

清華研發「原子級觸媒」 鹼性燃料電池效能大躍進



國立清華大學
NATIONAL TSING HUA UNIVERSITY

2019 首頁故事

清華研發「原子級觸媒」 鹼性燃料電池效能大躍進

科學家們近年積極研發可應用於電動車等環保先進產業的燃料電池，但難突破耐久性不足的限制。本校工程與系統科學系陳燦耀教授從清洗眼鏡的超音波機得到靈感，利用超音波在材料表面打出極細小的孔洞，再把作為觸媒的白金「鑲嵌」上去，做出更穩定耐久、比奈米還小的「原子級觸媒」，效率提升3倍以上，奠立下一代鹼性燃料電池的新里程碑。

原子級觸媒可讓燃料電池的電流強度提高10倍，且連續工作8個月效率都不衰退；若應用在電動車、發電廠，電池的價格可降到只要十分之一，壽命則能維持2到3年。這項突破性的研究成果今年2月登上國際頂尖期刊「自然通訊」(Nature Communications)，並被選為該月份的兩篇能源材料焦點論文之一。陳燦耀教授表示，將繼續推進研究，做出更小、效率更高的「量子級觸媒」。

觸媒縮小 氧化還原活性加大

燃料電池是透過氧化還原反應把燃料中的化學能轉換成電能的發電裝置，因為發電過程中只產生水跟熱，不像燒煤等石化燃料會產生大量廢氣汙染，而被視為綠色能源的新希望。其中鹼性燃料電池的發電效率及安全性又比酸性電池來得高，如太空船及人造衛星的供電就是採用鹼性燃料電池；但投入鹼性燃料電池研究者比酸性少很多，主要是因觸媒研發難以突破。

陳燦耀教授表示，影響觸媒效率的因素很多，大小是其中很重要的一項，同樣體積的觸媒顆粒愈小、表面積愈大，氧化還原的活性愈高；但粒子太小就不穩定，效能很快就會衰退。因此他不斷思考，如何能做到更小卻更穩定？

從洗眼鏡機及汽泡咖啡取得研究靈感

陳燦耀教授回想，他從小就對超音波震盪機如何將眼鏡清洗乾淨很感興趣，甚至還請眼鏡行老闆幫他洗久一點，洗到鏡框的塗漆都被震掉，「何不用超音波在鐵等金屬表面打出小的凹槽，如果可以做到只有0.3奈米、就可以把3顆原子大小的觸媒穩穩地落在凹槽裡。」他也成為在金屬表面穩定長出原子級材料的學界第一人。

有趣的是，陳燦耀教授研究的另一項重要突破則來自於「汽泡咖啡」的啟發。2016年研究碰到瓶頸時，他常待在咖啡廳思考研究方向，與咖啡師閒聊，意外發現，先倒汽水、後加入咖啡，及先倒咖啡、後加入汽水產生的泡泡量、甜度及口感竟

完全不一樣，「真的，不信你回家自己試看看！」於是他指導學生改變實驗順序以控制氧還原反應，果然取得突破。

而且過去在金屬表面長出不同材料的方式，是先長一層，穩定後再長第二層。陳燦耀教授也打破了這樣的規則，每 10 秒鐘加入一種新材料，或者只反應 1 到 2 秒即中止反應。

成本更低 效率更高 壽命更長

但打破規則的實驗方式也讓他吃足苦頭，甚至團隊裡主修材料的資優生還質疑老師「亂搞」，終於在失敗了數百次，耗費無數實驗樣品後，讓他們找到了讓鹼性燃料電池陰極觸媒同時保持氧化還原高活性與高穩定度的金鑰。

陳燦耀教授表示，最終完成的白金原子觸媒使用的貴金屬白金量只要 1%，比一般商用觸媒的 35% 要低很多；且相較於傳統觸媒使用 1 周後效能即逐步衰退，原子級觸媒在電流強度提高 10 倍、質量電流密度提高 30 倍的情況下，連續工作 8 個月（超過 32 萬次電壓循環）效率都不會衰退。

放棄業界高薪 回母校投入研究與教學

陳燦耀教授是本校少數來自業界的教授。他的碩士、博士、博士後研究都在清華取得，畢業後曾任職於台積電、高通。但產業界一成不變的工作型態漸漸無法再滿足他，令他下定決心放棄業界的高薪，回到母校任教。

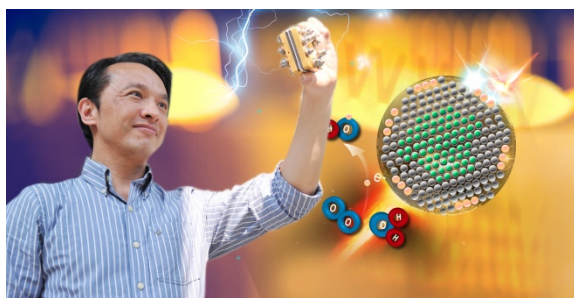
被問到教學與研究，他更愛哪一個？陳燦耀教授顯然難以選擇，研究固然是他的最愛，教學的挑戰與刺激也同樣吸引他，「而且你永遠不知道學生在什麼時候會給你什麼。」他意味深長地笑答。

陳燦耀教授表示，日、韓等國近年積極發展燃料電池發電廠，2020 年的東京奧運更可望採用燃料電池來打造一座氢能城市；若大小僅原子級觸媒一半的量子級觸媒能成功研發出來，效率將比目前的原子級觸媒再提昇 10 倍，綠能生活將指日可待。

原子級觸媒性能與市面商用觸媒比較

特性	原子級觸媒	市面商用觸媒
白金含量	1%（成本低）	35%（成本高）
耐久度	8 個月	4 周
質量電流密度	2000	200

(毫安培/毫克)



本校工科系陳燦耀教授研發出更穩定耐久、比奈米還小的「原子級觸媒」



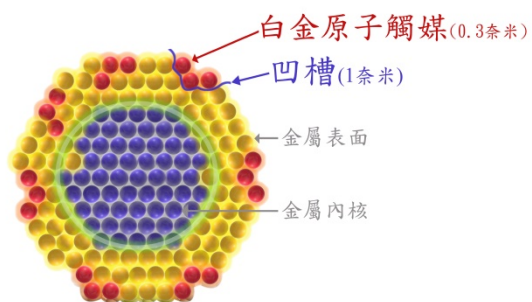
本校工科系陳燦耀教授研發出「原子級觸媒」，奠立下一代鹼性燃料電池的新里程碑



本校工科系陳燦耀教授研發出「原子級觸媒」，奠立下一代鹼性燃料電池的新里程碑



燃料電池被視為綠色能源的新希望



陳燦耀教授利用超音波在金屬表面打出極細小的凹槽，再把作為觸媒的白金「鑲嵌」上去



本校工科系陳燦耀教授（中）樂在體會學生帶給他不同的教學挑戰與刺激



本校工科系陳燦耀教授（中）樂在體會學生帶給他不同的教學挑戰與刺激