

後記

小小道具立大功 光碟片可以測量光波長

嘉義高中陳亮甫同學利用在課堂上實驗過的光碟片繞射原理，加上相機和試管，拍攝螢光的繞射條紋，還研究了光敏靈發光原理的各項變因，簡直自製了一套完整的高中螢光教材！

嘉義高中踏實學風 穩紮穩打求進步

現就讀台大醫學系的陳亮甫，在嘉義高中就讀時，受教於物理老師李文堂老師，及化學老師鄭榮泉老師；這兩位老師都強調紮實的學習和基礎概念的培養，這次高瞻計畫陳亮甫的「利用自製螢光測定裝置探討光敏靈發光」小論文，既探討光的繞射，又探討化學發光，橫跨物理和化學兩大領域，可見陳亮甫不只具備基礎知識，而且還有良好的整合能力。

李文堂老師的研究專長是光，也研發了上課時可以讓學生測試光波長的簡易裝置；而陳亮甫不愧是弟子，和李老師有相同的研究動機，鑑於測試螢光波長的儀器太過昂貴，竟也自行研發了簡單拍下螢光繞射條紋的裝置，可以想見這又是一個即將流行於高中課堂上的新實驗。陳亮甫對這個實驗有信心，「如果做得仔細一點的話，結果不會差儀器太多！」

化學老師鄭榮泉老師對陳亮甫也影響至深，他陪伴學生做實驗，告訴學生做實驗的方法，之後就讓學生自己努力，也許要花上大半年，但所有的步驟怎麼做的，數據怎麼來的，所有細節的東西，學生都能摸得清清楚楚。「老師的腦子動太快了，我們跟不上！」陳亮甫笑著說，但就是這樣的老師，總是能夠為學生想到好方法，解決學生的難題。

實驗室經驗傳承 為大學課程打下基礎

陳亮甫的研究，並非完全是一個人單打獨鬥，學長已有發展類似的題目，而陳亮甫以之前的成果為基礎，發展變因和分析層面，多找資料、再次實驗確認精準度，嘗試觀看研究的整體架構，做些調整。

憶起在嘉中高瞻課程中的學習，陳亮甫認為「做實驗」是他感到最印象深刻的部份。「因為有高瞻課程，比其他同學早做一些有趣的實驗，這是大部分高中生很難接觸到的。」陳亮甫說。嘉中的高瞻班分成物理、化學、生物三班，以介紹最新科技為課程主軸，因此往往會在課堂上進行有趣的實驗，例如跑DNA、蛋白質、培養細菌等。這些對陳亮甫很有幫助，「上大學之後，比較知道別人在說些什麼！」

進了實驗室之後，陳亮甫才發現做實驗是需要技巧的。一摸到器材，發現自己的手會發抖，思考反應也慢半拍。還好老師和學長「盯」得勤，加上實驗做了，動作也熟練了起來，「和其他同學相比，我的實驗動作是比較好的。」陳亮甫表示。上了大學之後，做實驗需要更紮實，從找資料開始，自己獨立進行專題研究；雖然陳亮甫還在摸索中，但高中在實驗室的經驗的確帶來很大的幫助，希望能依此為基礎，走出自己的一條路。

2-4 化 學

科學小論文

2011 馬來西亞 ITEX 國際發明展

Taiwan Innovation Products Promotion Association

臺灣代表團

指導單位

民國外交部

部

全國科學展覽會



葉綠素電池特性研究

臺北市立麗山高級中學

林鵬、黎上瑋、吳郁萱

葉綠素電池特性研究

自然界中光合作用光反應的機制，利用葉綠素製作出綠能，是近來綠能源發展的主流，本研究先探討葉綠素電子激發，了解其中的機制，再將此機制應用於電池上。如此運用天然的葉綠素材料，研製出具環保、低成本且製成簡易的電池，解決偏遠地區缺乏能源與緊急能源需求等問題，讓生活更加便利。

