

2018 인하대 **K-MOOC** 강의 교재

인류의 그림자, 에너지 바로알기

신 현돈 교수

(hyundon.shin@inha.ac.kr)

인하대학교 에너지자원공학과

2018



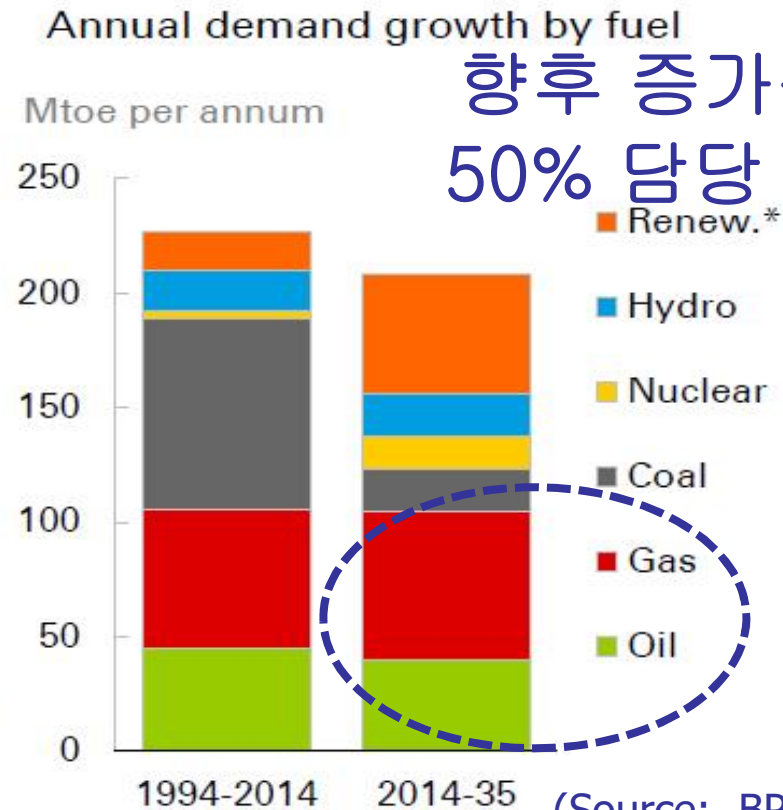
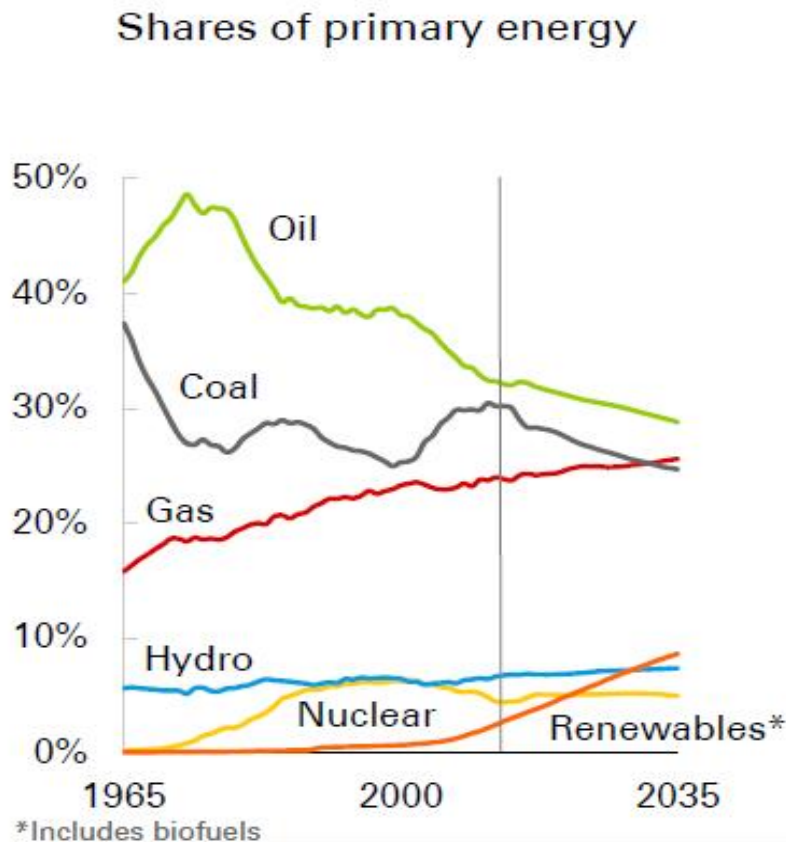
13. 저 탄소 에너지



13-1: 저 탄소 에너지란 ?

에너지원 구성과 수요

- 석유-석탄-가스 (2015) → 석유-가스-석탄 (2035년)
- 화석연료 비중은 감소, 절대 수요량은 지속적 증가



향후 증가분의
50% 담당 예정

(Source: BP 2016)

탄소와 에너지

- 탄소와 산소의 반응으로 열 발생
- 탄소/수소비가 클수록 이산화탄소 방출 큼

	H/C Ratio	Energy Content (kJ/g)	CO ₂ released (mol/10 ³ kJ)
Hydrogen	-----	120	-----
Gas	4/1	51.6	1.2
Petroleum	2/1	43.6	1.6
Coal	1/1	39.3	2.0
Ethanol	3/1	27.3	1.6

저탄소 에너지는 ?

- 이산화탄소 배출이 적은 에너지원
 - 천연가스
 - 신재생에너지
 - 수소에너지
 - 원자력에너지
- 에너지 전환정책 방향
- 기후변화 대응

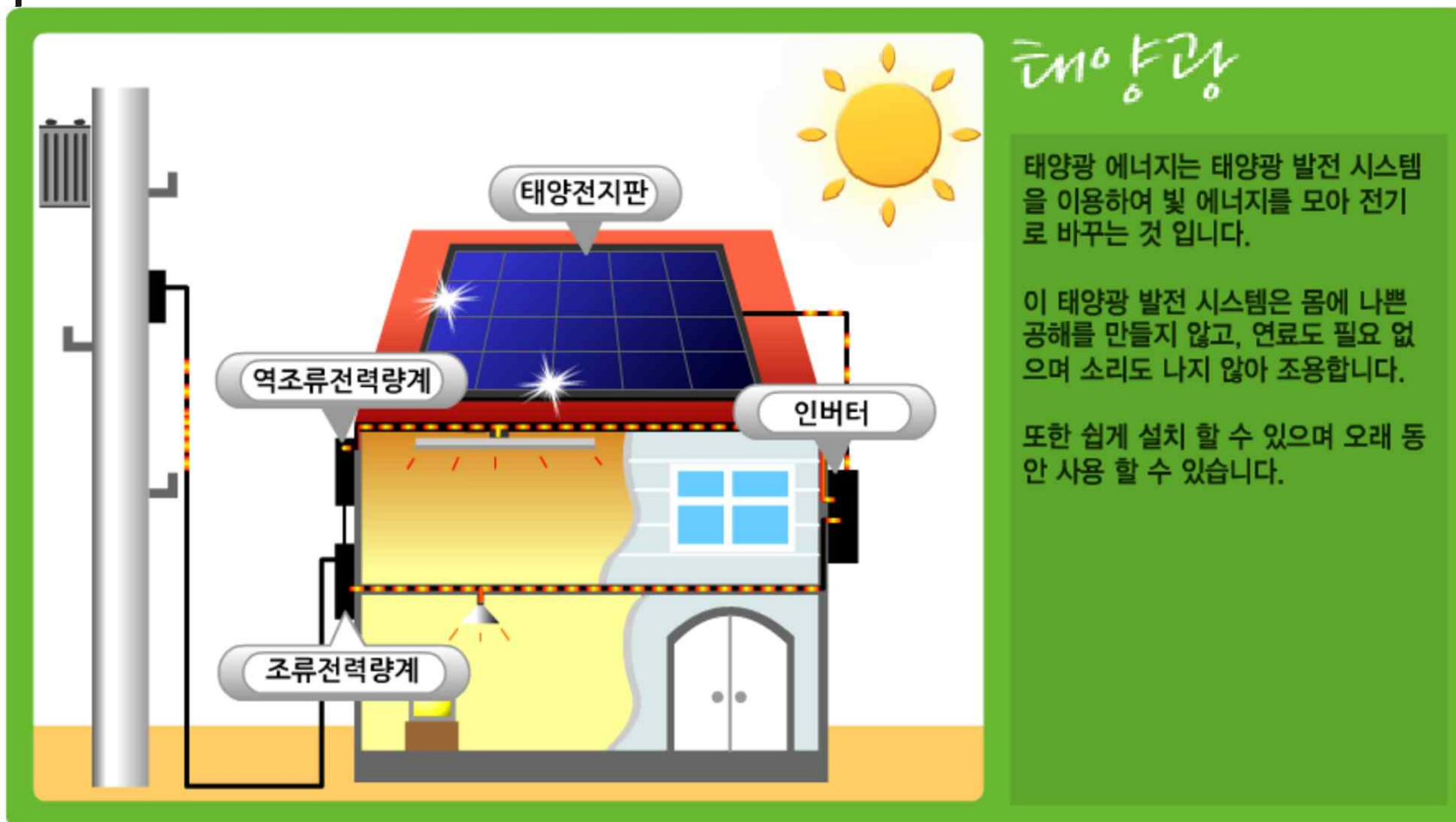
신재생에너지는 새로운가?

- 1979년 미국 카터 정부: 태양열 온수 난방 장치 백악관에 설치 -> 2000년까지 신재생 몫 20%
- 2010년 에너지의 8% 차지 (바이오 제외 시 1.5%)
- 에너지공급, 안보, 기후변화 문제 해결을 위한 핵심사항으로 각광: 잃어버린 25년
- 재생에너지 전 세계적으로 확장 추세: 유럽국가 2020년까지 20% 목표
- 타 에너지원가격, 세계 경기와 맞물려 부침 반복: 국가 정책적 뒷받침으로 지속성장 가능성

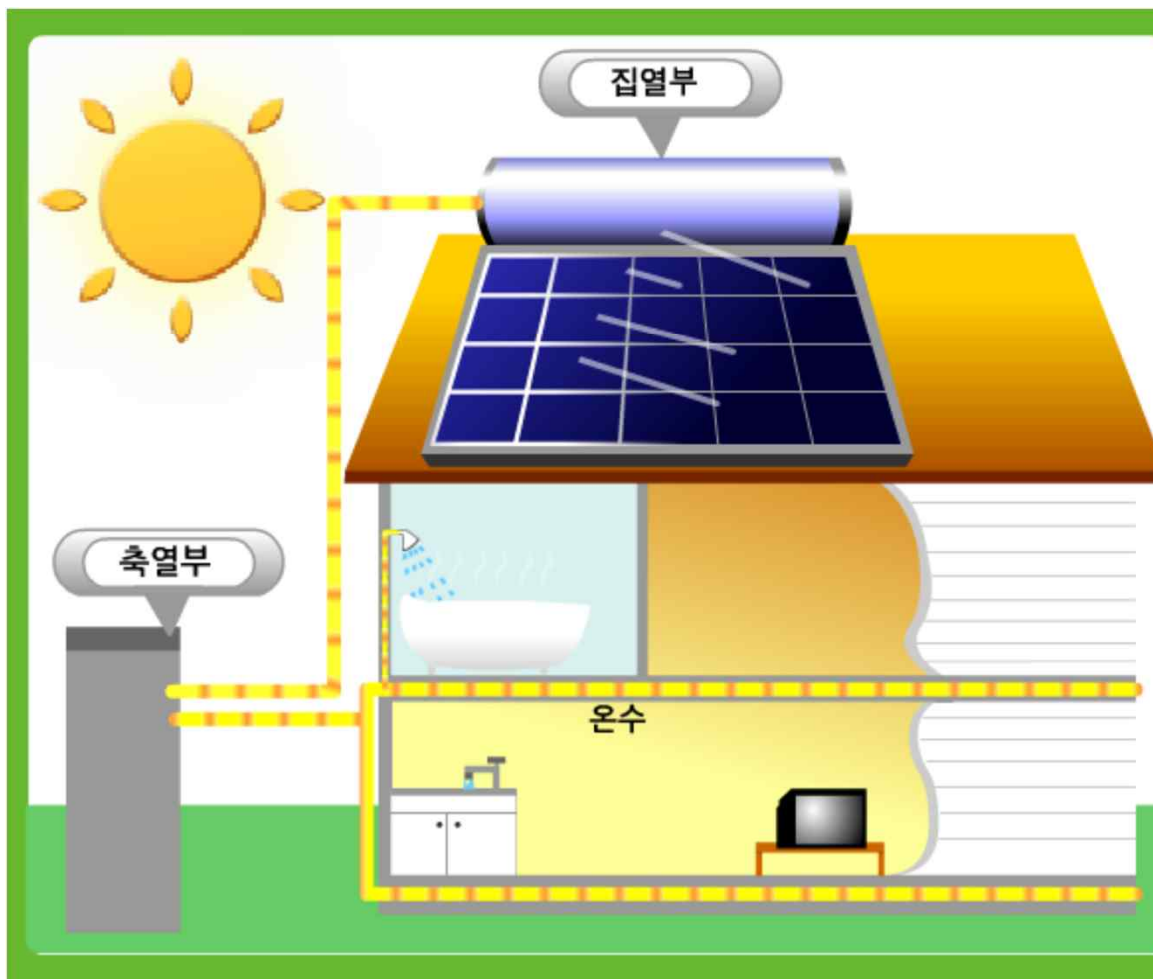
신재생에너지 종류

- 고갈 안되고 환경 친화적인 에너지
 - 풍력: 바람을 이용한 전력 생산
 - 태양광: 빛 에너지를 전류로 전환
 - 바이오 연료: 식물에서 에탄올, 바이오디젤 등 추출
 - 바이오 매스: 식물연료나 동물의 분뇨 연소
 - 지열: 지하의 열을 활용
 - 수력: 낙수나 가압수 활용 전력생산
 - 태양열: 에너지 효율 향상을 통한 친환경 건물
- 폐기물 에너지, 전기자동차 배터리

태양광-발전시스템



태양열- 난방장치



태양열

태양에서는 따뜻한 열이 나옵니다. 이러한 열 에너지를 이용하여 바로 사용 하거나 한꺼번에 모아 사용 함으로써 집을 따뜻하게 하고 물을 데우는데 사용 하는데 이러한 장치가 태양열 난방 장치 입니다.

풍력



풍력

풍력발전은 바람 힘을 이용한 것으로 바람이 풍차의 날개를 돌리면 날개는 발전기라는 전기 발생 장치에 연결되어 전기를 생산하고 생산된 전기는 바로 사용하거나 전기를 보내는 전선망을 이용하여 전기를 필요로 하는사람들에게 보내줍니다.

우리나라는 바람이 많이 부는 산이나 해안선이 길은 바다가 있어 풍력발전 설치 시 많은 전기를 생산할 수 있습니다.

바이오 에너지

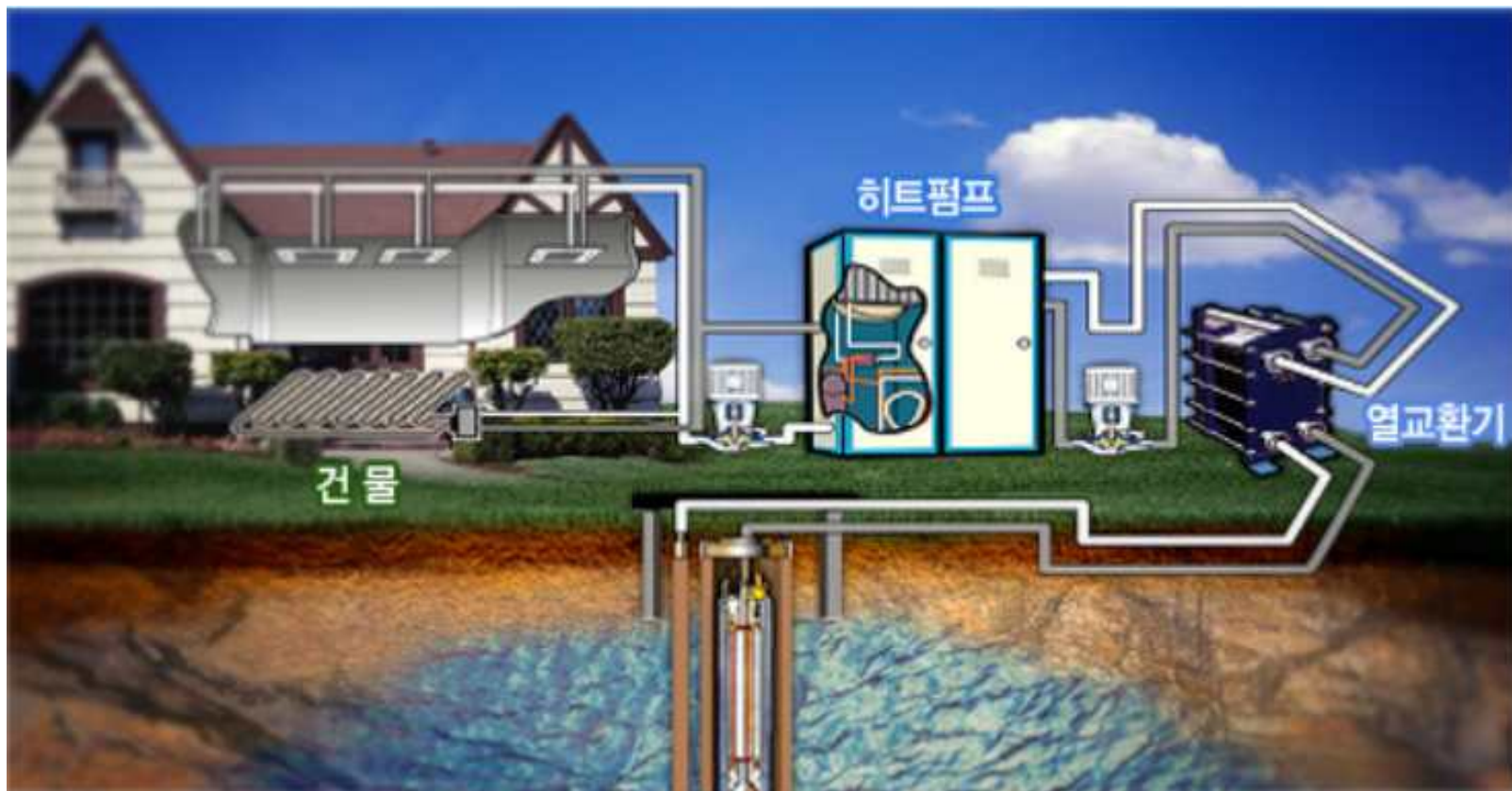


폐기물



지열

천부 저온(냉난방), 심부 고온(지열발전)

