

二氧化碳捕捉與封存技術發展 論壇

主辦單位：財團法人中技社

協辦單位：經濟日報社

論壇議題：

- 1.因應全球 CO2 減量趨勢，國際 CO2 捕捉與封存技術成熟後對我國產業與經濟之衝擊為何？
- 2.探討我國投入 CO2 捕捉與封存技術領域之面向為何？
- 3.我國政府與民間如何建立夥伴關係？

主持人：林志森(中技社執行長)

翁得元(經濟日報副總編輯)

引言人：沈世宏(景文技術學院副教授)

與談貴賓：陳崇憲(經濟部能源局技士)

胡經武(中油安環副處長)

黃正忠(前能源局組長)

魏宏恩(中鋼安環組長)

談駿嵩(清大化工研究所教授)

杜悅元(台電安環處長)

林明儒(工業總會污防召集人)~~按發言順序

前言：

捕捉、封存或再利用技術，是解決二氧化碳排放的新趨勢！

中技社與本報合辦二氧化碳捕捉與封存技術發展論壇，探討先進國家研發成功捕捉封存與氫能利用技術後，我國是否有承接的環境條件及基礎建設？是否有領先開創新產業機會？

翁得元：

二氧化碳是近年全球矚目的議題，自去年 2 月京都議定書生效後，國際間更已開始著手管制。發電、煉油、煉鋼都產生大量 CO2，必需要設法抑制及減量。

二氧化碳捕捉及封存是國際間新發展的技術，如何在新趨勢發展初期掌握動向、創造機會，將是我國無法迴避的議題。

.....
捕捉封存再利用趨勢形成 減少 CO2 排放契機

林志森：

化石燃料是 CO2 排放的主要來源，在全球管制 CO2 排放的趨勢中，政府與民間各界都已投入發展降低排放、再生能源、提高能源使用效率、清潔生產等技術與管理體系。

以上述預防方式減量技術，避免 CO₂ 排放增加，無法完全控制及處理 CO₂。捕捉封存與再利用則是新的國際潮流，雖然現在仍是高成本的處理技術，但先進國家已積極發展，相關的組織、人力及資源投入，將是減少 CO₂ 排放的契機。

由於國際趨勢、前瞻性已形成，去年的能源會議中也有提及 CO₂ 捕捉封存及再利用，但使力不大，政府單位是否應由經濟部結合環保署、國科會及民間企業界合作成立平台架構？或由經濟部溫室氣體辦公室中提出建議，形成策略合作關係，才易於獲得最好的成效。

能源局結合綠基會，邀請百貨公司、量販店、便利商店等服務業簽約，結合成為節約能源的策略聯盟，可收節能最大成效，可做為策略聯盟的參考範例。

最近世界各國重新檢討能源政策，李遠哲院長也公開呼籲重新討論核能政策，如果永遠避開核能政策，未來會有很多困難。因應京都議定書及油價飆漲等環境，核能政策確有重新檢討必要，中技社明年或許可再針對核能議題委託研究。

.....

規劃氫能源 氫經濟時代基礎建設

沈世宏：

此項技術對解決溫室氣體造成的問題很有幫助，只是國內還不重視，應積極探討一旦國際成熟後，我們要如何因應？

化石燃料仍將是未來主流能源，解決溫室氣體效應最有潛力的就是將 CO₂ 捕捉回來、封存在地下。美國雖未簽署京都議定書，但美國規劃 2050 年履行國際公約 CO₂ 減量中的 45%，就是要以捕捉此項技術達成。美國將於 2012 年建造完成首座 275MW、CO₂ 零排放的燃煤發電產氫試驗廠；聯合國氣候綱要公約政府間氣候變遷專家小組 (IPCC) 預測，2095 年全球化石燃料排放的 CO₂，將有近半使用該技術。

我國與先進國家能源政策相較，相同的是：增加天然氣使用量；增加再生能源使用量；規劃電價調整、排放權交易、排放總量管制及碳稅等措施；化石燃料使用比率於 2025 年前仍占 87% 以上。不同的地方包括：除再生能源及天然氣用量增加為具體 CO₂ 排放減量規劃外，其餘減量均為誘因規劃；未全面規劃配合 CO₂ 排放減量所需技術成本、研發與基礎建設；未規劃 CO₂ 捕捉、封存及再利用技術及對我國的衝擊；未規劃「氫能源、氫經濟」時代的基礎建設與產業機會。

