

제5회 검증연구포럼

[연료전지 배출 특성 및 배출량 검증방법]

2019.08.09

이경현 심사원

목 차

1

연료전지 개요 구성

2

메커니즘 이해

3

연료전지 종류및 응용

4

발전용 연료전지

5

연료전지 배출 특성및 배출량 검증 방법

6

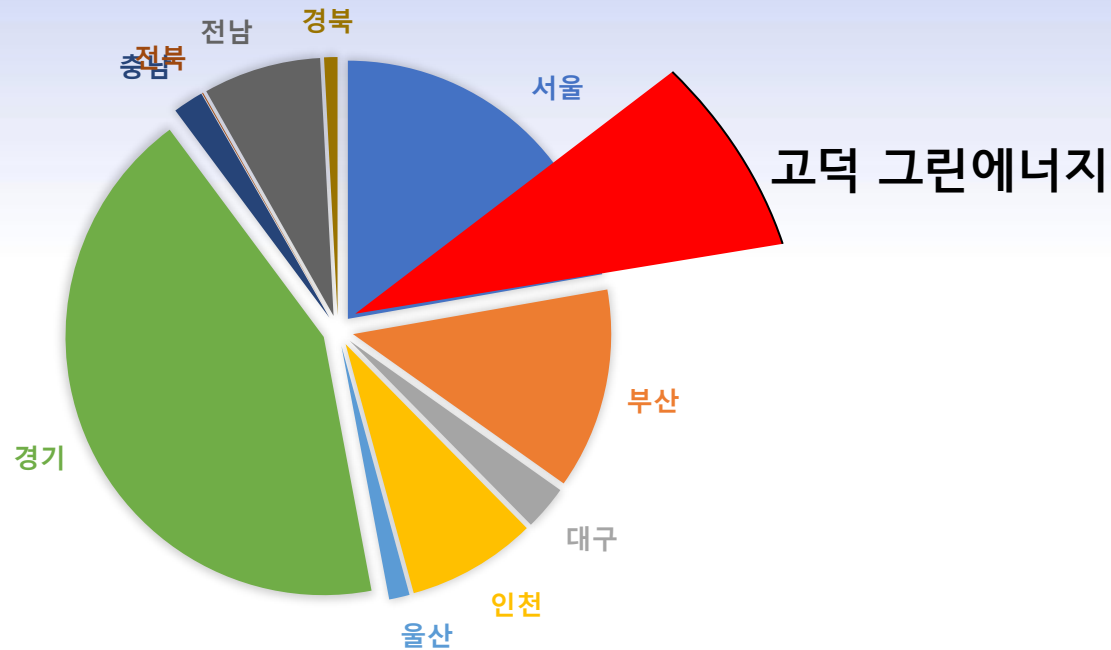
Site 소개

* 연료전지 개발 History

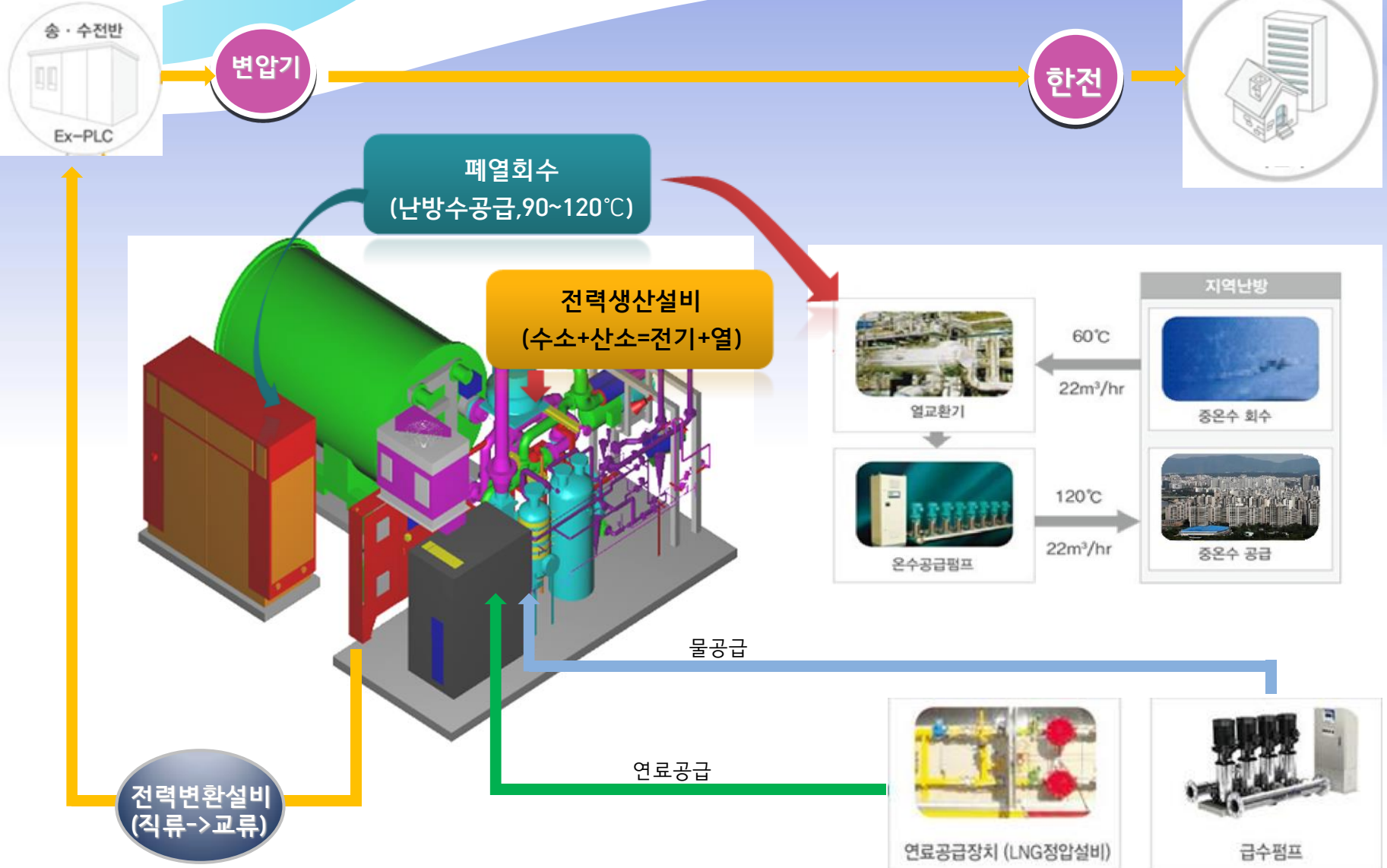
1791 년	갈바니 전지 (이탈리아) 최초의 근대 전지
1800 년	볼타 전지 (이탈리아) 황산과 동,아연을 침전,기전력발생
1839~1849	그로브 전지 (영) 최초 연료전지 개발/수소+ 산소→ 물생성
1921 년	바울 (독) 용융탄산염형 최초의 연료전지
1933 년	토플러 (독) 최초의 알칼리형 연료전지 기본형
1952 년	베이컨 (영) 고가의 백금촉매, 부식성 황산을 전해질 사용
1958 년	NASA 연료전지 채택
1965.3.23	제미니 3호 최초 유인우주선에 최초 탑재/ GE사의 고분자형 연료전지
1968~1972년	1968.10~ 1972.10 아폴로 7호~ 17호 알칼리형 연료전지 탑재 (PC3A , 2.3KW, 개량 베이컨형)
1969.	연료전지 생성수를 식용으로 사용/ Biosatellite 3호 채택
1977	인산형 연료전지
1991	연료전지 버스개발 (다임러 벤츠, 프,독)

