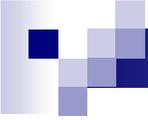


台灣淨煤技術發展現況與展望 ——兼論CO₂捕獲與封存

2007年1月16日



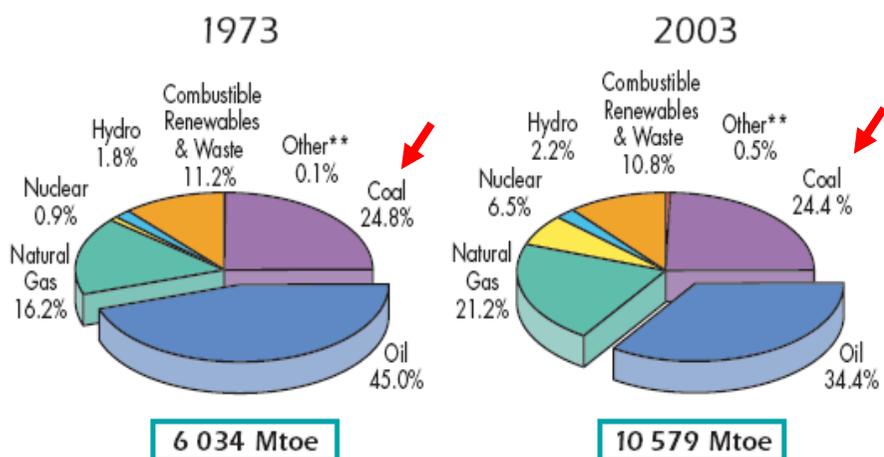
內 容

- 一、國際煤炭使用趨勢
- 二、台灣煤炭使用狀況
- 三、國際淨煤技術發展趨勢
- 四、台灣淨煤技術發展現況
- 五、台灣淨煤技術發展方向
- 六、國際CO₂捕獲與封存技術發展趨勢
- 七、台灣CO₂捕獲與封存技術發展規劃
- 八、結語

一、國際煤炭使用趨勢 -- 世界主要能源供應

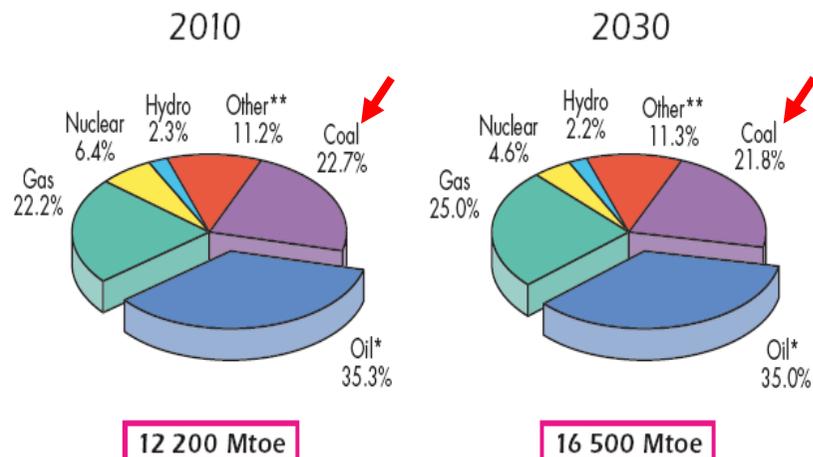
■ 煤炭增加%，雖不明顯，但由於能源消費量的成長，煤炭用量仍大幅增加。

初級能源消費

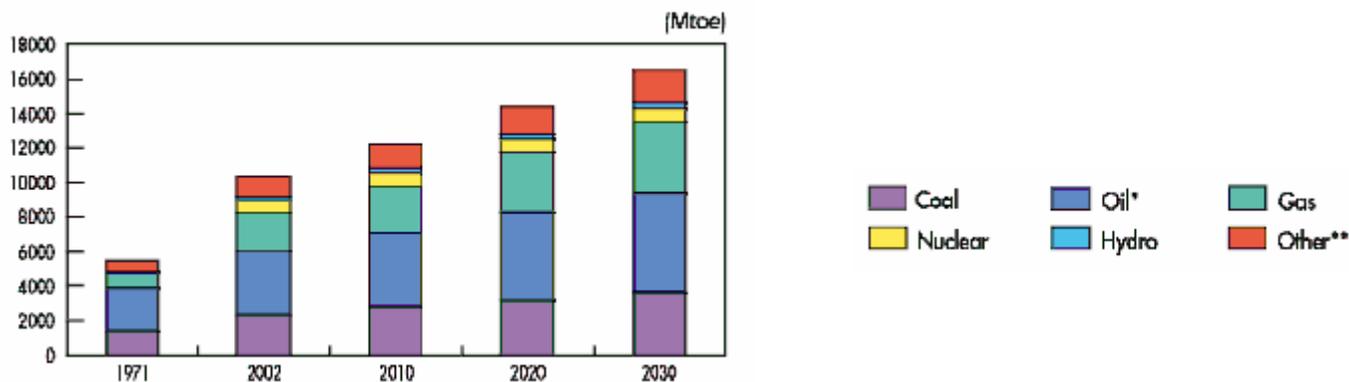


* Excludes international marine bunkers and electricity trade.
 ** Other includes geothermal, solar, wind, heat, etc.

