

# 수소에너지 환상인가, 기회인가

양성진 선임연구원 seongjin.yang@lgeri.com

- I. 수소에너지에 대한 논란
- II. 수소에너지 상용화 지연 이유
- III. 잠재력이 큰 우리나라의 수소에너지
- IV. 수소에너지 시장 선점을 위한 과제

전세계적으로 그린 열풍이 거세다. 깨끗한 환경, 지속가능한 에너지 체계의 확립을 위해 세계 각국 정부는 온갖 노력을 아끼지 않고 있다. 이러한 움직임의 중심에 신재생에너지가 있다. 태양광, 풍력과 같은 신재생에너지는 이미 상용화가 이루어지고 있다. 하지만 궁극적으로 화석연료를 대체할 것으로 기대되던 수소에너지의 진행 속도는 상대적으로 더디다. 수소에너지의 상용화 지연은 수소에너지 자체의 근본적 문제라기보다는 타깃 어플리케이션 선정과 같은 접근 방식의 문제에서부터 비롯되었다고 볼 수 있다. 이러한 가운데 우리나라는 수소에너지 보급 및 발전을 위해 가정용/발전용 연료전지의 상용화에 지원을 아끼지 않겠다는 정책을 발표했고 대기업의 참여도 활발하게 이루어지고 있는 상황이다. 우리나라가 수소에너지 시장 성장을 주도하고 상용화를 가속화하기 위해서는 정부와 기업의 긴밀한 협력을 통해 산적해 있는 과제들을 해결해야 할 것이다. ■

“ 화석연료의 궁극적 대체대로 거론되고 있는 수소에너지의 상용화가 지연되고 있다. ”

세계 경제 침체에도 불구하고 그린 열풍은 거세다. 미국 오바마 정부의 ‘그린 뉴딜(Green New Deal)’을 비롯하여 한국의 ‘저탄소 녹색성장’, EU의 ‘20-20-20 정책(2020년까지 신재생에너지 비율 20% 달성, 온실가스 20% 감축)’ 등 정부 주도의 적극적인 움직임은 환경과 경제라는 두 마리 토끼를 한꺼번에 잡겠다는 의도로 풀이되며 그 중심에 신재생에너지가 있다고 해도 과언이 아니다. 이 중 태양광과 풍력은 독일, 일본 등의 강력한 정책적 지원에 힘입어 이미 신재생에너지 산업의 한 축으로 자리를 잡아가고 있다. 반면 화석연료의 궁극적인 대체재로 거론되고 있는 수소에너지는 아직도 지지부진한 모습이다. 본 고에서는 수소에너지를 바라보는 시각과 상용화 현황 및 지연 이유를 살펴보고 우리나라의 시장 선점 가능성과 이를 실현하기 위한 과제를 제시해 보고자 한다.

## I. 수소에너지에 대한 논란

‘수소혁명(The Hydrogen Economy)’의 저자 제러미 리프킨은 화석연료의 고갈에 따른 대체재로 수소를 지목하고, 이를 통해 수소 기반의 경제가 도래할 것이라고 주장했다. 수소를 미래에너지로 보는 이유는 우선 화석연료 중 가장 먼저 고갈될 것으로 전망되는 석유를 대체할 수 있고, 더 나아가서는 석유뿐만 아니라 다른 화석연료도 대체할 수 있다. 즉, 에너지 체계를 화석연료 중심에서 벗어날 수 있게 하는 대안

### 수소에너지란?

수소에너지란 수소의 형태로 에너지를 저장하고 사용할 수 있도록 한 신에너지를 의미한다. 수소는 자연계에 풍부하게 존재하나 자연 상태에서 단독으로 존재하지 않아 천연가스 등 화석연료의 개질, 물의 전기분해 등을 통해 얻어진다. 즉, 수소를 얻기 위해서는 다른 에너지원이 필요하다는 것이다. 이렇게 생산된 수소는 연소 또는 연료전지를 거쳐 에너지로 이용되는데 주로 에너지 변환 효율이 높은 연료전지를 통해 이용되고 있다.

“ 수소의 청정성 논란은 제조 측면만이 아니라 소비를 포함한 전체의 관점에서 접근해야 한다. ”

으로 수소가 제격이라는 것이다. 이로 인해 온실가스 배출을 줄여 지구 온난화 방지도 일조할 수 있다. 또한 수소는 물에서 제조할 수 있어 가채량 제한 및 지역 편재성이 없기 때문에 지역 편재성이 높은 석유에서 벗어나 에너지 안보를 높일 수 있다. 이러한 이유들 때문에 각국 정부는 수소에너지에 주목하고 있다. 실례로 미국의 부시 행정부는 2001년 ‘수소경제로의 이행을 위한 국가 비전’을 제시하고 정책적 지원을 아끼지 않았고, 일본 정부도 수소 연료전지 자동차와 가정용 연료전지 시스템 실용화 계획을 발표하는 등 수소에너지 개발에 앞장서고 있다. 하지만 일각에서는 수소에너지 시대가 장밋빛 미래에 불과하다는 논란이 일고 있다.

### 논란 1. 청정에너지인가?

우선 수소 제조에 대한 청정성 논란이다. 수소는 우주에서 가장 풍부한 원소다. 현재 생산되고 있는 대부분의 수소는 경제성의 이유로 천연가스, 석탄 등 화석연료에서 추출되고 있기 때문에 CO<sub>2</sub>가 부산물로 생성될 수밖에 없다(〈표 1〉 참조).

