



3주차 화석연료의 종말

3교시 화석연료의 종말과 대체 에너지

유한한 자원

석유, 가스, 원자력과 같은 화석 에너지는 점점 고갈되고 있습니다.



대체에너지 개발이 절실합니다!
대체에너지에는 어떤 것이 있을까요?

1. 화석에너지의 종말(석유)



정제

가솔린, 등유, 경유 등
정제 제품을 얻음

원유 : 유전에서 채굴한 기름

석유 1g의 열량=4.5~7.5Kcal

※석유 : 원유와 석유제품을 함께 일컫는 말

- 원유는 해저에 가라 앉은 유기물의 부패로 100만년 이상의 세월이 흐른 후 만들어져 암반에 퇴적물로 저장되어 있다. (유기물 기원설)
- 석유는 자동차, 항공기, 발전소 등에서 연료로 사용되며 플라스틱, 합성섬유, 약품 등의 원료로 사용된다. 현재 전 세계의 추정 매장량은,
 - 추정 석유 매장량 - 1,373억 bbl
 - 추정 가채년수 - 43년(새로운 유전발견 및 기술의 발전으로 유동적임)

※1bbl(barrel) : 158.9리터

중동	북미	중남미	아프리카	비OECD유럽	아시아 및 대양주	OECD 유럽
894억 bbl	120억 bbl	112억 bbl	83억 bbl	8억 bbl	61억 bbl	22억 bbl
65.4%	8.7%	7.8%	6.2%	5.9%	4.4%	1.6%

<전 세계 추정 석유 매장량>

Q. 추정 가채년수 43년은 믿을 만 한가? 43년 후에 에너지 위기가 올까?

2. 화석에너지의 종말(천연가스)

- ✎ 천연가스는 석유와 함께 매장되어 있거나 별도로 매장되어 있다.
- ✎ 천연가스의 주성분은 80~85%가 ()(CH_4)이고, 공해물질이 적고 에너지 효율이 높다.

천연가스의 특징

- ① 공해물질이 적은 청정에너지
- ② 에너지 효율이 높다 : 가정, 발전소, 공장의 에너지원으로 쓰임
- ③ 가스형태로 사용되므로 폭발 위험이 있음

- 천연가스의 가채 매장량 = 약 141조 m^3
- 천연가스의 가채 년수 = 66.4년

2. 화석에너지의 종말(천연가스)

OPEC국	OECD 유럽국	그 외 OECD국	기타
57.6조 m ³	56.7조m ³	14.9조m ³	11.8조 m ³
40.8%	40.2%	10.6%	8.4%

<지역별 매장량>

메탄 (CH ₄)	에탄 (C ₂ H ₄)	프로판 (C ₃ H ₈)	질소 (N ₂)
89.83%	5.89%	2.92%	0.02%
노멀부탄 (nC ₄ H ₁₀)		이소부탄 (iC ₄ H ₁₀)	펜탄 (C ₅ H ₁₂)
0.56%		0.56%	0.04%

<천연가스의 주요성분>

액화천연가스(LNG : liquified natural gas)

수분과 질소와 같은 불순물을 제거하고 영하 162도씨에서 액화시킨 천연가스를 말합니다.

※냉열 : LNG가 수입기지에서도 재기화(액체에서 기체상태로 변화)될 때 흡수하는 열을 ()이라 합니다.
 이때 1kg 당 200kcal의 냉열이 발생합니다. 즉, 재기화하면서 열을 흡수하므로 주위의 공기를 냉각시킵니다.
 냉열을 이용하여 발전을 하거나 공기를 액화시켜 액체산소, 액체질소 및 액체 드라이아이스 등을 만들 수 있습니다. 또한 식품의 냉동, 고무, 플라스틱 및 금속을 저온 분쇄하여 가공 처리하는데 사용할 수 있습니다.

