

제184회 한림원탁토론회

# 탄소중립 2050 구현을 위한 과학기술 도전 및 제언

일시 : 2021년 4월 7일(수), 15:00

(한국과학기술한림원 유튜브 채널에서 실시간 생중계)



## 초대의 말씀

지구 온난화로 인해 폭염과 폭설, 해수면 상승과 거대 태풍 등 이상기후 현상이 세계 곳곳에서 나타나고 있습니다. 이에 국제사회는 2015년 신기후체제 출범에 관한 ‘파리협정’을 채택하였으며, 2018년에는 유엔(UN) 산하 기후변화에 관한 정부간 협의체(IPCC)는 2050년까지 지구의 이산화탄소 순배출량을 제로(0)로 만들기 위한 탄소중립을 달성해야 한다는 국제사회의 공동 목표를 제시한 바 있습니다.

우리나라도 이에 발맞춰 ‘지속가능한 녹색사회 실현을 위한 대한민국 2050 탄소중립 전략’을 바탕으로 2050년 ‘Net-Zero’ 사회 구축을 이루겠다는 비전 아래 범부처적으로 추진 방향과 부문별 전략을 준비 중에 있습니다. 특히 미국 바이든 정부에서 중점적으로 내세우고 있는 에너지와 환경 정책은 우리나라뿐만 아니라 전 세계적으로 관련 산업의 구조 개편과 관련 기술개발 등에 큰 영향력을 주게 될 것으로 예상됨에 따라 우리 과학기술계의 역할이 더욱 중요해지는 시기라 할 수 있습니다.

이에 한국과학기술한림원은 관련 분야 전문가분들을 모시고 에너지와 환경 관련 국내외 동향과 정책 시나리오를 분석하고 탄소중립 구현을 위해 해결해야 할 핵심과제로서 과학기술 이슈와 연구개발 정책 방향을 토론하는 자리를 만들고자 합니다. 바쁘시더라도 많은 관심과 참여 부탁드립니다.

2021년 4월  
한국과학기술한림원 원장

한림원탁토론회는 국가 과학기술의 장기적인 비전과 발전전략을 마련하고 국가사회 현안문제에 대한 과학기술적 접근 및 해결방안을 도출하기 위해 개최되고 있습니다.

# PROGRAM

**사회: 홍순형 한국과학기술한림원 기획정책담당 부원장**

시간	구분	내용
15:00~15:05 (5분)	<b>개 회</b>	개 회 사: <b>한민구</b> 한국과학기술한림원 원장
15:05~15:25 (20분)	<b>주제발표 1</b>	탄소중립 시대를 위한 과학기술 이슈 및 도전 <b>박진호</b> 영남대학교 화학공학부 교수
15:25~15:45 (20분)	<b>주제발표 2</b>	탄소중립을 위한 에너지 분야의 과학기술적 과제 <b>정병기</b> 녹색기술센터(GTC) 소장
15:45~16:05 (20분)	<b>주제발표 3</b>	탄소중립 2050 국가환경 정책의 과제 <b>윤제용</b> 한국환경정책평가연구원 원장
16:05~16:30 (25분)	<b>지정 토론 좌 장</b>  <b>토론자</b>	<b>홍순형</b> 한국과학기술한림원 기획정책담당 부원장  학 계 <b>선양국</b> 한양대학교 에너지공학과 교수 하경자 부산대학교 대기환경과학과 교수 연 구 계 <b>이창근</b> 한국에너지기술연구원 부원장 산 업 계 <b>노기수</b> LG화학 사장 정 부 <b>김성수</b> 과학기술정보통신부 연구개발투자심의국장
16:30~17:00 (30분)		<b>종합토론</b>
17:00		<b>폐 회</b>

※ 본 토론회에서 논의된 내용은 한국과학기술한림원의 공식적인 의견이 아님을 알려드립니다.

## 사회자 및 발표자 약력

### ① 사회 및 좌장



홍순형

한국과학기술한림원 기획정책담당 부원장

- KAIST 신소재공학과 교수
- 前 한국연구재단 기초연구본부장
- 前 지식경제 R&D 전략기획단 MD

### ② 주제발표



박진호

영남대학교 화학공학부 교수

- 한국에너지학회 회장
- 前 세계공학한림원 평의회 에너지위원회 위원장
- 前 산업통상자원 R&D 전략기획단 에너지산업 MD



정병기

녹색기술센터(GTC) 소장

- 국가기후환경회의 전문위원
- 前 한국과학기술연구원 연구기획조정본부장
- 前 나노기술연구협의회 부회장



윤제용

한국환경정책평가연구원 원장

- 유네스코 물 안보 국제연구교육센터 이사
- (사)한국물포럼 이사
- 前 환경연구기관장협의회 회장

## 패널 약력

### ➊ 토론자



선양국

한양대학교 에너지공학과 교수

- 미국 전기화학회 정회원
- 한양배터리센터 센터장
- 前 삼성종합기술원 수석연구원



하경자

부산대학교 대기환경과학과 교수

- IBS 기후물리연구단 교수
- 부산대 기후과학연구소 소장
- 한국기상학회 수석부회장



이창근

한국에너지기술연구원 부원장

- 한국신재생에너지학회 수석부회장
- 前 한국에너지기술연구원 기후변화연구본부장
- 前 CSLF(탄소회수저장리더쉽포럼) 한국기술그룹대표



노기수

LG화학 사장

- 前 LG화학 CTO
- 前 LG화학 재료사업부문장
- 일본 미쓰이(Mitsui)화학 수석연구원



김성수

과학기술정보통신부 연구개발투자심의국장

- 前 원자력안전위원회 기획조정관
- 前 과학기술정보통신부 과학기술정책과장
- 前 과학기술정보통신부 성과평가정책과장

# I

## 주제발표

주제발표 1 탄소중립 시대를 위한 과학기술 이슈 및 도전

- 박진호 영남대학교 화학공학부 교수

주제발표 2 탄소중립을 위한 에너지 분야의 과학기술적 과제

- 정병기 녹색기술센터(GTC) 소장

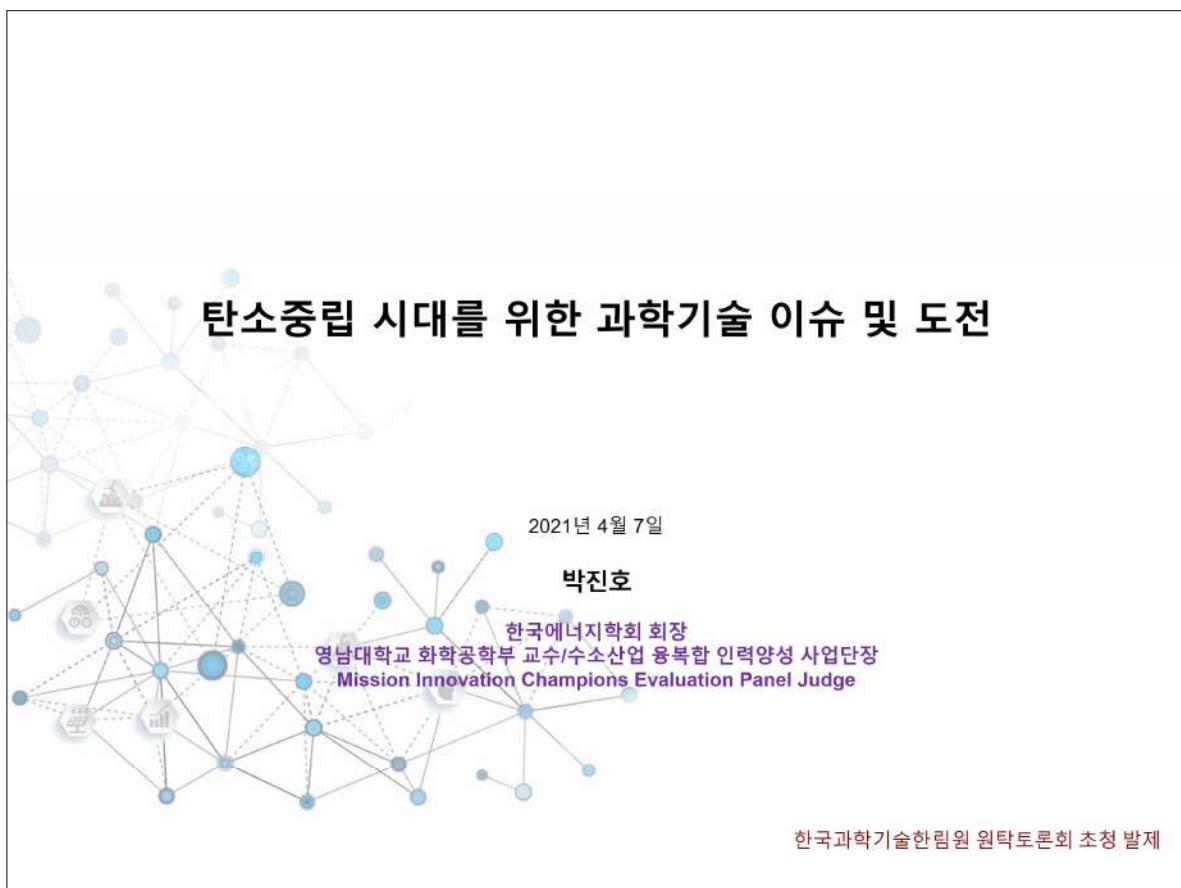
주제발표 3 탄소중립 2050 국가환경 정책의 과제

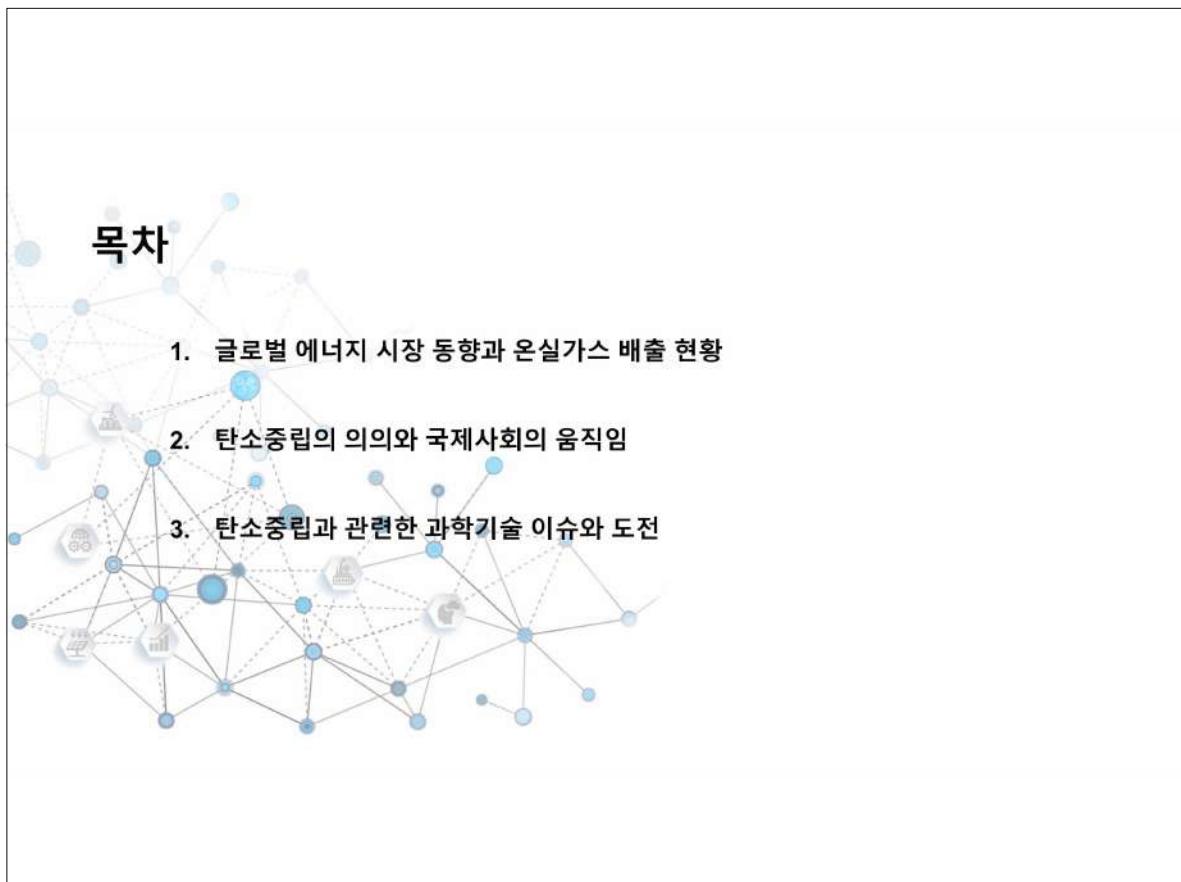
- 윤제용 한국환경정책평가연구원 원장

# 주제발표 1 탄소중립 시대를 위한 과학기술 이슈 및 도전

• • •

박진호  
영남대학교 화학공학부 교수



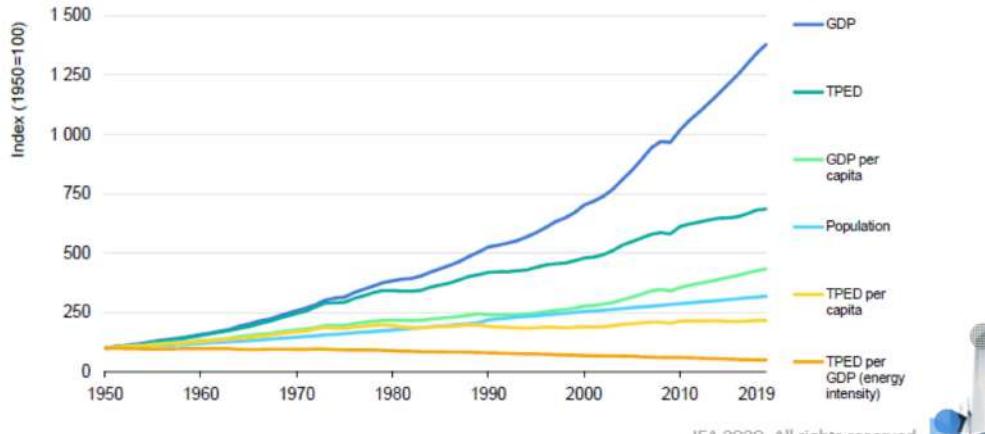


## Part 1. 글로벌 에너지 시장 동향과 온실가스 배출 현황

## 글로벌 에너지시장 동향

- Energy demand has historically been driven by GDP and population, reaching a sevenfold increase from 1950.
- World energy consumption is expected to increase nearly 50% between 2018 and 2050 in the reference case
  - with almost all of the increase occurring in non-OECD countries.

Figure 1.1 Global total primary energy demand, population and GDP, 1950-2019



Note: TPED = total primary energy demand.

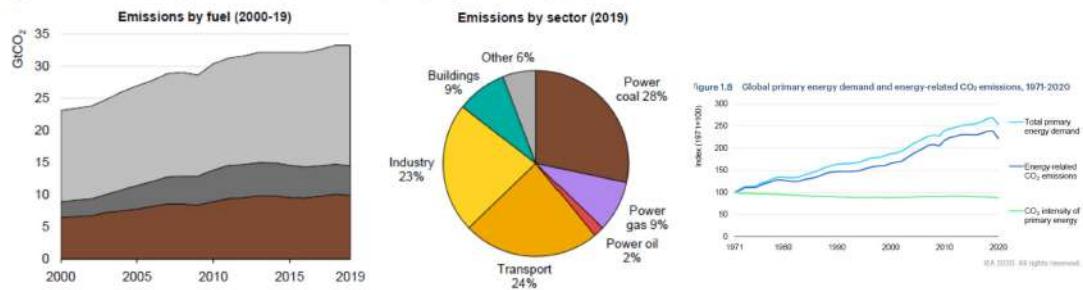
IEA 2020. All rights reserved.

\*Source: Energy Technology Perspectives 2020, IEA

4

## 에너지소비와 온실가스

- 에너지(특히 화석) 소비가 증가함에 따라 에너지 관련 온실가스 배출량도 같이 증가
- 석탄이 집중 사용되는 전력생산부문이 총 온실가스배출량의 약 40% 차지(그 다음 교통, 산업, 건물)
- Covid-19로 인해 2020년에 가장 큰 폭의 온실가스 감소가 예상되며 전년대비 8% 정도 하락 전망
- 2050 탄소중립을 위해서는 매년 7-8% 이상의 배출량 감소가 지속적으로 이루어져야 함

Figure 1.9 Global energy-related CO<sub>2</sub> emissions by fuel (left) and sector (right), 2000-19

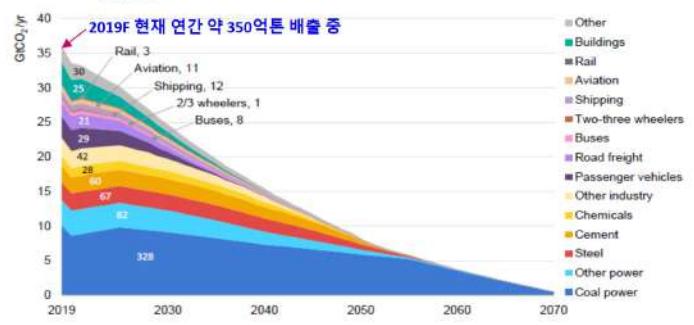
\*Source: Energy Technology Perspectives 2020, IEA

5

## 부문별 온실가스 현황과 전망

- 기존 시설의 수명 등을 고려할 때 향후 50년간 세계 온실가스 누적량은 최대 750 GtCO<sub>2</sub>에 이를 전망
- 이 누적 방출량은 전력부문 (55%), 중공업부문 (26%), 수송부문 (11%), 건물부문 (3%) 등으로 예상
- 향후 인구와 소득에 있어 OECD/non-OECD 국가 공히 모두 증가할 것으로 예상되나, 에너지원단위와 탄소원단위는 지속적으로 감소할 것으로 전망(한국의 GDP순위: 세계 14위, 이산화탄소배출순위: 7위)
- 기후변화 대응과 탄소중립의 달성을 위하여 **기존 시설들을 어떻게 할 것인가?**에 대한 대책 마련 필요

Figure 1.11 Global CO<sub>2</sub> emissions from existing energy infrastructure by sub-sector, 2019-70



IEA 2020. All rights reserved.

Notes: Includes assets under construction in 2019, the base year of this analysis. Numeric area labels on the graph denote cumulative emissions quantities by sub-sector in GtCO<sub>2</sub>. Analysis includes industrial process emissions, and emissions are accounted for on a direct basis. Annual operating hours over the remaining lifetime are based on the level in 2019.

\*Source: Energy Technology Perspectives 2020, IEA

6

## Part 2. 탄소중립의 의의와 국제사회의 움직임

## 탄소중립(Carbon Neutral)이란?

The “safe levels” of CO<sub>2</sub> (350 ppm) was surpassed back in 1987.



