

제3차에너지기본계획에 대한 에너지전환포럼 기자간담회

일시: 2019. 5. 16, 09:30

장소: 패스트파이브 시청점 5층

목차

1. 기후변화 동향
2. 주요국 에너지전환 목표 동향
3. 우리나라 에너지전환 목표
4. 결론

1. 기후변화 동향

IPCC: 온실가스 2030 45% 감축, 2050 0% 배출,

미국 GDP 10% 손실, 남극, 그린란드 10년 전보다 3배 빠르게 녹고 있으며 다 녹을 경우 해수면 60m 이상 상승 예측

2018년 이상기후-캘리포니아 산불(85명 사망), 멕시코만, 플로리다 허리케인 강타, 필리핀, 중국 일부 태풍 강타, 케이프타운 강수량 제로, 2017년 미국의 기상이변에 따른 비용만 3,620억불

최근 인공위성: 산호초와 곤충이 사라지고 있으며, 포유류와 벌들이 멸종하는 등 주요 생태계의 변화가 두드러지고 있음.

기후변화 & 에너지전환

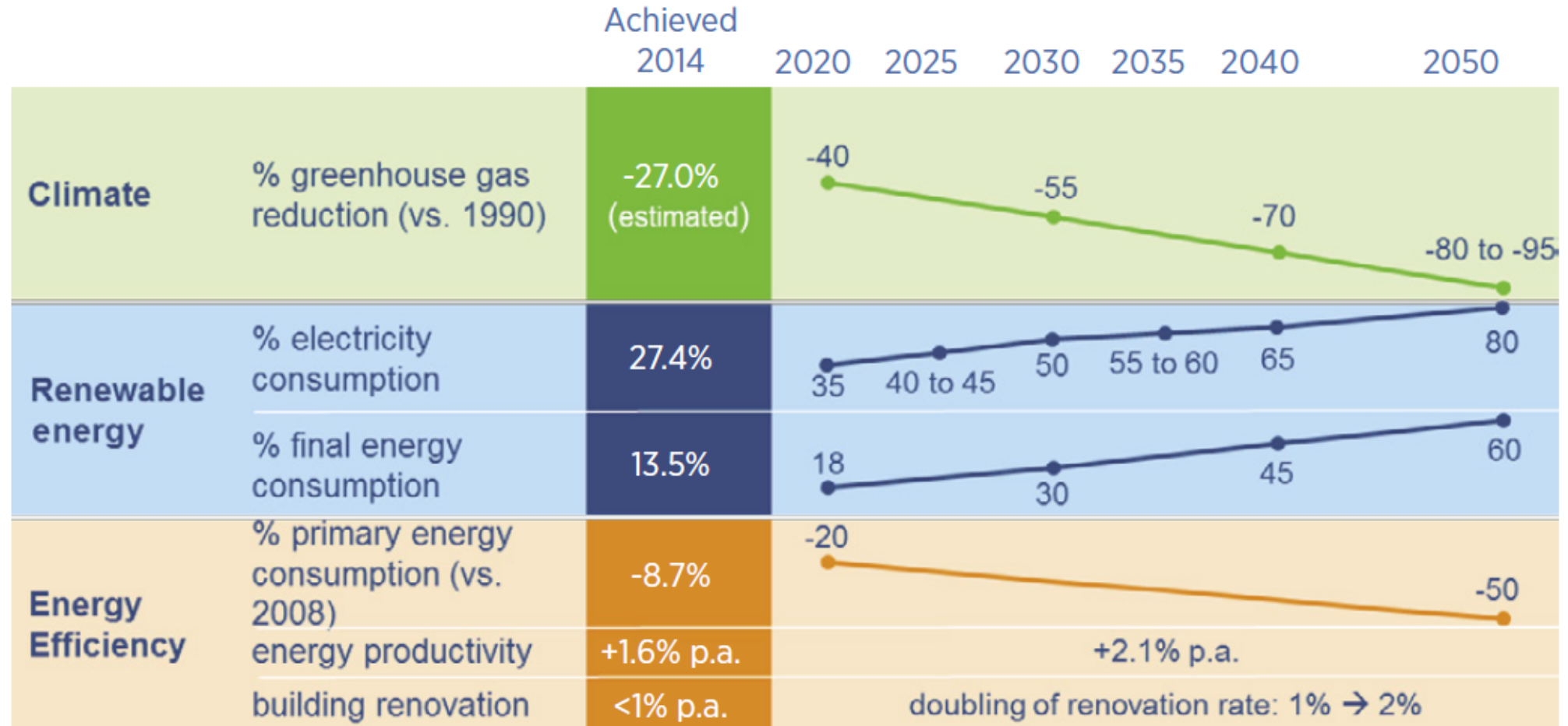
- “기후변화는 인간의 활동에 의한 것이기에 인간에 의해 극복 가능하다.”
- 파리협약, 1.5도시 및 이행규칙(Rulebook) 채택, RE100 등 기업활동 기준 변화, 소비자의 변화 (그레타 톰베리),
- IPCC SR15, 1.5~2도: 척추동물 멸종(4%~8%), 식물 멸종(8%~16%), 곤충 멸종(6%~18%), 해수면 상승 등.
- 기후변화대응이 최고의 환경대응, 이를 외면한 환경운동은 가짜(Green Washing)
- 기후변화의 경제학(Stern): 기후변화는 예방이 보다 경제적, 사실상 불가역적 변화 방지
- IEA/IRENA: 2030년 온실가스 45%, 2050년 제로 배출해야
- Remap2050: 재생에너지 비중 - 전력 85%, 빌딩 77%, 산업 63%, 수송 58%
- 태양광, 풍력, 전기차, 전력저장 등 에너지전환을 위한 기술적, 경제적 여건 성숙
- 에너지전환을 위한 사회적, 정치적 의지가 관건

