

---

## (Application of Coating Technology to Fuel Cell)



2006. 5. 30

# 1.

- 1) 자동차 배기가스 규제 강화 : 전체 오염의 86% 배출
- 2) 이산화탄소 총량 규제 강화 : 지구온난화(전체 배출량의 27% 차지)
- 3) 석유자원 고갈 : 대체 에너지 개발이 절실한 상황

구분	확인매장량	연간 소비량	가용연수
석탄	1조 316억톤	46.8 억톤	220 년
석유	1조 200억 bbl	249억 bbl	41년
천연가스	144조 m3	2.3조 m3	68년

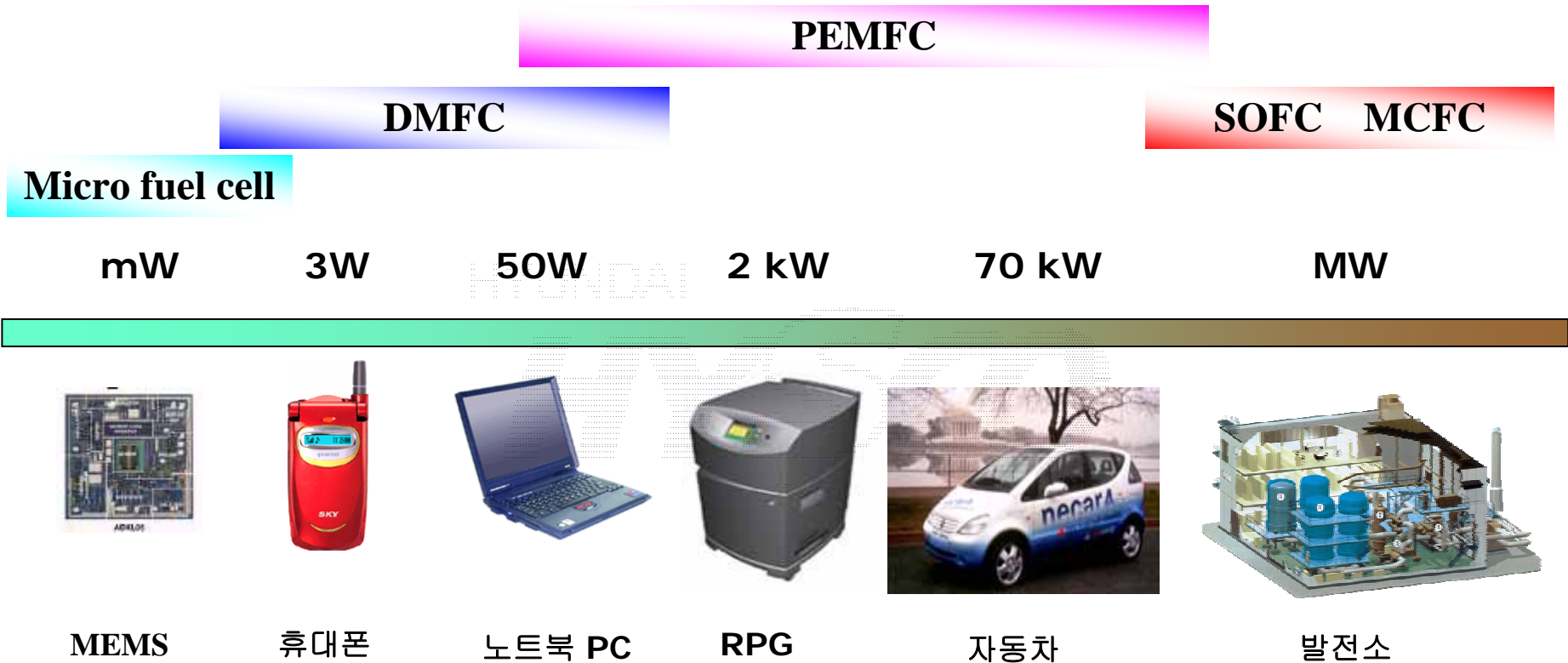
## 4) 법규현황

### - 캘리포니아 ZEV 관련 법규

; 캘리포니아주에서 60,000대 이상 판매 회사의 경우 2005년부터 ZEV를 의무적으로 판매해야 함

(2007년부터는 Massachusetts주, New York주, Vermont주 추가 시행)

### - EU 판매 자동차 국가별 평균 CO2 배출량 및 규제

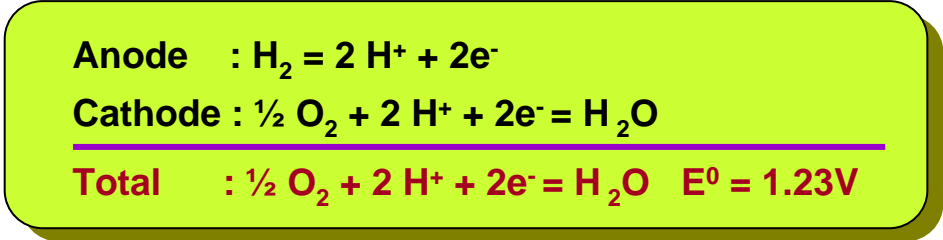
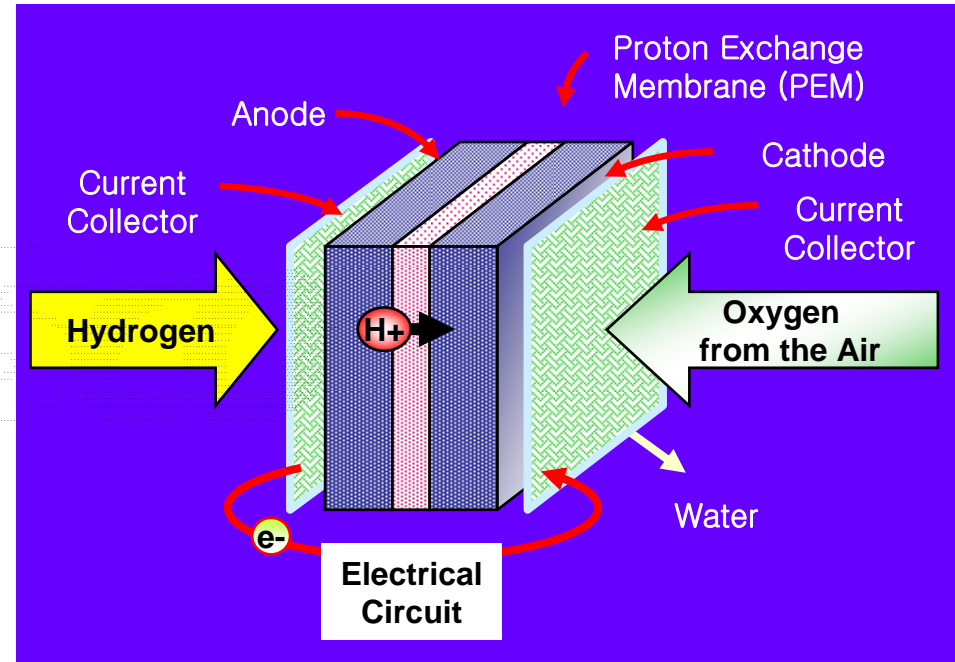
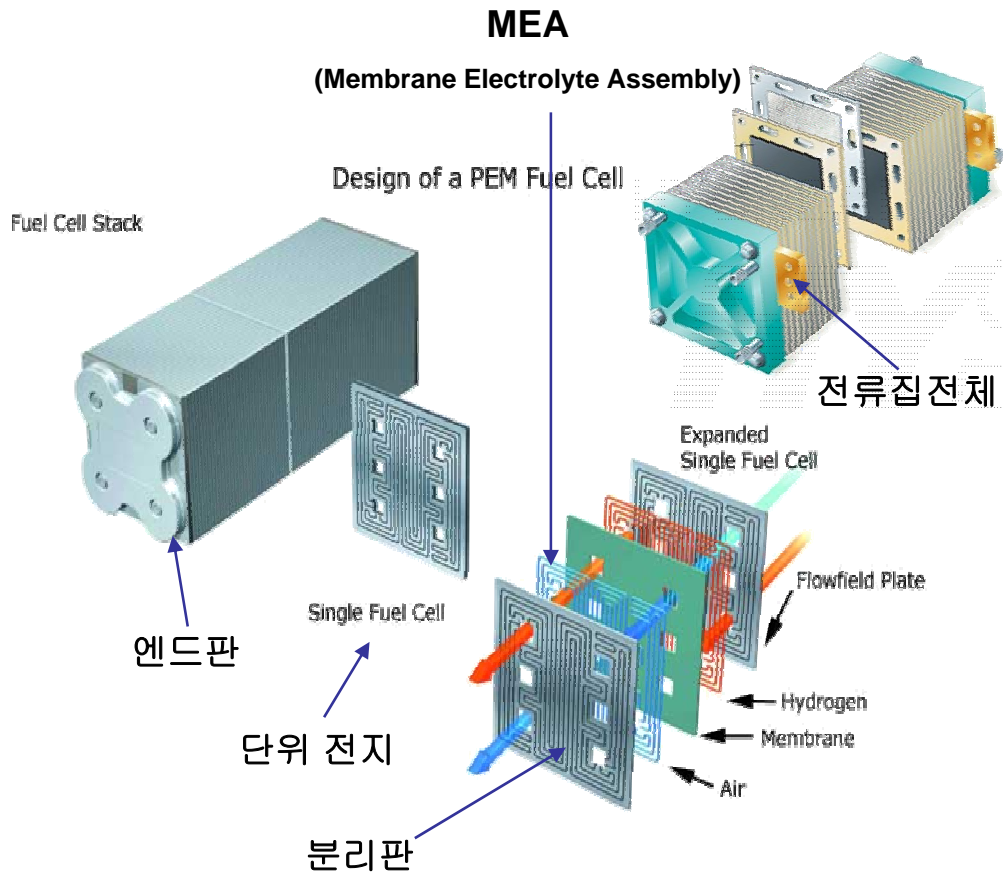