本研究利用光合作用中「光反應系統二」葉綠素受光照激發出電子的機制，應用在電池發電，在本研究中希望證實葉綠素之光電轉換的事實。並根據葉綠素光電轉換的機制，研發出新型電池。

本研究分為幾項內容如下：

- 一、比較葉綠素在電場下，有無光電壓之差異。發現當葉綠素照光時，電壓便會有明顯的提升。
- 二、以不同電解液對葉綠素電池發電影響，以 $KI-I_2(aq)$ 電解液其提升效果較佳。
- 三、添加奈米金以吸附葉綠素提升吸光表面積，並加強葉綠素激發電子的效力。實驗發現奈米金有助於提升葉綠素電池發電效果。

A 實驗原理與文獻探討

一、新型葉綠素電池簡介

(一) 第一代新型葉綠素電池

設計理念：

希望將葉綠素激發電子的機制應用在電池上，第一代直接將葉綠素塗在ITO玻璃上。

原理：

1. 光照葉綠素使能量聚集於P680並激發出電子，傳至導電玻璃再傳到外部負載。
2. 電解液協助失去電子的激發態葉綠素還原成穩定的基態。
3. 電子從石墨電極回到電池中，並使電解液還原，使反應重複進行。

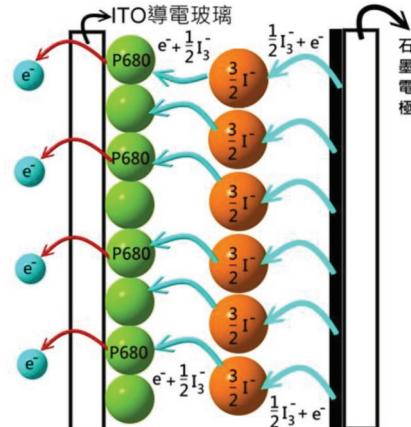


圖1 葉綠素電池示意圖

(二) 第二代新型葉綠素電池

設計理念：

從資料中得知奈米金可以吸附葉綠素分子，增加其吸光表面積，並且提升其激發電子的效率。此外第一代葉綠素電池因為葉綠素激發電子後，無法迅速傳至ITO玻璃，而導致發電效果不佳，所以設計添加奈米金，亦可使激發的電子快速傳至ITO玻璃，改進第一代之缺點。

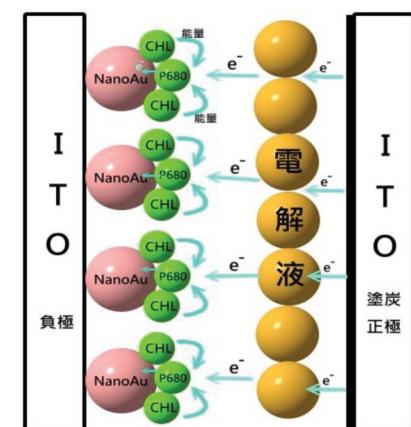


圖2 第二代新型葉綠素電池示意圖

B 研究方法與流程

一、前置實驗：萃取葉綠素

(一) 實驗流程與步驟

超音波法—丙酮萃取法

- 先將市售菠菜置入烘箱中，烘烤易碎狀再將菠菜置入研鉢中磨碎。
- 秤菠菜5 g置於燒杯並加入50 mL 90%丙酮。
- 置入超音波池震盪30分鐘至溶液呈深綠色。
- 以漏斗過濾，所得的溶液即為實驗所需



