

제206회 한림원탁토론회

# 에너지와 기후변화 위기 극복을 위한 기초과학의 역할

일시 : 2022년 12월 1일(목) 15:00

장소 : 한림원회관 1층 성영철홀

※ 온·오프라인 동시 개최



## 초대의 말씀

현재 전 세계는 에너지 부족 문제와 환경 파괴로 인한 기후 변화 등 위기 상황을 직면하고 있습니다. 이를 극복하기 위한 다양한 노력에도 불구하고 근본적인 한계에 부딪히고 있으며, 이러한 문제 해결을 위해서는 자연현상에 대한 근본적인 이해와 지속적인 노력이 필수적입니다. 국제연합(UN)은 인류의 지속가능한 발전을 위한 필수 조건이 기초과학임을 강조하기 위하여 올해를 '세계 기초과학의 해'로 지정하였습니다.

이에 한국과학기술한림원은 인류의 위기 극복, 특히 에너지 부족과 환경 문제 해결을 위한 기초과학 연구기반 강화 전략과 방안을 모색하는 자리를 마련하고자 합니다. 최고의 전문가 분들을 모셔서 논의하고자 하오니 많은 관심과 참여를 부탁드립니다.

2022년 12월

한국과학기술한림원

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



## Program

사 회 : 조용훈 KAIST 자연과학대학 학장

시 간	구 분	내 용
15:00~15:05 (5분)	개 회	이창희 한국과학기술한림원 총괄부원장
15:05~16:05 (60분)	주제발표	
	발 표 자	에너지의 미래를 위한 기초과학의 역할 유석재 한국핵융합에너지연구원 원장
		기후위기 대처와 탄소중립 실현을 위한 기초과학의 방향 하경자 IBS 기후물리연구단 교수
		에너지 대전환 시대와 기초과학 윤의준 한국에너지공과대학교 총장
16:05~17:00 (55분)	지정토론 및 자유토론	
	좌 장	이철의 고려대학교 물리학과 명예교수
	토 론 자	윤경병 서강대학교 화학과 로올라 석학교수
		선양국 한양대학교 에너지공학과 교수
		윤제용 서울대학교 화학생물공학부 교수
		이은정 KBS 과학전문기자
	질의응답	
17:00	폐 회	

※ 본 토론회에서 논의된 내용은 한국과학기술한림원의 공식적인 의견이 아님을 알려드립니다.

## 참여자 주요 약력

### 사회



#### 조용훈

KAIST 자연과학대학 학장

- 한국과학기술한림원 정회원
- KAIST 자연과학대학 물리학과 교수
- KAIST LED 연구소 소장

### 좌 장



#### 이철의

고려대학교 물리학과 명예교수

- 한국과학기술한림원 정회원
- 前 고려대학교 이과대학 학장
- 前 한국물리학회 회장

## 참여자 주요 약력

### 주제발표자



#### 유석재

##### 한국핵융합에너지연구원 원장

- ITER 국제기구 이사회 이사
- 前 국가핵융합연구소 소장
- 前 군산대학교 플라즈마융합공학대학원 겸임교수



#### 하경자

##### IBS 기후물리연구단 교수

- 부산대학교 대기환경과학과 교수
- 한국기상학회장
- 前 국가과학기술자문회의 자문위원



#### 윤의준

##### 한국에너지공과대학교 총장

- 前 서울대학교 연구처장 겸 산학협력단장
- 前 산업통상자원 R&D전략기획단 주력산업MD
- 前 삼성호암상 공학상심사위원장

## 참여자 주요 약력

### 토론자



#### 윤경병

서강대학교 화학과 로올라 석학교수

- 한국과학기술한림원 정회원
- 영국왕립화학회 & 미국화학회 펠로우
- 前 Energy & Environmental Science 편집위원



#### 선양국

한양대학교 에너지공학과 교수

- POSCO 석좌교수
- 미국 전기화학회 석학회원
- 한국공학한림원 정회원



#### 윤제용

서울대학교 화학생물공학부 교수

- 국회기후변화포럼 공동대표
- 前 한국환경연구원장
- 한국공학한림원 정회원



#### 이은정

KBS 과학전문기자

- 서울대학교 생명과학부 객원교수
- 여성생명과학기술포럼 홍보위원
- 한국천문학회 학회발전위원회 위원

# I

## 주제발표

주제발표 1 에너지의 미래를 위한 기초과학의 역할

- 유석재 한국핵융합에너지연구원 원장

주제발표 2 기후위기 대처와 탄소중립 실현을 위한 기초과학의 방향

- 하경자 IBS 기후물리연구단 교수

주제발표 3 에너지 대전환 시대와 기초과학

- 윤의준 한국에너지공과대학교 총장

## 주제발표 1 에너지의 미래를 위한 기초과학의 역할



유 석 재

한국핵융합에너지연구원 원장





## 이상기후에 의한 재해



<https://www.pinterest.at/pin/721842646500232854/>



[donga.com](http://donga.com)



<https://blog.hyundai-rotem.co.kr/185>

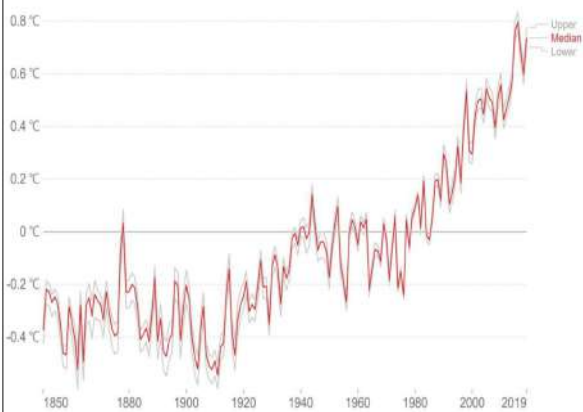


<https://www.ksakosmos.com/post>

2

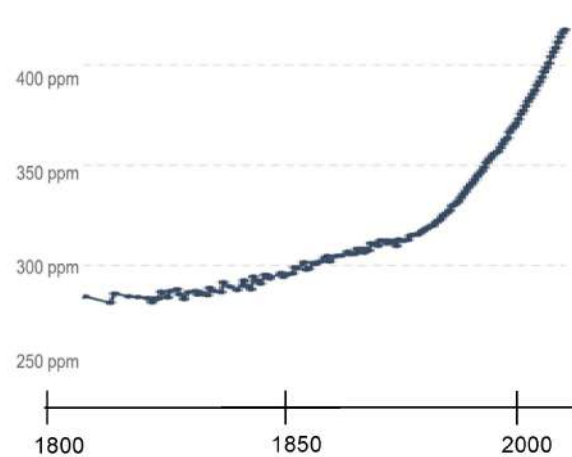
## 지구 평균 기온 상승과 이산화탄소 발생량 증가

지구 평균 기온 상승



Source: Hadley Centre (HadCRUT4)

이산화탄소 발생량 증가



Source: National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)

3

## “우리가 바라는 에너지”

환경을 지킬수 있는  
에너지요

안전한 에너지가 있으면  
좋을 것 같아요  
재해나 사고에도  
걱정없이 사용할 수 있는  
그런 에너지요

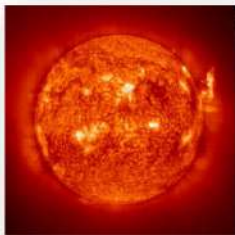
마음껏 쓸 수 있는  
에너지요

수입하지 않아도 되는  
에너지요

## 지구에서 활용 가능한 에너지

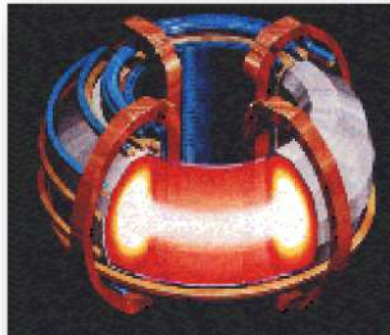
### 핵융합에너지

#### 태양 에너지



- 화석연료:  
- 석탄, 석유, 가스 등
- 바이오에너지:  
- 목재, 식량 등
- 재생에너지:  
- 태양광, 풍력, 수력 등

#### 인공태양 에너지



- 핵융합 연료:  
- 바닷물(중수소, 리튬)

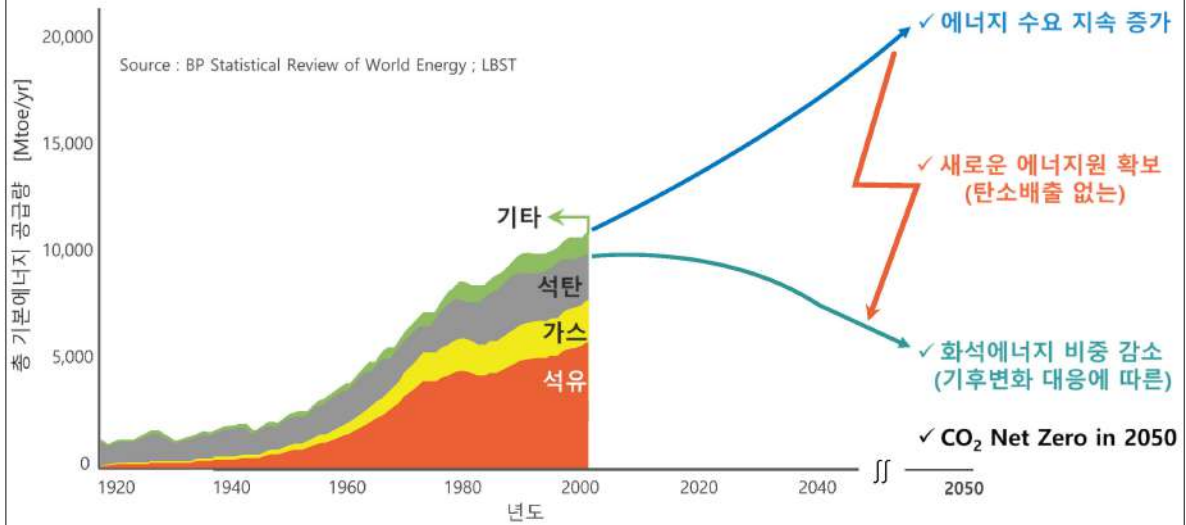
### 핵분열에너지

#### 원자력



- 원자력 연료:  
- 우라늄

## 글로벌 에너지 공급 방향 전망



☞ 미래의 새로운 에너지는 **탄소 배출이 없어야 한다**

6

## 자원 및 기술 의존성에 따른 에너지원 분류



☞ 미래의 에너지는 자원이 아닌 **기술 기반**의 에너지원이어야 한다

7

## 미래의 에너지는

- ✓ 탄소 배출이 없어야 한다 (친환경 에너지원)
- ✓ 자원의 제한이 없어야 한다 (기술 기반 에너지원)
- ✓ 안전(Safe)하고, 안정적(Stable)이며, 안심(Secure)이 되어야 한다  
(사회적 수용성이 높은 에너지원)

➡ 이러한 미래의 에너지를 위한 기초과학의 역할은?

8

## 慾知未來 先察已然

욕 지 미 래 선 찰 이 연

미래를 알고 싶다면, 이미 생긴 일들을 먼저 살펴 보라

기초과학은

어떤 역할을 하였고,

어떤 역할을 하고 있는지를 돌아 보면,

어떤 역할을 하게 될 것인지를 알게 될 것이다.

9

과거(고대)에서 역할

## 구제(救濟)

기초과학은 신의 섭리, 자연의 본질, 사람의 근원을 이해하려는 역할

이를 통해

(미)신(권위, 속박, ...)으로부터 사람을 구제

자연(재해, 질병, ...)으로부터 사람을 구제

☞ **사람 중심의 세계관이 형성됨**

10

현재(현대)에서 역할

## 수단(手段)

기초과학은 사람들의 욕망을 채우기 위해 이용되는 수단으로 역할

- 산업화의 명분으로 기초과학을 수단으로 무분별한 개발을 통해서 환경을 파괴하고 자연을 훼손하여 병들게 하고,
- 결국, 병든 자연 속에서 사람도 생존의 위험에 놓이게 되었다.

