



글로벌 에너지 전환과 대한민국의 선택

원장 임춘택

KETEP | 한국에너지기술평가원

+82-2-3469-8300
ctrim@ketep.re.kr



목 차

1. 어떻게 세상은 바뀌나?
2. 글로벌 에너지 전환 추세
3. 정부의 에너지 전환 정책
4. 대한민국의 선택



1.

어떻게 세상은 바뀌나?

변화를 당할 것인가,
변화를 이끌 것인가?

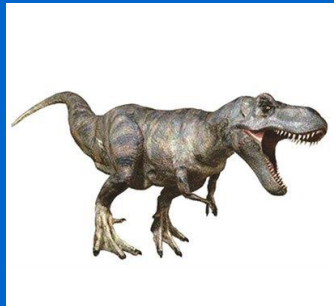


지구와 인류

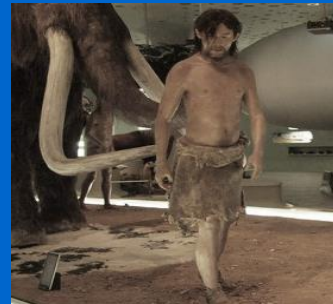


생명의 역사

6,500만년 전 공룡 대멸종



네안데르탈인과 크로마뇽인



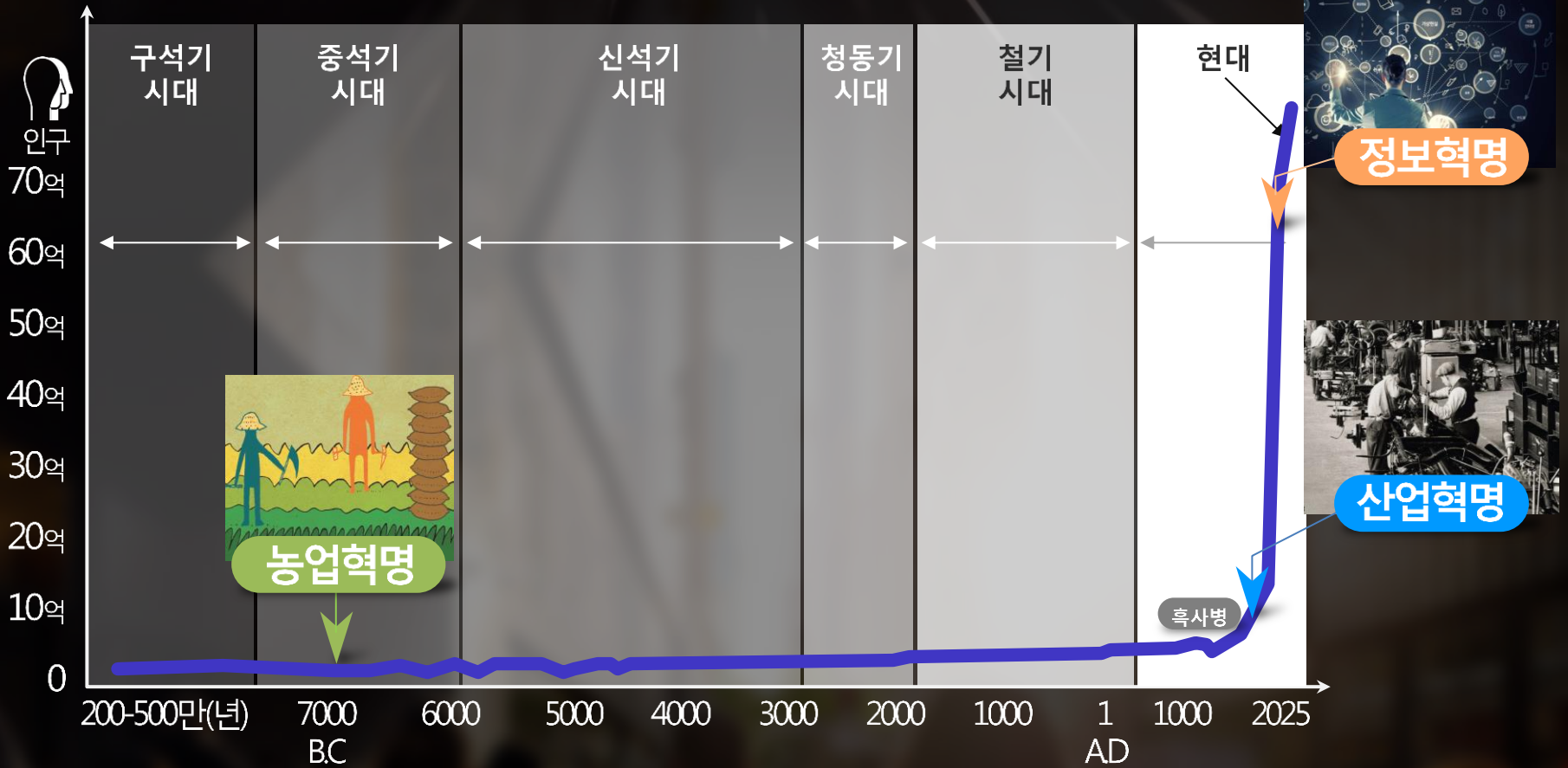
생명의 역사는 환경변화에 대한 적응과정

인류의 역사

20만 년간 3대 문명축 이동



인류사의 3대 혁명



현재 무엇이 세상을 바꾸고 있나?

미래변화 7대 요소 (STEPPER) 중 **사회·기술**변화가 주도





2.

글로벌 에너지 전환 추세

성큼 다가온 태양광-전기차 시대!

글로벌 에너지 문제

인간이 얼마나 버틸 수 있나?

음식



몇 주
(weeks)

물



며칠
(days)

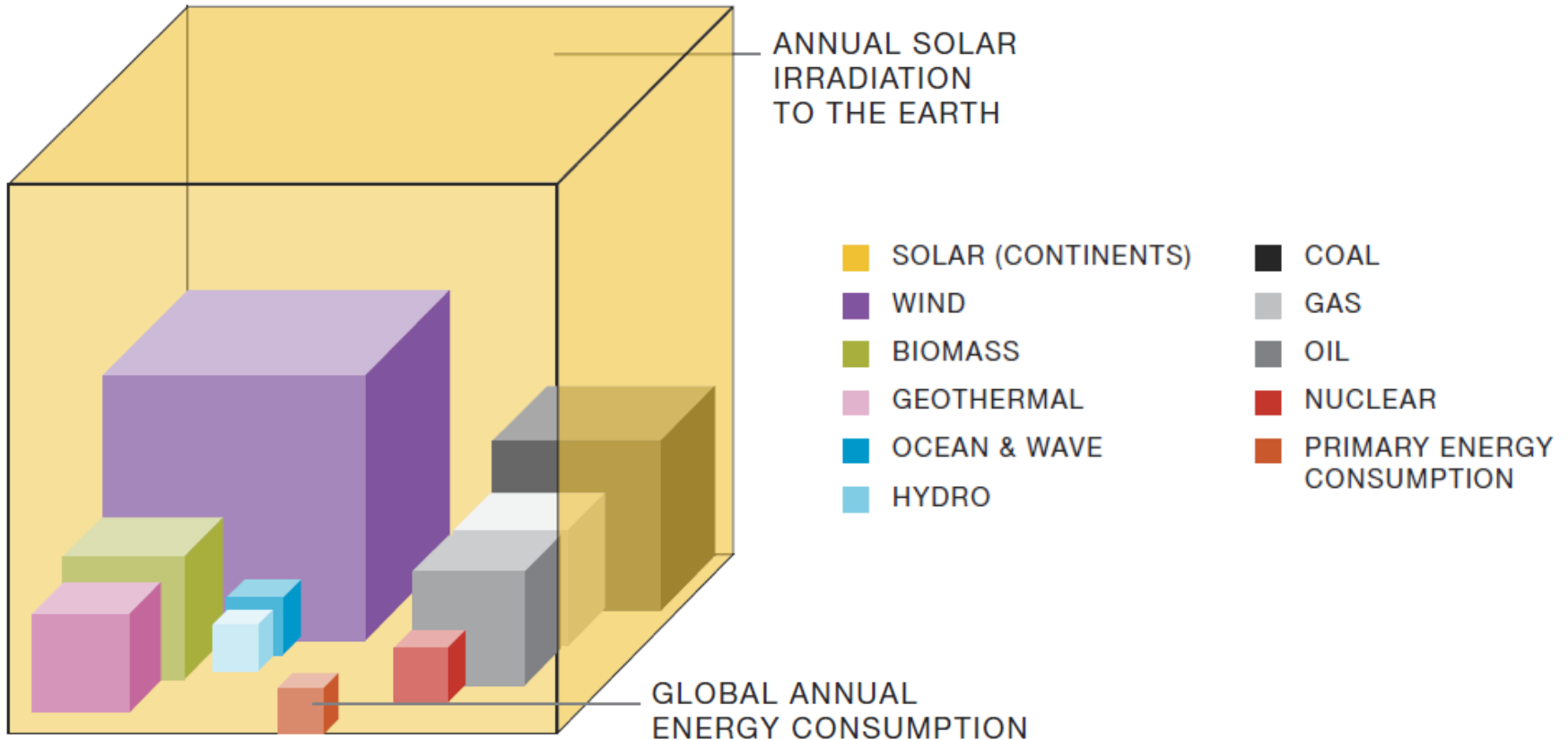
전기



몇 초 ~ 몇 시간
(seconds ~ hours)

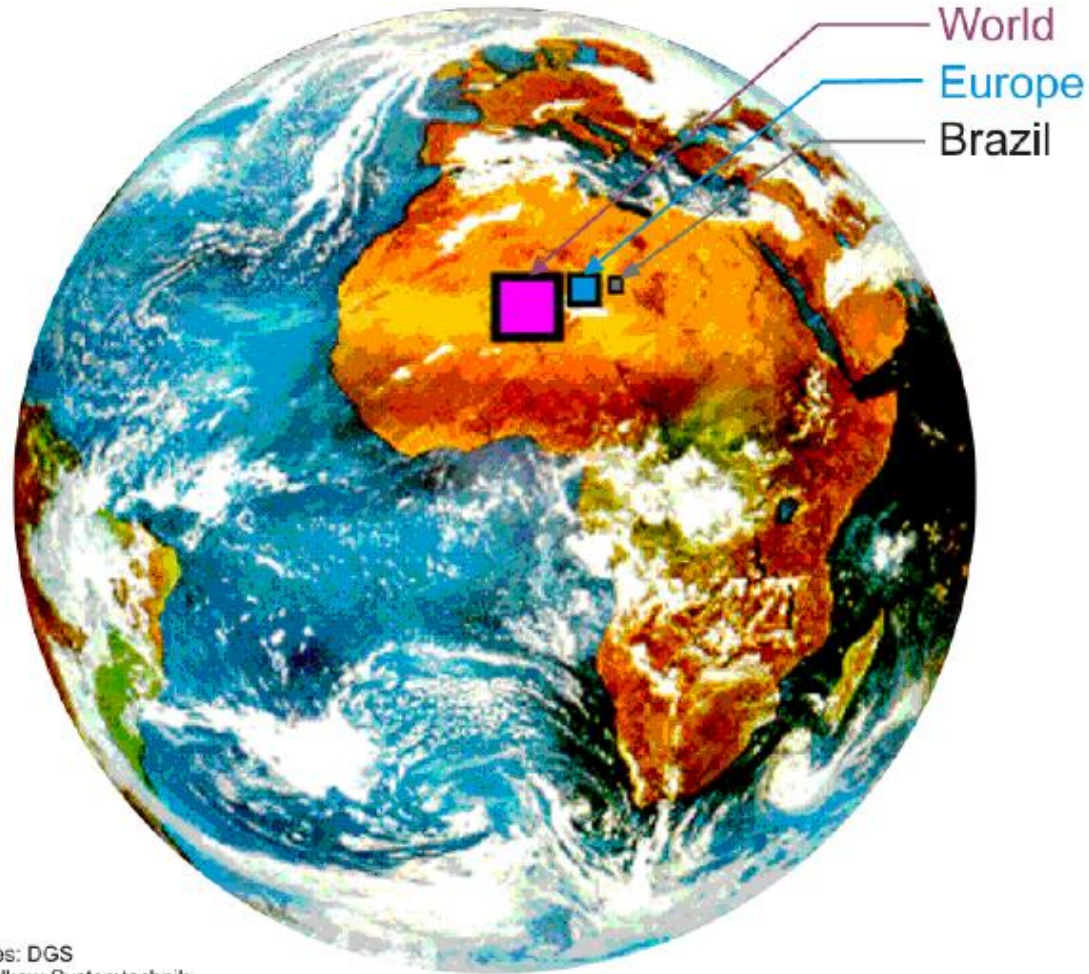
글로벌 에너지 문제

에너지는 넘친다! → 쓰기가 힘들 뿐...



