

신재생에너지와 원자력의 공존전략

2012. 09. 12.

동국대학교

김 규 태



세계 에너지 현황 및 전망





지구 현안



지구 사막화 가속



해수면 상승



기상 이변

지구 평균온도 실측 및 예측

- 엘리노와 리니냐
 - ✓ 페루/인도네시아 무역풍
 - ✓ 5개월, 0.5°C 차이

2100년대

2000년대

1900년대

빙하시대



기후변화협약 추이

❖ 1992년 국제연합환경개발회의에서 성격 규정

- 기후변화가 식량생산과 지속가능한 발전을 위협하지 않도록, 온실가스 농도를 안정화할 것

❖ 1997년 교토의정서 채택

- 제1차 이행기간(2008~2012): 선진국은 1990년도 기준 평균 5.2% 감축 (EU 15개국: 8%, 미국: 7%, 일본/캐나다: 6% 등)

❖ 2011년 더반 회의 (제17차 UN 기후변화협약당사국총회)

- 교토의정서 2차 공약기간 설정: 2020년 이후 모든 당사국에 적용
- 녹색기후기금 설립: 1,000억불 규모

➤ GHG-free 방향으로 모든 산업활동을 규제할 것으로 전망



기후변화협약 ↔ 국가 경쟁력

❖ 지구온난화 문제를 국가 경제 활동과 연계

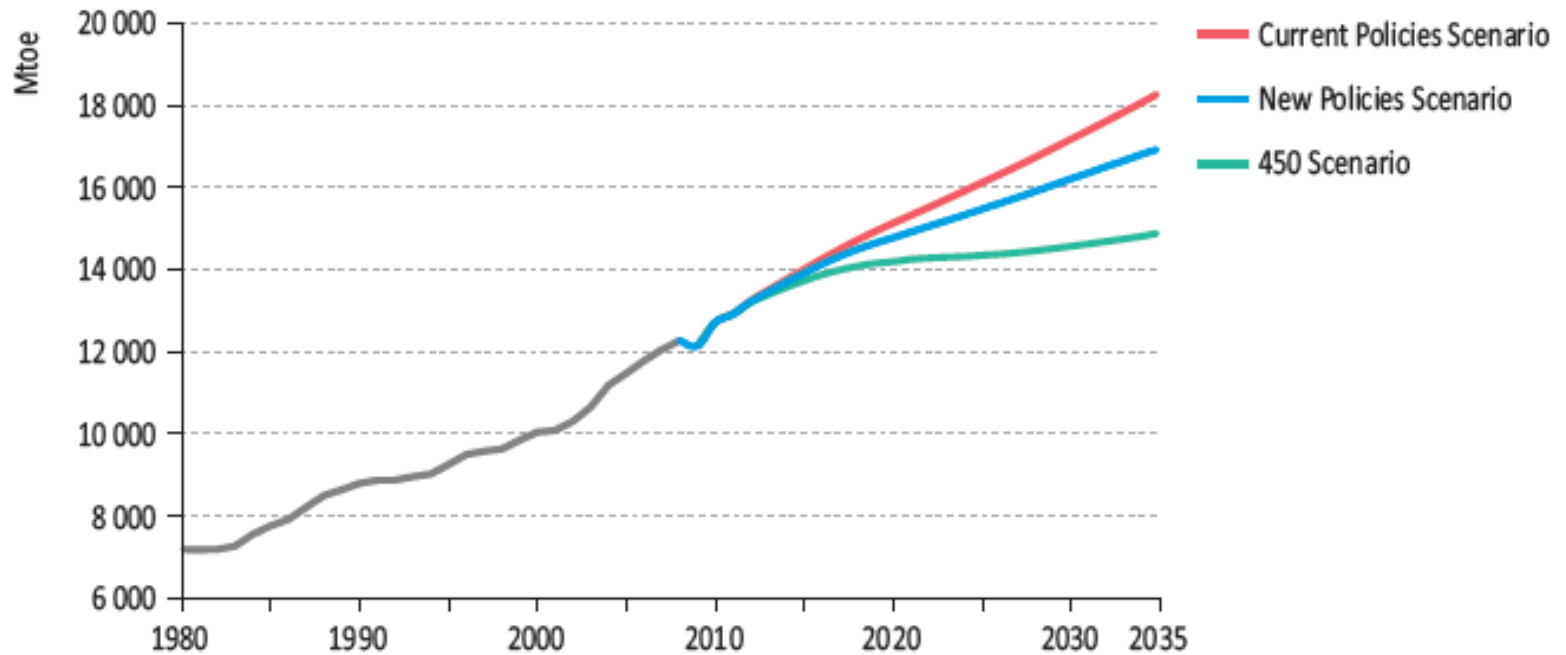
- 인류생존과 번영에 최대의 장애물로 인식되고 있으며,
- 기후변화방지협약은 지구환경변화방지협약이나, 이행은 경제적 제약을 통해 구속력 갖추
- Greenhouse Gas(GHG) 저감을 유도하기 위해 관세 장벽으로 활용

세계 에너지 정책



1차 에너지 수요 예측

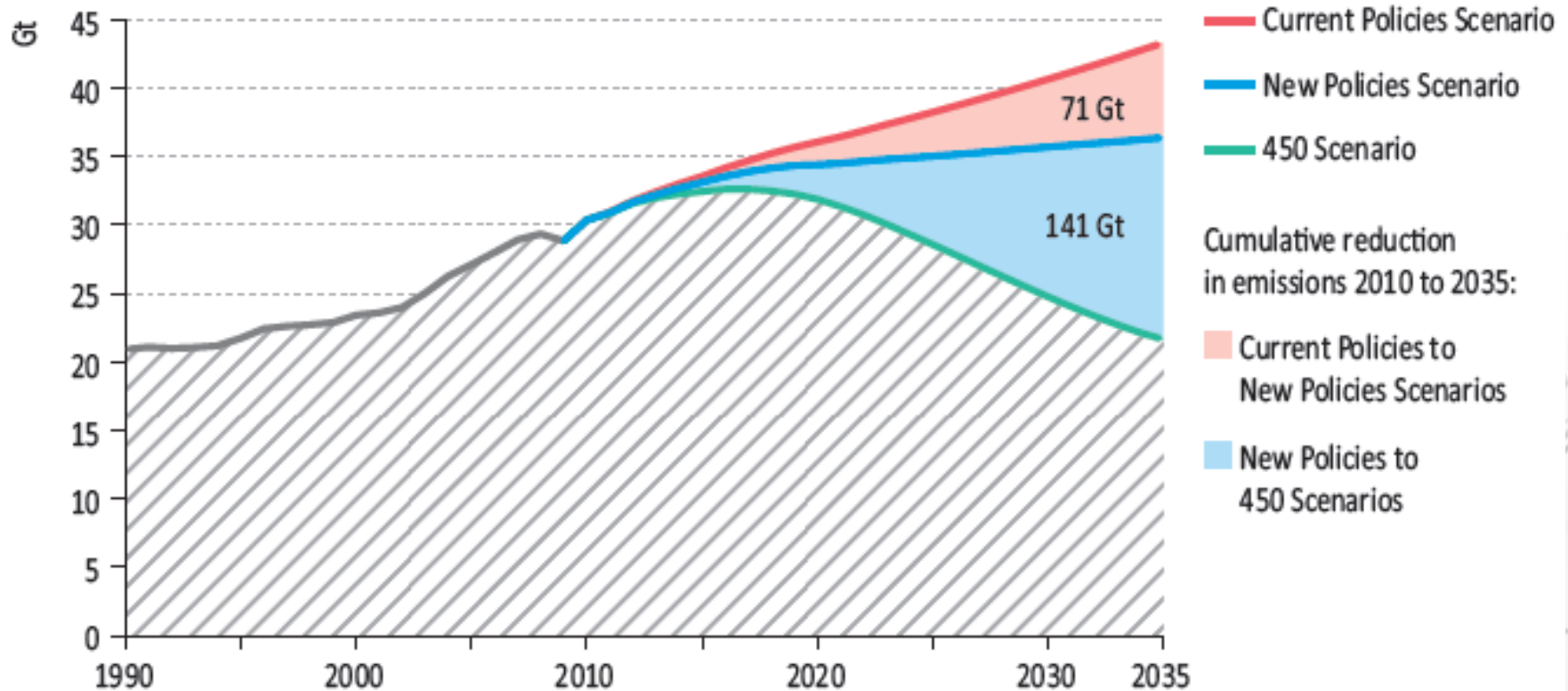
(출처: 2011 world energy outlook, IEA)



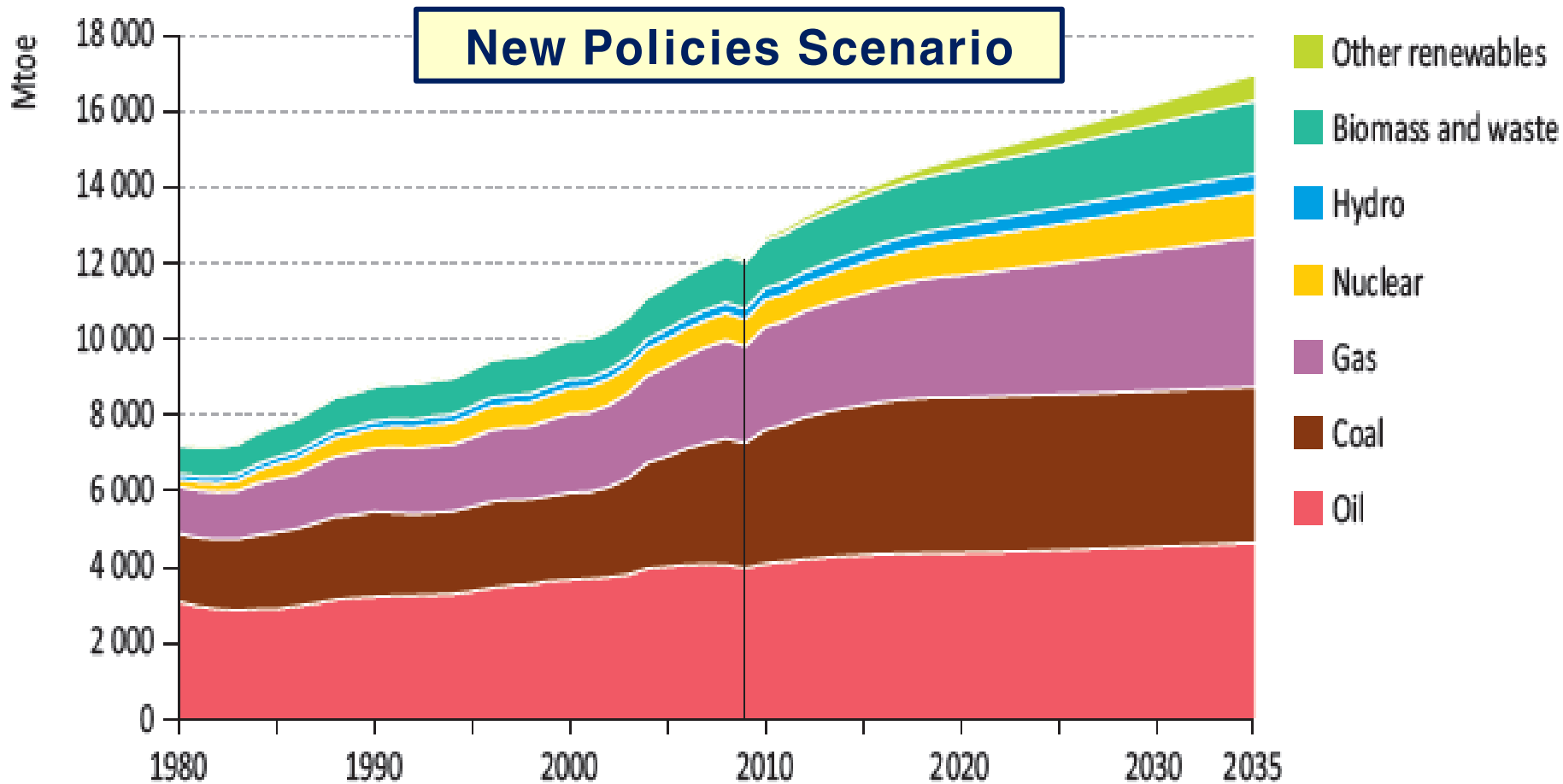
❖ 세계인구: 69억(2010) -> 90억(2050) -> 100억(2100)

