Day-2

Future Forum 2019

지속가능한 전력정책의 새로운 방향

2019. 9. 19(목)

국회의원회관 제2소회의실

| 주 최 | 이훈 국회의원실 / (재)여시재 / (사)대한전기협회

AGENDA

일시 : 2019년 9월 19(목)

장소 : 국회의사당 국회의원회관(제2소회의실)

DAY 2 9월 19일 : 지속가능한 전력정책의 새로운 방향		
13:30~14:00	개회식 [개회사 및 축사]	
14:00~15:50	**토론**	
발 제	글로벌 에너지 전환과 대한민국의 선택	임춘택 (에너지기술평가원 원장)
	4차산업 시대의 전력산업 전망	김창섭 (한국에너지공단 이사장)
패 널 토 론	**좌장** 박주헌 (동덕여자대학교 교수)	
	조상기 (동서발전 발전기술개발원장) 이상엽 (환경정책평가원 연구위원) 최종웅 (인코어드 테크놀러지 대표)	박정순 (에너지경제연구원 본부장) 유승훈 (서울과학기술대학교 교수) 최승현 (슈나이더 일렉트릭 전력사업부 동북아시아 총괄 대표)
15:50~16:00	(질의응답)	

※ 참석인사 및 주제발표는 변경될 수 있습니다.

이 광 재
여시재 원장

경제가 어렵습니다. 경제에 새로운 돌파구가 필요합니다.
우리는 20세기 미국을 먼저 배워야 합니다.
20세기는 미국의 전성시대 였습니다.
미국의 전성시대는 에디슨이 시작했습니다.
에디슨은 발전소를 만들고 전기의 시대를 열었습니다.
전기의 시대는 가전 혁명 시대를 가져왔습니다.
전기의 시대는 미디어 혁명을 불러왔습니다.
전기의 시대는 컴퓨터 혁명을 가능하게 했습니다.

21세기는 누가 주인공이 되는 문을 열 수 있을까요.
21세기 에디슨이 나올 때 한국이 문명을 주도하는 선진국의 길이 시작됩니다
새로운 전기의 시대가 오고 있습니다.
전기 수요가 폭발할 것입니다.

첫째, 앞으로 중국 5억, 아시아 25억 등, 30억 명이 도시로 나옵니다.
2016년 18억대였던 전세계 에어컨이 2040년에는 56억대로 증가할 것입니다.
둘째, 전기차, 자율주행차는 전기를 필요로 합니다.
현재 석유의 50%가 자동차에 쓰여집니다.
현재 자동차가 전기차로 바뀌면 또 다시 전기 수요는 늘어날 것입니다.
셋째, 디지털 기술혁명은 데이터 사용량의 증가를 가져옵니다.
2019년, 전세계에서는 1조1,426억 개의 반도체가 생산될 전망입니다.
반도체를 이용한 디바이스가 점점 더 연결되고 있습니다.
데이터 센터가 점점 더 많이 필요해집니다.
데이터가 늘어나는 만큼 전기 수요는 늘어날 것입니다.

우리는 21세기 에디슨이 되기 위해 도전을 시작해야 합니다.
첫째, 스마트 시티를 국가 미래산업으로 확정 지어야 합니다.
도시로 나올 30억 인류에게 보금자리를 선사해야 합니다.
스마트 시티 국가수출담당기구를 두어야 합니다.
국제개발협력은행을 만들어서 세계로 도시를 수출해야 합니다.
스마트 도시가 4차산업혁명의 플랫폼입니다.
스마트 도시는 핵심 미래산업입니다.
스마트 도시에는 에너지가 핵심입니다.
둘째, 동북아 에너지협력을 향해 나아가야 합니다.
아시아 수퍼 그리드를 향해 나아가야 합니다.
마지막으로 다시 한번 강조합니다.
미국의 시대는 에디슨이 전기와 함께 시작했습니다.
21세기에는 새로운 전기의 시대가 옵니다.
여러분이 주인공이 되어야 합니다. 감사합니다.

2019년 9월 19일

환영사

이 훈
국회의원

안녕하십니까?
국회 산업통상자원중소벤처기업위원회 더불어민주당 이훈 의원입니다.

2019년 퓨처E포럼의 둘째 날을 맞아 '지속가능한 전력정책의 새로운 방향'이란 주제로 토론회를 개최하게 되어 매우 뜻 깊게 생각합니다.
본 행사가 주최되기까지 함께 힘써주신 여시재 포럼의 이광재 원장님과 대한전기협회의 회장이자 한국전력공사 사장이신 김종갑 회장님을 비롯한 모든 관계자분들께 감사의 말씀 드립니다.
또한 오늘 토론회를 축하해주신 조정식 더불어민주당 정책위의장님과 장병규 4찬산업혁명위 위원장님 등 많은 선배, 동료 의원 여러분께도 감사의 말씀 드립니다.

그 밖에 오늘 토론회에 참석해 많은 관심과 성원을 보내주신 귀빈 여러분 및 참석자 여러분께도 감사드립니다.
또한 오늘 발제를 맡아주신 임춘택 에너지기술평가원 원장님, 김창섭 한국에너지공단 이사장님과 토론을 위해 각고의 노력을 기울여주신 패널 여러분께도 진심어린 감사와 환영의 인사를 드립니다.

전기의 원활하고 안정적인 공급을 위한 전력시장의 관리는 국가적으로도 매우 중요한 역할입니다. 특히 현재의 전력시장은 과거와 달리 그 패러다임이 점차 변화하고 있어 새로운 철학과 운영제도가 요구되고 있습니다.

우리의 전력시장은 기존의 기저부하중심, 경제성 중심의 고전적인 구조에서 재생에너지 확대 등 발전원의 다양화 및 환경성을 고려한 급전구조 등 더욱 발전적인 단계로 나아가고 있습니다.

게다가 4차산업혁명과 산업간의 다양한 융 · 복합 과정이 증가함에 따라 앞으로 우리 전기산업 생태계가 어떻게 변모할지 예측하는 것도 쉽지가 않습니다. 이에 지속가능하면서도 가치보존적인 전력시장의 운영을 위한 방안이 계속적으로 요구되는 상황입니다.

따라서 오늘의 포럼이 매우 의미가 있다고 볼 수 있겠습니다. 이 자리를 통해 다가오는 시대의 전기산업과 전력시장을 전망하고, 이에 맞춰 효과적인 대응을 할 수 있는 체계 구축을 위해 우리에게 주어진 과제가 무엇인지 그리고 그 길을 어떻게 가야할지에 대한 심도 있는 논의가 있기를 바랍니다.
저 역시 소관 상임위의 국회의원으로서 지속적인 관심과 노력을 기울이겠습니다.

다시 한 번 퓨처E포럼의 둘째 날 토론까지 참석해 주신 성원해주신 내외 귀빈과 토론자 및 참석자 여러분께 감사의 말씀을 드립니다.
퓨처E포럼이 마지막까지 성공적으로 마무리될 수 있도록 함께해주시기 바랍니다.
고맙습니다.

2019년 9월 19일

축 사

조 정 식
국회의원

안녕하십니까.
더불어민주당 정책위의장 조정식 의원입니다.

먼저, '퓨처 E 포럼'첫 개최를 축하하며, 대단히 뜻 깊게 생각합니다.
오늘 포럼 개최를 위해 애써주신 산업통상자원중소벤처기업위원회 이훈 위원님,
여시재 이광재 원장님, 대한전기협회 김종갑 회장님께 감사의 말씀을 드리며,
포럼에 참석하신 많은 내외 귀빈 여러분께 진심으로 감사드립니다.

현재 국내 전력산업은 기존 전통적인 석탄화력 및 원자력 중심의 발전원에서
신재생에너지, 에너지신산업 등 친환경 에너지원으로 전환하는
에너지전환정책이 진행 중입니다.

전 세계적으로도 저탄소 에너지를 확대하는 에너지전환을 발빠르게 추진중으로,
재생에너지 보급이 그 전환의 주요 수단입니다.

에너지 공급의 26%를 재생에너지가 담당하고 있는데,
2050년이면 62%까지 이를 전망입니다.

따라서, 전력산업계는 친환경에너지원 개발에 더욱 박차를 가하고,
합리적인 에너지소비를 유도하는 정책과 기술을 개발하는 등
현안에 대응하면서도 고용창출 및 경제성장을 가능케 하는
새로운 성장모델을 만들어 나가야 합니다.

무엇보다 이러한 정책적 패러다임 변화에 차질없이 대응하고
원활히 진행하기 위해서는 사회적 합의와 국민들과의 공감대 형성이
매우 중요합니다.

'인류 미래를 위한 에너지 협력의 길'이란 주제에 맞게 전력산업의 지속 가능한
정책 방향을 제시하고 충분한 논의를 거쳐 합리적인 미래가치를
도출해 내는 자리가 되었으면 합니다.

특히, 기후변화 대응과 미세먼지, 에너지전환과 디지털변환과 같은 중요 문제들을
함께 고민하고 그 해결방안도 함께 만들어 나가야 할 것입니다.

단기전인 시각이 아닌 중장기적 안목을 갖고 협력을 위한 논의를 끊임없이
진행해 나간다면 해법을 충분히 찾을 수 있을 것으로 확신합니다.

국회도 지속가능한 전력정책을 수립하고 추진하는데 적극 협력하겠습니다.
감사합니다.

2019년 9월 19일

축 사

윤 후 덕
국회의원

안녕하십니까.
더불어민주당 윤후덕 의원입니다.

먼저, '퓨처 E 포럼'을 개최해 주고 계신
산업통상자원중소벤처기업위원회 이훈 위원님, 여시재 이광재 원장님,
대한전기협회 김종갑 회장님께 감사의 말씀을 드리며,
오늘, 이 자리에서 축하의 말씀을 드리게 되어
매우 기쁘게 생각합니다.

기후변화, 4차 산업혁명, 미세먼지, 지진 등 민감한 이슈들이 지속적으로
제기되고 있는 전력산업 분야에서 지속가능한 정책을 논의하기 위한 소통의 장이
국회에서 첫 발을 내딛은 점, 매우 의미가 깊다 하겠습니다.

여러분도 잘 아시겠지만, 전력산업 정책은, 그것이 어떤 내용을 담고 있든,
국민들의 생활과 밀접한 관련을 갖고 있기에 사회적 갈등이 곳곳에서
발생되고 있습니다.

이는, 앞으로의 전력산업 정책이 반드시 국민과의 사회적 공감대를 기반으로
수립되어야 한다는 것을, 또, 지속가능하지 않은 정책은 더 이상
그 추진력을 얻을 수 없다는 것을 의미합니다.

특히, 기존 전통적인 전력산업에서 ICT 융합, 재생에너지 확대, 에너지신산업 육성 등
새로운 시장으로 무게 중심을 옮겨야 하는 현 시점에서는 국민과의 소통을 확대하고
참여를 유도함으로써 신뢰도를 쌓는데 주력해야 할 것입니다.

오늘 포럼이 전력산업이 마주하고 있는 거대 현안들에 대한 각계각층의 목소리를 듣고,
지속가능한 정책 대안을 모색함은 물론, 이를 정책 담당자들에게 전달한다고 하니
더욱 기대가 모아집니다.

국회에서도 오늘 현장에서의 목소리를 귀담다 들어 지속가능한 전력정책 수립에
반영될 수 있도록 적극적으로 협력하겠습니다.

다시 한 번, 포럼 개최를 축하드리며, 모두 힘 내시고 건승하시기를 기원합니다.
감사합니다.

2019년 9월 19일

목 차

발 표 1. 글로벌 에너지 전환과 대한민국의 선택 ····· 1
임춘택 (에너지기술평가원 원장)

발 표 2. 4차산업 시대의 전력산업 전망 ····· 31
김창섭 (한국에너지공단 이사장)

[패널토론]

조상기 (동서발전 발전기술개발원장) ····· 47

이상엽 (환경정책평가원 연구위원) ····· 53

최종웅 (인코어드 테크놀러지 대표) ····· 57

박정순 (에너지경제연구원 본부장) ····· 65

유승훈 (서울과학기술대학교 교수) ····· 69

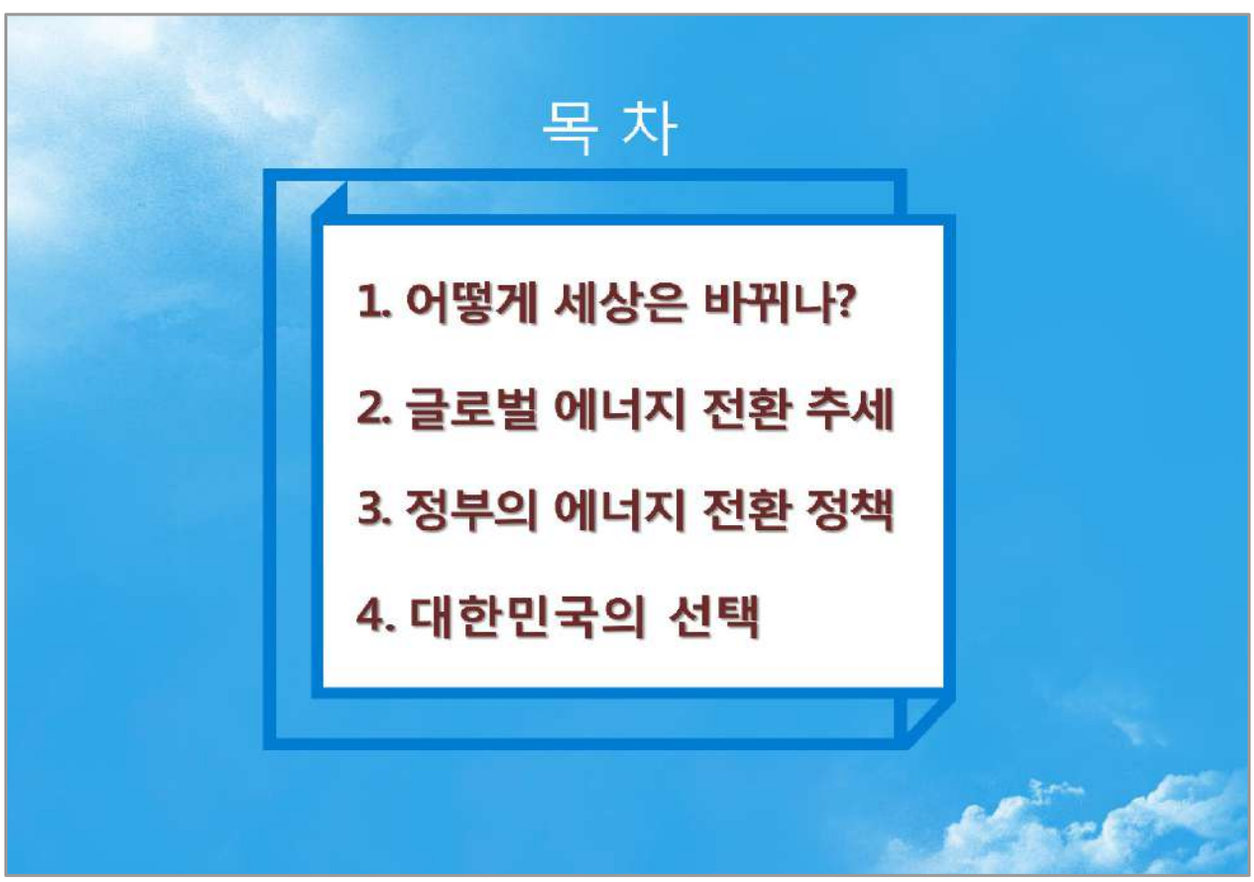
최승현 (슈나이더 일렉트릭 전력사업부 동북아시아 총괄 대표) ····· 71

발 표 1

글로벌 에너지 전환과 대한민국의 선택

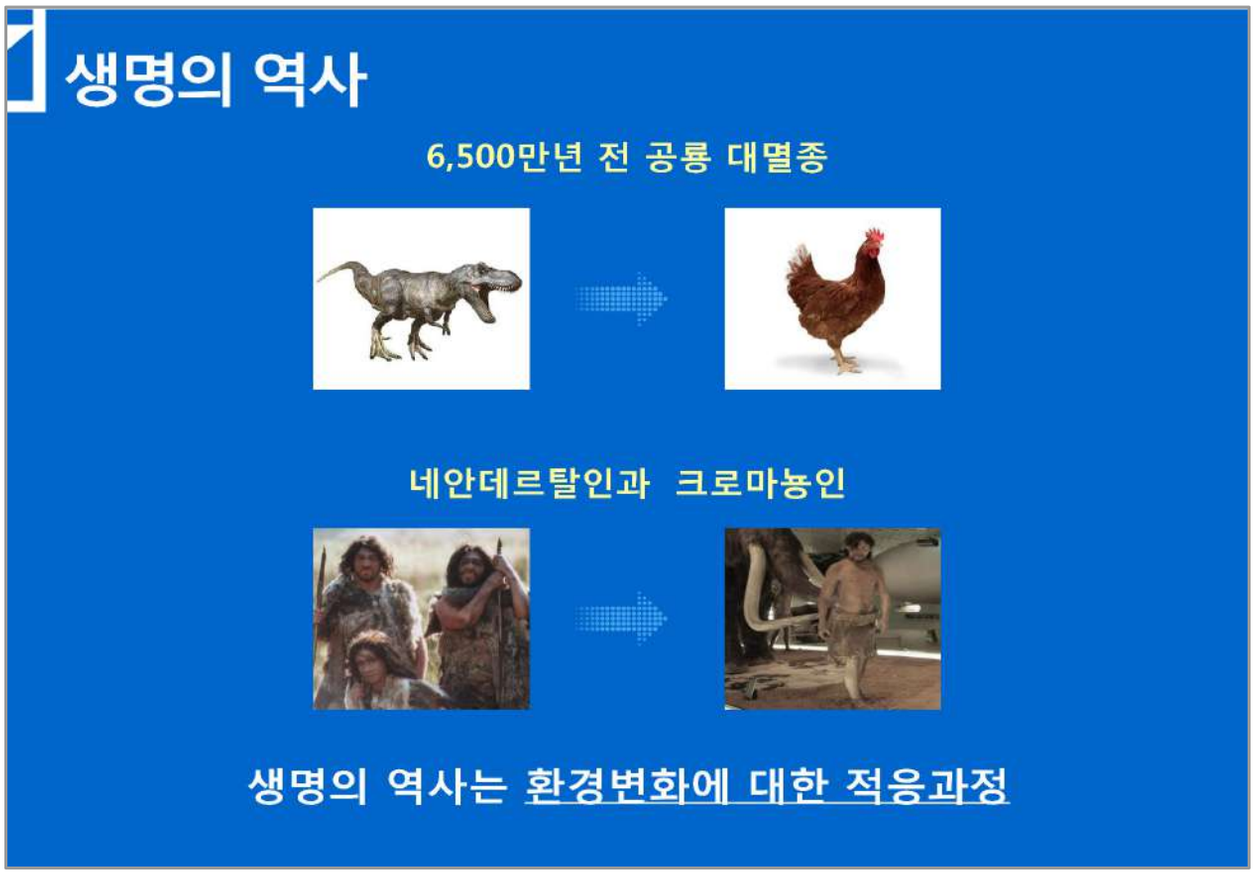
임 춘 택
(에너지기술평가원 원장)

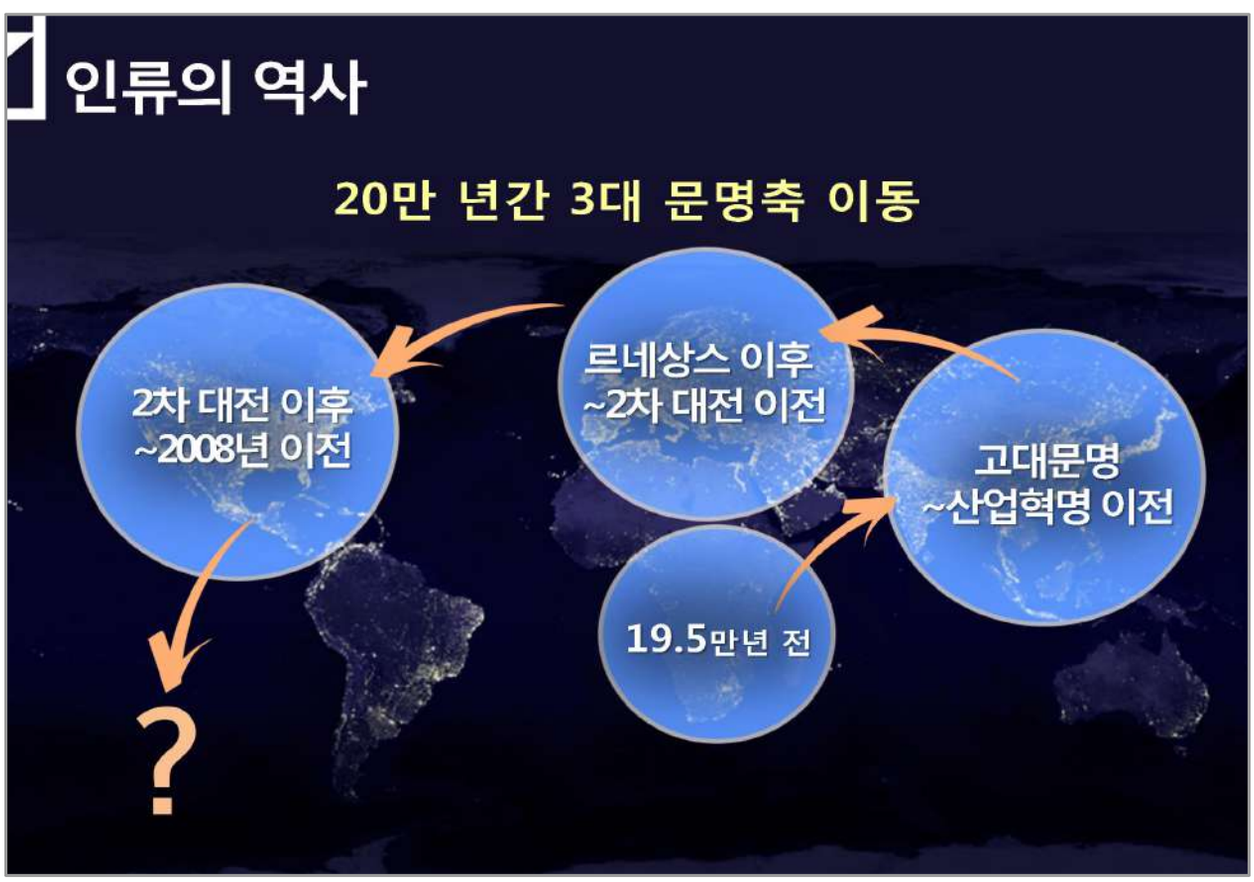
글로벌 에너지 전환과
대한민국의 선택
원장 임춘택
KETEP | 한국에너지기술평가원
+82-2-3469-8300
ctrim@ketep.re.kr


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
2차 대전 이후
~2008년 이전
르네상스 이후
~2차 대전 이전
고대문명
~산업혁명 이전
19.5만년 전
?

