

## 수소에너지 동향과 전망 Hydrogen Energy – Status & Prospect

김종원

한국에너지기술연구원 책임연구원

과학기술부 21세기 프론티어 고효율 수소에너지제조저장이용기술개발사업단장

미국이 이라크 등 중동과 중앙아시아에 대해 군사적 진출을 강화하고 있는 주목적중 하나는 석유자원 확보에 있다는 분석(CEO Information, No.423, 삼성경제연구소, 2003. 12.31)도 있듯이 에너지의 필요성은 재론할 필요조차 없게 되었다. 2002년도 IEA에서 나온 에너지통계(Key World Energy Statistics)에 의하면, 이라크의 원유수출량은 우리나라가 수입한 물량(123Mt)에는 다소 못미치는 102Mt이지만, 세계 7위에 해당하는 수출국이다. 이 나라의 불안요인은 산유국의 감산정책과 함께 그대로 원유가에 반영이 되어 배럴당 40\$대를 오르내리게 되었다. 미국에서는 갤런당 2\$선을 돌파하여, 대형차보다는 연비가 좋은 차량을 선호한다는 보도도 나오고 있다. 단순한 정정 불안에 의한 것이라기보다는 원유고갈이 현실화되는 전조가 아닐까 하는 불안감을 뉴욕타임스(2004.04.04)는 전하고 있다.

미에너지정보국(EIA)는 산업발전, 인구 증가 등으로 세계에너지 수요가 계속 증가해 2025년에는 2001년 대비 소비가 58% 증가할 것으로 전망하고 있다. 특히 저개발국의 경제가 발전하면서 에너지 수요가 급증하게 되어, 저개발국의 1인당 에너지소비가 OECD 국가의 1/2 수준으로 늘어난다고 가정하면, 현재 미국과 유럽을 합한 석유소비의 7배가 필요하다.

에너지경제연구원의 자료에 따르면, <표 1>과 같이 연간성장율을 1.9%대로 잡으면, 2020년에는 2001년 대비 44%의 에너지 수요 증가가 있을 것으로 보고 있다. 또한 대부분 에너지 소비증가는 개도국에 의한 것임을 전망하고 있다. (문영석, 미래에너지정책포럼 발표자료, 2004.2) 하지만, 주요에너지원의 가채년수로 보면, 석유는 2010-2020년, 천연가스는 2020년-2035년에 생산량이 정점에 도달할 것으로 보고 있다. BP에서 나온 statistical review of world energy 2003에 따르면, 2002년을 기준으로 한 가채년수는 석유 40.6년, 천연가스 60.7년, 석탄 204년이다. 따라서 향후 에너지원 특히 석유자원을 확보하기 위한 분쟁과 갈등은 더욱 심화되고, 북미 등의 석유고갈도 멀지 않았으며, 세계 매장량의 65%를 차지하는 중동 석유를 둘러싼 긴장이 고조될 것으로 보고 있는 것이다.

지구물리학자인 M.King Hubbert는 1956년 미국의 원유생산이 1970년대 초에 최고조에 달할 것이라고 정확히 예측한 바 있다. 당시 석유산업 내외부의 모든 사람들이 이러한 분석에 반론을 제기하였지만, 미국의 원유생산은 1970년 이후로 감소되기 시작하였다. Hubbert의 이론이 맞아떨어진 것이다. 이 이론에 따라 1995년경 분석한 바에 따르면, 세계원유는 2004년부터 2008년 사이에 최고조에 달한다고 예측되었으며, 이는 Nature, Science 및 Scientific American 잡지에 보고된 바 있다. 이 예측이 맞다면, 세계 경제에 지대한 영향을 줄 것이다. 아무리 가난한 나라라 할 지라도 연료는 필요할 것이기 때문이다. 이것이 가져다줄 이점은 이산화탄소 배출량이 줄어들 것이라는 점 밖에 없다. (Kenneth S.Deffeyes, Hubbert's Peak의 저자, 프린스턴 대학교 명예교수).

## 세계 에너지수요 전망

- 전세계 에너지 소비량은 2001년 404천조Btu에서 2020년 583천조Btu로 44% 증가할 것으로 전망 (1.9% AAGR)
- 에너지 소비량의 증가의 대부분은 개도국에 의할 것으로 예상(2.8%)

(단위: 천조Btu, 백만톤소톤)

