

# 中華民國第 62 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

**第二名**

082906

別創新「格」---防災創意智慧格柵初探

學校名稱：金門縣金城鎮中正國民小學

作者： 小六 陳楚甯 小六 許崴桓 小五 楊樂維 小四 王子瑜	指導老師： 李麗娟 許乃賜
---	---------------------

關鍵詞：槓桿原理、排水、格柵

## 摘要

氣候變遷引發降雨異常，每當強降雨造成金門低窪區域積水成災，不僅校內外意外頻傳，甚至發生觀光客「游」金門，出動橡皮艇幫遊客脫困，因此以 SDGs 為首要目標，設計**加速排水**的防災創意智慧格柵，縮短積淹水時間，減少災害發生，開創**永續防災**新局面。

首創輪軸格柵效益最佳，並校園實地埋設縮短積水時間，小朋友滑倒意外減少。且向縣府報告研究成果，建請納入施工設計及建置滯洪井池，已獲大大肯定與讚揚，將請相關單位研擬由低窪潛勢熱點試用。

我們也在重大淹水區實作成效良好，防災創意智慧格柵既可讓水流大量流至滯洪設施，減少災害發生，又可保存水資源供應民生用水，而非浪費流至大海，更可減少依賴向中國大陸購水需求，共創「三贏」何樂而不為。

## 壹、前言

### 一、研究動機

「大雨大雨一直下」

「哎呀!怎麼又突然暴雨」

「門外又積水成河，動彈不得啦！」

「我等一下要補習，這該如何是好啊？」

氣候變遷，造成極端氣候，降雨異常，每當出現大雨、強降雨，學校部分區域就會積（淹）水，學務主任總是擔心的大聲廣播「各班小朋友請注意，請盡速回班上，不要在積水區逗留嬉戲，以免滑倒發生意外。」不僅校內，連學校附近及金門許多低窪地方都出現積（淹）水，導致威脅大家生命財產安全，甚至發生來金門遊的觀光客，真的「游」金門啊！後來得出動橡皮艇，狼狽的幫忙遊客脫困，因而佔上全國新聞版面呢！嚇死許多觀光客，直呼不敢再來金門，嚴重影響以觀光立縣的金門聲譽。

剛好自然課本講到天然災害，防災的重要性，寧寧突發奇想是否我們可以把金門可能發生的易積（淹）水區域找出，並運用課本所學，槓桿、滑輪、輪軸設計出加速排水的防災創意智慧格柵呢！老師不但沒有說胡思亂想，還說有想法，可以試看看，說不定真的可以解決金門低窪路段積（淹）水問題，於是我們便開始挑戰喔！





圖1-1：金門「淹水」相關新聞

## 二、研究目的與問題

每當大雨、強降雨來臨，我的家鄉-金門，總是有些低窪區域積水成災、水鄉澤國，無法快速排水，導致影響大家生命財產安全，因此我們從「防災你和我，『水水』就靠我」的觀點出發，調查並現地踏勘，手繪出近年金門縣重大積（淹）水區域彙整圖、金門縣積（淹）水潛勢圖，並設計出大雨、強降雨來時，低窪區域加速排水的防災創意智慧格柵，縮短積（淹）水時間，減少災害發生，達成「防災求得平安在，減災換得幸福來」的願景，並以 SDGs 的11永續城鄉、13採取緊急行動應對氣候變遷及其衝擊為目標，開創永續防災新局面。我們的研究問題有：

- (一)調查並現地踏勘金門縣那些區域為易（淹）積水？原因為何？如何解決？並手繪標示出金門縣積（淹）水潛勢熱點圖。
- (二)調查並現地踏勘，手繪標示出金門縣近年重大積（淹）水區域彙整圖。
- (三)調查金門及本校現有格柵排水開口形狀，對水流排水的效益？
- (四)為加速排水，安裝槓桿，對防災創意智慧格柵自動升降的效益？
- (五)為加速排水，安裝滑輪，對防災創意智慧格柵自動升降的效益？
- (六)為加速排水，安裝輪軸，對防災創意智慧格柵自動升降的效益？
- (七)綜上各組防災創意智慧格柵，找出最佳防災創意智慧格柵組合。
- (八)利用水流排水是否可使防災創意智慧格柵在自動抬升時發電，使 LED 燈發亮產生示警效果？
- (九)嘗試校園實地埋設防災創意智慧格柵並觀察後續修正改進。

### 三、文獻探討

以「格柵」、「水溝蓋」、「排水」、「升降」為關鍵字，蒐尋找到四篇相關，經討論分析後，確立研究方向，並與我們的研究做比較，得知我們是首創以 **self by self** 原理製作防災創意智慧格柵，因水致災，以水防災,率先探討格柵於積(淹)水時的排水問題，運用簡單槓桿原理，自製成防災創意智慧格柵，達到最大的工作效益。

#### (一)、歷屆科展：

表1-1：歷屆科展相關文獻

		目的	材料	方法
柯宜岑;張伊汶;鍾政靜 水溝蓋板改進與廢磚攜手-排水防蚊可行性之探討 第55屆全國科展	此篇研究是要利用廢磚製作水溝蓋防蚊排水容器，有效防止病媒蚊孳生與確保排水功能。	不同	不同	不同
沈昱穎;許皓鈞 水漫校園 陸路成渠-校門口排水系統改善方案 第55屆全國科展	此篇研究是以不同種類的水溝蓋探討集水效果及連接聯外排水溝的樣式與角度所影響的排水效果。	不同	不同	不同




#### (二)、相關期刊雜誌論文：








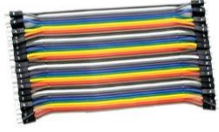




表1-2：期刊論文相關文獻

		目的	材料	方法
蔡榮圻 2012 焚化爐底渣粉料應用於水溝蓋之試驗研究	此篇研究是在應用焚化爐底渣粉料，減省水泥用量，並解決水溝鑄鐵蓋頻繁失竊問題。	不同	不同	不同
李文俊 抽水站出口與排水渠道夾角對排水效率之影響	此篇是在研究防洪抽水站抽水機出口管與排水渠道之夾角對抽水效率之影響。	不同	不同	不同

## 貳、研究設備與器材

表2-1：研究設備與器材

			
水桶	塑膠斜板	桿槓	滑輪
			
輪軸	模擬水箱	發電機馬達	水車(發電機葉片)
			
