

2021년 동북권지역 에너지 전환가

2021년 10월 1일 ~ 10월 31일

10월 1일부터 10월 31일까지

## 2021년 에너지전환 실천가 양성교육(온라인)

광주녹색환경지원센터 온라인교육플랫폼(<http://edu.gigec.or.kr/>)

2021. 10. 01. ~ 10. 31.

 광주녹색환경지원센터











**2021년  
에너지전환 실천가 양성교육(온라인)**



광주녹색환경지원센터 온라인교육플랫폼(<http://edu.gigec.or.kr/>)

2021. 10. 01. ~ 10. 31.



**광주녹색환경지원센터**





기후위기 대응 탄소중립을 위한

# 2021 에너지전환 실천가 양성교육

에너지 이용에 따른 기후변화와 기후 위기에 대한 이해를 높여 지속 가능한 에너지 전환 실천 역량 강화와 탄소중립·저탄소사회 실현

대상: 시민 환경 활동가 및 자원봉사자 등 일반 시민

모집 기간: 2021. 9. 6. ~ 10.22.

교육 기간: 2021. 10. 1. ~ 10.31. <교육비:무료>, <접속엔진: 크롬, 엣지>

접수처: 광주녹색환경지원센터 온라인교육플랫폼 (<http://edu.gjgcec.or.kr>)

주관: 광주녹색환경지원센터 (문의: 환경교육팀 062-530-3992)

주최: 광주광역시, 환경부

교육신청



휴대폰으로 QR코드 스캔

1 교육 신청하기

광주녹색환경지원센터  
온라인환경교육센터

홈  강의리스트

번호	상태	강좌명	강좌수	등록일	관리
	<input checked="" type="checkbox"/>	교육명 확인	2		사이버 강의실 정보 상세보기 강의 신청하기

2 교육 수강하기

광주녹색환경지원센터  
온라인환경교육센터

홈  수강생 인증 시스템

[수강생 인증 바로가기 +](#)

온라인교육 참여방법:

강좌정보  강좌보기  공지  자료실  Q&A  과제  평가  수료증

## 교육 내용

에너지전환마을 디자인하기  
 에너지의 이해 태양광·풍력·바이오매스  
 에너지의 이해 수소 에너지와 연료전지  
 기후위기 극복을 위한 도시교통의 역할  
 기후위기사대, 에너지전환의 개념과 실제  
 지속 가능한 에너지전환 협동조합 실천사례  
 광주광역시 2045 탄소중립 정책 이해  
 탄소중립 실천 방안 찾기  
 국내외 에너지정책과 에너지전환



[HTTP://WWW.GJGCEC.OR.KR/](http://www.gjgcec.or.kr/)

## □ 목 차

	교육주제	강사(안)	페이지
1강	에너지전환마을 디자인하기	광주전환마을네트워크 박필순 공동대표	3
2강	에너지의 이해 - 태양광·풍력·바이오매스 에너지	전남대학교 윤양일 박사	47
3강	에너지의 이해 - 수소 에너지와 연료전지	전남대학교 윤양일 박사	103
4강	기후위기 극복을 위한 도시교통의 역할	광주도시철도공사 김형민 기획조정처장	145
5강	기후위기시대, 에너지전환의 개념과 실제	광주지속가능발전협의회 윤희철 사무총장	165
6강	지속가능한 에너지전환 실천사례	지역에너지전환네트워크 정은진 공동대표	207
7강	광주광역시 2045 탄소중립 정책 이해	국제기후환경센터 황철호 박사	219
8강	탄소중립 실천 방안 찾기	광주햇빛발전협동조합 김종필 사무국장	239
9강	국내외 에너지정책과 에너지전환	한국에너지전환사업단 구자상 상임대표	269

온라인교육 참여방법:

강좌정보 **강좌보기** **공지** **자료실** **Q&A** **과제** **평가** **수료증**

### - 주의사항 -

【 강좌보기 】 ⇒ 화면 오른쪽 동영상목록 선택

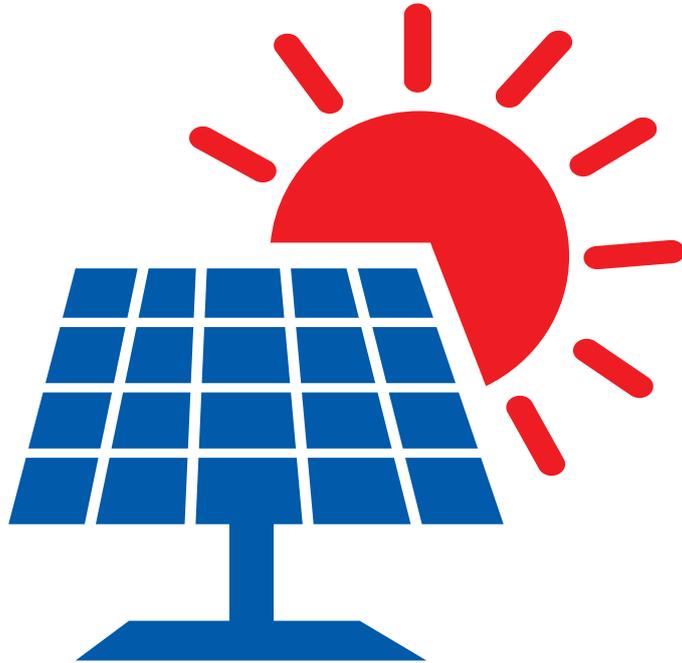
⇒ 수강하기(동영상은 남은시간 0:00 확인 완료 후 다음 강의로 이동)

【 자료실 】 ⇒ 교육 자료집 다운로드

【 평가 】 ⇒ 교육설문 참여

【 수료증 】 ⇒ 【 평가 】참여 이후 출력가능

# 에너지전환마을 디자인하기



광주전환마을네트워크  
박필순 공동대표



# 탄소중립 전환마을, 에너지전환마을 디자인하기

박필순  
광주전환마을네트워크 공동대표



## 기후위기, 이제 시작입니다.

2018년

2019년

2020년



## 2020년 대한민국 기후위기 비상선언과 탄소중립 선언



기후위기비상행동 비상선언  
2019년 9월 21일



226개 기초지방정부 기후위기비상선언  
2020년 6월 5일



17개 광역지자체 탄소중립지방정부실천연대  
2020년 7월 7일



17개 광역시도 교육청 기후위기 환경교육선언  
2020년 7월 9일



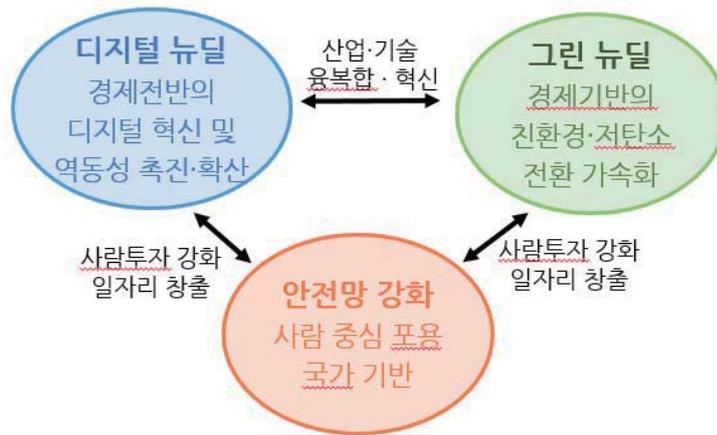
국회 기후위기비상선언 결의안  
2020년 9월 22일



문재인 대통령 2050년 탄소중립 선언  
2020년 10월 28일

### 우리나라의 기후변화 대응 정책

한국판 뉴딜 종합계획(2020년)



디지털 뉴딜	융복합	그린 뉴딜
①데이터 댐	④그린 스마트 스쿨	⑧그린 리모델링
②지능형 정부	⑤디지털 트윈	⑨그린 에너지
③스마트 의료 인프라	⑥국민안전 SOC 디지털화	⑩친환경 미래 모빌리티
	⑦스마트 그린산단	

< 한국판 뉴딜 종합계획 10대 대표 과제 >

※자료:한국판 뉴딜 종합계획(2020)

# 시민 주도 지역중심의 한국판 뉴딜

'지역과 함께하는 「지역균형 뉴딜」 추진방안' 발표 (10.13일, 제2차 한국판 뉴딜 전략회의)

▶ 한국판 뉴딜을 지역기반으로 확장 → 뉴딜 국민체감 ↑ + 지역경제 활성화 + 국가균형발전 도모



## 에너지분권과 에너지 민주주의 실현

■ 분산형 에너지 체계 전환 위해 기초자치단체 등 지방정부가 재생에너지 생산과 자립을 책임지는 형태의 에너지 분권 필요

■ 중앙정부 주도로 에너지정책 전반을 결정하는 하향식(Top-down)방법에서 지방정부와 지역주민이 해당 지역의 에너지체계를 결정해 국가에너지정책에 반영하는 상향식(Bottom-up) 방법을 보완하여 에너지 민주주의 실현

기후위기 시대,  
**에너지 민주주의와 그린뉴딜**  
더불어민주당 광주 광산구를 국회의원 민형배



# 2050년 우리는 어떤 사회에서 살고 싶은가?

녹색전환 공론장 #총론

## 어떤 사회로 어떻게 전환할 것인가?

2021.04.21.(수) 19:00-21:00

참여신청 및 온라인 회의실 링크  
녹색에너지 greenduck.kr 모집 게시판 참고

아래 QR코드로 홈페이지 이동



“오늘 녹색전환 공론장 5월 #참여로운 전환 6월 #에너지 전환”



**2050년 도봉구 미래상**

- 에너지**: 신재생에너지 보급 300MW (태양광 200MW, 풍력 30MW, 지열 20MW). 공공 태양광 50MW, 민간 태양광 200MW, 풍력 30MW, 지열 20MW.
- 폐기물**: 생활폐기물 감축 50%. 생활폐기물 직매입제(2041) 생활 자원회수선 11건, 리명업사이클플라자 조성.
- CO2 Zero**: 사람과 자연이 더불어 행복한 지속가능한 녹색도시, 도봉.
- 생활**: 온실가스 줄이기 1인 4톤. 환경아일랜드 참여, 예코에일리의 가일 100% CO2e, 승용차에일리의 가일 5만대, 1가구 1발전 도입, 배관다형(300W) 85,000가구, 주택형(1kW) 8,000개소.
- 교육**: 마실리레이터 양성 3만명. 지속가능한 '환경교육도시' 조성, 시민교육체로 '도봉환경교육센터' 운영, '도봉기후변화대응센터' 건립 추진.
- 건물**: 도봉구청사 전면 자립률 50%. 재보에너지빌딩 전환, Active@W 3: 30%정산, Pass@W 1: 28%정산.
- 수송**: 전기-수소차 100%. 친환경차량 보급, 전기차 9.3천대, 수소차 3천대. 충전인프라 확충, 전기충전소(급속) 300기, 수소충전소 2개소.
- 숲**: 도시숲 조성 4.5m<sup>2</sup>/인. 비합길을 경계로 생활숲 조성, 공원을 조성 및 공원을 확보.

**시민의 참여와 시민주도 없이는 불가능!  
지역중심으로 추진해야 가능!!**

## 시민주도 지역중심의 그린뉴딜 \_ 탄소중립 전환마을

탄소중립 전환 마을이 왜 필요한가?

**기후 위기 심각성 증대**



**세계적 에너지 전환 추세**





**마을은 변화의 주체**





### 탄소중립 전환이란 무엇인가

- **전환(Transition)**이란 우리가 사는 세상을 재고(Reimagine)하고 재건(Rebuild)하기 위한 다양한 공동체 활동
- **탄소중립 전환**이란 공동체 내에서 발생하는 탄소를 감축하거나 상쇄하여 탄소배출량을 제로화하기 위한 전환활동으로, **에너지전환이 1차적으로 가장 중요함**
- 나아가, 지속가능한 에너지를 중심에 두어 모두가 상생하는 삶을 위한 변화를 끊임없이 사고하고 추구하는 커뮤니티 기반의 공동체 활동. 토트네스 등 전 세계적으로 전환마을 확산 추세

## 도시 전환 공동체

Seongdaegol village as urban transition community



에너지 전환 움직임, 사람, 시민



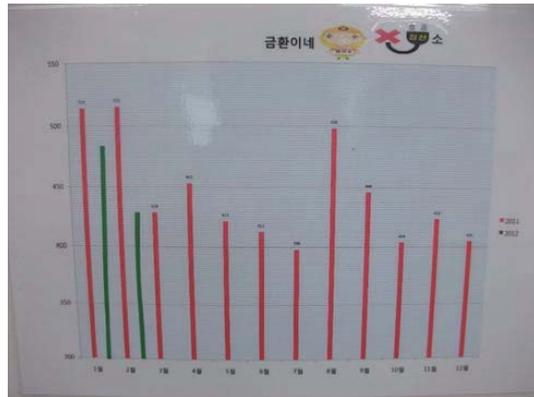
## 전환마을 모델사례 \_ 서울 동작구 성대골 에너지전환마을



# 성대골 에너지전환 움직임, 사람, 주민



## 에너지절전소





## 청소년교육 \_국사봉중 햇빛발전소 건립



# < 2019 성대골 에너지전환 리빙랩 >

♠ 10대부터 70대까지 마을연구원들이 생각하는 기후위기 시대에 성대골전환은?



도시전환 공동체  
성대골 마을

Seongdaegol village as  
urban transition community



FG1 기  
술팀



FG2 금  
용팀



FG3 교육  
홍보팀



# 성대골 마을기술네트워크

- 마을기술자(건축,설비,전기,보일러 등)

1회차 “성대골 마을기술네트워크 사람책”

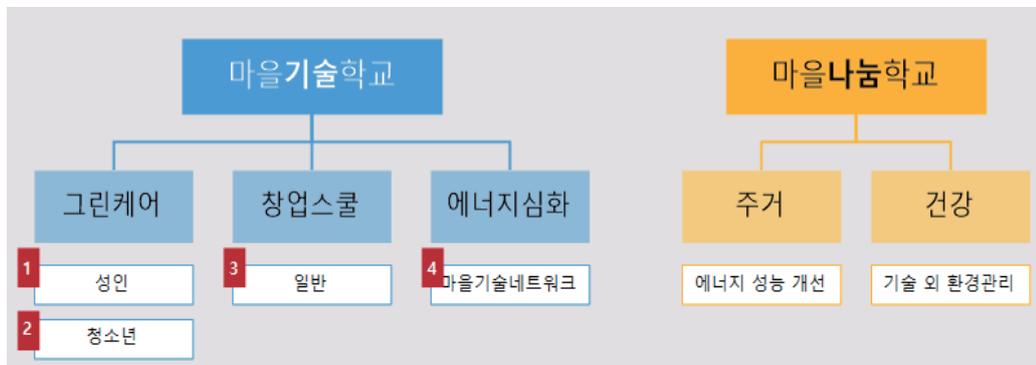
2회차 “마을기술네트워크가 그린뉴딜에 묻다”

3회차 “우리동네 건물들 에너지성능 어떻게 올릴까?”



# 마을기술학교

수요와 공급이 같이 성장



# 에너지 나눔학교 \_ 에너지 복지

30가구 섭외를 통한  
수료생 실습 현장 운영



33



2012년부터 매년 20~100가구까지 에너지 복지 사업 진행

# 마을에너지축제

제9회 성대골 온라인  
에너지축제



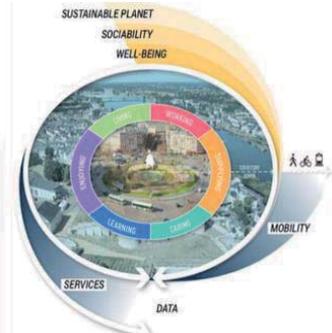
34



# [Focus Case] 성대골 에너지 전환(4)

## 탄소중립을 향한 10분도시 성대골 - 10분 거리 내에서 걸거나 자전거로 해결

- 살 기 : 주택, 에너지, 환경, 공공기관, 교통 등
- 일하기 : 대기환경, 접근성, 다양성화, 서비스
- 공 급 : 식량, 식품의 기타 공산품 등 필수재, 공공서비스
- 돌 보 : 돌봄 접근성, 재난예방, 응급, 안전한 환경, 유희, 운동, 오염
- 배 움 : 교육기회, 교육가능성(종요로움), 접근가능성, 수행성, 길잡이
- 즐기기 : 휴일, 문화, 오락, 동아리/결사체 등



<그림 6> 15분 도시의 기능과 지수 (그림출처: Carlos Moreno 혁신주관 발표자료, moreno-web.net)



## 지역 순환경제와 동네 에너지일자리



### 마을단상리협동조합

- 에너지슈퍼마켓, 온오프라인 매장 운영
- 에너지복지, 기후위기 취약계층
- 에너지교육 및 진단 등
- 찾아가는 에너지놀이터 운영
- 서울에너지공사 남부권 에너지센터 운영

### 국가중흥 생태에너지전환 사회적협동조합

- 생태에너지전환 카페
- 햇빛발전소, 지역사회 나눔 실천
- 라오스, 탄자니아 등 국내외 연대활동
- 생태에너지 축제
- 햇빛학교 운영

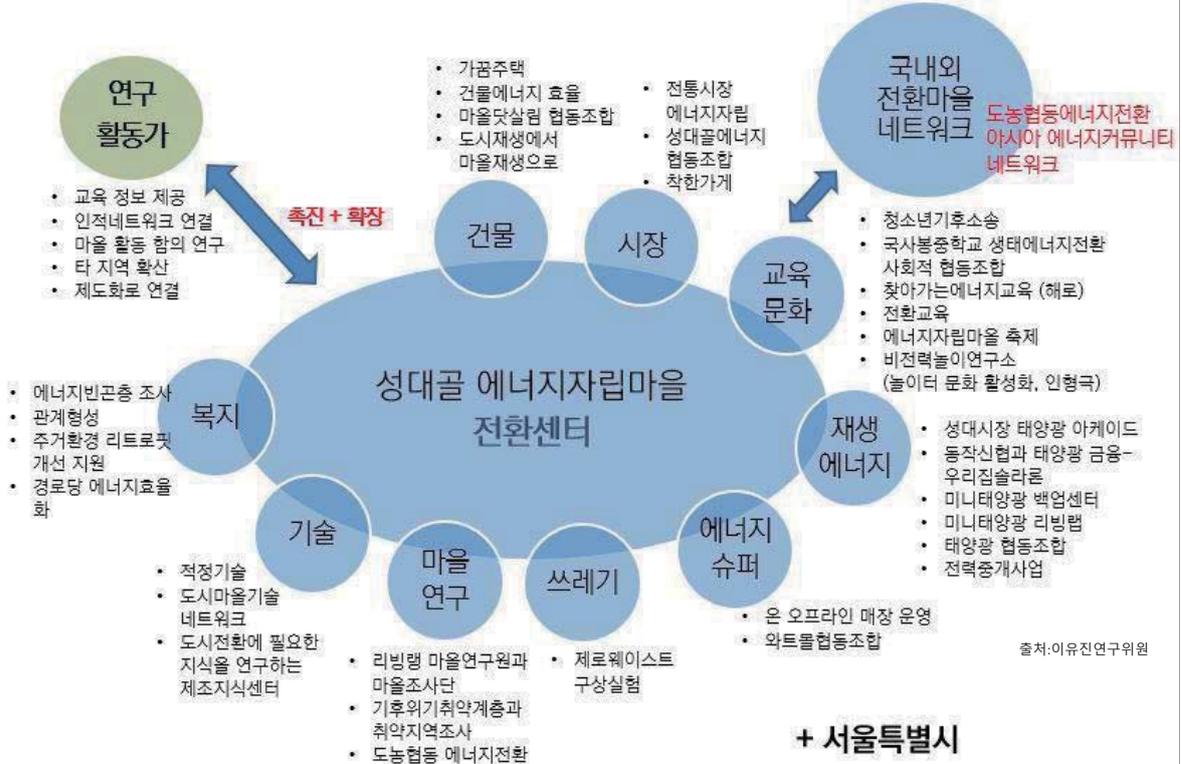
### 성대골에너지협동조합

- 70년 전통시장 활성화
- 에너지전환마켓,
- 에너지절약 및 효율화
- 태양광 설치 등
- 동작구 가상발전소 사업
- 도농상생 협동조합

동네 에너지 '일거리(사업)' 마련 => 마을에너지협동조합/에너지마을기업 => 일자리  
 - 거점센터(마을에너지센터) 운영, 에너지카페, 마을햇빛발전소, 우리동네 태양광 탐사대, 가가호호 에너지진단 등

동네 에너지 일거리 마련 + 지원정책(마을에너지센터 지원, 에너지전환 공공형 일자리 등)

# 경험적 지식(전환의 현장) - 성대골 에너지자립마을



## 성대골에는 '미친 활동가'가 있었다?

\*미치다 1. 가 닿거나 이른다



# With 코로나와 기후위기 시대 지역의 전환(로컬뉴딜) 가이드

- 지역과 지방정부의 역할이 중요해짐

- 코로나19 → 이동 거리와 이동성 축소 → 기초지자체와 동 단위 생활권(마을)
- 지속가능한 마을 뉴딜(마을에서의 사회적경제)

- ① 공동체 기반 재난대비 매뉴얼과 훈련
- ② 폭염 한파 대응·에너지 비용을 줄이는 주택
- ③ 지역에서 생산하는 재생가능에너지
- ④ 공공교통과 자전거
- ⑤ 건강하고 탄소배출 줄이는 먹거리
- ⑥ 자원순환(쓰레기와 플라스틱)
- ⑦ 노약자·장애인·어린이 돌봄(에너지복지)
- ⑧ 녹색지대와 생물다양성 보호
- ⑨ 전환학습·생태전환학교
- ⑩ 전환 문화와 예술, 놀 거리, 마을축제
- ⑪ 지역순환경제와 지역에너지일자리



## ① 기후재난 대비 매뉴얼과 훈련을 통한 회복력 증진

- 공동체기반 재난 대비 매뉴얼 구축과 교육, 훈련

- 내용 : 지역공동체가 기후재난에 대비해서 생명과 안전을 보장받을 수 있도록 교육하고 훈련하는 일
- 현황 :
  - 기후재난 빈번하게 발생하고 있으나 지역사회 대비 부족
  - 공동체가 위기와 재난에 대응하는 능력을 높여야
  - 재난위기대응서비스를 전문으로 하는 예비사회적기업 '㈜라이프라인코리아(Life-line Korea) 활동
- 사회적경제 연계방안 :
  - [재난생활기술] '마을재난학교'를 열어 재난대비 리사이클링/업사이클링 방식의 최소지식과 기술 축적 지원
  - [방재형 생활 SOC] 방재공원, 방재놀이터, 방재캠핑장, 방재키즈카페 등 주민참여예산을 활용한 일상공간의 방재화 → 운영에 사회적경제 조직 결합
  - [마을코디네이터] 기후변화와 재난 등의 공동체의 위기상황을 대비하고 대응할 수 있는 인력 양성



재난이 오면 장애인은 어떻게 해야 하나요?



출처: 김동훈 라이프라인코리아 대표 페이스북, 비마이너 <http://www.beminar.com/news/articleView.html?idxno=14067>

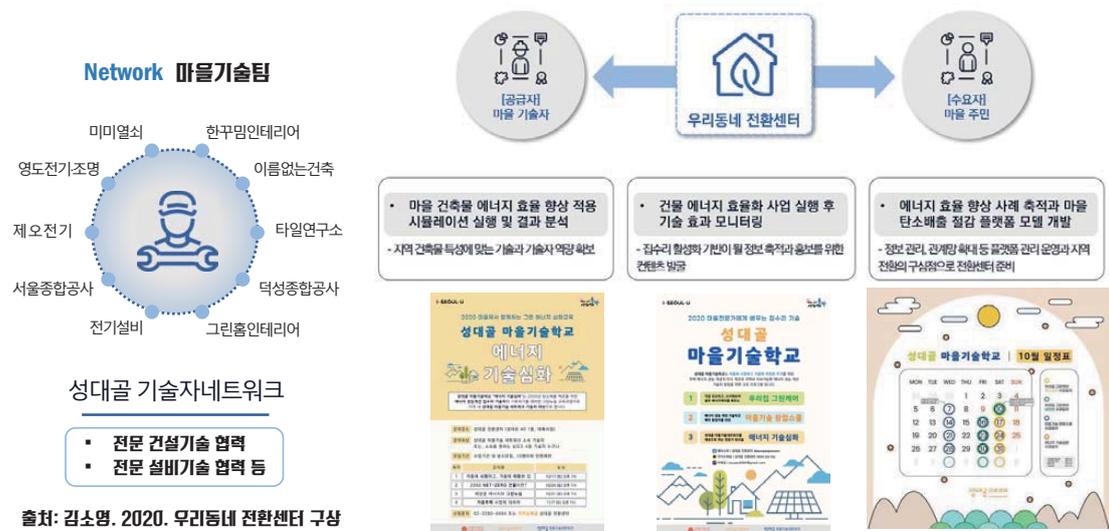
## ② 폭염 한파 대응·에너지 비용을 줄이는 주택 - 노후주택 집수리 단열개선 사업 (온실가스 감축, 일자리 창출)

- 내용 : 저층주거지 **노후주택** 주민이 스스로 수리하고 가꾸는 '자발적 집수리 활성화' **집수리 비용 지원**
- 현황 :
  - 오바마 대통령 3년 동안 5조 6천억 투입 100만 가구 주택 에너지 효율화. 보조사업 투입 1달러는 에너지편익으로 1.72달러, 비에너지 편익으로 2.78달러의 경제적 효과
  - 서울시 가꿈주택(2020년 8월 누적 1600여 가구 시공). 노후주택 성능개선 에너지요구량 30~40% 절감 가능
  - 노후주택 1만 동 지원 약 1,500억 원 규모 시장 형성 (호당 평균 1,500만원 공사비 기준. 공사비 50% 이내 지원하는 서울가꿈주택 기준 지원규모 약 700억 원)
- 사회적경제 연계방안 :
  - 주택에너지효율화 사업에 사회적기업 참여
  - 주택 단열개선사업, 성능 진단과 시공품질 관리, 인증이력 관리 분야 일자리 창출 → 도시재생, NH 그린 리모델링
  - 사회주택협동조합과 온실가스 감축, 마을관리협동조합



출처: 박학용(서울시 도시재생지원센터 주택사업단장) 서울시 가꿈주택사업 현황과 그린뉴딜 연계방안

## ② 폭염 한파 대응·에너지 비용을 줄이는 주택 - 동네 마을기술자 기반 집수리 단열개선 사업 (집수리 협동조합연계)



# 건물 에너지 전환

## 건물 에너지 진단



## 그린 리모델링(그린\_집수리)



## 기후위기대응 누구나 할 수 있는 쿨루프(Cool Roof)



건물 옥상에 고반사 페인트 시공으로 건물내부로 유입되는 열을 차단하는 기술  
(기초작업->하도작업->중도작업->상도작업 순)



**부산 이바구캠프마을 (작업 전)**



**부산 이바구캠프마을 (작업 후)**

**이데일리** 2021년 08월 06일 금요일  
세상을 올바르게 세상을 따뜻하게

☰ Q 기업 전자 자동차 생활 산업 **중소기업** 아웃도어캠핑 기업일반

**노루페인트, 서울·부산시와 함께 옥상 클루프 캠페인 지원**

여름철 열차단 및 냉방에너지절감, 단열효과 특특 등록 2017-06-22 오전 11:25:33  
수정 2017-06-22 오전 11:25:33

박정훈 기자

109.2%

f t

✉

☆ 스토리

11:01 | 북서

☰ **NSP통신** 🔍

뉴스 전국 NSP리포트 소상공인 포토/영상 코로나19

한국의 경제뉴스통신사 - NSP통신

**안산환경재단-안산교육지원청-노루페인트, 협약 체결**

2017-11-02 15:53, 박승봉 기자

#안산환경재단 #안산교육지원청 #노루페인트 #학교옥상 #문루프시범사업

안산에코스쿨 구현 위한 학교 옥상 클루프 시범사업 공동 추진

안산에코스쿨 구현을 위한

학교 옥상 클루프 사업 공동지원 협약

2017. 11. 2. (목)

### ③ 지역에서 생산하는 재생가능에너지 - 재생가능에너지를 생산하는 시민참여 에너지협동조합

- 내용 : 태양광을 포함한 재생가능에너지 생산과정에서 지역민들의 참여를 기반으로 하는 에너지협동조합
- 현황 :
  - 서울시 2013년부터 서울형 FIT 정책을 기반으로 햇빛발전협동조합 등장
  - 태양광에 대한 잘못된 정보, 태양광 설치 부지 확보의 어려움 등으로 확산에 어려움을 겪고 있음
- 사회적경제 연계방안 :
  - 태양광, 풍력, 바이오 에너지 등 재생가능에너지 협동조합 활성화 필요
  - 시민들이 에너지협동조합을 구성할 수 있도록 제도개선과 더불어 역량강화 (지방정부의 공간 협력 필수)
  - 금융과 협업 : 한국사회기치연대기금 '솔라커넥트'와 임팩트 투자사와 거버넌스를 이뤘 '한국공장지붕태양광지주회사' 출범



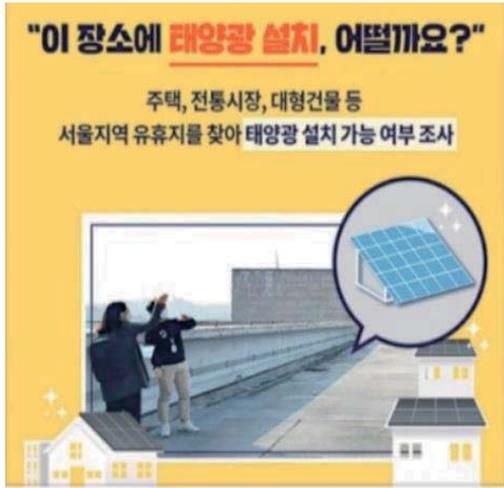
## 에너지 전환 마을

“내가 사용하는 전기는 내가 만들어 쓴다.”

시민참여 햇빛(태양광)발전 / 에너지농부 \*프로슈머

- 마을햇빛발전소(중 소형) / 베란다태양광(소형)
- 마을에너지협동 조합/마을햇빛발전협동 조합



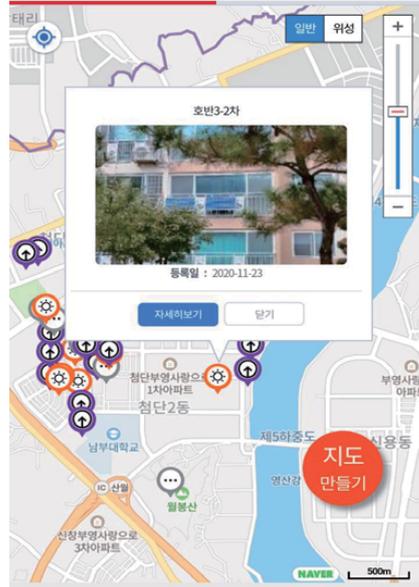


## 온라인 마을지도(커뮤니티맵핑)

< ☰ 동네한바퀴 ☰

[첨단2마을]우리동네 햇빛발전소 발굴탐사대

지도 목록



## 마을마다\_햇빛발전소

마을햇빛발전협동조합 주민자치단체, 공동체, 아파트 주민, 조합원 참여(시민펀드)



광주 광산구 산월동 산26-1 일대 (봉산배수지)



배수지 하부구조 형태를 고려하지 않고 배치함.

설치용량 515.20kW  
설치각 : 25도  
방위각 : 155도

(가)봉산배수지 첨단마을햇빛발전소 가상 설계

추정발전량  
연간 601,785kWh

예상수입금  
연간 70,139,362원



## 가가호호 미니태양광 설치(지원)

- 아파트 베란다 태양광, 경비실 미니태양광
- 일반주택 미니 태양광(옥상,베란다)



## 마을햇빛발전소

마을햇빛발전협동조합 / 마을에너지협동조합 설립, 조합원 참여



## 마을과 함께 만드는 학교햇빛발전소



시 교육청 시민햇빛발전협동조합  
공동추진

청소년, 학부모, 마을주민 등  
모든 세대가 참여하는  
학교햇빛발전소 건립



## 다양한 태양광발전 \_ 공원, 하천, 거리, 주차장, 배수지

### 태양광 보안등(공원, 하천, 거리)



주차장 태양광발전



### 배수지 태양광발전



### 자전거도로 태양광발전



# 지역에서 생산하는 재생가능에너지 - 스마트 기술 기반 에너지 효율 혁신 - 시민참여형 DR, 가상발전소, 소규모 전력증가사업



집에서 아낀 전기만큼, 돈으로 돌려 받는다

## 전기저금통과 국민 DR

우리집 전기저금통을 소개합니다.

우리집 전기 사용 현황을 바로바로 한 눈에!

미션 달성하고, 포인트 적립하고!

포인트로 쇼핑부터 기부까지, 현금처럼 사용!



## ④ 건강하고 탄소배출 줄이는 먹거리 - 지속가능한 지역 선순환 먹거리 체계

- **내용** : 지속가능한 지역 선순환 먹거리 체계로 먹거리 상생기반 구축. 먹거리 생산, 가공, 유통, 판매 전 과정에서 탄소배출 저감을 하는 사회적기업
- **현황** :
  - 먹거리를 생산하고 가공하는 부문 사회적경제 활발
  - 안정적인 판로개척과 친환경 농업 농지 지키기
  - 프랑스 2016년 '음식물 낭비와의 전쟁 관련 법' 슈퍼마켓 재고 식품을 유통기간 최소 48시간 이전에 필요한 사람에게 제공할 수 있도록 관련 구호 단체들과 파트너십을 맺어야 함. 위반 건수 3750유로(약500 만원)벌금 2025년까지 음식물 쓰레기 50% 감축 목표
- **사회적경제 연계방안** :
  - 지역 기반 먹거리와 가공 체계, 제철 먹거리
  - 프랑스 처럼 음식물 쓰레기 남기지 않으면서 일자리 창출
  - (농가식당) (로컬 푸드 식당) (마을식당) (마을카페)
  - 육식을 줄이고, 채식 권장, 먹거리 교육

### ● 마을에서의 채식실천

비건요리클럽(유튜브 방송) / 비건 위크(1주일 채식)  
비건 플리마켓 / 우리동네 비건 지도 / 비건 금요일행동  
(하루 채식하기) / 채식 선택급식 학교

### '식도락 나라' 프랑스, 음식 낭비와의 전쟁 선포

원종 더 강력한 '음식물 낭비 방지 법안' 시행... 환경 우동상으로 거듭날까

시행 1년 만에 푸드뱅크에 수거된 음식물 지역에 따라 15~50%까지 늘어났고 평균적으로 28%가 늘어남

400㎡ 이상(121평)의 슈퍼마켓 중 95%가 시민단체와 파트너십을 맺고, 재고 음식물 기증

음식물 재분배를 담당하는 시민단체나 스타트업, 기구도 급속하게 늘어나면서 새로운 일자리 시민들의 인식 변화도 빠르게 변화



## 먹을거리 전환 마을

### 도시농업/로컬푸드

1. 친환경 공동체 텃밭
2. 텃논 프로젝트
3. 지구농 장터(도시농부장터)
4. 농산물 직거래(꾸러미)
5. 로컬푸드 직매장



## ⑤ 공공교통과 자전거

### - 전기차·자전거·1인 모빌리티 중심 사회적경제

- **내용 :** 전기차 택시 협동조합, 자전거와 1인 모빌리티 운영 사회적기업
- **현황 :**
  - 택시협동조합 등장. 교통은 인프라 투자 분야로 사회적경제가 취약한 분야
  - 코리안스타트업포럼 퍼스널 모빌리티 서비스 협의회 발족
  - 서울시 파퓰러 대여소 1천540곳, 2만5천대, 누적회원 171만명(2019년 기준) 달성
- **사회적경제 연계방안 :**
  - 정부의 제도적 지원과 리빙랩 등 새로운 실험 필요
  - 공용자전거와 1인 모빌리티 운영 부문에 사회적경제 연계
  - 2016년 스페인 카탈루냐 슝 모빌리티트 조합원 70여 명 탄소배출이 없는 친환경 전기 차량을 공유하는 카 셰어링 서비스 시작. 시민들이 운영하는 플랫폼협동조합, 발생한 수익은 플랫폼의 운영과 지역사회로 환원 (약 1,300여 명의 조합원 서비스 사용)



▲차임 예약 App 사용개요 © Som Mobilitat



퍼스널 모빌리티 서비스 협의회

출처: 정종덕 (한국사회기치연대기금 매니저) [사회적금융의 상상②] 친환경 모빌리티 서비스 '슝 모빌리티트(Som Mobilitat)'와 참여형 금융 2020.07.09 라이브프린

## 녹색교통 전환 마을

차 없는 마을  
걸기 좋고, 자전거타기 좋은 마을  
15분 마을



1. 차 없는 거리
2. 자전거 도로(도로다이어트) - 태양광 설치
3. 마을존 30km
4. 자전거 수리 판매 작업장(마을기업)
5. 자전거 학교/자전거여행
6. 자전거 정류장
7. 재미난 버스정류장



## ⑥ 자원순환(쓰레기와 플라스틱)

### - 재사용, 재활용, 자원순환 사회적기업(자원순환가게)

- **내용** : 코로나 19로 쓰레기와 플라스틱 소비 증가함에 따라 시민들의 관심도 높아짐. 이를 자원순환 경제로 전환하기 위한 정책이 절실히 필요
- **현황** :
  - 성남자원순환가게 RE100, 은평구 모아모아 등 주민참여 재활용, 분리수거 모델 확산
  - 서울시 RE & UP 등 업사이클링 센터 구축
  - **수퍼빈** : 인공지능 폐기물회수로봇 서비스 소셜 벤처
- **사회적경제 연계방안** :
  - 재활용 수집과 판매 분야 사회적기업 활성화
  - 재활용가게를 재사용 복합쇼핑·문화공간으로 현대화
  - 폐지 줍는 어르신들 사회적경제와 연계해 노동에 상응하는 보상 방안 마련
  - 다회용기 대여 및 식기세척전문사업



출처: 트래쉬버스터즈 (<http://trashbusters.kr/>)

## 일회용품(쓰레기) 없는 자원순환 마을(제로웨이스트마을)

### 제로웨이스트샵

- 위치 : 송정마을카페이공(협동조합 이공)
- 구성 : 제로웨이스트샵, 자원회수센터, 정보나눔(전시/체험/교육) 공간
- 제로웨이스트샵 물품판매
  - 다회용, 플라스틱 프리 제품(약 50여종)

### 우리동네 자원회수센터

한 번 만들어진 자원의 **쓰임**과 **순환**을 고민하는 공간

#### [회수 품목]

- 종이쇼핑백 : 시장 및 상점(빵집, 서점)에서 사용
- 종이팩 : 카페라떼 클럽과 결합, 종이팩 재활용
- 작은 pp플라스틱 : 플라스틱 방앗간 전달
- 유리병 : 세제소분 및 공병 재사용
- 실리콘 : 실리콘 패키징 제작 연결
- 새신발끈 : 주머니 끈 활용
- 브리타 필터 : 브리타 필터 회수 축구 캠페인



## 스마트한 업사이클 \_ '쓰레기마트', '수퍼빈'



### ⑦ 노약자·장애인·어린이 돌봄 지원 \_ 에너지 복지

- 마을 돌봄망, 폭염과 한파에 대응하는 돌봄(에너지복지+나눔)

- 내용 : 코로나 이후 여성의 돌봄 노동 가중되고 있음.  
기후위기와 고령화 대비, 재난에 취약한 장애인·어린이 대한 돌봄 서비스 확대 필요
- 사회적경제 연계방안 :
  - 마을 돌봄망과 마을 기본 돌봄 노동에 대한 지원 확대, 지역사회 통합돌봄사업에 사회적경제기업 참여 확대
  - 공동육아협동조합, 어르신돌봄협동조합, 재난 도우미 정책 등
  - 사회적농업(농업을 통해 사회적 약자에게 돌봄·교육·일자리 등을 제공)을 실천하는 농장



## 시민 모두가 시원하고 따뜻한 에너지 복지+나눔

### - 에너지 바우처\*의 에너지전환형으로 지원방법 개선

※ 에너지 바우처 : 국민 모두가 따뜻한 겨울을 보낼 수 있도록 에너지 취약계층을 위해 에너지바우처(이용권)을 지급하여 전기, 도시가스, 지역난방, 등유, LPG, 연탄을 구입할 수 있도록 지원하는 제도(\*대상 : 생계급여 또는 의료급여 수급자)

### - 노후주택 에너지 진단 및 효율 개선-그린리모델링(창호,태양광)

### - 태양광 설치 지원 : 아파트 경비실 태양광 설치, 복지시설 설치 지원

### - 쿨루프 : 건물 옥상에 고반사 페인트 시공으로 건물내부로 유입되는 열 차단

### - 우리집 전기저금통 : 전기에너지 절약하여 나눔



## ⑧ 녹색지대와 생물다양성 보호

### - 공원 확대, 생태계 조사와 주민참여 공원관리 운영

- 내용 : 기후위기에 따른 지역 생태계 조사와 보호활동을 사회적 경제와 연계
- 현황 :
  - 공원과 녹색지대, 강 하천의 생태 복원, 지역의 생물다양성 조사와 보호 활동에 지역주민 참여
  - 사회적협동조합 한강 샛강생태공원 위탁 운영, 장항습지 110만 평 관리. '한강' 모델은 모든 강으로 확산 가능
- 사회적경제 연계방안 :
  - 지역주민이 참여하는 강 가꾸기, 생물다양성 보호, 생태계 조사는 사회적경제 확장이 높은 분야
  - 녹색일자리 창출에 기여하는 도시 숲 정책. 근린공원, 소공원, 어린이 공원을 관리하는 사회적기업으로 일자리를 창출하고, 시민의 공원 이용을 높이는 방식
  - 산림자원 활용 주민사업체 육성 확대("산림일자리발전소")
  - 생태계 연구와 야생동물 연구지원체계 확립 (최재천, 2020. 5.19) '사람이 중심인 그린'



출처: 한강 <http://coophangang.kr/>

2019년 출범한 사회적협동조합 '한강'은 2020년 4월부터 서울시 한강 사업본부로부터 여의샛강생태공원 운영관리를 위탁받아 23종이 생태·민문 프로그램을 운영하고 계절별 모니터링을 하고 있으며 공원과 여의샛강생태체험관을 관리하는 일을 하고 있음

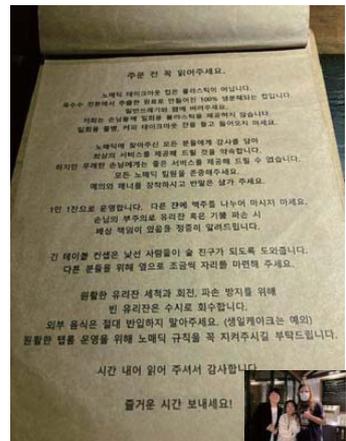
**⑨ 전환 학습·생태전환학교**  
- 2050 탄소 중립 사회 시민 참여 홍보 학습

- 내용 : 2020년 10월 27일 한국정부도 2050 탄소 중립 선언을 했지만, 탄소 중립 사회가 어떤 사회인지에 대한 시민들의 관심과 이해도가 높지 않음. 탄소 중립사회를 준비하고 학습하기 위한 활동이 시급히 요구 됨
- 현황 :
  - 학교 환경교육 확대와 더불어 전환 교육 요구 증대
  - 정부 그린스마트스쿨 디지털·그린 융복합 분야 과제
  - 교육부-교육청 2025년까지 국비 5.5조원(30%), 지방비 13조 원(70%) 등 총 18.5조 원이 투입되며, 전국 노후학교 건물 2,835개 동 개선(그린 리모델링, 스마트 기기, 온 라인 플랫폼)
  - 산업부 분산에너지로드맵- 지역에너지센터 구축
- 사회적경제 연계방안 :
  - 기후위기와 2050 탄소 중립사회 교육협동조합
  - 교육 활동가 양성(서울시 기후위기대응시민활동가, 태양광 탐사대, 충청남도 우리마을 기후변화취약지역 조사)



**⑩ 전환 학습·생태전환학교**  
- 2050 탄소 중립 사회에 대한 시민 참여 학습 홍보

탄소 중립 카페, 탄소 중립 펌, 넷 제로 공판장, 에너지전환협동조합이 운영하는 지역에너지센터 등 다양한 공간에서 탄소 중립 홍보와 실천



## 마을에너지센터

- 에너지전환마을 거점센터
- 에너지전환 교육상담, 체험홍보관
- 에너지전환 마을기업

### 에너지전환카페/가게

- 〈에너지마켓 + 자전거수리점
- + 제로웨이스트샵 + 우리동네 회수센터
- + 자원순환가게/플라스틱방앗간〉



## ⑩ 전환 문화와 예술, 놀 거리, 여행, 마을축제

- 기후위기 대응 문화, 예술, 관광 분야 사회적기업

- 내용 : 코로나와 기후위기 시대에도 시민들의 놀 거리와 문화, 여행은 지속, 지속가능한 방식으로 진행 될 수 있도록 사회적경제 역할 필요
- 현황 :
  - '기후정의 창작집단' 콜렉티브 텃밭, 화천의 문화공간 예술뒤편에서는 [예술뒤편 예술가 레지던시-기후변화] 등 문화 예술인들의 문제인식 확대
  - 선율곳 사회적협동조합 등 지역주민기반 생태탐방 사례가 있음(환경부, 2020년 '지역맞춤형 생태관광 감독(디렉터) 양성 및 진단(컨설팅)' 시범사업 시작)
- 사회적경제 연계방안 :
  - (전환예술공간) 지역기반 마을극장, 전환극장, 전환문화
  - (지역사회기반 생태관광) 습지, 생태, 환경교육
  - (숙박업의 지속가능성) 호텔·숙박 지속가능한 운영
  - (탄소제로·저탄소 여행) 교통, 숙박, 먹을거리 등

출처: 유혜영, 연극계환경활동 탐색 [http://webzine.estc.or.kr/03\\_story/plan\\_view.asp?idx=1592](http://webzine.estc.or.kr/03_story/plan_view.asp?idx=1592)



출처: 습지를 품은 마을 선율리 <http://ramsar.co.kr/>  
제주특별자치도 공모사업으로 환경을 생각하는 생태관광 프로그램 기후변화대응에 앞장서는 선율생태관광



## 11 지역 순환경제와 동네 에너지일자리



### 마을다살림협동조합

- 에너지수퍼마켓, 온오프라인 매장 운영
- 에너지복지, 기후위기 취약계층
- 에너지교육 및 진단 등
- 찾아가는 에너지놀이터 운영
- 서울에너지공사 남부권 에너지센터 운영

### 국사봉중 생태에너지전환 사회적협동조합

- 생태에너지전환 카페
- 햇빛발전소, 지역사회 나눔 실천
- 라오스, 탄자니아 등 국내외 연대활동
- 생태에너지 축제
- 햇빛학교 운영

### 성대골에너지협동조합

- 70년 전통시장 활성화
- 에너지전환마켓,
- 에너지절약 및 효율화
- 태양광 설치 등
- 동작구 가삼발전소 사업
- 도농상생 협동조합

동네 에너지 '일거리(사업)' 마련 => 마을에너지협동조합/에너지마을기업 => 일자리  
 - 거점센터(마을에너지센터) 운영, 에너지카페, 마을햇빛발전소, 우리동네 태양광 탐사대, 가가호호 에너지진단 등  
 동네 에너지 일거리 마련 + 지원정책(마을에너지센터 지원, 에너지전환 공공형 일자리 등)

## 광주\_탄소중립 에너지전환마을



마을  
 X  
 기후환경단체  
 X  
 사회적경제  
 +  
 행정/의정  
 +  
 기술(전문기관,기업)

# 지자체 탄소중립 추진 - 2045 탄소중립 에너지자립도시(광주광역시)



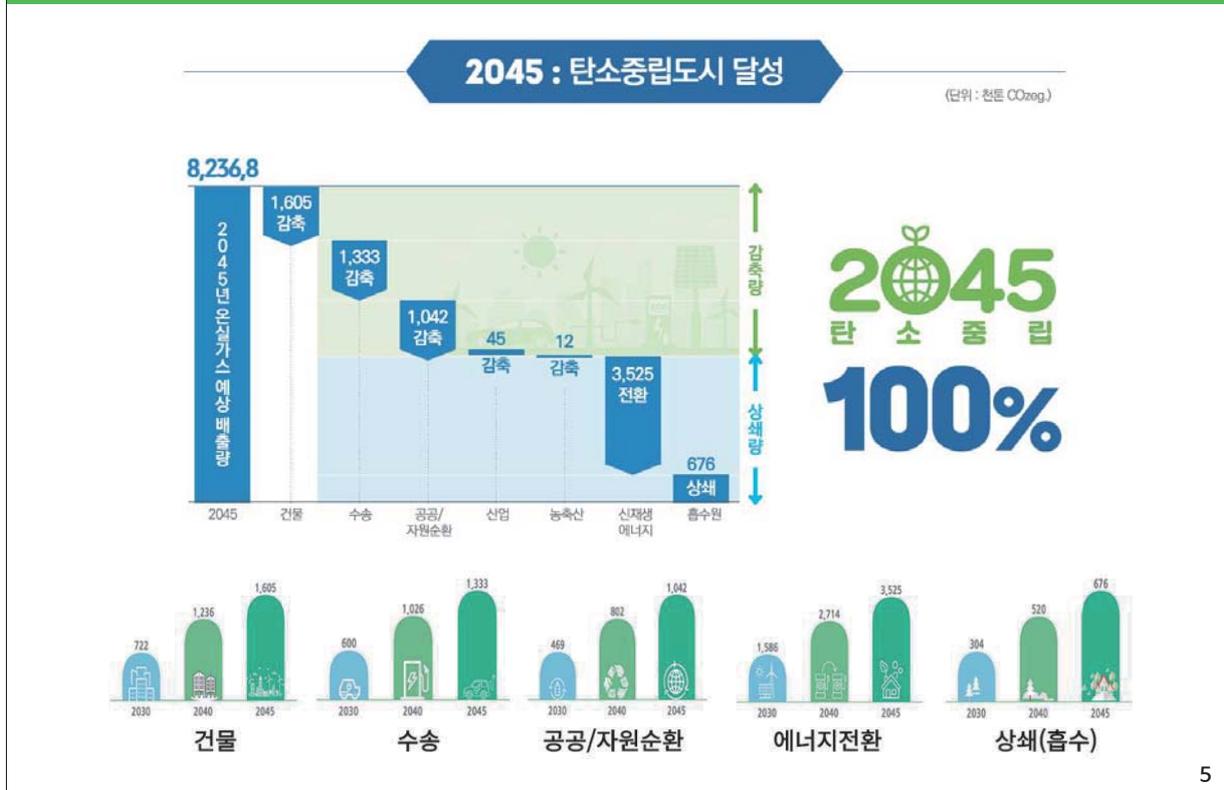
## 광주광역시 기후변화대응 노력



### 주요 사업 성과

- 탄소은행제를 통해 '08~'20년(13년)까지 923천 톤CO<sub>2</sub> 감축(30년산 소나무 1억 4천만 그루)
- 10년 동안 430개 아파트가 저탄소 녹색아파트에 참여하여 14천 톤CO<sub>2</sub> 감축(213만 그루)
- '08년 시범도시 이후 12년 동안 평균 감축량은 509천 톤CO<sub>2</sub> 로 '08년 배출량의 6.6% 수준

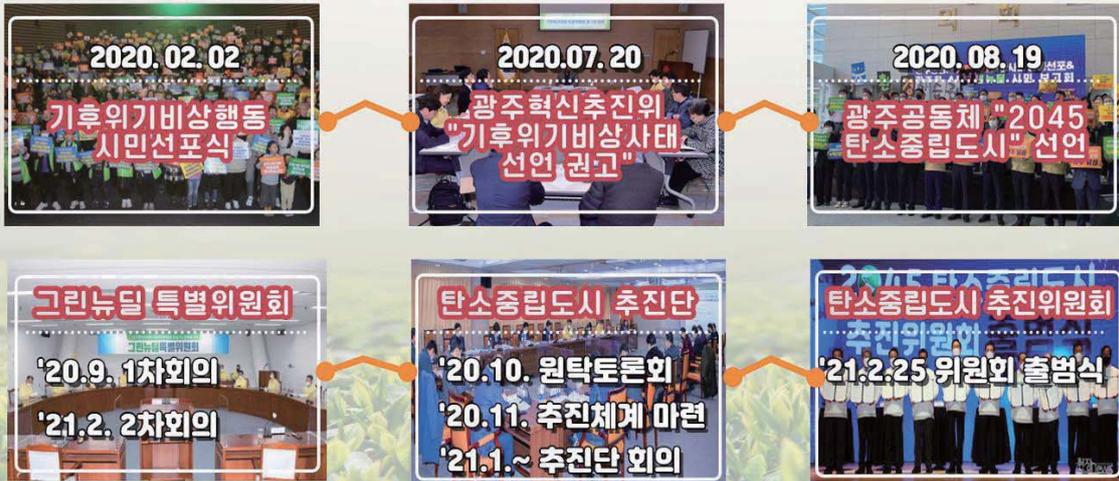
# 2045 탄소중립도시 감축 목표



# 2045 탄소중립도시 주요 과제

<h3>에너지자립도시 실현</h3> <p>2030    2035    2045</p> <p>기업RE100    광주 RE100    에너지자립도시 실현</p>	<h3>100% 친환경교통수단</h3> <p>2025    2030    2045</p> <p>노후경유차 폐차 완료    내연기관 자동차 등록제한    100% 친환경 교통수단</p>	<h3>생활폐기를 100% 자원화 및 도시공원확대</h3> <p>2025    2027    2045</p> <p>생활폐기물 100% 자원화    3000만그루 나무심기    집에서 10분거리 생태공간 조성</p>
<h3>국내도시 최초 시 빅데이터기반 기후환경 예측평가</h3> <p>빅데이터기반 폭염 및 바람길 예측평가 인공지능기반 미세먼지 입체감시 스마트 홍수관리 시스템 스마트 상하수도 관리시스템</p>	<h3>청정대기산업 등 환경융합산업클러스터 조성</h3> <p>청정대기산업 클러스터 조성 친환경자동차부품 클러스터 조성 공기산업 육성</p>	<h3>시민주도형 지속가능한 생태문화마을 만들기</h3> <p>물순환 도시    도시숲    자원순환</p> <p><b>5차의제 : 17개분야</b> 21년도 기후위기대응 사업 추진(22개분야)</p>

# 탄소중립 에너지자립도시 광주 추진



# 광주광역시 2045 탄소중립도시 비전 및 전략



# 2021년 에너지자립도시 핵심사업

## 01 시민주도의 에너지 전환

에너지전환 시민교육 확대  
탄소중립 전환마을  
시민 햇빛발전소 구축 지원

+

## 02 시 전역 재생에너지 보급 확대

2순환도로 방음터널 등 태양광 설치  
공공유휴부지 태양광 확대  
신재생에너지 융복합 지원사업  
산단 등 태양광 설치

+

## 03 글로벌 산업변화 대응을 위한 '기업 RE100'추진

기업 RE100 추진 협의체 구성, 운영  
빛그린 산단 등 RE100 추진  
호남권 초광역 에너지 협력권 구축

## 04 수소경제를 선도하기 위한 인프라 구축

빛고을 수소 연료전지 발전 사업  
거점형 중규모 수소생산기지 구축  
수소차 보급 확대 및 수소충전소 조성 확대  
수소 핵심부품 국산화, 안전관리 기술개발

+

## 05 인공지능 연계 에너지 자립 도시 기반 마련

광주 '그린에너지 ESS발전' 규제자유 특구  
미래형 스마트그리드 실증연구  
블록체인기반 EV-신재생연계 직류전력거래

9

# 시민주도의 에너지 전환



## 에너지전환 시민교육

재생에너지 체험교육  
착한관리비 만들기 실천운동  
에너지협동조합과 태양광 발전소 설립 실무  
청소년 시민대상 에너지교육  
에너지 교육 홍보활동  
우리동네 햇빛발전소 발굴 탐사대



## 에너지 전환 마을

마을단위 에너지전환 추진 거점공간 조성 및  
활동지원

(동구) 지원마을, (서구) 풍암마을  
(남구) 양림마을, (북구) 일곡마을  
(광산) 첨대마을



## 시민햇빛발전소

광주에 소재지 둔 에너지 관련 협동조합 대상  
2021년 1,200kW이상 구축 예정

발전소의 공익을 통한 재생에너지 수용성 확대,  
시민햇빛발전소 확대에 재투자

10

# 광주 탄소중립 에너지 전환마을 조성 전략(1)

## 전환마을 조성방향

구분	(국내) 선행 에너지 자립 및 전환마을	탄소중립(에너지) 전환 마을
목적	에너지 자립 또는 전환만을 목적 ※ 주로 자립적 관점에서 접근함	에너지 전환 기반의 지속가능한 마을 공동체 형성
주체	대부분 <b>관 주도</b> 의 형태를 보임	<b>주민 주도</b> 기반, 관은 행정적 지원
특징	• <b>Top-down</b> 방식 • 이슈화 된 사업, 성과 달성형, 단발적	• <b>Bottom-up</b> 기반, Top-down 방식 병행 가능 • 목표 기반, 목적 달성형, 지속적
주제	대부분 <b>에너지자립</b> 만을 목적으로 접근( <b>기술보급</b> )	에너지 전환 중심의 <b>'마을 현안문제 전반'</b>
추진절차	국·시비 지원 사업 : 시범사업, 선도사업형 추진 - 마을 참여여부 논의 후 해당사업 추진 - 마을내 자발적 운영조직 구성 불분명	<b>마을 공동체 자체적(자발적)으로</b> - 비전, 목적, 목표, 전략 수립 - 마을내 자발적인 운영조직 구성 - <b>마을특성에 맞는 사업 발굴, 지속성 확보 노력</b> ※ 필요 시 행정 지원 추가 또는 요청 가능
재원	국비 혹은 시비, 주민재원 극소	민간재원 기반 및 국·시비(확보 시) 결합형 가능
운영방식	사업 완료 시, 마을 재량에 맡김 이로 인해 유지관리체계 불분명	마을공동체 시스템상의 공동운영 ※ 리빙랩, 마을연구소 등

23

# 광주 탄소중립 에너지 전환마을 조성 전략(2)

## 전환마을 구성요소

### ■ 마을조성을 위한 기본요소

- 마을주민
- 자생공동체
- 생활공간/방식
- 자연환경
- 인프라
- 전문가 집단
- **중간지원조직**
- **행정지원체계**
- 기타

### ■ 전략적 투입요소

- **비기술요소**
- **기술요소**



25

# 2020년, 전환마을을 준비하다

## 에너지전환마을 전문교육과정

2020년 10월 13일 ~ 11월 3일

16개 마을, 80여명 참여



지역민들이 열거함

### 에너지전환 전문인력 양성과정 #1

## 에너지전환마을 전문교육 과정

**교육일시**  
2020. 10.13(화)~10.27(화)  
14:00~18:00

**장 소**  
나주광주전남본부 3층 대강당,  
광주시의회 5층 예결산위원회실

**참여신청**  
• 에너지전환을 준비하는 마을  
• 마을별로 3명 이상 참여  
(마을총장, 차장위원, 지역대표위원, 시·구·읍·면)  
• 온라인신청 <http://bit.ly/에너지전환>  
• 문의 : 박필순 010-2680-5585

**프로그램** \*온라인 수강으로 대체될 수 있음

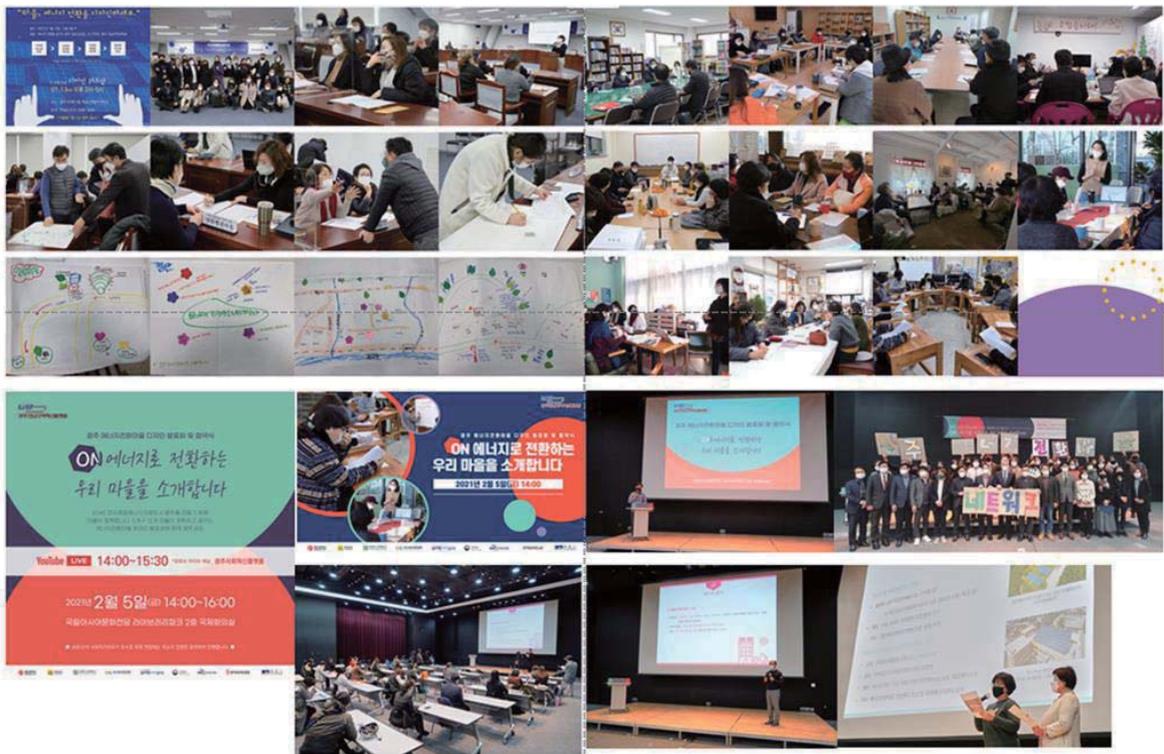
- 1주차 (7월특강) 10/13(화) 지역에너지전환, 상상에서 일상으로 [ON에너지](#) 김소영/상대울마을에너지협동조합 대표
- 2주차 10/20(화) 시민생태연구소 및 에너지협동조합 마을에너지사업개발전략등초청 이사장 마을에서의 탈탄소 녹색교실 김광훈/광주에코에너지 사무국장
- 3주차 10/27(화) 건축물 에너지의 전환, 그린리모델링 현대원/조선대 건축공학과 부교수 임희용을 잇는 마을 커뮤니티 이주은/기후에너지포럼 대표
- 4주차 에너지전환 사례발명(현장체험)

광주평생교육진흥원, 전남대(LINC+)사업단, 광주광역시의회, 광주사회혁신넷들



# 에너지전환마을 디자인과정

2021년 1월 7일 ~ 2월 5일 15개 마을 참여, 12개 마을 디자인



## 2021.04.15\_탄소중립 전환마을 광주선언



## 2021.04.22\_광주전환마을네트워크 창립



## 관계망 "우리마을 전환네트워크"가 핵심!!

- \*전환마을연구회(중심그룹)
- \*전환을 위한 일상적인 학습 네트워크
- \*관심 분야별로 참여하여 실천하는 네트워크(프로젝트)
- \*누구나 함께할 수 있는 열린 네트워크
- \*지속적인 운영방안 마련(경제사업 지향)
- \*연대&협력: 다른 마을, 단체, 기관, 전문가 연대&협력



# 2021년 광주형 에너지전환 시범마을

- 마을별 특성을 반영한 에너지전환마을 리빙랩 -

- 1) 동구\_지원마을 / '노후주택' 에너지 전환 리빙랩(그린뉴딜형 도시재생)
- 2) 서구\_풍암마을 / 에너지전환 '교육~실천' 특화마을 리빙랩
- 3) 남구\_양림펭귄마을 / '관광'마을 & '상점' 에너지전환 리빙랩
- 4) 북구\_일곡마을 / 에너지자립'공원' & '차'없는둘레길 리빙랩
- 5) 광산구\_첨단마을 / 권역별 거점 & 마을햇빛발전소 리빙랩

전환마을네트워크, 마을전환센터, 전환마을활동가, 전환마을협동조합,  
마을햇빛발전소, 마을일자리...

