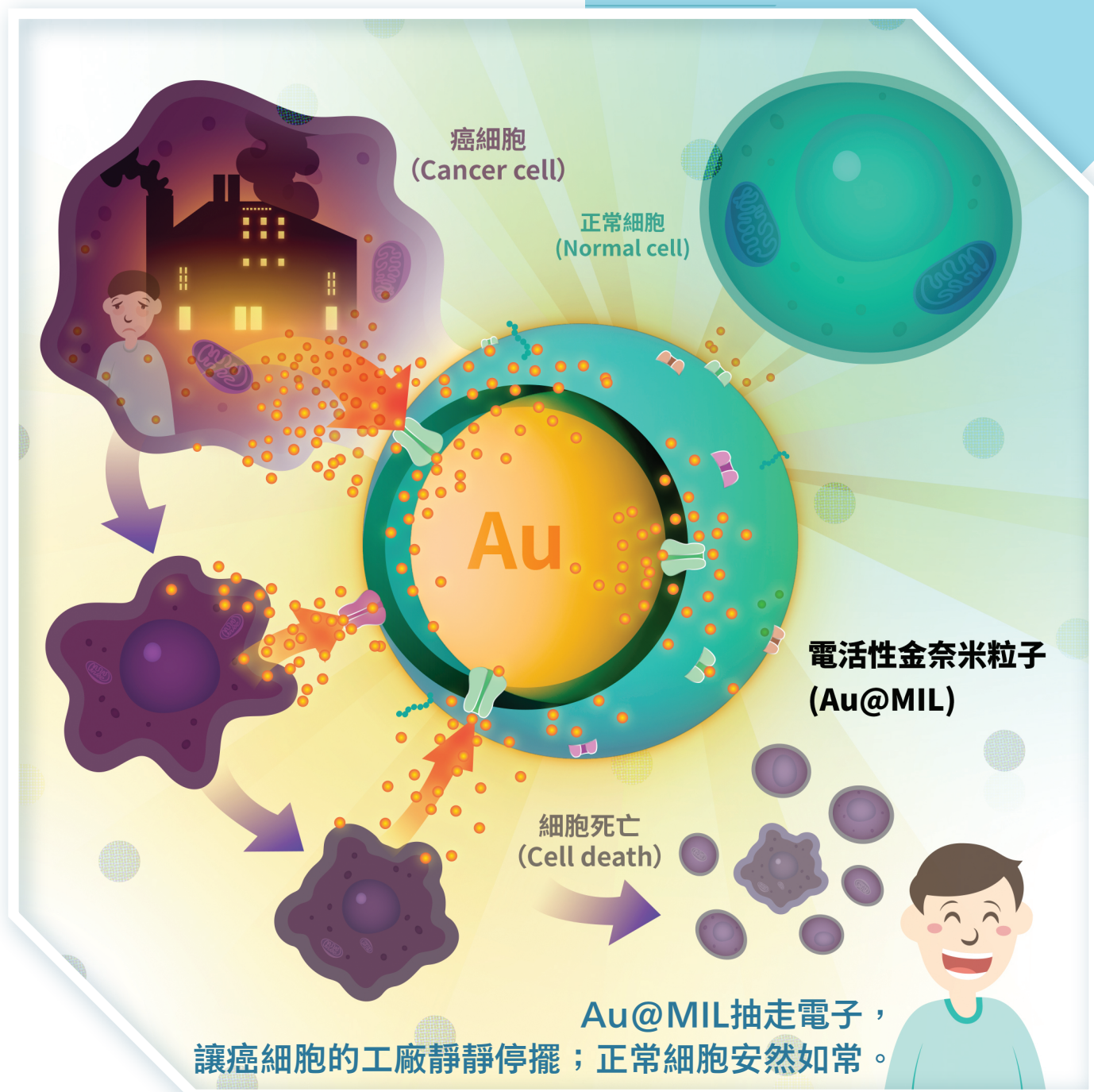




研究專文

讓癌細胞自我斷電的黑科技—
「電子吸塵器」 Au@MIL



主任的話

全球大型同步輻射光源設施皆以「用戶為核心」的共用實驗平台為定位，其任務在於提供先進光源以及尖端的實驗設備與技術，以推動科技發展。用戶除了從事以滿足好奇心、探索未知為主軸的基礎科學研究外，更進一步結合科學知識與研究發現，投入材料、生醫、環境與能源等領域的應用研究，將科技成果落實於實際需求，進而提升人類福祉。

本期報導介紹兩項運用光源實驗技術「化研為用」的具體案例。其一，透過吸收光譜驗證以細菌細胞膜包覆的奈米金具有吸收電子的能力，可選擇性地奪取癌細胞的電子，進而達到誘發癌細胞死亡的效果。其二，結合微米 X 光散射技術與具備「即時製程調控」及「微結構追蹤」能力的纖維單絲檢測平台，藉由掌握製程調控所引發之纖維微觀結構靜態與動態特徵，有效協助高性能纖維材料的開發。這些成果

充分展現同步輻射光源在促進科研成果轉化與具體應用的關鍵價值。

一流光源的背後，仰賴的是一支卓越的加速器團隊。負責督導加速器運轉與發展的王兆恩副主任已於去年九月底榮退。接下來，副主任一職由儀器發展組組長黃睿哲博士兼代。黃博士為聚頻插件磁鐵領域的專家，TPS 所採用之低溫聚頻插件磁鐵均為其團隊自主研發的成果；此外，他亦於去年成功帶領同仁主辦 IPAC 國際會議，強化中心與國際加速器領域研究專家的鏈結。誠摯歡迎黃博士加入中心行政團隊，期盼攜手努力，共同打造更優質的光源，為國輻中心的持續精進與發展而打拼。

重要事務

■ 第八屆第六次董事會暨第八次監事會聯席會議於 114 年 12 月 18 日舉行，會中通過 116 年度預算編列及工作計畫、114 年度稽核報告及 115 年度稽核計畫等議案。

■ 本中心為促進用戶間的交流，建立用戶與中心的溝通管道、提供用戶參與中心運作的平台，特設立用戶執行委員會。2026 年用戶執行委員會主席由 2025 年的副主席黃彥霖教授（陽明交通大學）接任，委員會成員有王冠文教授（中央大學）、林孟凱教授*（中央大學）、張欣暘教授*（陽明交通大學）、潘詠庭教授*（清華大學）、魯才德教授（清華大學）、莊子弘博士*（本中心）和當然委員科學組組長鄭澄懋博士（本中心），以及學生委員游湘君同學（臺灣大學）、黃子泰同學*（成功大學）等共 10 位委員組成。（註：* 為新任委員）

■ 本中心與國內外學術研究機構 2025 年合作備忘錄簽署概況如下：

- 與日本 Tohoku University 續簽 2026-2030 年之合作備忘錄，以延續雙方合作關係，並共同推動學術研究及人員交流。

- 與德國 Max Planck Institute for Chemical Physics of Solids (MPI CPfs) 續簽 2026-2029 年合作備忘錄，持續推動雙方之合作研究與實驗設施建置。