3. 화석에너지의 종말(원자력 에너지)

✎ 원자력은 우라늄(U)을 에너지로 변환시켜 이를 이용하는 것으로서 이러한 에너지를 변환시키는 장치를 원자로라 하며 원자로의 설계·운전방식에 따라 우라늄의 에너지생산 효율이 변합니다.
원자력의 큰 특징 중 하나는 그대로는 쓸모가 없지만 기술에 의해 에너지를 창조할 수 있다는 것입니다.
우라늄은 **우라늄-235**, **우라늄-238**이라는 2개의 동위원소가 있으며, 그 자체로는 거의 이용가치가 없으나, 원자로 속에 들어가서야 비로소 에너지로서의 역할을 할 수 있습니다.

원자로 속에서 일어나는 현상으로는 다음 세 가지의 기본적인 반응이 있습니다.

- ① 우라늄 -235(^{235}U) + 중성자 \rightarrow 핵분열에너지 + 2 또는 3개의 중성자
- ② 우라늄-238(^{238}U) + 중성자 \rightarrow 플루토늄
- ③ 플루토늄 + 중성자 \rightarrow 핵분열에너지 + 2 또는 3개의 중성자

원자로

핵분열에 의하여 생기는 ()의 수와 소비되는 ()의 수가 과부족 없이 균형(balance)있게 설계, 운전되는 장치

3. 화석에너지의 종말(원자력 에너지)

- 경수로 : 생성되는 중성자가 모두 소비되는 것이 아니고 잠깐 동안 보통의 물 속을 순환하도록 한 원자로
- 중수로 : 보통 물이 아니고 중수를 사용하는 원자로
- 고속로 : 생성되는 중성자의 속도가 아주 빠른 원자로
- 증식로 : 노심을 둘러싼 **우라늄 238 (^{238}U)**에 **중성자**를 흡수시켜 () **239 (^{239}Pu)**로 전환함으로써 연료에서 핵에너지를 끌어냄과 동시에 소비한 핵 원료를 웃도는 양의 새로운 핵분열 물질(플루토늄)을 얻습니다. 한정된 양의 핵 원료 자원을 가장 유효하게 이용할 수 있는 이상적인 원자로입니다.
증식로의 경우 우라늄의 자원으로서 가치는 핵분열을 일으키는 우라늄-235 보다 플루토늄을 생산하는 우라늄-238쪽에 있습니다. 그러나 증식로는 안정성이 낮습니다.

사용하는 연료

경수로에는 우라늄 1t중에 우라늄 235가 약 25kg포함된 연료를 사용합니다.
(나머지 975kg은 우라늄 -238이며,
이를 농축도 2.5%의 농축우라늄이라 한다)

3. 화석에너지의 종말(원자력 에너지)

원자로의 에너지 생산률

✎ 우라늄 1t에서 얻어지는 에너지 : $25,000\text{MW/day} = \text{석유 } 50,000\text{kl}$ ※ $1\text{MW/day} = 2,000\text{만 kcal}$

- 석유의 비중을 대략 1 이라고 한다면 우라늄은 석유의 5만배 정도의 에너지밀도를 가짐
- 원자로가 운전할 때 연료 1t에 포함된 우라늄-235 25kg은 전부 없어지는 것이 아닙니다. 원자로에서 나오는 우라늄을 조사해 보면 역시 10kg 가까운 우라늄-235가 남아 있는 것을 알 수 있습니다. 결국 우라늄-235 자신에 의한 에너지 생산은 약 60%이고 나머지 40%는 우라늄-235 이외의 물질, 즉 플루토늄에 의한 것이라는 사실을 알 수 있습니다. 원래, 원자로 속에서 들어가기 전의 우라늄에는 플루토늄이 포함되어 있지 않습니다. 이것은 원자로 속에서 생겨 성장한 것인데, 그것이 원래의 우라늄과 견줄 만한 정도까지 성장하는 것입니다.
- 천연적으로 존재하는 우라늄에는 우라늄-235가 1% 미만밖에 포함되어 있지 않습니다. 나머지 99% 이상은 우라늄-238입니다. 따라서 증식로라면 똑같은 질량의 우라늄의 에너지 생산량을 100배 이상으로 하는 것이 적어도 원리적으로는 가능합니다.