시나리오 별 CO₂ 배출량 예측

(출처: 2011 world energy outlook, IEA)



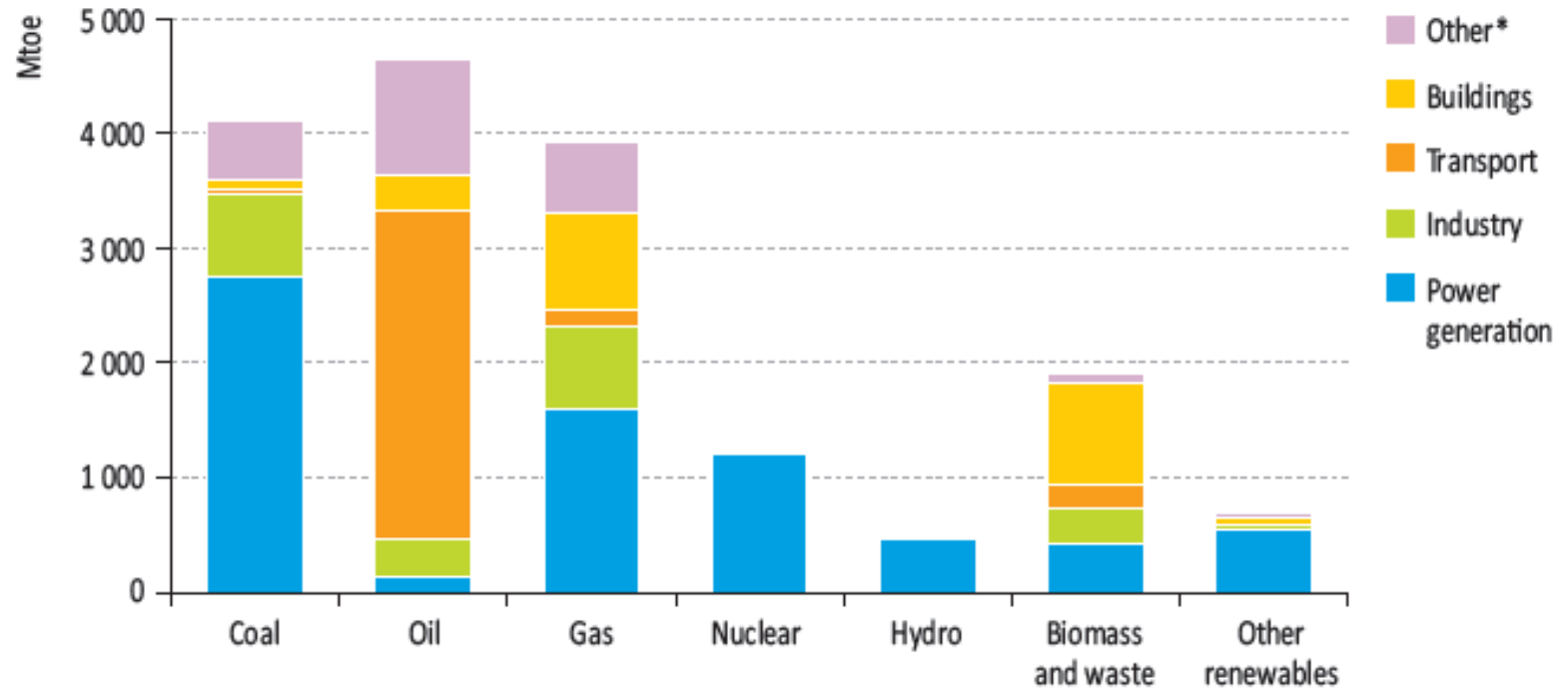
1차 에너지원 별 수요 전망



(출처: 2011 world energy outlook, IEA)

에너지원 각 부문별 구성비 (2035년)

New Policies Scenario



*Other includes other energy sector, agriculture and non-energy use.

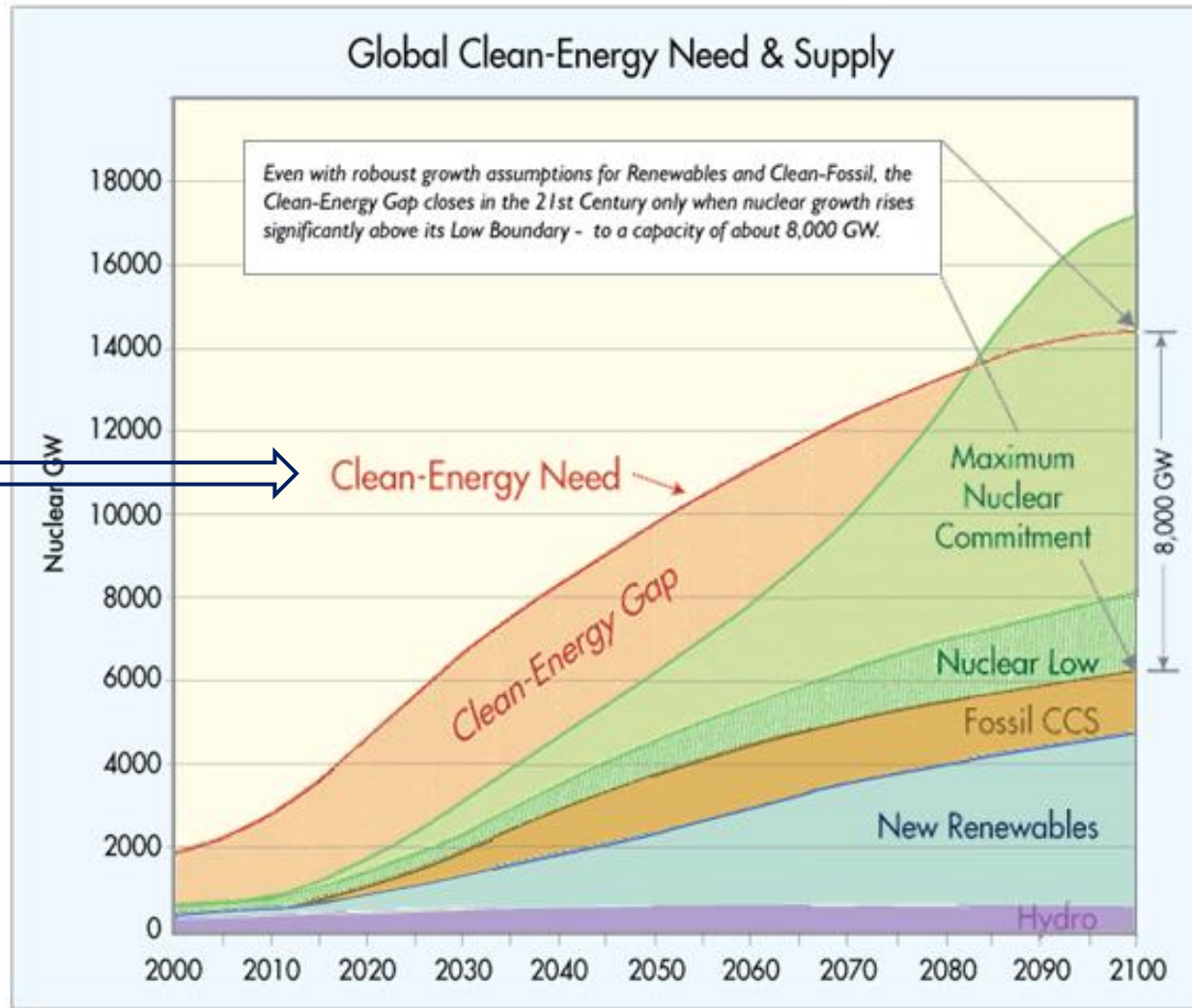
(출처: 2011 world energy outlook, IEA)

Clean-Energy 수급 이력 및 전망

(출처: WNA Nuclear Century Outlook)

UN Panel 권고

2050년까지
GHG 배출량
70% 감축





Clean-Energy 전망 및 현안사항

- ❖ **Clean Electricity 및 Heat 생산기술 확보 및 활용분야 확대**
 - ✓ GHG-free 기술 기반의 Clean Electricity 및 Clean Heat 생산
 - ✓ GHG-free 기술 기반의 해수의 담수화
 - ✓ GHG-free 기술 기반의 연료전지용 수소생산
 - ✓ 수송(trains, battery cars 등) 등에 Clean Electricity 사용 확대
 - ✓ 산업공정, office, house 등에 Clean Heat 사용 확대



- ❖ **신재생 에너지: 경제성, 친환경, 대용량 에너지 공급 ?**
- ❖ **Future Transport: 차세대 battery와 수소연료 전지 실용성, 효율성 ?**
- ❖ **Clean Fossil Fuel: 대용량 CCS의 기술성, 경제성, 실용성 ?**
- ❖ **원자력 에너지: 사회적 수용성, 원전 중대사고 시 Risk 최소화 ?**