2. 주요국 에너지전환 목표 동향

EU 주요국 에너지전환 목표

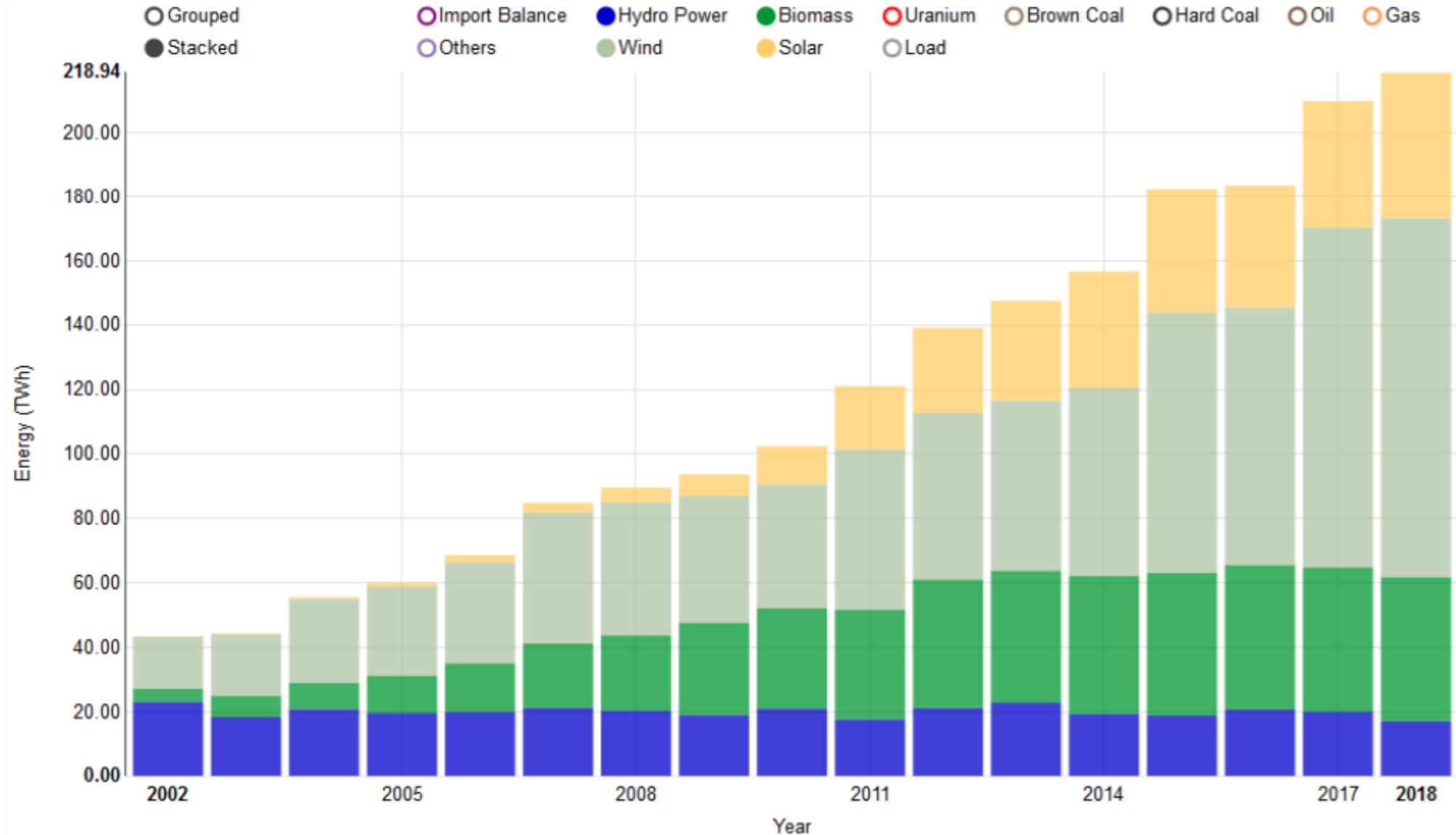
구분	덴마크	프랑스	독일	스페인	영국
2020 Targets	GHG:-34% (1차 에너지 소비:'10년 대비 -7.6%; 풍력: 전력의 50%수준)	-14%감축 (2005년 기준)	GHG:-40% (1차 에너지 소비:'08년 대비 -8%; RES: 1차 에너지의18%, 발전의 35%)	재생에너지전력 40%	재생에너지전력 30%
2030 Targets	석탄발전:0%; 석유난방:0%; RES(난방/발전): 100%('35년)	GHG:-40~45%	GHG:-55% RES:30%(발전의 50%)	재생에너지전력 70%	GHG:-50% (2023-27)
2050 Targets	RES: 100%	GHG:-75%	GHG: -80~95% (1차에너지소비: '08년대비50%) RES;60%(발전의 80%)	재생에너지전력 100%	GHG:-80%

독일의 에너지전환 계획



독일의 재생에너지 전력 생산

('02 8.8%, '18 40.4%, 프라운호퍼)



영국의 에너지계획

2003, Energy White Paper: 효율 등 원칙 강조, 실제 이행계획 미흡

2006, Energy Review: 2050년 온실가스 60% 감축 목표 제시,

- 절약: 2012년까지 공공기관 온실가스 중립 등 정책 도입
- 청정에너지: RO, CHP, Carbon Pricing

2007, Energy White Paper: EU ETS, 재생에너지 전력: 5% 수준을 2020년 20% 목표, 기후변화법 제정 제시, 각 부문별 절약 시책 제시, 청정에너지 공급계획 제시