인류사의 3대 혁명
구석기 시대
중석기 시대
신석기 시대
청동기 시대
철기 시대
현대
인구
70억
60억
50억
40억
30억
20억
10억
0
농업혁명
정보혁명
산업혁명
즉시병
200-500만(년)
7000 B.C
6000
5000
4000
3000
2000
1000
1 AD
1000
2025

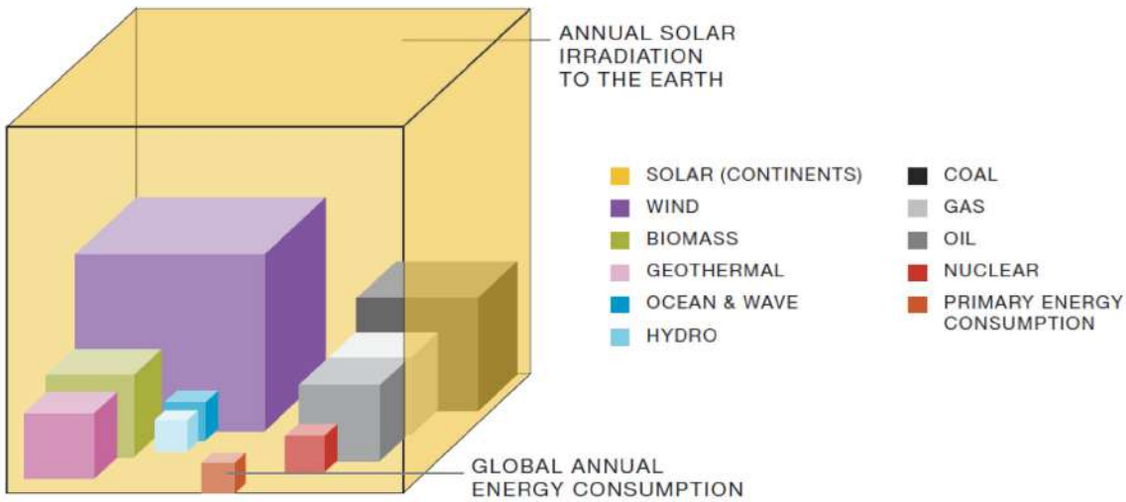
현재 무엇이 세상을 바꾸고 있나?
미래변화 7대 요소 (STEPPER) 중 사회 ·기술변화가 주도
사회 (Society)
기술 (Technology)
환경 (Environment)
인구 (Population)
정치 (Politics)
경제 (Economy)
자원 (Resource)

2.
글로벌 에너지
전환 추세
성큼 다가온 태양광-전기차 시대!

글로벌 에너지 문제
인간이 얼마나 버틸 수 있나?
음식
물
전기
Food
Water
Electric
몇주
(weeks)
며칠
(days)
몇초~몇시간
(seconds ~ hours)

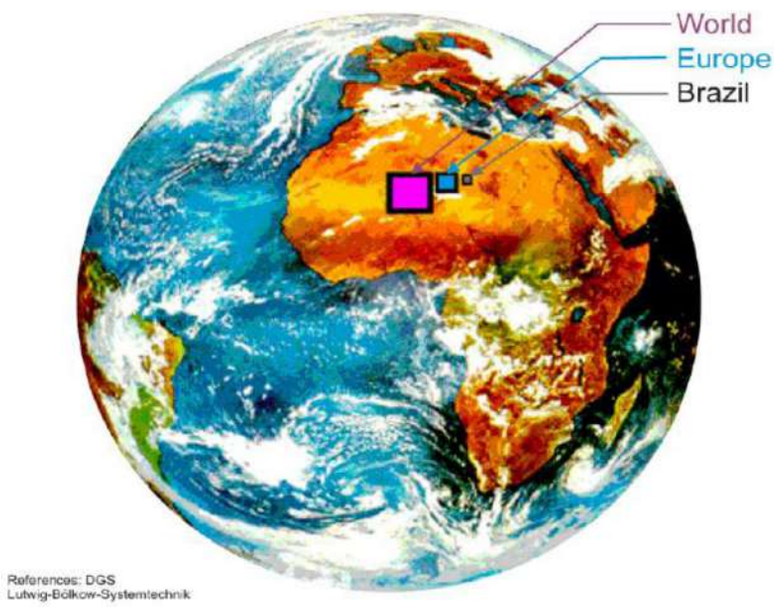
글로벌 에너지 문제

에너지는 넘친다! → 쓰기가 힘들 뿐...



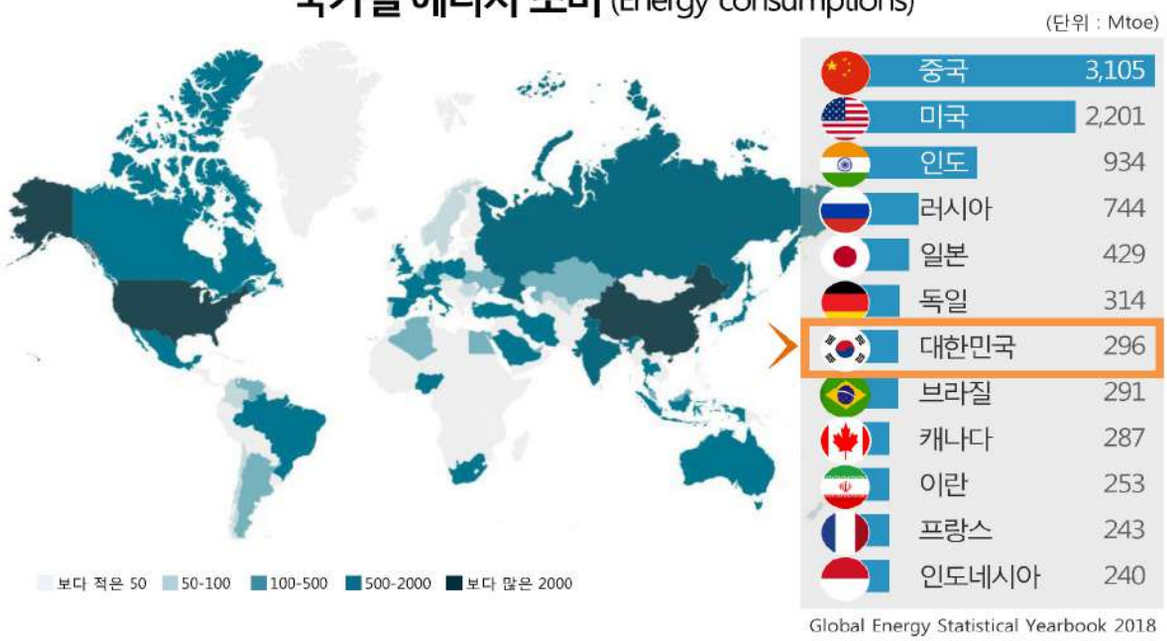
글로벌 에너지 문제

태양광 발전에 필요한 면적



글로벌 에너지 문제

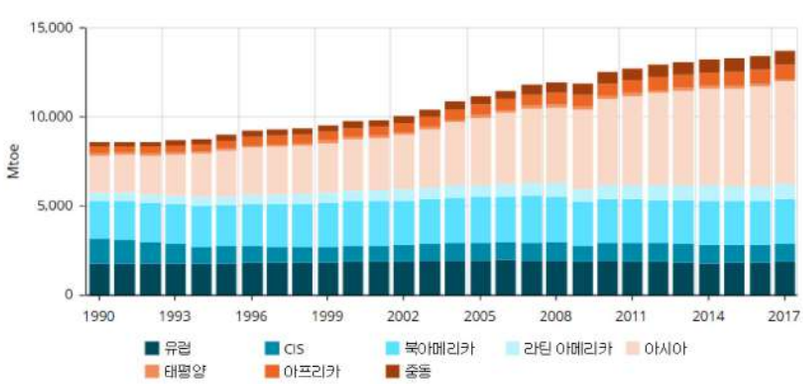
국가별 에너지 소비 (Energy consumptions)



Global Energy Statistical Yearbook 2018

글로벌 에너지 문제

지역별 에너지 소비 추세 (1990-2017)



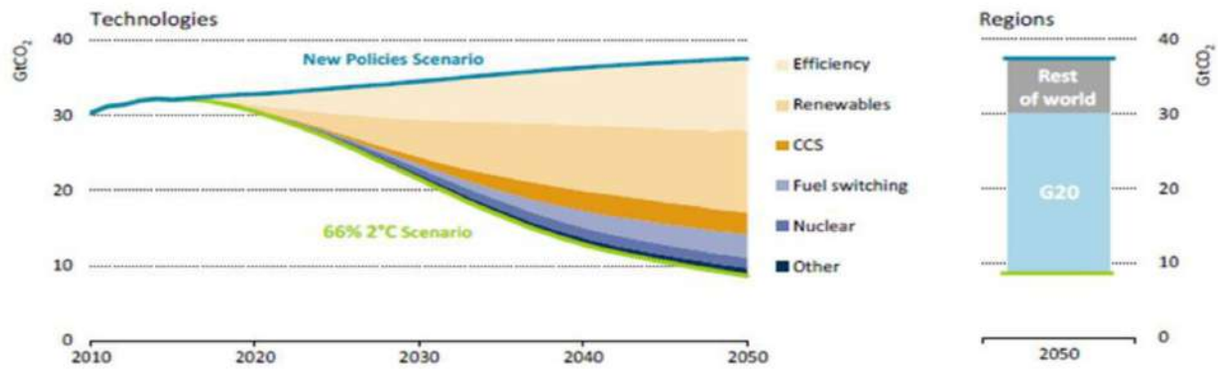
에너지별 비중(2017)

Global Energy Statistical Yearbook 2018

온실가스와 기후변화

IEA의 2℃ 시나리오

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



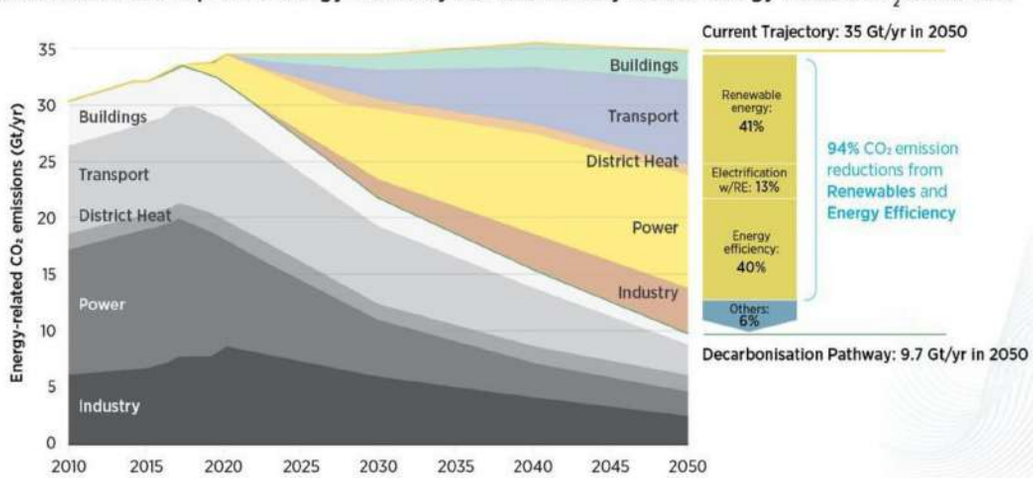
Note: The New Policies Scenario reflects the implications for the energy sector of the NDCs of the Paris Agreement.

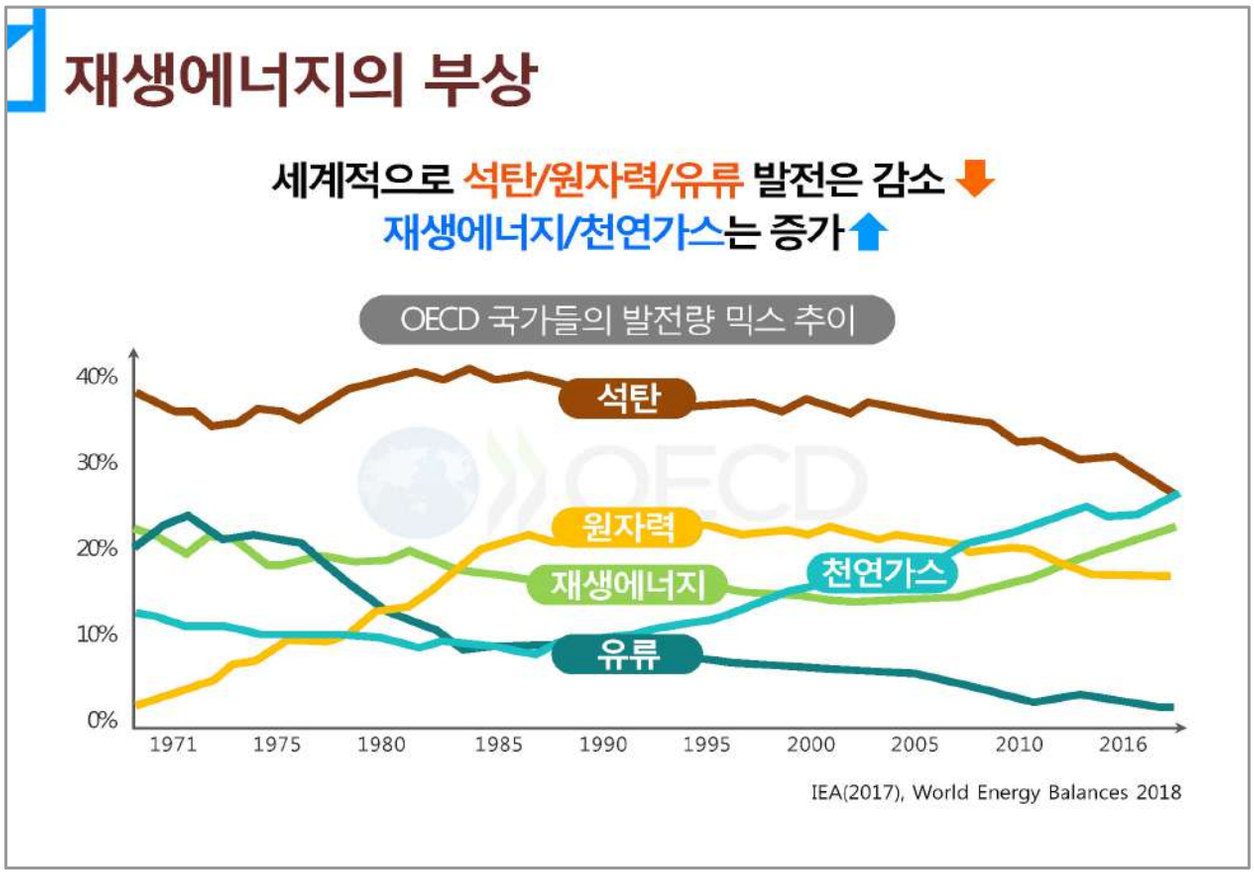
온실가스와 기후변화

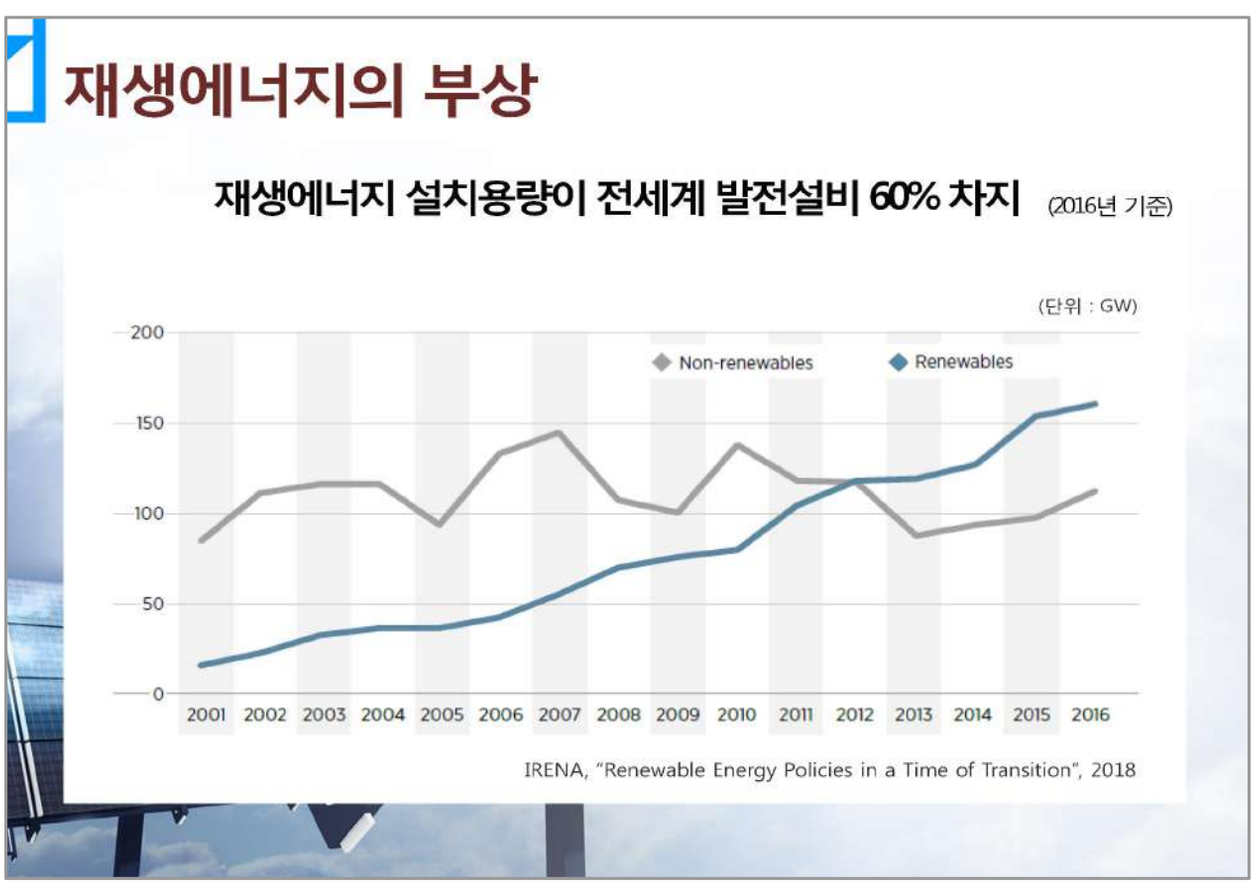
IRENA의 탄소저감 기여도 예측

- 에너지 관련 CO_2 저감에 재생에너지 41%, 효율 40%, 전기화 13% 기여

Renewables and improved energy efficiency can dramatically reduce energy-related CO_2 emissions.

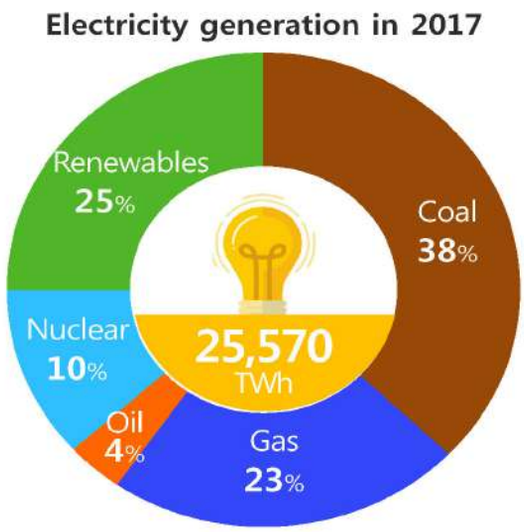



재생에너지의 부상
세계적으로 석탄/원자력/유류 발전은 감소
재생에너지/천연가스는 증가
OECD 국가들의 발전량 믹스 추이
40%
30%
20%
10%
0%
석탄
원자력
재생에너지
천연가스
유류
1971
1975
1980
1985
1990
1995
2000
2005
2010
2016
IEA(2017), World Energy Balances 2018


재생에너지의 부상
재생에너지 설치용량이 전세계 발전설비 60% 차지
(2016년 기준)
(단위 : GW)
200
150
100
50
0
Non-renewables
Renewables
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
IRENA, "Renewable Energy Policies in a Time of Transition", 2018

재생에너지의 부상

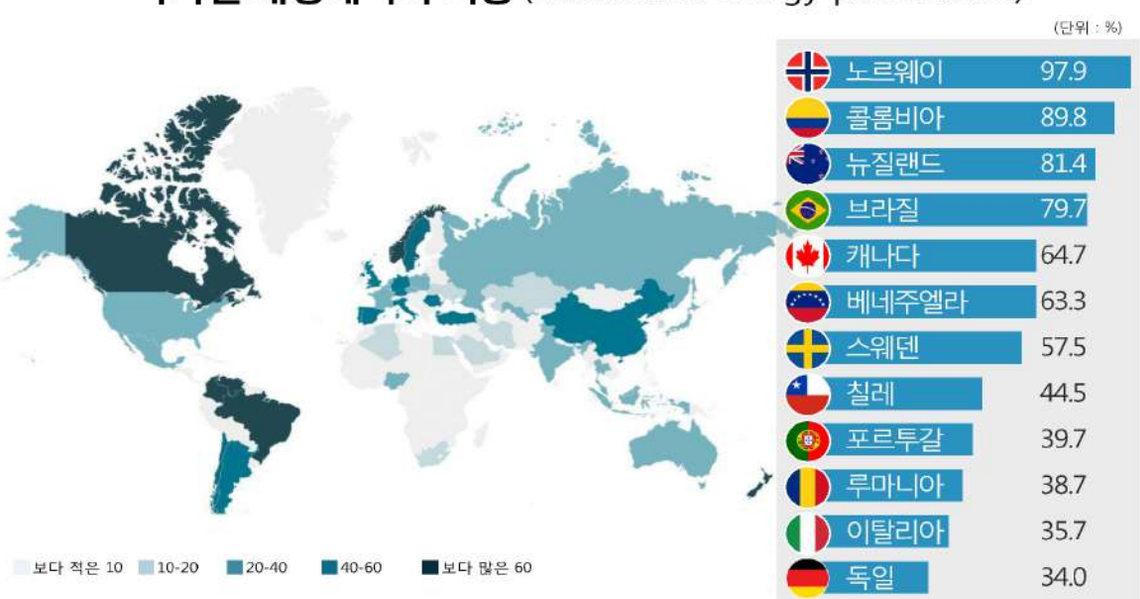
세계 전기 에너지원별 비중 (Electricity generation share)



EIA report at www.iea.org

재생에너지의 부상

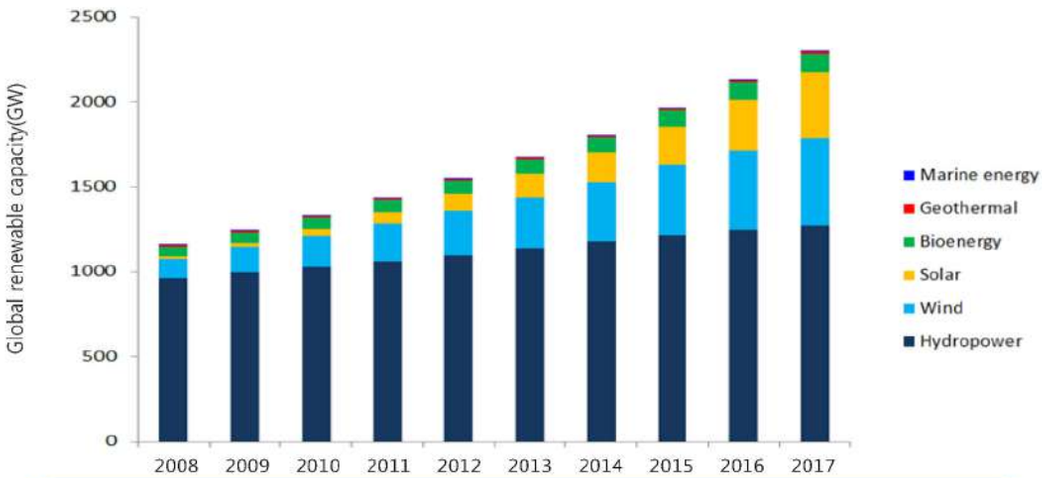
국가별 재생에너지 비중 (Renewable energy penetration)



