

113學年度科學教育專案年度期末報告綱要

計畫編號：62

計畫名稱：『2050淨零』專題討論與趣味化實作活動(第一年)

主持人：洪婉莉

執行單位：臺東縣豐年國小

壹、計畫目的及內容：

(一)把「淨零排放」的硬知識，轉化為「趣味科學」，傳播給中小學學生。

聯合國期望升溫止於1.5°C；2°C將有18%物種滅絕；4.5°C將有50%物種滅絕；10°C有95%海洋生物滅絕。因此，2023年12月在杜拜舉辦的第28次氣候峰會

(COP28),決議逐步淘汰(transition away)化石燃料，100餘國宣示2050再生能源增3倍，能源效率增2倍，美日等22國宣示核電3倍化(註：2024.11.24 COP29增為31國。另外，富裕國家承諾在2035年前，每年至少提供3千億美元，協助「開發中」國家緩解損失。)

本計畫以「有趣」的教具，引導學生探究「淨零排放」的殿堂。據PISA在2015年學生問卷向度，我國科教主要缺點為「少探究、無趣」。若整理古今中外學者之教育名言，可發現他們皆一致關心「有趣的活動可引發強烈的學習動機」。而操作有趣的科學教具，是提供學生「自行發現科學事實」的極佳途徑之一。

朱熹：「教人不見意趣，心不樂學。」

伽利略(Galileo Galilei)：「We cannot teach people anything; We can only help them discover it within themselves.」

王陽明《訓蒙大意》：「童子之情，樂嬉遊而憚拘檢，如草木之始萌芽，舒暢之則條達，摧撓之則衰痿。」

柏拉圖：「若把嚴格規定孜孜求學的方式，改為引導興趣為主，學生勢必樂於學習，欲罷不能」。

林語堂：「如果對所學的東西感不到趣味，那麼所有的時間全都浪費了。」

愛因斯坦：「知識始於驚奇。」

(二)以豐富的教具，激發學生探究「淨零排放」內在動機。

我國淨零排放十二項關鍵戰略之一：光電/風電，尤其是光電，目前已達到全民參與的程度，「我家屋頂，農地……適合裝太陽光電嗎？」似已成「街談巷議」，其間涉及許多科學知識，例如，「等效日照小時」的評估、四周遮陰狀況、饋線充足與否、成本與風險、躉購價格變化與預測等，甚至如何創立或加入公民電廠，都是國民應有的科學知識。至於風力、氫能、前瞻能源、電力系統與儲能、碳捕捉利用及封存、運具電動化與無碳化等，屬於資本與技術密集產業，但民眾仍可透過各種投資管道，參與上述開發——這仍涉及許多科普知識，例如：裝置容量、容量因數、能源效率、國內技術水準、國際競爭力等。甚至讓學生瞭解及參加「全球風能組織基本安全訓練」(Global Wind Organization, Basic Safety Training, 簡稱GWO, BST)，而有資格進入離岸風電的「高薪職場」，也是十分有意義的議題。由於「淨零排放」需要經過「幾個世代」的努力。因此，須從中小學紮根，以求其「長遠效益」。根據海柏定律(Hebbian rules)：「Fire together; Wire together！」它是認知神經科學的定律之一，已得到許多實驗的證明。其大意：「豐富有趣的學習策略，例如提供富於變化的學習情境，使用多樣化的教具、教材及教法等，可促進人類神經元連結，活化大腦。」因此，本計畫提供學生「四項趣味化簡易

教具」製作，以及實驗表演、專題討論等多樣化活動，期望促進學習的高峰經驗 (Peak Experience)、心流經驗(Experience of Flow) 或沉浸式體驗 (immersive experience)。

(三) 計畫主要內容如下：

行政院國家發展委員會，於2022.3.30公告「臺灣2050淨零排放路徑及策略總說明」，含四大轉型：「能源轉型、產業轉型、生活轉型、社會轉型」及「科技研發、氣候法制」兩大治理基礎上，而有十二項關鍵戰略，包括「碳捕捉利用及封存、節能、資源循環零廢棄、風電/光電、電力系統與儲能、氫能、公正轉型、淨零綠生活、自然碳匯、綠色金融、前瞻能源、運具電動化與無碳化」。本計畫選擇其中與「日常生活」關係密切的題材，以提高學生興趣，並安排「愉快的動手做」活動，以增進學生參與本課程的意願及自行探究的內在動機（餘詳：計畫書）。

