

中華民國第 61 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 生活與應用科學(二)科

佳作

082922

壓縮「垃」-頂天立地壓縮垃圾桶

學校名稱：臺北市大安區金華國民小學

作者： 小五 趙作芙 小五 趙作迺	指導老師： 許碧珊
-------------------------	--------------

關鍵詞：公廁垃圾、彈簧伸縮式壓蓋、
改造回收飲料杯

摘要

公廁裡的垃圾桶常有衛生紙滿出來，甚至掉到地上很不衛生，其實稍微擠壓一下就好了，但一般人都覺得噁心而不會這麼做，且在 COVID-19 疫情期間，如何避免接觸是重要的課題，因此我們想設計一款能夠解決這個問題的垃圾桶。

垃圾壓的愈密實垃圾桶就可以裝愈多，依此，我們改造回收飲料杯，並設計出彈簧伸縮壓縮垃圾桶。實驗發現垃圾桶要頂天立地夠穩夠重，壓縮裝置才會自動擠壓垃圾。經多次改造，這款壓縮垃圾桶，在每次關上蓋子時壓縮裝置會擠壓垃圾，並且隨著垃圾頂到時，壓縮裝置會慢慢縮回增加垃圾桶容量，且清理垃圾後，壓縮裝置會自動恢復。與未改造的原始垃圾桶比較，可多裝 155% 的衛生紙糰，這款壓縮垃圾桶將可解決公廁髒亂現象。

壹、研究動機

我們常在上公廁時看到廁所裡的垃圾桶有很多衛生紙滿出來，甚至掉到旁邊的地上很不衛生，其實衛生紙只要稍微擠壓，就可以空出更多的空間，問題是一般人看到公廁裡的垃圾滿出來，也不會想要去擠壓。市面上有一些壓縮垃圾桶，但都需要用手壓或用腳踩去進行擠壓，所以我們想要透過這個研究，設計一款垃圾桶，不需要用人力另外進行擠壓，就可以讓衛生紙自動進行壓縮，不會太快滿出來，一方面解決公廁髒亂的現象，另一方面打掃人員也不會那麼辛苦，更有助於減少垃圾袋的使用成本，一舉數得。

貳、研究目的

- 一、觀察公廁垃圾桶及周邊髒亂的原因。
- 二、分析公廁垃圾桶的形式並找出最適合改裝的垃圾桶。
- 三、找出壓縮垃圾的原理原則，並探討生活中可能的方式。
- 四、設計一款不需要用手擠壓，就可以壓縮衛生紙的垃圾桶。

參、研究設備及器材

表 1：研究設備及器材彙整表

製作工具	熱熔槍、剪刀、刀片
改造材料	垃圾桶、磁鐵、手搖飲料塑膠杯、紙杯、厚紙板、紙筒(廚房紙巾內紙筒、保鮮膜內紙筒、洋芋片紙罐)、保特瓶、彈簧、軟管
測量用具	電子秤、長棍、衛生紙、電池、磁鐵、1 元硬幣、彈珠

肆、研究過程與方法

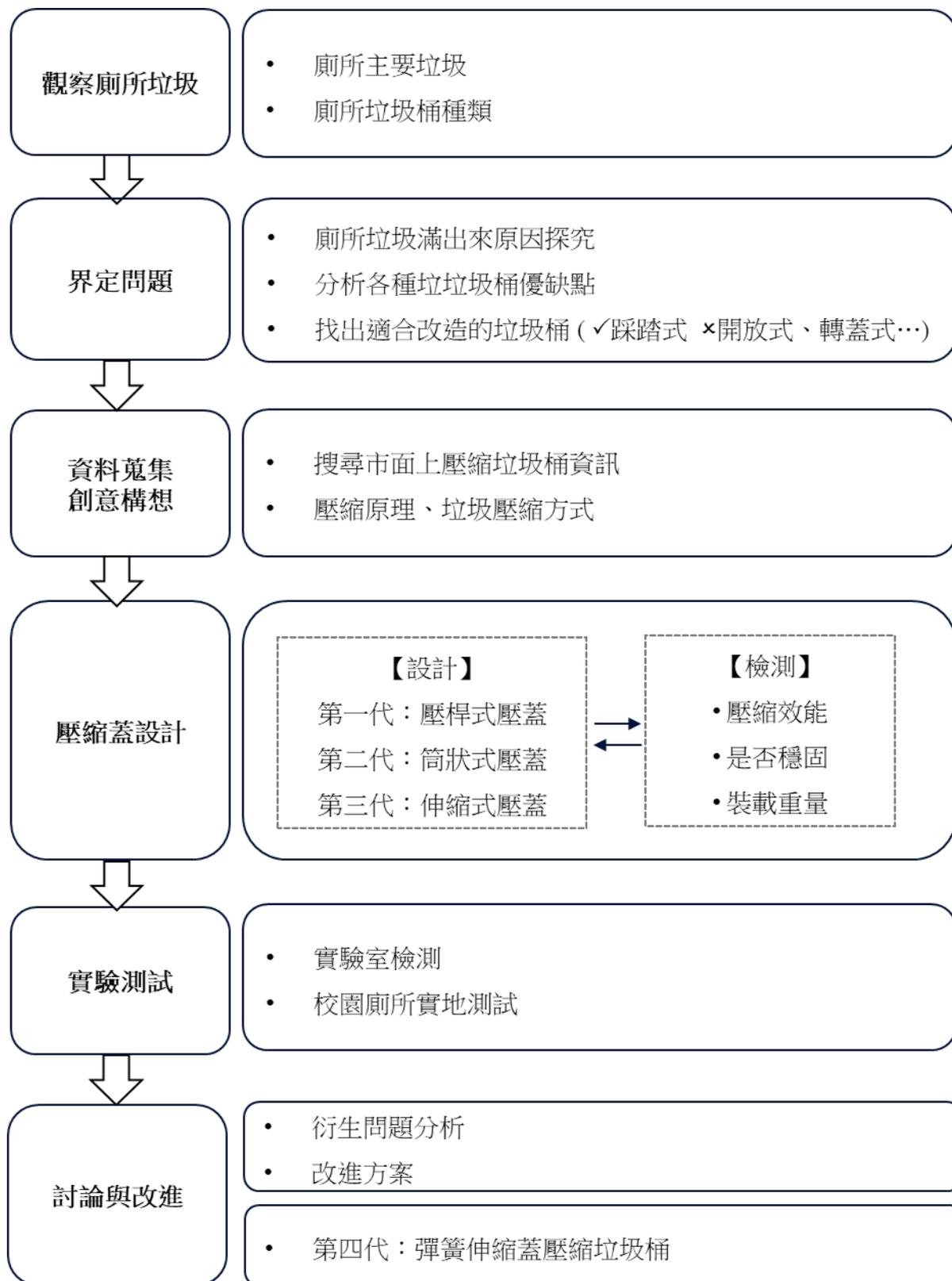
一、研究期程

表 2：研究期程表 (共 158 天)

研究階段	目的	日期	天數
尋找主題	討論研究主題、範圍	109/7/10~7/16	7 天
觀察廁所垃圾及垃圾桶	● 觀察家庭廁所、公園廁所、醫院廁所、球場廁所、學校廁所、賣場廁所垃圾及垃圾桶	109/7/20~7/25	6 天
搜集垃圾桶資料	● 觀察研究各大賣場販售的垃圾桶 ● 上網搜集垃圾桶種類、壓縮垃圾桶資料	109/8/1~8/9	9 天
設計壓縮垃圾桶	● 針對廁所垃圾「衛生紙」，設計壓縮垃圾桶 ● 分析討論及持續改良	109/8/11~10/18	69 天
設計實驗方法及驗證	● 模擬製造垃圾，設計公平衡量垃圾量的方法 ● 測試各款壓縮垃圾桶可裝的垃圾量	109/10/16~10/25 110/5/16~5/25	20 天
討論及整理報告	● 整理分析實驗數據，討論未來改進方向 ● 反思與整理報告	109/10/24~11/15 110/5/12~5/28	27 天
校園實測	● 驗證在實際生活中是否有用	110/02/22~02/24	3 天
持續改進	● 探究衍生問題、尋找解決方案	110/5/1~5/28	28 天

二、研究流程圖：

圖 1：研究流程圖



三、觀察與資料查詢

(一) 廁所垃圾觀察

表 3：公廁垃圾桶觀察表

洲際棒球場	永康公園	臺北醫學院醫院	松菸文創園區
			
踩踏式	開放式	踩踏式	轉蓋式
<p>觀察發現：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 廁所裡的垃圾主要是衛生紙。 2. 廁所垃圾桶如果不够大或沒有頻繁的清理，衛生紙很容易滿出來。 			

