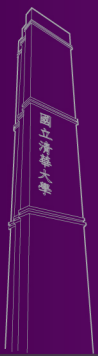


本校分子與細胞生物研究所
利用X光三維成像技術解析螢火蟲發光之物理機制



2015 首頁故事

本校分子與細胞生物研究所 利用 X 光三維成像技術解析螢火蟲發光之物理機制

螢火蟲為什麼會閃閃發光，一直是生物學家希望能解開的謎題。本校分子與細胞生物研究所與中研院物理所跨領域聯手，利用同步輻射 X 光顯微鏡，觀測螢火蟲發光器的氣管系統，解析出螢火蟲控制螢光閃爍的物理機制。此研究成果，發表於國際知名的物理期刊《Physical Review Letters》。

幾千年以來，螢火蟲產生自發的螢光的現象，不斷吸引人類的幻想。螢光及酵素也早已被分離、萃取、合成，並產生了大量的應用。但是，不同於其他可以自發產生螢光之生物體，螢火蟲可以控制螢光的發光，進而利用螢光的閃爍，達到群體聯繫的目的，達到溝通、求偶的目的。

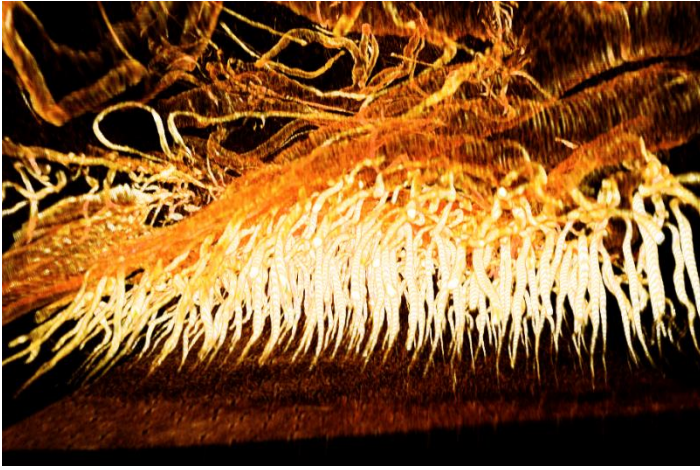
此論文的第一作者蔡岳霖，為 102 年分子與細胞研究所碩士班的畢業生，他表示，當今有兩種主要的螢火蟲閃爍機制的推論：1、螢火蟲的氣管系統有很強的氧氣供應效率，可以提供大量的氧氣給發光細胞，同時滿足粒線體和螢光反應對氧氣的需求；2、螢火蟲在發光前須先抑制粒線體消耗氧氣，如此一來，才有足夠的氧氣提供給螢光反應。要釐清這兩種模型需先得知氣管系統的供氧效率。因為前者認為氣管系統供氧效率極高，可以不用理會粒線體是否會與螢光反應競爭氧氣；而後者認為氣管系統供應的氧氣，不能同時滿足粒線體與螢光反應。

傳統生物學的觀察方式，無法對活體昆蟲進行超過光學解析度的即時影像分析，因此無法判別螢火蟲發光器的氧氣供應假說。蔡岳霖藉由同步輻射 X 光顯微成像之高穿透力及三維奈米解析度，成功地對螢火蟲發光器進行了完整的三維顯微成像，包括螢火蟲的體內極為複雜的微氣管結構，以及直徑小於 200 奈米之支氣管。經過數值化處理所有的氣管系統後，可以精確地計算出氧氣到達發光細胞的流量，並藉由精確測量螢光的能量消耗，評估氧氣提供螢光發光的整體效率。

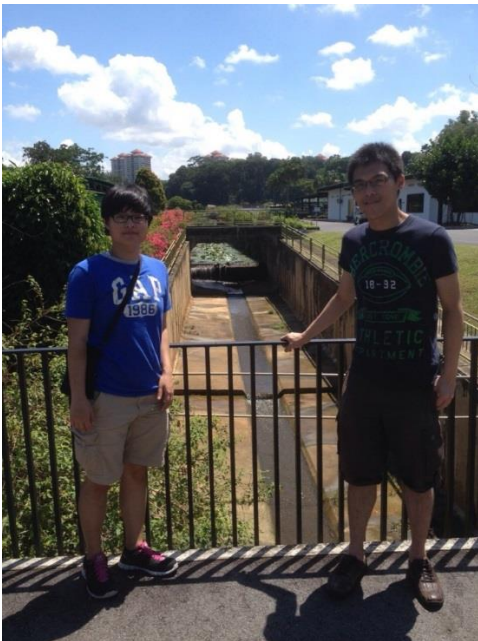
基於已確認之螢光持續時間與粒線體的關聯，可以推斷在正常代謝狀況時，粒線體將消耗所有氣管系統所提供之氧氣，完全阻隔氧氣進入發光系統。研究團隊指出，螢光閃爍頻率的控制需藉由粒線體的鈍化來達成。例如，藉由氣體 NO 來抑制粒線體，得以將氧氣提供給發光系統，進而發出螢光。

此突破性的研究成果是由本校分生所蔡岳霖、指導教授李家維、清大物理系洪在明教授、中研院物理研究所胡宇光博士，與特有生物保育中心、瑞士洛桑聯邦理工學院等研究團隊合作完成，利用「同步輻射 X 光顯微鏡」觀察螢火蟲發光器，將氣管系統數值化處理，精確算出氧氣到達發光細胞的流量，驗證上述假說。此跨領域究花費了一年半的時間完成，並刊發表於國際知名物理期刊(Phys. Rev. Lett. 2014, DOI: 10.1103/physrevlett.113.258103)。

蔡岳霖對在碩士班期間的學術成就，他表示，「就是要不斷嘗試各種解決問題的方法，以及不斷的突破自己」。此篇論文的通訊作者李家維教授，對於學生有這番成就，除了與有榮焉外，也期許正在求學的、埋首研究的所有學生，「跨領域的學習與合作，是解決困難問題的最好方式」。



同步輻射 X 光顯微鏡下的螢火蟲氣管系統



右為第一作者蔡岳霖，左為共同作者徐素婷，兩位皆畢業於清大分生所李家維的實驗室。