貳、 已完成進度：

(註：台東縣以外，講師差旅費由各校支付。)

| 場次 | 日期時間 | 節數 | 地點 | 參加人數 | 課程內容 |
|---------------------|-----------------------------|----|-----------------------------|------|---|
| 已完成進度如下(上學期) | | | | | |
| 1 | 113.11.10 9:30至15:00 | 6 | 高雄市 和平國小 | 93 | 第一節「2050淨零」八項關鍵戰略 簡介與討論(1)(含實驗與操作) 第二節「2050淨零」八項關鍵戰略 簡介與討論(2)(含實驗與操作) 第三節「2050淨零」八項關鍵戰略 簡介與討論(3)(含實驗與操作) 第四節口吹式風力發電機 製作/操作 第五節節能單極馬達 製作/操作 第六節壓縮空氣儲能示意模型 製作/操作 |
| 2 | 113.12.11 9:35至12:00 | 3 | 台東縣 豐榮國小 四甲 | 21 | 第一節「2050淨零」八項關鍵戰略 簡介與討論;「2050淨零」治理基礎之一:「氣候法制」 簡介與討論 第二節口吹式風力發電機 製作/操作 節能單極馬達 製作/操作 第三節壓縮空氣儲能示意模型 製作/操作;瑪格努斯飛回杯子 製作/操作 (下同) |
| 3 | 113.12.12 13:25至15:50 | 3 | 台東縣 豐榮國小 四乙 | 18 | |
| 4 | 113.12.13 9:35至12:00 | 3 | 台東縣 豐榮國小 四丙 | 21 | |
| 已完成進度如下(下學期) | | | | | |
| 場次 | 時間 | 節數 | 地點 | 參加人數 | |
| 5 | 114.3.13 13:30至 16:00 | 3 | 台東縣 東海國小會 議室 6年4班 | 26 | |
| 6 | 114.3.15 9:00至 12:00 | 3 | 花蓮縣 慈濟大學附 小創客教室 | 40 | 註：親子活動 |
| 7 | 114.3.15 13:30至 16:30 | 3 | 花蓮縣 慈濟大學附 小創客教室 | 39 | 註：親子活動 |
| 8 | 114.3.21 13:30至 16:00 | 3 | 台東縣 東海國小 班級教室 5年4班 | 29 | |
| 9 | 114.3.27 9:30至12:00 | 3 | 台東縣 馬蘭國小 6年丙班 | 27 | |

| | | | | | |
|----|-----------------------------|---|--------------------------------|----|--|
| 10 | 114.4.1 13：25至15：50 | 3 | 台東縣 豐榮國小 一丙 | 21 | |
| 11 | 114.4.17 10：15至11：05 | 1 | 台東縣 豐榮國小 二甲 | 26 | 第一節「2050淨零」八項關鍵戰略 簡介 節能單極馬達 製作／操作 註：由於製作過程須使用美工刀與剪刀， 科任教師希望其他材料，由她慢慢親自授 課。包括：口吹式風力發電機、壓縮空氣 儲能示意模型、瑪格努斯飛回杯子三項材 料，各26份，全數交由科任教師進行授 課。(下同) |
| 12 | 114.4.17 11：10至12：00 | 1 | 台東縣 豐榮國小 二乙 | 26 | |
| 13 | 114.4.18 12：40至15：30 | 3 | 新北市 昌平國小 資優班 | 19 | 第一節「2050淨零」八項關鍵戰略 簡介 與討論；「2050淨零」治理基礎之一：「氣 候法制」 簡介與討論 第二節口吹式風力發電機 製作／操作 節能單極馬達 製作／操作 第三節壓縮空氣儲能示意模型 製作／操 作；瑪格努斯飛回杯子 製作／操作 (下同) |
| 14 | 114.4.21 9：30至12：10 | 3 | 花蓮縣 慈濟大學附 小6年3班 | 24 | |
| 15 | 114.4.21 13：30至 16：00 | 3 | 花蓮縣 慈濟大學附 小6年4班 | 25 | |
| 16 | 114.4.23 9：30至12：10 | 3 | 花蓮縣 慈濟大學附 小6年1班 | 25 | |
| 17 | 114.4.23 13：30至 16：00 | 3 | 花蓮縣 慈濟大學附 小6年2班 | 26 | |
| 18 | 114.4.26 9：30至 15：00 | 6 | 宜蘭縣中小 學能源教育 暨永續發展 博覽會 | 55 | 第一節「2050淨零」八項關鍵戰略 簡介 與討論(含實驗與操作)(1) 口吹式風力發電機 製作／操作(1) 第二節「2050淨零」八項關鍵戰略 簡介 與討論(含實驗與操作)(2) 口吹式風力發電機 製作／操作(2) 第三節「2050淨零」八項關鍵戰略 簡介 與討論(含實驗與操作)(3) 口吹式風力發電機 製作／操作(3) 第四節「2050淨零」八項關鍵戰略 簡介 與討論(含實驗與操作)(4) 口吹式風力發電機 製作／操作(4) 第五節「2050淨零」八項關鍵戰略 簡介 與討論(含實驗與操作)(5) 口吹式風力發電機 製作／操作(5) 第六節「2050淨零」八項關鍵戰略 簡介 與討論(含實驗與操作)(6) 口吹式風力發電機 製作／操作(6) |
| 19 | 114.5.5 10：40至 12：10 | 2 | 澎湖縣 馬公國小 第一自然教 | 25 | 第一節「2050淨零」八項關鍵戰略 簡介 與討論；「2050淨零」治理基礎之一：「氣 候法制」 簡介與討論 壓縮空氣儲能示意模型 製作／操作 第二節口吹式風力發電機 製作／操作 |