- 本中心一年一度的 Open House 活動於 11 月 2 日熱鬧登場！今年以「輻安任務啟動」與「實驗室探險隊」兩場精彩科普演講揭開序幕，現場設有 8 個導覽站，主題橫跨「超精準的智慧機器控制」、「零下 269 °C 的低溫急凍人」、「電子兵團光速起跑的線型加速器」、「同步輻射光助攻產業創新」等精彩內容，以及 4 條神秘的光束線實驗站—台灣光子源 21A、23A、27A 與 32A。活動吸引了 475 位親子熱情參與，讓科學從實驗室走入生活，在遊戲與體驗中啟發孩子們對未知世界的好奇心。

讓癌細胞自滅的黑科技！ 「癌細胞斷電」技術

陳英齊助理教授 / 葉晨聖講座教授

臺北醫學大學醫材暨組織工程研究所 / 成功大學化學系



成功大學葉晨聖講座教授帶領的跨領域團隊，結合化學、材料與生物醫學專長，共同完成了這項創新研究。
(由左至右：陳英齊助理教授、邱文泰教授、吳誠文主委、葉晨聖講座教授、蘇文彬醫師、許火順博士。)

前言：尋找癌症治療的「第四條路」

在人類與癌症對抗的歷史中，我們從手術切除、化療毒殺，再到放療燒灼，近年更發展出免疫療法與標靶藥物，努力提高治療效果並降低副作用。然而，癌細胞狡猾多變，特別是位於腫瘤深處的缺氧細胞，對化療與放療都不敏感，更容易造成復發與轉移。

如果我們不再專注於「攻擊」癌細胞，而是從能量來源下手呢？近期，由成功大學、臺北醫學大學、高雄醫學大學、國輻中心合作的研究團隊提出一種全新策略：不靠藥物、不靠光、不靠加熱，而是直接「抽走癌細胞的電子」，讓它失去維持生命的能量，慢慢走向死亡。

我們將具有電子傳導能力的細菌之細胞膜包覆在黃金奈米粒子外，研發出具「電子吸塵器」功能的奈米平台—Au@MIL。它不會盲目攻擊細胞，而是精準破壞癌細胞的氧化還原平衡，開啟一條前所未有的抗癌新道路。

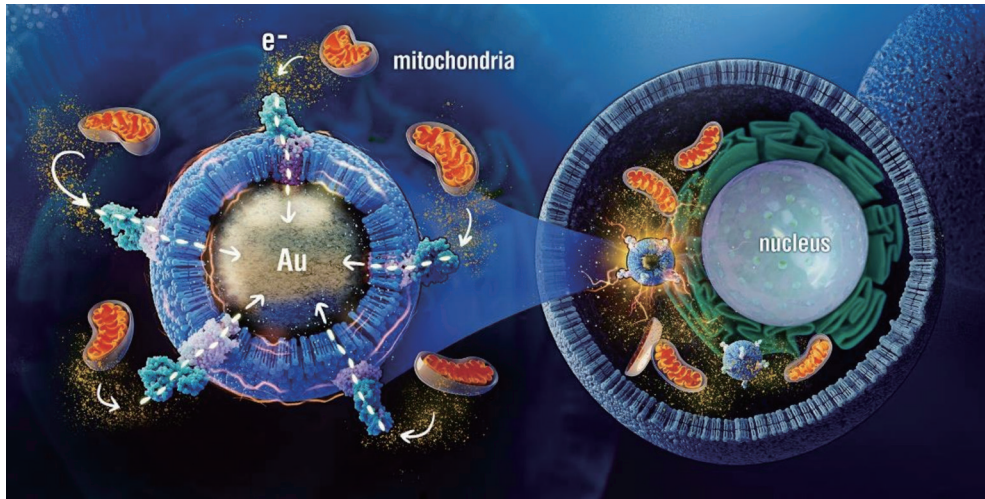
第一章：癌細胞的阿基里斯之踵——貪婪的電子流動

在細胞世界裡，電子就像維持生命的能量貨幣，負責細胞的運作、修復與生存。癌細胞為了快速成長，就像開足馬力的工廠，需要大量電子維持旺盛運作，因此電子流動特別頻繁，也是它最大的弱點。

傳統化療與放療，是利用活性氧攻擊癌細胞，像在工廠裡放一把火，試圖燒毀機器。但活性氧的產生需要氧氣，偏偏腫瘤深處常常缺氧，等於在真空中點火，效果自然有限。

因此，研究團隊換個思路：既然癌細胞那麼依賴電子，如果我們不是放火攻擊，而是「拔掉它的電源插頭」行不行？於是，我們設計了能吸走癌細胞電子的奈米平台——就像一個「電子吸塵器」，把電子源源不絕地吸走。

一旦失去電子，癌細胞的能量系統就會中斷，無法修復、無法運作，逐漸崩解死亡。而正常細胞因代謝較低，對



圖一 Au@MIL 奈米粒子結構示意圖。放大圖 (左) 顯示核心為黃金奈米粒子 (Au)，外層包覆來自產電細菌的細胞膜 (MIL)。細胞場景圖 (右) 則示意該粒子進入癌細胞後，利用膜上的細胞色素蛋白將癌細胞線粒體 (mitochondria) 中的電子引導至黃金核心，造成癌細胞「失電」而亡 [1]。

