

專題報導

石灰石加速風化法：解決電廠二氧化碳排放的救星？



海洋環境與生態研究所

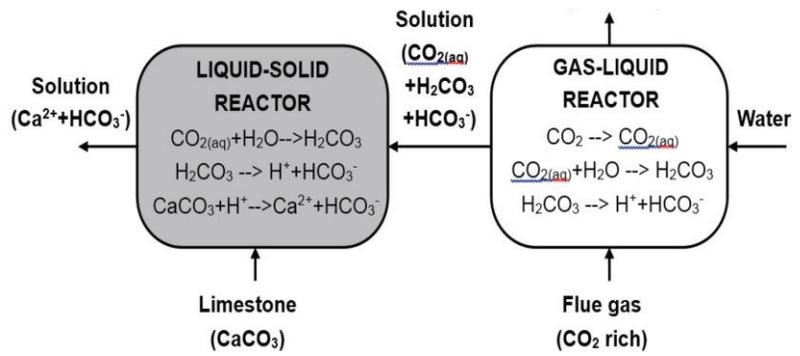
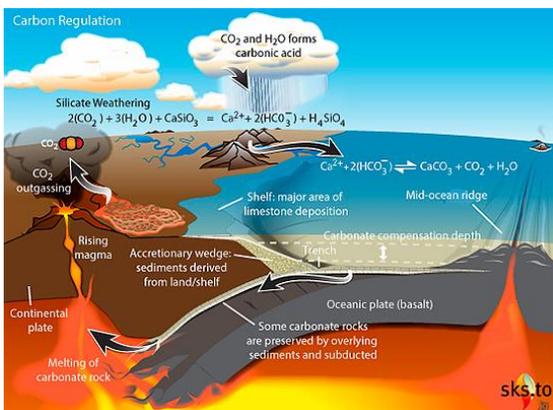
周文臣老師（左）、龔國慶老師（中）、徐榮蔚同學（右）

於海水中；且模擬混合實驗結果顯示，反應廢液的排放可提高海水的酸鹼值及碳酸鈣飽和度，具有減緩海洋酸化之潛在功效。值得一提的是，本研究是全球首次實際以電廠周遭海域的環境條件來進行AWL相關的測試，實驗結果初步驗證了AWL確為一可行性頗高的二氧化碳補捉技術。此論文已被海洋化學界頂尖期刊Marine Chemistry (2015)所收錄。

海大海洋中心在頂尖大學計畫的支助下，與工研院綠能與環境研究所共同合作，針對以石灰石加速風化法吸收二氧化碳（Accelerated Weathering of Limestone, AWL）在臺灣運用的可行性，及其對海洋環境可能的影響進行評估。希望解決燃煤電廠二氧化碳過量釋放的棘手問題。以花蓮和平電廠海域為例的研究結果顯示，工研院所設計之雙槽反應器確可將部分二氧化碳氣體有效轉換為碳酸氫根離子儲存

石灰石加速風化法（AWL）：以大自然為師

石灰石風化反應是自然界中移除大氣二氧化碳的一個自發性反應（左下圖）。在人類尚未大規模開採煤、石油等化石燃料之前，深埋於地層中的碳主要是藉由火山活動噴發進入到大氣當中，然後與雨水結合生成碳酸，再與陸地岩石產生風化反應後，生成碳酸氫根離子，經由河流的輸送，進入到海洋當中。在自然的循環過程中，上述二氧化碳釋放與移除的速率均非常緩慢，約為百萬至千萬年的時間尺度。然而工業革命後，由於化石燃料的開採與使用，人為活動大幅加快了二氧化碳的釋放速度。在移除反應沒有對應加速的情況下，造成了大量的二氧化碳累積在大氣當中，引起了全球暖化和海洋酸化等現象。石灰石加速風化法的基本原理，就是師法上述自然界中本身調節二氧化碳濃度的反應過程，希望透過人為操作的方式來加速二氧化碳形成碳酸及其與石灰石風化的速度，以達到加速二氧化碳吸收的目的。由於石灰石風化屬自然界中自發的反應，一般認為AWL應會是對環境衝擊相對較小的二氧化碳處理方法。AWL的反應流程詳見右下圖。



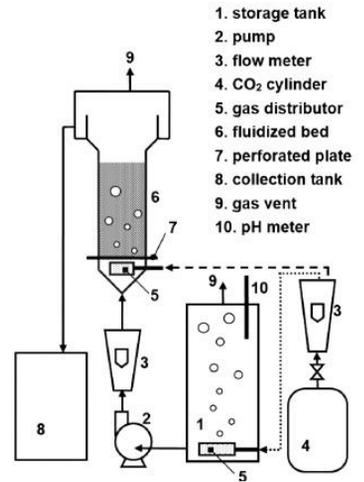
摘自<http://www.skepticalscience.com/weathering.html>