기타 활용 분야 : 군사용, 로봇용, 레저용, 소형 발전용

# 3.

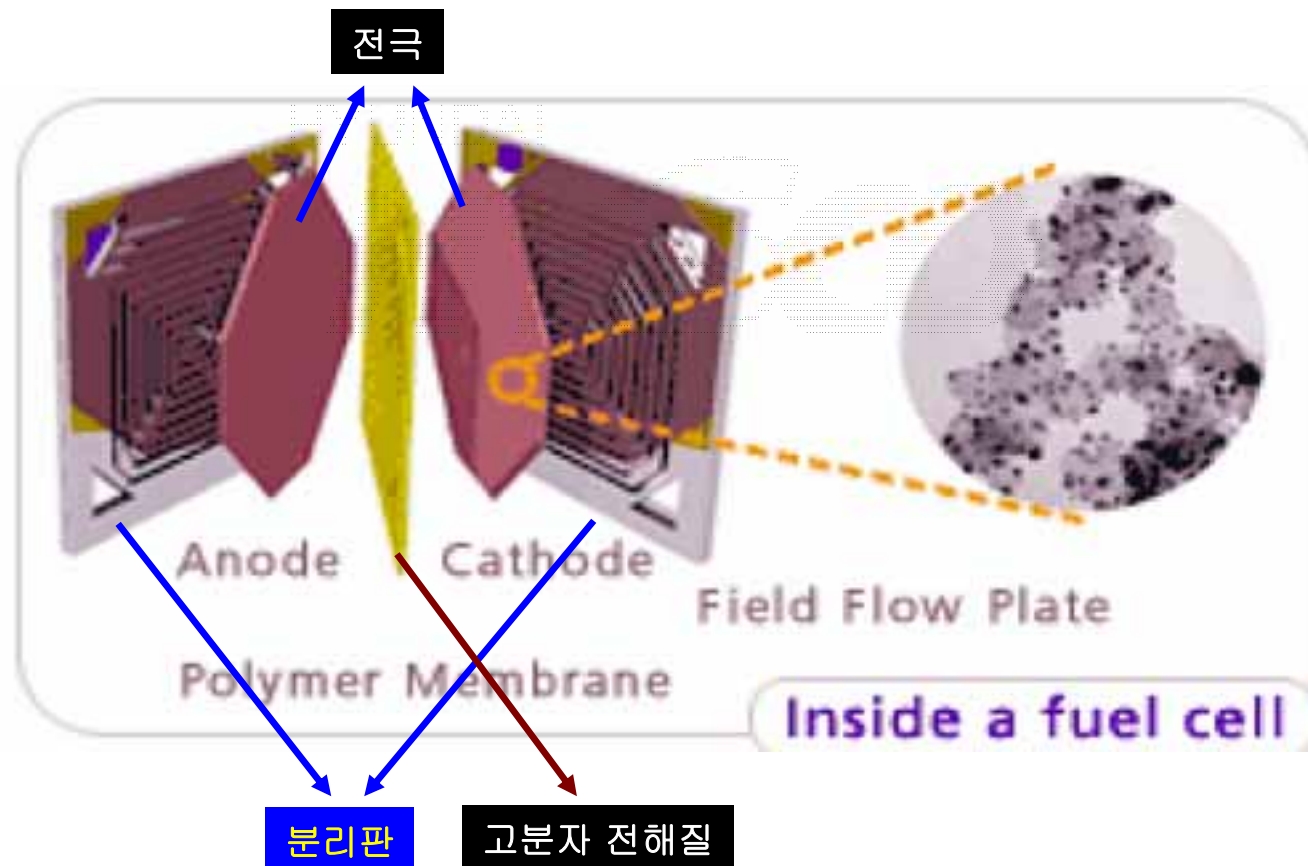
구 분	PAFC (인산형)	MCFC (용융탄산염형)	SOFC (고체산화물형)	PEMFC (고분자전해질형)	DMFC (직접메탄올)	비고
전해질	인산	탄산리튬 탄산칼륨	지르코니아	수소이온 교환막	수소이온 교환막	
이온전도체	수소이온	탄산이온	산소이온	수소이온	수소이온	
촉매	Platinum on PTFE/Carbon	니켈 or 니켈 화합물	니켈/Zirconia cermet	Platinum on Carbon	Pt-Ru or Pt-c	
작동온도	200℃	650℃	1000℃	<100℃	<100℃	
연료	수소	수소, CO	수소, CO	수소	메탄올	
연료원료	LNG, LPG	LNG, LPG, 석탄	LNG, LPG	메탄올, 메탄, 휘발유, 수소	메탄올	
효율(%)	40	45	45	45	30	
출력범위	100 ~ 5,000	1,000~ 10,000	1,000 ~ 10,000	1 ~ 1,000	1 ~ 1,000	
용도	분산 발전형	대규모 발전	대규모 발전	자동차	휴대형전원	

: Bipolar Plate, Separator, Flow Field Plate



2)

- ▶ 분리판의 명칭 : Bipolar Plate, Separator, Flow Field Plate 다양하게 사용됨
- ▶ 연료전지 단위셀 및 구성



# 5.

개발부품	형상	기능
분리판		수소 및 공기 공급 냉각수 공급 전기 전도
전극막		전기 생성 백금/탄소 촉매
가스 확산층		가스 균일 공급
가스켓		기밀 유지
체결기구		스택 체결

# 6.

- (MEA)
- , ,
- 

가

- : ( , ) , ( 가 )
- : , ,
- ( )

- : 가 60% .
- : 30%
- ( : 4kg/kW), 200g/cm<sup>2</sup> .