圖3 研磨菠菜粉



圖4 秤量菠菜粉



圖5 萃取液超音波震盪

二、葉綠素當電解質之電池效應（研究目的）

(一) 實驗設計

- 我們利用鋅銅電池的原理，將葉綠素作為電解質取代硫酸鋅，再量測其電壓及電流，探討葉綠素是否能作為電解質的角色。

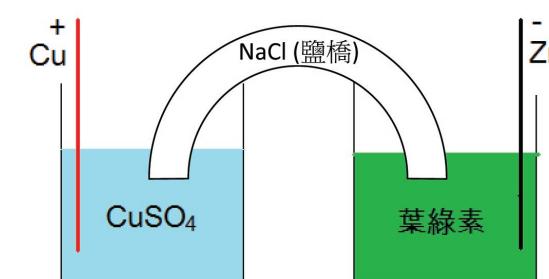


圖6 葉綠素作為鋅銅電池之電解質示意圖

- 以乾電池為基礎，並將葉綠素作為電池之電解液，之後再加入其他電解液增加導通性，並測量葉綠素加入不同電解液時之電壓與電流之變化。

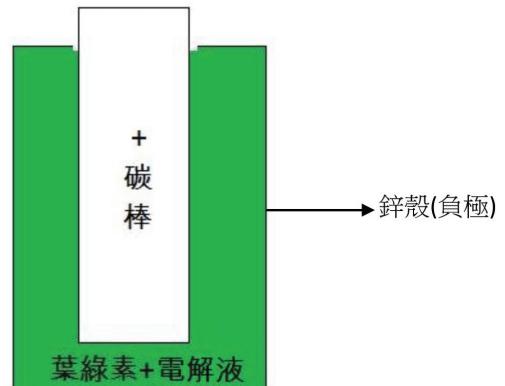


圖7 實驗裝置示意圖

三、葉綠素當光敏染料電池之效應（研究目的二）

(一) 實驗設計

將葉綠素、紅藥水塗在TiO₂膜上，以塗碳電極為對應正電極，滴入電解液KI-I₂，再進行電壓量測。另外將葉綠素、藍莓汁、紅藥水塗在導電玻璃上以相同方法拼裝，再進行電壓量測，並前後比較發電效果。

