

- 기후변화전문가포럼 2015

# 신기후체제와 재생에너지

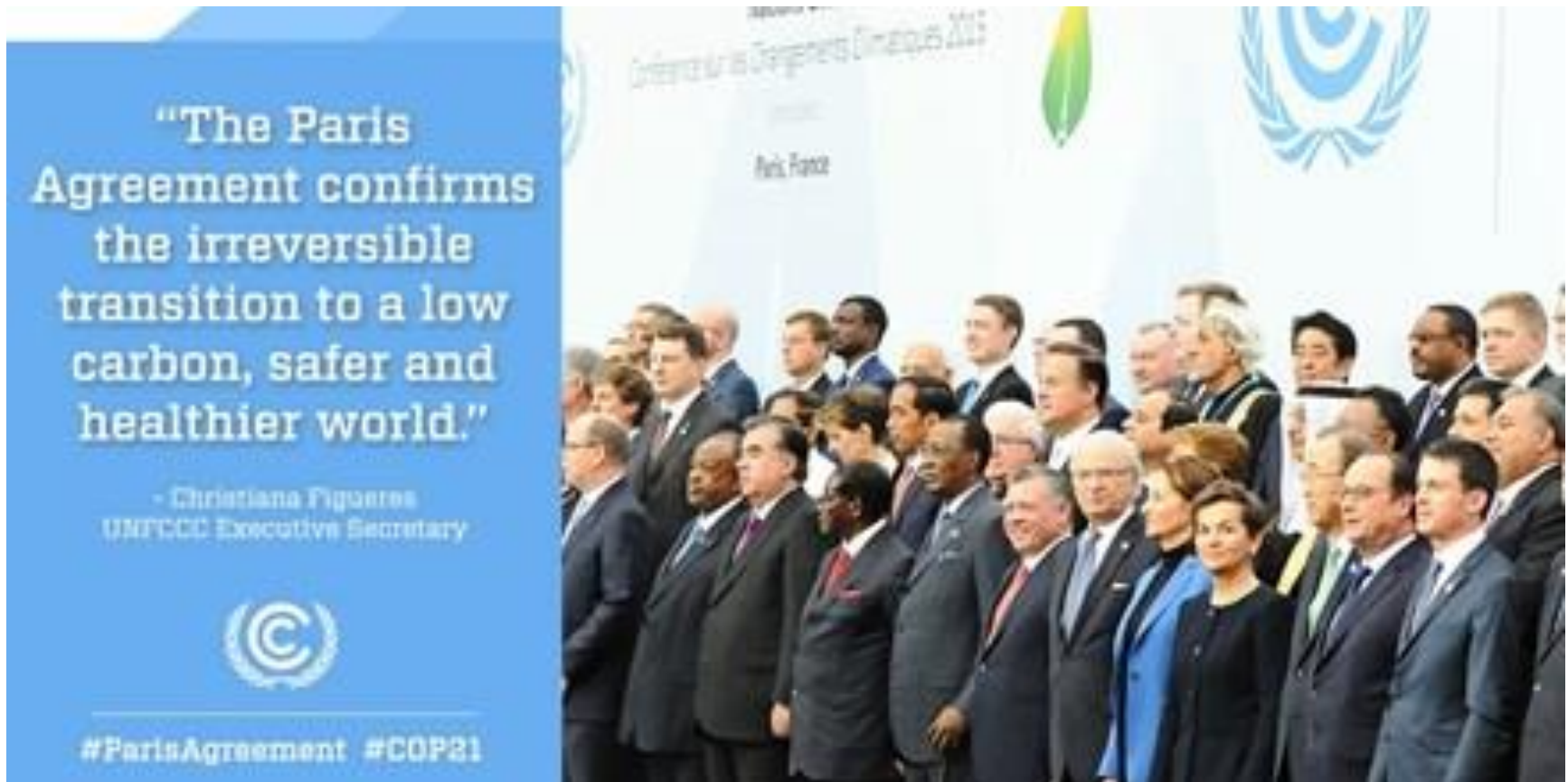
2015.12.28.

한국프레스센터 19층 매화홀

이 상 훈 소장  
(사)녹색에너지전략연구소

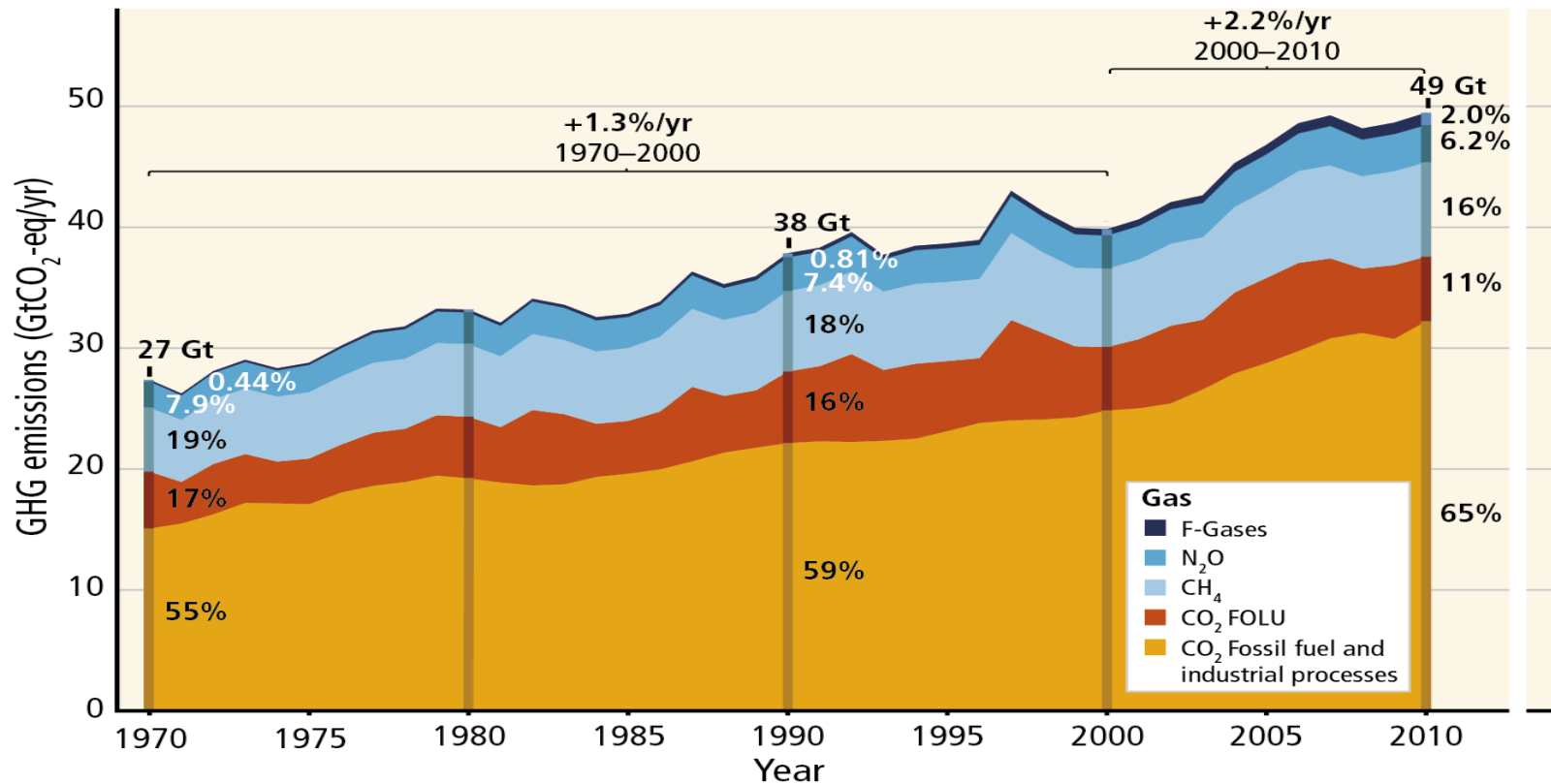
# 1. 파리협정 체결과 온실가스 감축

- 2015년 12월 12일, 파리협정이 타결되면서 세계는 과거보다 진일보한 기후 변화대응 체제를 구축하고 온실가스 감축 행동을 본격화할 것으로 예상



# 최근 온실가스 배출 경향 : 2000년 이후 증가세가 빨라짐

Total annual anthropogenic GHG emissions by gases 1970–2010



AR5 WGIII SPM

다양한 온실가스 감축노력에도 불구하고, 최근 10년간 온실가스는 그 이전 (1970~2000) 보다 더욱 급격히 증가 (매년 1.3% 증가 -> 매년 2.2% 증가) 하고 있다.

# 파리협정(2015. 12. 12)의 주요내용

구분	주요내용
장기목표	산업화 이전 대비 지구 평균 기온상승을 2°C 보다 낮은 수준으로 유지하고, 1.5°C 이하로 제한하기 위한 노력을 추구
감축	국가별 기여방안(NDC)은 스스로 정하는 방식을 채택하여, 매 5년마다 상향된 목표를 제출
탄소시장	UN 기후변화협약 중심의 시장 이외에도 당사국 간의 자발적인 협력도 인정하는 등 다양한 형태의 국제 탄소시장 메커니즘 설립에 합의
이행점검	5년 단위로 파리협정 이행 전반에 대한 국제사회 공동차원의 종합적인 이행점검을 도입하여 2023년에 첫 실시
적응	모든 국가는 국가적응계획을 수립하고, 적응계획과 이행내용의 보고서를 제출하여 정보 공유
재원	개도국의 이행지원을 위한 기후재원(2020년까지 최소 연간 1,000억 달러)에 선진국의 재원공급 의무를 규정, 선진국 이외 국가들의 자발적 기여를 장려
기술	기술개발 및 이전에 관한 국가들 간의 협력이 확대, 강화하도록 규정
발효요건	최소 55개국의 비준 및 총 탄소배출량 55% 이상

# 역사적이고 기념비적인 파리협정, 그러나...

- 기후정의그룹을 대표하는 '지구의 벗'은 예외적으로 "파리 협상은 엉터리"라는 강한 비판 성명을 발표함
- 파리협정의 한계 및 파리협정에 대한 비판적 견해
  - 세계 각국은 신기후체제가 몰고 올 파급효과에 대해 이해득실과 민감도가 다르기 때문에 공통의 인식과 행동에는 한계가 있음
  - 국가별 기여방안(NDC)가 이행되더라도 협정이 제시한 2°C보다 더 낮은 수준의 기온 상승 목표는 달성되기 어려움. 차이(gap)을 어떻게 좁힐 지 방안이 필요함
  - 5년마다 이행을 평가하고 강화하는 시스템을 도입했지만 국가별 기여방안의 이행이 각국의 정치적 의지와 도덕적 책무에 맡겨져 있어서 성실한 이행을 보장할 수 없음
  - 개도국 재정지원 및 기술 이전도 지난 20년과 마찬가지로 누가 언제까지 얼마나 부담하고 지원한다는 책무와 계획이 없음
  - 화석연료에 대한 보조금 폐지나 탄소 비용을 시장에 반영하는 체제에 대한 구체적인 논의가 부족함

# 협상이 아니라 새로운 변화가 지속가능한 미래를 보장한다

- 기후협상은 물리적 힘의 역관계의 반영으로 현실의 변화가, 시장의 변화가 협상을 견인할 것이다.
- 일부 당사국과 도시, 기업, 투자자, 시민들이 기후행동을 선도한다.
- 에너지산업을 누가 주도하느냐에 따라서 기후행동의 속도와 폭이 좌우된다.
  - 에너지 생산과 소비단계의 효율 개선 및 연료 전환은 비용효과적인 해결책이다.
  - 화석연료가 주도하는 에너지시장을 저탄소 기술, 특히 재생에너지가 얼마나 빨리 대규모로 대체하느냐에 따라서 세계 에너지부문의 기후대응은 근본적인 변화가 나타날 수 있음
  - 기술혁신은 물론 정책 변화와 금융 개선을 통해 재생에너지 확대의 규모와 더 커지고 속도가 더 빨라지면 거꾸로 재생에너지 기술과 시장이 정책과 협상을 움직이는 동력으로 작용할 수 있음
  - 현 추세(WEO 2015 기준 시나리오)에서는 2040년까지 재생에너지 분야 투자가 7조 4천억 달러(세계 에너지 공급 투자의 15%)에 불과하지만 파리협정을 계기로 석탄, 석유 등 화석연료에 대한 투자가 기존 전망에 비해 감소하는 반면 재생에너지 투자의 규모는 더 확대될 것으로 예상됨

# “미래에 생기를 불어넣는 재생에너지”-재생에너지 포럼(12.6.)

- “100% 재생에너지 전환은 이미 시작되었고 문제는 속도이다”
- EC, IRENA, REN21 등이 주최한 포럼에 에너지전문가, 기업인, 도시 리더, NGO 대표 등 600여명이 참석하여 성황을 이룸



# LCAA 에너지의 날 행사(12.7.) - 재생에너지와 에너지 효율

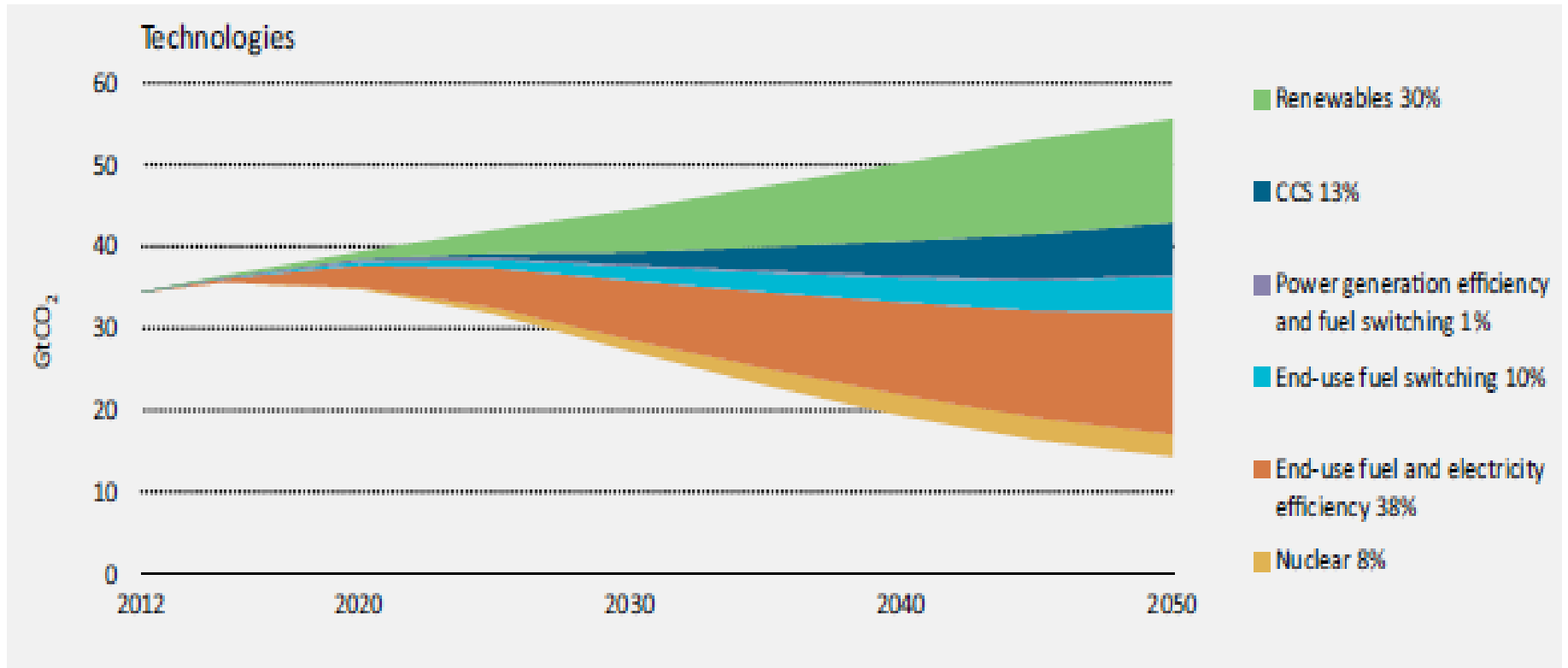
- 감축 행동은 진행 중 - 협상 기간 중 감축 행동의 모범을 공유하고 확산하고 활성화하는 LCAA는 글로벌 리더들이 주도하는 가운데 성황을 이룸
- LCAA 에너지의 날 행사에 수십 여명의 장관급 인사와 국제기구 리더들이 참석하여 재생에너지 확대의 양과 속도를 강화하기 위한 정책 변화와 금융 개선을 논의하고 분야별, 지역별 재생에너지 협력체계를 강화함