11

현재(현대)에서 역할

## 각성(覺性)

기초과학은 사람들의 지나친 욕망을 깨닫게 하는 역할

- 사람의 지나친 욕망으로 자연이 병들어 깨닫게 하는 역할
- 자연을 회복시키려는 노력이 시작됨
  - ✓ 2015년 12월 유엔 기후변화회의에서 채택된 **파리협정(Paris Agreement)**
  - ✓ 2018년 10월 기후변화에 관한 정부 간 협의체인 IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change) 48차 총회에서 채택된 '**지구온난화 1.5도 특별보고서**'
  - ✓ 韓, 美, 日, 中, 英, EU 등의 '2050 탄소중립' 선언으로 **2050 탄소중립의 글로벌 의제화**
- 그러나 아직 **자연을 보호**의 대상이지 **공존**의 대상으로 보지 못하고 있음

12

미래에서 역할

## 화해(和解)

"사람과 자연은 한 생태계에서 공존해야 지속가능 함"을 이해 시키는 역할

- 즉, 사람은 자연이 건강하게 회복하도록 노력하고 그 결과 회복된 자연은 사람을 보호하여 모두 같이 지속 가능하도록 하는 것이다.
- 이를 위해서는 부분적이고 파편적인(분리된) 시각이 아니라 전체적(종합적)이고 시스템적인 시각의 기초과학이어야 한다  
(예) 나비 효과: 날개 짓만 보는 것이 아닌 시스템에 주는 영향을 이해 해야 함

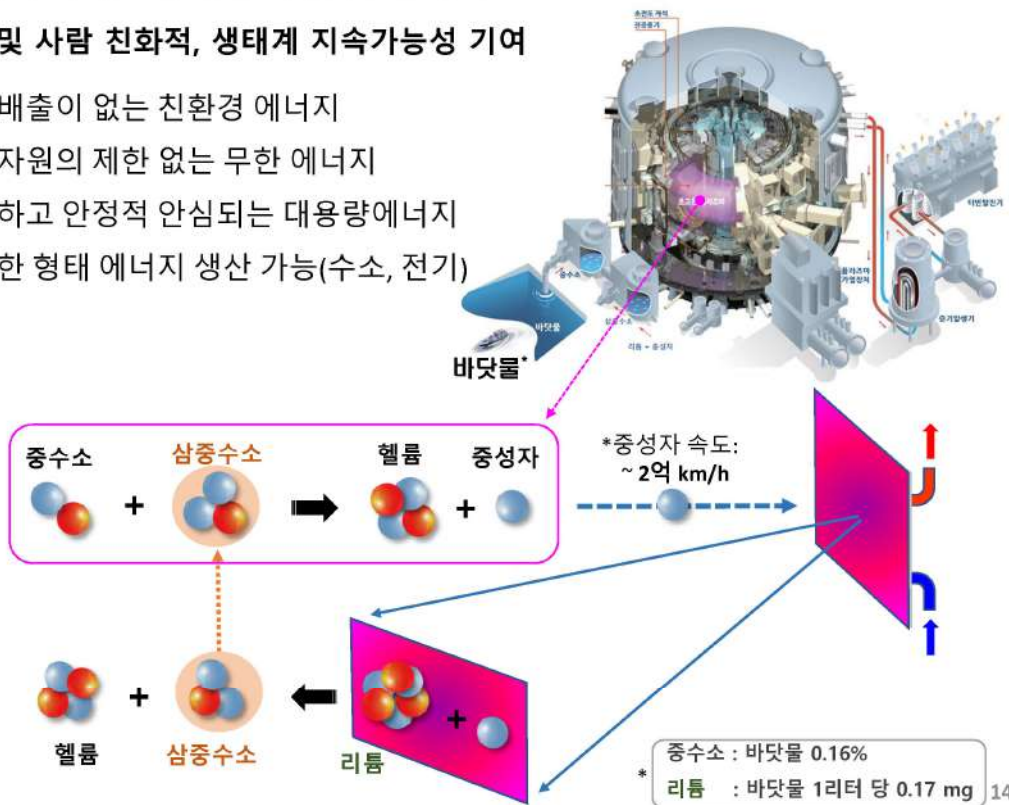
13



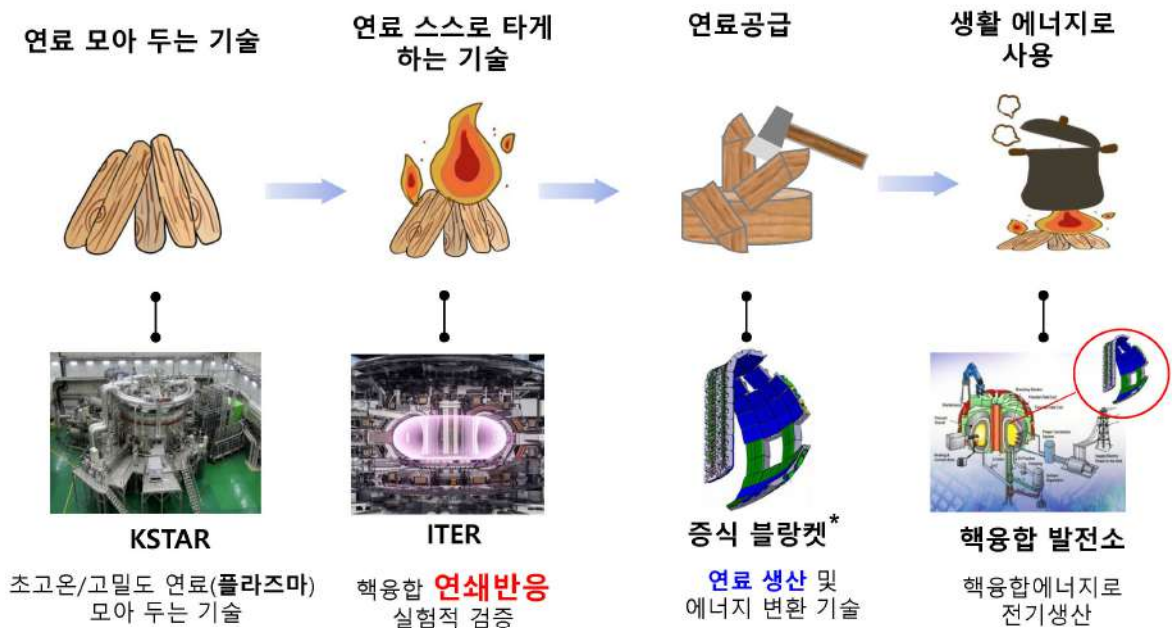
## 미래 에너지에 적합한 핵융합에너지

자연 및 사람 친화적, 생태계 지속가능성 기여

- ✓ 탄소배출이 없는 친환경 에너지
- ✓ 연료자원의 제한 없는 무한 에너지
- ✓ 안전하고 안정적 안심되는 대용량에너지
- ✓ 다양한 형태 에너지 생산 가능(수소, 전기)

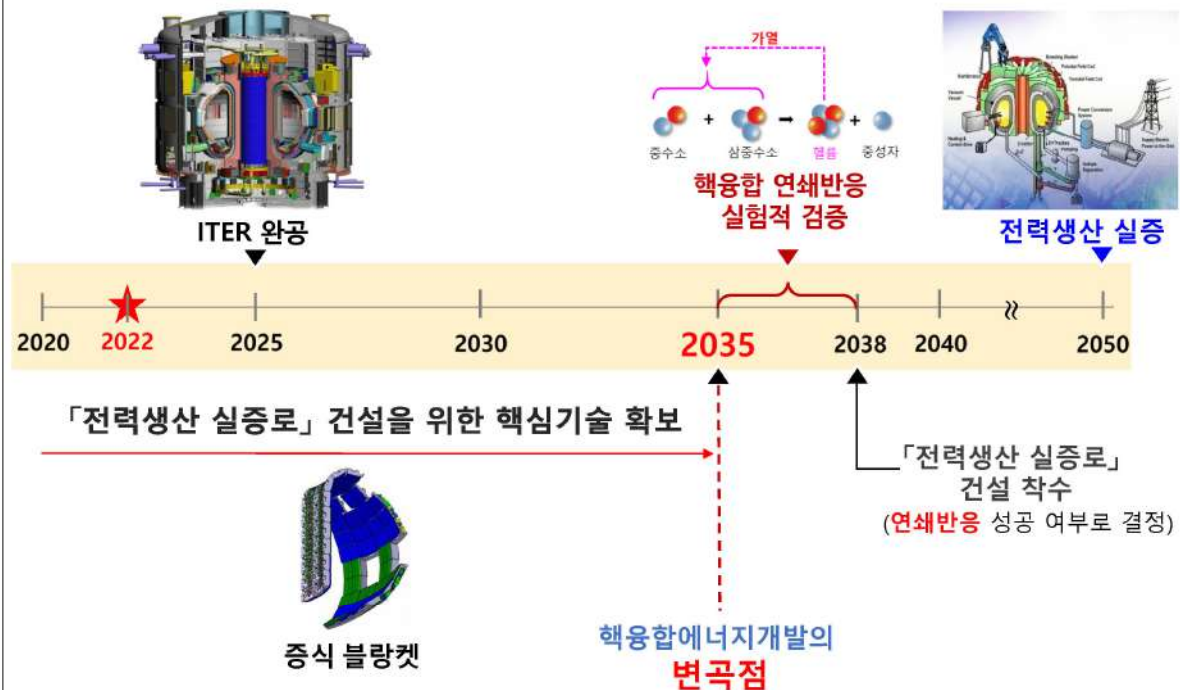


## 핵융합에너지 실현을 위한 단계별 핵심기술









\* 중식 블랑켓(Breeding Blanket): 리튬으로부터 삼중수소 생산(중식) 및 핵융합에너지를 열로 변환 기능

## 핵융합에너지 실현을 위한 로드맵(안)



16

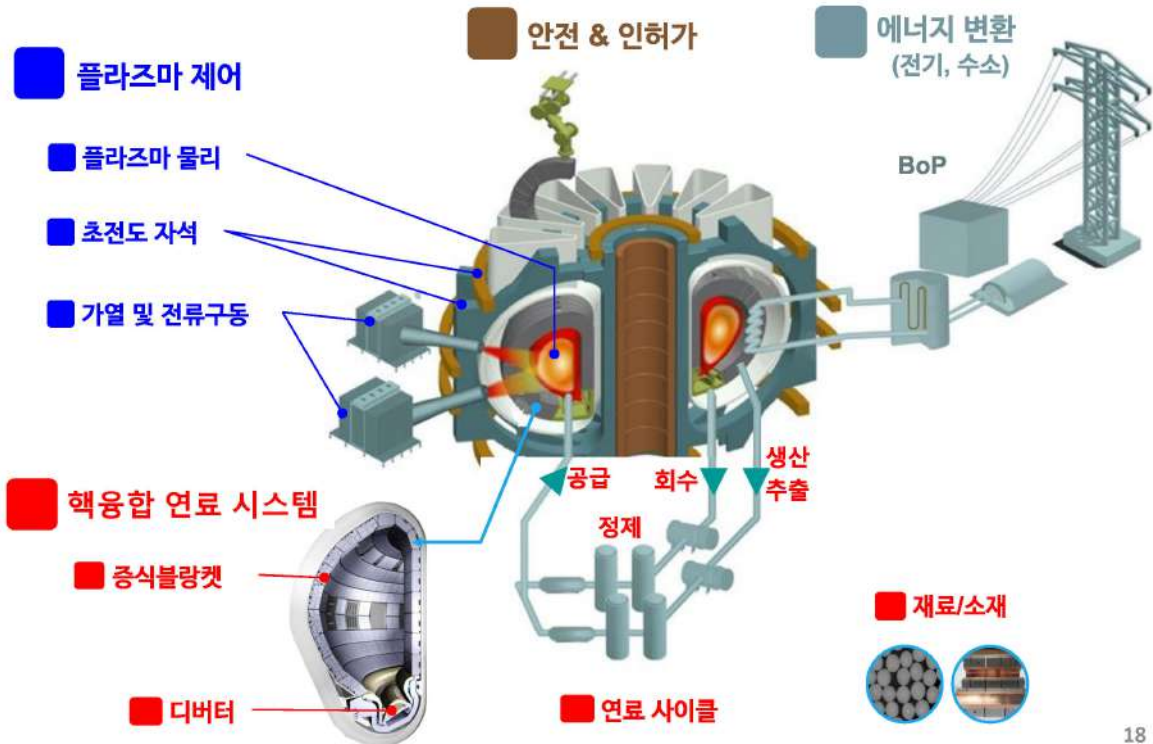
## 핵융합에너지 분야의 중요한 기초과학

1905		Albert Einstein (1879–1955): $E = mc^2$
1920		Arthur Stanley Eddington (1882–1944): $E=mc^2$ 이론에 따라 별들이 핵융합을 통해서 에너지를 발생을 제안
1932		Mark Oliphant (1901–2000): 처음으로 수소 동위원소 핵융합 반응을 실험실 수준에서 시현
1939		Hans Albrecht Bethe (1901–2005): 태양과 별에서 핵융합에너지 생성 원리 규명
----- 기초과학 -----> 기초연구 -----		
1951		Andrei Sakharov (1921–1989)
		Igor Tamm (1895–1971)
핵융합에너지 연구 장치인 Tokamak 장치 발명		