글로벌 에너지 문제

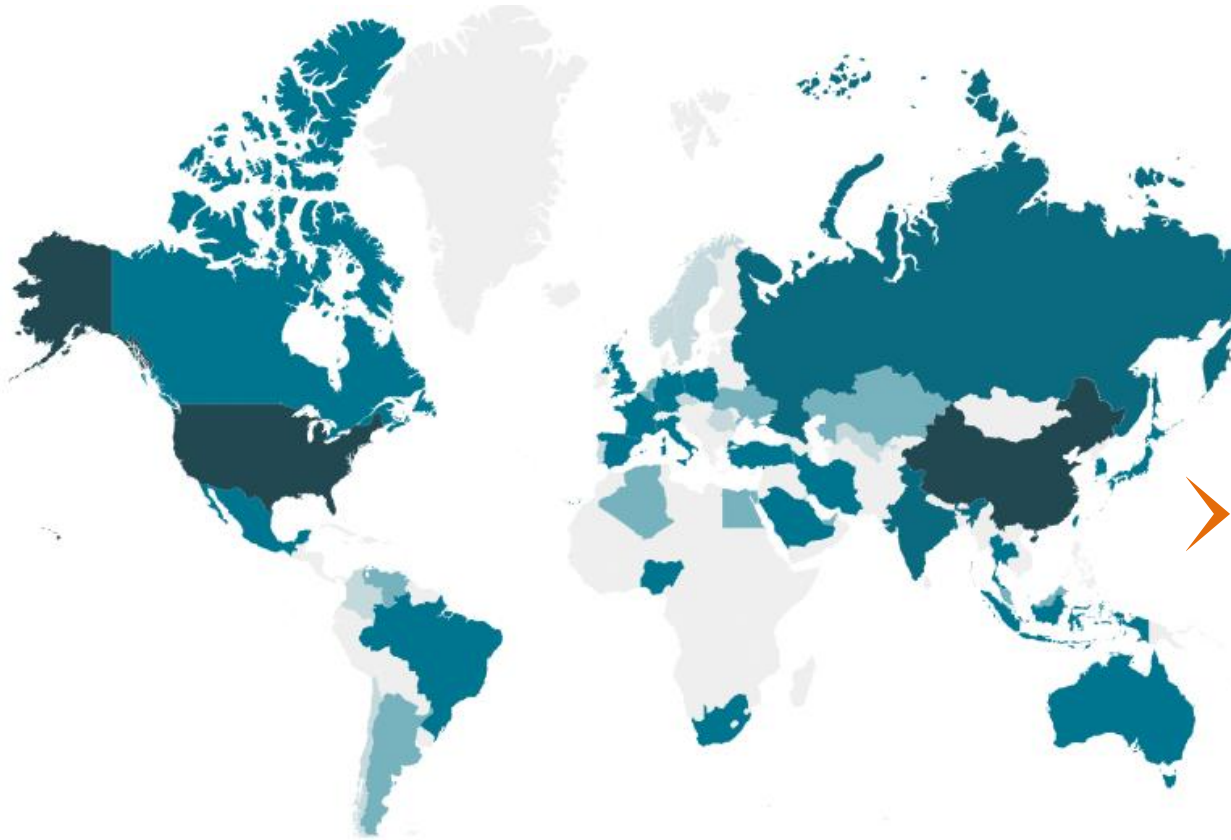
태양광 발전에 필요한 면적



글로벌 에너지 문제

국가별 에너지 소비 (Energy consumptions)

(단위 : Mtoe)

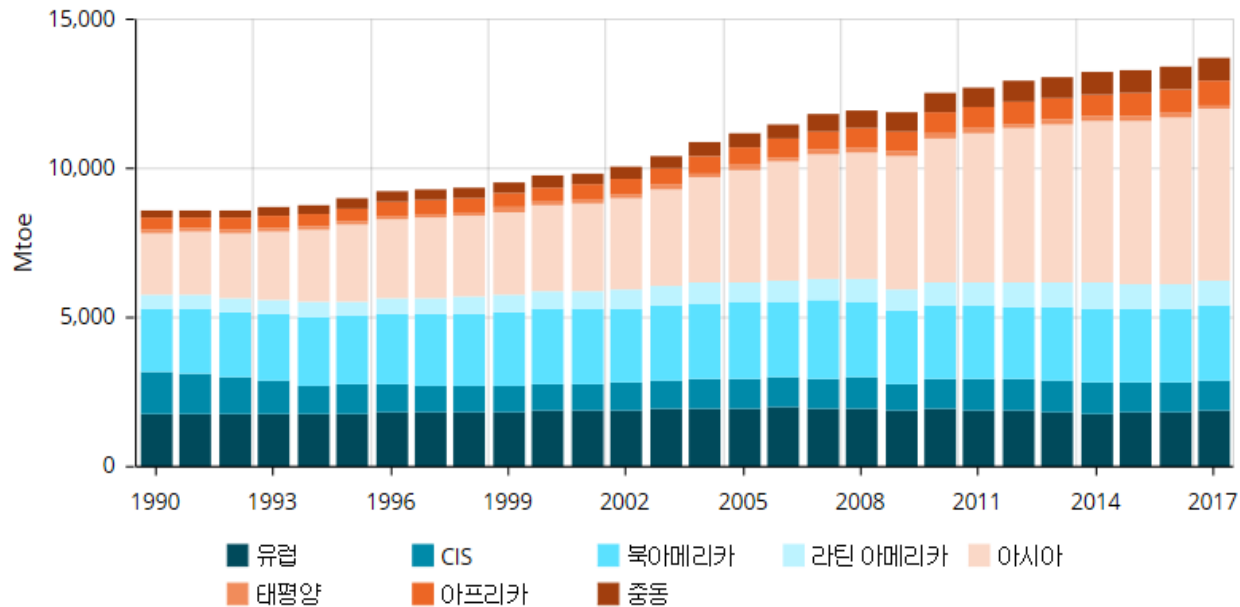


보다 적은 50 50-100 100-500 500-2000 보다 많은 2000

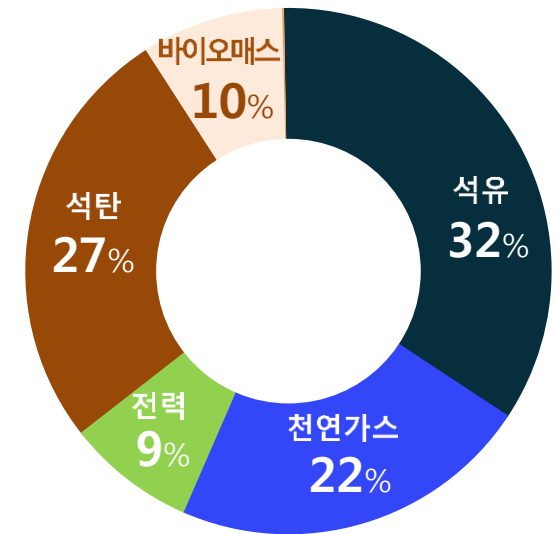
| | | |
|---|-------|-------|
|  | 중국 | 3,105 |
|  | 미국 | 2,201 |
|  | 인도 | 934 |
|  | 러시아 | 744 |
|  | 일본 | 429 |
|  | 독일 | 314 |
|  | 대한민국 | 296 |
|  | 브라질 | 291 |
|  | 캐나다 | 287 |
|  | 이란 | 253 |
|  | 프랑스 | 243 |
|  | 인도네시아 | 240 |

글로벌 에너지 문제

지역별 에너지 소비 추세 (1990-2017)



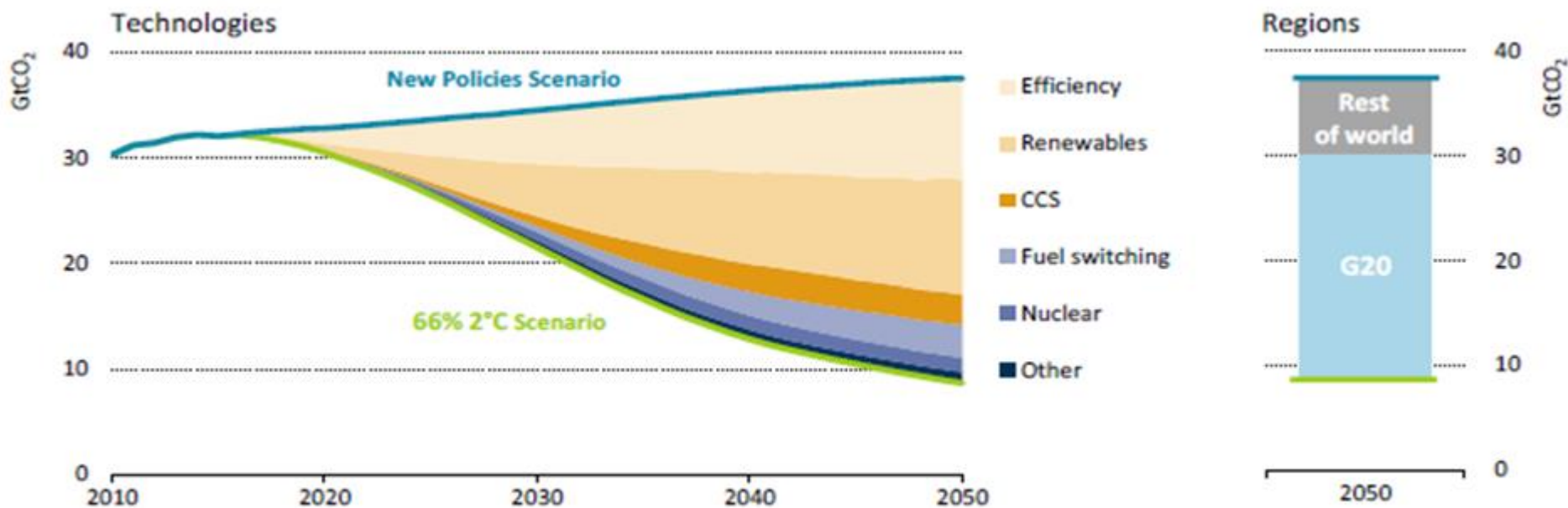
에너지별 비중(2017)



온실가스와 기후변화

IEA의 2°C 시나리오

- 2050년에는 2015년 배출 수준의 1/3 이어야 함
- G20 국가는 2050년까지 온실가스 3/4 을 감축해야 함



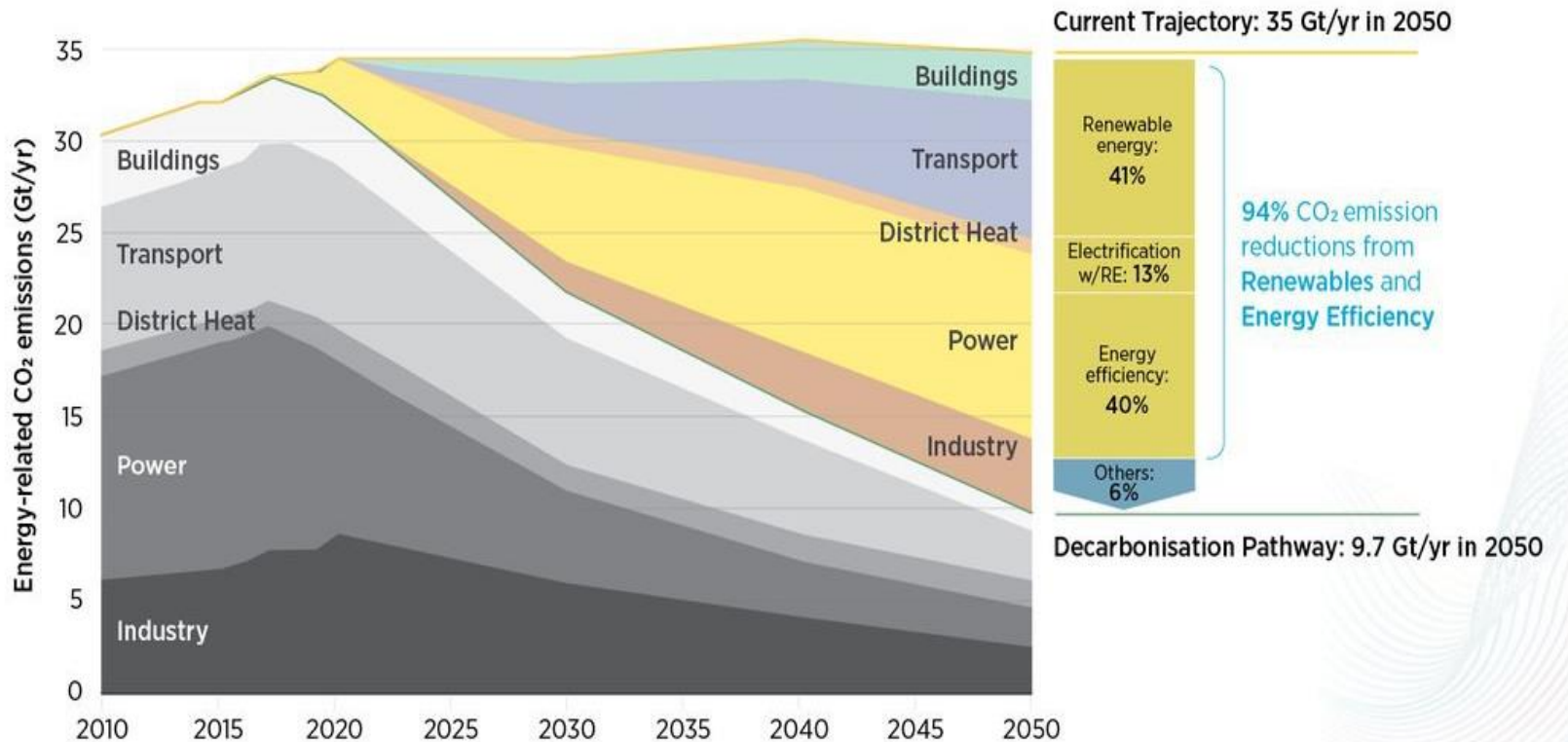
Note: The New Policies Scenario reflects the implications for the energy sector of the NDCs of the Paris Agreement.

온실가스과 기후변화

IRENA의 탄소저감 기여도 예측

- 에너지 관련 CO₂ 저감에 **재생에너지 41%**, **효율 40%**, **전기화 13%** 기여

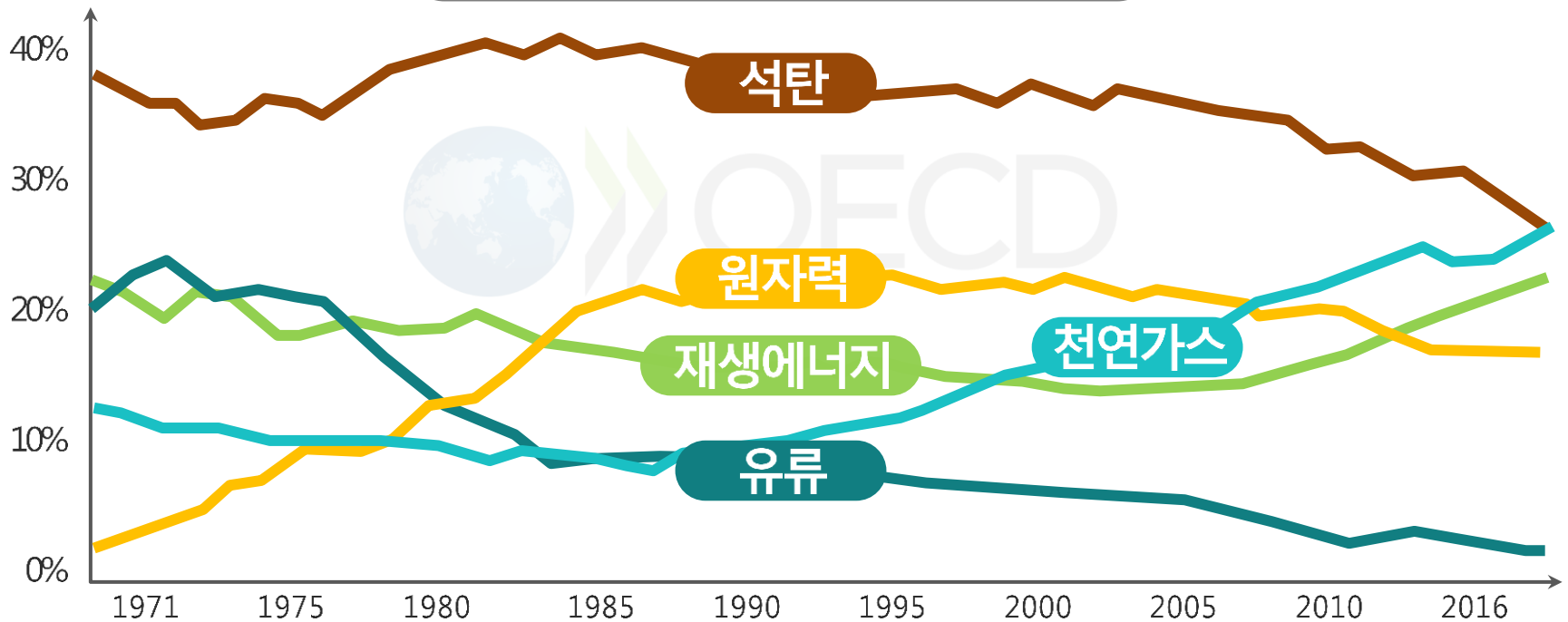
Renewables and improved energy efficiency can dramatically reduce energy-related CO₂ emissions.