Global Energy Statistical Yearbook 2018

재생에너지의 부상

세계 재생에너지 누적 용량 (Renewable energy capacity)



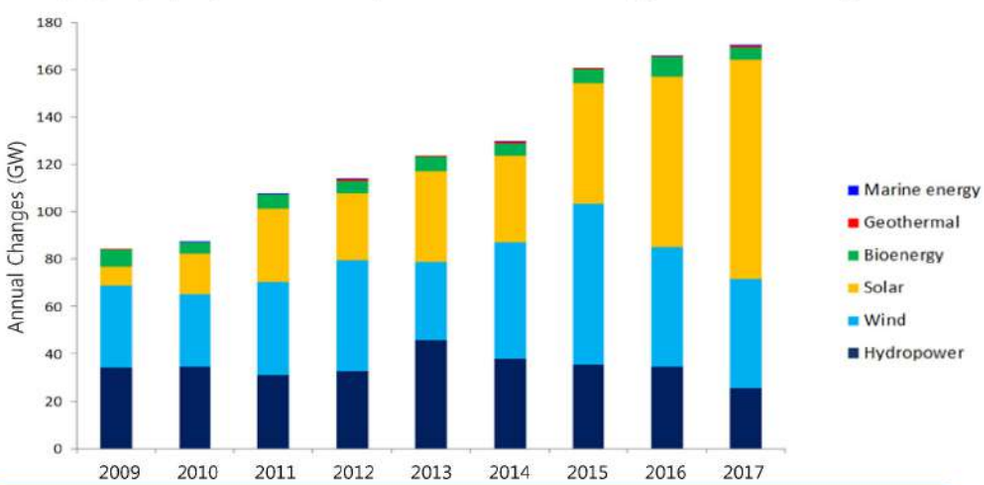
Worldwide Installed Renewable Energy Capacity(2008-2017)

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

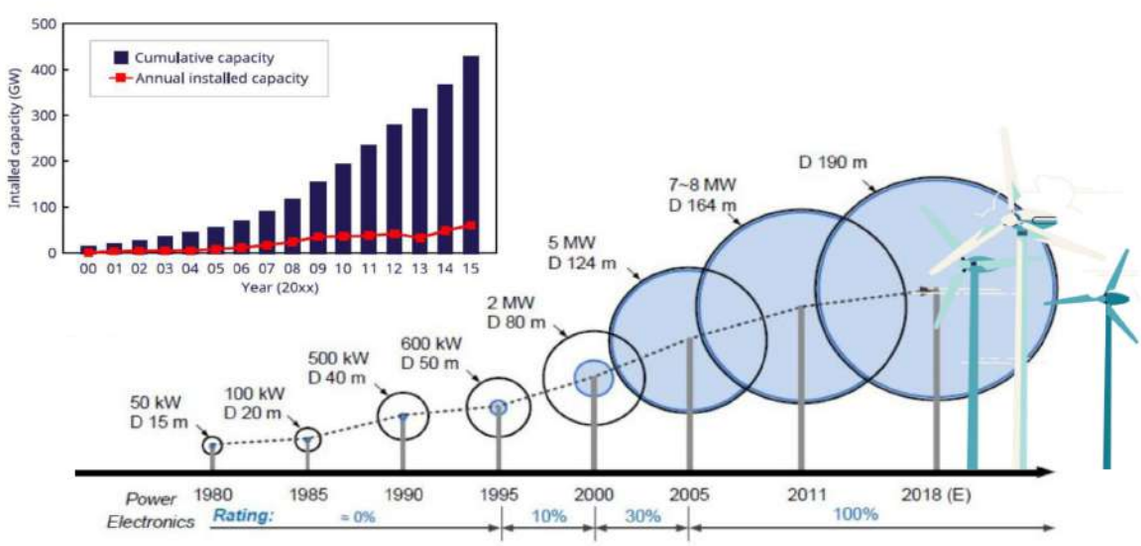
(Source : "Renewable energy statistics 2018", http//www.irena.org/publications, July 2018)

재생에너지의 부상

세계 재생에너지 신규투자는 매년 370조원 규모

Bloomberg New Energy Finance (2018. 1.)

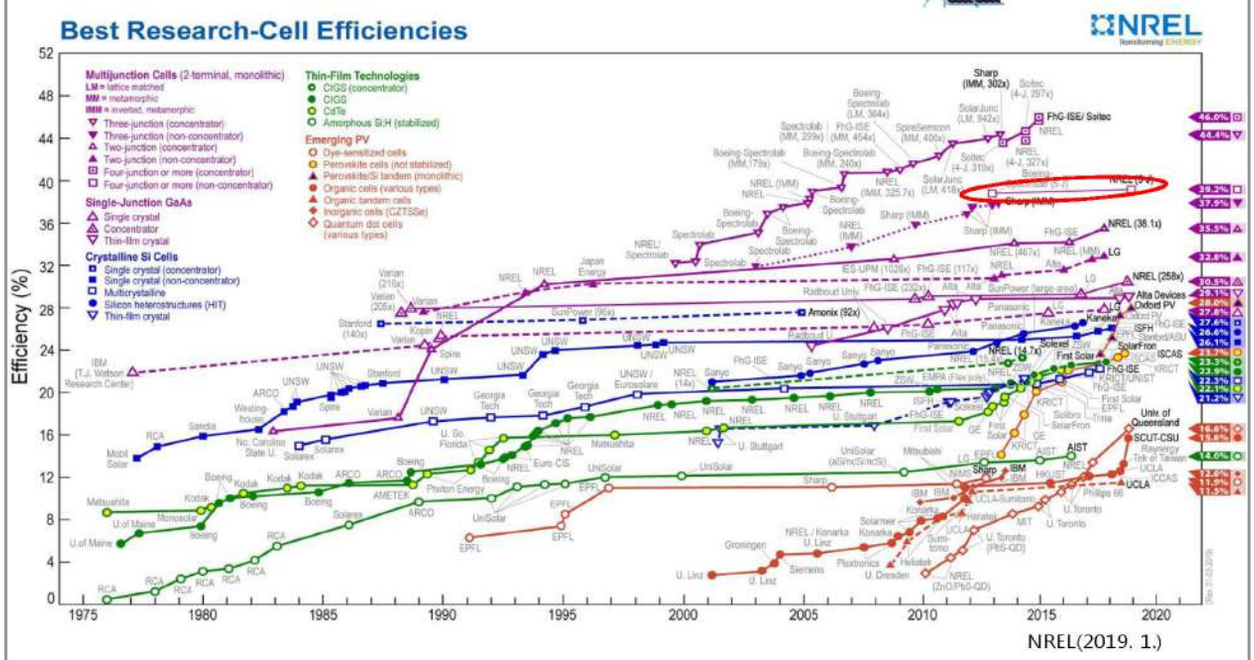
재생에너지 기술발전 (풍력)



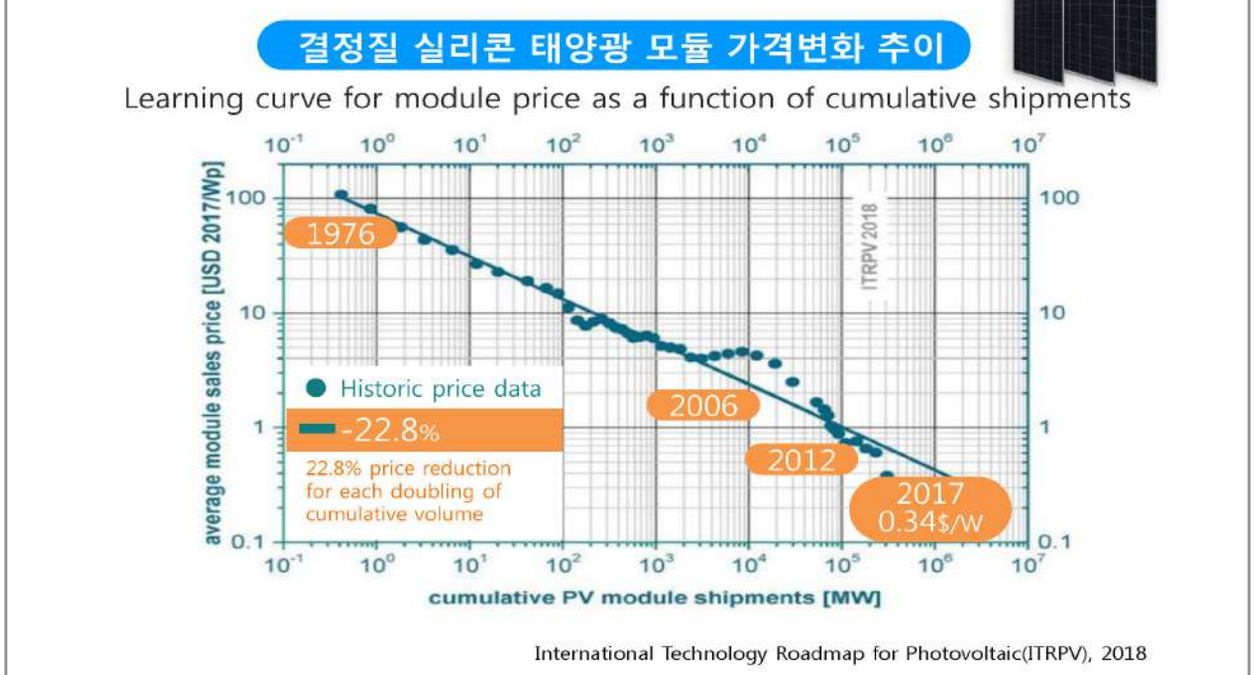
글로벌 풍력발전설비 누적 설치용량(2017) : 539GW (2017신규: 52.5GW)

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

재생에너지 기술발전 (태양광)

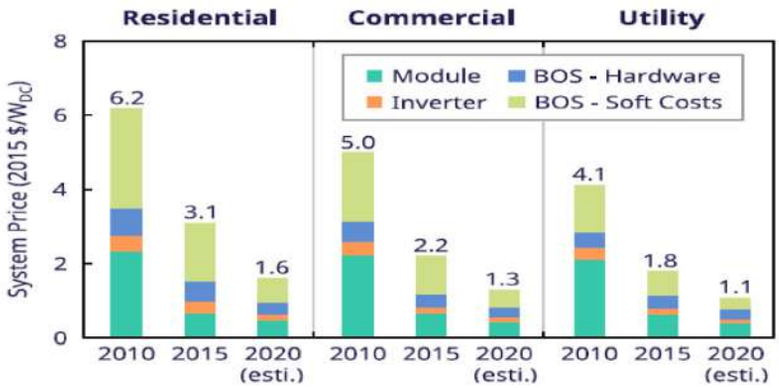


재생에너지 가격 하락



재생에너지 가격 하락

태양광 발전단가 하락 추세



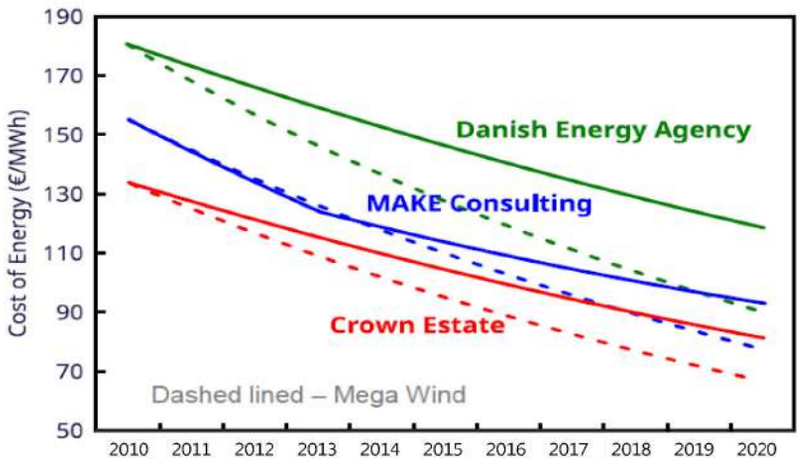
US DOE SunShot Initiative to lower PV cost by 2020

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

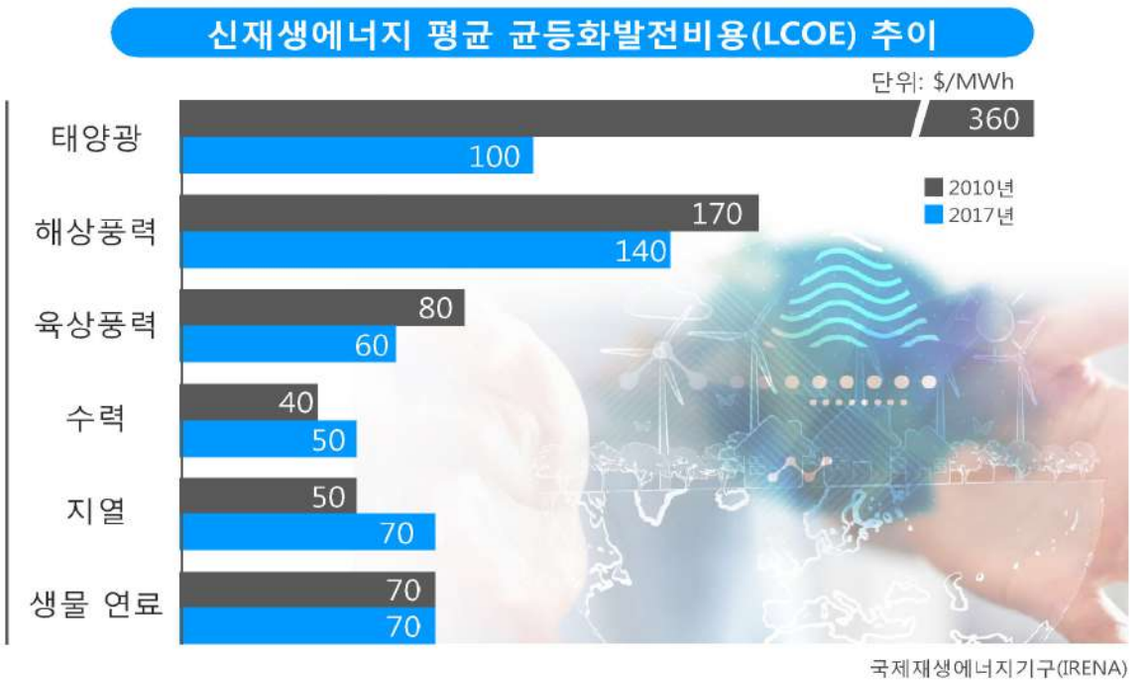
- PV module cost should be reduced by 2/3
- Power electronics needs also cost reduction by 1/2
- Installation cost should be reduced by 2/3

재생에너지 가격 하락

풍력 발전단가 하락 추세



재생에너지 가격 하락

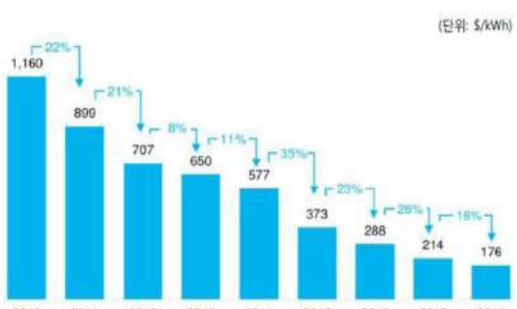


배터리 시장의 폭발적 성장

리튬이온배터리

85% 가격하락

('10년→'18년)

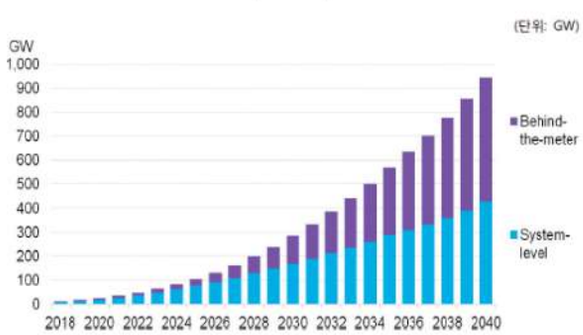


<리튬이온 배터리 가격 동향>

ESS 시장 2040년

1,000GW 규모 성장 예상

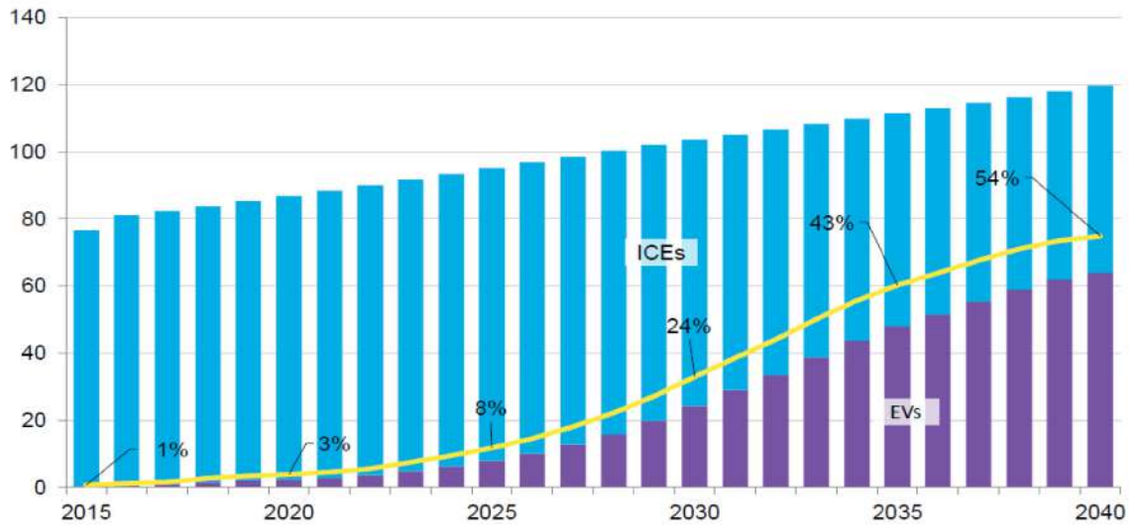
(BNEF)



<세계 에너지저장 시스템 시장 전망>

전기차 시장의 폭발적 성장

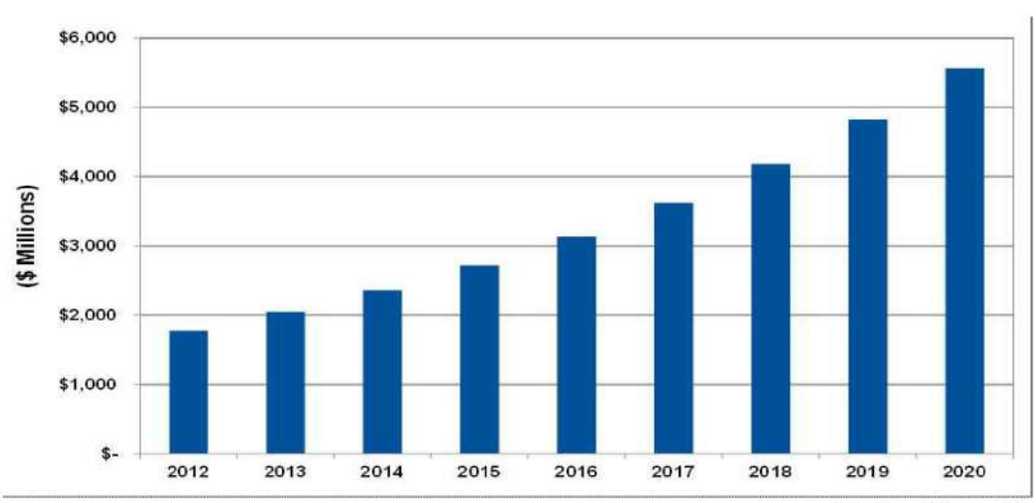
2040년 글로벌 신차 판매량의 54%가 전기차 (BNEF)



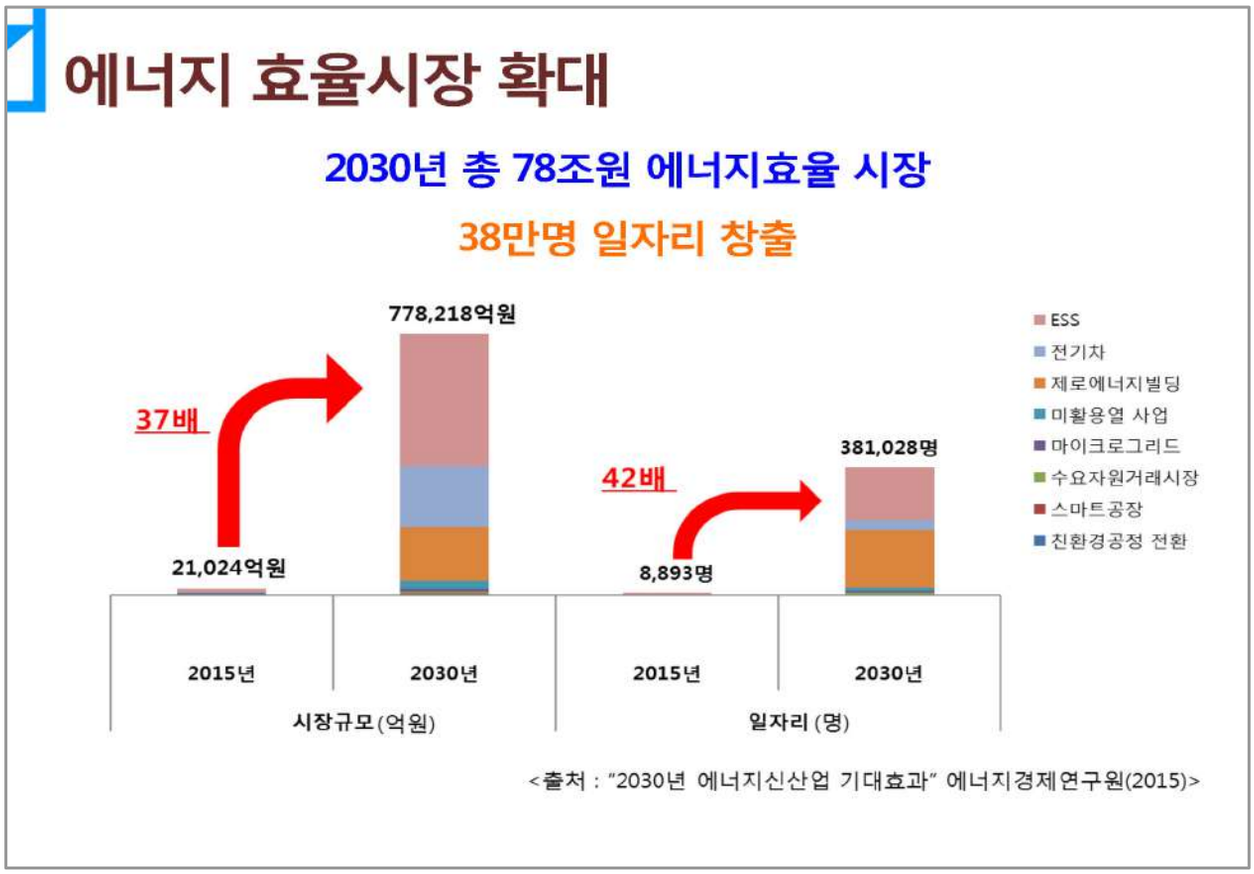
(ICE: internal combustion engine, EV: electric vehicle)

