

# 國立臺北大學通識教育中心

(國立交通大學、國立陽明大學、國立台北科技大學)

## 「能源概論」通識課程

(Week 14)

---

進度：永續能源與能源安全

NTPU

李育明

國立臺北大學公共事務學院  
自然資源與環境管理研究所教授

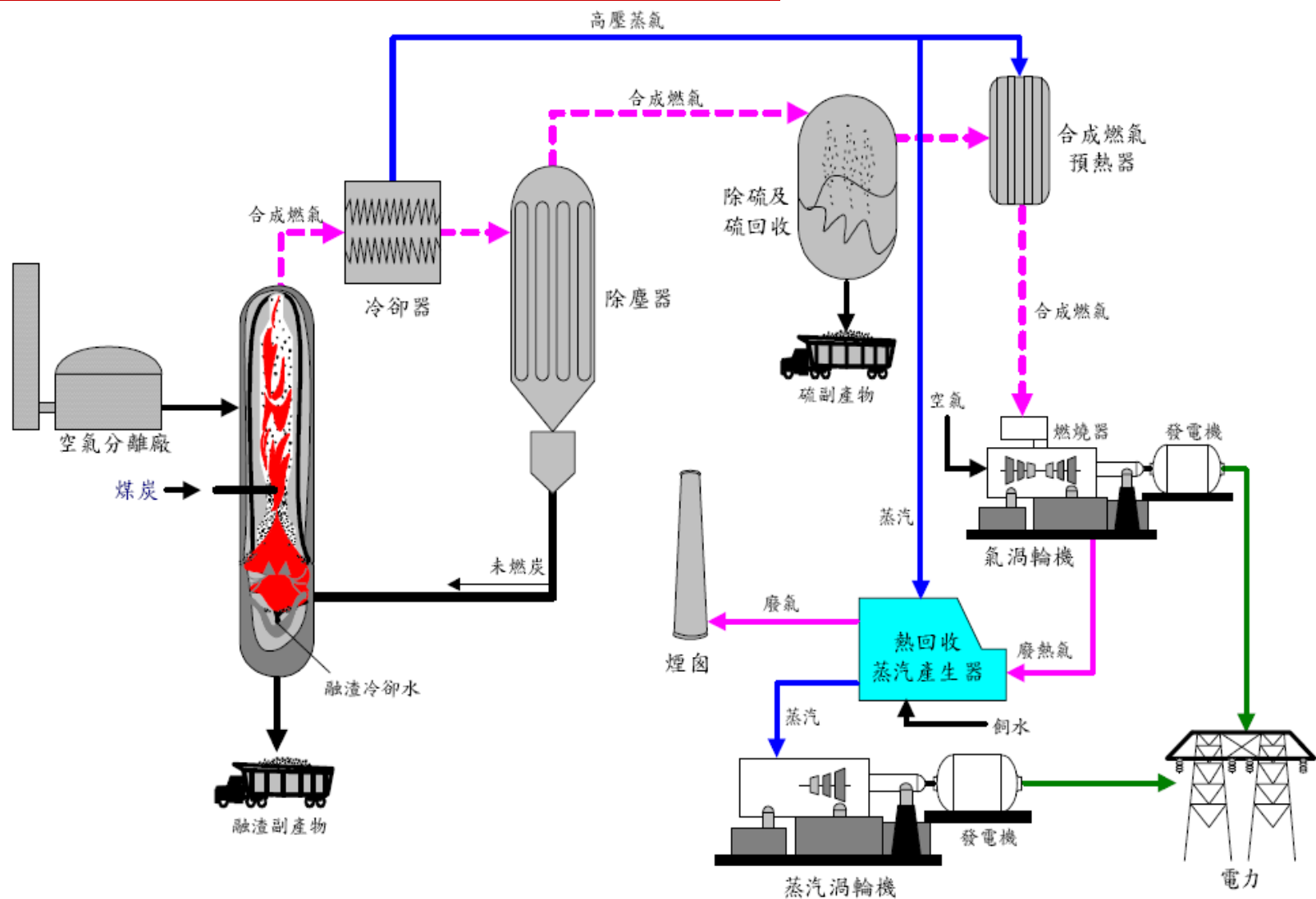
May 22, 2009

# 授課大綱

---

- 化石燃料新利用
- 放射性廢棄物處理、處置
- 永續能源政策綱領
- 2009年全國能源會議
- 永續能源－能源永續發展
  - 能源發展關鍵問題與挑戰
  - 永續能源、能源永續發展、永續能源發展
- 能源安全
  - 石油能源之崛起
  - 能源運輸與能源安全
  - 能源安全度

# IGCC流程示意圖



# 燃煤發電技術之綜合比較

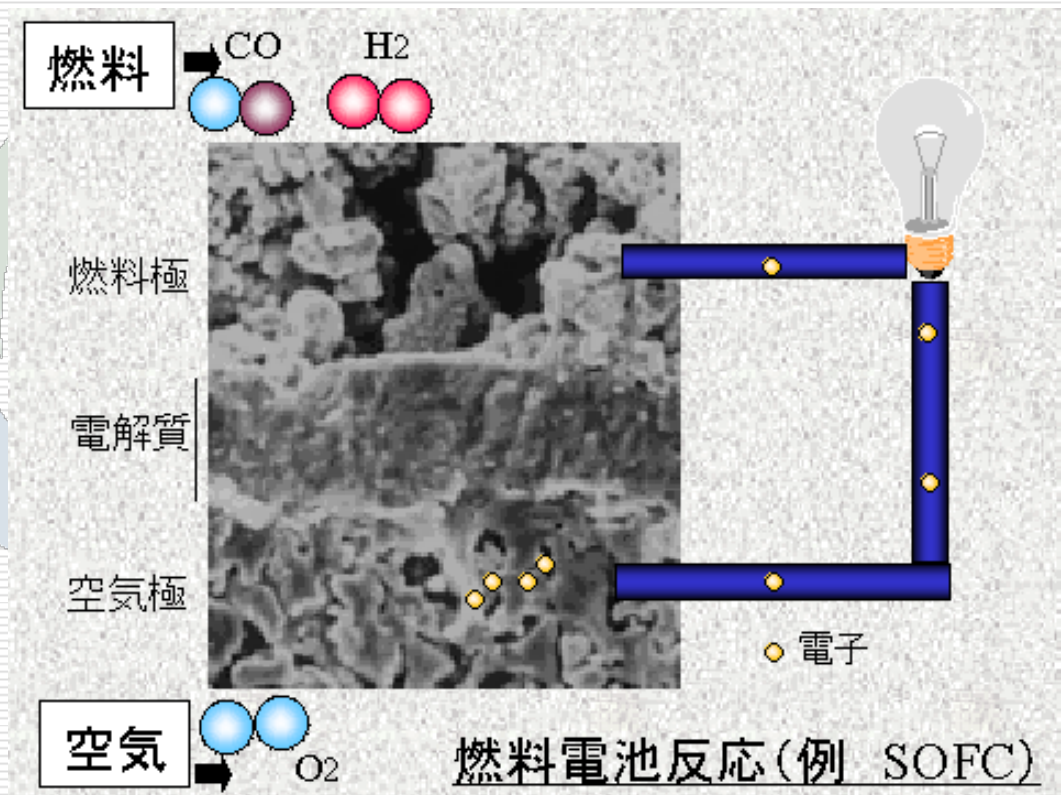
技術分類	次臨界 PC/FGD/LNB	超臨界 PC/FGD/SCR	PFBC/CC	IGCC
電廠效率(% LHV)				
目前	34~36	37~39	40~42	41~43
2010年			48~50	48~52
污染排放(%)	比較基準			
SO <sub>x</sub>	100	100	110~120	10~20
NO <sub>x</sub>	100	20~30	45~55	5~10
CO <sub>2</sub>	100	85~95	85~95	80~90
固態廢物	100	100	100~500	40~65
粉塵排放	100	100	100	40~50
建廠成本(US\$/KW)				
目前	900~1000	1000~1200	1400~1600	1200~1700
2010年			1100~1300	1000~1100
發電成本(c/KWh)				
目前	3.69	3.76	-	3.76
2010年				3.38

註：以美國建廠與運轉成本估算

([http://www.itri.org.tw/cfc/co2/15/gw15\\_3.pdf](http://www.itri.org.tw/cfc/co2/15/gw15_3.pdf))

# 燃料電池 (Fuel Cell)

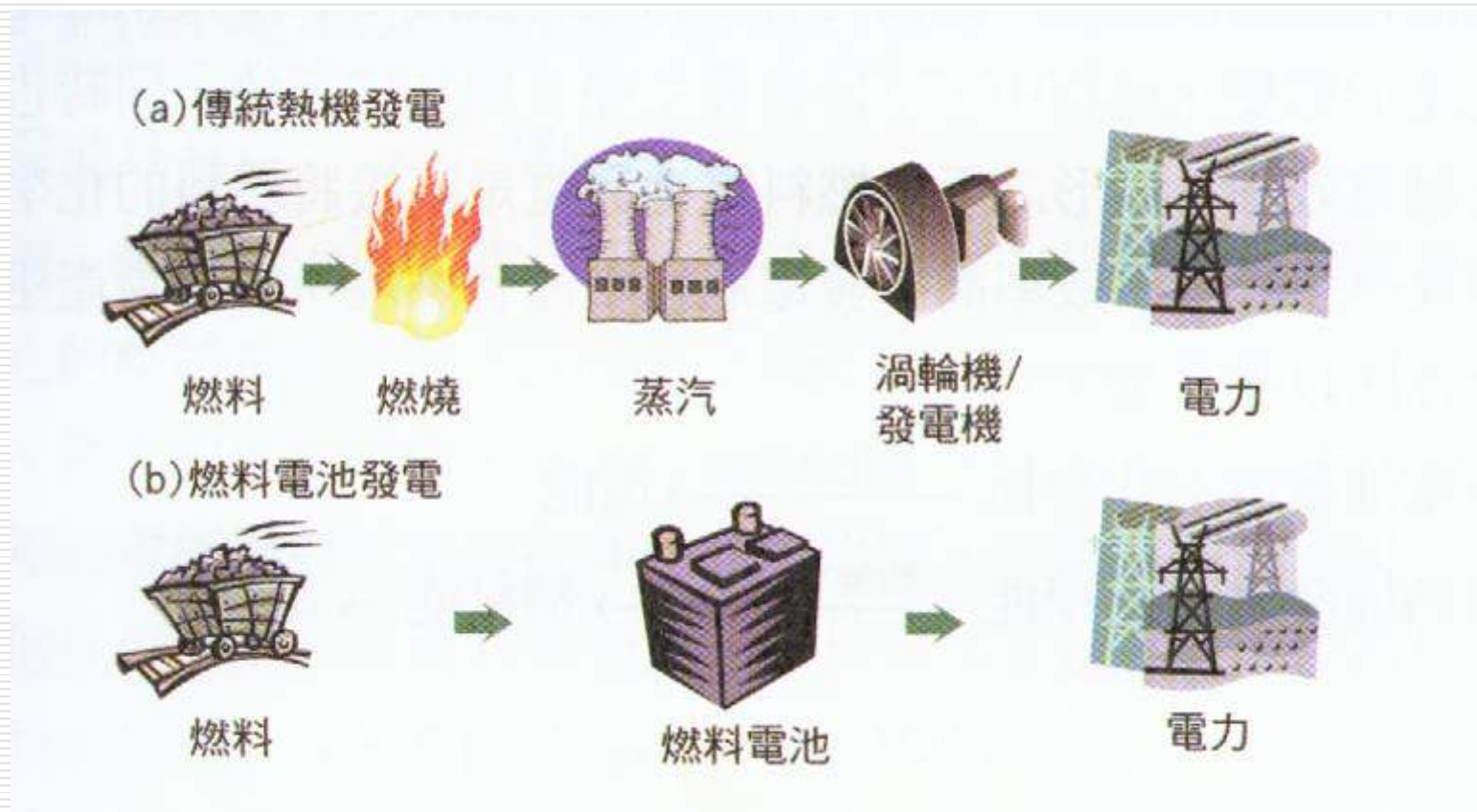
- 能源多元化：含有氫的物質都可以作為燃料  
如：氫氣、天然氣、酒精、甲醇等。
- 低污染：若使用氫為燃料產物為水，幾乎是零污染。
- 優勢與長處
  - 能量密度高  
(鋰電池的10倍)
  - 使用時間長  
(鋰電池的5倍)
- 燃料電池工作原理