지역별 연료전지 발전량

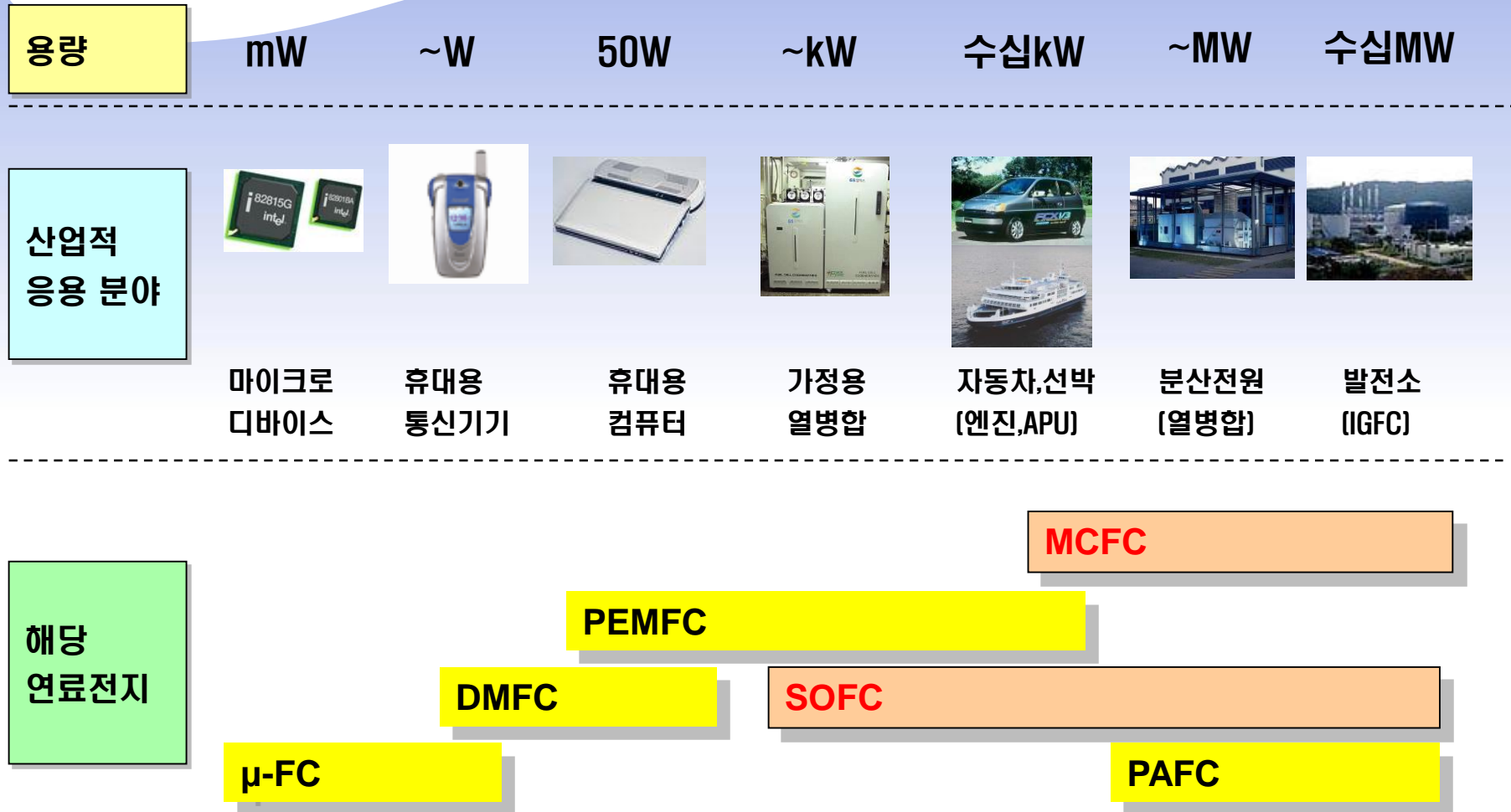
지역별 연료전지 발전량(2017년)