국내 에너지 현황 및 전망





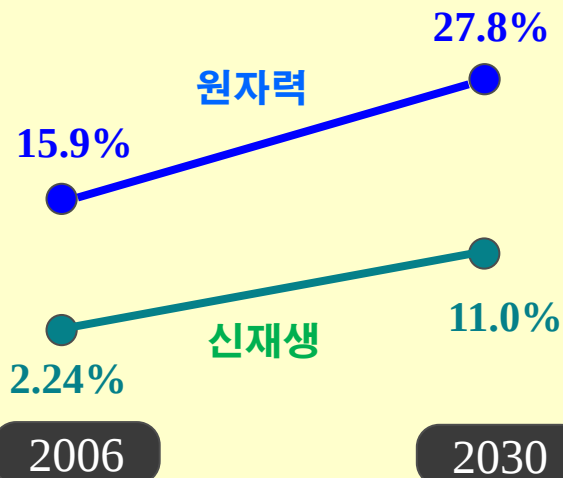
한국 에너지 현 주소

- ❖ 경제규모 세계 15위
- ❖ 에너지 해외의존도 96.5%
- ❖ 에너지 다소비 산업구조: 중화학산업 치중
- ❖ 한반도 기온상승률: 지구평균치 2배
- ❖ CO₂ 배출량 : 세계 8위 (배출증가율: OECD 국가 중 1위)
- ❖ 신재생에너지 비율 약 2% (폐기물 비중 80%)
- ❖ 전기 및 에너지 요금체계 왜곡

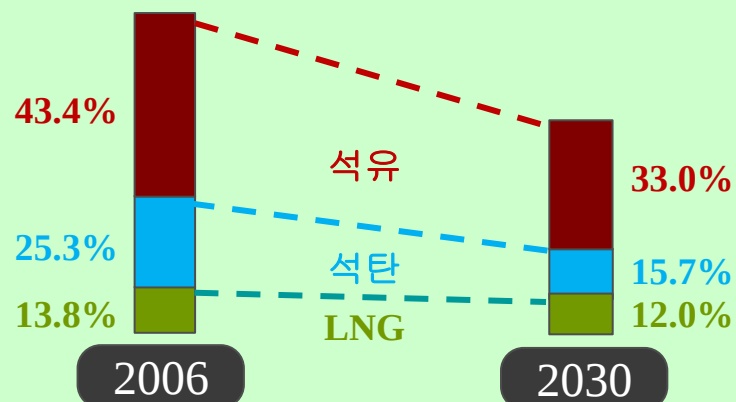


제1차 국가에너지 기본계획(2008~2030)

❖ 그린에너지 비중확대



❖ 화석에너지 비중축소

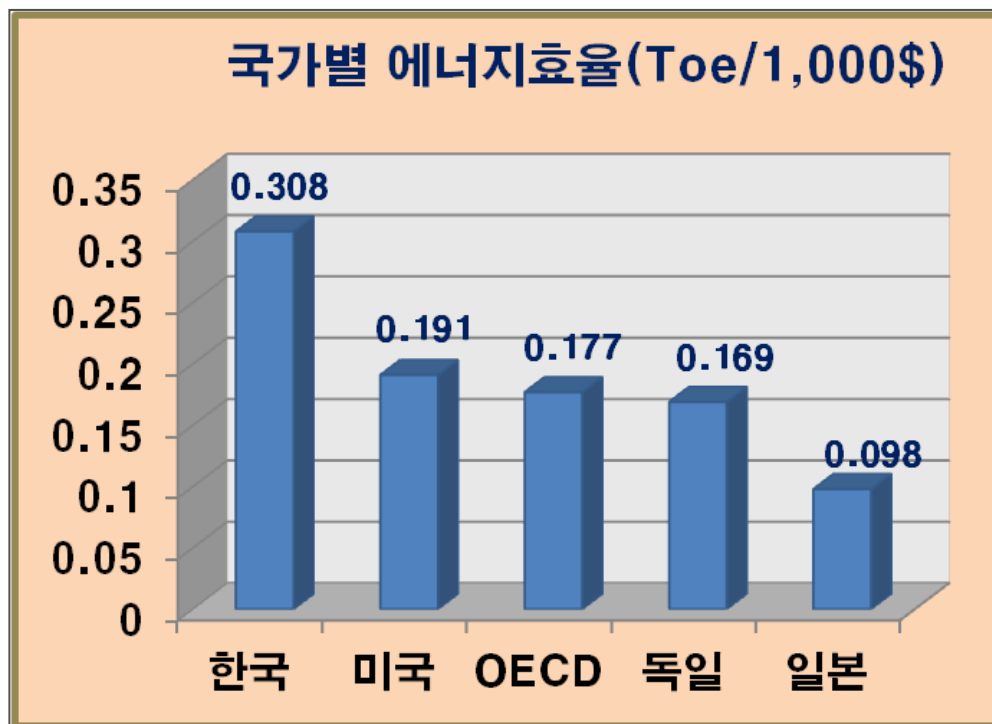




제1차 국가에너지 기본계획(2008~2030)

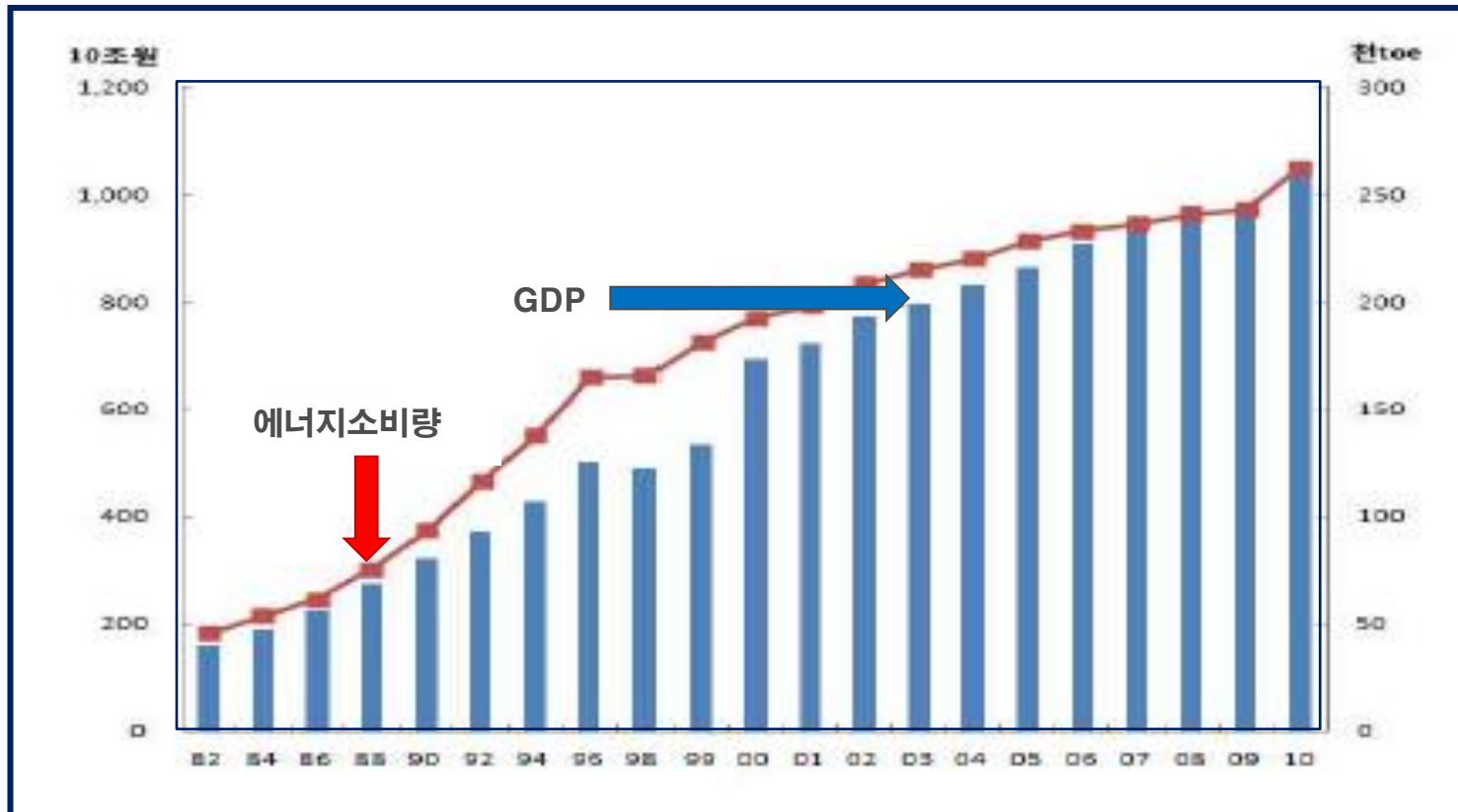
❖ 에너지 효율 46% 개선

▪ 0.342Toe/1,000\$ -> 0.185Toe/1,000\$



[출처:에너지경제연구원 (2009. 11)]