電線	LED 燈條	小型飼養箱	內盒水箱

			
熱熔槍	電鑽	手套	廢棄壓克力版
			
雷切機	熱縮管	棉繩	杜邦線
			
PVC 管	塑膠圓桿	銲槍	磅秤

### 參、研究過程與方法

#### 一、研究架構：手繪架構圖

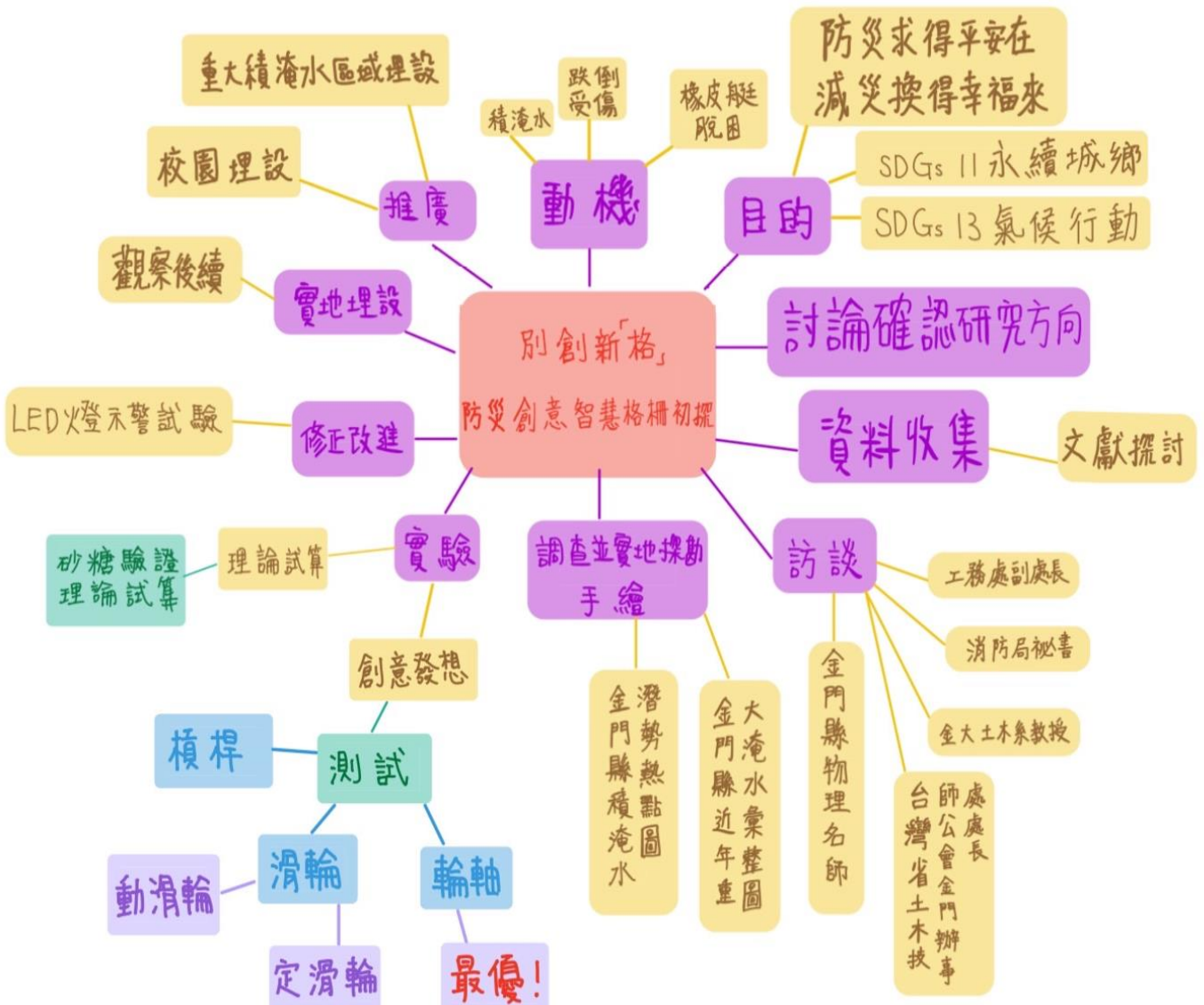


圖3-1：研究架構圖

二、研究計畫表

表3-1：研究計畫表

工作內容	110年					111年					
	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月
討論與確認研究方向											
資料蒐集 文獻探討											
訪談 金門縣工務處副處長 金門縣消防局秘書 金門大學土木系教授 台灣省土木技師公會金門辦事處處長 金門縣物理名師											
調查並實地探勘手繪標示 金門縣近年重大積（淹）水圖 金門縣積（淹）水潛勢熱點圖											
排水開口形狀 研究實驗 創意發想 槓桿 滑輪 輪軸											
校園實地埋設 觀察後續 修正改進											
資料整理 數據分析 結果討論											
書面完成											
推廣											

### 三、研究設計

首先進行訪談，我們訪談了金門縣工務處副處長、金門縣消防局秘書、金門大學土木系教授、台灣省土木技師公會金門辦事處處長和金門縣物理名師，接著調查、現地踏勘，現有排水裝置、手繪標示出金門縣歷年重大積（淹）水圖、金門縣積（淹）水潛勢熱點圖及研究實驗、校園實地埋設、觀察後續修正改進，資料整理、數據分析，最後結果討論，推廣。

#### (一)、訪談：

##### 1、金門縣政府工務處副處長、科長：

為了瞭解更多淹水背後的原因及相關知識，我們的訪談第一站來到了金門縣政府工務處，並很開心的訪問到了副處長與科長。

副處長說，金門容易發生淹水地方大都在出海口及地勢低窪處，像可能發生的地點在後豐港、慈湖、林湖、小金門中墩，時間點通常發生在5到11月的漲潮時、豪大雨、梅雨季、颱風……。

那如果快淹水了怎麼辦呢？科長也說，在金門許多地方我們都會架設定點的大型抽水站，還有很多移動式的小型抽水機，並且也會設有CCTV，也就是監視系統，來掌控淹水情形。像是107年5月7號所發生的嚴重水災，當天一口氣就把金門一年雨量的五分之一全部下完，導致排水系統一下子負荷不了造成淹水，而抽水機跟CCTV就發揮功用，在迅速的調動人員處理下，減少了不少的災害。

後來副處長也說到一個很重要的觀念，讓我們非常的震驚，副處長說以往所做的工程方法，都為了要避免淹水，但近期的計畫是要導入「與水共存」的觀念，因為水資源實在是太珍貴了，所以希望多下雨，並把珍貴的水源存下來，來提供民生用水及灌溉用水。

最後，我們問到了為了避免淹水的災害，平時我們要如何做預防工作呢？科長說，平時就要定期檢查排水系統，並疏通水溝，檢查抽水機，才能在災害來時能減少災害，保障大家的生命財產安全。



圖3-2：訪談金門縣政府工務處副處長

##### 2、金門縣消防局秘書：

我們的訪談之旅，第二站來到了金門縣消防局，秘書說現在由於氣候極端的改變，在金門近年來常發生積淹水，像是金城的民族路、烈嶼、中墩、東林、後豐港……，而其中比較重大的水災是107年0507的水災，那一次是因為是「短延時強降雨」，造成了很大災害與生活的不便，像是有車子打滑、水淹入民宅傢俱泡水，造成人民的財產損失。

一般會淹水原因大都是工程設施沒做好、短延時強降雨、漲潮並下大雨的情況，尤其是在

地勢低窪的地方，會因為排水溝的堵塞，排水來不及，最容易發生危險了，更要特別小心。

後來祕書要我們猜猜看，淹水時是誰要成災難應變中心呢？大家因為常在電視上看到消防局救災畫面，所以都一致猜消防局要成立。祕書跟我們解釋，水災是由工務處主管，當有大水災時，工務處會成立災難應變中心，開始協調救災。

祕書說在預防上，平時就要做好預防水災準備，如知道水災要來時，提前準備，採「垂直避難」，往高處逃跑路線、平時就要熟悉水閘門開關位置、尤其是「排水溝」和其他設施就要定期清理，以免降雨時水來不及渲洩。最後，祕書介紹救難設備，並讓我們穿上他們平時救難所穿的特製裝備，防水又保暖，你看我們有沒有很帥氣啊！



圖3-3：訪談金門縣消防局秘書

### 3、台灣省土木技師公會金門辦事處處長

今天訪談的這一站來到了土木技師公會，並很開心的訪問到處長，由於處長在土木專業上非常有研究，所以我們今天訪談的重點著重在金門水溝設計的相關問題。處長跟我們解釋，現今金門的水溝溝渠有分明溝和暗溝，明溝是指沒有格柵板的水溝，暗溝是指有格柵板的水溝，明溝較為不常見，因為人車會有容易掉下去的危險。在水溝蓋主要的類型上，主要有分鑄鐵式和鍍鋅格柵板，鑄鐵式的水溝蓋稍嫌脆弱，可能在當車子壓過後容易碎裂，所以逐漸被淘汰掉，現今金門通常是鍍鋅格柵板的水溝，因為是採用堅固、耐用和多洞的方式，不但可以用很久而且排水速度還很快。