初級能源消費長期預測



* Includes bunkers.
 ** Other includes combustible renewables & waste, geothermal, solar, wind, tide, etc.



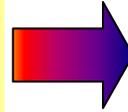
一、國際煤炭使用趨勢 -- 國際能源科技發展趨勢

1 國際發電技術長期發展預測

❖ Business As Usual (BAU)情境分析

❖ 2045年具潛力之能源技術(發電配比)

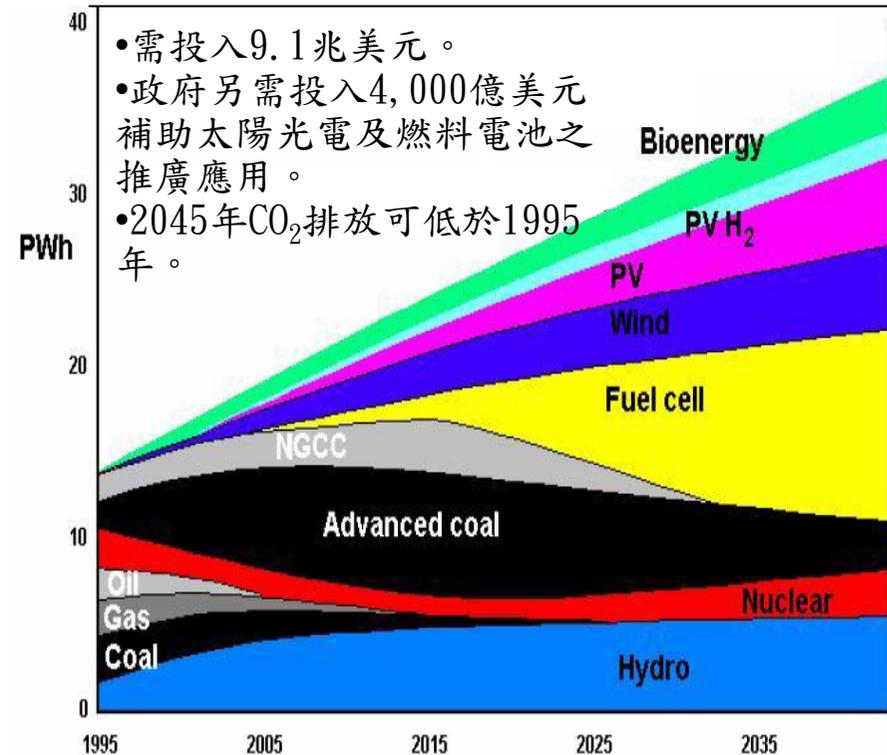
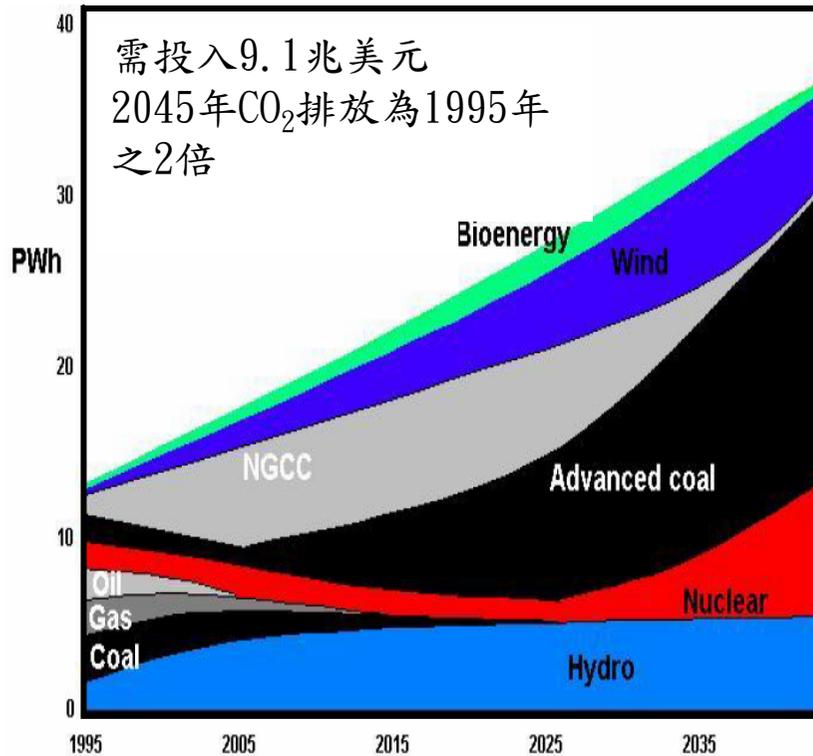
- Advanced Coal (45.8%)
- Nuclear (20.3%)
- Hydro (15.5%)
- Wind (14.8%)
- Bioenergy (2.4%)
- NGCC (1.2%)