연료전지 발전소 구성



연료전지 적용현황



연료전지의 응용분야

	AFC (Alkali Fuel Cell)	MCFC (Molten Carbonate Fuel Cell)	PAFC (Phosphoric Acid Fuel Cell)	SOFC (Solid Oxide Fuel Cell)	PEFC (Polymer Electrolyte Fuel Cell)	DMFC (Direct Methanol Fuel Cell)
운전온도	60 - 90	600 - 700	190 - 220	800 - 1000	25 - 100	25 - 120
발전효율 (%)	45 - 60	45 - 60	40 - 50	50 - 60	40 - 60	
전 해 질	수산화칼륨 (액체)	Lithium or potassium Carbonate (액체)	인산 (액체)	Ytria-Stabilized Zirconia (고체)	Polymer Membrane	Polymer Membrane
촉 매		용융탄산염 (Li ₂ CO ₃ -K ₂ CO ₃)	인산 (H ₃ PO ₄)		이온(H ⁺)전도성 고분자 막	이온(H ⁺)전도성 고분자 막

연료전지의 응용분야

연료전지의 종류

* 전해질 종류에 따라 연료전지를 구분

구분	알카리 (AFC)	인산형 (PAFC)	용융탄산염 형 (MCFC)	고체산화물 형 (SOFC)	고분자전해 질형 (PEMFC)	직접메탄올 (DMFC)
전해질	알카리	인산염	탄산염	세라믹	이온교환막	이온교환막
동작온도 (°C)	120이하	250이하	700이하	1,200이하	100이하	100이하
효율(%)	85	70	80	85	75	40
용도	우주발사체 전원	중형건물 (200kW)	중·대형건물 (100kW~MW)	소·중·대용 량 발전(1kW~ MW)	가정·상업용 (1~10kW)	소형이동 (1kW 이하)
특징	-	CO 내구성 큼, 열병합대 응 가능	발전효율 높 음, 내부개질 가능, 열병합 대응 가능	발전효율 높 음, 내부개질 가 능, 복합발전 가 능	저온작동 고출력밀도	저온작동 고출력밀도

* AFC(Alkaline Fuel Cell), PAFC(Phosphoric Acid FC), MCFC(Molten Carbonate), SOFC(Solid Oxide), PEMFC(Polymer Electrolyte Membrane), DMFC(Direct Methanol)

