

中大低碳新技術 化沼為能更高效

編者按

中東戰火與地緣政治衝突引發的能源危機，持續衝擊全球；傳統化石能源供應鏈體系遭重創，石油與天然氣價格波動飆升，在全球綠色低碳轉型的需求下，探索創新能源正逐漸成為各地社會要深思的必答题。在此背景下，香港科學家憑藉深厚的基礎科研實力，正以多領域的技術創新，為應對未來的能源變革提供更多可能性，同時呼應香港第一個五年規劃提出推動能源結構持續優化、加強新能源等關鍵核心技術攻關的目標。

香港文匯報今日起推出專題系列報道，透過多項本港大學學者的得獎發明成果，展現香港科研力量如何引領能源技術的突破，涵蓋轉廢為能的生物燃料、電池儲能、太陽能與綠氫催化劑等不同維度，描繪出應對未來能源風險與轉型的新思路。

廚餘污泥等厭惡物原來是「沉睡的能源」
有待被喚醒



港能變革

香港幾乎完全依賴進口石油和天然氣，缺乏本地化石能源資源，每一次地緣危機，都是對這座城市能源韌性的嚴峻考驗。幸好，危機之中亦有轉機——香港每年產生大量有機廢棄物：餐廚垃圾、畜禽糞便、城市污泥，這些長期以來被視為環境負擔的厭惡物，原來是「沉睡的能源」，有待被喚醒。由香港中文大學理學院院長、偉倫化學教授宋春山領導的「一體化生物廢棄物製綠色燃料轉化站」項目，結合「分子籃」固體吸附劑以及低溫等離子體催化兩大自主研究技術，高效將沼氣轉化成多種高價值綠色燃料，將環境治理的負擔轉化為能源資產，特別是在供應鏈中斷或價格劇烈波動時，可提供韌性更高的能源保障，為香港的能源安全提供全新突围路徑。

● 香港文匯報記者 劉沐藝

該項目於今年的日內瓦國際發明展勇奪評審團特別嘉許金獎，其核心框架是一套小型的「變廢為寶」裝置，透過分布式、本地化的廢棄物能源轉化路徑，能在區域尺度上顯著降低對傳統石油與天然氣的依賴。

這項創新技術的誕生，源於團隊對現實供需矛盾的精準洞察。宋春山接受香港文匯報專訪時表示：「一方面，大量生物廢棄物產生的沼氣目前利用率很低，很多時候只能直接燃燒或排空，不僅浪費資源，還會造成環境污染。同時，在國際減碳政策推進及航運、化工等行業綠色轉型的需求下，市場對低成本綠色燃料的需求極其迫切，但現有綠色燃料往往因原料（如綠氫）成本高昂，難以大規模推廣應用。」其團隊正是抓住這一痛點，提出用生物廢棄物產生的沼氣作為廉價且穩定的原料，以生產綠色燃料。

不過，要將想法轉化為現實並非易事，技術研發過程中，團隊面臨兩大核心挑戰。其一，沼氣成分非常複雜，其中含有硫化氫等有害雜質，容易毒化後續的催化劑和設備；其二，沼氣的主要成分甲烷和二氧化碳化學性質非常穩定，傳統轉化方法需要高溫、高壓，能源消耗極大。

高效「分子籃」固體吸附劑如「磁鐵」

為攻克這些難題，團隊在一體化轉化站中集成了兩項自主研發的核心技術。第一項是高效「分子籃」固體吸附劑，它如同精密的「磁鐵」，能快速、選擇性地吸附並去除沼氣中的有害雜質，為後續反應系統提供堅實保護。第二項是低溫等離子體催化技術，「團隊摒棄了傳統的高溫高壓反應模式，利用電場激發產生高能電子，以高能電子替代熱能，在接近室溫和常壓的條件下，就能有效打破甲烷和二氧化碳的穩定化學鍵，再通過催化劑引導其重新組合，最終轉化為所需的高價值綠色燃料。」

經過這套一體化轉化站處理後，生物廢棄物產生的沼

氣，可以轉化為多種高價值綠色燃料，包括：生物甲烷、綠色甲醇，及可持續航空燃料(SAF)。

明確與太陽能風能等深度耦合定位

該系統從設計之初，就明確了與太陽能、風能等可再生能源深度耦合的定位。宋春山介紹，裝置中的等離子體反應器可直接消耗電力，這使其成為一種靈活的儲能負載。當風電、光電進入發電高峰產生多餘「綠電」時，可通過該設備將電能轉化為綠色燃料的化學能儲存起來。這種模式不僅實現了全生命周期的低碳化甚至負碳化，更真正打通了從廢棄物收集到綠色燃料產出的全鏈條環保閉環。