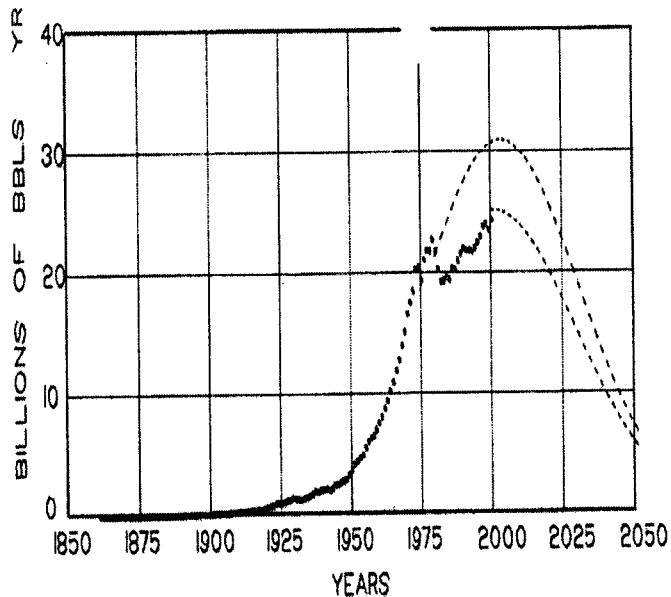
지역	에너지 소비량				이산화탄소 배출량			
	1990	2001	2010	2020	1990	2001	2010	2020
선진국	182.8	211.5	240.1	271.1	2,844	3,179	3,572	4,048
EE/FSU	76.3	53.3	65.9	76.7	1,337	856	1,038	1,178
개발도상국	89.3	139.2	174.7	235.3	1,691	2,487	3,075	4,137
아시아	52.5	85.0	110.1	151.9	1,089	1,640	2,075	2,837
중동	13.1	20.8	25.0	32.0	231	354	420	534
아프리카	9.3	12.4	14.4	18.0	179	230	261	326
중앙/남아메리카	14.4	20.9	25.2	33.4	192	263	319	440
전세계	348.4	403.9	480.6	583.0	5,872	6,522	7,685	9,372

[그림 1] 세계에너지 수요 전망(AAGR, annual average growth rate)

[그림 2]에서 오른쪽 아래 점선은 가채량이 1.8 trillion 배럴일 때, 오른쪽 위의 점선은 2.1 trillion 배럴일 때를 가정한 것이며, 2000년까지의 굵은 점은 실제

생산량을 나타낸다. 원유생산이 최고조에 달한 후 5~10년이면, 매장량의 한계로 점차 생산량이 감소하여 증대되는 수요에 못미치게 될 것이다. 새로운 탐사기술로 채굴가능한 매장량이 늘어나고, 새로운 기술로 에너지 소비를 줄인다고 해도 원유자체가 유한한 자원임에는 변화가 없다. 동원 가능한 기술을 이용하여 점진적으로나마 자원고갈을 대비하여야 한다. 인프라는 10~20년내에 급격히 만들어 질 수 있는 것은 아니기 때문이다. 뿐만 아니라, 화석연료 사용으로 인해 지구온난화가 가속화되고 있다. 대기중 이산화탄소 농도는 1750년 280 ppm에서 1999년 367ppm으로 급증하였으며, 이러한 증가율은 지난 2만년간 전례가 없는 것이다. (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2001)

지구온난화가 이 추세대로 계속될 경우 2100년 대기온도는 1990년 보다 2℃ 상승하고, 해수면은 50cm 상승하게 될 것이며, 생태계 파괴, 농업생산 감소, 각종 질병 발생을 초래하여 인류생존을 위협할 것이다. 1990년대 후반부터 본격화된 지구온난화 방지를 위한 국제적 노력이 1997년 교토의정서 (Kyoto Protocol)로 구체화되었으며, 이 의정서가 발효되면 석탄, 석유의 소비 억제가



[그림 2] Hubbert 이론에 따른 세계 원유 생산량 추이

불가피하게 될 것이다.

화석연료의 주요 사용처 중의 하나인 자동차의 배기가스 규제도 점차 강화되어 가고 있는 추세로서, 미국 캘리포니아주는 2005년부터 주 전체 판매 대수의 10%를 무공해자동차 (ZEV, Zero Emission Vehicle)가 차지하도록 할 방침이다.

이상과 같은 자원이나 환경문제를 고려한다면, 새로운 에너지 대안이 필요하다. 에너지는 국가경제 및 산업활동의 기반이지만 우리 기반은 매우 허약하다.

에너지 소비는 세계 10위, 석유소비 세계 6위이지만, 에너지 위기에 극히 취약한 구조이다. 경제규모에 비해 상대적으로 많은 에너지를 소비하며, 수입에너지 의존도가 97%이며, 석유의존도가 높아 에너지 환경 변화에 민감하다. 특히 석유의 중동의존도가 70% 이상으로서 특정 지역에 편중되어 있다. 2002년도 기준 GDP 중 8.2%인 375억\$를 에너지 수입에 사용하고 있으며, 에너지 수입액이 총 수입액의 18.9%를 차지한다. 에너지소비도 많아, 천\$ 기준 에너지원단위는 0.42TOE로서 일본과 미국에 비하여 매우 높은 값이다.

