

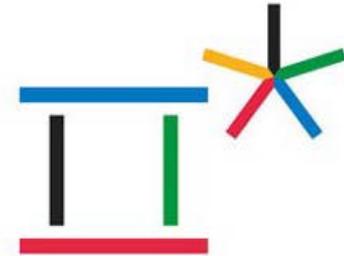
2016.9.2/리츠칼튼 호텔

신기후체제 대응을 위한 미래에너지시스템 구축 방향

신·재생에너지 산업발전 전략-생태계 및 수용성 관점 (Strategy for Industry Growth of New& Renewable Energy In terms of Ecology and Public Acceptance)

(사)한국신·재생에너지학회
이영호 회장

에너지경제연구원
Korea Energy Economics Institute



PyeongChang 2018™



제31회 브라질 리우데자네이루 하계 올림픽

120년 올림픽 역사상 처음으로 남미 대륙에서

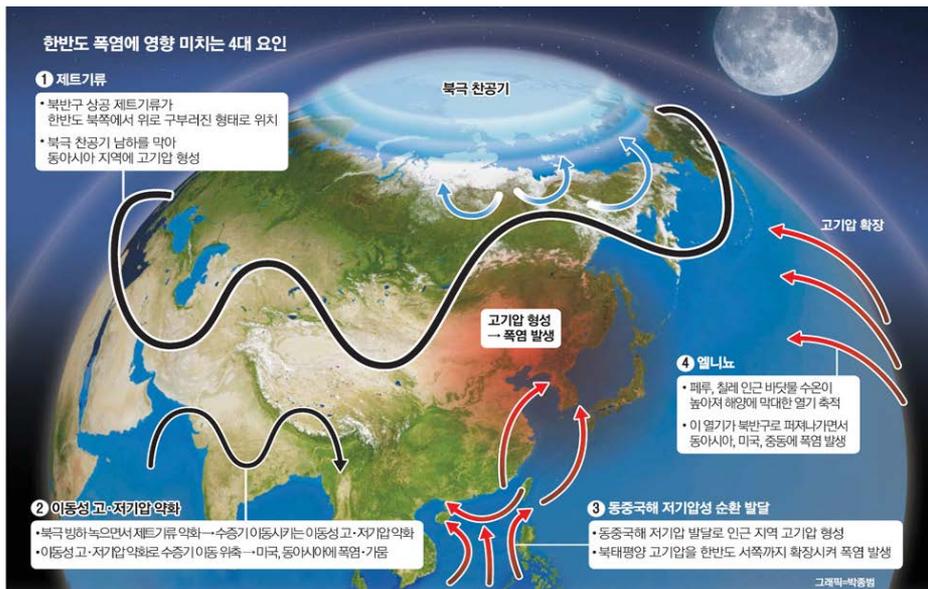
개최된 올림픽 대회

대회 슬로건: *'Live your passion'*

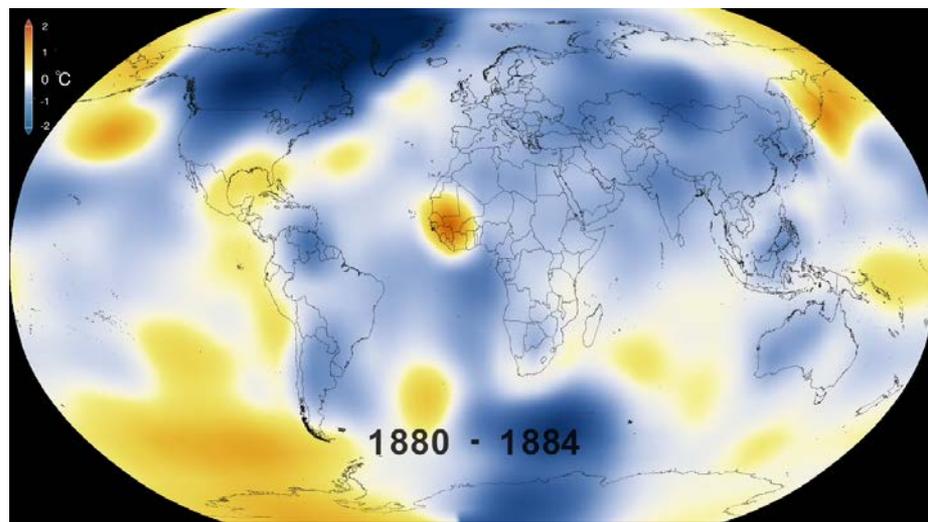


TOKYO 2020





(출처: 매일경제, 2016 & MPR news, 2015)



(출처: NASA gallery)



(출처: FORTHEWIN, 2016)



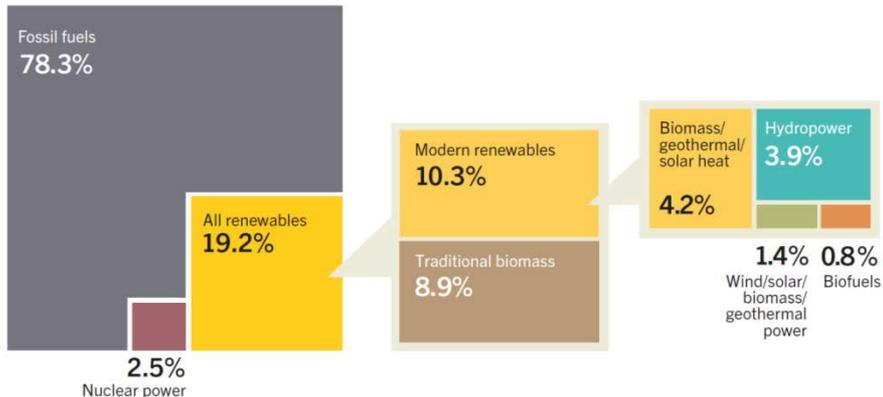
(출처: Nature, 2015)



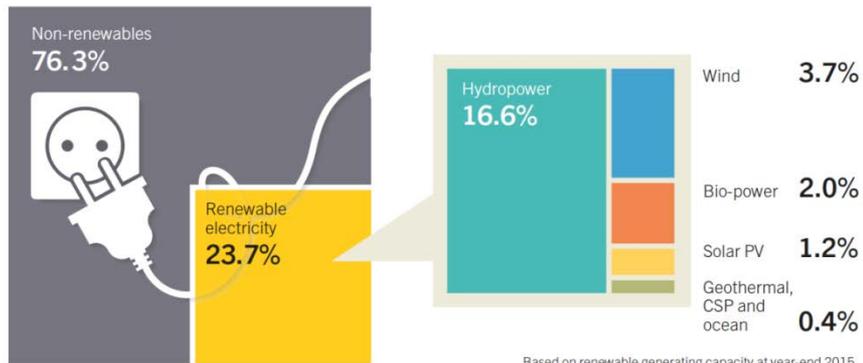
(출처: 조선일보, 2016)



(출처: REN21, Renewables Global Status Report 21, 2016)



전세계 최종 에너지 소비 중 신재생에너지의 수치

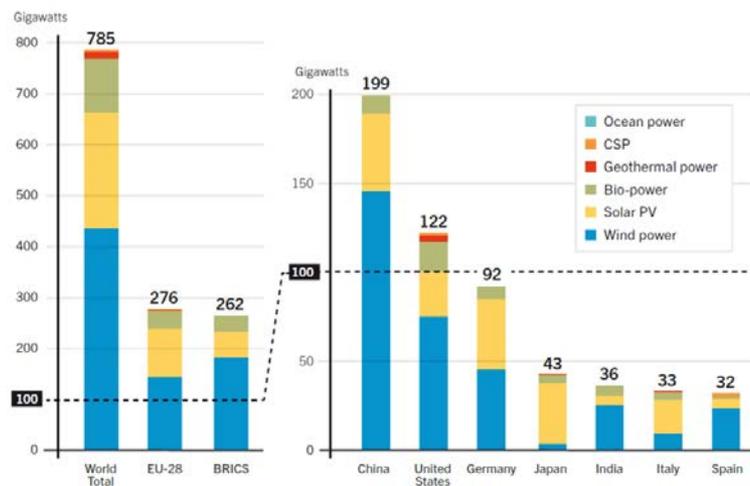


Based on renewable generating capacity at year-end 2015. Percentages do not add up internally due to rounding.

