



再生材料融入科學創客活動 之教學經驗分享

文、圖／許兆芳

近幾年來科學教育的推動逐漸重視探究實作，加上創客運動（即自造者運動）的推行，有越來越多學校投入，發展特色教學活動。筆者曾擔任再生藝術工作坊活動講師與策展人，該單位收集各產業製造的剩餘品、瑕疵品、樣品或邊角廢料等成為再生材料，讓民眾自行運用創作。再生材料極具多樣性，多次利用它帶領科學實作活動，觀察發現有助於學生思考並解決問題，同時提升作品的豐富度。本文透過教學實務案例，分享如何選取再生材料與活動引導歷程，讓學生從實作中累積經驗，應用科學知識來解決問題。

再生材料融入科學創客教育

再生藝術工作坊長期向企業募集再生材料，這些材料多半是剩餘品、瑕疵品、樣品或是施工過程產生的角料。這些下腳料

隔一陣子沒有再使用就進了焚化爐、掩埋場等等，它們有各種有趣的形狀、美麗的顏色、特殊的質感，甚至每塊形狀或特徵都不太相同，提供民眾創作、決定怎麼樣使用，透過組合、改變而有新的意義。

筆者曾投入再生藝術工坊的教學活動，運用再生資源進行科普實作，因為材料具多樣性，發現只要透過適當引導，學生能從使用各種素材過程中，思考並解決問題，將理論與實務結合。創客教育的推動除了挹注硬體資源，教師投入與教學活動的持續發展更為重要。這一兩年常見到教學現場有許多熱情的教師，不受硬體束縛，利用回收資源進行專題課程，帶領學生在創作過程中發展自我興趣。有鑑於此，筆者期待透過分享再生材料融入科學創客教育的經驗，期吸引更多教師投入，進而發展學校特色。

大人小孩都喜歡的連鎖機關挑戰

不論網路社群分享的連鎖反應影片或實體機關裝置，很容易受到各年齡層的關注，跟隨著不同關卡間的巧妙連動，或是出乎意料的觸發特效等等，牽引著每位觀眾的好奇心。這樣的裝置設計具變化與彈性，利用豐富的再生材料加以創作，更能夠呈現每位設計者的創意巧思。各個動態關卡設計不乏科學概念的應用，關卡銜接的可靠度測試，考驗著設計者解決問題與實作技巧。筆者認為很適合發展成為科學實作與探究活動，故由此發想，設計出「再生動力連鎖機關工作坊」。

該活動運用再生材料創造連鎖機關，各機關使用重心與平衡、滾動、摩擦力、導電性與電路等科學概念。活動對象為國小三到六年級混齡分組，讓孩子從實作、修正過程將科學知識融會貫通，再透過團討、共創的方式，設計劇情來串聯各機關，發揮創意。營隊為期三天，每天兩個小時，讓孩子利用課餘時間沉澱發想。

再生材料的選材與募集

要孩子從大量的素材中判斷與選取使用或許有些困難，因此筆者確認專題方向後，就先尋找並列出具有功能的材料清單。例如：夠堅固可以做為結構的紙捲，容易削剪成為造型、且具有顏色的泡棉塊，適合作為平衡裝置力臂的髮箍等等（圖 1、2）。這類型材料不需要繁複改造就可以使用，協助孩子有效率的執行。活動初期花太多時間解決結構問題，往往會讓