(二) 市面上販售垃圾桶

表 4：市售垃圾桶形式表

開放式垃圾桶	轉蓋式垃圾桶	掀蓋式垃圾桶
		
踩踏式垃圾桶	按壓式垃圾桶	感應式垃圾桶
		

觀察發現：踩踏式垃圾桶因為有不必用手就可以打開「蓋子」的特性，且價格合理，所以較適合用來改造。

(三) 市面上販售之壓縮垃圾桶

表 5：市售壓縮垃圾桶比較表

英國 Joseph 壓縮垃圾桶			
			
<p>環保壓縮式不鏽鋼垃圾桶，設有下壓手把，避免手直接接觸垃圾，當垃圾滿時，手握手把下壓，壓縮功能讓垃圾桶容積擴增 66%。售價：(20L)新臺幣 13500 元</p> <p>缺點：需要用手壓垃圾且售價很高。</p>			
lzip 壓縮垃圾桶			
			
<p>直接用手將垃圾桶蓋上的壓縮板向下壓，壓下後會自動彈回，可提升垃圾桶容量 3 倍。臺灣設計多國專利。售價新臺幣 799 元。</p> <p>缺點：需要用手壓垃圾，甚至手有可能碰到垃圾。</p>			

美寧智慧型感應壓縮垃圾桶



垃圾桶蓋上附有桿子，當垃圾滿時將手壓桿裝上，手動下向擠壓垃圾，垃圾被壓縮後存放多出 40% 的容量。售價新臺幣 2980 元。

缺點：雖然有手壓桿，但仍然需要用手壓垃圾。

其它壓桿式壓縮垃圾桶



有壓擠垃圾功能的垃圾桶，標榜清潔衛生又不沾污手。手壓桿壓擠垃圾功能，可將垃圾擠得滿滿滿，減少垃圾袋使用量，省錢又環保。拍賣網販售價新臺幣 699 元。

缺點：雖然有手壓桿，但仍然需要用手壓垃圾。

腳踩式壓縮垃圾桶



採用可收縮的設計，因此當垃圾塞滿後，想要壓縮垃圾的體積，只需要用力踩下即可，腳放開垃圾桶自己恢復原狀。目前只有 2009 年網路資料，但已找不到販售資訊。

缺點：腳須抬高，可能會因為身體重心不穩，造成跌倒的危險。

手動式壓縮環保垃圾桶



蓋子下方使用有彈性的伸縮壓板，用手去壓縮垃圾，垃圾桶可裝更多且不會碰觸到垃圾。售價 168.27 美金(約臺幣 4890 元)。

缺點：需要用手壓垃圾，在 COVID-19 疫情期間，如何避免接觸是重要的課題。

(四) 定義問題：

目前市面上販售的壓縮垃圾桶，原理都是利用「手」或「腳」去另外進行擠壓垃圾，把垃圾壓緊、壓實後，讓垃圾桶可以增加存放量。但是大部份去上廁所的人，包含我們自己，無論垃圾桶是否滿了，都不會主動想要去擠壓垃圾桶裡的垃圾，更不會去撿滿出垃圾桶的衛生紙，應該只有清潔人員才會去擠壓整理垃圾，我們推測這也是為什麼目前為止都還沒在公廁看過壓縮垃圾桶的原因，另外公廁的清潔人員不是無時無刻都在廁所裡，無法在第一時間整理，如果我們做出一款不需要用手擠壓，就可以讓衛生紙縮小的垃圾桶，增加垃圾桶的容量，這樣就可以在 COVID-19 疫情期間避免接觸，並解決公廁髒亂的問題。

(五) 垃圾壓縮原理

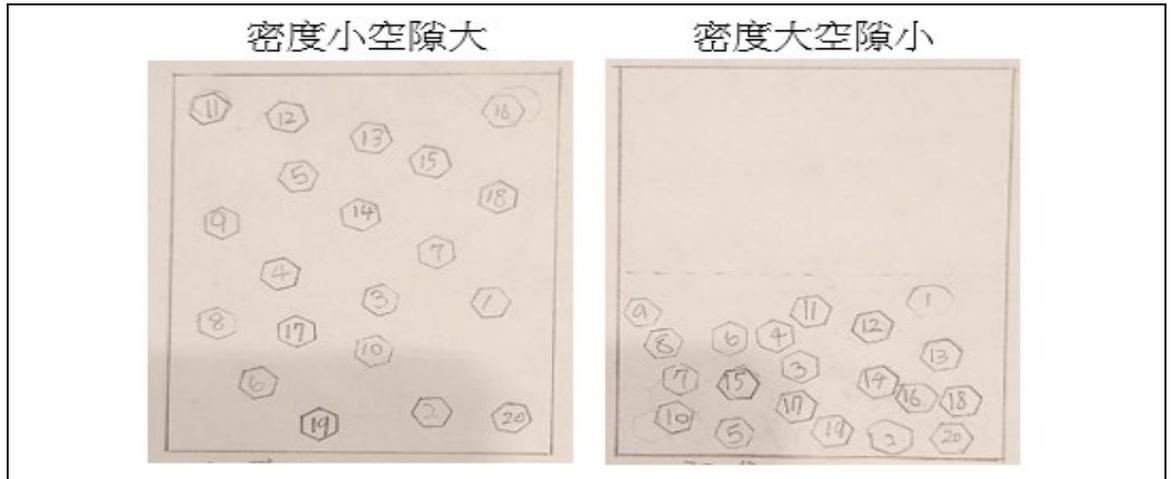
垃圾壓縮包含有物理壓縮和化學壓縮過程。物理壓縮過程是指通過外界壓力的作用，使垃圾中各種物質間間隙變小，從而減小垃圾中各種物質的存在空間，提高了垃圾的密度。化學壓縮過程是指垃圾中的有機組分在生物化學的作用下不斷分解的過程。這兩種變化過程具有相互促進的作用，物理壓縮使垃圾中有機物的密度增大，而密度的增大可以提高反應濃度，加速生物化學作用，從而加速垃圾中有機物的分解，產生空隙為物理壓縮提供了可再壓縮的空間。由於固體廢物的壓實比取決於廢物的種類和系統施加的壓力，故物理壓縮過程是主要的壓縮過程，這個過程主要由垃圾壓縮機來完成。

以市面上的壓縮垃圾桶為例，用手或腳將垃圾壓實，使垃圾桶中衛生紙間隙變小，節省空間增加垃圾桶內容量，這就是物理壓縮。

(六) 密度、體積、重量

體積是指一個物體所占的空間大小，黃金和棉花的體積相等時，黃金比棉花重很多，同樣的體積重量越重，密度越大；重量越輕，密度越小。所以垃圾桶裡的垃圾與垃圾間的空隙越小，密度越大，這樣垃圾桶就可以裝更多的垃圾。

圖 2：密度與容積示意圖



體積與密度觀察實例：

國小廁所內垃圾桶裡的垃圾滿了，塑膠垃圾桶的蓋子已經蓋不起來，用腳輕輕踩垃圾桶的蓋子，腳放開後踩踏式垃圾桶的蓋子並沒有被垃圾頂開，垃圾桶蓋可以闔上了。這是因為垃圾經過擠壓後，垃圾間的空隙變小，所佔的體積較小。

圖 3：市售踩踏式垃圾桶觀察實例圖



觀察垃圾桶發現，要有一定的壓力去壓垃圾，才能讓垃圾縮小，而當垃圾桶裡的垃圾與垃圾間的空隙越小，密度越大，體積會越小，所以在相同的容積的垃圾桶裡，內容物密度越大體積越小，就可以裝更多，如果能達到上述幾項，並且不需用手、腳去直接擠壓垃圾，就會是一款很棒的壓縮垃圾桶。

伍、研究結果

一、壓縮蓋設計

(一) 第一代：壓桿式壓縮蓋

1. 設計構想：

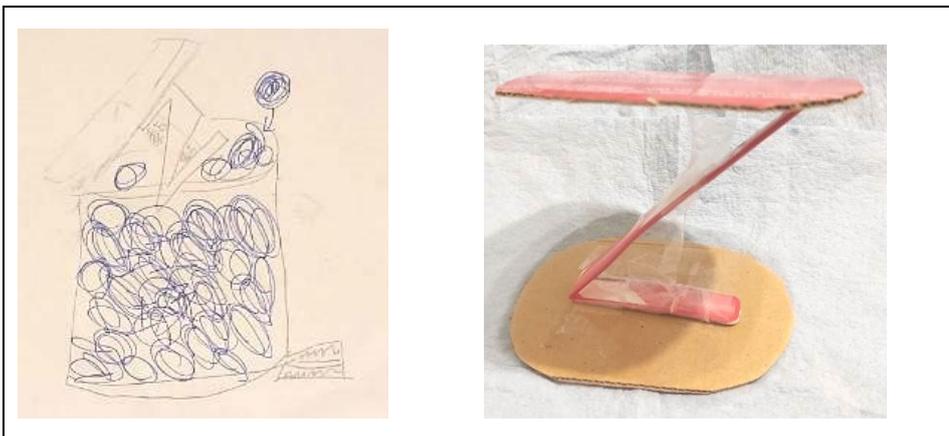
- 使用踩踏式垃圾桶改造
- 在垃圾桶蓋上加裝壓板
- 當垃圾桶蓋上時，壓板向下擠壓垃圾

