

GE 1217
能源核電與輻射

能 源

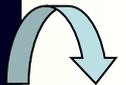
未來50年人類所面臨的10大議題

1. 能源
2. 水
3. 糧食
4. 環境
5. 貧窮
6. 恐怖主義與戰爭
7. 疾病
8. 教育
9. 民主政治
10. 人口



2007 年	65 億
2050 年	80-100 億

Global Population



John Ritch, “The necessity of Nuclear Power: A Global and Environment Imperative”
<http://www.world-nuclear.org>, June, 2007

2011/12/29

Department ESS, NTHU, Taiwan



1.1 何謂能源

能量: 可以造改變的能力 (the ability to cause change)

: 使事情發生的原動力 (Is what makes everything happen.)

能量以多種不同形式存在著: 熱; 光 (電磁波); 運動(動能);
相對位置(位能)

運動: 巨觀(星體的運動, 空氣的流動, 水的流動, 車, 人……)

: 微觀(分子在物質之晶體結構中的振動, 轉動, 移動)

分子的內能 (物質的溫度-熱, 與存在的狀態)

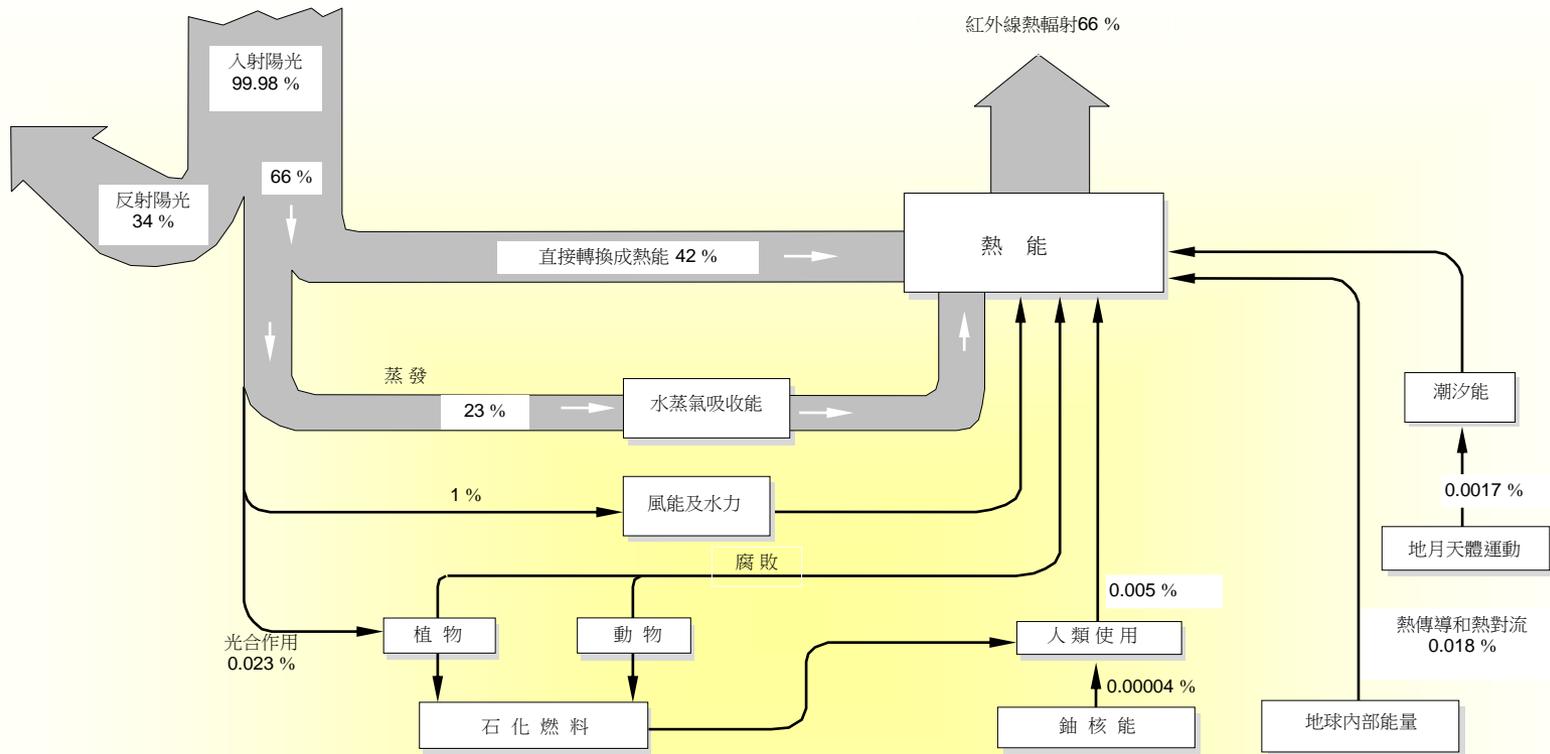
相對位置: 重力場, 電磁場, 核力場; 力的作用可以造成能量存
在形式的改變

光 (電磁波): 無線電波, 微波, 紅外線, 可見光, 紫外線
X-光, Gamma射綫

化學能: 構成分子之原子間的重新組合

核能: 構成原子核之中子與質子的重新組合; 或原子之軌道電子的
能階轉換

有些能量可以直接為人所用, 但絕大部份的能量, 必須經過轉換,
才能造福人群。



地球能源平衡示意圖。地球表面的能源幾乎全部(99.98%)來自於太陽，少許來自地球內部儲存的能量(0.018%)，地球月球間天體運動引發的潮汐能量佔0.0017%，人類能源使用量只佔0.005%，石化資源佔0.005%，核子反應器釋放的核能佔0.00004%。人類雖然只使用這麼少許能量，但是由於石化資源燃燒時，產生的二氧化碳阻礙了紅外線熱輻射返回太空，因此逐漸形成溫室效應，改變全球氣象相貌。

資料來源：Richard Wolfson, 'Nuclear Choices: A Citizen's Guide to Nuclear Technology', The MIT Press, 1993.

有些能量可以直接為人所利用，但絕大部份的能量，必須經過機械裝置的轉換，才能造福人群。

機械裝置包括：水車，風車，帆船，蒸汽機，引擎，電廠，
電視，冷氣機，微波爐……

人類之所以能夠創造出今日之物質文明，是人類懂得如何將能量從一種形式轉換成另一種形式。

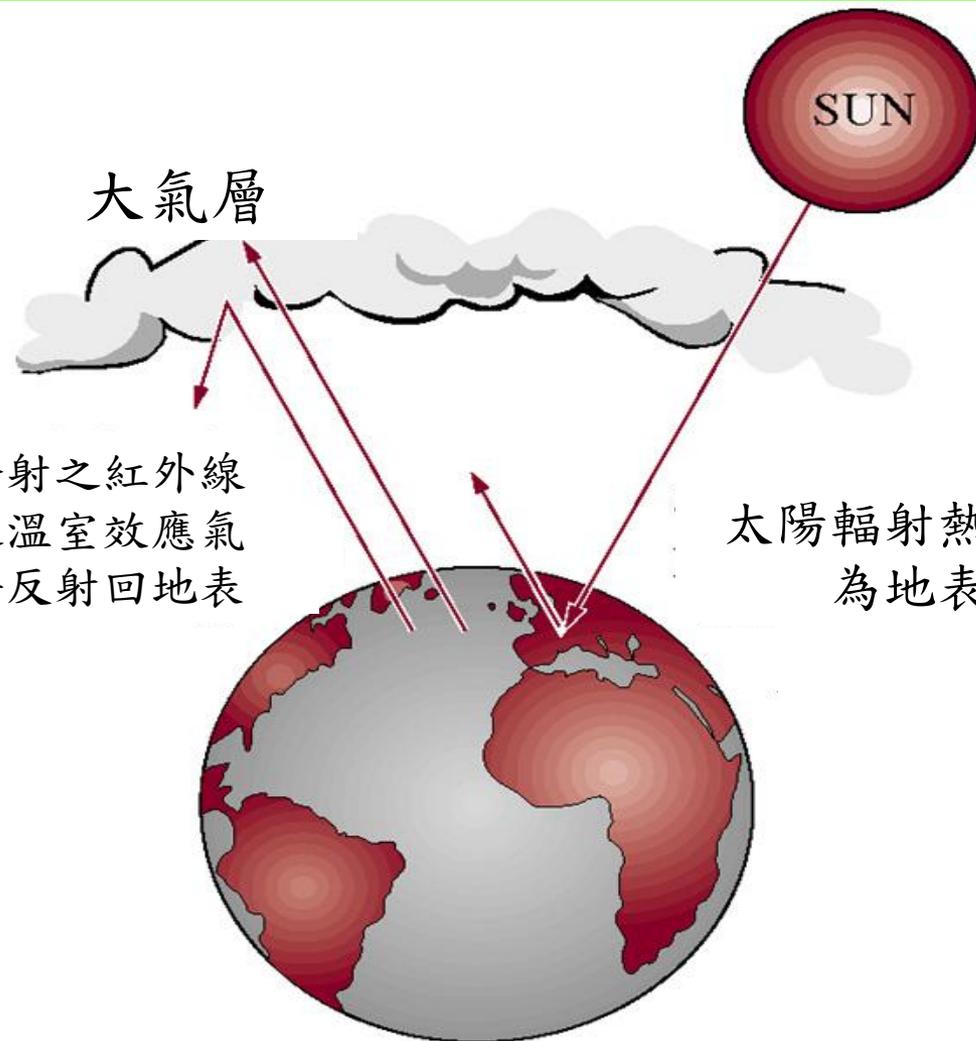
經由人為的催化或自然的過程，能量的形式可以轉換，
但總量不變—能量不滅

熱力學(thermodynamics)：探討能量轉換的科學
能量呈現的方式為 熱 (Heat) 與 功 (work)

熱力學第一定律：能量不滅

熱力學第二定律：熱不能全部轉換為功，熱供轉換過程中必須
排除廢熱

熱力學：如何有效的將熱轉換為功（效率- efficiency）



部分自地表發射之紅外線被大氣層中之溫室效應氣體吸收，同時反射回地表

太陽輻射熱穿透大氣層為地表所吸收

主要溫室效應氣體： CO_2 , CH_4 , N_2O , HFCs, PFCs, SF_6 8

熱轉換為功的最大效率(Carnot Cycle Efficiency): $\frac{T_H - T_L}{T_H}$

T_H 為吸熱溫度， T_L 為排熱溫度

能量的使用須考慮“量(quantity)”與“質(quality)”

能量的單位：卡(cal)，千卡(kCal)，焦耳(joule)，千焦耳(kJ)
英熱單位 (British Thermal Unit, BTU)
電子伏特 (eV)

1 卡：1 克的水上升 1 C ；焦耳：1 牛頓-米

1 卡 = 4.186 焦耳； 4.186 為熱功當量

1 英熱單位 = 1磅的水上升 1 F

1 電子伏特代表1個電荷通過1伏特的電位差時，所獲得的能量。

1 電子伏特 = 1.602×10^{-19} 焦耳。

1 tons of refrigeration: the capacity of a refrigeration system that can freeze one ton (2000 lbm) of liquid water at 0 C into ice at 0 C in 24 hours. Equivalent to 211 kJ/min.

單位時間能量的改變即稱為功率。功率的基本單位為瓦特 (W)，每秒鐘供應或消耗1焦耳的能量，即稱為1瓦特。

瓦特也是非常小的單位，故通常使用的功率單位為千瓦(KW)，或者百萬瓦(MW)。我們日常的用電量的單位為「度」，「一度電」的正式定義為一千瓦小時(KWh)，是能量的單位，亦即以1千瓦的功率使用了一小時。簡單的換算顯示一度電(1KWh)等於3.6百萬焦耳。

$$1 \text{ 馬力 (horse power, hp)} = 0.746 \text{ kW}$$

功率的比較

項 目	功 率
手 電 筒	0.002 千瓦 (2瓦)
60-瓦的燈泡	0.06 千瓦 (60瓦)
人 體	0.1 千瓦 (100瓦)
微 波 爐	0.6 千瓦 (600瓦)
1 匹 馬 力	0.746 千瓦 (746瓦)
1平方米上的陽光	1 千瓦
汽車 (時速96公里，耗油量13公里/升)	80 千瓦
大 型 電 廠	1,000,000千瓦=1,000百萬瓦=100萬千瓦 (約等於每小時消耗400噸的煤，或每小時消耗230克的鈾-235)。

資料來源：Richard Wolfson, 'Nuclear Choices: A Citizen's Guide to Nuclear Technology', The MIT Press, 1

物質的能量含量

煤	7,300	KWh/噸
石油	10.6	KWh/升
天然氣	10.6	KWh/立方米
冰淇淋	5	KWh/加侖
糖	0.02	KWh/茶匙
牛糞	4,300	KWh/噸
鈾 (核分裂)		
天然鈾	30	KWh/克
純鈾 ²³⁵	20,000	KWh/克
氘 (核融合)		
天然水	3,400	KWh/升
純氘	92,000	KWh/克
廣島原子彈	15,000,000	KWh
台電96年度總發電量*	243,108,000,000	KWh

資料來源：Richard Wolfson, 'Nuclear Choices: A Citizen's Guide to Nuclear Technology', The MIT Press, 1993.