전세계 전기 에너지 생산량 중 신재생에너지 수치, 2015년 후기

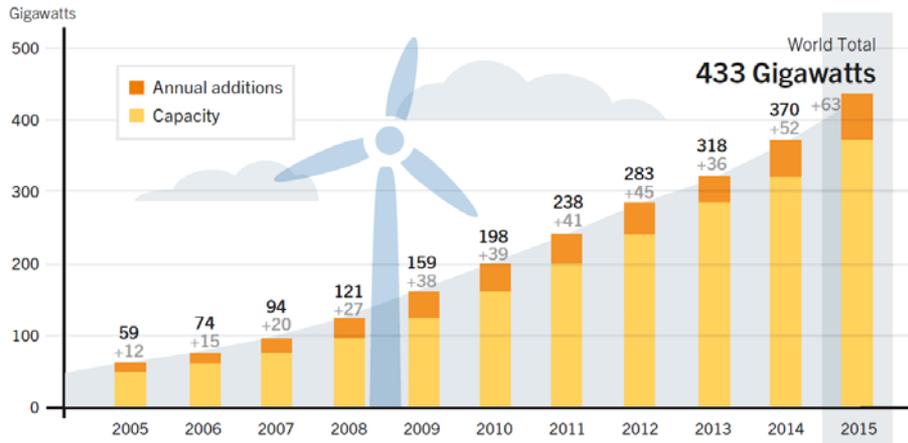


연간 평균 신재생에너지 용량 증가



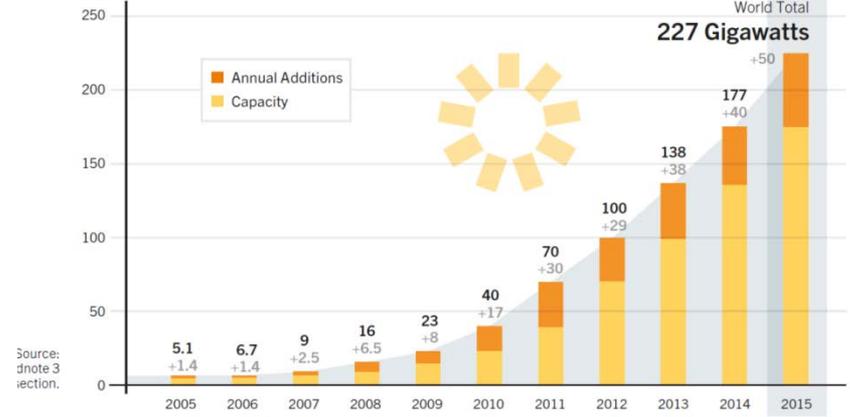
신재생에너지 용량 - 전세계, 유럽-28국, BRICS 및 상위 7개국, 2015 후기

글로벌 재생에너지 통계-2 (풍력, 태양광)

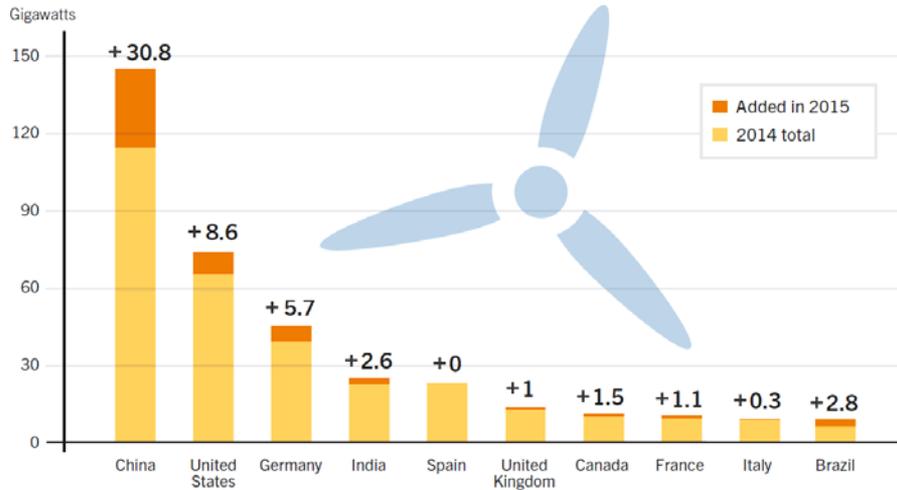


전세계 풍력 에너지 및 연간 증가량, 2005-2015

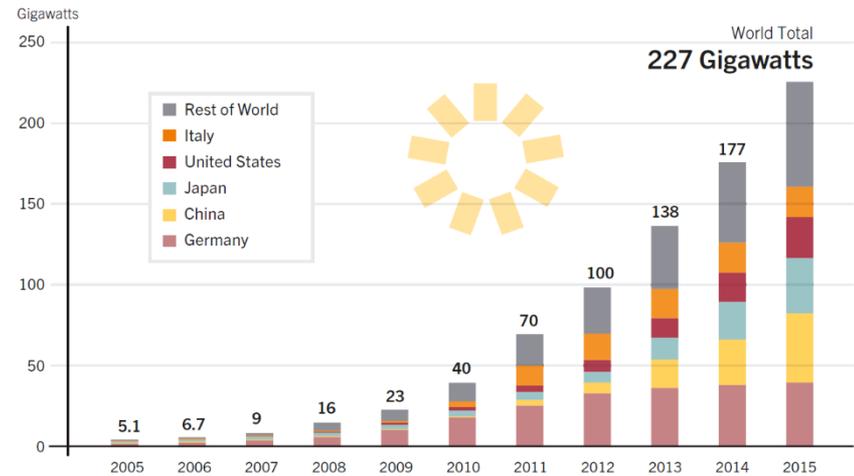
(출처: REN21, Renewables Global Status Report 21, 2016)



