

수소경제 국가비전 및 실행계획의 수립 연구

부경진
에너지경제연구원

요 약

수소경제는 이제 선택사항이 아니라 피할 수 없는 미래로 우리에게 다가오고 있다. 본 연구에서는 2040년을 수소경제 실현의 원년으로 삼고 2040년까지 최종에너지소비의 15%를 수소로 충당하는 공급목표를 설정하였다. 수소이용효율이 가장 높은 수송부문을 주요 대상으로 2040년까지 자동차의 50% 이상을 연료전지 자동차로 대체하고, 기타 가정상업 및 발전부문에서도 20-30%를 연료전지로 대체하는 계획을 세웠다. 이러한 수소경제가 계획대로 달성되는 경우, 우리나라는 2040년에 가서 에너지소비가 8%정도 줄고, 에너지믹스도 개선되어 화석에너지의 획기적 감소(석유의 경우 탄소경제 대비 23% 감소)와 신·재생에너지의 비약(탄소경제 대비 47% 증가)이 두드러진다. 이에 따라 온실가스의 대폭적 저감 (20%)과 에너지자급도의 대폭적 개선 (23%)이 기대된다. 수소경제의 달성을 위해서는 정부가 앞장서서 관련법의 제정과 전담기구의 신설 등 수소경제에 대비한 안정적 추진체제 및 관련 법제도의 정비를 서둘러야 할 것이다. 이와 함께 연료전지보급 및 수소공급 인프라 구축에 필요한 방대한 투자재원을 확보하기 위해서 민간부문의 투자를 촉진시키고 민간의 전문기술인력 양성과 더불어 연료전지 및 수소인프라 산업육성을 위한 규격 및 표준의 마련도 시급하다.

1. 서 론

수소는 고갈되지 않으며 깨끗하다는 (inexhaustible and clean) 장점 때문에 에너지정책입안자, 환경기구 및 산업부문에서의 에너지전문가들은 이를 미래의 연료로 인식하고 개발 및 보급에 지대한 관심을 가지고 노력하고 있다. 수소는 우주에서 가장 흔한 원소이지만 지구에서 기체상태로 존재하는 양은 매우 적다. 수소는 현재 탄화수소를 열이나 화학분해를 하여 생산되고 있으며 대부분이 석유정제에 쓰이고 있다. 수소를 에너지로 이용하는 상용화 기술이 아직 진전되지 않았으며, 아직 걸음마 단계에 머물러 있고, 특히 수소 생산 및 저장 분야에서는 기술적 타당성 문제로부터 시작하여 경제성 문제에 이르기 까지 실용화에 많은 애로점을 노정하고 있다.

이렇게 상용화를 위해서는 상당한 기술진보가 필요함에도 불구하고, 이미 세계는 수소경제가 도래하는 것으로 굳어지고 있다. 왜냐하면 수소에너지의 장점이 단점을 훨씬 능가하기 때문이다. 그리고 기술적 및 경제적 문제점은 시간이 해결해 줄 것으로 전문가들은 믿고 있다. 이미 미국과 일본, 유럽 등의 선진국들은 수소를 통해 발전부문과 수송부문의 에너지수요의 상당부분을 충족시키는 장기로드맵을 개발하고 이의 실현을 위한 세부전략을 짜고 있다. 특히, 미국과 일본은 이미 80년대부터 수소를 중심으로 한 지속가능한 에너지 시스템의 구축을 위해 국가차원에서 프로그램을 개발하고 기술개발과 상용화에 주력하여 왔다. 본 연구는 이러한 시대적 요청에 부응하여 수소경제에 대한 국가비전을 세우고 장기로드맵을 작성함으로써 미래 수소경제의 원활한 이행에 도움이 되도록 하였다. 수소경제의 실현에 따른 에너지와 환경 및 경제적 편익을 분석하고 연료전지의 보급량과 수소의 필요량, 그리고 연료전지산업과 수소인프라의 규모, 투자비, 소요재원과, 마지막으로 수소경제기반 조성을 위한 법제도 인프라 정비에 대해 논의하였다.