| | | | | | |
|----|----------------------------|-----|--|------|--|
| | | | 室6年3班＋ 6年音班 | | 節能單極馬達 製作／操作 註：因澎湖花火節及航班限制，所以只能 進行2節課。至於瑪格努斯飛回杯子材 料，全數交由馬公國小進行教學。(下同) |
| 20 | 114.5.5 13：30至 15：00 | 2 | 澎湖縣 馬公國小 第一自然教 室6年1班＋ 6年2班 | 33 | |
| | | 60節 | | 619位 | |

參、 量化與質性問卷初步整理

發出問卷數：62，回收問卷數：59

5非常同意；4同意；3普通；2不同意；1非常不同意

| 項目 | 教學內容 | 同意度 | | | | |
|------|--|-----|----|----|---|---|
| | | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 教師表現 | 老師說的，我能懂。 | 48 | 6 | 4 | | |
| | 老師有創造機會，讓我思考。 | 40 | 8 | 7 | 3 | 1 |
| | 老師表達生動、活潑、清楚。 | 49 | 6 | 4 | | |
| | 這次活動，我收穫很多。 | 51 | 8 | | | |
| 課程內容 | 我對「2050淨零排放」國策，有初步瞭解。 | 50 | 9 | | | |
| | 我瞭解：減碳的成效，將影響我國未來30年的經濟。 | 40 | 19 | | | |
| | 我瞭解：減碳，每一個人都有責任。 | 58 | 1 | | | |
| | 我瞭解：未來主要能源是「再生能源」。 | 39 | 12 | 8 | | |
| | 我瞭解：目前我國減碳績效，處於落後狀況，必須迎頭趕上。 | 36 | 17 | 6 | | |
| | 我瞭解：各主要國家，即將課徵「碳關稅」，這對出口為主的我國，必須妥善因應，以免影響經濟。 | 28 | 10 | 19 | 1 | 1 |
| | 對於課程內容，日常生活能做到的，我會實踐。 | 49 | 10 | | | |