## 1) 제조 측면

- 연료전지 상용화 시 공정 상에 발생된 크랙이 연료전지 내부에 남아있게 될 위험성이 매우 큼
- 검사공정을 포함한 인원이 필요한 공정이 많아지기 때문에 인건비 소요가 큼

## 2) 사용 측면

- 반복된 진동이나 돌발적인 충돌시 문제 발생 가능성이 매우 큼

## 3) 기술적 측면

## ▶ 가스밀폐성

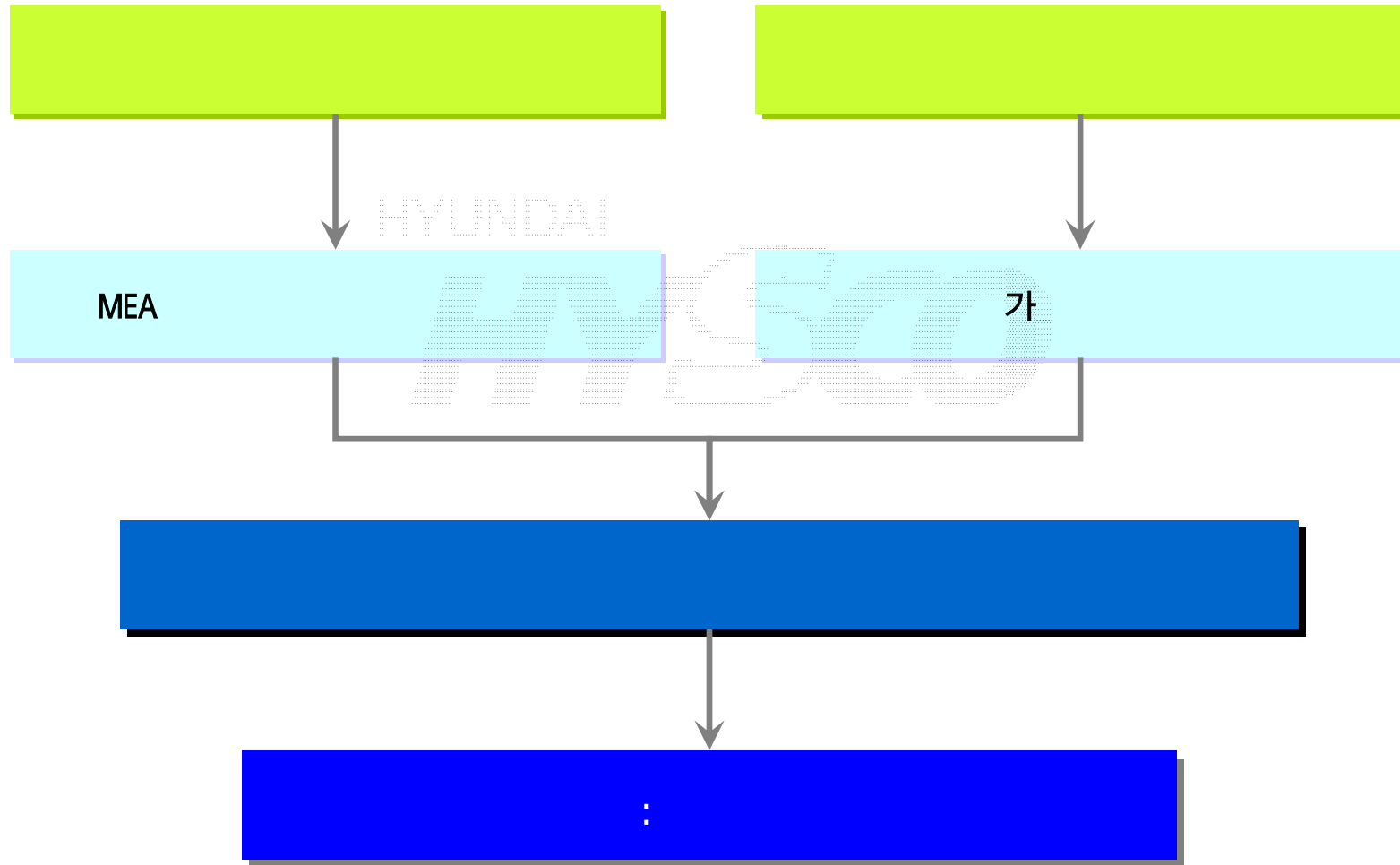
- 탄소계의 경우 수지를 넣어 소성하므로 본질적으로 미세기공이 존재하므로 가스 기밀성이 저하
- 강도 및 가스투과성 측면에서 박막화가 어려움

## ▶ 가공성

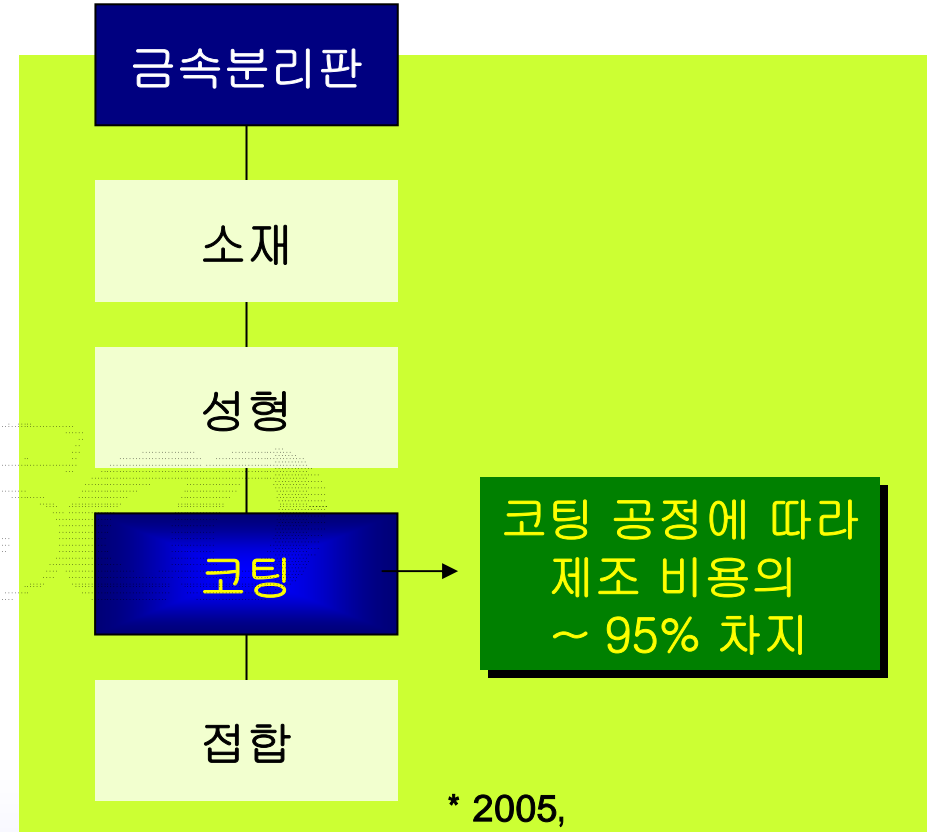
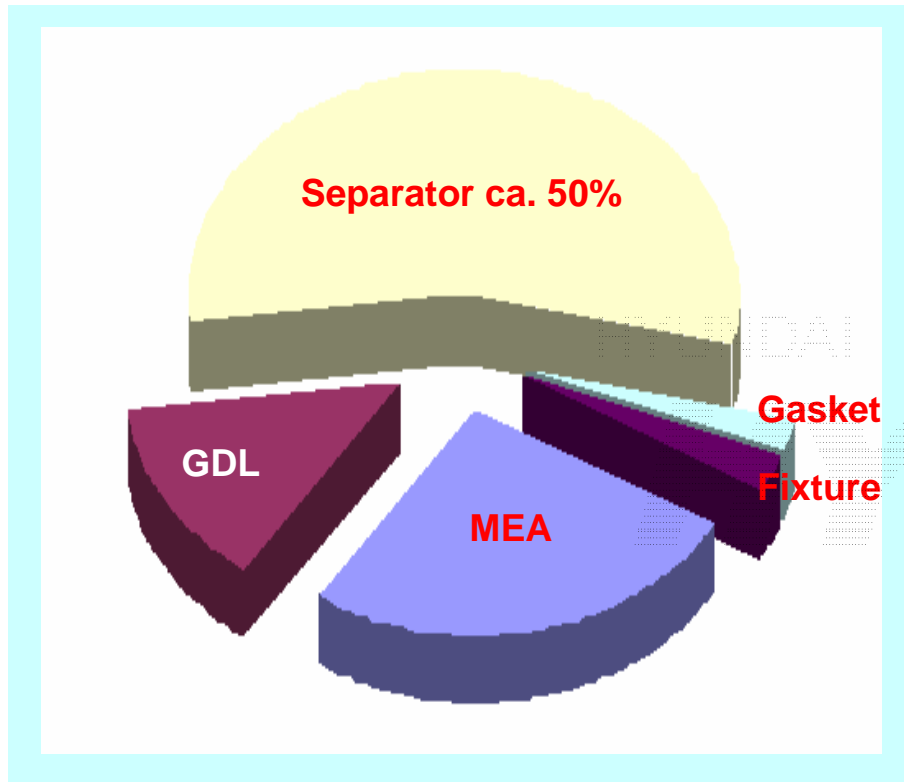
- 소성 후 열수축 때문에 정밀한 형상 확보가 어려우며 가공시 균열발생 가능성이 큼
- 조립과정이나 운전 중 응력에 의해 균열이나 변형이 발생하기 쉬워 가스누출의 원인이 될 수 있음
- 금속계 소재는 연성이 있어 가격, 생산성, 성형성 측면에서 우수함