\* 인물사진 출처: 위키피디아 17



## 핵융합에너지 실현에 필요한 기초과학 분야

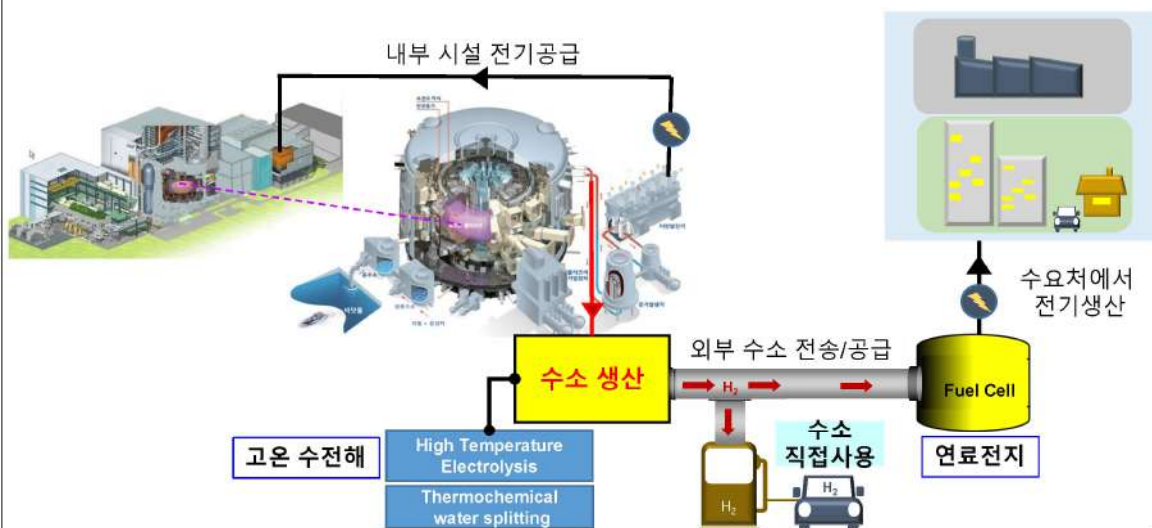


18

## 핵융합에너지에 의한 수소 사회 실현

사람과 자연이 공존하는 생태계의 지속가능성을 확보

- ✓ 열 에너지 또는 전기 에너지 형태로 공급으로 에너지 효율 높임
- ✓ 수소 공급으로 화학공정에 의한 이산화탄소 무배출
- ✓ 중앙집중 전원을 분산전원으로 전환 가능
- ✓ 전기 생산 효율 향상 및 전송 손실 최소화



19

## 맺음말

- ✓ 기초과학은 과거의 구제의 역할, 현재의 수단의 역할 과정을 통해 사람은 자연과 같은 생태계 안에서 공존해야 지속 가능해짐을 이해하게 되어 미래의 기초과학은 사람과 자연의 공존을 위한 **화해**의 역할을 하게 될 것임
- ✓ 에너지의 미래를 위한 기초과학의 역할은 **사람과 자연이 공존하는 생태계의 지속가능성**을 확보할 수 있는 방향으로 에너지가 개발되도록 하는 것임
- ✓ 미래 에너지는 **탄소 발생 없고, 자원 제한이 없으며, 안전(Safe)하고, 안정적(Stable)으로, 안심(Secure)이 되는 생태계 친화적인 에너지**여야 함
- ✓ **핵융합에너지**는 미래의 에너지로서 요구되는 특성을 모두 갖추고 있는 **미래 에너지의 가장 적절한 대안**이 될 수 있음
- ✓ 핵융합에너지에 의한 **대량 수소 생산**으로 사람과 자연이 공존하는 생태계의 지속가능성이 확보된 **수소사회 실현**이 가능할 것임
- ✓ 핵융합에너지 개발을 위해서 기초과학의 역할이 컸고, 앞으로는 기술개발 뿐만 아니라 안전/인허가 관련 법률 및 제도를 위한 기초과학의 역할이 있어야 함

20



## 주제발표 2

# 기후위기 대처와 탄소중립 실현을 위한 기초과학의 방향



하 경 자

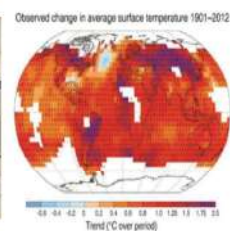
IBS 기후물리연구단 교수

## 기후위기 대처와 탄소중립 실현을 위한 기초과학의 방향

### • 한림원탁토론회

• 2022년 12월 1일

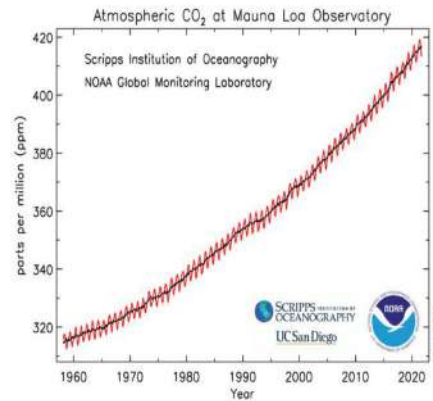
- 하경자 (IBS기후물리연구단 교수 및  
부산대 대기환경과학과 교수)





## 목차

- Part I: 기후위기의 인식  
정량적 이해, 기후위기 현실
- Part II: 기후연구 발전 & 미래  
기후시스템적 관측과 모델링  
지속가능성 확보
- Part III: 우리 미래를 위한 기초과학의 역할과 중요성  
기후과학, 예측과학과 수치모델링  
미래 예측 및 전망 자료기반 탄소중립

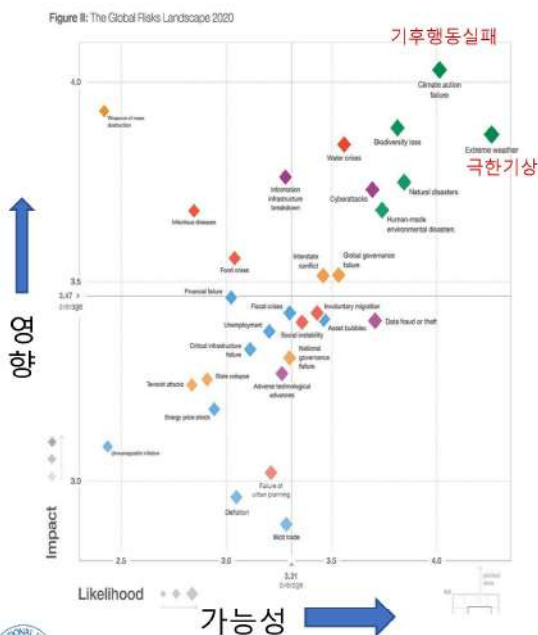


2

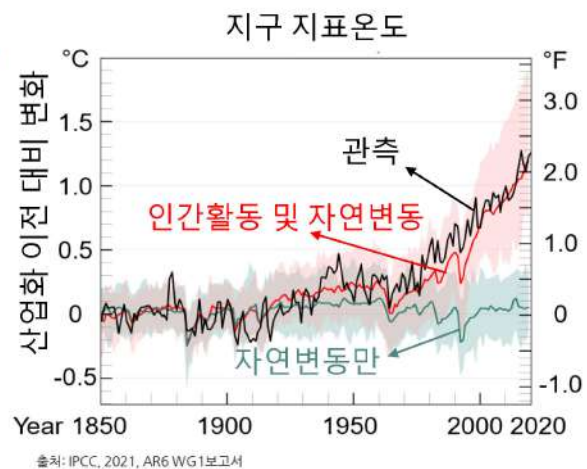
## Part 1: 가장 근접한 그리고 가능성 높은 극한기상 & 기후변화는 인위적 요인임이 확실

(세계경제포럼, 2020)

(IPCC, 2021: 인간활동 원인제공 확실)



### 산업화로 인한 인위적 배출 영향



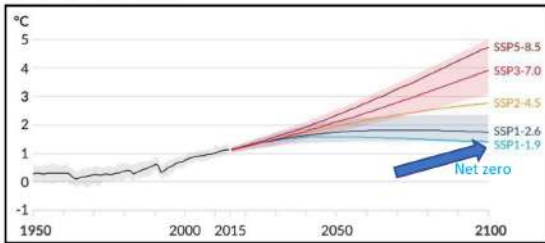
3

# I : 생물다양성 위기, 해수면 상승 가속화 위기

## ❖ SSP(공통사회경제경로) 기후변화 시나리오

- SSP1-1.9: (친환경) 지속성장 경로 - 1.4℃ 상승 예상
- SSP1-2.6: 지속성장 경로 - 1.8℃ 상승 예상
- SSP2-4.5: (완화-적응균형) 중도성장 경로 - 2.7℃ 상승 예상
- SSP3-7.0: (기후변화취약) 불균형성장 경로 - 3.6℃ 상승 예상
- SSP5-8.5: (화석연료 중심) 고속성장 경로 - 4.4℃ 상승 예상

## ❖ 기후변화 전망



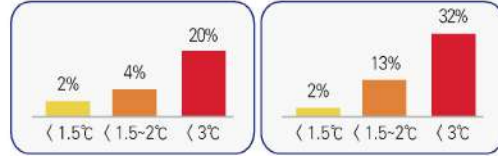
시나리오에 따른 기온변화 전망 (IPCC, 2021)

- 산업화 이전 대비 이미 1.2℃ 이상 상승
- 향후 4.4℃까지 상승 전망



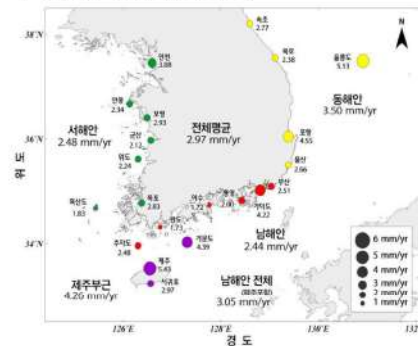
4

## ❖ 생물다양성 위기 심화



- 지구 온도 상승에 따라 최대 20~32% 생물종 멸종위기 전망

## ❖ 해수면 상승 가속화



# I : 생태계, 벌의 위기가 곧 식량위기?

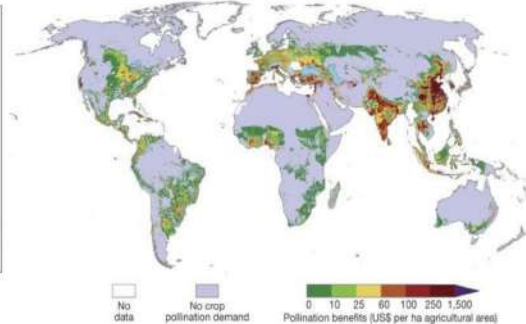
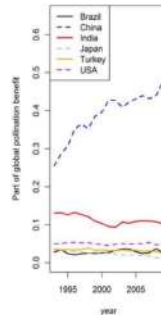
## 꿀벌 개체 수 감소 원인

바이러스	벌 애벌레 감염, 벌 돌연사로 알려진 군집붕괴현상 유발
농약	벌 신경계 이상 유발
기후변화	벌의 산란 방해, 겨울철 집단 폐사 유도
말벌	벌 집단 폐사 원인
진드기	벌의 피를 빨아 먹음

## 꿀벌의 농작물 가루받이 기여 비율

사과	90%
아몬드	100%
양파	90%
브로콜리	90%
당근	90%
해바라기	90%
캔탈로프 멜론	90%
기타 과일 및 견과류	10~90%
기타 채소 및 멜론류	10~90%

(자료: 미국 코넬대)