❖ 積極發展各種新能源技術之情境分析

❖ 2045年具潛力之能源技術(發電配比)

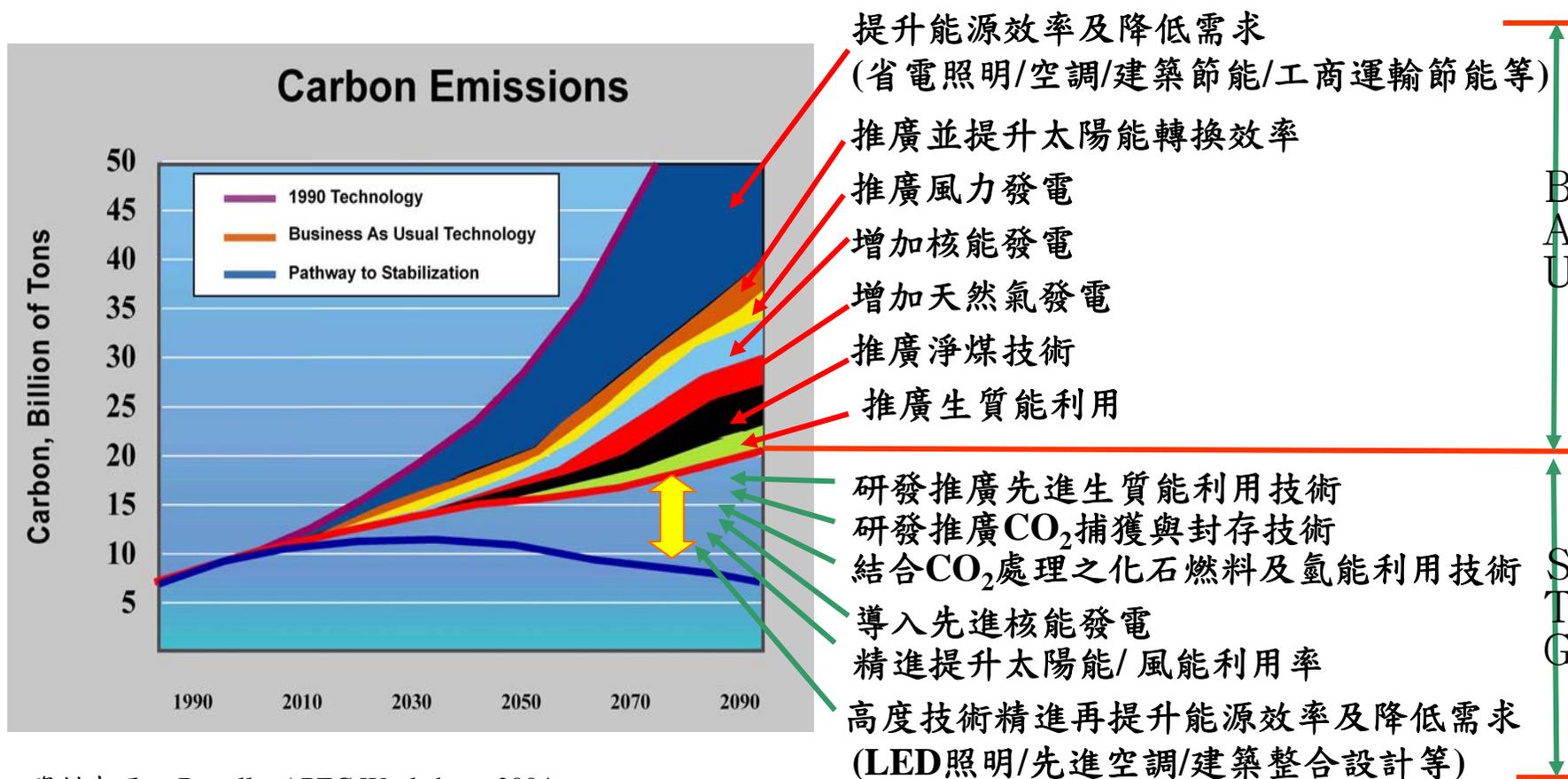
- Fuel Cell (30.1%)
- PV+PVH₂ (18.1%)
- Hydro (14.5%)
- Wind (13.3%)
- Bioenergy (8.4%)
- Advanced Coal (8.4%)
- Nuclear (7.2%)



一、國際煤炭使用趨勢 -- 國際能源科技發展趨勢

2 因應全球二氧化碳排放減量之技術發展趨勢

- 因應溫室氣體減量，能源新技術開發與使用扮演關鍵角色
- 以BAU加強改進現有節約能源、再生能源及潔淨能源技術
- 需再進一步創新開發並精進技術使CO₂濃度降至穩態(550ppm)



資料來源： Battelle, APEC Workshops 2004

二、台灣煤炭使用現況

■ 2005年煤炭占總體能源之32.0%

(石油：51.3%，天然氣：8.0%，水力：1.5%，核能：7.3%)

