

參賽主題：健康環保

篇名：校園生態膠囊

作者：

葉昀。花蓮縣立富源國民中學。八年忠班

陳盈羽。花蓮縣立富源國民中學。八年忠班

指導老師

張致信老師

壹●前言

一、研究動機

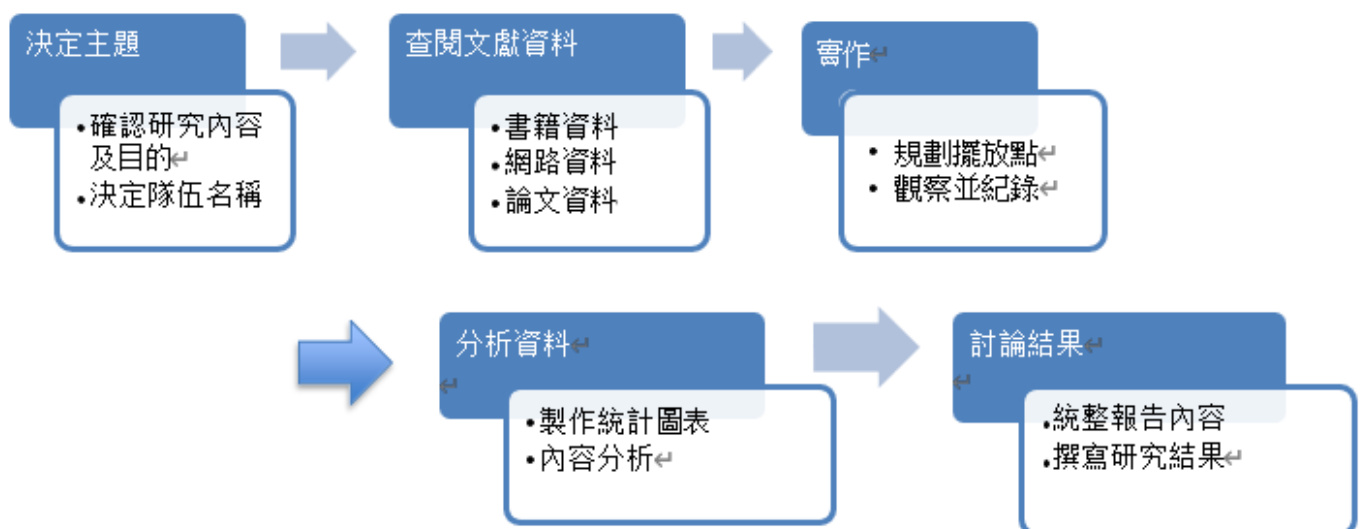
去年(113 年)10 月 31 日，強烈颱風康芮侵台灣，因其從台東登陸，花蓮也受到嚴重災情，11 月 1 日我們回到學校後，校園裡滿目瘡痍，有好多樹木都被吹斷了，我們全校一起大掃除，把可以用人力整理的樹枝堆在一起，等待鄉公所派人來清運。於是我們就在想這些樹枝會被載到那裡?要怎麼處理這麼多的廢棄物呢?是不是要花費許多人力與資源來處理?有沒有我們可以盡一份力的地方?

剛好在網路上看到有人分享利用樹枝和落葉製作生態膠囊的方法，可以將原本的廢棄物做為改善土壤環境的原料，就想自己試試看，看能不能真的吸引到昆蟲或其他小生物入住。這樣我們不只可以觀察昆蟲、微生物和土壤的變化，還能學到怎麼利用資源，對環境更友善。

二、研究目的

- (一) 設計並製作以紙箱為基材的「生態膠囊」。
- (二) 提供昆蟲、蚯蚓或微生物棲息空間，觀察其生活狀態。
- (三) 建立一套可應用於校園生態教育的宣導模板。

三、研究流程



圖一 研究流程圖

貳●正文

一、文獻探討

(一) 樹枝垃圾處理方式:(全國法規資料庫/里山里海工作室)