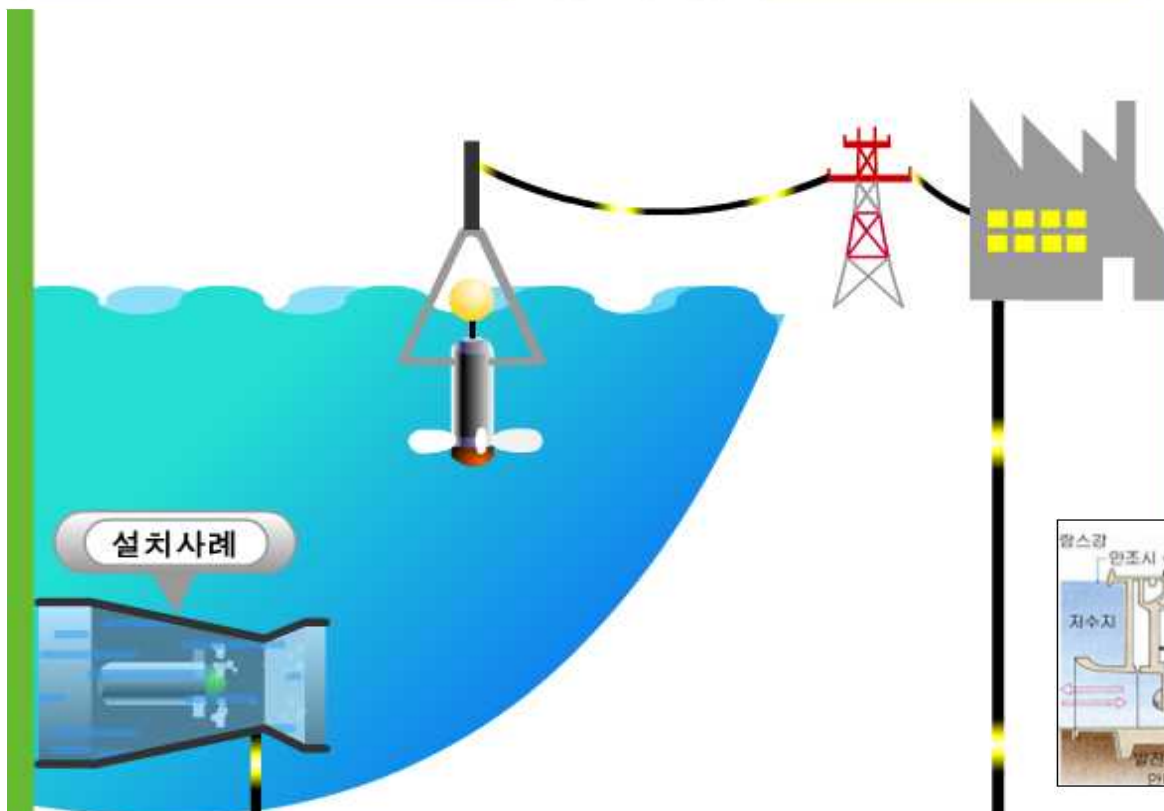
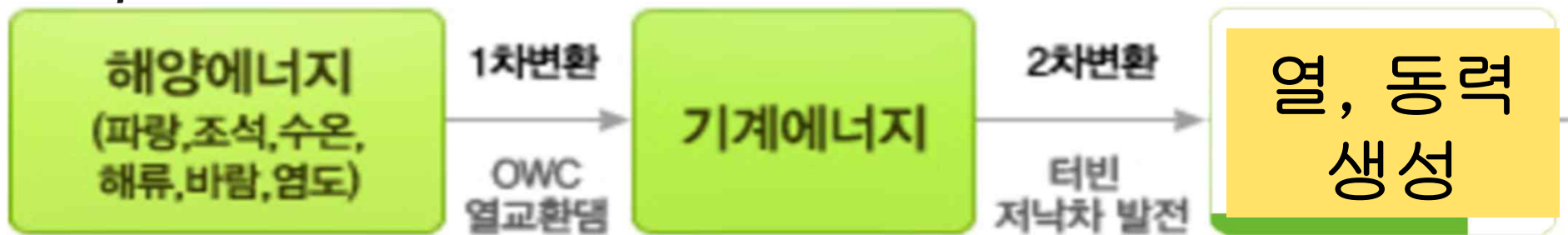


수력

- 수력발전은 물의 유동 및 위치에너지를 이용하여 발전
- 밤에 남는 전기를 이용하여 양수발전에 활용

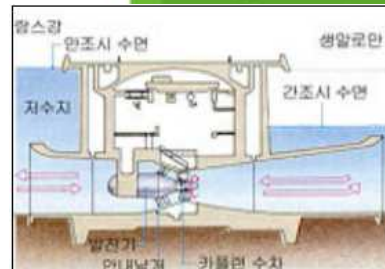


해양에너지



해양에너지는 바다에서 발생하는 에너지로서 파도가 칠때 사용 할 수 있는 파력에너지,

바다속과 바다 표면의 온도의 차를 이용해 만드는 온도차 에너지, 밀물과 썰물 때의 물의 깊이가 달라지는 현상인 조력에너지 등이 있으며 이러한 여러 에너지를 이용하여 전기를 생산할 수 있습니다.



수소에너지

- 수소에너지기술은 물, 유기물, 화석연료 등의 화합물 형태로 존재하는 수소를 분리, 생산해서 이용하는 기술
- 수소는 물의 전기분해로 가장 쉽게 제조할 수 있으나 입력에너지에 비해 수소에너지의 경제성이 너무 낮으므로 대체전원 또는 촉매를 이용한 제조기술 연구
- ※ 에너지보존법칙상 입력에너지(수소생산)가 출력에너지(수소이용)보다 큰 근본적인 문제가 있음

신재생에너지의 문제점

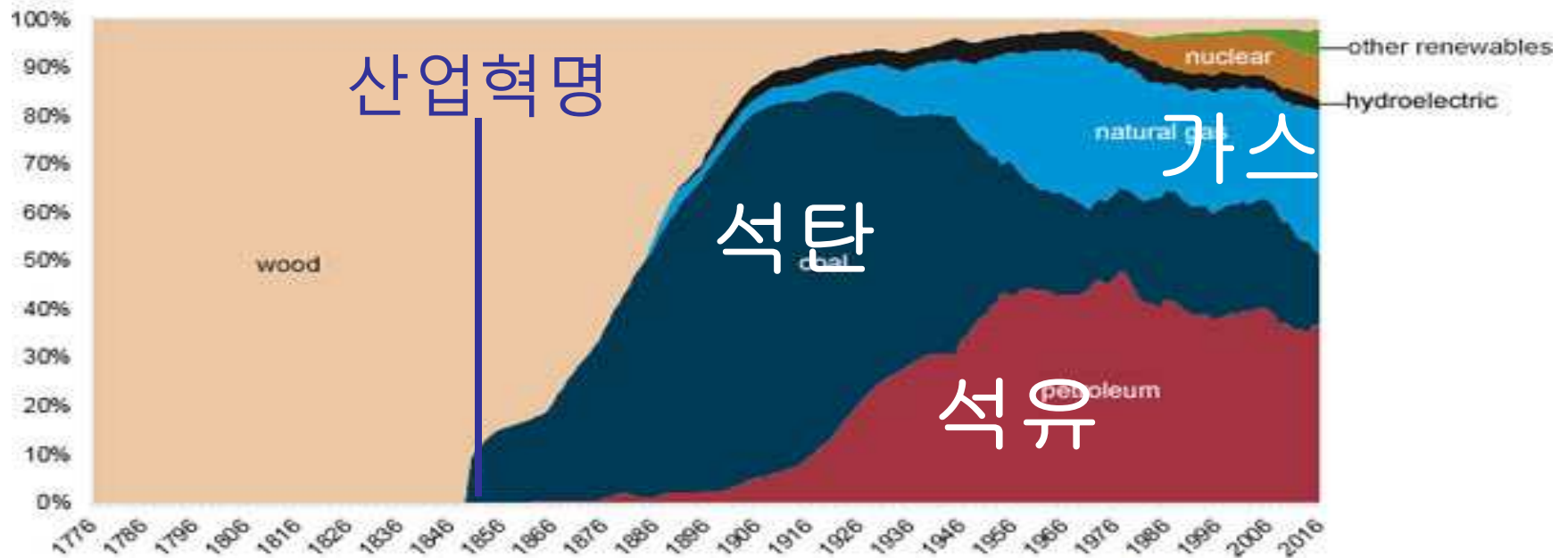
- 지속적인 에너지 생산이 어려움
 - 풍력, 태양광
 - 대규모 저장장치 필수
- 사회적 환경적 영향
 - 식량문제
 - 지표 사용 면적
 - 막연한 심리적 동경
- 접근성
- 기술 성숙도
- 비용
- 기후변화 관련 정부의 정책적 지원
- 에너지저장 기술과 연계됨
- 중간단계로 원자력, 이산화탄소지중저장(CCS), 에너지효율 향상 추진
- 신재생에너지에 대한 경제성 분석 미비

13-2: 화석연료와 탄소

화석연료의 변천

- Wood- coal- petroleum-gas-?
- 산업 발전에 따라 저탄소로 이동

Share of U.S. energy consumption by major sources, 1776–2016

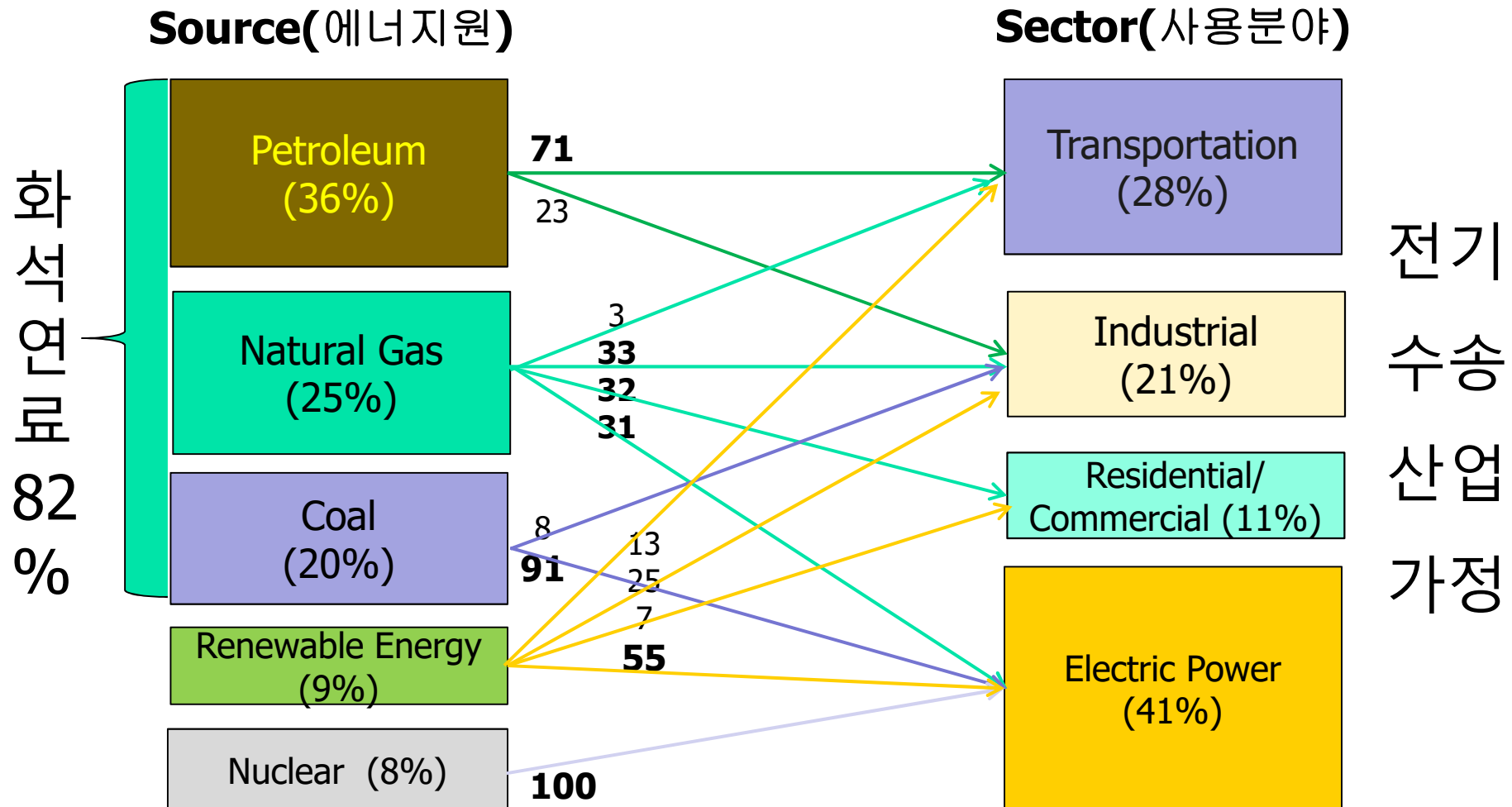


Source: U.S. Energy Information Administration, *Monthly Energy Review*, April 2017, preliminary data for 2016

화석연료란 ?

- 유기물이 지하내부에 매장되어 고온고압상태에서 만들어짐
- 고체, 액체, 기체 상태로 존재 가능
: 석탄, 석유, 가스
- 현재 전체 에너지원의 대부분 차지

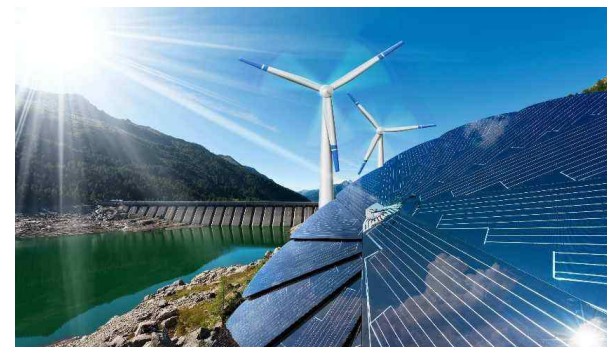
에너지원과 사용분야



Data: U.S. Energy Information Administration, 2012

화석연료의 용도

- 산업혁명 이후 석탄으로 시작
- 발전용
- 산업용: 일부 석유화학제품의 원료로 사용
- 가정용



탄소와 에너지

- 탄소와 산소의 반응으로 열 발생
- 탄소/수소비가 클수록 이산화탄소 방출 큼

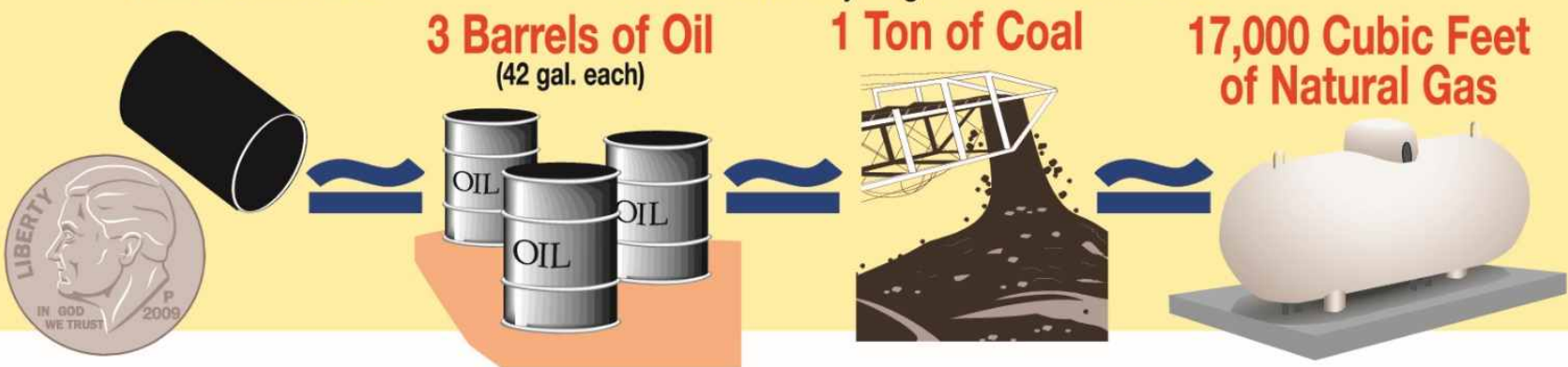
	H/C Ratio	Energy Content (kJ/g)	CO ₂ released (mol/10 ³ kJ)
Hydrogen	-----	120	-----
Gas	4/1	51.6	1.2
Petroleum	2/1	43.6	1.6
Coal	1/1	39.3	2.0
Ethanol	3/1	27.3	1.6

에너지원의 부피 비교

- 동일 에너지 발생시킬 수 있는 부피
- 우라늄 < 석유 < 석탄 < 가스

SOURCE ENERGY EQUIVALENTS

1 Uranium Fuel Pellet, without being reprocessed and recycled, has about as much energy available in today's light water reactor AS...
actual size shown below



