

연료전지

목포대학교 전기공학과 박계춘

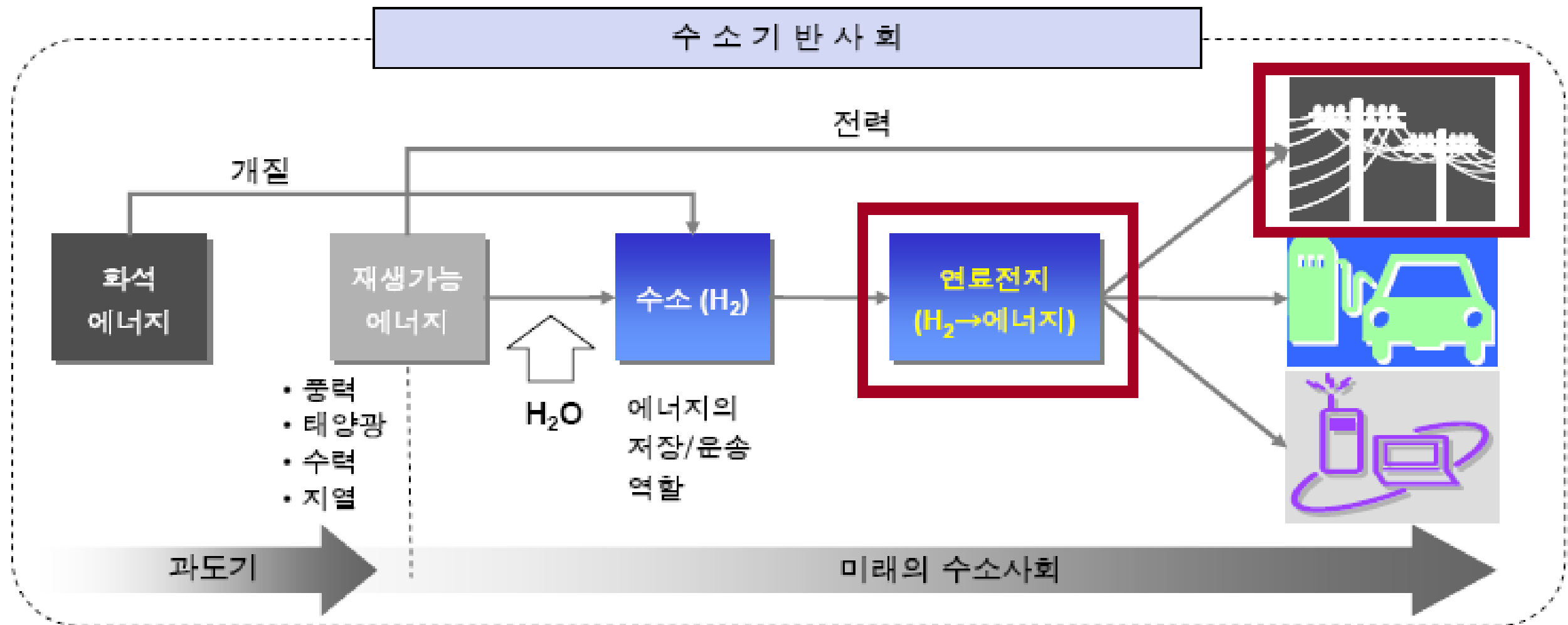
2010. 4.

- 연료전지 역사
 - 작동원리
 - 부품과 기능

수소 경제 태동의 가시화

화석에너지 체제의 한계를 극복할 미래의 대안으로 수소경제 혁명 진행 중

“수소에너지는 석유와 달리 기술만 갖췄다면 세계 어디서나 생산 가능한 민주적 에너지” J. Rifkin

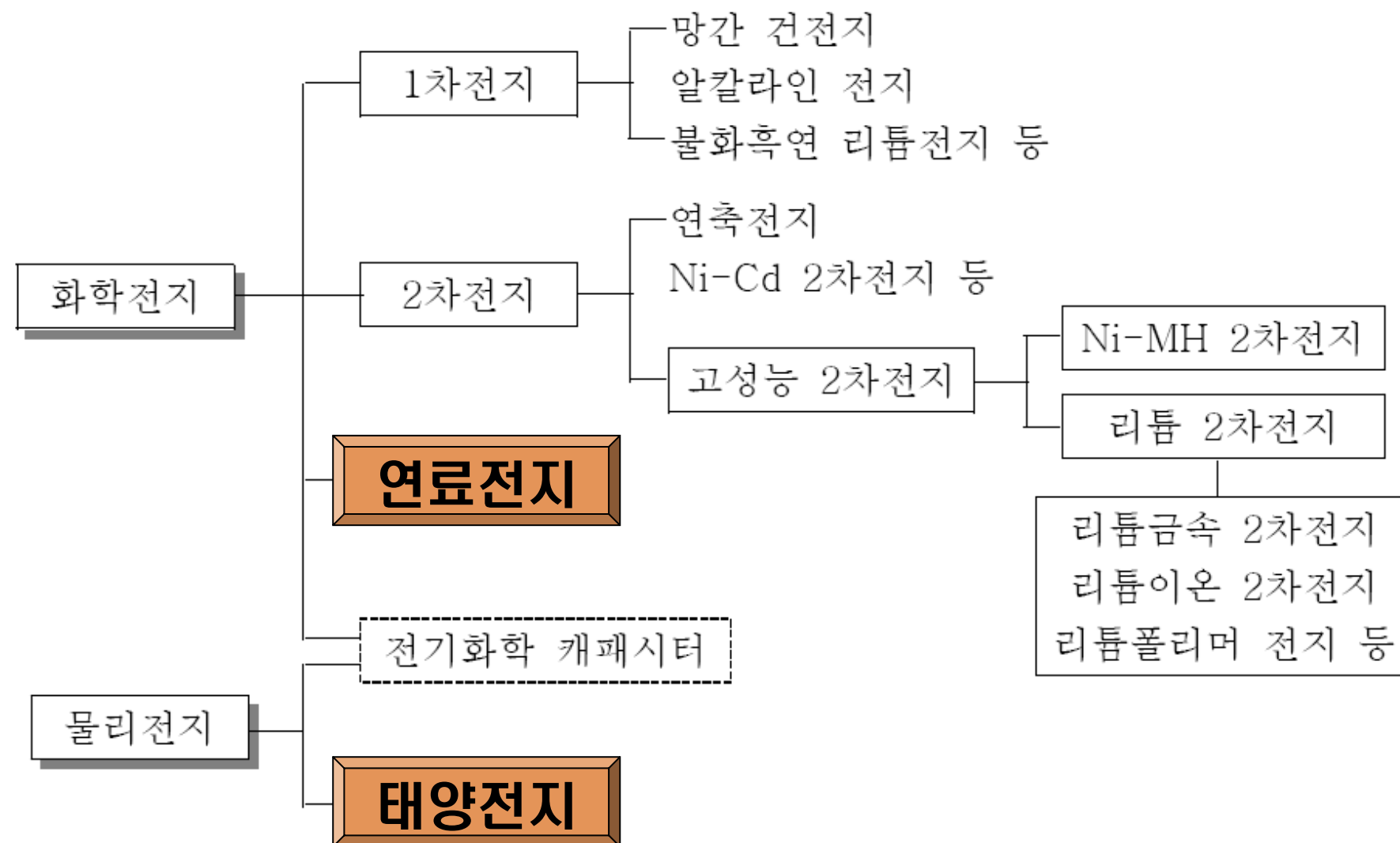


전망

- “수소경제로의 전환은 가능성 차원에서 현실로”
 - 미국, 독일, 일본 등 수소 Station 설치 중 (200개소 이상)
 - 아이슬란드: 최초의 수소수출국 목표 “북구의 바레인”