2. 본 론

가. 수소경제의 비전과 로드맵

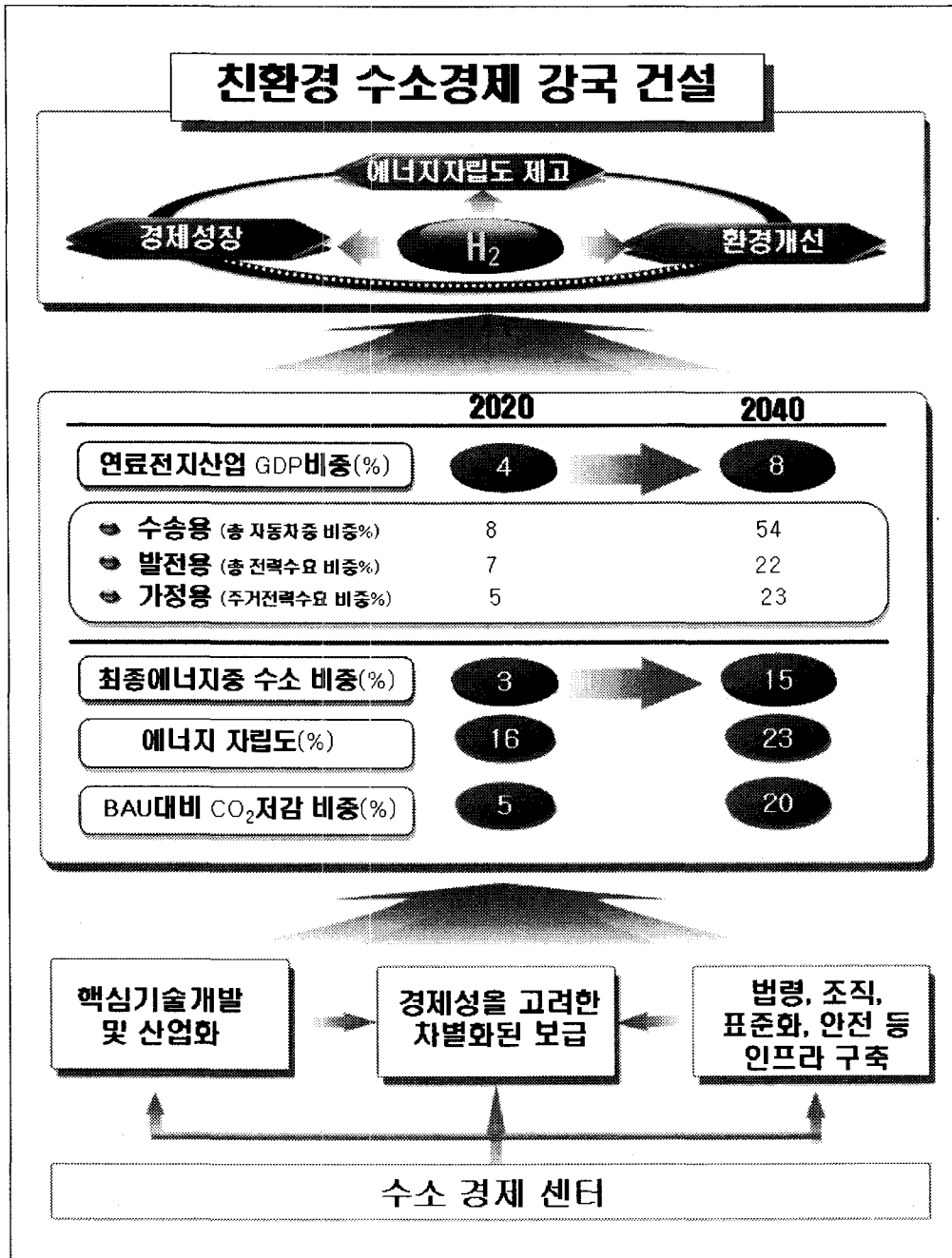
1) 국가비전의 제시

본 연구에서 추구하는 수소경제의 비전이 그림 1에 실려 있다. 간단히 설명하자면, 우선, 4단계가 시작되는 2040년을 수소경제 실현의 원년으로 삼고 그때까지 최종에너지 중 수소가 차지하는 비중을 15%로 설정하였다.¹⁾ 이러한 목표를 달성하기 위한 연료전지의 보급은 수송부문이 에너지소비의 54%, 발전과 가정부문에 있어서 전력수요 중 각각 22%와 23%를 차지하는 것으로 부문별 목표를 설정하였다. 이렇게 하였을 때 1차에너지소비의 저감은 물론 에너지믹스도 지속가능한 것으로 변화한다. 즉, 석유와 천연가스 소비가 상당부분 줄어들고 석탄도 약간 줄어드는 반면 신·재생에너지는 대폭적으로 늘어나는 것으로 나타났다.

수소경제의 실현으로 얻게 되는 기타 경제 및 환경 편익으로서는 에너지소비저감과 지속가능한 에너지믹스로의 변화로 기준전망(BaU)대비 CO₂ 저감도 20%에 이르며 원유수입 절감에 따른 무역수지 개선, 신성장동력산업 정착에 따른 정의 산업과급효과와 함께 에너지자립도도 23% 높아져 에너지안보 제고에도 크게 기여하는 것으로 나타났다. 수소경제의 조기실현을 효율적으로 추진하기 위해서는

1) 모든 선진국은 수소가 총 에너지소비에서 차지하는 비중을 설정하지 않고 있다. 수소경제를 제일 먼저 주장했고 가장 앞서가는 미국을 보더라도 2030년에 가셔야 수소에너지 비중을 약 10%로 한다는 목표를 발표한 바 있다.(DOE, 2002. *A National Vision of America's Transition to a Hydrogen Economy - to 2030 and Beyond*). 대부분의 경우 단계별로 부문별 연료전지의 보급목표를 설정하고 이에 필요한 수소수요량을 산정하는 수준에 그친다.

