

# 신기후체제와 원전의 역할, 주요국 대응



2017. 2. 2.

온기운  
(숭실대 경제학과)

## 차 례

1. 파리협정 내용
2. 온실가스 감축 전략
3. 온실가스 감축과 원전의 역할
  - (1) 원전의 역할에 대한 찬반 논란
  - (2) 국제기구 보고서
4. 세계 전기공급에 있어서 원전의 상황
  - (1) 세계 발전량에서 원전이 차지하는 비중
  - (2) 주요국의 원전정책
5. 한국의 현실과 원전의 역할

# 1. 파리협정 내용

- 산업화이전 대비 평균 기온상승을 2°C 이내로 억제, 1.5°C 목표달성 노력, 금세기 후반에 배출과 흡수를 균형(실질 제로)
- 모든 국가가 스스로 결정한 감축기여방안(NDC)을 5년마다 제출하고 이행
- 2023년부터 5년마다 전지구적 차원의 종합이행점검 (Global Stocktaking) 실시
- 모든 국가가 국가적응계획을 수립, 적응 행동을 적절히 이행하며, 적응계획과 이행내용 등에 대한 보고서를 제출
- 2025년까지 자금을 연간 1,000억달러에서 시작해 축적 검토, 개도국도 자발적으로 자금을 제공
- 55개국 이상, 세계 총배출량 55% 이상의 비준으로 발효('16년 11월 4일 발효)

2

## ❖ 파리협정의 결과는 화력발전의 위상을 크게 바꿀 것

### — 파리협정 완화(제4조)

체약국은 목표에 제시된 장기목표를 달성할 수 있도록, . . . . .  
. . . 세계 온실가스 배출량이 최대에 달하는 시기를 최대한 빨리 앞당기며, . . . . . 금세기 후반에 인위적인 온실가스 배출량과 흡수원에 의한 제거의 균형을 달성하기 위하여 최선의 과학기술에 따라 조기삭감을 실행하는 것을 목적으로 한다.

기후민감도나 2°C목표에 구애받지 않고 금세기말에 "배출=흡수"를 실현하는 것은 발전부문이 탈탄소화를 추진해야 함을 의미한다. 탈탄소화는 화석연료를 사용한 화력발전의 퇴장(fade-out)을 의미한다. 나아가 negative emission까지도 요구한다.. ??

화석연료의 퇴장과 Negative Emission 대두? !

3

## Negative Emission이란 마이너스 배출을 의미

1. 해양흡수의 촉진  
(광합성의 촉진)
2. 지질학적 CO<sub>2</sub> 흡수 촉진
3. 화학적 흡수와 저장( CCS )
4. 삼림에 의한 탄소고정의 촉진

4

## 2. 온실가스 감축 전략

### (1) CO<sub>2</sub> 배출 삭감 요인분해 및 정책적 의미

- CO<sub>2</sub> 배출량은 다음과 같은 3가지 요인으로 분해 가능  
(Kaya Identity)

$$C = \frac{C}{E} \times \frac{E}{GDP} \times GDP$$

C: CO<sub>2</sub>배출량, E: 에너지소비량

- CO<sub>2</sub>배출량을 줄이기 위해서는 탄소배출계수(C/E)를 줄이거나 에너지소비 원단위(E/GDP)를 낮추거나 GDP를 줄여야 함. 즉,

$$\Delta C = \Delta \frac{C}{E} + \Delta \frac{E}{GDP} + \Delta GDP$$

(Δ는 증가율을 표시)

5

## (2) 발전의 경우 CO<sub>2</sub> 배출 요인분해 및 의미

- 발전과정에서의 CO<sub>2</sub> 배출량은 다음과 같은 3가지 요인으로 분해 가능

$$C = \frac{C}{E} \times \frac{E}{kWh} \times kWh$$

C: CO<sub>2</sub>배출량, E: 발열량

- 발전과정에서 나오는 CO<sub>2</sub>배출량을 줄이기 위해서는 탄소배출계수(C/E)가 낮은 연료를 쓰거나, 발전효율이 좋은(E/kWh가 낮은) 발전기를 사용하거나 발전량(kWh)을 줄여야 함

6

## 3. 온실가스 감축과 원전의 역할

### (1) 원전의 역할에 대한 찬반 논란

- 파리협정 이후 원전의 역할에 대한 국제적 논란 고조

– 온실가스 효과를 처음 주창했으며, ‘기후변화의 아버지’로 불리우는 前 NASA 과학자 James Hansen 박사는 다음과 같이 역설(요약)

“... 지구온난화를 방지하기 위해 우리는 모든 수단을 최대한 활용해야 한다. 에너지수요는 앞으로 급속도로 증가할 것이다. 원자력발전 특히 차세대 원자로는 이 문제를 해결할 수 있는 대규모 클린에너지를 제공한다.

재생에너지는 이 역할을 담당하기 역부족이다. 저렴하지 않으며 신뢰성도 부족하다. 세계 에너지 수요에 부응할 수 있는 대규모화도 불가능하다. 재생에너지로 100% 에너지수요를 충족시킨다는 의견은 재생에너지의 불안정성을 경시한데서 비롯되고 있다.

원자력은 무한의 클린에너지를 항구적으로 공급할 수 있다. 폐기물의 처리는 기술적으로 가능하다. 앞으로 원자로를 매년 115기씩 2050년까지 건설하면 세계의 전력생산은 완전히 탈탄소화(decarbonization) 할 수 있다. 단, 안전확보와 핵확산방지를 위한 강력한 국제협정이 필요하다. 안전을 보장하는 기술은 이미 존재한다. ...”

(“Nuclear power paves the only viable path forward on climate change” , The Guardian, 2015/12/03.)

7

– Forbes紙도 원전 필요성을 강조하는 기사를 게재

“... 향후 지속적 증가가 예상되는 CO2 배출량을 감축하기 위해서는 개도국, 특히 아시아 지역에서 석탄발전을 대체하는 에너지원의 보급확대가 필요하다. 이는 경제성이 확보되고 보편적 사용이 가능한 것이어야 하며, 바로 SMR(Small Modular Reactors)과 같은 새로운(new) 형태의 원자력발전이다. 차세대 원자력발전의 진전을 기로막는 최대의 장애물은 기술적이거나 경제적인 것이 아니라, 시대에 맞지 않는 규제이다. ...”