目前，焚化、堆填仍是生物廢棄物的主要處理方式，不僅造成二次污染，更浪費了寶貴的有機資源。與此相比，宋春山團隊的新技術最大優勢在於「溫和高效」。據了解，傳統熱催化技術需在攝氏700度以上的高溫環境下進行，耗能巨大，而該項目採用的低溫等離子體催化技術，可在接近室溫、常壓的條件下完成反應，大幅降低能耗又能延長催化劑壽命，提升轉化效率。

事實上，包括沼氣等生物氣體在內的轉廢為能途徑，佔全港可再生能源總量近七成，是本地綠色能源最重要的類別；而最新數字顯示，香港轉廢為能年總產量達約2,900太焦耳(TJ)，過去10年間大增五成(見表)，可見其龐大的發展潛力。



▲負責帶領研究的中大理學院院長、偉倫化學教授宋春山。 中大供圖

▲「一體化生物廢棄物製綠色燃料轉化站」2026年榮獲第51屆日內瓦國際發明展評審團特別嘉許金獎。 中大供圖

專家倡港設專項基金 扶持綠色燃料中試

「香港在綠色能源與循環經濟賽道領域的優勢極為獨特，堪稱『背靠祖國、聯通世界』的典範。」宋春山認為，香港的優勢具體體現在政策、金融、標準三大維度。

在政策層面，最新一份施政報告提出建設綠色加注和貿易中心，構建以香港為中心的「綠色能源走廊」網絡，這不僅為技術提供了直接且穩定的市場出口，更為產業化落地鋪平了道路。

在金融領域，香港成熟的資本市場能為這類處於早期階段的綠色科技項目提供高效、便捷的融資渠道，破解科研成果產業化過程中的資金瓶頸。標準對接方面，香港緊密銜接國際海事法規與綠色認證體系，可為內地生產的綠色

甲醇搭建「橋樑」，幫助其獲得國際市場的認可與交易資格，助力技術走向全球。

在落地計劃方面，團隊正與內地養殖企業深度合作，積極推進示範項目建設；同時計劃主動對接本地船務公司，探索構建一條從「大灣區廢棄物處理」到「香港港口加注」的完整綠色燃料供應鏈，以這一閉環模式帶動技術在海內外的規模化推廣。

「從大學實驗室的科研成果到市場化落地，往往面臨被稱為『死亡谷』的瓶頸。」宋春山強調，政策支持是破解這一難題的關鍵。他建議特區政府設立專項中試基金，重點配套綠色燃料中試示範項目，為高風險、高回報的早期

硬科技項目提供建設首台(套)工業裝置的資金支持，助力科研成果跨越產業化「最後一公里」。

與此同時，打通跨境認證標準同樣至關重要。他希望政府推動香港綠色甲醇加注標準與內地生產標準的互認機制，建立大灣區綠色燃料交易平台，讓內地生產的綠色燃料順暢進入香港供應鏈。

在強化產學研協同效應方面，宋春山表示，特區政府應主動扮演「聯絡人」角色，有針對性地對接本地船運巨頭、內地農牧業龍頭企業與科研團隊，促成聯合實驗室或示範基地建

設。例如，在東莞市政府支持下，中大已與大灣區大學聯合建立先進材料與綠色能源研究院，深度對接產業需求，全力打造大灣區綠色能源技術創新高地。

建議提供簽證住房及稅務優惠

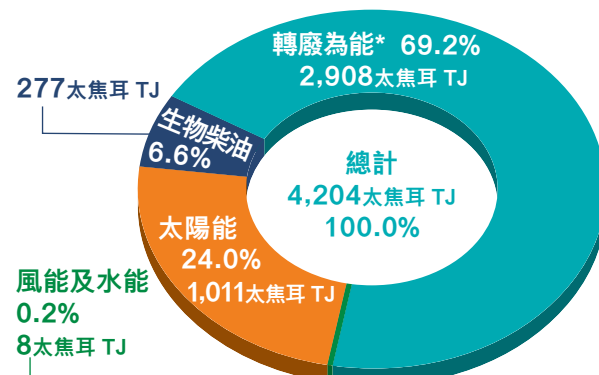
人才是創科發展的關鍵動力。宋春山與團隊建議，香港於政策配套上應進一步優化，為從事綠色科技硬科技研發的工程師、博士後等提供更具有吸引力的簽證、住房及稅務優惠，為本港與國家的綠色轉型匯聚更充沛的人才。