에너지 효율시장 확대

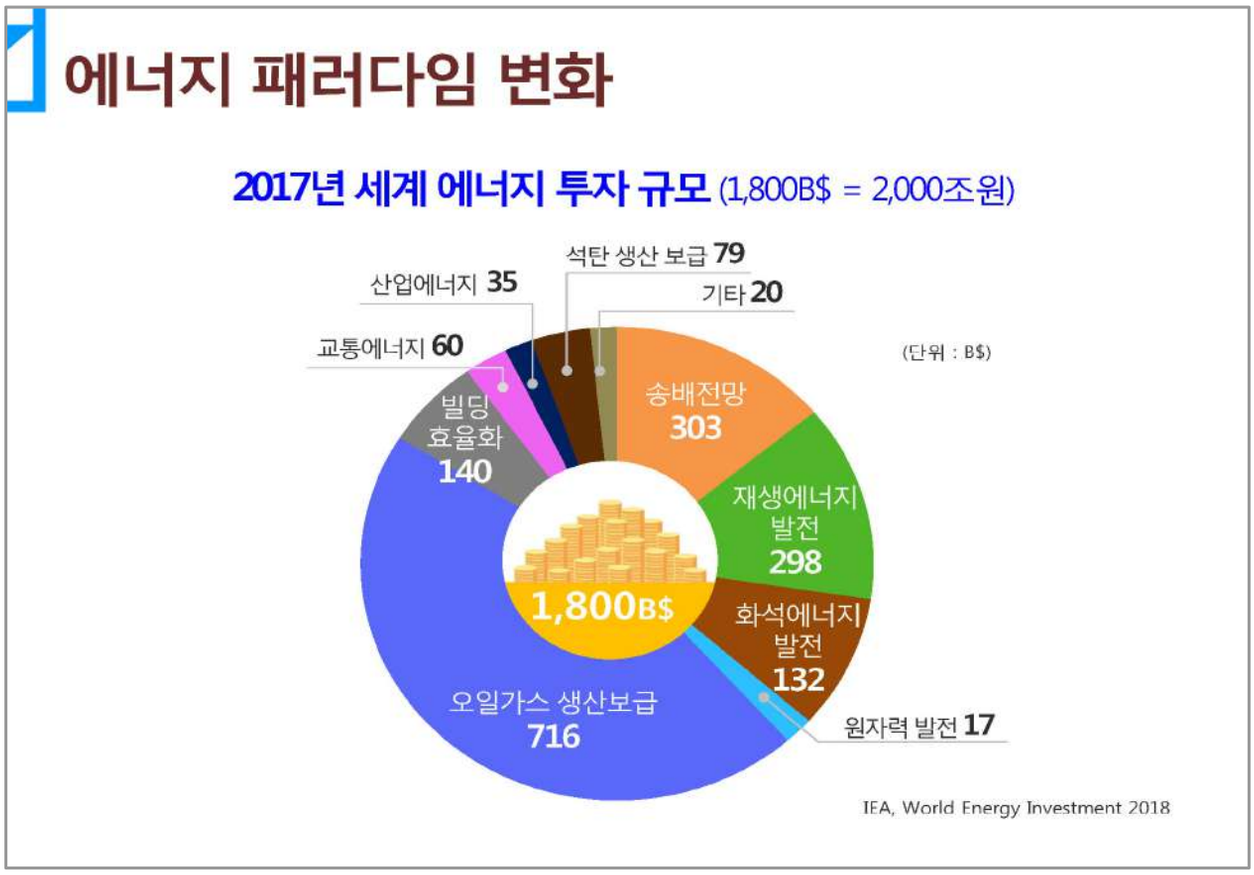
빌딩에너지관리시스템(BEMS) 시장의 성장 ('20년 6.3조원)



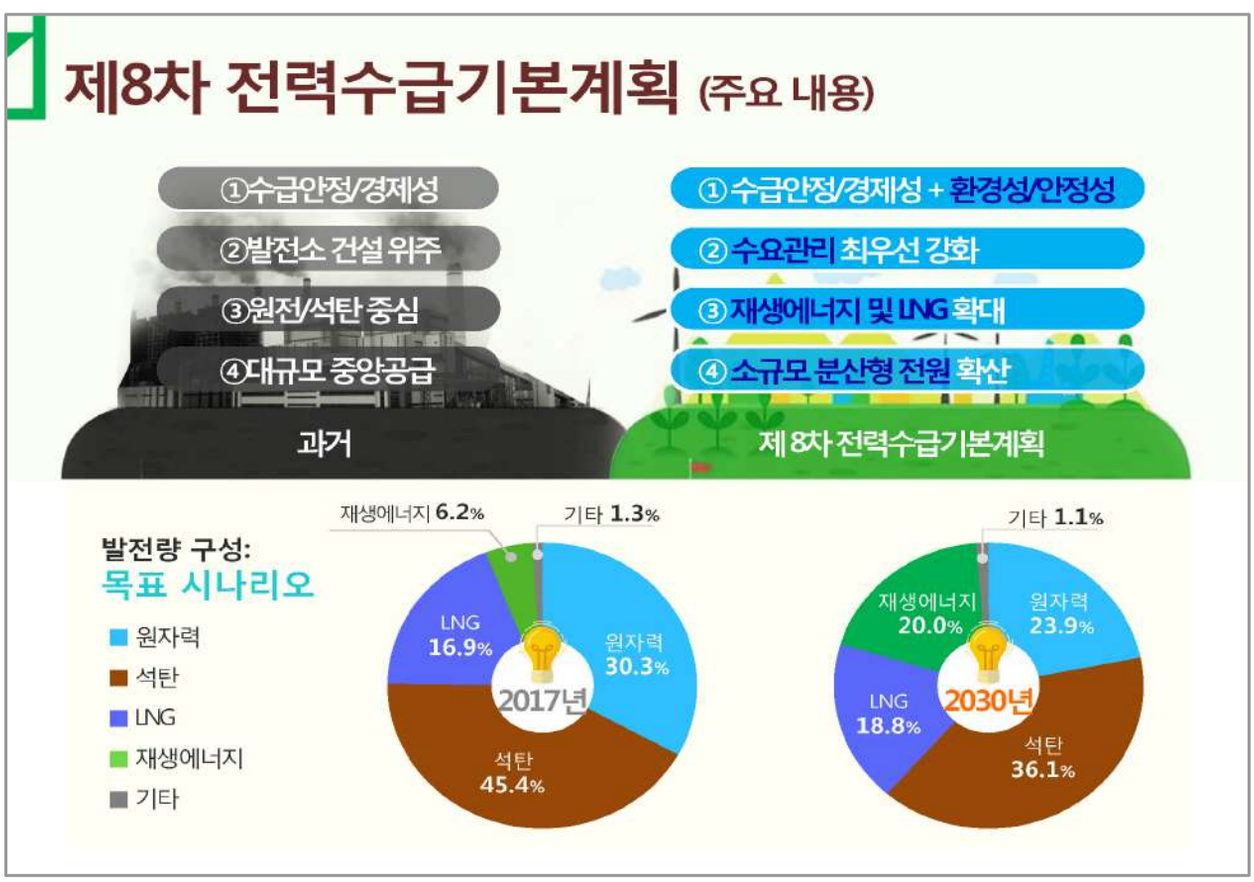
(Navigant Research)


에너지 효율시장 확대
2030년 총 78조원 에너지효율 시장
38만명 일자리 창출
778,218억원
37배
21,024억원
42배
381,028명
8,893명
ESS
전기차
제로에너지빌딩
미활용열 사업
마이크로그리드
수요자원거래시장
스마트공장
친환경공정 전환
2015년
2030년
2015년
2030년
시장규모(억원)
일자리(명)
<출처 : "2030년 에너지신산업 기대효과" 에너지경제연구원(2015)>

에너지 패러다임 변화
경제성
(단가+시장성)
Safety First!
JOB
환경성
(기후변화+미세먼지)
안전성
(중대사고+자연재해)
사회성
(수용성+일자리)


에너지 패러다임 변화
2017년 세계 에너지 투자 규모 (1,800B$ = 2,000조원)
석탄 생산 보급 79
산업에너지 35
기타 20
교통에너지 60
(단위 : B$)
송배전망 303
빌딩 효율화 140
재생에너지 발전 298
1,800B$
화석에너지 발전 132
오일가스 생산보급 716
원자력 발전 17
IEA, World Energy Investment 2018

3.
정부의 에너지 전환 정책
글로벌 변화를 외면할 것인가?



발 표 1. 글로벌 에너지 전환과 대한민국의 선택 21

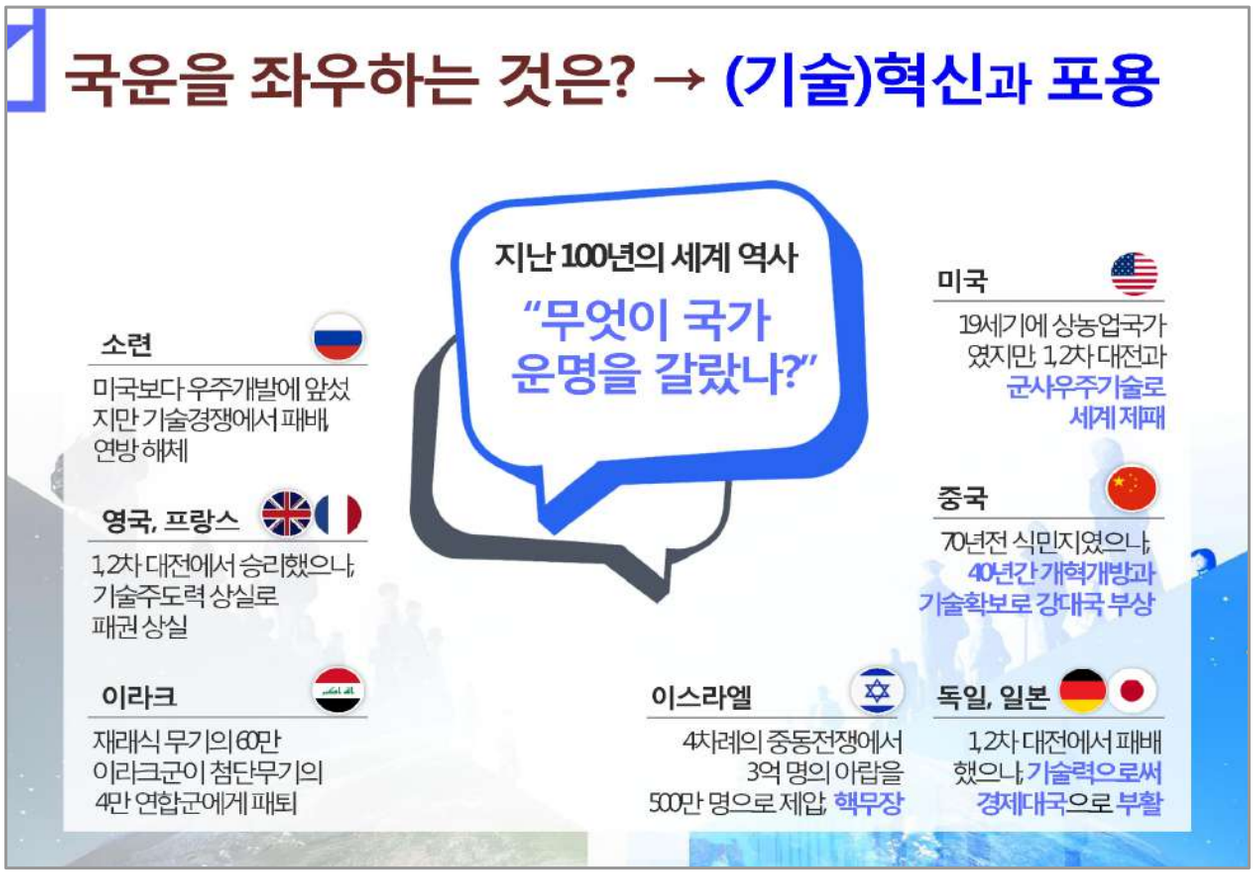
에너지 정책 추진 현황 (2018년)

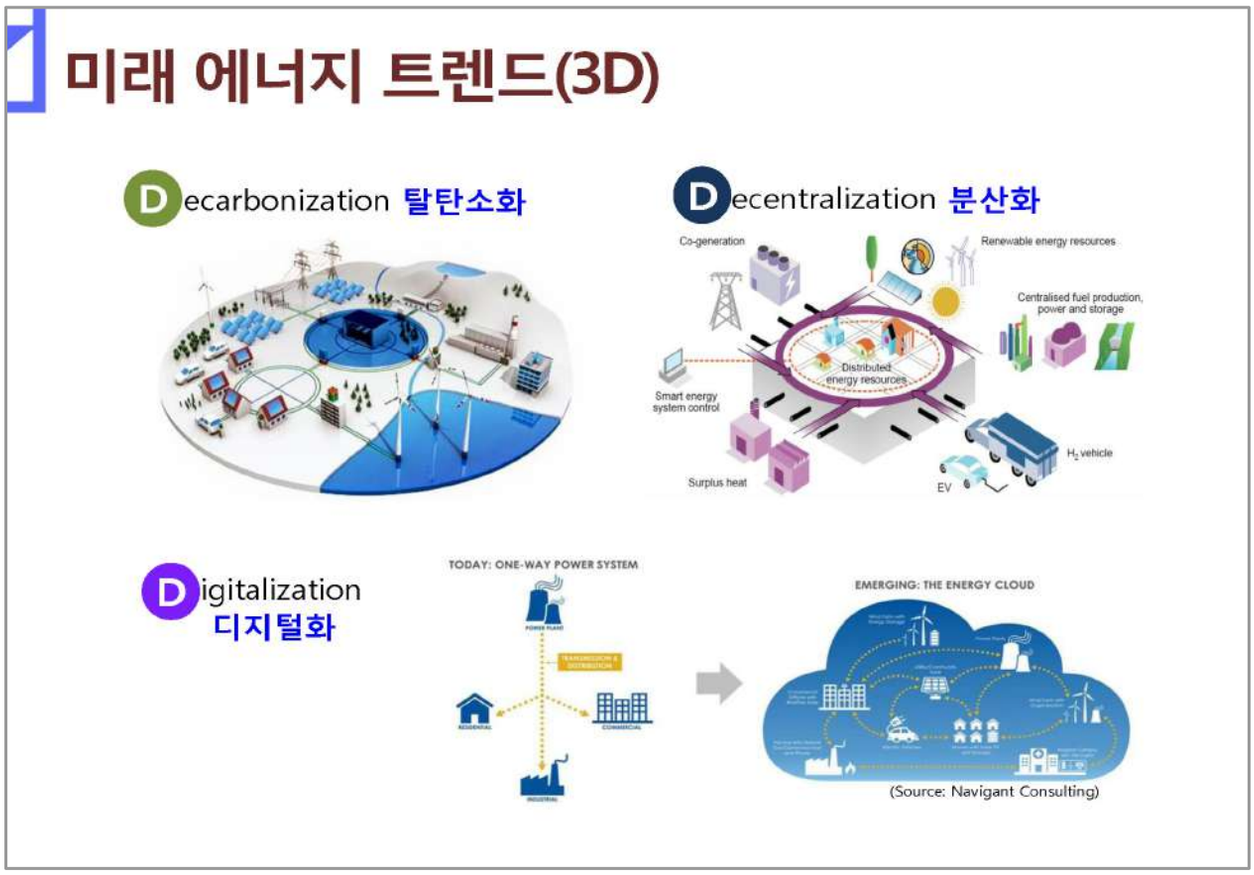
에너지전환을 통한 수출 확대

태양광·풍력 등
전략분야 지원을 통해
수출규모 2배 확대

에너지전환을 통한 일자리창출
JOB
2018년부터 2022년까지 양질의 일자리 16.8만개 창출
(2030년까지는 약 57.5만개 창출)
태양광 산업
7.9만개
* 태양광 셀 • 모듈, 폴리실리콘 분야 등
풍력 산업
6.5만개
* 풍력발전시스템, 타워, 블레이드 분야 등
스마트 에너지 인프라
2.4만개
* 지능형 전력시스템, 에너지통합관리 서비스 등
에너지 신산업 혁신성장 추진전략(산업부, 2017. 11.)

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, 연방 해체
영국, 프랑스
1,2차 대전에서 승리했으나, 기술주도력 상실로 패권 상실
이라크
재래식 무기의 60만 이라크군이 첨단무기의 4만 연합군에게 패퇴
미국
19세기에 상농업국가였지만, 1,2차 대전과 군사우주기술로 세계 제패
중국
70년전 식민지였으나, 40년간 개혁개방과 기술확보로 강대국 부상
이스라엘
4차례의 중동전쟁에서 3억 명의 아랍을 500만 명으로 제압, 핵무장
독일, 일본
1,2차 대전에서 패배했으나, 기술력으로써 경제대국으로 부활


미래 에너지 트렌드(3D)
Decarbonization 탈탄소화
Decentralization 분산화
Co-generation
Renewable energy resources
Centralised fuel production, power and storage
Distributed energy resources
Smart energy system control
Surplus heat
H2 vehicle
EV
Digitalization
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

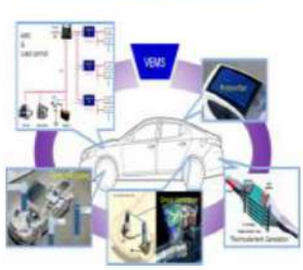
에너지기술	AI + ICBM
효율향상, 신재생, 스마트그리드, 분산형 수요관리 (xEMS)	에너지데이터 디지털화 에너지 플랫폼 지능형 서비스

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

스마트공장

제로에너지 빌딩

친환경차



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(CO_2) 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

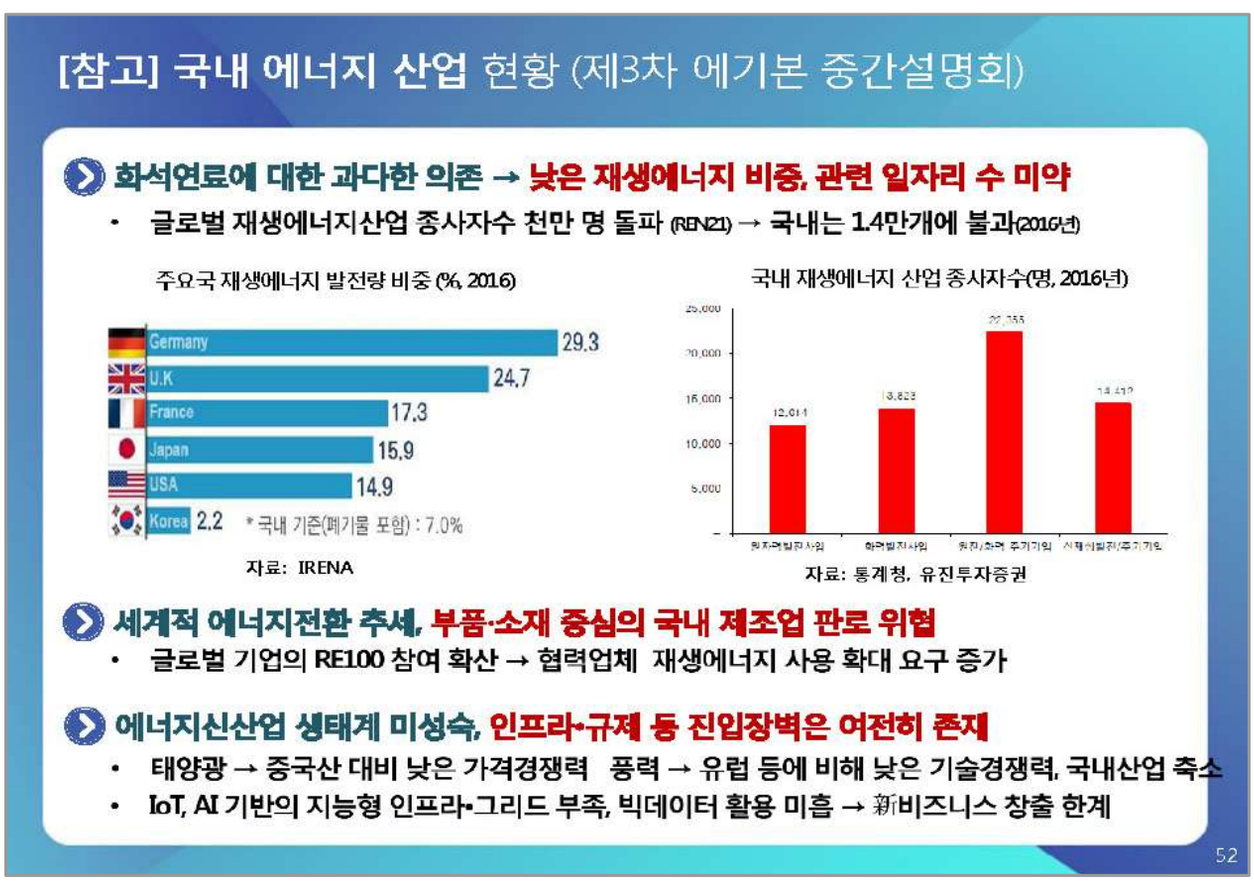
- ✔ 60년이 소요되는 초장기 탈원전 동안의 원전 안정성 확보 필요
  → 원전 해체 및 중대사고 안전 기술확보, 사용 후 핵연료 처리 추진
- ✔ 방사선분야(의료, 산업, 안보) 지원 확대(연구개발, 인력양성, 산업진흥 등) 필요
  → 원자력 산업의 전환과 대학/연구기관/기업의 전문인력 확보 추진

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

발 표 1. 글로벌 에너지 전환과 대한민국의 선택 27

기술로 에너지 부국의 꿈을 이루자!
KETEP | 한국에너지기술평가원


[참고] 국내 에너지 산업 현황 (제3차 에기본 중간설명회)
화석연료에 대한 과다한 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)
Germany 29.3
U.K 24.7
France 17.3
Japan 15.9
USA 14.9
Korea 2.2
* 국내 기준(폐기물 포함) : 7.0%
자료: IRENA
국내 재생에너지 산업 종사자수(명, 2016년)
25,000
20,000
15,000
10,000
5,000
-
12,014
13,823
22,155
14,417
원자력발전사업
화력발전사업
원전/화력 주기기업
신재생발전/주기기업
자료: 통계청, 유진투자증권
세계적 에너지전환 추세, 부품·소재 중심의 국내 제조업 판로 위협
• 글로벌 기업의 RE100 참여 확산 → 협력업체 재생에너지 사용 확대 요구 증가
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
52

[참고] 주요국의 에너지 전환정책 사례 (제3차 에기본 중간설명회)

	에너지전환정책 (2010년)	청정 성장계획 (2017년)	에너지전환법 (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

