

2018 인하대 **K-MOOC** 강의 교재

인류의 그림자, 에너지 바로알기

신 현돈 교수

(hyundon.shin@inha.ac.kr)

인하대학교 에너지자원공학과

2018



2. 화석연료의 변천사



2-1: 화석연료의 등장과 퇴장

에너지는 어디에서 오나

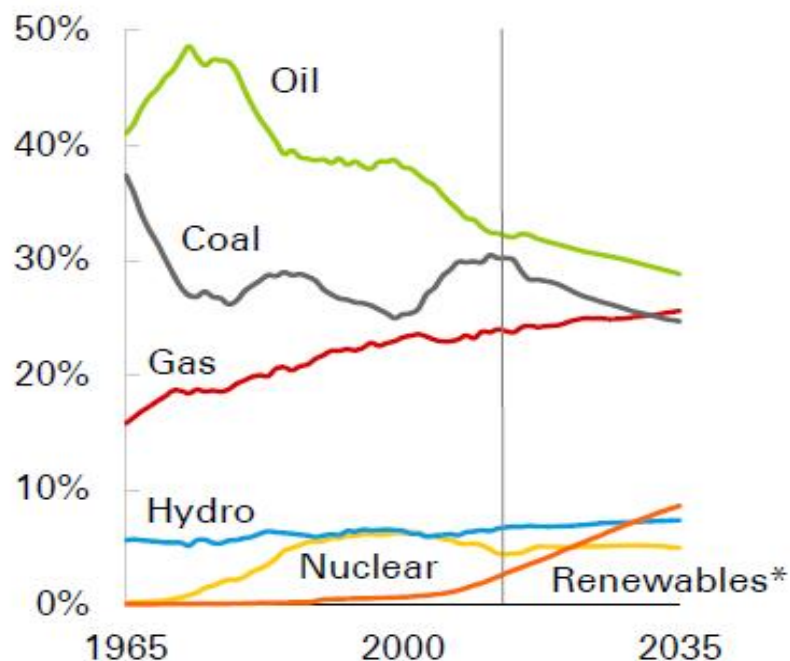
- 석탄, 석유, 가스: 화석연료
- 원자력
- 태양광, 풍력, 지열: 재생에너지
- 수소에너지, 연료전지

화석연료
원자력
재생에너지
수소에너지

에너지 유형별 수요

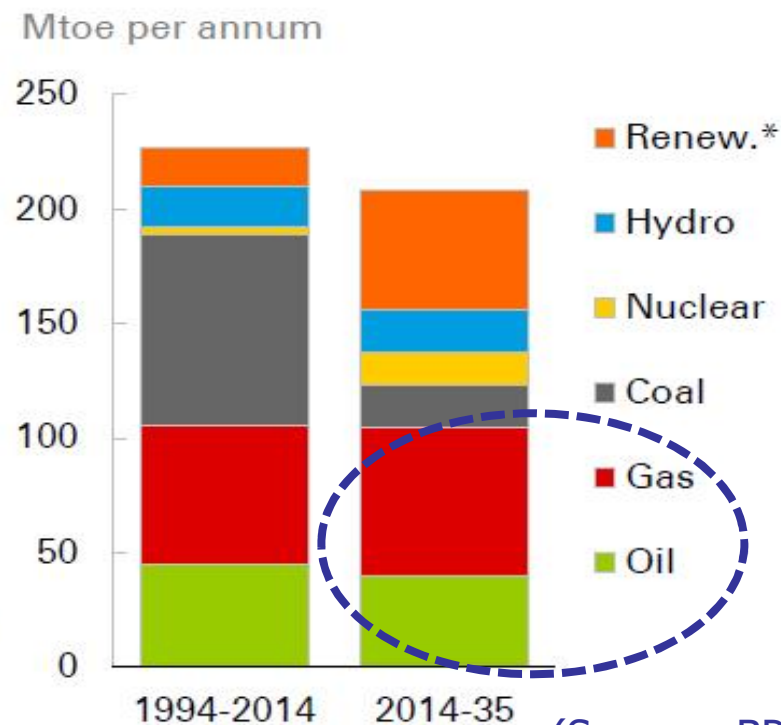
- 석유-석탄-가스 (2015) → 석유-가스-석탄 (2035년)
- 화석연료 비중은 감소하지만 수요량은 지속적으로 증가

Shares of primary energy



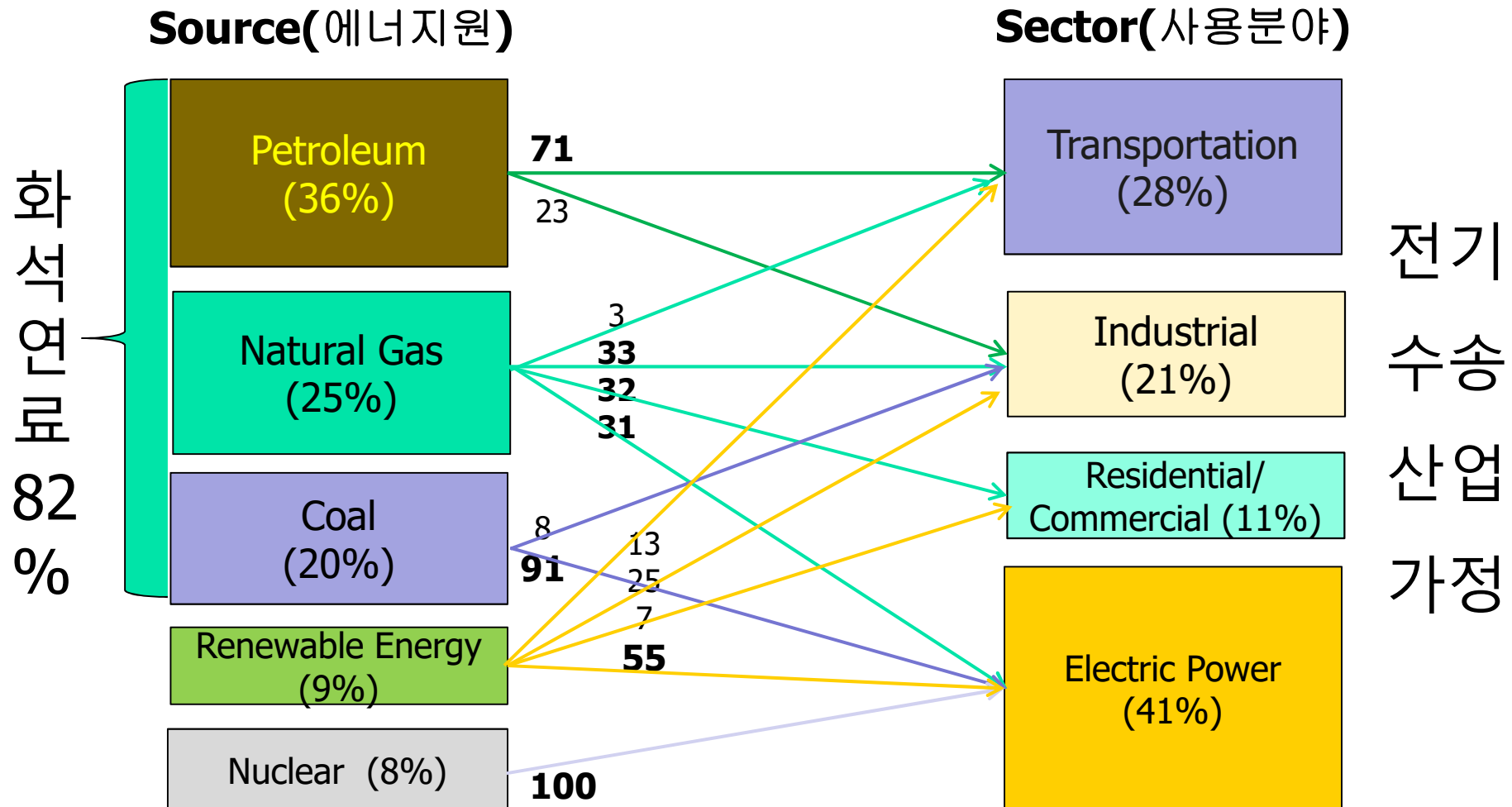
*Includes biofuels

Annual demand growth by fuel



(Source: BP 2016)

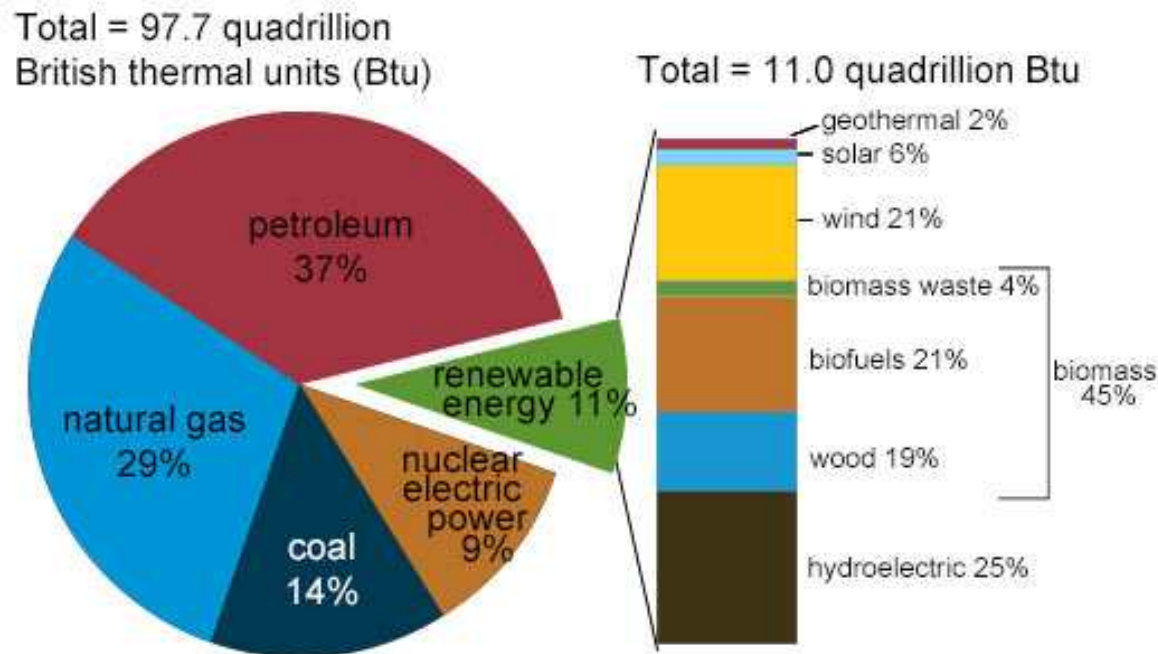
에너지원과 사용분야



Data: U.S. Energy Information Administration, 2012

에너지 공룡인 미국의 에너지원

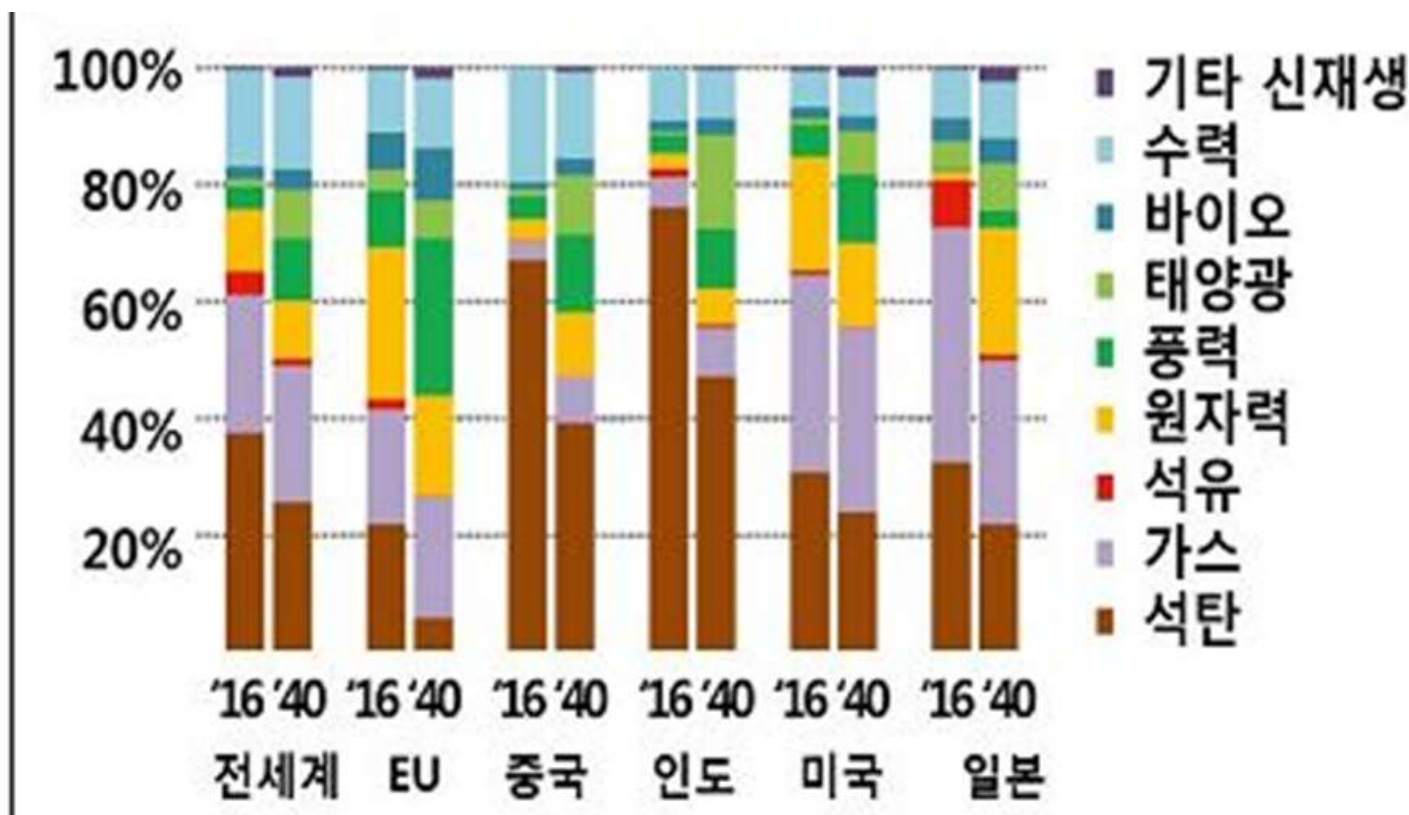
- 석유(**37%**)-가스(29%)-석탄(14%): 80% (2017)
- 신재생 (11%) 중 바이오매스가 45% 차지



Note: Sum of components may not equal 100% because of independent rounding.
 Source: U.S. Energy Information Administration, *Monthly Energy Review*, Table 1.3 and 10.1, April 2018, preliminary data.

