

[세미나]

탄소중립과 원자력: 에너지의 미래

- 일시: 2021년 4월 16일 (금) 오후 2시
- 장소: 산림비전센터 7층 열림홀
- 주최: 자유기업원

사회: 최승노 자유기업원 원장

발표: 정범진 경희대학교 교수

토론: 김영훈 경제지식네트워크 사무총장

탄소중립과 원자력: 에너지의 미래

정범진 경희대학교 교수

탄소중립과 원자력: 에너지의 미래

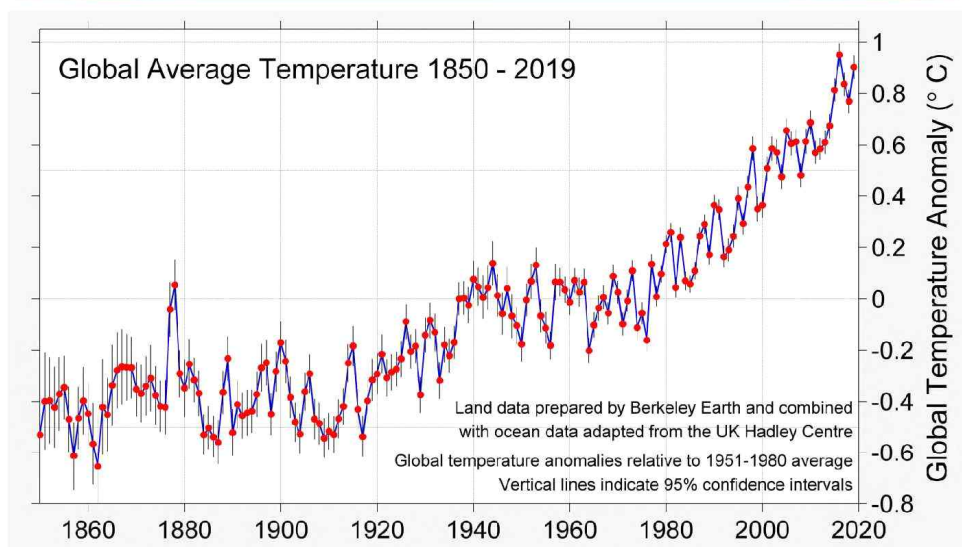
경희대 원자력공학과
정 범 진

CFE 자유기업원세미나
2021. 4. 16(금), 산림비전센터 열람홀

Department of Nuclear Engineering
Kyung Hee University



지구 평균 온도

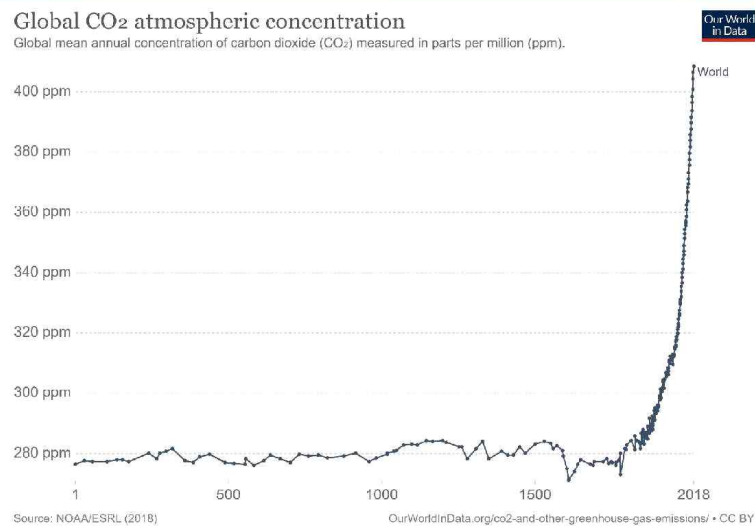


CFE 자유기업원세미나
2021. 4. 16(금), 산림비전센터 열람홀

Department of Nuclear Engineering
Kyung Hee University



지구대기 이산화탄소

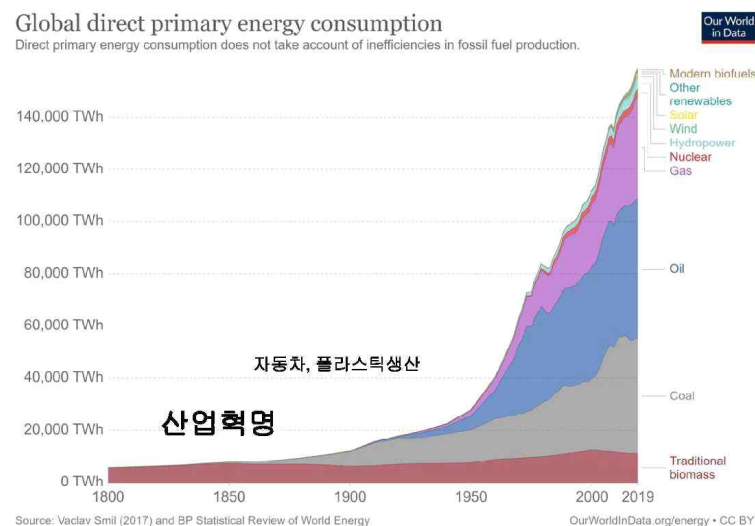


CFE 자유기업원세미나
2021. 4. 16(금). 산림비전센터 열림홀

Department of Nuclear Engineering
Kyung Hee University



세계 1차 에너지 소비



CFE 자유기업원세미나
2021. 4. 16(금). 산림비전센터 열림홀

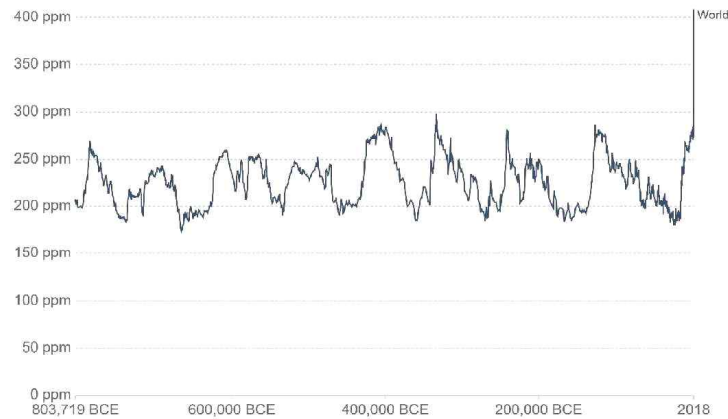
Department of Nuclear Engineering