2. 材料：硬紙板、雙面膠、膠帶、吸管。

3. 製作說明：使用紙板折成 Z 字型兩端各黏上厚紙板，一邊固定在垃圾桶蓋裡（如圖 4）。

4. 觀察發現：Z 字型紙板太軟彈性不足，壓縮功能不足，且會把垃圾勾起來，所以針對這個部份改善。

圖 4：Z 字型壓桿式壓縮蓋設計概念及實作圖



(二) 第一代改良：彎曲吸管壓桿式壓縮蓋

1. 設計構想：

- 垃圾桶蓋內的裝壓板改以彎曲吸管代替 Z 字型紙板
- 當垃圾桶蓋上時，壓板向下擠壓垃圾

2. 材料：彎曲吸管、竹筷、硬紙板、雙面膠、膠帶、熱熔槍。
3. 製作說明：剪一段彎曲吸管，兩端各塞入一段竹筷，吸管彎曲 45 度用膠帶固定，吸管一邊黏上預先準備的厚紙板，另一邊固定在踩踏式垃圾桶蓋上。用吸管當成壓桿明顯比紙板效果好（如圖 5）。
4. 觀察發現：丟垃圾時洞口會被壓板阻擋，且衛生紙會被壓板勾出來。

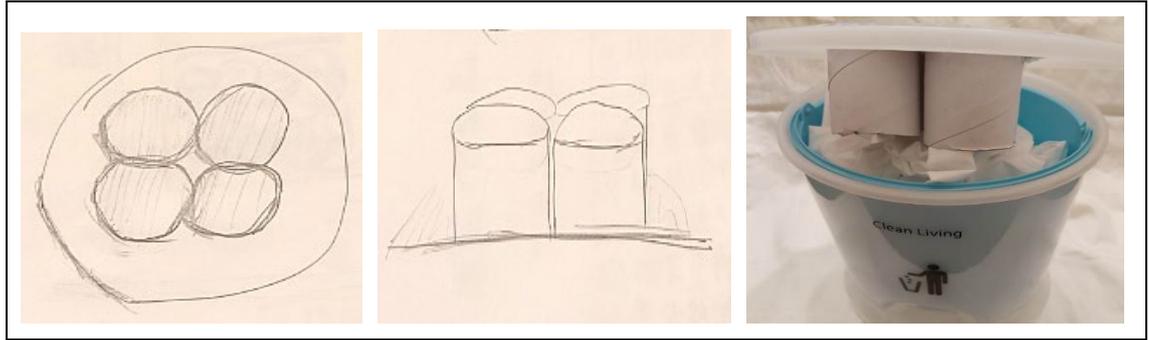
圖 5：彎曲吸管壓桿壓縮蓋設計概念及實作



(三) 第二代：筒狀式壓縮蓋

1. 設計構想：改善壓縮板擋住洞口及勾起垃圾的問題，捨棄第一代彈性壓縮桿改用圓柱筒代替。
2. 使用材料：保鮮膜內的紙捲筒、硬紙板、雙面膠、膠帶。
3. 製作說明：將保鮮膜內的紙筒切割成每段 5 公分的圓柱，四個一組併排成一個立柱群黏在垃圾桶蓋裡，只要垃圾滿到靠近垃圾桶蓋子時，壓縮筒即可以擋住並擠壓最上層的垃圾，垃圾就不會直接滿出來（如圖 6）。

圖 6：筒狀式壓縮設計概念及實作圖



4. 觀察發現：因為塑膠垃圾桶蓋太輕，垃圾蓋會被垃圾頂起來，所加裝的壓縮筒並沒有達到壓縮垃圾的功效。
5. 反思：需增加蓋子的重量，壓縮筒才能發揮功效，把衛生紙往下壓。

(四) 第二代改良：加重型筒狀式壓縮蓋+塑膠垃圾桶

1. 設計構想：承襲第二代原型，加重蓋子重量。
2. 使用材料：加重材料 3 號電池、垃圾桶。
3. 製作說明：在垃圾桶蓋上逐次加上三號電池，太輕沒有作用，逐次測試後 5 顆電池達到壓縮功能(如圖 7)。

圖 7：塑膠筒狀壓縮改良實作圖



4. 觀察發現：在垃圾桶蓋上增加重量，黏上 5 顆 3 號電池(21 克)時，可以達到下壓的重量，筒狀式垃圾桶蓋可以完全將衛生紙壓下去，但是垃圾桶會不穩，蓋子重底部不穩也不行，所以改用金屬製垃圾桶 3L(直徑 17cm，高 20cm)，因為金屬製的垃圾桶本身就重，蓋子也重，鐵製蓋子的重量足夠將衛生紙壓下去，所以解決塑膠垃圾桶蓋子加重後不穩的問題 (如圖 8)。

圖 8：金屬筒狀壓縮改良實作圖



5. 反思：

- 改用金屬製垃圾桶。以鐵製垃圾桶取代塑膠垃圾桶後，鐵製垃圾桶本身的蓋子重量就足夠將衛生紙壓下去，解決了頭重腳輕的問題。金屬製垃圾桶搭配筒狀壓縮蓋確實達到原本預期效果。
- 當垃圾滿到靠近垃圾桶蓋子時，壓縮筒可以擋住並擠壓最上層的垃圾，垃圾不會直接滿出來。桶狀式壓縮蓋高度 5 公分，如果壓縮裝置可以彈性伸縮，或許可以讓垃圾桶裝更多垃圾。

(五) 第三代：伸縮式壓縮蓋+鐵製垃圾桶

1. 設計構想：為了解決筒狀式壓縮板會減少垃圾桶容量的問題，因此我們想要設計伸縮式的壓縮板，看是不是能夠讓壓縮垃圾桶裝更多的垃圾。
2. 使用材料：金屬垃圾桶、矽膠伸縮杯。

3. 製作說明：將矽膠伸縮杯黏在垃圾桶蓋上，當成伸縮式的壓縮板。
4. 觀察發現：以矽膠伸縮杯當作伸縮式的壓縮筒，雖然可以壓縮垃圾，但杯子本身材質太軟，擠壓後會變形(如圖 9)。
5. 反思：需要重新尋找伸縮杯材質，上網尋找各種伸縮杯、可壓式便當盒後，發現目前販售都以矽膠材質為主，討論後我們決定自己設計伸縮杯。

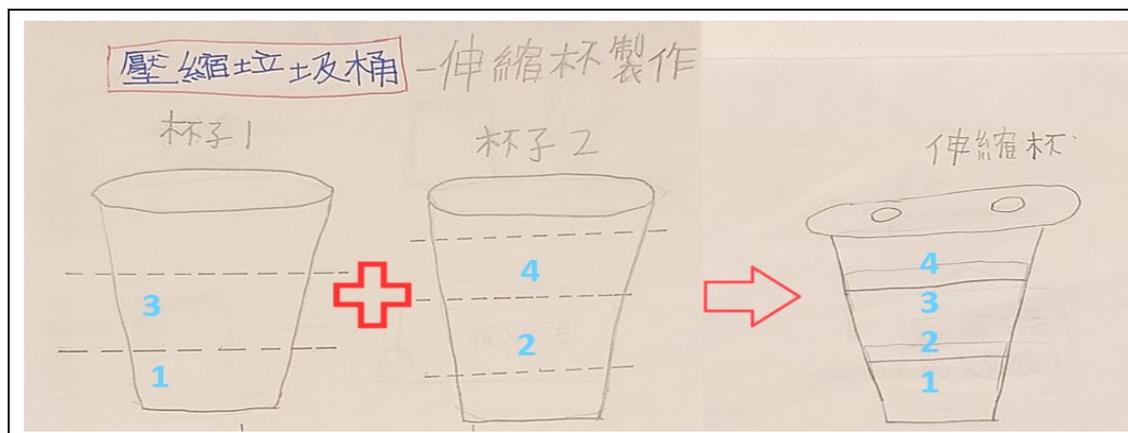
圖 9：伸縮式壓縮蓋設計概念及實作觀察圖



(六) 第三代改良：自製伸縮式壓縮蓋+鐵製垃圾桶

1. 設計概念：承襲之前的壓縮概念「當垃圾桶裡的垃圾快要滿時碰到垃圾桶蓋子裡的壓縮裝置，垃圾被擠壓縮小」，但壓縮蓋在擠壓垃圾的同時這個壓縮裝置的高度要能「平均慢慢縮小」，不會變形，空出垃圾桶裡更多的空間裝垃圾。
2. 使用器材：鐵製有蓋踩踏式垃圾桶 3L(直徑 17cm，高 20cm)、700cc 手搖飲料塑膠杯、飲料紙杯(伸縮杯材質需求：需要有一定硬度，才會不在壓縮過程中變形)
3. 伸縮蓋設計圖：