**Carbon Neutral**: if the amount of CO<sub>2</sub> emissions you put into the atmosphere is the same as the amount of CO<sub>2</sub> emissions you remove from the atmosphere.

**It is broadly the same as “Net Zero” or “Net Zero Emissions.”**

Other Keywords : carbon negative, zero emissions, low carbon/low emissions  
carbon positive/climate positive

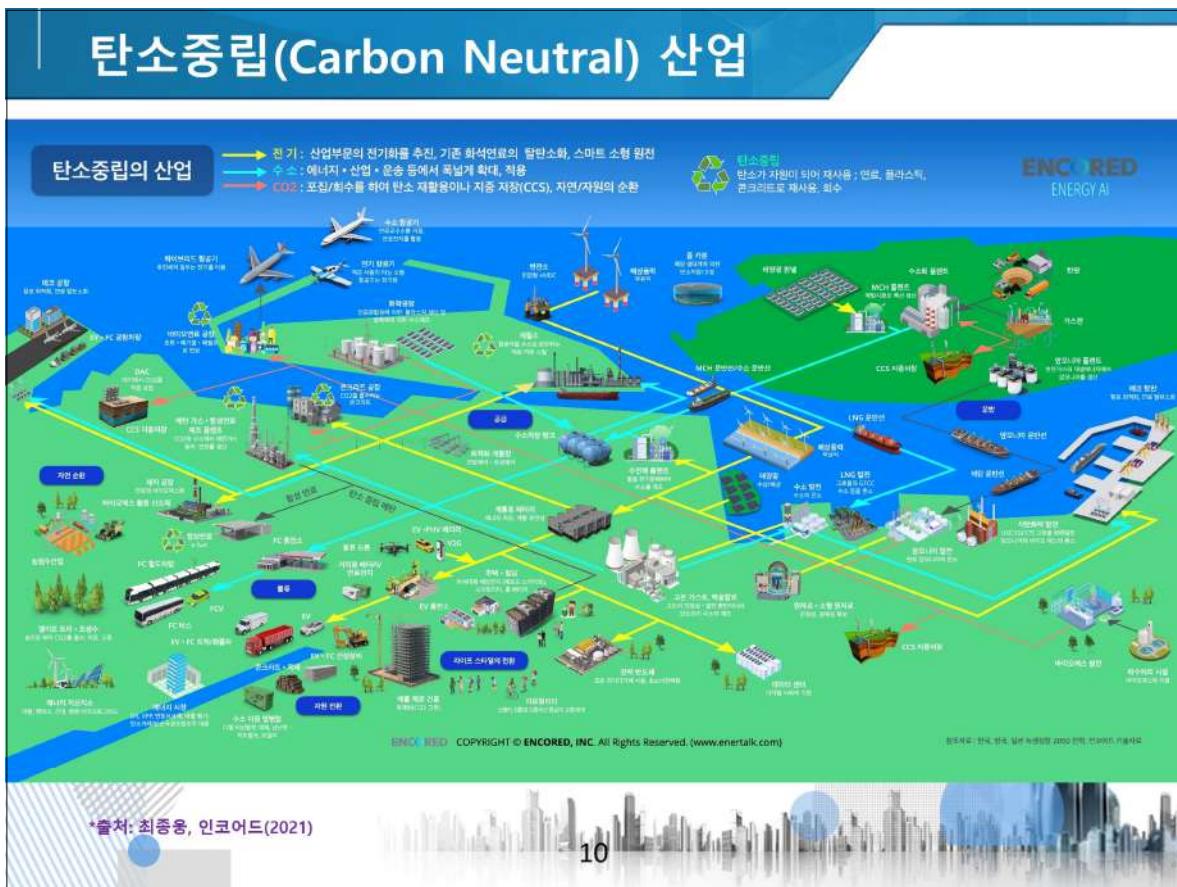
탄소중립의 흐름



\*LEDS: Long-term Low Greenhouse Gas Emission Development Strategies (장기저탄소발전전략)

\*ESG: Environment, Social, Governance

\*출처: 최증웅, 인코어드(2021)



## 기후변화대응을 위한 국제사회의 노력

\*UNFCCC: United Nations Framework Convention on Climate Change  
\*\*COP: Conference of the Parties

- 1992년 유엔기후변화협약 체택(1994년 발효)  
1992년 환경개발 회의(UNCED)에서 서명을 시작  
행정성, 공통의 그러나 차별화된 책임과 개별 국가  
선진국과 개발도상국에 다른 종류의 기후변화 대응  
※ 2016년 5월 현재, 196개국과 유엔기후변화협약에 서명한 194개국은 1992년 기준
- 1997년 (COP3) 교토의정서 체택(2005년 발효)  
기후변화협약을 구체적으로 이행하기 위하여 제3차  
행정성, 공통의 그러나 차별화된 책임과 개별 국가  
온실가스 배출량을 1990년도 수준에 비하여 평균 5.2% 감축하도록  
규정하고 있다.  
※ 2016년 5월 현재, 195개국과 유엔기후변화협약에 서명한 194개국은 2002년 기준
- 2007년 (COP13) 발리행동계획 체택  
제13차 당사국총회는 발리행동계획을 채택하여 교토의정서 제1차 공약기간 이후에 적용될 합의문을 채택하기 위한 Post-2012 협상을 시작하였다.
- 2009년 (COP15) 코펜하겐 총회에서 post-2012 협상 결렬  
Post-2012 협상 시한이었던 2009년 제15차 당사국총회에서 국가 간  
의견 차이와 협상 과정상 문제로 협상이 결렬되어 기후체계에 위기를  
초래하였다.
- 2011년 (COP17) 더반 총회에서 교토의정서 공약기간 연장,  
신기후체계 수립을 위한 Post-2020 협상 개시  
제17차 당사국총회는 교토의정서 제2차 공약기간을 2013년부터 2020년  
까지로 정하였으며, 2015년 제21차 당사국총회를 협상 시한으로 설정하고  
신기후체계를 위한 Post-2020 협상을 시작하였다.  
※ 교토의정서 제2차 공약기간을 규정한 도하개정은 2010년 5월까지도 발효되지 않음.
- 2015년 (COP21) 신 기후체계의 기반이 되는 파리협정 체택  
INDC 설정에 의한 자발적 의무감축



### 신 기후체계(new climate regime)

기후체계에서 '체계'는 '국제체계(international regime)'을 의미한다. 국제체계는 '국제관계의 특정 영역에서 행위자들의 기대가 모여 만들어진 원칙(principles)-규범(norms)-규칙(rules)과 의사결정과정(decision-making procedures)의 집합'이다. 보다 넓게 해석하면 행위자들도 포함된다.

그렇다면 기후체계는 '기후변화에 대응하기 위하여 국제사회가 필요하다고 생각하는 규범적 규칙(normative rules)과 이를 결정하여 이행·강제하고 발전시키는 기관(institutions), 그리고 그 과정에서 사용되는 절차상의 수단(procedural tools)'이라고 볼 수 있을 것이다.

교토의정서에 기반한 기후체계를 '교토(의정서) 체계'라고 하였다. 파리협정이 발효되면 그에 기반한 기후체계가 시작되는데, 이를 교토의정서 체계와는 다른 새로운 기후체계라는 의미로 '신 기후체계'라고 부른다.

출처: 교토의정서 이후 신기후체계 파리협정 갈라잡이, 환경부(2016.05)

## Mission Innovation

클린에너지장관회의(CEM)와 연계하여 활동

**Mission Innovation (MI)** is a global initiative of 24 countries and the European Commission (on behalf of the European Union) working to reinvigorate and accelerate global clean energy innovation with the objective to make clean energy widely affordable. MI was announced at COP21 on November 30, 2015, as world leaders came together in Paris to commit to ambitious efforts to combat climate change.

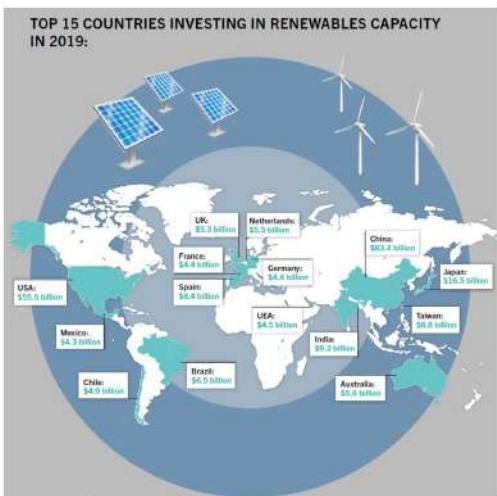
As part of the launch statement, members committed to:

1. Seek to double their governmental and/or state-directed clean energy research, development and demonstration (RD&D) investments over five years.
2. Work closely with the private sector as it increases its investment in the earlier-stage clean energy companies that emerge from government programs.
3. Build and improve technology innovation roadmaps and other tools to help in our innovation efforts, to understand where RD&D is already happening, and to identify gaps and opportunities for new kinds of innovation.
4. Provide, on an annual basis, transparent, easily accessible information on their respective clean energy RD&D efforts.

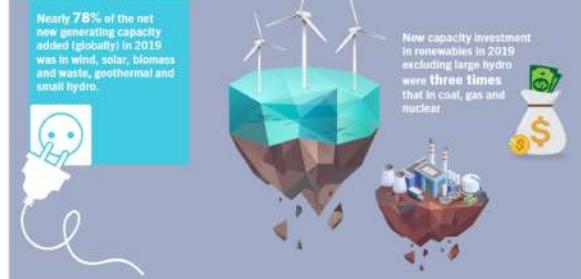


## OECD 중심의 에너지 전환 가속화

### 에너지 패권은 자원보유국 주도에서 기술보유국 주도로 이동?



IN 2019 AGAIN, RENEWABLES DWARFED CONVENTIONAL GENERATION SOURCES IN TERMS OF BOTH CAPACITY ADDITIONS AND INVESTMENT.



\*Source: FS-UNEF Collaborating Center, Global Trends in Renewable Energy Investment 2020

- OECD 국가 및 신흥경제국 중심으로 에너지전환 급속도로 진행
- 청정에너지·에너지효율 분야가 새로운 일자리 창출의 보고로 등극

## 재생에너지의 가격 급락과 보급 확대 추세 - 경제·산업측면과 주민수용성?

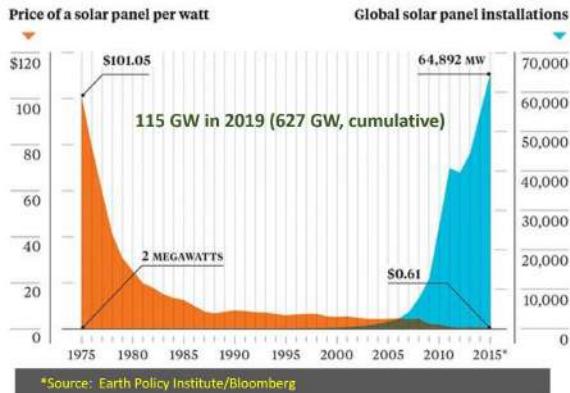
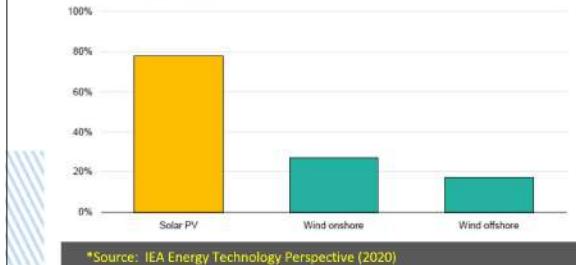
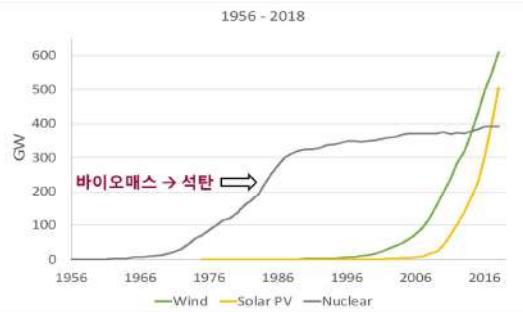


Figure 1.5 Reduction in capital cost since 2010 for PV and wind power generation technologies

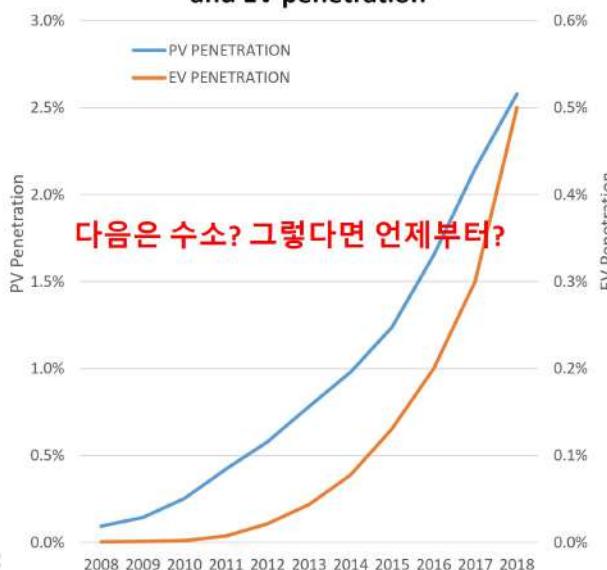


### <Everett Rogers> Diffusion of Innovations Theory



## 수송분야의 전기화 가속: Joint Development

### Comparison between PV penetration and EV penetration

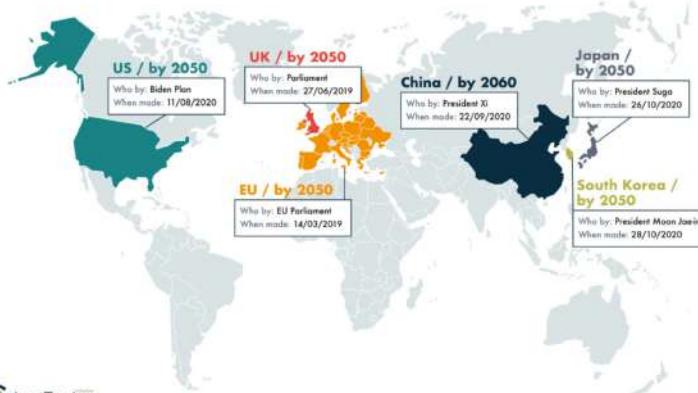


- In Europe, countries such as Norway or Iceland have reached, in 2018, respectively 46% and 17% of electric vehicle penetration.
- In the rest of the world, electric vehicles represent just below 5% of the car fleet in China and 2.5% in the USA.
- More than 2 million electric vehicles were sold in 2018, representing a 68% increase compared to 2017.
- But EV needs zero-carbon electricity to be really decarbonized.

## 탄소중립 선언

- 한국을 비롯한 120여개 국가가 순배출량을 0으로 만드는 탄소중립을 선언하거나 추진 중
  - 유럽과 미국은 수입품 등 모든 항목에 대해 탄소세를 부과하겠다는 환경규제 시사
  - 미국은 2035년까지 탈탄소 발전 달성 및 2050년 탄소중립 달성 선언(Clean Energy Revolution)
  - 중국은 2030년까지 배출량 감축 전환, 2060년 탄소중립 달성 선언(Zero Carbon China)

### KEY RECENT NET ZERO POLICY COMMITMENTS



\*출처: The Net Zero Policy Commitments, Carbon Tracker, 2020

16

## [EU] European Green Deal



- The European Green Deal is Europe's plan to **make the EU's economy sustainable**
- There are no net emissions of greenhouse gases by 2050
- Economic growth is decoupled from resource use
- **No person and no place is left behind:** just transition



\*출처: 김영재, 한국에너지학회 제1차 클로키움, 2021

17

## [영국] 2050 탄소중립

### 10대 계획과 현실



보리스 총리의 10대 환경 계획의 실천 방안				
전기 자동차	해상 풍력	수소	원자력	대중 교통
<b>계획:</b> 2030년까지 리实事求은 디젤 차량 신규 판매금지 조치	<b>계획:</b> 2030년까지 모든 가정에 전력을 공급할 충분한 에너지를 생산할 수 있는 해양 풍력	<b>계획:</b> 소형 원자로 개발을 위한 신기술 투자	<b>계획:</b> 2030년까지 도시를 포함한 저탄소 인프라를 생활화하기 위해 업계와 협력	<b>계획:</b> 친환경 저전거 타이핑 포함한 저탄소 수송을 위한 신기술 개발
<b>현실:</b> 충전 네트워크 가 고비에게 되는 매우 이십한 목표 달성	<b>현실:</b> 해수 하나에 터번을 건설하는 데 필요한 민간 투자 £480 억	<b>현실:</b> 20년 동안 주택 2,500만개의 가스 보일러를 교체	<b>현실:</b> 마천루 200여 개가 들어가는 시즈웰(Sizewell C) 원자력 설비 대상이 미결정	<b>현실:</b> 새로운 자전거 도로로 인한 도로에서 의 수백만명의 정체에 대한 우려
<b>항공</b>	<b>탄소 포집</b>	<b>자연 생태</b>	<b>가정 주택 및 빌딩</b>	<b>혁신과 금융</b>
<b>계획:</b> 세계 최초의 상업용 탄소 제로 비행기 개발 지원	<b>계획:</b> 유리한 배출률 을 포함하고 저장하는 기술의 세계적 리더기 됨	<b>계획:</b> 매년 75,000 에이커의 나무를 심어 하는 것을 포함하여 자연 환경을 보호하고 복원	<b>계획:</b> 온 보일러를 대체하기 위해 개선 된 단열 및 히트펌프 를 단계적으로 도입	<b>계획:</b> 녹색 신기술, 개발 및 녹색 금융의 글로벌 중심지화
<b>현실:</b> 에어버스 모델 에 대한 계획은 아직 15년이나 남았으며 대서양 횡단이 안된다	<b>현실:</b> 매우 비싸고 새로운 기술로 인해 이 기술을 갖는 협력이 필요	<b>현실:</b> 녹색당은 “정책 이 충분히 과감하지 않고 필요한 일부분이 반영되었다”고 함	<b>현실:</b> 주택을 따뜻하 게 보존하기 위해 이 중 또는 심증 유리와 단열조끼가 필요	<b>현실:</b> 원민은 지난달 글로벌 녹색금융 회의 로서의 자위를 일컬...



ENCORED COPYRIGHT © ENCORED, INC. All Rights Reserved. (www.enertalk.com)

출처: 영국 의회

\*출처: 최종웅, 인코어드(2021)

18

### Part 3. 탄소중립과 관련한 과학기술 이슈와 도전

## 탈탄소화 관련 Global Consensus

### 어떻게 진정한 친환경 에너지를 구현할 것인가?

- 에너지 생산·소비와 관련한 온실가스 배출이 전체의 75%(국내 93%) 정도 차지
- 따라서, 에너지 분야 탄소배출 제로화 전략이 많은 국가의 가장 중요한 정책 요소
- 탄소제로를 만족하는 에너지시스템을 구현하기 위한 네 가지 주요 전략은?