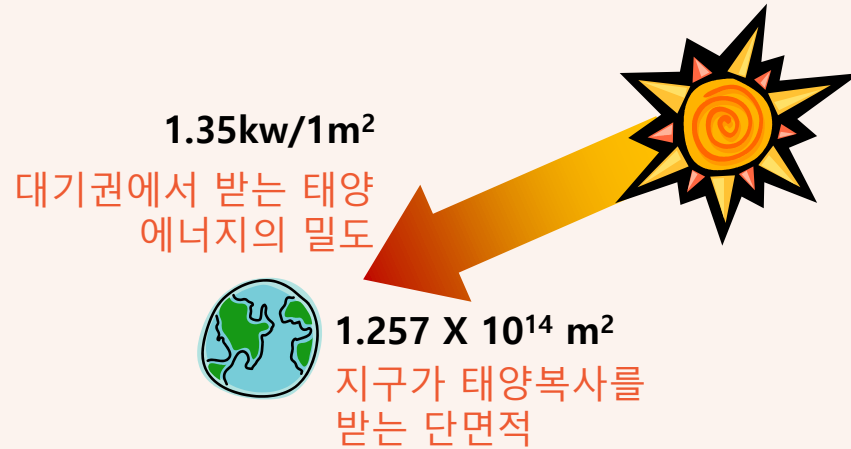
② 우라늄 235와 우라늄 238의 차이는 무엇일까요?

② 우리나라 원자력 발전소는 몇 개이고, 생산 전력량의 몇 %를 담당하고 있습니까?

4. 신재생 에너지(태양 에너지)

✏ 태양에너지는 인류가 탄생한 이래 이용해 온 에너지 중 가장 오래된 것입니다.

지구가 태양으로부터 받는 에너지는 상상조차 할 수 없는 막대한 양으로서 이것은 석유, 석탄 및 우라늄과 같은 지하자원과 달리 계속 사용되더라도 고갈되지 않는 영구적인 에너지 입니다.



• 지구가 받는 총 에너지량

1.73 X 10¹⁴kWh (1.48 X 10¹⁷kcal)

→ 이 중 약 ()%는 직접 반사되고
나머지 70%인 1.04 X 10¹⁷ kcal가 지구에 도달합니다.

• 태양의 이용

- ① 태양 열 이용 : 건물의 냉난방 및 온수, 급탕, 농수산물의 재배, 건조, 태양열 발전
- ② 빛 이용 : 태양전지(도서지방의 전원공급, 등대, 통신 중개소, 가로등, 가정용 전기, 소형계산기 전원)

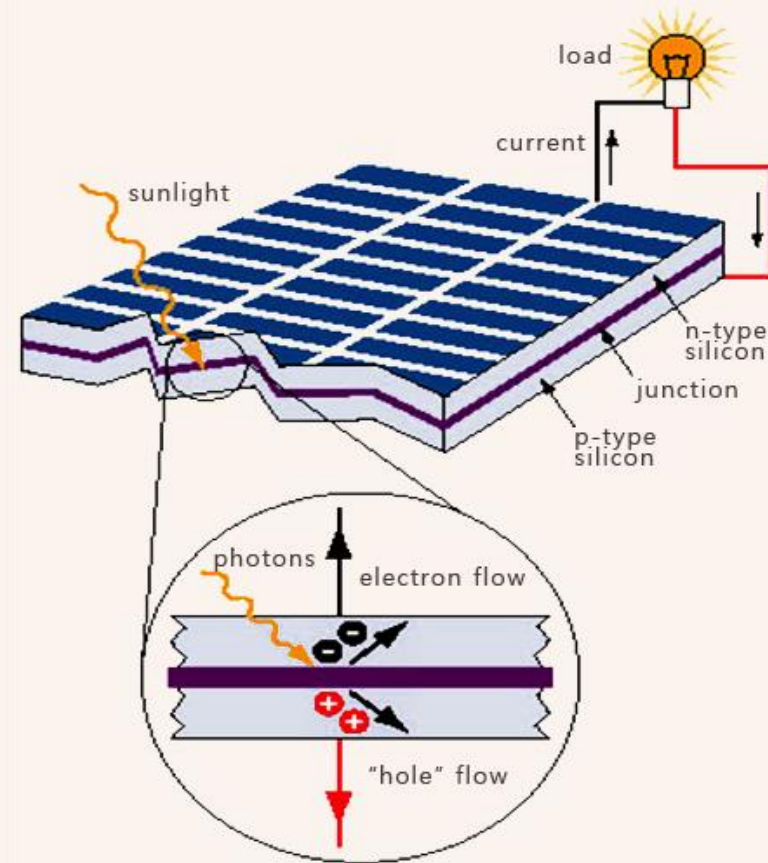
4. 신재생 에너지(태양 에너지)