電子依賴不高，影響反而很小。這就是全新概念的「電子飢餓療法」(圖一)。

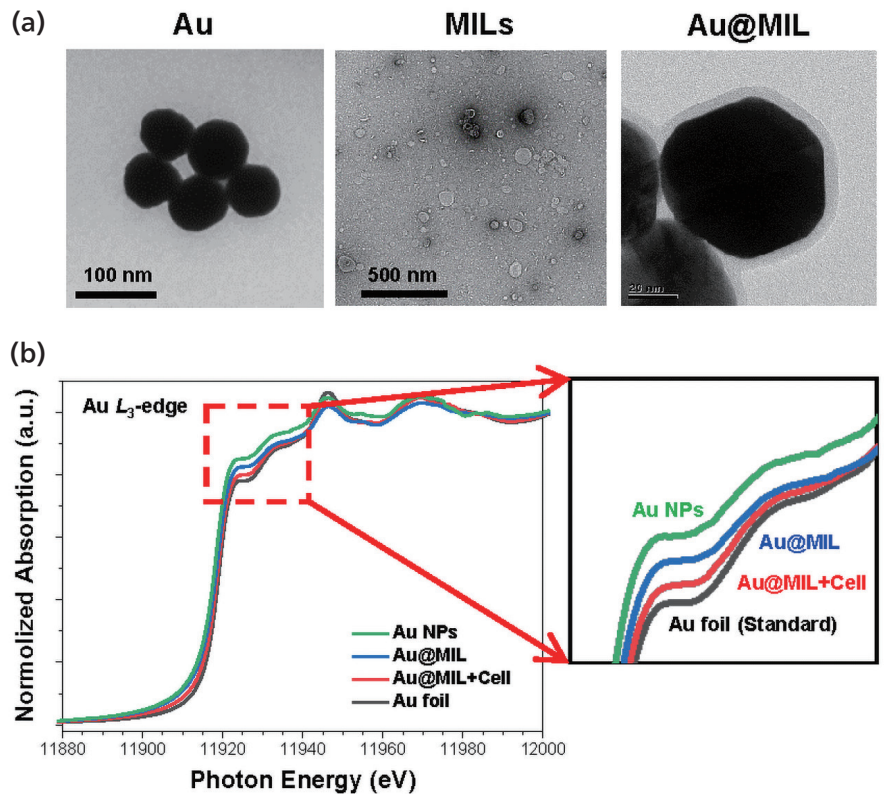
第二章：向大自然借靈感—— 穿著「細菌雨衣」的黃金戰士

為了製造這個微觀世界的「電子吸塵器」，研究團隊進行了一場跨界合作，找來兩位強大的盟友：一位是材料界的貴族「黃金奈米粒子 (Au NPs)」，另一位是微生物界的發電高手「希瓦氏菌 (Shewanella oneidensis MR-1)」。

1. **黃金奈米粒子**：在奈米尺度下，黃金不只是貴金屬，更是穩定、安全、擅長接收電子的材料，就像電子的保險箱，是理想的電子儲存載體 (圖二)。
2. **發電細菌的細胞膜 (MIL)**：黃金不會自己去找電子，因此研究團隊借用了會「傳電子」的細菌膜。這種細菌原本就生活在缺氧環境，細胞膜上有許多像導電電線的蛋白質，能把電子傳給外界的金屬 (圖二 (a))。利用同步輻射 X 光吸收光譜非破壞性的穿透檢測，我們證實包覆細胞膜的黃金奈米粒子，確實擁有極佳的電子接收能力 (圖二 (b))。
3. **把兩者結合，怎麼做到的？** 研究團隊用一種特殊技術，把細菌膜

取出來，像外套一樣披在黃金奈米粒子外。這層「生物外衣」既能幫粒子接近癌細胞，又能把電子從細胞內傳送到黃金核心 (圖二)。

就這樣，能主動吸走癌細胞電子的奈米平台——Au@MIL 誕生了。它不是藥，而是會「讓癌細胞失去能量」的智慧奈米球。



圖二 (a) 電子顯微鏡下的 Au@MIL 奈米粒子。右側小圖中深黑色的球體為黃金 (Au) 核心，周圍模糊的一圈即為成功包覆的細菌細胞膜 (MIL)，這層膜是傳遞電子的關鍵。(b) 同步輻射 X 光吸收光譜顯示，Au@MIL 能有效接收並儲存電子。圖中綠色曲線代表原本的黃金奈米粒子，紅色曲線則是與細胞反應後的狀態；可以看到紅色曲線的整体強度明顯下降，這證實黃金奈米粒子成功吸收來自癌細胞的電子，導致其電子空缺被填補 [1]。

第三章：電子飢餓療法— 不流血的溫柔殺戮

當 Au@MIL 進入癌細胞後，一場無聲卻致命的能量戰悄悄展開。不需要光、不需要加熱，也不靠藥物，它只是默默地吸走癌細胞維持生命最重要的資源—電子。Au@MIL 外層的細菌膜就像導電電線，會抓住癌細胞中的電子並傳送到黃金核心，讓電子源源不絕地流失。電子一旦離開細胞，就像工廠被拔掉電源，整個系統開始崩潰。癌細胞失去電子後，首先喪失維持生命穩定的氧化還原平衡，接著細胞膜和粒線體等結構像「生鏽」般逐漸受損，變得脆弱易碎；最終，粒線體這座能量工廠停擺，細胞無法再製造 ATP，逐漸走向死亡。更特別的是，這種方式不需要產生活性氧，也不靠氧氣參與，因此即使在最難治、傳統療法常常失效的缺氧腫瘤深處，Au@MIL 依然能發揮作用。這種「不攻擊細胞，而是切斷它的能源」的策略，正是電子飢餓療法的核心。

第四章：尺寸的奧秘與缺氧環境的剋星

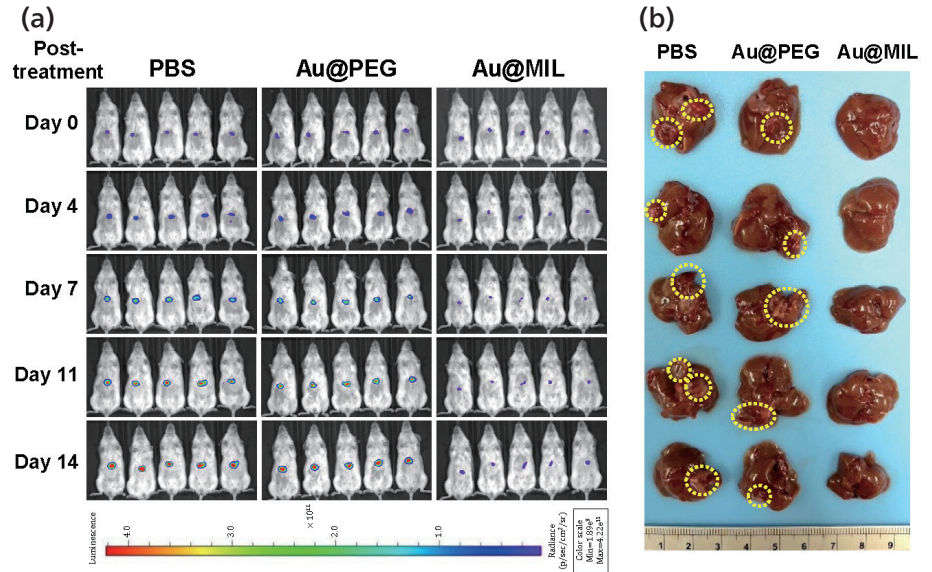
在技術優化過程中，研究團隊發現一個有趣的「尺寸效應」：15 奈米、70 奈米與 100 奈米的 Au@MIL 中，反而是最大的 100 奈米效果最好。原因不在於大小，而是它能承載更多細菌膜蛋白，也就是傳輸電子的「導線」。實驗顯示，100 奈米顆粒上的細胞色素數量是 70 奈米的 3.4 倍，就像把羊腸小路換成高速公路，電子傳輸速度大幅提升，因此吸電子效率最高。

更驚喜的是，Au@MIL 在極低氧氣的環境下仍能發揮強大殺傷力。缺氧腫瘤往往讓傳統療法束手無策，但 Au@MIL 不需依賴氧氣來產生活性氧，而是直接抽走電子，即使在 1% 氧氣的模擬缺氧環境中也能有效殺死癌細胞。