## 1. 동구-지원.에너지전환마을

동구\_지원마을 / '노후주택' 에너지전환 리빙랩(그린뉴딜형 도시재생)



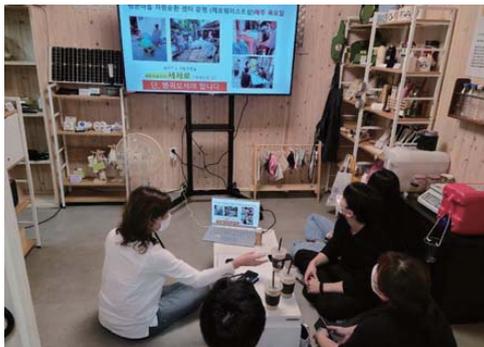
## 2. 서구-풍암.에너지전환마을

서구\_ 풍암마을 / 에너지전환 '교육+실천' 특화마을 리빙랩



## 3. 남구-양림.에너지전환마을

남구\_ 양림펭귄마을 / '관광'마을 & '상점' 에너지전환 리빙랩



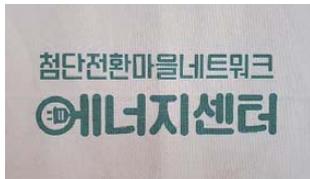
## 4. 북구-일곡.에너지전환마을

북구\_ 일곡마을 / 에너지자립'공원' & '차'없는돌레길 리빙랩



## 5. 광산구-첨단.에너지전환마을

광산구\_ 첨단마을 / 권역별 거점카페 & 마을햇빛발전소 리빙랩



내년도  
에너지전환마을을  
준비하다.

2021  
에너지전환  
전문인력 양성과정  
- 에너지전환마을  
사관학교(1기) -

## 2021 에너지전환 전문인력 양성과정 에너지전환마을 사관학교

2021.  
9. 29. - 11. 16.

**대상** 에너지전환마을을 준비하는 마을 주민 또는 공동체 구성원(마을 당 3명 이상 참여 필수)  
**문의** 062-600-5243 | 010-3993-9371 **신청** [bit.ly/에너지전환인력양성](http://bit.ly/에너지전환인력양성)

구분	일시	주제	장소
개강식 특강	9월 29일 (수) 14시 - 17시	<ul style="list-style-type: none"> <li>개강식</li> <li>특강 1. 기후위기 시대의 민주주의</li> <li>- 서복경   더가능연구소 대표</li> <li>특강 2. 탄소중립 에너지자립도시 광주, 그리고 전환마을</li> <li>- 박필순   광주전환마을네트워크 공동대표</li> </ul>	전일빌딩 8층 대강당
토론회	10월 5일 (화) 13시 - 17시	<ul style="list-style-type: none"> <li>어는 토크 : 광주형 에너지전환마을의 이해 및 실제</li> <li>- 박필순 &amp; 김태호   국제기후환경센터 본부장</li> <li>에너지전환마을 활동가들과의 만남(발표&amp;토크)</li> <li>- 지원   용암   양림   일곡   참단 마을활동가 (5명)</li> </ul>	전일빌딩 4층 중회의실
전문교육 1	10월 7일 (목) 13시 - 17시	<ul style="list-style-type: none"> <li>강의 1. 에너지 및 태양광의 이해</li> <li>- 이기권   마이크로발전소 대표</li> <li>강의 2. 마을 햇빛발전소 만들기</li> <li>- 정운진   빛고을시민햇빛발전협동조합 이사장</li> </ul>	전일빌딩 4층 중회의실
현장 견학 1	10월 12일 (화) 13시 - 17시	<ul style="list-style-type: none"> <li>건물에너지 견학</li> <li>에너지제로하우스   그린 리모델링   시민햇빛발전소</li> </ul>	현장
전문교육 2	10월 14일 (목) 13시 - 17시	<ul style="list-style-type: none"> <li>강의 3. 에너지전환마을, 어디까지 해봤소?</li> <li>(주민참여 발전소, 에너지기술, 교육, 마을기업, 전환센터 등)</li> <li>- 김소영   성대읍마을다살림협동조합 대표</li> </ul>	전일빌딩 4층 중회의실
현장 견학 2	10월 3주차 (10/18 - 22)	<ul style="list-style-type: none"> <li>광주형 에너지전환 시범마을 견학</li> <li>지원   용암   양림   일곡   참단</li> </ul>	현장
워크숍	10월 26일 (화) 13시 - 17시	<ul style="list-style-type: none"> <li>에너지전환마을 디자인 워크숍</li> <li>- 아을병/마을교육팀 디자인 &amp; 전문가 지원단 컨설팅</li> </ul>	전일빌딩 4층 중회의실
발표회 수료식	11월 16일 (화) 14시 - 17시	<ul style="list-style-type: none"> <li>에너지전환마을 디자인 발표회</li> <li>에너지전환마을 사관학교(1기) 수료식</li> </ul>	전일빌딩 8층 대강당

주최 | 광주광역시 | 주관 | 광주평생교육진흥원, 광주지역문제해결플랫폼 | 협력 | 광주광역시의회, 국제기후환경센터, 광주전환마을네트워크

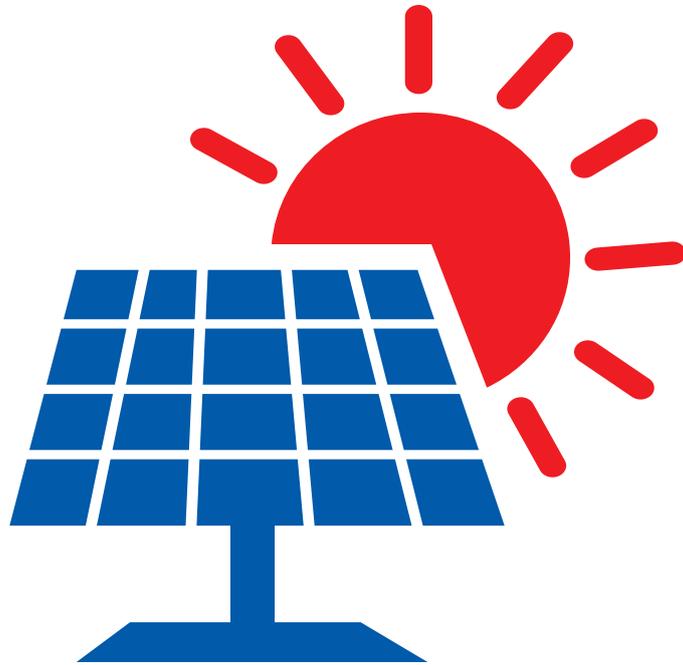
우리에게 남은 시간 10년



새로운 상상력에 기반한  
탄소중립 전환마을 필요!!



**에너지의 이해**  
**- 태양광·풍력·바이오매스 에너지 -**



전남대학교 윤양일 박사



## 제3강 에너지의 이해 – 태양광 · 풍력 · 바이오에너지

전남대학교 윤양일(공학박사)



### [ 강의 순서 ]

1. 태양광에너지
2. 풍력에너지
3. 바이오에너지



## 신재생에너지란?

### ■ IEA 정의 : Renewable Energy(재생에너지)

- 정의: 소비되는 것보다 더 빠른 속도로 재 보충되는 자연적 과정에서 얻어지는 에너지 (예 : 햇빛, 바람)

### ■ 우리나라 정의 : New & Renewable Energy (신재생에너지 = 신에너지 + 재생에너지)

- 법령: 신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급촉진법
- 정의: 기존의 화석연료를 변환시켜 이용하거나 수소·산소 등의 화학 반응을 통하여 전기 또는 열을 이용하는 신에너지와 태양·바람·물·지열·생물유기체 등을 포함하는 재생가능한 에너지를 변환시켜 이용하는 재생에너지

- ▶ 화석연료를 대체하는 친환경 청정에너지
- ▶ 개념: 석유, 석탄, 원자력 또는 천연가스가 아닌 에너지로써 총 11개 분야
- ▶ 신에너지 3개 분야: 수소, 연료전지, 석탄액화·가스화
- ▶ 재생에너지 8개 분야: 풍력, 태양광, 태양열, 바이오, 소수력, 지열, 폐기물, 해양에너지



### 신재생에너지의 특징

구 분	특 징
공공미래에너지	시장창출 및 경제성 확보를 위한 장기적인 개발보급 정책 필요
환경친화형 청정에너지	화석연료 사용에 의한 CO <sub>2</sub> 발생이 거의 없음
비고갈성에너지	태양, 바람 등을 활용하여 무한 재생이 가능한 에너지
기술에너지	연구개발에 의해 에너지 자원 확보가 가능

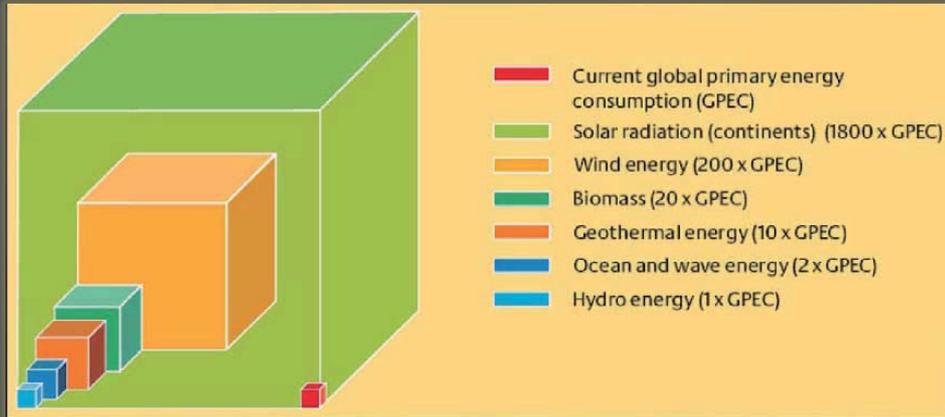
### 신재생에너지의 중요성

- ▶ 원유를 비롯한 화석연료의 고갈문제가 심각
- ▶ 유가의 불안정
- ▶ 온실가스방출의 국제적 규제 강화 (우리나라 2035년까지 1차 에너지의 11%를 신재생에너지로 대체)
- ▶ 친환경 청정에너지 개발의 중요성 대두
- ▶ 세계 선진 각국은 신재생에너지 기술 및 시장을 선점하기 위해 집중투자
- ▶ 신재생에너지 산업은 IT, BT, NT 산업과 더불어 차세대 산업으로 시장규모가 팽창하고 있는 미래 산업



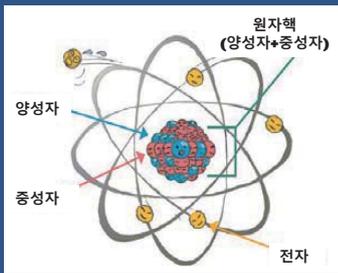
## 재생에너지

태양으로부터 지구의 지표면에 도달하는 태양에너지 :  $1.25 \times 10^{14}$  kW (125조 kW)  
 연간 전 세계 에너지 소비량 : 100억 kW의 약 1만 배  
 맑은 날 지구의 지표면에 도달하는 태양에너지 밀도 :  $1\text{kW/m}^2$



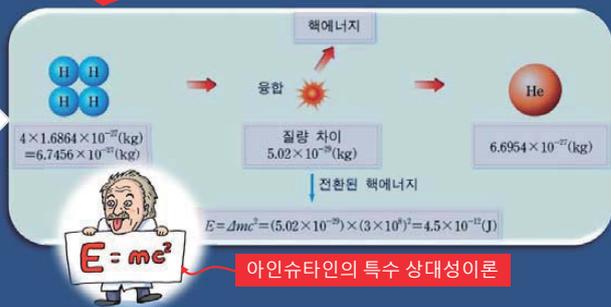
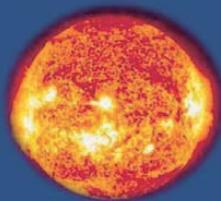
## 태양에너지

### 원자의 구조



### 태양의 핵융합

### 태양중심부에서 일어나는 핵융합 반응



### 태양의 핵융합 과정

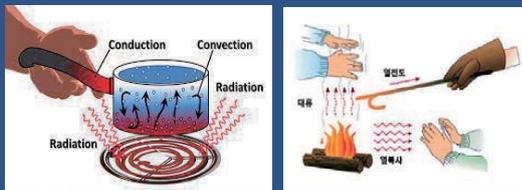
- 태양은 대부분이 가장 가벼운 수소로 이루어져 있음
- 태양 중심부 온도는  $1500\text{만}^\circ\text{C}$ 가 넘는 높은 온도이어서 원자핵과 전자가 분리된 플라즈마 상태
- 태양 중심부에서 수소원자핵이 다른 수소원자핵과 결합하여 헬륨원자핵으로 변하는 핵융합 반응이 발생
- 이 핵융합 반응에서 질량결손 부분이 에너지가 되어 막대한 에너지가 발생
- 이 에너지가 계속해서 빛을 내는 태양의 에너지원임

# 태양에너지

## 열전달의 3요소 (전도, 대류, 복사)

열전달의 3가지 방법

- 전도  $\dot{Q}_c = -kA \frac{dT}{dx}$
- 복사  $\dot{Q}_r = -\epsilon\sigma AT_s^4$
- 대류  $\dot{Q}_e = hA(T_s - T_f)$



## 열전달의 정의

열전달은 열이동이라고도 하며 열에너지의 이동현상을 의미

### 전도(Conduction)

열에너지가 물질의 이동을 수반하지 않고 분자간의 직접 충돌로 인해 고온부에서 저온부로 연속적으로 전달되는 현상. 주로 고체 내부에서 일어남. 금속의 한쪽 끝을 가열하면 가열된 부분의 원자들은 에너지를 얻어 진동, 진동이 차례로 옆의 원자를 진동시켜 열전도 발생.

### 대류(Convection)

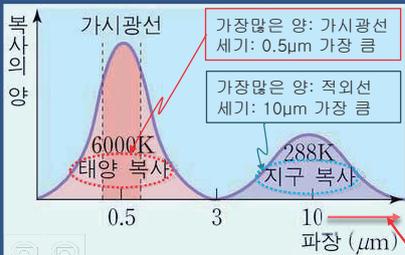
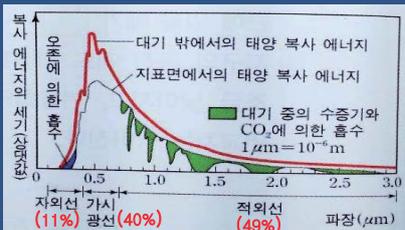
대류란 유체(기체, 액체)에서 열을 가진 분자들이 확산 또는 이동을 통해 열이 전달되는 현상. 자연대류와 강제대류가 있음(커피잔→자연상태:자연대류, 임으로 불:강제대류).

### 복사(Radiation)

고체나 유체와 같이 물질의 도움 없이 열이 전자기파의 형태로 전달되는 현상. 복사열전달의 가장 대표적인 예가 태양열. 우주는 진공으로 만들어진 곳이라 어떠한 매체도 없이 태양열이 지구까지 도달하는데 이는 태양복사의 원리로 전달되는 것.

# 태양에너지

## 태양복사에너지



## 복사에너지

물체가 온도에 따라 방출하는 에너지로 다른 물질의 도움을 받지 않고 직접 전달

### 태양복사에너지-단파복사

태양표면은 엄청난 고온이므로 자외선, 가시광선, 적외선 등으로 복사에너지 방출

- 태양복사는 X선, 감마선, 자외선, 가시광선, 적외선 등으로 구성
- 파장이 0.4μm 이하인 자외선은 O<sub>2</sub>와 O<sub>3</sub>(오존)에 흡수
- 적외선 영역은 파장에 따라 조금씩 다르지만 주로 H<sub>2</sub>O와 CO<sub>2</sub>에 선택적으로 흡수

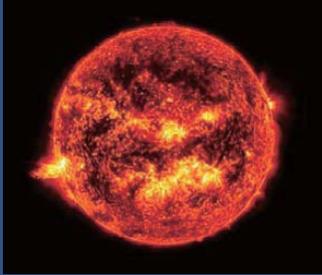
### 지구복사에너지-장파복사

지구표면온도는 약 15℃의 저온이므로 적외선 형태로 복사에너지 방출(3~20μm)

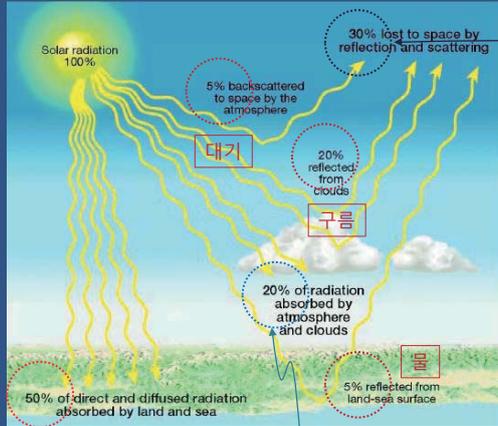
- H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> 등의 온실기체는 지구복사에너지를 흡수하여 지표를 재복사해 온실효과를 발생
- 파장 8~13μm 영역에서는 대부분의 지구복사가 그대로 우주공간으로 빠져 나가며 이 영역을 대기의 창이라 부름
- 지구대기 도달 태양복사에너지는 물, 구름, 지표면에 반사되어 30% 우주공간 회귀 (이를 반사율 또는 알베도라고 함)

태양복사에너지가 대기권을 통과하여 지표에 도달한 복사에너지의 약 80%가 적외선이고, 이 적외선의 80%는 10~20 μm의 원적외선임. 즉, 태양복사의 60%는 10~20 μm의 원적외선임.

## 태양에너지



- 태양외부온도: 약 6,000 °C
- 태양내부온도: 약 15,000,000 °C
- 흑점온도: 약 4,000 °C
- 생명: 약 50억년 (무한 에너지원)
- 가스성분: 수소 73.46%, 헬륨 24.85%  
(계 98.31%)



30%는 대기, 구름 그리고 물과 같은 반사 표면에 의해 우주로 반사

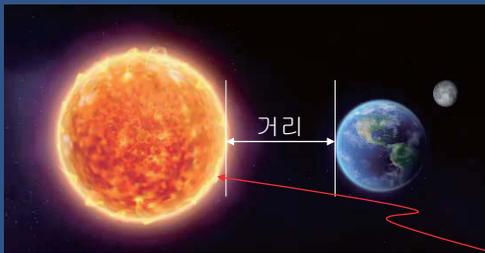
지구에 도달한 에너지는 태양의 22억분의 1에 불과

20%는 구름과 대기에 의해 흡수

지구에 도달한 태양복사의 평균 50%가 지표면에 의해 흡수



## 태양에너지



- 태양과 지구의 거리: 1억 5,000만 km
- 태양의 지름: 139만km (지구의 109배)
- 태양의 질량:  $2 \times 10^{30}$ kg ( 지구의 33만 배 )
- 태양에서 지구도달 속도: 빛 8.3분, 초음속비행기 13.9년, 자동차 156년

### 태양표면에서 생산되는 에너지

- ◆ 태양이 1초 동안 생산하는 에너지(태양표면)는

$$\Delta E = mc^2 = 3.87 \times 10^{26} [J/s] = 3.87 \times 10^{26} [W]$$

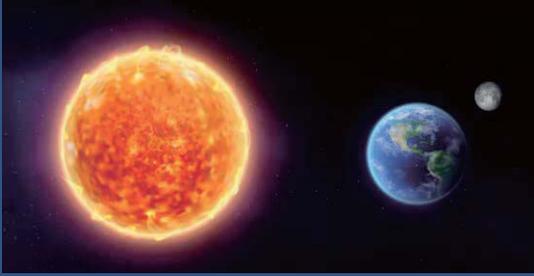
이 에너지량은 전 세계 인구가 100만년간 사용할 수 있음

- ◆ 태양이 1년 동안 생산하여 방출하는 에너지는

$$W = \Delta E \times 365 \times 24 \times 3600 = 1.22 \times 10^{34} [W \cdot s] \\ = 3.99 \times 10^{27} [kWh]$$



## 태양에너지



1시간 동안 태양에서 지구표면에 내리쬐는 빛을 에너지로 변환할 수 있다면 전 세계인이 1년간 사용할 수 있는 에너지량이 됨

### 지구에서 생산되는 에너지

지구에 도달하는 에너지는 태양의 22억분의 1에 지나지 않지만 인류문명이 만든 최첨단 발전소 1억 5000만개와 같은 에너지량임

◆ 연간 태양에서 지구에 도달하는 태양에너지

$$W_{earth} = E_{earth} \cdot \pi r^2 \cdot T$$

$$= 1,370 \times \pi (6400 \times 10^3)^2 \times 8760h = 1.53 \times 10^{18} kWh$$

◆ 지구의 대기권의 단위 면적(m<sup>2</sup>)당 태양에너지

$$E_{earth} = \frac{\Delta E}{4\pi r^2} = \frac{3.87 \times 10^{26}}{4\pi (1.5 \times 10^{11})^2} = 1370 [W/m^2] \quad (\text{지표면 : } 1kW/m^2)$$

▪ 지구 반지름  $r = 6,400 \text{ km}$

◆ 연간 전 세계의 필요 에너지 :  $1.5 \times 10^{14} kWh$

## 태양에너지

### 태양에너지의 장점과 단점

#### 장점

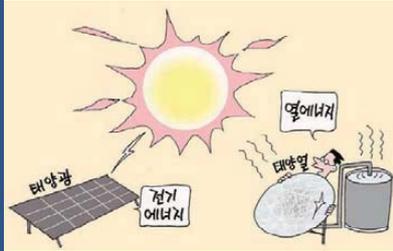
- ❖ **무한정한 에너지** : 태양이 있는 한 계속 사용이 가능한 고갈되지 않는 영구적인 에너지
- ❖ **무공해의 청정에너지** : 공기나 물을 오염시키지 않으며, 독성 폐기물이 발생하지 않음
- ❖ **지역편중이 없는 에너지** : 석유나 석탄과 같이 특정지역에 편재되지 않은 평등한 에너지
- ❖ **다양한 분야 적용성 및 이용성** : 냉방, 난방, 전기 등 다양한 분야에 활용이 가능함

#### 단점

- ❖ **낮은 에너지 밀도** : 지구 전체에 얇게 퍼져 있어서 한 장소에 떨어지는 양이 매우 적음. 따라서 이 문제를 해결하기 위해서는 태양광 및 태양열의 기술개발이 필요함
- ❖ **간헐적인 에너지** : 야간이나 흐린 날에는 태양에너지를 이용할 수 없음
- ❖ **계절에 따른 일사량의 차이** : 봄, 여름은 일사량 조건이 좋으나 겨울에는 조건이 불리함

# 태양에너지

## 태양광과 태양열



**태양광(햇빛)**  
빛에너지 → 전기에너지

**태양열(햇볕)**  
빛에너지 → 열에너지

**같은 점**  
둘 다 태양에너지를 이용

## 태양광발전과 태양열발전

### 태양광발전

- 태양전지가 태양에너지(햇빛)를 받아 표면에 전기를 만드는 원리
- 태양에너지 → 전기에너지
- 태양광 : 전기

### 태양열발전

- 태양의 복사광선을 흡수해서 물을 끓이는 방식
- 태양에서 나오는 열로 물을 끓이면 증기가 발생 → 터빈회전 → 전기에너지 생산
- 물이나 기름을 데워서 터빈을 돌리는 것은 기존 화력발전소와 비슷
- 태양열은 집열과 축열이 핵심(집열: 열 모으는 것, 축열: 열 저장하는 것)
- 태양에너지 → 열에너지 → 기계에너지 → 전기에너지
- 태양열 : 온방, 냉방, 전기



태양광발전

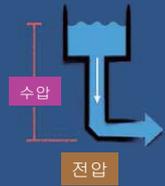


태양열발전

## 1. 태양광에너지

# 1. 태양광에너지

## 전압, 전류, 저항



전기는 전자가 움직이면서 발생하며 전자는 전하를 가지고 있는데, 전하가 실제로 일을 함 - 형광등, 휴대폰 등

전기를 이해하는 기초에서는 전자가 움직이고 있다는 개념이 가장 중요함

### 전압

두 점 사이에서 발생하는 전하의 차이



### 전류

전류는 전하가 흐르는 속도



### 저항

저항은 전하의 흐름을 방해하는 주범

## 직류와 교류의 차이

### 직류(direct current(DC))

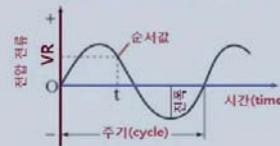


직류(DC)

### 직류

전압이 걸리는 방향과 전류가 흐르는 방향이 시간이 지나도 변하지 않고 항상 일정한 값을 유지 (건전지 등)

### 교류(Alternative Current)



교류(AC)

### 교류

시간이 지남에 따라 전압이 변화 (가정 내 콘센트 등)

교류전기는 정기적으로 플러스와 마이너스가 수시로 바뀌어 전류의 방향이 교대로 이루어짐

60Hz란 1초에 주기가 60번 변화

❖ 전하(Electric Charge): 전기현상을 일으키는 원인으로 어떤 물질이 갖고 있는 전기의 양

# 1. 태양광에너지

## 전기에너지, 전력, 전력량의 차이

구분	기호	단위	구하는 법
전기에너지	$E$ Energy(에너지)	J (줄)	전압 x 전류 x 시간(초) $E = V \times I \times t$ (초)
전력	$P$ Power(힘)	W (와트)	전압 x 전류 $P = V \times I$
전력량	$W$ Work(일)	Wh (와트시)	전압 x 전류 x 시간(시간) $W = V \times I \times t$ (시간)

### 전기에너지

전기에너지란 전류의 이동, 즉 전자의 이동에 의해 만들어지는 에너지

### 전력

전력은 일정 시간 동안에 전기가 하는 일의 양으로 기호는 P, 단위 W

### 전력량

전력량은 1시간 동안 전기가 하는 일의 양으로 기호는 W, 단위 Wh

전기에너지는 전력량과 유사하지만 전력량은 1시간 단위이고 전기에너지는 1초 단위의 개념

짧은 시간에 사용하는 전기포트와 같은 경우: 소비전력 큰 게 유리

소비전력	물 500ml	물 1.0L
800W	4분 20 ~ 40초	8분 10 ~ 50초
1300W	3분 10 ~ 30초	6분 ~ 6분 20초
1800W	2분 ~ 2분 20초	3분 30 ~ 4분 10초
2000W	1분 50 ~ 2분 10초	3분 20초 ~ 4분



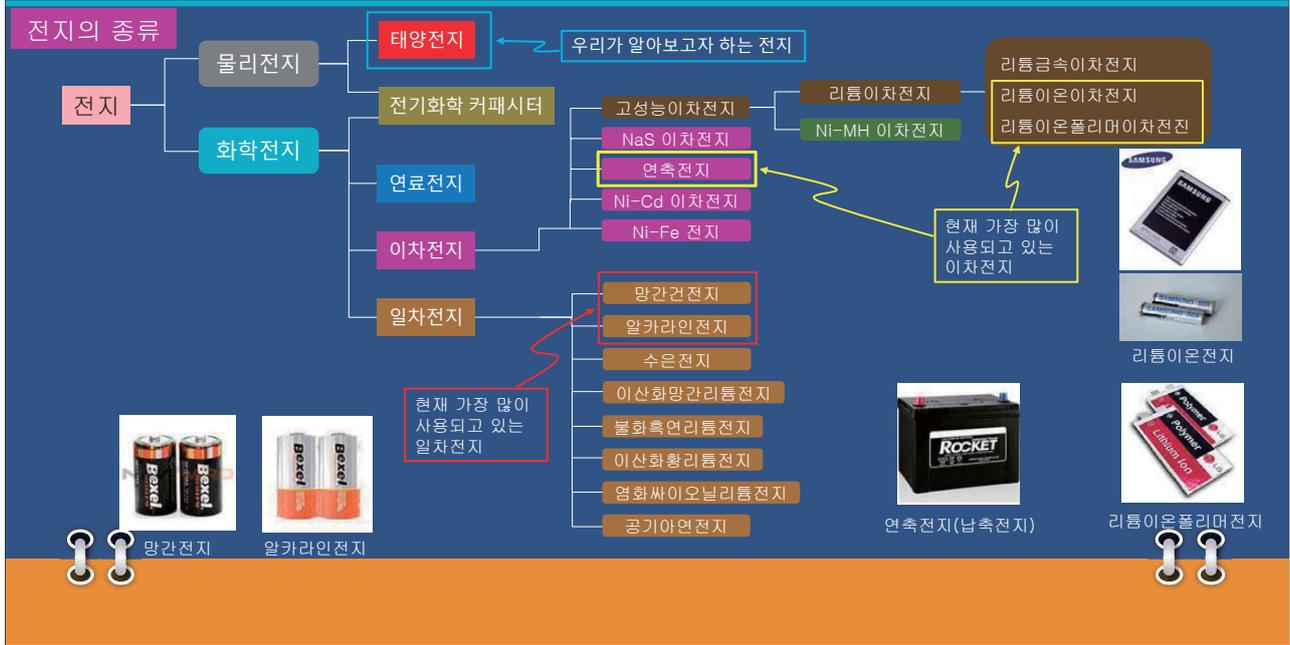
### 소형전기청소기

- 정격전압 : 220V/60Hz
- 정격소비전력 : 600W  
( $P = V \times I = 220 \times 2.73A$ )

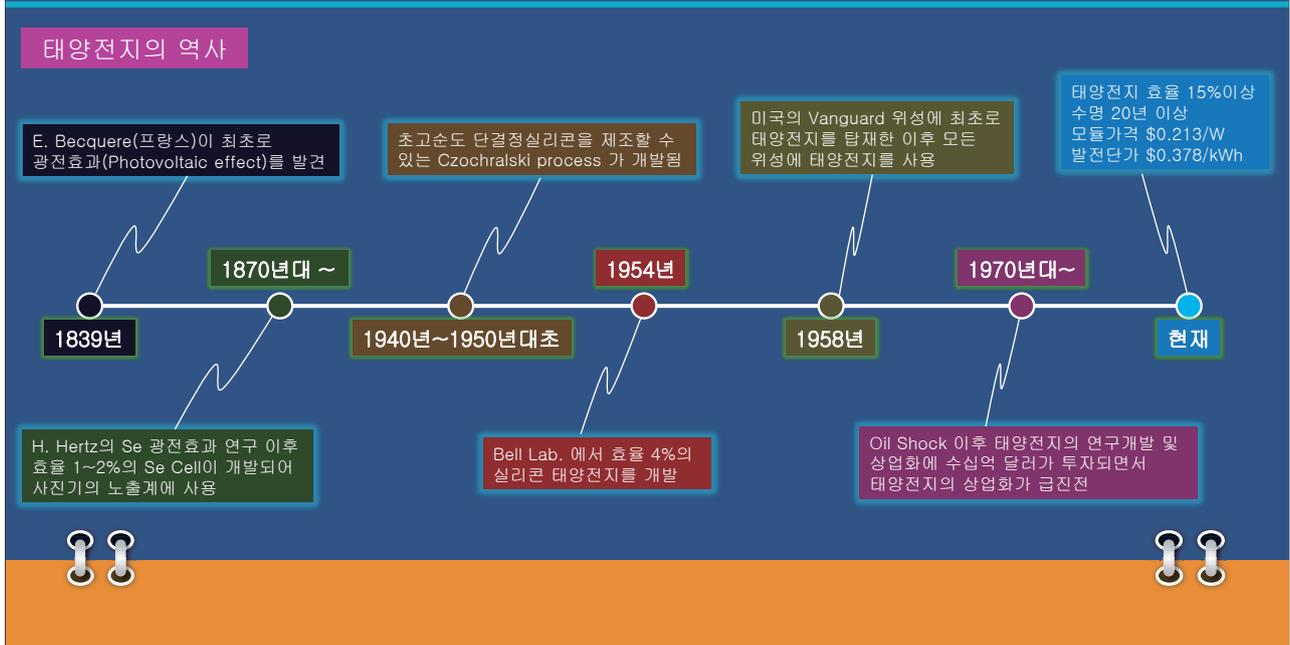
### 냉장고

- 전력량 : 24.1kWh/월 (289.2kWh/년)
- 전기요금 : 46,000원/년 (159원/kWh)  
(3,833원/월, 127원/일(=0.8kWh))

# 1. 태양광에너지



# 1. 태양광에너지



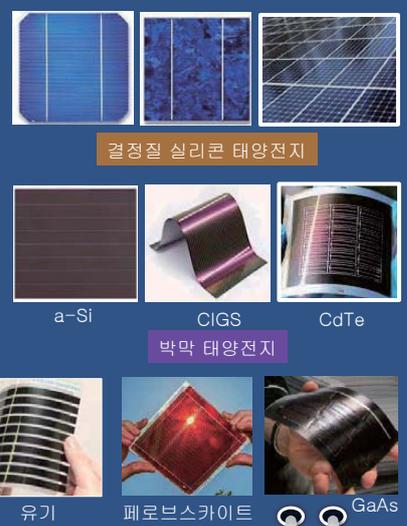
# 1. 태양광에너지

## 태양전지의 종류

### 태양전지



효율대비 가격이 저렴하여 현재 가장 많이 사용하는 제품



Gallium Arsenide(비소) solar cell : GaAs    Cadmium Telluride solar cell : CdTe    Copper Indium Gallium Selenide solar cell : CIGS

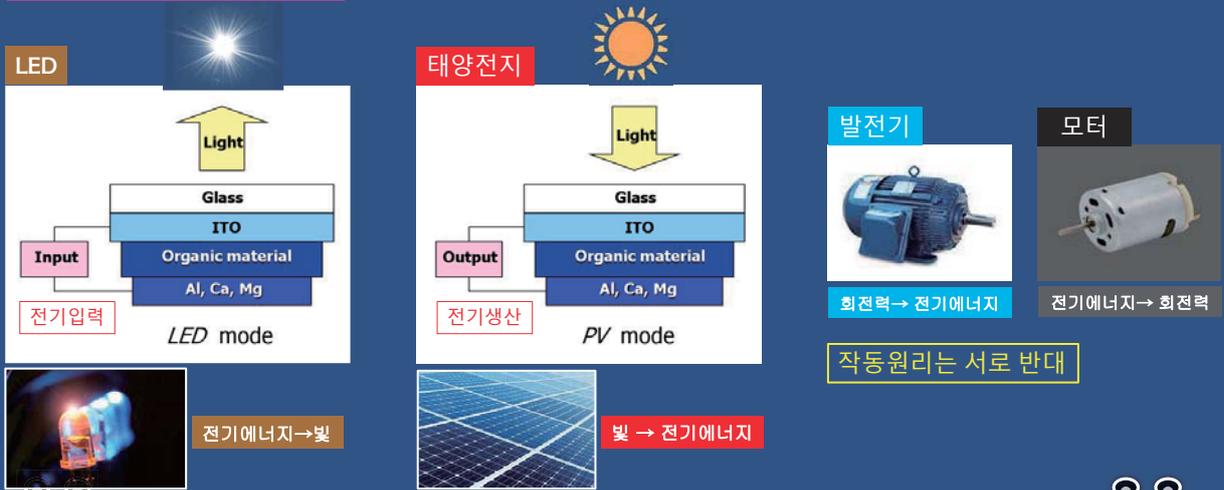
# 1. 태양광에너지

## 태양전지의 기술 흐름



# 1. 태양광에너지

## LED와 태양전지의 차이점



작동원리는 서로 반대이나 둘 다 반도체 소자를 이용

# 1. 태양광에너지

## 태양광과 형광등의 밝기 비교

태양광		형광등	
상황	조도(lux)	상황	조도(lux)
아주 맑은 날	120,000 ~ 100,000	설계대(국부조명)	~ 1,000
맑은 날	100,000 ~ 50,000	사무실, 회의실	300 ~ 600
구름 낀 날	50,000 ~ 10,000	식당, 복도	200 이하
비오는 날	20,000 ~ 5,000	계단, 커피숍	100 이하

# 1. 태양광에너지

태양전지의  
규모 및  
용도별 분류

GRID CONNECTED			
Residential	Commercial / Industrial	Utility	Off-grid
Up to 20 kW	Up to 1 MW	1 MW upwards	Varying sizes
			
<ul style="list-style-type: none"> <li>Individual buildings / houses</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Commercial office buildings, schools, hospitals and retail</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Starting at 1 MW</li> <li>Mounted on buildings or directly on the ground</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Telecommunication units, remote communities and rural electricity supply</li> </ul>

# 1. 태양광에너지

태양전지의 특징 및 효율

태양전지의 종류	특징	최대 효율(%)
단결정 실리콘 태양전지	높은 순도, 낮은 결정결함밀도가, 고가	28% (도달 한계치 : 35%)
다결정 실리콘 태양전지	저렴한 공정, 저급재료의 이용	18% (도달 한계치 : 19%)
비정질 실리콘 태양전지	가장 상업적으로 성공한 최초의 박막형태의 태양전지	12%
CuInSe <sub>2</sub> (CIS cell)	p/n이종 접합의 기본구조를 가짐, 약 1eV의 에너지 밴드를 가짐, 0.5V 이하의 낮은 Voc	11%
GaAs 태양전지	태양전지의 재료 중 가장 높은 효율 달성 우주용으로 상용화 성공, 에너지 밴드의 조절이 용이, 높은 광 흡수계수, 고가, As의 유해성	28.7%
CdTe 태양전지	높은 광 흡수, 저렴한 생산비용, 물질의 합성이 용이, 높은 접촉저항, 소자제작의 어려움	10%
염료감응 태양전지 (DSSC)	저렴한 제작비용, 제작의 용이성, 환경 친화적, 투명한 태양전지의 제작 가능, 안정성의 문제	10%
유기 태양전지	저렴한 제작비용, 다양한 물질의 적용 가능, 유연한 태양전지의 제작 가능, 낮은 효율, 안정성의 문제	3-4%

# 1. 태양광에너지

## 태양전지의 장단점

### 장 점

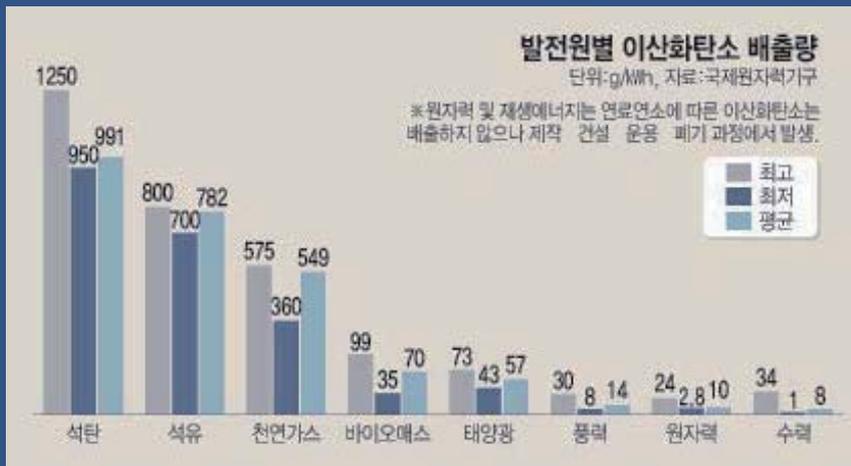
- ❖ **에너지원이 청정·무제한 에너지** : 오염물질을 배출하지 않고 고갈되지 않는 영구적인 에너지
- ❖ **필요한 장소에서 필요한 발전가능** : 원하는 장소에서 필요한 용량에 맞춰 설치가 가능
- ❖ **유지보수 용이, 무인화 가능** : 시스템의 유지보수가 쉬우며 무인 자동화 운전이 가능
- ❖ **긴 수명** : 20년 이상 가동이 가능
- ❖ **연료, 냉각수 불필요** : 에너지, 자원보존, 입지상의 문제 없음
- ❖ **단기건설기간** : 수요에 신속하게 대응이 가능

### 단 점

- ❖ **지역별 일사량에 의존** : 나라와 지역의 일사량에 따라 전력생산량에 차이
- ❖ **대면적 필요** : 에너지밀도가 낮아 대규모 발전에 대면적이 필요
- ❖ **불안정성** : 우천시나 야간에 발전을 할 수 없고, 봄, 여름은 일사량 조건이 좋으나 겨울에는 조건이 불리함
- ❖ **설치장소가 한정적, 시스템 비용이 고가** : 대규모 발전 시 설치장소가 한정적이고 비용이 고가
- ❖ **고전류 출력 불가능** : 공급가능 전류에 한계, 급격한 전력수요에 대응이 불가

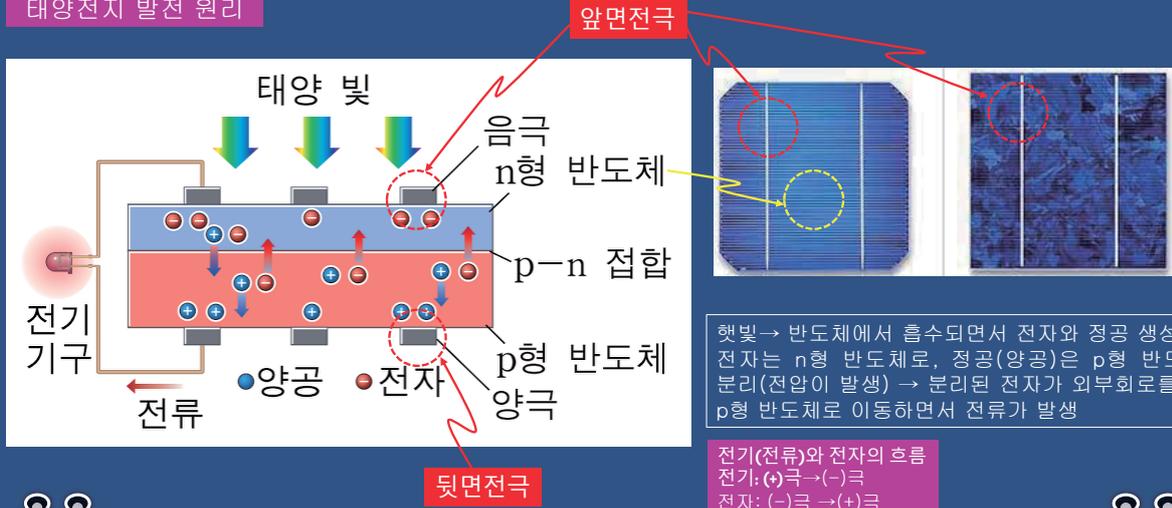
# 1. 태양광에너지

## 발전원별 이산화탄소 배출량



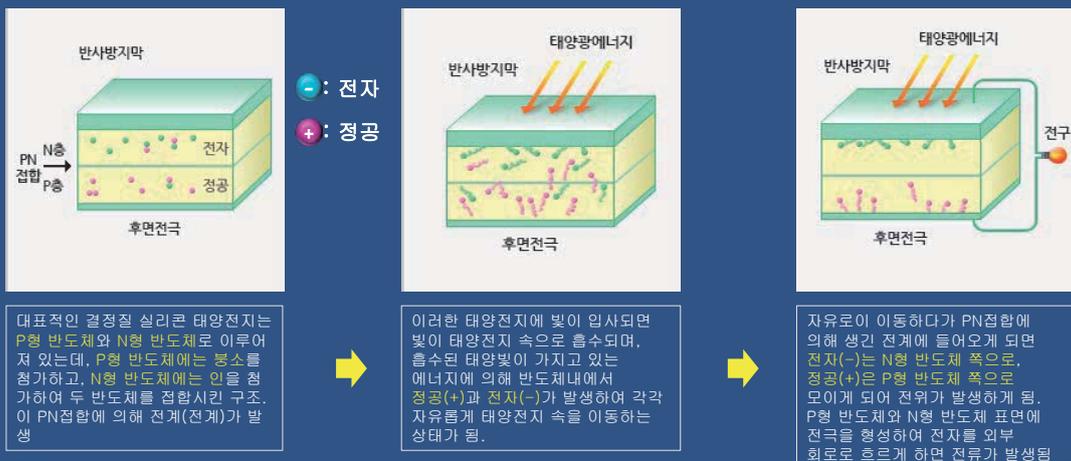
# 1. 태양광에너지

## 태양전지 발전 원리



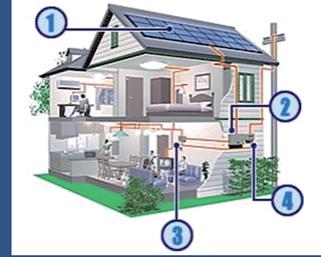
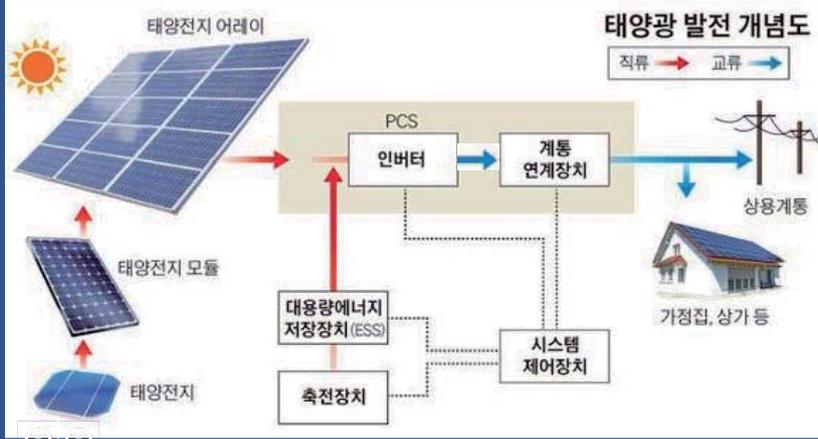
# 1. 태양광에너지

## PN접합에 의한 태양전지 발전 원리



# 1. 태양광에너지

## 태양광발전 시스템 구성도



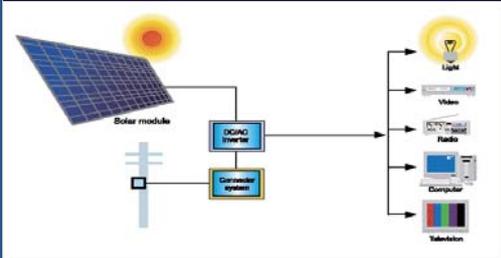
1. 태양전지 모듈  
- 태양으로부터의 에너지를 전기에너지로 변환
2. 인버터 (전력변환장치)  
- 태양전지 모듈에서 생산된 직류 전기를 교류 전기로 변환
3. 분전반  
- 적절한 전기적인 부하를 각각의 전기 소모품에 제공
4. 전력량계  
- 외부로부터 들어온 전력량 및 외부로 나간 전력량을 측정

PCS(Power Conditioning System, 전력변환장치): ESS 시스템 내에서 전력을 입력받아 배터리(축전지)에 저장하거나 계통 방출하기 위해 전기의 특성 (주파수, 전압, AC/DC)을 변환해주는 시스템

# 1. 태양광에너지

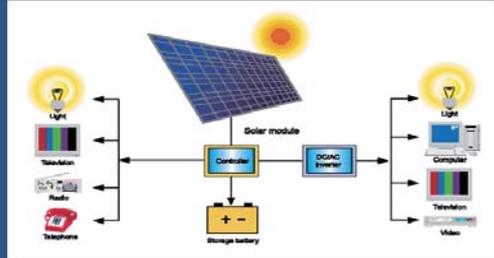
## 태양광발전 시스템의 종류(계통연계형, 독립형)

### 계통연계형 시스템(Grid Connected Solar System)



- ◆ 계통연계 시스템은 태양광발전으로 얻은 전기와 전력회사에서 공급하는 전기를 함께 쓰는 시스템
- ◆ 심야나 악천후처럼 태양광발전으로 전기를 공급받을 수 없을 때에는 기존의 전력시스템으로부터 전기를 공급
- ◆ 태양광발전으로 얻은 전기가 남을 경우에는 거꾸로 전력시스템으로 송전
- ◆ 따라서 계통연계 시스템은 축전지가 필요하지 않음

### 독립형 시스템(Stand Alone Solar System)



- ◆ 독립형 시스템은 외딴 섬과 같이 전기가 들어오지 않는 지역에서 태양광발전으로만 전기를 공급하는 시스템
- ◆ 독립형 시스템은 전기를 발전하는 태양광 모듈, 심야나 악천후에도 전기를 쓰기 위해서는 발전된 전기를 저장해 둘 축전지(battery), 그리고 발전된 직류를 우리가 사용하는 교류로 변환해주는 인버터(inverter)로 구성되어 있음
- ◆ 따라서 독립형 시스템은 축전지가 필요함

# 1. 태양광에너지

## 태양광발전 시스템의 설비 종류

### 양축 추적식 시스템



- ◆ 양축 추적식은 태양전지를 움직일 수 있는 회전축을 2개를 설치하는 방식임
- ◆ 한 축은 태양의 방향각을 추적하고 다른 한 축은 태양의 고도각을 추적할 수 있음
- ◆ 양축 추적식 시스템의 발전량은 고정식보다 19.0 ~ 21.3%까지 발전량을 증가시킬 수 있음

### 고정식 시스템



- ◆ 고정식은 한 번 설치하면 경사각과 방위각을 수정할 수 없으며 발전량도 가장 낮음
- ◆ 그러나 단위 면적당 설치할 수 있는 태양광시스템의 양이 많기 때문에 선호되고 있는 시스템임
- ◆ 고정식의 경우 산란광선에 의한 발전량이 57.6%가 되며, 직사광선에 의한 발전량은 41% 정도에 지나지 않음. 따라서 고정식은 산란광선에 의한 발전량이 직사광선에 의한 발전량보다 많음



# 1. 태양광에너지

## 태양광발전 시스템의 설비 종류

### 고정 가변식 시스템



- ◆ 고정 가변식 지지대는 고정식 지지대의 경사각을 수동으로 변경할 수 있게 하여, 고정식 지지대의 최대 단점인 낮은 발전 효율을 개선할 수 있도록 고안된 시스템
- ◆ 태양전지판 경사각 변경을 통해 적은 비용으로 전력 생산량을 높일 수 있음
- ◆ 고정가변형은 경사각을 매월 변경함
- ◆ 고정가변형은 고정식에 비해 3.5% 정도 발전량을 늘릴 수 있음

### 단축 추적식 시스템



- ◆ 단축 추적식은 1개의 축을 중심으로 태양전지판을 회전시켜 태양광을 추적하는 시스템
- ◆ 크게 태양고도를 상하방향으로 고도추적방식, 태양방위각을 동서방향으로 추적하는 방위각추적방식이 있음
- ◆ 고도 추적방식은 일조시간과 일출시간에 상대적으로 발전효율이 떨어지며, 방위각 추적방식은 태양전지판의 각도가 사실상 0도에 가까워서 사용자의 기대에 미치지 못하는 경우가 많음
- ◆ 두 방식의 장점을 취한 것이 경사단축추적 시스템임



# 1. 태양광에너지

## 태양광발전 시스템의 설비 종류

### 지붕형 시스템



- ◆ 가정지붕, 관공서, 기업, 공장, 병원, 백화점, 호텔, 대형 마트 등 옥상에 설치가 가능함
- ◆ 태양광 발전과 함께 지붕 단열도 겸할 수 있어 이중 효과
- ◆ 지붕형 태양광발전은 기존 시설물의 지붕을 활용하기 때문에 신규 건설하는 태양광발전소와 달리 토지확보 문제 해결 및 개발로 인한 자연 훼손을 막을 수 있는 것이 장점
- ◆ 건물 옥상, 지붕의 유휴부지를 활용한 지붕형 태양광발전은 REC(신재생에너지공급인증서) 가중치 1.5를 인정받아 일반 태양광 발전소에 비해 높은 수익률
- ◆ 국내 공장건물에 전부 설치할 경우 원자력발전소 4기와 맞먹는 전력생산이 가능



# 1. 태양광에너지

## 태양광발전 시스템의 설비 종류

### BIPV (건물일체형 시스템)

방식	적용사례	장점과 단점
 커튼월형		·스킨드럴 ·장점: 별도 설비 없이 설치 가능 (커튼월) 단/다열경 사용하여 발전효율증가 ·단점: 수직면에 적용되어 발전효율 하락
 비전글라스		·비전글라스 ·장점: 별도 설비 없이 설치 가능 (커튼월) 별도의 장치없이 적절한 조도 유지 ·단점: 반영성으로 인해 발전효율 하락
 발코니형		·발코니난간 ·장점: 반투명 태양전지로 채광성 유지 집합주거에 적합 ·단점: 반투명성으로 인해 발전효율 하락

 수직 차양형		·수직 고정식차양 ·장점: 풍/사속 일면에 적합한 용용방법 차양효과, 발전효과를 동시에 얻을 ·단점: 시각적 차단감
 수평 차양형		·수평 고정식차양 ·장점: 신진축물에 쉽게 장착가능. 차양간 거리를 조정필요. 차양, 발전기능을 효과적으로 적용 가능 ·단점: 시공비가 비싸다.
 수평 자동식차양		·수평 자동식차양 ·장점: 고정식에 비해 40%이상 발전량 증가. 자체적으로 최적의 발전효율 각도 유지 가능 ·단점: 고정식차양보다 고가

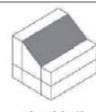


# 1. 태양광에너지

## 태양광발전 시스템의 설비 종류

### BIPV (건물일체형 시스템)

방식	적용사례	장점과 단점
		<ul style="list-style-type: none"> <li>-지붕슬레이트/상급</li> <li>-장점: 별도 전기 설비 없이 설치 및 시공이 간편</li> <li>-기존 슬레이트와 시각적 조화증가</li> <li>-단점: 고가, 적용에 제한</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>-금속판 거푸 붙들어옴</li> <li>-장점: 재광면화에 영향을 적게 받고 시공이 간편</li> <li>-긴 스펙을 간편하게 덮을 수 있다</li> <li>-단점: PV금속판 거푸길이 제한(5.5m)</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>-지붕태양전지패널</li> <li>-장점: 발전 효율이 높고 시공이 간편하다</li> <li>-단점: 단조로운 건축디자인 우려</li> <li>-방수처리가 어렵다</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>-지붕단열판넬</li> <li>-장점: 발전과 단열 증가의 이중효과</li> <li>-계속 및 신축공사에 적용 가능</li> <li>-발전 효율이 높다</li> <li>-단점: 단조로운 건축디자인 우려</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>-아트리움천장</li> <li>-장점: 태양전지를 유리판 사이에 결합 용이</li> <li>-아트리움 내부에 적절한 채광성 유지</li> <li>-단점: 표준화가 어렵고, 건축별 특별주문필요</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>-캐노피 지붕</li> <li>-장점: 여름철 과한 직사일광 최소화</li> <li>-태양광발전의 이중효과</li> <li>-단점: 표준화가 어렵고, 건축별 특별주문</li> </ul>

# 1. 태양광에너지

## 태양전지 모듈의 변환효율 계산

태양전지에 입사되는 빛에너지(W/m²)와 태양전지에서 나오는 전기 출력에너지의 비율을 백분율로 표시한 수치(%)

### 예1)

- 모듈사양
  - 출력: 360 W
  - 최대전압: 37.7 V
  - 최대전류: 9.56 A
  - 면적: 가로 1.024m x 세로 2.024m = 2.072m<sup>2</sup>
- 단위면적당 입사에너지 [W/m<sup>2</sup>]
  - = 2.072 x 1,000W/m<sup>2</sup> = 2,072W
- 모듈 변환효율
  - = 태양전지출력 / 입사에너지 x 100%
  - = 360W / 2,072W x 100% = 17.37%



### 예2)

- 모듈사양
  - 출력: 60 W
  - 최대전압: 17.7 V
  - 최대전류: 3.41 A
  - 면적: 가로 0.54m x 세로 0.9m = 0.486m<sup>2</sup>
- 단위면적당 입사에너지 [W/m<sup>2</sup>]
  - = 0.486 x 1,000W/m<sup>2</sup> = 486W
- 모듈 변환효율
  - = 태양전지출력 / 입사에너지 x 100%
  - = 60W / 486W x 100% = 12.35%



# 1. 태양광에너지

## RPS 제도 및 REC

### 신재생에너지 공급의무화 (RPS: Renewable Portfolio Standard) 제도

- ❖ 일정규모(500MW) 이상의 발전설비를 보유한 발전사업자(공급의무자)에게 총 발전량의 일정비율 이상을 신재생에너지를 이용하여 공급하도록 의무화한 제도

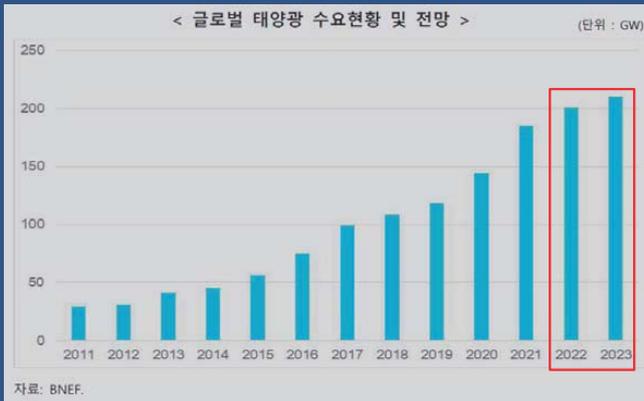
### 신재생에너지 공급인증서 (REC: Renewable Energy Certification)

- ❖ 발전사업자가 신재생에너지 설비를 이용하여 전기를 생산 공급하였음을 증명하는 인증서
- ❖ 공급의무자는 의무공급량을 신재생에너지 공급인증서를 구매하여 충당할 수 있음
- ❖ 공급인증서 발급대상 설비에서 공급된 신재생에너지 전력량에 대해 가치를 곱하여 부여

대분류	소분류	현행	개정 후	비고	
태양광	일반부지	소규모(100kW 미만)	1.2	1.2	
		중규모(100kW~3MW)	1.0	1.0	
		대규모(3MW 초과)	0.7	0.8	
	건축물 등 기존시설을 활용	소규모(100kW 미만)	1.5	1.5	
		중규모(100kW~3MW)	1.0	1.0	
		대규모(3MW 초과)	1.0	1.0	
	수상태양광	소규모(100kW 미만)	1.5	1.6	
		중규모(100kW~3MW)	1.5	1.4	유예기간 설정
		대규모(3MW 초과)	1.5	1.2	유예기간 설정
		임야 자가용	0.7	1.0	0.5
풍력	육상	1.0	1.2		
	해상(법상 배타 및 배타가 될 수임이 존재)	2.0	2.5		
	연안해상(해상법령 등 간섭지 또는 방조제 내측)	-	2.0	신설	
	수심 5m, 연계거리 5km 증가시 마다 (수심 20m 초과, 연계거리 5km 초과인 해상풍력 및 연안해상풍력에 적용)			+0.4(복합)	
	연료전지	2.0	1.9	유예기간 설정	
연료전지	투성수소 사용시	-	+0.1	신설	
	에너지효율 65% 이상시(전기+열효율)	-	+0.2	신설	

# 1. 태양광에너지

## 글로벌 태양광 수요 및 주요국 태양광 수요 전망치



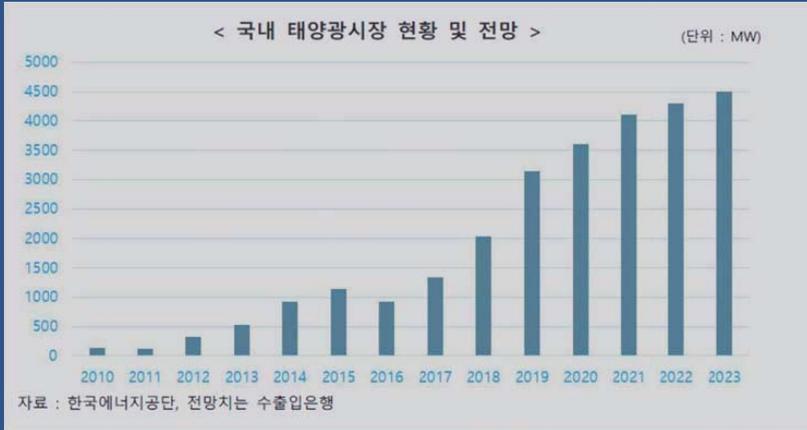
< 주요국 태양광 수요 전망치 > (단위 : GW)

국가	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
중국	53.0	44.3	33.1	52.1	69.0	68.9	77.0
미국	10.9	10.2	11.5	18.7	26.2	26.9	29.0
인도	10.3	11.1	11.6	4.2	10.0	12.7	14.6
브라질	1.4	1.5	2.8	3.9	5.9	6.3	6.0
일본	7.4	6.7	6.7	8.7	5.6	3.7	3.0
오스트레일리아	1.3	4.0	3.5	3.6	5.5	5.6	4.3
독일	1.7	3.6	3.8	4.9	5.2	5.3	5.3
한국	1.3	2.3	3.7	4.1	4.2	4.5	4.6
스페인	0.1	0.3	5.0	2.9	4.0	4.7	5.2
네덜란드	0.8	1.6	2.6	3.1	3.7	3.8	3.9
글로벌 전망치	99.0	108.0	118.0	144.0	182.0	200.0	212.7

자료: BNEF.

