

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 13)

進度：化石燃料利用

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 15, 2009

授課大綱

- 核能安全
- 化石燃料利用：前言
- 化石燃料之開採與傳統利用方式
- 石油化工與煤化工
- 化石燃料新利用
 - 淨煤技術
 - 超臨界與加壓流體化床
 - IGCC發電技術
 - 燃料電池
 - 氢能與新能源型態
 - 種類與應用
 - 二氧化碳捕捉與封存

輻射單位

- 能量：電子伏特 (eV)， $1 \text{ eV} = 1.602 \times 10^{-19} \text{ J}$
- 放射性活度 Radioactivity (A)：
 - 居里 Curie (Ci)：1克鐳226每秒的蛻變數 $\Rightarrow 3.7 \times 10^{10}$ 次
 - 貝克 Becquerel (Bq)：1 Bq = 1蛻變數/秒
- 曝露 Exposure (X)：
 - 倫琴 Roentgen (R)， $1 \text{ R} = 2.58 \times 10^{-4} \text{ 庫倫/kg}$
- 吸收劑量 Absorbed Dose (D)：
單位質量物質接受輻射之平均能量
 - 戈雷 Gray (Gy)：1 Gy = 1 J/kg
- 等效劑量 Dose Equivalent (H)：
指人體組織之吸收劑量與射質因數之乘積
 - 西弗 Sievert (Sv)， $H = DQ$
- 有效等效劑量 Effective Dose Equivalent (He)：
人體受照射器官或組織平均等效劑量與其加權因數乘積之和

輻射劑量限值

□ 西弗、戈雷 vs. 倫目、雷得

- 1985年改用之單位
- $1 \text{ Sv} = 100 \text{ rem}; 1 \text{ Gy} = 100 \text{ rad}$
- 西弗：人體每公斤接受加馬射線的能量為1 J時其劑量定為1 Sv。

□ 法規限值

- 游離輻射防護安全標準
- 搭飛機由台灣至美西：0.04 mSv
- 核能電廠界外限值：0.5 mSv
- 一般民眾年劑量限值：5 mSv
- 輻射工作人員年劑量限值：50 mSv

輻射劑量及限值

來自人爲及天然輻射劑量值

搭乘飛機飛行
台北、紐約(單程)

胸部X光一次

來自與宇宙射線
年劑量

來自環境中之天然
放射性同位素

巴西喀拉哈利的
自然放射線年劑量

職業人員年劑量
(法規限值)

電視機
(每天看
1小時)

來自食
物之年
劑量

每人每年平均接受
大自然放射線劑量

0.01

0.1

0.5

2

2.5

5

10

50

200

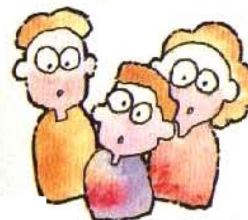
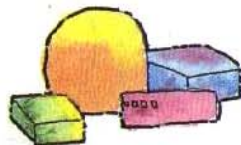
全身有效
等效劑量
單位:
毫西弗

我國核電廠界外
法令限值

胃部X光
透視一次

一般民眾年劑量
(法規限值)

鈷60治療一次
(局部照射)



核能電廠輻射安全

□ 廠界居民：

- 核能電廠對廠界民眾造成的最大劑量低於0.01 mSv

□ 工作人員管制：管制區及監測區

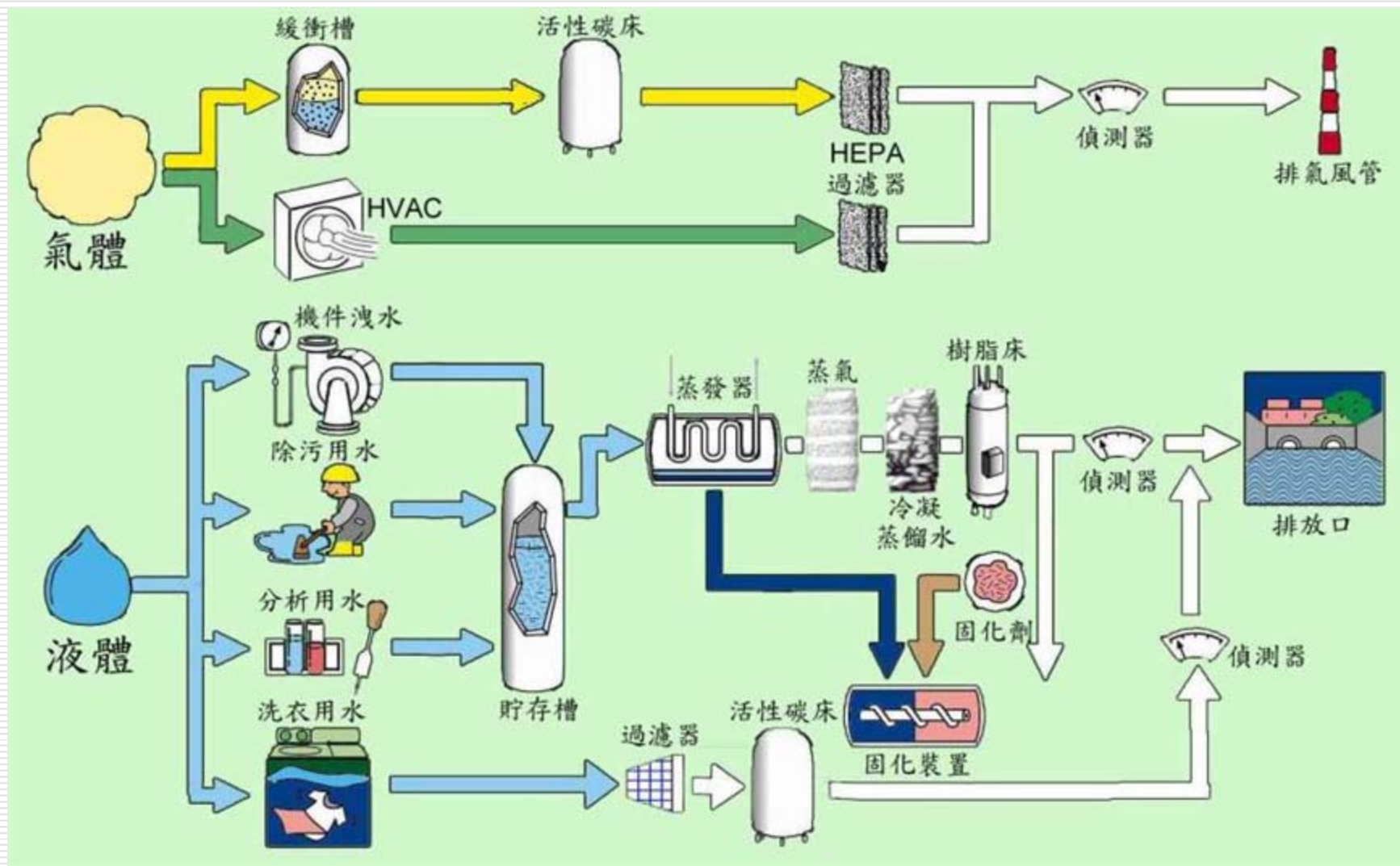
- 進入管制區工作須配戴人員劑量計、登錄進出時間及所接受的劑量
- 事先申請輻射工作許可證，作好輻射防護準備後方可進入工作。工作完畢後須經偵測確保清潔後方可離去

□ 廢氣、廢液處理：

- 廢氣經活性碳床吸附、高效率過濾器過濾後再經輻射偵檢後外釋
- 廢液以回收利用為原則，少量無法回收者經除礦器淨化及過濾器處理後，經分析確認放射性濃度符合安全標準方可在輻射監測器監測下外釋

□ 核能電廠環境輻射監測

放射性廢氣及廢液處理



核能安全：電廠營運管理

□ 爐心核燃料營運：

- 每18個月進行一次爐心核燃料裝填
- 占全燃料25~40%以提供運轉期間有足夠能量
- 經由爐心燃料佈局設計及安全分析

□ 核能發電的國際組織：

- 核能安全是跨越國界
- 世界核能發電協會 (WANO) 組織，進行經驗交流、同業評估、技術支援及交換訪問。

□ 非計劃性自動急停：

- 急停：反應器保護系統動作，致使控制棒快速全部插入反應器爐心，稱為「急停」。急停次數愈少，表示機組的供電穩定度愈高
- 異常事件件數：可作為核能機組穩定運轉及核能安全的衡量指標

放射性廢棄物營運

□ 放射性廢棄物分類

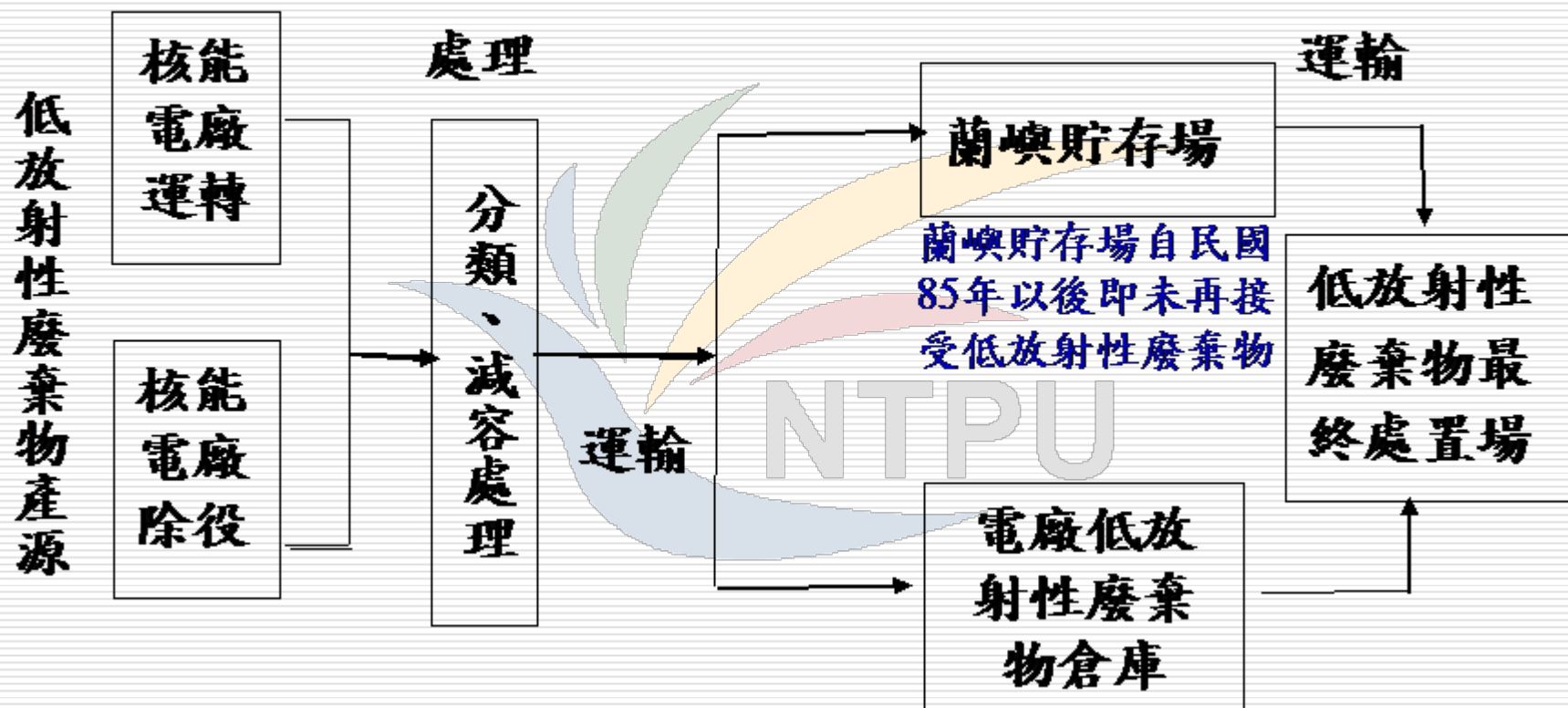
- **高放射性廢棄物**：供最終處置之用過核子燃料或其經再處理所產生的萃取殘餘物
- **低放射性廢棄物**：其他具放射性廢棄物
低放射性廢棄物**90%**來自**核能發電**，其它是來自醫學、農業、工業、學術及研究單位

□ 低放射性廢棄物處理與貯存：

- 經過**焚化**、**壓縮**或**固化**處理後，再以**鍍鋅鋼桶**盛裝，暫時貯存於電廠內貯存庫內，未來再送至最終處置場處置
- **1972年**依國際間處置趨勢，採**離島暫時貯存**：
聯合國**1972年**制定「**倫敦公約**」—
「**防止傾倒廢物等物質污染海洋公約**」
- **1975年**在蘭嶼島東南方三面環山一面向海，且5公里範圍內無居民的龍門地區，興建**蘭嶼貯存場**
- 環境監測：輻射值都在**自然背景變動範圍內**