交給清潔隊，妥善整理：將樹枝修剪至長度 1.5 公尺內，用繩子緊實捆綁（直徑約 20 公分內）、購置/租借碎枝機（長期最佳解），修剪後立即粉碎，木屑可直接用於社區花園作為覆蓋物，或混合落葉進行堆肥、委外處理，聯繫名間園藝業者或廢棄物處理公司，議價後請他們來社區載運處理。

樹枝、落葉等園藝廢棄物傳統上多以掩埋或焚化方式處理，不僅占用空間，也可能造成空氣污染。若能將其破碎或堆置，回歸自然環境進行分解，可轉化為有機質，改善土壤結構與肥力，達到資源循環利用之目的。

(二) 生物多樣性：(維基百科)

生物多樣性並非只是「物種數量多」，它是一個多層次的概念，主要包含三個層面：

物種多樣性 (Species Diversity)：一個區域內物種的種類和數量的豐富程度。

重要性：物種越多，生態系統的結構就越複雜，越能抵禦外來衝擊。

遺傳多樣性 (Genetic Diversity):同一物種內不同個體之間的基因差異。

重要性：遺傳多樣性是物種適應環境變化（如氣候變遷、疾病爆發）的基礎。多樣性越高，整個族群存活的機會就越大。

生態系多樣性 (Ecosystem Diversity)：地球上各種不同類型的生態系統，以及它們內部的結構和過程（如能量流動、養分循環）

重要性：不同的生態系統提供不同的「生態系服務」，如森林淨化空氣和水源，濕地調節洪水，珊瑚礁孕育漁業資源。

總結來說，生物多樣性就像一座龐大的圖書館。物種多樣性是館內藏書的「種類和數量」；遺傳多樣性是同一本書的「不同版本和譯本」；生態系多樣性則是將這些書分門別類、組成不同知識體系的「不同閱覽室和書架」。

三者共同維持著地球生命的穩定與繁榮。

(三) 生態膠囊製作方法：(里山里海工作室)

生態膠囊（或稱昆蟲旅館、生態磚）概念源自於樸門永續設計，旨在利用閒置或廢棄材料（如木材、磚塊、竹筒、紙箱等）創造小型生物棲地。其製作核心在於結構穩定、材料自然且能保持適當濕度，以吸引並支持小生物定居。

需準備:一個紙箱(建議使用大型紙箱)、一卷鐵絲、一堆樹枝落葉、一個塑膠桶(用來裝鐵絲圈，為固定紙箱打基礎，也為儲存廢棄物提供空間)

1.將鐵絲裁減到適量長度並放進塑膠桶(此處建議裁減到比桶子周長大 1.2 倍的長度)

- 2.將紙箱裁切成片並捲曲
- 3.將紙箱塞入提前準備的鐵絲圈中
- 4.將枯枝落葉塞入容器內
- 5.把容器帶到樹木周遭而後倒置
- 6.將容器抽離便會得到生態膠囊

(四)生態膠囊中的生物多樣性:(TBC 台中生活台)

在一個成功穩定的小型生態膠囊中，我們可以看到一個極度簡化但功能完整的生物多樣性模型：

物種多樣性：雖然物種數量很少（可能只有十幾種甚至幾種），但必須包含生產者、分解者這兩個關鍵功能組。

遺傳多樣性：體現在同一種植物或跳蟲族群內部的個體差異，這讓它們能更好地適應膠囊內的微環境。

生態系多樣性：這個膠囊本身就是一個微型的生態系統，它複製了能量流動（光 → 植物 → 消費者）和物質循環（植物生長 → 落葉 → 分解者 → 養分 → 植物吸收）這兩個最基本的生態過程。

因此，建造一個生態膠囊，本質上就是在嘗試創造和維持一個最小單元的生物多樣性。它生動地展示了，即使是在極小的空間裡，生命也必須以多樣化的形式相互依存，才能達成平衡與永續。