# 1. 태양광에너지

## 국내 태양광시장 현황 및 전망



- ▶ 2021년 국내 태양광 설치량은 4GW를 넘어설 것으로 예상되며, 2023년 4.5GW 까지 확대될 전망이다
- ▶ 2020년 기준 국내 태양광 시장규모는 약 3.5조 원으로 글로벌 기준 약 8위권의 시장으로 성장함
- ▶ 정부의 보급정책으로 국내 태양광 설치량도 빠르게 증가하고 있으며, 최근 기업들의 ESG 경영강화로 기업의 태양광 발전 수요가 꾸준히 증가할 것으로 예상됨

❖ ESG는 기업의 비재무적 요소인 '환경(Environment)', '사회(Social)', '지배구조(Governance)'의 약자로, 기업이 고객 및 주주적원에게 얼마나 기여하는가, 환경에 대한 책임을 다하는가, 지배구조는 투명한가를 다각적으로 평가하는 것

# 1. 태양광에너지

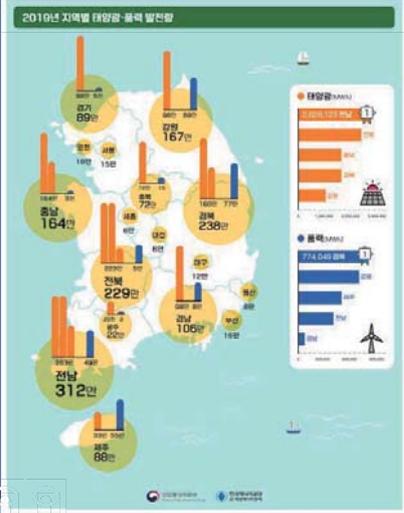
## 국내 REC 가격 동향



- ▶ 2018년 6월 기준 REC 현물 가격은 107,308원이었으나, 2021년 6월 가격은 31,840원에 불과함
- ▶ 태양광발전 사업 수익은 SMP+REC로 구성되어 있으며, REC 가격이 높을수록 태양광 사업 수익이 늘어나는 구조임
- ▶ REC 가격도 수요와 공급에 의해서 결정되며, REC 공급이 늘어남에 따라 현물 가격도 빠르게 하락함
- ▶ 같은 기간 태양광 발전 설치비에 상당 부분을 차지하는 단결정 모듈가격은 32% 하락에 불과해 상대적으로 REC 가격 하락 폭이 큰 상황임
- ▶ 2020년 8월 이후 REC 가격과 모듈가격 격차가 확대되고 있어, 설치비용은 증가하나 REC 가격은 하락해 상대적으로 태양광 프로젝트 수익률이 떨어질 가능성이 존재함

# 1. 태양광에너지

태양광 발전량



1위 전남  
2위 전북  
3위 충청  
4위 경상  
5위 강원

태양광 누적 발전설비 용량



1위 전남  
2위 전북  
3위 충청  
4위 경상  
5위 강원

여기까지 태양광에너지입니다  
감사합니다



## 제3강 에너지의 이해 - 태양광 · 풍력 · 바이오에너지

전남대학교 윤양일(공학박사)



### [ 강의 순서 ]

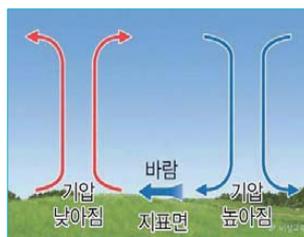
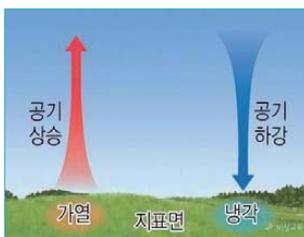
1. 태양광에너지
2. 풍력에너지
3. 바이오에너지



## 2. 풍력에너지

### 바람에너지

#### 바람의 발생 원리



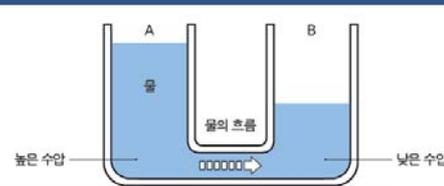
- ① 가열된 곳: 공기가 주위보다 가벼워져서 상승한다→ 지표면의 기압이 낮아진다
- ② 냉각된 곳: 공기가 주위보다 무거워져서 하강한다→ 지표면의 기압이 높아진다

#### 바람의 방향과 크기

- ① 바람은 기압이 높은 곳에서 낮은 곳으로 분다
- ② 두 지점의 기압 차이가 클수록 바람이 강하게 분다

#### 바람

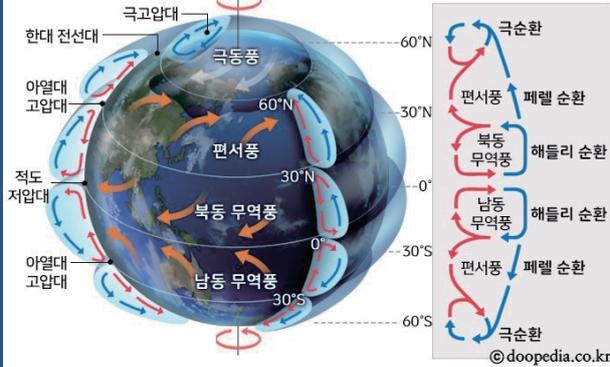
- 바람이란 기압차에 의한 공기의 흐름
- 기압: **기온 상승** → 공기가 가벼워져 기압 낮아짐 → 공기상승  
**기온 하강** → 공기가 무거워져 기압 높아짐 → 공기하강
- 기압 높은 곳 공기 → 기압 낮은 곳으로 이동(기압경도력)
- 이러한 대기의 균형을 맞추기 위한 공기의 흐름이 바람임
- 기압차는 바람을 만드는 일차적인 요인. 이 외에 전향력, 구심력, 마찰력 등이 복합적으로 작용하여 바람의 세기와 방향을 결정



# 바람에너지

## 편서풍과 계절풍

### 지구 대기의 순환



### 편서풍

- 지구의 자전으로 인해 발생하는 전향력으로 인해 북위 및 남위 30°~60° 인 중위도 지방의 상공에서 1년 내내 서쪽에서 동쪽으로 부는 바람

### 계절풍

- 계절풍(Monsoon)은 1년 동안 계절에 따라 바뀌는 바람을 말하며, 계절풍의 원인은 대륙과 해양의 비열 차이로 발생
- 여름에는 바다에서 육지로 겨울에는 육지에서 바다 쪽으로 부는 바람



**남동계절풍:**  
우리나라 여름철에 해양에서 대륙 쪽으로 부는 바람

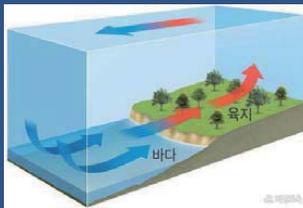


**북서계절풍:**  
우리나라 겨울철에 대륙에서 해양 쪽으로 부는 바람

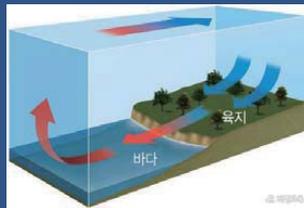


# 바람에너지

## 해풍과 육풍의 발생형태



**해풍:**  
낮에 바다에서 육지를 향해 부는 바람



**육풍:**  
밤에 육지에서 바다를 향해 부는 바람

**해륙풍**은 하루 동안 바다와 육지 간의 비열차이에 의한 온도차이로 바다와 육지 간에 교대로 부는 바람

## 곡풍과 산풍의 발생형태



**곡풍:**  
낮에 평지나 계곡에서 산정상 쪽으로 능선이나 산비탈을 따라 올라가는 바람



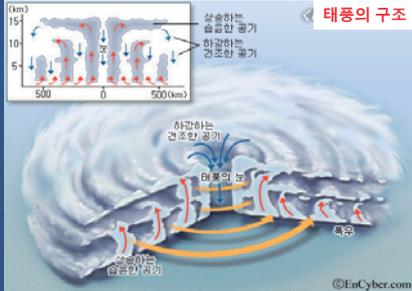
**산풍:**  
밤에 산정상이나 능선에서 산비탈면을 타고 계곡이나 평지로 내리 부는 바람

**산곡풍**은 산지나 분지지역에서 하루 동안 교대로 부는 바람



## 바람에너지

### 태풍의 구조와 단면



태풍과 같은 열대폭풍은 발생 지역에 따라 명칭이 다름

**사이클론:**  
인도양과 남태평양에서 발생하면 사이클론이라 함(브라질)

**허리케인:**  
북태평양 중부와 동부, 북대서양 서부에서는 최대 풍속 32.7 m/s 이상의 열대저기압 폭풍을 허리케인이라 함(미국)

#### 태풍(Typhoon):

- 열대 해상에서 발생한 발달된 열대저기압의 한 종류로, 중심부근의 **최대 풍속이 17.2 m/s 이상**의 강한 폭풍우를 동반하고 있는 국지적 기상 현상
- 태풍은 북태평양 서쪽에서 7월~10월에 가장 많이 발생
- 최대 풍속이 17.2 m/s 미만이면 열대저압부로 구분

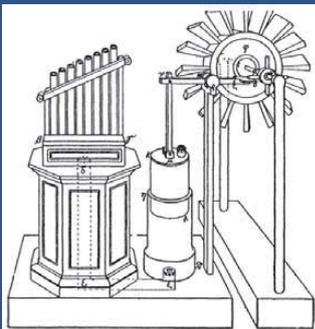
태풍은 폭우, 해일, 강풍으로 인해 피해를 주기도 하지만, 가뭄 해갈 등의 수자원 공급과 대기질 개선, 냉해와 폭염완화, 바다의 적조현상과 강의 녹조현상 억제, 지구의 열순환 등 여러 긍정적인 역할도 함



## 2. 풍력에너지

### 풍력발전(풍차)의 역사

#### 풍력발전의 시초



#### 풍력발전의 시초:

기원전 1세기경 로마 알렉산드리아, 해륜의 풍차를 이용한 오르간

#### 이란 Nashtifan 지역의 고대 페르시아 풍차



#### 페르시아 풍차의 구조 개략도



- 역사상 최초의 풍차는 7세기경 페르시아에서 관개(灌溉)용 물을 퍼 올리거나 곡식을 갈기 위하여 만들어진 수직축형 회전풍차(페르시아형)
- 풍차의 중심 회전축은 점토로 지은 방에 들어 있는 맷돌에 연결되어 있어 곡식이 분쇄됨



## 2. 풍력에너지

### 풍력발전의 원리

#### 풍력발전 기술의 개념

공기의 운동에너지를 날개에 의해 기계에너지로 변환시켜 Generator(발전기)를 통해 전기에너지를 발생시키는 청정발전 기술

바람의 운동에너지  
(풍속의 제곱에 비례)

회전자

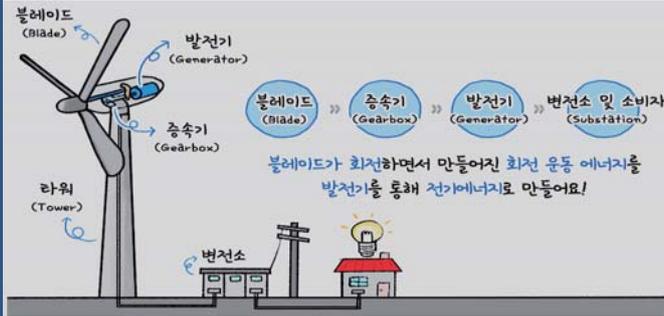
기계에너지변환  
(날개의 공력특성)

발전기

전기에너지



수평축형



수직축형

## 2. 풍력에너지

### 풍력발전의 이론효율

최대이론효율  $C_{pmax}$

$$C_p = 4(1-a)^2 a$$

$$dC_p / da = 4(1-a)(1-3a)$$

$$4(1-a)(1-3a) = 0$$

$$a = 1 \text{ or } a = 1/3$$

$$0 < a < 1/2 \Rightarrow a = 1/3$$

$$\therefore C_{pmax} = 16/27 = 59.3 [\%]$$

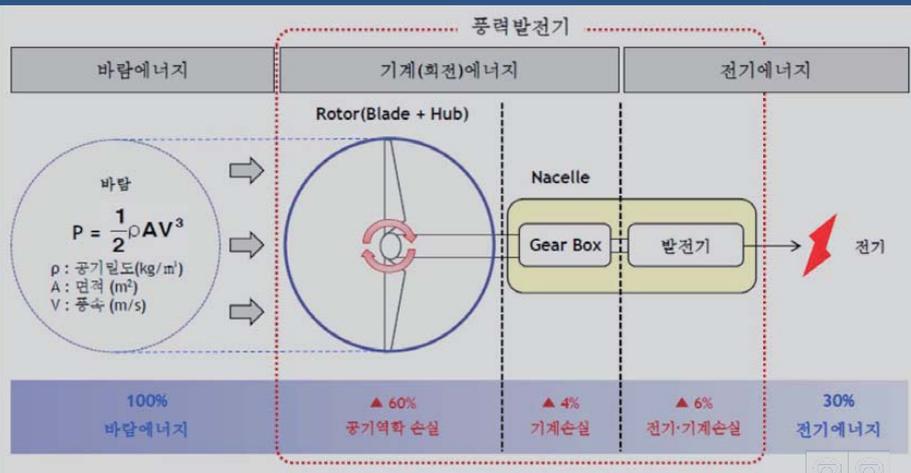
바람의 운동에너지  
(풍속의 제곱에 비례)

→

기계에너지변환  
(날개의 공력특성)

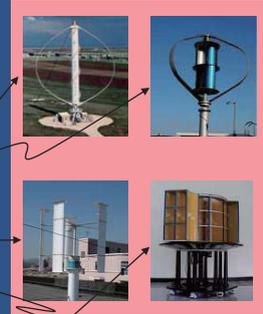
→

전기에너지



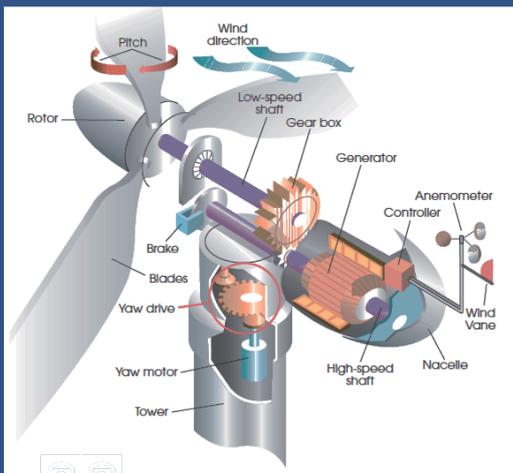
## 2. 풍력에너지

### 풍력발전 종류(회전축)



## 2. 풍력에너지

### 풍력발전기의 구조 (수평축 풍력발전기)

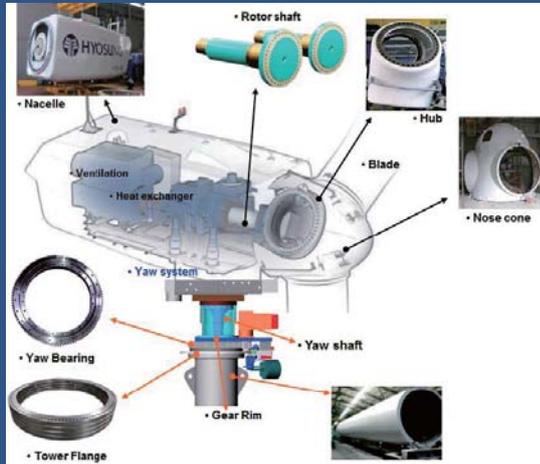


• 타워(Tower)	: 풍력발전기를 지지해주는 구조물
• 블레이드(Blade)	: 바람에너지를 회전운동에너지로 변환
• 허브(Hub)시스템	: 주축과 블레이드를 연결
• 회전축(Shaft), 주축(Main shaft)	: 블레이드의 회전운동에너지를 증속기 또는 발전기에 전달
• 증속기(Gearbox)	: 주축의 저속회전을 발전용 고속회전으로 변환
• 발전기(Generator)	: 증속기로부터 전달받은 기계에너지를 전기에너지로 전환
• 요잉시스템(Yawing System)	: 블레이드를 바람방향에 맞추기 위하여 나셀 회전
• 피치시스템 (Pitch system)	: 풍속에 따라 블레이드 각도 조절
• 브레이크(Brake)	: 제동장치
• Control System	: 풍력발전기가 무인 운전이 가능하도록 설정, 운영
• Monitoring System	: 원격지 제어 및 지상에서 시스템상태 판별



## 2. 풍력에너지

### 풍력발전기 구성 요소



### 블레이드



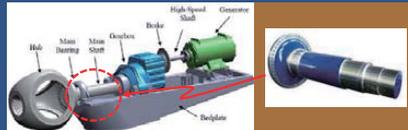
### 로터허브



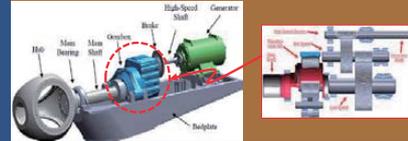
### 요잉기어



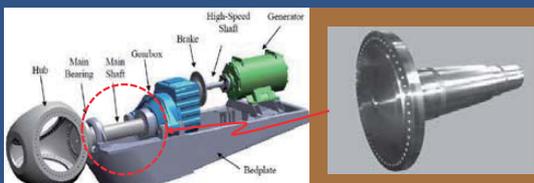
### 로터축



### 기어박스 시스템



### 메인 샤프트



### 동기발전기



### 타워



설치 전

설치 후

타워 내부

### 베어링



### 유도발전기



### 브레이크 시스템



## 2. 풍력에너지

### 풍력발전기의 분류

구 분	종 류
1. 회전축 방향에 의한 분류	수평축 풍력발전, 수직축 풍력발전
2. 증속기 유무에 의한 분류	증속기형 풍력발전, 직결형 풍력발전
3. 공기역학적 방식에 의한 분류	양력식 풍력발전, 항력식 풍력발전
4. 운전속도에 의한 분류	정속형 풍력발전, 가변속형 풍력발전
5. 출력제어 방식에 의한 분류	실속제어형 풍력발전, 피치(날개각)제어형 풍력발전
6. 전력 사용방식에 의한 분류	계통연계형 풍력발전, 독립전원형 풍력발전
7. 설치장소에 의한 분류	육상 풍력발전, 해상 풍력발전

## 2. 풍력에너지

### 1. 회전축방향에 의한 분류 - 수평축형, 수직축형

	수평축 (Horizontal-axis)	수직축 (Vertical-axis)
Type	- 회전축이 바람의 방향과 수평 - 맞바람 (Up wind), 뒷바람 (Down wind) 형식	- 회전축이 바람의 방향과 수직 - 상용화된 대형 시스템 부재
Advantage (장점)	Upwind type - 타워로 인한 풍속 손실 없음, 풍속변동에 유리 Downwind type - 요잉 시스템 불필요, 상대적으로 저렴한 비용	- 바람의 방향과 무관하게 운전 가능 - 요잉 시스템 불필요 - 증속기 및 발전기 지상 설치 용이
Disadvantage (단점)	Upwind type - 요잉 시스템 필요, 로터와 타워의 충돌 가능성 Downwind type - 타워로 인한 풍속 손실 및 변동이 큼	- 낮은 효율 - 용량 대비 대형화

#### 수평축 풍력발전기 특징

- 수평축 풍력발전기는 현재 발전용으로 가장 많이 이용되고 있는 것은 3개의 날개를 가진 프로펠러형
- 수평축 풍력발전기는 구조가 간단하고 설치가 용이하며 에너지 변환효율이 우수
- 날개 전면을 바람 방향에 맞추기 위해서는 너셀을 360도 회전시켜줄 수 있는 요잉(Yawing)장치가 필요
- 증속기(Gear box)와 발전기 등을 포함하는 무거운 너셀(Nacelle)이 타워 상부에 설치되어 점검, 정비가 어렵다는 단점이 있음
- 현재 설치되고 있는 풍력발전기의 80% 이상을 수평축이 차지

#### 수직축 풍력발전기 특징

- 수직축 풍력발전기는 바람의 방향에 영향을 받지 않아 요잉장치 불필요
- 수평축에 비해 효율이 떨어져 100kW급 이하의 소형에 주로 사용됨
- 수직축형은 공간을 적게 차지하고 낮은 풍속에도 발전이 가능, 그리고 바람방향이 관계 없다는 장점을 가짐
- 수평축에 비해 비교적 설치가 간편하고 발전기 및 기어박스를 아래쪽에 설치할 수 있어 관리가 용이함



## 2. 풍력에너지

### 2. 증속기 유무에 의한 분류 - 증속기형, 직결형

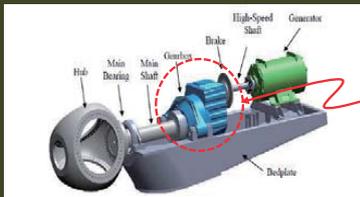
구분	장점	단점
증속기형	<ul style="list-style-type: none"> <li>오랜 기간의 기술축적으로 시스템이 안정적</li> <li>회전속도가 빠름</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>기계적 손실이 발생함</li> <li>시스템의 수명을 단축시킴</li> <li>기어로 인해 진동과 소음이 큼</li> </ul>
직결형	<ul style="list-style-type: none"> <li>구조가 단순함</li> <li>소음이 적음</li> <li>운전, 유지비용이 저렴</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>회전속도가 느림</li> <li>너셀의 무게중심이 한쪽으로 쏠림</li> </ul>

#### 직결형



#### 직결형 특징

- 풍력발전 기술향상으로 증속기 없는 형태로 개발된 것임
- 기어박스가 없어 단순한 구조, 줄어드는 기계적 응력, 낮은 기계적 소음, 적은 운전과 유지비용, 높은 가동률 등 장점이 많음
- 반면 회전속도가 느린 탓에 다극 발전기를 사용하므로 발전기의 크기와 무게는 높고 가격도 비쌈
- 로터와 발전기가 가까이 있어 너셀의 무게중심이 한쪽으로 쏠려 타워와 기초 비용이 늘어남



증속기형

#### 증속기형 특징

- 간접구동식으로도 불리는 증속기형 풍력발전기는 초기 풍력발전 개발단계부터 적용한 기술임
- 현재 풍력시장의 80~90% 이상이 이 형식을 적용하고 있음
- 회전시켜줄 수 있는 요잉(Yawing)장치 필요
- 증속기는 저회전, 고토크를 갖는 입력동력을 고회전, 저토크의 출력동력으로 변환시켜 주는 역할을 함
- 너셀의 무게를 최적화하기 위해 증속기의 소형화와 경량화가 요구되고 있음

## 2. 풍력에너지

### 3. 공기역학적 방식에 의한 분류 - 양력형, 항력형

#### 양력형



#### 양력형 특징

- 양력(Lift)이란 물체의 주위에 유체가 흐를 때 물체의 표면에서 유체의 흐름에 대하여 수직 방향으로 발생하는 역학적 힘임
- 비행기의 날개와 같이 양력을 이용하여 날개를 회전시키는 풍력터빈을 양력형이라 함
- 날개의 곡면부와 평탄한 부위로 분리되어 유체가 흐르게 되는데 곡면부의 유속이 평탄부의 유속보다 빨라 양력이 발생함

#### 항력형



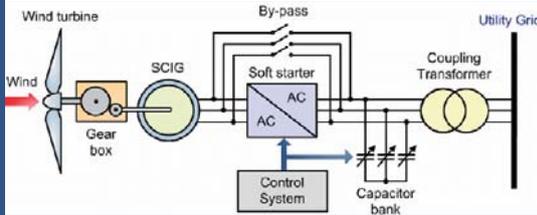
#### 항력형 특징

- 항력(Drag)이란 물체가 유체 내를 움직일 때 이 움직임에 저항하는 힘
- 날개가 바람의 저항 즉, 항력을 직접 받아서 축을 회전시키는 풍력발전기를 항력형이라 함
- 흔히 주위에서 보는 컵형 풍속계도 이 형식에 속함
- 항력형 풍력발전기는 날개의 회전속도가 풍속을 초과할 수 없다는 특징이 있음

## 바람에너지

### 4. 운전속도에 의한 분류 - 정속운전형, 가변속운전형

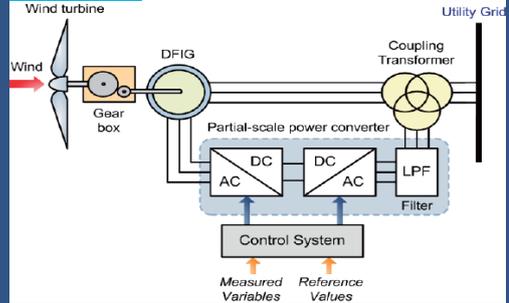
#### 정속운전형



#### 정속운전형 특징

- 풍속에 영향을 받지 않고 로터를 일정한 속도로 회전시키는 풍력터빈임
- 유도발전기를 정속한 정속운전 풍력발전기는 계통에 직접 연결함
- 무효 전력보상을 위해 역률 보상장치를 설치함
- 정속운전은 특정 풍속에서 최대효율을 내므로 1990년대 대부분의 풍력터빈을 정속으로 운전함

#### 가변속운전형



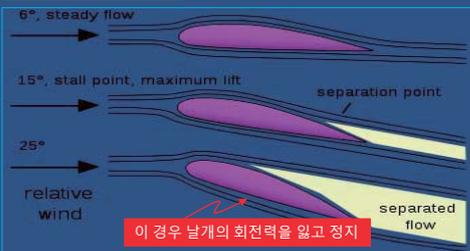
#### 가변속운전형 특징

- 가변속운전형은 같은 풍황조건에서 정속운전보다 출력을 많이 얻을 수 있고 보다 우수한 전력품질을 얻을 수 있기 때문에 현재 개발되고 있는 대부분의 풍력발전기에 채택되고 있음
- 가변속운전형은 넓은 범위의 풍속에서 최대공력 효율을 얻도록 설계한 풍력발전기임
- 유도발전기나 동기발전기를 사용하여 전력변환기를 통해 계통에 연결함

## 2. 풍력에너지

### 5. 출력제어방식에 의한 분류 - 실속제어방식, 피치제어방식

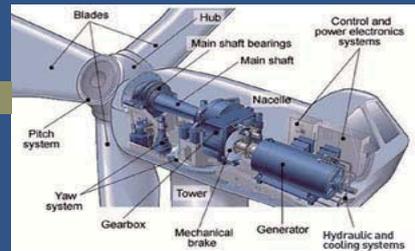
#### 블레이드 실속현상



#### 실속제어방식 특징

- 실속제어방식은 블레이드의 실속현상을 이용하여 로터의 회전속도를 제어하는 방식
- 블레이드 피치각은 일정하게 고정되어 있으며, 풍속이 빨라지면 블레이드의 받음각이 증가하여 실속이 자연적으로 발생하여 양력을 감소시키게 됨
- 실속제어방식은 풍속변화에 대한 대응속도가 느려 순간적으로 높은 토크를 발생하므로 대형 풍력터빈인 경우 안전을 지해함

#### 피치제어방식



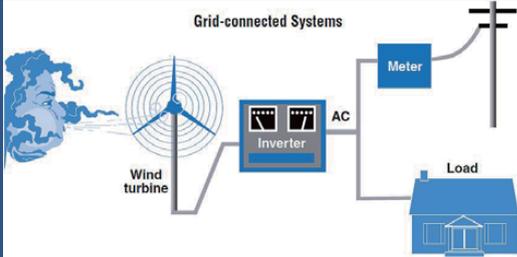
#### 피치제어방식 특징

- 이 제어방식은 바람의 세기에 따라 회전자의 회전속도가 달라짐
- 피치제어방식은 블레이드의 각도를 제어하여 블레이드에 미치는 풍속을 제어함
- 피치제어는 풍속계의 정보를 기준으로 피치전동기를 동작시킴
- 태풍이나 강풍으로부터 회전을 안전하게 보호하기 위해서는 회전자가 돌지 못하도록 정지시킴
- 피치제어방식은 출력제어를 효율적으로 할 수 있고 전력생산량을 높일 수 있기 때문에 현대의 중대형 풍력발전기에서 거의 대부분 필수적으로 채택하고 있음

## 2. 풍력에너지

### 6. 전력사용방식에 의한 분류 - 계통연계방식, 독립전원방식

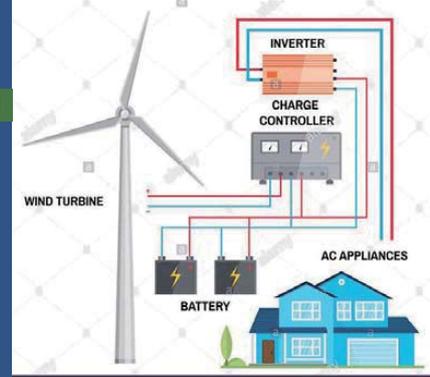
#### 계통연계방식



#### 계통연계방식 특징

- 계통연계방식은 유도발전기, 동기발전기를 사용함
- 풍력터빈에서 생산한 전력을 국가 전력망에 연결해 전력을 공급하는 형식임
- 오늘날 중형급 이상 풍력터빈의 경우 대부분 계통에 연결해 발전용으로 사용하며, 이 경우 경제성이나 기술적인 측면에서 유리함

#### 독립전원방식



#### 독립전원방식 특징

- 전력을 사용하는 지역 근처에 풍력발전기를 설치해 전력을 독립적으로 활용하는 형식임
- 소형풍력터빈에도 드물게 계통에 연계하기도 하나 대개 원격지에서 독립적으로 운전하거나 디젤 발전기 등과 혼합해 하이브리드 형식으로 운전함

## 2. 풍력에너지

### 7. 설치장소에 의한 분류 - 육상풍력발전, 해상풍력발전

#### 육상풍력발전



#### 육상풍력발전 특징

- 육상풍력발전은 건설이 쉽고 경제성이 높기에 중전까지 국내외 대부분의 풍력발전 단지를 육상에 건설함
- 하지만 육상 단지의 포화, 민원발생, 풍력효율 저하, 대형화의 한계성 등 건설상 제약요인이 많아 지금은 점차 해상풍력으로 이행하는 추세임

#### 해상풍력발전



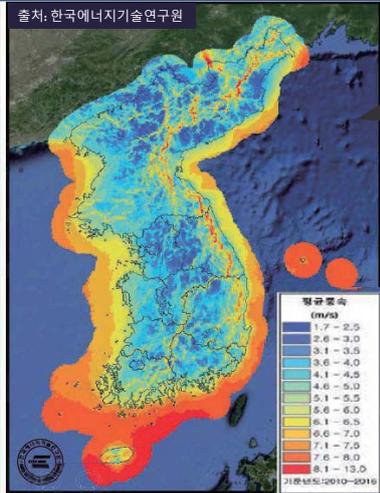
#### 해상풍력발전 특징

- 바다에 풍력발전 단지를 건설해 전력을 생산하는 방식임
- 해상은 바다만을 의미하지 않고 호수, 협강, 폐쇄 해안지역 등 내륙에 속하는 지역의 풍력발전까지 포함함
- 해상풍력은 넓은 부지 확보, 적은 민원, 설비와 풍력단지의 대형화, 양호한 바람의 품질과 풍속, 풍력발전기의 안정성과 효율성 측면에서 유리함
- 육상풍력과 비교했을 때 경제성이 낮고 설치와 운전, 유지 뿐만 아니라 계통연계에도 어려움이 따름

## 2. 풍력에너지

연평균 풍속 분포도

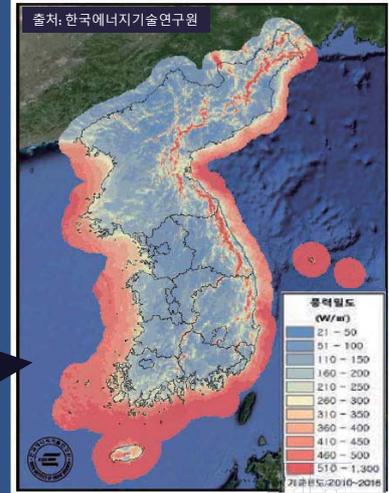
출처: 한국에너지기술연구원



- 한국에너지기술연구원이 수치해석기술로 제작한 자원지도로 지상고도 80m높이에서 연평균 풍속분포를 나타냄
- 내륙에서는 고산지대, 남해와 제주도 근해의 풍속이 높은 것을 알 수 있음

풍속 밀도 분포도

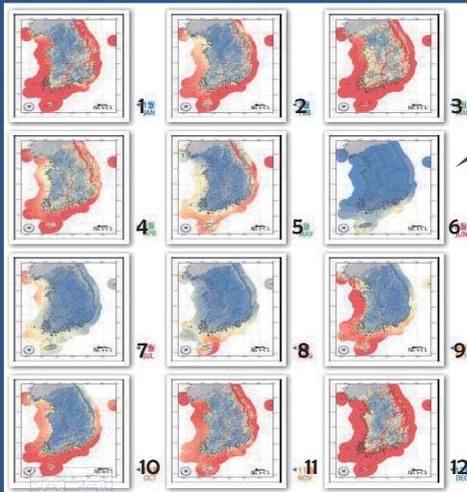
출처: 한국에너지기술연구원



- 풍력밀도란 풍속터빈 블레이드의 회전면적에 작용하는 풍력에너지의 밀도를 말하며 풍속의 세제곱에 비례함
- 통상 지상 50m 높이에서 330W/m²(6.4m/sec) 이상이면 풍력단지 개발이 가능한 걸로 평가함
- 우 그림은 지상고도 80m높이에서의 연평균 풍력밀도를 나타냄

## 2. 풍력에너지

월별 풍력밀도 변화도



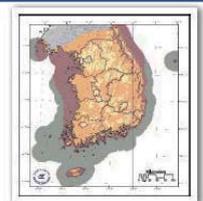
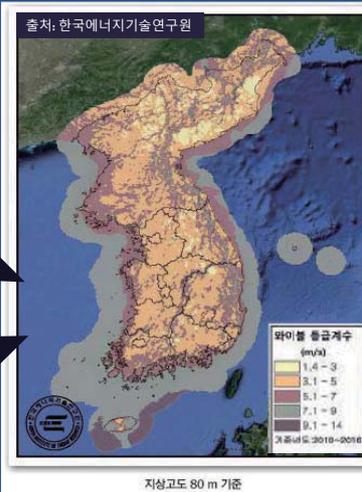
월별 변화양상을 보면 계절풍의 특성에 따라 풍력밀도가 큰 폭으로 변화함을 알 수 있음

풍력발전을 정량화 하기 위해서는 풍속의 확률분포를 분석해야 함

풍속분포는 와이블 분포로 표현하며 와이블 등급계수가 클수록 풍력자원이 우수함(중급)

와이블 등급계수 분포도

출처: 한국에너지기술연구원



지상고도 40 m 기준

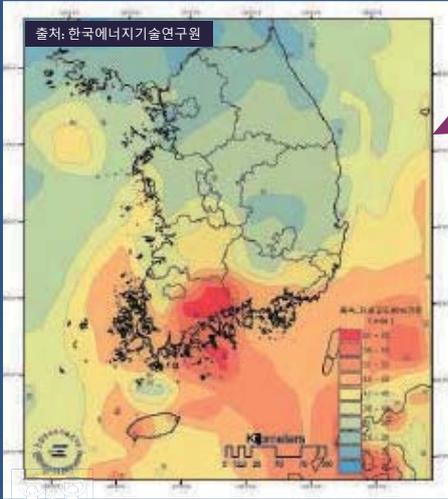


지상고도 120 m 기준

## 극한풍속 분포도

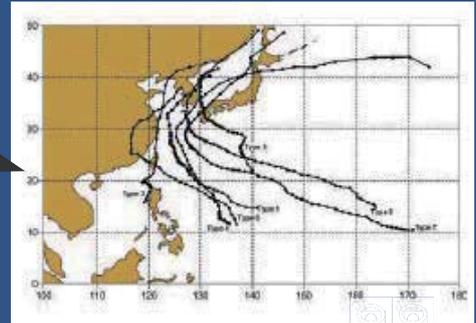
## 2. 풍력에너지

### 극한풍속 분포도



- 기후변화로 인해 한반도에 영향을 미치는 태풍의 경로가 서해안을 통과하는 비율이 커지고 있고 최대 풍속도 증가하고 있음
- 거대 구조물 풍력터빈은 강풍에도 견뎌야 하기 때문에 풍력 단지 설계 시 극한풍속을 정확하게 예측하는 것이 매우 중요함
- 인제대 대기환경정보연구원센터가 지난 15년간 한반도를 통과한 태풍의 풍속을 재계산하여 풍력터빈 허브높이인 80m에서 최대풍속을 산출한 것임

### 한반도를 지나간 태풍의 경로(1998-2008)



1998년부터 2008년까지 한반도에 영향을 준 태풍은 총 35개이며 연평균 3.5개가 영향을 미침

### 해상풍력

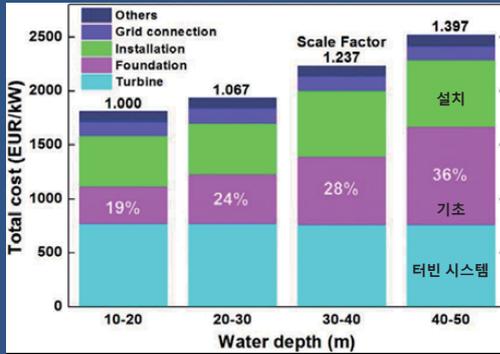
- ◆ 육상풍력 : 설치장소의 한계, 경관/소음 문제 야기, 환경파괴, 민원다발
- ◆ 유럽 중심으로 추진이 활발하나 우리나라도 적극적으로 추진 중
- ◆ 풍속(육지보다 20% 증가), 바람의 난류 · 높이 · 방향에 대한 풍속변화 적응
- ◆ 날개 회전수의 고속화(60m/sec → 100m/sec) 및 대형화 가능
- ◆ 육지에 비해 출력 40% 증가
- ◆ 단점 : 기초 · 설치공사의 기술적 · 경제적 과제, 염해대책, 보수점검, 어업보상
- ◆ 한국 : 서해 → 수심이 얇고 풍속변화 적어 현재 추진 중



## 2. 풍력에너지

### 고정식 해상풍력의 한계

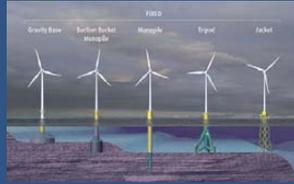
#### 수심에 따른 해상풍력 비용



수심이 깊어 감에 따라 기초공사비가 상승함  
10~20m의 사이에서 19%의 기초비용이 40~50m에서는 36%로 증가하는 것을 볼 수 있음. 또한 설치비용도 소폭 상승하는 것을 알 수 있음

#### 고정식 해상풍력의 특징

- 고정식 해상풍력은 심해지역보다 에너지 잠재량이 떨어짐
- 연안 지역은 어업권 보상, 환경문제, 각종 인허가, 군 레이더 간섭 등의 문제로 해상부지 확보가 어려움
- 고정식 해상풍력은 해저지반 상태 및 수심에 대한 제약이 크고 수심 증가에 따라 기초 및 설치비용이 증가



## 2. 풍력에너지

### 부유식 해상풍력

#### 부유식 해상풍력 설치 현황

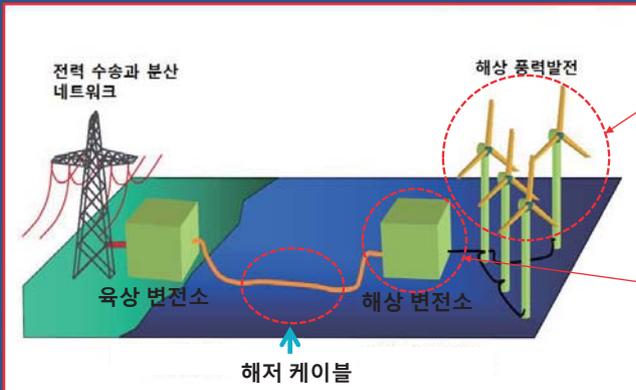


#### 부유식 해상풍력의 특징

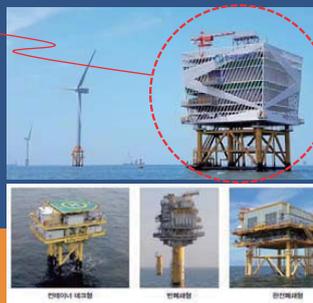
- 부유식 해상풍력은 육상 풍력발전 대비 우수한 풍황자원 특성과 대형 풍력발전 단지 조성이 용이함
- 해상은 육지와 달리 해수면이 평탄하므로 난류강도가 육지에 비해 현저히 낮으며, 동시에 풍향 역시 비교적 일정하게 유지됨
- 부유식 해상풍력은 깊은 수심에서도 적용이 가능하고 해저면에 고정 설치할 필요가 없기 때문에 수심 및 해저면 형태의 영향이 적어 먼 지역으로 영역확대가 가능함
- 그러나 해상공사 및 원거리 계통연계로 말미암아 설치비 및 유지보수 비용이 육상에 비해 더 발생함

## 2. 풍력에너지

### 해상 풍력발전 전력수송 개요도



**부유식 설치방식**  
 - Spar-buoy(원주부표)  
 - Submersible(반잠수식)  
 - Tension Leg Platform (인장각 플랫폼)

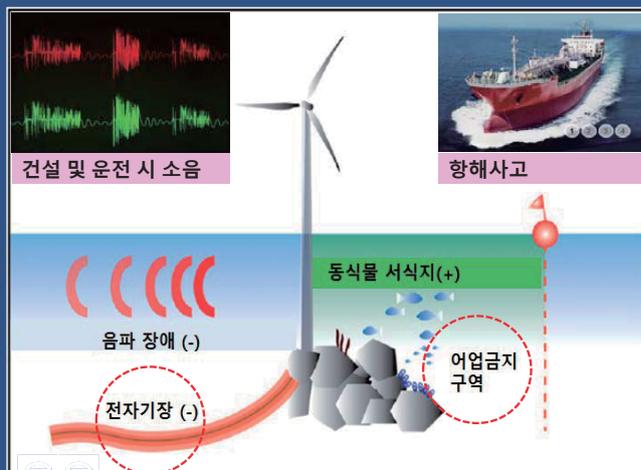


**해상변전소 구성**  
 - 상부구조물  
 - 수중 하부구조물  
 - 해저 기초



## 2. 풍력에너지

### 해상풍력이 해양생태계에 미치는 영향



- 많은 어종들은 300 m 이상의 거리에서 전자기장을 감지
- 전자기장 가까이 접근하는 어종도 있음
- 상당한 어종들은 전자기장을 회피

해상풍력발전 시설에 따른 어업금지 구역의 확대 (어민: 어업권상실)

### 해상풍력 건설 시 소음에 의한 해양생물의 피난거리

종 (Species)	거리 (Distance)
연어 (Salmon)	1,400 m
대구 (Cod)	5,500 m
가자미 (Dab)	1,600 m
돌고래 (Bottlenose dolphin)	4,600 m
참돌고래 (Harbour porpoise)	7,400 m
바다표범 (Harbour seal)	2,000 m

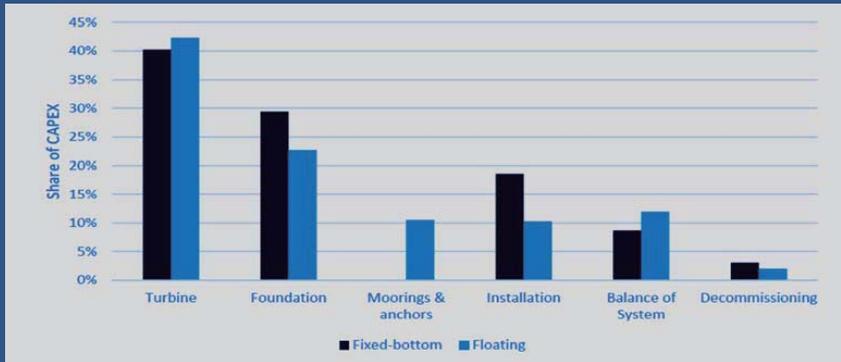


### 해상풍력 운영 시 소음에 의한 해양생물 영향

## 2. 풍력에너지

### 부유식 해상풍력

#### 고정식 대비 부유식 해상풍력 건설비 비교



#### 설치비 비교

- 건설비에 있어서 터빈은 부유식이 고정식보다 고가이나 기초비용 및 설치비용은 부유식이 더 저렴함

## 2. 풍력에너지

### 해상 풍력발전의 SWOT 분석

#### 강점

- 무궁한 에너지원
- 온실효과를 일으키는 배출가스가 없음
- 해상풍력발전의 상용화 기술발전
- 대용량의 전기생산에 의한 저렴한 전기료 가능

#### 기회

- 도서지역에 가장 적합한 에너지원임
- 설비 비용의 감소로 다수의 해상풍력단지 구축가능
- 화석연료 감소에 의한 청정에너지의 수요 창출
- 근해 및 해저 과학분야의 고용 창출

#### 약점

- 제반 갈등요인들이 상존함: 어업, 조선, 해양 퇴적물, 통신 케이블, 항해, 레이다, 관광 등
- 생물체들에 대한 영향: 어류, 해양식물, 해양 포유동물 등 특히 소음 및 구조물에 의한 영향이 큼
- 풍향과 풍속의 변화에 취약함

#### 위험

- 제반비용의 감소가 예견되나 확실치 않음
- 거친 바다, 태풍에 의해 기본구조물이 손상될 수 있음
- 간헐적인 바람에 의해 전력 생산에 차질이 올 수 있음
- 항해사고에 의한 기본 구조물의 파괴가 일어날 수 있음

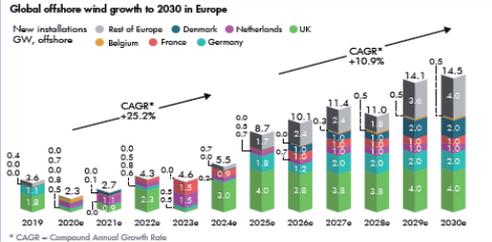
## 2. 풍력에너지

### 해상풍력

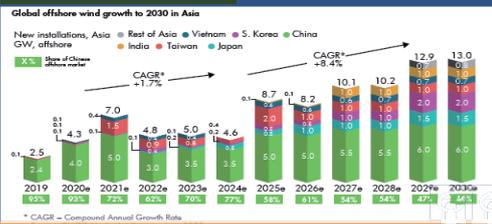
#### 국외 해상풍력 추진현황

- 전 세계 해상풍력은 유럽, 중국을 중심으로 2019년말 기준으로 29.1GW 가 누적 설치됨
- 최근10년간(2010년~2019년) 연평균 증가율은 육상풍력 13.7%, 해상풍력 28.7% (육상의 2배)
- 일본, 대만 등도 해상풍력 확대를 추진하여 2030년에는 전세계에 177GW 가 누적 설치될 것으로 예상
- 유럽 중 특히 영국과 독일은 신재생에너지 전체 발전규모가 각각 47GW와 124GW 인데 이중 풍력이 차지하는 비율이 24GW(51%)와 61GW(49%)로 이미 전체 신재생 전력의 반 정도를 해상풍력에서 조달하고 있음

#### 유럽 해상풍력 설치전망



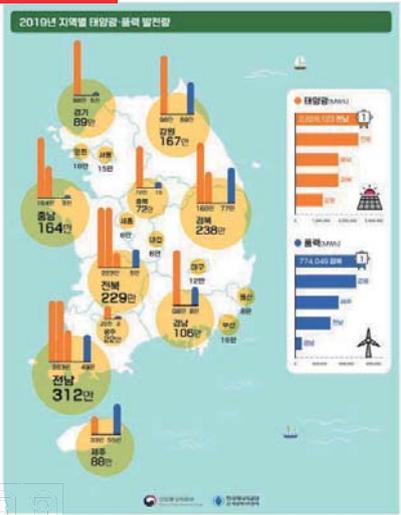
#### 아시아 해상풍력 설치전망



### 2019년 국내 지역별 풍력 통계

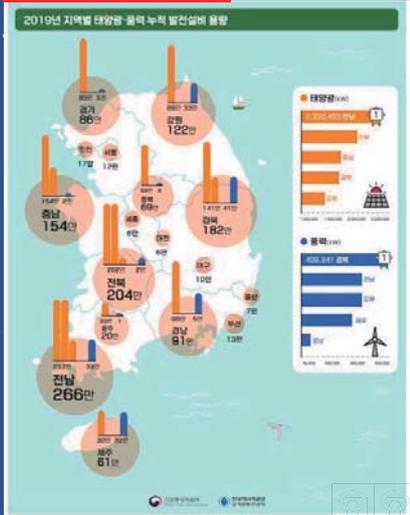
## 2. 풍력에너지

#### 풍력 발전량



- 1위 경북
- 2위 강원
- 3위 제주
- 4위 전남
- 5위 경남

#### 풍력 누적 발전 설비용량



- 1위 경북
- 2위 전남
- 3위 강원
- 4위 제주
- 5위 경남

여기까지 풍력발전입니다  
감사합니다



## 제3강 에너지의 이해 - 태양광 · 풍력 · 바이오에너지

전남대학교 윤양일(공학박사)



### [ 강의 순서 ]

1. 태양광에너지
2. 풍력에너지
3. 바이오에너지



### 3. 바이오에너지

### 3. 바이오에너지

#### 바이오매스

##### 바이오매스의 의미 및 역사

###### 의미

바이오매스(Biomass)란 **생물을 의미하는 Bio와 양을 나타내는 Mass와의 합성어**로써 어느 일정량을 집적(集積)해서 에너지나 자원으로 이용할 수 있는 생물로부터의 자원을 의미

###### 역사

문헌 중에 바이오매스라는 말이 처음 쓰인 것은 1934년임. 한 러시아 학자가 해양생물학회지에 발표한 논문에서 동물성 플랑크톤의 계절별 성장 변화를 조사하기 위하여 채취한 플랑크톤을 건조해서 **중량을 측정하여 이것을 바이오매스**라고 부른 것이 최초

##### 바이오연료

- ✓ 바이오 연료는 바이오매스로부터 확보할 수 있는 연료로 기존의 화석연료와는 다른 재생에너지임
- ✓ 바이오연료는 **바이오알코올(에탄올)**과 **바이오디젤**로 분류되나 보통은 식물, 해조류에서 동물배설물까지 자연상태의 모든 부산물에서 얻을 수 있는 에너지를 뜻함
- ✓ 바이오연료는 화석연료와 같은 높은 에너지효율을 기대하기 어렵기 때문에 **활용범위가 제한적**임
- ✓ **바이오연료는 제작과정 및 획득가격이 기존 화석연료에 비해 높은 단점**이 있음
- ✓ 바이오연료가 주목받고 있는 이유는 연소과정에서  $\text{CO}_2$  배출이 기존 화석연료에 비해 낮기 때문임

### 3. 바이오에너지

#### 바이오에너지의 정의 및 범위개정

신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급촉진법 제2조  
바이오에너지 등의 기준 및 범위(2019년 9.24 개정)

3. 바이오에너지	기준	1) 생물유기체를 변환시켜 얻어지는 기체, 액체 또는 고체의 연료 2) 1)의 연료를 연소 또는 변환시켜 얻어지는 에너지 ※ 1) 또는 2)의 에너지가 신·재생 에너지가 아닌 석유제품 등과 혼합된 경우에는 생물유기체로부터 생산된 부분만을 바이오에너지로 본다.
	범위	1) 생물유기체를 변환시킨 바이오가스, 바이오에탄올, 바이오액화유 및 합성가스 2) 쓰레기매립장의 유기성폐기물을 변환시킨 매립지가스 3) 동물·식물의 유지(油脂)를 변환시킨 바이오디젤 및 바이오중유 4) 생물유기체를 변환시킨 펄프, 목재칩, 펠릿 및 목탄 등의 고체연료

출처: 2019 신재생에너지 보급통계(산자부, 한국에너지공단), 2020발행

### 3. 바이오에너지

#### 통계 체계에 의한 바이오에너지 분류

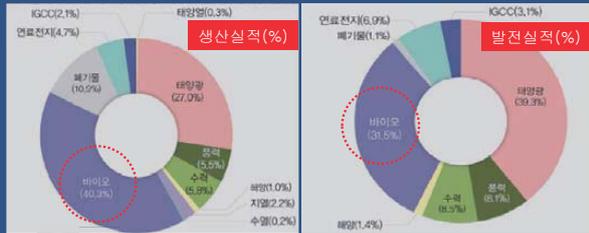
에너지원	세부분류	통계작성대상
바이오에너지	바이오가스	바이오가스를 연료로 전기 또는 열을 생산하는 설비
	매립지가스	매립지가스를 연료로 전기 또는 열을 생산하는 설비
	바이오디젤	바이오디젤을 생산/판매하는 업체
	우드칩	우드칩을 연료로 전기 또는 열을 생산하는 설비
	성형탄	성형탄을 생산/판매하는 업체
	임산연료	연료로 사용되는 흑탄, 백탄, 장작, 지엽의 생산량
	목재펠릿	목재펠릿을 연료로 전기 또는 열을 생산하는 설비
	폐목재	폐목재를 연료로 전기 또는 열을 생산하는 설비
	축액	축액을 연료로 전기 또는 열을 생산하는 설비
	하수슬러지 고형연료	하수슬러지 고형연료로 전기 또는 열을 생산하는 설비
Bio-SRF	Bio-SRF를 연료로 전기 또는 열을 생산하는 설비	
바이오중유	바이오중유를 연료로 전기 또는 열을 생산하는 설비	

출처: 2019 신재생에너지 보급통계(산자부, 한국에너지공단), 2020발행

### 3. 바이오에너지

#### 2019년 에너지원별 실적 및 비중

원 별	생산실적 (%)	발전실적 (%)	설비용량 (%)
태양광	27.0	39.3	59.9
풍력	5.5	8.1	7.6
<b>바이오</b>	<b>40.3</b>	<b>31.5</b>	<b>16.0</b>
연료전지	4.7	6.9	2.4



#### IEA기준 한국 재생에너지 현황

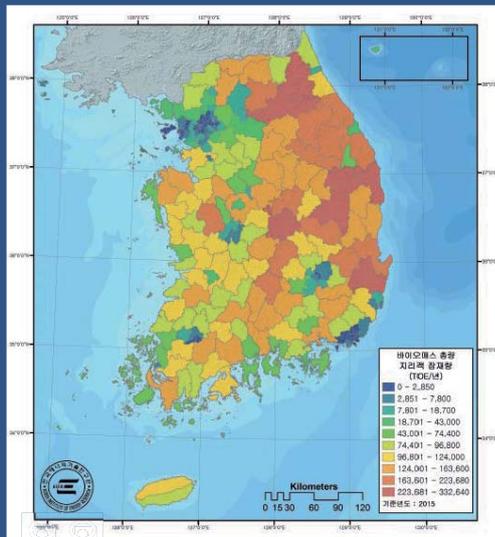
구 분	생산량 (천toe)		발전량 (GWh)		
	2018년	2019년(잠정)	2018년	2019년(잠정)	
재 생 에너지	태양열	45	44	-	-
	태양광	792	1,120	9,208	13,022
	풍력	212	229	2,465	2,666
	수력	289	239	3,359	2,776
	지열	209	235	-	-
	조력/파력/해양	42	41	485	474
비 재생 에너지	<b>바이오</b>	<b>3,514</b>	<b>4,316</b>	<b>7,335</b>	<b>9,134</b>
	도시폐기물(재생)	384	393	173	177
	산업폐기물	2,583	2,583	667	667
도시폐기물(비재생)	575	529	261	240	
총 계	8,644	9,728	23,954	29,157	

생산량 = 4,316/9728 = **44.4%**

발전량 = 9,134/29,157 = **31.3%**

#### 국내 바이오매스 자원지도 - 총량분포도

### 3. 바이오에너지



#### 농산물 바이오매스

- 농산물 및 농산물 생산과정에서 발생하는 부산물을 총칭하여 농산 바이오매스라고 함
- 일반적으로 식용으로 활용되는 곡물은 제외함
- 농산 바이오매스에는 볏짚, 보리짚, 왕겨, 콩짚, 고구마줄기, 과수 전정지 등이 있음

#### 축산물 바이오매스

- 가축을 사육하는 과정에서 나오는 우분뇨, 돈분뇨, 계분뇨 등 가축분뇨를 총칭하여 축산 바이오매스라고 함

#### 임산물 바이오매스

- 나무류와 임산물 생산과정에서 발생하는 임산 부산물, 임야에 식생하는 풀을 총칭하여 임산 바이오매스라고 함
- 임산 바이오매스는 침엽수림, 활엽수림, 수풀 임산부산물을 혼효령으로 구분됨

#### 도시폐기물 바이오매스

- 도시에서 발생하는 바이오매스로 음식물 쓰레기, 폐지, 폐목재, 피혁류, 플라스틱 등이 있지만 화석연료 기반 폐기물과 혼합하여 발생하는 유기성 폐기물과 고형 폐기물을 제외한 음식물 쓰레기(음폐수포함)로 한정함
- 하수처리장에서 발생하는 하수슬러지는 산업 바이오매스에 해당하지만, 산업 바이오매스를 별도로 분류하고 있지 않기 때문에 도시 폐기 바이오매스에 포함시킴

출처: 한국에너지기술연구원

### 3. 바이오에너지

#### 국내 바이오매스 자원지도

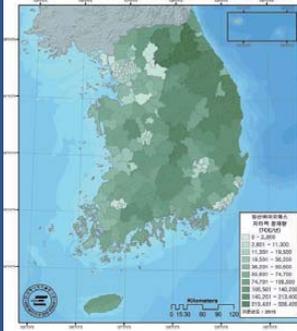
출처: 한국에너지기술연구원

#### 농산물 바이오매스 분포도



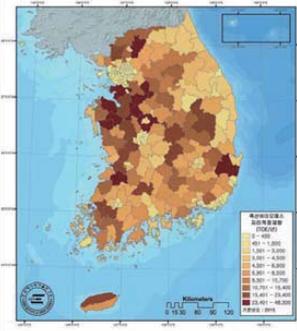
농산물 바이오매스는 농산물 생산량에 비례하여 중서부 및 남서부 지역에서 많이 발생

#### 임산물 바이오매스 분포도



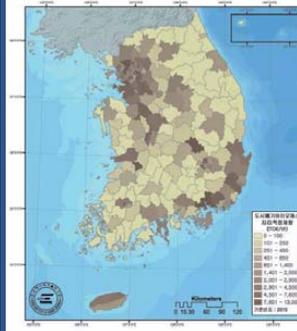
임산물 바이오매스는 산림이 울창한 백두대간을 중심으로 발생량이 많으며, 침엽수림과 활엽수림 그리고 혼효림이 전국적으로는 거의 비슷한 비율

#### 축산물 바이오매스 분포도



축산물 바이오매스는 경기남부와 충청북부에서 많이 발생하며, 가축 종류별 에너지밀도는 우분뇨가 63%, 돈분뇨가 23%, 계분뇨가 14% 정도를 차지

#### 도시폐기물 바이오매스 분포도



도시폐기물 바이오매스는 인구 밀집 지역인 도시를 중심으로 많이 발생. 하수농축슬러지는 하수처리장 지역에서 발생함



### 3. 바이오에너지

#### 바이오에너지의 개념

##### 바이오매스

- 동식물과 그로부터 파생된 모든 물질을 바이오매스라고 지칭할 수 있음. 간단하게 썩는 것은 바이오매스라고 생각해도 무방함
- 바이오매스는 광합성에 의해 생성되는 식물체, 균체와 이를 먹고 살아가는 동물체를 포함하는 생물유기체를 말함
- 주요 바이오매스 자원으로는 유기작물, 전분작물, 섬유소 식물체 등이 있으며 음식물쓰레기, 축산폐기물과 같은 유기성 폐기물들도 자원으로 이용하여 바이오디젤과 바이오알콜(에탄올), 열, 전기, 수송연료 등을 생산함 (석유나 석탄 폐기물은 포함하지 않음)



##### 바이오에너지

- 바이오매스(Biomass)를 원료로 하여 만든 에너지를 바이오에너지라고 함
- 바이오에너지는 유기성 생물체를 총칭하는 바이오매스를 직접연소 또는 열화학적, 생물학적 변환과정을 통해 액체, 가스(기체), 고체연료나 전기, 열에너지 형태로 이용하는 화학, 생물, 연소공학 등의 기술을 말함
- 바이오에너지는 유형의 에너지(전기, 열)를 생산하는 다른 재생에너지(풍력, 태양광 등)와는 달리 기체, 액체, 고체 같은 형태를 갖는 에너지(에탄, 수소, 알코올, 바이오디젤, 고체연료 등)를 생산하므로, 그 결과 에너지 저장성 및 이동성이 매우 높음

##### 바이오리파이너리

- 현재에는 바이오에너지 기술의 개념을 보다 확대하여 **바이오리파이너리(Biorefinery)**라는 용어를 사용함
- 바이오리파이너리는 현재 석유가 석유화학산업의 주체로써 연료뿐만 아니라 플라스틱과 같은 화학제품을 생산하는데 사용되는 것과 같이 바이오매스로 생산된 원료를 사용하여 석유에서 생산하는 모든 물질을 대체생산하는 기술로 정의함



### 3. 바이오에너지

#### 국내 바이오에너지 자원량

부문별	세부자원별	집재량 (천TOE/년)	부문합계 (천TOE/년)	%
임산 바이오매스	임목	6,760	6,760	58.1
농부산 바이오매스	벼짚	308	542	4.7
	왕겨	122		
	보리짚	12		
	콩줄기	40		
	사과 잔정지	60		
축산 폐기물 바이오매스	우분	523	1,650	14.2
	돈분	799		
	계분	329		
도시폐기물 바이오매스	가연성	2,675	2,675	23.0
합계			11,627	100.0



#### 바이오매스의 종류 및 활용 방법

### 3. 바이오에너지

#### 바이오매스의 종류 및 활용 방법



#### 바이오에탄올 원료

구분	식용 바이오매스	비식용 바이오매스
종류	전분계, 당분계	농업부산물, 목재 등
예	옥수수, 사탕무, 밀, 카사바, 사탕수수, 보리 등	벼짚, 옥수수대, 밀짚, 거대억새, 나무 등
특징	<b>식량 자원</b> 단순구조로 쉽게 바이오알코올로 전환	<b>비식량 자원</b> 복잡한 구조로 인해 전환 효율이 낮음



### 3. 바이오에너지

바이오 연료의 특징 및 장단점

종류	특징	장점	단점
바이오에탄올	<ul style="list-style-type: none"> <li>현재 브라질, 미국 등에서는 사탕수수 또는 옥수수를 원료로 바이오에탄올을 생산하는 기술을 개발함</li> <li>사탕수수로부터 생산된 에탄올을 농축하여 <b>연료용 알코올(99.27%)</b>로 만들어 가솔린과 혼합 또는 에탄올 자체만으로 휘발유 대체 연료로 사용이 가능함</li> <li>현재 상용화된 바이오에탄올은 사람이 <b>식용</b>할 수 있는 당질계 또는 전분질계 원료로 사용하고 있음</li> <li>현재 생산 중인 바이오에탄올은 원료 비용이 높고 식량으로 사용할 수 있기 때문에 값싸고 원료 수급에 문제가 적은 목질계 바이오매스를 원료로 사용하는 기술을 개발하고 있음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>대기오염물질 배출 저감</li> <li>높은 옥탄가</li> <li>엔진 개조 불필요</li> <li>기존 인프라 활용가능</li> <li>저독성, 높은 생분해도</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>수급 불확실</li> <li>부피당 낮은 발열량</li> <li>낮은 저온 시동성</li> <li>수분 혼입 가능성</li> <li>급속 재료열화</li> <li>고무나 합성수지 부식</li> </ul>
바이오디젤	<ul style="list-style-type: none"> <li>바이오디젤은 바이오매스의 한 종류인 식물성 기름으로부터 만들어짐</li> <li>식물성 기름은 점도가 너무 높아 현대의 디젤 엔진에 직접 적용이 어렵다는 문제점이 있음</li> <li>현재 바이오디젤 생산에 원료로 사용되는 기름은 식용유로도 사용이 가능함</li> <li>따라서 바이오디젤의 보급이 전세계적으로 활성화될 경우 원료의 가격 상승과 수급 불안 문제가 있어 폐식용유 활용기술이 개발 중임</li> <li>국내에서 유럽 기준을 만족시킬 수 있는 품질을 확보할 수 있는 기술 개발이 필요함</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>재생 가능 원료 활용</li> <li>대기오염물질 배출 저감</li> <li>엔진 개조 불필요</li> <li>기존 인프라 사용가능</li> <li>저독성, 높은 생분해도</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>원료에 따라 상이한 물성</li> <li>저온에서 유동성 문제</li> <li>낮은 안정성</li> <li>부식, 열화</li> <li>인젝터 막힘, 탄소 누적</li> </ul>

바이오매스의 종류와 특성

### 3. 바이오에너지

당질계	사탕수수, 사탕무가 대표적이며 당분을 포함하고 있는 것이 특징이며 알코올 발효에 적합함	
녹말계	고구마, 옥수수 등으로써 식량 이외로는 알코올 발효의 원료로 사용됨	
셀룰로오스계	대나무, 포플러나무, 플라타너스나무 등이 있음	
탄화수소계	유칼리나무, 푸른산호 등이 있고, 유칼리는 다량의 테르펜계의 정유를, 푸른산호도 테르펜계의 탄화수소를 포함하고 있음	
유지계	유지계에는 콩, 기름야자, 유채씨, 해바라기씨 등이 있고, 이들은 식물기름을 포함하고 있어서 식용유나 화장품으로 쓰이는 외에 바이오디젤의 원료로 쓰임	
농림수산계	농산계에는 왕겨, 볏짚, 보릿대, 채소쓰레기, 식품가공찌꺼기 등이 있으며, 왕겨, 볏짚, 보릿대는 연소, 폐열발전, 가스화 등에, 채소쓰레기나 식품가공찌꺼기는 메탄발효나 퇴비에 이용. 수산계로서는 죽은 어류가 있으나 일반적으로 사용되지는 않음	
축산계	축산계로서는 소나 돼지의 분뇨, 계분, 도축장찌꺼기 등이 있으며, 이들은 주로 메탄발효의 원료로 이용되는데, 수분함유율이 비교적 낮은 계분은 탄화하거나 연소에도 사용	
임산계	임산계에는 2차림의 삼수리나무, 줄창나무, 임야의 잔재, 공장의 잔폐재(殘廢材) 등이 있음. 이들의 임산계 바이오매스는 열분해에 의한 액체연료 제조, 가스화를 거친 간접액화에 의하여 메탄올, DME(디메틸에테르), 휘발유 등을 제조할 수 있음. 유럽에서는 임산계 바이오매스를 사용하여 열-전기 동시공급	

