탄소 중립 연료 기반의 내연기관차에 추가될 수 있는 또 다른 관점의 환경친화적인 전략적 옵션을 제공할 수 있으며, 탄소발자국을 줄이고자 녹색 제품을 찾는 구매자들에게 새로운 해결책을 제공할 수 있다. 딜로이트 분석에 따르면 차종에 따라 다르지만, 차량 1대 당 철강재가 차지하는 원가 비중이 그리 높지 않기 때문에, 그린스틸을 활용하더라도 전체적인 차량 비용은 크게 증가하지 않을 것으로 분석된다(표준 세단 승용차의 경우, 약 200달러 증가). 이러한 이유로 유럽 OEM 업체들은 이미 그린스틸 도입을 결정한 바 있다.



- **항공업:** SAF를 사용할 경우, 소비자들의 항공권 구입 비용은 증가하겠지만(항공권 가격에서 연료비가 차지하는 비중은 약 30% 수준임), 항공사들은 이러한 문제를 해결하기 위해 소비자들에게 추가적인 혜택을 제공함으로써 비용 증가를 상쇄할 수 있다. 예를 들어, 항공사는 '그린 항공권' 구매자들에게 보안검색 우선 통과, 좌석 우대, 기내식 업그레이드, 로열티 포인트 등을 제공할 수 있을 것이다.



- **해운업:** 컨테이너 운송에 있어서, 친환경 연료로 전환할 경우 일반적인 소비재의 한계비용 증가폭은 매우 낮으며(약 1%), 이는 해운업이 '친환경 가치'를 제공할 수 있는 출발점이 될 수 있다. 크루즈 선박의 경우에도 유사한 개념이 적용될 수 있다.

또한 시장 수요가 다수의 구매자로 파편화되어 있을 경우, 확장 가능한 마켓플레이스로 수요를 통합하고, 장기계약으로 유도해 내는 것도 좋은 해결 방안이 된다. 예를 들어, 항공사들은 이미 지속가능한 항공구매자연합(Sustainability Aviation Buyers Alliance)와 같은 조달 협의체를 결성하여 SAF의 통합 조달 체계를 확보, 자사 기업 고객들의 Scope 3 배출량을 감축하기 위한 오퍼링으로 활용하고 있다. 또한 1년 이상의 장기계약 방식은 안정적으로 지속적인 수요를 창출하는데 효과적인 방법으로서, 장기계약은 구매자와 공급자 모두 리스크를 감소시킬 수 있는 방안이 된다. 많은 투자가 요구되는 공급망 인프라 구축 등에 의사결정을 좀 더 용이하게 함으로써 장기계약의 혜택은 구매자와 공급자 모두에게 혜택이 돌아갈 수 있다.



“수요를 통합할 경우, 우리는 시장에서 확실성이라는 단초를 발견할 수 있습니다. 구매자들은 친환경 조달(Green Procurement)이라는 큰 틀에서의 협력을 창출함으로써, 글로벌 규제에 보다 빠르게 대응할 수 있습니다.”

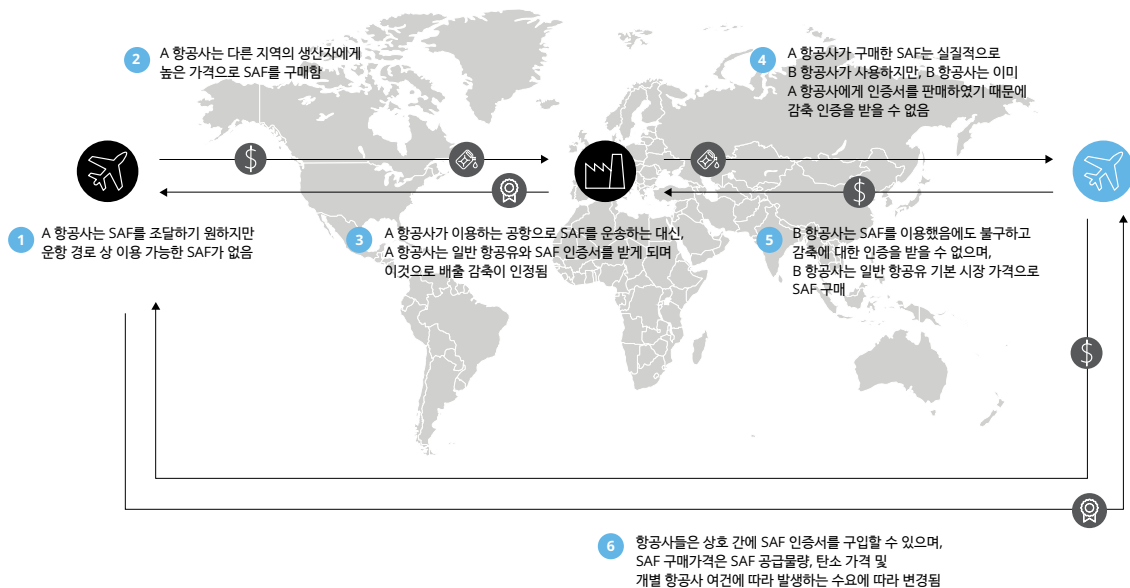
항공사 임원

한편, 전세계적으로 수소의 수급을 균형적으로 일치시키는 것은 단기적으로는 쉽지 않은 과제일 것이다. 그렇다고 수요가 많은 지역으로 연료를 이송시키는 것 또한 현재까지의 탈탄소화 수준을 고려할 때 현실적인 방법은 아닐 수 있다. 글로벌 차원의 '등록 및 청구'(Book & Claim) 인증 체계를 활용할 경우, 권역내 개별 수요를 좀더 광역 단위의 글로벌 수준의 수소 공급 체계로 연결함으로써, 이러한 문제를 완화할 수 있다. 항공업의 경우 바로 이러한 '등록 및 청구'(Book & Claim) 인증 체계 체계를 통해, 지역적으로 연료 공급이 제한되더라도 SAF를 구매하여 항공사의 탈탄소화를 달성할 수 있게 하는 사례를 발견할 수 있다(그림 10 참조).

시장수요에 기반한 자연발생적 수요의 경우, 산업별 특성과 그 산업 내의 독특한 수요 니즈에 많이 의존할 수밖에 없기 때문에, 수소의 생산과 수요를 규모있게 성장시켜 나가는 데에는 충분하지 않을 수 있다. 여기에 바로 정부의 규제 및 지원으로 산업 내의 수요를 폭발적으로 성장시켜야 하는 이유가 있다. 초기에는 이미 수소를 활용하는 산업(예: 정유업 등)부터, 앞으로 새로운 규제가 도입될 것으로 전망되는 산업(예: 모빌리티 등) 등에서 규제와 지원을 통해 수소 수요를 촉발시켜야 한다. 해당 내용은 다음 장에서 더 자세히 살펴보기로 한다.

그림 10

항공산업에서의 '등록 및 청구' (Book & Claim) 인증 체계 작동 원리



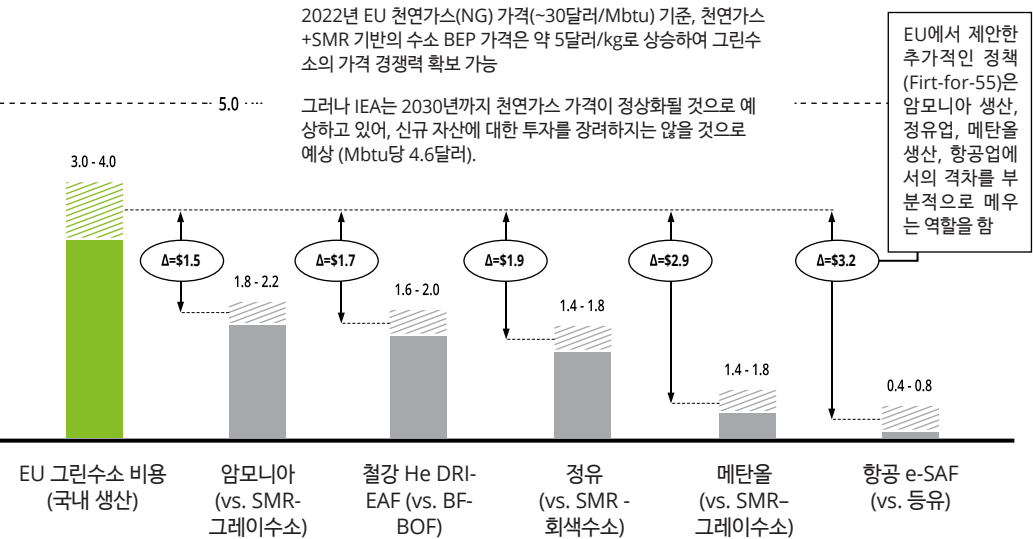
출처: 항공업계 경영진 및 리더와의 인터뷰 자료, 딜로이트 분석

2.2 규제

수소 공급 전반에 걸쳐 수소의 탄소배출 수준 (예: 수소의 탄소집약도지수)에 대한 간명하고 통일된 규제 체계와 간소화된 사업 인허가 체계를 도입하는 것이 대규모 수소 보급을 촉진하고 결과적으로 탄소배출을 감축할 수 있는 방법이다.

현재의 청정수소 가격은 여타의 경쟁 화석연료에 비해 가격 경쟁력이 낮기 때문에, 수소 활용처에 대한 개발 자체가 지연될 수 있다. 예를 들어 암모니아 생산 목적으로 혹은 항공유로 그린 수소를 활용하고자 할 경우, 현재의 높은 천연가스 가격이 2020년 수준으로 돌아가거나 획기적인 정책 규제들이 도입되지 않는다면, 2030년까지 가격 경쟁력이 높지 않을 것이다(그림 11 참조).

그림 11
그린수소 비용과 손익분기점가격(BEP) 간의 EU 가격 격차 (2030, 수소 1kg/\$)



참고: IEA '2020 세계 에너지 전망: 2030년 넷제로 배출 시나리오' 기준 (천연가스 \$4.6/Mbtu, 석탄 \$52/톤, 이산화탄소 \$140/톤, 정유 \$35/배럴)임
출처: IEA '2022 세계 에너지 전망', 딜로이트 에너지시스템모델

현재의 정책 규제들은 경제 상황, 부존 자원, 산업 성숙도, 시장 활성화에 대한 정치적 입장 등 다양한 지역적 요인들을 반영하기 때문에 지역과 국가마다 다양하게 나타나고 있다. 이러한 지역별 차별화 특성들을 고려할 경우, 크게 수요와 공급의 균형 관점의 지원 정책형, 공급 중심의 지원 정책형, 수출 중심의 정책형, 그리고 다양한 정책 실험을 고려하는 암중모색 형 등, 4가지 정책 유형으로 구분될 수 있다(그림 12 참조).