- 수분매개곤충에 의존하는 농업의 경제적 가치, 아시아에서 가장 큼
- 중국과 인도는 세계 제 1,2위의 꽃가루받이 작물 수출국

국내  
-이상 난동  
-식물 개화시기 변동  
-대기 오염  
-농약

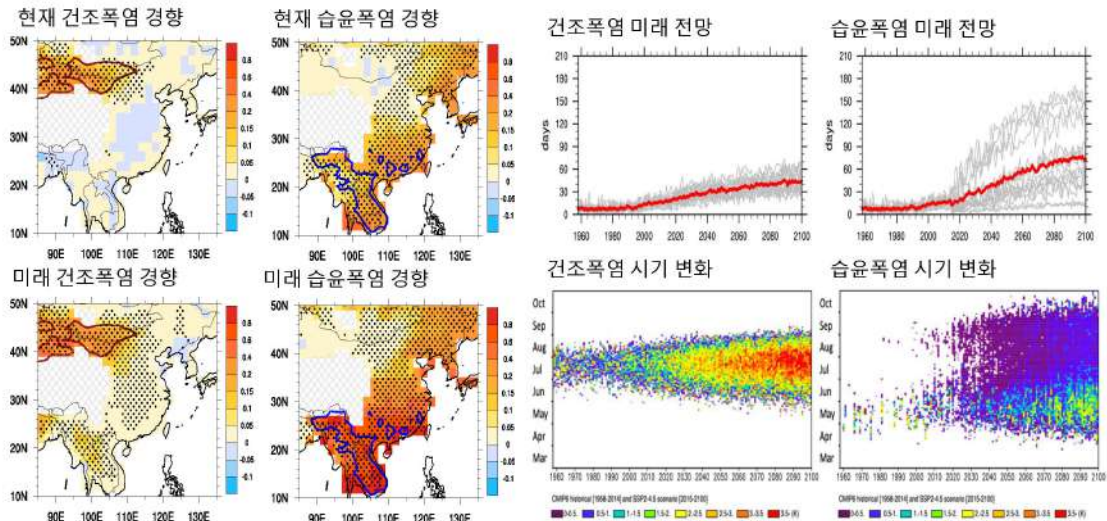


5





# I: 기온만이 아니라 습기도 중요: 건조 및 습윤 지역 다른 기후적응 필요 동아시아 건조폭염 강도증가, 습윤폭염 확대 및 5월부터 심화 가능

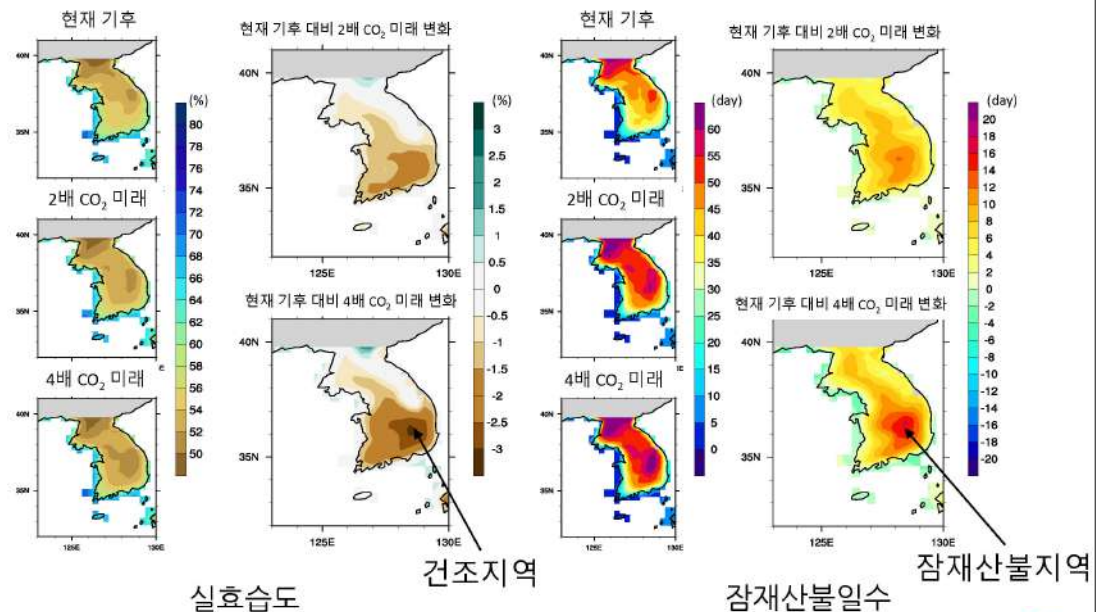


6

Ha등, 2022



# I: 한반도 육상조건 변화? 대기수증기 가용성 증가에 따른 실효습도, 토양수분 변화 예측 필요: 건조기후, 산불의 미래전망

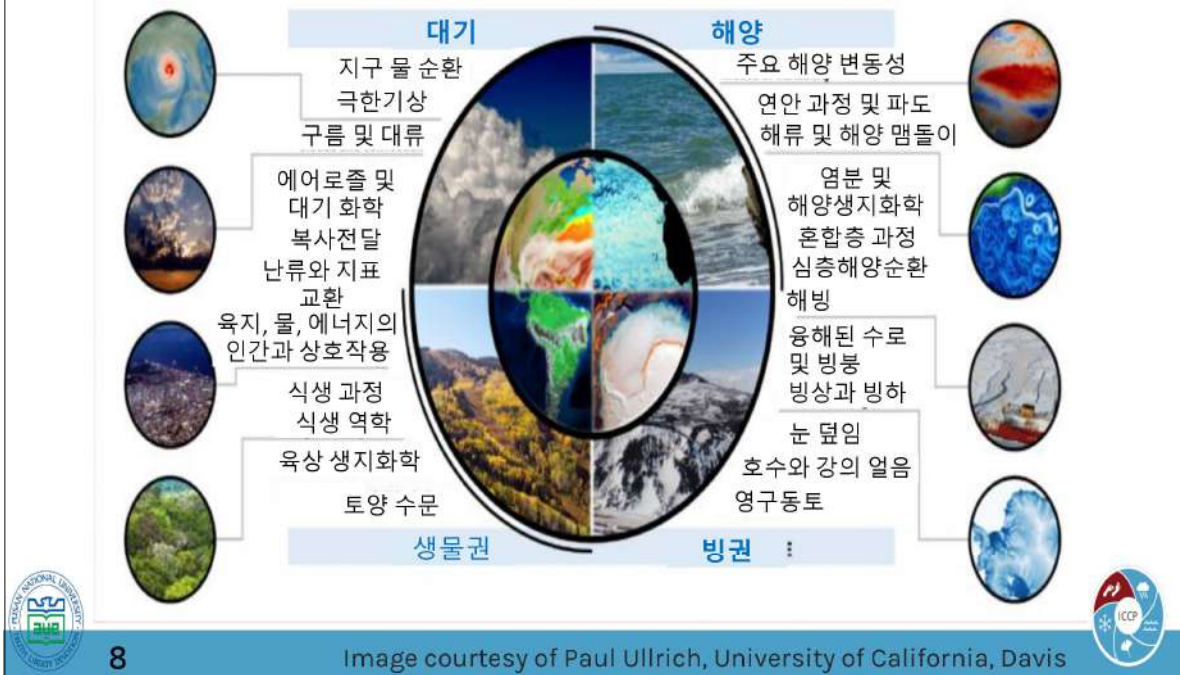


7



## II : 기후는 지구 기후시스템의 산출물

기후시스템의 다양한 요소들: 지구과학을 넘어 자연과학적 범주  
지구시스템의 이해를 위한 학제간 융합연구의 필요:  
(대기권, 수권, 지권, 생물권 육상생태계, 빙권)



8

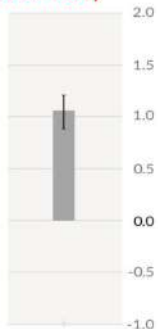
Image courtesy of Paul Ullrich, University of California, Davis

Figure SPM.2 ipcc  
INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE

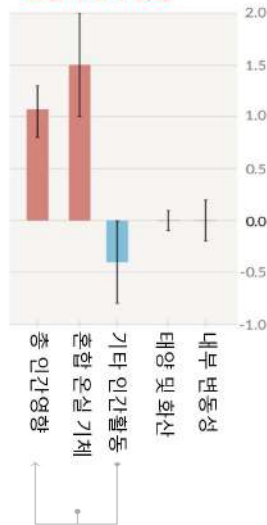


## II: CO<sub>2</sub> 외에 고려할 요소들 많다(위기와 기회): CO<sub>2</sub> vs CO<sub>2</sub> 이외 vs 에어로졸

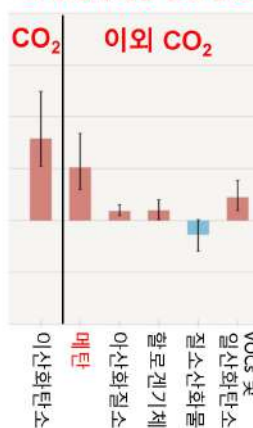
온난화관측  
(2010-2019)-  
(1850-1900)



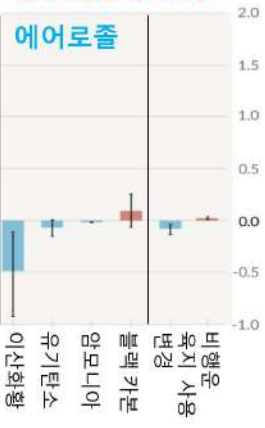
원인요소 규명  
인간활동  
온실기체가 원인



이산화탄소 주요  
이 이산화탄소도 중요  
그 중에서 메탄 등도 중요



에어로졸은 감소효과  
이산화황 등 감소효과  
블랙카본은 증가효과

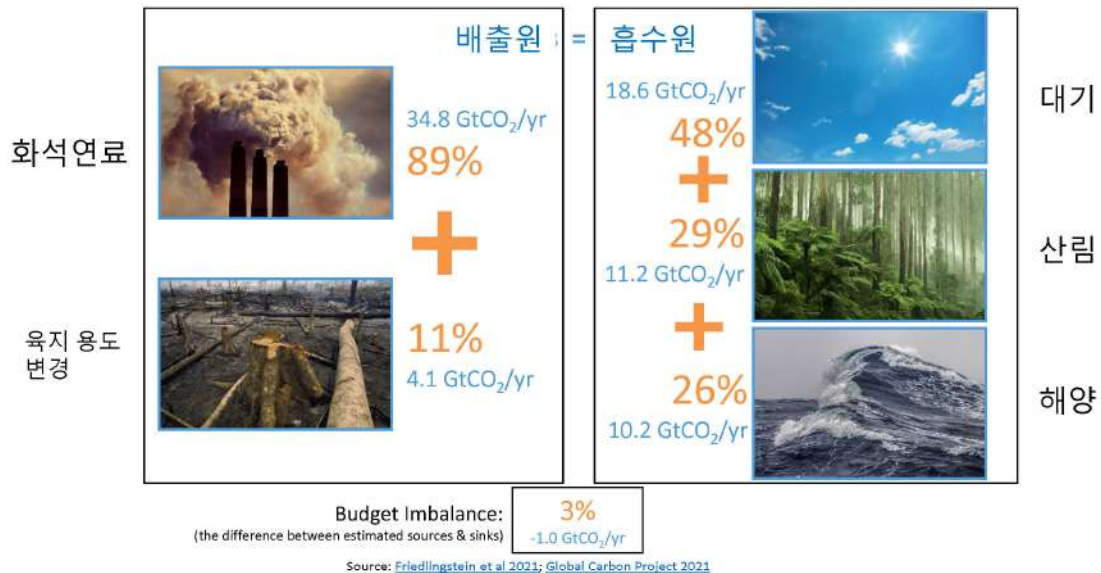


Non-CO<sub>2</sub> 온실기체의 기여 에어로졸의 기여

9



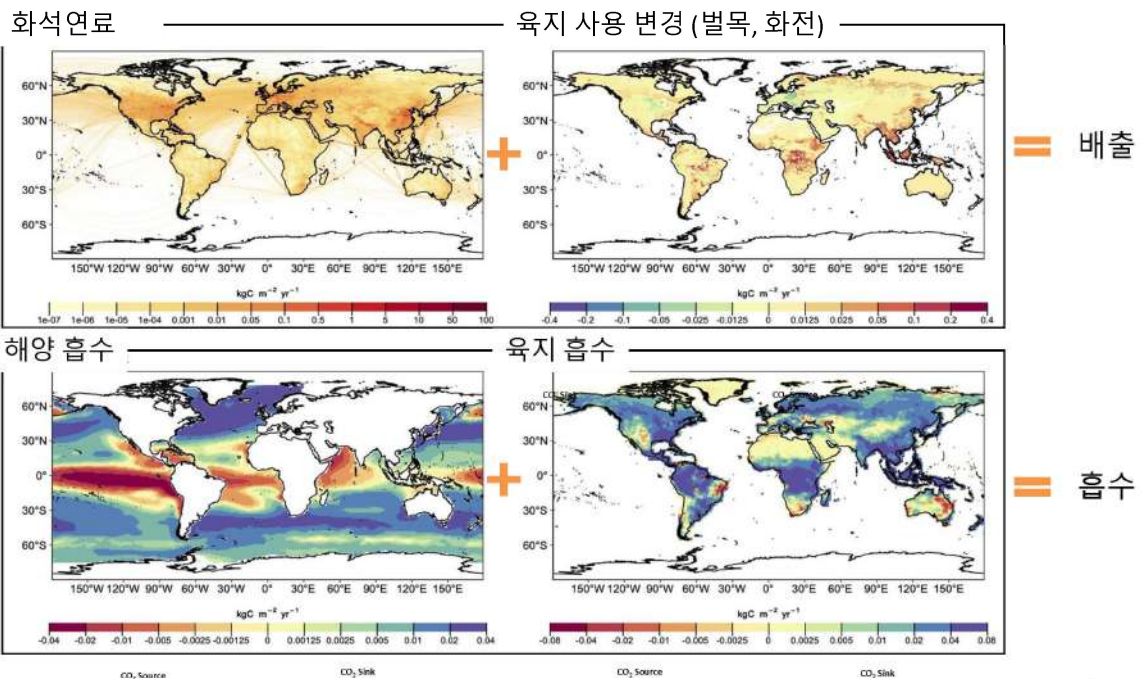
## II: 탄소의 배출원 -> 흡수원 (대기 48%: 육상생태계 29%: 해양 26%) anthropogenic CO<sub>2</sub> emissions (2011–2020)