바이오매스의 분류

### 3. 바이오에너지

발생장소에 따른 바이오매스

분류	특징	내용
육지계 바이오매스	육지에 있는 바이오매스	쌀, 사탕수수, 옥수수, 감자, 고구마, 콩, 땅콩, 침엽수, 활엽수 등
수역계 바이오매스	수중에 있는 바이오매스	어패류, 조류, 식물성 플랑크톤 등
농림수산계 바이오매스	농림수산업의 생산활동 중에 발생하는 바이오매스	임지잔재, 간벌재, 제재폐재(단재, 톱밥, 수피 등), 건설폐재, 고지, 겨, 짚, 축산분뇨, 수산가공잔사, 축산가공잔사 등
폐기물계 바이오매스	인간의 생활행동과 2차산업, 3차산업 활동에 의해 폐기물로서 발생하는 바이오매스	유기오니, 펄프폐액, 식품가공잔사, 폐식용유, 식품쓰레기, 하수오니 등

### 3. 바이오에너지

바이오매스의 분류

이용상황에 따른 바이오매스

분류	특징	내용
폐기계 바이오매스	폐기물로서 발생하는 바이오매스	식품폐기물, 가축배설물, 건설발생목재, 하수오니 등
미이용계 바이오매스	자원으로 이용되지 않고 폐기되는 바이오매스	짚, 겨, 미이용 간벌재 등
자원식물	자원으로서 이용을 고려하여 재배되는 바이오매스	전분계 작물, 사료작물, 유지작물 등

### 3. 바이오에너지

#### 바이오매스의 분류

##### 형태에 따른 바이오매스

분류	특징	내용
건조계 바이오매스	수분을 별로 함유하지 않고 건조된 바이오매스	목질 바이오매스(임지잔재, 간벌재, 제재폐재, 건설폐재, 조경폐재 등), 짚, 겨 등
함수계 바이오매스	수분을 많이 함유한 바이오매스	수생식물, 가축분뇨, 하수오니, 식품쓰레기, 식품가공잔사 등
기타	섬유질, 전분질, 유지분을 함유하고 있는 바이오매스	당. 전분(감자, 고구마, 옥수수, 사탕수수 등), 셀룰로오스(고지 등), 식용유(유채유, 폐식용유 등)

### 3. 바이오에너지

#### 바이오매스의 장단점

##### 바이오매스의 장점과 단점

장 점	단 점
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 나무와 식물이 다시 자라는 것보다 더 빨리 베어내지 않는 한 바이오매스는 재생에너지원임</li> <li>• 물과 온도 조절만 맞으면 지구상 어느 곳에서나 얻을 수 있음</li> <li>• 최소의 자본으로 이용기술 개발이 가능함</li> <li>• 원자력 등과 비교할 때 환경적으로 안전하며 또한 에너지를 저장할 수 있음</li> <li>• 사용 후 바이오매스는 종이나 비료 같은 다른 산물로 재활용이 가능</li> <li>• 바이오 연료의 연소는 석탄연소에 비해 에너지 생산 시 훨씬 적은 아황산가스와 이산화질소를 배출함</li> <li>• 지역별 분화된 효율적인 에너지 개발이 가능함</li> <li>• 유휴 농지를 이용한 개발이 가능함</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 효율적인 토지 사용관리와 재조림 없이 만연되고 있는 삼림의 파괴는 토양 영양분을 고갈시키고, 토양침식, 수질오염, 홍수, 야생 서식처 파괴를 가져올 수 있음</li> <li>• 바이오매스 생산에 대한 산업적 접근방식은 대규모의 땅을 필요로 하며, 같은 양의 전력을 생산하는데 태양광발전예 비해 81배나 넓은 땅을 필요로 함</li> <li>• 농약이나 비료를 과도하게 사용할 경우 식수를 오염시키고 야생생태에 해를 끼칠 수 있음</li> <li>• 일부 지역에서는 곡물 재배와 경쟁관계를 가질 수 있음</li> <li>• 넓은 산림이나 자연 목초지를 단일한 종의 바이오매스 농장으로 만드는 것은 생물 다양성의 감소를 가져옴</li> </ul>

### 3. 바이오에너지

목질계 바이오매스



목질계 바이오매스 활용과 의의



지구온난화 방지에 기여하는 클린에너지원

선순환사회 구축을 실현하는 재생가능에너지

산업과 고용창출, 재생에 공헌하는 에너지

산림보전 촉진에 따른 다면적 기능의 향상

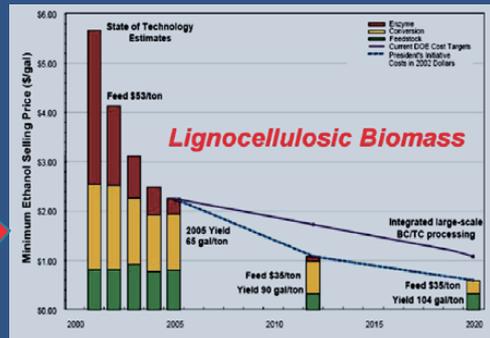
### 3. 바이오에너지

목질계 바이오매스 개발 가속화

#### 목질계 바이오매스 개발 가속화

- 매년 지구상에서 생산되는 목질계 바이오매스의 양은 약 1,700억 톤 정도되지만, 현재 인류가 이용하고 있는 양은 약 60억 톤으로 약 3.5%에 불과함
- 사용되지 않는 바이오매스를 활용 가능한 에너지로 대체할 수 있는 원천기술을 개발한다면, 인류는 석유에 버금가는 또 하나의 자원을 갖게 되며 이것이 최근 재생에너지 자원으로써 목질계 바이오매스가 각광을 받는 이유임
- 목질계 바이오매스가 가지는 강점 중 하나는 비교적 쉽게 액체연료로 전환이 가능하여 수송용 연료로 사용이 가능한 점이며, 점차 경제성이 확보되고 있는 추세임
- 우측 그림의 2000년 초반 에탄올 가격이 갤런당 5.7달러가 2020년에는 약 0.6센트로 하락(약 1/10)

목질계 바이오매스를 원료로 한 액체연료 개발의 경제성 전망



목질계 바이오매스 → 셀룰로스 → 당 → 에탄올

당질계 바이오매스 → 바이오에탄올 → 연료용 에탄올

전분질계 바이오매스 → 당 → 에탄올

### 3. 바이오에너지

#### 목질계 바이오매스

##### 목질계 바이오매스가 주목받는 이유

###### 첫째, 원료 공급의 지속 가능성

- ❖ 설탕이나 전분을 원료로 한 1세대 바이오 액체연료는 이미 미국이나 남미에서는 많이 상용되고 있지만, 식량자원으로서의 공급 부족 및 가격 상승 등 원료 공급의 지속성이 크게 문제가 되고 있음
- ❖ 반면, 목질계 바이오매스는 농업 및 산림경영을 통한 부산물의 활용 또한 경작기술의 발달과 생명공학기술을 이용한 바이오매스 개발 등을 통해 장기적으로 저렴하고 지속적으로 공급이 가능할 것으로 인정되고 있음

###### 둘째, 온실가스 생산 최소화

- ❖ 우리나라를 비롯한 선진국의 경우, 화석자원에서 유래한 수송용 에너지의 사용으로 인한 온실가스 증가율이 가장 높음
- ❖ 목질계 바이오매스에서 유래되는 바이오연료의 사용으로 인한 온실가스 발생량은 거의 없음
- ❖ 따라서 기존 화석연료의 사용 대비 온실가스 저감에 획기적인 효과를 볼 수 있고, 실제로 목질계 바이오매스 연료를 사용한 경우, 화석연료 사용 대비 약 86%의 온실가스 저감 효과가 보고되었음

##### 목질계 바이오매스



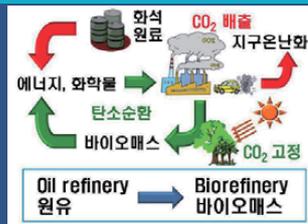
펠릿

#### 바이오리파이너리(Biorefinery) 기술

### 3. 바이오에너지

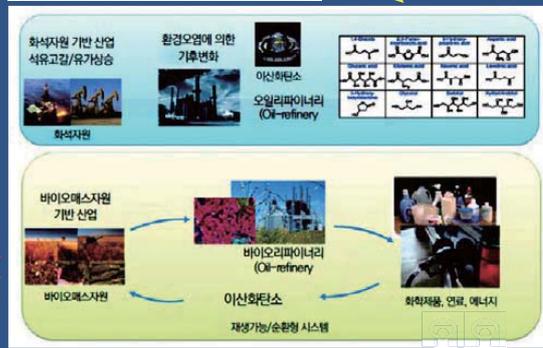
##### ❖ 화석연료의 사용을 줄이고 지속가능한 사회로의 전환을 위한 대안으로 바이오매스를 이용한 바이오리파이너리가 대안으로 등장

- ▶ 바이오리파이너리란 석유화학 산업의 페트로리파이너리에 대응되는 개념으로 바이오기술(BT)을 이용한 바이오매스로부터 재생가능한 바이오연료 및 바이오 화합물을 생산하는 것을 의미
- ▶ 바이오매스를 이용하는 과정에서 이산화탄소가 발생하지만, 생산되는 과정에서 이산화탄소를 흡수하므로 탄소 중립적인 특징을 가짐



##### 바이오리파이너리 발전단계

구분	원료
1세대	곡물에서 생산된 에탄올, 식물성 기름에서 생산된 바이오디젤 등 식량작물로 생산 → 상용화 단계지만 세계 곡물가격 상승, 식량 재배지 문제 등을 야기
2세대	목재, 폐기물 등 폐자원을 활용한 비식량계 바이오매스로 생산된 바이오연료
3세대	GMO (유전자 변형생물), 조류로부터 생산된 바이오연료
4세대	바이오연료 생산과 이산화탄소 포집저장이 연계된 첨단 생물변환 기술로 개발된 작물로부터 생산된 바이오연료



바이오리파이너리 개념

### 3. 바이오에너지

#### 국내외 바이오에너지 보급현황

##### 바이오에너지 시장현황

바이오에너지는 바이오매스 원료가 풍부한 미국과 브라질, 환경규제가 강한 유럽을 중심으로 시장이 형성되어 있고, 이들 국가를 중심으로 바이오에너지 생산기술개발 및 상용화가 이루어지고 있으며, 바이오에탄올과 바이오디젤 시장 80% 이상을 차지하고 있음

##### 국내 바이오에너지 보급현황

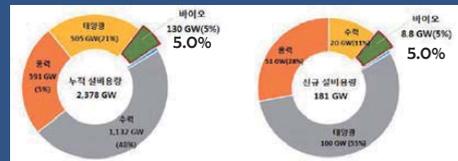
- 2018년 세계 재생에너지 누적 설비용량은 2,378 GW이며, 이 중 바이오는 130 GW로 전체 발전용량의 5%를 차지함
- 2018년 신규 설비용량은 총 181 GW로 바이오 설비용량은 8.8 GW 증설되었으며, 전체 신규 설비용량의 5%로 나타남
- TechNavio의 보고서에 따르면, 세계 바이오에너지 시장규모는 2017년 1,631억 달러에서 연평균 5.9% 성장하여 2022년에는 2,172억 달러의 시장규모를 형성할 것으로 전망
- 주요 적용 산업별 시장 비중은 2017년 기준 수송용 39.2%, 발전용 33.2%, 조리용 12.1%, 기타(냉난방, 가정용 등) 산업 부문이 15.5%를 차지하고 있는 것으로 나타남

##### 국내 바이오에너지 보급현황

- 한국에너지공단 2017년 통계자료에 따르면 2017년 기준 국내 신재생에너지 누적 설비용량은 15.7 GW이며, 이 중 바이오는 2.3 GW로 전체 발전 용량의 14.5%를 차지함
- 신재생에너지 총 생산량은 16,448천 toe, 총 발전량은 46,623 GWh로 이 중 바이오는 각각 21.9%, 16.0%의 비중을 차지



국내 보급현황



국외 보급현황

### 3. 바이오에너지

#### 바이오에너지 향후 전망

- 최근 정부에서는 2035년까지 신재생에너지 보급 11% 기본계획을 수립함
- 2035년 신재생에너지 보급 목표의 약 18%를 바이오에너지가 담당할 예정이므로 현실성 있는 바이오에너지 보급 로드맵을 마련하는 것이 필요함
- 바이오에너지 로드맵을 작성하기 위해 고려해야 할 중요 변수는 ① 바이오매스의 공급방안 ② 바이오에너지 기술개발 전략 ③ 바이오에너지 보급지원정책 수립 등임
- ① 바이오매스의 공급방안 : 현재 국내 부존 바이오매스 자원으로는 보급 확대에 한계가 있는 만큼 새로운 바이오매스 자원의 발굴 및 활용과 해외 바이오매스 자원의 활용 등이 필요함
- 해외 바이오매스 자원 확보의 경우 국내 일부 기업들이 해외에서 진행 중이거나 추진 예정인 해외 농장 사업과 연계하는 방안이 가장 현실적일 것으로 판단됨

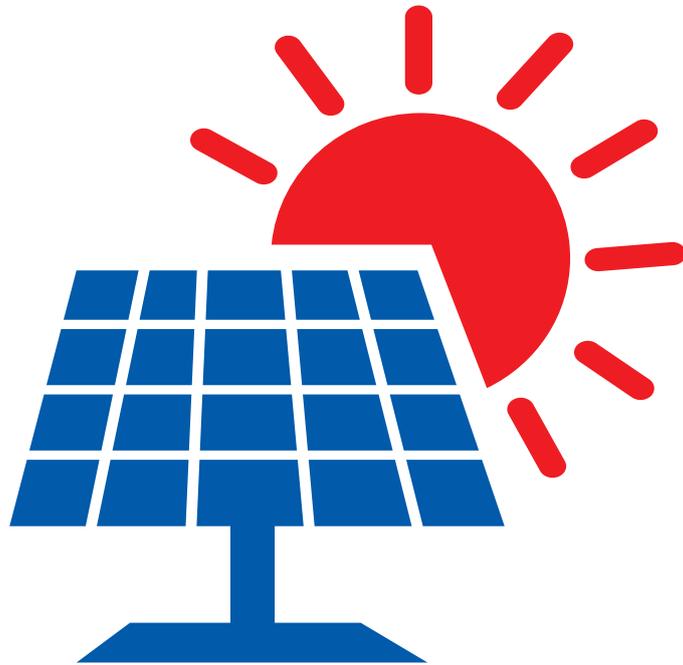
- ② 바이오에너지 기술개발 전략 : 비식용 원료를 활용한 수송용 바이오연료(차세대 바이오연료) 생산 기술이 향후 가장 중요한 핵심기술로 나타났지만, 국내 기술수준은 해외 선진국에 비해 상당한 격차가 존재함
- 향후 국내 바이오에너지 기술 R&D 지원은 비식용 바이오매스를 원료로 하는 수송용 바이오연료 전환 기술개발에 보다 집중적으로 지원해야 할 것으로 나타남
- ③ 바이오에너지 보급지원정책 수립 : 바이오에너지는 앞으로도 당분간 화석연료에 대해 경제성을 갖기 힘들 것으로 예상되는 만큼 바이오에너지의 보급을 위한 지원정책의 마련이 필요함
- 이러한 측면에서 신재생에너지 사용 의무화정책(RPS 등) 시행은 바이오에너지의 보급 확대에 큰 도움이 되는 것으로 판단됨
- 마지막으로 정부가 중장기 바이오에너지 기술 개발 및 보급에 대한 구체적인 청사진을 제시하여 민간 부문의 적극적인 참여를 이끌어 낸다면 충분히 해결 가능할 것으로 판단

여기까지 바이오에너지입니다  
감사합니다





**에너지의 이해**  
**- 수소 에너지와 연료전지 -**



전남대학교 윤양일 박사



## 제4강 에너지의 이해 - 수소에너지, 연료전지

전남대학교 윤양일(공학박사)

[강의 순서]

1. 수소에너지
2. 연료전지

## 1. 수소에너지

“여보게들, 물은 전기에 의해 기본 원소들로 분해된다는 걸 아나?  
분해된 원소들은 앞으로 강한 동력원으로 작용될 걸세.

그래서 말인데

수소와 산소로 이뤄진 물은 석탄에 비할 수 없을 만큼 강력하고  
고갈되지 않는 에너지원이 될 거야.

물은 미래의 석탄인 셈이지.”

철 베른 『신비의 섬(1875)』 중에서

# 1. 수소에너지

원소 주기율표  
The Periodic Table of Elements

© 대한기CE | First Draft 2012.06.24

**[수소]**

원자번호: 1번  
 원소기호: H(라틴어 Hydrogenium 유래)  
 한자: 水素(물의 근원이라는 뜻)  
 영어: Hydrogen  
 라틴어 Hydro(물)와 비금속원소의 접미사 -gen(만들다)이 합쳐진 뜻

- 원자핵이 양성자 하나(1H)만 존재
- 1족 원소 중 유일하게 비금속원소
- 순물질은 실온에서 H<sub>2</sub>형태로 존재
- 중수소와 구별위해 Protium이라고 불리기도 함
- 동위원소: 2H(중수소), 3H(삼중수소)  
 -중수소: 원자핵(양성자1, 중성자1)  
 -삼중수소: 원자핵(양성자1, 중성자2)
- 불에 타는 가연성 연료

물(H<sub>2</sub>O) = 수소원자 두 개(H<sub>2</sub>) + 하나 산소(O), 2 : 1 공유결합  
 과산화수소(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) = 수소원자 두 개(H<sub>2</sub>) + 산소원자 두 개(O<sub>2</sub>), 2 : 2 공유결합

# 1. 수소에너지

산림청산림자원부

## 水素

물의 근원이라는 뜻의 수소

공기 중에 0.01%, 물에 11%  
우주 질량의 75%를 차지하고 있죠

**마르지 않는 친환경 에너지로**  
각광받고 있지만 그냥 가져다 쓸 수는 없어요

수소는 물, 화석연료, 생명체 등에  
**화합물 상태로 존재하기 때문인데요.**

**수소를 에너지로 사용하기 위해서는  
 수소만을 따로 추출해야 하죠.**

그럼 수소는 어떻게 추출할까요?  
**수소는 추출방법에 따라 3가지로 나뉩니다.**

추출방법

① 화석연료 추출    ② 수전해    ③ 부생수소

**물의 근원이라는 뜻의 수소**  
 공기 중 0.01%, 물 11%, 태양 73.46%  
 우주질량 75% 차지  
**수소는 친환경에너지**

수소는 물, 화석연료, 생명체 등에 화합물로 존재  
 수소를 에너지로 사용하기 위해 수소를 따로 추출 필요

**[수소추출 방법]**  
 1. 화석연료 추출    2. 물전기분해(수전해)    3. 부생수소

# 1. 수소에너지

**화석연료 추출**

화석연료에서 수소를 추출하는 방법입니다.

천연가스를 개질시키거나 석탄을 고온에서 가스화시켜 수소를 추출하는데도 대량생산이 가능하고 생산단가가 상대적으로 저렴해 전 세계적으로 가장 많이 쓰이고 있어요.

(\*개질: 무연탄이라고도 한다. 열이나 촉매의 작용에 의해 무연탄 구조를 변화시켜 분자를 낫는 조작)

**[화석연료 추출 방법]**  
 천연가스를 개질  
 석탄을 고온에서 가스화  
 대량생산 가능, 생산단가 저렴  
 전 세계적으로 가장 많이 쓰임



**수전해**

물에 전기를 가하면 수소와 산소로 분리되는데 이 때 고순도의 수소를 얻을 수 있어요.

태양광, 풍력과 같은 신재생 에너지로 생산한 전기를 이용하면 환경오염의 우려가 없죠.

하지만 생산비용이 높고 대량생산이 관련한 단점이 있어요.

**[물전기분해(수전해) 방법]**  
 물을 전기분해하면 고순도 수소  
 생산비용 높음  
 대량생산 곤란  
 태양광, 풍력을 통한 그린수소 추출



**부생 수소**

석유화학이나 제철 산업 등의 공장에서 부수적으로 발생하는 수소를 추출하는 방법입니다.

우리나라에서 가장 많이 쓰는 방법인데도 페가스에서 수소를 추출하기 때문에 경제적이지만 생산량이 제한적이에요.

**[부생수소 추출 방법]**  
 석유화학, 제철산업 공정 부수 발생  
 국내에서 가장 많이 쓰이는 방법  
 페가스에서 수소추출  
 경제적이지만 생산이 제한적



# 1. 수소에너지

## 국가별 탄소중립 목표시기

(괄호 안의 연도는 탄소중립 목표를 발표한 시점)

	탄소 중립 목표시기						
	2030	2035	2040	2045	2050	2055	2060
노르웨이	0						
핀란드		0					
오스트리아			0				
아이슬란드			0				
스웨덴				0			
미국 (캘리포니아)				0 (2018)			
캐나다					0		
칠레					0		
덴마크					0		
유럽연합					0 (2019)		
일본					0 (2020)		
뉴질랜드					0		
남아프리카공화국					0		
대한민국					0 (2020)		
중국							0 (2020)



**탄소중립이란?**  
 이산화탄소를 배출한 만큼 흡수하는 대책을 세워 이산화탄소의 실질적인 배출량을 0으로 만드는 것 (넷제로라고도 함)

# 1. 수소에너지

## 수소에너지 개요

### 수소의 존재 형태

- 자연에서 수소원자 자신만으로는 존재하지 않으며 수소 분자상태, 탄소 또는 산소 등과 결합한 형태로 존재 (예: H<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>, CH<sub>4</sub> 등)
- 수소원자 1개(H)보다 수소분자(H<sub>2</sub>)로 존재함이 에너지적으로 더 안정함(즉, **이원자분자**로 존재)

### 수소의 특징

- 수소에너지는 전기와 같이 2차 에너지이지만 저장에 용이함(고체, 기체, 액체 가능)
- 가벼우며, 무취
- 수소와 산소가 결합하면 28,680cal/g의 열을 냄
- 공기 중에서 연소온도는 2,300℃까지 상승함
- 수소의 자연 발화온도는 585℃로 메탄(2,300℃)이나 프로판(960℃)보다 높음
- 수소의 액화온도: -253℃ (산소: -183℃, 천연가스: -162℃, 질소: -196℃ )

### 수소에너지 기술

- 물, 유기물, 화석연료 등의 화합물 형태로 존재하는 수소를 분리, 생산해서 저장 및 이용하는 기술

### 수소생산

- 현재 화석연료를 이용한 수증기 개질 방식이 상용화되어 있음
- 수소는 물의 전기분해로 가장 쉽게 제조할 수 있으나 입력에너지(전기에너지)에 비해 수소 에너지의 경제성이 너무 낮으므로 재생에너지를 이용한 제조가 가장 이상적임

### 수소저장

- 수소는 고압가스, 액체수소, 금속수소화물로 저장 가능
- 현재 기체상태로 저장하고 있으나 단위 부피당 수소밀도가 낮아 경제성과 안정성이 부족함

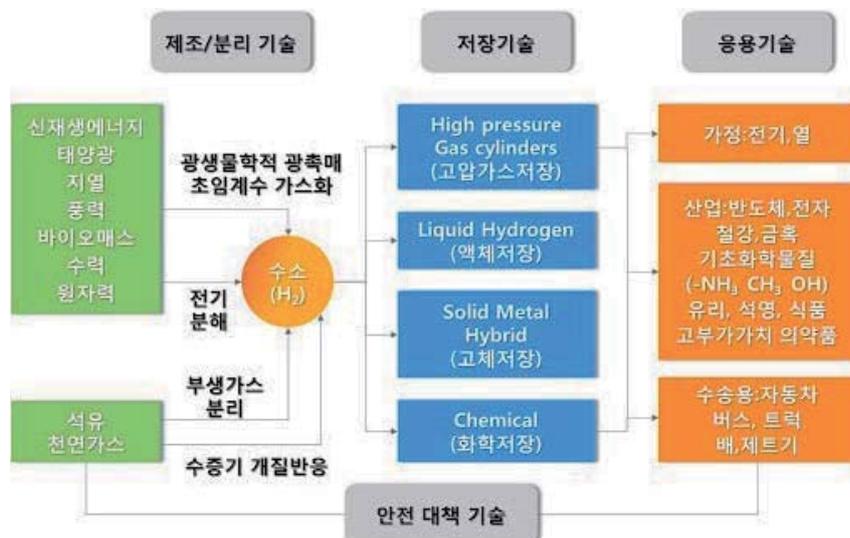
### 수소이용

- 현재는 대부분 화학공정에서 공정가스로 이용(암모니아 제조용 수요가 가장 큼)되고 있으나, 연료전지, 수소자동차, 수소히트펌프, 기타 산업용에의 적용이 확대될 전망임

## 수소에너지 개요

# 1. 수소에너지

## 수소에너지의 시스템 개요도

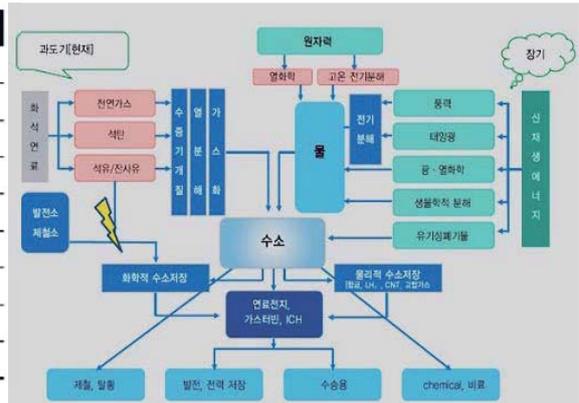


# 1. 수소에너지

## 수소에너지 개요

### 수소생산 기술 분류

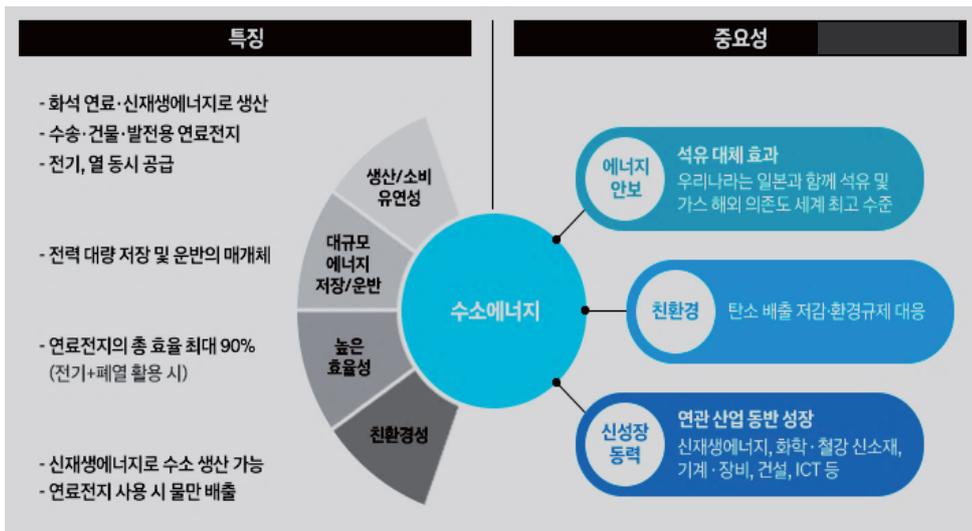
	방법	원료	에너지원	기술수준
화석연료 이용	수증기 개질	천연가스, LPG, 나프타	열	상용
	이산화탄소 개질	천연가스	열	-
	부분산화	중질유, 석탄	열	상용
	지열개질	천연가스, LPG, 나프타	열	상용
비화석연료 이용	직접개질	천연가스	열	상용
	전기 분해	물	전기	상용
	열화학 분해	물	고온열(원자력, 태양열)	연구 중
	생물학적 분해	물 또는 바이오매스	열, 미생물	연구 중
	광화학적 분해	물	태양광	연구 중



## 수소에너지 개요

# 1. 수소에너지

### 수소에너지의 특징 및 중요성



# 1. 수소에너지

## 수소에너지 개요

### 수소에너지의 장점 및 단점

장점	단점
<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ 에너지를 사용하는 과정에서 공해물질이나 온실가스가 발생하지 않고, 수소가 연소되거나 전기로 변환되는 과정에서 산출된 물 역시 무해하여 재사용이 가능함</li> <li>❖ 전기와는 달리 수소는 가스나 액체로 수송할 수 있으며, 고압가스, 액체가스, Metal Hydride(금속수소화물 또는 수소흡장합금) 등의 다양한 형태로 저장이 용이함</li> <li>❖ 수소는 궁극적으로 풍부한 물을 원료로 하여 제조할 수 있으며, 사용 후에는 다시 물로 재순환이 이루어짐</li> <li>❖ 또한 수소는 다양한 1차 에너지를 사용하여 제조할 수 있기 때문에 자원의 제약을 거의 받지 않음</li> <li>❖ 수소는 지역적 편중성이 없는 어디에도 존재하는 보편적인 자원임</li> <li>❖ 수소는 산업용 기초소재에서부터 일반연료, 발전용, 수소자동차, 수소비행기, 연료전지 등 현재의 에너지 시스템에서 사용되는 거의 모든 분야에 응용되고 있어서 미래의 에너지시스템에 적합한 에너지원으로 평가되고 있음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ 수소에너지는 수소가 가지는 가연성에 대한 안전성이 가장 큰 문제임             <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 수소는 폭발범위가 크고 착화각 용이하고</li> <li>▪ 수소연소 시 화염이 무색으로 식별이 어려운 반면 확산 및 화염속도가 크기 때문</li> </ul> </li> <li>❖ 생산비용으로 인한 상용화 문제(제조단가)             <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 거의 대부분의 수소는 산소와 결합해서 물로 존재하기 때문에 물을 전기분해하여 수소를 얻기 위해서는 수소를 태워 방출되는 에너지와 맞먹는 양의 에너지가 필요함</li> <li>▪ 이런 경제성 때문에 종래 우주 로켓용의 수소엔진과 같은 특수한 목적을 제외하면 수소의 이용이 활발하지 못함</li> </ul> </li> <li>❖ 저장기술의 미흡</li> </ul>

# 1. 수소에너지

## 수소에너지 개요

### 우리나라 수소공급 및 가격 목표

(2021년 9월 기준)

	2018	2022	2030	2040
공급량(수요량)	13만톤/년	47만톤/년	194만톤/년	526만톤/년
공급방식	① 부생수소(1%) ② 추출수소(99%)	① 부생수소 ② 추출수소 ③ 수전해	① 부생수소 ② 추출수소 ③ 수전해 ④ 해외생산 ※ ①+③+④=50% ②=50%	① 부생수소 ② 추출수소 ③ 수전해 ④ 해외생산 ※ ①+③+④=70% ②=30%
수소가격	-	6,000원/kg	4,000원/kg	3,000원/kg

구분	연료비(원)
휘발유 (원/ℓ)	1643.42
경유 (원/ℓ)	1437.92
LPG (원/ℓ)	963.15
수소 (원/kg)	8,800

# 1. 수소에너지

## 현재 활용 중인 수소에너지와 미래의 용도



# 1. 수소에너지

## 수소의 생산 방식

### 생산방식에 따른 수소의 종류

수소의 색깔 : **Grey, Blue, Green**

- ◆ 수소는 석유와 같이 채굴 가능한 1차 에너지(Primary Energy)는 아니며, 외부 에너지 투입을 통해 생산되는 2차 에너지이자 에너지캐리어(Energy Carrier)로 볼 수 있음
- ◆ 즉, 1차 에너지인 석유 및 천연가스는 가공이 필요 없는 있는 그대로의 에너지를 지칭하는 반면
- ◆ 2차 에너지는 다른 에너지를 투입하여 가공 또는 전환을 통해 생산하는 에너지를 말함
- ◆ 수소는 산소 또는 탄소와 결합한 화합물 형태 (물 또는 탄화수소)로 존재한 뒤, 향후 수소만을 분리하기 위해선 에너지를 투입해 일정한 가공이 필요하기 때문에 2차 에너지임
- ◆ 해당과정에서 어떠한 가공을 거쳤느냐에 따라 수소는 색깔이란 꼬리표를 달게 됨



**Grey 수소**는 가장 보편적인 수소임. 현존하는 수소 중 가장 큰 부분을 차지하고 있으며, 천연가스의 수증기 개질, 석탄가스화방법 등으로 화석연료에서 추출한 수소를 지칭함

**Blue 수소**는 Grey 수소의 생산방식을 기반으로 수소를 추출하지만, 해당 추출과정에서 발생하는 이산화탄소를 포집 및 저정한 수소를 지칭함

**Green 수소**는 Grey 및 Blue 수소와 달리 재생에너지에서 생산한 전기를 이용해 물을 전기분해하여(수전해) 추출한 수소를 지칭함

'30, '40, '50 수소의 생산비를 전망 **Blue 50 : Green 50**

# 1. 수소에너지

## 수소의 생산

### Green 수소의 생산 방식

- 온전한 청정에너지로써 수소를 사용하기 위해선 **Green 수소가 필요**함. 하지만 현시점에선 상용단계에 있는 수소 중 기술적으로 초기국면에 있음. 중장기적으로 시장 성장이 가장 커질 Green 수소를 생산하기 위해선 어떠한 수전해(물전기분해) 방식이 이용되는지 살펴볼 필요가 있음
- 물전기분해란 물의 이온화에 활용되는 전해질(Electrolyte)에 전력을 공급하여 수소와 산소를 추출하는 기술을 의미함
- 전력을 공급할 전해질의 종류에 따라
  - 고분자전해질(PEM: Polymer Electrolyte Membrane),
  - 알칼라인(AE: Alkaline Electrolysis),
  - 고체산화물(SOEC: Solid Oxide Electrolysis Cell)
 수전해 방식으로 나뉨

## 수소의 생산 방식

# 1. 수소에너지

### 수전해 생산방식에 따른 종류와 특징

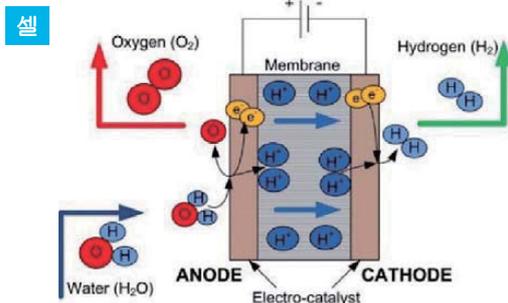
	고분자 전해질(PEM*) 수전해	알칼라인(AE**) 수전해	고체 산화물(SOEC***) 수전해
전해질	양이온교환막 (Nafion 등)	알칼리 용액	이온전도성 고체산화물
촉매	백금, 이리듐 등	니켈/철 등	니켈 도핑 세라믹 등
작동온도 (℃)	50-80	60-90	700-1,000
작동압력 (bar)	20-448	10-30	1-15
전류밀도 (A/cm <sup>2</sup> )	2-3	0.25-0.45	0.3-1.0
시동 소요시간	<10초	1-5분	15분
스택효율(%)	60-68	63-71	100
시스템효율(%)	46-60	51-60	76-81
에너지소비(kWh/Nm <sup>3</sup> )	5.0-6.5	5.0-5.9	3.7-3.9
최대전력(kW, 스택당)	6,000	2,000	<10
내구성(시간)	60-100	55-120	8-20
초기비용 (달러/kW)	1,100-1,800	500-1,400	2,800-5,600
유지비용 (%/년)	3-5	2-3	n/a
장점	작은 크기에도 제작가능, 비부식성 전해질, 높은 온도	높은 기술적 성숙도와 신뢰도, 낮은 투자비	고온 운전으로 인한 높은 효율, 비부식성 전해질
단점	고가의 분리막, 높은 유지비용	낮은 전류밀도로 인해 설비의 부피 부담, 느린 시작/정지 응답성	높은 투자비, 고온의 열원이 필요
비고	상업화를 위해 저가의 분리막/촉매 필요	단기적으로 상업화 가능성 높음	혁신적이지만 기초개발 단계
개발단계	최근 상업화 단계	이미 상업화 단계	기초 연구 단계

# 1. 수소에너지

## 수전해에 의한 수소 생산 방식

### 고분자전해질 수전해

- ◆ 고분자전해질(PEM) 수전해는 수산화이온이 이동할 수 있는 **고분자전해질막**을 이용하여 물을 전기분해 하는 방법임
- ◆ 고분자전해질 수전해는 **전류밀도가 높아 에너지효율이 매우 높은** 방법으로 작은 크기로도 제작할 수 있음
- ◆ 또한 수전해 셀을 적층 형식으로 제조할 수 있기에 제작공정을 단순화할 수 있고, 전해액을 사용하지 않기 때문에 **수소의 순도가 높다**는 장점이 있음
- ◆ 하지만 사용되는 **분리막의 가격이 비싸며 수명이 짧은** 단점이 있음
- ◆ 또한 분리막의 부식성으로 인해 내구성이 좋은 **귀금속 계열의 전극이 이용**되어야 하기에 전반적인 유지비용이 높은 단점도 있음

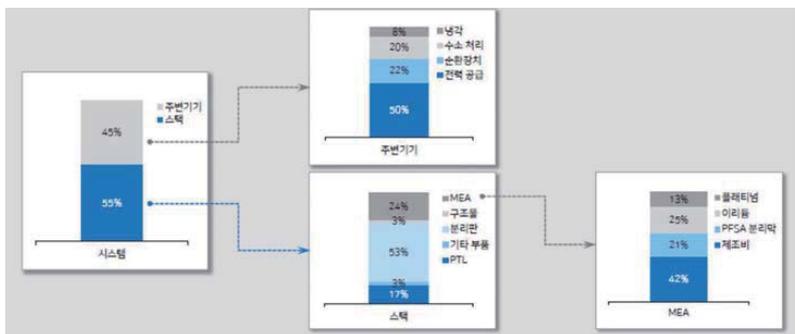


## 수전해에 의한 수소 생산 방식

# 1. 수소에너지

### 고분자전해질 수전해 시스템의 원가분석 (1MW)

- 수전해 장치 설치 비용은 **45%**가 **스택**, **55%**가 **주변장치 (BOP, Balance of Plant)**
- **스택** 원가 중 가장 큰 비중을 차지하는 것은 **PEM은 분리판(53%), MEA(24%)** 등 - 알카라인의 경우 **MEA의 비중이 57%** 가량으로 더 높고 분리판의 비중이 낮음
- **주변장치(BOP)** 원가 중 가장 큰 비중을 차지하는 것은 **전력 장치(50%), 수처리(22%), 수소 압축기 등(20%)**

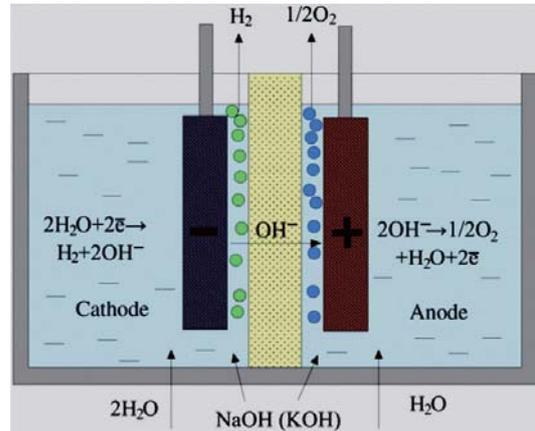


# 1. 수소에너지

## 수전해에 의한 수소 생산 방식

### 알칼라인 수전해

- ◆ 알칼라인(AE) 수전해는 **알칼라인 전해액**을 이용하여 물을 전기분해 하는 방법임
- ◆ 알칼라인 전해액으로는 **수산화나트륨(NaOH)**과 **수산화칼륨(KOH)**이 사용됨
- ◆ 알칼라인 수전해는 기술적 성숙도와 신뢰도가 높아 현재 여러 수전해방식 중 상용화 진행이 가장 많이 이뤄졌으며, 이로 인해 설치비용도 여타 방식 대비 작다는 장점이 있음
- ◆ PEM의 고가 귀금속 촉매 대신 저렴한 **니켈 또는 스테인리스강**을 사용하여 유지 비용 또한 낮음
- ◆ 다만 **운전 전류밀도가 낮아 장치의 부피가 크며, 시작과 정지의 응답성이 느린 단점**을 가지고 있음
- ◆ 이는 간헐적이면서 불규칙적인 출력 특성을 갖는 **신재생에너지전력과 연계할 경우**, 기존 정격출력 운전모드로 개발된 알칼라인 수전해 장치의 **내구성 훼손 및 효율 저하** 등의 문제점을 발생

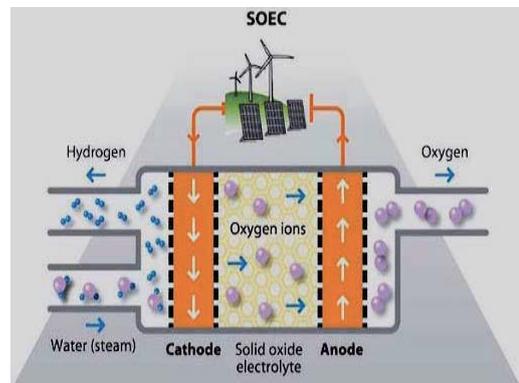


# 1. 수소에너지

## 수전해에 의한 수소 생산 방식

### 고체산화물 수전해

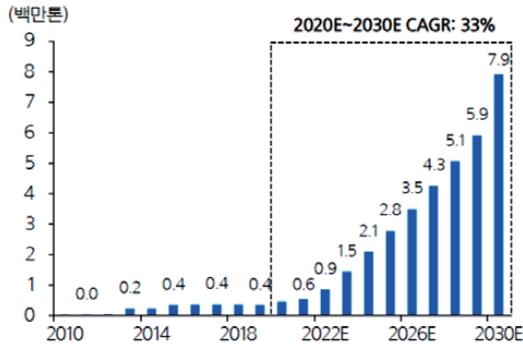
- ◆ 고체산화물(SOEC) 수전해는 **고체산화물 전해질**을 이용하여 **700°C 이상의 고온수증기**를 전기분해하여 수소를 생산하는 방법임
- ◆ 앞서 살펴본 PEM 수전해와 AE 수전해는 100°C 미만에서 작동하는 점을 감안했을 때, **SOEC수전해는 여타 방식 대비 고온 처리기술임을 알 수 있음**
- ◆ 이로 인해 여러 방식 중 **전력사용량이 가장 적으며, 에너지효율 또한 가장 우수함**
- ◆ 또한 **고체 전해질을 사용하기 때문에 부식에 대한 내구성이 좋은 장점**이 있음
- ◆ 하지만 고온 환경을 만들기 위해 **추가적인 열원이 필요하다는 점과, 고온에서 충분히 내구성을 가지는 고체전해질에 대한 연구개발이 보다 필요하다는** 게 현시점에서 단점임
- ◆ 이로 인해 SOEC 수전해는 혁신적이지만 여타 방식 대비 기술적 성숙도가 떨어진다고 볼 수 있음



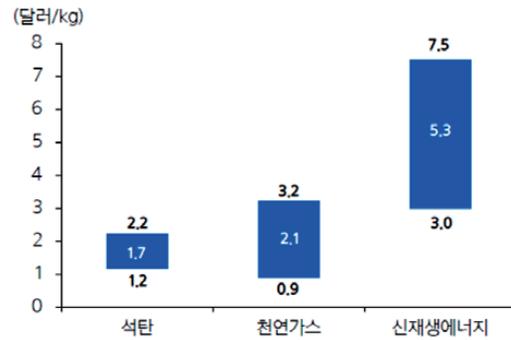
## 수소 생산량 전망

# 1 수소에너지

저탄소 수소의 글로벌 생산량 전망 (CAGR: 연평균 성장률)



원재료별 수소생산 단가 현황(2018년 기준)



원재료별 수소의 생산단가 비교 시, 석탄/천연가스는 1.7달러/kg 및 2.1달러/kg 수준이었던 반면, 신재생에너지는 5.3달러/kg를 기록함. 따라서 그동안 경제성이 떨어지는 수소를 굳이 만들어낼 필요가 없었음. 하지만 최근 들어 변화된 점은 주요 국가들의 탄소중립시대 진입시점을 경쟁에 가까운 만큼 빠르게 발표하고 있는 것임. 빠르게는 2050년(EU, 한국)부터 2060년(중국)까지 탄소중립을 달성하겠다는 발표들이 이어지고 있음. 이는 현시점에서의 경제성을 떠나서 향후 CO<sub>2</sub> 배출 감소를 위해 Green 수소시장 확대가 불가피 해졌음을 시사함

# 1. 수소에너지

## 수소의 저장 방식

	고압수소	액화수소	LOHC (MCH)	암모니아
Density (kg/m <sup>3</sup> )	39	70.8	769	682 (1 bar)
비등점 (°C)	25	-253	101	-33
중량 에너지밀도 (wt%)	100	100	6.16	17.8
부피 에너지밀도 (kg/m <sup>3</sup> )	38.0	70.9	47.1	120.3
수소 추출반응 온도 (°C)	-	-253	200~400	350~900
수소 저장반응 온도 (°C)	-	-	100~200	400~600
수소 추출 시 엔탈피 변화 (kJ/mol)	-	0.899	67.5	30.6
부피 에너지밀도 개선	일반 수소의 463배	일반 수소의 865배	일반 수소의 574배	일반 수소의 1,467배
필요 인프라		시설투자 필요	휘발유 인프라 사용가능	프로판 인프라 사용가능
활용 목적	수소전기차 연료전지	수소전기차 연료전지	수소전기차 (수소 추출 후) 연료전지 (수소 추출 후)	연료전지 (수소 추출/정제 후) 암모니아 연료전지
장점	저렴한 구축비용, 저장으로 인한 손실 미미	저장용기의 안전성, 단순 기화만으로 사용가능	기존 인프라 사용가능 장기보관 가능	기존 인프라 사용가능, 가장 큰 에너지밀도
단점	낮은 부피 에너지 밀도, 비싼 저장용기	대규모 시설투자 필요, 액화과정에 많은 에너지 필요	수소 추출 시 에너지 필요, 상업화까지 R&D 필요	냄새와 독성으로 취급주의, 상업화까지 R&D 필요

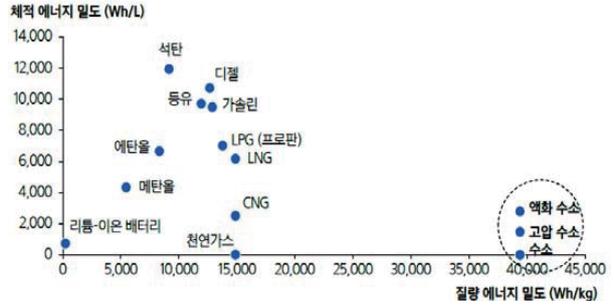
## 수소의 저장 방식

# 1. 수소에너지

### 수소의 밸류 체인

- ❖ 수소의 Value Chain은 크게 생산, 유통 그리고 활용으로 분류
- ❖ 유통은 수소를 생산지에서 수요처로 이동시켜 주는 역할을 의미(여기서 유통= 저장 + 운송)
- ❖ 수소의 저장방식은 크게 기체, 액체, 물질변환(LOHC 및 암모니아), 고체 저장 형태로 나뉨
- ❖ 물량과 거리에 따라, 저장과 운송의 방식이 달라지는 이유는 수소가 원유나 천연가스 대비 유통하기 어렵기 때문이며, 이는 수소의 특징적인 에너지 밀도에 기인
- ❖ 수소는 질량 에너지밀도가 석유제품 및 기타 액화가스에 비해 높지만, 체적(부피) 에너지밀도는 낮음 (우측 그림)
- ❖ 가볍지만 부피가 큰 특징으로 인해 전통적인 화석원료 대비 경제적인 대용량 저장과 장거리 운송이 어려움
- ❖ 따라서 운송의 방식에 따라 저장 형태를 달리하여 한계점을 극복해야 함

### 화석연료와 수소의 부피와 질량에 따른 에너지 밀도 비교



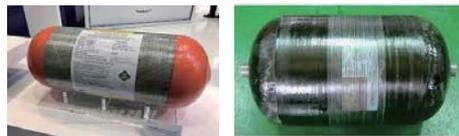
# 1. 수소에너지

## 수소의 저장 방식

### 고압 및 액체 수소저장 기술

- 기체 형태는 가장 보편적인 방식이며, 고압으로 저장된 수소를 고압수소라고도 부름
- 기체수소는 구축비용이 저렴하고 저장으로 인한 손실도 미미하다는 장점이 있음
- 반면 부피당 에너지밀도가 낮아서 동일한 양을 저장하기 위한 부피가 크게 필요한 단점이 있음
- 액체형태는 부피당 에너지밀도를 개선시키기 위해 기체수소를 액화시킨 제품이며, 액화수소라고 칭함
- 기체수소를 영하 253°C 이하로 유지하여 액화시키며, 기체수소의 부피를 약 1/800로 감소시킬 수 있음
- 액화수소는 대기압에서 저장이 가능하기에 높은 압력을 유지해야 하는 기체수소 대비 저장용기의 안전성을 가지고 있으며, 향후 수요처에서 단순기화만으로 사용이 가능하다는 장점도 있음
- 액화공정을 위한 대규모 시설투자가 필요하고, 액화를 위해 많은 에너지가 소요되기에 경제성의 문제가 수반됨

### 고압수소 (기체수소) 탱크



### 액체수소 탱크



장점	1. 부피 1/800로 감소, 동일 압력에서 기체수소대비 800배 체적 에너지 밀도 2. 낮은 온도로 고압기체수소 대비 폭발 위험 낮음 3. 단위 부피당 에너지 저장밀도 가장 높음 4. 활용을 위해 다른 공정 필요 없음. 단순 기화만으로 즉시 활용 가능 5. 추가 비용이 발생하나, 기체 대비 부피 1/800, 운송비 1/10으로 경제성 높음 6. 충전용량 클수록 액체수소가 기체수소 대비 경제성 높음
단점	1. 액화공정을 위한 대규모 시설 투자 필요 2. 단순 압축 저장 방식에 비해 많은 에너지가 필요

### 액체수소 장단점

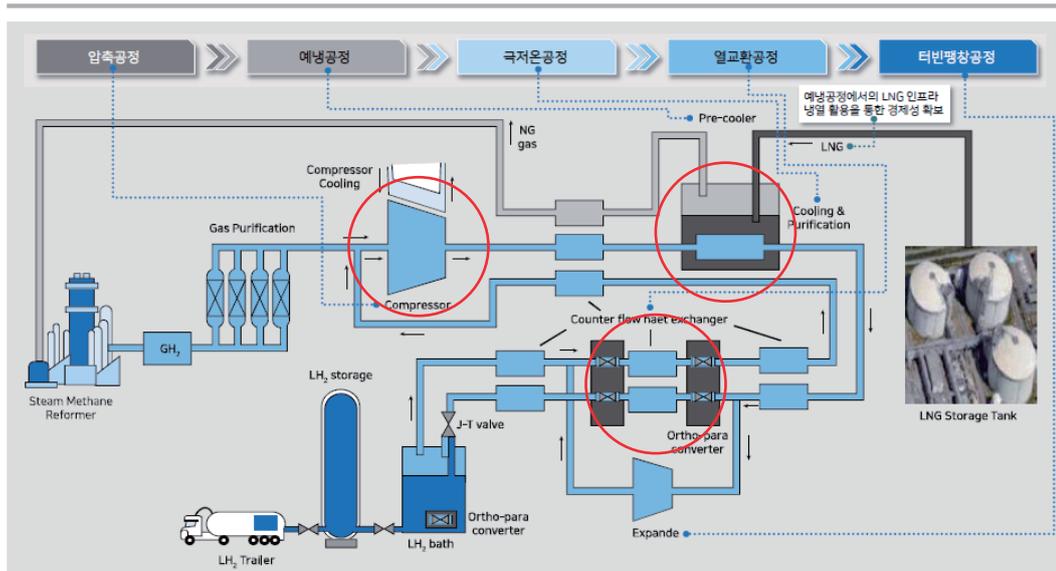
# 1. 수소에너지

고압수소와 액화수소의 필요 면적 비교



## 액화수소 생산 공정

# 1. 수소에너지

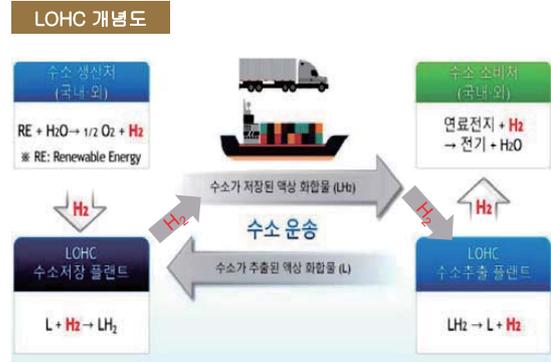


## 수소의 저장 방식

# 1. 수소에너지

### 물질변화 수소저장 기술 (1) - LOHC

- ✓ 물질변환형태 중 첫 번째인 액상유기화합물(Liquid Organic Hydrogen Carrier, 이하 LOHC)는 액화수소가 가지고 있는 장점(대량의 수소를 운송 가능)을 유지하며, 액화에 따른 단점을 극복하기 위해 액상화합물 형태로 수소를 저장하는 방식을 의미함
- ✓ 저장된 수소는 운송된 후 소비될 시점에 맞춰 LOHC로부터 추출됨
- ✓ LOHC는 화석연료처럼 상온에서 안정적인 형태이기에 장기보관이 가능하고 단위부피당 수소저장 성능이 높은 장점이 있음
- ✓ 액체를 싣고 옮기는 방식이므로 화석연료 기반의 저장 및 운송 인프라를 그대로 사용 가능한 장점도 있음
- ✓ 저장한 수소를 다시 추출(탈수소반응)할 때 많은 에너지가 필요한 점과 상업화 도달을 위해 추가 연구개발이 필요하다는 한계가 있음
- ✓ LOHC로 사용할 수 있는 대표적인 제품은 메틸사이클로헥산(Methyl-cyclohexane, MCH), 메틸카바졸(N-methyl carbazole), 디벤질톨루엔(Dibenzyl-toluene, DBT) 등이 있으며, 주요 국가들은 해당방식을 시험 중에 있음
- ✓ 대표적으로 일본은 브루나이 석유 생산과정에서 발생하는 부생수소를 MCH 방식으로 저장한 후 본국에서 다시 수소를 추출하는 유통과정을 시험 중에 있음



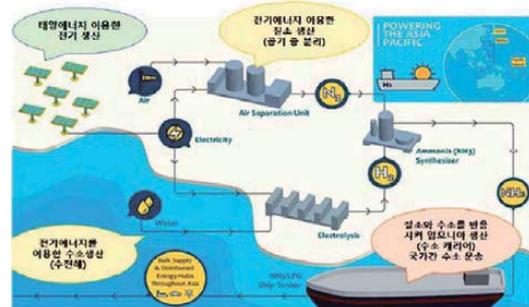
# 1. 수소에너지

## 수소의 저장 방식

### 물질변화 수소저장 기술 (2) - 암모니아

- ✓ 물질변환 형태는 암모니아(NH<sub>3</sub>)
- ✓ 암모니아는 질소와 수소로 구성된 무기 화합물이며, 직접 연료로 활용하여 연소를 통해 에너지를 생산하거나 직접 연료전지에 공급함으로써 발전할 수 있다는 점에서 LOHC와 차별성을 띠며
- ✓ 상온/상압과 유사한 온도 및 압력 조건 하에서 액상 암모니아를 운송하고 저장하여, 필요 시 암모니아를 분해하여 수소를 생산해 내는 과정임
- ✓ 수소운반체로써 암모니아는 여타 수소 대비 수소저장 용량이 훨씬 크고, 분해 후 이산화탄소 배출이 되지 않으며, 기존 암모니아 저장 및 운송인프라를 그대로 사용할 수 있다는 점임
- ✓ 다만, 암모니아는 자극적인 냄새와 더불어 독성이 있어 신중한 취급이 요구되며, 합성과 분해의 과정에서 에너지 소비가 필요하기 때문에 이를 줄여 상업화 도달을 위해 추가 연구개발이 필요한 단점이 있음
- ✓ 이와 관련하여 일본은 호주에서 태양광으로 생산된 Green 수소를 공기로부터 분리된 질소를 이용하여 암모니아로 합성한 후, LPG선박을 통해 본국으로 수입하는 과정을 시험 진행하고 있음

### 일본-호주 간 액상암모니아 대규모 수소이송 프로젝트 개념도



수소의 저장방식 및 운송수단

		운송수단		
		차량	배관	선박
저장수단	고압 수소	단거리, 소규모 운송 최적화	장거리, 대규모 운송 최적화. 일정 수요 확보 시 단거리도 적합	낮은 밀도로 인해 부적합
	액화 수소	단거리 부적합. 300km 이상 장거리에 적합	부적합	LNG보다 저온 유지하기 위한 R&D 필요
	LOHC	전환비용 감안 시 장거리에 적합	가능하지만, 경제성 개선 필요	가능하지만, R&D 필요. VLCC 이용가능.
	암모니아	가능하지만, 경제성 개선 필요	가능하지만, 전용 설비 필요	해의 운송에 있어, 현재 가장 이상적

수소 저장기술 비교

	LOHC	액화수소(LH <sub>2</sub> )	암모니아(NH <sub>3</sub> )
목적	<ul style="list-style-type: none"> <li>수소를 추출하여 직접 연소</li> <li>수소를 추출하여 정화 후 연료전지에 사용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>수소 직접 연소</li> <li>연료전지에 사용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>암모니아 직접 연소</li> <li>수소를 추출하여 정화 후 연료전지에 사용</li> <li>직접 연료전지에 사용</li> </ul>
인프라	<ul style="list-style-type: none"> <li>현존하는 가솔린 인프라 사용 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>대규모 시스템을 위한 추가 개발 및 구축 필요</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>현존하는 프로판 인프라 사용 가능</li> </ul>
자연 발화 온도	283 °C	535 °C	651 °C
장점	<ul style="list-style-type: none"> <li>액상 상태로 저장 가능 (운송으로 인한 손실 최소화)</li> <li>저장시 현존하는 인프라 사용가능</li> <li>기존 규정에 따라 저장 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>고순도</li> <li>탈수소화와 정제 과정 불필요</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>가장 저렴한 수소저장 및 운반 수단</li> <li>직접 사용 가능</li> <li>현존하는 인프라에 저장 가능</li> <li>현존하는 규제에 따라 저장 가능</li> </ul>
단점	<ul style="list-style-type: none"> <li>탈수소화 과정에서 고온의 열원이 필요</li> <li>수소 에너지의 30%를 탈수소화 과정에서 사용</li> <li>내구성(사이클의 횟수)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>매우 낮은 수준의 온도 필요(약 -253 °C)</li> <li>액화 과정에서 높은 에너지/열이 필요</li> <li>액화 비용 절감 필요</li> <li>수소 에너지의 45%를 액화 과정에서 사용</li> <li>중발 손실에 대한 관리가 필요</li> <li>장기 저장이 어려움</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>탄화수소에 비해 낮은 반응성</li> <li>자극적인 냄새와 독성으로 인한 공인 엔지니어의 전문적인 처리 필요</li> <li>수소 에너지의 13%가 탈수소화에 사용</li> <li>정제 과정이 필요</li> </ul>
개발 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>시연 단계</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>소규모: 적용 단계</li> <li>대규모: 개발중</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>연구 개발 단계</li> <li>일부는 시연 단계 진입</li> </ul>
전망	<ul style="list-style-type: none"> <li>에너지 효율적인 탈수소화 과정</li> <li>탈수소화/수소화를 위한 촉매</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>액화 과정은 에너지 효율의 개선 요구</li> <li>운송/선적/하역 시스템에 대한 규정</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>연료 전지에 직접사용</li> <li>합성 과정의 높은 에너지 효율성</li> </ul>

# 1. 수소에너지

## 수소의 쓰임새: P2X로 확장

### P2X란

- 수소에 대한 확장된 개념을 적용한다면, 수소의 쓰임새는 P2X(Power to "X")로 확장할 수 있음
- P2X란 잉여전력(Power) 을 여러 다른 에너지(X)로 저장/전환하여 이용하는 것을 의미함
- 대표적으로 전력을 통해 만들어진 수소를 에너지 저장 수단으로 이용하는 P2G(Power to Gas)를 기본으로 가솔린, 디젤 등 연료로 합성하는 P2L(Power to Liquid) 및 P2C(Power to Chemical), P2H(Power to Heat)로 확장할 수 있음
- 이를 통해 다양한 산업과 연계하여 수소의 사용과 탄소배출 억제를 극대화 하는 "Sector Coupling" 전략이 가능함

### 독일의 수소 전략의 핵심: 수소로 얻는 비전통 에너지

방식	내용	비고
P2G	전력을 수소가스로 변환하여 에너지 저장 이동 수단으로 활용	전력산업 변화
P2L	수소와 이산화탄소 반응을 통한 가솔린, 디젤 등 연료를 합성 (Power to Liquid)	수송 연료 탈수소화
P2C	수소로 메탄올, 암모니아 등 생산(Power to Chemicals)	철강/화학 탈수소화
P2H	재생에너지로부터 얻은 전력을 가열해 열에너지로 전환	

## 수소의 저장 방식

# 1. 수소에너지

### 주요국의 수소공급 가치사슬 구축 방향



MCH (Methyl-cyclohexane, 메틸사이클로헥산)

# 1. 수소에너지

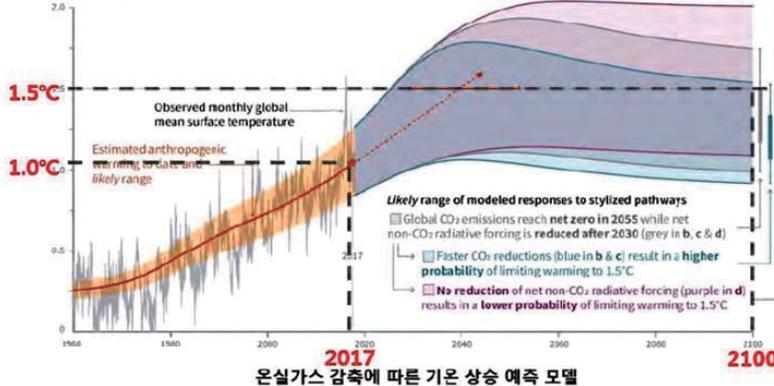
탄소경제에서 수소경제로 이행



1.5°C 기온상승 제한

- ❖ 1900년 이후 인류의 발전으로 지금까지 약 1.0°C의 지구 온난화 야기
- ❖ 파리 협정(15년)의 2.0°C 기온 상승 → 1.5°C로 기준 변경 제안 (이상 기후 리스크 관리)

Global warming relative to 1850-1900 (°C)

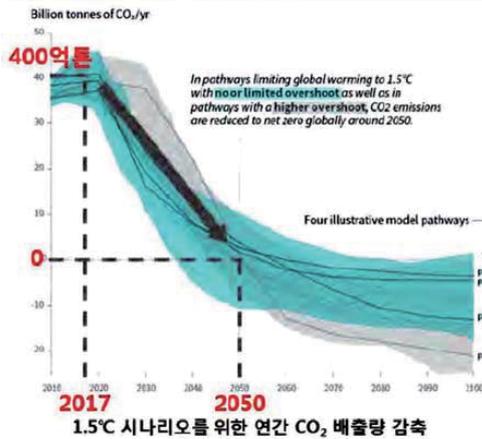


# 1. 수소에너지

탄소경제에서 수소경제로 이행



온실가스 감축 목표



1.5°C 기온 상승 제한 목표

- ❖ 20년 이후, CO<sub>2</sub> 배출량 감소를 위한 전환점
- ❖ (30년) 10년대비 CO<sub>2</sub> 45% 감축
- ❖ (50년) 'Non-zero' 달성 (기준 70년에서 감축)  
\* CO<sub>2</sub> 배출 대 흡수로 완전 상쇄 의미
- ❖ 목표 달성을 위해 사회 시스템이 친환경 에너지 지원 체제로 빠르게 변화해야 함