2008, Climate Change Act: 온실가스 1990년 기준 2020년 34%, 2050년 80% 감축 목표

2009, UK Low Carbon Transition Plan: 현 기후변화대응 체제

2012-2013, Energy Bill: 2020년 재생에너지 전력 30%, 온실가스 50% 감축, 2050년 80% 감축

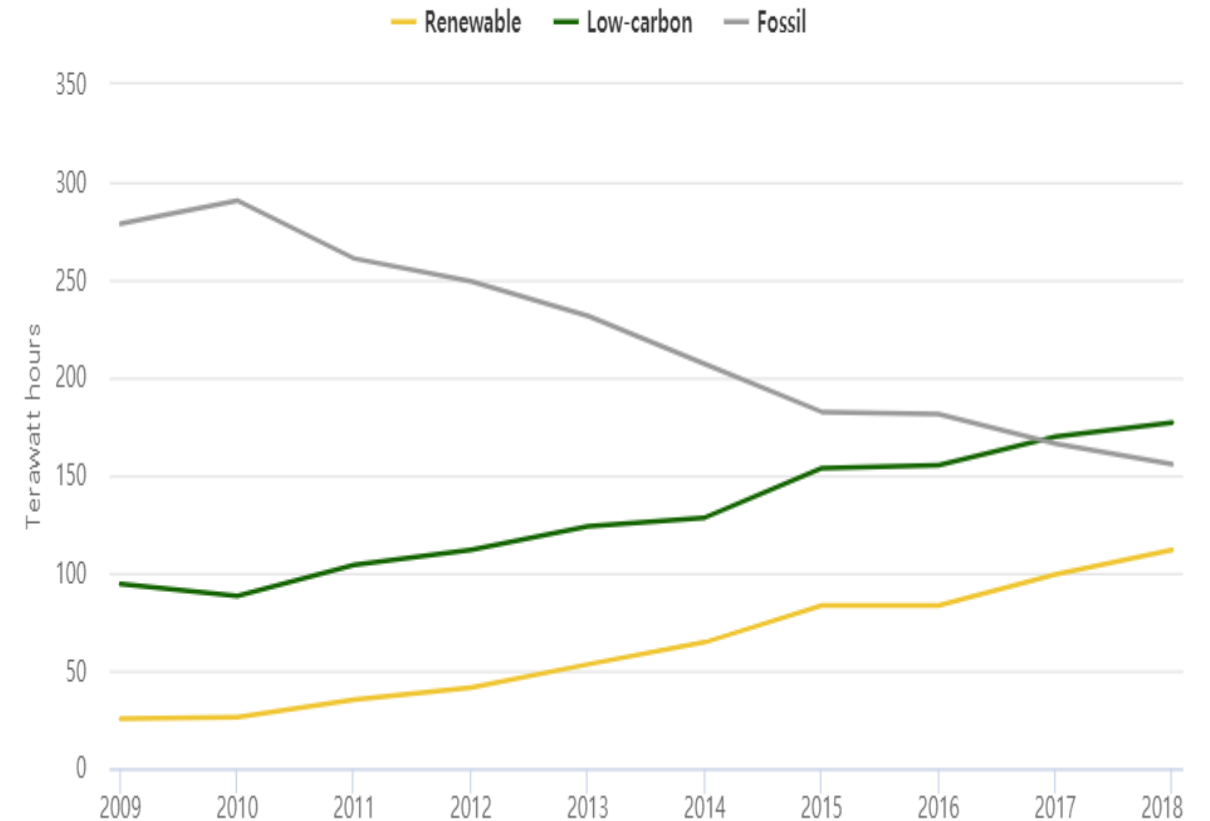
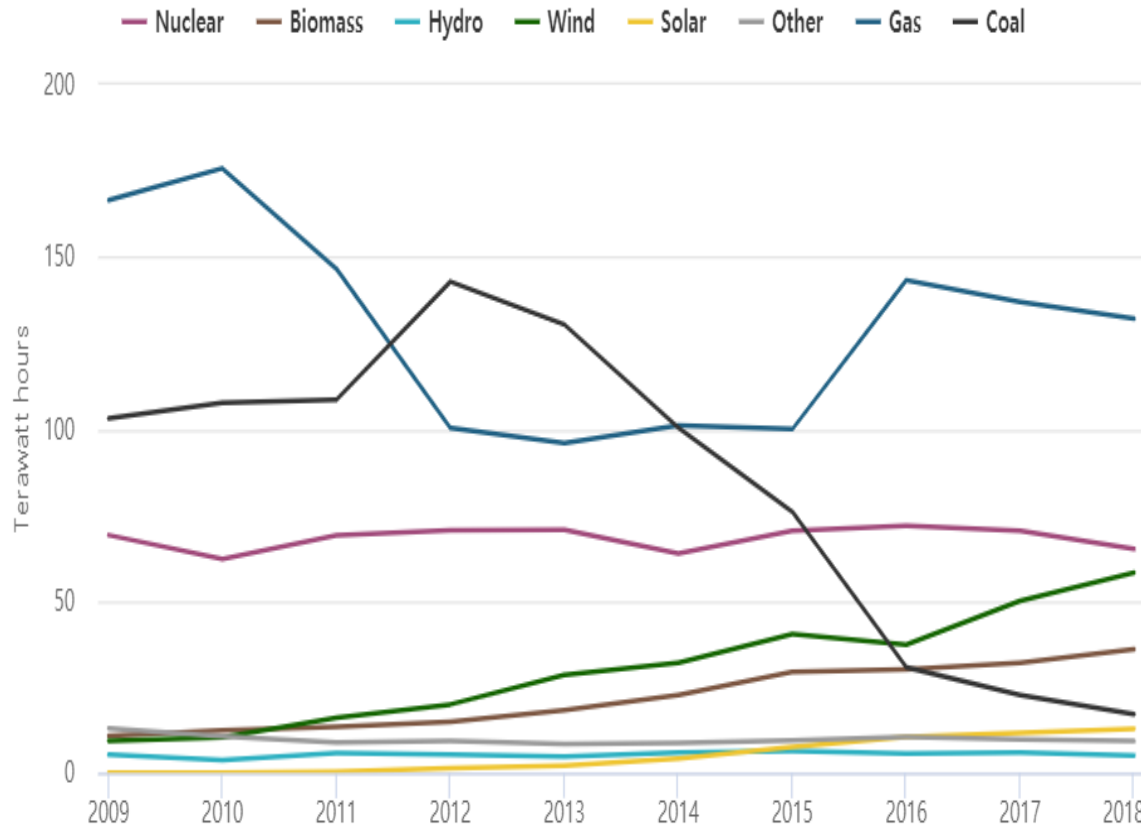
2016, Select Committee report: 에너지저장, 효율 투자 강화 제시

2011 전력공급: 가스 41%, 석탄 29%, 원전 18%, 재생에너지 12%, 기타 2%

2018 전력공급: 가스 39.4%, 석탄 5%, 재생에너지 33.4%, 원전 15%

영국의 전력 믹스 변화(2009~2018)