#### OECD (Optimize, Electrify, Capture, and Decarbonize)

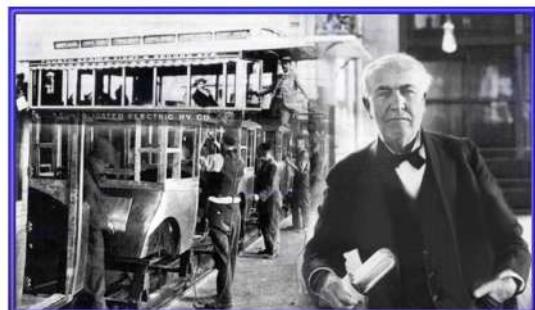
1. Reduce energy use through improved efficiency (Optimize)
2. Shift energy demand to electricity and away from combustion of fossil fuels (Electrify)
3. Direct capture and utilization of CO<sub>2</sub> (Capture)
4. Shift entirely to zero-carbon technologies to generate electricity (Decarbonize)

- 위 네 가지 전략은 모든 주요 에너지 소비 부문 즉, **산업/수송/건물 및 에너지 전환(발전)** 부문에 모두 적용되어야 할 것임

20

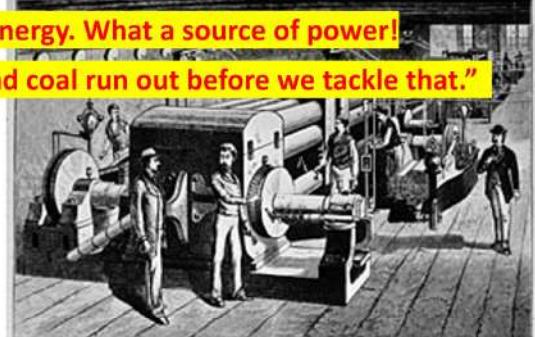
## Edison Transformation

전기가 처음 발명되었을 때에는?  
직류전기로 구성된 마이크로그리드



**"I'd put my money on the sun and solar energy. What a source of power!"**

**"I hope we don't have to wait until oil and coal run out before we tackle that."**



\*Source: Prof. Mohammad Shahidelpour, IIT

21

## 재생에너지 확대 관련 이슈

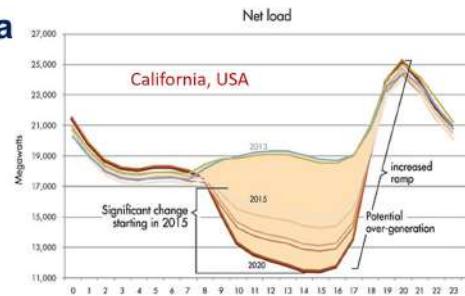
### Existing Grid Infrastructure & Market System Not Yet Ready for RE

Existing electricity grids and substations are not fully ready for transmission & distribution of ever-increasing renewable electricity – not enough grids where RE is largely generated; not fully distributed RE power sources. Current market system for electricity transaction is not optimized for distributed sources such as renewables.

### National-level Peak Shifting in Korea

Increase of solar power causes Korean-style Duck Curve to occur, which shifts peak load time from 3 pm to 5 pm.

There are variety of solutions to mitigate the duck curve, and the most common method is using energy storage systems and the way in which the system is connected to other systems to increase system inertia – Energy storage, DR, financial incentives & strategic curtailment, forecasting tools, microgrids, etc.



### Curtailment of RE in Jeju Island

Power generation capacity of Jeju Island is 1,350 MW, of which the renewable energy generation capacity is 436 MW (about 32% - Wind 266 MW, Solar 160 MW, and Others 8.8 MW).

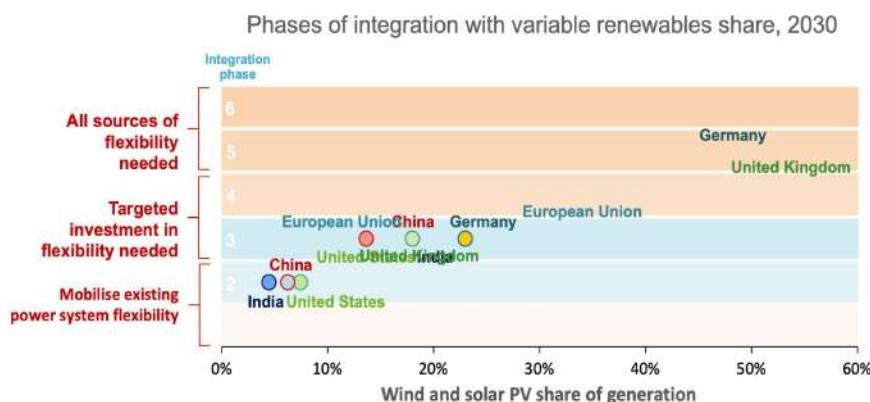
As of 1 pm on 2018-11-22, out of total 610 MWh of Jeju Island, the amount of renewable energy generation was 309 MWh, accounting for 49%.

Due to the high fluctuations in the output of renewable power generation, the curtailment operation is required, and the number of curtailments of renewable power generation on Jeju Island is gradually increasing to 6 times in 2016, 16 times in 2017, 17 times in 2018 and to 19 times in 2019.

Year	Number of Curtailments	Amount of Curtailment (MWh)
'15	3	152
'16	6	252
'17	16	1,301
'18	17	1,366
'19 (~6.3)	19	3,975

## 재생에너지 전력 확대 관련 이슈

### Flexibility: cornerstone of tomorrow's systems



Higher shares of variable renewables raise flexibility needs and call for reforms to deliver investment in power plants, grids & energy storage, and unlock demand-side response

**세계공학한림원평의회 에너지위원회 보고서**

**CAETS ENERGY COMMITTEE REPORT 2020**  
Solutions for High-Level Penetration of Intermittent Renewable Electricity

**All Electrification?**  
The report identifies the continuing academic research on electric vehicles concerning the various approaches to generate, distribute and store electricity.

**CAETS Energy Committee Report 2018**  
Clean Energy Technologies - Challenges and Solutions

**Intermittency of RE Electricity?**

- Energy Storage
- Demand Response
- Financial Incentives & Curtailment
- Forecasting Tools
- Microgrids
- Nuclear Power

**<2022 Report>**  
**“Decarbonization of Energy End-uses”**

- Replacing Fossil Fuels by Decarbonized Electricity in Heating/Cooling, H<sub>2</sub> Production, etc.
- Refurbishing Processes/Equipment in Order to Use Alternative Energies
- Increasing Energy Efficiencies
- Capturing/Storing/Utilizing the Produced CO<sub>2</sub>

**For Industry, Building & Transport Sectors**

**Iron Making Process (제선공정)**  
 $Fe_3O_4 + 4 CO \rightarrow 3 Fe + 4 CO_2$   
 $Fe_2O_3 + 3 CO \rightarrow 2 Fe + 3 CO_2$

**Cement Calcinating Process (시멘트 제조 소성공정)**  
 $CaCO_3 + \text{heat} \rightarrow CaO + CO_2$

**정유 및 석유화학 산업에서의 온실가스 배출**

- 암모니아 생산(CO<sub>2</sub>)
- 질산 생산(N<sub>2</sub>O)
- 석유화학제품(CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, SF<sub>6</sub>)

## 제2차 온실가스 감축 계획\_(2019년 10월)

**Where are We?**

2017년 말 현재, 709.1 Mton의 온실가스 (CAGR 3.3% since 1990)  
에너지 생산 및 소비 관련이 87% (1990년 대비 2.6배 증가)

2021년 산업부 탄소중립 R&D 전략 Kick-off 회의: ~93%

① 산업 (55%), ② 건물 (22%), ③ 수송 (14%)

- 이산화탄소 총배출량 세계 7위; 1인당 CO<sub>2</sub> 배출 세계 18위;  
위;  
온실가스원단위 세계 60위 (0.45 kg CO<sub>2</sub>/USD)

**Where do We want to be?**

INDC: 37% reduction (BAU) by 2030 → Roadmap 2016.12 & 201  
\*로드맵수정(2020.12.15) : 17년 배출량 대비 24.4% 감축

- By 2030, from 709 Mton of CO<sub>2</sub> (2017) to 536.0 Mton of CO<sub>2</sub> (target) :  
173 Mton of CO<sub>2</sub> (24.4%) reduction

**Carbon Net-Zero by 2050**

대한민국 국회(2020년 9월 24일) - “기후위기 비상선언”  
채택(찬성: 252, 기권: 6)

문재인 대통령(2020년 10월 28일) - “2050 탄소중립” 선  
언

\*1차금속: 고로, 전기로 등의 설비를 갖추고 금속광물을 가공하는 업종: 제철, 시멘트 등

Category	Percentage (%)
산업	55%
수송	14%
건물	22%
기타	3%

Category	Percentage (%)
제1차 금속산업	37.3%
화학	19.0%
정유	11.8%
온실가스배출량 (%)	6.9%
비금속 광물	7.6%

## 2030 온실가스 배출 목표의 시사점

< 2030년 국가 온실가스 감축 목표 >

(단위 : 백만톤 CO<sub>2</sub>, %)

부문	배출량 ('17)	배출전망 ('30 BAU)	감축목표		
			목표 배출량	BAU대비 감축량(감축률)	주요 감축수단
국내 부문별 목표	-	850.8	574.3	△276.4 <sup>1</sup> (32.5%)	
배출원 감축	산업	392.5	481.0	382.4	△98.5 (20.5%) ✓ 효율개선 ✓ 냉매대체 ✓ 연·원료전환 ✓ 폐열활용
	건물	155.0	197.2	132.7	△64.5 (32.7%) ✓ 단열강화(신규·기존) ✓ 설비개선 ✓ BEMS 확대
	수송	99.7	105.2	74.4	△30.8 (29.3%) ✓ 전환경차 확대 ✓ 연비개선 ✓ 전환장거리 보급 네트워크 확장
	폐기물	16.8	15.5	11.0	△4.5 (28.9%) ✓ 재활용확대 ✓ 메탄가스 회수
	공공(기타)	20.0	21.0	15.7	△5.3 (25.3%) ✓ LED 조명 ✓ 재생에너지 확대
	농축산	20.4	20.7	19.0	△1.6 (7.9%) ✓ 분뇨 에너지화 ✓ 물관리
	탈루 등	4.8	10.3	7.2	△3.1 (30.5%)
감축 수단 활용	전환	(253.1)	(333.2) <sup>2</sup>	(192.7)	△140.5 <sup>3</sup> (42.2%) ✓ 전원믹스 개선 ✓ 수요관리
	ESCCUS		-	-	△10.3 ✓ 탄소포집·활용·저장
국외감축 등		-	-	△38.3 (4.5%)	산림흡수+국제시장활용
감축 수단 활용	산림흡수원	(-41.6)	-	△22.1	✓ 경제침입지 조성 ✓ 도시숲 확대
	국외감축 등		-	-	△16.2 ✓ 양자협력 ✓ SDM
합계	709.1 <sup>4</sup>	850.8	536.0	△314.8 (37%)	국내(32.5%)+국외(4.5%)

비고 : 1. 목표배출량은 부문별 배출량 합계에서 전환부문 전원믹스 및 CCUS로 인한 감축량 반영  
 2. 전환부문은 전기·열 사용에 따라 부문별 배출량에 기 포함 전체 배출량 합계에서 제외  
 3. 추가감축잠재량 34.1백만톤을 포함한 것으로 '20년 NDC 제출 전까지 감축목표 및 수단 확정  
 4. 산림부분 흡수량을 제외하지 않은 총 배출량

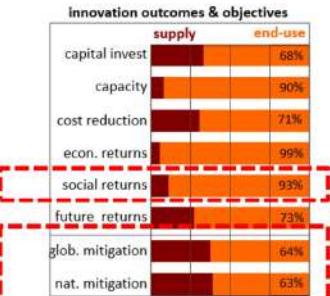
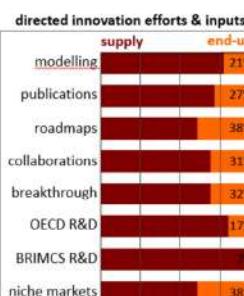
## 탄소중립사회 구현 관련 과학기술 이슈



\*출처 : 위) 손정락, 아래) 김명재, 한국에너지학회 제1회 클로키움, 2021

세계적으로 혁신노력은  
 에너지공급 중심으로 편향  
 되어 있음 -> 체계적인 편향  
 성과 미정합성이 존재, 일부  
 분야는 심각한 저투자

향후 혁신은 어느 방향으로?  
 또한 어떻게?



## 국내 주요 온실가스배출 업종의 탄소중립 선언

**철강, 석유화학, 시멘트 및 비철금속 업계의 2050 탄소중립 선언 이어져....**

철강업계, '2050 탄소중립 공동선언문' 발표… '그린철강위원회' 출범

등록 기자 | 2021.02.03 10:04

| 성윤모 장관, '저탄소 사회는 선택의 문제가 아닌 반드시 가야'

[민데스크리뉴스 이건호 기자] 온실가스 최다 배출업종 중 하나인 철강에 협약에 철강업계 2050 탄소중립 공동선언문'을 발표했다. 2011년으로 국가 전체 배출량의 16.7%, 산업부문의 30%를 차지하고 있던



산업부에 탄소 최대배출업종인 철강산업의 2050년 탄소중립 선언을 위해 '그린철강위원회' 출범식 5일 2월 2일 개최된다. [사진=산업통상자원부]



시멘트 업계도 '탄소중립'…7개社 그린뉴딜  
위 출범

원로 석회 분야 시 배출하는 CO2 저감해야…기술개발 박차

책임한 기자 | 일자 2021/02/17 11:00 ~ 종료 2021/02/17 11:03 | 산업일보



정책

석유화학업계, '2050 탄소중립' 위해 탄소제로위 출범

조선비즈 세종=박정임 기자

입력 2021.02.09 18:17

산업부 '친환경 원료·연료 활용 위한 대규모 연구개발 추진'

온실가스 배출이 많은 석유화학업계가 '2050 탄소중립'을 위해 '석유화학 탄소제로위원회'를 출범했다. 산업통상자원부는 9일 대전 SK환경과학기술연구원에서 탄소중립을 주제로 민관 소통을 강화하기 위해 '석유화학 탄소제로위원회 출범식'을 열었다고 밝혔다.



박진구 산업통상자원부 차관이 9일 대전 SK환경과학기술연구원에서 열린 '석유화학 탄소제로위원회 출범식'에 참석해 각리를 하고 있다. /연합뉴스

신영부문 온실가스 배출량의 약 50%를 차지하는 대(大)배출 업종인 시멘트 업계가 탄소중립 대

행에 합류한다.

## 탄소중립 에너지 구현 및 산업육성의 선결조건

### ▪ 제도개선 및 시장시스템 혁신

- Self-consumption, RE100, P2P Trading, Carbon Tax, Carbon Footprint, Cap & Trade 등

### ▪ 녹색금융 확대 및 활성화

- High-risk 투자 및 Risk-sharing 투자 확대, ESG 기반 투자 확대 등

### ▪ R&D 확충 및 전략적 Top-Down R&D 추진

- 공동개발 플랫폼 구축, 소·부·장 R&D 확대, 실증 R&D 확대 등

### ▪ 공공 조달(Procurement)에 기반한 초기시장 창출

- Early Adopter 육성 및 민간의 자발적인 참여 촉진 등

### ▪ 국제협력 강화 및 리더십 확대

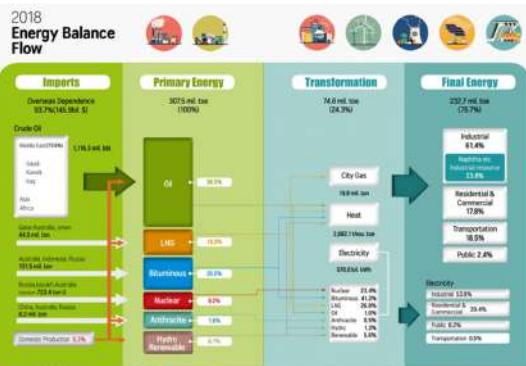
- 국제기구 활동에의 적극적 참여 및 분야별 리더 육성 등

### ▪ 국민 소통 강화 및 인식 제고/교육/홍보

## 시나리오/통계 기반 탄소중립 전략 수립

### ECHO (Energy, Carbon & Hydrogen Optimization)

- 1. Energy Balance
  - 2. Carbon Balance  
Included)
  - 3. Hydrogen Balance
- Global Optimization (Domestic & Overseas Included)



Carbon Balance Flow  
Hydrogen Balance Flow

#### 한국의 특성, 장점 및 보유역량, 차별화전략은?

- 에너지 생산 및 소비 포트폴리오 상세 분석
- 전력 **Balance**에 이어 탄소 및 수소 **Balance** 추적 조사
- 산업, 수송, 상업/주거 형태 분석
- 에너지 생산 및 **CO<sub>2</sub>** 저감 잠재력 평가
- 지자체 및 기초단체와의 연계
- 민간과의 협력 및 공조 체계 구축
- 미래지향적 비전 설정 및 비전과의 연계
- 구체적 사업기획 및 이행 주체 선정

30

경청해주셔서 감사합니다.

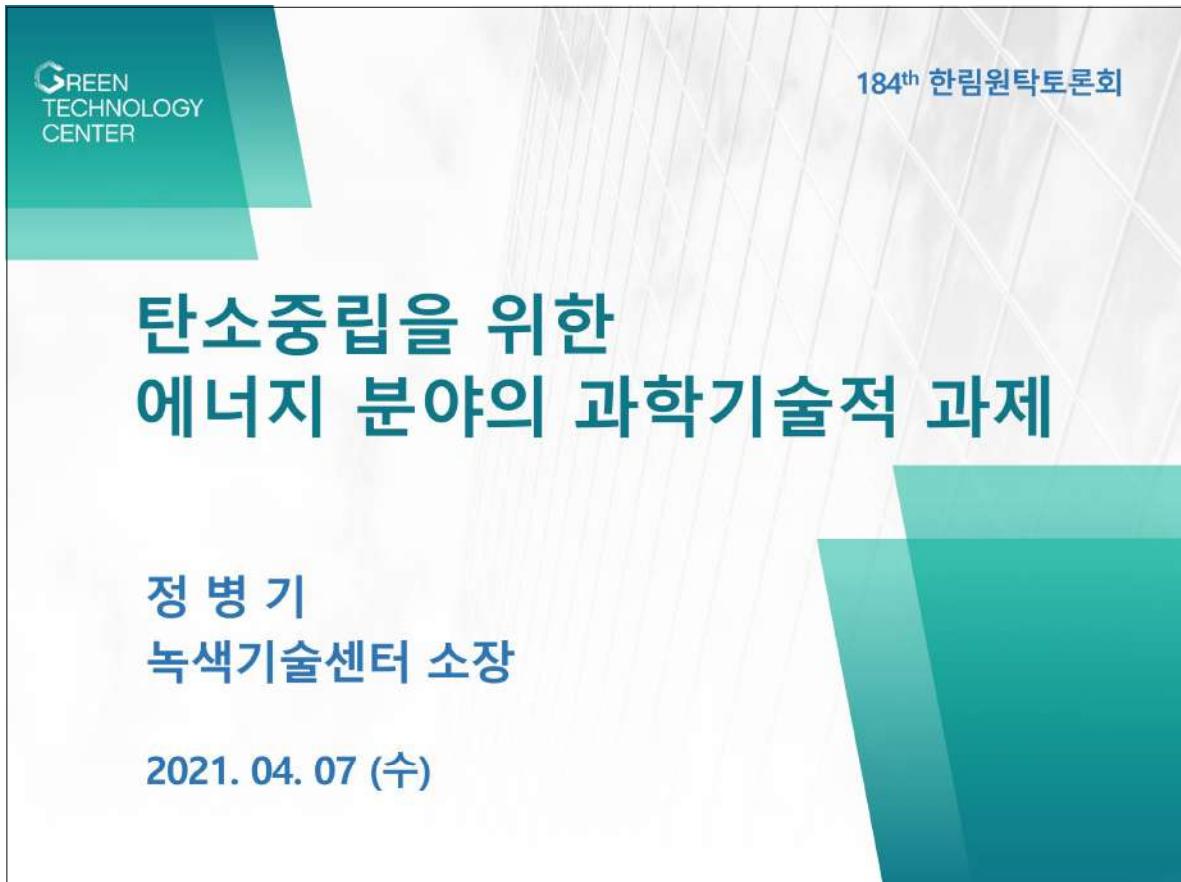
*Thank you for listening !*



## 주제발표 2 탄소중립을 위한 에너지 분야의 과학기술적 과제

...