* 台灣電力公司提供之資料。

Decimal Relationship:

10^{-12}	10^{-9}	10^{-6}	10^{-3}	10^{-2}	10^{-1}
Pico(p)	nano(n)	micro(μ)	milli(m)	centi(c)	deci(d)
pm	nm	μm	mm	cm	dm
	奈米	微米	毫米	公分	公寸

10^1	10^2	10^3	10^6	10^9	10^{12}
deka	hecto	kilo(k)	mega(M)	giga (G)	tetra(T)
		km (公里)	Mm	Gm	Tm
		kW	MW	GW	TW
		千瓦	百萬瓦	十億瓦	兆瓦

100

1,000

10,000

1,000,000

百: hundred; 千: thousand; 萬: ten thousands; 百萬: million

10,000,000

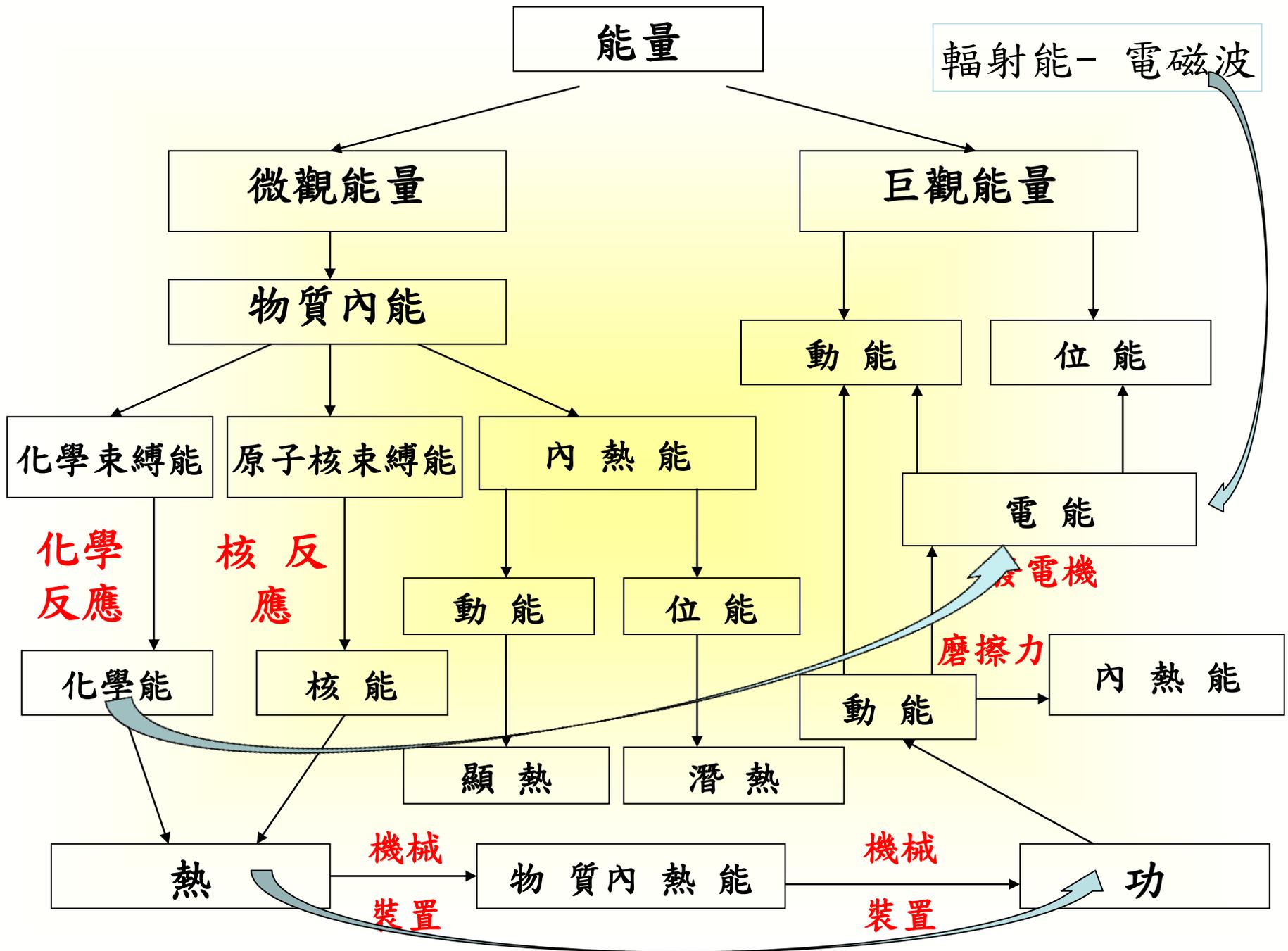
100,000,000

1,000,000,000

千萬: ten million; 億: hundred million; 十億: billion

1,000,000,000,000

兆 (萬億): trillion



1.2 能源的種類與發展

人：勞動力 (2.88×10^6 J/day)

埃及金字塔 (230 萬石頭，250 噸/塊)

耗費能量： 5.18×10^{14} J (1萬人，50 年)

獸力：馬，騾，駱駝

自然力：風力，水力，太陽能……

火的發現 (化學反應 - 燃燒)

取暖，熟食，製造工具

木材，煤，石油，天然氣 (化石燃料)

1769年，英國人瓦特所發明蒸汽引擎，利用煤為動力。

蒸汽引擎最初用於紡織業，

1791年，美國人富爾頓 (R. Fulton) 於1791年將蒸汽引擎用於輪船的推動。

1825年，英國人史地文生 (G. Stephenson) 利用蒸汽引擎推動之火車，行駛歐州大陸。

十九世紀中期，電的發現愈發電方法的發明，可將初級能源轉換為二次能源

電力的發展使得人類可以更廣泛與方便的利用各種能源，例如水力、風力、核能、潮汐、地熱、太陽能等初級能源。到目前為止，可以用來大規模發電的初級能源包括煤、石油、天然氣、核能、及水力。

火力：煤、石油、天然氣、(氫)

核能→核融合、核分裂

氫能：燃料電池、以氫為燃料的傳統電廠

再生能源→太陽能、海洋溫差、潮汐、地熱、水力、風力、木柴。

木柴：古代社會～十八世紀（木柴91%，煤9%）

煤：距今三億年前古生代石炭紀所埋藏地下的沼澤叢林植物組織中的氫氧脫離含炭量逐漸便高→泥煤
受熱及壓力影響，泥煤中殘存的氫氧被驅離，剩下較純的碳化物質。

泥煤、 褐煤、 煙煤、 無煙煤
(50%) (60%) (88%) (95%)

煤中含有硫及氮→酸雨、溫室效應
固體燃料運輸效率低
煤碳液化

石油：石油是由動、植物的遺體分解而成，主要是碳氫化合物，石油僅出現於海相沈積岩中，是多年前生物與沈積物共同沈積於海底造成的。

原油，Petroleum→原油與天然氣

1960 中東和非洲發現大量油田

1960-1970，石油價格每桶約2美元

1969年，格達費掌權，下令減產石油

1973年 埃及出兵以色列，實施全面禁運

1973年9月 每桶2.90美元 → 12月 每桶11.65美元

1973年 伊朗國王巴勒維出亡，何梅尼掌政

每桶13美元 → 34美元

最高到45美元，1986年下降到25美元

1994年10月17美元

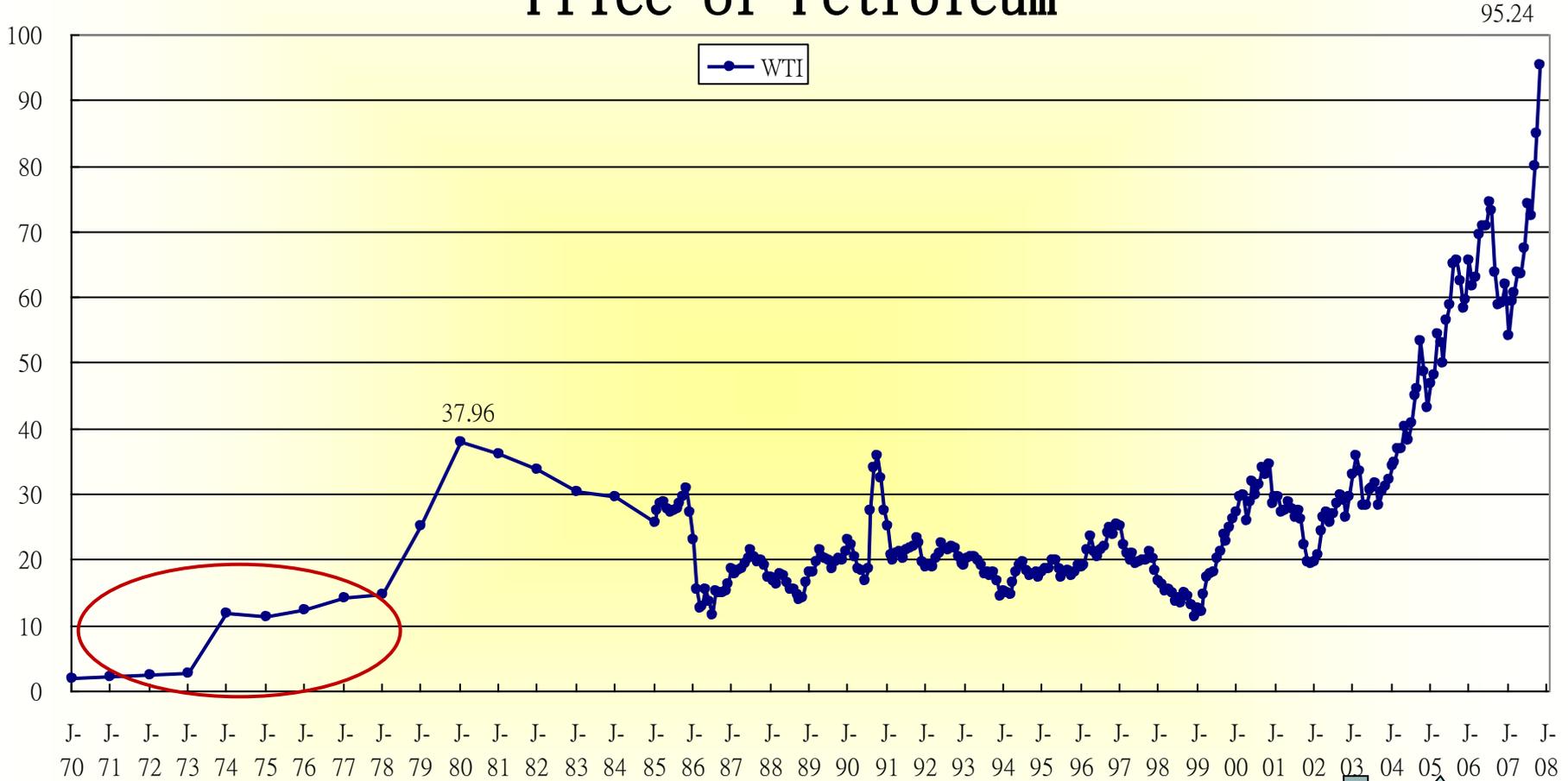
OPEC Organization of Petroleum Exporting Country

