

對接新課綱環境教育五大主題之能資源永續利用 以桃園市中平國小循環校園新生活為例

桃園市中壢區中平國小校長 劉雲傑

什麼叫循環校園新生活？簡單的說，就是在「廢棄物減量」的前提下，進行校園空間規劃，以及日常的校園生活，實踐《能資源永續利用》的理念！《能資源永續利用》是新課綱環境教育五大學習主題(環境倫理、永續發展、氣候變遷、災害防救，能資源永續利用)，用以實踐「校園廢棄減量」落實低碳校園的理念，為氣候變遷減緩盡一份心力，讓環境《永續發展》的具體作法。

中平國小循環校園的理念，主要是「能資源永續利用」具體實踐，透過「物質循環」、「資源循環」、「食物循環」以及「生態循環」達到能資源循環利用的效果，減少校園廢棄物:並以循環校園的理念，建置學校的「食農體驗園區」。園區內各項空間活化設施，包括《布馬農園》《布枯枝落葉的家》《智慧雨撲滿》《廚餘黃金屋》《綠能魚菜共生系統》《獨居蜂旅館》《雞兔同籠》，都是藉這《能資源永續利用》達到循環校園的目標(如圖一)。

整個食農體驗園區透過「資源與能源循環」的理念，促使項設施整體運作。例如《布馬農園》蔬菜栽植的澆灌用水與《魚菜共生系統》池水的補充，以及《枯枝落葉的家(落葉堆肥區)》強化腐熟用水，其水源供應來自《智慧雨撲滿(雨水回收系統)》；而園區種植蔬菜的蟲害處理，藉由生物性除蟲《獨居蜂旅館》減緩農場蟲害的程度；蔬菜養分的供應，則是來自解決校園落葉問題的《枯枝落葉的家(落葉堆肥區)》，以



圖一 資源與能源永續利用循環

中平生態/生產/生活循環校園示意圖



圖二 循環校園示意圖

及《廚餘黃金屋(智慧廚餘機)》，甚至來自「雞兔同籠(可愛動物區)」的排泄物，都是蔬菜種植有機質養分的來源。營養午餐廚餘堆也能加速落葉堆肥的腐熟，腐熟後的堆肥氮含量增加，沃化貧脊的土壤。有了豐富天然的雨水與有機養分的土壤，師生農場經營更加得心應手；可愛動物區的小動物也能享