建議我國應以下列項方向同時並進，並建立技術路徑圖：1.地質封存容量調查與封存；2.海洋封存、礦化封存、環境影響評估與再利用技術；3.化石燃料燃燒排放 CO₂ 捕捉及轉換為氫能技術研發；4.氫氣輸送、貯存基礎建設；5.擴大液化天然氣於使用交通工具及終端用戶基礎建設；6.國際合作場址及容量調查、先進發電產氫廠及氫氣長程輸送系統建設；7.政府與中油、台電、中鋼及石化業者等能源大戶，建立研發聯盟伙伴關係，並積極參與世界研發聯誼組織。

.....

整合研發資源 達成 CO₂ 零成長目標

陳崇憲：

能源局於民國 94 年規劃完成我國 CO₂ 減量技術因應作法計畫，整合產官學研各界研發資源，投入減量技術研發，以達成 CO₂ 零成長產業發展環境目標。

規劃過程中，經邀集台電、中油、中鋼及工研院等單位，了解以往成果及未來規劃。目前僅台電自 86 年起，每年編列千餘萬經費從事電廠煙道氣的 CO₂ 減量研發；能源局自 89 年起每年編列約 2,000 萬元，從事淨煤技術研發。

經濟部規劃的減量技術因應計畫，主要團隊有能源局、台電、中油、中鋼、工研院及學術單位，結合研發資源，開發減量技術及發展相關產業。目前每年研發經費約 2.8 億元，能源局、台電公司在 95 年度，皆已編列研究預算。

CO₂ 減量可區分為捕獲、再利用及封存技術，捕獲技術將著重於富氧燃燒技術(燃燒前處理)及燃燒後煙道氣捕獲等技術；再利用則以回收利用為化學品及能源產品為主；封存將以地質封存技術為主，另基於台灣為海洋國家，海洋封存技術亦將投入評估。

二氧化碳減量技術的近、中程發展方向，分別以：1.以捕獲、燃燒改善及二氧化碳再利用技術為研發方向，實際協助業界減低排放量；2.進行國內地質封存潛能調查與評估，取得後續封存地點及潛能規劃重要資訊。長程發展方向則以將捕獲技術所獲得 CO₂，藉由地質封存方式大量封存，以提高產業競爭力。

能源局正透過委辦計畫，進行二氧化碳減量技術細部規劃作業，若國內各界有任何意見，可將寶貴意見表達至能源局，以利納入規劃內容。

.....

中油鐵玷山油氣田擠注天然氣 運轉順利

胡經武：

中油因探勘地質多年，苗栗探探研究所數年前即有研究構想。中油對此議題能出力之處是擠注，最早的國光一號井在鐵玷山即注入天然氣地底下儲存。

最近的計畫是天然氣儲存，利用鐵玷山油氣田經多年生產後，地下岩層已有多餘空間，可供儲存天然氣，現已有 7 天儲存能力，調節市場供需，運轉順利。

國外早期 CO₂ 擠注於地下岩層，為油氣探勘開發早在 2、30 年前即已採用的技術，當時主要是做油氣激產(EOR)，油田生產到末期已無壓力，利用加壓增產油、天然氣。

中油在地下儲存已頗有經驗，探勘、結構、監測技術都有，中油及國外商業化的多年經驗顯示，發生意外事故機會很小，但也因媒體刊登的報導，導致中油研發計畫暫停，等相關單位出來整合後，中油再來協助，探探研究所亦可提供我國地質情況。依初步研究，如使用現有地窖，成本不在於擠注，在於 CO₂ 捕捉純化費用較高。

政府應整合各單位及企業界，共同研究此項技術在國內的應用性，選擇適當的地質條件，包括適當的構造、容量、緻密岩層、良好儲氣層等條件，規劃完善的發展策略。

.....