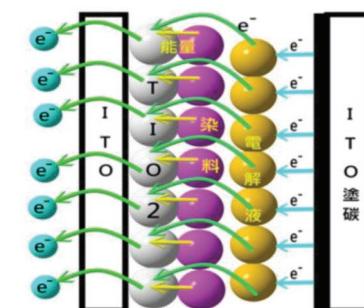
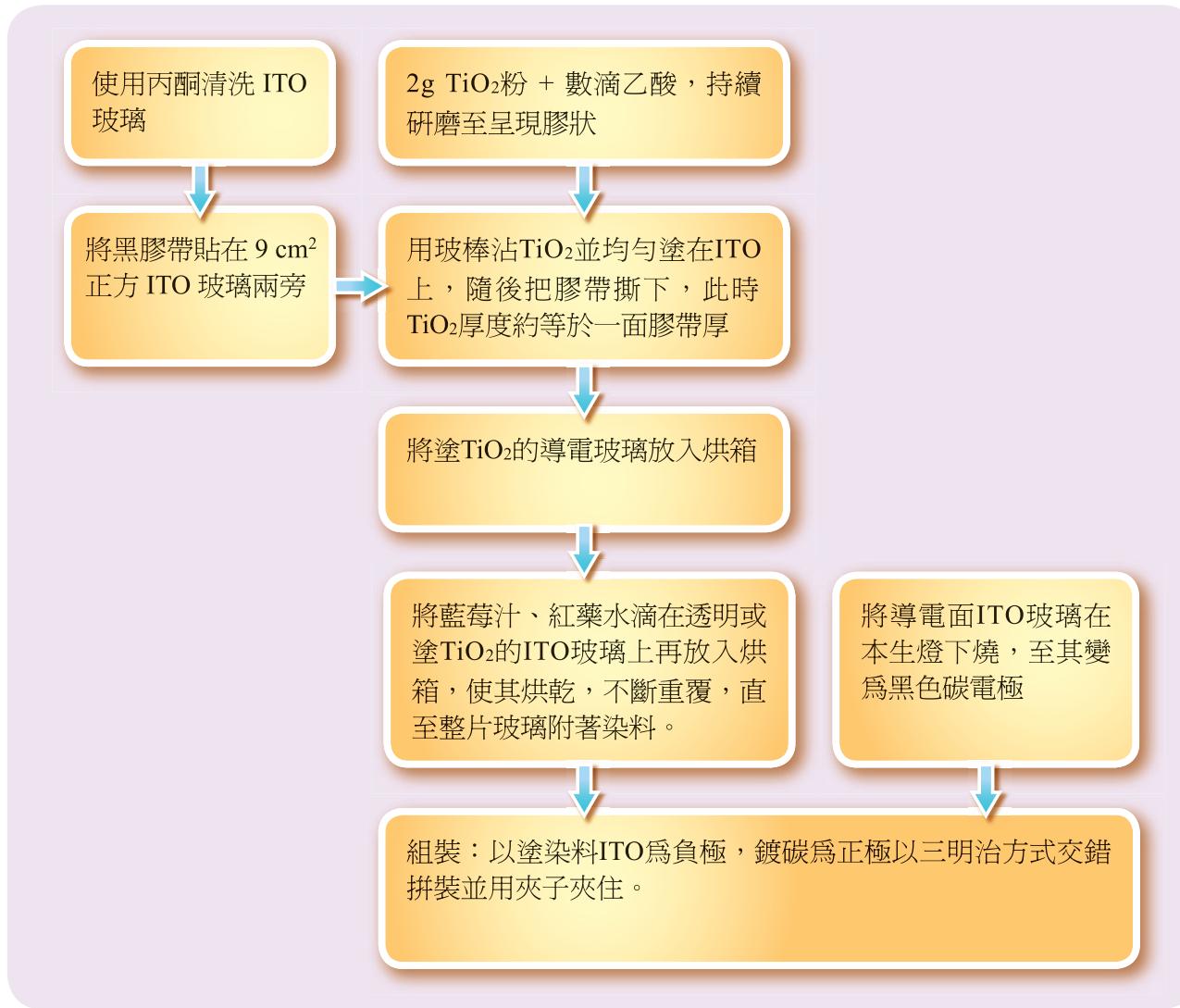
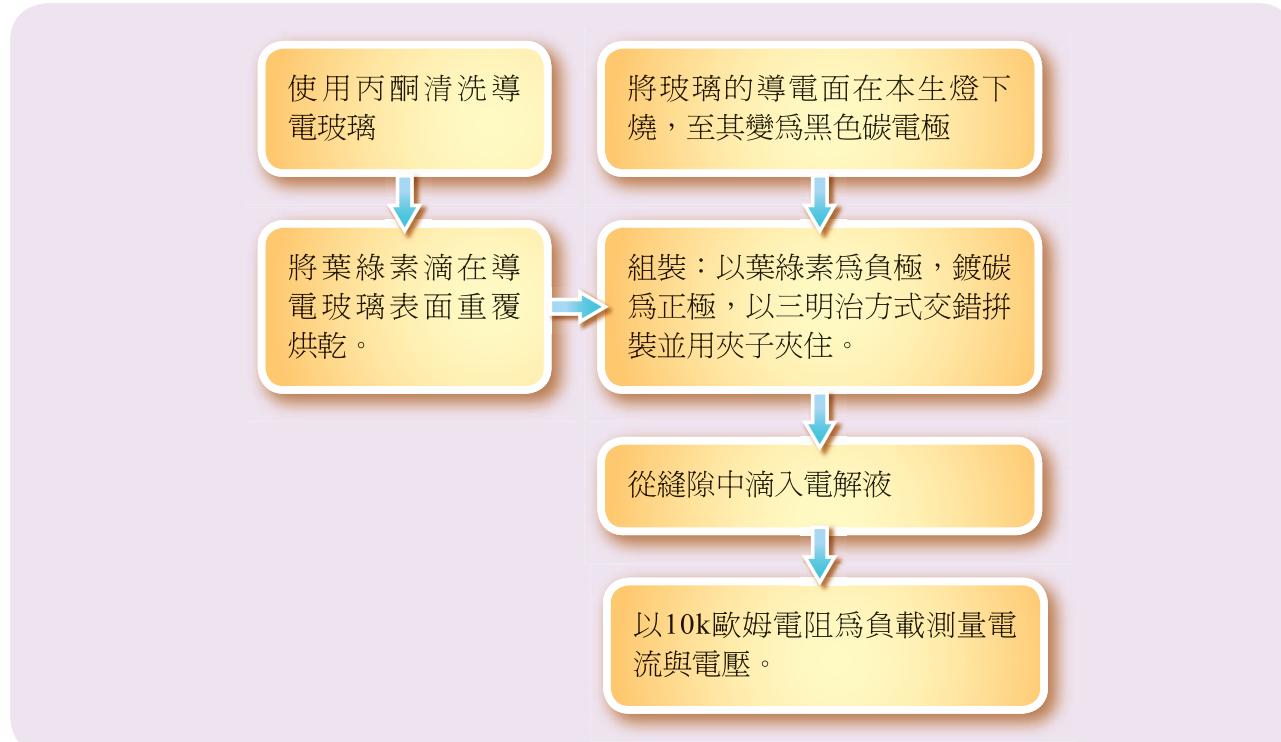