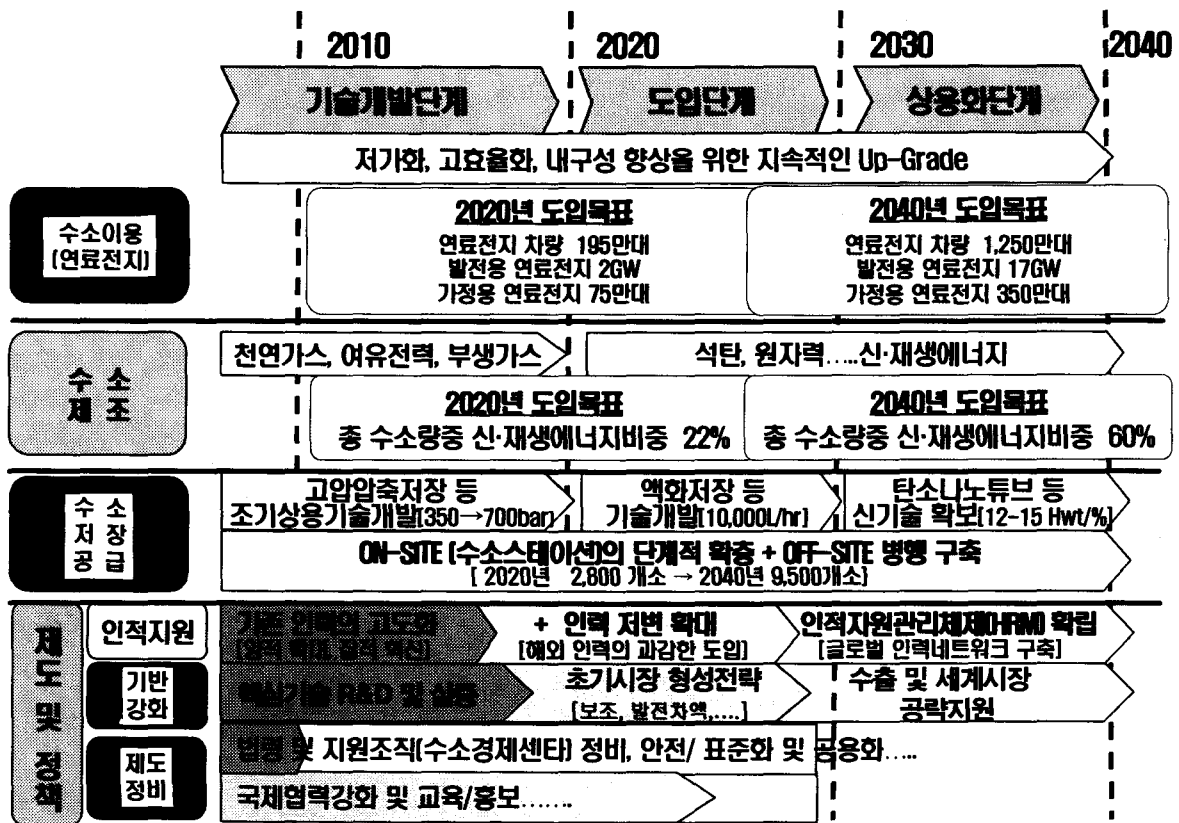
세 가지 핵심전략이 필요하다. 즉, 연료전지 및 수소제조, 저장, 운반 관련 핵심기술 개발 및 산업화와 함께, 연료전지와 수소제조기술의 경제적 기술적 사회적 타당성을 고려한 차별화된 보급, 그리고 법령과 조직, 표준화, 안전 등의 법제도 및 인적 인프라구축이 시급히 요청된다.



[그림 1 : 수소에너지 국가비전]

2) 로드맵

앞서 제시된 수소경제 국가비전의 실현을 위해서는 잘 디자인된 기술 및 정책 로드맵이 요구된다. 로드맵에서는 연료전지 및 수소의 제조저장운반 등 전반에 걸친 기술개발 및 인프라, 보급 및 산업화 전략 등이 반영된다.



[그림 2 : 수소경제 실현을 위한 장기 로드맵]

① 연료전지 개발 및 산업화 전략

현재 전 세계적으로 볼 때, 대표적인 수소이용기술인 연료전지에 대한 개발경쟁이 본격화는 되고 있으나, 가정용 등 일부를 제외하고는 아직 상용화단계에는 접어들지 못한 채, 실증연구가 진행 중이다.²⁾ 이러한 관점에서 볼 때, 상용화까지는 아직 6-7년의 시간적 여유가 있으므로 집중투자시 후발주자인 우리나라도 경쟁력 확보가능성은 충분하다. 따라서 핵심분야에 대한 전략적 기술개발을 통해 저가 양산화의 기반을 마련하는 것이 무엇보다도 중요하다.

분야별 전략방향을 보면, 수송용 연료전지에 대해서는 핵심기술인 스택기술의

2) 마이크로 CHP로서 가정용 연료전지를 대대적으로 보급하고 하는 일본의 경우 1-3kW급 가정용 연료전지의 경우 설비단가가 아직 수천만원에 이르러 일본정부는 금년(2005년)부터 가정용 연료전지 400대 시범보급사업 착수하였다.

조기확보를 통한 완전국산화를 실현하고, 가정용에 대해서는 실증연구를 통한 신뢰성 및 내구성을 확보하면서 수명을 연장하고 저가 고성능화를 유도하고, 발전용에 대해서는 플랜트 수출을 겨냥한 대형화기술 개발에 주력하고, 휴대용은 경박단소화 및 고성능화 기술개발에 주력한다.

② 연료전지 산업화 지원을 위한 수소제조 전략

진정한 의미에서 수소경제를 실현하기 위해서는 지속가능한 에너지원인 신·재생에너지를 사용한 수소제조가 주가 되어야 한다. 그러나 신·재생에너지원이 현재로서는 경제성이 미흡함으로 단기적으로는 경제성이 좋은 천연가스 등 화석연료를 이용하여 수소를 제조하도록 하고, 장기적으로는 자원량의 한계와 국제적인 환경규제의 강화로 인해 2020년을 전후하여 신·재생에너지가 화석연료대비 경쟁력을 확보할 것으로 전망됨에 따라 광촉매와 생물분해 등 신·재생에너지에 의한 수소제조를 확대하도록 한다. 한편, 선진국에서는 풍부한 자원량을 가진 석탄을 이용한 수소제조와 원자력을 이용한 수소제조 방안도 고려하는 것이 바람직하다.