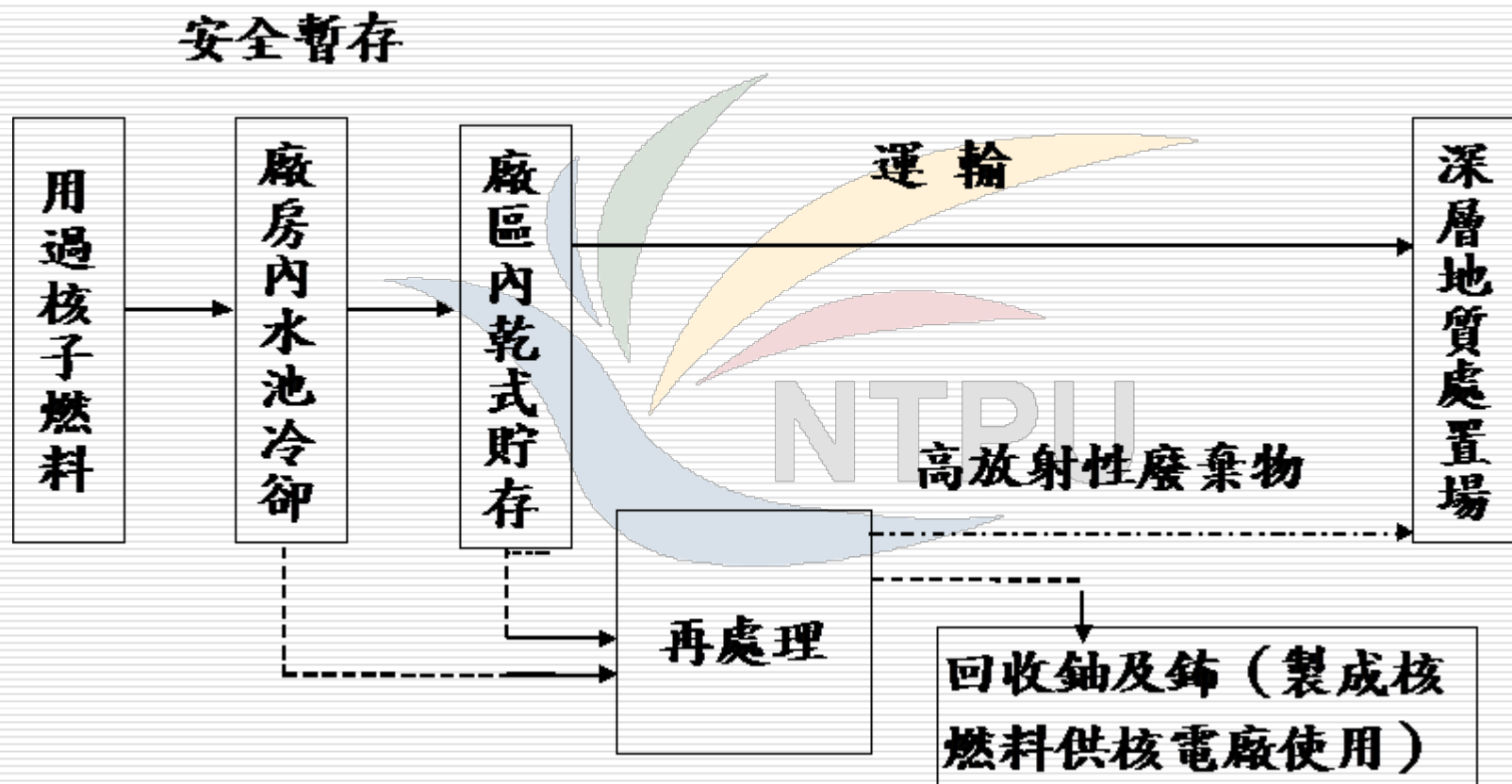
低放射性廢棄物營運流程圖

廢棄物產生



用過核子燃料營運流程

□ 採取水池冷卻、中期乾式貯存、最終處置三階段處理



用過核子燃料處理、處置

□ 水池冷卻

- 燃料退出時尚有殘餘的衰變熱及放射性，必須先存在**水池**中一段時間
- 每年用過核子燃料：核一廠約**40公噸**，核二廠約**50公噸**，核三廠約**45公噸**

□ 中期貯存

- 多年冷卻後，殘熱及輻射已大幅降低
- 另興建貯存設施以進行中期貯存，**可隨時取出進行再處理**以回收鈾與鈾等可利用的物質

□ 最終處置

- 用過核子燃料含有半衰期較長的放射性核種，國際均採**深層地質處置**，掩埋於距地表**500~1000公尺**深之岩層，以與人類的生活圈隔絕

核能電廠除役

- **立即拆除**：短時期內，將所有含放射性物質之設備、結構及部份設施除污後拆除，移至低放射性廢棄物處置場，以達到廠址非限制使用之條件。估計實際拆除一座核能電廠所需的時間約**5到10年**。
- **延遲拆除**：廠內放射性之物質先經一段時間（約**30-60年**）衰變後，再進行除污及拆除。
- **固封除役**：先將廠內用過核子燃料及流體廢料移出，再將所有殘留的較高放射性或高污染性組件密封在混凝土的屏蔽內，讓其放射性衰減至法令所要求之標準後，再全面拆除，這段封存期間可**長達100年**。

非核家園、低碳家園

□ 「非核家園」「非核害家園」「低碳家園」

□ 非核家園

■ 環境基本法的法制基礎

■ 此一願景勾勒，至少標誌了以下三層意義：

□ 創造經濟發展奇蹟後，臺灣要追求人本、永續的發展

□ 結束威權時代後，臺灣公民社會逐漸壯大

□ 迎接全球化世界，臺灣的世界公民角色需要重新界定

■ 「終止核武威脅」「檢討核能和平用途」「強化再生能源」
「人道關懷與族群平等」「拒絕核子污染」

□ 如何追求非核害家園

■ 做好核能安全管制措施、妥善處理核廢料

■ 強化民眾參與核能相關議題討論之機制

□ 核能作為台灣邁向低碳家園的過渡選項

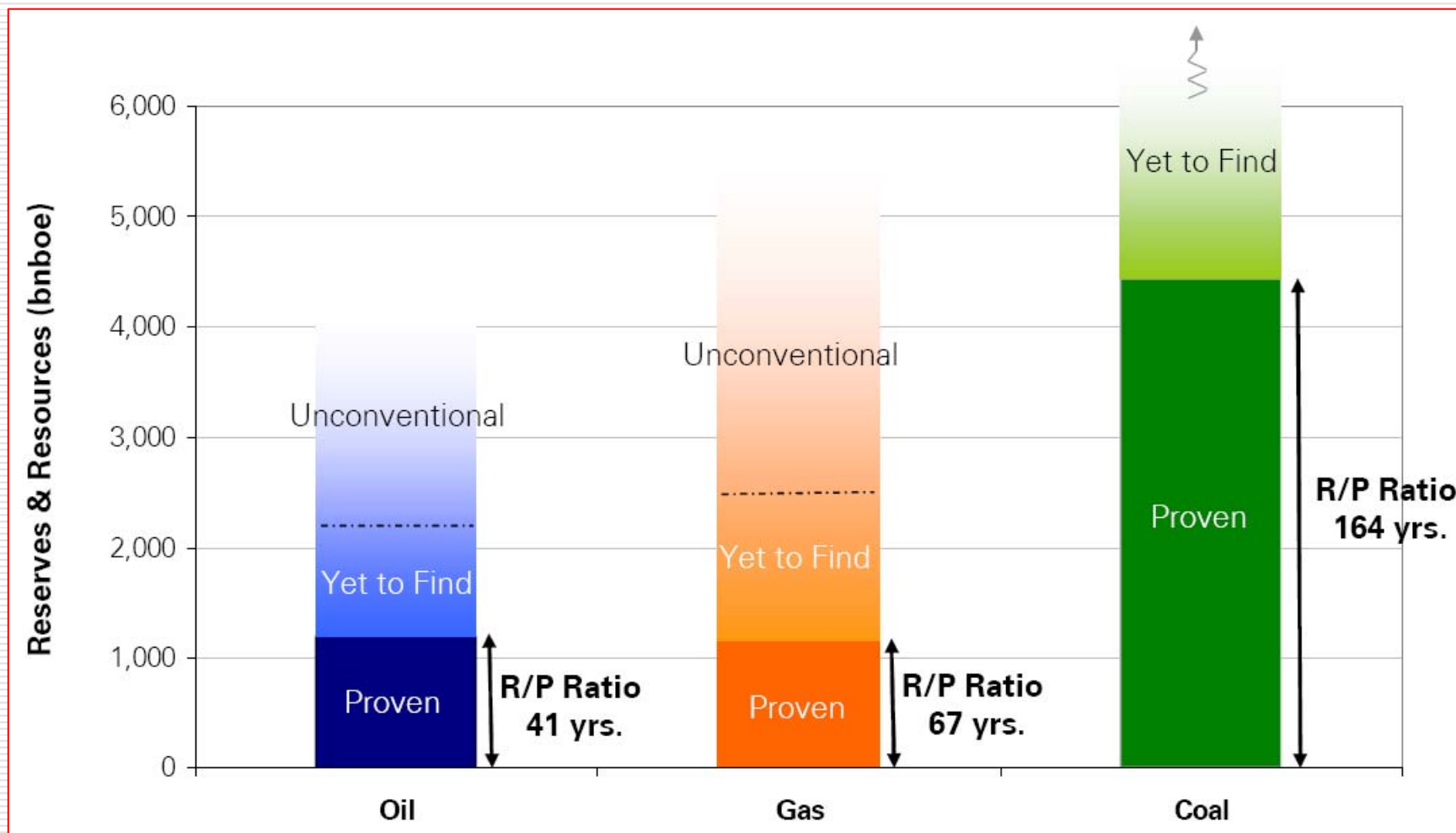
結語

- 美國三哩島及前蘇聯車諾比核電廠發生意外後，引起民眾普遍對核能發電安全性的懷疑。但核能業界不斷研究發展新技術、運用新科技精進管理方式，努力提升核能電廠的**安全性與可靠度**。
- 台灣地區**自產能源不足**，98%的能源需仰賴進口，核能發電能源密度高，可**提升能源安全度**。此外，在化石燃料貯存量日漸枯竭、使用後**排放溫室氣體**造成全球暖化，適度發展核能發電應也是一種**選項**。
- 尚待釐清問題
 - **發電成本、二氧化碳排放、核能安全疑慮...**
 - **如何取捨或權衡？**
 - **技術？信仰？政治？經濟？還是意識型態？**
 - **擁核、反核=>關乎道德?!有條件vs.無條件**

化石燃料利用：前言

- 化石燃料可開採年限
- 化石燃料利用衍生之環境問題
 - 化石燃料利用生命週期
 - 大氣環境問題：空氣污染、二氧化碳排放
 - 其他污染問題：開採、化工製造、燃料利用
- 化石燃料與產業發展
 - 石油化學工業
 - 煤化工(煤化學)產業：煤炭煉焦
- 化石燃料新利用
 - 『低碳』技術
 - 氫的利用

全球化石燃料可開採年限 (R/P ratio) 示意圖



化石燃料利用環境問題

□ 化石燃料利用生命週期

- 開採、運輸
- 煉製、加工
- 原料利用 (製造)
- 燃料利用
- 礦場、加工廠、鍋爐、機具

□ 環境問題

- 空氣污染：粒狀污染物、硫氧化物、氮氧化物
- 溫室氣體排放
- 水污染：礦場、石化工廠、煤化工廠
- 固體廢棄物、溫排水

化石燃料成因

- **煤炭有機成因**：在煤層中，人們早已發現了樹木的性狀和由樹木的脂類物質形成的琥珀等直接證據，表明煤炭確是由死去的植物變成的
- **天然氣成因**：對於天然氣，石油地質工作者們也已證明，它們可以由**石油、甲烷細菌**的**生物化學作用**、**煤炭**的**分解作用**而形成，還可以從地下深處的岩漿中釋放出來富含甲烷的“**無機成因天然氣**”。
- **石油**是由古代生物（包括動物與植物，尤以浮游生物為主）生成的，即**有機成因**，這一點也被大多數學者認同。然而，隨著全球範圍內石油勘探難度的增加和人們對油田的認識加深，越來越多的現象用“石油有機成因”的理論無法解釋，長期失寵的**無機成油理論**又重新受到世界石油地質家的普遍重視。

原油分類與特性

□ 按組成分類：

石蜡基原油、环烷基原油和中间基原油

□ 按硫含量分類：

超低硫原油、低硫原油、含硫原油和高硫原油

□ 按比重分類：

轻质原油、中质原油、重质原油

□ 原油的性质包含物理性质和化学性质两个方面。物理性质包括颜色、密度、粘度、凝固点、溶解性、发热量、荧光性、旋光性等；化学性质包括化学组成、组分组成和杂质含量等

- 密度：原油相对密度一般在0.75~0.95之间，少数大于0.95或小于0.75，相对密度在0.9~1.0的称为重质原油，小于0.9的称为轻质原油。

天然氣

- 天然蘊藏在地下的**烴**和**非烴**氣體混合物。包括**油田氣**、**氣田氣**、**煤系地層氣**、**泥火山氣**和**生物生成氣**等。天然氣性活潑，易散逸，易燃。可**單獨形成氣藏**或**與原油伴生於油藏**中；也有少量溶於地下水的。在煤系地層中也可產生煤系地層氣。
- 在標準狀態下，單位體積天然氣與同體積空氣的重量之比，平均為**0.56~0.8**。絕大多數天然氣的主要組分為烴類氣體，包括**甲烷**、**乙烷**、**丙烷**、**丁烷**、**戊烷**等低分子量烷烴及其異構體；其中甲烷的體積含量常達80~90%或更高，其他烴組分含量則大都隨烷烴碳原子數的增加而依次遞減；非烴類氣體常見的有硫化氫、二氧化碳、氮等。
- 天然氣公司依規定添加臭劑（四氫噻吩 C_4H_8S ），以資用戶嗅辨