53

발 표 1. 글로벌 에너지 전환과 대한민국의 선택 29

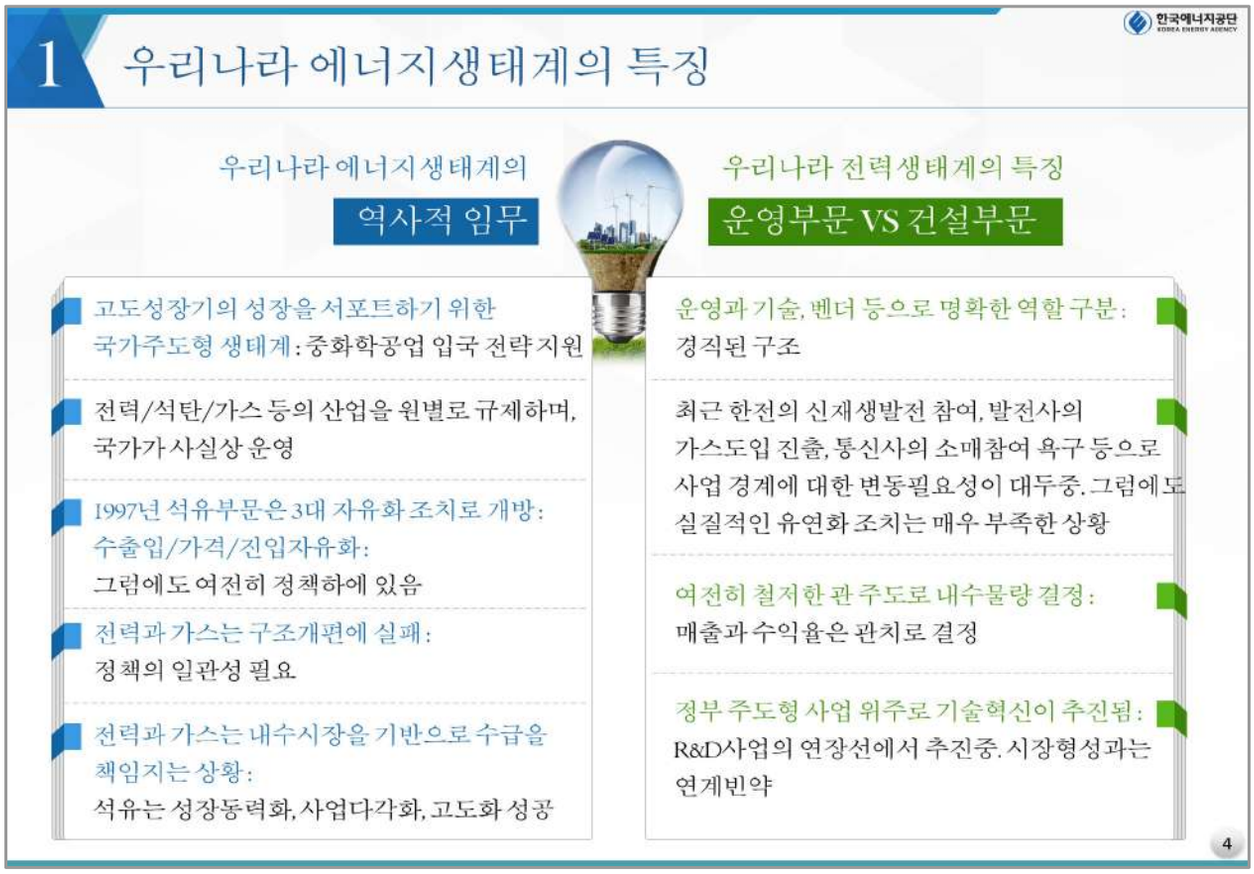
발 표 2

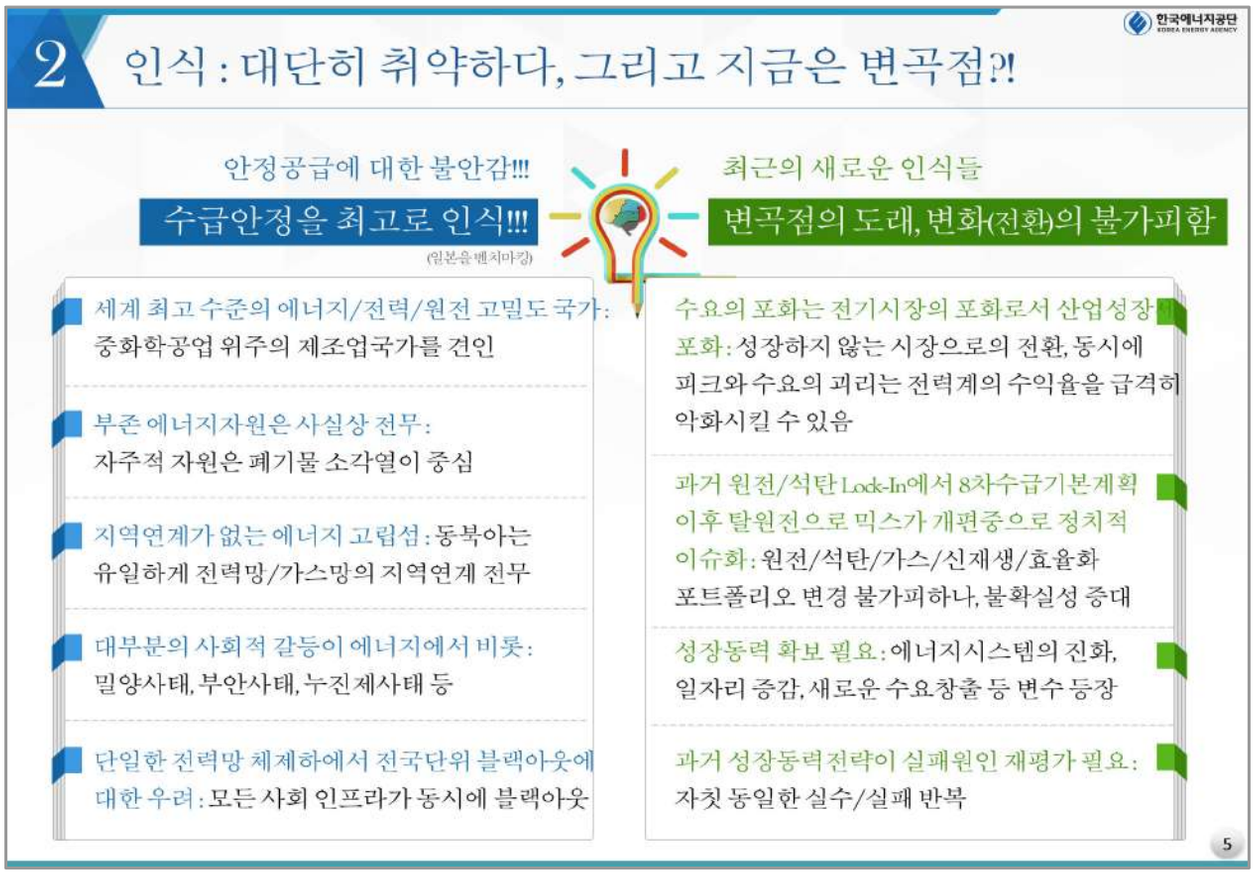
4차산업 시대의 전력산업 전망

김 창 섭
(한국에너지공단 이사장)

발 표 2. 4차산업 시대의 전력산업 전망

우리나라 전력생태계의 특징


한국에너지공단
KOREA ENERGY AGENCY
1 우리나라 에너지생태계의 특징
우리나라 에너지생태계의
역사적 임무
고도성장기의 성장을 서포트하기 위한 국가주도형 생태계 : 중화학공업 입국 전략지원
전력/석탄/가스 등의 산업을 원별로 규제하며, 국가가 사실상 운영
1997년 석유부문은 3대 자유화 조치로 개방 : 수출입/가격/진입자유화 : 그럼에도 여전히 정책하에 있음
전력과 가스는 구조개편에 실패 : 정책의 일관성 필요
전력과 가스는 내수시장을 기반으로 수급을 책임지는 상황 : 석유는 성장동력화, 사업다각화, 고도화 성공
우리나라 전력생태계의 특징
운영부문 VS 건설부문
운영과 기술, 벤더 등으로 명확한 역할 구분 : 경직된 구조
최근 한전의 신재생발전 참여, 발전사의 가스도입 진출, 통신사의 소매참여 욕구 등으로 사업 경계에 대한 변동필요성이 대두중. 그럼에도 실질적인 유연화 조치는 매우 부족한 상황
여전히 철저한 관 주도로 내수물량 결정 : 매출과 수익율은 관치로 결정
정부 주도형 사업 위주로 기술혁신이 추진됨 : R&D사업의 연장선에서 추진중. 시장형성과는 연계빈약
4



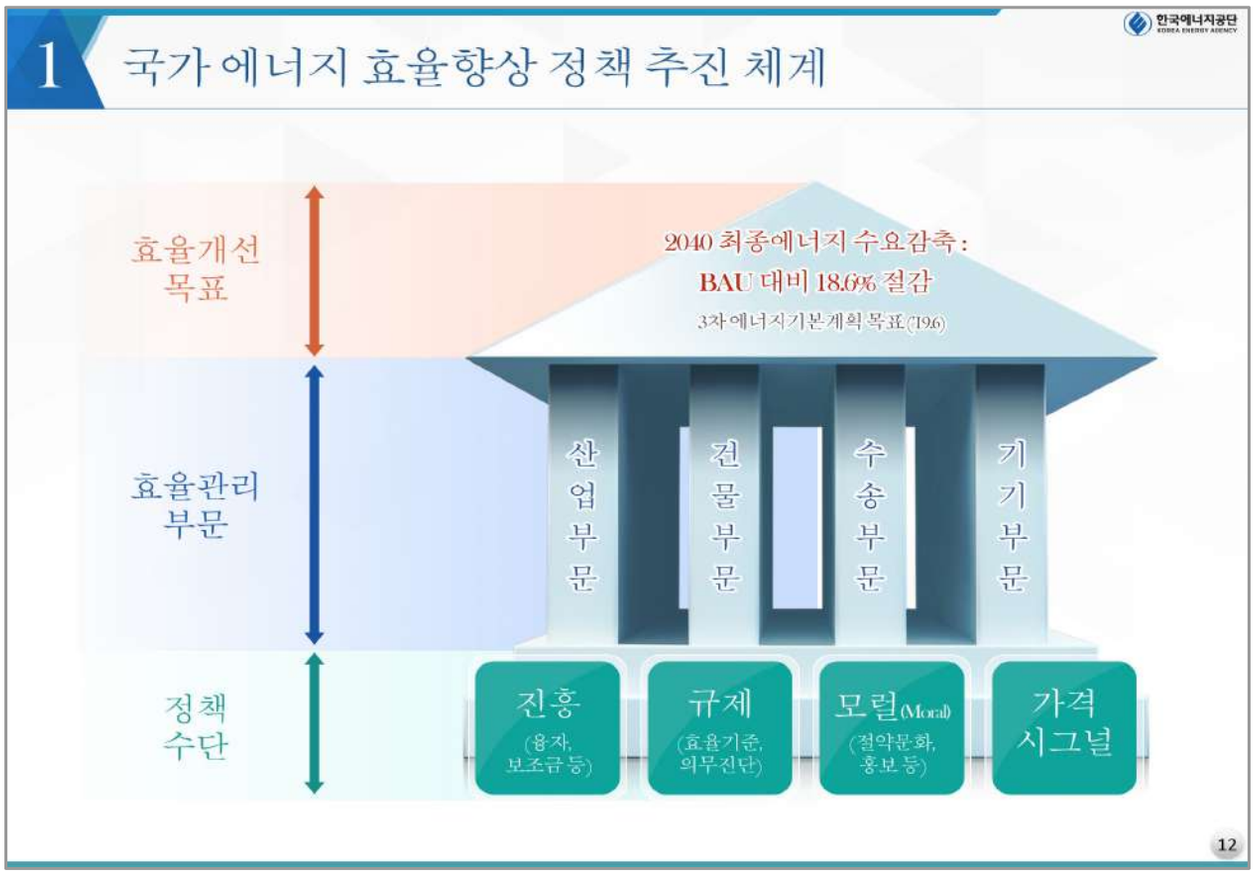
발 표 2. 4차산업 시대의 전력산업 전망 35

4차 산업혁명 시대의 전력시장 전망

한국에너지공단
KOREA ENERGY AGENCY
1 4차 산업혁명의 개념
인공지능, Big data 등 디지털 기술로 촉발되는 초연결 기반의 지능화 혁명
18세기
19세기~20세기 초
20세기 후반
현재~
1st 증기기관(동력) 철도
2nd 전기 + 전화
3rd 컴퓨터 + 인터넷
4th AI + IoT + Big data
* 출처 : 대통령 직속 4차산업혁명위원회(2017)
스마트 팩토리(독일 Amberg 공장)
스마트 의료(IBM Dr.Watson)
스마트 유통(Amazon Go)
스마트에너지 : 에너지 + ICT
스마트그리드, 마이크로그리드
스마트에너지융합
VPP, 분산형 전원
스마트시티
8

발 표 2. 4차산업 시대의 전력산업 전망 37

전력산업에서 효율화의 의미와 과제


한국에너지공단
KOREA ENERGY AGENCY
1 국가 에너지 효율향상 정책 추진 체계
효율개선 목표
2040 최종에너지 수요감축 :
BAU 대비 18.6% 절감
3차 에너지기본계획 목표(19.6)
효율관리 부문
산업부문
건물부문
수송부문
기기부문
정책 수단
진흥 (융자, 보조금 등)
규제 (효율기준, 의무진단)
모럴(Moral) (절약문화, 홍보 등)
가격 시그널
12

2 국가 에너지이용시스템 효율화를 위한 KEA의 노력

산업부문

- 우수사업장 인증, 에너지경영시스템(EnMS), 온실가스·에너지 목표관리제, ESCO 및 자금지원, 대·중소기업 동반성장, 에너지진단, 보일러·압력용기 검사 등을 운영하여 산업체의 효율향상을 유도

건물부문

- 건물에너지관리시스템(BEMS)와 에너지데이터 분석센터 운영, 건축물 에너지효율 등급인증, 친환경주택 성능평가, 에너지평가사 제도 등을 통해 에너지 저소비형 건축물을 구현

수송부문

- 자동차와 타이어의 에너지소비 효율 라벨링, 평균연비제도 운영 및 전기차 보급 기반구축 등 수송부문의 소비효율을 향상

효율기기부문

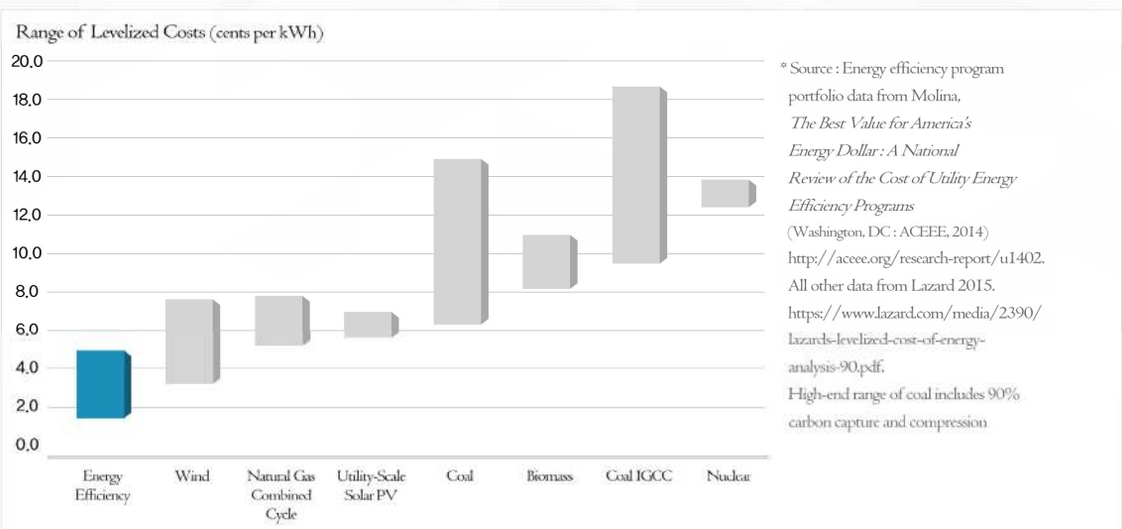
- 에너지소비 효율등급, 고효율기자재 인증제도를 통해 국내외 고효율기기 확산과 기업경쟁력 강화에 기여

13

3 비용효과적인 전력 수요관리 옵션 : Energy Efficiency

전력을 공급하는 다양한 에너지원 중 에너지효율향상이 가장 저렴

ACEEE분석결과, 효율향상이 18~54원/kWh로 가장 비용 효과적('14년 기준)



* 출처) ACEEE : American Council for an Energy-Efficient Economy

14

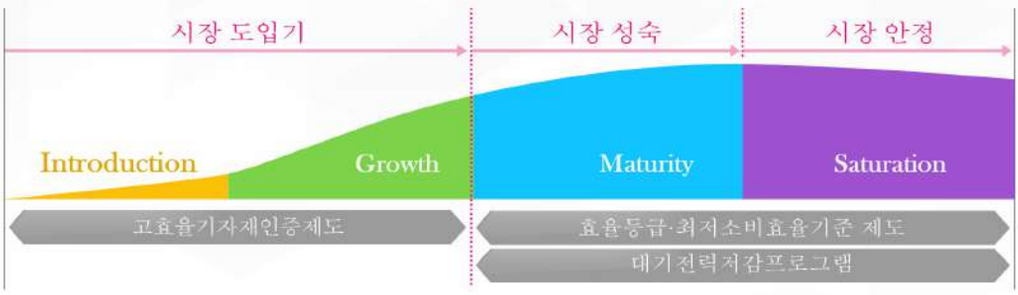
발 표 2. 4차산업 시대의 전력산업 전망 39

4 [예시] 기기 효율관리제도의 운영 성과 (1)

한국에너지공단 KOREA ENERGY AGENCY

에너지 효율관리제도의 운영 전략

- 고효율제품 및 설비를 보급하여 시장 전환(Market transformation)을 촉진



3대 효율관리제도

에너지소비효율등급제

- 제도 시행('92)
- 냉장고, TV, 에어컨 등 32개 품목

고효율기자재인증제

- 제도 시행('96)
- 펌프, 인버터, 등기구 등 22개 품목

대기전력저감프로그램

- 제도 시행('99)
- 컴퓨터, 복합기 등 21개 품목

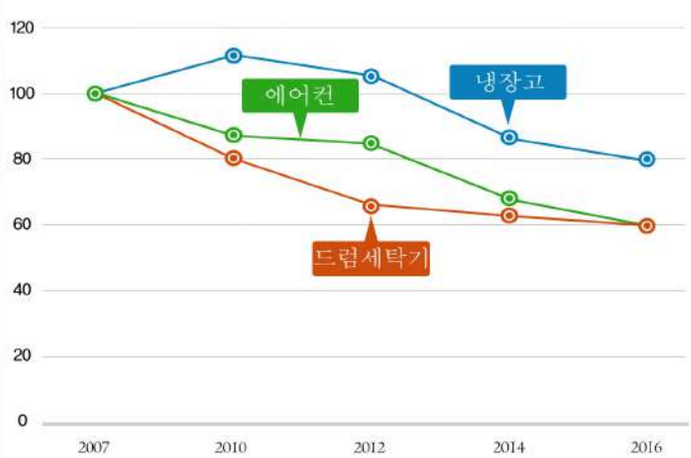
15

4 [예시] 기기 효율관리제도의 운영 성과 (2)

한국에너지공단 KOREA ENERGY AGENCY

전력사용기기 효율관리 성과 (1)

주요 가전기기 효율개선 추이 (2007=100)



'07년 대비 '16년 효율

냉장고 21.9%↑ 개선

* ('07) 0.77 → ('16) 0.60 kWh/ℓ

에어컨 42.7%↑ 개선

* ('07) 121 → ('16) 69 kWh/kW

드럼세탁기 42.1%↑ 개선

* ('07) 12.7 → ('16) 7.3 kWh/kg

* 출처) 가전제품 에너지효율등급표시제도 성과분석 연구(한국에너지공단, 2017)

16

4 [예시] 기기 효율관리제도의 운영 성과 (3)

전력사용기기 효율관리 성과 (2)

- 전체 연간 5,527 GWh 전력소비량 절감 (효율관리제도 운영 4,388GWh, 최저효율기준 1,139GWh)

효율관리제도 운영성과

순위	품목명	2008년 대당 전력사용량 (kWh/대)	2017년 대당 전력사용량 (kWh/대)	2017년 판매량 (천대)	제도 운영성과 (GWh)
1	공기청정기	397	78	1,448	462
2	전기냉온수기	568	353	1,215	261
3	전기냉난방기	7,099	4,885	591	1,306
4	전기냉방기	481	305	2,592	458
5	상업용전기냉장고	1,243	1,000	101	24
6	변압기(손실)	5,945	5,000	109	103
7	전기밥솥	220	169	3,796	195
8	텔리비전수상기	94	109	3,209	-
9	전기냉장고	426	305	2,430	293
10	선풍기	30	29	3,829	3
11	삼상유도전동기	47,654	45,458	553	1,215
12	제습기	592	609	422	-
13	전기세탁기	66	56	1,903	19
14	김치냉장고	192	305	1,173	49
15	전기진공청소기	82	84	1,026	-
합 계					4,388

+

최저기준강화 기대 효과

순위	품목명	최근 시행연도	최근 강화연도	절감 전력량(GWh/년)		
				2020년	2021년	2022년
1	공기청정기	2011	2020	8	8	9
2	전기냉온수기	2010	2020	19	20	21
3	전기냉난방기	2018	2020	167	182	197
4	전기냉방기	2018	2020	50	53	55
5	상업용전기냉장고	2018	2020	5	5	6
6	변압기(손실)	2016	-	7	8	8
7	전기밥솥	2018	2021	-	30	31
8	텔리비전수상기	2017	2021	-	19	20
9	전기냉장고	2018	2021	-	34	35
10	선풍기	2016	2021	-	5	5
11	삼상유도전동기	2018	-	714	720	726
12	제습기	2016	2022	-	-	8
13	전기세탁기	2018	2022	-	-	5
14	김치냉장고	2017	2022	-	-	9
15	전기진공청소기	2019	2022	-	-	4
합 계				970	1,084	1,139

- 발전단 기준 5,737 GWh 발전량 절감 (➡500MW급 석탄화력 2기의 1년 발전 가동 회피 효과)

17

효율향상(4개의 Pillar)은 에너지수요를 근원적으로 감소시켜 원전과 석탄발전 등 기저발전 확충 부담 완화 및 환경성을 제고할 수 있는 새로운 에너지공급원으로서의 의미를 지님

"효율(Energy Efficiency) = 기저"

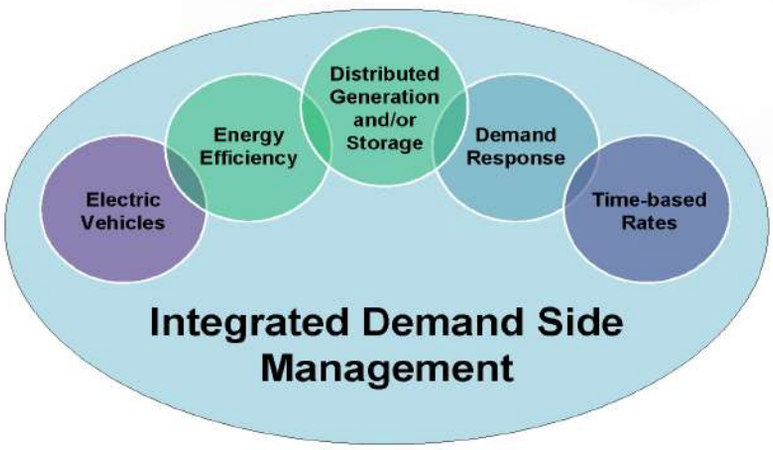
18

발 표 2. 4차산업 시대의 전력산업 전망 41

5 전력시스템 효율화를 위한 향후 과제 (1)

통합 수요관리(IDSM) 기반의 전력시스템 전환

- 전력시스템의 운영 최적화를 위해 Energy Efficiency와 Demand Response는 동시에 고려되기도 하지만, 더욱 많은 자원과 수요관리 프로그램들이 통합된 체계하에서 투자 우선순위 설정 등 운영 시스템의 고도화 필요