물을 전기 분해해서 수소를 추출하는 방법도 아직까지는 논란을 피하기 어렵다. 전세계 발전량 중 40% 이상을 차지하는 화력 발전을 이용하게 되면 화석연료를 사용할 때와 마찬가지로 CO<sub>2</sub>가 발생된다. 이에 대한 대안으로 태양광, 풍력 등 재생에너지와 원자력을 이용한 전기 분해가 논의되고 있고 이와 더불어 바이오매스, 박테리아 등을 이용하는 방법도 개발되고 있다. 아직까지는 재생에너지와 원자력 발전을 이용하여 수소를 제조하는 것은 ‘전기→수소→전기’의 프로세스가 필요하여 비효율적이라는 반론도 있다. 하지만 전기는 특성상 저장에 용이하지 않기 때문에 잉여전력을 흘려 보내는 것보다 수소를 제조하여 에너지를 저장해 놓는 것이 낫다는 판단이다. 이처럼 수소의 청정성 논란은 제조 측면만이 아니라 소비를 포함한 전체의 관점에서 접근할 필요가 있다.

〈표 1〉 제조방법에 따른 수소제조비용 비교

제조방법		제조비용(\$/kg)
화석연료 이용	천연가스 수증기 개질	0.62~1.35
	석탄 가스화	1.18~1.39
전기분해	태양광 발전 이용	5.02
	풍력 발전 이용	2.42

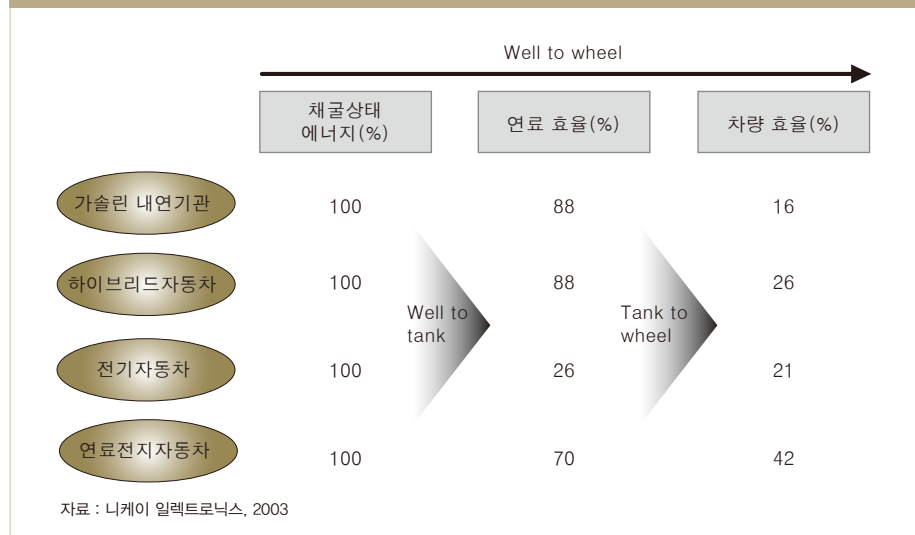
자료 : 에너지관리공단 신재생에너지센터, 신재생에너지 RD&D 전략 2030, 2008

“ 연료전지는 발전효율이 높고 발생하는 열까지 사용 가능하기 때문에 수소에너지의 전체적인 효율은 높다고 할 수 있다. ”

## 논란 2. 고효율인가?

둘째, 수소 자체의 에너지 효율은 높지만 수소를 추출하는 과정에서 나타나는 에너지 손실에 따른 효율 저하에 대한 논란이 있다. 하지만 수소를 생산하는 데 필요한 에너지 소모보다 연료전지의 발전 효율이 높고 가정용/발전용은 발생하는 열까지 사용할 수 있어 전체적인 수소에너지의 효율은 높다고 할 수 있다. 수소의 질량당 에너지 밀도는 142kJ/g으로 다른 화석연료와 비교했을 때 휘발유의 4배, 천연가스의 3배 수준이다. 단순 비교로 보면 같은 양으로 3~4배의 에너지를 낼 수 있다는 얘기다. 수소를 이용한 연료전지 발전 효율도 47%로 화력 35%, 태양광 17%보다 높다. 하지만 수소 제조에 필요한 에너지 소모량 등을 감안했을 때에는 논란의 여지가 있다. 가정용 연료전지의 경우 천연가스 개질을 통해 수소를 추출하면 개질 효율은 60%이다. 여기에 연료전지의 발전 효율 47%를 감안한다면 총 발전 효율은 30% 이하다. 이와 함께 발생하는 열을 이용, 난방과 온수로 사용할 수 있는데 이 때 열효율은 40% 이상이다. 그러므로 가정용 연료전지의 총 에너지 효율은 발전 효율과 열효율을 합쳐 70% 수준이다. 도쿄가스의 연구에 따르면 가스 보일러의 열효율은 80% 이상이기 는 하지만 연료전지의 경우 전력 이용까지 고려하면 전체 가스 사용량의

〈그림 1〉 자동차 에너지 효율 비교



16%를 절감할 수 있다고 한다. 고효율은 자동차용 연료전지에서 두드러진다(〈그림 1〉 참조). 가솔린 엔진은 Well to wheel(에너지의 채굴로부터 차량 주행까지) 효율이 14~16% 수준이지만 연료전지를 이용하게 되면 42%까지 높일 수 있다.

