



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

석사학위논문

수소자동차(FCEV) 인프라 구축을 위한 연구

- 수소제조 및 충전소보급을 중심으로 -

지도교수 김민용

경희대학교 테크노경영대학원

글로벌경영학과

황 병 희

수소자동차(FCEV) 인프라 구축을 위한 연구

- 수소제조 및 충전소보급을 중심으로-

지도교수 김민용

이 논문을 글로벌경영학과 석사논문으로 제출함

경희대학교 테크노경영대학원

글로벌경영학과

황 병 희

2009년 2월 일

황병희의 석사학위 논문을 인준함

주심교수_____印

부심교수_____印

부심교수_____印

경희대학교 테크노경영대학원

2008년 12월 일

감사의 글

학부를 졸업하고 시작한 사회생활은 無에서부터 시작이었다. 무조건 열심히 하겠다는 마음으로 직장생활을 시작했고, 직장생활을 하면서 재직하고 있는 기업 및 한 사회의 구성원으로 젊음을 헛되이 보내는 것이 아쉬워 晝耕夜讀의 쉽지 않은 길을 선택한지 2년이 지났다. 석사과정을 마무리를 하는 이 순간 공부를 통하여 知識이나 智慧도 얻었지만, 더 중요한 것은 내가 가지고 있는 그릇의 크기가 무한하다는 것을 알게 되었고, 그 그릇에 野望을 담아야 한다는 것을 알게 되었다.

이러한 自我省察의 기회를 주시고, 마지막까지 채찍질을 해주신 지도교수님인 김민용 교수님, 기술자에게 마케팅의 중요성을 일깨워 주신 김진한 교수님께 감사의 말씀을 전해드리며, 입학부터 졸업까지 같이한 Study mate 안경진 형님, 인자하신 김홍태 상무님 및 여러 동기 형님들께 감사의 말씀을 전한다.

또한, 항상 부족한 나에게 직장인으로서의 새 출발과 인생의 正道를 알려주시는 이병철 상무님, 인자하신 박찬영 부장님, 인생의 조언을 아끼지 않으시는 신화수 부장님, 항상 고민을 들어주시는 박세익 부장님 및 친형님 같은 강종훈 대리님 그리고 사내의 여러 선, 후배님께 감사의 마음을 전한다.

마지막으로 부족한 자식을 위해 모든 것을 감수하고 기다려주신 부모님, 항상 손자를 위해 기도해주시는 두 할머니, 그리고 작은 지면으로 다 거론하지 못하는 여러분께 감사의 마음을 전한다. 사랑해주고, 아껴주시며, 응원해 주시는 분들이 있기에 나는 오늘 하루도 행복하다.

-2008년 마지막을 마무리하며, 경희대 태경원에서-

국문 논문 초록

현재의 화석에너지를 중심으로 하는 탄화수소경제는 수소경제로의 진입을 목전에 두고 있다. 본 연구는 수소에너지의 꽃이라고 불리는 수소연료전지 자동차(Fuel Cell Electric Vehicle)의 운영을 위한 수소충전소 및 수소생산량 산정에 연구목적을 두고 있다. 수소 전문가들에 의하면 수소경제는 2010년을 기점으로 접어 들것으로 예측하였으며, 현재의 내연기관을 대체할 유일한 대안으로 주목하고 있다. 수소경제의 진입에 앞서 많은 국가들은 수소자동차 개발과 인프라(infrastructure)구축을 위한 다양한 연구를 진행하고 있는데, 연구자는 현재의 기술과 기술의 개발 상황을 면밀하게 분석하여 수소자동차 보급에 따르는 연간 수소 필요량과 수소충전소의 수량을 계산하였다. 수소경제로의 진입에 앞서 관련된 산업과 정부는 수소인프라 구축에 많은 투자를 진행하여야 하며, 이들 투자를 기반으로 수소경제는 현실이 될 것이다. 연구내용을 요약하면 다음과 같다.

1. 수소연료전지 자동차 개발 및 인프라 구축 관한 대규모의 투자가 정부 및 선두기업(leading company)를 중심으로 계획이 되어 있으며, 투자비용은 탄소 배출권 거래 및 유류소비 감소를 위한 세금 부과 등으로 투자재원 마련이 가능하다. 또한 이를 통하여 자연스럽게 수소경제로의 진입을 이끌어 낼 수 있다.
2. 2004년 국내 수소생산량을 기준으로 연간 7만대의 수소연료자동차를 운영할 수 있는 잉여 수소가 존재 한다.

3. LPG 연료의 보급 사례를 연구하면 100만대의 수소연료전지차량이 보급될 시 최소 1,241개소의 수소충전소가 필요하다. 이는 수소 관련산업에 큰 기회가 될 것이다.
4. 수소경제의 진입 초기, 현재의 정유산업과 가스산업, 정부가 초기 수소인프라 구축을 주도할 것이며, 추후 정유산업은 수소산업으로 미전환시 산업의 쇠퇴가 예상된다. 또한, 다국적 산업용 가스회사는 여러 경험 및 기술을 통하여 새로운 에너지 공급 산업으로 주목을 받을 것이다.

연구자가 사용한 방법은 기술의 발전 방향을 예상하여 연구를 진행하였기에 많은 부분 불확실성을 가정하고 있다. 하지만 본 연구에서 도출한 결과는 수소경제로 전환에 앞서 보다 큰 연구 시너지 효과를 유도할 수 있을 것으로 판단된다.

목차

| | |
|---|----|
| 제 I 장 서론 | 1 |
| 제 1 절 연구의 배경 및 목적..... | 1 |
| 제 2 절 연구 방법론..... | 3 |
| 제 3 절 선행연구 | 5 |
| 제 II 장 대안은 수소이다..... | 8 |
| 제 1 절 화석에너지의 고갈 및 지구온난화..... | 8 |
| 제 2 절 수소에너지특징..... | 15 |
| 제 3 절 연간 국내 수소생산량 | 22 |
| 제 4 절 FCEV 수소자동차 보급 및 수소소비량 예측..... | 28 |
| 제 III 장 LPG 연료의 보급을 기초로 한 수소자동차 운영을 위한 인프라연구..... | 34 |
| 제 1 절 LPG 자동차 모델..... | 34 |
| 제 2 절 LPG 자동차를 모델로 한 지역별 수소자동차 보급 예측 | 39 |
| 제 3 절 수소충전소(Station) 기술 동향..... | 46 |
| 제 4 절 수소충전소 보급예상..... | 54 |
| 제 IV 장 수소자동차 시대를 위한 준비..... | 60 |
| 제 1 절 정유회사 및 가스회사의 연구..... | 60 |
| 제 2 절 자동차 회사의 동향..... | 66 |
| 제 3 절 국제적 협력..... | 73 |
| 제 4 절 투자방향 | 78 |
| 제 V 장 결론 | 84 |
| 참고문헌 | 87 |
| Abstract..... | 90 |

<표 목차>

| | |
|---------------------------------|----|
| 표 1-에너지 원천 별 소비량<통계청>..... | 9 |
| 표 2-휴버트의 Oil peak 곡선 | 10 |
| 표 3-오일 피크 예측 | 11 |
| 표 4-국내 유류/용도별 석유제품소비<통계청> | 14 |
| 표 5-연료 별 에너지 특성 비교 | 19 |
| 표 6-2004년 기준 산업별 수소생산량 | 24 |
| 표 7-국내 수소 소비량..... | 25 |
| 표 8-2004년 기준 용도별 수소 소비량..... | 26 |
| 표 9-국내 수소자동차 개발계획 | 28 |
| 표 10-수소연료 전지 사업단 기획 보고서 | 32 |
| 표 11-수소 차량 보급에 따른 수소 소비량..... | 33 |
| 표 12-LPG 차량 및 충전소 변화 추이 | 36 |
| 표 13-지역별 LPG자동차 및 충전소 현황 | 38 |
| 표 14-수소자동차 보급 예측 | 44 |
| 표 15-수소충전소 투자비용 | 64 |
| 표 16-수소자동차 개발비용..... | 68 |

<그림목차>

그림 1-수소제조방법 22

그림 2-수소자동차 100만대 보급기준 전국 보급예측 58

<수식목차>

수식 1-수소충전소 수량 계산식 55



제 I 장 서론

제 1절 연구의 배경 및 목적

(Rifkin, Jeremy, 2007)에서 그는 석유 시대의 종말은 머지않았으며, 현대 사회가 존재할 수 있었던 것은 석탄, 석유, 천연가스 덕분이라고 주장하였다. 사실, 본질상 상업적인 것이든, 정치적인 것이든, 아니면 사회적인 것이든, 과거 두 세기 동안 이뤄진 모든 진보는 화석연료 이용으로 촉발된 동력의 엄청난 급증과 어떤 식으로라도 연관돼 있다. 한 사회의 상대적 수준을 가늠할 수 있는 잣대를 1인당 에너지 소비량으로 보자면, 지난 40년간 동안 국내의 1인당 에너지 소비량은 통계청의 조사가 시작된 1960년대에 비해 현재 10배 이상이 증가 하였으며, 같은 기간 화석에너지 특히, 석유류의 사용량 역시 10배 이상이 증가 하였다. 현대인은 과거에 전례가 없는 높은 생활 수준을 구가하고 있다. 그러나 지금 우리가 누리고 있는 행운은 수백만 년 전 형성된 화석연료 덕분이며, 산유국들은 자국의 경제적, 정치적 이해 관계에 따라 석유 매장량을 부풀려 발표하고 있으며, 또한 학자마다 매장량을 달리 해석하기 때문에 매장량 추정치가 매년 다르게 발표된다. 하지만 분명한 것은 석유 생산이 절정에 이르고 있다는 점이다. 이것은 석유가 조만간 고갈될 것이라는 사실을 의미하기도 한다.

석유를 대체 할 수 있는 차세대 에너지원은 무엇일까? 본 질문에

관한 여러 가지 연구결과와 대안이 있지만 가장 현실성 있는 대안은 수소이다. 수소는 지구상에서 가장 근본적이고 가장 쉽게 구할 수 있는 자원이며, 적절한 가공을 거친 수소는 마르지 않는 영원한 연료이며 이산화탄소와 같은 공해물질을 배출하지도 않는다. 수소연료는 이미 많은 분야에서 수년 내에 실용화 단계를 예측하고 있다. 즉, 물이 전기에 의해 기본 원소들로 분해되는 원리를 이용해 수소 원소를 강한 동력원으로 이용함으로써 현재의 에너지 위기를 극복할 수 있을 뿐 아니라, 수소는 원자력과 같은 위험성도 없고, 태양열이나 풍력처럼 제한적이지도 않다. 나아가 인터넷 정보가 자유롭게 유통되는 월드 와이드 웹(world wide web)처럼 수소에너지를 자유롭게 공유할 수도 있어 전세계적인 에너지 민주화가 이루어지고, 궁극적으로는 세계 권력구조까지 변화시킬 수 있다. 수소경제시대에는 모든 사람이 소비자인 동시에 잠재적 에너지 공급자가 될 수 있을 것이다. 즉, 수소에너지 망(HEW)에 각자의 연료전지를 연결하는 분산적 시스템을 통해 역사상 처음으로 민주적인 에너지 권력 시대에 들어서는 것이다. 저렴한 수소에너지는 제3세계를 빈곤의 굴레에서 벗어나게 할 것이며, 또한 세계 권력 구조에 변화를 가져올 것이라고 전망된다.

전문가들은 2010년을 기점으로 수소에너지 체제가 도입되는 “수소사회화”가 서서히 개막 될 것으로 예측하고 있다. 수소는 궁극적으로

에너지화 시 산소와 결합하여 물만을 배출 하기 때문에 공해물질을 배출하지 않는 친환경 에너지로써 미래의 환경개선에 막대한 역할을 할 것이며, 결과적으로 화석에너지를 대체할 유일한 대체 원으로 평가 받고 있다. 수소를 에너지원으로 사용을 위한 물리적인 기술개발과 동시에 중요한 것은 사용인프라 구축이다. 연구자가 다루고자 하는 수송부분의 예를 들면, 국내를 기준으로 석유에너지의 28%가 자동차의 연료로 사용되고 있는데, 이를 대체할 수 있는 수소자동차 시대에 발맞추어 개발 및 건설되어야 하는 수소충전소 인프라 구축은 전무한 상황이다. 따라서, 다가오는 “수소사회화”에 앞서, 인프라 구축이 매우 중요한 시점이자 상황임을 인지하여야 한다.

제 2절 연구 방법론

기존의 수소연구에 관한 내용은 수소를 에너지화하거나 저장하기 위한 물리, 화학적인 연구에 치중해 있다. 반면, 수소에너지도입에 따라 필연적으로 발생하게 되는 직간접적인 인프라 구축에 관해 선행된 연구가 많지 않았으며, 특히 수송분야인 수소자동차 보급에 따른 수소의 생산방향 및 보급에 따른 소비량 산정 그리고 수소충전소 구축에 관한 기본적인 인프라 구축에 관한 연구는 전무한 상황에 가깝다. 따라서, 본 연구는 수소에너지의 여러 사업 중 수송부분의 인프라 구축에 연구목적

을 두고 있으며, 이러한 연구목적의 달성을 위하여 문헌 조사 및 기존 연구에 관한 고찰을 통하여 수소에너지 중 운송부분의 개발현황을 조사 하였으며, 통계청 및 관련기관의 많은 통계 자료를 인용하였다. 특히, LPG연료의 보급을 모델로 하여 전국에 보급될 수소자동차의 숫자와 그에 따라 필연적으로 건설되어야 할 수소충전소의 개소 수를 예측 하였다.

현재 두 부분으로 나뉘어 있는 수소자동차 타입에는 BMW가 주축이 되어 개발중인 액화수소를 이용하여 내연기관의 연료로 사용하는 방법과 총 32개의 업체가 직간접으로 참가하고 있는 CaFCP(California Fuel cell Partnership Project)¹에서 연구중인 수소연료전지 타입이 있는데, 연구자는 국내에서 연구 진행중인 연료전지 타입의 자동차(FCEV)를 모델로 선정하여 연구를 진행 하였다.

수소연료전지는 차세대 성장동력으로서 기술개발, 보급 및 상용화가 시급한 상황이지만 이것들을 달성 하기에는 반드시 극복해야 할 많은 기술적, 경제적 저해 요인들 외에도 새로운 인프라의 구축 또는 기존 인프라의 개조가 필요하며, 이를 위해서는 천문학적인 투자비가 소요 될

¹ The California Fuel Cell Partnership is a public-private partnership to promote hydrogen vehicles (including cars and buses) in California. It is notable as one of the first initiatives for that purpose undertaken in the United States. It was formed in 1999 under the impetus of the California Air Resources Board, California Energy Commission, and six private companies. In 2000, they opened their headquarters in West Sacramento, California. As of 2005, there were 21 full member organizations and 11 associate members.

것으로 예상이 된다. 이는 수소에너지경제 실현의 저해 요소로 판단된다. 또한 수소의 제조, 저장, 전환, 이용 기술들 중 많은 기술들이 아직 개발 단계에 있거나 경우에 따라서는 단시일에 개발되기 어려운 기술도 있다. 이러한 기술개발의 장기성과 불확실성이 수소경제로의 진입을 막고 있다.

이처럼, 세계적으로 수소에너지에 관한 연구가 활성화 되어있고, 기술의 상용화를 앞두고 있는 가운데 본 연구는 수소에너지에 관하여 보다 정확한 개념과 현재 진행되고 있는 정책 및 연구 방향 그리고 투자방향에 관한 조사 및 분석을 진행하고, 이를 통하여 정책변화 및 올바른 투자방향 선정에 초점을 맞추고자 한다. 또한 보다 빠른 상용화, 대량 생산의 체계를 구축 함으로써, 차세대 성장 동력인 수소자동차 산업을 선점하는데 본 연구의 궁극적인 목적이 있다.

제 3절 선행연구

앞서 밝힌 바와 같이, 수소에너지도입에 따라 필연적으로 발생하게 되는 직간접적인 인프라 구축에 관해 선행된 연구가 많지 않으며, 특히, 수송분야인 수소자동차량 보급에 따른 수소의 생산방향 및 보급에 따른 소비량 산정 그리고 수소충전소 구축에 관한 기본적인 인프라 구축에 관한 연구는 전무한 상황이다. 관련된 학위논문 및 학술지를 종합하여 조사해 본 결과를 요약하면 다음과 같다.

(최상진, 김종욱, 강석훈, 2007.01)에서 비관론자들은 2010년경, 낙관론자들은 향후 30~40년 이후 오일피크(Oil peak)가 도래 할 것으로 예측하였다. 또한 개발도상국의 석유류 수요 급증에 의해 오일피크는 급속하게 도래 할 것이며, 이에 따른 이산화탄소 발생량은 1990년 (에너지경제연구원, 2008,2)215억 톤에서 2025년경 371억 톤으로 증가하여 2100년경 평균온도는 지금보다 1°C~4.5°C가량 상승 할 것이며, 평균 50cm가량 해수면이 상승 할 것으로 예측 하였다. 특히 및 논문발표에서 나타나는 우리나라의 수소에너지 경쟁력은 조사대상 30개국 중 6위로 특히, 수소 인프라구축을 확대할 필요가 있다고 발표 하였다.

(김봉진, 김종욱, 최상진, 2006,3)에서 국내에 유통되는 수소의 대부분은 석유화학 공장에서 자체소비를 위하여 생산된 수소 중 여분의 것과 부산물로 생성된 것을 정제한 것이며, 지금까지의 부생가스 이용 현황으로 볼 때 조건이 맞는다면, 현재보다 수배의 수요증대가 있다 해도 큰 어려움 없이 공급이 가능 할 것으로 판단하였다. 중단기적인 관점에서 수소 공급은 현재 국내에서 발생되고 있는 부생가스를 이용하여 충분히 가능한 것으로 판단되고 있으며, 장기적으로는 수소제조와 공급에 대한 대비가 있어야 할 것이라고 발표하였다. 또한, 수소자동차 보급확대에 따라 전국적인 규모의 유통망 구축과 자동차 업계 외에 기존 수소 유통업계의 참여 및 정부의 지원이 필요한 분야라고 발표하였다.

(에너지경제연구원, 2008,2)에서 수소소요량은 2015년 약 1,600톤을 시작으로 2020년 2.8만 톤, 2030년 82.4만 톤에 이를 것으로 전망되며, 특히, 임계량에 도달하는 2031년부터는 수소소요량이 크게 증가하여 2040년에는 777만 톤에 이를 것으로 추측했다. 초기에는 천연가스, 부생수소의 비중이 높을 것으로 예상되나, 천연가스를 이용한 제도가 꾸준히 높은 비중을 보일 것으로 예상하였으며, 부생수소는 잠재량의 한계로 그 비중이 계속 감소할 것으로 전망하였다. 또한 수소운송 최적화모형을 통해 수소공급량, 수소소요량 그리고 각 공급지에서 수요처로의 단위당 수소운송비용을 최소화하는 운송계획을 수립하였다. (심규성, 김종원, 김정덕, 황갑진, 김홍선, 2002,12)자료와는 달리 부생수소의 한계가 빨리 도달할 것으로 예측하고, 비교적 도입단계인 2032년까지는 천연가스에서 분리하는 수소의 생산량이 가장 많을 것으로 예측하였다.

제 II장 대안은 수소이다.

제 1절 화석에너지의 고갈 및 지구온난화

인간 사회에서 화석연료를 제거할 경우 현대 산업 문명은 곧 사라지고 말 것이다. 우리는 화석연료로 난방을 하고, 가로등을 밝히고, 통신을 한다. 화석연료의 도움으로 농작물을 경작하며, 추출한 자재로 건축물을 지으며, 의약품도 만든다. 바야흐로 현대 생활의 모든 면이 화석연료에서 비롯되며 화석연료로부터 동력을 얻거나 직간접적 영향을 입고 있다.