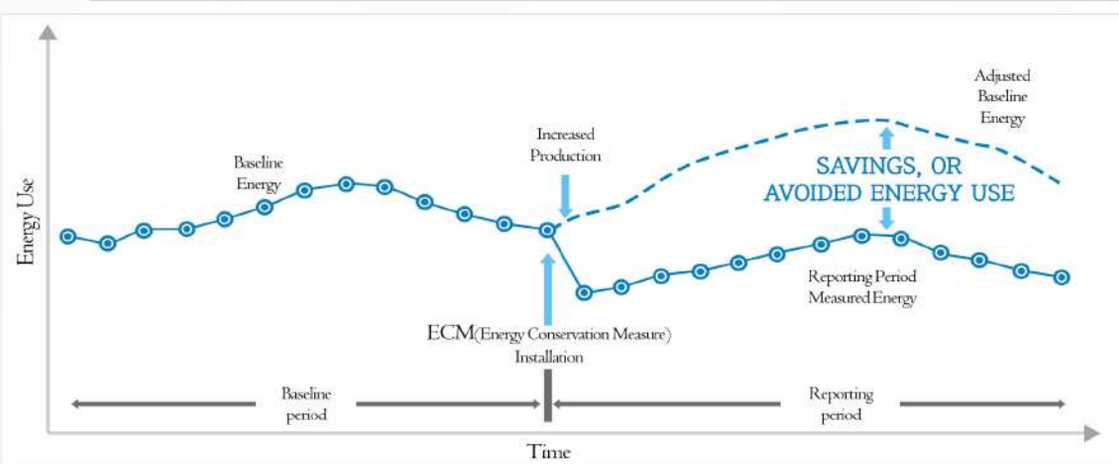


19

5 전력시스템 효율화를 위한 향후 과제 (2)

효율관리 기기 및 프로그램의 M&V 강화

- 전력시스템 효율화 투자 우선순위 결정 등을 위한 기기별, 수단별 M&V 고도화 필요
  ➡효율관리 기기의 실사용패턴 등을 반영할 수 있는 표준시험방법 마련, 기기 단위의 베이스라인 설정 등



* 출처) International Performance Measurement and Verification Protocol, EVO, 2012

20

발 표 2. 4차산업 시대의 전력산업 전망

패널토론

조상기 (동서발전 발전기술개발원장)
이상엽 (환경정책평가원 연구위원)
최종웅 (인코어드 테크놀러지 대표)
박정순 (에너지경제연구원 본부장)
유승훈 (서울과학기술대학교 교수)
최승현 (슈나이더 일렉트릭 전력사업부
동북아시아 총괄 대표)

조상기 (동서발전 발전기술개발원장)

『지속가능한 전력정책의 새로운 방향』 패널 토론 자료

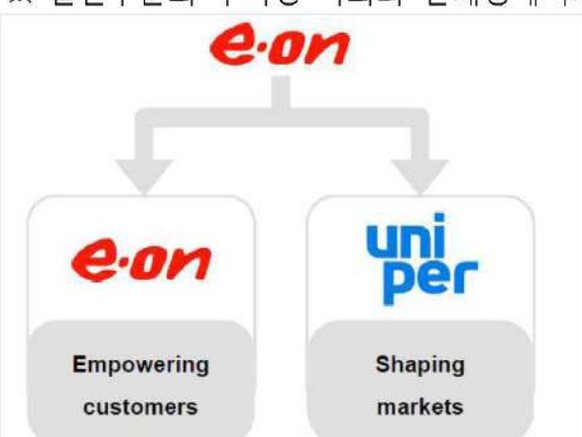
□ 발전회사 입장에서 본 에너지 전환 시대

○ 제1발제인 「글로벌 에너지 전환과 대한민국의 선택」에서 에너지 패러다임의 변화를 잘 설명하였음. 여기에 우리나라의 특수한 사회문화적 환경에 따라, 1)환경성, 2) 안전성 및 3)사회적 가치 창출을 위한 노력에 대한 요구가 더욱 높은 상황임. 또한 제2발제인 「4차산업혁명 시대의 전력산업 전망」에서 강조한 에너지 효율 제고 등 신사업에 대한 인사이트에도 전적으로 동의함.

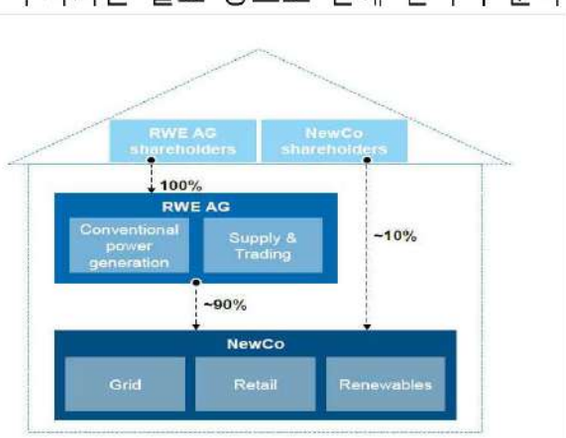
○ 발전회사, 특히 석탄 등 화석연료를 사용하는 전통적 발전회사는 에너지 전환시대에 새로운 도전에 직면해 있는 것이 전세계적인 현상임

- 특히 신재생에너지의 폭발적인 증가가 이미 이루어진 유럽시장에서 확인할 수 있음

※ 발전부문의 수익성 악화와 신재생에너지 투자자본 필요 등으로 인해 전략적 분사



- 2016년 신재생 및 소매부분을 분사하여 전력생산과 트레이딩 전문회사 Uniper를 신설



- 신재생, 송배전, 소매부분을 RWE자회사(Innogy)로 전환한뒤 2016년 기업공개

○ 전통적 발전회사가 새로운 에너지 전환시대에 직면하고 있는 도전은 다음과 같음

1) 신재생에너지 증가로 에너지 수요 감소 및 매출 감소

2) 환경 구제 요구수준 고도화 및 작업자 안전을 위한 투자 확대 요구

3) 설비 노후화 및 운영 전문인력의 역량 약화, 잦은 기동 정지와 출력 증감발, 기존 기저부하 설비의 감발 운전 등

□ 4차 산업혁명 시대 새로운 기회

○ 인공지능 기술이나 드론 등 4차 산업혁명 기술은 전통발전회사가 직면한 이러한 도전에 효과적으로 대처하고, 전력산업의 생산성을 높이며 새로운 가치를 창출할 수 있는 대안의 하나가 될 수 있다는 것에 동의함

- 4차 산업혁명 기술의 적용은 세계경제포럼에서 발표한 디지털 전환(Digital Transformation) 또는 Industry 4.0으로 표현할 수 있으며, 다음 자료에서 보듯이 산업 가치 제고에 가장 큰 부분이 Asset Lifecycle Management에서 발생함.

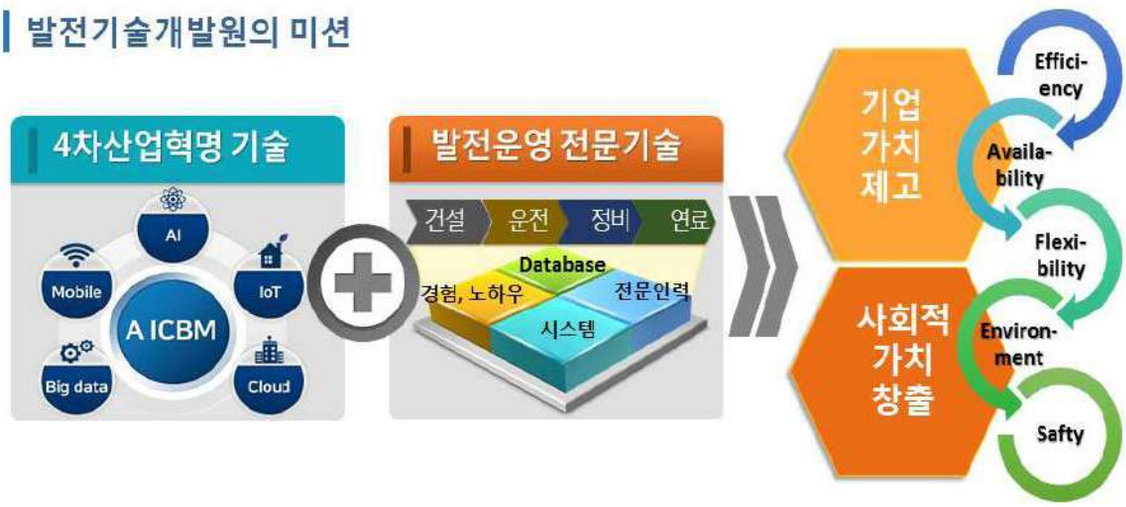
디지털 전환(I-4.0)의 가치 창출 잠재력 (WEF, 2016.6)

[출처 : 'Digital Transformation of Industry(Electricity Industry), 세계경제포럼, 2016.1]

- **발전~송배전에 이르러 Asset Performance Management를 통해 전력산업가치 3,870억불(약 4조원)을 향후 10년간 창출할 수있다고 전망**

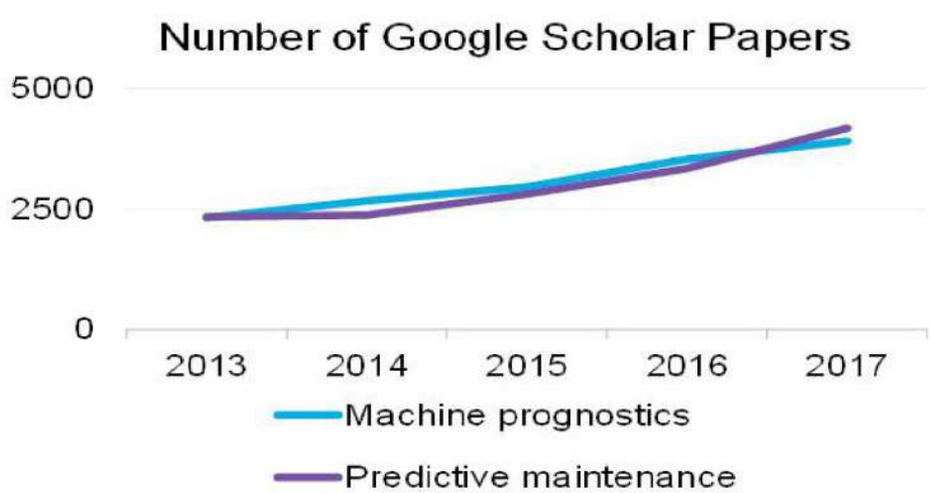
○ 한국동서발전에서는 알파고가 등장한 2016년 4차산업혁명 기술을 발전산업에 접목하고자 전담조직으로 '발전기술개발원'을 신설하였고, 발전산업 전문 지식과 노하우에 인공지능·빅데이터 등을 접목하여 발전산업의 가치를 제고하고자 노력하고 있음

발전기술개발원의 미션



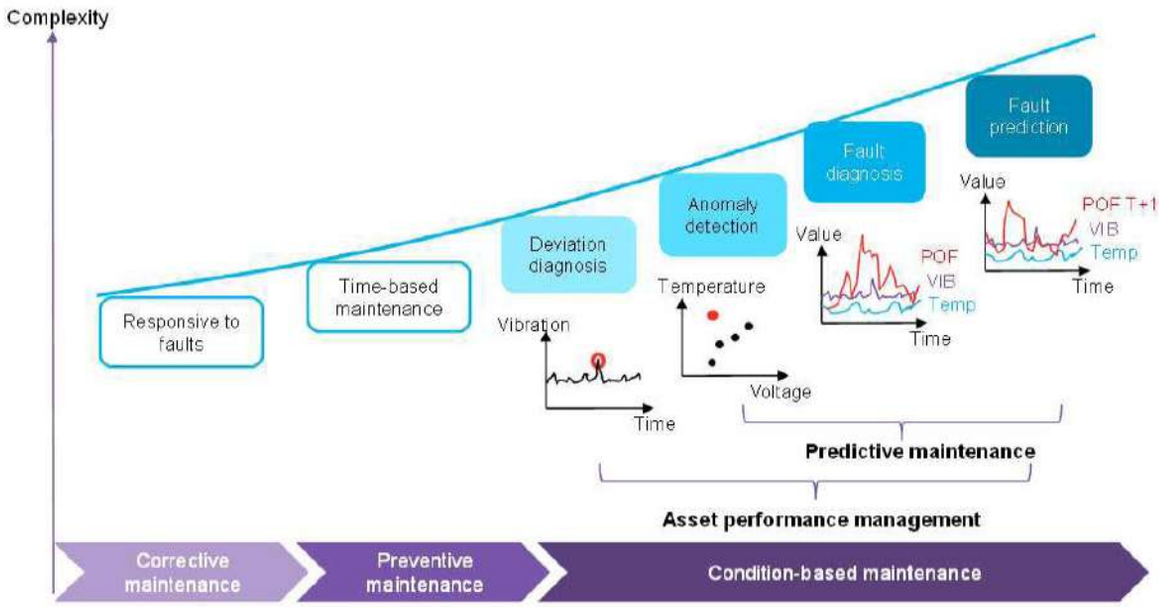
○ 인공지능과 빅데이터 등을 활용하여 가치를 창출할 수 있는 주요 분야는 예측 정비와 이상 예지(Abnomaly detection)임. 세계경제포럼에 따르면, APM(asset performance management)을 통한 가치창출 예상 금액 3,870억불은 수선 및 정비비용 감소, 설비 고장 감소 등으로 만들어지는데, 대부분이 스마트 센서를 활용한 예측 정비(Predictive management)를 통해 이루어진다고 하고 있음.

- 다음 차트에서 이 분야의 연구가 지속적으로 증가 추세를 확인할 수 있음



[출처 : BloombergNEF, 2018.12]

- 다음의 블룸버그의 자료를 통해서 APM(Asset performance management) 적용 단계를 확인할 수 있음



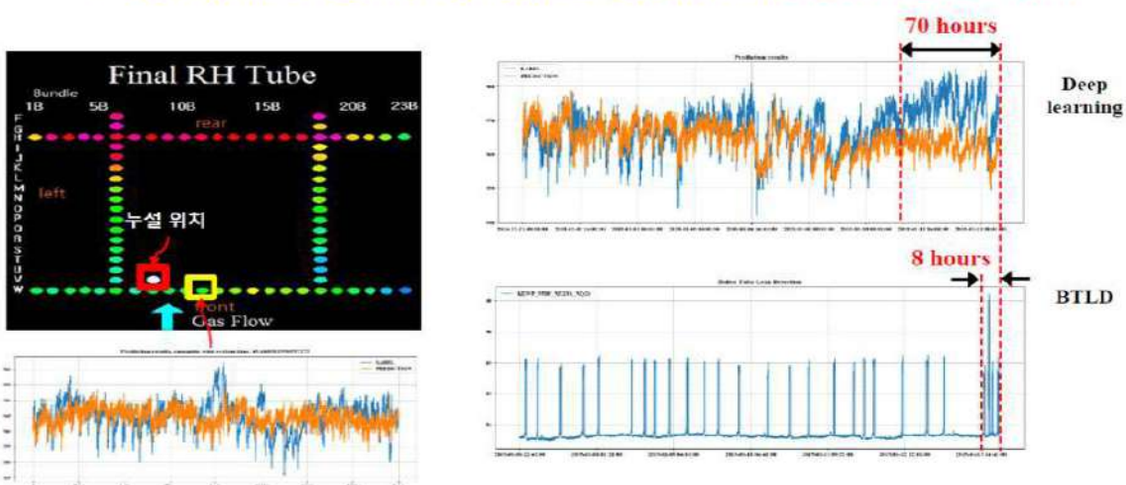
[출처 : BloombergNEF, 2018.12]

○ 한 예로, 우리 발전기술개발원에서 UNIST의 산업인공지능 융합연구센터와 인공지능 기술을 적용한 보일러 분야 이상예지(early warning) 및 진단 솔루션을 개발하는 데 성공하여 10월부터 본격 현장에 적용 예정인데, 기존의 방법보다 조기에 이상을 감지하여 조치함으로써 고장예방을 감소할 것으로 기대함

고장원인 진단모듈 개발

가. 튜브 누설 시 Metal Temp 비정상적 증가 감지를 위한 딥러닝 알고리즘 개발

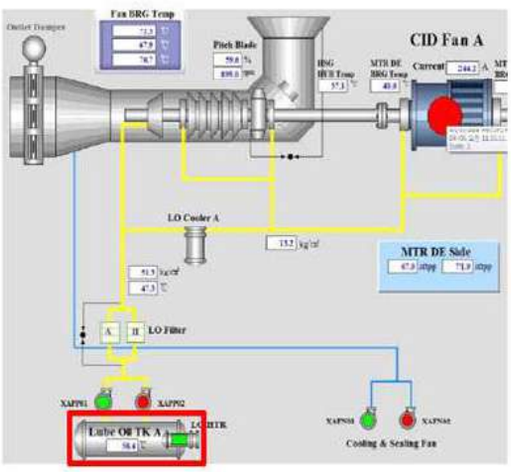
→ 재열기 누설 튜브의 비정상적 온도증가 발견('15.1, 당진화력 5호기 / BTLD 대비 62시간 조기감지)

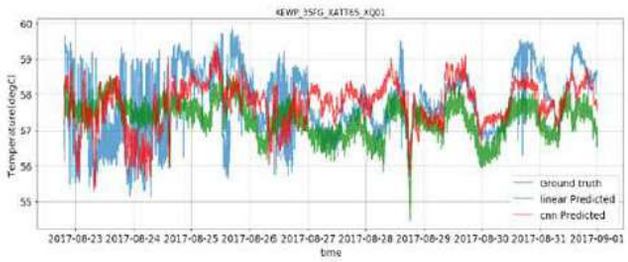


✓ 고장원인 진단모듈 개발

나. 통풍계통 FAN LO Tank 누유 시 압력, 온도변화 감지를 위한 딥러닝 알고리즘 개발

→ CID FAN LO Tank 이상징후 발견('17.1, 당진화력 7호기 / 고장정지 27.5시간 전 조기감지)





○ 또한, 이러한 발전설비 효율화 이외에도, 신재생에너지의 폭발적 증가로 촉발된 에너지 전환 시대에 4차 산업혁명은, 제2발제를 통해서도 언급되었듯이, 신재생에너지에 대한 관리와 에너지 효율사업 등 신사업의 확대에도 적용될 수 있어 전통적 발전회사로서 새로운 신사업의 기회를 제공할 수 있음. 특히, 신재생에너지 분야의 빅데이터와 인공지능 기술의 솔루션은 전 세계 시장에 보다 보편적으로 적용할 수 있어 사업성이 높을 것임

- 우리회사는 ESS(에너지저장장치) 효율적 운영 사업화를 위해 ESS 충방전 최적화 알고리즘을 개발하고 이를 기반으로 에너지절감 솔루션활용 사업 추진하여 지난해 14개 기업으로 서비스를 제공한 바 있음.

- 또한, 드론을 활용한 태양광 모듈 이상 진단, 빅데이터 분석을 통한 태양광 출력 예측 알고리즘 개발 등 신재생에너지의 출력 증대와 정비 비용 절감에 인공지능 기술을 적용하고자 기술개발을 추진 중에 있음

- VPP(가상발전소) 사업으로 대표되는 신사업에도 적극 참여하고자 관련 기술을 개발 중에 있으며, 이러한 기술을 바탕으로 지자체의 스마트시티 사업에도 참여하고자 함.

○ 4차 산업혁명 시대의 흐름인 스마트화, 서비스와, 플랫폼화는 전력산업에서도 실현되어야 하며, GE의 Predix와 같은 산업 플랫폼을 구축하기 위해서는 국내 관련 회사간 협력이 필수적임. 이러한 플랫폼과 연계된 각자의 플랫폼을 통해 국내 전력산업의 가치가 창출되며 이를 통해 해외 시장 개척도 가능해질 것임

- 빅데이터를 활용한 인공지능 기술의 적용을 위해서 발전회사간 데이터 공유와 연구 협력이 필요함. 최근 한국전력의 IDPP(Intelligent Digital Power Plant) 구축 사업에 발전회사들이 공동 참여를 착수하였음. 국내 전력산업의 플랫폼을 구축하여 멀지 않은 기간내에 가시적인 효과를 창출할 수 있을 것으로 기대함.

[출처 : 한국전력, 2019.6]

○ 마지막으로, 신재생 발전기의 출력 변동성에 대비하여 전력계통의 안정성 확보하는 기술개발에 대한 연구가 필요함. 발제문에서도 언급되었듯이, 우리나라 계통은 외부와 연결되지 않은 독립적인 망이어서 신재생 에너지 확대에 한계가 있음.

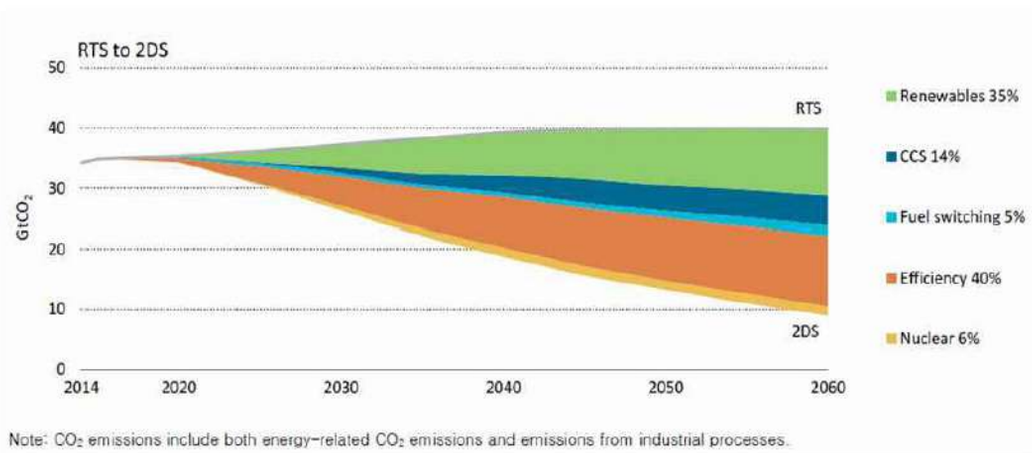
- ESS 등을 고려하여도 최대 35%가 한계라는 연구도 있음.
- 우리회사의 경우 P2G(power to gas) 기술 개발 국가과제를 추진중에 있음

이상엽 (환경정책평가원 연구위원)

□ 2개의 발제문은 3D로 대표되는 글로벌 에너지전환 시대의 메가트랜드 및 우리나라의 핵심 실천방안을 잘 제시해 주고 있음. 특히, 우리나라 에너지 생태계의 역사적 맥락 하에서 지속가능한 전력산업을 위해 에너지 효율향상이 지니는 의미 및 3D 시대의 효율화 추진방향이 논의된 것은 매우 유용하고 유익했음.

□ IEA(Energy Technology Perspective, 2017)에서도 세계 에너지전환을 위한 핵심수단으로써 재생에너지 확대, 에너지효율 향상, 연료전환, CCS등 신기술을 제시하고 있음. 이중 에너지효율 향상은 특히 중장기 모두에서 가장 비중있는 역할이 필요하다는 것을 강조하고 있음.

<참고> 저탄소 달성을 위한 에너지부문 2060년까지의 감축수단별 역할, IEA(2017)



◦ 또한 IEA(2017)에서는 에너지부문 메가트랜드로써 발전부문 발전원별 전세계적 과제를 다음과 같이 제시하고 있음.