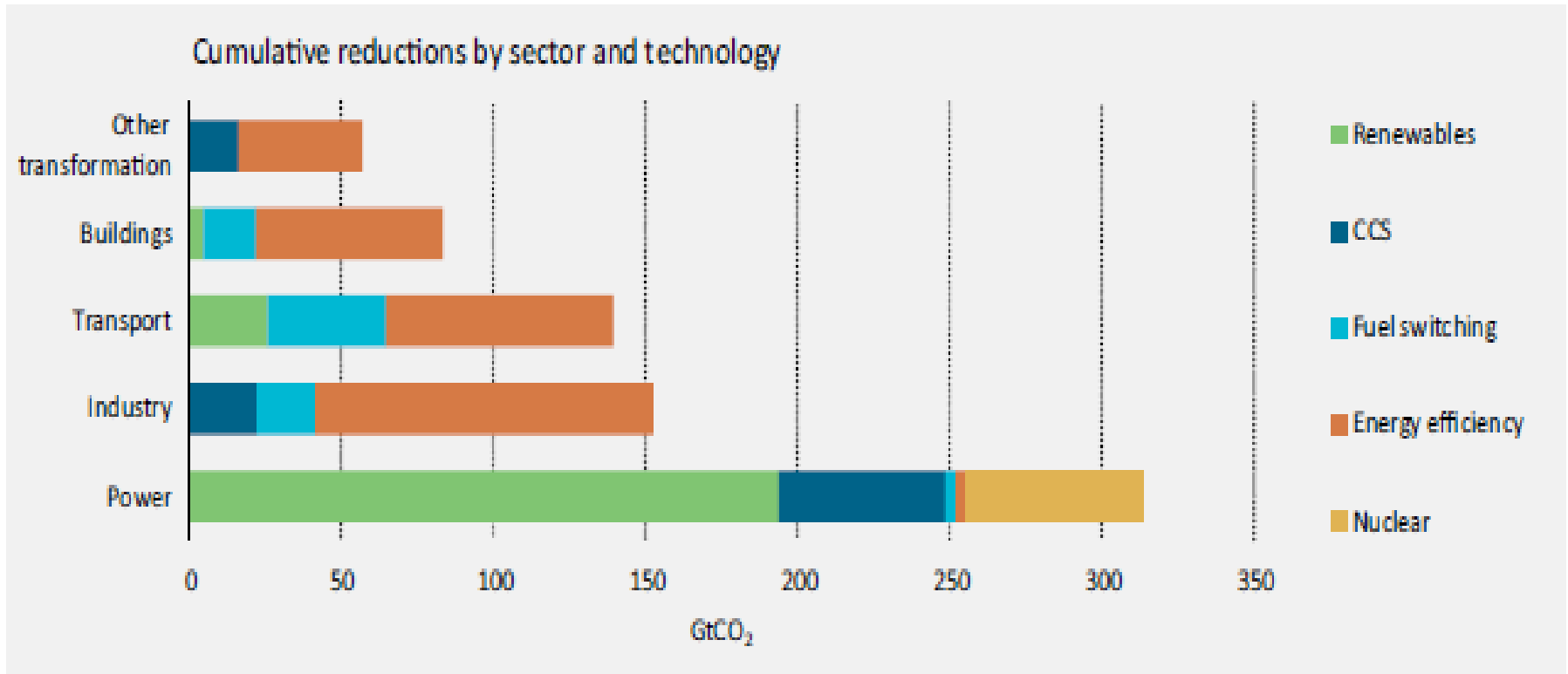
# 2°C 목표 달성을 위한 온실가스 감축에서 에너지 기술별 기여도

- 생산 및 소비단계의 에너지 효율 기술 및 연료 전환, 저탄소 에너지 기술(재생에너지, 원자력, CCS)이 에너지 부문 온실가스 감축의 핵심 수단임
- 저탄소 기술 중 재생에너지가 온실가스 감축에서 가장 큰 기여를 할 것으로 평가됨



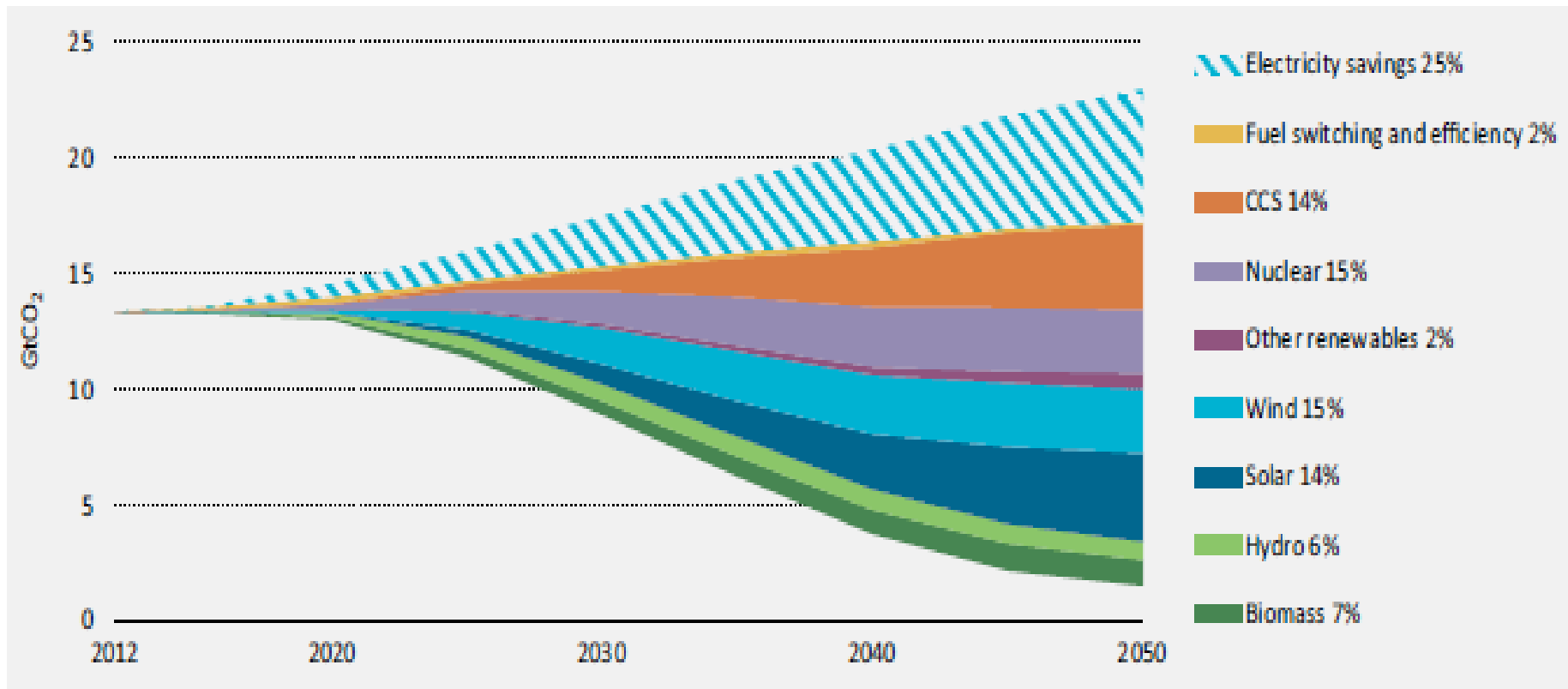
# 부문별, 기술별 에너지 분야 온실가스 배출량 감축

- 에너지 효율은 산업과 수송, 건물 분야에서, 저탄소 기술은 발전부문에 온실가스 감축의 기여도가 큰 것으로 나타남



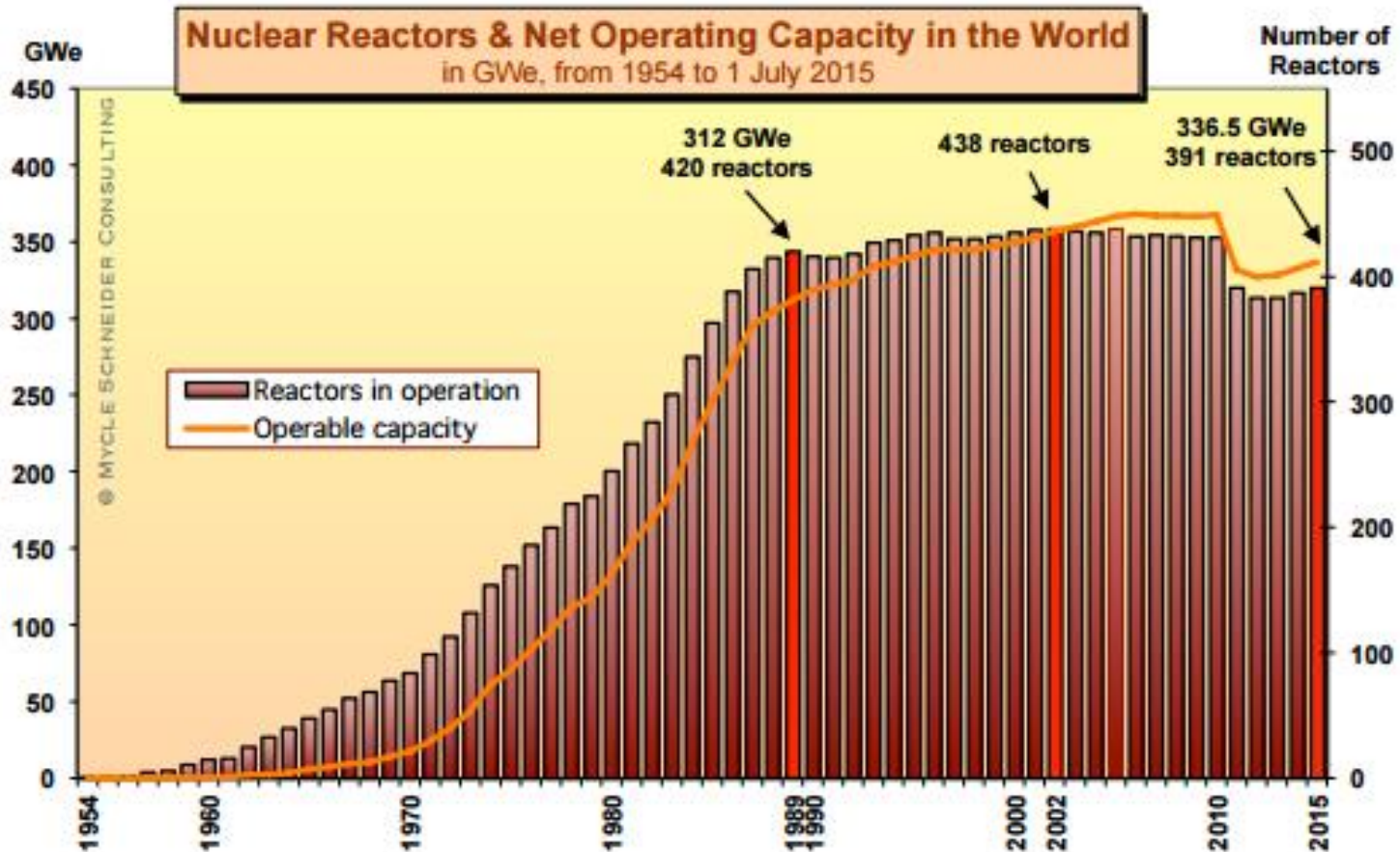
# 전력 부문의 이산화탄소 배출량 감소에서 기술 별 기여도

- 최종 소비 부문 전력 절감은 현재 보다 약간 높은 수준에서 전력부문 배출량을 안정화하는데 기여할 것으로 보임
- 재생에너지를 중심으로 저탄소 발전 기술의 포트폴리오는 2°C 목표를 위해 전력부문을 충분하게 탈탄소화하는데 필요함



# 세계 원자로 수와 가동 중인 용량

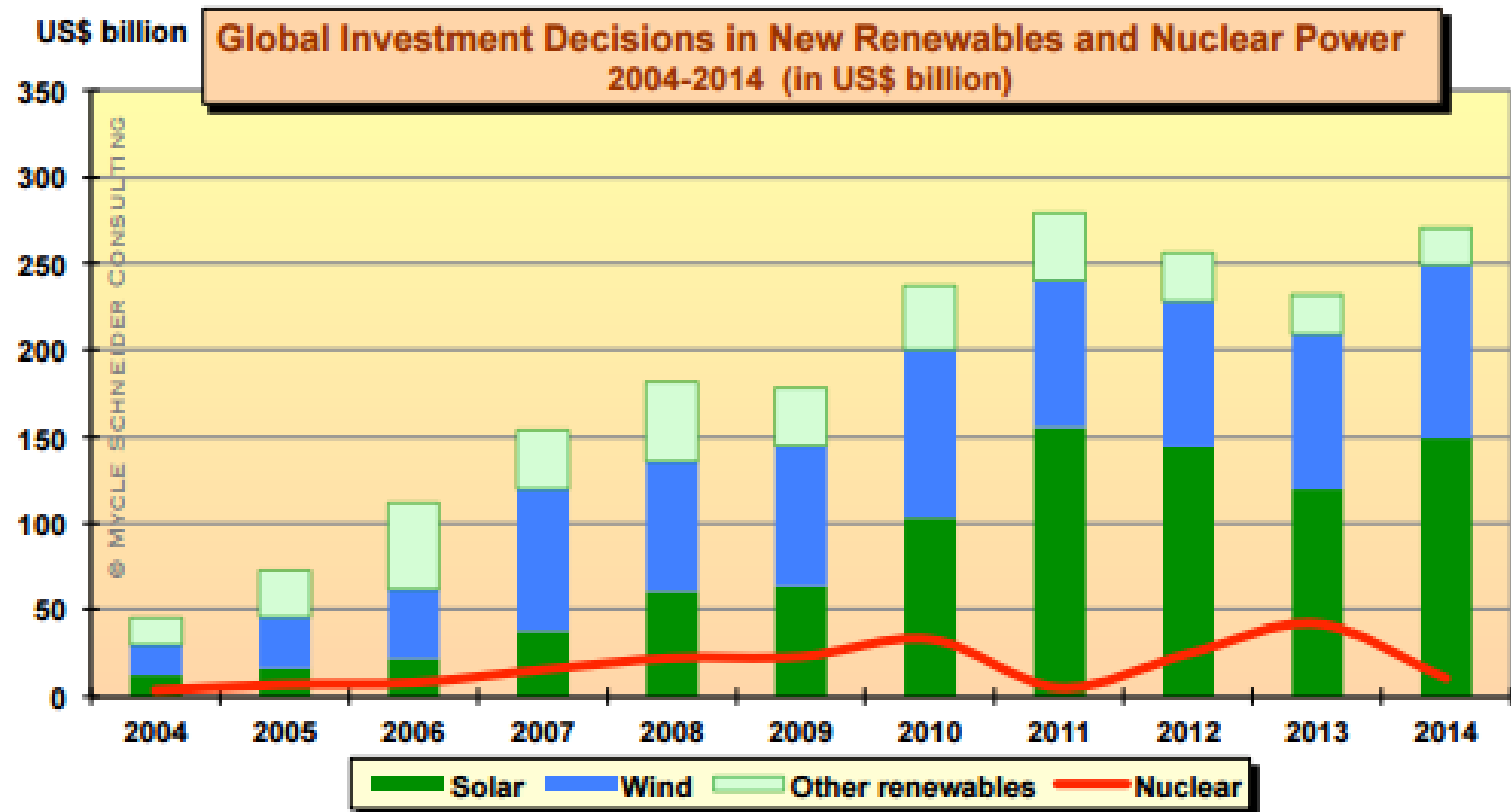
- 세계 원전 총 설비용량은 1990년대 이후 정체 상태가 지속되고 있음



Sources: IAEA-PRIS, MSC, 2015

# 신규 재생에너지와 원자력발전에 대한 세계 투자

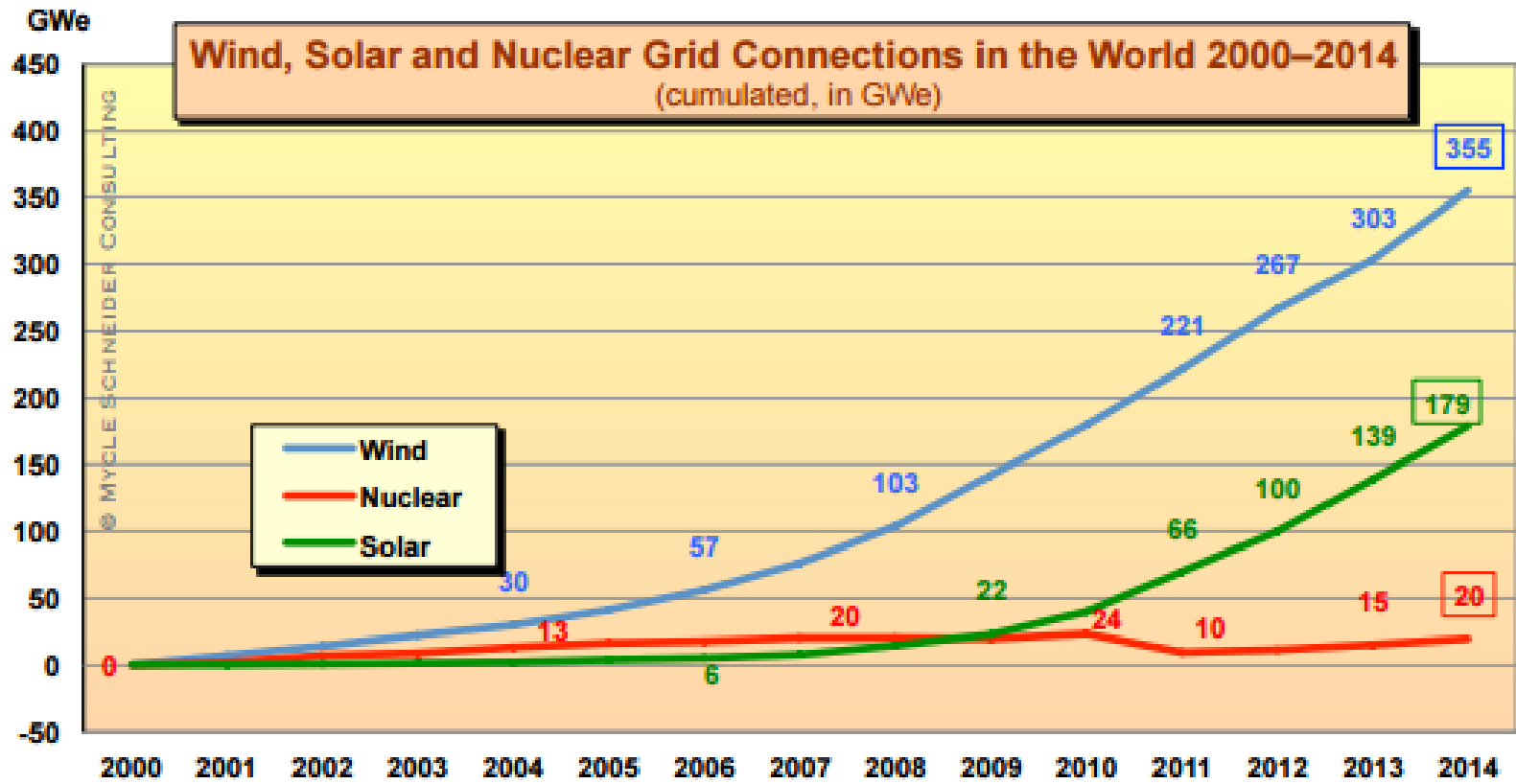
- 신규 원전 투자에 비해 태양광, 풍력 등 재생에너지 설비에 대한 투자가 월등히 많음