為證明真的是「電子轉移」造成致死效果，研究團隊在金核心外加上一層二氧化矽絕緣層，阻斷電子流動。結果癌細胞幾乎不受影響，就像拔掉插頭的吸塵器，完全失效。這清楚證明，奪走癌細胞的電子，而不是細菌膜本身的成分，才是真正致命的關鍵。

第五章：安全性與未來展望

新療法再有效，安全性始終是第一考量。Au@MIL 會吸走電子，那會不會連正常細胞也一起傷害？研究團隊將它



圖三 小鼠腫瘤治療實驗。圖 (a) 顯示經過 Au@MIL 治療後，小鼠體內的腫瘤發光訊號 (代表癌細胞活性) 顯著降低。圖 (b) 則是治療 14 天後取出的肝臟腫瘤照片，可以看到最右側 Au@MIL 組別的腫瘤體積最小 (幾乎無法看到)，證明顯著的治療效果 [1]。

分別測試在十多種癌細胞與正常細胞上，結果發現：癌細胞大量死亡，但正常細胞幾乎不受影響。原因在於癌細胞電子流動旺盛，而正常細胞代謝較低，電子穩定，不容易成為攻擊目標。換句話說，Au@MIL 並非盲目殺傷，而是專挑「電子流動特別活躍」的癌細胞。

在動物實驗中 (圖三)，研究團隊將 Au@MIL 注射至肝癌小鼠體內，腫瘤縮小明顯，生存期延長，小鼠體重、肝腎數值都維持正常，也沒有器官損傷或溶血問題，顯示其安全性與臨床轉化潛力。

結語：開啟癌症治療的物理時代

這項發表於 2025 年的研究，不僅僅是發明了一種新藥，更是展示一項全新的治療概念。它不依賴傳統生化毒性，而是利用「電子轉移」的物理機制來治療癌症。Au@MIL 就像是一個微型的「特洛伊木馬」，它披著細菌的外衣潛入腫瘤，利用癌細胞自身的代謝特性，優雅地抽走維持其生命的電子能量。這不僅解決了傳統療法面臨的抗藥性與缺氧難題，更展現奈米醫學在精準治療上的無限可能。

未來，研究團隊將繼續優化這項技術，探索其在多種難治性癌症中的應用。或許在不久的將來，我們能見證這項實驗室裡的「黃金」成果，轉化為造福病患的臨床解方，讓「餓死」癌細胞不再只是夢想，而是一種溫柔且強大的現實。

參考文獻：

1. Y.-C. Chen et al., Nat. Commun. **16**, 3253 (2025).

航向織女星 — 化纖產業升級的推進器

周哲民博士

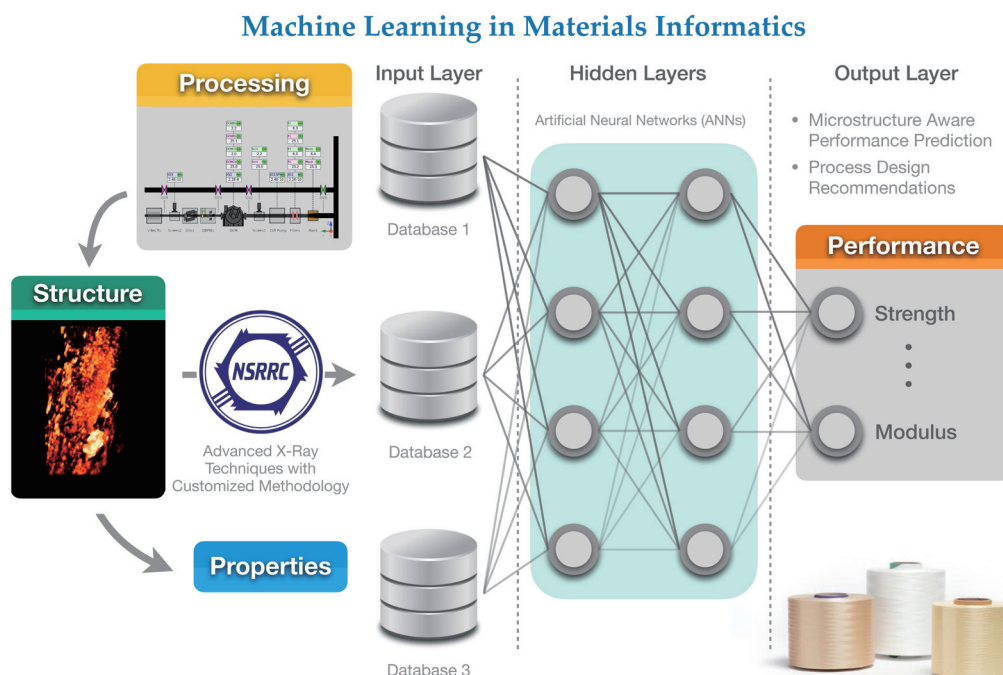
國家同步輻射研究中心產業推動小組

台灣塑化纖維產業過去以規模經濟為核心競爭力，大量生產標準化產品並供應全球市場，曾在國際占有重要地位。然而，隨著紅色供應鏈崛起與全球產能持續擴張，更大規模、成本更低的競爭者逐步侵蝕台灣的既有優勢。面對產業格局劇變，台灣唯有從大宗生產轉向細分市場，全面朝高值化、差異化、智慧化與綠色製造升級，才能開啟下一個成長曲線。

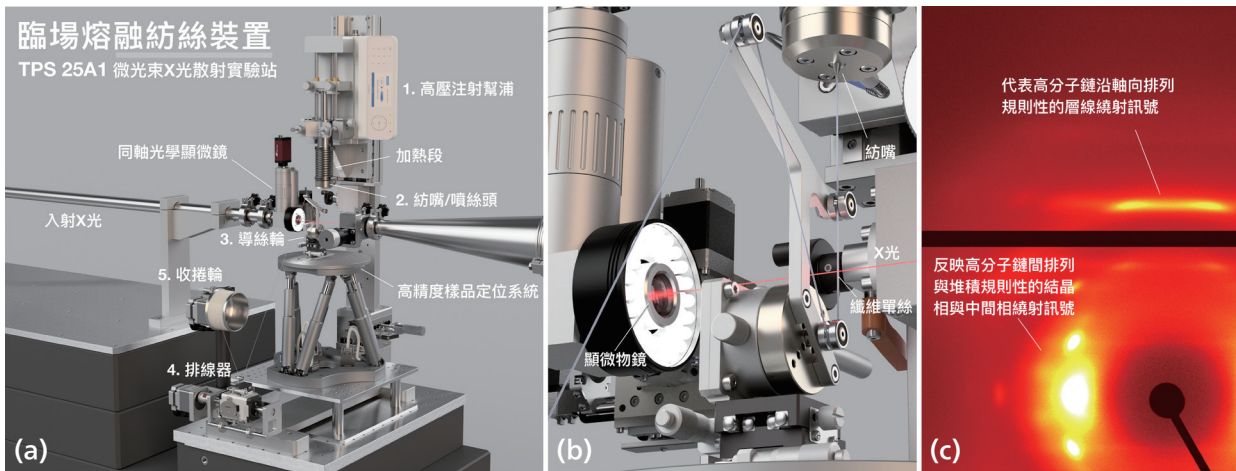
化纖產業的高值化策略多元，其中機能性纖維常被視為最容易切入的方向。然而若僅停留在既有產品邏輯與傳統框架內，本質仍屬「舊模式的新變化」，難以帶來真正的跨越式創新。要推動產業升級，必須從材料微觀結構、製程科學化到研發方法全面轉型，建立從根本理解材料的能力。以超高分子量、超延伸聚乙烯纖維 (UHMWPE) 為例，其化學組成與一般 PE 塑膠袋完全相同，但因特殊製程使分子鏈高度拉伸並形成「伸展鏈晶體」，強度甚至可超越鋼絲。這清楚顯示，材料價值不僅由化學構造決定，更在於對微觀結構的精準操控。因此，高值化不只是開發更多機能性的產品，更是建立以「結構設計力 + 製程科學化」為核心的新一代研發能力。