■ 화석에너지 고갈

삶의 질을 평가하는 지표에는 여러 지표가 있지만, 중요한 지표 중 하나가 1인당 에너지 소모량이다. 통계청의 통계자료가 작성 되기 시작한 1965년부터 2005년까지의 1인당 에너지 사용량을 조사해보면, 1965년 1인당 약 0.4 TOE² 에서 2004년 약 4.4 TOE로 10배 이상 증가 되었다. 같은 기간 각 에너지의 사용량을 조사해보면, 화석에너지의

² 석유환산 톤(ton of oil equivalent, TOE)이란 국제에너지기구(IEA)에서 정한 단위이다. 즉, 각각 다른 종류의 에너지원들을 원유 1톤이 발열하는 칼로리를 기준으로 표준화한 단위
TOE = 에너지발열량 / 10Kcal (원유 1 톤 발열량)

소모량이 두드러지는데, 특히 석유류의 소모량은 1인당 에너지 소모량과 유사하게 약 10배 이상 증가된 것을 볼 수 있다. <표 1 참고> 즉, 현재 누리고 있는 풍족한 에너지의 원천이 화석에너지 특히 석유류에서 기인된 것임을 부정할 수 없다.

석유는 우리 사회를 원활히 돌아가게 해주는 가장 중요한 자산이다. 한동안은 풍부한 양을 비교적 저렴하게 쓸 수 있겠지만, 상황은 점차 달라 질것이다. 자연 속에 풍부하게 존재 하면서도 개발이 비교적 쉽다는 두 가지 조건이 석유의 성공을 뒷받침 해주었다.

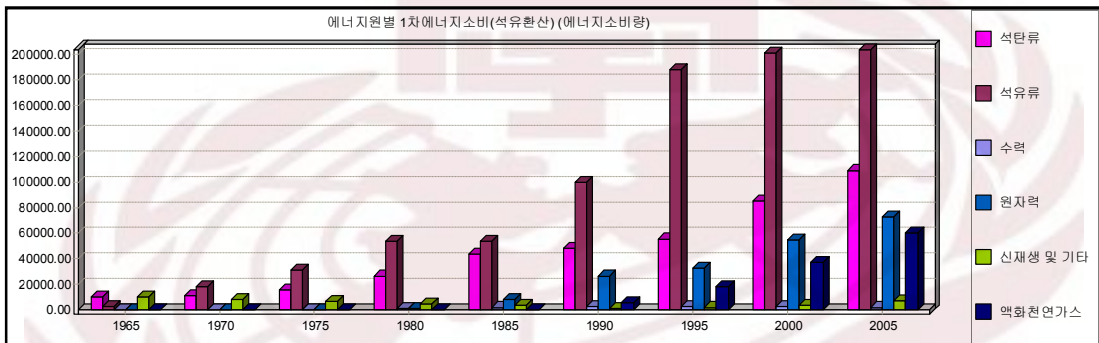


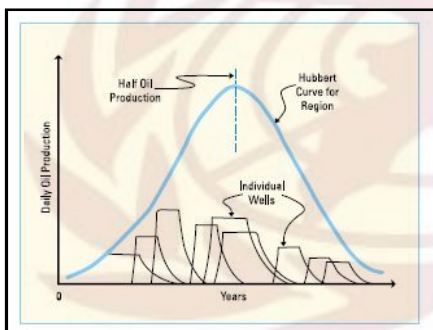
표 1-에너지 원천 별 소비량<통계청>

■ 오일피크

오늘날 사회에서 가장 중요한 자리를 차지하는 석유가 고갈성 자원 이라는 것을 우리는 오래 전부터 알고 있었다. 하지만 석유의 쇠퇴 즉, 고갈에 대한 설명은 별로 접하지 못하였다. 석유가 감소되는 방식은

단순하다. 어쩌면 이것은 수십 년 안에 초등학교 교과서에 포함 될지도 모른다. 그러면 석유의 고갈 현상은 무엇인지, 그리고 어떻게 예측할 수 있는지 알아보자.

오일피크는 1956년 휴버트³는 텍사스 샌 안토니오에서 열린 세미나에서, 미국의 원유 생산량은 1965년과 1970년 사이 정점에 도달할 것으로 공헌하였고, 그 예상은 실현되었다. 또한 장기적 관점에서 미래 에너지원의 개발을 위해서는 핵분열을 할 수 있거나 핵분열 상태로 전환할 수 있는 원자 구조를 가진 재료에 보다 많은 관심을 가져야 한다고 주장하였다. 그리고 이 재료는 지구상에 널리 분포되어 있으며 화석연료 시대가 끝나고 나면 수 천년 동안 주요한 에너지 공급원이 될 것이라고



전망하였다. 휴버트의 이론에서 고갈 성 천연 자원의 개발 추이는 가우스 곡선을⁴ 많은 종형 곡선으로 나타난다. <표 2 참고> 그 곡선의 정점은 세계 석유 생산량이

표 2-휴버트의 Oil peak 곡선

³ Marion King Hubbert (October 5, 1903 – October 11, 1989) was a geoscientist who worked at the Shell research lab in Houston, Texas. He made several important contributions to geology, geophysics, and petroleum geology, most notably the Hubbert curve and Hubbert peak theory (a basic component of Peak oil), with important political ramifications.

⁴ K.F.가우스가 측정오차의 분포에서 그 중요성을 강조하였기 때문에 이것을 가우스분포·오차분포라고도 하며, 그 곡선을 가우스곡선 또는 오차곡선이라 한다.

감소에 앞서 최고치에 이르는 순간에 해당한다. 도식적으로 볼 때 석유 생산량은 동일한 크기의 두 부분으로 나눌 수 있는데, 전반부에는 석유를 발견하고 채굴하기가 후반부 보다 쉽다. 고갈은 생산이 일단 정점에 도달된 후 나타나는 감소 현상을 가리키는 말이다. 따라서 오일피크(Oil peak)와 고갈이라는 두 가지 사건은 밀접하게 연관되어 있다. 사람들이 예측하고자 하는 것은 오일피크라는 정확한 순간이다. 그러나 오일피크는 상징적인 것으로 진짜 문제는 고갈에 있다. 고갈은 전문가가 아닌 사람들이 당장 인식하기에는 어려운 현상이며, 거의 눈에 보이지 않는 화석에너지 자원에만 있는 현상이다. 탄화수소 자원은 땅속 지층에 갇혀 있음으로 그 줄어든 정도를 눈으로 보거나 비추상태를 눈으로 확인하기란 불가능하다. 통상 말하는 "40년치 석유가 남아 있다" 는 말이 의미

하는 것은 정확하게 말한다면 “세계 석유 매장량은 현재 연간 생산량의 40배"에 해당한다고 해야 할 것이다. 오일피크에 관해서

| 저 자 | 소 속 기 관 | 추정년도 | 매장량(10억배럴) | Peak year |
|-----------|------------------------|------|------------|-----------|
| Hubbert | Shell | 1969 | 2100 | 2000 |
| Bookout | Shell | 1989 | 2000 | 2010 |
| Mackenzie | Researcher | 1996 | 2600 | 2007-2019 |
| Appleby | BP | 1996 | | 2010 |
| Invanhoe | Consultant | 1996 | | 2010 |
| Edwars | University of Colorado | 1997 | 2836 | 2020 |
| Cmpbell | Consultant | 1997 | 1800-2000 | 2010 |
| Bernaby | ENI | 1998 | | 2015-2035 |
| IEA | OECD | 1998 | 2800 | 2010-2020 |
| EIA | us DOE | 1999 | 4700 | 2030 |
| Laherrere | Consultant | 1999 | 2700 | 2010 |
| Salameh | Consultant | 2000 | 2000 | 2004-2005 |
| Deffeyes | Princeton University | 2001 | 1800-2100 | 2004 |

표 3-오일 피크 예측

는 다양한 견해가 존재 하는데, 비관론자의 경우 2010년경 낙관론자의 경우 향후 30~40년 이후 오일피크가 도래할 것으로 예측하고 있다. 낙관론자의 경우, 전통적인 오일(Conventional Oil) 이 외에 중유(Heavy Oil), 타르샌드(Tar Sand)⁵, 셰일유(Shale Oil)⁶ 를 포함하는 합성액화석유(Unconventional oil)도 포함하여 오일피크 시점을 추정하고 있는데, 어떤 시나리오에서도 향후 몇 십 년 이내에 오일피크가 도래할 수 밖에 없다는 사실을 알 수 있다. <표 3 참고> 그 증거로 우선 생산량이 내리막에 들어선 나라들이 점점 더 많아졌는데, 1970년에 시작된 북해 (영국은 1999년에 피크, 노르웨이는 2001년에 피크), 멕시코(2004년에 피크), 중국(2004년에 피크) 등이 그 예이다. 러시아의 경우 2011년경에 2차 오일피크를 맞을 것으로 보인다. 또한 심해 유전 생산은 2012년까지 증대되다가 그 후 몇 년간 급격하게 감소할 것으로 예상된다. (Jean-Luc Wingert, 2007)는 위의 몇 가지 사실들을 기반으로 2015년이라는 시점에 힘을 실어 주고 있다.

⁵ 4~15%의 중질 타르의 원유가 섞인 모래 또는 바위로 점토(clay), 모래(sand), 물(water), 역청(넓은 의미의 석유·bitumen) 등의 혼합물로 이루어 졌으며 타르샌드 (tar sand)라고도 한다. 사암 층에 따뜻한 증기를 뿜어 원유를 추출하고 이를 정제하면 보통의 석유에 가까운 기름을 얻을 수 있다.

⁶ 유모혈암(油母頁岩)에 추출된 유기물(kerogen)로 보통 500℃ 이상의 고온에서 분해 건류하여 얻어지는데, 석유와 유사한 성질을 지닌다.

■ 지구온난화

(수소연료전지사업단, 2004.7)석유류는 고갈이라는 당면한 문제를 제외하고도 기후변화라는 큰 문제점을 가지고 있다. 현 생태계의 상태, 인구 증가, 에너지 생산 및 전환 기술 그리고 에너지 자원의 화학적 특성 등 다양한 인자에 따라 그 정도는 다르겠지만, 현존하는 에너지자원들을 모두 생산해서 소비해 버린다면 예기치 못한 부정적인 영향이 나타날 것이다. 환경적 영향은 지구온난화의 주범이라고 알려져 있는 이산화탄소와 밀접한 관계가 있는데, 이산화탄소 배출량은 2억 톤에서 1990년 239억 톤으로 증가 하였으며, BAU(Business As Usual)시나리오에서는 이산화탄소 수준이 2025년경 약 371억 톤으로 증가 할 것으로 전망하였다⁷. 또한 평균온도는 2100년경 적게는 1℃에서 많게는 4.5℃까지 상승 할 것으로 예상하였으며, 최적 예상치는 2~3℃로 추정 하였다. 해수면의 경우 지역적으로 편차는 있겠지만, 2100년의 경우 50cm 상승(15~95cm)하는 것으로 예측되었다. 여기서 고갈위기와 환경문제를 야기하고 있는 석유의 가장 큰 용도는 어디일까? 라는 질문을 하게 된다.

⁷ (김봉진, 김종욱, 최상진, 2006,3)에서 인용

통계청의 최신 통계를 인용하면, 2005년 기준으로 국내 석유류 제품 소비량은 761,080천 BBL⁸로 가장 많이 사용된 용도는 산업용으로 약 51%인 388,857 천 BBL이며, 다음 순위가 수송용으로 총 사용량의 33%인 255,354 천 BBL이다. <표 4참고> 운송용의 항목을 살펴 보면, 총 운송량의 83%인 214,137 천 BBL이 휘발유, 경유, LPG를 사용하는 육상 교통에 사용 되었다.

바뀌 얘기하면, 2012년 상용화가 예정되어 있는 수소연료전지 자동차가 전체 자동차로 보급이 확대 된다면, 한국을 기준으로 필연적으로 사용되어야 하는 산업용 석유류의 소비를 제외하고, 자동차를 이용한 운송용에

| 유류/용도별 석유제품소비 (소 비) | | | | | | | |
|---------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 석유류제품별 | 부문별 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 |
| 총계(*) | 총계(*) | 742,557 | 743,667 | 762,868 | 762,941 | 752,329 | 761,080 |
| | 산업용 | 362,034 | 359,930 | 374,906 | 374,669 | 383,078 | 388,857 |
| | 수송용 | 223,453 | 231,096 | 244,045 | 249,625 | 249,108 | 255,354 |
| | 가정. 상업용 | 105,148 | 97,741 | 94,699 | 88,335 | 77,526 | 75,758 |
| | 공공. 기타 | 8,074 | 9,440 | 8,653 | 10,027 | 9,568 | 9,922 |
| | 발전용 | 38,528 | 41,529 | 36,403 | 36,625 | 29,871 | 27,349 |
| | 도시가스용 | 3,205 | 1,894 | 1,687 | 956 | 960 | 1,397 |
| | 지역난방 | 2,114 | 2,037 | 2,474 | 2,704 | 2,218 | 2,444 |

표 4-국내 유류/용도별 석유제품소비<통계청>

⁸ 기호는 bbl. 주로 액체 계량에 쓰이는 관습적인 단위이며, 어원은 '나무통'이며, 대상에 따라 다르다. 석유의 경우 1배럴=42, 미국갤런=158.9ℓ로, 한국은 이 단위를 채택하고 있다.

사용되는 28%의 석유를 줄일 수 있음에 따라 오일피크(Oil peak) 및 석유류의 고갈을 상단기간 지연시킬 수 있다고 볼 수 있다.

제 2절 수소에너지특징

(Jean-Luc Wingert, 2007)기술적, 사회적 차원으로 볼 때 현재의 에너지 시스템은 탄화수소 자원을 바탕으로 한 루트와 자본주의 유형의 시장경제에 근거한 구조에 기초를 두고 있다. 이러한 에너지 시스템은 서로 매우 다른 영향력을 가진 두 가지 제약에 부딪혀 한계를 드러낼 것이다. 첫 번째 제약은 갑작스런 성질의 것으로, 사용 가능한 천연 자원의 부족, 특히 가까운 미래의 석유 고갈과 그리고 또 수십 년 후의 천연가스 고갈과 관련되어 있다. 두 번째 제약은 장기적으로 볼 때 훨씬 더 심각한 위험을 가지고 있지만, 우선은 상당히 막연해 보이는 성질의 것으로, 인간 활동에 의해 야기되는 기상이변이 바로 그것이다. 대기 온난화를 초래하는 온실 가스의 가장 큰 주범인 이산화탄소는 석유와 천연가스, 석탄이 연소될 때 주로 배출된다. 현재 확인된 농도는 지난 40만 년 동안 확인된 최고 농도보다 30% 더 높다. 그렇다면 탄화수소자원의 고갈이 그런 문제를 자연스럽게 해결해 주지 않을까? 라고 생각 할 수도 있겠다. 하지만 모든 것은 에너지 전환이 어떤 방식으로 이루어지는가에

달려 있다. 만약 에너지의 이동이 석탄과 나무쪽으로 많이 이루어 진다면 온실 효과는 한층 더 커지게 될 테니까 말이다. 그런데 석탄과 나무가 개발하기 가장 쉬운 에너지란 점에서 그런 현상이 발생할 가능성은 크며, 저개발국에서 더욱 그렇다.

■ 현재 에너지 시스템의 한계

에너지 시스템의 한계에 직면하여 우리에게 세 가지 해결책이 있다.⁹ 첫 번째는 기존 루트의 에너지 효율을 향상 시키는 방법이다. 이 방법은 이미 실천에 들어 갔는데, 1차 오일 쇼크와 함께 시작되어 현재 까지도 매우 큰 잠재력을 보이고 있다. 둘째는 새로운 에너지 루트를 만드는 것으로써 지금은 거의 사용하지 않는 루트로 옮겨 가는 것이 필요하다. 세 번째 해결책은 자원을 채취할 수 있는 지역을 확대하는 것이다. 오늘날 이 방법은 가능성이 미미하다고 봐야 하는데, 지구의 자원 전부가 이미 세계 경제를 위해 이용되고 있기 때문이다. 그 방법 역시 1차 오일쇼크로 인해 행동으로 옮겨졌으며, 그 결과 북해나 심해 유전 같은 새로운 지역의 개발을 가져온 바 있다. 이제 남은 것은 부스러기뿐인데, 현재로써는 일체의 산업 활동이 금지되어 있는 남극과 북반구의 극지방

⁹ (Jean-Luc Wingert, 2007)p.234~235

일부가 그 전부이다. 게다가 그 약간의 잠재력도 오일피크 추정에 이미 포함되었으므로 새로운 기대를 할 수 있는 부분이 아니다.

남아있는 것은 두 번째 방법인데, 석유의 뒤를 이을 천연가스도 마찬가지로 재생이 불가능한 자원이며, 현재 소비리듬을 기준으로 192년치에 달하는 석탄도 2050년 무렵에 생산 정점에 이를 것으로 추정된다. 장래가 유망한 바이오 매스 에너지도 탄화수소 자원에 비해 떨어지며, 쓸 수 있는 양은 지표에만 한정되어 있어 현재의 석유소비량 전체를 대체할 만큼은 못 된다. 석유 고갈을 앞둔 지금, 석유의 바통을 이어 받을 하나의 에너지원 같은 것은 단연코 없다고 해도 과언이 아니다. 에너지 가격은 상승 할 것이고, 우리는 에너지 절약을 열심히 해야 한다. 하지만 그렇다고 고갈이란 문제를 피해 갈수는 없다. 단지 그 시기를 늦추는 것에 불과하다.

■ 수소에너지의 특징

최근 가장주목을 받고 있는 수소에너지의 특징을 살펴 보면, 고효율수소에너지 제조·저장·이용 기술개발사업단에서는 에너지원으로서의 수소는 다음과 같은 장점을 가지고 있어 미래의 에너지시스템에 가장 적합한 것으로 판단하고 있다.

1. 수소는 연료로 사용할 경우 연소 시 극소량의 NOx¹⁰발생을 제외하고는 공해물질이 생성되지 않으며, 직접 연소에 의한 연료로서 또는 연료전지 등의 연료로서 사용이 간편하다.
2. 수소는 가스나 액체로서 쉽게 수송할 수 있으며, 고압가스, 액체 수소, Metal hydride (금속수소화물 또는 수소흡장합금) 등의 다양한 형태로 저장에 용이하다.
3. 수소는 궁극적으로는 무한정인 물을 원료로 하여 제조할 수 있으며, 사용 후에는 다시 물로 재순환이 이루어진다.
4. 수소는 산업용의 기초 소재로부터 일반 연료, 수소자동차, 수소비행기, 연료전지 등 현재의 에너지 시스템에서 사용되는 거의 모든 분야에 이용될 수 있다.

따라서, 수소에너지는 현재 인류가 당면하고 있는 에너지자원의 고갈과 환경오염문제를 해결할 수 있는 가장 유력하고 유일한 대안이며, 21세기에는 지구온난화와 대기오염 대비 및 에너지 안보와 자급차원에서 수소의 시장의 확보가 필연적일 것으로 예측된다. 궁극적으로 수소는 재생 가능한 에너지원으로부터 얻는 것을 목표로 하고 있지만, 단기적으로는 현재 가장 경제적이고, 기존 시스템에 큰 충격 없이 이산화탄소 등을 상

¹⁰ 질소산화물

당 부분 제거하여 화석연료의 청정화 이용에도 기여한다는 점에서 수소는 대체에너지원으로서 화석연료가 현재 차지하고 있는 상당한 비중을 대체하게 될 것이다. 이와 같이, 수소에너지 기술은 이미 그 중요성이 국제사회에 너무나 널리 알려져 왔으므로 미국, 일본을 비롯한 기술선진국들은 21세기 에너지문제와 환경문제를 한꺼번에 해결할 수 있는 거의 유일한 대안으로 수소에너지 기술의 연구에 심혈을 기울여 왔으며, 이미 상당한 성과를 거두고 있다. 무한정인 물과 유기물질(바이오 매스)을 원료로 하여 수소를 제조 이용한다면, 재순환되므로 자원 고갈 우려가 없으며, 화석연료 자원이 빈약한 우리나라에 적합한 에너지원이다.