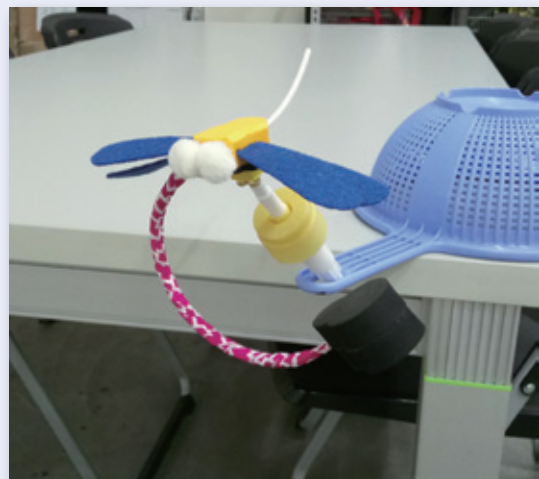


圖 1. 利用髮箍作為平衡力臂，泡棉塊當配重，搭配各種再生材製作平衡蜻蜓



圖 2. 各種不同形狀顏色的泡棉塊邊角料是孩子創作時的最愛

孩子失去挑戰動機，因此有效率地啟動專題，挑選具有改造與延伸創作的材料特性甚為重要。另一類則屬於裝飾性材料，做為造型用途，幫助孩子讓故事更豐富。

綜整過去使用再生材料經驗，分享篩選與募集策略。當我們決定創作主題後，可先構思該主題有那些材料可以幫助孩子快速搭建，例如製作滾球軌道，有那些是容易取得且可以做為軌道或支撐結構的材料；或該創作需要圓形輪子，有那些材料可以使用；以這些目的性較強的材料當作功能性材料，優先尋找與蒐集。其它裝飾性材料則視便利性隨機蒐集或添購，如此程序會讓再生材料募集更有效率，且容易分類使用。

再生動力連鎖機關

營隊前兩天先製做三種機關，讓每名孩子獨立製作，熟悉各種再生材料的種類



圖 3. 利用泡棉塊與彈性髮帶製作平衡大嘴昆蟲

與特性、加工方式與涉及之科學概念，做為最後串連各機關引發連鎖反應的基礎。關卡介紹如下：

機關1：平衡滑降纜車

將髮箍作為平衡玩具的力臂，泡棉塊為配重，利用串珠製做可架在釣魚線上滑動的支點。孩子們設計自己的纜車外型與滑動支點位置，再結合平衡配重用的髮箍與泡棉塊；有人採用天平的設計，將重物掛在髮箍左右兩側，有的則採用單側懸臂，將重物配置在支點下方，並創作各種不同造型（圖 3、4）。

機關2：翻滾車

利用衛生紙捲製做翻滾偶的外結構，引導孩子從遊戲中發現彈珠重量、斜面角度、接觸面摩擦力與翻滾運動間的關係，然後進行調整，挑選適合的材質包覆，滿足外型與功能上的需求。可見到孩子很大



圖 4. 製作成天平的結構，搭配火箭造型，讓作品看起來更協調

膽地嘗試緞帶、髮圈、泡棉墊等材質來製做外觀。各種材質與斜面的摩擦係數不同，會影響翻滾效果，每名孩子都不斷嘗試在造型與功能上達到平衡（圖 5、6）。

機關3：智慧光明燈

燈泡與電池盒串接的電路不導通，正負極電線分別接上鋁箔紙增加接觸面積，

讓孩子尋找可以導電的材料或是自行製做道具作為導通的「橋樑」形成通路。大家對這項自行設計開關的活動很感興趣，設計成夾子開關，揉出一顆鋁箔紙球當開關，還有直接把積木包上鋁箔紙作為壓接開關，各種創意紛紛出籠（圖 7、8）。