調查評估經費龐大 應先確立專責單位

黃正忠：

去年 6 月全國能源會議決議，推動淨煤發電、CO₂ 捕捉及封存技術研發，以降低 CO₂ 排放。

以往能源局從事煤炭氣化複循環發電(IGCC)、多元氣化燃燒技術，中鋼於 89

年取得 IGCC 標案及自評公司；多元氣化燃燒則與工研院能環所進行；台電從事電廠煙道氣 CO₂ 捕捉及再利用研究，每年編列數千萬元經費與學術機構合作。中油已有鐵站山地質探勘經驗，地質封存尚未實際投入資金研究。

聯合國氣候變化公約締約國會議已開了 12 次，國外已投入相當多經費在 CO₂ 捕捉與地質封存，國內僅能源局與台電投入。去年 8 月，能源局與台電、中鋼、中油、工研院召開會議，就 CO₂ 捕捉封存後續研究擬定近中程策略，從 2006 至 2012 年以 CO₂ 捕捉、燃燒技術改善、再利用為主，同時進行地質封存潛能調查與評估；長程到 2020 年完成地質封存示範地點擇定與前導試驗，各單位編列預算、分工研究。

封存方式有地質、地表、海洋封存三種，現以地質封存潛能調查評估為主，先從深層煤層、枯竭油氣田、地層地下含水層的構造、監測、鑽試驗井、先導試驗等進行潛能調查評估。深層封存須 800 至 1,000 公尺深度，以單位體積每立方公尺封存 100 公斤 CO₂，平均封存厚度 10 公尺，封存 100 萬噸以碳稅每噸 50 美元效益計算，大約有 5000 萬美元效益。

投入開發規劃應先考量成本效益，以美國、挪威、加拿大的先例來看，成本最大的是 CO₂ 捕獲，每噸約 50 至 150 美元、運輸每百公尺 1 至 3 美元，地質封存 10 至 30 美元，每噸成本約 61 至 183 美元，找出適當地點的探勘費用至少要 12 億台幣。

先期調查評估須投入龐大經費，應先確定專責機構，如由經濟部主導，亦應結合環保署、國科會等單位及國營、民間企業共同合作，分攤費用。封存場址應界定為公共財，適當場址考量地下構造、監測系統、民眾接受度及鄰近產出源等條件，由專責機構整體規劃。

.....
勢必成爲減量策劃 設定目標設置平台

魏宏恩：

挪威海邊設置 700MW 天然氣廠電廠，以地質封存方式捕捉每年 2.5 百萬噸 CO₂，如果發電成功，挪威全國就減少 5%。封存捕捉不僅可解決 CO₂，最大利益是傳統污染物亦解決掉。

溫室氣體減量壓力可以預見，策略規劃大致可分爲：能源及資源選用、設備及製程更新提升能源管理效率、末端尾氣處理。在能資源日益匱乏、新能源未開發下，可採低碳能源、提升製程及設備效率等管制策略。提升及管制效率仍有其限度，CO₂ 捕捉與封存技術日益成熟，可望成爲減量的支柱。

根據 IPCC 評估報告，提高能源效率、低碳燃料轉變、核能、再生能源等，沒有任何單一的技術方案能全面實現溫室氣體減量需求，CO₂ 捕捉及封存是穩定溫室氣體濃度減緩行動組合中的一種方案，可列爲值得重視的重要選項。IPCC 提出捕捉與封存成本比較，新建電廠捕捉費用約 15 至 75 美元／噸，既有電廠捕捉費用約 25 至 115 美元／噸，預估十年內下降 20 至 30%，運輸及封存成本約 0.5 至 8 美元，也會逐漸下降。

氫能源是新能源開發的未來寄望，但仍未能以低成本取代既有能源，RWE 仍以煤炭爲研究主題，將其氣化成 CO+H₂、再轉化成 CO₂+H₂，其中的 CO₂ 加壓封

存，氫則用以發電，為零 CO2 發電示範場。

CO2 捕捉與封存勢必成為減量策略規劃，建議成立專責機構設定目標期程、設置平台，整合各界資源建立公平、合理、有效的管理制度，提供誘因獎勵學術、企業界研發及投資，協助解決法令及行政障礙，參與國際合作交流。現階段應積極進行國內已報廢的礦脈、油田、海洋環境封存條件、地震風險、封存位置、可捕捉製程潛能、環境影響、對社會經濟生態影響效益等評估。