(“How 'New Nuclear' Power Could Save The Planet -- If Regulators Would Let It”, Forbes, 2015/12/03)

## • 온실가스 감축에 대한 원전의 역할을 부정하는 주장도 제기되고 있음

– 일본 도후쿠대학의 아스카(明日香壽川)교수, 간사이학원대학 朴勝俊 조교수, 교토대학 諸富徹 교수등은 Hansen박사의 주장에 대해 반론 서한을 보낸바 있음(2014년 1월 31일)

- 원전사고 확률: 500爐年(reactor year: 1 爐年은 1기의 원자로가 1년간 가동하는 시간)에 1회로 높음, 일본의 50기 원자로를 감안하면 10년에 1회꼴로 중대사고 발생 가능성
- 사망자수: 대기오염물질 뿐 아니라 방사능이나 원전사고에 따른 직간접 사망자수를 고려하면 원전이 훨씬 더 많음(출생아수 감소 등도 포함)

8

- 발전비용: 외부비용까지를 포함하면 원전의 발전비용은 훨씬 커짐
- 일본이 회피한 최악의 시나리오: 후쿠시마 제1원전에 통신·전원 등의 중요시설을 집합시킨 면진중요동92010년 7월에 운영개시)이 없었다면 원전 제어가 전혀 불가능해 더 큰 피해를 입었을 것
- 신형원자로의 역할: 2013년 1월 현재 세계적으로 건설중인 원자로 76기 중 신형원자로는 20% 이하이고 나머지는 모두 2세대 원자로
- 원전 없이도 2°C 목표 달성 가능: 신재생에너지 확대와 에너지 절감 대책

– WWF(세계야생보호기금)는 2000년 4월 원자력발전이 수력, 풍력발전보다도 CO<sub>2</sub>배출량이 많다는 보고서를 발표

- 우라늄 농축방법이 '가스확산(gaseous diffusion)법'이나 '원심분리(centrifuge)법'이냐에 따라 연료제조 과정에서 나오는 CO<sub>2</sub> 양이 달라지나, WWF는 그 방법은 밝히지 않으면서 원전 CO<sub>2</sub> 배출량이 많다고 주장

– 미국의 기업가이자 컨설턴트인 Rinaldo Brutoco나 원자력 분야 컬럼니스트인 John Mecklin 등은 원전의 역할에 부정적 견해

“... 원전이 CO<sub>2</sub>를 배출하지 않는다는 대전제는 잘못되어 있다. 원자로의 제조에서부터 폐로에 이르는 전 과정에서의 CO<sub>2</sub>배출량을 재생에너지와 비교하면 원자력은 풍력발전보다 성적이 나쁘다. 원자력은 기술적, 경제적, 윤리적으로 재앙이다. ...”

(“Nuclear Power: A Mistake in Search of a Mission with Rinaldo Brutoco”, 2014/02/04) )

(“The experts on nuclear power and climate change”, John Mecklin, 2015/12/17)

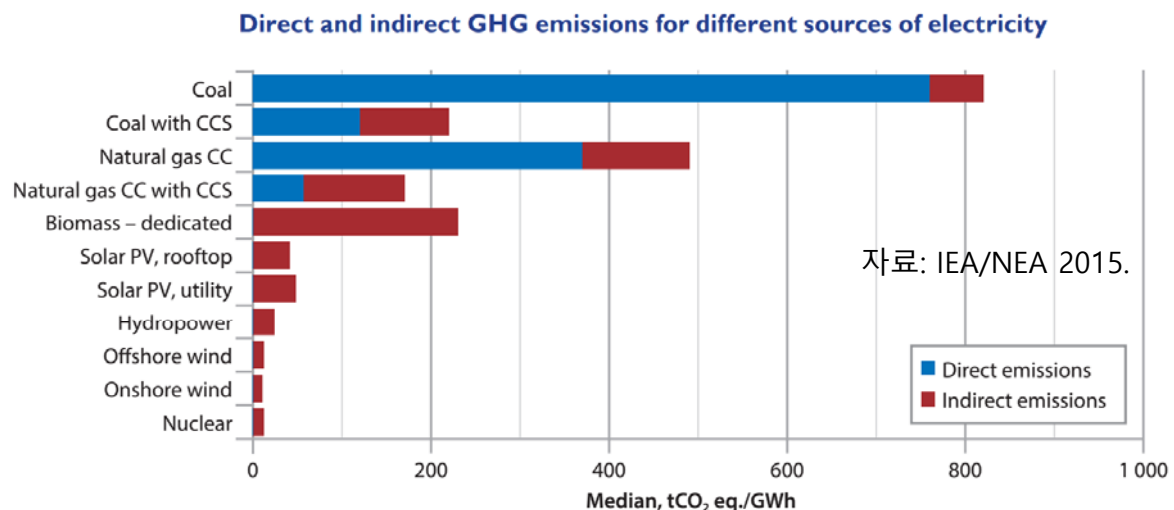
## (2) 국제기구 보고서

### 1) IEA/NEA

- 국제에너지기구(IEA; International Energy Agency)는 2°C 실현을 위해 원전이 불가결한 요소로서 대폭적인 확충이 필요함을 강조("Energy Technology Perspectives2015", "Nuclear Energy: Combating Climate Change")

- 전력설비 운영과 설비건설, 연료가공 등 라이프사이클 전 주기에 서 나오는 직·간접 온실가스 배출량을 비교하면 단위 발전량당 원전이 풍력발전과 비슷한 수준
- 세계 450개의 원전에 의해 매년 25억tCO<sub>2</sub>의 온실가스 배출 회피가 이루어지고 있음
- 2°C 실현을 위해 발전 부문에서 원전이 향후 2050년까지 온실가스 감축의 15%를 기여할 필요가 있음