圖 10：自製壓縮蓋設計概念圖



4. 製作說明：每個伸縮杯需要使用 2 個相同的杯子，第 1 個杯子橫切成 3 等份，取下面 2 段(如上圖標示之 1、3)，另一個杯子切成 4 等份，取中間 2 段(如上圖標示之 2、4)，依序由下至上 1,2,3,4 套疊，拉開時高度為 8.5cm，壓縮後高度為 3.5cm(如下圖)。將壓縮杯頂層(4)與底層(1)各黏上磁鐵，將頂層吸在垃圾蓋裡，變成一個壓縮杯。

圖 11：自製壓縮蓋實作圖



5. 觀察發現：紙杯容易切割、但清洗多次會爛掉；手搖塑膠杯有一定的硬度，可重覆清洗使用。自製伸縮裝置拉開時高度為 8.5cm，壓縮後高度為 3.5cm，並且可以平均慢慢變縮回，改善了筒狀式壓蓋之壓縮筒固定 5cm 高度問題。
6. 反思：自製壓縮蓋使用後會往回縮，要用手將壓縮杯拉回才能再次使用，所以我們在壓縮桶的底部黏上了一個磁鐵，清潔人員可用鐵夾吸住磁鐵將壓縮裝製復原，手不會直接碰觸壓縮裝置，比較衛生。

二、實驗測試

(一) 實驗室檢測

1. 實驗設計：

表 6：實驗設計表

實驗目的	控制變因	操作變因
測試壓縮蓋可以讓垃圾桶多裝多少垃圾	1. 垃圾：統一使用柯克蘭抽取式衛生紙；製作相同大小的衛生紙糰。 2. 金屬踩踏式垃圾桶。 3. 相同重量的蓋子。	1. 原始垃圾桶蓋。 2. 加裝筒狀式壓縮蓋。 3. 加裝伸縮式壓縮蓋。

2. 實驗說明

(1) 實驗流程：

表 7：實驗流程表

步驟一	步驟二	步驟三	步驟四
調整讓每款垃圾桶蓋重量一致。	用垃圾製造筒 製作垃圾(盡量讓衛生紙糰大小重量相近)。	投放垃圾至垃圾桶，直到垃圾超過垃圾桶身為止。 檢測標準 (如圖 15)	計算垃圾數量 重量:將裝滿垃圾的垃圾桶重量,扣除空垃圾桶重量。

(2) 垃圾製造器：

廁所垃圾主要是使用後的衛生紙糰，雖然實際的垃圾大小不一，但為了讓實驗測量垃圾桶的壓縮能力更精準，所以特意製造大小差不多的垃圾。首先將抽取式衛生紙對折成四方型後，放在紙筒上，再用長筷將衛生紙向下推，衛生紙經過紙筒出來後變成皺折的垃圾紙糰 (如圖 12)。分別用「洋芋片紙筒、保

特瓶、餐巾紙內筒」，製作垃圾衛生紙糰，發現用保鮮膜內紙筒製作出來的最像是廁所裡用過的衛生糰。所以選擇用保鮮膜內紙筒當作垃圾製造器。

圖 12：垃圾製造器實作圖

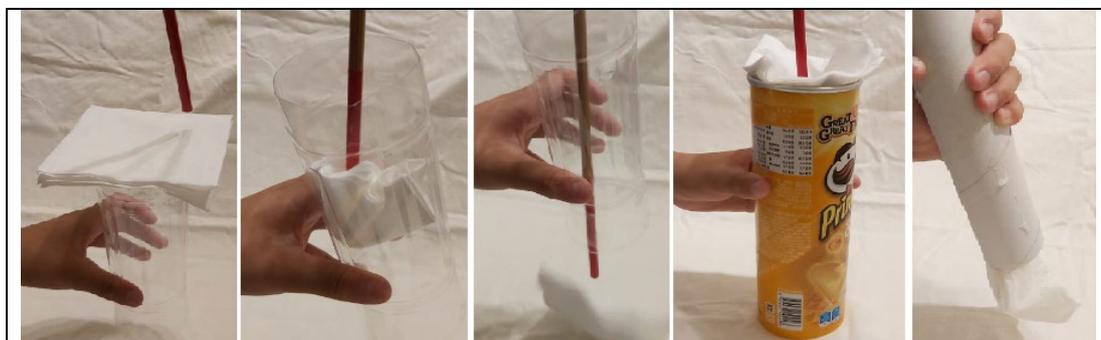
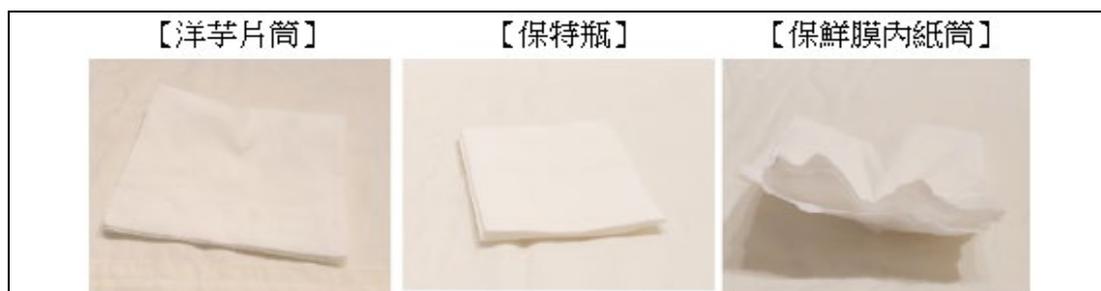


圖 13：垃圾製造器所製作之垃圾觀察圖



(3) 圾桶蓋增重物

原始沒裝壓縮裝置的垃圾桶、裝上筒裝式壓縮裝置、裝了伸縮式壓縮裝置的垃圾桶蓋重量不一樣，為了讓實驗測量垃圾桶的壓縮能力更精準，所以使用錢幣、強力磁鐵、密封袋調整垃圾桶重量，讓每個垃圾桶蓋一樣重。

圖 14：垃圾桶蓋調整重量實作圖



圖 15：檢測標準圖



3. 實驗結果：

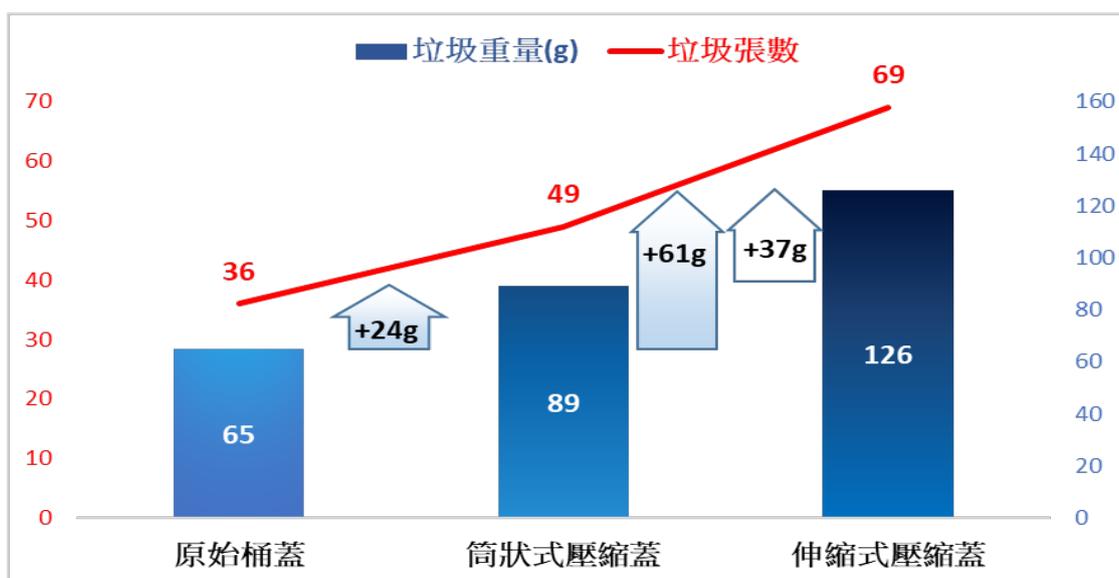
表 8：實驗結果統計表

單位：公克(g)

觀察指標	原始桶蓋	筒狀式壓縮蓋	伸縮式壓縮蓋★
垃圾張數	36	49	69
垃圾重量	65	89	126
增加的垃圾重量	-	24	61 ★
垃圾重量增加%	-	37%	94% ★