而處長也跟我們提到，現今金門應該要朝「滯洪池」概念設計，可以將水溝的水流入滯洪池保存，金門每個人每天平均的用水量是284公升，所以金門現今每年必須向大陸買進635萬噸的民生用水才夠，這也讓我們想到，如果能在強降雨發生時，能早點把水溝蓋抬升，讓水流可以順利流到所設計的滯洪池中，那麼不但可以減少災害，還可以把水保存下來不是嗎！



圖3-4：訪談台灣省土木技師公會金門辦事處處長



#### 4、金門大學土木系教授：

為了這計畫我們特別找不僅有學術專業，又有業界實務經驗的金大教授，教授百忙之中抽空接受我們訪談，還大大誇獎我們小學生有防災的想法很棒又務實，不僅可助人又可助己，鼓勵我們勇敢去發想去創新，希望大家都有防災減災的概念，善用課本所學的知識，製作防災創意智慧格柵，很有創意，滑輪有動滑輪和定滑輪，雖然動滑輪可省力，但因無法固定，在水中是否可行呢？

槓桿的概念是不是可以嘗試看看，或許可以有更好的效益，輪軸也可以嘗試看看，就是在不斷實驗中，遇到問題找出解決辦法，如果可以加速低窪路段排水，縮短淹水時間，減少災害發生，不僅是功德一件更是創意大實作。

教授人很好，親自帶領我們去現地踏勘，還提醒我們要注意當地的地形，當地的格柵，排水開口多大，距離多長，找出為什麼造成積(淹)水的原因？金門常見的排水裝置有四種：鑄鐵式、鍍鋅格柵、圓孔式排水孔、側向格柵等等，通常馬路的中間會比兩旁高，洩水坡度2%，兩旁會有人行道，人行道下方會設有排水溝，這樣馬路中間的水就可以排到兩旁，就不會淹水。圓孔式的排水沒有過濾功能，因為洞口太小，我們看到的剛好都阻塞，早期鑄鐵式排水開口較小，現在新式格柵式排水開口多，且設計可掀開，比較方便清理，如果東西掉下去了，可以掀開起來撿，如果是圓孔式的就比較麻煩一點。

教授非常幽默親切的和我們討論，每個步驟都慢慢的解釋，說到我們懂為止，教導我們如何規劃執行，蒐尋文獻、訪談、現地踏勘、實作……等等，期盼減少金門災害發生。教授說如果有需要資源，一定會協助到底，我們感到收穫滿滿，受益良多。



圖3-5：訪談金門大學土木系教授

#### 5、金門縣物理名師：

我們要應用自然六年級簡單機械單元，設計出不用插電，就可以自動升降的防災創意智慧格柵，所以特別訪談金門物理名師陳老師，幫我們上了一堂加深加廣的專業物理課。在陳老師專業有趣的教導下，我們從生活中的經驗，像是指甲刀、麵包夾……，瞭解到原來槓桿原理在生活中應用到那麼多，而後老師做了一個動滑輪，讓我們把相同數量的砝碼一邊放在手上和另一邊拉動繩子上相同數量的砝碼，感受到拉繩子的感覺變輕了，經過計算後，發現原來動滑輪裝置可以幫我們省掉一半的力氣，難怪感覺變輕了，而後也瞭解到定滑輪雖然不能省力，但可以改變施力方向的特性。

為了讓我們體驗更省力，陳老師又做了一個輪軸裝置，在輪跟軸半徑比是4:1情況下，體驗拉輪繩子，跟拉軸繩子感覺，原來如果拉在輪上可以省更多力。經由這次的上課，我們認識了槓桿原理的支點、施力點、施力臂、抗力點、抗力臂，並應用在定滑輪、動滑輪、輪軸上，瞭解力矩的概念，就是施力臂 $\times$ 施力=抗力臂 $\times$ 抗力，相信在瞭解這些原理後，對我們的實驗設計上會有相當大的幫助。



圖3-6：訪談金門縣物理名師

## 五、實驗過程：

### (一)討論確認研究方向

搜尋相關文獻資料與訪談專家學者，再互相討論，決定以製作防災創意智慧格柵為研究對象。

### (二)現地踏勘

- 1.我們去全島五鄉鎮現地踏勘，調查、拍攝金門現有排裝置的排水開口形狀，對水流排水的效益。
- 2.訪談、調查、現地踏勘，手繪標示出金門縣近年重大積淹水圖、及潛勢熱點圖。

### (三)準備實驗材料

秉持環保盡可能收集現有舊材料，能不買新的就不買新的材料，首先至自然教室收集簡單機械單元，所使用的舊有槓桿、滑輪、輪軸裝置、飼養箱，並至廣告商家收集壓克力切除餘料、Led燈帶。

### (四)實驗步驟

#### 1.組裝槓桿防災創意智慧格柵

將塑膠圓桿用鋸子裁切適當長度固定在圓桿塑膠底座，並在上方固定一支連動桿，上蓋一樣將塑膠圓桿裁切適當長度後，在上蓋下方用熱熔膠固定塑膠圓桿將棉線裝入連動桿及上蓋塑膠圓桿中。

#### 2.組裝定滑輪防災創意智慧格柵

將塑膠圓桿用鋸子裁切適當長度固定在圓桿塑膠底座，並在上方固定定滑輪，上蓋一樣將塑膠圓桿裁切適當長度後，在上蓋下方用熱熔膠固定塑膠圓桿將棉線裝入滑輪及上蓋塑膠圓桿中。

#### 3.組裝動滑輪防災創意智慧格柵

將塑膠圓桿用鋸子裁切適當長度固定在圓桿塑膠底座，並在上方固定動滑輪，上蓋一樣將塑膠圓桿裁切適當長度後，在上蓋下方用熱熔膠固定塑膠圓桿將棉線裝入滑輪及上蓋塑膠圓桿中。

#### 4.組裝輪軸防災創意智慧格柵

將塑膠圓桿用鋸子裁切適當長度固定在圓桿塑膠底座，並在上方固定輪軸裝置，上蓋一樣將塑膠圓桿裁切適當長度，在上蓋下方用熱熔膠固定塑膠圓桿將棉線裝入輪軸及上蓋塑膠圓桿中。

## 5.內盒水箱

將內盒水箱，用電鑽在四邊鑽洞，將四邊洞綁住棉線，中間處分別接到槓桿、定滑輪、輪軸的另一端；另將內盒水箱鑽四個圓形開口讓水可以流出。

6.發電裝置：在格柵面下安裝馬達，將馬達接上可旋轉水車，並在格柵面接上 LED 燈。

7.格柵製作：用電鑽在上蓋鑽圓形洞以模擬格柵面孔洞。

## 8.模擬路面斜板製作

製作斜板模擬道路洩水坡度2%，以現有塑膠盒改裝，並用雷切軟體 RDworksV8，製作相關防水溢流配件，用 SU II 9060雷射切割機將壓克力切出配件，最後黏貼塑膠積木於壓克力板上。

9.實測實驗：以定量水倒入開水桶內，開啟水桶水龍頭水流流入模擬路面斜板再流入防災創意智慧格柵進行測試。

## 六、研究過程實錄：

討論→訪談工務處副處長→訪談消防局秘書→訪談金門大學土木系教授→訪談台灣省土木技師公會金門辦事處處長→訪談金門縣物理名師→現地踏勘→準備實驗器材→組裝→(接續下方)