# 燃料電池發電具有高效率之特點

傳統熱機發電：化學能(燃燒) → 熱能 → 機械能 → 電能

燃料電池發電：化學能(電化學反應) → 電能



# 燃料電池：依電解質及操作溫度分類

---

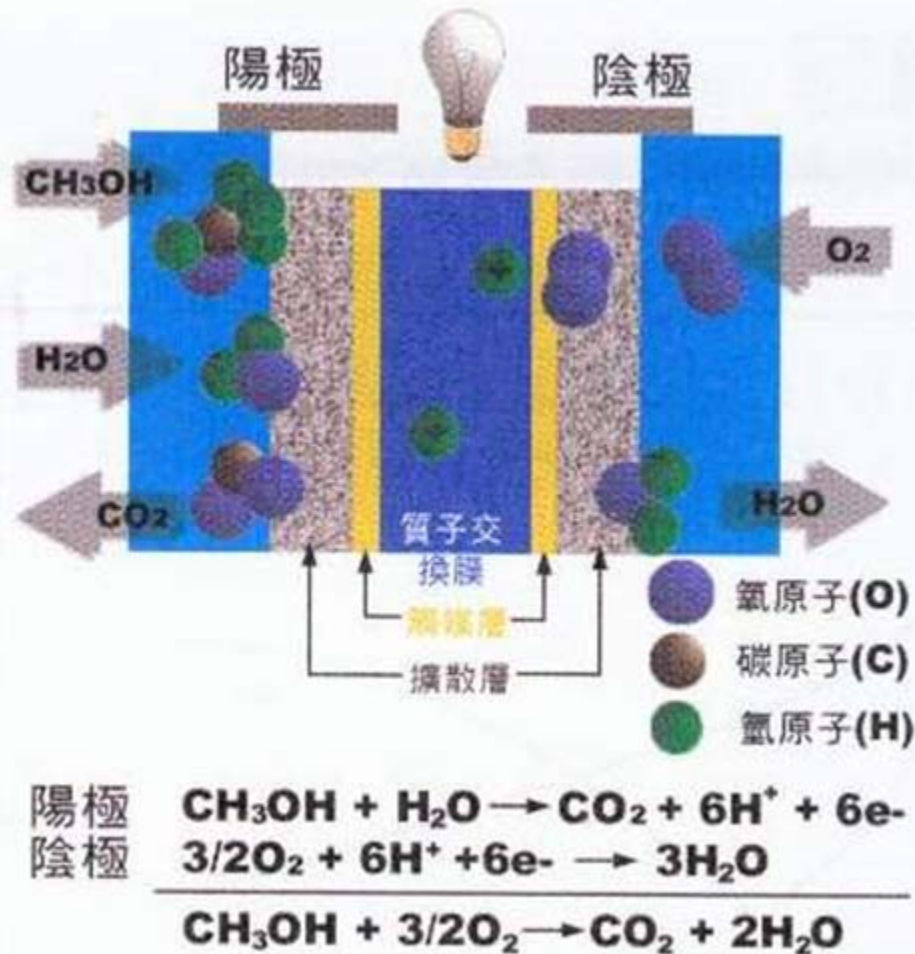
## ■ 低溫型 (60-220°C)

- 鹼性燃料電池 (AFC)
- 磷酸燃料電池 (PAFC)
- 質子交換膜燃料電池 (PEMFC)
- 直接甲醇燃料電池 (DMFC)

## ■ 高溫型 (600-1000°C)

- 熔融碳酸鹽燃料電池 (MCFC)
- 固態氧化物燃料電池 (SOFC)

# 直接甲醇燃料電池 (DMFC)



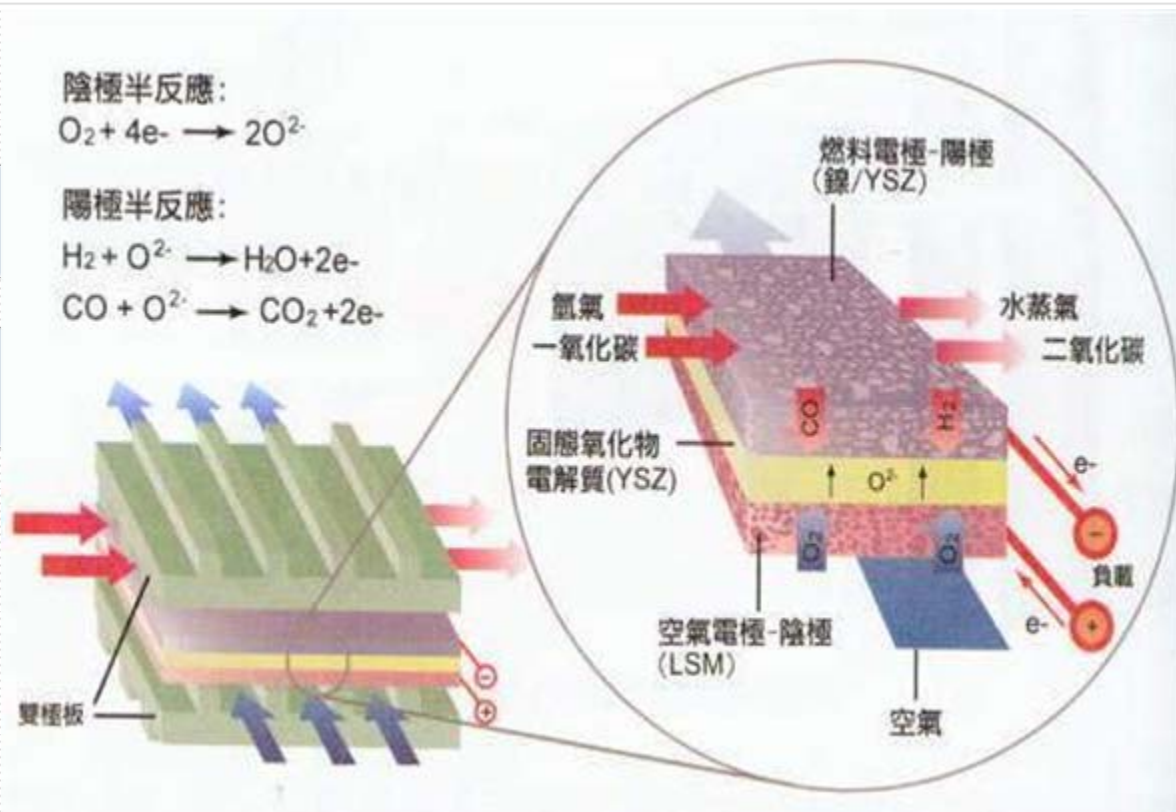
- 屬於質子交換膜燃料電池中之一類，只是直接使用液態甲醇為燃料。
- 主要應用於電子產品如手提電腦、行動電話及數位相機等3C產品。
- 尚待克服之問題包括：甲醇滲透、效率低及水的處理。

黃鎮江 (2003) 《燃料電池》，全華科技圖書公司。



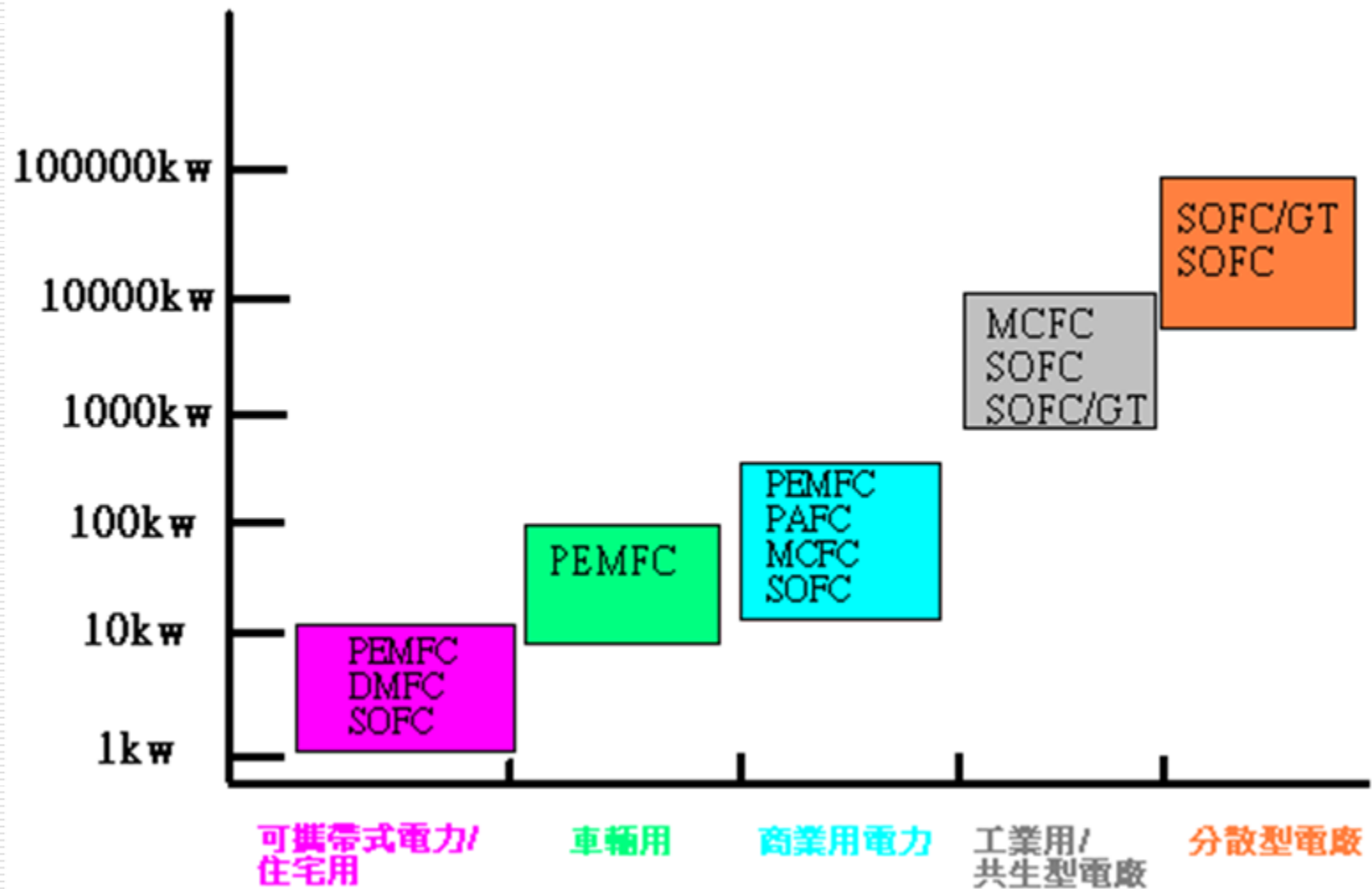
# 固態氧化物燃料電池 (SOFC)

- 電解質是固態YSZ (摻入三氧化二釷之氧化鋯)，導電離子為 $O^{2-}$ 。
- 工作溫度在攝氏800~1000度間，電池材料要求較高。
- 除了氫氣外，也可使用天然氣及煤氣等碳氫化合物為燃料。



黃鎮江 (2003) 《燃料電池》，全華科技圖書公司。

# 燃料電池發電容量與適用範圍



# 氫的來源與儲存

## □ 氫的來源

- 利用重組反應自甲烷中產生
- 煤炭氣化結合水—氣轉化反應(WGS)
- 利用太陽能來製造氫與氧：水電解法 ?!
- 可從植物或其它排泄物中分離出氫氣
- 細菌或綠藻可以藉由光合作用來製造氫
- 生質能、纖維素等水解、發酵產氫

