

# 차세대 청정 에너지에 대한 경제성 평가

박정진

Michigan State University

To whom correspondence should be addressed e-mail: [jjpark@msu.edu](mailto:jjpark@msu.edu)

화석 연료의 수급 안정성 불안에 따른, 대체 연료 개발이 본격적이다. 대체 연료 중에서도 환경오염유발과 같은 과거의 잘못을 되풀이하지 않기 위한 현명한 선택을 하기 위한, 청정 에너지에 대한 관심이 많다.

화석 연료에 대한 의존도가 높은 자동차 산업이 발달한 미국이나 일본, 그리고 독일을 위시한 유럽연합에서는 연료 효율이 높은 자동차 개발과 함께, 차세대 친환경 에너지에 대한 요구가 점차 높아지고 있는 상황이다.

<표 1> 바이오 에탄올, 바이오 디젤, 수소 연료 그리고 연료 전지 생산성 비교

Table 1. Cost Share for Different Kinds of Biofuels, Hydrogen, and Fuel Cell Production<sup>a</sup>

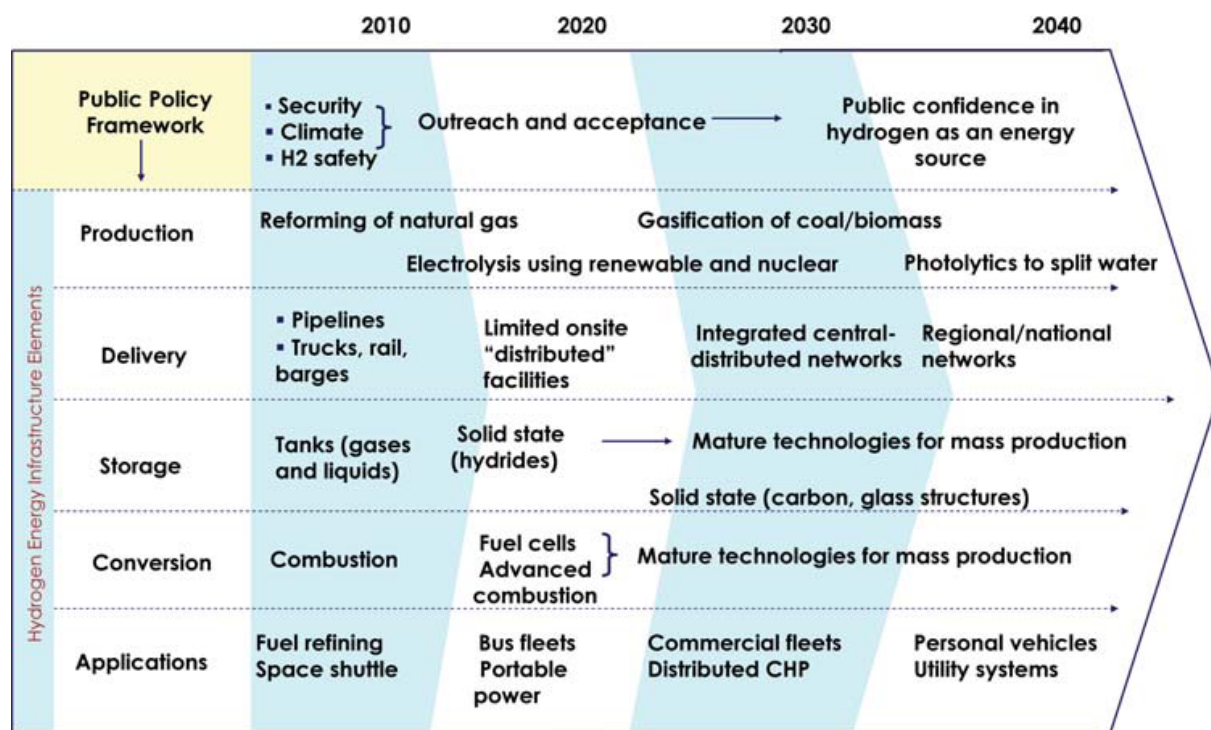
	bioethanol		biodiesel		hydrogen		fuel cell	
	input	USD/L	input	USD/L	input	USD/m <sup>3</sup>	input	USD/kW
intermediate input	sweet potato	0.53	wasted oil	0.53	biomass and waste	0.17	polymer film	550
	(or sugar cane)	(0.59)	NaOH	0.003	catalyst	0.03	catalyst	775
	(or molasses)	(0.64)	methanol	0.09	electricity	0.03	carbon paper	375
					steam	0.03	gasket	75
						bipolar plate	650	
						steelplate	75	
						fan	400	
						heat exchanger	433.3	
primary input	wage	0.16	wage	0.1	wage	0.13	wage	1666.7
	depreciation	0.18	depreciation	0.1	depreciation	0.07	depreciation	666.7
	rent of land	0.17	energy	0.1	rent of land	0.03	rent of land	333.3
	rent of durables	0.25	waste treatment	0.07	rent of durables	0.23	rent of durables	333.3
	interest		test	0.08	interest	0.07	interest	333.3
	profit	0.07	profit	0.1	profit	0.13	profit	
	other cost	0.03	other cost		other cost	0.07	other cost	333.3
	total cost	1.09	total cost	1.17	total cost	1	total cost	10000