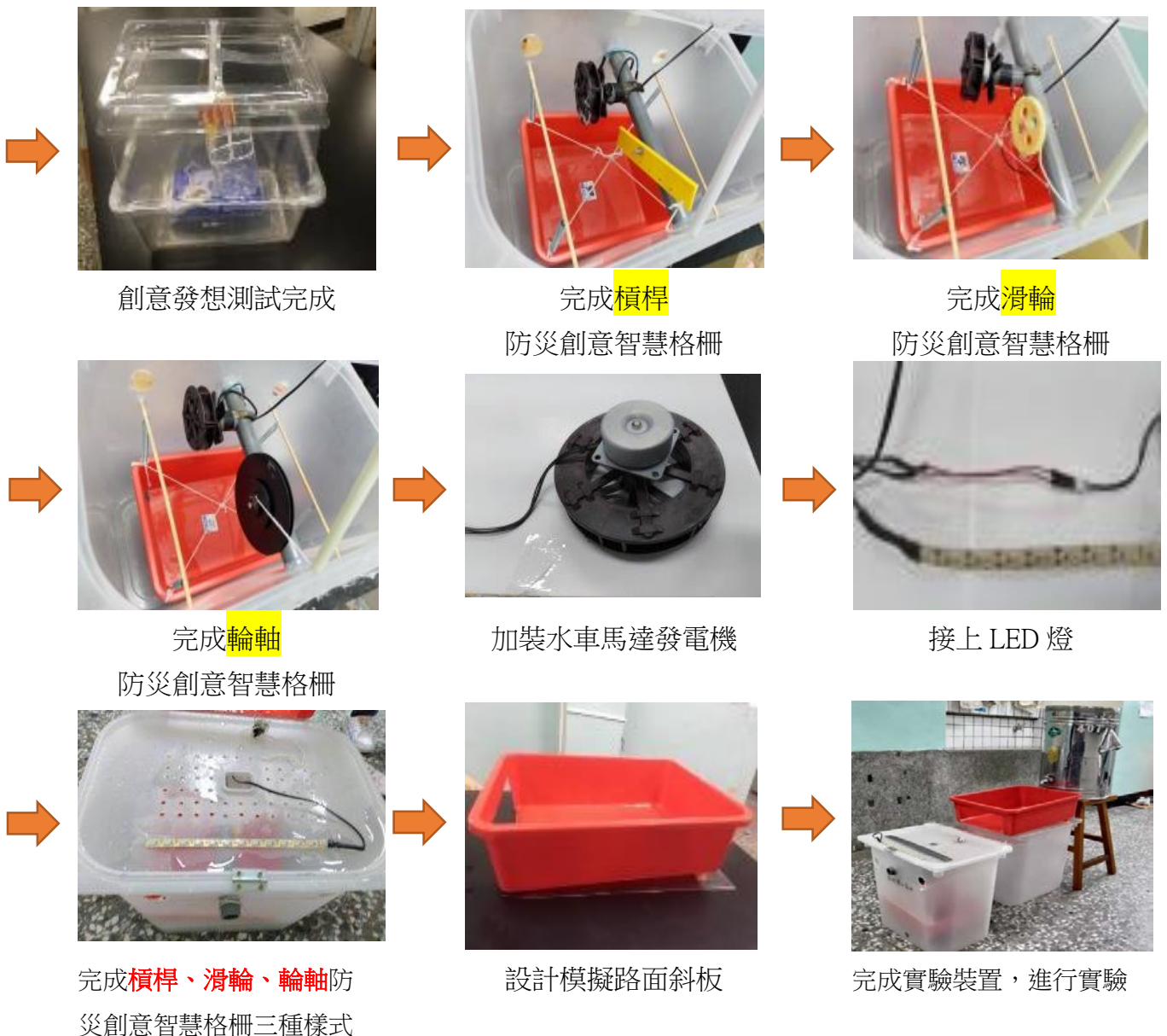


圖3-7：研究過程實錄

## 肆、結果與討論

一、調查並現地踏勘金門縣那些區域為易（淹）積水？原因為何？如何解決？並手繪標示出金門縣積（淹）水潛勢熱點圖。

(一) 我們經由訪談、現地踏勘和查閱相關文獻得知金門縣易積（淹）水區域及原因為何、如何解決？如下表：因此設計可增加排水量的加速排水防災創意格柵，以縮短積淹水時間減少災害。

表4-1：金門縣易積（淹）水區域及原因預防策略表

	易（淹）積水區域	原因	預防策略
1	金沙鎮金沙二號橋周邊	排水斷面不足	將二號橋抬升、及做堤南抽水站工程
2	金沙鎮分駐所前	地勢低窪	做雨水下水道 C1 幹線工程
3	金湖鎮太湖路二段昇恆昌前	地勢低窪	將路緣石打除及加強側溝清淤
4	金寧鄉慈湖農莊	地勢低窪	加強區排水清淤及集水分區分流規劃
5	金城鎮民族路五嶽廟週邊	地勢低窪	做雨水下水道 B 幹線工程
6	烈嶼鄉上林村中墩區域	地勢低窪	做中墩排水改善工程，檢討鄉有池匯流口及下游渠道出海口斷面。
7	烈嶼鄉林湖村東林區域	施工中區域及瞬間暴雨所致	將在下游出海口處增設 CCTV 加強監控。