二、生態膠囊製作

(一) 製作流程：

1. 材料準備：回收紙箱、校園內的樹枝與落葉、鐵絲或麻繩。
2. 清理紙箱：將紙箱上的膠帶、釘書針等塑膠或金屬物全部去除，確保材料可自然分解。
3. 紙板處理：將紙箱拆解成片狀紙板，將其捲曲成圓筒狀或摺疊成中空結構。
4. 固定成型：使用鐵絲或麻繩將捲好的紙板固定，防止鬆散。
5. 填充有機物：在固定好的紙板結構內，鬆散地填入大小不一的樹枝、落葉，創造縫隙與空間。
6. 組裝完成：單個生態膠囊即完成，可視需要將多個膠囊組合放置。

校園生態膠囊



將紙箱上的所有塑膠物去除



將紙箱拆解成片狀紙板，將其捲曲成圓筒狀



將紙板捲曲後用鐵絲圈住，固定大小



在固定好的紙板結構內，鬆散地填入大小不一的樹枝、落葉，創造縫隙與空間

(二) 放置地點：

經過與學務處老師討論，為了使生態膠囊具有教育功能，不宜放置到離教學區太遠的地方，另外也為了不影響學校的整潔，我們依照老師的建議，放在中廊左右兩側花台上，另一處放置在八年級外掃區榕樹下。



教學區中廊花台:提供老師丟棄果皮、咖啡渣等不含鹽分的有機素材。



外掃區放置生態膠囊，讓掃完落葉的同學，可以直接放置。

三、觀察結果與紀錄

(一) 第一週觀察（放置初期）

膠囊外觀在放置初期並未出現明顯的變化，整體結構保持完整。放置後第三天，注意到有螞蟻隊伍在膠囊周圍活躍，似乎對環境產生了興趣，可能是在尋找食物或探索新的棲息地。此外，部分落葉出現受潮的現象，推測可能是因為環境濕度較高或露水凝結所致。

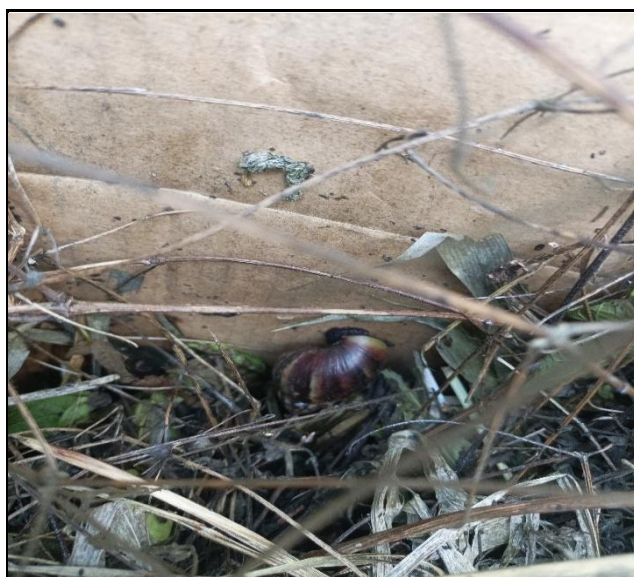
(二) 四週後觀察（生物進駐期）

經過四週的自然放置，膠囊的紙板因露水及小雨的影響開始軟化，但其基本結構仍維持完整。撥開表層的落葉後，發現有**小型蜘蛛**在此結網，顯示膠囊已能提供一定程度的遮蔽功能，吸引生物進駐。同時，在樹枝縫隙中觀察到**鼠婦（潮蟲）**活動，這些生物的出現表明膠囊逐漸成為一個微型棲息地。

此外，原本我們在兩處外掃區放置生態膠囊，但經過四週之後，發現靠近學校垃圾子車那處，已經不見了，推測可能被人誤認為是垃圾而丟棄了。

(三) 二個月後觀察（分解與生態形成期）

膠囊的紙板邊緣出現明顯的分解跡象，顯示材料正在被環境中的微生物分解。落葉層的顏色變深，並且可以清楚看到白色菌絲的分布，這是微生物活躍分解的明確指標。除了微生物活動外，也觀察到**非洲大蝸牛**和**馬陸**等較大型的分解者開始進駐膠囊周圍，進一步促進了生態系統的形成。然而，蚯蚓的活動跡象並不明顯，可能與當時氣溫偏低有關，導致其活性降低。整體而言，膠囊已逐漸演變成一個小型分解者生態系統，為多樣化的生物提供了棲息地並促進了自然循環。