Annual UK electricity generation 2009-2018



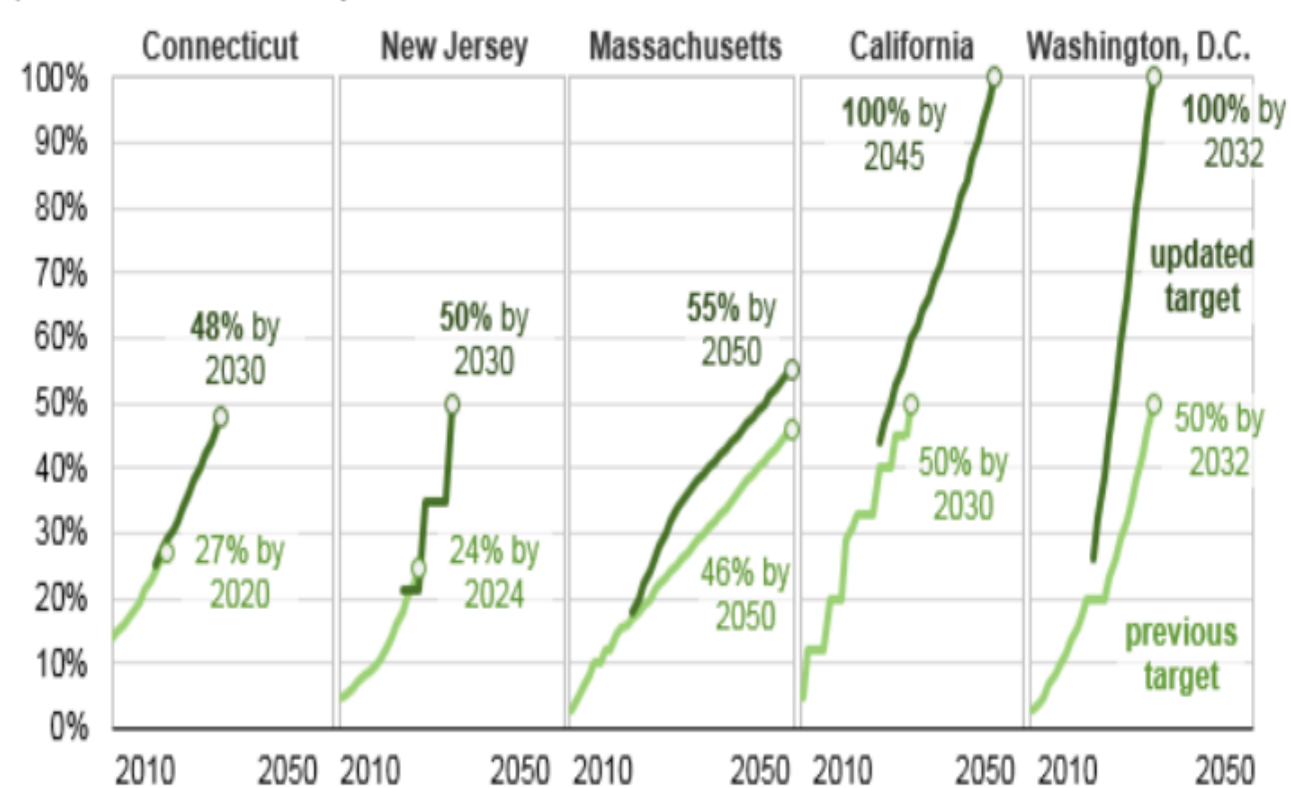
미국의 에너지전환

연방정부-Clean Air Act, PTC, ITC, 29개 주 RPS 시행

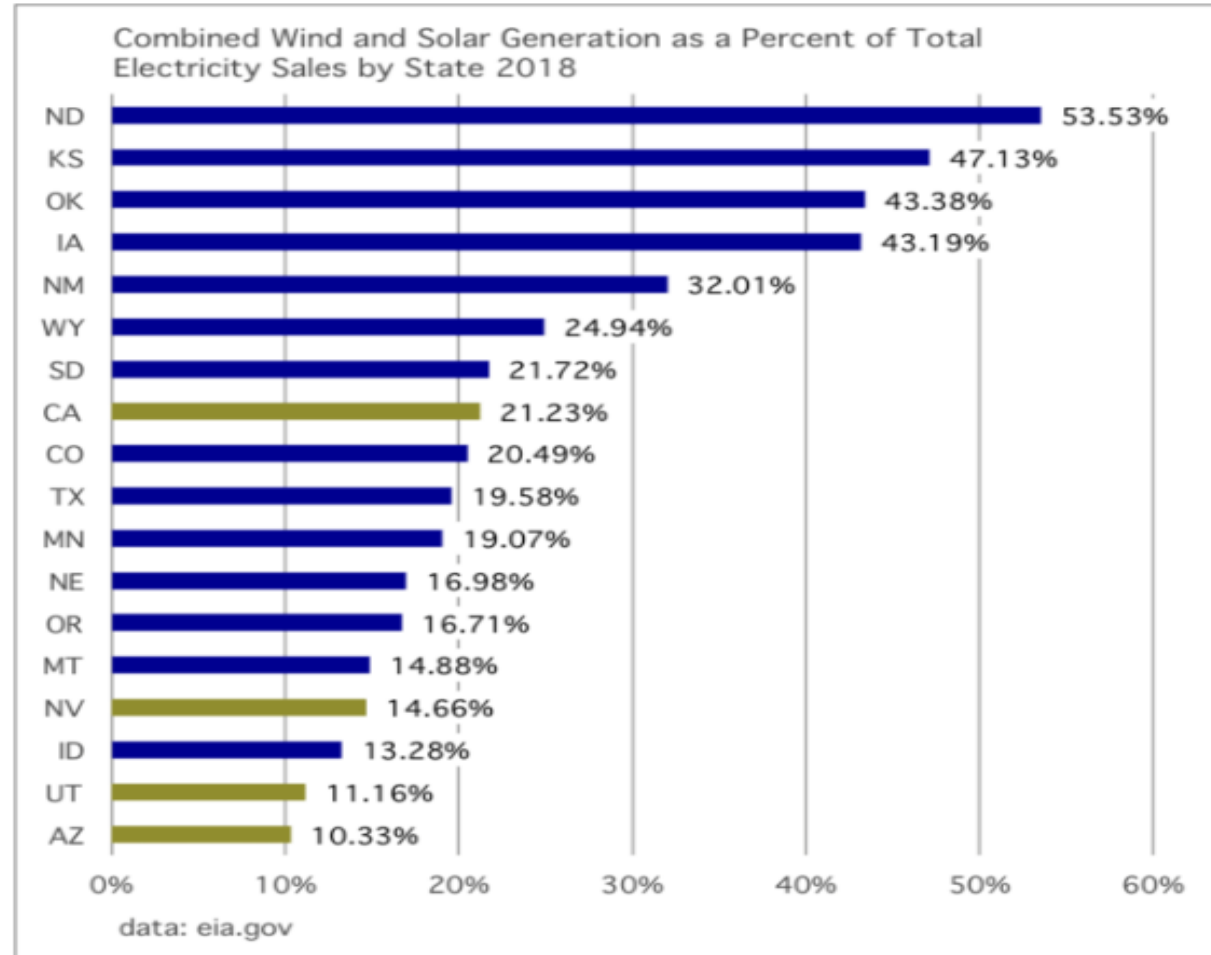
재생에너지 100% 입법 주-캘리포니아, 하와이, 뉴멕시코, 뉴욕주, 워싱턴 DC

RE100: 2018년 재생에너지전력 공급의 중요 역할, 2018년 미국 재생에너지전력 18%

Renewable portfolio standards targets for selected states (2010-2050)
percent of retail electricity sales



Source: U.S. Energy Information Administration, based on states' renewable portfolio standards



중국 Energy Roadmap 2050의 발전부문 원별 비중

(중국 Energy Research Institute & NDRC)

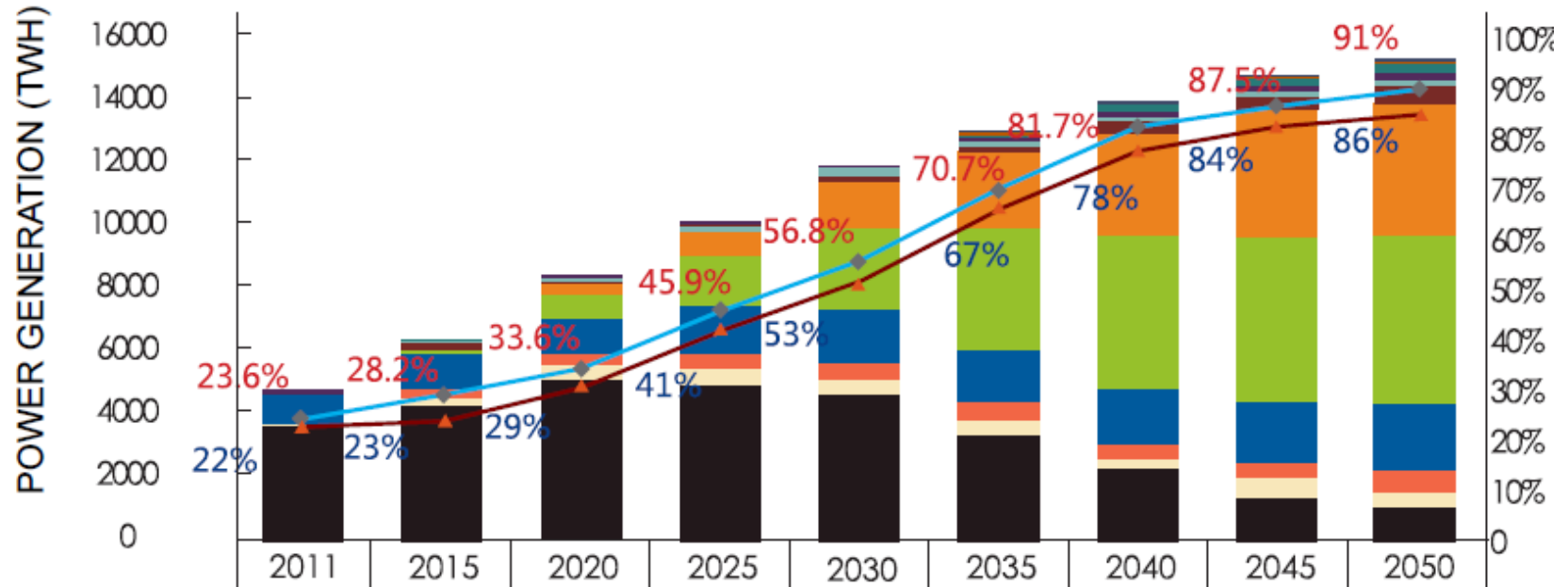
재생에너지 전력목표

2020년: 29%

2030년: 53%

2040년: 78%

2050년: 86%



■ Ocean energy						4	4	4	4
■ Geothermal power						30	90	90	90
■ Biomass pellets power		6	12	18	28	46	80	180	202
■ Straw and stalks power	10	20	59	87	129	187	244	283	297
■ Biogas power	1	63	118	118	118	118	111	126	139
■ Municipal Solid Waste power	12	30	50	75	112	197	315	413	462
■ Solar power	5	61	228	718	1496	2445	3400	4214	4310
■ Wind power	97	252	753	1513	2595	3904	4741	5130	5350
■ Hydropower	889	1031	1221	1620	1794	1790	1851	2014	2187
■ Nuclear power	88	300	354	449	463	484	544	569	649
■ Oil power	2	2	2	2	2	2	2	2	2
■ Natural gas power	67	267	522	559	563	553	524	467	466
■ Coal power	3508	4223	4994	4868	4566	3263	2018	1387	1038