油氣與石油開採

石油的形成



水中生物的遺骸下沉而埋沒於地下。



因地熱或地壓等作用而變成石油。



石油大多集中在地層的背斜構造部分，像砂岩之類空隙較多的岩石地區等。

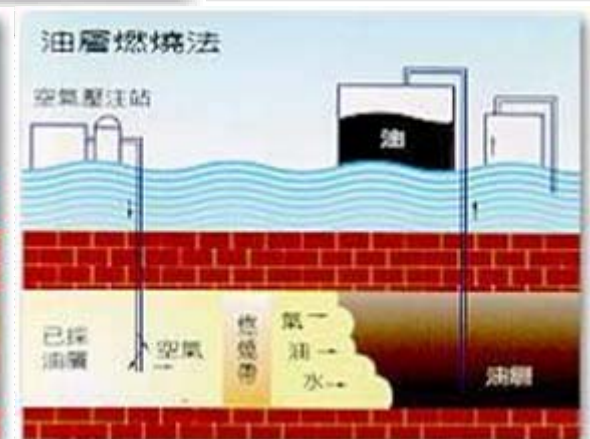
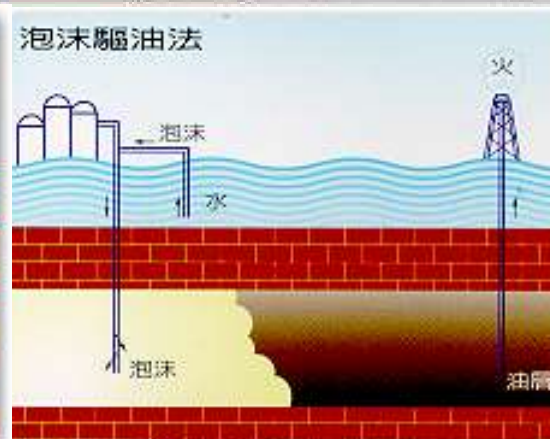
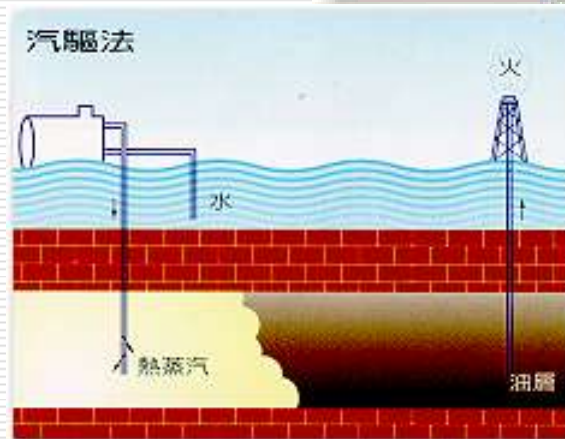
油田地區的地質構造



激勵採油法 (Enhanced Oil Recovery, EOR)

- 大多數的人以為石油就儲藏在地下岩洞中，其實並非如此。事實上，油氣大部分都是蘊藏在地下岩層的**孔隙**內，因此更增加油氣採收的困難。根據統計，一般油田的採收率大約只有**20%**左右，也就是說地底下仍有**80%**的原油，因為岩石的毛細壓力或油氣驅動能力不足，而無法自然產出。這麼多的資源棄於地下，石油工程師們當然不會輕言放棄，因此才有所謂的**激勵採油法** (enhanced oil recovery, EOR) 的誕生。
- 激勵採油法：利用注入**氣體**、**水蒸氣**、**熱水**等流體，將蘊藏在地質結構孔隙內的原油『**擠**』出來，以增加石油的採收率。

激勵採油法 (Enhanced Oil Recovery, EOR)



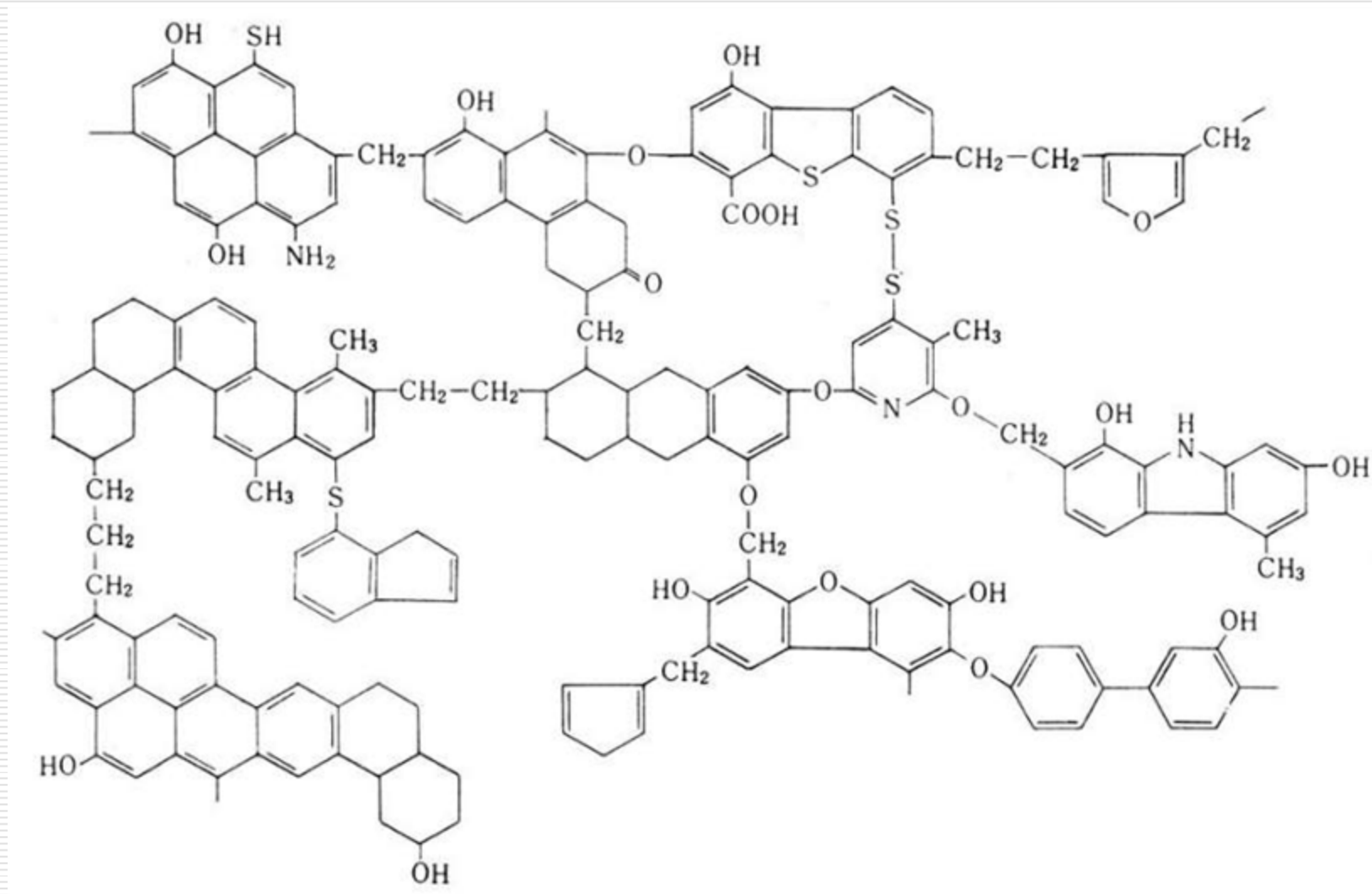
(中油公司網頁—石油教室)

<http://www.cpc.com.tw/big5/content/index01.asp?sno=184&pno=108>

煤的成因

- **泥碳化作用**：當**高等植物**遺體在沼澤中堆積，在有水存在和微生物參與下，經過分解、化合等複雜的生物化學變化，形成**泥炭(泥煤)**。當原始物質為**低等植物**和**浮游生物**時則形成**腐泥**，稱為**腐泥化作用**。
- **成岩作用**：當地殼下沉時，泥炭和腐泥的上部為沉積物所覆蓋，在溫度、壓力的影響下，經過**壓密**、**脫水**、**膠結**和其他化學變化，分別變為**褐煤**和**腐泥煤**。
- **變質作用**：褐煤層受地壓、地溫增高的影響，促使煤質變化，由褐煤變成**煙煤**、**無煙煤**。
 - **煤化作用**：成岩和變質。按成煤的原始物質不同可將煤分為**腐植煤**、**腐泥煤**、**腐植腐泥煤**和**殘植煤**。
 - **腐植煤**由高等植物所形成，包括**泥炭(泥煤)**、**褐煤**、**煙煤**、**無煙煤**。腐植煤中以角質層、樹脂、孢子、花粉等穩定組分為主的稱**殘植煤**。
 - **腐泥煤**主要由藻類和浮游生物等形成，如**藻煤**、**膠泥煤**。**油頁岩**則是一種含礦物質高的腐泥煤。

煤的化學構造式



煤的分類

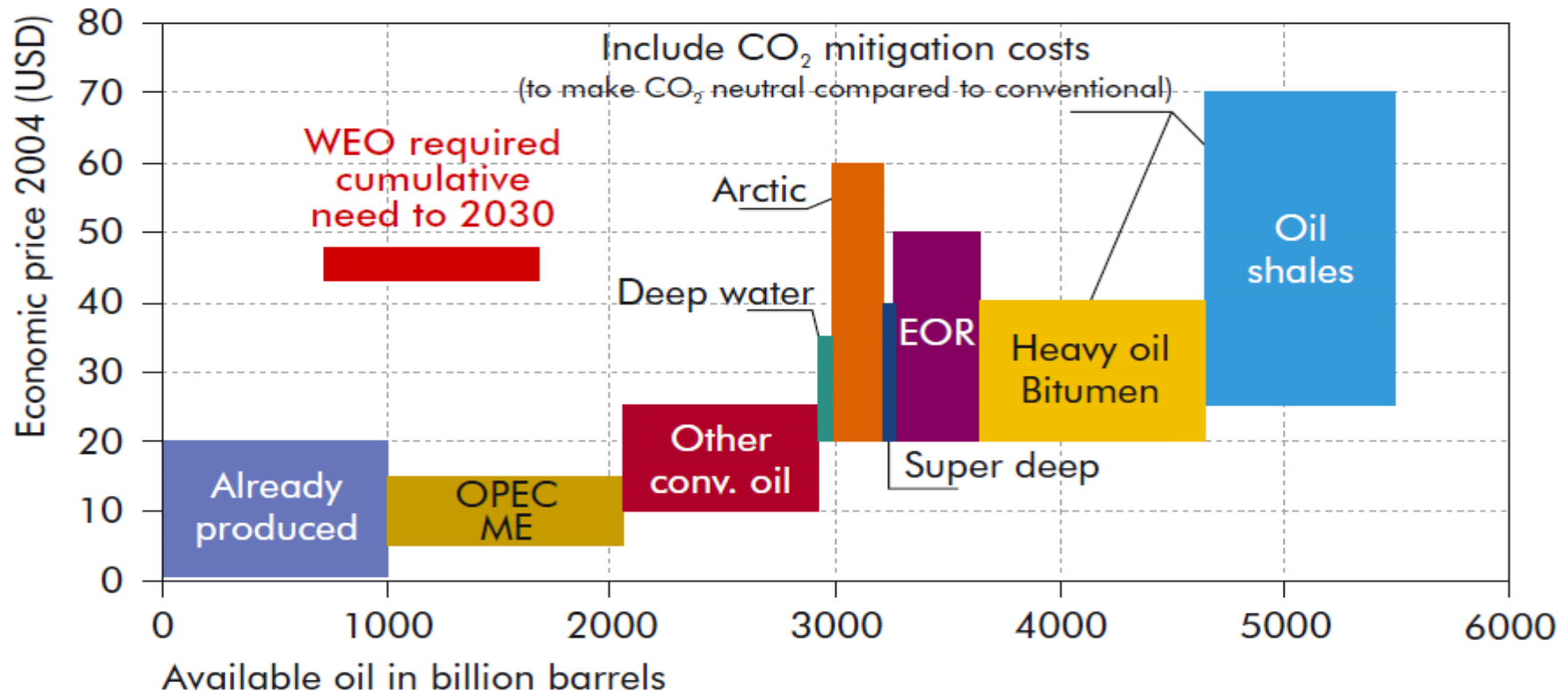
- 國際煤分類，將煤分為**低煤化度**、**中等煤化度**和**高煤化度**三類（相當於**褐煤**、**煙煤**、**無煙煤**，不包括**泥炭**、**油頁岩**等）
- 根據其**碳化程度**不同分類，可以依次分為**泥炭**、**褐煤**（**棕褐煤**、**黑赫煤**）、**煙煤**（**生煤**）、**無煙煤**。無煙煤碳化程度最高，泥炭碳化程度最低。
- 根據其**岩石結構**不同分類，可以分為**燭煤**、**絲炭**、**暗煤**、**亮煤**和**鏡煤**。
- 根據煤中含有的**揮發性成分**多少來分類，可以分為**貧煤**（無煙煤，含揮發分低於12%）、**瘦煤**（含揮發分為12-18%）、**焦煤**（含揮發分為18-26%）、**肥煤**（含揮發分為26-35%）、**氣煤**（含揮發分為35-44%）和**長焰煤**（含揮發分超過42%）。