재생에너지의 부상

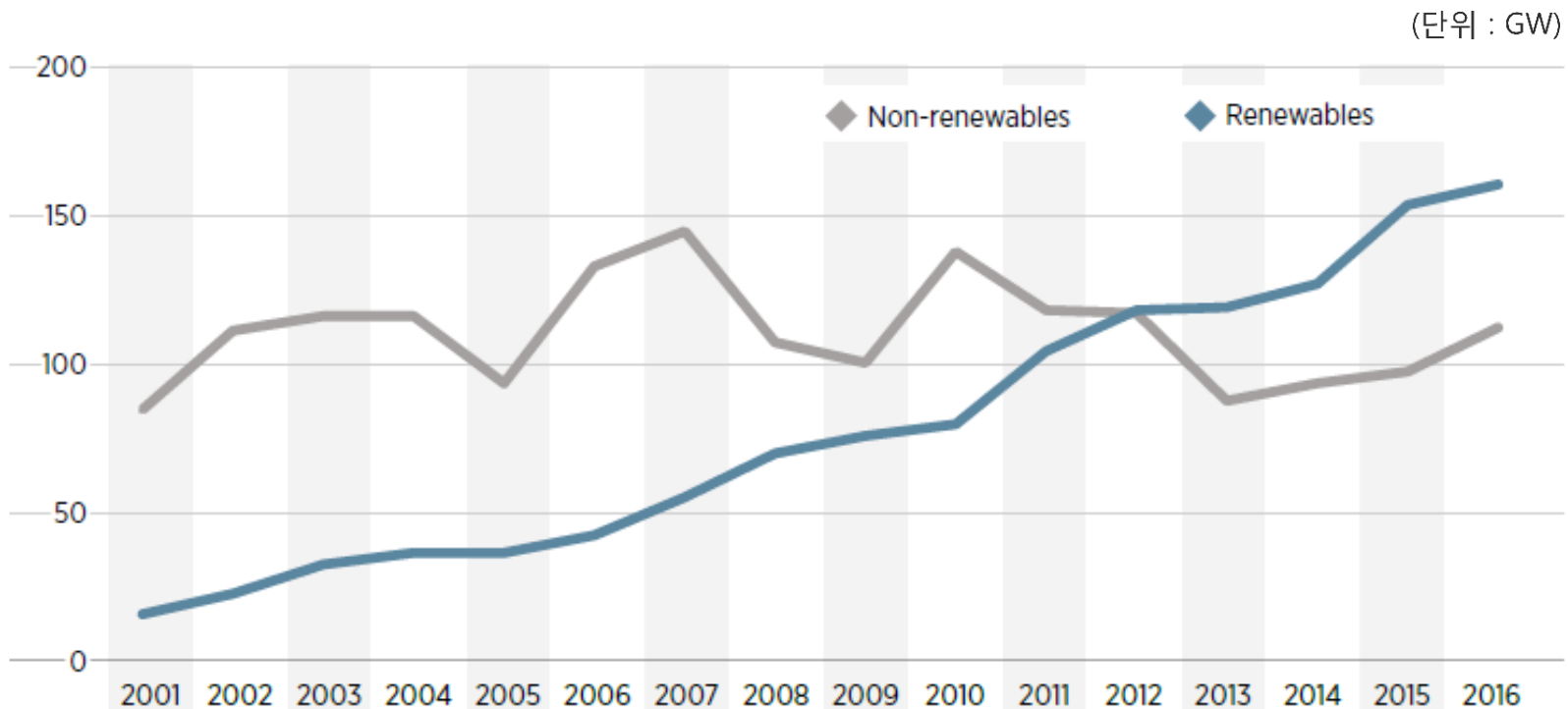
세계적으로 석탄/원자력/유류 발전은 감소 ↓
재생에너지/천연가스는 증가 ↑

OECD 국가들의 발전량 믹스 추이



재생에너지의 부상

재생에너지 설치용량이 전세계 발전설비 60% 차지 (2016년 기준)

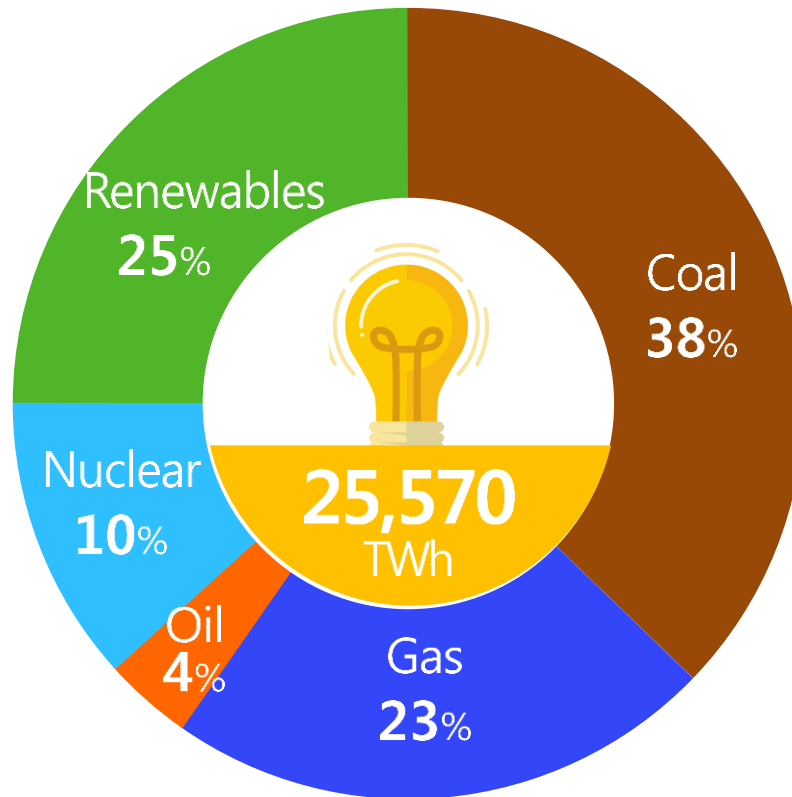


IRENA, "Renewable Energy Policies in a Time of Transition", 2018

재생에너지의 부상

세계 전기 에너지원별 비중 (Electricity generation share)

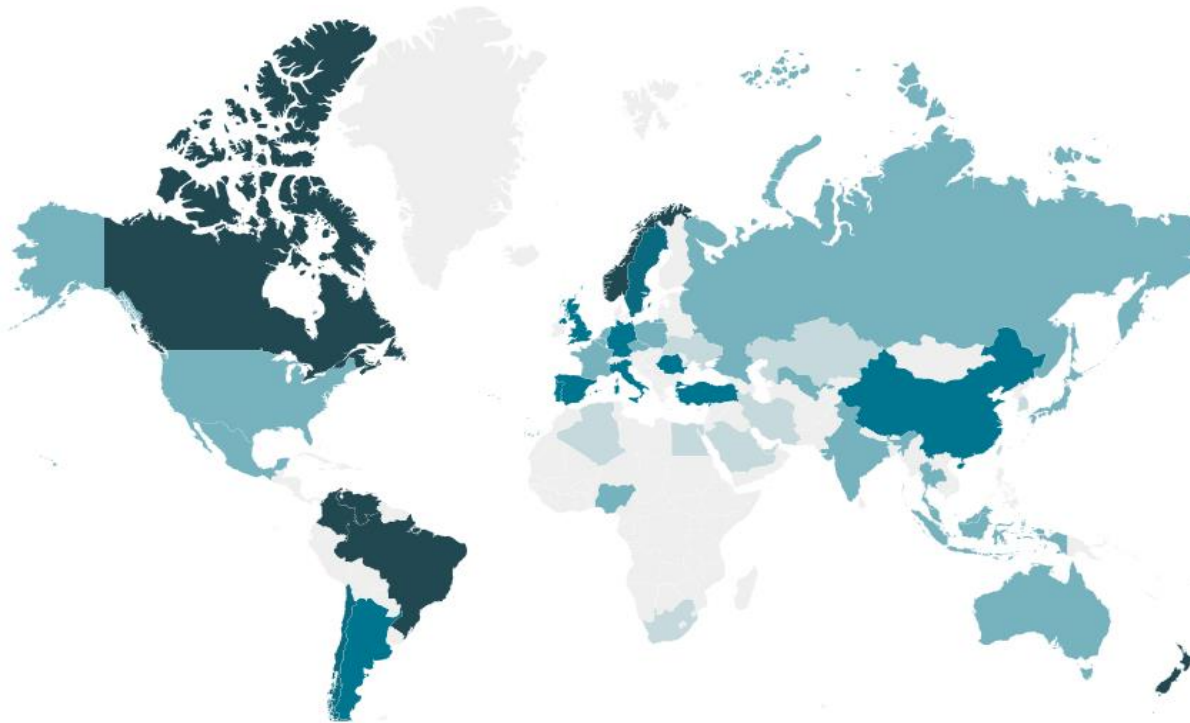
Electricity generation in 2017















재생에너지의 부상

국가별 재생에너지 비중 (Renewable energy penetration)

(단위 : %)

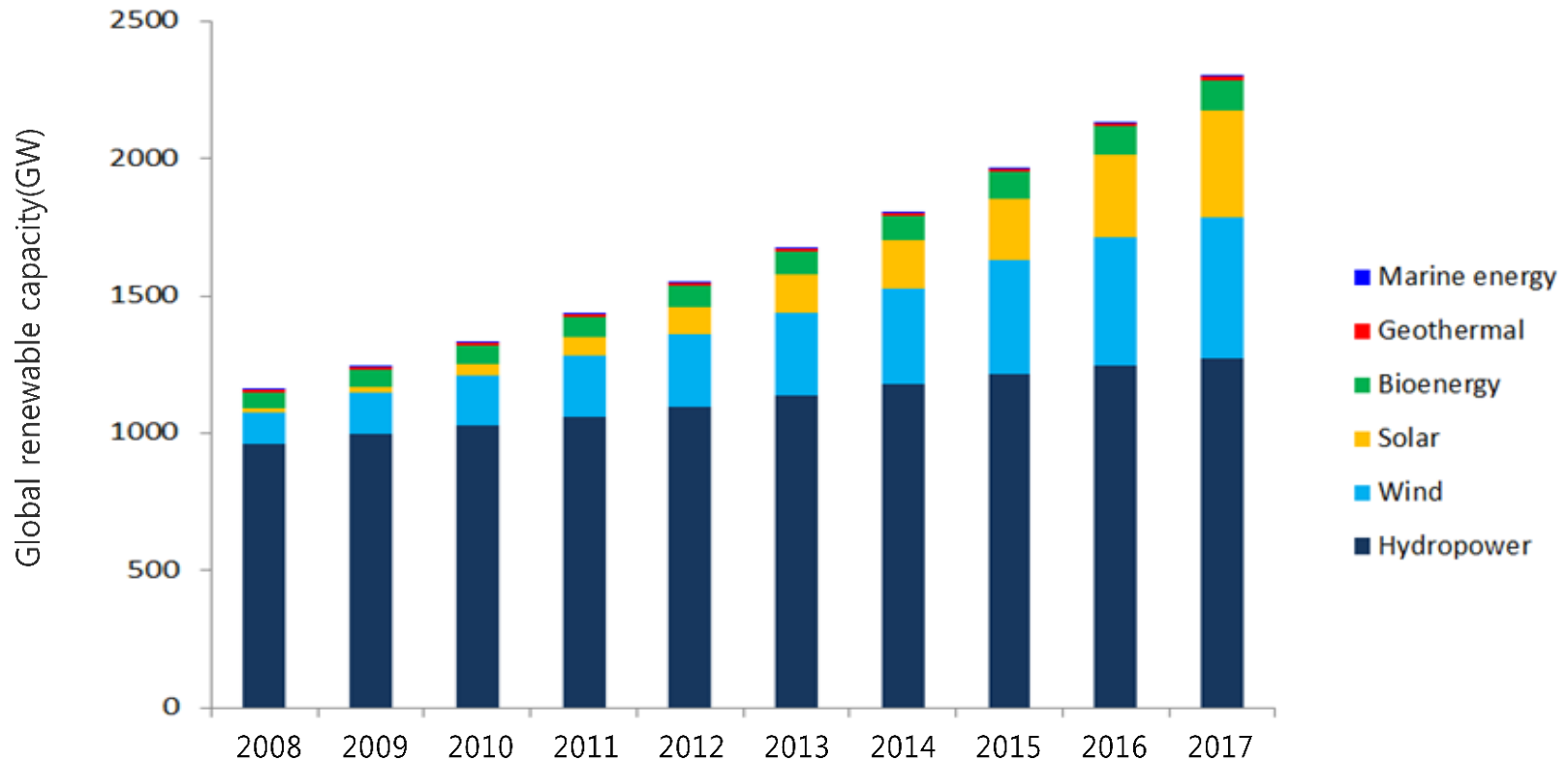


보다 적은 10 10-20 20-40 40-60 보다 많은 60

| | | |
|---|-------|------|
|  | 노르웨이 | 97.9 |
|  | 콜롬비아 | 89.8 |
|  | 뉴질랜드 | 81.4 |
|  | 브라질 | 79.7 |
|  | 캐나다 | 64.7 |
|  | 베네주엘라 | 63.3 |
|  | 스웨덴 | 57.5 |
|  | 칠레 | 44.5 |
|  | 포르투갈 | 39.7 |
|  | 루마니아 | 38.7 |
|  | 이탈리아 | 35.7 |
|  | 독일 | 34.0 |

재생에너지의 부상

세계 재생에너지 누적 용량 (Renewable energy capacity)