1960年6月成立

沙烏地阿拉伯、委內瑞拉、科威特、伊拉克、伊朗、
卡達、利比亞、印尼、阿布達比、阿爾及利亞、
奈及利亞、厄瓜多爾、加彭

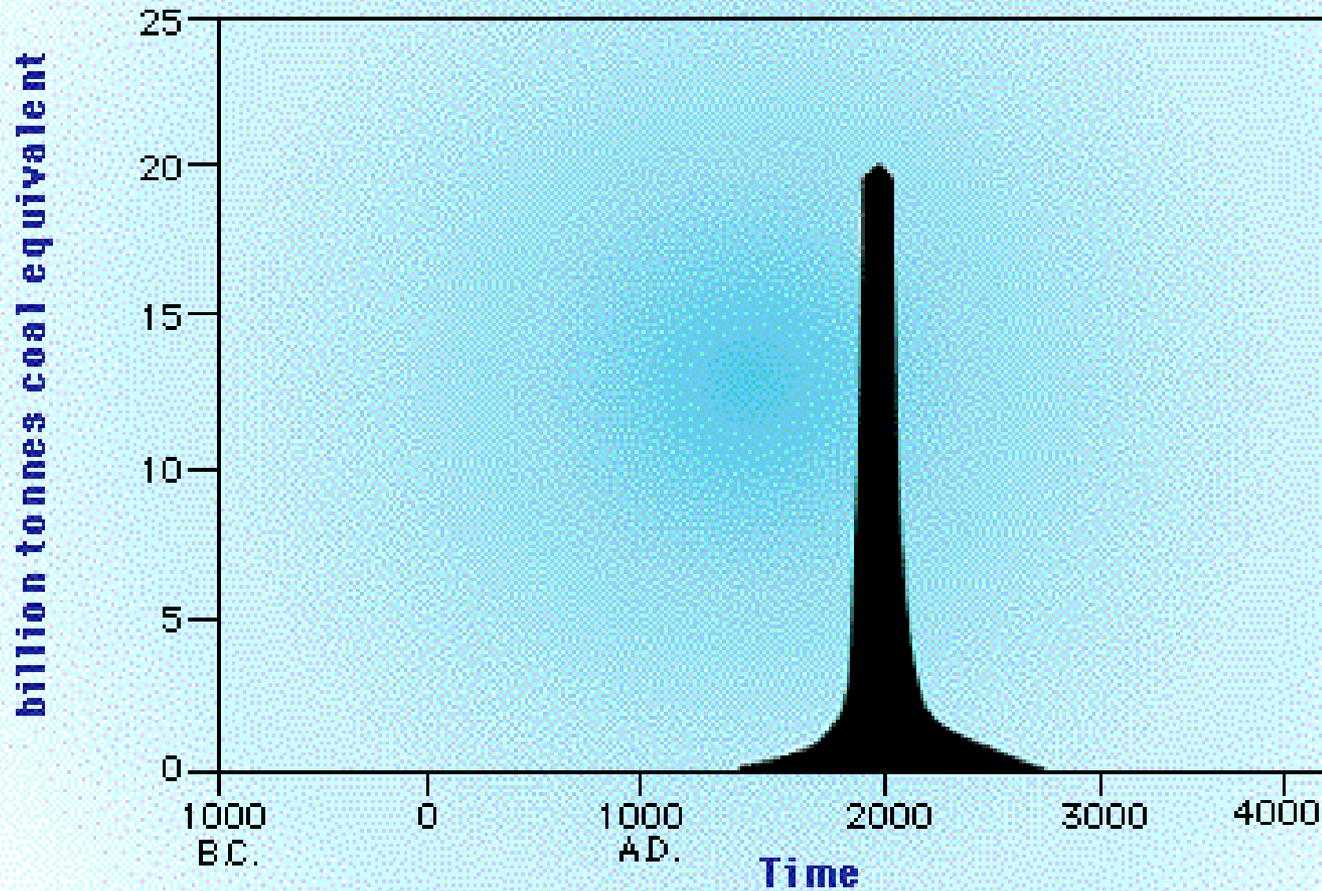
US\$/barrel

Price of Petroleum



人類對化石燃料的依靠

Consumption of fossil fuels



石油40年

1993年 $6,113 \times 10^4 \text{ m}^3$ $6.11 \times 10^7 \text{ m}^3$ 1.14×10^9 桶/年

北美洲(27.4%)、中南美洲(7.74%)、歐洲(33.2%)

中東(5.4%)、非洲(3.1%)、亞洲及大洋洲(23.2%)

天然氣，LNG，Liquid Nature Gas，甲烷 CH_4 ， $8,900 \text{ kcal/m}^3$

石油分餾後所得的炭氫氣體（甲、乙、丙、丁烷），減溫、減壓後為液體

→ 桶裝瓦斯LPG液化石油氣， $27,090 \text{ kcal/m}^3$

煤氣， $5,000 \text{ kcal/m}^3$

天然氣的液化運送 -162°C ，體積降為1/625

79年3月，高雄永安漁港

每年可以接收150萬噸 → 450萬噸

燃燒時不會發生臭氣，不會遺留殘餘物質

燃燒不完全會產生CO

水力：川流、水庫式、抽蓄式

無空氣污染與熱污染、不需要燃料

易受天候影響、可能造成生態浩劫

水庫式：大甲溪；德基、青山、谷關、天輪 235.5MW、

翡翠70MW、大甲溪；德基、青山、谷關、

天輪235.5MW、翡翠70MW

抽蓄式：明潭：1600MW、（大觀二廠，250MW）

風力發電

$32\text{Km/hour} \rightarrow 9\text{ft}^2 \rightarrow 0.84\text{m}^2 \rightarrow 400\text{W}$ 功率

依各設計良好的風力機組可以擷取上述能量的50%

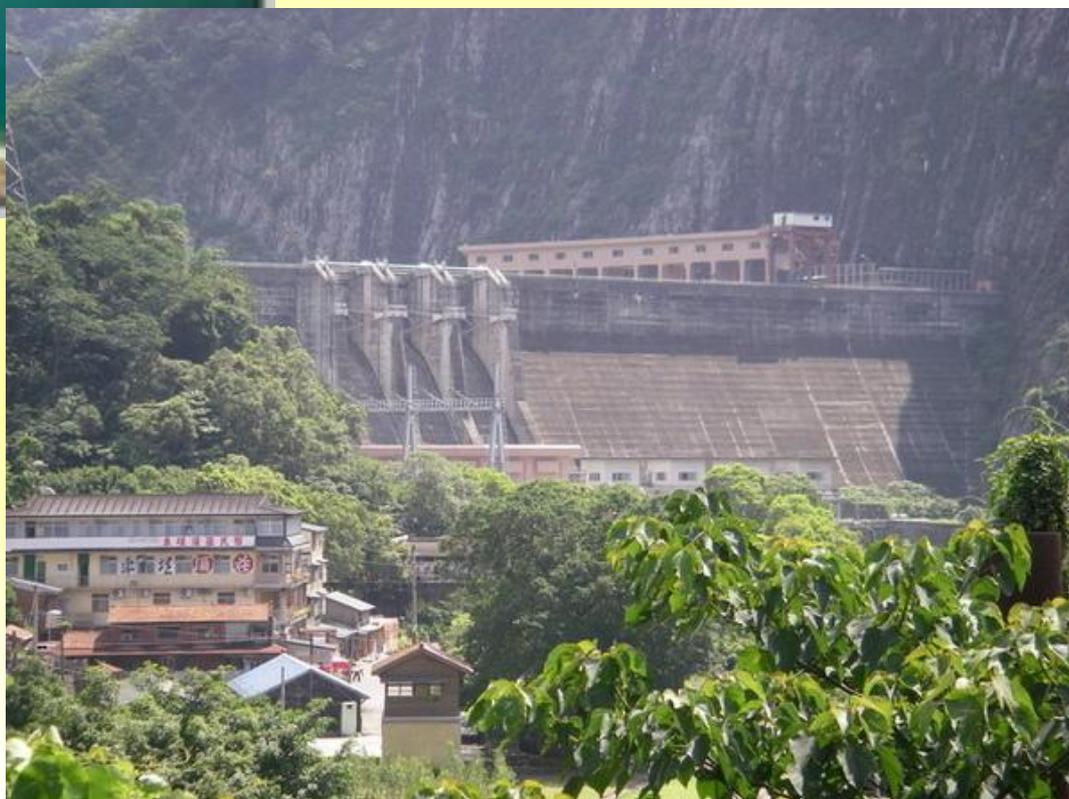
$\sim (v)^3 \rightarrow$ 風力加倍 \rightarrow 功率8 倍

1MW \rightarrow 葉片長達 75 米

風力發電無法直接替代穩定之電力來源



大甲溪 - 德基發電廠



抽蓄式：明潭：1600MW

1980 25\$/kwh → retail price 10\$/kwh
7\$~8\$/kwh (1990年代)

6 million wind generators mounted on 300,000 towers
70 story building each tower
→ one tower per square mile

Biomass Energy 生物能

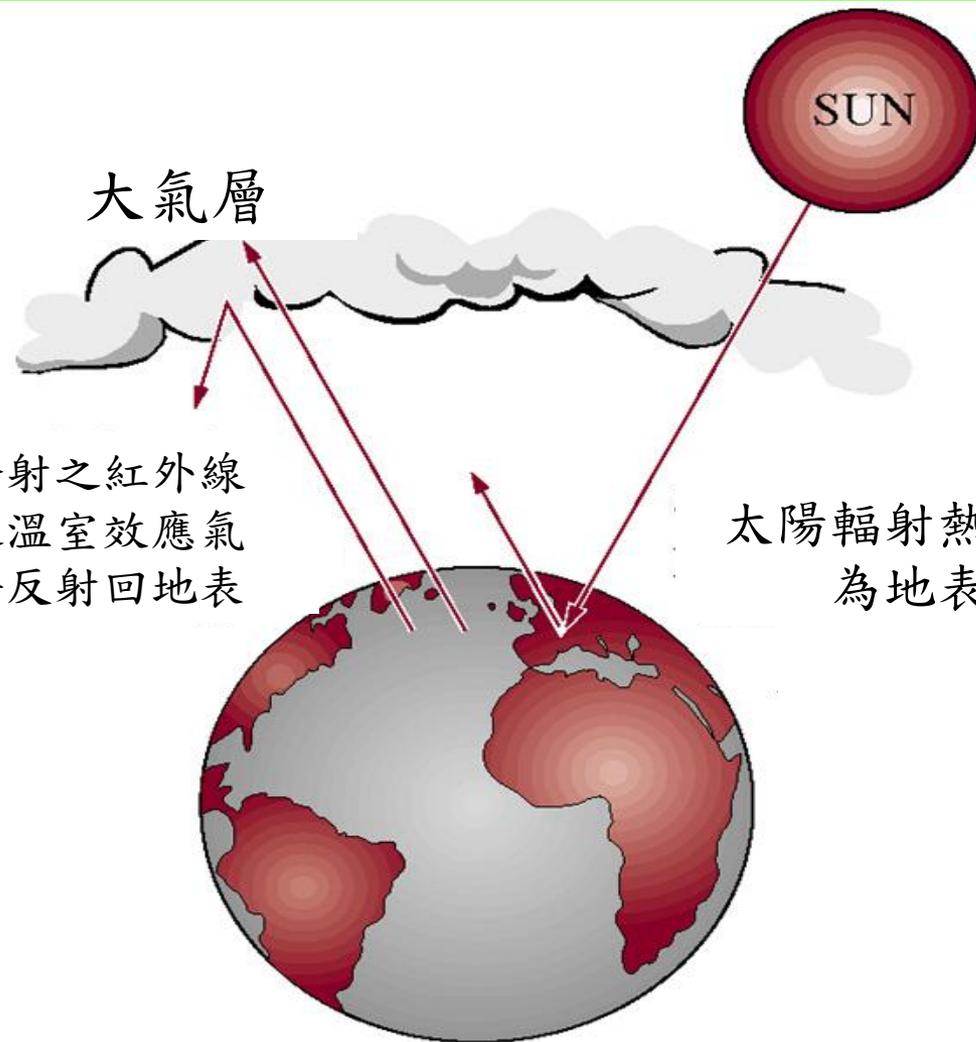
Energy stored by living things can be released quickly, through combustion.

Bacterial digestion converts biomass into convenient liquid and solid fuel, methane from animal waste, alcohol from corn.

Tidal Energy → hydroelectric plant

Geothermal Energy 1,350MW facility in California

Heat is withdrawn at 80 times the rate at which it is replenished.

