

發現低溫水世界 清華團隊研究登頂尖期刊



國立清華大學
NATIONAL TSING HUA UNIVERSITY

2018 首頁故事

發現低溫水世界 清華團隊研究登頂尖期刊

未來人類若想完成數百年的太空旅行，將人體冷凍休眠的技術是關鍵，細胞一旦結冰受損，恐怕難以回復原來功能。本校化學系江昀緯教授實驗室首度利用電子自旋共振實驗技術 ST-ESR，驗證水溶液降至 -93°C 的低溫下仍可以有兩種不同液相存在，為細胞低溫保存技術的研究再推進一大步。

這篇由江昀緯教授與其指導的博士生郭雲軒完成的論文「水分子與蛋白質的動態關聯」，也揭開了水與蛋白質互動的神秘面紗。過去學界多認為水主控了蛋白質的運動，但這項研究證實部分蛋白質運動元素超脫了水分子的掌控。

此篇論文最近登上美國化學會跨領域類頂尖期刊 ACS Central Science，這也是台灣學術界在該期刊中發表的首篇長篇論文，文章更被置頂於期刊官網首頁，標題寫著「水『奴役』蛋白質運動嗎？」，顯示這項突破性研究成果的重要性。

簡單的水分子 有最複雜的行為

水是地球生態圈與生物體內最重要的組成部分，國內小學三年級課本就教到水有固液汽三態，一般人也都能說出水的沸點與冰點。但正是看似簡單的水 H_2O ，令江老師著迷不已，一頭栽進水的研究。

「水分子極其簡單，但它的行為複雜度幾乎超越所有的化學分子！」江昀緯教授說，水在低溫下並非如大眾認知的只有結冰一種樣態，光是水「結冰」的結晶態到目前為止就已經被發現超過 21 種，還有許多神奇的臨界現象、衍生的熱力學相圖出乎意料地豐富精采，至今仍有許多未知，是當代物理化學研究的重要領域。

江昀緯教授團隊採用全台僅有、價值四千多萬的電子自旋共振實驗設備 ST-ESR，偵測水分子在低溫下的運動，觀察到在 -33 至 -93°C 的低溫下會發生「液-液臨界現象」。

清華研究團體發現，調入微量甘油的水溶液在 -13°C 以下，就會進入「液相一」，溫度再降至 -83°C 「液相二」則會出現，這兩種液態相都相當穩定，但密度等性質不同，運動方式也不同，「這現象似乎違反直覺，因為兩種相的組成物都一樣，都是液體，但在低溫下卻可以彼此分離，存在於蛋白質表面。」江教授說。

江教授解釋，一般的食物水果若以低溫冷凍，一旦結冰，細胞就易脹破，也就是

說，結冰的固態是最不理想的保存方式，很容易造成蛋白質的損傷。如果有天人類要去遙遠的星球太空旅行，需要冷凍數光年再復甦，就會需要更進步的低溫保存方式，如以低溫液態保存，清華團隊的研究即是往此方向推進一大步。

蛋白質運動可脫離水分子的掌控

這篇研究也解開了水與蛋白質互動之謎。眾所皆知，蛋白質必須有水才能展現功能，但水對蛋白質而言只是陪襯嗎？還是主控、引導的角色？這課題在科學界已經爭議超過 20 年。

江教授說，由於蛋白質與水分子互動非常頻繁與緊密，想要釐清兩者間各自所屬的運動是一件困難重重的任務。科學家為了區隔出兩者，常用的方法是在低溫進行研究，讓分子運動各自以不同步調變慢，才有機會釐清兩者互動關係。

江昀緯教授實驗室也朝低溫方向展開研究，但採用了罕見的電子自旋共振實驗技術 ST-ESR，因而看到了過去其他技術看不到的慢尺度運動，開拓了一片新的蛋白質動態研究領域。

其次，該團隊發揮化學家的專長，對蛋白質進行定點突變、調控蛋白質側鏈長度、改變其單一側鏈物理性質，在獨特的化學修飾與作法下，即可清楚辨認出蛋白質與水分子各自的運動，證明許多蛋白質運動元素確實可以脫離水分子的掌控，得以推翻過去學界普遍認為水主控蛋白質運動的認知。

江教授表示，蛋白質分子的運動極其複雜，就算使用最先進的超級電腦也無法模擬出每個細節。此項研究則以數學的角度，提出到 5 至 10 個基本的蛋白質運動元素，也觀察到蛋白質在低溫下的側鏈運動(大動)、群與群交換的群跳運動(中動)、與骨架基礎運動(小動)等。