觀察到非洲大蝸牛，一個紙箱內平均有四隻，尤其在紙箱底部發現許多。



紙箱亦提供師生可丟棄無鹽廚餘，如咖啡渣、果皮等。可酌量減少校園廚餘產生量。



觀察到馬陸，馬陸是土生節肢動物，身體圓筒形有多節，每個體節有兩對足，因此稱作「千足蟲」。



牠們喜好潮濕陰暗環境，主要以腐爛的植物物質為食，能將其分解並將養分重新引入土壤，對土壤的健康和養分流動至關重要。



經過數月，沒有用鐵絲捆的紙箱極容易損。



移開生態膠囊，可以明顯發現膠囊底部的顏色與周圍明顯不同，呈現黑褐色，且感覺潮濕，並有一股濃郁的土壤氣味。

參●結論

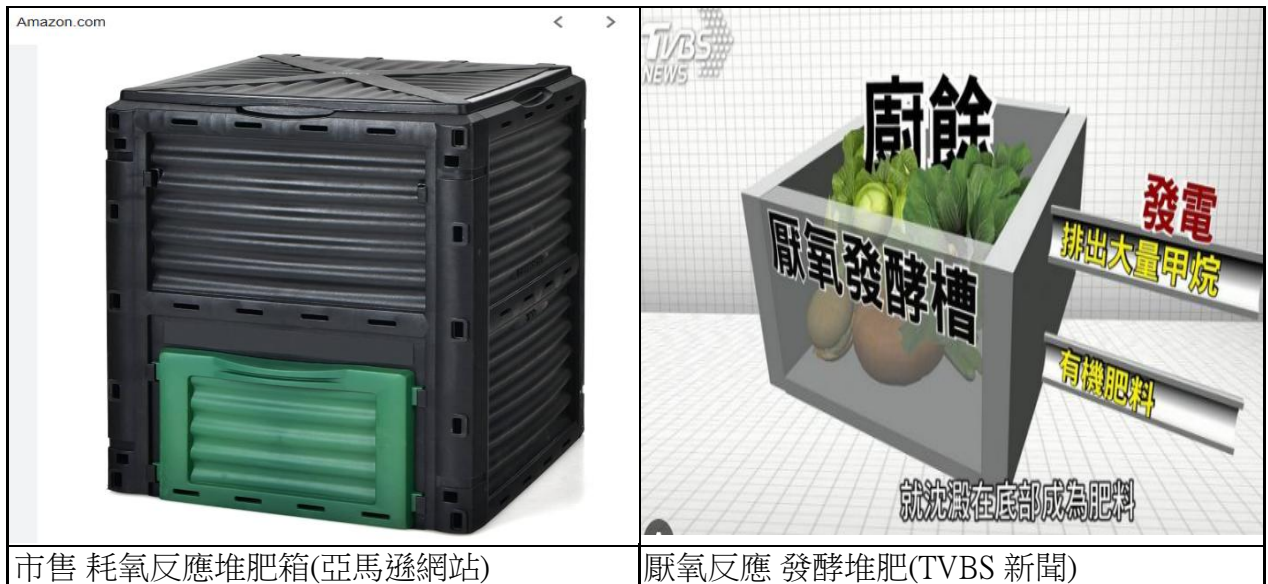
一、問題與討論

(一) 紙箱作為主要材料的優缺點？

優點是取得容易、成本低、可塑性高且本身可被分解。缺點是耐久性較差，在潮濕環境下約 1-2 個月就會開始軟化瓦解，適合短期觀察。我們也試著直接使用紙箱放置落葉(不拆除底部)，發現這樣的缺點是紙箱不夠高，不如可以捲成圓形可變高，也因為沒有拆除底部，可能造成空氣不流通，或是雨水不容易下滲，而使紙箱更容易破損。

