




9. 부문별 에너지사용

제9주차 강의 (비대면)

담당교수 강 승 진



강 의 순 서

가. 지난 학습내용 요약

나. 에너지부문 온실가스 배출

다. 에너지 소비부문

라. 에너지 효율



가. 지난 학습내용 요약

- 기후변화의 주요 원인
 - 대기중의 온실가스 농도 증가로 지구기온이 계속하여 상승
 - 특히 산업혁명 이후 화석연료의 대량 사용으로 온실가스 배출 증가
 - 화석연료 연소, 즉 에너지 사용으로 CO₂ 등 온실가스 대량 배출
 - 그러나 에너지 사용은 현대 경제활동에 필수적인 요소임
 - 과거의 경험: 경제성장과 에너지소비는 1:1의 관계를 보임(동조현상)
 - 앞으로의 과제: 경제성장과 온실가스 배출 decoupling (탈 동조화)
- 가장 중요한 사항은 온실가스 배출 감축임
 - 주요 온실가스: 화석연료 연소에서 배출되는 CO₂ 임
 - 에너지부문 온실가스 감축 방안
 - 지난 시간에 학습한 내용: 저탄소 에너지 사용 (재생에너지)
 - 에너지 소비량 감축: 어떻게 에너지소비를 줄일 것인가?

가. 지난 학습내용 요약

- 에너지연소 부문 온실가스 배출량 계산방법
 - 에너지연소에 의한 온실가스 배출은 계산식에 의해 추정됨
 - 대부분이 CO₂ 이므로 CO₂ 배출량을 중심으로 계산
 - CO₂ 배출량(톤) = \sum_i 에너지사용량(톤)_i × 발열량(TJ/톤)_i × 탄소 배출계수(톤/TJ)_i
 - 에너지사용량(물량단위): 석탄, 석유제품, 천연가스 등 화석에너지 사용량
 - 발열량: 에너지원 종류별로 다름. (온실가스는 순발열량을 적용함)
 - 온실가스 배출계수: IPCC 기본값, 또는 국가 고유 배출계수
 - 열량단위 에너지 사용량: 우리가 사용하는 에너지의 양
 - 에너지 열량(TJ)_i = 에너지사용량(톤)_i × 발열량(TJ/톤)_i
 - CO₂ 배출 감축 방안
 - 1) 에너지 사용량 감축: 에너지 효율 향상
 - 2) 탄소 배출계수가 낮은 에너지 사용 → 저탄소 에너지 사용

가. 지난 학습내용 요약

- 저탄소 에너지 이해
 - 화석연료 (석탄, 석유, 천연가스) 탄소 배출계수 (TC/TJ)
 - 석탄: 26, 석유: 20, 천연가스: 15.3 정도임 (1: 0.77: 0.59)
 - 이산화탄소 배출계수(ton CO₂/TJ): 석탄: 95.3, 석유: 73.3, 천연가스: 56.1
 - 재생에너지: 탄소배출이 없음 → Carbon Free Energy
 - 재생에너지: 수력발전, 풍력발전, 태양광발전, 조력발전 등 자연에너지 이용
 - 바이오 에너지(바이오매스, 바이오 연료, 바이오가스): Carbon Neutral Energy
 - * 연소시에는 CO₂를 배출하나, 이는 광합성시 흡수된 CO₂임 → CO₂ 배출이 없는 것으로 함
 - 신에너지: 수소에너지, 연료전지, 석탄가스화 발전
 - 수소에너지: 화석연료로 수소 생산 시 CO₂ 발생
 - 재생에너지 전력으로 생산한 Green 수소는 CO₂ 발생 없음
 - 연료전지(천연가스 이용), 석탄가스화 발전은 CO₂ 발생시킴
 - 원자력발전: 직접적인 CO₂ 배출이 없음
 - 2010년까지만 해도 원자력발전이 온실가스 감축수단 → 원전 르네상스
 - 그러나 2011년 일본 후쿠시마 원자력발전소 사고 이후 원전 축소 움직임
 - 한국 정부도 사고위험, 방사능 누출 위험 등으로 더 이상 확대하지 않기로 함
 - * 2017년 "에너지전환 로드맵" : 신규 원전 건설 중단, 기존 원전(24기) 수명연장 안함

➔ 저탄소 에너지 확대(에너지 믹스 변화)로 온실가스 감축



가. 지난 학습내용 요약

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

나. 에너지부문 온실가스 배출

- 에너지부문 온실가스 배출 추이

(단위: 백만톤 CO₂eq.)