→ 순서대로 기술발전 단계임

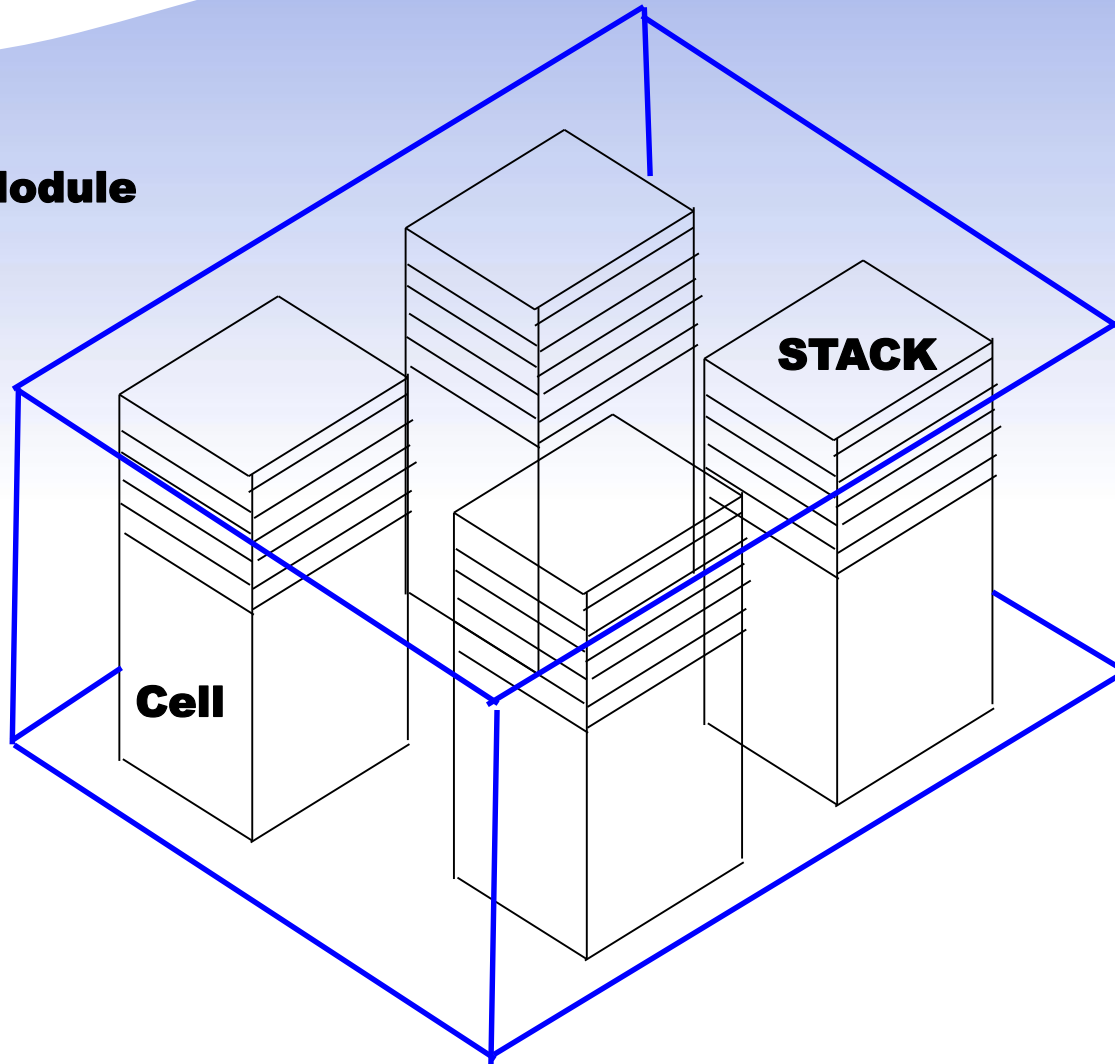
연료전지의 발전현황

각 연료전지 발전 현황

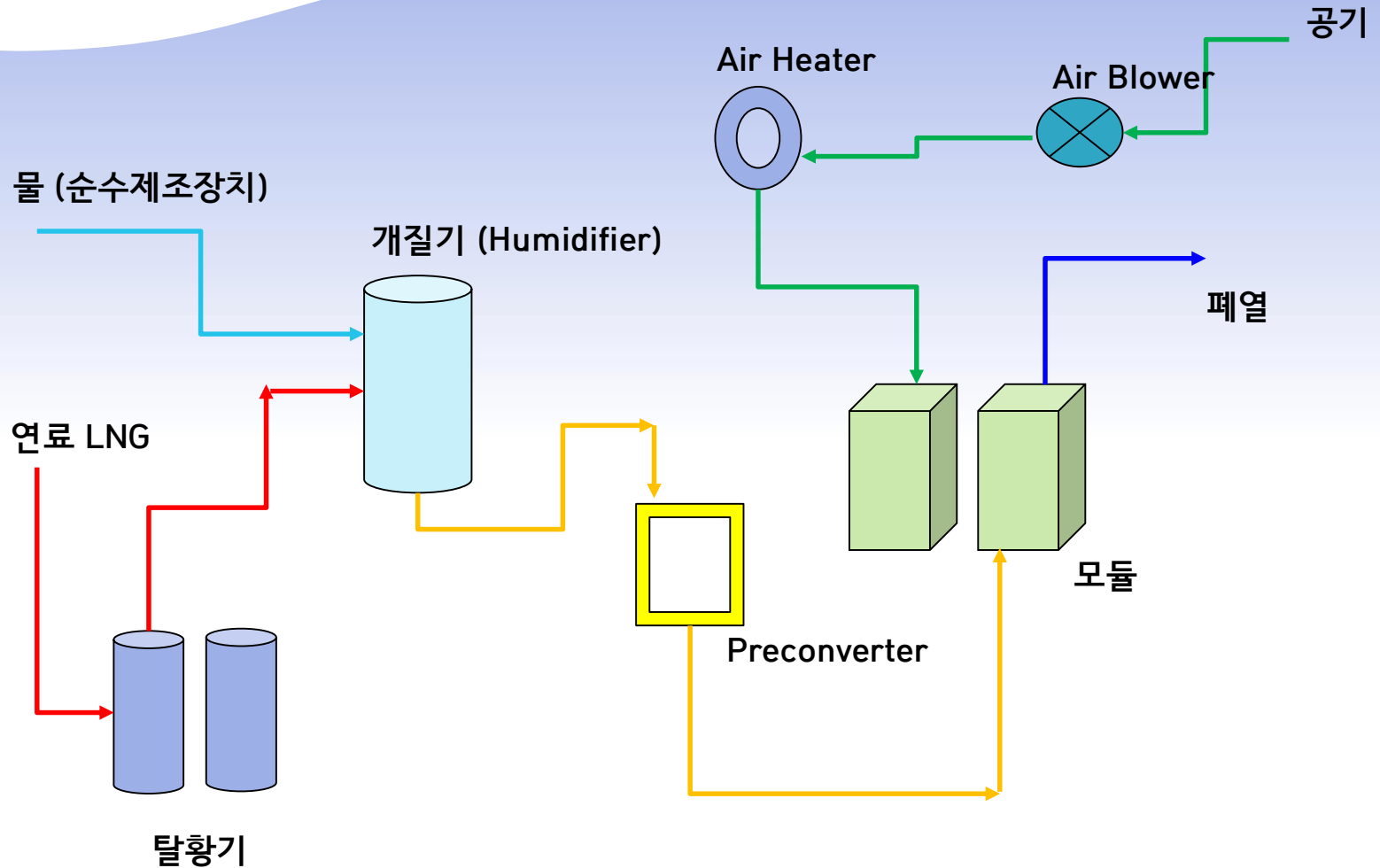
- 알칼리형(AFC : Alkaline Fuel Cell)**
 - 1960년대 군사용(우주선 : 아폴로 11호)으로 개발
 - 순 수소 및 순 산소를 사용
- 인산형(PAFC : Phosphoric Acid Fuel Cell)**
 - 1970년대 민간차원에서 처음으로 기술개발된 1세대 연료전지로 병원, 호텔, 건물 등 분산형 전원으로 이용
 - 현재 가장 앞선 기술로 미국, 일본에서 실용화 단계에 있음
- 용융탄산염형(MCFC : Molten Carbonate Fuel Cell)**
 - 1980년대에 기술개발된 2세대 연료전지로 대형발전소, 아파트단지, 대형건물의 분산형 전원으로 이용
 - 미국, 일본에서 기술개발을 완료하고 성능평가 진행 중(250kW 상용화, 2MW 실증)
- 고체산화물형(SOFC : Solid Oxide Fuel Cell)**
 - 1980년대에 본격적으로 기술개발된 3세대로서, MCFC보다 효율이 우수한 연료전지, 대형발전소, 아파트단지 및 대형건물의 분산형 전원으로 이용
 - 최근 선진국에서는 가정용, 자동차용 등으로도 연구를 진행하고 있으나 우리나라는 다른 연료전지에 비해 기술력이 가장 낮음
- 고분자전해질형(PEMFC: Polymer Electrolyte Membrane)**
 - 1990년대에 기술개발된 4세대 연료전지로 가정용, 자동차용, 이동용 전원으로 이용
 - 가장 활발하게 연구되는 분야이며, 실용화 및 상용화도 타 연료전지보다 빠르게 진행되고 있음
- 직접메탄올연료전지(DMFC : Direct Methanol Fuel Cell)**
 - 1990년대 말부터 기술개발된 연료전지로 이동용(핸드폰, 노트북 등) 전원으로 이용
 - 고분자전해질형 연료전지와 함께 가장 활발하게 연구되는 분야임