정 병 기  
녹색기술센터(GTC) 소장



탄소중립을 위한 에너지 분야의 과학기술적 과제

## I 신기후체제 에너지 이슈

## II 탄소중립을 위한 에너지 기술 혁신 방향

## III 탄소중립을 위한 연구개발 전략

## 신기후체제 및 탄소중립 시대의 도래



### 국제사회는 기후 위기 해결을 위해 전 지구적 적극대응 방안 모색

#### 유엔기후변화협약 채택('92.5) 및 교토의정서 채택('97.12)



- 지구온난화 방지를 위해 온실가스의 인위적 방출을 규제하는 협약
- UNFCCC의 구체적 이행을 위한 교토의정서 발효('05.2월)  
역사적으로 온실가스 배출에 책임이 많은 선진국에게 온실가스 감축 의무 부과 효과적인 감축의무 달성을 위해 배출권 거래제 등 교통메커니즘 도입
- 개발도상국의 감축 의무 제외 및 미국 등 많은 국가 불참, 하향식 목표 설정 등 한계 존재

#### 파리협정 채택('15.12) 및 발효('16.11)



- '15년 12월 COP21에서 신기후체제 출범에 합의하는 파리협정 채택



- 교토의정서 한계 극복 및 모든 선·개도국 온실가스 감축 참여  
21세기말까지 산업화 이전 대비 지구 평균 온도 상승을 2°C 이하로 유지 및 1.5°C로 억제 노력  
모든 당사국의 NDC 제출 의무 부과 및 2020년 말까지 2050 LEDS 수립 촉구

#### IPCC 지구온난화 1.5°C 특별보고서 채택('18.10)



- 파리협정에서 합의된 1.5°C 목표의 과학적 근거 제시
- 세기말 지구 평균온도 상승을 1.5°C로 억제 위한 '50년 탄소중립 목표 제시  
현재 속도로 지구온난화가 지속될 경우 2030~2052년 사이 1.5 °C 초과 전망  
2030년까지 2010년 대비 CO<sub>2</sub> 최소 45% 감축, 2050년까지 0(배출=흡수) 달성을 필요



출처: 제48차 IPCC 총회 개최 백서(기상청)

## 탄소중립의 '열쇠 말'은 에너지 전환



탈탄소 경제 이행을 위해서는 에너지 분야의 전 영역에서 근본적 혁신 필요

### 탄소기반 경제

### 탈탄소 경제

화석연료 → 신재생에너지 재생에너지의 변동성 대응 필요

공급 중심 → 수요관리 중심 에너지 소비의 최적·효율화 기술 필요

중앙집중형 시스템 → 분산형 시스템 사물인터넷, 에너지관리시스템 등 ICT 융복합 기술 활용

전통 개별기술 → 융합기술 에너지 기술의 디지털화 및 다른 기술과의 융합

에너지 시스템 전환의 국제적인 추세는 **탈탄소화, 분산화, 디지털화**

Decarbonization

Decentralization

Digitalization

3

## 주요국의 탄소중립 대응 현황



탈탄소 선도국은 탄소중립 목표 법제화 및 이행 위한 제도·정책 적극 추진

국가명	탄소중립 선언·법제화	탄소중립 관련 정책
유럽연합	2050년까지 탄소중립 목표에 법적 구속력을 부여하기 위한 유럽 기후법 제출 (203)	<ul style="list-style-type: none"> <li>석탄화력발전소 규제 강화 및 2030년까지 석탄화력발전 종료 계획 발표</li> <li>에너지 소비 중 재생에너지 비중 20% 수송부문 에너지 10% 재생에너지로 충당</li> </ul>
영국	기후변화법 개정을 통해 2050년 온실가스 감축목표를 100%로 상향 (19.6)	<ul style="list-style-type: none"> <li>2025년까지 석탄발전소 전면 폐쇄, 2035년 내연기관차 완전 퇴출</li> <li>해상 풍력을 통해 전력의 1/3 공급, 2030년까지 자국산 부품 60%로 확대</li> </ul>
스웨덴	기후법에 2045년 탄소중립 목표 명시 (17.6)	<ul style="list-style-type: none"> <li>2020년 4월 석탄화력발전소 가동 중단 완료</li> <li>BP21 정책을 통해 2045년까지 항공기부문 화석연료 제로화, 제조업 공정 그린화</li> </ul>
덴마크	기후변화법에 2050년 탄소중립 목표 명시 (19.12)	<ul style="list-style-type: none"> <li>2050년까지 북해석유/가스 탐사생산 중단, 2030년까지 내연기관차 판매 중단</li> <li>2030년까지 총 2400MW 규모 대규모 해상풍력단지 조성</li> </ul>
독일	연방기후보호법에 2050년 탄소중립 목표 명시 (19.12)	<ul style="list-style-type: none"> <li>2038년까지 자국 석탄(갈탄) 화력발전 전면 폐쇄</li> <li>2030년까지 그린수소 생산설비 5GW 설치(연 14TWh 수소 생산), 70억 유로 투자</li> </ul>
프랑스	에너지 및 기후법에 2050년 탄소중립 목표 명시 (19.11)	<ul style="list-style-type: none"> <li>2022년까지 프랑스 내 모든 광역시에서 석탄발전 가동 전면 중단</li> <li>수소에너지 기술개발 및 인프라 구축에 70억 유로 계획</li> </ul>
미국	2050년까지 탄소중립 달성을 선언 (20.1)	<ul style="list-style-type: none"> <li>석유, 가스 시추에 대한 세금 공제 혜택 폐지 계획</li> <li>4년 간 태양광, 풍력 등 청정에너지 인프라에 2조 달러 투입 예정</li> </ul>
일본	2050년까지 탄소중립 달성을 선언 (20.10)	<ul style="list-style-type: none"> <li>암모니아 혼소의 화력발전 활용 확대(20% 혼소 실증 및 2025년 실용화 목표)</li> <li>해상풍력 집중 도입을 통해 2040년까지 30~45GW(원전 45기분) 확충</li> </ul>

4

## 우리나라 탄소중립 대응 현황

**G20 국가로서 선도대열에 동참하여 탄소중립 선언 및 이행전략 마련**

**대통령 주요 발언**

- UN기후행동정상회의 기조연설 ('19.9) 저탄소사회 전환 공약
- 한국판 뉴딜 ('20.7) 저탄소 경제전환으로 일자리 창출 및 경기 부양
- 국회 시정연설 ('20.10) 2050 탄소중립 계획 처음 천명
- G20 정상회의 ('20.11) 2050 LEDS 마련, 2030 NDC 갱신 공약

**2050 탄소중립 추진전략 ('20.12.7)**

3대 정책 방향	목표	기초	종결
100% 재생	경제구조의 저탄소화	신 유망 저탄소 산업 생태계 조성	탄소중립 사회로의 공정전환
	(1) 에너지 전환 가속화 (2) 고탄소 산업구조 혁신 (3) 미래모빌리티로 전환 (4) 도시 국토 저탄소화	(1) 신유망 산업 육성 (2) 혁신 생태계 지면 구축 (3) 순환경제 활성화	(1) 취약 산업 개선 보호 (2) 지역 중심의 탄소중립 실현 (3) 탄소중립 사회에 대한 국민인식 제고

216월까지 LEDS 및 NDC 이행을 위한 2050 탄소중립 시나리오 마련

**2050 LEDS ('20.12.15)**

- 깨끗하게 생산된 전기수소의 활용 확대
- 에너지 효율의 혁신적인 향상
- 탄소 제거 등 미래 기술의 상용화
- 순환경제 확대로 산업의 지속가능성 제고
- 탄소 흡수 수단 강화

**2030 NDC 갱신 ('20.12.15)**

**NDC 산정 방식 개선**

기준	변경
전망치 기준	절대량 기준

'30년 BAU 대비 37%      '17년 배출량 대비 24.4%

5

## 국내 온실가스 배출 현황 및 이슈

**화석연료 의존도가 높은 에너지 부문, 특히 산업부문 배출이 큰 비중 차지**

**부문별 온실가스 배출량 추이**

"에너지 비중 87%"

**최종에너지 부문별 소비량 추이**

**1차에너지 원별 구성 ('20.12)**

"화석연료 비중 82.6%"

출처: KESIS 침조하여 작성 (자료원: 2020 국가 온실가스 인벤토리 보고서)

출처: KESIS 침조하여 작성 (자료원: 에너지밸런스)

출처: KESIS 침조하여 작성 (자료원: 에너지통계월보)

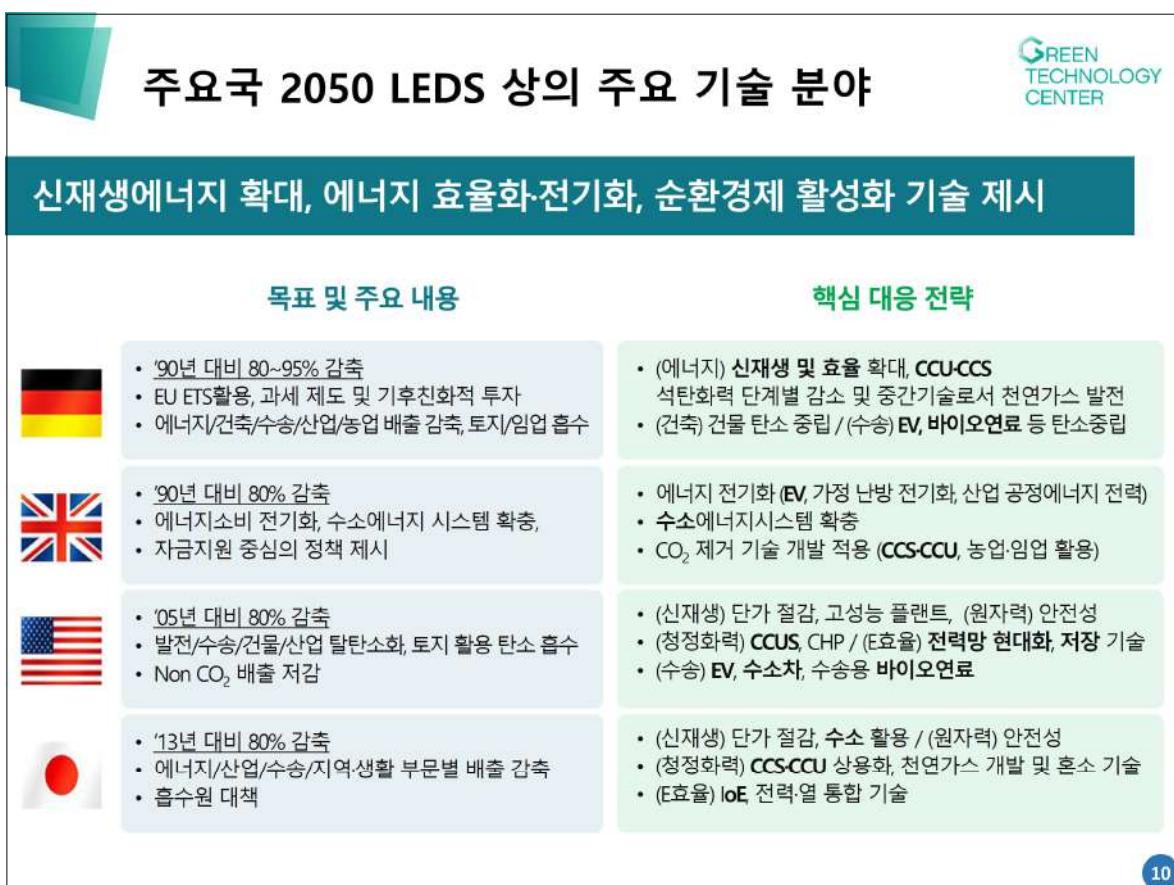
6

## 탄소중립을 위한 에너지 분야의 과학기술적 과제

**I 신기후체제 에너지 이슈****II 탄소중립을 위한 에너지 기술 혁신 방향****III 탄소중립을 위한 연구개발 전략**

 GREEN  
TECHNOLOGY  
CENTER
**국내 2050 LEDS 이행을 위한 기술혁신 이슈****저탄소 전환을 가능케 할 에너지 생산·공급·소비 전 부문의 기술혁신 필요**

2050 LEDS 부문	배출이 “없는”	배출이 “적은”	배출 후 “제거”
	신재생에너지	에너지 효율화 및 수요관리	CCUS
발전	재생E 중심의 안정적 전력 공급을 위한 발전량 극대화 및 경제성 확보	재생에너지 변동성 및 간헐성 극복을 위한 발전량 및 피크 부하 예측, 계통유연성 확보	석탄발전 점진적 감축 및 에너지 안보를 위한 청정화력발전-CCUS 연계 및 백업전원 구축
산업	공정에서 소비되는 화석연료를 저탄소연료(바이오매스 등)로 대체	설비 에너지 절감을 위한 스마트 공장 및 산단	산업 공정에서의 직접 배출 가스 제거, 원료 전환 방법으로서의 CCU (Carbon to X)
수송	청정에너지원(전기, 수소, 바이오연료) 활용 친환경 모빌리티 및 인프라	운행 최적화를 통한 에너지 절감을 위한 지능형교통시스템 및 자율주행차	
건물	BIPV, 히트펌프 등을 활용하여 건물 자체 내에서 재생E 생산활용	BEMS 등을 통한 건물E 효율 개선, 기기의 전기화·효율화, 스마트시티	



## 탄소중립을 위한 기술 혁신 전망 I

GREEN TECHNOLOGY CENTER

### 탄소중립 달성을 위해서는 현재 성숙도가 낮은 기술의 조기 상용화 필요

기술성숙도별 탄소중립에 필요한 배출량 감축 누적기여도

Maturity Level	Net-zero emissions by 2070 (%)	Net-zero emissions by 2050 (%)	Heavy industry & long-distance transport (%)
Mature	18%	5%	19%
Early adoption	18%	22%	35%
Demonstration	39%	19%	35%
Large prototype			10%
Small prototypelab			5%

부문별 청정에너지기술 기술성숙도별 개수 분포

Maturity Level	Buildings	Transport	Industry	Power generation	Fuels transformation
Concept	10	10	10	10	10
Small prototype	10	10	10	10	10
Large prototype	15	15	15	15	15
Demonstration	35	25	20	20	15
Early adoption	55	30	20	20	10
Mature	10	10	10	10	10

출처: Energy Technology Perspective 2020 (IEA), Launch to the press

출처: Energy Technology Perspective 2020 (IEA)

11

## 탄소중립을 위한 기술 혁신 전망 II

GREEN TECHNOLOGY CENTER

### 전기, 수소연료, 바이오에너지 활용을 통한 에너지 전환 및 CCUS 역할 중요

글로벌 에너지 부문 CO<sub>2</sub> 감축 전망

Year	Annual Reduction (GtCO <sub>2</sub> /yr)	Cumulative Reduction (GtCO <sub>2</sub> )
2019	0	0
2030	-10	-10
2040	-20	-30
2050	-30	-60
2060	-35	-95
2070	-40	-135

주요 감축수단의 변화

- 재생E + E 효율
- 주요감축수단

**에너지 효율이**  
2020-2070 누적 감축분 약 40%에 기여  
\* 기존기술, 공정 효율 개선 및 저탄소전력, 재생E, 수소 연료 기반 장비로의 사용전환 등을 통한 에너지 효율 개선 포함

**전기화, 수소연료, CCUS, 바이오에너지가**  
2020-2070 누적감축분 절반 이상에 기여

출처: Energy Technology Perspective 2020 (IEA)

12

## 탄소중립 기술 혁신의 전략적 방향 ① 전기화

### '전기화' 밸류체인별 세부기술 성숙도 및 기술개발 현황

	글로벌 기술 현황	국내 기술 현황
태 양 광	<ul style="list-style-type: none"> <li>초기도입단계 (실리콘 시장)</li> <li>유기 및 무기박막 상용화(적용다양화)</li> <li>LCOE 경쟁력 확보 (미국)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>기술수준 87.5% (페로브는 최고수준)</li> <li>소재 및 소자 등 기초원천은 미흡</li> <li>원가경쟁력 확보 필요 (중국 견제)</li> </ul>
풍 력	<ul style="list-style-type: none"> <li>초기도입단계 (유럽은 안정적 시장)</li> <li>대규모 부유식 해상풍력 실증 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>기술수준 74.5%</li> <li>터빈 및 주요 부품 해외 의존도 높음</li> <li>기업 위주 개발, 조립 및 시공 중심</li> </ul>
저 장 에 너 지 효 율	<ul style="list-style-type: none"> <li>대용량 이차전지 설치</li> <li>신재생 연계형 프로젝트 다수 진행</li> <li>비리튬계 배터리 투자 활발</li> <li>ESS 응용 분야 연구(전력망 연계 시험)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>기술수준 81.0%</li> <li>리튬이온전지 기술력 세계기업 보유</li> <li>신재생 연계 ESS를 위해(대형화) 풀로우 배터리 필요성 인식</li> </ul>
네 트 워 크	<ul style="list-style-type: none"> <li>충방전 마이크로그리드, 전력망 현대화 계획기 보급 등 민간 주도 기술개발</li> <li>신재생 경제성 확보로 관련 산업 활성화 여건 조성</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>기술수준 800% (스마트에너지그리드)</li> <li>분산전원, EMS 보급 확대 추진</li> <li>비경제적 전기 요금으로 시장 확대 및 핵심기술성장에 애로</li> </ul>