當前材料科學正邁向第四次典範轉移，進入以材料資訊學 (materials informatics) 與機器學習 (machine learning) 為核心的 AI 驅動時代 [1,2]。材料開發從依賴經驗與試誤法，轉向以大量數據、模型預測與智慧演算為基礎的新模式。如圖一所示，其核心為「製程 (processing)—微結構 (structure)—材料性質 (property)—產品性能 (performance)」所構成的 PSPP 架構，並透過數據與 AI 加速創新。在此模式下，產業競爭從以量制價的「材料商品化」，轉向以技術含量與微結構設計為基礎的「技術產品化」，使材料更能對應細分市場需求，並有效提升附加價值。

PSPP 各層面並非獨立，而是高度耦合的系統：製程的本質即是設計材料微結構；而聲、光、熱、力、電等性質也都是微結構的呈現。然而在規模經濟導向下，台灣產業長期強調 Know-How (把事做對)，重視製程能力，卻相對忽視 Know-Why (材料為何如此運作)。這種偏頗的研發文化，讓台灣塑化纖維產業在國際競爭變動時失去優勢，也可能使今日強勢的半導體產業在未來面臨相同挑戰。此時，同步輻射 X 光技術為台灣開啟新的「視」界，提供材料微觀結構的關鍵證據，協助產業從 Know-How 邁向 Know-Why，真正提升長期競爭力。



圖一 本中心在材料資訊學研究中所扮演的關鍵角色。



圖二 (a) 安裝於 TPS 25A1 微米 X 光散射光束線實驗站的微型化臨場熔融紡絲裝置示意圖；(b) 實驗區局部放大圖；(c) 高分子纖維的 WAXS 散射圖。

本中心已與多家指標性業者合作推動高性能纖維開發。依託 TPS 25A1 微米 X 光散射技術，搭配奈米級定位與光學導航，能深入纖維單絲內部，解析影響性能的關鍵微結構因子，並已協助國內廠商突破瓶頸，成功打入歐洲輪胎大廠供應鏈。然而靜態微結構觀測僅是 PSPP 的一部分，真正提升性能的關鍵在於掌握「製程—結構」的動態關係。日本在此領域長期領先，不僅擁有世界級同步輻射光源 SPring-8，更因同步輻射設施普及且產業使用率極高，使其能即時觀察材料微觀行為，建立完整的製程—結構—性質關聯。

在強大競爭者的壓力下，台灣必須導入同步輻射技術並結合具備「實時製程調控」與「微結構追蹤」能力的研發平台，以有效降低研發成本、縮短開發週期，並維持創新動能。因此，產業應用組依據台灣化纖以熔融紡絲為核心製程的特性，建構一套前瞻性的研究平台。本中心開發的微型化熔融紡絲裝置結合 TPS 25A1，可進行「製程—微結構」的臨場觀測。如圖二所示：(a) 加熱後之高分子熔體由 (1) 高壓注射幫浦推送，經 (2) 紡嘴擠出後，透過 (3) 導絲輪輔助樣品定位，進行臨場 X 光散射實驗；凝固後之纖維再經 (4) 排線器導引，由 (5) 收捲輪收集，並可透過調整擠出與收捲速度以控制纖維之牽伸比。(b) 顯示顯微觀察與定位系統如何協助 X 光精確照射於高速跑動之纖維樣品。(c) 為典型之纖維 X 光繞射圖，據此可進一步解析紡絲過程中高分子鏈的流動、冷卻、拉伸與結晶等動態行為。此技術不僅首次量化製程—結構因果關係，也大幅提升研發效率，使台灣化纖產業得以邁向高端製造、智慧紡織與永續發展的新航道。

參考文獻

1. K. Rajan, Mater. Today **8**, 38 (2005).
2. A. Agrawal et al., APL Mater. **4**, 053208 (2016).

用戶資訊

實驗計畫申請

2026-2 期實驗申請

2026 年第二期 (2026 年 7 - 12 月) 光束線使用預計 2026 年 1 月初開放申請，截止日期為 2026 年 2 月 23 日 (一)，歡迎計畫主持人踴躍上網 (<http://tpsportal.nsrc.org.tw/>) 提出計畫申請 (新用戶須先完成註冊)。

其他資訊

- 為提升台灣在加速器光源相關領域之研究水準，獎勵學術科技界利用本中心所屬光源實驗設施 (含 SPring-8 台灣光束線)，於國際學術期刊發表具高影響力之論文，特設置「光環論文獎」。2026 年度受理申請之論文屬「自然科學領域」，包含物理、化學、環境、地球科學等相關課題之研究，請於 2026 年 2 月 28 日前提出線上申請。



- 為促進同步輻射相關領域之人才培育，建立學生用戶人才培育暨實習獎勵機制，以鼓勵國內大專院校具正式學籍之在學學生用戶，使用本中心「台灣光源」或「台灣光子源」之光束線進行學術研究實驗，符合規定的學生用戶將可申請獲得獎勵金與免費住宿 NSRRC 宿舍。



新一代電子注射技術在加速器中的發展

張進春博士

國家同步輻射研究中心真空小組

台灣光子源 (Taiwan Photon Source, TPS) 的儲存環，電子束的穩定注入是確保實驗光源穩定的重要步驟。為了讓注入過程更精準、更不干擾儲存環電流，本中心開發一種全新的裝置—非線性真空型偏踢磁鐵 (Nonlinear In-vacuum Kicker, NIK)。這項創新技術的核心理念，是利用非線性磁場分佈控制電子注入的軌跡，使得儲存環電流在注入時幾乎不受影響。這樣的設計不僅可提高注入效率，也能提升儲存環的穩定性與運作效率。