석탄의 진화와 탄소의 농축

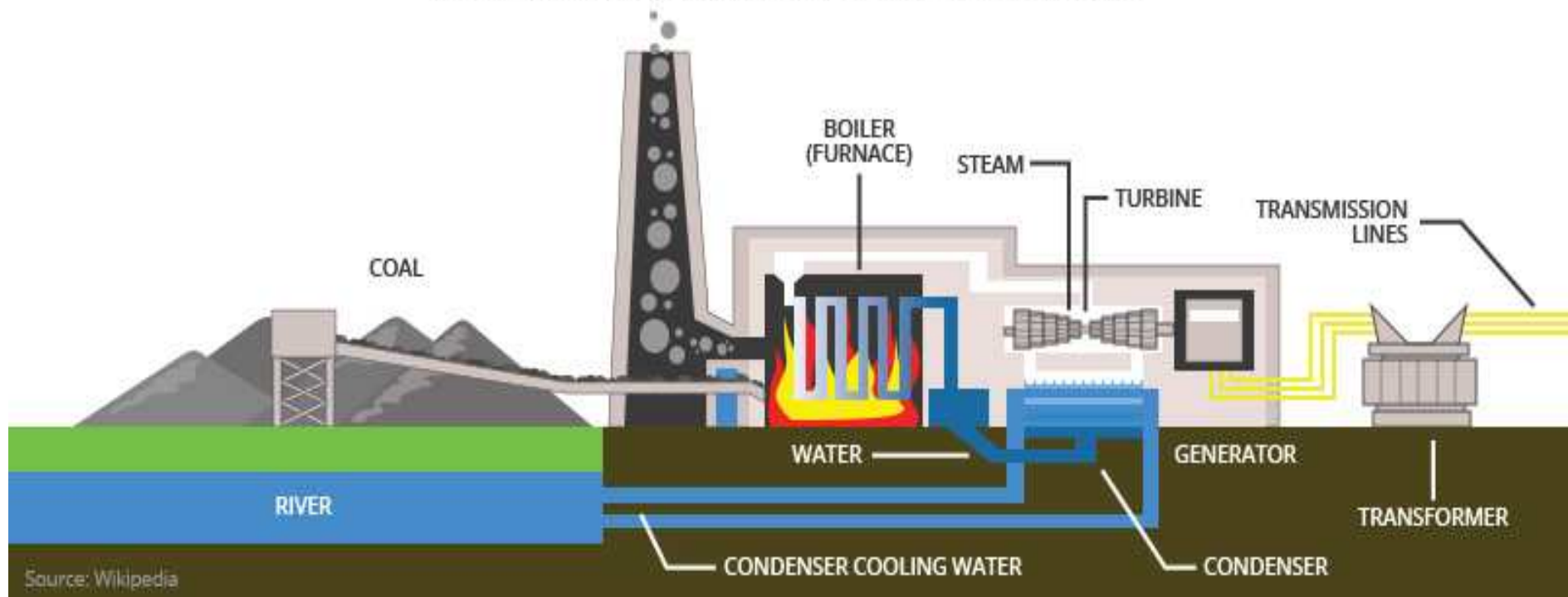
- 토탄에서 무연탄으로 갈수록 탄소 농축 증가
 토탄(60%)-갈탄(70%)-역청탄(80%)-무연탄(95%)



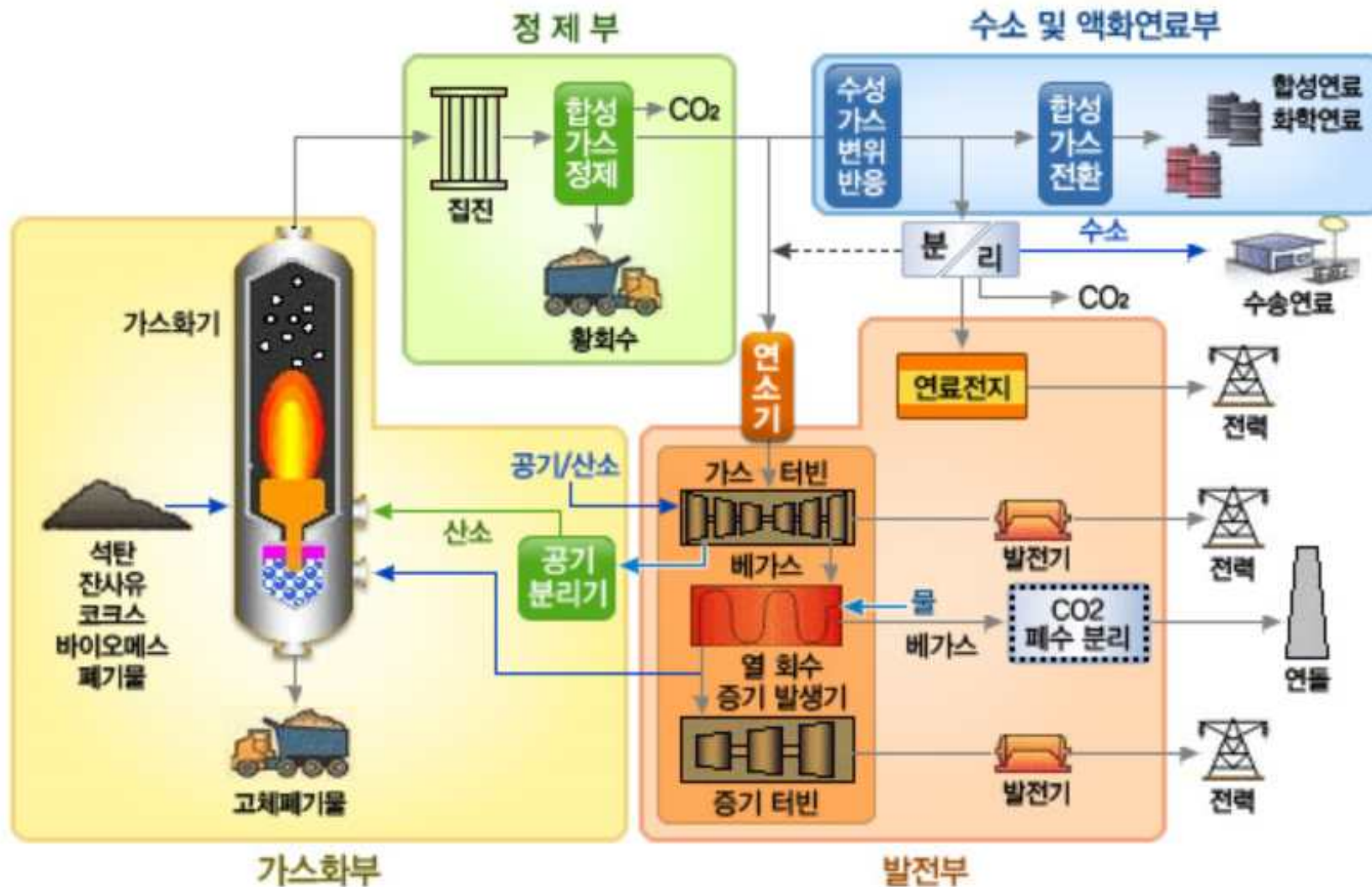
석탄 화력발전

- 석탄의 이용은 증기기관으로 시작
- 매연, 미세먼지 등 환경 문제

COAL FIRED POWER STATION



| 화석연료의 청정화: 기화-액화



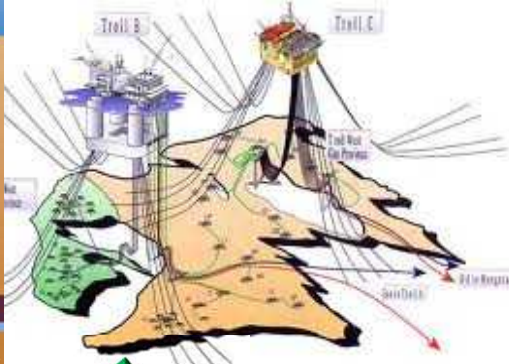
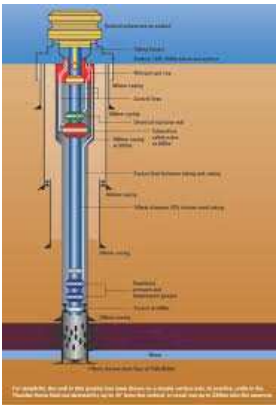
석탄의 개발과 생산

- 노천채굴과 지하채굴: 직접 접촉해서 생산
- 환경 문제, 안전 문제



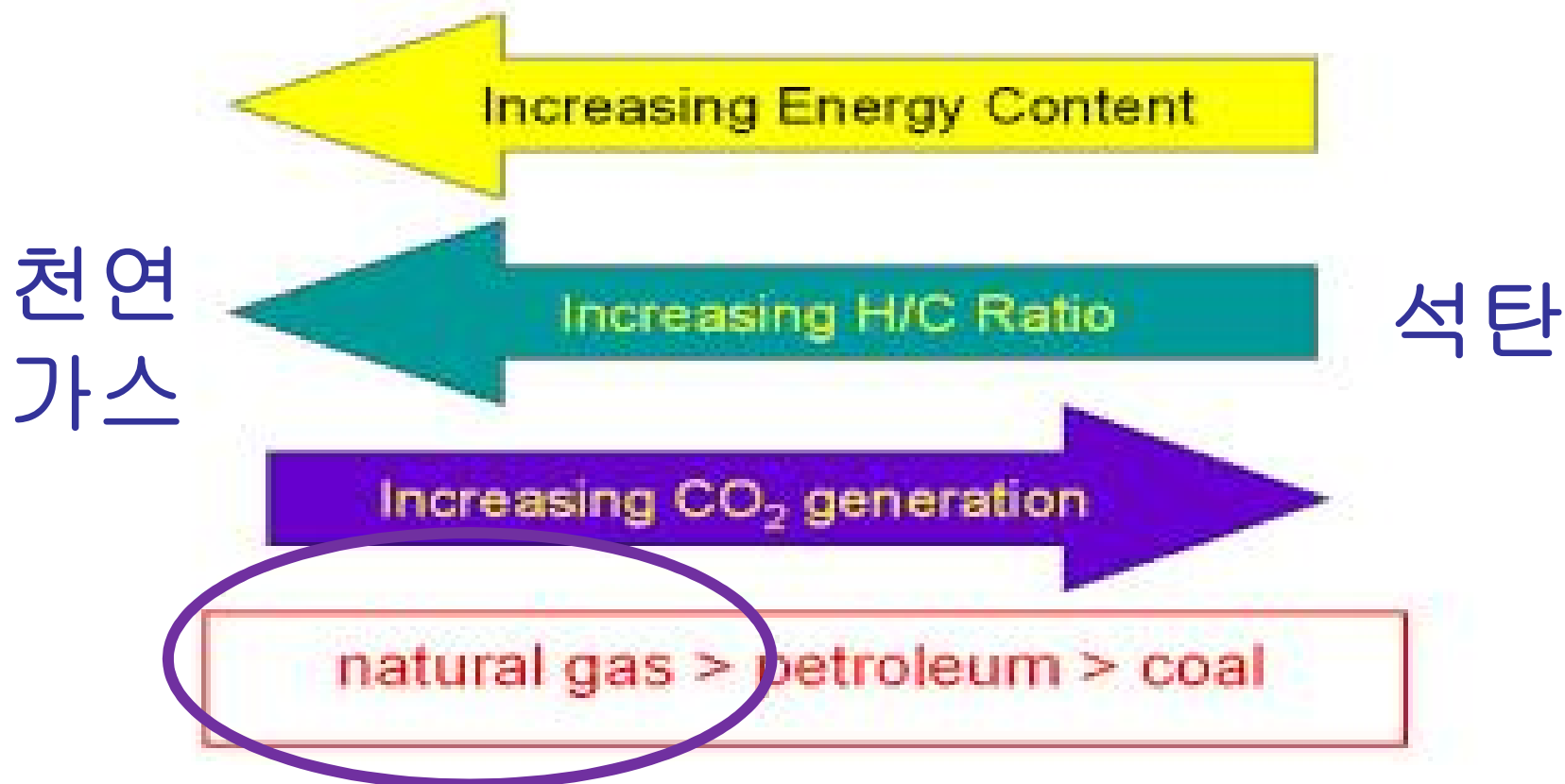
석유가스의 생산과정

- 생산 시추- 펌프-생산시설-파이프-정유공장



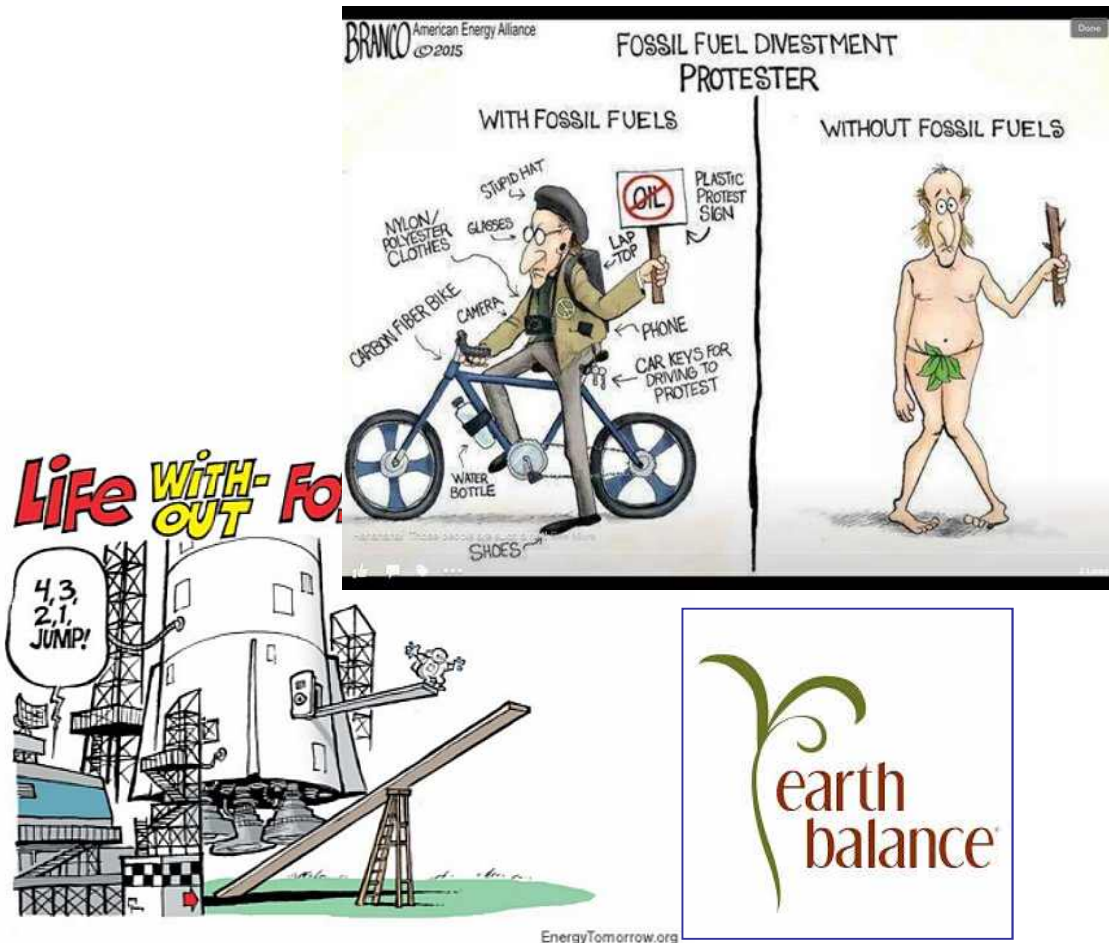
화석연료별 에너지 특성

화석연료 개발 자체가 환경오염 유발 및
청정에너지 에너지 소비



화석연료 없는 삶

- 에너지 중독, 환경 오염 : 불편 감수 필요





13-3 : 전기차는 친환경인가 ?

전기차의 재등장 ?

- 전기차는 등장: 1830년대 제작
 - 사람 수송용 자동차는 1880
 - 가솔린 자동차 보다 유명(1920년)
- 전기차의 우수성
 - 깨끗하다
 - 조용하다
 - 출발용이
- 1930년대 퇴출: 가솔린 자동차와 경쟁
- 2000년대 재등장 !!

전기차의 재등장 이유

■ 2000년대 재등장 !!

- 지구온난화 및 환경오염의 대안으로

■ 어려움

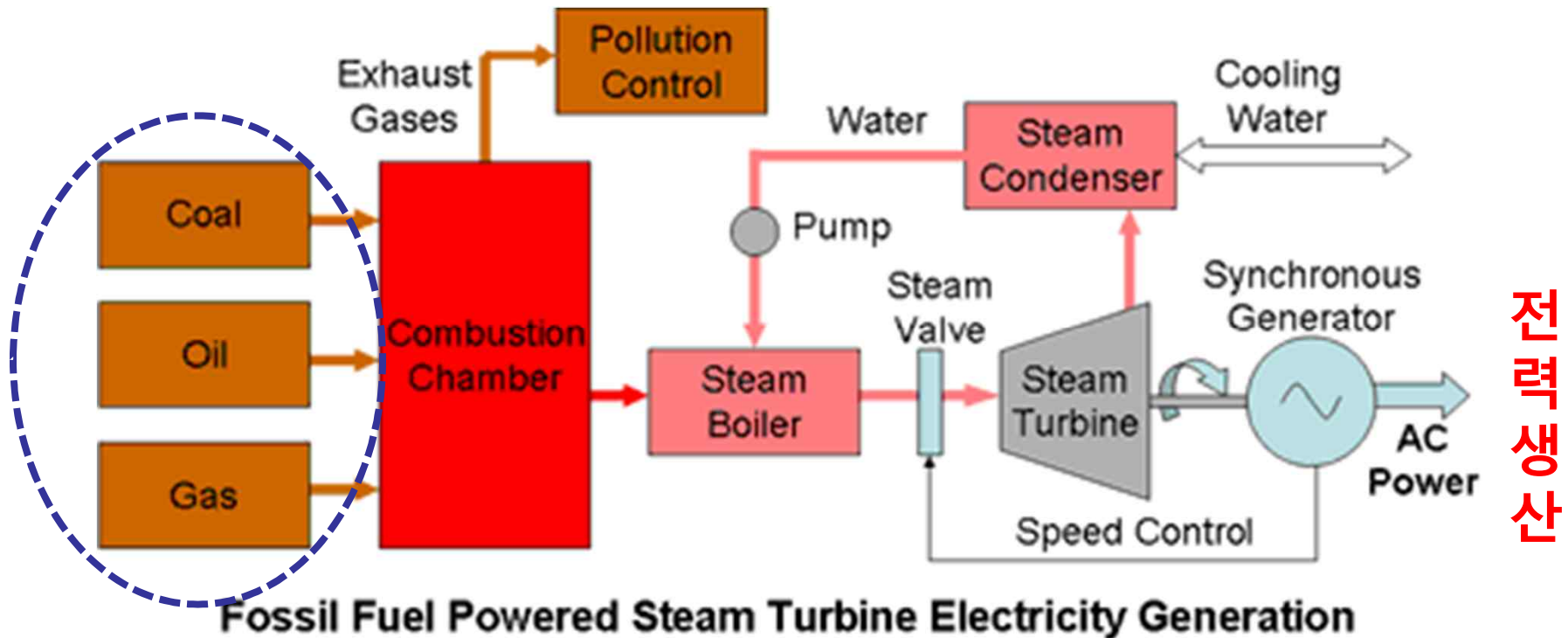
- 전기요금
- 주행거리
- 인프라

에너지는 어디에 필요한가?