첫째, EU는 신재생에너지 지침(RED) III, 탄소 국경 조정제도(CBAM), 배출권거래제도(EU ETS)를 통한 탄소 가격제 등과 같은 수요 측면의 규제적 의무와 'EU 공동 관심 분야 주요 프로젝트(IPCEI)'에 대한 보조금과 같은 공급 측면의 정책을 결합하고 있다.

그림 12

지역별 주요 지원정책

주요 규제	수요 및 공급 주도형	공급 주도형	수출 주도형	실증사업
	EU, 일본, 대한민국	미국	호주, 중동, 라틴아메리카	중국 & 인도
공급	• IPCEI(EU): 정부 보조금 지원 • H2Global(덴마크/네덜란드): 수급 균형을 위한 경매 기반 매커니즘 형성 지원 • 유럽수소은행(EU)(~300억불): 시장 형성 매커니즘 형성 지원 • GI펀드(J)(~300억엔): 대규모 수전해 기술개발을 위한 보조금	• IRA: 청정수소에 대한 1kg당 최대 \$3.0까지 세액공제 혜택 제공 • IRA: 탄소포집활용 저장기술(CCUS)에 대한 세액공제 혜택 제공 • IIJA: 역내 청정수소 허브 지원 및 수전해 기술개발을 위한 보조금 제공	• Subsidies(AU): 생산, 공급망 개선, 허브 개발 등에 대한 정부 보조금 지원; 뉴사우스웨일스주의 친환경 수소 생산을 위한 청정전력에 대한 세액공제 혜택 제공 • ETS(MX): 실증사업 및 탄소세 제도 개발 • Tax incentives(COL/DR): 수소 생산 및 재생에너지자원을 활용한 발전에 대한 세금 혜택	• Green H2, policy(IN) (그린수소 정책) 그린수소/암모니아 통합된 조달 매커니즘 구축; 재생가능 전력 관련 금융 재원은 전해조 사용범위 확대 개발을 위해 활용 • National Hydrogen Mission(IN) (국가수소미션) 그린수소 생산, 전해조 시설 구축, 연구개발 및 실증사업 등에 대한 최대 \$24억 규모의 정부 보조금 지원
유통	• 에너지 CEF(~60억달러): 정부 보조금 지원 • 정부지원금(SK): 암모니아 및 액체수소 터미널 건설 지원	• IRA: 수소 저장시설에 대한 세액공제 혜택 제공		• Exemption(IN) (세금공제) 일부 수소의 수출 및 배분 요금 면제정책 지원 (특히 수소 생산 전용 전기의 경우)
수요	• RED III(EU): 산업계 RFNBO 50% 의무사용 조항 및 모빌리티 업계 2.6% 의무사용 조항 포함 • EU-ETS(EU): 탄소세 도입 • Subsidies(J&SK): 연료전지차(FCEVs) 및 수소 연료충전소 확충 지원 • Carbon Border Adjustment Mechanism(CBAM): 非 EU 지역 생산자에 친환경 생산 공정 강화를 통한 탄소 누출 리스크 감소 매커니즘 구축 지원	• IRA: 수소 자동차 사용에 대한 세액공제 혜택 제공		• Subsidies(CN) 정부 보조금 연료전지차량(FCEVs) 및 수소 연료충전소 확충 지원

출처: 딜로이트 분석

수요 측면의 정책적 조치가 그린수소의 화석연료 대비 가격 경쟁력 확보에 초점을 두고 있는 반면, 공급 측면의 이니셔티브는 수소의 안정적 권역 내 생산을 포함하여, 공급의 안정성 확보가 핵심 고려사항이다. 공급 측면의 이니셔티브는 현재 유럽 수소은행(European Hydrogen Bank)과 같은 정책으로 구체화되고 있다. EU 관점에서 주목해야 할 점은 2022년 천연가스 가격의 대폭 상승으로 인해 수소의 경쟁력이 크게 높아지고 있다는 점이다. 천연가스 가격을 둘러싼 장기 불확실 요인이 지속된다면, 향후 EU의 수소 개발은 빠르게 가속화될 것으로 보인다.

둘째, 미국은 공급 중심의 정책 지원과 규제에 집중하고 있으며, 이는 인프라 투자 및 일자리 법(IIJA)과 인플레이션 감축법(IRA)을 통해 잘 나타나고 있다. 특히, 수소를 포함한 저탄소 분자 에너지 생산자에 대한 인센티브를 제공하고 있는데, 예를 들어, IRA는 생산된 수소 1kg당 \$0.6~\$3.0 수준의 세금 공제 혜택을 제공하여 투자 결정을 가속화할 수 있도록 지원하고 있다.

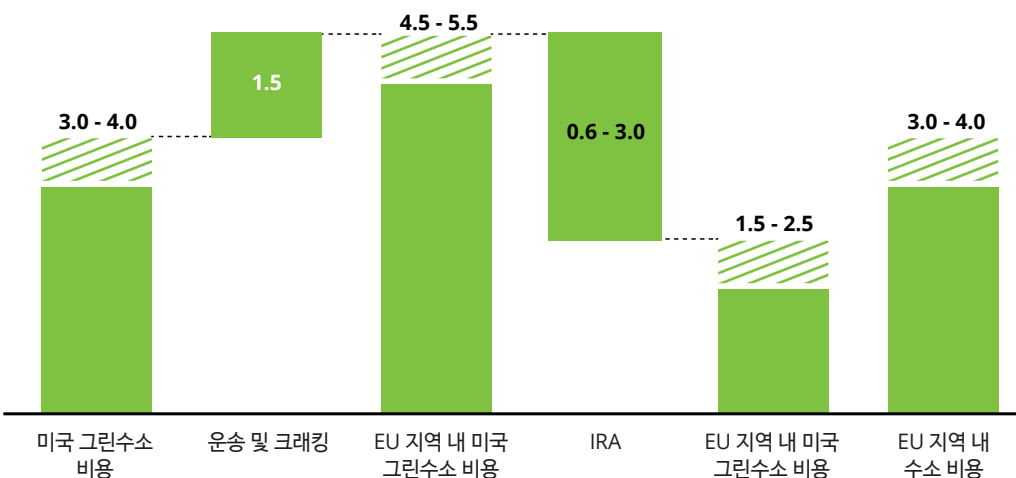
수소 생산 비용의 대부분 혹은 전부를 지원하고자 하는 미국의 관련 정책들은 시장에 상당히 긍정적인 영향을 줄 것으로 기대된다. 이러한 정책들은 미국으로의 투자 유입을 증가시킬 것이고, 미국에서 생산된 수소를 EU 내 생산가격보다 경쟁력 있는 가격(운송 및 크래킹 포함)으로 유럽으로 수출할 수 있는 기반을 마련해 줄 수 있을 것이다 (그림 13 참조). 결과적으로, 타 지역에서도 더욱 경쟁력 있는 정책적 지원을 통해 권역 내 수소 생산을 장려하는 것으로 연결될 수 있을 것이다.

셋째, 수출 중심의 정책 지원과 규제에 집중하고 있는 국가는 호주이다. 호주는 블루 및 그린수소 생산과 허브 개발에 초점을 맞추고 있다. 호주는 미화 2억 달러(약 3억 호주달러)의 국가 정책 자금과 미화 3억3,500만 달러(약 5억 호주달러)의 지방 기금을 투입하고 있는데, 대표적으로 뉴사우스웨일스 주는 그린수소 생산을 위한 용수비의 90%를 면제해 주는 인센티브 정책을 발표한 바 있다.

호주의 초기 정책은 낮은 비용으로 생산된 신재생에너지 자원을 활용한 수소의 수출 장려에 중점을 뒀지만, 현재는 자체 수요가 점진적으로 증가한 나머지 수출 프로젝트가 일부 지연되고 있다. 한편 중동, 아프리카 및 남미의 여러 국가들도 저비용의 천연가스 및 풍부한 신재생에너지 환경 등을 고려하여 수출 중심의 정책을 구사하고 있는바, 그간의 에너지 수출 역량과 경험, 네트워크 등이 큰 시너지를 발휘할 전망이다.

그림 13

IRA의 EU 그린수소 수입 비용에 미치는 영향 (\$/수소 kg)



출처: 딜로이트 분석, 딜로이트 에너지시스템모델



"IRA는 수소 및 수소화합물의 수출 시장에 획기적인 영향을 줄 수 있습니다."

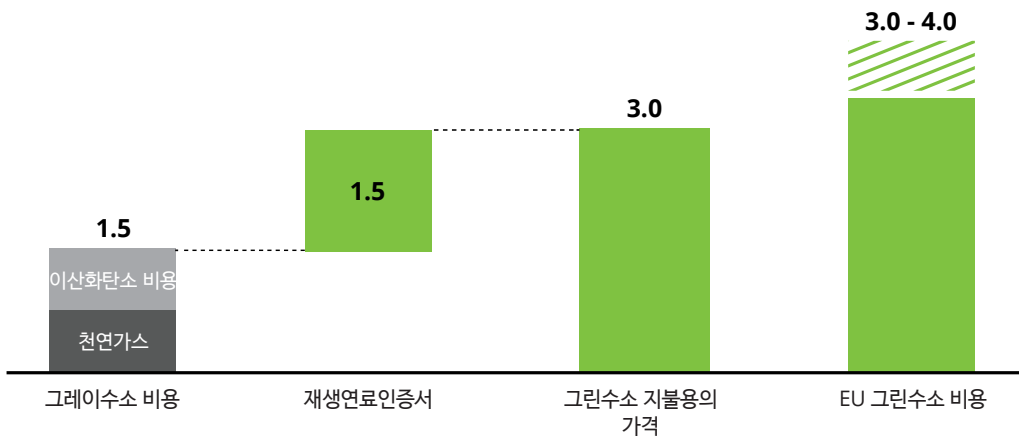
에너지 산업 전문가

중국과 인도 등은 다양한 정책 실험을 시도하는 암중모색형으로 구분될 수 있다. 중국은 일부 운송 부문 내 수요 활성화 지원의 일환으로 정부 보조금을 지급하고 있고, 인도는 그린수소 생산을 위해 신재생에너지 전력 비용에 대한 면세 지원책을 발표하면서 공급 측면에서의 재정적인 인센티브와 함께 일부 산업에 대해서는 의무 수요 할당 초안을 마련하고 있다. 중국과 인도의 지원정책들은 앞으로 많은 변화를 겪으면서 더욱 구체화될 전망이다.

