




## 7. 에너지흐름과 에너지원

---

제7주차 강의 (비대면)

담당교수 강 승 진



## 강 의 순 서

가. 지난시간 학습내용 요약

나. 에너지 흐름

다. 일차 에너지원

라. 에너지 전환 과정

# 가. 지난시간 학습내용 요약

- 기후변화 현상과 영향
  - 대기중의 온실가스 농도 증가로 지구기온이 계속하여 상승
    - 화석연료 연소, 즉 에너지 사용으로 CO<sub>2</sub> 등 온실가스 대량 배출
  - 현상: 평균기온 이미 1℃ 상승, 2100년에는 2.6 ~ 4.8℃ 상승 전망
  - 영향: 해수면 상승, 기상이변과 재해 증가, 생태계 파괴, 인류의 미래 위협
- 기후변화 대응 국제적 노력
  - 기후변화협약 채택(1992년)
  - 교토의정서 채택(1997년) → 선진국의 온실가스 평균 5.2% 감축 의무
  - 파리협정 채택(2015년) → 지구기온 상승 2℃ 이내 억제 목표, 모든 국가 참여
- 가장 중요한 사항은 **온실가스 배출 감축**임
  - 주요 온실가스: 화석연료 연소에서 배출되는 CO<sub>2</sub> 임
    - 한국의 2017년 온실가스 배출: 728백만톤, 에너지연소 CO<sub>2</sub>: 623백만톤(85.6%)

# 가. 지난시간 학습내용 요약

- 에너지연소부문 온실가스 배출량 계산방법
  - 기본 공식: 온실가스 배출량(톤) = 에너지사용량(톤) × 발열량(MJ/kg) × 온실가스 배출계수 (kg/MJ) × GWP
  - 온실가스 배출량(톤) =  $\sum_i \sum_j$  에너지사용량(톤)<sub>i</sub> × 발열량(MJ/kg)<sub>i</sub> × 온실가스 배출계수 (kg/MJ)<sub>ij</sub> × GWP<sub>j</sub>  
단,  $i$  = 에너지원 종류,  $j$  = 온실가스 종류 ( $CO_2$ ,  $CH_4$ ,  $N_2O$ )
  - 에너지사용량: 석탄, 석유제품, 천연가스 등 화석에너지 사용량
  - 발열량: 에너지원 종류별로 다름. 정부에서 주기적으로 조사하여 고시함
  - 온실가스 배출계수:
    - IPCC 기본값: IPCC에서 세계적으로 적용하는 배출계수 발표
    - 국가 고유 배출계수: 정부에서 주기적으로 조사하여 고시함
  - GWP: Global Warming Potential(지구온난화 지수)
    - 현재 국내 적용 GWP:  $CO_2$ : 1,  $CH_4$ : 21,  $N_2O$ : 310



# 가. 지난시간 학습내용 요약

- 에너지 발열량에 대한 이해
  - 에너지를 사용하는 목적은 에너지원으로부터 열량을 얻으려는 것임
    - 석유, 석탄, 가스, 전기 등으로부터 동력(힘), 열(빛) 에너지를 얻음
  - 에너지원별로 화학적 성분 및 물리적 성질이 다르므로 발열량도 다름
    - 석유, 석탄, 천연가스 등 화석에너지는 탄소(C)와 수소(H)의 화합물임
    - 전기에너지는 1 kWh 당 860 kcal의 열량 또는 이에 상당하는 힘을 냄
  - 화석에너지는 분자구조가 다양하므로 성상에 따라 발열량의 차이 발생
    - 원유는 매우 다양한 분자구조를 가진 물질의 혼합물이므로, 휘발유, 등유, 경유, 항공유, 납사 등 비슷한 성질을 가진 성분으로 구분하여 석유제품을 제조
    - 이러한 각 석유제품도 구성 성분이 다양하므로 발열량이나 온실가스 배출계수가 다양하게 나타남. → 따라서 정부에서 표본조사를 통해 평균값을 적용
    - 석탄의 경우도 종류 및 건조 정도(수분함량 상태) 따라 발열량의 차이가 남
  - 우리나라 정부에서는 매5년마다 에너지원별 발열량을 조사하여 공표함