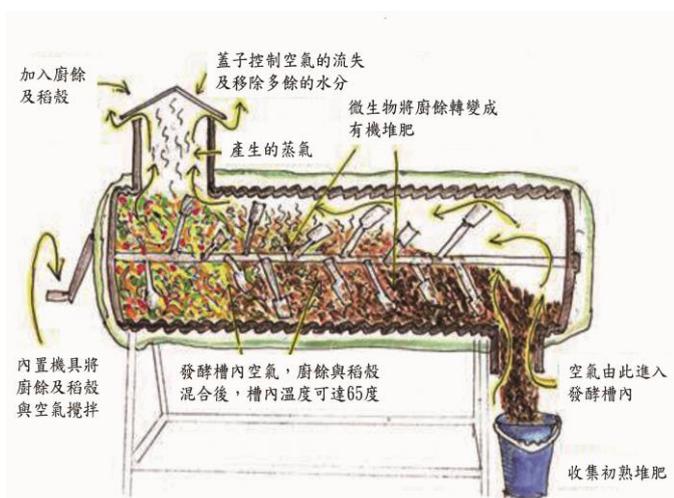
用小朋友親手種植的新鮮蔬菜（如圖二）。

以下就針對循環校園中的「物質循環」與「食物循環」的《好氧消化堆肥》與《厭氧消化堆肥》進行說明《能資源永續利用》的校園做法：

一、好氧消化堆肥

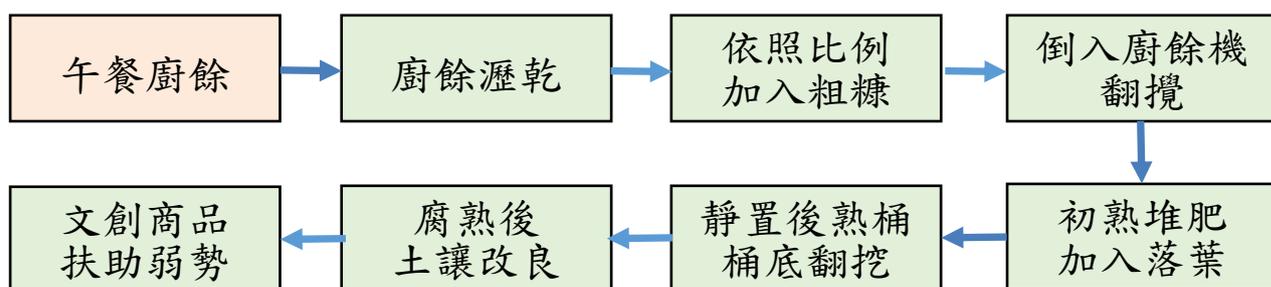
將校園「惱人落葉」（學校約有五十多棵樹木，平均一年落葉量至少三噸），以及「午餐廚餘」（師生 1550 人，平均每天產生五十公斤廚餘），搭配稻殼和回收雨水，進行《好氧消化堆肥》處理，利用微生物菌與廚餘之間的發酵，不但有效化解「午餐廚餘」對環境產生的負荷，同時可以進行「校園土壤改良」增加土壤中的氮磷鉀，增加《布馬農園》蔬果產量，甚至精緻化包裝後，作為義賣扶助弱勢的財源。

(一)廚餘發酵機的構造與原理(如圖三)



圖三 廚餘發酵機的構造與原理

(二)廚餘發酵機操作流程



(三) 落葉廚餘發酵機操作說明(如圖四)

1. 每日午餐廚餘收集：

學校班級五十班以上，每日都會產生大約 50 公斤的廚餘，我們利用餐後時間收集午餐的廚餘，填裝於特製的「廚餘瀝乾手推車」。

2 廚餘瀝乾：

利用本校特製的「廚餘瀝乾手推車」，利用在運送的過程中，一邊行進，一邊進行水分瀝乾，並利用手壓的方式，來減少廚餘中的水分。

3. 為了讓廚餘能順利的發酵，我們調整適當的「碳氮比」，將瀝乾後的廚餘秤重後與一定

比例的「粗糠」一同攪拌。

4. 把與「粗糠」攪拌後的廚餘，倒入「廚餘攪拌機」內，進行第二次的攪拌，拌均後，靜置等待初熟，並定期量測溫度。

5. 經過三天的初熟後，利用攪拌機的螺旋設計，先進先出，取出後放入無底「後熟桶」中，並加入落葉一同置放，並定期量測溫度。

6. 靜置一個星期後，由「後熟桶」桶底翻挖，將下方的堆肥再置放回「後熟桶」的上層，讓整桶的堆肥能夠達到熟成。

7. 「後熟桶」不斷的翻挖，並長時間置放，並保持合適的溫度、溼度，熟成後直接用於農場土壤施肥，促進農場蔬果的產量。

8. 經長期間熟成的肥料，利用篩網篩除過大、過粗的葉梗或骨頭等，取得精緻的肥料，進行包裝，成為環境教育交流與扶助弱勢義賣的文創商品。



1. 廚餘收集-每天50公斤的午餐廚餘。 2. 設計廚餘瀝乾手推車。 3. 填裝廚餘機所需要的午餐廚餘。 4. 邊走邊推，瀝乾廚餘湯汁。 5. 戴上手套壓乾廚餘剩餘的水分。 6. 廚餘秤重記錄。



7. 稻殼秤重記錄。 8. 廚餘和稻殼3比1比例混合。 9. 將混合好的廚餘稻殼倒入廚餘機。 10. 轉動廚餘機讓空氣進去進行好氧消化。 11. 記錄溫度，維持在65度C左右。 12. 手搖廚餘機，搖出初熟堆肥。



13. 將初熟堆肥到進後熟桶。 14. 加入落葉、咖啡渣，像三明治般的堆疊。 15. 每隔兩星期翻攪後熟桶裡的堆肥，加速腐熟。 16. 腐熟完成的堆肥經過篩選取出完全腐熟的堆肥。 17. 完全腐熟的精緻堆肥900克包裝。 18. 貼上標籤作為校慶義賣，扶助弱勢，以及環境教育推廣。

