

# 臺灣推動碳捕捉與封存技術之經濟可行性初探

▶▶▶ 胡均立 —— 國立交通大學經營管理研究所教授兼所長

▶▶▶ 林瑞珠 —— 國立臺灣科技大學人文社會學科教授兼主任

在全球因應氣候變遷問題之際，減少二氧化碳排放是各國政府、廠商、消費者、公益團體致力的目標。二氧化碳排放減量可以透過投入端及產出端的作法予以達成。

投入端的作法主要與能源使用有關，包含節約能源、提高能源效率、使用低碳能源等。產出端的作法則非常多元，包含：植林、再生資源、再製造、再利用等。

然而，上述做法皆有其土地、技術、量能、成本上的種種客觀限制，即使從投入端及產出端多元並進處理，也經常無法達到一個經濟體的二氧化碳減量的自訂目標、甚至國際公約中的規範義務額度時，這時碳捕捉與封存（Carbon Capture and Storage；CCS）便成為減少排放二氧化碳排放至大氣中的一個技術及成本上可行的選項。例如：美國能源部於 2005

年 5 月出版的《碳隔離技術路程圖與方案計畫書》中，規劃美國於 2050 年回歸 2001 年的二氧化碳排放量時，便指出必須以碳捕捉與封存技術來達成 45% 的減碳目標，另有 15% 的減碳需求以陸地生態系達成，節約能源、提高能源效率及推廣再生能源則將負擔 40% 的減碳工作。換言之，減碳工作勢必要透過多元技術及政策工具組合來達成。

## 碳捕捉與封存技術已在國際推動

碳捕捉指的是將二氧化碳排放源（例如：火力發電廠、石化廠、煉鋼等固定排放源）所產生的二氧化碳加以分離及壓縮，不使直接排放入大氣中。碳封存係將捕捉的二氧化碳，透過管線等運送後注入地下水層、海洋水層、舊油氣田、舊礦坑等構造，藉由地層或海水層之封閉與吸附，予以長期封存。例如：挪威國家石油

公司在 1996 年建立了世界上第一個大規模碳捕捉和封存設施。至今已連續運行 14 年，捕獲了將近 1,200 萬噸的二氧化碳。挪威石油公司的碳捕捉與封存作業流程為：將含有超量二氧化碳的天然氣從巴倫支海 Snohvit 氣田開採出來後，通過長達 143 公里的管線輸送到 Melkoya 島上的處理工廠，將多餘的二氧化碳被分離出來。然後再由管線輸送到 153 公里以外的海上，最後被注入海底以下 2,800 公尺的地層予以長期封存。

除了封存以外，捕捉的後的二氧化碳也可以進行再利用，並創造產業價值。中國大陸華能北京熱電廠是一座燃煤發電廠，該廠年產 3,000 噸二氧化碳，在投資投資 2,100 萬元人民幣的碳捕捉設備後，目前二氧化碳回收率大於 85%，形成日產 12 噸的規模。該廠生產的二氧化碳純度達到 99.997%，高於食品級的純度要求。捕捉、精製後的二氧化碳成品全部銷售給北京干禧京城氣體銷售中心和北京亞南氣體製品有限公司，主要產品為消防、精製標氣、工業焊接以及汽車輪胎等方面，目前的售價為 500 每噸元人民幣，而運營成本為 300 每噸元人民幣。此外，通過煙氣捕集二氧化碳並精製成食品級二氧化碳的成本在每噸 420 元人民幣以下，遠低於 800-1,200 元/噸的市場價格。

## 臺灣已進行碳捕捉實驗計畫

臺灣目前的碳捕捉實驗計畫以國營事業中的臺灣電力公司及臺灣中油公司為主要執行者。2009 年台電公司排放二氧化碳達 7,348 萬公噸，佔全台排放總量約 30%，平均每發一度電產生相當於 0.513 公斤二氧化碳當量之溫室氣體。電力部門對於臺灣整體溫室氣體減量目標之實現，實居舉足輕重之關鍵地位。台電公司提出目前在產出端的減碳措施至少包含：(1) 發展碳捕捉與碳封存；(2) 發展二氧化碳再利用技術；(3) 植林減碳；(4) 碳權取得與經營等。

臺電公司 2007 年底燃煤發電效率為 35.42% (HHV)，燃煤二氧化碳排放量約 83 萬噸 (佔發電總排放之 74%)；燃煤發電之碳排放係數為 0.971Kg/KWh，遠高於平均值 (0.637 Kg/KWh)，尚有相當程度之改善空間。臺電公司應用碳捕捉技術，除了產生經濟效益外，亦可帶來：(1) 能源效益之提升；(2) 污染改善之環保效益；(3) 國際形象提升之效益。

臺灣中油公司的探採研究所積極研究碳捕捉與封存技術，預計於 2010 年第 4 季開始進行 5-10 萬噸先導型計畫，藉此計畫深入了解臺灣發展碳捕捉與封存技術的可行性、經濟性、安全性及效益

性。其基礎是過去在探勘油氣田及地下儲氣窖營運累積的專業技術與經驗。

臺灣中油目前將先採取地質封存方式，計畫係將分離出來之二氧化碳，以油氣井方式加壓灌注至地下 1,000 至 2,000 公尺深不會洩漏之合適地層中，以有效、長期地封存。臺灣中油在全台各地廠址，以及竹苗等舊礦場所做的探勘估計：臺灣陸上約有 1.5 兆立方公尺體積、28 億噸重量，西部海域鹽水層則有 60 至 90 億噸重量的碳封存潛在容量。每公噸封存成本約 0.5 至 8 美元。

## CCS 技術在臺灣推廣面臨風險

即便技術上可行，也具有產業上的應用價值，碳捕捉與封存在臺灣的推廣可能面臨風險因素的質疑。非洲國家喀麥隆的尼奧斯湖為火山湖，海拔達到 1,091 公尺，平均水深 200 公尺。湖底溶解了數十億噸的二氧化碳與甲烷等氣體。1986 年 8 月 21 日夜裡，尼奧斯湖突然噴發出大量的二氧化碳和二氧化硫氣體，導致沿湖居住的 1,700 人窒息而死。

在大地震、山坡地地質脆弱的臺灣，民眾難免會擔心地層封存後的二氧化碳可能因為地震等因素瞬間大量外溢，因而危害周邊地區的人類及動植物的生命安

全。此外，碳捕捉場址到碳封存區位之間的加壓運送管路，也可能會遭到沿線居民的關切。因此，碳捕捉與封存在台初期推廣階段可以考慮避免長距離的運送，在碳捕捉場址附近進行碳封存或再利用。

臺灣無法自外於全球氣候變遷問題，而對自然環境的非永續利用，終將威脅臺灣產業的長期發展。二氧化碳減量無法僅憑單一技術或政策工具達成，而必須透過不同類型的技術及政策工具多元並進。再搭配其他的減碳技術及政策工具下，碳捕捉與封存是在臺灣邁向低碳社會技術及經濟上可行的一項措施。依據產業科技策略會議重要結論與建議指示，臺灣二氧化碳減量技術定位，應借助國外技術經驗彌補我國時程落差，建立研發團隊發展本土技術能量，加強國際合作確保技術與國際接軌。

未來臺灣落實碳捕捉之策略規劃，應考慮發展高效率碳捕捉技術以降低操作成本。在考量臺灣之技術現況下，宜透過專利檢索與智權規劃引進優質技術，以發展臺灣關鍵技術與利基產業。建議（1）透過專責機構，統籌政策擬定，法規調適，技術研發與國際合作等事宜；（2）結合產官學研之力，引進國際經驗，提升國內技術，培育前瞻人才。