사실, 수소를 차량 연료로 사용하면 아주 위험 할 것이라는 인식이 대체적이다. 하지만 <표 5>연료 별 에너지 특성 비교를 보면 수소를 현재 차량용 연료로 사용되고 천연가스, 휘발유, LPG 등을 비교하여 보면 이들과 비슷한 수준이거나, 혹은 자연 발화 온도 등은 더 높기에 위

험 정도가 별 다른 차이 없다고 볼 수 있다. 이와 같은 이유로 물리적으로 수소를 차량용 에너지지

| | 수소 | 천연가스 | 휘발유 | LPG |
|---------------------------|-----------|----------|-------------|-----------|
| LHV (MJ/kg) | 123 | 51 | 43 - 45 | 47 |
| HHV (MJ/kg) | 145 | 56 | 45 - 49 | 51 |
| 밀도(kg/l) | 0.00008 | 0.0006 | 0.72 - 0.78 | 0.51 |
| 상태(상온) | 기체 | 기체 | 액체 | 액체 |
| 자동발화온도(℃) | 566 - 582 | 540 | 257 | 454 - 510 |
| Ignition limit in air | 4.1 - 74 | 5.3 - 15 | 1.4 - 7.6 | 2.2 - 9.5 |
| 확산계수 (cm ² /s) | 0.61 | 0.16 | 0.05 | 0.11 |

표 5-연료 별 에너지 특성 비교

로 이용하는 것에 이견이 없다고 할 수 있다.

■ 수소에너지의 국내외 시장 상황

수소경제 지향 국가 Vision 및 보급 목표 달성을 위한 실행방안 (수소연료전지사업단, 2004.7) 보고서를 인용하여 국내외 수소 시장현황을 살펴보면, 국외 시장의 경우 아래와 같은 정리 할 수 있다.

1. 전 세계 수소생산량은 연간 약 5천억 Nm³(약4,500만 톤) 규모임.
2. 현재 세계수소시장의 약 70% 이상을 미국과 유럽과 다국적기업인 Air-product & Chemical, Air Liquid, Linde Group, Praxair 등이 점유를 하고 있음.
3. 주된 제조 원료는 천연가스(48%), 석탄(30%) 및 나프타(18%)이며, 전기 분해가 약 4%를 차지 하고 있음.
4. 소비량의 거의 대부분이 암모니아, 메탄올 및 석유화학제품 생산을 위한 대규모 산업용 및 화학공정용 연료로 사용되고 있음.
5. 수소자동차나 연료전지발전과 같이 에너지체계 자체가 수소에너지로 전환될 경우 수요가 기하급수적으로 급증 할 것으로 예상됨.

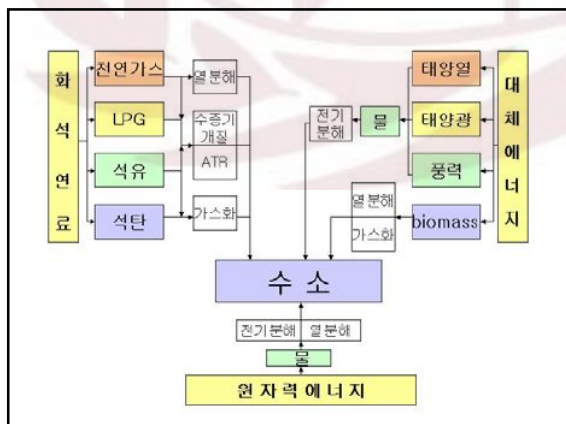
한편, 국내 시장 수소 시장의 특징은 다음과 같다.

1. 국내의 경우 수소는 에너지원이 아닌 자체 석유화학 공정용 또는 화학 공업의 원료로 사용되기 때문에 수요와 공급이 거의 균형을 이루고 있음.
2. 수소 자체에 대한 시장규모 및 산업현황을 살펴보면, 우리나라는 부생 가스로 발생하는 수소생산량이 가장 많으며, 대표적인 것으로 제철소, 가성소다 및 스티렌 모노머(Styrene Monomer)산업의 부생가스를 들 수 있음.
3. 부생가스를 제외하고는 일반적으로 천연가스 개질이 가장 값싼 수소생산방법이다. 국내에서는 주로 나프타 리포밍(Reforming)이 이용되며, 울산, 대산 등 석유화학단지에서 상당량이 생산되고 있음.
4. 국내에서 수소유통량은 주로 부생가스를 위주로 형성되어 있으며, 정제 수소의 공급 가능량은 현재 수소 유통량의 대략 2.5배 수준으로 추정됨.
5. 대표적인 국내 수소유통업체로는 덕양에너지, SPG산업, Linde BOC group 이 있으며, 2002년 기준으로 현재 유통량은 이들 3사를 합칠 경우 22,500 Nm³/hr(연간 17,000톤에 해당)에 달하고 있음.

국내 수소 시장의 가장 큰 문제점은 아직까지 수소를 에너지원으로 인정하고 있지 않기 때문에 통계나 각종 국가조사에 포함되고 있지 않다는 점이다. 국내 수소시장의 세부내용은 다음 절에서 다루도록 하겠다.

제 3절 연간 국내 수소생산량

최근 석유류를 비롯한 화석연료의 사용에 따른 환경오염문제와 에너지 안보 문제를 해결하기 위한 하나의 방편으로 세계 각국은 수소경제로의 이동을 준비하고 있다. 수소는 사용시에 환경공해가 없는 청정에너지로써 차세대 유력한 에너지원으로 대두되고 있으며, 수소는 화석연료, 원자력, 바이오 매스 등의 다양한 에너지원으로부터 얻을 수 있다. <그림 1 참고>



장기적으로는 물의 전기 분해로부터 수소를 제조하고 사용 후 다시 물로 돌아가는 수소-물 순환시스템이 이상적인 수소생산 시스템으로 기대되고 있

그림 1-수소제조방법

다. 단지, 전기 분해에 의한 수소 가격은 일반적으로 화석연료에서 의해 얻어지는 수소 가격보다 3배 이상 비싼 것으로 알려져 있다.

국내에서 수소는 에너지원보다는 석유 및 화학 산업의 공정용, 반도체 및 광섬유 제조용 등의 특수 분야에 한정되어 사용되고 있는 것으로 알려져 있으며, 현재까지 국내 수소의 생산, 소비 및 유통에 대한 통계는 정확히 파악된 바가 없다.

1960년대부터 우주개발에 사용되었던 연료전지는 기술개발의 진전에 따라 향후에는 수송용, 발전용, 가정용, 휴대용 등의 많은 분야에 이용될 것으로 예측된다. 따라서 국내 수소의 생산 및 소비 등에 대해 자세하고 정확한 자료가 필요한 시점임을 인식해야 한다.

■ 국내 수소생산

나프타 분해를 통하거나 또는 에틸렌 등을 생산하는 석유화학(NCC) 산업과 주로 수증기 개질을 통하여 수소를 생산하는 기타 석유화학 산업으로 분류하여 수소생산방법을 조사 하면 국내 수소의 주요 생산 원료는 나프타 및 나프타로부터 생산된 off gas, 부탄, 스티렌 모노머(Styrene Monomer)¹¹ 등이다. 가성소다 산업에서는 소금물을 전기 분해

¹¹ 스티렌 모노머는 주로 폴리스티렌 생산에 사용된다. 범용, 혹은 “크리스탈” 폴리스티렌과 고

하여 가성소다를 생산하는 과정에서 부생수소가 생산된다. 또한 제철소의 코크스로에서 다량의 수소가 포함된 코크스로 가스(COG)를 생산 하며, 이 중 일부 코크스 가스를 고순도 수소로 정제하여 사용하고 있다.

(김봉진, 김종옥, 최상진, 2006,3)2004년 기준 국내 수소 총 생산량은 972,601ton으로 이 중 65%인 635,683ton이 정유산업에서 생산이 되었으며, 19%인 182,665ton이 석유 화학 산업에서 생산이 되었다. <표 6 참고>

■ 국내 수소 소비량

기타 산업을 제외한 국내 수소생산 산업들은 대개 회사에 필요한 수소를

대부분 자체 생산하여 소비하고 있기 때문에 수소 생산량과 소비량은 거의 일치하고 있다. 국내 정유 산업의 수소 소비량은 641,280ton으로 전체 소비

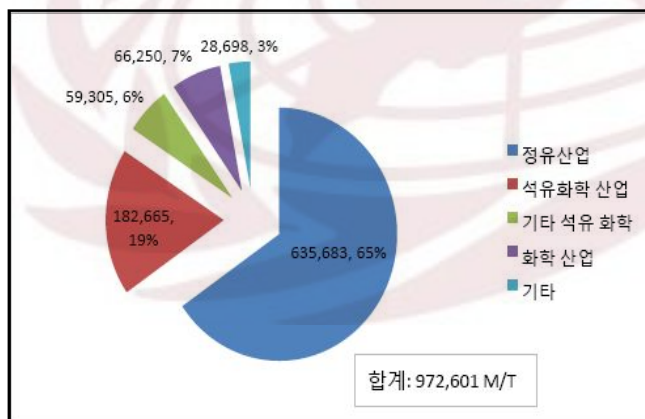


표 6-2004년 기준 산업별 수소생산량

강도 폴리스티렌은 카세트/CD 케이스, 컵, 음식 컨테이너와 냉장고 도어 라이너 같은 생활용품에 사용된다.

량의 65.9%를 차지 하고 있으며, 석유 화학 산업의 수소 소비량은 18.5%를 차지하고 있어 대부분의 수소가 정유산업 및 석유화학산업에서 소비되고 있음을 알 수 있으며, 기타 산업은 수소 판매량이 수소 구매량 보다 많은 특성을 나타내고 있다. <표 7 참고>

■ 용도별 수소 소비

국내 수소 소비량을 에너지로 사용되는 연료용과 비에너지로 사용되는 원료 및 공정용으로 나누어 조사하면, 국내 정유산업은 2004년을 기준으로 수소 소비량 641,280ton의 대부분을 원료용 및 공정용으로 사용하였으며, 연료용으로 사용하는 수소는 27,837ton으로 전체 소비량의 4.3%에 불과하다. 석유화학 산업은 수소 소비량 179,765ton의 35.6%인 63,996ton를 연료용으로 사용하여 국내에서 부생수소에 의한 수소

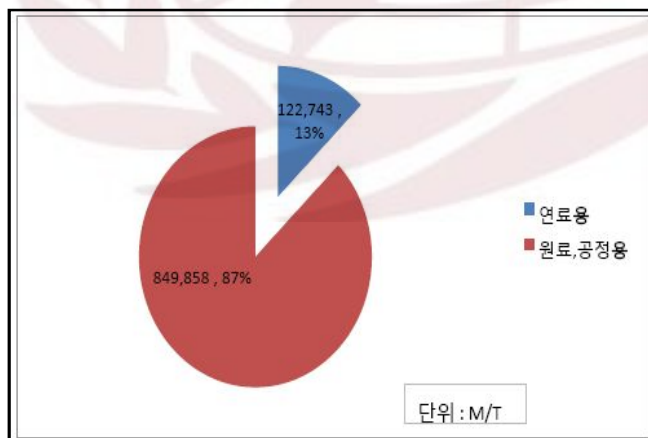


표 7-국내 수소 소비량

공급량이 가장 많은 산업으로 나타났다. <표 8 참고> (고봉길, 2007)국내의 수소산업은 반도체 및 LCD산업, 그리고 철강산업, 석유화학산업 등의 중심으

로 형성되어 있으며, 매년 늘어나는 반도체 및 철 생산 수요에 따라 빠른 성장세를 보이고 있다. 따라서 반도체, TFT-LCD, 광통신 등의 호전에 힘입어 수소의 수요증가가 예상되며, 동시에 세계적인 관심사인 수소 에너지화에 대한 관심고조로 시장의 확대가 지속 가능할 것으로 예상되고 있다.

연료용으로 사용 되는 수소는 기본적으로 타 에너지로 대체가 가능 하기 때문에, 궁극적으로 현재의 부생 혹은 생산되는 물량 중 수소에너지로 접어들 가면서 궁극적으로 시장에 공급 할 수 있는 최대 물량이 연간 122,743ton이라고 생각 할 수 있겠다.

■ 수소생산량 산정의 문제점

앞에서 언급한 바와 같이 현재까지 수소는 주로 비에너지로 사용되어 국가 에너지 통계에서 제외되었으며, 국내 수소의 생산, 소비, 유통

| 산업 | 생산량 | 구매량 | 판매량 | 소비량 |
|----------|---------|--------|--------|---------|
| 정유산업 | 635,683 | 7,177 | 1,580 | 641,280 |
| 석유화학 산업 | 102,665 | 6,240 | 9,135 | 179,765 |
| 기타 석유 화학 | 59,305 | 37,705 | 20,380 | 76,630 |
| 화학 산업 | 66,250 | 0 | 2,665 | 63,585 |
| 기타 | 28,698 | 20,058 | 37,442 | 11,341 |
| 합계 | 972,601 | 71,183 | 71,202 | 972,601 |

등에 대한 통계자료는 전무한 실정이다, 최근의 자료인 (수소연료전지사업단, 2004.7), (고봉길, 2007)과 본 단위

표 8-2004년 기준 용도별 수소 소비량

에서 인용한 (김봉진, 김종옥, 최상진, 2006,3)3건의 자료는 각각 연간 생산량을 39,787ton (330일 운영 환산), 105,651ton (330일 운영 환산) 927,610ton으로, 세가지 자료 모두 비교적 근래에 작성이 되었지만 조사된 시기에 비해 많은 차이를 보인다. 이는 수소를 생산량과 유통량을 분류하여 조사한 이유도 있을 것이고, 유통량이 크게 증가한 이유도 있겠지만, 일부 누락된 자료가 있는 것으로 판단 된다. 또한 일부 산업을 추정치로 계산한 이유도 있다. 향후 수소는 석유자원을 대체할 매우 중요한 에너지원으로 국가 에너지 통계에서 중요한 위치를 차지될 것으로 기대되며, 지금부터라도 국가 차원의 수소 통계를 정기적으로 작성하여 관리하는 것이 필요할 것이다.

제 4절 FCEV 수소자동차 보급 및 수소소비량 예측

제 1,2,3절의 내용은 석유류의 바통을 이어 받아 차세대 에너지원이 될 가능성이 높은 수소에너지의 가능성 및 국내 수소 시장 상황 그리고 생산 부분에 관해 논하였다. 제 4절에서는 현재 진행중인 수소자동차의 개발 상황 및 보급을 예측하여, 수소연료전지 자동차의 보급 대비 연간 수소 소모량을 예측해 보도록 하겠다.

■ FCEV 차량 개발상황

2009년 7월 현대자동차 아반떼 하이브리드 양산차량이 일반 소비자를 찾아가는 것을 비롯해 그 동안 먼 나라 이야기로만 여겨졌던 수소연료전지 자동차 양산이 국내에서도 현실로 다가오고 있다. 실제로 현

| 수소차 시대 열린다 | | |
|--|--|---|
| 1단계 (~2006) | 2단계 (2007~2009) | 3단계 (2010~) |
| 수소차 기술개발·실증시험 | 양산설계·생산기술 확보 | 수소연료전지차 양산 |
| <ul style="list-style-type: none"> -연료전지차 1호 생산 -스포티지 수소연료전지차 -미 에너지부 수소차 시범운행 참여 -투싼 수소연료전지차 -스포티지 수소연료전지차 -수소연료전지버스 독자개발 | <ul style="list-style-type: none"> -수소차 국내 실증·시범운행 실시 -투싼 스포티지 수소연료전지차 -2년간 4만5,000km 주행 -2010년까지 총 34대 수소연료전지차 시범 운행 -100kW급 투싼 수소연료전지차 독자개발 | <ul style="list-style-type: none"> • 2010년 -소량생산 체제 구축(연산 1만대) -정부에 수소연료전지차 납품 • 2012년 -제4대 연료전지차 개발 완료 • 2015년 -수소연료전지차 양산·일반판매 |

표 9-국내 수소자동차 개발계획

대자동차는 연료전지자동차를 개발하는 1단계를 지나 연료전지자동차의 주행성능, 내구성을 검증하는 2단계(2007~2009) 사업에 들어간 상태이며, <표 9 참고> 2010~2012년 3단계 사업으로 1만대 규모 수소연료전지 자동차 양산체제를 구축할 계획이다.

물론 수소자동차 양산 기술력을 갖췄다고 해서 수소자동차 시대가 곧바로 열리는 것은 아니다. 수소자동차 양산 걸림돌은 바로 비싼 차량 가격이다. 핵심 부품인 연료전지스택과 관련장치를 제조하는데 많은 비용이 발생되고 있다. 결국 연료전지 스택(Stack)¹² 가격을 떨어뜨려야만 수소연료전지 자동차의 경쟁력을 갖추 수 있는 것이다.

이와 관련해 현대자동차는 2015년 10만대 이상의 수소연료전지 자동차 양산체제가 갖춰지면 kW당 재료비가 7만원대로 떨어져 100kW 연료전지 가격이 700만원 수준까지 내려갈 것으로 기대하고 있다. 이를 통해 2015년까지 수소자동차 가격을 5,000만원 대 아래로 가져가는 것이 현대자동차의 목표다.

물론, 경제성을 갖췄다 해도 수소를 충전할 수 있는 수소충전소 인프라가 없다면 수소자동차 양산은 불가능하다. 인프라 구축은 자동차

¹² 수소연료 자동차의 전압을 적당한 레벨로 끌어 올리기 위해서는 많은 연료전지 셀들이 모아 놓은 것

업체 혼자서 해결할 수 있는 문제가 아니며, 충전소 설치에 정부의 적극적인 지원과 정유 및 화학업체들의 자발적인 참여 없이는 힘들다.

현재 국내외의 수소자동차의 기술 동향은 기술탐색단계를 지나 본격적인 생산을 전제로 한 양산기술개발과 초기 시장 형성에 주력하고 있다. 도요타, 혼다, DC 등은 엄선된 고객(공공기관 등)을 대상으로 하여 실증 및 시범운행사업에 착수한 상태며 2008년 여름 혼다는 클리어티라는 최초의 민간을 대상으로 한 수소자동차의 리스(lease)형태의 판매에 들어 갔다. 국내 시장은 해외 시장의 추이 특히, 가장 큰 자동차 시장인 미국의 ZEV 의무 판매 동향 등에 크게 영향을 받겠지만, 2010년부터 시장진입이 시작되고 2020년 이후 연료전지자동차의 생산이 활발해 질 것으로 전망하고 있다.

(지식경제부 수송시스템산업과 김창규 과장, 남궁재용 사무관, 2008)최근 정부는 발표자료에서 수소자동차의 도입기를 현대자동차와 맥락을 같이하여 2010년으로 예상하고 있으며, 2020년에서 30년 사이를 성장기로 보고 있다. 또한 하이브리드 차량은 내연기관과 수소연료전지 차량을 연결 시켜 주는 연결 고리의 역할을 하고 연료전지자동차의 성장기시점에 하이브리드 차량은 성숙기를 거쳐 최종적으로 2030년 이후 내연기관은 막을 내릴 것으로 예측하였다. 이는 하이브리드 차량 기술이 일본에 비해 열세에 있는 한국에는 좋은 기회일 수 있다. 하루 빨리

리 연료전지자동차 기술을 선점하여 국내 총 산업 생산기준 생산액 기준 11%를 차지 하고 있고, 총 조세액 17%를 차지하고 ¹³있는 자동차 산업에 활력을 주어야 한다.