인도 재생에너지계획

2016년 이후 석탄발전 도입 줄고, 전력 비중은 감소 전망

연도별 신규 발전설비(2012~2017)

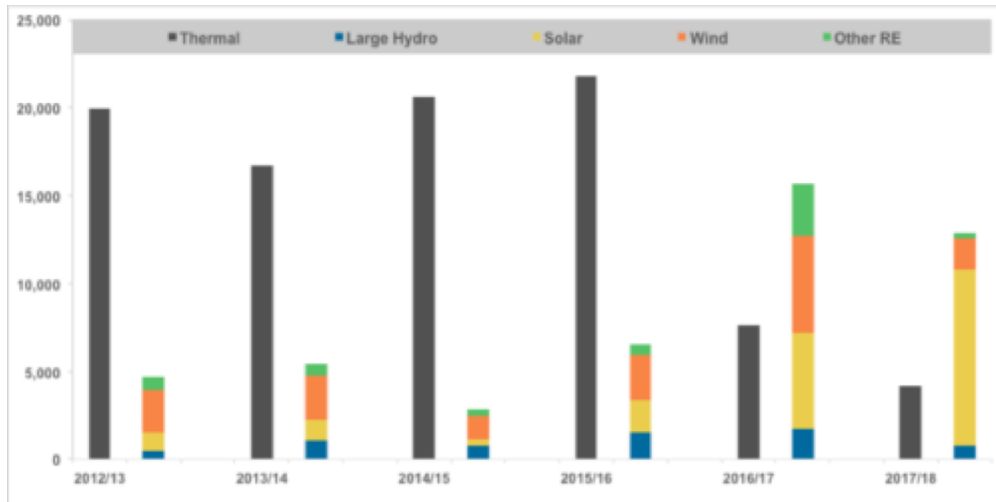
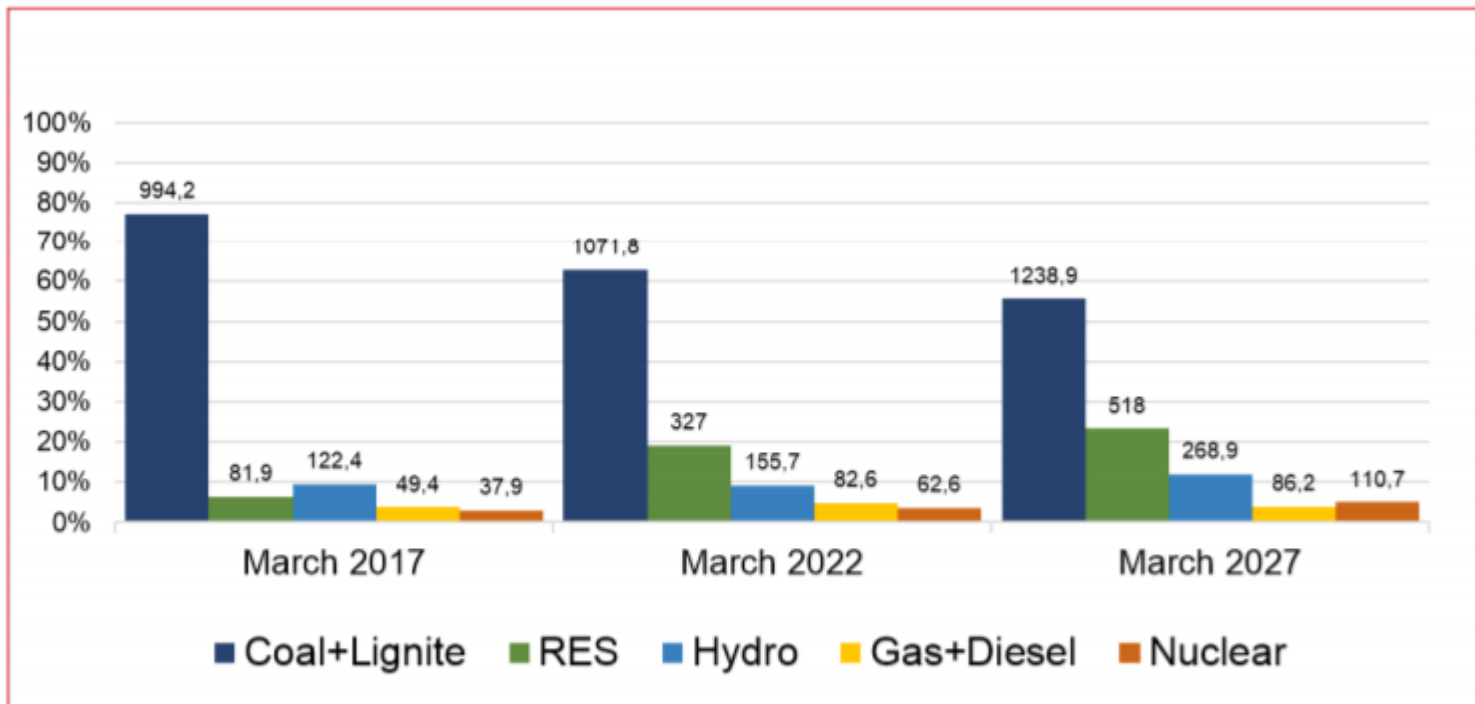


Figure 2 | Projected electrical energy generation mix in India (in TWh)