<표 1 : 수소제조원별 비중 및 절대량>

(단위: %, 천톤 H₂)

제조원	1단계		2단계		3단계		4단계	
	수소량	비중(%)	수소량	비중(%)	수소량	비중(%)	수소량	비중(%)
석탄	0	0	64	5	562	17	1,585	21
LNG	25	63	668	52	793	24	905	12
신재생	3	7	283	22	1,388	42	4,526	60
부생가스	6	16	116	9	198	6	226	3
유류전력	6	14	154	12	364	11	302	4
원자력	0	0	0	0	0	0	0	0
계	40	100	1,285	100	3,305	100	7,543	100

③ 수소저장 및 공급 전략

수소저장은 수소경제 실현을 위한 아킬레스건으로 전문가들은 비용효과적인 신기술이 출현하지 않으면 수소경제도 없다는 견해를 표명하고 있다. 수소저장의 경우 현재 전체무게 대비 수소저장 능력이 2-3% 정도에 불과한데 경제성을 갖추기 위해서는 적어도 7% 수준에 이르러야 한다. 따라서 단기적으로는 상용단계에 진입한 고압압축기술을 최대한 활용하고, 중장기적으로는 신기술의 개발에 주력해야 할 것이다. 또한 수소 공급방식은 크게 제조저장일체형(on-site)과 제조저장분리형(off-site)으로 구분된다. 인프라는 이용패턴과 경제성 등을 감안하여 물류비용이 최소화될 수 있도록 공급인프라를 구축해야 할 것이다. 본 연구에서는 2040년까지

제조저장일체형으로서 수소스테이션 9,500여기를 건설하여 총 900천톤의 수소를 공급하도록 하고, 제조저장분리형으로서 대형수소제조공장을 80여개 건설하여 총 6,600천톤의 수소를 공급하도록 하였다.

<표 2 : 단계별 설비구축 목표 >

구 분		2012년	2020년	2030년	2040년
제조저장일체형 (On-Site)	생산량(천톤)	20	650	800	900
	설비(기)	175	2,800	6,500	9,500
제조저장분리형 (Off-Site)	생산량(천톤)	15	600	2,500	6,600
	설비(기)	n.a.	11	n.a.	80

주: 수소스테이션(on-site)의 설비규모는 초기에는 30m³/hr에서 장기적으로 252m³/hr로 확대

나. 산업규모 및 투자비의 산정

우선 최종에너지소비에서 수소에너지가 차지하는 비중을 2012년 0.1%, 2020년 3%, 3030년 7%, 2040년 15%로 목표를 설정하였다.³⁾ 이러한 목표를 달성하기 위해서 단계별, 부문별로 <표 3>과 같이 수소 비중과 소비량을 설정하였다. 수소에너지의 사용효율이 타 부문에 비해 극히 높은 수송부문을 주 공략대상(main target)으로 하였다. 이와 같은 수소수요량을 충족하기 위한 연료전지 보급은 다음과 같고 시스템 규모와 단가를 가정하여 단계별 부문별 투자비를 산정하였다.⁴⁾ 이러한 연료전지를 보급하기 위한 생산시설에 대한 투자에 대해서는 보급대수가 늘어나는 것에 대비, 사전에 생산설비를 증설하는 것으로 하였다. 이와 같은 가정과 전제에 따라 연료전지 부문에서의 투자는 <표 4>와 같다.

3) 수소비중의 목표는 국내여건을 감안하여 여러 가지 시나리오를 설정하여 제시할 수 있으나, 외국의 사례를 살펴보면 수소경제를 구현하기 위한 수소비중을 대체로 2030년에 10% 전후로 하여 설정하고 있음에 비추어 위와 같은 목표는 합리적인 것으로 생각된다.

4) 에너지전환효율은 부문 공히 80%로 가정하였다. 시스템 단가는 시간이 지남에 따라 기술개발과 양산에 의해 하락되는 것으로 가정하였고, 평균수명도 기술개발에 따라 늘어나고 연간가동시간도 연장되는 것으로 하였다.

<표 3 : 수소 수요량>

(단위: 천톤 H₂)

부 문	2012		2020		2030		2040	
	수소량	비중(%)	수소량	비중(%)	수소량	비중(%)	수소량	비중(%)
산 업	20	50.0	240	18.7	592	17.9	1,325	17.5
수 송	10	25.0	643	50.1	1,706	51.6	4,136	54.8
가 정	5	12.5	190	14.8	474	14.3	833	11.0
상 업	5	12.5	211	16.5	533	16.1	1,249	16.6
계	40	10.00	1,285	100.0	3,305	100.0	7,543	100.0

한편, 수소제조 부문에서의 투자에 대해서는 수소제조원은 크게 화석연료(석유, 천연가스, 석탄)과 원자력, 신·재생에너지가 있다. 앞서 수소제조원별 단계별 비중을 보여주는 <표 3> 에서와 같이 초기에는 경제성을 감안, 화석에너지의 비중이 높으나 점차 신·재생에너지의 비중을 높임으로써 진정한 의미에서의 수소경제가 실현되는 것으로 하였다.⁵⁾

<표 4 : 연료전지 부문 투자비 산정>

부문		1단계	2단계	3단계	4단계	누계
가정 부문	보급대수(대)	20,180	727,202	2,005,505	3,466,891	6,219,598
	보급용량(MW)	20	727	2,006	3,467	6,220
	투자비(백만원)	450,600	4,179,626	5,908,632	8,034,995	18,573,853
상업 부문	보급대수(대)	2,205	52,073	221,803	449,535	725,615
	보급용량(MW)	11	501	2,218	4,495	7,225
	투자비(백만원)	92,000	1,612,220	3,123,777	5,714,408	10,542,406
수송 부문	보급대수(승용)	1,715	1,914,765	5,117,000	12,408,000	19,441,480
	보급대수(버스)	200	23,701	93,920	153,189	271,010
	보급용량(MW)	186	194,896	535,180	1,279,097	2,009,360
	투자비(백만원)	786,703	28,174,725	19,540,170	38,975,918	87,477,516
전환 부문	보급대수(250kW)	506	8,770	31,611	72,273	113,160
	보급대수(10MW)	0	4	73	170	247
	보급용량(MW)	127	2,228	8,637	19,766	30,758
	투자비(백만원)	401,195	3,919,677	12,992,496	22,648,503	39,961,871

주 : 투자비는 보급투자비와 생산시설에 대한 투자비가 포함된 것임. 보급투자비는 보급대수를 기준으로 하지 않고 보급용량을 기준으로 하여 kW당 단가를 곱하여 계산

5) 원자력의 경우 민감한 국민정서를 고려하여 본 시나리오에는 반영하지 않았으나 수소필요량이 폭증하는 경우 원자력 수소 시나리오를 설정하여 수소수요의 일전부분을 담당토록 할 수 있음.