“수소의 강한 확산성 등 물리적 특성과 수소 저장 기술의 발달로 안전성 논란을 잠재울 수 있다.”

### 논란 3. 안전한가?

셋째, 안전성 문제도 수소에너지의 장밋빛 미래에 대해 발목을 잡는다. 그러나 수소의 강한 확산성 등 수소의 물리적 특성과 수소 저장 기술 개발을 통해 안전성에 대한 논란을 잠재울 수 있을 것이다. 수소는 강력한 폭발력을 내재하고 있는 가연성·폭발성 가스다. 뿐만 아니라 수소의 확산성이 천연가스의 4배, 가솔린의 12배에 달하기 때문에 폭발시 파괴력도 그만큼 강력하다. 그러나 수소뿐만 아니라 천연가스, 석유를 포함한 모든 종류의 연료가 폭발의 위험성을 안고 있어 취급에 세심한 주의가 필요로 한다는 점을 전제로 생각하면 수소만이 가지고 있는 문제점은 분명 아니다. 수소의 강력한 확산성은 폭발력 증대의 원천이기도 하지만 수소가 공기 중에 누출됐을 때 천연가스처럼 특정공간에 축적되지 않고 신속히 사라질 수 있다. 이로 인해 대량으로 누출되지만 양이 적으면 자연발화 되더라도 순간적으로 화염이 일었다가 사라지는 플래시 화재(flash fire) 수준에 머무른다. 실제로 미국의 연료전지 관련 기관인 BTI(Breakthrough Technologies Institute)에서 수소 연료전지자동차와 휘발유자동차의 연료 누출에 따른 화재 전파 실험을 한 결과, 안전 측면에서 수소 연료전지자동차가 휘발유자동차에 비해 더 안전하다는 결과가 나왔다. 각 차량에 강제로 연료를 누출시켜 화재를 일으킨 후 휘발유자동차는 1분만에 실내로 불이 전이되어 차체가 전소되는 반면 수소 연료전지자동차는 누출 부위에서 순간적으로 높은 불길에 치솟지만 1분30초 후에 완전 연소되어 차량의 피해가 미미한 수준에 머물렀다.



화재 전파 실험 <(좌) 수소연료전지차 (우) 휘발유 자동차>

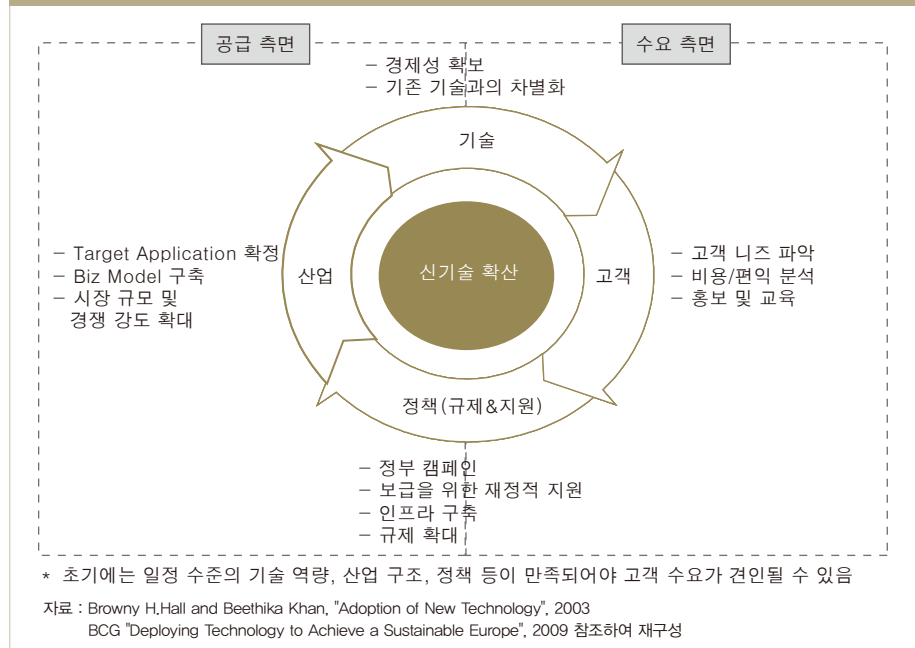
“ 수소에너지 상용화  
지연은 연료전지  
개발의 잘못된  
타깃 어플리케이션  
선정에서  
비롯되었다. ”

## II. 수소에너지 상용화 지연 이유

수소에너지에 대한 근본적인 논란에도 불구하고 신재생에너지 강국인 일본, 미국, 독일 등은 이미 오래 전부터 수소에너지와 연료전지 연구에 꾸준한 투자를 하고 있다. 논란의 여지가 있기는 하지만 화석연료 고갈에 따른 위기감 고조와 화석연료 사용에 따른 지구 온난화 등 범세계적인 문제에 봉착하고 있어 수소에너지 개발을 더 이상 늦출 수 없다는 판단 때문으로 풀이된다. 특히 석유 고갈로 인한 수송용 연료의 대체재 및 발전 시간 등이 불규칙한 태양광, 풍력 등 재생에너지의 저장을 위한 에너지매체(Energy Carrier)의 역할을 기대하고 있다.