其它化石燃料

- 油頁岩：油頁岩為黏土礦結構，是4至5千萬年前的沈積岩，由湖泊環境的沈積受到時間、壓力、溫度等影響，而把這些沈積物轉變成含有碳氫化合物的岩石，可說是「藻類的化石」。
- 瀝青砂：瀝青砂亦稱油砂，是天然的混合物，含有瀝青、水、沙、黏土等。是一種膠狀的黑色物質，可以用來產生液體燃料。普通的油砂約含有重量12%的瀝青，若少於6%便不值得萃取及開發。
- 天然瀝乳(烏瀝乳)：一種由天然瀝青加水混合乳化而成的燃料，在室溫下為黑色黏性液體，帶有石油的氣味，主要產地為委內瑞拉。

石油開採成本與可能產量

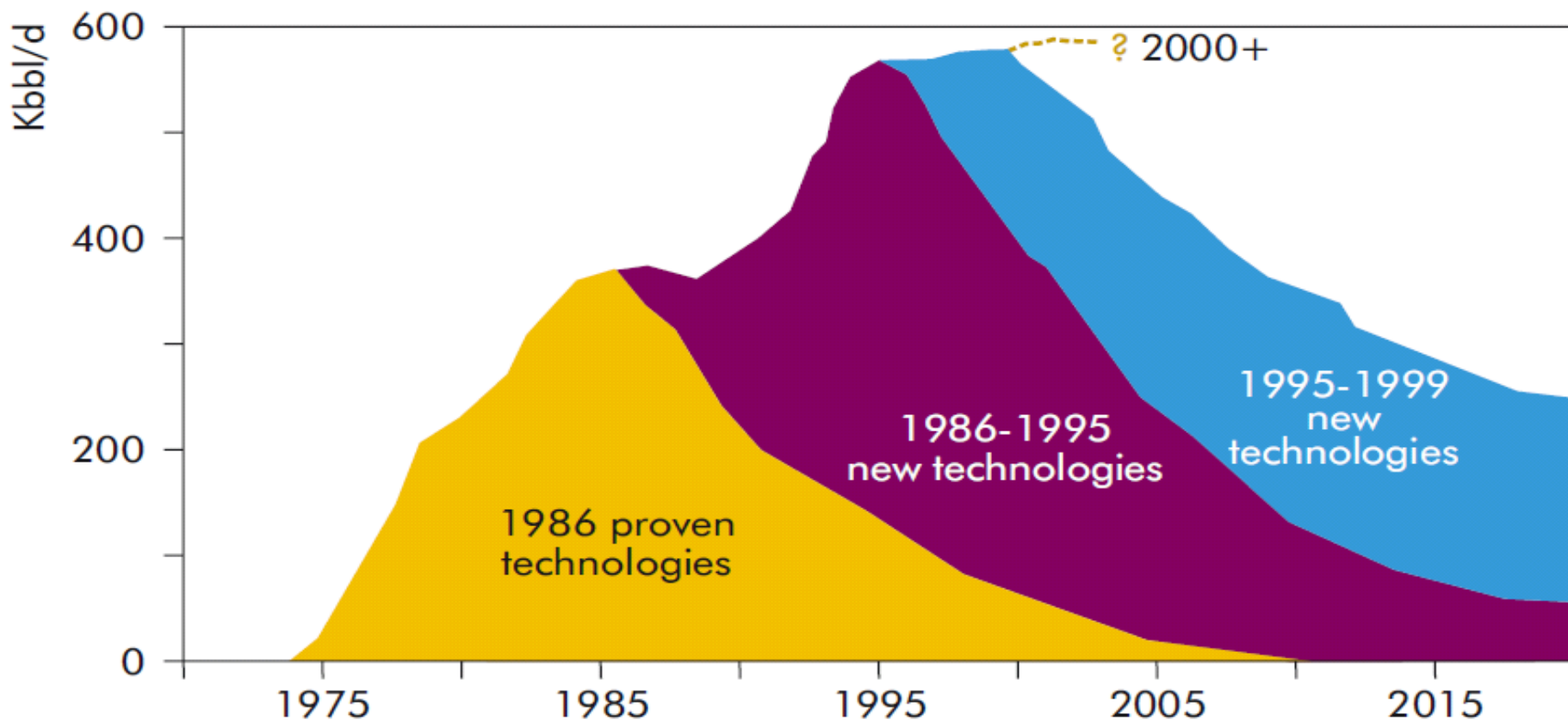
Figure ES.1 • Oil cost curve, including technological progress:
availability of oil resources as a function of economic price



The x axis represents cumulative accessible oil. The y axis represents the price at which each type of resource becomes economical.

石油開採技術與每日產量

Figure 1.20 • *Impact of technology on production from the North Sea, in thousand barrels per day*

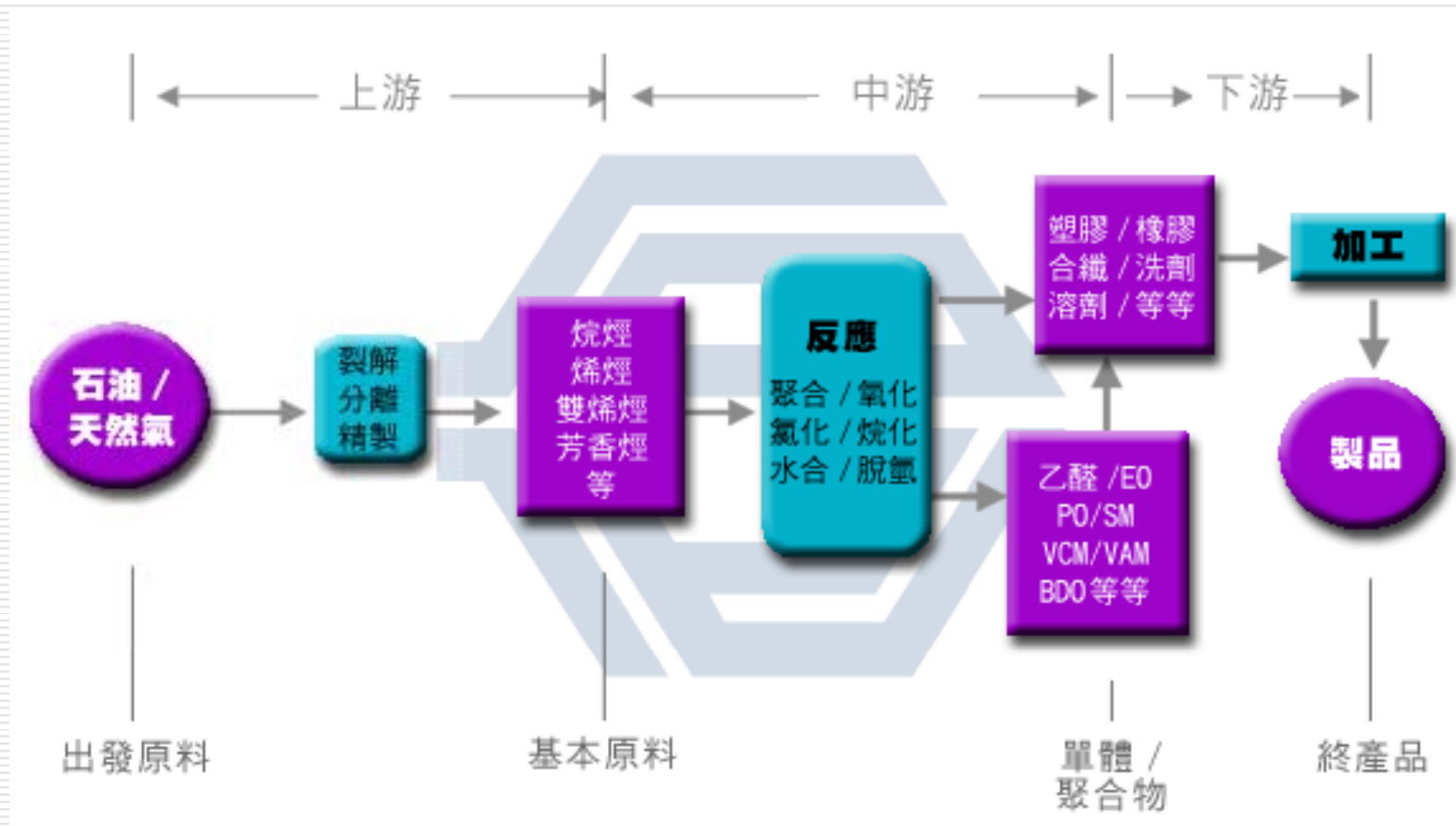


石油化學工業

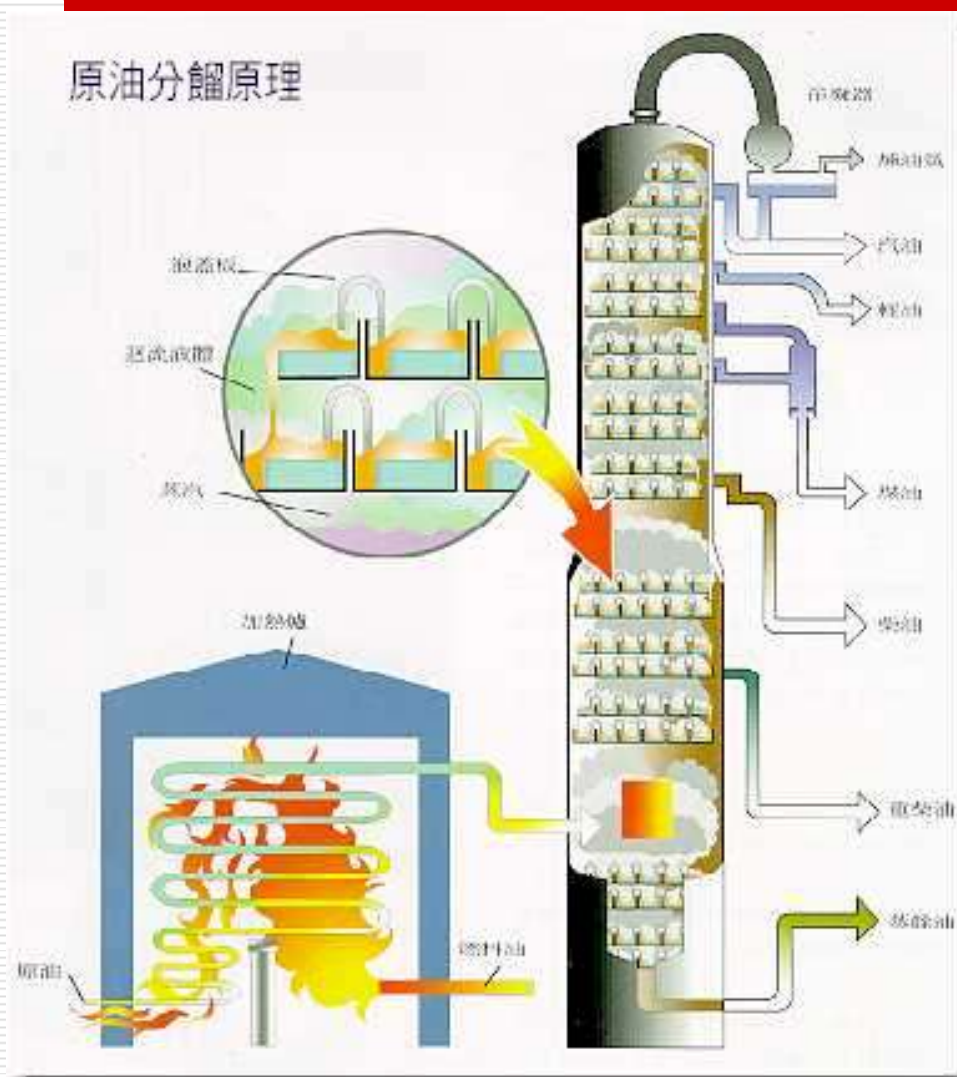
- 石油化學工業：把石油或天然氣變成材料（如塑膠、橡膠、纖維、化學品等），再將這些材料加工成為日常用品（如鞋子、輪胎、衣服、油漆等）的工業。
- 依照中華民國工業分類(CIC)，石化工業的範圍包括石化本工業及石化依賴工業，其中石化本工業屬石化工業的上游和中游廠商，包括石化原料業、化學肥料業、人造纖維業、合成樹脂及塑膠業等，而石化依賴工業則屬石化下游廠商也括油漆業、清潔用品業、人造纖維紡織業、針織業、橡膠製品業等與我們的食、衣、住、行均有密切關係。
- 由石油或天然氣製造出來的石化基本原料如甲烷、乙烷、乙烯、丙烯、丁二烯、苯、甲苯、二甲苯等，經過特定製造程序，可先製得中間原料，此中間原料經過聚合(Polymerization)、酯化(Esterification)、烷化(Alkylation)等製造過程可得塑膠(Plastics)、橡膠(Rubbers)、合成纖維(Synthetic Fibers)及化學品如清潔劑、黏著劑、溶劑、肥料等。