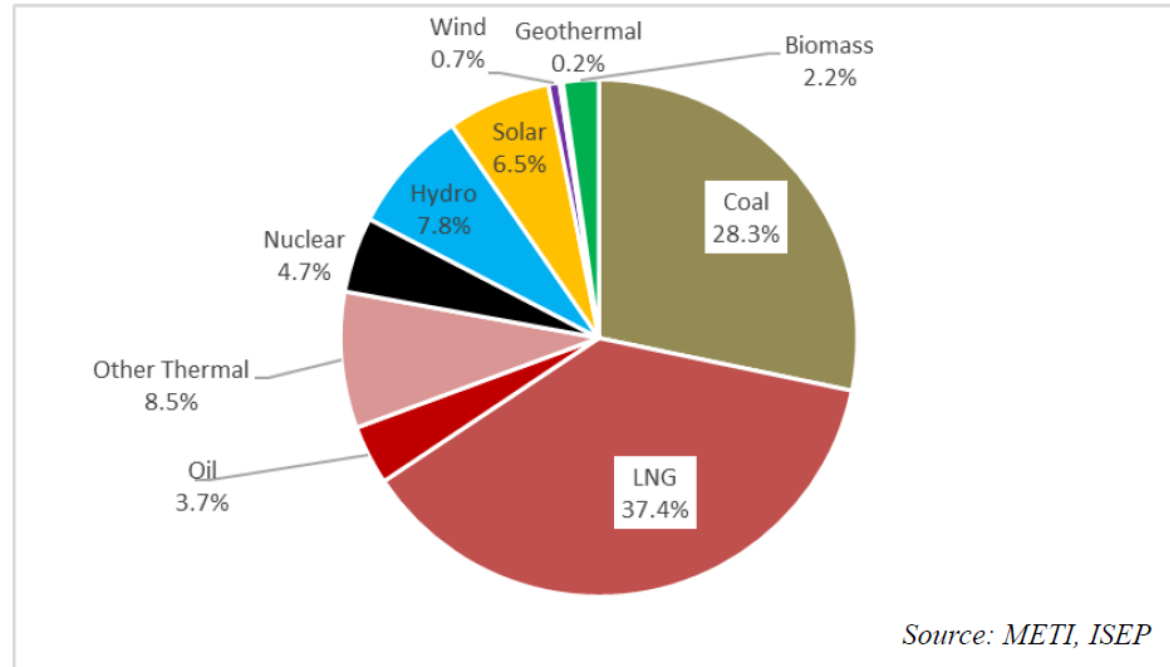


Source: Indian Central Electricity Authority, *Report of the Committee on Optimal Energy Mix in Power Generation on Medium and Long-term Basis*, January 2018, p. 13, https://powermin.nic.in/sites/default/files/webform/notices/Report_of_the_Committee_on_optimal_energy_mix_in_power_generation_on_medium_and_long_term_basis.pdf.

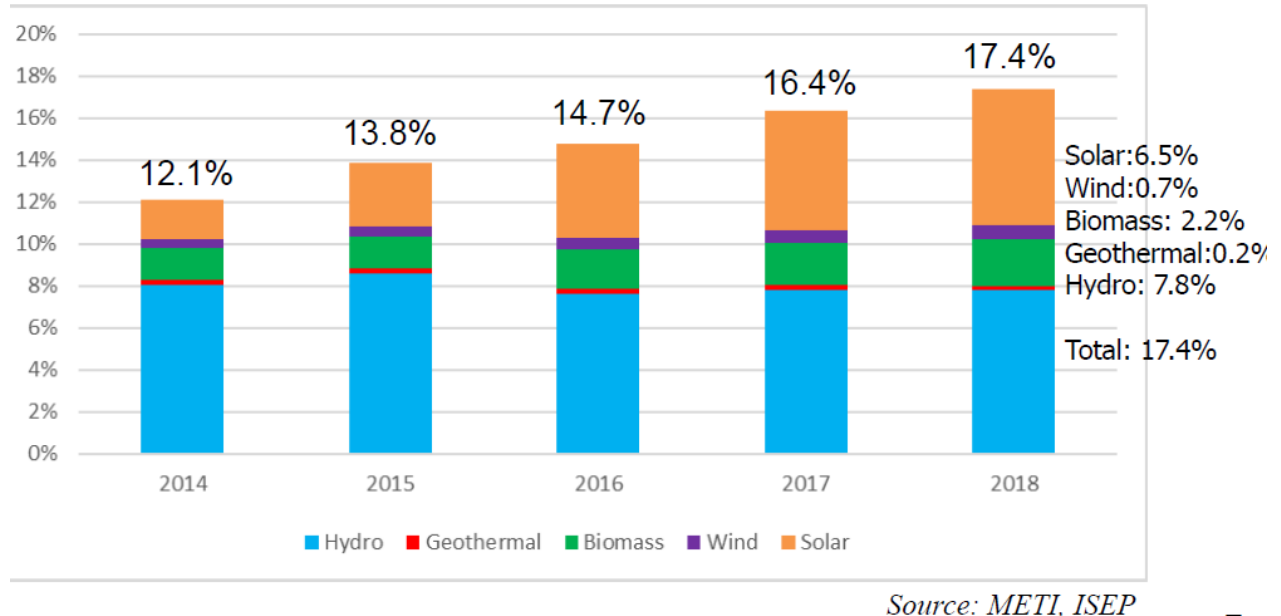
일본의 1차에너지, 전력계획(2018)

1차에너지: 2010, 화석연료 82%(가스 19%, 석유 40%, 석탄 23%), 원전 11%, 재생에너지 7%
2030, 화석연료 76%(가스 18%, 석유 33%, 석탄 25%). 원전 10~11%, 재생에너지 13~14%
전력: 2010, 화석연료 64%(가스 28%, 석유 9%, 석탄 27%), 원전 26%, 재생에너지 10%
2030, 화석연료 56%(가스 27%, 석유 3%, 석탄 26%), 원전 20~22%, 재생에너지 22~24%

Share of renewable energy power generation increased to 17.4% in 2018



Share of renewable energy power generation increased to 17.4% in 2018
In 2018, share of solar PV Increased to 6.5%.



대만 에너지전환 계획

2005 기준, CO2 2030 20 %, 2050 50 % 감축.

재생에너지 전력: 2025년까지 20%.

석탄발전: 2016년 45%, 0.529kg CO2eq/kWh → 2025년 30%, 394kg CO2eq/kWh

교통부문: 2035년 모터사이클, 내연기관차 2040년 판매금지, 수송의 전기화는 6% 소비 증가

건물부문: 공공건물은 EU 규정, 민간은 구체적 계획 미흡.

By 2025, 원전 폐쇄 예정일,

원전 1 단지 원자로 1: 2018. 12, 원자로 2: 2019. 07

원전 2 단지 원자로 1: 2021. 12, 원자로 2: 2030. 03

원전 3 단지 원자로 1: 2024. 07, 원자로 2: 2025. 05

재생에너지 종류

현 설비용량(2017. 11)

2025 설비계획

태양광발전

1.286GW

20GW

육상풍력

0.682GW

1.2GW

○해상풍력

0.136GW

5.5GW

바이오가스

0.741GW

0.813GW

지열발전

0GW

0.2GW

3. 우리나라의 에너지전환 목표

- 에너지전환 정의: 에너지절약과 재생에너지 중심의 에너지체계로 변화하는 것.
- 에너지전환 전략: 최종소비의 재생에너지 전력화.
- 에너지전환 목표: 에너지 안보 강화, 기후변화·환경 문제 해결, 관련 산업을 키워 일자리를 늘리는 국가의 지속가능발전전략.
- 진단: 우리나라의 에너지전환은 전력 믹스 조정(원전 비중 축소, 재생에너지 확대) 수준
- 과제: 국제사회가 요구하는 수준(온실가스 2030년 45%, 2050년 제로 배출)으로 확대.
- 기후변화대응 실패는 막대한 경제적 손실 초래- 경제적 피해 갈수록 확대
- 기후변화대응이라는 세계사 흐름에 뒤쳐질 경우 국내 투자 공동화와 경제침체 초래,
- 에너지전환 산업육성: 에너지효율, 태양광, 풍력, 전기차, 배터리 산업 적극 육성.
- 우리나라 재생에너지 잠재량은 충분, 에너지전환은 GDP 성장에 기여, 소비자 부담 경감.