■ 수소 소비량 예측

(매일경제, 2008)현재 개발 중인 양산용 차세대 연료전지자동차 주행거리 목표는 서울~부산을 충분히 갈 수 있는 500km다. 또 최고속도는 160km, 그리고 1ℓ로 30km를 주행할 수 있는 연비를 갖출 예정으로 수소 1kg로 120km를 주행하는 꿈의 연비시대가 펼쳐질 것으로 보인다. (중앙일보, 2008) 2006년 국내 자동차의 연간 평균 주행거리는 2만915km로 일본의 9381km(2001년), 미국 2만185km(2002년)보다 많았다. 즉, 자동차 1대당 연간 약 21,000km를 운행한 셈이 된다. 상용화 예정인 1kg당 120km의 연비와 연간 평균 주행거리 2만 1천km, (수소연료전지사업단, 2004.7)을 이용하여<표 10 참고> 수소 소비량을 계산하여 보면, 보급 초기시점인 2010년경 약 1만대의 보급 시, 연간 수소 소비량은 1,750ton이며, 성장기인 2020에서 2030년 각각 262,500ton과 525,000ton 으로 예상 된다. <표 11 참고>. 또한 성장기인 2040년 이

¹³ 한국자동차공업협회 및 통계청 자료 인용

후에는 9백 만대 보급을 기준으로 연간 1,575,000ton정도로 예상되었다. 현재의 평균 주행거리와 상용화 시점의 연비를 인용하여 계산하였기 때문에, 기술의 비약적인 발전으로 인한 연비의 획기적인 향상을 제외하고는 비교적 정확한 계산 값이라고 보여진다.

제 3절에서 부생 혹은 생산되는 수소 물량 중 수소에너지 사회로 접어들 가면서 시장에 공급 할 수 있는 최대 물량이 연간 122,743ton이라고 언급 하였다.

즉, 2004년 조사 기준 잉여 물량으로 약 70만대 가량의 수소자동차가 연간 이용 할 수 있는 잉여 물량이 존재한다고 볼 수 있다. 물론, 연료용으로 사용되는 수소가 모두 대체연료로 대체가 가능하고, 이들 모두가

| | | 2005 | 2010 | 2015 | 2020 | 2030 | 2040 |
|------------------------|----------|--|-------------------|-----------------|--------|------|------|
| 수소 제조 | 화석연료 | 국산화 기술개발 | 국산화 기술개발 | 최적화 모델 | | | |
| | 원자력에너지 | | 열화학사이클 기술개발 | 중앙집중형 수소공급체재 구축 | | | |
| | 대체에너지 | | 전기분해 경제성 확보 | 광촉매 등 물분해 기술혁신 | | | |
| 수송 | 압축 수소 | 초고압/경량화 기술 달성 | | | | | |
| | 액화 수소 | 초단열 기술/고효율 시스템 개발 | | | | | |
| | 파이프라인 | | PNG활용 수소제조 | 파이프라인 수소 공급 | | | |
| H ₂ Station | 규모 | 30 Nm ³ /hr → 200 Nm ³ /hr 또는 그 이상의 규모 | | | | | |
| | 형태 | 현지 설치형 개질기 | 전기분해 활용 및 형태의 다변화 | 파이프라인 수소활용 확대 | | | |
| | 보급 | 10기 | 50기 | 1,700기 | 3,400기 | 1만기 | |
| | 연료전지 자동차 | 승용차 3,200 (생산능력:10,000/년) 버스 200 (생산능력: 5,000/년) | | | | | |

출처: 수소,연료전지사업단 기획보고서, 2004. 7

표 10-수소연료 전지 사업단 기획 보고서

시장에 나온다는 가정 하에서 나온 계산이다. 즉 당장, 수소시대가 초래한다고 해도 초기 도입시기 물량은 소화가 가능하다는 계산이다.

하지만, 장기적인 관점에서 잉여 물량의 수소로는 한계가 있으며, 특히 <표 11 참고> 초기 보급 단계를 거친 수소자동차는 2020년경부터 수소의 소비량이 증가 하기 시작할 것이며, 2030년경부터는 급격하게 증가할 것으로 예상된다. 따라서, 궁극적인 수소시대를 맞이 하기 위해서는 부생수소를 벗어난 본격적인 수소생산에 관심을 가져야 할 것이며, LPG 등 화석연료를 이용하지 않고 풍력, 태양력 등의 대체에너지 혹은 신 재생에너지를 이용한 물 전기 분해 방식으로 전환하여 궁극적인 의미의 저 탄소 시대를 준비를 하여야 하겠다.

| 연도 | 보급량 | 수소 소비량 (ton) |
|------|-----------|--------------|
| 2010 | 10,000 | 1,750 |
| 2020 | 1,500,000 | 262,500 |
| 2030 | 3,000,000 | 525,000 |
| 2040 | 9,000,000 | 1,575,000 |

표 11-수소 차량 보급에 따른 수소 소비량

제 III장 LPG연료의 보급을 기초로 한 수소자동차 운영을 위한 인프라 연구

제 1절 LPG 자동차 모델

교통 수단의 95% 이상이 석유제품을 사용하고 있는 만큼, 석유 고갈에 직면해서 생각할 수 있는 해결책들 가운데 하나가 석유제품 대신 다른 에너지를 연료로 사용하는 교통 수단을 만드는 것이다. 교통 수단 가운데 최근 매스컴을 가장 많이 타는 것은 수소자동차이다. 대기 중에 물만을 배출 하는 것은 기상이변이 일어나는 현 상황에서 아주 매력적인 교통 수단이다. 수소자동차 개발에 못지 않게 중요한 보급에 많은 관심을 가져야 하는데, 보급 초기 소수(Minority)연료로 여러 보급 모델을 선정하여 실증연구를 진행하여야 하는 중요한 시점임을 강조한다. 또한, 초기 보급의 성공여부에 따라 전체 전환의 성패가 가늠되어 질것으로 예상된다.

■ LPG자동차 보급 모델

수소자동차의 보급에는 크게 두 가지 시나리오를 예측해 볼 수 있는데, 첫 번째는 몇 개의 보급 도시를 정하여 보급량과 운영에 필요한 필수 기반을 보급 도시에서 점차적으로 전국으로 확대해나가는 방향이고, 다른 하나는 처음부터 전국적인 보급을 목표로 보급도시를 정하지 않고

시장 상황에 맡겨 버리는 방법이 있을 수 있겠다. 하지만 어떤 방법이든지 전국적인 인프라 구축이라는 문제를 피해 하기는 어려울 것이다. 다만, 첫 번째 방법의 경우 단시간 내에 인프라 구축에 많은 비용을 투자하지 않아도 된다는 이점이 있을 수도 있겠지만, 오히려 보급 도시를 정하여 보급을 하는 방법은 궁극적으로 수소자동차의 운영 반경을 축소시켜 단기 보급을 어렵게 할 것으로 전망된다. 다른 보급방법으로는 규정된 지역을 벗어나지 않는 택시, 버스 등 특정 차량을 중심으로 보급을 시키는 방법도 있을 수 있으나, 궁극적으로는 앞에서 언급한 같은 문제를 가질 수 밖에 없다.

현재 자동차에서 이용 중인 연료는 경유, 휘발유, LPG등 크게 3가지 종류가 있다. 물론 CNG 등 특수연료도 있으나, 일부 지역에서 운용되고 있는 버스에 국한되고 있음으로 전국적인 인프라 구축과는 관계가 멀어 거론하지 않도록 하겠다. 연구자는 국내 LPG연료의 보급 사례를 연구하여 일종의 수소자동차 보급모델을 성립하였으며, 이를 기준으로 각 지역에 필요한 최소 수소충전소 수량을 연구하였다.

먼저 LPG자동차의 특징을 살펴보면, 국내 LPG 자동차는 1970년대부터 잉여 부탄가스의 수요를 개발하고 대중 교통 수단의 연료비 부담을 경감하기 위하여 사업용 자동차의 연료로 사용된 이래 경제성과 환경 친화성에 힘입어 수량이 지속적으로 증가되어 왔다. 국내에는 2008

년 10월 현재 약260만여 대의 LPG가스 차량이 ¹⁴운행 중에 있으며, 약 1,500여 개소의 LPG가스 충전소¹⁵가 있다. <표 12 참고>

여기서, LPG 충전소 숫자에 관심을 가져야 한다. 근래에 LPG 충전소가 늘어 충전의 불편함이 많이 해소 되었지만, 몇 년 전까지만 하더라도 LPG차량을 이용하여 지방으로 이동 시 충전소를 찾지 못하는 불편함이 있었다. 수소자동차의 민간보급이 시작될 시기인 대략 2012년 전후의 상황은 수소충전소를 찾기 어려운 일종의 소수의 자동차연료로써 LPG자동차와 충전소의 선례를 따를 가능성이 매우 높다.

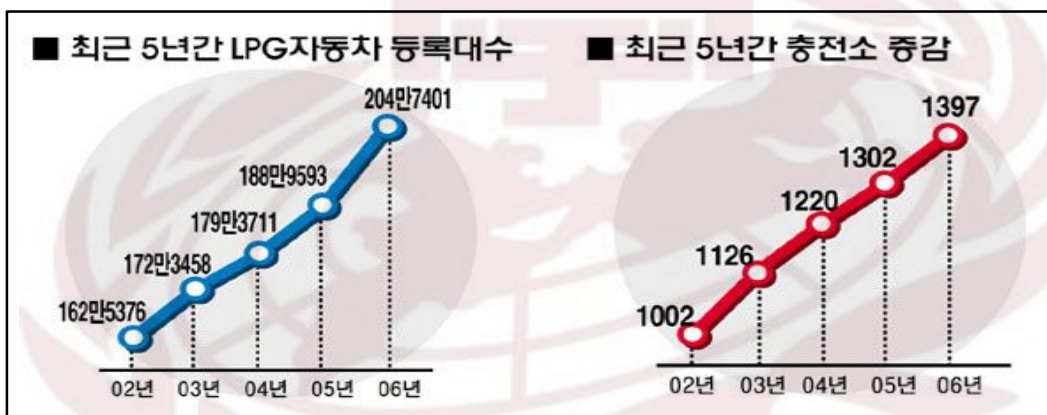


표 12-LPG 차량 및 충전소 변화 추이

■ 국내지역별 차량 보급률

수소자동차 보급모델 선정에 앞서 현재의 차량 보급률을 조사해

¹⁴ 국토해양부 2008년 10월 통계자료

¹⁵ 한국가스안전공사 통계자료 인용

보면, 2008년 8월 현재 국토해양부의 차량 등록 수는 16,735,747대로 경기도와 서울 지역에 전체 차량의 41%가 집중되어 있으며, 그 뒤를 6대 광역시 광역시와 각 도가 일정한 비율의 등록 수를 보이고 있다. <표 13 참고> 일반차량대비 LPG차량의 비율을 보사하여 보면, 2008년 10월 현재 전국의 등록 차량은 16,735,747대로 이중 LPG를 연료로 사용하는 차량은 2,305,989대로 전체의 약 14%를 차지 하고 있다. LPG 차량이 가장 많이 보급된 지역은 경기도로 515,995대이며, 경남 150,494대, 경북 127,171대 순으로 조사되었으며, 제주도와 광주광역시가 약17%로 LPG 차량의 비율이 높았으며, 울산광역시는 11%로 가장 낮았다. 하지만, 전체의 평균 보급량은 11%~17%로 지역에 따라 약간의 차이는 있지만, 평균 14%정도로 각 지역에 고루 분포가 되었다는 것을 알 수 있다.

2008년 가스안전공사와 (사)한국주유소 협회 조사 자료를 인용하여 LPG 차량과 충전소, 휘발유 및 경유차량과 주유소간의 관계를 조사하여 보면, 현재 전국의 주유소는 총 12,718개소 LPG 충전소는 1,502개로 집계 되었으며, 주유소가 가장 많이 보급된 지역은 경기도로 총 2,460개소 이며, 경북 1,364개소, 경남 1,241개소 순위였다. LPG 충전소의 경우 가장 많이 보급된 지역은 경기도로 총 282개소 이며, 경북 162개소, 경남 147개소 순위였다. 결과를 종합하면, 주유소와 마찬가지로

로 LPG 충전소도 차량 등록률에 따라 일정한 비율로 위치 하는 것으로 조사되었다. 특히 주목할 점은 <표 13>을 통해 알 수 있는데, 전국 평균 일반차량대비 LPG차량과 주유소대비 LPG충전소는 각각 14%와 12%로 지역적인 편차가 있기는 하지만, LPG 자동차와 충전소의 비율이 거의 비슷한 수준이라고 판단 할 수 있다. 물론 여기에는 보급에 따른 수요와 공급이라는 경제적인 이유와 LPG 자동차의 연비 및 주행 거리, LPG 충전소의 1일 충전 가능량 등 다양한 기술적인 요소들이 복합하여 작용하였다고 보여진다. 주목해야 할 점은 LPG 자동차는 1970년대부터 특정 차량 혹은 특정 계층을 위해 보급이 되어 현재 총 등록차량 대비 14%

를 차지할 정도로 높은 보급을 이루었다. 물론, 특정 차량 혹은 특정 계층이라는 단점 때문에 30년이 넘는 기간 동안 14%정도의 등록률에 머무르고 있지만, LPG 자동차와 LPG 충전소의 보급사

| 전국 자동차등록대수/주유소 및 충전소 현황 | | | | | | |
|-------------------------|------------|-----------|-----|--------|---------|-----|
| 시도별 | 등록 차량 | LPG 자동차 | % | 주유소 | LPG 충전소 | % |
| 전국 | 16,735,747 | 2,305,989 | 14% | 12,718 | 1,502 | 12% |
| 서울특별시 | 2,973,599 | 433,601 | 15% | 693 | 69 | 10% |
| 부산광역시 | 1,019,336 | 142,593 | 14% | 479 | 53 | 11% |
| 대구광역시 | 889,535 | 131,187 | 15% | 441 | 43 | 10% |
| 인천광역시 | 869,814 | 127,368 | 15% | 414 | 49 | 12% |
| 광주광역시 | 471,470 | 80,110 | 17% | 306 | 38 | 12% |
| 대전광역시 | 539,201 | 79,387 | 15% | 289 | 38 | 13% |
| 울산광역시 | 415,580 | 45,594 | 11% | 280 | 35 | 13% |
| 경기도 | 3,870,182 | 515,995 | 13% | 2,460 | 282 | 11% |
| 강원도 | 565,214 | 74,166 | 13% | 769 | 109 | 14% |
| 충청북도 | 565,392 | 73,892 | 13% | 777 | 80 | 10% |
| 충청남도 | 755,197 | 89,217 | 12% | 1,082 | 128 | 12% |
| 전라북도 | 650,259 | 100,799 | 16% | 970 | 116 | 12% |
| 전라남도 | 652,329 | 94,520 | 14% | 965 | 125 | 13% |
| 경상북도 | 1,028,702 | 127,171 | 12% | 1,364 | 162 | 12% |
| 경상남도 | 1,236,311 | 150,494 | 12% | 1,241 | 147 | 12% |
| 제주도 | 233,626 | 39,895 | 17% | 188 | 27 | 14% |

*국토해양부(2008.8월 기준)*가스안전공사/(사)한국 주유소 협회(2007.12월 기준)

표 13-지역별 LPG자동차 및 충전소 현황

례를 연구함으로써 차세대 에너지원으로 주목 받고 있는 수소에너지의 보급을 예측해 볼 수 있다.

제 2절 LPG 자동차를 모델로 한 지역별 수소자동차 보급 예측

국내의 LPG 자동차 기술은 세계 최고의 수준으로 평가 받고 있으며, LPG 자동차 200만대 시대, LPG 차량보급대수 세계 2위 등은 국내의 LPG자동차 산업을 단적으로 보여줄 수 있는 수식어구들이다. 국내 LPG 자동차는 택시를 위주로 RV차량, 장애인차량 등으로 사용되고 있으며, 휘발유(49.8%), 경유(37.1%)에 이어 시장 점유율이 약 14.0%로 국내 수송용 에너지의 한 축을 담당하고 있다.

■ LPG 자동차의 위상

LPG 자동차를 모델로, 수소자동차 보급을 예측하기 앞서, 국내의 LPG기술 및 접근 환경에 관해 조사해 볼 필요가 있다. (김재형, 2007)LPG 자동차는 1960년대 LPG 택시가 시범 운행된 이후로 1982년부터 국내 정유공장에서 생산된 부탄 잉여분의 처리를 위해 보급이 본격화 되었다. 이후 정부는 관용승용차를 시작으로 LPG를 연료로 사용할 수 있는 차종을 확대시켜 나갔으며, 97년부터 외환위기를 겪으면서 값싼 연료를 찾는 소비자가 늘어나고 LPG용 RV가 대거 출시되면서 LPG자동

차는 선풍적인 인기를 끌고 있으며, 국내 LPG 자동차의 보급대수는 세계 2위의 성적을 거두고 있다. 세계LPG통계자료에 따르면 2005년 말을 기준으로 폴란드가 200만대의 LPG 자동차 보급대수를 나타내 세계 1위를 기록했으며 우리나라는 189만대로 2위에 포진했다. 그 뒤로 LPG 자동차가 많은 국가는 터키(150만대), 이태리(99만대), 멕시코(75만대), 호주(51만대) 등이 꼽혔다.

이와 같은 LPG차량의 국제적인 위상은 LPG를 자동차용 연료로 사용하는 국내에서 수소 등 다른 소수의 에너지가 보급 되었을 때, 보급 선례를 비교하여 예측할 수 있는 좋은 조건이 된다. 특히 이와 같은 점은 수소에너지를 연구하고 있는 약 30개 국가 중 거의 유일하게 자동차용 수소 연료를 연구할 수 있는 조건으로 경쟁국가 대비 보급 환경 연구에 우위를 점한다고 할 수 있겠다.

■ 수소자동차의 특징

(Jean-Luc Wingert, 2007)수소에너지의 첫 번째 특성은 질량 대비 에너지 함유량이 많다는 것이고, 두 번째 특성은 바로 부피대비 에너지 함유량이 매우 적다는 것이다. 즉 차량에 수소를 싣기 위해서는 압축

을 하거나 액화를 해야 하는데, 압축의 경우 350bar¹⁶ 내지 700bar 를 압축해야 자동차 한 대를 충분히 움직일만한 수소를 얻을 수 있다. 또한 압축하는 과정에서 저장된 에너지의 15%가량이 압축을 통하여 소비가 되며, 액화의 경우 저장되는 에너지의 50% 가량이 액화하는 과정에서 소비된다. 또한 절대온도에 가까운 -253°C 라는 온도를 유지해야 하므로 비록 적은 에너지이긴 하지만 계속해서 에너지를 소비해야 한다. 저장이 해결되었다고 가정 하다면, 남은 문제는 추진력이다.

추진력은 크게 두 가지 방법으로 얻을 수 있는데, 첫 번째는 수소를 인화성가스로 사용하여 전통적인 내연기관 방식으로 연소를 하는 방법이 있는데, 이는 언급한 바와 같이 부피대비 에너지 밀도가 낮아서 그다지 유리하지 못하며, 두 번째 방식은 연료전지를 사용하여 전기를 얻는 방식인데, 효율은 좋지만 비용이 많이 들고, 아직 수명도 제한적이다.

주요한 문제점들을 검토해본 결과 수소는 가까운 미래를 위한 해결책이 되지 못 할 수도 있다. 어쩌면 전혀 도움이 되지 못 할 수도 있다. 수소에너지에 관해 과학자들도 매우 회의적이다.¹⁷ 하지만, 수소에 대한 열광의 이유는 간단한데 비료제작과 석유화학산업, 반도체 산업에

¹⁶ 상압의 350배, 혹은 수심 3.5Km에서 작용하는 압력이다.

¹⁷ (Jean-Luc Wingert, 2007)p.234

도 사용되는 등 수소가 큰 시장을 가지고 있기 때문이다.

