

從排碳大戶到養生專家

# 微藻固碳助水泥業走永續之路

水泥、微藻、面膜，三者看似毫不相干，背後卻隱含著永續的創新思維。工研院以「鈣迴路捕獲二氧化碳技術」和「微藻固碳及利用技術」，協助台泥公司利用捕獲的二氧化碳養殖微藻，從中提取可用於美容保養品、健康食品的高價原料，立下循環經濟的成功案例，團隊更贏得工研菁英「產業化貢獻金牌獎」。



工研院協助台泥公司利用捕獲的二氧化碳進行微藻養殖，並從中提取可用於美容保養品、健康食品的高價原料，成為循環經濟的成功案例。

撰文／李洵穎

為改善溫室效應，捕捉二氧化碳成為解決方案之一，然而捕捉下來的二氧化碳除了封存、賣給汽水工廠外，有沒有更兩全其美、融入碳循環的方法呢？工研院研發團隊由水泥工廠煙道排氣中捕獲二氧化碳，應用於微藻養殖，以可

用於生質能源的高固碳率微藻，或內含高價成分的微藻，將二氧化碳轉化為能源或高價值產品。

工研院「微藻固碳及利用技術」的起源，要從與台泥合作「鈣迴路捕獲二氧化碳技術」說起。



工研院與台泥合作建置全球規模最大的鈣迴路捕獲二氧化碳試驗廠，將捕捉到的二氧化碳用於養殖雨生紅球藻，做到工廠零排放。

透過「創新微藻生長調控技術」培養雨生紅球藻，並萃出蝦紅素，製成具有美白、抗老化效果醫美保養品。圖右為蝦紅素玻尿酸保濕水凝霜。



水泥在製造過程中，會產生相當多的二氧化碳，水泥業因此被視為高排碳產業。除了惡化溫室效應，也可能造成空氣汙染，如何有效解決排放問題，是台泥一直以來相當注重的課題。

### 碳捕獲技術助高排碳產業變身

工研院自2006年開始研究二氧化碳捕獲技術，2011年起台泥公司加入合作，在花蓮和平水泥廠建立第一代鈣迴路碳捕提試驗廠，可將二氧化碳捕提後進行液態儲存，這是目前全球規模最大的鈣迴路捕獲二氧化碳試驗廠。

看不見、摸不著的二氧化碳，該如何抓下來？工研院綠能與環境研究所組長萬皓鵬解釋，石灰石（碳酸鈣）是水泥的主要原料，工研院以氧化鈣作為吸收劑，借助化學反應，從排放源頭水泥旋窯煙道中直接捕捉二氧化碳，形成碳酸鈣。碳酸鈣進入煅燒爐中，經高溫分解為氧化鈣與高純度二氧化碳，氧化鈣經過不斷循環反應，可於氧失去活性後，送回水泥廠，作為生產水泥的原料，因此可做到工廠零排放。

萬皓鵬說，以目前的鈣迴路捕獲技術，每小時可捕獲1噸的二氧化碳。換算下來，每年可減少5,000多噸的二氧化碳排放量。

### 藻類固碳作用比樹木更好

經過鈣迴路捕獲後的二氧化碳，正好符合藻類生產過程所需。萬皓鵬舉例，1公斤微藻能吸收1.83公斤的二氧化碳，換言之，「藻類利用二氧化碳的效率，是樹木的300倍之多。」

萬皓鵬進一步說明，微藻是一種能行光合作用的單細胞植物，直徑約只有人類頭髮的十分之一，生長快速，比樹木生長快上20倍；而且富含油脂，微藻含油率可達藻體淨重的40%以上，單位面積的產油量約為黃豆的25到200倍，比棕櫚樹高2到16倍，是近年來備受矚目的生質能源作物。

然而，微藻從養殖生成、萃取油脂等製程，投入成本與耗能仍偏高，提煉微藻作為生質柴油，國際上至今未有商業化生產案例。如何開發創新技術，以降低整體生產成本與能耗，是研發團隊的一大挑戰。

萬皓鵬表示，「研發團隊因此轉向思考，是否可以將微藻做更高單價、更具高經濟效益的應用，做出高附加價值的產品？」

### 雨生紅球藻萃出高值蝦紅素

「工研院團隊提議，把捕捉到的二氧化碳用於養殖微藻，當時的台泥董事長辜成允一聽就很感興趣。」台泥研究室協理陳光熙表示，視環境永續為企業社會責任的辜成允，希望可以找出某一種具高經濟生產價值的藻類，不但能有效吸收水泥廠排放的二氧化碳，又可以將藻類的副產品商品化、創造產值。

台泥除了跟工研院的碳捕獲技術團隊合作之外，自2012年開始，台泥又擴大與工研院合作，針對「戶外微藻固碳系統」及「高單價微藻培養」2個題目進行研究，希望能篩選出符合條件的藻類。

台泥花蓮和平廠區的水泥窯旁，矗立著一根根約2公尺高的綠色半透明柱狀光合反應器，正在自然光下使用所捕捉二氧化碳進行微藻培養，而其中肉眼所見綠色物質，就是二氧化碳「養」出來的高固碳微藻。

另外，工研院團隊也針對可做為高經濟價值應用的藻類，由台灣各地針對所設定的環境條件，進行尋找與篩選。經過一番努力，最後找到本土的雨生紅球藻，在經過實驗室裡馴養與養殖條件設定，較國外相同的藻種，成長時間縮短約50%且單一微藻內含之高價蝦紅素成份多了57%。

雨生紅球藻是生成珍貴抗氧化物—蝦紅素的主要來源。根據文獻，蝦紅素的抗氧化能力是β胡蘿蔔素的10倍、輔酵素Q10的150倍、維生素E的550

倍，具有美白及抗皺功效，1公斤要價新台幣20~30萬元左右，是昂貴化妝品、保健品的重要成分原料。而且，蝦紅素用途極為廣泛，加入化妝品，產品就具有美白、抗老化等效果；加在眼藥水中，就能增加抗氧化功能。

### 水泥業衍生美容養生產品線

萬皓鵬說，蝦紅素非常適合用於製成保養及美容產品，工研院運用獨家養殖配方，啟動雨生紅球藻的自我防護機制，加速蝦紅素的產生。目前台泥的小型示範場域所生產的蝦紅素的月產量約為1.5公斤，透過與工研院擴大衍生合作，把蝦紅素價值往上提升到醫美、食品等級。

陳光熙指出，台泥目前推出了蝦紅素保養品包括面膜、化妝水、精華液等，在2018年底台泥結合君品飯店開發以蝦紅素紅藻入菜的創意料理——蝦紅素紅藻蕎麥麵，堪稱世界第一碗減碳環保麵。

陳光熙指出，台泥本業是水泥生產，雖然往化妝保養品領域發展並非預期中的既定策略，但微藻是從水泥本業衍生出來的事業，台泥未來將以原料供應商自居，並已在2017年底已完成原料認證登錄，代表台泥可以在國際上供應蝦紅素微藻原料。

工研院除了與台泥公司合作研發，建置全球首座結合鈣迴路捕碳系統的微藻養殖示範場及國內首座雨生紅球藻養殖場外，也完成國內13家微藻上中下游產業廠商技術與專利授權，並以整廠輸出方式，扶植國內微藻產業，提升企業產值效益，進一步協助產業進軍國際，落實碳循環永續環境的目標。■