Module 구성 (MCFC)

Module

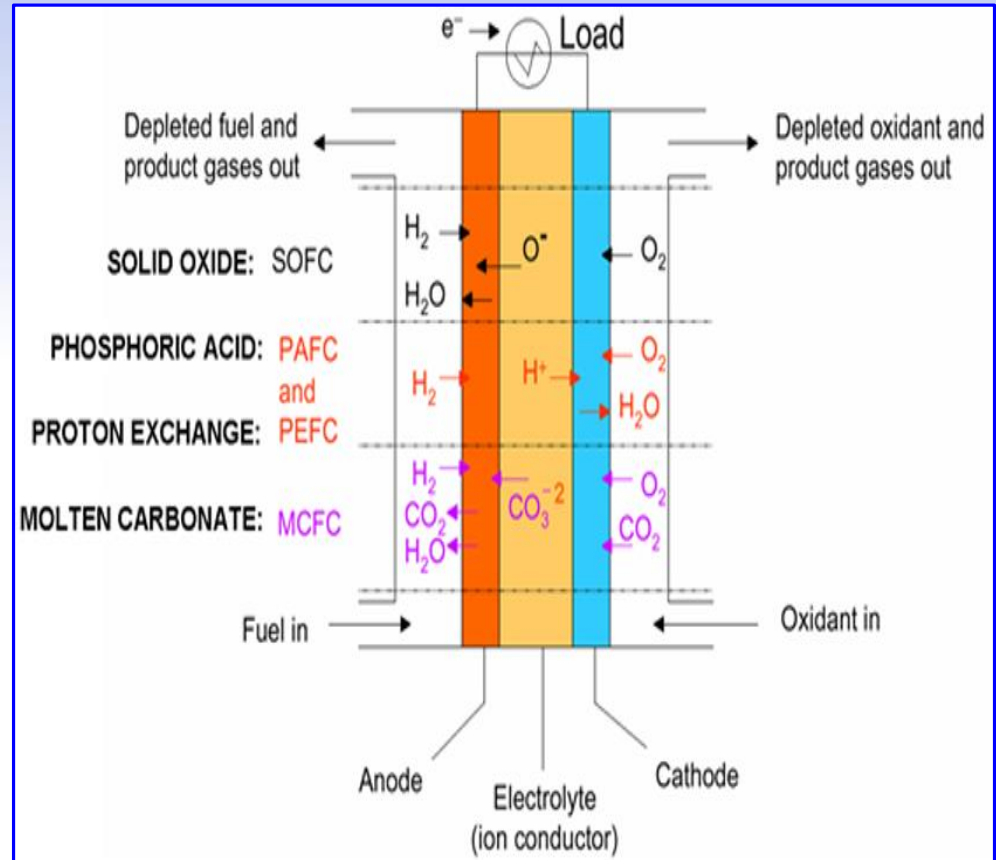
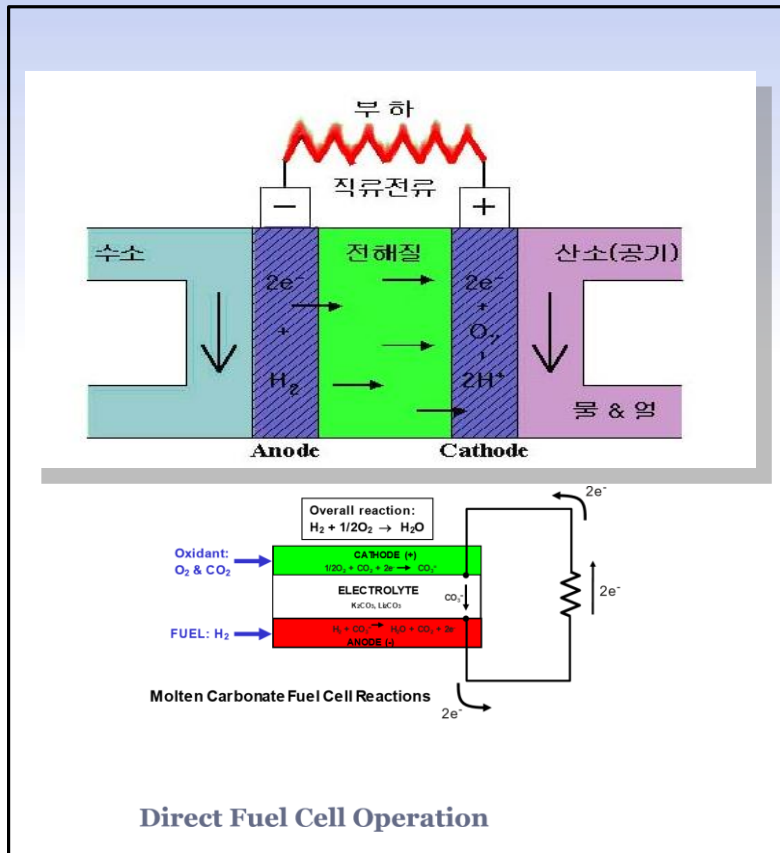


