

Climate Progress 刊登之「FutureGen Dead Again-Obama Pulls Plug On ‘NeverGen’ Clean Coal Project」報導之簡評

張耀仁、張志瑋

核能研究所-能源經濟及策略研究中心

2015/04

此篇 2015 年 02 月 05 日刊登於 Think Progress 網站有關美國 FutureGen 計畫發展受挫的文章是由 Dr. Joe Romm 所撰寫，作者為 MIT 物理博士且曾任職於美國能源部，目前為 American Progress 的資深研究員。此篇對於 CCS 未來發展之看法非常不樂觀，且文中絕大部分皆為批評 CCS 技術之發展，因此作者屬反對 CCS 技術發展之人物。文中部分闡述觀點尚算客觀，但部分闡述觀點主觀意見較強烈。因此，此篇簡評主要目的是將文中部分論點進行較客觀地再論述，並對 CCS 未來發展提出本評論之觀點。

首先，作者提及歷經 12 年卻失敗的 FutureGen 2.0 案例顯示大型 CCS 技術很難於 2030 年前被廣泛應用於燃煤電廠進行 CO₂ 減量，以及未來 CCS 對於全球 CO₂ 減排貢獻於 2050 年前將不會超過 10%。另外，作者認為 CCS 技術除了中國外，其他國家發展正處於停滯狀態，並引用 New York Times 報導美國 West Virginia Coal Plant 的 CCS 驗證計畫因無法出售捕獲的 CO₂ 及無法從售電回收增加的成本而停止計畫，藉此闡述 CCS 技術在美國或其他國家被商業化運用的機會不大，以及 FutureGen 2.0 會失敗是因不切實的目標、公私部門合作失利及成本過高所導

致。最後，作者認為全球未來為了避免災難性的氣候變遷，化石燃料的使用將大量減少，隱喻若減少化石燃料使用則無須再發展 CCS 技術之必要性。

以下此評論根據作者上述觀點提出較客觀之觀點。IEA 報告指出 2035 年全球溫度上升要控制在 2°C 的水準時，全球 CO₂ 濃度必須維持在 450ppm 的水平(450 情境)，全球需減少 16.4 億噸的碳排放，其中 CCS 技術需貢獻 20% 的減碳量^[1]，至 2050 年因再生能源減碳貢獻占比提高，CCS 技術的減碳貢獻則會降至 14%^[2]，但 CCS 對於未來減碳仍是相當關鍵的必要技術。當前全球 CCS 技術發展確實呈現趨緩，但仍有令人振奮之市場消息，目前在加拿大 Saskatchewan 的 Boundary Dam Power Station 已於 2014 年啟用全球第一座應用於燃煤發電廠的大型 CCS 計畫，預計 2015 至 2016 年美國將再有兩個大型應用於電力部門的 CCS 計畫即將商轉，應可為 CCS 技術發展帶來曙光^[3,4]。

從經濟層面看來，高技術成本確實導致 CCS 發展缺乏經濟誘因，CCS 用於減碳會導致燃煤電廠相當高的能量損失(Energy Penalty)^[5]，但是任何替代能源(風力、太陽能、地熱等)皆需耗費龐大的投資成本進行開發，以及燃煤仍是大部分國家的主要選項，若要繼續使用燃煤發電且又要同時兼顧環境氣候變遷，使用 CCS 技術減碳可能是唯一的途徑，而 CCS 技術進行減碳所造成的高能量損失也成為使用燃煤發電的必要之惡，而目前燃煤+CCS 技術相較某些再生能源(離岸風力或太陽能)成本仍相對較低且又可提供較穩定的能源供給^[6](註1)。

¹成本採用IPCC,AR5-WGIII均化成本之中位數，燃煤+CCS約131USD₂₀₁₀/MWh，CSP約202USD₂₀₁₀/MWh，PV約159-214 USD₂₀₁₀/MWh，離岸風力約168 USD₂₀₁₀/MWh

另外，美國頁岩氣大量開採使用及碳價偏低也可能是導致美國 CCS 發展不遂的因素。美國以自產頁岩氣取代燃煤+CCS，乃因美國自產自用以致天然氣價格較低^[7,8]，但對於其他初級能源仰賴進口之國家，如：台灣、日本、韓國等，煤進口價格仍遠低於天然氣進口成本，以燃煤電廠搭配 CCS 仍是有潛力之減碳方案。而全球頁岩氣蘊藏量最多的中國由於開採成本至少是美國的兩倍以上^[9]，短期內要大量開採國內蘊藏的頁岩氣在技術及經濟可行性上均有困難。再者，使用頁岩氣仍有碳排放問題(約燃煤的一半)，但 CCS 技術卻可降低燃煤約 80~90%的排碳量，顯然燃煤+CCS 的實質減碳成效較使用頁岩氣佳，甚至未來頁岩氣仍必須結合 CCS 技術方能成為真正的低碳能源技術。另外，美國加州碳價長期偏低，使 CCS 技術在美發展確實不符經濟成本^[10,11]。歐洲地區也遇到類似的問題，原因為 ETS(歐盟排放交易體系)碳價長期偏低，導致 ETS 用於補助 CCS 發展經費減少，致使歐洲各國紛紛退出 CCS 的發展^[11]。

綜合以上，CCS 技術目前發展雖呈現趨緩且其減碳成本仍高，但仍持續有新的 CCS 電廠投入商轉，未來發展仍需考量國際能源情勢的變化，例如：能源價格、再生能源、頁岩氣、碳價等。另一個重要的因素則是全球未來對於化石燃料的需求，根據 IEA 的 450 情境顯示，至 2040 年全球對初級能源的需求中，當再生能源占比提高至 30%時，化石燃料(煤+天然氣)的需求占比仍高達 38%^[12]。既然全球持續使用化石燃料暫不可避免，且又需兼顧環境氣候的變遷，必然須採取某些措施減少化石燃料使用過程中的 CO₂ 排放，而 CCS 可能是唯一的技術選擇。

雖然目前 CCS 技術發展不如預期，但就此看衰 CCS 技術的發展仍言之過早。

參考文獻

- [1] IEA, World Energy Outlook Special Report 2013, Redrawing the Energy Climate Map, 2013, OECD/IEA, Paris, France °
- [2] IEA, Energy Technology Perspectives, 2014, OECD/IEA, Paris, France °
- [3] GCCSI, The global Status of CCS 2013, 2013, Canberra, Australia.
- [4] GCCSI, The global Status of CCS 2014, 2014, Canberra, Australia.
- [5] IEA, Technology Roadmap-High-Efficiency, Low-Emissions Coal-Fired Power Generation, 2012, OECD/IEA, Paris, France °
- [6] IPCC , AR5-WGIII, 2014 °
- [7] EIA, Monthly Energy Review, 2015 °
- [8] EIA, Annual Energy Outlook, 2014 °
- [9] Bloomberg New Energy Finance, China's shale gas costs are at least double those in the US, but rising output will aid its bargaining position in world markets, 2014.
- [10] California Carbon Dashboard : <http://calcarbondash.org/> °
- [11] Dave Keating , CCS loses out on EU funding, 2012, European Voice °
- [12] IEA, World Energy Outlook 2014, 2014, OECD/IEA, Paris, France °