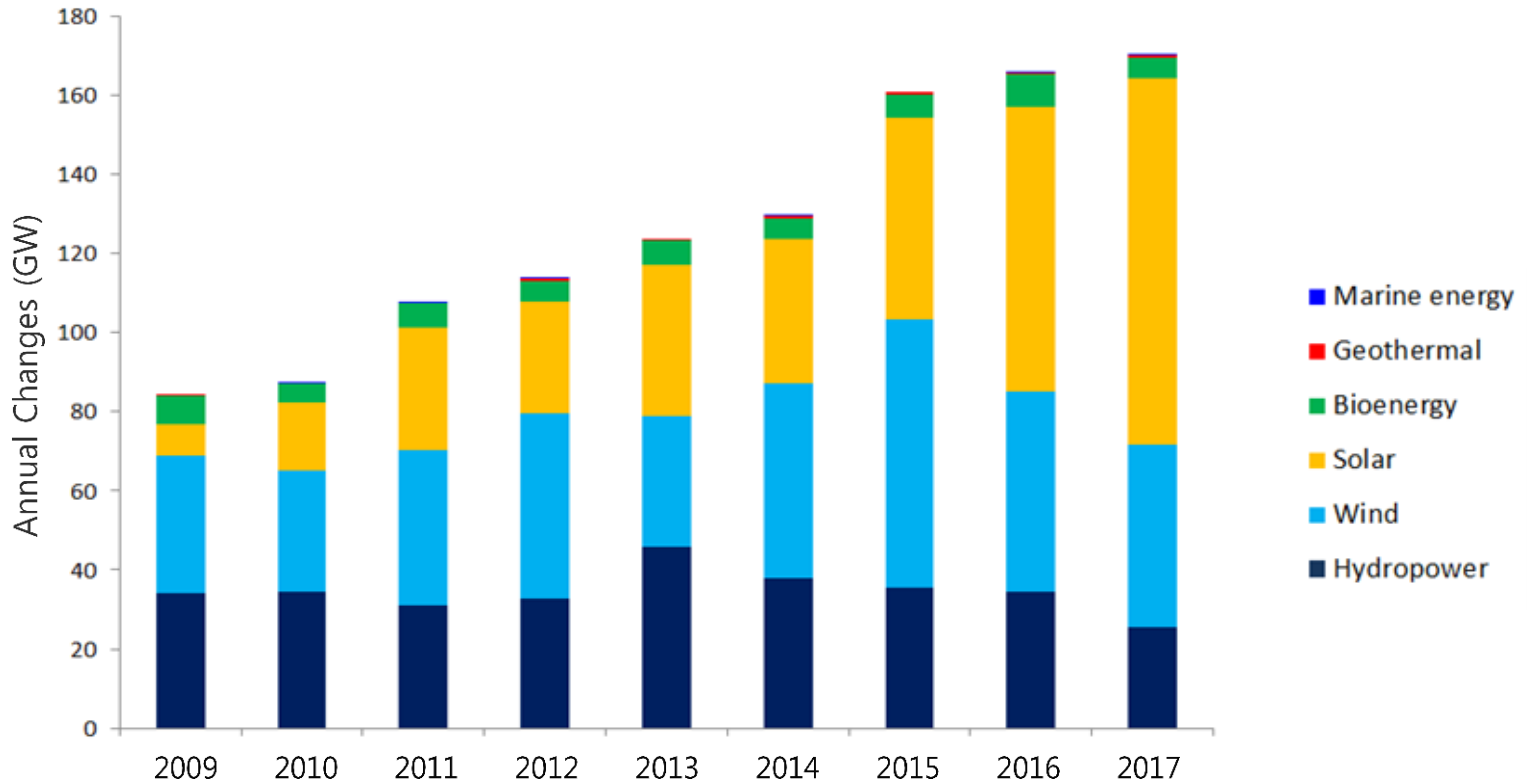
Worldwide Installed Renewable Energy Capacity(2008-2017)

1. Hydropower also includes pumped and mixed plant;
2. Marine energy covers tide, wave, and ocean energy

(Source : "Renewable energy statistics 2018", <http://www.irena.org/publications>, July 2018)

재생에너지의 부상

재생에너지 연간 변화 (Renewable energy annual changes)



Global Renewable Energy Annual Changes(2009-2017)

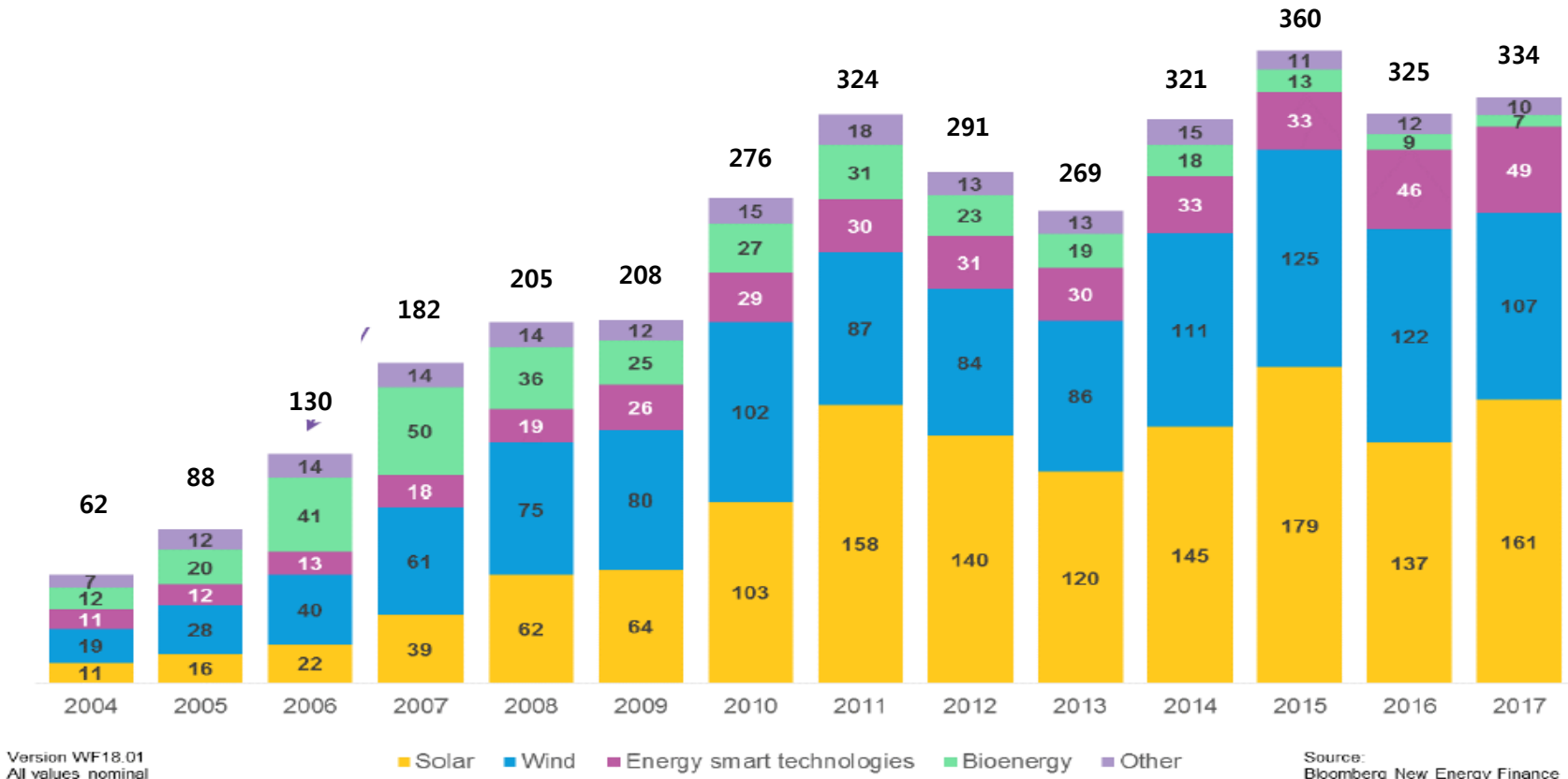
1. Hydropower also includes pumped and mixed plant;
2. Marine energy covers tide, wave, and ocean energy

(Source : "Renewable energy statistics 2018", <http://www.irena.org/publications>, July 2018)

재생에너지의 부상

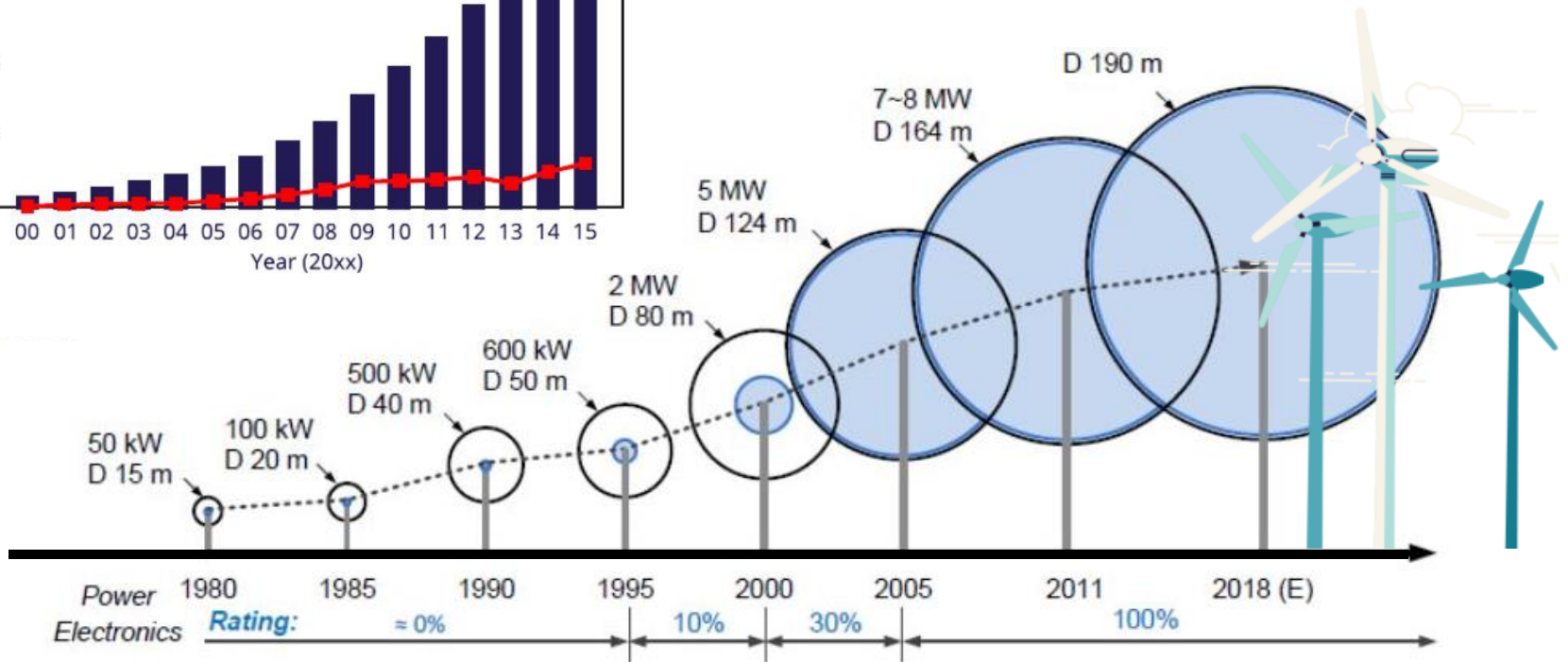
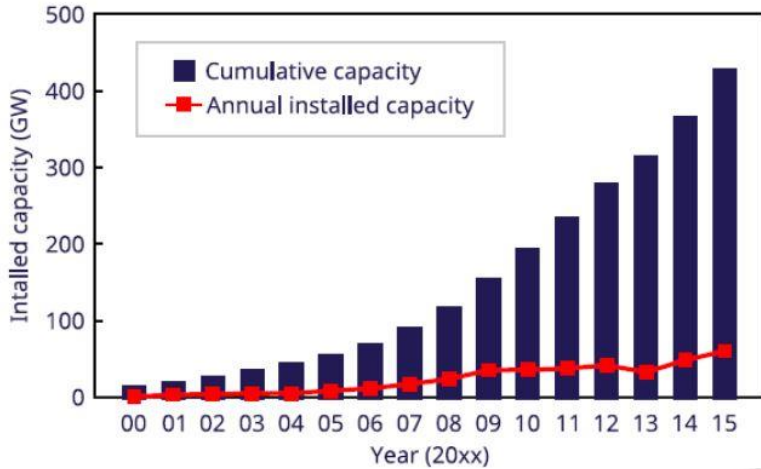
세계 재생에너지 신규투자는 매년 **370조원** 규모

(단위 : B\$)



Bloomberg New Energy Finance (2018. 1.)

재생에너지 기술발전 (풍력)



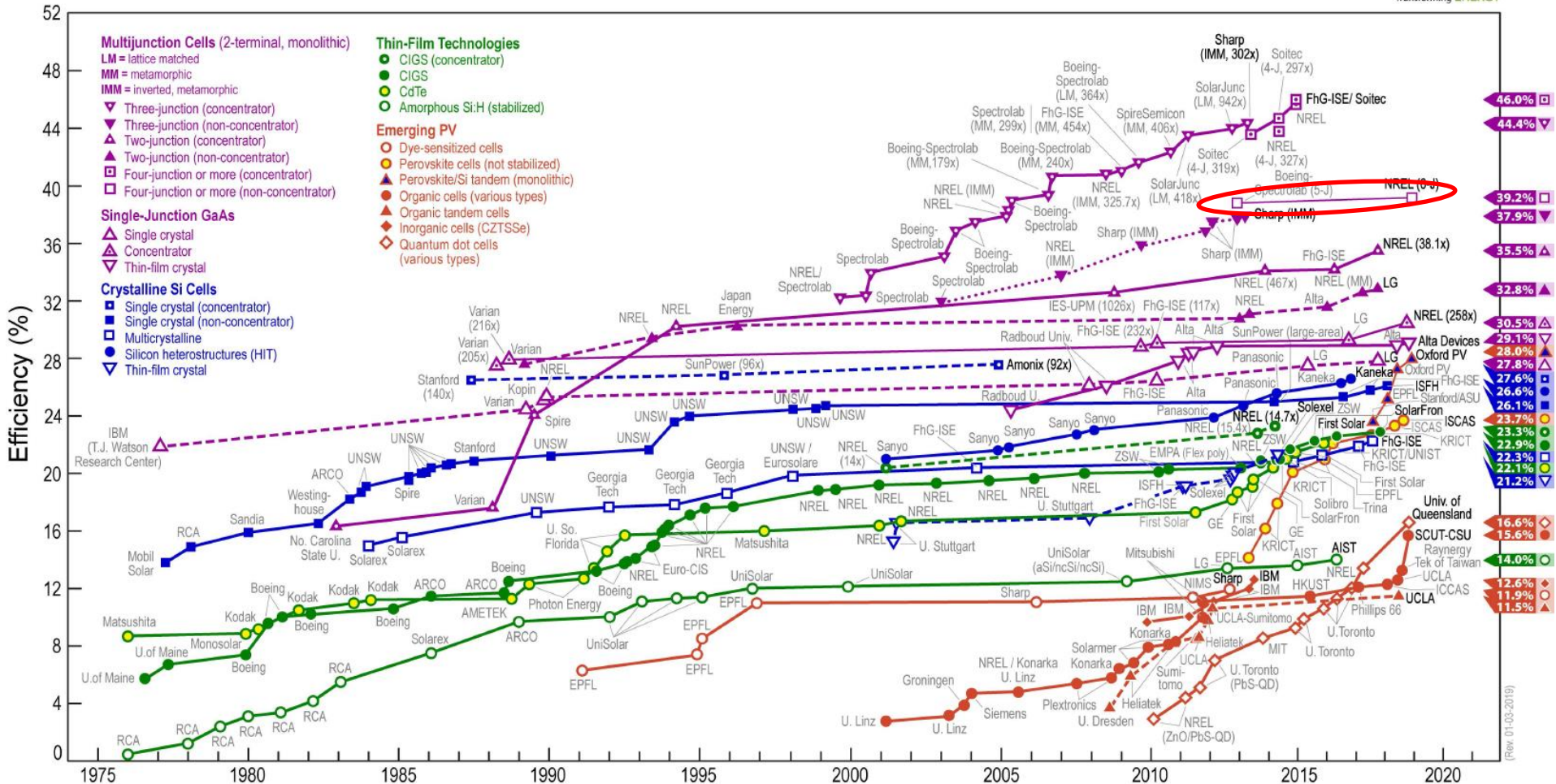
글로벌 풍력발전설비 누적 설치용량(2017) : 539GW (2017신규: 52.5GW)