1.請問哪項教具，您願意分享給最好的朋友？為什麼？

飛回杯子、可愛。

飛回杯子。取得容易。

飛回杯子，簡單。

飛回杯子，好玩。

飛回杯子。

飛回杯子。

飛回杯子，想與姑姑一起玩。

飛回杯子，非常有吸引力。

飛回杯子，取材容易。

飛回杯子。

生活應用
請盡量填寫

飛回杯子。

飛回杯子，器材易取得。

飛回杯子，好玩又好做。

飛回杯子，因材料易得。

飛回杯子，很有趣。

壓縮空氣，因為早上可以叫哥哥起床。

壓縮空氣。因為會爆炸，還有雲朵。

壓縮空氣。因為可以抓到雲。

壓縮空氣儲能。容易成功，刺激又好玩。

壓縮空氣。很有趣，製作也很簡單。

壓縮空氣。好玩有趣。

壓縮空氣。

壓縮空氣儲能。有趣，材料易得。

壓縮空氣儲能。

壓縮空氣儲能，很有趣。

壓縮空氣儲能，簡單好學。

壓縮空氣儲能，因為很有趣。

壓縮空氣。

壓縮空氣，因為很有趣。

壓縮空氣。

壓縮空氣。

壓縮空氣，好玩有趣。

壓縮空氣，因為很有趣。

口吹式風力發電機，有點難製作，但也很有趣。

口吹式風力發電機，可以看到發電的過程。

口吹式風力發電機，好玩。

口吹式風力發電機，因為很好玩。

節能單極馬達，有些複雜，挑戰一下。

節能單極馬達，不容易製作，但成功了，很高興。

節能馬達，有趣簡單又療癒。

節能馬達，可愛好玩。

節能單極馬達，有療癒效果。

節能馬達，因為很好玩。

節能馬達，省電。

節能馬達，因為看起來很療癒。

節能馬達，有趣又好玩。

節能馬達，很漂亮。

節能馬達，很好玩。

2.請問課程所提到減碳概念或措施，哪項您願意應用於日常生活中？為什麼？

少吃肉，因為牛的放屁會污染地球。

少吃肉多吃菜。

少吃牛羊肉。能幫助減少溫室氣體。

少吃肉，減少甲烷排放。

出門把電燈關掉。

沒有。

搭乘大眾交通工具，因為可以載很多人。

電熱水器換成熱泵，可節電70%。

冷氣少開除濕。

少用免洗餐具。

零剩食，易實踐。

過期食物，不要積在冰箱。

清理冰箱垃圾，省電。

使用 LED 燈具，較省電。

燈具色溫選擇在3000K 以下，護眼。

取暖避免使用電熱器，很費電。

以電熱毯代替電熱器，省電。

隨身帶手帕。

| |
|---|
| <p>少用面紙，多用手帕，好處多。</p> <p>減少使用面紙</p> <p>少用面紙</p> <p>使用手帕，減面紙，垃圾少。</p> <p>近距離，就騎腳踏車，減少廢氣排放。</p> <p>手機不要電力耗盡才充電。</p> |
|---|