그러나 이미 시장이 열린 태양광, 풍력 등에 비해 수소에너지의 상용화는 지연되고 있는 실정이다. 이는 수소에너지에 대한 근본적인 논란에 의한 것이 아니라 각국 정부와 기업의 잘못된 접근 방식에서 비롯된 측면이 크다고 판단된다. 이 때문에 상용화 시점에 대한 질문에 10년 후를 얘기하곤 하지만 아직까지 가시적인 성과를 내지 못하고 있어 ‘10년 또 10년’이라는 말이 수소에너지 개발자들 사이에서 회자되고

〈그림 2〉 신기술 확산 모델



있는 실정이다. 이러한 수소에너지의 상용화 지연 이유를 신기술 확산 모델을 기반으로 산업, 정책, 기술적 측면에서 살펴보도록 하겠다(〈그림 2〉 참조).

“ 타깃 어플리케이션 선정 문제는 정책 지원에도 영향을 미쳐 보급을 위한 정책은 미흡한 상태다. ”

## 산업적 측면 : 타깃 어플리케이션 선정의 문제

수소에너지의 상용화가 늦어진 가장 큰 이유는 연료전지 개발의 타깃 어플리케이션 선정의 문제 때문이다. 연료전지는 수소에너지 사용에 있어 가장 효율적인 도구다. 처음 수소에너지 체제를 논할 때 각국 정부는 석유를 대체할 수 있는 에너지원으로 판단하고 석유 수요의 60% 이상을 차지하는 수송용에 집중하였다. 수소에너지는 국가 차원의 니즈에서부터 시작되었고 시장이 확인되지 않은 상태에서 대규모의 투자가 필요했기 때문에 개발 초기에는 산업의 파급 효과와 에너지 안보 등을 고려하여 타깃 어플리케이션을 선정하였던 것이다.

수송용의 경우, EU의 이산화탄소 배출량 규제 및 캘리포니아의 ZEV(Zero Emission Vehicle) 의무 판매 등의 규제와 맞물려 도요타, GM 등 굴지의 자동차 회사들도 연료전지자동차 개발에 박차를 가했다. 하지만 기존의 가솔린 자동차가 비용, 성능 면에서 우월하기 때문에 대체재로 사용되기에는 무리가 있었다. 또한 수소 스테이션 등 인프라 구축에 미온적으로 대처했기 때문에 연료전지자동차는 상용화가 지연될 수밖에 없었다. 연료전지자동차가 무리 없이 도로 위를 달리기 위해서는 반경 100km 이내에 200개의 수소 스테이션이 필요하다고 한다. 하지만 시장성이 확보되지 않은 연료전지자동차를 보고 민간이 주도적으로 수소 스테이션을 설치하는 것은 쉽지 않은 일이었기 때문에 지금까지 시범적으로 설치된 수소 스테이션은 전세계에 170개 밖에 되지 않는 실정이다.

휴대용 연료전지에 대한 개발은 보다 뒤늦게 시작되었다. 1990년대 후반부터 일본의 전자 기업들은 휴대폰, 노트북 등 모바일기기에 채용할 휴대용 연료전지 개발에 주력했다. 휴대용 연료전지는 2000년대 초반 시제품을 각종 전시회 등에 출품되어 상용화 시점이 다가온 것 같은 착시 현상을 불러 일으켰다. 하지만 이 역시 리튬 전지 등 기존 기술과의 차별화 미흡의 이유로 상용화가 지연되었고 근시일 내에 시장 창출 가능성이 희박해 보이는 어플리케이션은 개발이 중단되기까지 했다.

“ 상용화를 위한 재정적 지원이 미미한 상황에서 기술 혁신을 통한 경제성 확보가 시급하다. ”

### 정책적 측면 : 보급을 위한 지원 미흡

타깃 어플리케이션 선정 문제는 정책 지원에도 영향을 미쳤다. 각국 정부는 수송용 연료전지 개발에 집중하고 있어 상용화를 위한 인프라 구축 등에 대한 투자는 미흡하다. 미국은 1960년대 우주 및 군사용으로 연료전지 연구를 시작하였고, 2000년 이후 미 에너지성(Department of Energy) 주도로 수송용 연료전지를 타깃으로 한 수소의 생산과 운송 인프라 개발을 위한 'Hydrogen Fuel Initiative'와 연료전지자동차 개발을 위한 'FreedomCAR' 프로젝트를 추진하고 있다. 독일을 비롯한 EU의 국가들도 수송용 연료전지 개발에 주력하고 있다. 하지만 인프라 구축 미흡으로 상용화 가능성은 희박하다. 이러한 이유 때문에 가정용 연료전지도 함께 개발하고 있는 일본을 제외하고는 보급을 위한 정책적 지원은 거의 없는 실정이다. 반면 태양광의 경우 1991년 독일에서 시행한 발전차액지원제도(Feed in Tariff)와 저리 융자, 일본의 설치 보조금 등 각국의 전폭적인 지원을 통해 시장이 개화하기 시작했고 신재생 에너지의 선두 자리를 점할 수 있었다. 이처럼 연료전지도 정부 주도의 보급을 위한 경제적 지원이 확대되지 않는다면 상용화는 요원할 것으로 보인다.