딜로이트 분석 자료에 따르면 넷제로 에너지 사회 달성을 위해서는 현재까지 발표된 정책 이상의 고강도의 지원이 필요하지만, 현재까지 발표된 일부 정책들 또한 민간 투자와 시장의 변화를 촉진시키는데 긍정적인 역할을 하고 있는 것으로 분석된다.

현재의 EU 규제는 이미 여러 산업 영역에 걸쳐 수소 이니셔티브의 경제성과 선호도에 변화 방향성을 제시하고 있다. 예를 들어, RED III는 수소 사용 장려를 위해 산업과 모빌리티 분야에서 의무 사용 조항을 포함하고 있으며, 네덜란드는 정유사가 수소를 사용할 경우 '재생연료인증서(Renewable fuel certificates)'를 발급받을 수 있도록 하여 '가치 격차(value gap)'를 좁힐 수 있도록 정부 차원의 지원이 이루어지고 있다(그림 14 참조).

그림 14
네덜란드 정유기업들에게 RED III가 미치는 영향 (\$/수소 kg)



출처: 딜로이트 분석, 딜로이트 에너지시스템모델

수소 보급을 위한 인프라 개발을 위해서는 수요와 공급 양 측면에서 공히 상당한 규모의 투자가 필요하기 때문에, 정책 관점에서 중요하게 고려해야 할 또 다른 점은 공급과 수요 정책 이니셔티브들을 동기화 (synchronization) 시키는 것이다.

또한 그레이, 블루, 그린수소 간의 가격 차를 메꾸고, 투자를 촉진하고 이산화탄소 배출량을 감축시키기 위한 방법으로 많은 업계 전문가들은 '수소 (탄소)배출 집약도지수 (HTEI)'의 도입을 제안하고 있다. 동 지표는 수소생산 기술에 따른 탄소 배출 수준과 경제성을 고려하여, 경제적으로 타당성 높은 방식이 더욱 용이하게 구별될 수 있고, 그 방식이 시장에서 빠르게 채택될 수 있게 함으로써, 결과적으로 탄소 배출량 감소를 향한 점진적 변화를 달성할 수 있게 해줄 것이라는 의견을 제시하고 있다(그림 15 참조).

예를 들어, 신재생에너지 전력과 전통 발전 전력을 혼합하여 수전해로 수소를 생산할 경우, 신재생에너지 전력만으로 그린수소를 생산하는 것보다 전해조의 부하 효율을 개선시킬 수 있을 뿐 아니라, 비용면에서도 더욱 효율적이다. 게다가 많은 수요를 충족시킬 수 있고, 탄소 배출량 또한 현재보다 감소시킬 수 있다.

그러나 점차 규모가 확대되면서 친환경 자산 및 인프라에 대한 구축 비용은 감소할 것이며, 低 HTEI의 수소 프로젝트의 생산비용 또한 감소하게 된다. 따라서 보다 세분화된 HTEI 지표를 사용하게 되면 보다 낮은 수준의 HTEI로 점진적으로 전환하도록 장려함으로써, 정책의 성공 가능성을 높일 수 있다.

HTEI는 예시적인 사례이긴 하지만, 어떠한 접근법이든지 효과적인 결론이 도출되기 위해서는 산업계 리더와 정부가 함께 협력하여 구체적인 사항들을 개발하고 꾸준히 개선해 나가며, 폭넓은 조율을 통해 성공을 담보해나가는 자세가 필요하다. 이러한 접근법이 활용된다면 청정수소를 암모니아 생산과 같은 기존 공정에 혼용하는 것도 충분히 가능할 수 있게 될 것이다. 그러나, 현실적으로 이를 가능하게 하는 것은 HTEI 기반의 명확한 인증 시스템이다. 향후 보다 세분화된 HTEI 지표를 사용한다면, 보다 낮은 HTEI 수준으로, 그리고 더욱 친환경적인 방식으로 전개될 수 있도록 하는 촉매제 역할을 할 수 있을 것으로 보인다.

추가적인 고려 사항으로는 허가 과정은 간소화하며 신속하게 이루어져야 수소 프로젝트가 FID 이후로 빠르게 추진될 것이라는 점이다. 딜로이트 분석에 의하면, 네덜란드에서 해상풍력을 허가받기 위해 소요되는 기간은 최대 4년인데, 이는 실질적인 경영활동과 투자 결정을 저해하는 요소로 꼽힌다. FID 단계 이후로 빠르게 수소 프로젝트를 전개해 나가기 위해서는 정부 규제는 최대한 투명하고 신속해야 하며, 시장 조성에 호의적이어야 할 것이다. 가장 대표적인 예로, 포르투갈은 최근 2023년 3월부터 녹색 수소 프로젝트에 대한 환경 의무 평가를 폐지하기로 결정하며 승인 과정을 간소화하였다.



"청정 암모니아 생산이 곧 SMR 설비를 폐쇄하는 것만으로 끝나지는 않습니다. 우리는 우리의 인프라와 운영 방식도 변경해야 합니다."

저탄소 제품 회사 CEO



"수소를 색상으로 구분하는 것은 비효율적이며 오히려 투자를 지연시키고 있습니다."

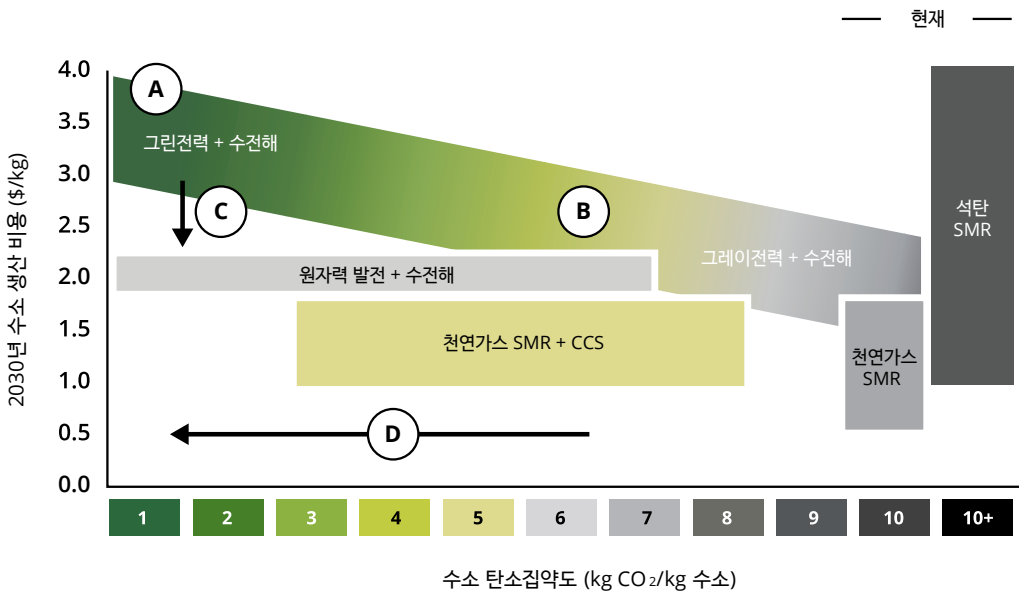
에너지 기업 임원



“신속한 허가 과정은 기업들의 부담을 감소시키고 투자자들이 빠르게 실행단계로 넘어갈 수 있는 환경을 조성합니다.”

에너지 기업, 프로젝트 담당 임원

그림 15
수소배출정도지수 (HEII)



- A** 2030년 기준 그린수소 생산가격은 그레이 수소의 2-3배로 예상되며, 이로 인해 일부 산업은 정부의 대규모 보조금 정책에 의존해야 함.
- B** 생산 인프라가 구축되는 동안 자산, 인프라 및 공급의 비용곡선(예: 전기분해)은 낮아질 것이며 이는 수소 단가 및 HEII를 추가적으로 감소시킬 수 있을 것임.
- C** 지역별 특성을 고려할 경우, 단기적인 탄소집약도를 감소하기 위해서는 보다 경제적인 솔루션이 제공되어야 함(예: 부하계수 증가를 위한 수전해 혼합 방법).
- D** 저배출 기술의 도입 증가를 강력하게 장려하는 정책 구현 필요함(예: 낮아진 HEII 허용 수치).

출처: 기후변화에관한정부간협의체(IPCC), 국제에너지기구(IEA), 딜로이트 분석

2.3 기술

각 분야별로 적용될 탈탄소화 기술에 대해 합의하고, 그 기술 수준을 빠르게 개선시키는 것이 청정수소 수요를 활성화시킬 수 있는 중요한 요인이다. 공급 관점에서는 대규모 수요를 충족시키는 동시에 단기적 공급의 제약요인도 함께 해결하기 위해 수소생산 개발에 대해서 '크게 생각하고, 소규모로 시작하되, 빠르게 확장하는(Think big, Start small, and Scale fast)' 접근 방식이 필요하다.

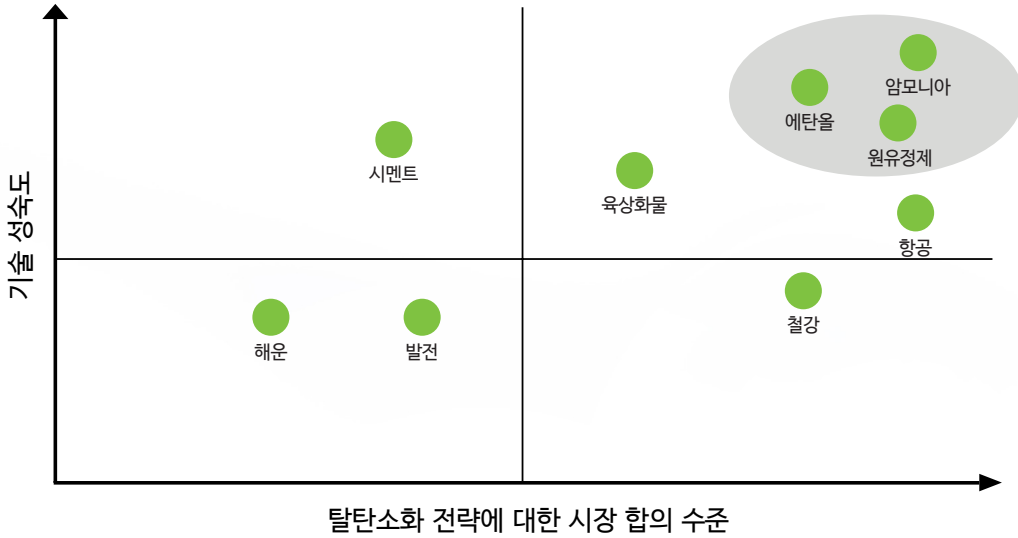
명확한 탈탄소화 전략을 보유하고 있고, 탄소중립 기술 자체가 성숙된 산업의 경우 청정수소를 도입하고 활용하는 시점이 상대적으로 빠르겠지만, 도입 단계 이전에 있는 산업의 경우 특정 과제 중심의 해결과 수요 창출 목적을 위해 정밀 타격 후 확산시키는 전략을 구사해야 한다(그림 16 참조). 산업별 포지셔닝에 따라 다음과 같은 해결책을 도출해 볼 수 있다.