각 국의 다양한 전력원 구성

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



화석연료란 ?

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

화석연료별의 특성

Increasing Energy Content

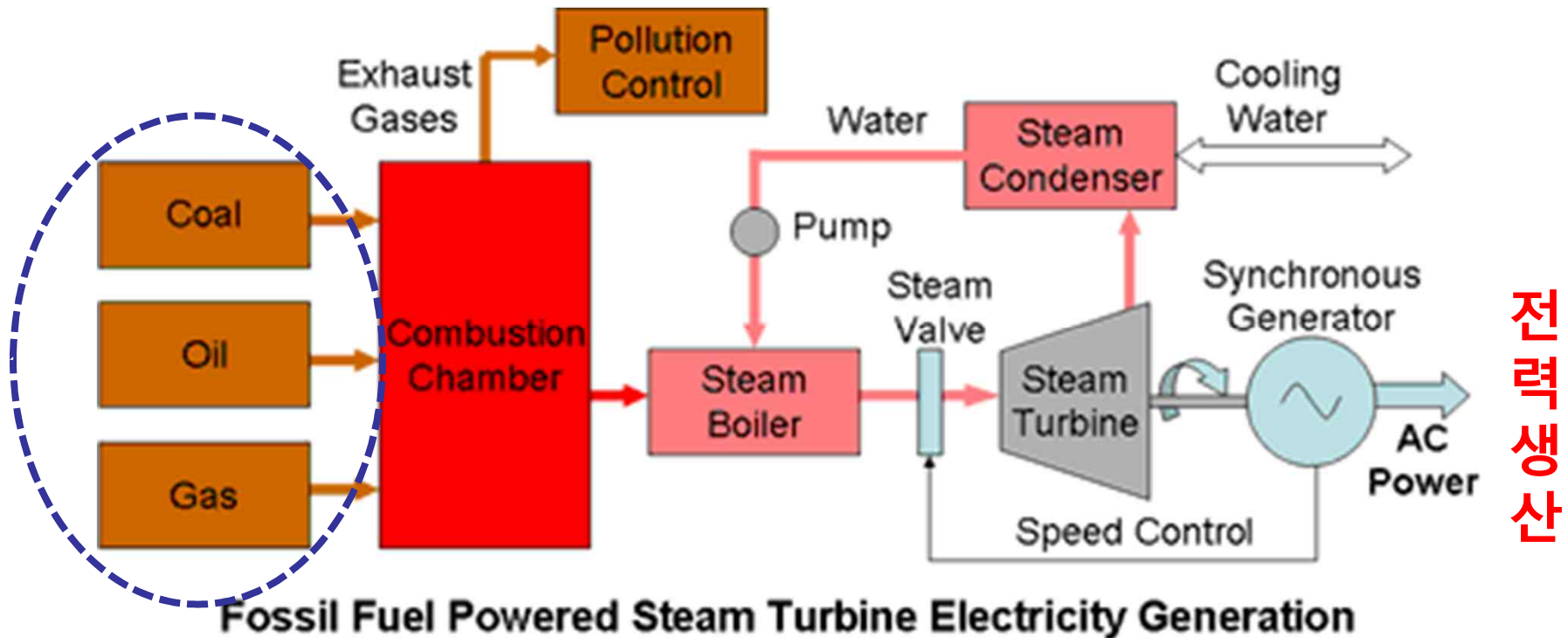
Increasing H/C Ratio

Increasing CO₂ generation

natural gas > petroleum > coal

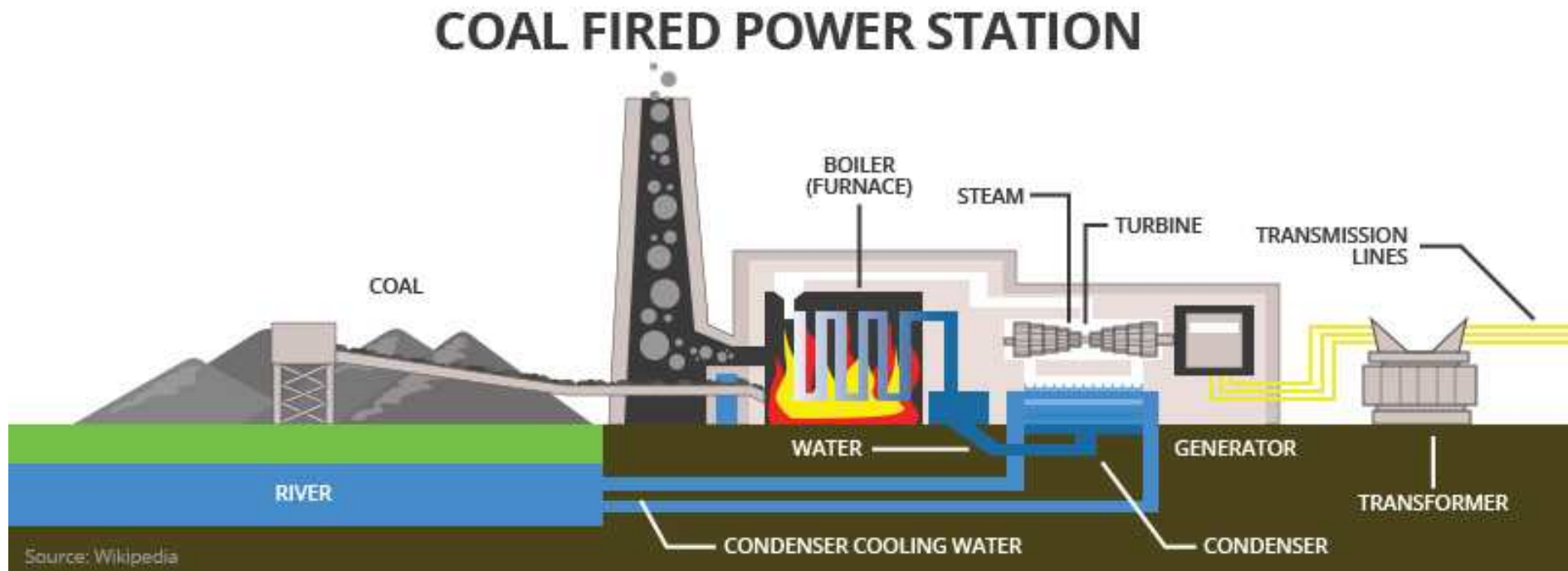
화석연료와 전력

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



석탄 화력발전

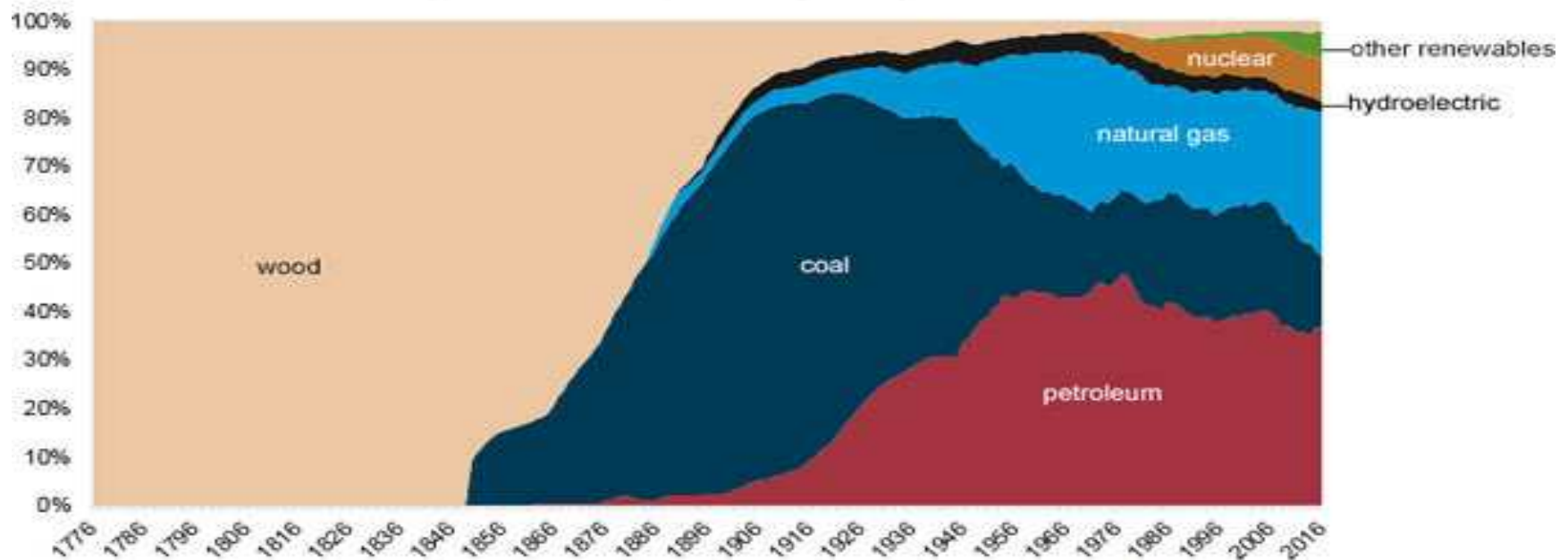
- 석탄의 이용은 증기기관으로 시작



화석연료의 변천사

- Wood- coal- petroleum-gas-?
- 인류의 문명과 산업 발전에 따라 변화

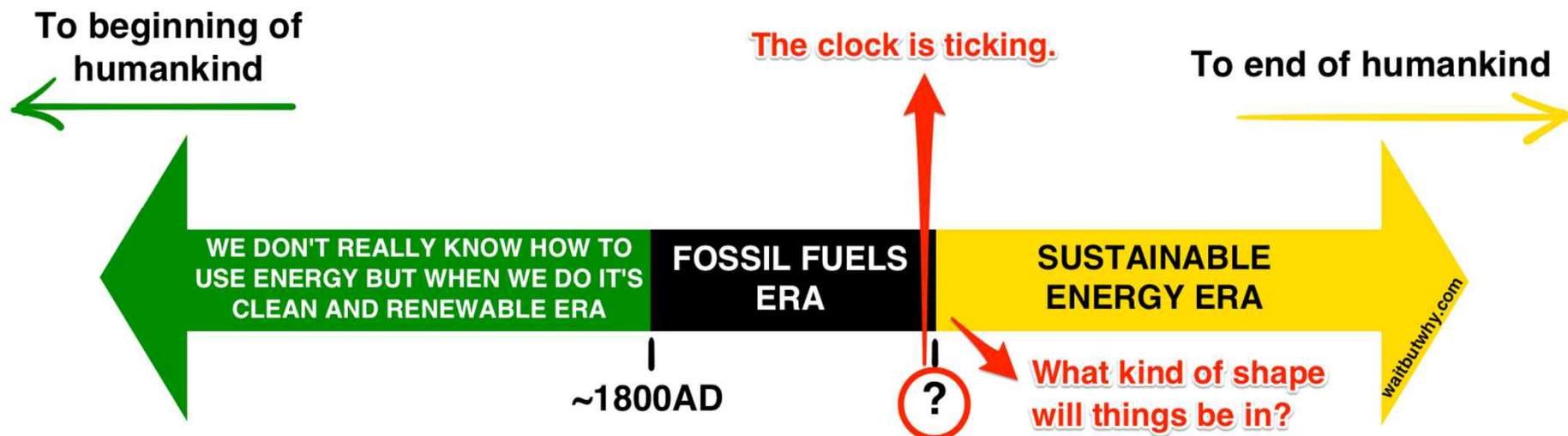
Share of U.S. energy consumption by major sources, 1776–2016