### 기술적 측면 : 경제성 확보를 위한 기술 혁신 미흡

상용화를 위한 재정적 지원이 미미한 상황에서 기술 혁신을 통한 경제성 확보는 시급한 과제다. 하지만 수소 제조에서부터 발목이 잡힌다. 화석연료를 통한 수소 추출 방법을 제외하고는 재생에너지를 이용한 물 전기분해 등의 수소 추출 방법이 경제성을 확보하려면 시간이 걸릴 것으로 보인다.

연료전지 기술도 경제성을 확보하지 못하고 있는 실정이다. 내연기관이 석유에너지 시대의 핵심이었듯이 수소에너지 시대의 핵심은 연료전지다. 수소에너지를 연소시켜 이용할 수도 있지만, 현재의 기술로는 연료전지를 이용하는 것이 가장 효율적이다. 연료전지란 물 전기분해의 역반응을 이용하여 전기를 생산하는 일종의 발전기이다. 일본, 미국 등에서는 수소에너지 시대 준비를 위해 연료전지 개발에 박차를 가하고 있지만 경제성이 확보되지 않아 난항을 겪고 있다. 특히 각국에서 주력하

고 있는 수송용 연료전지는 1kw 당 280만원이며 승용차의 경우 100kw 정도가 필요하므로 연료전지 가격만 2억 8000만원이 소요된다. 실례로 혼다의 연료전지자동차 'FCX Clarity'의 생산 비용은 10억 원을 훌쩍 넘는다. 소비자가 감당하기에는 부담이 크다. 가정용도 마찬가지다. 가장 상용화에 근접할 것으로 평가 받는 가정용 연료전지의 경우 가격이 8천만원 수준이며 보급 목표가격은 3천만원 선이라 한다. 도쿄가스의 연구 결과에 따르면 연료전지를 사용했을 때 연간 전기 및 가스비가 12% 정도 절약이 된다고 하는데 우리나라의 105m<sup>2</sup> 아파트를 기준으로 봤을 때 연간 56만원 정도가 절약된다. 목표로 하는 연료전지 시스템의 수명이 10년이라고 가정하면 시스템 가격은 5백만원 수준이 되어야 소비자가 제품 수명 주기 안에 투자비를 회수할 수 있다. 상용화가 되어 양산 규모가 늘어나면 규모의 경제 효과로 비용이 절감될 수 있을 것으로 기대된다. 하지만 지금과 같은 제한적인 수요만으로는 비용 절감 효과가 미미할 것으로 판단되며, 이보다는 기술 혁신을 통한 경제성 확보가 선행되어야 할 것이다.

“ 수소에너지에 대한 우리나라의 정책적 지원 강화는 상용화를 앞당길 수 있는 긍정적 신호로 보인다. ”

### Ⅲ. 잠재력이 큰 우리나라의 수소에너지

우리 정부는 2008년 9월 그린에너지산업 9대 분야를 중점 육성하여 2030년 세계시장 점유율을 13%로 목표로 한다는 계획을 발표했다. 여기에 수소연료전지도 차세대 성장 동력으로 포함시켰다(〈표 2〉 참조). 수소연료전지를 세계시장 잠재력이 커서 기술 우위 확보가 시급한 기술로 분류하여 2030년까지 세계 M/S 15%를 목표로 향후 5년간 총 3,400억원을 투자, 2020년까지 가정용 연료전지 10만대를 보급하겠다는 계획이다. 이 같은 적극적인 움직임은 지지부

〈표 2〉 그린 에너지산업 9대 중점 기술분야

〈제1그룹〉 조기 성장동력화	세계시장이 급성장하고 있거나, 국내 연관산업기반을 바탕으로 육성 가능한 분야 ⇒ 산업화 집중 지원	태양광, 풍력, LED, 전력 IT
〈제2그룹〉 차세대 성장동력화	세계시장 잠재력이 크기 때문에 기술적 우위 확보가 시급한 분야 ⇒ R&D 및 실증 집중투자	수소연료전지, GTL*/CTL(가스/석탄 액화), IGCC*(석탄가스화복합발전), CCS*(CO <sub>2</sub> 포집·저장) 에너지 저장

\* GTL(Gas To Liquid), IGCC(Integrated Gasification Combined Cycle), CCS(Carbon Capture and Storage)

“ 가정용/발전용  
연료전지가  
상용화되려는 움직임이  
보이자 대기업의 행보도  
빨라지고 있다. ”

진한 수소에너지의 상용화를 앞당겨 시장을 선점하겠다는 의지로 보인다. 그렇다면 수소에너지 시장에서 일본, 미국에 비해 기술적으로 열세인 우리나라가 주도권을 가지고 갈 수 있을까?