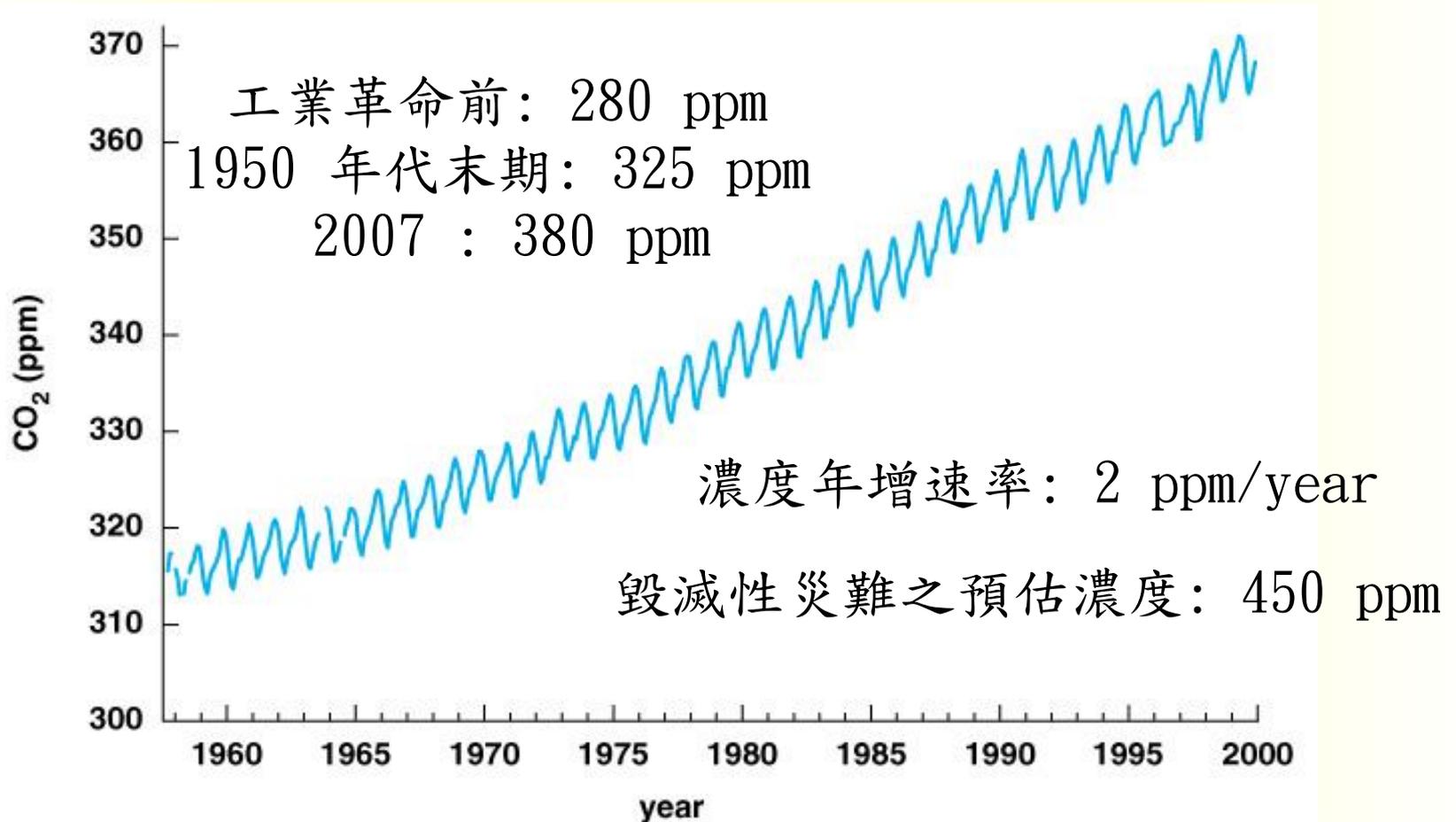


部分自地表發射之紅外線
被大氣層中之溫室效應氣
體吸收，同時反射回地表

太陽輻射熱穿透大氣層
為地表所吸收

主要溫室效應氣體： CO_2 , CH_4 , N_2O , HFCs, PFCs, SF_6 ₂₆

大氣二氧化碳濃度的變化



WHERE WILL YOU BE?

FROM THE DIRECTOR OF INDEPENDENCE DAY

A ROUND EMBASSY FILM

THE DAY AFTER TOMORROW

THIRTIETH CENTURY FOX PRESENTS A CENTROPOLIS ENTERTAINMENT / LONG CATS / LAUREN GORDON COMPANY PRODUCTION A ROLAND EMMERICH FILM "THE DAY AFTER TOMORROW" STARRING BILL MURRAY JESSICA ALBA AND JAKE GYLLENHAAL
MAY 18, 2001
WWW.DAYAFTERMORROW.COM

MAY 26 ONLY IN THEATERS

地球在暖化





As ice melts, polar bears struggle to survive

Meltdown: the Alps



“Climate Change and Global Warming”
“15000 Died in France Hot Summer at 40°C in
2003”

International Herald Tribune | 7
Friday, August 22, 2003

The politics of heat waves ■ *By Eric Klinenberg*

Victims of a hot climate and a cold society

Dr. Lucien Abenhaim, France's director general for health, resigned this week after acknowledging that up to 5,000 French citizens died during the recent heat wave. The minister for the aged said Thursday the num-
NEW YORK attention to prevent fatal symptoms. The morgues reached capacity and refrigerated trucks arrived to store the cadavers. Commentators noted that the victims had accessed the two forms of assistance that would have saved them, artificial cooling and medical attention, only after they

“Abnormal Climate in Japan in Summer 2003
Significantly Reduced Rice Production.”

2008年-海岸線受侵蝕 - 0公尺



2028年 - 海岸線受侵蝕 -12 公尺



2038年 - 海岸線受侵蝕 - 35 公尺



化石資源終有消耗殆盡的一日
人類需有其他的能源維持文明的發展

-- 電能

電能產生的能量來源

-- 再生能源、核分裂、核融合、氫能

再生能源

-- 太陽能、海洋溫差、潮汐、地熱、
水力、風力、木柴。

能源的分類

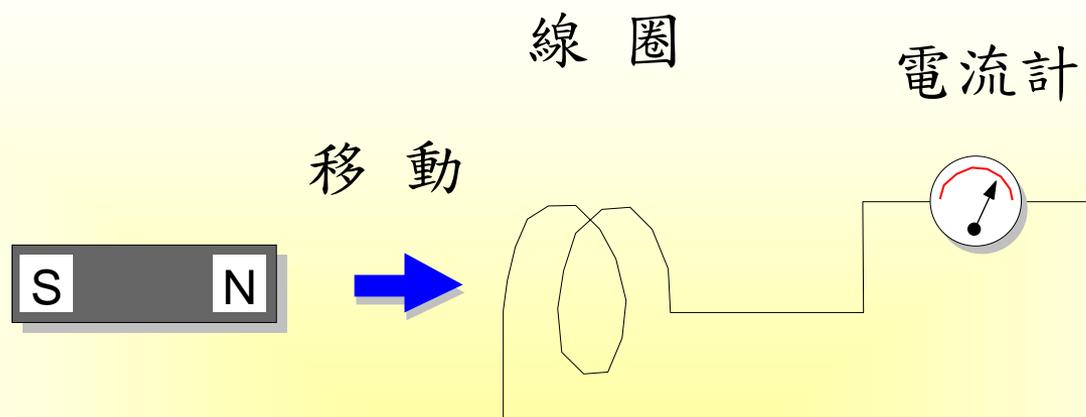
初級能源 與 二次能源

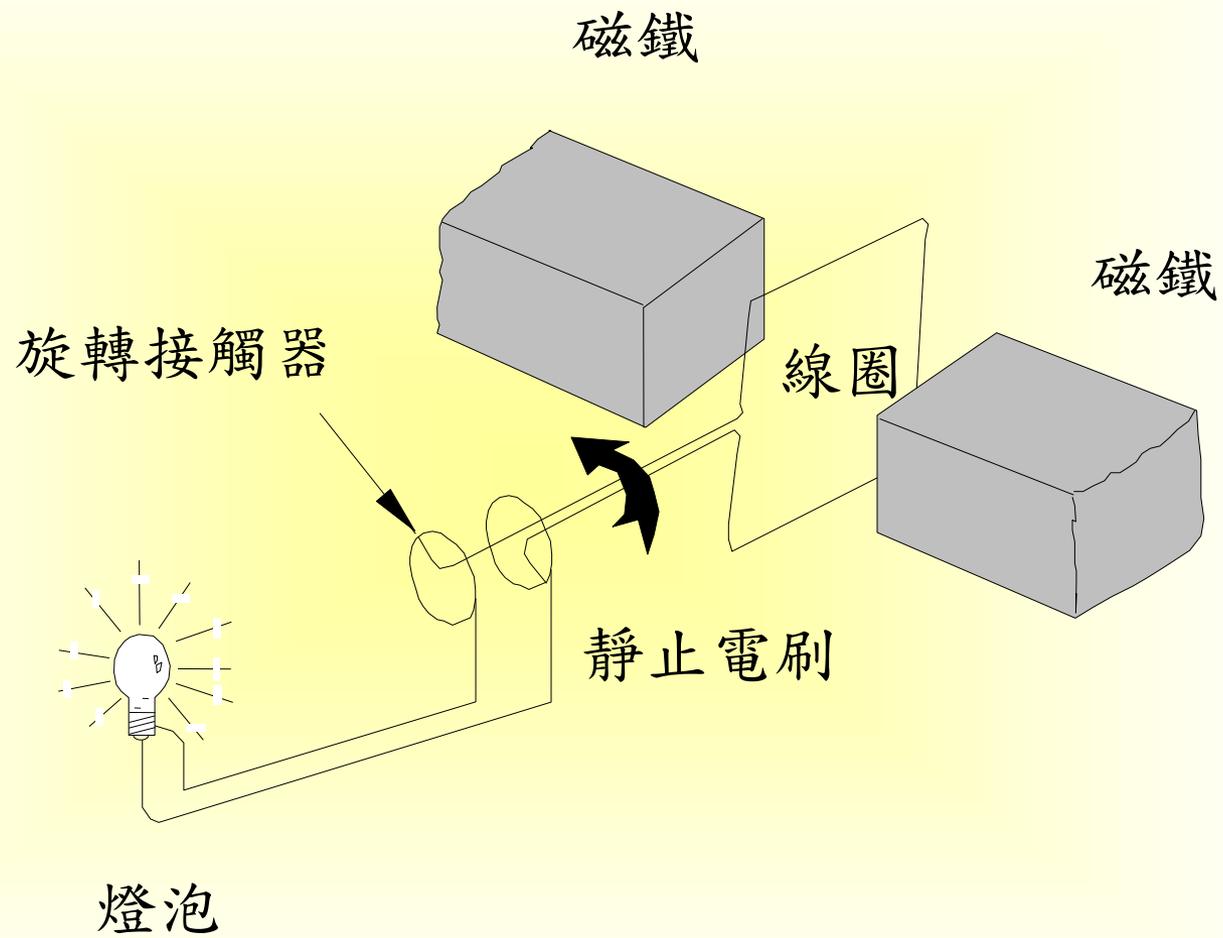
化石燃料, 核能, 風力, 水力, 太陽能, 生質能... 電力, 氫能...

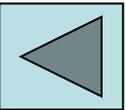
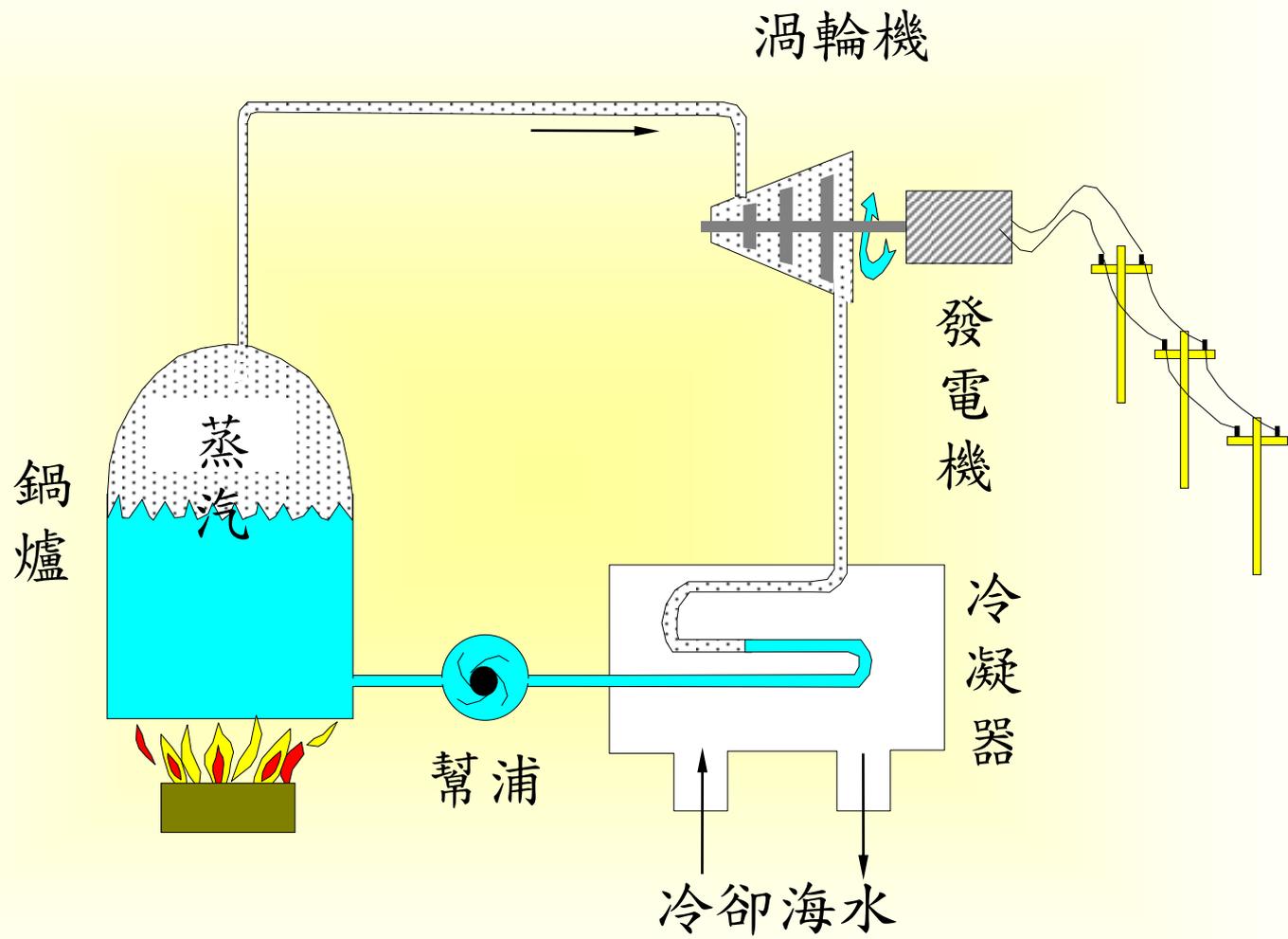
再生能源 與 非再生能源