## □ 氫的儲存

- 氣態高壓儲氫法
- 液態儲氫法
- 儲氫合金吸放氫法
- 奈米碳管吸放氫法

# 燃料電池機車與電動輪椅



ZESIV.5



D8C Scooter



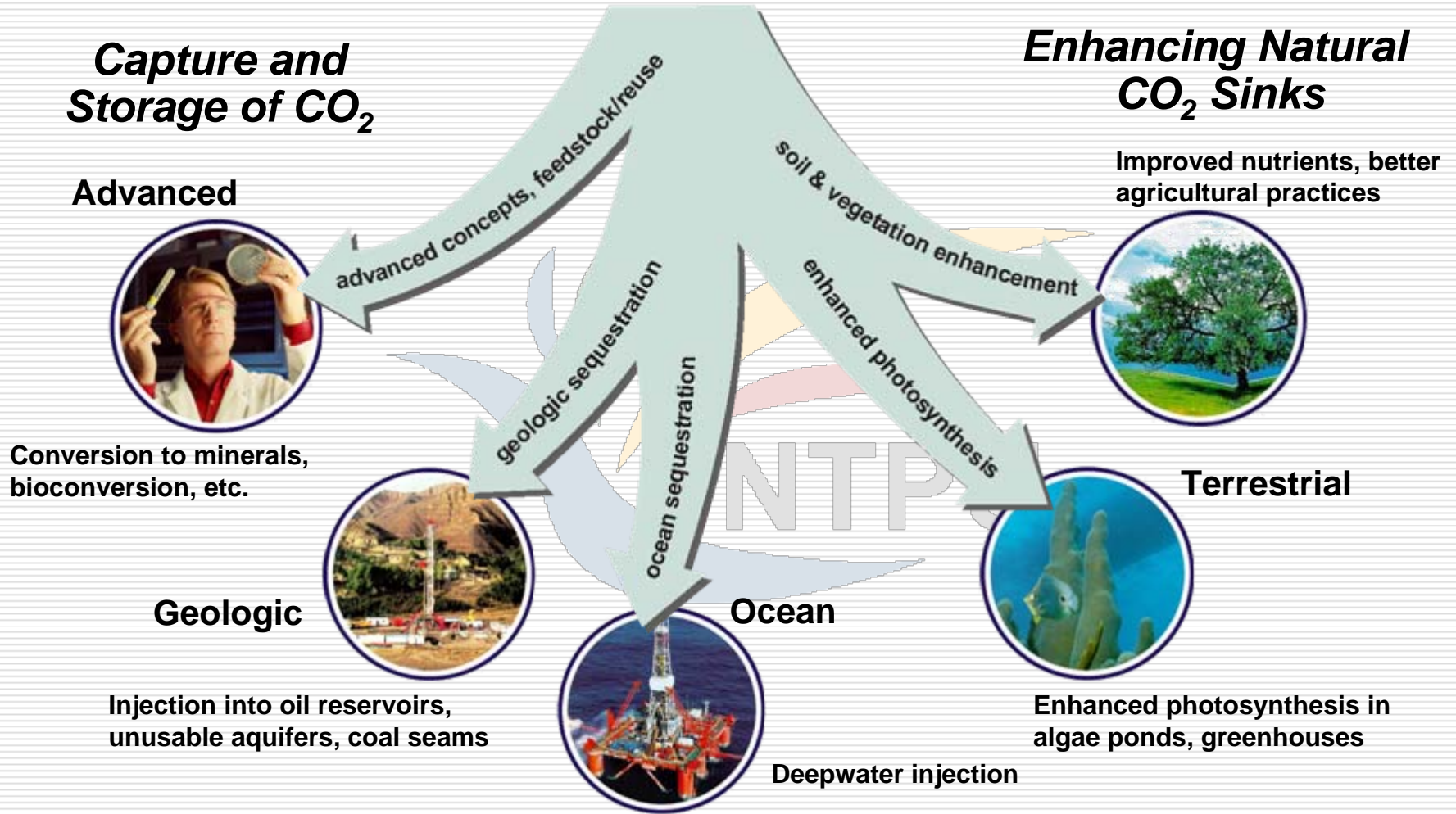
# 二氧化碳捕捉與封存

---

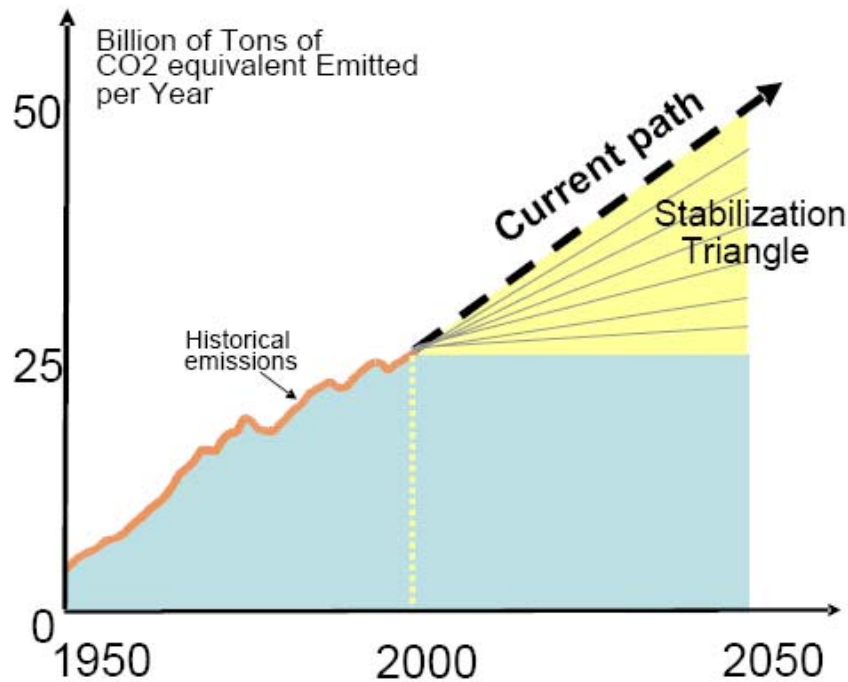
- 碳捕捉與封存 **CCS**  
**Carbon Capture and Storage (Sequestration)**
- 碳捕捉
  - 如何捕捉？如何暫存？
  - 產生源至封存地之運輸？
- 碳儲存或碳封存
  - **EOR 激勵採油法**
  - 礦脈、礦坑
  - 地下岩層、地下含水層
  - 深海、(外太空?)
- 跨世代公平性？

NTPU

# 碳封存示意圖

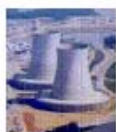


# The Climate Challenge



- In next 50 years, global emissions will double unless action is taken
- The challenge is how to stabilize atmospheric concentrations of greenhouse gases while still providing society with the energy it needs
- A simple model that illustrates a series of actions ('wedges') that could each reduce annual emissions by 3.5 billion tonnes of CO<sub>2</sub> by 2050
- Examples of a 'wedge' include:
  - doubling the fuel efficiency of 2 billion cars
  - gas replacing coal in 1,400 large new power stations
- The technologies are known today

# 7 Wedges of the Stabilisation Triangle



Wedges	Detail	Feasibility
Efficiency	Double fuel efficiency of 2 billion cars from 30 to 60 mpg	There are 600 million cars in the world today, Projection is 2 billion by 2054. 1 wedge ⚙ Double the average fuel efficiency of the fleet.
Fuel Switching	Replace 1400 coal electric plants with natural gas-powered facilities (Adding an amount in 2054 almost equal to today's world gas usage)	1 wedge ⚙ bringing one Alaska pipeline on line every year for 50 years; or 1 wedge ⚙ 50 large LNG tankers docking and discharging every day
Carbon capture and storage	Capture AND store emissions from 800 coal electric plants	1 wedge ⚙ 3500 In Salah developments (each need to last through to 2054)
Nuclear	Add double the current global nuclear capacity to replace coal-based electricity	400 nuclear plants today, 1 wedge ⚙ adding 700 more in the next 50 years
Wind	Increase wind electricity capacity by 50 times relative to today, for a total of 2 million large windmills	1 wedge ⚙ windmills on an area approx 4 times that of UK
Solar	Use 40,000 square kms of solar panels to produce hydrogen for fuel cell cars	1 wedge ⚙ solar panels covering area 230 times the area of London (1/12 size of UK)
Natural sinks	Eliminate tropical deforestation AND create new plantations on non-forested land to quintuple current plantation area	1 wedge ⚙ new plantations with a total area 25 times that of the UK



# 核能電廠放射性廢棄物

各核電廠低放廢棄物之貯存空間與使用情形

低放廢棄物(桶)		現存庫容量(桶)
總量	192,108	
蘭 嶼	97,960	
核一廠	40,169	73,090
核二廠	46,553	95,421
核三廠	7,426	12,600

台電公司各核能電廠用過核子燃料池貯存統計表

電廠	燃料池容量 (燃料束)	用過核子燃料至 2008年10月底之 貯存量(燃料束)	40年運轉後之 用過核子燃料 產生量(燃料 束)	40年運轉後用 過核子燃料產 生量(tU)	燃料池容量 不足數(燃料 束)
核一廠	3,083 × 2	5,206	7,532	1,341	1,366
核二廠	5,026 × 2	7,024	11,544	1,947	1,564
核三廠	2,151 × 2	2,127	3,842	1,633	0
核四廠	8,261 × 2	0	13,808	2,430	0
總計	37,056	14,357	36,726	7,351	2,930

# 低放射性廢棄物最終處置

- 民國61年，政府開始以國防工業為由，尋覓核廢料處置場；63年選定蘭嶼為「台電核廢料貯存場」，70年，雅美人發現進入蘭嶼的是核廢料不是工廠時，開始展開抗議。
- 91年12月底，蘭嶼當地發動7天的大規模抗爭，當時的經濟部長陳瑞隆親登蘭嶼協調，允諾成立「蘭嶼核廢料場遷場推動委員會」和「蘭嶼總體社區營造推動小組」。
- 92年遷場推動委員會開始運作，「低放射性廢棄物最終處置條例」送到立法院。92年4月，前總統陳水扁到台東再次承諾「己所不欲勿施於人」，別人不喜歡的東西也不能放在蘭嶼。
- 95年5月24日，總統公布選址條例，將「核廢料」定義為「低放射性廢棄物」，且明定經濟部為最終處置場的選址主管機關，同時成立「選址小組」。
- 95年11月17日，依據場址條例發布「低放射性廢棄物最終處置設施場禁置地區及範圍及認定標準」。
- 97年8月19日，完成潛在場址票選並提報經濟部，97年8月29日公告「台東縣達仁鄉」、「屏東縣牡丹鄉」、「澎湖縣望安鄉」等3處低放射性廢棄物最終處置設施潛在場址。
- 98年3月17日備受爭議的「低放射性廢棄物最終處置場」最後2個建議場址敲定，分別是台東縣達仁鄉和澎湖縣望安鄉。

# 永續能源政策綱領 (經濟部97.6.5)

## 一、政策目標—「能源、環保與經濟」三贏

永續能源發展應兼顧「能源安全」、「經濟發展」與「環境保護」，以滿足未來世代發展的需要。台灣自然資源不足，環境承載有限，永續能源政策應將有限資源作有「效率」的使用，開發對環境友善的「潔淨」能源，與確保持續「穩定」的能源供應，以創造跨世代能源、環保與經濟三贏願景。

### (一) 提高能源效率：

未來8年每年提高能源效率2%以上，使能源密集度於2015年較2005年下降20%以上；並藉由技術突破及配套措施，2025年下降50%以上。

### (二) 發展潔淨能源：

- 1.全國二氧化碳排放減量，於2016年至2020年間回到2008年排放量，於2025年回到2000年排放量。
- 2.發電系統中低碳能源占比由40%增加至2025年的55%以上。