Sources: FS-UNEP 2015 and WNISR original research

# 전력망에 연결된 풍력, 태양광, 원전(2000-2014)

- 원전은 2000년 이후 설비용량 증가가 20GW에 그친 반면에 풍력은 355GW, 태양광은 179GW에 달하였음

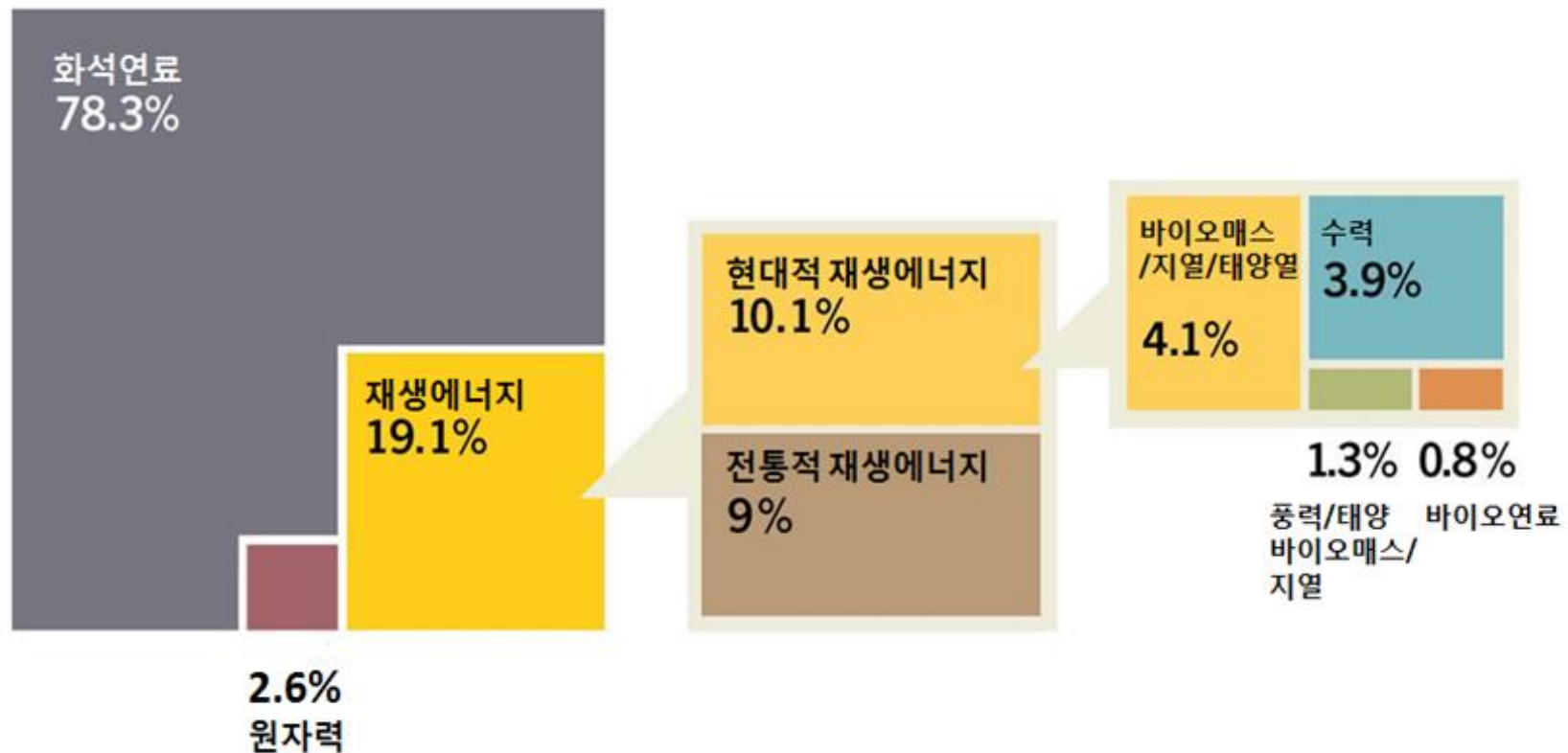


Sources: WNISR, BP Statistical Review 2015

## 2. 재생에너지 세계 동향과 전망

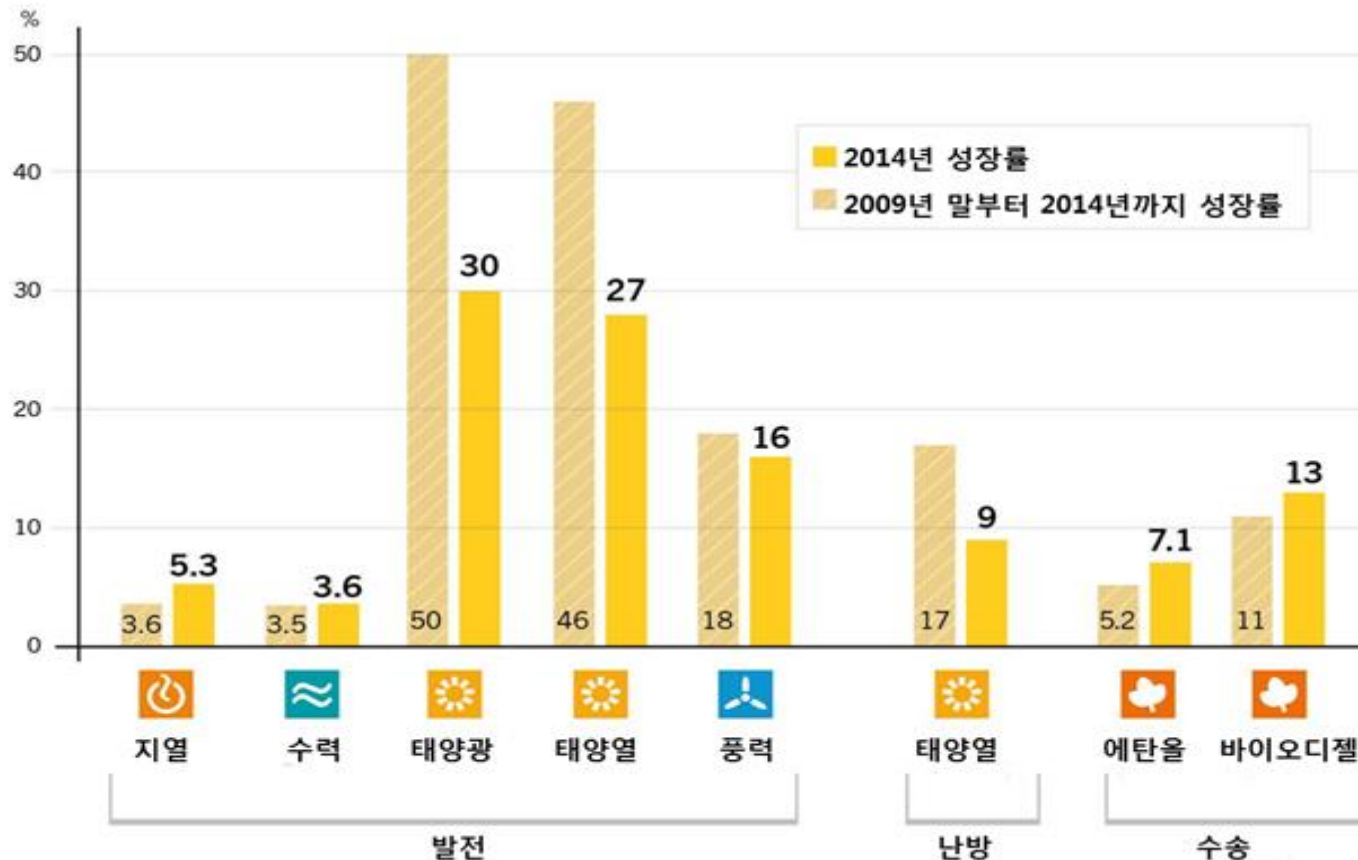
### 최종 에너지 소비 중 재생에너지 비중, 2013

- 전통적 바이오매스를 포함하여 재생에너지는 세계 최종 에너지 소비의 19.1% 차지하고 있음
- 현대적 재생에너지 부문은 열 4.1%, 수력 3.9%, 풍력과 태양광발전 등 1.3%, 바이오연료 0.8%으로 구성



# 재생에너지 용량 및 바이오연료 생산 연평균 성장률, 2009~2014

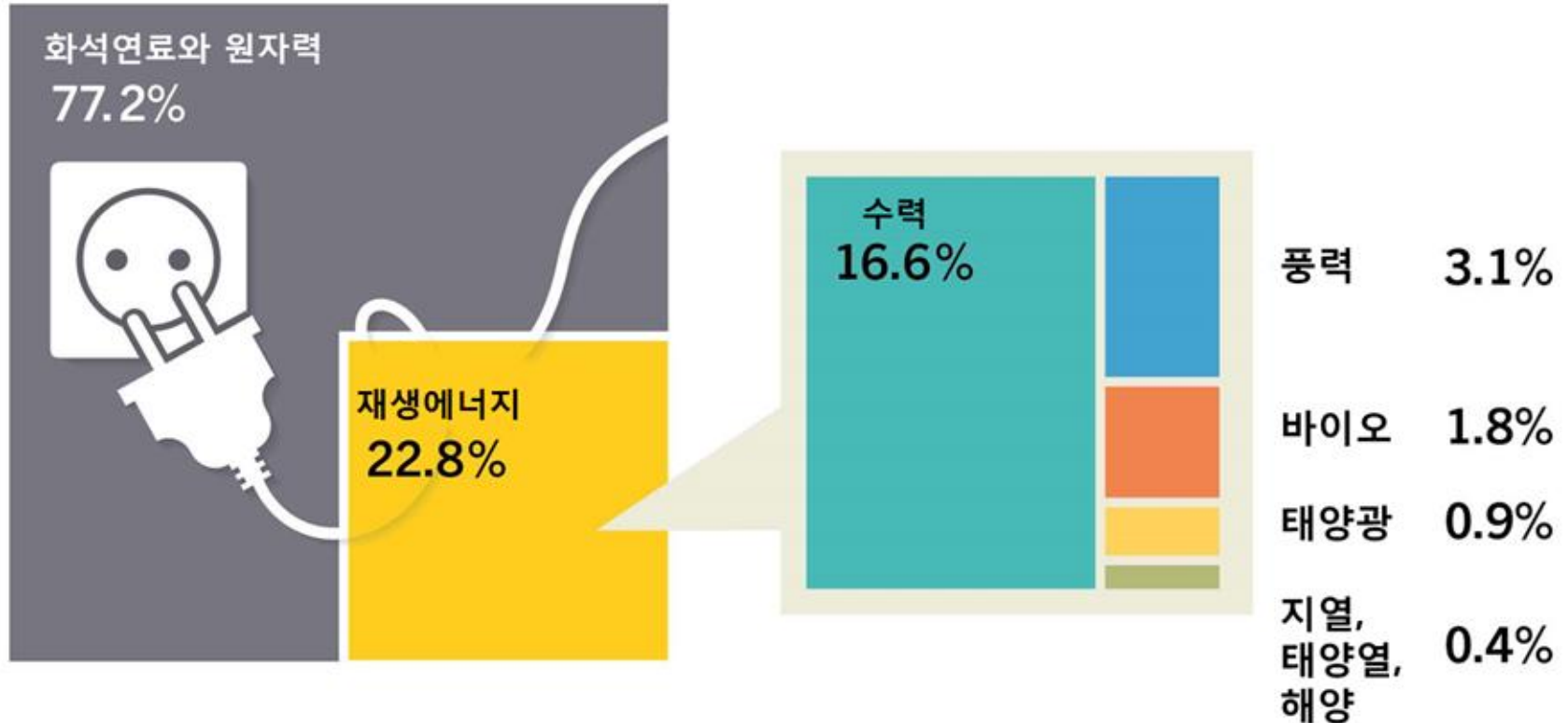
- 최근 5년간 가장 성장이 빠른 분야는 태양광으로 설비용량이 연평균 50% 증가했고 풍력은 연평균 18%로 상대적으로 증가세가 둔화됨
- 태양열 발전(연평균 46%), 태양열 난방(17%) 등 태양에너지 분야의 성장세가 두드러짐



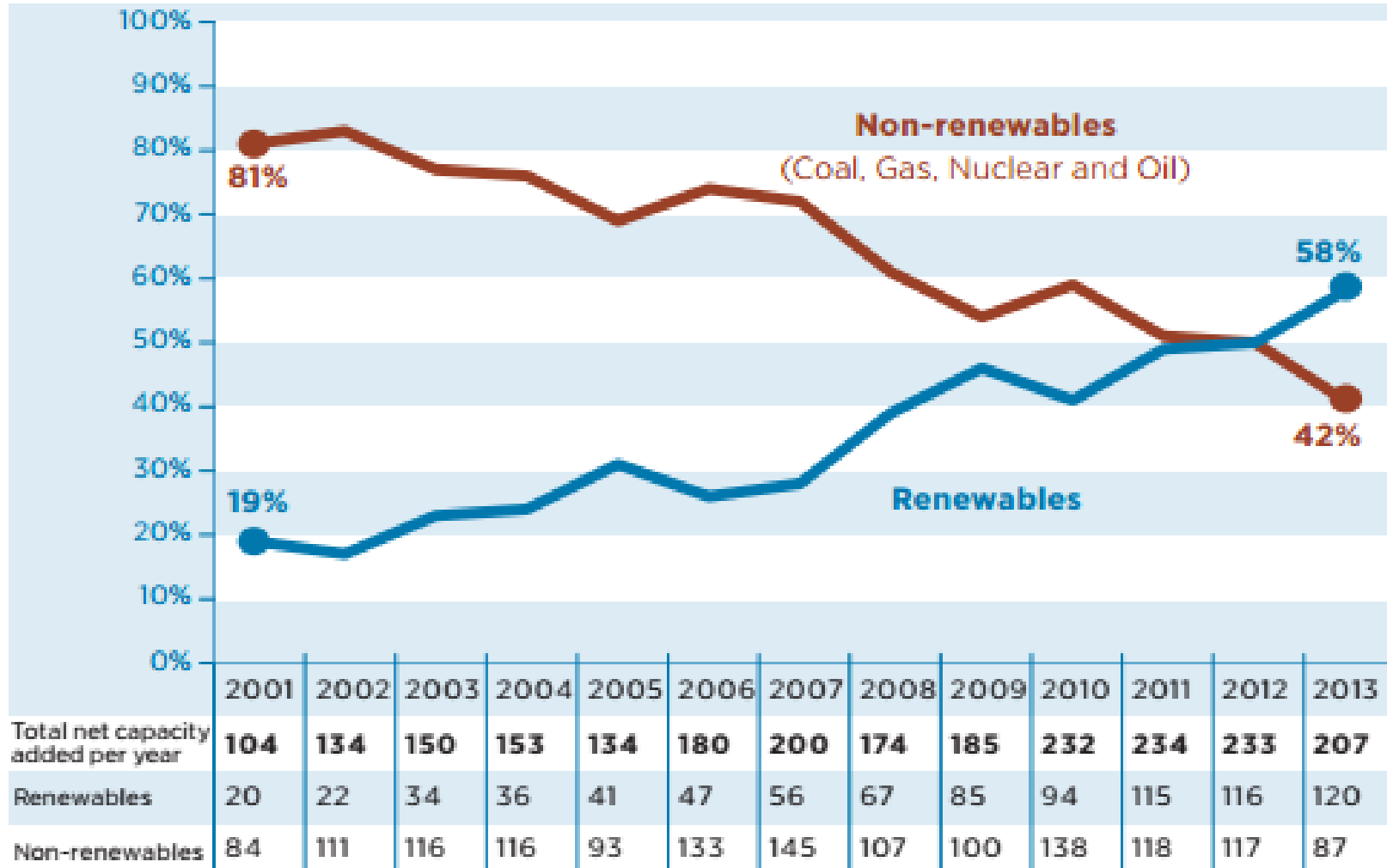


# 세계 전력생산 중 재생에너지 비중, 2014년 말

- 전력생산에서 재생에너지가 차지하는 비중은 22.8% 증가함
- 세부적으로 보면 수력이 16.6%로 비중이 가장 크고 풍력이 3.1%, 바이오발전이 1.8%, 태양광이 0.9%를 차지함