# 가. 지난시간 학습내용 요약

- 탄소배출계수에 대한 이해
  - 탄소배출계수도 에너지원별로 화학적 성분 및 물리적 성질이 다르므로 다양하게 나타남
    - 석유, 석탄, 천연가스 등 화석에너지는 탄소(C)와 수소(H)의 화합물임
    - C와 H 모두 연소시 열량을 내므로, C의 비중이 높을수록 단위 열량당 이산화탄소 배출 비율, 즉 탄소배출계수(t C/TJ)가 높아짐
    - 화석연료에서 탄소배출계수(t C/TJ)는 석탄, 석유, 천연가스 순임
    - 평균적으로 석탄: 26, 석유: 20, 천연가스: 15.3 정도임 (1: 0.77: 0.59)
  - 화석에너지 이외의 에너지는 탄소 배출이 없음: Carbon Free
    - 재생에너지: 수력발전, 풍력발전, 태양광발전 등
    - 바이오매스(biomass; 나무, 풀 등의 에너지원): 연소시에는 CO<sub>2</sub>를 배출하나, 이는 광합성시 흡수된 CO<sub>2</sub>임. Carbon Neutral(탄소중립)→ 온실가스 배출 0
    - 원자력발전도 직접적인 탄소배출이 없음



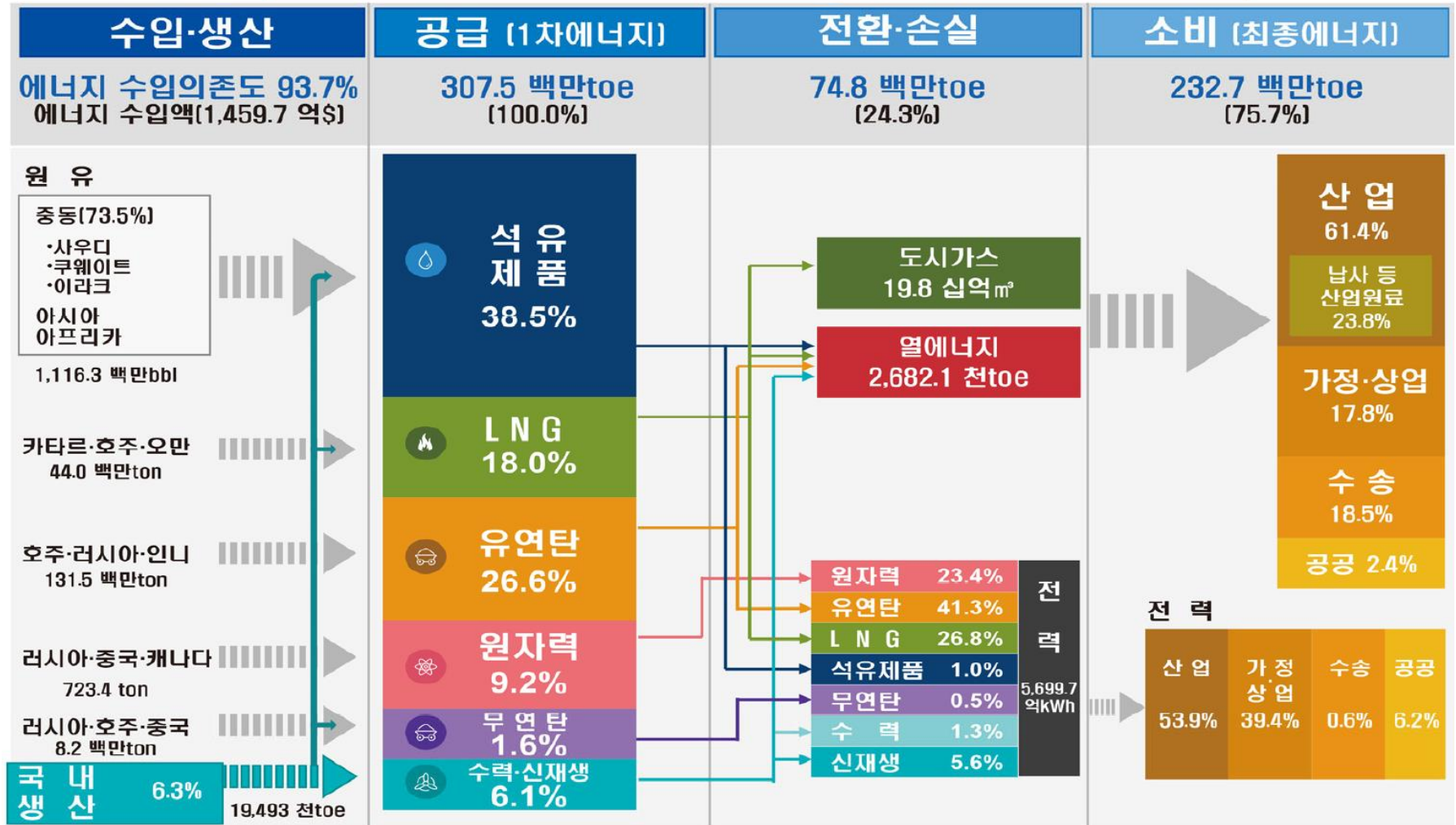
## 나. 에너지 흐름

- 에너지 흐름 개요

- 에너지 생산(Energy Production): 에너지 자원으로부터 생산
- 수출입 및 국제 Bunkering
  - 수출/수입: 에너지 수입 및 수출
  - 국제병커링: 국제선 항공기 및 외항 선박에 대한 급유
- 1차에너지(Primary Energy): 국가의 총에너지소비
- 에너지 전환(Energy Transformation): 에너지의 형태를 바꿔서 가공
  - 발전(전기 생산), 열 생산 등 1차에너지를 투입하여 다른 형태의 에너지 생산
  - 전환과정에서 손실 발생(전환손실)
- 최종에너지(Final Energy)
  - 석유제품, 전력, 도시가스, 열에너지 등 최종소비자가 구입하는 하는 에너지
- 유효에너지(Useful Energy): 에너지기기에서 나오는 에너지양(에너지효율)
  - 에너지효율: 에너지 기기에 Input 에너지 양에 대한 Output 에너지 양
- 에너지 서비스(Energy Service): 궁극적으로 에너지를 이용하는 목적