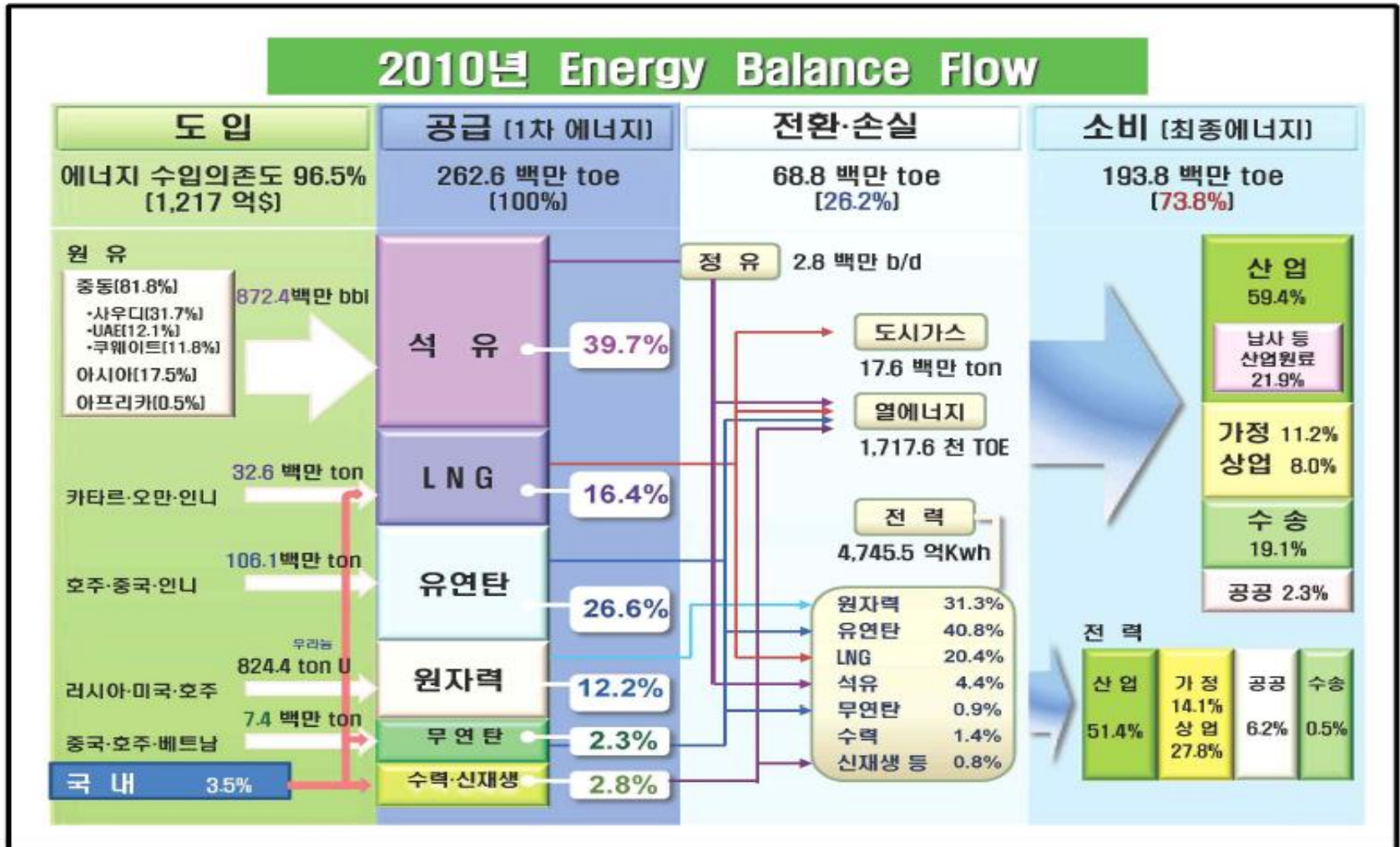
국내 GDP 및 에너지 소비량 추이



(출처: 2012 에너지통계 핸드북)

국내 에너지 수급 실적(2010년)

(출처: 지식경제부, 에너지경제연구원 에너지통계연보 2011)

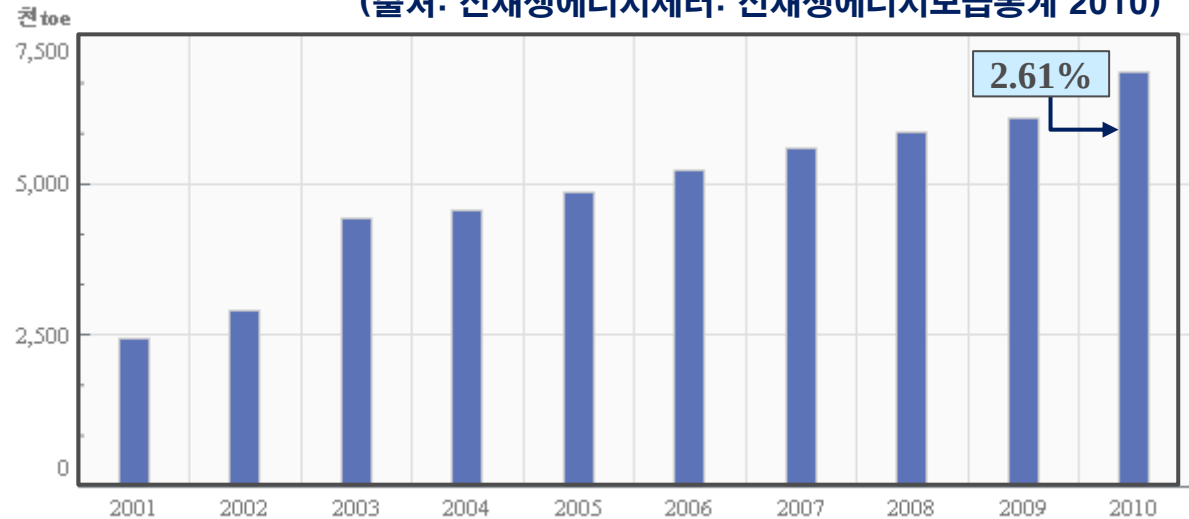




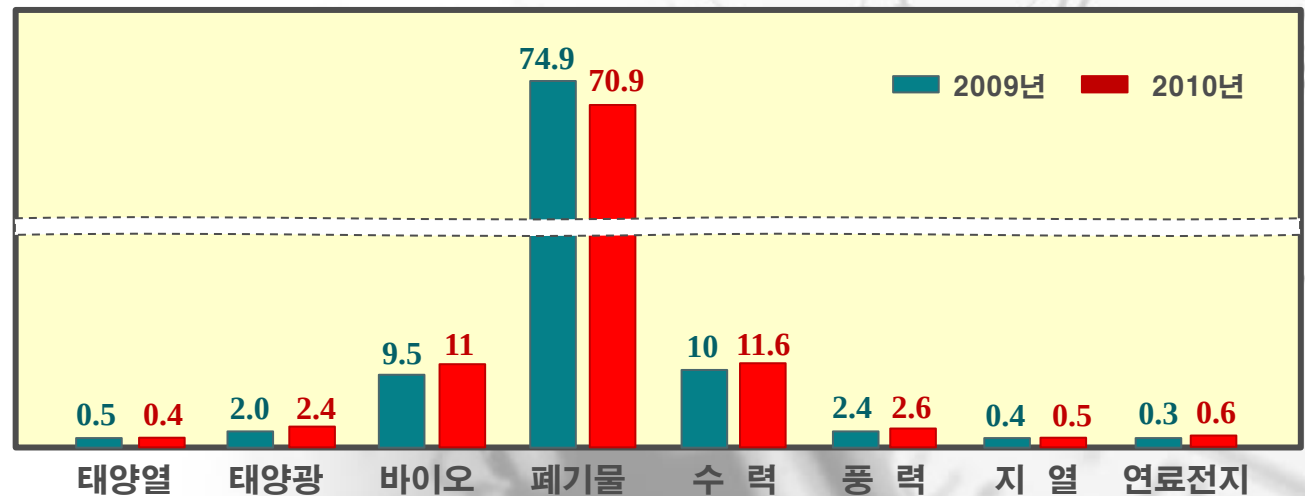
국내 신재생에너지 공급 실적

신재생에너지 공급량

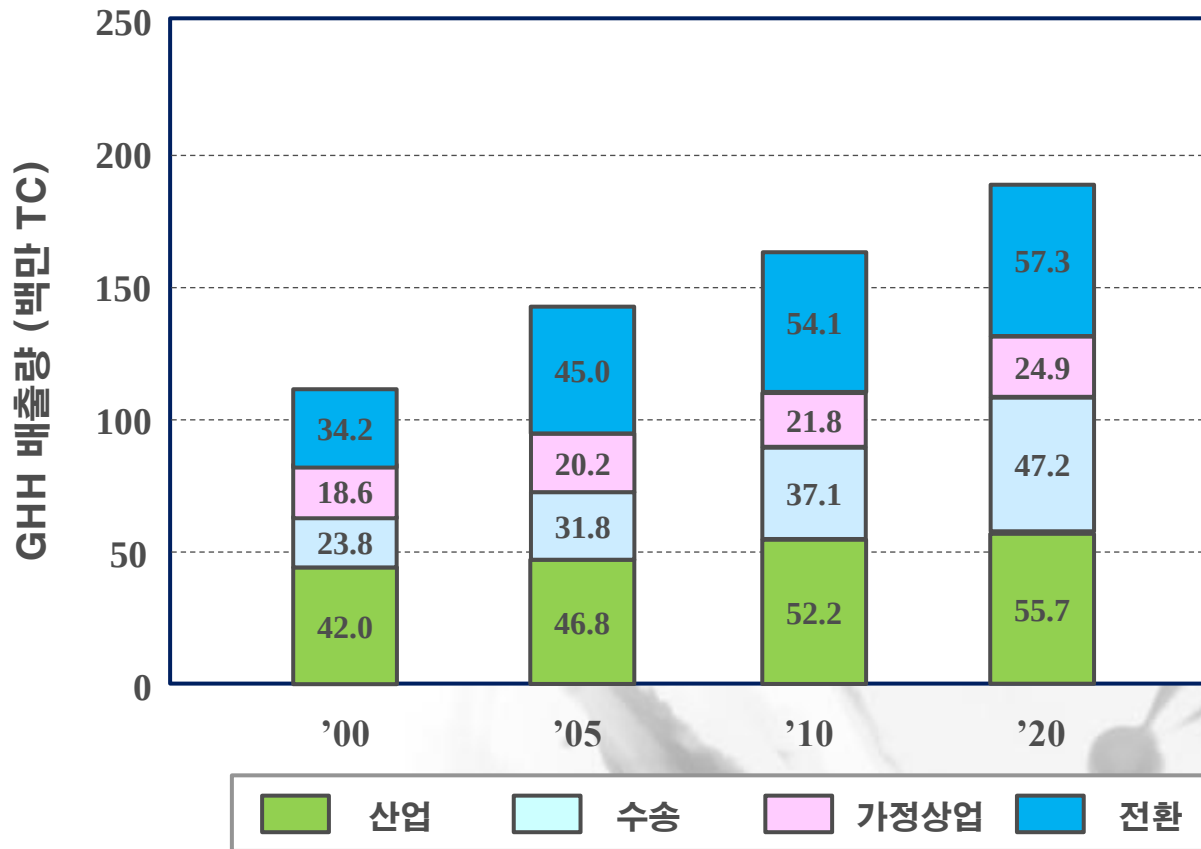
(출처: 신재생에너지센터: 신재생에너지보급통계 2010)



신재생에너지원 별 공급비중 (%)