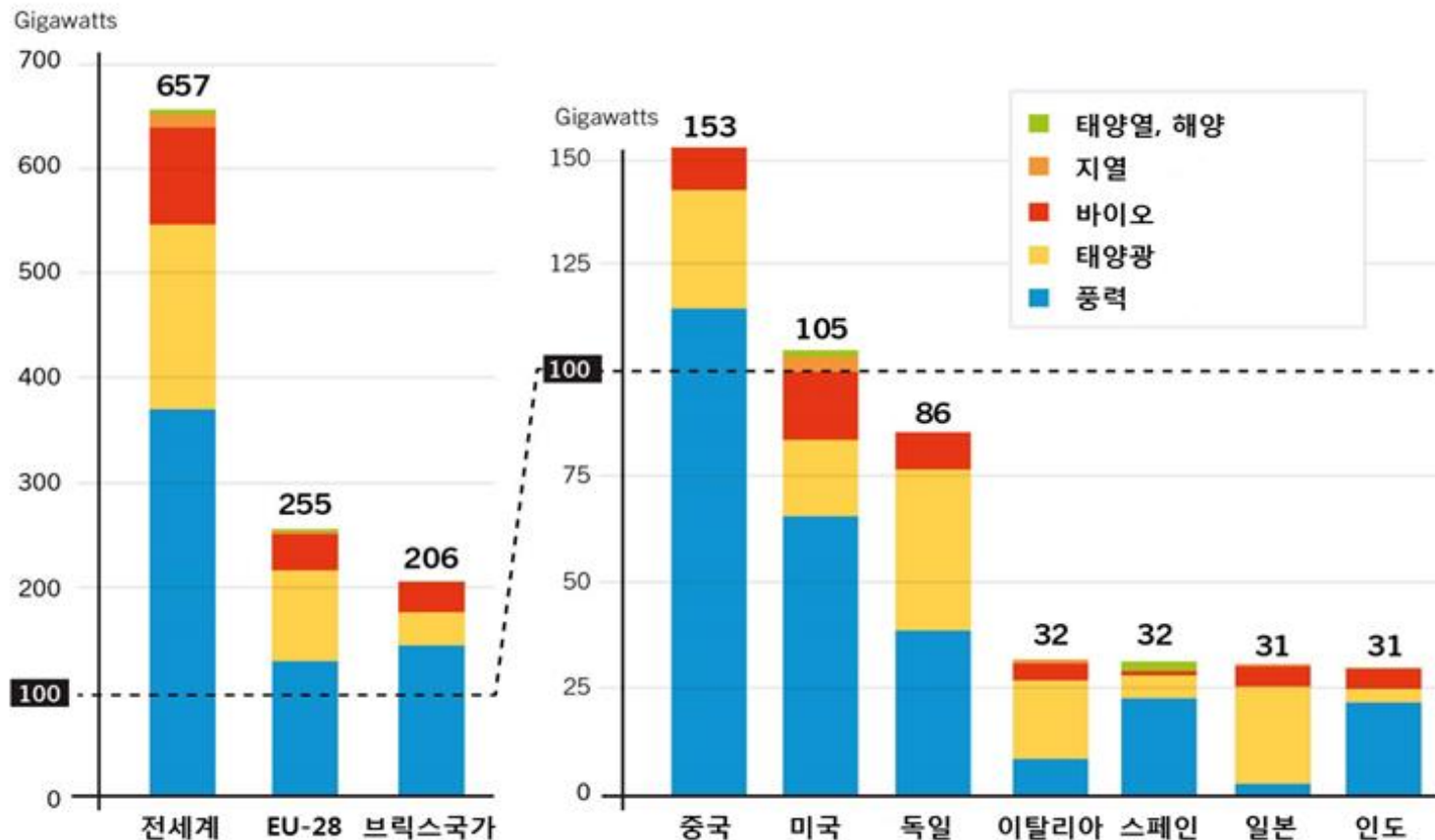


# 원별 신규발전설비 증가(2001-2013)



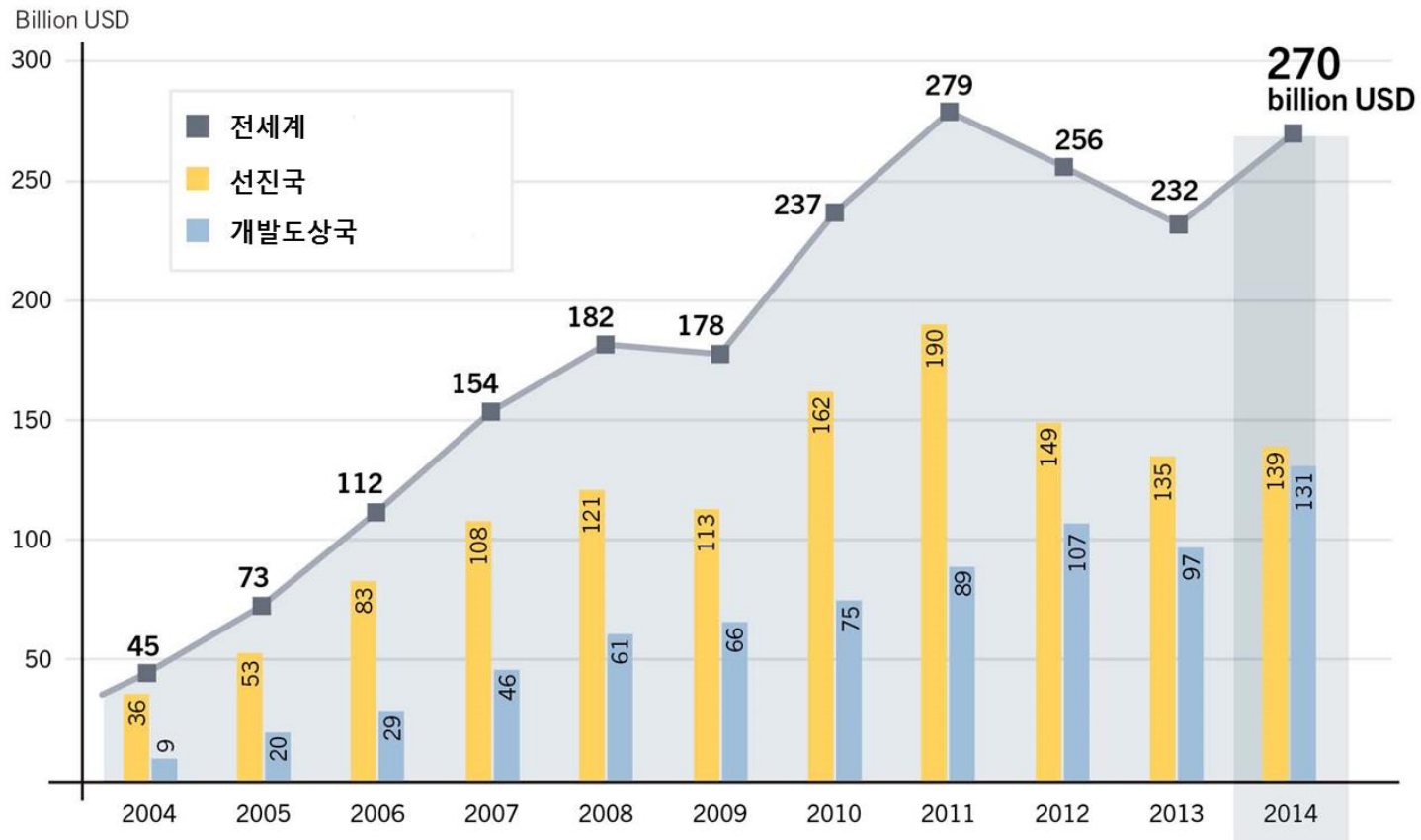
# 세계 재생에너지 발전설비 용량, 2014

- 수력을 제외한 재생에너지 발전설비 용량은 657GW에 달함
- 풍력, 태양광, 바이오발전 순으로 설비 비중이 큼
- 국가별로는 중국, 미국, 독일 세나라가 재생에너지 발전을 주도하고 있음



# 재생에너지 발전과 연료 분야 투자 흐름, 2004~2014

- 재생에너지 발전(대수력 제외)과 바이오 연료로 국한하면 시장 조정 국면을 거쳐 2014년 세계 투자는 2,700억 달러로 회복되었음
- 선진국이 투자를 주도해오다가 최근 중국, 인도 등 개도국 시장이 확대됨

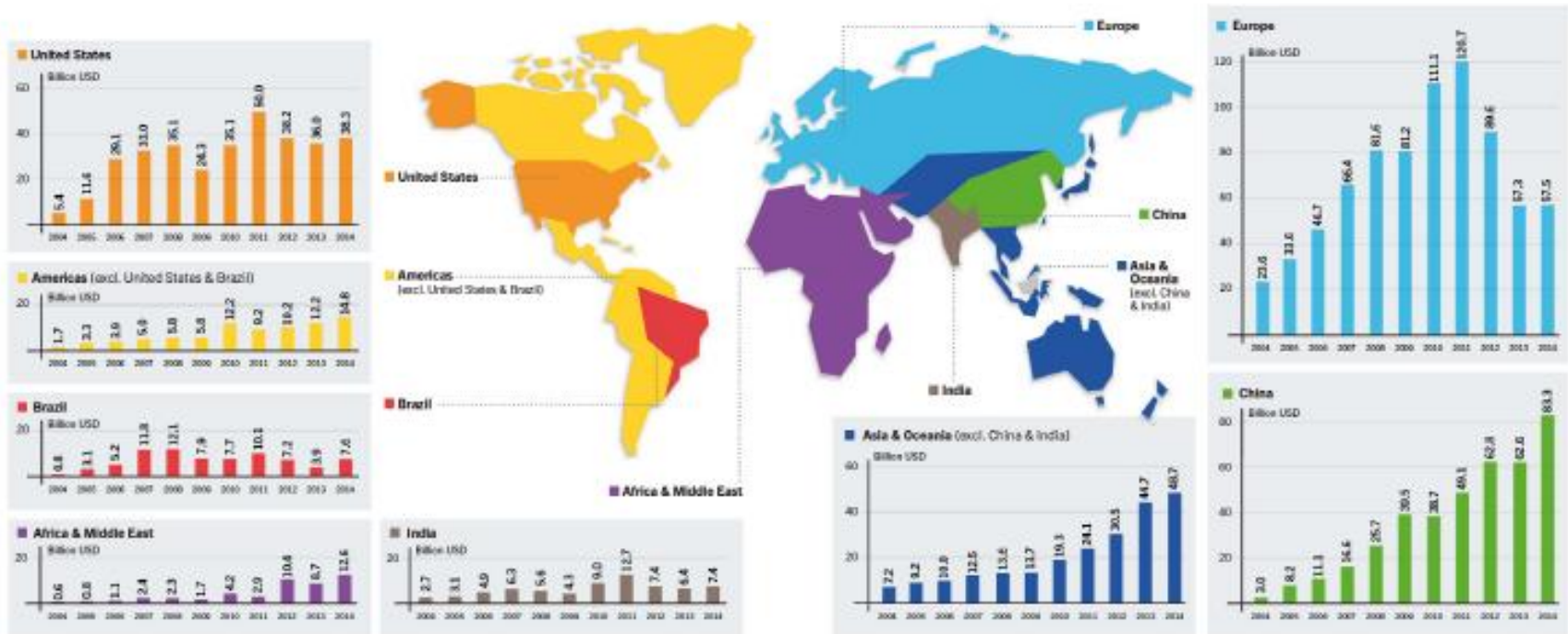


REN21, Renewables 2015 Global Status Report, 2015

원 출처 : Frankfurt School-UNEP and BNEF

# 지역별 세계 재생에너지 투자, 2004~2013

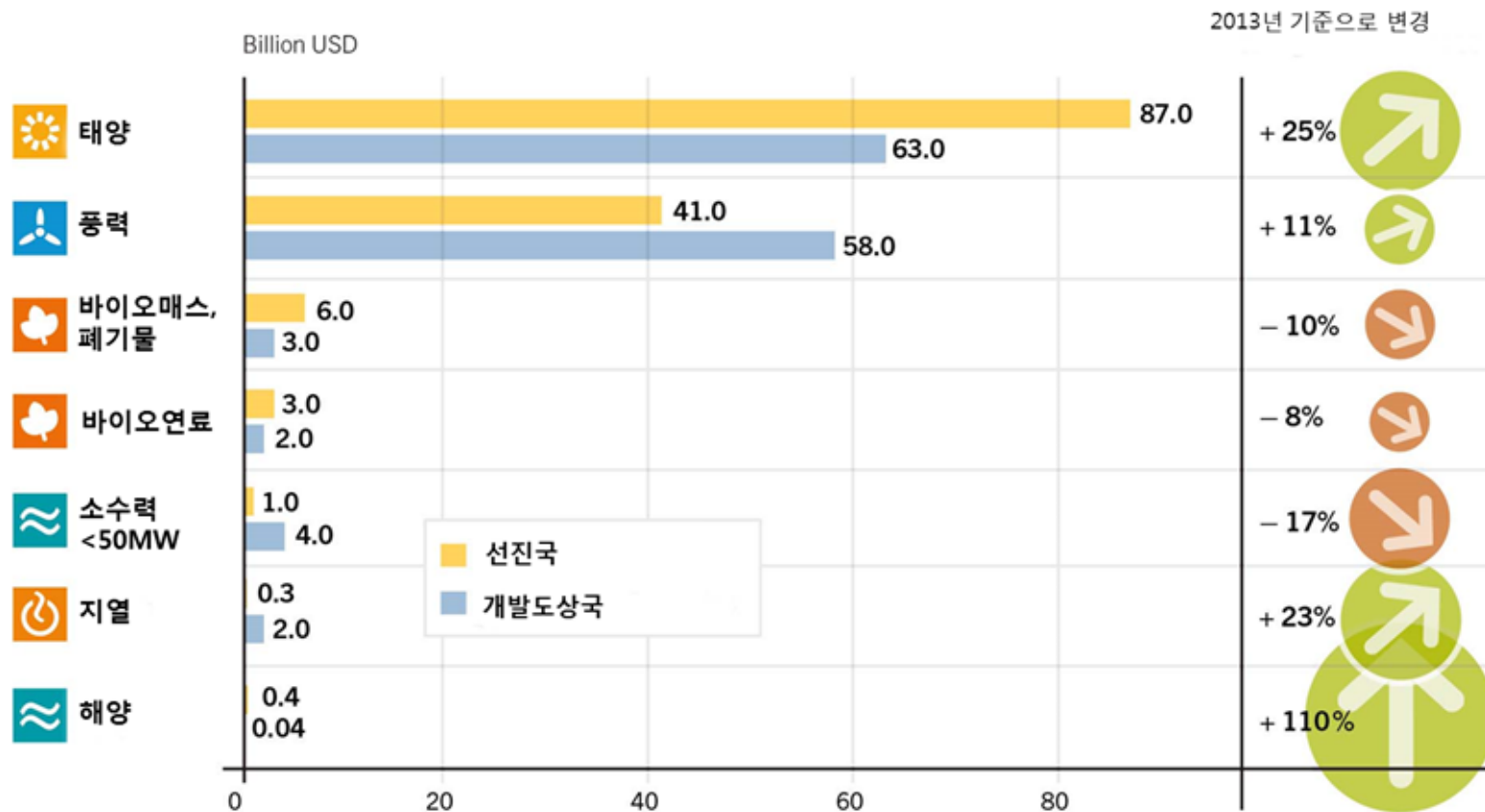
- 세계 재생에너지 투자는 유럽이 주도해 오다가 중국과 아시아가 주도하는 식으로 바뀌고 있음



Data include government and corporate R&D.