■ 消費量持續增加，至2005年已近6,000萬公噸

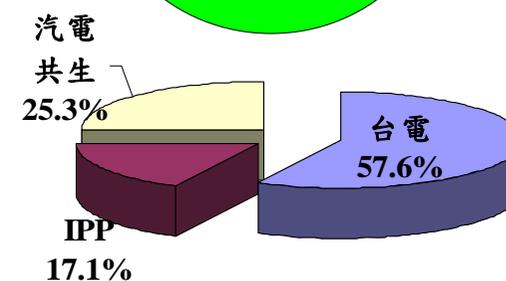
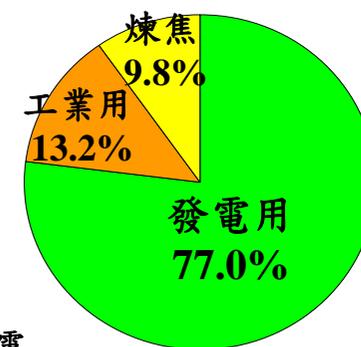
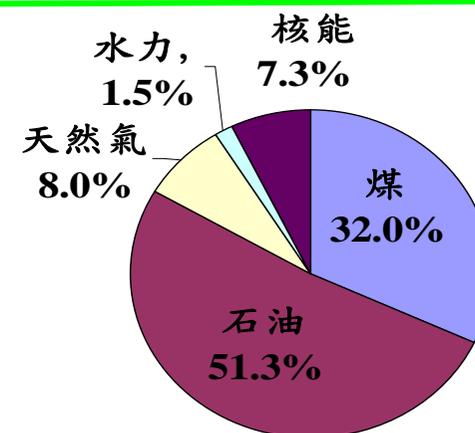
- 燃料煤占86.6%，原料煤占13.4%。
- 主要用於發電達77.0%

■ 2005年電力來源中煤炭比重最高

- 裝置容量達43,121MW，其中27.2%為燃煤(不含汽電共生的7,014MW)。
- 實際發電量約38.6%來自燃煤(不含汽電共生之18.7%)

■ 規劃新增發電裝置容量

- 預計2016年新增容量26,202MW，其中燃煤10,700MW，占40.8%。
- 2020年燃煤電廠占46~47%，2025年48~50%。



發電業用煤比較圖

三、國際淨煤技術發展趨勢 -- 淨煤技術範疇與重點方向

- **粉塵—除塵技術**(靜電、袋式集塵效率已達99.5%)，已成熟技術。
- **SO₂—排煙脫硫**(效率達95%以上，國內已具有技術能力)，已成熟技術。
- **NO_x—SCR**(效率達90%以上，國內已具有設計與建廠能力)，已成熟技術。
- **重金屬(Hg)**—尚在研發階段。

- **鋼鐵業**—利用氣化技術生產CO作為還原劑，合成氣作為替代燃料。
- **石化業**—生產化學品。
- **工業區氣化廠**—利用氣化技術生產CO、H₂提供淨潔低成本之合成氣。
 - 直接作為燃料，替代NG與燃料油。
 - 汽電共生
 - 轉換甲醇或氫燃料

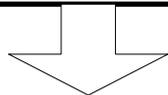
CO₂減量

- 既有機組效率提昇1~2%
- 混燒生質能減少約5%
- 汰換老舊電廠約減少10~20%

CO₂捕獲

- **燃燒後**—CO₂排放濃度低可利用化學吸收(MEA)、物理吸收等已商業化。
- **燃燒前**—即為氣化，CO₂達40~60%，捕獲成本較低。若結合產氫製程，以PSA或薄膜分離可產生>90%CO₂。
- **富氧燃燒**—可直接產生>90% CO₂，國際尚在研發階段，困難度高。

淨煤技術



燃燒污染
防治

高效率
發電技術

工業應用

燃料轉換

CO₂減量與
捕獲

- **超臨界粉煤發電(SC)**—246~250bar/600°C/610°C，電廠效率已達43~44%(LHV)與IGCC相當，技術為美、日、歐等大廠所擁有，技術成熟度高。
- **超超臨界粉煤發電(USC)**—280~300bar, 600°C/620°C約45%(LHV)，尚屬驗證階段，未來可提高至375bar, 700°C/720°C，效率可達50%(LHV)。技術以日歐領先。
- **壓力式流體化床(PFBC)**—效率約42~43%(LHV)與IGCC相當，技術以日、歐領先，但未來效率提昇潛力不如IGCC，已不被看好。
- **氣化複循環發電(IGCC)**—效率42~45%(LHV)，未來有機會提昇至52%(LHV)，技術以美、歐領先，日本積極發展。
- **氣化與燃料電池整合系統(IGFC)**—效率預期可達60%，大型化困難度極高。

氣化技術生產CO、H₂為主合成氣作為原料

- **液態燃料(甲醇或二甲醚(DME))**—適合搭配IGCC或工業區氣化廠，於離峰時間將合成氣轉換液態燃料儲存。
- **產氫**—未來提供廉價氫能源之重要來源，國內已擁有水氣轉換與氣體分離等能量。
- **F-T燃料**—此生產較適合於煤產地，轉換成F-T燃料。