圖4-1：現地踏勘

(二) 金門縣易積（淹）水潛勢熱點

金沙鎮二號橋	金沙鎮分駐所前	金城鎮五嶽廟前	金寧鄉慈湖農莊
金湖鎮太湖土校路口	烈嶼鄉中墩聚落	烈嶼鄉東林	

圖4-2：金門縣易積（淹）水潛勢熱點圖

(三)、手繪金門縣易積（淹）水潛勢熱點圖

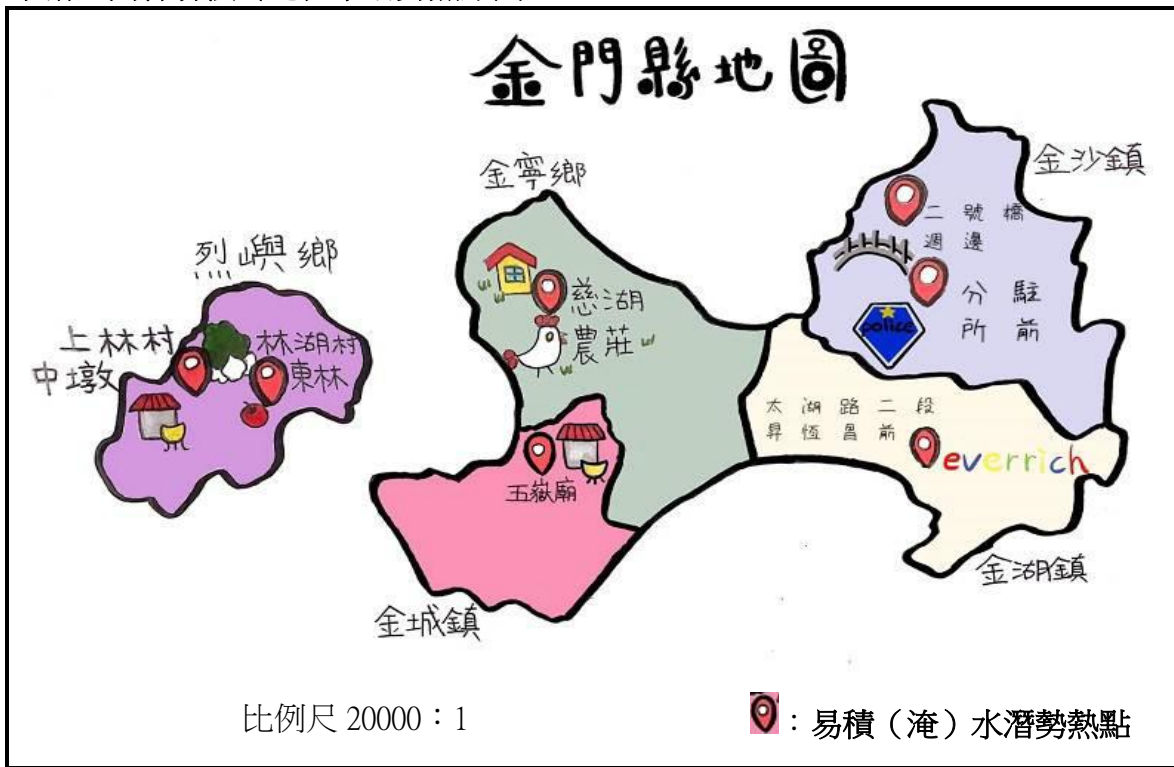


圖4-3：金門縣易積（淹）水潛勢熱點圖

二、調查並現地踏勘，手繪標示出金門縣近年重大積（淹）水區域彙整圖。

(一)我們經由訪談、現地踏勘和查閱相關文獻得知金門縣近年重大積（淹）水區域為：

- |               |              |
|---------------|--------------|
| 1、金沙鎮堤南七、八工區  | 4、金寧鄉慈湖農莊    |
| 2、金城鎮民族路五嶽廟周邊 | 5、烈嶼鄉上林村中墩區域 |
| 3、後豐港海堤周遭     | 6、烈嶼鄉林湖村東林區域 |

(二)手繪標示出金門縣近年重大積（淹）水區域彙整圖

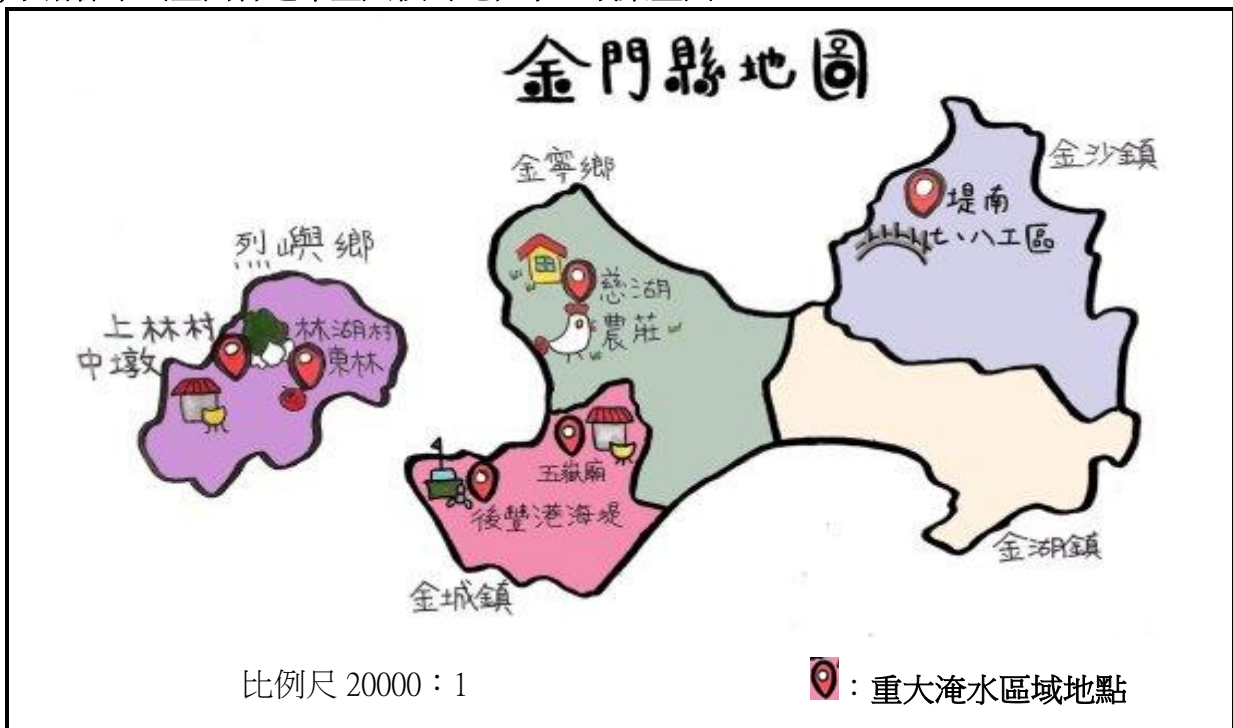


圖4-4：金門縣近年重大淹水區域彙整圖

### 三、調查金門及本校現有格柵排水開口形狀，對水流排水的效益？

我們與工務處大哥哥和金大土木系教授至現地踏勘，得知

**《結果》** 金門現有排水裝置有鑄鐵式、鍍鋅格柵、側向格柵、圓孔式四種，本校則都是鍍鋅格柵有長方形及正方形大小共四種尺寸。鑄鐵式的普遍比較老舊，會打上某某鄉(鎮)公物，排水開口較小，圓孔式也開口小，且多阻塞，近年新設置的都是格柵式，格柵式則開口較多有助水流排水，且可打開清理。

**《困境》** 排水開口阻塞，甚至居民故意置放雜物，完全沒有排水功能。










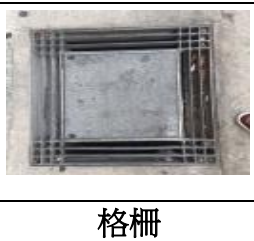





			
鑄鐵(金城鎮)	鑄鐵(金寧鄉)	鑄鐵(烈嶼鄉)	鑄鐵(全縣)
			
鑄鐵(金湖鎮)	鑄鐵(金湖鎮)	鑄鐵	鑄鐵
			
格柵	格柵	格柵(金門縣)	側向式格柵
			
圓孔	圓孔	圓孔	側向式格柵

圖4-5：金門縣常見的水溝排水裝置





圖4-6：金門縣常見的阻塞排水裝置





			
長：50公分 寬：30公分 格柵重量：6.8公斤	長：50公分 寬：50公分 格柵重量：8.51公斤	長：60公分 寬：35公分 格柵重量：14.8公斤	長：65公分 寬：65公分 格柵重量：29.2公斤

圖4-7：校園內現有四種鍍鋅格柵

#### 四、為加速排水，安裝**槓桿**，對防災創意智慧格柵自動抬升的效益？

(一)實驗設備安裝原理：為了模擬格柵在急降雨來臨時，能自動抬升並固定角度(高度)，且在水量宣洩後，能自動閉合，所以在設計的模擬水箱上的格柵面鑽洞讓水流入，內盒水箱當作施力，格柵面當作抗力，並在內盒水箱四邊鑽四個小洞，當較小的水流進入內盒水箱後，直接由四個小洞會流出水溝，但當較大的水流進入內盒水箱後，由於內盒水箱水流入量大於流出量，內盒水箱因重力會往下，當流量差達到固定量時讓內盒水箱的重力可以帶動格柵面自動抬升。

同時在格柵面在自動抬升時，利用塑膠原桿底部控制角度，當格柵面升起達到角度10度時，此時格柵面塑膠原桿底部會因摩擦力原理卡住壁邊即可停止繼續抬升。當雨變小時，流入水量變少，內盒水箱水量在減少後，格柵面即可自動閉合。