一、設計概念與結構組成

NIK 預定安裝於 TPS 直線段的注射區 [1]，未來將取代原本由四個非真空型的偏踢磁鐵所負責的注射工作，這將讓直線段有空間安裝新的插件磁鐵光源。配置於直線段空間以防止上游處同步輻射光的照射，NIK 的上游特別設計了僅 7.5 mm 高的光吸收腔體，如圖一所示，來吸收上游二極磁鐵的輻射光。

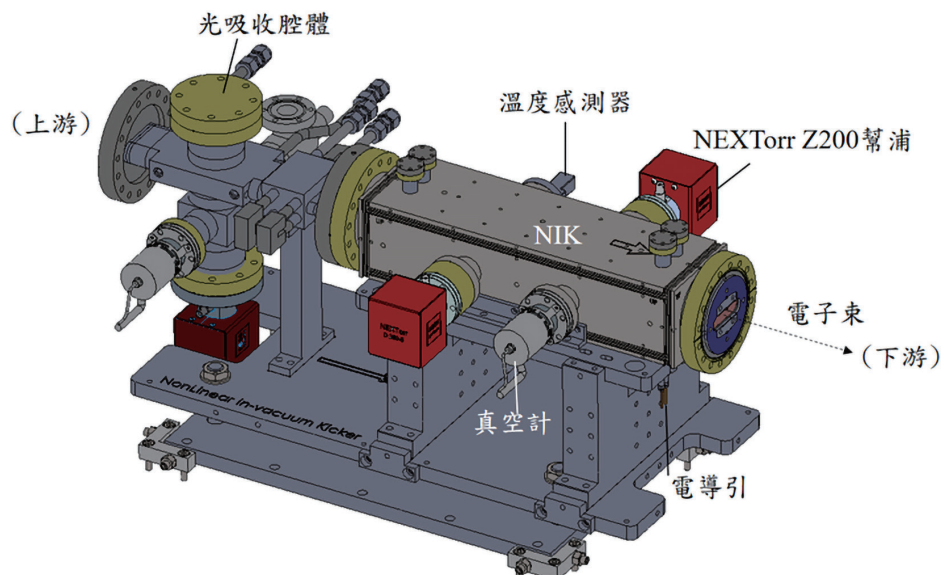
NIK 的整體裝置主要由三大部分組成，包括：(一) 鈦金屬真空腔體，此腔體負責維持超高真空環境。(二) 陶瓷基板與支撐結構，支撐銅線圈並提供電子導電路徑。(三) 銅錐 (copper taper) 與陶瓷端板，此結構位於 NIK 兩端，協助 NIK 的間隙和兩端的真空腔可以平順過渡並吸收熱膨

脹。鈦金屬之所以被選為主要材料，是因為它具有低氣體釋放率、無磁性與輕量化的優點。腔體全長 520 mm，開口尺寸約為 103 mm × 82 mm，兩側設有多個法蘭孔，用於安裝溫度感測器、真空計與 NEX Torr Z200 幫浦等設備，如圖一所示。

二、陶瓷與銅線圈的設計

在腔體內部，設置一組由上、下陶瓷基板組成的核心結構。每片基板上都有凹槽，可精準安放八條直徑 2 mm 的銅線圈。這些線圈由陶瓷夾塊與鈦螺絲固定，確保間距穩定且彼此絕緣。為了讓電子束在陶瓷表面上能順利通過，基板靠近電子束的一側鍍上厚度 5 μm 的鈦薄膜。這層鍍膜兼具導電功能，使得電子束通過 NIK 時，感應的鏡像電流 (image current) 可以順利通過。

陶瓷基板經過精密加工與研磨，表面高低起伏的平均值小於 100 nm，基板尺寸誤差控制在 ±10 μm 內，組裝後的電子束通道開口尺寸 68 mm × 8 mm。陶瓷端板則負責固定結構、導通銅套筒、隔離銅錐與線圈，並確保電極接點精確對齊。整體組件組合後安裝於陶瓷支撐底座上，構成 NIK 的核心架構。



圖一 非線性真空型偏踢磁鐵 (NIK) 組成與配置。

三、銅錐與熱膨脹設計

在 NIK 兩端的上下游位置，各裝有一個銅錐，用來讓電子束通道從寬逐漸過渡到窄，避免電子束受到斷面突變的干擾。由於內部運轉時會產生熱，使陶瓷略有膨脹，因此銅錐設計了梳齒狀結構 (comb-type teeth) 與彈簧片 (crown spring)，讓其可在長度方向微量伸縮 (約 1 mm)，吸收熱應力。此外，外側還加裝不鏽鋼支架與鈹銅接觸指簧片 (contact finger)，確保導電與機械接觸穩定，即使在長時間運作下仍能保持結構完整。

四、溫度與鍍層控制

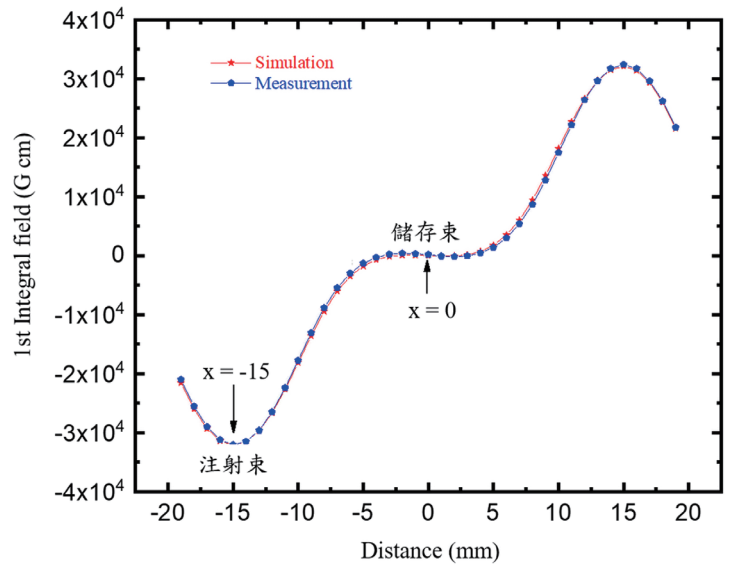
為監測運作時的溫度變化，設計四組 K 型熱電偶，固定在上層陶瓷基板上，透過側壁的導線孔引出，可隨時量測腔體內溫度。

鈦鍍層的厚度也必須仔細設計，若鍍層太厚，雖能降低電阻熱，但會引起渦電流 (Eddy current) 效應，導致磁場衰減變慢；若太薄，則導電不足、容易發熱。經多次模擬後，最終選定 5 μm 厚度，作為導電性與磁場反應速度的最佳工作點。