Kyung Hee University



80만년간 대기중 이산화탄소

Atmospheric CO₂ concentration

Global average long-term atmospheric concentration of carbon dioxide (CO₂), measured in parts per million (ppm). Long-term trends in CO₂ concentrations can be measured at high-resolution using preserved air samples from ice cores.



Source: EPICA Dome C CO₂ record (2015) & NOAA (2018)

OurWorldinData.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions • CC BY

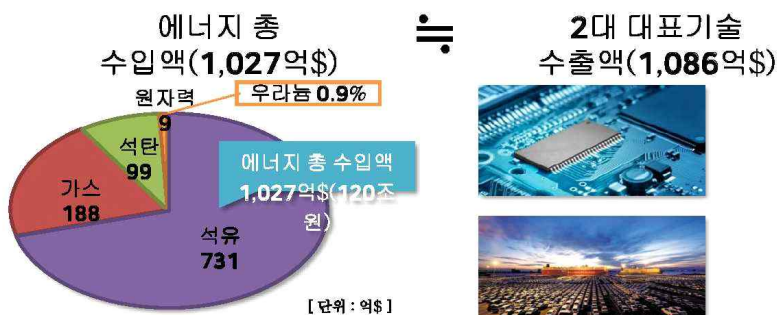
CFE 자유기업원세미나
2021. 4. 16(금). 산림비전센터 열림홀

Department of Nuclear Engineering
Kyung Hee University



우리나라의 에너지 수입

- 우리나라는 에너지의 95%를 수입하는 자원빈국
 - 에너지 수입액이 국가 총 수입액의 1/4 차지
 - 수출효자 품목인 반도체와 자동차 수출액만큼 에너지 수입
 - 2015년 에너지수입 (2014년 1436억\$)



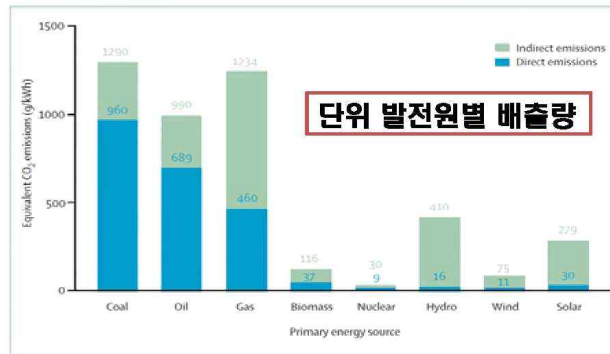
★ 809억불 (2016) → 1,095억불 (2017) (탈원전정책 LNG 증가)