潔淨能源 與 非潔淨能源

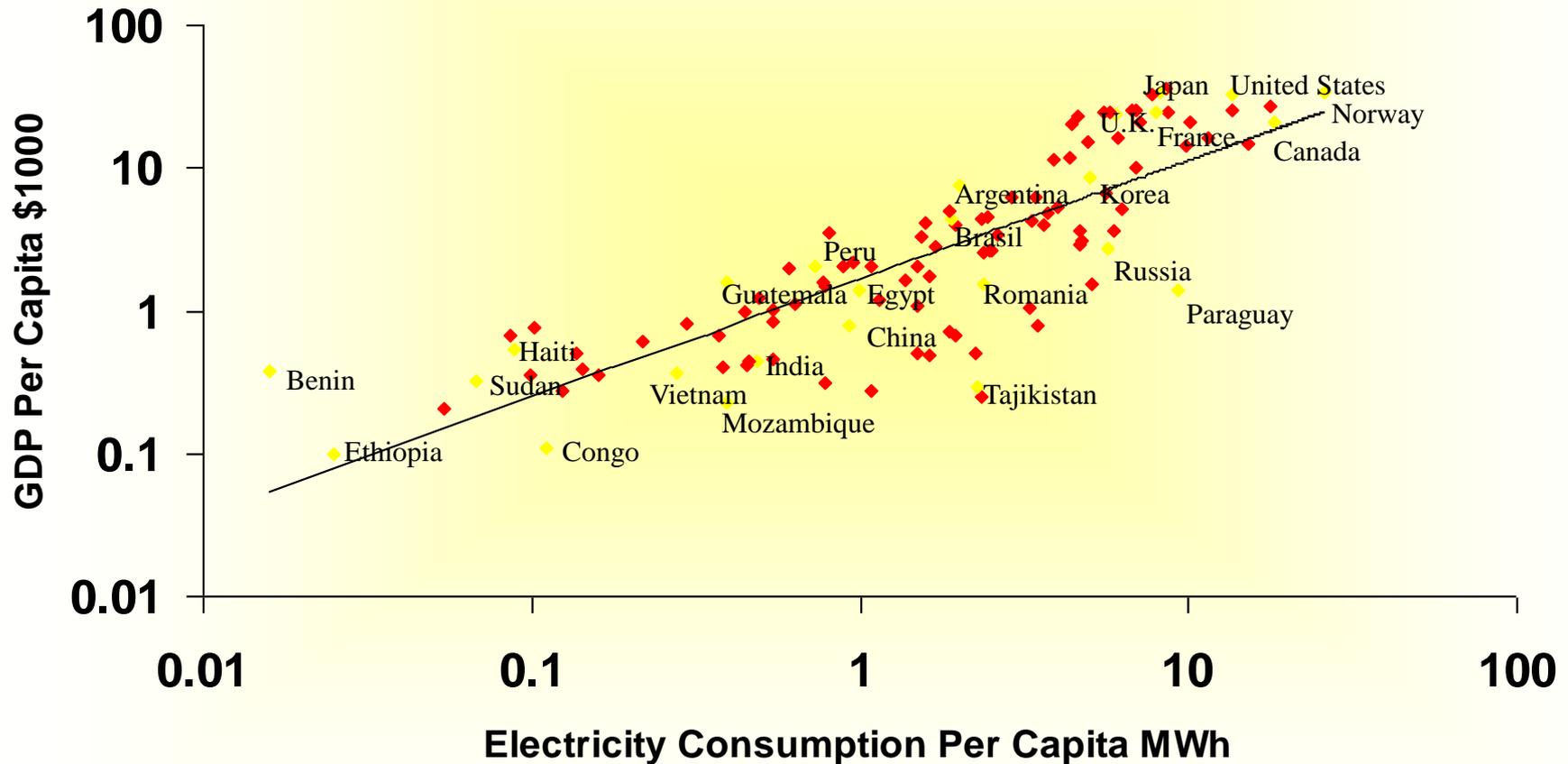
綠色能源



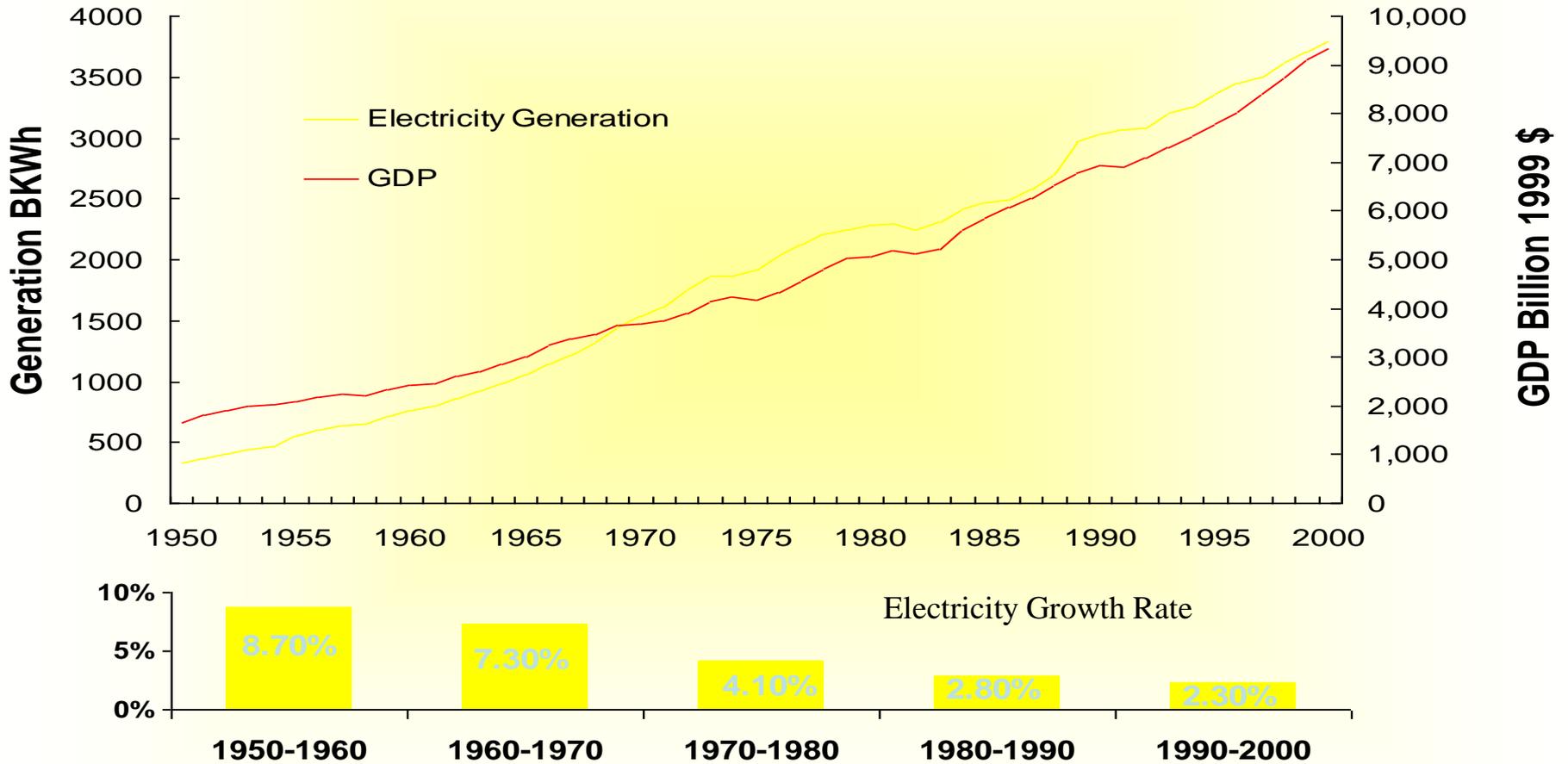




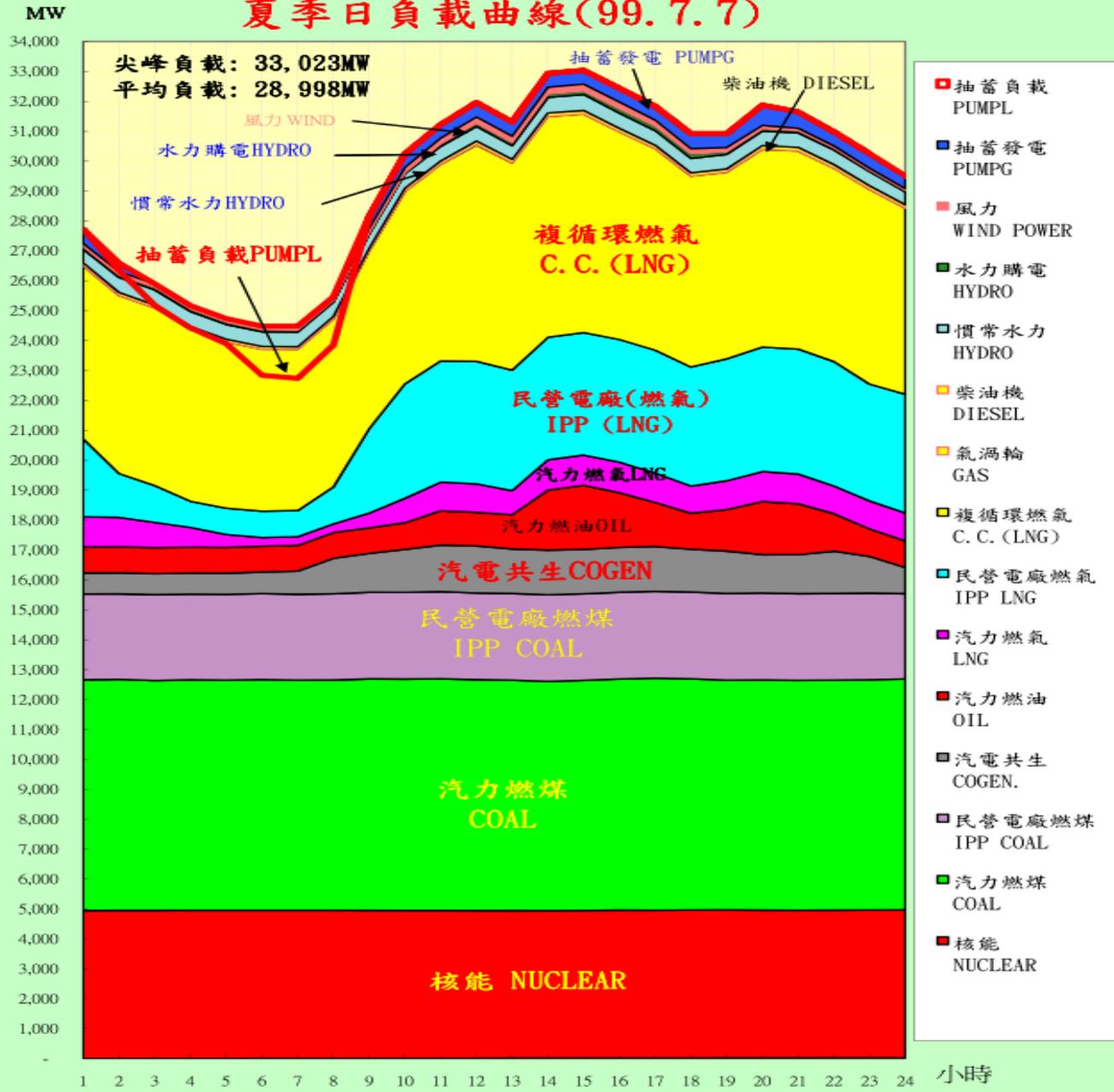
Country by Country Economic Output and Electricity Production (log scale)