- 에너지는 우리의 일상 생활: 가정용
 - 요리, 난방, 냉방
 - 산업용
 - 상업용
 - 수송용
-
- 전력생산: 가정용, 산업용, 상업용, 수송용
 - 전력은 2차 에너지원

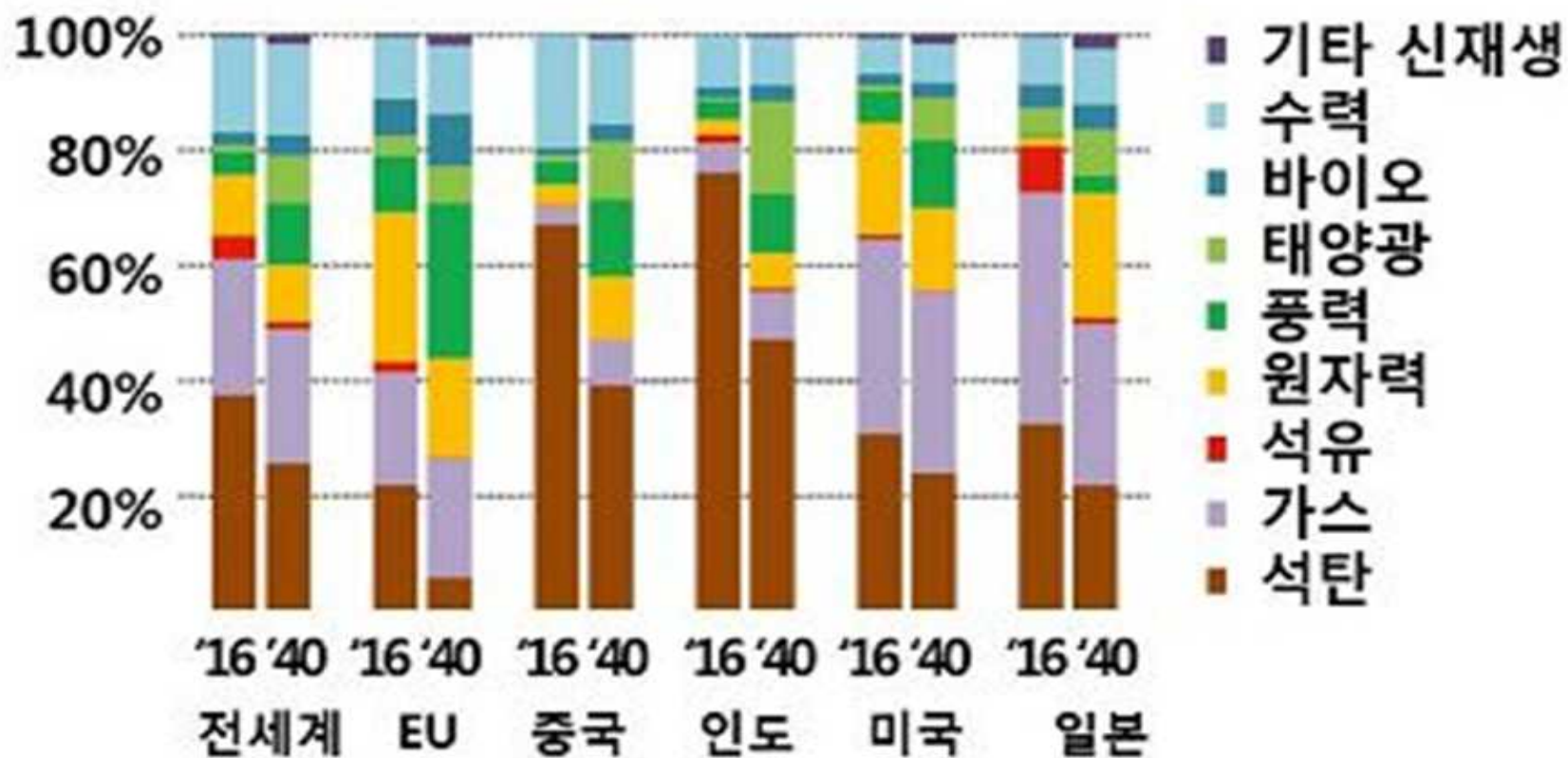
전기는 무엇으로 만드나 ?

- 환경문제의 화석연료 vs. 친환경 전력
- 전력의 공급원은 대부분 화석연료 !



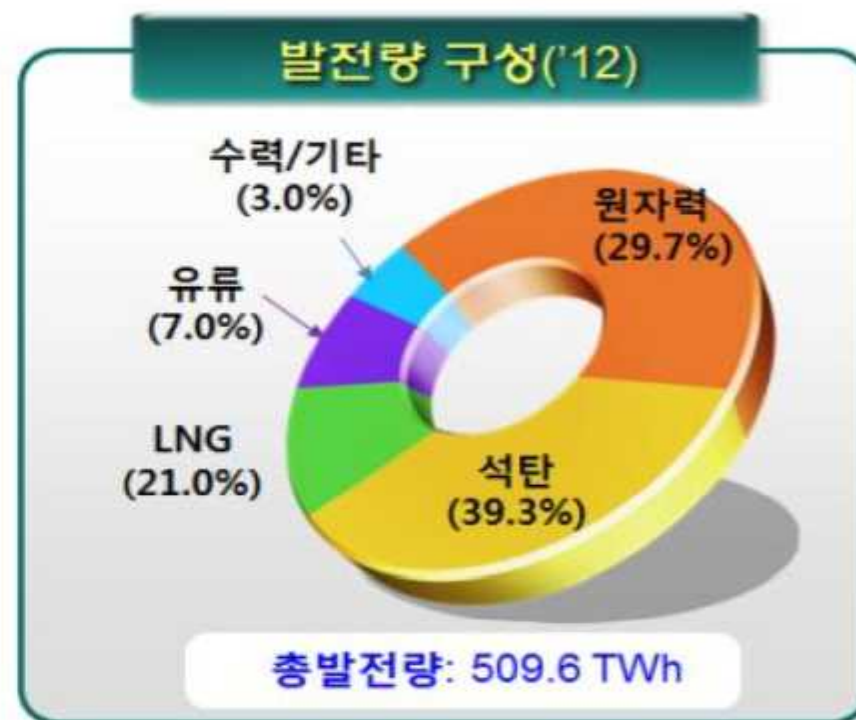
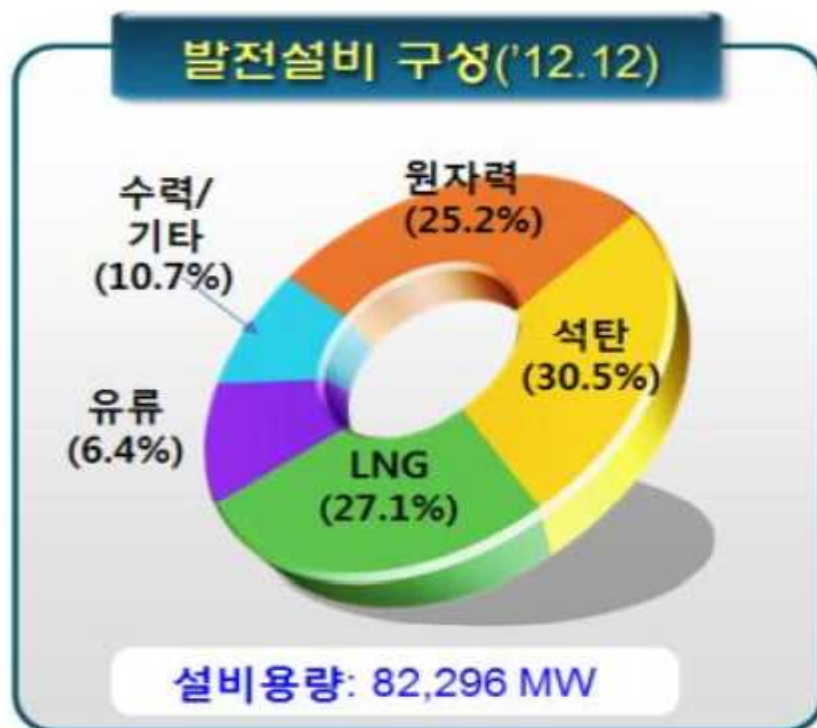
다양한 전력원 구성

- 선진국: 신재생 중심으로 재편
- 중국, 인도: **70%** 이상 석탄



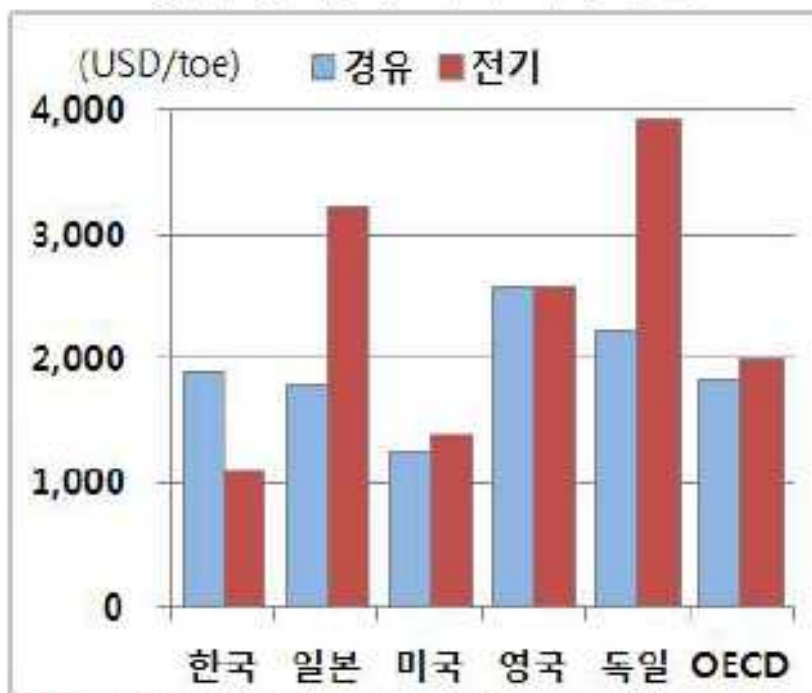
발전설비와 발전량 비율의 의미

- 석탄: 설비(31%) vs. 발전량(39%)
 - 가스: 설비(25%) vs. 발전량(30%)
- 환경 급전 ?
경제 급전



국가별 전기가격 비교

< 경유 및 전기 가격 국제비교 >

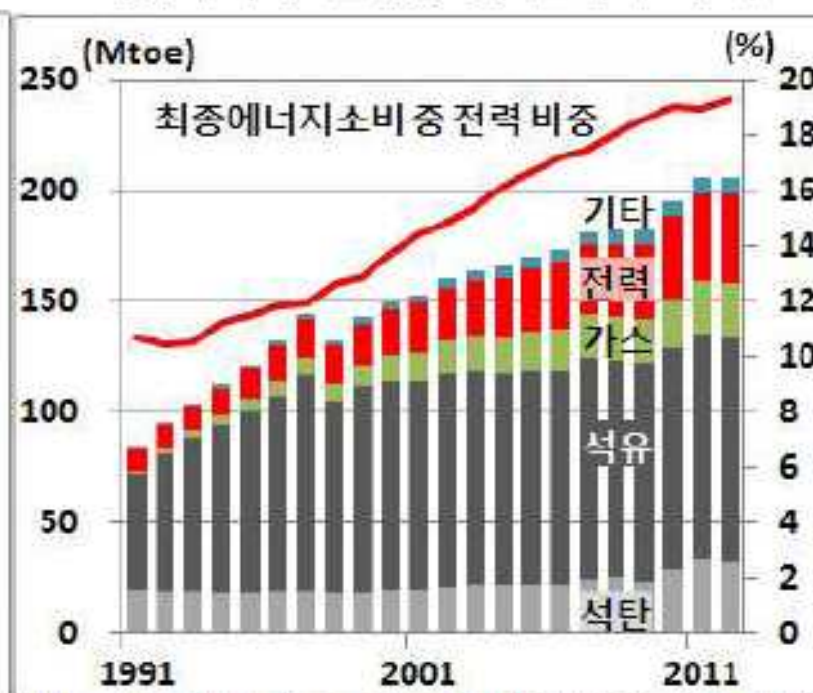


자료: IEA(2013), Energy Prices and Taxes

주1) 2012년 기준

주2) 경유는 비상업 자동차용, 전기는 주택용.

< 최종에너지 소비량 및 전기화 추이 >



자료: 통계청 자료 이용 현대경제연구원 계산.

(자료: 현대경제연구소, 2013)

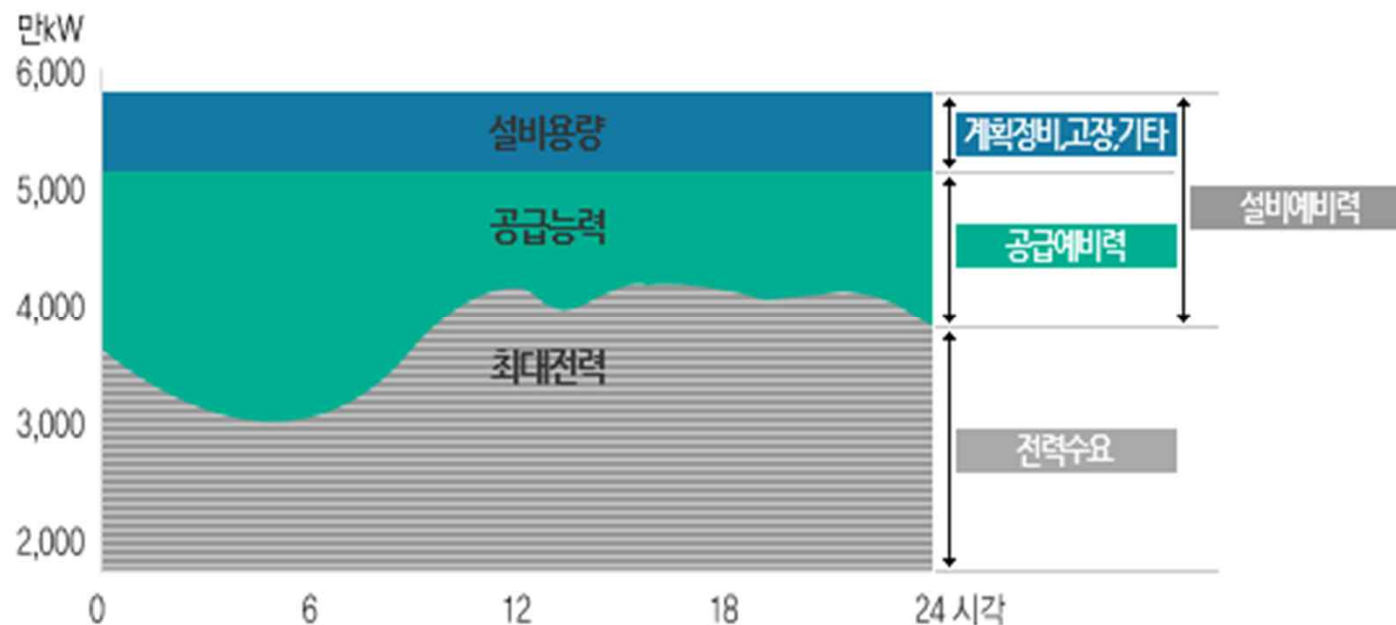
전력원의 변화가 필요

- 현재의 전력원의 변화 없이는 전기차는 친환경이 아니다!!
- 신재생에너지의 전력 생산이 중요
- 수송용 에너지 변환효율
 - 화석연료→기계적 에너지: 17%
 - 전기 → 기계적 에너지: 85%

 - 화석연료→전기(40%)
→기계적 에너지(85%): 34%

전기차를 위한 인프라

- 휘발유 주유소 vs. 전기 충전소
- 야간의 남은 전력을 이용하라

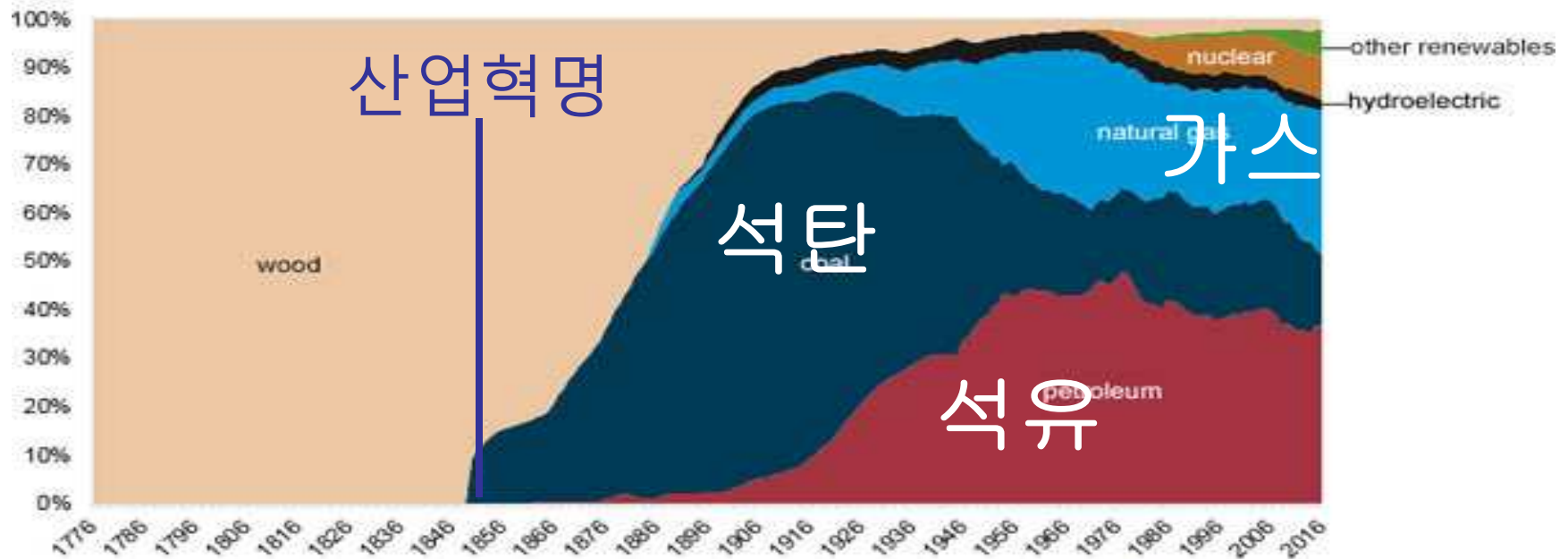


13-4 : 저 탄소에너지로의 전환,
얼마나 걸릴까 ?