10



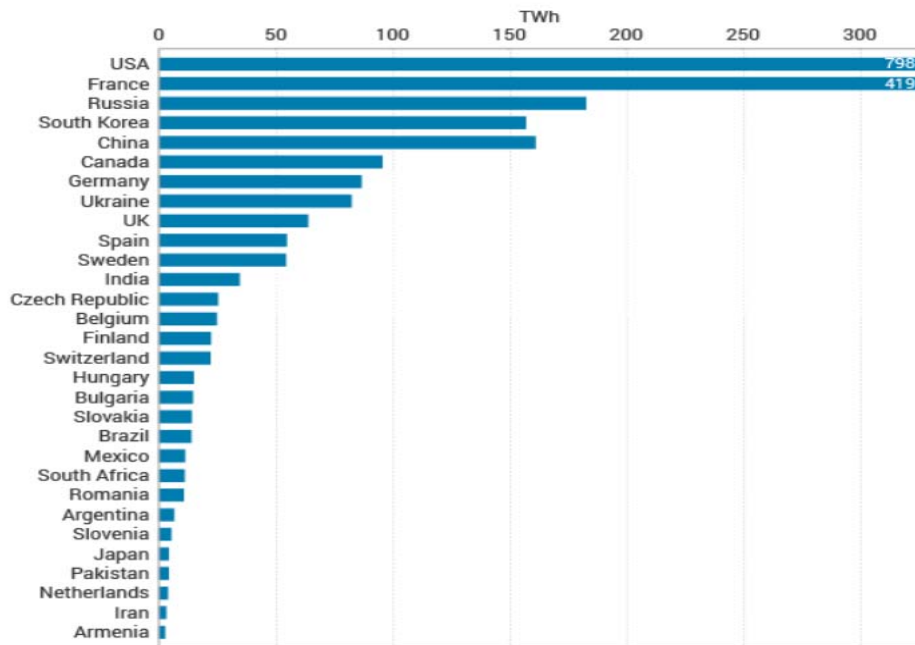
Note: Lifecycle emissions from dedicated energy crops are relatively high due to the N<sub>2</sub>O emissions from agricultural soils. N<sub>2</sub>O has a global warming factor that is 298 times that of CO<sub>2</sub> (IPCC [2014], Chapter 11, p. 880).

CC = combined cycle; CCS = carbon capture and storage; GWh = Gigawatt-hour.

- 이를 위해서는 원전 설비용량이 390GW에서 2050년에 930GW로 증가해야 하며(세계 총발전량중 비중 11%→17%), 2010년대에 매년 12GW, 2020년대에 매년 20GW씩 설비용량의 증가가 필요
  - 그러나 2010년 이후 연평균 3~5GW밖에 증가하지 않고 있음

11

### Nuclear Generation by Country 2015



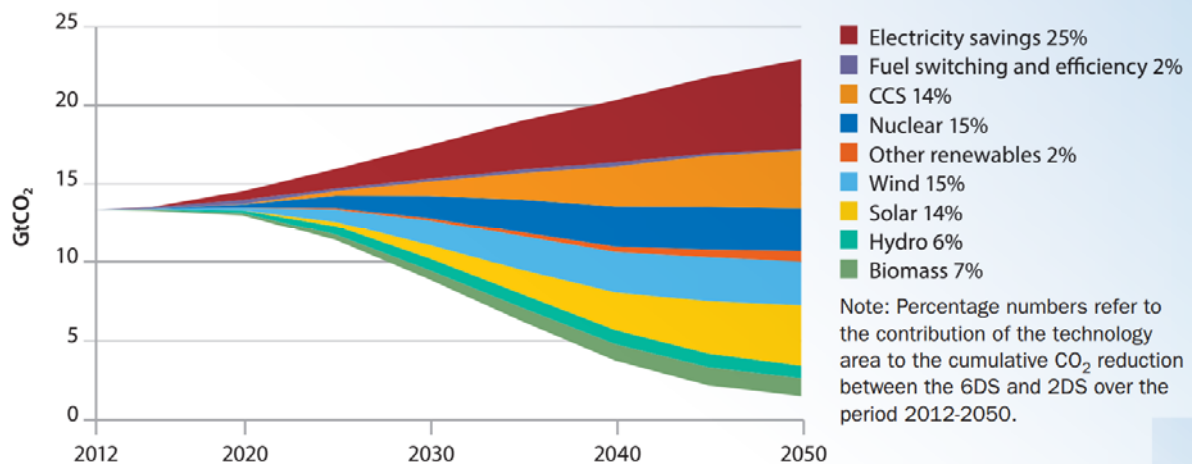
Source: IAEA PRIS Database

Note: Taipower used nuclear energy to generate 16% of electricity on the island of Taiwan in 2014.

\* 원전발전량 비중은 OECD 평균 18%, 비OECD국가 4%

12

### Emissions reductions required in the power sector by 2050 to move from the 6°C scenario (6DS) to the 2DS



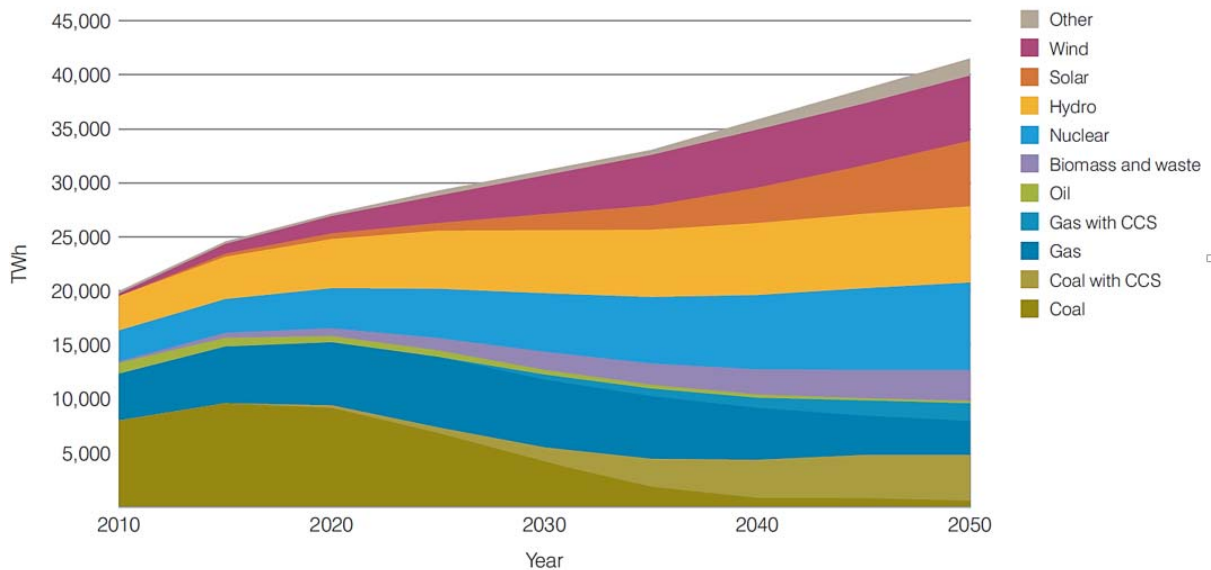
Source: IEA (2015c).

