

知識物件上傳表

計畫名稱：113年度「發電業減碳政策及發展路徑規劃」

上傳主題：探討國際低碳發電技術之碳捕捉發展趨勢

提報機構：財團法人台灣經濟研究院

提報時間：113年3月11日

與計畫相關	<input checked="" type="checkbox"/> 1.是 <input type="checkbox"/> 2.否
國別	<input type="checkbox"/> 1.國內 <input checked="" type="checkbox"/> 2.國外
能源業務	<input type="checkbox"/> 1.總體能源 <input type="checkbox"/> 2.化石能源 <input type="checkbox"/> 3.電力 <input type="checkbox"/> 4.核能 <input checked="" type="checkbox"/> 5.新及再生能源 <input type="checkbox"/> 6.節約能源
能源領域	<input checked="" type="checkbox"/> 1.政策與法規 <input type="checkbox"/> 2.環境衝擊與調適 <input checked="" type="checkbox"/> 3.經濟及產業 <input type="checkbox"/> 4.科技 <input type="checkbox"/> 5.統計資訊
決策知識類別	<input type="checkbox"/> 1.建言(策略、政策、措施、法規) <input checked="" type="checkbox"/> 2.評析(先進技術或方法、策略、政策、措施、法規) <input type="checkbox"/> 3.標竿及統計數據：技術或方法、產業、市場等趨勢分析 <input type="checkbox"/> 4.其他：
重點摘述	<p>2050淨零排放已成為全球共識，特別於2021年11月的聯合國氣候變化綱要公約第26次締約方會議上達成的「格拉斯哥氣候協議」中更為明確。各締約方被要求提出2030年減排目標，並與本世紀的淨零排放目標保持一致。國際能源總署在其2021年5月發布的「全球能源部門2050淨零排放路徑」中估計，到2050年，全球電力需求將大幅增長，其中88%來自再生能源，而碳捕捉利用及封存技術(Carbon Capture, Utilization and Storage, CCUS)將在碳排放電力發電中扮演重要角色。全球目前僅有加拿大 Boundary Dam 與美國 Petro Nova 兩個燃煤電廠配備 CCS 技術並達到商業化規模。加拿大 Boundary Dam 的案例顯示了一些進展，但仍需解決技術和成本限制。提高碳捕捉率與降低相關成本是當前 CCS 技術發展的主要挑戰之一。如推動建立穩定的市場需求，加上國際間的合作與知識共享將有助於加速 CCUS 技術的發展與應用，同時需加強對 CCUS 技術的宣傳教育，以提高大眾對該技術的認知與接受度。</p>

詳細說明

(一)碳捕捉、利用與封存技術發展之背景

為因應氣候變遷及極端氣候情況，淨零排放（Net Zero Emissions，或簡稱淨零[Net Zero]）於近年已成為全球共識。2021年11月落幕的聯合國氣候變化綱要公約(United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC)第26次締約方會議(Conference of the Parties, COP)。該次會議達成「格拉斯哥氣候協議」(Glasgow Climate Pact)之共識，與會之各締約方被要求提出2030年減排目標，並且必須與本世紀中葉實現淨零排放目標具一致性。並且，於2023年第28次締約方會議(COP28)上，持續針對防止氣候變遷，更明確脫離化石燃料之發展方向，應該讓能源系統「轉型脫離」(Transition Away)化石燃料，加速逐步減少未使用碳捕捉技術之燃煤發電，並大幅降低二氧化碳以外之溫室氣體排放。