탄소 경제

수소 경제

# 1. 수소에너지

## 탄소경제에서 수소경제로 이행

### 탄소경제와 수소경제의 비교



	탄소경제	수소경제
에너지 패러다임	탄소자원(석유, 석탄, 가스) 중심 수입 의존도(99%)	탈탄소화 수소 중심 국내 생산으로 에너지 자립 기여
에너지 공급	대규모 투자 필요한 중앙집중형 에너지 공급	소규모 투자로 가능한 분산형 에너지 공급
	입지적 제약이 크고 주민 수용성이 낮음	입지적 제약이 적고 주민 수용성이 높음
경쟁 양상	자원개발 및 에너지 확보 경쟁	기술경쟁력 확보 및 규모의 경제 경쟁
환경성	온실가스, 대기오염물질 배출 *CO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , SO <sub>x</sub>	온실가스 배출이 적어 친환경적 *부산물 = 물(H <sub>2</sub> O)

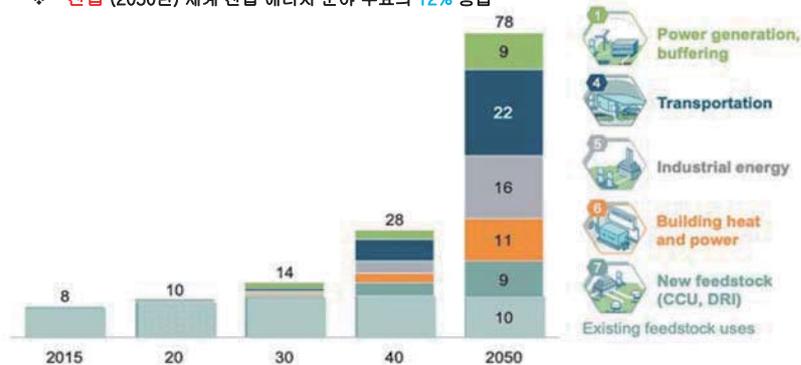
수소경제의 정의 : 수소경제는 수소를 중요한 에너지원으로 사용하고, 수소가 국가경제, 사회전반, 국민생활 등에 근본적 변화를 초래하여, 경제성장과 친환경 에너지의 원천이 되는 경제를 의미함

## 수소에너지 전망

# 1. 수소에너지

### 전세계 수소수요 전망

- ❖ **수요** 2015년 8EJ → 2050년 78EJ 세계 에너지 수요 18% 수준 확대  
▶ 1EJ(Exajoule) = 10<sup>18</sup>로 전 세계 하루치 에너지 수요에 해당하는 수준
- ❖ **운송** (2050년) 수소전기차 약 4억대 보급, 전 세계 차량 중 약 20~25% 비중 차지 예상  
▶ 각 차종별 전망 : 트럭 2천 만대(25%), 버스 5백만 대(35%), 소형차(10%)
- ❖ **산업** (2050년) 세계 산업 에너지 분야 수요의 12% 공급



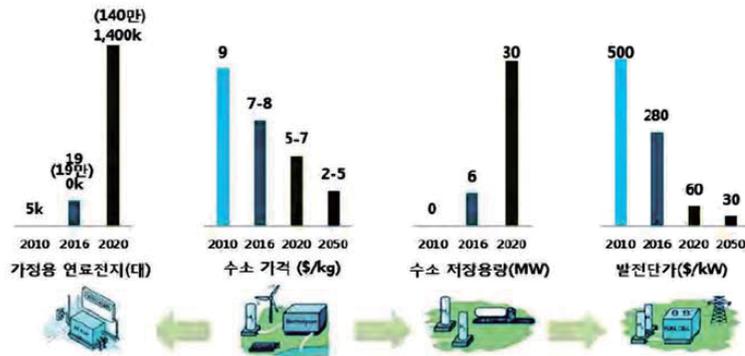
2015 ~ 2050년 각 산업별 세계 수소에너지 수요(EJ)

# 1. 수소에너지

## 수소에너지 전망

### 수소에너지 보급 전망

- ❖ 수소 가격 (16년) 7~8 \$/kg 수준 가격 → (30년) 2~5 \$/kg 전망 (Hydrogen council)
- ❖ 발전 단가 (16년) 280 \$/kW 수준 가격 → (30년) 30 \$/kW 전망

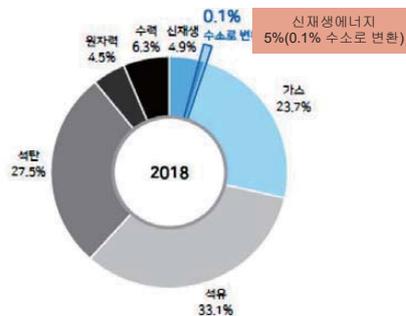


# Net Zero 시대의 수소 전망 1. 수소에너지

## 석유시장의 2배로 성장할 수소

- ❖ 선진국 Net Zero의 기준점으로 여겨지는 2050년에는 수소가 최종 에너지 소비에서 차지하는 비중이 약 10~15% 예상
- ❖ 이는 2050년 1차 에너지에서 석유가 차지할 비중의 약 2배
- ❖ 각국 정부들의 적극적인 Net Zero 정책과 기업들의 투자를 감안하면 위 시나리오를 달성하거나, 혹은 초과 달성할 가능성이 높다는 판단
- ❖ 신재생에너지 비중 증가는 직관적으로 이해 가능

에너지원별 글로벌에너지 생산 (2018년)



에너지원별 글로벌에너지 생산 (2050년)



# 1. 수소에너지

## ① 한국은 수소발전이 꼭 필요한 국가

- ▶ 섬나라처럼 독립된 계통으로 재생에너지 간헐성에 특히 취약
- ▶ 수력 등 친환경적인 유연성있는 발전원 부족
- ▶ 반면 사회적 반감으로 송배전 시설 확충이 어려움 → 이런 이유로 수소산업 내에서도 발전시장에 주목

## ② 한국은 수소를 수입할 국가

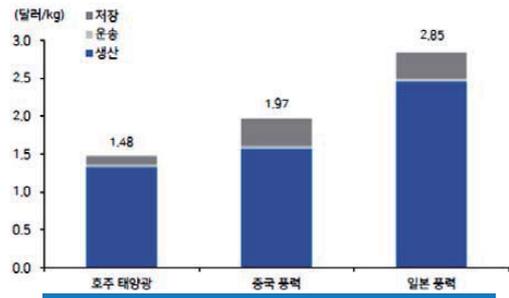
낮은 태양 조도, 계절풍으로 인한 낮은 풍속으로 수전해 원가가 상대적으로 높은 편 → 수소생산보다는 해외 수소 도입 시 필요한 Mid-Stream(운송/저장) 밸류 체인에 주목

## ③ 한국은 수소활용에 강점이 있는 국가(수소생산에는 부적합)

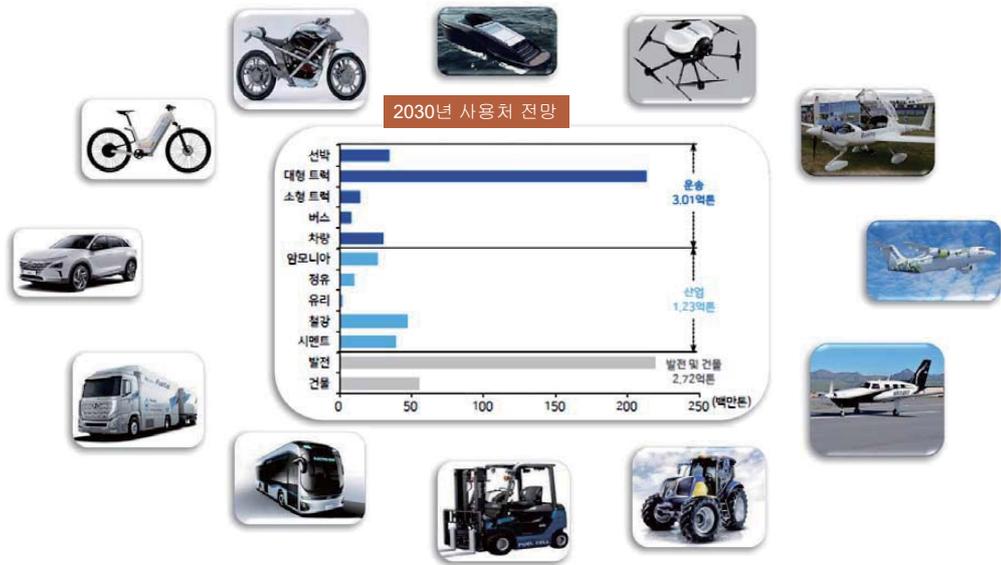
자동차, 조선, 철강 등 수소 수요 산업에서 글로벌 경쟁력 보유 → 향후 수출 시장까지 노릴 수 있는 수소 사업은 결국 수소 활용 관련 기자재, 수소차, 연료전지, 수소터빈 등 기자재 제작 업체에 주목

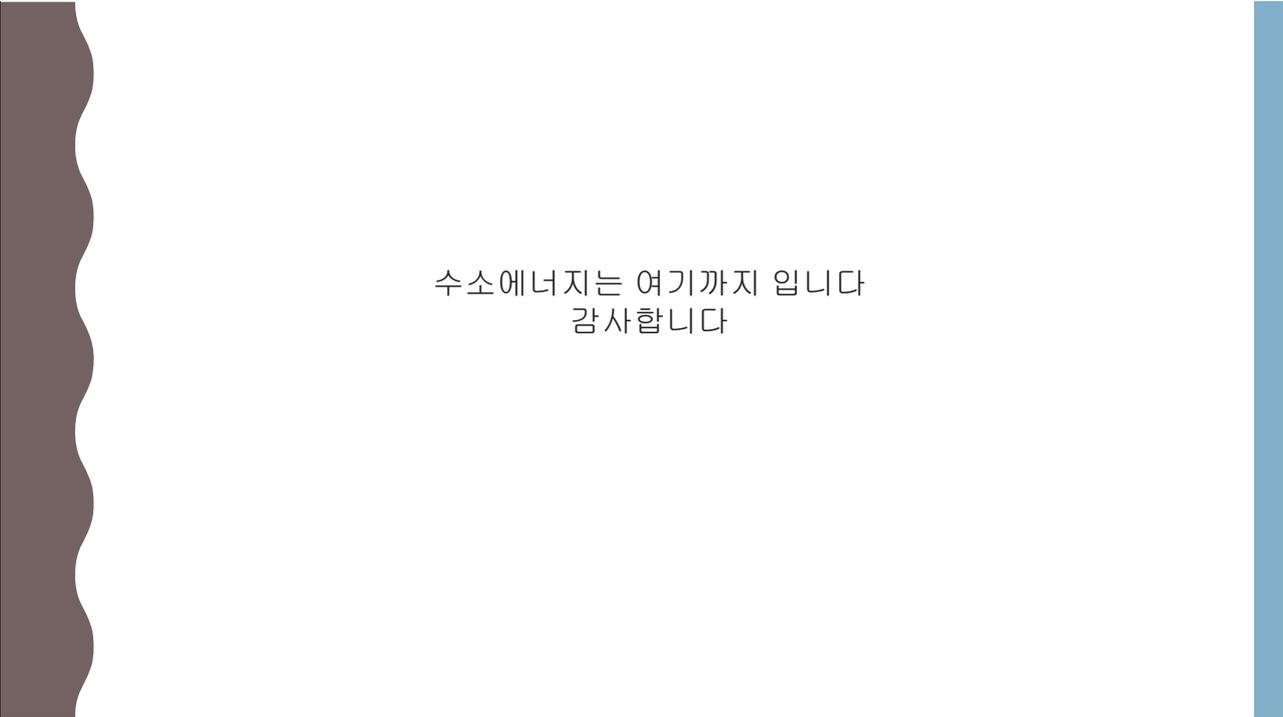
	2018	2022	2040	비고
수소차(내수)	1.8만대 (0.9만대)	8.1만대 (6.7만대)	620만대 (290만대)	
수소충전소	14개소	310개소	1,200개소	
연료전지	발전용 (내수)	307MW (1.5GW)	15GW (8GW)	• 그린수소 REC 우대, 분산전원 지원 제도 설계 예정 • 부품 국산화를 100% 달성 목표 • 새만금 등 대규모 사업 추진
	가정 / 건물용	7MW	50MW	
수소공급	연 13만톤	연 47만톤	연 536만톤 이상	
수소 가격		6,000원/kg	3,000원/kg	

한국 수소경제 로드맵 1.0(2019.1 발표)



# 1. 수소에너지





수소에너지는 여기까지 입니다  
감사합니다

## 제4강 에너지의 이해 - 수소에너지, 연료전지

전남대학교 윤양일(공학박사)

[강의 순서]

1. 수소에너지

2. 연료전지

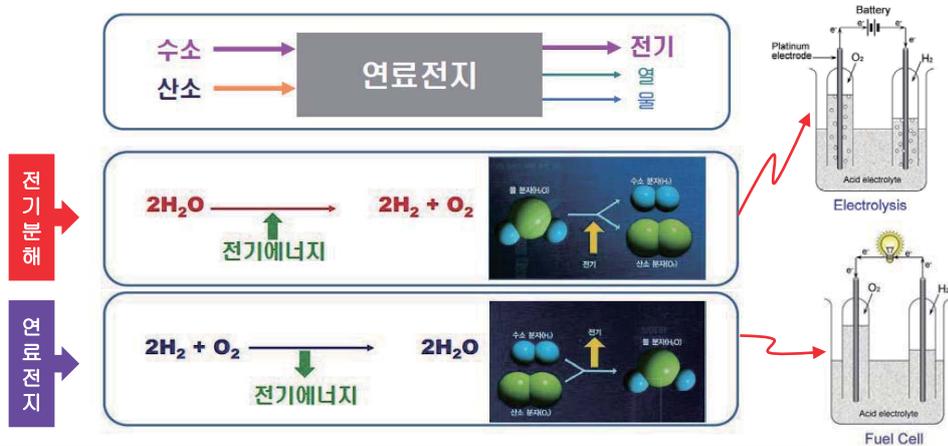
## 2. 연료전지

### 연료전지의 개요

## 2. 연료전지

### 연료전지의 정의

- ❖ 연료전지(Fuel Cell)의 정의
  - ▶ 연료의 **화학에너지**를 직접 **전기에너지**로 변환하는 에너지 변환장치
  - ▶ 수소( $H_2$ )와 산소( $O_2$ )가 반응하여 낮은 에너지를 갖는 물( $H_2O$ )로 변환되는 과정에서 전기가 발생하는 일종의 전지



### 연료전지와 이차전지의 차이점

#### ❖ 전지의 분류

- ▶ 일차전지 : 한 번 사용 후 폐기(건전지)
- ▶ 이차전지 : 충전하여 재사용 (휴대전화, 자동차 배터리 등)
- ▶ 연료전지 : 수소를 연료로 하는 일종의 발전기이자 전지

구분	이차전지	연료전지
방식	전기저장	전기생산(일종 발전기)
연료	전기 재충전	수소 재충전
방전문제	자연방전	극소량 수소누출
전극소재	희토류 금속	백금 → 탄소촉매제
수명	화학반응 종료 후 폐기	반영구적
문제점	전극소재고갈, 가격변동	탄소촉매제 미일반화



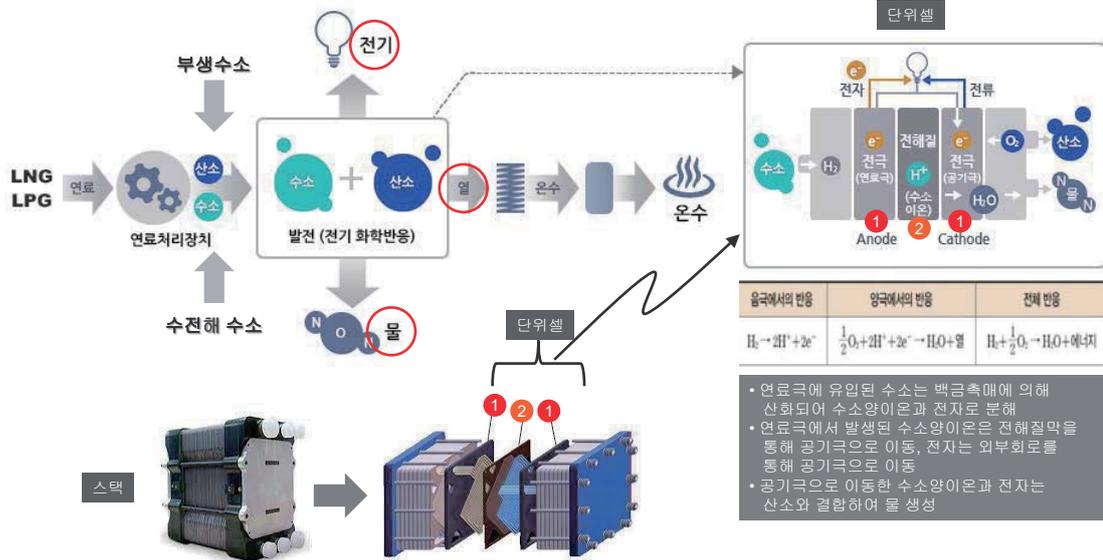
### 연료전지의 역사

1800년	1839년	1932년	1958년	1965년	1969년	1975년	1975년	2021년
윌리엄 니콜슨 (William Nicholson)에 의해 물 전기분해 발견	윌리엄 그로브 (William Grove)에 의해 산소와 수소를 결합해 물을 만들면 열+전기가 방출되는 사실 발견	프란시스 토마스 베이컨 (Francis Thomas Bacon)에 의해 경제성을 갖춘 니켈전극을 사용해 연료전지에 기여	유나이티드 에어크레프트 사(미)가 베이컨의 특허를 획득하여 AFC 실용화에 성공	제미니 5호에 General Electric(GE)사 연료전지 탑재	파올로 11호에 미국 UTCFC사 AFC 탑재	도일 벤츠 자동차가 프랑크푸르트 모터쇼에 수소화물 연료전지 미니벤 전시	한국 현대 자동차가 연료전지차 쉐타페 FCEV 출시 (주행거리 160km 속도 124km/h)	한국 정수람 도산 안창호함, 안우항, 신재호함에 범한산업이 개발한 150kW급 PEMFC 4개 탑재 (스노클링 없이 3주~1달간 장항 가능)

연료전지의 개요

2. 연료전지

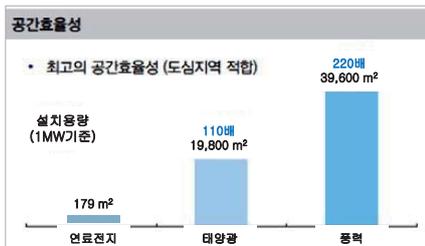
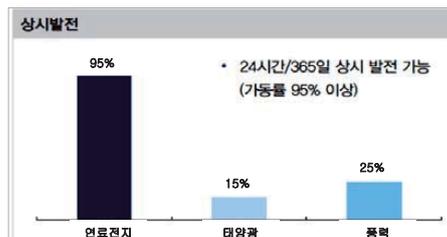
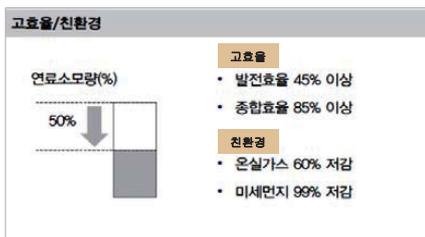
연료전지의 원리



연료전지의 개요

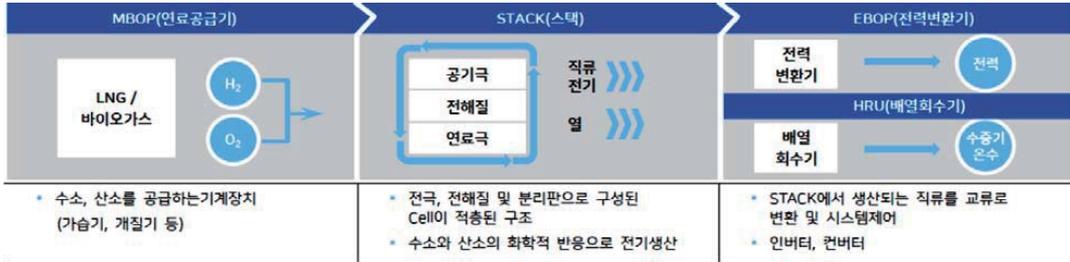
2. 연료전지

연료전지 발전의 장점



연료전지 시스템 구성

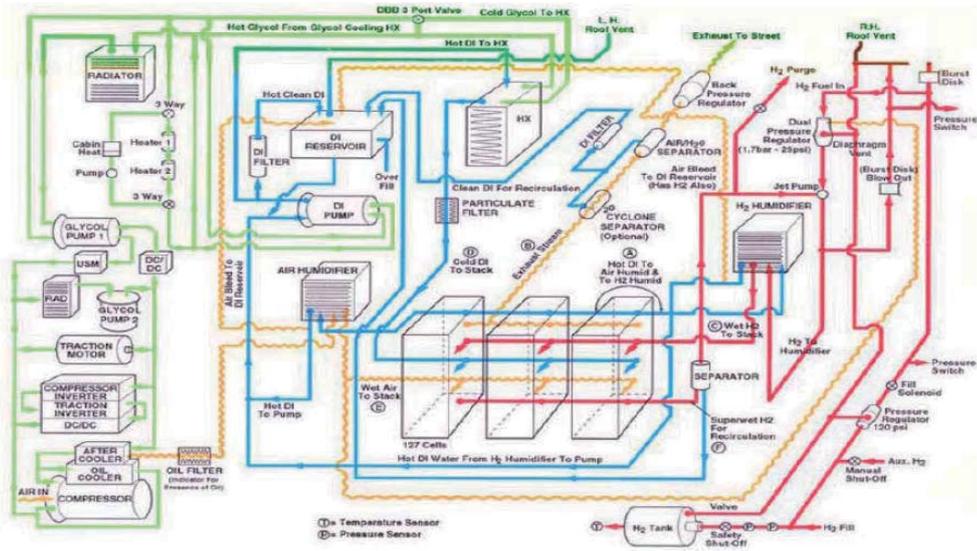
❖ 연료전지 시스템은 **Stack** 과 **BOP**(Balance of Plant, 주변장치)로 구성  
 ▶ BOP는 다시 **MBOP**(Mechanical Balance of Plant, 기계설비)와 **EBOP**(Electrical Balance of Plant, 전기설비)로 분류



- 수소, 산소를 공급하는기계장치 (가습기, 개질기 등)
- 전극, 전해질 및 분리판으로 구성된 Cell이 적층된 구조
- 수소와 산소의 화학적 반응으로 전기생산
- 전력 변환기
- HRU(배연회수기)
- 배연 회수기
- 수증기 온수
- STACK에서 생산되는 직류를 교류로 변환 및 시스템제어
- 인버터, 컨버터

대분야	중분야	세부재품(구성요소)	적용분야
MBOP	연료공급시스템	개질기, 액체펌프, Prox펌프, 불로워, 냉각수 펌프 등	휴대용, 건물용, 발전용
	공기공급시스템	저온 불로워, 고온블로워, 공조기, 마이크로필터 등	휴대용, 건물용, 수송용, 발전용
	열관리시스템	열교환기, 온도센서, 방열팬, 배연회수 펌프 등	건물용, 발전용
	물관리시스템	개질수펌프, 가습기, 습도센서, 메탄올 센서 등	건물용, 수송용, 발전용
EBOP	전력변환시스템	DC-AC인버터, 스위칭 소자, 압전소자, 변압기, 전력변환기	휴대용, 건물용, 수송용, 발전용
	전압 및 전류제어 시스템	DC-AC컨버터, 과전류보호장치, 과전압제어장치, PCS출력제어	휴대용, 건물용, 수송용, 발전용
	신호처리시스템	센서, 딜레이, 차단기	휴대용, 건물용, 수송용, 발전용

연료전지 전체 시스템(PEMFC)

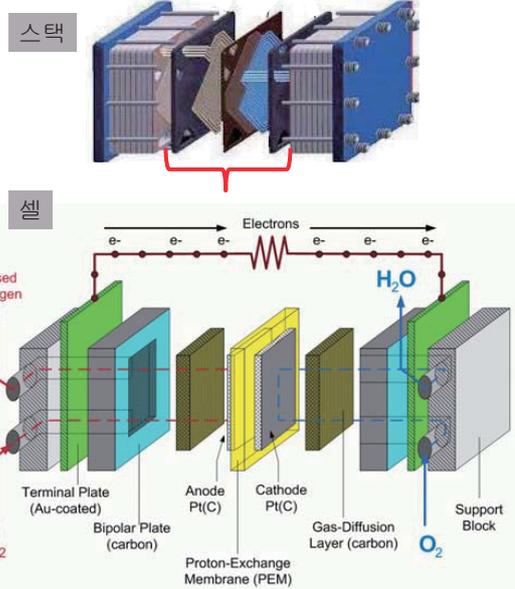


## 2. 연료전지

### 연료전지 시스템

#### 연료전지 셀 구성 요소 및 역할 (PEM연료전지)

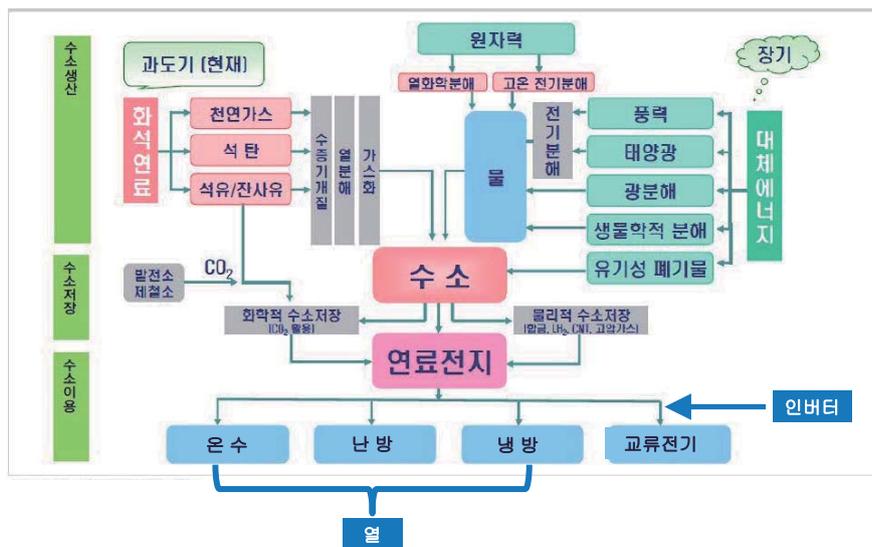
셀 구성요소	역할	적층시
전해질	연료와 공기 사이의 격막 역할	스택
전극	연료와 산소가 전자를 주고 받을 수 있도록 돕는 역할	
MEA	전해질막과 Anode전극, Cathode전극의 집합체로 PEM연료전지의 심장 역할을 하는 부품으로 수소와 산소가 반응하여 전기화학반응이 일어나 전기를 생성하는 부분	
촉매 (백금)	전극과 연료의 산화/환원반응 활성화	
가스 확산층	공급된 연료(수소/산소)를 MEA로 전달하고 발생된 물을 배출하는 역할	
분리판	연료공급, 내부 열관리, 셀 적층 시 연료극과 공기극의 격리 등의 역할	
가스켓	가스 누출 및 연료 섞임 방지 역할	



### 연료전지 시스템

## 2. 연료전지

#### 연료전지 시스템 구성



## 2. 연료전지

### 연료전지용 연료 생산방법

원료	에너지원 및 화학반응	
연료 이용 수소 생산	개질 반응	가스연료(LNG, LPG) 개질
		부생가스 개질
	가스와 반응	석탄/멧코크 가스화
	생물학적 전환 반응	생물학적 CO 전환
바이오매스/폐자원 이용 수소 생산	가연성 폐자원 가스화	가연성 폐자원 가스화
	바이오매스 가스화	바이오매스 가스화
	생물학적 발효	생물학적 발효
물분해 수소 생산	수전해(전기 분해)	알칼리 수전해(AEC)
		고분자전해질 수전해(PEMEC)
		고체산화물 수전해(SOFC)
	광 분해	광전기화학(PEC)
		광촉매
	열 분해	광생물학
		열화학사이클
	원자력	레독스사이클
초고온가스료		

- ❖ 수소 생산기술은 1차로 사용 원료에 따라, 2차로는 사용되는 에너지원과 화학반응에 의해 분류할 수 있음
- ❖ 수소 생산을 위해 사용되는 원료는 화석연료, 물, 바이오매스, 폐자원 등이 있으며, 에너지원은 열, 전기 등이 있음
- ❖ 대표적 수소 생산 방식으로는 부생수소, 개질수소, 수전해 방식이 널리 활용되고 있음

◆ **부생수소**는 석유화학(나프타 분해) 공정이나 제철 공정에서 화학반응에 의해 **부수적으로 생산되는 수소**임

◆ **개질수소**는 천연가스, 석탄, 석유 등 탄화수소계 화석연료를 활용하여 **촉매 반응으로 생성된 수소**임

◆ **수전해수소**는 전기화학 반응에 기인한 **물 분해 방식**으로 물에 전기를 가하면 생성되는 수소임

◆ 수소 생산 방식의 친환경성을 고려하여 **그린수소(수전해), 그레이수소(개질수소), 블루수소(개질수소 + CCUS)**로 명명하기도 함

◆ 전 세계적으로 현재 **화석연료 중심의 수소 생산 방식에서 CO<sub>2</sub>를 적게 발생시키는 친환경적 수소 생산 방식으로 전환하고 있음**

## 2. 연료전지

### 연료전지의 효율

- ❖ 연료전지의 전력생산 효율
  - ▶ 연료전지의 전력생산 효율 : 전해질 사용 종류에 따라 다르지만 **40~60%**
- ❖ 연료전지의 토달 효율
  - ▶ 연료전지에서 발생하는 열 또한 이용할 경우 최종효율은 약 **80~90%**
  - ▶ 연료전지에서 발생하는 열은 물을 가열 → **공수 난방 냉방에 이용**
  - ▶ 고체산화물형 연료전지(SOFC)와 용융탄산염형 연료전지(MCFC)의 경우 고온 온수 획득에 유리
- ❖ 사람의 신체 에너지효율 **35~40%**보다 연료전지가 더 높음

### 연료전지의 환경성 비교

구분	석탄	LNG복합	연료전지	
용량(MW)	800~1,000	400이상	0.1~100	
건설기간/ 입지	수 년/ 해안, 인구 비밀집지역		수개월/ 도심 내	
전기효율	38~45%	55~60%	42~60%	
송배전손실	3.6%		0%	
환경성	NOX(ppm)	50	20	0
	PM(kg/GWh)	17	6	0
	소음(dB)	110	110	65

## 연료전지의 종류

## 2. 연료전지

### 전해질 종류에 따른 분류

PEFC: Polymer Electrolyte Fuel Cell (전해질막: 폴리머)  
 PEMFC: Proton Exchange Membrane Fuel Cell (전해질막: 프로톤)

1. 저온, 고온
2. 고체, 액체
3. 촉매 유·무

분류	고체고분자형 (PEFC)	알칼리형(AFC)	인산형(PAFC)	고체산화물형(SOFC)	용융탄산염(MCFC)
전해질	고분자이온교환막 -CF <sub>2</sub> , -SO <sub>2</sub> H (고체)	수산화칼륨수용액 KOH (액체)	인산 H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> (액체)	안정화 지르코니아 Zr <sub>2</sub> O (고체)	탄산염 Li <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> , K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> (액체)
이동이온	H <sup>+</sup> (양이온이동형)	OH <sup>-</sup> (음이온이동형)	H <sup>+</sup> (양이온이동형)	O <sup>2-</sup> (음이온이동형)	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> (음이온이동형)
작동온도	약 80℃ (촉매필요) 백금	상온~200℃ (촉매필요)	약 200℃ (촉매필요) 백금	약 1000℃ (촉매불필요)	약 650℃ (촉매 불필요)
반응가스	H <sub>2</sub> (CO 10ppm 이하)	순H <sub>2</sub> 만	H <sub>2</sub> (CO 1% 이하)	H <sub>2</sub> , CO	H <sub>2</sub> , CO
배열이동	급탕만	-	중기에 의한 흡수식 냉동기 이용가능	복합 사이클화 가능	복합 사이클화 가능
특징	- 가동 비교적 빠름 - 고효율밀도 - 유지비용이 용이 - CO피독 받기 쉬움 - 물관리를 요함  효율: 약 40%	- 전해질이 CO <sub>2</sub> 로 열 화되지 않기 때문에 지상에서는 거의 이 용되지 않음 - 고효율로 저비용 - 부식성이 약하고 재 료 선택 폭이 넓음	- 개발이 가장 진전되 어 실적이 많다 - 전해질의 소실이 있음  효율: 약 40~45%	- 고효율밀도 - 내부개질이 가능 - 유리보수 용이 - 기동경지에 장시간을 요함 - 장기성능과 승강온도 사이클에 대한 불안이 있음  효율: 약 50~60%	- 내부개질이 가능 - CO <sub>2</sub> 농축 용융가능 - 전해질의 소실 있음 - CO <sub>2</sub> 리사이클 필요 - 가동경지에 장시간이 필요 - 니켈 단락(短絡의 우려가 있음  효율: 약 50~60%

## 2. 연료전지

### 연료전지의 종류

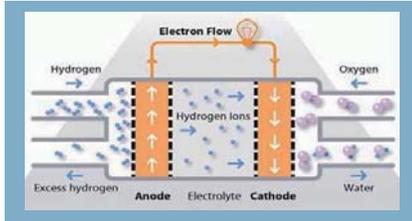
### 연료전지 종류별 적용분야

용도 (Application)	내용	포함 기술
고정형 (Stationary)	-물리적으로 이동하지 않고 한 곳에 고정으로 설치되는 용도(평균전력: 0.5kW~100kW)	PEMFC PAFC MCFC SOFC
	-대형/분산발전용, 가정용, 건물용, 백업전원(Uninterruptible Power Supply, UPS) 등이 포함	
수송형 (Transport)	-이동 수단에 직,간접적으로 추진력을 제공 또는 이동거리를 늘릴 수 있게 보조하는 용도(평균전력: 1kW~100kW)	PEMFC PAFC MCFC SOFC
	-개인 자동차, 2, 3륜 차량, 대중교통(버스, 트램 등), 물류운반(지게차, 트럭) 및 선박용 등에 이용됨	
휴대형 (Portable)	-손쉽게 휴대할 수 있는 장치에 내장되거나, 이의 충전용도로 사용되는 제품(평균전력: 1W~20kW)	PEMFC DOFC
	-이동 수단 외(레저용 차량 및 보트 등)의 보조전원(Auxiliary Power Unit, APU), 휴대형 전자기기(휴대폰, 노트북 등), 군사용 등이 포함됨	

## 연료전지의 종류

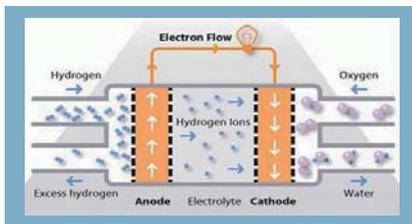
## 2. 연료전지

### 작동 온도에 따른 분류(저온)



#### PEMFC(고체고분자형 연료전지)

- 촉매: 백금촉매
- 다른 형태의 연료전지에 비하여 전류밀도가 큰 고출력
- 100°C 미만의 비교적 저온에서 작동되고 구조가 간단
- 빠른 시동과 응답특성, 우수한 내구성
- 자동차의 동력원으로써 적합한 시스템
- 무공해자동차의 동력원 외에도 분산형 현지설치용 발전, 군 수용 전원, 우주선용 전원 등으로 응용 가능



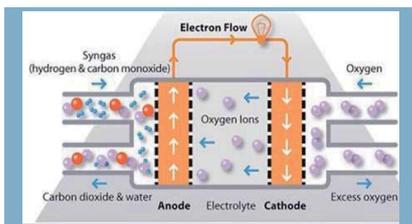
#### PAFC(인산형 연료전지)

- 백금 촉매를 이용하기 때문에 제작 단가가 높음
- 백금이 공급 수소 가스 내의 일산화탄소에 의해 손상 가능
- 액체 인산은 40°C에서 응고되어 버리기 때문에 시동이 어려우며, 지속적인 운전 또한 제약이 따르는 문제도 있음
- 200°C 이하의 운전 온도로 결과물로 생성되는 물을 증기로 바꾸어 공기나 물의 가열에 이용 가능
- 열과 전력을 합했을 때 전체 효율은 80%에 이르며, 고정형 연료전지 시장에서 그 입지를 넓혀 가는 중

## 연료전지의 종류

## 2. 연료전지

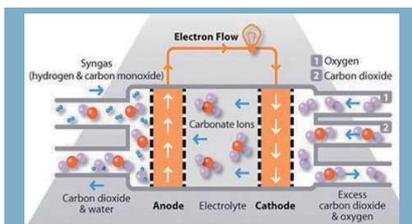
### 작동 온도에 따른 분류(고온)



#### SOFC(고체산화물형 연료전지)

- 3세대 연료전지로 고체산화물을 전해질로 사용하는 연료전지
- SOFC는 현존하는 연료전지 중 가장 높은 온도(700~1000 °C)에서 작동
- 모든 구성요소가 고체로 이루어져 다른 연료전지에 비해 구조가 간단하고, 전해질의 손실 및 부종과 부식의 문제가 없음
- 또한 고온에서 작동하기 때문에 귀금속 촉매가 필요하지 않으며, 직접 내부 개질을 통한 연료 공급이 용이
- 고온의 가스를 배출하기 때문에 폐열을 이용한 열 복합 발전이 가능

공기극→산소의 환원 반응→산소 이온→전해질을 통해 연료극으로 이동→다시 연료극에 공급된 수소와 반응→물을 생성→연료극에서 전자가 생성 → 공기극으로 전자기동 → 전류를 발생



#### MCFC(용융탄산염형 연료전지)

- 높은 열효율, 높은 환경친화성, 작은 설치공간이 장점
- 650°C의 고온에서 운전되기 때문에 백금 대신 저렴한 니켈 사용이 가능하여 경제적
- 백금을 이용하는 저온형 연료전지에는 사용하기 힘든 석탄가스, 천연가스, 메탄올, 바이오매스 등 다양한 연료 사용이 가능
- 높은 작동 온도는 스택 내부에서 전기화학반응과 연료개질반응이 동시에 진행 가능

## 2. 연료전지

수소와 석유제품(휘발유, 경유)의 특성 비교

구분	수소	휘발유	경유
분자식	H <sub>2</sub>	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub> (C <sub>4</sub> ~C <sub>12</sub> )	C <sub>12</sub> H <sub>26</sub> (C <sub>16</sub> ~C <sub>32</sub> )
중량에너지밀도 (MJ/kg)	142	원유 44.9	-
기체비중 (공기=1)	0.0695	702	876
고위 발열량 (25℃ 경압 kcal/kg)	34,000	11,362	10,685
저위 발열량 (25℃ 경압 kcal/kg)	28,600	10,550	10,135
연소범위(%)	상한 75	상한 4.7	상한 6
	하한 4	하한 1.5	하한 1
연소속도(%)	2.65	1.83	-
자연발화온도(℃)	572	250	225

## 2. 연료전지

기존 화력발전 방식과 연료전지발전 방식의 차이



## 2. 연료전지

### 연료전지의 신재생에너지 공급인증서(REC) 가중치

2021년 7월 개정

풍력	육상	1.0	1.2	
	해상(법률상 바다 및 바닷가 중 수심이 존재)	2.0	2.5	
	연안해상(해상풍력 중 간척지 또는 방조제 내측)	-	2.0	신설
	수심 5m, 연계거리 5km 증가시 마다 (수심20m 초과, 연계거리 5km 초과인 해상풍력 및 연안해상풍력에 적용)		+0.1(복합)	
연료전지	연료전지	2.0	1.9	유예기간 설정
	부생수소 사용시	-	+0.1	신설
	에너지효율 65% 이상시(전기+열효율)	-	+0.2	신설

현재 우리나라에서 중요하게 시행되고 있는 신재생에너지 정책은 RPS(Renewable Energy Portfolio Standard). 이는 일정 규모 이상의 발전설비를 보유한 발전사업자에게 총 발전량의 일정 비율 이상을 신재생에너지를 이용하여 공급하도록 의무화한 제도. 공급의무자로 지정된 발전사업자들은 해당된 비율만큼 신재생에너지를 직접 생산하거나 만약 부족하게 된다면 REC(신재생에너지 공급 인증서, Renewable Energy Certificate)를 구입하여 의무량을 충당 가능. REC란 에너지공단에서 신재생에너지 생산시설에서 전력을 생산한 발전사업자에게 발급해주는 인증서. 이는 실제 공급량에 가중치를 곱한 값으로 발급. 즉 REC=MWh(발전량) \* 가중치의 식으로 계산되어 지급

### 연료전지 설치사례

## 2. 연료전지



시설명	부국복합화력 연료전지 발전소
설치연도	2009년
용량	2.4MW
종류	용융탄산염형 연료전지(MCFC)



시설명	건물용 연료전지 시스템
설치연도	2009년
용량	2 kW
종류	고체고분자형 연료전지(PEMFC)



시설명	안양열병합발전소
설치연도	2010년
용량	24.8MW
종류	인산형 연료전지(PAFC)



시설명	화성연료전지 발전소
설치연도	2020년
용량	8.1MW
종류	고체산화물형 연료전지(SOFC)



시설명	화성연료전지 발전사업
설치연도	2021년
용량	19.8MW
종류	고체산화물형 연료전지(SOFC)



시설명	현대자동차
설치연도	2021년
용량	1MW
종류	고체고분자형 연료전지(PEMFC)

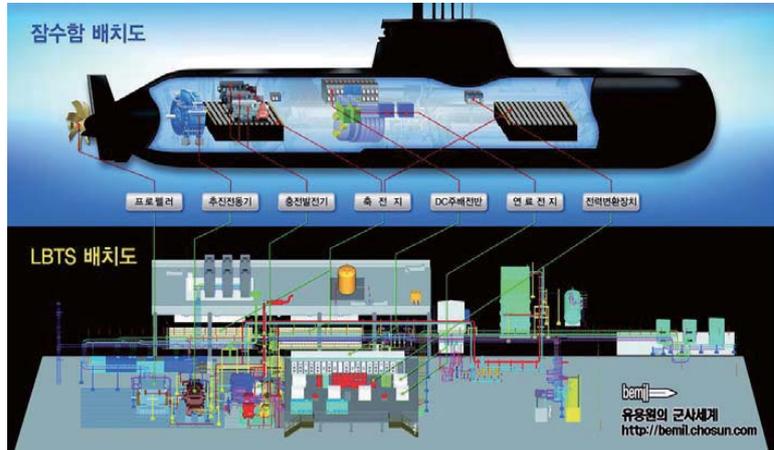
잠수함



안창호함



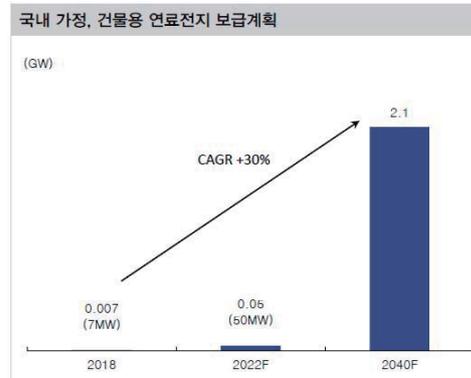
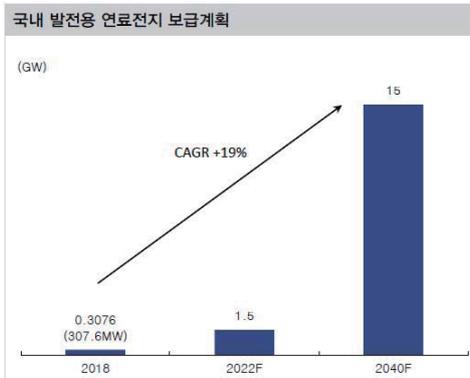
신재호함



국내 연료전지 보급 목표

국내 2040년 발전용 연료전지 15GW(48배), 가정건물용 201GW(300배) 보급 목표

- 가정용건물용의 경우 2018년 7MW(3,167개소)가 보급되었고, 2022년/2040년 보급목표는 각각 50MW와 2.1GW를 목표로 하고 있음. 보급 활성화를 위해 공공기관, 민간 신축 건물에 연료전지 의무화를 검토 중임

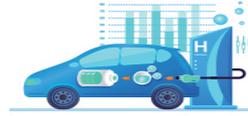


전기차와 수소차의 장단점

전기차



수소차



<b>정의</b>	고전압 배터리에서 전기에너지를 전기모터로 공급하여 구동력을 발생시키는 차량	수소와 공기 중의 산소를 직접 반응시켜 전기를 생산하는 연료전지를 이용하는 자동차
<b>장점</b>	무공해, 저렴한 충전비용	무공해, 긴 주행거리, 한번 충전 후 약 600KM 주행, 짧은 충전시간 (5분)
<b>단점</b>	다른 친환경자동차에 비해 짧은 주행거리, 긴 충전시간-급속 30분, 완속 5시간 이상	충전소 부족

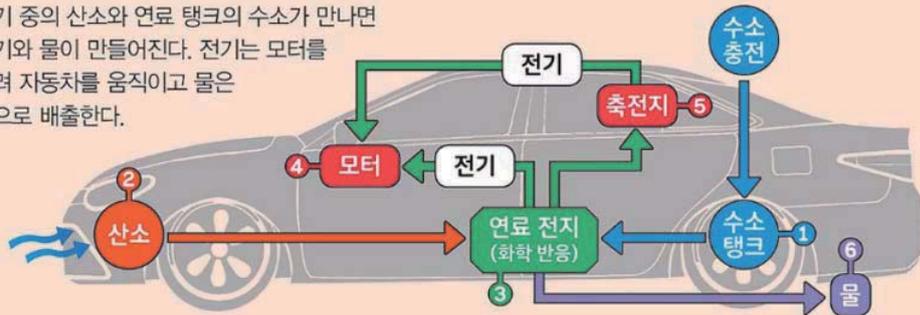
전기차와 수소차의 구동원리



## 수소연료전지차(수소차) 2. 연료전지

### 수소차의 구동원리

공기 중의 산소와 연료 탱크의 수소가 만나면 전기와 물이 만들어진다. 전기는 모터를 돌려 자동차를 움직이고 물은 밖으로 배출한다.

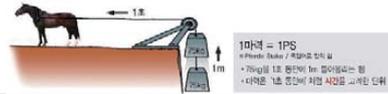


- ① 수소 탱크에 수소가 충전된다.
- ② 공기 중의 산소가 들어온다.
- ③ 수소와 산소가 연료 전지에서 화학 반응을 일으킨다.
- ④ 이때 만들어진 전기는 모터를 움직여 바퀴를 굴린다.
- ⑤ 일부 전기는 축전지에 보관되었다가 필요할 때 쓰인다.
- ⑥ 연료 전지에서 만들어진 물은 밖으로 배출된다.

## 수소연료전지차(수소차) 2. 연료전지

### 전기차와 수소차 비교

(2019년 서울시 기준)

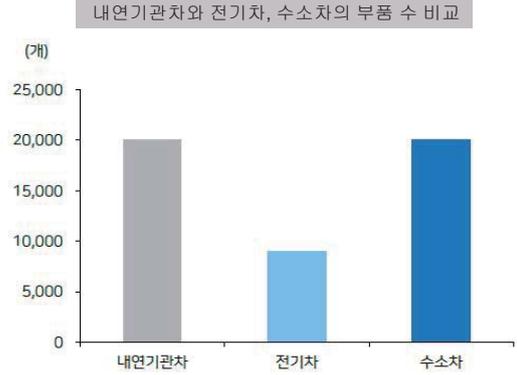
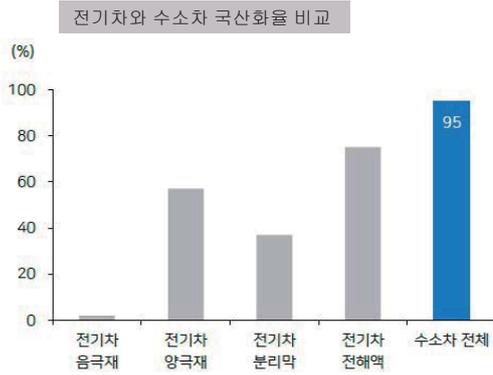


	수소 전기차 (넥쏘)	전기차 (코나)
핵심요소	수소연료전지 + 수소저장탱크	배터리
구동방식	부생수소와 산소를 결합해 전기에너지 생성	외부에서 전기에너지 충전
동력성능	최고출력 160마력, 최대토크 40.8kg·m	최고출력 204마력, 최대토크 40.3kg·m
주행거리	1회 충전 시 609km	1회 충전 시 406km
충전방식	수소 충전 (충전소에서만 가능.)	전기 충전 (전기콘센트 이용가능.)
충전시간	5분 (완충)	54분 (80% 완충) - 급속 충전 시
충전비용	1km당 약 73원	1km당 약 25원
가격	6,890만 ~ 7,220만 원 정부 보조금 + 지자체 보조금 적용 시 3,390만 ~ 3,970만 원	4,560만 ~ 4,850만 원 (세제혜택) 보조금 (서울기준) 적용 시 2,950만 ~ 3,150만 원

## 2. 연료전지

### 수소연료전지차(수소차)

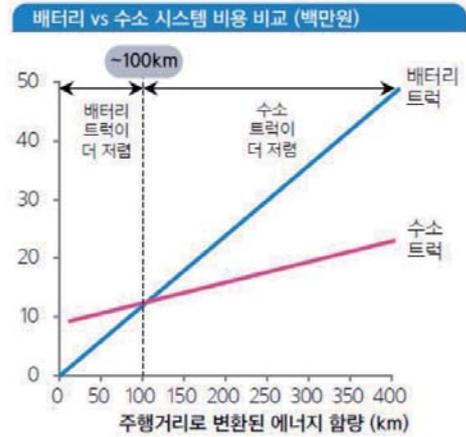
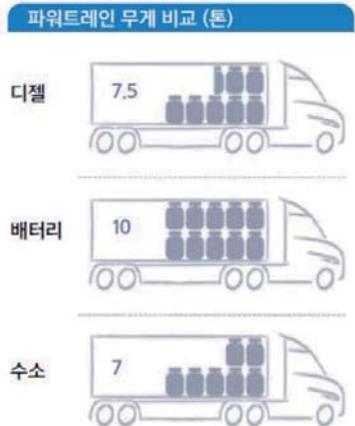
#### 전기차와 수소차 비교



### 수소연료전지차(수소차)

## 2. 연료전지

#### 40톤 트럭 무게 비교



## 2. 연료전지

### 수소연료전지차(수소차)

#### 수소차의 구분

구분	수소 '연료'차 (Hydrogen Fueled Car)	수소 '연료전지'차 (Hydrogen Fuel Cell Vehicle)
기본개념	- 가솔린 자동차와 비슷한 내연기관 엔진 사용 - 수소와 가솔린 함께 사용하는 '하이브리드' 형태가 대부분	- 내연기관 엔진 없음 전기 생산하는 연료전지가 대체 - 연료전지를 통해 생산된 전기를 동력원으로 사용
구동원리	- 수소 또는 수소 및 가솔린 함께 연소 - 내연기관 내에서 연소를 통해 얻어진 에너지 활용	- 연료전지 내에서 생산된 전기를 동력원으로 사용 - 수소/산소의 역전기분해 화학작용
엔진 유무	- 수소 연소에 필요한 개량형 엔진 필요	- 엔진 없음 연료전지
장점	- 내연기관 자동차와 유사, 빠른 보급 확대 가능	- 내연기관 대비 높은 동력 효율 - 생산되는 부산물은 전기+물+열 무공해 운송수단
단점	- 낮은 동력 효율	- 높은 연료전지 가격 등 경제성
주요 업체 및 모델	- BMW, Ford, Mazda 등	- Hyundai, Toyota, Honda, BMW 등

### 수소연료전지차(수소차)

## 2. 연료전지

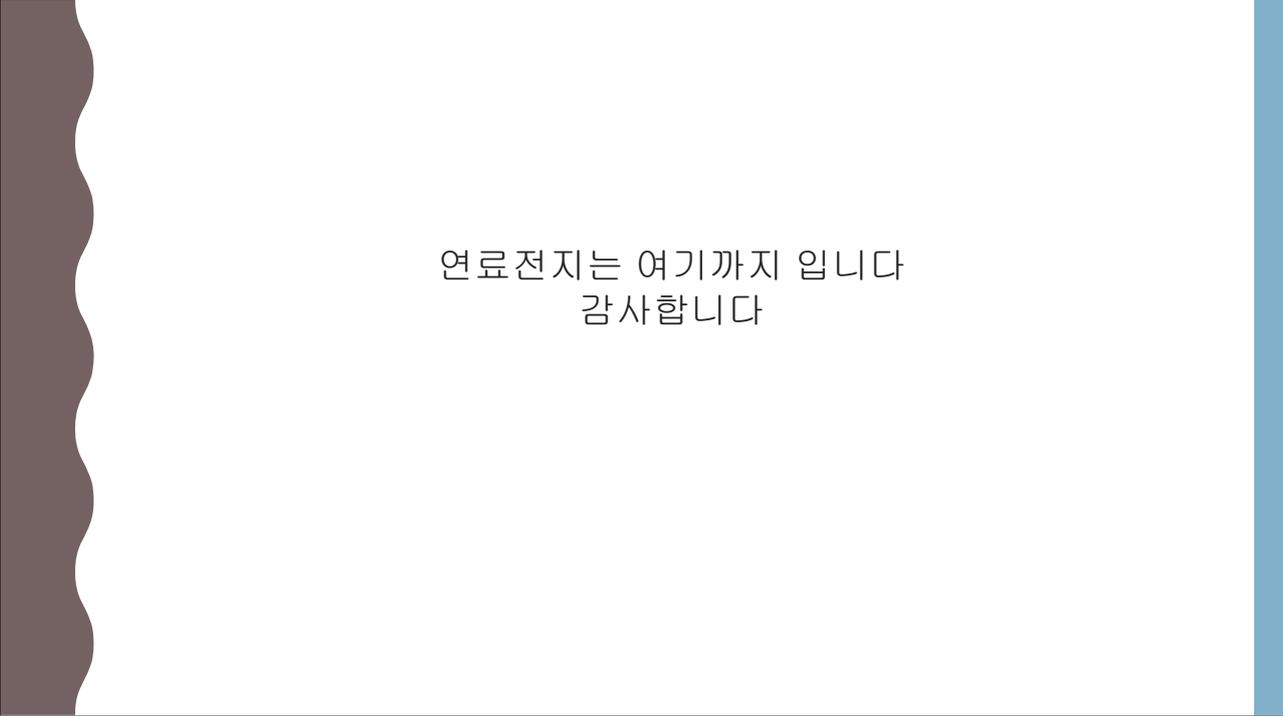
#### 수소차와 타 기관과의 효율 및 부품 수 비교

##### 효율 비교

종류	구분 연료	제품			출력
		연료전지스택	BOP/전력변환기/모터		
수소연료전지차	수소(100)	연료전지스택 64%	BOP/전력변환기/모터 95%		60
내연기관차	경유(100)	엔진(경유) 35%	동력전달 95%	BOP 95%	32
	휘발유(100)	엔진(휘발유) 25%	동력전달 95%	BOP 95%	23

##### 부품 수 비교

구분	수소연료전지차		전기차		내연기관차	
	부품 수	비중(%)	부품 수	비중(%)	부품 수	비중(%)
엔진부품	-	-	-	-	6,900	23
구동장치, 제동장치 부품	8,500	36	3,600	19	5,700	19
차체부품	4,500	19	4,500	24	4,500	15
서스펜션, 제동부품	4,500	19	4,500	24	4,500	15
전자부품장치	900	4	900	5	3,000	10
기타	5,400	22	5,400	28	5,400	18
계	23,800	100	18,900	100	30,000	100



연료전지는 여기까지 입니다  
감사합니다



# 기후위기 극복을 위한 도시교통의 역할



광주도시철도공사  
김형민 기획조정처장



# 에너지전환 실천가 양성

김형민

광주도시철도공사 기획조정처장  
도시·지역개발학 박사

## 기후위기 극복을 위한 도시 통행수단의 역할

2021년 10월

- 환경과 건강을 위해请选择주세요
- 경제와 일자리를 위해请选择주세요
- 지속가능한 미래를 위해请选择주세요

## 순 서

- I. 통행과 환경
- II. 도시의 이해
- III. 도시교통
- IV. 자동차와 환경오염
- V. 통행수단 전환
- VI. 시 사 점

## I. 통행과 환경

### 인간의 통행욕구

- ◆ 통행목적 달성 - 본능적 욕구
- ◆ 다양한 통행목적의 신속한 충족 의지 - 자동차 개발  
⇒ 자동차 의존적 통행문화 : (+) 통행목적 달성 용이  
(-) 교통지체, 환경오염 등



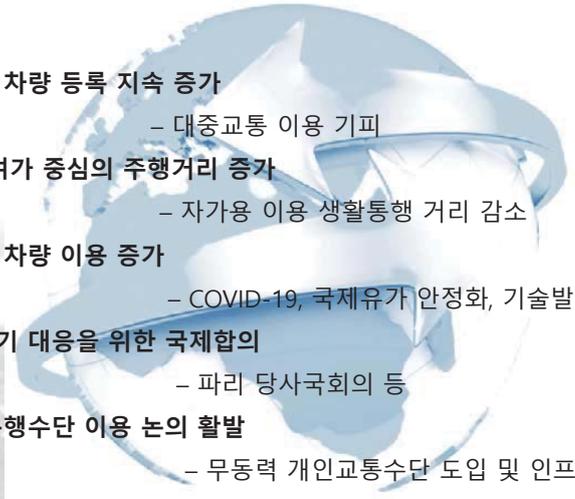
### 도시생활

- ◆ 주거입지 분산 : 통행비용(경제+시간) 증가
- ◆ 출생률 저하, 노동집약 산업 외곽입지로 낮아진 주거밀도  
⇒ 대중교통 운영의 비효율화(자가용 위주 통행 확산)
- ◆ 환경오염에 대한 무관심



### 국제 추세

- ◆ 자가용 차량 등록 지속 증가  
- 대중교통 이용 기피
- ◆ 쇼핑, 여가 중심의 주행거리 증가  
- 자가용 이용 생활통행 거리 감소
- ◆ 자가용 차량 이용 증가  
- COVID-19, 국제유가 안정화, 기술발전
- ◆ 기후위기 대응을 위한 국제합의  
- 파리 당사국회의 등
- ◆ 대체 통행수단 이용 논의 활발  
- 무동력 개인교통수단 도입 및 인프라 확충



## Ⅱ. 도시의 이해



## Ⅱ. 도시의 이해

### 도시의 개념

- ◆ **행태적** : 많은 사람 + 다양한 활동 + 다양성 · 복잡성 + 중심지
- ◆ **인구기준**
  - 한국 15만명 이상, 덴마크 200명 이상, 미국 2,500명 이상, 중국 5,000명 이상
  - 스위스 10,000명 이상, 일본 30,000명 이상(강인호 외. 『도시행정론』)
- ◆ **유사개념**
  - City : 정부와 행정부라는 개념 통합
  - Urban : 인구밀도, 거주민 생활방식, 건축양식, 사회학, 경제학 등 관련
- ◆ **도시발달과 교통**
  - 도시발달의 원인 : 산업혁명 → 대량생산, 교환 욕구 증가, 증기기관 발명 등 → 교통수단 혁명
  - 도시경쟁력 기준 교통 : 산업단지 및 주거지의 입지행위 결정에 영향
  - ∴ 교통정책에서 교통망의 방향, 용량, 수단 종류는 도시와 주변공간 입지 경쟁력 좌우 및 도시구조 결정의 가장 강력한 정책수단

### 도시의 성장

◆ 도시가 성장한 이유는 많은 사람들이 모이기 때문

- 세계 인구 77억 9,500만명 중 약 55억명 이상이 도시에 거주(약 76%)
- 세계 도시의 수 : 6,975개(1975년) → 13,189개(2019년)
- 한국의 도시 규모(2019년 기준)
  - ∴ 전체 국토면적 106,210 km<sup>2</sup> 중 도시지역비율 약 16.7%(17,763 km<sup>2</sup>)
  - ∴ 도시거주 인구(주민등록 기준) : 총 5,185만 중 약 91.8%(4,759만명)

〈연도별 도시지역 인구비율 - 행정안전부〉



\* 도시지역 인구비율: 도시지역 면적 / 행정안전부 주민등록 인구

### 도시의 성장

◆ 도시화

- 도시발전 → 주변지역으로 확산 과정으로 시골인구의 도시유입으로 도시가 성장하는 프로세스
- 도시의 세력이 주변 비도시지역으로 외연적 확장(도시적 행태화) - 도시성장(자체 확대)과 차이
- 한국의 도시화 과정(4단계)

단계별	시 기	내 용
1 단계	1945년 ~ 1960년	《격동의 시기》 - 광복 후 서울 인구 증가(약 90만명 → 약 170만명) - 1949년 서울특별시 승격(약 350만명, 도시화율 16%)
2 단계	1960년대	《인구급증》 - 가구당 출산 인구 증가, 산업화로 도시인구 유입(64만명 증가)
3 단계	1970년대	《농촌인구 도시전입》 - 산업화 가속화로 농촌인구 도시전입 급증(95만명 증가)
4 단계	1980년 ~ 현재	《도시중심사회 구조화》 - 인구 증가속도 둔화 : 95만명 증가(1980년대)→35만명 증가(2000년대)



## Ⅲ. 도시교통



## Ⅲ. 도시교통

### 교통의 의미

- ◆ 어원 : Transport = trans(가로질러서, 넘어서서) + porte(나르다.)
- ◆ 정의 : 문명 발달과 함께 생겨난 후 사회변화에 따라 수단 및 방법이 다양화 되므로 다양한 정의
  - 출근, 업무, 쇼핑, 친교 등과 같은 목적이나 기회를 충족시키기 위한 수단(원제무. 1987)
  - 사람이나 화물을 다른 장소로 이동시키는 모든 활동과 그 과정 및 절차(도철웅. 1989)
  - 사람의 활동을 돕는 수단(황용주. 1993)
  - 인간의 의지가 요구되는 사람 또는 물건의 공간이동(하천 흐름 등 자연현상과 상이)
  - 이동을 위한 전용공간(교통공간)내에서 반복현상과 거리 저항을 수반하는 것(김성득. 1995)
  - 협의 : 교통(인간이동), 수송(화물이동), 광의 : 협의(교통, 수송), 통신(정보이동)

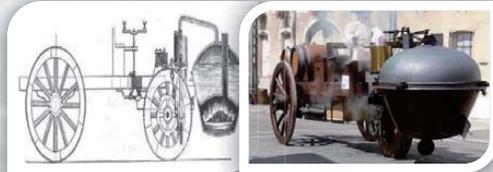
☞ 일반적으로 사람이나 화물의 이동과 운반을 위한 장소간 거리극복 행위

**자동차의 등장 및 활용**

◆ 바퀴형 통행수단(마차)

- BC 3000년경 : Zurich지방 발견 '짐마차' → 유럽전역 사용
- BC 2000년 ~ AD 1000년 : 로마의 유럽진출에 따른 도로(5만마일), 여행자 숙박시설(25일), 驛舍(10마일)
- 1600년대 : 석재로 도로포장, 최초 유로마차 등장(런던), 대중교통 역마차 등장(1640년)
- 1830년대 : 마차의 전성기, 마차 택시, 마차 미니버스

◆ 동력 자동차



【1769년, 퀴노의 증기 자동차】



【1885년, 칼벤츠의 가솔린 자동차】

- 상업적 생산 : 1880년대(독일), 프랑스(1889), 영국('10년-107,635대, '18년-330,518대, '22년-952,432대)

**도시교통**

◆ 도시교통의 개념

- 도시에서(장소) 사람들의(주체) 요구 만족 위해(목적) 사람과 물건을(객체) 원하는 장소로 움직이는 것(내용)
- 통행목적에 따른 교통접근 가능성, 토지사용등과 밀접한 관련, 도시교통정책은 효율적·균형 잡힌 시스템 제공
- 현실 : 도시인구와 차량 급증으로 교통혼잡 ⇒ 도시 생산성 저해, 환경오염, 주차문제 발생  
⇒ 도시교통관리의 방향 : 국가 및 도시문제와 연관시킨 체계적·유기적 계획활동 추진  
· 기존시설 활용(효율성), 교통수요분산(1984-LA, 1988-서울), 공해유발 차량 통행억제, 주차정책전환, 토지이용

◆ 도시교통의 종류

- 도로기반 대중교통 : 도보 및 자전거 통행가능 거리 접근용 버스 및 BRT
- 철도기반 대중교통 : 과다한 건설 및 운영비, 친환경 및 일시 다수 수송·정시성
- 비 전통식 운송 : 도보, 자전거가 대표(자동차와 충돌 가능성은 도보 또는 자전거 교통량과 반비례)

◆ 도시교통 정책수단

- 규제 및 통제(시차출근제 권고 등), 개발통제(고밀 복합화 도심개발, 직구근접개발, TOD),
- 재정규제(혼잡요금제, 연료세//지원책 - 친환경차 구입시 세제 혜택, 5등급 차량 폐차 지원 등)
- 홍보와 교육(자전거 이용 활성화, 대중교통이용 활성화 거버넌스 구축 - 광주 市 사회혁신플랫폼)

◆ 도시교통관리의 방향

- 교통문제 배경에 대한 거시적 분석의 기초 ⇒ 국가 및 도시문제와 연관시킨 광역계획의 체계적·유기적 계획 요구

## IV. 자동차와 환경오염



### IV. 자동차와 환경오염

#### 자동차 유발 환경오염

- ◆ 자동차 배출 오염물질 : 이산화질소(NO<sub>2</sub>)
  - 공기중 화학반응 일으켜 미세먼지와 오존 생성
  - 대기오염물질 생성(광활성도, 상대물질 반응속도 등에 따라 형성)
- ◆ 자동차 배출 유해물질 : 일산화탄소(CO), 탄화수소(HC), 질소산화물(Nox), 매연, PM
  - 불완전 연소시 배출가스(질소 70%, 이산화탄소 18%, 수증기 8.2%, 유해물질 1%)

<수송부문 에너지 사용량>

에너지 사용량 총 49,415.5 천toe	에너지 사용량 총계는 해외 수입량 및 이종차 사용량 제외
육상운송업	9,206.8 천toe
철도운송업	645.4 천toe
수상운송업	5,518.8 천toe
항공운송업	8,866.4 천toe
철도 및 운송관련 서비스업	229.5 천toe
관·차거류	29,156.0 천toe

<수송부문 에너지 배출량>

온실가스 배출량 총 144,657.8 천CO <sub>2</sub> eq	온실가스 배출량 총계는 해외 수입량 및 이종차 사용량 제외
육상운송업	25,732.8 천CO <sub>2</sub> eq
철도운송업	3,249.7 천CO <sub>2</sub> eq
수상운송업	17,198.1 천CO <sub>2</sub> eq
항공운송업	25,280.6 천CO <sub>2</sub> eq
철도 및 운송관련 서비스업	1,843.4 천CO <sub>2</sub> eq
관·차거류	84,248.0 천CO <sub>2</sub> eq

※ 국가온실가스 배출량 정보시스템, 2019. <https://netis.kemco.or.kr>

자동차 유발 환경오염

◆ 유해물질이 건강에 미치는 영향

종 류	주 요 내 용
일산화탄소(CO)	- 무색, 무취 유독가스 - 흡입시 혈액의 산소운반 방해, 0.3%이상 함유 공기 30분 이상 흡입 시 사망가능
탄 화 수 소(HC)	- 호흡기 계통과 눈 자극 - 암 유발 및 악취 원인
질소산화물(Nox)	- 호흡기 점막 분비물과 흡착하여 강산성 질산으로 변화 - 기관지염, 폐기종 등 호흡기 질환 - 오존생성, 광화학 스모그 발생, 수목 고사
초미세먼지(PM2.5)	- 입자가 작아 폐를 거쳐 혈관 또는 혈액까지 침투 - 기도점막 염증, 호흡기 질환, 천식 등 알레르기, 심혈관 질환 악화 - 장기 노출시 심근경색과 같은 허혈성 심질환 사망률 30%~80% 증가 - 10 $\mu$ m <sup>3</sup> 증가시 심부전에 의한 입원률 30%, 뇌혈관질환 사망률 80% 증가

(다음페이지 동영상)

온실가스

◆ 개 념

- 대기중 온실효과 유발 기체로 지구 표면과 대기, 구름에 의해 방출되는 적외선 복사열을 흡수하여 지구로 방출
- ※ 가시(可視)광선 = 적외선(파장 高, 치료용, 강할 경우 - 고혈압, 악성종양, 심장병) + 적외선(파장 低, 선크림)

◆ 자연발생 온실가스

- 이산화탄소(CO<sub>2</sub>) : 호기상태(생물체 호흡 시), 석유·석탄 등 화석연료 연소 과정에서 발생
- 메탄(CH<sub>4</sub>) : 혐기상태(가축 소화 시), 유정·천연가스 개발과정·동물분뇨 처리과정·토양과 폐기물 매립지 발생
- 이산화질소(NOx) : 유기물속 질소 호기상태 분해 시, 질소비료 산화·산업공정 중 부산물

◆ 인위적 발생 온실가스 : 수소불화탄소, 과불화탄소, 육불화황

◆ 지구온난화 지수 : 이산화탄소 온실효과 기준(1) 온실효과의 상대적인 크기 표시

- 자연발생 : 메탄 21배, 이산화질소 310배
- 인위발생 : 수소불화탄소 1,300배, 과불화탄소 7,000배, 육불화황 23,900배
- ⇒ 온실가스 발생원인 "人間"

### 이산화탄소가 온실효과에서 중요한 이유?

◆ 온실효과비교

- **1**(이산화탄소) : **21**(메탄) : **310**(이산화질소) : **1,300**(수소불화탄소) : **7,000**(과불화탄소) : **23,900**(육불화황)

◆ 이산화탄소는.....