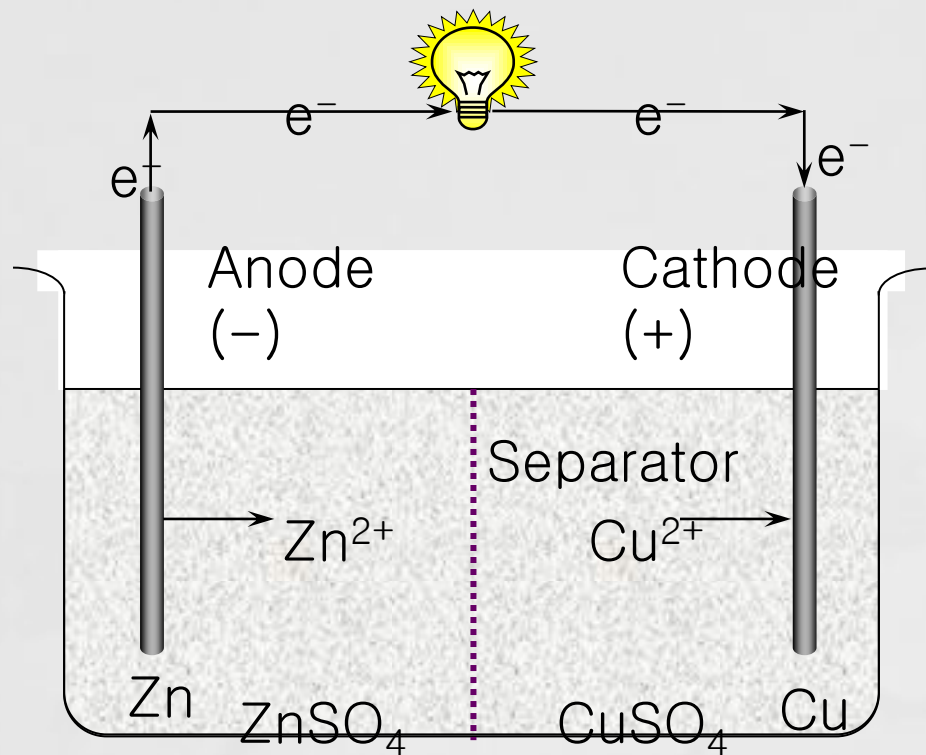
- 과도기적 수소에너지 시스템 시장 형성 예상
 - 청정연료 (천연가스, 석탄가스) 의 사용 확대
 - 화석연료를 사용하여 수소를 생산/응용

전지의 분류

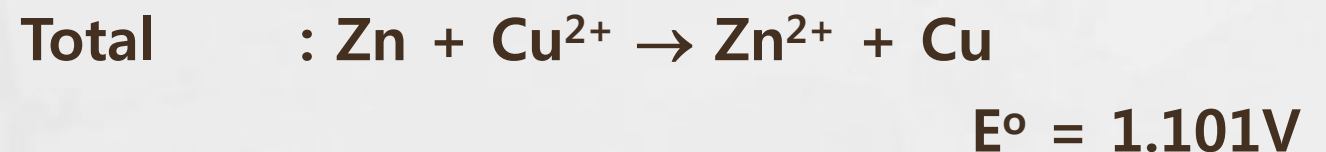
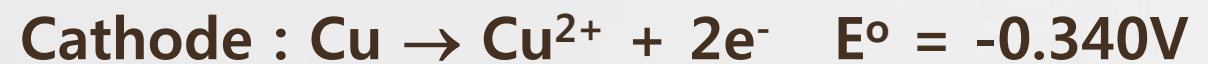


자료 : 한국전자부품연구원

Basic Principle of Battery



Daniell Cell



Anode: Electrode where oxidation reaction occur

Cathode: Electrode where reduction reaction occur

1차 전지는 충전이 기본적으로 가능하지 않은 전지(볼타전지, 다니엘 전지, 건전지, 수은 전지 등)

2차 전지는 충전할 수 있는 전지(납축전지, 리튬이온전지 니카드(Ni-Cd) 전지 등).

Volta 또는 Galvani 전지

- Volta 전지(voltaic cell) 또는 Galvani 전지(galvanic cell) 전기화학 전지이며, 이 전지 안에서 자발적 산화-환원 반응이 전기 에너지를 만들어낸다.
- 산화-환원 반응의 두 반쪽들이 분리되어 있어,전자 이동은 외부 회로를 통하여 일어난다.
 - Volta 전지들은 회중전등, 휴대용 라디오, 사진 장비, 장난감, 가전제품 등에 흔히 이용된다. 자동차 배터리는 직렬로 연결된 Volta 전지들로 구성되어 있어서, 전지들의 전위들이 합쳐진다.

Fuel cell? (연료 전지)

연료의 산화에 의해서 생기는 화학에너지를 직접 전기에너지로 변환시키는 전지

일종의 발전장치(發電裝置)라고 할 수 있으며 산화·환원반응을 이용한 점 등 기본적으로는 보통의 화학전지와 같지만, 닫힌 계 내(系 內)에서 전지반응(電池反應)을 하는 화학전지와 달라서 반응물이 외부에서 연속적으로 공급되어, 반응생성물이 연속적으로 계 외(系 外)로 제거된다

수소연료 사용; 수소 연료전지

기체연료 사용; 메탄과 천연가스 등의 화석연료(化石燃料)

액체연료 사용; 메탄올(메틸알코올) 및 히드라진

저온형; 작동온도가 300 °C 정도 이하

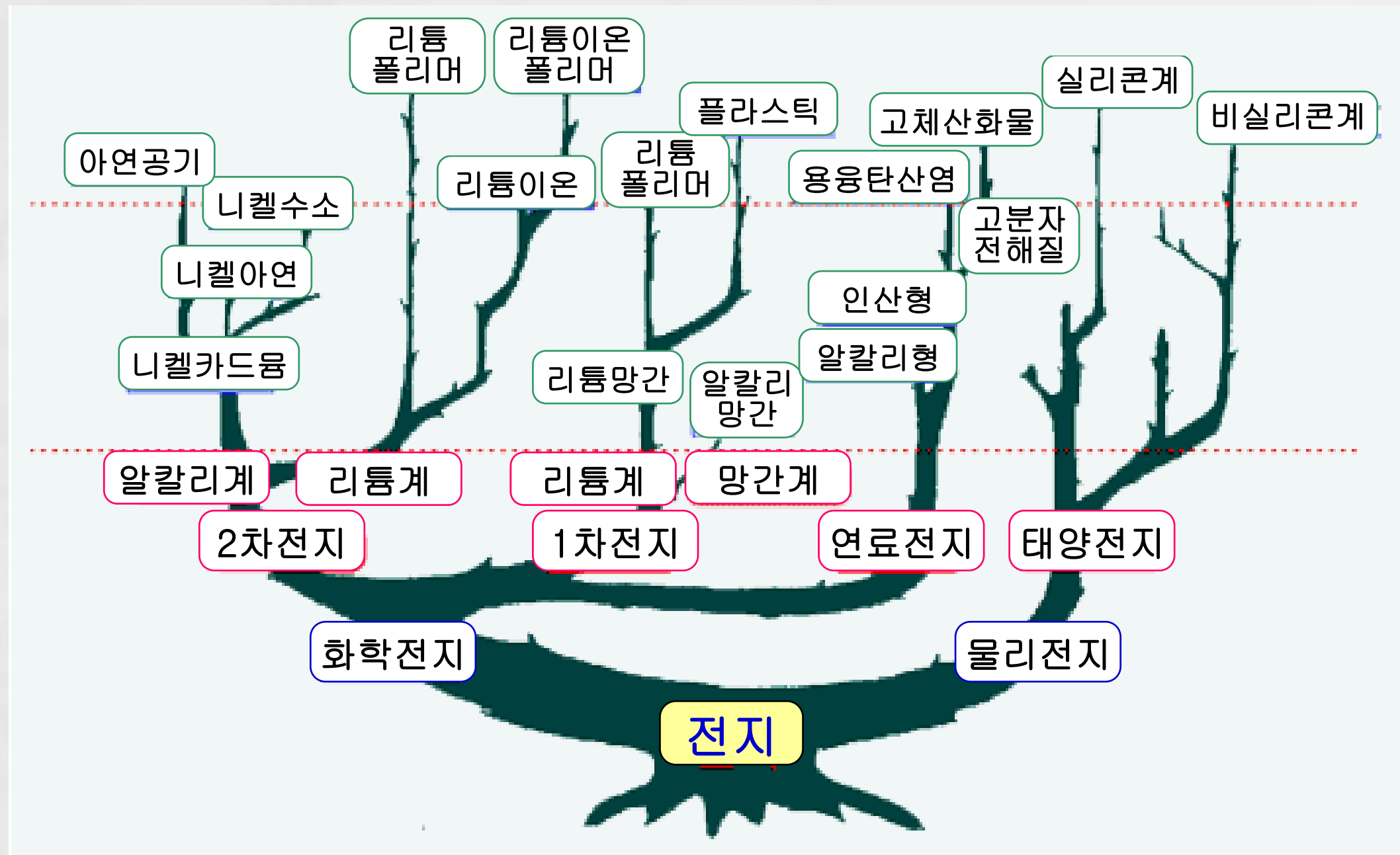
고온형; 작동온도가 300 °C 정도 이상.