CFE 자유기업원세미나
2021. 4. 16(금). 산림비전센터 열림홀

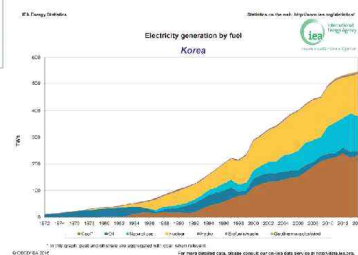
Department of Nuclear Engineering
Kyung Hee University



우리나라 전원구성과 이산화탄소 배출



원자력 30% (60원/kWh)
 석탄 40% (80원/kWh)
 LNG 20% (120원/kWh)
 재생 5% (220원/kWh)



CFE 자유기업원세미나
 2021. 4. 16(금). 산림비전센터 열림홀

Department of Nuclear Engineering
 Kyung Hee University



재생에너지

- 연료비가 없어도 가격 4~5배, 보조금에 의존
- 급전불응 설비(Undespatchable)
 - 태양광과 풍력발전은 자연조건이 허락될 때만 발전
- 예비발전기(Backup generator) 필요
 - 설비이용율(태양광 15%, 풍력 22%) : CO₂ 배출을 20% 줄임
 - 예비발전이 친환경적일 때 친환경적
- ※ 제2차 에너지기본계획의 신재생에너지 11%
 - 기존에너지 89%? or 100% ➡ **100%**
- 간헐성 (Intermittency)
 - 220 V, 60 Hz
 - ESS 등 전력보강 비용
- 저밀도(Low density) - 많은 면적을 필요로 함
- ※ 간혹 수력, 지열, 바이오에너지를 포함하여 숫자 키우기

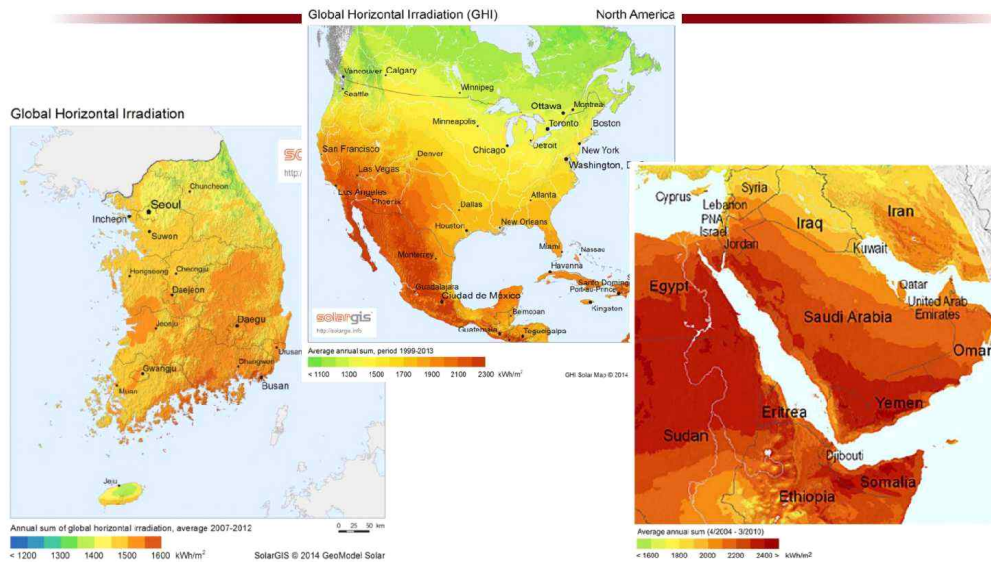
CFE 자유기업원세미나
 2021. 4. 16(금). 산림비전센터 열림홀