국내 GHG 배출량 추이





국가 에너지 정책 고려사항

국가 에너지정책 핵심 고려사항

최적 Energy Mix 도출을 위한 고려사항



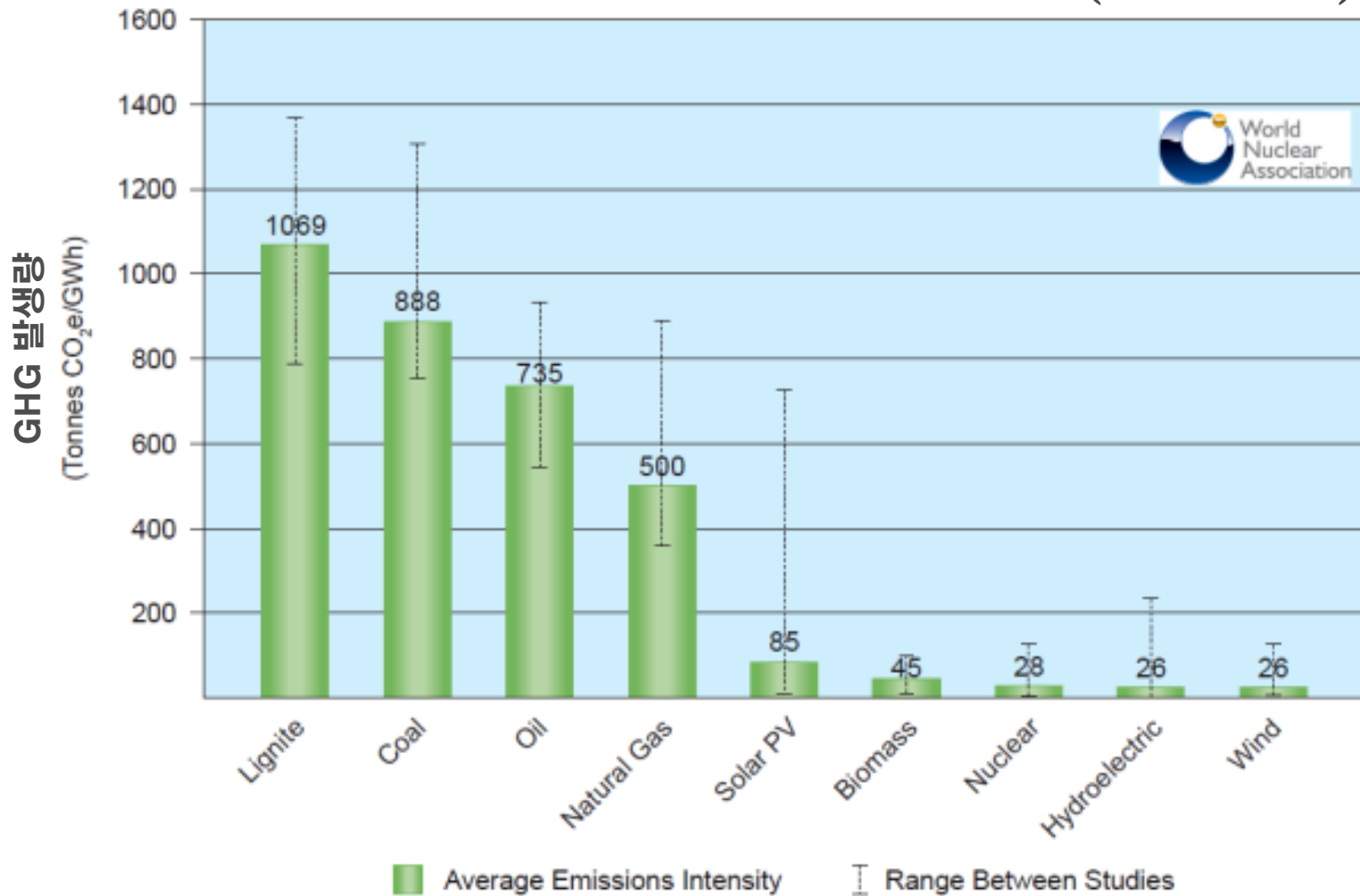
에너지 안보 및 지속가능 에너지

에너지다소비 산업개편 용이성

산업계 및 사회적 수용성

GHG-free 측면

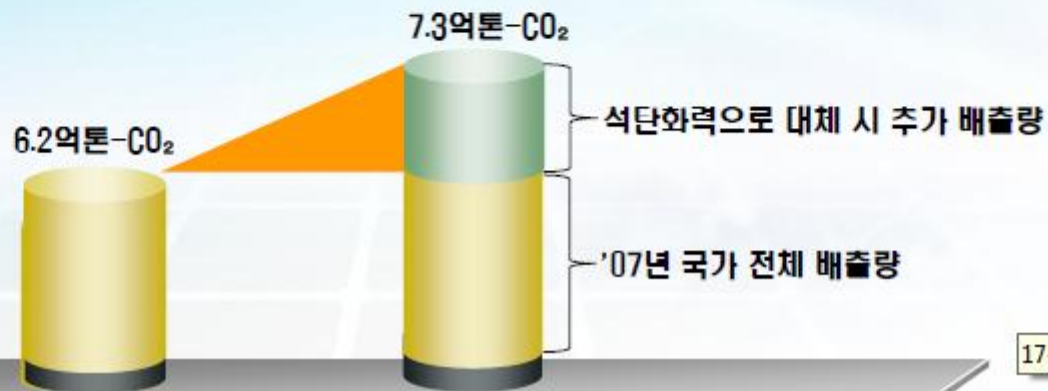
World Nuclear Association (2011. 09. 14)



GHG-free 측면

원자력은 이산화탄소를 배출하지 않는 환경친화적 에너지

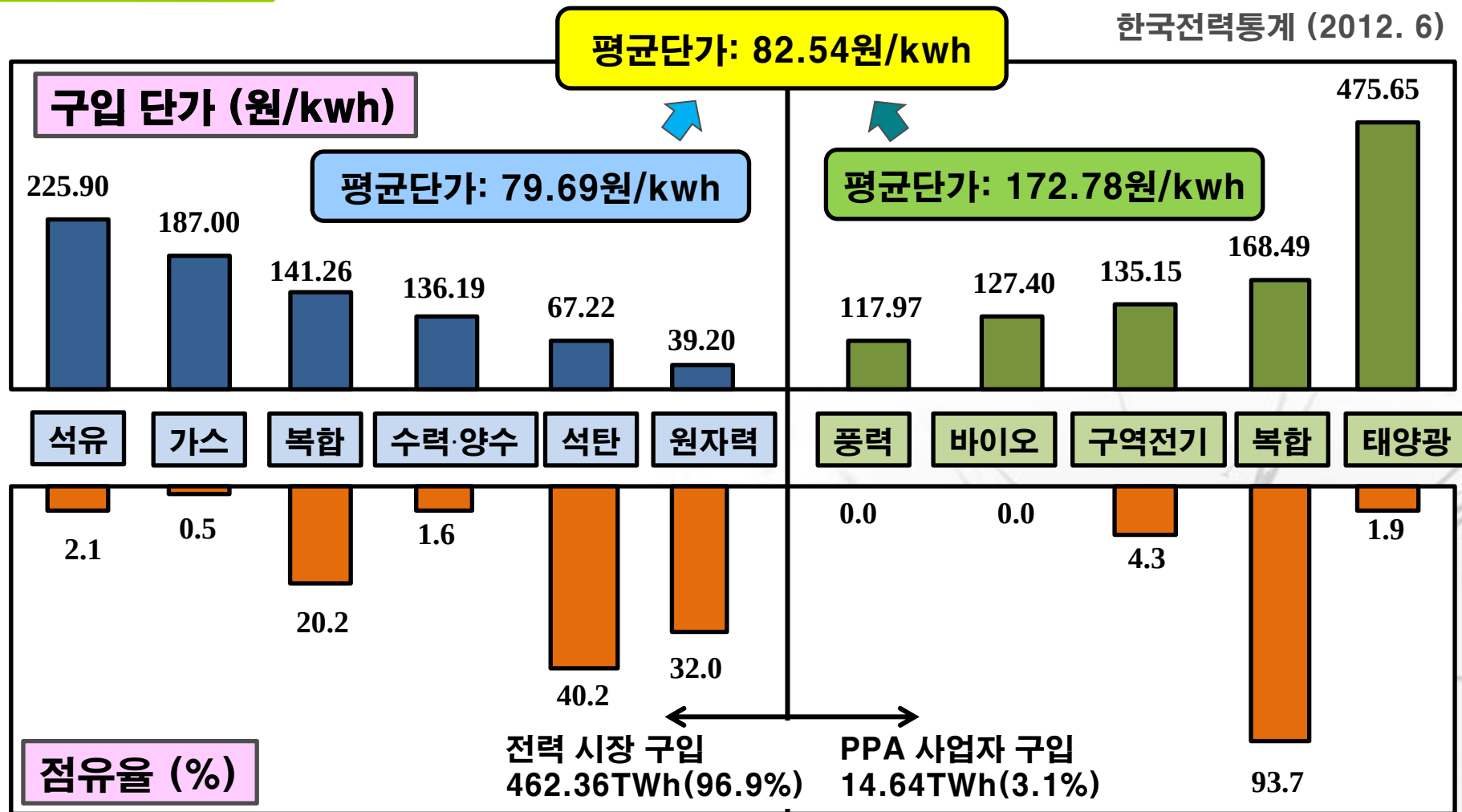
- 원전 1,000MWe 1기를 석탄화력으로 대체할 경우
→ 연간 약 600~700만 톤의 CO₂ 배출이 증가
- 국내 원자력발전량을 석탄화력으로 대체할 경우,
→ 국가 전체 CO₂ 배출량의 약 18%가 증가하게 됨. ('07년 기준)



17-배경

경제적 에너지 측면

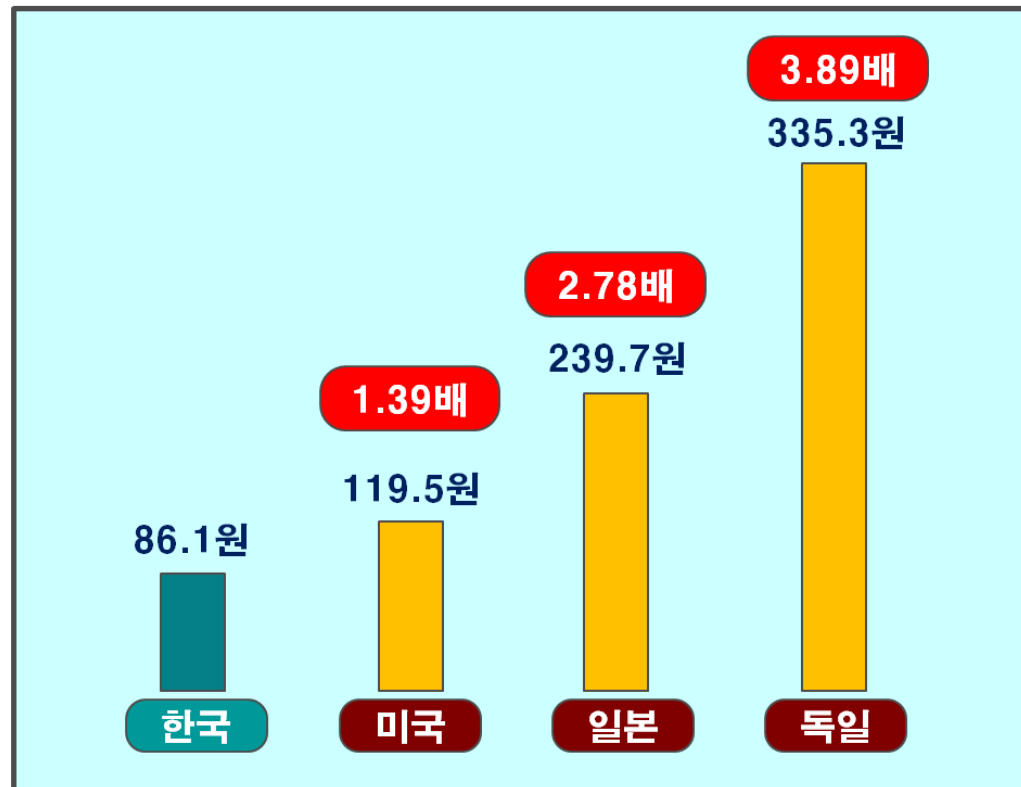
한국전력통계 (2012. 6)