三、國際淨煤技術發展趨勢 -- 國際淨煤技術發展計畫

美國	歐盟	日本
CCT roadmap、Vision21、FutureGen	PowerClean	CCT Strategy、EAGLE
<ul style="list-style-type: none"> ● 短期目標是在控制 SO_x、NO_x、Hg 的排放及降低碳排放係數，維持既設電廠的運轉，準備過渡至「零排放」。 ● 長期目標是透過對氣化複循環、先進材料、高效率複合系統、及 CO₂ 捕獲封存等技術的研究建立「零排放」電廠。 ● Clean Coal Technology [2001 年起 10 年]、Vision 21 [2001 年起 15 年]、FutureGen [2003 年起 10 年] 等計畫支持開發氣化、製氫、燃料電池、系統整合、及 CO₂ 捕獲封存等技術。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 超超臨界粉煤燃燒淨效率已達 47~50%(LHV)，未來著重在高溫材料，並整合 CO₂ 近乎「零排放」的技術。 ● 常壓式循環流化床燃燒在 ~300 MW 是成熟技術，目前準備施行於 600 MW，未來的目標是 600~800 MW，同時引進 CO₂ 捕獲技術。 ● 多座各式氣化複循環電廠已在運轉，運轉率不及 85%，穩定性仍是最大的限制。持續獲得歐盟執委會的支持進行研究。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 在超臨界粉煤燃燒領域著重在反應器材料的研究。 ● 氣化複循環技術發展是目前的重點。 ● 氣化結合燃料電池是長期技術發展的目標。 ● 2020 年之前的技術重點是提升效率，2030 年之後實現「零排放」的目標。

資料來源：CCT2005, IEA Clean Coal Conference, Sardinia, Italy, 10 - 12 May 2005

三、國際淨煤技術發展趨勢 -- 世界上商業化運轉中之IGCC計畫

電廠／國別	運轉日期	發電量 MW	燃料	應用	氣化爐／複循環機組
Nuon(Demkolec)/荷蘭	1994	250	煤炭	發電	Shell-O₂/Siemens V94.2
Wabash/美國	1995	260	煤炭	發電	Conoco Phillips-O₂/GE 7FA
Tampa Electric/美國	1996	250	煤炭	發電	GE/Texaco-O₂/GE 7FA
EI Dorado/美國	1996	45	石油焦	汽電共生	GE/Texaco-O ₂ /GE 6B
SUV/捷克	1996	350	煤炭/石油焦	汽電共生	Sasol Lurgi-O ₂ /GE F9E
Schwarze Pumpe/德國	1996	40	褐煤/廢棄物	發電/甲醇	BGL-O ₂ /GE 6B
Shell Pernis/荷蘭	1997	120	塔底油	汽電共生/H ₂	Shell/Lurgi-O ₂ /GE 6B
Puertollano/西班牙	1998	300	煤炭	發電	Prenflow-O₂/Siemens V94.3A
ISAB/義大利	2000	520	瀝青	發電/H ₂	GE/Texaco-O ₂ /Siemens V94.2
Sardinia /義大利	2001	545	塔底油	汽電共生/H ₂	GE/Texaco-O ₂ /GE 109E
Chawan/新加坡	2001	160	石油焦	汽電共生/H ₂	GE/Texaco-O ₂ /GE 6FA
API/義大利	2002	280	塔底油	發電/氫氣	GE/Texaco-O ₂ /KA 13E2
Delaware/美國	2003	160	石油焦	發電	GE/Texaco-O₂/GE 6FA
Negishi/日本	2003	342	瀝青	發電	GE/Texaco-O ₂ /MHI 701F
AGIP/義大利	2006	250	殘渣油	汽電共生/H ₂	Shell-O ₂ /Siemens V94.2K
合計(MW)		3,872			

商業化煉油廠之IGCC通常可用率第一、二年不及70%，三年後可達90%。但以**煤炭為進料之IGCC至今仍未達85%**。

四、台灣淨煤技術發展現況

- **能源局自1987年起陸續投入並完成燃燒污染控制等淨煤技術研發**
 - 低NO_x燃燒器：2.5MW燃燒器，燃煤NO_x<250ppm
 - 排煙脫硫技術：除硫效率>95%
 - SNCR除硝技術：除NO_x效率>50%
- **1998年起規劃氣化複循環發電技術引進與推廣**
 - 淨煤發電技術發展：IGCC、PFBC、SC
 - 氣化複循環發電技術分析：空氣分離、氣化爐、合成氣淨化及複循環發電等四部分。
 - 推廣策略規劃擬訂
- **2000~2001年推動行業採用淨煤發電技術應用規劃**
 - **發電業應用**淨煤發電技術規劃
 - 淨煤技術整合規劃與獎勵措施研擬：「淨煤發電獎勵措施建議案」與「淨煤技術補助辦法草案」
 - **能源密集**產業應用淨煤發電技術規劃：針對鋼鐵、石化、人纖及造紙產業。

四、台灣淨煤技術發展現況 (續)

