



從能源利用 看永續發展

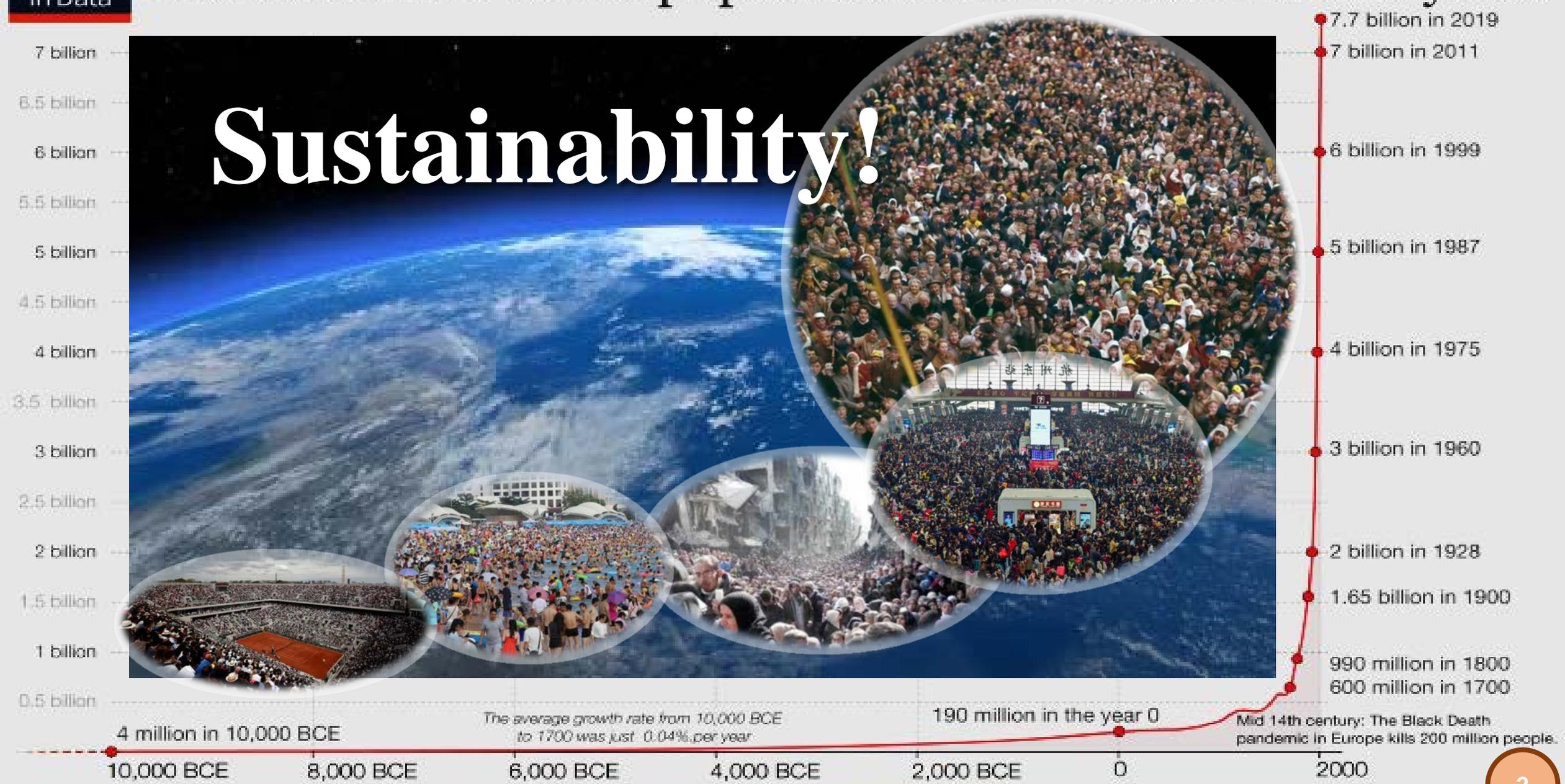


林大惠

國立成功大學 工學院機械工程學系
能源科技與策略研究中心

The size of the world population over the last 12,000 years

Sustainability!



聯合國永續發展目標(SDGs)

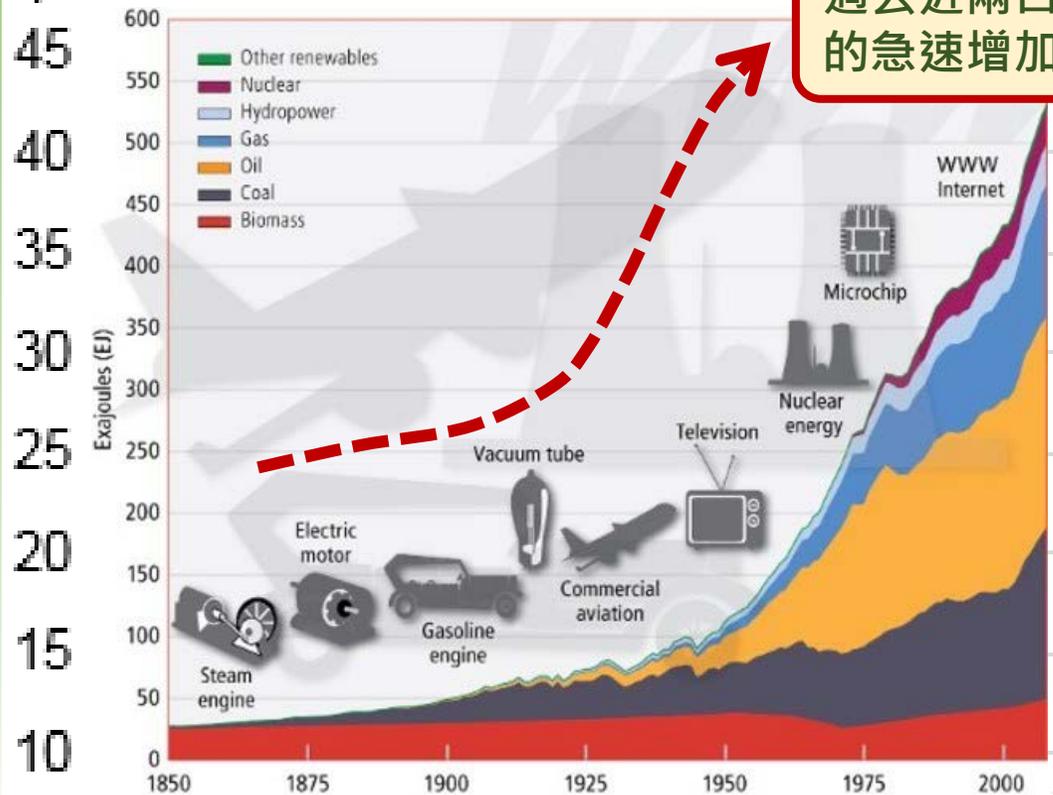
People	1 NO POVERTY 	2 ZERO HUNGER 	3 GOOD HEALTH AND WELL-BEING 	4 QUALITY EDUCATION 	5 GENDER EQUALITY 	6 CLEAN WATER AND SANITATION
	1 消除貧窮	2 終止飢餓	3 良好健康與社會福利	4 良質教育	5 性別平等	6 清潔飲水和衛生設施
Society	7 AFFORDABLE AND CLEAN ENERGY 	8 DECENT WORK AND ECONOMIC GROWTH 	9 INDUSTRY, INNOVATION AND INFRASTRUCTURE 	10 REDUCED INEQUALITIES 	11 SUSTAINABLE CITIES AND COMMUNITIES 	12 RESPONSIBLE CONSUMPTION AND PRODUCTION
	7 經濟適用的清潔能源	8 體面工作和經濟增長	9 產業、創新和基礎設施	10 減少國內及國家間不平等	11 永續發展的市鎮規劃	12 確保永續消費和生產模式
Planet	13 CLIMATE ACTION 	14 LIFE BELOW WATER 	15 LIFE ON LAND 	16 PEACE, JUSTICE AND STRONG INSTITUTIONS 	17 PARTNERSHIPS FOR THE GOALS 	SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS
	13 氣候行動	14 保育及維護海洋資源	15 保育及維護生態領地	16 和平、正義與健全的司法	17 促進目標實現的夥伴關係	

2030

全球能源發展歷史

Energy consumption in the United States (1776-2017)

quadrillion British thermal units



過去近兩百年來，全球能源消費以指數般的急速增加，其中有80%來自化石能源。

能源效率與化石能源匱乏 (Fossil Fuel Shortage)

fossil fuels 化石能源

petroleum 石油
natural gas 天然氣
coal 煤炭

空氣污染 (SO_x, NO_x, PM)

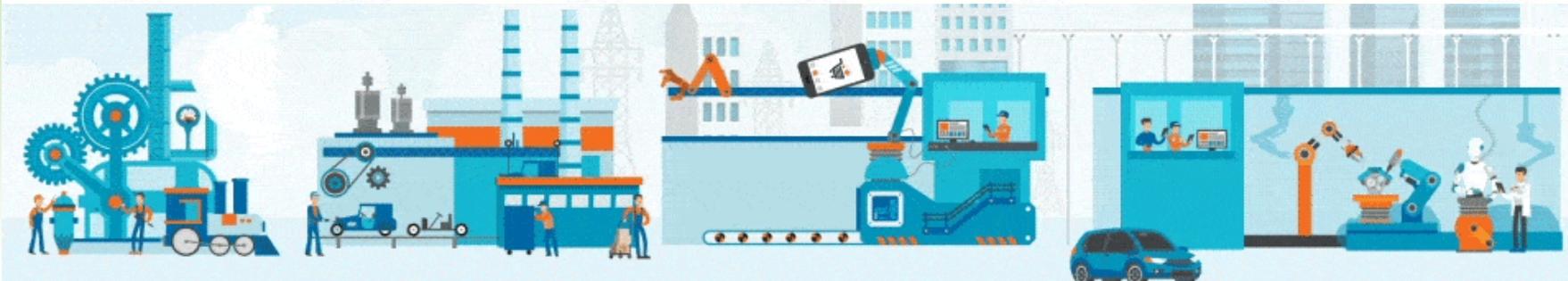
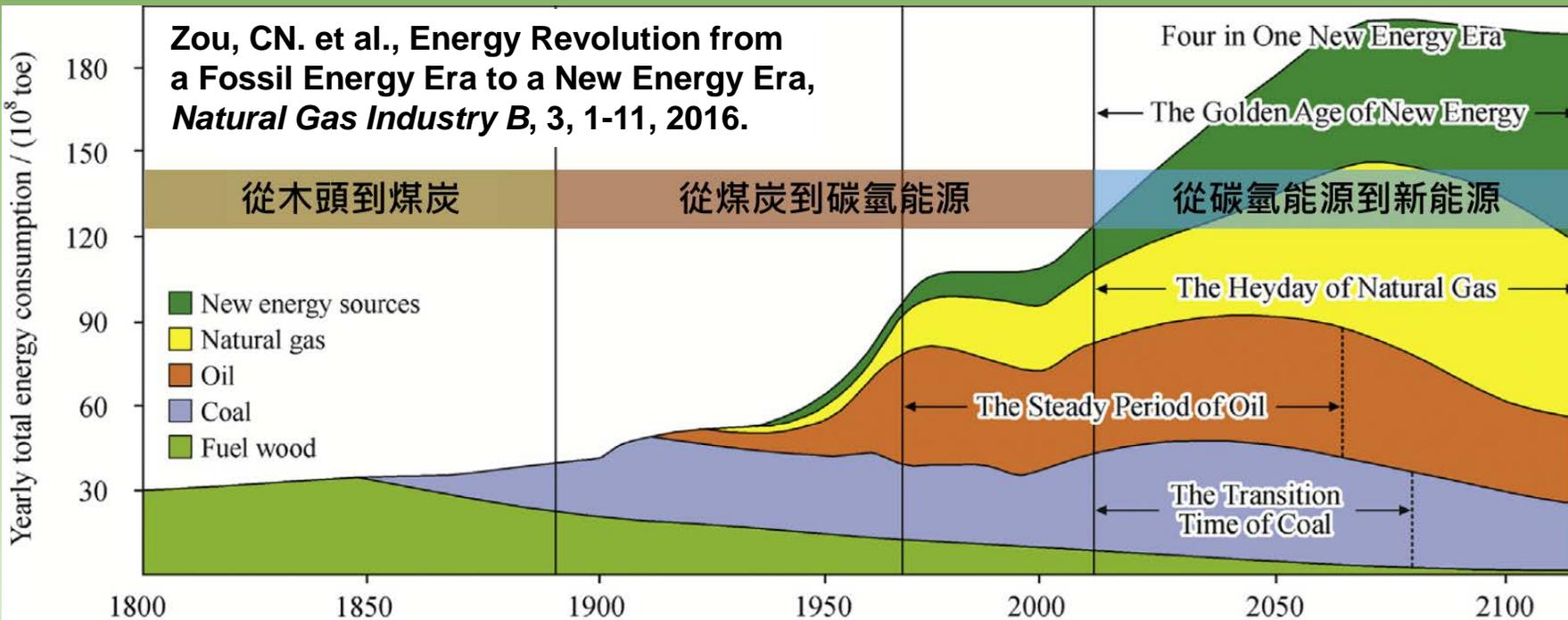
solar energy 太陽能
wind energy 風力
ocean energy 海洋能
geothermal energy 地熱

全球暖化 (CO₂)
nuclear 核能
biomass 生質能
other renewables
hydroelectric 水力

<https://healingearth.ijep.net/energy/history-energy-use>



能源與工業發展



第一次工業革命(1780-1840) 第二次工業革命(1870-1920) 第三次工業革命(1940-Today) 第四次工業革命(Today)

Industry 1.0 Steam Industry 2.0 Electricity Industry 3.0 Computing Industry 4.0 Cyber-Physical Systems

第一次工業革命：蒸汽時代

→ 以蒸汽為動力、以機器代替人力

- 1784年瓦特改良蒸汽機
- 1807年蒸汽動力輪船/富爾頓
- 1814年蒸汽火車頭/史蒂文生

第二次工業革命：電力時代

→ 發電輸電、內燃機；石油、化學、汽車、飛機和鋼鐵工業興起

- 1866年直流發電機/西門子
- 1882年燃煤電廠/愛迪生電燈公司
- 1885年三輪汽油動力車/賓士
- 1903年汽油動力飛機/萊特兄弟

第三次工業(科技)革命：電算時代

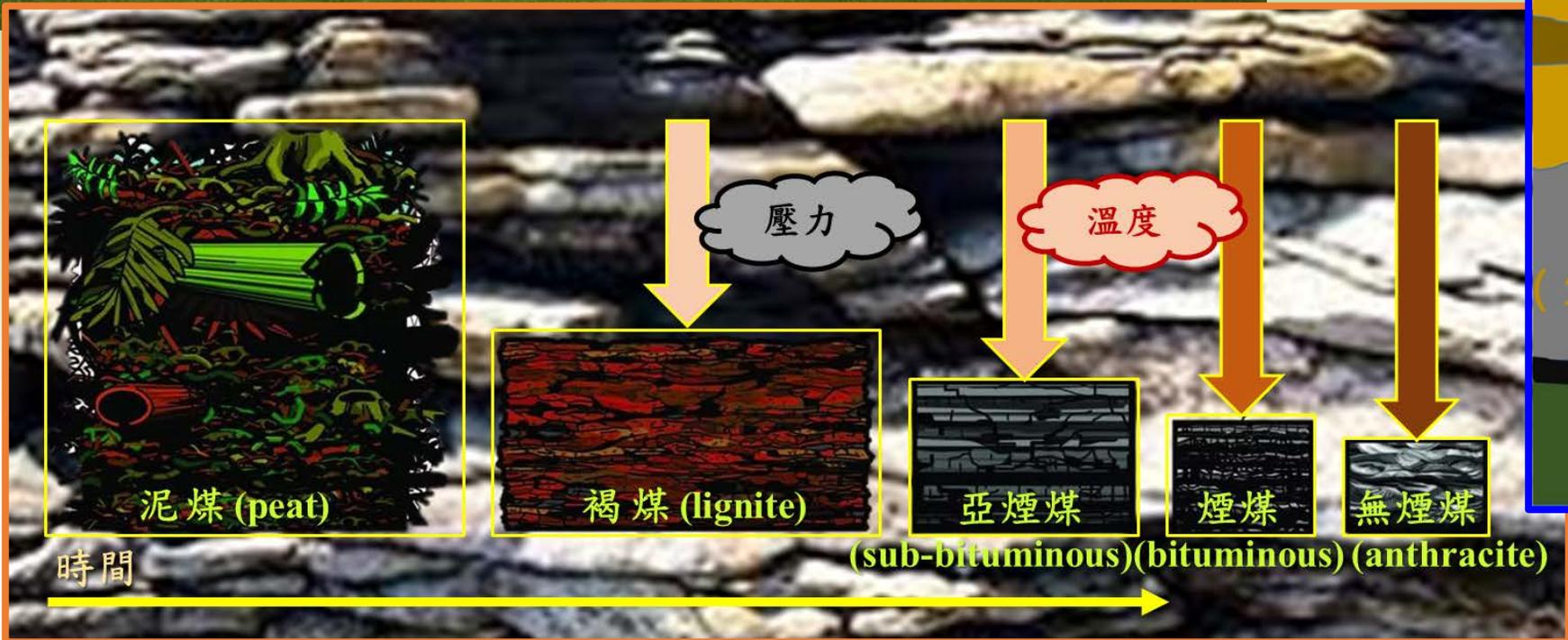
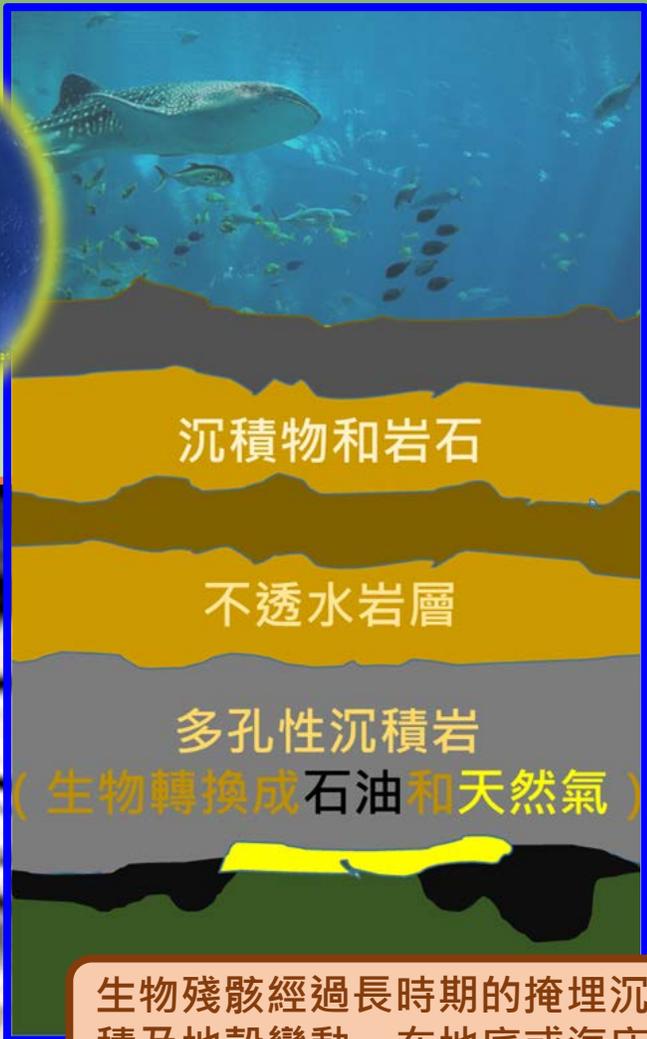
→ 原子能、電腦；航太、資訊、數位、生物科技興起