미국의 경우 강력한 로비가 수소 산업을 떠받치고 있는데, 미국 정부는 자동차 회사와 석유 회사를 포함한 산업 관계자들과 협력하여 앞으로 5년간 수소 연구 및 개발 계획에 5억7,500만 달러를 투자할 예정이다.¹⁸ 캘리포니아가 그 선두에서 수소충전소로 이루어진 조직망을 구성하는 프로젝트를 실시하고 있으며, 2010년까지 170개를 설치 하려는 목표를 가지고 있다. 일본과 유럽, 한국 역시 나름대로 관련 계획을 가지고 있다. 실제로 모든 자동차 회사들이 수소자동차 시제품 운영에 열을 올리고 있으며, 최근 리스(lease) 형태의 상용화를 선보이기에 이르렀다. 사람들이 수소에 열광하는 또 다른 이유는, 무공해 기술이라는 점이 일반 대중에게 매우 좋은 이미지로 작용하고 있기 때문이다.

■ 수소자동차 보급 예측

제 1절에서의 휘발유 및 경유를 사용하는 일반차량과 LPG를 사용하는 LPG 차량의 주유소와 충전소의 자료를 바탕으로 2절~ 4절에서는 수소자동차 보급모델을 선정하여 실제 각 지역의 보급량과 수소충전소 보급모델을 가정하여 실증적인 예측을 진행하도록 하겠다. 1절에서

¹⁸ 위의 책 p.235

평균 일반차량대비 LPG 차량과 일반주유소대비 LPG충전소는 각각 14%와 12%로 지역적인 편차가 있기는 하지만, 거의 유사하다고 판단하였다. 즉, LPG 자동차는 1970년대부터 특정 차량 혹은 특정 계층을 위해 보급되어 현재와 같은 수요와 공급의 시장상황을 평균화 시키는데 30년이 넘는 시간이 걸렸다. 현재는 LPG 충전소의 접근 편리성이 일반 주유소와 비슷한 수준이라고 볼 수 있다. 바꾸어 얘기하면, 수소자동차 및 수소충전소의 기술적인 특징과 보급모델에 LPG연료의 보급사례를 연구하면, 수소자동차 몇 대당 몇 개소의 수소충전소가 필요한지에 관한 결론이 나올 것으로 예상된다.

먼저, 수소자동차의 보급모델을 선정하기 위해 (수소연료전지사업단, 2004.7)을 이용하여 아래의 보급모델을 만들었다.

- 2012~15년 사이 일반인을 대상으로 수소자동차 보급이 진행되며, 보급은 특정 도시나 지역 혹은 특정 차량에 국한하지 않는다.
- 특수목적 혹은 특정계층만을 위한 연료는 아니다.
- LPG 차량의 보급 특성과 유사하게 보급이 진행되며, 지역별 차량 보급률을 따라 보급이 진행된다.

수소연료전지 사업단의 보고를 인용하면, 2010년도에 1만대의 보급이 진행되며, 2020년도에 150만대, 2030년 300만대, 2040년 900만대

의 보급을 예상하고 있다. 상기의 보급모델과 지역별 차량 등록률을 바탕으로 전국의 보급상황을 예측하면, 2008년 현재, 각 지방의 차량 등록률을 기준으로 차량이 가장 많이 등록된 지역은 경기도로 전체 차량의 23%가 등록이 되어 있으며, 뒤를 이어 서울이 18%, 경남 지역이 7%로 조사되었다. 그리고 조사한 바와 같이 소수에너지인 LPG 차량 역시 일정한 비율로 조사되었다. 일반자동차의 지역별 등록률을 기준으로 수소자동차의 지역별 보급을 예측하여 보면, 도입기인 2010년경 1만대가량의 초기 소량생산 및 보급 시, 가장 많이 보급될 지역은 경기도로 전체 차량의 23.1%인 2,313대, 뒤를 이어 서울지역에는 전체 보급 차량의

| 수소 자동차 보급 | | | | | |
|-----------|-------|--------|-----------|-----------|-----------|
| 단위 : 대 | | | | | |
| 시도별 | % | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 |
| 전국 | 100% | 10,000 | 1,500,000 | 3,000,000 | 9,000,000 |
| 서울특별시 | 17.8% | 1,777 | 266,519 | 533,038 | 1,599,115 |
| 부산광역시 | 6.1% | 609 | 91,362 | 182,723 | 548,169 |
| 대구광역시 | 5.3% | 532 | 79,728 | 159,455 | 478,366 |
| 인천광역시 | 5.2% | 520 | 77,960 | 155,920 | 467,761 |
| 광주광역시 | 2.8% | 282 | 42,257 | 84,514 | 253,543 |
| 대전광역시 | 3.2% | 322 | 48,328 | 96,656 | 289,967 |
| 울산광역시 | 2.5% | 248 | 37,248 | 74,496 | 223,487 |
| 경기도 | 23.1% | 2,313 | 346,879 | 693,757 | 2,081,277 |
| 강원도 | 3.4% | 338 | 50,659 | 101,319 | 303,956 |
| 충청북도 | 3.4% | 338 | 50,675 | 101,350 | 304,051 |
| 충청남도 | 4.5% | 451 | 67,687 | 135,374 | 406,123 |
| 전라북도 | 3.9% | 389 | 58,282 | 116,563 | 349,690 |
| 전라남도 | 3.0% | 300 | 45,467 | 90,935 | 272,804 |
| 경상북도 | 6.1% | 615 | 92,201 | 184,402 | 553,206 |
| 경상남도 | 7.4% | 739 | 110,809 | 221,617 | 664,852 |
| 제주도 | 1.4% | 140 | 20,940 | 41,879 | 125,637 |

*국토해양부 통계자료
*수소 연료전지 사업단 기획보고 2004.7

17.8%인 1,777대, 7.4%가량인 739대 가량이 경남지방에 보급될 것으로 예측되었다. 성장기인 2020년경 150만대 보급을 기준으로 가장 많이 보급될 지역은 경기도로 전체 차량의 23.1%인 346,879대 뒤

표 14-수소자동차 보급 예측

를 이어 서울지역에는 전체 보급 차량의 17.8%인 266,519대, 7.4%가량인 110,809대 가량이 경남지방에 보급 될 것으로 예측 되었으며, 성숙기인 2040년경 900만대 보급을 기준으로 가장 많이 보급될 지역은 경기도로 전체 차량의 23.1%인 2,081,272대 뒤를 이어 서울지역에는 전체 보급 차량의 17.8%인 1,599,115대, 7.4%가량인 664,852대 가량이 경남지방에 보급 될 것으로 예측되었다. <표 14참고>

석유고갈의 문제와 지금과 같이 풍족한 에너지사회를 유지하기 위하여 석유를 대체 할 수 있는 신 에너지를 개발하기 위한 연구는 지금도 계속되고 있다. 특히, 운송부분의 성과는 괄목할 만 한데, 많은 과학자들의 부정에도 불구하고 수소자동차가 거의 유일한 해결책으로 자리잡고 있으며, 발맞추어 국가 차원의 많은 연구개발 비용을 쏟아 붓고 있다. (수소연료전지사업단, 2004.7)전문가들은 2010년경 수소사회로 진입할 것으로 예측하고 있다. 이는 부정 할 수 없는 현실이며, 발 빠른 에너지 전환을 이룩하여 국가 성장 동력으로 보는 것이 현명하다고 연구자는 주장한다.

제 3절 수소충전소(Station) 기술 동향

제 2절에서는 LPG 자동차를 보급모델로 선정하여 수소 자동차의 보급량을 예측하였다. 수소자동차의 보급량에 못지 않게 수소충전소의 기술 동향이 매우 중요한데, 이는 수요와 공급이라는 경제적인 이유를 배제하고, 수소자동차 운영을 위한 최소 충전소 수량 및 지역적인 위치를 예측하기 위해서는 수소자동차의 보급 이외 충전소의 기술 동향과 발전 방향 및 상용화 정도를 예측해야 정확한 계산이 가능하기 때문이다.

■ 수소 공급의 시스템적 접근

수소는 제조, 저장, 운송 등 복잡한 단계를 거쳐 이용되므로 수소의 제조분야부터 이용분야에 이르기까지 전 과정에 걸친 시스템적 접근을 통하여 비용효과적인 수소경제인프라를 구축할 필요가 있다. 수소제조를 제조장소의 관점에서 분류하면 대규모 수소제조 공장에서 생산하는 집중형과 수소를 이용현장에서 생산하는 분산형으로 구분된다. 수소충전소의 초기 진입단계에 있어서 수소제조 설비는 on-site형식의 분산형인, 소형($20\sim 100\text{m}^3/\text{hr}$ 규모) 제조 기술(액체수소, 압축수소, 화석연료 개질, 물 분해)이 주가 될 것이지만, 성숙단계에서는 수소 분배를 위한 인프라 구축과 함께 중앙집중식으로 대량($10,000\sim 100,000\text{m}^3/\text{hr}$)제조하여 수소충전소에 공급하는 off-site형식이 필요하게 될 것이다. on-site형식은

소형 수소충전소로 소용량 생산 규모이며 자체생산 및 현장충전이 가능하므로 분배를 위한 수송 인프라가 필요 없지만, off-site형식은 중앙집중식으로 대량 수소를 생산하고, 생산된 수소를 운반하기 위한 수송수단 및 분배 거리가 매우 중요한 비용 요소가 될 것이다. 파이프라인 혹은 고압 및 액체수소 수송용 트럭, 튜브 트레일러, 바지선, 철도 운송과 같은 인프라 시설을 필요로 한다.

(에너지경제연구원, 2008,2)수소경제 도래에 대비한 수소공급의 시스템적 접근보고서를 인용하면, 아래와 같은 정책 시사점을 찾을 수 있다.

- 초기 수소연료전지의 시장도입을 위해서는 주요 수소 수요발생 지역을 클러스터화 함으로써 수소경제 이행 초기단계에서 수요 및 공급을 특정 지역으로 집중화하여 비용 효과적인 이행 체계를 구축하는 것이 필요할 것으로 판단됨.
- 수소 수요량이 급격하게 증가할 것으로 예상되는 2030년 이후에는 집중형 수소생산이 도입되고, 집중형으로 생산된 수소는 대부분이 수소 파이프라인을 통해 수소 수요처로 운송될 것으로 전망됨. 따라서 집중형 수소제조시스템과 수소 파이프 라인 운송시스템을 연계하여 분석하고 투자계획을 수립할 필요가 있음.

- 에너지안보, 기후변화, 에너지 가격 및 비용, 경제적 및 기술 사회적 파급효과, 사회적 수용성 등을 종합적으로 고려하여 수소도입에 따른 에너지믹스의 최적조합을 찾아내야 할 것임.
- 수소경제로의 효율적 이행을 위한 시스템적 접근이 필요함. 수소경제의 시스템적 접근을 통하여 수소의 제조, 저장, 운송, 이용 등의 단위 시스템을 유기적으로 결합하여야 전체 시스템의 목표를 효율적이고 효과적으로 달성 할 수 있음. 따라서 우리나라도 국내 수소경제 시스템에 적합한 수소시스템 분석모형의 개발을 추진해야 할 것임.

■ 전세계 수소충전소 현황

수소충전소는 수소자동차 도입계획을 성공적으로 이끌어내기 위해 반드시 수반되어야 하는 필수적인 인프라이다. 주유소가 없는 자동차를 생각할 수 없듯 아무리 탁월한 성능의 수소연료자동차가 개발, 보급된다 해도 연료인 수소를 공급해주는 수소충전소의 지원 없이 수소자동차는 결코 존재할 수 없기 때문이다. 따라서 수소자동차를 연구하는 각국은 수소충전소 확충을 위하여 정책적인 지원에 많은 힘을 쓰고 있다.

수소충전소 보유국 또는 보유예정국은 유럽지역이 독일, 포르투갈, 스페인, 스웨덴, 벨기에, 이탈리아, 룩셈부르크, 아이슬란드, 덴마크,

영국, 네덜란드, 프랑스 등 16개국으로 가장 많으며 미주지역이 미국, 캐나다, 멕시코, 브라질 등 4개국, 아시아지역은 일본, 한국, 싱가포르, 홍콩, 대만, 중국, 인도 등 8개국, 그리고 오세아니아의 호주와 아프리카의 이집트를 포함해 총 30개국에 이르는 것으로 추정된다. 대륙 별로 수소충전소의 숫자를 살펴보면 독일을 정점으로 한 유럽과 미국을 전면에 내세운 미주지역이 각각 30개소 정도의 수소충전소를 보유, 양강구도를 형성하고 있으며 경제대국 일본이 앞장서고 있는 아시아가 신흥강자로서 뒤를 바짝 추격하고 있는 양상이다.

국가별로는 WE-NET(World Energy Network) 프로젝트를 등을 통한 정부의 적극적 투자를 등에 업은 일본의 약진이 눈에 띈다. 일본은 미국이나 독일보다 10년 가량 뒤진 지난 2001년에야 처음으로 자국 내 연구용 수소충전소를 준공했지만 이후 3년간 집중적인 투자와 지원을 단행, 지금은 전세계 국가 중 미국과 독일에 이어 3번째로 많은 수소충전소를 자국 내에 보유하고 있다. 특히 현재까지 발표된 각국의 수소자동차 도입계획 및 수소충전소 건설계획을 비교할 때 2010년에 이르면 일본은 미국, 독일을 제치고 단일국가로는 세계최다 수소충전소 보유국가로 등극할 것이 확실시된다.

■ 국내 수소충전소 현황 및 연구 진행 방향

국내의 수소충전소는 연료전지자동차의 시험 운행을 위한 수소 공급의 시범적인 인프라로서 구축되어 있는 대부분의 실증용 수소충전소는 압축 수소 방식의 저장법을 사용하고 있다. 수소충전소의 종류는 수소제조방식에 의해 구분할 수 있으며 현장에서 수소를 생산하는 현장생산방식(on-site production type)과 원격지에서 생산된 수소를 수송하여 공급하는 방식(off-side production type)의 두 가지로 구분할 수 있다. 이러한 수소 제조방식은 운영하는 수소충전소의 목적에 따라 선택하고 있으며, 수소 제조기술개발 및 수소 공급 인프라 실증연구를 위한 수소충전소는 전자의 방식을 주로 사용하고 있고, 연료전지 자동차의 실증 운행 및 모니터링에 중점을 두는 수소충전소는 후자의 방식을 사용하고 있다. 2007년 현재 국내에 설치된 수소충전소는 총 6 개소이며, 이들의 특징은 다음과 같다.

현대자동차 수소충전소

(가스저널 , 2004)현대자동차는 2001년 5월 경기도 화성의 남양 연구소 내 정치형 수소충전소를 구축하였다. 본 수소충전소는 고순도 수소를 400 bar로 압축 저장하고 350 bar로 연료전지 차량에 충전 가능한 시스템이다. 수소 72 Liter 충전 시 15분이 소요된다. 또한, 2005년에는 이

동식 수소충전소 설비 구축을 완료하고 인허가 작업을 진행하였다. 이동식 수소충전소도 충전압력은 350 bar이며, 충전용량은 40대/일의 규모이다. 현대자동차는 용인시 마북 지역의 환경기술 연구소 내에 700 bar 수소충전소를 건설하였으며, 연료전지 버스와 연계 운전 중이다.

KIER 수소충전소

한국에너지기술연구원 내에 설치된 KIER 수소충전소는 수소에너지사업단의 지원으로 2003년 10월부터 2006년 3월까지의 1단계 기술개발 사업에 의해 설치되었으며, 2006년 8월 25일 준공식을 개최하였다. KIER 수소충전소는 천연가스 수증기 개질 방식의 수소 제조장치를 이용하여 현장에서 수소를 제조하는 현장 생산형 수소충전소에 해당한다. 2006년 4월부터 개시된 2단계 사업에서는 천연가스 수증기 개질 방식의 20 Nm³/h급 고순도 수소 제조장치 국산화 기술개발이 진행 중이다. 한국에너지기술연구원은 자체 개발된 고분자연료전지 시스템을 탑재한 근거리용 연료전지 차량과 소형 연료전지 버스를 이용하여 수소충전소와 연료전지 자동차를 연계 운영하고 있다.

한국 가스공사 수소충전소

(수소연료전지사업단, 2007)한국가스공사는 수소연료전지 사업단의 지원

으로 30 Nm³/hr급 충전소 건설 및 실증 연구를 2004년 9월부터 진행하여 2006년에 가스연료를 이용한 수소 제조장치를 포함한 수소충전소 구성 설비를 인천 연수구 LNG 인수 기지 내 부지에 도입, 설치 완료하였고, 인허가 작업을 진행하였다. 2007년에는 수소충전소 실증 운전과 기술 개선을 목표로 하고 있으며 현대자동차의 참여로 연료전지 자동차를 이용한 실증 테스트를 계획하고 있다.

GS 칼텍스(주) 수소충전소

(수소연료전지사업단 , 2007)GS 칼텍스는 액체원료를 이용한 수소충전소 건설 및 실증 연구를 수소연료전지 사업단의 지원으로 수행하고 있으며, 나프타¹⁹ 개질법을 이용한 수소 발생 장치를 수소 공급원으로 사용하고 있다. 2004년부터 입지 선정 및 수소충전소 설계 작업을 거쳐 2007년에는 30 Nm³/hr급 수소 발생 장치, 수소 가압 장치 및 저장 설비의 설치 작업을 완료하였다. GS 칼텍스는 기술적인 측면 외에 수소경제 홍보효과를 극대화 할 수 있는 서울 중심지인 서대문구 신촌동 도로변에 수소충전소의 입지를 선택한 것이 특징이다.

¹⁹ 석유, 콜타르, 함유 셰일(含油shale) 따위를 증류하여 얻는 탄화수소의 혼합물. 휘발성이 높고 타기 쉬우며, 끓는점이 낮다.

SK(주) 수소충전소

(수소연료전지사업단, 2007)앞서 소개한 한국가스공사, GS 칼텍스 수소충전소와 마찬가지로 수소연료전지 사업단의 지원으로 구축되는 수소충전소로서 SK는 수소충전소 구축과 병행하여 수소충전소 국산화 기술개발을 진행하고 있다. 수소제조방식은 LPG를 이용한 30 Nm³/hr급 현장 생산 방식을 이용하였으며, 수소제조장치의 국산화 기술개발을 위하여 수소충전소를 위한 개질 가스의 수소 분리/정제 요소 기술개발(KIST), 촉매 연소형 reforming system 원천 기술개발(KIER), 수소충전소용 LPG 및 액체연료용 고성능 탈황 기술개발(KRICT)을 국내 주요 관련 기관과 협동으로 연구하고 있다.

국내의 수소 스테이션의 장기 계획은 2012년까지 총 50기의 수소 스테이션을 보급하고, 중장기 목표로 200Nm³/h급 수소 스테이션의 상용화를 목표로 연구를 진행 중이다. 하지만 우리나라의 수소에너지 관련 기술력은 선진국들에 비해 약 10여 년 정도 뒤쳐져 있다는 것이 전문가들의 일반적인 시각이며, 수년 전에야 비로소 본격화된 정부의 수소 프로젝트 관련 투자도 미국, 일본, 유럽 등의 국가들과 비교하면 극히 미미한 것이 사실이다. 이 같은 상황에서 우리나라가 수소에너지를 통해 에너지독립을 이룩하고 미래수소경제시대를 주도하기 위해서는 국가적

차원에서 앞으로 더욱 많은 관심과 지원, 투자가 단행되어야 하는 것은 분명한 사실이다.

제 4절 수소충전소 보급예상

제 3절에서 언급한 바와 같이 수소충전소는 각국의 수소자동차 도입계획을 성공적으로 이끌어내기 위해 반드시 수반되어야 하는 필수적인 인프라이다. 각국 정부가 수소자동차 도입계획 수립 시 반드시 수소충전소 건설계획을 함께 마련하는 것과 미국, 독일, 일본 등 수소자동차 도입을 서두르고 있는 국가일수록 수소충전소의 건설 및 수소충전시스템 기술개발에 한층 적극적으로 매진하고 있는 것도 같은 맥락에서 이해할 수 있다.