多元燃料氣化技術之發展 (2002~2005年)

- ❑ 工研院建立2噸煤/天挾帶床氣化系統，最大操作壓力15bar，乾粉進料，吹氧式。
- ❑ 在無熱回收裝置的情況，氣化效率及碳轉化率分別達70%及88%。
- ❑ 建立氣化複循環發電模擬及多元化應用評估技術。
- ❑ 技術可應用於發電、鋼鐵、石化、人纖、造紙業等。

2006~2009年發展重點

多元進料氣化技術

- 乾粉進料氣化
- 液態進料氣化

合成氣轉換應用技術

- 液態甲醇燃料
- 產氫與CO₂分離

合成氣淨化技術

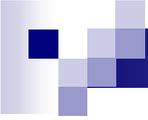
- 高溫除硫除塵
- CaO捕獲CO₂

合成氣應用示範推廣

- 燃燒與發電應用
- 推動工業區氣化示範廠

四、台灣淨煤技術發展現況--台灣IGCC發展評估

- 台灣產業界應用商業化之氣化技術，首推中油公司高雄總廠之Texaco殘渣油氣化廠，原設計以殘渣油為燃料，現則以重油為進料，主要提供下游生產醋酸及加氫脫硫之用；台塑石化公司2005年於麥寮建立輕油氣化廠，生產CO及H₂，作為石化原料。
- 在先進氣化複循環發電技術，台電公司於1995年委託評估台中電廠改裝現有燃氣渦輪機組為IGCC的可行性。於2002年委託完成「彰濱煤炭氣化複循環發電機組可行性研究」計畫，規劃容量為三部320MW之機組，淨發電效率在ISO情況下為40.6%（HHV），氣化爐採單座、挾帶床。
- 未來引進時機將考慮IGCC技術之可靠度及成本再決定。



五、台灣淨煤技術發展方向

- 近期新增與改建的燃煤機組，優先採用超臨界與超超臨界發電機組。
- 煤炭IGCC技術仍屬商業化示範階段，採循序漸進方式引進。
- 引進大型煤炭氣化廠於工業區內應用示範，集中供應合成氣燃料與製程蒸汽，促進區域性能源的整合利用，提升整體能源利用效率。
- 建立中小型煤炭氣化廠規劃設計能力
 - 高溫氣體淨化技術
 - 合成氣轉化為液體燃料或產氫，CO₂捕獲與分離技術。