연료전지 FLOW



연료전지의 반응 및 개질

수소는 Anode를 통과하며 산소는 Cathode를 통과하고 탄산이온이 Cathode 에서 Anode 로 전해질을 통해 이동한다. 수소는 산소와 반응하여 물을 생성하면서 전류를 발생시키며, 발생된 열은 냉난방 열로 사용하거나 배출함.

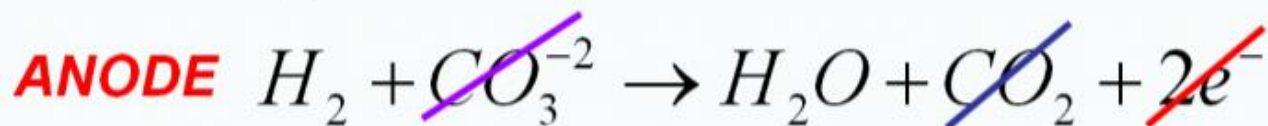
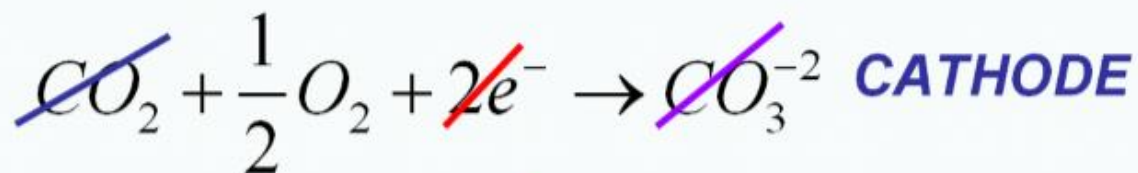


MCFC TYPE의 장점

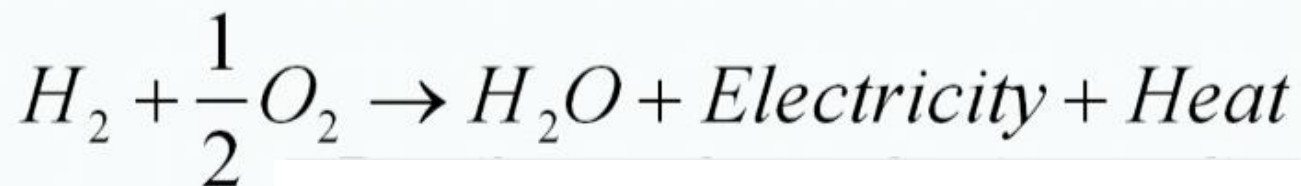
- 고효율 : 발전효율 45%~ 50%, 종합효율 85~90%
- 환경 친화적 에너지(SO_x,NO_x,CO₂ 1/2,소음,진동)
- 모듈구조 : 설치면적, 신축, 증설, 수송 간편
- 분산형 전원 : 공해, 면적, 도심지 설치 용이
- 다양한 연료 사용 : LNG, LPG, 재생연료 활용(바이오가스)에 최적
- 기술적 응용
 1. 내부개질방식 이용, 메탄 수증기 개질반응은 흡열반응임으로 외부 별도의 냉각기가 필요없음.
 2. 높은 작동온도 ; 저가의 촉매 사용이 가능
 3. 다양한 배열회수 시스템 적용가능; 온수 생산 열 활용

연료전지의 반응 및 개질

Molten Carbonate Reactions

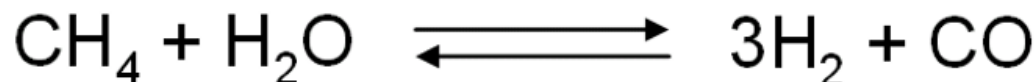


각 극에서의 반응식을 합치면, 수소연료전지 전체반응식이 된다.