태양광 발전 시스템

- 태양전지는 그림과 같이 p형(+극) 반도체와 n형(-극) 반도체를 접합하여 만들고, 태양전지에 빛을 비추면 광전효과에 의해서 전자(-)-구멍(+) 쌍 (electron-hole pair) 이 생성됩니다.

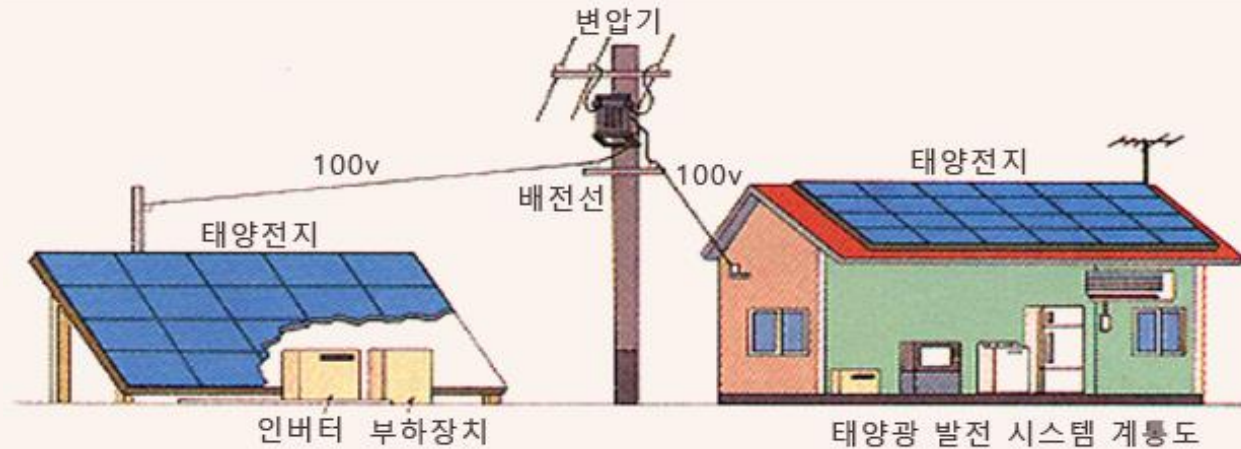
이렇게 생성된 전자와 구멍이 이동하여 n층과 p층을 가로질러 전류가 흐르게 되는 ()효과(photovoltaic effect)에 의해 기전력(起電力)이 발생하여 외부에 접속된 부하(負荷)에 전류가 흐르게 됩니다.

이러한 태양 전지는 필요한 단위 용량으로 직렬 또는 병렬 연결하여 태양전지 모듈(solar cell module)로 상품화 됩니다.



4. 신재생 에너지(태양 에너지)

태양광 발전의 일반적인 특성



<장점>

- 무한정, 무공해의 태양 에너지를 이용하므로 연료비가 불필요하고, 대기오염이나 폐기물 발생이 없음
- 발전 부위가 반도체 소자이고 제어부가 전자 부품이므로 기계적인 진동과 소음이 없음
- 태양 전지의 수명이 최소 20년 이상으로 길고 발전 시스템을 ½(반) 자동화 또는 자동화시키기에 용이하며, 운전 및 유지 관리에 따른 비용을 최소화 할 수 있는 장점을 지니고 있음

<단점>

- 가격이 비싸 많은 태양광 발전 시스템의 건설에는 초기 투자가 요구되므로 상용 전력에 비하여 발전단가가 높음
- 일사량에 따른 발전량 편차가 심하므로 안정된 전력 공급을 위한 추가적인 건설비 보완이 필요

4. 신재생 에너지(태양 에너지)

태양 전지

✏ 태양전지(太陽電池)는, 태양광에너지를 직접 전기로 변환시키는 반도체화합물 소자입니다.