圖8 二氧化鈦染料敏化電池示意圖

(二) 實驗流程 (圖9)



2. 實驗流程 (圖11)



四、葉綠素自發電池之效應 (研究目的三)

(一) 新型葉綠素電池

1. 實驗設計

藉葉綠素受光激發電子之機制設計，導電玻璃將激發出的電子傳遞至外電路，再藉電解液協助激發態葉綠素還原。選用實驗室常見的四種電解液以及水為對照組做比較。

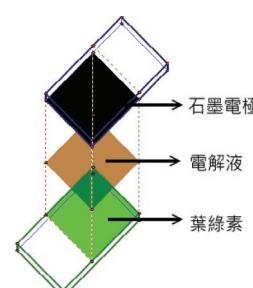


圖10 葉綠素電池示意圖

(二) 第二代奈米金葉綠素電池

1. 實驗設計

我們從資料中推測奈米金用於葉綠素電池可能有幾個優點：

- (1) 葉綠素可吸附於奈米金，增加吸光的面積
- (2) 奈米金有助於傳遞葉綠素激發出的電子。

我們採取還原四氯金的方式來製成奈米金，我們設計兩種塗法：

- (1) 將奈米金與葉綠素混合塗於導電玻璃，作為葉綠素電池負電極。
- (2) 將奈米金先塗於導電玻璃，形成一層薄的奈米金膜，再將葉綠素塗於奈米金膜表面，作為葉綠素電池負電極。

將兩電極交錯拼裝後製成電池，測試其發電效果。另外，使用丙基雙硫醇，使得奈米金層能多層堆疊，嘗試提升其發電效果。



2. 實驗流程與步驟

(1) 製作奈米金方法

- A. 將100ml HAuCl₄溶液置入錐形瓶中，使用加熱攪拌器，劇烈攪拌沸騰後五分鐘加入2.5 ml檸檬酸鈉。
- B. 持續沸騰15分鐘後，關掉加熱器。
- C. 持續攪拌15分鐘後，關掉攪拌器，使其冷卻後，所得溶液即為奈米金。