제2세대 연료전지; 귀금속 촉매를 사용하지 않는
고온형의 용융탄산염 연료전지

제3세대 연료전지; 보다 높은 효율로 발전을 하는
고체전해질 연료전지

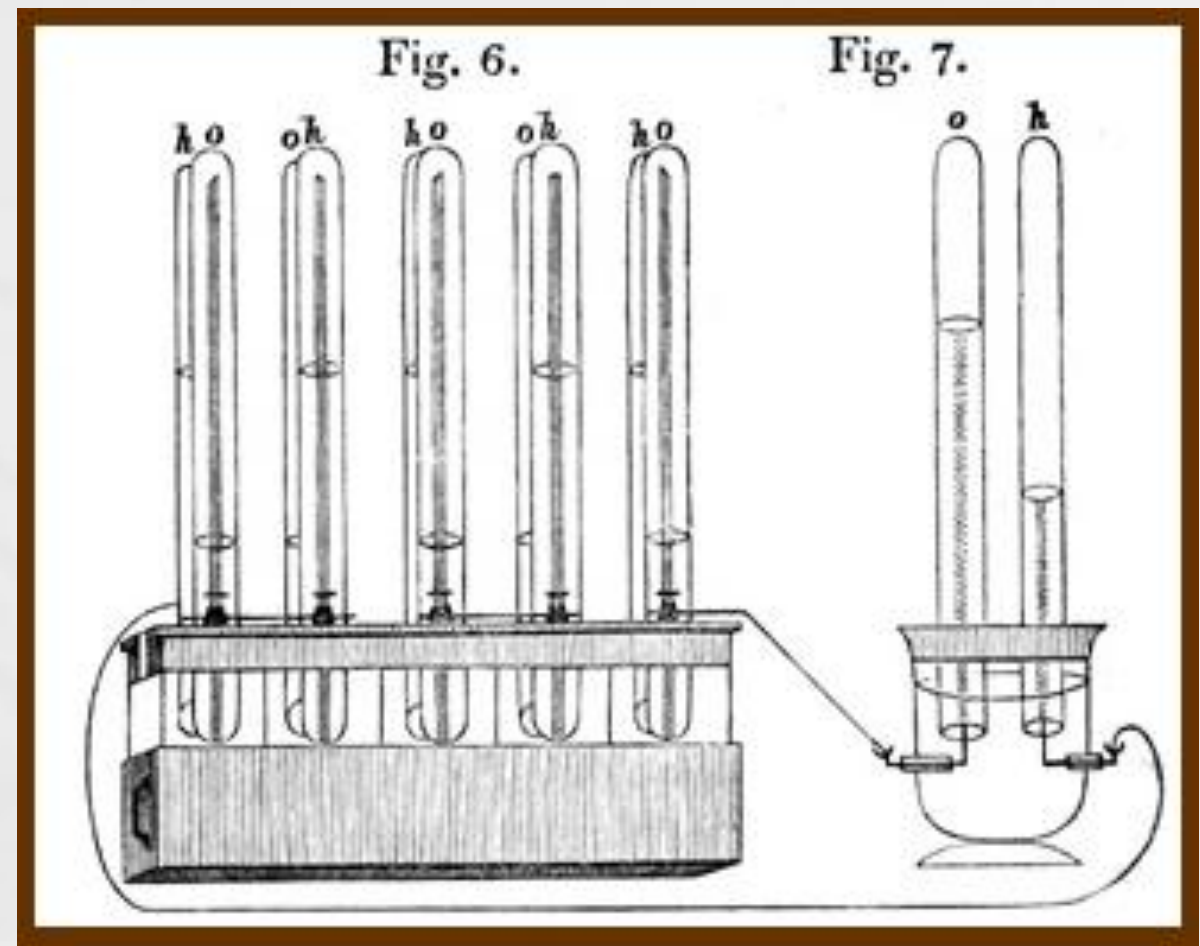
전지, 電池, Battery or Cell

Device converting the original energy of material to electrical energy using its chemical or physical change



History of Fuel Cells

1. William R. Grove (1842) : "Gaseous voltaic battery" (연료전지) 발견
Philosophical Magazine and Journal of Science, 1843



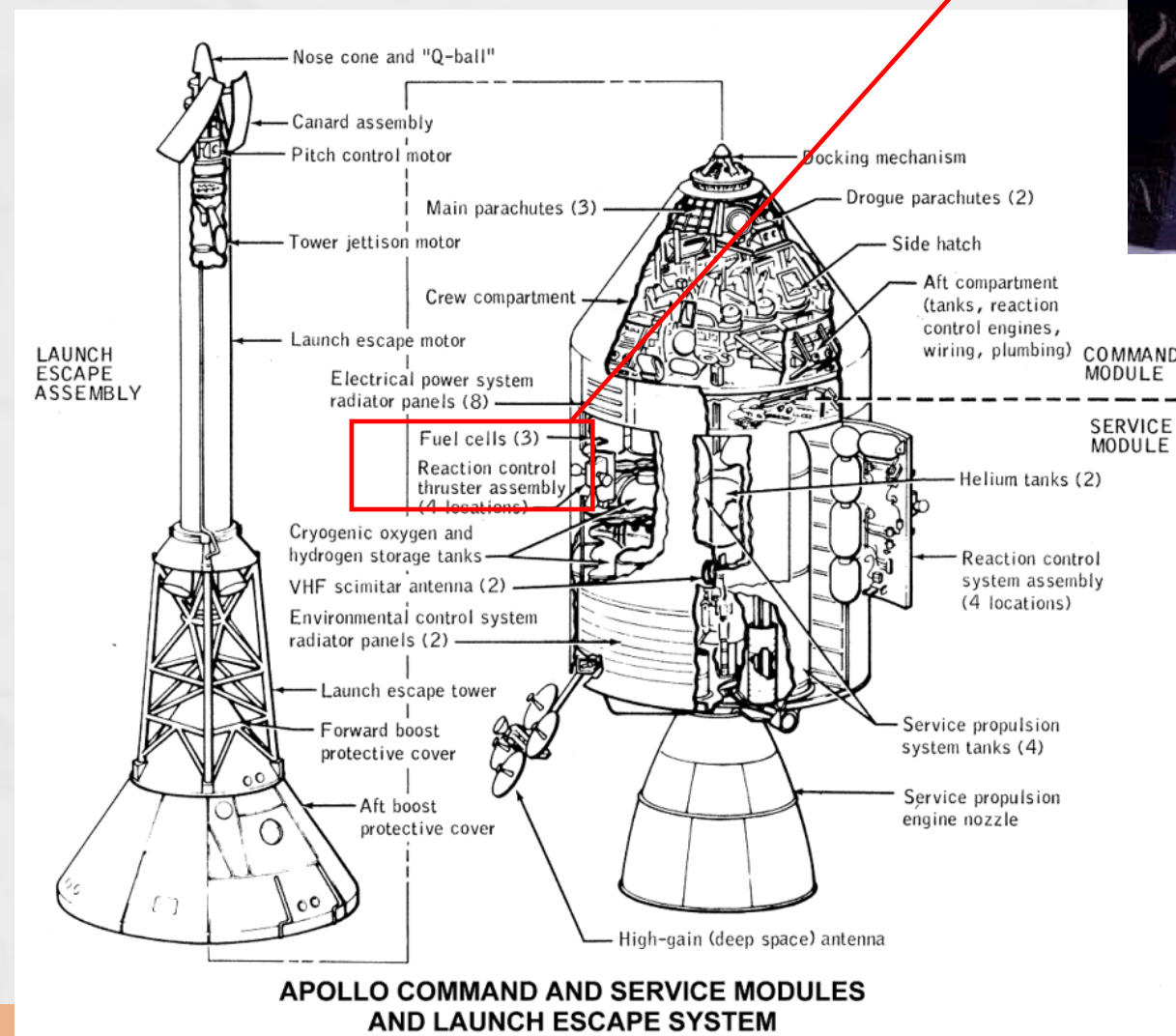
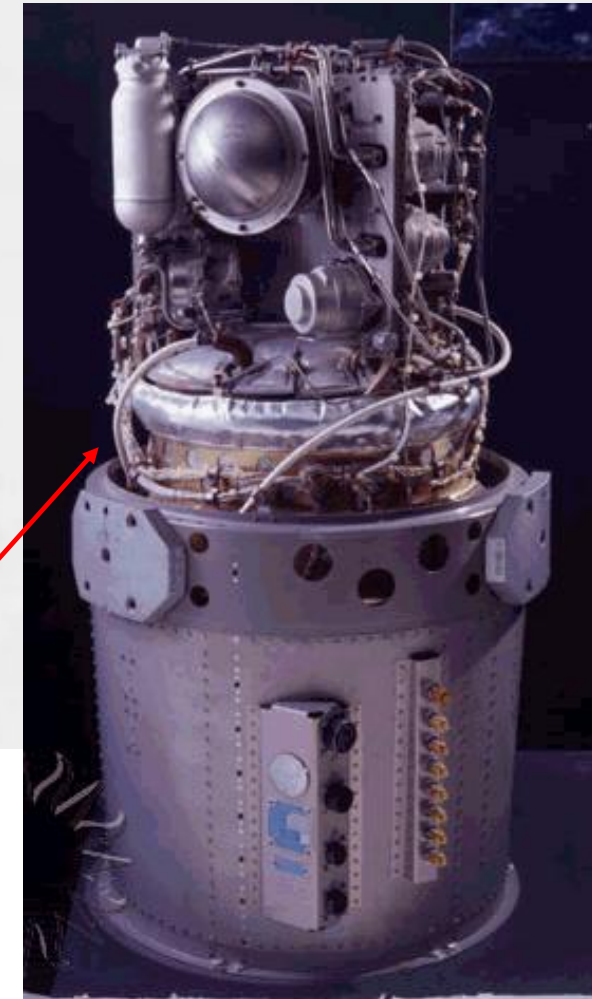
황산 용액에 두 전극을 담그고 산소와 수소를 흘려주어 전기를 발생시킨 것이 연료전지의 시작