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

인류와 에너지

- 인류의 역사와 함께 변화
- 깨끗한 재생에너지-화석연료-지속가능에너지





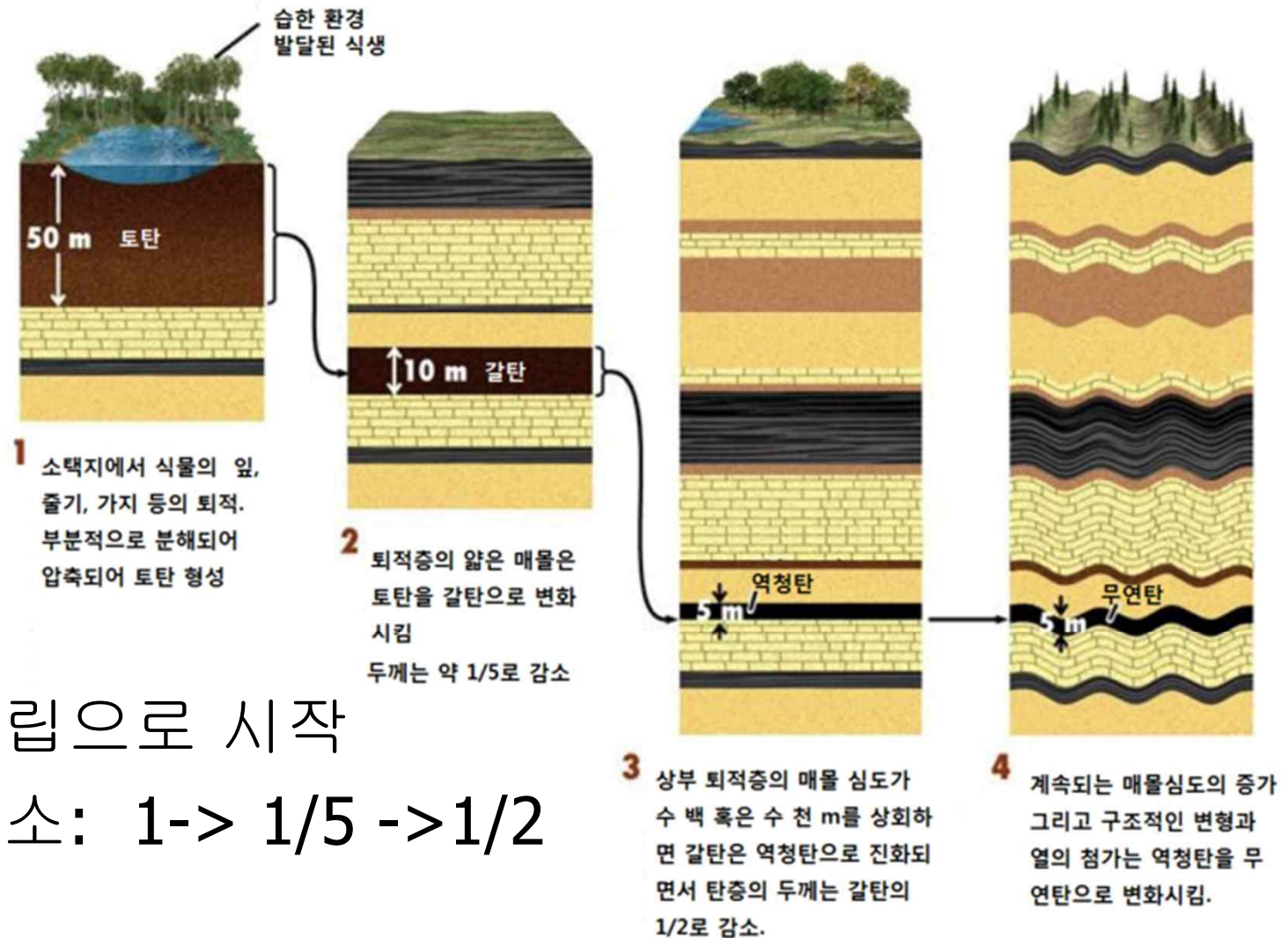
2-2: 화석연료의 종류와 특징

화석연료의 종류

- 석탄: 고체
- 석유: 액체
- 가스: 기체

생산과 수송에 영향

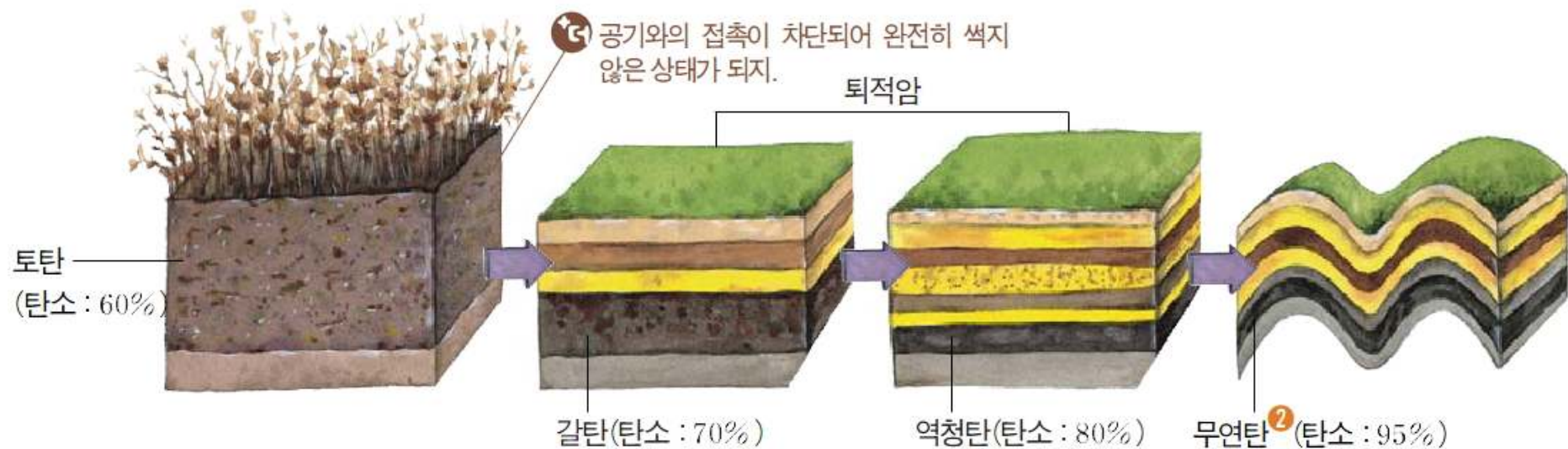
석탄의 생성



- 식물의 매립으로 시작
- 부피가 감소: 1-> 1/5 -> 1/2

석탄의 진화와 탄소의 농축

- 토탄에서 무연탄으로 갈수록 탄소 증가



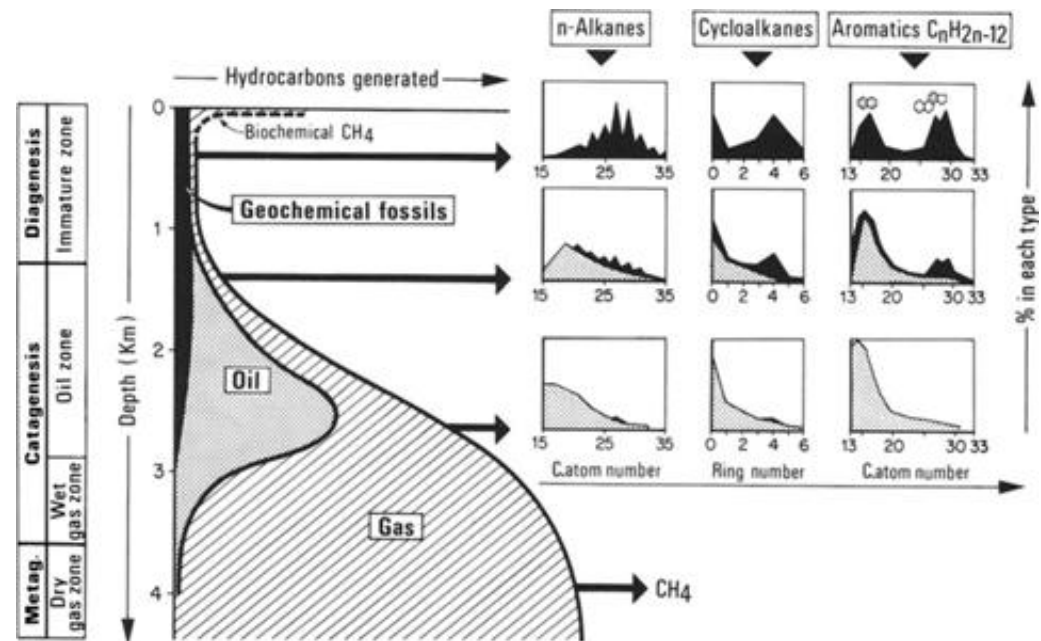
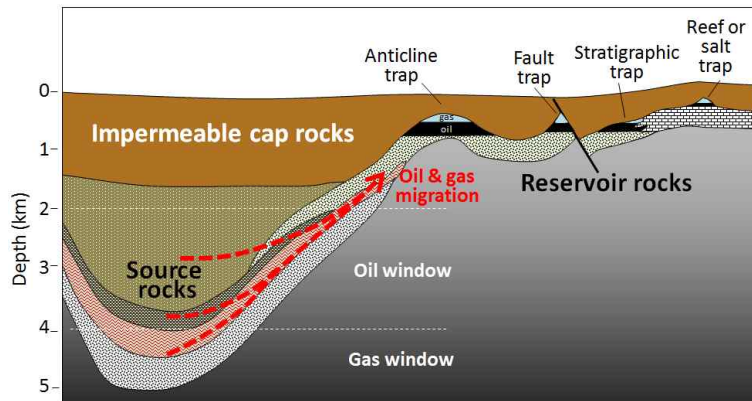
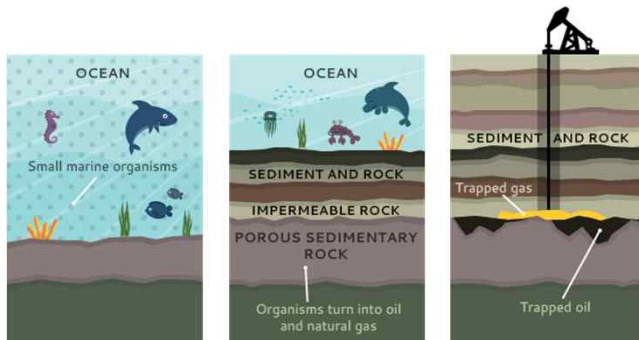
석탄의 개발과 생산

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



석유가스의 생성과 이동

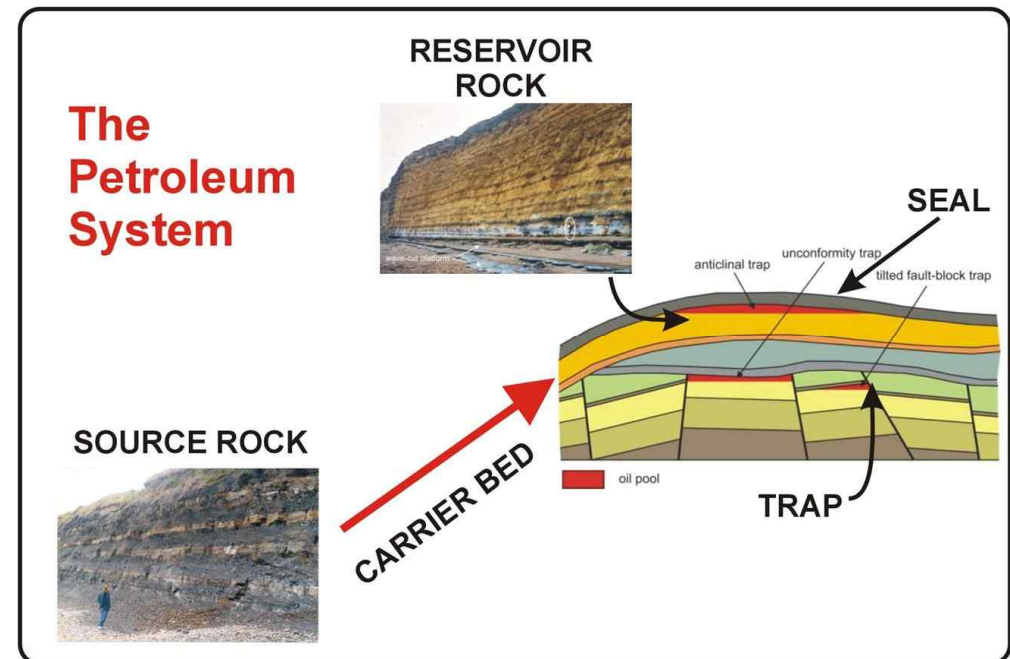
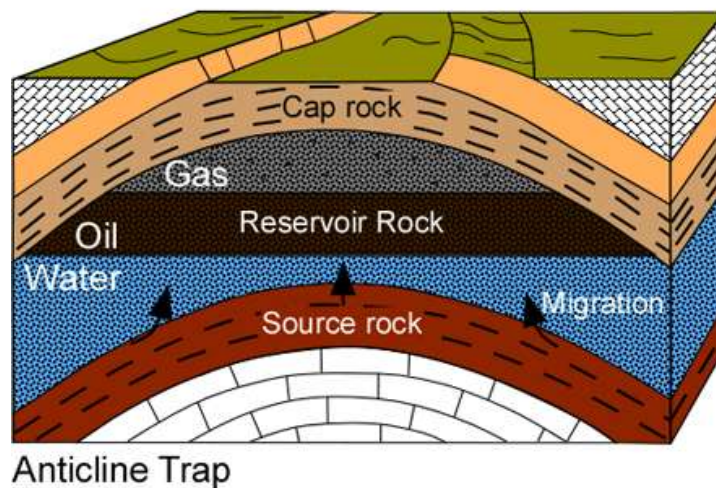
- 근원암에서 생성(Generation) – 저류암으로 이동 (Migration)



석유 가스 저류층

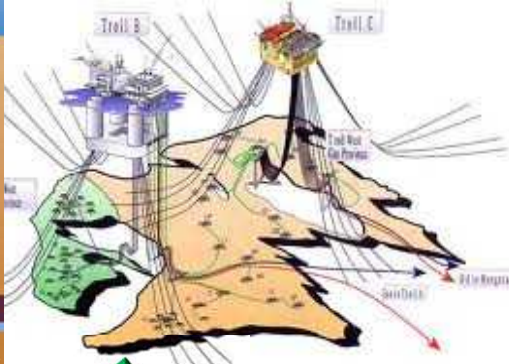
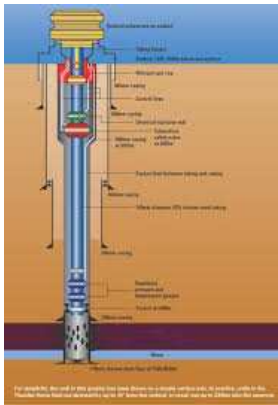
Key requirements