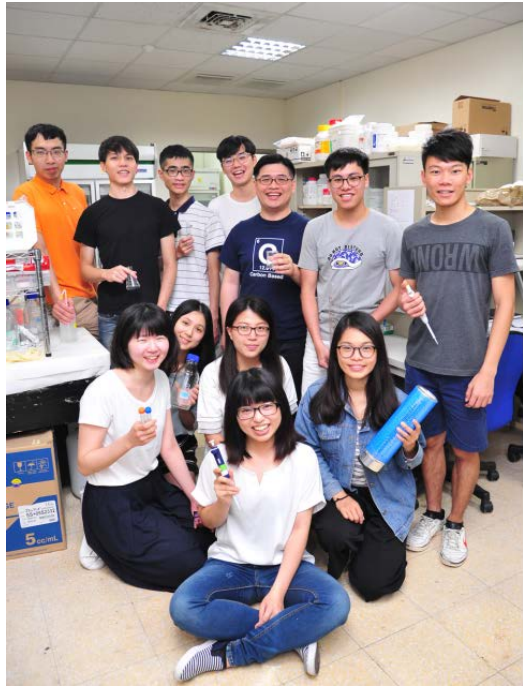
江教授也以建築來比喻，要蓋一棟摩天大樓，用一塊塊磚頭砌牆絕不可能完成，如今提供了整棟摩天大樓的鋼骨結構(蛋白質基本運動元素)，就只需要用混凝土隔間、糊外牆即可完成。找出蛋白質基本運動元素，科學家將可以更清楚解析蛋白質如何藉由運動改變自身結構與功能，並在細胞內工作。

往-93°C 以下更低溫世界探索

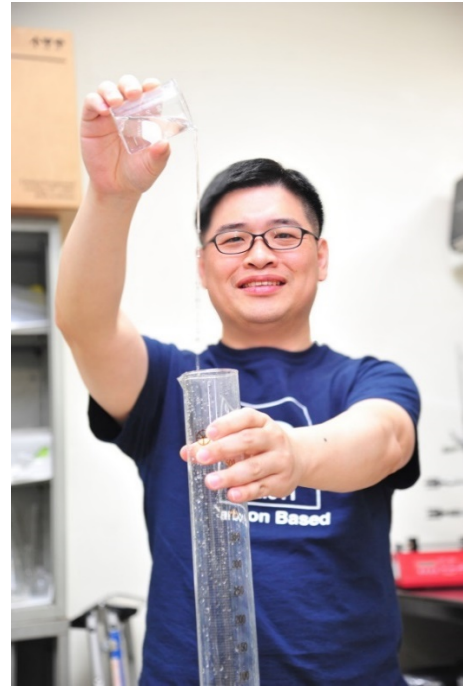
此篇論文的第一作者為郭雲軒，去年剛從清華畢業，目前服替代役中，積極準備赴國外進行博士後研究工作。江昀緯教授十分肯定雲軒對科學的熱情與堅持，「全球會 ST-ESR 技術的人屈指可數，這項研究全靠雲軒從頭做起，取得多項創新成

果。」

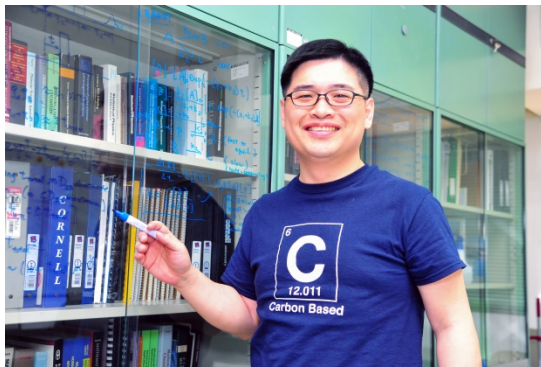
江教授的下一個研究目標是持續利用 ST-ESR 技術，探索在更低溫下蛋白質與水分子的互動，「-93°C 以下的研究空間還很大！」



化學系江昀緯教授研究團隊



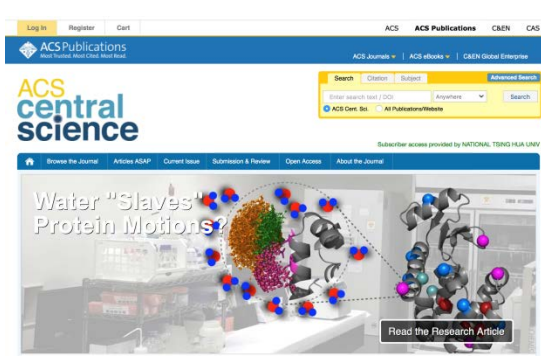
化學系江昀緯教授說，最簡單的水分子，卻有最複雜的行為。



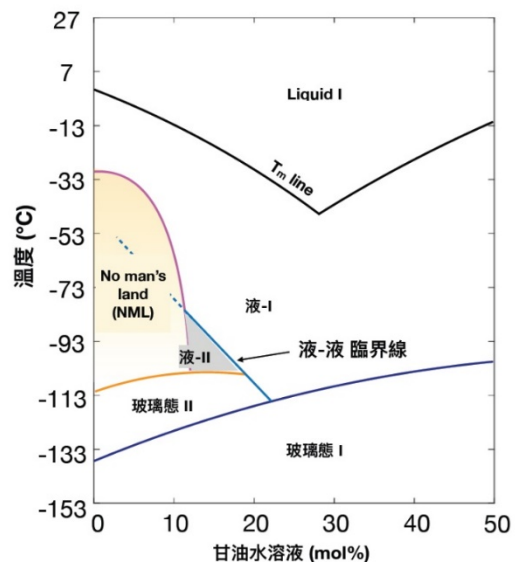
化學系江昀緯教授的「水分子與蛋白質的動態關聯」論文，登上美國化學會跨領域頂尖期刊 ACS Central Science。



化學系江昀緯教授著迷於水分子研究。



化學系江昀緯教授論文登上美國化學會跨領域頂尖期刊 ACS Central Science，更被置頂於官網首頁。



水分子在低溫下會出現液-液臨界現象