부문	1990	2000	2010	2015	2016	2017	2018	1990 년 대비 증감률(%)	전년 대비 증감률(%)
1A 연료연소	235.3	409.1	562.3	596.9	598.7	611.6	627.9	166.9	2.7
1A1 에너지산업	48.4	136.3	256.1	261.8	263.7	271.0	287.6	493.7	6.1
1A2 제조업 및 건설업	76.6	130.6	162.0	187.6	181.4	186.5	186.6	143.7	0.03
1A3 수송	35.5	69.9	85.4	94.2	98.8	98.3	98.1	176.3	-0.2
1A4 기타	74.6	69.8	55.8	50.2	51.8	52.6	52.5	-29.7	-0.2
1A5 미분류	0.2	2.4	2.9	3.1	3.1	3.2	3.1	1,616.6	-2.3
1B 탈루	5.1	2.7	3.8	3.8	3.9	4.0	4.5	-12.6	11.2
1B1 고체연료	4.8	1.2	0.6	0.5	0.5	0.4	0.3	-93.0	-19.2
1B2 석유 및 천연가스	0.3	1.5	3.2	3.3	3.4	3.6	4.1	1,377.6	14.7
합계	240.4	411.8	566.1	600.7	602.7	615.7	632.4	163.1	2.7

※ 자료: 온실가스 종합정보센터, "2020 국가 온실가스 인벤토리 보고서", 2021.1.



나. 에너지부문 온실가스 배출

- 에너지산업 온실가스 배출

CRF 코드	배출부문	온실가스	2018배출량
1A1a	발전 및 열 생산	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	269.6
1A1b	석유정제	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	15.8
1A1c	고체연료 제조 및 기타	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	2.2
합계			287.6

※ 자료: 온실가스 종합정보센터, "2020 국가 온실가스 인벤토리 보고서", 2021.1.

나. 에너지부문 온실가스 배출

- 제조업 및 건설업 온실가스 배출

CRF 코드	배출부문	온실가스	2018배출량
1A2a	철강	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	95.3
1A2b	비철금속	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	3.0
1A2c	화학	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	46.0
1A2d	펄프,제지,인쇄	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	0.7
1A2e	음식료품, 담배	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	2.0
1A2f	기타	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	39.8
	비금속광물(시멘트)	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	11.1
	조립금속(기계,전자)	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	5.0
	나무, 목재	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	0.1
	섬유,의복,가죽	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	0.7
	기타 제조	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	20.7
	건설업	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	2.2
합계			186.6

나. 에너지부문 온실가스 배출

- 수송부문 온실가스 배출

CRF 코드	배출부문	온실가스	2018배출량
1A3a	민간항공	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	1.6
1A3b	도로수송	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	94.7
1A3c	철도	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	0.3
1A3d	해운	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	1.0
1A3e	기타 수송	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	0.5
합계			98.1

※ 자료: 온실가스 종합정보센터, "2020 국가 온실가스 인벤토리 보고서", 2021.1.

나. 에너지부문 온실가스 배출

- 기타부문 온실가스 배출

CRF 코드	배출부문	온실가스	2018배출량
1A4a	상업, 공공	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	15.1
1A4b	가정	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	33.8
1A4c	농업, 임업, 어업	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	3.5
	농업/임업	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	1.0
	어업	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	2.5
합계			52.5

※ 자료: 온실가스 종합정보센터, "2020 국가 온실가스 인벤토리 보고서", 2021.1.