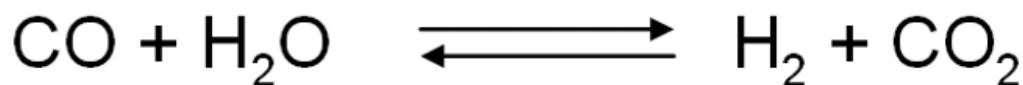


연료전지의 반응 및 개질

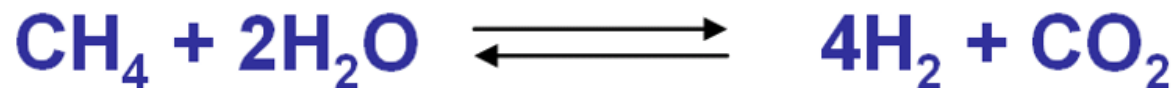
Reforming Reaction (개질반응)



Shift Reaction (이동반응)



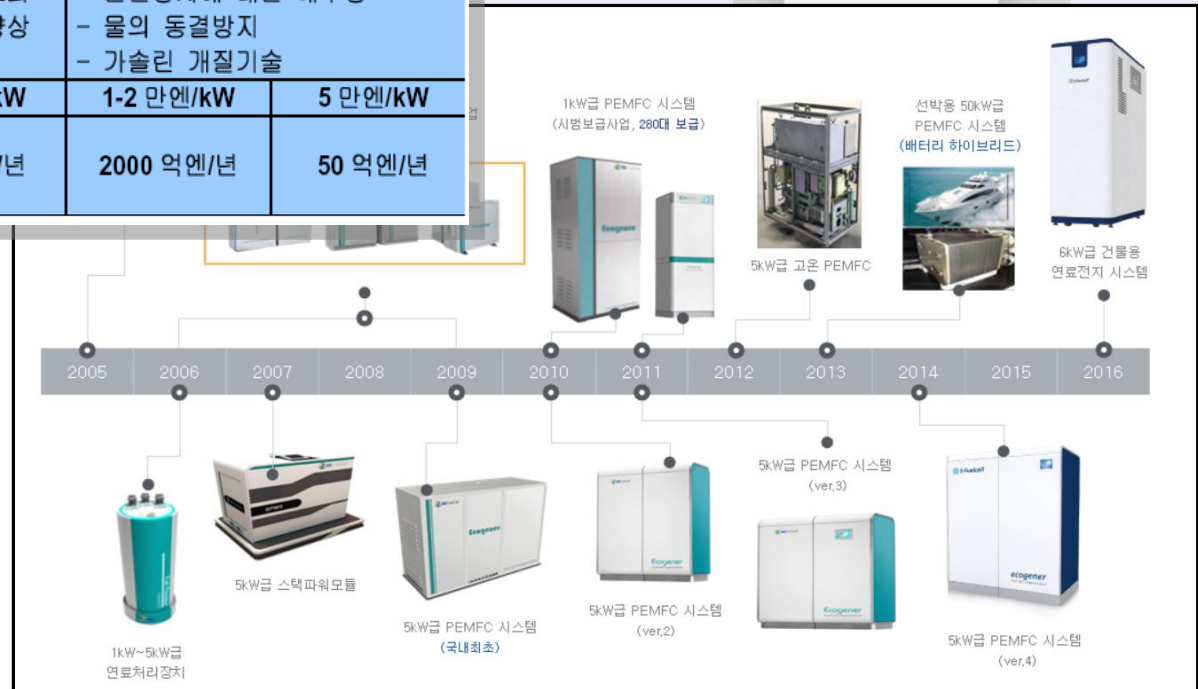
Adding These Together:



Methane-Steam 개질(Reforming)

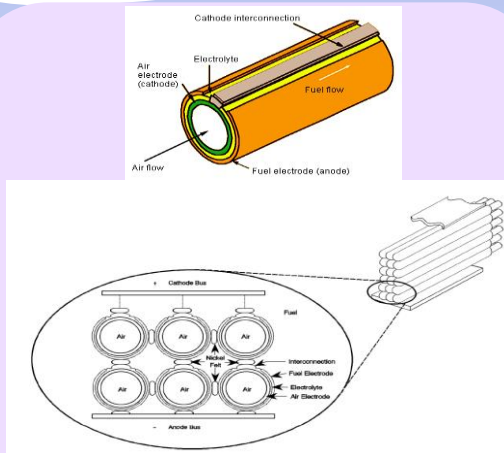
수송용 연료전지(PEMFC) 개요

분야	민생용	On-Site 용	승용차용	공공차량용 (버스)
출력규모	0.5-3 kW	30-200 kW	20-50 kW	20-250 kW
요구치 - 발전효율 - 수명 - 정지회수	- 30-40% - 6-10 만시간 - 수천회	- 30-40% - 4 만시간 - 수회	- 30% - 5,000 시간 - 1 만회	- 30% - 5,000 시간 - 수만회
기술과제	- 저가격화 - 저소음화	- 보수 간소화 - 열이용 향상	- 저가격, 경량, 콤팩트화 - 운전정지에 대한 내구성 - 물의 동결방지 - 가솔린 개질기술	
가격대	10 만엔/kW	15 만엔/kW	1-2 만엔/kW	5 만엔/kW
시장규모 (2010 년 일본)	500 억엔/년	500 억엔/년	2000 억엔/년	50 억엔/년