(2) 塗佈奈米金

奈米金易與硫醇基產生鍵結，因此藉由硫醇基作為連結奈米金的分子。

A. 塗奈米金原理示意圖

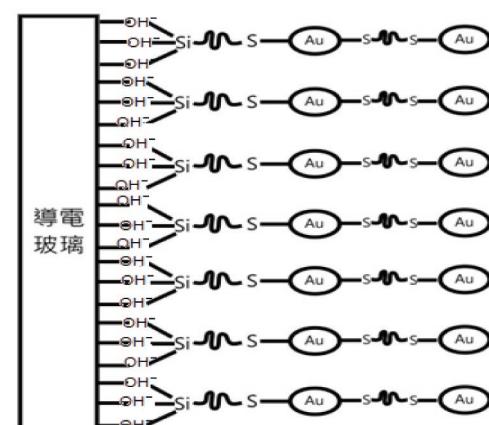


圖12 塗奈米金原理示意圖

B. 塗佈步驟

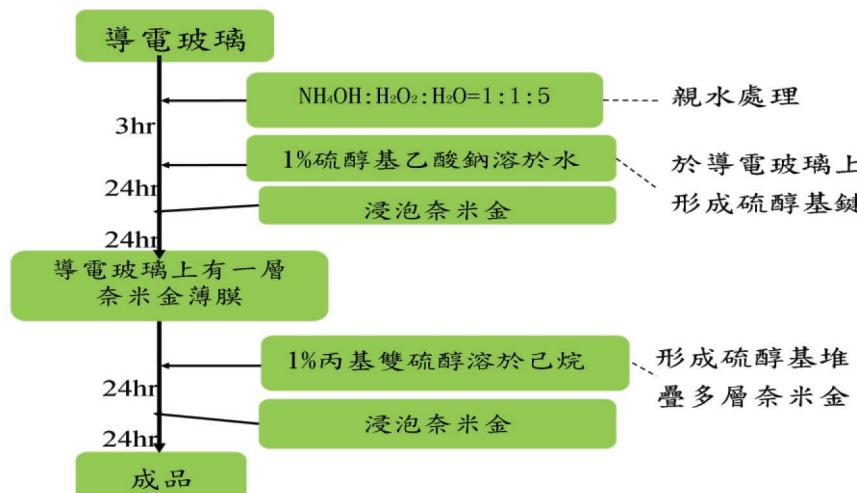


圖13 塗奈米金步驟圖

C

結論與應用

一、葉綠素當電解質之電池效應

葉綠素可以作為電池中電解質的角色，而當滴入的電解液不同時，電壓並未明顯改變，電流則會有改變。

二、葉綠素當光敏染料之電池效應

1. 葉綠素可為光敏電池之染料，且發電效果較紅藥水為染料之電池佳。
2. 葉綠素可自行激發電子，當葉綠素受光會將能量聚集於反應中心P680，並激發出電子。
3. 紅藥水、藍莓等有機染料必須有TiO₂膜的支持，才可受光激發出電子，產生電能。

三、葉綠素自發電池之效應

1. 葉綠素電池滴入電解液有助於發電效果提升。
2. 加入不同電解液對葉綠素電池的影響，輸出電壓比較如下：
 $I_2+KI_{(aq)} > FeSO_4_{(aq)} > 水 > I_2+KI_{(al)} > I_2_{(aq)}$
3. 葉綠素在添加奈米金後其吸收光曲線在紅光及紫外光區有顯著的提升。
4. 添加奈米金的葉綠素電池發電效果較佳於未添加奈米金的葉綠素電池。
5. 奈米金層堆疊厚度增加反而使葉綠素電池發電效果下降，因為奈米金厚度。



後記

創新「葉綠素電池」 麗中學生研究力與表達力均佳

麗山高中高瞻計畫的「綠手機」主題，關心生態和綠色能源，林鵬、黎上瑋、吳郁萱三位同學，將學到的生物和物理知識結合，研發了照光就可激發出電子的「葉綠素電池」。

這三位麗山高中的同學現在已經都申請到理想的科系，雖然人還在學校，在張堯卿老師課堂教室裡，卻顯得心情很輕鬆。張堯卿老師是他們的化學老師，另外還有物理科金佳龍老師，生物科張素卿老師；由於麗山高中很重視跨科學習，因此他們的專題研究過程中，總是分別向多位老師請教，「葉綠素電池」便是在學習不同科目的知識後，綜合而成的題目。

從錯誤中學習與成長

翻開他們「葉綠素電池」的研究小論文，文獻列得整整齊齊，還做出一整頁的比較表格，「因為老師很重視文獻，參加科展時，也有教授告訴我們文獻要增加。」林鵬說。談到他們選擇這主題的契機，發現除了老師課堂內容給他們靈感之外，文獻真的是很重要的原因：在看文獻的過程中，他們發現以往葉綠素電池的研究，多半是光化學原理而不是電化學原理，加上化學課上學到的奈米金屬取得技術，便著手研究可利用葉綠素本質特性的電池。