- 1942年核反應爐/芝加哥大學
- 1945年原子彈試爆成功
- 1945年電子數值積分電腦(ENIAC)
- 1957年蘇聯發射人造衛星
- 1969年人類登陸月球/阿姆斯特壯

第四次工業革命：虛實整合時代

→ 機器人、人工智慧、奈米科技、量子電腦、生物科技、物聯網、物聯網技術、新能源...

化石能源的形成

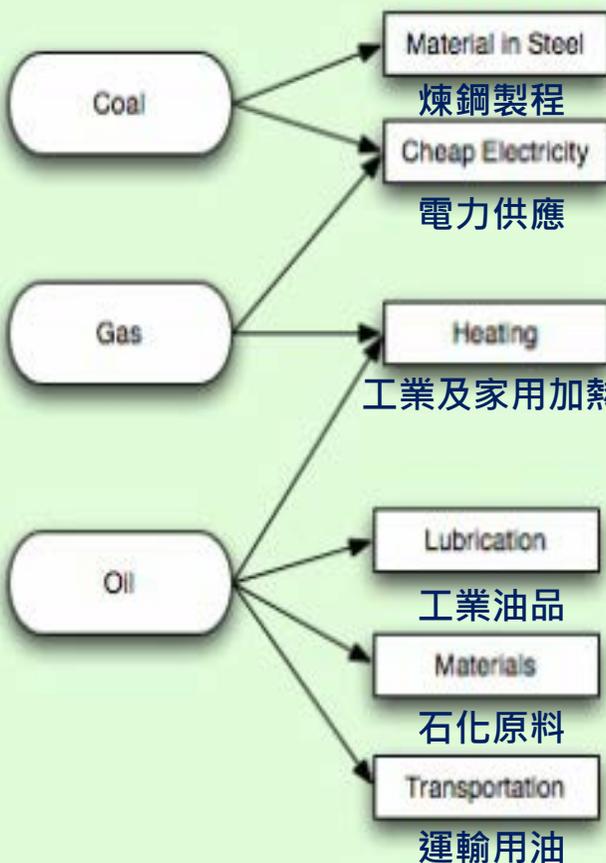


生物殘骸經過長時期的掩埋沉積及地殼變動，在地底或海床下，承受高壓高溫作用而裂解形成化石燃料（化石能源）。

化石能源利用

多元利用

Benefits of Fossil Fuels

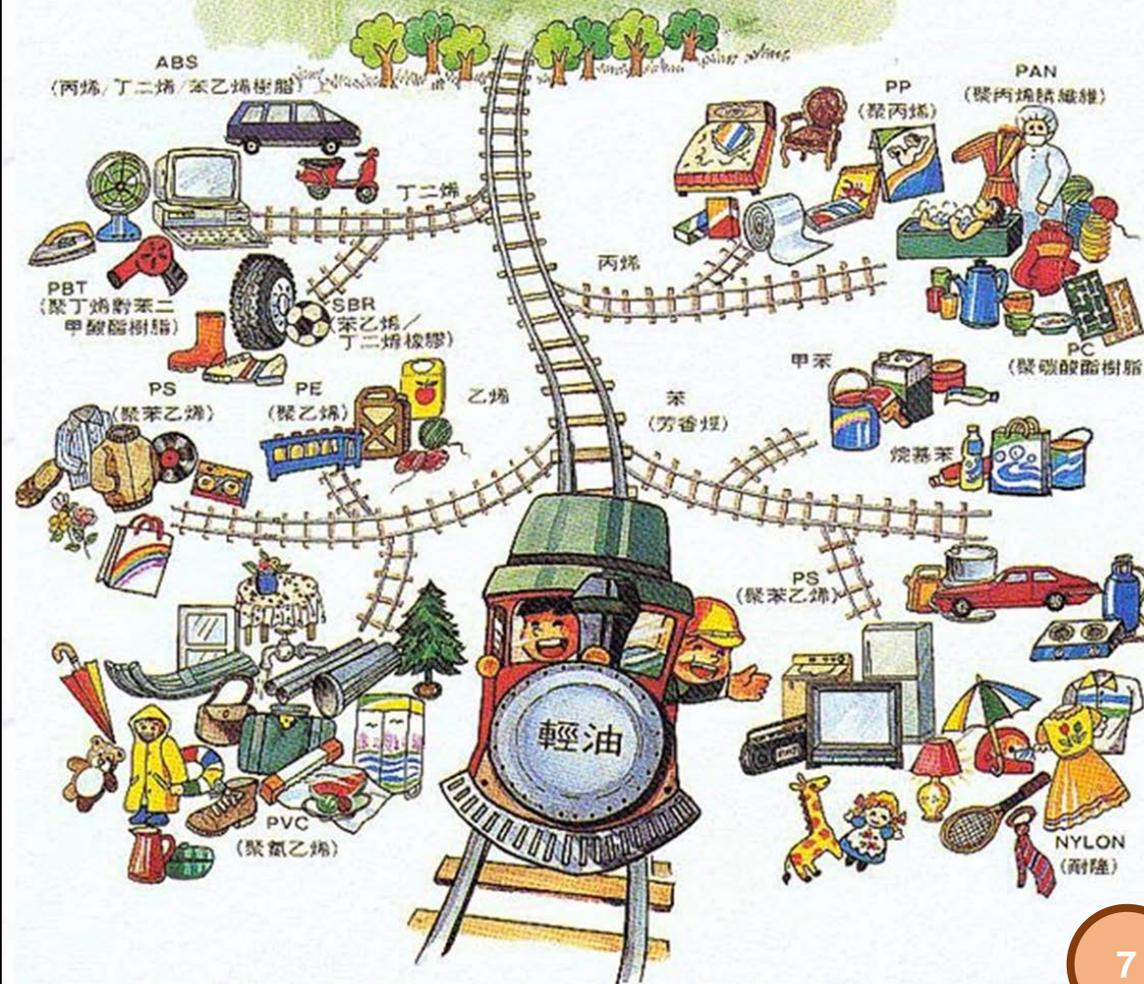


Steel is a key construction material. Electric lights, motors, appliances and other applications are indispensable to our way of life.

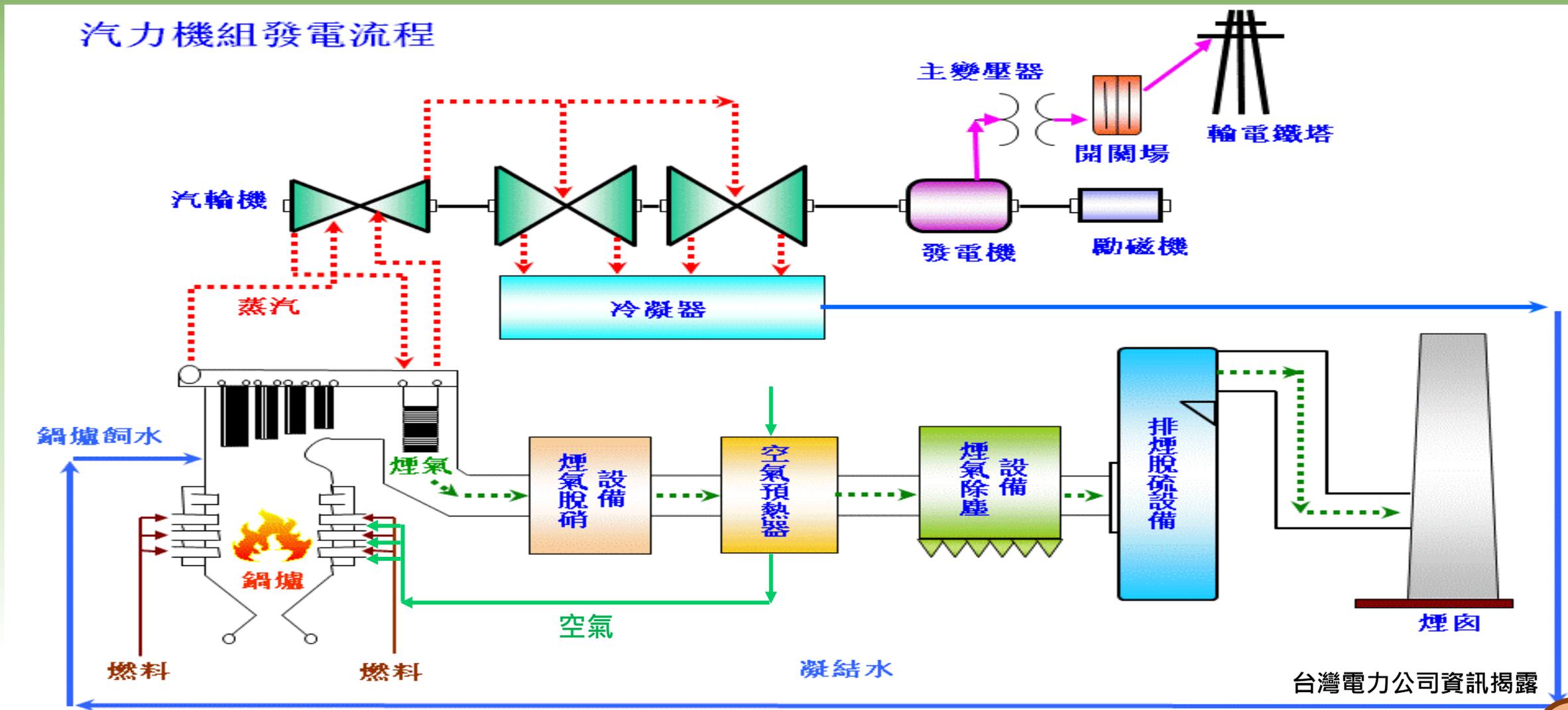
Natural gas is second to coal in generating electricity. In the USA gas is widely used for heating and cooking.

Oil is used for heating. As a lubricant it is essential to every kind of machine. Plastics and other synthetic materials are made from petroleum. Burned as a fuel, oil powers the global fleet of cars, trucks and busses.