전세계 태양광 에너지 용량 및 연간 증가량, 2005-2015



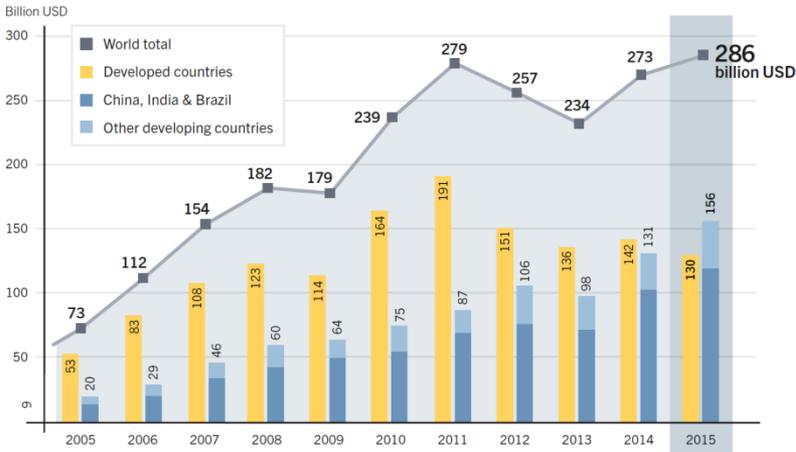
풍력 에너지 용량 및 증가량, 상위 10개국, 2015



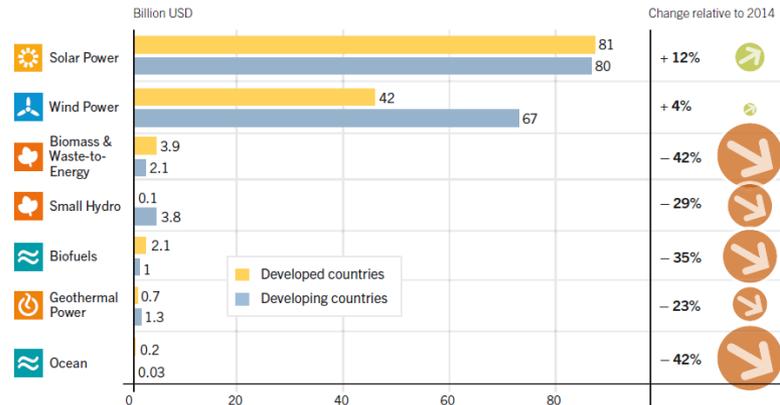
전세계 태양광 용량, 2005-2015

글로벌 재생에너지 통계-3

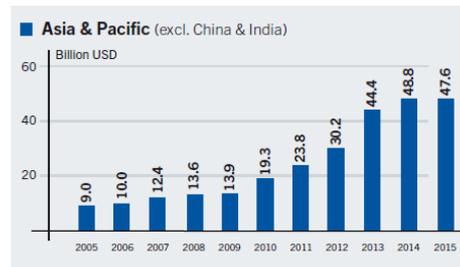
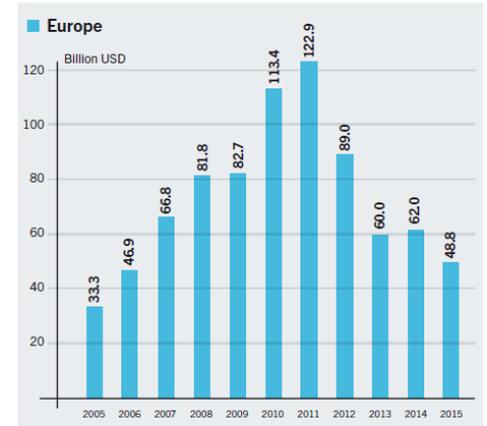
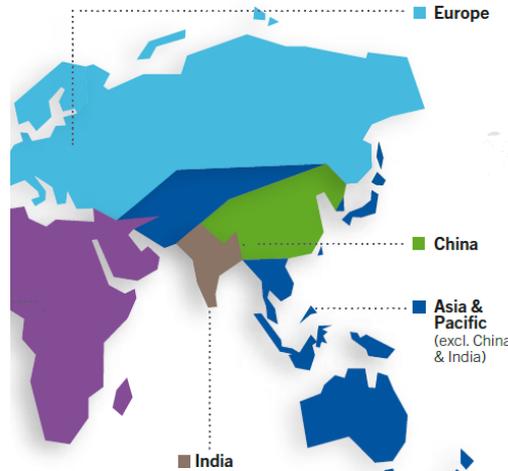
(출처: REN21, Renewables Global Status Report 21, 2016)



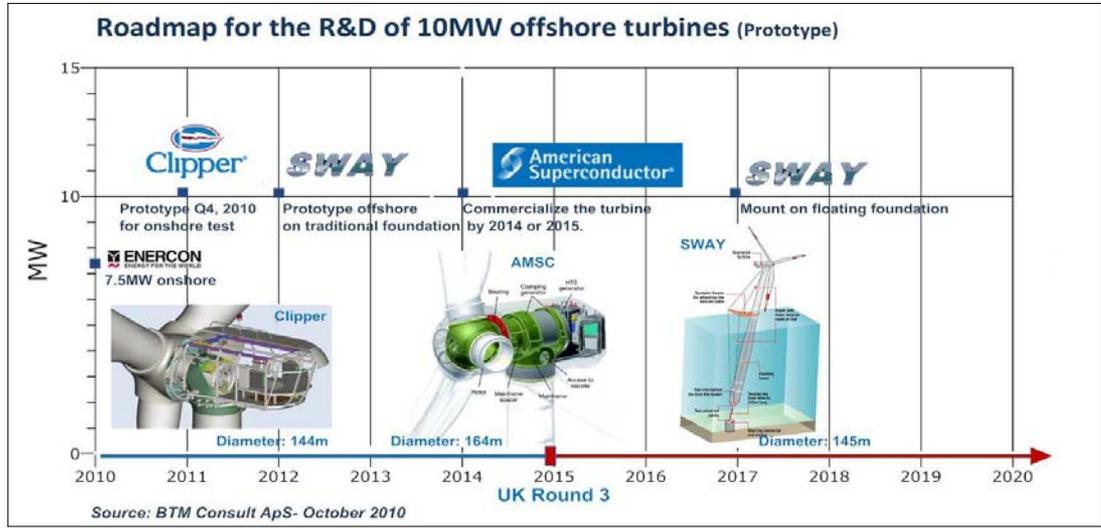
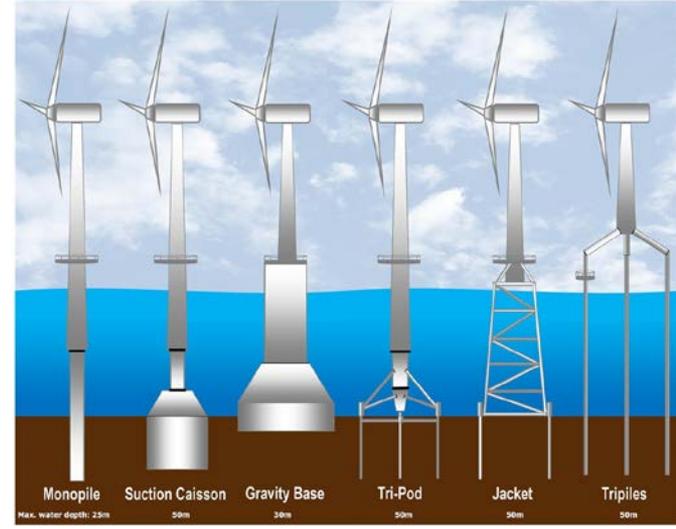
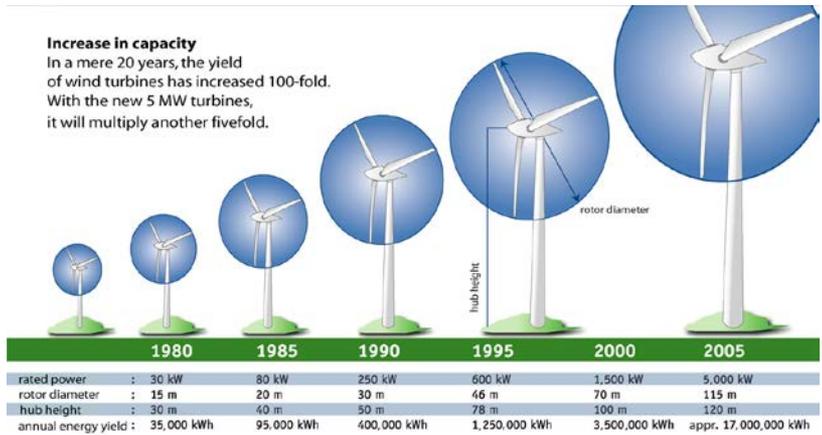
신재생에너지 및 연료의 전세계 신규 투자 규모, 선진국-개발도상국, 2005-2015



