

鈣迴路捕獲二氧化碳技術 達成低成本減碳技術

回收廢氣再利用 實現綠能科技理想

全球對於綠色永續的觀念日趨重視，工研院以生態創新的概念投入各式廢棄物的能源技術的研發，而「鈣迴路捕獲二氧化碳技術」就是廢氣回收技術，除可望實現低成本減碳的目的外，也將原本被視為廢氣的二氧化碳回收再利用，實現綠能科技的精髓。

撰文／陳玉鳳 攝影／蔡世豪

今年工研院再度以兩項技術奪得「全球百大科技研發獎」(R&D 100 Awards)的榮耀，其一為「線上即時熱能分析儀」、另一則為「鈣迴路捕獲二氧化碳技術」，這兩項技術分別在影像科技及環境科技領域中獲得肯定。

工研院此次獲獎與日本日立公司及德國西門子公司、美國航空及太空總署(NASA)及史丹佛大學齊名。

「我們讓世界看到臺灣創新科技研發的能量。」在工研院日前舉行的得獎成果發表會上，工研院院長徐爵民闡釋工研院獲獎的代表意義，他並進一步表示，「工研院一直以來鼓勵同仁要做創新前瞻的研究，此次獲獎技術的研發團隊以科技研發帶動產業發展，讓臺灣再次躍上國際舞台，這是很重要的肯定。」

節省能源 降低廢氣排放量

除了百大科技獎此項殊榮外，「鈣迴路捕獲二氧化碳技術」甫於今年7月獲得工研院「傑出研究獎」金牌殊榮。「鈣迴路捕獲二氧化碳技術」的未來性，在於此技術一方面可協助傳統產業降低溫室氣體的排放量，另一方面又能回收衍生的熱能，因而大幅降低額外的能源耗用。隨著全球對於環保概念的重視，以及臺灣產業轉型的迫切性，工研院持續以生態創新的概念投入各種

廢棄物、廢熱及廢氣回收技術的研發，其中的二氧化碳捕捉就是廢氣回收技術，將某項產業活動所產生的廢料，做為另一種經濟活動的資源。

用碳捕捉與封存(Carbon Capture and Storage; CCS)技術進行廢氣回收，除了可降低高耗能產業，如燃煤、天然氣發電的碳排放量之外，鑑於碳捕捉技術的前景，工研院在能源局的補助下，自2006年便投入碳捕獲與封存技術的研發，並開發出獨特性的鈣迴路捕獲技術，可以直接從燃燒排放的廢氣中捕捉二氧化碳。在「鈣迴路捕獲二氧化碳技術」中，「鈣迴路」指的是利用石灰石(碳酸鈣)做為原料，先經由煅燒程序放出二氧化碳生成石灰(氧化鈣)做為吸附劑；再以氧化鈣來捕獲二氧化碳形成碳酸鈣，而碳酸鈣則再經由煅燒再生為氧化鈣，如此反覆碳酸鈣與氧化鈣之循環過程，可捕獲燃燒後排放煙氣中90%的二氧化碳，直接改善水泥廠、發電廠、鋼鐵廠等主要碳排放源。

值得一提的是，由於捕捉的二氧化碳非常純淨，所以還可以應用在其他商業用途上。工研院綠能與環境研究所代所長胡耀祖指出，「捕捉過程中收集起來的二氧化碳有許多用途，例如可以拿來做碳酸飲料、化學原料、電子產業的清洗劑，或是打到地底下，用壓力差引出天然氣或石油等，不會直接排放到大氣中，汙染環



「鈣迴路捕獲二氧化碳技術」的未來性，在於一方面可協助傳統產業節省能源，另一方面又能降低廢棄物排放量。

境。」事實上，工研院的「鈣迴路捕獲二氧化碳技術」已實際應用在產業活動，回收的二氧化碳可進一步投入微藻養殖。

與台泥合作 建置全球最大實驗廠

工研院的鈣迴路捕捉技術，在經濟部能源局計畫支持下，與台泥公司業界合作研究，在花蓮和平水泥廠建置全球最大的鈣迴路試驗廠，總捕獲量達每小時 1 公噸，接引在水泥窯煙道氣的捕獲效率達 90% 以上，在全球同型技術的示範計畫中，不僅超前其他國家，甚至獨創與水泥廠互利雙贏的商業模式。

工研院的二氧化碳捕捉技術是在通過 3,000Wt 規模的實驗後，進一步於 2012 年與台灣水泥公司合作，放大至 1.9MWt 系統安裝於水泥廠中。與台灣水泥公司合作發展的 1.9MWt 試驗廠，是此技術邁向商業化