## ▶ 경량성

- 무게는 낮지만 가스기밀성, 핸들링성, 가공성 관점에서 두께가 1mm 이하는 어려움
- 금속계 분리판은 박막화가 가능하기 때문에 스택의 소형화가 가능하고 유로단면형상을 크게 할 수 있어 성능향상이 가능



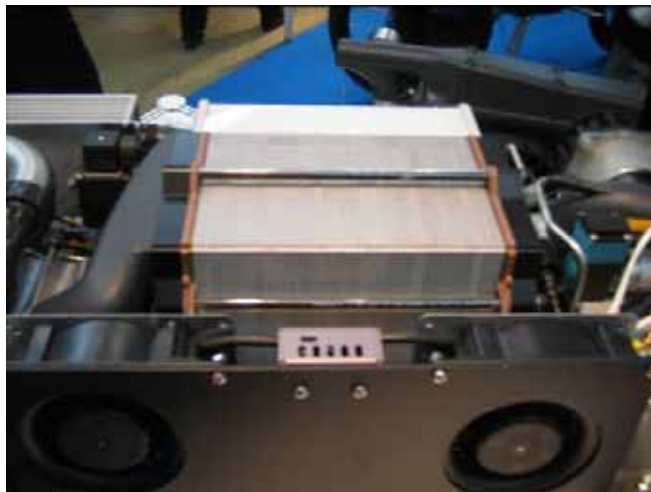
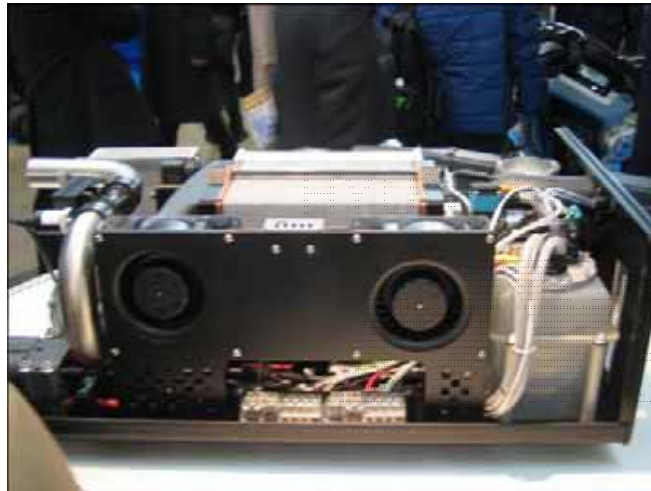
# 9. 가



가 / /

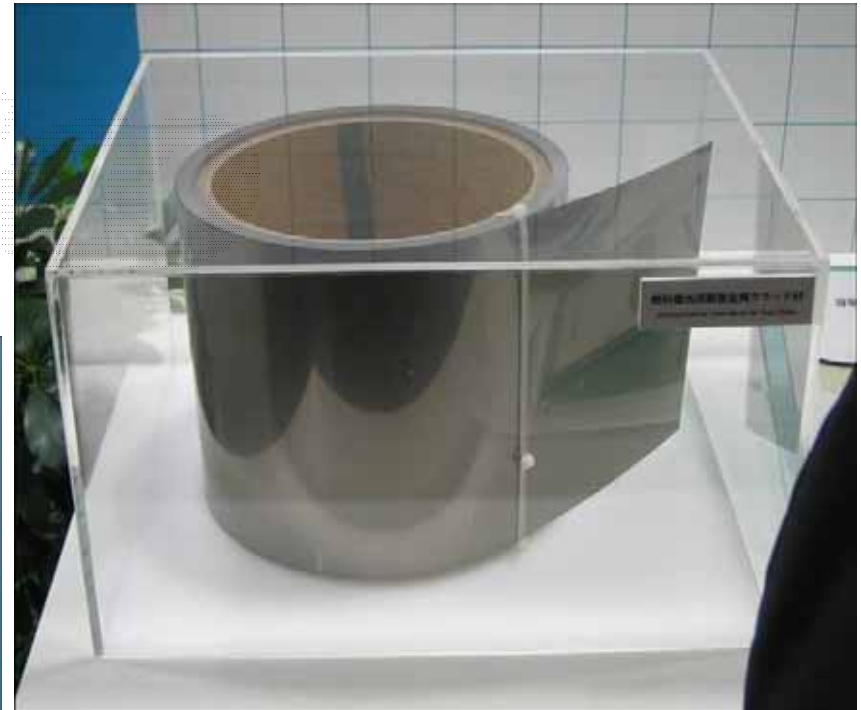
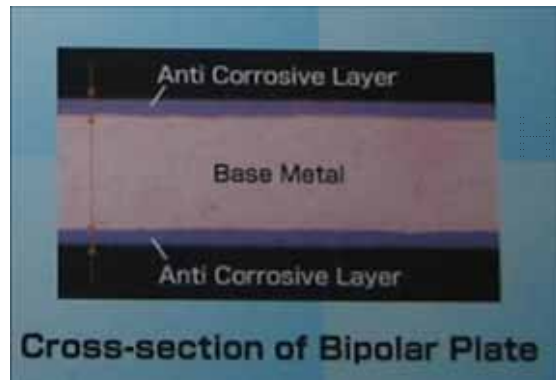
## ▶ Intelligent

- Etching으로 금속분리판 제작
- 금속계 분리판 적용 스택으로는 상당히 큰 부피를 보임. 금속 분리판 두께 (1~2 mm)



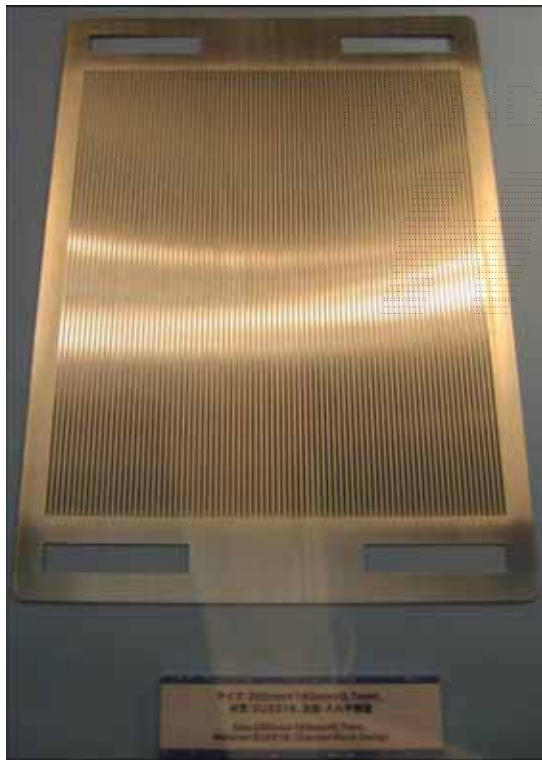
## ▶ HITACHI Cable

- 코어 메탈 + 부속 방지 금속 + 전도성 코팅 으로 금속계 분리판 제작
- Base Metal 과 부식방지층의 접합은 Roll 공정을 적용한다고 설명함



## ▶ Dai Nippon Printing(DNP)

- Photo etching 으로 금속계 분리판 제작 : 분리판 두께 0.7mm,
- 고객 요구에 따라 Au 코팅 가능
- 대량생산을 위한 독자코팅 기술 확보