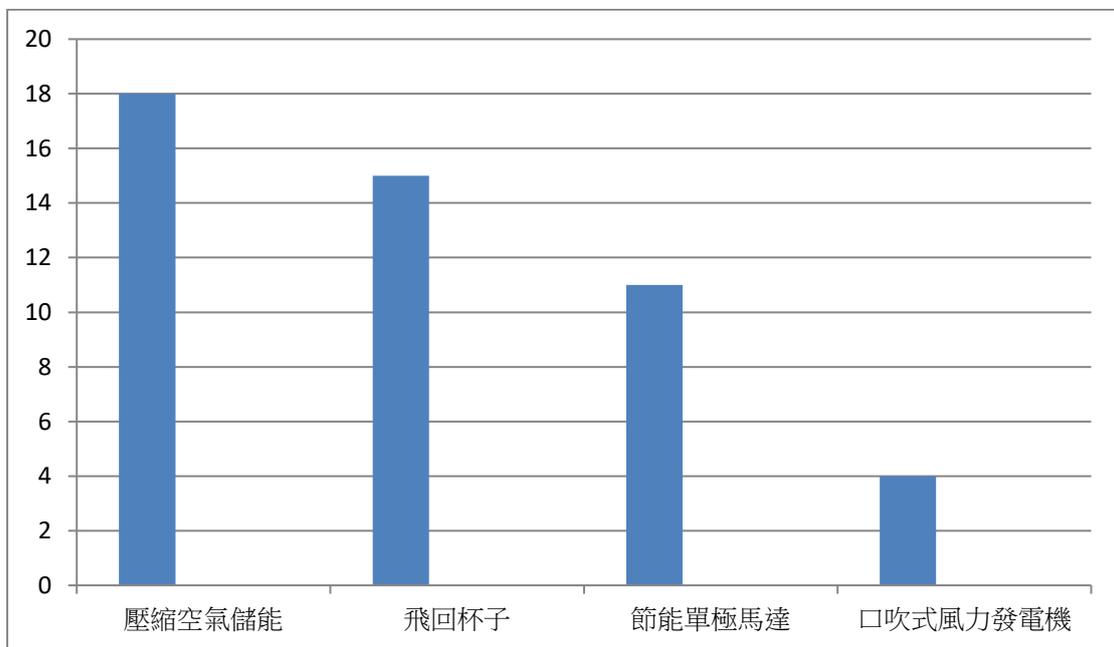


圖1 問卷統計：請問哪項教具，您願意分享給最好的朋友？
 （發出問卷數：62，回收問卷數：59）

肆、活動照片



113.11.10 高雄市和平國小
平野科學祭



燃氣發電模擬實驗



壓縮空氣儲能示意模型操作



壓縮空氣儲能示意模型操作



親子製作口吹式風力發電機



口吹式風力發電機操作



飛回杯子操作



節能單極馬達製作

伍、問題與討論

一、美國川普總統2025.1.20上任後，立即退出巴黎協定（Paris Agreement），他認為氣候變遷對人類「有益」（Scott Waldman, 2025）。例如：北極海航線可以暢通，約節省7至15天的航行時間（相較於蘇伊士運河）。並鼓勵開採及使用「美麗，乾淨的煤」（BEAUTIFUL, CLEAN COAL）。但川普總統的個人認知，已經在挑戰人類整體的科學共識。全球減緩氣候變遷的努力，也確實碰到前所未有的「逆風潮」。

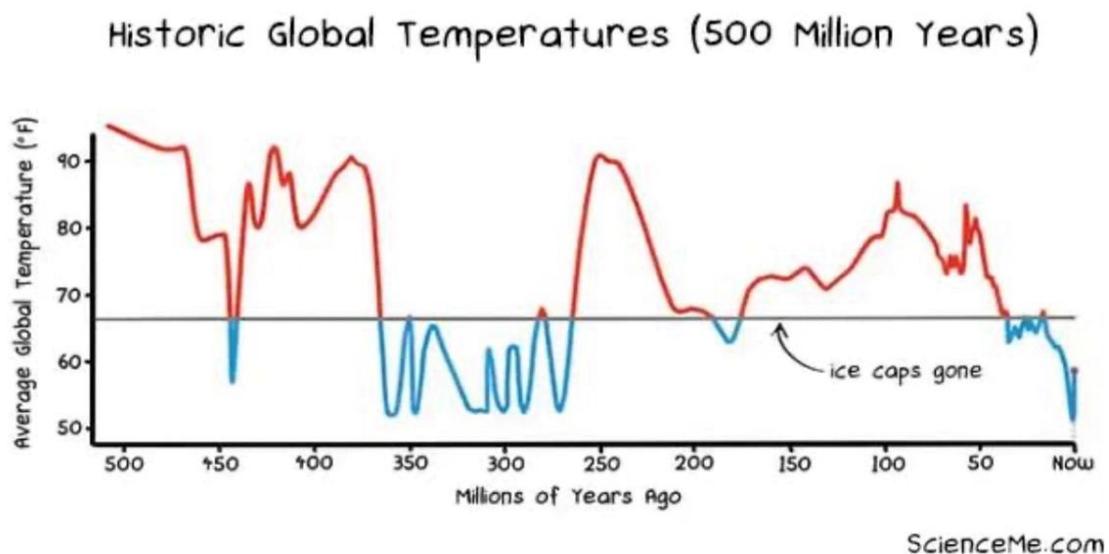
二、本年度計畫觸及全國7所國小，學生人達529位，家長及民眾人數達90位。大部分在花東地區，少數在北部、南部與澎湖。花蓮縣慈濟大學附小，採用「假日親子共學」方式辦理，因此可觸及家長（請參閱：柒、平面媒體報導）。

許多老師認為2050淨零排放是政府的工作，老師只要完成例行學生作業檢查，就已交差了事。其實，「許多重要的知能，是在課本與習作以外」。我國對出口依存度接近60%，若無法有效減碳，會造成外銷大幅縮減，而無法延續以出口導向為主的國家競爭力，可能引發政府稅收銳減，勢必影響社會福利支出，甚至須進行第二次年改，而影響到每位國民。期望教育部加強「2050淨零排放知能」全民傳播，以避免將來「噬臍莫及」。