10



## II: 전지구 탄소 배출과 흡수 분포 (화석연료>> 육지사용변경)



\*Source: Friedlingstein et al 2021; Global Carbon Budget 2021



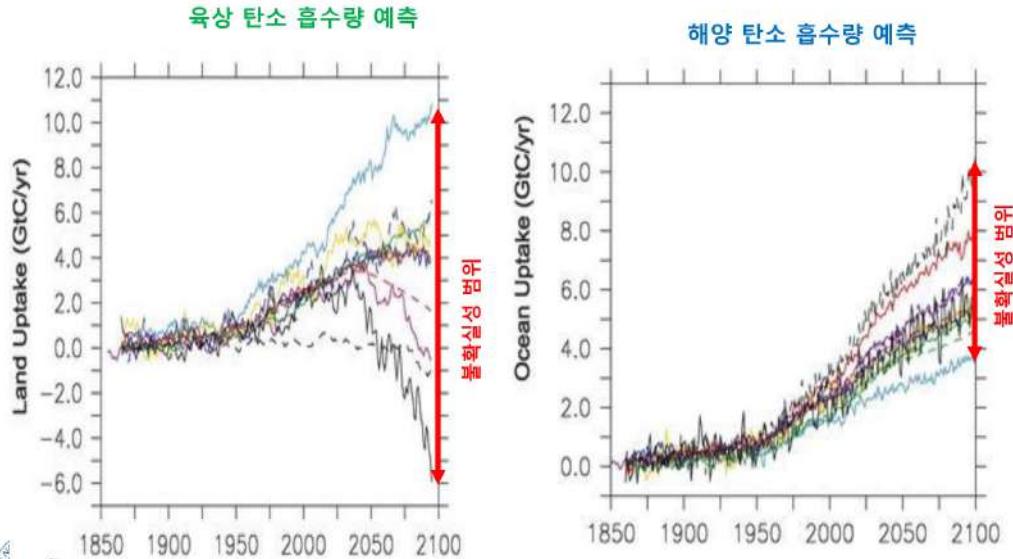
11





## II : 지구 탄소 흡수량의 불확실한 미래

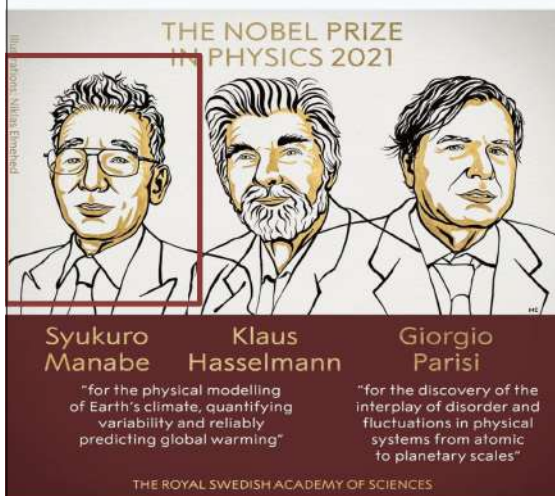
- 지구 시스템의 탄소 흡수량 예측 값은 매우 큰 편차를 보임: 육상 및 해양 탄소 흡수량이 미래 기후 변화에 따라 증가할 것으로 예측하고 있음, 그러나, 미래 증가량이 모형에 따라 4배 이상의 차이를 보임. IPCC 권고에 따라 육상습지, 해안습지에서 온실기체 흡수배출량 산정, 모델링에서 탄소순환 필수, 블루카본효과



12

Friedlingstein et al. (2006)

## III: 기초과학의 역할이 중요: 2021 노벨물리학 수상자들은 기후변화 및 복합적인 기후시스템 발전의 정량적 예측 가능성을 보이려는 노력을 함 (5 Oct 2021)



### 수십년 간 기후과학의 두 혁신적 도약

- Arrhenius' problem: 복사량의 정량화
- 연직 대류에 의한 열수송의 수학적 간소화

(지표온도 = 복사, 수평, 연직, 기타, 온실기체)

$$\bar{T}_{sfc} = f(R, H, V, O, C)$$



(지표온도 = 복사, 연직대류, 2배 온실기체)

$$\bar{T}_{sfc} = f(R, \tilde{V}; C = 2)$$

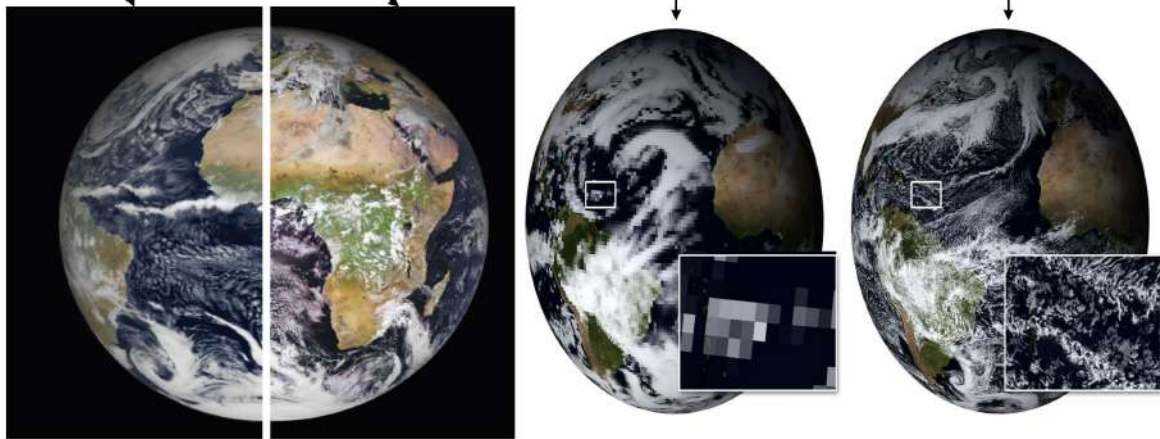
13

### III : 지구시스템 디지털트윈 시뮬레이션 및 고분해능 모델링 가능해야

(좌)탄소중립실현에 필요: 지구기후모의 (Voosen, Science 2020)

(우) 탄소량의 국지적 흡수원 고려 및 상세재생에너지원 제공을 위하여 고분해능 구름모의 가능해야

1-km ECMWF (모형) VS EUMETSAT (위성) 구름모의, MPI-ESM HR 모형 (80km) ICON R2B10 모형 (2.5km)

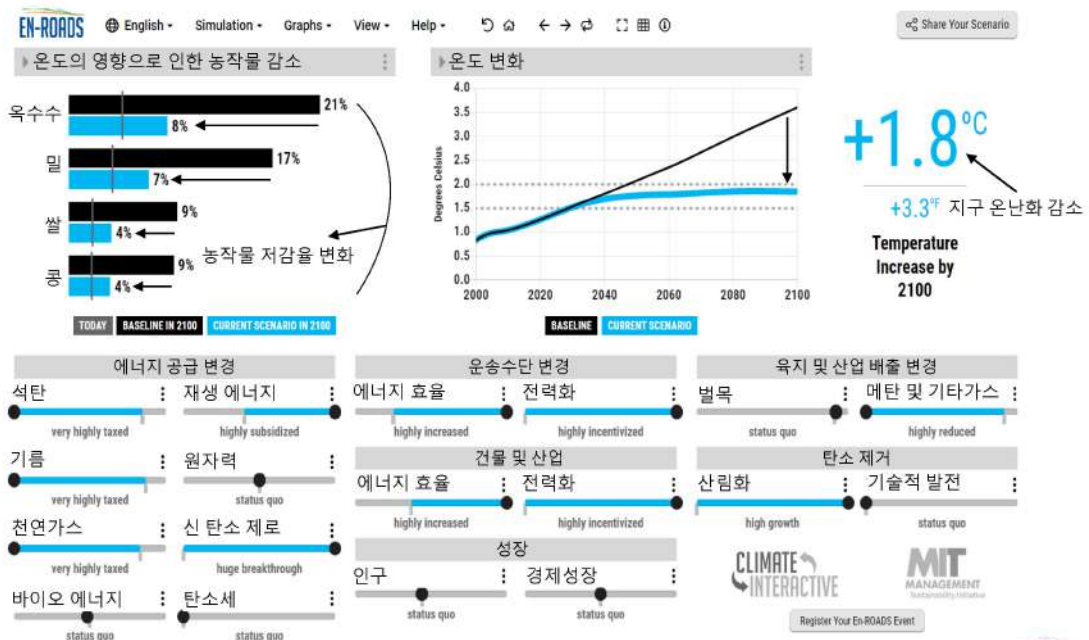


엑사 스케일의 슈퍼컴 계산으로 수 km 시뮬레이션 가능



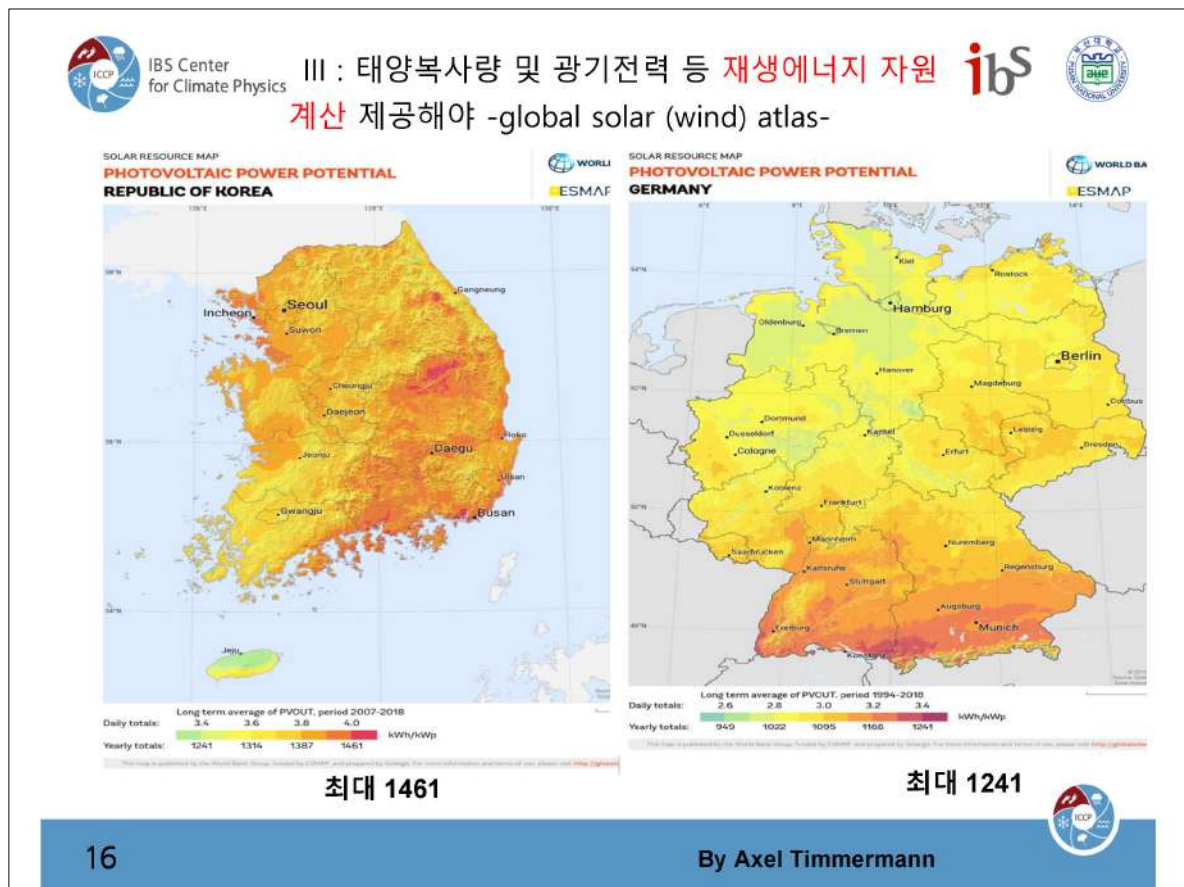
14


### III : 탄소-경제모형: 탄소중립의 요소들 실현하여 기후변화대처로 식량위기 감소 계산(MIT지속경영) (다양한 에너지 공급방법 개선을 통하여 기후위기 극복과 식량생산량 유지 및 에너지비용 절감)



15









IBS Center  
for Climate Physics

### III . 기후변화 대응 전략에서의 기초과학의 역할

**기후변화  
정량적 이해 도모**

- 스마트기술로 저탄소 사회를 위한 과학적 자료제공
- 기후변화 시나리오에 대한 기후위기 자료와 비용제시
- 기후모델링 불확실성 저감 및 고분해능으로 디지털 트윈 추구


**기후변화과학-  
기술연계**

- 고성능 컴퓨팅 계산
- 디지털 트윈-경제-산업 연계 과학기술
- 과학기반 에너지 사용량 저감기술
- 신재생 에너지 원천 자료 제공을 위한 기초과학의 역할 확대

**재생 E 원천자료 제공**

- 기후위기 및 기후변화 정량적 과학적 자료 제공
- 탄소 흡수원 조성에 따른 생태계 영향 예측
- 산림, 갯벌, 습지 등 자연 생태의 탄소 흡수 기능에 대한 자료제공

17



## 주제발표 3 에너지 대전환 시대와 기초과학



윤 의 준

한국에너지공과대학교 총장

제206회 한림원탁토론회  
한국과학기술한림원  
2022년 12월 1일

## 에너지 대전환 시대와 기초과학

윤의준  
한국에너지공과대학교

## 전세계적 에너지 위기

- 우크라이나 전쟁
- 한국 전기 도매가격 SMP (System Marginal Price) 의 2021년 1월 대비 4배 증가 (258 KRW/kWh 2022년 10월)
- 에너지 안보는 국가 안보와 직결
- 탄소중립 2050 선언
  - 2018년 대비 2030년 30% 감축
  - 2050년 Net Zero 달성



KENTECH  
Korea Institute of Energy Technology

2

## 한국의 에너지 수입 상황

- 지난 5년 간 평균 93.7% 해외 수입
- 한국 전체 수입 금액의 ~20% 를 에너지 수입으로 지출
- 세계 4위 원유 수입국 (6.5%, 2021년, 67B USD)
- 반도체 매출로 얻은 수입을 거의 전량 에너지 수입에 지출



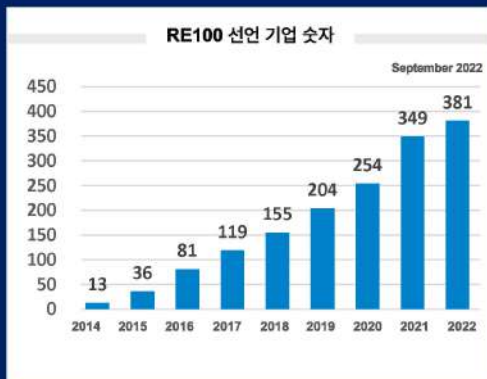
Source: Yearbook of energy statistics, 2021, KEEI