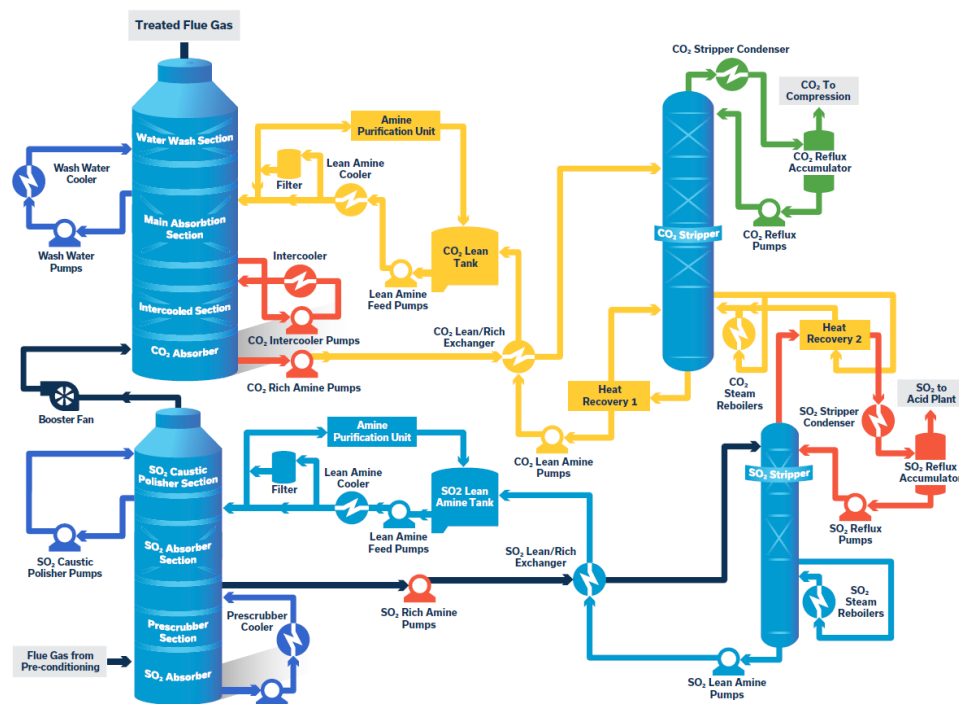
國際能源總署(International Energy Agency, IEA)在其於2021年5月發布的「全球能源部門2050淨零排放路徑」(Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector)估計，至2050年全球電力需求將是2020年之2.7倍，88%來自再生能源，風力與太陽光電即占所有需求之68%，其餘來源為配置碳捕捉利用及封存(Carbon Capture, Utilization and Storage, CCUS)之燃煤、燃氣與生質能(Bioenergy)發電、核能與氫能，而仍有0.4%仍為未經 CCUS 之化石燃料發電。在IEA建議的重要淨零路徑中，碳捕捉與封存(Carbon Capture and Storage, CCS)即是重要措施之一，也是從化石能源蛻變為清潔能源為主的時代變革中具有代表性之技術路徑。

(二)國際發電業碳捕捉發展案例：加拿大 Boundary Dam

國際發展碳捕捉與封存技術的發電業當中目前僅有加拿大 Boundary Dam 與美國 Petro Nova 兩個燃煤電廠配備 CCS 技術並達到商業化級規模。檢視加拿大 Boundary Dam 碳捕捉電廠案例，其碳捕捉技術採用醇胺吸收法，其為目前主流技術，以醇胺作為 CO₂ 吸收劑。碳捕捉過程與關鍵設備的部分涵蓋前處理(Pre-Processing)、捕捉 CO₂與 SO₂裝置(CO₂ and SO₂ Capture Setup)、串聯

裝置、CO₂與 SO₂純化裝置(CO₂ and SO₂ Purification Setup)、CO₂與 SO₂再生與回流裝置(CO₂ and SO₂ Regen and Recycling Setup)、熱回收裝置(Heat Recycle)等。針對 CCS 全流程之站點以及各站點可能涉及之關鍵設備分述如下：

1. CCS 中央監測中心：包含電力控制系統、空調、消防、照明、給排水等系統等。
2. 二氧化碳捕捉：包含前處理(Pre-Processing)、CO₂分離與純化系統(CO₂ and SO₂ Purification Setup)、壓縮設施等。
3. 二氧化碳運輸：包含電力驅動系統、CO₂運輸系統、壓力與溫度控制系統等。
4. 二氧化碳封存：包含震測系統、氣體與地下水監測系統、灌注設施等。