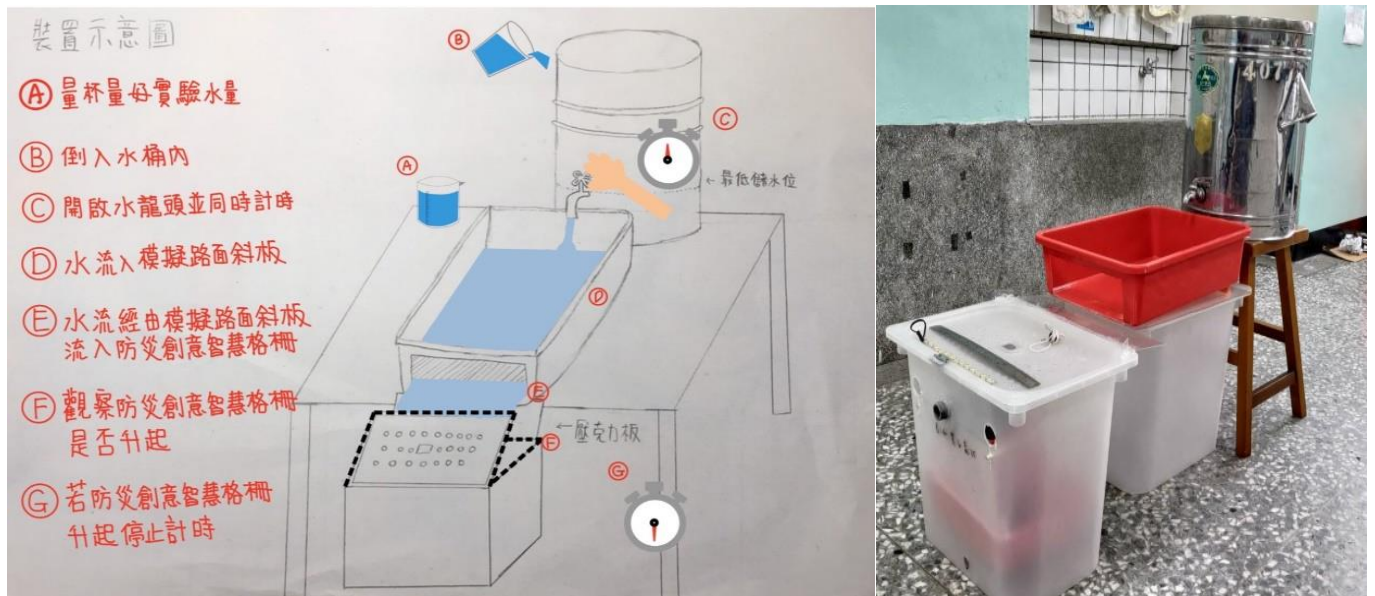
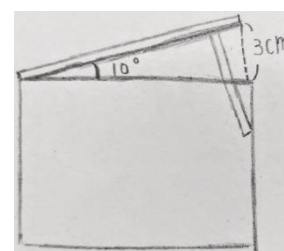


圖4-8：實驗裝置示意圖

1、**安裝槓桿時**：當施力臂越長(內盒水箱與支點距離)及抗力臂越短(格柵與支點距離)時，能達到最大省力，但考量內盒水箱要放入外盒水箱內能有最大空間及平衡，我們發現內盒水箱吊線應盡量在中間最理想，因此將內盒水箱吊線吊在中間，而也要配合格柵面下圓桿活動空間，所以最後選擇施力臂長(水箱與支點距離)與抗力臂長(格柵面與支點距離)的最佳比為4：2，也就是2：1，用此比例來做實驗。

2、**操作**：A 量杯量好實驗水量 → B 倒入水桶內 → C 開啟水桶水龍頭並同時計時秒數 → D 水流流入模擬路面斜板 → E 水流經由模擬路面斜板流入防災創意智慧格柵 → F 觀察防災創意智慧格柵是否升起 → G 若防災智慧格柵升起停止計時秒數。

3、**格柵抬升高度**：參照格柵縫隙3公分，避免強降雨時樹枝等雜物流入阻塞。當格柵面自動升起時，利用塑膠原桿底部控制角度，當格柵面升起達到角度10度時，此時格柵面塑膠原桿底部會因摩擦力原理卡住壁邊(如右圖)。



4、**格柵閉合**：當流入水量變少，內盒水箱水量在減少後重力不足，格柵面即可自動閉合。

				
創意發想	組裝	修正改進	調整結構	正式版本

圖4-9：槓桿格柵實驗流程

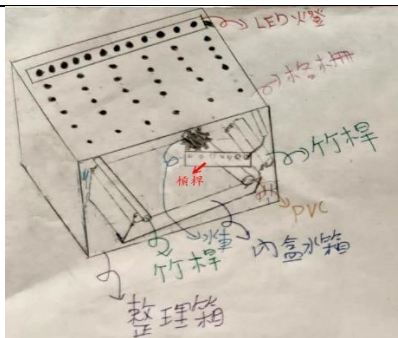
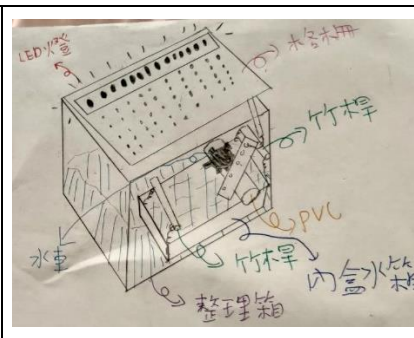
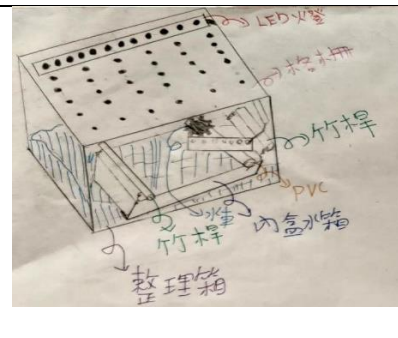
		
平面槓桿格柵	槓桿格柵升起 LED 燈閃爍	水消散後，槓桿格柵回復平面

圖4-10：槓桿格柵升起回復示意圖

## (二)實驗過程：

### 1、理論試算及預測試驗

我們秤得格柵面重185公克(含塑膠圓桿)，內盒水箱重165公克，再依據「槓桿原理」，即「施力×施力臂=抗力×抗力臂」理論來計算特定重量的槓桿防災創意智慧格柵自動抬升時，所需要的水量，如下： 因 **施力×施力臂 = 抗力×抗力臂**

$$\Rightarrow (\text{內盒水箱重} + \text{升起所需水量}) \times \text{施力臂} = (\text{格柵面重} + \text{砝碼}) \times \text{抗力臂}$$

$$\Rightarrow \text{升起所需水量} = [(\text{格柵面重} + \text{砝碼}) \times \text{抗力臂} \div \text{施力臂}] - \text{內盒水箱重}$$



表4-2：槓桿原理理論試算表

	施力臂長 (水箱與支點距離)	比例	說明
槓桿	250	4	棉線綁在支點左邊第四個洞
	1750	2	棉線綁在支點右邊第二個洞
槓桿	砝碼(公克)	升起需水量 (c. c.)	升起需水量公式計算
	250	52.5	$=[(185+250)\times 2]\div 4-165$
	500	177.5	$=[(185+500)\times 2]\div 4-165$
	750	302.5	$=[(185+750)\times 2]\div 4-165$
	1000	427.5	$=[(185+1000)\times 2]\div 4-165$
	1250	552.5	$=[(185+1250)\times 2]\div 4-165$
	1500	677.5	$=[(185+1500)\times 2]\div 4-165$
	1750	802.5	$=[(185+1750)\times 2]\div 4-165$
2000	927.5	$=[(185+2000)\times 2]\div 4-165$	