- Trap
- Cap rock
- Permeable media
 - Oil, gas, water



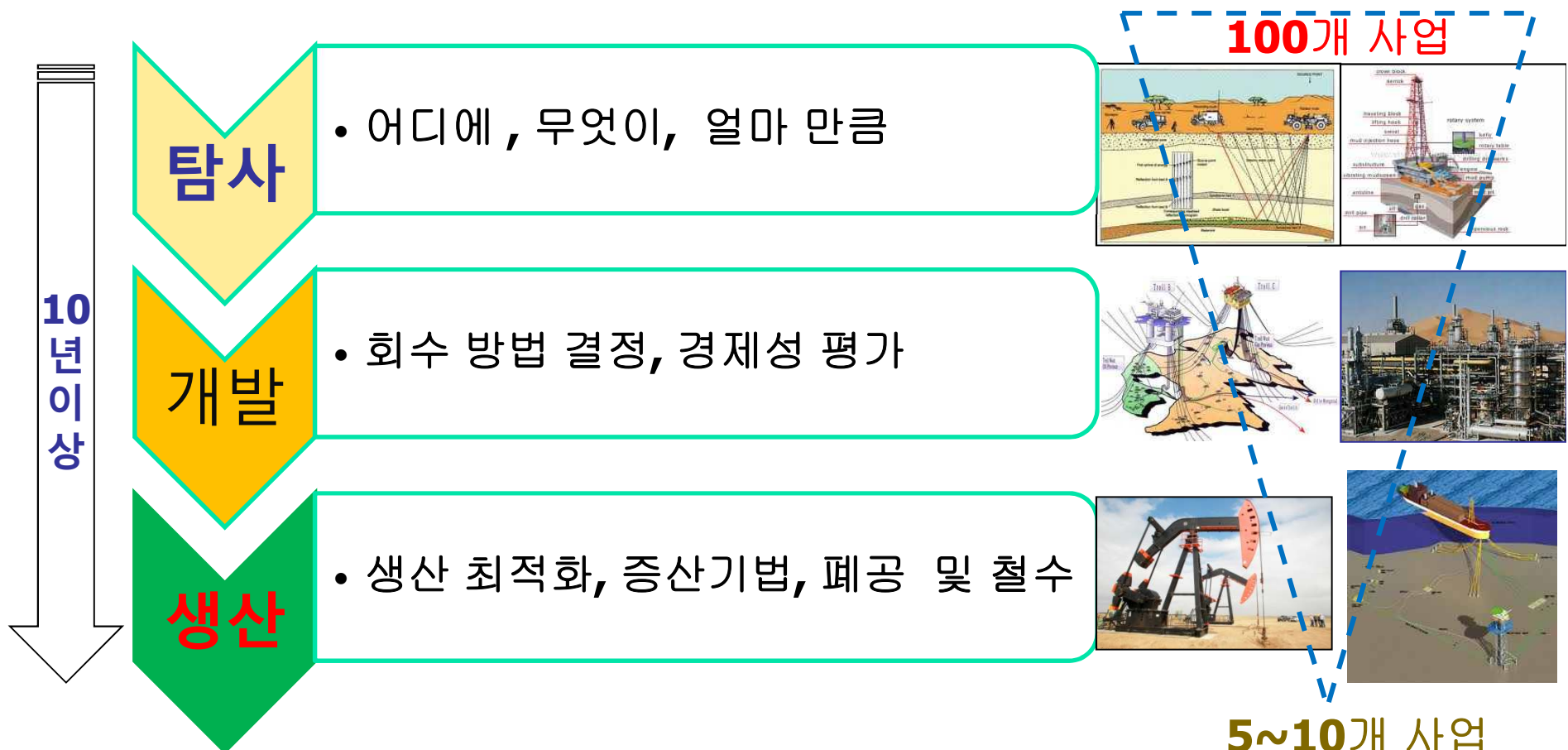
석유가스의 생산과정

- 생산 시추 - 펌프 - 생산시설 - 파이프 - 정유공장



석유개발의 특징

- 탐사에서 생산단계로의 낮은 성공률, 긴 준비기간, 높은 초기 투자비: **대형화**



▶ 운송, 음식, 에너지, 전기, 건강, 통신



신발/Shoes 5/5

시계/Watch 30/5

목도리/Tie 100/5

셔츠/Shirt 300/300

양말/Socks 20/10

휴대전화/Cell Phone 100/80

안경/Glasses 50/30

상의/Upper 400/40

손수건/Handkerchief 10/5

가방/Bag 700/600

필기구/Stationery 50/45

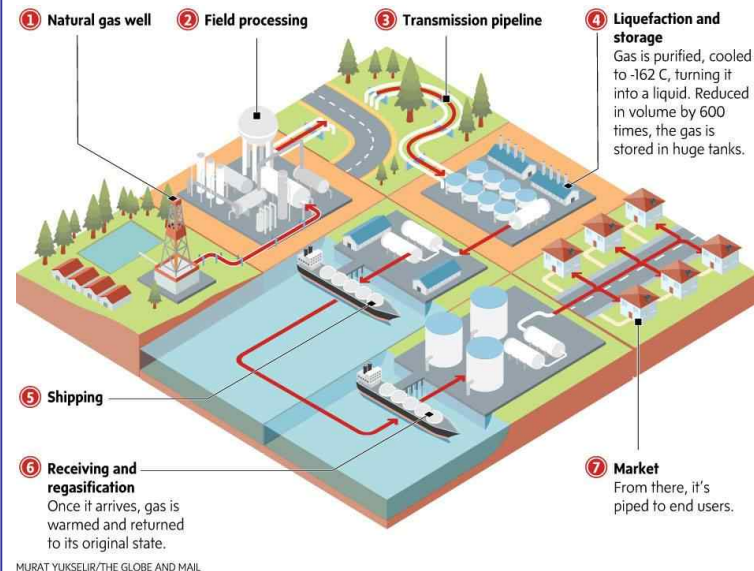
신발/Inner shoe 300/100

가스의 운송과 LNG

- Pipeline : 4~48"dia
- Buried at 3~6 ft or surface
- Speed: 40km/hr(gas)



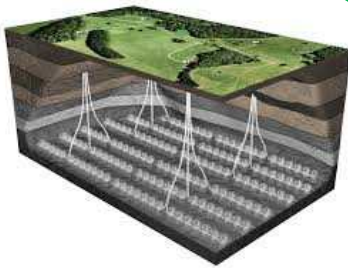
- Wellhead-Pipeline
- Liquefaction
 - Compressed volume: 1/600
 - Cooling @ -162 °C
- Shipping-Regasification



가스개발의 특성

- 개발 및 생산, 운송 및 저장, 제품 및 시장

Production



- 시추서비스
- 강관, 기계
- 토목

Transportation



- 파이프라인
- 조선
- 해양 플랜트

Market



- 연료도입
- 가스발전
- 화학제품

화석연료의 특징

- 석탄: 고체, C/H 높음 -> 생산의 어려움
 - ▶ 이산화탄소 방출 높음
- 석유: 액체-> 채굴 및 운반 용이
- 가스: 기체, C/H 낮음 -> 채굴용이,
상대적으로 친환경, 운송 용이 (LNG 비용)



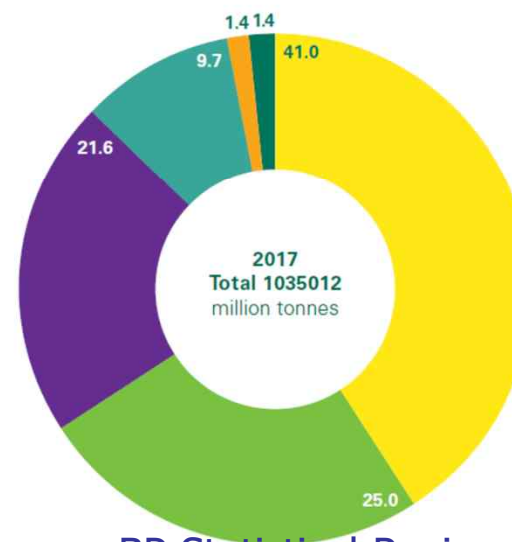
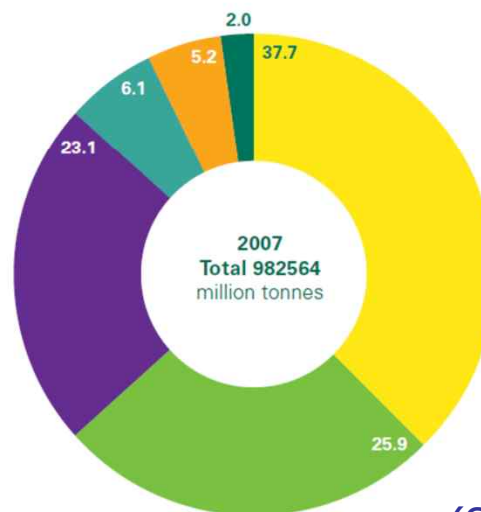
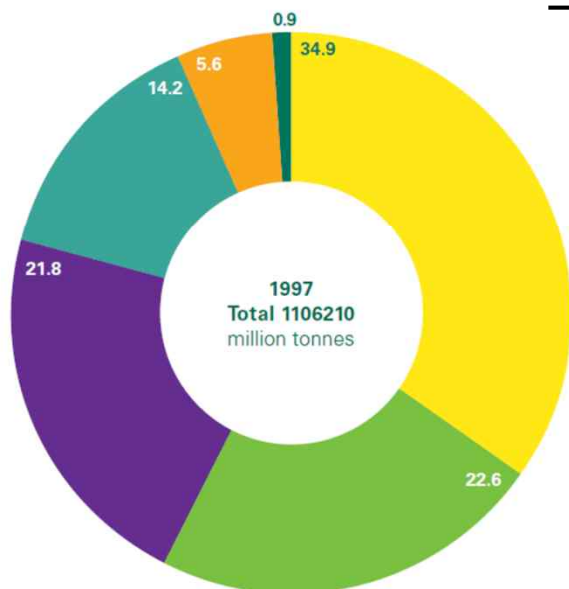
2-3 : 화석연료의 유한성과 편재성

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)

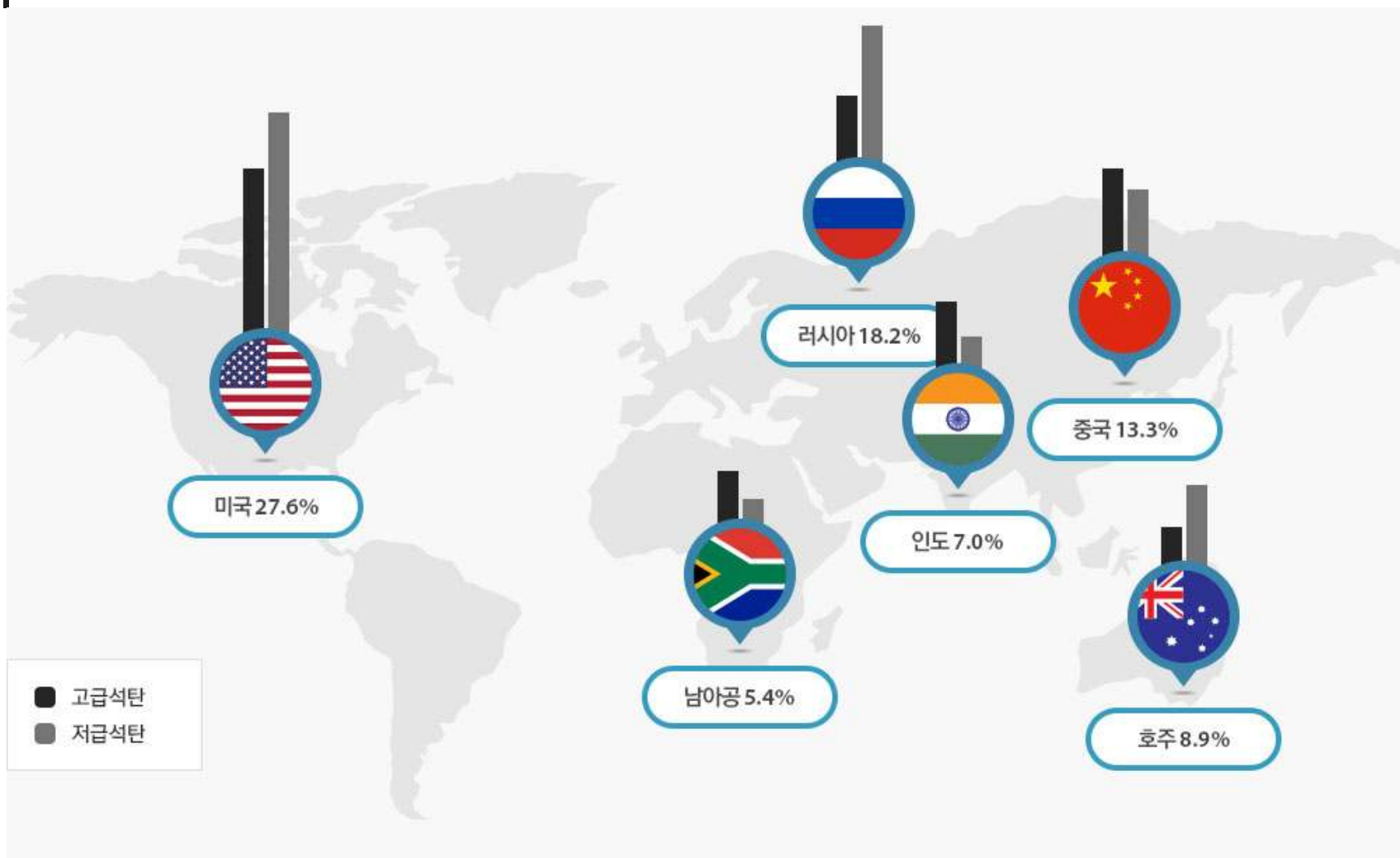
미국: 251 B tone, 러시아: 160 B tone,
호주: 145 B tone, 중국: 139 B tone