(二) 生態膠囊與傳統堆肥的差異為何？

堆肥的最終目的是將廢棄物轉變為肥料，而生態膠囊主要目的在於「提供棲地」，透過結構設計吸引微生物與小型動物；而堆肥又可區分為好氧分解與厭氧分解，若是以厭氧分解則容易產生異味。生態膠囊中的樹枝及落葉中間並不夯實，也不加蓋，屬於好氧分解，雖然速度較慢，但同時兼具生態觀察與環境教育的價值。



(三) 如何判斷生態膠囊的成功與否？

可從「生物多樣性」（出現的生物種類）、「生物活動頻率」及「有機物分解程度」三個面向來評估。本實驗已觀察到昆蟲與微生物進駐，並有分解現象，初步達成了設定的目標。

(四) 我們訪問老師之後，有部分的老師對於生態膠囊有疑慮，認為若堆置不好，可能讓人覺得環境髒亂，是否會滋生其他如老鼠之類的危害生物？

有些老師擔心生態膠囊會讓環境變髒，不過我們覺得這正代表「環境教育的宣導很重要」。如果不了解它的真正用途，就容易有誤會。因此，我們希望能在學校的朝會上向全體同學介紹生態膠囊，請老師給我們一點時間，讓我們說明它的作用與好處。

我們舉「小黑蚊」為例來說明。很多人以為小黑蚊很多是因為環境髒亂，但其實是因為生態失衡，欠缺牠的天敵。如果校園裡有更多棲地可以吸引蜻蜓、蜘蛛或寄生蜂這類昆蟲來定居，它們自然可以抑制小黑蚊的數量。製作生態膠囊目的就是提供一個小型的棲地，讓更多生物願意進來住，讓校園的生物多樣性變得更穩定。

我們也會向同學們強調，生態膠囊不是亂堆的垃圾，而是經過設計、定期檢查的環境裝置。只要大家理解它的理念，甚至一起參與照顧它，就會發現這不只是「放在角落的箱子」，而是我們親手打造的自然小基地。

(五) 114.9.23 樺加沙颱風來襲，我們的家鄉-光復鄉嚴重受創，成了災區。其中有一條新聞，在光復鄉的垃圾掩埋場的垃圾，全被沖到更下游的街道上，造成嚴重的衛生問題，這不禁也讓我們回顧起製作生態膠囊的初心。

新聞畫面中，光復鄉垃圾掩埋場的垃圾被大水整個沖進村落，滿地的塑膠袋、泡棉、瓶罐堆滿街道，居民連家門都走不出去。看著那些畫面，我們心裡很震撼，也很難過。這些垃圾原本只是被「暫時放在那裡」，但當天災一來，它們就變成真正的威脅，污染土地、水源，也影響居民的健康。

這件事讓我們重新思考「垃圾到底去了哪裡？」我們以前以為垃圾被載走、掩埋就沒事了，但原來它只是被藏起來，並沒有真正消失。只要有一次豪雨，它們就會全部回到我們的生活中。這也讓我們更確定，我們做「生態膠囊」的意義，用自己的力量提醒大家：垃圾減量的重要性。生態膠囊雖然只是一個小小的裝置，但它代表的是「循環」的概念—落葉可以變成昆蟲的家，枯枝可以變成土壤的養分，儘量地減少可能變成垃圾的物品，一起珍愛大地，疼惜地球。

颱風帶給我們的，不只是破壞，也是一個提醒。我們更想用行動證明，國中生也能從自己的校園開始，改變家鄉的未來。



二、研究結論

(一)生態教育推廣：垃圾變教材，廚餘再利用更環保

透過這次的研究，我們發現原本會被丟掉的枯葉、果皮等自然廢棄物和廚餘，其實還能變成有趣的生態教材。只要經過分類和簡單處理，就可以拿來製作生態膠囊或觀察盒。我們在動手的過程中，不只學到昆蟲和微生物的知識，也真正了解「垃圾不是沒用，而是放錯地方的資源」。這樣的方法還能減少廚餘量，讓清潔人員更輕鬆，垃圾車也不用載那麼多。如果未來每個班級或社區都能一起參與，大家都能體驗「回收 → 製作 → 觀察 → 分享」的循環，環保就不再只是口號，而是我們真的做得到的事。