一開始做專題，三個人是以比較隨性的方式進行，實驗是做了，但卻沒有做記錄；後來他們慢慢發現這樣是不行的，已做過的實驗沒有記錄就無法重現，才記取教訓，開始做實驗記錄。除了實驗方法之外，他們的表達能力也有進步，這可是張堯卿老師觀察到的，「林鵬喜歡說話，但邏輯不好，訓練到後來就很清楚了；黎上瑋以前很害羞，現在變得很會講！很嗆！」張老師笑著說。

展現能力與企圖心 是讓作品被看見的第一步

的確，在重視專題研究的麗山高中，好好表達自己作品含義的能力，也很受重視。林鵬曾因為要做英文的口頭報告，被張老師要求在辦公室讀英文，讀出聲音來，足足讀了二個月；在正式報告前，老師們也一定會聽過他們演練，金老師甚至會帶資優班學生坐在台下「砲轟」台上的三個報告者！這麼嚴格的訓練，想必他們到了現場，會發現根本沒什麼好怕的！

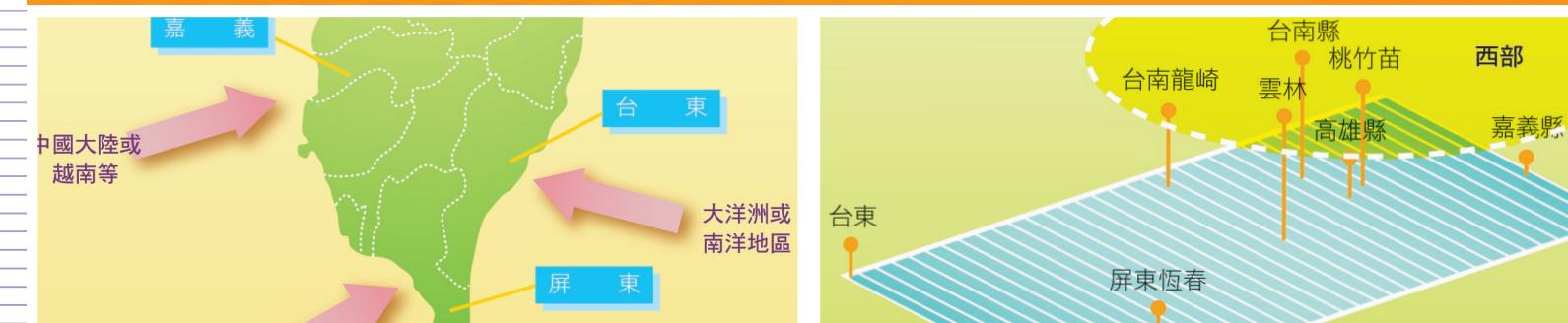
在做研究的過程中，除了在學校問老師之外，有時需要再往上請教到教授等級的專家，這時更可看見表達力的重要性。「要學會怎麼問問題。禮儀很重要，英文能力也很重要。」張老師課堂上的李增為同學談起他找了近30個教授後的心得，「問教授問題，他會反問回來，所以對自己的東西要了解，也要有自己的想法。」

葉綠素電池作品得獎連連，三個優秀的學生，在科展得獎後，便得到在大學研究室做實驗的機會，除了林鵬在交大以實驗室的研究題目為主之外，另二位同學在師大光電，還是繼續往葉綠素主題發展。「參加科展，作品的發展性當然很重要，但是在發表時，言談中表達的企圖心也很重要！」經歷多場科學比賽之後，他們得到了這樣的經驗。看來他們在高中學到的，除了研究方法之外，良好的表達能力更是重要，一輩子受用無窮。

3-1

生物

科學小論文



民「竹」遷移 台灣地區刺竹族群遺傳變異

國立嘉義高級中學
何維邦