History of Fuel Cells

2. Rideal and Evans (1922) : “fuel cell”이라는 명칭 사용

3. 1950년대 이후 저유가 시대가 지속되면서 연료전지에 대한 관심이 저하

4. Apollo Space Mission (1966-1972); 순 수소 및 순 산소를 사용
Alkaline fuel cell (AFC) by *Pratt & Whitney Aircraft*
Three 31-individual fuel cell units, 27-31V, 1.4kW



History of Fuel Cells

5. 인산 형(PAFC : Phosphoric Acid Fuel Cell)

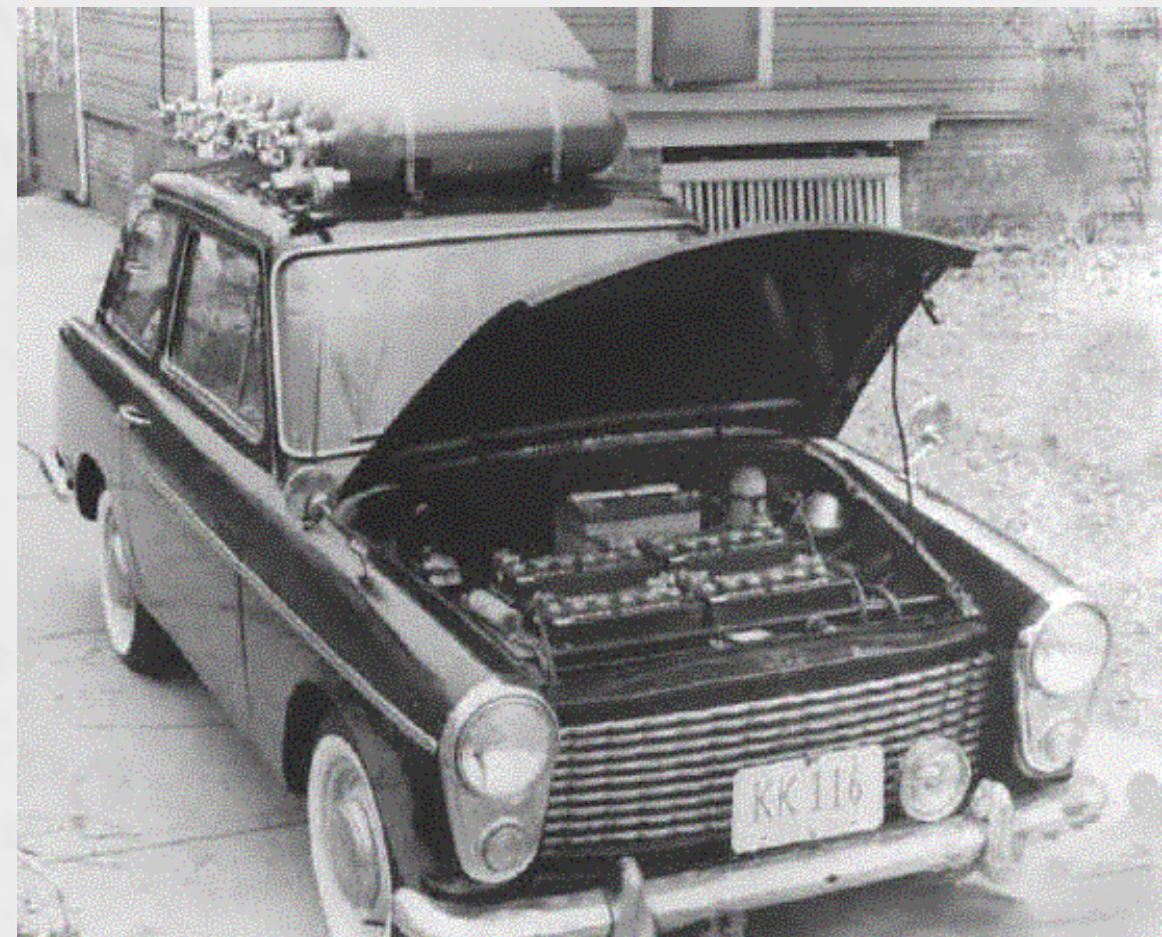
1970년대 민간차원에서 처음으로 기술 개발된 1세대 연료전지로 병원, 호텔, 건물 등 분산 형 전원으로 이용

현재 가장 앞선 기술로 미국, 일본에서 실용화 단계에 있음

6. Fuel Cell Powered Electric Vehicles (1970)

Alkaline Fuel Cell Vehicle by Dr. Karl Kordesch (Union Carbide) :

300km driving range



History of Fuel Cells

7. 용융 탄산염형 (MCFC : Molten Carbonate Fuel Cell)

1980년대에 기술 개발된 2세대 연료전지로 대형발전소, 아파트단지, 대형건물의 분산 형 전원으로 이용
미국, 일본에서 기술개발을 완료하고 성능평가 진행 중
(250kW 상용화, 2MW 실증)