기술력 기준 신재생에너지 신규 투자 규모, 선진국-개발도상국, 2015

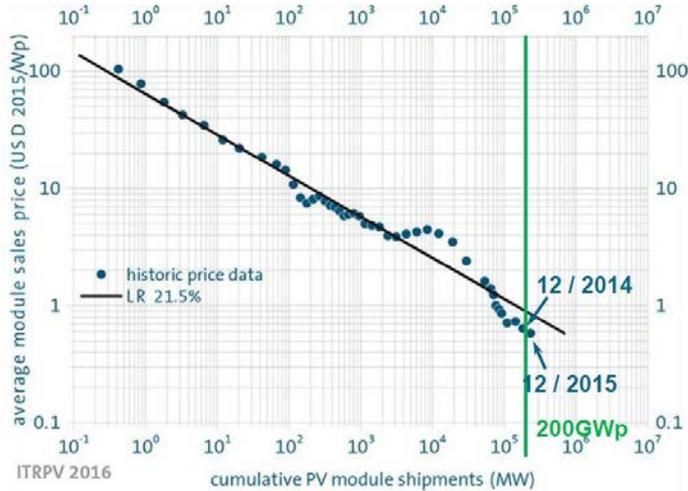


지역별 신규 투자액 (2005-2015)



10MW 급 해상풍력터빈의 R&D 개발

PV Learning Curve



Shipments /avg. price at years end:

2014: 39.3 GWp / 0.62 US\$/Wp
2015: 50 GWp / 0.58 US\$/Wp

o/a shipment: 234 GWp
o/a installation: 227 GWp

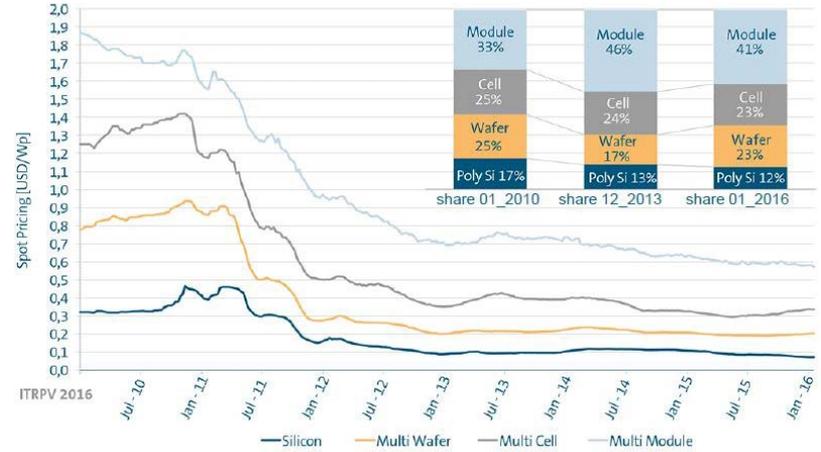
200 GWp landmark was passed!

historic LR 21.5% (1976 2012)

Learning continued
→ parallel shift to historic trend

(출처: International Technology Roadmap for Photovoltaic, 2016)

Cost consideration ITRPV



→ Price reduction by ≈20% in 2 years

→ Poly Si still most expensive particular material

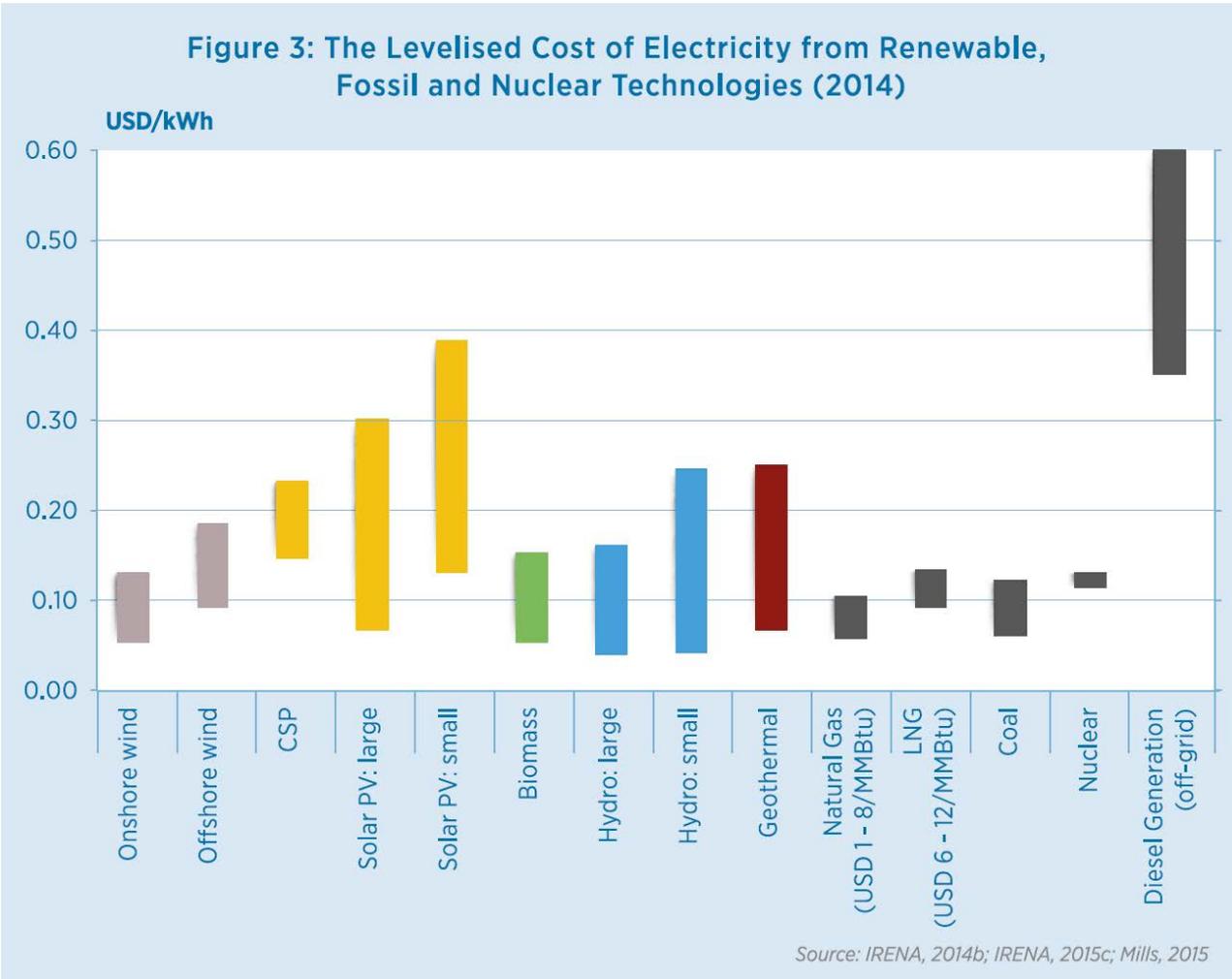
Module share only 41% today

reduce cost by:

- increase efficiency (material +machine utilization),
- optimize products for special markets (niche vs. high volume),
- improve module power by increasing cell efficiency + optimizing CTM



Figure 3: The Levelised Cost of Electricity from Renewable, Fossil and Nuclear Technologies (2014)



Source: IRENA, 2014b; IRENA, 2015c; Mills, 2015

ارامكو السعودية
Saudi Aramco



Saudi Aramco



Tesla



GE



Apple



Google



Amazon



Rockefeller



Warren Buffett

'전기차 에너지 혁명 진원지 될 것' - Tony Seba



기가팩토리의 위상
테슬라모터스+파나소닉 6조원 이상 투자
지상 면적 기준 93만m ² 로 세계 최대 건물 등극
규모의 경제로 배터리 생산 비용 30%↓
2020년까지 연간 50GWh 리튬 이온 배터리 생산 계획
연간 50만대 전기차 판매 목표 달성 시 렉서스, 볼보 다음 순위 등극
연간 50만대 전기차 판매 시 연간 휘발유 소비 1억9200만배럴 감소
100% 친환경 에너지로 공장 가동

J.B 스트라우벨 - 테슬라 CTO

'전기차로 탄소 배출은 줄였지만 여전히 전기의 생산 과정에서 환경이 오염된다', 태양광-풍력 같은 친환경 에너지 보급이 늘어야 하는데...'