- ✅ 연구개발 (R&D) 및 실증 프로젝트 (Pilot): 기술 성숙과 상용화를 위한 투자와 실증 프로젝트 확대
- ✅ 산업 전반의 협력 기반의 일치된 기술 목표 설정: 업계 내 일치된 기술 목표 기반 하에, 투자 촉진을 위한 단기적 목표에 합의

예를 들어 메탄올, 암모니아 제조업 및 정유업에서는 이미 수소를 기존 공정에서 활용하고 있을 뿐만 아니라, 약간의 인프라 교체만으로도 청정수소 도입 및 활용이 가능하다. 즉 해당 산업에서는 기술이 비교적 성숙단계에 접어들었고, 명확한 탈탄소화 전략이 합의되어 있다고 볼 수 있다. 한편 육상 운송의 경우는 탈탄소화 전략에 대한 시장 합의가 어느 정도 구축되어 있고 수소 연료전지 기술이 성숙단계에 접어든 상태이지만, 전기 배터리의 성능 개선 정도에 따라 경쟁 옵션으로 부각될 가능성이 높아 방향성이 불명확한 상황이다.

그러나 일부 산업은 기술 성숙도가 상대적으로 매우 낮은 상황이다. 예를 들어 철강산업은 수소환원제철(DRI) 또는 탄소포집저장(CCS)을 중심으로 기술 개발의 방향성은 통일되어 있지만, 두 기술의 성숙도는 아직까지 낮은 수준이다. 즉 현재까지 100% 수소만을 투입하는 수소 환원 제철 플랜트는 아직 없는 상황이며 대부분 천연가스로 가동이 되고 있다. 마찬가지로 탄소포집저장(CCS) 기술도 CCS 효율성과 포집 역량의 개선이 필요하다. 조사 결과 해상운송 부문에서는 기술 진척이 둔화된 상태인데, 메탄올, 암모니아, (합성)액화천연가스(LNG) 등 고려해 볼 수 있는 대안이 많으나, 연료별 상이한 선박설계, 연료별 상이한 항만 인프라 요구사항, 연료별 인력들의 상이한 요구 역량 등을 필요로 하기 때문에 다양한 요소들이 서로 일치하지 않는 상황은 오히려 공급망을 복잡하게 만들고 높은 비용을 초래할 수 있다.

그림 16
분야별 기술 성숙도 vs 탈탄소화 방안에 대한 시장 합의 수준



출처: IEA '2050 넷제로 배출 시나리오', 딜로이트 분석

속도감 있게 규모를 확대해 나가기 위해서는, 공급 관점에서의 개발 옵션에 대해 좀 다르게 생각할 필요가 있다. 이제까지 발표된 프로젝트의 약 80%는 1.2장에서 언급한 바와 같이 소규모(<100kt) 형태로 대부분 진행되고 있어, 기껏해야 일부 한정된 지역 내 탈탄소화는 가능할 수는 있겠지만 규모의 경제를 달성하기에는 한계가 있는 상황이다. 따라서, 프로젝트의 스케일업을 통해 생산 비용 절감과 함께, 인프라 개발뿐만 아니라, 사회적 비용 절감 및 규모의 경제를 통한 의미 있는 규모의 탈탄소화를 추진할 수 있다.

딜로이트 분석 자료에 따르면, 전세계 10대 규모의 그린수소 프로젝트 1개로는 겨우 1개의 철강 플랜트(~70만 톤 수소 필요)와 1개의 비료 공장(~30만 톤) 정도의 탈탄소화에 기여할 것으로 분석된다.



"얼마나 많은 수소가 필요할지 상상조차하기 어렵습니다. 대규모 프로젝트가 굉장히 많이 필요하겠지만, 쉬운 문제만은 아닙니다."

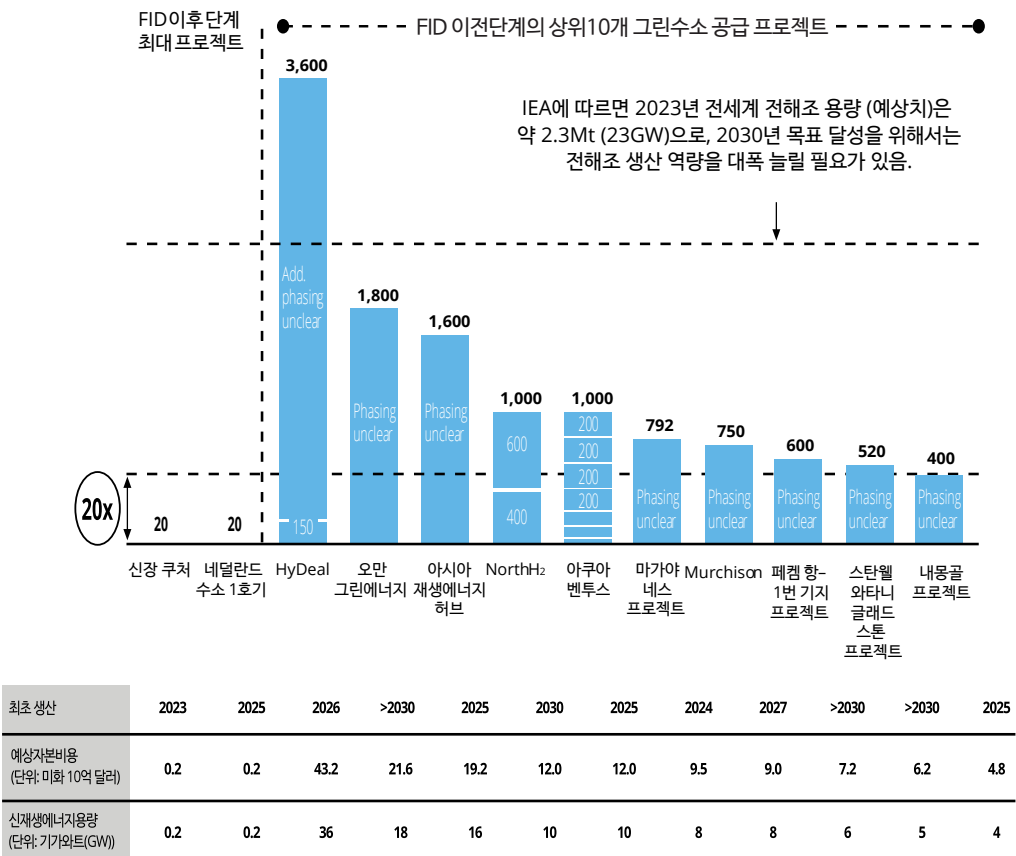
철강 기업 임원

누구나 프로젝트 대형화에 대해 강한 열망과 필요성을 느끼고 있지만, 현재 기준으로는 전세계에서 가장 규모가 큰 2건의 FID 확정 프로젝트(2023년 중국 예정, 2025년 유럽 예정)라 하더라도, 각각 약 2만 톤 정도의 생산량밖에 되지 않는다. 현재의 FID 사전 단계의 프로젝트들을 기준으로, 대략 10번째 수준의 규모가 되려면, 2건의 FID 확정 프로젝트에 비해 최소 20배 이상은 커져야 하고, 게다가 만약 2030년 이전에 FID 확정 단계로 진입하기를 희망한다면 기술적인 측면에서 운영적 측면에서 조달 관점에서 상당히 큰 문제점들에 봉착하게 될 것이다.

이러한 잠재적 문제점들을 고려해 볼 때, 목표는 크게 잡되, 적절한 규모로 시작하고 현재의 기술 수준 및 조달 관점 상의 한계를 인정하는 선에서 생산량을 설정하는 것이 현실적인 방법이다. 즉, ‘크게 생각하고, 소규모로 시작하되, 빠르게 확장하는’(Think big, Start small, and Scale fast) 접근 방법이 필요하다.

마찬가지로 수소 산업에서의 기술 수준의 개선은 R&D 뿐만 아니라, 해상 수전해 혹은 자산효율성 개선 등을 위한 디지털화가 함께 수반되어야 하며, 동시에 공급망의 스케일업 또한 필수적이다.

그림 17
FID 이전 단계의 상위 10개 그린수소 공급 프로젝트 vs FID 이후 단계의 최대 그린수소 공급 프로젝트



출처: IEA '2022 글로벌 수소 리뷰', 딜로이트 에너지전환모니터

2.4

자산, 인프라, 그리고 공급

신재생 에너지 생산 증설, 송배전망 및 인프라에 대한 대규모 투자와 함께, 기존 인프라의 재사용 등 수소 공급 인프라 자산에 대해 교체 주기를 빠르게 가져가는 것이 수소 수요를 증가시킬 수 있다.

교체 주기도 길고 자산 교체율도 높지 않으며 아직 수소를 활용하지 않고 있는 산업들은 수소의 활용 자체가 지연될 가능성이 높은 만큼, 좀 더 빠른 자산 교체 주기로 빠르게 변화되어야 한다. 딜로이트 분석에 따르면, 탄소배출을 감축하기 힘든(hard-to-abate) 산업군의 경우, 보유 자산의 1% 이하도 안되는 수준에서 탈탄소화가 추진되고 있다. 자산 교체 주기는 일반적으로 장기간이며, 교체율 또한 매우 낮다. 예를 들어 철강업의 경우 자산은 40년 수명주기를, 고로의 경우 연 5% 수준의 교체율을 각각 가정한다고 했을 때 2025년부터 본격적인 착수가 된다고 하더라도 자산의 완전 교체 시점은 2065년으로 예측해 볼 수 있다.