- 대기성분 중 타 가스에 비해 월등히 많고, 100~200년 동안 잔류(메탄 12년 잔류)  
 → 지구온난화 영향 : 이산화탄소 70%, 메탄 13%  
 (단기적으로 억제 노력 필요 : 배출 후 10년 동안 CO<sub>2</sub>보다 100배 효과)

- '人間'이 통제 가능

◆ 온실가스 배출량(국가온실가스인벤토리보고서, 2019)

- 세계 주요국가 : 중국(12,205백만톤, 전년비 -0.5%), 미국(6,492백만톤, 전년비 -2.0%),  
 인도(2,687백만톤, 전년비 2.5%), 러시아(2,097백만톤, 전년비 0.2%),  
 일본(1,306백만톤, 전년비 -1.2%)  
 - 한국 : 693백만톤(전년비 -0.03%, '90년 대비 137%)

### 우리나라 온실가스 배출관리 목표

◆ 2002년 11월 8일 : 교토의정서 준비

※ 교토의정서 : 1997년 12월 교토에서 개최된 제3차 기후변화 협약(UNFCCC,1992년) 당사국 총회에서 채택

◆ 2016년 12월 : 파리당사국 회의

- 2030년 교통부문 온실가스 배출 전망치 37% 감축목표 제시  
 ※ 파리기후협약 : 2020년 만료되는 교토의정서를 대체할 新 기후체제로 2021년 1월부터 적용, 산업화 이전 대비 지구 평균기온 상승 1.5°C이하로 제한하기 위한 노력 추구(목표), 195개국 참여

◆ 2018년 7월 : 제1차 지속가능 국가목표 물류발전 수정 기본계획

- 2030년 온실가스 배출 전망치 대비 24.6% 감축목표 제시

◆ 부문별 감축목표(2020 국가 온실가스 감축 로드맵(환경부 - 2018~2030. 2015대비 22.3% 감축)

- 수송(운수, 자가용) 34.3%, 건물 26.9%, 공공기타 25.0%, 산업 18.5%, 폐기물 12.3%  
 - 방법 : 교통체계 조정(녹색교통 중심), 녹색교통정책 시행(수요관리), 자동차 구조개선(그린카 도입)

## V. 통행수단 전환



### V. 통행수단 전환

#### 녹색교통의 활성화

##### ◆ 녹색교통이란..

- 적색교통(Red Modes)의 반대개념으로 1989년 보행과 자전거를 지칭(Oram.W, Green modes travel safety)
- 공식화 : 1989년 영국의 교통지리학회 '녹색교통계획(Planning for the Green Modes)'
- (일반) 에너지 소비량과 온실가스 배출량을 최소화 하는 저탄소 교통체계, 신체에너지를 활용한 이동수단
- (광의) 자동차 이용증가에 따른 교통문제해소, 쾌적한 교통환경조성으로 도시정주환경 개선위한 교통시스템  
→ 대중교통이용 활성화와 연계
- (협의) 화석연료나 기타동력에 의존하지 않고 이동가능한 수단으로 주로 단거리 통행 또는 여가활동에 이용, 도시교통수단의 기능은 통행과정에서 다른 교통수단 또는 시설과 환승연계 기능담당(이동성<접근성>)

##### ◆ 개 요

- 목적 : 에너지 사용 최소화 + 쾌적하고 안전하게 통행목적 달성 ⇒ 사람 중심적인 교통체계를 구축하는 것
- 수단에 대한 관심 : (산업화, 도시화) 보행·자전거 → 승용차 중심, (환경문제 이슈) 녹색교통 관심

##### ◆ 연구내용 : 자전거이용활성화(휴머니즘 운동), 보행활성화(환경개선), 녹색교통접근성(공간관리계획)

17

### 도시공간에서 녹색교통활성화 정책

◆ 설계원칙

- 속도보다 접근가능성, 교통안전, 사회안전 우선, 보행과 자전거 중심 공간설계, 기존 시설 활용 통행품질 제고

◆ 정책 수립시 고려사항

- TOD계획요소와 보행 및 자전거 접근성과의 상관성 고려
- 지하철 역사면적, 출입구 수(+), 대중교통 배차간격(-)

※ TOD(Transit-Oriented Development)

: 1980년대 초 등장, 고밀의 주거와 상호보완적 공공·업무·서비스 기능을 광역적인 대중교통시스템과 결합

- 교통수요관리 정책(통행수단간 환승, 직주근접 개발, 출퇴근 시차제 등)
- 도시계획 실행 → 통행유형 확정 → 녹색교통 지향 한계
- 자생적 주거지(구 도심) - 보행로 위주 개발
- 구획형 일반주택단지(소규모 블록구조) - 보행+자전거도로, 저층 다용도개발, 버스 환승로 개선
- 대규모 아파트단지(슈퍼블럭구조) - 대중교통이용 활성화, 역세권 복합용도개발, 도로특성에 따른 시설입지

◆ 서울시 녹색교통진흥지역 특별 종합대책 수립 및 제출(2018년, 서울시→국토교통부)

(다음페이지 동영상)

### 녹색교통환경 조성을 위한 전략

◆ 조건(유럽연합백서) - 지속가능, 접근성, 안전성, 에너지 효율성

- 교통비용정책을 통한 교통물류시장 역량 증대 : 기존 시설 활용(효과성, 효율성)
- 화석에너지 대안차량(하이브리드), 대안에너지(수소전기) 개발
- 생활통행 최소화 도시구조 조성(접근성 제고) : 직주근접, 콤팩시티
- IT시스템 활용 다양한 통행수단의 연계 환승정보 공유(보행, 자전거, PM, 대중교통)

### 친환경 자동차 활성화

◆ 친환경 자동차란..

- 동력 에너지원으로 휘발유, 경유 대신 신재생 및 대체연료 또는 전기 구동시스템을 이용하는 자동차
- 종류 : 하이브리드자동차(HEV), 플러그인하이브리드(PHEV), 전기차(EV), 수소전기차(FCEV)
- 구조와 특징

(다음페이지 동영상)

### 친환경 자동차 보급계획

#### ◆ 전기차 보급

- 유럽연합 : 보조금 정책, 충전인프라 구축, 유럽횡단 운송네트워크 예산에서 전기차 충전시설 확충 155개
- 영국 : 2050년 까지 모든 승용차와 밴 저배출 자동차 대체, 공공부문 초저공해 차량 배치(약 74억원), 보조금 등
- 프랑스 : 2023년까지 120만대 보급, 보조금 확대, 2040년 부터 휘발유·경유 판매금지 계획 발표
- 노르웨이 : 2019년 전반기 신차 중 약 49.4%가 전기차(점유율 세계 1위), 1990년 부터 구입세금 면제

#### ◆ 수소차 보급계획(국토교통부, 대한석유협회)

구 분	미국	일본	중국	독일	영국	한국
차 량 (2030)	100만대	80만대	100만대	180만대	160만대	63만대
충 전 소 (2030)	123기 (2023년)	900기	1,000기	1,000기	1,150기	520기
국비지원	1,400만원	2,100만원	3,400만원	1,500만원	1,500만원	2,750만원
자동차생산 순위(연간)	1,200만대 (세계2위)	920만대 (세계3위)	2,800만대 (세계1위)	620만대 (세계4위)	180만대 (세계12위)	430만대 (세계6위)

※ 2019년 7월 현재 수소충전소 현황 : 일본 110, 독일 78, 미국 69, 한국 28, 프랑스 20

※ 일본 : 수소투자가 가장 활발(2020년 도쿄 올림픽 - 수소사회 진입 선언 계획)

### 자전거 이용 활성화

#### ◆ 자전거 이용 이해하기

- 긍정적 효과 : 교통체증 과 환경오염 저감, 개인건강 증진
- 과제 : 전체 이용률은 증가하나 여가용 중심 → 양적 공급 보다는 자전거 이용자 통행특성 부합형 환경 조성
- 자전거 이용관련 통계
  - 교통분담률(한국교통연구원) : 전세계 2.1%(네덜란드 36%, 덴마크 23%, 스웨덴·일본 17%, 독일 12%, 한국 2%)
  - 10km당 사망률(도로교통공단) : 32.5명(네덜란드 10.7명), 10년간('10~'19) 연평균 14,361건 사고, 264명 사망

#### ◆ 자전거 이용자 특성

- 토지이용 및 도시형태와 자전거 통근률 관계(이경환 외. 2008)
  - 직주근접 집중형 공간구조 자전거 통행 증가 → Compact City이론의 집중형 도시개발 필요
- 자전거 이용에 영향 미치는 근린환경 요인(원동혁 외. 2012; 이재영 외. 2010)
  - 편의시설, 접근성, 가로환경 다양성, 자전거 도로 질 등 인지적 요인이 자전거 이용에 영향
  - 통행거리, 자전거도로 까지 거리, 자전거 보관시설에서 역까지 거리가 통학용 이용에 영향
  - 자전거 경로선택 요인 : 통행시간(가장 큰 영향), 노면상태, 주변 교통상황, 자전거 도로 유무 → 비선호 개선
  - 자전거 이용자 응시 유형 : 경로유지, 전방예측, 도시경관 인식
    - 차도와 인접여부와 혼잡도 = 자전거 주행난이도

### 자전거 이용 활성화

- 자전거 이용자 경로(서경은 외, 2020)

구 분	출 발 지 특 성	도 착 지 특 성
인구 · 토지특성	거주인구 밀도 높고	고용인구 밀도 높고
	단독주택, 다세대, 다가구	연면적이 큰 업무시설
	- 단독주택 등 지역은 보행통행 중심, 대중교통 접근성 불량 → 단독주택 등 밀집지역 생활자전거 이용시설 구축필요	
토지이용 혼합도	토지이용 혼합도 높은 지역	토지이용 혼합도 무관
지하철역 이용	- 지하철역 공유자전거 이용실태 조사결과, 통근통행 목적 多 → 자전거와 대중교통간 연계수단 활성화 인프라 필요	
통 행 거 리	- 일상생활 통행 목적 자전거 이용자 최단거리 경로를 빠른 속도로 이동 → 보행자 겸용도로를 자전거 전용도로 공간화	

- 자전거는 6km에서 자가용과 경쟁력 충분(Seiffert, 2004), 서울시는 10km이내는 자전거 이용 권고

- 자전거이용 좋은 환경 : 시/중점의 직접연결, 매력적인 도로 ⇒ **자전거활성화 주거지역 교통설계가 중요**

(다음페이지 동영상) 23

### 생활밀착형 자전거 활성화

#### ◆ 자전거사고 안전대책

- 캐나다 : Safe Routes to School
- 스위스 : 민간 자전거 단체의 자전거 학교 안전교육
- 영 국 : 시민단체 주관 캠페인, 자전거 안전 단속반(Safeway) - 현장 교육 등
- 시설운영 : 노면표시, 정지선 조정 등
- 국내에서의 자전거시설 보완 사항(김소윤 외, 2021)
  - 자전거 도로 설치, 연결성 개선, 도로 관리상태 개선, 차도와 분리, 야간 주행시 안전성 개선, 공공자전거 이용시 대중교통과 환승요금 체계 등
  - ※ 전동 킥보드 등 개인용 이동장치 자전거 도로 이용 가능(이륜자동차는 이용 불가) - 2020년 12월 법 개정

#### ◆ 보행과 연계한 생활밀착형 자전거 활성화

- 사람 중심의 보행환경 조성
  - 1km 미만 단거리 통행시 승용차 통행 전환, 주거지와 상업지 도로 정비로 교통사고 위험 예방
- 대중교통과 자전거 연계
  - 지하철역 인근 자전거 주차시설 확충, 다양한 형태의 자전거 전용도로 설치
- 마일리지 확대 운영 : 광역알뜰 교통카드 등

25

### 교통정책을 통한 대기환경 개선

#### ◆ 교통수요관리

- 자동차 감축 운행, 자동차 통행 시간 및 공간 분산, 대중교통 수단으로 전환 → 통행량 분산·감소(의의)
- 우하향 함수(가격 수준에 따른 수요량 변화), 변수(통행시간, 통행비용 등)
- 교통수요는 다양한 통행 목적의 공간적 연결기능 하므로 통근·통학·여가 등의 공간 분포와 상관성
- 자동차 통행 최소화 방안 : 이동량, 이동방향, 활용유인 정도 등 조절
  - 방법 : 지구지정(고밀 주거 및 상업지구 개발 등), 교통패턴의 변화(부제 운행 등), 교통시스템의 변화(노선조정 등)
- 사례 : 싱가포르(자동차 등록대수 할당제 등), 서울(도로 혼잡통행료 등)
- 대기환경 개선 : 노후경유차 운행 제한지역(LEZ), 배출가스 등급별 운행 제한, 개선대책지역 관리 및 개선(도심권)

#### ◆ 교통공급관리

- 공급요소 : 소요시간, 시스템 효과(수용능력·도로 등과 관계), 비용(건설·유지·사용)
- 방법 : 버스 서비스 경쟁력 확보(BRT, 환승정류소 설치), 철도망 구축(광역 및 고속철도), 대중교통연계(복합환승)

## VI. 시사점

**기후변화·위기에 대한 인식제고**

◆ 기후변화 인위적 노력으로 극복 한계시점 도래

- COVID-19 극복 가능 ⇔ 기후변화(산업화 이후 1.35°C 상승)
- 호모사피엔스 : 약 30만년 전 등장(우점종인 인간 100만년 이상 생존 예측 - 우주인의 관점은?)

◆ 지구 평균기온 상승의 영향

- 사막화/사막폭설 : 강수량 적도집중/대륙감소(기후난민 발생, 가축·식량 생산 한계), 사하라(2018.1.7, 40cm)
- 산 불 : 호주 - 2019년 9월 2일 ~ 2020년 2월 13일(6개월), 일평균 기온 41.9°C, 2020년 1월 4일 48.9°C
- 사막 폭설 : 사하라사막(2018.1.7, 40cm)

◆ 지구 평균기온 상승 속도

- 지구 평균기온 1만년 동안 4°C 상승(100km/h) = 최근 100년 동안 1°C 상승 **(2,500km/h)**

		1.5도 상승	2도 상승
생 태 계 위 협 약 목 표	해 수 면	77cm	87cm
	곤 충	6%	18%
	식 물	8%	16%
	척추동물	4%	8%

⇒ 지금 수준이면 올해 태어난 아이가 79세 되는 2100년은 『4~5도 상승』

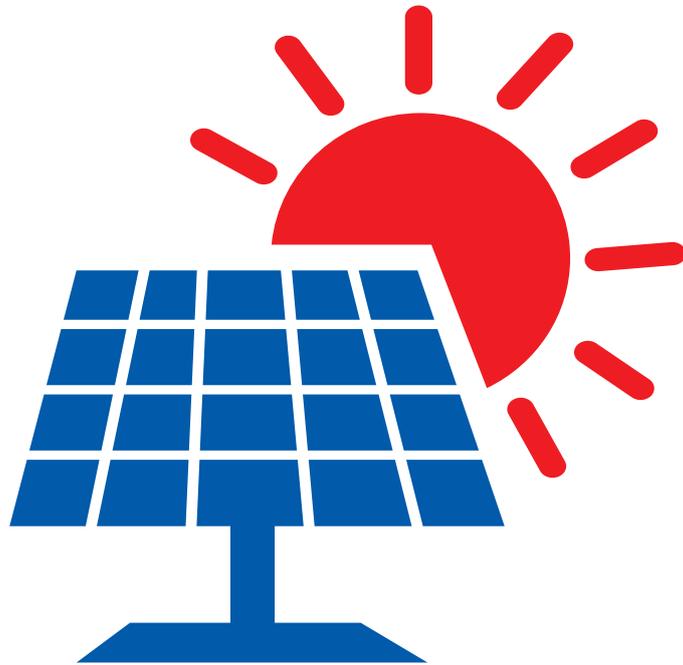
(다음페이지 동영상) 28

**초록 별 지구는 누가 보호해야 할까?**





# 기후위기시대, 에너지전환의 개념과 실제



광주지속가능발전협의회  
윤희철 사무총장





기후위기시대,

# 에너지전환의 개념과 실제

**윤희철**

광주광역시 지속가능발전협의회

사무총장

(도시·지역개발학박사)

## 순서

1. 기후위기와 에너지 전환
2. 어떻게 문제를 해결할 것인가? : 지속가능성 관점에서
3. 에너지 전환이란?
4. 함께 하는 전환이란?

# 1. 기후위기와 에너지 전환

## 기후위기의 심각성

신은 항상 용서하고, 우리는 가끔 용서하지만, 자연은 절대 용서하지 않는다”는 말이 있다. 부분적인 재앙에 대해 우리는 대응하지 않는다. 호주에서 발생한 산불에 대해 지금 누가 말하는가? 이런 것들이 자연의 복수인지 알 수 없지만 자연의 반응인 것은 분명하다.

- 프란치스코 교황(2020.4.8.) - 영국 매체 the Tablet과의 인터뷰에서

## 기후위기의 심각성



기후변화 등교거부 운동으로 유명한 스웨덴의 소녀 환경운동가 그레타 툰베리는 기후변화당사국총회(COP) 24차 회의에서 기후변화 문제를 야기한 기성세대의 무책임을 비판



# 기후위기의 심각성

## 'It's a crisis, not a change': the six Guardian language changes on climate matters

A short glossary of the changes we've made to the Guardian's style guide, for use by our journalists and editors when writing about the environment

- Support Guardian journalism today, by making a **single or recurring contribution, or subscribing**



### 영국 가디언지

- 2019년 '기후 변화' 대신 '기후 비상사태' 또는 '기후 위기' 로 사용
- 2020년 석유회사와 같은 화석연료 기업의 광고를 받지 않겠다고 선언

출처: <https://www.theguardian.com/>

# 기후위기의 심각성

## '기후변화'에서 '기후위기'로

朝日新聞

스피셜 >

### 기후변화 넘어 '기후 위기' 시대... 아픈 지구, 감염병 발생위험 더 커져

"녹색기술로 환경 복원 노력해야"  
호주, 지난 겨울 강한 폭염으로 대형 산불 피해  
인도 118년 만에 최저기온, 이집트엔 112년 만에 눈

김효민 기자

입력 2020.04.22 03:00



더나은미래 10

뉴스룸 커머스도리 기획/특집 공익뉴스 인더뷰 오피니언 공익재단

### [글로벌 이슈] '기후변화, 이제 '기후 위기'라 말하자

한승희 기자

입력 2019.06.12 10:25

국제사회 "인류가 직면한 위험성, 좀더 정확히 표현"  
'지구온난화'는 끊어오른다는 의미의 '지구백열화'로



## 기후위기의 심각성

EU집행위원회가 밝힌 기후위기로 인한 피해예측



**대기오염**

**400,000**

대기오염에 따른 연간 유아 사망자수



**폭염**

**90,000**

폭염으로 인한  
연간 사망자수

**660,000**

5도씨 기온 상승에 따른  
EU의 추가망명 신청자수

**16%**

4.3도씨 상승에 따른  
멸종위기종 비율



출처: European Commission(2019), What if we do not act?

## 기후위기의 심각성

EU집행위원회가 밝힌 기후위기로 인한 피해예측



**홍수**

**40%**

EU 남부지역 물부족  
현상 직면 비율

**500,000**

매년 홍수위험에  
노출된 인구수

**2,200,000**

매년 해안침식 위험에  
노출한 인구수



**경제**

기온 3도 상승할 경우  
경제적 손실

**190억  
유로**

매년 홍수로 집을 잃는  
사람의 수

**500,000**

2050년까지의  
식량가격 상승

**20%**

폭염에 따른  
경제적 비용

**40억 유로**



출처: European Commission(2019), What if we do not act?

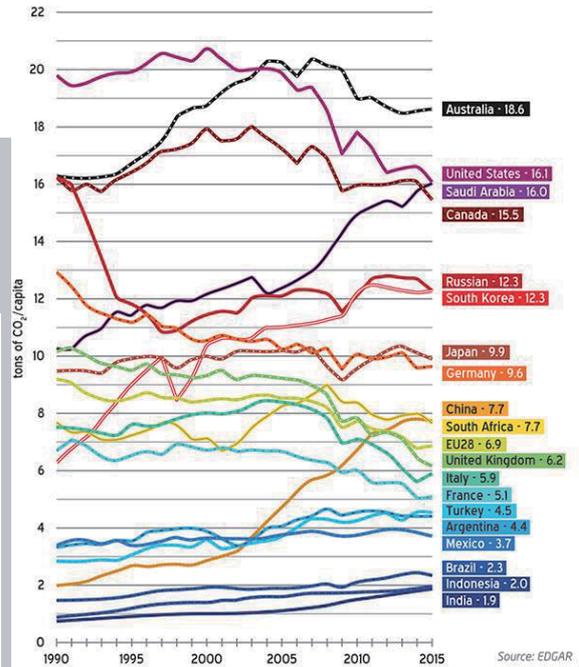
# 기후위기의 심각성

## G20의 GDP대비 CO2 배출량

세계 6위  
대한민국 12.3 (기후약당국가)



## G20 countries | CO<sub>2</sub> emissions per capita



# 기후위기의 심각성

기후변화 대응에 무책임한  
기후약당 국가

2060 대기오염으로 인한 조기 사망률  
세계 1위

2030 1인당 온실가스 배출량  
세계 3위

\* 기후변화 대응 행동 분석기관(CAT, 2016)  
\* 경제협력개발기구(OECD, 2016)  
\* 국제에너지기구(IEA, 2016)

## 상위 20개의 다배출기업이

전체 배출량의 58% 차지!

11%

온실가스 배출량 1위 기업

포스코

한 해 배출량 7300만톤!

국내 온실가스 배출량 상위 20개 기업

포스코	11.0	지멘스탈렉스	1.2
한국남양철	8.2	엘지디스플레이	1.1
한국동서발전	5.5	현대제철	1.1
한국남부발전	5.4	S-Oil	1.1
한국남부발전	5.2	동양시멘트	1.0
한국서발전	5.0	영진화학	1.0
현대제철	2.7	삼양식품	1.0
현대그린화학	1.8	현대제철	0.8
포스코에너지	1.7	상원디스플레이	0.8
쌍용자동차	1.7	한진시멘트	0.8
합계	68.1%		



자료 출처: 온실가스종합정보센터(KPCA), 2019년 기준

## 우리 시대의 위기 : 기후위기, 사회적 양극화

기후위기가 가져온 시대 변화 - 상식이 되어버린 이야기 한토막



- 러시아 곡물파동



- 아랍의 봄
- 시리아 난민(560만명)
- 제주도 난민



- 브렉시트
- 영국의 EU탈퇴
- 유럽 도시정책의 1순위: 난민 문제

## 우리는 지속가능한가?

멸종 위기의 지리산의 구상나무

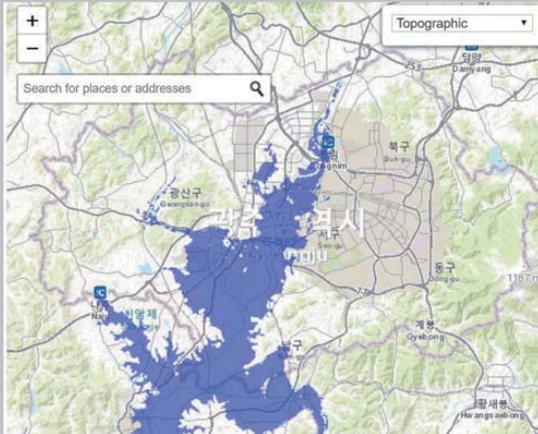


출처: 중앙일보

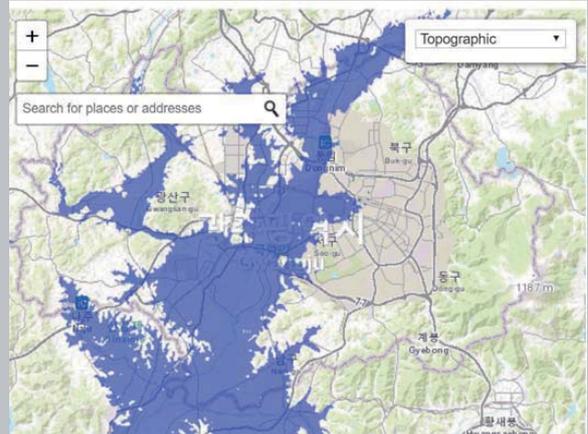


# 우리는 지속가능한가?

해수면 20미터 상승



해수면 30미터 상승



출처: Floodmap, <https://www.floodmap.net/>

## 우리 삶의 변화 - 10년 후에 남향이 여전히 좋을까?



## 탄소배출은 어디에서 나오나?

무언가를 만드는 것(시멘트, 철, 플라스틱) - **31%**

전기(전력생산) - **27%**

무언가를 기르는 것(식물, 동물) - **19%**

어딘가로 이동하는 것(비행기, 트럭, 화물선) - **16%**

따뜻하고 시원하게 하는 것(냉난방 시설, 냉장고) - **7%**

## 광주의 탄소배출은 어디에서 나오나?



## 기후위기 비상사태 선포하라!!



- 우리는 기후위기를 제대로 알고 있는가?
- 기후위기가 다른 사람이나 타 기관의 일이라고 생각하지 않는가?
- 당장 우리가 해야 할 일은 무엇인가?

## 청소년들의 생각



조사기간:  
7월 28일부터 8월 7일  
대상:  
광주지역 초·중·고등학생  
참여자:  
7,892명



## 청소년들의 생각

### 학생들의 생각

초5

2050년은 아이들이 커서 성인이 되는 나이이다. 그때 기후위기의 시대에 당황하지 않고 힘들지 않게 우리가 지금부터라도 공부하고 준비해야 하므로 학교에서 기후위기에 대처할 교육을 하고 학부모까지도 이것을 배우고 동참하여야 한다고 생각합니다.

중3

해를 거듭할수록 심각해지는 기후위기 시대 속에서는 학업, 공부, 평가와 같은 다소 보수적인 교육보다는 청소년들에게 기후변화에 대한 심각성과 경각심을 심어주는 교육을 실시해야 한다고 생각합니다. 기후위기, 지금 바로 잡지 않으면 미래의 우리 후손들에게 지금처럼 좋은 세상을 물려주지 못하게 될지도 모르니까요.

고2

우리 학생에게만 교육하기보다 대한민국의 모든 어른에게도 교육이 필요하다고 생각한다. 이렇게 단순한 영상교육으로는 안된다. 적극적으로 참여하는 형식의 교육을 해야 학생들이 사태에 대해 정확히 알 수 있고 미래에 자신들이 해야 하는 일에 대해 고민해 볼 기회가 될 수 있다고 생각한다.

## 우리는 어떻게 해야하는가?

### 빌게이츠의 제안

1. 기후재앙을 피하기 위해 제로를 달성해야 한다.
2. 태양광과 풍력 등 이미 보유한 수단들을 더 빨리, 더 현명하게 사용해야 한다.
3. 나머지 목표 달성에 필요한 획기적인 기술을 개발하고 출시해야 한다.

**BILL GATES**

빌 게이츠,  
기후재앙을 피하는 법

**HOW TO  
AVOID A  
CLIMATE  
DISASTER**

우리가 가진 솔루션과 우리에게 필요한 돌파구

김민영

## 우리는 어떻게 해야하는가?

### 빌게이츠의 제안

#### 시민으로서

- 전화를 걸고 편지를 쓰고 공개 회의에 참석하라
- 지방정부도 중요하다
- 공직에 출마하라

#### 소비자로서

- 청정전기를 신청하라
- 집 안 배출량을 감축하라
- 전기차를 구매하라
- 인공 고기를 먹어라

### BILL GATES

빌 게이츠,  
기후재앙을 피하는 법

HOW TO  
AVOID A  
CLIMATE  
DISASTER

빌 게이츠, 1인자, 1인자

우리가 가진 솔루션과 우리에게 필요한 돌파구

2019년

## 2. 어떻게 문제를 해결할 것인가? : 지속가능성 관점에서



불안과 공포에 대해서 많이 다룬게 사실이에요.

## 풀어야할 숙제...

미래에도 사회나 계획의 격차가 과연 좋아질 것인가라는 저 자신의 불안감이 있어요. 아들을 키우는 사람으로서. 그것을 많이 표현하려고 했죠. 혁명으로부터 세상이 오히려 거리가 멀어지고 있는 것 같아요. 혁명이란 것은 뭔가 부숴 트러야 할 대상이 있어야 되는데, 그게 뭔지, 혁명을 통해 깨뜨려야 되는게 뭔지, 파악하기가 힘들고 복잡한 세상이 되고 있는 것 같아요. 영화 기생충은 그런 복잡한 상황을 표현하는 것 같아요.

봉준호 감독, 영화 '기생충'에 대한 미국 언론사와의 인터뷰 중에서

## 성장과 지속가능발전?



성장 vs 발전



## 지속가능발전의 사전적 의미

### development

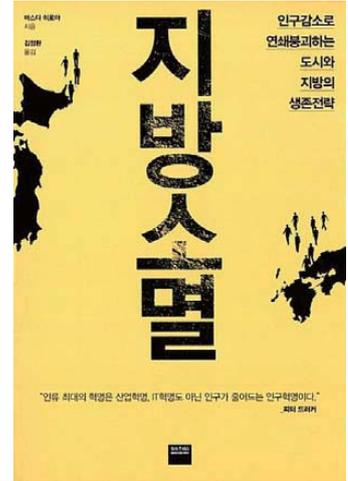
- 감추어져 있거나 쌓여있던 것이 어떤 행위에 의해 드러나거나 풀리는 것
- 잠재적인 가능성이 밖으로 드러나는 것을 의미

### sustainable

- 지탱가능한 의미
- Sustain
  1. (필요한 것을 제공하여) 살아가게 하다
  2. 계속시키다
  3. (피해 등을) 입다

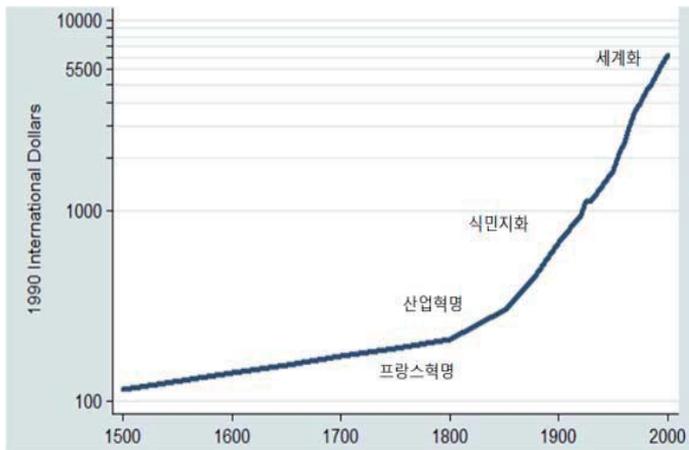
# 지속가능발전의 사전적 의미

기후위기, 사회적 양극화, 고령화, 청년실업, 지방소멸 등의 위기



# 지속가능발전의 역사적 맥락과 변화

1인당 세계 평균 GDP의 변화(1500-2000년, 로그 스케일)

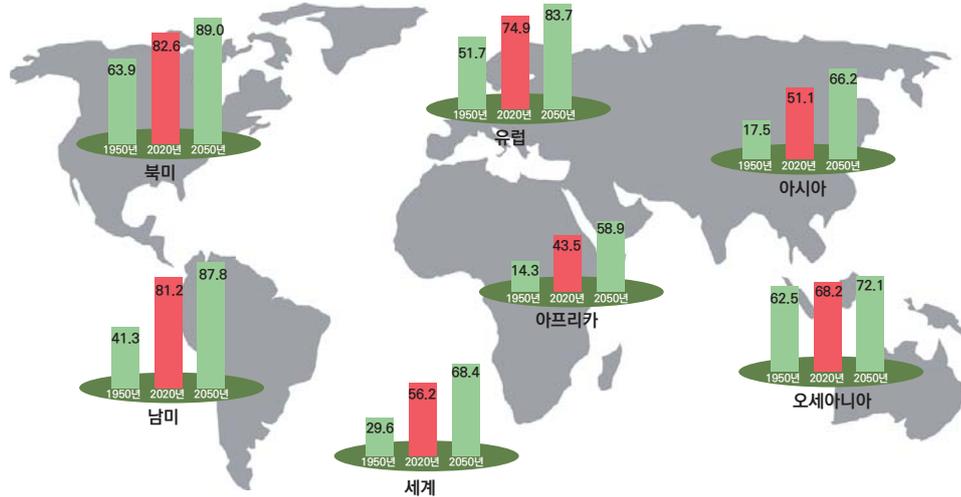


- 1500년 전 인류의 재산은 다소 낮은 수준에서 안정적으로 상승
- 1800년에 이르러 인류 역사상 유래 없는 수준의 성장이 등장
- 현재의 경제성장은 20세기에 나타남

출처: J. Bradford DeLong(1998), "Estimating World GDP, One Million BC. - Present".

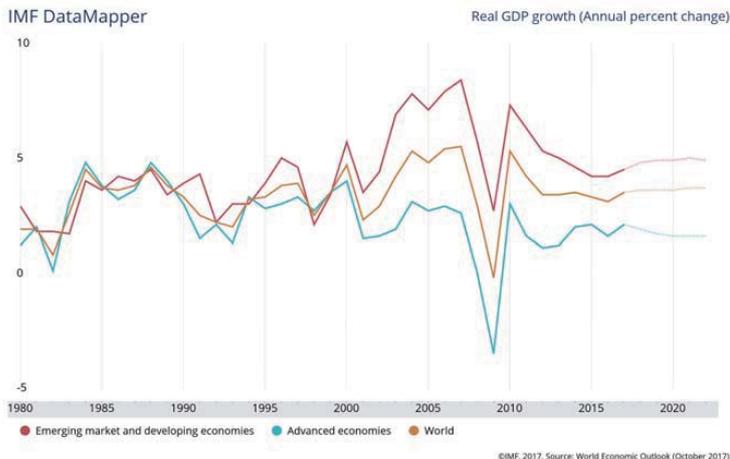
# 지속가능발전의 역사적 맥락과 변화

## 전세계의 도시화율



# 지속가능발전의 역사적 맥락과 변화

## 세계 GDP성장률 비교(2017)



- 개도국, 아시아 신흥국가들은 세계 평균보다 높은 성장률
- 선진국은 이미 저성장 시대
- 우리나라는?

# 국제적 상황 변화와 과정

## 주요 국제 회의와 그 내용의 변화



# UN 지속가능발전목표, 대한민국 지속가능발전목표

**SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS**

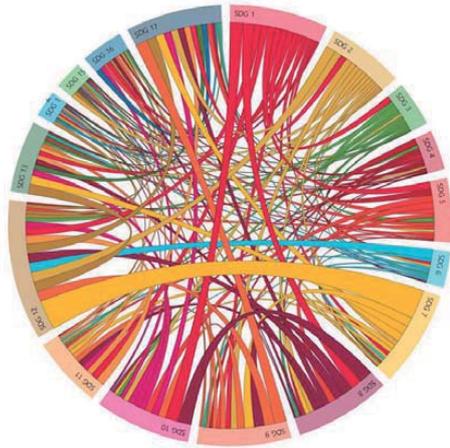
17 goals including: No Poverty, Zero Hunger, Good Health and Well-being, Quality Education, Gender Equality, Clean Water and Sanitation, Affordable and Clean Energy, Decent Work and Economic Growth, Industry, Innovation and Infrastructure, Reduced Inequalities, Sustainable Cities and Communities, Responsible Consumption and Production, Climate Action, Life Below Water, Life on Land, Peace, Justice and Strong Institutions, Partnerships for the Goals.

**국가 지속가능발전목표**  
KOREAN SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS (K-SDGs)

17 goals including: 빈곤을 근소한 사회안전망 강화, 식량안보와 지속가능한 농업, 건강하고 행복한 삶, 모두를 위한 양질의 교육, 성평등 보장, 건강하고 안전한 물관리, 깨끗한 에너지, 양질의 일자리와 경제성장, 혁신적인 산업과 인프라, 불평등 감소, 지속가능한 도시와 주거지, 지속가능한 소비와 생산, 기후변화 대응, 해양생태계 보전, 육상생태계 보전, 인권·정의·평화, 지구촌 협력확대.

## UN 지속가능발전목표의 특징

### 각 목표별 상호 연관성



- 개별 목표 달성으로 지속가능발전목표 달성은 불가
- 각 목표별 상호 연관성 고려, 상호 이행 체계를 포괄적으로 고려

## 우리가 직면한 문제와 해결의 방향



출처: Ingram Pinn/Financial Times

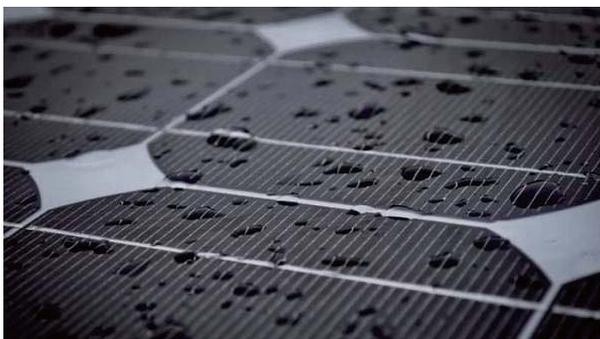
### 3. 에너지 전환이란?

#### 희망의 재생에너지 : 비가 와도 웃는 태양광 발전

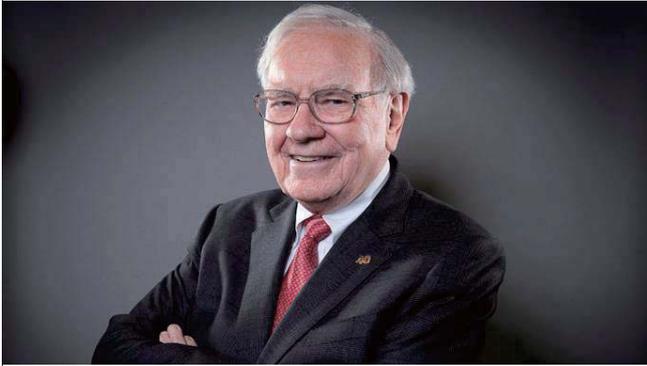
맑은 날과 비교해 약 40~60% 정도의 효율

태양광 모듈 최소 25년의 성능을 유지

• 1980년대 설치한 독일의 모듈은 아직도 70% 이상 성능을 발휘



## 희망의 재생에너지 : 워런 버핏도 투자하는 태양광



워런 버핏(버크셔 해서웨이 회장)

“태양광과 풍력에 대한 투자는 많으면 많을수록 좋다. 누군가 내일 태양광 프로젝트에 참여한다면 당장 30억 달러라도 투자할 준비가 돼 있다”

## 희망의 재생에너지 : 산유국도 태양광 발전

- 대표적 산유국인 사우디아라비아는 전력시설 확충과 석유 의존도 감소를 위해 500억 달러(56조2250억원) 규모의 신재생프로그램을 수립
- 향후 10년간 30여 개의 태양광 및 풍력 발전 사업을 추진할 계획
- 아랍에미리트(UAE)도 ‘클린에너지 전략 2050’을 통해 2050년까지 청정 에너지 비중을 75%로 확대한다는 목표를 수립



우주에서도 보이는 사하라 사막에 설치한 태양광 패널 560MW

## 희망의 재생에너지 : 태양광 발전 단가 하락

- 산업조직학회는 한국의 원자력 평균 발전비용이 2017년 kWh당 78.5원에서 2030년 80.2원으로 소폭 오를 것으로 전망
- 반면 같은 기간 태양광은 123.1원에서 78.4원으로 대폭 하락할 것으로 전망
- 에너지기후정책연구소는 2025~2030년 사이 원자력 평균 발전비용은 89.6원인 반면 태양광 발전비용은 84.2원으로 예측

## 희망의 재생에너지 : 태양광 발전 단가 하락

‘기후변화에 관한 정부간 협의체(IPCC)’ 부의장을 지낸 프랑스의 장 주젤 박사는 최근 프랑스 경제주간지 ‘알테르나티브 에코노미크’와의 인터뷰에서 “에너지 전환에 성공한 나라가 10년 뒤 최후 승자로 남을 것”이라며 “정부는 (고용구조)변화의 충격을 최소화하도록 직업훈련 강화 같은 시책을 마련해야 한다”고 말했다.

# 희망의 재생에너지 : 기업의 RE100



## 희망의 재생에너지 : 당진의 화력발전소와 태양광 발전



당진의 화력발전소와 수상 태양광

## ESG 사례 : 아마존

- 아마존(Amazon) 제프 베조스(Jeff Bezos) CEO는 주주 서한을 통해 친환경 기업으로 거듭나겠다는 강력한 의지를 표명
- 기후협약을 최초로 서명한 회사로, 파리 기후 협약을 10년 앞당긴 2040년까지 탄소 배출량을 0으로 만들겠다고 약속
  - 약속 이행을 위해 2022년까지 배송용 차량 1만대를 전기차로 바꾸고, 2030년까지는 총 10만대를 업무에 투입하겠다는 계획을 밝힘
  - 재생에너지 사용률을 2024년까지 80%, 2030년까지는 100%로 각각 달성하겠다는 목표를 제시하고, 포장재 낭비를 줄이기 위한 노력 발표



## ESG 사례 : 골드만삭스

- 2019년 기후변화와 환경파괴 우려가 높은 사업에 대해 더 이상 금융 지원을 하지 않겠다고 선언
- 올해 하반기부터 다양성을 충족하는 이사가 없는 기업에 대해서는 기업공개(IPO, Initial Public Offering) 업무를 맡기지 않겠다고 밝힘



# ESG 사례 : ESG에 대한 대형 투자사들의 압박

글로벌 큰손들, 27개銀에 ESG 서한..."탄소배출 기업에 자금지원 중단을"

김재권, 분지용 기자 | 입력 : 2021.04.19 17:53:36 수정 : 2021.04.19 21:09:03

## ◆ ESG 전방위 확산 ◆

전 세계적으로 탄소 배출 제로, 기후변화에 대한 관심이 높아지고 있는 가운데 11조달러에 달하는 막대한 자산을 운영하는 35개 대형 투자사들이 글로벌 투자은행에 친환경 투자로 전환할 것을 강력히 요청하고 나섰다. 이 같은 대형 투자사들의 압박은 국내 기업들의 자금 조달, 금융사들의 투자 권형에도 적지 않은 영향을 미칠 것으로 보인다.

18일(현지시간) 파이낸셜타임스(FT)에 따르면 골드만삭스, HSBC, BNP파리바 등 27개 글로벌 투자은행들은 35개 투자사들로부터 탄소 배출 기업에 대한 자금 조달을 중단하고 친환경 대출을 확대하라는 서한을 받았다.

35개 투자사에는 유럽 환경·책임·투명경영(ESG) 투자를 선도하는 유럽 1위 자산운용사 아모디, 세계 최대 채권 투자업체 피코, 영국 최대 자산운용사 리걸엔드제너럴투자매니지먼트(LGIM), 영국성공회 재무위원회(CCE), 스웨덴 노르디아에너지매니지먼트(NAM), 아비바인베스터스 등이 포함돼 있다. 이들은 기후변화에 대한 기관투자자 그룹(Institutional Investors Group on Climate Change-IIGCC)을 통해 투자은행과 논의를 이어가고 있다. 이들은 미국이 22~23일 기후정상회의를 개최하는 데 앞장춰 투자은행들도 2050년까지 탄소 배출 제로를 달성할 수 있도록 구체적인 목표를 설정해 계획을 수립하라고 촉구했다.

[김재권 기자]

**친환경 투자 촉구 나선 대형 투자업체**

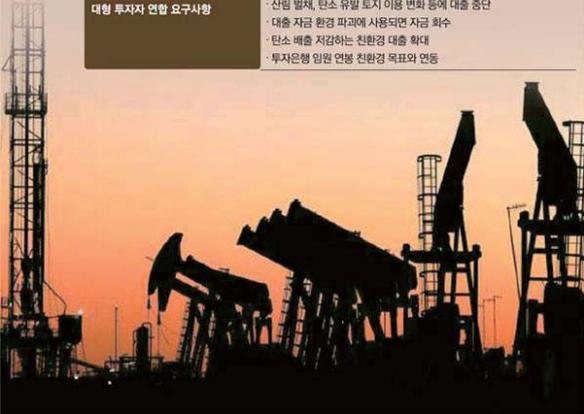
**친환경 투자 요구하는 글로벌 투자자**

- 아모디, 피코, 리걸엔드제너럴투자매니지먼트, 영국성공회 재무위원회, 스웨덴 노르디아 에너지 매니지먼트, 아비바 인베스터스 등 35개사

**변화 요구받는 글로벌 투자은행**

- 골드만삭스, HSBC, BNP 파리바 등 27개사
- 2050년 탄소 배출 제로 위한 구체적 목표 설정
- 석유·가스업체 등 탄소 배출 기업들에 자금 조달 중단
- 산업 발전, 탄소 유발 토지 이용 변화 등에 대출 중단
- 대출 자금 환경 파괴에 사용되면 자금 회수
- 탄소 배출 저감하는 친환경 대출 확대
- 투자은행 임원 연봉 친환경 목표와 연동

**대형 투자자 연합 요구사항**



## KB금융, '탈석탄 금융' 선언..ESG 선도 그룹으로서 역할 확대

△ 김세진 기자 | © 송인 2020.09.28 11:24

저탄소 경제로의 전환 주도..ESG 경영전략 'KB GREEN WAY 2030' 추진 가속화



KB금융그룹이 기후변화 위기에 선제적 대응을 위해 '탈석탄 금융'을 선언했다. 사진은 25일 열린 ESG위원회(사진=KB금융지주)

[데이터이코노미=김세진 기자] KB금융그룹(회장 윤용규)이 25일 ESG위원회를 개최하고, 기후변화 위기에 선제적으로 대응하기 위해 국내 금융그룹 최초로 KB국민은행 등 모든 계열사가 참여하는 '탈석탄 금융'을 선언했다고 28일 밝혔다.

지구 온난화로 이상 기후 현상이 심각해지면서 전 지구적으로 대재난 수준의 자연재해가 급증하고, 탈석탄 관련 이해관계자 요구 증대 및 정책규제 강화 등 대내외 환경 변화가 가속화 되는 상황에서 KB금융그룹이 ESG 선도 금융그룹으로서의 환경·사회적 책임 이행에 앞장선 것이다.

<https://zdnet.co.kr> > view >

### 경남은행, '탈석탄 금융' 선언 - 지디넷코리아

2021. 8. 10. — BNK경남은행은 10일 환경 사회 지배구조(ESG) 친화적인 경영을 위해 '탈석탄 금융'을 선언했다고 밝혔다. 이번 선언을 계기로 경남은행은 국내외 석탄...

<https://m.etnews.com> > ... >

### 부산은행, '탈석탄 금융' 선언 - 전자신문

2021. 8. 5. — BNK부산은행(회장 안장진)은 5일 본점에서 정부 2050 탄소중립 정책에 적극 동참하기 위해 '탈석탄 금융'을 선언했다고 밝혔다. 부산은행은 이번 선언을...

<https://www.wikileaks-kr.org> > news > articleView >

### [단독] 다른 금융그룹들은 다 했는데...BNK금융, '탈석탄 선언' 왜 ...

2021. 6. 2. — 지방금융그룹 가운데 DCB금융그룹은 계열사 전체, JB금융그룹은 전속 광주은행을 앞세워 탈석탄 금융을 선언했다. 반면 BNK금융지주는 아직까지 말...

<https://biz.chosun.com> > data > html\_dir > 2021/03/10 >

### 신한은행, 탈석탄금융 선언... "석탄발전소 관련 투자 중단"

2021. 3. 10. — 신한은행이 10일 '탈석탄 금융'을 동참한다고 밝혔다. 탈석탄 금융이란 국내외 석탄발전소 건설을 위한 프로젝트파이낸싱(PF)에 참여하지 않고, ...

<https://www.thebell.co.kr> > free > Content > ArticleView >

### [ESG 모니터/부산은행]탈석탄 선언, 녹색금융 체질개선 '드라이브'

2021. 8. 9. — 부산은행은 ESG(환경·사회·지배구조) 경영 중에서도 '환경(E)' 부문 강화에 드라이브를 걸고 있다. '탈석탄 금융' 선언과 함께 이 추진, ...

<https://www.newspim.com> > news > view >

### 신한은행, '탈석탄금융' 선언... "ESG경영 실천" - 뉴스핌

2021. 3. 10. — 신한은행은 지난 9일 한국사회책임투자포럼이 주관한 '기후금융 지지선언식'에 참가해 '탈석탄 금융'을 공식적으로 선언했다.

<http://busanmbc.co.kr> > article

### 부산은행, '탈석탄 금융' 선언...탄소중립 정책 동참

BNK부산은행이 정부의 2050 탄소중립 정책에 동참하기 위해 '탈석탄 금융'을 선언했습니다. 부산은행은 앞으로 국내외 석탄화력발전소 건설을 위한

2021. 8. 9. 입력. 부산MBC뉴스 [봄이Boomi News]

# 태양광의 오해와 진실



## 팩트1: 모래와 비슷한 규소가 주성분

태양광 모듈이 카드뮴과 납덩어리라는 건 완전히 잘못된 정보다. 한국에서 생산하는 모듈은 모두 폴리실리콘이라는 규소를 주성분으로 한다. 모래와 유사한 물질이다. 카드뮴이 포함된 태양광은 국내에서 생산되지 않으며 수입된 적도 없다. 납은 셀과 전선의 연결에 소량 사용된다. 총량 기준으로 0.1% 이하의 납이 사용된다. 이 정도의 납은 일반적인 가전 제품에서도 사용하여 환경영향범의 기준보다 한참 낮은 수준이다.

## 팩트2: 전자레인지보다 낮은 전자파

태양광 모듈은 직류 전기를 만든다. 직류 전기에서는 전자파가 발생하지 않는다. 이 직류 전기를 일반적으로 사용하는 교류로 바꿀 때 전자파가 나오지만 그 양은 정부가 정한 안전 기준의 100분의 1 수준이다. 태양광 발전의 전자파는 전자레인지 · 휴대용 안마기보다 낮다.

출처:한화이노베이션랩  
[https://innovationlab.co.kr/project/solar\\_energy/series3/](https://innovationlab.co.kr/project/solar_energy/series3/)

# 태양광의 오해와 진실



## 팩트3: 유리창 눈부심의 절반 수준

건물 유리, 비닐하우스 등 모든 물건은 빛을 반사한다. 태양광 모듈은 햇빛으로 전기를 만든다. 반사되는 빛을 최대한 줄여야 효율이 높아진다. 반사를 막기 위해 모듈 제작 때 특수 유리를 쓰고 코팅 기술을 적용한다. 태양광 모듈의 빛 반사율은 유리나 비닐하우스의 절반 수준이다. 공장 근처에 태양광 발전 시설이 있는 경우를 쉽게 찾아볼 수 있다.

## 팩트4: 빗물로 청소... 세척제 필요 없다

태양광 모듈은 물로만 씻어내는 게 가장 좋다. 세제를 사용하면 오히려 얇은 막을 형성해 태양광 발전 효율이 떨어질 우려가 있다. 우리나라는 간간히 비가 내리기 때문에 모듈 청소를 위해 별도의 노력을 기울이지 않아도 된다. 또 20년간 방수가 되도록 제작돼 수상 태양광도 수질 오염을 발생하지 않는다.

출처:한화이노베이션랩  
[https://innovationlab.co.kr/project/solar\\_energy/series3/](https://innovationlab.co.kr/project/solar_energy/series3/)

# 태양광의 오해와 진실



## 팩트5: 동·식물과 공존하는 태양광 발전

건국대 한국화학융합시험 연구원은 2010~2011년 태양광 발전소 200개의 주변을 조사했다. 온도·습도·일조량·자외선은 물론 주변 가축의 체중 변화·호르몬 검사를 일반 지역과 비교했다. 의미 있는 차이가 나오지 않았다. 오히려 태양광 발전소는 옷자라는 풀 때문에 골치다. 유럽에서는 양을 태양광 발전 시설에 방목해서 추가 수익을 거두기도 한다.

## 팩트6: 안전기준 지키면 태풍에도 안전

100층이 넘는 빌딩도 세우는 세상이다. 태양광 발전 시설이 태풍에 피해를 봤다면 이것은 태양광 모듈의 문제가 아니라 부실시공의 문제다. 발전 시설을 지을 때 안전 기준을 준수해서 공사하기 때문에 걱정할 필요가 없다.

출처:한화이노베이션랩  
[https://innovationlab.co.kr/project/solar\\_energy/series3/](https://innovationlab.co.kr/project/solar_energy/series3/)

# 빛반사 우려는 없다!!



인천국제공항 제2청사

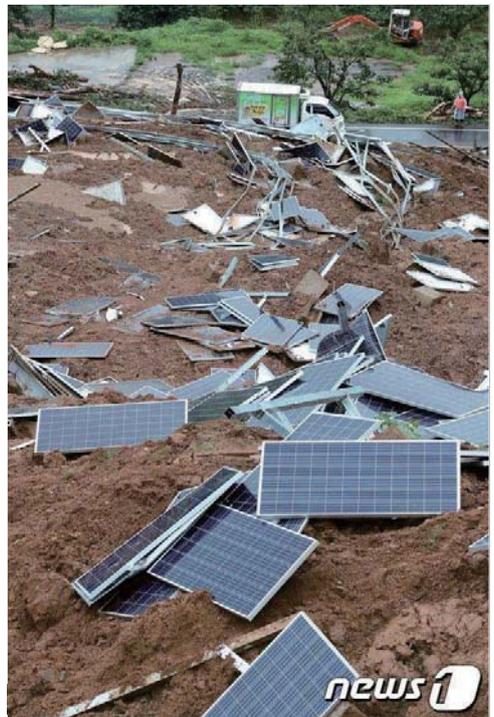
## 축사위의 태양광 시설



## 태양광 발전 올바르게...



태양광 패널 화재



산비탈 붕괴

news 1

## 교육시설 + 환경교육



학교 재생에너지 시설

출처: 부산시 연합뉴스

## 교육시설 + 환경교육



愛知県北名古屋市・西春中学校

### 일본의 학교 리모델링 예시

광주에서 건립된 지 30년이 넘는 노후 학교건물이 350곳 (2018년)은 어떻게?

## 교육시설 - 태양광 패널로 디자인하는 건축물



인천 송도 전기요금 반값 아파트

노원공릉보건지소

## 교육시설 - 건축물 외장재로 사용되는 태양광 패널



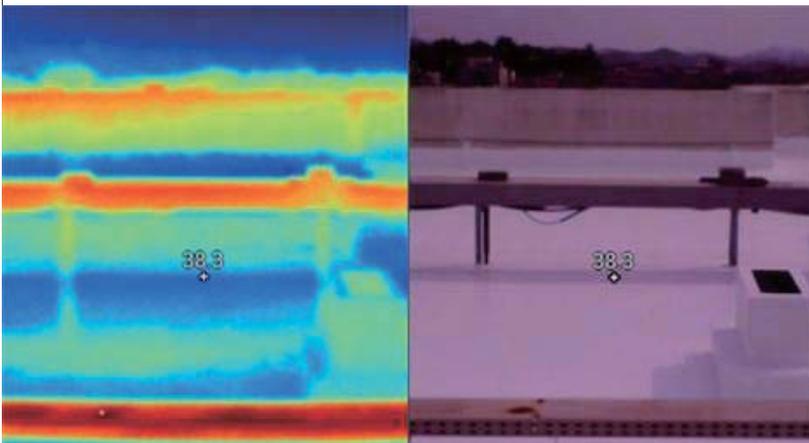
## 교육시설 - 도시형 풍력발전



빌딩풍도 전기로

도심에도 풍력발전이 가능

## 교육시설 : 학교 옥상에 쿨루프로 폭염 차단



안산환경재단



## 부산 해운대구의 쿨루프(하얀지붕)



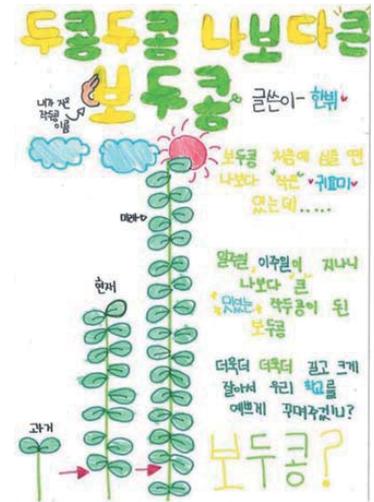
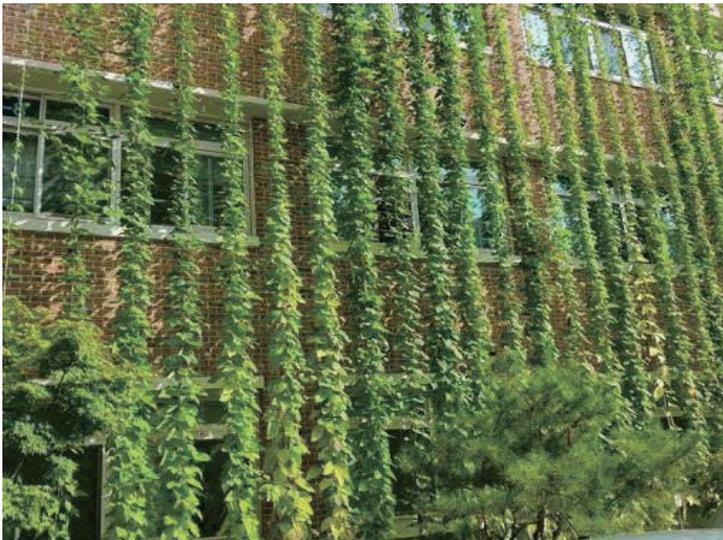
## 시설 : 군산문화원의 벽면녹화



## 시설 : 수원시 그린커튼 사례



## 시설 + 환경교육



**상상력을 발휘하다!!**

수원초 녹색커튼

출처: 광주시지속가능발전협의회, 수원초

## 교육시설

상상력을 발휘해야 한다!!



노워크(코네티컷 미국)의 과학놀이터

## 통 유리 건물은 이제 그만...

‘그린 뉴욕’ 실험... 마천루 상징인 유리외벽 없앤다



뉴욕맨해튼의 '그라운드 제로'에 유리외벽 고층건물로 재건된 월드트레이센터 건물.