일례로 비교적 단기간 내에 신속하게 수소자동차를 상용화시킬 계획인 일본은 수소연료전지 자동차 도입과 맥을 같이하여 2010년까지 도쿄를 비롯한 3대 대도시에 500개소의 수소충전소 건설을 추진하고 있다. 이어 2020년까지 서비스지역을 주요 대도시로 확대, 수소충전소 숫자를 3천5백 개소로 늘리고 최종적으로 2020년경 일본 전역에 총 8천5백 개소의 수소충전소를 설립할 계획이다. 이는 2010년 50개소의 수소충전소를 건설할 계획인 우리나라와 비교하면 매우 빠르며, 과감한 도입

계획이다. 또한, 국내에 발표된 보고서 및 관련학회의 논문은 수소자동차 보급에 따른 충전소 보급 및 보급모델에 관한 실증연구가 미진상황이며, 수소에너지시대를 대비하기 위해 필수적인 연구분야라고 주장한다.

■ 수소자동차보급에 따른 충전소 계산 모델

먼저 계산에 앞서, 국내 차량의 연간 운행 기준과 수소자동차의 연비를 알아볼 필요가 있다. 앞서 밝힌 바와 같이 국내 차량의 평균 운행거리는 연간 21,000km정도이며, 현재 시험운행중인 수소자동차는 연

비가 약 100km/kg이며, 상용화는 대략 120km/kg의 연비로 예측이 되고 있다.

제 II장 4절의 연구 내용을 바탕으로 100만대의 차량이 보급될 2020년을 기준으로 계산하면, 100만대의 차량이 연평균 21,000km를 120km/kg의 연비로 운행한다고 가정하면, 연간 필요한

| |
|---|
| *100만대의 연료 전지 차량 보급시 |
| 연간 21,000Km운행 기준 |
| 120Km/Kg 연비 기준 |
| 연간 필요 수소량 : $(21,000 \times 1,000,000) / 120$ |
| 175,000 ton |
| Station당 200Nm ³ /h 생산 기준: |
| $200\text{Nm}^3/\text{h} \times 0.08923\text{Kg}/\text{Nm}^3 \times 24\text{hrs} \times 330\text{days}$ |
| 단위 station 당 연간 141 ton 생산 및 충전 가능 |
| 필요 Station 수량 : $175,000 / 141$ |
| 1,241 개소 |
| 단위 Station당 연간 충전 차량: $1,000,000 / 1,241$ |
| 806 대 |
| 단위 Station당 1일 충전가능 차량수: $(141,000 / 365) / 3$ |
| 128.7 대 |
| * 차량 1대당 3Kg 충전기준, 24Hrs 영업 기준 |

수식 1-수소충전소 수량 계산식

수소는 대략 175,000ton이다.

현재 시험운영중인 수소충전소는 시간당 30Nm³/h의 수소생산 및 충전능력을 보여 주고 있으며, 상용화 시 시간당 200Nm³/h의 용량을 목표로 개발 중에 있다. 즉, 시간당 200Nm³/h의 용량을 330일 24시간 운영을 기준으로 환산하면 1기의 수소충전소는 카트리지방식 혹은 파이프라인 방식으로 수소를 공급을 받거나, 혹은 개질법으로 생산된 수소를 연간 141ton 압축하여 차량에 충전을 시킬 수 있다는 계산이 나온다. 이를 연간 수소 필요량인 175,000ton으로 나누면, 최소 전국에 100만대의 수소자동차 운영을 위하여 1,241개소의 수소충전소가 필요한 것으로 계산이 된다. <수식 1 참고> 100만대의 차량을 기준으로 약 806대당 1개의 수소충전소가 있어야 한다는 결론이다. 이는 (수소연료전지사업단, 2004.7)의 866대당 1개소라는 계산 값과 비교적 유사하나 최근의 기술동향이 적용된 정확한 계산이라고 할 수 있겠다.

또한, 1회 완충 3kg를 기준으로 1개소의 수소충전소는 1일 128대를 충전시킬 수 있다는 계산이 나온다. 이를 제 1절 및 2절에서 조사한 지역별 국내 자동차 보급률을 기준으로 계산을 하면, 수소자동차 100만대 보급 시, 현재 지역별 국내 자동차 보급률을 따라 경기도에 전체 차량의 23.1% 및 그에 따른 수소충전소가 각각 231,252대 및 287개소가 그 뒤를 이어 서울에 전체 차량의 17.8% 및 그에 따른 수소충전

소가 각각 177,679대 및 220개소가 경남지역에 전체 차량의 7.4% 및 그에 따른 수소충전소가 각각 73,872대 및 92개소가 부산과 경북지역이 서로 비슷하게 전체 차량의 6.1% 및 그에 따른 수소충전소가 각각 6만 대 및 76개소가 최소한 필요한 것으로 예측할 수 있다. 물론 여기에는 보급에 따른 수요와 공급이라는 경제적인 이유를 제외하고, 단순히 수소 자동차의 연비 및 주행 거리, 수소충전소의 1일 충전 가능량 등 다양한 기술적인 요소들을 복합하여 계산하였다. 일부의 계산 값은 기술의 개발 정도를 볼 때 거의 목표 값까지 근접한 것도 있지만, 일부는 상용화까지 기술개발 및 발전을 통하여 달성해야 할 목표도 있다. 하지만, 본 계산을 통하여 우리는 상용화에 앞서 보다 정확한 예측을 통해 기술의 상용화에 따르는 사용 및 보급 인프라 구축에 포커스(Focus)를 맞추어야 한다. 인프라구성은 기술 보급 및 상용화의 척도로 개발에 따르는 기술보급을 위해 경영논리를 바탕으로 기술전략, 기술개발 관리, 기술산업화를 통하여 외부 기술환경, 경쟁환경, 시장환경 등 외부 환경에 적절하게 대처하여 최종적으로 신기술인 수소자동차의 사업화, 보급화가 중요한 시점이다.

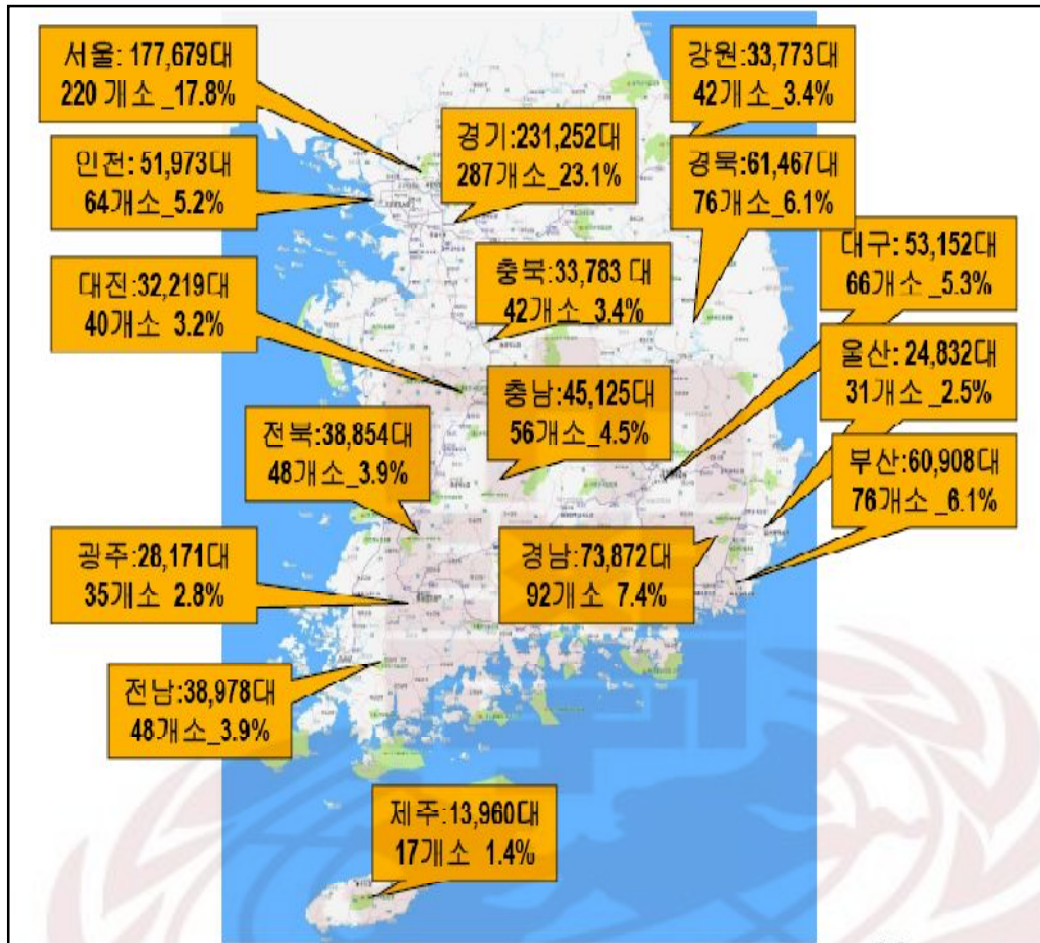


그림 2-수소자동차 100만대 보급기준 전국 보급예측

연구자는 현재 수소자동차의 기술개발현황과 LPG연료의 보급사례를 조사하였고, 현재와 같은 지역별 자동차 보급률과 여러 연구기관 및 관련산업의 기술개발 상황을 면밀하게 조사하여 수소자동차 100만대 보급시점인 약2020 초반 <그림 2>과 같이 수소자동차의 지역적인 보급과 그에 따른 필수 인프라인 수소충전소 개수를 예측한 결과를 얻을 수 있었다. 아울러 (수소연료전지사업단, 2004.7)현재 수소충전소 1기당 건

설 비용은 30Nm³/h 용량규모로 약 30억 원이며, 상용화 목표는 200Nm³/h 용량 규모로 건설 비용은 약 30억 원이다. 2020년 초반 수소자동차 100만대 보급 시, 약 3.7조원 가량의 수소충전소 건설 및 장비 시장이 형성이 되며, 현재 1kg당 5,000원 가량의 수소가격을 감안해 보면 연료에 부과되는 세금을 제외하고 2020년경 연간 8,750억 원의 자동차용 수소연료시장이 형성될 전망이다. 이는 현재 에너지 시장을 점유하고 있는 정유 회사와 수소기술력을 보유한 가스업계, 수소 제조사, 수소충전소 장비업계 사이에 큰 시장이다. 여러 산업에 있어서 수소의 에너지화는 중요한 도약대가 될 것이 분명해 보인다.

제 IV장 수소자동차 시대를 위한 준비

제 1절 정유회사 및 가스회사의 연구

제 1,2,3장을 통하여 지구온난화와 석유류 고갈의 이유를 들어 석유에너지 사회에서 저 탄소사회인 수소사회로의 전환은 필연적이란 점을 주장하였으며, 수소자동차 산업을 선점하기 위한 인프라 구축의 중요성과 더불어 수소자동차 100만대 보급을 기준으로 탄생될 수소 및 충전소 시장을 예측하였다. 하지만, 기존 석유에너지 사회에서 수소에너지 사회로의 전환을 하는 데는 여러 문제점이 있다. 특히 관련 투자비 마련 등의 문제와 기존의 이익집단인 정유회사, 가스회사, 자동차회사, 정부 등의 이해관계가 가장 큰 문제이다. 4장에서는 수소자동차 및 인프라 구축에 관련된 산업들의 연구개발 상황 및 준비상황을 점검하고, 각 산업간의 연계와 수소에너지부분의 정책적 시사점 및 투자 방안을 제시하도록 하겠다.

■ 정유회사 및 가스회사의 연구

저 탄소사회인 수소에너지사회에서 에너지공급원을 맡게 될 산업은 크게 두 개의 산업으로 나뉠 수 있는데, 기존 석유에너지 사회에서의 주요한 에너지 공급원이었던 정유산업과 수소사회가 주목 받음에 따라 주목을 받고 있는 가스산업이다. 국내의 가스산업은 크게 LPG를 공급하

는 한국가스공사와 각 지방의 도시가스 공급업체, 그리고 산업용 가스산업 등 크게 3부분으로 나뉘어 진다. 어느 가스산업을 막론하고 수소사회로의 진입은 가스회사에서 에너지회사로의 발전을 꾀할 수 있는 큰 호재이다. 반면 정유회사는 기존의 원유 시추, 운송, 정제, 시장 공급이라는 막대한 임무에서 가스라는 새로운 산업으로 진출을 해야 살아남을 수 있는 중대한 기로이기도 하다. 물론, 현재의 진행 상황으로는 어느 산업이 수소에너지 공급의 막대한 주도권을 쥐게 된다고 예측 할 순 없다. 다만, 수소자동차, 수소인프라라는 큰 도전을 앞두고 막대한 연구 개발과 투자만 진행되고 있을 뿐이다.

먼저 가스산업의 이점을 살펴보면, 일반적인 수소공급 시나리오는 다음과 같이 볼 수 있다. 대량 수소를 생산하고, 생산된 수소를 운반하기 위한 수송수단 및 분배 거리가 매우 중요한 비용 요소가 되는데 파이프라인 혹은 고압 및 액체수소 수송용 트럭, 튜브 트레일러, 바지선, 철도 운송과 같은 인프라 시설을 필요로 한다. 이러한 기술은 이미 천연가스 등 가스 산업에서는 사용되고 있는 기술과 유사하다. 바야흐로, 가스산업에서 에너지용 가스산업시대가 열리려 하고 있다. 이미 가정용 최종 에너지 소비를 보면, 전기, 석유, 가스가 각각 30% 정도 차지하며, 석유는 점차 가스로 전환되어 가는 추세이다. 수소를 에너지원으로 쓴다면 그 양도 막대하고 인프라 등 이뤄내야 할 부분도 적지 않다. 가스 산

업에서 이미 갖춰온 경험과 기술이 다시 한번 부각될 시기가 온 것으로 평가를 하고 있다.

기존의 에너지 공급 업체인 정유산업 역시, 다가오는 수소에너지 사회에서 다시 한번 주요 에너지 공급산업이 되기 위해 많은 연구를 진행하고 있다. (조선일보, 2008)SK에너지는 2000년대 들어 'R&BD(Research & Business Development)'라는 차세대 경영시스템을 도입했다. 대상 분야도 폴리머, 특수폴리머 등의 개발과 석유·유탄유 및 석유화학사업의 수익성 향상은 물론 신 재생에너지, 환경·정보통신 신소재 같은 다양한 미래 유망 분야를 총망라한다. 특히 SK에너지가 공을 들여 성과를 거두는 분야는 '수소에너지'와 '하이브리드 자동차용 전지'(HEVB)분야이다. SK에너지는 1990년대 초부터 연료전지 분야에서 역량을 축적해왔으며 수소를 만드는 연료처리장치분야에선 독보적 입지를 구축했다는 평이다.

이를 바탕으로 2004년에는 수소연료전지 자동차에 수소를 충전할 수 있는 수소충전소 기술을 국산화하려는 지식경제부의 국책과제의 주관기관으로 선정됐고 2008년에는 자체 개발한 수소제조장치를 적용한 수소충전소를 대전의 SK기술원에 완공했다.

현재의 정책관점은 기존의 에너지 공급원인 정유회사나 새로이 에너지 시장의 진입을 꾀하고 있는 가스업계 어느 쪽에도 일방적으로 손

을 들어주고 있지는 않다. 다만, 수소경제의 도입을 촉진하기 위하여 정부는 두 산업계가 함께 공존할 수 있는 방안을 찾고 있다. 특히, 수소충전소 분야의 산업화 방안의 선두기업(leading company)이 SK(주), GS 칼텍스 정유, 한국 가스공사인 것을 봐도 잘 알 수 있다. 정부는 1단계인(2003~2005) 기술개발 및 신뢰성 확보, 2단계인(2006~2008) 실증 적용, 3단계인(2009~2012) 시장진입 준비 단계로 나누어 제조단가 절감 및 시범보급 수량, 소요 예산 등 분야별 목표를 설정하고, 수행주체인 선두기업(leading company)을 선정하여 시스템 평가 및 운영 관리 체계 구성에 주안점을 두고 있으며, 2012년 이후 수소 산업이라는 신 산업을 창출할 것으로 내다보고 있다.²⁰

(수소연료전지사업단, 2004.7)국내에서 진행 중인 수소충전소부분의 연구 방향을 살펴 보면 SK, GS 칼텍스, 한국 가스공사를 주축으로, 관련된 부품업체는 덕양에너지, 로템 등이 맡고 있다. 주요 기술적 연구 사항으로는 독자 기술 확보, 설비 제조단가 절감 (30Nm³/h 30억 → 250Nm³/h 30억), 부품기술 국산화, 전기분해에 의한 충전소(station)보급 등이다. 2012년까지 단기 목표로는 50기 보급목표를 달성하는 것과 독자기술 확보 및 제조 단가를 절감하는 것이다. 또한 실증 및 시범보급

²⁰ 수소연료전지분야 산업화 방안 (2005.11 수소 연료전지사업단)에서 인용

규모 및 예산으로 2012년까지 수소충전소 50기의 건설 및 운영을 위해 총 2,508억 원이 집행될 예정이다. 집행 예산은 정부와 설치 지자체, 생산자가 될 것이다. <표 15 참고>

■ 각국의 수소충전소 기술

실제 실증사업의 결과로 서울지역에 GS 칼텍스, 인천광역시에 가스공사, 경기도에 현대자동차, 대전광역시에 SK에서 수소충전소를 건설 시험 운영 중에 있다. 하지만, 국내의 수소충전소 기술력은 수소 선진국에 비해 많이 뒤져있는 상황으로 (강석훈최상진,김종옥, 2007)수소자동차를 개발 중인 30개국의 자료를 조사하면, 발표 논문과 관련 특허의 경우의 경우 수소자동차 선두 국가인 미국은 571건의 논문과 1,023건의 특허를 보유하고 있는 반면, 한국은 발표논문 199건, 관련 특허 69건으로 특허 기술에서 많은 차이점을 볼 수 있다. 수소충전소의 핵심 장비인 디스펜서의 경우 국제적으로 발표된 특허는 2008월, 11월 특허청 기준

(단위:억원)

| 구분 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 계 |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| I. 연구개발 | | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 700 |
| 1.대수 | | | 3 | 5 | 7 | 9 | 12 | 14 | 50 |
| 2.단가 | | | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | |
| 3.소개 | | | 90 | 150 | 210 | 270 | 360 | 420 | 1,500 |
| 4.지원율 | | | | | | | | | |
| 5.정부지원 | | | | | | | | | |
| III.운영지원 | | | 8 | 13 | 22 | 40 | 75 | 150 | 308 |
| IV.투자 총액 | | 100 | 198 | 263 | 332 | 410 | 535 | 670 | 2,508 |

표 15-수소충전소 투자비용

40여건이며, 국내 특허 등록 현황은 현대자동차와 덕양에너지에서 등록한 3건이 전부이다²¹. California Fuel Cell Partnership 등과 같이 수소자동차를 개발하는 단체는 현재, 수소에너지분야의 국제표준을 제정예주안점을 두고 있는데, 특허권이 수적으로 열세인 한국은 불리한 입장다. 한국의 연구 성과가 국제적 표준으로 인정을 받기도 힘든 상황이며, 또한 국내의 연구개발이 타국의 특허권을 침해할 가능성도 높다.