<표 5 : 수소제조원별 생산설비 투자>

(단위: 백만원)

제조원	1단계	2단계	3단계	4단계	누 계	
석탄	0	359,730	1,393,499	2,861,879	4,615,108	
LNG(수소스테이션)	398,000	4,500,000	4,750,000	2,700,000	12,348,000	
신 재 생 에 너 지	태양광	18,315	908,030	2,021,775	4,086,042	7,034,161
	태양열	18,315	1,021,533	1,117,790	4,086,042	6,243,680
	풍 력	45,786	2,423,447	2,679,445	1,898,393	7,047,072
	바이오	1,055	66,991	82,297	69,969	220,312
	해 양	0	345,090	899,921	2,553,776	3,798,787
	광촉매	0	70,661	665,867	1,010,662	1,747,190
	생물분해	0	70,661	527,040	1,080,075	1,677,777
	소수력, LFG	0	0	0	0	0
부생가스	12,858	109,199	66,157	22,372	210,585	
유휴전력	39,376	1,039,814	1,465,958	0	2,545,148	
계	533,705	10,915,156	15,669,749	20,369,210	47,487,820	

주: 수소스테이션 투자비는 설비규모의 대형화에 따라 점차 하락하고, 신·재생에너지도 장기적으로 생산단가가 하락하는 것으로 가정..

이러한 전제와 가정 하에 적정 산업규모를 갖추기 위한 투자비를 보면 연료전지 보급과 생산기반 및 수소공급인프라 구축, 그리고 1단계 R&D를 포함하여 2040년까지 총 200조원 이상이 소요될 것으로 전망된다. 특히, 연료전지 보급과 생산기반 구축에 투자비의 대부분이 투입될 것으로 보이고 수소공급인프라 부문도 대부분 수소스테이션 건설에 많은 부분이 투입되는 것으로 나타났다.

다. 비전구현을 위한 법제도의 정비

1) 안정적 추진체계의 정비

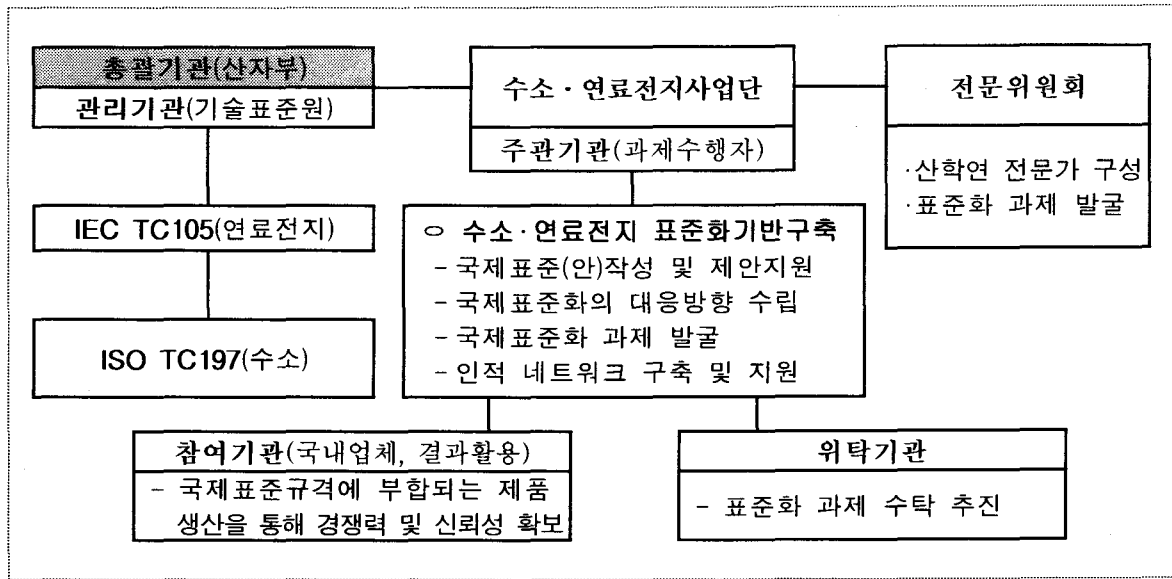
하드웨어 측면의 로드맵을 비용효과적으로 충실하게 실천에 옮기기 위해서는 법제도 면에서의 안정적 추진체계의 정비가 우선적으로 수립되어야 한다. 이를 위해서는 무엇보다도 관련법의 제정이 필요하다. 이미 미국과 일본에서는 수소경제조기구현을 위한 특별법이 제정되어 있다. 우리나라도 수소경제에의 원활한 이행을 위해 “수소경제이행촉진법(가칭)”이 필요한 시점에 이르렀다. 동 법에는 중앙 및 지방정부의 책무, 장단기기본계획, 개별 법령의 인허가 의제 등에 대한 규정이 포함된다. 이와 함께 동 법상의 계획을 실천에 옮기고 해당 책무를 충실히 이행하기 위한 전담조직의 신설 및 보강이 필요하다. 장기적으로 수소·연료전지만을 전담하는 별도의 행정조직의 신설을 검토하고, 사업 추진기구로서 “수소경제센터(집

행기구)“를 신설하고, 사업성과 제고를 위해 “경제성 평가위원회(심의·견제)“를 구성함이 바람직하다.