  - 빛, 난방, 냉방, 운수, 동력(힘), 편리한 이동.. 등 우리가 직접 소비하는 대상

# 나. 에너지 흐름

## 2018년 Energy Balance Flow







## 나. 에너지 흐름

- 우리가 에너지를 사용하는 목적은 에너지서비스를 얻는 것임
  - 에너지원이 다양한 에너지 이용기기에 투입되어 발생하는 에너지서비스(Energy Service)를 이용함
  - 예를 들어 설명하면,
    - 전기에너지 → 조명기기(전등) → 빛
    - 도시가스 → 보일러 → 난방, 온수
    - 휘발유, 경유 → 자동차 → 편리한 이동수단(동력)
    - 전기에너지 → 전동기(모터) → 힘(동력)
    - 전기에너지 → 가전기기 → 편리한 생활



## 다. 일차 에너지원

- 일차에너지원 (Primary Energy Sources)
  - 자연상태에서 생산된 형태의 에너지원
    - 석유, 석탄, 천연가스 등 천연자원에서 생산되는 화석에너지
    - 수력, 풍력, 태양광, 바이오매스 등 자연에서 생산되는 재생에너지
    - 원자력발전 등 핵분열 에너지를 이용하여 생산되는 전력
  - 일차에너지원을 가공하여 우리가 사용하는 에너지원으로 전환시킴
- 최종에너지(Final Energy)에너지
  - 일차에너지 및 다른 에너지를 이용하여 전환(Transformation)된 에너지
  - 우리가 직접 구입하여 사용하는 에너지
    - 석유제품: 휘발유, 등유, 경유, 항공유, LPG 등..
    - 전기: 발전소에서 생산됨.
- 이차에너지(Secondary Energy): 전력, 열에너지, 수소 등 가공된 에너지



## 다. 일차 에너지원

- 에너지원의 종류
  - 석유(Oil): 원유(Crude Oil), 석유제품(Petroleum Products)
  - 석탄(Coal)
  - 천연가스(Natural Gas)
  - 일차전력: 수력, 원자력, 재생에너지 발전 등
  - 신·재생에너지:
    - 신에너지: 연료전지, 수소, 석탄가스화 발전 등
    - 재생에너지: 태양광발전, 풍력발전, 조력발전, 바이오매스, 바이오 연료, 태양열, 지열 등
  - 폐기물: 산업폐기물, 도시쓰레기, 매립지가스(LFG), 폐윤활유, 부생가스 등