### (三) 確保能源供應穩定：

建立滿足未來4年經濟成長6%及2015年每人年均所得達3萬美元經濟發展目標的能源安全供應系統。

# 永續能源政策綱領 (經濟部97.6.5)

## 二、政策原則—「二高二低」

永續能源政策的基本原則將建構

「高效率」、「高價值」

「低排放」及「低依賴」

二高二低的能源消費型態與能源供應系統

「高效率」：提高能源使用與生產效率

「高價值」：增加能源利用的附加價值

「低排放」：追求低碳與低污染能源供給消費方式

「低依賴」：降低對化石能源與進口能源的依存度

# 永續能源政策綱領 (經濟部97.6.5)

## 三、政策綱領—「淨源節流」

永續能源政策的推動綱領，將由能源供應面的「淨源」與能源需求面的「節流」做起。

(一) 在「淨源」方面，推動能源結構改造與效率提升：

1. 積極發展無碳再生能源，有效運用再生能源開發潛力，於2025年占發電系統的8%以上。
2. 增加低碳天然氣使用，於2025年占發電系統的25%以上。
3. 促進能源多元化，將核能作為無碳能源的選項。
4. 加速電廠的汰舊換新，訂定電廠整體效率提升計畫，並要求新電廠達全球最佳可行發電轉換效率水準。
5. 透過國際共同研發，引進淨煤技術及發展碳捕捉與封存，降低發電系統的碳排放。
6. 促使能源價格合理化，短期能源價格反映內部成本，中長期以漸進方式合理反映外部成本。

# 永續能源政策綱領 (經濟部97.6.5)

(二) 在「節流」方面，推動各部門的實質節能減碳措施：

## 1. 產業部門：

- (1) 促使產業結構朝高附加價值及低耗能方向調整，使單位產值碳排放密集度於2025年下降30%以上。
- (2) 核配企業碳排放額度，賦予減碳責任，促使企業加強推動節能減碳產銷系統。
- (3) 輔導中小企業提高節能減碳能力，建立誘因措施及管理機制，鼓勵清潔生產應用。
- (4) 獎勵推廣節能減碳及再生能源等綠色能源產業，創造新的能源經濟。

## 2. 運輸部門：

- (1) 建構便捷大眾運輸網，紓緩汽機車使用與成長。
- (2) 建構「智慧型運輸系統」，提供即時交通資訊，強化交通管理功能。
- (3) 建立人本導向，綠色運具為主之都市交通環境。
- (4) 提升私人運具新車耗能水準，於2015年提高25%。

# 永續能源政策綱領 (經濟部97.6.5)

## 3.住商部門：

- (1) 強化都市整體規劃，推動都市綠化造林，建構低碳城市。
- (2) 推動「低碳節能綠建築」，全面推行新建建築物之外殼與空調系統節能設計與管理。
- (3) 提升各類用電器具能源效率，於2011年提高10%~70%，2015年再進一步提高標準，並推廣高效率產品。
- (4) 推動節能照明革命，推廣各類傳統照明器具汰換為省能20~90%之高效率產品。

## 4.政府部門：

- (1) 推動政府機關學校未來一年用電用油負成長，並以2015年累計節約7%為目標。
- (2) 政策規劃應具有「**碳中和 (Carbon Neutral)**」概念，以預防、預警和篩選原則進行碳管理。

## 5.社會大眾：

- (1) 推動全民節能減碳運動，宣導全民朝「**一人一天減少一公斤碳足跡**」努力。
- (2) 從中央、地方政府到鄉鎮村里，自機關學校到企業及民間團體，發揮組織動員能量，推動無碳消費習慣，建構低碳及循環型社會。

# 永續能源政策綱領 (經濟部97.6.5)

## (三) 建構完整的法規基礎與相關機制：

### 1. 法規基礎：

- (1) 推動「**溫室氣體減量法**」完成立法，建構溫室氣體減量能力並進行實質減量；
- (2) 推動「**再生能源發展條例**」完成立法，發展潔淨能源；
- (3) 研擬「**能源稅條例**」並推動立法，反應能源外部成本；
- (4) 修正「**能源管理法**」，有效推動節能措施。

### 2. 配套機制：

- (1) 建立公平、效率及開放的能源市場，促使能源市場逐步自由化，消除市場進入障礙，提供更優質的能源服務。
- (2) 規劃碳權交易及設置減碳基金，輔導產業以「**造林植草**」或其他減碳節能方案取得減量額度；推動參與國際減碳機制，透過國際合作加強我國減量能量。
- (3) 能源相關研究經費4年內由每年50億元倍增至100億元，提升科技研發能量。
- (4) 紮根節能減碳環境教育，推動全民教育宣導及永續綠校園。



# 永續能源政策綱領 (經濟部97.6.5)

## 四、後續推動

- (一)各部門依據本綱領項目，擬定具體行動計畫，並訂定各工作項目量化目標據以推動。
- (二)各部門行動計畫績效，須符合各部門規劃分配之節能減碳額度，以達成全國二氧化碳排放減量目標。
- (三)訂定追蹤管考機制，定期檢討執行成果與做法，以實現整體節能減碳目標。

政策目標—「能源、環保與經濟」三贏  
政策原則—「二高二低」  
政策綱領—「淨源節流」  
後續推動

『節能減碳無悔措施全民行動方案』(環保署 97.6.4)

『永續能源政策綱領—節能減碳行動方案』(經建會 97.9.4)

# 永續能源政策綱領－節能減碳行動方案：策略

以「永續能源政策綱領」為基礎，擴增內涵，訂定「節能減碳行動方案」。

## (一) 改造能源結構，提升發電效率

- 1、積極發展無碳再生能源，於2025年占發電系統的8%以上。
- 2、天然氣發電，於2025年占發電系統的25%以上。
- 3、核能作為無碳能源的選項。
- 4、加速電廠的汰舊換新；改善電網結構；推廣汽電共生。
- 5、透過國際共同研發，降低發電系統的碳排放。
- 6、促使能源價格合理化。

## (二) 降低企業排碳，發展綠色產業

- 1、促使產業結構朝高附加價值及低耗能方向調整，使單位產值碳排放密集度於2025年下降30%以上。
- 2、核配企業碳排放額度，推動企業產銷節能減碳。
- 3、輔導中小企業提高節能減碳能力。
- 4、獎勵發展新的能源經濟產業。

# 永續能源政策綱領－節能減碳行動方案：策略

## (三) 建構便捷運網，人本交通環境

- 1、建構便捷大眾運輸網，紓緩汽機車使用與成長。
- 2、建構「智慧型運輸系統」，強化交通管理功能。
- 3、建立人本導向，綠色運具（腳踏車與人行步道）為主之都市交通環境。
- 4、鼓勵使用替代燃料運具。
- 5、提升私人運具新車效率水準，於2015年提高25%。

## (四) 邁向低碳城市，推廣節能照明

- 1、提高都市綠覆率，推動「綠建築」。
- 2、規範營建廢棄物減量，及公共工程使用再生建材比率。
- 3、提升各類用電器具能源效率，於2011年提高10%~70%。
- 4、推廣照明器具汰換為省能20~90%之高效率產品。

# 永續能源政策綱領－節能減碳行動方案：策略

## (五) 全民減碳運動，廢棄回收利用

- 1、推動政府機關學校未來一年用電用油負成長，並以2015年累計節約7%為目標。
- 2、推動全民節能減碳運動，宣導全民朝「一人一天至少減一公斤碳足跡」努力。
- 3、推動造林及廣植行道樹，提升森林覆蓋率。
- 4、畜牧管理，提升氮肥技術，降低氣體排放。
- 5、廢棄物回收處理再利用；全台焚化爐逐步轉型為「地區生質能源中心」。

## (六) 完善法規基礎，建置配套機制

- 1、完成「溫室氣體減量法」立法，建構減量法源
- 2、推動能源相關法案、促使能源市場自由化
- 3、推動溫室氣體國際合作、提升我國減量能力
- 4、完善溫室氣體盤查資料庫、建立溫室氣體排放清冊
- 5、提升能源科技研發能量、整合部會研發政策與經費

# 永續能源發展情勢分析

98全國能源會議 系列報導

98年全國能源會議研究小組

編譯【台灣科技大學能源工程系教授】  
王永清【人海大學環境工程學副教授】

## 永續能源發展情勢探析

### 未來能源發展趨勢

國際能源署(IEA)預測，未來能源發展將朝向「多元化」與「可再生」的方向發展。主要趨勢包括：1. 核能：由於全球氣候變遷，核能將成為重要的基載能源。2. 再生能源：風能、太陽能、水能等將持續增長。3. 天然氣：作為過渡能源，天然氣將扮演重要角色。4. 煤炭：傳統能源，但增長放緩。5. 石油：傳統能源，增長放緩。6. 電力：隨著全球工業化，電力需求將持續增長。

▲圖一 全球能源需求趨勢 (International Energy Agency, 2008)

### 全球能源成長趨勢

根據國際能源署(IEA)的預測，全球能源需求將在未來二十年內持續增長。主要增長動力來自亞洲，特別是中國和印度。全球能源需求預計將在2020年達到約18,000億噸油當量。

### 我國能源發展方向

根據我國能源政策，未來將致力於發展清潔能源，提高能源效率，並逐步減少對化石燃料的依賴。主要方向包括：1. 發展核能：作為基載能源，提高電力供應穩定性。2. 推廣再生能源：利用我國豐富的風能、太陽能資源。3. 提高能源效率：通過技術創新和標準制定，降低單位GDP的能耗。

### 我國能源發展的障礙

我國能源發展面臨的主要障礙包括：1. 能源資源分布不均：煤炭集中在北方，水能集中在西南。2. 能源效率偏低：工業和建築部門的能源消耗量大，但效率低。3. 環境污染：化石燃料的燃燒導致空氣污染和溫室效應。4. 技術研發投入不足：在核能、再生能源等領域的技術研發需要更多支持。

### 國際能源發展的資訊

燃料	1980	2000	2005	2015	2020	2020-2040年 平均增長率
煤炭	1,799	2,972	3,992	3,999	4,244	1.0%
石油	2,435	2,847	4,000	6,720	5,555	1.0%
天然氣	1,737	2,249	2,764	5,244	3,545	3.1%
核能	386	676	721	401	441	0.7%
水力發電	547	726	751	727	410	2.0%
風力發電	793	1,291	1,749	1,239	1,212	1.6%
其他再生能源	17	55	61	145	200	0.5%
總計	7,534	10,013	11,624	16,961	13,711	1.6%