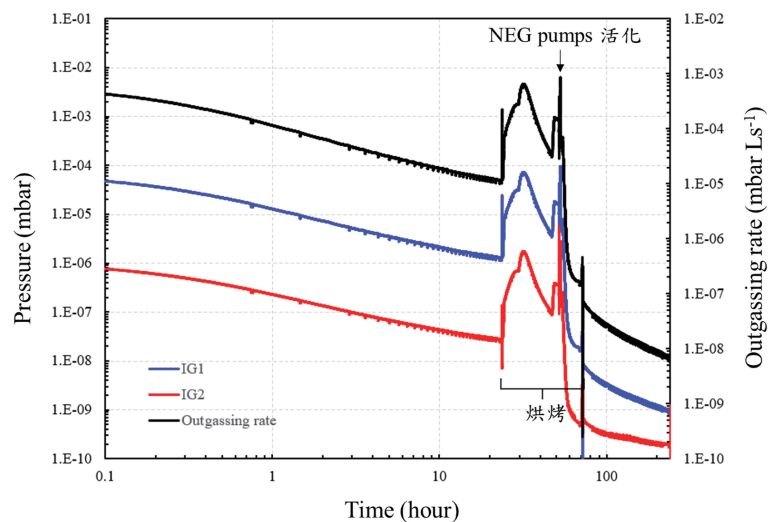
五、實驗測試結果

研究團隊自行開發一套磁場量測系統，利用訊號產生器與示波器，配合感測線圈與積分電路，量測脈衝磁場的空間和時間的分佈情況。實驗量測結果顯示，在中心軌道位置磁場積分接近理論值，偏差僅約 250 G·cm；在偏軸 15 mm 處，模擬與量測的差異不到 0.13%，精準度極高，如圖二所示，這說明磁鐵的整體組裝非常的精準。磁場的時間分布上，為了提升脈衝磁場的反應速度，線圈路徑經特別設計來降低電感，最終量測結果為 1.56 μH ，此規格符合電源供應器提供 TPS 運轉之需求。

NIK 需要在真空環境內操作，才能提供較強的磁場，所以真空與釋氣測試須滿足儲存環的超高真空要求。由於 NIK 結構複雜且由多種材料組成，包含：陶瓷、鈦、銅、不鏽鋼等，測試釋氣量便十分關鍵。經 120 小時抽氣與 150 $^{\circ}\text{C}$ 烘烤 24 小時後，測得釋氣率約 1.9×10^{-8} mbar·L/s，這釋氣率可藉由安裝合適的幫浦進行抽氣。此系統安裝兩台 NEX-Torr Z200 幫浦並啟動 NEG 吸氣元件後，腔體壓力小於 10^{-9} mbar，如圖三所示，這量測結果完全符合 TPS 儲存環運轉需求。



圖二 NIK 之磁場分佈量測。



圖三 NIK 之真空與釋氣量測。

六、展望

這項非線性真空型偏錫磁鐵的研發，不僅展現本中心在真空與磁場整合設計上的技術實力，也象徵台灣同步輻射設施進入更高層次的注入技術階段。

參考文獻：

1. C. C. Chang *et al.*, *Vacuum* **239**, 114356 (2025).

用戶執行委員會主席的話

康敦彥教授
臺灣大學化學工程學系



一年前，我帶著懵懂和未知接下了用戶委員會主席的任務，對於同步輻射中心的各項用戶行政工作、計畫審查、年會籌辦都不熟悉。過程中多虧了中心同仁們的大力協助，讓我的主席工作得以順利進行。在主席任內處理的各項事務中，和我接洽最頻繁的是簡琪芳小姐，她總是細心地安排好每一次會議的議程和人員聯繫，過程中我有任何問題或要求，她也都盡力回答與協助，我相信她代表了中心行政同仁最好的一面。此外，在主席任內，我也接觸了中心其他的行政人員，雖然因為業務關係，接觸的頻率不如簡小姐高，但我也能感受到每位成員對於中心大小事務願意付出和承擔的意願。在此，我想先向同步輻射中心用戶行政辦公室的所有同仁表達我由衷的感謝。

除了行政端的同仁之外，在過去一年的用戶年會籌備中，多虧中心研究同仁們的幫忙。在每次的年會籌備會議上，我看到中心研究員們對於這個會議的高度重視、並且希望這個會議能夠讓同步輻射中心的設備與技術被更多台灣甚至國外的用戶看見。去年因為颱風停辦一屆用戶年會之後，很幸運今年終於不再受天氣因素的影響，年會能夠順利舉辦。今年的用戶年會在中心研究員以及許多用戶委員的努力下，邀請到國內外的優秀科學家來分享他們在同步輻射的使用經驗與研究成果。年會晚宴場地盛大，席開超過三十桌，也讓我及所有與會者在嚴肅的科學討論後留下美好的回憶。

一年的時光匆匆過去，我也將卸任用戶主席的職務。對中心同仁們很抱歉的是，因為個人行程衝突的關係，缺席不少次行政部門安排的會議與計畫審查。幸虧有大家的協助，才讓我的缺席不至於造成實際工作的延宕。下一任主席是陽明交大材料系的黃彥霖教授，他是台灣半導體材料的明日之星，下一屆的用戶委員也多以年輕一輩的學者為主，我相信明年的用戶委員會能夠展現出全新的氣象，希望用戶們持續給予負責用戶行政相關業務的人員支持、鼓勵與回饋。

最後，在這一年的主席任內，我充分感受到國家同步輻射中心的同仁們在研究工作與用戶服務上的極大熱忱。在國內有限的資源下，大家仍然盡全力希望提供用戶最好的技術服務和實驗上的支援。在此我呼籲所有的用戶以及國內相關的科學從業人員持續給予同步輻射中心支持和鼓勵，和中心一起成長，讓同步輻射的光源成為真正的台灣之「光」。

康敦彥

國家同步輻射研究中心
2025年用戶執行委員會 主席
2025年12月31日

人物報導

第五屆光環論文獎得主— 徐尚德教授

採訪 / 整理 王俊杰、李宛萍、劉振霖

徐尚德教授(右)及其團隊成員合影。

Q 請簡單介紹您所從事的研究領域。

我們實驗室的研究方向屬於生物物理化學與結構生物學，核心目標是透過物理和化學的方法來探索生物大分子的結構與功能之間的關係。這些分子通常無法直接觀察，因此我們結合多種技術，包括單晶繞射、核磁共振(NMR)光譜、冷凍電子顯微鏡(cryo-EM)、同步輻射小角度X光散射(SAXS)與原子力顯微鏡(AFM)來建立三維結構模型，並分析其動態行為。特別是帶有醣修飾的蛋白質，因其化學組成和立體結構複雜度，更需要多技術整合來解析。

Q 請向簡訊的讀者介紹您這次得獎的主題與感言。

這次獲獎的研究聚焦於醣蛋白的結構建模與視覺化。我們開發了GlycoSHIELD工具，讓非專業使用者也能快速建立醣蛋白模型，並結合實驗與分子模擬來解釋醣化修飾在生物功能中的角色。這項工作不只是技術突破，更是跨領域整合與國際合作的成果。我非常感謝中心、評審委員與所有共同作者的支持，也希望這個工具能幫助更多研究者理解醣在生物功能中的重要性。