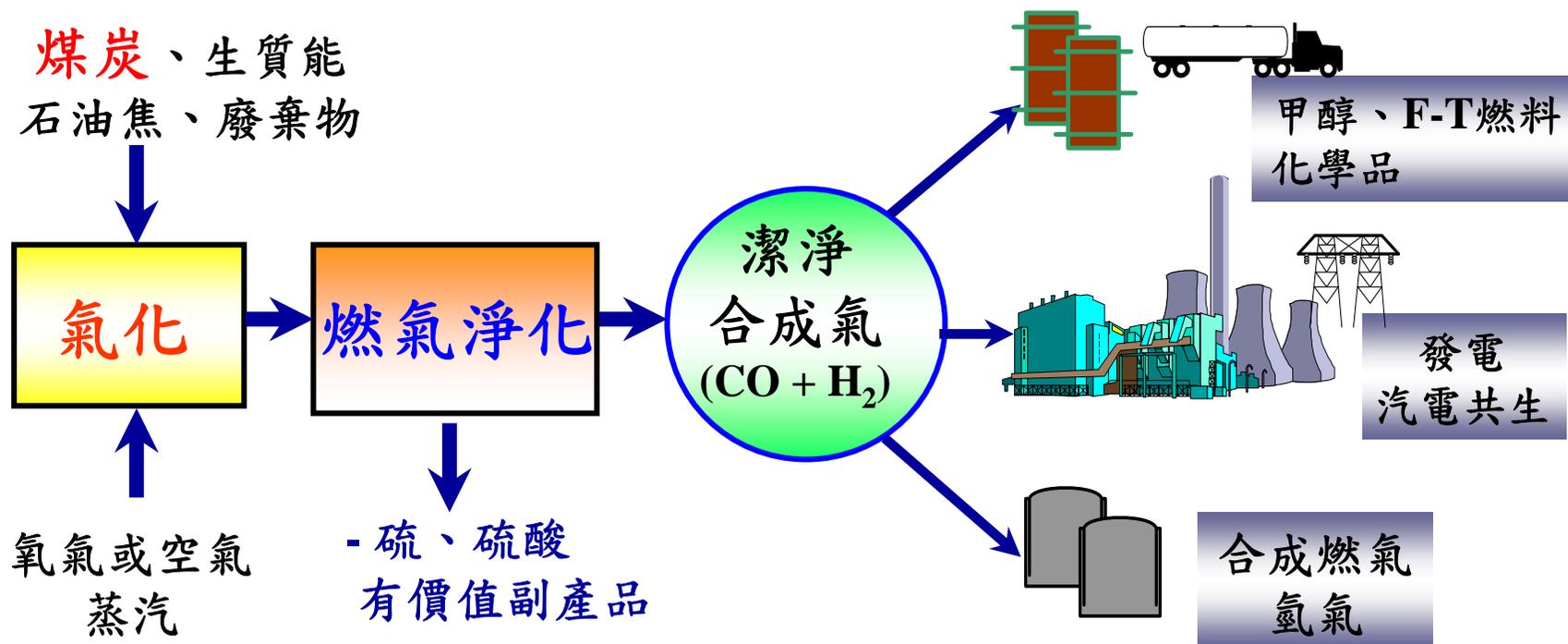
五、台灣淨煤技術發展方向--重點技術推動策略與發展時程

■ 關鍵核心技術

- 以煤炭為主之氣化技術，將為未來重要之潔淨能源關鍵技術。
- 短中程：建立氣化關鍵技術。
- 中長程：進行氣化合成氣應用技術開發。
- 遠程：以結合氣化與燃料電池之IGFC(IGCC+FC)及產氫與零排放等關鍵製程技術為開發重點。

五、台灣淨煤技術發展方向--以氣化多元化技術為發展主軸

- 降低對石油的依賴性，增加國家能源安全度。
- 氣化技術具有進料多元化彈性，生產之合成氣可多元應用如發電、合成氣燃料、轉換液態燃料，產氫等。
- 中小型氣化系統技術，適合國內中小型產業特性，未來潛力大。



五、台灣淨煤技術發展方向--重點技術推動策略與發展時程(續)

■ 淨煤發電技術引進與推動

- 因應國內舊電廠除役，及提高電廠效率以抑制CO₂排放。
- 短中程：興建較高效率之**超臨界與超超臨界**粉煤鍋爐。
- 中長程：與國外技術合作建立**大型IGCC示範廠**，以掌握操控技術，作為未來引進大型IGCC的基礎。

■ 產業利用煤炭氣化技術引進與推動

- 產業利用淨煤技術，以建立**合成氣多元化利用**為主軸，除可規劃汽電共生外，並提供潔淨合成氣燃料，以替代既有燃料。
- 短中程：建立低成本的氣化關鍵技術、籌組推動工業區煤炭氣化示範廠產業聯盟、辦理工業區煤炭氣化示範廠可行性評估與建廠設置許可。
- 中長程：建立國內工業區煤炭氣化示範廠，提供淨潔低成本之合成氣燃料，以替代天然氣與燃料油。
- 遠程：結合產氫與CO₂捕獲及封存，建立合成氣多元化利用零排放氣化工業區。

五、台灣淨煤技術發展方向--技術研發策略

- **技術引進：屬於大型煤炭氣化廠與電廠的相關技術**
 - 可行性評估、規劃設計、關鍵設備等。
- **國際與學界合作：小型煤炭氣化廠的部分重點技術**
 - 小型氣化系統設計與模擬、CO₂捕獲與分離、先進合成氣轉換反應器與觸媒技術等。
- **技術開發：國內有能力自行開發的技術**
 - 煤炭氣化操控技術、高溫合成氣淨化技術、合成氣轉換甲醇與產氫技術、合成氣燃燒與發電應用技術、零污染氫燃料發電技術等。
- **技術服務：應用專案計畫的資源服務企業**
 - 技術資訊的蒐集、業界聯盟的成立、大型煤炭氣化示範廠設置的推動等。

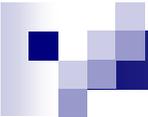
六、國際CO₂捕獲與封存技術發展趨勢

CO₂捕獲：

- 目的：自CO₂產生源分離及捕獲CO₂，供後續再利用或封存。
- 主要目標產生源：
 - 燃燒程序之煙道氣體
 - 富氧燃燒/氣化程序之合成氣體
 - 其他工業製程之CO₂高濃度產生源
- 捕獲方式：
 - CO₂吸收/吸附、薄膜等物理或化學方式捕獲技術。
 - CO₂捕獲與燃燒程序改善整合。

CO₂封存：

- 目的：安定封存CO₂百年以上。
- 封存方式：
 - 地質封存
 - ✦ 將CO₂注入深處安全的地質儲存於地下；此技術為目前可大量儲存CO₂之較為可行的方式。
 - 地表封存
 - ✦ 生物封存：藉由植物與土壤自然吸收CO₂排放。
 - ✦ 化學封存：將CO₂與另一種物質結合形成穩定的固體物質。
 - 海洋封存
 - ✦ 將CO₂注入深海中；雖然海洋可自然儲存巨大量的CO₂，但由於CO₂在海中會移動，海洋環流對CO₂儲存與CO₂儲存對生物之影響等，皆需長期研究與評估。