Department of Nuclear Engineering
 Kyung Hee University



태양에너지 자원 비교

대한민국, USA, Saudi Arabia and U.A.E



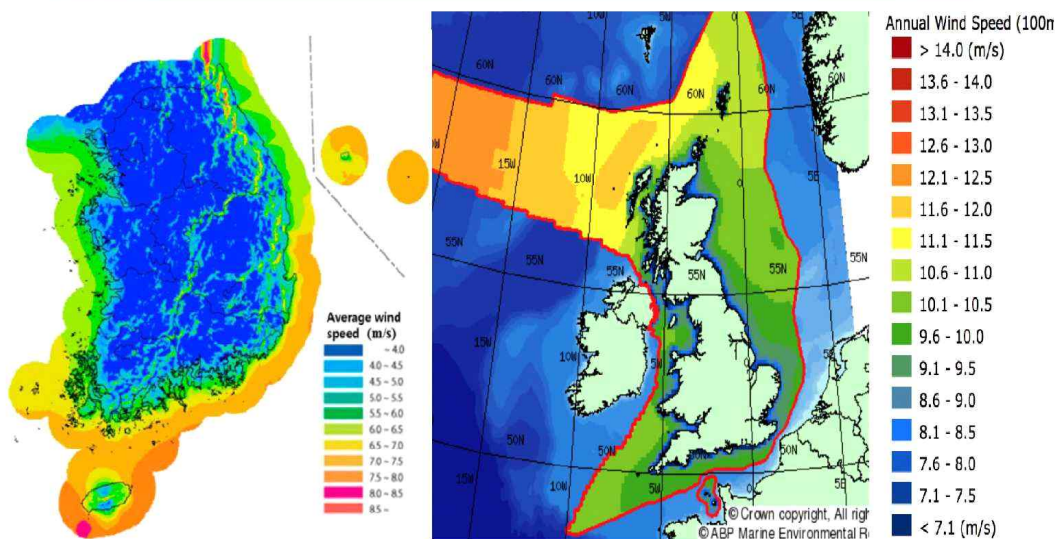
CFE 자유기업원세미나
2021. 4. 16(금). 산림비전센터 열림홀

Department of Nuclear Engineering
Kyung Hee University



풍력에너지 자원 비교

대한민국, 영국

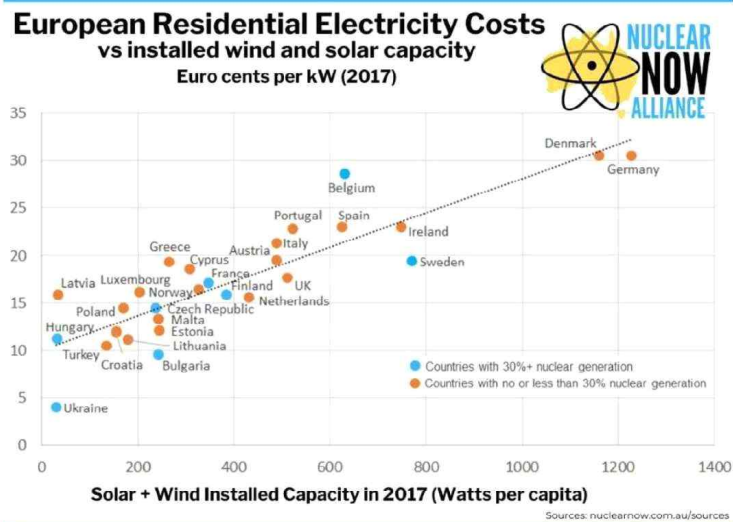


CFE 자유기업원세미나
2021. 4. 16(금). 산림비전센터 열림홀

Department of Nuclear Engineering
Kyung Hee University



재생에너지 발전설비와 전기요금



CFE 자유기업원세미나
2021. 4. 16(금). 산림비전센터 열림홀

Department of Nuclear Engineering
Kyung Hee University

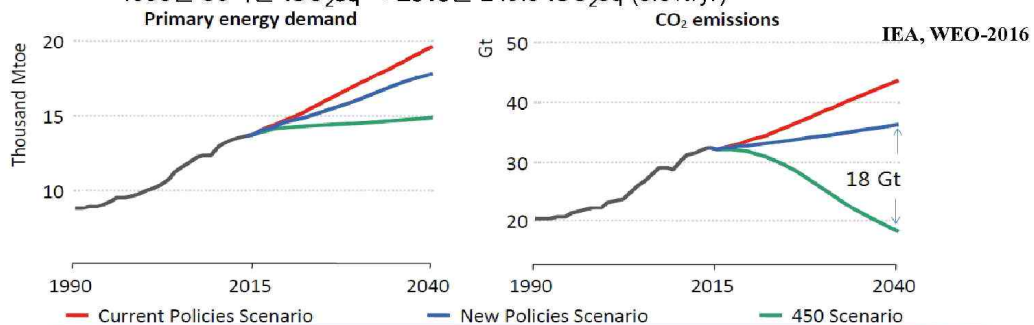


파리협정

- 2015년 12월 UNFCCC COP 21 기간중 조인 (2°C 및 1.5°C 이하)
- 2016년 11월 발표 (197개국중 172개국 비준)
- Nationally Determined Contributions (NDC)
 - 우리나라는 2030년까지 온실가스 37% 감축 약속(11.3%는 해외분)

※ 우리나라 발전부문 온실가스 배출량 증가

1990년 36백만 tCO₂eq → 2013년 249.5 tCO₂eq (8.8%/yr)