石化工業是經濟發展的火車頭

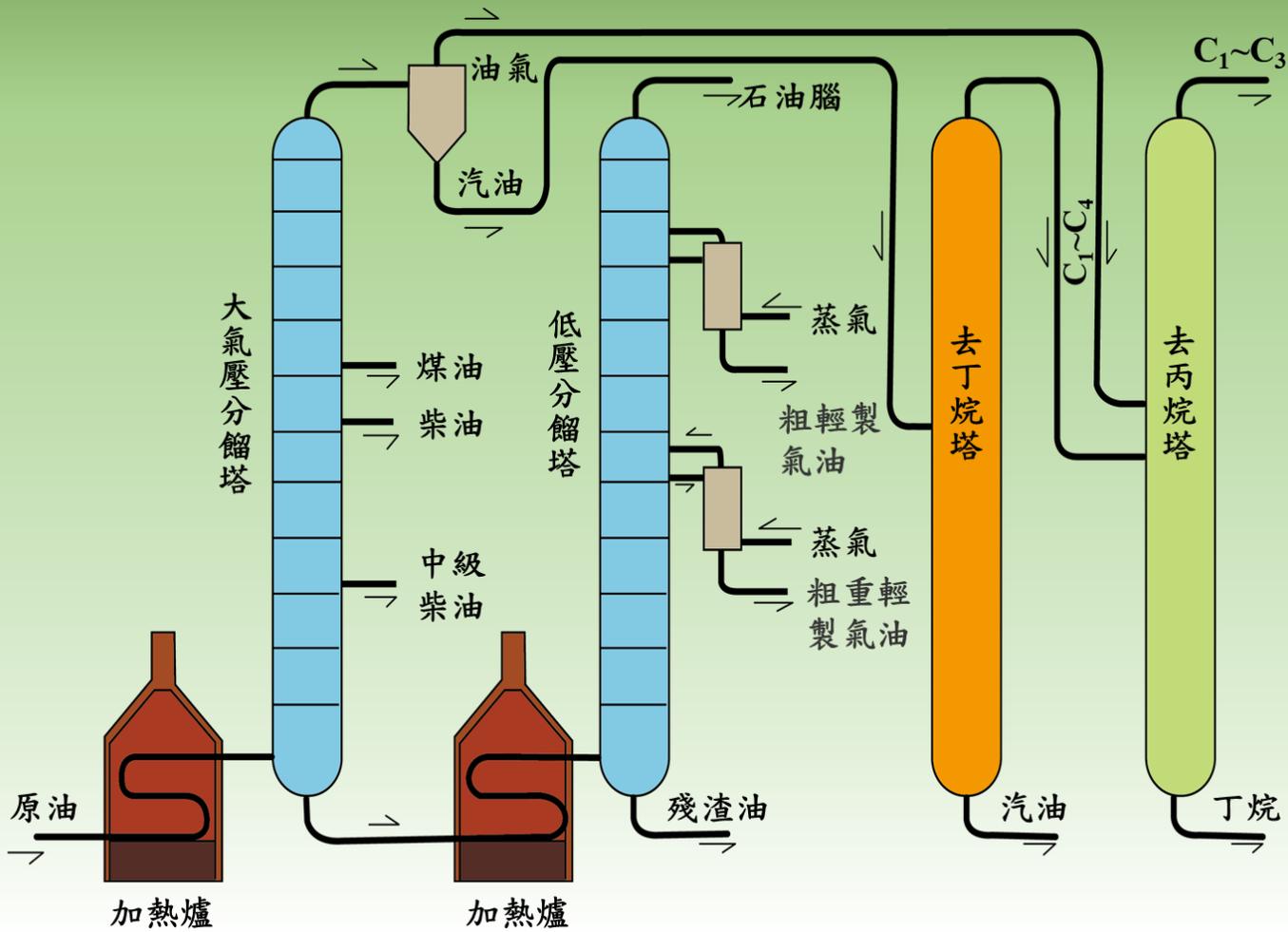


火力發電系統



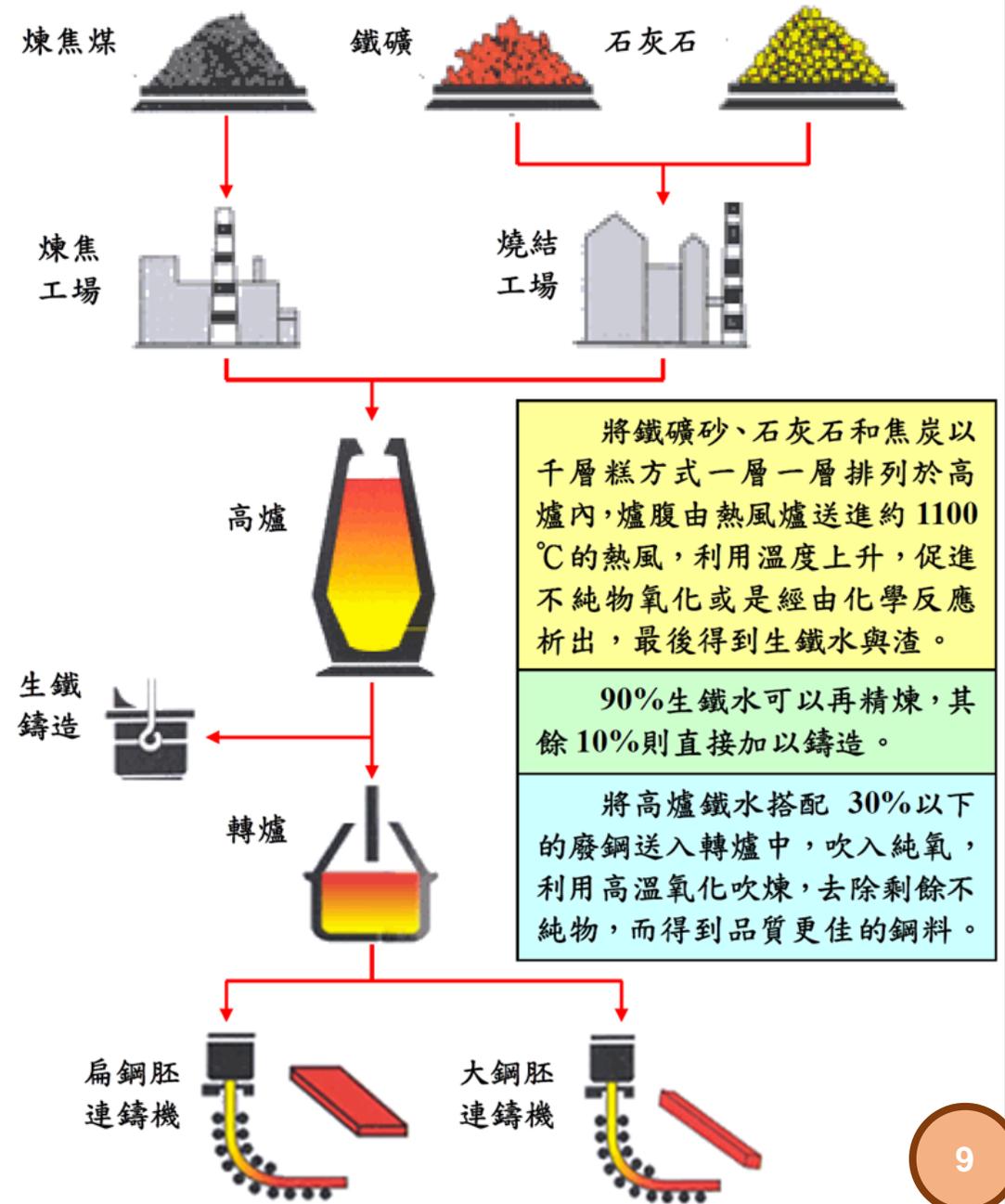
台灣電力公司資訊揭露

工業製程加熱應用

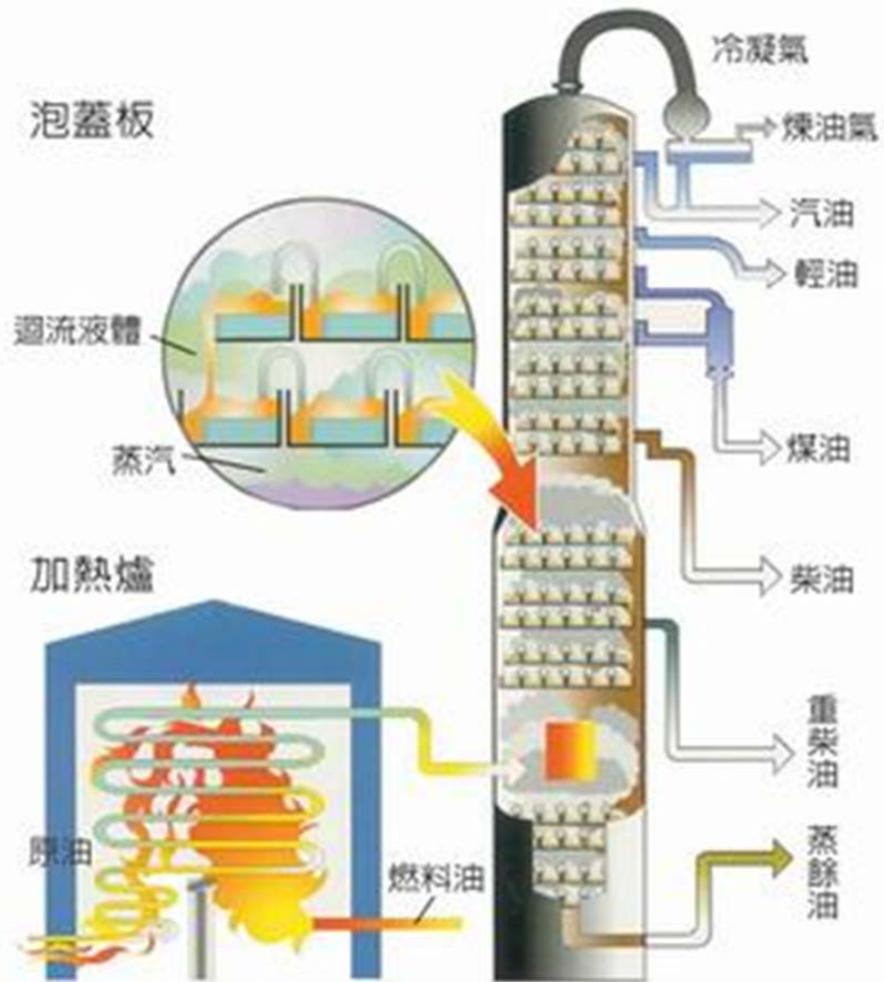


大氣蒸餾工場(Atmospheric Distillation Unit)
或稱直餾(Topping)工場

煉鐵及煉鋼之製造流程 (中國鋼鐵公司)



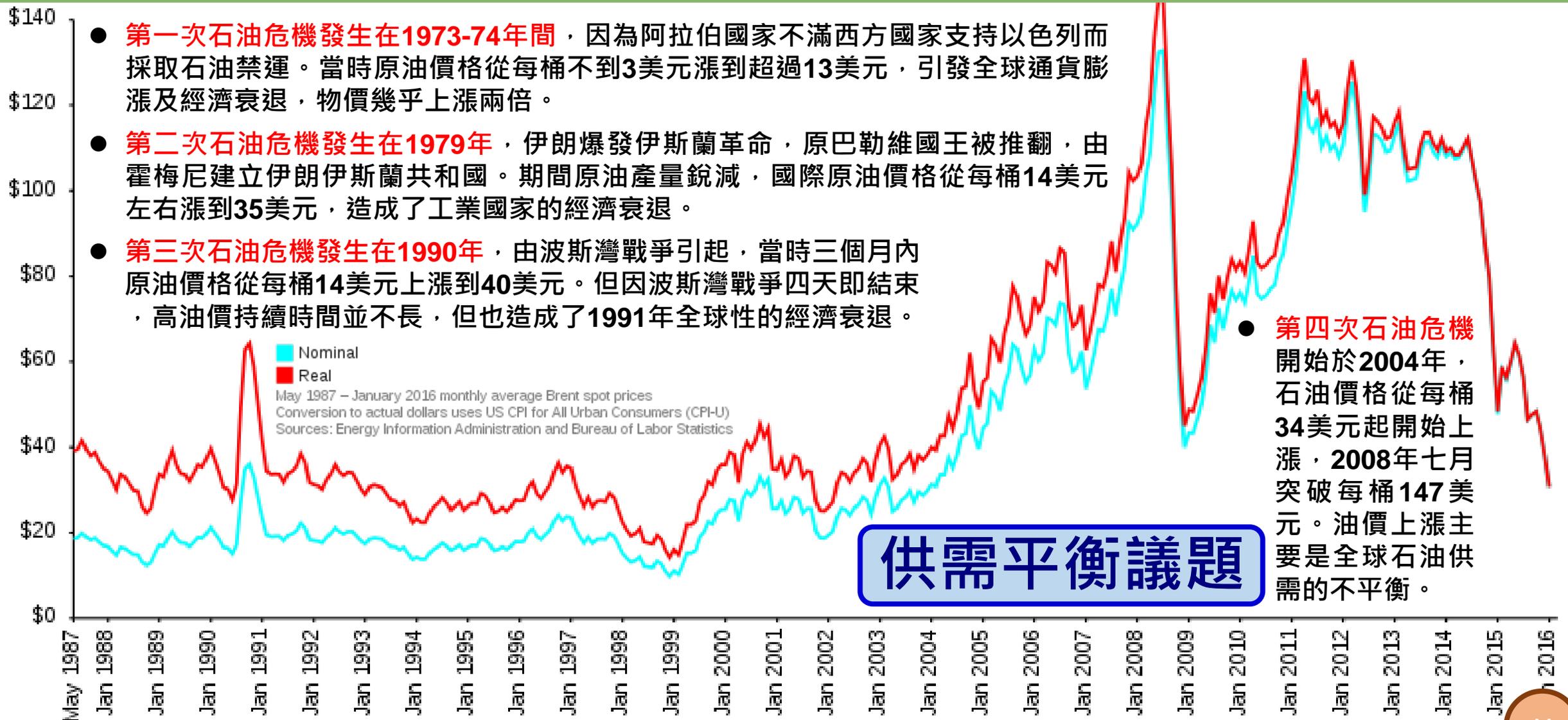
石油化學工業



大氣蒸餾工場或稱直餾工場

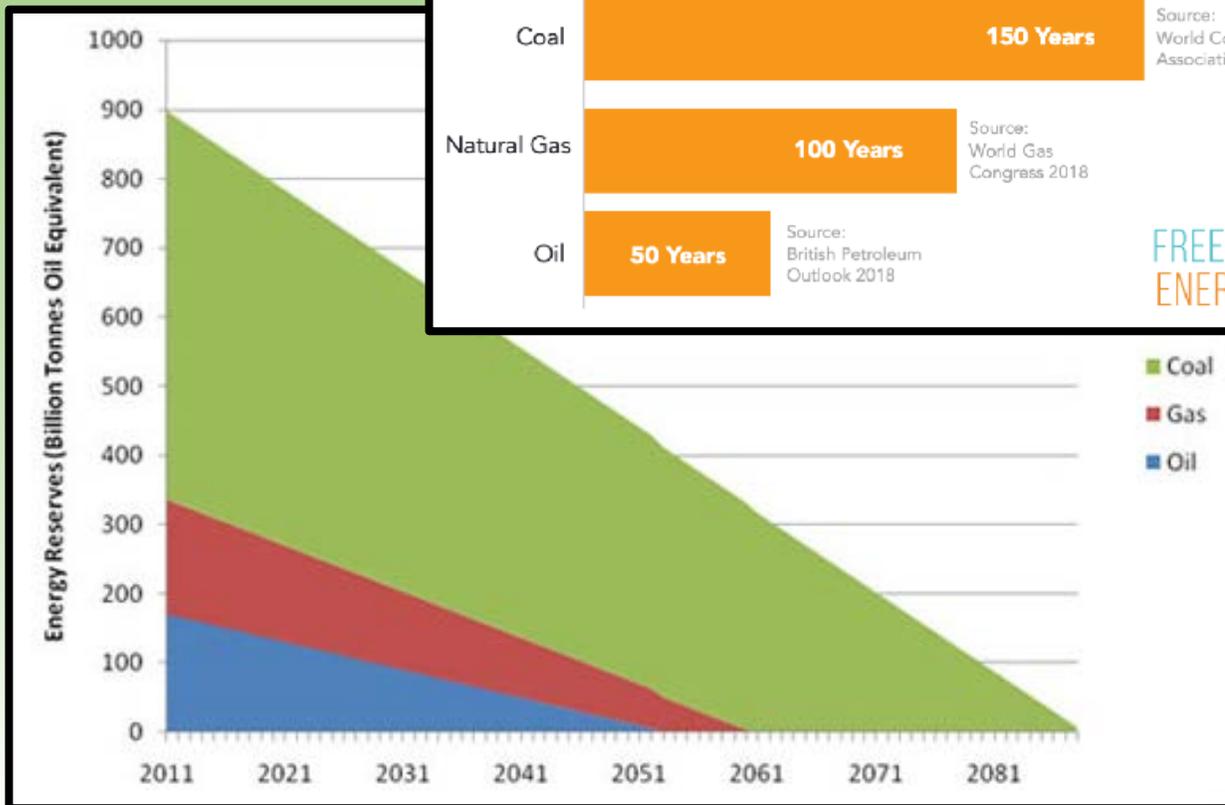


全球石油危機

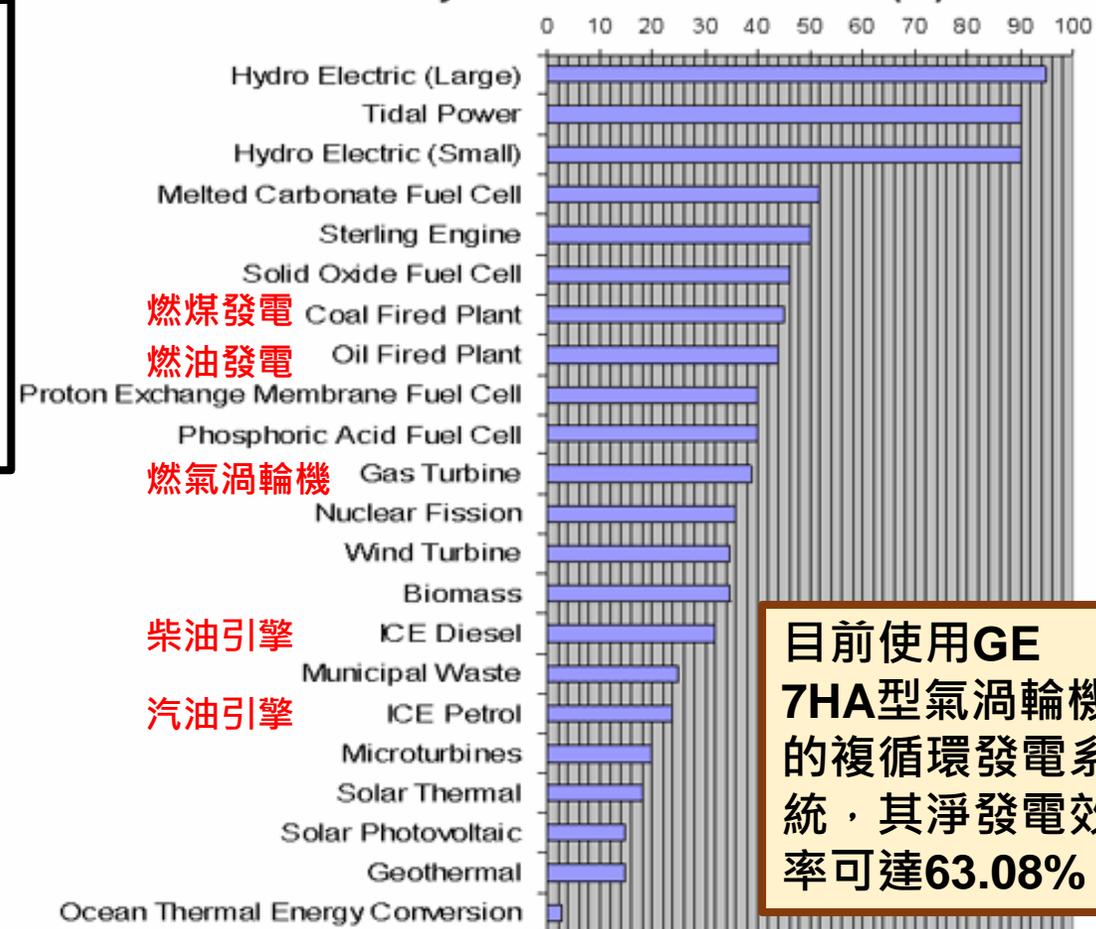


化石能源匱乏

Industry estimates of economically viable fossil fuel reserves



Electricity Generation Efficiencies (%)