화석연료의 변천

- Wood- coal- petroleum-gas-?
- 산업 발전에 따라 저탄소로 이동

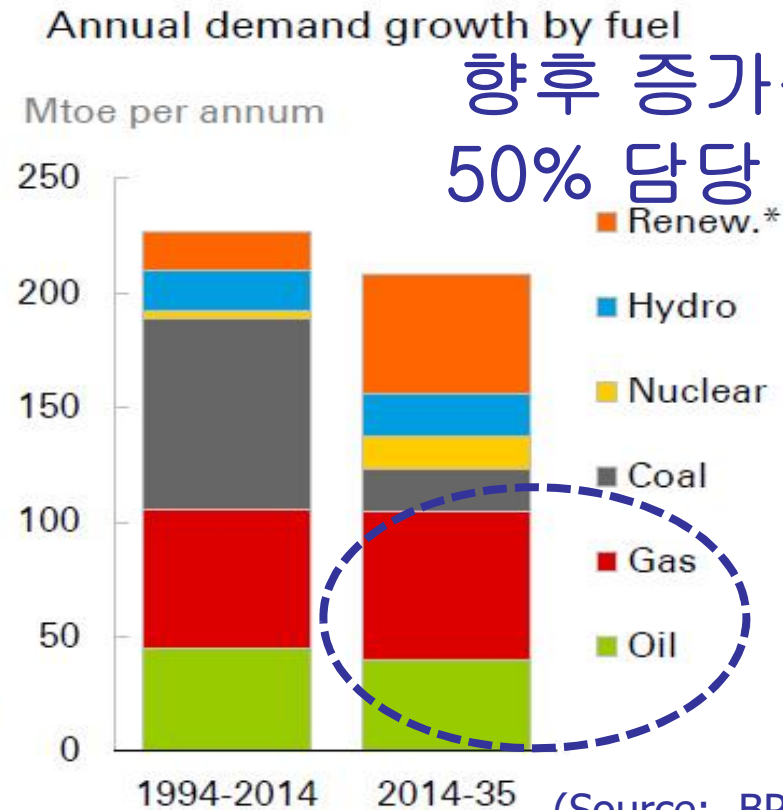
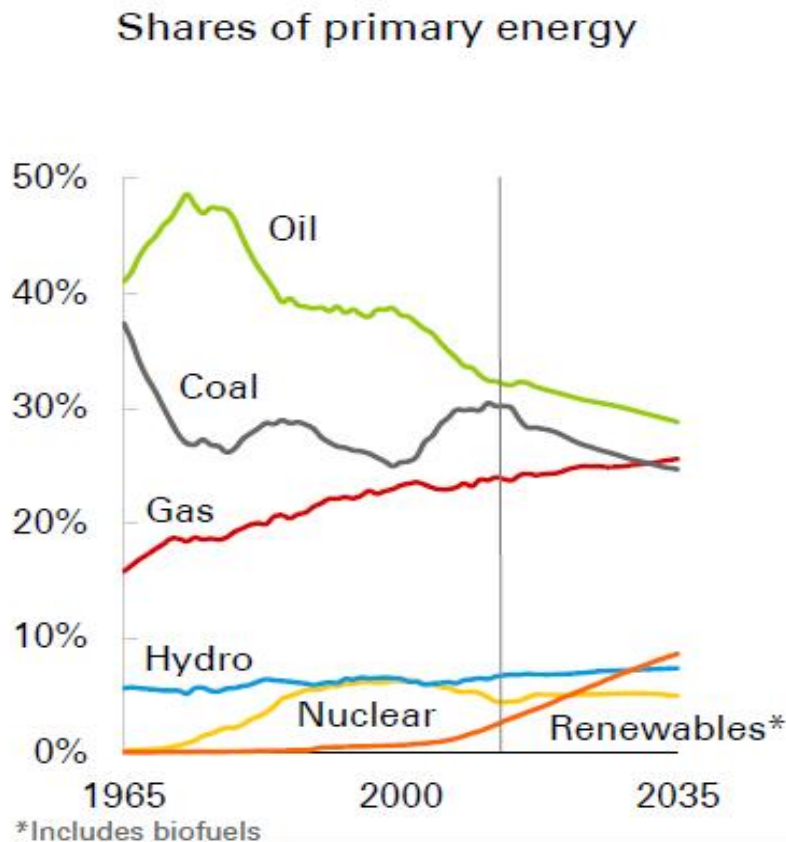
Share of U.S. energy consumption by major sources, 1776–2016



Source: U.S. Energy Information Administration, *Monthly Energy Review*, April 2017, preliminary data for 2016

에너지원 구성과 수요

- 석유-석탄-가스 (2015) → 석유-가스-석탄 (2035년)
- 화석연료 비중은 감소, 절대 수요량은 지속적 증가



향후 증가분의
50% 담당 예정

(Source: BP 2016)

화석연료 얼마나 사용가능 할까 ?

- 매장량 기준

- 석탄: 200년

- 석유: 50년

- 가스: 50년

- 기술과 경제성 향상으로 증가 예상

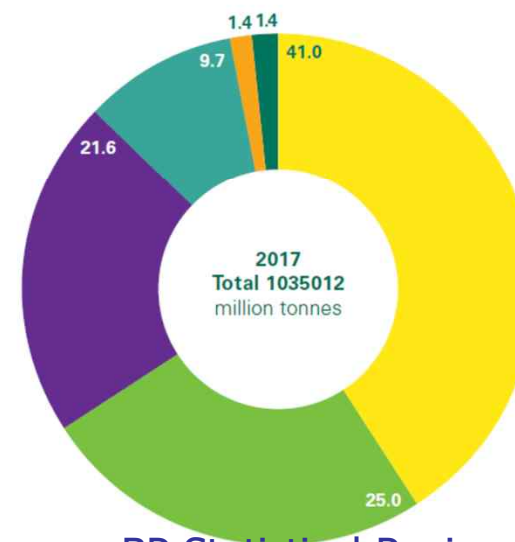
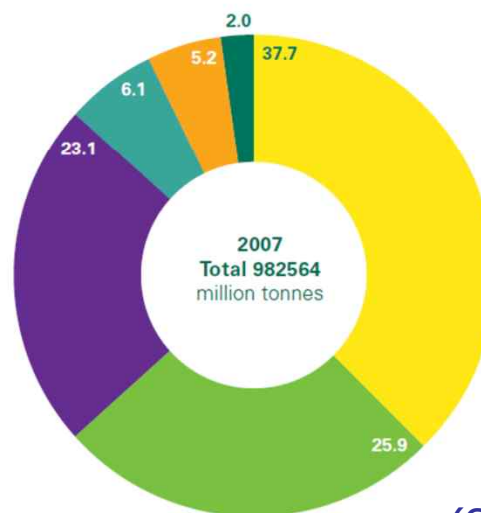
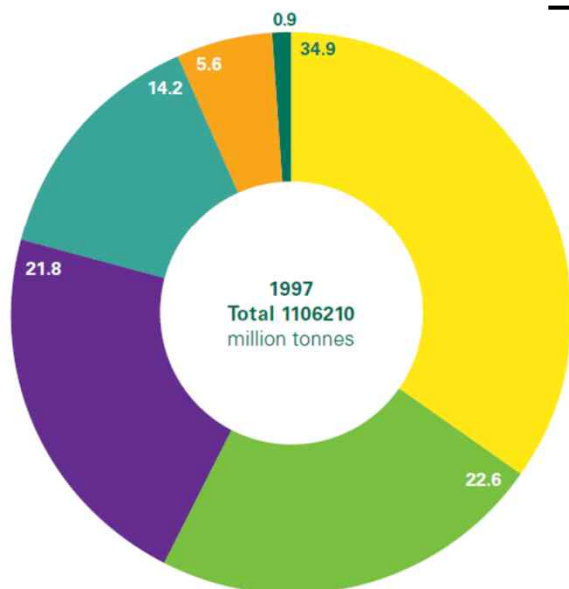
석탄 매장량

- 매장량: 1035 billion tone (2017)
- 매장량/생산량 (R/P ratio): 134 yrs (2017)

(전세계: 37 억 톤/년, 한국: 8600 백 만톤/년)

미국: 251 B tone, 러시아: 160 B tone,
호주: 145 B tone, 중국: 139 B tone

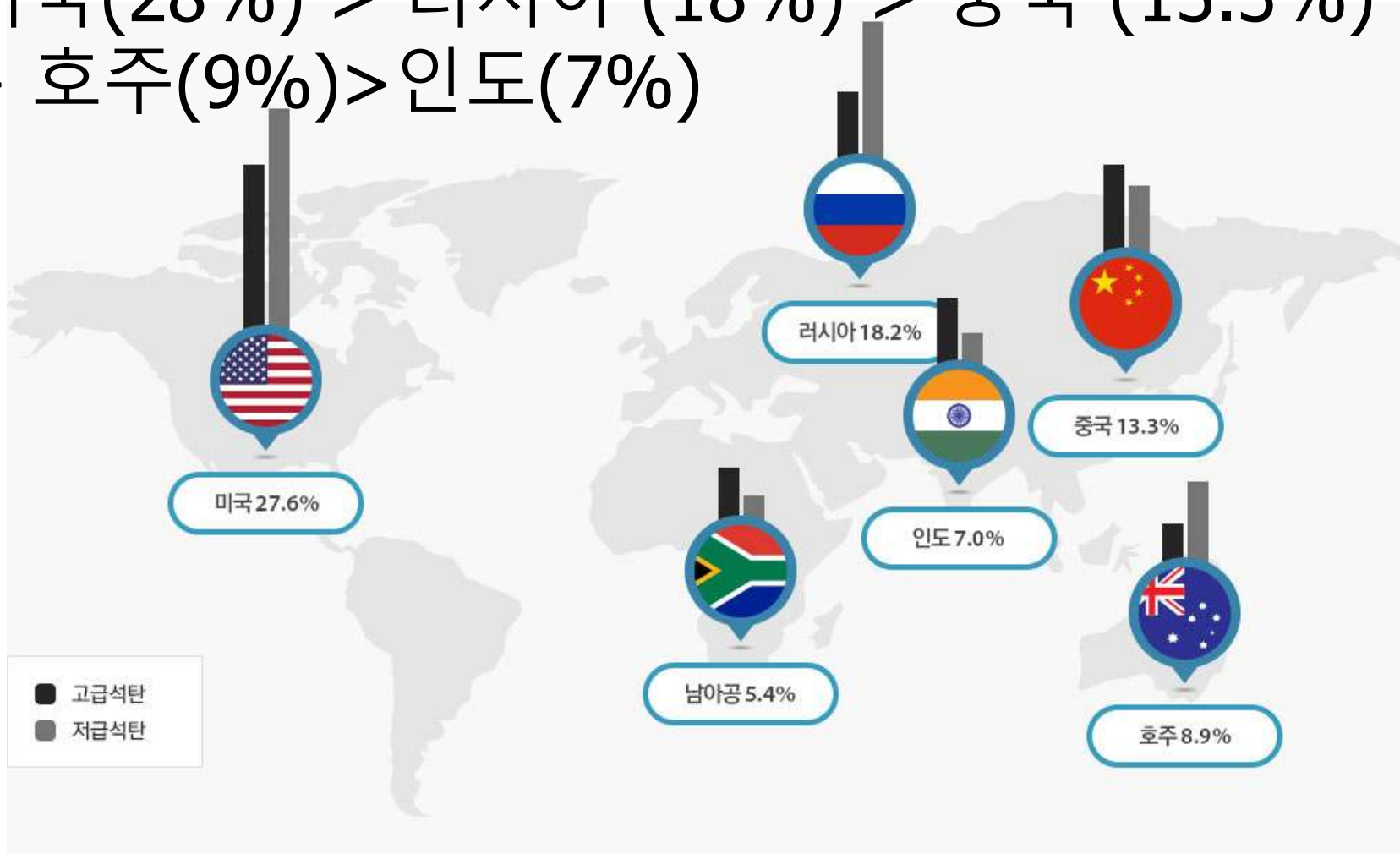
■ Asia Pacific
 ■ North America
 ■ CIS
 ■ Europe
 ■ Middle East & Africa
 ■ S. & Cent. America



(Source: BP Statistical Review, 2018)

세계 석탄 매장량

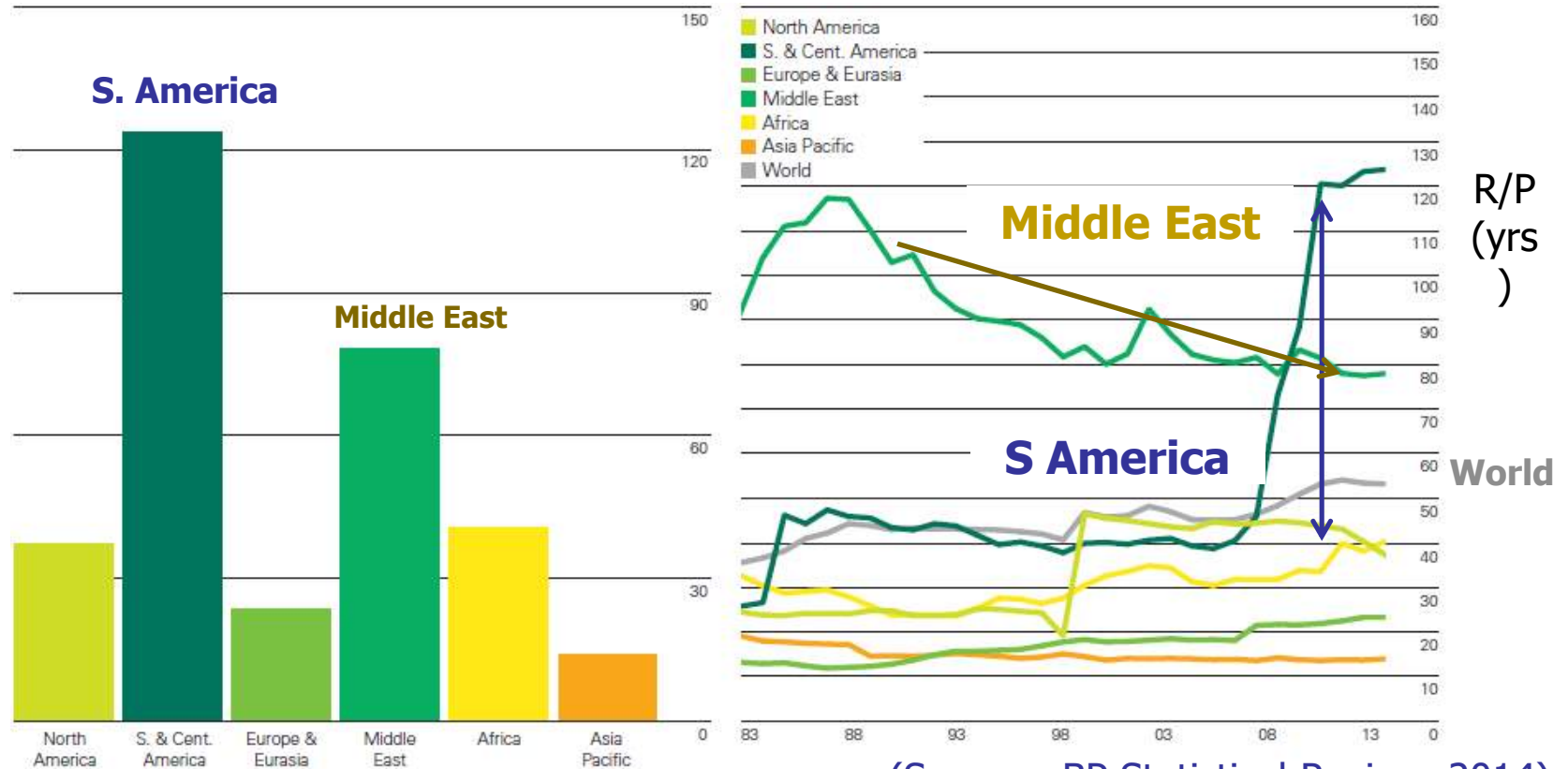
미국(28%) > 러시아 (18%) > 중국 (13.3%)
> 호주(9%)> 인도(7%)