2) 국제협력 활성화 및 표준체제의 정비

수소경제가 글로벌화됨에 따라 국제협력의 활성화와 표준 및 규격의 정비가 필요하게 된다. 국제협력의 접근방식으로 정부차원의 다자간 및 양자간 협력과 함께 기업대 기업 협력을 통해 다차원 추진이 요구된다. 정부의 다자간 협력은 이미 미국의 주도로 추진중인 수소경제 파트너십(IHPE)를 통해서 이루어지고 있으며, 기타 동북아 또는 범아시아, EU와의 역내 또는 지역간 협력도 가능하다. 양자간 협력으로는 최근 수차례에 걸쳐 추진중인 자원정상외교의 성과를 활용하고, 미국과 일본, 독일 등 연료수소전지 분야에서 앞서가고 있는 선진국과의 기술개발 및 상용화, 더 나아가서 잠재시장의 확보를 위해서 역내의 아시아국가들과의 협력도 필요하다. 이러한 정부간 협력 외에도 실제로 산업의 주체가 되는 기업들의 국제협력은 수소경제가 구현되기 위한 필요불가결한 요소이다.

한편, 기술과 장비, 제품의 시장이 조성되고 유지·확대되기 위해서는 무엇보다도 앞서 국제표준에 대한 대응체제가 시급히 마련되어야 한다. 특히, 수소스테이션의 기술기준 책정과 연료전지 설계기준 및 규모 등에 대한 국제 표준 적합성을 갖춘 국내 표준체정의 추진이 필요한데, 표준화 추진체계의 예시가 그림 1에 소개되어 있다. 여기서는 수소연료전지사업단이 주관기관이 되어 기술 및 제품표준 및 규격의 대상범위와 내용을 가지고 수소연료전지 표준화기반을 구축한다. 궁극적으로는 산자부 산하의 기술표준원이 관리기관의 역할을 하여 연료전지(IEC TC 105)와 수소(ISO TC 197) 관련 표준을 정비하여 법제화해야 한다. 이렇듯이 국제표준 제정과 연계하여 국내표준 및 규격이 제정되면 부품의 표준화와 공용화도 자연스럽게 이루어질 것이고, 이를 바탕으로 연료전지 및 수소제조, 저장, 운반 기술 및 제품의 수출산업화 기반이 조성될 것으로 기대된다.



[그림 4 : 표준화 추진체계(예시)]

3) 안전대책 및 교육홍보

수소는 폭발한계가 넓고, 연소속도가 빠르다는 특성을 지니고 있기 때문에 안전과 관련한 제반규정을 마련해야 한다. 이러한 사항은 수소가 하나의 상품으로서 시중에 유통이 되기 위해서는 지극히 당연하다 할 것이다. 이미 LNG와 도시가스에서 전례가 있었던 안전규정과 일본과 미국의 사례를 모델로 삼아, 관련규정의 개정과 신설을 추진하는 것이 필요하다. 이와 더불어 수소의 안전성에 대한 대국민 홍보 강화가 필요하다. 특히, 폭발위험이 크다는 수소의 부정적 인식을 해소하고, 수소연료전지에 대한 친밀도를 제고하기 위해 다양한 홍보사업을 추진하여 수소경제사회의 원활한 이행에 걸림돌이 될 수 있는 요소를 미연에 방지해야 할 것이다. 주요 홍보방법으로는 1)정규교과과정에 수소에너지와 연료전지자동차의 안전내용 반영, 2) 수소·연료전지의 교육 및 체험장 건설·운영, 3) 정기 시민교육 세미나 개최, 4) TV, 신문, 잡지 등 언론매체를 활용한 교육 홍보, 5) 수소취급 안전지침 등 교육자료 배포 등이 거론된다.

4) 인적(인적) 인프라 확대를 통한 기술역량의 강화

수소경제로의 원활한 이행을 위해서는 법제도의 정비는 물론, 이와 병행하여 인적자원의 저변확대가 필요하다. 이러한 인력양성 기반 강화를 위한 한 가지 방안으로서 R&D 분야의 역량제고를 위해 산학연 공동연구 지원을 위한 “핵심기술개

발센터”를 조성할 수 있다. 동 센터를 통해 특성화대학 육성과 산업현장실습 학점제, Capstone-Design 사업⁶⁾ 등을 통해 이공계 학생의 산업 전문인력을 효율적으로 확보할 수 있을 것이다. 민간부문의 기술역량 강화를 위해서는 애로기술의 돌파(break-through)를 위해 “개발보상금(cash-back)제도”도입도 검토할 필요가 있다. 또한 수소연료전지산업의 기업과 학계, 연구기관이 참여하는 민간주도의 “인적자원개발협의체”를 구성하여 운영하는 방안도 있다. 동 협의체의 주요기능에는 1) 수소연료전지 인력의 양적질적 수급현황 분석 및 전망, 2) 교육기관과 협력을 통한 업종특화 교육훈련 체제 효율화, 3) 직무표준의 개발 관리 및 각종 자격기준의 제정 및 개정이 포함된다.