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

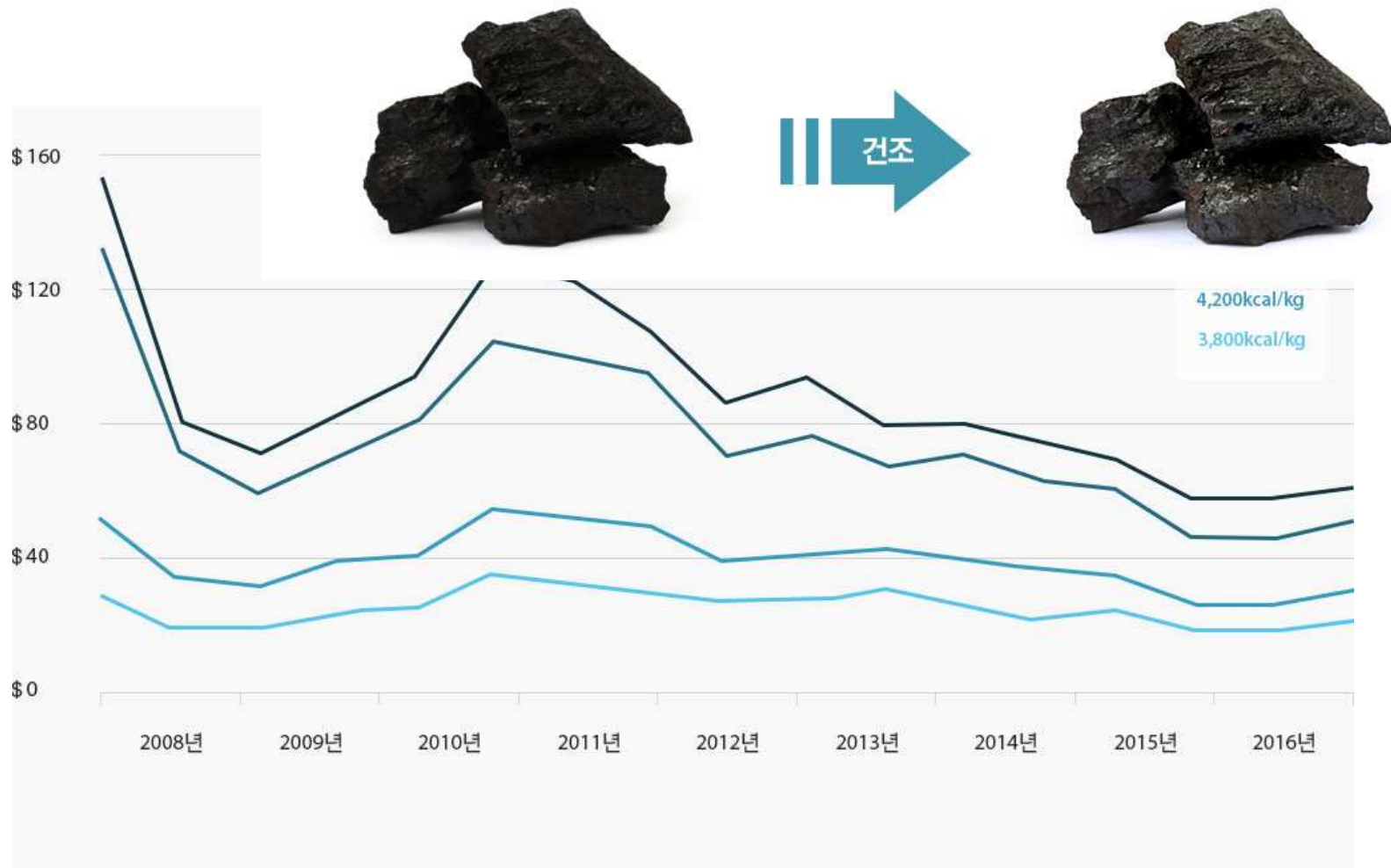


(Source: BP Statistical Review, 2018)

석탄 매장량



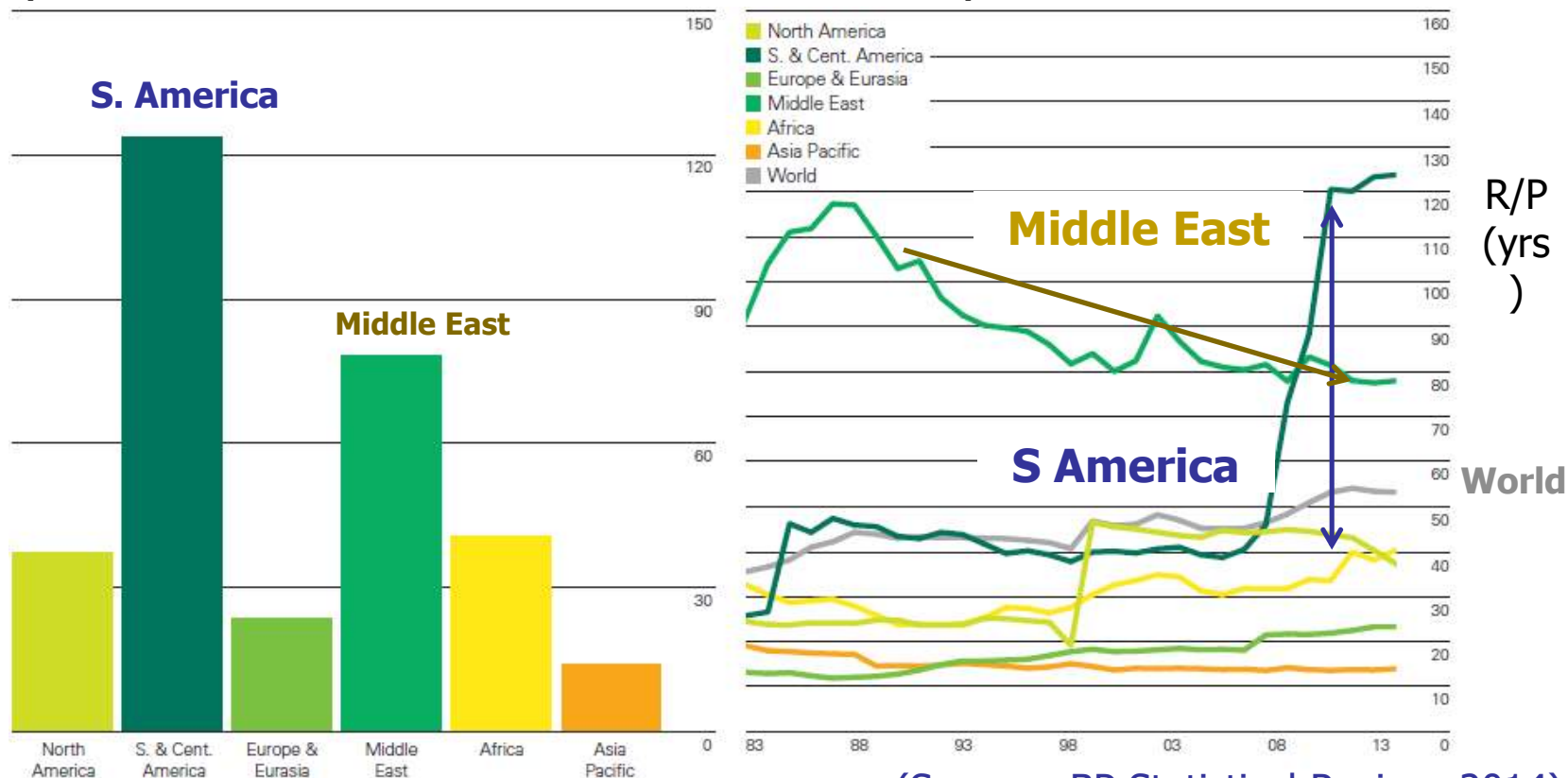
석탄 품질과 가격



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



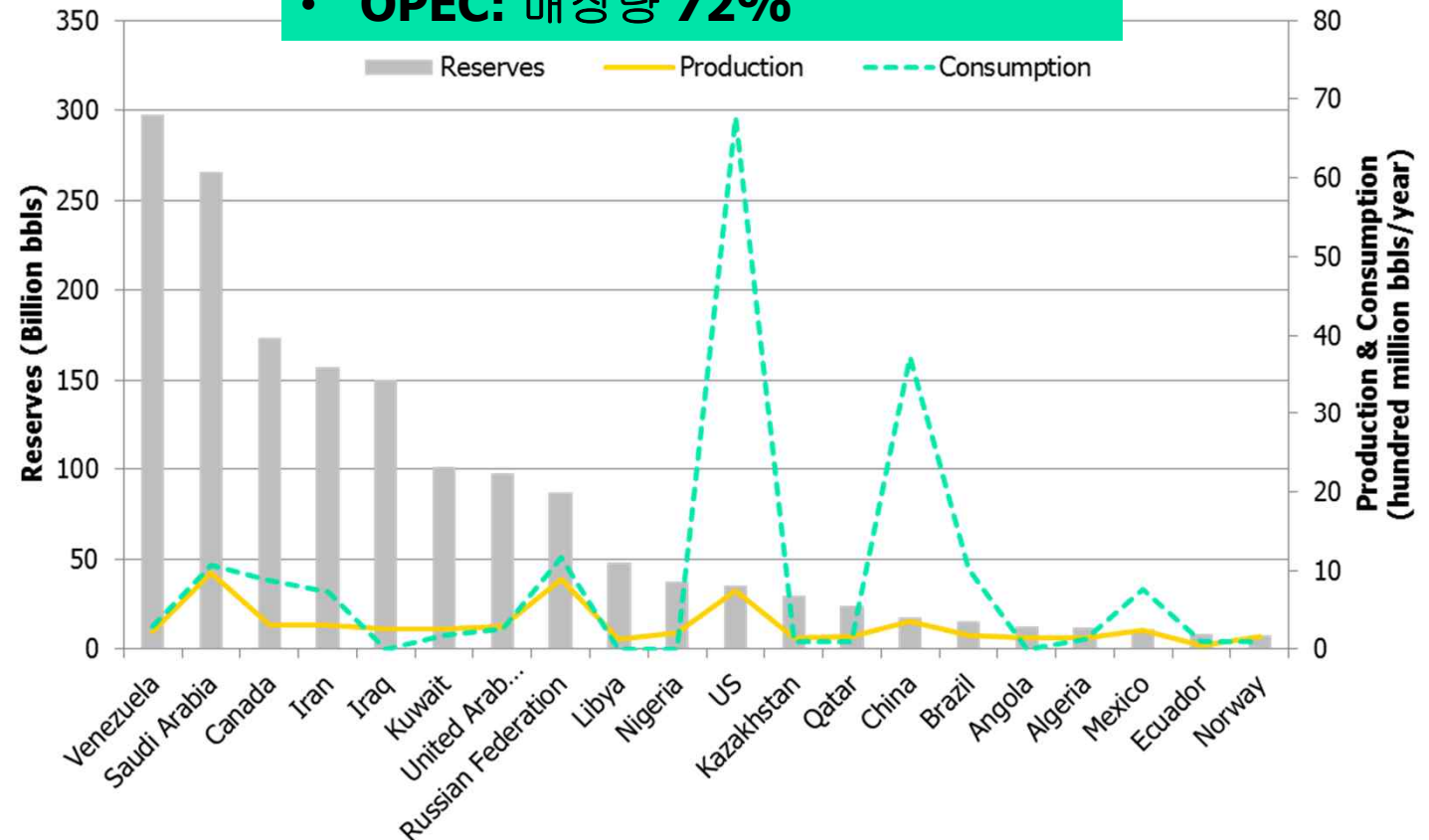
(Source: BP Statistical Review, 2014)