자산 교체 시기를 가속화할 수는 있지만, 산업 분야마다 접근 방법과 가능성에 있어서는 상이한 모습을 보인다(그림 18 참조). 예를 들어 항공산업은 기존 연료의 대체재로 지속가능항공연료(SAF)를 사용할 수 있으며, 철강업에서는 기존 연료 전환 목적으로 최대 20% 수준의 청정수소를 혼소하여 단기적 전환이 가능하지만, 대규모의 수소 환원 제철(DRI)와 전기로(EAF)를 사용하는 방식으로의 본격적인 전환은 상당한 기간이 소요될 것으로 전망된다. 육상화물 운송의 경우 철강산업처럼 자산 수명 자체가 길지는 않지만 교체 자산의 규모는 훨씬 크다(전 세계적으로 약 3,000만 대의 트럭이 운행되고 있지만 철강 플랜트는 500여 개에 불과하다).

그린수소 활용을 위해 전체 자산의 완전한 교체를 기다리면서 속도를 내지 않는 것보다는, 그레이수소에서 그린수소로의 점진적인 전환을 통해 탄소배출량을 감축하고, 관련 인프라를 빠르게 스케일업하며, 연료전지차량(FCV)과 같은 새로운 자산들에 대해 수요를 활성화시킬 수 있는 투자인센티브를 제공하는 것이 더욱 효과적인 방법이다.

신재생에너지 공급 및 공급망 개선과 같은 청정수소 생산 측면에서의 스케일업은 수소 운송 방식과 인프라 등의 투자 대형화로 연결될 것이다.

그림 18
자산 교체 시기 및 가속화의 용이성

산업	자산 교체 시기 (2022년 7월 기준)		자산 교체 가속화의 용이성	
	운영 측면에서의 탈탄소화 프로젝트	전 세계 자산 기준		
암모니아	플랜트 7기	플랜트 580기	H	생산 공정에서 수소가 공급원료로 이미 활용 중
항공	항공기 교체 불필요	항공기 30,000대	H	E-SAF & Bio-SAF가 드롭인 연료로 사용 가능
시멘트	플랜트 35기 이상	플랜트 3.6기	H	현재 생산 공정에서 촉매 연료로 적합
철강	플랜트 4기	플랜트 550기	M	큰 자산 교체 없이 용광로(최대 20%)에 혼합 가능 / 수소 완전 도입을 위해서는 자산 전부 교체 필요 (예: 직접환원철로)
도로운송	트럭 4,000대	트럭 3,000만 대	L	수소 사용을 위해 자산 전부 교체 필요
해운운송	선박 5척	선박 73,000척	L	수소 (액화 또는 암모니아/메탄올 형태) 사용을 위해 자산 전부 교체 필요 (예: 신규 건조 선박) 및 탈탄소화 방향성에 대한 불확실성

출처: 딜로이트 에너지전환모니터, 딜로이트 분석

공급과 수요 지역이 인접한 경우, 기존 자산들의 재사용을 극대화하는 것이 큰 역할을 할 수 있다. 지역 내 수소 운송 및 이산화탄소 저장은 기존의 천연가스 배관망과 고갈가스전을 활용할 수 있다. 하지만 장거리 또는 대규모 해양 운송의 경우에는 수소를 액화시키거나 암모니아로 변환해야 하는 번거로움이 발생하게 되고, 이를 위해서는 새로운 선박, 터미널, 크래킹 시설 등이 필요할 수 있다(그림 19 참조). 마찬가지로 이산화탄소를 e-메탄올과 같은 합성 연료 생산자로 운송하기 위해서는 CO₂ 운송을 위한 새로운 인프라와 CO₂ 저장을 위한 가스전 확보가 필요하다.

인프라는 모빌리티 부문에 있어서도 큰 역할을 담당한다. 수소 충전소, 선박용 연료 및 SAF의 벙커링 터미널 등의 인프라 개발을 위한 투자가 필요한 상황이다. 현재 전 세계에 육상운송 중장비차량용(350 bar)으로 약 200개의 수소충전소가 운영 중인 것으로 파악되고 있다.

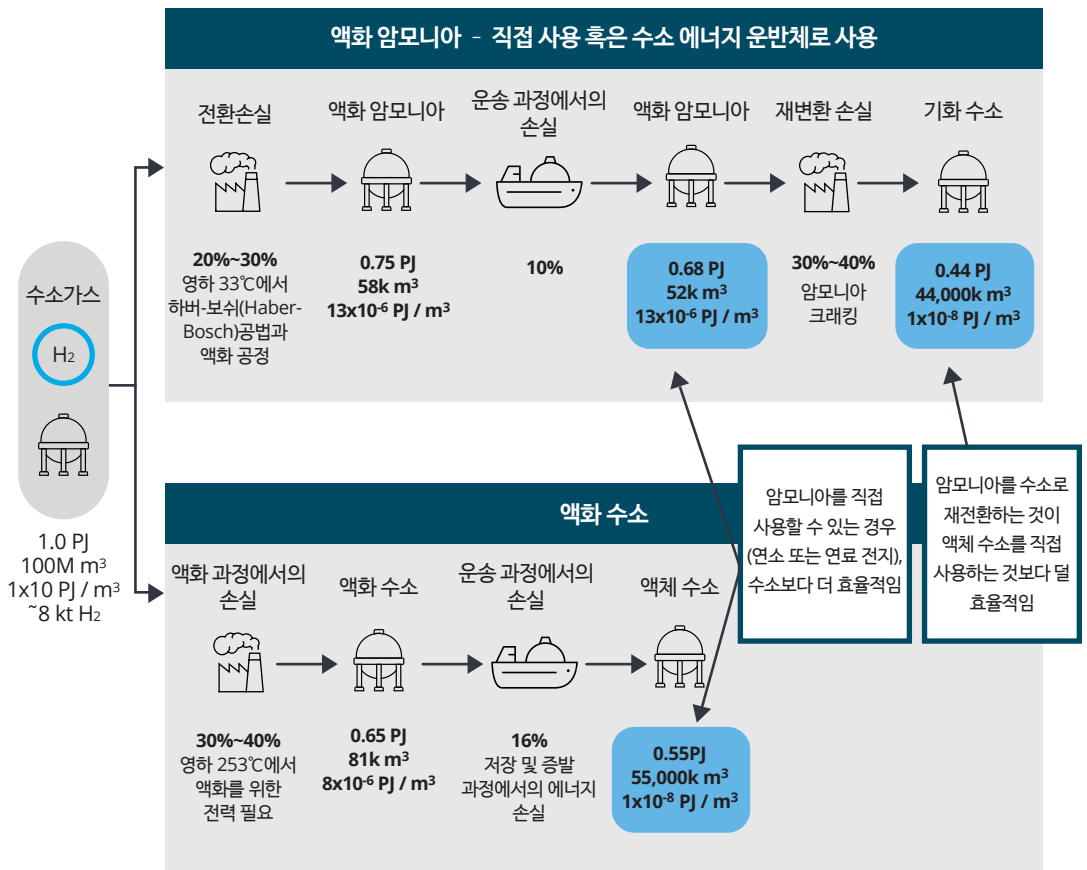
이러한 중요성에도 불구하고, 현재 관련 인프라 개발에 대한 관심은 미미한 수준이다. 기존 가스 배관망을 보완할 것인지, 새롭게 수소배관망을 건설할지에 대한 논의는 오래전부터 진행되어 왔지만, 실제 실행에 옮긴 조치는 그렇게 많지 않다. 이는 공급자와 수요자 모두에게 리스크를 증가시키고, 더 나아가 수소경제로의 진전을 가로막고 있다. 예를 들어, 중동의 수소 공급업체들은 잠재적 구매자들에게 수소를 어떻게 공급해야 하는지 잘 알지 못한다.

일부 민간 기업들도 꾸준히 수소 인프라 투자에 대한 관심을 보이고 있는 점을 고려할 때, 2.5장에서 설명한 바와 같이 민간합작 투자개발형사업(PPP)을 통해 인프라 개발을 가속화하는데 도움이 될 수 있다.

한편 공급 측면에서는 신재생에너지 발전량을 늘리고 송배전망의 용량을 증대시키기 위한 투자가 필요한 상황이다. 2030년 예상되는 그린수소 수요는 현재 운영 중인 발전량의 8배, 운영 중이거나 기 발표된 발전 용량까지 포함하더라도 4배에 해당하는 8테라와트(TW)의 풍력 및 태양광 발전량이 필요하다. 딜로이트는 태양광과 풍력이 매우 풍부하고 발전원가가 낮은 중동 및 호주와 같은 지역을 중심으로 수소 공급 허브를 구축함으로써 공급 부족 문제를 해결할 수 있다고 제언한다. 수소 공급 허브와 관련된 자세한 내용은 3장에서 살펴보기로 한다.

그림 19

1PJ의 수소를 운송하기 위한 암모니아 vs 수소 운송 효율성



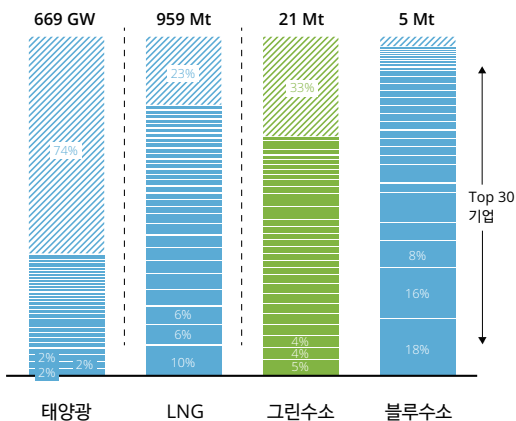
출처: Limitations of Ammonia as a Hydrogen Energy Carrier for the Transportation Sector (Chatterjee et. al., 2021), 딜로이트 분석

2.5 협력

청정수소 생산에는 협력이 필수적인 만큼, 투자를 지연시킬 수 있는 구조적인 도전적 요소들과 변화에 저항하는 시장 관성적 요소들을 극복하기 위해서는 새로운 비즈니스 모델을 기반으로 이해관계자 간 협력이 필수적이다.