- DNP 독자 코팅 기술 : 짙은 흑색을 보이며, Gold coating 과 동일한 성능 보임

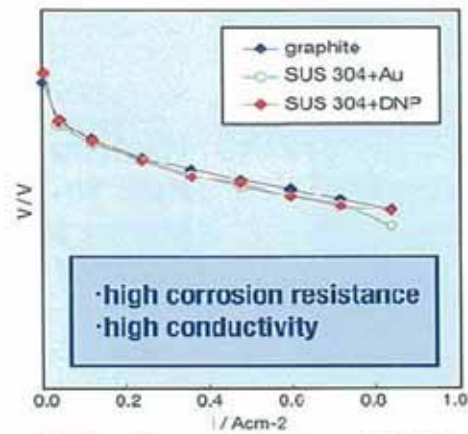


Fig The relative polarization curves of the various plates at ambient pressure, 80°C

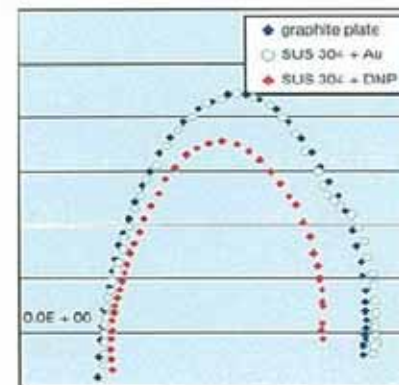
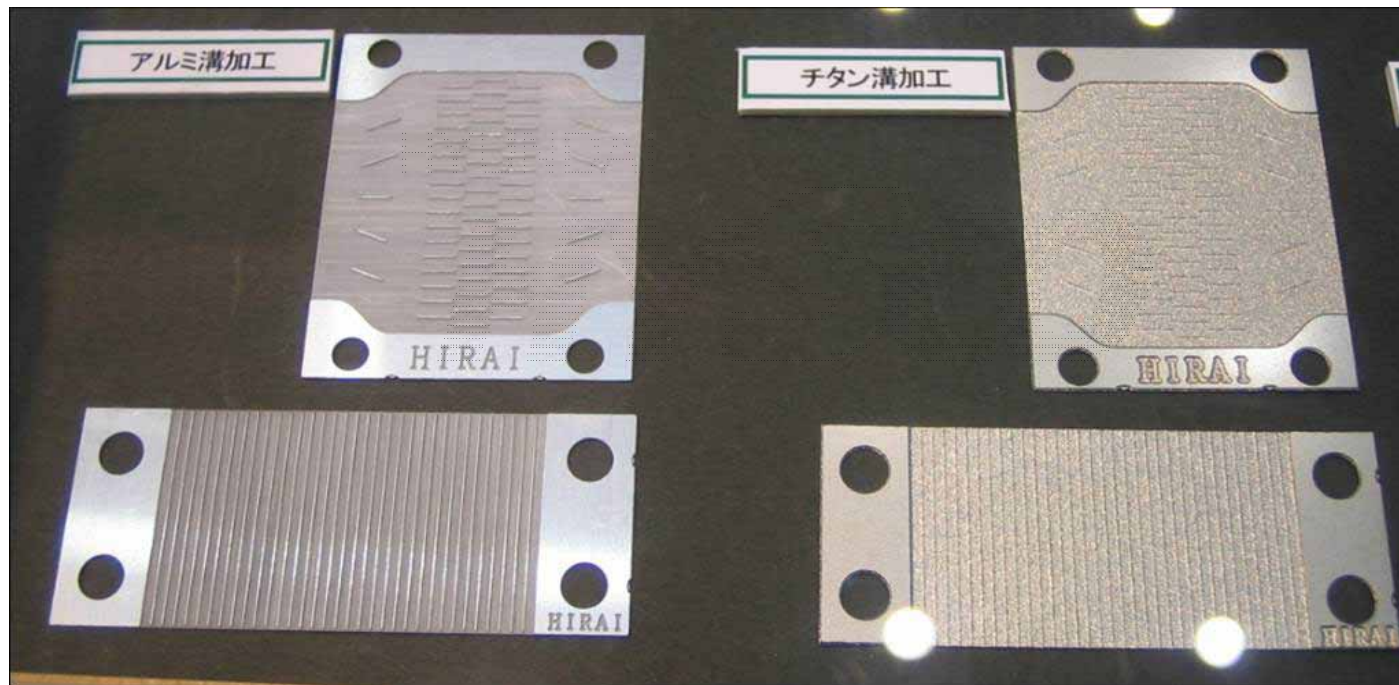


Fig. Characteristics of AC impedance curves of various plates at ambient pressure, temperature 80°C

## ▶ HIRAI

- Photo etching 전문업체
- 금속분리판 주문제작전문

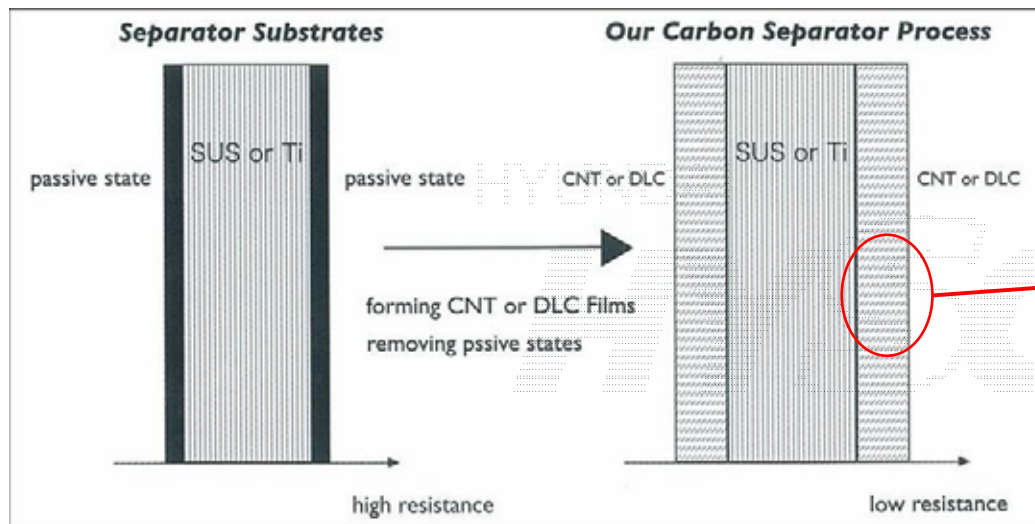


- DNP 나 TWC처럼 PEMFC용 분리판 제작 경험은 없는 것으로 보임
- DMFC용 분리판만 전시



## ▶ Micro Phase

- Carbon Nanotube (CNT), Diamond Like Carbon (DLC) 코팅업체
- 금속분리판 표면을 CNT, DLC 코팅처리 해줌.