<sup>a</sup> Source: survey data by the Taiwan Institute of Economic Research. (Note: Unit USD/L means the cost in U.S. dollars when firms produce biofuels per liter. Unit USD/m<sup>3</sup> means the cost in U.S. dollars when firms produce hydrogen per cubic meter. Unit USD/kW means the cost in U.S. dollars when firms produce fuel cell kilowatt. We use the exchange rate at 1:30 to transform from NTD to USD.

이러한 상황에서 최근 대만의 학자들에 의해 이들 청정 에너지에 대한 경제성 비교가 이루어졌다. 그 결과 바이오 에탄올과 바이오 디젤, 그리고 수소 연료가 연료 전지에 비해 생산 단가가 적게 들어간다고 발표되었다. 실제로도 미국에서 리스가 진행중인 혼다의 연료전지 자동차인 FCX는 차량 가격이 10 억원에 달하는 것으로 예상되고 있다. 하지만, 바이오 에탄올이나 바이오 디젤, 또는 수소에 대해서는 기존의 화석 연료와 경쟁해도 승산이 있다는 것이지만, 문제는 연료 자체가 아니라 그것을 이용할 수 있는 수단을 마련해야 한다는 것이다.

이러한 이유로 미국의 에너지성에서 발표한 수소에너지 활용 계획에 따르면, 자가용으로 수소자동차를 선택하려면 2030 년은 지나야 하는 것으로 나타났다.

<표 2> 화석 연료에서 수소 에너지로의 전환

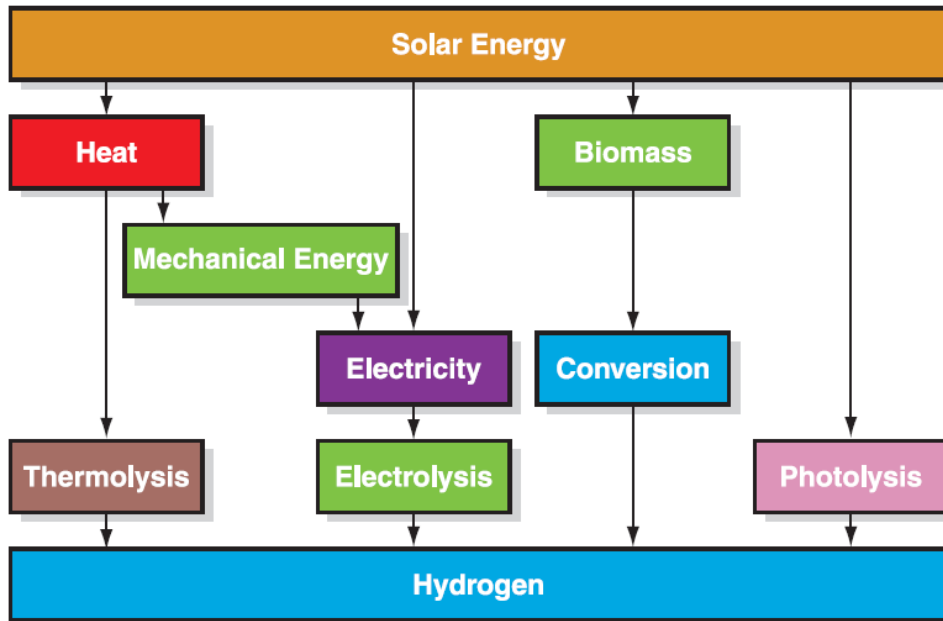


출처: 미국 에너지성, Hydrogen Posture Plan

또한 현재 미국언론은 시보레에서 2010년 11월에 나올 전기자동차 볼트에 많은 관심을 가지고 있다. 자동차 자체의 기계적인 우수성과, 화석 연료의 의존성에서 탈피했다는 점에서는 찬사를 보내고 있지만, 과연 어떻게 전기 충전소를 기존의 주유소 처럼 설치할 것인지 의문을 가지고 있다.

수소 에너지는 <그림 1>에서 보는 바와 같이 태양 에너지로 부터 출발하여 다양한 과정을 거쳐 생산을 할 수 있게 된다. 이중, 미생물을 이용하여 수소를 생산할 경우, 경제적이라는 장점은 있으나 아직은 수율이 너무 낮아 산업화 할 수 없다는 단점이 있다.