(출처: 중앙일보, 2016)



Jeju Forum에서, 2016.5

BYD BYD는 어떤 기업

- 전기차 판매량 세계 1위 (6만1722대, 지난해)
- 전기차용 배터리 생산량 세계 2위 (1128MWh, 올해)
- 연매출 776억 위안 (약 13조원, 지난해)



세계 전기차 판매 톱 7 기업

단위:대, 2015년 기준 연간 판매량

1	BYD(중국)	6만1722
2	테슬라(미국)	5만574
3	미쓰비시(일본)	4만8204
4	닛산(일본)	4만7671
5	폴크스바겐(독일)	4만148
6	BMW(독일)	3만3412
7	칸디(중국)	2만8055

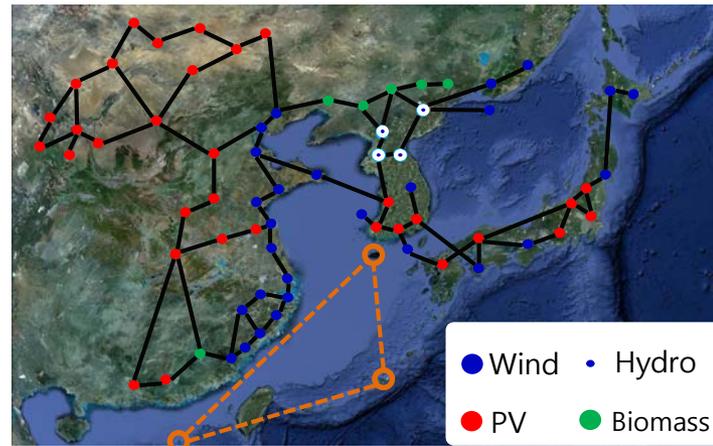
자료: SNE리서치·BYD·KOTRA



(출처: 중앙일보, 2016)



Gobitec and Asian Super Grid, 2014

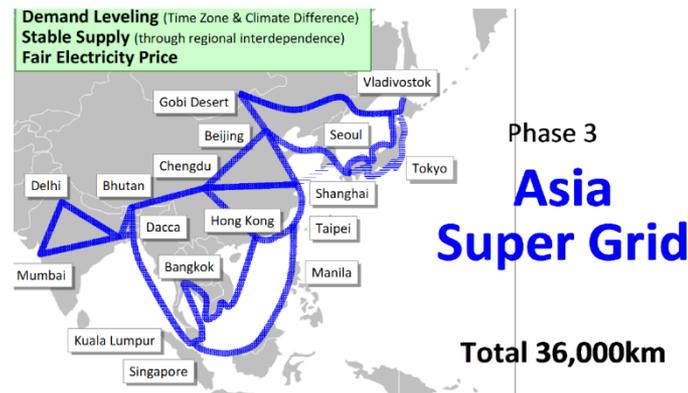


- Participating Countries : Korea, China, Mongolia, (Japan)
- Core Technologies: Large Scale RE in Gobi desert, ESS, HVDC
- prof. Jinsoo Song, Korea

“Energy for Peace in Asia” New Vision?



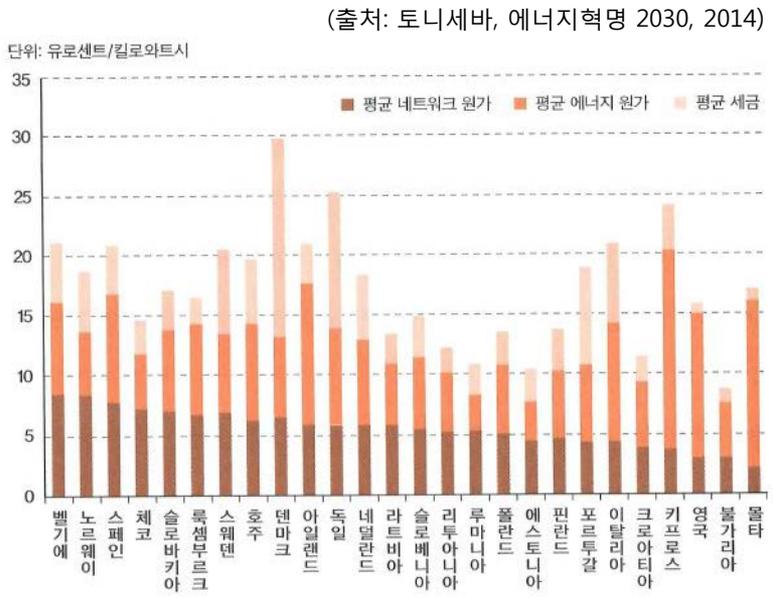
Source: DESERTEC Foundation



Presentation by Mr. Masayoshi SON

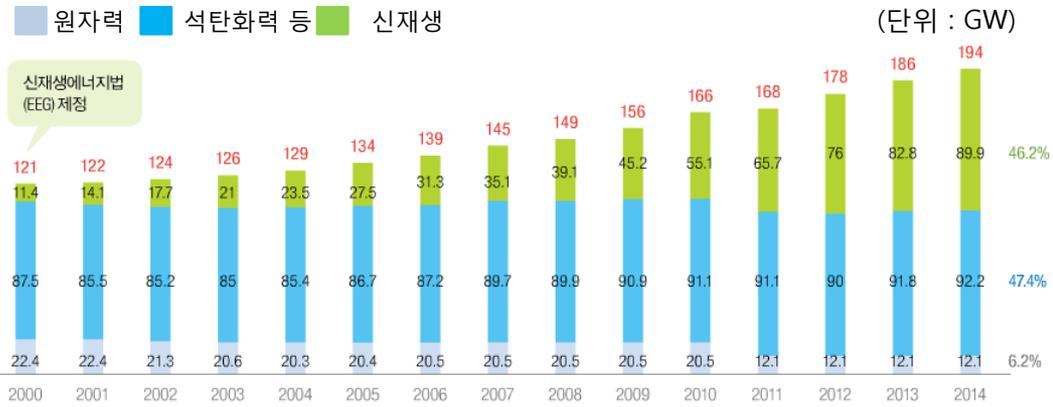
독일 사례-분산전원, 전기요금, 계통비용

(출처: 전기저널, 2016.07)

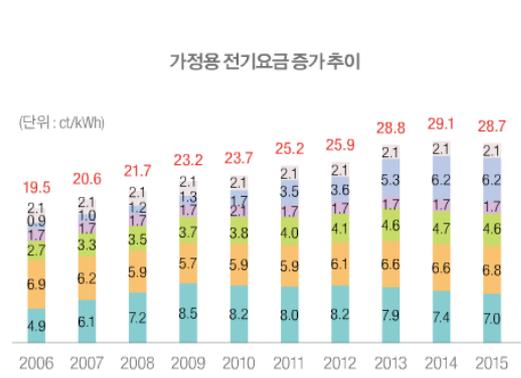


유럽의 소매전력 원가

출처: EU 집행위원회



독일의 발전설비 용량 구성 변화 추이 (자료:BDEW)



에너지 조달, 판매 (blue), 망 사용료 (orange), VAT (green), 에너지 비용 (blue), 망 사용료 (orange), 세금, 부과금 (green)

공공이용세 (purple), EEG 부과금 (light blue), 전력세 (pink)

*이외 열병합부과금, \$19부과금, 해상풍력 부과금, 부하차단부과금이 있음.