石化工業生產體系

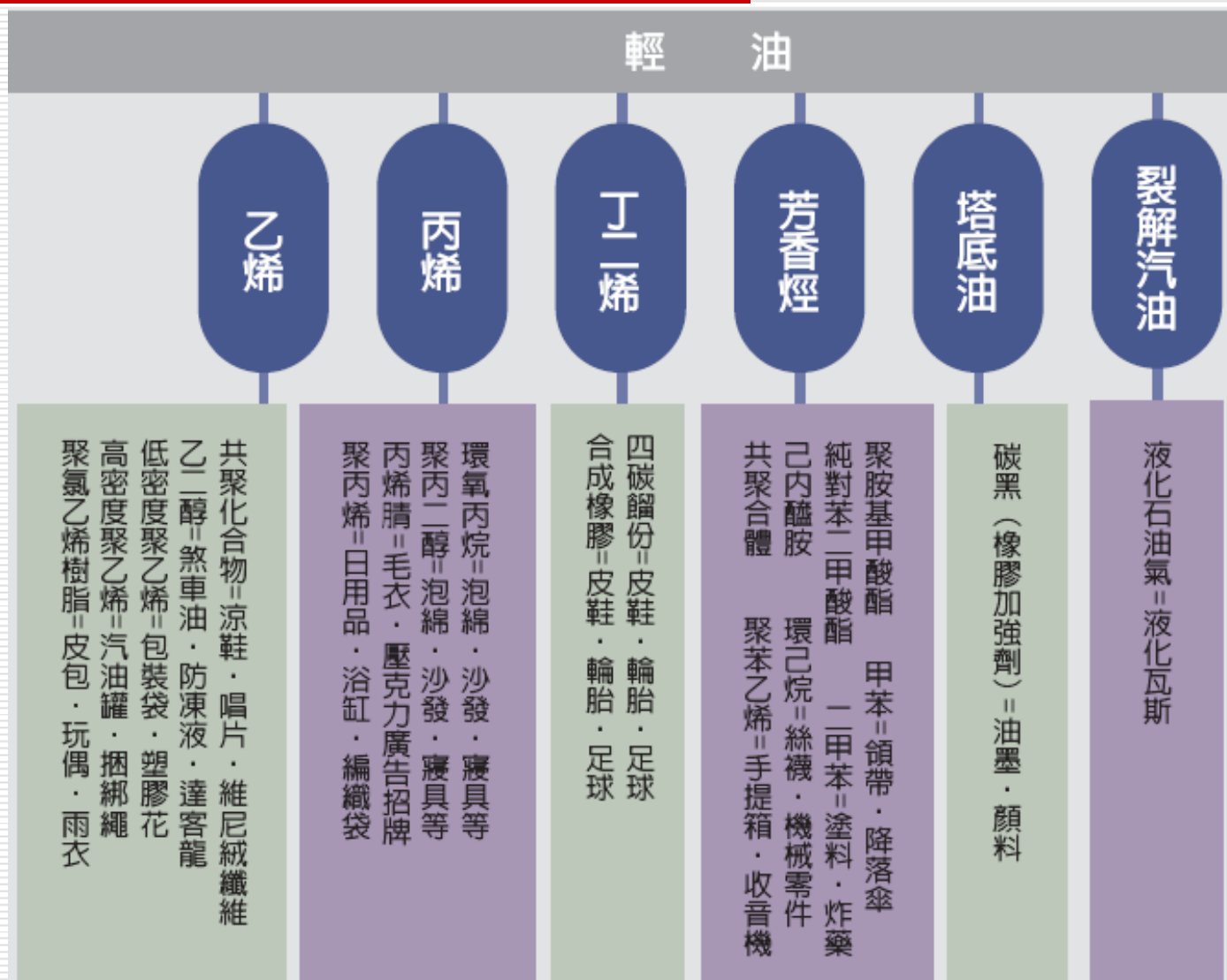
- 石化工業可分為上游的石化基本原料、中游的塑、橡膠原料及下游的複合材料、塑膠製品、橡膠製品等。



原油分餾



輕油裂解產品

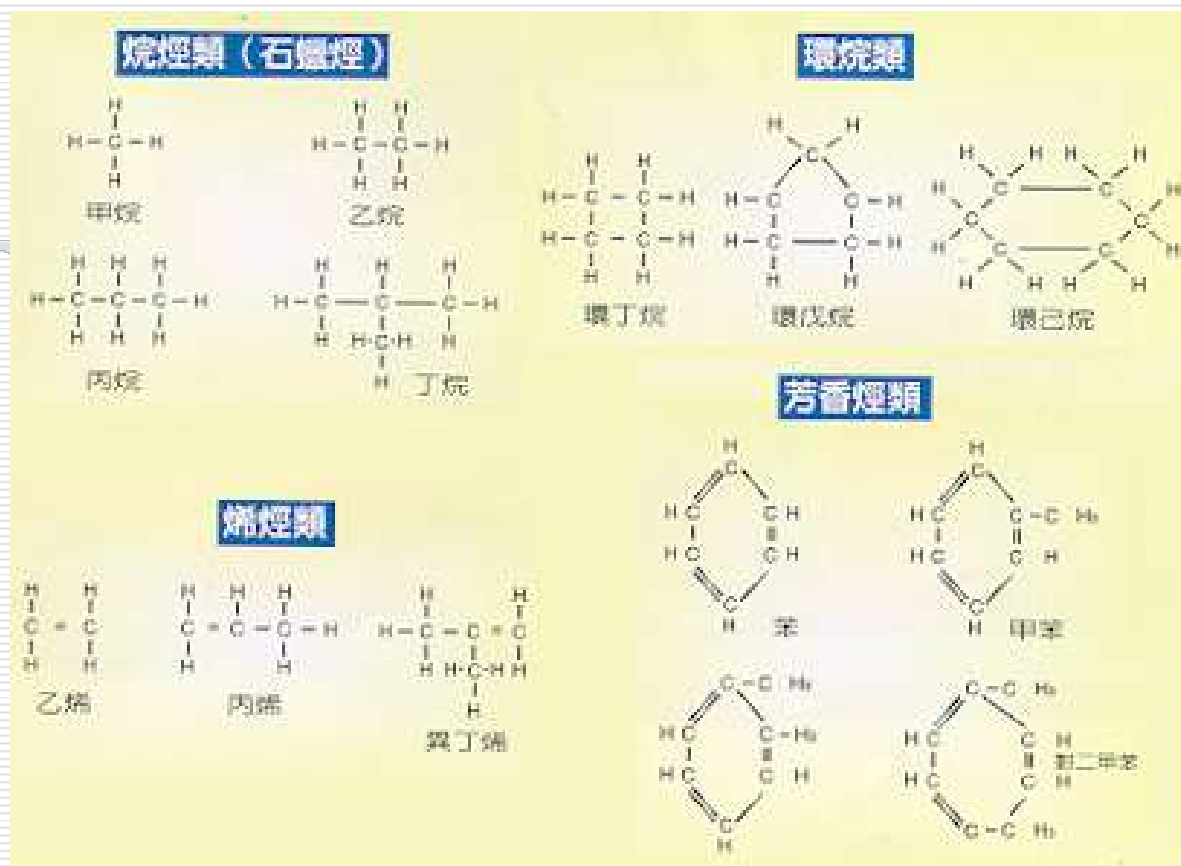


石油的分子結構

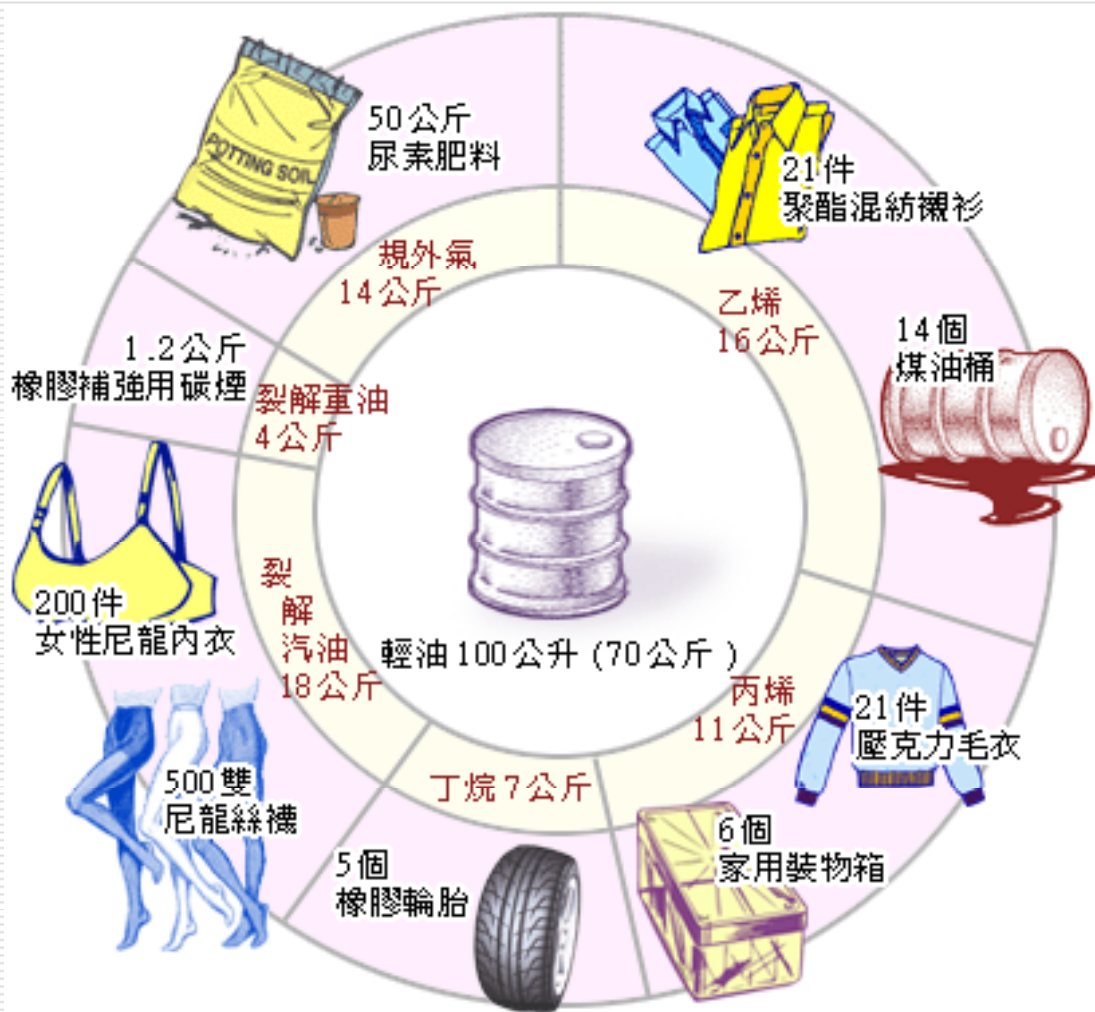
- 石油是碳氫化合物。我們通常以 C 代表碳，以 H 代表氫，烷烴 (石蠟烴)、烯烴、環烷烴及芳香烴其分子結構均不相同。如烯烴類有一組雙鍵結構 (請比較異丁烷與異丁烯)，芳香烴為六隅體結構等

而甲烷即是含有一個碳原子，乙烷含兩個碳原子，丙烷含三個碳原子

依此類推



100公升石油衍生之石化品附加價值



資料來源：『石油工業 - 台灣經濟奇蹟的主角』，中國石油學會編製



石油煉製業主要煉製設備

工廠	中油公司		台塑石化		合計	
	數量 (座)	產能 (萬桶/日)	數量 (座)	產能 (萬桶/日)	數量 (座)	產能 (萬桶/日)
煉油廠	3	-	1	-	4	
石化廠	1	-	2	-	3	
蒸餾工廠	9	77	3	51	12	128
乙烯工廠	-	110 (萬公噸/年)	-	170 (萬公噸/年)	-	280 (萬公噸/年)

Source: 2006年台灣能源統計手冊

台灣石化上游：輕油裂解廠

中油—三輕、四輕 (林園石化廠)、五輕 (高雄煉油廠)；

台塑六輕 (麥寮)；

東帝士七輕 (濱南)；國光石化八輕 (雲林離島? 彰化大城?)