- 주요 시스템 설치 용량(육상용: 3~4MW, 해상용: 6~8MW)
- 시스템 최대용량: 9.5MW(Vestas), 12MW개발 착수(GE)

재생에너지 기술발전 (태양광)



Best Research-Cell Efficiencies



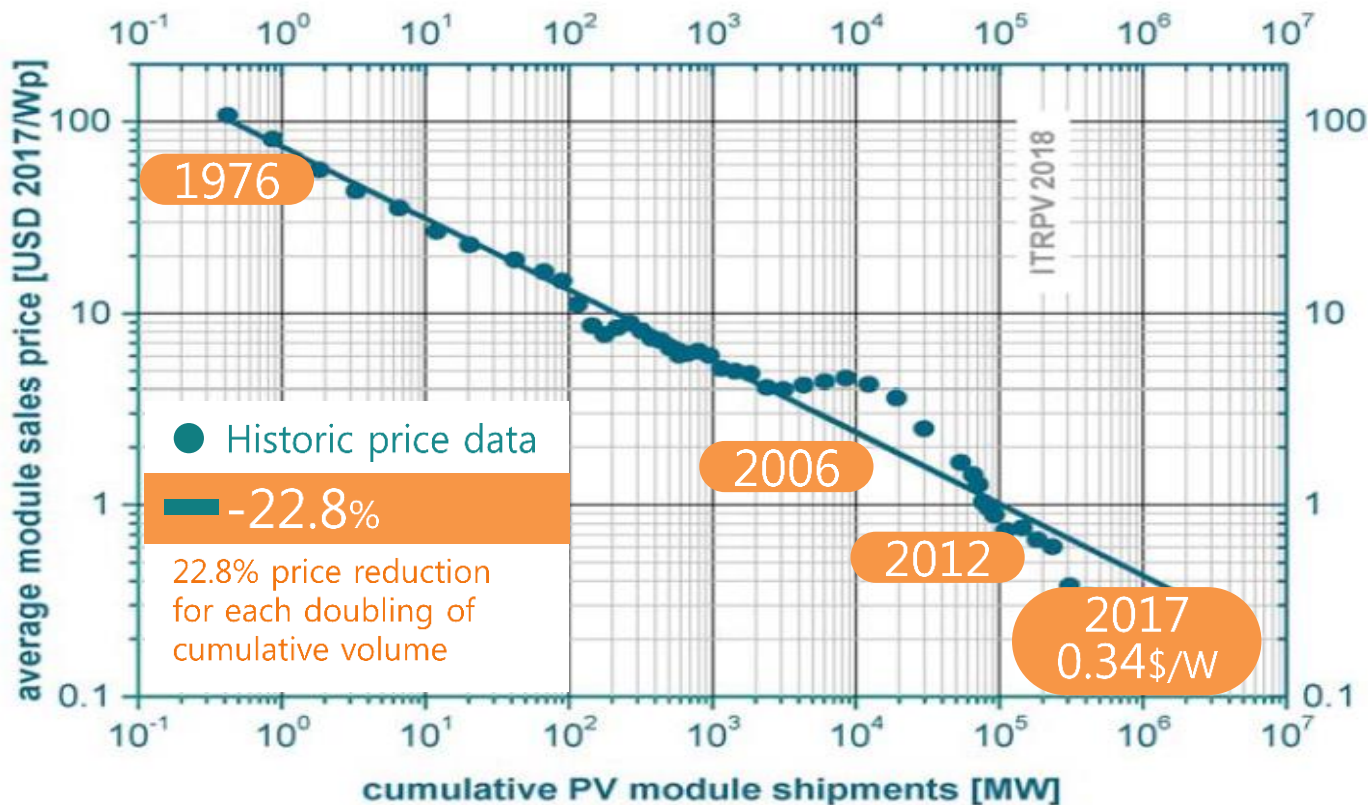
NREL(2019. 1.)

재생에너지 가격 하락



결정질 실리콘 태양광 모듈 가격변화 추이

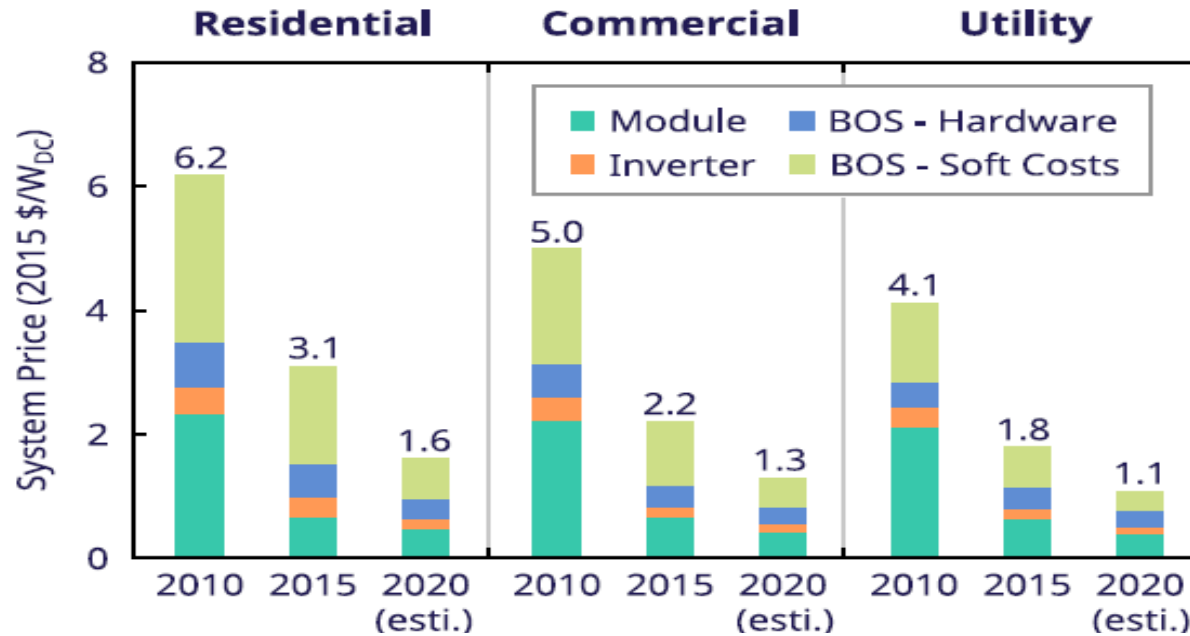
Learning curve for module price as a function of cumulative shipments



재생에너지 가격 하락



태양광 발전단가 하락 추세



US DOE SunShot Initiative to lower PV cost by 2020

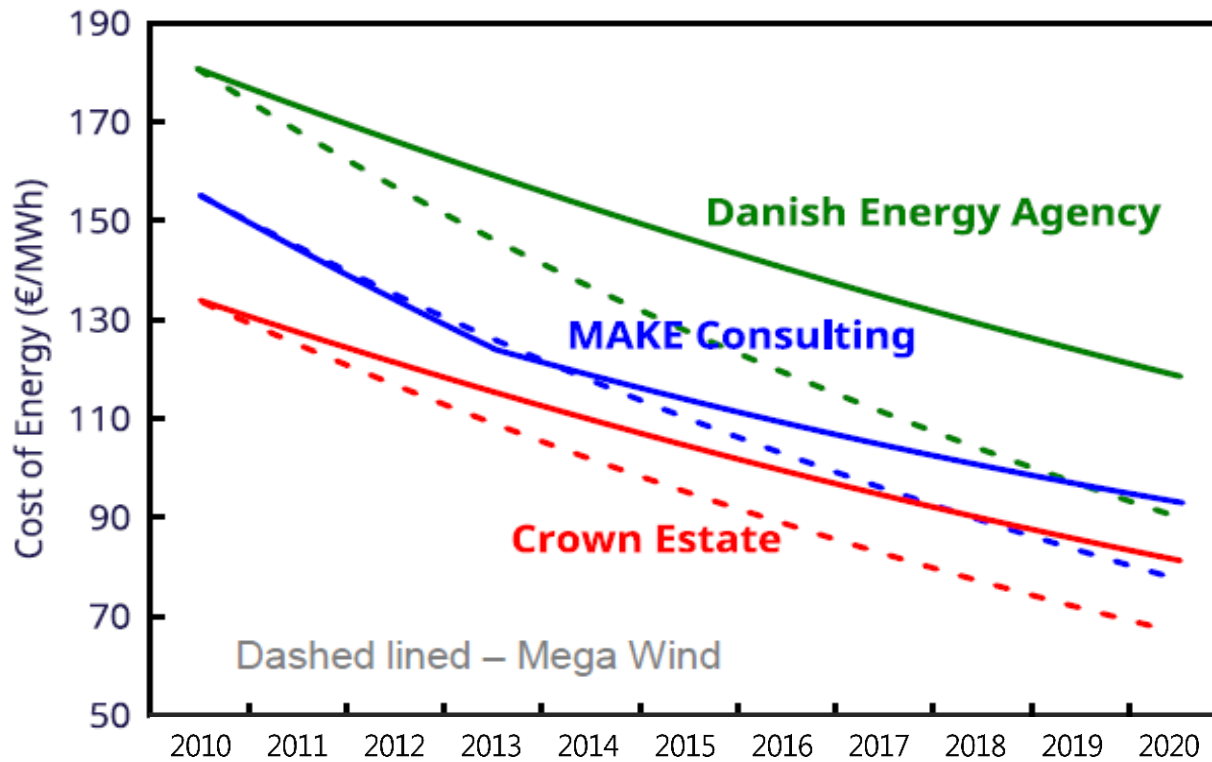
Figure Adapted from the National Renewable Energy Laboratory. BOS-Balance of System

- PV module cost should be reduced by $\frac{2}{3}$
- Power electronics needs also cost reduction by $\frac{1}{2}$
- Installation cost should be reduced by $\frac{2}{3}$

재생에너지 가격 하락



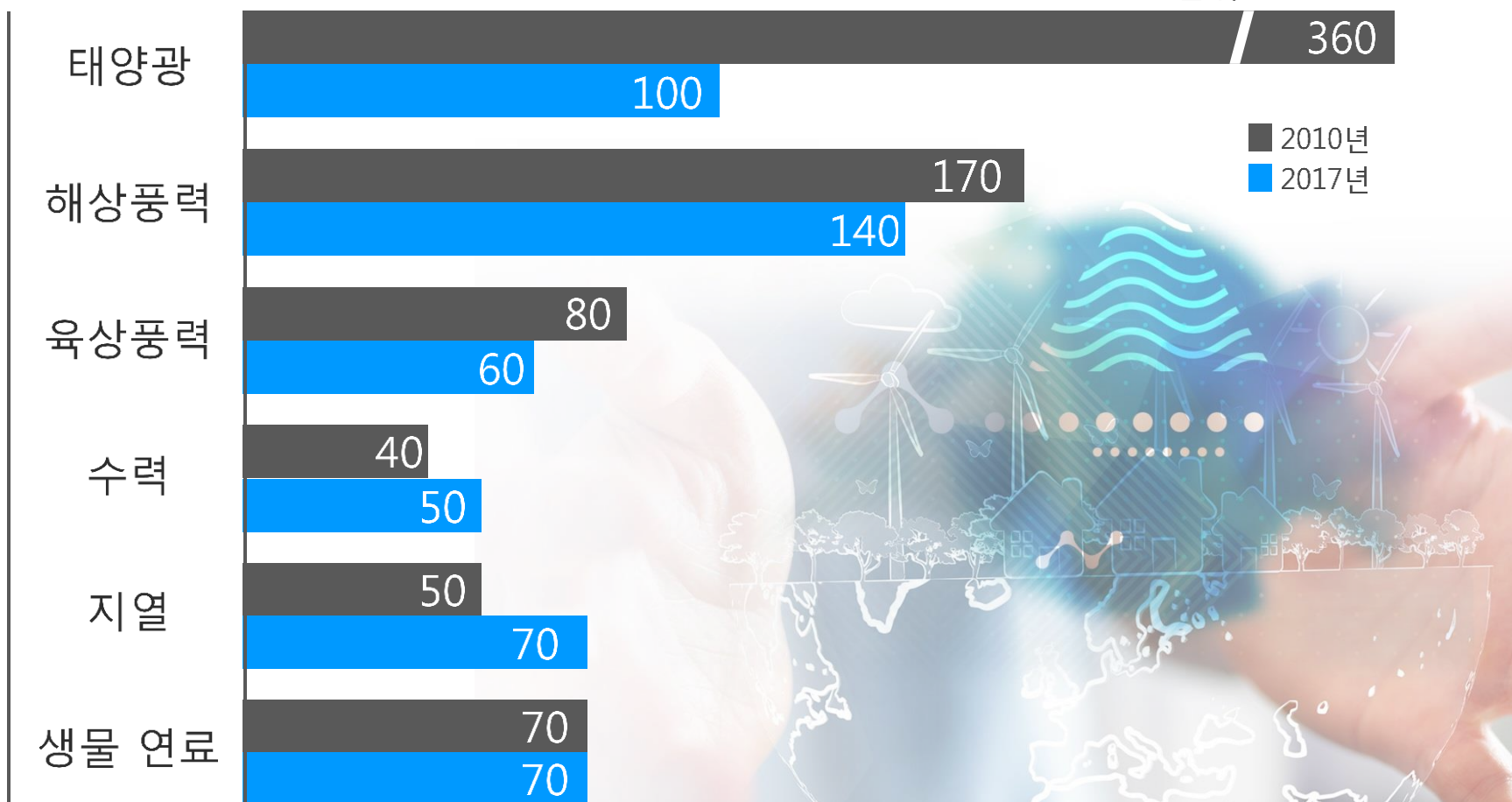
풍력 발전단가 하락 추세



재생에너지 가격 하락

신재생에너지 평균 균등화발전비용(LCOE) 추이

단위: \$/MWh

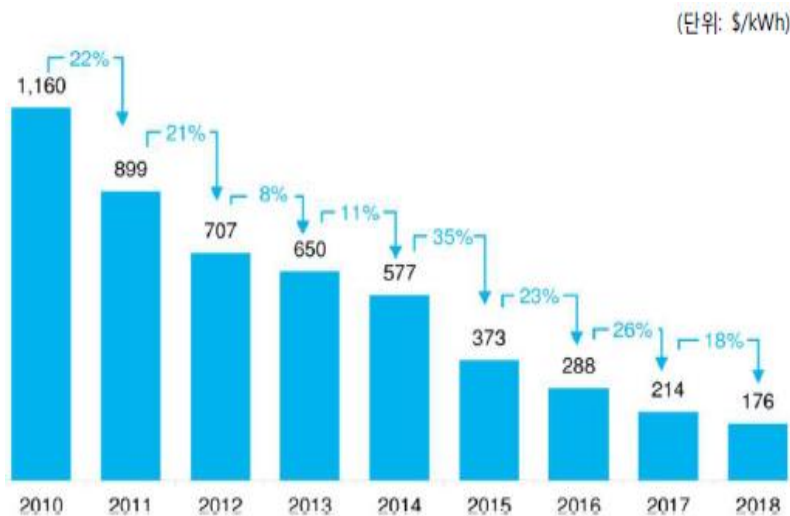


배터리 시장의 폭발적 성장

리튬이온배터리

85% 가격하락

('10년→'18년)