★代表效果最好

圖 16：實驗結果統計圖



原始沒有改裝的垃圾桶，可以裝 36 糰衛生紙垃圾，內桶及垃圾共 218g，扣除內桶重量 153g 後，垃圾衛生紙糰重量為 65g；筒狀式壓縮垃圾桶可裝 49 糰衛生紙，內桶及垃圾共 242g，扣除內桶重量垃圾重量為 89g；伸縮筒式的壓縮垃圾桶可裝 69 糰衛生紙，內桶及垃圾共 279g，扣除內桶重量垃圾重量為 126g。

實驗發現，筒狀式壓縮蓋的垃圾桶比沒改裝的垃圾桶多裝 24g(增加 37%)；伸縮式壓縮蓋垃圾桶比原始垃圾桶多裝 61g(增加 94%)，改裝後的垃圾桶確實有壓縮垃圾的效果。其中伸縮式壓縮蓋垃圾桶又比筒狀式壓縮蓋的垃圾桶裝的更多，可多裝 37g，代表「伸縮式壓縮蓋垃圾桶」解決筒狀式壓蓋上的壓縮筒減少垃圾桶容量的問題，讓垃圾桶容量增加。

(二) 校園廁所實地測試

為了證明「伸縮式壓縮蓋垃圾桶」在實際生活中也是有用的，我們把它及原始沒有改裝的垃圾桶同時放在學校廁所裡，實際測試它的效果。

觀察發現，廁所裡的垃圾形狀不一樣、還有原始沒改裝的垃圾桶裡衛生紙比較澎。檢測二個垃圾桶放置一天的垃圾量，沒改裝的垃圾桶裡垃圾及塑膠袋重量為 32g；伸縮筒式壓縮垃圾桶的為 62g，伸縮筒式壓縮垃圾桶比原始的垃圾桶增加 94%的垃圾量。學校廁所實測與實驗室測試結果趨勢一致，所以「伸縮式壓縮蓋垃圾桶」真的可以讓垃圾桶裝更多垃圾。

圖 17：校園廁所實測照片



三、 衍生問題暨改進方案

(一) 衍生問題

1. 壓縮裝置會不會愈大會好？
2. 如果垃圾桶大小不同，壓縮裝置效果還是一樣嗎？
3. 壓縮裝置如果裡面再加彈簧效果如何？

針對以上問題，我們尋求以下改進方案。

(二) 改進方案

1. 壓縮裝置大小測試：

我們分別將四款不同規格的壓縮杯放在鐵製垃圾桶裡，進行測試比較。實驗方式：以垃圾製造器製造衛生紙糰投入垃圾桶，當垃圾桶蓋無法蓋上時即為裝滿。壓縮杯規格：①底直徑 6.2cm+高 12cm、②底直徑 6.2cm+高 8.5cm、③底直徑 6.2cm +高 5.5cm、④底直徑 8cm+高 8.5cm。

表 9：不同規格壓縮杯測試結果統計表

壓縮裝置規格	①長壓縮杯 (高 12cm/ 直徑 6.2cm)	②中壓縮杯 (高 8.5cm/ 直徑 6.2cm)	③短壓縮杯 (高 5.5cm/ 直徑 6.2cm)	④胖壓縮杯 (高 8.5cm/ 直徑 8cm)
垃圾量	X 垃圾丟不進去	126 ★	74	92

註：X 代表不可行 ★代表效果最好

(1) 觀察發現：

其中②號底直徑 6.2cm+高 8.5cm 最效果最好，垃圾量為 126g。壓縮杯長度正好是垃圾桶寬的一半(直徑 17cm)。

(2) 反思：

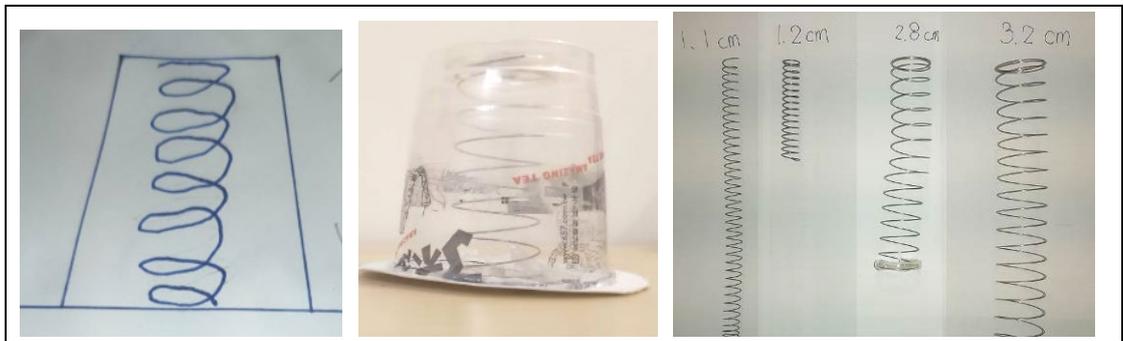
- 壓縮杯過長會阻擋洞口無法丟垃圾；過大(胖)會佔空間；過短又壓不實，所以壓縮裝置並不是愈大愈好。
- 在 3 公升大小的垃圾桶中，壓縮杯太長或太短效果都不好，由此推論，垃圾桶大小不同，壓縮裝置的大小要依比例變化。

2. 壓縮裝置彈性測試

設計第四代：彈簧伸縮式壓縮蓋+鐵製垃圾桶

- (1) 設計概念：承襲第三代的伸縮杯「平均慢慢縮回」的特性，在伸縮杯裡加上彈簧，讓裝置可自動彈回，使用後不須要用手拉將壓縮杯拉開。之前②號底直徑 6.2cm+高 8.5cm 最效果最好，所以將這二者結合再實驗一次。
- (2) 使用器材：鐵製有蓋踩踏式垃圾桶 3L(直徑 17cm，高 20cm)、700cc 手搖飲料塑膠杯、彈簧、塑膠軟管
- (3) 彈簧伸縮蓋設計圖：

圖 18：彈簧壓縮蓋設計圖



- (4) 製作說明：使用直徑 1.1cm、1.2cm、2.8cm、3.2cm 的彈簧，剪下 9cm 長度，使用塑膠軟管及膠帶將彈簧固定在伸縮杯裡(伸縮杯高度 8.5cm，杯底直徑 6.2cm)。
- (5) 觀察發現：
 - 1.1cm 和 1.2cm 的彈簧太小只能用膠帶固定在壓縮杯裡；彈簧太硬當壓縮杯往下壓縮時會往旁邊彎曲，並不會平均的變緊，所以並不適合。
 - 2.8cm 和 3.2cm 的彈簧可以用軟管固在壓縮杯裡，杯子下壓縮小時，彈簧圈與圈之間間隙可以平均地縮小，當下壓力道消失又可以將杯子撐回 8.5cm 的高度。
 - 加了彈簧後的伸縮杯支撐力變大，當垃圾桶裡衛生紙較滿時，反而因此將垃圾桶蓋頂起來，壓縮杯不會縮小，比沒裝彈簧的壓縮杯效果更差。

表 10：彈簧壓縮杯實驗結果統計表

	壓縮杯+直徑 1.1cm 彈簧	壓縮杯+直徑 1.2cm 彈簧	壓縮杯+直徑 2.8cm 彈簧	壓縮杯+直徑 3.2cm 彈簧
垃圾量	x	x	77g	86g

註：原始壓縮杯在不加彈簧情況下，垃圾量為：126g

- (6) 反思：想辦法讓蓋子的下壓力量變大，要能讓彈簧壓縮杯縮小，但又不能讓垃圾桶頭重腳輕。

3. 第四代改良：彈簧伸縮式壓縮蓋+無緩降裝置鐵製垃圾桶

- (1) 設計概念：速度可以讓垃圾桶蓋的力道變大。
- (2) 使用器材：鐵製有蓋踩踏式垃圾桶 3L(直徑 17cm，高 20cm)、膠帶。
- (3) 設計圖：

圖 19：彈簧伸縮式壓縮蓋+無緩降裝置鐵製垃圾桶圖



- (4) 製作說明：將垃圾桶蓋卸下後，再拆掉旁邊壓桿固定裝置，將裡面的油壓緩降桿壓緊後黏住固定，再將垃圾桶組裝回去。
- (5) 觀察發現：把緩降裝置油壓桿黏起來後，蓋子掉下來的速度變快，壓縮杯碰到衛生紙後會逐漸縮回。