세계 석유 매장량 변화추이

- 매장량: 1.04 T bbls(1992) to 1.7 T bbls (2017)
- 매장량/생산량 (R/P ratio): 30yrs(1980), 43yrs(1991) to 51yrs(2017)
(전세계: 9800만 배럴/일, 한국: 280 만 배럴/일)

T (trillion):조



(Source: BP Statistical Review, 2014)

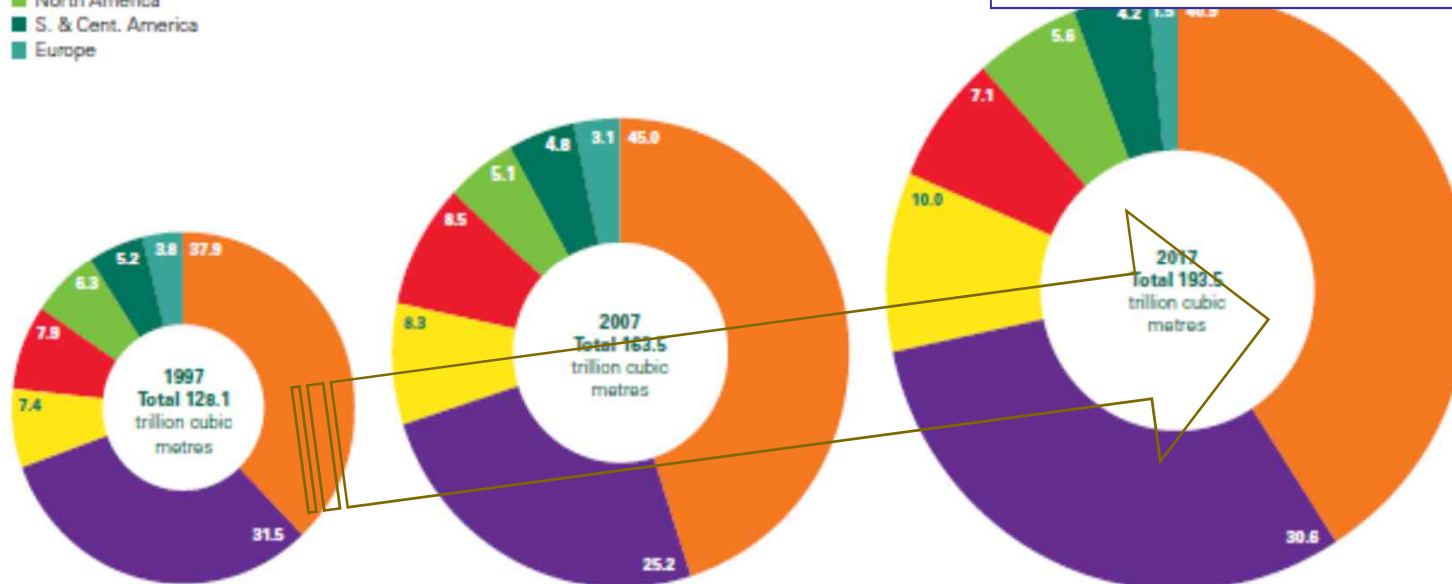
세계 가스 매장량 변화추이

- 매장량: 4200 Tcf (1992) to 6600 Tcf (2013)
- 매장량/생산량 (R/P ratio): 57yrs (1980), 66yrs (1991), 53yrs (2017)
(전세계: 3670 bcm/yr, 한국: 49 bcm/yr)

대부분 산유국은 석유와
가스 동시 매장

Russia: 1235 Tcf,
Iran: 1170 Tcf,
Qatar: 880 Tcf,

■ Middle East
 ■ CIS
 ■ Asia Pacific
 ■ Africa
 ■ North America
 ■ S. & Cent. America
 ■ Europe



(Source: BP Statistical Review, 2017)

전세계 셰일 가스 매장량

주요국가 셰일
가스 매장량

China: 1275
USA: 862
Argentina: 774
Mexico: 681
S. Africa: 485
Canada: 388

Shale gas reserves all over the world

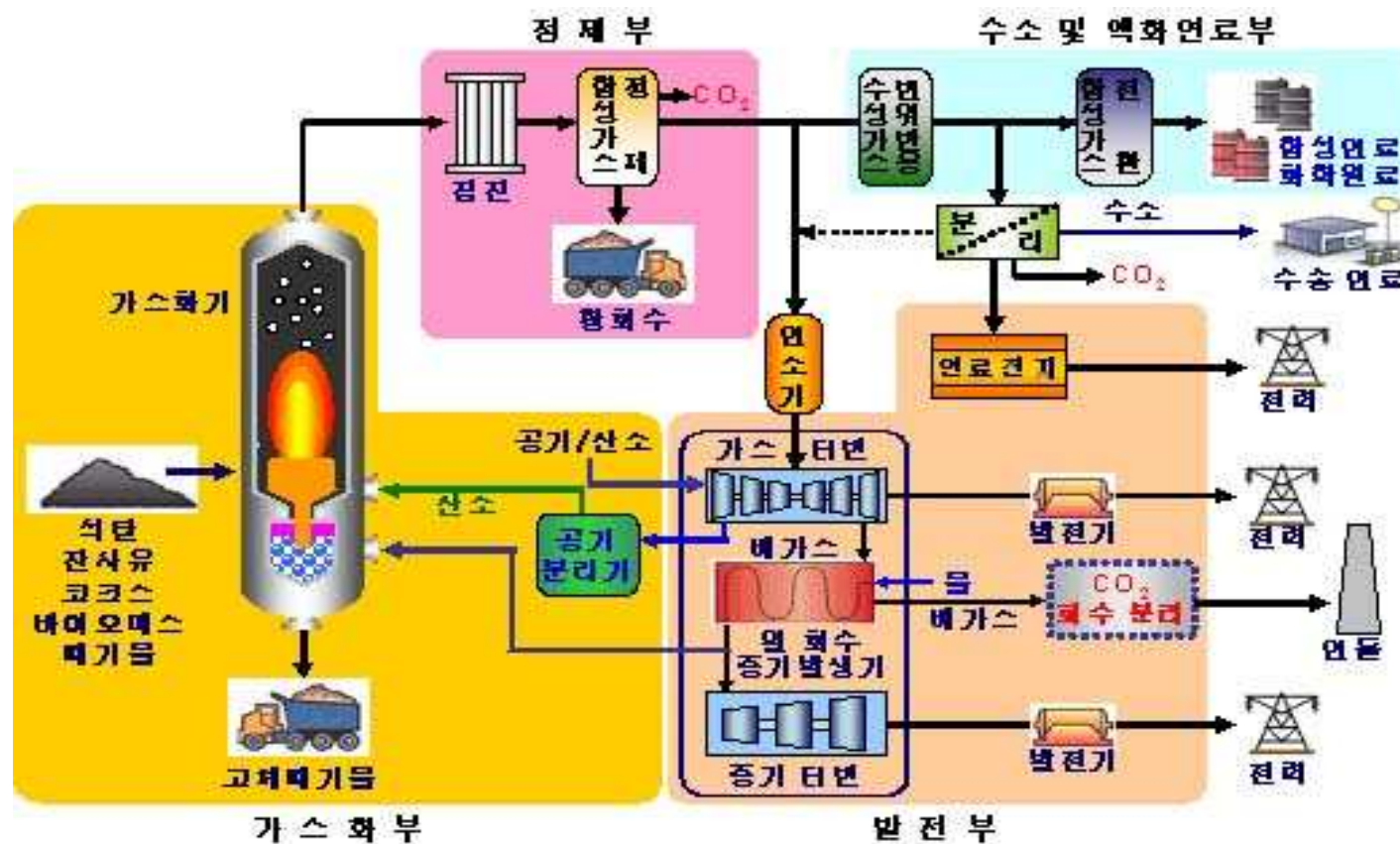
China and the US are potentially the biggest shale gas exporters, with Argentina and Mexico not far behind. (Figures in trillion cubic feet)



아시아 - 북미 - 남미 - 아프리카 - 유럽

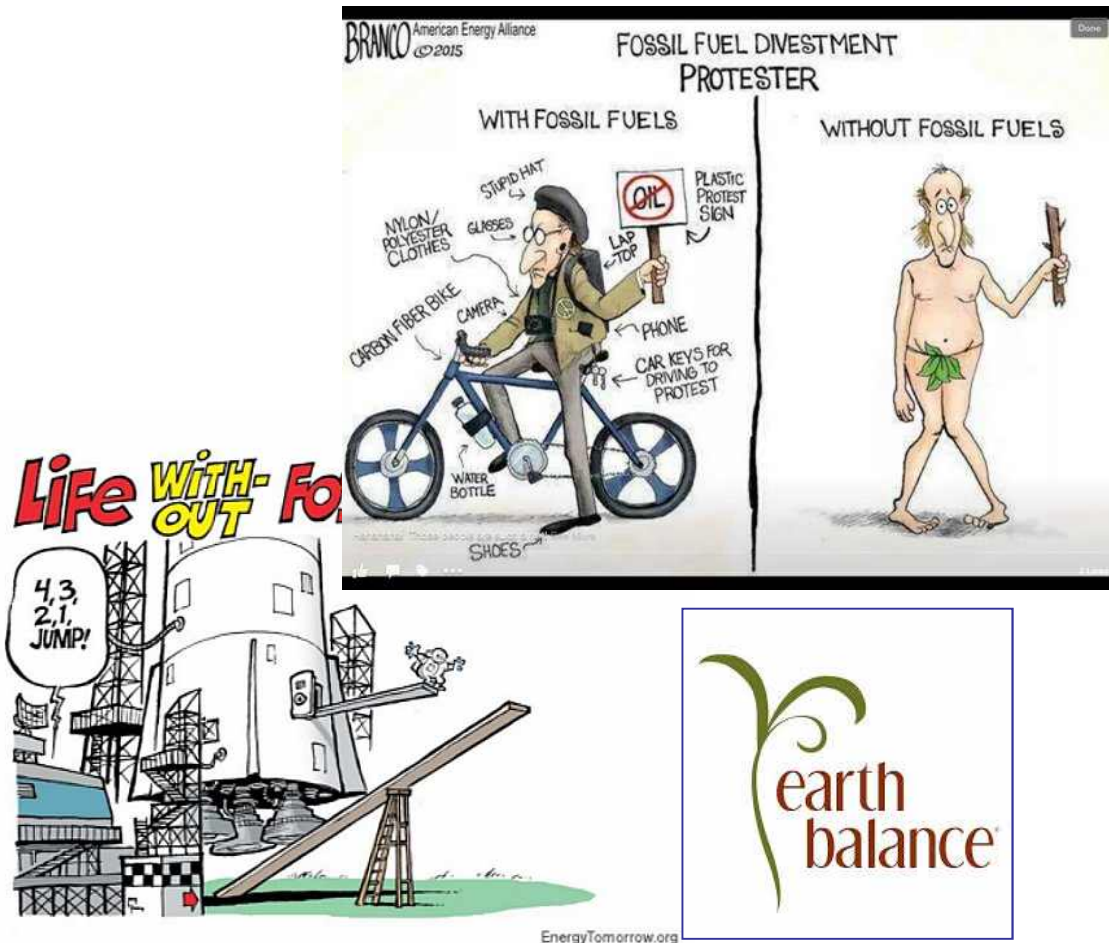
화석연료의 변신

■ 발전용+석탄액화



화석연료 없는 삶

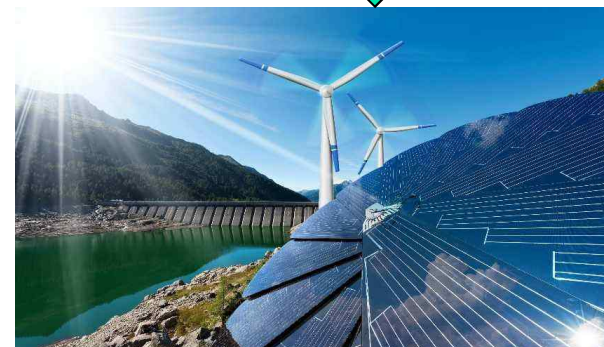
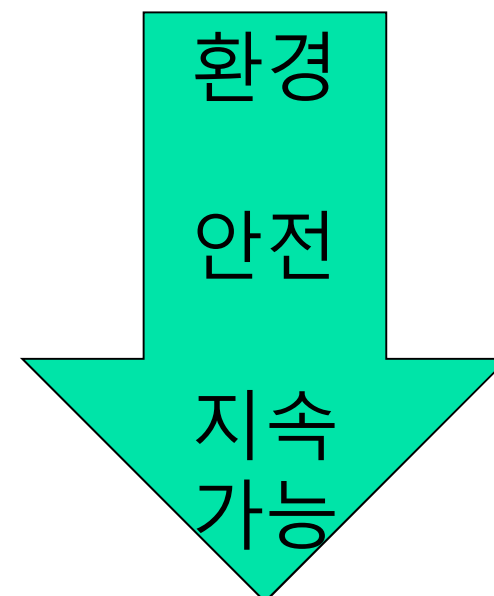
- 에너지 중독, 환경 오염 : 불편 감수 필요



earth
balance

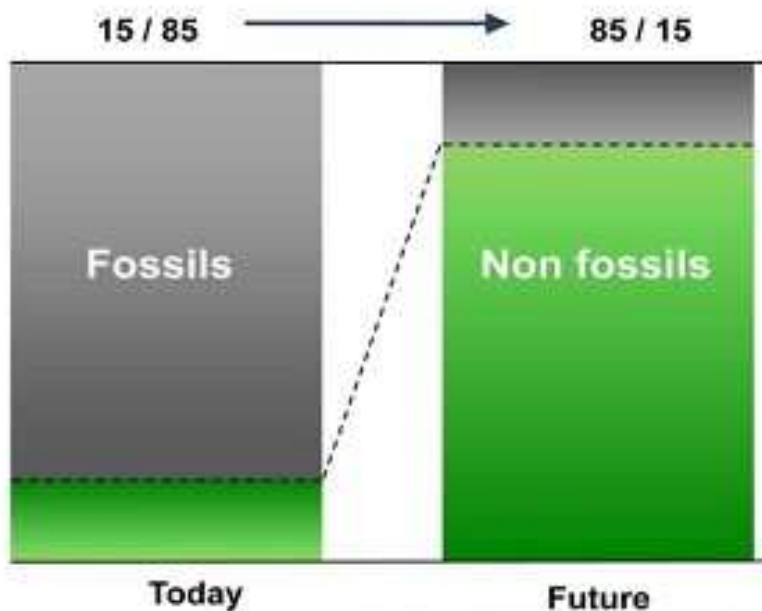
산업에 따른 에너지의 변천

- 산업혁명 이후 석탄으로 시작
- 글로벌 에너지 석유의 등장
- 원자력 에너지
- 가스의 시대
- 재생에너지



저탄소로의 전환 꿈일까?

저탄소 미래로의 변환 **(2050 예측)**



화석연료시대에서 신재생에너지시대로의 패러다임 변화

한국의 에너지원 구성 현실

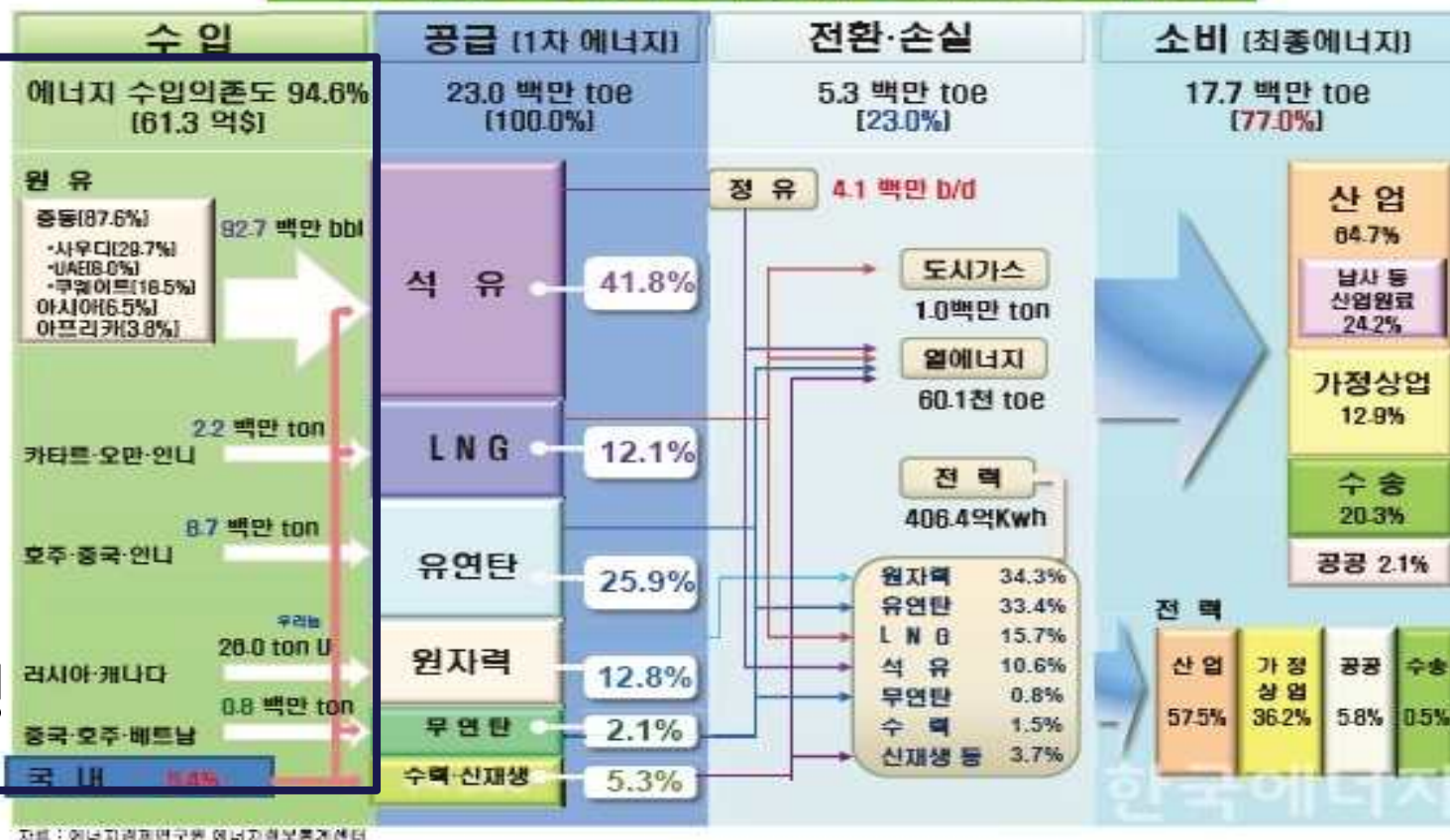
- 화석연료: 1차 에너지원의 82%
- 용도: 전력, 수송, 산업용, 가정용