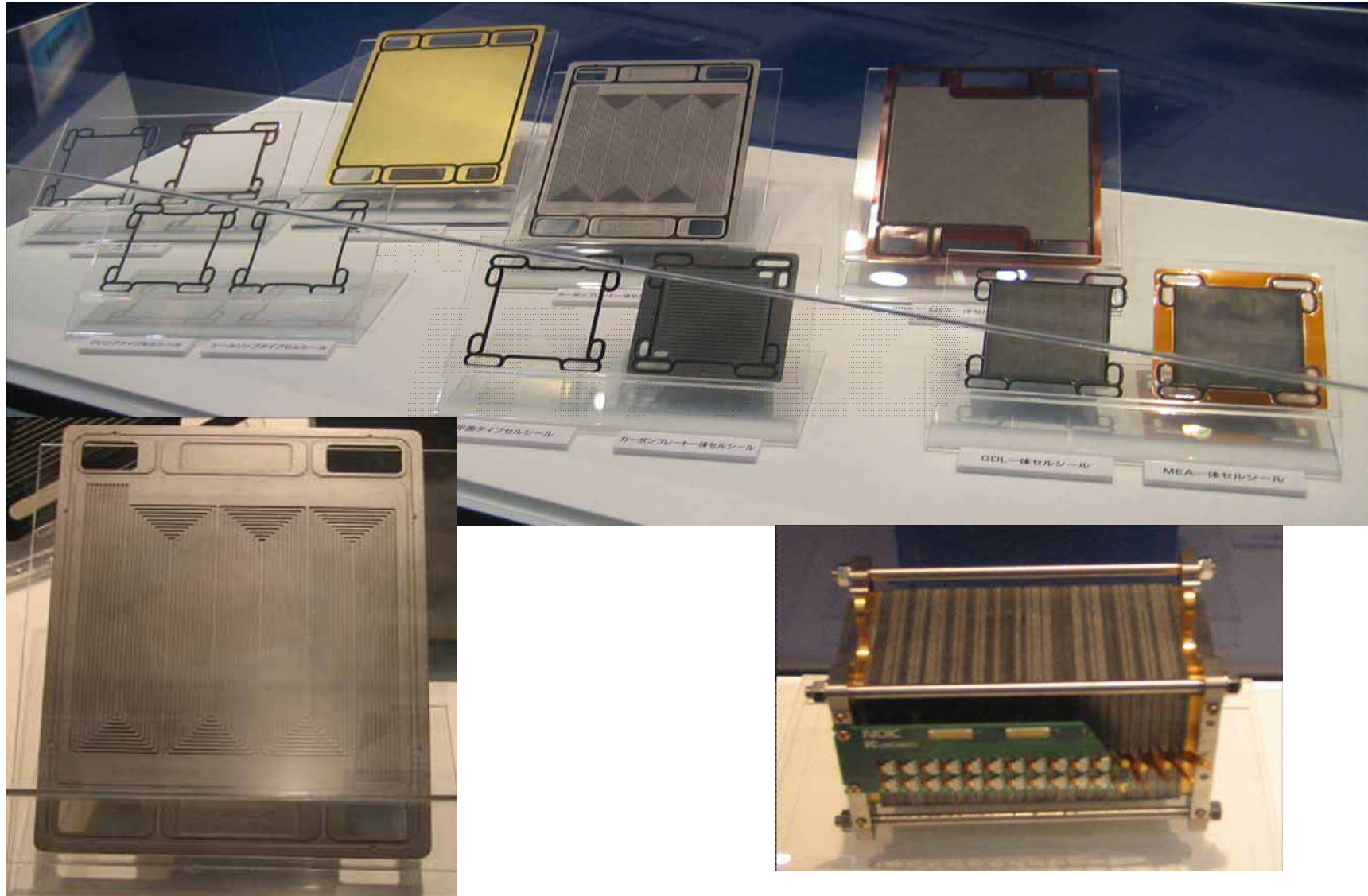


### Carbon Nanotubes ( films / substrates )

- We provide various types of Carbon Nanotubes grown on each substrates.
- use for Fuel Cell separator, FED, Conductor, Corrosion Resistant films.

types of substrates	: SUS, Quartz, Si, Ti, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ...
thickness of substrates	: 0.1 ~ 3mm
size of substrates	: 5mm × 5mm ~ 50mm × 50mm
CNT thickness	: 1 ~ 50 μm
the appointed date of delivery	: 2days ~

## ▶ NOK



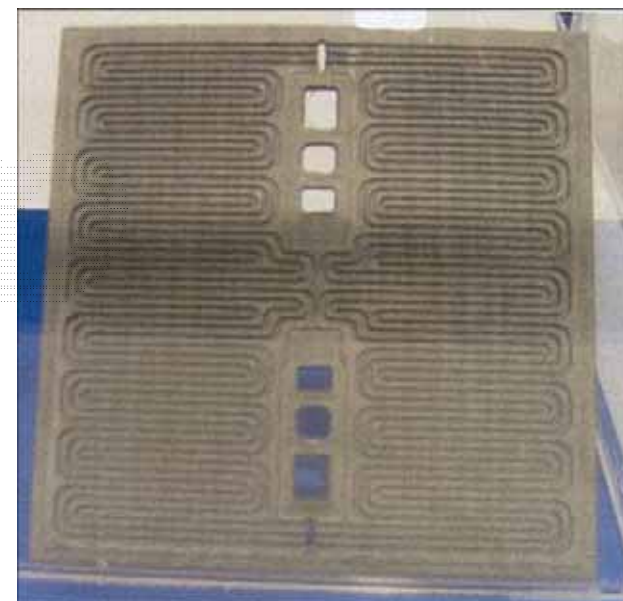
## ▶ SGL

- 카본, Graphite 제품 전문 생산업체
- 흑연계 복합소재 사용, Molding 제작



## ▶ GRAFCELL

- Natural Graphite로 분리판 제작



- 분리판 개발 시 자동차 한 대당 분리판 소요 비용 ; 800개/대 × 1,500원 = 120 만원 /스택

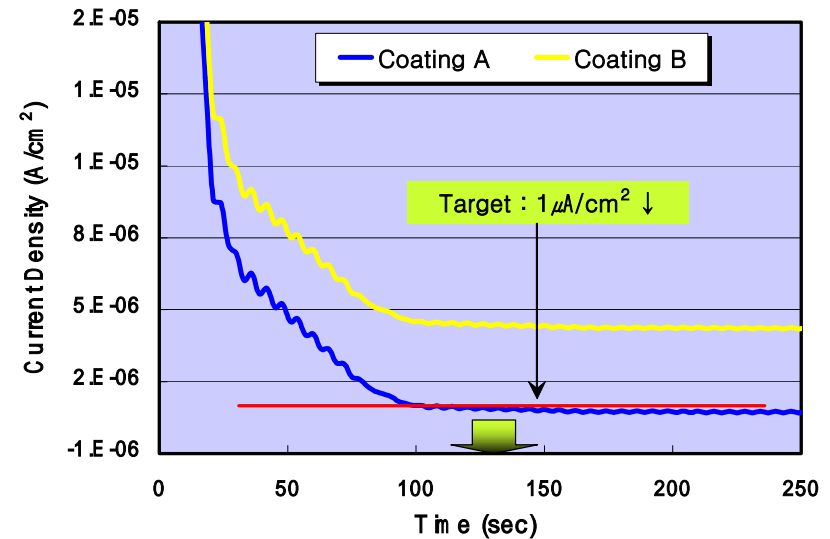
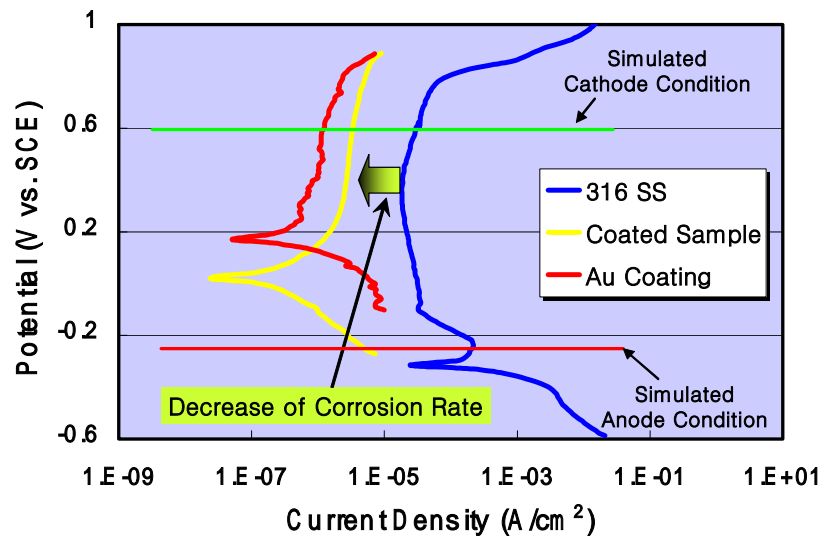
기 간	2010 ~ 2015	2015	2020	2030년 이후
기준대수	100,000대	500,000 대	1,000,000 대	5,000,000대
시장규모	약 1,020 억원	약 5,100 억원	약 1조 2000 억원	약 5조 1,000억원



# 1.

1)