### 보급을 위한 정책적 지원 강화

신재생에너지 개발 및 보급에 앞장서고 있는 독일은 재생가능에너지법(The Renewable Energy Sources Act)에 발전차액지원제도(Feed-in-Tariff)를 도입하여 태양광, 풍력, 바이오매스 산업은 비약적인 발전을 하고 있다. 발전차액지원제도는 신재생에너지의 투자경제성 확보를 위해 발전 비용과 기준 거래 가격의 차액을 지원해주는 제도다. 미국 역시 태양광 등 신재생에너지에 대한 세제 혜택과 보조금을 지원하고 있다. 하지만 수소에너지와 연료전지에 대한 혜택은 거의 전무한 상태다. 전세계적으로 거의 유일하게 수소에너지 보급에 대한 정책 지원을 하고 있는 일본은 2005년 실증 사업을 시작할 때 정부에서 연료전지 메이커에게 600만엔의 설치보조금을 지급하여 소비자의 부담을 줄이는 데 일조하였다. 하지만 독일 등에 뒤쳐져 있던 태양광 산업의 경쟁력 확보를 위해 2009년부터 지급을 중단했던 태양광 설치 보조금을 부활시키고 잉여전력을 정부에서 비싼 가격으로 사주는 등 태양광으로 무게를 실어주고 있는 상황으로 수소에너지 보급에는 부정적 영향을 미칠 것으로 보인다.

이처럼 세계적으로 수소에너지 보급을 위한 지원이 전무한 가운데 우리나라는 정책적 지원을 강화하는 움직임을 보이고 있다. 우선 발전용의 경우 발전차액지원제도(Feed-in-Tariff)의 혜택을 받을 수 있다. 2002년 신재생에너지에 대한 발전차액지원제도를 도입한 우리나라는 2006년 개정을 통해 수소에너지, 즉 연료전지를 이용한 발전에 대해서도 제도의 혜택을 주겠다고 명시하고 200kw 이상의 발전 시설에 1kw 당 282,54원을 지원하고 있다. 뿐만 아니라 가정용 연료전지에는 설치보조금을 지원하겠다고 한다. 2006년부터 모니터링 사업을 하고 있는데 모니터링 사업 기간 동안에는 전액, 2011년 이후 보급 사업시에는 설치 비용의 70~90%를 보조하여 소비자의 부담을 덜어준다. 이와 같은 정책적 지원에 힘입어

독일의 태양광 산업처럼 우리나라의 연료전지 산업도 상용화를 앞당길 수 있을 것으로 판단된다.

“ 우리나라는 주거환경과 연료 보급 인프라 등 연료전지를 보급하기에 적합한 조건을 가지고 있다. ”

### 가정용, 발전용부터 상용화 기대... 대기업 참여 가속화

가정용/발전용 연료전지가 상용화되려는 움직임이 보이자 대기업의 행보도 빨라지고 있다. GS와 포스코가 이미 실증 시험을 위한 보급을 시작했고, LG와 삼성, 두산 등도 소재부터 시스템, 설치에 이르기까지 대규모의 투자를 통해 가치 사슬 내에서의 우위를 선점하기 위한 노력을 하고 있다.

이 결과 남양주에 세계 최초로 연료전지를 채용한 아파트가 건설되고, 목동과 상계동에는 연료전지를 이용한 열병합 발전소가 세워진다. 발전용 연료전지는 주로 공장, 병원 등 고품질의 전력을 요구하는 곳의 보조 발전장치로 이용되어 왔고 향후 신도시의 열병합 발전 등 분산 전원 영역으로의 확대도 기대된다. 분산 전원이란 기존의 대규모 중앙집중형 발전과는 달리 소규모로 수요지 주위에 분산 배치된 전원을 말한다. 이 사업의 이해관계자는 주로 지역의 발전사업자이기 때문에 발전차액지원제도나 세제 혜택 등을 통해 시장 창출 가능성을 높일 수 있다. 가정용 연료전지 보급은 최종 소비자의 선택을 피해가기 어려운 상황이지만 신규 주택 건설과 맞물려 선택하게 한다면 경제성 및 편의성에 대한 심리적 장벽이 낮아질 것으로 판단된다. 이처럼 소비자의 관여도가 높은 수송용, 휴대용과 같은 B2C 어플리케이션보다는 가정용, 발전용 등 B2B 어플리케이션을 먼저 상용화하는 것이 수월할 것으로 보인다. 이를 통해 수소에너지 시대를 준비하는 한국의 움직임은 상용화를 위한 긍정적 신호로 해석된다.

### 내수시장 확대에 적합한 환경 조건

우리나라는 연료전지를 보급하기에 적합한 조건을 가지고 있다. 주거 환경 측면을 보면 대단위 아파트 등 공동주택의 비중이 높고 도시밀집형 거주 구조를 띠고 있어 단독주택이 상대적으로 많은 일본, 미국 등의 국가보다 대규모로 가정용 연료전지 보급을 하기에 유리하다. 또한 연료로 사용되는 도시가스 배관망 구축률이 국내 전

“ 수소에너지의 수요를  
견인하기 위해서는  
소비자의 의식 변화가  
필요하다. ”

체 가구의 72%에 육박하고 있어 연료 보급 인프라도 갖춰져 있다. 이러한 조건 때문에 다른 나라보다 가정용 연료전지 보급이 수월할 것으로 보인다.