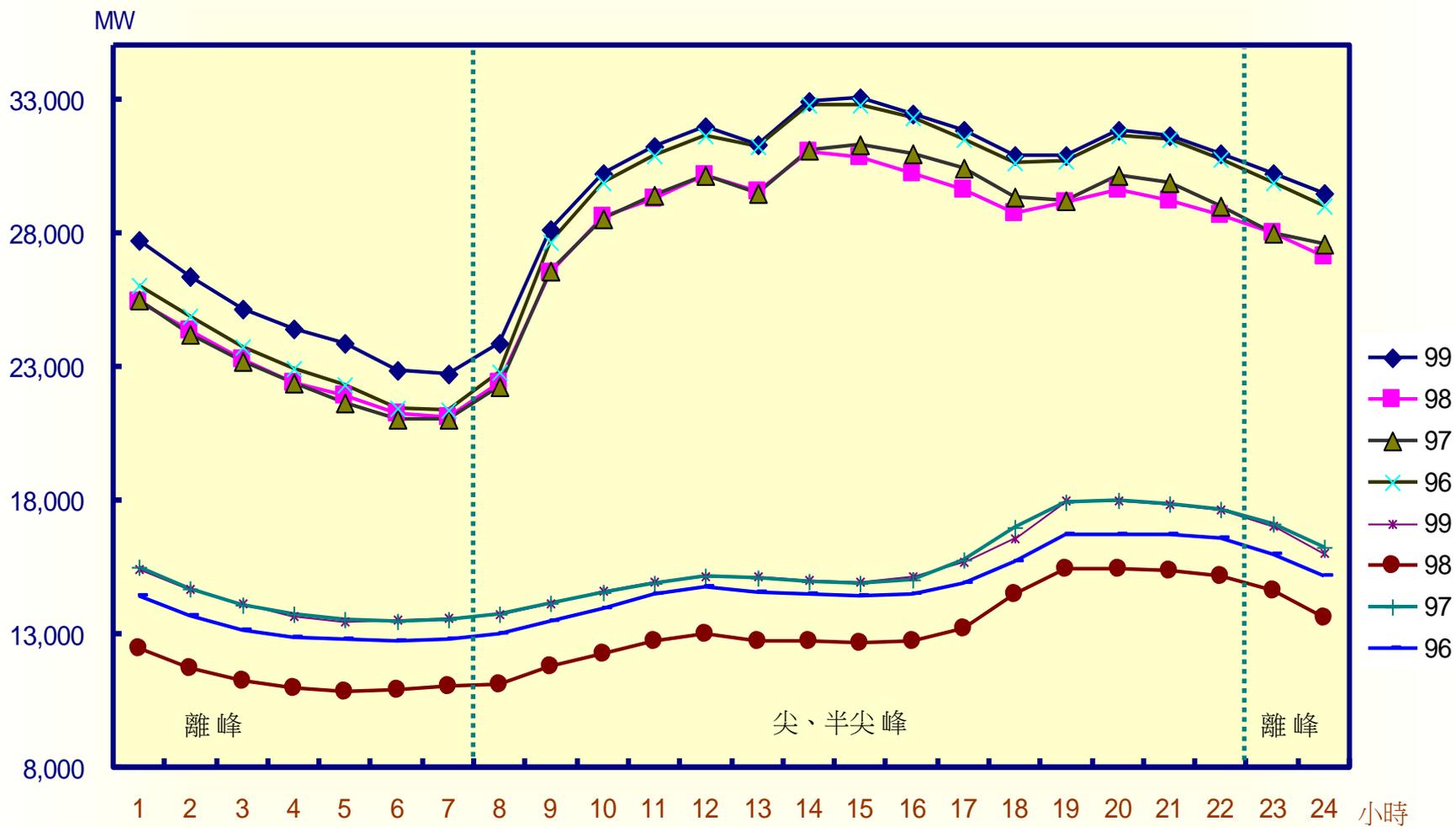
Electricity Generation and Economic Growth 1950-2000



夏季日負載曲線(99.7.7)



96~99年尖離峰日負載曲線

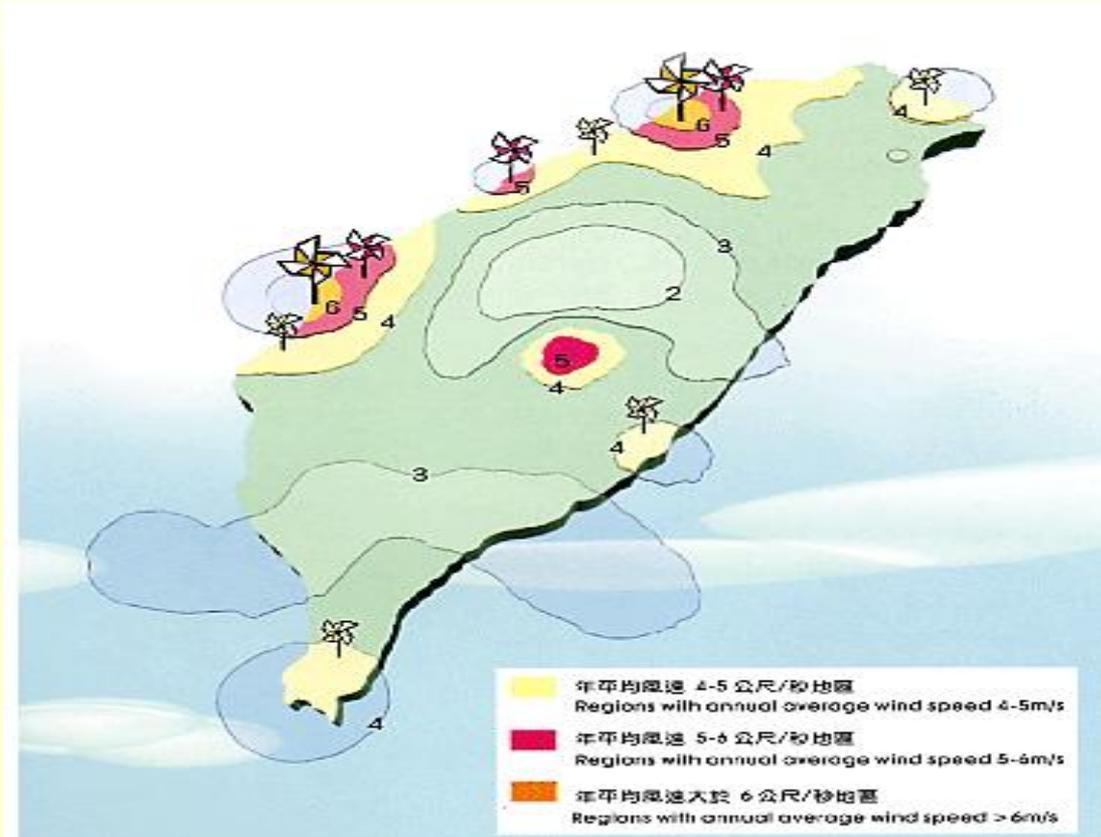




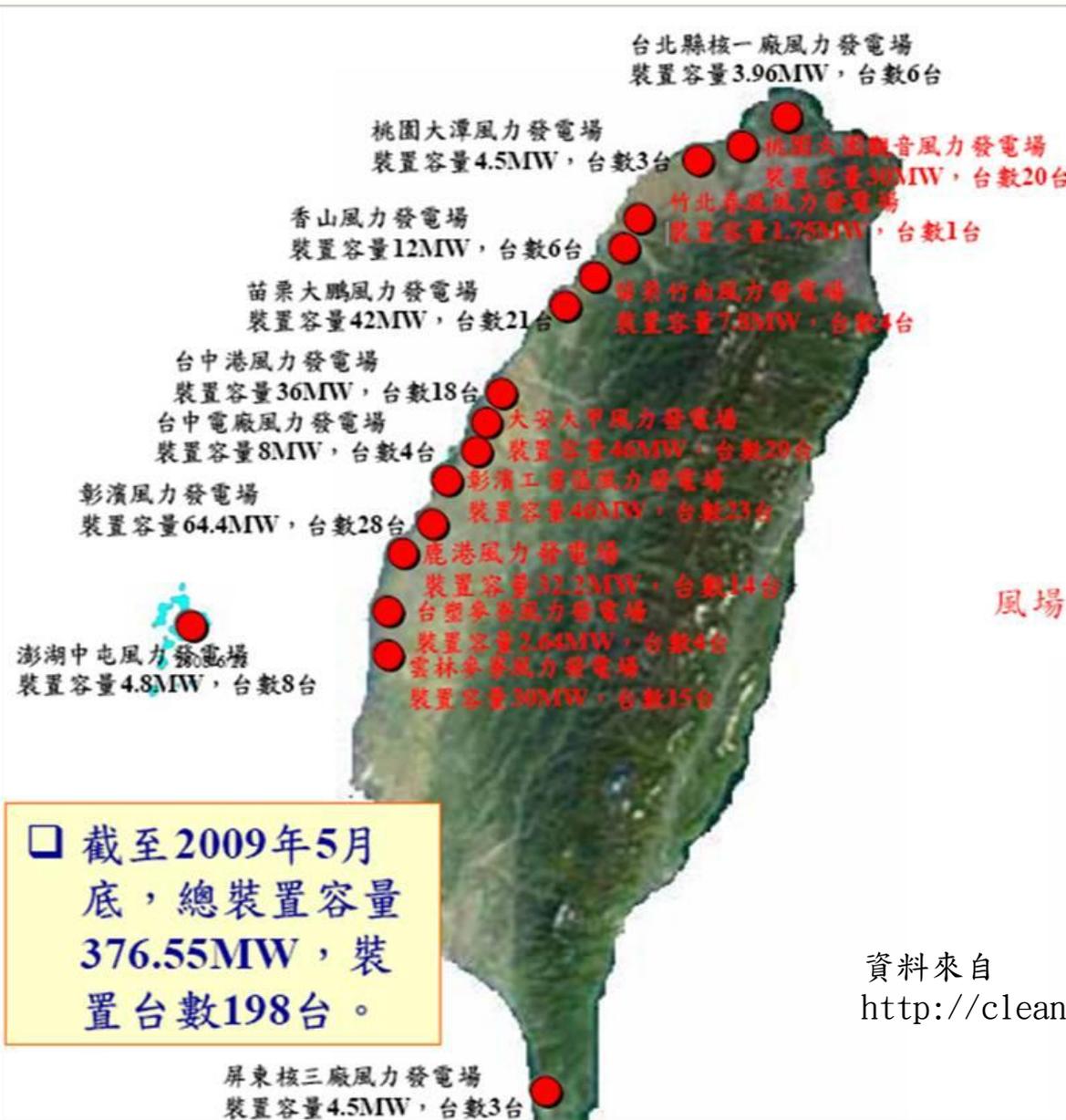
電力系統圖 Taiwan Power System

99年底系統裝置容量：40,912千瓩 Installed Capacity：40,912MW (End of 2010)





台灣主要風能蘊藏區域



□ 截至2009年5月底，總裝置容量376.55MW，裝置台數198台。

資料來自
<http://cleanenergy.utrust.com.tw>



http://www.windpowerworks.net/uploads/pg_content/583_value1_5193.jpg

一至四號風力發電機組



澎湖中屯風力發電機組



澎湖中屯風力發電機組

- 機型 德國 Enercon E-40
- 額定輸出 600KW 4部
- 塔架高度 46.0 公尺
- 葉片直徑 43.7 公尺
- 機組總高 67.85 公尺
- 起動風速 2.5公尺/秒
- 關機風速 25.0公尺/秒