- 원전기술은 이미 성숙된 기술이며, 이의 확대를 가로막는 것은 기술적인 문제가 아니라 정치적, 사회적, 금융적인 문제임

13



## International Energy Agency 2°C Scenario for electricity generation



자료: WNA, *World Nuclear Performance Report 2016*,

14

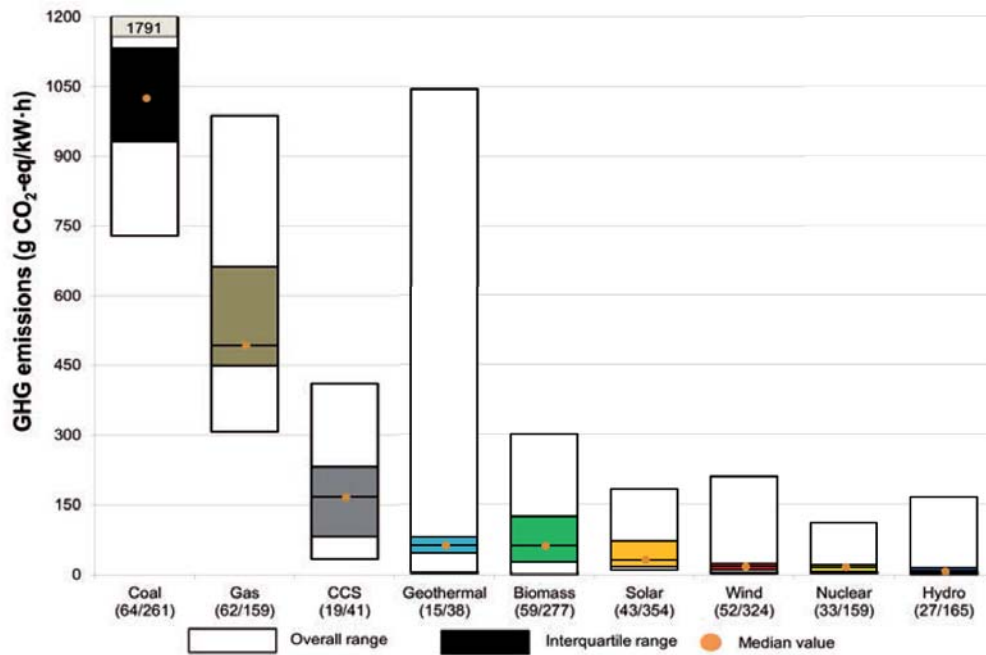
## 2) IAEA

- **원전은 기후변화와 에너지안보에 기여**
  - 코펜하겐합의에 부합하는 다양한 온실가스 감축 시나리오에 따르면 2050년에 약 3.3~9GtCO<sub>2</sub>eq/년의 온실가스 감축이 가능할 것으로 평가
  - 원전은 화석연료 가격의 재상승과 화석연료 부족 가능성에 대처할 수 있는 수단(우라늄 가격의 안정과 확보 가능성)
  - 다양한 전원중 외부비용(external cost)이 가장 적음
- **원전은 경제적 측면에서도 다른 발전수단에 비해 경쟁적**
  - 원전의 전기생산 비용을 균등화비용(levelized cost of electricity: LCOE)으로 따질 때 3% 할인률을 적용하면 26~64달러/MWh로 석탄 65~95달러/MWh나 가스발전 61~133달러/MWh보다 낮음
  - 원전 건설비용이 증가하고 있으나, 정부의 안정적 정책과 적절한 규제체제, 리스크 분산 등에 의해 극복 가능
- **원전 설비용량은 2030년에 385~632GW, 2050년에 371~964GW로 증가할 것으로 전망**

15



### 전원별 온실가스 배출량(g CO<sub>2</sub>-eq/kWh)



자료: IAEA, *Climate-Change-and-Nuclear-Power-2015*

16

### 3) OECD

- 온도상승을 2°C로 억제하기 위해서는 원전 설비용량은 현재의 370GW에서 2050년에 1,100GW로 확대될 필요 (“OECD FACTBOOK 2015-2016” OECD, 2016)
  - 이럴 경우 2050년 세계 전기공급에서 원전이 차지하는 비중은 20% 정도에 이를 것임
    - 세계 전기공급에서 원전이 차지하는 비중은 1971년 2%에서 1996년에 18%로 증가하였으나, 그후 하락추세를 지속하여 현재는 11% 수준
    - 석탄화력은 40~41% 수준에서 안정적인 모습을 보이고 있으며, 가스화력은 1971년 13%에서 2013년 22%로 증가, 같은 기간 수력발전은 23%에서 16%로 감소
    - 신재생에너지는 2013년 현재 6%의 비중을 차지
  - 그러나 차세대 원전의 건설 및 운영에 대한 불확실성이 존재하는 가운데, 현재의 원전 증가 속도는 2°C 목표 달성을 위한 증가 속도의 3분의 1정도밖에 되지 않음

17

## 4. 세계 전기공급에 있어서 원전의 상황

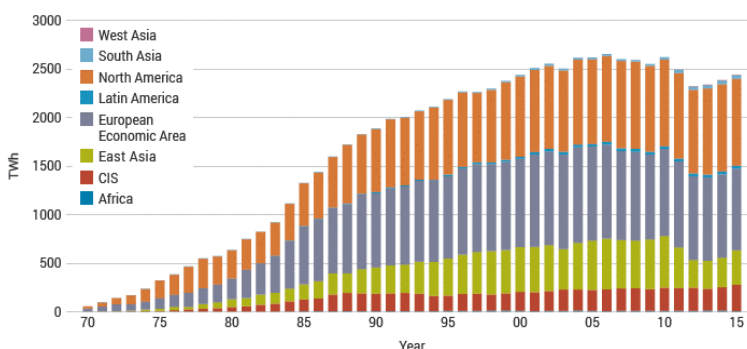
### (1) 세계 발전량에서 원전이 차지하는 비중

- 1954년 6월 소련에서는 발전출력 6MW의 흑연감속비등 경수로(LWGR)가 계통에 접속된 이후 1956년, 1957년에는 영국에서 출력 60MW의 흑연감속탄산가스냉각로(GCR)가, 1957년 10월에는 미국에서 24MW의 비등수형로(BWR)가 각각 계통접속. 프랑스를 포함해 1950년대에는 출력 수십 MW의 원전이 개발
- 1960년대 이후에 출력 100MW이상이 출현해 독일, 이탈리아, 스위스, 일본 등에 보급
- 1973년 석유위기를 계기로 석유발전은 급격히 줄고, 대신 석탄과 가스, 원자력 발전이 빠르게 증가
  - 1990~2010년에 세계 원전설비는 57GW(17.8%) 증가, 전기생산은 7,550억kWh(40%) 증가
  - 2011년과 2012년에는 설비와 전기생산이 모두 감소(일본과 독일의 원전폐쇄 영향)