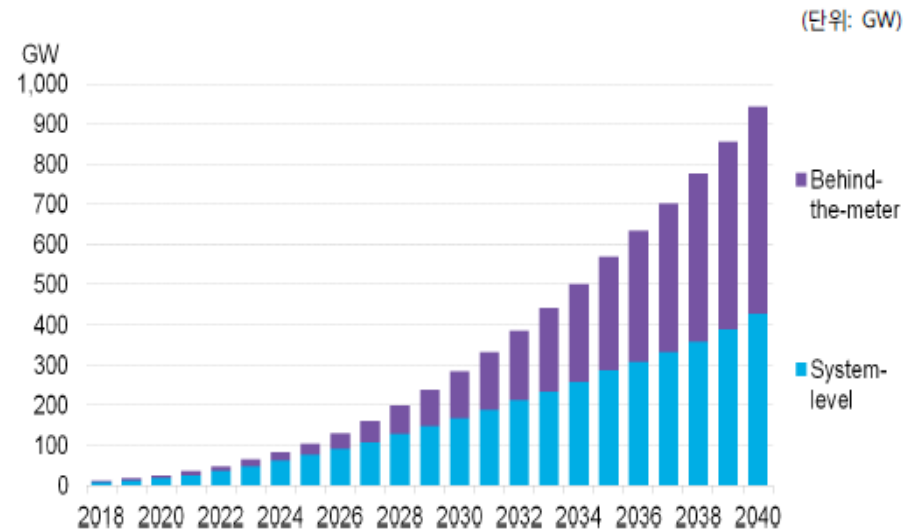


<리튬이온 배터리 가격 동향>

ESS 시장 2040년

1,000GW 규모 성장 예상

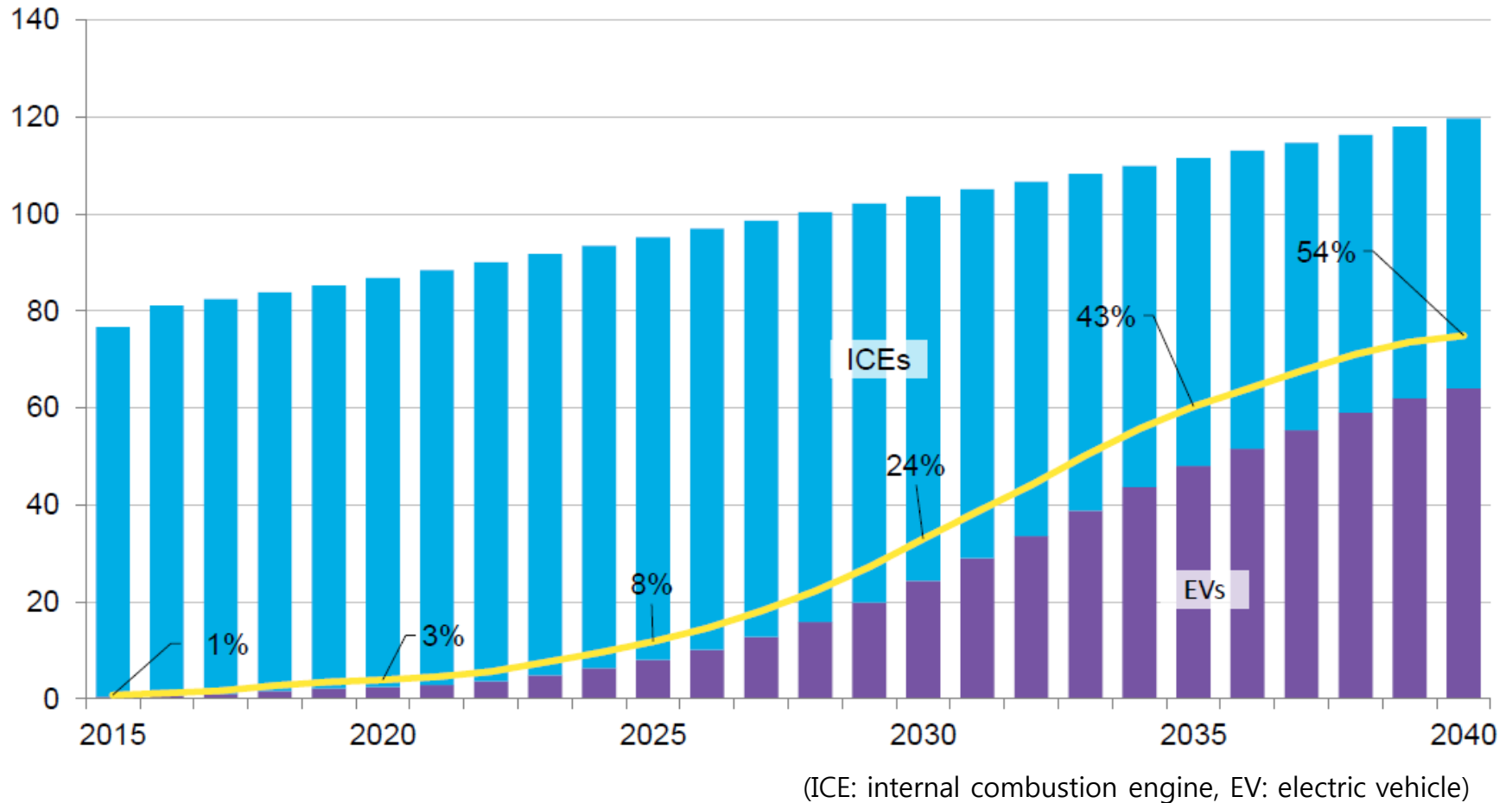
(BNEF)



<세계 에너지저장 시스템 시장 전망>

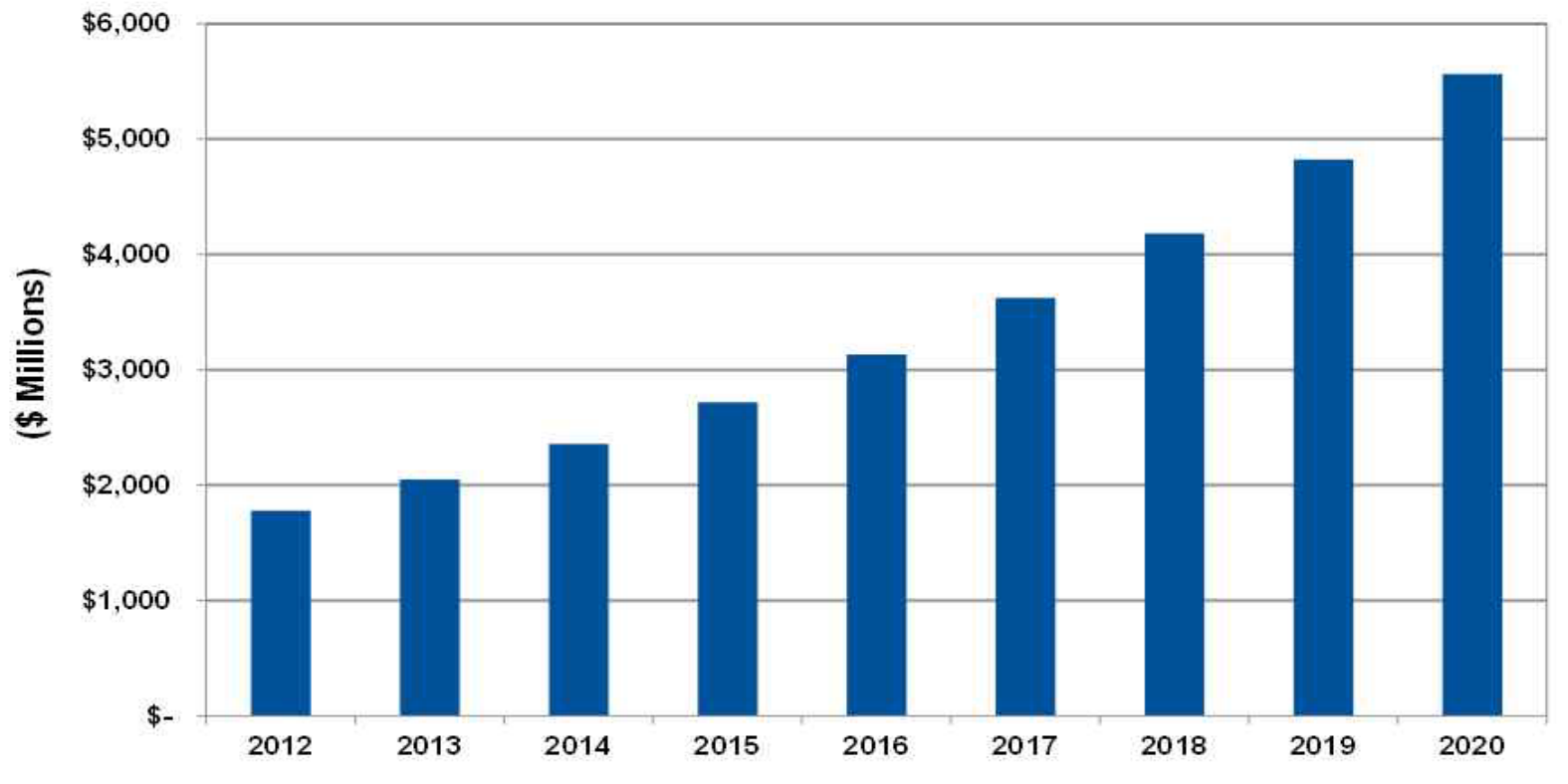
전기차 시장의 폭발적 성장

2040년 글로벌 신차 판매량의 54%가 전기차 (BNEF)



에너지 효율시장 확대

빌딩에너지관리시스템(BEMS) 시장의 성장 ('20년 6.3조원)

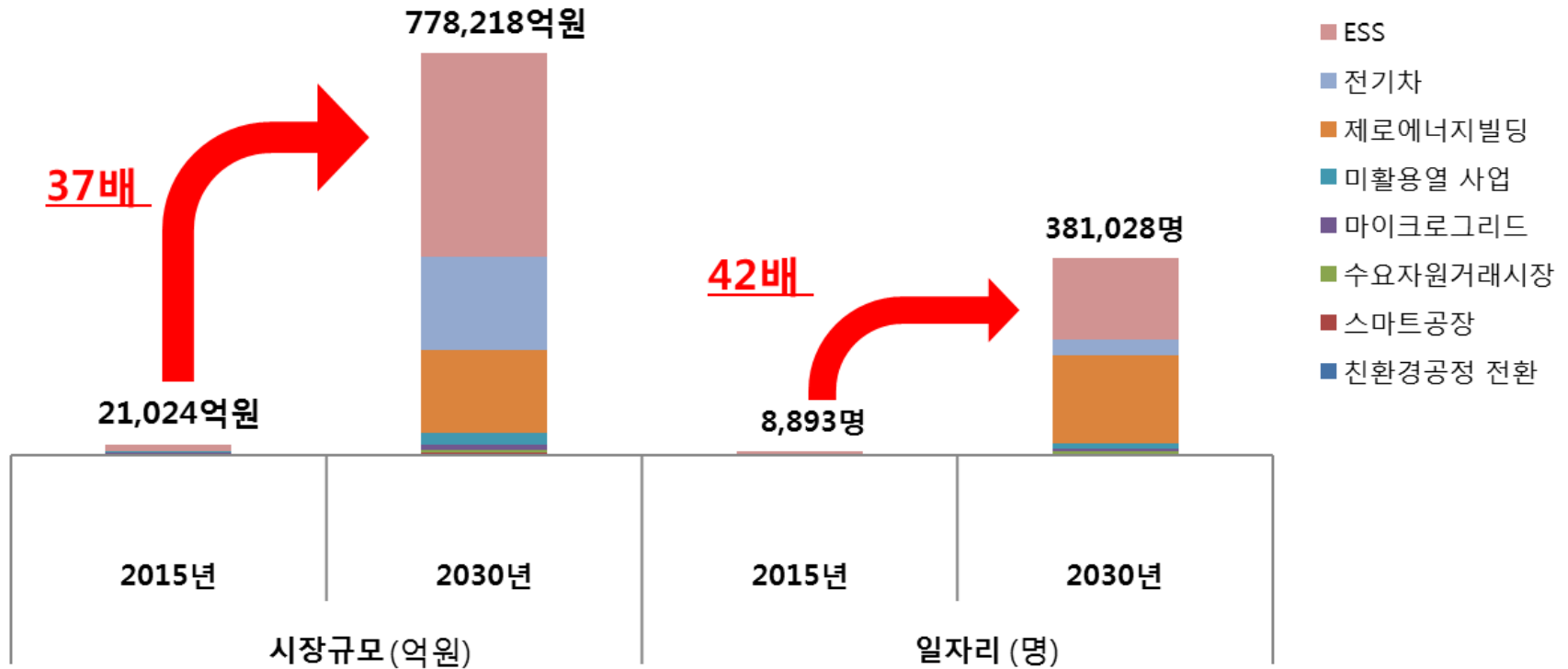


(Navigant Research)

에너지 효율시장 확대

2030년 총 78조원 에너지효율 시장

38만명 일자리 창출



<출처 : "2030년 에너지신산업 기대효과" 에너지경제연구원(2015)>

에너지 패러다임 변화

경제성
(단가+시장성)



환경성

(기후변화+미세먼지)