# 세계 재생에너지 신규 투자 동향, 2014

- 태양광과 풍력이 투자 증가세를 주도하고 있음
- 태양광과 풍력이 전체 투자의 80% 이상을 차지하고 개도국의 투자 비중이 증가하고 있음



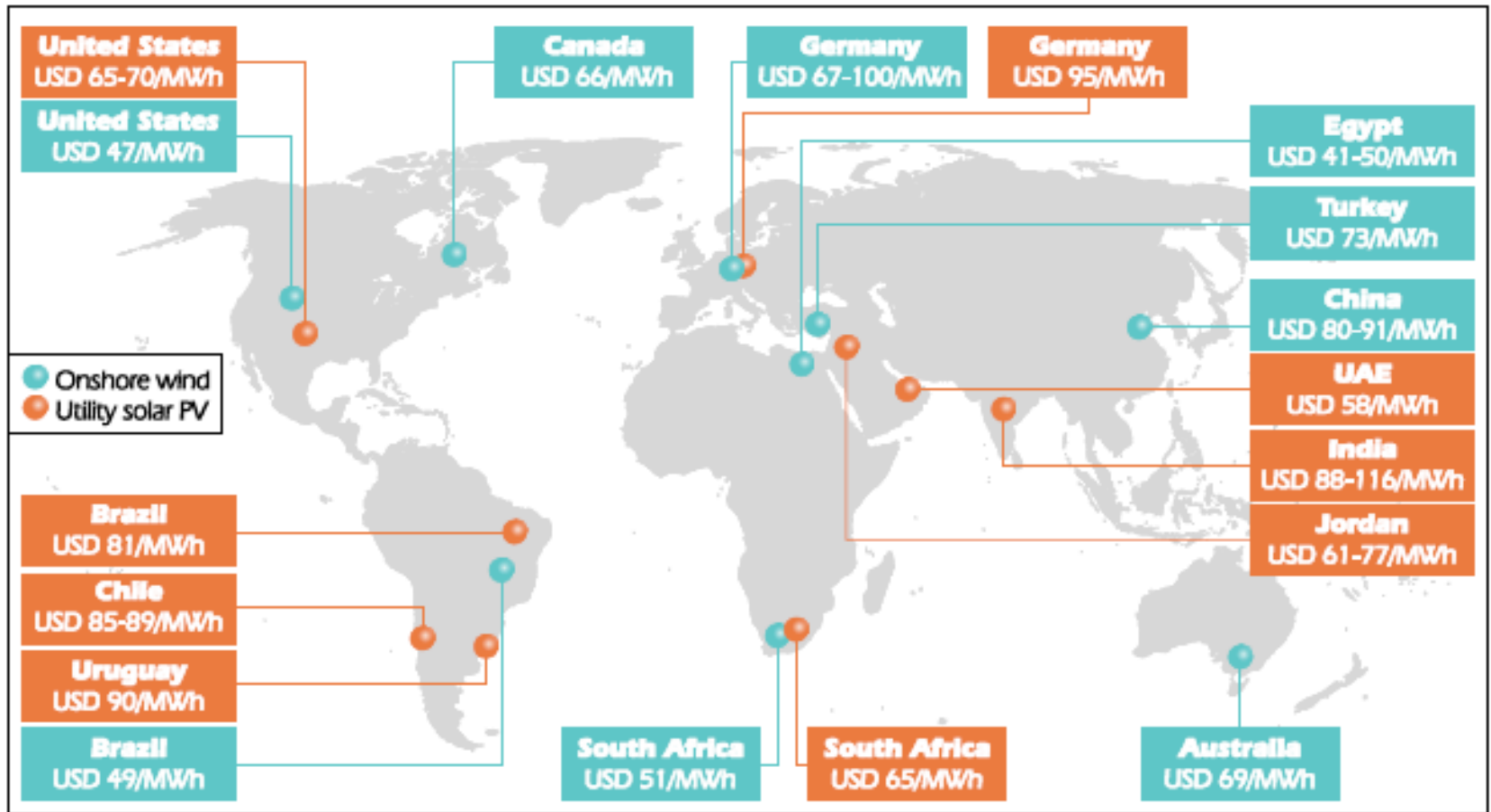
# 재생에너지분야 일자리 현황 (2014년)

## ESTIMATED DIRECT AND INDIRECT JOBS IN RENEWABLE ENERGY WORLDWIDE, BY INDUSTRY

	World	China	Brazil	United States	India	Japan	Bangladesh	European Union <sup>i</sup>		
								Germany	France	Rest of EU
THOUSAND JOBS										
 Biomass <sup>a,b</sup>	822	241		152 <sup>f</sup>	58			52	53	238
 Biofuels	1,788	71	845 <sup>d</sup>	282 <sup>g</sup>	35	3		26	30	42
 Biogas	381	209			85		9	49	3	14
 Geothermal <sup>h</sup>	154			35		2		17	33	54
 Hydropower (Small) <sup>e</sup>	209	126	12	8	12		5	13	4	24
 Solar PV	2,495	1,641			125	210	115	56	26	82
 CSP	22			174 <sup>h</sup>				1		14
 Solar heating / cooling	764	600	41 <sup>g</sup>		75			11	7	19
 Wind power	1,027	502	36	73	48	3	0.1	138	20	162
<b>Total</b>	<b>7,674<sup>i</sup></b>	<b>3,390</b>	<b>934</b>	<b>724</b>	<b>437</b>	<b>218</b>	<b>129</b>	<b>371<sup>h</sup></b>	<b>176</b>	<b>653</b>

# 주요 재생에너지 발전에 대한 장기 구매 가격

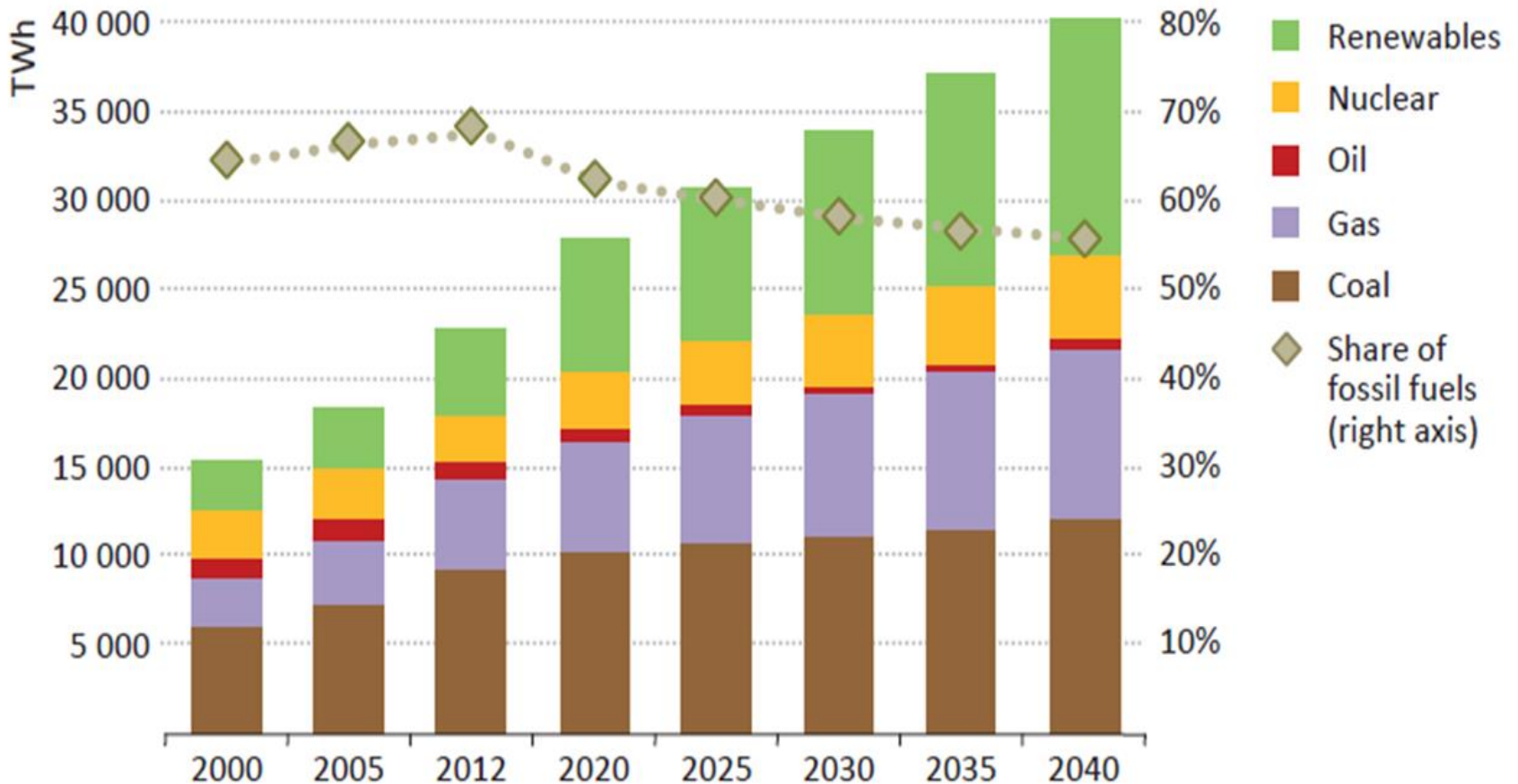
- 최근 풍력과 대형 태양광 사업의 경우 킬로와트시(kWh) 당 10센트(USD) 이하로 가격이 설정됨





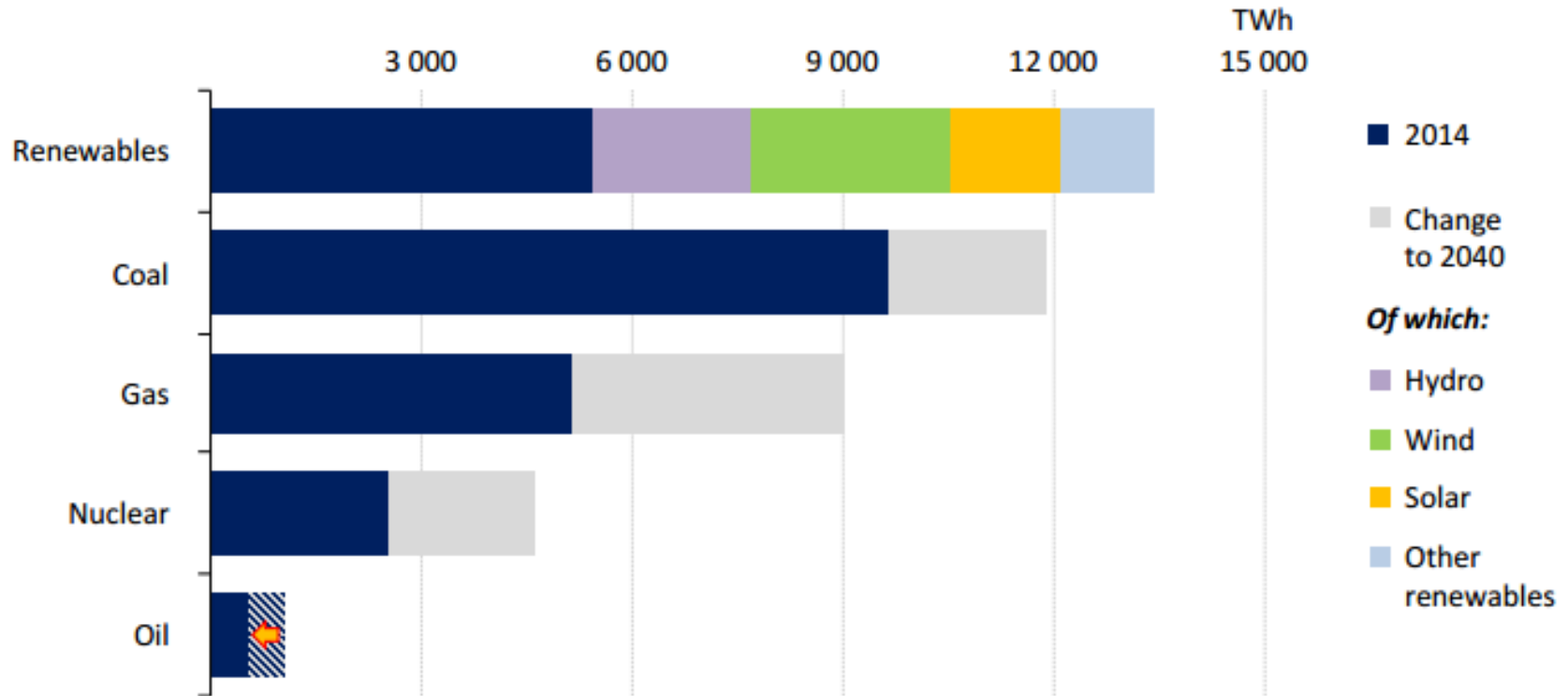
### 3. 전력수요 증가와 재생에너지 <New Policies 시나리오>

- 전세계 전력수요 2012년 22,721TWh에서 2035년 36,977TWh로 증가 예상
- 재생에너지 발전 비중은 2035년 32%로 증가



# 에너지원별 세계 전력생산 전망

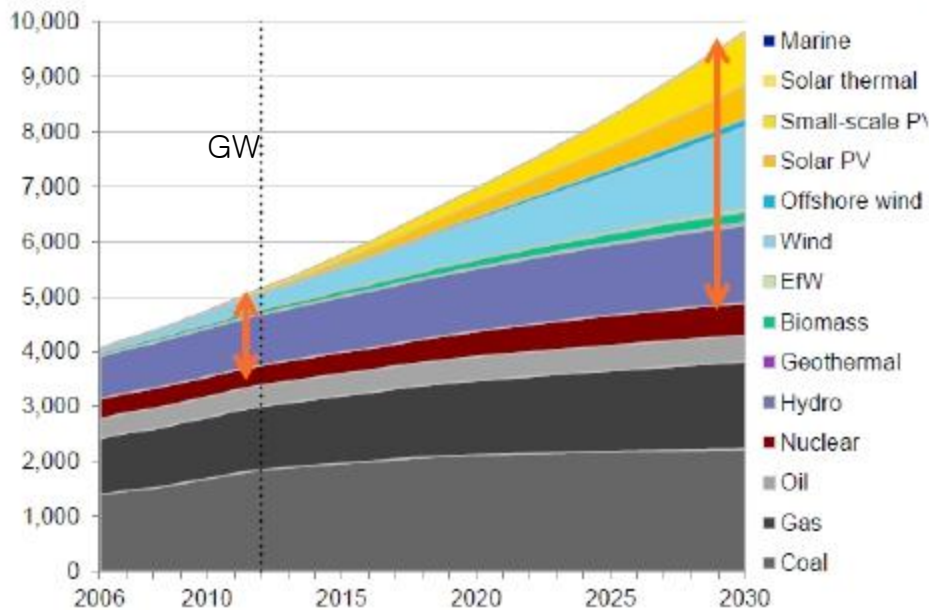
- 정책 지원이 지속되면서 재생에너지는 신규 발전량의 절반을 차지하고 2030년경에는 석탄을 추월하여 최대 전력원으로 될 것으로 전망됨



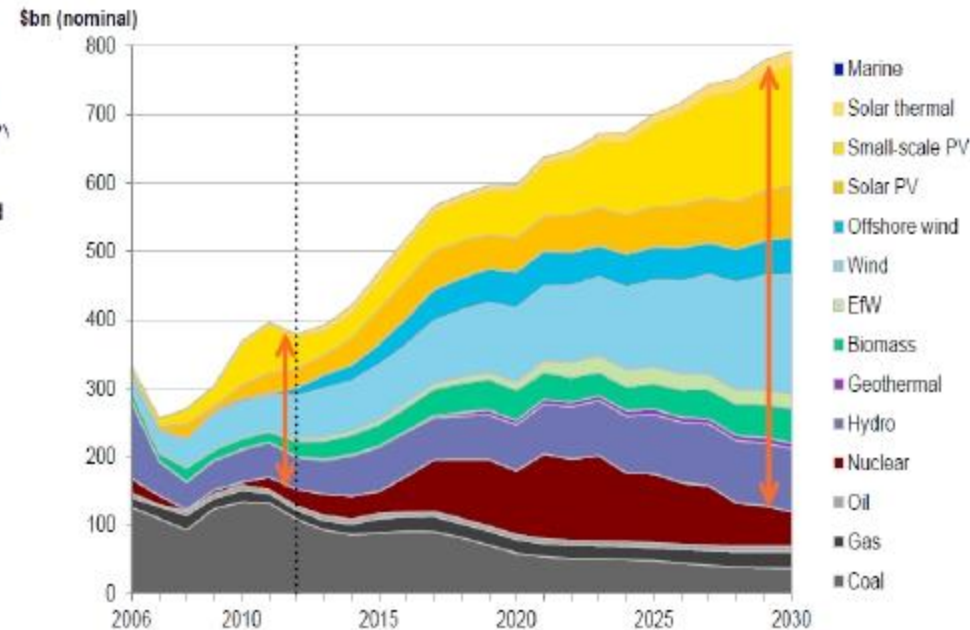
# 전력시장에서 재생에너지 증가 전망

- 2030년 재생에너지 발전설비는 전체 발전 설비의 50%를 차지할 것으로 전망
- 2030년 신규 발전설비 투자의 73%는 재생에너지 분야임. 풍력과 태양광이 각각 재생에너지 투자의 1/3을 차지할 것으로 전망됨