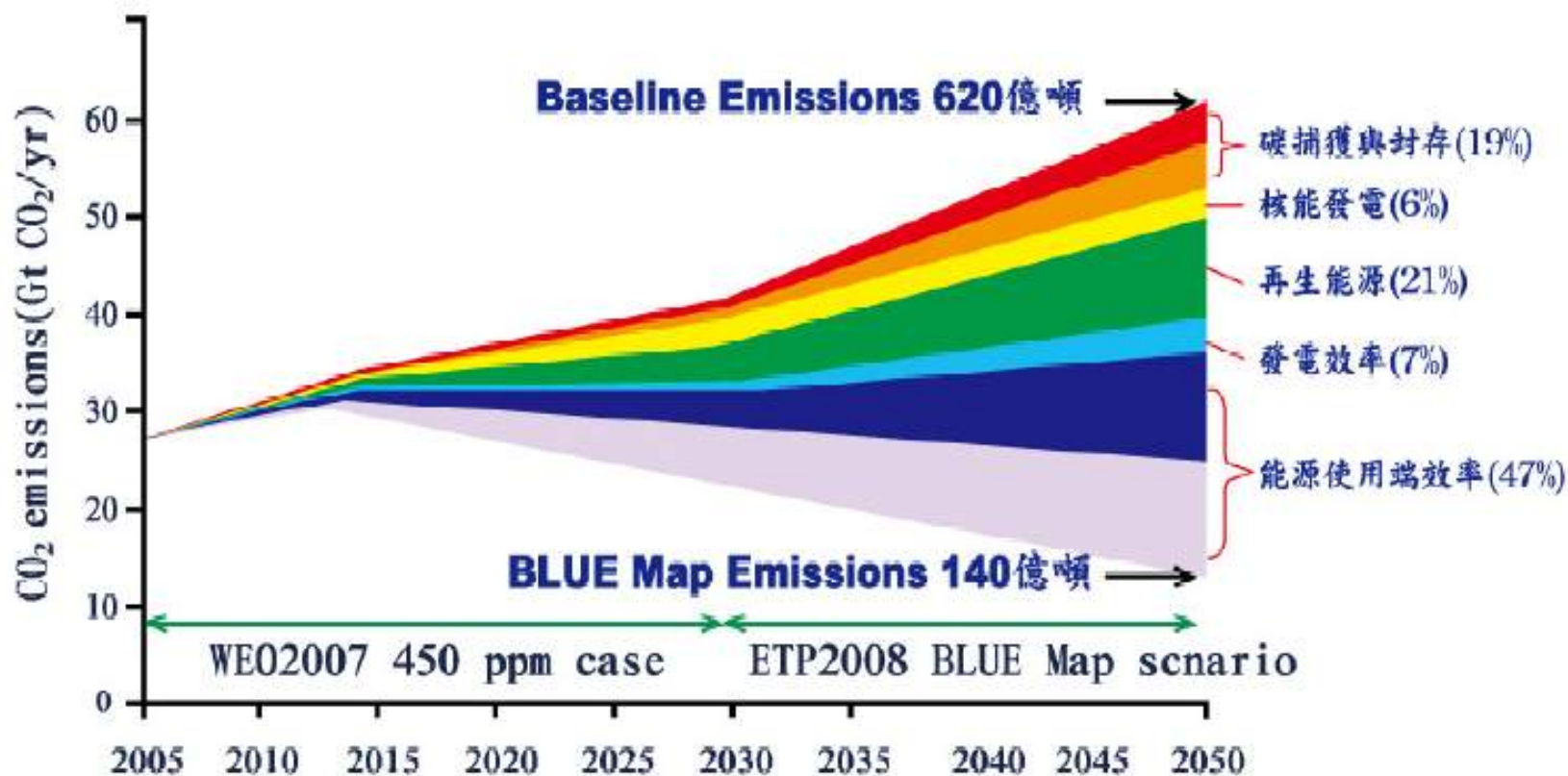
\*資料來源：國際能源署

### CO2排放與能源供應系統

CO2排放與能源供應系統的關係密切。高效率和低排放的能源供應系統是減少CO2排放的關鍵。這需要通過提高能源效率、推廣清潔能源和優化能源結構來實現。

▲圖二 CO2排放與能源供應系統 (IEA Energy Technology Perspectives 2006)

# 溫室氣體減量關鍵技術



資料來源：IEA Energy Technology Perspective 2008

# 永續能源政策原則

圖三 我國永續能源政策原則「二高二低」



資料來源：經濟部能源局,2008

# 2009年全國能源會議



98<sup>th</sup>全國能源會議

## 政策目標

2025年溫室氣體排放量回歸2000年

2025年能源密集度降低50%以上

支撐2015年國民所得3萬美元之能源供應體系

## 核心議題

尋求對達成永續能源政策綱領政策目標之共識

永續發展與能源安全

能源管理與效率提升

能源價格與市場開放

能源科技與產業發展



# 2009年全國能源會議



98<sup>th</sup>全國能源會議

核心議題	子議題	討論重點說明
永續發展與能源安全	低碳社會與永續發展	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 低碳社會的內涵與特性</li> <li>■ 政策環評的制度創新</li> </ul>
	能源安全體系建置	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 能源安全指標體系的建構與增進機制</li> <li>■ 能源安全與國家安全及產業競爭力的關聯</li> <li>■ 能源及產業結構調整對能源安全的影響</li> <li>■ 能源安全與國際能源夥伴關係的建置</li> </ul>
	低碳能源結構調整	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 低碳能源發展</li> <li>■ 再生能源推廣</li> <li>■ 核能發電應用</li> </ul>
能源管理與效率提升	產業結構低碳化	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 能源密集產業策略定位</li> <li>■ 新興重大能源使用產業發展</li> </ul>
	部門效率提升	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 部門能源效率提升</li> <li>■ 部門低碳發展策略</li> <li>■ 全民節能減碳規劃與推動</li> </ul>
	政策工具規劃與整合	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 經濟工具（碳稅(能源稅)、排放交易、補貼、能源價格政策)的選擇與整合</li> <li>■ 管制工具與立法（減排與能源密集度的目標、排放配額、碳預算)的規劃與執行機制</li> </ul>

# 2009年全國能源會議



98<sup>th</sup>全國能源會議

核心議題	子議題	討論重點說明
能源價格與市場開放	能源價格合理化	<ul style="list-style-type: none"> <li>■短期建立合理內部成本反映機制，以維繫公共能源事業正常營運</li> <li>■長期反映能源使用外部成本，以引導節能</li> <li>■階段性能源供需技術的成本效益呈現</li> </ul>
	能源市場開放	<ul style="list-style-type: none"> <li>■降低能源市場進入障礙</li> <li>■能源事業民營化及市場公平競爭機制建置</li> </ul>
	能源價格與國家競爭力	<ul style="list-style-type: none"> <li>■能源價格波動之經濟影響評估</li> <li>■能源價格波動因應措施</li> </ul>
能源科技與產業發展	能源科技發展與人才培育	<ul style="list-style-type: none"> <li>■前瞻性科技發展策略擬定</li> <li>■能源產業技術人才培育</li> <li>■能源科技研發人才培育</li> </ul>
	新核能科技與產業	<ul style="list-style-type: none"> <li>■新型核能電廠科技研發之策略與規劃</li> <li>■核能發展之策略與規劃</li> <li>■用過核燃料與低階核廢料處置技術發展與研發資金</li> </ul>
	能源產業發展與配套基礎設施	<ul style="list-style-type: none"> <li>■國內節能減碳科技研發及國外先進節能減碳科技引進策略</li> <li>■擴大節能減碳技術應用，以帶動本土化綠能產業發展規劃</li> <li>■能源產業發展配套機制與基礎設施規劃</li> </ul>

# 全國能源會議結論：永續發展與能源安全

## □ 核心議題：永續發展與能源安全

- 子議題一：低碳社會與永續發展
- 子議題二：能源安全體系建置
- 子議題三：低碳能源結構調整

## 子議題一：低碳社會與永續發展

### 一、低碳社會與永續發展理念的追求：

低碳社會建構應符合永續發展目標；永續能源發展應將有限資源作有「效率」的使用與管理，開發對環境友善的「潔淨」能源，確保持續「穩定」與「具經濟競爭力」的能源供應，方可兼顧經濟發展、環境保護及社會正義，創造一個跨世代能源、環保與經濟三贏願景。

# 永續發展與能源安全：低碳社會與永續發展

## 二、低碳社會與永續發展目標的確認：

- (一)溫室氣體減量目標：全國2007年二氧化碳排放量為268百萬噸，應訂定每年減碳目標，於2016年至2020年間回到2008年排放量，於2025年回到2000年排放量(214百萬噸)，並視後京都時期協議後續發展調整減量目標。我國溫室氣體減量目標係考量我國減量與調適能力，承擔共同但差異的責任，符合國際公約基本原則。
- (二)低碳社會目標：
- (三)低碳經濟目標：2007年全國能源密集度為9.36公升油當量/千元，於2025年較2005年(9.65公升油當量/千元)下降50%以上，每年提高能源效率2%以上，促成綠色產業發展與清潔生產，創造綠色就業與消費，帶領產業走向更經濟有效且環境和諧之生產型態。

# 永續發展與能源安全：低碳社會與永續發展

## 三、建構低碳社會與永續發展法制基石

- (一)研訂「**永續能源基本法**」，需取得全民對永續潔淨能源的共識，以建構潔淨能源經濟體系及生活方式，並藉由低碳技術及淨潔能源發展綠色產業與綠色工作機會，創造綠色成長契機。
- (二)取得全民共識之後，立即推動「**能源稅條例**」立法，促使外部成本內部化；以財政、稅務與金融激勵措施，創造低碳能源經濟誘因。
- (三)儘速通過「**溫室氣體減量法**」，明訂減量目標時程，以建構溫室氣體減量能力，減緩溫室氣體排放。
- (四)儘速通過「**再生能源發展條例**」，鼓勵民間參與低碳再生能源發電設施的設置。
- (五)儘速通過「**能源管理法**」**修正案**，增訂能源技術服務產業管理辦法，加強推動節約能源與提升能源效率。

# 永續發展與能源安全：低碳社會與永續發展

## 四、儘速建置低碳社會與永續發展運作機制

- (一) 政府部門應加強節能減碳國際潮流認知，政策規劃應符合「**碳中和(Carbon Neutral)**」原則，以預防、預警和篩選原則進行碳管理，審慎評估各項低碳措施之風險，並應訂定追蹤管考機制考核各部門是否具體執行。
- (二) **持續編制綠色國民所得帳**，作為國民生活水準、福利、及環境永續發展的總體指標。
- (三) 儘速建構國內**碳交易市場**，與國際碳交易平台接軌，建置符合國際查證規範之全國溫室氣體盤查登錄認證體系並推動專責查證人員之培訓與管理制度，發掘、創造碳價值，活化碳經濟機制。
- (四) 樹立**環境會計帳制度**，揭露企業投入（如能源及水等）和產出（包括產品及廢棄物等）實質資訊。
- (五) 建構**碳足跡、碳揭露**等制度，包含**產品生命週期**與人類活動碳排放量估算與揭露，建立企業氣候變遷風險分析能力，運用補貼及社會福利等制度，強化民眾減碳認知，推動全民減碳教育。
- (六) 應立即進行「**能源開發綱領**」**政策環境影響評估**（含：經濟與產業影響評估及可行性評估），以確保「**永續能源政策綱領**」有效實施。
- (七) 在永續發展與能源安全上，應納入性別的觀點及重視女性的聲音

# 永續發展與能源安全：低碳社會與永續發展

---

- 五、促進低碳社會型態的轉變
- 六、促進低碳科技研發與應用
- 七、引領低碳生活實踐的教育與宣導
- 八、強化我國氣候變遷調適規劃
- 九、建立國際減碳合作及全民參與機制

The logo for NTPU (National Tsing Hua University) is located in the lower right quadrant of the slide. It features a stylized, abstract graphic on the left consisting of several overlapping, curved shapes in shades of blue, green, and yellow. To the right of this graphic, the letters "NTPU" are displayed in a large, light gray, sans-serif font.

NTPU

# 永續發展與能源安全：能源安全體系建置

## 一、提升能源安全議題位階，強化能源戰略布局

- (一) 能源不僅是社會經濟活動的基礎，更具國家安全的戰略重要性，因此各國均視能源安全等同於國家安全，並作為外交拓展的主軸。因應國際能源情勢與未來挑戰，我國能源規劃應將能源安全與經濟發展及環境保護等量齊觀。
- (二) 因應氣候變遷及確保國家能源安全，以提高能源主管機關位階至部會級為目標，短期內應成立跨部會工作小組，以長期戰略觀念推動全球與區域能源佈局，並於短中程納入國家安全與能源外交的思維。
- (三) 建立安全預警指標進行風險管理與應變機制。



# 永續發展與能源安全：能源安全體系建置

## 二、建構能源供應安全體系

### (一)提高能源供應安全度

- 1.發展自主性高之再生能源，有效運用再生能源開發潛力，推動再生能源設置。
- 2.促進能源多元化，從2011年起逐年降低能源供應種類集中度及化石能源依存度。
- 3.強化低碳能源科技研發及建置，對前瞻性新能源研發展開佈局。

### (二)推動境外合作，確保能源供應穩定

- 1.積極參與國際能源組織，加強與能源出口國合作並規劃區域及多邊能源國際合作，促進進口能源分散，並提高國際能源市場的議價能力，架構能源穩定供應網絡。
- 2.擴大參與國際能源資源開發、技術及設備開發與生產，並積極發展綠能產業，以提升自主能源比例。
- 3.開源淨流為能源安全之重要指導方針，宜加強國內外能源探勘開發合作，掌握自主能源。

### (三)健全能源儲運機制

- 1.確保穩定煤、油安全存量機制，強化天然氣存量及儲槽與裝卸能量，將天然氣管線設置納入重要基礎設施，建構運輸供氣系統，推廣天然氣（CNG或LNG）驅動車輛，建立天然氣供應端與需求端預警聯繫機制。
- 2.積極建構與整併前瞻性新能源儲運系統。
- 3.提高能源自主運輸能量，確保進口能源國際運輸安全無虞。
- 4.推動境外儲油或國際共同儲油。