다. 에너지 소비부문

- 최종에너지 소비 부문 분류
 - 산업부문
 - 공장에서 제품을 생산하는데 에너지 사용: 동력용, 가열용, 원료용 등
 - 수송부문
 - 사람(여객수송)과 화물을 편하고 빠르게 이동시키기 위해 에너지 사용
 - 가정부문
 - 가정부분은 주거용 건물에서 편리한 생활을 위해 에너지 사용
 - 상업부문
 - 서비스업 에너지소비는 서비스 생산을 위해 사용됨 (고객의 편의를 위함)
 - 기타
 - 특수 목적으로 에너지 사용

다. 에너지 소비부문

- 부문별 최종에너지소비 (천toe, 2019년)

	산업	가정/상업	수송	공공기타	합계
석유제품	69,216	4,824	40,809	1,276	116,125
무연탄	3,545	306			3,850
유연탄	28,207				28,207
LNG	2,909				2,909
전기	24,060	17,687	250	2,766	44,763
도시가스	8,540	14,109	1,216	78	23,943
열에너지		2,583		63	2,647
재생E,기타	6,426	579	700	1,205	8,910
합계	142,903	40,088	42,975	5,388	231,353
(비율)	(61.8%)	(17.3%)	(18.8%)	(2.3%)	(100%)

※ 자료: 산업통상자원부/에너지경제연구원, "2020 에너지통계연보", 2020.12.



다. 에너지 소비부문

- 산업부문 에너지 소비

- 농업, 광업, 제조업을 포함하나, 제조업이 대부분의 에너지를 소비함
 - 제조업: 철강, 석유화학, 시멘트, 제지, 펄프, 전자, 기계, 음식료, 섬유산업 등
- 용도별 분류
 - 원료용: 석유화학 원료용 납사, 제철소 코크스 제조용 유연탄
 - 연료용(열 또는 동력을 얻기 위해 연소하여 사용)
 - 가열용: 보일러, 요/로, 오븐/히터
 - 기타 용도: 모터(동력), 공조설비, 조명 등
- 에너지다소비 산업: 철강, 석유화학, 시멘트
 - 철강(용광로): 석탄으로 만든 코크스를 가열하여 철광석을 녹여 용선(쇳물) 생산
 - 석유화학: 원유에서 생산되는 납사(물같이 투명한 석유제품)를 여러차례 가공하여 플라스틱, 합성섬유 등 다양한 석유화학 제품을 만듦
 - 시멘트: 석탄을 이용하여 석회석을 고온으로 가열하고 분쇄하여 시멘트 생산

다. 에너지 소비부문

- 수송부문 에너지 소비

- 수송 구분: 운수업(여객, 화물)과 자가용 수송으로 구분할 수 있음

- 수송수단별:

- 철도(궤도 위를 다리는 차량): 일반철도, 고속철도(KTX), 지하철, 전철 등

- 도로 수송: 승용차, 택시, 승합차(버스), 화물차(트럭) 등

- * 자동차를 이용한 도로수송이 에너지를 가장 많이 소비함

- 해운(바다에서 선박을 이용하는 수송): 연안해운(해안가 가까운 지역), 국제해운

- 항공(하늘에서 항공기를 이용한 수송): 국내항공, 국제항공

- * 최근 국제 여행 증가로 항공운수용 에너지 소비가 가장 빠르게 증가

- 수송하는 지역별로도 수송을 구분할 수 있음

- 도시수송(도시내 수송): 주로 여객수송(지하철, 시내버스, 택시), 일부 용달화물

- 지역수송(지역간 수송): 시외버스, 고속버스, 국내항공, 구역화물

- 국제수송(외국을 왕래하는 수송): 국제항공, 국제해운(여객, 화물)



다. 에너지 소비부문

- 가정부문 에너지 소비

- 지역적 구분: 도시지역, 농촌지역에 따라 에너지소비 행태가 달라짐

- * 한국은 도시, 농촌 지역 간에 에너지소비 행태 차이가 크지 않음

- 에너지사용 용도: 생활의 편의를 위해 다양한 용도로 에너지를 사용함

- 난방 및 온수: 도시가스 보일러, 등유 보일러, 지역난방, 전기장판, 전기온수기
 - 냉방: 에어컨, 선풍기 등
 - 취사: 음식을 조리하는 데 에너지 사용: 가스렌지, 전기 인덕션, 전자렌지, 전기밥솥, 커피포트 등
 - 가전기기: 문화생활을 영위하기 위해 다양한 가전기기 사용: TV, 컴퓨터, 오디오, 냉장고, 청소기, 다리미 등
 - 조명 및 기타