燃煤發電

燃油發電

燃氣渦輪機

柴油引擎

汽油引擎

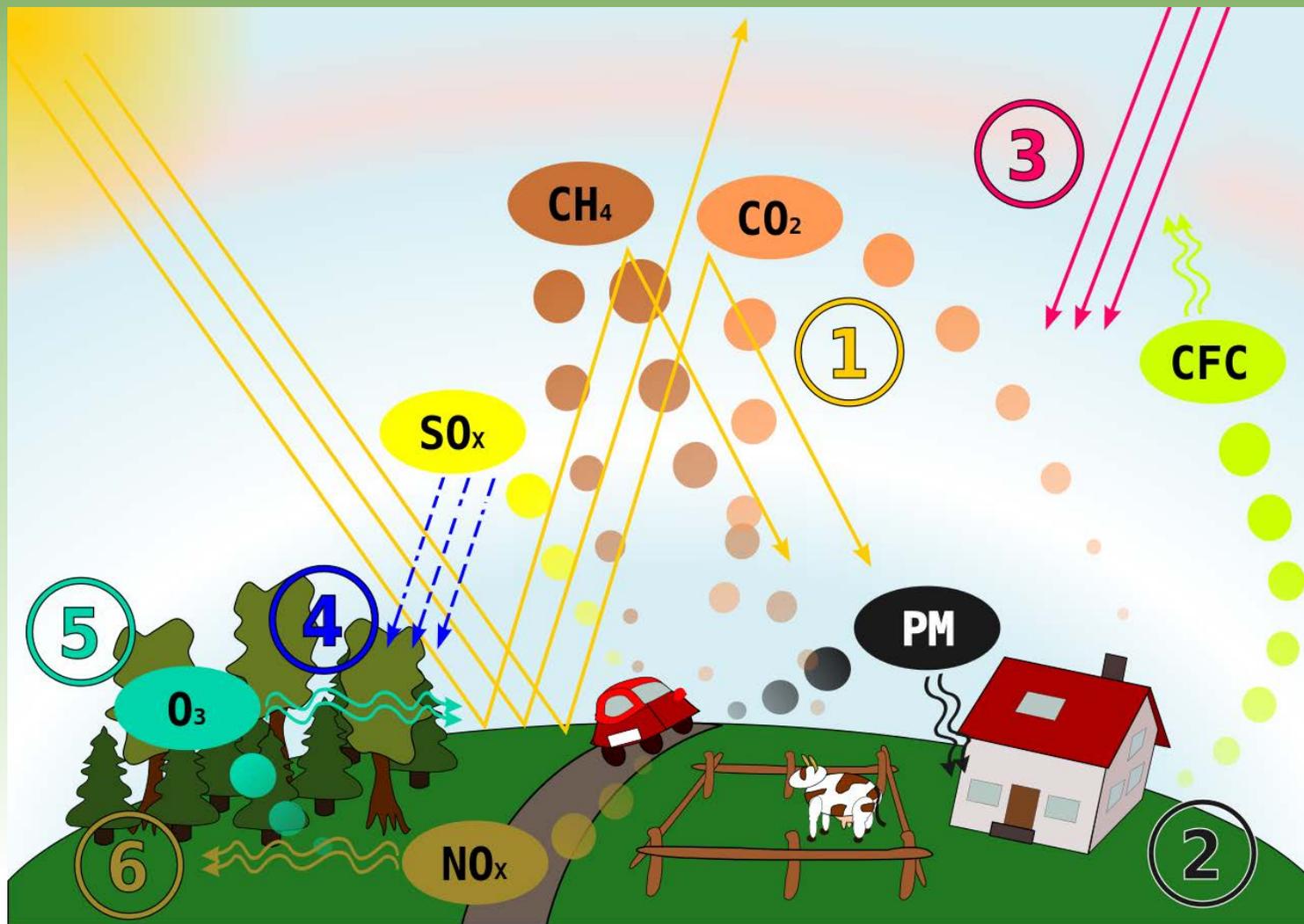
目前使用GE 7HA型氣渦輪機的複循環發電系統，其淨發電效率可達63.08%。

<https://www.ecotricity.co.uk/our-green-energy/energy-independence/the-end-of-fossil-fuels>

Electropaedia, https://www.mpoweruk.com/energy_efficiency.htm

蘊藏量有限、開採量增加、使用效率低

化石能源與空污排放

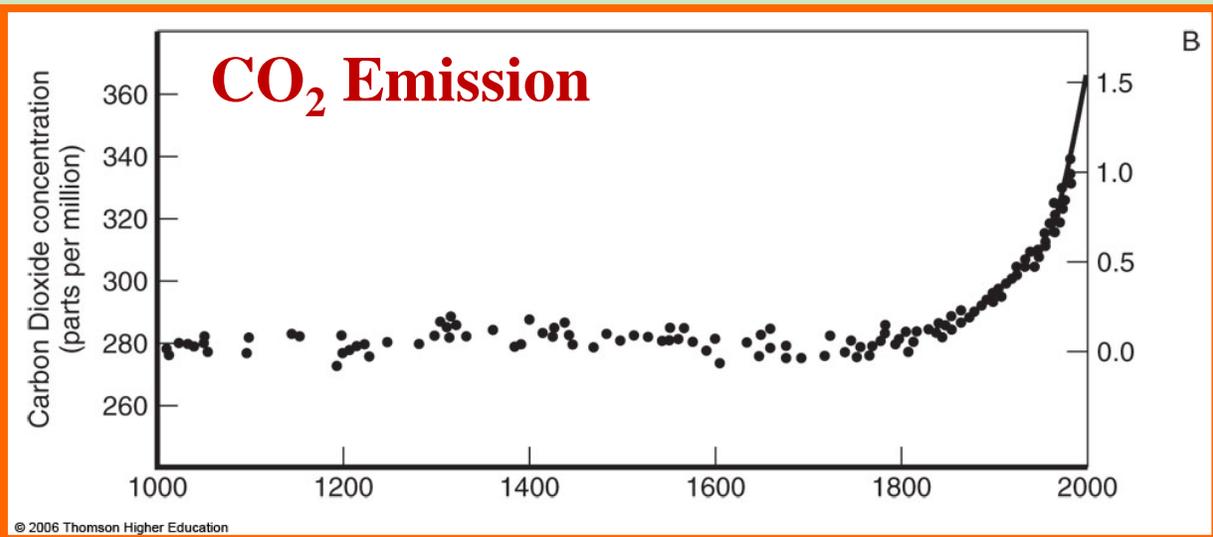
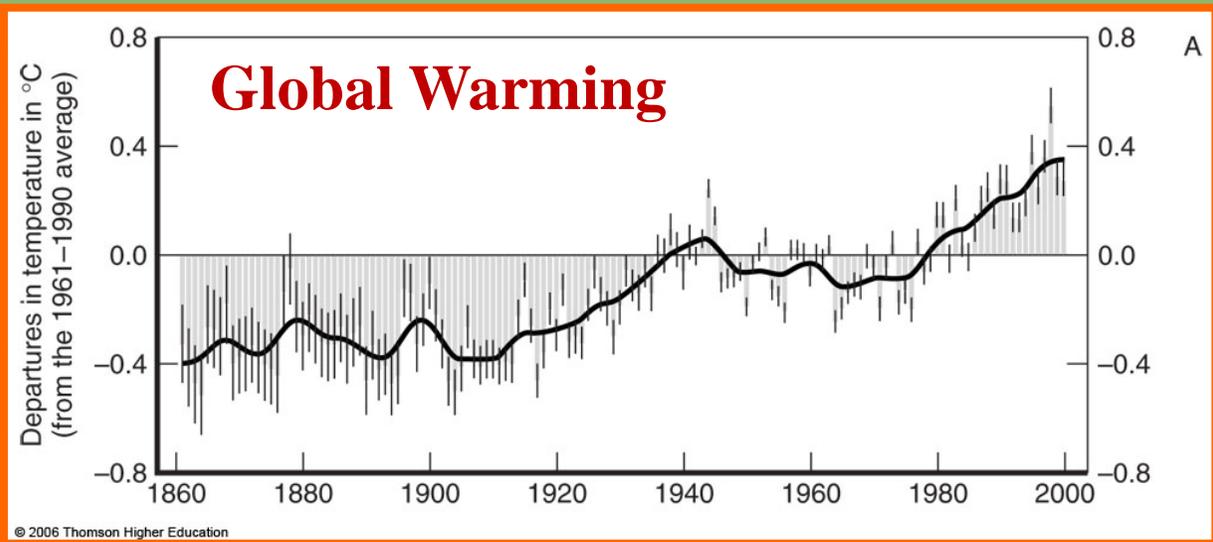


- (1) **greenhouse effect**
溫室效應(CO₂)
- (2) **particulate contamination**
懸浮微粒(PM)
- (2) **increased UV radiation**
- (3) **acid rain 酸雨(SO_x, NO_x)**
- (4) **increased ground-level ozone concentration 臭氧(O₃)**
- (5) **increased levels of nitrogen oxides 氮氧化物(NO_x)**

CO, CO₂, PM, SO_x, NO_x是燃燒化石燃料所產生的空污排放。NO_x與揮發性有機物(VOCs)在太陽光作用下，將進一步反應形成地面臭氧(O₃)。

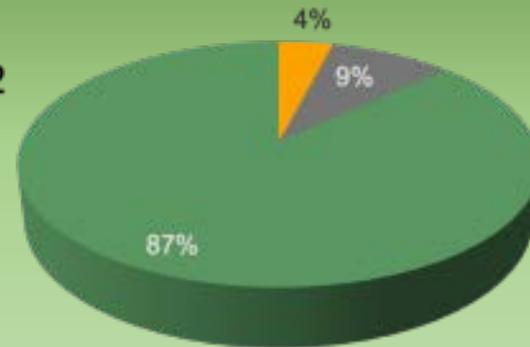
This file was derived from: Luftverschmutzung-Ursachen & Auswirkungen.svg, CC BY 3.0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=12276663>

二氧化碳排放

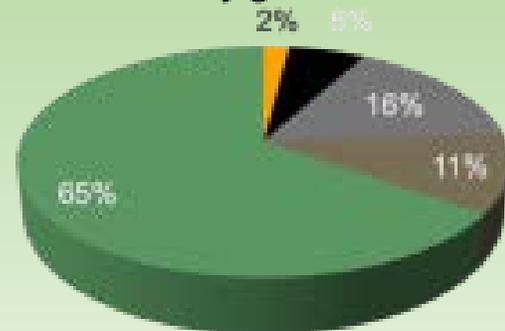


Human sources of CO₂

- Industrial processes
- Fossil fuel use
- Land use changes

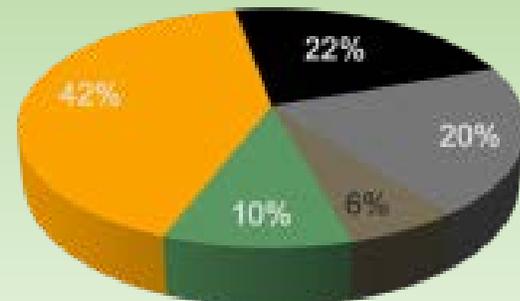


Global greenhouse gas emissions by gas



- Fluorinated gases
- Nitrous oxide
- Methane
- CO₂ (from forestry and other land use)
- CO₂ (from fossil fuels and industrial processes)

Sources of CO₂ emissions from fossil fuels



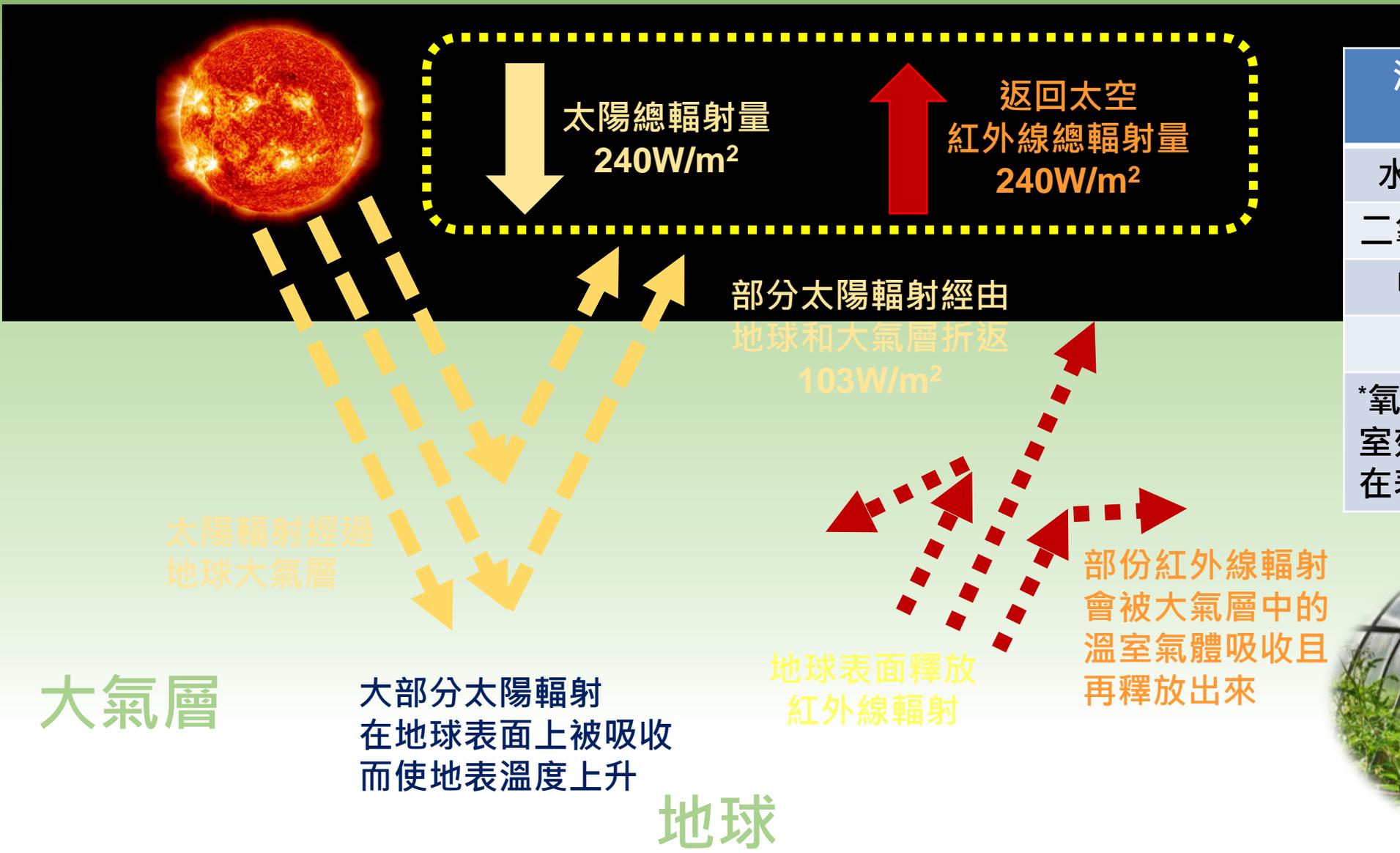
- Electricity and heat generation
- Transportation sector
- Industrial sector
- Residential
- Other

<https://heatpower.com/the-power-of-heat/the-case-against-co2/top-10-sources-of-co2/>