독일의 가정용 전기요금 현황 (자료:BDEW)

에너지저장장치(ESS) 적용분야

(출처: Grid Energy Storage, DOE, 2013)

적용	내용	양수 발전 (PHS)	공기 압축 (CAES)	플라이 휠 (Fly Wheel)	납축 전지 (Lead-Acid)	나트륨황 (NaS)	리튬 이온 (Li-ion)	플로우 전지 (Flow battery)
부하이동 (off peak to on peak)	- off peak시 간헐적인 재생에너지 저장 - on peak시 그리드 공급	◐	◐	○	●	●	●	●
부하 평준화	- 간헐적인 발전을 평준화 하기 위한 저장/공급(수초-수분) - 에너지 프로파일 안정화(수분-수시간)	◐	○	◐	●	●	●	●
보조서비스	- 주파수조정 - 예비력 등	◐	◐	◐	◐	◐	◐	◐
정전 전력공급	정전전 충전, 정전시 시동전력공급	◐	◐	○	●	●	●	●
송전 인프라	송전계통 업그레이드 비용 절감	○	○	○	●	●	●	●
배전 인프라	배전계통 업그레이드 비용 절감	○	○	○	●	●	●	●
이동식 배전과부하 대응	단기간의 배전문제시 이동식 보조 전력공급	○	○	○	◐	●	●	●
첨두부하 이동	off peak시 충전, 매일 peak 2-4시간 방전	○	○	○	●	●	●	●
최종소비자 요금 최적화	저가격시 저장, 고가격시 방전	◐	◐	○	◐	◐	◐	◐
독립적인 전력공급	전력품질 향상, 정전시 전력백업	○	○	◐	●	●	●	●
마이크로 그리드	그리드와 독립된 전력생산	○	○	○	●	●	●	●

* 적용성이 높음 : ●, 적용가능 : ◐, 적용이 어려움 : ○

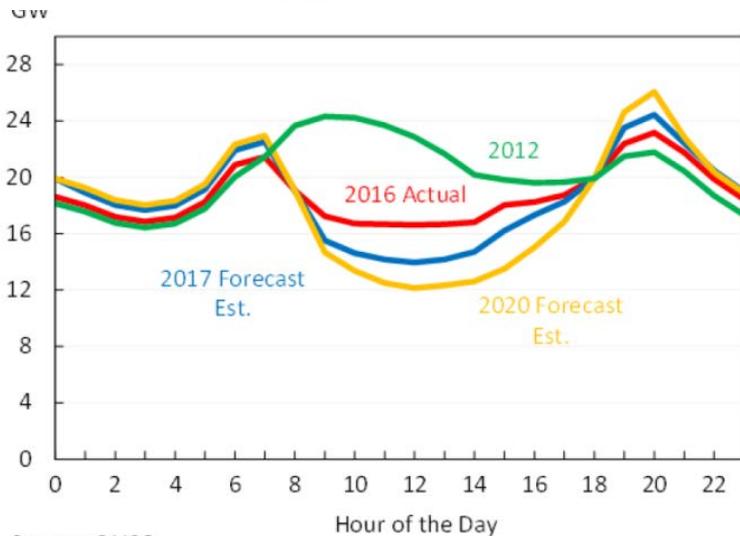
에너지저장장치의 기술별 특성

(출처: 해양에너지공학, 조철희 외, 2016)

	효율 (%)	용량 (MW)	에너지 밀도 (Wh/kg)	시설비용 (\$/kW)	운전비용 (\$/kWh)	작동 시간	수명 (years)	기술 성숙도	환경 영향
양수 발전 (PHS)	75-85	100-5000	0.5-1.5	600-2000	5-100	Fast (ms)	40-60	성숙	부정적
공기 압축 (CAES)	50-89	3-400	30-60	400-2000	2-100	Fast	40-60	개발완료	부정적
플라이 휠	93-95	0.25	10-30	350	5000	Very fast (<ms)	~15	실증	거의 없음
납축 전지 (Lead-Acid)	70-90	0-40	30-50	300	400	Fast	5-15	성숙	부정적
나트륨 황 (NaS)	80-90	0.05-8	150-240	1000-3000	300-500	Fast	10-15	상업화	부정적
리튬 이온 (Li-ion)	85-90	0.1	75-200	4000	2500	Fast	5-15	실증	부정적
플로우 전지 (Flowbattery)	75-85	0.3-15	10-50	600-1500	150-1000	Very fast	5-15	개발중	부정적

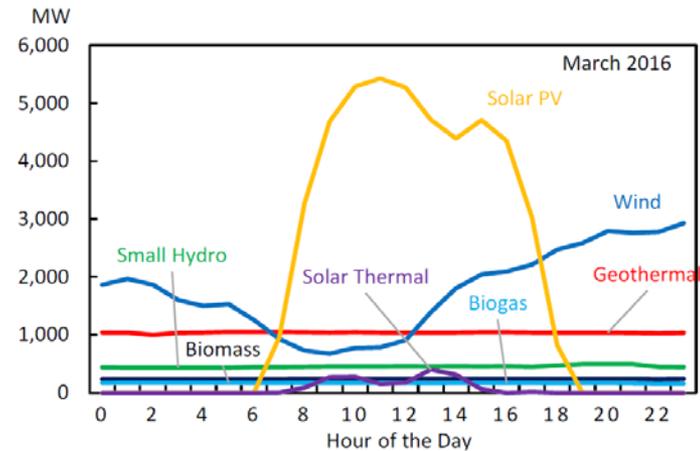
INCORPORATING RENEWABLES INTO THE ELECTRIC GRID: EXPANDING OPPORTUNITIES FOR SMART MARKETS AND ENERGY STORAGE

June 2016



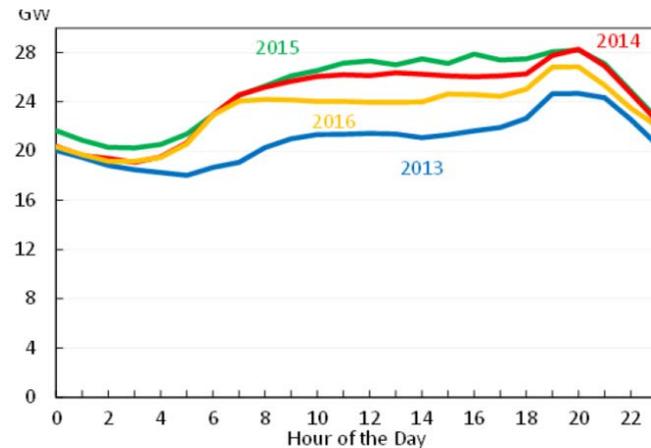
Source: CAISO

Net 수요부하, 2016.3.31



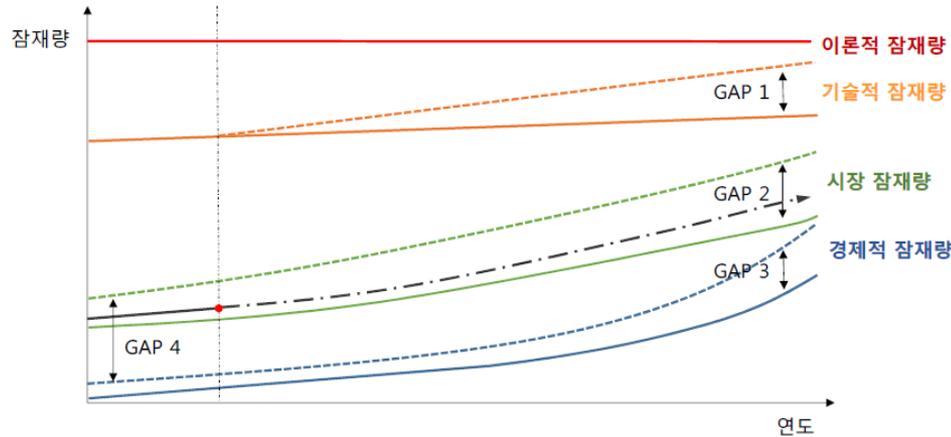
Source: CAISO

시간별 신재생 에너지 출력량(2016.3.31)