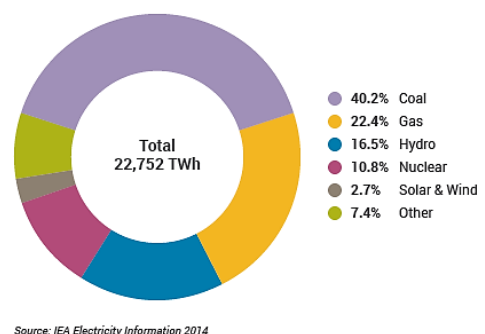
18

- '15년 현재 31개국에서 447기의 상업용 원자로가 운전 가능(설비용량 390GW), 60기 이상의 원자로가 건설중(기존 설비용량의 16%에 해당)
  - 55개국에 245개의 연구용 원자로가 존재(이중 3분의 1 이상이 개도국에 존재)
- WNA는 원전설비 목표를 2030년에 현재보다 26.7% 증가한 494GW, 2035년에 현재보다 40% 증가한 546GW로 설정(2016년)

Nuclear Electricity Production

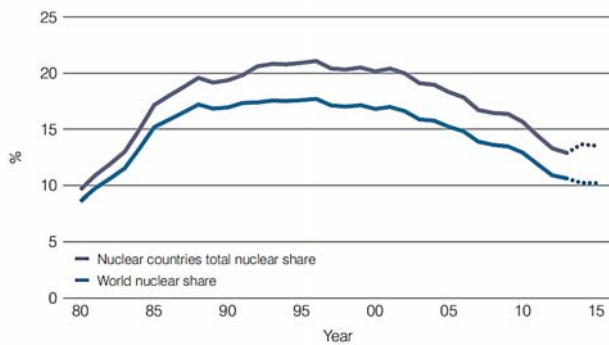


World Electricity Production 2012



19

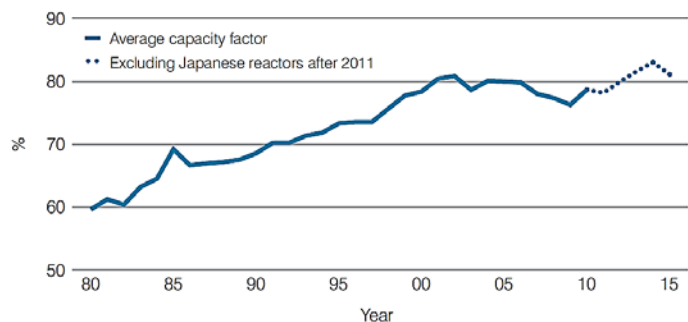
## Share of nuclear generation in total power supply



Source: IEA, World Energy Outlook 2014; IAEA PRIS; World Nuclear Association (for 2014-15 data)

2000년대 이후 가스화력 발전의 증가에 의해 원전 비중은 하락

## Global capacity factor



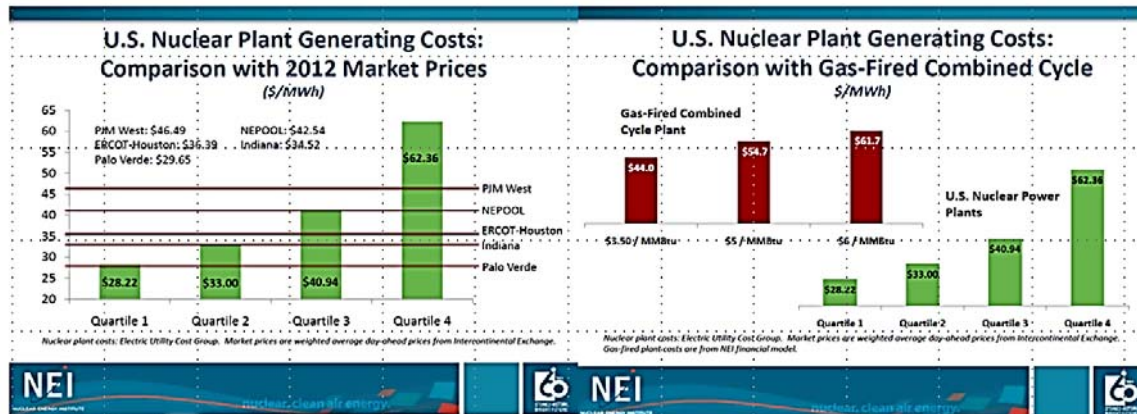
Source: World Nuclear Association analysis based on IAEA PRIS data

## (2) 주요국의 원전정책

### 1) 미국

- 1979년 3월 TMI사고 이후 운전설비와 동등한 수의 원전 신설 계획이 취소됨
- 후쿠시마 원전사고 이후 NRC로부터의 추가 안전대책 요구가 비용상승 요인으로 작용하면서 2013년 이후 개량 계획 5건, 신설계획 6건이 취소됨
- 에너지 수요둔화와 천연가스 가격 하락으로 미국 중서부 지역을 중심으로 노후 석탄화력발전기가 폐기되는 한편, 채산성이 악화된 원전의 폐로가 증가
- 미국에서는 현재 4기(APR 1000)의 원전이 건설중
  - 지난 15년간 원전 이용률(capacity factor)을 높임으로써 1000MW급 원전 19기를 신설하는 것과 같은 효과를 얻음
  - DOE는 향후 운전기간을 80년으로 연장할 계획