출처: Energy Technology Perspective 2020 (IEA)

출처: 2018년 기술수준평가 (KISTEP)를 참고하여 정리

13

## 탄소중립 기술 혁신의 전략적 방향 ② 수소

### '수소' 밸류체인별 세부기술 성숙도 및 기술개발 현황

	글로벌 기술 현황	국내 기술 현황
생 산	<ul style="list-style-type: none"> <li>중소형 개질 시스템 상용화</li> <li>신재생연계 수소생산플랜트 상업 운전</li> <li>고온 수전해 열분해, 광분해 등 차세대 그린수소 생산 기초원천연구 진행</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>기술수준 78.3% (수소분야 전체)</li> <li>소형 개질 시스템 국산화 추진 중</li> <li>저온 수전해 시스템 제작 기술 보유, 그 외 생산기술은 기초원천연구단계</li> </ul>
저 장 이 송	<ul style="list-style-type: none"> <li>고압용기 수소액화플랜트 상용 판매 중</li> <li>액상 및 고체 수소화물 저장 실증</li> <li>튜브트레일러, 탱크로리, 배관망 상용</li> <li>액체수소-액상수소화물 운송 실증</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>복합재고압용기 개발 중(국산화)</li> <li>액화 플랜트 개발 착수</li> <li>액상 및 고체 수소화물 저장은 모두 기초원천연구단계 수준</li> </ul>
활 용 (수 송)	<ul style="list-style-type: none"> <li>버스, 지게차, 철도, 선박 등 도입 실증</li> <li>선박은 액체수소 운송저장 같이 고려</li> <li>대형 유무인기 적용 연구 중</li> <li>액체수소충전소 실증</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>승용차 부문 선도</li> <li>그 외 육상, 해상 적용은 기술개발단계</li> <li>소형무인기(드론) 적용 상용화 초기</li> <li>충전인프라는 선진국 수준</li> </ul>
활 용 (발 전)	<ul style="list-style-type: none"> <li>분산 발전용 중대형 연료전지 개발·보급 추진 (기업)</li> <li>수소 터빈 기술 개발에 집중</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>가정용 연료전지 개발 높은 수준 (촉매 저가화, 내구성 개선)</li> <li>부품소재 개발 취약</li> </ul>

출처: Energy Technology Perspective 2020 (IEA)

출처: 2018년 기술수준평가 (KISTEP)를 참고하여 정리

14

## 탄소중립 기술 혁신의 전략적 방향 ③ CCUS



### 'CCUS' 밸류체인별 세부기술 성숙도 및 기술개발 현황

CCUS 밸류체인 저장	CO <sub>2</sub> capture in chemicals	글로벌 기술 현황	국내 기술 현황
	CO <sub>2</sub> capture in iron and steel	<ul style="list-style-type: none"> <li>상용화 규모(100-500MW)</li> <li>포집 설비 운영</li> <li>포집 비용 경쟁력 확보 노력</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>기술수준 80.0% (CCUS 분야 전체)</li> <li>포집은 선두권</li> <li>습식 및 건식 포집 기술 10MW(중규모, 연간 7만톤 포집) 설비로 실증 운영 중</li> </ul>
	CO <sub>2</sub> capture in cement	<ul style="list-style-type: none"> <li>오랜 석유 개발 경험으로 EOR 및 지중 저장 및 모니터링 분야 기술 축적</li> <li>지중저장에 대한 환경 영향 관심으로 진행 속도는 더딘</li> <li>10만톤급(중규모) 해양 지중 저장 및 모니터링 실증 프로젝트 진행</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>해상 플랫폼에서 주입 시험 성공 경험 보유</li> <li>저장 및 모니터링 경험 미비로 국외기술 및 경험 의존도 높음</li> <li>대량 감축은 저장으로 가능함에도 불구하고 지진으로 저장 사업 주춤</li> </ul>
	CO <sub>2</sub> capture in fuels production	<ul style="list-style-type: none"> <li>신재생에너지 활용 P2X 투자 확대</li> <li>상업화에 집중 (기업 주도 활발)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>실증 단계 진입 중 (연구 인프라 훌륭)</li> </ul>
활용	CO <sub>2</sub> transport		
CO <sub>2</sub> storage			
CO <sub>2</sub> use			

출처: Energy Technology Perspective 2020 (IEA)

15

## 탄소중립 기술 혁신의 전략적 방향 ④ 바이오E



### '바이오에너지' 밸류체인별 세부기술 성숙도 및 기술개발 현황

원료 생산 전환 발전 연료 제품 활용 수송 연료 화학제품	Biomass production	글로벌 기술 현황	국내 기술 현황
	Double cropping	<ul style="list-style-type: none"> <li>바이오매스 자원 풍부(미국)</li> <li>바이오매스계 자원재활용 기술 우수</li> <li>촉매, 효소, 미생물 전환기술 우수</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>기술수준 71.5% (바이오페자원E화 전체)</li> <li>자원 한계로 상용화 미흡</li> <li>원료 수입 증가(자원 의존도 높음)</li> <li>산업생태계 미흡</li> </ul>
	Biofuels production	<ul style="list-style-type: none"> <li>고체 바이오연료 부산물 활용 기술 우수</li> <li>고체 바이오연료 국제 표준 개발 추진</li> <li>바이오가스화 상용화 실적 축적</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>바이오중유 전면보급 개시(193월), 펠릿 및 Bio-SRF 품질 관리</li> <li>바이오가스 일부 상업화</li> <li>타 신재생에너지에 비해 정책적 소외</li> </ul>
	Low-carbon electricity generation	<ul style="list-style-type: none"> <li>바이오액상 연료 기술 상용화</li> <li>바이오에탄ол 분야 오랜 연구 및 산업화 경험, 장기 정책 보유</li> <li>미세조류 바이오연료 실증화 단계</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>바이오디젤 보급 추진(RFS, 3.0%), 일부 상업화</li> <li>GS칼텍스 바이오부탄을 실증플랜트 조성 및 상업화 추진</li> </ul>
Bioenergy infrastructure			<ul style="list-style-type: none"> <li>부산물 활용 및 고부가화 관련 기술 등 연구개발 활동 상승</li> </ul>
Bioenergy use in industry			
Bioenergy use in transport			
Bioenergy use in buildings			

출처: Energy Technology Perspective 2020 (IEA)

16

탄소중립을 위한 에너지 분야의 과학기술적 과제

## I 신기후체제 에너지 이슈

## II 탄소중립을 위한 에너지 기술 혁신 방향

## III 탄소중립을 위한 연구개발 전략

### 탄소중립 연구개발 투자전략 ('21.3, 관계부처 합동)

GREEN  
TECHNOLOGY  
CENTER

#### 에너지 대전환 방향 고려, 10대 핵심 투자 분야 도출

	현재	방향
에너지 생산	화석연료 등	탈탄소화 (재생 에너지 등)
에너지 가공·유통	석유제품, 가스, 전기 등	전기화, 수소화
에너지 소비	산업·수송·건물 多배출	산업공정 혁신, 에너지 고효율화



18

## 탄소중립 연구개발 부문별 전략



### ① 재생에너지 : 태양광, 풍력

#### ✓ 태양광 : 실리콘계 초고효율화 및 차세대 태양전지 선점

- (단기) 초고효율 모듈 개발 및 태양광 입지 다변화를 통한 보급 역량 강화
  - ⇒ 단가 저감 및 고효율 결정질 실리콘 및 모듈화 기술, 수·해상/영농형/건물형 태양광 기술 개발
- (장기) 스마트 태양전지 기술 개발 및 고효율 소재·소자 등 미래 원천기술 개발
  - ⇒ 초경량 모바일 태양전지/고감도 스마트 태양전지 개발 및 신규 소재 디자인 및 저가 무독성 고효율 소재소자 개발

#### ✓ 풍력 : 풍력 핵심기술 국산화 및 선도기술 개발

- (단기) 풍력터빈 핵심부품 국산화 및 초대형·장수명 풍력기술 개발
  - ⇒ 핵심부품 국산화 및 공급체계, 실증 테스트베드 및 인증체계 구축
  - ⇒ 12MW 이상 초대형 풍력발전시스템 개발
- (장기) 부유식 해상풍력 시스템 개발·실증 및 풍력단지 연계형 기술 개발
  - ⇒ 부유식 해상풍력 플랫폼 설계 및 제작, 통합제어 및 실증운용기술 개발
  - ⇒ 육·해상 풍력단지 설계, 단지 구축 및 운영유지, 단지개발 수용성 향상모델 개발

19

## 탄소중립 연구개발 부문별 전략



### ② 수소경제 활성화 : 수소생산, 이동·저장, 활용 및 연료전지

#### ✓ 수소생산

##### 그린·저탄소 수소생산 핵심 원천기술 개발

- (단기) 수소생산기술 고효율/국산/저가화 및 수전해 핵심원천기술 확보
  - ⇒ CCS 연계 저탄소 수소 생산 기술, 상용화된 개질 수소 기술 확대, 일칼라인/고분자전해질 수전해 기술, 성능향상 및 스케일업
- (장기) 그린수소 생산기술 및 차세대 수소 생산 기술 개발
  - ⇒ 재생에너지 연계 수전해 기술 상용화, 차세대 수전해, 비규금속계 전극, 수소/산소 혼합 방지용 신규소재 등

#### ✓ 수소활용(충전)

##### 수소충전부품 기능통합 및 모빌리티 효율·내구성 개선

- (단기) 수소 충전저장 기술 국산화 및 수소 모빌리티 활용 실증 기반 기술 개발
  - ⇒ 압축, 저장, 충전 부품 국산화 및 부품 신뢰성 확보기술 개발, 수소모빌리티 활용분야 실증 기반 기술 개발 및 신시장 창출 기술 개발
- (장기) 독자적 수소 충전기술 개발 및 글로벌 경쟁력 우위 확보
  - ⇒ 부품수 최소화 기능통합을 통한 고효율 충전 (기체·액체) 기술 확보, 효율향상, 고내구 소재·부품, 응용분야별 연료전지시스템 기술 개발

#### ✓ 연료전지(발전용)

##### 초고효율 연료전지 시스템 개발 및 국산화

- (단기) 고효율 발전용 SOFC 기술개발 및 분산형 종합에너지 공급 시스템 개발
  - ⇒ 전기효율 60% 및 종합효율 80% 이상 고효율 SOFC 설비기술, 연료전지 기반 종합에너지 공급 시스템 기술
- (장기) 그린수소 연계 연료전지시스템 개발 및 전기 효율 70% 이상 혁신제품 개발
  - ⇒ 재생에너지 연계형 연료전지 시스템 기술, 마이크로발전기, 분산발전용 연료전지 소형화/다양화/신뢰성 확보 기술 등

20

## 탄소중립 연구개발 부문별 전략

### ③ 온실가스 고정(CCUS) : CO<sub>2</sub> 포집, 저장, 활용

#### ✓ CO<sub>2</sub> 포집

##### CO<sub>2</sub> 포집 트랙레코드 확보 및 배출원별 대규모 실증

- (단기) 규모 격상 및 장기실증운전, 다양한 배출원에 적용가능한 CO<sub>2</sub> 포집기술 확보
- ⇒ 150MW급 대규모 CCS 실증을 위한 포집원-포집기술-FEED 설계, 기술 적용처별 플랜트 설계, 다양한 배가스 조건별 CO<sub>2</sub> 포집기술
- (장기) 가스발전·산업부문 CO<sub>2</sub> 포집기술 고도화 및 기 개발 포집 기술의 상용화
- ⇒ 경제성 제고 및 포집규모 격상 실증, 기개발 또는 개발 중인 기술 실증 및 조기 상용화

#### ✓ CO<sub>2</sub> 저장

##### 대규모 저장소 확보 및 단계적 저장 실증

- (단기) 대규모 저장소 단계적 확보, 중규모 (연 40만톤) 실증 기반 안전 관리 기술 확보
- ⇒ 국내 대륙붕 탐사시추를 통한 유망구조 선별 및 저장가용량 평가, CO<sub>2</sub> 누출경로 확인 및 역학적 안전성 평가, 안경환경관리시스템 구축
- (장기) 차세대 저장 원천 기술개발, 대규모 실증 기반 기술 고도화·상용화 기반 조성
- ⇒ 민간기업 참여 유도를 위한 저장비용 절감, 하이브리드 CCS 구축, 기술 자립화, 기개발된 기술의 업스케일 및 고도화

#### ✓ CO<sub>2</sub> 활용

##### CCU 혁신·융합기술 개발 및 민간참여형 기술 실증 확대

- (단기) 조기 상용화 기술 확보 및 CCU 기술 적용에 따른 감축 방법론 확립
- ⇒ 저탄소공정 기반 화학제품 생산, CO<sub>2</sub> 기반 고부가 화학제품 생산 기술, 온실가스 감축 방법론 확립 및 감축량 평가인증 기반 구축
- (장기) 민간참여형 CCU 실용화 확대, 발전·철강·시멘트·석유화학산업 연계 기술 개발
- ⇒ 기업 참여를 통한 실증사업, 산업맞춤형 CCU 전주기 기술, 블루수소 생산을 위한 수소+CCU 기술

21

## 탄소중립 연구개발 부문별 전략

### ④ 네트워크 고도화 : 스마트그리드, 에너지 저장

#### ✓ 스마트그리드 : 전력망 안정화, 차세대 지능형 전력망 기반 에너지전환

- (단기) 분산자원 연계 전력망 유연성 확보 및 전력시스템의 확장성·신뢰성 확보 기술 개발
  - ⇒ 신재생 전원 통합 관제, 분산전원관리, 친환경·지능형 전력망 기기 등, 지능형 전력망 시스템 시험·인증 및 표준화
- (장기) 지능형 전력시스템 기술 개발 및 다양한 전력시스템 실증
  - ⇒ AC/DC 혼용 배전망시스템, 광역계통 감시보호제어시스템, 디지털 변압기 등, 차세대 지능형 전력망 모델 실증

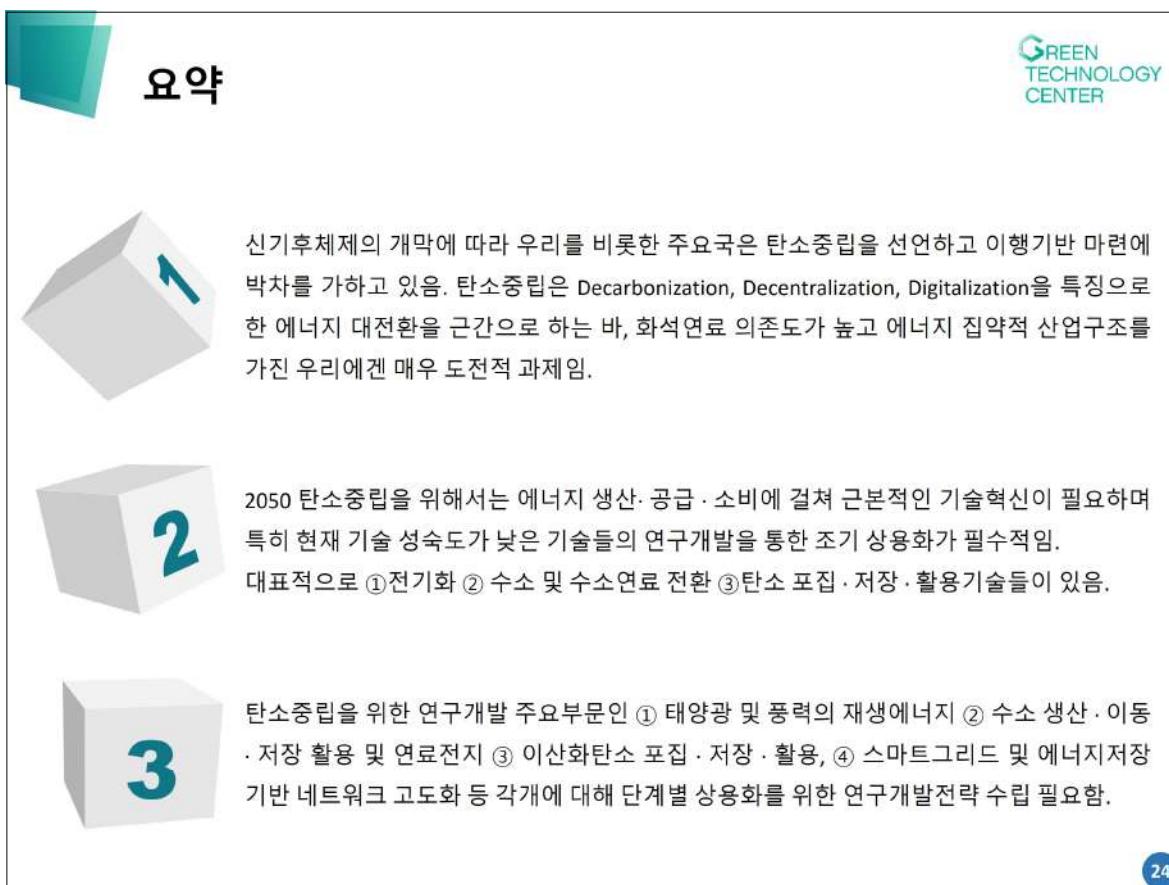
#### ✓ 에너지저장 : 고안전·장주기 ESS 신기술 개발 및 실증

- (단기) 재생에너지 발전제약 해소를 위한 대용량 ESS 개발 및 선박용 ESS 패키징 기술 국산화
  - ⇒ 신재생에너지 연계 수십MW급 장주기 ESS, 저가 공정 및 재활용기술개발, 미래형 친환경 선박용 ESS 패키징 기술
- (장기) ESS 기술·시장 경쟁력 강화를 위한 트랙레코드 확보 및 차세대 에너지저장 기술 개발 및 상용화
  - ⇒ 대용량 흐름전지, 선박용 ESS 등 실증, 차세대 해수이차전지 및 연계 기술

22



23



24

**감사합니다**

## 주제발표 3 탄소중립 2050 국가환경 정책의 과제

• • •

윤 제 용  
한국환경정책평가연구원 원장

한국과학기술 한림원 탄소중립 원탁토론회 (2021.4.7)

# 2050 탄소중립 국가환경 정책의 과제

윤제용 원장

한국환경정책·평가연구원  
Korea Environment Institute



## 목 차

### ◆ 기후위기와 온실가스 배출

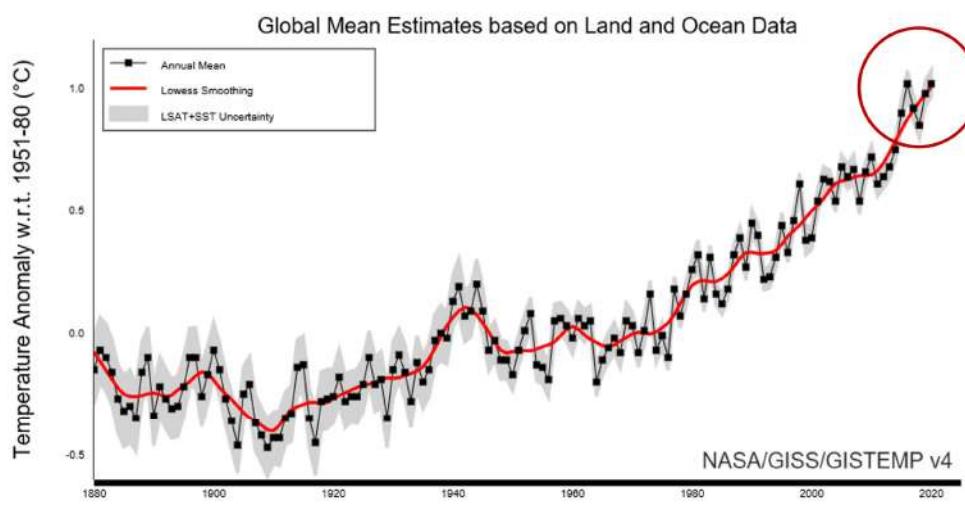
대한민국의 특성은 (온실가스 및 에너지 사용)?