Source: CAISO

연도별 전체 수요부하(3.31기준)



(출처: 잠재량 정의 및 시장 잠재량 산정 방법론, T/F Kick-off자료, 2016)

GAP 1 : 기술발전 수준에 따른 격차
GAP 2 : 지원정책 및 규제정책 수준에 따른 격차
GAP 3 : 규제정책 수준에 따른 격차
GAP 4 : 지원정책 수준에 따른 격차

--- 실제 공급량
● 현재 공급량

7

잠재량 단계별로 요인분류기준 설정

	요인분류기준	해당 영향요인 예시 (태양 에너지)
이론적 잠재량		
기술적 잠재량	1) 기술적 제약 2) 지리적 제약	설비 효율, 이용률, 전환 효율, 음영, 이격 거리 낭떠러지, 급경사 등 기술적으로 극복불가능한 지리적 제약*
시장 잠재량	1), 2) 3) 경제성 4) 지원정책 5) 규제정책 6) 기타 제약	고정비, 변동비, SMP 보조금, REC 문화재 보호구역, 환경보호지역, 생태자연도 별도관리지역 등 도로, 철도
경제적 잠재량	1), 2) 3) 경제성 4) 규제정책 5) 기타 제약	고정비, 변동비, SMP 문화재 보호구역, 환경보호지역, 생태자연도 별도관리지역 등 도로, 철도

(출처: 한국풍력산업협회, Wind Power Journal, 2016)



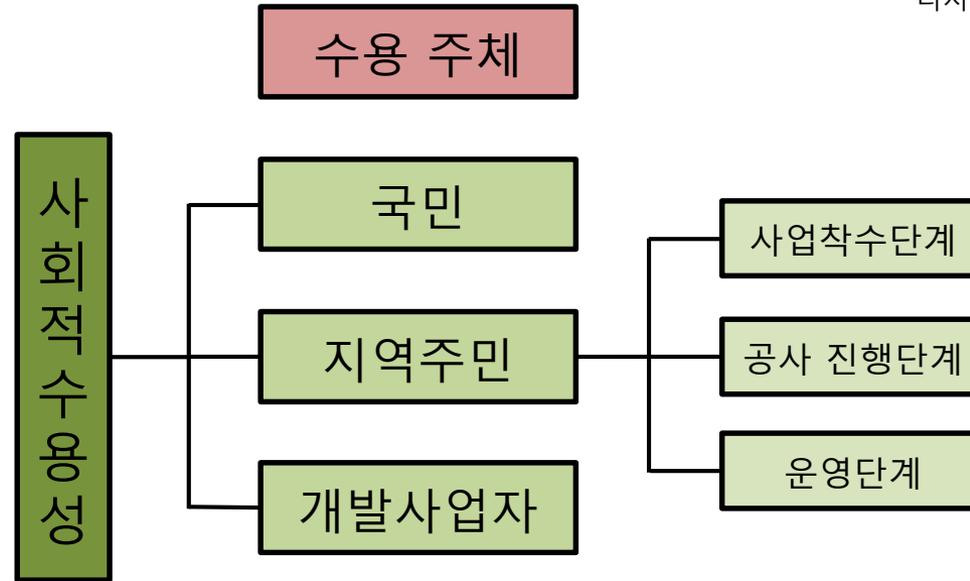
연계용량	개체수(호)	용량 (MW)
100kW 미만	113,276	1,321
100-200kW 미만	655	89
200-300kW 미만	333	79
300-400kW 미만	339	114
400-500kW 미만	303	136
500kW 이상	1613	1,943
합계	116,519	3,682

년도	~2010	~2011	~2012	~2013	~2014	~2015	~2016.6
설치량(MW)	~580	55	257	391	2,399	1,913	2044
누적량(MW)	~580	635	892	1,283	3,682	5595	7639

태양광 발전 설치 용량

사회적 수용성의 구조

(출처: 신재생에너지에 대한 지불의사액 추정 및 사회적 수용성(PA) 제고 방안 연구, 에너지경제연구원, 이철용, 2014)



Wustenhagen et al, 2007; Devine-Wright, 2005; Pasqualetti, 2002; Wolsink, 2005, 2007.

- 국민(국가) 수용성은 대체로 우호적임
- 지역 수용성은 사업착수단계에서의 의견 수렴 절차를 중시함
- 지역 수용성은 건설단계에서 가장 낮음
- 시장(개발사업자, 소비자, 투자자 등) 수용성은 통상 국가 지원정책으로 경제성을 보장함
- 사회적 격차(Social gap): 높은 국민 수용성과 낮은 지역 수용성과의 격차



미델그룬덴(Middelgrunden) 해상풍력단지

- 위치: 코펜하겐 동쪽 3.5km 해상
- 용량: 2MW x 20기 = 40MW(지역 발전사, 10기) 협동조합(8,553명, 10기)
- 사업시작: 1996년, 시운전: 2001년 3월
- 수용성: 초기에 소음 염려, 육상풍력단지 견학 등으로 해소
- 결론(2005년):
 - 사업초기 단계부터 공개적인 대화가 사회적 수용성 확보에 결정적인 역할
 - 협동조합을 통한 민간의 직접적인 참여가 사회적, 정책적 수용성에 매우 중요
 - 민간의 참여도와 적극적인 갈등관리 수준이 발전단지 건설 전후의 사회적 수용성에 미치는 영향을 모니터링하는 연구가 필요함을 제시

(출처: Experiences from Middelgrunden 40MW Offshore Wind Farm, Copenhagen Offshore Wind, 2005, Jens H. M. Lasen et al.)



이회성 - IPCC의장

이승만은 원자력을 시작했다. 박정희는 원자력을 이어받으면서 정유 산업을 일으켰다. 전두환은 액화천연가스를 산업화했다. 이 대통령들은 우리나라의 에너지 인프라를 바꿔놓았다. **국가의 에너지 정책은 대통령이 결정할 수 있다. 박근혜 대통령은 태양광과 에너지 저장 기술 등에서 기반과 제도를 만들어야 한다.**

이럴 경우 파리 기후 협약은 축복의 뉴스가 될 수 있다. (출처: 조선일보, 2015. 12.21). 전 세계적으로 전통 산업과 첨단 산업을 불문하고 기후변화 해결책을 찾으려는 연구와 기술 개발이 한창이다. **태양광과 같은 신재생에너지의 개발과 에너지의 효율을 높이는 두 방향에서 진행 중이다.** 자동차로 말하면 전기자동차나 하이브리드카 개발은 물론 기존 자동차의 연비를 높이는 것도 기후 변화 대응 기술이다. 우리 재계와 산업계에도 엄청난게 우수한 인재가 많다. 인식을 바꾸면 전혀 새로운 시장과 기회가 보인다. **기후변화 대응은 선택이 아닌 필수다. 기후변화에 대응하는 기술과 연구개발에 투자하는 기안이 이른바 '대박'을 맞을 것이다.** (출처: 중앙일보,

김창섭 - 가천대 교수

향후 석탄, 가스, 원자력, 신재생에너지 간의 포트폴리오 조정은 불가피하다. 이런 상황에서 유난히 다른 나라에 비하여 그 보급 실적이 지나치게 저조한 **우리나라의 신재생에너지 확대에는 새로운 생태계가 필요하다.** 그러나 무엇보다 신재생에너지를 바라보는 우리의 관점을 보다 실질적이고 구체적으로 조정해야 한다. 신재생에너지는 천상의 친환경 에너지도 아니고 수급상의 낮은 기여도를 전제할 무시할 만한 에너지원도 아니다.