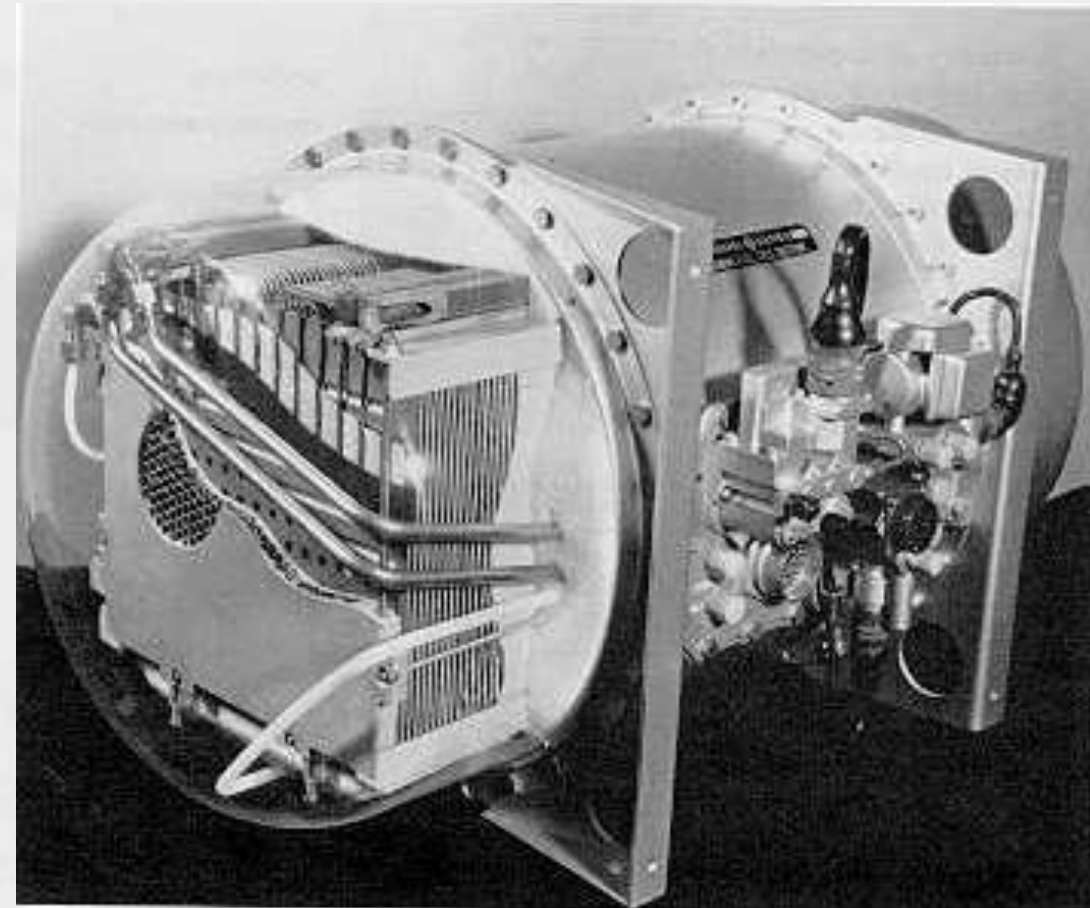
8. 고체 산화물 형(SOFC : Solid Oxide Fuel Cell)

1980년대에 본격적으로 기술 개발된 3세대
MCFC 보다 효율이 우수한 연료전지,
대형발전소, 아파트단지 및 대형건물의 분산
형 전원으로 이용
최근 선진국에서는 가정용, 자동차용 등으로
도 연구를 진행하고 있으나
우리나라는 다른 연료전지에 비해 기술력이
가장 낮음

History of Fuel Cells

9. Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cells (PEMFCs)

- Grubb and Niedrach at General Electric (1960) :
Cross-linked polystyrene sulfonic acid
- Gemini Space Missions (1965-1966)
- New polymer electrolyte, Nafion membrane by du Pont (1972)
- 자동차에 적용 함으로서 미래 동력원으로서의 연구 급진전 (1980년대)



Gemini Fuel Cell Unit

History of Fuel Cells

10. Fuel Cell Vehicles with PEMFCs

- General Electric and Los Alamos National Lab (1982) :
PEMFC를 처음으로 차에 도입
- Ballard Power Systems and Daimler-Benz (1994) :
NECar (New Electric Car)를 선보임



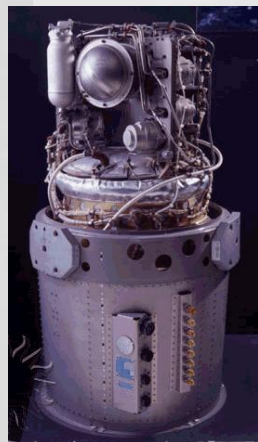
NECar 1 (1994)

50kW Ballard PEMFC stack

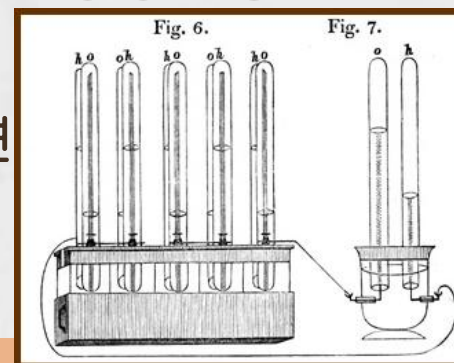
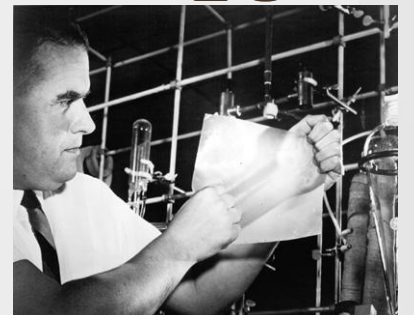
81 miles range