發展的重要里程碑，工研院也開發最新穎的直立式多階段旋風式鈣迴路捕獲技術，可以安裝在現有任何的發電廠，或者其他高耗能的產業，且活性效用更高，能將廢棄物排放量減到最少。

工研院之所以選擇與水泥廠現行製程結合，主要是看準水泥製造過程中，原本就會排放出大量二氧化碳，而導入鈣迴路捕獲技術後，可直接利用生產水泥原料石灰石作為吸附材料，而失去足夠活性的吸附劑可完全送回水泥廠作為原料，達到零廢棄物排放，還可將捕捉過程所需的額外能源降低。

工研院綠能所副組長徐恆文說明，「在與台泥合作模式中，鈣迴路技術是將碳酸鈣及氧化鈣的反應反覆多次循環，捕獲水泥廠製程中產生的二氧化碳達 90% 以上，我們現在正研發更前瞻的技術，將製程中的吸附劑循環量與排放量降到最低，」他並強調此技術將來也可

以應用到許多其他產業上，例如電廠、鋼鐵業或是一般造紙、石化、汽電共生廠等，「只要使用煤炭或其他化石燃料做為燃料的產業皆能使用此技術。」

直立式碳捕獲技術 進一步降低成本

現今碳捕捉技術的重要發展關鍵之一，就在於捕獲成本的降低，而工研院在與台泥的合作下，可將二氧化碳捕獲成本每公噸降低至 30 美元以下，相較於其他現有技術足足降低了近 50% 左右。目前市場上碳捕捉技術的成本非常高，捕捉每噸碳的成本約為 50 ~ 80 美元，遠遠大於商業市場可以接受的 20 ~ 25 美元左右，極具商業競爭力。

依據我國溫室氣體適當減緩行動 (NAMAs)，預估在 2020 年，國內透過碳捕捉技術減少二氧化碳排放量達，可望達到 490 萬公噸，而 2025 年則可以減少排放 3,670 萬公噸。為進一步降低成本，繼成功運轉 1.9MWt 試驗廠後，工研院現正規畫結合產業能量，建立一套 30MWt 規模之示範系統，預計 2016 年底前動工興建，朝向每公噸捕獲成本為 20 美元目標邁進，藉此使鈣迴路捕獲技術邁向大型與商業化系統的里程。

回收二氧化碳 投入微藻養殖

台泥與工研院合作的實驗廠位於花蓮，目前是世界最大的鈣迴路碳捕捉試驗廠，於 2013 落成並進入測試階段，目前試驗廠正持續進行技術驗證與可靠度測試，預估已完成之二氧化碳液化廠取得操作許可後，可以捕獲和平廠 2,000 噸至 5,000 噸的二氧化碳排放量。對此，親自出席工研院得獎成果說明會分享榮耀的台泥董事長辜成允，盛讚工研院為臺灣之光。

他並表示，「台泥與工研院成功合作發展『鈣迴路捕獲二氧化碳技術』後，又再簽署了兩項意向書，進行下一世代的捕獲技術，預估 2、3 年後商品化量產，同時還要展開『微藻固碳』的技術開發。」他強調，「環保不是成本，而是一種責任」，對於水泥業而言，環保



工研院的「鈣迴路捕獲二氧化碳技術」回收的二氧化碳更可進一步投入微藻養殖。

是永遠無法避免的問題，「我們的解決方法是將環保問題轉化成公司的核心價值。」

辜成允十分看好碳捕捉衍生商機，表示只要碳捕捉每噸單位成本能降至 10 美元，則可望帶動國內碳捕捉廠投資熱，總投資額將超過千億元，台泥也將投入商機龐大的碳權交易市場。台泥除利用碳捕獲技術來減少二氧化碳排放量外，更將高純度的二氧化碳封存再利用於微藻養殖技術的開發上，所培養的微藻則進一步製成保健食品或化妝品，脂肪含量較高的微藻則可製成生質能源，估計 3 年左右時間可以商品化上市。

工研院團隊是從臺灣周遭海域篩選出 300 多種不同的藻種，利用捕獲到的二氧化碳，來讓微藻進行光合作用，而藻類可以變成生質燃料，這是一種新能源，從消耗能源所產生的二氧化碳，再轉回生質燃料，形成一個完整的二氧化碳的循環。

現代工業對石油、煤炭、天然氣等燃料的大量使用，造成過多二氧化碳被排放至大氣中，所引發的溫室效應已對地球環境及生態造成極大影響，而工研院的高效率「鈣迴路捕獲二氧化碳技術」除了可望實現低成本減碳的目的外，還能將原本被視為廢氣的二氧化碳回收再利用。工研院的成果不僅實現綠能科技的精髓，此次榮獲百大科技獎殊榮，更讓全世界看見臺灣的創新科技研發實力。■