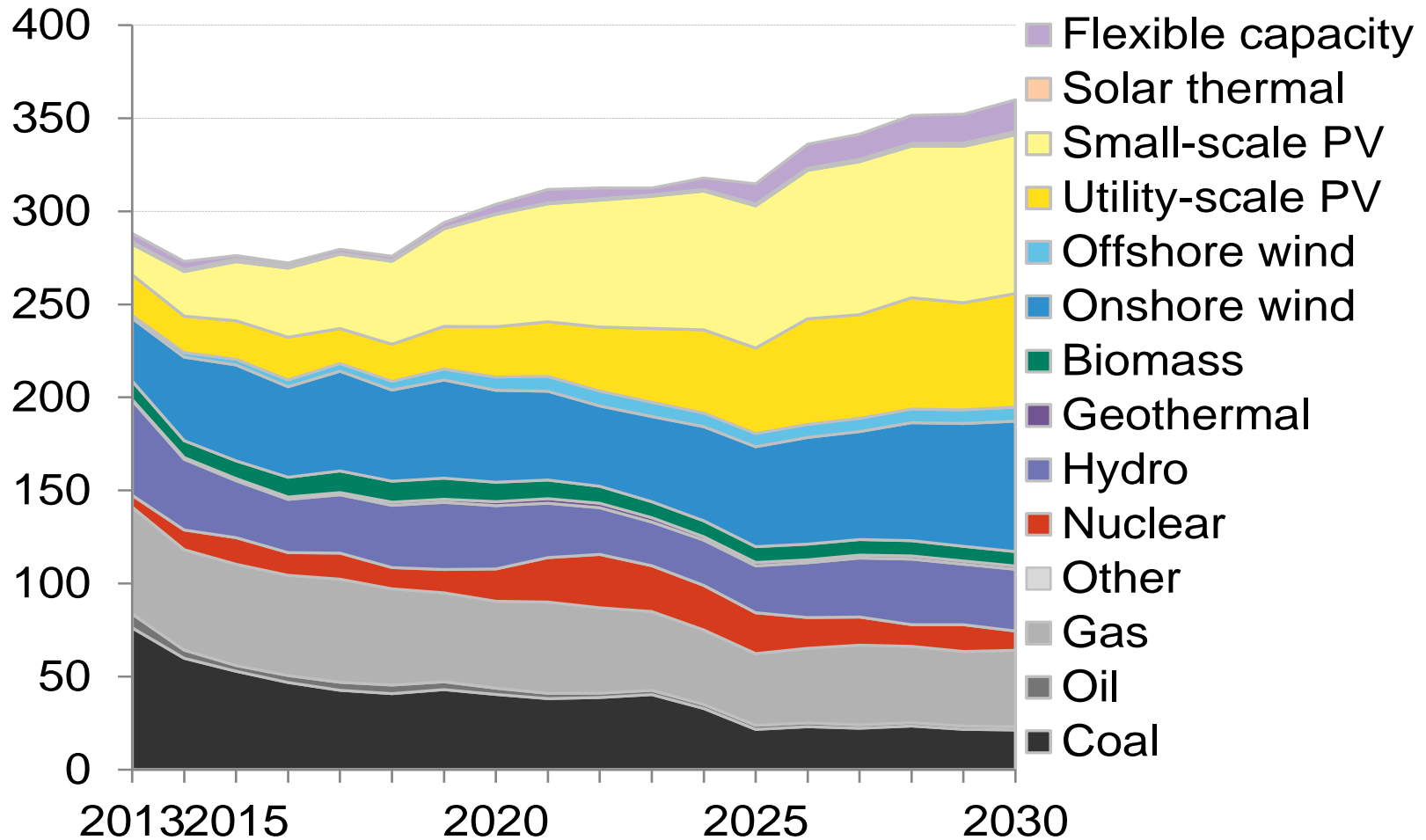
<세계 누적 발전설비 전망>



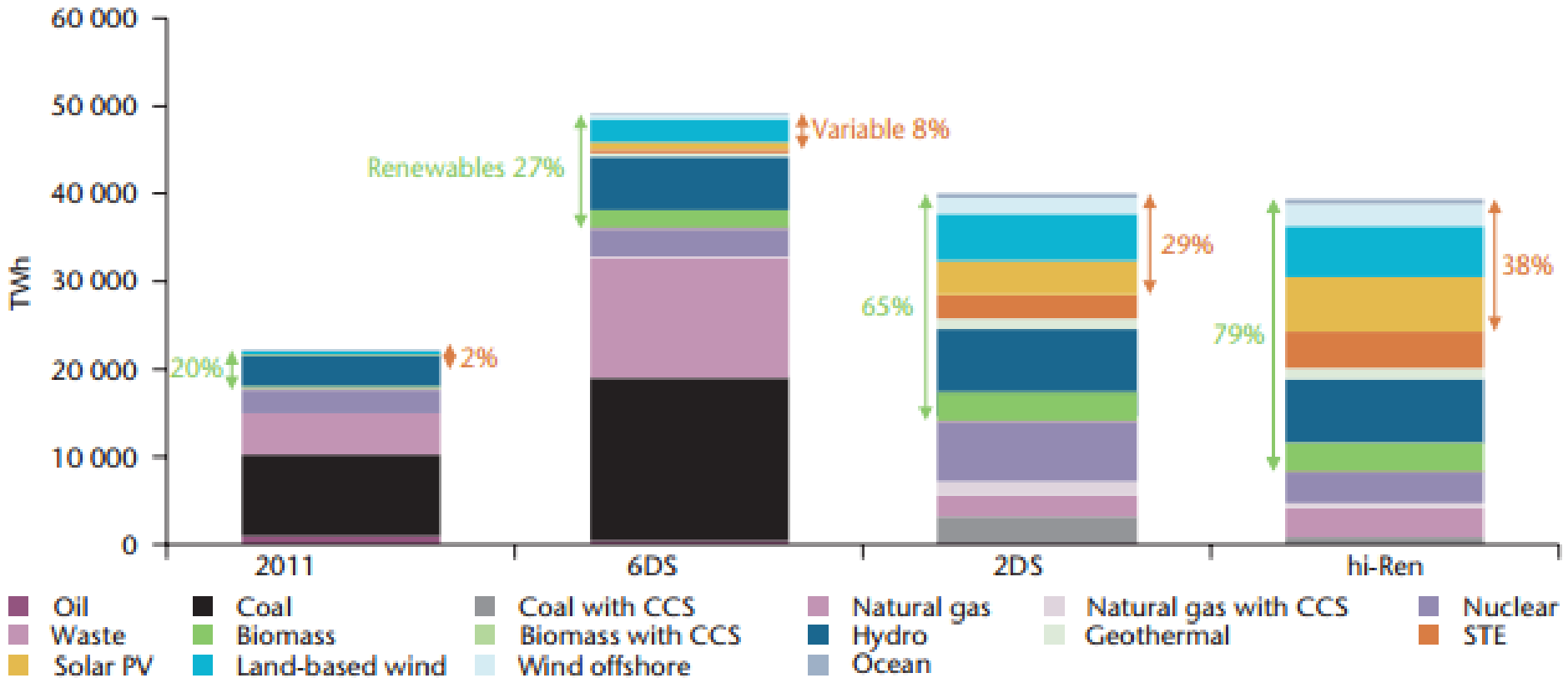
<세계 발전설비 신규 투자 전망>



# 세계 신규발전설비 증가 전망



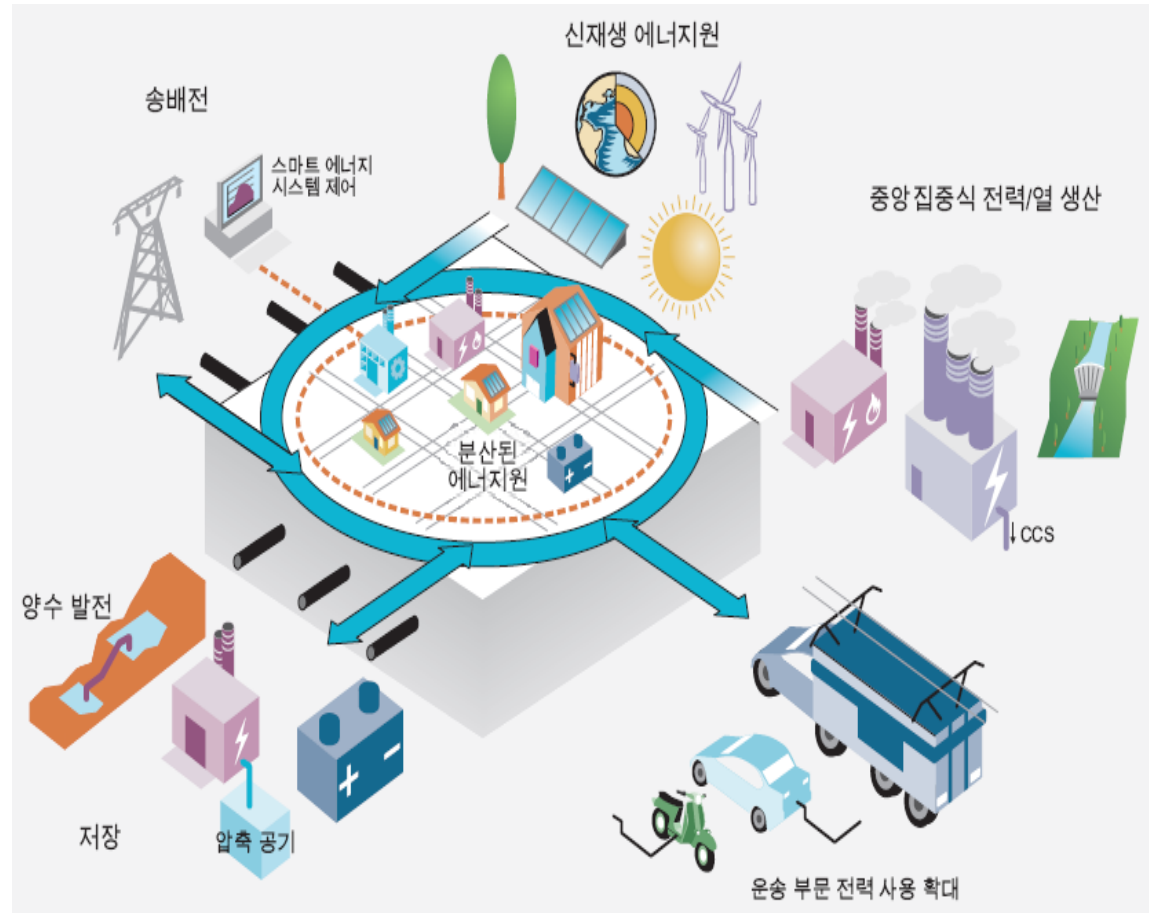
# IEA, 발전부문 탈탄소화(2DS)



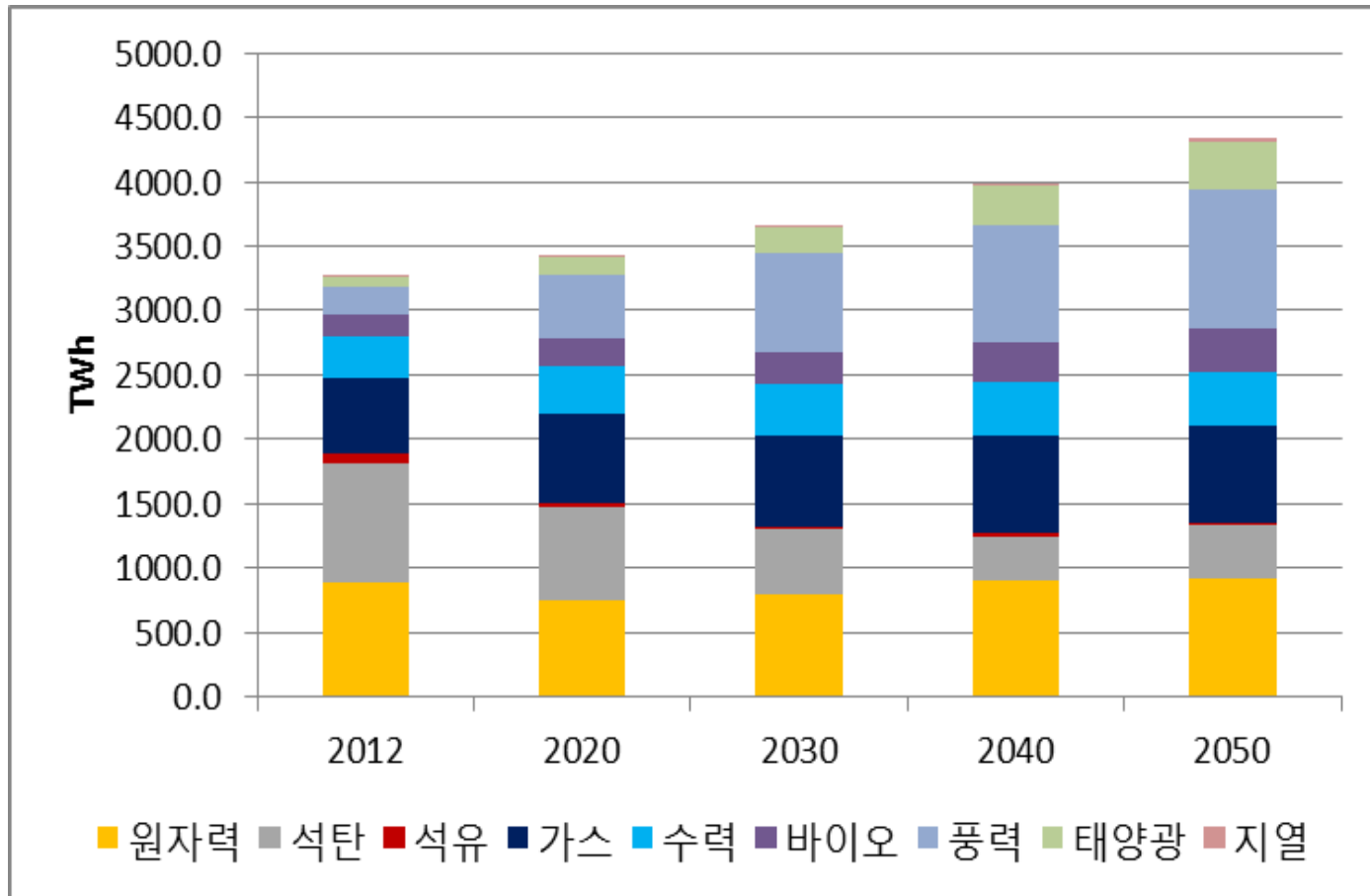
- 2DS 시나리오 : CO<sub>2</sub> 배출량 2050년까지 2011년 대비 50% 이상 감축
- CO<sub>2</sub> 누적 감축량의 절반을 재생에너지가 기여(풍력 18%, 태양광 13%, CCS14%)
- 발전설비 연평균 추가량 PV 92GW, 육상풍력 80GW, 해상풍력 16GW, CSP 18GW

# 재생에너지 확대에 따른 지능형 전력시스템 필요

- 변동하는 재생에너지 비중 증가에 따라 에너지저장, 에너지변환, 스마트에너지관리 등이 통합된 스마트 전력시스템이 요구됨
- 재생에너지 이용의 효율성과 안정성 제고를 위해 에너지저장장치, 빌딩 및 주택에너지관리시스템, 전기자동차(V2G), 스마트그리드 등 재생에너지와 에너지신산업의 연계를 통한 새로운 비즈니스 모델 필요
- 에너지자립섬 등 신·재생에너지에 기반한 분산형 에너지공급시스템 비즈니스 모델 개발



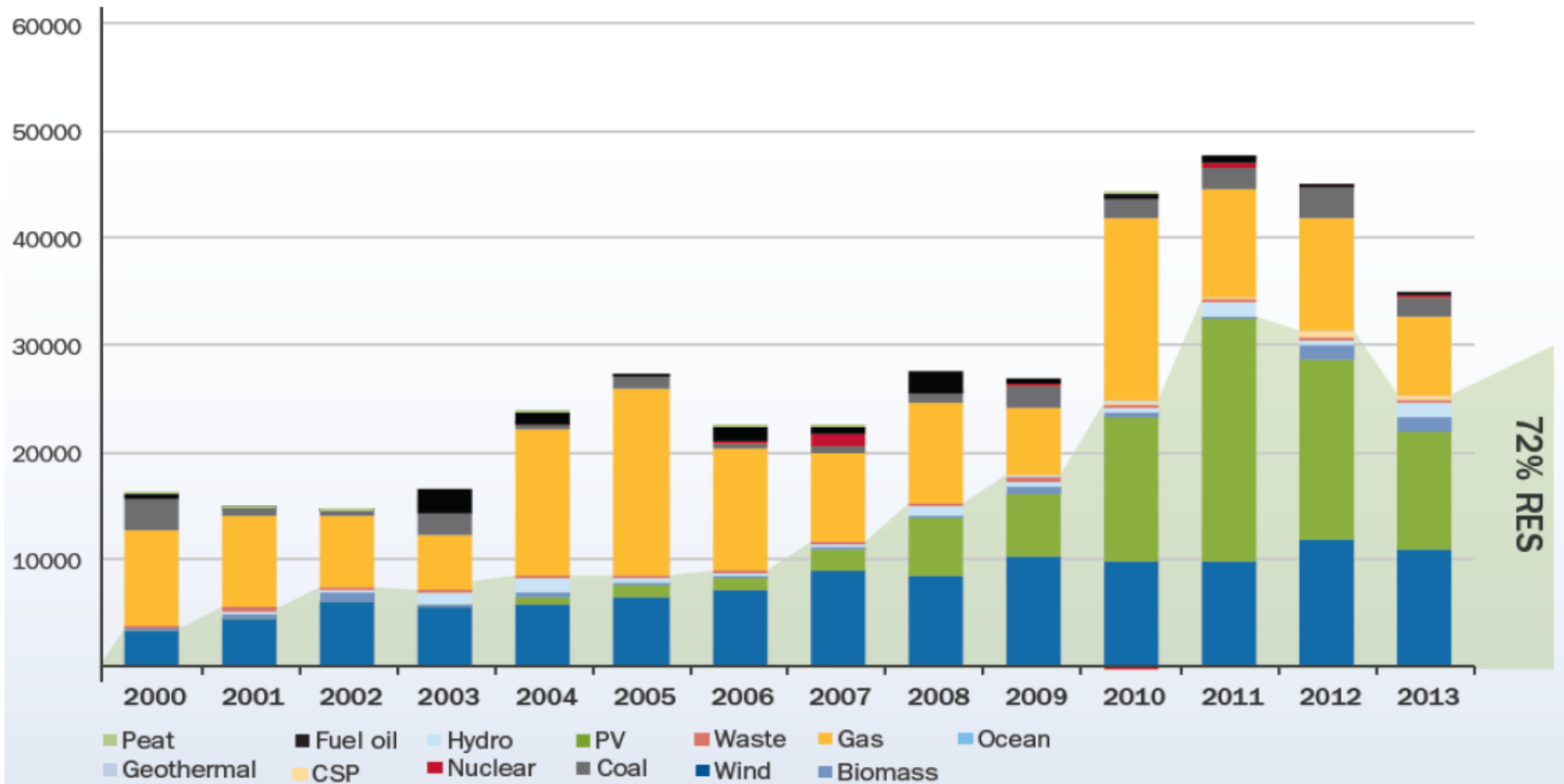
# 유럽연합의 전력공급 전망



- 주로 기준가격구매제(FIT)를 통해 재생에너지 발전 확대
- 2030년, 발전량 2012년 대비 약 10% 증가
- 재생에너지발전 비중 20% 증가('12년 24%→'30년 44%)