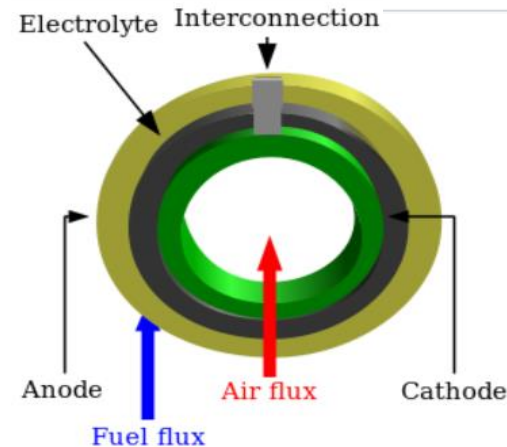
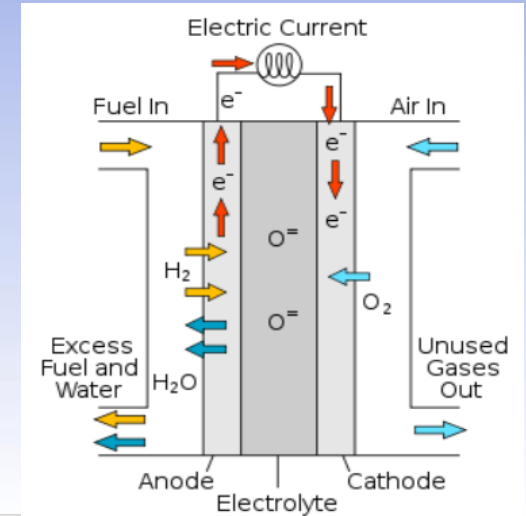
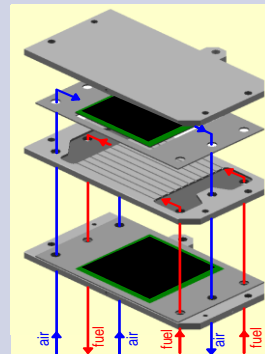


SOFC (고체산화물 연료전지) 원리와 구조

Tubular Type



Planar Type



Cross section of three ceramic layers of a tubular SOFC. From left to right: porous cathode, dense electrolyte, porous anode

1. 고체 전해질 (electrolyte) 지르코니아
2. 공기극 (cathode) 30% 기공율, 산화망간
3. 연료극 (anode) 니켈
4. Interconnect ; inconel

연료전지 배출 활동 보고



28. 연료전지

IPCC 분류체계

-

1. 배출활동 개요

연료전지는 외부에서 수소와 산소를 공급받아 수용액에서 전자를 교환하는 산화·환원 반응을 하며, 해당 반응에서 생성된 화학적 에너지를 전기에너지로 변환시키는 발전장치이다. 물을 전기 분해하면 전극에서 산소와 수소가 발생하는데, 연료전지는 그에 대한 역반응으로 수소와 산소로부터 전기와 물을 생산한다. 수소를 생산하기 위하여 연료전지 앞단에서 탄화수소와 물을 반응시키고 이 과정에서 CO₂가 발생된다.

2. 보고 대상 배출시설

연료전지 공정배출의 보고대상 배출시설은 아래와 같다.

① 연료전지

3. 보고 대상 온실가스

구분	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
산정방법론	Tier 1,2,3,4	-	-



4. 배출량 산정 방법론

① Tier 1~3

$$E_{i,CO_2} = FR_i \times EF_i$$

E_{i,CO_2} : 연료전지 공정에서의 CO₂ 배출량(tCO₂)

FR_i : 원료(i) 투입량(ton)

EF_i : 원료(i)별 CO₂ 배출계수(tCO₂/t-원료)

② Tier 4

연속측정방식(CEM)을 사용한다.

5. 매개변수별 관리 기준

① 활동자료 (FR_i)

Tier 1

측정불확도 ±7.5% 이내의 원료투입량(FR_i) 자료를 사용한다.

Tier 2

측정불확도 ±5.0% 이내의 원료투입량(FR_i) 자료를 사용한다.

연료전지 배출 활동 보고



Tier 3

측정불확도 $\pm 2.5\%$ 이내의 원료투입량(FR_i) 자료를 사용한다.

Tier 4

연속측정방법(CEM)을 사용한다.

② 배출계수 (EF_i)

Tier 1

IPCC 가이드라인 기본 배출계수를 사용한다.

<표-42> 연료전지 IPCC 가이드라인 기본 배출계수

구분	배출계수 (tCO ₂ /t-원료)
LNG	2.6928 tCO ₂ /t-LNG
LPG	2.9846 tCO ₂ /t-LPG
바이오가스(메탄)	2.7518 tCO ₂ /t-바이오가스(메탄)

Tier 2

제91조제2항에 따른 국가 고유 배출계수를 사용한다. 단, 센터에서 별도의 계수를 공표하여 지침에 수록된 경우 그 값을 적용한다.

<표-43> 연료전지 국가 고유배출계수

구분	배출계수 (tCO ₂ /t-원료)
LNG	2.7657 tCO ₂ /t-LNG
LPG	2.9864 tCO ₂ /t-LPG



Tier 3

제92조에 따라 사업자가 아래 식에 따라 고유 배출계수를 개발하여 사용한다.

$$EF_i = \sum_y \left[\left(\frac{MW_y}{MW_{y, total}} \right) \times \left(\frac{44.01 \times N_y}{mw_y} \right) \right]$$

EF_i : 투입 원료(i)의 CO₂ 배출계수 (tCO₂/t-원료)

MW_y : 투입 원료(i)의 몰당 해당 가스성분(y)의 질량 (g/mol)

$MW_{y, total}$: 투입 원료(i)의 몰당 모든 가스성분(y)의 질량 (g/mol)

44.01 : CO₂의 물질량 (g/mol)

N_y : 가스성분(y)의 탄소 원자수

mw_y : 해당 가스성분(y)의 물질량 (g/mol)

Tier 4

연속측정방법(CEM)을 사용한다.

고덕그린에너지



고덕그린에너지(주)

위 치	강동구 도시철도공사 부지내 (강일동)
용 량	17.5MW (2.5 MW *7기)





경청해 주셔서 감사합니다!