Hydrogen fuel

History of Fuel Cells

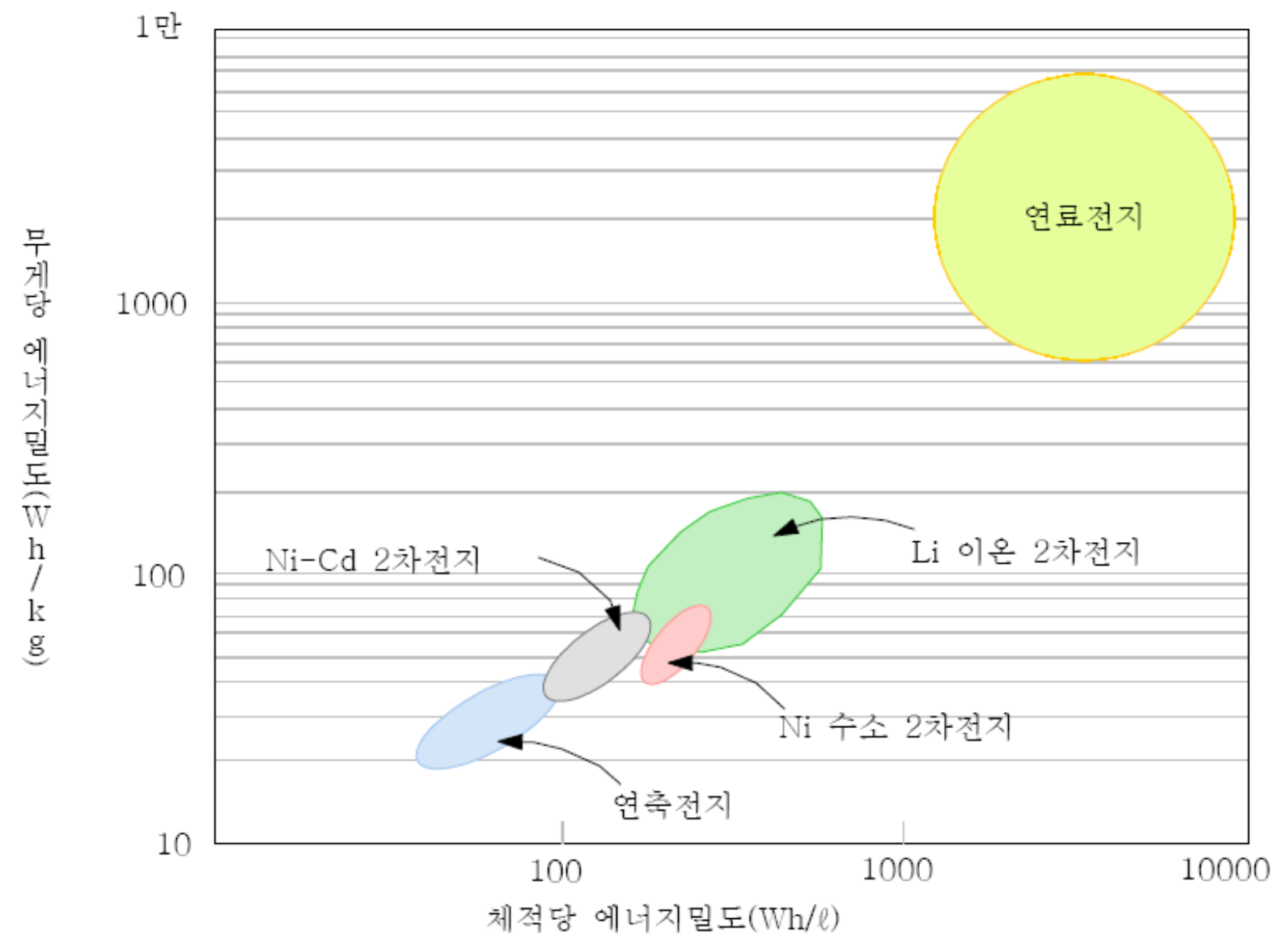


- 2001, 현대, 국내 최초 싼타페 연료전지 자동차 개발
- 1997, Hockaday (LANL), Micro Fuel Cell 개발
- 1994, Ballard & Daimler-Benz, NECar 1 (New Electric Car) 개발
- 1992, Jet Propulsion Lab, Solid polymer (Nafion) 이용 Direct Methanol Fuel Cell (DMFC) 발명
- 1980년대, 한국, 연료전지 연구시작
- 1972, DuPont에서 Nafion 합성
- 1966-1972, Apollo Space Mission에 AFC 사용
- 1967, GM사, Fuel Cell powered Electrovan 제작
- 1967, Pratt & Whitney Aircraft사 Phosphoric Acid Fuel Cell (PAFC) 발명
- 1960, GE사, Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell 발명
- 1946, Davtayan, Molten Carbonate Fuel Cell (MCFC) & Alkaline Fuel Cell (AFC) 발명
- 1937, Baur & Preis, Solid Oxide Fuel Cell (SOFC) 발명
- 1922, Rideal & Evans, "fuel cell" 명칭사용
- 1842, William R. Grove경 "Gaseous voltaic battery" 발견



연료전지의 중요성

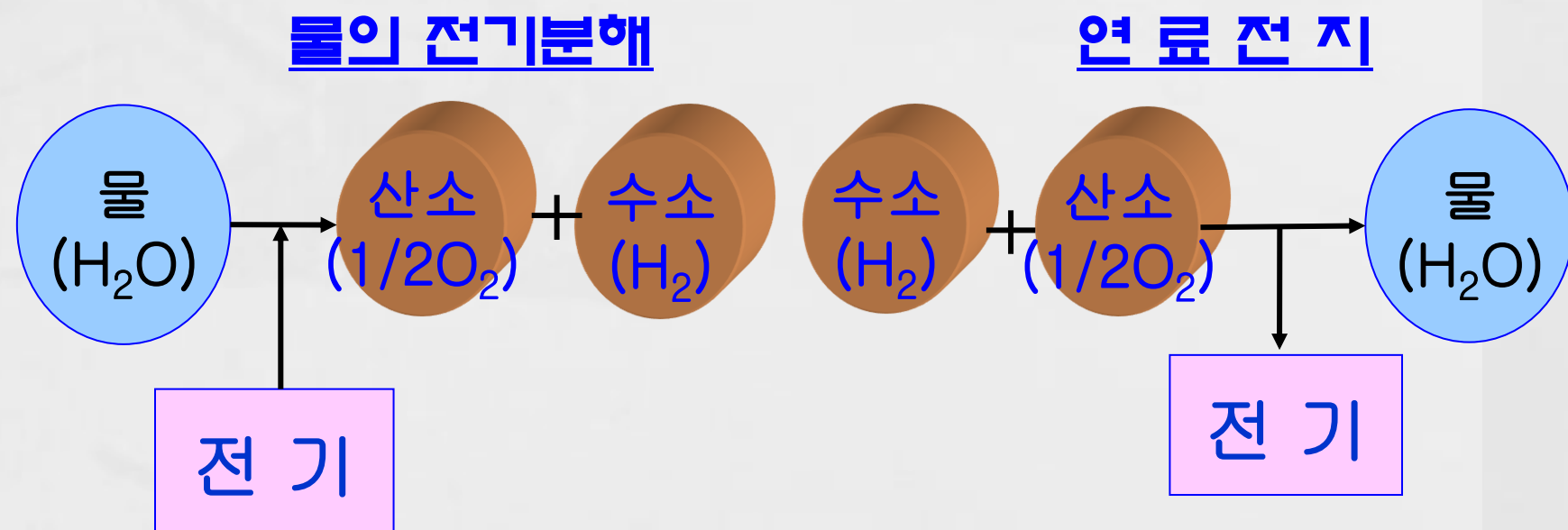
2차전지와 연료전지의 에너지밀도 비교



자료 : 日經 Electronics, 2001. 10. 22.

연료전지의 원리

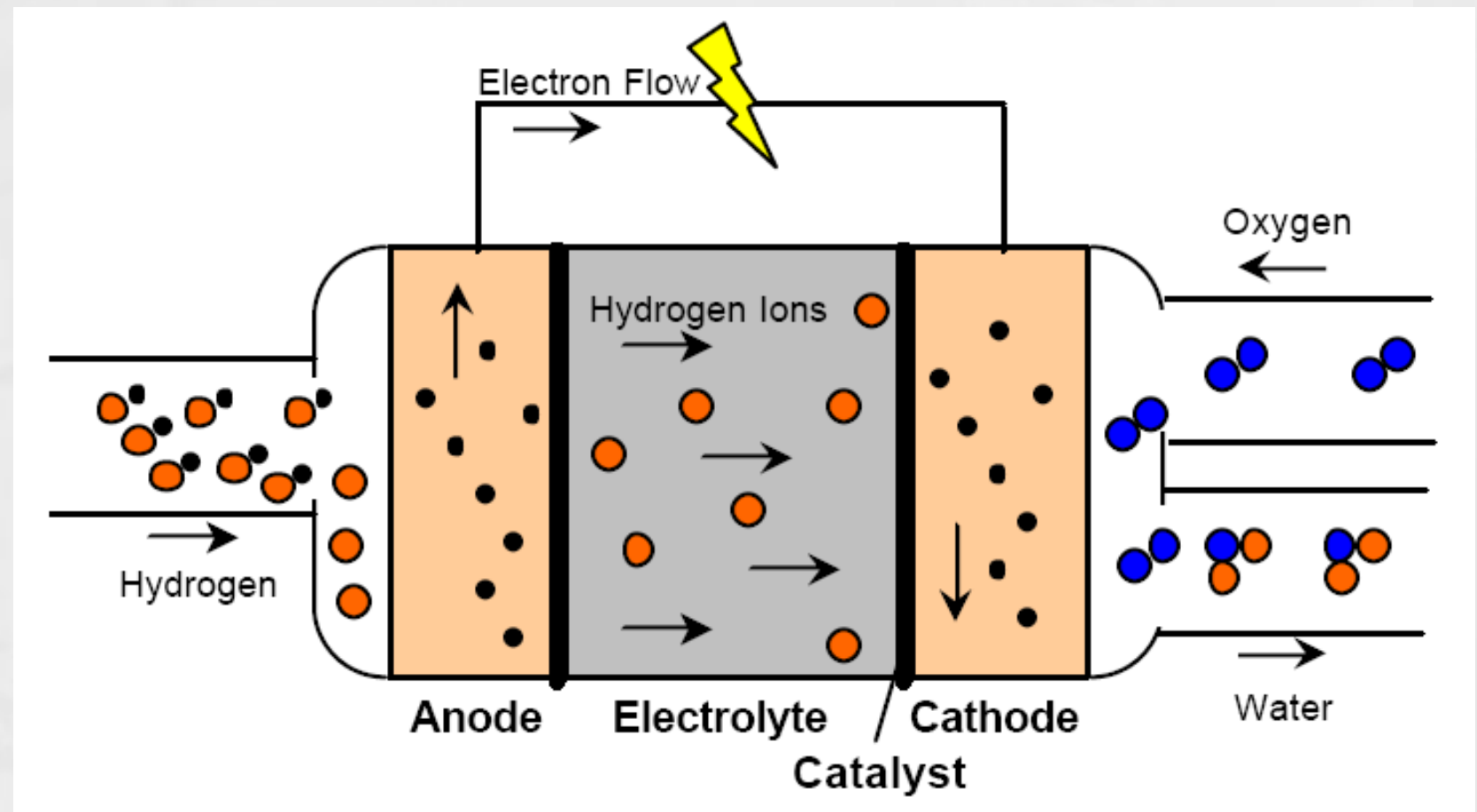
- 연료전지는 수소와 산소를 화학적으로 반응시켜 전기를 생산하는 발전형 전지
- 전기분해의 역반응 관계를 이용
- 물의 전기분해: 물(H_2O)에 전기를 흐르게 하면 양극에서 산소($\frac{1}{2}\text{O}_2$), 음극에서 수소(H_2)가 발생하는 현상
- 연료전지: 산소와 수소를 결합하면 전기가 발생



연료전지 원리

연료전지는 전해질(electrolyte)과 두 개의 전극(electrode)이 샌드위치처럼 포개어져 있는 형태로 산소와 수소가 각각의 전극으로 흘러갈 때, 전기와 열 그리고 물이 만들어진다.