수소충전소기술은 기술분야에 핵심 기술을 가지고 있는 몇몇 다국적기업의 선점이 두드러지는데, 미국의 Air-products 사의 경우 2007년 기준 전세계 70여개 이상의 수소충전소를 설치 및 운영 하고 있으며, 지금도 세계 여러곳에서 충전소를 건설중에 있다. 최근 Harvest Energy Technology, Inc를 인수하는 등 적극적인 자세로 수소시장 및 차세대에너지시장을 선점하기 위해 매진 중에 있다²². 다른 수소자동차 형태인 BMW이 개발 중인 액체 수소를 이용한 내연기관의 수소자동차는 독일의 가스회사인 Linde사가 -230℃의 액체 수소를 충전하는 기술력을 확보 하고 있으며, 최근 BMW사의 하이드로젠 7의 국내 발표 시 경기도이천에 액체 수소충전소를 임시설치 운영하였다. 이 문제에 관해 연구자는 일부 핵심기술을 국내 자체개발보다는 해외의 선진 기술합작 혹은 기

²¹ <http://www.kipo.go.kr/> 검색자료

²² <http://www.airproducts.com> 검색자료

술제휴 등을 이용하여 보다 빠른 수소에너지산업으로의 진입이 시급하다고 주장한다.

제 2절 자동차 회사의 동향

수소에너지시대를 목전에 두고 있는 가운데 관련 산업인 자동차 산업은 사활을 걸고 연구 개발에 돌입하고 있다. 특히, 2008년 여름 일본의 혼다는 클리어티라는 수소자동차를 시범 생산, 연구목적이 아닌 월 600달러의 상업용 리스(lease) 형태로 미국 내 상업화를 시작하였으며, 향후 3년간 200대를 미국에 공급할 예정이다. 그런데 중요한 점은 리스(lease) 신청을 위해 5만 명 이상의 지원자가 나왔다는 점이다. 이는 아직 수소인프라가 부족한 상황이지만, 현재의 기후변화, 석유류 고갈 문제를 일반 소비자도 깊게 인식하고 이러한 문제점 해결을 위해 행동을 보이고 있다는 증거이다. 폭발적인 반응에 힘입어 혼다는 수소연료전지 자동차개발에 박차를 가하겠다고 밝혔다.²³ 이에 따라 여러 자동차 업체는 수소연료전지 차량의 시장성 확인에 고무되어있다.

²³ http://news.sbs.co.kr/section_news/news_read.jsp?news_id=N1000432830 인용

■ 국내 자동차 회사의 사업화 방안

(수소연료전지사업단, 2004.7)한국의 수소자동차 개발은 차세대 수소자동차 산업을 선점하기 위해 수송용 연료전지의 사업화 방안을 구성해 놓고 있는데, 선두기업(leading company)으로 현대자동차가 주축이 되고 있으며, 현대자동차의 부품업체인 현대모비스, 하이스코, 두원공조 및 연료전지 업체인 LG화학, 케피코, 평화오일셀, 퓨어셀파워 등이 참여하여 사업화 방안을 진행하고 있다. 진행되고 있는 주요 기술적 사항으로는 수명, 냉 시동성, 신뢰성, 보급수량 및 기술개발을 통한 제조단가절감, 관련 부품의 국산화를 목표로 진행하고 있다. 2012년까지 단기 목표로는 승용차 3,200대 버스 200대등 단기 보급목표 달성과 승용차 1억, 버스 3억으로 제조 단가를 줄이는데 있다. 또한 연구 개발 비용으로 2012년까지 1조 6천억 원 가량이 투자될 예정이며, 투자비용은 정부, 지자체, 생산자 및 소비자가 담당 할 예정이다. <표 16 참고>

| 구분 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 계 |
|------------------------|----------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| I. 연구개발 | 250 | 320 | 330 | 350 | 350 | 350 | 330 | 330 | 2,610 |
| II. 보급 지원 (FCV) | 1. 대수 | 5 | 5 | 90 | 100 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 3,200 |
| | 2. 단가 | 10 | 10 | 10 | 6 | 3 | 3 | 3 | |
| | 3. 소계 | 50 | 50 | 900 | 600 | 3,000 | 3,000 | 3,000 | 10,600 |
| | 4. 지원율 | | | | | | | | |
| | 5. 정부 지원 | | | | | | | | |
| III. 보급 지원 (FCB) | 1. 대수 | 1 | 1 | 2 | 4 | 12 | 50 | 130 | 200 |
| | 2. 단가 | 30 | 30 | 30 | 30 | 20 | 20 | 10 | |
| | 3. 소계 | 30 | 30 | 60 | 120 | 240 | 1000 | 1300 | 2,780 |
| | 4. 지원율 | | | | | | | | |
| | 5. 정부 지원 | | | | | | | | |
| IV. 생산 설비 용자 | | 60 | 60 | 100 | 100 | 100 | 200 | 200 | 820 |
| V. 투자 총액 | 250 | 460 | 470 | 1,410 | 1,170 | 3,690 | 4,530 | 4,830 | 16,810 |

표 16-수소자동차 개발비용

실제 연구 성과로는 현대자동차가 2000년 3월부터 세계적인 연료전지회사인 유티씨 파워(UTC Power)사와 공동으로 연료전지자동차를 개발해 2000년 10월 제 1세대 산타페 연료전지자동차 개발에 성공했다는 점이다. 2000년 6월에는 세계에서 6번째로 캘리포니아 연료전지자동차 파트너십(Partnership)에 가입하였으며, 2001년 6월에는 세계 최초로 연료전지자동차에 350bar 수소충전시스템을 적용했다. 이와 함께 유티씨 파워사와 2003년 5월부터 연료전지자동차 공동개발을 시작한지 1년 6개월 만에 시동성 주행성 안전성 등 연료전지자동차의 핵심기술을 획기적으로 개선한 제 2세대 투싼 연료전지자동차를 개발했다.

80kW 연료전지스택과 리튬 폴리머 배터리가 탑재된 투싼 연료전지자동차는 영하 20℃에서도 시동 가능한 신기술을 적용함으로써 기존

연료전지자동차의 단점이었던 영하온도에서의 저온 시동성 문제를 개선하였으며, 350bar(3.5kg) 수소저장 탱크를 적용, 주행성을 개선하여 1회 충전 주행거리를 160km에서 300km까지 확대시켰다. 연료전지시스템을 차량 밑 부문에 설치했던 기존 싼타페 모델과는 달리 엔진 룸에 탑재하고, 고출력의 리튬 폴리머전지를 개발해 장착함으로써 출력성능을 최고 속도 124km/h에서 150km/h대로 향상시켰다. 안전성 측면에서 기존 연료전지자동차의 취약점으로 지적됐던 후방 충돌 시 발생할 수 있는 수소탱크 및 배관의 손상을 막을 수 있도록 설계되었으며, 충돌에 따른 수소누출을 차단하기 위한 수소 누출 감지·충돌센서를 적용하는 등 미국 자동차 충돌법규를 만족시키는 수준으로 안전성을 확보하였다. 또한 현대자동차는 현재 약 80%의 운전장치 부품을 국산화하는데 성공했다고 밝혔다.

한편, 수소연료전지 버스의 발전도 눈부신데 독자기술을 사용해 출력 160kW, 압축수소 350bar, 하루 충전거리 300km 성능을 자랑한다. 상용화를 위해 2010년에는 연비 향상과 냉 시동성을 포함한 주행성능, 동력성능 및 안전성을 더욱 개선해 양산체제를 구축할 계획이다

현재 연료전지자동차 스택(Stack)의 수명은 약 1,500시간이다. 일반 자동차 수명으로 환산하면 약 3년에 해당한다. 하지만 연료전지자동차가 내연기관차량과 동등한 상품성을 갖기 위해서는 최소한 5,000시

간(차량내구수명 10년)의 내구성이 확보돼야 할 것으로 분석된다. 지금까지의 연구 결과로 미루어 볼 때 수소자동차는 더 이상 상상 속의 자동차는 아니며, 국내 자동차 산업의 미래이자, 희망인 것이다.

■ 세계 각국의 현황

현재, 수소자동차를 연구하고 있는 국가는 약 30개국 정도이며, 이들 국가 중 연구 성과가 괄목할만한 일본, 미국, EU 및 중국의 현황을 살펴보도록 하겠다.

(최상진, 김종욱, 강석훈, 2007.01)일본은 2002년 12월 도요타와 혼다가 관공서를 대상으로 리스(lease)방식으로 한정 판매한 것을 시작으로 리스(lease)판매의 확대를 각 자동차메이커가 국토 교통성 장관의 인증취득을 추진 중이다. 현재 일본에서 번호판을 달고 주행하고 있는 연료전지자동차는 총 47대이며, 일본의 ‘연료전지 실용화 전략회의’에 따르면 일본은 연료전지자동차의 보급 목표를 2010년에 5만대, 2020년에는 500만대, 2030년에는 1,500만대 가량으로 잡고 있다. 2010년까지는 도쿄, 오사카 등 대도시 주변지역을 중심으로 하고, 2020년에는 일본 전역으로 보급을 확대한다는 방침이다.

미국은 2015년 양산에 들어가 2020년부터 본격적인 양산체제에 돌입한다는 계획이다. 2010년에는 1만2000대의 연료전지자동차를 보급

할 계획이고 캘리포니아에 수소충전소 200기를 공급할 전망이다. 또한 2020년부터는 33만대를 미국 전역에 보급할 예정이다. GM은 2010년 상용화에 들어가 향후 10년간 전세계를 대상으로 약 100만대의 연료전지자동차를 판매할 것으로 알려졌다. GM은 오펔 자피라를 베이스로 한 하이드로젠3를 개발해 연료전지자동차의 개발지원 및 정책수립에 영향력을 행사하는 연방정부 및 의회 관계자들에게 직접 시승 기회를 부여하고 있다. 포드는 소형차 포커스를 베이스로 한 수소연료전지 자동차를 시험운행 중이다. 그러나 업계에 따르면 포드는 촉매로 사용되는 백금의 조달과 인프라구축 등의 문제로 2015년까지는 판매실적이 부진할 것으로 예상된다. 이에 따라 포드는 하이브리드 차와 연료전지자동차의 중간 단계로 수소내연엔진 자동차에 주력하고 있다.

EU의 다임러클라이슬러(DCX)는 타사보다 앞선 1990년부터 연료전지자동차 개발을 개시, 1994년 세계 최초의 연료전지자동차인 ‘네카(Necar) I’를 발표했다. 이 회사는 7,000만 달러를 투자해 세계 각 지역에서 가장 많은 연료전지자동차를 운행 중이다. DCX는 수소직접 탑재형 연료공급방식을 2003년부터 채택하고 있다. 이렇게 개발된 ‘F 셀(Cell)’은 미국, 유럽, 일본, 싱가포르 등지에 임대방식으로 보급되고 있다. DCX는 또 연료전지버스 ‘Citaro’를 유럽 10개 도시에 판매에 들어갔다. BMW는 보조전원용 연료전지(5kW급)를 수소자동차에 탑재할 예정이며,

폭스바겐은 2002년 'BORA'를 베이스로 시작 차를 개발, 스위스에서 시험 운행 중이다.

중국은 1990년부터 차량용 연료전지 개발에 들어갔다. 우한대학은 후베이성 지방정부와 지원과 동풍자동차의 위탁을 받아 연료전지자동차를 개발 중이다. 25kW급 MEA 양산 라인을 보유해 직접 코팅 방식인 CCM(Catalyst Coated) 타입으로 제작하고 있다.

이처럼 많은 국가 및 관련 자동차 업체는 정부 및 연구기관의 막대한 개발지원을 받으며 수소자동차를 선점하기 위해 박차를 가하고 있다. 하지만 국내의 연구 개발 비용은 1조 6천억 원 가량으로 선두 국가인 미국, EU에 비해 턱없이 적으며, 관련 기술 역시 부족한 실정이다. 현재 시점에는 국가 차원의 대규모 투자만이 국내 산업 총 생산량의 10%를 차지하고 있는 자동차 산업이 추후, 더 많은 고용과 생산량 창출을 보장하기 위한 제일의 방편이라 본 연구자는 주장한다.

제 3절 국제적 협력

수소연료전지 분야를 차세대 성장 동력으로 육성하고 국제적인 경쟁력 확보를 위해서는 실질적 의미의 국제협력이 필요하다는 것은 새삼 강조할 필요가 없다. 최근 IEA(International Energy Agency), IPHE(International Partnership for Hydrogen Economy)와 같은 국제기구를 통하여 수소연료전지 분야의 국제적 공동개발 노력이 진행되기도 하지만 미국, 일본, 유럽을 중심으로 상호 양자간 공동기술개발 협력을 맺는 등 선진국 간의 기술개발 위험 분산 및 기술 독점화가 시도되고 있다. 이에 대한 국가 차원의 적극적인 대비가 절실히 요구되는 상황이다. 이런 맥락에서 산업자원부는 2003년부터 IEA 연료전지 위원회에 전문가 파견 및 보고회의 등을 조직화 하는 등 기존 활동을 강화하는 한편, IPHE 및 관련 APEC 회의에도 적극참여 하는 등 국제협력 활동을 본격화하고 있다. 또한 2003년 초 과학 기술부의 주제로 국제협력을 위한 수소 및 연료전지 분야의 ITRM(International Technology Roadmap)이 작성된 적이 있다. 그러나 현재 국제 협력 사업은 정부 관련 부서 및 민간 기관에서 독립적으로 추진되고 있어 국가차원의 조직적인 관리 및 성과가 기대하기 어려운 상태이다. 따라서 상용화 및 국제 표준이 진행되어가는 중요한 시기에 국제협력을 통한 국가적 이익을 극대화하고 상용화를 달성하기 위한 총체적 검토 및 방법론 설정이 매우 중요한 상황이

다.

■ 국제 협력 기구

현재, 수소에너지분야에는 크게 IEA (International Energy Agency) 및 IPHE(International Partnership for Hydrogen Economy) 두 개의 국제 협력 기구가 있다. 이들의 설립 목적과 연구 방향은 아래와 같다.

1. 국제에너지기구(IEA, International Energy Agency)

경제협력개발기구(OECD)의 산하기구로서, 국제에너지기구(IEA)는 제1차 오일 위기 다음 해인 1974년에 설립되었다. 수소의 생산, 저장 그리고 최종 이용 기술의 향상과 수소의 도입과 광범위한 이용을 가속하기 위하여 수소협정(Hydrogen Agreement)으로 알려진 수소생산이용 프로그램을 1977년에 착수하였고, 많은 나라들이 IEA 수소프로그램에 공동으로 참여하고 있다. 이와 같은 협력에 힘입어 이미 재생 가능한 수소생산과 고체 저장 물질에 있어 중요한 진보를 이루어냈으며, 통합 수소에너지 시스템들을 평가하고 최적화하는 도구의 개발을 이끌었다. 이외에 IEA SolarPACES Implementing Agreement에서도 Task II로 Solar chemistry research를 포함하고 있는데, 여기에서는 열화학적 수소제조 방법이 연구되고 있다.

IEA의 수소 및 연료전지 분야의 현재 진행 중인 연구협력 내용은 생물학적 수소생산 기술, 광화학적 수소생산 기술, 탄소함유물질을 이용한 수소생산기술, 수소저장기술, 고체 및 액체상태의 수소저장물질, 통합시스템기술, 선진연료전지기술, 수송용 연료전지기술 등이 포함되어 있다.

2. 수소경제를 위한 국제파트너십 (IPHE)

2003년 1월 미국 부시 대통령이 연두교서에서 “Hydrogen Fuel Initiative” 발표한 이래로, 수소 및 연료전지기술의 잠재적 협력분야를 발굴 및 증진을 목적으로 하는 “수소경제를 위한 국제 파트너십(IPHE)”이 동년 11월 20일 워싱턴에서 IPHE 창립 각료회의를 개최하면서 발족되었다. IPHE는 10년 계획 프로그램으로서 수소경제로의 조기이행을 위한 다자간 연구개발, 실증, 상용화를 위한 법령, 표준, 규정 등의 정책 및 기술지침을 개발을 주목적으로 하며, 국제 협력 증진을 위한 지원 및 사회경제적, 정책적 현안 등이 검토되고 있다. 초기의 IPHE의 파트너 국가는 오스트리아, 브라질, 캐나다, 중국, 프랑스, 독일, 아이슬란드, 인도, 이태리, 일본, 한국, 러시아, 영국, 미국, 노르웨이 등 15개국과 EC(European Commission)이다.

3. 기타 국제 협력

대규모의 수소생산과 관련하여 원자력은 주요한 역할을 할 수 있는데 이는 물의 전기분해에 의한 수소생산 공정에 전기를 공급함으로써, 혹은 화석연료 전환공정이나 열화학적 사이클 공정에 고온의 열을 공급함으로써 이루어진다. 2003년 미국 에너지성은 2015년까지 INEEL에 수소생산 실증원자로 개발을 추진하고, 2010년까지 연구개발비 10억 달러 투자를 발표하였다. 미국이 주축으로 제안한 Gen IV는 차세대 원자로에 대한 가능성을 타진하기 위해 구성되었으며, 우리나라도 원자력수소분야 등에 동참하고 있다.

FutureGen 프로그램은 석탄이 다른 화석연료자원과 비교하여 상대적으로 풍부한 연료이기 때문에 석탄에서 수소를 만들고 전기를 생산함에 있어 이산화탄소의 분리 및 처리까지 고려하여 경제적, 기술적 가능성을 검증하는데 목표점이 있으며, 석탄이 풍부한 미국이 주도하여, 이 분야의 국제공동 연구를 모색하고 있다. 이미 G7 계획으로 관련기술인 IGCC(석탄가스화 복합발전) 프로그램을 진행한 바 있었던 우리나라는 석탄수소관련 기획을 수행하고 있으며, 풍부한 해외의 석탄자원을 활용할 기술을 확립하여 현지 석탄자원 개발에 참여하여 수소를 공급받는 것이 중요한 방향이 될 것으로 본다.

효율적인 국제협력을 위해서는 현재 정부부서 또는 기관별로 산

만하게 진행되고 있는 수소·연료전지 분야의 사업 추진을 일원화할 필요가 있는데, 이를 위해서는 국가 차원의 총괄 주관기관을 설립하여 국가적 이익을 극대화 하기 위한 국제협력 전략 수립 및 IEA와 IPHE와 같은 국제기구 협력 사업을 수행하고, 기술개발 및 보급에 관련된 개별 기관은 필요한 국제 협력을 범 국가적 틀 안에서 각각 추진하는 바람직하다고 생각된다.

수소경제는 앞으로 우리 경제와 사회, 문화 전반에 일대 폭풍과 같은 대변혁을 몰고 올 것이 분명하다. 정부는 이러한 수소경제의 도래에 대비하는 시대적 요청에 부응하여 2005년을 수소경제 준비원년으로 삼고, 수소경제에 대한 국가비전을 세우고 장기 로드맵을 작성하여 미래 수소경제의 원활한 이행에 도움이 되도록 하였다. 이러한 수소경제 마스터플랜(Mater Plan)은 미래에 불어 닥칠 수소경제의 도래에 대비한 사전 준비작업으로서 밑그림을 그리는 것이고, 국내 에너지정책 방향의 수정 및 개편과 함께 마스터플랜(Mater Plan)에 기초하여 세부 액션플랜(Action Plan)의 수립 및 법제도 정비에 만전을 기해야 할 것이다. 이와 함께 현행 수소·연료전지사업단과 수소프런티어사업단, 에너지기술연구원 및 관련기관 및 조직의 상호연계 및 업무분장이 요구되고, 더 나아가서 기존 에너지관련 장단기 계획과의 연계도 필요한데, 예를 들어 2005

년에 수립한 수소경제 마스터플랜은 물론이고 중기계획인 수소연료전지 중단기 국가기술로드맵과 더 크게는 제3차 국가에너지기본계획, 제2차 신 재생에너지 기본계획, 에너지비전 2030 등이 그 것이다.