圖四 落葉廚餘發酵機操作流程

(三)落葉廚餘變堆肥黑金的成效

1. 有效消解午餐廚餘變堆肥

廚餘發酵每日溫度約為 56 度-69 度，每月使用約 150 公斤廚餘，與稻殼落葉一起消化成 22 公斤的初熟堆肥，成效驚人（如表一）。

完成

中平國小廚餘堆肥記錄表.xlsx



桃園市中壢區中平國小廚餘堆肥記錄表						
日期	星期	加入廚餘量(Kg)	加入稻殼量(Kg)	溫度 C°	後熟堆肥量(Kg)	
9月1日	二					
9月2日	三	12	4	RT(室溫)		溫度計故障
9月3日	四	9	3	RT		溫度計故障
9月4日	五	12	4	RT		溫度計故障
9月5日	六					
9月6日	日					
9月7日	一	9	3	RT		溫度計故障
9月8日	二	9	3	69		
9月9日	三	6	2	69		
9月10日	四	6	2	66		
9月11日	五					因為發酵桶已滿，暫停
9月12日	六					
9月13日	日					
9月14日	一			56		觀察初熟堆肥外觀，熟
9月15日	二	9	3	65		以初熟堆肥代替稻殼
9月16日	三	6	2	65		以初熟堆肥代替稻殼
9月17日	四	9	3	67		以初熟堆肥代替稻殼
9月18日	五	9	3	67		以初熟堆肥代替稻殼
9月19日	六					
9月20日	日					
9月21日	一	6	2	59	12	
9月22日	二	9	2	63	10	
9月23日	三	9	2	62		
9月24日	四	9	2	64		
9月25日	五	6	2	63		
9月26日	六			61		後熟堆肥做翻堆
9月27日	日					
9月28日	一	6	2	61		
9月29日	二	6	2	65		
9月30日	三	9	3	65		
總計		156	49		22	
1. 9月2日開始製作廚餘堆肥，9月7日發現溫度計故障						
2. 9月8日量測堆肥溫度已經上升到69°C，顯示廚餘與稻殼的比例適當						
3. 9月份的溫度維持在56-69°C之間，平均溫度64°C。顯示微生物進行分解廚餘的狀況良好						
4. 9月份總共使用156公斤廚餘+49公斤稻殼						

表一 中平國小廚餘堆肥紀錄表

2. 有了廚餘堆肥滋養蔬果，收成豐碩有助於食農教育持續經營。這些經由大家所努力製造的「黑金」，正好可用於校園農場的土壤改造，每年上學期利用落葉廚餘堆肥，進行三年級食農教育課程，增加農園蔬果產量，增添師生有機栽植的信心，有助於食農教育持續經營的意願。



3. 有助於感恩教育實踐-向陽花海愛相隨

下學期利用落葉廚餘堆肥，進行向日葵感恩教育，三年級親手摘種向日葵，45天的悉心照顧，為六年級畢業生獻上畢業祝福。同時配合向日葵成長歷程，指導三年級進行自然生態寫作(natural journal)，讓孩子們寫下45天照顧畢業葵花的心路歷程，同時畫下葵花種子轉變成葵花的驚奇與感動，喚起孩子樂於寫作的意願。

4. 有助於有機食農的觀念推廣至鄰近社區，部分社區居民群起仿效；甚至影響其他學校(包含外縣市學校)，到校交流取經，擴大影響效益。

(1)利用落葉廚餘黑金發展食農小園丁課程，除了培養孩子「憫農」的生活態度，並藉由孩子們「辛苦產出的蔬菜」帶回家，將有機無毒的觀念推廣至社區家長。

(2)送您一把中平的泥土

a. 每年學校校慶義賣《送您一把中平的泥土》伴手禮，推廣《能資源永續利用》的理念，並將義賣所得扶助弱勢學生(如圖五)。



圖五 送您一把中平的泥土伴手禮

b. 作為學校「葵花金點獎榮譽、經典禮品贈達人」獎勵學生的禮品。

c. 作為校際各項教育交流的外賓伴手禮，或是分享校內員工、社區志工家長，推廣「廢棄減量校園循環新生活」。

d. 部分志工因實際參與學校有機無毒實農協作，也把家中閒置荒蕪的後院，如法炮製，把學校製成的堆肥帶回家，進行後院土壤改良，如今荒蕪變良田，成就感十足。自發性訂定「週三食農志工日」，除了分享有機食農經驗外，持續為學校推廣食農的意願。



