미생물을 이용한 수소 생산 현황

박정진

Michigan State University

To whom correspondence should be addressed e-mail: jjpark@msu.edu

2008 년 당시 한해 생산되는 수소의 양은 10 billion kg 이었으며, 이중 98%가 화석 연료를 사용하여 생산되었다. 이러한 수소 생산 방법으로는 ammonia production 과 hydrocracking of crude oil 등이 있다.
하지만, 환경에 대한 인식의 전환과 기술의 발전을 통해, 미생물을 이용한 수소 생산이 점점 산업화에 가까워지고 있는 현실이다.
연료로 사용되는 수소의 장점으로는 다음과 같은 것들을 들 수 있다.

1. Transportable
2. Safe
3. High energy content

하지만 기존의 화석 연료와의 비교시 단점으로는 다음과 같은 것들을 들 수 있다.

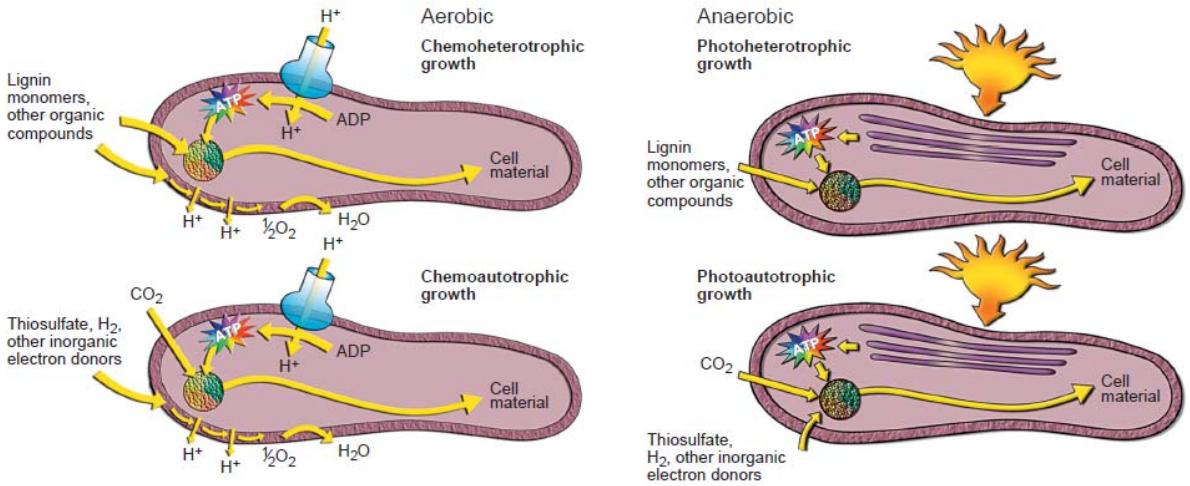
1. Low nergy density
2. Storage
3. Fuel cell technology
4. Productivity

<표 1> 수소에너지의 특성

Energy	Energy content (kJ/g)	Relative Energy content	Energy density (BTU/ft^3)	Relative energy density
Gasoline	43	100	868353	100
Ethanol	27	63	570948	66
H_2 (gas)	120	279	290	0.03
H_2 (liquid)	-	-	228140	26

<표 1>에서와 같이 단위 잘량당 energy content 는 기존의 가솔린에 비해 2.8 배 가량 높지만, energy density 는 액체 수소인 경우에도 1/4 수준에 머물게 된다. 하지만, fuel cell 을 이용한 자동차의 경우 연료 효율이 기존의 내연기관에 비해 높으므로, 경제적인 액체 수소의 저장법과 fuel cell 이 개발된다면 충분한 경쟁력을 가지게 될 것이다.
현재 수소 생산 미생물로 각광을 받고 있는 종의 하나인 *Rhodopsudomonas palustris* 의 경우 시간당 10kg 의 cell 을 이용하여 생산할 수 있는 수소의 양이 100g 정도인 것으로 알려져 있다. 이는 하루에 2 갤런의 가솔린 (일반적인 승용차의 가솔린 연료 효율로 봤을 때, 하루에 50 마일(80 킬로미터)을 달릴 수 있는 양이다)을 생산하는 것과 같다.

<그림 1> *Rhodopsudomonas palustris* 의 일반적인 생리 기능



Nature Biotechnology 22, 55 – 61 (2003)

그리고 acetate 를 사용할 경우 수소로의 conversion efficiency 는 55%에 이르렀으며, thiosulfate 를 사용할 경우에는 78%이른다는 연구 결과가 있다.

$$CH_3COOH + 2H_2O \rightarrow 4H_2 + 2CO_2$$
$$S_2O_3^{2-} + 5H_2O \rightarrow 2SO_4^{2-} + 2H^+ + 4H_2$$