다. 에너지 소비부문

- 상업부문 에너지 소비

- 서비스업: 도소매업, 음식·숙박업, 금융·부동산업, 운수·창고·통신업, 교육서비스, 사회서비스 등
- 용도: 난방 및 온수, 냉방 및 공조, 취사, 동력용, 사무기기 등
 - 동력용: 엘리베이터, 에스컬레이터, 환풍기 등
- 전력: 조명, 동력, 사무기기 등

- 기타 용도 에너지 소비

- 공공부문 및 특수목적
- 비에너지용: 도로포장용 아스팔트, 윤활유 등

* 기타용도 에너지 소비량은 많지 않음

라. 에너지 효율

- 에너지 효율 (Energy Efficiency) 지표
 - 에너지 투입(Input)에 대한 산출(Output)의 비율
 - 다양한 에너지 효율 지표가 있음
 - 에너지 변환 효율: 발전소에서 투입 에너지에 대한 전력생산 비율
 - * 발전효율: 기력발전 40% 내외, 가스 복합화력(CCGT) 발전: 50 – 60%
 - 기계적 효율: 에너지 기기에 투입 에너지에 대한 에너지 산출 비율
 - * 보일러 효율: 85-95%, 전등: 백열등 5%, 형광등 20%, LED 조명 40% 이상
 - 경제적 효율: 단위 경제활동 당 에너지 소비량
 - * 이 지표는 낮을수록 에너지 효율이 높은 것임
 - “에너지 효율이 높다”(좋다) ➔ 생산 활동을 줄이지 않고도 에너지 소비를 줄임
 - 동일한 에너지를 쓰더라도 더 많은 에너지서비스를 얻을 수 있음 (예, 조명)
 - 동일한 상품을 생산하는데 보다 적은 양의 에너지를 사용함 (공장 생산)
 - 동일한 연료를 사용하여 더 많은 거리를 이동함 (예, 자동차 연비 km/l)

라. 에너지 효율

- 에너지 원단위 (Energy Intensity)
 - 정의: 단위 경제활동당 에너지소비량
 - 종류: 부가가치당 원단위, 생산량당 원단위
 - 에너지소비량(toe)/부가가치(십억원, 백만\$)
 - 에너지소비량(toe)/생산량(톤, m², 대 등)
 - ※ toe: 석유환산톤(toe of oil equivalent), 에너지열량 단위
 - ※ 1 toe = 10⁷ kcal (즉, 석유 1톤의 열량), 국제적인 에너지 환산 단위
 - ‘에너지 원단위가 낮다’는 에너지를 보다 효율적으로 사용함을 의미함
- 에너지/GDP
 - 정의: 총에너지소비 / GDP (toe/백만원)
 - 국제비교 단위: toe/1,000\$, * 환율기준, PPP 기준으로 계산하여 비교
 - 국제비교: 일본, 유럽 국가는 에너지/GDP가 낮음
 - 중국은 에너지/GDP 가 매우 높은 국가임 ← 에너지소비가 많은 산업부문 높음
 - 한국의 에너지/GDP 원단위는 일본보다 높고, 중국보다 낮으며, 미국과 비슷함



라. 에너지 효율

- 부문별 에너지 효율 지표
 - 에너지 효율 지표는 다양하게 표시할 수 있음
 - 부문별로 에너지 효율 분석, 국제비교 또는 산업간 비교 시 사용
 - 부문별로 통상적으로 사용하는 에너지 효율 지표
 - 산업부문: 생산활동과 에너지와의 효율 관계
 - 생산량당 원단위(toe/톤), 생산액당 원단위, 부가가치당 원단위(toe/백만원)
 - 수송부문: 수송량 또는 수송거리와 에너지와의 효율 관계
 - 수송량당 원단위(toe/인-km, 톤-km), 자동차 연비(km/리터 ; fuel economy)
 - 가정부문:
 - 가구당 에너지소비(toe/가구, 용도별), 가전기기 에너지소비효율(kWh/월)
 - 상업부문: 서비스 생산활동 지표와 에너지와의 효율 관계
 - 건물면적당 에너지소비(toe/m²), 부가가치당 에너지소비(toe/백만원)



수고하셨습니다.