\* 최근 관련법이 개정되어 비재생 폐기물 에너지는 신재생에너지에서 제외됨



## 다. 일차 에너지원

- 석유(Oil)
  - 원유(Crude Oil)를 정제하여 다양한 석유제품(Petroleum Products) 생산
  - 주요 석유제품별 용도
    - 휘발유: 내연기관 연료(자동차연료, 이륜차연료, 소형 원동기)
    - 등유: 조명, 취사, 보일러용, 보조난방
    - 경유: 자용차용 연료, 소형 선박용, 발전용, 산업 동력용, 보일러용
    - 중유(B-C)유: 산업보일러, 발전용, 대형선박용
    - LPG: 취사용(프로판), 자동차연료(부탄), 화학공업 원료(프로판)
    - 제트유(등유성분으로 제조): 민간 항공기용, 군용 항공기 등
    - 납사: 화학공업 원료용 ⇒ 용도에 따라 다양한 종류의 납사가 존재
- \* 석유화학 공정: 납사분해공정(NCC), BTX 제조공정, 제품제조공정(플라스틱, 합성섬유, 합성고무 등)



## 다. 일차 에너지원

- 석탄(Coal)
  - 석탄종류:
    - 무연탄(Anthracite Coal): 국내생산, 수입
    - 유연탄(Bituminous Coal): 역청탄, 아역청탄(Sub-bituminous Coal), 갈탄(Brown Coal)
  - 무연탄의 용도
    - 연탄 제조: 가정/상업용 연료(과거), 비닐하우스 난방
    - 원료용 무연탄: 제철용으로 사용
  - 유연탄은 용도에 따라 연료탄(Steam Coal)과 원료탄(Coking Coal)로 구분
    - 연료탄(Steam Coal): 발전용, 시멘트 공정용, 산업체 열병합발전 용
    - 원료탄(Coking Coal): 제철공장에서 필요한 코크스(Cokes) 제조에 사용



## 다. 일차 에너지원

- 천연가스(Natural Gas)
  - 우리나라는 선박으로 액화천연가스(LNG)를 수입하여, 저장, 재기화, 배관망으로 송출 → 도시가스 및 발전용으로 사용
    - 2004년부터 일부 국내 생산(동해 가스전)
  - 천연가스 용도
    - 발전용: 가스공사가 직접 공급, 일부 민간 발전회사 직도입
    - 도시가스: 지역별 도시가스 회사가 공급
      - 가정용, 업무용, 산업용 연료
      - 최근에는 수송용 압축천연가스(CNG), 연료전지 발전용 등



## 다. 일차 에너지원

- 신.재생에너지(New & Renewable Energy)
  - 신에너지(3): 수소에너지, 연료전지, 석탄가스화 발전(IGCC) 등
  - 재생에너지(8): 태양에너지(태양광발전, 태양열 이용), 풍력, 수력, 해양에너지, 지열에너지, 바이오에너지(바이오매스, 바이오디젤, 바이오에탄올, 바이오가스), 폐기물에너지, 기타
    - 과거에는 전통에너지인 신탄(나무), 농가부산물(바이오매스)
    - 최근에는 태양광발전, 풍력발전, 연료전지 등이 중요한 역할을 함
      - 최근 관련법이 개정되어 비재생 폐기물 에너지는 신재생에너지에서 제외됨
- 일차전력(Primary Electricity)
  - 태양광발전, 풍력발전, 수력발전, 조력발전 등 전기를 직접 생산하는 것
  - 원자력 발전도 연료투입 없이 직접 전기를 생산하는 것으로 간주함
    - \* 대부분 화석연료 투입 없이 전력을 생산하므로 Carbon Free 에너지임



## 라. 에너지 전환 과정

- 2차 에너지(Secondary Energy)
  - 2차에너지: 에너지를 투입하여 전환과정을 거쳐 생산되는 에너지
    - 전기, 열에너지, 수소에너지 등은 다른 에너지를 투입하여 생산되는 에너지임
    - 에너지전환(Energy Transformation) 과정에서 전환손실 발생
- 에너지 전환(Energy Transformation) 과정
  - 발전: 발전소에서 에너지를 투입하여 **전기(Electricity)**를 생산
  - 열에너지: 발전소, 지역난방 및 열병합발전소에서 연료를 투입하여 **열에너지(Heat)** 생산: 산업용 스팀, 지역난방 온수 등
  - 수소에너지: 현재 기술로는 화석연료에서 추출하거나 물을 전기분해하여 **수소(Hydrogen)** 생산