라. 비전구현시 우리나라의 모습

1) 신산업 창출 및 경제편익의 발생

수소경제가 실현되면 에너지 및 경제산업구조의 재편과 함께 생활전반에 걸쳐 다양한 변화들이 예상된다. 우선 연료전지산업이 크게 육성되고 활성화됨에 따라 산업규모가 2040년에 94조원에 이르러 GDP의 약 4.5%를 차지하게 되고, 약 75만 명의 고용창출효과도 발생시키게 될 것으로 예상된다. 연료전지 부문별로 보면 수송부문이 산업규모, 80조, 고용창출효과 42만명으로 가장 큰 비중을 차지하는 것으로 나타났다. 수소산업의 경우 2040년 경에 15조원에 이르러 GDP의 0.7% 수준을 차지하고 고용창출효과도 약 25만명에 이를 것으로 전망되었다.

2) 에너지저소비형 친환경에너지강국의 건설

(지속가능한 에너지믹스의 실현)

에너지밀도가 높고 사용효율이 높은 수소의 사용확대로 2040년경에는 탄소경제 하의 기준전망치인 4억 5천만TOE보다 약 8% 감소한 4억 1천만TOE로 예상된다. 이러한 총 에너지소비의 감소를 원별로 자세히 들여다 보면 기준전망 말하자면 탄소경제 대비 저감율은 석유가 23%로 가장 크고, LNG가 7%, 원자력이 14%, 석탄이 1%가 된다.⁷⁾ 반면 신·재생에너지는 기준전망대비 무려 47%나 증가한다.

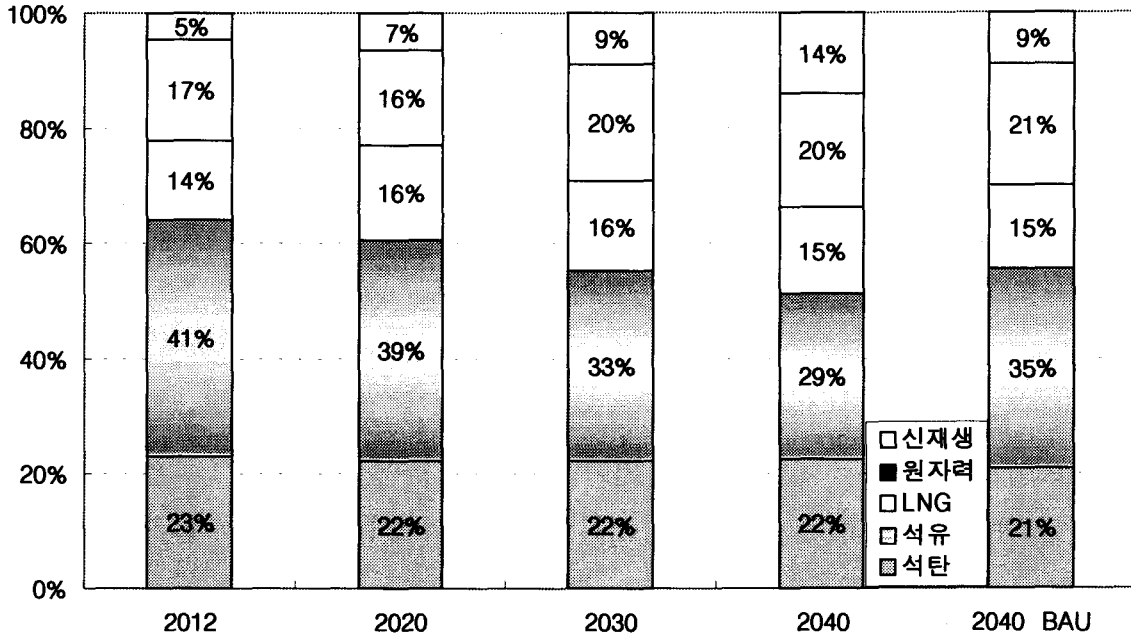
(에너지자립도의 대폭적인 개선)

앞서 언급한 신·재생에너지의 대폭적 이용확대에 따라 에너지자립도도 2040년 경에는 23%로 대폭 증대될 것으로 예상된다.⁸⁾ 이는 탄소경제 대비 10% 증가된

6) 교육부와 공동으로 수소연료전지 특성화대학을 “산학협력중심대학”으로 지정하여 산업집적지의 혁신 클러스터화를 지원하는 방안 모색

7) 여기서 원자력이 14% 줄어든 것은 원자력을 수소제조 대상에서 제외하였기 때문이다. 만약 수소수요가 예상을 뒤엎고 크게 늘어날 경우 원자력도 수소제조원에 포함될 수 있으므로, 이 경우 원자력의 저감율이 하락하거나 약간 늘어날 수도 있다. 한편 석탄의 저감율이 다른 연료에 비해 1% 수준에 불과한 것은 장기적으로 석탄에 기반한 수소제조량이 늘어나기 때문이다.

것으로 이는 결국 에너지수입액의 저감으로 연결되는 바 금액으로 환산하면 2005년 64억불의 수입대체가 2040년에는 약 230억불로 확대되어 무역수지개선에도 상당히 기여할 것으로 보인다.



[그림 5 : 수소경제 실현에 따른 에너지믹스]

(환경오염물질의 대폭적 저감)

2003년도 우리나라는 이산화탄소(CO2)를 포함한 온실가스(GHG) 배출량에서 볼 때 세계 9위를 기록하고 있다. 이러한 높은 수준의 이산화탄소 배출량은 탄소경제가 지속되는 한 계속 이어져 2040년의 이산화탄소배출량은 2억 9천만톤 수준이 될 전망이다. 수소경제가 실현되어 지속가능한 에너지믹스가 이루어지면 이산화탄소배출량은 대폭 줄어들어 1억 8천만톤 수준으로 하락하게 된다. 이는 기준전망치 대비 20% 정도 하락한 것으로서 이를 경제적 편익으로 환산하면 약 29억불이 된다.