재생에너지 발전	–전력계통개선과 기술개발의 동반이 관건
태양광 및 지상풍력	–재생에너지 그리드 통합 개선이 관건
해상풍력 및 수력	–해상풍력의 그리드 연계 및 비용경쟁력, 수력의 신축적 시장 운용 설계가 관건
바이오, CSP, 지열	–각 발전방식의 기술 특성을 고려한 정책지원 및 정책수단 도입이 필요
원자력발전	–기존 및 신규 발전소에 대한 일관성과 명확한 정책, 기타 재생발전 대비 추가적 지원 여부가 관건
천연가스발전	–재생발전과의 통합을 위한 신축적 지원, 석탄발전 대체(단기)를 위한 전력시장 메커니즘 도입, 장기위상 정립에 관한 개선 필요
석탄발전	–신규 석탄발전 건설 증가는 감소, 전통적 기술의 발전소는 사라질 것이며, 관련 국가 에너지계획의 이행이 관건
CCS	–제철소 중심으로 대규모 CCS 사업 및 BECCS 사업이 추진 중. 공공 및 민간투자 활성화, CO2 운송저장 인프라 계획 등이 관건

□ 에너지효율의 조기실현을 위해서는 특히 각 최종수요부문의 전력화 증대에 관한 대비가 관건이 될 것임. 최종수요부문의 전력화 대비는 발전부문의 탈탄소화 및 청정개발 투자 촉진을 위한 지렛대 역할과 연동되어 추진되어야 할 것임.

◦ OECD 국가들의 전력화 추이를 볼 때 최근 년도 기준으로 우리나라는 약 10위권이며, 1975년부터 전력화 연평균 증가율은 약 3%가 넘는 수준으로 이는 약 2위에 해당됨.

□ 위와 같은 문제는 우리나라 저탄소 실현 관점에서도 큰 제약조건이 될 수 있음. 2015년부터 본격 이행 중인 우리나라 배출권거래제는 여러 가지 도입 목적을 논할 수 있으나, 이중 국가 온실가스 감축목표 달성에 기여하는가는 중요함. 2030 로드맵 수정안에 따르면 2020년 전후로 배출정점이 기대되었으나, 2017년과 2018년 최근 예상 전망에 따르면 아직 증가추세를 보이고 있음.

◦ 위와 같은 문제의 주요 원인 중 하나는 국내 전력화 증가에 대한 미비 관점에서 볼 수 있음.

◦ 1차 계획기간(2015~2017년) 중 배출권거래제 내 전력소비량 증가는 국가 전력소비 증가 추세를 상회하고 있으며, 동시에 비중 차원에서도 배출권거래제 전력비중은 유지·증가되는 것으로 분석됨.

◦ 배출권거래제 부문의 전력소비 증가에 따른 국가 전환부문 온실가스 배출 영향을 파악하기 위해 전력배출 원단위(tCO2/MWh)를 보면, 국가 단위에서는 다소 개선된 반면, 배출권거래제 간접배출 관점에서는 동일한 수준, 배출권거래제 전환부문 관점에서는 오히려 증가되고 있음.

<참고> 배출권거래제 1기 기간 중 배출원단위(tCO2/MWh) 비교(국가, ETS 최종수요 부문, ETS 전환부문), 이상엽

구 분	2015	2016	2017	15~16	16~17	15~17
국가 배출량 기준	1.31	1.28	1.29	-2.13%	0.63%	-0.76%
ETS 간접배출 기준 (ETS 최종수요 부문)	0.17	0.16	0.17	-1.82%	1.85%	0.00%
ETS 전환부문 (발전에너지+집단+산업단지) 배출 기준	0.47	0.48	0.49	1.06%	2.31%	1.68%

◦ 이와 같은 주요 원인은 배출권거래제 내의 전기소비가 증가하고, 이를 공급하기 위한 전원믹스 때문임. 친환경적 전원믹스가 확보되지 못한 상황에서 전력수요 증가는 국가 배출량 감소에 큰 영향을 미치게 되는 것임. 향후 최종수요 부문의 전력화 증대를 고려할 때, 현 전력공급체제에서는 국가 배출량과의 연계, 즉 국가 저탄소 추진이 어려운 상황이 될 수 있음.

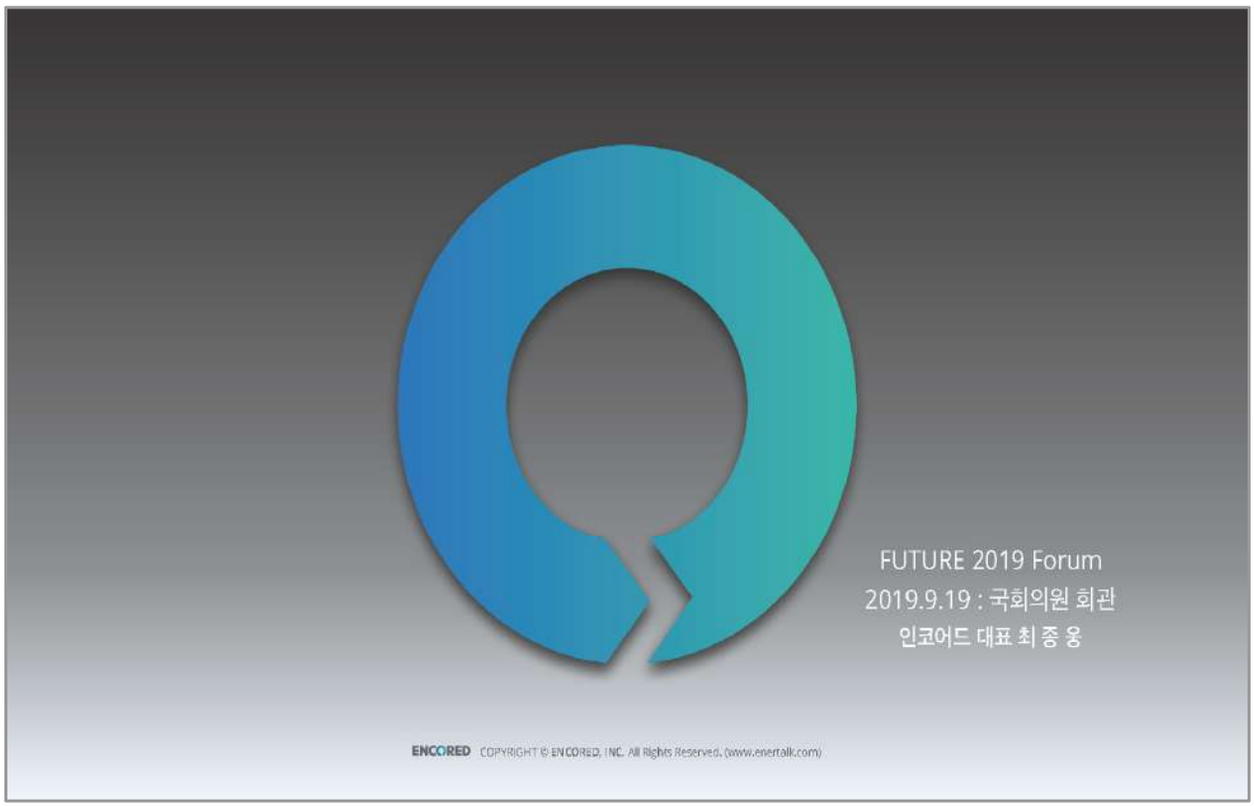
□ 우리나라 에너지전환 및 전력산업 발전을 모색함에 있어 현재와 미래의 균형적, 단계적 관점에서 여러 가지 다른 시각들이 존재하는 것이 현실임. 발제문에서도 강조된 바와 같이 우리나라 에너지 생태계의 현실과 특징을 고려해, 현재 수준의 정책 수정 및 장기적인 방향, 정책 시행의 주체 등이 정리되어 논의될 필요가 있음.

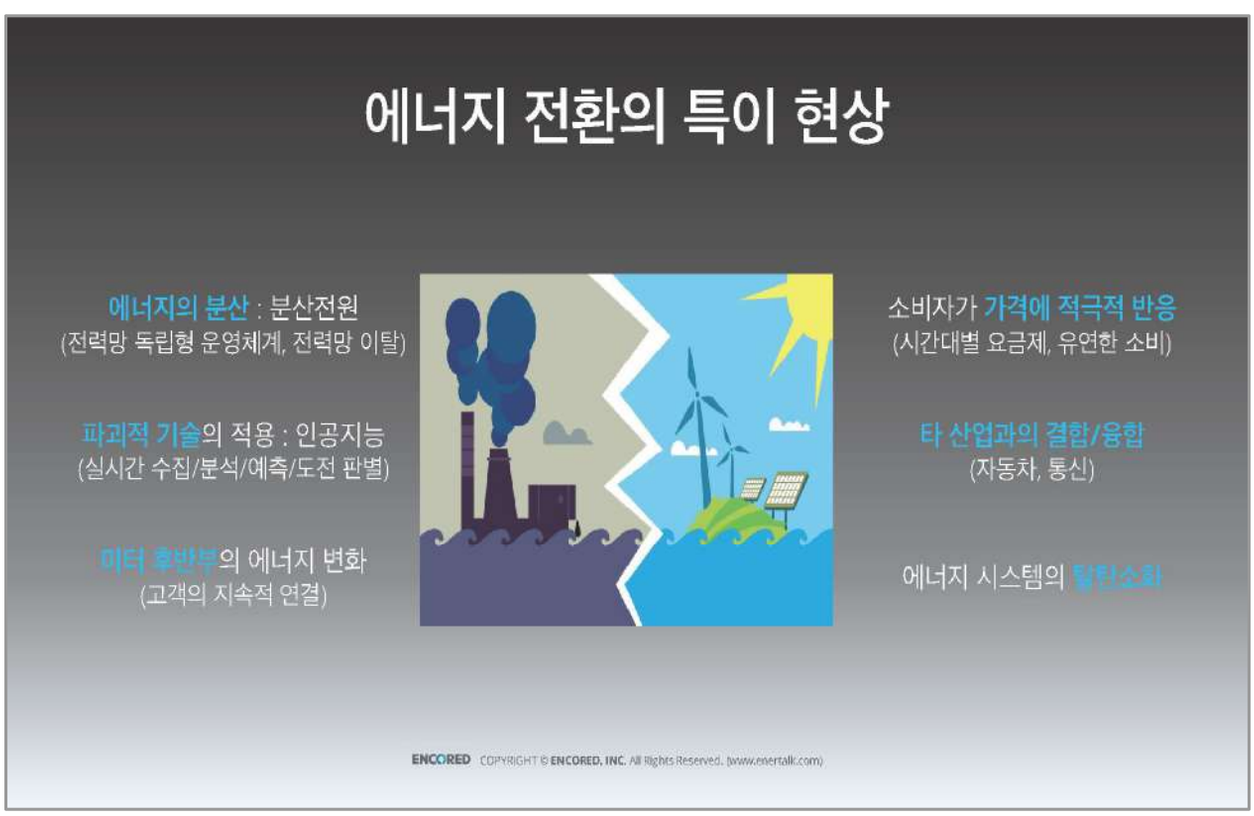
◦ 근본적으로는 경제성 기반의 가격신호만이 아닌 환경성, 변동성 등을 반영할 수 있는 새로운 전력시장 운영방안이 중요할 것임.

◦ 저탄소 등 기후·환경·안전 중심의 연구를 주로 수행하는 입장에서, 발전부문의 환경제약 반영이 가능한 급전방식 도입방안, 온실가스 감축방식에 따른 배출비용 추정 및 가격반영 방안, 배출권거래제 중장기 운영방안 등에 관한 연구 추진 계획을 가지고 있음.

◦ 한편으로, 전력이나 가스 시장 개편, 정책실행 등이 추진되지 못하는 원인에 대한 체계적 연구도 중요할 것임. 현재까지 주로 반복되는 전문가들 중심의 시각, 논쟁 방식에서 벗어나 에너지전환 시대에 부합되는 새로운 접근이 중요할 수 있음. 경제성, 환경성, 시장 등 기존 접근 연구와 더불어 예를 들어 에너지를 직접 수요하는 시민들과의 정보 공유 상의 문제점들, 에너지 관련 언론분석 등 사회학, 커뮤니케이션 관점의 분석 등임.

최종웅 (인코어드 테크놀러지 대표)





에너지 전환에서 직면하는 도전

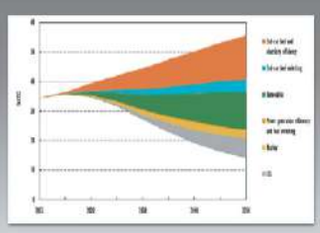
새로운 변화는 이제 새로 시작되는 교류와 직류의 전쟁에서 비롯됩니다

지속 가능
전력시스템은 CO2 배출을
극적으로 줄여야 합니다

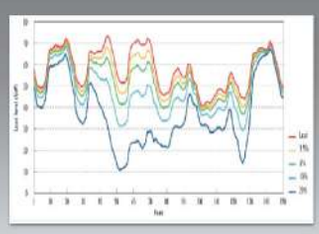
안정성
전력공급의 안전은
보호되어야 합니다

경제성
탈탄소의 비용을 가능한 낮게 유지하려면
효율성을 확보해야 합니다

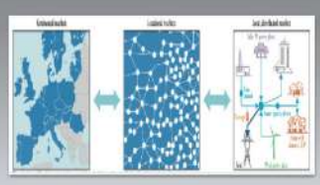
- **탄소 배출의 감소**
  - 전력수요의 예측
  - 탄소배출 발전의 감축
  - 저탄소 발전의 장려



- **전력 공급의 안정성**
  - 연료 보안
  - 계통 보안
  - 적정성



- **효율성**
  - 분산 기술의 결합
  - 지역적 정보/데이터
  - 광범위한 지역을 걸친 시장의 결합
  - 효율적 네트워크의 투자
  - 경제성 확보



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

핵심적인 문제

에너지 시스템은 물리적인 제약 조건, 시장의 구조, 가격 및 요금 메커니즘, 그리고 규제로 구성된 하나의 포괄적인 시스템에 의하여 작동이 됩니다.

선택의 문제
전력망으로 부터의 이탈 혹은
기존의 전력망과의 연결/조화

불확실성의 증가
에너지 수급계획, 전력조류와 혼잡, 배전망의 과전압,
에너지 가격, 급전 및 비상상태

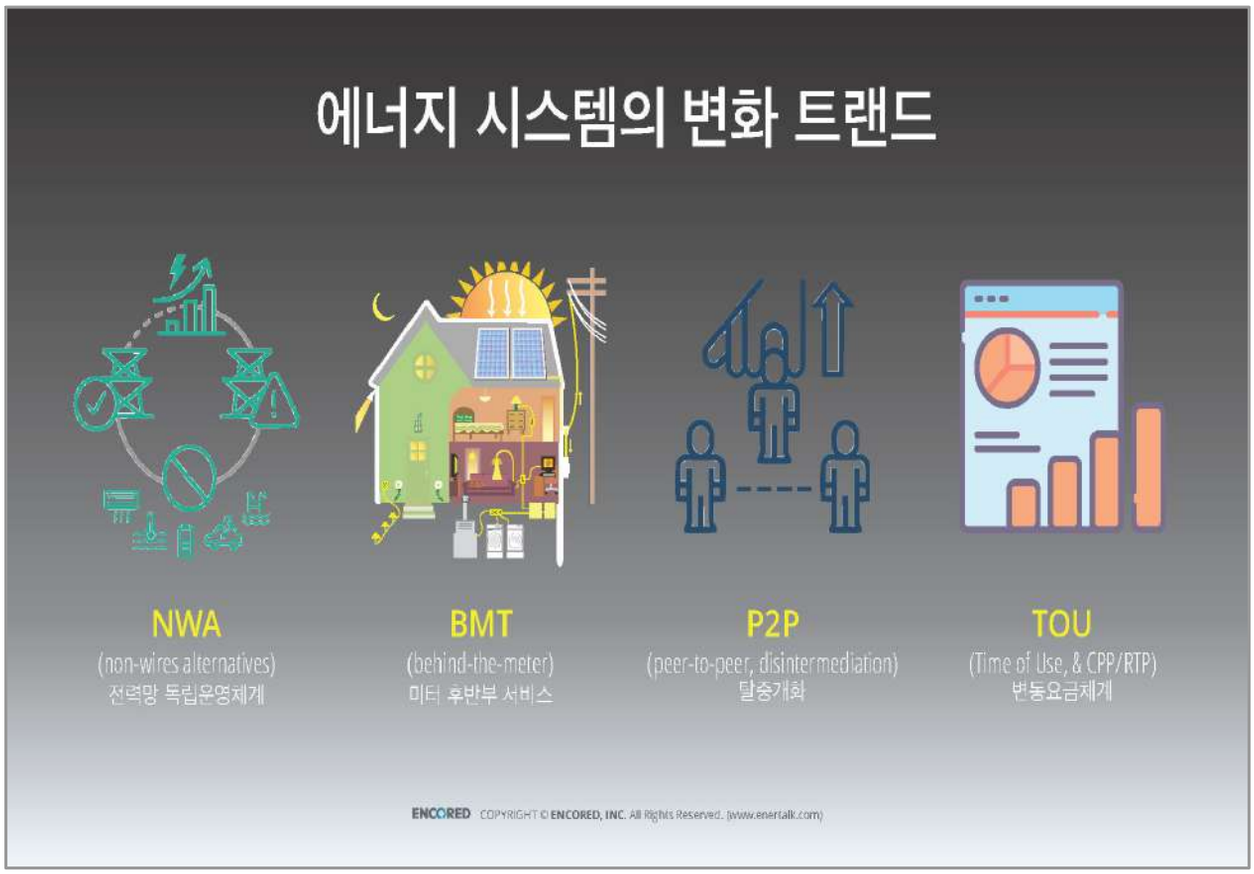
제약 조건의 변화
공급과 수요의 균형, 네트웍, 신뢰도, 정책 및
규제 등에서의 제약조건의 복잡도 향상

데이터의 정밀도
분산전원의 지역적 가치, 전력서비스의 실시간 대응
및 유연성 (정밀한 위치 및 실시간 시간정보)

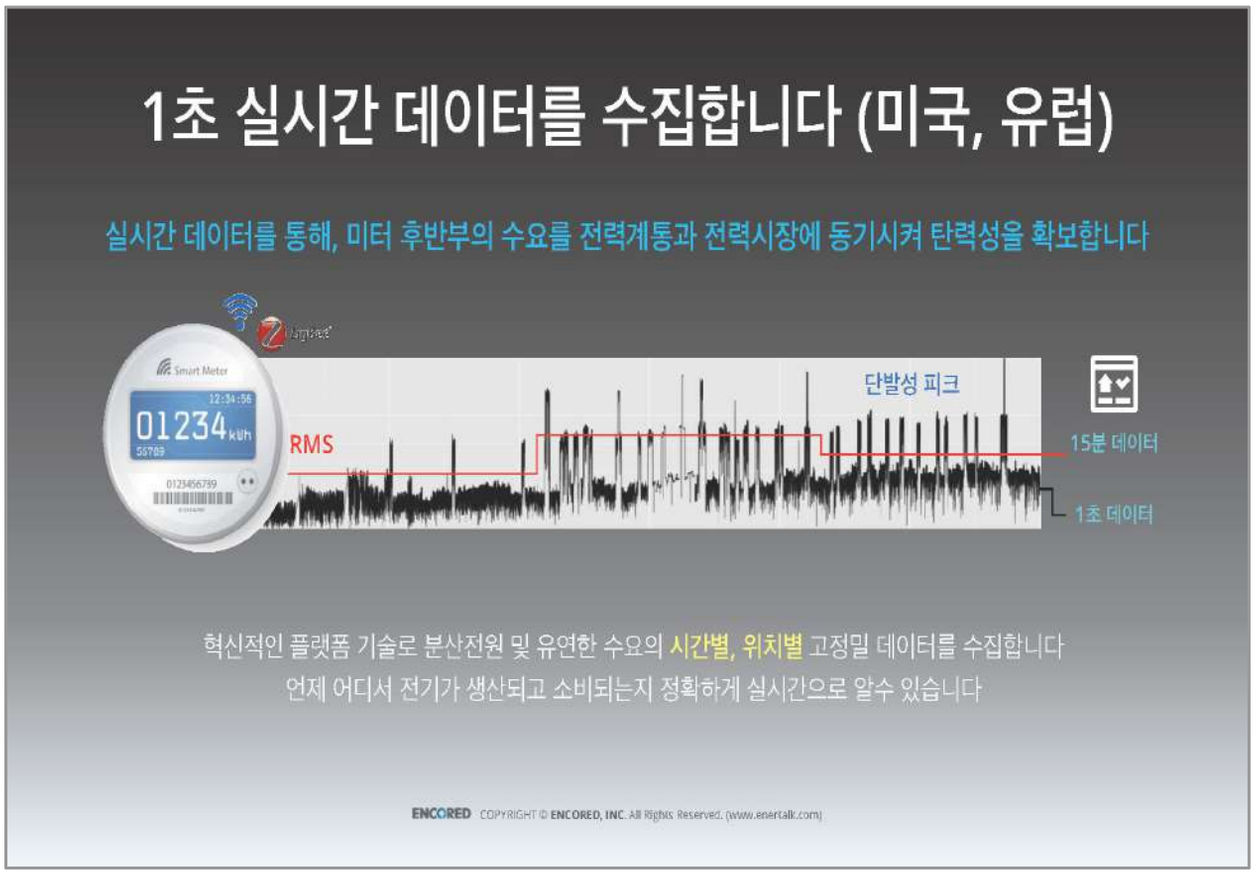
미터 후반부 문제 (BTM)
전력망에 새롭고 다양한 입력, 이해하기 어려운
수요 패턴, 고객의 선호도 변화

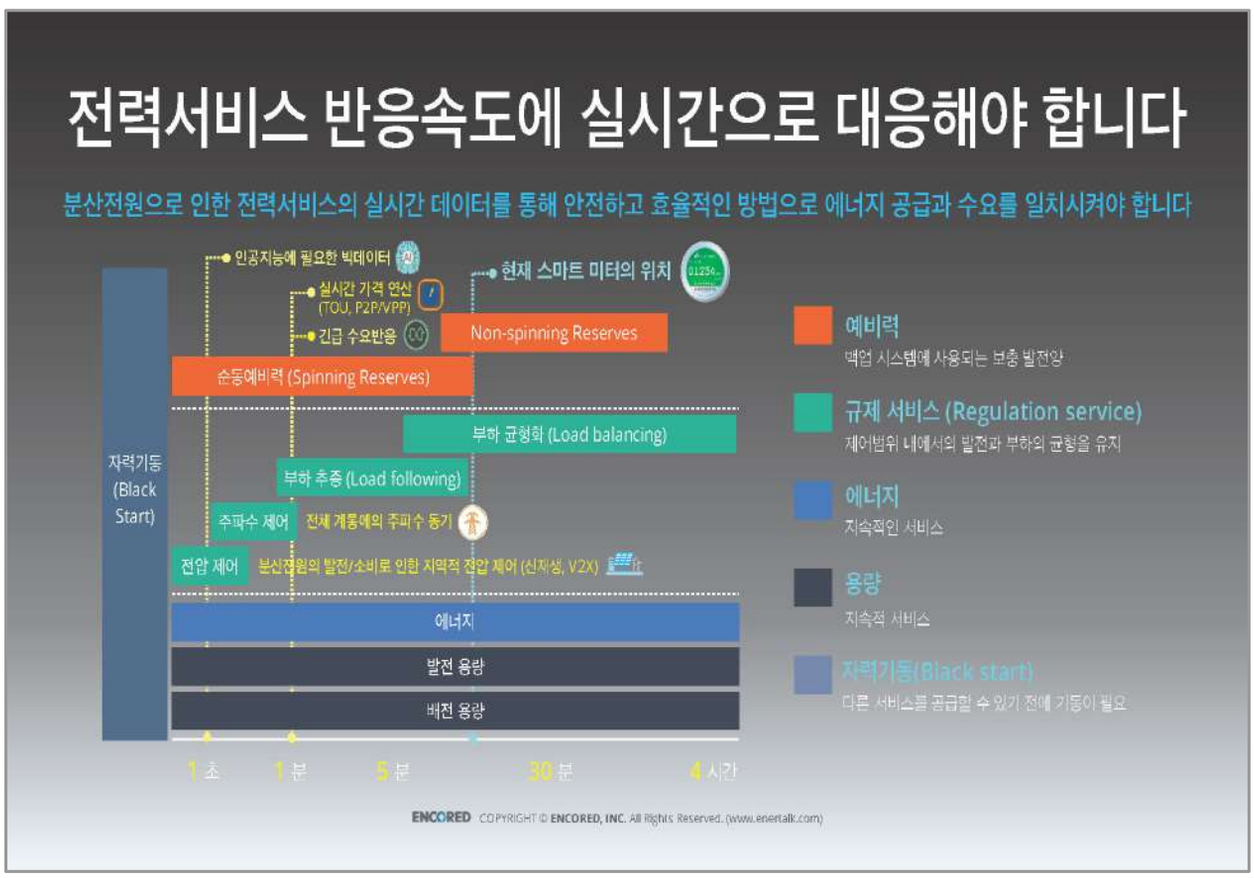
정보의 비대칭
송배전망 운영자, 분산전원 소유자, 전력망 사용자,
수요 및 분산전원 사업자, 규제기관 등 사이의 정보