KENTECH  
Korea Institute of Energy Technology

3

## RE100 : 새로운 무역 장벽, 새로운 국제규범

- RE100 : 기업의 생산에 필요한 에너지를 모두 재생에너지로 충당
- 탄소중립, ESG 경영
- 삼성전자 RE100 선언 (2022년 9월)
- 현재 생산되는 재생에너지는 전기 다소비 11개 기업을 충당하지 못함



Source : Re100, Eugene Investment Co., LTD

한국 11대 기업의 전력소모량

회사명	전력 사용량 (GWh)	RE100 선언 연도
Samsung Electronics	18,412	2022
SK Hynix	9,209	2020
Hyundai Steel	7,038	X
Samsung Display	6,781	X
LG Display	6,225	X
S-Oil	4,038	X
LG Chem	3,866	2020 예상
POSCO	3,757	X
Hanju	3,126	X
Korea Railroad Corp.	2,899	X

현재 생산 43,096  
필요량 65,351

Source : Korea JoongAng Daily 'Korea facing net-zero stampede as Samsung Electronics signs on'

KENTECH  
Korea Institute of Energy Technology

4

## 제10차 전력수급 기본계획 (2022~2036)

- 전기 사용량 2022 년 114.8 GW 에서 143.6 GW 로 25% 증가
- 탄소중립 달성을 위한 지속적인 전기화 (예, 전기자동차)
- 원자력 발전은 증가하나 비중은 약간 증가
- 석탄 발전 감축 (32.8%에서 18.9%)
- 재생에너지 비중 확대 (4.7% 에서 9.7%)

KENTECH  
Korea Institute of Energy Technology

5



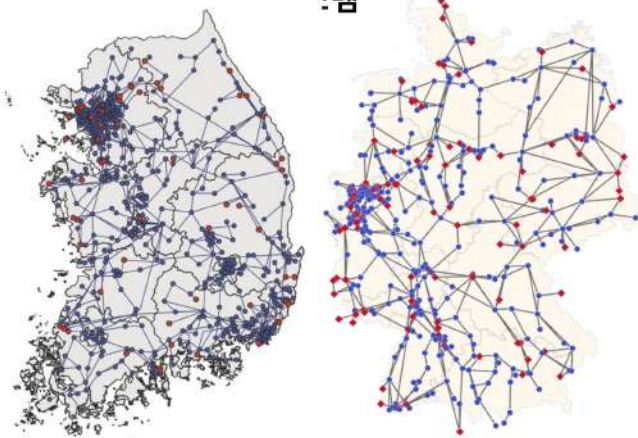


## 에너지 위기 극복을 위한 기초과학 연구 사례

- 미래 전력망 설계 연구
- 연료전지 전극 연구
- 수소생산 용 촉매 연구
- 인공광합성
- 바이오매스

## 점점 복잡해지는 전력망, 기초과학으로 통제한다.

“지구상에 존재하는 가장  
복잡하고 커다란 공학  
시스템”



[한국과 독일 전력망의 네트워크 구조]

Source:  
Kim, D.-H. et al. Power and Energy Society General Meeting, 2008 IEEE, 2008  
Kim, H. New J. Phys. 23, 063029 (2021).

**KENTECH**  
Korea Institute of Energy Technology

### 전력망이란?

전기에너지 공급을 위해  
발전소부터 집까지 이어진  
거대한 전선의 연결망

통계물리, 복잡계과학에서  
전력망의 연결 구조를 바탕으로  
에너지시스템의 안정성을  
저해하는 근본 원리를 분석한다!

8

## 2003년 미국 북동부의 대정전



**KENTECH**  
Korea Institute of Energy Technology

Source: America Revealed Episode 3, Electric Nation, PBS (2021).

9



## 교통 정체를 해소하기 위해 도로를 없앤다?



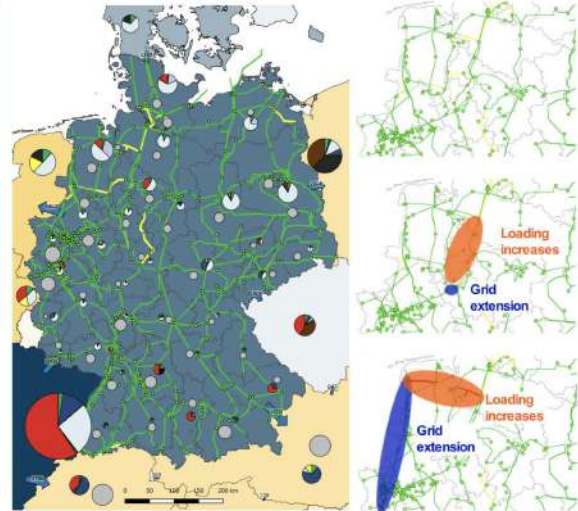
도로망, 차량 통행 → 네트워크 분석

“청계고가도로 폐쇄 1주일, 서울시내 교통 움직임이 달라지기 시작했다. 교통 혼잡을 우려한 시민들이 출근시간을 앞당기고, 퇴근시간을 늦추면서 전체적으로 교통 분산 효과가 발생하고 있다.”

-중앙일보 2003.7.7

복잡계물리학과 네트워크분석을 바탕으로 사회 인프라 (도로, 송전망, 철도 등) 개선에 활용!

KENTECH  
Korea Institute of Energy Technology

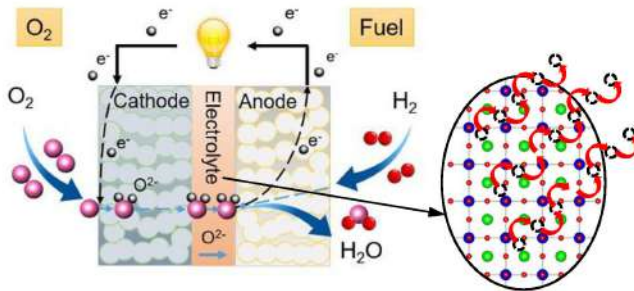


Source: Schäfer, B. et al. Nat Commun 13, 5396 (2022).

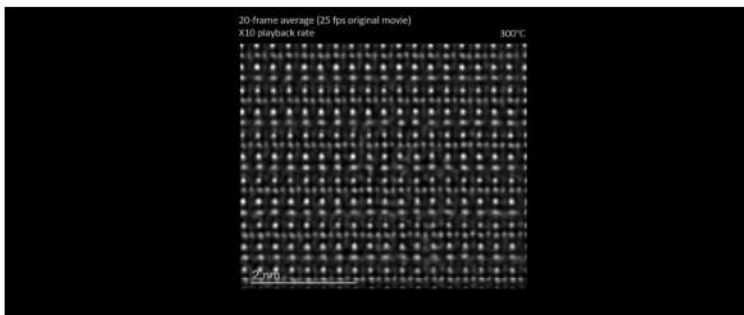
[독일 전력망의 브래스 역설 분석]

10

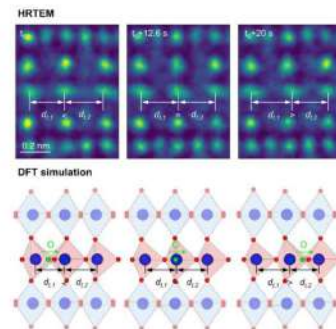
## 경량원소 (수소, 리튬, 산소)의 움직임을 직접 관찰



- 연료전지에서 산소의 빠른 확산이 가능한 전극, 전해질이 개발이 요구됨.
- 양자물리에 기반한 원자단위 계산으로 산소 이온의 확산 경로 예측.
- 고체연료전지가 작동하는 환경을 TEM 조성하여 산소이온의 움직임을 실시간 (0.01초)으로 피코미터 정밀도 (4 pm)로 관찰하여 메커니즘을 규명함.

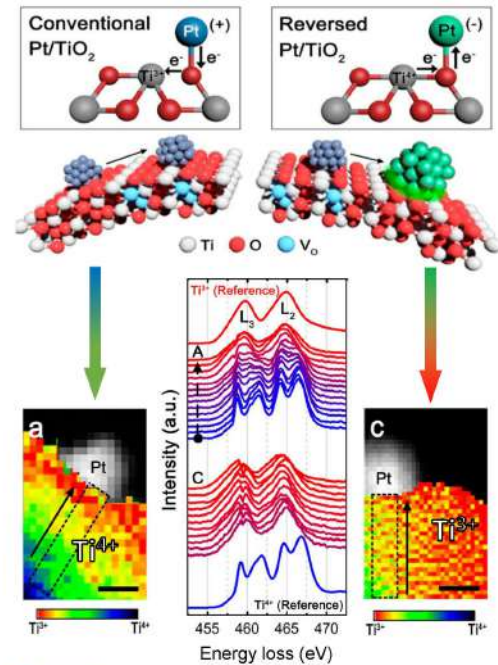


KENTECH  
Korea Institute of Energy Technology

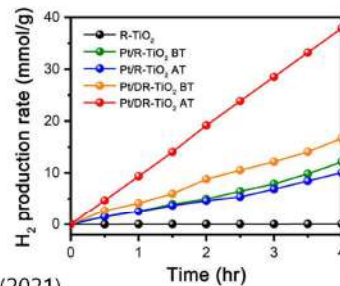


Matter 5, 1 (2022) 11

## 금속나노입자 촉매의 가전자 상태 제어 및 원자분해능 분석



- 산화물 지지막과 금속 나노입자의 이중구조로 이루어진 촉매는 다양한 분야에서 활용됨.
- 촉매 특성은 금속 나노입자의 크기, 형상, 결정면에 의해 영향을 받지만, **가장 중요한 특성은 표면원자의 가전자 상태임**. 산화물과 금속 나노입자 사이의 레독스 포텐셜에 의한 산화, 환원 전기화학 반응으로 가전자 상태가 결정됨.
- 화학이론에 기반하여 두 물질의 레독스 포텐셜을 설계하고 이에 따른 전자의 흐름과 원자의 가전자상태의 변화를 고분해능 STEM EELS로 분석하여 촉매 특성 (수소생산)을 향상시킬 수 있음.

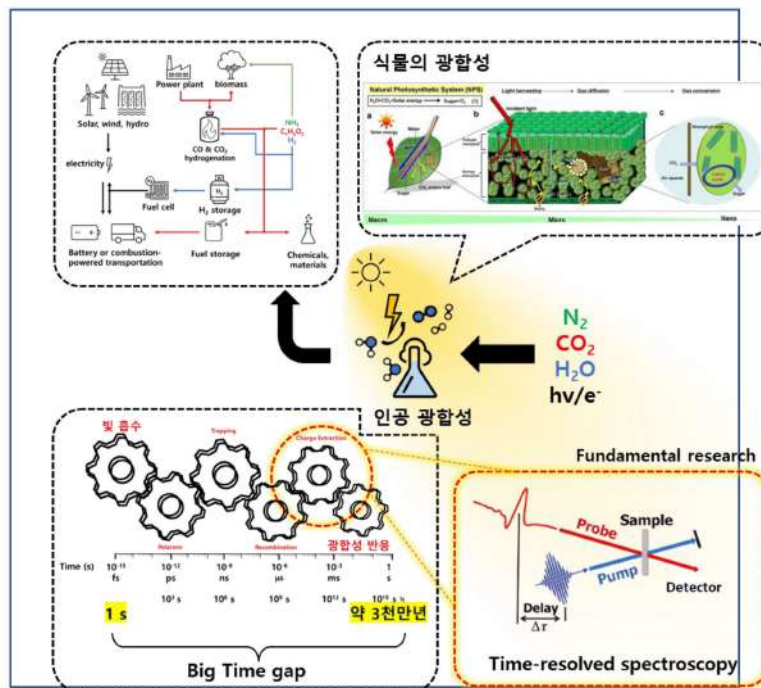


KENTECH

Nano Letters 21, 5247 (2021)