신재생에너지는 이제 신기후체제하에서 우리나라가 불가피하게 확대할 수밖에 없는 다소 비싸면서도 일정부분 환경에 피해를 야기하는 기술적 자원이며 자주적 지원이다. 이러한 신재생에너지에 대한 현실적인 정의를 우리 모두 동의해야 한다. 그래야만 신재생에너지와 신재생산업의 동



노상양 - 한국에너지공단 신재생에너지센터 소장

신재생에너지의 사회적 수용성을 높이기 위한 다양한 참여형 제도 확대와 시장 정보제공을 통한 시장과의 소통을 강화할 예정이다. 신재생에너지 산업은 정부의 정책을 기반으로 지역과 주민, 기타서비스 등 다양한 사회적 가치들이 이상적으로 맞물려 돌아갈 때 비로소 괄목할 성장 가능성이 가능한 특수성을 가지고 있다.

이러한 **사회적 합의와 수용성 확보**를 위해서 친환경에너지타운 건립, 주민 참여형 신재생에너지 사업 등도 적극 추진할 예정이다. 더불어 신재생 사업 참여자와 일반국민 등을 대상으로 분야별 정보의 분석과 재생산-공유 기능도 강화하여 시장의 예측가능성을 높이고, 일반 국민에게도 신재생에너지가 국민과 함께 성장해 가는 에너지원의 한 축임을 인식할 수 있도록 기반을 강화할 계획이다. 아울러, 이미 설치되어 있는 신재생에너지설비에 대한 유지, 보수, 운영, 리사이클링 프로그램 개발로 실질적인 보급 성과를 올릴 예정이다. (출처: 전기저널, 2016.3)

류지윤 - 유니슨(주) 사장

풍력발전의 **주민 수용성 제고**는 일개 기업의 측면이 아니라, **정부와 함께 뛰어야 하는 복식 게임**에 비유할 수 있습니다. 날로 심각해지고 있는 님비(NIMBY) 현상과 지역주민에게 근거없이 확산되어 있는 괴담 수준의 풍력발전 피해 우려가 해소되어야 합니다.

정부측에서는 관련 분야의 연구를 지원하고 그 결과를 바탕으로 **가이드라인을 제정**하여, 풍력발전의 긍정적 효과와 편익에 대한 적극적인 홍보 정책을 시행해야 합니다. 아울러 **사업자 또한 주민과 적극적으로 소통하고, 해당 지역사회에 실질적으로 공헌할 수 있는 방법을 모색**할 필요가 있습니다. (출처: 전기저널, 2016.8)



SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS

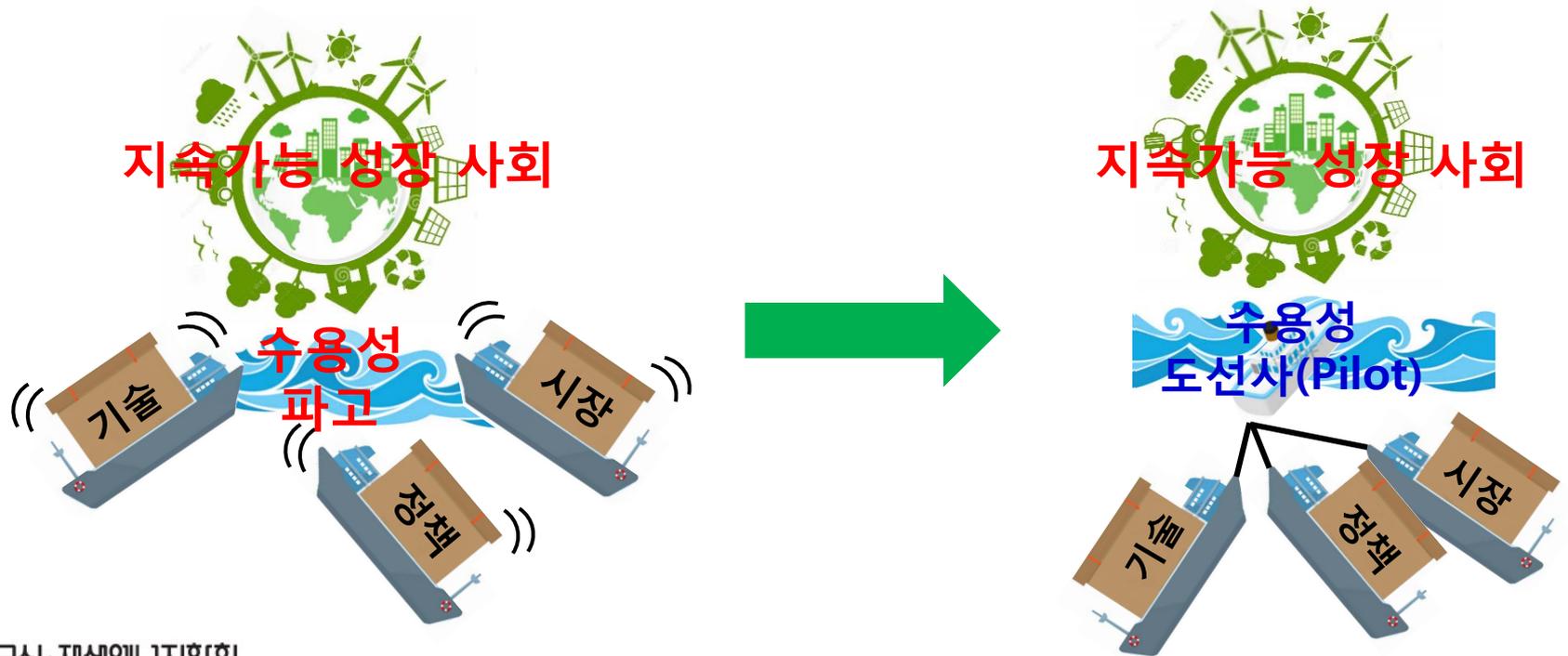
17 GOALS TO TRANSFORM OUR WORLD

THE GLOBAL GOALS For Sustainable Development



- 재생에너지(7)의 역할이 중요
- 기후변화 대응(13)과 물·위생(6)과 밀접한 연관
- 도시(11)의 역할이 중요

사회적 수용성 해결(道船士 개념)



재생에너지 글로벌 생태계의 조성

- 정책: 파리기후협정 이행, 에너지신산업 등
- 기술: Grid parity, 전기차, 스마트 그리드, ESS 등
- 시장: 저유가와 탈동조, 전통에너지산업 탈피, IT유수 업체의 참여 등

사회적 수용성 제고를 위한 방안

- R&D 예산 배분, 국가 보급 목표 설정과 온실 가스 감축량 예측을 위한 재생에너지 잠재량의 과학적인 조사와 지속적인 업데이트가 필요
- 수용성을 효과적으로 관리하기 위한 시스템 구축이 필요

감사합니다