接著我們以實驗室現有的砂糖秤重後放入內盒水箱，看多少量能使防災創意智慧格柵自動抬升以驗證理論試算的結果，為了增加實驗準確性，每一種砂糖量做了六次，再取平均值。

表4-3：槓桿格柵以砂糖來驗證理論試算實驗結果

格柵面升起砂糖重(公克) / 實驗次數	1	2	3	4	5	6
250	56	58	55	56	56	54
	平均(公克)：55.83					
500	182	188	189	202	188	179
	平均(公克)：188.00					
750	290	303	296	302	291	299
	平均(公克)：296.83					
1000	435	422	446	443	426	432
	平均(公克)：434.00					
1250	562	558	567	564	555	550
	平均(公克)：559.33					
1500	669	682	690	681	676	679
	平均(公克)：679.50					
1750	812	799	797	804	806	801
	平均(公克)：803.17					
2000	932	935	927	926	933	936
	平均(公克)：931.50					

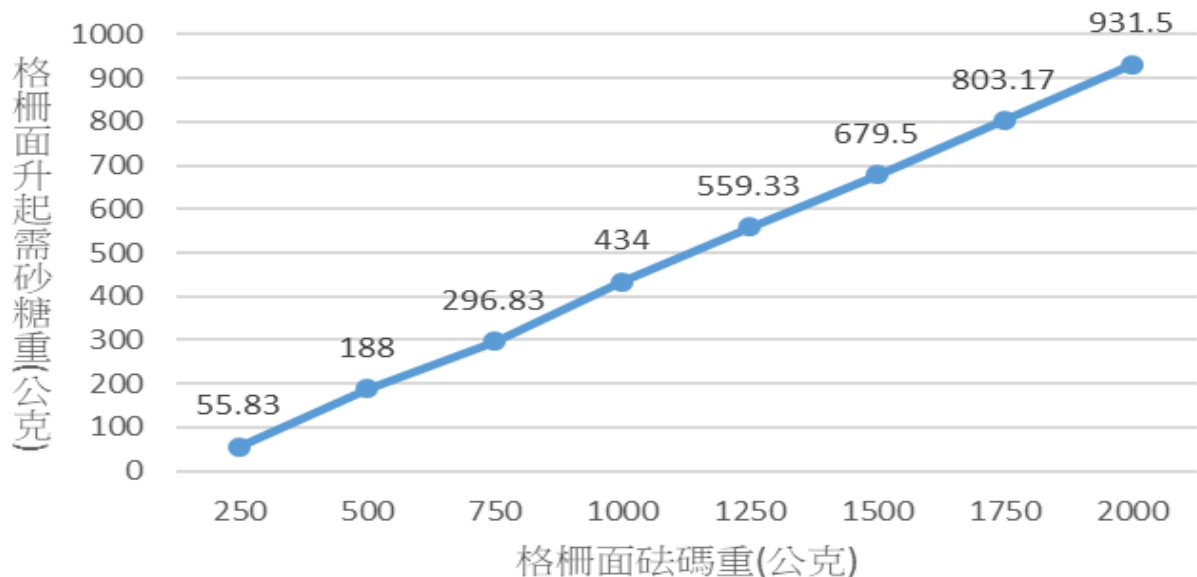


圖4-11：砝碼與砂糖重量關係圖-槓桿

- 2、正式模擬實際格柵重：將砝碼依不同的重量放在格柵面上，並安裝於中間固定位置，用以模擬實際路面不同尺寸大小格柵面的重量，看格柵面在特定重量(250~2000克)及特定水量(1~6公升)下，能在幾秒內抬升？
- 3、正式實驗：為了增加實驗準確性，每一種水量做了五次，並取平均。
- 4、困境：在實驗中，我們發現若僅將內盒水箱吊線吊在中間，容易發生當水在流進水箱時，力量不平均，內盒水箱容易傾倒，造成實驗失敗。
- 5、解決：後來我們將內盒水箱四角先綁線，調整四角綁線讓內盒水箱平衡後再實驗，雖有改善，但也容易失敗，最後在大家思考討論後，發現五年級自然實驗在教到測量力的時候，有用到彈簧，彈簧受力後會有伸縮的特性，所以我們將彈簧裝在水箱的四角，實驗成功不再傾倒。

表4-4：槓桿格柵實驗紀錄表

格柵面升起時間(秒) 砝碼重(公克)	1					2					3					4					5					6				
250	13	12	15	14	16	14	14	16	15	13	14	13	14	11	13	15	15	14	13	14	13	14	12	16	12	12	11	13	12	14
	平均(秒)：14.00					平均(秒)：14.40					平均(秒)：13.00					平均(秒)：14.20					平均(秒)：13.40					平均(秒)：12.40				
500	18	20	21	18	19	19	19	20	18	19	19	18	19	20	19	17	19	20	18	19	20	19	19	20	18	16	19	21	20	17
	平均(秒)：19.20					平均(秒)：19.00					平均(秒)：19.00					平均(秒)：18.60					平均(秒)：19.20					平均(秒)：18.60				
750	24	23	24	22	20	21	22	21	20	21	22	20	18	19	21	20	23	22	20	18	18	19	22	20	19	19	21	21	18	19
	平均(秒)：22.60					平均(秒)：21.00					平均(秒)：20.00					平均(秒)：20.60					平均(秒)：19.60					平均(秒)：19.60				
1000	27	26	26	25	27	28	27	26	28	27	26	27	28	26	26	27	27	26	27	26	28	26	25	25	26	25	26	25	26	27
	平均(秒)：26.20					平均(秒)：27.20					平均(秒)：26.60					平均(秒)：26.60					平均(秒)：26.00					平均(秒)：25.80				
1250	33	33	30	35	34	35	30	30	34	34	34	36	32	33	33	35	30	33	33	34	36	36	32	33	32	33	34	34	32	30
	平均(秒)：33.00					平均(秒)：32.60					平均(秒)：33.60					平均(秒)：33.00					平均(秒)：33.80					平均(秒)：32.60				
1500	38	39	37	39	39	36	39	38	38	39	39	38	34	37	36	39	36	35	34	35	36	36	38	37	36	37	37	36	36	38
	平均(秒)：38.40					平均(秒)：38.00					平均(秒)：36.80					平均(秒)：35.80					平均(秒)：36.60					平均(秒)：36.80				
1750	41	42	40	42	40	42	43	40	42	43	40	38	39	39	42	42	41	38	40	43	39	41	41	40	38	40	39	39	38	38
	平均(秒)：41.00					平均(秒)：42.00					平均(秒)：39.60					平均(秒)：40.80					平均(秒)：39.80					平均(秒)：38.80				
2000克	47	48	48	50	49	49	51	53	48	48	46	47	48	47	50	50	49	46	48	51	47	47	45	49	51	48	49	51	53	48
	平均(秒)：48.40					平均(秒)：49.80					平均(秒)：47.60					平均(秒)：48.80					平均(秒)：47.80					平均(秒)：49.80				