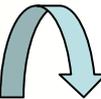
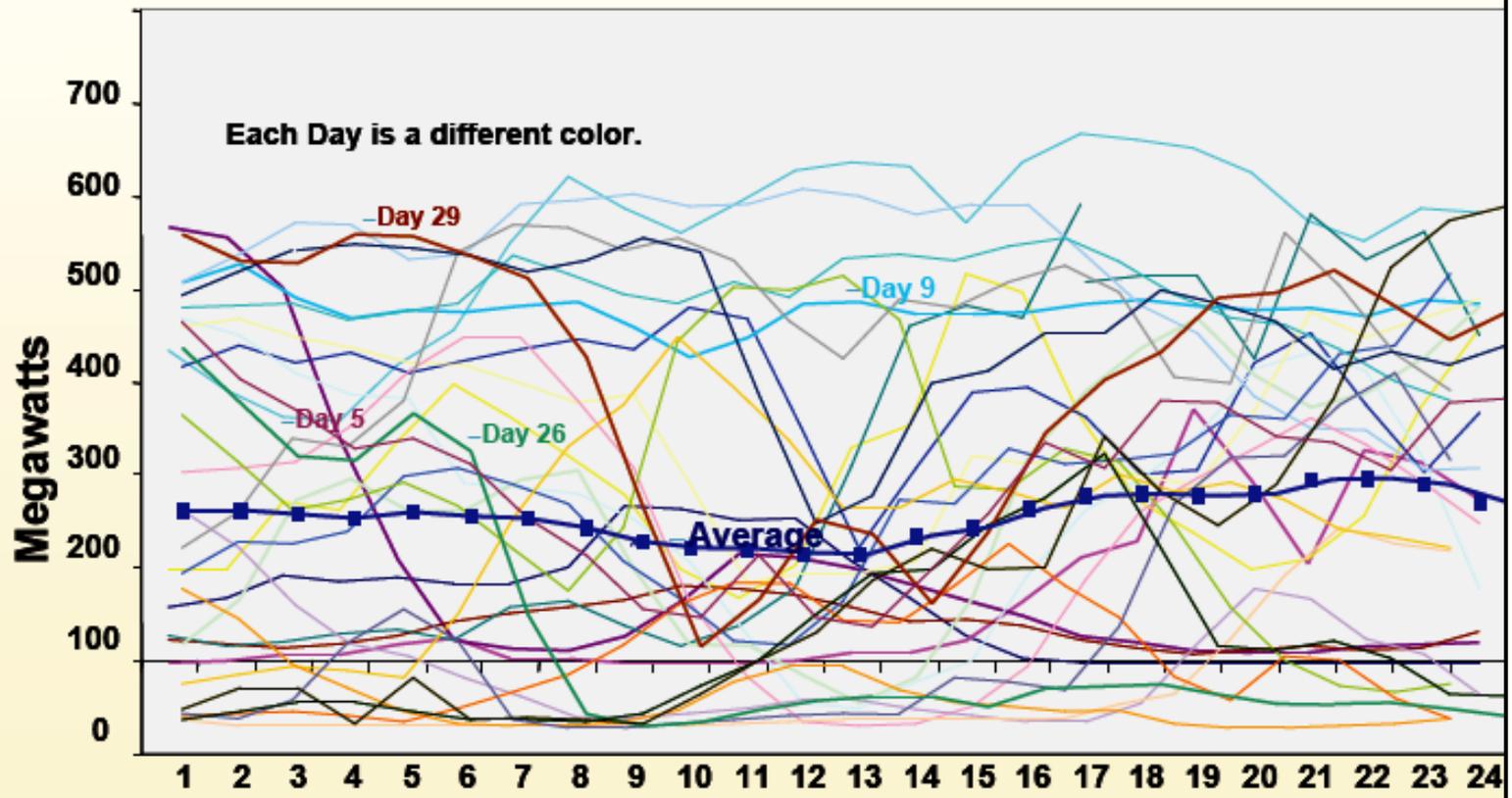




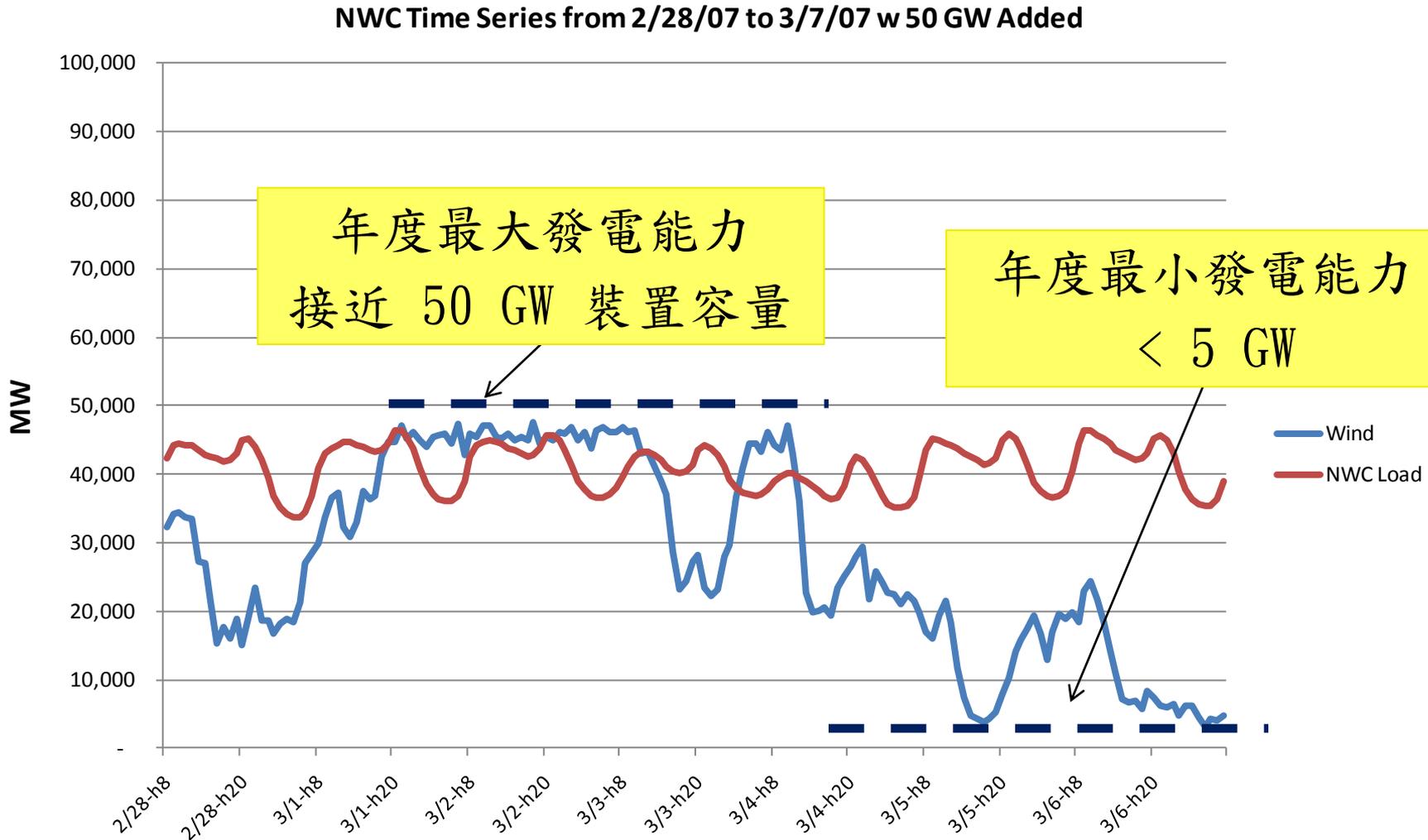
風力發電發電量的變異與可預測程度

Tehachapi Wind Generation in April – 2005

Could you predict the energy production for this wind park either day-ahead or 5 hours in advance?