表 11：彈簧伸縮式壓縮蓋+無緩降裝置鐵製垃圾桶測試效果表

尺寸	無彈簧 (單純伸縮杯)	伸縮杯+彈簧 2.8cm	伸縮杯+3.2cm 彈簧
垃圾量	152 g	149 g	166 g

註：原始垃圾桶(有緩降裝置)情況下垃圾量為：65g

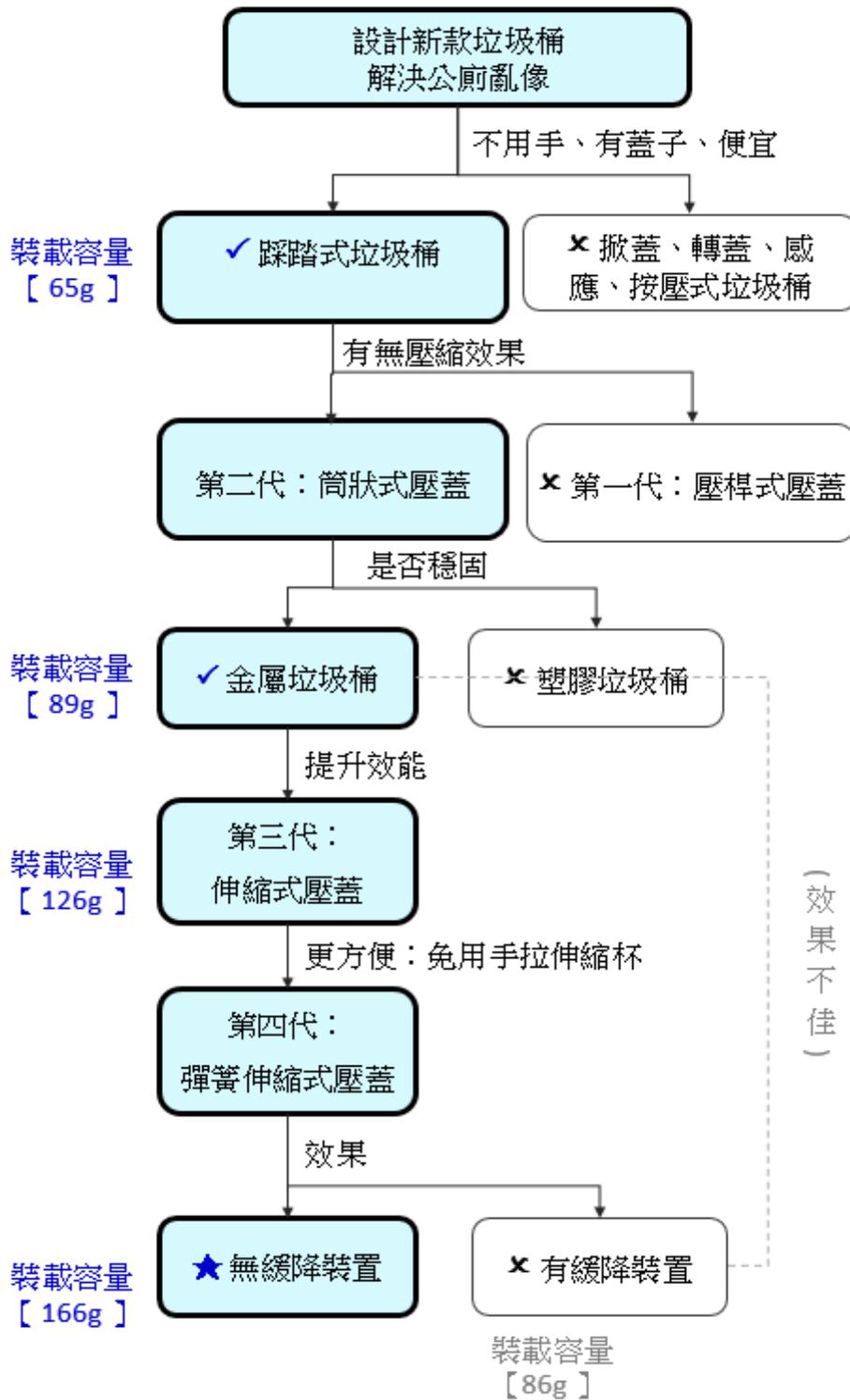
(6) 反思：

蓋子下壓的力量會被緩降裝置抵銷，我們拆掉後，蓋子下壓的力道變大，所以就可以讓彈簧縮短。當蓋子打開外力消除後，彈簧就將原來吸收儲存於本體內的能量放出，恢復原來的形狀，壓縮杯就自動恢復 8.5cm 的高度。

陸、討論

一、產品設計歷程

圖 20：產品設計歷程圖



註：✓代表可行 ✗代表不可行 ★代表效果最好

二、 分析討論

(一)產品設計評斷原則：

1. 壓縮垃圾桶設計基本要件：

不須用手、要有蓋子、造價便宜。有蓋子的垃圾桶比較能遮蓋垃圾，再加上踩踏式功能就可以不用動手去壓垃圾，符合一般人的使用習慣，適合進行改造。

2. 有無壓縮效果及是否穩固：

壓桿式壓蓋無法達到壓縮效果，改筒狀式壓蓋搭配輕巧的塑膠踩踏式垃圾。原本我們覺得衛生紙很輕，用塑膠的踩踏式垃圾桶去改造，但因為蓋子太輕無法把衛生紙壓實，當垃圾滿了衛生紙糰反而會把蓋子頂起來，把蓋子增加重量，加重後的蓋子確實可以把衛生紙壓下去，但垃圾桶會不穩，因此更換成底盤更穩的金屬垃圾桶，測試後「穩重」的金屬踩踏式垃圾桶加裝壓縮裝置，可以達到我們的預期結果，所以我們發明了一款「頂天立地」壓縮垃圾桶。

3. 效能提升：

成功設計第一版的頂天立地壓縮垃圾桶後，我們發現筒狀式壓縮裝置佔掉垃圾桶上方 5cm，所以嚐試研發可以伸縮的裝置，最後我們用手搖飲料杯製作出「壓縮時 3.5cm，展開達 8.5cm 的伸縮壓縮裝置」。壓縮裝置展開時有 8.5cm 垃圾還沒太滿時就可以將垃圾壓縮，當垃圾愈來愈滿，伸縮裝置也會同時縮小，最後可縮至 3.5cm，確實成功讓垃圾桶能夠裝更多的垃圾。

4. 更方便、效果更好的伸縮裝置：

為了使用後不想用手拉將壓縮杯拉開，所以在裡面加裝彈簧，讓裝置可自動彈回，但加了彈簧後的伸縮杯支撐力變大，反而因此將垃圾桶蓋頂起來，壓縮杯不會縮小，比沒裝彈簧的壓縮杯效果更差。所以要想辦法讓蓋子的下壓力量變大，不要被緩降裝置抵銷，故將緩降裝置油壓桿黏起來(如圖 19)，蓋子下壓的速度變快、力道變大，就可以讓彈簧縮短，確實更方便而且效果更好。

(二) 各代效果驗證

表 12：各代垃圾桶測試效果表

踩踏垃圾桶	原始桶蓋	第二代	第三代	第四代
產品型式	-	筒狀式壓縮蓋	伸縮式壓縮蓋	伸縮彈簧壓縮蓋 (無緩降)
垃圾重量(g)	65	89	126	166 ★
比原始桶增加	-	37%	94%	155% ★

註：- 代表沒有數據 ★代表效果最好

在垃圾桶蓋裡裝上壓縮裝置，確實能將衛生紙壓縮變小，我們不斷嘗試不同的方法製作出不同型式的壓縮裝置，分別為第二代筒狀式、第三代伸縮式壓縮蓋、第四代彈簧伸縮壓縮蓋(無緩降)，與原始垃圾桶比較，每一代的壓縮效果都比前一代好。以下這個應用題可清楚解釋第四代的效果：

<p>Q：一個垃圾桶可以裝 65g 的衛生紙，現在有 166g 的衛生紙，請問要幾個垃圾桶才夠裝?</p>	<p>$166 \div 65 = 2.55$ 無條件進位=3</p>  <p>A: 3 個</p>
---	---

原始垃圾桶容量 65g，第四代彈簧伸縮壓縮蓋垃圾桶可以裝 166g，從上面這個數學應用題明確告訴我們，第四代的效能足足超過原始的 2.5 倍。

(三) 壓縮杯創造的容量效益

我們想進一步了解「壓縮杯體積會佔掉多少垃圾桶空間，會少裝多少垃圾，效益又如何？」我們用下面 3 種方式計算壓縮杯體積，再以它佔垃圾桶的容積比例去評估容量效益。

1. 壓縮杯體積三種計算方法：

(1) 數學體積計算方法：【圓柱體積 = 底面積 x 高】

$$\text{壓縮杯半徑 } 3.75\text{cm} \times 3.75\text{cm} \times 3.14 \doteq 44.2 \text{ cm}^2$$

壓縮杯體積 = $44.2 \text{ cm}^2 \times 3.5\text{cm} \doteq 155 \text{ cm}^3$ ，但這方式沒考量到杯子的斜度。