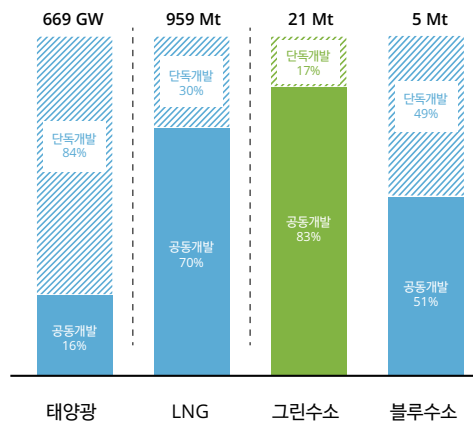
공급자, 수요자, 정부, 금융기관 및 연구기관 등 간의 협력은 현재의 자본, 지식, 리스크 관점에서 파생되는 애로 사항들을 해결하고, 현재의 유동성이 부족한 시장에서 대규모 프로젝트들이 조기에 착수될 수 있게 하는데 매우 중요한 요소이다. 기 발표된 청정수소 프로젝트 중 80%는 소수의 민간기업들이 협력해 개발 중에 있는 반면에, 에너지 공급업체들은 가치사슬 전반에 걸친 협력뿐만 아니라, 기술 및 투자 사업 등을 포함하는 생태계 관점의 협력을 통해 자본, 리스크, 역량을 함께 공유하며 협력하고 있다(그림 20 참조). 딜로이트 에너지전환 모니터링(DETM)에 따르면, 파트너십 기반의 프로젝트 중 약 10%만이 수요자와 함께 개발되고 있지만, 대부분의 프로젝트는 여러 공급자 간의 협력을 통해 개발이 진행되고 있는 상황이다(그림 21 참조).

그림 20
에너지 운반체 별 기업 집중도
(전 세계 운영 및 계획 공급 용량의 %)



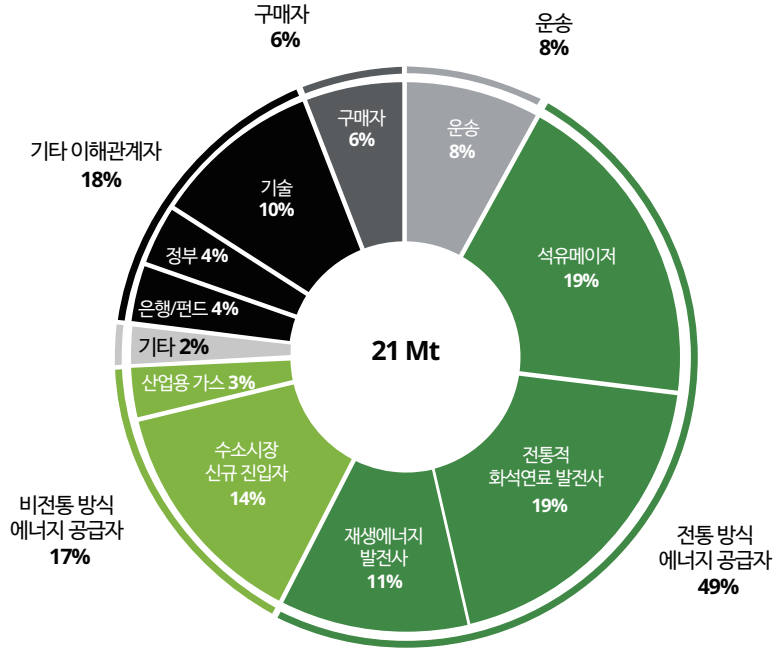
출처: 딜로이트 에너지전환모니터, 딜로이트 분석

그림 21
공동개발 vs 단독개발 비율
(전 세계 운영 및 계획 공급 용량의 %)



출처: 딜로이트 에너지전환모니터, 딜로이트 분석

그림 22
기업 유형 별 운영 및 계획 그린수소 공급량



출처: 딜로이트 에너지전환모니터

현재 청정수소 공급은 글로벌 석유 메이저(IOC)와 국영석유 메이저(NOC)와 같은 기존의 시장 진입자들의 압도적인 생산 능력을 기반으로 시장을 주도해 나가고 있다. IOC와 NOC 같은 기존의 시장진입자들은 이미 운영 중이거나 기 발표된 프로젝트의 약 50%를 차지하고 있으며, 대규모 에너지 프로젝트 개발 경험과 더 나아가 막대한 자본력, 그간의 수요가 네트워크, 탄소포집저장 사업에 핵심 요소인 지층 분석 경험 등도 보유하고 있다.

이처럼 협력은 지속적으로 중요한 것으로 예상되지만, 시장의 성숙도에 따라 협력 형태나 방식 또한 변화할 것으로 예상되며, 더 적은 수의 참여자 간의 파트너십으로 전개될 가능성이 크다. 현재 단계에서는 공급자 주도의 협력을 통해, 배우고 경험하면서 가치를 창출하는 양상이지만, 다수 기업의 참여는 상이한 우선순위와 결정 과정으로 인해 복잡성이 증대되고, 프로젝트 관리에 대한 지속적인 투자가 필요할 뿐만 아니라 실제 수소를 생산하기까지 많은 시간이 소요된다. 따라서 시장이 성숙해질수록 파트너십에 참여하는 기업의 수가 줄어들게 될 것으로 예상된다.

결과적으로, 그다음 단계의 협력의 양태는 신속한 대응이 가능할 수 있도록 간소화된 협력 형태를 띌 것으로 예상된다. LNG 모델과 유사한 형태로, 수소 수요가들의 수소 생산 프로젝트에 대한 투자도 증가할 것이다. 앞서 언급한 IOC와 NOC 등 기존 시장진입 기업들 또한 대규모 청정수소 개발 역량을 보유하고 있어 앞으로도 청정수소 생산 부문에 있어 주요한 역할을 담당할 것으로 보인다.

철강산업 가치사슬 전반의 탈탄소화 달성을 위한 셸(Shell)-딜로이트 공동 연구(Decarbonizing the steel value chain: Forging new paths together) 과정 중 수행된 심층 인터뷰에서도 공급자와 수요자 간의 협업을 통해 시장 장애요소를 극복할 수 있으며, 필요한 투자를 달성해낼 수 있다는 점을 강조한 바 있다.



“수소 보급을 위한 사업 모델이 필요하며 기술은 주로 문제가 되지 않는다, 우리가 어떻게 협력해 나갈 것인가를 고민하는 곳에 앞으로의 기회가 있다고 생각한다”

철강사 임원

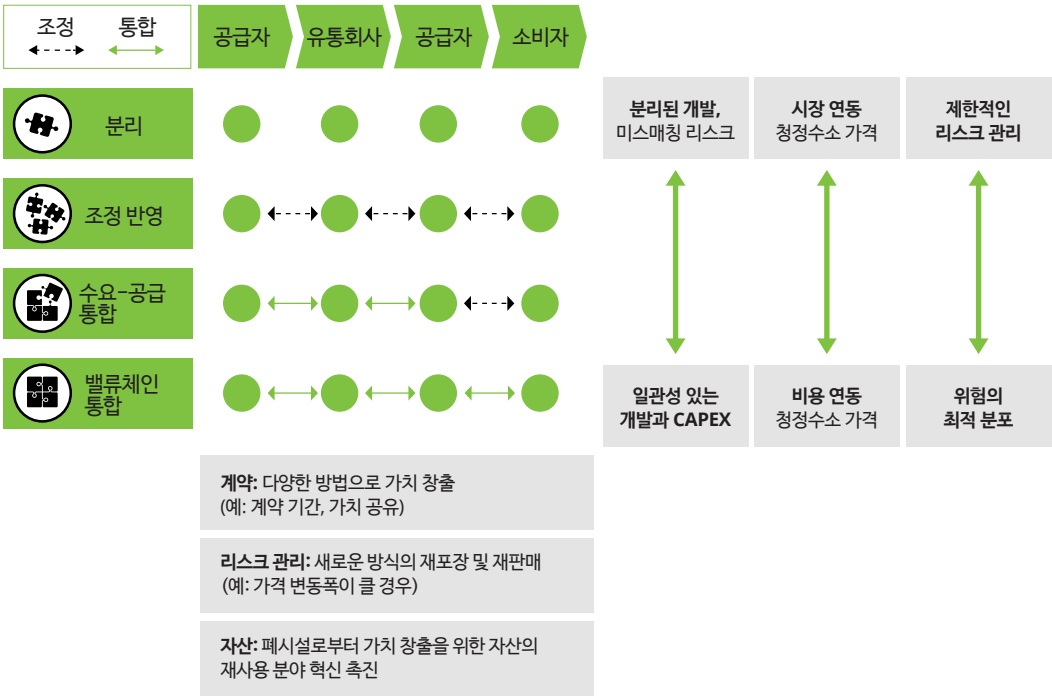
다만 말뿐인 협력보다 중요한 것은 투자를 지연시키는 근본적인 구조적 문제를 해결할 수 있는 새로운 비즈니스 모델을 개발하는 것이다. 구매자와 수요가 양자(Bilateral) 관계로 구성된 프로젝트 중 실제 FID까지 도달한 프로젝트가 그리 많지 않듯이, 양자 간의 가치 간극을 좁히지 못한 채 실질적인 프로젝트 성사까지 이어 나가지 못하는 사례가 많이 있다. 이 지점에서 바로 새로운 비즈니스 모델의 도입이 필요하다. 수소 가치사슬 전반의 통합적이고 협업화된 새로운 비즈니스 모델이 필수적인 것이다. 이를 통해 가치와 리스크를 공유하고 초기 유동성이 부족한 시장에 대한 자본 투입을 촉진시킬 수 있다(그림 23 참조).

더 나아가 활성화된 협력은 시장의 투명성 향상으로 연결되어, 시장 가격보다는 비용 기반 가격 구조를 사용할 수 있는 환경으로 발전될 것이다. 이는 보조금의 필요성을 줄일 수도 있지만, 기업들로 하여금, 계약, 리스크 관리 및 자산 수명 주기 원칙 등을 고려한 다양한 방식으로의 가치 창출 방안에 대해 고민하도록 유도할 수도 있다. 계약은 구매계약은 고정화되, 가격 이상의 가치 동인을 고려하여, 약정 기간, 산업 간 구매계약 등 다양한 방법으로 가치 창출 방안을 모색해야 한다. 보험사가 핵심적인 역할을 함으로써, 리패킹 및 재판매를 통해 초과 위험을 관리하기 위한 새로운 위험 관리 접근법이 필요할 수 있다.