地球的碳循環圈



溫室效應

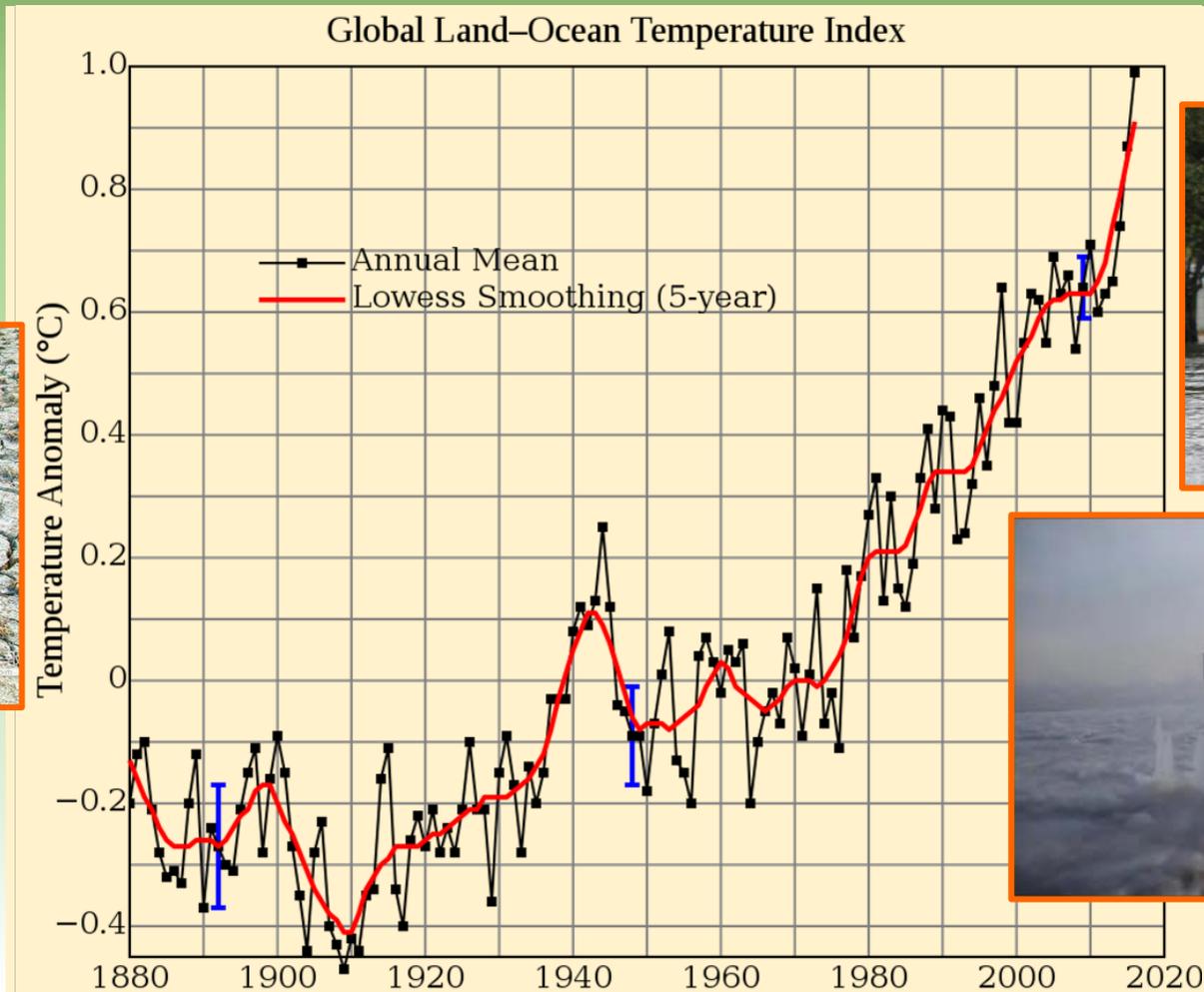


溫室氣體種類*	溫室效應貢獻比例(%)
水蒸氣H ₂ O	36-72
二氧化碳CO ₂	9-26
甲烷CH ₄	4-9
臭氧O ₃	3-7

*氧化亞氮和氟氯碳化物的溫室效應貢獻比例較低，不列在表中。



全球暖化與氣候變遷

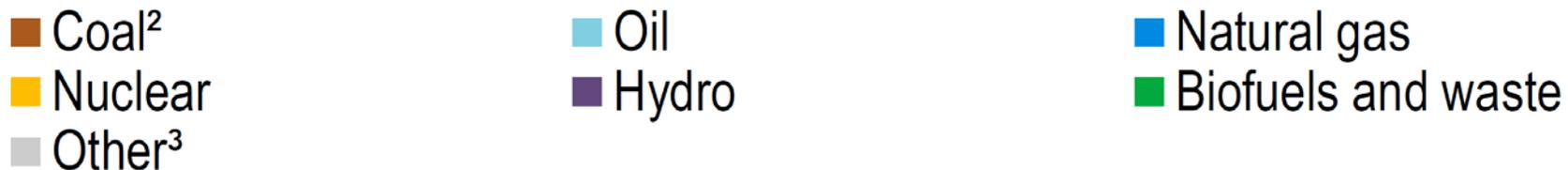
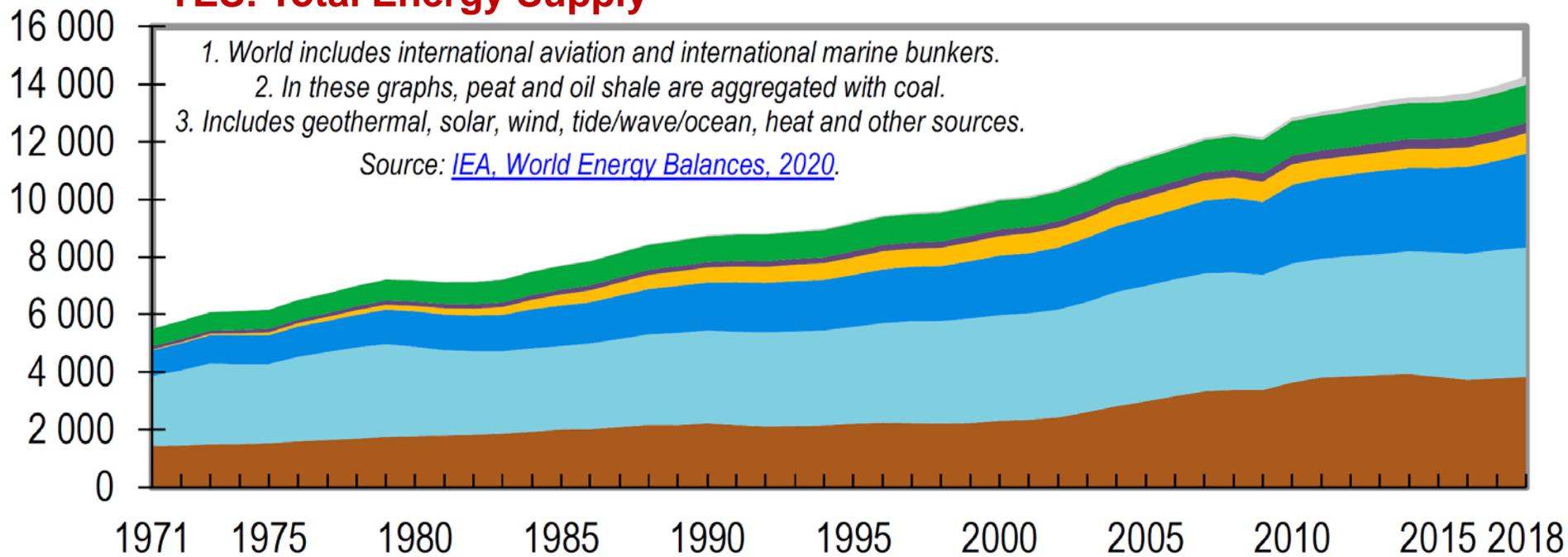


By NASA Goddard Institute for Space Studies -
<http://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs/>, Public Domain,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=24363898>

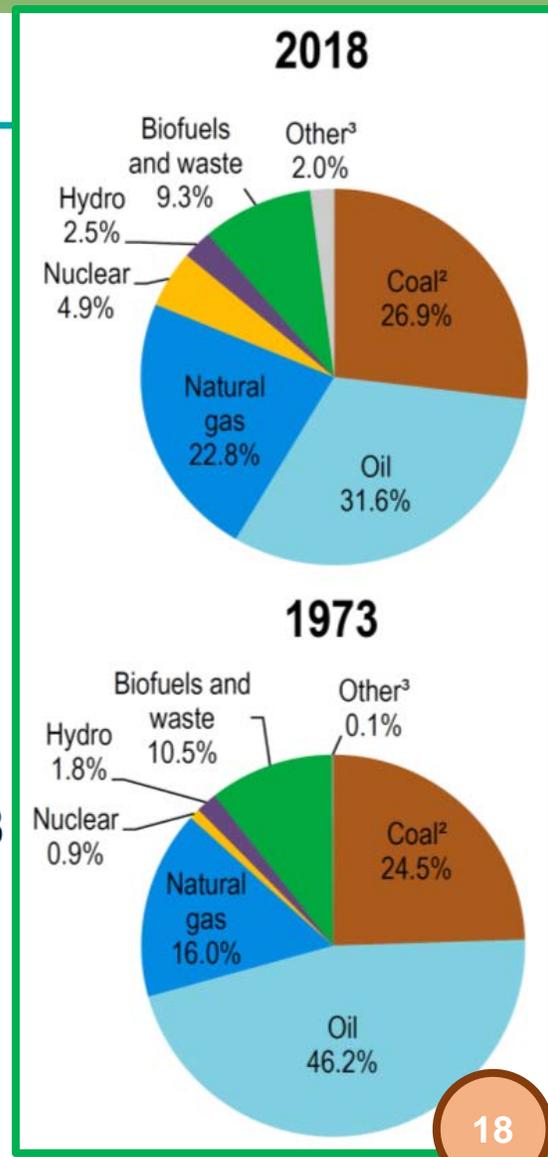
全球能源供應變化趨勢

World¹ TES from 1971 to 2018 by source (Mtoe)

TES: Total Energy Supply

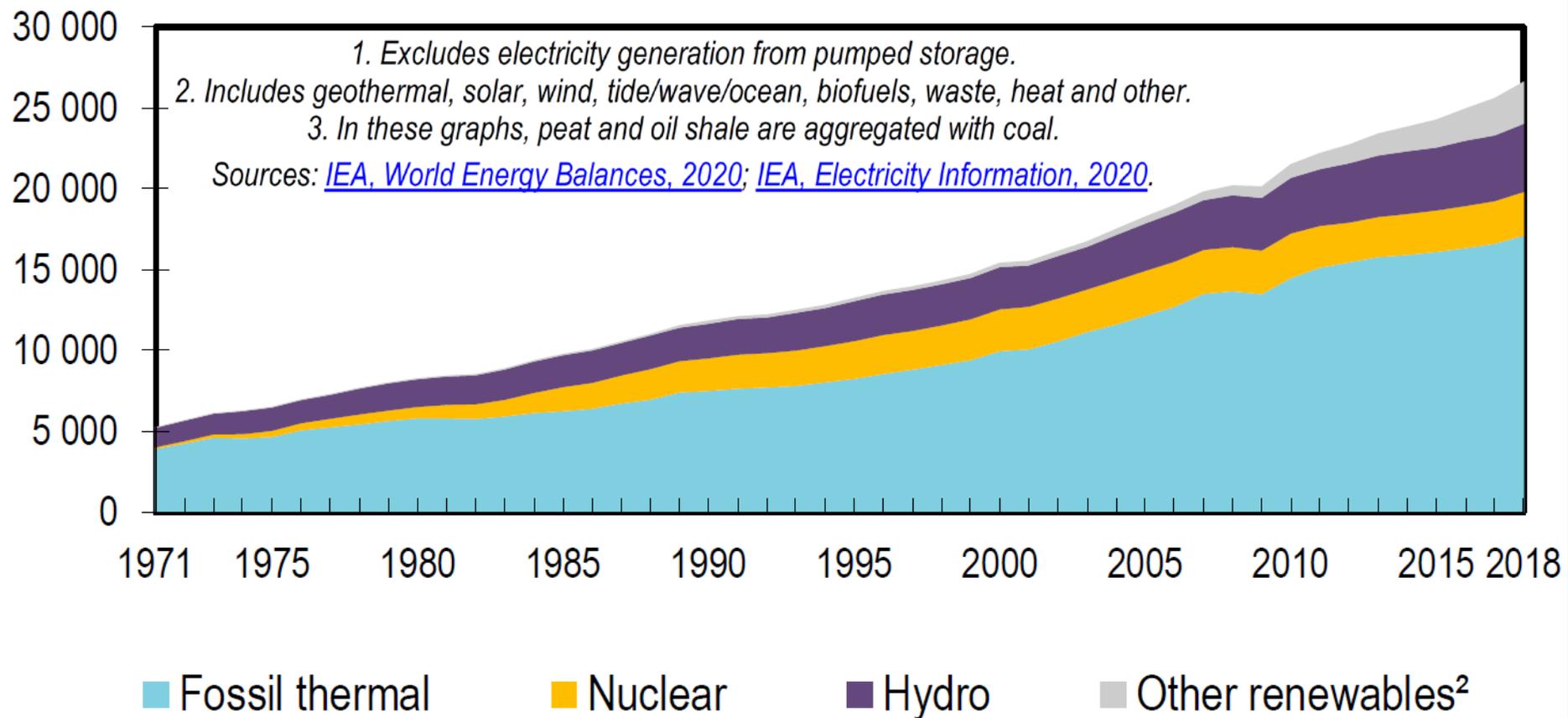


Key World Energy Statistics, IEA, 2020

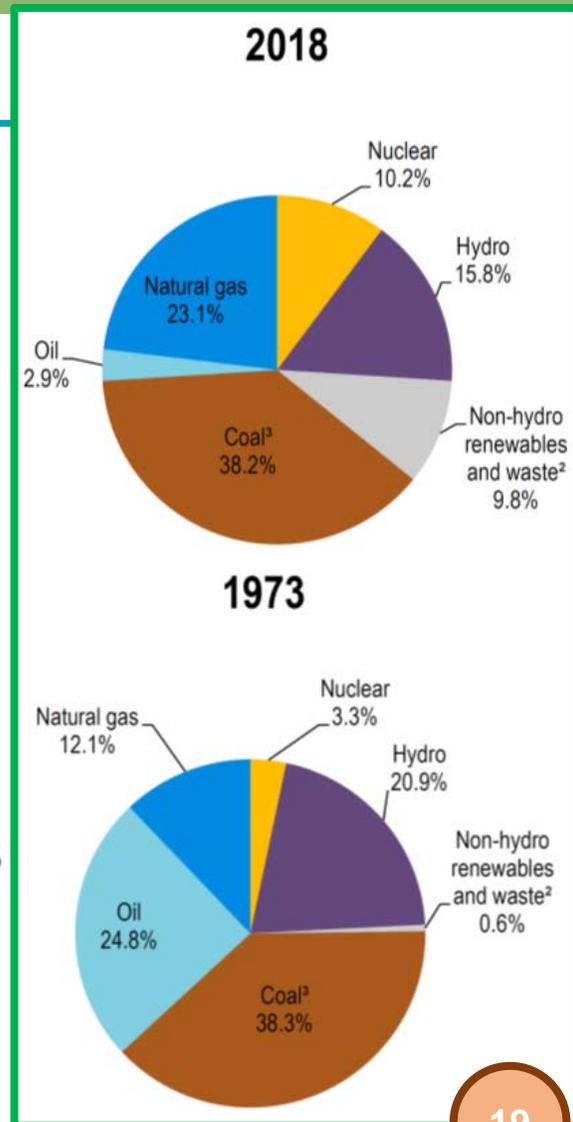


全球電力供應變化趨勢

World electricity generation¹ from 1971 to 2018 by fuel (TWh)