95% 수입
의존도

신재생
여건 열악

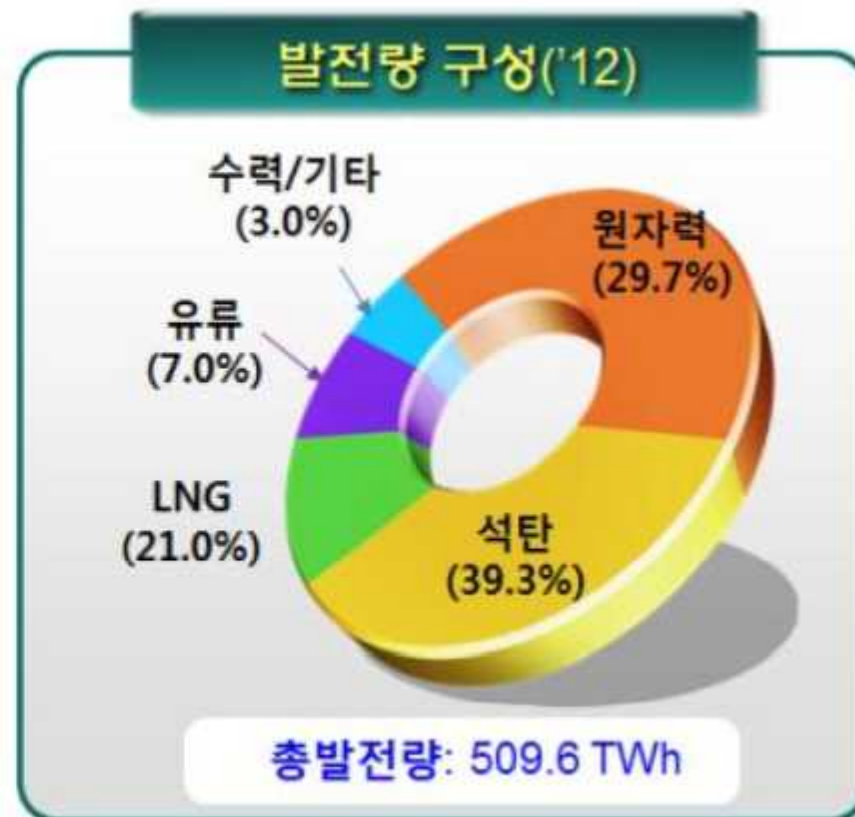
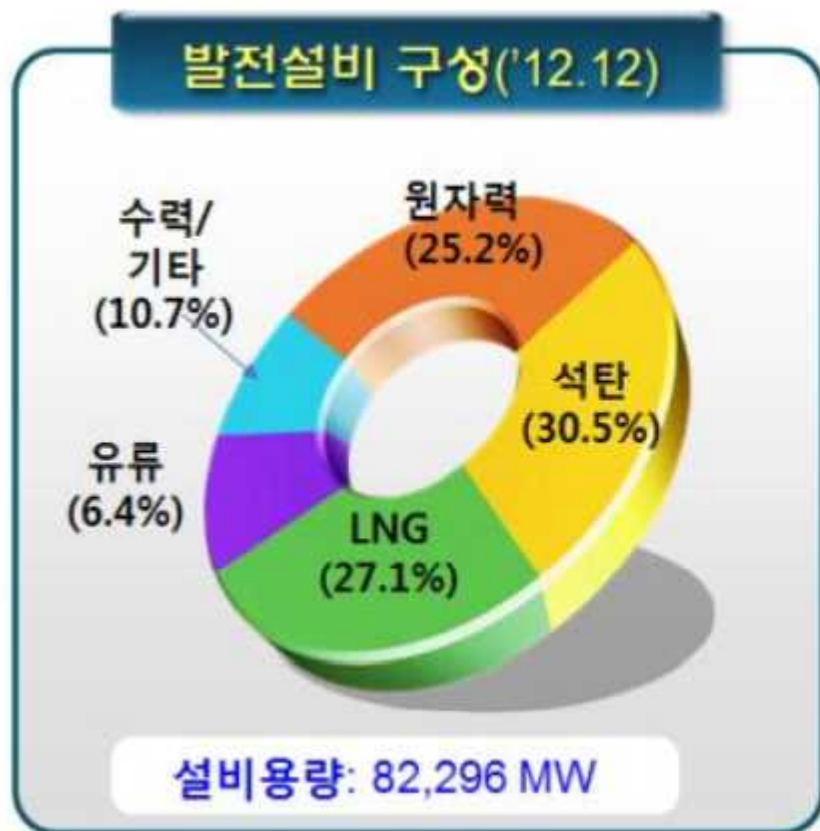
발전소 수명

(2016년도)



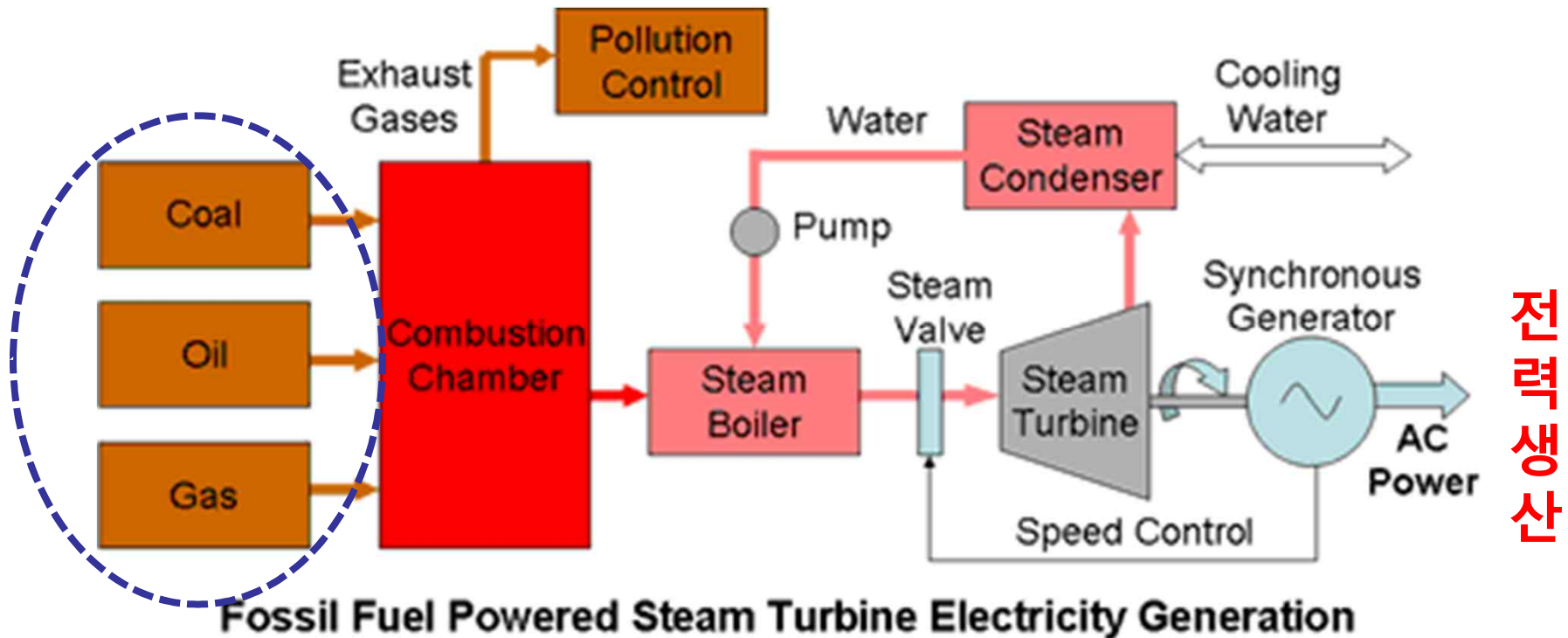
한국의 전력수급 동향

- 석탄, 원자력, LNG: 설비와 발전량 차이
발전단가 기준 급전



화석연료와 전력

- 환경문제의 화석연료 vs. 친환경 전력
- 전력의 공급원은 화석연료 !



한국의 에너지원 구성 현실

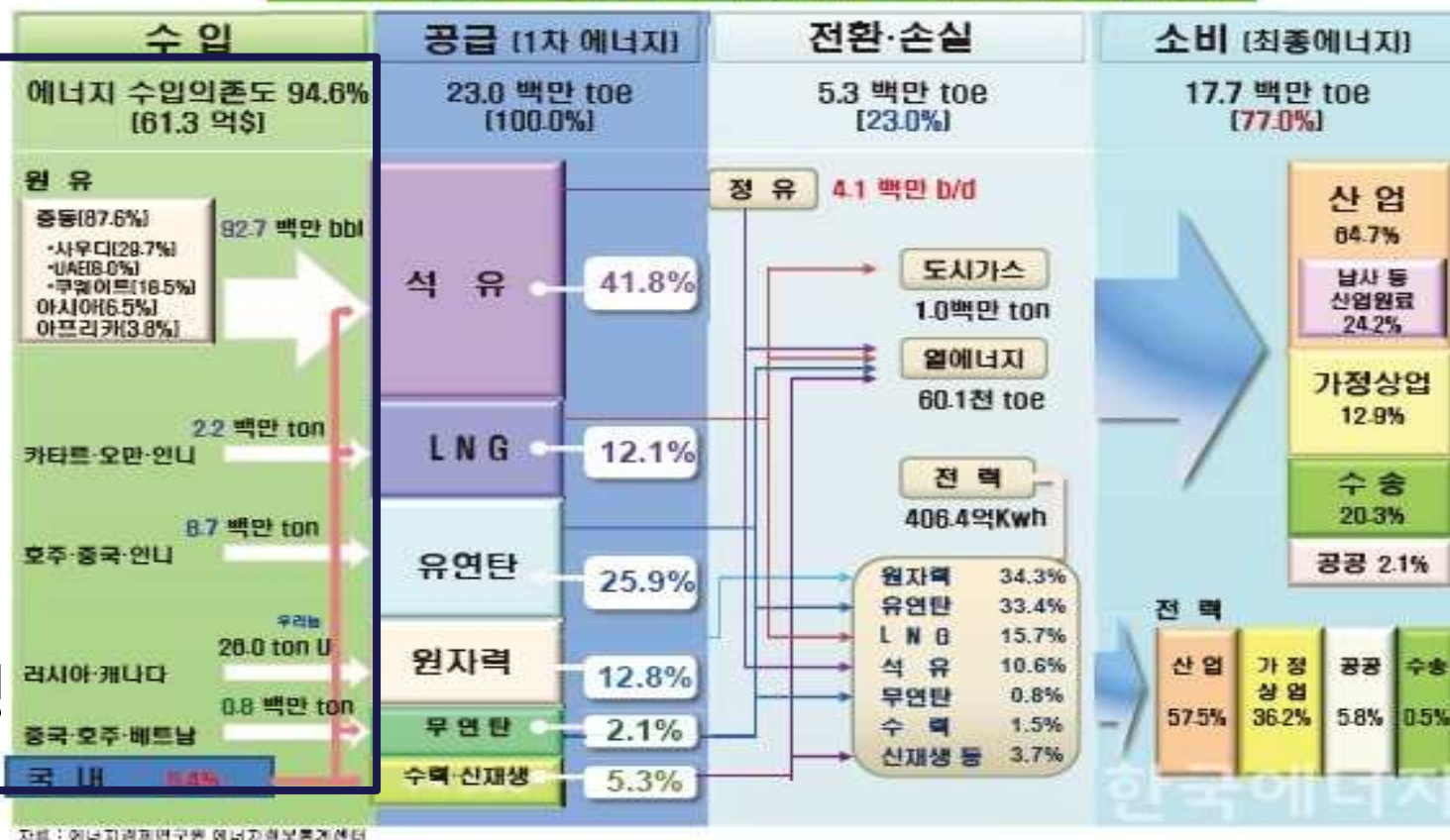
- 화석연료: 1차 에너지원의 82%
- 용도: 전력, 수송, 산업용, 가정용

95% 수입
의존도

신재생
여건 열악

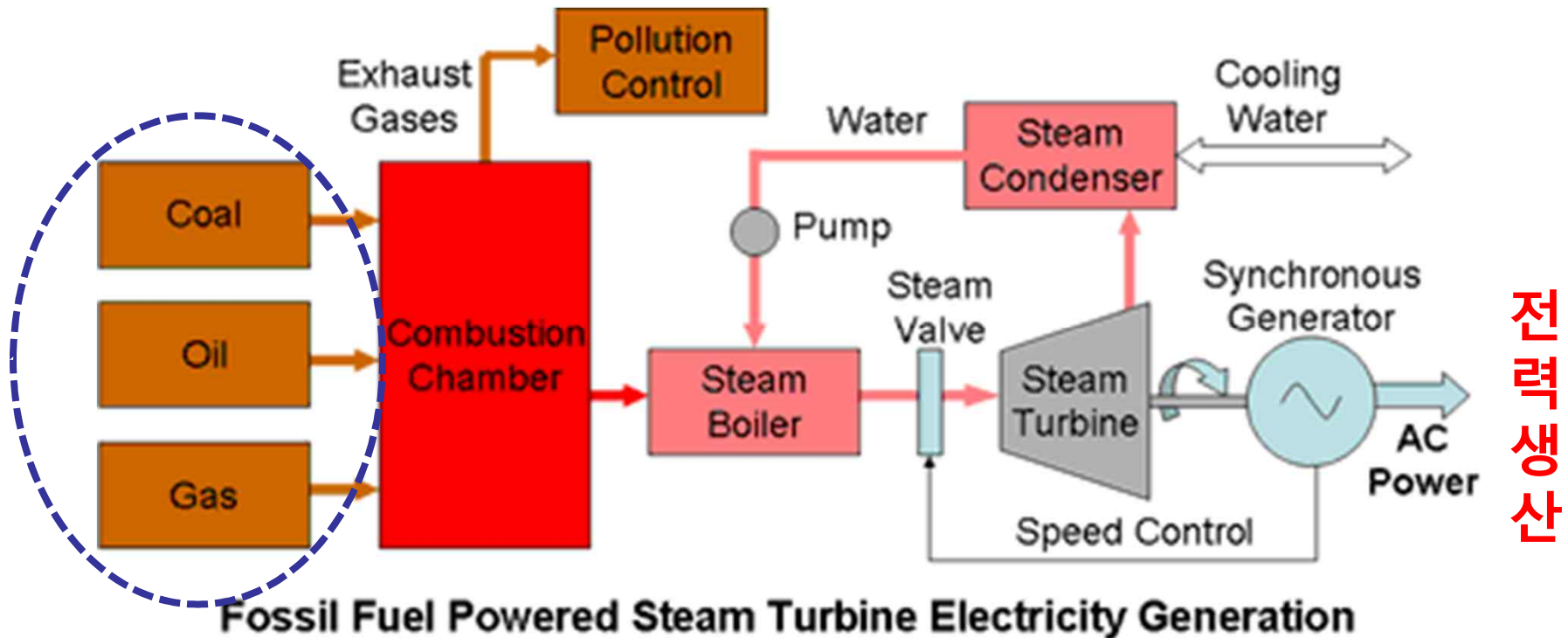
발전소 수명

(2016년도)



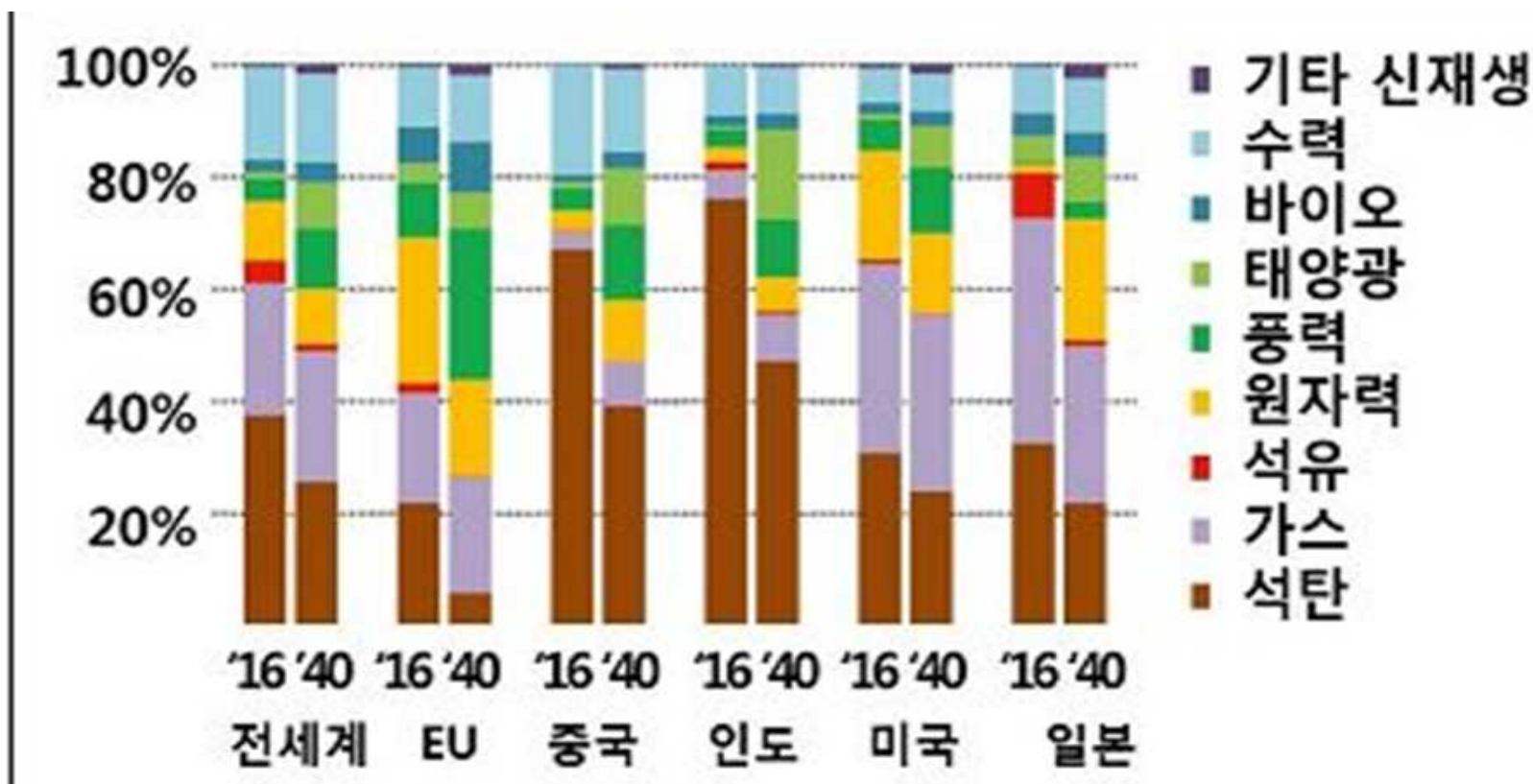
화석연료와 전력

- 환경문제의 화석연료 vs. 친환경 전력
- 전력의 공급원은 화석연료 !