Q 請介紹此次得獎研究成果的重大突破？這項研究的啟發過程為何？

我們這次發表在《Cell》期刊的論文提供了可視化建模工具與資料庫。過去可能要花半年時間才能完成的模型，現在只需要幾分鐘就能透過網站操作完成。這突破了醣蛋白分子結構建模的門檻，也讓更多研究者能夠視覺化地理解醣化修飾的貢獻。目前已有多篇論文引用我們的工具，並用來解釋醣化修飾在病毒感染、免疫逃脫等重要生醫功能的貢獻。

這篇研究的啟發主要來自新冠疫情前對我們實驗室與同所邱繼輝老師和臺灣大學獸醫系張惠雯老師合作，分析貓傳染性腹膜炎冠狀病毒棘蛋白的分子結構與醣化修飾的研究，以及新冠疫情爆發期間系統性分析新冠病毒棘蛋白變異株的分子結構功能相關性分析。研究團隊在早期就開始整合冷凍電子顯微鏡與質譜技術，並與歐洲團隊合作，發展出結合模擬與實驗的建模策略。這段歷程展現了跨領域整合與國際合作的力量，也奠定了本次研究的核心成果。

Q 這項研究工作使用哪些同步輻射光束線？它們在研究中扮演什麼角色與優勢？

我們主要使用國輻中心TPS 13A1小角度X光散射光束線(BioSAXS)。SAXS能在不需結晶的情況下提供蛋白質在水溶液中的整體外型資訊，補足電子顯微鏡與模擬的限制。尤其是分子結構具有高度變異性的醣蛋白而言，SAXS提供關鍵資訊讓我們能夠驗證模型的正確性，這也是審稿委員特別關注的部分。SAXS提供水溶液中標的多樣分子結構的整體外型，搭配質譜與GlycoSHIELD模擬結果，讓我們能夠填補蛋白質骨架之外的「暗物質」，建立完整的醣蛋白模型。

Q 您的研究主題主要聚焦於蛋白質在轉譯過程中折疊形成特定三維結構技術的過程，在研究上展現了多元且明確的方向。這項研究需要使用的研究技術有很多種，請問這些不同的研究技術對此次得獎的研究內容有什麼貢獻？不同的技術中，與使用同步輻射設施所得到的數據如何相輔相成？

蛋白質在轉譯過程中如何折疊形成特定的三維結構，這一過程不僅關乎分子的穩定性與功能，也牽涉到疾病機制與

藥物設計的關鍵。由於蛋白質折疊的動態性與複雜性極高，單一技術難以全面解析。我們的研究團隊整合了 cryo-EM、質譜、SAXS、NMR 光譜、模擬計算與 AFM 等尖端技術。cryo-EM 能夠觀察大型、複雜且無法結晶的蛋白質，尤其是帶有醣修飾的分子；質譜提供醣的組成資訊，為建模提供化學基礎；SAXS 提供整體外型的資訊；數值模擬則是建立動態模型，扮演了關鍵的驗證角色；核磁共振光譜提供醣化修飾對蛋白質的細微結構與動態異位調和 (allostery) 貢獻；AFM 則補足單分子層級的觀察，並與 SAXS 的群體平均資訊相輔相成。這些技術彼此互補，形成一套完整的研究架構，讓我們能夠從不同角度描述醣蛋白的結構與功能。例如在新冠病毒研究中，我們發現突變可能改變醣的分布，進而影響免疫辨識，這些都需要多項技術交叉驗證。

Q 您當初在劍橋大學擔任研究人員，後來回到台灣清華大學一年，最後到中研院生物化學所才定下來、進行目前的各項研究，請教在這些轉換的時機點，有什麼特別的契機或是您對未來的期望？

我大學期間就讀清華物理系，因好奇生物結構而轉向核磁共振光譜研究。碩士時參加國際會議，認識荷蘭烏特勒支大學的研究團隊，成為我加入全球少數擁有 900 兆赫核磁共振光譜儀的實驗室進行研究的契機。博士後則前往劍橋大學，加入蛋白質折疊權威 Christopher Dobson 教授的團隊，與來自世界各地的研究者共同合作，建立深厚的學術網絡。這些經歷讓我建立了國際合作的視野，也影響我後來的研究風格。

回到台灣後，我先在清華大學短暫任教一年後，轉至中央研究院生物化學研究所。中研院擁有全台最先進的核磁共振光譜儀、質譜儀以及冷凍電子顯微鏡核心設施，同時與國輻中心維持緊密合作關係。這些大型設施對我的研究至關重要，讓我能夠持續深化蛋白質結構與醣修飾的研究。未來我希望整合過去在國內外累積的經驗，持續推動跨領域的結構生物學研究，並培育具國際視野的新一代科研人才。

Q 您在學生人才培育上亦投入了不少心力。能否談談您如何引導學生和助理進行研究以取得重要成果？您有許多國外學習和研究的經驗，請您建議後進如何選擇未來研究之路？

我經常鼓勵學生「學無止境」與「主動探索」。資格考時，我讓他們自己提出研究題目，只要能說服我，我就盡可能提供資源讓他們嘗試。我也鼓勵他們參加國際課程與年會，建立國際人脈。研究不能靠一個人完成，要靠團隊合作與跨領域整合。學生選擇實驗室也不能只看老師，更要了解團隊文化與人際互動，因為那才是你進入這個實驗室每天要相處的環境。

Q 除了研究和教學，您也身兼行政業務。請問您如何平衡研究、行政與家庭生活？

我的手機每天下午 4:30 就會響，提醒我該去接小孩了。孩子不能等，其他可以等。目前擔任副所長的行政工作確實繁重，但我把它當作成長的一部分。我積極參與國內外學會及會議，學習資源爭取與人際溝通。許多科學研究不再只是等式的左邊等於右邊，而是有很多解讀空間。管理實驗室與行政職務都需要溝通的技巧，這也是我近年來努力學習的方向。

會議 / 課程

- 2026 年自由電子雷射冬季課程 (2026 年 1 月 5 日至 9 日)
- 2026 高分子年會之同步輻射論壇 (2026 年 1 月 8 日至 9 日)
- 2026 物理年會之同步輻射論壇 (2026 年 1 月 13 日至 15 日)
- 2026 化學年會之同步輻射論壇 (2026 年 3 月 6 日至 8 日)

※ 上述資訊僅供參考，請以網頁正式公告為主。

發行人 / 徐嘉鴻
 總編輯 / 王俊杰
 編輯委員 / 康敦彥 黃彥霖 王嘉興 李安平 林彥谷
 鄭澄懋 劉若亞 劉振霖 鍾廷翊 鄧碧雲
 蘇慧容
 執行編輯 / 李宛萍

國家同步輻射研究中心 版權所有
 National Synchrotron Radiation Research Center
 300092 新竹市東區新安路 101 號
 TEL: +886-3-578-0281 FAX: +886-3-578-9816
<https://www.nsrrc.org.tw>