- 미국에서는 셰일혁명에 따른 천연가스 가격 하락과 건설비 상승 등으로 원전의 비교우위가 하락
  - 아래 좌측 그림에서 발전단가가 가장 높은 것은 60\$/kwh 이상으로서 이는 소형 발전기를 하나밖에 갖지 않는 지역이고, 가장 낮은 것은 30\$/kWh 이하로서 4루프 PWR을 복수 갖고 있는 지역
  - 빨간색 횡선은 전기판매단가인데, 위쪽 두 선은 동부지역→발전단가가 전기판매단가보다 낮으면 원전의 이익 발생
  - 중부보다 서쪽 지역(인디애나, 텍사스, 휴스턴 등)은 전기판매단가가 30\$/kWh정도로 낮아 원전의 채산성이 맞지 않음



22

- 오바마 정부는 2015년 11월 신기후체제에 따른 청정 에너지원으로 원전확대 정책 발표
  - 천연가스 발전 규제, 온실가스 감축 인센티브 도입
  - 에너지믹스 전략 수정 : 석탄, 천연가스 63%, 원자력 20%, 수력 및 기타 17% → 화석연료, 재생가능에너지, 원자력 각 3분의 1
- 트럼프 당선자는 신기후체제를 부정하고 자금출연도 하지 않겠다고 밝혀온 가운데, 화석연료를 중시하고 원전의 역할에 대해서도 소극적 입장
  - 취임 100일 계획중 내용
  - **"The plan, which supports the use of wind and solar renewables as well as allowing credit for new nuclear power plants and uprates to existing units, does not credit the role of existing nuclear capacity."**

23

## ❖ Trumpnomics와 미국 경제정책, 원전정책

- **경제 정책:** 경제 성장의 원동력으로 대규모 인프라 투자 및 일자리 창출을 추진하고, 그 동안 아웃소싱 및 불법체류자 유입 등에 의한 잃어버린 일자리 회복
  - 10년간 2,500만개 일자리 창출, 경제성장률 4% 달성 목표, 1조 달러 인프라 투자
- **세제 개편 :** 소득세율 적용 간소화 및 세율 인하, 상속세 등 주요 세금 폐지, 법인세의 대폭 인하 등 감세 정책
  - 최고 35%인 법인세를 15%로 인하, 현재 7단계인 소득세율 구간을 3단계로 줄이고 최고세율을 39.6%에서 33%로 낮춤
- **금융산업 정책 :** 금융산업 경쟁력 강화를 목적으로 대형 금융기관들에 대한 규제 완화를 주장
  - 금융규제 법안인 Dodd-Frank법 폐지

24

- **무역 및 에너지 정책:** 보호무역주의 강조(TPP폐지), 중국에 대한 무역보복(환율조작국 지정), 화석연료 생산 확대를 통한 에너지 독립  
(에너지 정책: America First Energy Policy Plan)
  - 전통 화석 에너지 산업 강화
  - 전통 에너지 산업 규제 완화 및 셰일가스, 천연가스 생산 확대
  - 재생에너지의 경우 원칙적으로는 찬성한다고 언급했지만, 비용 대비 효용을 중시한다고 밝혀 사실상 반대 입장 (세제혜택 취소)
  - 에너지 산업 일자리를 줄이는 오바마 정부의 에너지·환경 정책 (Clean Power Plan)은 무효화를 주장, Keystone XL 송유관 건설을 허용
  - 오바마 정부가 환경단체 등의 반발에 부딪쳐 취소했던 북극해 유전광구(900억배럴 매장 추정) 리스계획을 재개
  - 파리협정 탈퇴
  - CCS나 석탄가스화 등 환경기술에 대한 투자를 줄일 것

25

- Trump's transition team asked the Energy Department **how it can help keep nuclear reactors "operating as part of the nation's infrastructure"** and what it could do to prevent the shutdown of plants. Advisers also asked the agency whether there were statutory restrictions in **resuming work on Yucca Mountain, a proposed federal depository for nuclear waste in Nevada that was abandoned by the Obama administration.**(Bloomberg)
- 미국이 파리협정에서 탈퇴하기는 쉽지 않을 것임. 그 이유는 파리협정 제28조에 동 협정에서 탈퇴하기를 희망하는 국가는 4년의 대기기간을 거쳐야 한다고 규정되어 있기 때문
  - 국제사회의 비난도 무시할 수 없을 것임

26

### **<Paris Agreement Article 28>**

1. At any time after three years from the date on which this Agreement has entered into force for a Party, that Party may withdraw from this Agreement by giving written notification to the Depositary.
2. Any such withdrawal shall take effect upon expiry of one year from the date of receipt by the Depositary of the notification of withdrawal, or on such later date as may be specified in the notification of withdrawal.
3. Any Party that withdraws from the Convention shall be considered as also having withdrawn from this Agreement.

27

## 2) 독일, 이탈리아, 스위스

- **독일은 원전 추진과 탈원전 사이에 변화가 반복**
  - 2000년에 정부와 전력사업자가 탈원전협정에 합의, 2002년에 원자력법 개정→탈원전
  - 2010년에 신재생에너지 전원기반 정비가 완료될 때까지 이행조치로서 원전 운전기간을 연장하는 원자력법 개정(사업자에 대한 핵연료세 부과)→원전 활용
  - 2011년에 후쿠시마원전 사고를 계기로 1980년 이전에 운전 개시된 8기의 원전을 모두 즉시 정지(1기는 그 이전부터 정지), 2022년까지 탈원전을 완료하는 내용으로 원자력법 개정(현재 9기 원전 존재)
- **E.ON사, RWE사, EnBW사, Vattenfall사 등 4사는 독일 정부에 원전폐지에 따른 손해배상 청구**
- **이탈리아는 1978년을 최후로 원전을 중지, 카자흐스탄, 리투아니아도 중지**
- **스위스는 “신규 원전건설 중지, 원전 운전기간 45년 제한”을 놓고 ‘16년 11월 27일 국민투표 실시(‘29년이 탈원전 목표)→투표율 45%중 54.2%가 반대(현행 5기의 운전기간 60년으로 연장될 것)→전체발전량의 52%와 35%를 수력과 원전이 공급**