재생에너지는 국산에너지

재생에너지=국산에너지=에너지자립=에너지안보=국민경제기여

분류(1)	분류(2)	2015	2016	2017
수입액(백만 US\$ CIF가격)	국가 총수입	436,499	406,193	478,478
	에너지 수입	102,715	80,942	109,466
	에너지 수입/국가 총수입 (%)	23.5	19.9	22.9
	석탄	9,961	9,310	15,179
	석유	73,106	58,873	77,680
	천연가스	18,779	12,170	15,616
	우라늄	869	589	991

태양광발전 설치면적, 일자리, 온실가스, 환경영향

- 태양광발전 설치면적: 1MW(1000kw), $1000 \times 10\text{m}^2 = 1\text{ha}$
1kw=모듈(18%, 340W, 1m*2m) 3장, 6m², 이격거리 감안 10m²
- 태양광발전 일자리 창출 효과: 1MW 비용, 20억 20.6명, 10억 10.3명
(산업연구원) 고용유발효과: 건설업: 10.03, 제조업(전지): 5.06
- 태양광발전 CO₂ 흡수량: 소나무숲의 43.92~65.88배
 $1,314\text{MWh} \times (540\text{kg/MWh}) / 1 \sim 1.5\text{ha, 년} = 709.56\text{톤} / 1 \sim 1.5\text{ha, 년}$
(산림과학원) 30년 소나무숲의 이산화탄소 흡수량: 10.77톤/ha,년
- 태양광발전, 풍력발전은 석탄발전, 원전을 대체하며, 더 경제적.
태양광발전, 풍력발전은 도시, 산업단지, 도로, 논밭보다 환경친화적.
태양광발전, 풍력발전은 공기, 토지, 수질 오염 없으며, 기타 환경영향은 최소 수준.

지목별 국토면적 [단위 : km²] (출처 : 국토교통부『지적통계연보』)

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
계	99,897	100,033	100,148	100,188	100,266	100,284	100,295	100,340	100,364	
전	7,821	7,783	7,802	7,796	7,759	7,716	7,679	7,637	7,611	
답	11,895	11,834	11,763	11,690	11,620	11,518	11,429	11,357	11,282	18,893
임야	64,472	64,504	64,337	64,216	64,176	64,081	64,003	63,918	63,834	
대지	2,706	2,744	2,785	2,827	2,872	2,930	2,983	3,041	3,093	
도로	2,807	2,858	2,915	2,977	3,039	3,093	3,144	3,199	3,251	
하천	2,837	2,834	2,841	2,842	2,840	2,849	2,850	2,851	2,860	
기타	7,359	7,477	7,706	7,841	7,960	8,098	8,208	5,296	8,433	17,637

우리나라 에너지전환 목표(안)

	기후변화	재생에너지		에너지효율	
	기준년도: 2015 690.2백만탄소톤	전력비중 2.2%	최종에너지 비중 1%	1차에너지 절감	에너지생산성 Toe/\$
2020	700	5	3	1.5%/년	
2030	450	20	10		
2040	300	40	20		
2050	150	80	50		

우리나라 재생에너지 목표(안)

기준: IEA/IRENA: 2030년 온실가스 45%, 2050년 제로 배출

Remap: 재생에너지화- 전력 85%, 빌딩 77%, 산업 63%, 수송 58%

2030년: 태양광 55GW(72.27TWh), 풍력 20GW(48.18TWh),
120.45TWh(총전력 600TWh의 20%)

전력소비량 : '30년 기준 579.5TWh (계획기간('17 ~ '31년) 연평균 1.0% 증가 전망)

최대전력 : '30년(동계) 기준 100.5GW(계획기간('17 ~ '31년) 연평균 1.3% 증가 전망)

2040년: 태양광 140GW(184TWh), 풍력 40GW(96TWh)
280TWh (총전력 700TWh의 40%)

2050년: 태양광 300GW(394.2TWh), 풍력 100GW(240.9TWh)
635.1TWh (총전력 800TWh의 79.4%)

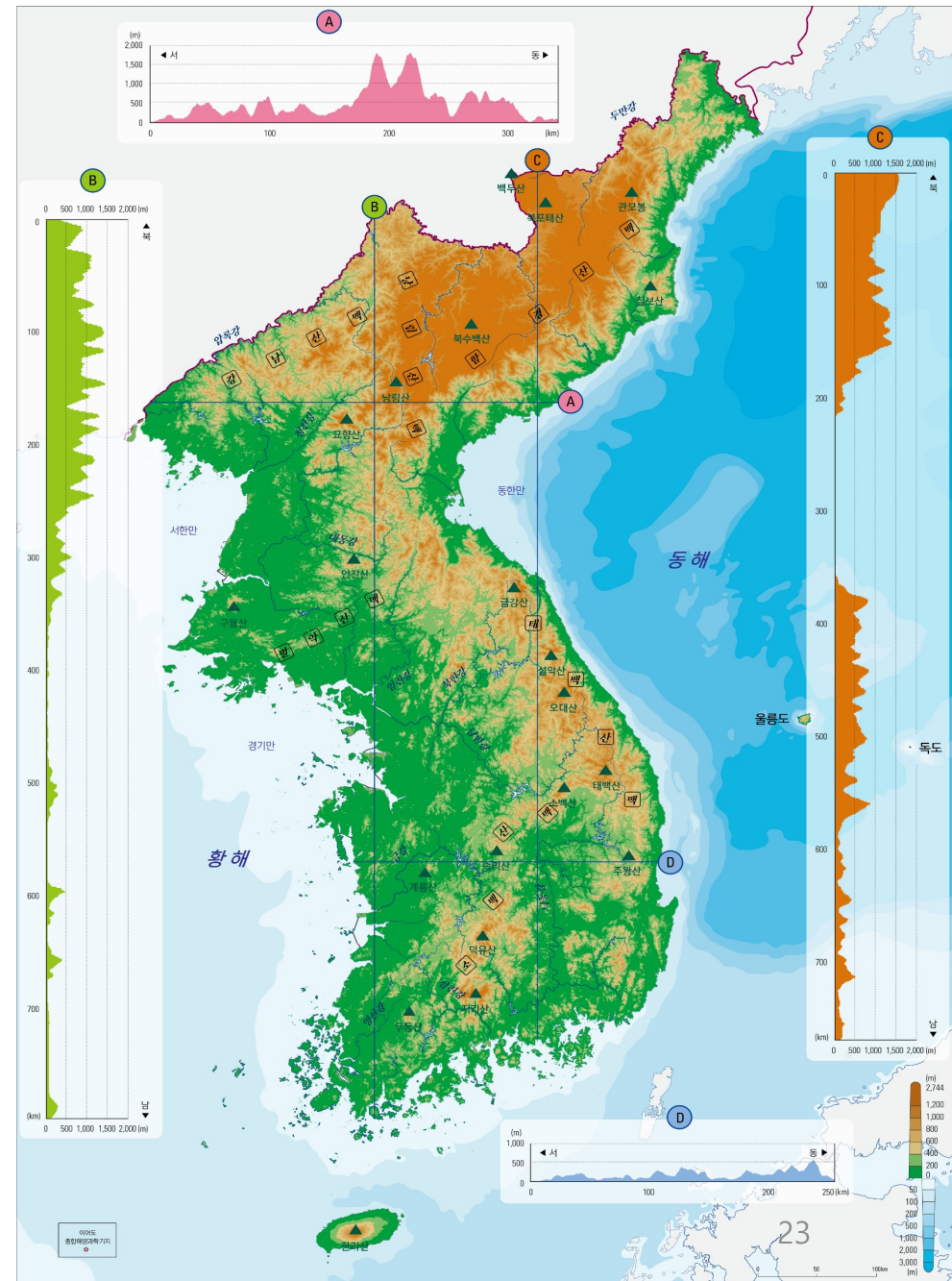
2050년 태양광발전: 300GW

1. 소요면적: 국토의 3%, 3000km²(1GW: 10km², 1kW: 10m²)
2. 설치 장소:
 - 도시 및 시설: 100GW(17,637km²의 5.6%),
 - 임야: 100GW(63,834km²의 1.6%),
 - 농지: 100GW(18,893km²의 5.3%)
3. 300GW발전량: $300 \times 1,314 \text{ GWh/y} = 394.2 \text{ TWh}$ ('50년 발전량의 49.2%)
1GW의 발전량: 1,314GWh/y(이용율 15%)
4. 토지 비용: 96.5조원, 3만원/m²
5. 태양광 시설비: 150.0조원, 50만원/kW (2030년에 현재의 1/2 가정)
6. 연간 태양광 발전 수입: 39.42조원($300 \text{ GW} \times 1,314 \text{ h} \times 100 \text{ 원}$)