# 永續發展與能源安全：能源安全體系建置

## 三、強化安全與高效率電力系統，降低供應風險與損耗

- (一) 電力負載預測應配合國土空間發展策略規劃，電源開發方案規劃時，應考量能源使用效率提升，研究擴大時間電價差距，推動需量反應措施，設置智慧型電網及電表(AMI)的節能成效，據以建立安全與高效率電力系統。
- (二) 依電力系統負載特性、環境保護與內外部成本考量，維持適切的基、中、尖載機組比重，並依未來負載需求適時調整，俾利於維持長期電力穩定供電系統。
- (三) 國土空間發展策略規劃下，在通盤檢討時，都市計畫與區域計畫應預留電力等能源設施用地，於電力供需失衡時，應反饋至國土空間發展策略規劃。地方政府應協助取得輸變電設施足夠土地，以強化輸變電系統與區域供電平衡，解決供電瓶頸問題。
- (四) 為促進自主再生能源發展，應結合低碳社區積極推動「分散式能源系統」；由政府獎勵或補助連結電網之相關設施或系統建置，以提高民間參與誘因，並刺激相關產業發展。

## 四、因應國際重大能源供需失衡與價格衝擊，研議設置國家能源安全基金之必要性，以建構能源安全體系。

# 能源永續發展

---

## □ 永續發展 Sustainable Development

### ■ 可持續發展

■ 「永續發展係指做到滿足當代需求，同時不損及後代滿足其需要之發展。」

## □ 能源與永續發展

■ 世界永續發展高峰會議 WEHAB 發展核心

## □ 能源發展與永續發展

■ 能源與經濟發展

■ 經濟發展與環境保護；經濟發展與社會公平正義

## □ 能源永續發展

■ inter-generation 世代間；intra-generation 世代內

# 永續發展 (Sustainable Development)

- 「永續發展」一詞最早是由「國際自然及自然資源保護聯盟」、「聯合國環境規劃署」、及「世界野生動物基金會」三個國際保育組織，於1980年出版之「世界自然保育方案」報告中提出。1987年，聯合國世界環境與發展委員會(WCED)，發表「我們共同的未來」報告，將永續發展定義為：「能滿足當代需求，同時不損及後代子孫滿足其本身需求的發展」，自此推動永續發展在世界各國掀起浪潮。
- 「永續發展」應包含：公平性 (Fairness)、永續性 (Sustainability)、及共同性 (Commonality) 三個原則；就社會層面而言，主張公平分配，以滿足當代及後代全體人民的基本需求；就經濟層面而言，主張建立在保護地球自然系統基礎上的可持續經濟成長；就自然生態層面而言，主張人類與自然和諧相處。

# 永續發展 (Sustainable Development)

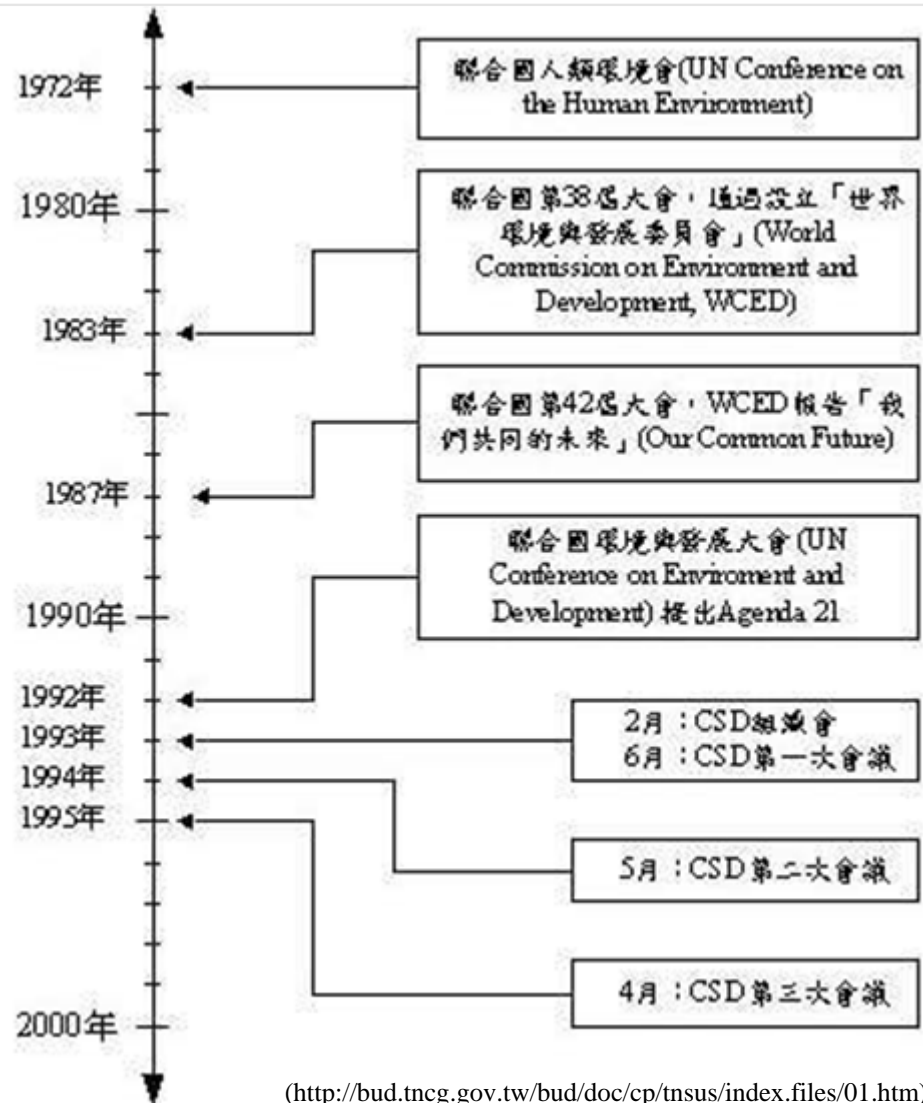
## □ 《環境基本法》

「永續發展係指做到滿足當代需求，同時不損及後代滿足其需要之發展。」

## □ 聯合國高峰會

■ 1992年里約熱內盧  
— 地球高峰會  
Earth Summit

■ 2002年約翰尼斯堡  
— 世界永續發展  
高峰會 WSSD



(<http://bud.tncg.gov.tw/bud/doc/cp/tnsus/index.files/01.htm>)

# 世界永續發展高峰會議 (WSSD)

- 『世界永續發展高峰會議 (WSSD)』：
  - 2002年8月於南非約翰尼斯堡召開
  - 簽署『世界永續發展高峰會議政治宣言』
  - 建構以**水資源 (Water)**、**能源 (Energy)**、**健康 (Health)**、**農業 (Agriculture)** 及 **生物多樣性 (Biodiversity)** 為核心的『**WEHAB**』人類文明
- 能源與永續發展
  - 能源與水資源
  - 能源與健康
  - 能源與農業
  - 能源與生物多樣性

NTPU

# 能源永續發展問題與發展目標

## □ 能源與永續發展的問題

- 全球約17~20億人口沒有普及電力，約有20億人口生活在電力嚴重短缺的地區
- 全球約有1/3人口仰賴傳統燃料(如薪材及農業殘餘)滿足日常暖氣或烹飪所需
- 全球最富有與最貧窮人口，能源使用量相差25倍
- 全球超過一半溫室氣體由燃燒化石燃料造成

## □ 《聯合國千禧宣言》能源發展目標：至2015年達到

- 再生能源足以供應經濟活動之能源需求
- 提高能源效率
- 發展潔淨傳統能源技術
- 促進永續生產與消費
- 提升健康與教育水準

# 能源永續發展

## □ 能源永續發展：

- 3E：能源、經濟與環境

- Dual 3E：經濟、環境與社會

## □ 永續能源發展 (李堅明)：

能夠充分滿足各世代追求永續發展之能源供給型態與能源消費行為。

- 永續能源發展應兼具「能源供給安全」、「經濟效率」及「環境保護」，其主要內涵：

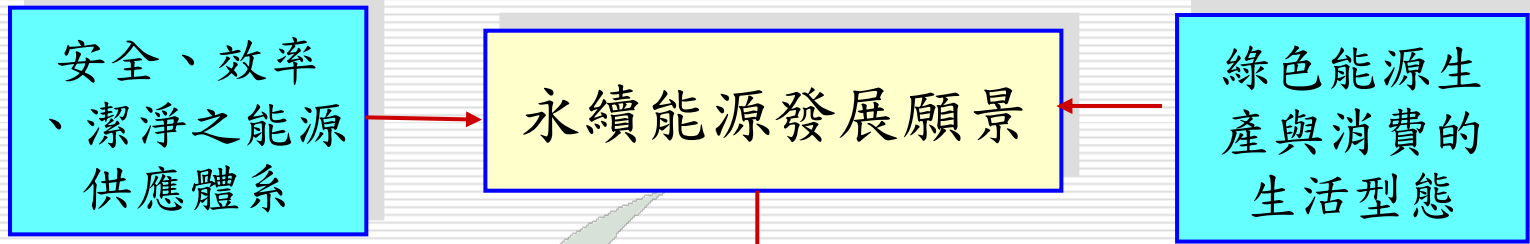
- 提供可靠、能負擔、具經濟可行、社會能接受及對環境友善的能源供給型態

- 建立綠色消費生活型態與行為

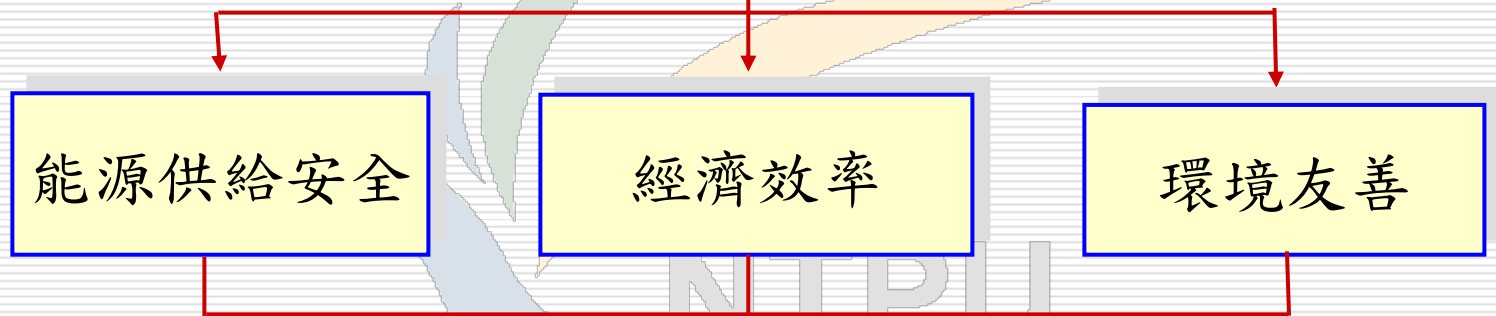


# 永續能源發展架構

永續能源願景



能源發展永續性



能源政策永續性

- 能源決策系統的完整性
- 能源供給系統的安全性
- 能源消費行為符合永續性
- 建立能源科技研發與教育

# 能源安全

## □ 能源安全

- 能源進口依存度
- 運輸路線之脆弱性
- 進口地區之集中程度
- 戰備儲油：依據「石油管理法」訂定「緊急時期石油處置辦法」，建立**30天政府安全儲油**

## □ 能源安全與國家安全

- 基本物資與生產料源
- 國民日常生活與經濟發展
- 戰時之部隊調動與後勤補給
- 禁運與海域封鎖

# 石油能源之崛起

## □ 傳統鯨魚油之爭奪

- **1830-1860年**，鯨魚油為主要能源，供應無數家庭照明、取暖，及工業的潤滑油。
- **1848年**，美墨戰爭墨西哥戰敗，美國強迫墨西哥在瓜達盧佩—伊達爾戈鎮(墨西哥城北)簽訂的屈辱性和約，墨西哥割讓加州、新墨西哥、內華達州等地區。至此美國具有西岸優勢海港，使其捕鯨船(約700艘)能大肆列奪鯨油。
- **1860年**，人類開始自石油中提煉燃油，由於價格低廉，復以鯨魚遭受濫捕，產量減少，鯨油逐漸被石油取代。

資料來源：「95年度大學院校能源教育通識課程推動計畫」結案報告  
資料來源：唐昫，「大搏殺--世紀石油之爭」，世界知識出版社(2004)

# 石油能源之崛起

## □ 第一次世界大戰：初露鋒芒

- 1914年，英國赴法陸軍僅有827輛汽車，大戰結束後，其陸軍已具備2.3萬量汽車與3.4萬機車，石油之戰爭需求與日俱增。
- 英法聯軍生產約12.3萬架戰機石油的使用與內燃機之改進，改變陸海空作戰機動性，亦左右戰爭勝敗。

## □ 第二次世界大戰：帝國的“腳後跟”

- 1941年，美國對日本進行石油禁運，日本為奪取東印度油田與保護運油航線，發動襲擊珍珠港計畫。
- 1941年，希特勒為奪取高加索地區與中東油田，保護其石油使用安全，相繼對俄國與北非發動戰爭。
- 戰爭之石油依賴性增加，使石油在戰爭中被作為戰略性武器，亦被稱為帝國的“腳後跟”。

資料來源：「95年度大學院校能源教育通識課程推動計畫」結案報告

資料來源：唐昫，”大搏殺--世紀石油之爭”，世界知識出版社(2004)

# 石油能源之崛起

## □ 美國：能源獨立戰爭

- **1973年後**，美國曾將其對中東石油的依賴度降至20%，但主要石油消費國(歐洲、日本等)，60~80%之石油仍由中東出口，控制中東國家可保持美國國家地位。
- **波灣戰爭後**，聯合國對伊拉克實施“以油換糧”計畫，使原油日生產由350萬桶下降至280萬桶，導致美國有意恢復伊拉克油田產能。
- **2001年911事件後**，美國對主要石油供應-沙國產生懷疑，並對能否從中東獲得石油感到擔憂。
- 美國在中東地區之石油戰略改變，為石油供需國之能源戰略投下一顆震撼彈。
- 卡翠那颶風、2008年油價飆漲...