◀「一體化生物廢棄物製綠色燃料轉化站」由中大化學系團隊合作研發。 中大供圖

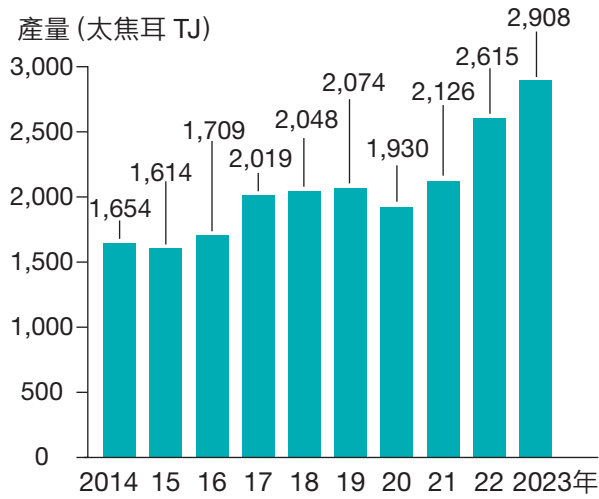
▲經過一體化轉化站處理後，生物廢棄物產生的沼氣可轉化為可持續航空燃料。 網上圖片

港產可再生能源產量及成分



註：數據來自最新的2025年報告，記錄2023年的能源數字
*轉廢為能是把廢物中蘊藏的能量，通過污泥焚化及生物氣體收集，轉化為熱能或電能。另部分堆填區產生的生物氣體用於生產煤氣而非直接作能源最終用途，未有計算在可再生能源的數據中。

本港生產的轉廢為能/生物氣體



城鄉廢棄物變綠色甲醇 減依賴進口石油

「以綠色甲醇為例，它不僅是重要的基礎化工原料，更已獲國際海事組織(IMO)認定為關鍵清潔船用燃料。隨著全球航運業加速減排，綠色甲醇的市場需求正快速擴大，這意味著該技術在交通燃料替代方面，具備直接的商業價值與減碳效益。」宋春山強調，從國家與區域的能源自主性角度而言，這項技術能充分調動城鄉有機廢棄物這類「本地資源」，減少對進口石油的依賴。

「不與民爭糧，不與糧爭地」

這項技術在工業廢棄物處理與綠色能源供應層面的現實意義在於「不與民爭糧，不與糧爭地」，而是將環境治理的負擔轉化為能源資產，可有效處理養殖業糞污等長期難以解決的污染源，並將其轉化為穩定的液體燃料，直接替代部分化石能源。

在生態環境保護方面，該技術的現實意義更為直接：它將原本會逸散到大氣中的甲烷與二氧化碳捕集並轉化為有用燃料，大幅降低溫室氣體排放，也解決了傳統廢棄物

處理方法，如露天燃燒、掩埋所帶來的空氣、土壤與水體污染問題。可以說，這項技術正是實現國家「雙碳」目標的關鍵技術支撐之一。

宋春山透露，該技術目前正處於從實驗室成果向工業示範轉化的關鍵階段。團隊已成立初創公司松河科技(PineRiver Technology)，並獲得多家企業的支持與合作意向，下一步將進行實地中試運行。談及量產瓶頸，他表示是首台工業級裝置的工程放大成本，其次是等離子體電源在大規模工況下的長期穩定性與能效優化。其團隊正在進行新一輪融資，以解決這些工程化難題。

他預計，未來率先受益的將是兩大行業，第一類是面臨嚴格環保法規與廢棄物處理壓力的機構，包括城市有機垃圾處理機構、大型規模化養殖企業，及城市廢水有機污泥處理機構。他們可透過這套設備降低治污成本，同時創造新的收益來源。第二類是港口航運業，他特別指出，在特區政府明確提出打造綠色海事燃料加注中心的政策背景下，航運公司對屬地化生產的綠色甲醇需求尤為迫切。