摘自Chou et al. (2015)

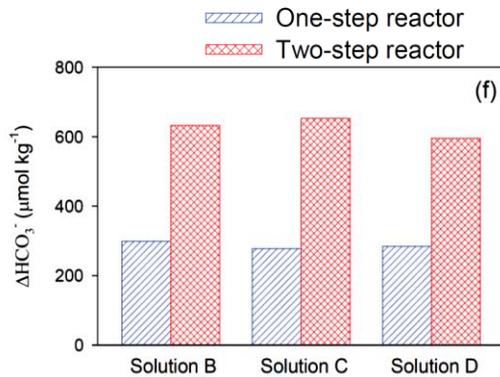
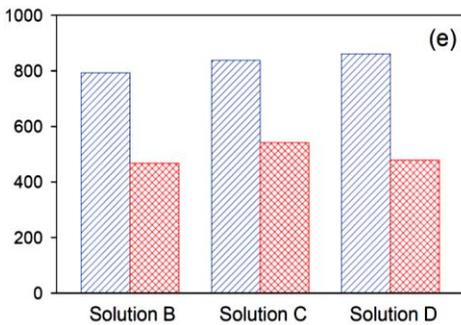
海洋中心電子報

AWL單槽反應與雙槽反應二氧化碳吸收效率的比較

本研究以和平電廠鄰近海域所採集的海水實際測試、評估了兩款由工研院所設計之AWL反應器對二氧化碳的吸收效能（單槽反應器及雙槽反應器；右圖）。結果顯示：單槽反應器幾乎僅發生二氧化碳氣體溶解反應，碳酸鈣溶解並不明顯，因此無法有效將溶解態二氧化碳轉變成碳酸氫根，此結果意味著二氧化碳將很容易藉由海氣二氧化碳交換過程返回大氣，無法長期地被保存在海水中。雙槽反應器中，碳酸鈣溶解量明顯提升，故可將較多的溶解態的二氧化碳轉變成碳酸氫根離子長期保存於海水中（下圖）。綜言之，此結果顯示，AWL確為一吸收電廠二氧化碳排放的可行方法，且雙槽反應器對二氧化碳的吸收效能明顯優於單槽反應器，惟其反應效能仍有很大的改善空間。



AWL單、雙槽反應器示意圖。
摘自Chou et al. (2015)

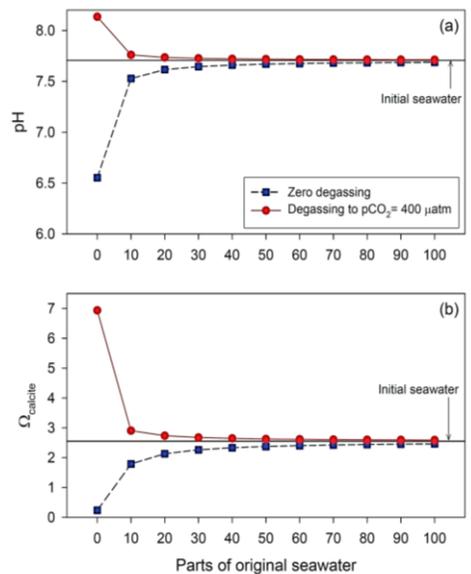


海水通過單、雙槽AWL反應器前、後溶解態二氧化碳 (ΔCO_2^*) 和碳酸氫根離子 (ΔHCO_3^-) 濃度變化量之比較。摘自Chou et al. (2015)

反應廢液排放對鄰近海域海水碳化學特性的影響

本研究針對反應廢液與不同比例之現場海水混合後，海水酸鹼值 (pH) 和碳酸鈣飽和度 (Ω) 的變化情形進行模擬。模擬結果顯示 (右圖)：當現場海水與反應廢液混合比大於 10:1 時，海水 pH 和 Ω 的變化量即可達到美國環保署對海洋放流所設定之容忍範圍；且若混合液重新達到海氣平衡後，pH 和 Ω 會呈現增加的趨勢。此結果顯示，AWL 反應廢液的排放具有減緩海洋酸化之潛在功效。惟排放液中其它物質 (例如懸浮顆粒、重金屬等) 對海洋環境生態的影響，仍有待進一步的研究。

※本研究發表於 Marine Chemistry 2015; 168: 27–36



中心業務報告

海洋中心於謹訂於2015年3月26日舉辦「海洋中心青年論壇：年輕科學家夢想世界」：

時間	演講者	演講題目	演講地點
2015.03.26 15:15-17:00	海洋中心 陳彥樺助理研究員	鯉魚為什麼比其他魚耐命~鯉魚之高鈣與其缺氧造血	生命科學院館108群海廳