.....
掌握技術掌握競爭力 能源再利用新方向

談駿嵩：

回收及再利用是降低使用化石燃料排放 CO2 的必要做法，奈米、材料、生化等科技日新月異，未來必可應用於 CO2 回收再利用。

先進國家都為因應京都議定書而發展高效率技術，明顯的是一誰掌握關鍵技術、誰就具有更高競爭力、誰就會要求確實執行京都議定書(貿易制裁或罰金)。依國際環保公約經驗，我國雖無法簽署公約，但卻需履行義務，如蒙特婁議定書、華盛頓公約等，因此若不及早因應，將喪失國家競爭力。

產業界對溫室氣體效應減量排放已較過去重視，無論在現有製程改進或新產品、製程開發、引進時，都會考慮能源使用效率及溫室氣體排放量。工業總會去年與鋼鐵、石化、人纖、造紙、棉布印染、水泥等六大公會簽署排放減量承諾，這些概念及決心，對我國未來 CO2 總排放量的減少絕對會有貢獻，只是業者限於工廠規模，幾無投入 CO2 回收及再利用技術的研發。

由於 CO2 排放量相當大，即使做為所有化學品的起始物，每年消耗的 CO2 量也有限，因此另一考量就是將 CO2 轉換為大量、且可快速消耗的能源產品。能源產品發展潛力最大，CO2 一定要變成能源產品消耗掉，以 CO2 及氫氣合成甲醇即因應而生，將甲醇當做燃料，即可大量生產，市場也大，可生產的二甲醚、二甲酯也是能源產品，將是再利用的新方向。

CO2 回收及再利用技術在國外仍是發展階段，我國現在投入研發不算太晚。ISO 14000 系列環境制度中會將 CO2 排放數據列入，政府單位需協助產業界因應，並及早訂定減量目標及因應策略。我國可建立類似日本 RITE 研究所，專為溫室氣體減量的長設機構，結合產學研各界、集中資源進行減量技術開發及推動。

清大自 1992 至 2004 年得到工業局補助，是我國最早以團隊方式從事溫室氣體減量技術研發的單位，去年又獲國科會工程處「前瞻優質生活環境科技跨領域研究專案計畫」，建立「碳管理研究團隊」，研發溫室氣體減量技術、政策及策略、社會及環境所受的衝擊及影響。清大之外，今年空氣污染防制科技研發計畫中，在 CO2 回收及再利用技術形成三個團隊，未來攜手合作一定會有豐碩成果。

日本發電到 2015 年每度電放出 0.3 公斤 CO2，台電是 0.69，如能向日本數字推進，對國內減量有很大貢獻，但這牽涉到核能發電、再生能源使用比例，產業界反應只要台電能減量就會有很大幫助。

.....
回收轉化成能源產品 有利基即可行動

杜悅元：

台電發電配比中，化石燃料佔 70%，CO₂ 產生量相當大，CO₂ 減量措施配合能源局政策規劃方向。

台電內部討論認為 CO₂ 捕捉、地質封存不樂觀，台電每年產生 7,000 餘萬噸的 CO₂，進行捕捉封存費用很高且潛能有限。如以每噸 CO₂ 捕捉封存 100 美元的費用計算，每度電就要增加 3.6 元的成本，必須調高 1.5 倍的電費。

台電很積極想往回收再利用方向走，但必須配合國家政策規劃，如能將 CO₂ 回收再利用轉向能源產品再利用最好，但台電這麼大的 CO₂ 量是否可行？台電很希望能在能源局協助下，走出 CO₂ 減量的一條路，但現在看起來尚無機會。

由於政府限制電價政策，台電必須要考慮成本，如真正要做到 CO₂ 減量、捕捉封存，須重視後續成本，政府也要做很多考慮，否則很難真正做到。

針對化石燃料燃燒排放 CO₂ 捕捉及轉換為氫能的技術研發，台電評估過很多次，尤其是效率高的燃煤整合與氣化複循環機組，探討技術成本、可行性及採購方向，設法尋找適當的利用方向。