(2) 壓縮杯容積推算體積：將壓縮杯裝買水之後，測量水的重量為 140g，容積換算體積為 140 cm^3 ，但是這個計算方式沒考慮到杯子的厚度。

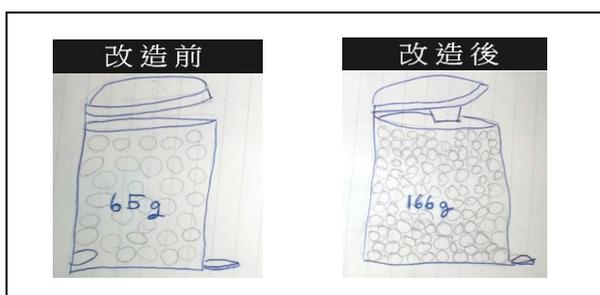
(3) 基米得排水法測量法：將壓縮杯填實後放入水中，測量溢出的水量為 164g (測量方法詳見附錄 3)，換算體積為 164 cm^3 。

2. 效益評估：

從上述三種測量方式壓縮杯的體積佔 3L 垃圾桶的 5.2%、4.7%、5.5%，我們取最大的值 5.5% 來看，這樣的體積約可裝 3.6g 的垃圾 ($5.5\% \times 65\text{g} \doteq 3.6\text{g}$)。

原始 3L 垃圾桶只能裝 65g 的垃圾，加了(第四代壓縮杯)後可以裝到 166g 的垃圾，多裝了 101g 的垃圾量，換個角度想，我們犧牲了 3.6g 的空間，換來多裝 101g 的垃圾，效益相當高。小裝置把垃圾桶容量變大了！

圖 21：垃圾桶改造前後效益圖



(四) 未來發展方向

目前市面上並沒有這樣的壓縮垃圾桶，已經將設計出來的壓縮垃圾桶送去申請專利，未來若有更多知識技能，或許可思考是否用不同材質、不同重量，持續改良壓縮裝置，亦可在壓縮裝置裡加裝感應器，當垃圾完全滿時通知打掃人員，設計出更好更美觀讓大家喜歡的「頂天立地壓縮垃圾桶」。

柒、結論

大多數人上公廁都有不好的經驗：垃圾桶經常有衛生紙滿出來，甚至掉到地上很不衛生，但其實衛生紙只要稍微擠壓就可以縮小。問題是：一般人去上廁所時，並不會動手去擠壓垃圾，且在 COVID-19 疫情期間，如何避免接觸是重要的課題。透過本研究，我們希望能設計出一款不用手擠壓又可裝更多衛生紙的垃圾桶，改善公廁的環境。

我們以踩踏式垃圾桶做為改造的起點，分別做出第二代筒狀式、第三代伸縮式壓縮蓋，證明這個概念可行，並且到校園廁所裡實測。在自己測試與校園實測的結果趨勢一致，都是可以增 94%的垃圾量(詳見 P.20 ~P.21)。

除了有效能外還要讓垃圾桶的使用更方便，於是找尋不用手拉就自動彈回的方案，製作出第四代彈簧伸縮壓縮垃圾桶，同一個大小的垃圾桶經過改造後，容積不變，但可以多裝 155%的垃圾量。我們真的把垃圾桶變大了! 希望這款垃圾桶有助於解決廁所的髒亂。

捌、參考資料

- 一、 康軒文教(2019)。自然與生活科技(神奇的力)。臺北市：康軒出版社。
- 二、 翰林文教(2018)自然與生活科技(有趣的力)。臺北市：翰林出版社。
- 三、 康軒文教(2020)-自然與生活科技(力與運動)。臺北市：康軒出版社。
- 四、 康軒文教(2021)。數學(體積、容積)。臺北市：康軒出版社。
- 五、 康軒文教-自然與生活科技(科學閱讀-阿基米德)。
- 六、 教育部因材網-自然科(2020)。知道物體受力的大小可由形變的程度得知(例如彈簧拉長)。取自 <https://adl.edu.tw/HomePage/login/>
- 七、 垃圾壓縮站垃圾壓縮原理。取自 <https://zhuanlan.zhihu.com/p/137666906>
- 八、 密度。體積。重量。取自維基百科 <https://zh.wikipedia.org/zh-tw/密度>
- 九、 Joseph 壓縮垃圾桶。取自 <https://www.books.com.tw/products/N011440701>
- 十、 lzip 壓縮垃圾桶。取自
<https://24h.pchome.com.tw/prod/DEABAM-A9009KWD1>
- 十一、美寧智慧型壓縮垃圾桶。取自
<https://24h.pchome.com.tw/prod/QFAD6M-A9009NXKB>
- 十二、壓桿式壓縮垃圾桶。取自 <https://www.pcstore.com.tw/2288ej/M12296872.htm>
- 十三、腳踩式壓縮垃圾桶。取自 <http://uuhy.com/html/218.html>
- 十四、手動式壓縮環保垃圾桶。取自
<https://angelo-nmb.blogspot.com/2010/03/blog-post.html#.X5lxUUfivIU>

【評語】 082922

本作品的發想是從觀察生活中的問題進行探究，符合科展從小處著手的思維，以解決問題為導向。透過觀察現有市售的產品探討原理，透過設計思考，運用隨手可得的材料製作，經過幾次測試改良得出有效的設計作品。建議對於效果的測試可更加嚴謹，例如：桶內垃圾的樣式種類對於壓縮量的效果變化或是與市售垃圾壓縮桶的效果比較等。設計作品的創新概念具有實質生活應用的意義，建議可申請專利。

作品簡報

壓縮「垃」- 頂天立地壓縮垃圾桶

科別：國小組 生活與應用科學科(二)

簡介

- 公廁裡垃圾桶常有衛生紙滿出來
- 市售壓縮垃圾桶需要手壓
- 設計一款不必用手擠壓，就能將垃圾壓縮的垃圾桶



擠壓前

擠壓後



不想要
用手壓!?