연료전지에는 천연가스, 메탄올, 가솔린 등의 다양한 연료가 사용되어질 수 있는데, 연료 개질 기(fuel reformer)를 이용해 수소로 개질 하여 사용하거나 순수 수소를 사용한다.



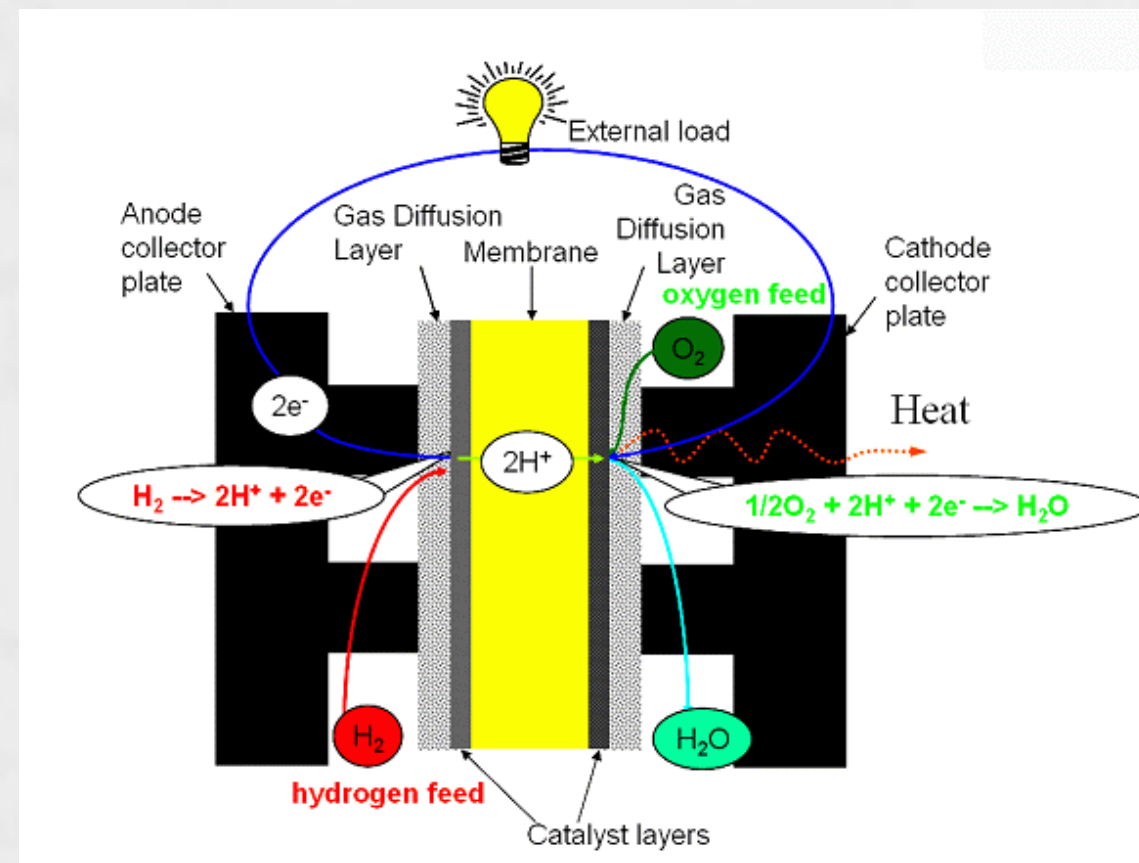
연료전지 원리

연료전지는 원리상 열기관이 가지고 있는 제한 즉, 카르노 효율에 제한되지 않고 매우 높은 효율을 가질 수 있는 장치이다.

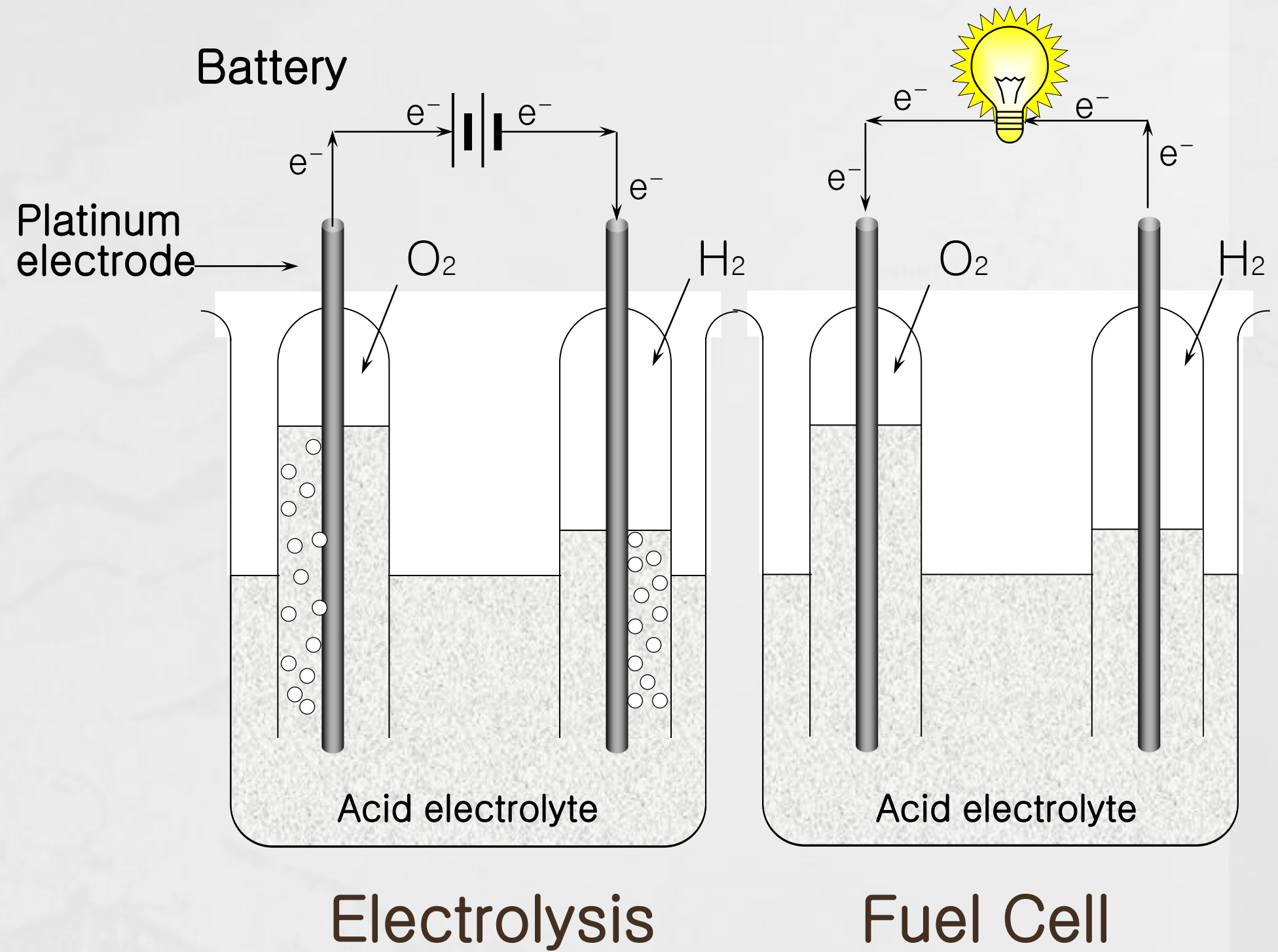
Anode(양극): $\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$ $E^\circ = 0.0\text{V}$