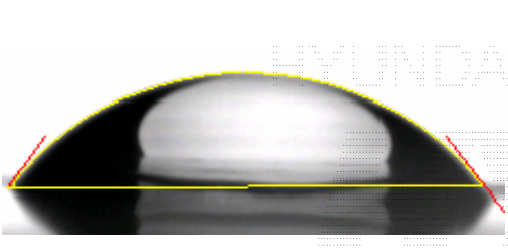
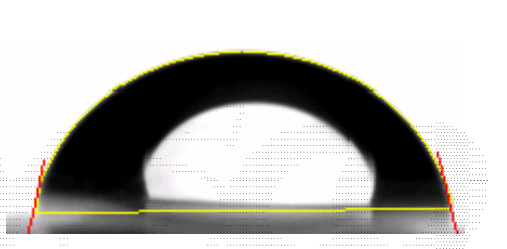
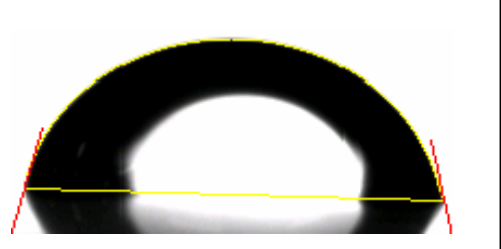
항목	평가방법	목표 값	Remarks
내식성	양극분극시험	8 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ ↓	0.1N $\text{H}_2\text{SO}_4$ + 2ppm HF, 80°C
	Galvanostatic Test	1 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ ↓	
전도성	체결합 : 150 psi	15 $\text{m}\Omega \cdot \text{cm}^2$ ↓	접촉저항
습윤성	친수 혹은 소수	20 ° ↓, 90 ° ↑	접촉각 측정기



### 3.

1) 가

가:

항 목	# 1	# 4	# 6
물젖음성			
접촉각	54.4°	72.3°	76.1°

▶ 이 유 : 연료전진 반응에 의해 생성된 물이 원활이 배출되어야만 가스의 공급 및 성능 확보 가능

# 1.

1) : (3 )

2) 가

▶ 실험 조건

- 실험 온도 : 70°C, 가습 조건: RH 100%
- 연료 유량 : H<sub>2</sub> : Air = Stoichiometric ratio 1.5 : 2.0

▶ Activation 단계

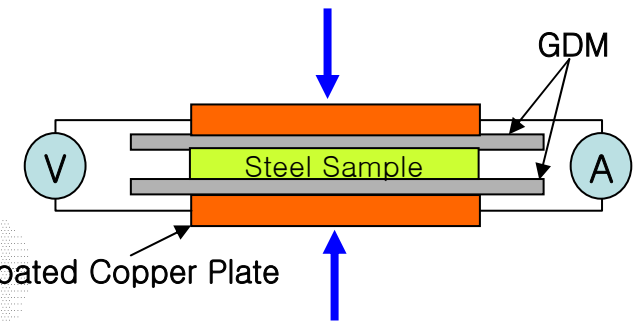
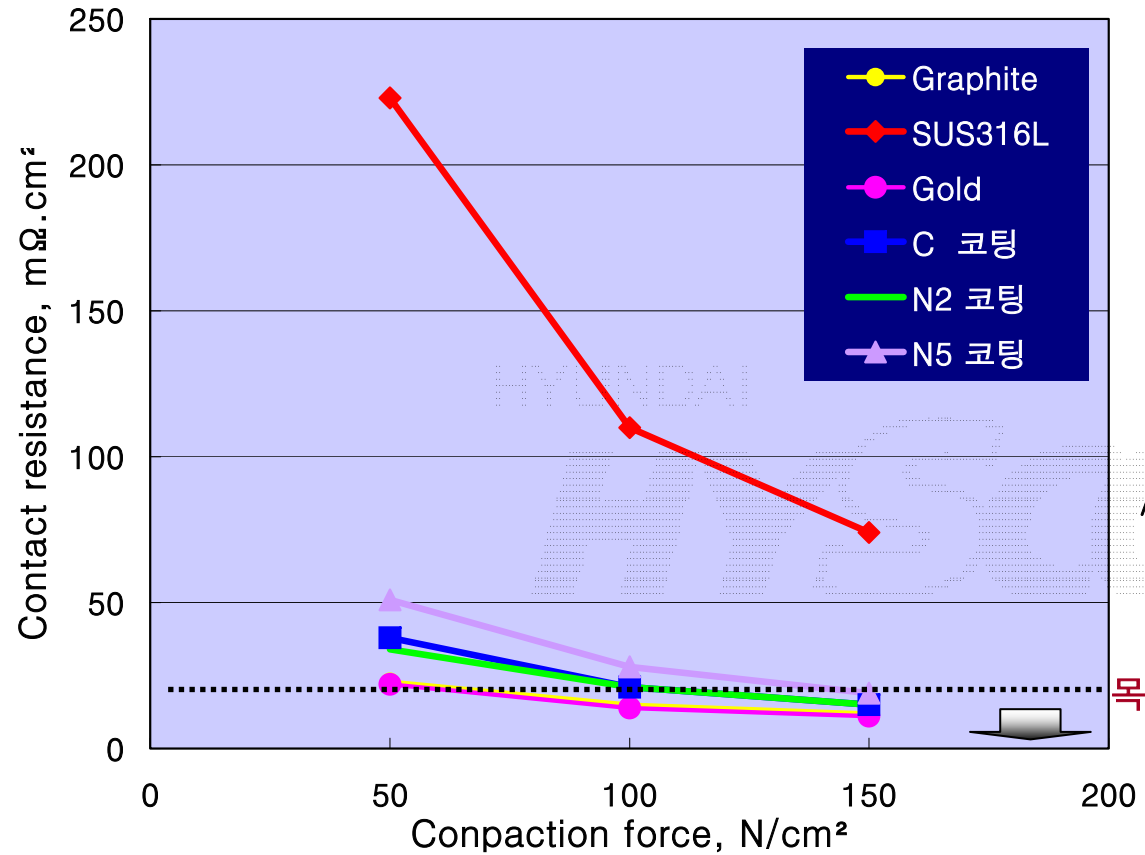
- OCV(1분) → 0.6V(15분) → 0.4V(15분)
- 작동 모드 : Constant Current

▶ 성능 평가 단계

- OCV상태로 1분간 유지
- 1A → 40A ( OCV → 0.4V)
- 작동 모드 : Current staircase (각 step 당 1A, time : 3분)

항 목	체결 조건
전극면적	5.0cm x 5.0cm
MEA	Gore 57 series
Pt 로딩량	0.40 Pt / 0.40 Pt
MEA 두께	18um
가스켓 두께	300 μm
체결 압력	120 kgf·cm