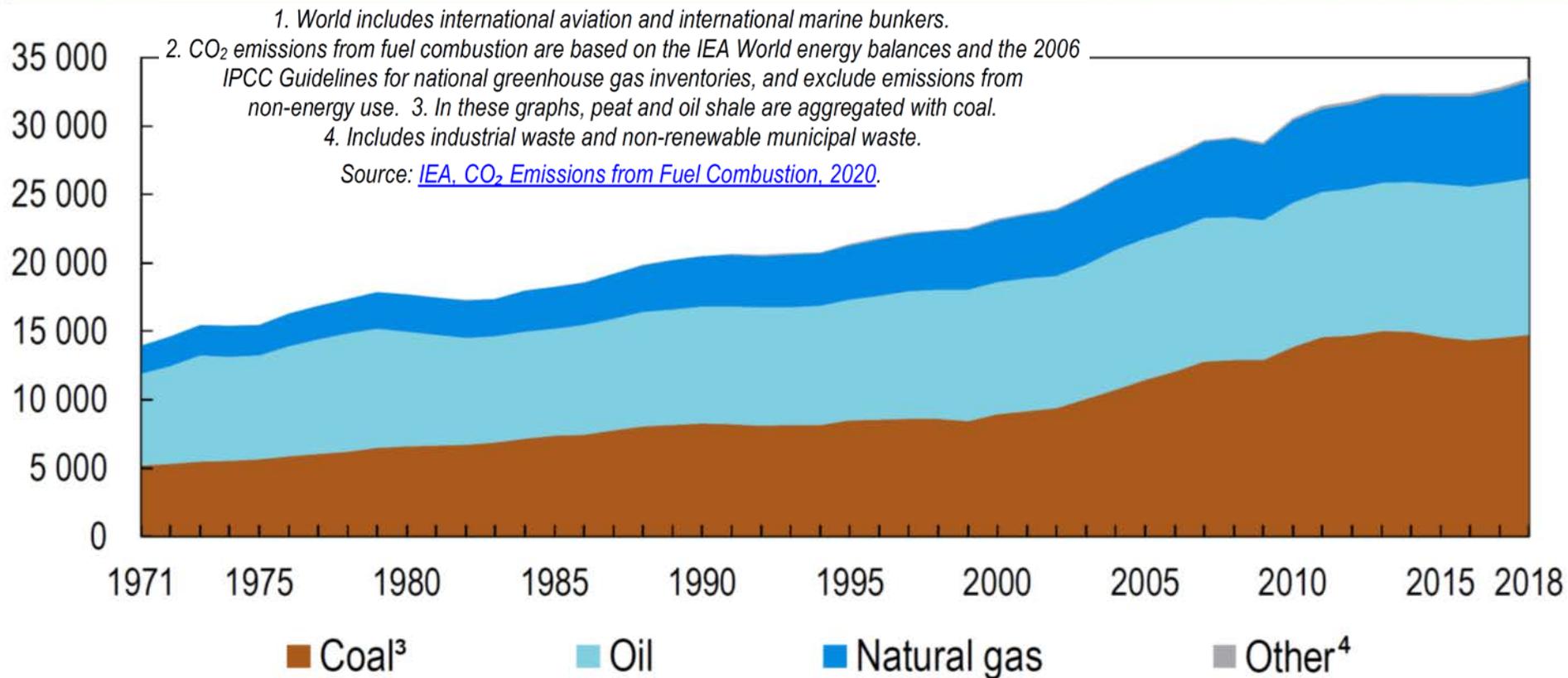


Key World Energy Statistics, IEA, 2020

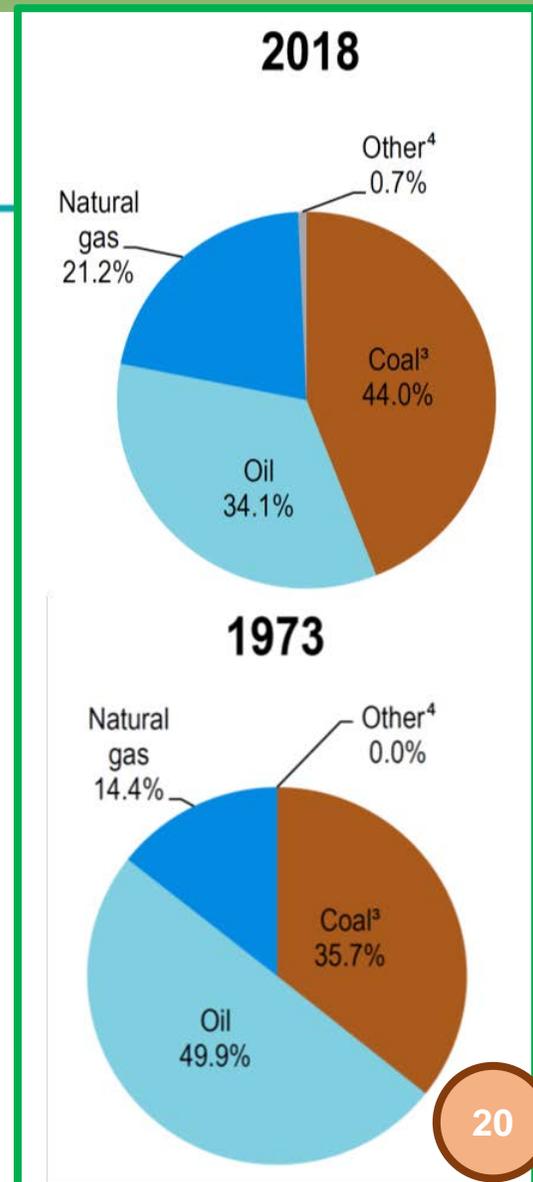


全球二氧化碳排放變化趨勢

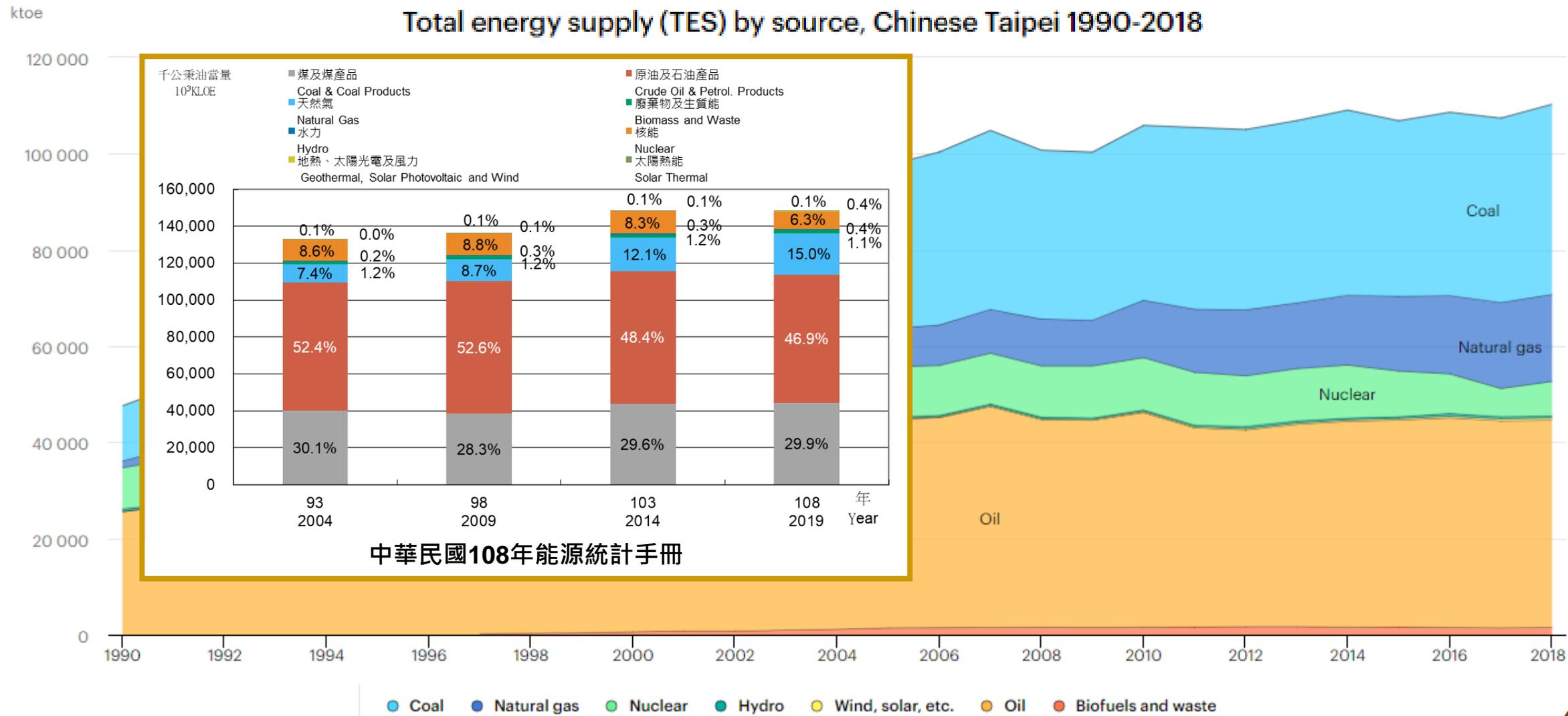
World¹ CO₂ emissions from fuel combustion² from 1971 to 2018 by fuel (Mt of CO₂)



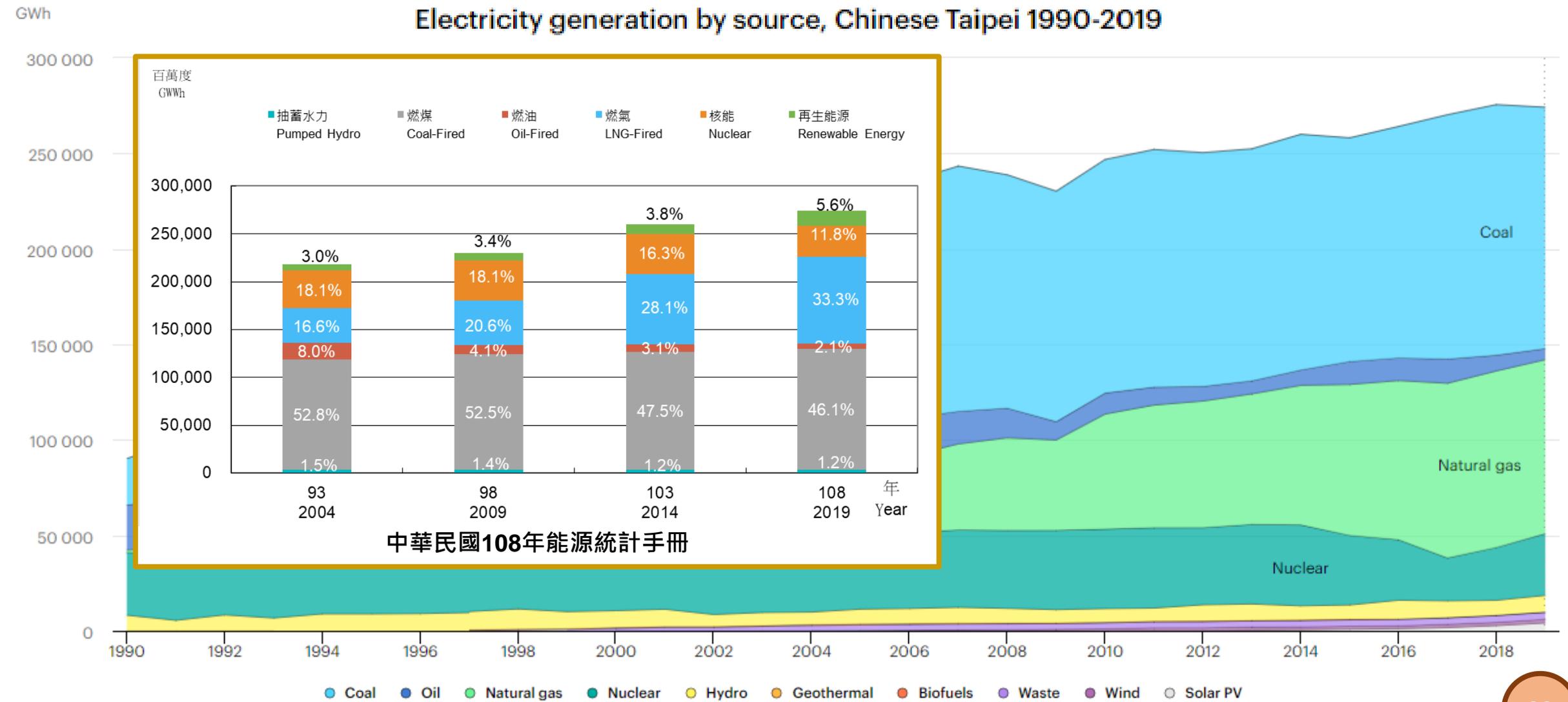
Key World Energy Statistics, IEA, 2020



臺灣能源供應變化趨勢



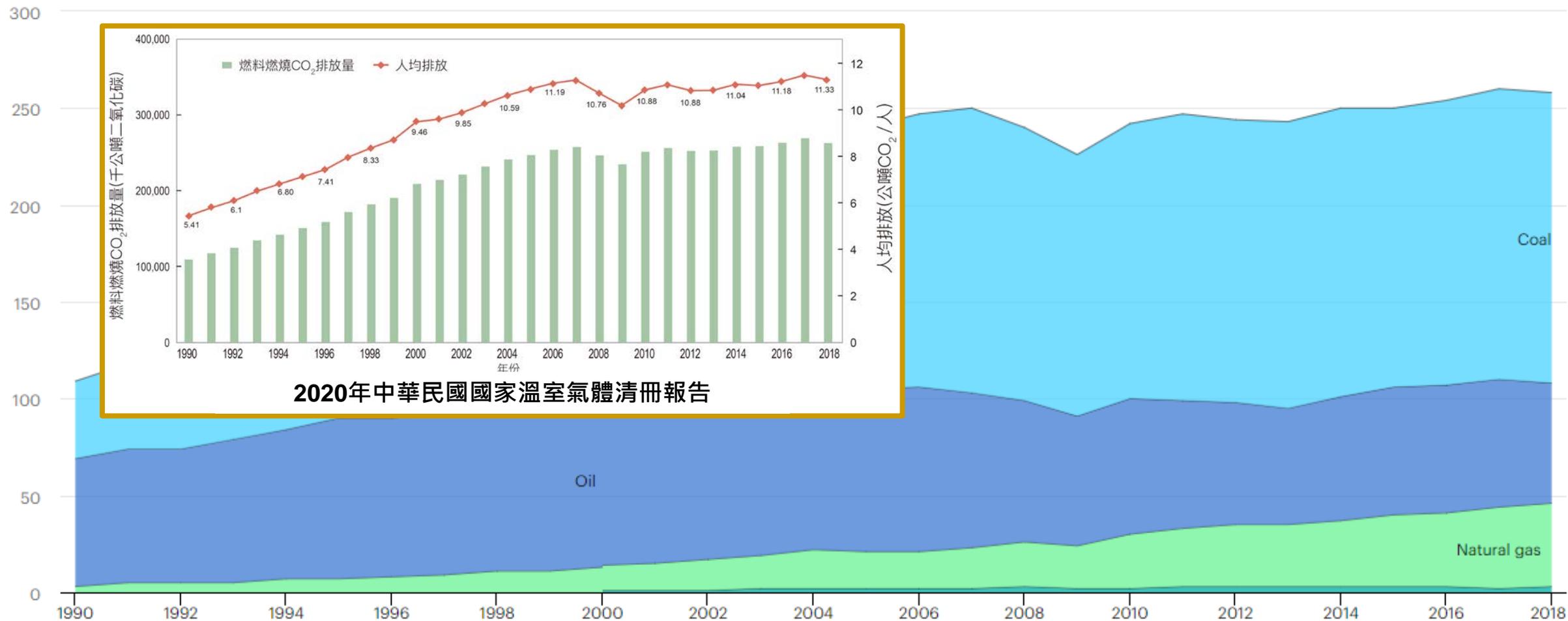
臺灣電力供應變化趨勢



臺灣二氧化碳排放變化趨勢

Mt CO₂

CO₂ emissions by energy source, Chinese Taipei 1990-2018



2020年中華民國國家溫室氣體清冊報告

臺灣能源分析

能源安全

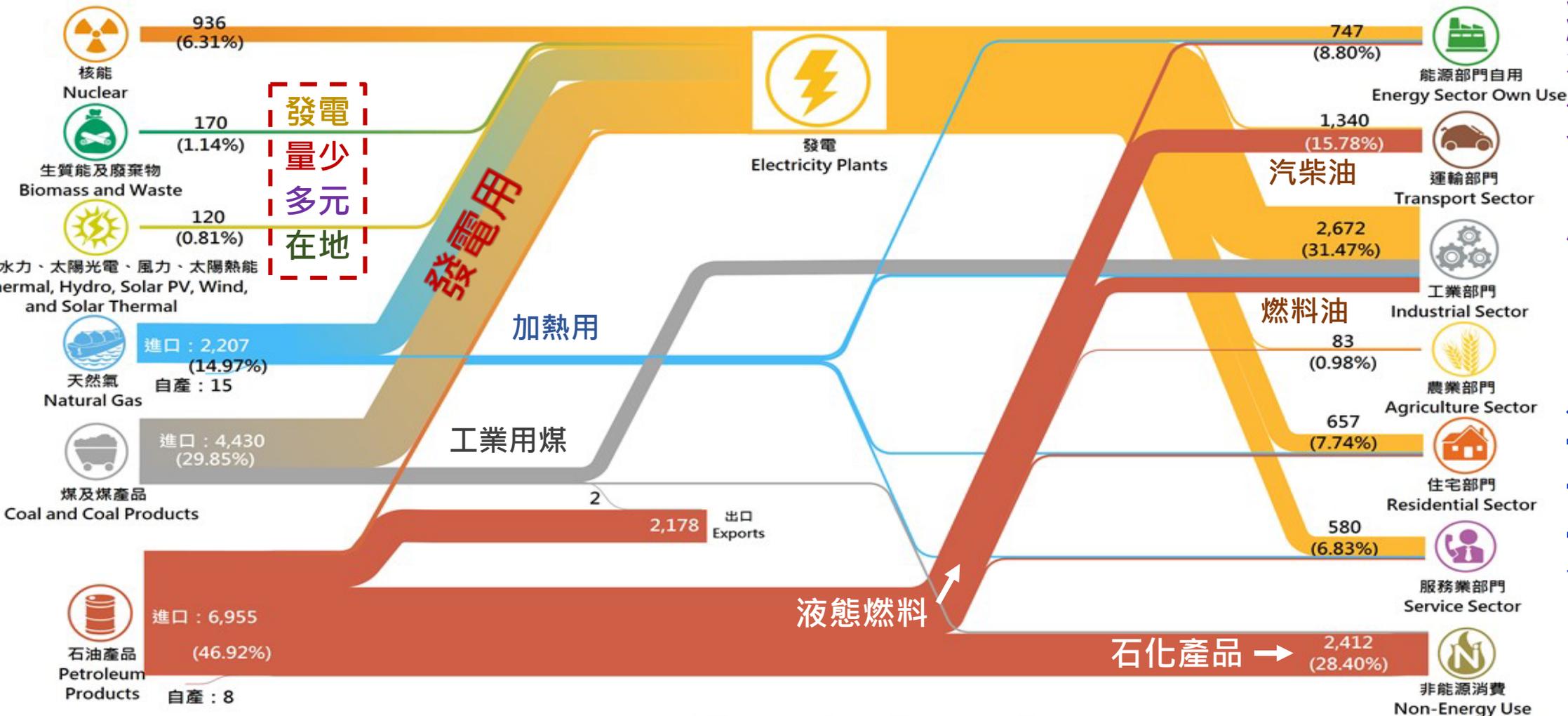
永續環境

經濟發展

民生需求

1. 能源供給與消費流程圖(民國108年) Energy Supply and Consumption Flowchart (2019)

單位：萬公秉油當量
Unit: 10⁴KLOE



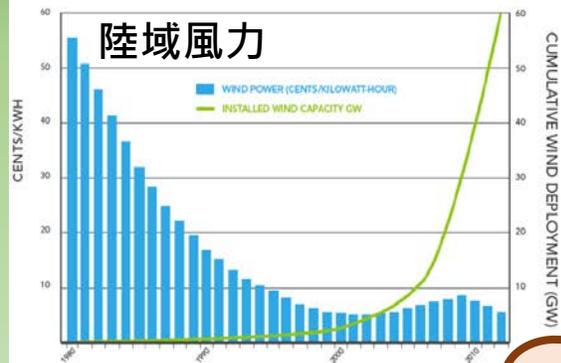
能源總供給：1億4,840萬公秉油當量
Energy Supply: 148.40 Million KLOE

108年能源統計手冊 (經濟部能源局/109年6月)

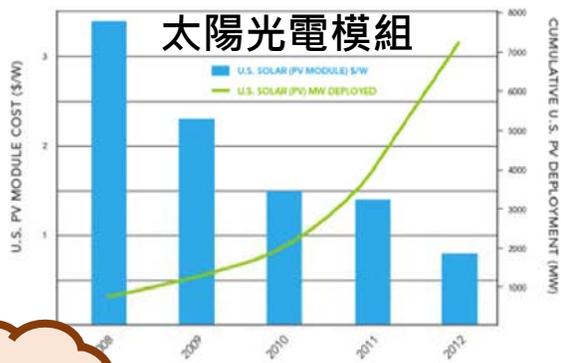
能源總消費：8,491萬公秉油當量
Energy Consumption: 84.91 Million KLOE

多元能源利用趨勢

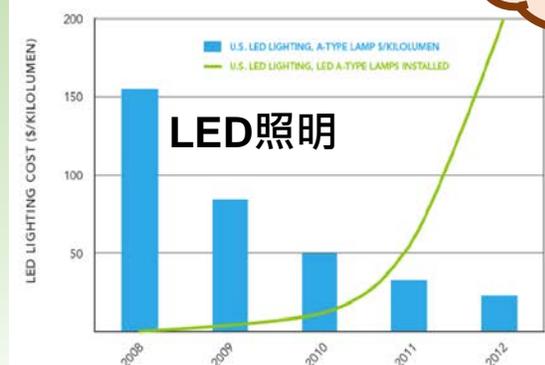
Deployment and Cost for U.S. Land-Based Wind 1980-2012



U.S. Deployment and Cost for Solar PV Modules 2008-2012

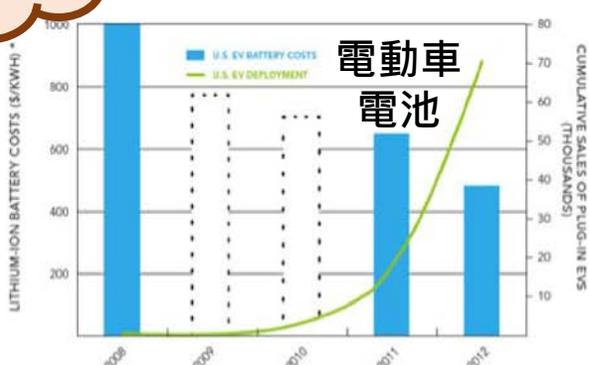


Deployment and Cost for A-Type LED Lighting 2008-2012



發展

Deployment and Cost for Electric Vehicles and Batteries* 2008-2012



Existing energy systems have served us well... but a clean energy future needs a modernized and integrated infrastructure.