에너지로서의 수소 가치는 1973년 석유위기이후 석유고갈 및 환경오염의 심

## 우리나라 에너지 공급의 특징(1)

### □ 한국의 에너지 위치(2002년도)

- 에너지소비는 세계 10위 : 209.1백만TOE
- 석유소비 6위, 석유수입 세계4위, LNG 수입 세계2위

에너지관련지수	1980	1990	2000	2002
에너지 해외의존도	73.5	87.9	97.2	97.3
1차에너지 소비중 석유비중	61.1	53.8	52.0	49.1
원유 중동의존도	98.8	74.3	76.8	73.4
총수입 중 에너지비중	29.9	16.3	23.5	20.7

[그림 3] 우리나라 에너지수급 특징(1)

각성이 드러난 이후이며, 각국이 국가적 차원의 수소에너지연구계획을 시작한 이래로 최근 수소에너지의 생존력 확보를 위해 전 세계적으로 공동 노력하자는 것이 큰 흐름이다. 수소에너지 기술은 국가경쟁력 및 후손의 미래에 직결되는 등 개발 효과는 매우 크나, 투자회수기간이 길고, 인프라 등 공공부문의 지원이 필요하여 민간주도 개발이 어려워 대부분 국가주도로 지원하고 있다. 대규모 실용화를 목표로 1980년대 중반 독일에서 시작된 수소기술 개발계획은 이후 미국과 일본에서도 본격적인 계획 수립에 착수하여 미국은 1990년, 일본은 1993년을 기점으로 각각 대규모 수소기술 개발 프로그램(WE-NET)을 시작하였다. 또한 아이슬란드는 세계 최초로 수소에너지 경제권의 창조를 목적으로 국가프로젝트를 시작하였다.

미국은 2003년 1월 연두교서에서 부시대통령이 미국의 석유 해외의존도를 역전시킬 수 있도록 5년간 17억\$를 수소에너지분야에 투입할 것을 천명한 이래, IPHE (International Partnership for Hydrogen Economy) 등 여러 분야의 국제공동협력을 제안하고 있다. 수소에너지 관련 산업 및 국가 경쟁력을 향상을 위한 원천기술개발, 개발기술과 설비의 상용화를 위한 기술 실증 및 표준/기준 마련, 일반인 대상의 교육 및 홍보 프로그램을 통한 수소에너지에 대한 인식 전환, 수소에너지 도입 및 보급 정책 등이 체계적으로 이뤄지고 있는 상황인 것이다.

부존자원이 거의 없어 소요에너지의 97%를 수입에 의존하고 있고, 그 대가로 연 300억\$가 넘는 외화를 써야하는 현실이다. 인구밀도가 높고 대도시에 인구가 집중되어 있는 상황에서, 1300만대의 차량이 배출하는 환경오염도 우려하지 않을 수 없다. 이러한 사정을 감안할 때, 우리나라가 수소에너지에 거는 기대는 그 어느 나라보다 크다. 하지만, 에너지의 높은 해외 의존도는 역설적으로 우리 에너지문제는 우리 손에서 결정될 여건이 아님을 의미한다. 국내에서 자급할 수 있는 에너지, 상대적으로 저렴한 에너지를 이용하여 적절한 에너지 믹스(mix)를 구상하여야 한다.

수소에너지는 에너지매체로서 1차에너지를 소비하여 얻을 수 밖에 없으며, 이 과정에서 에너지손실은 필수적으로 뒤따른다. 단기적으로는 이미 상용화된 화석연료이용 수소제조 기술을 이용하고 장기적으로는 신재생에너지를 이용한다는 것이 수소경제를 대비한 각국의 단계별 진입 전략이다. 수소에너지시스템을 이루는 요소기술은 선진국들과 대등하게 다가오는 수소경제를 선도하기 위해선 필수 불가결한 분야이며, 에너지 수입국에서 에너지 강국으로의 진입에 중요한 역할을 담당할 것이다. 선진국 수준으로 끌어 올릴 수 있는 저력을 갖추기 위해서는 원천기술 개발을 중시하면서 단계적 시장 진입 전략과 지원으로 기술수준을 높이고 수소관련 인력양성 등 연구 인프라를 갖추어야 한다. 이미, 우리나라

에서도 수소에너지 제조·저장·이용 분야에서의 장기적 핵심원천기술개발과 이를 실증하는 연구는 과기부에서, 중단기적 실용화를 위한 산업체의 참여 연구과제 및 기술 지원은 산자부 주도로 진행하고 있다. 앞으로 과기부, 산자부, 건교부 등 각 부처간 협력체제를 구축하여, 수소에너지 제조·저장·이용 각 분야의 지원을 강화함으로써 국가 및 산업 경쟁력을 높여야 할 것이다. 국토도 좁고, 적도지역과 같이 일사 조건이 좋은 편도 아니며, 풍력 또는 바이오매스 자원도 풍부하지 못한 우리여건에서 시장 진입에 성공하고, 상업화 적용할 수 있는 수소에너지 기술은 전세계 어디에 내 놓아도 경쟁력이 있는 기술이 될 것이다.

([jwkim@kier.re.kr](mailto:jwkim@kier.re.kr), <http://www.h2.re.kr>)