(二)打造友善棲地，提升生物多樣性，穩定校園生態

在這次的觀察中，我們發現生態膠囊不只是裝飾品，而是真正能吸引小型生物入住的「微型棲地」。常見的居民有螞蟥、蜘蛛、蝸牛、鼠婦與馬陸等，不同材質與放置位置也會影響牠們的分布，這代表我們可以依照需求設計「昆蟲旅館」或「分解者站」。

更值得注意的是，枯葉與果皮逐漸被分解後，土壤顏色變成黑褐色，還散發出自然的土壤氣味，這顯示分解作用正在進行。當生物種類變多，彼此之間會形成食物鏈與平衡關係，例如蜘蛛與青蛙等掠食者能有效減少小黑蚊或是小黑蚊的子子，反而能抑制某種生物大規模的發生。

這證明只要創造適合的棲地，就能提升生物多樣性，同時也能穩定整體生態。

(三)【未來願景】讓生態膠囊更進化，變成全校的環保行動！

這次的成果證明生態膠囊真的可行，因此我們也發想了幾個升級版的做法，希望未來可以在全校舉辦「班級膠囊設計賽」，讓每個班級自由發揮創意，看誰的膠囊最受小動物青睞，讓環保變得有趣又有競爭感。同時成立「校園生態偵探社」，由對自然有興趣的同學定期記錄各膠囊的生物名單，建立專屬於本校的生物地圖。如果能在圍牆邊或花圃角落陸續擺放膠囊，還能形成「校園生物廊道」，讓小生物可以安全移動與定居。最後，我們也希望開設「環保小達人工作坊」，由熟悉製作流程的同學擔任小老師，把這項計畫推廣到學弟妹甚至社區。

肆●引註文獻

- 一、張國瑩（1911）。旋轉窯焚化爐的控制策略。產業永續發展整合資訊網。
- 二、賴要三（1984）。彰化縣同安國民小學。國立臺灣科學教育館。
- 三、林鈺荏、蔡正賢(2025)。土壤質地簡易測定方法。農業部苗栗區農業改良場。
- 四、克莉斯汀·歐森(Kristin Ohlson)、周沛郁(2016)。
土壤的救贖：科學家、農人、美食家如何攜手治療土壤、拯救地球。大家出版。
- 五、朱耀沂（2012）。台灣昆蟲教室。天下文化。
- 六、PHC 影片：土壤是一種有機生命體 (中文字幕) (2018)
https://www.youtube.com/watch?v=d_l2ysdCkvI
- 七、禾豐景觀工程有限公司（2021）。校園樹木與植栽調查。國立海洋大學。
- 八、枯枝落葉創生機 打造永續共生環境 | 小世界周報 | 世新大學新聞學系(2025)
<https://www.youtube.com/watch?v=598sD76vNcU>
- 九、藤原俊六郎、周若珍(2017)。土壤的基礎知識。晨星出版有限公司。
- 十、岡本順孝、元子怡(2018)。無肥料健康栽培農法。瑞昇文化事業股份有限公司
- 十一、莉茲·李·海涅克(Liz Lee Heinecke)、王翎、甘錫安(2020)。
STEAM 科學好好玩。小麥田出版。
- 十二、里山里海工作室(2024) 落葉膠囊可以塞什麼
<https://www.youtube.com/watch?v=XnAAMhsjcZA>
- 十三、環境資源中心(2024) 花蓮震後三週垃圾增二成 氣化爐復燒最快還要一個月
<https://e-info.org.tw/node/238961>
- 十四、公視新聞網（2021）花蓮無焚化爐 垃圾須送到宜蘭代焚燒
<https://news.pts.org.tw/article/507721#>
- 十五、台視新聞網 (2025)光復民宅門前出現「垃圾海」 放晴後飄惡臭
<https://www.youtube.com/watch?v=warGDjc0xuk>