대부분의 반도체들은 광기전력효과(photovoltaic effect)를 나타내지만 태양전지의 다량생산으로 이어지는 반도체들은 주로 실리콘(Si)과 갈륨아세나이드(GaAs)이며, 실리콘이 가장 많이 활용되고 있습니다. 그러나 최근에는 카드뮴 텔러라이드(CdTe)와 카파인디움다이셀레나이드(CuInSe₂:CIS) 반도체들이 활용되고 있기도 합니다.



• 실리콘 태양전지

가격은 단결정실리콘이 가장 비싸고, 다결정, 비정질순으로 가격이 저렴한데 현재 이들이 국내외의 태양전지 시장을 석권하고 있음

결정상태에 따라

단결정실리콘(monocrystalline silicon) 태양전지

다결정실리콘(multicrystalline silicon) 태양전지

비정질실리콘(amorphous silicon) 태양전지

5. 신재생 에너지(풍력 에너지)

✎ 풍력에너지는 기원전부터 인류에 이바지한 에너지로서 물을 퍼내거나 곡식을 찧거나 또는 배를 움직이게 하는 등 근세에까지도 에너지원으로서 큰 비중을 차지하고 있습니다.

바람은 왜 부는가?

바람은 대기층이나 지구표면이 더워지면서 일어나는 공기의 흐름과 지구의 회전 때문에 발생하게 됩니다. 풍차를 이용하여 바람으로부터 가능한 많은 에너지를 얻기 위해서는 바람의 방향 및 속도 그리고 풍차의 형태 등이 신중하게 검토되어야 합니다.

바람은 지상 10m이상의 높이에서 난류현상이 없어지며, 풍속이 급격하게 증가되기 때문에 풍차는 일반적으로 지상으로부터 최소 10m이상에 설치해야 합니다.

풍력(風力)발전

풍력발전의 원리

풍력발전이란, 공기의 유동이 가진 **운동에너지**의 공기역학적(aerodynamic) 특성을 이용하여 **회전자(rotor)**를 회전시켜 기계적 에너지로 변환시키고 이 기계적 에너지로 전기를 얻는 기술입니다.

5. 신재생 에너지(풍력 에너지)

풍력발전기의 분류 (지면에 대한 회전축의 방향에 따라 분류)

수평형 / 수직형

풍력발전기의 구성요소

- 회전자-날개(blade)와 허브(hub)로 구성
- 증속장치(gear box) – 회전을 증속하여 발전기를 구동
- 발전기 및 각종 안전 제어 장치
- 유압브레이크 장치와 전력제어 장치, 철탑

<장점>

- 무공해이고 환경에 미치는 영향이 적다
- 국토를 효율적으로 이용할 수 있다
- 풍력발전기의 점유 면적이 작다

<단점>

- 발전단가의 경쟁력
- 바람이 지역 및 계절에 따라 다르다

<풍력발전기>



6. 신재생 에너지(수소 에너지)

✎ 수소 에너지는 미래의 청정에너지 가운데 하나입니다.

왜 수소가 미래의 궁극적인 대체에너지원으로 꼽히고 있는가?

- ① 현재의 화석연료나 원자력 등이 따를 수 없는 장점을 갖고 있기 때문입니다.
- ② 수소는 연소 시 극소량의 질소가 생성되는 것을 제외하고는 **공해물질이 배출되지 않습니다.**
- ③ **직접 연소를 위한 연료 또는 연료전지 등의 연료로 사용이 간편합니다.**
- ④ 무한정인 **물을 원료로 하여 제조**할 수 있으며 가스나 액체로 쉽게 저장 · 수송할 수 있는 장점이 있습니다.
- ⑤ 산업용 기초소재에서부터 일반연료, 자동차, 비행기, 연료전지 등 현재의 에너지 시스템에서 사용되는 거의 모든 분야에 응용돼 미래의 에너지시스템에 가장 적합한 에너지원으로 평가되고 있습니다.