七、台灣CO₂捕獲與封存技術發展規劃

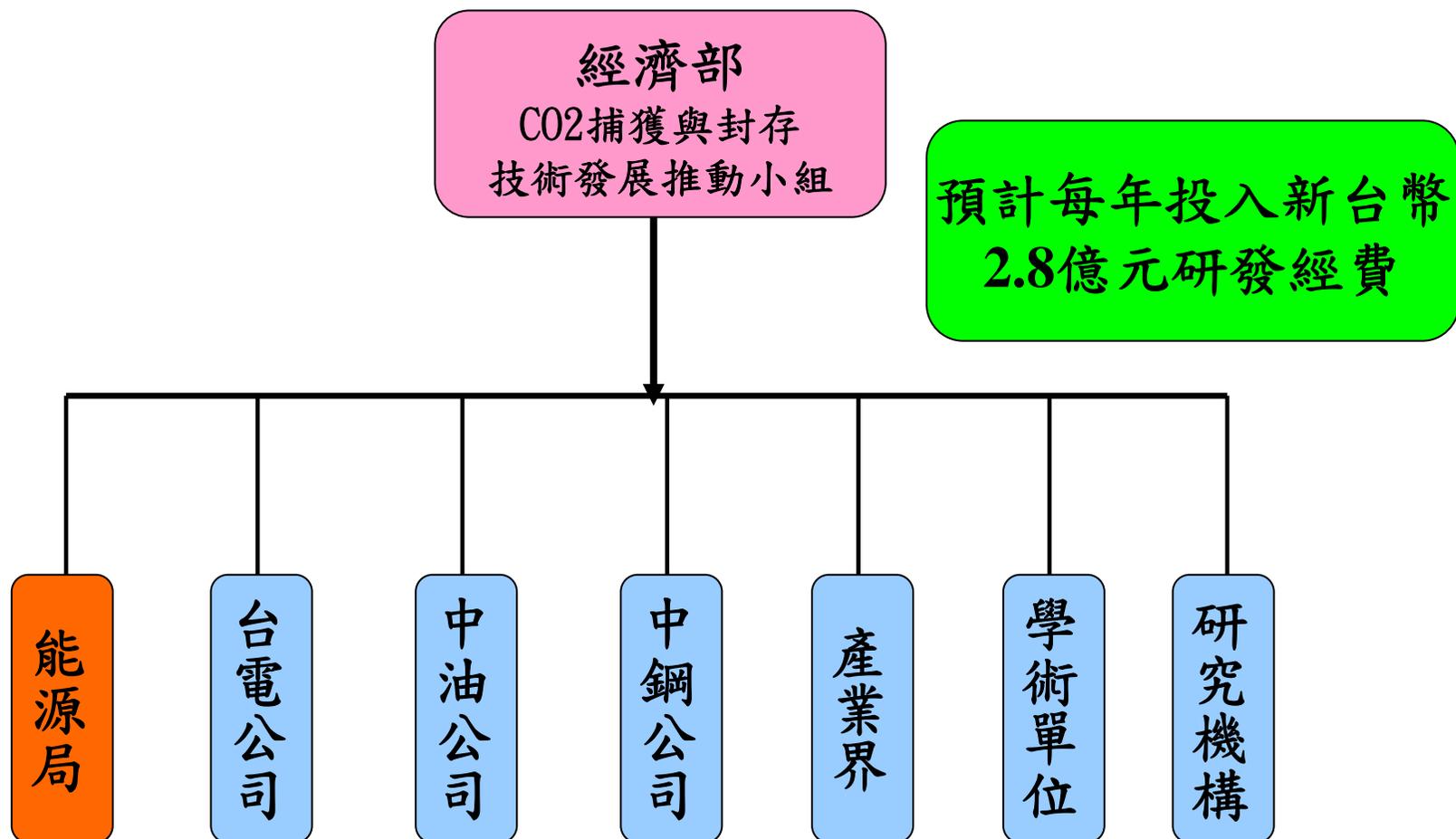
□ 近、中程：

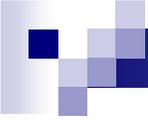
- 以二氧化碳捕獲技術、燃燒改善技術及二氧化碳再利用技術為研發方向，實際協助業界減低二氧化碳排放量。
- 進行國內地質封存潛能調查與評估，以取得後續封存地點及潛能規劃之重要資訊。

□ 中、長程：

- 將捕獲技術所獲得之二氧化碳，藉由地質封存方式，大量封存產業所產生之二氧化碳，以提高國內產業競爭力。

七、台灣CO2捕獲與封存技術發展規劃--經濟部推動團隊





八、結 語

- 在化石能源有限之情勢下，煤炭利用將是未來主流。淨煤使用技術及因應國際二氧化碳減量技術，為國際產業發展之利基，也是台灣相關產業發展方向。
- 政府應積極培育國內綠色煤炭產業，藉由政策導引、技術開發及獎勵措施等措施，結合國內產業，發展另一利基產業。
- 政府宜明確訂定國內淨煤技術政策目標，並釐訂技術發展時程，以導引國內研發能量，進入相關技術領域。
- 在國內淨煤技術發展初期，宜藉由國際策略合作方式，引進相關技術，促使國內產業積極投入。
- **CO₂捕獲與地質封存**，是國際間認為相當有潛力的**CO₂減量機制**與研究重點。未來應積極參與國際合作，掌握最新發展趨勢與技術。

謝謝!