資料來源：「95年度大學院校能源教育通識課程推動計畫」結案報告

資料來源：唐昫，”大搏殺--世紀石油之爭”，世界知識出版社(2004)

# 石油能源之崛起

## □1973成立國際能源署 (IEA)

OECD國家因應1973-74間以阿戰爭引發之石油危機而設立，以協調解決石油緊急事件，目前有26個會員國。

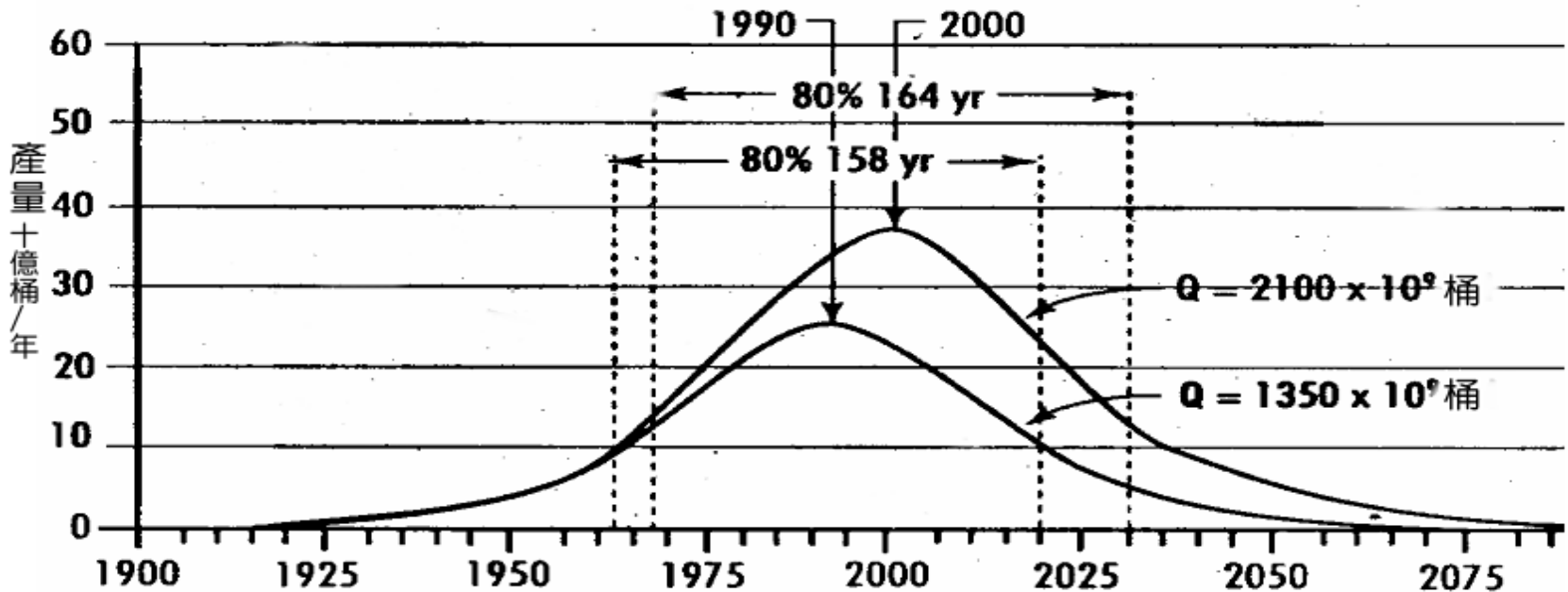
- 1974年11月15日成立，主要功能為敦促成員國建立石油戰略，協調突發事件引起石油供應中斷時成員國之石油供應與調配。
- 啟動石油供應緊急事件因應小組4次
  - 波斯灣戰爭，當供油一度降至每日430萬桶時；
  - 1999年進入2000年顧慮電腦系統可能因仟禧蟲失效；
  - 2002年委內瑞拉罷工事件；
  - 2005年凱翠娜風災造成墨西哥灣石油供應缺。
- 迄今僅2度釋出儲備用油：
  - 1990-1991之波斯灣危機
  - 2005年卡翠娜風災



# 石油產量曲線

- Hubbert (1949) 分析產量曲線，首先提出：當任何油田儲藏量開採到一半時，產量將到達最高峰。樂觀的估計全球石油儲量在2000年達到高峰；悲觀的看法則產量在1990年達到高峰，其後產量將逐漸減少。

M. King Hubbert 估計世界石油儲量及總資源最終產量



資料來源：「95年度大學院校能源教育通識課程推動計畫」結案報告

資料來源：Richard Heinberg, 2003, The party's over oil, war and the Fate of industrial Societies, p89-91

# 世界能源展望

## □ 自然資源蘊藏量豐富區域：

- 國際能源總署指出**北非與中東區域**的資源蘊藏量豐富，含有全世界經證實石油蘊藏量61%與天然氣蘊藏量45%。這些資源其他區域蘊藏量數量足以滿足未來25年的世界需求量。

## □ 地緣政治 (geopolitical) 複雜區域：

- **北非及中東地區**之地緣政治複雜，已成為全世界局勢不安及國際原油市場不穩定之主要因素，各國持續關注及支持穩定該區域之政治社會穩定及和平。
- 國際能源總署2005年能源展望報告中特別指出該地區複雜之地緣政治已超過其評估範疇。
- 經濟學人 (2006年4月) 指出**油氣管線端經過地區**多為政治情勢不穩定所造成之地緣政治動盪因素。

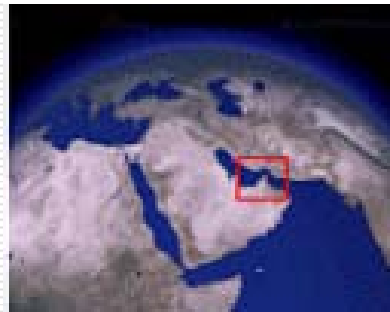


# 能源安全與運輸通道

- 隨著世界能源貿易的大幅增長，國際油氣運輸量逐漸增加、供應鏈變長，確保運輸通道的暢通是能源安全重視議題之一。
- 跨國運送**石油仰賴海上運輸**：海運石油成本低廉、運量大，全球石油跨國運輸量**超過3/5**的石油通過海上運輸。
- **天然氣**國際貿易以**管線運輸**為主：管線運輸具有量大、安全、方便、運費低廉等優點，為天然氣於陸地及近海輸送最佳方式，約**3/4**由管線運輸，**1/4**在液化後 (LNG) 由海上運輸

# 世界油輪輸送咽喉要道

麻六甲海峽  
(strait of Malacca)