- ◆ 기후위기와 탄소중립
- ◆ 탄소중립을 위한 국가환경정책 과제와 방향



## 지구온난화 가속화 증거!

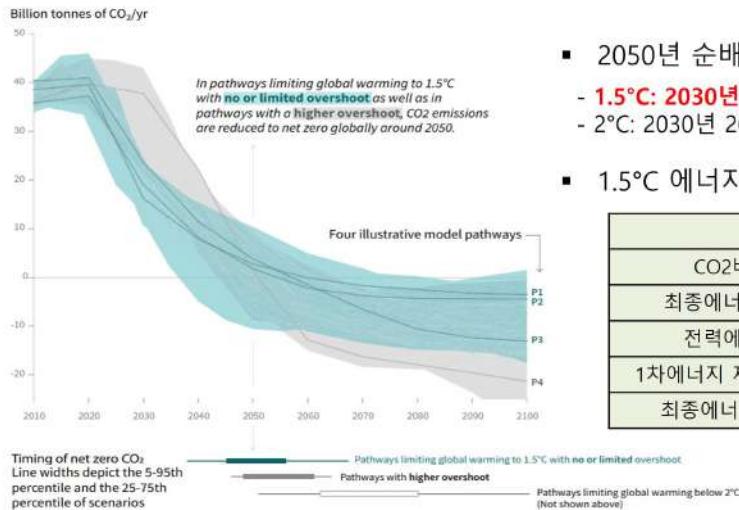
- 2020 : 근대 기상관측이래 가장 더운 해.  
산업화 이전 대비(1880-1920년 평균) 1.29°C 상승
- 2014~2020 : 기상관측 이래 가장 더운 7년



3

# 1.5°C 대응 탄소 예산

1.5°C 대응 이산화탄소 배출경로 : IPCC 1.5°C 보고서(2018)



- 2050년 순배출 제로 달성 (2010년 기준)
  - 1.5°C: 2030년 45% 감축 (한국: 24.4% 2017년 기준)
  - 2°C: 2030년 20% 감축

- 1.5°C 에너지전환 시나리오 (2010년 기준)

	2030년	2050년
CO2배출	58%	93%
최종에너지수요	15%	32%
전력에너지	60%	77%
1차에너지 재생에너지	-	49-67%
최종에너지 전력	-	34-71%

4

# 1.5°C 대응 탄소 예산

## 탄소 예산(Carbon Budget)

: 지구 기온 상승을 억제하기 위해 배출할 수 있는 잔여 이산화탄소 양

(IPCC 1.5°C 보고서(2018), CO2 만 대상)

Table 2.2: The assessed remaining carbon budget and its uncertainties. Shaded grey horizontal bands illustrate the uncertainty in historical temperature increase from the 1850-1900 base period until the 2006-2015 period, which impacts the additional warming until a specific temperature limit like 1.5°C or 2°C relative to the 1850-1900 period.

Additional warming since 2006-2015 (°C) <sup>(1)</sup>	Approximate remaining budget for additional Earth-system feedbacks <sup>(2)</sup> (GtCO <sub>2</sub> )	Key uncertainties and their influence <sup>(4)</sup>	Non-CO <sub>2</sub> forcing and response uncertainty <sup>(5)</sup>	TCRE distribution uncertainty <sup>(7)</sup>	Historical temperature uncertainty <sup>(1)</sup>	Recent emissions uncertainty <sup>(8)</sup>
0.3	299	200-300 (GtCO <sub>2</sub> )	/	/	/	/
0.4	539	350-600 (GtCO <sub>2</sub> )	/	/	/	/
0.5	779	520-900 (GtCO <sub>2</sub> )	Budgets on the left are reduced about 100 GtCO <sub>2</sub>	/	/	/
0.6	1019	720-1200 (GtCO <sub>2</sub> )	It is evaluated to 2050 and potentially on centennial time scales	/	/	/
0.7	1240	900-1500 (GtCO <sub>2</sub> )	It is evaluated to 2050 and potentially on centennial time scales	/	/	/
0.8	1480	1000-1800 (GtCO <sub>2</sub> )	It is evaluated to 2050 and potentially on centennial time scales	/	/	/
0.9	1720	1260-1980 (GtCO <sub>2</sub> )	It is evaluated to 2050 and potentially on centennial time scales	/	/	/
1	1960	1450-2130 (GtCO <sub>2</sub> )	It is evaluated to 2050 and potentially on centennial time scales	/	/	/
1.1	2200	1600-2360 (GtCO <sub>2</sub> )	It is evaluated to 2050 and potentially on centennial time scales	/	/	/
1.2	2440	1600-2436 (GtCO <sub>2</sub> )	It is evaluated to 2050 and potentially on centennial time scales	/	/	/

<sup>(1)</sup> Chapter 1 has assessed historical warming between the 1850-1900 and 2006-2015 periods.

<sup>(2)</sup> Historical CO<sub>2</sub> emissions from 1850 to the end of the 1850-1900 historical base period (1 January 1850-299 GtCO<sub>2</sub>, 279-310 GtCO<sub>2</sub>, 1-sigma range) have been emitted until the end of 2017 (i.e. 2017 TCRE = transient climate response to cumulative emissions of carbon, assessed by AR5 to be 2.6°C for 1.2 times the historical CO<sub>2</sub> budget). The historical warming is the difference between the 2017 TCRE and the historical warming.

<sup>(3)</sup> Focusing on the impact of various key uncertainties on medium budgets for 0.55°C of additional warming.

<sup>(4)</sup> Earth system feedbacks include CO<sub>2</sub> released by permafrost thawing or methane releases, and other feedbacks such as ice-albedo feedbacks and cloud feedbacks.

<sup>(5)</sup> The distribution of TCRE is not precisely defined. Here the influence of assuming a log-normal distribution is considered.

<sup>(6)</sup> Historical emissions uncertainty reflects the uncertainty in historical emissions since 1 January 1850.

가정: 전세계 1년 온실가스 배출량 = 40 GtCO<sub>2</sub>

5

## 국가별 온실가스 배출

### ■ 국가별 온실가스 배출량

국가	배출량 (MtCO <sub>2</sub> e) LULUCF 포함	순위	1인당 배출량 (tCO <sub>2</sub> e)	순위	GDP당배출량 (tCO <sub>2</sub> e/ 백만USD )	순위	1850-2014 CO <sub>2</sub> 누적배출량 (MtCO <sub>2</sub> )	순위
중국	11,601	1	9	54	666	60	168,762	2
미국	6,319	2	20	19	383	106	374,584	1
인도	3,202	3	2	137	459	90	39,332	7
인도네시아	2,472	4	10	46	968	38	10,098	24
러시아	2,030	5	14	27	559	76	105,236	3
브라질	1,357	6	7	70	432	96	12,373	19
일본	1,322	7	10	39	278	138	52,688	6
캐나다	867	8	24	10	568	74	29,101	9
독일	817	9	10	42	232	150	86,025	4
이란	801	10	10	41	621	67	13,381	17
멕시코	729	11	6	84	357	118	16,003	13
한국	632	12	12	32	372	112	14,263	16
사우디아라비아	583	13	19	21	379	109	9,657	25
남아프리카(공)	527	14	10	45	781	46	15,974	14
호주	523	15	22	14	514	83	15,631	15
영국	494	16	8	62	201	160	71,281	5

출처: World Resources Institute, CAIT Climate Data Explorer

한국환경정책·평가연구원  
Korea Environment Institute

## 국내 온실가스 배출

### ■ 국내 부문별 온실가스 배출량 tCO<sub>2</sub>eq)

2018년 부문별 온실가스 배출량

단위: 백만톤

부문	에너지	산업공정	농업	폐기물	계
온실가스 배출량	632.4	57.0	21.2	17.1	727.6
비율	86.9%	7.8%	2.9%	2.3%	100%

2018년 부문별 온실가스 배출량(부문 재분류)

단위: 백만톤

부문	전환	산업	건물	수송	농업	폐기물	기타	계
온실가스 배출량	287.6	243.6	52.5	98.1	21.2	17.1	7.6	727.6
비율	39.5%	33.5%	7.2%	13.5%	2.9%	2.3%	1.0%	100%

자료 : 에너지공단, 국가온실가스 배출량 종합정보 시스템

7

## 국내외 에너지 소비량

한국환경정책·평가연구원  
Korea Environment Institute

### ■ 에너지소비(에너지밸런스) 국제비교(2018, IEA)

단위: 백만톤, TOE

국가	최종 에너지 총소비	산업	수송	건물	Non-energy	산업+Non-energy
한국	182,205	49,371	35,147	42,923	50,820	100,191
	-	27.1%	19.3%	23.6%	27.9%	55.0%
EU	1,151,449	265,749	328,403	424,532	99,272	365,021
	-	23.1%	28.5%	36.9%	8.6%	31.7%
독일	222,678	57,957	56,141	83,162	21,749	79,706
	-	26.0%	25.2%	37.4%	9.8%	35.8%
프랑스	151,377	27,828	45,310	59,928	13,391	41,219
	-	18.4%	29.9%	39.6%	8.9%	27.2%
영국	128,744	21,619	41,433	55,044	7,929	29,548
	-	16.8%	32.2%	42.8%	6.2%	23.0%
미국	1,594,130	276,580	638,100	488,534	149,417	425,997
	-	17.4%	40.0%	30.7%	9.4%	26.7%
일본	283,020	82,211	70,550	90,937	34,138	116,349
	-	29.1%	24.9%	32.1%	12.1%	41.1%
중국	2,066,636	997,672	327,235	441,675	178,606	1,176,278
	-	48.3%	15.8%	21.4%	8.6%	56.9%

8

## 목 차

### ◆ 기후위기와 온실가스 배출

### ◆ 기후위기와 탄소중립

대한민국 탄소중립 추진의 역동성은 어디에서!

### ◆ 탄소중립을 위한 국가환경정책 과제와 방향



# 기후위기와 탄소중립

한국환경정책·평가연구원  
Korea Environment Institute

## 탄소중립선언을 하기까지

### IPCC “지구온난화 1.5도 특별보고서” 2018.10(송도)

#### 파리협정 2015.12

지구 평균 온도 상승 폭을 산업의 이전 대비 2°C 이하로 유지하고, 더 나아가 온도 상승 폭을 1.5°C 이하로 제한하기 위해 함께 노력하기 위한 국제적 협약

#### Emission Gap Report 2018.11

현재로서는 파리협정에서 설정한 기온변화 목표치를 달성하기 어려우며, 탄소배출 감자를 줄이기 위한 각국의 적극적인 정부 추진 필요성 주제

### UN 기후행동정상회의 2019.9

파리협정 이행을 앞두고 각국의 목표 상향 및 실천 유도하기 위하여 개최된 회의로 65개국 “탄소중립 계획” 발표(한국 제외)

#### 문재인 대통령

#### 2050 대한민국 탄소중립국가 선언 2020.10.28

#### 중국

#### 2060 탄소중립 선언 2020.9.22

#### 일본

#### 2050 탄소중립 선언 2020.10.26

#### 기후변화 당사국 총회 2019.12

탄소중립 계획 발표 국가 73개국

10

# 기후위기와 탄소중립

한국환경정책·평가연구원  
Korea Environment Institute

## I 글로벌 무역과 금융질서 재편

### 세계적 탄소국경조정 도입 논의 본격화



- EU는 유럽그린딜 목표 달성과 탄소누출 방지를 위한 탄소국경조정 메커니즘을 2023년부터 도입할 것을 선언
- 미국 바이든 대통령 역시 대선캠페인에서 통해 기준에 못 미치는 탄소집약적 수입품에 대해 탄소 조정요금을 부과할 것을 공약
- EU는 자동차 배출규제 상향, 플라스틱세 신설, 수입산 폐배터리 탄소정보 제공 등 다양한 환경규제를 강화해 가는 중

### 주요 국제기구의 탄소규칙 강화



- 세계무역기구(WTO)는 무역환경지속가능성협의체(TESSD)를 신설(20년 11월)하여, 친환경제품 관세 인하 및 고탄소제품 상계관세 부과 논의
- 경제협력개발기구(OECD)는 회원국에게 탄소세 부과, 탄소거래시장 설립, 화석연료 보조금 폐지를 강력히 권고
- 국제금융기구(IMF)는 고탄소투자와 저탄소투자에 대해 상환기간을 차별화하여 저탄소투자에 혜택을 줄 것을 논의 중
- 국제결제은행(BIS)은 기후변화위험 금융감독 관리체계 구축 등 선제적 대응을 권유

11

# 기후위기와 탄소중립

한국환경정책·평가연구원  
Korea Environment Institute

## | 기업 지속가능경영의 강화



### RE100 (기업 사용 전력을 100% 재생에너지로 충당)

- 14년 영국 비영리법인 The Climate Group에서 발족한 자발적 이니셔티브
- 연간 0.1 TWh 이상 전력소비 기업 대상, 참여신청 후 이행계획서를 제출하고 매년 이행실적 제출
- 현재 전 세계 284개 기업 가입 (한국은 SK 계열사 6개 20년 가입), 애플, 아마존, 익스프레스, TSMC, 3M, BMW 등이 대표적
- 금융, IT, 컨설팅, 농식품 기업이 70%를 차지하나, 최근 제조업, 기간산업 등의 참여 증가



### ESG(환경, 사회, 거버넌스)

- 기업의 환경적 책임에 대한 사회적 요구가 높아지고, 불이행 시 생산비용이 증가하는 세계적 추세에 대응하는 기업의 움직임
- 최근 삼성, 현대차, SK, 포스코 등 대기업 중심으로 저탄소/친환경 경영 선언
- ESG 경영 관련 대기업과 금융권을 중심으로 친환경 프로젝트 투자를 위한 재권인 그린펀드 발행 활발
- 2025년부터 자산 2조원 이상의 모든 기업 지속가능경영보고서 공시 의무화, 2030년부터는 모든 코스피 상장사에게 공시 의무 부여

12

# 기후위기와 탄소중립

한국환경정책·평가연구원  
Korea Environment Institute

## | 바이든 당선으로 미국의 그린뉴딜, 탄소중립 정책 강화

### 2050년 탄소중립의 글로벌 의제화

- 파리협정('15년 채택, '16년 발효)에 따른 파리기후체제의 2021년 공식 출범
- UN기후행동정상회의('19년 9월) 이후 121개국이 기후목표 상향에 동의
- '19년 12월 기후야심동맹(Climate Ambition Alliance)이 결성되어 73개국이 2050년 탄소중립 달성을 위해 노력할 것을 결의
- EU('19년 12월), 중국('20년 9월), 일본('20년 10월), 한국('20년 10월), 미국(바이든 대통령 '20년 대선공약) 등 세계 주요국이 탄소중립 선언 (세계 배출량 63%)

→ 미국의 기후정책에 대한 경제, 산업분야 대응 필요성 증가

13

# 목 차

- ◆ 기후위기와 온실가스 배출
- ◆ 기후위기와 탄소중립
- ◆ 탄소중립을 위한 국가환경정책 과제와 방향

**지속가능발전 국가의 계기로!**



## 탄소중립 이행

한국환경정책·평가연구원  
Korea Environment Institute

### ■ 탄소중립 추진전략 (2020.12.7)



자료: 관계부처 합동 "2050 탄소중립" 추진전략(안) (2020. 12. 7)

### 3+1 전략

#### [적응]경제구조 모든 영역에서 저탄소화 추진

- 주요 온실가스 배출원인 발전·산업·건물·수송 분야에 대한 기술개발 지원, 제도개선 등을 통해 온실가스 조기 감축 유도

#### [기회]新유망 저탄소 산업 생태계 육성

- 탄소중립 패러다임에 맞게 기존 혁신 생태계를 점검·보완하고 저탄소산업을 새로운 성장 동력으로 인식·육성하는 체계 구축

#### [공정]공정(公正)전환을 통해 전국민 참여 유도

- 전환 과정에서 소외되는 계층·산업이 없도록 하고, 전 국민적 공감대를 토대로 지역·민간 등이 주도하는 Bottom-up 방식 추진

#### [기반]탄소중립 인프라 강화

- 재정제도 개선 및 녹색금융 활성화, 기술개발 확충, 국제협력 등을 통해 탄소가격 시그널 강화 및 효과적인 탄소감축 이행 지원

## 탄소중립 동향

한국환경정책·평가연구원  
Korea Environment Institute

### I 탄소중립 후속조치

#### 장기 저탄소발전전략 (LEDS)

##### 목표: 2050 탄소중립

- ① 청정 전기/수소의 모든 부문 이용 확대
- ② 에너지 효율 혁신적 향상
- ③ 탄소제거 등 미래기술 상용화
- ④ 순환경재 확대로 산업의 지속가능성 제고
- ⑤ 탄소 흡수 수단 강화

#### 2050 탄소중립 시나리오

##### 목표: '21년 수립

- ① 잠축잠재량, 기술수준, 비용편익분석 결과를 고려
- ② 국내 여건을 고려
- ③ 복수의 2050 탄소중립 시나리오 수립

#### 2030 국가온실가스 감축목표(NDC) 갱신

##### 목표: '17년 대비 24.4% 감축

- ① 감축 목표를 선진국 기준인 절대량 방식으로 전환
- ② 국외 감축비중 축소
- ③ 국내감축비중 확대
- ④ 2025년 이전 2030년 목표 상향 추진