2050년 풍력발전: 100GW

1. 저장 최소화를 위해 풍력발전 필수
2. 1GW 소요면적 : 30~50km²(직경의 4~5배 이격, 3.3MW 날개 직경 140m)
3. 설치장소: 육상 30GW, 해상 70GW
 - 1) 백두대간 중 생태자연도 2등급 지역 설치
 - 2) 서남해안 평야에 설치(150m타워, 100m날개)
 - 3) 해상: 정부주도 계획, 송전선로 구축 뒤 입찰
4. 토지비용: 90~150조, 3만원/m²
5. 풍력설치비: 100~200조, 10억~20억/MW
6. 연간 풍력발전 수입: 24.09조(이용율: 27.5%, 육상 20%, 해상 30%)

우리나라의 지형 및 지형 단면



풍력 설치 장소: 육상-백두대간, 평야, 해상-서남해, 동해



유연성 자원 확보

- 수력발전: 10~20GW
양수발전 위주로 설치
산악 지형을 활용 양수발전 설치(독일은 평지): 수자원확보에 기여하며,
태양광발전이 중심인 전력체계에서 밤낮 운영으로 경제성 확보.
- 바이오발전: 국내 바이오자원 활용 최대한 발전자원화, 임산부산물, 농산부산물, 축산분뇨, 음식물
쓰레기 등
- EV(100kwh) 1천만대 중 V2G에 10~20% 참여 시, 유연성 자원 50~100GWh(50kwh/EV)
- ESS: 600GWh(주파수, 전압, 피크저감, 밸런싱, 전력저장)
- DR: 20GW(냉난방, 냉동, 열저장, 히트펌프)
- 송전선 연결: 국내-재생에너지 연결 우선, 국외- 5~10GW (The Energiewende is Germany's largest postwar infrastructure project. It strengthens its economy and creates new jobs.)

수력발전

수력발전 현황(에너지공단 신재생에너지백서, 2018)

양수발전소: 4,700MW(제8차전력계획에서 2GW추가), 4,088GWh(9.9%이용율) 생산

대수력: 수자원공사 1GW, 한수원 595MW, 3,561GWh(25.5%이용율) 생산

소수력: 188MW(237개소), 662GWh(40%이용율) 생산

산악지형을 활용, 양수발전 최대한 확대: 10~20GW

각 시군구별로 고르게 분포 필요. 밤낮으로 이용함으로 경제성 확보 가능,

양수발전은 **시군구의 수익사업으로 예산 지원 필요.**

수력, 조력은 여건이 허락하는 한 최대한 확보: 새만금 조력, 댐, 저수지, 하천, 양어장, 하수처리장, 감압밸브 등 활용.

바이오에너지

목질계, 곡물부산물, 축분, 음식물쓰레기 등 유기성폐기물을 활용한 혐기소화를 통한 발전 가능.

바이오가스는 필요할 때 발전할 수 있는 **유연성 발전자원으로 최대한 에너지화**해야 함.

런던협약으로 해양투기 및 직매립이 금지됨으로써 에너지화가 필요하며, 파리협약의 체결로 온실가스발생 및 처리에 대해 유엔에 보고해야 함.

유기성폐기물은 부패하면서 온실효과지수가 높은 메탄이 발생하므로 전량 에너지화 필수.

유기성폐자원 잠재량은 31만toe/년~98만toe/년(신재생에너지백서)

산업부는 3020에서 유기성폐자원, 바이오매스, 매립지가스를 통해 120만toe/년 목표.

이슈: 해외 펠릿 수입 금지, 국내 바이오작물 재배 기술지원 및 매수 단가 보장, 축산농가의 축분 처리 증명제 등

2050년 ESS 600GWh(=50GW*12h)

EV(100kwh, 600km) 1천만대의 10~20% V2G 참여 시: 50kwh*100만대~200만대=50~100GWh

EV(100kwh, 600km) 사용 후 배터리(초기 용량의 80%) ESS 활용 가능
매년 100만대 교체 시: 100kwh*0.8*100만대=80GWh ESS 재활용

ESS 600GWh(=50GW*12h) 확보

단가: \$50/kwh, 5000cycles, PV \$50/MWh → \$60/MWh(pv50+ess10)

1GWh=\$50,000,000=\$50millions

600GWh=\$6billions(7조원): 가정 저렴한 백업자원

DR(Demand Response, 수요반응)

DR: 20GW

- 이동가능부하(deferrable load, 냉동, 냉난방, 열저장, 히트펌프 등)는 시간 요금제(Time Of Use)에 맞추어 사용시간 조절 가능,
- 대규모 에너지소비자 뿐 아니라 소규모 에너지소비자의 이동가능부하와 ESS도 중개자에 의해 집합적으로 전력시장에서 역할 가능
- 프로슈머의 등장과 확산은 남은 전력의 거래시장을 요구할 것이며, 이는 전력시장 변화의 기본 동인.
- DR시장은 쌍방향 전력흐름, 실시간 모니터링과 컨트롤이 가능한 계통 환경 필수.
- 전력계통은 전력생산자와 소비자의 자유로운 거래가 가능한 플랫폼으로 변화.

송전선로 확장

- 재생에너지 보급 선도국은 전력계통에 대한 대대적 투자 병행
 - 독일의 전력인프라 투자는 세계대전 이후 최대 인프라 사업
 - 재생에너지는 분산형 전원 + 대규모 전원, 경제성에 기초한 화력, 원자력 대체.
 - 자국의 재생에너지발전 연결 우선, 인근 국가와의 연계 강화.
-
- 전력 IoT(쌍방향, 실시간 모니터링 및 제어)를 통해 전력계통의 유연성 확대.
 - 재생에너지 발전예측프로그램, 전력균형시장(CBP헝파 등), 시간요금제(DR) 도입.
 - 전력도매시장의 계약시장(연간/월간/주간)과 실시간시장(일간/시간/15분) 세분화,
 - 소매시장의 소비자 선택권 강화, PPA 도입(프로슈머, RE100, 생산자-소비자 직거래
 - 외국과의 연계선로: 5~10GW

4. 결론

- 최근 기후변화 속도는 예상했던 것 보다 빠름
- 유엔은 각국에게 보다 강화된 행동을 요구하고 있음.
- 파리협약 목표는 2030년 온실가스 45%, 2050년 배출 제로 요구
- EU, 미국, 중국, 인도, 일본, 대만 등의 에너지계획을 살펴 봄.
- 우리나라의 에너지기본계획은 다른 나라에 비해 기후변화대응 수준과 속도가 너무나 느림
- 기후변화의 심각성과 그 해결방안에 대한 국민들의 동의를 받으려는 진지한 노력 필요.