向陽花海 畢業祝福



外賓伴手禮

二、厭氧消化堆肥

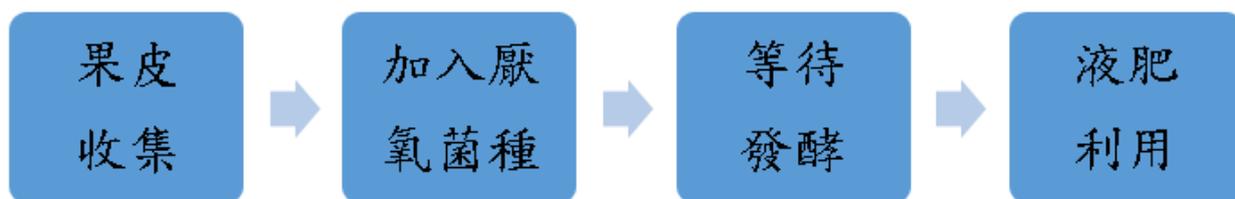
利用厭氧微生物降解廢棄物(高汙染物)，收集學校「每周水果日」丟棄的果皮廢棄物，經過《厭氧消化堆肥》處理，消解果皮後的「天然液肥」，作為清潔劑、除蟲劑、有機種植液態肥料、登革熱防治等，甚至可以作為生質能(沼氣)發電，達到垃圾減量與資源循環利用的效益。

(一)厭氧消化堆肥的原理(如圖六)



圖六 厭氧消化堆肥的原理

(二) 果皮類廚餘堆肥-廚餘黃金屋施做流程圖(如圖七)：



1. 果皮收集：利用每個星期四，到班上收取準備好的果皮收集筒，將果皮集中，送至「廚餘黃金屋」。
2. 因為果皮類廚餘堆肥是屬於「厭氧發酵」，所以將果皮放入特製的發酵筒內後，再撒上少許的「厭氧菌種」，並馬上蓋上筒蓋密封。
3. 靜置約一個星期後，經由特製的厭氧發酵桶的排水口開關，可以開始取用液肥。



圖七 果皮類廚餘堆肥-廚餘黃金屋施做流程圖

- (一)廚餘液肥含有大量菌種，稀釋 30-50 倍，可作為洗手台、流理臺、水管等，分解汙垢，疏通管路，防止蟑螂滋生；充當馬桶沖洗劑，可延長化糞池使用壽命。
- (二)廚餘液肥加水 50-100 倍稀釋，可充當澆灌植物的肥料，稀釋 200 倍噴灑菜葉可增強抗病蟲害能力。
- (三)廚餘液肥原液倒入水溝，改變水溝水質環境，抑制蚊蟲(白線、埃及斑蚊)產卵有效進行登革熱防治。



原本惱人的校樹落葉，在「枯枝落葉的家」設立後，成了校園第一個「能資源永續利用」的先鋒，並邀請在地社區落葉堆肥達人張清士先生，到校指導落葉堆肥施做；將熟成的肥料用於學校農場的施肥和土壤改良，成為有機食農種植的功臣。

有效處理校園落葉「化荒蕪死角為有機食農角落」之後，更帶動了「校園零廚餘」的理念；為了減少校園廢棄物造成環境的負擔，積極與《台灣廚餘資源化協會》合作，該協會致贈學校《廚餘發酵機》，增設「午餐廚餘回收堆肥區」，透過孩子們動手操作廚餘發酵，大量降解午餐廚餘變肥料黑金，延伸午餐廚餘的利用價值；並融入「文化創意商業」的賣點，把我們長時間努力製作的肥料，精緻包裝成《送您一把中平的泥土》(如圖五)，成為政府推廣有機食農、校際環教交流與扶助弱勢義賣的最佳禮品。

此外，我們也把「午餐水果廢棄物」納入校園減廢再循環，再增設「廚餘黃金屋」，將午餐水果皮集中堆肥營養液製作，不僅能用於學校農場中作物的施肥，也能成為學校防治「登隔熱」的一大助力；這些「校園減廢循環利用」的舉措，除了達到減少校園廢棄物的目的，重新負予這些廢棄物新的價值之外，也讓學校環境變得更加綠意盎然而友善親和，更是成了學校環境教育推廣的一大特色。

我們將校園死角與閒置空間進行「有機農場」局部改造，利用校內「真實的環境中」進行「食農教育」



的體驗，讓孩子們深刻體認「親手栽種」到「快樂收穫」皆是辛苦所得；從辛苦耕耘的過程中，讓他們親近環境，了解自然界「能資源永續利用」的道理，嘗試與他人合作協力進行「校園減廢再循環」的學校生活，共同解決校園的環境問題，進而形塑「感恩惜福」的素養，這樣的學習歷程不也是新課綱所強調的素養導向教學模式；因此，在此極力呼籲，實踐新課綱素養導向的教學理念，就從環境教育開始吧！