각 국의 다양한 전력 원 구성

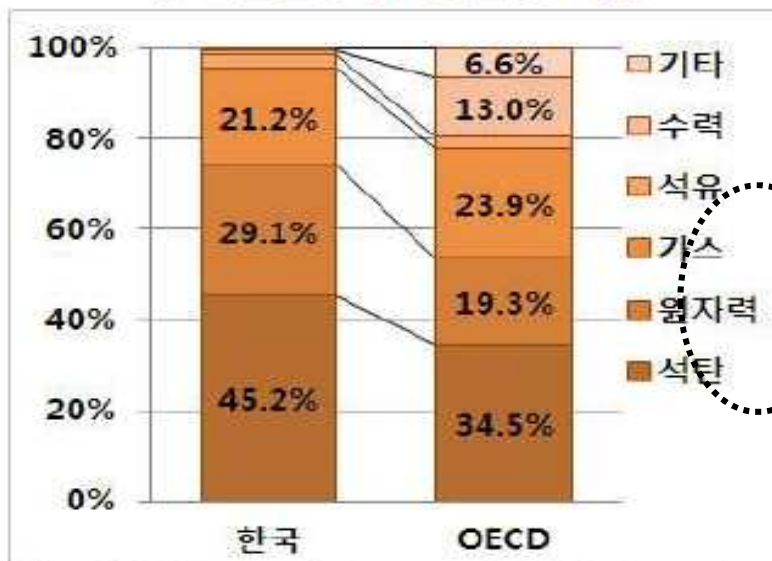
- 선진국: 신재생 중심으로 재편
- 중국, 인도: **70% 이상 석탄-> 40% 예상('40)**



원료원 별 전력 생산량

- 석탄, 원자력, 가스 비중: 95.5% (OECD 평균 77%)

< 연료원별 전력 생산량 비중 >



자료: IEA, Energy Balances of OECD Countries
 주: 2011년 발전량 기준.

< 신재생에너지 발전설비 현황 >

구분	설비용량(MW)	비중
폐기물 등	1,737	51.2%
태양광	973	28.7%
풍력	513	15.1%
소수력	170	5.0%
합계	3,393	100.0%

자료: 전력통계정보시스템

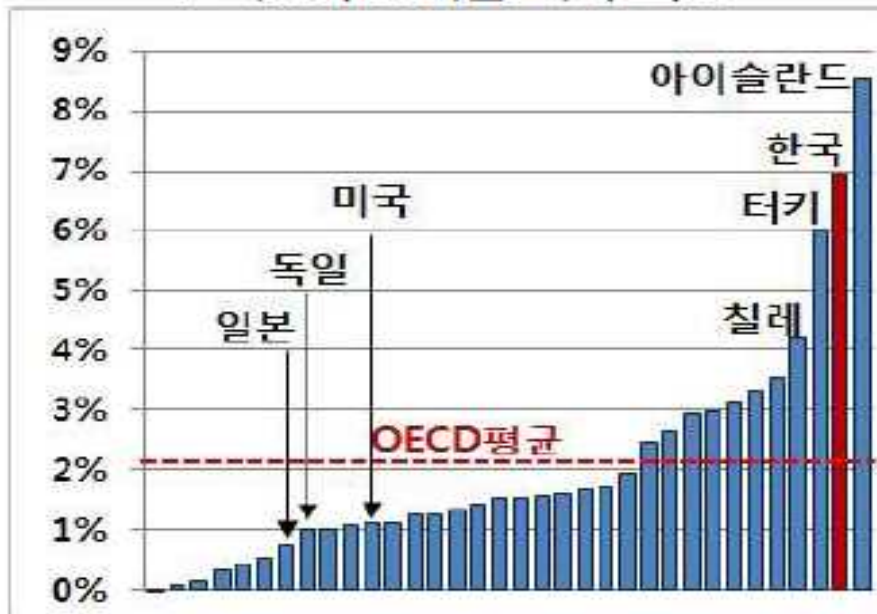
주1) 2013.10.31 기준.

주2) 폐기물 등은 매립가스, 바이오가스,
 바이오매스, 연료전지 등을 포함

국가별 전력소비 및 증가율 비교

- 한국: OECD 국가 평균 (2%) 이상(7%/년)
- 전력비중: 25%(1차 에너지 중 전력용)

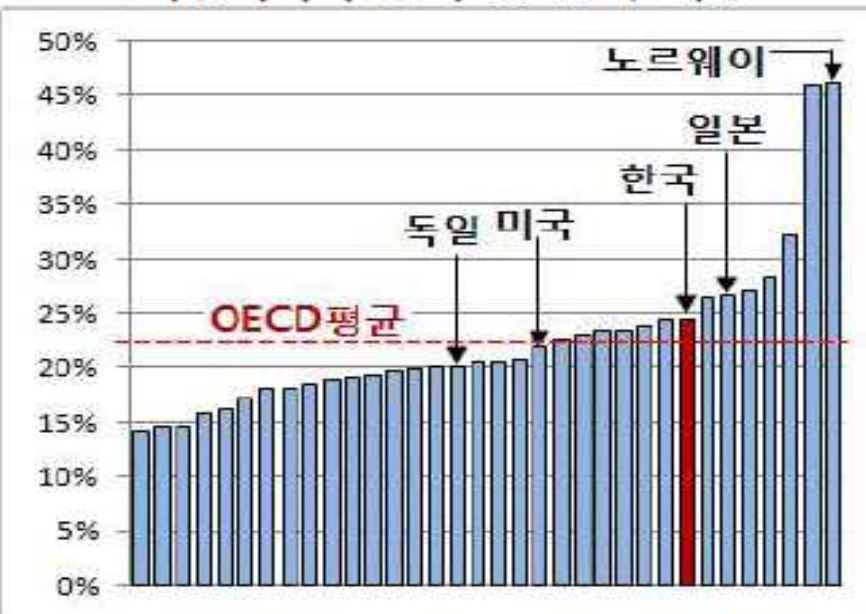
< 전력소비 증가율 국제 비교 >



자료: IEA

주: 2000~2010년 연평균 증가율.

< 최종에너지 소비 중 전력 비중 >

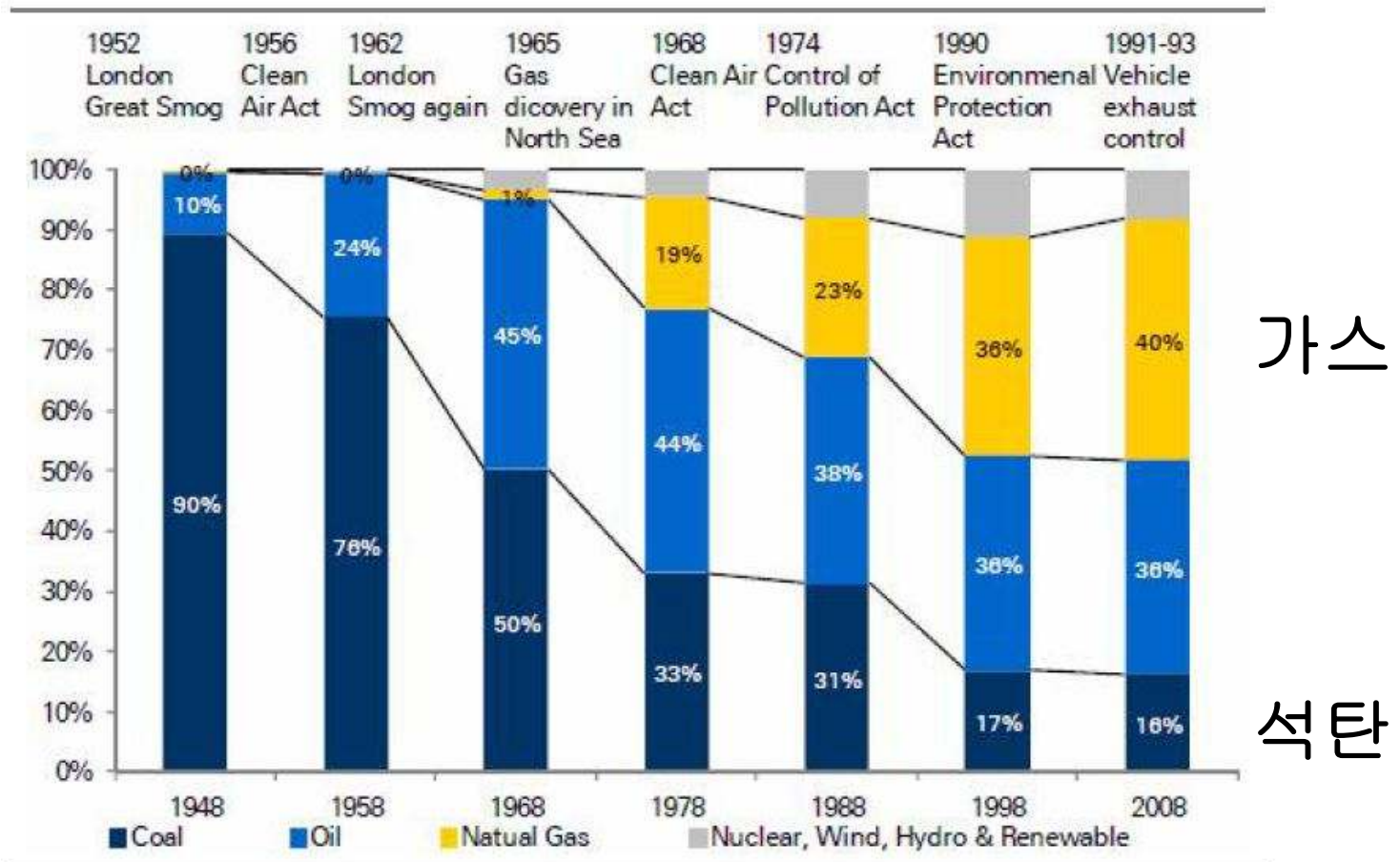


자료: IEA

주: 2010년 기준.

에너지원 구성과 규제 관련성

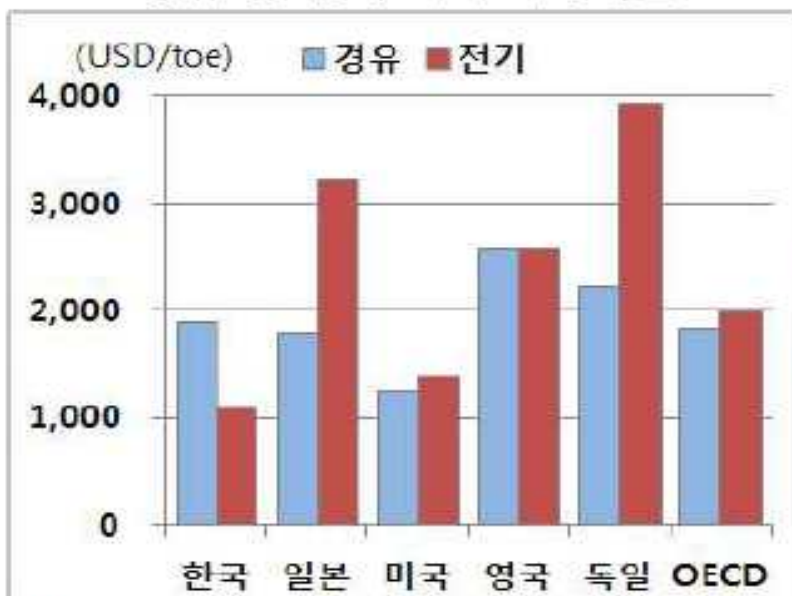
■ 환경 규제로 에너지원 변화



국가별 전기가격 비교

- 전기 가격 < 1차에너지원 가격 ?
- 싼 전기료가 에너지 믹스를 어렵게 하나 ?

< 경유 및 전기 가격 국제비교 >

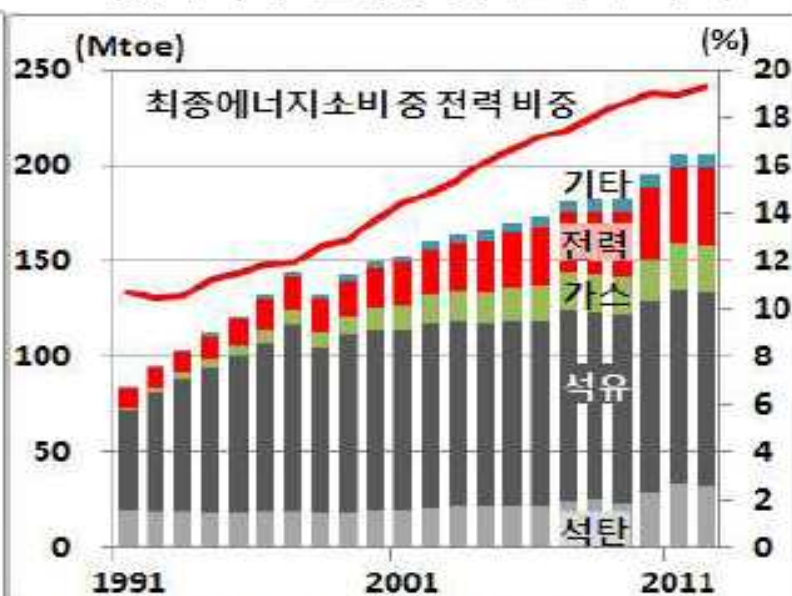


자료: IEA(2013), Energy Prices and Taxes

주1) 2012년 기준

주2) 경유는 비상업 자동차용, 전기는 주택용.

< 최종에너지 소비량 및 전기화 추이 >



자료: 통계청 자료 이용 현대경제연구원 계산.

(자료: 현대경제연구소, 2013)

에너지 변환 속도는 에너지 믹스 정책에 따라

- 에너지 안보의 중요성
- 최적의 에너지 믹스
- 지속가능성
- 신재생의 적절한 활용

공급관리

효율 향상

수요관리

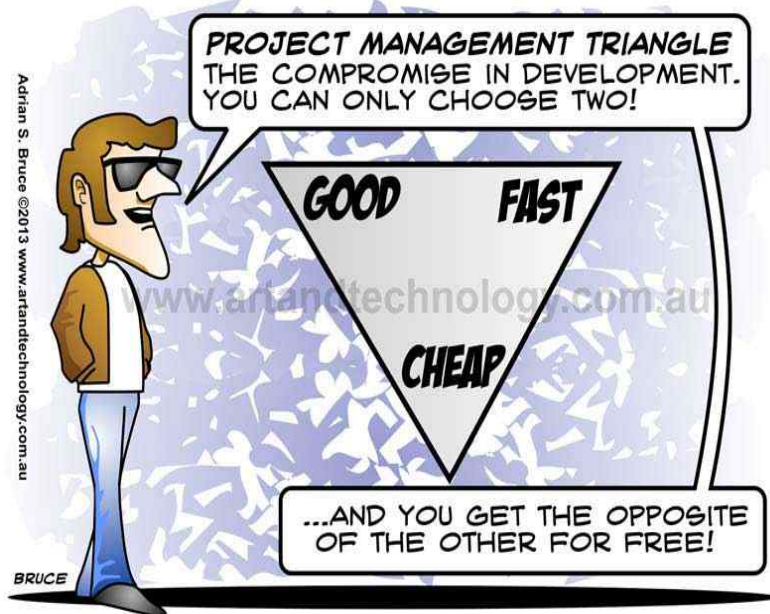
기존 에너지원 믹스
1차 에너지원 확보
안전성+환경+경제성

저탄소 법제
전기요금

우리의 에너지 선택 기준은 ?

안전? 환경? 경제성 ???

원자력-화석연료-신재생



에너지 구성과 용도
 발전비용, 발전설비의 수명
 전기의 미래
 각 국가별 자원보유 현황
 신재생의 가능성