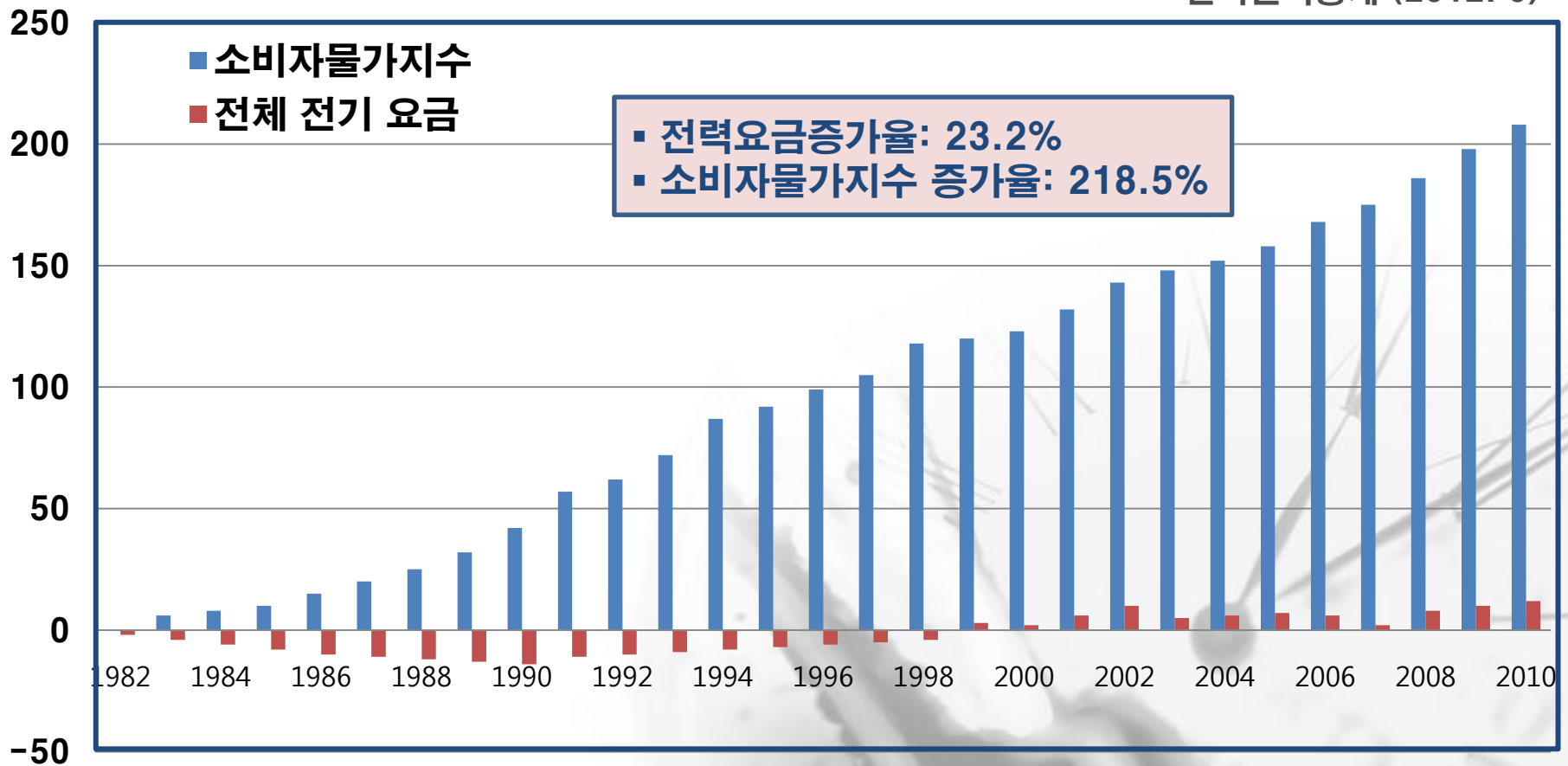
전기요금 비교 (가정용)

(2010년도 통계)



물가지수 vs. 전기요금 추이

한국전력통계 (2012. 6)





경제적 에너지 측면

❖ 설비 이용 효율

- 원자력: 90%이상
- 태양광 & 풍력: 20% 내외

❖ 부지 면적(100만KW 급)

- 원 전: 10만평 (여의도 면적의 1/10)
- 태양광: 1,000만평 (원전의 100배)
- 풍 력: 5,000만평 (원전의 500배)



Safe Energy 측면

원자력 50년 역사: 3번의 원전사고

원전 내부요인

1979년

**TMI
원전사고**

- ◆사망자: 없음
- ◆피폭자: 없음

1986년

**체르노빌
원전사고**

- ◆사망자: 56명

원전 외부요인

2011년

**후쿠시마
원전사고**

- ◆사망자: 없음
- ◆피폭자: 17명
(100mSv 이상)

제1세대 원자로

▪가동 완료 & 폐로

제2세대 원자로

▪가동 중

제3세대 원자로

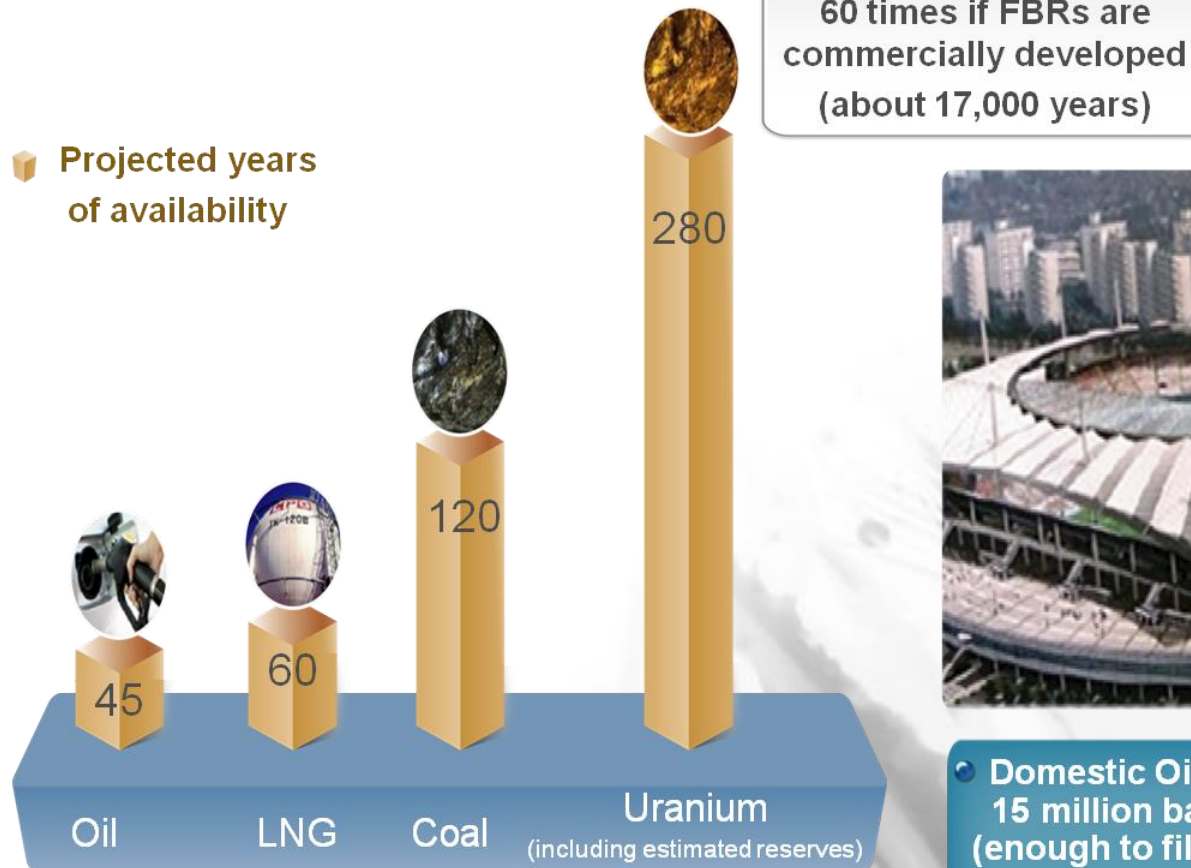
▪가동 중 & 건설 중
▪안전계통 개선
▪열효율 개선
▪일부 피동안전기능

제4세대 원자로

▪개발 중
▪안전계통 혁신
▪완전 피동안전기능
▪수소생산, 담수화

에너지 안보 측면

원자력은 지속가능 에너지이며, 에너지 안보에 크게 기여



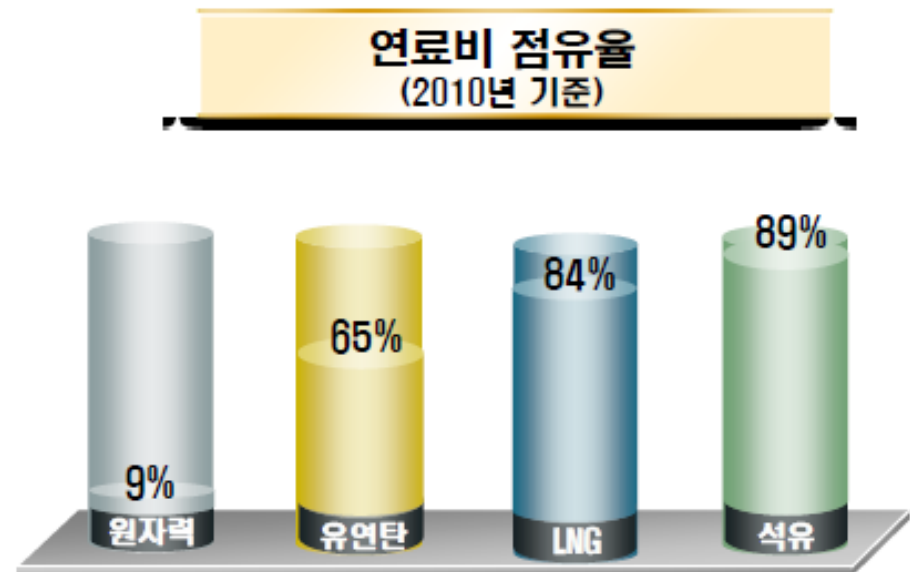
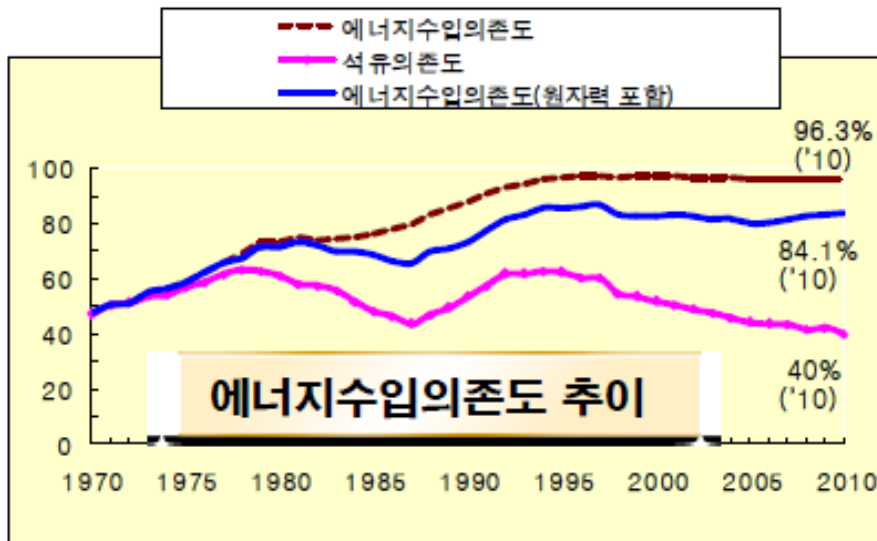
- Domestic Oil consumption(1 week) : 15 million barrels (enough to fill Seoul World Cup Stadium)
- Japan : 2 times, China : 4 times, USA : 8 times