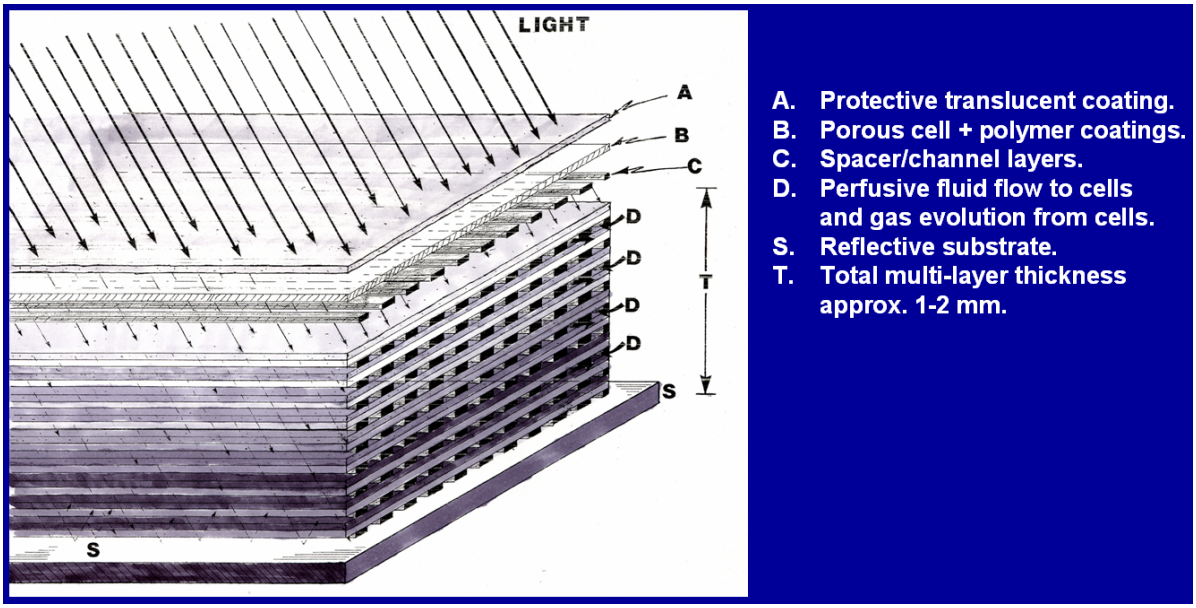
그리고 이 종의 경우, 빛에너지를 효과적으로 화학 에너지로 바꿀 수 있으며, 온실 가스로 알려진 이산화탄소를 탄소원으로 사용할 수 있다. 그리고 질소 고정화를 통해 암모니아 뿐만 아니라, 수소를 생산하는 특징을 가지고 있다.

하지만 이 미생물을 이용하여 수소 생산을 산업화 하기 위해서는 다음과 같은 문제점들의 해결이 선행되어야 한다.

1. 효과적인 빛에너지의 사용을 위해 매우 넓은 surface area 가 필요하다
2. 수소 생산에 필수 효소인 nitrogenase 는 highly regulated 한 단백질이다
3. 일광 시간 동안에만 수소 생산이 가능하다
4. 보다 경제적인 electron donor 가 필요하다

이러한 여러 문제점 중에서 특히 1 번을 해결하기 위한 방법으로 latex 를 이용한 세포 고정화 기술을 들 수 있다. 이는 세포를 배양한 후, 액상의 latex 와 함께 섞은 후 얇은 필름으로 만드는 것으로 <그림 2>와 같은 방법이 사용된다.

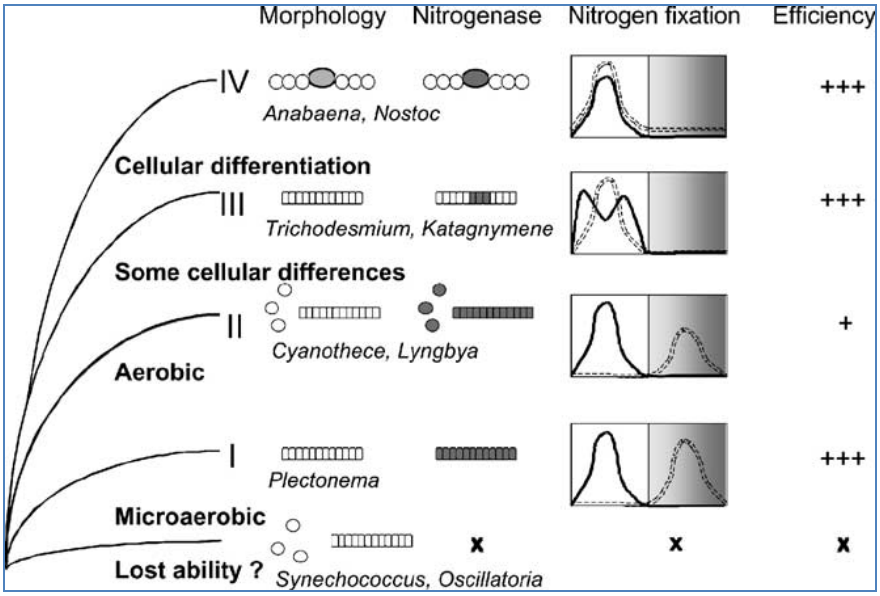
<그림 2> Latex 를 이용하 수소 생산 미생물 고정화 방법



Biotechnology Progress, **23**, 124-130 (2008)

필름상에 고정된 미생물이 안정적으로 수개월간 수소를 생산하였으나, 아직까지 생산된 수소를 포집하는 방법이 개발되지 못한 상태이다. 이 부분만 해결된다면, 기존의 solar panel 처럼 건물에 설치하여 사용이 가능할 것으로 예상된다.
그리고 현재 많이 연구되는 *Anabaena* 의 경우 <그림 3>에서와 같이 일광 시간 동안에만 질소 고정화를 하며, 그때에만 수소 생산을 기대할 수 있는 상태이다.

<그림 3> 미생물에 따른 질소 고정화 특성



Research in Microbiology, **154**, 157-164 (2003)

현재에는 mutagenesis 를 통해, 이러한 질소 고정화 특성을 변화시켜, 야간에도 질소 생산이 가능하게 하는 연구가 진행 중에 있다.

미생물을 이용한 수소 생산이 보다 상업화에 가까워지기 위해서는 이와 같은 노력이 선행되어야 할 것으로 보인다.