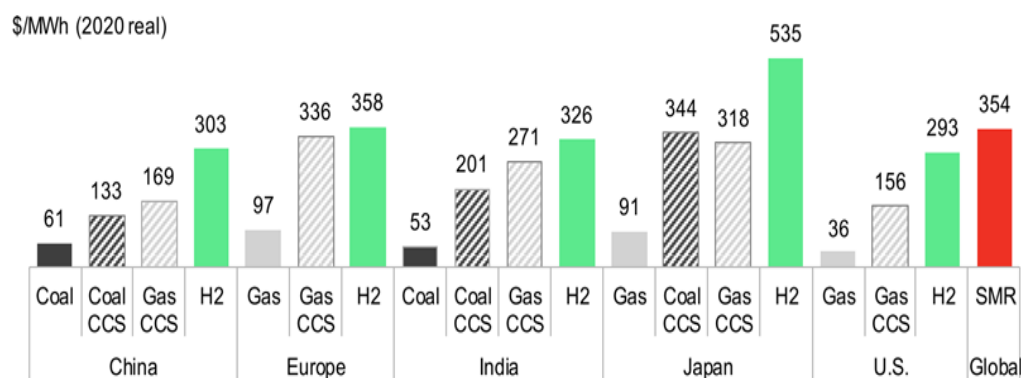
資料來源：IEAGHG (2015)。

圖1 煙氣脫硫及二氧化碳捕捉整合技術示意圖

(三)國際發電業碳捕捉之技術進展

由前述加拿大 Boundary Dam 案例中可觀察到現今碳捕捉之主流技術醇胺吸收法，以及全流程各站點與可能涉及之關鍵設備等資訊。根據 Bloomberg New Energy Finance (BNEF) 報告(Bloomberg New Energy Finance, 2023)，在2025年至2035年，全球碳捕捉與利用當中預計約有20%的容量來自於發電業。該技術為應對氣候變遷的重要手段之一。現今發電廠運行的 CCUS 系統旨在從氣體產生過程中捕獲大約90%的二氧化碳，其利用醇胺溶劑吸收法目前較為成熟且普遍應用之技術，二氧化碳捕捉後進行儲存或輸送予其他產業再利用。

不同電廠之間進行碳捕捉的情況存在差異性，包含二氧化碳濃度、捕捉技術、二氧化碳輸送距離與輸送方式、最終處理方式等，且大多數處於開發示範階段。根據 BNEF 報告(Bloomberg New Energy Finance, 2021)估計，燃氣發電之 CCS 的成本通常介於每噸85美元到90美元之間。於資訊有限的情況下，該數據僅供參考。



Source: BloombergNEF. Note: Assumes a 55% capacity factor. Calculations include a carbon price in Europe and China. Levelized costs reflect the benchmark project by technology and market in this study. CCS LCOEs do not include CO₂ transportation costs and sequestration costs. H2 is green hydrogen-fired turbines. All LCOE results are provided in the Appendix.

資料來源：Bloomberg New Energy Finance (2021)，LCOE Highlights: Hydrogen, CCS, Small Nuclear

圖2 發電之 CCS 均化成本估計

(四)國際發展情況予我國之借鏡

碳捕捉、再利用與封存技術被視為是因應氣候變遷挑戰的關鍵策略之一。然而，在達到全球淨零排放目標的過程中，仍面臨技術與經濟上的挑戰。由前述加拿大 Boundary Dam 的案例顯示出 CCS 技術在商業化應用方面取得一些進展，但目前仍有需努力解決的技術與成本限制，目前全球普遍捕獲率90%，如提高至95%甚至98%，所需技術複雜且成本高昂，較高捕捉率也意味著電廠能耗相對提高。我國可借鏡國際發展經驗，該技術領域持續投入研發創新，尋求更有效率的碳捕捉與封存技術，同時降低相關成本。例如，透過探索新型吸收劑或更高效的分離技術，有望提升碳捕捉率並降低能源消耗。

CCUS 前期投入與執行所需成本或許阻礙其普及性，國際電業與企業間交流合作亦是重要的一環，各國共享技術與經驗，藉由合作研發或試驗計畫支持，可加速 CCUS 技術研究發展與應用。此外，如美國政策發展與市場環境支持將有效激勵電業與企業投入。建立穩定的市場需求可為 CCUS 技術的推廣與應用創造長期吸引力，同時強化民眾對 CCUS 技術的宣導及教育，提升大眾對該技術的認知與接受度，在國際間電業與企業共同努力下為實現淨零排放目標作出貢獻。

參考資料：

- [1] Bloomberg New Energy Finance (2021), “LCOE Highlights: Hydrogen, CCS, Small Nuclear.”
- [2] Bloomberg New Energy Finance (2023), “CCUS Market Outlook 2023: Announced Capacity Soars by 50%.”
- [3] IEAGHG (2015), “Integrated Carbon Capture and Storage Project at SaskPower’s Boundary Dam Power Station.”
- [4] International Energy Agency (2021), “Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector.”

--	--