마지막으로 기존 인프라를 폐기하거나 대규모로 보완해가는 작업은 불가피할 것이다. 앞서 2.4장에서 논의한 바와 같이, 기업들은 자산의 재사용 또는 재활용을 둘러싼 혁신을 촉진함으로써, 기존 자산의 폐기로부터 가치를 창출하는 방법을 이해해야 한다.

이러한 새로운 비즈니스 모델은 '서비스로서의 트럭 수송(Trucking as a service)'과 같은 혁신적인 솔루션의 실질적인 전파와 도입을 가속화할 수도 있다. 수소 트럭은 값이 비싸고 경제성이 떨어질 수 있기 때문에 일부 기업들은 트럭에 우선 투자한 후, 육상화물 운송 업체에 트럭을 리스하는 방식의 전략을 취하고 있다. 이는 값 비싼 트럭을 구입하기 위한 비용이 현실화되는 시간 동안 시장을 창출하는 데 도움이 될 것이다. 마찬가지로, 광산 회사들은 저배출 선박을 구매하고 타 기업들에게 선박을 대여 및 운용할 수 있도록 함으로써 전방 통합(forward integration) 방식의 전략을 추구하고 있다. 협력과 함께 역량 개발에 있어서는 더 많은 관심이 필요한 시점이다. 이는 수소 경제가 새로운 고용 기회를 창출할 수 있기 때문일 수도 있겠지만, 인재 부족이 수소 프로젝트의 개발과 운영을 위한 향후 주요한 걸림돌이 될 수 있기 때문이다. 역량을 강화하고 고급 인력을 유치하고 지속적인 고용을 유지하기 위한 효과적인 방안으로 교육, 기존 역량 활용을 위한 재교육, 자동화, 퇴직 시기 연장 등에 초점을 맞추어 추진되어야 한다.

그림 23
비즈니스 모델 수립 시 고려사항



출처: 딜로이트 분석, 산업 별 고위급 경영진 및 전문가 350인 인터뷰 자료



3.1 수소 허브

규모 있는 수소 개발을 가속화할 수 있는 특정 지역을 중심으로 수소 허브를 구축해야 한다.
수소 허브는 수소경제를 실현하고 현재의 글로벌 에너지 시장의 취약성을 보완할 수 있을 것으로 전망된다.

수소 허브 조성을 통해 앞서 2장에서 논의된 대규모 수소 프로젝트 개발 촉진을 위한 5가지 요인을 통합시킴으로써, 규모의 경제를 가속화할 수 있다.

- ✓ 수소 생산을 위해 필요한 저비용 자원
- ✓ 충분한 규모의 수요가 중심의 클러스터
- ✓ 호의적인 정부 지원 정책
- ✓ 규모의 경제 및 요구 인프라 감축을 통한 수소 비용 절감에 대한 협력 의지

이러한 수소 허브는 권역 내 수소 수요를 충분히 소화하고, 경제성이 있고 지불 여건이 있는 청정수소 수요 지역에 잉여 수소를 수출함으로써 글로벌 무역 시장 조성의 초기 기반을 구축할 수 있다. 최근 부상하고 있는 수소 허브는 공급 주도형, 수요 주도형, 또는 공급과 수요 양 측면 모두에 의해 주도되는 허브로 유형이 구분될 수 있다. 공급-수요 양 측면 주도 형태의 경우, 공급망 구축과 비용 절감을 통해 청정수소 도입을 촉진시킬 것으로 기대하고 있다. 수소 허브는 크게 지역 내 대규모 산업 수요를 충족시키기에 충분할 정도의 수소 공급 인프라가 개발이 가능해야 하며, 간소하고 저렴한 운송 과정으로 공급할 수 있을 정도의 밀집도 높은 수요층을 가져야 하며, 투명한 규제, 표준, 정책 수립 및 보조금 지원 등을 통해 공급과 수요 양 측면에서 적극적인 지원 의지가 있는 정부 정책이 필요하다.

이러한 요인들 전반에 걸쳐, 이해관계자들 간의 협력 의지는 신규 비즈니스 모델 개발과 수소 활용 지원, 시장 진입 허가, 산업 간 자산 공유와 같은 다양한 분야에서 매우 중요하게 작용한다. 예를 들어, 협력을 통해 전해조를 추가 설치하는 것 만으로도 시멘트, 메탄올 및 철강산업 간 시너지를 창출하고 새로운 협력 및 비즈니스 모델 활성화에도 도움을 줄 수 있다. 딜로이트 분석에 따르면, 공급 주도형 허브의 경우 생산량이 지역 수요를 초과하는 중동 또는 미국 걸프 연안 지역과 같은 곳에 조성될 가능성이 높은 것으로 확인된다. 더 나아가 수소 외 다른 대안이 부족한 지역이나 전반적인 공급량 부족으로 인해 수출 시장이 유리하게 형성되는 지역에 허브가 조성될 가능성이 높을 것으로 파악되었다. 그러나 이러한 수출 잠재력은 사회적 합의 차원에서 보다 광범위한 맥락에서 고려되어야 하며, 수소가 지역사회 복지 향상에 도움을 준다는 확신과 사회적 기대에 부합해야 한다. 따라서 각국 정부들도 청정수소의 사회적, 경제적 이점 사이에서 적절한 균형점을 찾기 위한 방안을 모색하고 있다.



“우리는 단순한 연료 전환이 아닌 진정한 에너지 전환을 원합니다. 지역 사회에 도움을 주지 않는 현재 화석 연료 수출 경제와 같은 상황에 처하고 싶지 않습니다.”

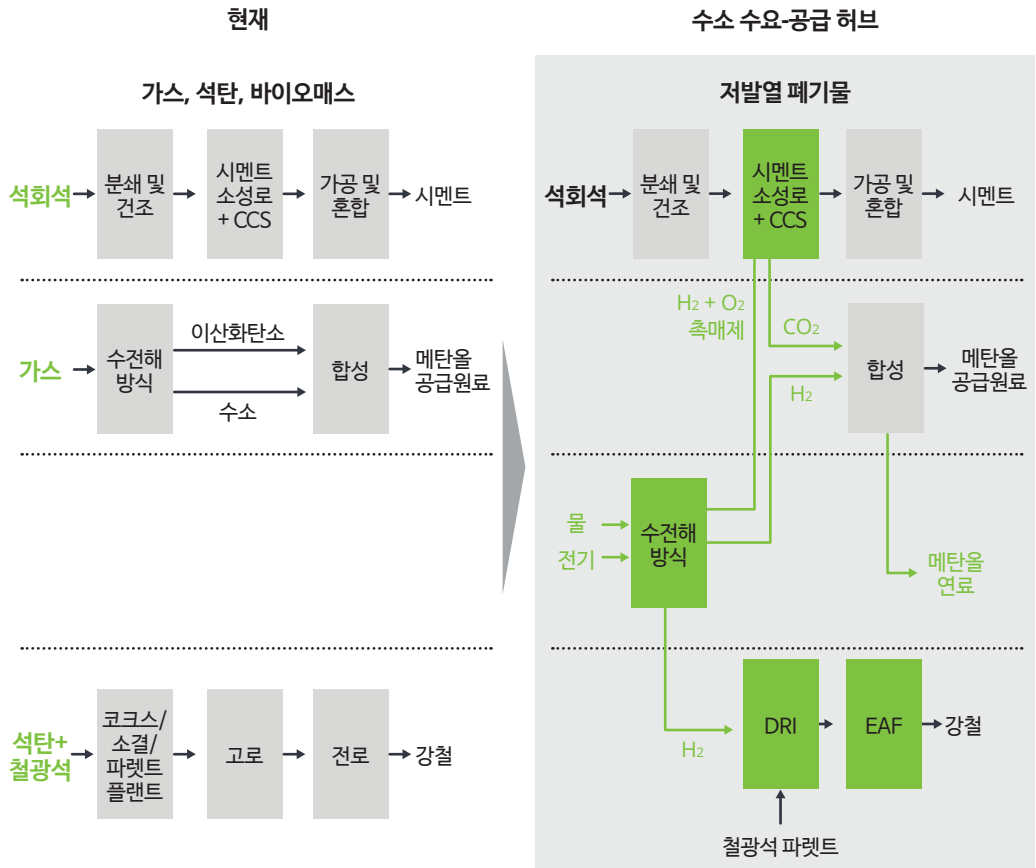
에너지 시스템 교수



“자산 활용이 먼저인지, 인프라 구축이 우선일지에 대한 닭과 달걀의 딜레마 이슈는 생각하지 말고, 협업체계를 작동시켜 수소경제가 실현될 수 있도록 해야 합니다.”

운송사 CEO

그림 24
일부 산업의 탈탄소화 방향성 예시(단순 도표화)