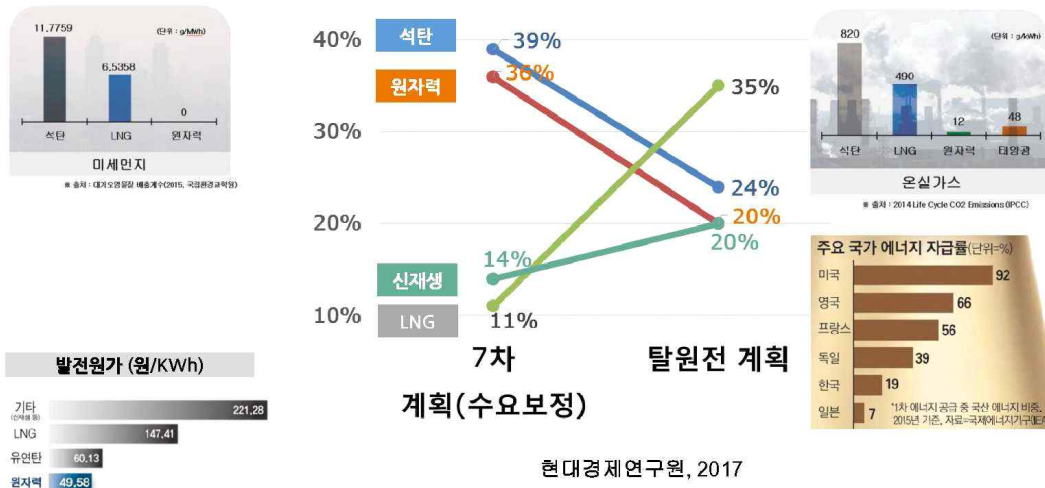


CFE 자유기업원세미나
2021. 4. 16(금). 산림비전센터 열림홀

Department of Nuclear Engineering
Kyung Hee University



에너지전환정책에 따른 에너지 믹스의 변화



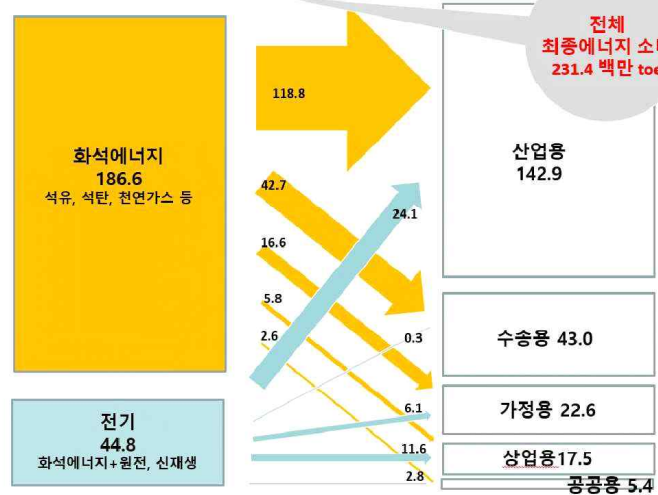
CFE 자유기업원세미나
2021. 4. 16(금), 산림비전센터 열림홀

Department of Nuclear Engineering
Kyung Hee University



우리나라 에너지흐름도 - 2050 탄소중립?

에너지 흐름도 2019년 (단위: 백만 toe) : 에너지경제연구원, 에너지통계연보 2020

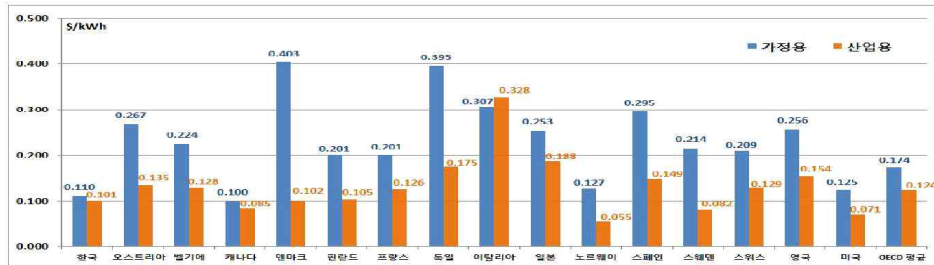


CFE 자유기업원세미나
2021. 4. 16(금), 산림비전센터 열림홀

Department of Nuclear Engineering
Kyung Hee University



국가별 전기요금 현황('14년)