7. 신재생 에너지(연료 전지)

연료전지의 발전

연료전지는 수소와 산소가 가진 화학적 에너지를 직접 전기 에너지로 변환시키는 전기화학적 장치로서 수소와 산소를 양극과 음극에 공급하여 연속적으로 전기를 생산하는 새로운 발전 기술입니다.

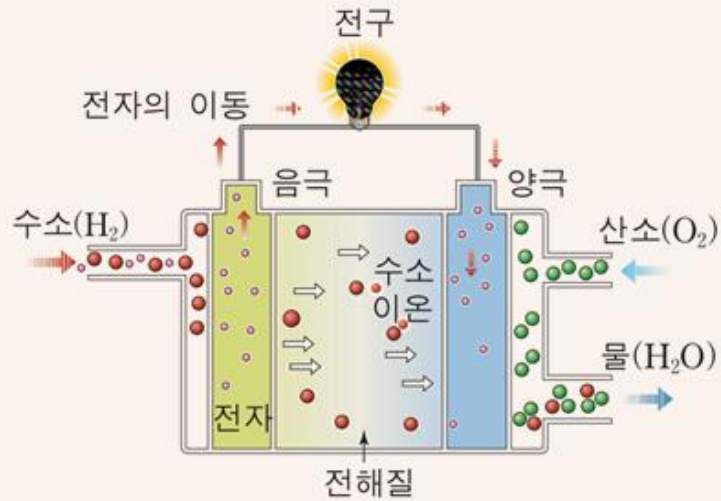
이러한 연료 전지는 작동 온도와 주 연료의 형태에 따라 알카리형(AFC), 인산염형(PAGC), 용융 탄산염형(MCFC), 고체 전해질형(SOFC), 고분자 전해질형(PEMFC) 등으로 구분됩니다.

연료전지의 일반적인 특성

- 연료가 전기화학적으로 반응하여 전기를 생산하는 과정에서 열도 발생하므로 총 효율을 80% 이상으로 높이는 고효율 발전이 가능합니다
- 기존의 화력 발전에 비해 효율이 높으므로 발전용 연료의 절감이 가능하고 열병합 발전도 가능합니다
- No_x 와 CO_2 의 배출량이 석탄 화력 발전의 1/38과 1/3 정도이며, 소음도 매우 적어 공해 배출 요인이 거의 없는 무공해 에너지 기술입니다

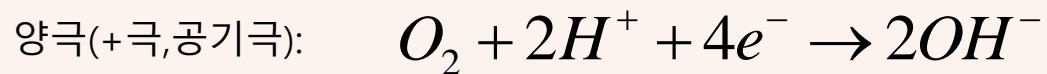
연료전지의 효율: 40%~60% (기술이 발전하면서 효율을 점점 증가하고 있음)

7. 신재생 에너지(연료 전지)