中油乙烯年產能：三輕23萬噸、四輕35萬噸、五輕50萬噸

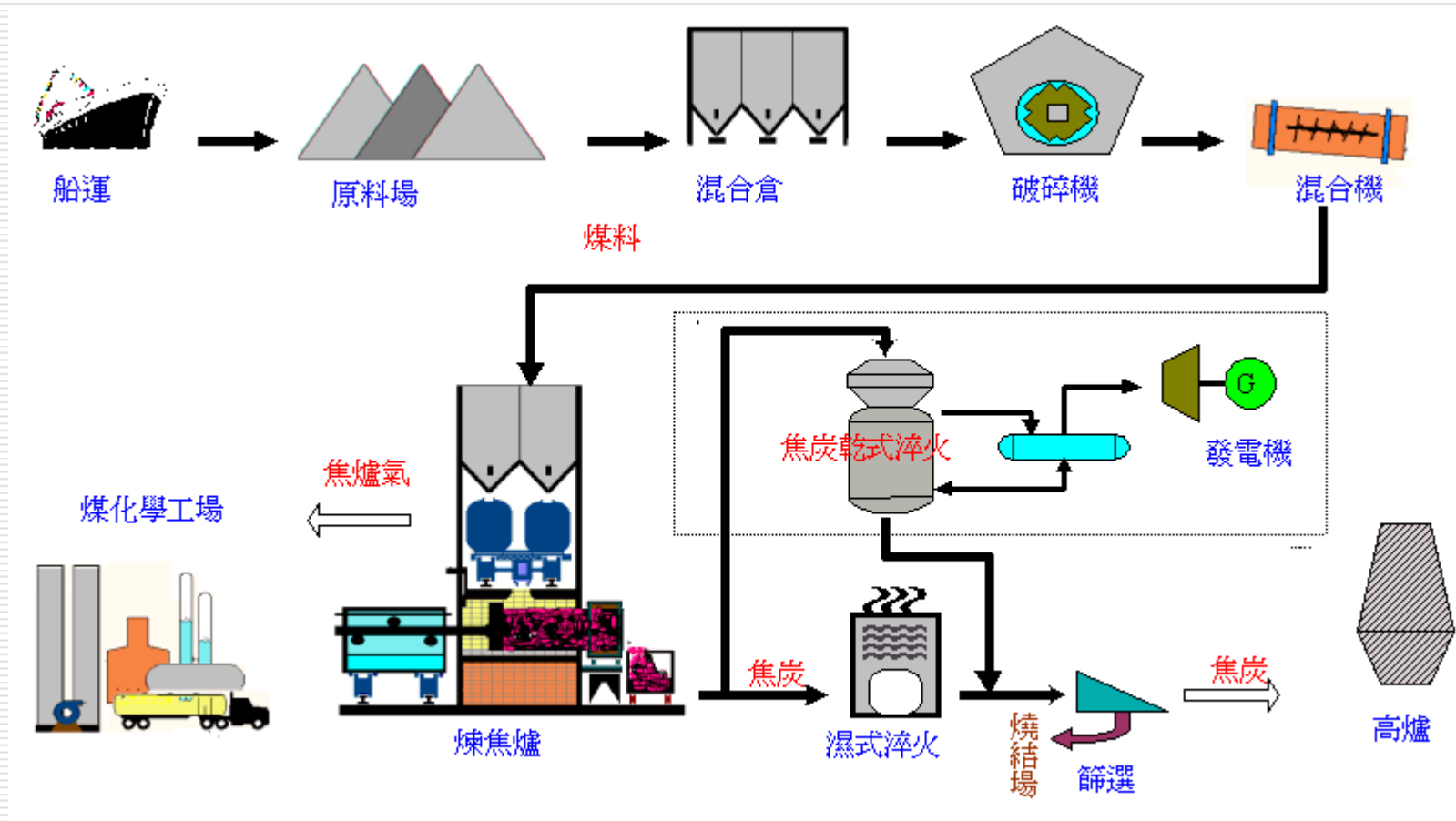
台塑石化乙烯年產能：在六輕四期擴建後達294萬公噸

煤化工

- 煤化工是以煤為原料，經過化學加工使煤轉化為氣體、液體、固體燃料以及化學品的過程，生產出各種化工產品的工業。
- 煤的焦化、氣化、液化，煤的合成氣化工、焦油化工和電石乙炔化工等，都屬於煤化工的範圍。
- 煤化工利用生產技術中，煉焦是應用最早的工藝，且至今仍然是煤化工的重要組成部分。煤的氣化在煤化工中佔有重要地位，用於生產各種燃料氣...煤直接液化，即煤高壓加氫液化，可以生產人造石油和化學產品。
- 新一代煤化工技術是指以煤氣化為龍頭，以一碳化工技術為基礎，合成、製取各種化工產品和燃料油的煤炭潔淨利用技術，與電熱等聯產可以實現煤炭能源效率最高、有效組分最大程度轉化、投資運行成本最低和全生命週期污染物排放最少的目標。

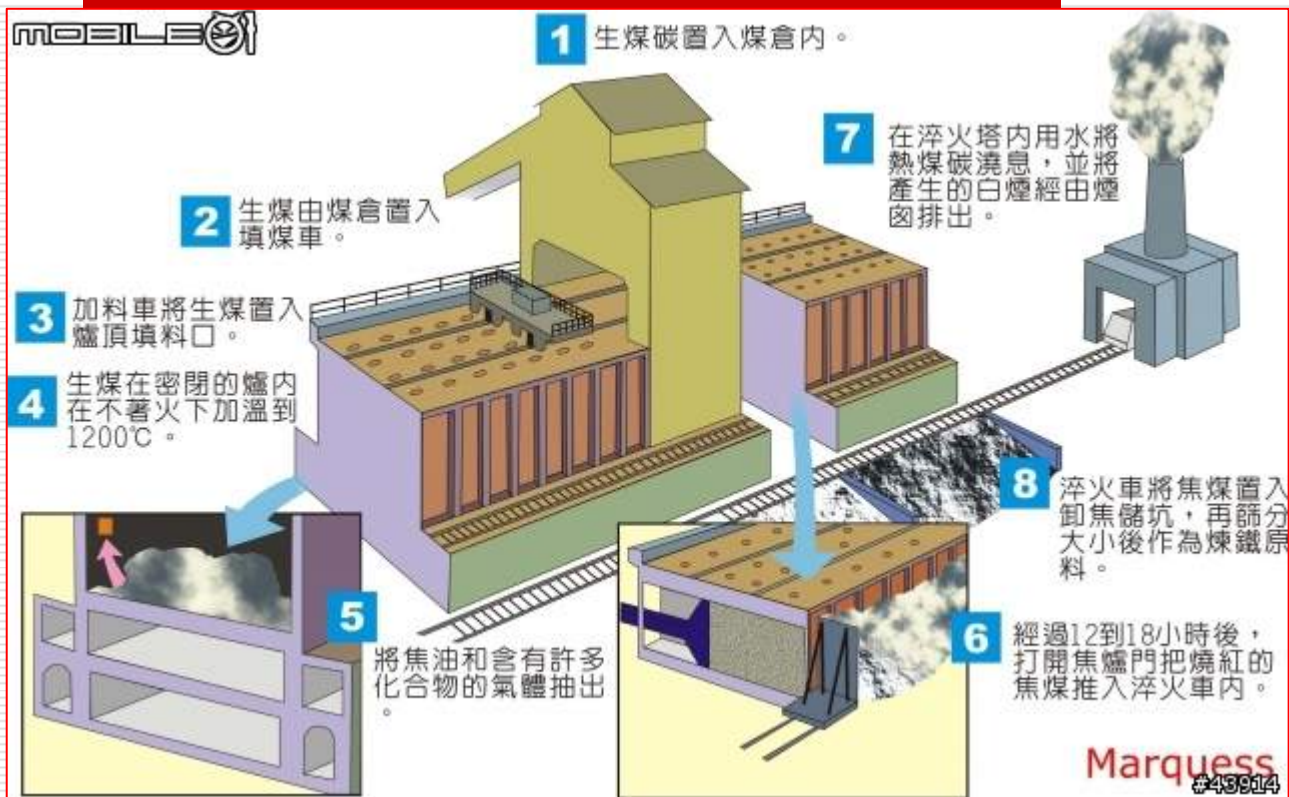
煤炭煉焦

- 煉焦作業是將焦煤經混合，破碎後加入煉焦爐內經乾餾後產生熱焦炭及粗焦爐氣之製程。



煉焦爐

MOBILE01



<http://www.mobile01.com/topicdetail.php?f=34&t=598974>



化石燃料新利用

□ 替代車用燃油

- 汽油引擎、柴油引擎
- 混合動力車、電動車 (燃料電池車)

□ 淨煤技術

- 燃燒前加工、轉化技術
- 燃燒技術改進
- 燃燒後污染控制

□ 燃料電池

□ 碳捕捉及碳封存

- 激勵採油法 (EOR)
- 深海、地質結構

NTPU

車用燃料

□ 汽油

- 辛烷值：98、95、92 無鉛汽油
- 含氧添加劑：MTBE
- 替代燃料：液化石油氣、酒精、甲醇
- 油電混合車

□ 柴油

- 十六烷值
- 含硫量：高級柴油、超級柴油
- 替代燃料：生質柴油、丁醇、乙二醇
- CDI, TDI, ...

□ 糧食作物 vs. 能源作物

運輸部門溫室氣體排放減量

- 替代燃料
 - 生質燃料
 - 油電混合
 - 燃料電池
- 惰轉熄火 (怠速熄火)
- 大眾運輸系統
 - 公車、捷運
 - 輕軌 (電車)
- 電動車輛
 - 電動機車：充電式 vs. 燃料電池
 - PHEV: Plug-in Hybrid Electrical Vehicle
- 自行車



淨煤技術 (Clean Coal Technology)

- 煤炭加工和轉化技術 (燃燒前)
- 煤炭燃燒技術：淨煤發電技術
- 淨煤發電技術 (http://www.itri.org.tw/cfc/co2/15/gw15_3.pdf)
 - 超臨界粉煤發電技術
Supercritical Pulverized Coal (PC) Combustion
 - 壓力式流體化床燃燒發電技術
(Pressurized Fluidized Bed Combustion, PFBC)
 - 壓力式流體化床複循環發電技術
(PFBC/Combined Cycle, PFBC/CC)
 - 整合氣化複循環發電技術
(Integrated Gasification Combined Cycle, IGCC)
- 煙氣脫硫與脫硝 (氮氧化物) 技術 (燃燒後)
 - FGD: 煙道氣脫硫技術
 - SCR: 選擇性觸媒脫氮技術

超臨界、PFBC/CC與IGCC

□ Supercritical PCC 超臨界粉煤發電技術

- 水與蒸汽的臨界參數為**22.115 MPa / 374.15°C**，超過此參數即為超臨界。亦即維持此溫度，**壓力即使再上升，蒸氣也不會轉換為液態的水**。
- 超臨界機組：**2.4 MPa / 560°C => 650°C => 700°C**

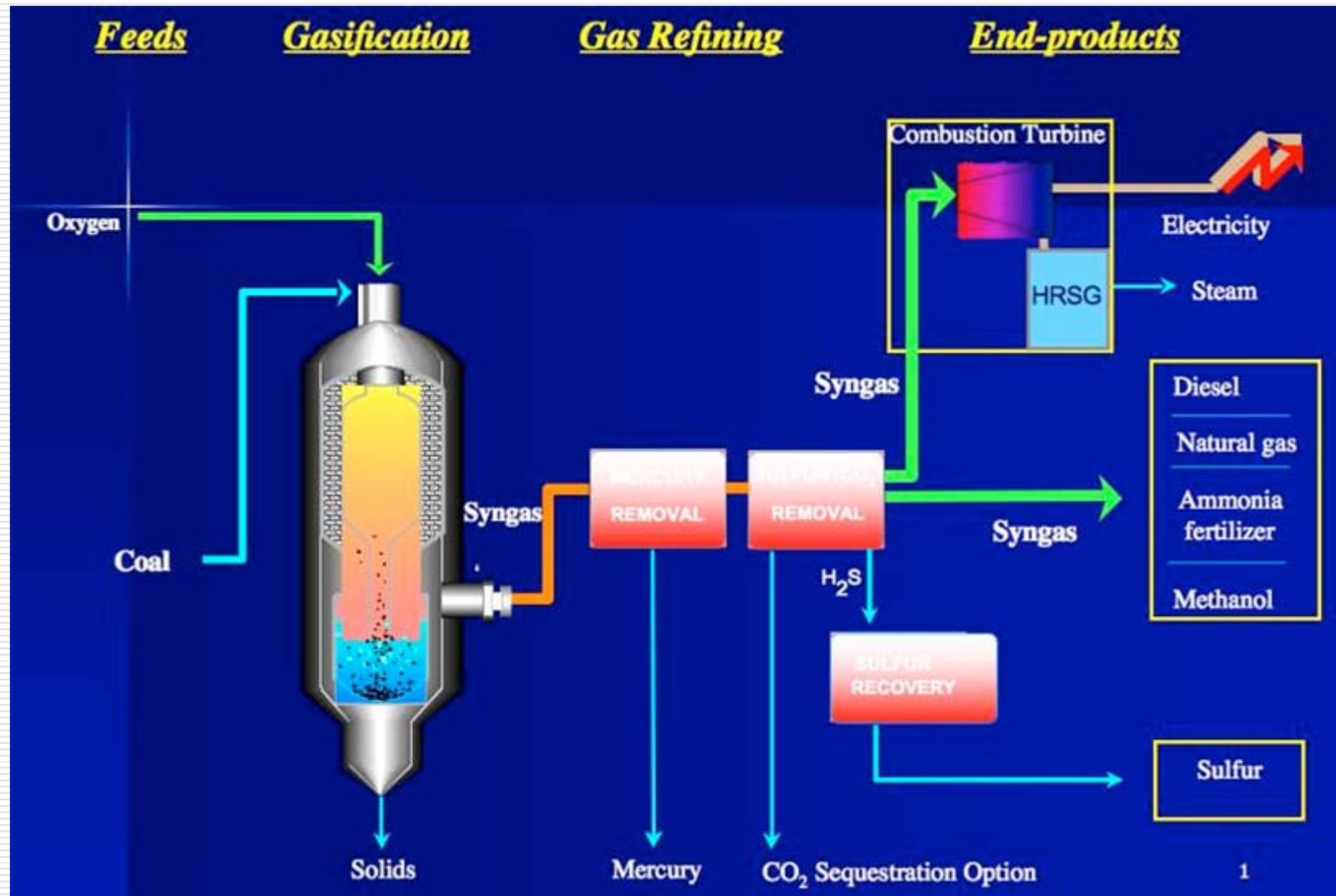
□ PFBC/CC 壓力式流體化床複循環發電

- 燃料在增壓流體化床燃燒後，產生的煙氣經高溫旋風分離器淨化後，驅動燃氣輪機發電，同時蒸汽產生器亦產生蒸汽驅動蒸汽輪機發電。
- **燃氣輪機**的Brayton迴圈與**蒸汽輪機**的Rankine迴圈聯合發電即稱為複循環機組。