단기적으로도 해결하고 넘어서야 할 여러 가지 과제와 장애물들이 많다. 수소경제의 본격적 전개에 앞서 기술개발 및 개발된 기술의 실증시험사업의 원활한 진행을 위해 기술 및 제품의 인증사업 그리고 국제표준화가 요청된다. 이는 대국민 홍보 및 국민적 합의 도출을 위해서도 필요하다. 그리고 수소·연료전지 산업화 육성을 위한 관련법 상의 안전기준, 기술 및 제품의 규격, 표준에 관한 규정을 마련하는 것도 시급하고 연구자는 주장한다.

제 4절 투자방향

우리나라는 부존자원이 거의 없어 소요에너지의 97%를 수입에 의존하고 있고, 그 대가로 연 300억 달러가 넘는 외화를 써야 하는 상황이다. 더구나 인구밀도가 높고 대도시에 대부분의 인구가 집중되어 있는 상황에서, 자동차 등록대수가 1,300만대를 넘어 환경오염으로 인한 대기질의 악화는 간과하지 않을 수 없다. 이러한 사정을 감안할 때, 우리나라가 수소에너지에 거는 기대는 그 어느 나라보다 크다 하겠다. 하지만, 에너지의 높은 해외 의존도는 수소경제를 이루는데 있어서 국내

자급 가능한 에너지, 상대적으로 저렴한 에너지를 이용하여 최대한 에너지 믹스(Mix)를 구성해야 함을 의미한다.

■ 신 성장동력

중장기적으로 수소연료전지 자동차는 거스를 수 없는 대세이며, 현재 기술개발 정도를 감안할 때 시기의 문제가 있을 수 있겠지만, 대략 2012년을 기점으로 상용화가 예상된다. 하지만, 자동차 개발과 수소충전소 인프라 구축을 위한 막대한 비용, 수소생산 방법의 개발, 기술의 표준화 및 국제화 등 넘어야 할 산이 높다. 이중 큰 걸림돌이 되는 것 중 하나가 막대한 투자비용 문제이다. 이는 하나의 기업이나 산업에서 부담하기에는 막대한 금액이며, 국가차원의 지원 만이 수소에너지사회를 이끌어가기 위한 기술력의 밑거름이 될 수 있다.

이에 관해 (김승룡, 2008)2008년 9월 청와대에서 이명박 대통령 주재로 열린 ‘그린에너지산업 발전전략’ 보고회에서 지식경제부는 대기업, 중소기업, 지자체, 공공기관 등 각계 인사 200여명이 참석한 가운데 구체적인 실천목표 및 계획을 발표했다.

그린에너지산업 발전전략은 그린에너지분야에 대한 선택과 집중으로 선진국과의 기술격차를 조기에 해소하고, R&D부터 수출산업화까지 전주기적 지원체계 구축을 통해 글로벌 그린에너지 강국을 실현한다는

계획이다. 지식경제부는 이를 위해 크게 4가지 유형으로 묶어 체계적인 방안을 제시했다. 먼저 세계시장이 급성장하고 있으며 국내 연관 산업이 발달한 태양광, 풍력 등 4개 분야를 우선 성장 동력화해 나가기로 했다. 시장규모와 성장잠재력이 큰 9대 분야에 대해 민.관이 공동으로 향후 5년간 총 3조원(정부 1조7000억 원, 민간 1조3000억 원)을 투자해 오는 2012년까지 선진국수준의 기술력을 확보할 계획이다. 개략적으로 태양광은 2020년에 화석연료 수준의 경제성을 확보하고, 수소연료전지는 2015년에 kw급 가정용 전지 양산기술을 개발하는 등 분야별로 설정된 목표를 달성해 나갈 것이라고 지식경제부는 설명했다. (박성만, 2008)신 성장동력 보고대회에서 녹색성장과 일자리 창출을 이끌 신 성장동력 22개가 최종 선정됐다. 정부와 민간은 신 성장동력에 5년 동안 99조4천억 원을 투자해 새로운 일자리 88만개를 창출한다는 계획을 세웠다. 위의 사실로 미루어 보면 신 에너지 및 대체 에너지, 친환경 에너지에 관한 투자는 향후 급속하게 증가될 것으로 예상이 되며, 향후 그의 중요성과 파급효과에 관해 중요성을 정부가 인지 하고 있는 것을 알 수 있다. 친환경 에너지 가운데 핵심은 수소에너지이며, 수소자동차는 수소에너지의 최고의 산물이라고 연구자는 주장한다.

■ 수소자동차 투자재원

다른 성장 동력들과 달리 수소자동차 및 관련 산업은 혁신적인 투자비 재원을 마련할 수 있는데, 바로 탄소 배출권의 거래이다. 2005년 교토의정서 발효에 따라 세계 9위 이산화탄소 배출국인 우리나라는 2008년부터 시작되는 첫 번째 이산화탄소 의무 감축국에서는 빠졌지만, 오는 2013년부터 시작되는 다음 번 의무 감축국에 포함될 것이 틀림없다. 한반도를 환경 재앙에서 지켜내기 위한 대책뿐 아니라 국제사회의 일원으로서 이산화탄소 감축 의무를 충실히 이행하기 위해서도 시급히 대책을 마련해야 하는데, 언뜻 보면 이산화탄소를 줄이기 위한 길은 멀고도 험난해 보인다.

몇 년 안에 획기적인 친환경 에너지가 개발될 가능성은 만무하고 풍력 태양력 등 신 재생에너지의 발전 속도는 늘어가는 에너지 수요량을 감당하기에 턱없이 부족한 이때, 수소자동차의 빠른 보급은 이산화탄소를 줄이는데 아주 큰 보탬이 될 것이다. 탄소 배출권의 소유는 교토의정서 제17조에 규정에 의해서 배출권 거래를 위한 크레딧(Credit)을 의미하는데, Annex i 국가(40개국)는 의정서에서 규정한 배출권(AAU, CERs, ERUs 등)을 다른 Annex i 국가들에게 매매할 수 있다.²⁴

²⁴<http://kin.naver.com/detail/> 에서 인용

2005년 탄소 배출권 거래를 기준으로 중형차 1대를 연간 평균 운행 21,000km를 기준으로 계산하면 1일 이산화탄소 배출량은 12.7kg으로 이를 금액으로 환산하면 중형차 1대당 하루 약 313원 꼴이 된다. 연간으로 환산하면, 중형차 1대당 약 11.4만원, 수소자동차의 100만대 보급을 기준으로 계산하면 연간 약 1.1천억 원의 탄소 배출권 거래 금액을 확보할 수 있으며,²⁵ 지속적으로 탄소배출 권의 거래가격은 증가 될 것으로 예측된다. 또한, 같은 기간 동안 10km/L 연비를 기준으로 중형차 1대가 연간 2,200L 소비하는데, 수소자동차 100만대 보급 기준으로 연간 3조 3천억 원의 유류비 절감이 예상되며, 막대한 수입대체 효과를 이룰 것으로 전망 된다. 이를 세금으로 부과한다면, 수소자동차의 개발 비용과 막대한 인프라 구축 비용을 충당할 수 있음과 동시에 저 탄소사회로의 자연스런 진입이 이루어질 것으로 보여진다.

국내의 자동차 부분은, 국내 경제 기여도가 7% 이상이며, 이 분야의 해외 시장의 크기를 염두에 둔다면 기업체와 국가차원의 입장에서 세계수준에 도달하기 위한 노력을 게을리 할 수 없는 분야이다. 이미 현대자동차를 중심으로 이제 국내에서도 수소자동차가 소량 시험 생산되어 국내에서 운영되고 있으며, 2010년대면 상용생산을 목전에 두게 될 것이

²⁵ <http://www.co2diet.or.kr/> 에서 인용

다. 수소에너지경제 체제에 대한 인류의 오랜 꿈이 현실적으로 다가오는데 있어 기술적, 사회적 바탕을 다지는 일은 국가와 산업 경쟁력을 강화하는 길이라고 믿는다.

■ 인프라구성에 따른 수혜

연구자가 주장하는 수소자동차의 개발에 못지않게 중요한 것이 바로 수소제조 및 수소충전소를 구축하는 사용인프라 구축이며, 여러 산업이 관련 되어 있다.

수소경제의 진입 초기에는 기술력과 경험이 있는 가스업계와 기존의 에너지 공급업체인 정유산업의 막강한 인프라, 정책적인 보완을 담당할 정부가 기존 설비의 일부 재 이용을 선두로 수소경제에 진입 할 것으로 보이며, 추후 기존의 정유업계는 정유산업에서 수소산업으로의 전환이 이루어지지 않을 시, 쇠퇴의 기로에 접어 들 것으로 예상이 된다. 그 뒤를 이어 가스산업 특히, 90 년대 후반부터 반도체 산업의 발전에 힘입어 막대한 성장을 이룬 산업용 가스산업이 공정용 가스 산업에서 에너지 산업으로의 막대한 도약이 예상 되는 상황이다. 특히, 다국적기업인 Air-product & Chemical, Air Liquid, Linde Group, Praxair 등 산업용 가스업계는 수소충전, 디스펜서(Dispenser) 등 핵심 관련 기술에 관한 특허권 및 십 수년 이상의 경험을 가지고 있어, 국내 후발 주자들의 진입을 좌시하지 않을 것으로 예상된다. 다가오는 수소

저탄소 시대에는 바야흐로 에너지 기술의 전쟁이 될 것이라고 예상되는 바이다.

제 V장 결론

연구자는 수소제조 및 충전소 보급을 중심으로 한 수소자동차 인프라 구축을 위한 연구에서 수소에너지의 도입은 현재의 에너지 및 환경 분야의 문제에 대한 가장 큰 대안이 될 수 있는 해결책이라는 결론을 얻었으며, 세계 각국 및 각 관련 산업들은 수소энер지를 선점하기 위해 막대한 투자를 진행하고 있음을 알 수 있었다. 이러한 세계적인 동향을 비추어 볼 때 우리나라가 서둘러 수소 사용인프라에 관해 연구하고, 정책을 수립하여 추진하는 것은 에너지문제에 관한 대안이 적은 자원빈국으로 반드시 필요한 일이다. 본 연구를 통해 아래와 같은 연구 결과를 얻었다.

- 수소에너지사회로의 진입은 당면한 과제이며, 진입을 위한 과감한 투자, 보급 및 사용 저변 확대를 위한 인프라 구축이 당면한 과제이다. 기술의 상용화를 앞두고 있는 이때, 과감한 투자를 진행하여 수소에너지산업의 전반을 선점하여야 한다.
- 2004년 기준 국내 수소생산량은 976,610ton으로 생산과 소비에

균형을 이루고 있으나, 연료용으로 사용되는 122,743ton은 궁극적으로 다른 연료로 대체가 가능하기에 수소경제로의 진입 시 시장에 나올 수 있다. 이는 추가 투자 없이 약 70만대 가량의 수소자동차를 운영할 수 있는 양이다.

- LPG 연료를 보급모델로 하여, 일종의 소수연료가 될 수소자동차 및 수소충전소의 보급모델을 연구하면, 2020년경 수소연료전지 자동차 100만대 보급을 기준으로 최소 1,241개의 수소충전소가 필요하며, 기당 30억 기준, 약 3조 7천억 원의 수소충전소 시장이 형성된다.
- 정부 및 선두기업(leading company)을 중심으로 신 재생에너지에 관한 막대한 투자가 계획 되어 있으며, 특히, 수소자동차의 재원은 탄소 배출권 거래와 유류 소비량 감소를 유도하기 위한 세금부과 등으로 투자재원 마련이 가능하며, 이를 통하면, 자연스럽게 수소자동차 시대로의 진입이 가능 할 것으로 판단된다.
- 수소 인프라 구축사업은 일부 다국적 가스회사가 오랜 경험과 특허권을 보유하고 있어, 국내 신규기술개발은 용이 하지 않을 것으로 판단이 된다. 국제적 표준이 성립되는 이때, 신규 기술개발 보다는 기존의 개발된 기술을 이용하여 수소에너지 사회로의 진입을 가속화 할 필요가 있다고 판단된다.

- 수소자동차 도입 초기 기존의 에너지 인프라를 가지고 있는 정유 산업 및 LPG 산업과 기술력을 가지고 있는 가스업계 및 정책 지원을 할 정부가 중심이 되어 초기 수소충전소 및 공급인프라 구축을 진행할 것으로 보여지며, 기존 에너지 공급업계 특히, 정유산업은 수소산업으로의 전환 실패 시, 존폐의 기로에 서게 될 것으로 판단된다.

본 연구에서 연구자가 사용한 방법은 기술의 발전 예상을 중심으로 연구를 진행하였기에 많은 부분 불확실성을 가정하고 있다. 하지만 본 연구에서 도출한 결과는 수소자동차 산업의 전반을 자세하게 연구하여 일종의 가정과 보급모델을 만들었으며, 수소에너지로의 전환에 앞서 보다 큰 연구 시너지 효과를 유도할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 성장 잠재력이 풍부한 수소 시장에서 시장경쟁력을 강화해야 하며, 보급 및 보급 인프라 구축에 더욱 힘써야 할 상함임을 인지하여야 하고, 관계 산업들을 조율할 필요가 있다고 주장한다

참고문헌

- 가스저널 . (2004년 12월 16일). 수소충전소. “가스저널 ”.
- 강석훈최상진,김종옥. (2007). 국제에너지 현황 및 수소에너지 연구개발 동향. 한국수소 및 신에너지학회논문집.
- 고봉길. (2007년 12월 3일). [기획] 국내 산업용 수소시장을 진단한다. “가스산업신문”.
- “ 고압가스용기 ” . (2007년 4월 23일). Hydrogen Fueling Station Database: <http://blog.naver.com/ycin6306/90016788432>에서 검색된 날짜: 2008년 11월
- 김동옥. (2005). 알기 쉬운 수소에너지 . “한국수소 및 신에너지학회.” 수소에너지사업단.
- 김병호. (2008년 7월 3일). [기자 24시] 수소에너지 확산의 요건. “매일경제”.
- 김봉진, 김종옥, 최상진. (2006,3). 국내 수소생산 소비 및 유통 현황. “한국수소 및 신에너지학회 Vol. 16.”
- 김승룡. (2008년 9월 11일). `그린에너지산업 발전전략` 뭘 담았나. “”.
- 김재궁. (2005). 수소에너지와 연료전지기술. 한국과학기술정보연구원.
- 김재형. (2007년 5월 8일). 창간 18주년 특집/ 200만대 돌파 국내 LPG 자동차산업 . “디지털 가스신문 ”.
- 김종원. (2004). 수소에너지전망과 국제협력. 한국화학공학회.
- 김종원. (2005년 10월 11일). “한국에너지기술연구원.” 수소야 나오너라 미래로 가자: <http://h21.hani.co.kr/>에서 검색된 날짜: 2008년 11월
- 매일경제. (2008년 7월 28일). 신재생에너지 현장을 가다 2부. “매일경제”, 페이지: A14.
- 박성만. (2008년 9월 30일). “반대를 위한 반대’보다 올바른 대안 제시를”. 대한민국 정책 포털: <http://korea.kr/newsWeb/pages/>에서 검색된 날짜: 2008년 12월 03일
- 산업자원부. (2003). 제2차 신재생에너지 기술개발 및 이용보급 기본계획 . 2003~2012.
- 수소연료전지사업단 . (2007). “액체원료를 이용한 수소스테이션 건설 및 실증연구.” 광주.
- 수소연료전지사업단. (2007). “30 Nm³/hr급 수소스테이션 건설 및 실증

연구.” 광주.

수소연료전지사업단. (2007). “수소 Station 국산화 기술개발.” 광주.

수소연료전지사업단. (2004.7). “수소경제 지향국가 Vision 및 보급 목표 달성을위한 실행 방안.”

심규성,김종원,김정덕,황갑진,김홍선. (2002,12). 국내 부생수소 현황과 수소 유통 인프라. “한국수소 및 신에너지학회, 13권 제4호.”

양철승 . (2005년 10월). 전세계 수소충전소 운용 현황 및 연구개발 동향. “가스저널”.

양철승. (2006). 수소생산용 초고온원자로, 수소경제의 ‘藥’인가 ‘毒’인가. “서울경제 파퓰러사이언스”.

양철승. (2006). 친환경 수소자동차는 달리는 수소폭탄?! “서울경제 파퓰러사이언스”.

에너지경제연구원. (2008,2). “수소경제 도래에 대비한 수소공급의 시스템적 접근.”

이권진 . (2008년 10월 13일). “수소경제 전담기구 설립 추진해야”. “가스신문”.

이창환. (2004). 수소에너지 기술 .

임태원. (2003). 연료전지 자동차의 개발 동향. “수소에너지 기술 세미나.”

정선양. (2008). “전략적 기술경영.” 박영사.

정연진. (2006년 8월 30일). [미래를 여는 ‘희망 에너지’ 수소 -1-] ‘탄소경제’ 지고 ‘수소경제’ 핀다. “에너지경제신문”.

조선일보 . (2008년 7월 15일). 미래 위한 SK에너지의 연구는 계속된다 . “”.

중앙일보. (2008년 4월 16일). 자동차 운행 10% 줄이자 . “중앙일보”.

지식경제부 수송시스템산업과 김창규 과장, 남궁재용 사무관. (2008). “그린카 4대강국” 위한 산관협력 박차.

최상진, 김종욱, 강석훈. (2007.01). 국제에너지 현황 및 수소에너지 연구개발 동향. “한국수소 및 신에너지학회논문집18권, 2호.”

팬틴데이비드. (2008년 5월 6일). BMW 하이드로젠 7에 대한 BMW 그룹의 인터뷰. (카디시인사이드, 질문자)

Jean-Luc Wingert. (2007). “에너지 전쟁.” 파주: (주) 도서출판 청년사.

Rifkin, Jeremy. (2007). “수소혁명.” 서울: (주) 민음사.
T. Nejat VezirogluSahinSumer. (2008). 21세기의 에너지 - 수소 에너지 시스템. “Energy Conversion and Management”, 1820~1831.
“ Worldwide Hydrogen Fueling Stations ” . (2007). Worldwide Hydrogen: <http://www.fuelcells.org/>에서 검색된 날짜: 2008년 12월



Abstract

A Study on Construction of Infrastructure for Fuel Cell Electric Vehicle

-Forced on Hydrogen Production and Filling Station-

Hwang, Byung-Hee
Department of Global Business
Graduate School of Technology Management
Kyung Hee University

Existing hydrocarbon economy is faced with hydrogen economy. The purpose of this study is to estimate hydrogen production and filling stations for Fuel Cell Electric Vehicle which calls flower of hydrogen economy. According to hydrogen energy scientist, hydrogen economy is going to begin from 2010, and hydrogen is the only one alternative energy source for internal-combustion engines. For that matter, many countries are focused on hydrogen vehicle development and its infrastructure. With this study, researcher had estimated the amount of hydrogen used and required minimum hydrogen filling stations using method of technology forecasting and calculation as well. In this time, related industries and government need to focus on construction of infrastructure including filling station and hydrogen production plant because without infrastructure never come true hydrogen economy.

1. Huge investment was planned by government and leading companies for alternative energy source especially hydrogen energy. Carbon credit trading and imposing duty for saving oil

should be invested capital, through that smoothly comes into hydrogen economy.

2. Local hydrogen production amount was 976,610ton in 2004 and production and consumption remain balanced. Fuel gas of hydrogen which 122,743ton per year will come onto market when hydrogen economy comes true. This amount should be 700,000 FCEVs' yearly fuel.
3. According to model of LPG fuel popularization, researcher could research about minor fuel popularization and calculated 1,241 filling stations for 1,000,000 FCEVs and also huge investment should be good opportunities for related industries.
4. At the beginning of hydrogen economy, hydrogen filling station will be constructed by oil refining companies, gas companies and government. Especially, existing oil refining industries should not move to hydrogen energy, they will meet crisis. Plus, global gas industries will be focused as new generation of energy provider.

The researcher used method of technology forecasting and calculation which method has uncertainties. However, the conclusion should contribute synergy effect to related studies which covered the whole range of hydrogen energy.