국 가	대한민국	오스트리아	벨기에	캐나다	덴마크	핀란드	프랑스	독일	이탈리아
가정용	0.110	0.267	0.224	0.100	0.403	0.201	0.201	0.395	0.307
산업용	0.101	0.135	0.128	0.085	0.102	0.105	0.126	0.175	0.328
국 가	일본	노르웨이	스페인	스웨덴	스위스	영국	미국	OECD 평균	
가정용	0.253	0.127	0.295	0.214	0.209	0.256	0.125	0.174	
산업용	0.188	0.055	0.149	0.082	0.129	0.154	0.071	0.124	

* 한국 '14년도 산업용 판매단가 : 106.83원/kWh(한전통계) / 1USD : 1,053.12원('14년 평균)

출처 : IEA, Electricity Information 2016(스페인의 경우 '11년 기준임), □ : 탈원전국가

CFE 자유기업원세미나
2021. 4. 16(금). 산림비전센터 열림출

Department of Nuclear Engineering
Kyung Hee University

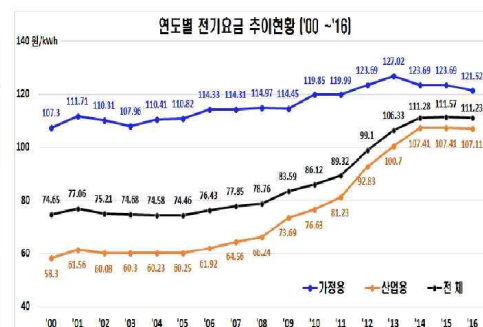


우리나라 전기요금 현황('00~'16년)

구분	'00	'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16
가정용	107.3	111.71	110.31	107.95	110.41	110.82	114.33	114.31	114.97	114.45	119.85	119.99	123.69	127.02	123.69	123.69	121.52
산업용	58.3	61.56	60.08	60.3	60.23	60.25	61.92	64.55	66.24	73.69	76.63	81.23	92.83	100.70	107.41	107.41	107.11
전 체	74.65	77.03	75.21	74.68	74.58	74.46	76.43	77.85	78.76	83.59	86.12	89.32	99.10	105.33	111.28	111.57	111.23

● 전기요금 추이분석

구분	'00년 대비 '10년 증가율	'10년 대비 '16년 증가율	'00년 대비 '16년 증가율
가정용	11.7% ↑	1.4% ↑	13.3% ↑
산업용	31.4% ↑	39.8% ↑	83.7% ↑
전 체	15.4% ↑	29.2% ↑	49.0% ↑



CFE 자유기업원세미나
2021. 4. 16(금). 산림비전센터 열림출

Department of Nuclear Engineering
Kyung Hee University



Net-Zero Policy(탄소중립)

- 2003 UK Energy Policy (Sir David King)
- Renewables (Wind) + NPP Backup
- Korean Net-Zero
- Renewables (Solar) + (LNG Backup (CO₂)) + Tremendous ESS
- US Energy Policy?



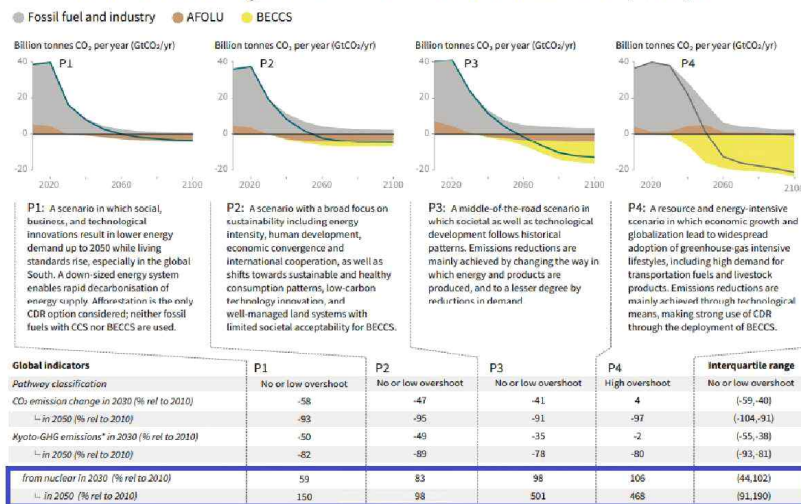
CFE 자유기업원세미나
2021. 4. 16(금). 산림비전센터 열림홀

Department of Nuclear Engineering
Kyung Hee University



IPCC 원전확대 권고

Breakdown of contributions to global net CO₂ emissions in four illustrative model pathways