- 미국 뉴욕시 온실가스 배출량 30% 감축을 목표로 외벽이 유리로 된 고층건물의 신축을 금지
- 기존 건물도 2030년까지 리모델링

## 그린 리모델링 사례

개선전



개선후



그린리모델링 공모전에서 비주거부문  
대상을 수상한 '청연빌딩'  
출처: 대한전문건설신문  
(<http://www.koscoj.com>)

## 그린 리모델링 사례



서울 강동구청 제2청사 전과 후

서울강동구청 제2청사 전과 후 (국토교통부제공) 2019.04.22 / 그린포스트코리아  
출처: 그린포스트코리아 (<http://www.greenpostkorea.co.kr>)

## 그린 리모델링 사례



한국외대 글로벌캠퍼스 인문경상관



## 기후위기와 채식

채식에 관한 신빙성 있는 이야기

### 기후변화와 채식의 연관성에 대한 주장

미국 시카고대(University of Chicag) 에셀(Eshel Martin) 박사는 1년 동안 채식을 한 사람이 이산화탄소 배출량을 1.5톤 줄일 수 있다고 말하며, 이는 친환경자동차로 바꾸는 것보다 온실가스를 더 줄이는 효과를 가져올 수 있다고 말한다.

카네기 멜론 대학(Carnegie Mellon University)의 연구(2008)에 따르면 100% 비건 채식과 100% 로컬푸드만 소비하는 식단의 배출량을 비교하면, 비건채식이 로컬푸드 식단보다 온실가스 배출량을 7배 더 많이 감소시킨다고 밝혔다.

유엔환경계획(UNEP, United Nations Environment Program)에서도 기후변화로 인한 최악의 환경 피해를 막기 위해 에너지와 음식 두 가지 주요 부문에서 큰 변화가 있어야 하며, 인구가 급속히 증가하는 현 상황에서는 육식을 멀리할 필요성이 있다고 말한다.

네덜란드 환경평가국은 2009년 발표한 '식단의 변화가 주는 기후상의 이로운'이란 보고서에서 육식을 절반만 줄여도 섭씨 2도 상승 이하로 기후를 안정시키는 데 드는 비용의 절반을 줄일 수 있고, 완전채식을 할 경우 그 비용을 80%가량 줄일 수 있다고 하였다.

# 기후위기와 채식

채식에 관한 신빙성 있는 이야기

## 녹색식생활 연구의 7가지 식단 구성

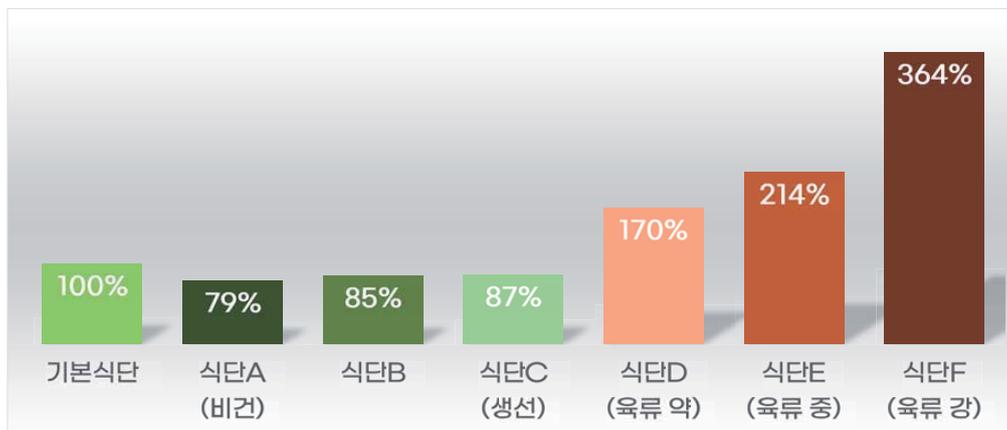
	채식 강조 ←					→ 육식 강조
기본식단	식단 A	식단 B	식단 C	식단 D	식단 E	식단 F
쌀밥	쌀밥	쌀밥	쌀밥	쌀밥	쌀밥	쌀밥
된장찌개	오이냉국	콩나물국	복어국	복어국	된장찌개	쇠고기무국
소불고기	배추김치	배추김치	무말랭이	시금치나물	쇠고기장조림	쇠고기장조림
떡꼬치구이	시금치나물	달걀찜	고등어구이	쇠고기장조림	제육볶음	삼겹살구이
시금치나물	깻잎장아찌	파무침	달걀찜	마늘쫀	마늘쫀	식혜
배추김치	파무침	두부조림	마늘쫀	파무침	오이생채	제육볶음
식혜	두부조림	상추겉절이	오이생채			

출처: 국제기후환경센터, 광주광역시 녹색식생활 기본계획보고서, 2018.

# 기후위기와 채식

채식에 관한 신빙성 있는 이야기

## 각 식단의 온실가스 배출량 상대적 비교(%)



출처: 국제기후환경센터, 광주광역시 녹색식생활 기본계획보고서, 2018.

## 기후위기와 채식

채식에 관한 신빙성 있는 이야기

광주시 인구 150만 중 40만명이 주 1일 채식운동에 동참할 경우, 연간 15,724톤CO2의 감축이 가능하다. 이 수치는 6만대의 자동차가 승용차 요일제에 1년 내내 꾸준히 참여해서 감축한 온실가스 감축량과 같다.

## 우리의 선택은?

만약 우리가 기후위기의 엄중한 시기를 이겨낸다면,  
2050년 우리의 미래 세대는 역사책에 우리 세대를 이렇게 기록할 것이다.

“온실가스 감축 목표를 달성”

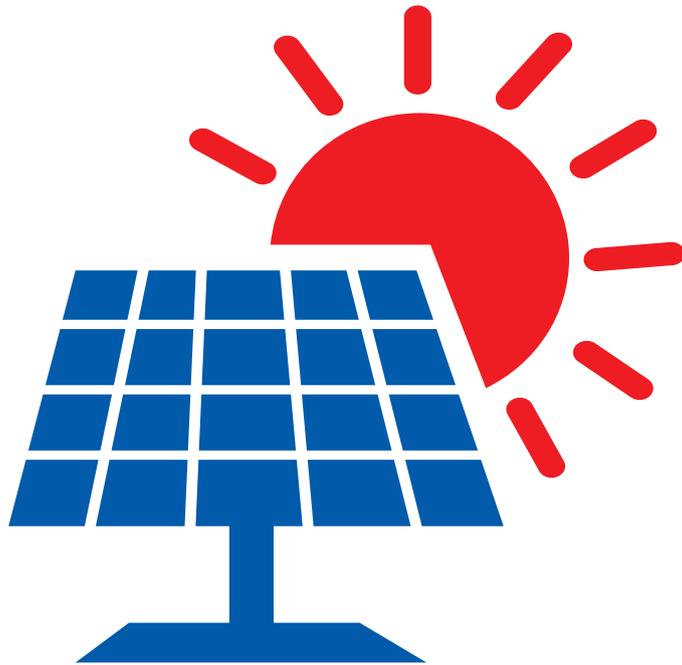
“인류 공멸의 위기를 벗어나기 위한 희생과 노력”

“기후위기에서 벗어난 역사적인 세대”

출처: 어느 환경운동활동가의 페이스북에서

**감사합니다!!**

# 지속가능한 에너지전환 실천사례



지역에너지전환네트워크  
정은진 공동대표



지속가능한 에너지전환,  
햇빛발전협동조합으로~!

정 은 진  
빛고을시민햇빛발전사회적협동조합 이사장

강의 1 – 기후위기와 에너지전환

# 2021.9.24 (금), 무슨 일이...?

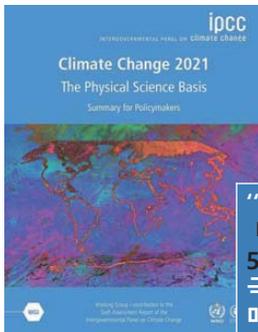


**Fridays For Future**



## 1.1°C 상승의 의미 1

### IPCC 6차보고서



“평균기온 4°C 더 올라가면, 50년만에 찾아오던 극단적 폭염, 매년 온다”

“고작 1°C 정도 오른 거 아니야?”

“그런데 인간 활동으로 초래한 에너지 93%를 바다가 흡수해요. 산업혁명 이후 바다에 히로시마 원자폭탄이 매초 약 1.5개씩 폭발하는 것이나 마찬가지입니다. 바다가 이렇게 많은 에너지를 흡수하는데도 지구 온도가 1°C나 상승한 겁니다. 문제는 바닷속에 저장된 에너지가 서서히 대기 중으로 방출되고 있다는 사실입니다. 1°C 상승을 가볍게 볼 수 없는 이유입니다. 분명한 사실은 과거 경험해보지 못한 속도로 지구 온도가 올라가고 있다는 점입니다.”

– 김백민 교수(시사인 인터뷰)

# 1.1°C 상승의 의미 2

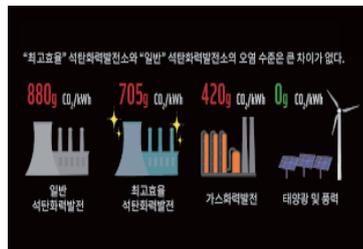
## 기후위기



지난 8월, 호우경보 내린 부산 해운대

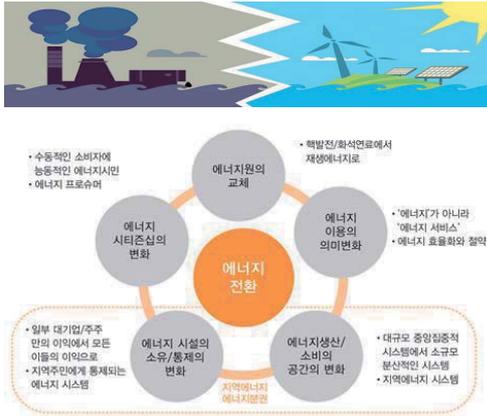
# '기후위기' 대응 - 탄소중립 - '에너지전환' 1

## 에너지전환 - '탈석탄· 탈원전'이 답!



# '기후위기' 대응 - 탄소중립 - '에너지전환' 2

## 에너지전환



### ● 에너지원 교체

- ① 중앙집중식 대규모 발전  
→ 지역분산형 소규모 발전
- ② 화력발전 + 원자력발전  
→ (신)재생에너지원

### ● 생활양식의 전환

- ① 수동적 소비자 → 에너지 프로슈머
- ② 에너지효율화 + 절약

## 강의 2 - '시민 RE100'은 협동조합으로

## 시민햇빛발전소가 대세, 왜?

인구 150만 光州

• •

에너지자립은  
도심태양광  
시민발전소로~!



## 시민햇빛발전소, 누가, 어디에? 1

### '내쓰전 내만쓰'

- 150만 광주시민, 1인 1발전소 갖기

- 1인, 3kW 햇빛발전소 갖는다면,
- $3\text{kW} \times 3.6\text{h} \times 365\text{일} = 39,000\text{kWh}$
- 150만인구 전기생산량, 연간 5,850GWh
- 2021년 현재 소비량 대비 66.7% 자립 가능

## 시민햇빛발전소, 누가, 어디에? 2

### 광주시민 70%, 아파트 거주

1. 아파트 베란다•옥상+경비실•노인정•상가 옥상
2. 마을단위 체육관+주차장+도서관 옥상 등, 공공유희시설 부지
3. 마을 소재 학교+유치원•어린이집+종교시설 옥상

⇒ 마을단위 햇빛발전소 탐사대 조직,  
발전소 부지 찾기

## 시민햇빛발전소, 어떻게? 1

### • 광주시 지원사업 적극 활용

1. 단독주택 3kW 지원사업
2. 아파트 미니태양광 지원사업
3. 2021년 에너지전환마을 지원사업
4. 시민햇빛발전소 지원사업

### • 에너지관리공단, 도심태양광 지원사업

5. 도심태양광 정책자금 지원
  - 협동조합, 금융여신 연리1.75% 사용 가능

# 시민햇빛발전소, 어떻게? 1-1

## 1. 광주시 지원사업

### ① 아파트 미니태양광 지원

- 2021년, 820세대+ 250~350W+ **1,450원/W** 지원
- 아파트 단지 **10세대 이상 5만원/人,**  
**20세대 이상 10만원/人** 추가지원

- ② 협동조합 지원 - 2021년 5월6일 공고
- ③ 단독주택 3kW 태양광 지원 - 2021년, 200세대
- ④ 융복합지원사업 - 2021년, 2222세대

# 시민햇빛발전소, 어떻게? 1-2

## 2. 산자부 - 에너지관리공단 지원사업

### ① 신재생에너지 금융지원사업

- 농촌태양광+산단태양광 + 도심태양광
- 협동조합에 1.75% 금융 지원
- 그러나 금융기관의 담보 요구가 문제, '그림의 떡'

### ② 공동주택 지원사업

- 아파트 한 동 옥상 30kW 태양광,  
92.8만원/kW 지원+자부담 47.2만원/kW
- ⇒ 아파트 공용부 전기료 저감 효과

# 시민햇빛발전소, 어떻게? 2

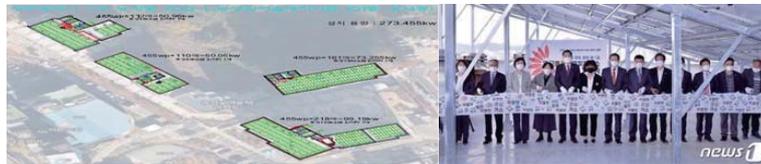
## 빛고을시민햇빛발전사회적협동조합

1 호기	50.96 kW
2 호기	50.05 kW
3 호기	99.19 kW
4 호기	73.255 kW
총	273.455 kW

농성  
빛여울채  
아파트  
옥상

1. 사업비 조성 - 기관투자 50%+시민펀딩 50%
2. 수익배분 - 투자지분대로 배분

- ① 광주도시공사- 에너지복지기금 사용
- ② 광주테크노파크- 수익금 90%, 조합 지원
- ③ 빛고을조합- 에너지전환기금 사용



# 시민햇빛발전소, 어떻게? 2-1

## '빛고을협동조합' 2021년 사업계획

전자공고 옥상	6기	600kW	시민참여 학교태양광 1호	총사업비 16.2억원
진곡산단 주차시설	6기	510kW	광산구 제1호 민관협업발전소	
합계	12기	1,110kW		
				시민펀딩 4억(연리4.2%)
				광주시 지원 4억 (REC 회수)
				금융여신 8.2억(10년 상환)

Q. 이렇게 해도(펀딩 이자+여신 이자+市 REC 회수), 협동조합이 자립할 수 있나요~???

## 시민햇빛발전소, 어떻게? 2-2

### 광주시민햇빛발전협동조합

1. **그린카진흥원 옥상** 100kW
  - 사업비 100%, 조합원 출자금
  - 發電 시작 2년 후 배당 시작
2. **지혜학교 옥상** 20kW
  - 사업비 100%, 한국에너지재단 지원

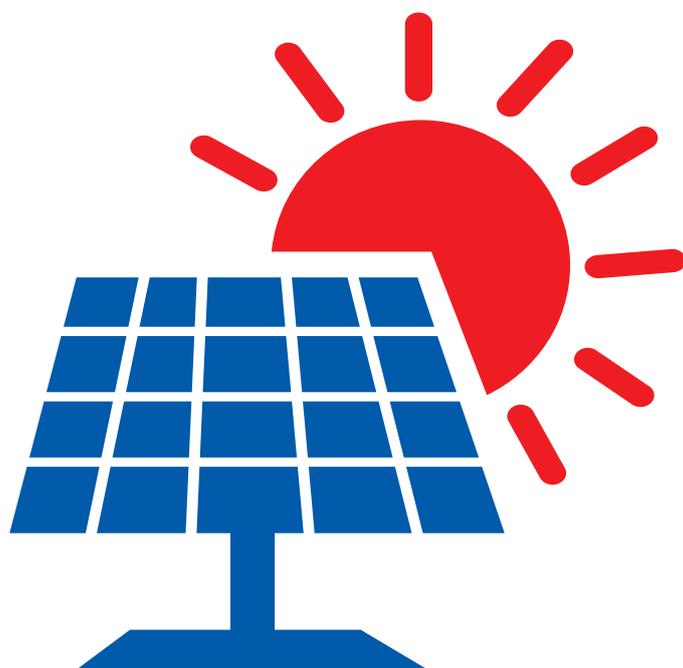
## 시민햇빛발전소, 어떻게? 3

'지속가능한 에너지전환 협동조합'을 확장해가려면,

1. 공공시설 유휴부지에 시민햇빛발전소를 올리려면,  
**협동조합 - 공공기관, 재생에너지 확대를 위한 협약부터 체결해야**
2. 신생협동조합에 대한 신뢰 부족을 해결하려면,  
**광주지역 협동조합 연합회 또는 협의체 구성해, 공동대응해야**
3. '시민RE100' 선택이 아닌, **우리 공동의 실천의무**입니다..!



# 광주광역시 2045 탄소중립 정책 이해



국제기후환경센터  
황철호 박사



# 광주 '2045 탄소중립도시' 정책의 이해

Net-Zero R&D Bureau of Gwang-ju

Cheol-ho Hwang, Ph.D. / Director

황철호 / 국제기후환경센터 탄소중립도시연구지원단



NET-ZERO R&D BUREAU



CHAPTER  
추진배경

1

CHAPTER  
기후변화  
대응현황

2

CHAPTER

2045  
탄소중립도시

3

CHAPTER

4



NET-ZERO R&D BUREAU

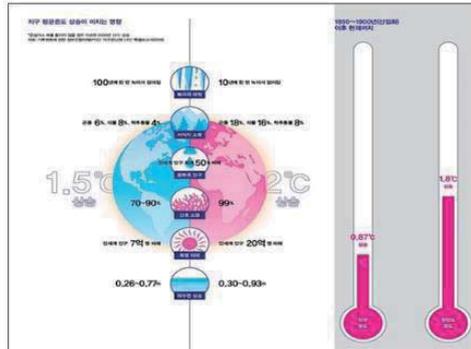


## 기후위기시대

18세기 산업혁명, 도시화	19세기 근대도시계획	20세기 성장과 위험사회	21세기 기후위기사회
 <ul style="list-style-type: none"> <li>인구밀집</li> <li>환경오염</li> <li>전염병</li> </ul> <p>산업혁명과 도시화에 따른 문제 등장</p>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>도시기반시설 (도로, 상하수도 등)</li> <li>용도지역제 (주거, 상업, 공업, 녹지)</li> <li>도시환경 (채광, 통풍, 환기)</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>도시성장과 부작용 (환경, 도시문제 등)</li> <li>기후변화대응</li> <li>체르노빌 원전사고 등 대형재난 발생</li> </ul>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>코로나 19 발생</li> <li>폭염, 미세먼지, 플라스틱 등 환경문제 심화</li> <li>글로벌 온실가스 증가에 따른 감축이행 강화</li> </ul>

도시의 회복탄력성 등 근본적 문제제기

## 기후위기사대



### 기후변화대응 향후 예상

- ❖ CO2 감축 이행 없을 경우 2100년까지 4.6도 상승
- ❖ 파리협정 이행할 경우 2100년까지 3.3도 상승
- ❖ 미국 없이 파리협정 이행할 경우 2100년까지 3.6도 상승

### 네이처 기후변화(2018.8)

- 21세기 말 홍수피해 예측

구분	1.5°C	2°C	3°C
경제 피해	3.4배	6.2배	11배
사망자 수	1.83배	2.3배	3.7배



### 현재 티핑 포인트 근접

- 영구 동토층 광범위한 해빙
- 서남극 빙상
- 아마존 열대우림의 손실

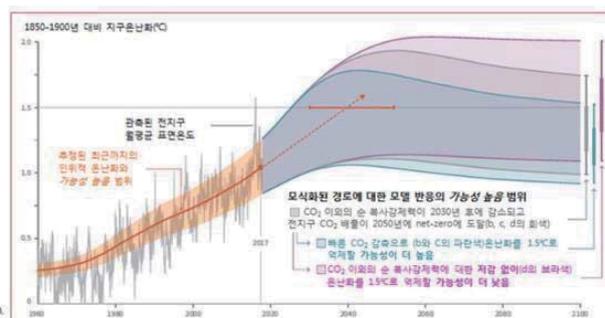


## 기후위기사대

### ▶▶ 지난 100년간 전 지구 평균기온 0.8°C 상승, 2030년 1.5°C 초과 전망

- 1.5°C 상승 시 극한 고온, 호우 및 가뭄 등 자연재해 발생 증가
- 이러한 변화는 온난화 속도와 규모에 따라 더욱 심화될 것으로 전망

### ▶▶ 2030년까지 2010년 대비 최소 45%, 2050년 순 배출 제로 달성 권고



출처 : 1.5°C 특별보고서, '지구온난화 1.5°C', IPCC, 2018.10.

## 포스트코로나, 기후위기 해결의 시간

<코로나 바이러스와 기후변화: 공통 해결책으로서 건강>

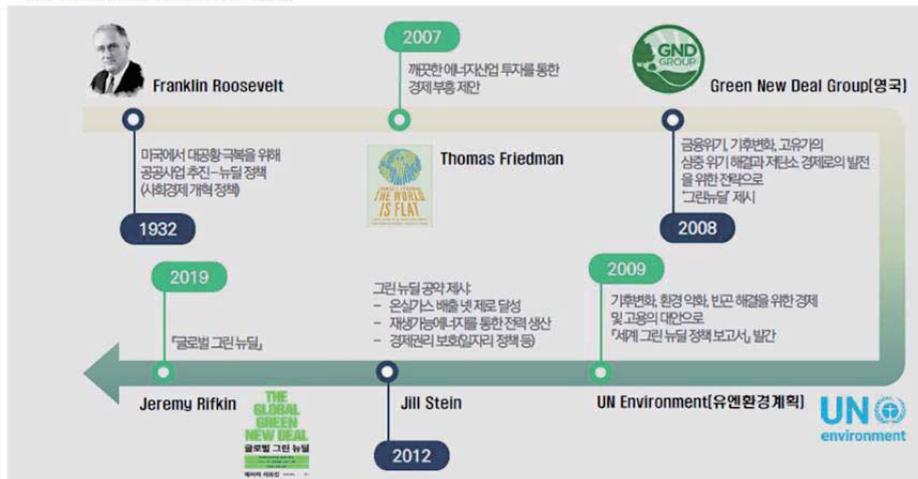


자료 : <https://www.localfirstaz.com/news-blog/covid-19-amp-climate-change-for-the-50th-anniversary-of-earth-day>

출처 : 코로나19위기, 기후위기 해결의 새로운 기회, 고재경(장기연구원), 2020.10.15.

## 그린뉴딜과 과제

### 그린뉴딜의 등장 및 역사



## 한국판 그린뉴딜



## 광주광역시 기후변화 현황



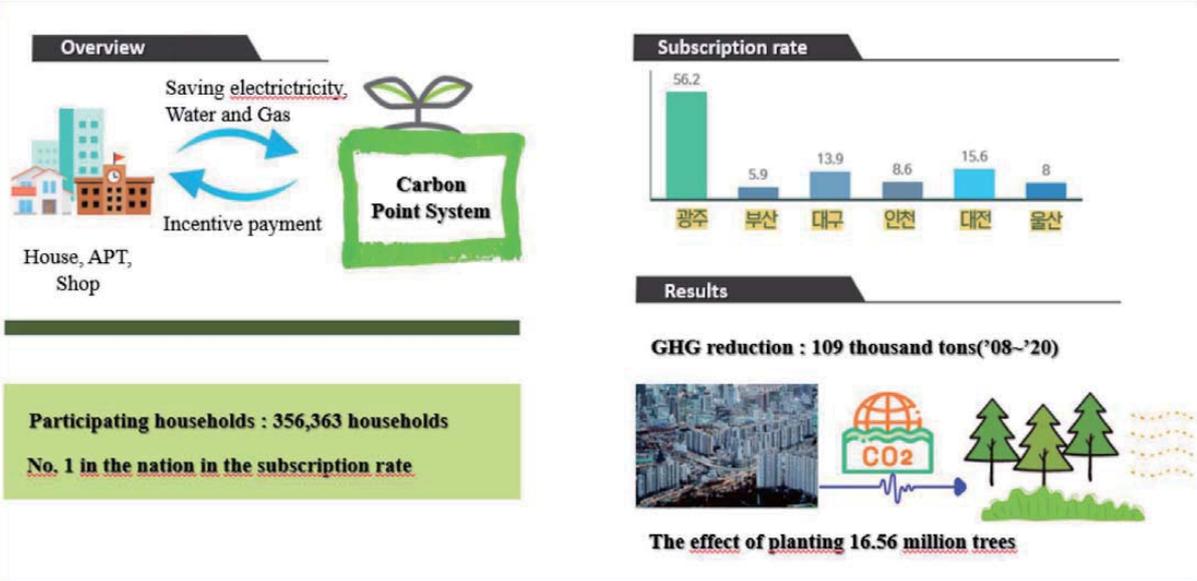
No.1 in Korea for the increased rate of heat waves & tropical nights over the past 10years

Damage to food cultivation due to heatwave and drought

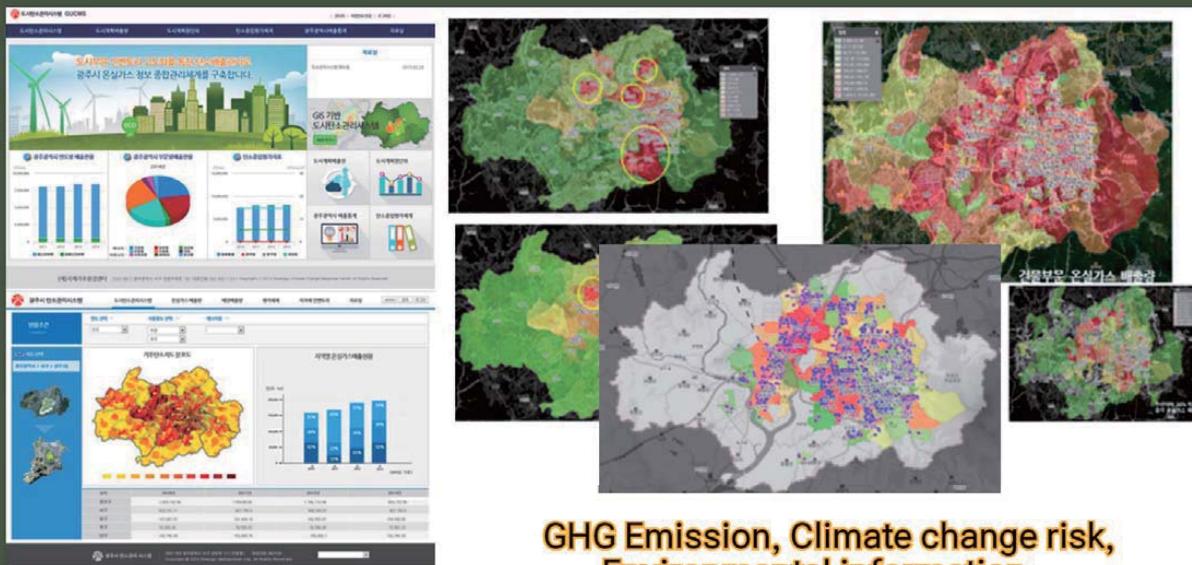
## 광주광역시 기후변화 대응



## 전국 모델이 된 탄소포인트제 최초 운영



## 전국 최초 도시탄소관리





## 지구기온상승을 1.5도로 제한, 2050년 까지 탄소중립 권고

기후변화에 관한 정부간 협의체(IPCC)      세계 자연기금(WWF)

기후변화영향으로 전세계는 매년 568조원, '50년까지 약 1경 1690조원 손실 발생, 한국은 30년간 11조 8540억원 경제손실 예상

- ☑ 40년대이후 현재 최저기온 4.1°C 상승
- ☑ 최근 10년간 폭염, 열대야 전국 최고 수준
- ☑ '19년 역대 가장 빠른 폭염 발생('19.5.15)

광주시 폭염위험도 (2021~2030)	광주시 여름일수전망 RCP8.5, 21C후반
매우높음	169일(4.28)

- ☑ '20년 역대 최장기간 장마 발생
- ☑ 전 지구적 극한 수문기상재해 발생
- ☑ 한반도 무강수 일수 증가

광주시 호우일수전망 RCP6.0, 21C후반	광주시 무강수 전망 RCP6.0, 21C후반
195% 증가	18.7% 증가

신종감염병의 60% 인수공통감염병

이중 약 72%는 야생동물에서 유래

지난 50년간 열대우림지역 감염병 4배증가

기후변화로 인한 서식지 확대  
 산림훼손 등으로 인한 야생동물 접촉확대  
 NET-ZERO R&D BUREAU  
 기온상승, 습도 등 전파속도 등의 영향

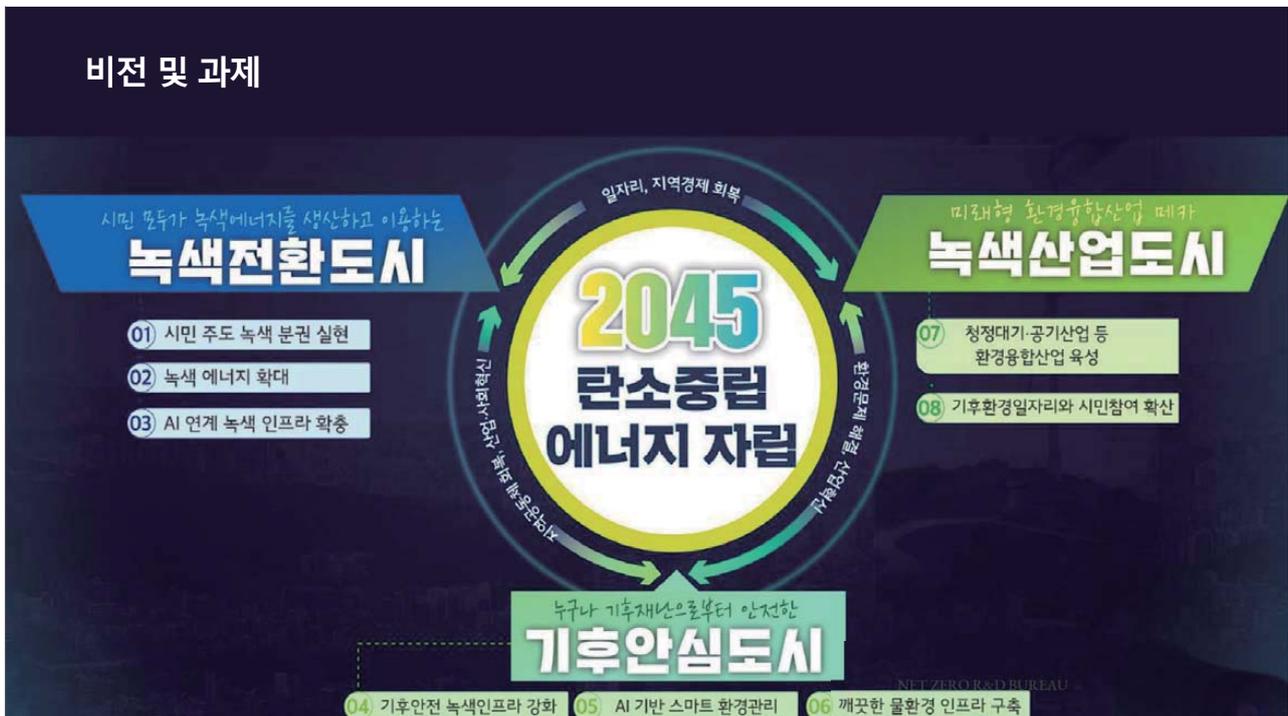


## 2045 탄소중립목표



NET ZERO R&D BUREAU

## 비전 및 과제



NET ZERO R&D BUREAU

## 주요 목표



## 주요 목표



## 1. (Green Democracy) 시민 주도 거버넌스 강화로 에너지분권 실현

시민 모두가 녹색에너지를 생산하고 이용하는  
**녹색전환도시**



커뮤니티 에너지 구축  
빛고을 햇빛발전소  
'45년까지 145개 14.5MW 구축



- 에너지정책위원회  
- 에너지정책 자문기구
- 에너지정책지원협의회  
- 에너지 산학연 협업 실행기구
- 에너지시민협의회 (38개 시민단체)  
- 시민참여형 에너지사업 추진
- 에너지시민실천단  
- 우리시 에너지 정책사업 홍보

에너지 거버넌스 체계 강화



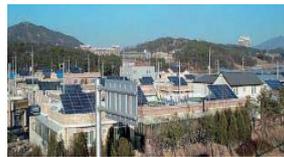
그린에너지 선도기관 운영  
그린에너지산업진흥원  
태양광발전 공동연구센터  
지역에너지센터 설립검토



에너지 시민 리빙랩 운영  
에너지전환교육, 활동가 양성  
마을 에너지 SI 데이터 챌린지

## 2. (Green Energy) 市 전역 신재생에너지 보급·확대로 전력 에너지자립

시민 모두가 녹색에너지를 생산하고 이용하는  
**녹색전환도시**



에너지 자립마을  
공동주택 햇빛발전소



산단RE100  
'30년까지 완료



도로 태양광



친환경 연료전지 발전소  
13개소 735MW급



수열에너지 단계별 확대

### 3. (Green AI Infra) AI 연계 에너지 클라우드 구축



시 전역 국민 AUTO DR 플랫폼 구축



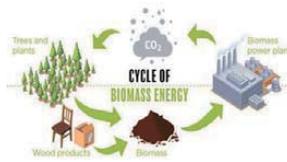
에너지 AI 분산자원 에너지 클라우드 구축

#### V2G 서비스 플랫폼 구축

- ▶대상 : 에너지 효율화가 필요한 가정, 빌딩, 공장 등
- ▶목표 : 전기차(22만대), 수소차(12만대), TIPV(PV192MW, ESS576MWh), 그린충전용(PV34MW, ESS91MWh, 연료전지38MW), \*전력 Aggregator



### 4. 환경오염 및 기후재난 대응 시민안심 인프라 강화



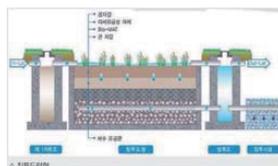
유기성 폐자원 에너지화 확대



광역 생활자원회수센터 건립



광주 새활용센터 건립



소하천 비점오염 저감시설 설치



생활속 우수저류시설 설치 확대

#### 4. 환경오염 및 기후재난 대응 시민안심 인프라 강화







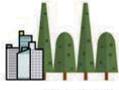






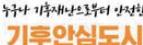








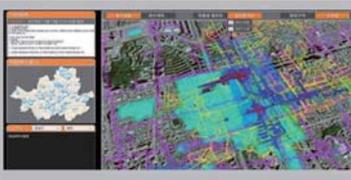
#### 5. AI 빅데이터 기반 스마트 환경관리 도시체계 확산













## 6. 깨끗한 물환경 제공을 위한 상수도 인프라 구축

누가 기후재앙으로부터 안전한  
**기후안심도시**



### 수돗물 공급 스마트 관리체계 구축

- 수돗물 공급 전과정을 스마트 관리체제로 구축하여 사고발생을 사전에 차단하고 사고발생시 신속히 대응하여 효율적인 관리 추진
- 수돗물 정보를 실시간으로 제공하여 수돗물 신뢰도를 향상시키고 스마트 물관리 기술 도입을 통해 유수율 제고 및 누수 손실액 감소

### 노후 상수도 개량

- 물 공급과정에서 퇴적물 형성으로 발생하는 수질문제를 선제적으로 차단하기 위한 관세척 및 노후화된 수도관 교체. 갱생
- 수질관리에 높은 서비스 수준을 요구하는 시민요구에 부응하고 수도관 기능 회복을 통해 수돗물 음용률 제고



## 7. 청정대기, 공기산업 등 환경융합산업 육성

미래형 환경융합산업 메카  
**녹색산업도시**



## 8. 기후 환경 일자리 및 시민 참여 확산



재활용품 품질개선 추진



광역 환경교육센터 지정, 운영



도시형 스마트팜 혁신밸리 조성



녹색제품, 녹색생활 실천 지원 확대



온실가스컨설팅, 기후강사단 등 양성교육 강화



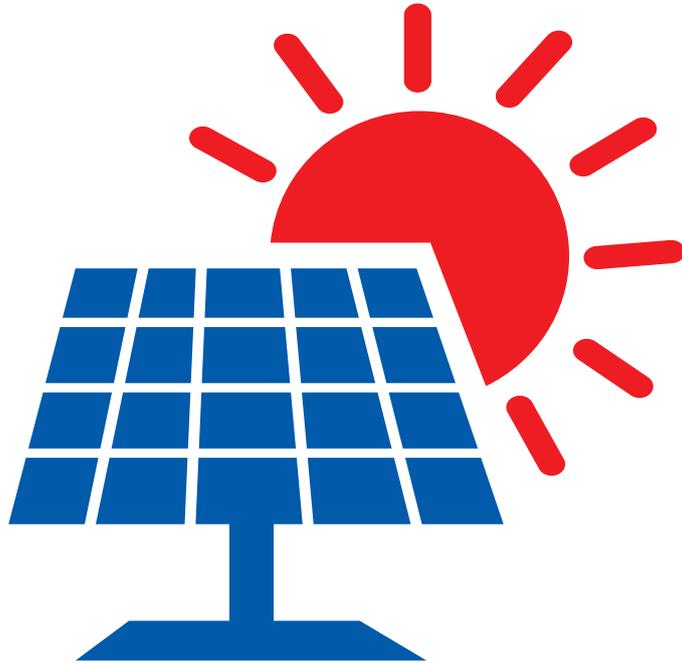
# THANK U FOR WHATING

들어주셔서 감사합니다.

Presenter : Hwang Cheol ho / Ph.D.  
hch@icecgj.or.kr



# 탄소중립 실천 방안 찾기

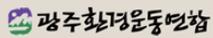


광주햇빛발전협동조합  
김종필 사무국장

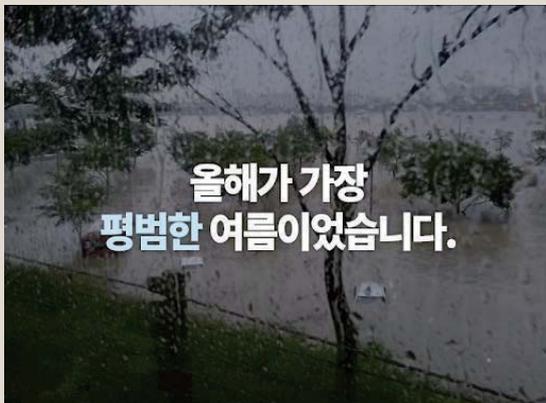




'생태적·정의로운 전환을 위한 '  
**탄소중립 실천방안 찾기**



광주환경운동연합 사업국장 김종필



中 정저우시 폭우로 12명 사망..모두 터널속에 갇힌 열차 승객  
 베이징-CBS노컷뉴스 안성용 특파원, 일리 2021-07-21, 13:06 댓글 0개

**핵심요약**  
 허난성 정저우 일대에 60년만에 기록적인 폭우  
 3일 내린 비가 1년 전체 강우량과 맞먹어  
 절로에 몰려면서 승객 터널속 열차에 갇혀  
 산소 부족하고 목까지 물이 차올라...공포의 시간



캐나다서부...폭염이어산불 136곳 확산

By 이하연 기자 2021-07-03

캐나다 연이은 악재





# 온실가스의 종류

출처: 환경부 온실가스종합정보센터



	CO <sub>2</sub> 이산화탄소	CH <sub>4</sub> 메탄	N <sub>2</sub> O 아산화질소	HFC <sub>s</sub> 수소불화탄소	PFC <sub>s</sub> 과불화탄소	SF <sub>6</sub> 육불화황
배출원	연료연소	폐기물, 농업, 축산	비료, 축산	냉매, 스프레이	반도체 공정가스	반도체, 절연체
온난화지수	1	21	310	140~11,700	6,500~9,200	23,900



## 지구 평균기온 상승 시나리오별 기후변화

자료: IPCC AR6 제1실무그룹 보고서 ※기준: 1850~1900년 대비

지구 평균기온	현재(+1.1°C)	+1.5°C	+2°C	+4°C
최고기온	+1.2°C	+1.9°C	+2.6°C	+5.1°C
극한기온 발생빈도	4.8배	8.6배	13.9배	39.2배
가뭄	2배	2.4배	3.1배	5.1배
강수량	1.3배	1.5배	1.8배	2.8배
강설량	-1%	-5%	-9%	-25%
태풍 강도		+10%	+13%	+30%



연말뉴스  
사흘 폭염 후 '폭설' 예보.미국 덴버 극단적 날씨 변화

평운성 입력 2020.09.08. 10:10 댓글 111개

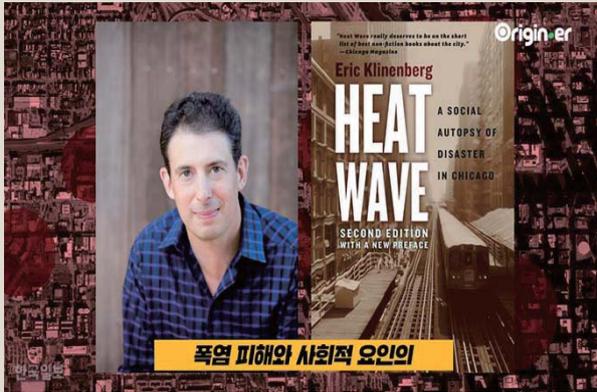
▶ 환경전선 유입 영향, 하루 만에 무려 36도 떨어질 전망  
"영하 2.2도까지 떨어지고, 최고 15.24cm 눈 내릴 것"



YONHAP NEWS

전국 평균 폭염일수

출처 : 기상청, 기상자료개방포털(2020.8.19. 기준)





## “지구에 불지른 것 같다” 50도 폭염 캐나다 700명 돌연사

중앙일보 | 입력 2021.07.04 15:02 업데이트 2021.07.04 18:46

김중범 기자

“코로나19 유행 초기에도 이리진 않았다. 우린 한계에 다다랐다(on the edge).”



지난달 28일 미국 오리건주에서 폭염에 더위를 식히고 있는 주민. [AFP-연합뉴스]

북미 서부 지역에서 기록적 폭염이 이어지며 일부 지역 병원에선 의료 체계의 일시적 마비까지 나타나고 있다.

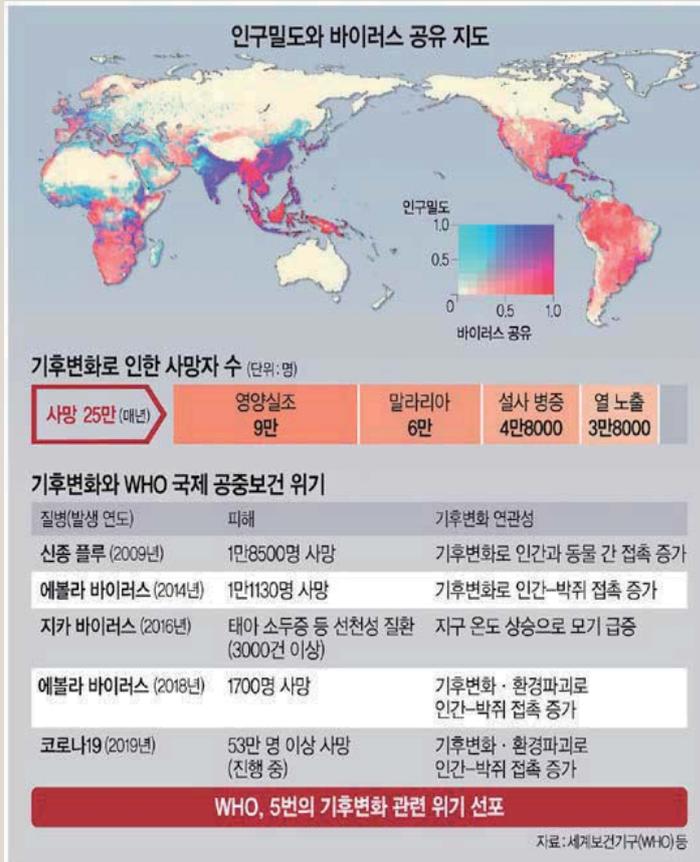
3일(현지시간) 가디언에 따르면 태평양 연안에 위치한 캐나다 브리티시컬럼비아주(州)에선 지난 한 주에만 719명이 돌연사했다.

이날 리사 러포인트 브리티시컬럼비아주 수석 검시관은 “일주일간 719명이 사망했다”며 “이는 일반적으로 발생할 수 있는 사망자 수의 3배에 달한다. 극한 날씨가 사망자 증가에 중요한 요소가 된 것으로 보인다”고 말했다.

그는 그러면서 “사망자의 상당수가 환기가 잘되지 않는 집에 혼자 사는 노인들이었다”고 설명했다.

최근 이 지역은 ‘열돔(Heat Dome)’ 현상으로 폭염을 겪고 있다. 지난달 30일 일부 지역에서는 한때 최고 기온이 50도까지 치솟았다. 캐나다 외에도 미국 북서부 오리건주와 워싱턴주에서도 같은 기간 각각 사망자가 95명, 30여명 발생한 것으로 집계됐다.





# RE100

Committed to 100% renewable power

More than  
**260**  
companies

with



**US\$6.6 trillion**  
combined revenue

and a

**281**  
TWh/yr  
renewable  
electricity demand

in

More than  
**140**  
markets  
worldwide

Join the world's most influential  
companies committed to  
**100% renewable power**

**RE100**

**CLIMATE  
GROUP**

**CDP**

**CLIMATE  
WEEK  
NYC**  
2020  
by THE CLIMATE GROUP

# 세계 경제



유럽연합

- 탄소국경세



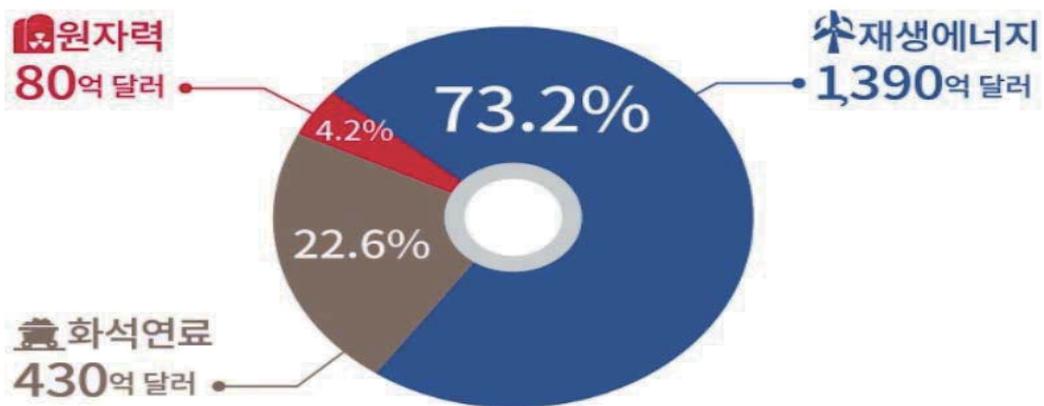
바이든 정부

- 기후협약재가입

- 탄소조정세



# 재생에너지산업



OECD 국가 신규설비 투자 중  
재생에너지가 **73.2%**.

출처 : IEA, World Energy Investment 2018



# WHY?

## ESG



### ENVIRONMENTAL

Climate change strategy,  
Biodiversity,  
Water efficiency,  
Energy efficiency,  
Carbon intensity,  
Environmental  
management system



### SOCIAL

Equal opportunities,  
Freedom of association,  
Health and safety,  
Human rights,  
Customer &  
products responsibility,  
Child labour

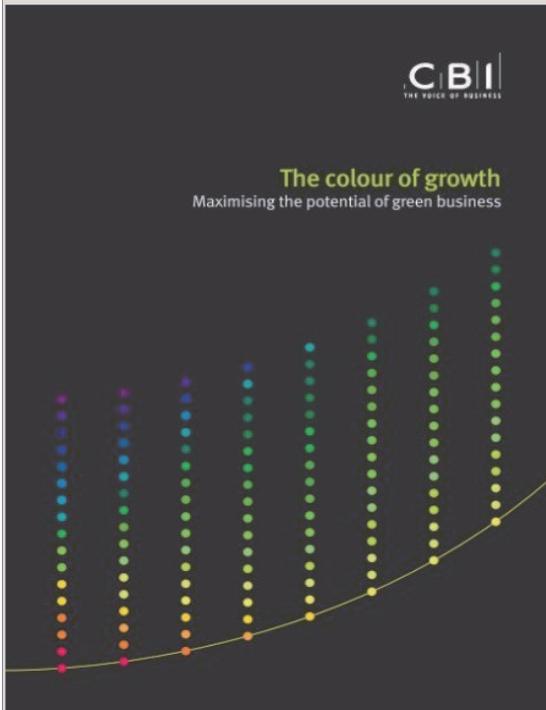


### GOVERNANCE

Business ethics,  
Compliance,  
Board independence,  
Executive compensation,  
Shareholder democracy



# WHY?



## 엑손모빌

2025년까지 온실가스배출  
20%감축

## 한국전력

석탄발전 투자. 네델란드  
공적자금 6000만유로 회수

## 삼성물산

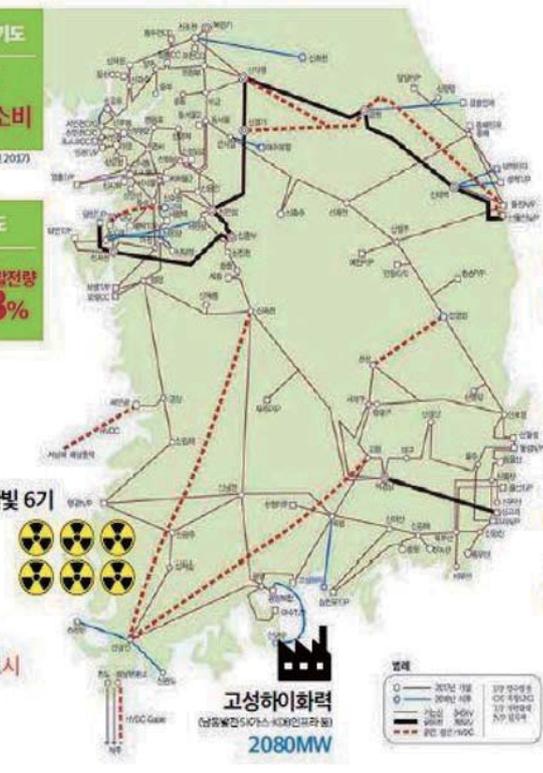
신규 석탄발전 투자 중단



# 한눈에 보는 지역에너지 현안 지도

**서울시·경기도**  
전력 **31% 소비**  
(지역에너지소비액 2017)

**충청남도**  
석탄발전소 발전량  
전국 **53%**



- 강릉안인화력** (상용화산 남양발전) **2080MW**
- 삼척화력** (포스파워) **2080MW**
- 울진 | 신한울 2기**  
☢ ☢ ☢ ☢ ☢ ☢
- 경주**  
☢ ☢ ☢ ☢ ☢ ☢
- 울산 | 신고리 3기**  
☢ ☢ ☢ ☢ ☢ ☢
- 부산**  
☢ ☢ ☢ ☢ ☢ ☢

8차 장기 송변전설비계획에  
신규 핵발전소와 석탄발전소 건설 예정 표시

**사용후핵연료 처분,  
재생에너지 입지 갈등**

**고성하이화력**  
(남동발전 사기스-고성인프라 발전) **2080MW**

**범례**  
○ 2017년 계획 377만여명  
○ 2018년 계획 400만여명  
— 300kV 송전선  
— 500kV 송전선  
— 765kV 송전선  
— 154kV 송전선  
— 110kV 송전선



출처: 석광훈





출처: 장영식

# WHY?

- 에너지소비도시 : 전력자립도5%, 재생E 2%
  - 1) 핵발전, 석탄화력발전 의존95%
    - ➔ 사회문제 : 핵폐기물, 방사능사고(체르노빌, 후쿠시마 등)  
미세먼지, 고압송전탑, 안전성-한빛핵발전소  
(철판부식, 구멍, 화재 등), 발전소 주변주민  
사회비용 : 안전성강화, 폐기물, 건강문제, 재산권 등
  - 2) 한빛핵발전소 폐로 예정 2042년
    - ➔ 앞으로 20년 지금부터 준비해야합니다.



# HOW?

## 에너지전환이 필요해요.

### 1. 에너지효율(절약,기술개발)



### 2. 에너지 생산

- 도시에서 에너지 생산
- 주민이 참여하는 **'에너지협동조합'**



## 1. 진단하기

### 우리동네 온실가스정보센터

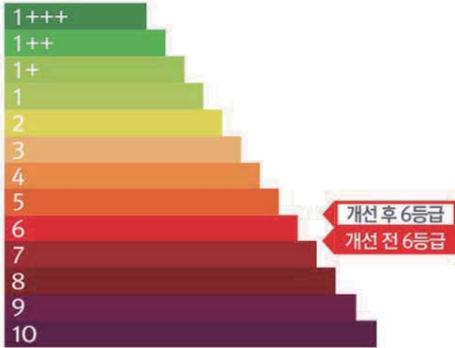




## 에너지 효율개선 방법 Best 6

○ 허가년도: 2001 - 2007년

○ 세대위치: 중간층



### ① LED조명교체 6% ↓

배경 조명을 낮추고 필요한 곳에 스탠드를 사용하면 눈 건강에도 도움이 되고 에너지도 절약할 수 있습니다.  
LED라도 설치 개수가 많아지면 에너지 사용량이 많아집니다.  
예상공사비용: 약 10,000원/개(18W)~약 60,000원/개(40W)



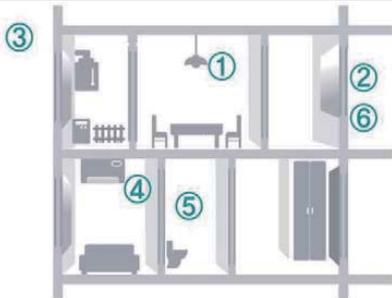
### ② 1등급 이상 창호 교체 5% ↓

창호 교체로 외풍, 한기, 외부 소음을 줄일 수 있습니다. 벽체와의 틈새를 폼으로 채우고, 기밀테이핑을 해야 합니다. 곰팡이와 결로를 줄이기 위해 외벽 외단열 공사도 권장합니다.  
예상 공사비용: 약 2,500,000원/개(2.4x2.1 사이즈 기준)



### ③ 미니 태양광 250W 설치 3% ↓

냉장고나 김치냉장고처럼 낮시간에 항상 사용하는 가전의 갯수에 따라 설치용량을 정하는 것을 권장합니다. 설치 시 구조 안전에 유의해야 합니다.  
예상 공사비용: 약 200,000원/㎡



주) 1. 본 예상 에너지 절감률은 주택 실내 전체를 겨울철 20도, 여름철 26도로 유지할 때 필요한 1차에너지소요량의 절감 비율입니다. 따라서, 부분 냉난방이나 실내 온도 차이에 따라 실제 절감률은 차이가 있을 수 있습니다.

2. 예상 공사 비용의 단위 면적(㎡)은 단위 공사 면적을 의미하며, 현장에 따라 증감이 클 수 있습니다.

※ 1차에너지소요량이란? 에너지 소비에 필요량에 전력 생산 및 연료의 운송 등에서 손실되는 손실분을 고려하여 전력은 2.75, 도시가스는 1.1의 1차에너지 환산 계수를 곱한 에너지량



### ④ 1등급 에어컨 교체 2% ↓

에어컨 교체로 냉방 에너지 소비를 60%까지 줄일 수 있습니다. 인버터 에어컨은 자주 전원을 껐다 켜는 것보다 적정온도로 설정하여 계속 가동하는 것이 효과적입니다.  
예상 공사비용: 약 1,500,000원/대



### ⑤ 절수형 양변기 및 절수설비 설치 2% ↓

절수 설비를 통해 물도 절약하고 가스비도 줄일 수 있습니다. 절수형 양변기로 교체하면 1인당 연간 약 10.2톤의 수도물을 절약할 수 있습니다.  
예상공사비용: 약 30만원/개(양변기), 약 3만원/개(절수기)



### ⑥ 베란다속 차양설치 1% ↓

차양이나 블라인드는 베란다 외측창에 설치하는 것이 효과적입니다. 여름철에는 일조시간 동안 가급적 내려두고 겨울철에는 올리는 것을 권장합니다.  
예상 공사비용: 약 500,000원/건

### 우리 단지 에너지 효율 개선 Best 6

1. 엘리베이터 회생제동장치 설치	9% ↓
2. 개별난방시스템으로 교체	7% ↓
3. 외벽 외단열 180mm 설치	5% ↓
4. 기밀 시공 및 폐열회수 환기장치 설치	4% ↓
5. 공용 지하 주차장 LED 교체	1% ↓
6. 공용 LED 교체 (복도, 비상구표시, 가로등)	0.6% ↓

### 적은 예산으로 누구나 할 수 있는 건축 성능 개선 Best 6

1. 방풍재 설치	1% ↓
2. 덧유리 설치	1% ↓
3. 단열벽지 10mm 압착 시공	0.5% ↓
4. 스마트플러그 설치	0.2% ↓
5. 조도조절장치 설치	- ↓
6. 스마트미터 전력량계 설치	- ↓

<https://open.eais.go.kr>

건축데이터개방 | 개방서비스 | 참여광장 | 이용안내 | 데이터개방 소개

로그아웃 | 글자크기 [+]

개방서비스 > 유형별 건축데이터

유형별 건축데이터

원시데이터 맞춤검색

건축인여가

주택인여가

건축문대강

폐쇄일소대강

건물에너지

전기에너지

가스에너지

건축물유지관리

도면정보

건물에너지 □ 전기에너지

2021년 01월 기준 | 계층 데이터 설명 ?

대지위치: 서울특별시 강남구 대치동 대지 892

사용년월: 2020년 월 월

검색하기 초기화

총 12건의 검색결과가 있습니다.

맞출형 항목조회 - 검색 추가조건 +

데이터 다운로드 XLSX JSON

순번	대지위치	시군구코드	법정동코드	대지구분코드	번
1	서울특별시 강남구 대치동	11680	10600	0	0892
2	서울특별시 강남구 대치동	11680	10600	0	0892
3	서울특별시 강남구 대치동	11680	10600	0	0892

국토교통부 한국부동산원 **K-apt** 공동주택관리정보시스템

로그인 | 단지가입(가입신청서 수정) | 사업자가입 | 사이트맵 | 한국부동산원

K-apt소개 | 단지정보 | 관리비정보 | 입찰정보 | 유지관리이력 및 하자담보 | 회계감사보고서 | 에너지사용정보 | 소통마당

## 공동주택 관리비의 투명화

공동주택관리정보시스템이 관리비 투명화와 절감에 앞장서겠습니다.

### 에너지사용정보

HOME > 에너지사용정보

단지검색

발생등 도로명

- 발생월기준: 2021 02
- 조회조건: -광역시/도 - 시/군/구 - 읍/면/동
- 법정동 검색
- 법정동 목록

QUICK MENU

- 관리비별 입찰이력
- 사업자전송
- 공동주택 입사청구 및 특 시스템



I-SEOUL U

도전! 서울시 에너지자립마을 만들기

# 에너지자립마을의 착한 관리비 따라잡기

## 에너지 전환의 실험, 에너지 리빙랩을 위한 기본교육

마을에서, 아파트에서 에너지전환을 위한 활동을 고민하고 기획하고 싶은 분들을 기다립니다. 교육 수요 후 그룹별 "에너지디자인" 활동을 진행합니다.

**2020년 8.13(목요일) 오전 10시 - 오후 4시**

장소 추후공지  
대상 기후위기와 에너지에 관심있는 시민 40명(선착순)  
신청 <https://forms.gle/beBQzeRF72hdozqW9> (전화접수 가능)  
문의 박경희 (010-7602-1894)

세부일정

시간표	주제	강사
10:00 - 11:30	그린리모델링	윤전우(도시건축과)
11:30 - 13:00	에너지자립(전환)마을	신근정(지역에너지전환 전국네트워크 운영위원장)
13:00 - 14:00	점심 식사	
14:00 - 16:00	태양광DIY 실습	이기관(아이크로발전소 대표)

※ 생활속거리두기와 식사 준비로 40명 선착순 모집합니다. 참가확정 여부는 문자로 연락드립니다.

광주지역에너지전환네트워크 | 시민생활환경회의 | 광주광역시 Gwangju City

\*공동주택에서 전기 절약, 효율화, 생산 3+1 시리즈

**공용전기 줄이기 3+1 (LED 3+펌프 1)**

**LED 1** 지하주차장 조명 효율화 및 적정 조명 수(0.9개/주차면당)로 격등하기

**LED 2** 엘리베이터 조명 효율화 및 적정 밝기 유지(총 소비전력 30W, 예: 15W 2개)

**LED 3** 가로등 조명 효율화 및 적정 밝기 유지(50W 이하)

**펌프 1** 급수펌프를 부스터펌프로 교체

**세대전기 줄이기 3+1 (설정 3+실천 1)**

**설정 1** 냉장고 설정온도 높이기(냉동실: 영하 17도, 냉장실: 영상 4-5도)

**설정 2** TV의 절전모드를 3-4단계로 설정하기

**설정 3** 에어컨 설정온도는 28도, 안 쓸 땐 전력 차단하기

**실천 1** 잠자기 전 외출할 때 인터넷 전원 끄기

**전력 생산하기 3+1 (태양광 3+회생제동 1)**

**태양광 1** 베란다형 미니태양광 설치하기

**태양광 2** 옥상 태양광 대여사업 참여하기

**태양광 3** 경비실에 태양광 설치하기

**회생제동 1** 엘리베이터에 회생제동장치 설치하기



\*석관두산 에너지자립마을의 온실가스 감축량

	2008년 뺏음량	2016년 뺏음량	저감량	저감률(%)
명승 -습	3,106,773 km <sup>2</sup>	1,704,415 km <sup>2</sup>	1,402,358 km <sup>2</sup>	45.1 %
절 -긋	10,687,826 kWh	8,429,890 kWh	2,257,936 kWh	21.1 %
습 -명	395,179 km <sup>2</sup>	434,501 km <sup>2</sup>	39,322 km <sup>2</sup>	-9.9 %
CO <sub>2</sub> 뺏셈량	12,056 ton	7,830 ton	<b>4,226 ton</b>	<b>35.1 %</b>

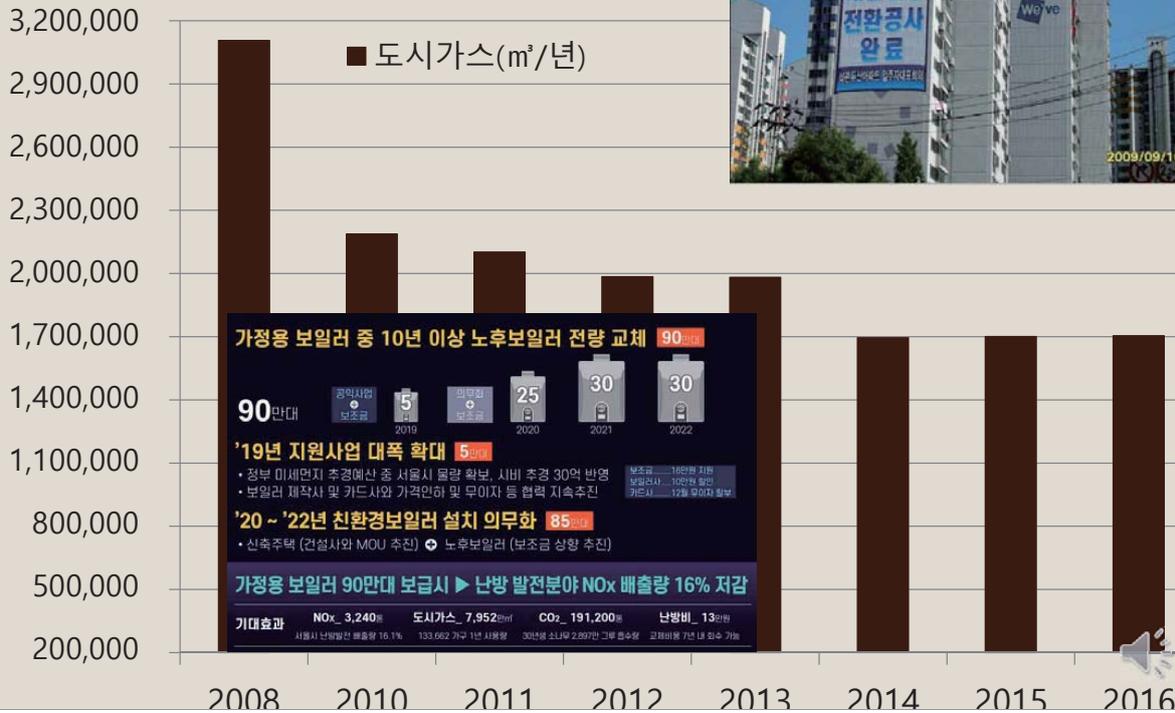
- 일사훗킹센 갈초량: 2.1 ton/섯닷

- 여 | 곱툼뵤 저갈얏: 앗 16 앗응

(-습 10 앗 5 창, 절긋 5 앗 5 창)



\*친환경 콘덴싱 보일러 전면 도입으로  
도시가스 사용량 30% 감축(단열에 유리)



**\* 좁빚 족짱잡 족멸 힘유훗 식젠(쌔긱돩사 씹팁틀)**

1) 1,450개를 40W 형광등의 20W을 LED등으로 교체, 돩잇 성셀 성츰



2) 동작 센서를 이용한 디밍 시스템.