자료: 환경부

16

## 탄소중립 여건 : 온실가스 배출 현황

분야	'90년	'95년	'00년	'05년	'10년	'13년	'14년	'15년	'16년	'17년
총배출량	292.2	435.9	503.1	561.8	657.6	697.0	691.5	692.3	692.6	709.1
순배출량	254.4	405.0	444.8	507.7	603.8	652.8	649.3	649.9	648.7	667.6
에너지	240.4 (82%)	352.2 (81%)	411.8 (82%)	468.9 (83%)	566.1 (86%)	605.1 (87%)	597.5 (86%)	600.8 (87%)	602.7 (87%)	615.8 (87%)
산업공정	20.4	45.2	51.3	55.7	54.7	54.8	57.3	54.4	52.8	56.0
농업	21.0	22.8	21.2	20.5	21.7	21.2	21.3	20.8	20.5	20.4
폐기물	10.4	15.7	18.8	16.7	15.0	15.9	15.4	16.3	16.5	16.8
(LULUCF)	(-37.7)	(-30.9)	(-58.3)	(-54.0)	(-53.8)	(-44.2)	(-42.2)	(-42.4)	(-43.9)	(-41.6)

출처: 제2차 기후변화대응기본계획 (일부 수정)

17

## 탄소중립 시나리오

- 시나리오 : 미래의 가능한 행동이나 이벤트를 기술한 것  
(A description of possible actions or events in the future)
- 탄소중립 시나리오 : 2050년 탄소중립을 달성하는 부문별 온실가스 배출량/흡수량 및 이를 위한 기술 및 정책 수단 포함
  - 부문과 배출원의 상세화에 따라 시나리오의 구체성이 달라짐
- 필요 시 시간적 흐름을 포함하는 경로(pathway)로 표시

자료: 이창훈 "탄소중립의 이해" (2021.2.18)

18

## 탄소중립 시나리오

### 탈탄소 에너지전환 시나리오 사례 (이창훈 외, 2019)

2050 최종에너지 이용 (백만 TOE)

	산업	가정	상업	공공	수송	합계
석탄	4.9					4.9
석유	1.4				2.0	3.4
도시가스	4.7	4.6	2.1	-	-	11.4
전력	46.0	7.0	11.2	4.4	9.0	73.8
열에너지	-	1.1	0.3	0.1	-	1.4
신재생	13.0	1.1	0.3	0.1	1.2	20.4
합계	70.0	13.7	13.9	4.6	12.2	114.4
전력비중	65.8%	51.1%	80.7%	95.6%	73.8%	64.5%

- 2018년 최종에너지 사용량 182 (백만 TOE)

2050 이산화탄소 배출량 (백만tCO2eq)

	산업	가정	상업	공공	수송	합계
석탄	18.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.0
석유	3.6	0.0	0.0	0.0	5.6	9.2
도시가스	2.5	2.4	1.1	0.0	0.0	6.0
전력	10.6	1.3	2.2	0.3	2.0	16.5
열에너지	0.0	0.6	0.2	0.1	0.0	0.8
신재생	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
합계	34.7	4.3	3.5	0.4	7.6	50.5
비중	68.7%	8.5%	7.0%	0.7%	15.1%	100.0%
흡수원						-50.5

2018년 이산화탄소 배출량 727 (백만tCO2eq)<sup>19</sup>

## 탄소중립 시나리오

탈탄소 에너지전환 시나리오 사례 (이창훈 외, 2019)

2050 연료별 발전량 및 배출량

발전연료	발전량(TWh)		발전량 믹스		배출량 믹스	
	2017	2050	2017	2050	2017	2050
석탄	238.8	-	43.1%	-	80.7%	-
석유	8.7	-	1.6%	-	1.5%	-
천연가스	122.8	46.8	22.2%	5.0%	17.8%	100%
원자력	148.4	86.9	26.8%	9.3%	-	-
신재생에너지	34.9	801.5	6.3%	85.7%	-	-
합계	553.5	935.1	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

20

## 2050 탄소중립 추진전략 : 모식도



자료: 이창훈 "탄소중립의 이해" (2021.2.18) (일부 수정)

21

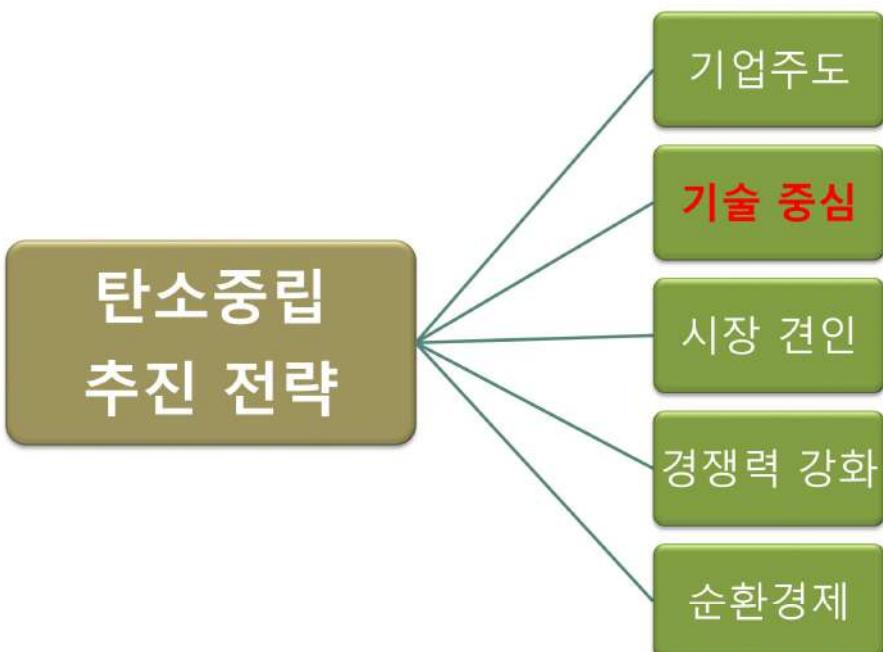
## 탄소중립 추진 전략

1. 에너지 수요관리: **에너지 절약 및 효율화** (산업, 건물, 수송)
2. 무탄소 에너지 공급 (**전기화와 재생에너지**)
  - 에너지 수요를 전기화
  - 재생에너지 중심 전력생산
    - :무탄소 에너지원인 재생에너지가 주로 전력을 생산
3. 원료(산업체) 대체, 탄소저장, 마이너스 배출
  - 연료가 아니라 원료로 에너지를 이용하거나(철강, 석유화학 등), 공정 중에 배출되는 경우(시멘트 등)  
"전기화+재생에너지"가 대안이 될 수 없음
  - 원료를 대체, CCUS 또는 마이너스 배출을 통해 상쇄 필요
    - \* 마이너스 배출: Bio Energy with CCS, Direct Air Capture, LULUCF 등
4. 최근 행동 변화(**behavioral change**)를 통한 온실가스 감축 주목
  - 순환경제, 식습관 변화 등

22

자료: 이창훈 "탄소중립, 국가전략 및 추진방향" 제56차 환경리더스포럼 (수정)

## 탄소중립 추진 전략



23

자료: 이창훈 "탄소중립, 국가전략 및 추진방향" 제56차 환경리더스포럼

## 탄소중립 추진 방향 1 : 기업 리더십

- **기업과 산업이 주도적으로 탄소중립전략 마련 및 시행**
  - 기업과 산업이 주도적으로 탄소중립전략을 마련하고 정부에 필요한 지원 및 정책을 요구
  - “탄소중립”이라는 목표가 확정됨에 따라 목표를 둘러싼 (규제)협상은 없어지고, 수단을 둘러싼 논의만 가능
- **온실가스배출의 전략적 의미를 확산시켜야 함**
  - 규제(국내규제, 국제규제)와 시장(자본시장, 공급망, 소매시장)이 탄소중립 이슈로 확대시켜야 함.
  - 온실가스 배출은 더 이상 도덕적 = 부수적 문제가 아니라 기업의 생존과 경쟁력을 좌우하는 경제적 = 전략적 문제로 대두

24

자료: 이창훈 “탄소중립, 국가전략 및 추진방향” 제56차 환경리더스포럼 (일부 수정)

## 탄소중립 추진 방향 2 : 기술 중심

- **혁신적 탄소 감축기술 개발 필요**
  - 현재 상용화된 기술로는 불가능하거나 비용이 너무 높음
  - 특히 고탄소 산업분야 핵심기술은 개발 초기단계 :
    - 수소환원제철, P2X(Power to Methanol), 클링커대체원료
    - DAC, CCUS, 그린수소 생산, 보관, 수송, 이용 기술
- **국내외 R&D 협력을 통한 기술(경쟁력) 확보**
  - 민관 R&D 협력 : 핵심기술 확보 위한 전방위적 민관 협력
  - 국제 공동 연구 강화 : 모든 국가에서 대규모 R&D 투자 계획

25

자료: 이창훈 “탄소중립, 국가전략 및 추진방향” 제56차 환경리더스포럼 (일부 수정)

## 탄소중립 추진 방향 3 : 적극적인 시장 활용

- 정부 규제보다는 시장이 기업의 탄소중립을 견인해야 함
  - 투자시장 : 기후리스크 평가 강화
  - 상품시장-B2B : 공급망의 탈탄소화 추진 기업 증가
  - 상품시장-B2C : 소비자들의 저탄소 소비 강화
- 정부의 역할은 시장이 작동할 수 있도록 규칙 설정 및 인프라 마련
  - 일관된 정책신호 : 탄소중립 목표 설정 및 장기적 정책로드맵 제시
  - 시장친화적 정책신호 : Carbon pricing 지속적 강화
  - 정보제공(기업) : 기업의 기후환경 정보 공시 강화, 제3자 평가
  - 정보제공(제품) : 제품의 탄자발자국 계산, 제공
  - 인프라 구축 : 재생에너지, 그린 수소 소요량 확보

26

자료: 이창훈 "탄소중립, 국가전략 및 추진방향" 제56차 환경리더스포럼 (일부 수정)

## 탄소중립 추진 방향 4 : 경쟁력 강화

- 녹색성장: 탄소중립과 기업경쟁력 강화 동시 추진
  - 주류 산업의 탄소경쟁력 확보 : 기후 및 산업정책적 관점
  - 녹색 산업의 시장경쟁력 확보 : 산업정책적 관점
- 무역 장벽 대응 및 탄소누출 방지
  - 우리나라 국경조정조치 마련 : 미국, EU 국경조정조치에 대응하고
  - 우리나라 산업의 탄소누출을 방지하는 방안 마련
- 산업구조관점의 전략적 선택 필요
  - 쇠퇴 산업(화석연료관련 산업 등) : 업종 전환 및 포용적 전환
  - 고탄소 소재산업(철강, 석유화학 등) : 고부가가치화 및 탄소경쟁력 확보

27

자료: 이창훈 "탄소중립, 국가전략 및 추진방향" 제56차 환경리더스포럼 (일부 수정)

## 탄소중립 추진 방향 5 : 순환경제

- **탄소중립의 새로운 동력으로 순환경제를 추진해야 함**

- 순환경제는 온실감스 감축이 어려운 소재산업을 위한 효과적인 감축수단임.
- 대상 소재산업: 철강, 석유화학, 시멘트 등
- 주요효과
  - 1) 소재소비 감소로 유발되는 우리나라 온실가스 감축
  - 2) 원자재 채굴 및 수송 관련 국외 온실가스 감축에 기여

- **순환경제의 핵심 내용**

- 신규 자원 이용 및 최종 처분(매립, 소각) 최소화: **사용기간 연장**, 재사용, 재활용 등
- 생산-유통-소비-폐기 전과정의 혁신 필요 : 정책, 기술, 인프라, 인식

28

자료: 이창훈 "탄소중립, 국가전략 및 추진방향" 제56차 환경리더스포럼 (일부 수정)

감사합니다

자료관련 문의: KEI 기후에너지연구실 신동원 실장 (dwshin@kei.re.kr)



# II

## 패널토론

좌 장: 홍순형 한국과학기술한림원 기획정책담당 부원장

토론자: • 선양국 한양대학교 에너지공학과 교수

• 하경자 부산대학교 대기환경과학과 교수

• 이창근 한국에너지기술연구원 부원장

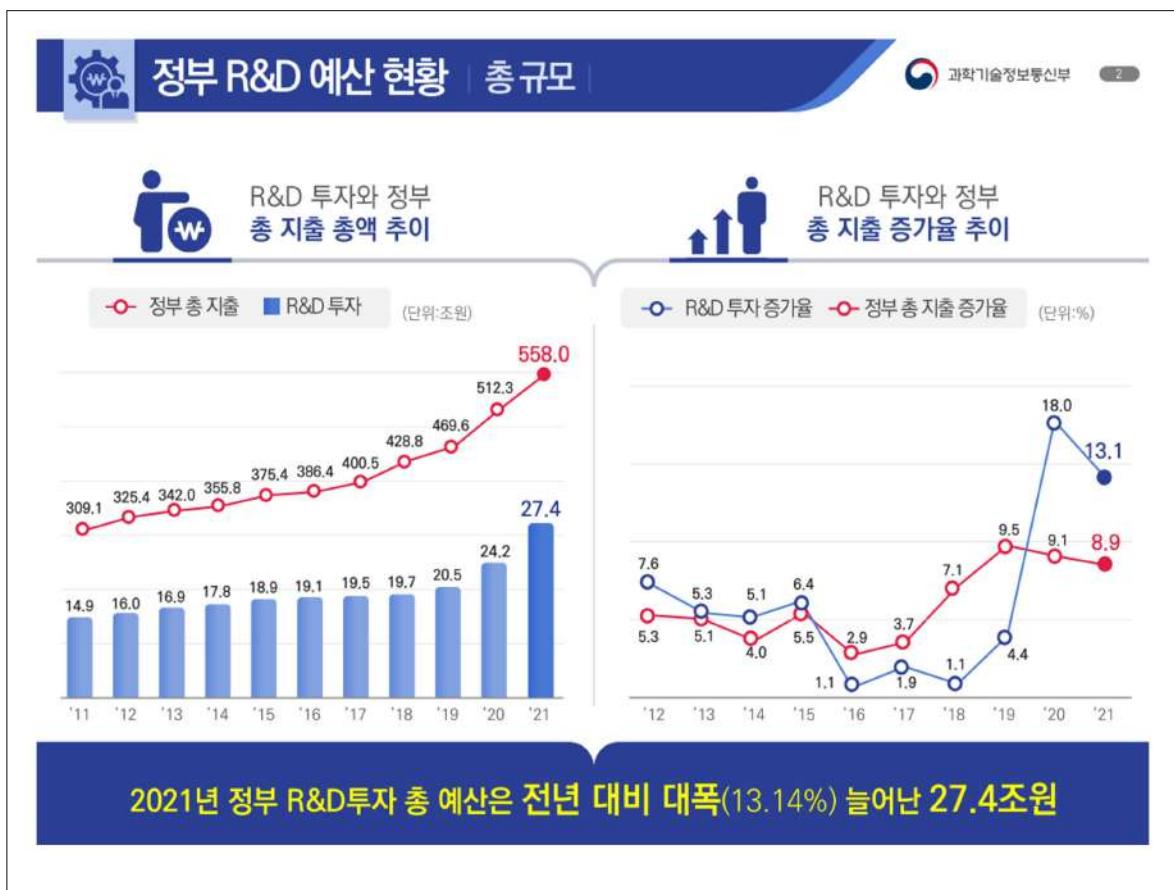
• 노기수 LG화학 사장

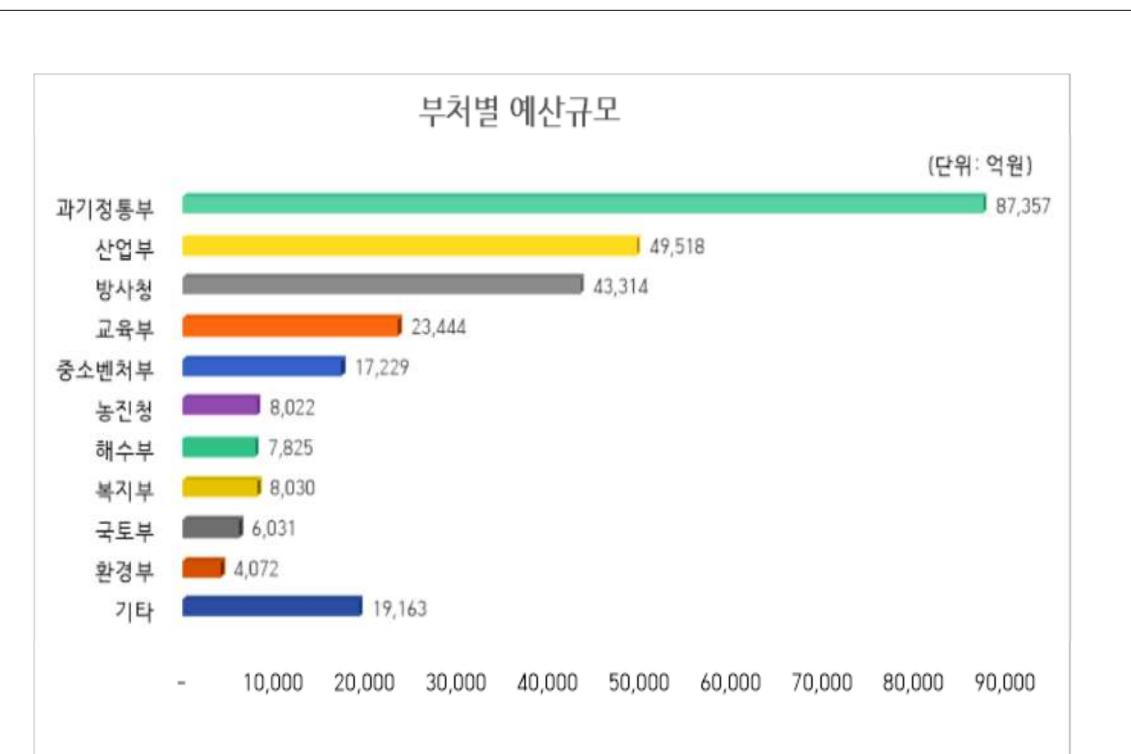
• 김성수 과학기술정보통신부 연구개발투자심의국장

# 지정토론

● ● ●

선 양 국  
한양대학교 에너지공학과 교수





\* '20년도 대비 과기정통부 9.4% 증액, 산통부 18.7% 증액

### 9대 기술분야별 R&D 투자 현황 (2019년~2020년)

구분	2019년(A)		2020년(B)		증감(B-A)	증감률(%)
	금액	비중(%)	금액	비중(%)		
생명·보건의료	25,319	12.3	30,693	12.7	5,373	21.2
우주항공·해양	21,671	10.6	28,818	11.9	7,146	33.0
ICT·SW	24,431	11.9	27,947	11.5	3,517	14.4
소재·나노	12,769	6.2	18,813	7.8	6,044	47.3
<b>에너지·자원</b>	<b>16,931</b>	<b>8.2</b>	<b>17,730</b>	<b>7.3</b>	<b>800</b>	<b>4.7</b>
기계·제조	12,697	6.2	16,374	6.8	3,678	29.0
농림수산·식품	10,085	4.9	12,356	5.1	2,271	22.5
건설·교통	7,388	3.6	7,540	3.1	153	2.1
환경·기상	6,379	3.1	6,510	2.7	131	2.1
기타1)	67,659	33.0	75,412	31.1	7,753	11.5
<b>합계</b>	<b>205,328</b>	<b>100.0</b>	<b>242,195</b>	<b>100.0</b>	<b>36,867</b>	<b>18.0</b>