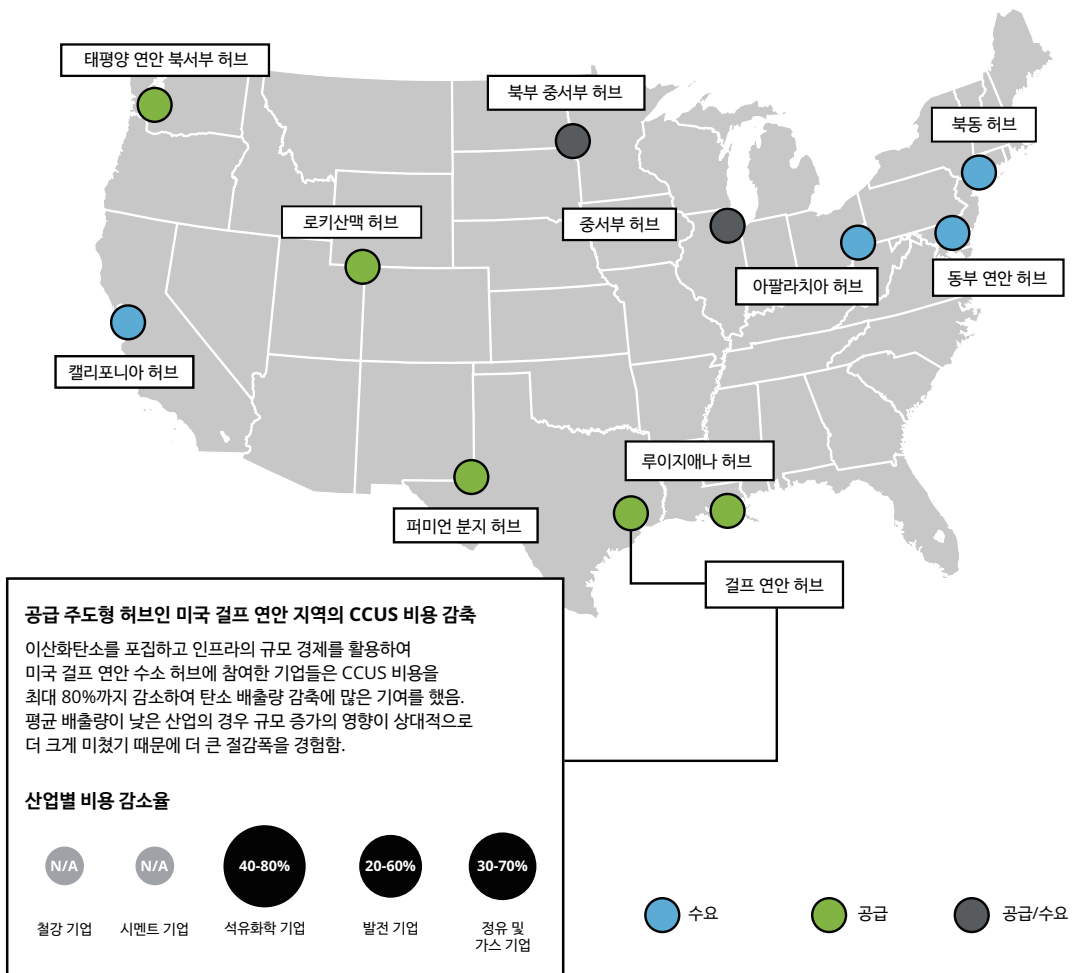
출처: 딜로이트 분석, 고위급 경영진 및 전문가 350인 인터뷰 자료

또한, 딜로이트 분석 결과, 신재생 에너지 및 천연가스의 부존 여건이 충분하지 않거나, 이산화탄소 저장 용량 자체가 부족해 구조적으로 자국의 공급 여건 자체가 미흡한 지역을 중심으로 수요 주도형 허브가 구축될 가능성이 높다는 것을 확인했다. 예를 들어, 일본과 한국은 그간의 LNG 의존적 에너지 체계에서 자국의 소규모 생산 능력을 향상시키며 청정수소로의 전환을 위해 민간 차원의 노력을 다하고 있다. 이러한 전환 초기 단계에서는 수요자와 공급자 간 양자 거래가 우선적으로 발생할 것으로 예상되며, 그 이후 단계에서 수요자 및 공급자들이 함께 공급량 확대에 나설 가능성도 존재한다.

최근 딜로이트에서 발간한 수소 허브에 대한 사례 연구에 따르면, 동일한 수소 생산량과 탄소 배출량 감축을 상정할 경우, 단독 투자 대신 수소 허브 참여를 통해 인프라 구축 투자 비용을 최대 95%까지 절감이 가능하다(그림 25 참조). 따라서 수소 허브는 생태계 내 이해관계자들 간의 인프라 공유를 위한 새로운 방식 등의 모색이 필요하며, 심지어 때로는 경쟁업체들 간의 협력도 필요하다. 이러한 허브 구성원 간의 '공동경쟁'(coopetition) 마인드를 강화해 모든 구성원들의 경쟁력을 높이고 혁신을 가속화하며 상호 이익 또한 확대해 나갈 수 있다.

그림 25

미국 내 구축 중인 수소 허브



출처: 딜로이트 분석, 고위급 경영진 및 전문가 350인 인터뷰 자료

Deloitte Tools



딜로이트 에너지전환모니터 (DETM)

30,000여개 이상의 에너지 수요-공급 전환 이니셔티브 관련 데이터베이스가 포함된 딜로이트의 글로벌 모니터링 프로그램으로, 프로젝트 참여 기업, 이니셔티브 진행 단계, 타임라인, 생산량 및 위치에 대한 정보를 제공합니다.



딜로이트 유럽전력모델 (DEEM)

전력 가격, 자산 가치, 투자 및 기업 전략에 대한 근본적인 전환 (정책 노선의 변경, 기술 혁신 등) 의 영향을 평가할 수 있는 맞춤형, 최적화 유럽형 전력모델에 대한 정보를 제공합니다.



딜로이트 에너지시스템모델 (ESM)

ESM은 배출과 1차 에너지 공급에 대한 영향을 포함한 에너지 운반체, 산업, 지역 및 기업별 에너지 수요 시나리오를 예측합니다. 딜로이트의 정확도 높은 예측은 기업의 향후 방향성, 타당성 있는 탈탄소화 전략과 방향성의 기술경제 모델링을 적용시켜 예측하고 있습니다.



수소전략도출모델 (HyPE)

전 세계 친환경 청정수소 생산 잠재력, 관련 기술, 투자 및 무역 등의 정보를 평가하기 위한 최적의 맞춤형 모델입니다.



딜로이트 탈탄소화 솔루션

현재 및 미래 배출량 집계, 배출량 감축 목표 파악, 감축 프로젝트 평가, 포트폴리오 최적화, 장단기 리스크 평가 및 계획 보고 등을 지원하는 산업별/비즈니스별 맞춤/대화형 모듈 소프트웨어입니다.



딜로이트 에너지모델 응용연구 (DARE)

딜로이트 사내 EU27+ 에너지 시스템 최적화 모델 연구로, 전체 에너지 시스템의 기술경제적 모델링을 구현하고, 에너지 전환 여정에 있어 불확실성을 해소해 줄 수 있는 정량적 인사이트를 제공합니다.

딜로이트 수소 CoE (Hydrogen Center of Excellence)

딜로이트 수소 CoE는 다양한 수소 관련 서비스 경험을 갖춘 핵심 전문가들을 하나의 서비스 그룹으로 통합 운영하는 전문 조직입니다. 딜로이트 수소 CoE는 국내 에너지 및 석유화학, 중공업, 산업재 기업 등을 대상으로 중장기 전략, 신사업 전략, M&A 전략, 디지털 전환(DX)전략 등 다양한 서비스를 수행하고 있으며, 고객이 중장기적인 관점에서 지속가능한 혁신 경영을 성공적으로 추진하도록 다각도의 서비스를 제공하고 있습니다.



최용호 전무

수소 CoE 리더 | 딜로이트 컨설팅

Tel: 02 6676 3776

E-mail: yonghchoi@deloitte.com



이종우 전무

수소 CoE | 딜로이트 안전회계법인

Tel: 02 6676 1399

E-mail: jongwlee@deloitte.com



김기동 상무

수소 CoE | 딜로이트 컨설팅

Tel: 02 6676 3586

E-mail: kidokim@deloitte.com



서석배 상무

수소 CoE | 딜로이트 컨설팅

Tel: 02 6676 3763

E-mail: baseo@deloitte.com



정기원 이사

수소 CoE | 딜로이트 안전회계법인

Tel: 02 6099 4895

E-mail: kijung@deloitte.com



장문석 이사

수소 CoE | 딜로이트 컨설팅

Tel: 02 6676 3800

E-mail: mojang@deloitte.com

Deloitte Industry Leadership

한국 딜로이트 그룹의 산업별 전문 인력이
국내 및 글로벌 환경에 맞는 심도 있는 서비스를 제공합니다.

한국 딜로이트 그룹은 다양한 산업 분야에 대해 광범위하고 깊이 있는 전문 지식과 인사이트를 갖춘 전문가들이, 분야별 특성을 기반으로 한 보다 전문적이고 특화된 서비스를 제공하고 있습니다. 더불어 전 세계 글로벌 네트워크를 활용한 풍부한 노하우 전달을 통해 고객이 급변하는 환경에 선제적으로 대응하고 시장을 선도할 수 있도록 지원하고 있습니다.

TMT



최호계 파트너
첨단기술, 미디어 및 통신 부문
hogchoi@deloitte.com

Consumer



심현보 파트너
소비자 부문
hsim@deloitte.com

ER&I



이종우 파트너
에너지, 자원 및 산업재 부문
jongwlee@deloitte.com

FS



장형수 파트너
금융 부문
hyuchang@deloitte.com

LSHC



이해섭 파트너
생명과학 및 헬스케어 부문
harlee@deloitte.com

G&PS



이재호 파트너
정부 및 공공 부문
jaeholee1@deloitte.com

Contact Point



손재호 파트너
고객산업본부 본부장
jaehoson@deloitte.com



정동섭 파트너
딜로이트 인사이트 리더
dongjeong@deloitte.com



김사현 편집장
딜로이트 인사이트
sahekim@deloitte.com

Deloitte.

Insights



@Deloittekorea



<https://www.youtube.com/@DeloitteKorea>



딜로이트 인사이트



Download the Deloitte Insights app

Deloitte refers to one or more of Deloitte Touche Tohmatsu Limited ("DTTL"), its global network of member firms, and their related entities (collectively, the "Deloitte organization"). DTTL (also referred to as "Deloitte Global") and each of its member firms and related entities are legally separate and independent entities, which cannot obligate or bind each other in respect of third parties. DTTL and each DTTL member firm and related entity is liable only for its own acts and omissions, and not those of each other. DTTL does not provide services to clients. Please see www.deloitte.com/about to learn more.

Deloitte Asia Pacific Limited is a company limited by guarantee and a member firm of DTTL. Members of Deloitte Asia Pacific Limited and their related entities, each of which are separate and independent legal entities, provide services from more than 100 cities across the region, including Auckland, Bangkok, Beijing, Hanoi, Hong Kong, Jakarta, Kuala Lumpur, Manila, Melbourne, Osaka, Seoul, Shanghai, Singapore, Sydney, Taipei and Tokyo.

This communication contains general information only, and none of Deloitte Touche Tohmatsu Limited ("DTTL"), its global network of member firms or their related entities (collectively, the "Deloitte organization") is, by means of this communication, rendering professional advice or services. Before making any decision or taking any action that may affect your finances or your business, you should consult a qualified professional adviser.

No representations, warranties or undertakings (express or implied) are given as to the accuracy or completeness of the information in this communication, and none of DTTL, its member firms, related entities, employees or agents shall be liable or responsible for any loss or damage whatsoever arising directly or indirectly in connection with any person relying on this communication. DTTL and each of its member firms, and their related entities, are legally separate and independent entities.

© 2022. For information, contact Deloitte Anjin LLC