안전성

(중대사고+자연재해)

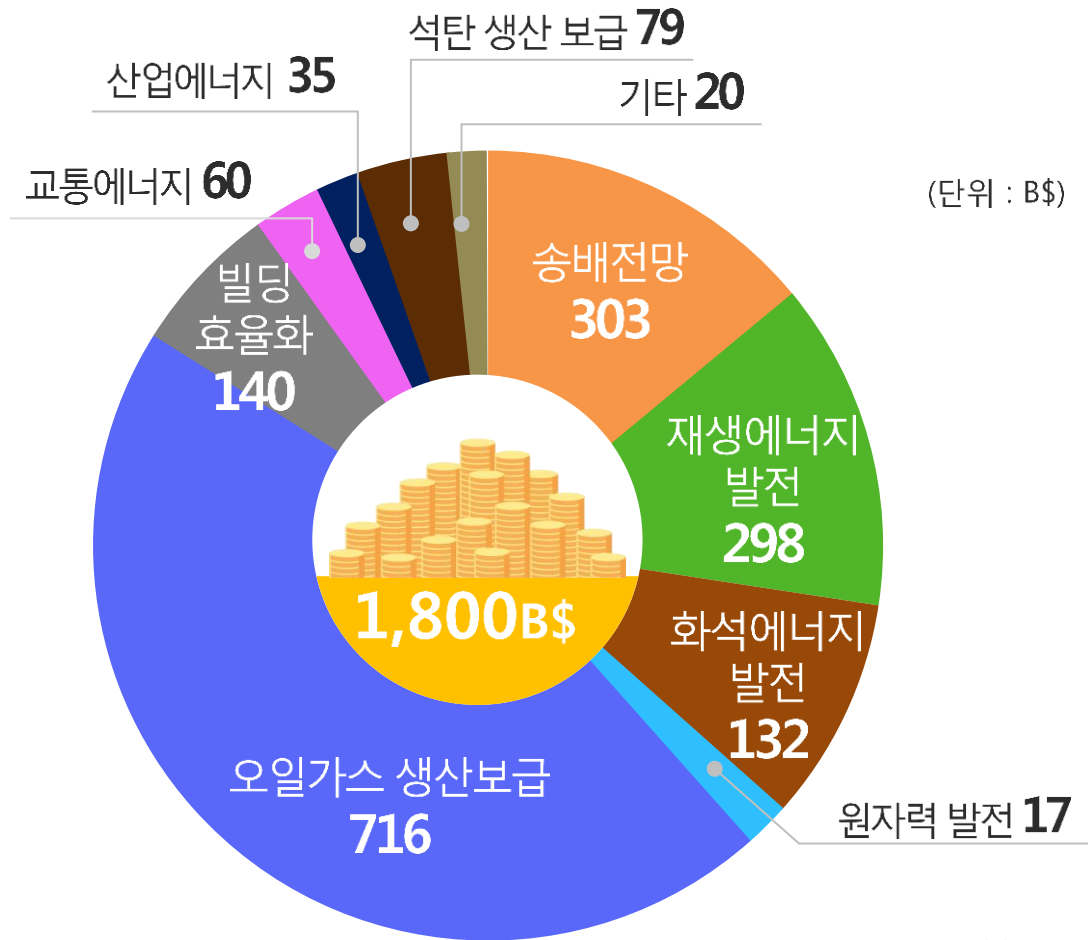


사회성

(수용성+일자리)

에너지 패러다임 변화

2017년 세계 에너지 투자 규모 (1,800B\$ = 2,000조원)





3.

정부의 에너지 전환 정책

글로벌 변화를 외면할 것인가?

에너지전환 3대축

원전 → 방사선

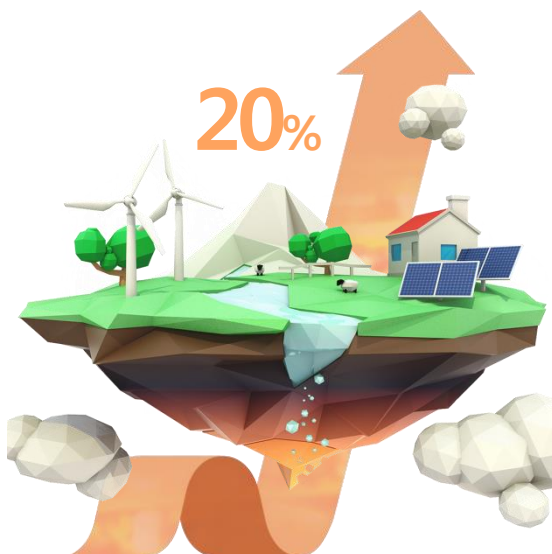


신규 원전 건설 중단

원전 안전폐처리수출 강화

방사선 산업·일자리 육성

재생에너지



2030년 재생에너지 발전
20% 달성

석탄 → 가스



신규 석탄발전 건설 중단

가스발전(터빈 연료전지) 전환

범수소, 가스경제로 전환

제8차 전력수급기본계획 (주요 내용)

① 수급안정/경제성

② 발전소 건설 위주

③ 원전/석탄 중심

④ 대규모 중앙공급

과거

① 수급안정/경제성 + 환경성/안정성

② 수요관리 최우선 강화

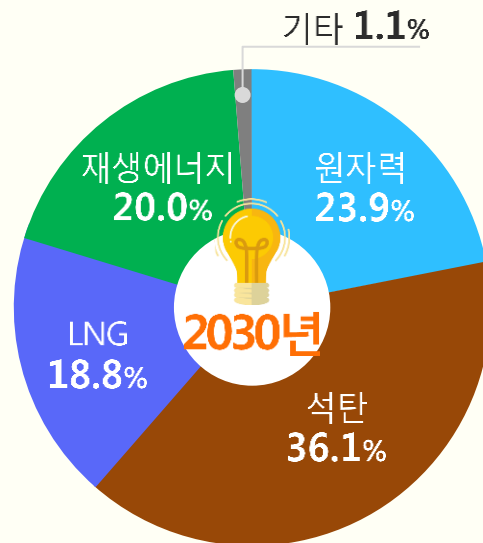
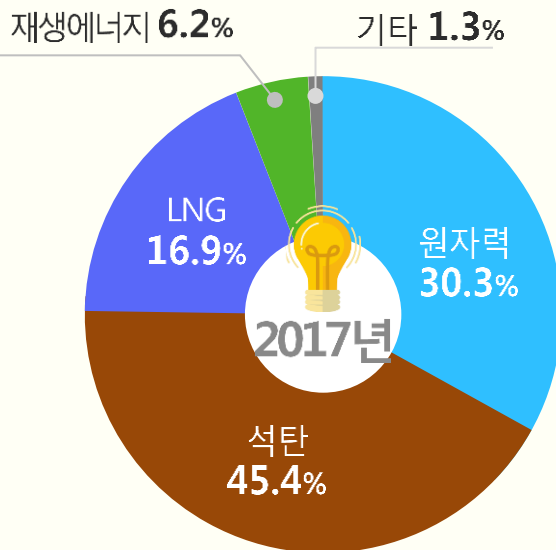
③ 재생에너지 및 LNG 확대

④ 소규모 분산형 전원 확산

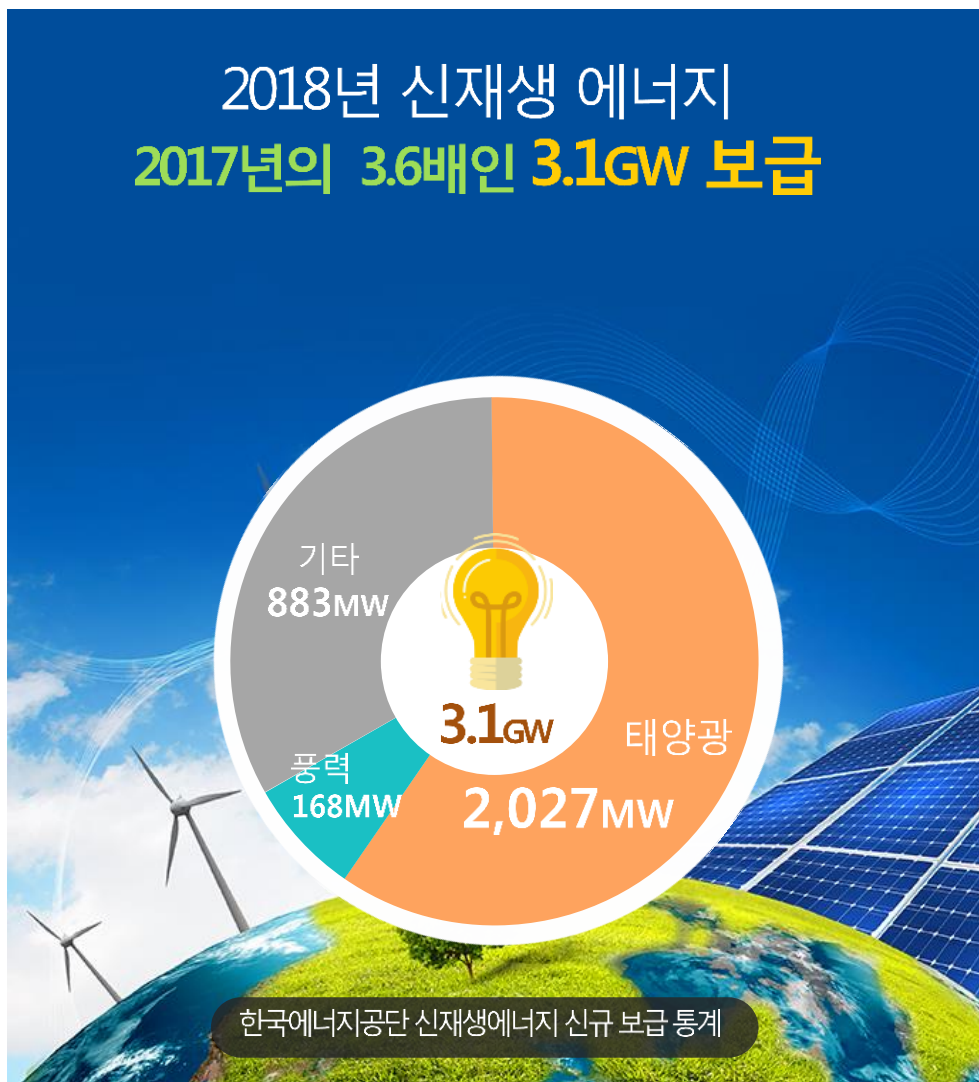
제 8차 전력수급기본계획

발전량 구성: 목표 시나리오

- 원자력
- 석탄
- LNG
- 재생에너지
- 기타



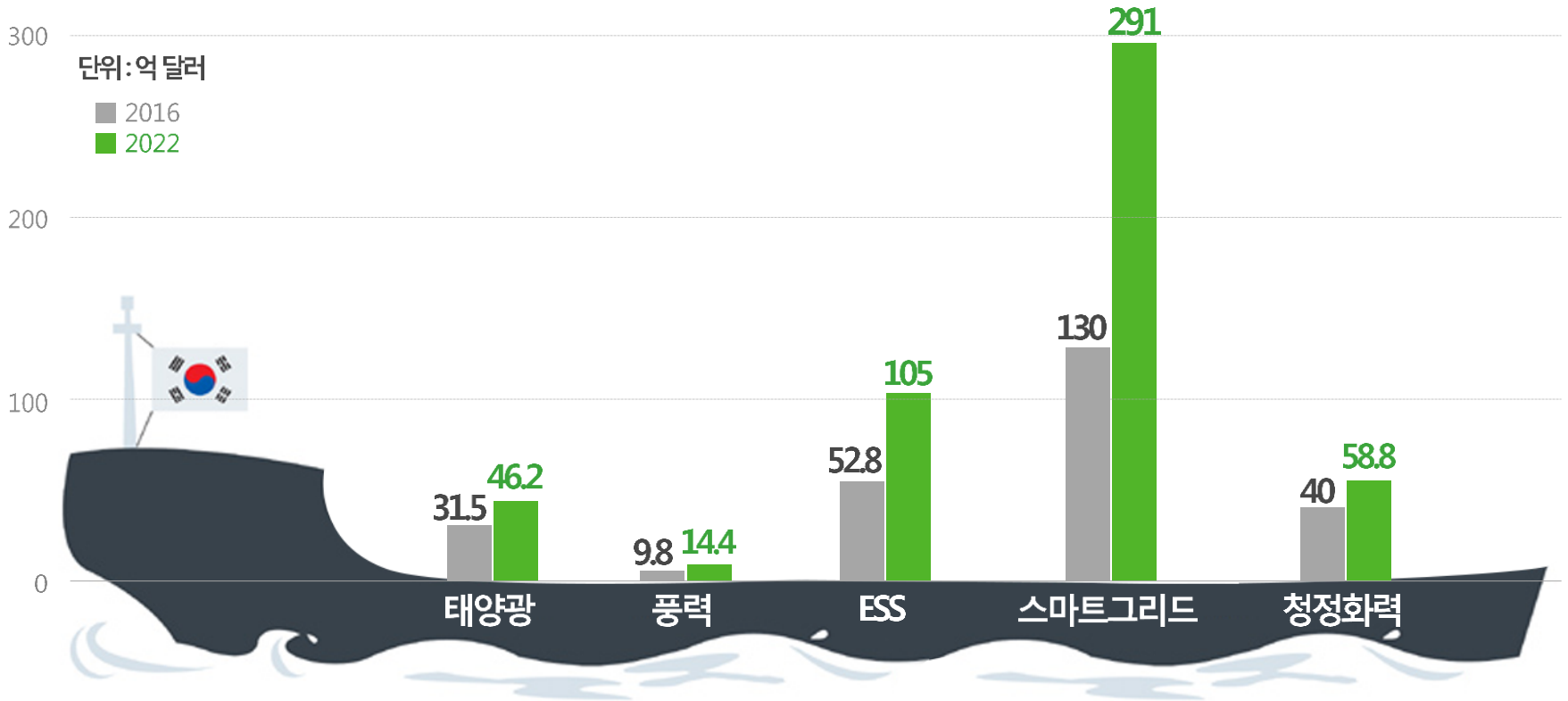
에너지 정책 추진 현황 (2018년)



에너지전환을 통한 수출 확대



태양광·풍력 등
전략분야 지원을 통해
수출규모 **2배 확대**



에너지전환을 통한 일자리창출



2018년부터 2022년까지 양질의 일자리 **16.8만개** 창출
(2030년까지는 약 57.5만개 창출)





4.



대한민국의 선택

2050년, 미래세대를 위한 제안

국운을 좌우하는 것은? → (기술)혁신과 포용

지난 100년의 세계 역사
“무엇이 국가
운명을 갈랐나?”