將 CO₂ 回收轉化成能源產品，消耗的能源必須低，如還要使用更多能源投入，這條路就不會發展，但只要可行、有利基，就會是台電未來的一條路。

台電現有四分之一的電是民營電業供應，台電是每度電產生 0.53 公斤 CO₂，0.69 的數據是加入民營電業的結果，日本電力現在是 0.4 多，0.3 多是擴大核能發電，日本天然氣發電多，在現在基礎下，除非電力不成長、不蓋新電廠，要求節約用電提高電廠效率，CO₂ 才可能不增加。

.....

能源政策不改 CO₂ 排放減量緣木求魚

林明儒：

目前台電供電結構中以煤炭石油等化石能源 CO₂ 排放最高，約佔 70%，最乾淨的綠色能源與再生能源僅佔 20%。能源政策不改，CO₂ 排放減量無異緣木求魚！

去年全國能源會議的共識是：計畫將核能發電裝置容量佔發電總量，從目前的 15%，降到 2025 年為 5%；再生能源由目前的 5.5%(以水力為主)，大幅提升至 10%至 12%。

今年初拜訪日本鋼鐵聯盟總幹事，他對京都議定書有深入研究，他說日本至 2010 年再生能源要訂到 3%，他不認為日本做的到，我們將再生能源美夢畫的那麼大，是不是負責的態度？

今天的報紙說台電今年合計虧損 200 億，中油要虧損 700 億，而且虧損金額持續擴大，台電為推動非核家園大力推動風力發電，歐洲在十餘年前就已放棄這種微薄的發電能量、不玩了，台電為開發綠色能源、不計成本以此落伍政策開發，個人認為是無計可施、不計代價，將來還是由全民負擔。

現在審議中的溫室氣體減量法草案、能源稅條例，未來將啟動總量管制的強制措施、配額交易、課後碳稅等，以此能源政策，將迫使產業走上關門或外移，導致失業率上升、經濟下滑。全世界沒有人訂核能發電 5%這樣的數字，台灣勇往直前，這是很嚴肅的課題。

過去 20 至 30 年歐美幾無核能電廠興建，僅在亞洲能源缺乏的大陸、南韓、印度、日本等地區興建或籌建新核能電廠。但是最近二年，美國總統布希、英國

首相布萊爾、德國總理梅克爾、義大利總理貝魯斯柯尼，都為配合京都議定書、油價狂漲、全球暖化等問題，公開倡議重新評估核能政策，我們中研院李遠哲院長也提及台灣 CO2 排放高居全球世界第三，是「壞榜樣」，要減少 CO2 排放，核四一定要蓋，並強調科技進步，核能安全問題已不嚴重，應重新思考核能。

大家還是要面對問題，不能當駝鳥、逃避問題，學術界亦應深思，協助呼籲核能，有必要重新思考。

.....

美國資源豐富仍投入 氫能源進展快速

王鈞鎔：

根據美國報導資料，美國如運用新的 CO2 注入技術，易於開採的石油儲油量已接近沙烏地阿拉伯；較難開採出來的儲油量則高達 880 億桶，遠高於沙烏地阿拉伯的 220 億桶。

美國是有這麼多油、天然資源豐富的國家，都投入做 CO2 捕捉封存，這是蠻大的一個警惕！

捕捉材料方面，前三個月科學雜誌有一個報導，新的陶瓷多孔洞材料，幫助 CO2 凝結在洞內，體積是以前材料的 50%，但吸收的 CO2 是原來的四倍，可怕的是很容易再放出來循環使用，操作成本會再下降很多，陶瓷材料會有新突破。

二年前，美國放棄可移動儲氫產生器，當時警覺美國儲氫材料有很大發展，因為氫產生需要大套的才會便宜。果真，今年初報導，氫能源已有新的進展，美國人動作時都已經有譜了，這是我們必須重視的地方。

台灣這麼小、沒有土地、資源，國外進步很快，我們會遇到多大的壓力？時間可能也會比我們想像的快！