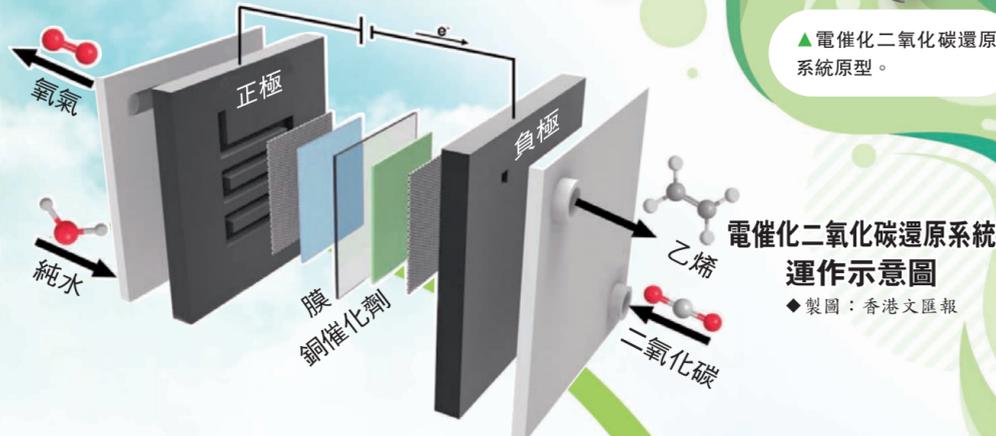




編者按

「生態興則文明興，生態衰則文明衰。」建設生態文明關係着人民福祉和人類未來，亦是人與自然可持續發展的核心。要在社會經濟發展和生態環境間取得平衡，科學技術的創新應用是當關中關鍵。香港文匯報今起推出系列報道，透過訪問多名香港傑出科學家，探討他們如何透過轉廢為能、減碳節能，為改善生態環境質量、促進綠色低碳發展及加強污染防治而煞「廢」苦心。



▲電催化二氧化碳還原系統原型。

電催化二氧化碳還原系統運作示意圖

◆製圖：香港文匯報

妙法碳變膠 促進碳中和

理大學者研電催化二氧化碳還原系統 助減溫室氣體

◆劉樹平認為其研發的系統有非常可觀的發展前景。
香港文匯報記者涂穴攝



煞「廢」苦心 之減碳排放

全球暖化持續加劇，由此引發的極端天氣頻率也不斷上升，熱浪、暴雨、洪水、旱災和森林大火等自然災害的出現次數，以及極端高溫的紀錄更是屢破屢創，這對全球人類生命及生態安全構成嚴重威脅。造成極端天氣的主因是溫室氣體持續大量排放，而二氧化碳佔當中的大多數，如何有效減少碳排放是應對氣候變化的重中之重。香港理工大學應用物理學系系主任及納米材料講座教授劉樹平近日接受香港文匯報訪問時表示，其團隊研發出高效、耐久、環保的電催化二氧化碳還原系統，可將二氧化碳轉化成有用、高價值的塑膠化學品原料，藉此降低工業生產的碳排放，同時促進碳循環和碳中和。

◆香港文匯報記者 鍾健文



香港天文台今年早在5月便發出氣溫達攝氏35度或以上的極端酷熱天氣提示，全球暖化的影響對市民來說，不再是抽象的氣溫上升度數，而是切身的「汗酸」感受。理大材料與器件中心實驗室主任、光子技術研究院副院長、應用物理學系系主任及納米材料講座教授劉樹平指出，引起這些嚴重環境及能源危機的很大部分原因，是源於巨量的二氧化碳排放。

劉樹平引述美國國家海洋及大氣管理局的資料顯示，2022年全球二氧化碳總排放量達368億噸，該局在夏威夷的冒納羅亞觀象台曾錄得高達421百萬分比(ppm)的每日大氣層二氧化碳濃度，創有紀錄以來的新高；美國國家環境保護局統計指出，有65%溫室氣體屬於燃燒化石燃料及工業生產所排放的二氧化碳。目前防止二氧化碳進入大氣層主要有兩種方式，一是把二氧化碳注入地底深處封存起來，其弊端是「當有地震，二氧化碳又再次跑出來」，二是把它轉化成塑膠、酒精和水泥等有用產品。

轉化成塑膠原料 未來發展可期

為此，劉樹平與團隊研發出電催化二氧化碳還原系統(APMA MEA system)，其主體是一個夾芯結構的膜電極組件(Membrance-Electrode-Assembly, MEA)，它把負離子交換膜(anion-exchange membrane, AEM)和質子交換膜(proton-exchange membrane, PEM)結合成為APMA，將負極和正極分開，若以銅作為催化劑，並加入純水(H₂O)作為電解質，可以將二氧化碳(CO₂)轉化成乙烯(C₂H₄)。

劉樹平解釋，乙烯是一種無環烴，可用於製造聚乙烯(polyethylene, PE)、聚對苯二甲酸乙二酯(polyethylene terephthalate, PET)、聚氯乙烯(polyvinyl chloride, PVC)，以及聚苯乙烯(polystyrene, PS)等聚合物，它們可成為塑膠產品如膠袋、膠杯、膠盒的材料。乙烯生產商正致力於投資綠色生產，以減低能源消耗，同時維持化學合成塑膠的多功能性。乙烯全球市場規模預期至2025年高達3,022.2億美元，由2021至2025年的市場預測複合年均增長率有7%；其不溶於水的特性便於收集，可降低回收成本。