석유매장량의 편재성

베네수엘라, 사우디 아라비아, 캐나다, 이란, 이라크

- 상위**10**개국: 전체 매장량의 **70%**
- **OPEC**: 매장량 **72%**

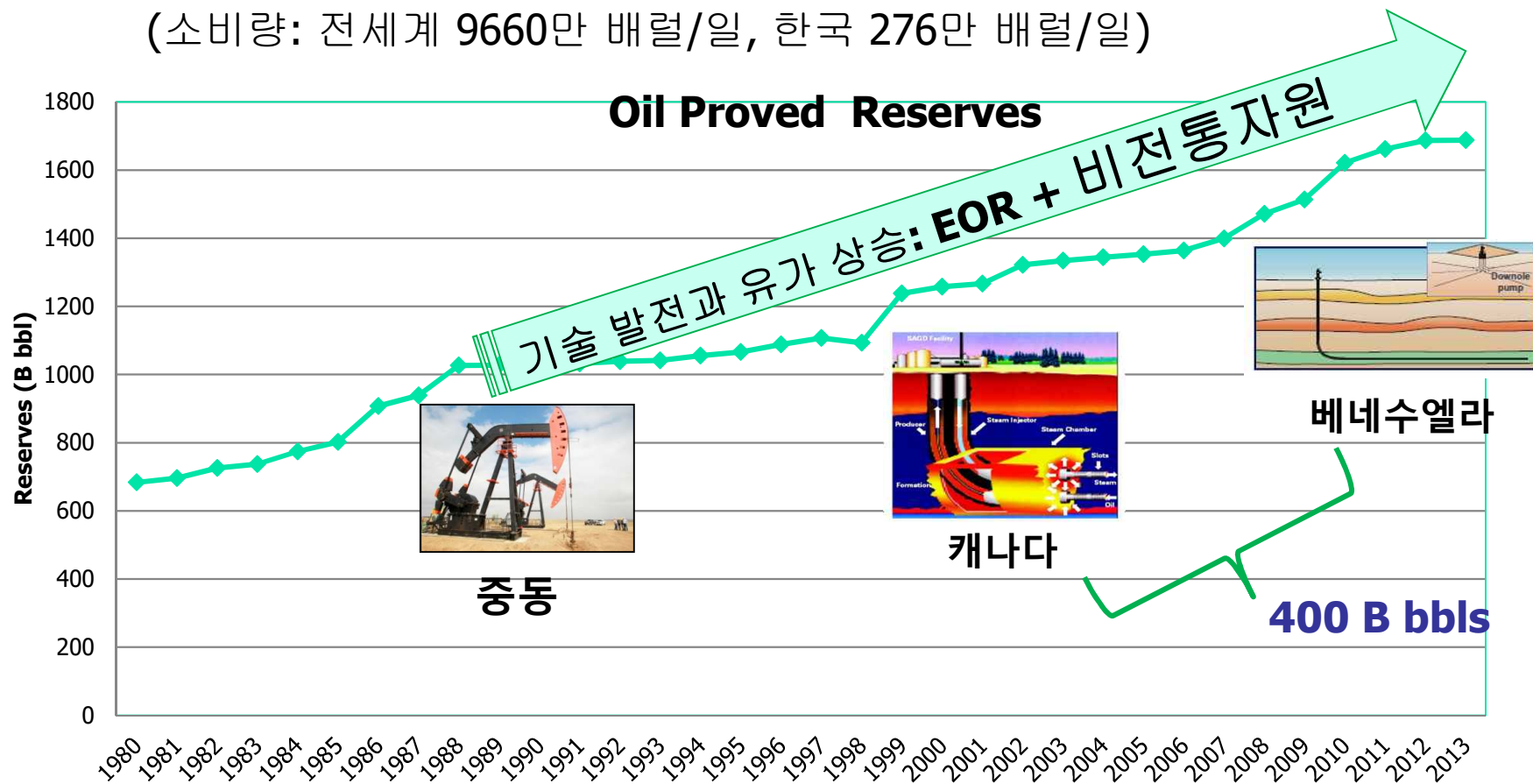
170 B bbl, 5300 km²



기술 개발로 매장량은 증가

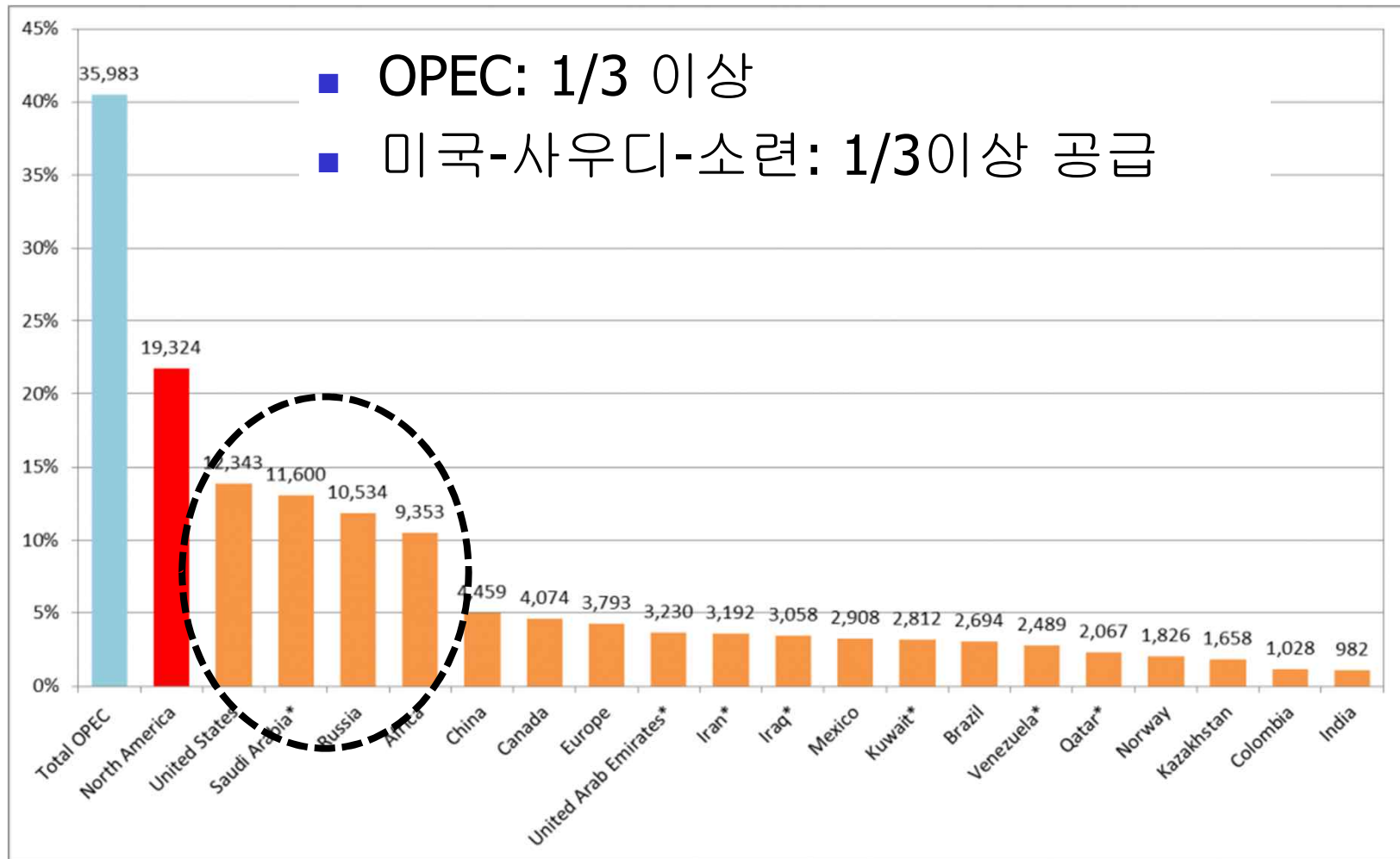
- 매장량: 1.04 T bbls(1992) to 1.7 T bbls (2016)
- 매장량/생산량 (R/P ratio): 30yrs(1980) to 51yrs(2016)
(소비량: 전세계 9660만 배럴/일, 한국 276만 배럴/일)

T (trillion):조



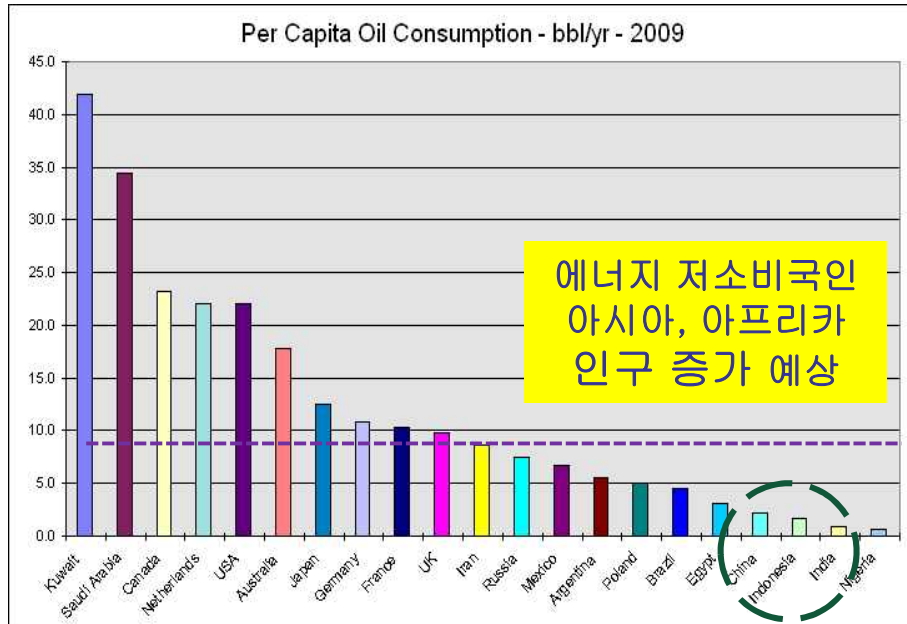
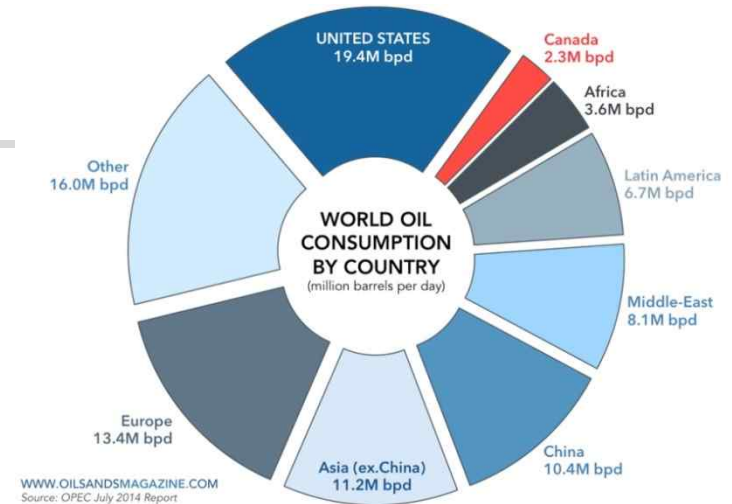
(Source: BP Statistical Review, 2014)

세계 석유 공급의 집중

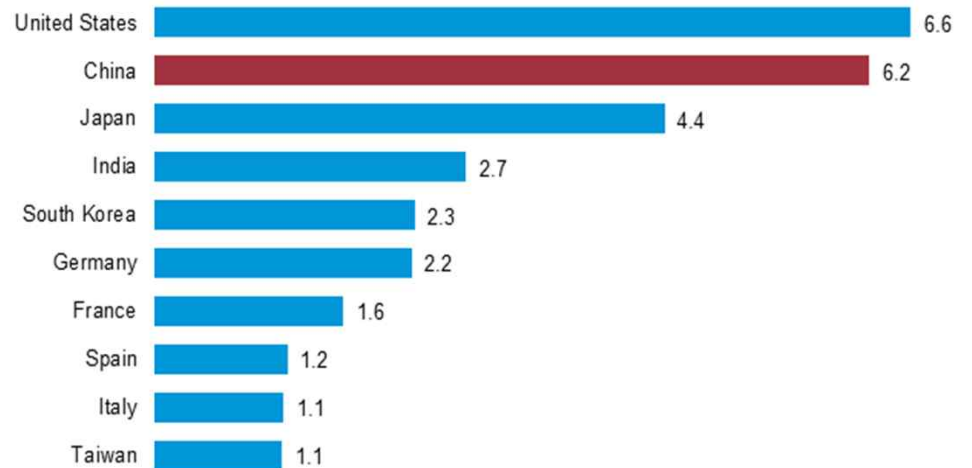


세계 석유 소비

- 미국 (19 MM bpd)
- 중국 (10 MM bpd)
- 일본, 인도, 한국



Top ten annual net oil importers, 2013
millions barrels per day



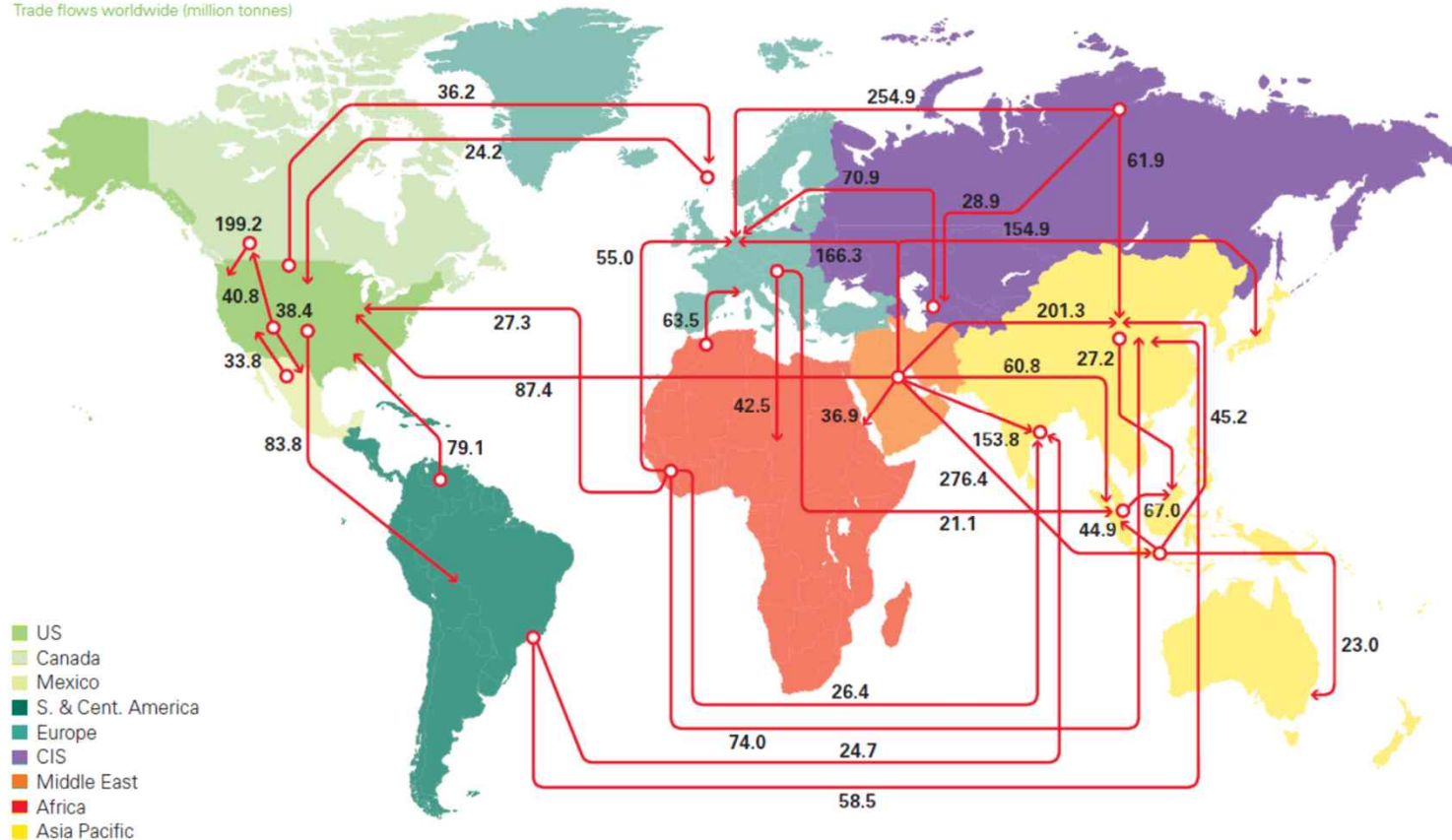
Note: Estimates of total production less consumption. Does not account for stockbuild.
Source: U.S. Energy Information Administration, Short Term Energy Outlook, January 2014.