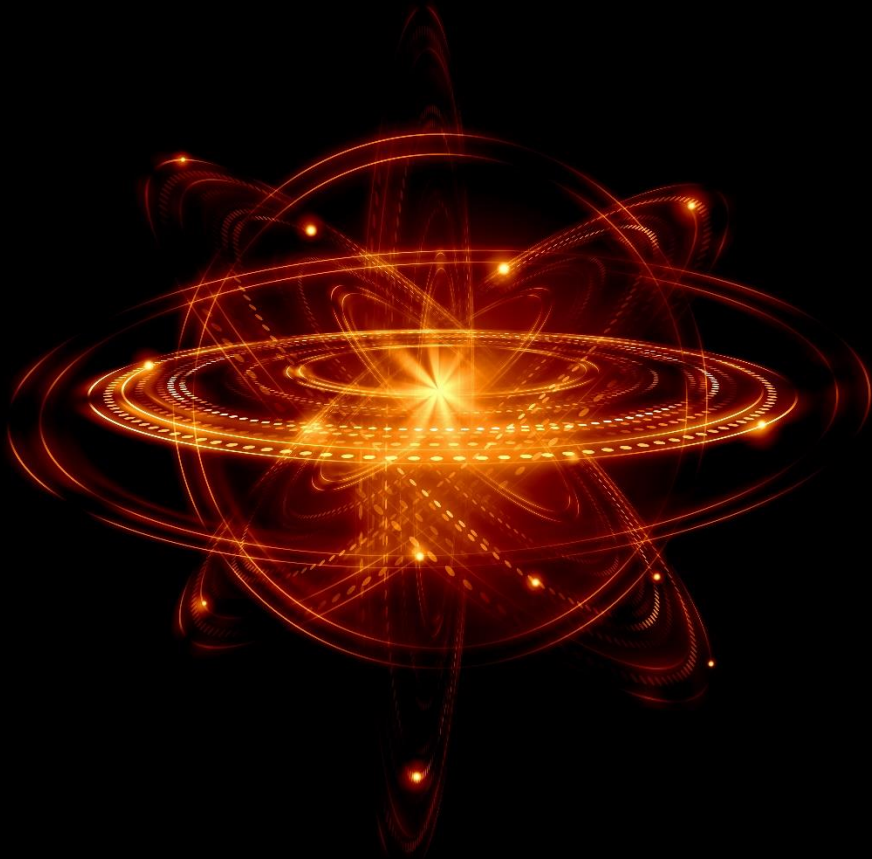


<수소연료전지 발전 원리>

두 전극은 모두 탄소 또는 금속을 사용하며, 전극의 표면적을 증대시키기 위해 다공질(多孔質)로 되어 있다. 전해액은 수산화칼륨(KOH) 용액 등을 사용한다. 수소 가스는 1 기압 ~ 10 기압으로 주입된다. 아래 화학 반응식에서 볼 수 있듯이 수산화 이온(OH⁻)의 농도는 변하지 않고 단지 수소와 산소로 ()이 만들어진다. 이것은 수소가 공기 중에서 연소하여 물이 되는 변화와 동일하다.



8. 신재생 에너지(핵융합 에너지)



핵융합은 수소, 헬륨 등 가벼운 원소가 충돌하여 무거운 원소로 바뀌는 반응을 말하며 태양이 열을 발하는 것과 같은 원리입니다.

바닷물 속에 0.015%의 비율로 포함된 중수소를 연료로 사용할 수 있으며 방사성 물질이 발생하지 않는 등 장점이 많으나 고온, 고밀도의 플라즈마 처리기술이 개발 단계에 있어 실용화되기까지는 아직도 상당한 시일이 필요합니다.

중수소와 삼중수소를 1억도의 온도로 가열하면 핵융합 반응이 일어나면서 ()이 발생하며 결손질량만큼의 에너지가 발생하는 것을 이용하는 것이 핵융합로입니다.

그러나 중수소를 1억 도로 올리는 과정이 매우 어려워 실용화하기가 쉽지 않습니다.

즉 지구상에는 1억도를 가둬 놓을 물질이 없기 때문에 그 대안으로 강력한 자기장을 만들어 그 안에 가둬 놓는 방법을 고안하여 실험해 왔습니다.

8. 신재생 에너지(핵융합 에너지)