因此，劉樹平認為其研發的系統有非常可觀的發展前景，它既可有效將現成的二氧化碳「循環再造」，避免排放到大氣層，又能減少透過石油加工的方式生產乙烯，從而減少二氧化碳等溫室氣體的產生，劉樹平亦憑此榮獲今年日內瓦國際發明展「金獎」。



▲劉樹平(右)參與今年日內瓦國際發明展，並憑其電催化二氧化碳還原系統獲得「金獎」。

作為一項環保創新項目，劉樹平認為電催化二氧化碳還原系統具有非常可觀的發展潛力及應用前景，包括用於不同類型的化學電解合成，對由化石能源系統所產生的廢氣處理，甚至是火星能源合成，如可將佔火星的大氣層超過95%的二氧化碳，抽取並轉化成各項具有高價值的有用物品。其團隊未來將致力進一步減低系統的電壓以加強能源效益，以及改善催化劑對產生單一化合物的化學反應選擇性，同時成立初創公司與化石能源企業合作，以實施有效的碳循環系統。劉樹平提到，如何及從哪裏收集二氧化碳是一個難題，現正與中石化合作應用電催化二氧化碳還原系統，一方面把他們在工業生產中排放出的大量二氧化碳轉化成乙烯，另一方面也改革他們的乙烯生產模式，改為以更潔淨、綠色的方法製造。

他表示，中石化是全球生產乙烯最多的企業，但傳統製造模式會導致大量的二氧化碳產生，面對不久將來各國都很可能實施碳稅(carbon tax)政策的情況下，再以傳統模式生產會大幅削弱產品的市場競爭力，故在工業生產中「轉廢為物」是世界潮流。

劉樹平為了環保，想到一個有趣的點子，就是向中學生發起「一人一口氣」行動，邀請他們每人吹一口氣以收集二氧化碳，見證如何把廢氣轉化成有用的物品，同時講解他們的系統和全球氣候變化的相關知識，作為STEM(科學、科技、工程、數學)教育的課程內容。

研轉化作酒精便利家居

展望將來，其團隊正與理大機械工程系一助理教授合作，研發一個可以即時從空氣中捕捉、收集二氧化碳，並同時轉化成乙烯或其他化學產品的綜合平台，希望在一兩年內至少發展出實驗室規模，並且構想「是否可能把它製作成好像空氣清新機般，方便在不同的環境下設置，例如在人煙稠密的地方或多人聚集的課室。」對一般家庭而言，乙烯可能無甚作用，因此他提出透過改變系統所使用的催化劑，使它轉化成酒精，成為「自動消毒劑生產平台」，作為家居清潔消毒之用。

系統持久效率高 環保效益最大化

比起現時其他二氧化碳轉化技術，劉樹平與團隊研發的電催化二氧化碳還原系統(APMA MEA system)有很多優點。他介紹，現時以酸或鹼作電解的方案，能穩定運作的持久性只可維持最多約200小時，MEA則長達逾1,000小時，可大幅減少維修或更換頻率和成本；MEA具備更高的轉化效能，它對產生乙烯的化學反應選擇性高達50%，整體表現都較絕大多數系統為佳。

有條件擴至工業生產規模

此外，該系統不需加入任何化學物品供給，只需純水作為電解質，轉化過程

中不僅沒有電解質和二氧化碳的流失，更可防止碳酸鹽(carbonate)形成而產生額外的二氧化碳，而且系統以風力、水力及太陽能等可再生能源發動，「從一而終」地最大化達至環保和減碳的效益。他還提到，該系統在實驗室的工作電流甚至可以超過10安培(ampere)，遠超於大多數已知系統小於1安培。他解釋，電流密度與生產率有直接關係，若系統能實現高電流密度，可提高生產率，而高的電流密度對工業應用來說必不可少，「這意味著該系統可以輕鬆擴展至工業規模。」

劉樹平強調，應對全球暖化的行動刻

不容緩，除了聯合國氣候行動表明，要按照《巴黎協定》要求將全球氣溫上升控制在不超過1.5°C，溫室氣體排放量在2030年前減少45%，並在2050年實現淨零排放外，國家主席習近平早於2020年的第七十五屆聯合國大會上已提出，中國致力實現「2030年前碳达峰、2060年前碳中和」。對此，他認為APMA MEA系統可以進一步促進二氧化碳電催化技術的發展和應用，加強有效碳循環並革新現代化石能源系統，朝着減少碳排放和達至碳中和的目標邁進，為香港、國家以至世界作出貢獻。

獲教授傳珍藏 啟發科研之路

劉樹平走上科研之路，他形容是「受到一位很特別的教授啟發和刺激」。這位教授上課總是輕裝上陣，「教書時什麼都不帶，只會拿一支筆、一本簿仔，就一路寫一路講」，所有的知識都了然於胸。劉樹平和教授熟絡後，對方就將一些期刊、將會發表的論文送給他。看完老師的論文，劉樹平慢慢開始對科研產生興趣，覺得「從事研究其實都好好哦！」一轉眼，他已投身科研數十年。

作為學者，劉樹平謙稱，把論文投稿去學術期刊讓他有不少得着，例如把電催化二氧化碳還原系統論文投稿去學術期刊時，有審稿員質疑他如何證明在還原的過程中不會形成碳酸鹽，「這個問題之前完全沒有想過」，這推動他和團隊想方設法去進行實驗證明，最終也順利通過審稿；而長時間的投稿經歷，也讓他學懂如何把論文表述得更加清楚易明，避免引起誤會，以增強說服力。