발전용 연료전지도 이와 다르지 않다. 발전용 연료전지의 경우 2012년 신재생에너지 의무할당제(RPS: Renewable Portfolio Standard) 도입과 맞물려 있다. 전력 발전의 일정 비율을 신재생에너지로 채워야 하는 상황에서 태양광과 풍력보다는 연료전지로 그 비율을 채우는 것이 더 효율적인 대안으로 보인다. 같은 양(10MW)의 발전을 하기 위해 태양광은 연료전지의 50배, 풍력은 100배의 땅이 필요하기 때문에 국토가 좁고 토지 비용이 높은 우리나라에서는 연료전지가 메인스트림이 될 가능성이 높다고 볼 수 있다. 뿐만 아니라 발전 단위당 설치 비용도 연료전지(용융탄산염연료전지 기준 kw당 300만원)가 태양광(kw당 700만원)보다 낮아 전체적인 경제성 측면에서도 연료전지 발전이 유리할 것으로 판단된다.

이러한 조건들 때문에 우리나라는 연료전지의 테스트베드로 충분한 자격을 갖추었으며 내수시장 확대를 통해 양산 및 보급을 위한 기술 역량을 확보할 수 있을 것이다.

## IV. 수소에너지 시장 선점을 위한 과제

앞서 살펴본 바와 같이 우리나라가 연료전지 시장, 더 나아가서는 수소에너지 시장을 개화시키는 데 주도적 역할을 할 수 있는 징후들은 곳곳에서 발견되고 있다. 하지만 이를 가속화시켜 상용화를 앞당기기 위해서는 정부와 기업의 긴밀한 협력이 급선무다.

### 소비자 인식 제고 : 정부

수소에너지 시장을 열기 위해서는 소비자가 선택할 수 있도록 판을 만들어야 하고, 사업 초기 이러한 과제는 정부의 몫이다. 우선 경제성이 확보되지 않은 기술이라면 고객으로 하여금 친환경적인 소비를 하고 있다는 비경제적 가치를 충족시켜 주어야

“ 발전차액지원제도 확대, 연료전지용 가스 요금 신설 등 재정적 지원 확대가 필요하다. ”

한다. 이를 위해서는 소비자의 의식 변화를 이끌어내는 것이 중요한데 이는 홍보와 교육을 통해 이루어진다. 하지만 우리나라의 수소에너지와 연료전지에 대한 홍보 및 교육은 걸음마 수준이다. 연료전지의 경우 이미 모니터링 사업을 하고 있지만 아직까지 홍보 효과가 두드러지게 나타나지 않고 있다. 서울시에서는 시청에 연료전지 2기를 이미 설치했고 코엑스 등 유동 인구가 많은 곳에도 설치하려고 하나 잘 보이지 않는 곳에 있어 홍보 효과는 미미하다. 연료전지자동차가 도로를 주행한다 해도 ‘FCEV(Fuel Cell Electric Vehicle)’라고 써 붙이지 않는 이상 대시민 홍보가 제대로 되기는 힘들다.

반면에 독일과 일본의 예를 살펴보면 최종소비자로 하여금 친환경적인 의식을 갖게 하기 위해 다양한 노력들을 하고 있다. 일본은 전기요금이나 난방비 고지서 등에 CO2 배출량을 기재한다. 뿐만 아니라 아이스크림 포장에까지 CO2 배출량을 기재하여 지구 온난화에 대한 경각심을 불러 일으킨다. 독일은 프라이부르크 시 정부 주도의 생태 마을 조성을 통해 홍보 효과를 높였다. 1992년 보봉이라는 마을을 생태마을로 조성하고 주거지역에서 차량통행을 없애고 건축시 최소에너지기준을 강제로 적용하여 열병합설비나 태양광 전지판이 많이 설치되었다. 이를 통해 이 지역의 기업들은 친환경 사업의 기반을 마련할 수 있었다. 이러한 사례를 본보기로 삼아 수소에너지의 홍보 효과를 제고하기 위한 방안이 필요할 것이다.

### 재정적 지원 확대 : 정부

고객에게 더 나은 가치를 제공하기 위해서는 재정적 지원도 확대하여야 한다. 우리나라의 수소에너지에 대한 경제적 지원은 다른 나라와 비교해 봤을 때 적극적이지만 아직까지도 부족한 점이 많다. 우선 연료전지에 대한 발전차액지원제도 수혜 범위를 넓혀 가정용 등 소용량 발전도 포함하는 것을 검토해 보아야 한다. 우리나라의 연료전지에 대한 발전차액지원제도는 200kw 용량의 발전부터 적용이 되어 1~3kw



독일의 프라이부르크의 생태마을 보봉

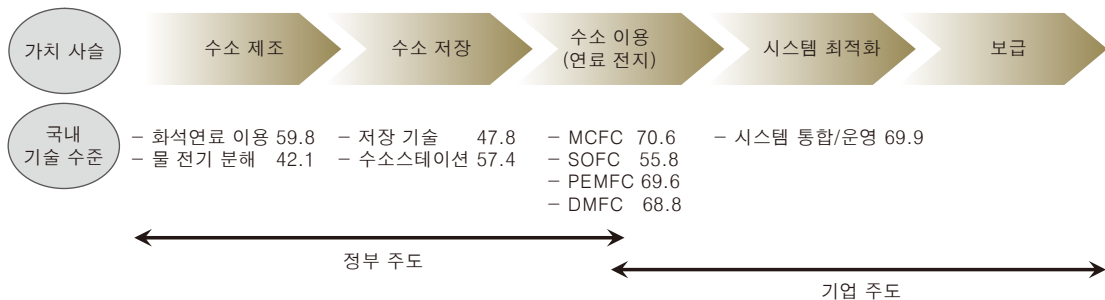
“ 정부와 기업은  
가치사슬 전반의 균형  
잡힌 기술 확보를 위해  
힘써야 할 것이다. ”