28

## 3) 영국

- **영국은 후쿠시마 사고 이후 스트레스 테스트 및 기술적 검토 실시: EU 소속 국가의 일원으로 지진과 쓰나미 등의 자연재해에 대한 안전여유를 재평가**
  - 실시 결과: 추가적인 안전 설비의 설치를 통하여 원전의 안전성을 보완
  - 원자력 산업은 별도의 축소 없이 유지
- **2013년 3월 원자력 산업전략 보고서: 원전산업 확장**
  - 2030년까지 경수로를 활용한 16GW의 전력공급 계획
  - 2050년까지 전체 전력의 86% 해당하는 최대 75GW 규모의 원전확대 검토
  - 현재 가동 중인 원전의 연장가동 검토
  - 북해 유전 고갈로 인한 안정적 에너지 공급 및 에너지 안보 문제 해결에 기여
  - 원자력 발전을 탄소포집기술, 신재생에너지와 더불어 기후변화 문제를 해결하기 위한 주요 돌파구 중 하나로 고려

29



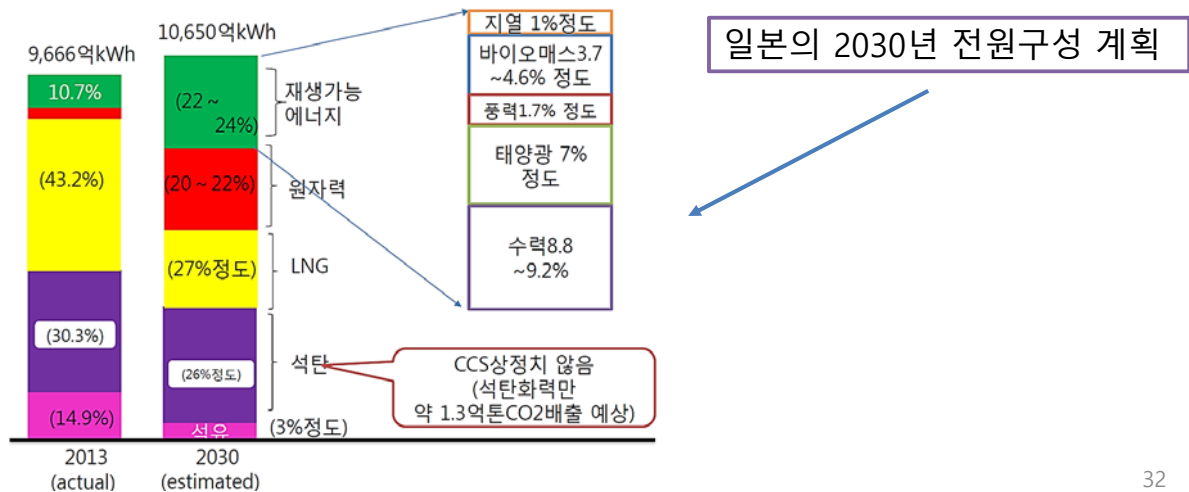
#### 4) 스웨덴

- TMI 사고 이후 원전 정책에 관한 국민투표 시행(1980년) 및 국민투표 결과를 토대로 2010년까지 모든 원전의 단계적 폐쇄 결정(원자력법 개정)
- 그러나 1997년 10개 원전에 대한 폐쇄기한(2010년) 폐기, '10년 중도우파연립당의 신원자력발전법 의회 통과
  - 탈원전정책 폐기
  - 후쿠시마 사고 이후에도 탈원전정책 폐기 유지
  - 단, 신규원전 건설에 대한 국가 보조금 전면 폐지
- 2015년 사민당, 녹색당의 연정 아래 새 원전정책 도입
  - 2014년 당시 녹색당은 원전 전면 폐지 주장
  - 그러나 탄소배출, 안정적인 전력공급을 위해 원전 전면폐지는 불가, 국민 과반 이상도 원전의 필요성에 공감
  - 2020년까지 4기의 원전만 추가로 폐쇄하기로 결정
- 2016년 원전 징수금(kWh 당 0.75 Euro cents)을 2년간 유예하기로 결정, 더불어 10기의 신규 원전 건설을 승인<sup>30</sup>

#### 5) 일본

- 도쿄전력 후쿠시마 제1원자력발전소 사고를 계기로 일본에서는 54기의 원전이 2012년 4월에 모두 가동정지
  - 그러다가 동년 7월 간사이(関西)전력 오이(大飯)원전 3, 4호기가 재가동되었으나 2013년 9월부터 다시 원전이 모두 가동정지
- 상업원전 54기중 6기가 폐기되어 2013년 1월 이후 48기로 줄었으며, 2014년 4월 발표된 제4차 에너지기본계획에 의해 원전 재가동 방침이 세워짐
  - 정권교체에 따라 '원전제로'에서 '원전재가동'으로 정책이 선회
  - '15년 8월 13일 규슈전력의 가고시마 센다이(川内) 원전 1호기가 재가동 개시
  - '15년 12월 후쿠이현에 있는 간사이전력의 다카하마(高浜) 원전 3,4호기에 대해 후쿠이 지방법원이 재가동을 판결
- '16년 3월 1일 다카하마 원전 4호기가 긴급 가동정지되는 등 본격적인 원전 재가동에 불안요인 잠재

- 일본정부는 '16년 9월 21일 日本原子力研究開発機構가 운영하는 고속증식원형로(몬주)를 대신하는 새로운 고속로의 연구개발 방침을 연내 수립할 방침을 밝힘
  - 몬주는 1995년 8월에 발전을 개시했으나 고장사고가 잇따라 22년동안 겨우 250일간만 운전(약 1조엔의 자금 투입)
- 일본은 2030년 원전비중을 20~22%, 재생가능에너지 비중을 22~24%로 높일 계획



32

## 6) 중국

- 2011년 3월 16일 국무원 상무회의: 후쿠시마 원전사고 후 대응결정
  - 운전중 원전의 안전검사
  - 원전 안전계획의 수립
  - 안전계획 수립시까지 신규건설계획의 심사·승인 잠정 보류(건설중 원자로는 계속 진행)
- 2012년 10월 24일 국무원 상무회의: '원자력발전 중장기 발전계획', '원자력발전 안전계획', '에너지발전 제12차 5개년계획' 승인
  - 2020년까지 세계 최고 수준의 안전성 확보 목표
  - 복수의 로형(爐型)·기술·기준, 안전연구 인재, 사고대응 체제, 안전규제 기관의 과제 지적
  - 내륙부에는 원전을 건설하지 않을 방침을 결정
  - 유보되어 있던 원전의 신규 건설계획 승인절차 재개(신규 착공)