Source : BP Statistical Review of World Energy (2011)
Uranium '10 Resources, Production and Demand (OECD/NEA, IAEA)

에너지 안보 측면

원자력은 지속가능 에너지이며, 에너지 안보에 크게 기여

- 원자력은 건설 및 운영기술이 거의 자립되어 준국산에너지로서 에너지자립에 기여
- 우라늄은 세계 전역에 고르게 매장되어 있고 수송과 비축이 용이하여 연료 공급이 안정적임
- 원자력은 연료비 비중이 낮아 우라늄 가격변동에 따른 총 발전원가에의 영향이 매우 제한적임



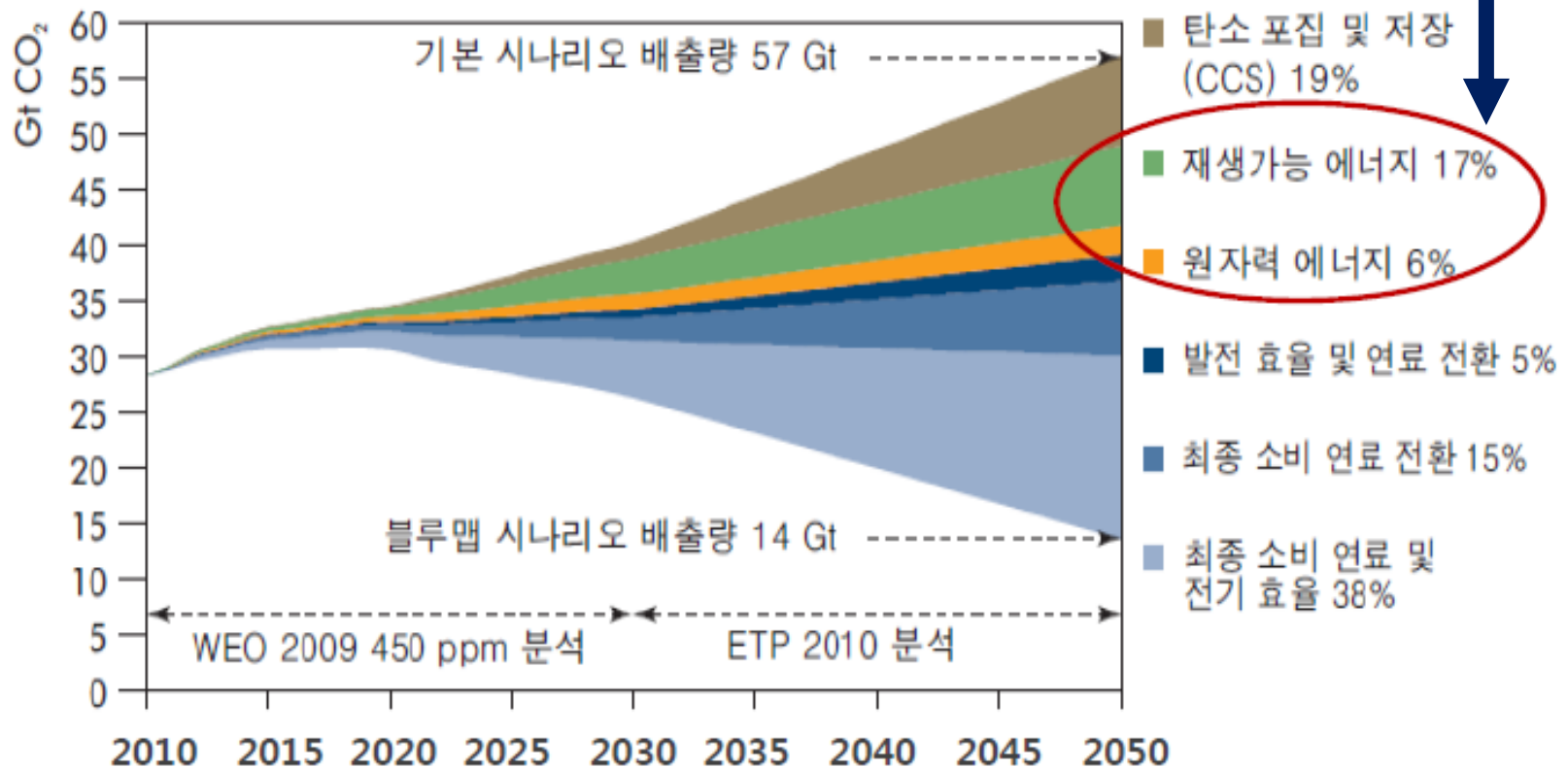


신재생에너지와 원자력에너지의 필요성

GHG 감축을 위한 주요 수단

❖ 원자력과 신재생에너지는 GHG 감축을 위한 주요 수단

✓ 지구 평균온도 상승을 2°C이내로 제한 가능



자료 : IEA, Energy Technology Perspectives, 2010



에너지 안보, 지속가능 에너지

❖ 원자력과 신재생에너지는 자원에 의존하지 않는 기술집약형, 지속가능 에너지이며, 원자력은 에너지 안보에 크게 기여하고 있음

- ❖ 태양광, 풍력, 수소 등의 신재생에너지는 지구상에 무한정으로 존재하는 지속가능 에너지로써 에너지 안보에 기여
- ❖ 사용후핵연료를 재활용하는 순환형 핵연료주기를 통해 원자력의 지속가능 에너지로 자리매김
- ❖ 우라늄은 세계 전역에 고르게 매장되어 있고 수송과 비축이 용이하여 안정적 우라늄 수급이 가능하므로 에너지 안보에 기여



신재생에너지의 경제성 향상 필요

원자력에너지

- ❖ 대규모 발전과 가장 저렴하게 에너지를 생산하는 상용화된 기술
- ❖ 매우 낮은 연료비 비중: 우라늄 가격변동에 따른 원전 경제성에 미치는 영향이 제한적임

신재생에너지

- ❖ 현재 신재생에너지는 비경제적이며, 소규모 분산형의 에너지 공급
- ❖ 따라서, 경제성/실용성/친환경성/대규모 발전 가능성 등을 고려하여 국내 실정에 맞는 신재생에너지에 대한 기술개발 필요
- ❖ 대규모 발전의 CCS의 기술성/경제성/실용성 확보 관련 기술개발 필요

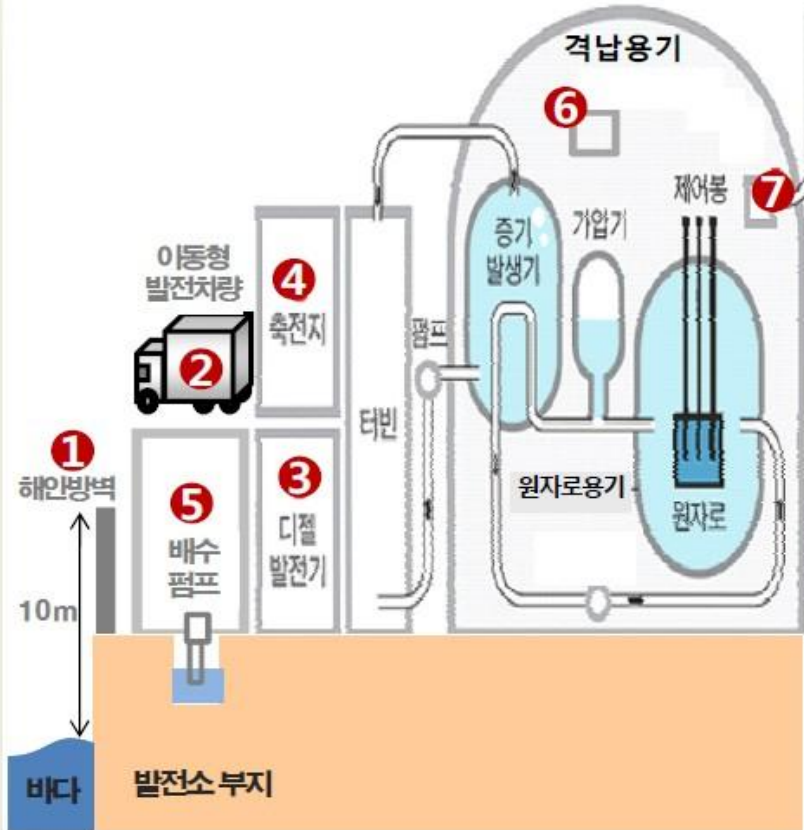


원자력의 안전성 향상 필요

- ❖ 내부요인 및 외부요인(자연재해)에 의한 중대사고 발생을 원천적으로 억제할 수 있는 피동안전시스템 개발에 주력
 - ✓ 능동안전시스템 (제1세대/제2세대 원전): 가동 완료 및 가동 중
 - ✓ 일부 피동안전시스템 (제2세대/제3세대 원전): 가동 중
 - ✓ 완전 피동안전시스템 (제4세대 원전): 개발 중

국내 가동원전 안전성 향상 추진 중

자연재해에 대비한 안전 개선 대책



56개 장단기 개선대책 추진

- ① 원전 해안방벽을 7.5m에서 10m로 증축(고리)
- ② 차량 장착 이동형 비상발전기 확보
- ③ 비상 디젤발전기실 등 침수 방지용 방수문 설치
- ④ 침수 안전 위치에 비상용 축전지 확보
- ⑤ 각종 배수펌프의 방수화
- ⑥ 전기 없이 작동 가능한 수소제거설비(PAR*) 설치, 수소폭발 예방
- ⑦ 격납용기의 과도한 압력 상승을 막는 방사성물질 여과 및 배기 설비 설치