挑戰

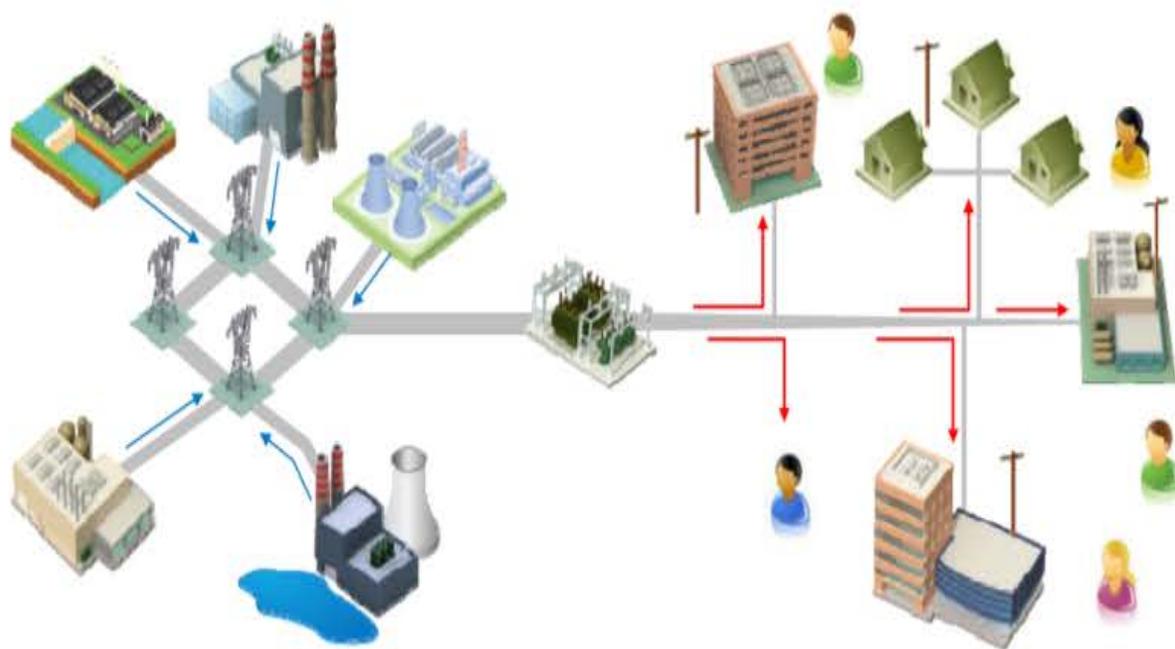


Bryann Hanneggan, Energy Systems Integration, National Renewable Energy Laboratory, USA, June 2015.

多元化、低碳化、分散化、智能化

電力多元供需趨勢

Today's Electricity Grid

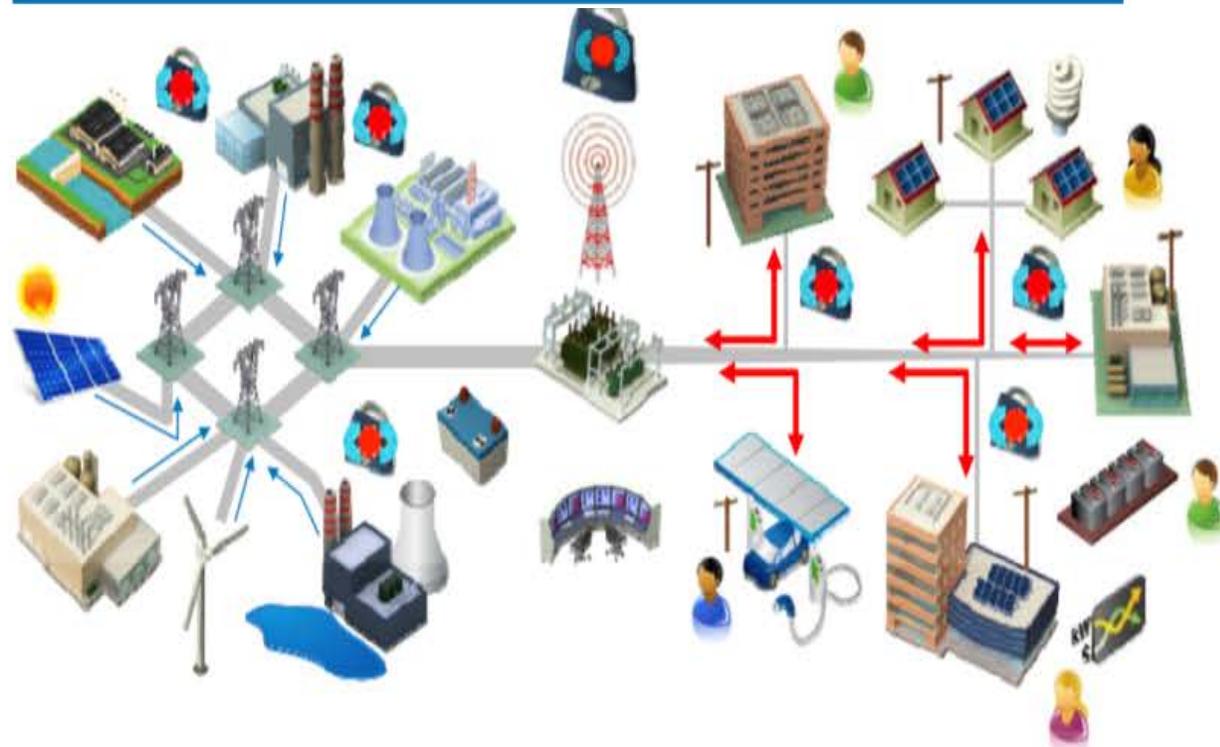


Generation

Delivery

Customer

Tomorrow's Power System



Generation

Delivery

Prosumer

Bryan Hanneggan, Energy Systems Integration, National Renewable Energy Laboratory, USA, June 2015.

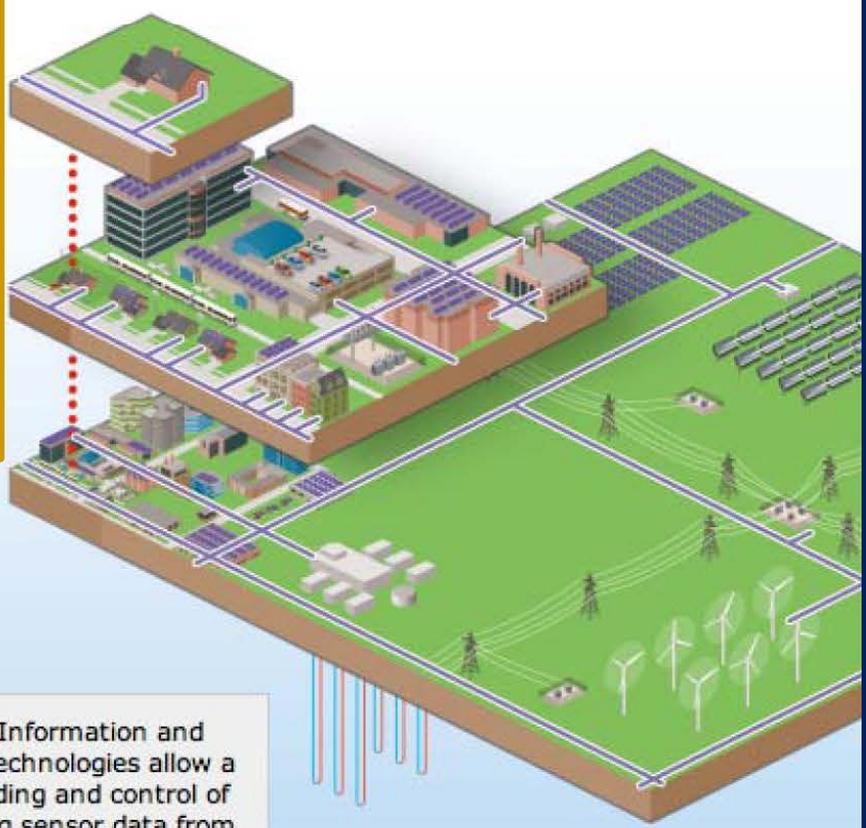
產消（合一）者

多元化、低碳化、分散化、智能化

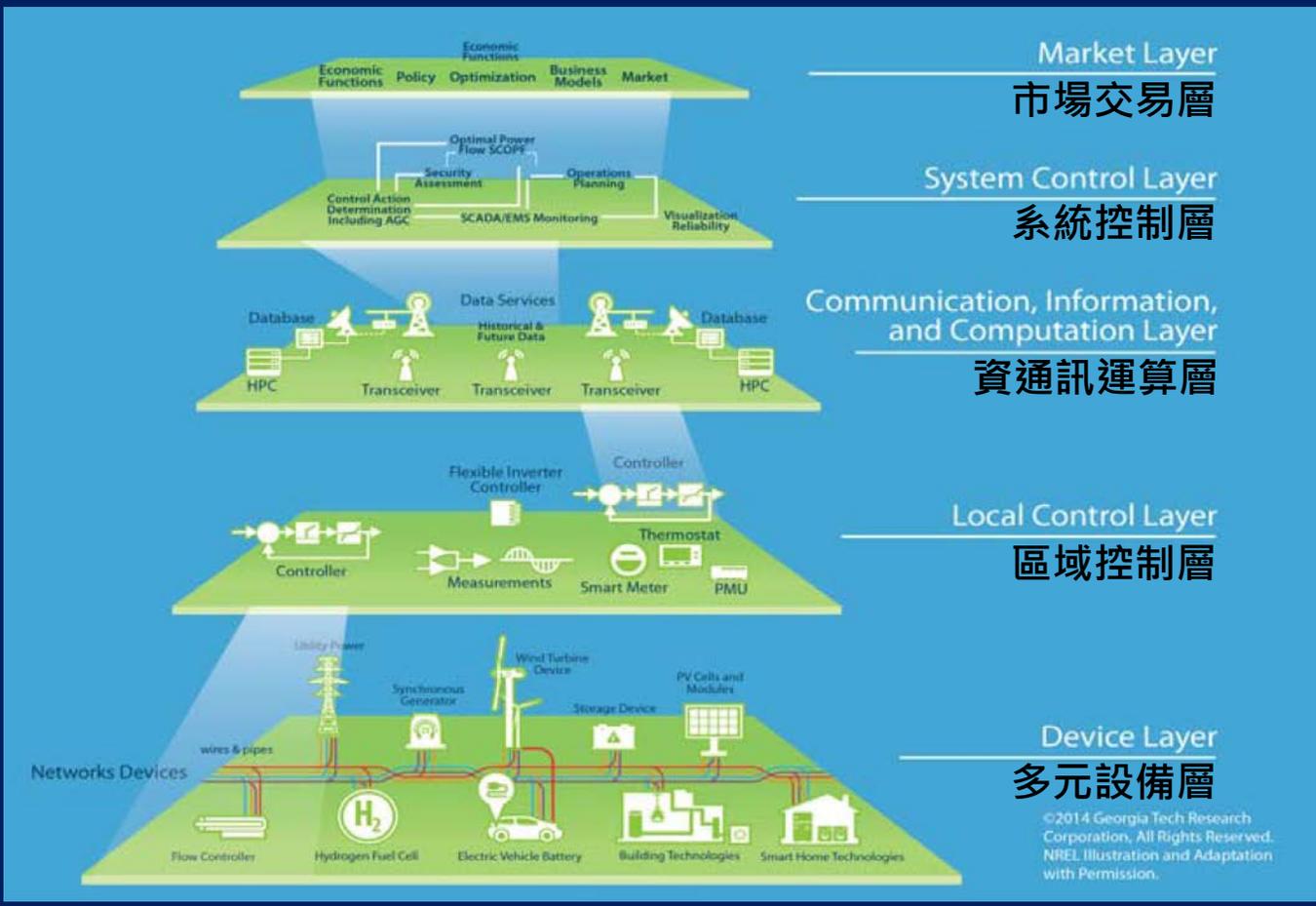
能源系統多元整合

Energy system integration (ESI) = the process of optimizing energy systems across multiple pathways and scales

-  Electricity
-  Thermal
-  Fuel
-  Data



Data Pathway: Information and communication technologies allow a better understanding and control of systems by linking sensor data from multiple locations to control centers.



綠色生活在住家

友善戶外環境

林木植栽
休憩區劃
友善交通
淨潔車輛



節能建築

建材
構造
構法
家電



再生能源利用

太陽能
風力
生質能
地熱(冷)



資材循環利用

廢棄物
建材
水循環利用
廚餘回收



室內環境品質

空氣品質
通風換氣
冷熱空調
音環境
光環境
室內建材裝修



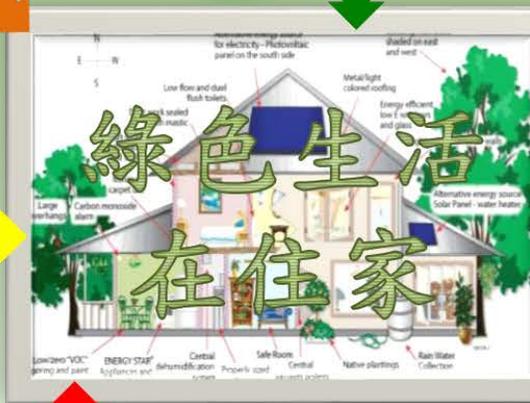
安全防災

居家安全
防盜
防災
安全監控



智慧管理系統

微電網
家庭電能管理
安全防災監控
智慧環境管理



能源系統智慧調控

臺灣能

智慧調控

系統整合

區域能源

多元能源

能環一體

Artificial Intelligence

A system's ability to correctly interpret external data, to learn from such data, and to use those learnings to achieve specific goals and tasks through flexible adaptation.

Machine Learning

Data Science

Big Data

Deep Learning

MATH AND STATISTICS

MACHINE LEARNING

APPLIED RESEARCH

DATA SCIENCE

COMPUTER SCIENCE/IT

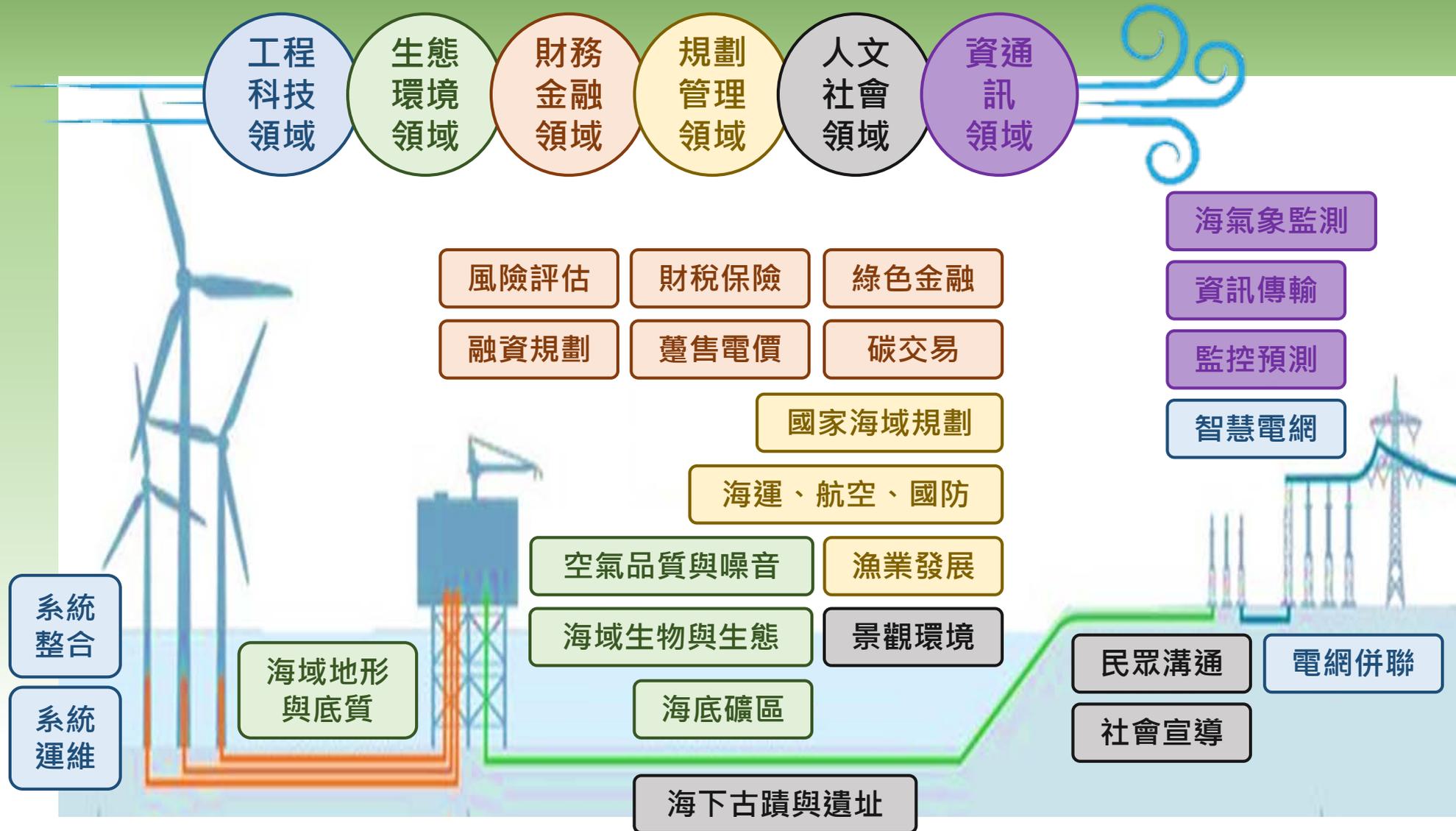
AD HOC TECHNICAL SOLUTION

DOMAIN/BUSINESS KNOWLEDGE

Data Science Applications



跨領域多元思維與應用



十九世紀...