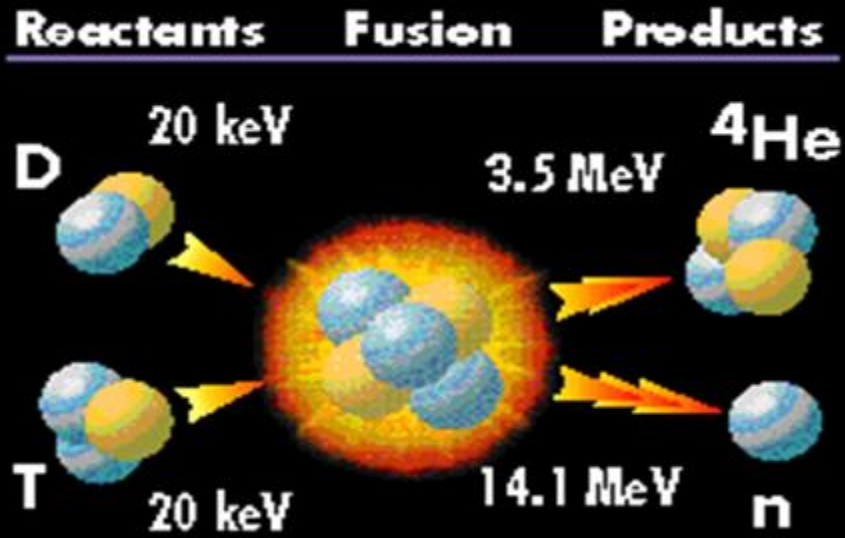
✎ 이와 같은 방식의 핵융합실험장치를 **토카마크(tokamak)**라고 하며 지난 68년 소련의 아시모비치 교수 팀이 처음으로 개발하였는데 현재 세계 4대 토카마크로는 유럽공동체의 JET, 미국의 TFTR, 일본의 JT6O, 러시아의 T10M이 꼽힙니다. 일본원자력연구소는 그들이 가지고 있는 중수소이용 임계 플라즈마 시험장치인 JT6O를 3개월간 가동한 결과 플라즈마 전류가 100만 암페어로 고압 가열 시 플라즈마의 온도는 2.3억 도를 초과했다고 발표하였습니다.

반응과 발생 에너지

	화석연료	핵붕괴	핵융합
대표 반응	$C + O_2 \rightarrow CO_2$	$n + {}^{235}\text{U} \rightarrow {}^{143}\text{Ba} + {}^{91}\text{Kr} + 2n$	${}^2\text{H} + {}^3\text{H} \rightarrow {}^4\text{He} + n$
연료(발전소)	Bituminous Coal	$\text{UO}_2(3\% {}^{235}\text{U} + 97\% {}^{238}\text{U})$	Deuterium & Lithium
운전온도(K)	700	1000	10^8
연료1kg 당 방출 에너지 (J/kg)	3.3×10^7	2.1×10^{12}	3.4×10^{14}

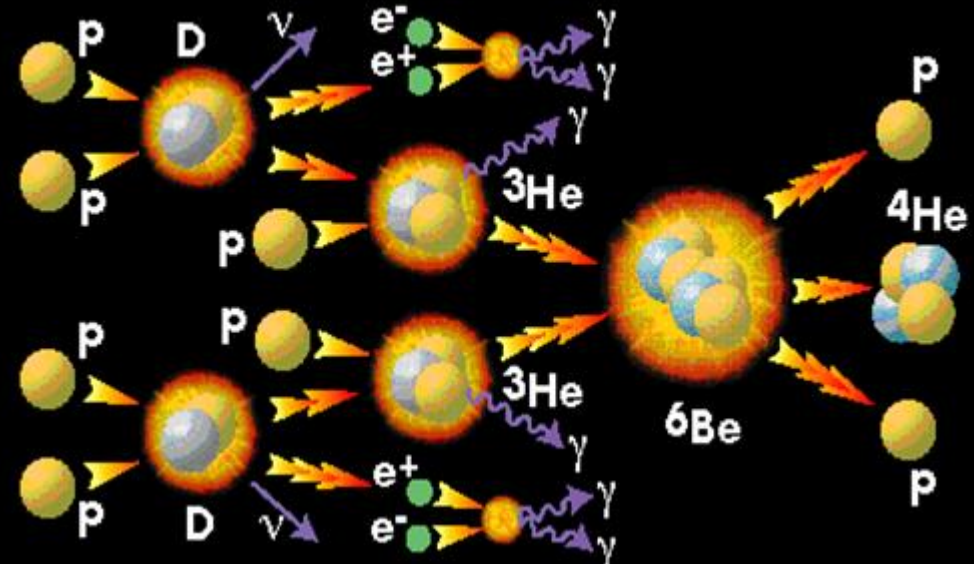
8. 신재생 에너지(핵융합 에너지)

핵융합 반응



$$1eV = 1.602 \times 10^{-19} J$$

"P-P" : 태양의 핵융합



지금까지 대체 에너지에 대해 알아보았습니다.
다음시간에는 회전운동에 대해서 살펴봅시다.