의 가정용 연료전지에는 적용할 수가 없다. 이는 태양광의 3kw, 풍력의 10kw보다 높은 수준이기 때문에 소비자가 태양광처럼 전력 판매를 통해 이익 실현을 할 수 없다. 또한 발전차액지원 한계용량도 태양광(500Mw), 풍력(1000Mw)에 비해 연료전지가 현저히 낮은 50Mw 불과하여 발전용의 경우에도 혜택을 제대로 받지 못한다. 연료전지용 가스요금 신설도 시급하다. 일본의 도쿄가스에서는 난방 및 발전용보다 3~8% 낮은 연료전지용 가스요금을 신설했으나 우리나라는 아직까지 열병합용 요금을 적용하고 있다. 뿐만 아니라 도시가스 회사, 건설회사 등 이 사업의 이해관계자에게 세제 혜택, 용자 지원 등의 수혜를 주는 것도 고려해야 할 것이다.

### 가치사슬 전반의 균형 잡힌 기술 확보 : 정부 + 기업

고객 가치 제공을 통한 시장 창출이 시장 확대를 의미하는 것은 아니다. 이에 앞서 경쟁력 있는 기술을 확보하는 것은 정부와 기업 전체의 과제다. 정부의 정책과 기업의 의지가 맞아 떨어졌을 때 기술 개발은 선순환을 탈 수 있다. 정부가 주도해 온 우리나라의 수소에너지 기술은 연료전지에 치우쳐 있었다. 수소에너지 가치사슬은 수소 제조, 저장 및 수소 이용을 위한 연료전지 시스템, 보급으로 나뉘 볼 수 있는데 가치사슬 상에서 어느 한 부분이라도 소홀히 한다면 수소에너지 시대가 도래했을 때 시장의 주도권을 가지고 갈 수 없을 것이라고 생각한다. 1999년 아이슬란드는 북

〈그림 3〉 수소에너지 가치사슬 및 국내 기술 수준



\* MCFC : 용융탄산염 연료전지, SOFC : 고체산화물 연료전지, PEMFC : 고분자 전해질막 연료전지, DMFC : 직접메탄올 연료전지

자료 : 에너지관리공단 신재생에너지센터, 신재생에너지 RD&D 2030 발췌, LG경제연구원 정리

반구의 쿠웨이트를 꿈꾸며 야심차게 ‘수소경제’를 실험해 보려 했으나 지금은 추억이 되어가고 있다. 수도 레이카비크를 수소경제의 테스트베드로 만들겠다고 공표했을 때만 해도 거대 기업들이 뛰어들고 아이슬란드의 정책적 지원도 대단했다. 그러나 기술 역량이 부족한 탓으로 자국에 적합한 수소 제조 및 저장 기술을 개발하지 못해 수소에너지 강국의 꿈을 접어야 했다.

우리나라도 아이슬란드의 전철을 밟지 않으리라는 법은 없다. 이러한 실패를 방지하기 위해서는 가치사슬 상에서의 균형 잡힌 기술 역량 확보가 필요하다. 일본이 역량이 확보되지 않은 관련 부품의 국산화 비율을 높이기 위해 중소기업에 25억엔을 투자했던 것처럼 우리나라도 기술 역량이 확보되지 못한 부분에 집중 투자해야 할 것으로 보인다. 우선 수소 제조 및 저장 등 장기적인 역량 확보가 필요한 업스트림 분야는 정부의 노력이, 일정 수준 기술 확보가 되어 있어 상용화를 앞두고 있는 연료전지 및 시스템 통합 및 운영 등 다운스트림 분야는 대기업과 공급 유통망을 가진 가스, 전력 사업자들의 몫이라고 생각한다(〈그림 3〉 참조).

불확실한 미래에 대한 투자는 결정하기 힘든 문제다. 특히 이윤 추구를 목적으로 하는 기업이 장기적인 안목을 갖기는 쉽지 않다. 하지만 우리나라의 수소에너지 사업은 태양광, 풍력 등 이미 에너지 선진국들이 시장을 선점해 버린 사업을 쫓아가는 모습이 아니라 시장을 주도해 나갈 잠재력이 크다. 아직까지 시장은 열리지 않았고 각국이 비슷한 출발선상에 서있기 때문이다. 기술적으로는 조금 뒤져있는 상태이지만 이는 상용화를 앞당김으로써 해결할 수 있는 문제라고 생각한다. 주요 국가들도 각국의 지역적 특성 및 강점을 살리는 방향으로 지원을 아끼지 않고 있다. 영국과 덴마크는 풍력을, 미국과 일본, 독일은 태양광에 힘을 싣고 있다. 이처럼 우리나라도 잘할 수 있고, 잘할 수 있는 환경에 있는 수소에너지에 주목해야 할 때다. 새롭게 시작된 수소에너지의 주도권 경쟁에서 주도자가 되는지 아니면 종속자로 남는지에 대한 것은 우리의 선택에 달려있다. [www.lgeri.com](http://www.lgeri.com)

“ 새롭게 시작된 수소에너지의 주도권 경쟁에서 주도자가 되는지 아니면 종속자로 남는지에 대한 것은 우리의 선택에 달려 있다. ”