소련



미국보다 우주개발에 앞섰지만 기술경쟁에서 패배, 연방해체

영국, 프랑스



1,2차대전에서 승리했으나, 기술주도력 상실로 패권 상실

이라크



재래식 무기의 60만 이라크군이 첨단무기의 4만 연합군에게 패퇴

미국



19세기에 상농업국가였지만 1,2차대전과 군사우주기술로 세계 제패

중국



70년전 식민지였으나 40년간 개혁개방과 기술확보로 강대국 부상

이스라엘



4차례의 중동전쟁에서 3억 명의 아랍을 500만 명으로 제압 핵무장

독일, 일본



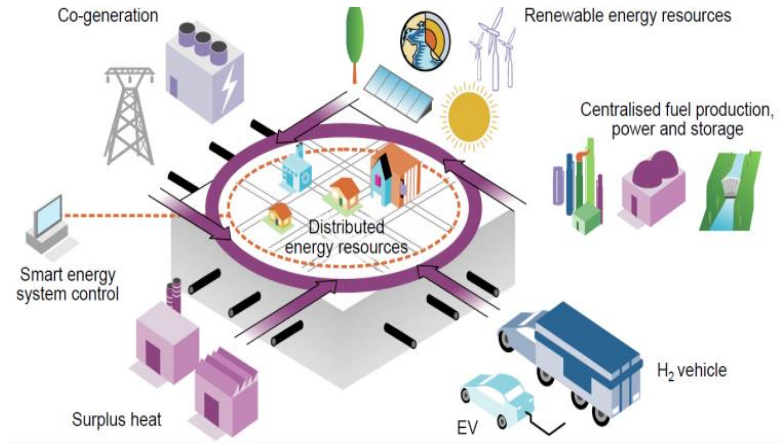
1,2차대전에서 패배했으나 기술력으로써 경제대국으로 부활

미래 에너지 트렌드(3D)

D ecarbonization 탈탄소화

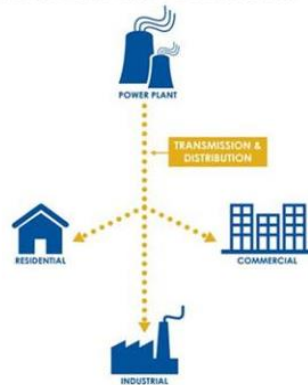


D ecentralization 분산화



D igitalization 디지털화

TODAY: ONE-WAY POWER SYSTEM



EMERGING: THE ENERGY CLOUD



(Source: Navigant Consulting)

에너지 정책 실천방안(1)

태양광 중심의 재생에너지 수출산업 육성



기술·시장이 확대되는 태양광 발전
(육상·수상·해상)을 중점 육성



* 미관, 설치장소 부족 해소, 플랫폼 수출 위해
친환경 해상 에너지단지 조성



대형 에너지 저장장치
(ESS: RFB, V2G)의
개발과 보급 확대



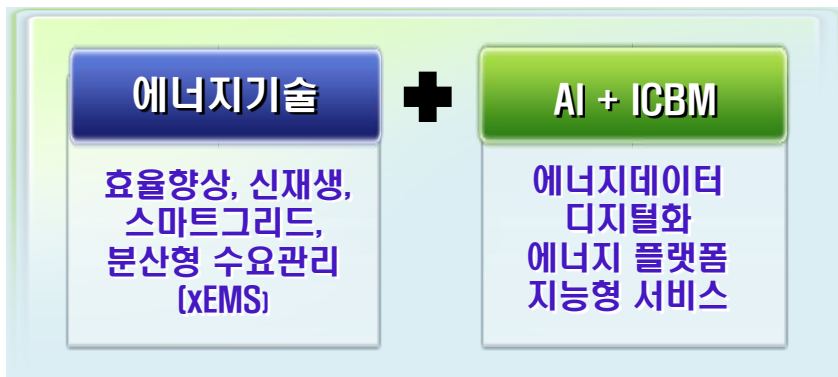
RE100 기업 유치와
에너지수출 촉진을 위한
제도(법/금융) 마련



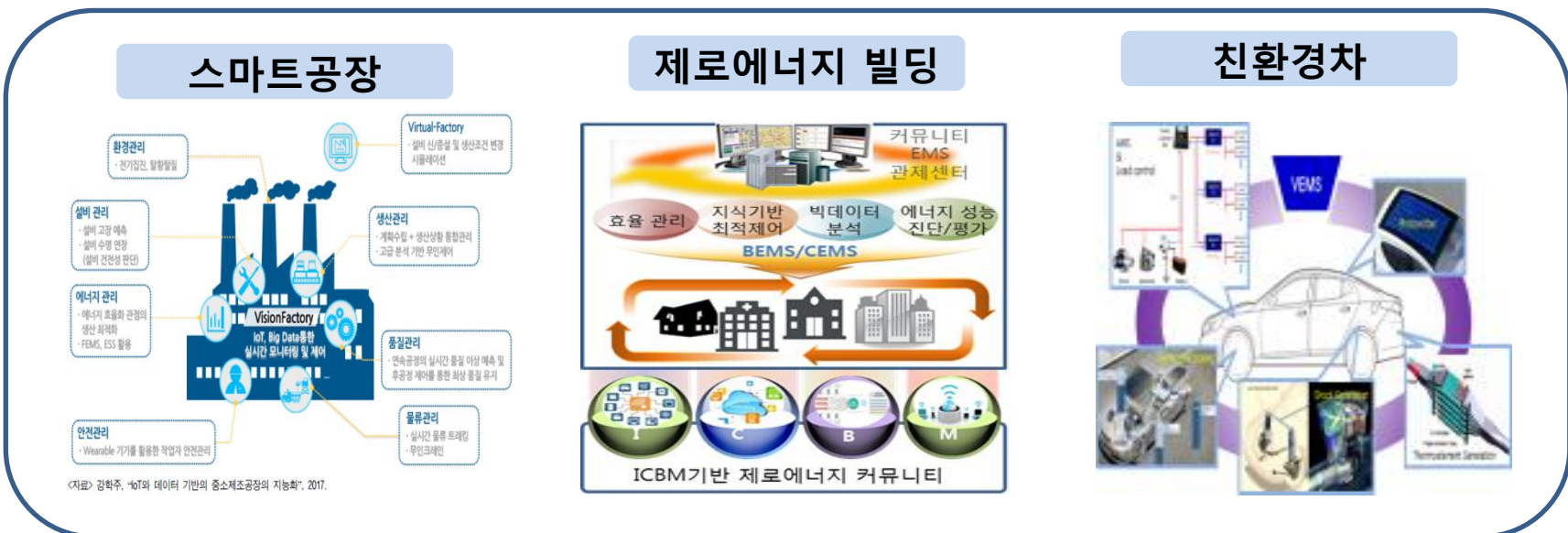
재생에너지의
지역균형발전 재원화

에너지 정책 실천방안(2)

에너지 수요관리/효율화로 신시장 창출



- ✓ 에너지 신사업 모델 발굴
- ✓ 에너지수급 안정화
- ✓ 에너지소비 효율 최적화



에너지 정책 실천방안(3)

에너지 안전기술 패러다임 전환

- 기존의 가스와 전기 중심 안전 → 에너지 신산업(ESS, 수소 등) 안전까지 확대
- 안전사고 예방을 위한 절대안전(fool proof system*) 기술 개발

* fool proof system : 설비를 이해하지 못한 사람이 어떠한 조작을 하더라도 사고가 나지 않도록 하는 시스템

태안발전소 사망사고 (12.10)



백석역 열배관 파열사고 (12.4)



군산 태양광 발전소 ESS화재 (6.15)



에너지 정책 실천방안(4)



중장기 탈석탄 로드맵 마련

- ✓ 탈석탄(화력발전)은 미세먼지와 온실가스(CO₂) 배출 등 환경문제가 원인
→ 중단기적으로, 환경설비를 강화하여 경제수명까지 이용
- ✓ 잉여 재생에너지로 수전해 가스(암모니아, 메탄 등)를 생산해 혼소 추진
→ 장기적으로, 재생에너지 예비 전력원으로 활용



중장기 탈원전 로드맵 마련

- ✓ 60년이 소요되는 초장기 탈원전 동안의 원전 안정성 확보 필요
→ 원전 해체 및 중대사고 안전 기술확보, 사용 후 핵연료 처리 추진
- ✓ 방사선분야(의료, 산업 안보) 지원 확대(연구개발, 인력양성, 산업진흥 등) 필요
→ 원자력 산업의 전환과 대학/연구기관/기업의 전문인력 확보 추진



융복합 에너지 신사업 추진

- ✓ 다중시설(지하철, 버스터미널, 관공서 등) 미세먼지저감-환기-공조 기술 개발·보급
- ✓ 에너지 반도체 산업(태양광 모듈, 전력용 반도체소자, 신재생에너지 컨버터 등) 육성
- ✓ 태양광 융합 유무선 전기충전 인프라(차량, 철도, 드론 선박) 사업 추진

세계 각국의 친환경에너지 로드맵

(세계자원연구소 WRI)

2017년 발표

- 스웨덴 2045년까지 넷제로 배출 달성
- 프랑스 2040년 이후 내연기관차 판매 금지
- 영국 2030년까지 모든 차량 배출 제로 가능
- 아일랜드 2030년 이후 내연기관차 판매 금지
- 스코틀랜드 2032년 이후 내연기관차 판매 금지
- 중국 2040년 이후 내연기관차 생산, 판매 금지
- 마지막으로 시리아가 파리협약에 동참(미국 불참)
- 영국, 프랑스, 이태리 등 28개국 석탄 퇴출 결의
- 프랑스 2040년 이후 석유 시추 금지
- 뉴질랜드 2050년까지 배출 제로

2018년 발표

- 중국 2018년까지 660만 헥타아르 식수
- 칠레 신규 석탄발전 금지
- 이스라엘 2030년까지 석탄, 가솔린, 디젤 사용 금지
- 아일랜드 256억달러 저탄소 전환에 투자
- 뉴질랜드 새로운 해양 시추 금지
- 세계 2050년까지 해양수송 배출 50% 축소
- 영국 2050년까지 배출 제로 경로 연구
- 코스타리카 2021년까지 화석연료 교통 제로
- 세계 여러 국가 블록들이 2020년까지 강화된 국가감축계획(NDC) 요구

한국의 친환경에너지 로드맵(안)



2030년 이후
디젤·가솔린차 판매 제한



2040년 이후
디젤·가솔린차 판매 금지, 석탄 사용 제한



2050년 이후
해양·항공 수송 배출 50% 축소

한국의 재생에너지 미래 비전(안)

재생에너지 3020을 넘어서...

『RE100 KOREA』

cf. 2050년 전세계 신재생에너지 비중 64% (블룸버그 에너지전망)

기술로 에너지 부국의 꿈을 이루자!

KETEP | 한국에너지기술평가원



[참고] 국내 에너지 산업 현황 (제3차 에기본 중간설명회)

① 화석연료에 대한 과도한 의존 → 낮은 재생에너지 비중, 관련 일자리 수 미약

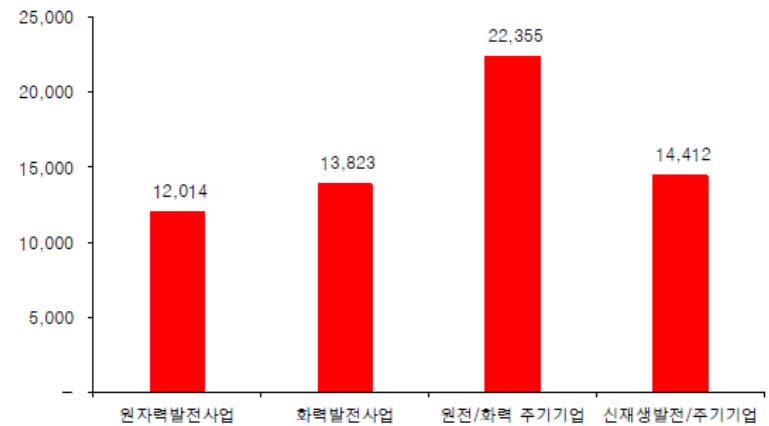
- 글로벌 재생에너지산업 종사자수 천만 명 돌파 (REN21) → 국내는 1.4만개에 불과(2016년)

주요국 재생에너지 발전량 비중 (% , 2016)



자료: IRENA

국내 재생에너지 산업 종사자수(명, 2016년)



자료: 통계청, 유진투자증권

② 세계적 에너지전환 추세, 부품·소재 중심의 국내 제조업 판로 위협

- 글로벌 기업의 RE100 참여 확산 → 협력업체 재생에너지 사용 확대 요구 증가

③ 에너지신산업 생태계 미성숙, 인프라·규제 등 진입장벽은 여전히 존재

- 태양광 → 중국산 대비 낮은 가격경쟁력 풍력 → 유럽 등에 비해 낮은 기술경쟁력, 국내산업 축소
- IoT, AI 기반의 지능형 인프라·그리드 부족, 빅데이터 활용 미흡 → 新비즈니스 창출 한계

[참고] 주요국의 에너지 전환정책 사례 (제3차 에기본 중간설명회)



| | 에너지 전환정책 (2010년) | 청정 성장계획 (2017년) | 에너지 전환법 (2015년) | 제4차 에기본(2014년) 제5차 에기본(2018년) |
|------------|--|---|--|--|
| 중점 추진방향 | ① 통합적 에너지 전환 (Sector Coupling) ② 디지털화(Digitalization) ③ 저탄소화 (온실가스 배출 저감) | ① '25년까지 석탄 발전소 단계적 폐쇄 ② 청정, 스마트, 유연한 전력 공급 ③ 저탄소 성장 집중 투자('21년까지 25억£) | EU 기후에너지정책 준용 원전 감축 재생에너지 비중 확대 | 재생에너지의 주력전원화 천연가스 역할 확대, 원자력의 점진적 감축, 에너지 효율 증진 도모 |
| 주요목표 | ▲ 재생에너지 전원 비중 '30년 65%, '50년 80% ('17년 37% 달성), ▲ 온실가스 감축 '30년 55% 이상 감축, '50년 80~95% 감축('90년 대비) | ▲ 배출집약도 매년 5% 감축 ▲ '20년 저탄소 에너지원 비중 40%로 확대 ▲ 온실가스 '50년 최소 80% 감축('90년 대비) | ▲ '30년 1차에너지 화석 연료 소비30% 감축 ('12년 대비) ▲ 최종E 소비 '30년 20%, '50년 50%감축('12년 대비) ▲ 온실가스 '30년 40%, '50년 75% 감축('90년 대비) | ▲ '30년 전원 비중 재생에너지22~24%, 천연가스 27%, 원자력 20~22% ▲ 온실가스 '30년 26%, '50년 80% 감축 |

주요 국가들은 ① 글로벌 에너지 전환 ② 기후변화 대응 ③ 자국內 정책여건을 고려한 에너지전환 종합 비전을 수립하고 추진 중

우리도 제3차 에너지기본계획을 통한 “에너지전환 종합비전” 수립 필요