人類發明機器，結合能源開發利用，開啟了工業革命...

兩個世紀來...

它帶來好處/工業發展、交通發達、經濟繁榮、舒適生活...

它也衍生環境難題/能源枯竭、環境污染、溫室效應、氣候變遷...

機器取代人類的勞力，一部工業革命史也許是一部人類的懶惰史，人類享受它帶來的好處，也艱難的面對它所衍生的環境難題。

廿一世紀...

人類訓練機器，結合資訊整合應用，開啟了資訊革命...

未來的世紀...

它帶來好處/全球化發展、資訊發達、數位經濟、智慧生活...

它將衍生社會難題/生活壓力、資訊安全、貧富兩極、人際疏離...

機器取代人類的腦力，一部資訊革命史也許是一部人類的愚笨史，人類將享受它帶來的好處，但誰知道如何去面對它將衍生的社會難題。

當機器完全取代人類的勞力和腦力，人類所擁有的將只是懶惰和愚笨！



M to M

M to M

M to M

Where is the M?



要生養眾多，遍滿地面，治理這地，也要管理海裡的魚、空中的鳥，和地上各樣行動的活物。
(創世記一章28節)

永續發展：在不損害後代子孫滿足其自身需求的情況下，滿足當代需求的發展模式。
(我們共同的未來，聯合國，1987年)

在不損害後代子孫享有 (被賦予) 其自身基本需求的情況下，降低當代需求的發展模式。

臺灣能-能源教育資源

能源教育資源總中心 <https://learnenergy.tw/>

臺灣能-能源教育單元影片 <https://learnenergy.tw/index.php?inter=teachers&id=73>

【中文字幕/中英字幕】前導片、宣傳片、能源的基礎知識(CH1)、能源的轉換與應用(CH2)、能源與經濟民生(CH3)、能源及環境永續(CH4)、能源轉型與永續(CH5)

臺灣能源通識影片

<https://learnenergy.tw/index.php?inter=digital&tag%5B238%5D=238>

全球能源發展歷史(CH1)、化石能源利用及其衍生議題(CH2)、全球能源利用發展趨勢(CH3)、臺灣能源利用發展趨勢(CH4)、化石能源利用概述(CH5)、再生能源利用概述(CH6)、儲能與系統整合(CH7)

影片主簡報

https://drive.google.com/file/d/1uhNjXMVv3x1_kldAKtJgWhs2kpvefiMy/view

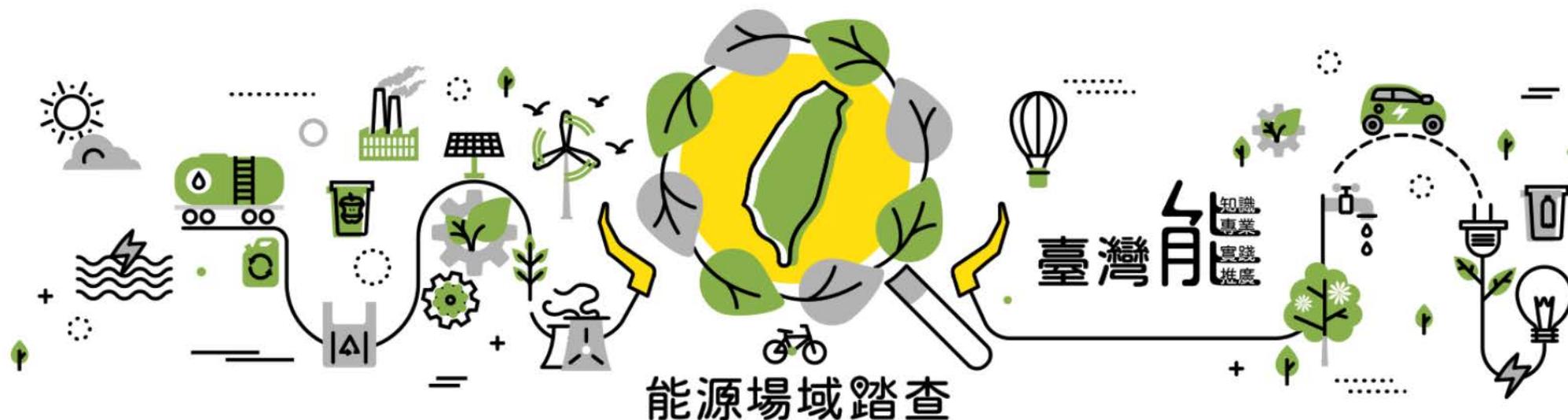
參考用簡報

<https://drive.google.com/file/d/1WY-rvTkNpCsLLpS0eAWsuCW-jdU6-6aH/view>



能源場域踏查

<http://www.energyedu.tw/map/>

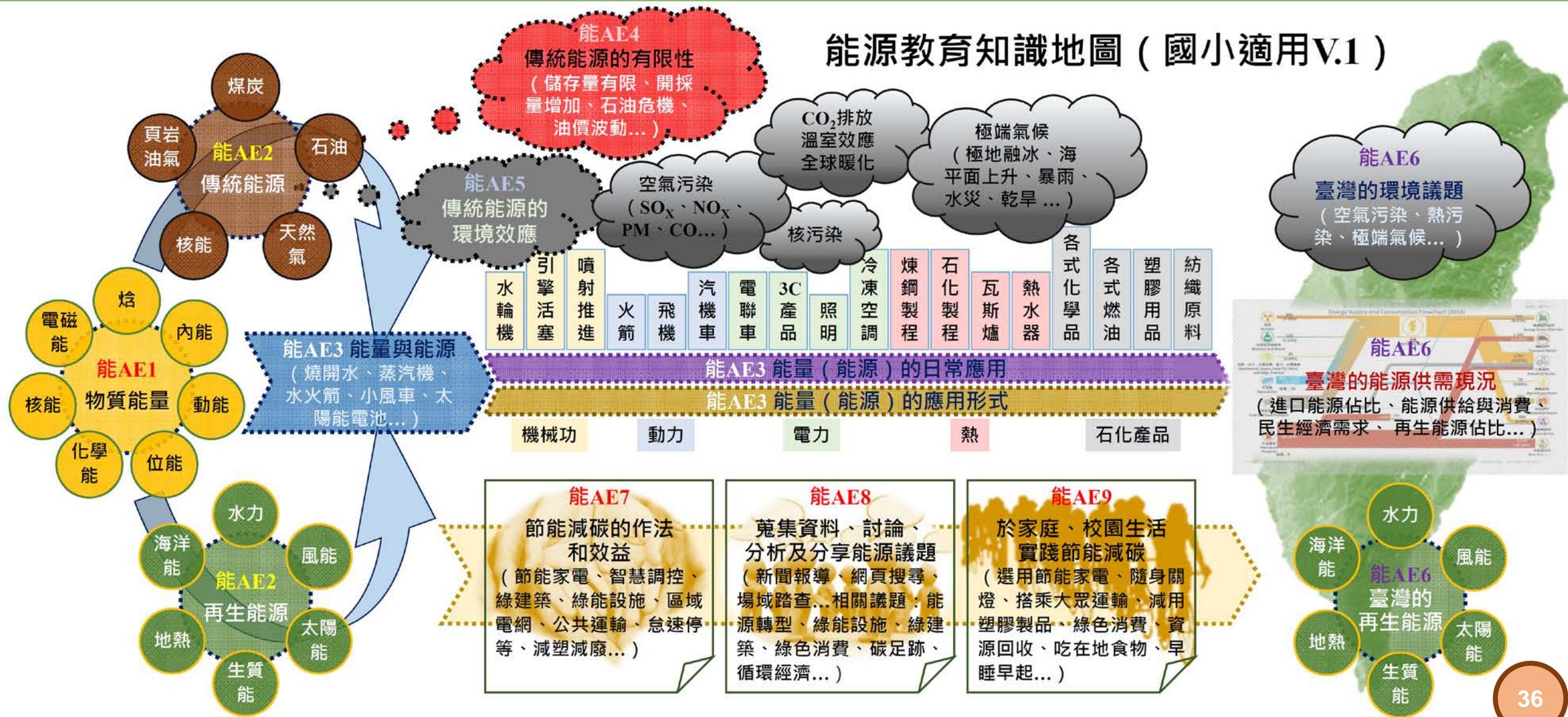


此網站串連計畫項下建置的實踐基地，台電公司開放參觀的電廠、展示館，中油及各公民營機構開設的能源教育相關場域，結合Google map定位，可依據不同區域（北北基、桃竹苗、中彰投、雲嘉南、澎高屏、宜花東、金門）及場域屬性（火力發電、水力發電、風力發電、太陽光電、地熱、生質能、海洋能、能源教育、綠建築、綠色生態等等）進行檢索。

每個場域均有介紹說明、開放時間與聯絡方式等資訊提供。將推廣至各級學校與相關社團，作為學校與親子戶外踏查學習地點，寓教於樂讓能源知識落地生根。

能源教育知識地圖(國小適用)

能源教育知識地圖 (國小適用V.1)



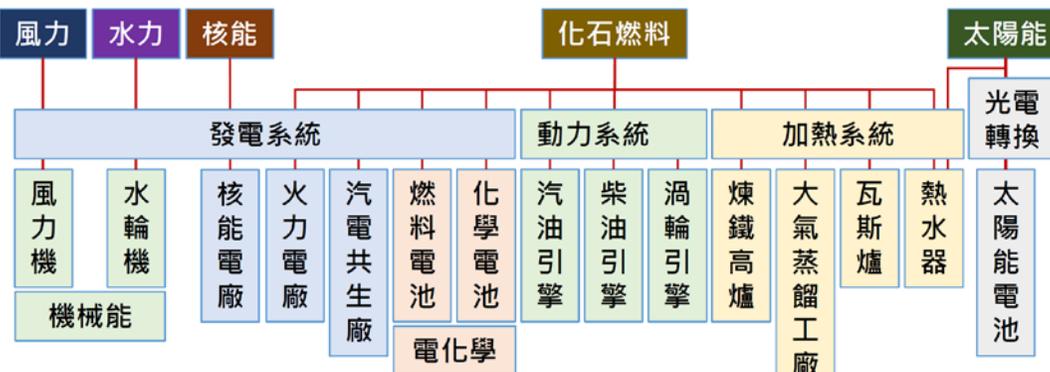
能源教育知識地圖(國中適用)

能量轉換

- 能量單位
- 動能與位能
- 熱功定義
- 化學能與熱
- 核能與熱
- 熱能與機械能
- 機械能與電能
- 化學能與電能
- 光電效應
- 壓電效應
- 電磁能轉換
- 噴射推進

能 AJ2

能源轉換成能量



全球能源發展史

- 各式能源與電力供需變化
- 再生能源發展變化
- 能源利用與全球經濟發展
- 二氧化碳排放變化
- 能源利用與全球環境變遷
- 全球能源發展預測與策略

能源教育知識地圖 (國中適用V.1)

能 AJ1

能量傳輸

- 物質三相
- 相變化
- 傳導、對流
- 輻射傳遞
- 輸送現象
- 電力傳輸

能 AJ3

能源與民生需求

- 化學能 (電池)
- 機械能 (飛輪、壓縮空氣、抽蓄發電)
- 熱能 (材料熱能、液化空氣)

能源與經濟發展

- 火力發電系統的能源使用
- 半導體製程的能源使用
- 電機電子製程的能源使用
- 金屬製程的能源使用
- 紡織製程的能源使用
- 造紙製程的能源使用

能 AJ4

碳循環圈

- 生物地質化學循環
- 動植物呼吸作用
- 植物光合作用
- 大氣與陸地間的交換
- 大氣與海洋間的交換
- 化石燃料的形成
- 燃燒排放

能 AJ5

空氣污染與衍生效應

- 空氣污染物的來源
- 空氣污染物的種類
- 空氣品質指標
- 空氣品質標準
- 酸沉降 (酸雨)
- 對流層臭氧
- 懸浮微粒
- 人體健康效應

溫室效應與氣候變遷

- 溫室效應的原理
- 溫室氣體的形成與分類
- 地表溫度變化
- 二氧化碳排放的來源
- 極地融冰
- 海平面上升
- 暴雨、水災、乾旱
- 極端氣候

能 AJ7

臺灣能源發展史

- 各式能源與電力供需變化
- 再生能源發展變化
- 能源利用與臺灣經濟發展
- 二氧化碳排放變化
- 能源利用與臺灣環境變遷
- 臺灣能源發展預測與策略

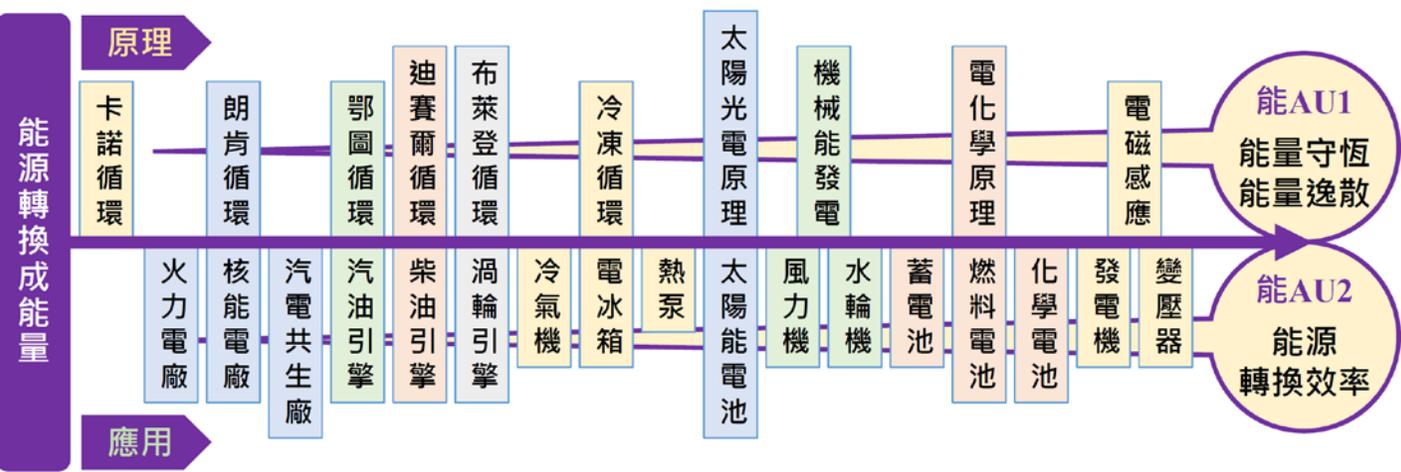
能 AJ8

實際參與並與他人合作
實踐節能減碳的行動

能 AJ9

動手做探究能源科技
(創意實作、節能科技、
減塑減廢...)

能源教育知識地圖(高中適用)



能 AU3

能源的消費與需求

- 電力需求與分配
- 動力需求與分配
- 加熱需求與分配
- 能源部門自用
- 工業部門能源消費
- 運輸部門能源消費
- 農業部門能源消費
- 住宅部門能源消費
- 服務業部門能源消費
- 非能源消費

能 AU4

石化產品與能源

- 原油來源
- 煉油製程
- 石化產業 (石化原料、合成樹脂與塑膠、合成橡膠、基本化學材料)
- 加工製品 (化學製品、塑膠製品、橡膠製品、人造纖維)
- 液態燃料 (航空用油、車輛用油、工業用油)

能源永續利用與環境保護

- 能資源永續利用 (節約使用、高效能使用、循環利用)
- 降低空氣污染、水污染及土壤污染
- 溫室氣體排放減量
- 二氧化碳補獲、封存及再利用
- 污染物與廢棄物處理
- 廢棄物循環利用
- 綠色生產、綠色消費、綠色運輸、綠建築、綠色經濟

能 AU5

國際能源發展趨勢

- 各式能源與電力供需未來趨勢與預測
- 再生能源未來發展與預測
- 能源利用與全球經濟發展變化趨勢
- 二氧化碳排放未來趨勢與預測
- 二氧化碳補獲、封存及再利用
- 二氧化碳減量技術與策略
- 能源利用與全球環境變遷變化趨勢
- 能源轉型、節能減碳減廢及再生能源開發的政策與策略

能 AU6

臺灣能源政策與未來願景

- 各式能源與電力供需未來趨勢與預測
- 再生能源未來發展與預測
- 能源利用與臺灣經濟發展變化趨勢
- 二氧化碳排放未來趨勢與預測
- 二氧化碳補獲、封存及再利用
- 二氧化碳減量技術與策略
- 能源利用與臺灣環境變遷變化趨勢
- 能源轉型、節能減碳減廢及再生能源開發的政策與策略

能 AU7

能AU8

運用知識，蒐集資料，並發揮創意，動手製作節能相關之實物作品。

能AU9

議題實作，製作探討國內外能源相關議題及政策分析。

能源教育知識地圖 (高中適用V.0)