## 라. 에너지 전환 과정

- 발전(Generation)
  - 에너지를 투입하여 전기(Electricity)를 생산
  - 발전소 형태
    - 일반 발전소: 전기만 생산하는 발전소
    - 열병합발전소(CHP): 전기와 열을 동시에 생산하는 발전소
      - \* 예: 지역난방 열병합 발전소, 산업단지 열병합발전소 등
  - 발전소 종류
    - 화력발전: 화석연료를 연소하여 터빈을 구동하여 전기를 생산
    - 원자력발전: 핵분열 에너지를 이용하여 기력(Steam Turbine)발전
    - 일차전력: 태양광발전, 풍력발전, 수력발전, 조력발전 등은 화석에너지를 투입하지 않고 자연에너지를 이용하여 직접 전기를 생산함
      - \* 외국에는 지열발전, 태양열발전 등도 있음
    - 연료전지: 천연가스 개질 → 수소 생산 → 화학반응: 전기 생산



## 라. 에너지 전환 과정

- 발전(Generation)

- 화력발전: 다양한 발전 방식 사용

- 기력(Steam Turbine)발전: 연료를 연소하여 물을 끓여서 증기터빈 구동 발전
      - \* 원자력 발전도 물을 끓여서 생산되는 스팀을 이용하여 발전함
    - 가스터빈(Gas Turbine) 발전: 가스 연소시 팽창하는 압력을 이용하여 가스터빈을 구동하여 발전(제트엔진 참조)
    - 복합화력 발전(CCGT: Combine Cycle Gas Turbine): 천연가스를 연소하여 가스터빈과 기력발전 두가지 방식을 동시 사용함 → 발전효율이 매우 높음
    - 내연기관 발전: 대부분 소규모 발전기
      - \* 예, 자동차에도 발전기 있음

## 라. 에너지 전환 과정

- 열에너지(Heat):
  - 발전소, 지역난방 및 산업단지 열병합발전소 등에서 연료를 투입하여 열 에너지 생산하여 판매함
  - 산업용 증기(Steam) 또는 지역난방용 온수(Hot Water) 형태로 공급됨
  - 최근에는 생활폐기물 소각열, 산업폐기물 소각열 등 저가 열원 활용
- 수소에너지: 현재 기술로는 다른 에너지를 투입하여 수소를 생산함
  - 부생수소: 석유화학공정, 제철공정 등에서 부산물 수소를 분리하여 생산
  - 추출수소: 천연가스( $\text{CH}_4$ )를 개질하여 수소 생산
    - $\text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + 4\text{H}_2$  (\* 수소 생산시 이산화탄소도 동시에 생산됨)
    - ※ 부생수소 및 추출수소는 화석연료를 사용하므로  $\text{CO}_2$ 를 배출하므로 그레이 수소라고 함
  - 수전해 방식 수소: 물을 전기분해 하여 생산되는 수소
    - ※ 풍력 발전, 태양광 발전 등 재생에너지 전력으로 생산된 수소는 그린 수소 (Green Hydrogen)라고 함 (\* 물 전기분해 → 이산화탄소 생산이 없음)



## 라. 에너지 전환 과정

- 이외에도 산업 생산공정에서 에너지 전환이 이뤄짐
  - 석유정제 공정: 원유를 정제(가공)하여 다양한 석유제품을 생산함
    - 상압증류: 원유에 열을 가해 비등점 차이에 의해 제품 구분 생산
    - 중질유 분해(Cracking): B-C유(중질유)를 다시 가공하여 부가가치가 높은 휘발유, 경유, 항공유 등 경질유 생산
    - 탈황공정: 경유, 중질유 등에서 유황(S) 성분 제거 → 저유황유 공급
  - 석탄전환 공정
    - 철강공정: 석탄→코크스, COG 생산, 제강과정에서 BFG, LDG 부생가스 생산
    - 석탄제품 제조 공정: 연탄, 마세크탄(조개탄), BKB 등 생산
    - 석탄가스화: 과거에는 석탄건류가스 사용, 최근에는 IGCC 발전
  - 석유화학 공정: 원료인 납사 등을 투입하여 다양한 석유화학 제품을 생산하는 과정에서 다양한 부생연료 및 부생가스 발생 → 발전용



---

**수고하셨습니다.**