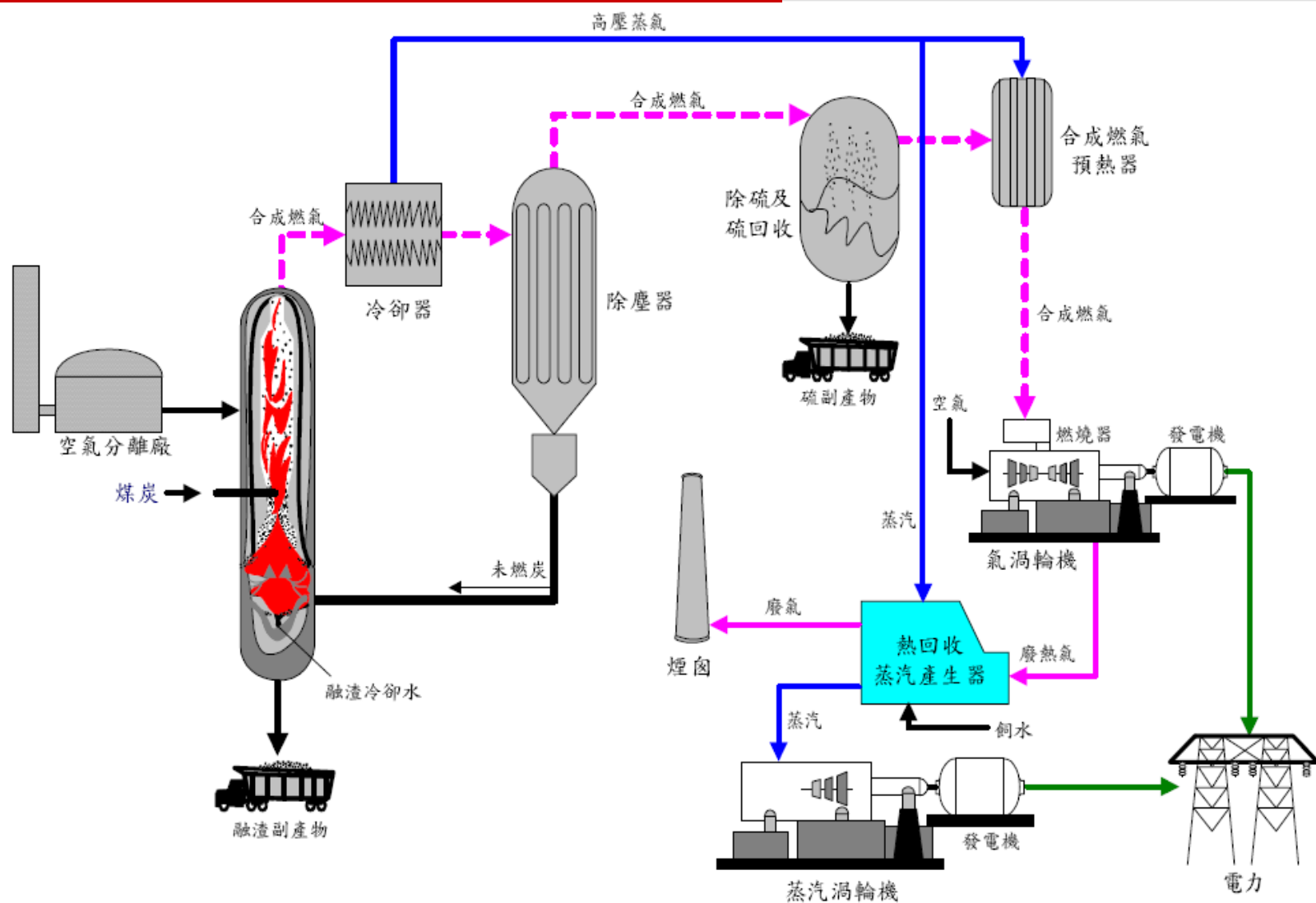
□ IGCC 整合氣化複循環發電技術

- IGCC是將煤炭在氣化爐中轉化為**合成氣 (Syngas)**或稱為煤氣。合成氣在送入複循環機組前，先經過淨潔技術以除塵、除硫及除含氮物質。

IGCC流程示意圖



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 _x	100	100	110~120	10~20
NO _x	100	20~30	45~55	5~10
CO ₂	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(¢/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)

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。

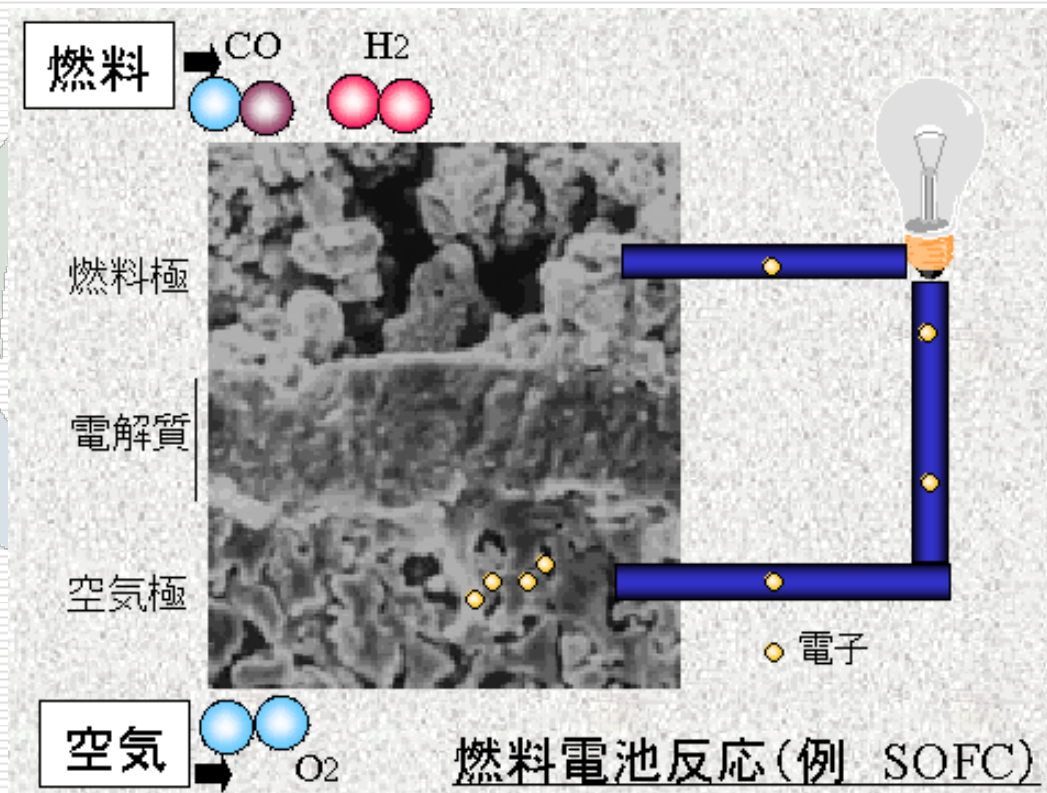
□ 低污染：若使用氫
為燃料產物為水，
幾乎是零污染。

□ 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)

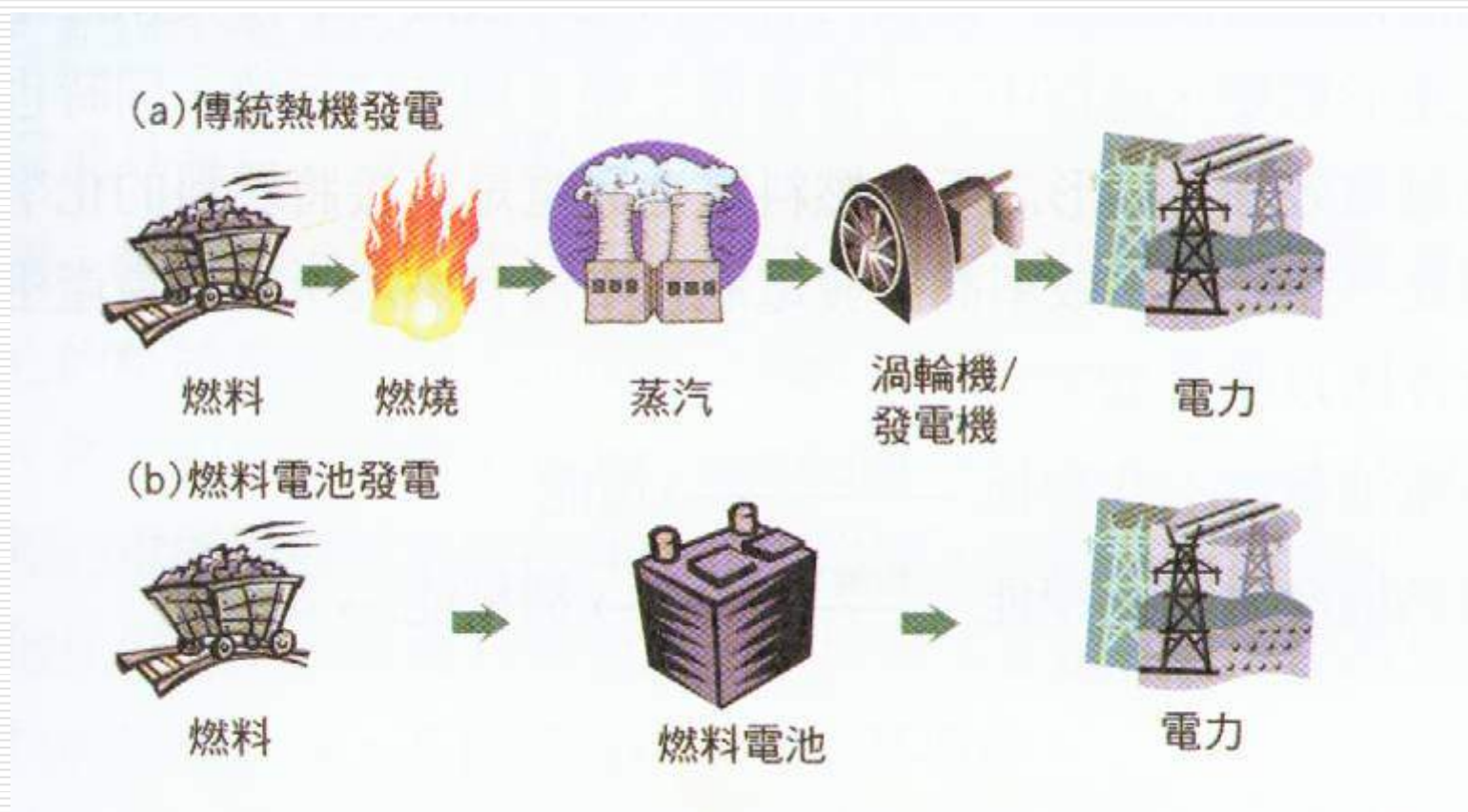
□ 燃料電池工作原理



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

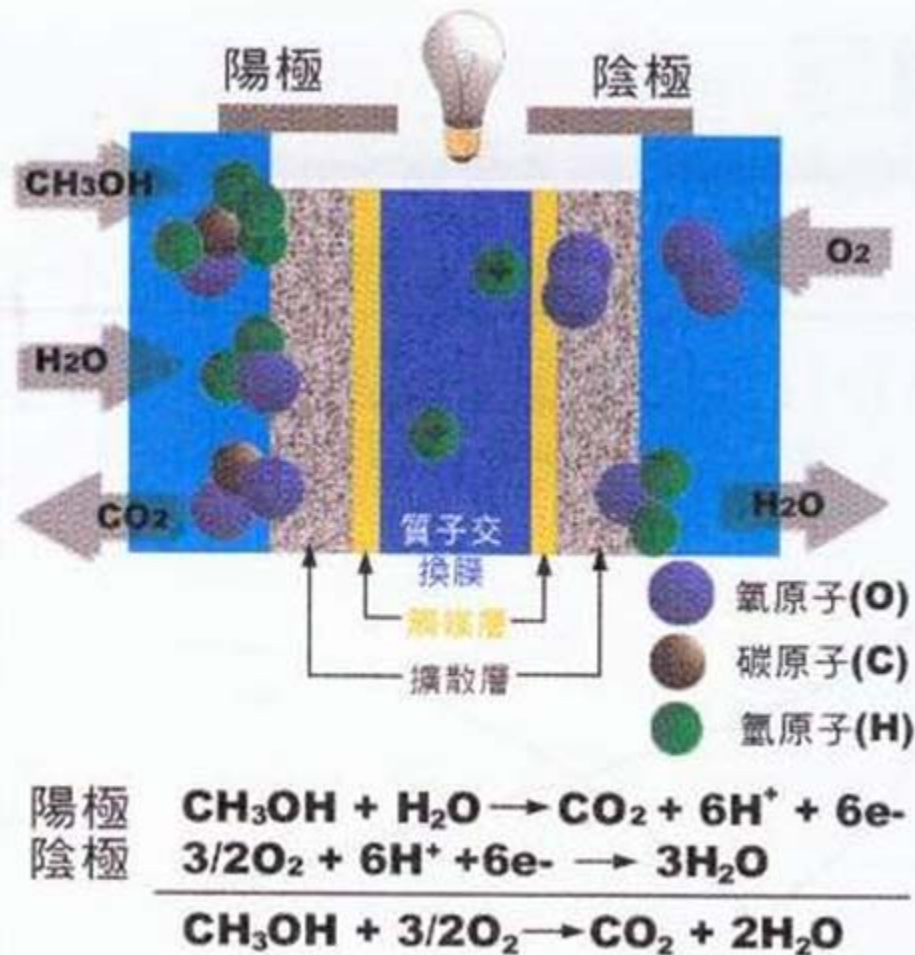
■ 低溫型 (60-220°C)