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


에너지 시스템의 변화 트랜드
NWA
(non-wires alternatives)
전력망 독립운영체계
BMT
(behind-the-meter)
미터 후반부 서비스
P2P
(peer-to-peer, disintermediation)
탈중개화
TOU
(Time of Use, & CPP/RTP)
변동요금체계
ENCORED COPYRIGHT © ENCORED, INC. All Rights Reserved. (www.enertalk.com)

변하고 있는 전력시스템의 불확실성을 감소시켜야 합니다
분산전원 사업자 (발전사업자, 부하관리 사업자, 소매 사업자), 송전 계통 운영자, 배전 계통 운영자 및
시장 참여자 간에는 많은 불확실성이 존재합니다
에너지 계획
전력 조류
에너지 가격
급 전
비상 상태
분산전원에 의하여 공급되는 서비스
상시 용량
Firm capacity
혼잡 해소
Congestion relief
손실 감소
Loss reduction
무효 전력
Reactive power
전압 제어
Voltage control
주파수 보존
Frequency reserves
ENCORED COPYRIGHT © ENCORED, INC. All Rights Reserved. (www.enertalk.com)


1초 실시간 데이터를 수집합니다 (미국, 유럽)
실시간 데이터를 통해, 미터 후반부의 수요를 전력계통과 전력시장에 동기시켜 탄력성을 확보합니다
Smart Meter
12:34:56
01234 kWh
RMS
단발성 피크
15분 데이터
1초 데이터
혁신적인 플랫폼 기술로 분산전원 및 유연한 수요의 시간별, 위치별 고정밀 데이터를 수집합니다
언제 어디서 전기가 생산되고 소비되는지 정확하게 실시간으로 알수 있습니다
ENCORED COPYRIGHT © ENCORED, INC. All Rights Reserved. (www.enertalk.com)


전력서비스 반응속도에 실시간으로 대응해야 합니다
분산전원으로 인한 전력서비스의 실시간 데이터를 통해 안전하고 효율적인 방법으로 에너지 공급과 수요를 일치시켜야 합니다
인공지능에 필요한 빅데이터
실시간 가격 연산 (TOU, P2P/VPP)
긴급 수요반응
현재 스마트 미터의 위치
Non-spinning Reserves
순동예비력 (Spinning Reserves)
부하 균형화 (Load balancing)
부하 추종 (Load following)
주파수 제어
전체 계통에의 주파수 동기
전압 제어
분산전원의 발전/소비로 인한 지역적 전압 제어 (신재생, V2X)
자력기동 (Black Start)
에너지
발전 용량
배전 용량
1 초
1 분
5 분
30 분
4 시간
예비력
백업 시스템에 사용되는 보충 발전양
규제 서비스 (Regulation service)
제어범위 내에서의 발전과 부하의 균형을 유지
에너지
지속적인 서비스
용량
지속적 서비스
자력기동(Black start)
다른 서비스를 공급할 수 있기 전에 기동이 필요
ENCORED COPYRIGHT © ENCORED, INC. All Rights Reserved. (www.enertalk.com)

AI 기술로 데이터를 분석하고 최적화 합니다
에너지 미터링은 제대로 하려면 이렇게 해야 합니다. 에너지를 줄이는 보다 스마트한 방법
행동 과학
사회적 규범/규칙
손실 회피
투입 인프라/장치
프레이밍
BIG DATA
빅데이터로 상관관계를 찾습니다
홈 레포트
맞춤형 팁
포인트 및 보상
✓ 낭비요소 발견 및 제거
✓ 디지털기반의 연결 및 대화
✓ 고객 만족
● 종합적 통합
● 클라우드 기반 솔루션
● 사용량 분석 및 가전기기별 사용량 분리
● 실험 & A/B 테스트 플랫폼
● 예측 알고리듬
● 행동기반 디자인
데이터 과학
데이터 마이닝
모델 매치
데이터 분류
기계 학습
Data Science
Cause
EFFECT
데이터 과학으로 인과관계를 발견합니다
사용량 분석
예측
✓ 데이터에 의한 인사이트
✓ 소비자에 대한 이해 증진
ENCORED COPYRIGHT © ENCORED, INC. All Rights Reserved. (www.enertalk.com)

분산전원을 시장과 전력망에 결합합니다
수요반응/수요관리, 신재생 및 전기자동차를 에너지 시장과 전력망을 결합하는 혁신적인 영역에서
최고의 서비스들이 만들어져야 합니다
● 분산전원 소유자, 수요반응 참여자 및 시장 사이의 인터페이스를 제공하며, 수요반응을 관리하기 위한 통합적인 플랫폼을 제공
● 장기 용량 구매에서 부터 단기 및 실시간 주파수 제어에 이르기 까지 도매시장, 소매 참여 및 운영 최적화/시뮬레이션을 가능하게 함.
● 진보된 기술, 안정적이고 견고한 소프트웨어 및 데이터 분석을 통해 혁신이 가능하게 함
전력시장
시장의 결합
전력망의 결합
전력망
운영자 및 분산전원 사업자
인사이트와 조치
에너지 플랫폼
에너지 커뮤니티
참여자들
인사이트
소비자가 피크 및 요금절감을 위해 에너지 사용을 변화시킬 시점과 방법
적응력
요금관리를 통해 새로운 요금체계를 채용하거나 목표를 줄임
인식력
피크의 시작과 끝에 도달할 때 적절한 일정 및 예측 정보
계몽
소비자의 요금에 영향을 미칠수 있는 요금과 방법에 대한 설명
가정
상가
산업체
학교
전기자동차 체계
망에 연결된 분산전원 및 마이크로그리드
ENCORED COPYRIGHT © ENCORED, INC. All Rights Reserved. (www.enertalk.com)

진보된 DR 기술로 BTM 수요도 자원화 합니다

수요반응(DR) 서비스는 남는 전기, 아낀 전기를 함께 공유하는 "공유 경제"입니다.
전 국민이 동시에 빠른 시간 내 온라인으로 수요감축에 참여하여 예비율 부족으로 인한 정전 등 긴급상황에 대비하게 됩니다

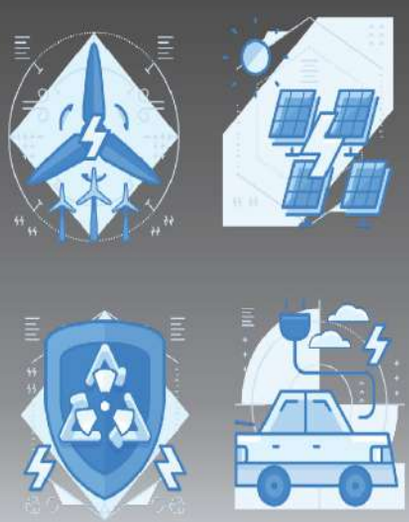
OpenADR
VTN, VEN

가정용 DR
자동 행동기반 *DR* : 다수의 소규모 자원

산업/상업용 DR
도매시장 *DR* : 소수의 대규모 자원

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

사례 : 전력거래소가 가정 수요반응을 시작합니다



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

새로운 규제방식을 검토해야 합니다

배전망 규제의 핵심 미션과 새로운 목적

새로운 목적	탈탄소화	혁신 / IT	
핵심 미션	서비스 품질	충분한 투자	비차별적 접근

규제는 단순히 비용 최소화에 국한되지 않습니다

- 투자 인센티브를 제공하는 것도 매우 중요해지고 있고, 추가적인 목표입니다. 규제 인센티브 메커니즘 또는 가격상한은 1990년대 도입되었습니다. 이러한 초지의 목표는 에너지 회사의 정보에 대한 우위력을 사용해 시장 인센티브를 대체하고, 효율성을 개선하기 위한 이익에 대한 동기부여를 하는 것입니다
- 서비스 품질, 스마트한 기술 도입 및 혁신 또한 중요해지고 있습니다. 규제 인센티브 메커니즘은 규제 대상 기업이 비용을 절감하고, 서비스 품질을 비용 효율적인 방법으로 개선하고, 신제품 도입을 촉진하고, 규제화된 망 인프라 서비스에 대한 효율적인 투자와 엑세스하는 가격 책정을 촉진할 것으로 예상을 되었습니다. 규제 인센티브는 송전 및 배전망 운영의 효율성 향상 및 비용 절감과 관련해서는 일반적으로 성공적이었습니다.

수많은 새로운 도전이 배전망과 규제에 직면해 있습니다

많은 OECD 국가에서 배전망은 노후화되고 있으며, 기술의 변화는 망의 미래와 규제에 대한 불확실성을 초래하고 있습니다. 이 단계에서 미래의 에너지 기술의 믹스는 매우 예측하기 어려우며 정책적 장벽이나 인센티브 및 규제에 크게 의존할 것입니다. 망에 통합될 분산전원의 양은 다양하며 빠르게 바뀔 수 있습니다. 또한 망 사용요금은 향후 증가할 것으로 예상이 됩니다. 예를 들어, 독일에서는 분산 시스템으로 인한 전체 비용증가는 2032년까지 10% 이상이 될 것입니다. 이는 개별 배전망의 비용을 크게 증가시킬 수 있습니다. 결과적으로, 개별적인 투자 결정은 망의 전체 요구에 정확히 맞는 망의 용량을 꾸준히 증가시킬 가능성은 거의 없습니다. 기복이 심한 투자는 종종 일시적인 비대칭성을 초래할 수 있습니다.

망에 대한 규제는 분산전원의 구성 및 사용의 촉진을 방해할 수 있습니다. 규제는 투자에 대한 신경쓰지 말고, 운영 비용을 절감시키기 위한 인센티브에만 촛점을 두어야 합니다. 배전에 대한 투자는 규제에서 점점더 중요한 부분이 되고 있습니다. 효율적인 규제 프레임 워크는 운영 및 유지보수 비용과 투자 사이 (OPEX, CAPEX)의 최적의 균형을 목표로 하고 망이 전력시장의 기능을 가능하게 만든다는 사실을 고려해야 합니다. 따라서, 프레임 워크를 변경할 때 시스템 차원의 관점을 가지는 것이 중요합니다.

망 규제에는 다음 내용을 포함하여 전력시장의 탈탄소화를 촉진하는 몇가지 활동을 포함하고 있습니다.

- 망 사업자가 수행할 수 있는 (신규)활동을 정의하고, 송전 시스템 사업자와 조정하는 방법
- 망 계획에 대한 모니터링 및 투자 (그리고 연결) 승인
- 규제된 매출 및 망 요금의 레벨에 해당되는 요금의 설정

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

사람과 에너지를 연결합니다

연 락 처

주 소

ENCORED, Inc.
SPACES 3031 Tisch Way 110 Plaza
West, #1039, San Jose, CA, 95128

전화 번호

(+1) 650 204 4667
(+82) (0)10 2468 7302

E-mail & HOME

john.choe@encoredtech.com
www.enertalk.com

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

박정순 (에너지경제연구원 본부장)

지속가능한 전력정책의 새로운 방향

4차 산업혁명 개념과 영향

□ 4차 산업혁명은 '5대 핵심기술'을 토대로, '데이터 기반 가치창출 시스템'이 구축되어, '디지털 전환'이 심화되는 변화(경사연, 2017)

○ (5대 핵심기술) 사물인터넷, 클라우드 컴퓨팅, 빅데이터 분석, 인공지능, 로봇 기술 등

○ (데이터 기반 가치창출 시스템) 데이터를 매개로 가상세계와 현실세계를 결합하여 공정, 제품, 서비스, 비즈니스 모델 등을 혁신하고 새로운 가치를 창출하는 시스템

○ (디지털 전환) 산업 및 사회의 각 부문에서 디지털화 및 ICT 기술 적용으로 생산성을 높이고, 새로운 비즈니스를 창출하며, 소비자 편익을 증진시키는 현상

□ 4차 산업혁명은 '화석에너지 중심의 중앙집중형 시스템'에서 '재생에너지 중심의 분산형 시스템'으로 에너지시스템 전환을 촉진할 전망

○ (공급) 스마트그리드, VPP 등을 통하여 간헐성 분산자원(변동적 재생에너지 등)의 기술적 통합과 안정적 운영이 가능

○ (수요) 공급자와 수요자 간의 양방향 정보교환이 가능하고, 빅데이터 분석을 통하여 수요반응 자원량을 예측할 수 있으며, 실시간 모니터링과 자율적 제어가 가능

전력산업과 에너지효율 정책

□ 에너지효율 정책수단의 제약과 편중

○ 가격신호를 통한 에너지효율 향상이 가장 비용효율적인 정책수단. 그러나 전기요금이 인위적으로 결정되기 때문에 가격신호가 효과적인 정책수단으로 활용되기 어려운 여건

○ 제3차 에기본의 에너지효율 향상 정책수단도 규제·진흥※에 편중

※ 규제: 배출권거래제, 제로에너지빌딩의무화, EERS, 자동차 평균효율제 등

※ 진흥: 전기·수소차 보급, BEMS 보급, 기축건물 효율향상 등

○ 가격신호는 선도적인 정책수단으로 사용되고 진흥, 규제, 모럴 등은 보완적인 정책수단으로 적용되는 것이 바람직하지만, 정책운용과정에서 나타나는 양상은 상이

□ 효율적 전력공급 옵션과 에너지효율

○ 에너지효율 정책은 비용효율적 정책수단(가격신호)을 제대로 활용하고, 에너지효율을 효과적 전력공급 옵션으로 고려할 필요가 있음. 그러나 이를 뒷받침할 정책여건이 미흡하고, 에너지효율 정책의 실효성이 취약

○ 에너지효율 정책의 실효성을 확보하기 위하여 EM&V(evaluation, measurement & verification) 체계를 확립할 필요가 있음. 에너지효율 향상의 성과에 대하여 정확성과 신뢰성 있는 정량적 검증이 가능할 때 관념적 논의를 벗어나 정책의 실효성 확보가 가능

전력시스템 효율화 방안 및 과제

□ 통합 수요관리(IDSM) 기반의 전력시스템 전환

○ 수요반응 자원, 에너지효율 자원(효율 향상), 분산형 공급원(소규모 태양광), 전기차, 저장장치 등 수요측 자원으로 분류될 수 있는 제반 자원에 대하여 통합적 관점과 일관된 정책 필요

○ 특히 통합적 관점에서 비용효과성에 근거한 정책지원의 우선순위 결정이 필요. 특정원에 대한 편중 경향을 극복하고, 정책자원의 효율적 활용을 위하여 다양한 연구와 효율적 지원대책 도출 필요

□ 4차 산업혁명과 에너지효율관리제도 변화

○ 3대 효율관리제도는 에너지사용기기 효율을 선진국 이상 수준으로 향상하는데 크게 기여하였으나, 4차 산업혁명에 대응하는 효율관리제도의 진화가 필요

○ 에너지 다소비 가전기기(에어컨 등)는 스마트 기능을 추가하여 자유로운 수요관리 가능 자원으로 진화하는 과정에 있고, 스마트 가전기기 보급이 상당히 빠른 속도로 확산되는 추세. 비용효과성을 확보하면 여타 에너지다소비 기기의 보급·확산도 가속화될 전망

○ 수요자원으로 활용 가능한 에너지사용기기의 보급을 확대할 수 있는 효율관리제도의 장기적 발전방안 검토 필요

유승훈 (서울과학기술대학교 교수)

토 론 문

1 에너지전환과 분산형 전원의 조화 방안을 강구해야 한다

- 지난 6월에 확정된 제3차 에너지기본계획에서는 2040년 재생에너지 발전량 비중 목표 30~35% 및 분산형 전원 발전량 비중 목표 30%를 제시하면서 입지계획을 통해 재생에너지 보급을 확대하겠다고 천명
- 분산형 전원은 자가발전, 집단에너지 CHP, 신재생에너지로 구성되는데 대규모 입지계획에 근거한 재생에너지는 대부분 비분산형 전원인 바, 결국 두 가지 목표를 모두 달성하려면 자가발전 및 집단에너지 CHP가 늘어나야 하므로 이에 대한 체계적인 계획을 수립해야 함
- 이와 관련하여 정부가 준비 중인 '분산에너지 활성화 로드맵'에 거는 기대가 크며, 로드맵이 실질적인 실행력을 담보할 수 있도록 전력산업기반기금의 활용 등 관련 재원도 확보되어야 함

2 가스발전의 역할과 위상을 정립해야 한다.

- 제8차 전력수급기본계획에 따르면 2030년 가스발전 비중은 18.8%이지만, 작년에 발표된 '온실가스 감축 로드맵 수정'에서 제시한 전환부문 2030년 온실가스 추가 감축 목표량 3,410만톤을 달성하기 위해서는 가스발전 비중이 약 29%로 10%p 증가해야 함
- 발전용 LNG를 전량 수입에 의존하고 있는 우리나라의 입장에서 이와 같은 가스발전의 대폭 증가가 과연 바람직하고 지속가능한지에 대한 치열한 논의를 통해 가스발전의 미래를 정립해야 함
- 특히 에너지전환이 가속화되면 가스발전은 가교 에너지(Bridge Energy)가 아니라 재생에너지 변동성 대응을 위한 비상 발전원으로만 역할을 하면서 좌초대상이 될 가능성도 있으므로 에너지전환을 둘러싼 가스발전의 역할을 투명하게 계획해야 함

3 석탄발전의 역할과 위상을 확립해야 한다.

- 온실가스 및 미세먼지 감축을 위해 석탄발전이 대폭 축소될 것으로 전망되는 바, 기존 석탄발전소를 어떻게 처리할지에 대한 로드맵을 마련하여 공유해야 함

- 환경비용을 감안해도 가스발전보다 싼 석탄발전, 가스발전의 고용 인원이 2배에 달하는 석탄발전, 연료공급 안정성 측면에서는 가스발전보다 우수한 석탄발전의 특성까지 감안한 치열한 사회적 논의를 통해 석탄발전의 위상을 정립해야 함
- 해외의 경우 석탄발전소는 50~60년까지 가동되고 있음을 감안시, 과연 30년 경과 석탄발전소를 전부 폐지하고 뜯어낼 것인지, 예비군으로서 휴지보전할 것인지, 석탄 및 가스 모두 사용할 수 있는 혼소 발전소로 개체할 것인지 방향을 확정해야 함

4 에너지전환과 산업화를 전략적으로 결합해야 한다.
- 당초 에너지전환은 단순한 연료의 전환이 아니라 사회시스템을 바꾸면서 에너지전환으로 생기는 산업을 성장동력화하는 것까지도 포함하는 전략적 개념이었지만 현재의 모습은 그렇지를 못하다는 점도 인정해야 함
- 작년에 재생에너지 보급 목표를 72% 초과 달성하는 등 엄청난 투자가 이뤄지고 있지만, 통계청에 따르면 재생에너지 부문의 국내 기업체 수와 전체 매출액은 감소하고 있으며, 재생에너지 국산화율도 감소하고 있고, 재생에너지 부문의 고용인원도 감소하고 있음을 직시해야 함
- 보조금을 통한 보급 확대에만 서두르다가 자국내 태양광산업이 붕괴된 일부 유럽국가의 사례를 교훈 삼아, 죽 쑤어서 개 주는 방식의 에너지전환이 아니라 일자리와 부가가치를 창출하면서 해외수출까지 할 수 있는 방식의 에너지전환이 될 수 있도록 에너지전환의 산업화를 추진해야 함

5 전기요금 개편 로드맵을 연내 마련해야 한다.
- 생산원가가 반영되지 못할 뿐만 아니라 RPS 비용 등의 정책비용이 제대로 반영되지 못하는 현재의 전기요금 체계 및 거버넌스는 결국 에너지전환을 지연시키고, 에너지신산업의 성장동력화를 가로막을 가능성이 크므로, 제3차 에너지기본계획 WG 권고안에 지적되었듯이 연내 전기요금 개편 로드맵을 확정하되, 다음의 2가지 내용이 반드시 담겨야 함
- 첫째, 무엇보다 내부비용뿐만 아니라 외부비용이 모두 전기요금에 합리적으로 적기 반영되어 합리적인 소비를 위한 가격신호 역할을 할 수 있는 전기요금 체계, 즉 '전기요금 도매가격 연동제'가 구축되어야 함
- 둘째, 전기요금 결정의 탈정치화를 달성할 수 있도록, 미국의 에너지규제위원회(FERC, Federal Energy Regulation Commission) 또는 영국의 가스전력시장규제위원회(Ofgem, Office of Gas and Electricity Market)와 유사한 '에너지규제위원회'를 설립하여 독립성을 보장해야 함

최승현 (슈나이더 일렉트릭 전력사업부 동북아시아 총괄 대표)

Driver	Value Proposition
Sustainability	Ensure a safe and efficient integration of ReN / clean fuel sources + Maximize its penetration
Efficiency Optimization	Lower energy intensity Optimize electricity bill
Fuel reduction	Decreasing generation costs and complex logistic Increase asset life-time

Projects	 **Lidl distribution centre (Finland)**	 **REIDS project (Singapore – Semakau Island)**	 **AlphaStruxure project (USA – JFK Airport)**
Description	Grid-connected MG 4 MW PV / BESS / thermal (heating & cooling)	Off-grid MG (multiple apps) 1 MW PV / BESS (2) / wind turbine / gensets	Still in Design Stage Expected to incorporate multiple microgrids (U$13B)
Customer needs	a) Optimize heating & cooling b) Increase sustainability c) Join in Utility DR market	a) 24/7 reliable, affordable power b) 100% ReN Microgrid c) limit fuel consumption, optimize battery	a) Resilient power solution b) Maximize renewable power
Take away	*"This is the largest and one of the most advanced microgrid in Finland, targeting both carbon neutral and 50% energy cost savings"*	*"Decreasing the LCOE by **28%** down **to 0.54 $/kWh** and the operation costs by **165 k$/year** while being more sustainable and greener"*	*"$13b USD JFK Airport modernization – to move toward 100% renewable energy within the next decade"*