석유의 판매 및 운송

■ 육상-해상: 오일 파워

Major trade movements 2017

Trade flows worldwide (million tonnes)



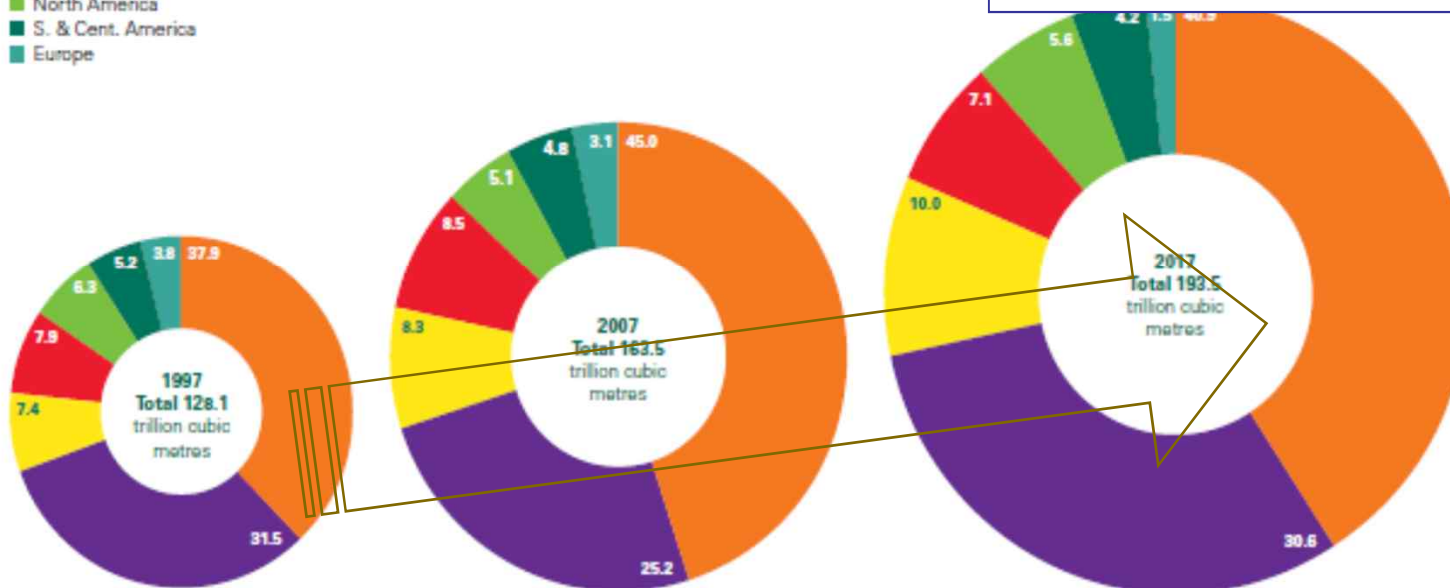
세계 가스 매장량 변화추이

- 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

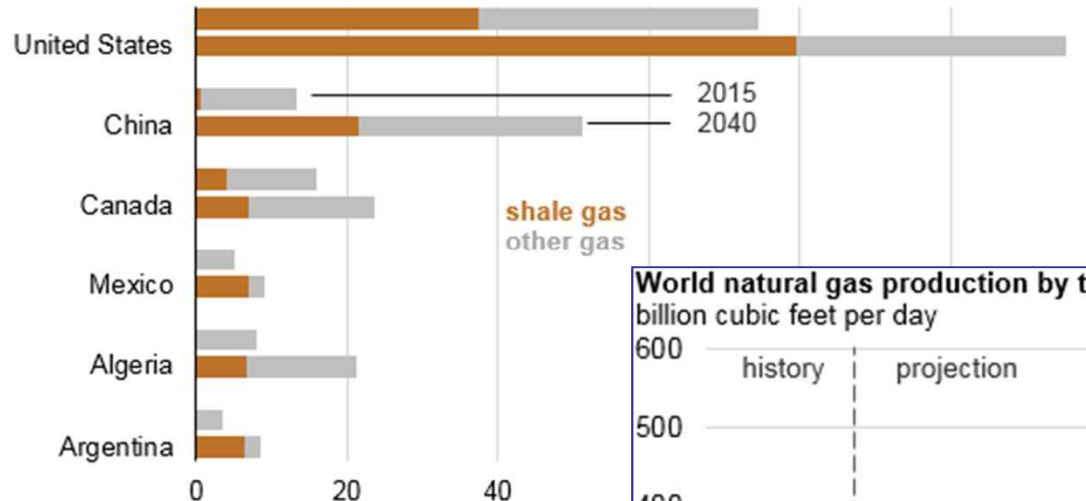
세계 가스 유형별 생산 예측

■ 전통 가스자원이 주로 하고 비전통가스

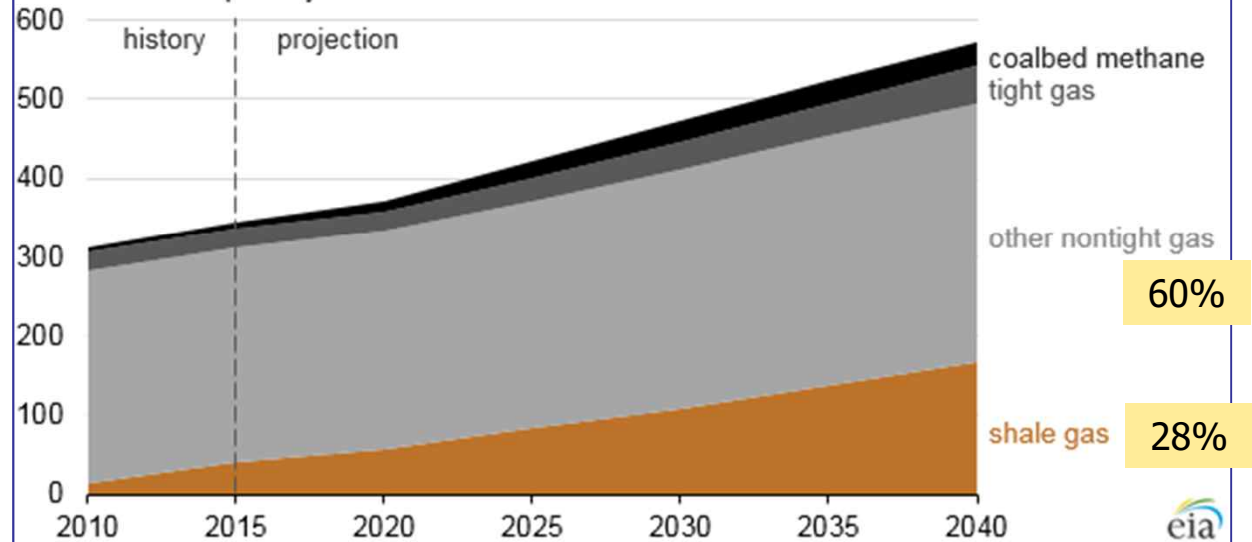
왜 미국일까 ?

미국: **40% -> 70%**
중국: **-> 40%**
캐나다: **20% -> 30%**
멕시코: **-> 75%**

Shale gas and other natural gas production in selected countries, 2015 and 2040
billion cubic feet per day



World natural gas production by type (2010-40)
billion cubic feet per day



(Source: IEA, 2016)

Major trade movements 2017



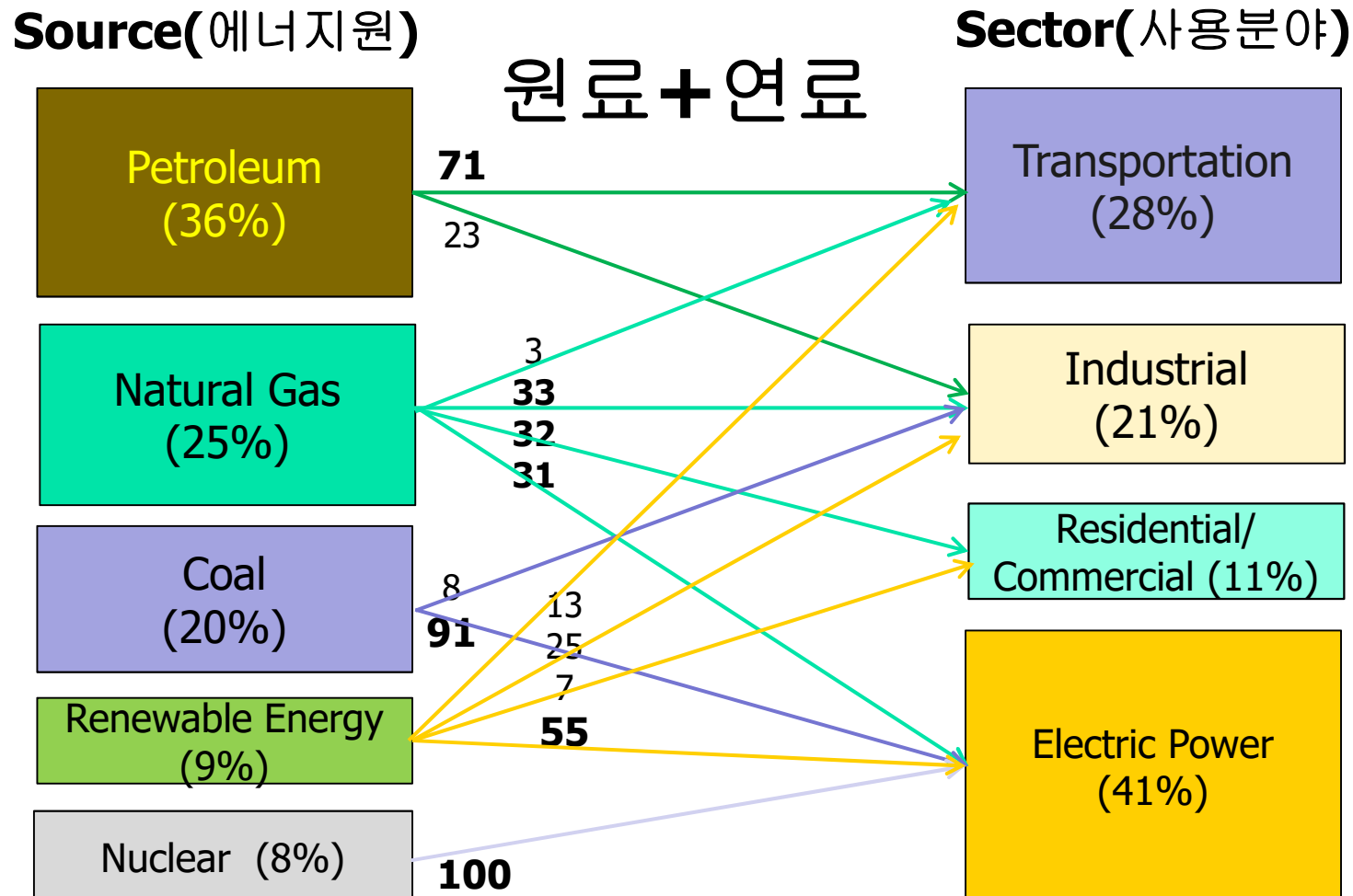
2-4 : 화석연료의 용도와 생명력

화석연료의 용도

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



에너지원 별 사용처



Data: U.S. Energy Information Administration, 2012

한국의 에너지 구성과 화석연료

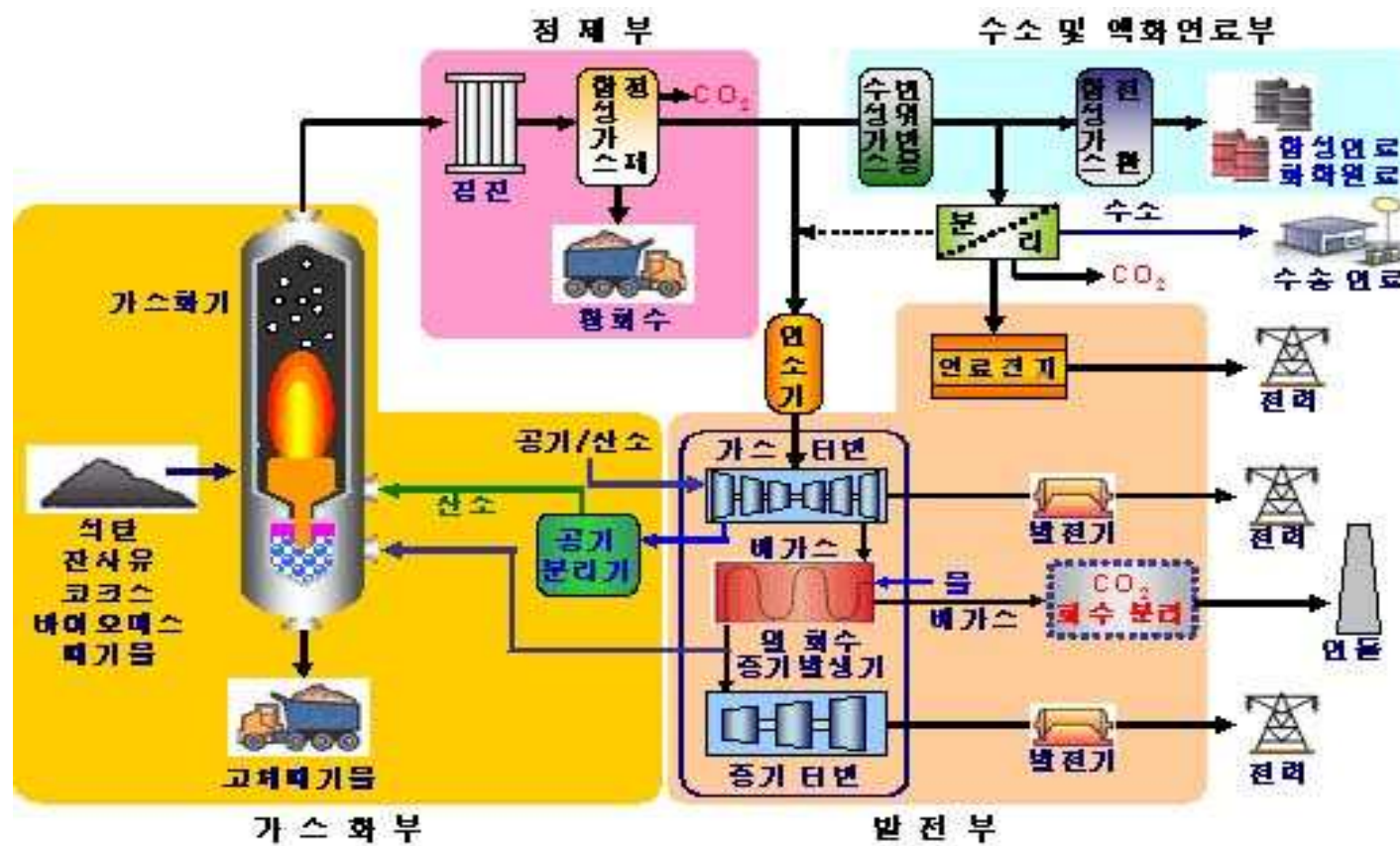
- 화석연료: 1차 에너지원의 82%
- 용도: 전력, 수송, 산업용, 가정용