- 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)

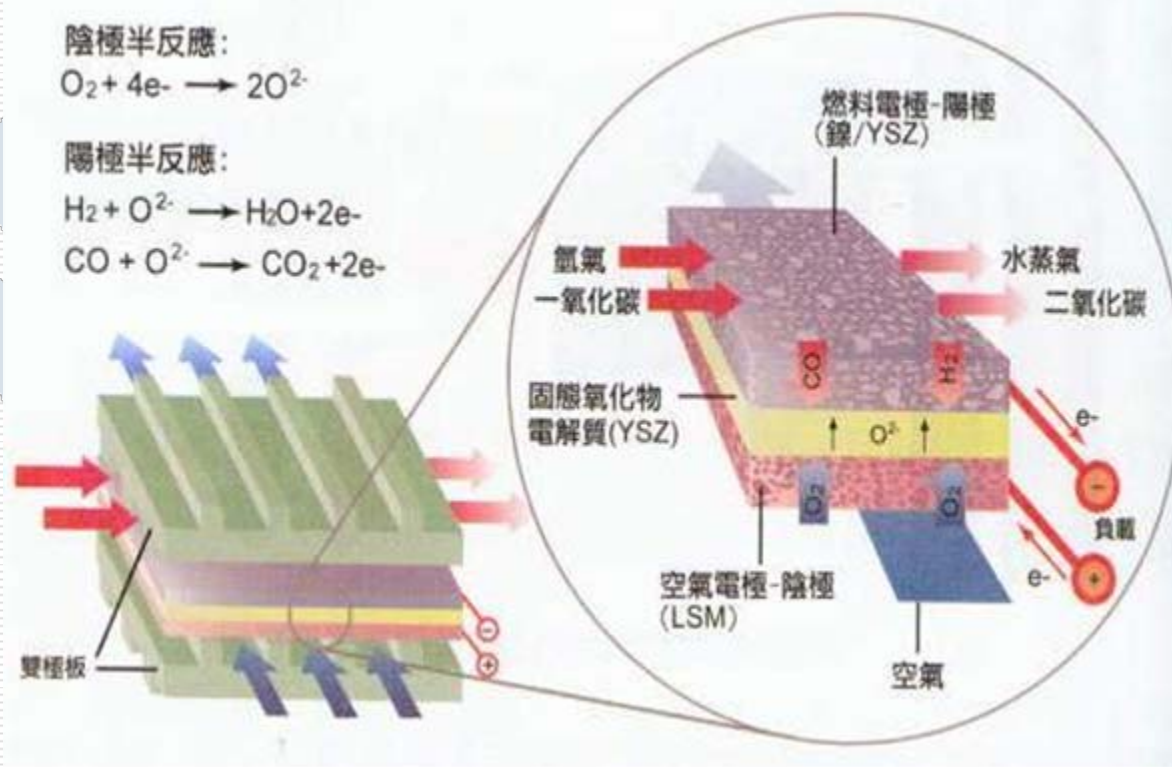


- 屬於質子交換膜燃料電池中之一類，只是直接使用液態甲醇為燃料。
- 主要應用於電子產品如手提電腦、行動電話及數位相機等3C產品。
- 尚待克服之問題包括：甲醇滲透、效率低及水的處理。

黃鎮江 (2003) 《燃料電池》，全華科技圖書公司。

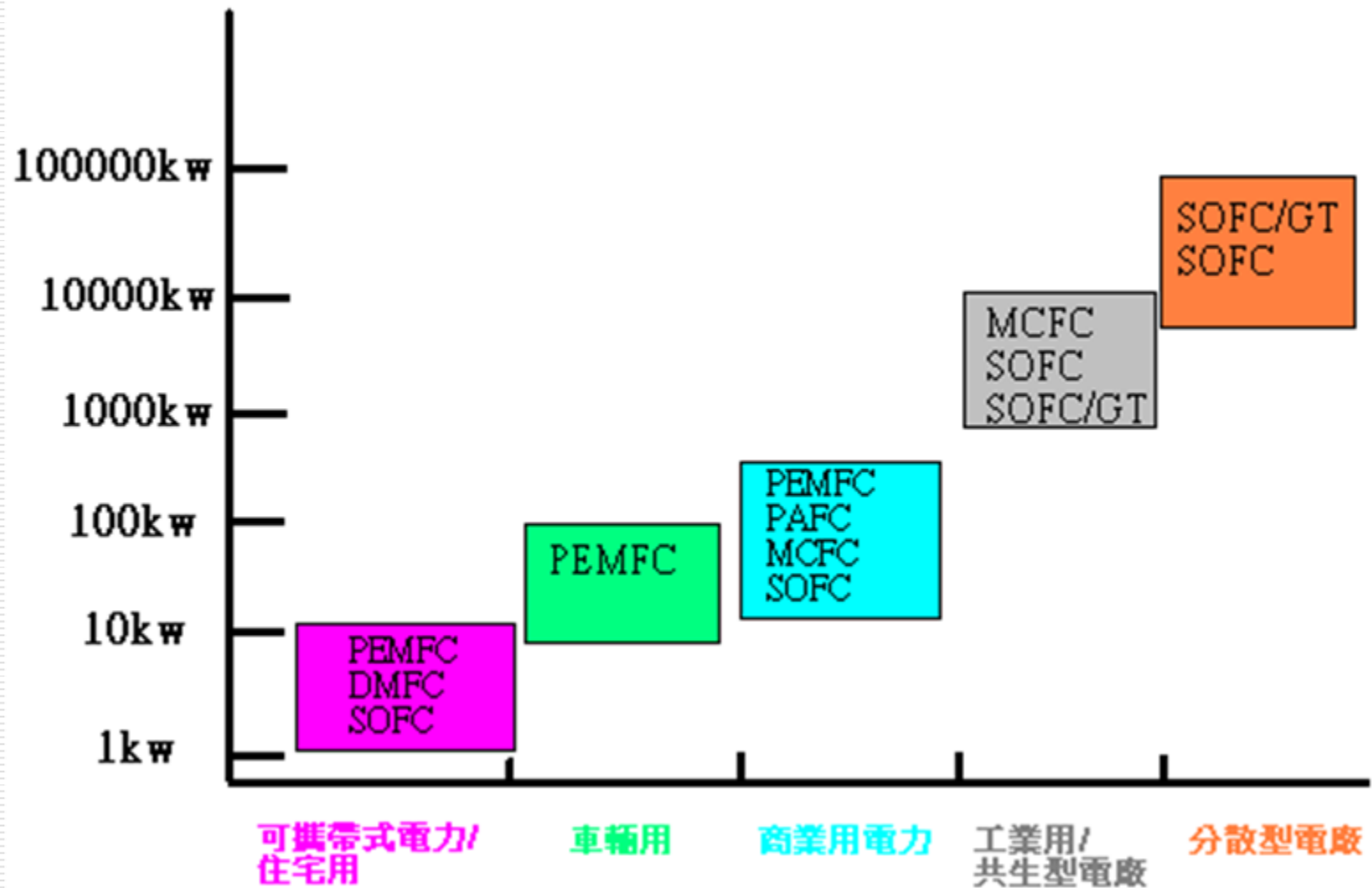
固態氧化物燃料電池 (SOFC)

- 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



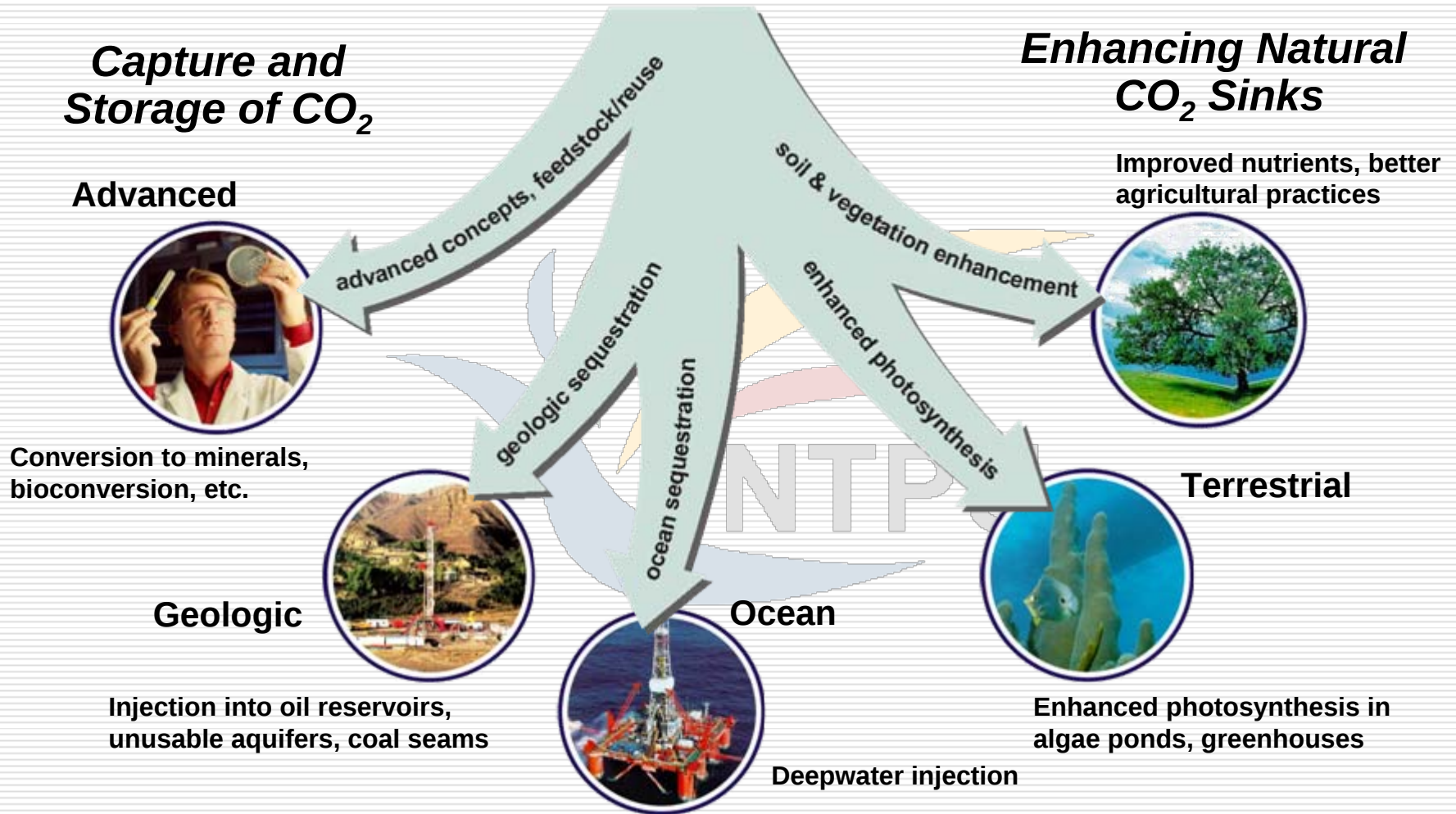
D8C Scooter



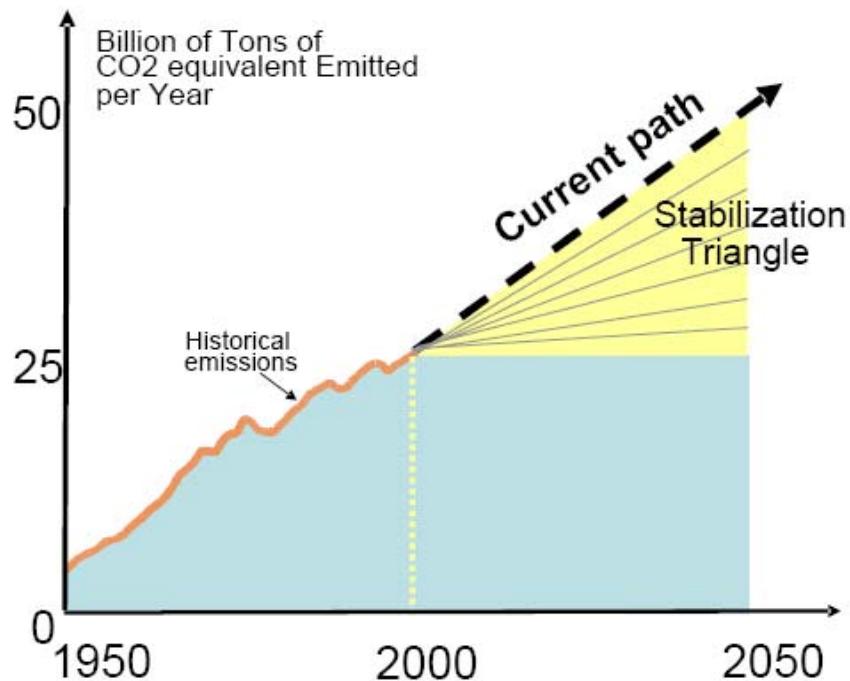
二氧化碳捕捉與封存

- 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？**

碳封存示意圖

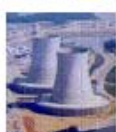


The Climate Challenge



- 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 CO₂ 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