三、學生之潛力，超乎我們的想像。

當我們介紹地球氣候變遷史(如下圖)，討論西伯利亞玄武岩事件(Siberian Traps), 2.5億年前，西伯利亞出現極大面積的地殼破裂，地函物質大規模噴發，大氣 CO2 濃度達到3500ppm，當時氣溫在很短時間上升了10°C，大約95%的海洋生物和70%的陸地生物都滅絕了。

有一位四年級學生舉手發言：「生物大滅絕事件發生後，會產生體型巨大的生物。」我啞口無言，因為不知道這段生物史。後來查了資料，在西伯利亞玄武岩事件以後，就逐漸進入恐龍時代，牠主宰了地球1億多年，是當時地球食物鏈的頂級物種。



四、小學生，有時候也會問一些深奧的議題！

當我解說「天然氣的去碳燃氫」時，有學生問：「天然氣是很穩定的氣體，如何把碳取出？」(如以下圖片。來源：中央研究院)



五、精彩的實驗操作，可以創造學生的高峰經驗、心流經驗或沉浸式體驗(如以下照片：壓縮空氣儲能示意模型之操作)。



五、政府宣示：化石燃料電器化。學生對影片 <https://youtu.be/jpLdc3dlpvc> 頗多意見，也有些討論，有些學生認為缺乏明火，很難大火快炒，影響大家的口福。大部分學生難以分辨天然氣與液化石油氣（桶裝瓦斯）的成份有何不同。天然氣主要成份是甲烷，分子式 CH_4 。桶裝瓦斯是丙烷（ C_3H_8 ）與丁烷（ C_4H_{10} ）的混合物，所以桶裝瓦斯的溫室氣體排放量，比天然氣多。我國環境部長認為廚房也會排碳，引發全國鞭撻（網路用語：炎上）。其實他說的沒錯，根據加州政府研究，25%的碳排是來自建物的天然氣。

六、應注意學生操作刀具的安全。

例如，製作「節能單極馬達」，須從電線取得銅線，以製作轉子，此時須使用刀具或剝線鉗，由於剝線鉗使用較複雜，有些也十分費力，學生沒有足夠力氣操作。因此，刀具成為「首選」。使用刀具時，如果能堅守「電線動、刀不動」原則，可使學生傷害事件接近「零」（如以下影片）。<https://youtube.com/shorts/orVv>

七、產出10則「趣味化」淨零排放科教短片，上傳 youtube 或教育部指定網站，以擴大傳播。

（一）<https://youtu.be/bWVd4cice-M?si=ioSUc3g1iPFDh2Gy>

燃煤與燃氣、天然氣的去碳燃氫（燃燒前碳捕捉）。

下次應改正要點：

（1）中央研究院天然氣的去碳燃氫研發費用，共計12.5億，影片中「數十億」為口誤。（2）「上太空，須帶什麼？」有學生答：「氧氣」，應予肯定與鼓勵。此問句應改為「火箭上太空，使用什麼燃料推動？」

（二）<https://youtu.be/FC4dtEFJN3E>

燃煤與燃氣、天然氣的去碳燃氫（燃燒前碳捕捉）。

（三）<https://youtu.be/3yFsf2ONN3Y>

壓縮空氣儲能示意模型

下次應改正要點：

（1）鏡頭遠近，應隨時根據講師授課重點調整。（2）選擇示範表演的學生，應以自願者、積極者為優先。

（四）https://youtu.be/PjsUAo_RwXQ

壓縮空氣儲能示意模型操作

（五）<https://youtu.be/FQHLWTJveal>

「親子操作」壓縮空氣儲能示意模型

（六）https://youtu.be/gRRIH_39IOo

節能單極馬達製程

馬達佔全球用電46%。政府對民眾購買 IE3—IE5馬達有提供補助，請大家購買馬達時要「在意」其等級，以節約電費。

（七）<https://youtu.be/zUtfXTe3dLw>

節能單極馬達操作（1）

（八）https://youtu.be/33f_YzYYYuA

節能單極馬達操作（2）

(九) <https://youtu.be/-iQKMND30wQ>

飛回杯子操作

(十) <https://youtu.be/4yKiQEURrzQ>

口吹式風力發電機 (影片已由拍攝者曾秋雲授權本計畫使用)