營隊最後一天為分組共同創作，讓每名孩子在過程可以互相學習彼此經驗，把



圖 5. 利用衛生紙捲壓塑成膠囊形狀，內部放入彈珠，就是個有趣的翻滾玩具



圖 6. 紙捲表面的摩擦力較小，孩子選擇可以增加摩擦力與喜歡的顏色布料進行剪貼



圖 7. 電線與鋁箔相接，並貼在紙板上，就成為可以開關的開關

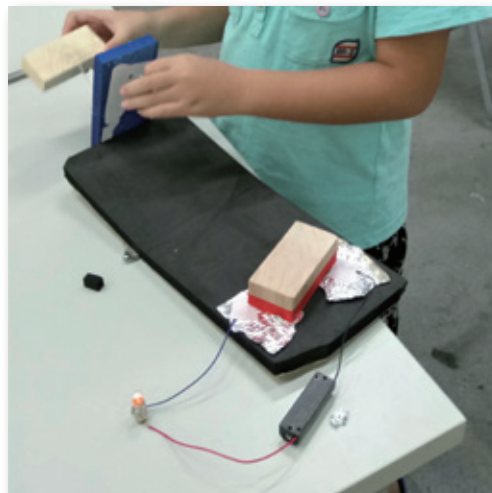


圖 8. 骨牌木塊的一面貼上鋁箔紙，當骨牌倒下後，串接電線兩極形成通路，燈泡就發亮囉

所有機關串接起來，形成連鎖反應，為它設計一段故事，同時培養想像力與表達能力。開始設計前，先請孩子看筆者預先做好的連鎖機關範例，以理解該活動任務，再開放討論與分工製做，把每一個關卡銜接起來。過程中可以見到孩子們分工、溝通協調、發揮創意、實作能力等特質慢慢展現。然而過程絕非如此順利，常會遇到結構體不夠堅固，設計意見相左而產生衝突，或是混齡共創產生分工製作進度的落差。筆者遇到該狀況並不會主動介入解決，而是透過提問協助發現問題，對話引導孩子提出解決策略，而非直接提供修正方法，往往孩子們解決問題的途徑比我們想像更寬廣（圖 9、10）。



圖 10. 遇上製作瓶頸，無法將纜繩固定，最後各自嘗試實驗



圖 9. 每名孩子針對自己擅長能力分工協作

沒有製作步驟的引導

從上述介紹中不難發現，各作品呈現的樣貌差異很大，因為使用再生材料進行創作時，材料堆中可能沒有重複的材料，例如廢棄木角料很難有相同尺寸，切邊泡棉塊可能沒有固定的形狀或顏色。所以進行教學引導時，著重理解每個製作環節的目的，透過參考影片或教師簡易示範作品等方式，讓孩子思考實作過程中可能遇到的問題，並各自提出解決方案然後記錄下來。其中包含現場的工具是否能夠處理所選取的再生材料，再透過實作驗證或修正最初的想法。過程中，每名孩子會有自己的進度與步驟，發展出解決問題的途徑，老師則從旁觀察每名孩子的創作動機，審慎評估何時需介入給予提示，幫助孩子跨越瓶頸。

例如「翻滾車」機關，透過教師演示讓孩子思考影響其運動情況的變因，並記錄下來，再討論各變因所對應的設計方式，然後才進行製做與測試改造；最後呈現出內部彈珠數量、外觀裝飾材質或斜面角度等不同樣貌，使翻滾運動效果也不盡相同。過程中學習到科學知識的應用，增進實作技能，也展現豐富創意。

如何引發動手做——低門檻、具變化、高成就

使用再生材料進行實作，由於材料種類多元、變化性高，過程更需反覆測試與修正，考驗著孩子耐心，如何讓他們保持學習動機與創作熱情更為重要。活動之初，筆者預先創作一組連鎖機關裝置做展

示，但不使其運轉，供孩子觀察、預測可能的起點、終點與過程可能發生的動態效果，以引發好奇心，提升學習動機。孩子們果然在課餘時間駐足討論，分享彼此的預測，同時對於「連鎖反應」充滿期待。

活動設計與引導則是掌握「低門檻、具變化、高成就」三項原則，初期引導孩子製作單項機關裝置，透過觀察、思考和仿作，有效率地掌握運動模式，從中獲得成就感，再透過豐富的再生材料種類鼓勵嘗試與變化。這個階段的難度與挑戰開始出現，成就感與好奇心促使不斷挑戰創意極限，更能反覆自我檢視對科學概念的理解，也提升實作技巧。

結語

再生材料的多樣與變化性，提供進行科學實作探究時更多發揮與想像空間，這樣的學習過程，就如同生活所需解決的問題往往沒有標準程序，而是應用知識與經驗判斷，反覆修正解決問題；教師的角色從講授轉變為引導，藉由提問、提供實作技術支援來輔導孩子創作。當遇到瓶頸時，協助釐清問題，鼓勵大膽嘗試。透過圖文可發現孩子們的創作各具特色，有別於科學材料包的作品，正代表著孩子能從實作中累積經驗，應用知識解決問題。

許兆芳
中華大眾科學推廣協會講師