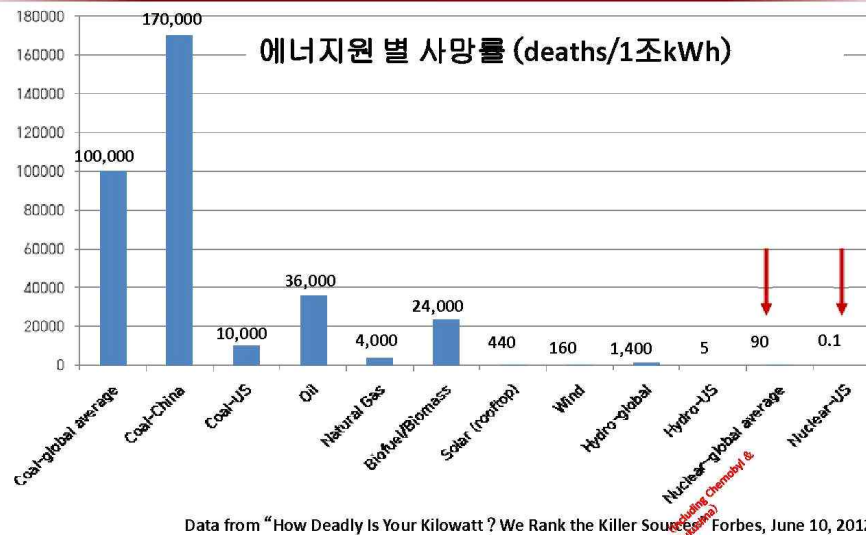


CFE 자유기업원세미나
2021. 4. 16(금). 산림비전센터 열림홀

Department of Nuclear Engineering
Kyung Hee University



원자력은 안되나? ☞ 위험?



CFE 자유기업원세미나
2021. 4. 16(금). 산림비전센터 열림홀

Department of Nuclear Engineering
Kyung Hee University



3대 원전사고 UN 공식통계

- TMI-2 원전사고(1979)
 - 방사성물질 누설없음
 - TMI-1 2030까지 가동
 - 사망자 없음
- 체르노빌 사고(1986)
 - 대규모 방사성물질 누설
 - 체르노빌 1~3호기 가동
 - 사망자 43명
- 후쿠시마 원전사고(2011)
 - 대규모 방사성물질 누설
 - 사망자 없음



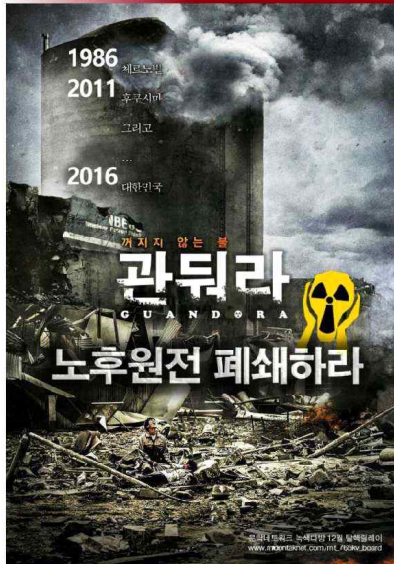
•UNSCEAR(유엔 산하 방사선영향과학조사위원회) → **찾아보세요!**

CFE 자유기업원세미나
2021. 4. 16(금). 산림비전센터 열림홀

Department of Nuclear Engineering
Kyung Hee University



판도라?



- 원전 폭발하지 않습니다.
 - 핵연료 농축도 < 4%
- 격납용기는 두께 1.2m 이상
 - 새더라도 터지지 않습니다.
- 3대 원전사고
 - 심리적 영향 크지만 ...
 - 가짜뉴스 vs. UNSCEAR
- 선진국, 사고국도 원전
 - 미국, 러시아, 일본
- 방사능 영향?
 - 자연방사능 2.3mSv/yr
 - 방사능 관리기준 1.0mSv

CFE 자유기업원세미나
2021. 4. 16(금), 산림비전센터 열림출

Department of Nuclear Engineering
Kyung Hee University



원자력은 안되나?

- 원전사고는 드물지만 한번 사고 나면 '끝장'
 - ☞ 미국, 러시아, 일본 → 끝장났나? 원전 포기했나?
- 원전사고 사망자, 방사선 피해자?
- 선동!
 - 환경적 비판론 → 우리 수명은 왜 늘어날까?
 - 값비싼 친환경 제품 → 가격 = 자원/생산량
 - GMO 논란 → 다수확, 농약 불필요, ...
 - 썩는 플라스틱 → 천천히 타는 것과 같은 결과
 - 석탄 → 숲을 보존
 - 원전 폐기하고 재생에너지 쓰자(그린뉴딜?)
 - 컵라면의 환경호르몬 → 마녀사냥식 접근
- 인류가 기후온난화(실재하는 위협)를 극복할 수 있을까?