注意事項：

1. 細銅線勿拉斷，否則須帶回家慢慢處理 (約須泡水24小時)。
2. 細銅線的末端，須確實纏繞 LED 燈

陸、參考文獻

Scott Waldman(2025)。川普政府表示「氣候變遷對人類有益」挑戰科學共識。

翻譯：楊子雋 https://tccip.ncdr.nat.gov.tw/km_news_one.aspx?kid=20250406173130

柒、平面媒體報導：

慈大附小推動能源教育 親子科學營推廣綠能新思維



上圖說明：親子製作口吹式風力發電機

為培養學生的科學素養與環保意識，慈大附小長期推動能源教育，3月15日舉辦「假日親子能源科學營」，結合科學教育與環境教育，提升環保意識。透過動手實作與親子互動，學生不僅學習到綠色能源的科學原理，還能將環保觀念帶入家庭，讓家長與孩子共同實踐節能減碳的生活方式，為永續未來貢獻一份力量。

本次營隊邀請教育部中小學科學教育計畫蔡振明老師（臺東豐年國小），分享全球氣候變遷的重要性，更帶親子一同製作能源科學玩具，親子親身體驗科學的魅力及理解能源的重要性。蔡老師指出，根據聯合國的研究，全球氣溫上升不應超過攝氏1.5度，否則將對生物多樣性造成嚴重影響，甚

至導致物種滅絕。物種的消失將直接威脅人類的生存，因為人類依賴於生態系統的穩定性。為了讓學生更了解排碳的危害，蔡老師還展示了燃煤和燃氣的模擬實驗，並詳細說明了其對環境的影響，鼓勵大家思考如何減少碳排放，更強調環保的能源使用方式是對未來負責的表現。

活動中，家長帶著孩子在短短的時間就能做出四項科學玩具：口吹式風力發電機、節能單極馬達、壓縮空氣儲能簡易模型及飛回杯子等，讓孩子們在遊戲中學習能源科學的基本原理。「口吹式風力發電機」透過吹氣驅動葉片旋轉，理解風能如何轉換為電能；「節能單極馬達」則展示了電動機節能的奧妙，體驗電動機的基本運作方式；「壓縮空氣儲能簡易模型」讓孩子們學習如何利用空氣壓縮儲存能量並釋放動能，理解可再生能源的儲能技術。這些活動不僅提升了學生的動手能力與科學素養，也讓家長與孩子一同思考如何將節能減碳的理念落實於日常生活，為地球盡一份心力。



上圖說明：蔡老師展示燃煤和燃氣的模擬實驗

四年級朱榕允爸爸分享，能在假日與孩子參加能源科學親子營，感到非常充實。孩子透過實作驗證課堂所學，並將 YouTube 上的科學原理，如能量轉換，轉為實際體驗。即使對某些概念起初不理解，例如碳捕捉及氫氣，但透過操作與觀察，學習更深入。過程中，親子共同討論、解決問題，不僅增進科學興趣，也加強了親子關係。四年二班陳寬分享參加能源科學營，可以親手做科學玩具，還可以學到許多科學知識，像風力發電機只需用嘴巴吹，就能點亮小燈泡，知道風能是乾淨且可再生的能源。而壓縮空氣儲能模型學習到如何利用空氣儲存能量，提高能源使用效率。也學到保護地球的方法，例如使用太陽能、風能，節約用電等。希望未來能學習更多環保科學，從自己做起，讓地球更乾淨美好！

慈大附小教務主任王佩茹表示，希望透過這樣的活動，讓學生在探索科學的同時，也能培養環保意識，進而影響家庭，共同為地球盡一份心力。看到孩子們動手實作、積極思考，家長們也熱情參與，提升環保意識，這就是我們推動能源教育的最大動力！慈大附小透過「親子能源科學營」，成功將科學教育與環境教育結合，不僅提升學生的科學素養，也讓節能減碳的理念從校園延伸到家庭與社會，為未來的永續發展奠定更穩固的基礎。



上圖說明：本活動概況

資料來源

<https://news.pchome.com.tw/living/tcnews/20250315/index-74202275177665280009.html>

（撰文：蕭幸青/攝影：慈大附小提供。圖片與文字微調：蔡振明）