3. 결 론

수소경제의 도래가 점차 현실적인 문제로 다가옴에 따라 우리나라도 수소경제의 국가비전을 수립하고 장기 기술 및 정책 로드맵의 작성을 통해 효율적인 대응

8) 에너지 자립도는 다음과 같이 정의함

[신·재생에너지공급량+ 해외개발수입량*(원유, 석탄, 천연가스, 원자력)]/총에너지소비량

* 해외개발수입량은 연도별 계획된 해외자원개발 수입률을 적용하여 산정

책을 강구해야 할 시점에 이르렀다. 본 연구는 이러한 시대적 요청에 부응한 것으로서 수소경제의 이행을 위한 방향타 역할을 할 것으로 기대된다.

본 연구에서 설정한 최종에너지소비 대비 수소사용량 15%의 수소경제가 실현되면 일차에너지 소비구조가 지속가능한 믹스로 변화된다. 우선 석유의 소비가 BaU대비 23% 줄어들고, 기타 에너지도 많게는 14%, 적게는 8% 정도 줄어든다. 반면, 청정에너지원이면서 지역에너지인 신·재생에너지의 비중은 15%로 획기적으로 늘어난다. 이에 따라 에너지의 자급도의 획기적 개선과 에너지수입대체효과, 그리고 온실가스 저감에 따른 환경편익, 신성장동력으로서의 연료수소전지 산업의 정착에 따른 고용창출효과 등 경제적 파급효과도 상당하다. 이러한 점에서 볼 때 수소경제는 우리 경제와 사회, 문화 전반에 일대 폭풍과 같은 변혁을 몰고 올 것으로 전망된다.

이와 같은 수소경제의 조기실현을 위해서는 하드웨어뿐만 아니라 소프트웨어, 즉, 정책개발과 법제도의 정비 측면에서 세부액션 플랜의 수립과 지속적인 추진이 필요하다. 이와 함께 연료전지보급 및 수소공급인프라 구축에 필요한 방대한 투자 재원을 확보하기 위해서 민간부문의 투자를 촉진시키고 전담기구의 신설과 민간의 전문기술인력 양성과 더불어 연료전지 및 수소인프라 산업육성을 위한 규격 및 표준의 마련도 시급하다. 본 연구는 미래에 불어 닥칠 수소경제의 도래에 대비한 사전준비 작업으로서 밑그림을 그리는 것이고, 국내 에너지정책 방향의 수정 및 개편과 함께, 더 나아가서 본 마스터플랜에 기초, 세부 액션플랜의 수립 및 법제도 정비에 기초 자료로 활용될 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

1. Lovins, Amory B. 2003. *Twenty Hydrogen Myths*. Rocky Mountain Institute.
2. Bossel, Ulf and Eliasson, Baldur. 2003. *Energy and the Hydrogen Economy*.
3. DOE, 2002. *A National Vision of America's Transition to Hydrogen Economy - 2030 and Beyond*, National Hydrogen Meeting, 2001. 11. 15-16
4. DOE, 2002. *National Hydrogen Roadmap*, National Hydrogen Energy Roadmap Workshop, 2002.11.
5. DOE, 2003. Office of Fossil Energy - Hydrogen Program Plan. *Hydrogen from Natural Gas and Coal: The Road to a Sustainable Energy Future*.
6. DOE, 2004. *Hydrogen Posture Plan. An Integrated Research, Development, and Demonstration Plan*.

7. International Energy Agency, 2004. *Hydrogen & Fuel Cells. Review of National R&D Programs.*
8. National Renewable Energy Laboratory, 2001. *Life Cycle Assessment of Hydrogen Production via Natural Gas Steam Reforming.*
9. National Renewable Energy Laboratory, 2004. *Life Cycle Assessment of Renewable Hydrogen Production via Wind/Electrolysis. Milestone Completion Report.*
10. National Research Council and National Academy of Science, 2005. *The Hydrogen Economy. Opportunities, Costs, Barriers, and R&D Needs.*
11. Rifkin, Jeremy, 2003. *The Hydrogen Economy: The Creation of the Worldwide Energy Web and the Redistribution of Power on Earth*
12. Rosenberg. S., 2002. *US DOE Hydrogen Development Program : A perspective.*
13. 과학기술정책연구원(2005), “수소경제시대를 대비한 원자력수소 연구개발 타당성 분석 및 추진방안 연구.” (수행 중)
14. 김봉진 외(2005). “20 NM3/hr급 메탄수증기 개질기를 설치한 국내 분산형 수소스테이션의 수소가격.” 수소학회발표자료.
15. 김재윤(2003). 수소에너지 혁명을 주도하는 연료전지. 삼성경제연구소. CEO Information. 2003. 12. 31 (제432호)
16. 김재윤(2004). 에너지혁명: 연료전지 사업의 현황과 발전전망. 삼성경제연구소. Issue Paper. 2004. 1. 12.
17. 김정인(2004), 수소에너지 선진국가의 정책비교와 한국의 향후방향
18. 김정인(2005), “원자력 수소 생산 시스템 도입의 기대효과 및 수소 생산의 경제성 분석 (수행 중).
19. 수소연료전지사업단(2004). “수소경제 지향 국가 Vision 및 보급목표 달성을 위한 실행방안.” 기획보고서.
20. 양문희 외(2005). “GHG를 고려한 수소연료전지 자동차의 경제성 분석.” 신·재생에너지학회.