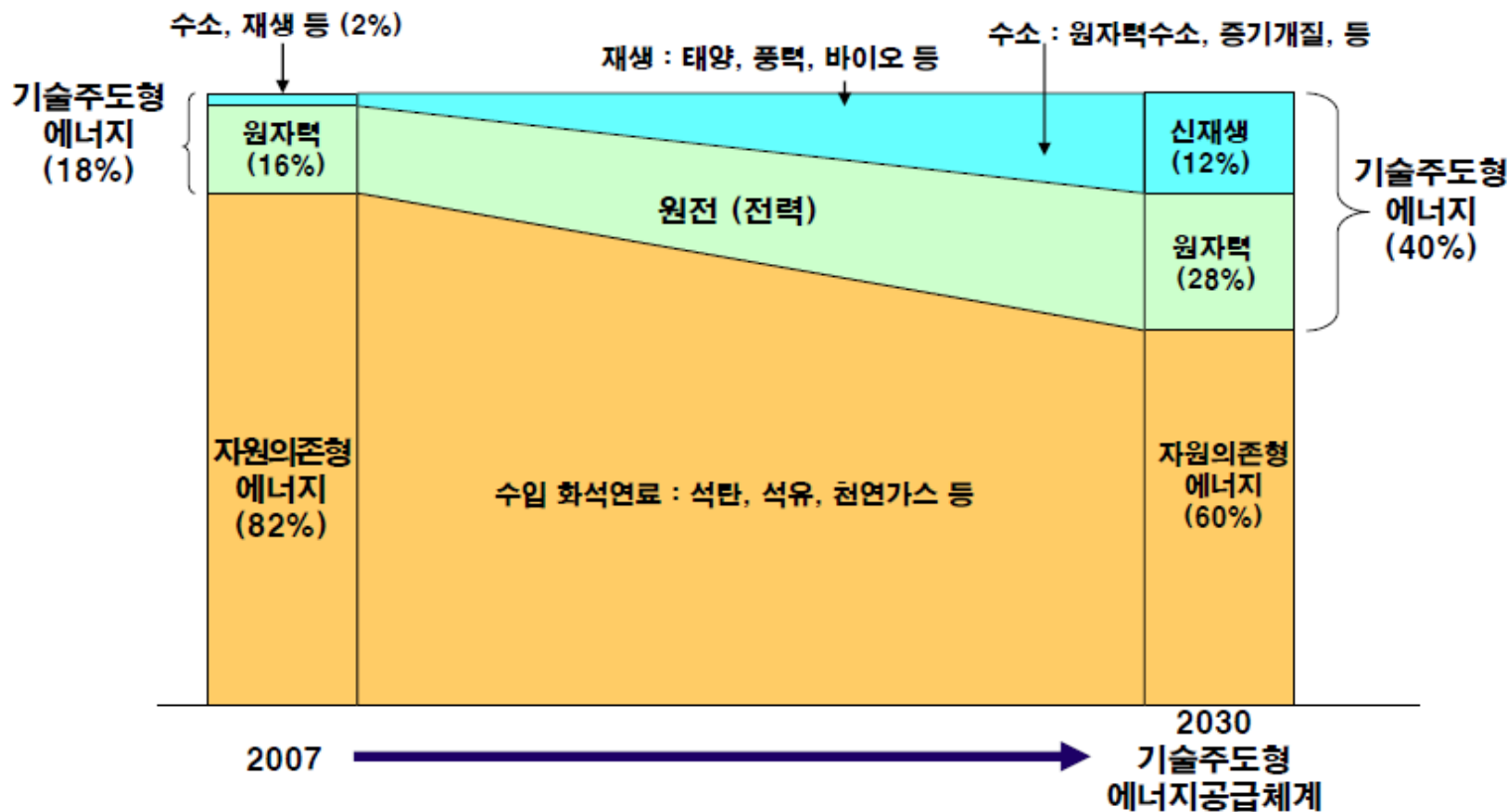
5년간 약 1.1조원 이상 투입

신재생에너지와 원자력의 역할

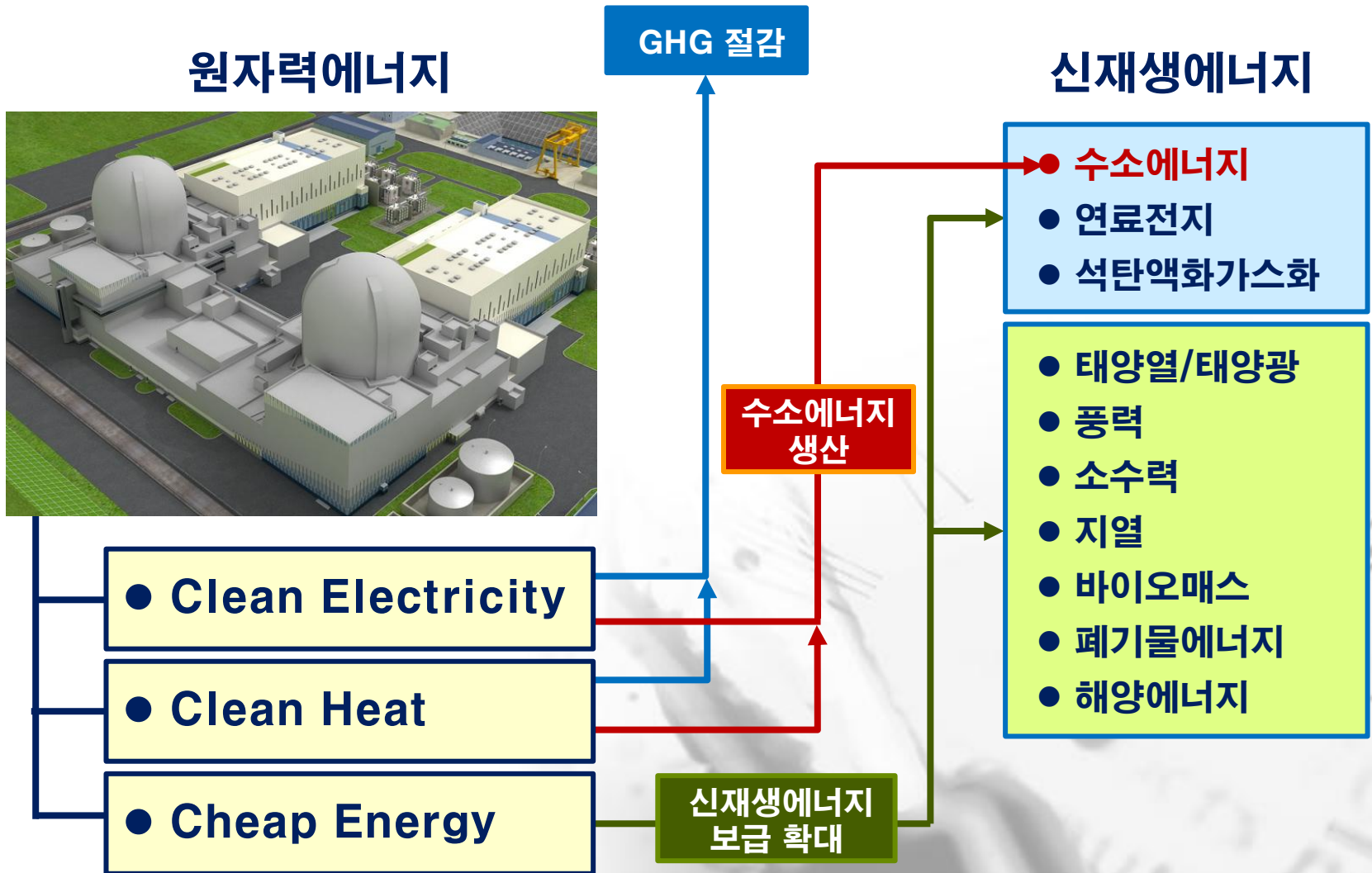
❖ 국가 Energy Mix 방향

- ✓ GHG-free 에너지 비중의 지속적 증가
- ✓ 에너지 안보, 경제적 및 기술주도형 에너지 비중의 지속적 증가

- 원자력에너지: 집중형 대규모 에너지의 경제적, 안정적 공급
- 신재생에너지: 분산형 소규모 에너지 공급에 주력



원자력과 신재생에너지 연계(안)



후쿠시마 원전사고 전·후 원전계획 변화

World Nuclear Association (2012. 8)

국가		'10 발전량 (TWh)	점유율(%)		운영현황		건설 기수	계획 확정	계획 기수
			국내	세계	용량(MWe)	기수			
1	미 국	790.4	19.2	31.4	101,930	104	1	11	19
2	프랑스	423.5	77.7	16.7	63,130	58	1	1	1
3	러시아	162.0	17.6	6.5	24,164	33	10	17	24
4	일 본	156.2	18.1	6.2	44,396	50	3	10	5
5	한 국	147.8	34.6	5.7	20,787	23	4	5	0
6	독 일	102.3	17.8	4.1	12,003	9	0	0	0
7	캐나다	88.3	15.3	3.6	12,044	17	3	2	3
8	우크라이나	84.9	47.2	3.4	13,168	15	0	2	11
9	중 국	82.6	1.8	3.3	11,881	15	26	51	120
10	영 국	62.7	17.8	2.6	10,038	16	0	4	9
세계	2012. 8	2,518.0			371,745	433	65	158	329
	2011. 3					443	62	158	324

- ❖ 미국, 프랑스, 캐나다, 러시아, 일본에 이어 세계 6번째의 원전수출국
- ❖ 아랍에미리트에 APR14004기 수출(고리1호기 건설 후 32년 만의 한국형 원전 수출)
- ❖ 계획 원전이 500기 수준으로 선진국들간 시장선점을 위한 치열한 경쟁



결 언

- ❖ GHG 배출량 축소를 위해 신규 원전 건설의 80%를 기존 원전 보유국가에서 추진하고 있으며, 2020년 이후의 기후변화방지협약 이행에 대비하여 전세계적으로 원자력의 지속성장을 전망하고 있음
 - ✓ UN Panel에서 제시한 GHG 감축목표(2050년까지 70% 감축)를 달성하기 위해서는 신재생에너지의 가장 빠른 성장을 가정하더라도 2100년에는 8000기(1000MW급)의 원전 확보 필요
- ❖ 신재생에너지는 생산비용이 상대적으로 크지만 GHG 배출량 축소, 에너지 안보 및 지속가능 측면에서 가장 빠른 성장 전망. (단, 국내 실정에 적합한 신재생에너지 기술개발에 주력 필요)
- ❖ 원자력에너지는 GHG-free 기반의 저렴한 수소를 생산할 수 있고, 아울러 원자력에서 확보한 경제적 이득과 신재생에너지 기술개발과 연계함으로써 신재생에너지 보급확대에 기여할 수 있음



감사합니다