출처: 2020년도 정부연구개발예산 현황분석, KISTEP

과기정통부 예산 중 **기후 에너지 예산 비중은 8.6%**에 불과함

항목	<b>기후· 에너지</b>	미래	바이오	나노·소재	첨단융합 기술	우주· 해양극지	원자력	핵융합	방사광 가속기
금액 (백만원)	<b>159,107</b>	62,588	533,656	273,732	87,042	334,925	245,623	71,973	80,625
백분율 (%)	<b>8.6</b>	3.4	28.9	14.8	4.7	18.1	13.3	3.9	4.4

-2021년 산통부 에너지예산 1조 931억원 (22%)

## R&D 전략방안

### 1. 수송용

도로의 탄소배출량이 절대적 이므로 내연기관차의 친환경차 전환 필수적

- 1) 내연기관차량의 전기·수소 등 친환경 차량 전환을 가속화하고, 환경개선효과가 큰 버스·화물차 등 상용차 집중 전환
- 2) 전기차 충전기 (전국 2천만세대)와 수소충전소등의 인프라 완비
- 3) 이차전지·연료전지 한계돌파형 기술개발을 통해 내연기관보다 우수한 가격 경쟁력 확보 (2024년 배터리 팩 가격 \$100/kWh)
  - \* (이차전지) 전고체/리튬메탈전지 개발 → 안전성과 에너지밀도 대폭 증대
  - \* (연료전지) 백금 사용량 감축 및 대체 소재 개발 등으로 제조단가 인하
  - \* (선박) 하이브리드/연료전지 선박 개발 가속화

### 2. 신재생에너지용 에너지저장 장치

- 신재생에너지 (풍력, 태양광) 보급확대와 피크/소비전력 분산을 위한 고성능 에너지저장개발이 필수 적임
- 고안정성, 저가격, 장수명 이차전지 개발 (ex, 전고체 이차전지)

### 3. 제언

- 에너지 관련 연구개발비 대폭 확대 요망 (e.g. 20%)
- 이를 통해 개발된 기술을 차세대 성장동력 산업으로 육성하여 신성장동력 및 일자리 창출 기회로 활용

## 지정토론

• • •

하 경 자  
부산대학교 대기환경과학과 교수

### 탄소중립 실현을 위한 과학(기술) 분야의 도전과제들

- 과학기반의 온실기체 감시 및 종합관측 시스템 구축
  - 배출량 산정치의 불확실성 해소를 위한 과학/관측기반 접근 주도
  - 온실기체 위성 및 지상관측 등 온실기체 거동 모니터링 인프라 구축
- 탄소 순배출제로(배출원 ↓ - (흡수량 및 포집량 ↑ ) = 0)
  - 저탄소사회를 향한 지자체 역량을 고려하여 세 항목 구별한 접근
  - 지오엔지니어링, CCUS, CCS와 기후과학-공학 융합 모델링으로 항목별 도전
- 탄소중립 지원을 위한 임무 지향형 과학기술 R&D 선도적 확대
  - 기후-탄소사이클-에너지-경제 예측의 Digital Twin 시스템 개발
  - AI기법을 활용한 청정에너지기술, 에너지 효율, 지구시스템 모델링 R&D로 지역적, 국가적 기후변화 예측성 향상해야 함

# 지정토론

● ● ●

노 기 수  
LG화학 사장

## 기업의 탄소중립 추진 현황

### 1. 탄소중립의 중요성

- 유럽 중심의 강력한 탄소 감축 정책이 구체화 되고 있으며, 미국/중국의 동참으로 글로벌 트랜드 현실화
- COVID-19에 따른 플라스틱 사용량 증가 및 플라스틱 폐기물 해결에 대한 사회적 압박 증대로 사용 규제 강화
- ESG 지표 공시/기업신용평가 반영 움직임 확대 및 ESG 지수에 따른 투자 확보 Risk 증가

### 2. 기업들의 탄소중립 추진방향

- 단·중기적 : 개선이 용이한 기존 공정/설비 효율 향상 및 리사이클 플라스틱 확대를 통해 CO<sub>2</sub> 배출을 저감
- 장기적 : 에너지 절감형 혁신적 Process 개발, CO<sub>2</sub> 전환 및 화이트 바이오 소재 등 저탄소 제품 확대로 대응

국내	해외
LG, 롯데, SK 등 대기업 중심으로 ESG 전담 조직을 구성하고 실제 비즈니스/기술 개발 연계 강화	BASF, Apple 등 '탄소중립/순환경'로의 전환을 위해 전 Value Chain에서 다양한 혁신 프로그램 추진 및 혁신적 기술 개발



### 3. 국내 기업들의 탄소중립 추진현황



### 4. Issue 및 건의 사항

- 탄소중립을 위하여 친환경 재생에너지 사용과 혁신적인 신기술 개발이 절대적으로 필요하며 이를 위해 정부/기업간의 적극적인 협업과 글로벌한 Open Innovation이 요구됨
- 글로벌 기업들은 선제적 기후 변화 대응을 위해 순환경 프로그램을 추진하고 있으며, 원료와 재료 주기(Material Cycle) 신규 사업모델 측면에서 접근하고 있으나 대부분의 탄소중립 프로그램이 경제성이 떨어지고 원료 확보 및 규제 완화를 위해 정부의 적극적인 지원이 요구됨
- 종합적인 관점에서 정부/산업/학계의 전략방향 수립 및 실행 계획을 구체화하고 관련 Player들과의 협력 체계를 강화해 나갈 필요가 있음

# 지정토론

•••

김 성 수  
과학기술정보통신부 연구개발투자심의국장

기본  
방향

**탄소중립 연구개발 투자전략**

목표



2017년  
탄소배출 세계 7위



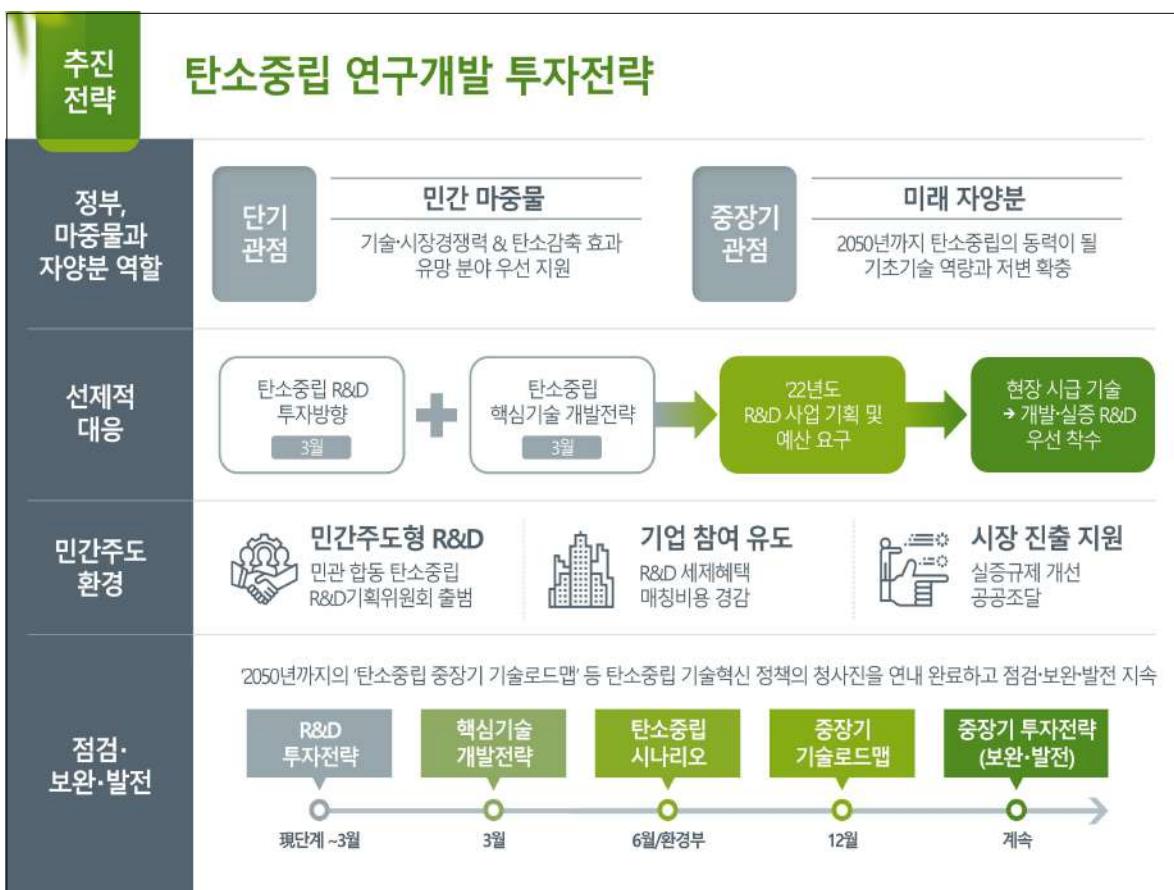
2050년  
탄소중립 실현

» 에너지 생산-가공-유통-소비의 전 단계별로 부문별 탄소배출량을 획기적으로 감축할 혁신적 기술을 개발·상용화  
\* 發電 39.5% 산업 33.5% 수송 13.5% 건물 및 기타 13.5%

» 궁극적 목적을 '산업현장 구현'에 두고 R&D 투자 및 사업을 기획·추진

에너지 생산	현재	방향
에너지 가공·유통	화석연료, 원자력 등	탈탄소화(재생 에너지 등)
에너지 소비	석유제품, 가스, 전기 등	전기화, 수소화
	산업수송·건물 多배출	산업공정 혁신, 에너지 고효율화





## 10대 핵심 투자분야 + 플랫폼

재생에너지	태양광	풍력	해양	신재생 융합
수소 경제	수소 생산	수소 저장·운송	연료전지	수소 활용
전력 네트워크	스마트 그리드	에너지 저장		
친환경 자동차	전기차	수소차		
수요관리 및 고효율	디지털 수요관리	산업 효율향상	수송 효율향상	건설 효율향상
산업공정 혁신	철강	시멘트	석유화학	반도체 디스플레이
CCUS	포집	저장	활용	
청정연료 및 자원순환	바이오 에너지	자원순환	수소복합 발전	
핵융합	핵융합			
적응 및 흡수	기후 예측·모니터링	수질환경·수자원관리	흡수원 강화	
융합실증 플랫폼				
인프라 구축·실증				
에너지 안전				
인력양성 국제협력				
기업지원				
표준화 및 인증				

## 한림원탁토론회는...

•••

한림원탁토론회는 국가 과학기술의 장기적인 비전과 발전전략을 세우고, 동시에 과학기술 현안 문제에 대한 해결방안을 모색하기 위한 목적으로 개최되고 있는 한림원의 대표적인 정책토론행사입니다.

지난 1996년 처음 개최된 이래 지금까지 160여회에 걸쳐 초중등 과학교육, 문·이과 통합문제, 국가발전에 미치는 기초과학 등 과학기술분야의 기본문제는 물론 정부출연연구소의 발전방안, 광우병의 진실, 방사능, 안전 방제 등 국민생활에 직접 영향을 미치는 문제에 이르기까지 광범위한 주제를 다루고 있습니다.

한림원은 과학기술 선진화에 걸림돌이 되는 각종 현안문제 중 중요도와 시급성에 따라 주제를 선정하고, 과학기술 유관기관의 최고책임자들을 발제자로 초빙하여, 한림원 석학들을 비롯해 산·학·연·정의 전문가들이 심도 깊게 토론을 진행하고 있습니다.

토론후에는 책자로 발간, 정부, 국회와 관련기관에 배포함으로써 정책 개선방안을 제시하고 정책 입안자료를 제공하여 여론 형성에 기여하도록 힘쓰고 있습니다.

### ■ 한림원탁토론회 개최실적 (2019년 ~ 2021년) ■

회수	일자	주제	발제자
133	2019. 2. 18.	수소경제의 도래와 과제	김봉석, 김민수, 김세훈
134	2019. 4. 18.	혁신성장을 이끄는 지식재산권 창출과 직무발명 조세제도 개선	하홍준, 김승호, 정지선
135	2019. 5. 9.	과학기술 정책성과와 과제	이영무
136	2019. 5. 22.	효과적인 과학인재 양성을 위한 전문연구요원 제도 개선 방안'	곽승엽

회수	일자	주제	발제자
137	2019. 6. 4.	마약청정국 대한민국이 훈들린다 마약류 사용의 실태와 대책은?	조성남, 이한덕
138	2019. 6. 28.	미세먼지의 과학적 규명을 위한 선도적 연구 전략	윤순창, 안병옥
139	2019. 8. 7.	일본의 반도체·디스플레이 소재 수출규제에대한 과학기술계 대응방안	박재근
140	2019. 9. 4.	4차 산업혁명 시대 농식업(Agriculture and Food) 변화와 혁신정책 방향	권대영, 김종윤, 박현진
141	2019. 9. 25.	과학기술 기반 국가 리스크 거버넌스, 어떻게 구축해야 하는가?	고상백, 신동천, 문일, 이공래
142	2019. 9. 26.	인공지능과 함께할 미래 사회, 유토피아인가 디스토피아인가	김진형, 홍성욱, 노영우
143	2019. 10. 17.	세포치료의 생명윤리	오일환, 이일학
144	2019. 11. 7.	과학기술 석학의 지식과 경험을 어떻게 활용할 것인가?	김승조, 이은규
145	2020. 2. 5.	신종 코로나바이러스 감염증 대처방안	정용식, 이재갑, 이종구
146	2020. 3. 12.	코로나바이러스감염증-19의 중간점검 - 과학기술적 관점에서 -	김호근
147	2020. 4. 3.	COVID-19 판데믹 중환자진료 실제와 해결방안	홍석경, 전경만, 김제형
148	2020. 4. 10.	COVID-19 사태에 대비하는 정신건강 관련 주요 이슈 및 향후 대책	심민영, 현진희, 백종우
149	2020. 4. 17.	COVID-19 치료제 및 백신 개발, 어디까지 왔나?	신형식, 황응수, 박혜숙
150	2020. 4. 28.	Post COVID-19 뉴노멀, 그리고 도약의 기회	김영자
151	2020. 5. 8.	COVID-19 2차 유행에 대비한 의료시스템 재정비	전병율, 홍성진, 염호기
152	2020. 5. 12.	포스트 코로나, 어떻게 살아남을 것인가? : 정보 분야	강홍렬, 차미영
153	2020. 5. 18.	포스트 코로나, 어떻게 살아남을 것인가? : 경제·산업 분야	박영일, 박진
154	2020. 5. 21.	젊은 과학자가 바라보는 R&D 과제의 선정 및 평가 제도 개선 방향	김수영, 정우성
155	2020. 5. 25.	포스트 코로나, 어떻게 살아남을 것인가? : 교육 분야	이윤석, 이해정

회수	일자	주제	발제자
156	2020. 5. 28.	지역소재 대학 다 죽어간다	이성준, 박복재
157	2020. 6. 19.	대구·경북에서 COVID-19 경험과 이를 바탕으로 한 대응방안	김신우, 신경철, 이재태, 이경수, 조치흠
158	2020. 6. 17.	코로나 이후 환경변화 대응 과학기술 정책포럼	장덕진, 임요업
159	2020. 6. 23.	포스트 코로나 시대의 과학기술교육과 사회적 가치	이재열, 이태억
160	2020. 6. 30.	코로나19 시대의 조현병 환자 적정 치료를 위한 제언	권준수, 김 윤
161	2020. 7. 9.	Living with COVID-19	정은옥, 이종구, 오주환
162	2020. 7. 15.	포스트 코로나 시대, 농식품 산업의 변화와 대응	김홍상, 김두호
163	2020. 7. 24.	건강한 의료복지를 위한 적정 의료인력과 의료제도	송호근, 신영석, 김 윤, 안덕선, 한희철
164	2020. 7. 30.	젊은 과학자가 보는 10년 후 한국 대학의 미래	손기훈, 이성주, 주영석
165	2020. 8. 7.	집단면역으로 COVID-19의 확산을 차단할 수 있을까?	황응수, 김남중, 천병철, 이종구
166	2020. 8. 24.	포스트 코로나 시대, 가속화되는 4차산업혁명	윤성로, 김정호
167	2020. 9. 8.	부러진 성장사다리 닦고 싶은 여성과학기술리더가 있는가?	김소영, 문애리
168	2020. 9. 10.	과학기술인재 육성을 위한 대학의 역할	변순천, 안준모
169	2020. 9. 17.	지난 50년 국가 연구개발 투자 성과, 어떻게 나타났나?	황석원, 조현정, 배종태, 배용호
170	2020. 9. 23.	과학기술 재직자 역량 강화 전략	차두원, 김향미
171	2020. 9. 25.	COVID-19 치료제의 개발 현황	김성준, 강철인, 최준용
172	2020. 10. 7.	미래세대 기초·핵심역량 제고 방안	송진웅, 권오남
173	2020. 10. 13.	대학의 기술 사업화 및 교원 창업 활성화 방안	이희숙, 이지훈, 심경수
174	2020. 10. 14.	한국판 뉴딜, 성공의 조건은?	박수경
175	2020. 10. 22.	성공적인 K 방역을 위한 코로나 19 진단 검사	이혁민, 홍기호, 김동현
176	2020. 11. 5.	4단계 BK21 사업과 대학의 혁신	노정혜, 정진택, 최해천
177	2020. 11. 9.	COVID-19의 재유행 예측과 효과적 대응	이종구, 조성일, 김남중
178	2020. 11. 27.	우리나라 정밀의료의 현황과 미래 : 차세대 유전체 염기서열 분석의 임상응용과 미래	방영주, 박웅양, 김열홍

회수	일자	주제	발제자
179	2020. 12. 4.	대학 교수평가제도의 개선방안	최태림, 림분한, 정우성
180	2020. 12. 8.	COVID-19의 대유행에서 인플루엔자 동시감염	김성준, 송준영, 장희창
181	2020. 12. 9.	COVID-19 환자 급증에 따른 중환자 진료 대책	김제형, 흥석경, 공인식
182	2020. 2. 19.	세계대학평가 기관들의 객관성 분석과 국내대학을 위한 제언	이준영, 김현, 박준원
183	2021. 4. 2.	인공지능 시대의 인재 양성	오혜연, 서정연

제184회 한림원탁토론회

## 탄소중립 2050 구현을 위한 과학기술 도전 및 제언

이 사업은 복권기금 및 과학기술진흥기금 지원을 통한 사업으로  
우리나라의 사회적 가치 증진에 기여하고 있습니다.

행사문의

한국과학기술한림원(KAST) 경기도 성남시 분당구 둘마로 42(구미동) (우)13630  
전화 (031)726-7900 팩스 (031)726-7909 이메일 [kast@kast.or.kr](mailto:kast@kast.or.kr)