CFE 자유기업원세미나
2021. 4. 16(금), 산림비전센터 열림출

Department of Nuclear Engineering
Kyung Hee University



RE100 vs CF100

RE(Renewable) 100

- 2014년 The Climate Group
- 기업 전력의 100%를 재생에너지로
- 에너지전환재단 RE100 강조
- 글로벌기업이 협력/납품 업체에 RE100 의무화 우려?

[RE100] 기업 재생에너지 채택을 세우는 데 우리는...

재정적/기술적 장벽을 넘어
기업의 재생에너지 사용, 기후
변화 대응을 위한 중요한 역할을
담당하고 있습니다.



RE100은 기업이 재생에너지로 100%의 전력 수요를 충족하는 것을 목표로 합니다. RE100은 기업이 재생에너지로 100%의 전력 수요를 충족하는 것을 목표로 합니다. RE100은 기업이 재생에너지로 100%의 전력 수요를 충족하는 것을 목표로 합니다.



CF(Carbon Free) 100

- 2018년 10월 Google
- 주 7일, 하루 24시간(24x7)
무탄소 에너지로
데이터센터 전력 공급



Moving toward 24x7 Carbon-Free
Energy at Google Data Centers:
Progress and Insights

CFE 자유기업원세미나
2021. 4. 16(금). 산림비전센터 열림홀

Department of Nuclear Engineering
Kyung Hee University



CF100 – RE100과의 관계

- RE100은 'Milestone' → 최종목표가 아님
Reaching our 100% renewable energy purchasing goal was an important milestone, and we will continue to increase our purchases of renewable energy as our operations grow. However, it is also just the beginning. It represents a head start toward achieving a much greater, longer-term challenge: sourcing carbon-free energy for our operations on a 24x7 basis.
- 원자력발전은 Carbon Free
We define carbon-free energy as any type of electricity generation that does not directly emit carbon dioxide. This includes renewables like solar, wind, geothermal, hydropower, and biomass.⁴ Nuclear power is also carbon free. In the future, our framework can be

CFE 자유기업원세미나
2021. 4. 16(금). 산림비전센터 열림홀

Department of Nuclear Engineering
Kyung Hee University





CLIMATE CHANGE

The Biden-Harris plan to create union jobs by tackling the climate crisis

Bidden/Harris 에너지정책

- Climate Change → 4대 정책의 Keyword
 - An existential **threat**
- Net zero emission, **economy wide**, by 2050
 - Create millions of **good paying** jobs
- Recommit 'Paris Agreement'
 - Go further, **Lead other countries** to ramp up the domestic target.
 - **RE100** vs. **CF100** (**CLEAN** Energy)
- Modern, sustainable Infrastructure
 - An **equitable** clean energy future
 - **Sustainable job** creation
 - **Good, union jobs**, road, bridges, electricity grid
 - Sustainable growth, **Competing in Global economy**

CFE 자유기업원세미나
2021. 4. 16(금). 산림비전센터 열림홀

Department of Nuclear Engineering
Kyung Hee University



CLIMATE CHANGE

The Biden-Harris plan to create union jobs by tackling the climate crisis

Bidden/Harris Reviews

- 기후 온난화에 대한 인식변화
- 파리협약 재가입과 국제사회 영향력 증대
- 원자력을 '무탄소 전원'에 포함
- 일자리 창출과 미국산, 글로벌 경제에서 경쟁력 강조
- Green New Deal 이라는 표현은 없음
- 태양광, 풍력이라는 단어는 사용되지 않음.
- Renewable은 renewable hydrogen에서만 사용
- '일자리' 반복적 사용 (good, good paying, union, sustainable)
- '미국산' 2번 사용
- 경제라는 표현 빈번히 사용

CFE 자유기업원세미나
2021. 4. 16(금). 산림비전센터 열림홀

Department of Nuclear Engineering
Kyung Hee University



맺음

- 탄소중립은 전력 뿐 아니라 다른 에너지원도 무탄소 요구
- 우리나라는 재생에너지 여건이 안됨
- 탄소중립을 위해 청정에너지 도입 : 영국 Net Zero, UN IPCC 시나리오, Bidden/Harris Climate Change Policy
 - ※ Clean Energy: 원자력을 포함한 이산화탄소 배출이 없는 발전원
- 원자력발전소 없이는 기후온난화 대처가 불가능함
- 원자력에 대한 공포는 많은 대가를 필요로 함