12

## 인공광합성과 시분해 분광연구

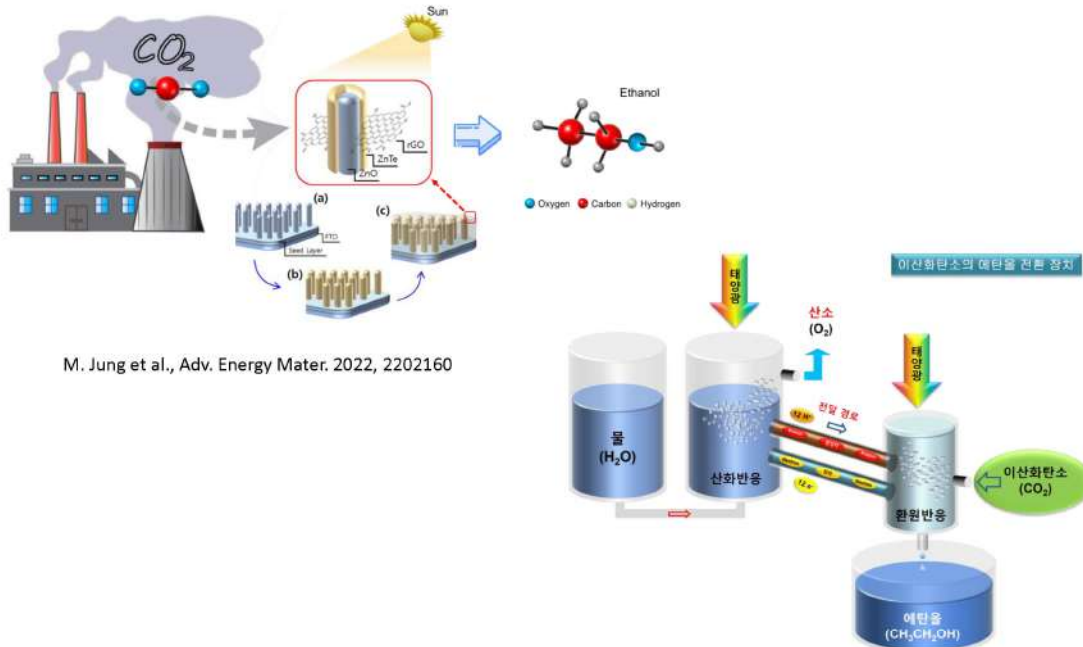


KENTECH

13



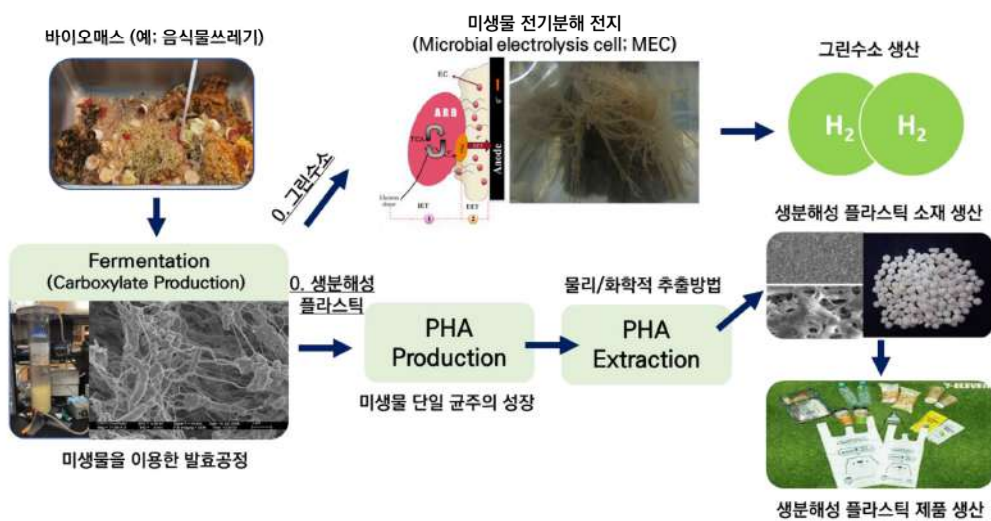
## 인공광합성으로 에탄올 합성 연구



KENTECH  
Korea Institute of Energy Technology

14

## 미생물을 이용한 그린수소, 생분해성 플라스틱 소재 생산



미생물학, 유전자 편집, 유전공학

KENTECH  
Korea Institute of Energy Technology

15

## 결론

- 2050년 탄소중립 실현과 에너지 대전환 달성을 위해 혁신이 필요함
- 이를 위해 물리, 화학, 수학, 생물학 등의 기초과학의 발전은 물론 이를 활용한 새로운 기술개발이 필요함.
- 에너지 문제 해결을 위한 젊은 세대의 도전정신이 절실히 필요함.

# II

## 토론

좌 장 : **이철의** 고려대학교 물리학과 명예교수

지정토론 1 • **윤경병** 서강대학교 화학과 로올라 석학교수

지정토론 2 • **선양국** 한양대학교 에너지공학과 교수

지정토론 3 • **윤제용** 서울대학교 화학생물공학부 교수

지정토론 4 • **이은정** KBS 과학전문기자

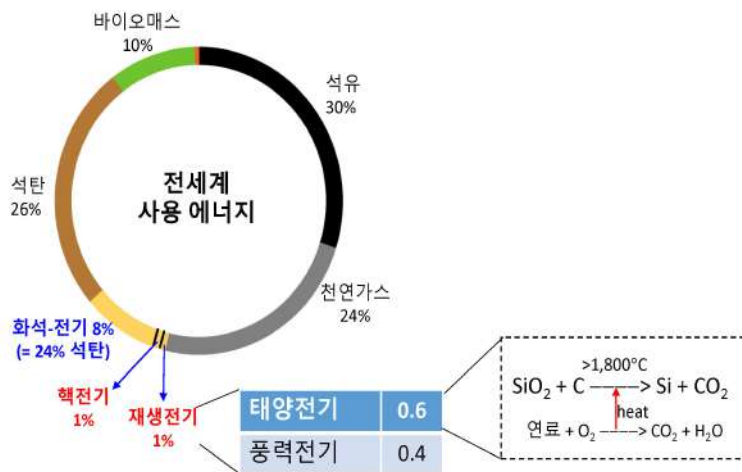
## 지정토론 1



**윤 경 병**

서강대학교 화학과 로올라 석학교수

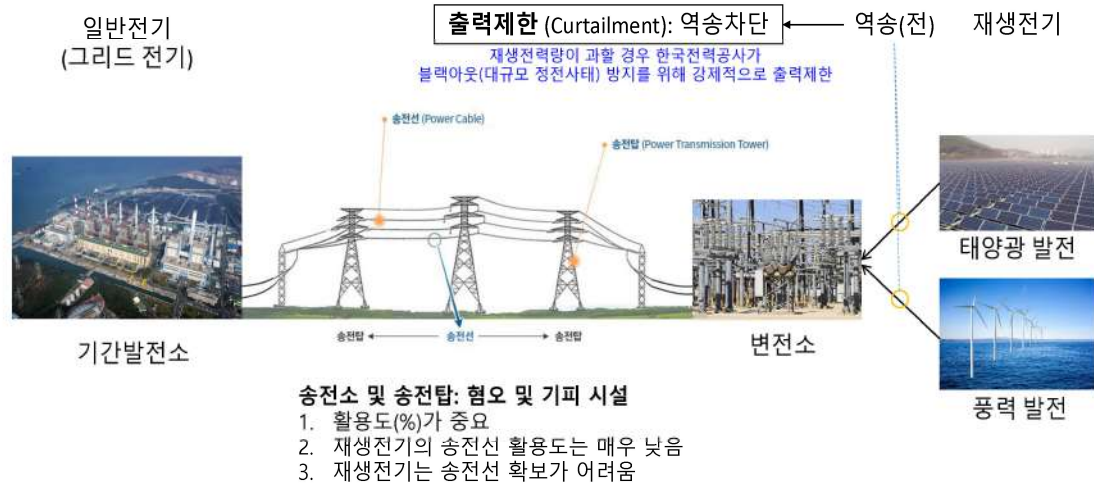
<http://www.todayenergy.kr/news/articleView.html?idxno=215676&lang=>



## 기후변화를 늦추기 위한 화학분야 다양한 연구들

Field	상용화	Method	Products	STE (%)	Sep. Cost	Commercial impact
태양전지	진행중	Si Solar Cells	e <sup>-</sup>	20-25		High
		Thin-Film Solar Cells	e <sup>-</sup>	10		Low
	불가능	Perovskite Solar Cells	e <sup>-</sup>	10		0
		Dye-Sensitized Solar Cells	e <sup>-</sup>	5		0
CO <sub>2</sub> 포집	소규모	습식: KOH-Ca(OH) <sub>2</sub> , R-NH <sub>2</sub> 건식: Porous Adsorbents				
CO <sub>2</sub> 활용	불가능	Photo + Renewable e <sup>-</sup> + CO <sub>2</sub>				
		CO <sub>2</sub> + 재생전기				
		CO <sub>2</sub> + 그린수소				
		바이오 CO <sub>2</sub> to fuel				
		원유생산증진				
그린수소	소규모	물 + 재생전기				
	불가능	태양광 나노촉매				
		태양열 물분해				
분자광촉매	불가능					

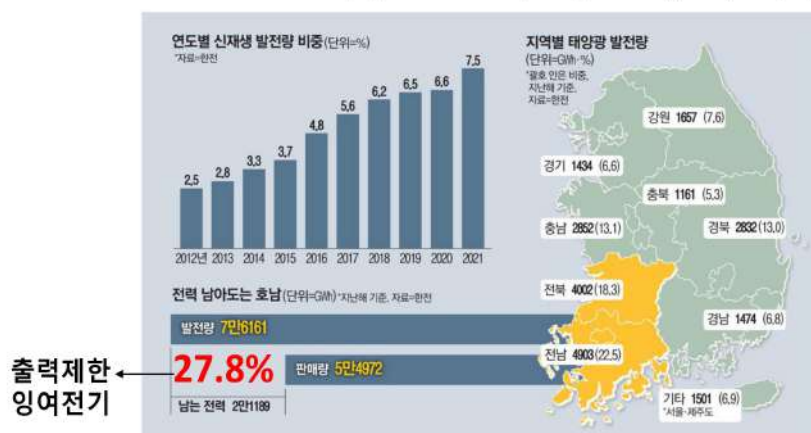
## 재생전기-송전선-발전소 관계



## 국내 출력제한 현황-1

기업 적은 호남에 태양광 '왕창'...전기 남아 발전소 멈출 판

<https://www.mk.co.kr/news/economy/view/2022/04/379660/>







## 제8에너지 소스를 찾아야: 기초과학만 할 수 있는 긴급한 분야

## Available Energy Sources

	Sources of Energy		Environmetal	Restrictions	Op. h/d
지구온난화 방지 불가능	1 화합물 (Fossil Fuel)	Limited	XXXXXXXXXX		
	2 핵분열	Limited	XXXX		
	3 태양	Unlimited	XXXX	Large area	3.5 h
	4 수력	Limited	XX	River	
	5 풍력	Unlimited	XX	Windy area	7.0 h
	6 조력	Unlimited		Sea side	Not commercialized yet
	7 지열	Unlimited		Volcanic	
	8 제8에너지 소스	Unlimited	OOOOOOOOOO	Ubiquitous	24 h

기초과학의 맨하튼 프로젝트

## 지정토론 2



**선 양 국**

한양대학교 에너지공학과 교수

## 1. 이동수단 (transportation); - 에너지: 30%

- CO2 배출량; 전체의 30%

## 2. 에너지 효율 극대화를 통해 에너지 및 환경문제 (CO2 배출량) 해결

- 전기차의 대중화 : 배터리가 전기차 가격의 약 50% 차지
- 새로운 배터리 개발에 40-90년 정도 시간 걸림 (과거 2차전지 개발사에 근거)
- 고에너지밀도 배터리를 개발키 위해서는 우수한 성능의 소재 (양극재, 음극재, 전해질)나 고에너지밀도를 갖는 차세대 전지시스템 개발이 필요
- 기초연구 및 고도분석기술 필요  
(참고로 미국의 경우, 각 국가 연구소마다 가장 좋은 분석 장비를 갖추고 있어 새로운 물질이나 시스템의 원리와 구동메카니즘 정확히 분석하여 새로운 물질 개발에 큰 역할을 함; 우리나라에서 개발된 신 물질을 외국에 의뢰하는 경우, 원천기술과 노하우 유출 가능성이 높음)

## 3. 배터리개발에 필요한 신소재나 차세대 시스템을 개발하기 위해서는 다음과 같은 기초 연구가 필요

- 1) 고도분석 기기
- 2) 고도 계산법
- 3) 새로운 합성기술



## 지정토론 3



**윤 제 용**

서울대학교 화학생물공학부 교수

## (1) 대전환의 시대 - 기후위기와 4차 산업혁명

## (2) 지속가능한 발전 vs 지속가능하지 않은 발전 (에너지와 기후변화 위기) - 기초과학의 역할

기후위기의 복잡성 - 기후위기를 성격을 규명하고 정량적 이해에 기여 (IPCC), 기후시스템적 관측과 모델링 (하경자 교수)

인류의 풍요: 산업혁명이후 값싼 화석연료(화석연료 사용 기술)를 사용, 온실가스의 증가, 기후위기의 초래, 인류 문명이 봉착한 기술적 난제를 해결하기 위한 기초과학의 중요성 (윤의준 총장)

미래의 기초과학 - 병들어 가는 자연을 살려서 지속가능성을 회복하는 역할, 핵융합 에너지의 강조 (유석재 원장)