- 차량이나 사람의 움직임이 없을 때 20W의 LED등이 5W로 밝기로 바뀜



- 지하 주차장 조명으로 인한 전기 사용량의 **83%가 줄어듦**

:연간 474,420kWh 절감

3) 지하주차장 주차면당 조명 수를 적절하게 유지하는 것을 추천할 필요 있음



\*가로등 조명 효율화 상황(2017년, 1271개 단지 통계)



175W가로등 Vs 55W LED등

- 가로등 조명의 표준 밝기로 50W의 LED등을 추천할 필요 있음.
- 석관두산아파트 가로등 조명 효율화로 연간 38,623kWh절전

**(71% 절약)**



\*엘리베이터 조명 효율화 상황(2017년, 1271개 단지 통계)

엘리베이터 조명 효율화율

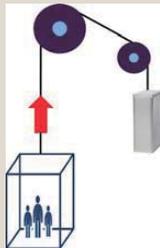


- EV 조명의 소비전력 합계(LED등 기준)를 40W이하로 추천할 필요 있음.
- 석관두산아파트 EV 조명 효율화로 연간 32,956kWh절전

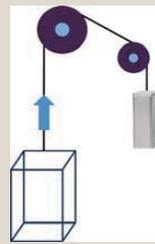
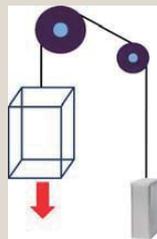
**(64% 절약)**



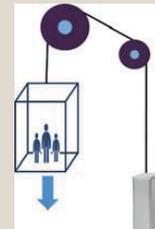
\*엘리베이터 회생제동 장치 설치로 전력 생산



엘리베이터가 전기 소모



엘리베이터가 전기 생산



← EV가 전기 생산 시  
공용전기로 사용

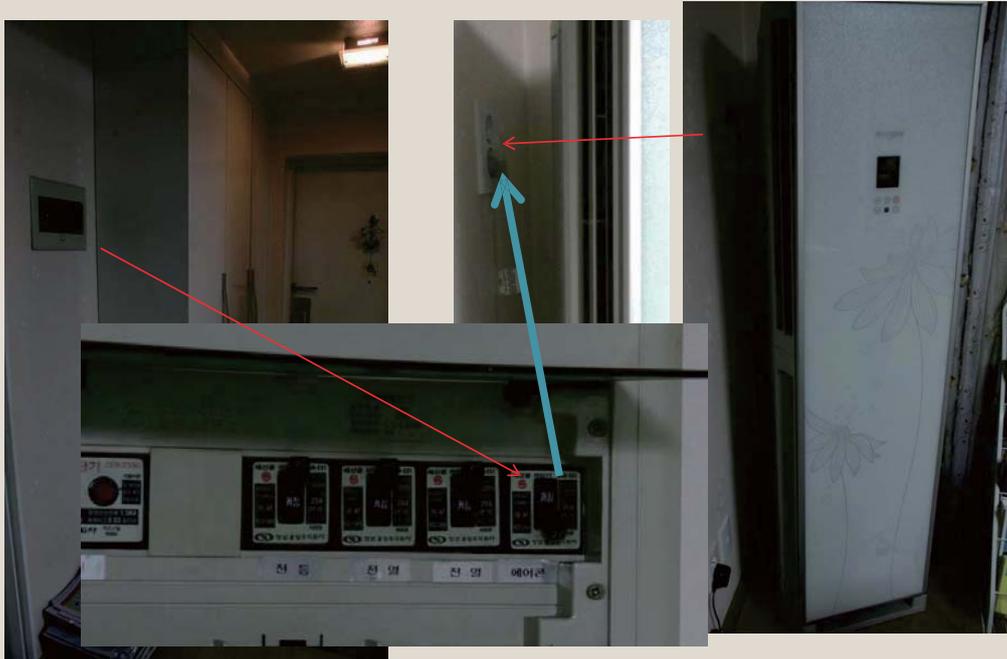


- 신대방현대 A 회생제동 장치로 연간 연간 154,480kWh절전 **(58% 절약)**

-최근에 지어지는 아파트의 EV는 회생 제동 장치 채택 중.



## 설정 1. 9월부터 6월까지 에어컨 전용 누전 차단기 내려 놓기



$$-3\text{kWh/月} \times 1,000\text{세대} \times 10 \text{ 개월} = 30,000\text{kWh/년}$$

$$-3\text{kWh/月} \times 1,500\text{세대} \times 10 \text{ 개월} = 45,000\text{kWh/년}$$



## 설정2. 냉장고의 냉동실과 냉장실 온도 조정하기.



$$-7\text{kWh/月} \times 1,000\text{세대} \times 14 \text{ Month} = 98,000\text{kWh/년}$$

$$-7\text{kWh/月} \times 1,500\text{세대} \times 14 \text{ Month} = 147,000\text{kWh/년}$$



### 설정3. HDTV의 절전 단계 활용하기



가족들 몰래 절전모드로 변경 : 동공이 자동으로 커져서 눈치채지 못해요.



13.5W의 대기전력

$13.5W \times 10h \times 30D = 4.05kWh$

\* 샘콧됨사 씹팁틀 갈벼 섯닷을 여 | 쟈긋 뵘움략(kWh/y) 뵘훗

실천 1. 잠자기 전 외출할 때  
인터넷 관련 전원 끄기

2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
7,583,402	7,380,612	7,285,926	7,029,431	6,624,913	6,562,203	6,667,800

## 2. 생산하기



재생에너지 진짜 뉴스 | 태양광 발전편

## # No 빛반사 # Yes 빛흡수

5.1% 반사율 반사율	10~20% 빛은 반동 반사율	25~30% 빛은 색 문제 반사율	8~10% 유기인쇄기술 반사율	70~90% 흰색페인트 반사율
--------------------	------------------------	--------------------------	------------------------	------------------------

태양광모듈은 빛을 흡수해서 전기를 생산해야 되기 때문에 반사가 심하면 안됩니다. 눈부심이 크지 않기 때문에 인한채광량, 오사카 공항 등 눈부심에 가장 유의해야하는 곳에 태양광 발전이 설치되어 있습니다.

광주청기동동명초등학교 | 올렉시아이노텍

재생에너지 진짜 뉴스 | 태양광 발전편

## # NO 강한 전자파 # Yes 미비한 전자파

태양광 패널 인버터 7.6mG	휴대용 인버터 110.75mG	전기오븐 56.41mG	전자레인지 29.21mG
---------------------	---------------------	-----------------	------------------

국립전파연구원의 연구결과입니다. 2011년 건국대 산학협력단이 태양광 발전소 옆에서 직접 측정한 전자파도 WHO 기준의 8분의 1 수준이었습니다

광주청기동동명초등학교 | 올렉시아이노텍

재생에너지 진짜 뉴스 | 태양광 발전편

## # No 중금속 범벅 # Yes 결정질 실리콘

76% 유리	10% 폴리머	8% 알루미늄	5% 실리콘	1% 구리
-----------	------------	------------	-----------	----------

한국에너지기술연구원에 따르면 우리나라에서 쓰이는 태양광 패널은 결정질 실리콘 재질입니다. 중금속이 다량 포함된 패널은 카드뮴 텔루라이드 재질인데 한국에는 들어오지 않습니다.

광주청기동동명초등학교 | 올렉시아이노텍

재생에너지 진짜 뉴스 | 태양광 발전편

## # No 맹독성 세정제 # Yes 기본은 물세척

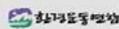
EU와 미국의 가이드라인은 물세척 패널 기능이 떨어질 수 있고 빗물만으로 이물질이 쉽게 제거가 되기 때문입니다. 국내 공식판매 되는 세제가 있지만 PH 7.0 인덱스의 중성이고, 무해성 인증을 받았습니다. 중금속 성분은 없어요.

광주청기동동명초등학교 | 올렉시아이노텍





#에너지진짜뉴스 Q&A



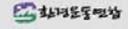
**Q. 수서역 공영주차장의 태양광 발전소, 왜 설치되지 못하고 있나요?**



**A.**

서울시민햇빛발전협동조합 연합회는 2018년 9월에 서울시와 태양광발전소 건설사업 실시협약을 체결하여 작년 4월, 서울시 소유인 수서역 공영주차장을 10년 간 사용할 수 있다는 허가를 받았습니다. 그러나 강남구청이 주민 반대와 경관 파괴 등을 이유로 2019년 7월부터 4차례에 걸친 공작을 축조 신고를 신고 수리하지 않아, 태양광 발전소가 설치되지 못하고 있습니다.

#에너지진짜뉴스 Q&A



**Q. 서울시 강남구에 태양광 발전소가 필요한 이유는 무엇인가요?**



**A.**

서울시 전력자립률은 4.5%(2017년 기준)에 불과합니다. 그 중에서도 강남구는 서울시 25개 자치구 중 2018년 전력사용량 1위(4,669GWh, 9.5%)입니다. 강남구의 에너지 자립도를 높이고, 기후위기에 대응하기 위해서는 태양광 발전소가 필요합니다. 주차장 태양광은 한 장소에서 주차와 발전을 동시에 할 수 있어 공간 활용도가 높고, 비와 눈, 무더위를 막는 가림막 역할을 합니다.



# \* 서울시 에너지자립마을 우수사례

## 아파트 공동전기 '0'원 에너지자립마을

### 신일해피트리 에너지자립마을

- 2015년 옥상태양광 20.16kWh
- 2016년 방음벽태양광 34.02kWh 설치 이후
- 2016년 8월 공동전기요금 '0원' 달성



### 사당우성 에너지자립마을

- 공용부분 LED 등 100% 교체, 전기요금 단일계약으로 변경
- 태양광 대여사업으로 235kW 옥상태양광 설치로 ('18년 7월) 공동전기로 '0원' 달성



[206 동 907 호] 2018년 8월분 관리비 부과현황

항목	전월고지금액	당월고지금액	증감액
일반관리비	50,350	42,880	-7,350
청소비	12,990	12,990	0
소독비	850	850	0
승강기유지비	1,250	1,250	0
수선유지비	28,290	19,150	-9,140
청기수선충당금	31,540	31,540	0
화재보험료	1,040	1,040	0
김비비	43,490	43,490	0
난방비	1,410	0	-1,410
위탁관리비	990	990	0
정화조유역비	680	680	0
세대전기로	12,440	21,990	9,440
공동전기로	1,100	0	-1,100
음향기연기	3,900	3,700	-200
TV수신료	2,500	2,500	0
물이용부담금	2,890	2,550	-340
상수도료	7,200	6,480	-720

## \*에너지자립마을을 중심으로 베란다형 미니 태양광 설치 세대 급증



- 홍릉동부 371세대 중 360세대 미니태양광 설치
- '16년 대비 '17년 세대별 전기요금 3,600만원 절감



### 3. 함께하기

#### ○ 소속감과 명분 만들기

- 공통관심사 가진 이웃모임, 에너지절약 공동체로



**경험자**

- 자전거발전기, 적정기술체험
- 미니태양광
- 에코마일리지, 승용차마일리지 가입 캠페인
- 절약 상품 판매
- 에너지클러닉 행사
- 에너지 절약 세대 시상



**색다른 축제를 원한다면**

- 우리동네 등불축제
- 스스로 집고치기 함께하는 동네 집수리
- 비전력 놀이활동

온실가스로 감축하고 기부도 하고  
**2045 탄소중립도시 실현 함께해요!**

**탄소포인트제란?**  
가정에서 전기, 수도, 가스 사용량을 일정한 절감할 경우 포인트로 환산하여 현금 등 인센티브를 제공하는 온실가스 감축실천 프로그램  
\* 2023년 시행 이래 현재까지 약 50만여 가구가 참여하여 330톤 온실가스를 약 60만 톤 감축

**탄소포인트제 참여 안내**

**참여대상** 광주광역시 가정의 세대주 또는 세대구성원

**시상 기준** 최근 1년간의 에너지 사용량과 당해연도 사용량을 비교하여 포인트 산정

감축률	전기	수도	가스
5%이상 10%미만	5,000포인트	7500포인트	3,000포인트
10%이상 15%미만	10,000포인트	15,000포인트	6,000포인트
15%이상	15,000포인트	20,000포인트	8,000포인트

\* 1년 최대 50,000포인트로 발행가능

**신청기간** 가계통신비지급통장(은행, 그랜카드, 포인트카드, 가인사), 현금(계좌입금)

**지급일** 상반기 사용량(연당도 12월말), 하반기 사용량 (다음연도 6월말)

**참여방법** 전기, 수도, 도시가스 고객번호를 알고 직접신청 또는 방문신청

**신청신청** 탄소포인트제 홈페이지([www.epoint.or.kr](http://www.epoint.or.kr))에 가입  
홈페이지 접속 > 신청인원 및 신청지역 > 주소, 세.시.군.구, 단번(비대면 지급)에 입력 > 가입완료

**이용신청** 관할 구청 또는 동주민센터에 참여신청서 작성 제출(우편, FAX 등 가능)

동구 기후환경과	서구 기후환경과	남구 환경에너지	북구 환경과	광산구 환경에너지
052909-2483	052380-7965	052907-3611	052410-6480	052990-8443

**광주광역시**  
www.gwangju-city

### 사례소개자료-에너지절약레시피

#### ○ 소속감과 명분 만들기

- 공통관심사 가진 이웃모임, 에너지절약 공동체로

**지구를 위한 작은 실천**

<기준> 월평균 317kWh 사용자

**-19 kWh/월**  
**₩8,400**

**사용하지 않는 가전제품 플러그 뽑아두기**  
에어컨, 오븐, 공유기 등은 쓰지 않을 때 전기코드를 꼭 뽑아주세요.

**-40 kWh/월**  
**₩12,890**

**정수기 냉온수 기능 사용 안 하기**  
플러그를 뽑아도 정수는 됩니다.

**-17 kWh/월**  
**₩7,980**

**비데는 사용할 때만 켜기**  
취침 전이나 외출 시 등 쓰지 않을 때 전원을 꺼주세요.

**26°C**

**여름철 실내온도 26°C 에어컨 실외기에 차양막 설치하기**  
1°C 높이면 7% 에너지절약 가능

**-26 kWh/월**  
**₩9,900**

**TV는 절전기능으로 설정 셋톱박스 같이 끄기**  
셋톱박스 대기전력은 TV의 10배

**22°C**

**불을 끄고 행복해지는 1시간**  
매일 22일 저녁 8~9시 천등 끄고 가족과 대화하기

**-20 kWh/월**  
**₩8,620**

**전기밥솥 보온기능 사용하지 않기**  
오랫동안 보온하면 밥맛도 없어!

**-19 kWh/월**  
**₩8,400**

**베란다·옥상에 미니 태양광 설치하기**  
서울사에서 30만원 지원해요.

## 사례소개자료-가게에너지절약가이드

### ○ 우리동네 에너지 착한가게 인증하기

## 「에너지를 아끼는 착한가게」 만들기

1. 에너지를 아끼는 가게를 "착한가게"라 합니다.

서울시에서는 가게에서 불필요하게 소비되고 있는 에너지에 대해  
가게별 스스로 에너지 절감 목표를 수립하고 실천과제 이행을 통해 에너지 절약  
목표를 달성한 가게에 대해 「에너지를 아끼는 착한가게」로 인정하고 마크를 부여합니다.



## 광주시민햇빛발전소 1호

전기사업자 2016. 5월. 전기사업자 허가

발전소건립 2016. 9월. 시공사업자 공고 및 선정

2016. 10월. 실시설계 및 발전소 준비

2017. 2월 발전소 준공(98.89kw)



## 광주시민햇빛발전소 2호

전기사업자 2017. 10월. 전기사업자 허가

발전소건립 2016. 12월 - 한국에너지재단 사회적기업 지원대상으로 선정  
 2017. 2월~8월 - 발전소 입지대상지 검토 및 설립준비  
 2017. 12월 발전소 준공(20kw)



## 5. 지역 공익활동 참여하기

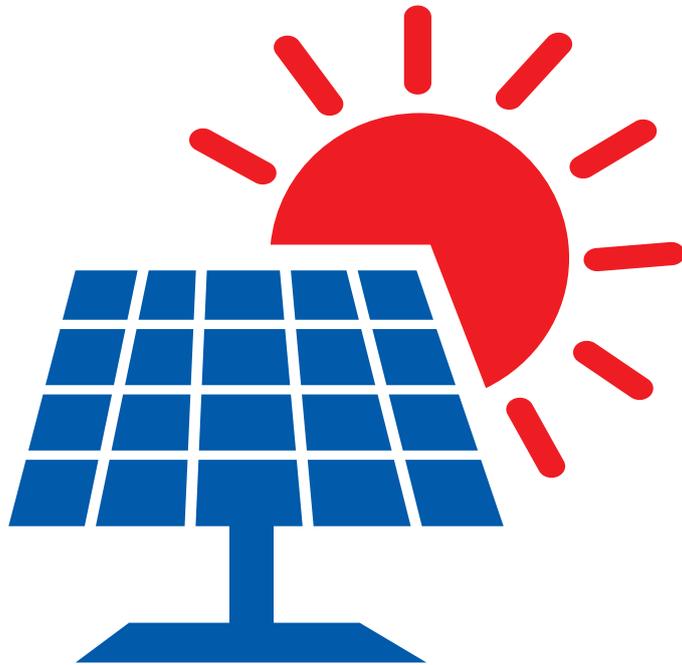
---

생태적 전환,  
정의로운 전환

감사합니다.



# 국내외 에너지정책과 에너지전환

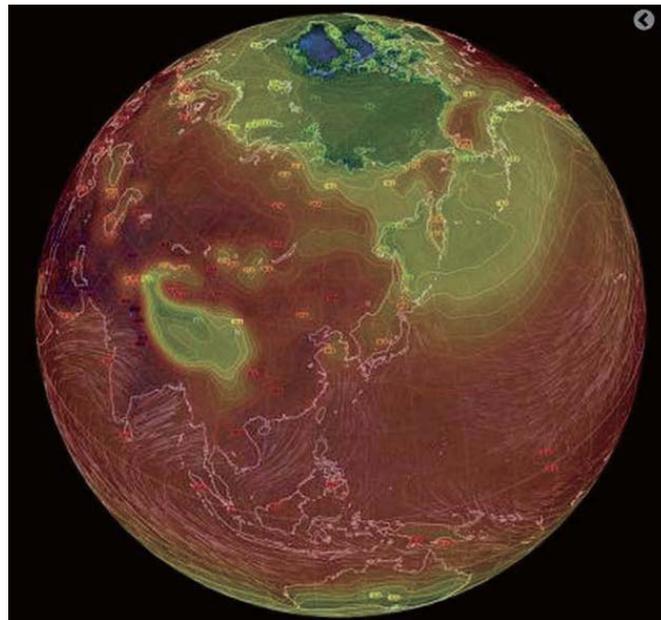


한국에너지전환사업단  
구자상 상임대표



# 기후변화시대의 에너지 전환

사단법인 부산생명의 숲  
사단법인 기후변화에너지대안센터  
공동대표 구자상  
이 자료는교사연수회의 발표자료를 재편집한 것입니다.



## 차례

- 우리를 둘러싼 석유와 탄소
- 기후변화의 심리학 확정편향과 인지부조화, 트럼프심리학
- 빙하기는 오지 않는다.
- 생태주의의 발전과 에너지 전환
- 에너지 전환의 전제와 조건
- 세계의 에너지 전환도시 9000.
- 우리나라의 처지와 에너지 전환.
- 기후변화는 정치의 제1의 과제가 되었다.
- 태양은 청구서를 보내지 않는다.



## 우리를 둘러싼 석유 그리고

- 미세먼지
- 플라스틱, 미세플라스틱, 일회용품,
- 수질오염, 생활폐기물, 대기오염,
- GMO 각종 화학물질
- 수입농산물과 농약오염
- 자동차의 과다한 증가
- 기후변화, 지구온난화, 한발과 이상기후
- 열대림의 파괴와 환경난민의 증가
- 민주주의의 퇴행



# 기후변화의 심리학



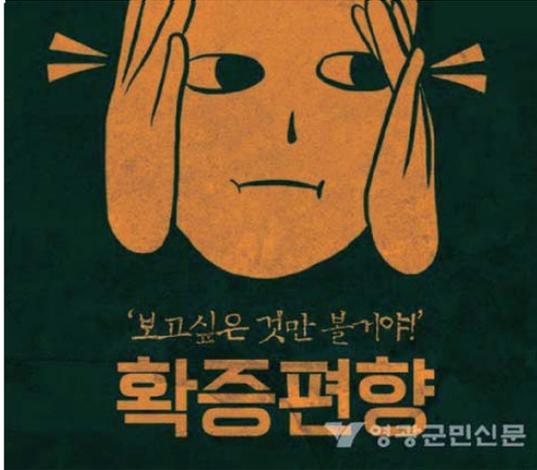
출처, m.blog.naver.com



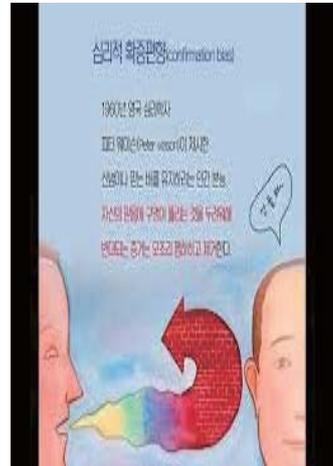
## 듣고 싶은 것만 듣는다.

- **확증 편향**(**確證偏向**, **영어**: Confirmation bias)은 원래 가지고 있는 생각이나 신념을 확인하려는 경향성이다.<sup>[2]</sup> 흔히 하는 말로 “사람은 보고 싶은 것만 본다”와 같은 것이 바로 확증 편향이다. **인지심리학**에서 확증 편향은 정보의 처리 과정에서 일어나는 **인지 편향** 가운데 하나이다.<sup>[3]</sup> 사람들은 자신이 원하는 결과를 간절히 바랄 때, 또는 어떤 사건을 접하고 **감정**이 앞설 때, 그리고 저 마다의 뿌리 깊은 **신념**을 지키고자 할 때 확증 편향을 보인다.(위키백과)
- 마셜에 의하면 기후변화에 대한 사람들의 확증편향은 문화적 정서와 관련이 있다고 본다. 즉 기후변화에 일반인의 판단은 전혀 상식과 부합하지 않는다는 것이다. 전문가의 경고보다는 가족이나 친구 등으로 이루어진 해석공동체의 견해를 받아 들인다는 것이다. 사람들은 자신이 신뢰하는 사람 자신의 가치관에 맞는 매체를 통해 기후변화에 대한 정보를 축적한다는 이다.
- 기후의 변화가 지니는 파국적 전개를 인지하는 감성적 지혜를 그는 주문하고 있다.

# 보고 싶은 것만 본다.



출처 Another-way.tistory.com.



이경일의 법칙이야기

# 기후변화시대의 두 사람.



'기후 변화를 위한 학생 파업'으로 전 세계에 이름을 알린 스웨덴 청소년 환경운동가 그레타 툰베리(16)가 친환경 에너지 요트를 타고 대서양을 건너 제25차 유엔기후변화협약 당사국총회(COP25)에 참석한다. 툰베리는 29일(현지시간) 자신의 트위터를 통해 "미국 뉴욕에서 열리는 유엔 기후행동 정상회의와 함께 산티아고에서 열리는 제25차 유엔기후변화협약 당사국총회에 가게 됐다"며 "나는 60피트(약 18.2m)짜리 경주용 보트 말리자 2호 승선 제안을 받았다. 8월 중순에 대서양을 가로질러 영국에서부터 뉴욕까지 항해할 것"이라고 밝혔다.

뉴욕타임스(NYT)는 친환경 요트 덕에 기후변화를 위해 국제무대에 나서기 위해 대서양을 건너는 방법을 몇 달간 생각했던 툰베리의 고민이 해결됐다고 보도했다. 툰베리는 탄소발자국(Carbon Footprint)개인이나 단체가 직간접적으로 발생시키는 이산화탄소 등 온실가스 총량을 줄이기 위해 배기가스를 많이 배출하는 비행기를 이용하지 않기로 했다.

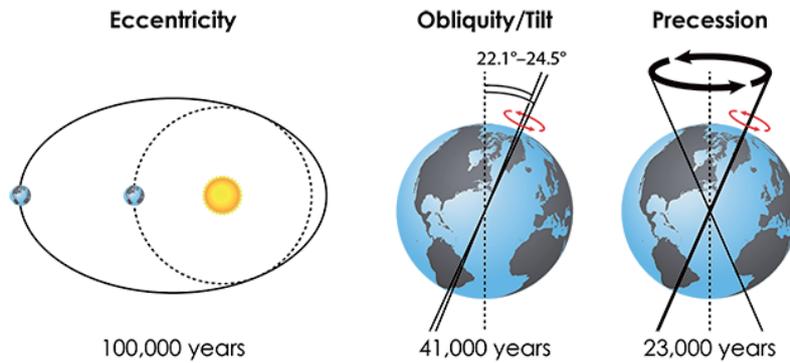
툰베리는 안토니우 구테흐스 유엔 사무총장의 초대를 받았다. 기후행동 정상회의는 오는 9월 23일 뉴욕에서 열리고, COP25는 12월 2~13일 칠레 수도 산티아고에서 열린다. 주최국으로 제정됐던 브라질에서 지난해 12월 자이르 보우소나루 브라질 대통령이 주최 취소 선언해 칠레로 장소가 바뀌었다.

툰베리가 언급한 말리자 2호는 세계 일주 요트 대회인 '방데 글로브 2016~2017' 출전을 위해 제작된 친환경 고속 요트라고 NYT가 이날 전했다. 태양광 발전 패널을 활용하고 수중 전력 케이블을 사용하기 때문에 탄소를 배출하지 않는다. 이 요트는 독일 부동산 개발업자인 게르하르트 켈프트 소유로 알려져 있다.

**도널드 트럼프 공약**

- 파리기후협약 백지화
- 키스톤 파이프라인 건설 허락
- 취임 100일 내로 오바마 정부가 석탄화력발전 억제제를 위해 도입한 규제의 완전한 철폐
- 유엔 녹색기후기금(GCF) 지원 중단

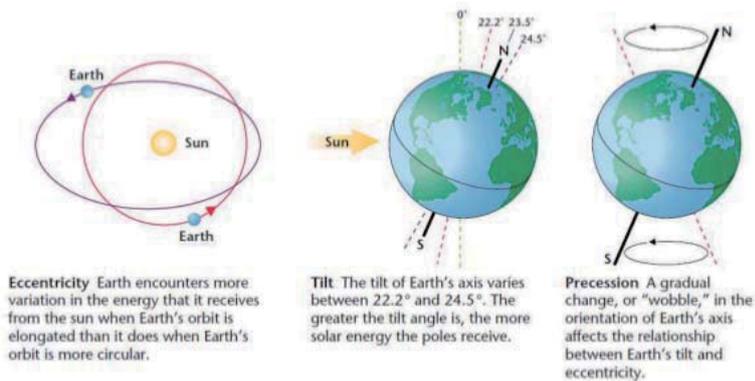
# 빙하기는 오지 않는다.



Lincoln astrophysics Team

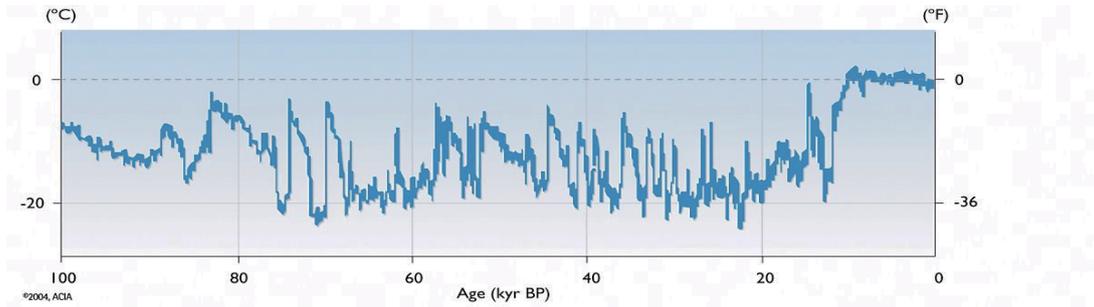
# 빙하기는 오지 않는다.

## Milankovitch Cycle



출처, Socratic

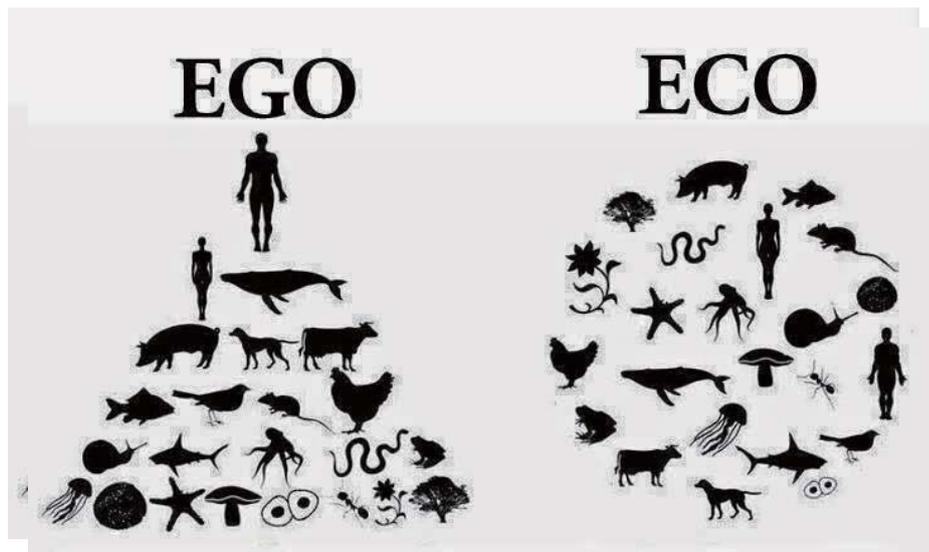
# 인류의 문명은 안정된 기후에 의존한다.



출처. Artic Climate impact Assessment

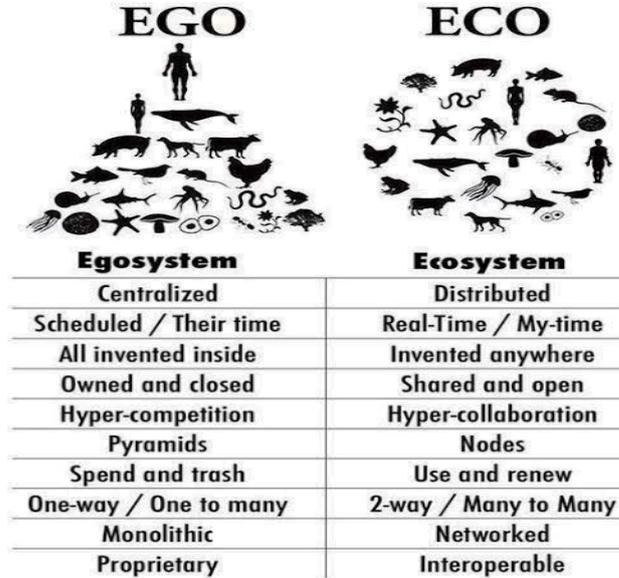
2만년 전부터 기후가 따뜻해지면서 빙하가 후퇴했다.마침내 1만 2000년 전에 빙하기를 뒤로하고 현재의 간빙기인 홀로세(Holocene)에 들어섰다. 홀로세는 인류가 자연과 조화로운” 완전한 시대” 라는 뜻이다. 기후변동성이 매우 작은 안정된 시기였다. 이때 구석기에서 신석기로의 전환이 일어났다.(조천호, 빨간지구푸른하늘에서)

## 자유의 근거로서 생태주의(ecology)



Mimoonchurch.com

# 자유의 근거로서 생태주의



Pinterest.at

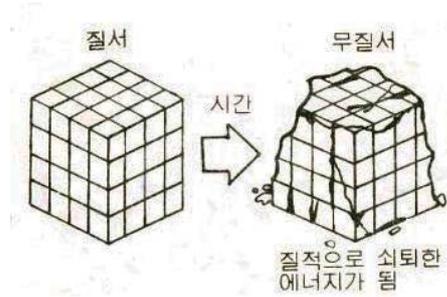
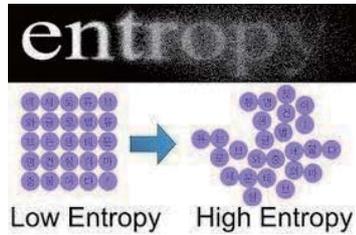
## 생태주의를 증거하다.

- 하이젠베르크의 불확정성의 원리란, “전자의 위치와 운동량을 동시에 정확히 측정할 수 없다”라는 것이다. 위치에 대한 오차는 관측하는 파장에 비례하기 때문에 위치를 측정할 때 측정오차를 줄이려면 파장이 짧은 파를 사용해 측정해야만 한다. 허나 전자기파에 있어서 파장이 짧으면 에너지가 증가하기 때문에, 에너지가 큰 전자기파와 충돌한 전자는 에너지가 증가하게 돼 운동량이 증가하게 된다. 결국 이렇게 운동량이 증가하게 되면 원래의 운동량을 측정하지 못한다.

하이젠베르크의 불확정성의 원리는 양자역학에 포함되어, 새로운 세계관을 창조했다. 즉, 불확정성의 원리를 발표함으로써, 근대의 기계적 물리관이 변화하는 계기를 마련했다고 볼 수 있다. 뉴턴 중심의 근대적 물리관은 19세기까지 뉴턴의 고전역학으로 고착화되었다. 뉴턴 중심의 기계론적 우주관에 입각하여 ‘라플라스’는 내가 만물의 운동량과 위치를 안다면, 우주의 미래를 예측하는 것이 가능하다고 호언장담했다. 물리학자에게는 뉴턴의 확실한 운동법칙이 있었고, 그들은 만물의 운동을 설명하는 것이 가능하고, 또한 미래를 예측하는 것 또한 가능하다고 생각하였다.

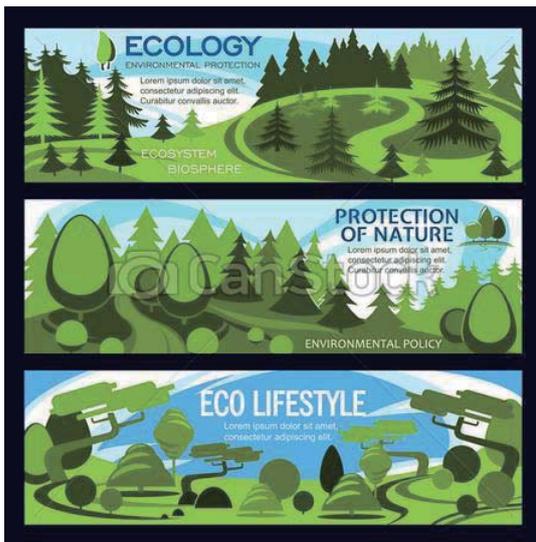
그러나 20세기에 들어와 양자역학이 탄생하며, 그러한 사고는 여지없이 깨어져버렸다. 양자역학의 불확정성 원리에 의해서, 우리는 상태의 확실성을 안다는 것이 불가능해졌다. 상태의 확실성을 알 수 없다는 것은 미래의 불확실성을 의미하고, 따라서 양자역학의 탄생으로 우주는 순식간에 확실한 우주에서 불확실한 우주로 변화한 것이다. 이는 모든 것을 물리학으로 설명할 수 있다는 뉴턴의 이론을 바꾸었고, 이로 인해 새로운 현대 물리학을 창조하는 계기가 되었다. (하이젠베르크 불확정성 원리)

# 우주의 엔트로피는 증가한다

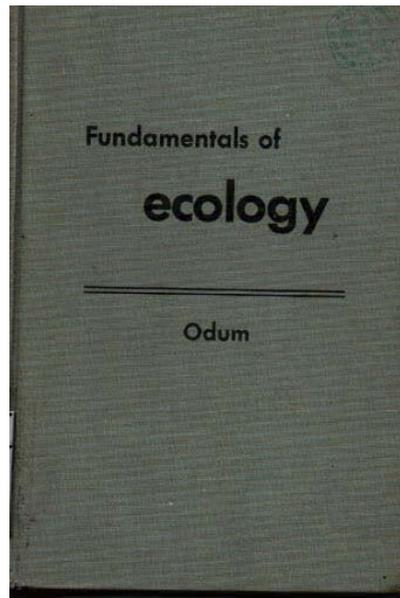


m.blog.naver.com

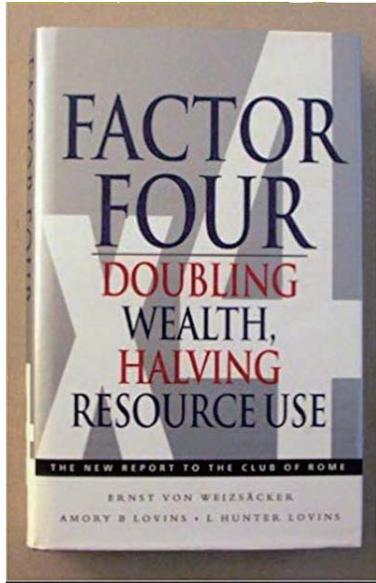
# 생태학(ecology)의 세계



© CanStockPhoto.com - csp56714399



# Energie vende energy trasition 에너지 전환의 전제와 조건



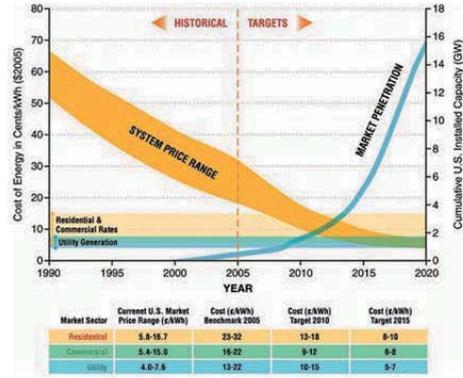
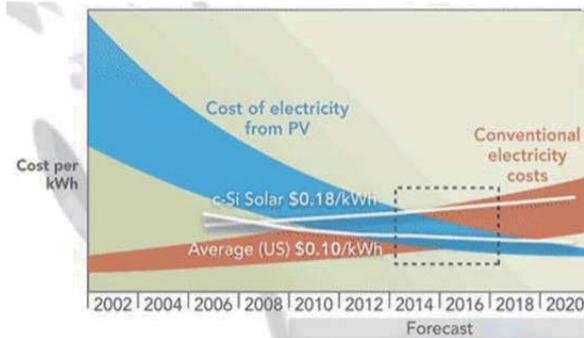
## 효율의 혁명

- Factor Four 개념은 전체적인 삶의 질에 부정적인 영향을 피하면서 기존 방법론을 사용하여 자원의 효율성은 4 배 증가 시키면서 자원은 절반 이하로 사용하고 환경에 대한 위해도 절반 이하로 줄이는 것이 가능하다는 실천론이다.
- B. (주요한 내용)Main Features

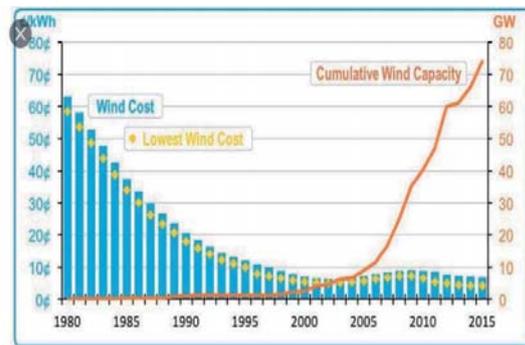
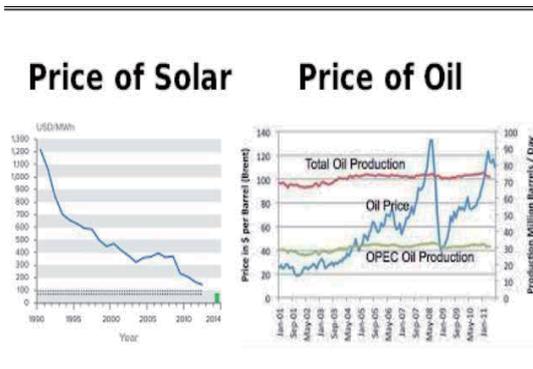
"Factor 4"는 전통적인 노동 생산성에서 벗어나 자원의 효율성 및 지속가능성에 주목함으로써 생산성의 개념을 확장하는 신개념이다. 최상의 기술, 첨단 엔지니어링 및 향상된 생산 방법을 사용함으로써 더 많은 제품과 높은 서비스를 생산하는데 적작 필요한 자원이 지금보다 오히려 줄임으로서 가능하다는 것이다. 결과적으로 자원의 한계수명이 연장되고 이는 그대로 미래 세대에게 제공되는 것이다. 즉, 현재 우리가 사용하는 자원만으로도 지금보다 많은 4배나 많은 부를 추출 할 수 있다는 것이다.

- "Factor 4" 개념은 생산과 연계한 환경의 통합보존 전략을 산출하기 위한 것으로 근본적으로 이는 경제적인 실용적 이이다. "Factor 4는 어떤 기술적인 접근이 필요하나 기술에 지우치기 보다는 자원과 에너지의 효율성을 높여서 생산성과 환경보호를 달성하려는 새로운 사고의 방식이라고 본다.
- C. 최초의 제안자들 (Organizational Proponent)
- Factor 4 개념의 제안자는 1997년 독일의 전 대통령 "에른스트 폰 바이체크" 와 로키마운틴 연구소의 "에머리 로빈스 ' 헨트 로빈스 ' 가 공동으로 편찬한 "Factor Four: Doubling Wealth - Halving Resource Use "에서 처음으로 제안되었다.

# RE 가 더 싸다



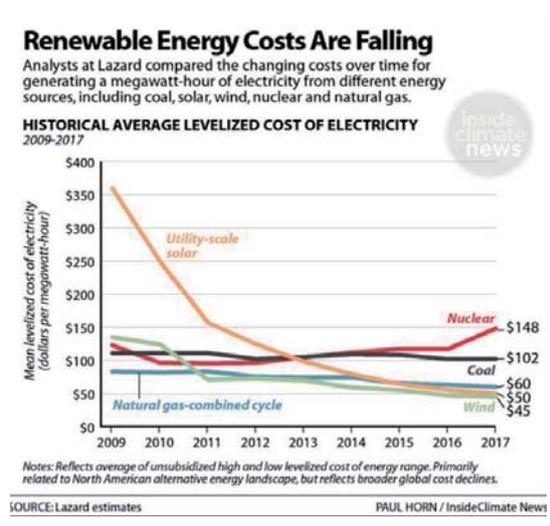
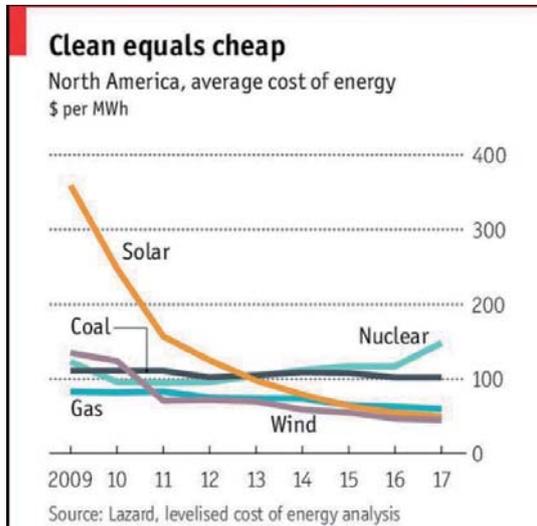
Solar energy 10년 동안 85% 하락.



s.The greenmarketoracle.com

S, insideclimatenews.org

# 향후 10년 50%가 더 내린다.



s. Lazard estimate

# RE100 기업들



# 세계의 전환도시



# 세계의 에너지 전환



# 9000개의 도시가 에너지 전환으로 간다



그림 0. 'energy-cities'

**그림0.**

'Energy-cities'는 에너지 전환을 위한 유럽 지방정부협의회이다. 2017년부터 2020년까지 하이델베르크 시장이 의장을 맡고 지역내 11 개 도시의 대표가 이사회를 구성하고 있다. 'Energy-cities'는 1990년 30여개국 1000개 이상의 도시가 함께하여 결성되었다. 사무국을 브뤼셀 과 프랑스에 두고 있다.

**주요 목표**

- 지속가능한 에너지전환도시를 위한 시민의 역량강화.
- 유럽 집행위원회가 제안하는 에너지정책과 환경보존에 관한 전략과 정책을 시민들과 함께 홍보.
- 서로의 경험과 모범사업을 공유하고 협력사업을 촉진.

# RE-100 by 2050



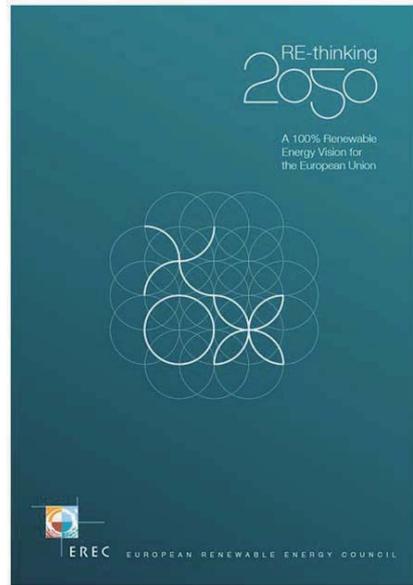
그림 1. 유럽의 에너지 전환도시들의 현황.



그림 4. '백외'에서는 예산관리가 곧 환경관리의 중요한 수단이다. 현재 사용 중이거나 사용 가능한 물리적 데이터 및 자원은 계량화되어 다양한 공공정책 활동의 영역에 할당 배분 된다. CO2 배출량, 천연자원의 개발 수준, 삼의 질 등은 단기, 중기 및 장기간의 정량화된 물리적 및 재정적 목표를 설정할 수 있는 자연 유산 활용기준을 설정하는 데 사용된다. 경제 및 생태학적 데이터 들은 공공 활동이 생태계에 미치는 영향을 예측하여 사실에 대한 충분한 지식을 바탕으로 의사 결정을 내릴 수 있도록 사용될 수 있다.

# RE100 by 2050

- 유럽 공동체는 2050년을 기준으로 100% 에너지전환을 위해서 나아가고 있다.



# 에너지 전환도시

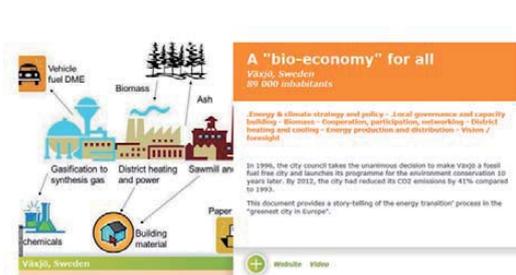


그림 2. 스웨덴 뱌쉬의 사례. 1996년 지역의회는 환경보호를 위해 화석연료 안 쓰는 뱌쉬를 선언하고 행동계획을 실행하였다. 10년 동안의 노력으로 2012년에 CO2 배출량을 41% 줄이는 성과를 보였다.

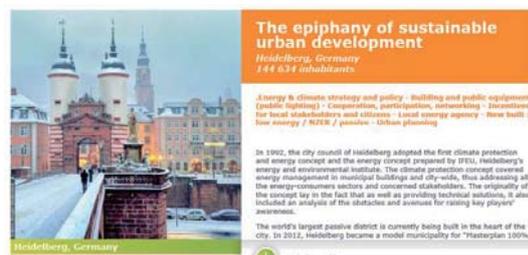


그림 3. 하이델베르크시는 1992년 처음으로 기후변화와 에너지 전환에 대응하는 조례를 제정하였다. 에너지 통합개념은 하이델베르크 환경에너지 연구소에 의해 정리되었다. 세계에서 가장 큰 패시브건축지역을 2012년에 조성하였고 에너지100% 자립 마스터플랜을 완성하였다.

## 뮌헨의 경우



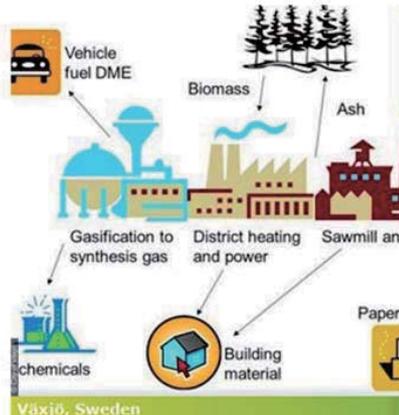
**IMAGINE Low Energy Cities :  
Case study analysis**  
*München, Allemagne*  
1 356 594 habitants

**Production et distribution d'énergie**

The core of München's energy policy is constituted by the climate protection strategy, which comprises several distinct elements. It aims primarily at the reduction of CO2 emissions by means of energy conservation and promoting the expansion of renewable energies.

München, Allemagne

## 스웨덴 벵쇠



**A "bio-economy" for all**  
*Växjö, Sweden*  
89 000 inhabitants

Energy & climate strategy and policy - Local governance and capacity building - Biomass - Cooperation, participation, networking - District heating and cooling - Energy production and distribution - Vision / foresight

In 1996, the city council takes the unanimous decision to make Växjö a fossil fuel free city and launches its programme for the environment conservation 10 years later. By 2012, the city had reduced its CO2 emissions by 41% compared to 1993.

This document provides a story-telling of the energy transition process in the "greenest city in Europe".

Website Video

그림 2, 스웨덴 벵쇠의 사례, 1996년 지역의회는 환경보호를 위해 화석연료 안 쓰는 벵쇠를 선언하고 행동계획을 실행하였다. 10년 동안의 노력으로 2012년에 CO2 배출량을 41%를 줄이는 성과를 보였다.

# 삼소섬의 에너지혁명



# 에너지 전환 세계

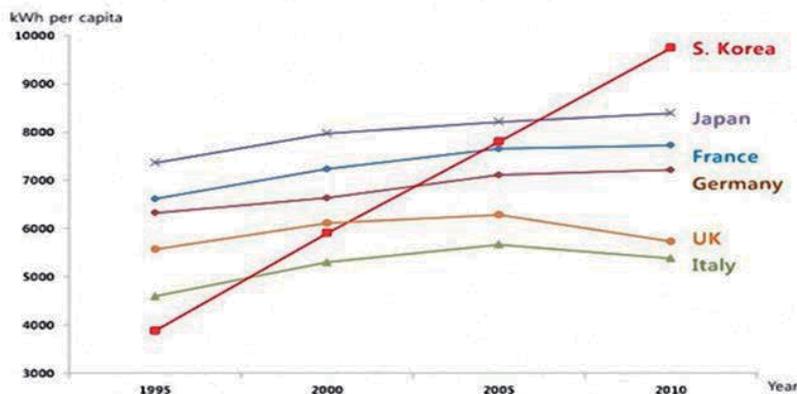


## 우리나라의 에너지 전환의 처지

- 기후변화에 대한 자의식이 없다.
- 장기적인 대책의 합리적 예측이 없다.
- 에너지중독의 정도가 너무 높다.
- 에너지민주주의가 막혀있다.
- 화석연료의존도가 과도하게 높다.
- 중앙집중형 에너지 시스템이 지역분산형 에너지구조를 방해한다

## 소비대국, 한국

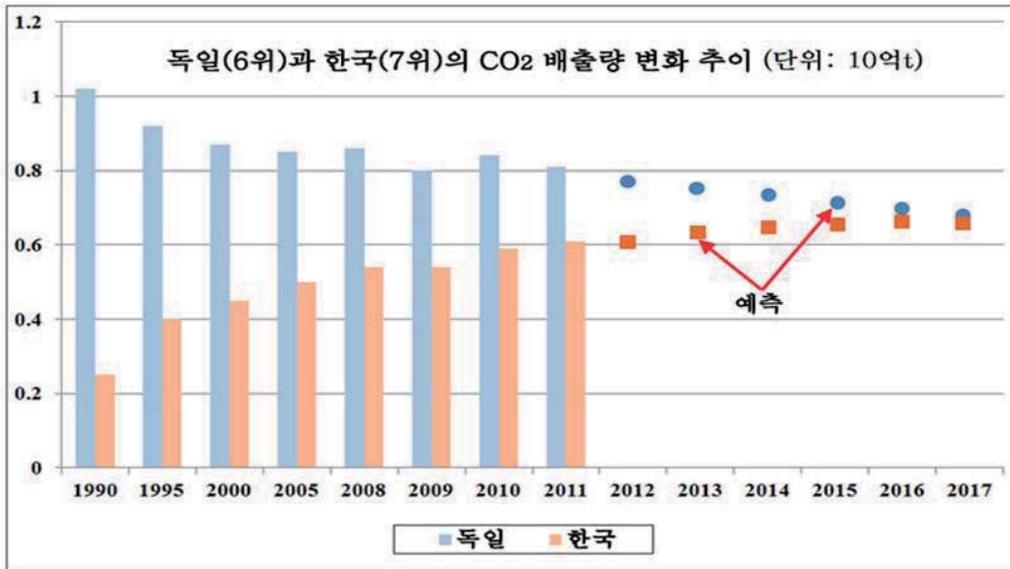
일인당 전력 소비량



Source: The World Bank, <http://data.worldbank.org/indicator/EG.USE.ELEC.KH.PC>

출처, 기후변화행동연구소

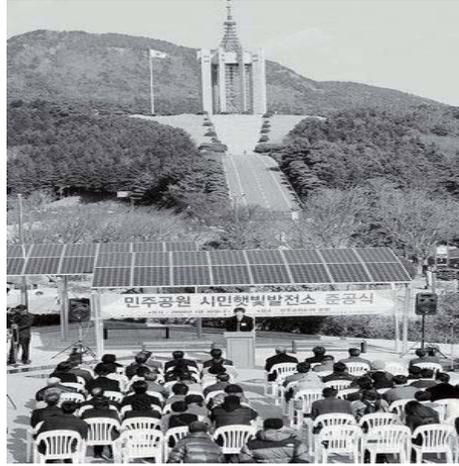
# 기후악당 , 한국



# 미신의 도시, 부산



## 협동조합과 에너지 전환



## 협동조합과 에너지 전환



## 협동조합과 에너지 전환



## 에너지 전환과 안산시민햇빛협동조합



## 에너지 전환과 안산시민햇빛협동조합



## 협동조합의 원조, 독일



독일 슈튜트가르트에서 태양 에너지를 생산하고 있는 Horb Ecumenical 에너지 협동조합 (사진 출처 : dw.com)

## 에너지자립은 마을을 살린다.

- 오늘 먹은 음식, 입고 있는 옷, 국민 모두가 가진 핸드폰 하나까지. 우리의 일상생활은 화석에너지에 예속된 생활이다. 에너지 없이 생존이란 불가능한 일이다. 화석연료는 1차 산업혁명을 가능케 해 인류의 눈부신 발전을 이룩했지만, 그에 상응하는 환경파괴, 전쟁, 사고 등의 가공할 재해를 가져왔다. 안전하다던 ‘원자력은 폭발 사고를 일으켜 마을 전체를 폐허로 만든 것은 어제 오늘만의 일이 아니다. 이제 이러한 에너지 문제에 대처하고, 환경을 지키면서 마을 공동체의 회복을 위한 큰 변화가 일어나고 있다.

공공기관의 개입 없이 주민의 손으로 100% 에너지자립마을을 만들어 낸 보봉사람들. 그 열정과 노력이 빛납니다



## 보봉마을의 형성

- 제2차 세계대전 후, 프랑스 연합군이 철수한 자리에 집이 없고 가난한 저소득층의 독일사람들이 들어와 살기 시작했다. 이들은 슬럼화된 보봉마을을 살기 좋은 곳으로 만들고 싶었고, 돈을 들이지 않고도 가치있는 삶이 가능한 ‘생태에너지자립마을’에서 답을 찾았다. 마을 자치모임 ‘보봉포럼’을 만들어 공무원들을 설득하고, 해가 잘 드는 남쪽에서 부터 주택을 지었다.

## 보봉마을의 형성

- 집과 집은 사이를 좁히고 40cm의 두꺼운 단열재를 넣어서 보봉에 있는 150여 개의 주택은 사계절동안 냉난방을 하지 않아도 될 정도로 열효율이 높다. 모든 건물의 옥상에는 단열효과를 높이기 위해 풀과 나무를 심었으며, 빗물은 빗물저금통을 이용하녀 용수로 사용. 쓰고 남은 에너지는 다른 마을에 되팔기도 한다. 보봉마을방문하기 위해서는 걸거나 자전거를 타야 한다. 차가 사라진 보봉거리는 자연스럽게 어린이들의 놀이터가 되고 있다.

## 대형마트 대신 프리마켓, 영국 토트네스



## 자치적인 파머스 마켓 (Farmers market)



## 영국, 토트네스마을

- 주민 자발적 ‘토트네스 재생에너지 협동조합’ 형성. 스스로 풍력발전기 건설.
- 비영리 민간단체 ‘전환마을 토트네스(Transition Town Totnes)’ 를 결성하고 기후변화에너지문제에 대응하는 방안으로 마을에서부터 생활의 변화를 주민들이 결의하다.
- Energy Transition Street 프로젝트란 이웃, 친구, 가족 몇몇이 소그룹을 만들어 탄소배출을 줄이고 비용을 절약하는데 대해서 실천한다.
- 6가구 이상이 모이면 스스로 에너지 절약 에너지효율개선 사업을 실천하고 태양광발전기 설치할시 일정한 지원을 받을 수 있다.

## 토트네스의 형성

- 처음에는 단순히 생활비를 아끼기 위한 프로젝트로 알고 에 참여했던 마을 주민들은 실천의 과정에서 현대의 소비생활과 지구환경 에너지문제에 대해 함께고민하고 토론한다.
- 참여와 창조적으로 지구의 미래와 우리의 삶을 만들고 있다.
- 에너지문제에 대한 고민은 토트네스에서 대형마트를 쫓아내는 활동으로 발전하다. 탄소발자국(유통거리)가 긴 대형마트의 물건은 많은 탄소를 소비하고 지구온난화가스를 발생시킨다. 주민들은 2030년까지 ‘석유에너지 독립계획’ 을 세우고, 지금의 에너지사용량을 반이하로 줄이고 이를 모두 태양과 바람과 에너지의 효율로 대체하겠다는 계획이다.

**세계 최대 태양광 마을,  
네덜란드 헤이르휘호바르트**



**세계 최대 태양광 마을,  
네덜란드 헤이르휘호바르트**



## 태양마을의 탄생,

- 인도 출신의 도시계획가 ‘아쇼크 발로트라’에 의해 기획된 이곳은 국가의 전략적 지원을 통한 에너지 자립 마을.
- ‘헤이르휘호바르트’는 세계 최대의 태양광주거단지
- 주택의 95%에 태양광 발전판이 설치되어 있고 소비하는 에너지보다 생산하는 에너지의 양이 더 많다.
- 네덜란드에서는 헤이르휘호바르트를 ‘태양의 도시’로 칭송.
- 모든 집은 일반 주택보다 30% 이상 에너지 효율이 높다.
- 하수처리장이 없이 도시의 하수를 거대한 습지(wetland)로 보내어 자연 정화시킴.

## 태양마을의 탄생,

- 기획 단계에서부터 ‘에너지 자립’을 목표,
- 사회적 약자를 고려한 도시디자인, (주민의 3%는 장애인과 노인).
- 전체 3,000가구 중 770여 가구는 사회 복지프로그램에 포함되어 저소득층, 신혼부부, 청년 학생 등을 위한 임대주택으로 공급.
- 마을 공동체가 기후변화와 에너지 고갈에 대응하기 위해 에너지 사용으로부터 자립하는 것은 돈으로 되는 것이 아니다.

서울시 송파구 거여1단지 에너지자립마을. 1004세대 중 271세대가 베란다형 미니태양광발전기를 설치했다.



## 충남, 죽도



## 작은 섬들의 변화

- 지자체 · 주민이 중심...친환경에너지자립 모델 늘어
- 인천에서 배로 2시간, 작은 섬 지도. 전력수급자동 장치를 갖추고 있는 “에너지자립섬 지도” 풍력발전기 2대와 태양광발전기만으로와 하루 평균 350kW의 전력을 생산. 20가구가 넉넉히 쓸 수 있는 양으로 섬의 정수시설, 가로등, 통신시설에도 사용.
- 충남 죽도는 약 30가구, 70여명의 주민이 거주하는 작은 섬으로 태양광 패널과 풍력발전기설치.
- 기존에 활용하던 디젤 발전의 감소로 인한 온실가스 감축 효과는 연간 소나무 약 4만 그루 이상을 심는 수준으로, 모두에게 좋은 친환경 에너지 자립섬이다.
- 마을 주민 모두 죽도를 친환경에너지 자립섬으로 변화하고 마을 경제를 활성화 하는 의미를 잘 알고 협력했기 때문에 민원이 발생하지 않았다고 한다.

## 태양은 청구서를 보내지 않는다

태양광 패널을 통해 매일 평균 176과은드 상당의 전력을 생산할 수 있다. 거주자가 매일 100과은드와 맞먹는 양을 사용할 경우, 한 해에 약 900과은드에 해당하는 전력을 팔 수 있다. 이렇게 되면 집세를 전액 판매요금으로 충당하는 것도 가능하게 된다. 이 집을 지은 목적은 "합리적인 가격으로 에너지 생산 주택을 지을 수 있다."는 사실을 보여주는 것이다.



\* 지난 해 영국에서 지어진 에너지 플러스주택

## 기후변화는 정치의 제1의 과제가 되었다.



Donald J. Trump  
@realDonaldTrump

팔로우

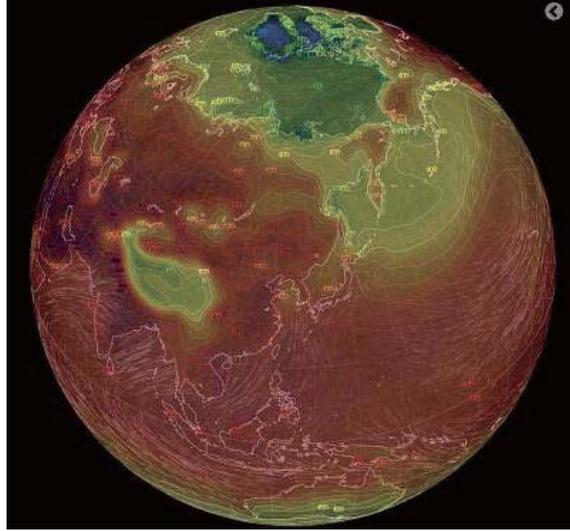
In the beautiful Midwest, windchill temperatures are reaching minus 60 degrees, the coldest ever recorded. In coming days, expected to get even colder. People can't last outside even for minutes. What the hell is going on with Global Waming? Please come back fast, we need you!

오후 6:28 - 2019년 1월 28일

## 226개 지자체 기후위기비상선언



# 끝



국립기상과학원