33

- **2014년 11월 19일, 국무원: '에너지개발전략행동계획 2014~20' 발표**
  - 2020년 운전중 원자력 5,800만kW, 건설중 3,000만 kW(2016년 3월 현재 운전중 33기 2,880만kW, 건설중 22기 2,210만kW)
  - 중국 전체 전력생산량중 원전 비율을 2016년 현재 2%에서 2020년에 6%로 끌어올릴 목표(미국 20%, 프랑스 74%)
  - 내륙부에서의 건설 FS, 대형 경수로 HTR, FR
- **중국 국산화 원자로 개발(수출용도 포함)**
  - 'CAP1400'(SAPTC), 華龍1(CNNC, CGN 공동개발)

34

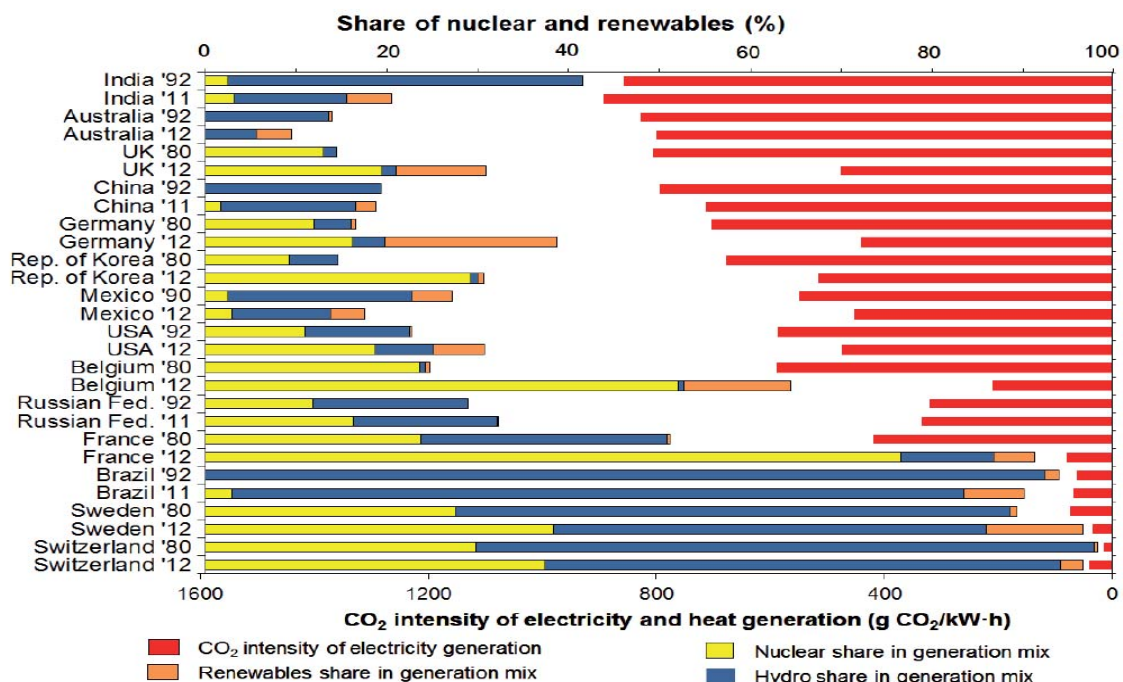
## 5. 한국의 현실과 원전의 역할

- 2015년 말 기준으로 우리나라 원자력발전소의 설비용량은 21,716 MW로서 전체 발전설비의 23.5%를 점유, 이는 LNG 30.5%, 석탄 29.5%에 이어 3대 전원
- 2014년 기준으로 원전은 석탄발전과 비슷한 수준의 발전량을 기록했으나 CO<sub>2</sub> 배출량은 1/100 수준
  - 발전량 비중: 석탄 37.5%, 원전 36.6%, LNG 20.5%
  - CO<sub>2</sub> 배출량(CO<sub>2</sub>-eq): 석탄 1억 9,600만톤, LNG 5,900만톤, 원전 200만톤
- 원전은 온실가스의 배출이 거의 없는 가운데 설비이용률이 높아 동일한 설비규모에서도 신재생에너지에 비하여 훨씬 많은 전력을 생산
- 2030년 온실가스 감축목표를 달성하기 위해서는 신재생에너지 확대와 함께 원전의 역할이 불가피하게 요구됨

35

- 제7차 전력수급기본계획에 의하면 원전설비는 2029년까지 38,329 MW로 증설되어 설비용량 비중 28.2%가 LNG 발전설비(24,8%)를 추월
  - 발전량 측면에서는 38.6%로서 LNG(9.0%)을 압도하여 석탄(49.0%)과 더불어 2대 주력 전원이 될 전망
- IAEA에 따르면 한국은 벨기에, 프랑스, 영국 등과 함께 원전비중이 확대되면서 1980~2012년에 전기생산 kWh당 CO<sub>2</sub>집약도가 크게 하락
  - 이는 원전이 후퇴하면 CO<sub>2</sub>집약도가 높아져 온실가스 감축목표 달성이 더욱 어려워질 수 있음을 의미
- 한국은 원전 안전(safety) 대책을 지속적으로 강화하고 IAEA의 Action Plan에 따른 안전성 확보 노력을 지속적으로 기울이면서 주력 전원으로 활용할 필요

36



*Carbon dioxide intensity and the shares of non-fossil sources in the electricity sector of selected countries.*

자료: IAEA(2015)

37

- 더구나 최근 우리나라에서 문제로 대두되고 있는 미세먼지(PM) 감축을 위해서도 원전의 역할이 필요함
  - 원전은 석탄이나 천연가스 발전, 바이오에너지에 비하여 황산화물이나 질소산화물, 미세먼지(PM) 배출이 크게 적음

Life cycle emissions from different power generation sources (mg/kWh)

	Coal		Natural gas		Bioenergy	Nuclear
	Hard coal	Lignite	Combined cycle	Steam turbine		
SO <sub>2</sub>	530-7 680	425-27 250	1-324	0-5 830	40-490	11-157
NO <sub>x</sub>	540-4 230	790-2 130	100-1 400	340-1 020	290-820	9-240
PM	17-9 780	113-947	18-133	Insufficient data	29-79	0-7

자료: IEA/NEA, "Nuclear Energy: Combating Climate Change", 2015.

38

# 감사합니다



39