研究方法

➤ 觀察公廁 · 界定問題 · 蒐集資料

➤ 設計壓縮裝置



實驗組：第一代壓縮蓋

對照組：原始垃圾桶

實驗組：第二~四代壓縮蓋

對照組：原始垃圾桶、前一代

➤ 效能檢測：是否增加垃圾量

操作變因

各代的壓縮蓋

控制變因

相同大小衛生紙糰



壓縮蓋設計 - 第一代壓桿式

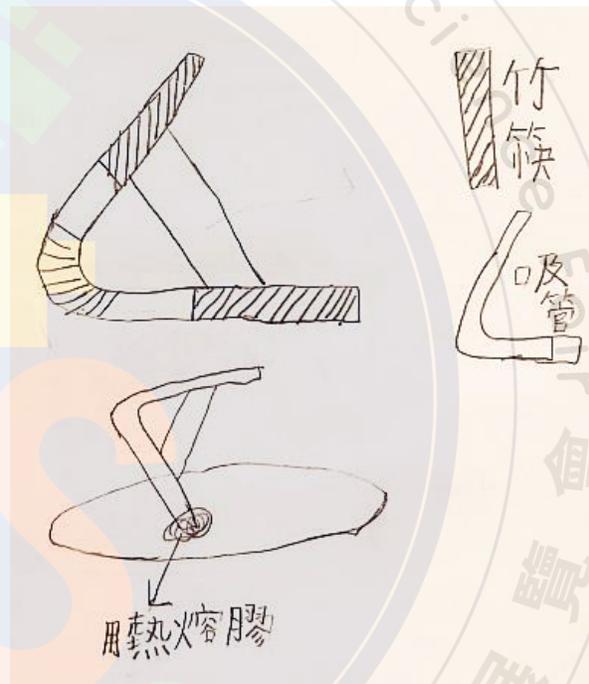
■ 設計構想

- 踩踏式垃圾桶蓋加裝壓縮裝置
- 蓋上時壓板向下擠壓垃圾

■ 達到預期：無

■ 非預期結果

- 丟垃圾時會被壓板擋住
- 開蓋時垃圾會被勾出來



壓縮蓋設計 - 第二代筒狀式

■ 設計構想

- 用圓柱筒改善Z字型壓板的問題
- 改用鐵製垃圾桶才夠穩夠重

■ 達到預期

- 夠穩且可以壓縮垃圾

■ 非預期結果

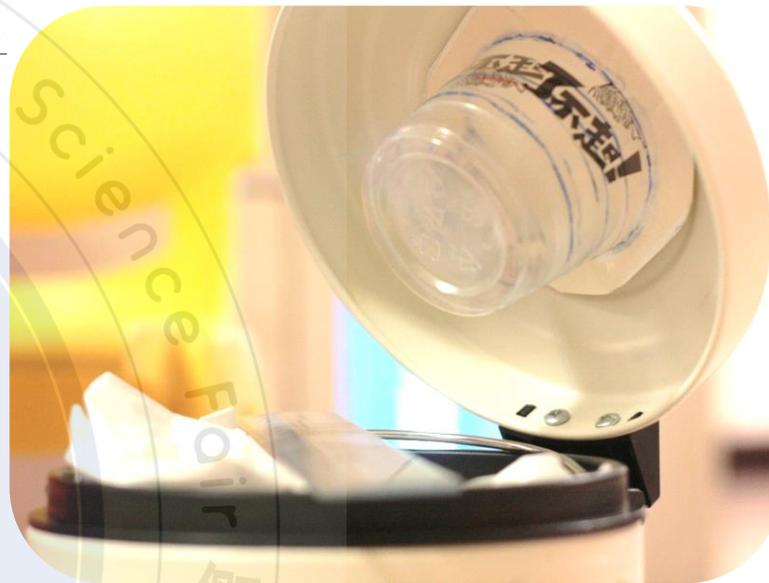
- 紙捲筒(5公分)佔據垃圾桶內容量



壓縮蓋設計 - 第三代伸縮式

■ 設計構想

- 為解決壓縮蓋減少垃圾桶內容量的問題，設計伸縮式壓縮蓋

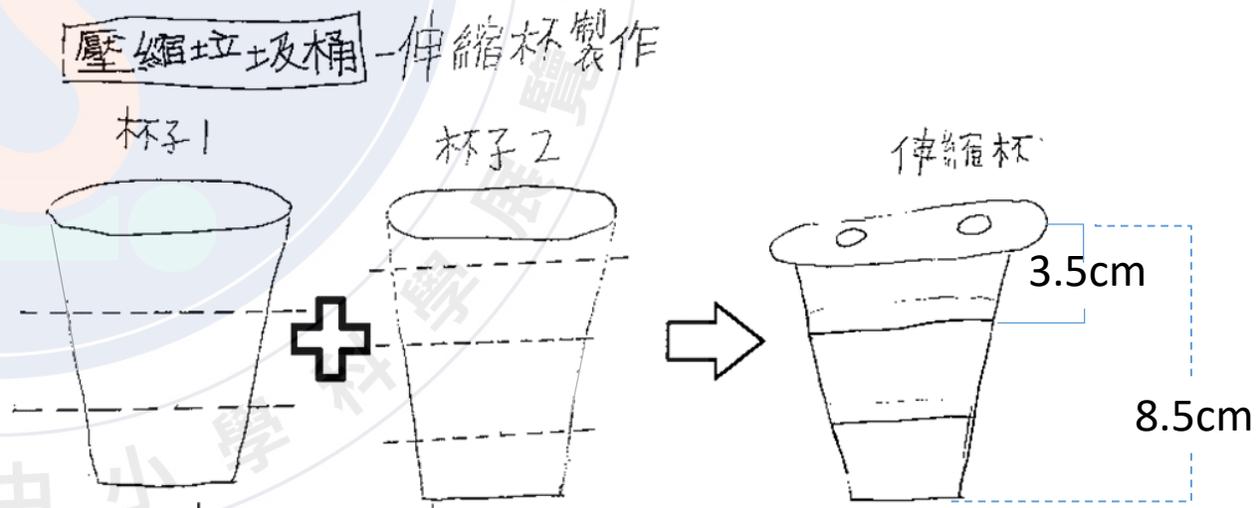


■ 達到預期

- 垃圾擠壓時壓縮裝置慢慢縮小

■ 非預期結果

- 使用後要用手將壓縮蓋拉回



壓縮蓋設計 - 第四代 伸縮彈簧(1/2)

■ 設計構想

- 在伸縮杯裡加上彈簧，讓裝置可自動彈回，使用後不須用手拉開

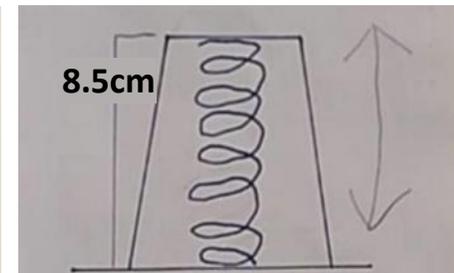
■ 非預期結果

- 加彈簧後的伸縮杯支撐力變大，衛生紙滿時將桶蓋頂起來，需增加桶蓋下壓力道，壓縮裝置才能縮小

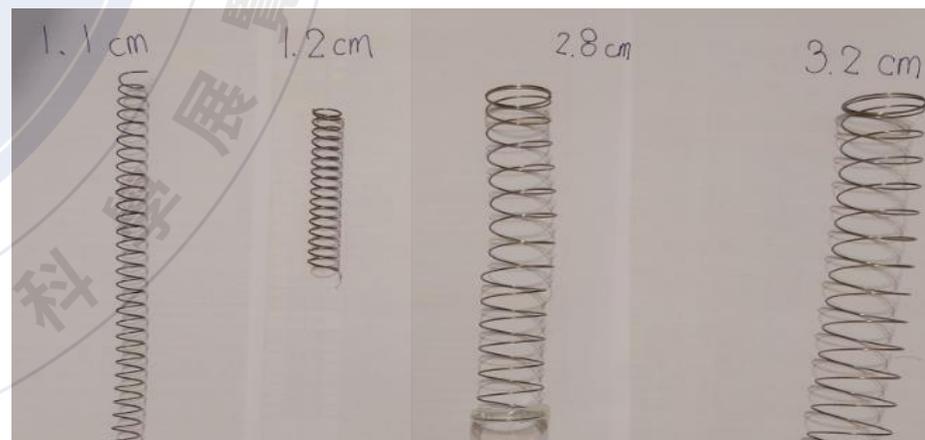
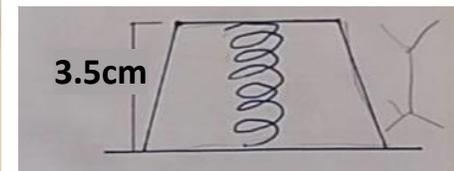
圖A：成品



圖B：未壓縮



圖C：壓縮後



壓縮蓋設計 - 第四代 伸縮彈簧(2/2)

■ 解決方法

- 蓋下**速度加快**，**下壓力道變大**
- 移除桶蓋緩降功能



速度與作用力成正比



產品設計歷程



註：✓代表可行 ✗代表不可行 ★代表效果最好

研究結果：改造後可多裝155%的垃圾量

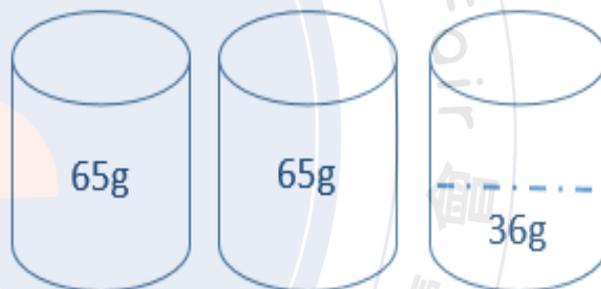
踩踏垃圾桶	原始桶蓋	第二代	第三代	第四代
產品型式	-	筒狀式 壓縮蓋	伸縮式 壓縮蓋	伸縮彈簧 壓縮蓋
垃圾重量(g)	65	89	126	166 ★
比原始桶增加	-	37%	94%	155% ★

★ 代表效果最好

結論：小裝置把垃圾桶容量變大了！

Q：一個垃圾桶可以裝65g的衛生紙，現在有166g的衛生紙，請問要幾個垃圾桶才夠裝？

A： $166 \div 65 = 2.55$ 無條件進位=3



A: 3個

- 犧牲垃圾桶**5.5%**空間放壓縮裝置，換來多裝**101g**的垃圾量!!
- 應用在公廁可以解決廁所髒亂的現象

機關地址：臺北市大安區辛亥路2
段185號3樓
聯絡人：簡誌毅
聯絡電話：(02)23767276
查詢領證事宜請撥 (02)81769009
電子郵件：
傳 真：(02)23779875

受文者：[] 先生 [] 先生 ()
代理人：[] 專利師

發文日期：中華民國110年5月28日

發文字號：(110)智專一(四)04544字第
11040783870號
連 別：*11040783870*
密等及解密條件或保密期限：
附 件：

IPC：B05F 1/16 (2006.01) B05F 1/14 (2006.01)

一、申請案號數：110202318

二、新型名稱：壓蓋垃圾桶結構

三、申請人：

姓名：[] 先生

地址：[]

姓名：[] 先生

地址：[]

四、代理人：

姓名：[] 先生

地址：[]

五、申請日期：110年3月3日

六、主文：應予專利。

未來發展

- 繼續尋找更適合的材質
- 商品化並應用在生活中

參考文獻

- 康軒文教(2019)。自然與生活科技(神奇的力)。(力與運動)。(科學閱讀-阿基米德)。
- 密度。體積。重量。取自維基百科
- 參考國小教材