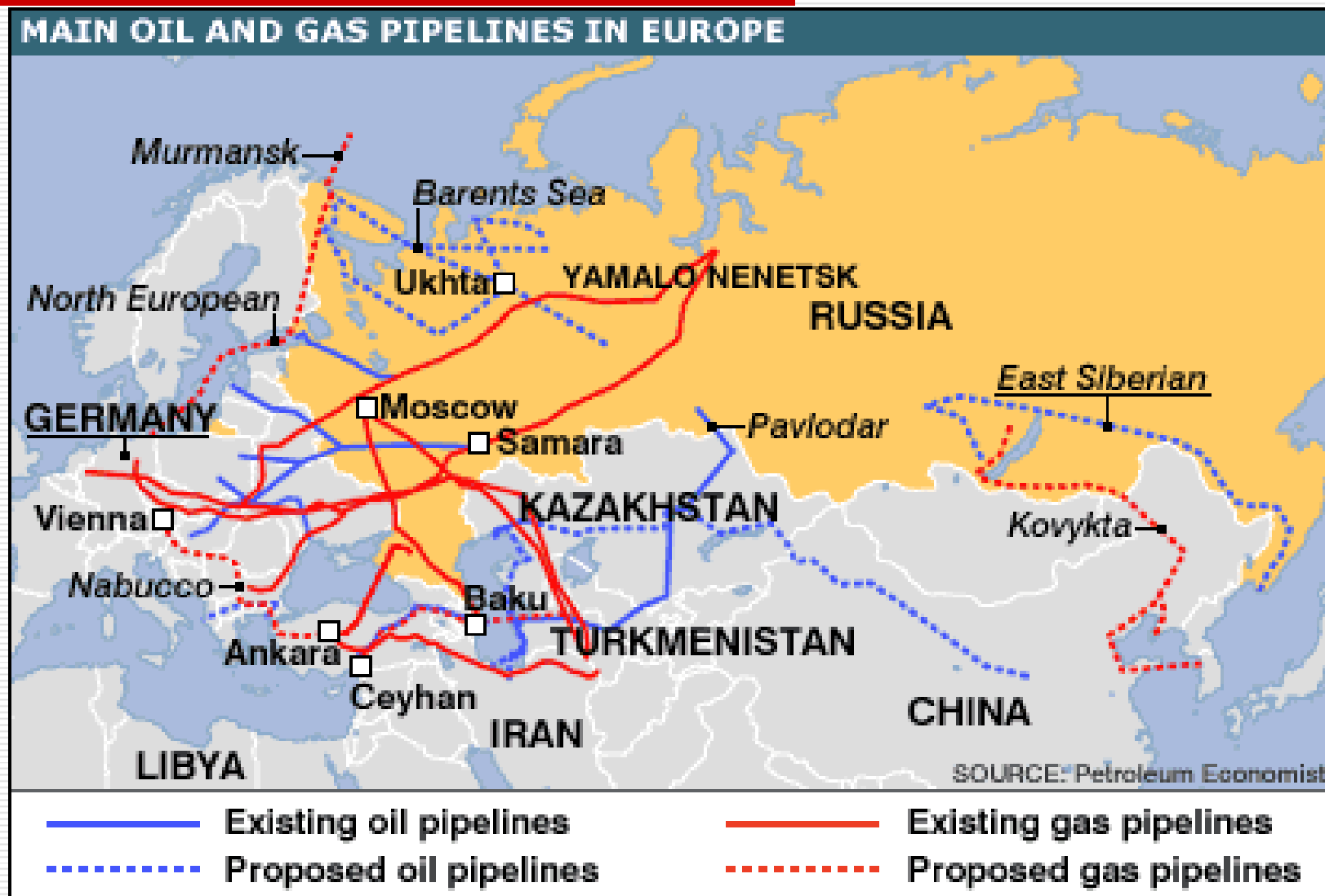
荷姆茲海峽  
Strait of Hormuz



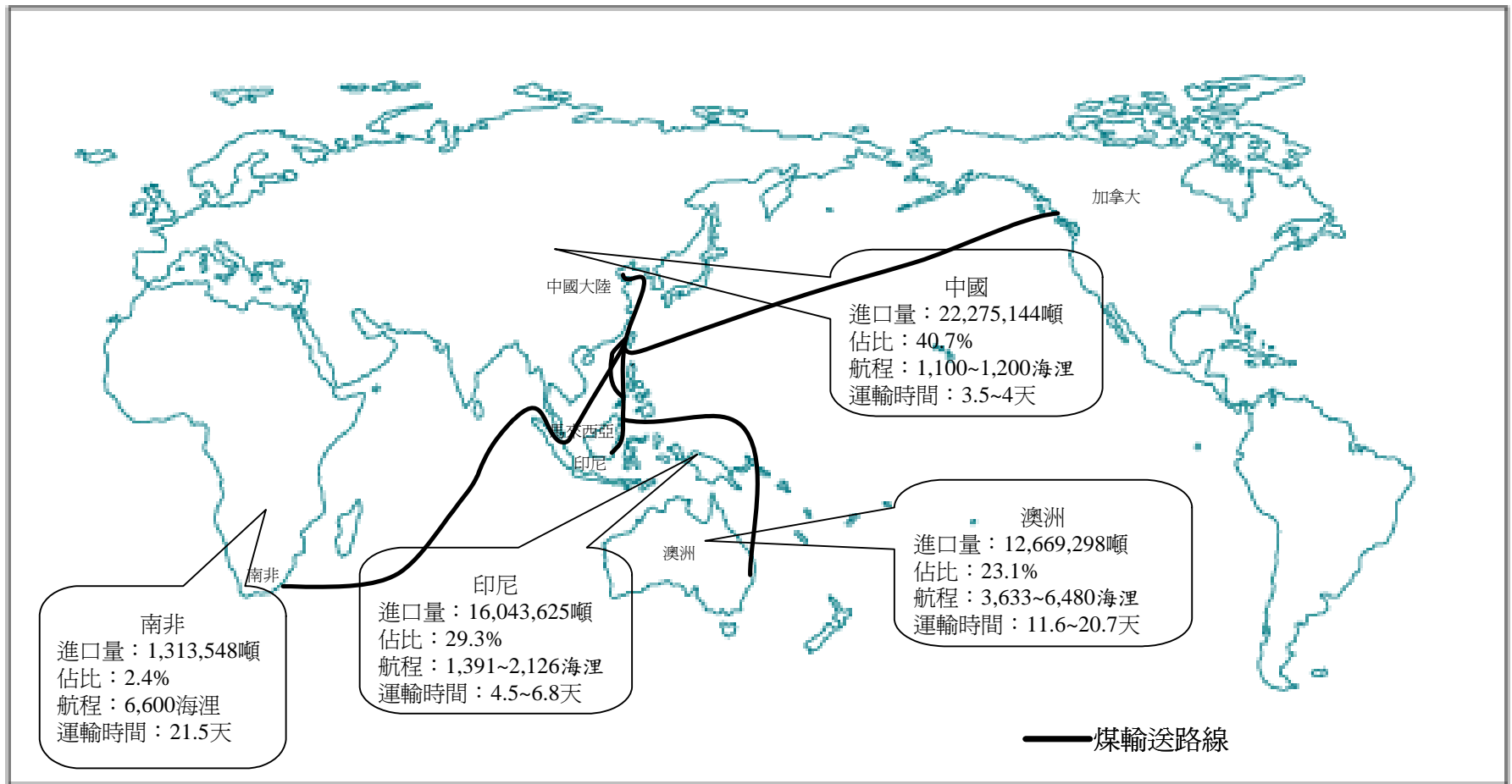
蘇伊士運河  
(Suez chnal)



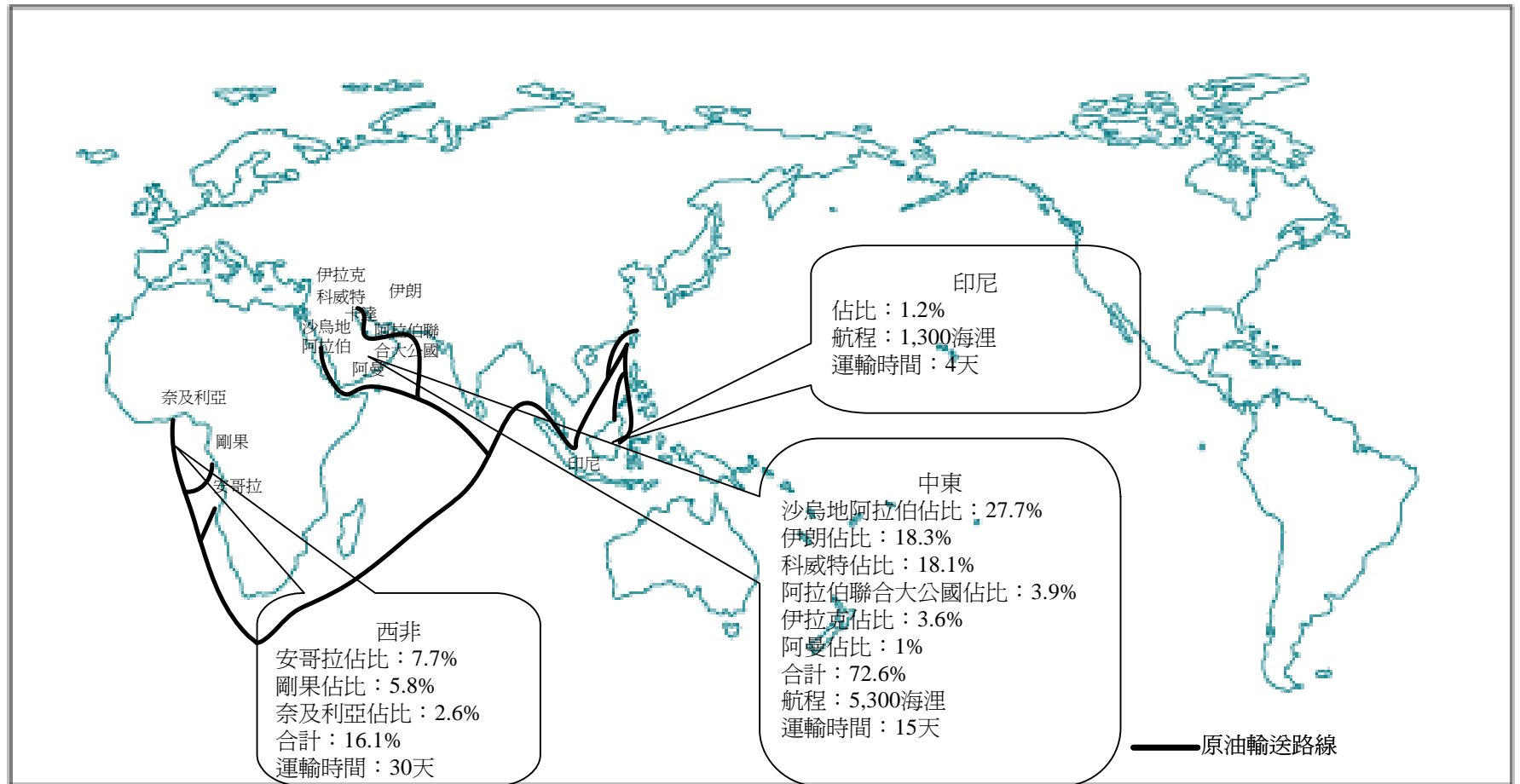
# 歐洲主要油氣輸送管線



# 我國煤進口航線圖



# 我國原油進口航線圖



# 臺灣能源所面臨之危機

## □ 能源面向：

- 能源進口依存度超過98%，且來源集中，供應風險高
- 地緣政治發展不利我國，區域能源合作管道受限
- 天然氣成本高，儲存容量有限
- 能源生產力呈下降趨勢，節約能源成效待加強
- 缺乏長期有效之再生能源發展計畫

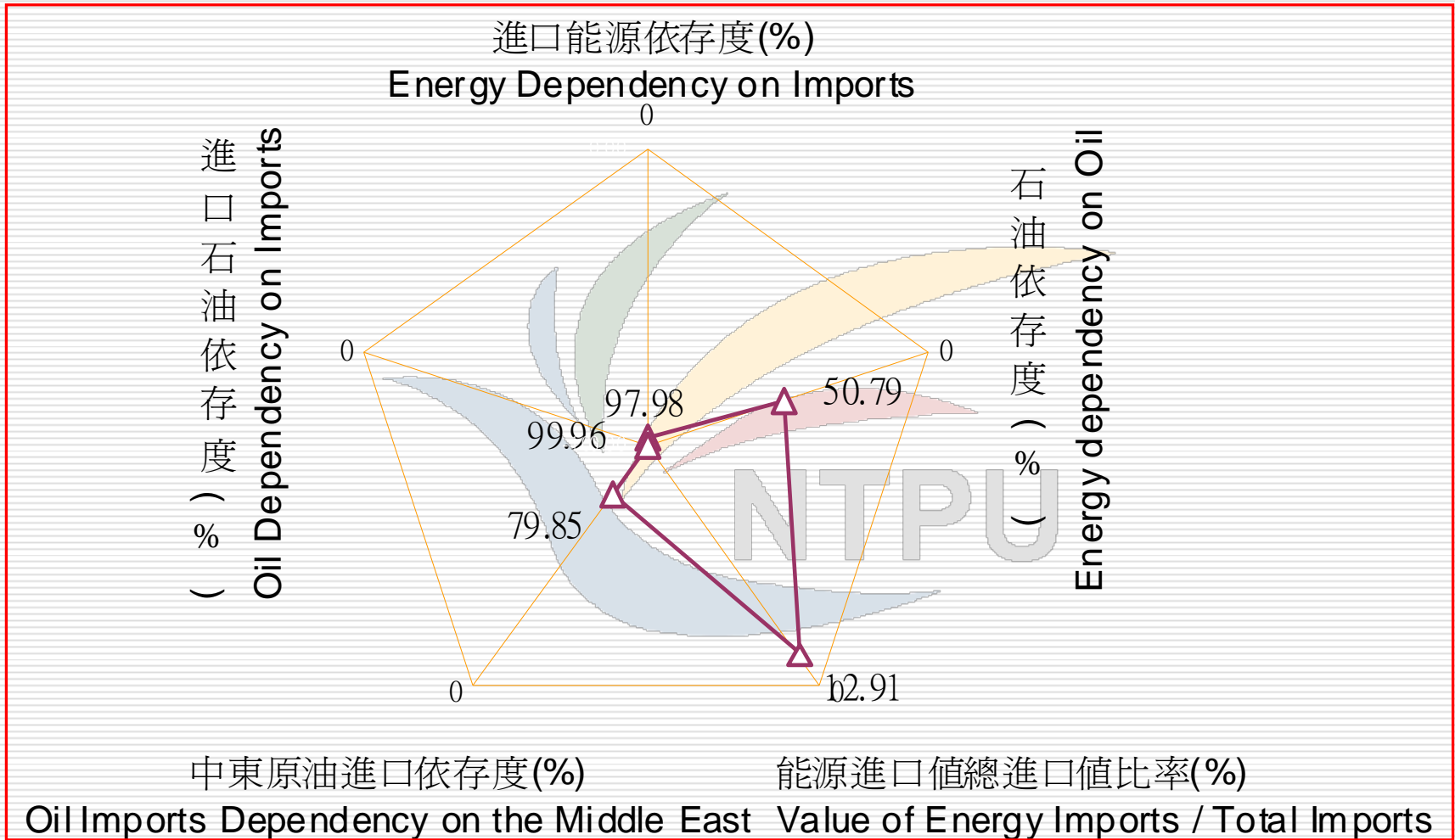
## □ 環境面向：

- 溫室氣體、傳統空氣污染物排放量持續上升。
- 耗能、耗水、耗電產業比例高，加重環境負荷。

## □ 經濟面向：

- 國際能源價格**飆漲**，影響民生福祉與產業發展
- 國內能源價格**扭曲**，電價未能合理反映社會成本。

# 台灣地區能源安全度 (2006)



# 台灣地區能源安全度 (2007)