# 2.



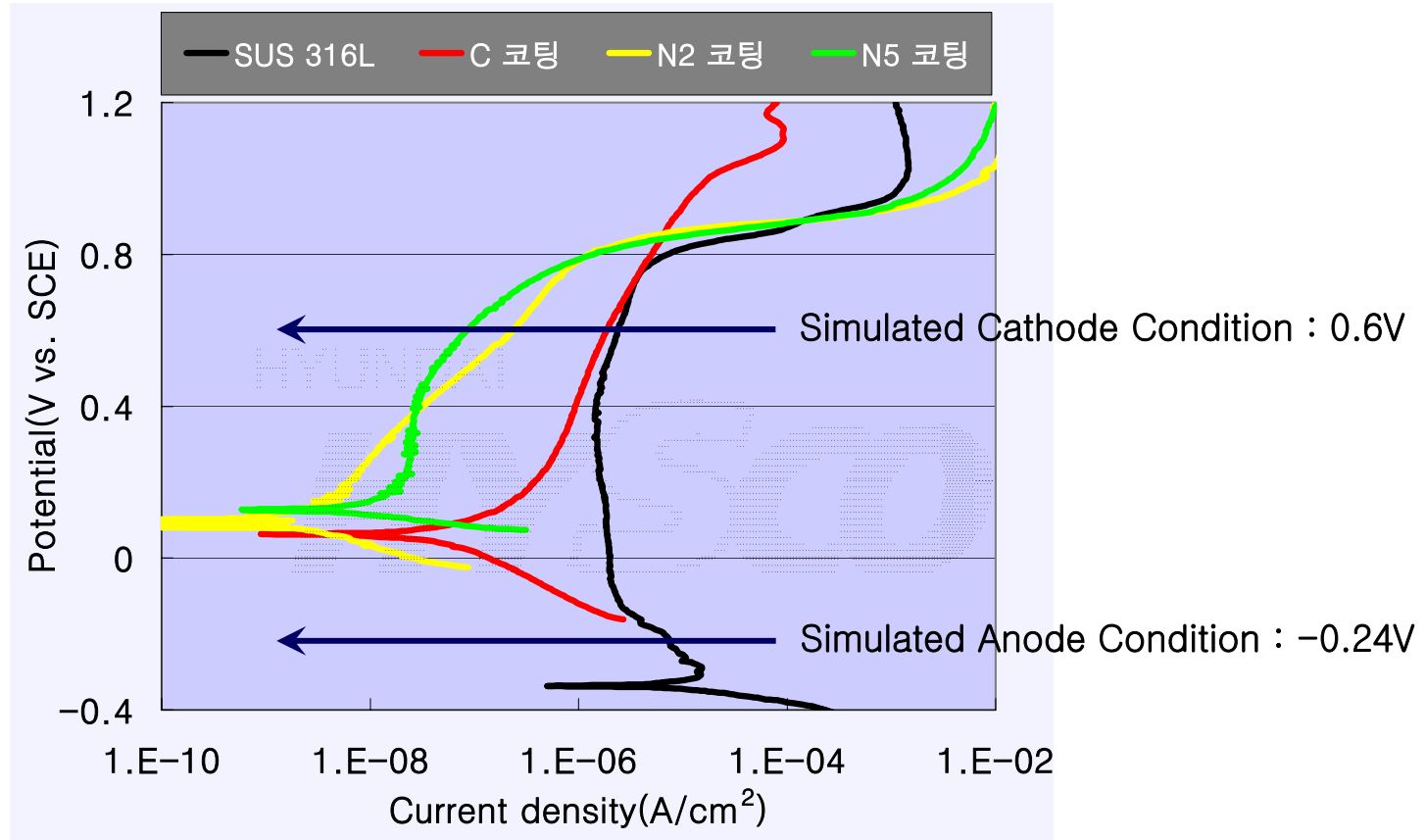
목표치 : 20 mΩ·cm²

단위: mΩ/cm²

체결압	Graphite	SUS 316L	Gold	C 코팅	N2 코팅	N5 코팅
50N/cm²	23	223	22	38	34	51
100N/cm²	15	110	14	21	21	28
150N/cm²	12	74	11	15	15	19

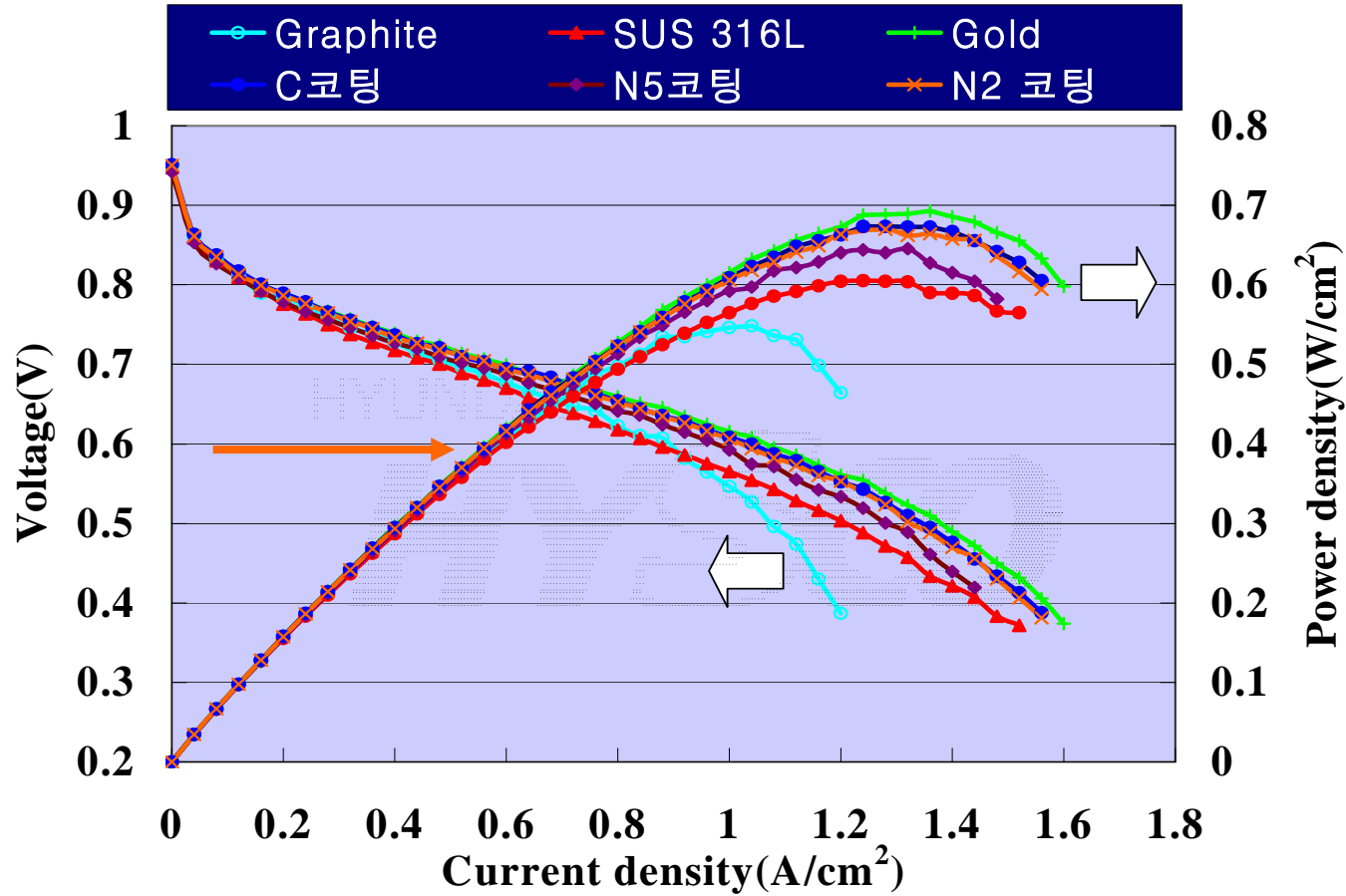


# 3.



단위 :  $\mu\text{A}/\text{cm}^2$

Sample	C 코팅	N2 코팅	N5 코팅	316L	Remarks
0.6V	1.86	0.083	0.084	2.35	Simulated Cathode Condition
-0.24V	No Corr.	No. Corr	No Corr.	8.70	Simulated Anode Condition



	Graphite	SUS 316L	Gold	C 코팅	N5 코팅	N2 코팅
0.6V	0.84 A/cm <sup>2</sup>	0.84 A/cm <sup>2</sup>	1.08 A/cm <sup>2</sup>	1.04 A/cm <sup>2</sup>	0.96 A/cm <sup>2</sup>	1.02 A/cm <sup>2</sup>
최대 전력	0.55 W/cm <sup>2</sup>	0.60 W/cm <sup>2</sup>	0.69 W/cm <sup>2</sup>	0.67 W/cm <sup>2</sup>	0.64 W/cm <sup>2</sup>	0.67 W/cm <sup>2</sup>

# 5.

## 1)

- ▶ 내식성 : 코팅 적용에 따라 2-5배 증가
- ▶ 접촉저항 : 흑연계 분리판 대비 동등 수준

## 2)

### 가

	SUS316L	Gold	C 코팅	N2 코팅	N5 코팅
0.6V	0% ↑	28% ↑	24% ↑	21% ↑	14% ↑
최대 출력	10% ↑	26% ↑	22% ↑	22% ↑	17% ↑

- ▶ 코팅된 금속분리판의 경의 mass transport 저항의 영향이 감소됨
- ▶ Gold 와 C 코팅 분리판 연료전지 성능 평가 결과 우수한 성능을 보임
- ▶ SUS 316L의 경우 접촉 저항이 높아 Ohmic 저항 영역에서 성능저하 발생