

二氧化碳封存埋地底，恐誘發地震？

張志瑋、陳中舜

核能研究所-能源經濟及策略研究中心

2013/06

二氧化碳封存已是國際公認為最能有效抑低如燃煤電廠、鋼鐵廠等大型 CO₂ 排放源的關鍵選項，我國目前亦正積極開發此項技術。根據能源局規劃，中油預計 2014-2017 年底前在苗栗永和山封存 1-3 萬噸 CO₂、台電預計於 2015-2017 年在彰濱工業區封存萬噸級 CO₂，但部分學者與居民則開始憂心周邊地區可能會有引發地震之虞。

其實於 2005 年 IPCC-CCS 特別報導中，即提到 CO₂ 注入導致應力累積是有可能引發小規模地震事件[1]。2012 年美國學者 Mark D. Zoback 在美國科學院院刊（PNAS）中則指出 CO₂ 注入地層是有很高的機會引發地震，雖然所造成的規模並不大，但可能有導致 CO₂ 洩漏的風險[2]。另一方面其他學者則認為 Zoback 的研究確實點出了問題，但後續更因針對 CCS 選址條件進行更廣泛的研究與監測。國內學者馬國鳳教授，2012 年時亦在於 Science 期刊中指出，地層因流體壓力累積會產生“極微小”的地震[3]。雖然將流體注入地層有可能造成地震，但其影響並不劇烈。後又進一步說明：『二氧化碳注入地層後，是可以透過井下地震儀的偵測，以了解其活動行為，減少二氧化碳封存的風險，達到環境影響評估[4]。』總結上述研究可知，CCS 技術確有引發小規模地震的可能，但是否因此就會發生

洩漏的風險則與當初選址條件與持續監控有關。而根據美國國家能源實驗室（NETL）的說法，事實上目前全球尚未有任何 CCS 封存示範項目有誘發地震的紀錄[5]。而報載瑞士於 2006 年在以類似技術注入 $11,500\text{m}^3$ 的水注入井內，結果造成許多微小地震，其中有 3 個地震超過地震規模 3 級。其所指的實際上為深層地熱實驗，與 CCS 技術並不相同[6]。

目前各先進國家均積極發展二氧化碳封存技術，雖然此技術仍有不確定因素存在，但有鑑於未來國際間碳交易、碳稅正式實施，為提升國際間之競爭力，CCS 已為各國必要減碳之手段。而與他國 CCS 示範計畫相比，如：中國預計封存 100 萬噸於內蒙古，挪威預計封存 170 萬噸，羅馬尼亞預計封存 150 萬噸[7]。中油目前於苗栗永和山先導試驗的 1-3 萬噸與台電於彰濱工業區萬噸級，其規模均遠小於前述國外示範計畫。

中油所以選擇永和山進行技術示範，即是因該地為舊油氣井，其有相當完善的封存構造才能將油氣安全的封存於地底，若油氣可安全的封存於地底多年，且無外洩問題，更加證明該處為適當的二氧化碳封存場址。根據中油預估台灣具有封存 28 億噸 CO_2 的潛力，若能順利開發，對於我國長期減碳規劃將具有舉足輕重之地位。因此進行 CCS 技術研究發展對我國至為重要，為預防其可能造成的災害，因此事先做好地質探勘及調查，並審慎評估，國家也應及早建立明確的法令規範並加以監督。

根據美國地球科學研究所(American geosciences institute, AGI) [8]對流體注入

地層有以下建議：(1)避免注入活動斷層。(2)將該深度地層孔隙壓力最小化。(3)安裝地震監測裝置。(4)建立災害處置標準程序。(5)隨時準備改變計畫或棄井。我國若擔心各種不確定因素放棄技術開發，可謂是因噎廢食。然而完善的地質調查、適當因應措施及良好的民眾溝通，將是政府發展此技術亦應同時關心的議題。

參考文獻

1. Intergovernmental Panel on Climate Change (2005), IPCC special report on carbon dioxide capture and storage, Geneva.
2. Stanford Report, Carbon capture and storage likely to cause earthquakes, 2013/06, <http://news.stanford.edu/news/2012/june/carbon-capture-earthquakes-061912.html?view=print>
3. Ma, Kuo-Fong, Yen-Yu Lin, Shiann-Jong Lee, Jim Mori, Emily E. Brodsky (2012), Isotropic Events Observed with a Borehole Array in the Chelungpu Fault Zone, Taiwan, Science, 337(6093), 459-463.
4. 中央大學新聞稿，水壓誘發地震 馬國鳳教授成果登上 Science，2013/06，<http://www.ncu.edu.tw/ch/news/1286>
5. The National Energy Technology Laboratory, Could CO₂ storage cause an earthquake?, 2013/06, http://www.netl.doe.gov/technologies/carbon_seq/FAQs/permanence4.html
6. The New York Times, Deep in Bedrock, Clean Energy and Quake Fears, 2013/06, http://www.nytimes.com/2009/06/24/business/energy-environment/24geotherm.html?pagewanted=2&_r=1&sq=altarock&st=cse&scp=1
7. 譚志豪、劉浙仁、冀樹勇、俞旗文(2012)，二氧化碳地質封存發展潛力及產業化建議，臺灣經濟研究月刊，35(11)，60-74。
8. American Geosciences Institute, Managing the seismic risk posed by wastewater

disposal, 2013/06,

<http://www.earthmagazine.org/article/managing-seismic-risk-posed-wastewater-disposal>