(2016년도) 자료: 에너지경제연구원 에너지정보통계센터

석탄의 용도 변화

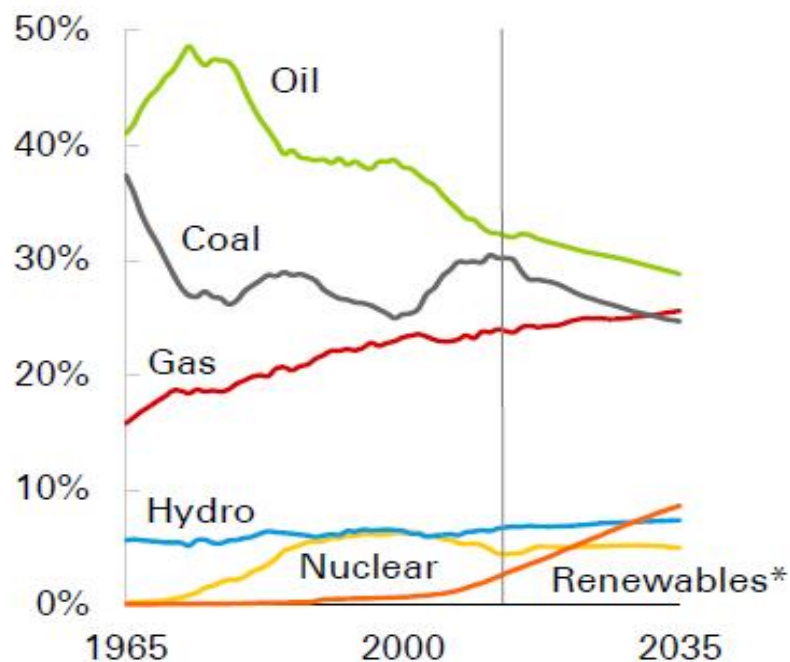
■ 발전용+석탄액화



에너지 유형별 수요 변동

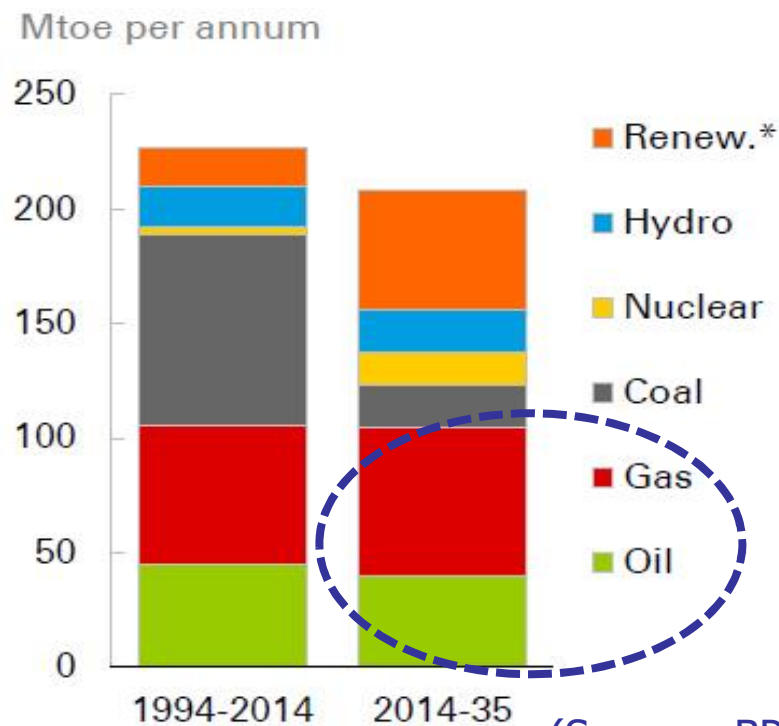
- 석유-석탄-가스 (2015) → 석유-가스-석탄 (2035년)
- 화석연료 비중은 감소하지만 수요량은 지속적으로 증가

Shares of primary energy



*Includes biofuels

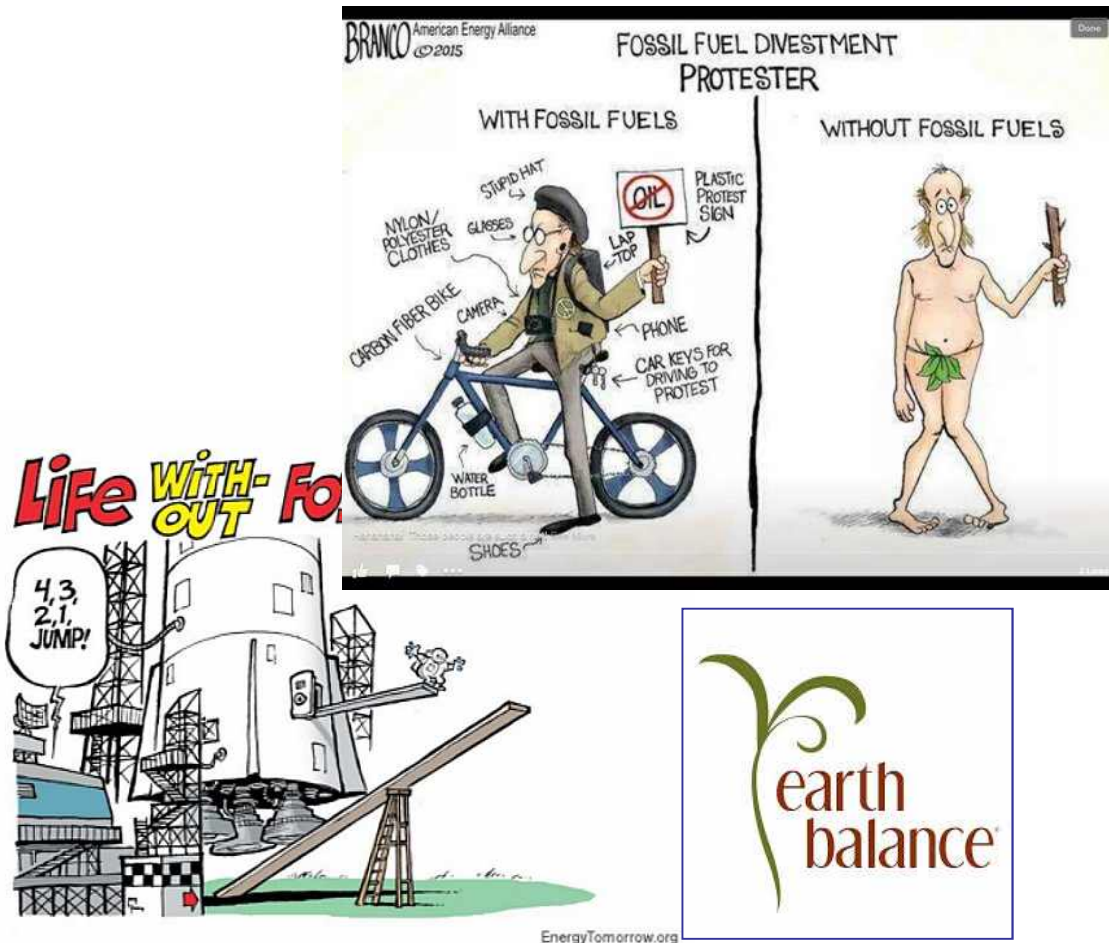
Annual demand growth by fuel



(Source: BP 2016)

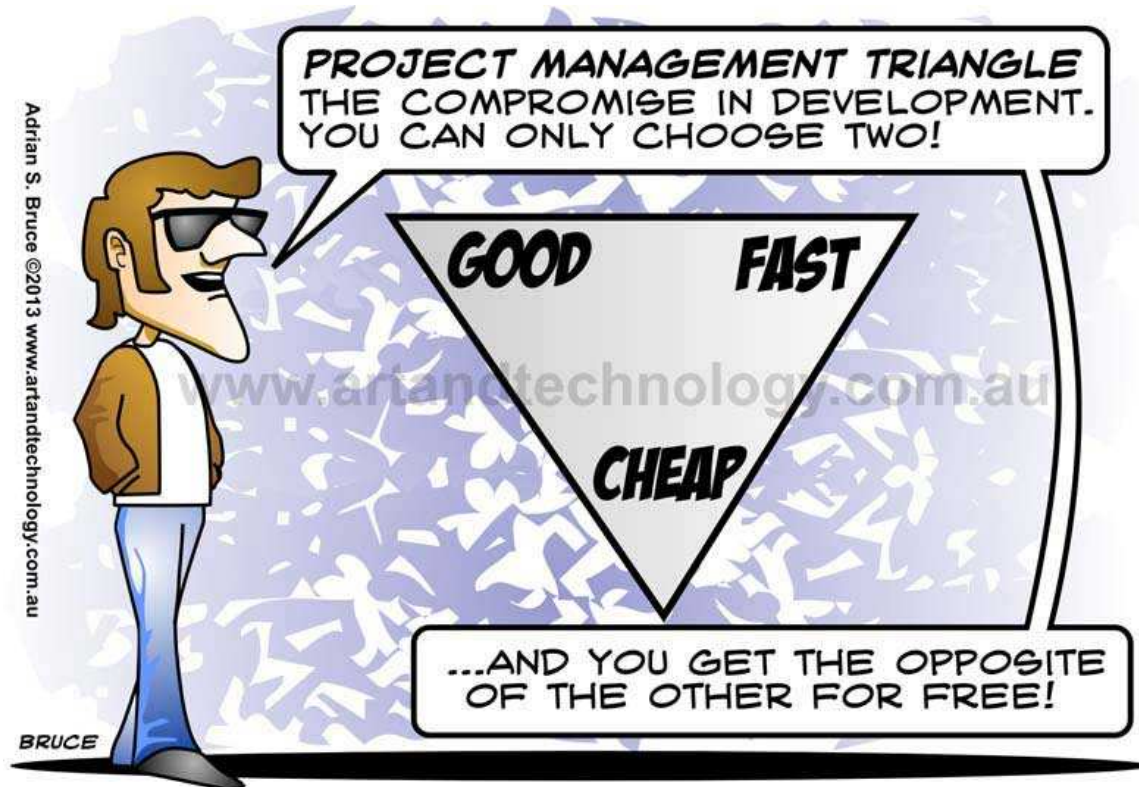
화석연료 없는 삶

- 에너지 중독, 환경 오염 : 불편 감수 필요



우리의 선택은 ?

안전+환경+경제 ??



WE OFFER 3 KINDS OF SERVICES
GOOD - CHEAP - FAST

BUT YOU CAN ONLY PICK TWO

GOOD & CHEAP WON'T BE **FAST**

FAST & GOOD WON'T BE **CHEAP**

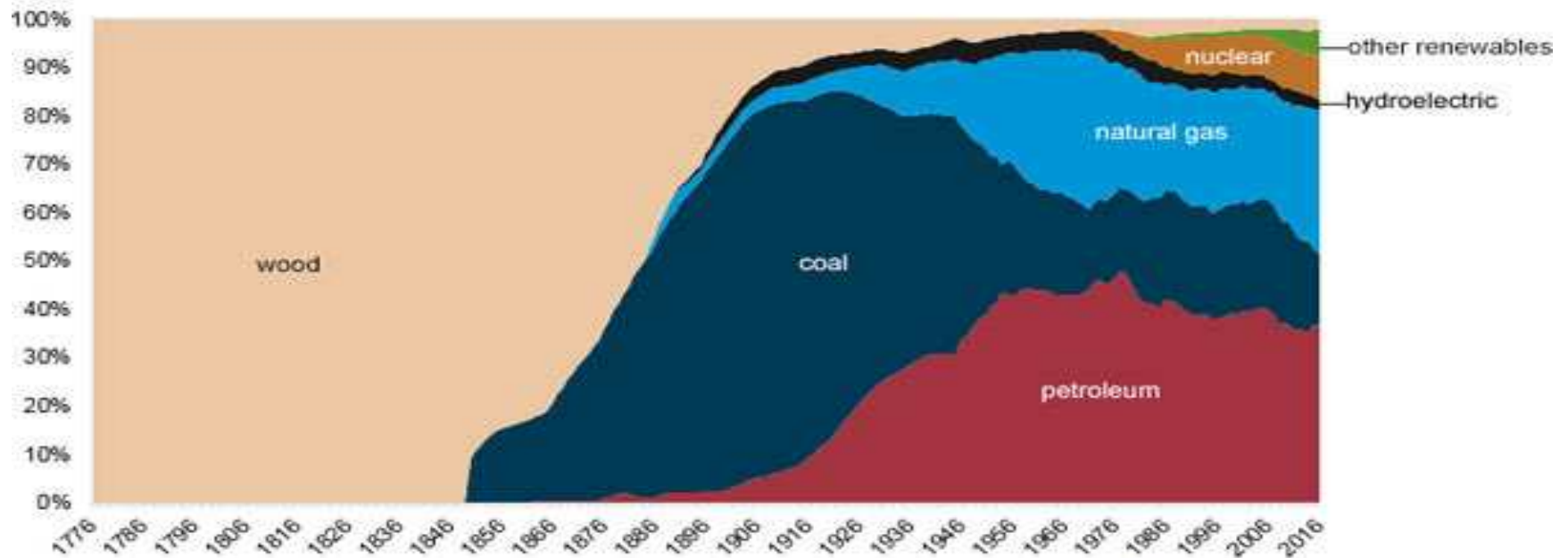
CHEAP & FAST WON'T BE **GOOD**

Quality – Cost – Time

화석연료의 변천

- Wood- coal- petroleum-gas-?
- 인류의 문명과 산업 발전에 따라 변화

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

산업에 따른 에너지의 변천

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