지구적 기후 에너지 문제를 이해하고 해결하는데 기초과학의 역할(과학기술적 이해)이 중요하다는 데에 공감

- 기후 에너지 위기(과학)의 이해, 탄소중립(전환의 과학기술적 기반에 대한)이해, 탄소중립 전환 기술의 필요

## 기후에너지 문제(지속가능 발전)을 위한 기초과학의 역할에 대한 논점의 정리 필요

- 기후에너지 문제 해결(지속가능한 발전)에 기초과학이 필요하다 (그런데 기초과학은 위기이다). 기초과학의 역할에 대한 일반적 인식 ; 더 나은 이해, 기술진보의 기반, 과학기술인력양성 대중의 과학 이해 및 참여 거버넌스 증진에 도움  
기초과학은 순수 과학(?)을 바탕으로 미래 기술의 밑거름을 제공  
기초학문은 기술산업 선도를 위해 필요/중요
- 기초과학이 우리 사회에서 지속가능한 발전을 위해 어떤 역할을 하고 있는가?
- 기초과학의 제도 & 교육 및 연구 활동은 바람직한가?  
기초과학의 인프라는 무엇인가? 대학, 출연기관 연구소, 초중고 교육 기관 등
- 기초과학은 매우 중요한데 제대로 지원을 못받고 있다 왜냐하면 국민들이 이해를 못하고 있어서.  
국가 기초과학 지원 시스템의 이해 필요  
국민들의 이해는 매우 중요 - 시민사회, 시민교육, 세계시민, 국제협력, 국제원조 등 예)  
탄소중립전환에 대한 호의적인 여론, 전기요금 인상 등에 대해서는 부정적인 입장  
무슨 기초과학의 지원이 필요한가? 과학기술계(기초과학계는 물론)의 의견과 이해의 충돌의 조정
- 국민들이 이해를 하지 못하는 것인지 아니면 지금의 기초과학의 존재 형태에 보다 개선된 방안이 필요한 것인지?
- 지식인을 포함한 사회 지도층의 기초과학(? , 과학기술)에 대한 이해 수준 - 우리 사회의 수준을 반영 (예, 유발하라리의 호모사피엔스 등의 저작, 역사학자의 기초과학에 대한 이해 수준)

## (3) 기초과학의 정의? 기초연구와의 혼란! 순수 기초와 목적 기초?

예) 기초연구진흥 및 기술개발지원에관한 법률(2020), 기초과학; 자연현상에 대한 탐구 자체를 목적으로 하며, 공학·의학·농학 등의 밑바탕이 되는 기초 원리와 이론에 관한 학문을 말한다

#### (4) 국가 과학기술 예산의 성격과 예산 규모의 확대

R&D 규모 (30조), 국민 여론 - 노벨상에 대한 기대

공학 vs 기초과학 - 연구비의 배분

성과와 평가의 문제, 기초연구비의 확대 - (지난 정부) 1.2조원에서 2.5조원으로 확대(단, 상기 기초연구비에는 기초과학, 공학, 의약학, 농수산학, ICT, 융합 등에 대한 지원을 모두 포함하고 있음)/ 성과에 대한 평가

#### (5) 대한민국 과학기술 생태계(특히 기초과학 생태계의 위기)의 위기

자연과학 대학의 현실 - 위기, 지역 위기 (수도권 집중?)

국내의 이공계 현실 - SKY, IST 대학, 수도권 대학, 지방 국립대, 지방 사립대

기초연구비의 확대 - 성과와 휴유증, 대학원의 위기

#### 기초과학 역할강화를 위한 방향

#### (6) 정확한 진단이 필요 - (교육)제도의 문제, 재정적 지원의 문제, 연구비의 문제, 지역 균형의 문제 등

오늘 발표자 분들의 주요 논지는 에너지 기후위기 이해와 해결에 기초과학(특정부분?)이 중요하다 (따라서 지원해 달라?)

많은 기초과학자 분들은 - 지원은 하되 간섭을 말아달라

정책 결정자는 물론 국민도 상당한 혼란이 존재

#### (7) 자연과학대학을 포함한 이공계의 자구적인 노력이 필요

기초과학계의 공감대를 확장할 필요가 있음

다양한 전공을 갖는 기초과학자들의 의견이 다양함 - 주로 연구비 지원에 집중

물리, 화학, 생물 등 기초과학 분야 연구, 물고기, 새, 토양, 자연 생태계를 연구하는 환경과학 분야, 사범 대학의 기초과학분야과의 통합 문제

#### (8) 기초과학의 역할에 대한 국민과의 소통이 중요

정확한 방향성을 가지고 꾸준하고 지속적인 노력이 필요

기초과학 분야와 인문 사회과학 분야와의 소통 강화

시민과 함께하고 시민을 위하는 과학

과학기술 혁신에 시민 참여

전통적인 학제기반 접근에서 문제 중심의 기초과학교육 시도

## 연구개발은 기초연구 응용연구 개발연구로 나뉜다.

**기초연구**는 어떤 특수한 응용이나 사용 계획 없이 현상들이나 관찰 가능한 사실들의 근본 원리에 대한 새로운 지식을 얻기 위해 행해진 실험적 또는 이론적 작업을 의미한다

**기초연구**는 순수 기초연구와 목적 기초연구로 나눌 수 있다.

**순수 기초연구**는 경제사회적 편익을 추구하거나 연구결과를 실제 문제에 적용하거나 또는 연구 결과의 응용을 위한 관련 부문으로의 이전 없이 지식의 진보를 위해서만 수행되는 연구를 말한다.

**목적 기초연구**는 이미 알려졌거나 예상되는 현재 또는 미래의 문제와 가능성에 있어 그 해결책의 기초가 되는 광범위한 지식기반의 마련을 위해 수행되는 연구를 의미한다.

**응용연구**는 새로운 지식을 얻기 위해 수행된 독창적 탐구이지만 주로 특정 목표나 목적에 초점을 두고 있는 작업을 의미한다

**개발연구**는 새로운 제품 또는 프로세스의 생산이나 기존 제품과 프로세스의 개선을 위해 연구와 실제적 경험으로부터 얻어지지 지식을 이용하거나 추가지식을 생산하는 체계적인 작업을 의미한다.

(프라스카티 매뉴얼 2015) 연구개발 자료수집과 보고에 관한 지침 (OECD에서의 정의)



## 지정토론 4



**이 은 정**  
KBS 과학전문기자

기초과학은 응용과학과 달리 연구 결과가 바로 실생활에 연결되지는 않는 경향이 있다. 이에 따라 기초과학의 역할과 연구 성과를 일반인들에게 설명하기 어려운 부분이 있는 것도 사실이다. 그럼에도 기초과학이 발전하지 않는다면 기후 위기를 극복하기 위한 해법이 나오지 않는다는 것에 동의한다. 과거 ‘지구 온난화’라고 부르던 용어가 지금은 ‘기후 변화’(Climate Change), ‘기후 위기’(Climate Crisis)를 넘어 최근에는 ‘기후 지옥’(Climate Hell)이라는 용어까지 나왔다. 이집트에서 열린 COP27에서 안토니오 구테흐스 UN 사무총장이 직접 “기후 지옥으로 가는 고속도로에서 가속 페달을 밟고 있다”고 경고한 바 있다.

1990년대 지구 온난화가 처음으로 국제적인 이슈로 떠오르던 시절, “지구 온난화의 주범이 이산화탄소가 아닌데 과학자들이 이를 극대화했다”는 음모론이 있었다. 지금에 와서 돌이켜보면 이산화탄소는 온실가스의 중요한 축을 담당하는 것이 사실인데 무의미한 논쟁이라 할 수 있다. 에너지와 기후위기에 대한 부분은 미디어의 역할이 중요하고, 미디어에 정확한 데이터를 제공하여 대중들을 설득시키는 일이 대단히 중요하다고 하겠다. 기초과학을 통해 지구환경에 대한 데이터를 차곡차곡 쌓아야 이러한 논란에 과학적으로 대처할 수 있을 것으로 보인다. 에너지와 기후 위기 문제는 국민들이 얼마나 위기를 느끼느냐에 따라 우리 사회의 에너지가 모일 수 있을 것이므로 먼저 대중들에 대한 정확한 설명과 홍보가 필요한 것이다.

두 번째로 기초과학 중에서도 분야별로 섹터를 나누어 이것이 기후위기, 에너지 문제와 어떻게 연결되는지, 어느 부분에서 해법을 낼 수 있는지 연관시켜 설명할 수 있으면 좋겠다. 물리, 화학, 지구과학, 생명과학, 수학과 통계 등 다양한 분야가 기후위기 해법을 위해 필요하다. 과학기술자문회의가 내놓은 “2023년도 국가연구개발 투자방향 및 기준(안)”을 보면 2023년도 중점 투자 방향으로 4대 분야 9대 중점투자방향을 내놓았으나 에너지와 기후위기 분야는 이에 포함되어 있지 않다. 우리나라가 국가적으로 추진하는 중점 투자 방향에 빠져있다는 것은 아직도 우리 사회가 그 중요성을 인지하지 못하고 있음을 반영한다.

세 번째는 전체 기초과학의 예산에서 에너지와 기후위기 해법과 관련한 예산을 얼마나 사용하고 있는지 통계 조사가 필요할 것으로 보인다. 에너지와 기후 위기 분야는 다른 분야와는 달리 과학자 개인의 노력으로 해결하기는 힘든 광범위한 문제다. 과학계 내부에서 여러 학문 분야가 함께 공동 목표를 설정하고 연구를 함께 해야 하며 연구 과정이나 결과를 사회와 공유하기 위해 인문사회학자들과의 공동연구도 시도해야 할 것이다.

## 한림원탁토론회는...



한림원탁토론회는 국가 과학기술의 장기적인 비전과 발전전략을 세우고, 동시에 과학기술 현안문제에 대한 해결방안을 모색하기 위한 목적으로 개최되고 있는 한림원의 대표적인 정책토론 행사입니다.

지난 1996년 처음 개최된 이래 지금까지 200여회에 걸쳐 초·중·등 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.

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

■ 한림원탁토론회 개최실적 (2020년 ~ 2022년) ■

회차	일 자	주 제	발제자
145	2020. 2. 5.	신종 코로나바이러스 감염증 대처방안	정용석, 이재갑, 이종구
146	2020. 3. 12.	코로나바이러스감염증-19의 중간점검 - 과학기술적 관점에서 -	김호근
147	2020. 4. 3.	COVID-19 팬데믹 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, 박 진
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
156	2020. 5. 28.	지역소재 대학 다 죽어간다	이성준, 박복재
157	2020. 6. 17.	코로나 이후 환경변화 대응 과학기술 정책포럼	장덕진, 임요업
158	2020. 6. 19.	대구·경북에서 COVID-19 경험과 이를 바탕으로 한 대응방안	김신우, 신경철, 이재태, 이경수, 조치흠
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



회차	일 자	주 제	발제자
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
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, 홍석경, 공인식

회차	일 자	주 제	발제자
182	2021. 2. 19.	세계대학평가 기관들의 객관성 분석과 국내대학을 위한 제언	이준영, 김 현, 박준원
183	2021. 4. 2.	인공지능 시대의 인재 양성	오혜연, 서정연
184	2021. 4. 7.	탄소중립 2050 구현을 위한 과학기술 도전 및 제언	박진호, 정병기, 윤제용
185	2021. 4. 15.	출연연구기관의 현재와 미래	임혜숙, 김명준, 윤석진
186	2021. 4. 30.	메타버스(Metaverse), 새로운 가상 융합 플랫폼의 미래가치	우운택, 양준영
187	2021. 5. 27.	원격의료: 현재와 미래	정 용, 최형식
188	2021. 6. 17.	배양육, 미래의 먹거리일까?	조철훈, 배호재
189	2021. 6. 30.	외국인 연구인력 지원 및 개선방안	이한진, 이동현, 버나드 에거
190	2021. 7. 6.	국내 대학 연구 경쟁력의 현재와 미래	이현숙, 민정준, 윤봉준
191	2021. 7. 16.	아이들의 미래, 2022 교육과정 개정에 부처 : 정보교육 없는 디지털 대전환 가능한가?	유기홍, 오세정, 이광형
192	2021. 10. 15.	자율주행을 넘어 생각하는 자동차로	조민수, 서창호, 조기춘
193	2021. 12. 13.	인간의 뇌를 담은 미래 반도체 뉴로모픽칩	윤태식, 최창환, 박진홍
194	2022. 1. 25.	거대한 생태계, 마이크로바이옴 연구의 미래	이세훈, 이주훈, 이성근
195	2022. 2. 14.	양자컴퓨터의 전망과 도전: 우리는 무엇을 준비해야 할까?	이진형, 김도현
196	2022. 3. 10.	오미크론, 기존 바이러스와 무엇이 다르고 어떻게 대응할 것인가?	김남중, 김재경
197	2022. 4. 29.	과학기술 주도 성장: 무엇을 해야 할 것인가?	송재용, 김원준
198	2022. 6. 2.	더 이상 자연재난은 없다: 자연-기술 복합재난에 대한 이해와 대비	홍성욱, 이호영, 이강근, 고상백
199	2022. 6. 17.	K-푸드의 가치와 비전	권대영, 채수완
200	2022. 6. 29.	벤자민 버튼의 시간, 노화의 비밀을 넘어 역노화에 도전	이승재, 강찬희

회차	일 자	주 제	발제자
201	2022. 9. 26.	신약개발의 새로운 패러다임	김성훈, 최 선, 김규원
202	2022. 9. 29.	우리는 왜, 어떻게 우주로 가야 하는가?	문홍규, 이창진
203	2022. 10. 12.	공학과 헬스케어의 만남 - AI가 여는 100세 건강	황 희, 백점기
204	2022. 10. 21.	과학기술과 사회 정의	박범순, 정상조, 류석영, 김승섭
205	2022. 11. 18.	지속 가능한 성장과 가치 혁신을 위한 수학의 역할	박태성, 백민경, 황형주



제206회 한림원탁토론회

## 에너지와 기후변화 위기 극복을 위한 기초과학의 역할

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

행사문의

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