Cathode(음극): $\frac{1}{2}\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}$ $E^\circ = 1.229\text{V}$

Cell: $\text{H}_2 + \frac{1}{2}\text{O}_2 \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O} + \text{Electricity} + \text{Heat}$ $E^\circ = 1.229\text{V}$

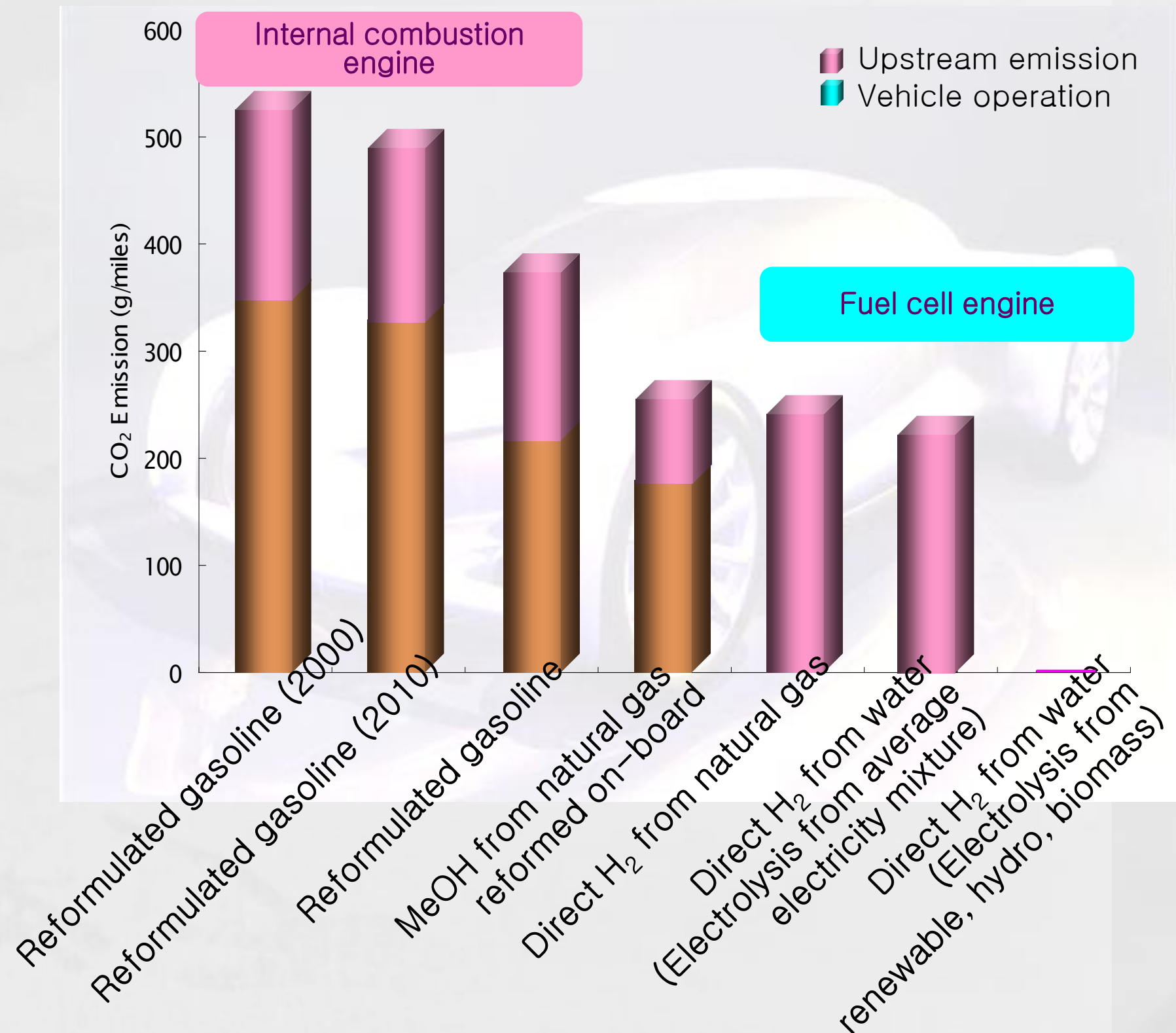


연료 전지 vs. 전기 분해(물)



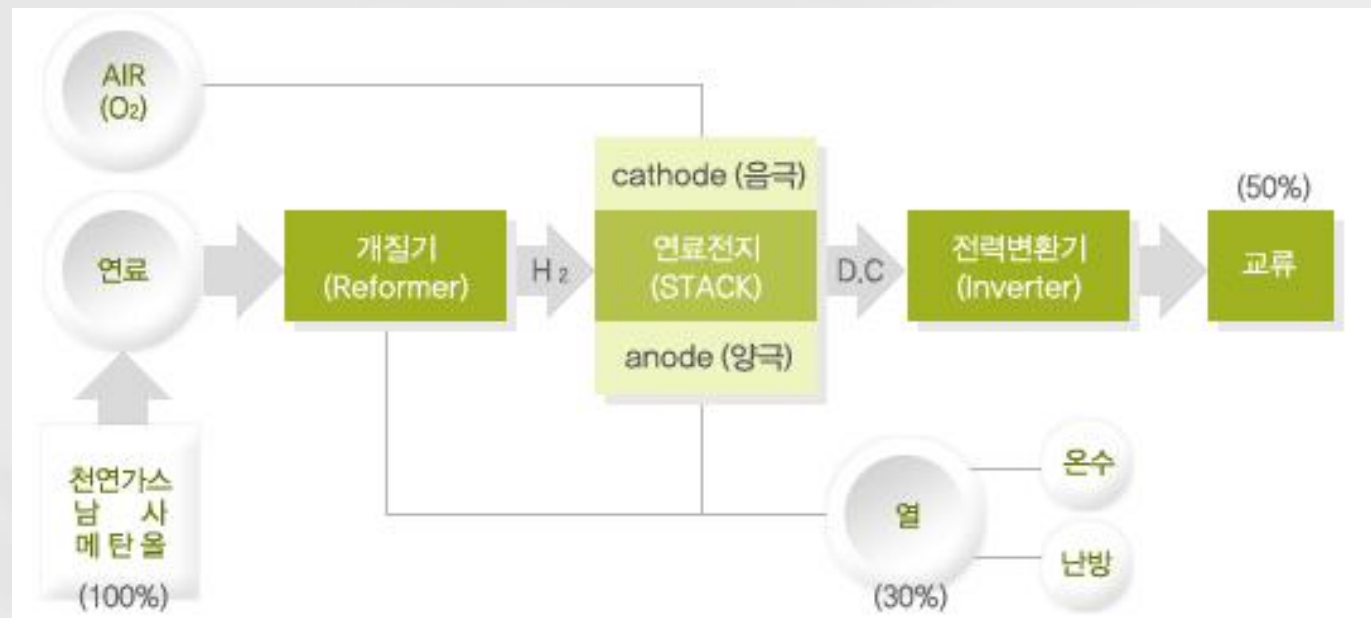
연료전지 특징

친환경적
저소음
공해물질 배출 감소
고효율 (에너지 절감 효과)
화석연료 의존 감소
모듈 식 제작
다양한 연료 선택성



Source : Canadian Fuel Cell: Commercialization Roadmap, 2003

연료전지 발전시스템 구성도



- 개질 기(Reformer); 연료인 천연가스, 메탄올, 석탄, 석유등을 수소가 많은 연료로 변환시키는 장치

- 단위전지 (Unit Cell)

기본적으로 전해질이 함유된 전해질 판, 연료극 (anode), 공기 극(cathode), 이들을 분리하는 분리 판 등으로 구성

이 단위전지(Cell)에서 전류를 인출하는 경우 통상 0.6~0.8V의 낮은 전압이 생성

- 스택(Stack)

원하는 전기출력을 얻기 위해 단위전지를 수십 장, 수백장 직렬로 쌓아 올린 본체

- 전력변환기(Inverter)

연료전지에서 나오는 직류전기(DC)를 우리가 사용하는 교류(AC)로 변환시키는 장치