# 유럽에서 매년 신규 발전설비 용량 증가

- 2013년 신규 발전설비의 72%가 재생에너지 발전설비임
- 2013년 신규 재생에너지 설비용량의 절반 이상을 태양광이 차지함



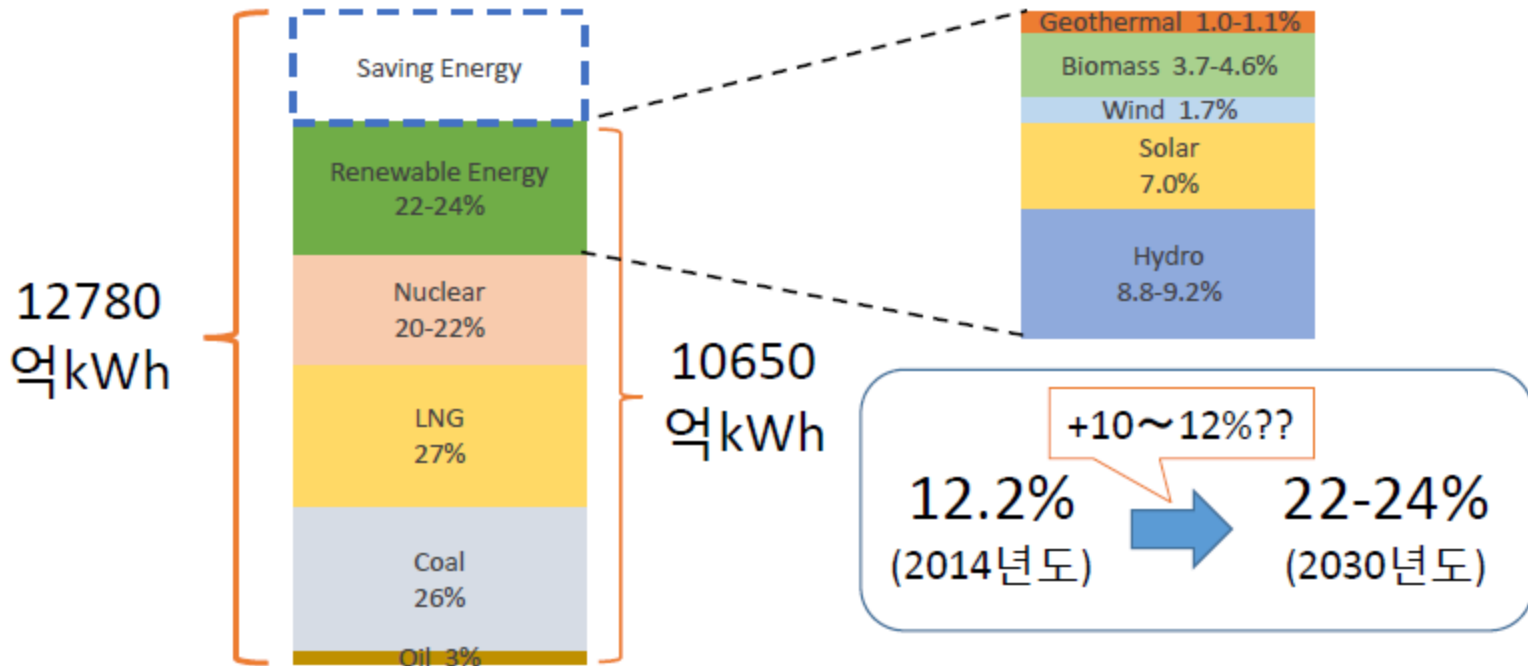


# 일본의 2030년 전력믹스 계획

2030년의 에너지 믹스의 모습

총발전전력량

(재생에너지비율)



Source : Created by JREF based on METI/ANRE materials

# ※ 중국의 재생에너지 발전부문 단기 목표

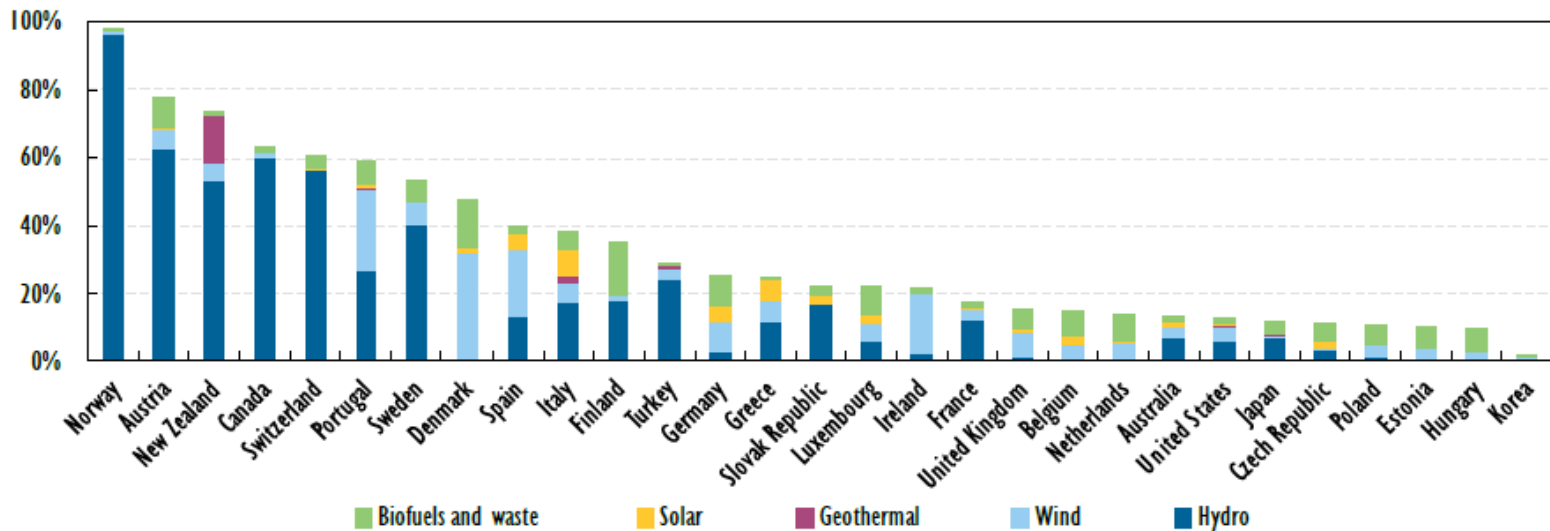
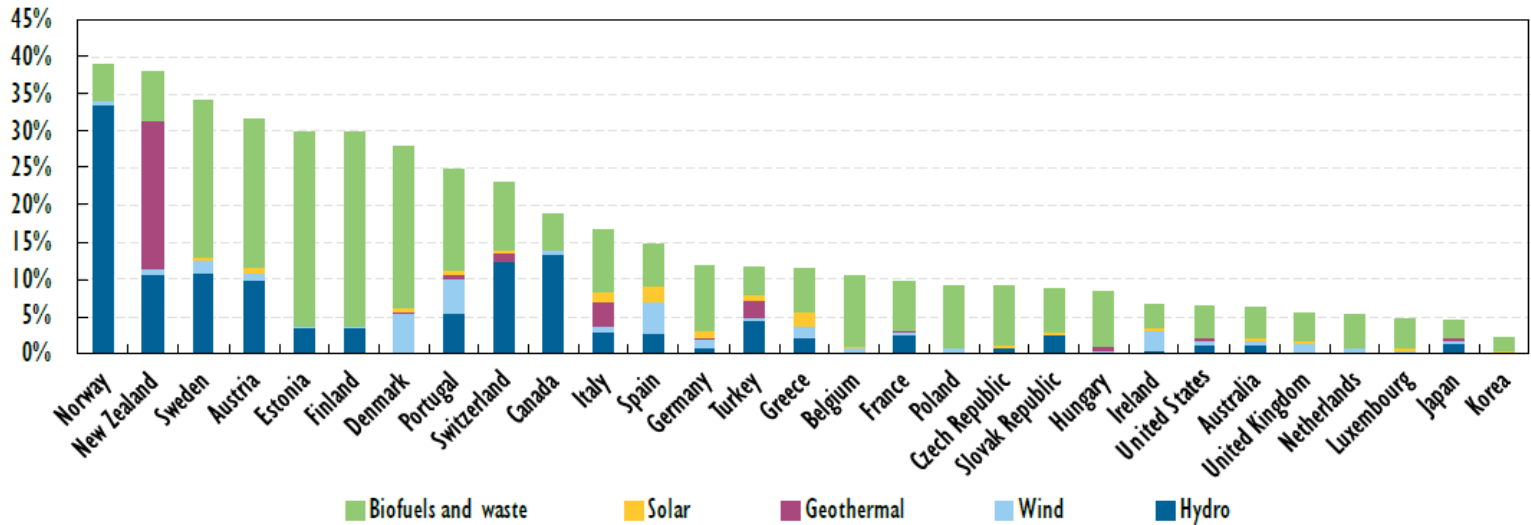
발전부문	현황	목표	
	2012년	2015년	2020년
바이오매스 발전	8GW	13GW	30GW
수력	249GW	260GW	350GW
양수	20GW	30GW	70GW
태양광	5.4GW	50GW	100GW
태양열발전(CSP)	0.014GW	1GW	3GW
풍력(계통연계)		100GW(육상) 5GW(해상)	200GW(육상) 30GW(해상)

# 주요국의 재생에너지 발전량 비중 목표

국가	목표년도	재생에너지 발전량 비중
독일	2020	40~45%
스페인	2020	40%
포르투갈	2020	60%
영국	2020	30%
프랑스	2030	40%
유럽연합	2030	45%
캘리포니아, 미국	2030	50%
뉴욕, 미국	2030	50%
일본	2030	22~24%
한국	2035	13.4%(신에너지 포함)