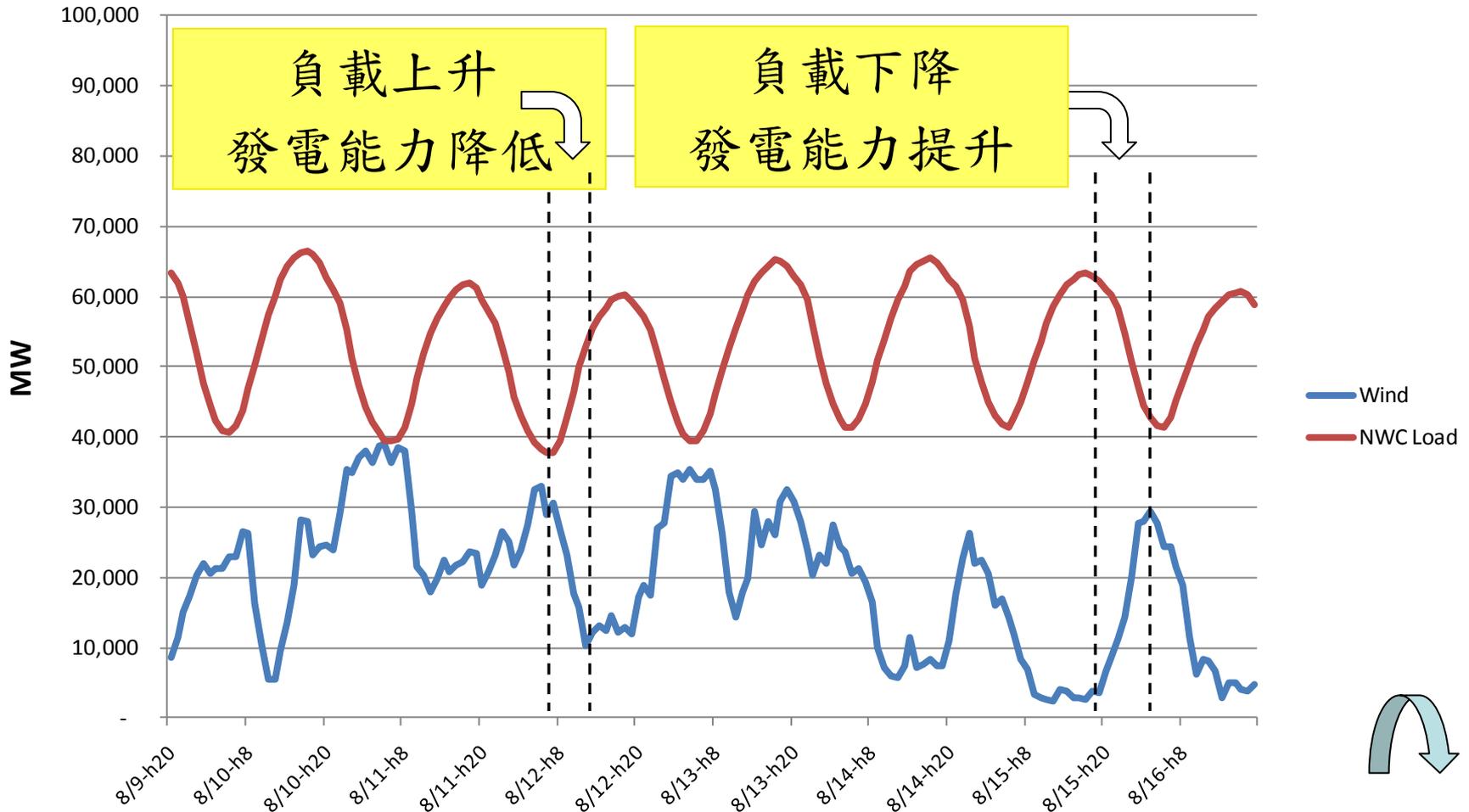


風力發電發電量的變異程度

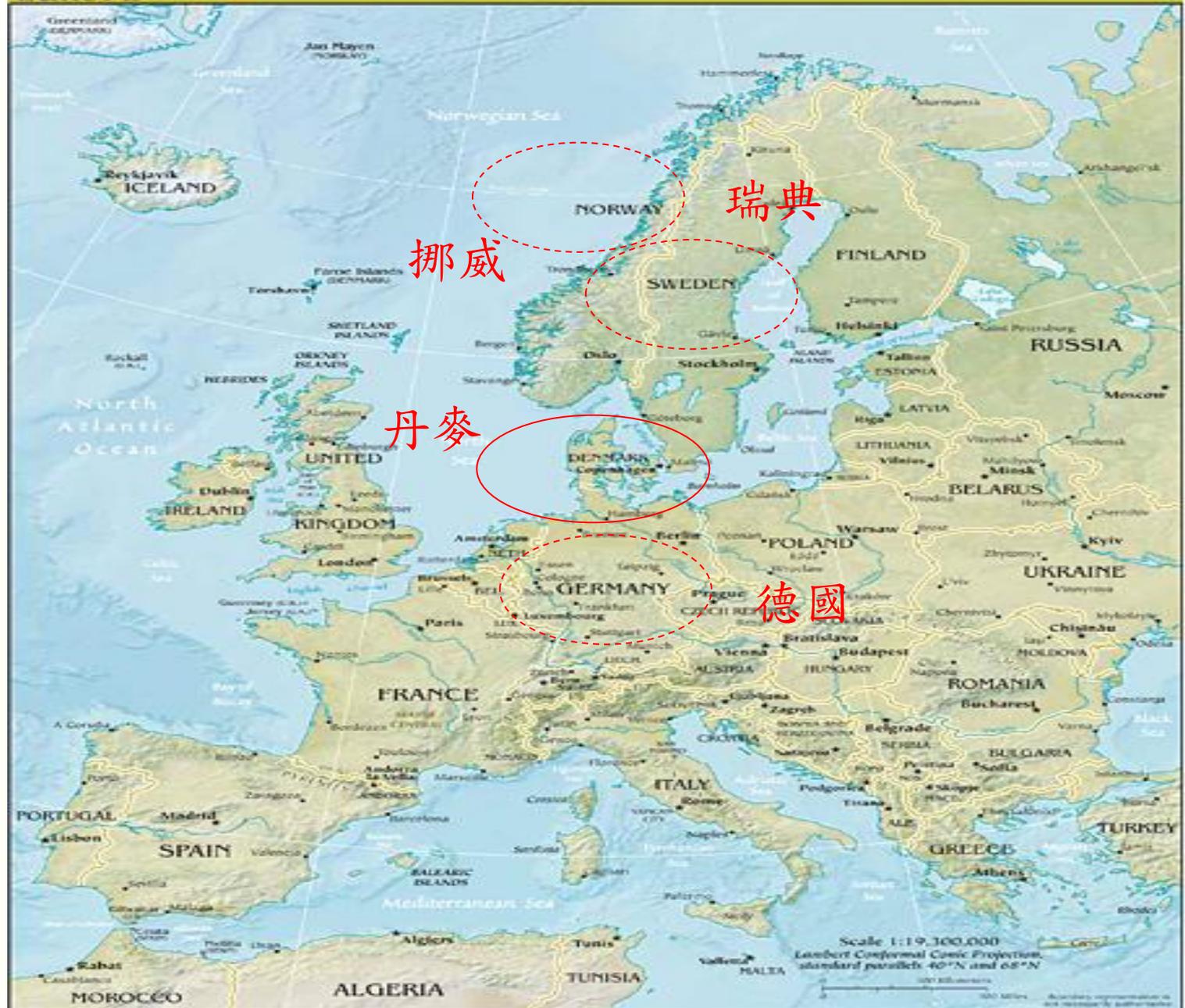


發電能力與負載需求

NWC Time Series from 8/9/07 to 8/16/07 w 50 GW Added



EUROPE



台灣與丹麥的比較

	丹麥	台灣	
土地面積(平方公里) ¹	43,094	35,980	1.20 倍
人口總數 ¹	5,515,575	23,024,956	24%
電力裝置容量(萬瓩) ²	1,210	3808.1	31.8%
風力發電裝置容量(萬瓩) ²	312	18.1	17.24 倍
總發電量(度, KWh) ²	392 億	2018.6	19.4%
風力總發電量(度, KWh) ²	72 億 (18%)	4.3 億	16.74 倍
電力出口(度, KWh) ²	114 億	0	
電力進口(度, KWh) ²	104 億	0	
售電平均價格 ²	0.396 US\$/度	2.1484 NT\$/度	5.53 倍

1. 美國 www.cia.gov 網站 the World Factbook
2. 2007 年數據, 丹麥資料取自 WNA 網站, 台灣資料由台電提供

風力發電

台電龍門電廠裝置容量為： 1350 百萬瓦 $\times 2 = 2700$ 百萬瓦
年發電量為： 212.8 億度（假設容量因數為 90% ）

海上風機的裝置容量為： 5 百萬瓦/抬

假設風機的容量因數為 30%

美抬風機的年發電量為： 0.13 億度

需要 1620 抬風機替代龍門電廠的發電量

東北季風期間 1620 抬風機的發電量為 8.1 百萬度/小時
（龍門電廠的三倍）

夏天的發電量為 0

太陽能的使用

太陽能熱水器

利用太陽能光電池

利用太陽能將工作流體由液相轉為汽相，
推動氣機發電

外殼(ST不銹鋼)

Out Cover(stainless)

保溫層(40mm)

Thermos level(40mm pu foaming)

內桶儲水槽(ST不銹鋼)

Inner bucket water tank(stainless)

外框(ST不銹鋼一體成型)

Frame sus stainless organic whole

太陽能專用強化玻璃

Solar energy used only strengthen glass

選擇性吸收膜表面處理

Frame sus stainless organic whole

進口保溫玻璃棉覆加鋁箔/高密度保溫棉

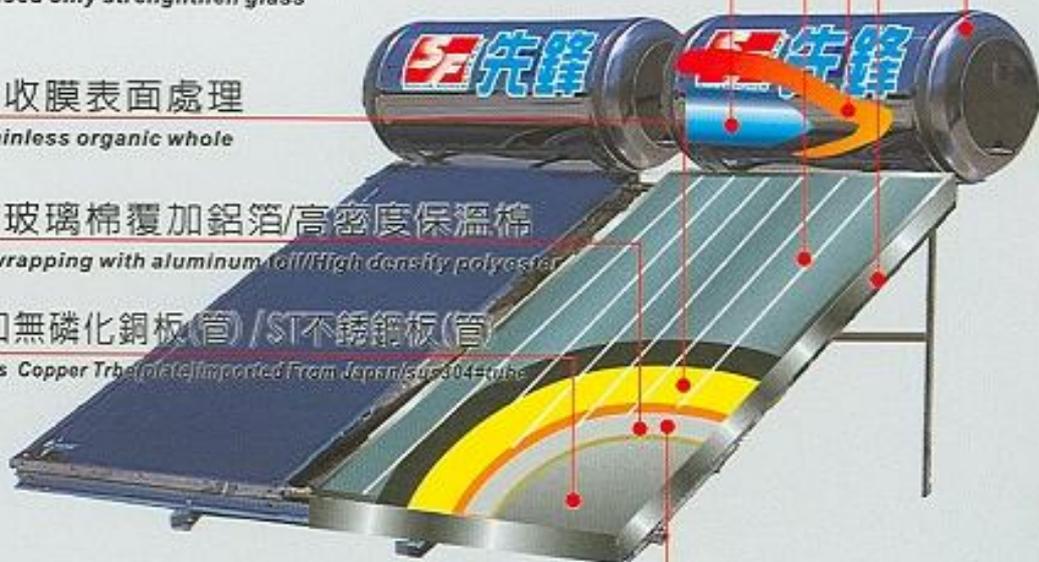
Glass cotton wrapping with aluminum foil/high density polyester

採日本進口無磷化銅板(管)/ST不銹鋼板(管)

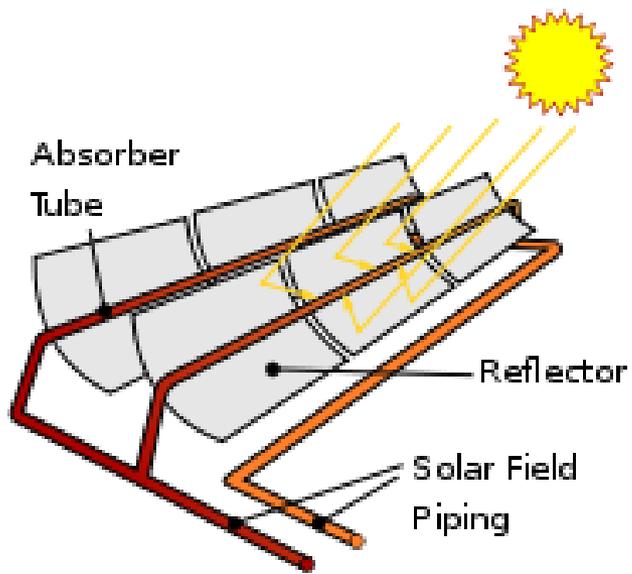
Phosphorousless Copper Tube(plate)Imported From Japan/sus304tube

高密度保麗龍

High density polyester







太陽能熱電











台灣日照再生能源發電平均每平方公尺不到1000瓦；假設我們在中山高速公路上面加蓋太陽能光電板，高速公路全長373公里，假設平均寬度為50公尺，則總面積為18.67萬平方公尺，如果太陽能光電池的效率為17%，意味著單位面積可安裝容量為170瓦（2008年之造價為4萬新台幣），則總裝置容量將為317萬千瓦（僅面板總價即7,568億），以台灣日照量每千瓦太陽能光電池裝置容量每年可以發電900~1300度來估計（南北部不同），則總發電量介於28億6000萬與41億3000萬度間，與核四預估之年發電量213億度（假設容量因數為90%）比，僅為核四發電量的13.4~19.4%。

台灣能源供應



能源消耗為全球之1%

電力消耗為全球之1.3%

人均電力消耗：9,550 度
世界平均值的 3.7 倍 (2004年)

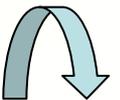
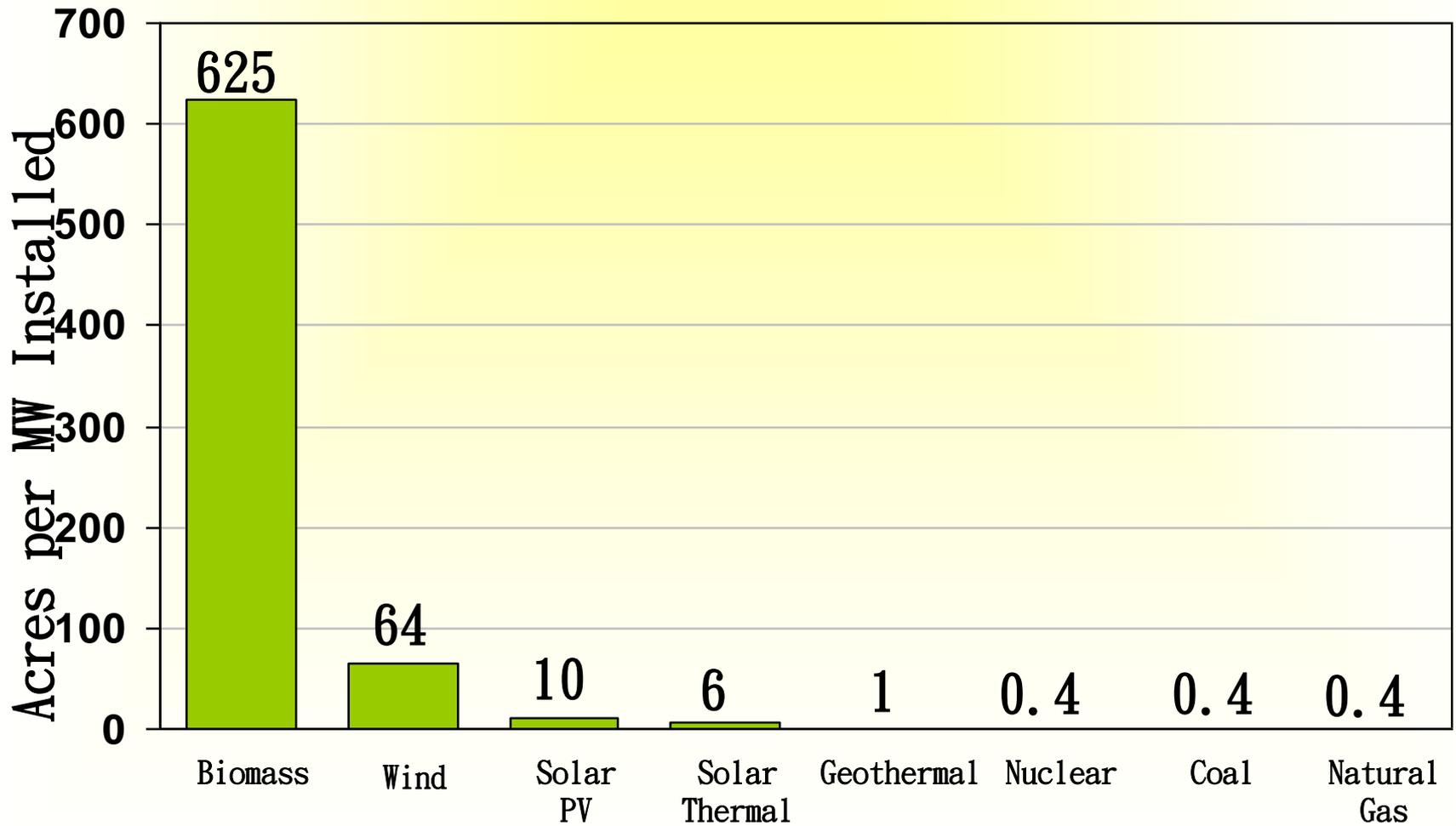
人口佔世界之 0.3%

土地面積為世界之 0.06%

超過99%的能源依賴進口

二氧化碳排放總量：261 百萬噸
~ 世界排放總量的1.0 %

發電之土地使用



World Energy Outlook 2002 (International Energy Agency)

- that world energy demand will grow by two-thirds in the next 30 years;
- that fossil fuels will continue to dominate the energy mix;
- that nearly two-thirds of the growth in energy demand will arise in developing countries;
- that financing the require new energy infrastructure is a huge challenge, depending largely on the framework conditions created by governments;
- that international energy trade will expand dramatically;
- that natural gas demand growth will outpace that of any other fossil fuel, but will itself be outpaced by demand growth for renewables;
- that transport will dominate the growth in oil use;
- that electricity use will grow faster than any other energy end-use;
- that the proportion of the world' s population without access to electricity will fall by a third; or conversely, that 1.4 billion people will still lack access to electricity in 2030;
- that, on the basis of present policies, carbon dioxide emissions from energy use will continue to grow steeply;
- that new technologies will emerge on the energy scene within 30 years; by a that it will be much longer before they become dominant.