<그림 1> Sustainable pathways from solar energy to hydrogen

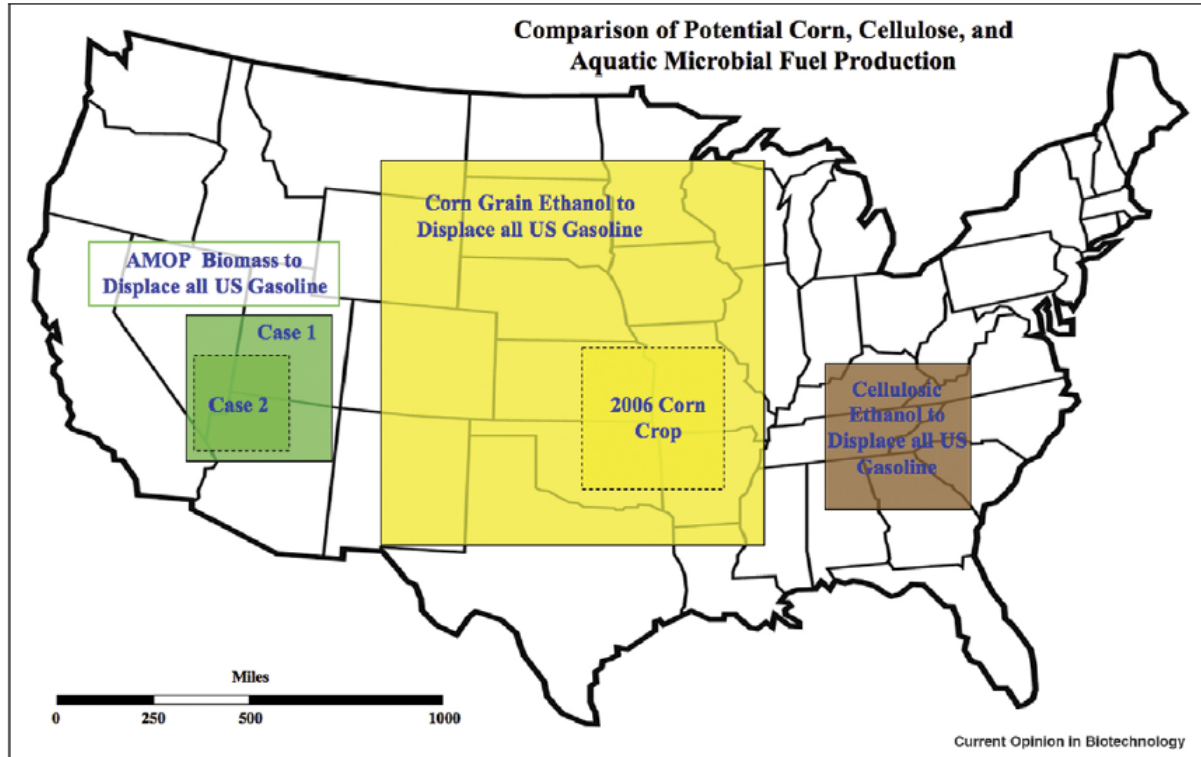


출처: Science 285, 687 (1999)

다른 방법으로 생산을 할 경우 산업화를 할 만큼 수율은 높으나 생산 단가가 너무 비싸다는 단점이 있다. 하지만 이러한 단점들은 기술이 발달함에 따라 충분히 극복 가능한 것으로 판단된다.

균이 수소 뿐만 아니라, 이러한 광합성 미생물들 (aquatic microbial oxygenic photoautotrophs, AMOP)은 lipids (20~50% dry wt) 함량과 발효가능 성분 (starch & glycogen, 20~50% dry wt)이 높아 바이오 매스 자체로도 차세대 에너지로 사용이 가능하다. AMOP 바이오 매스의 에너지로의 사용을 다른 기존의 생물학적 에탄올과 비교해 보면 <그림 2>와 같은 결과를 얻을 수 있었다.

<그림 2> Comparison of potential corn, cellulose, and aquatic microbial fuel production



출처: Current Opinion in Biotechnology, 19:235-240, 2008

<그림 2>에서는 연간 미국에서 소비되는 가솔린 양만큼을 생산하는 데 필요한 면적을 나타내고 있다. 이에 따르면 AMOP 은 cellulosic ethanol 과 비슷한 수준인 것으로 나타났다. 이를 태양열의 biofuel 전환율로 계산해 보면, 옥수수의 경우 0.05% 였으며, AMOP 의 경우 10 배에서 20 배 가량 높은 0.5~1.0%였다. 이 계산에서는 실제로 미생물이 생산가능한 수소를 제외한 비율이므로 이를 감안한다면 더 높은 수율을 보일 것으로 예상된다.