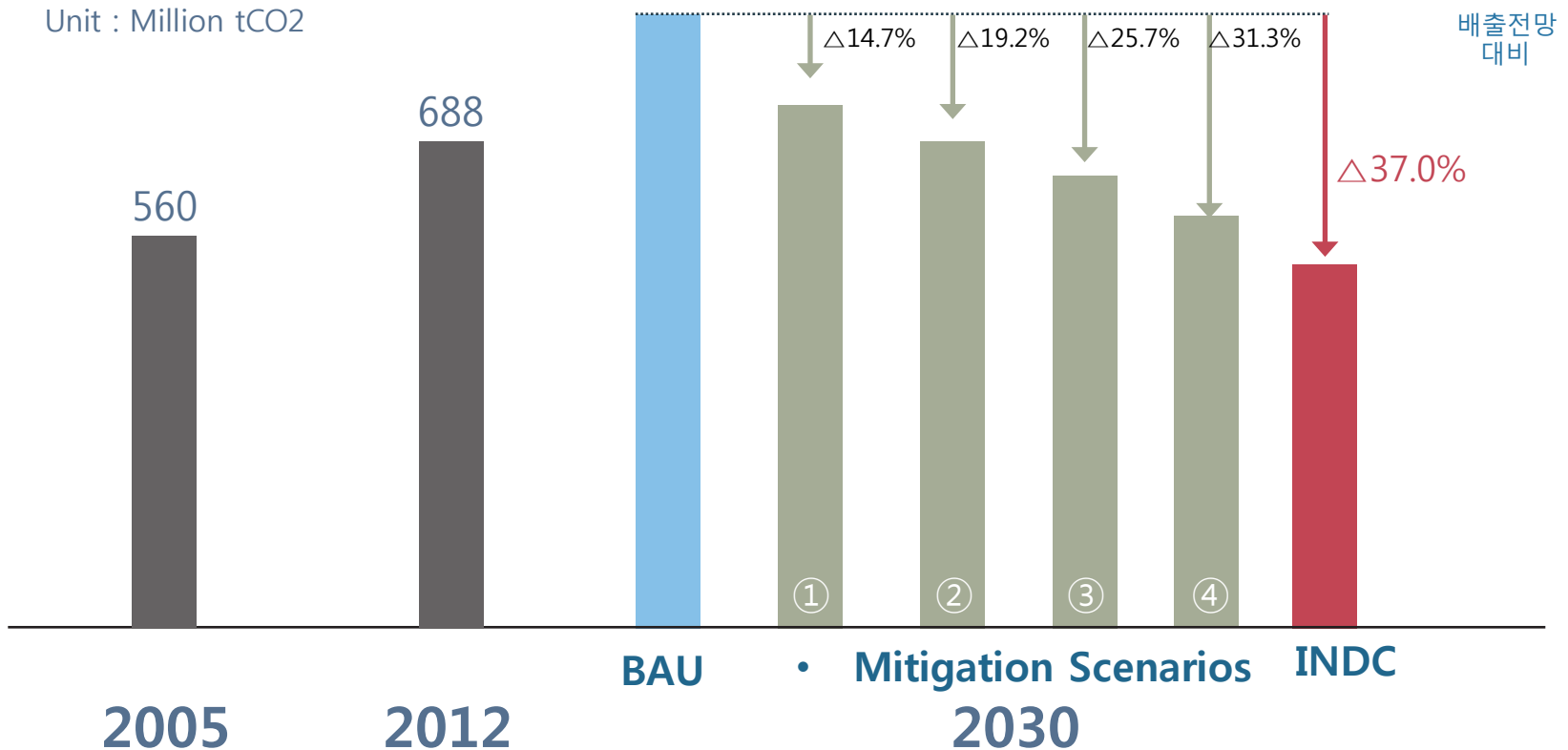
# 4. 한국에서 발전부문 온실가스 감축 모색과 재생에너지

- OECD 회원국의 재생에너지 보급 현황 (IEA, 2014)
- 위, 1차에너지 중 재생에너지 비중. 아래, 전력생산량 중 재생에너지 비중

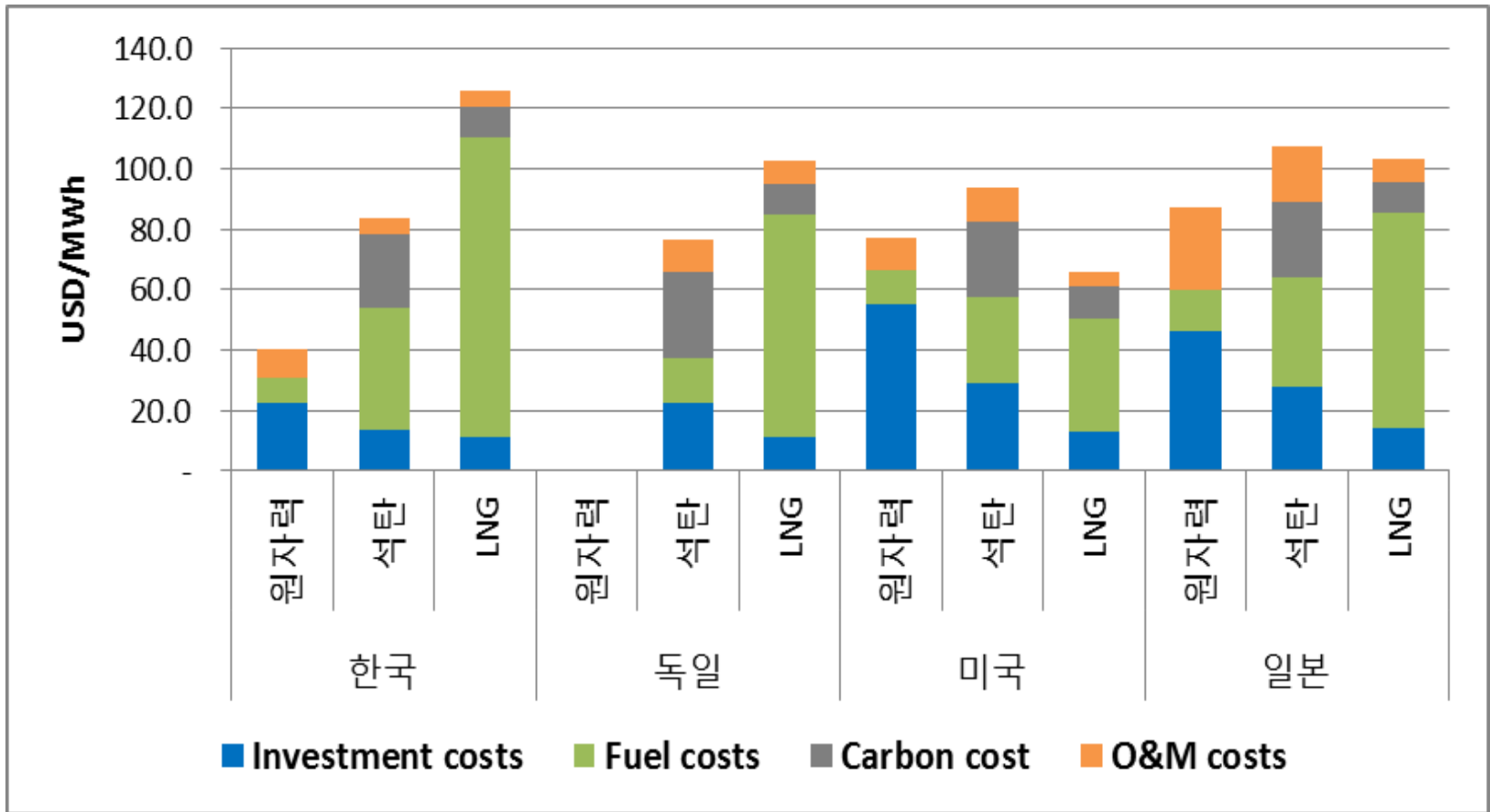


# 한국의 INDC와 온실가스 감축 시나리오

- 2030년까지 배출전망치(BAU)(851,000,000 tCO<sub>2</sub>) 37%를 감축하는 국가 감축 목표를 설정함



# 원자력, 석탄, LNG 발전 비용 비교



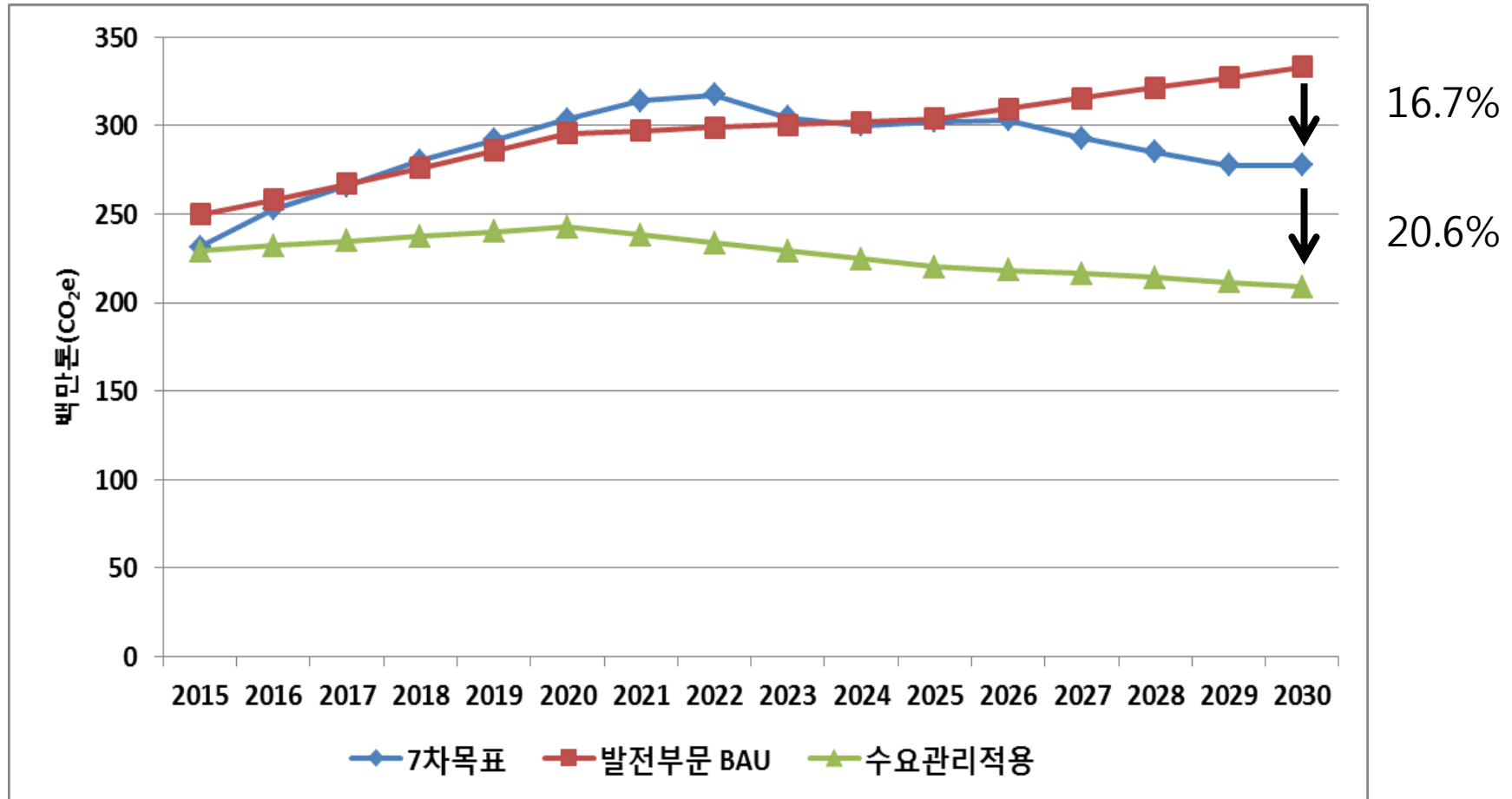
\*할인률 7% 기준, \*\*독일(갈탄)

IEA, Projected Costs of Generating Electricity(2015)

- 한국은 원자력, 석탄의 설비투자비가 다른 OECD국가에 비해 월등히 낮음
- 화력발전의 연료비(석탄, LNG)는 한국이 다른 나라에 비해 비싼 편이나 운전유지비는 낮음
- 결과적으로 한국은 석탄발전에 비해 LNG 발전의 상대적 비용이 높음

# 국가 온실가스 배출량 BAU 및 7차 목표수요시 배출량

<발전부문 온실가스 배출량 및 감축 목표량 추정>



# 발전부문 온실가스 감축 시나리오(안) 구성

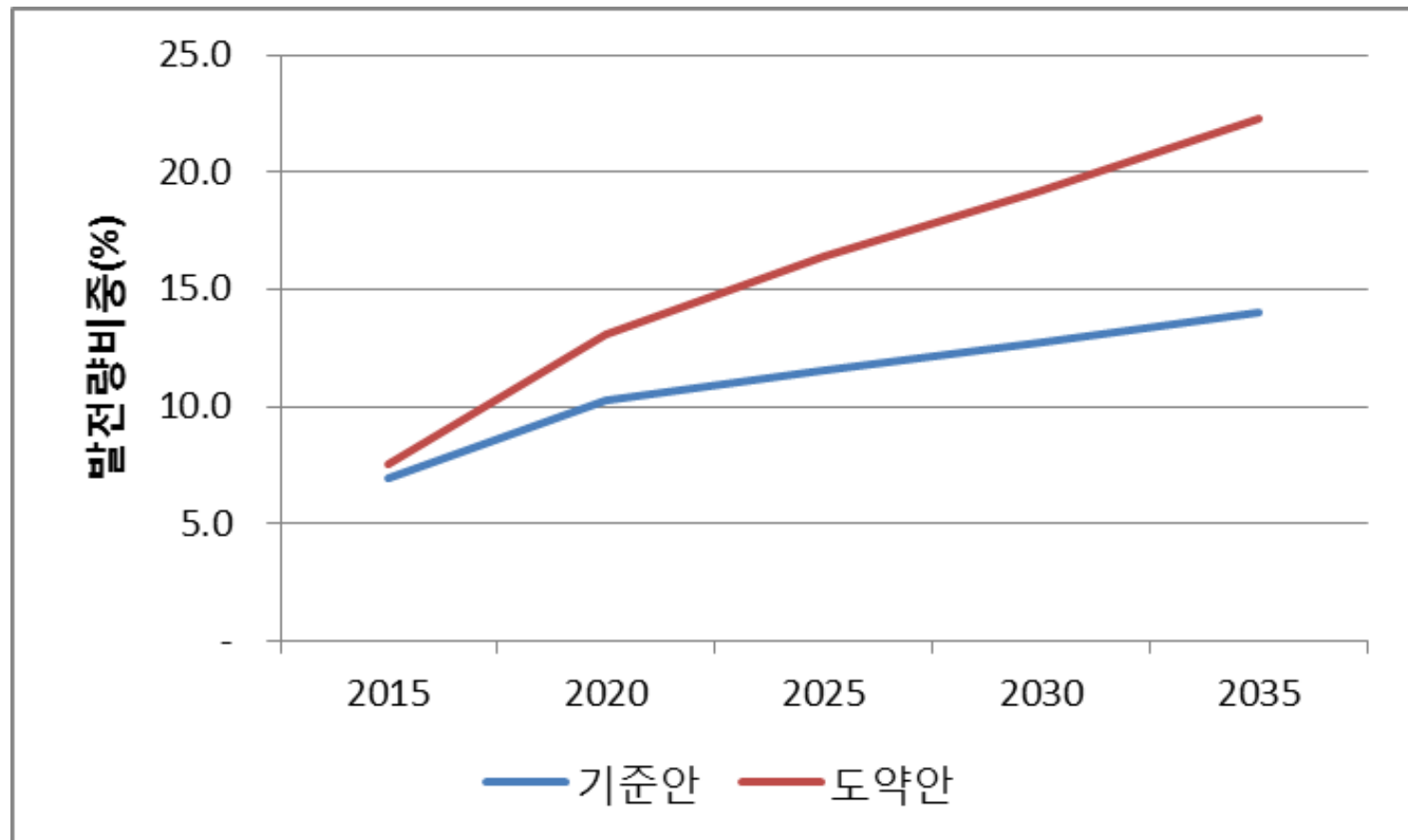
- 전제 : 현(2012) 발전설비의 연식구조 (설계수명 후 폐쇄, 단 제약을 둘 수 있음)
  - + 국가 온실가스 감축 목표 달성 - 37%
  - + 원전 추가 건설은 사회적 수용성의 제약으로 불가하다고 가정
  - + CCS는 기술성과 경제성의 제약으로 2030년까지 현실화가 어렵다고 가정

<b>G-S</b> (가스 시나리오)	
<b>RES-S</b> (재생에너지 시나리오)	<ul style="list-style-type: none"><li>• 7차 전력계획 목표수요달성</li><li>+ 재생에너지 비중 증가 (2030년 20%)</li><li>+ 석탄을 LNG로 대체 (2020년 이후 석탄설비의 신규 진입은 없음)</li><li>+ 원전 비중 정부 계획 이행</li></ul>
<b>DSM-S</b> (수요관리시나리오)	

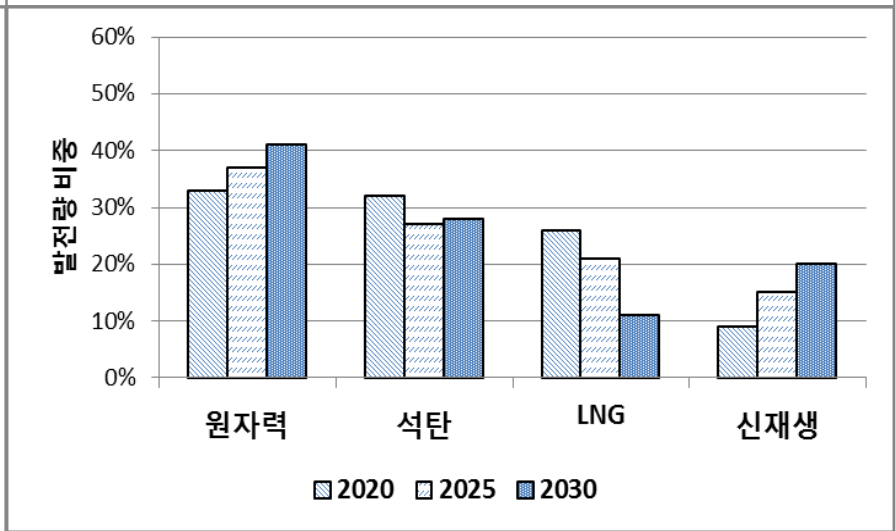
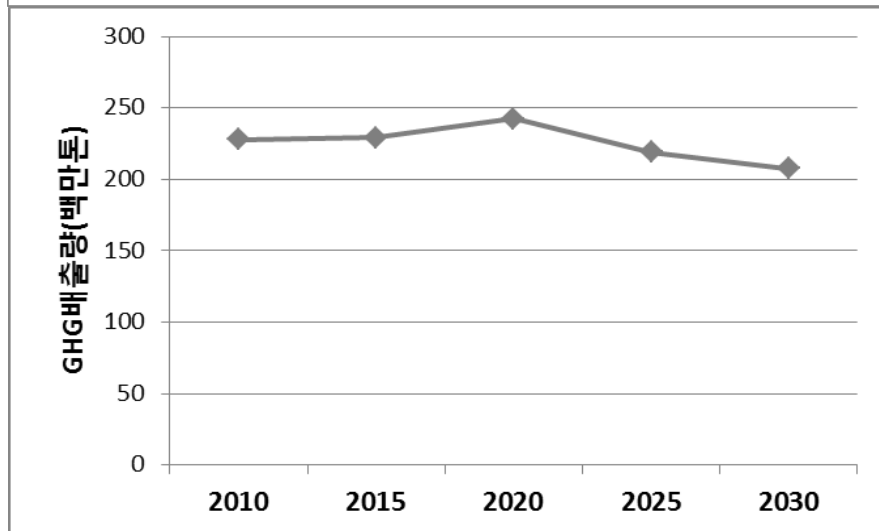
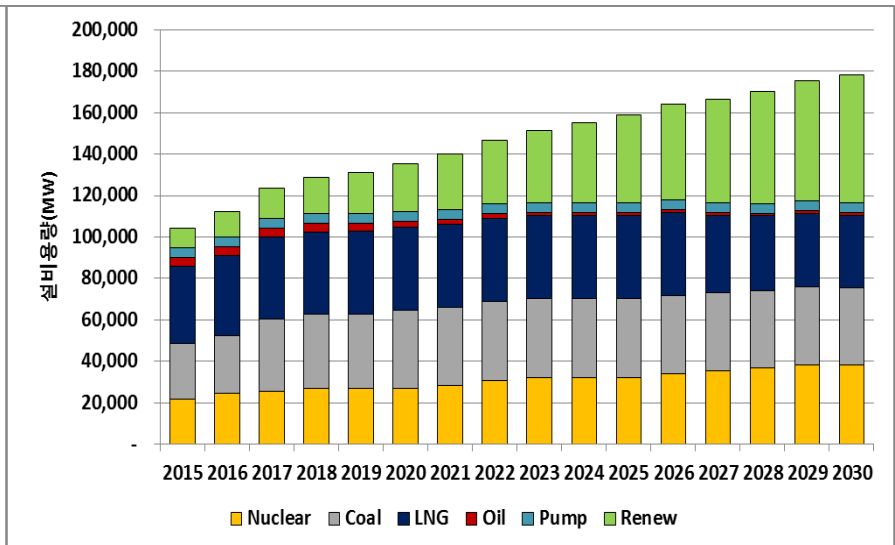
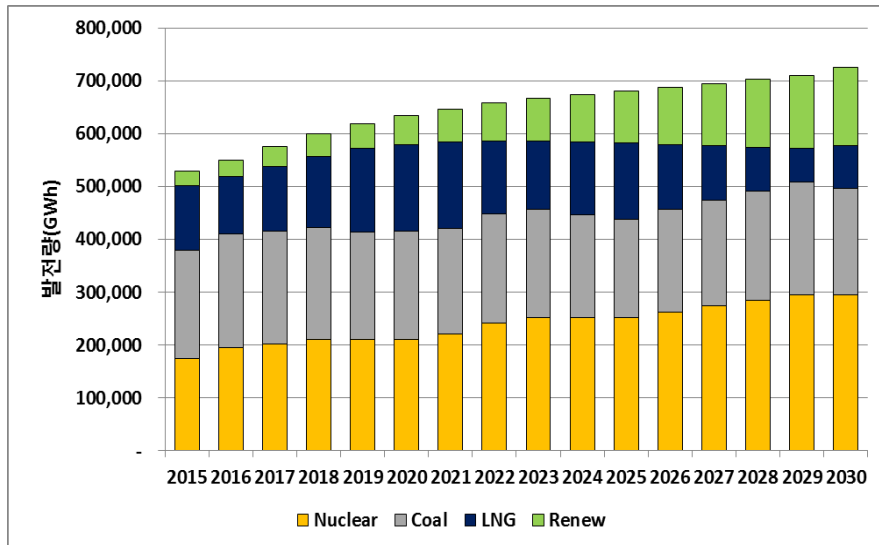


# 신·재생에너지 보급 확대

- 2020년 유럽연합의 재생에너지 발전량 비중 목표는 34%
- 4차 신·재생에너지 계획에서 기준안은 2035년 발전량의 13.4%, 도약안은 22.3%
- 재생에너지 발전원가 하락 속도가 빠른 도약안을 채택



# 재생에너지 시나리오(안)



- 재생에너지 2030년까지 발전량 20% 달성하는 대안 적용, 2020년 이후 석탄신규설비 없음
- 재생에너지의 비중 증가에 따라 석탄화력, LNG 역할은 점차 감소함
- 2015~2035 기간 동안 Ref 대비 연간 약 8조원이 추가로 소요됨