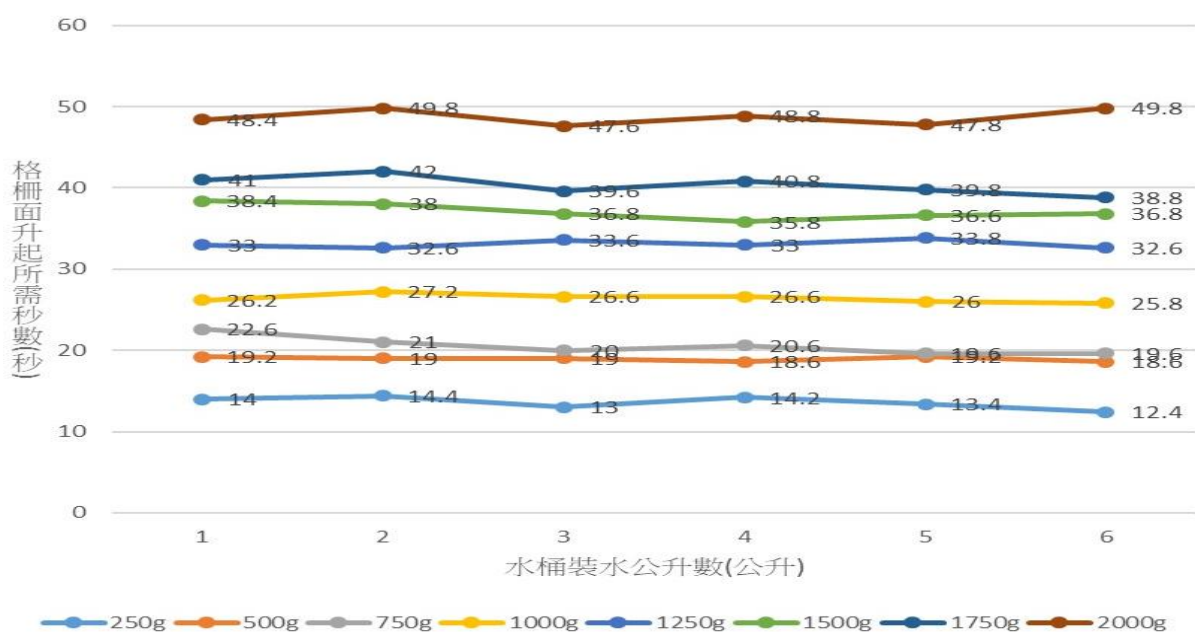


圖4-12：水流量與槓桿格柵升起時間關係圖-

### (三)結果與發現

#### 《結果》

- 1.由「理論的試算」可以得知，格柵面在特定重量(250~2000克)下，越重的格柵面抬升所需要水量越多。
- 2.由「砂糖驗證理論試算」實驗可以得知，格柵面砝碼越重，升起所需的砂糖量也就越多。
- 3.由槓桿實驗紀錄表及水流量與格柵升起時間關係折線圖可以看出，利用槓桿的格柵面在特定重量(250~2000克)及特定水量(1~6公升)下，皆能不用靠電力自動抬升，其中最小的格柵面250公克，在6公升水量下12.4秒可以抬升秒數最短；最大的格柵面2000公克，在6公升水量下49.8秒可以抬升秒數最長。

#### 《發現》

- 1.如果要抬升越重的格柵面，所需的秒數越長，代表水量要更多(更重)，這跟「理論的試算」及「砂糖驗證理論試算」的結果一致。
- 2.格柵面在特定重量下，公升數越多，水的壓力導致水流速度變快，所以格柵面升起的秒數會變快。

### 五、為加速排水，安裝滑輪，對防災創意智慧格柵自動抬升的效益？

#### (一)實驗設備安裝：同前「四」實驗設備安裝。

自然老師有教過我們，當安裝滑輪時，動滑輪會省一半的力，而定滑輪不會省力只會改變施力的方向，但是當我們試著使用動滑輪時，發現動滑輪會任意晃動並無法固定使用，所以後來只能選擇定滑輪來做實驗，一樣考量內盒水箱要放入外盒水箱內能有最大空間及平衡，所以將內盒水箱吊線吊在中間。格柵抬升高度參照格柵縫隙3公分，避免強降雨樹枝等雜物流入阻塞。



圖4-13：滑輪格柵實驗流程

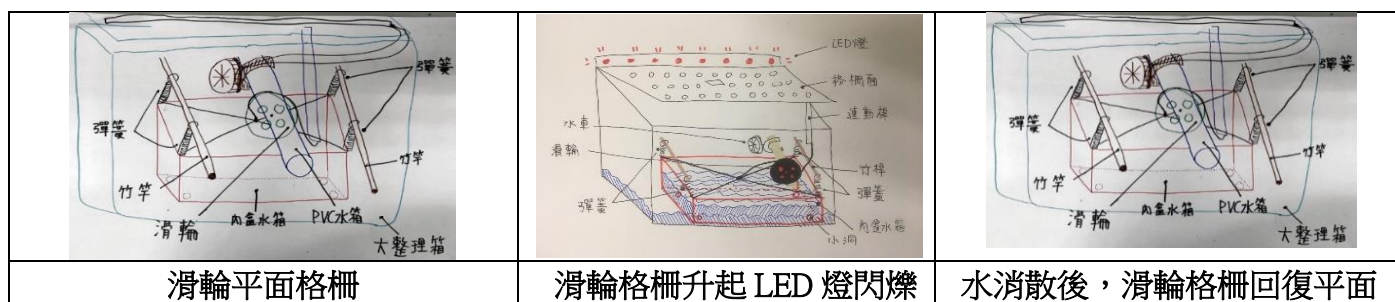


圖4-14：滑輪格柵升起回復示意圖

#### (二) 實驗過程：

##### 1、理論試算及預測試驗

我們秤得格柵面重185公克(含塑膠圓桿)，內盒水箱重165公克，再依據「槓桿原理」，即「施力×施力臂=抗力×抗力臂」理論來計算特定重量的滑輪防災創意智慧格柵自動抬升時，所需要的水量，如下：因 **施力×施力臂 = 抗力×抗力臂**

$$\Rightarrow (\text{內盒水箱重} + \text{升起所需水量}) \times \text{施力臂} = (\text{格柵面重} + \text{砝碼}) \times \text{抗力臂}$$

$$\Rightarrow \text{升起所需水量} = [(\text{格柵面重} + \text{砝碼}) \times \text{抗力臂} \div \text{施力臂}] - \text{內盒水箱重}$$

表4-5：滑輪理論試算表

	施力臂長 (水箱與支點距離)	比例	說明
滑輪	施力臂長 (水箱與支點距離)	1	左邊棉線離滑輪圓心(支點)的距離比
	抗力臂長 (格柵與支點距離)	1	右邊棉線離滑輪圓心(支點)的距離比
滑輪	砝碼(公克)	升起需水量 (c. c.)	升起需水量公式計算
	250	270	$=[(185+250)\times 1]\div 1-165$
	500	520	$=[(185+500)\times 1]\div 1-165$
	750	770	$=[(185+750)\times 1]\div 1-165$
	1000	1020	$=[(185+1000)\times 1]\div 1-165$
	1250	1270	$=[(185+1250)\times 1]\div 1-165$
	1500	1520	$=[(185+1500)\times 1]\div 1-165$
	1750	1770	$=[(185+1750)\times 1]\div 1-165$
	2000	2020	$=[(185+2000)\times 1]\div 1-165$

接著我們以實驗室現有的砂糖秤重後放入內盒水箱，看多少量能使防災創意智慧格柵自動抬升以驗證理論試算的結果，為增加實驗準確性，每一種砂糖量做了六次，再取平均值。

表4-6：滑輪格柵以砂糖來驗證理論試算實驗結果

格柵面升起砂糖量(公克) 試驗次數	1	2	3	4	5	6
250	272	273	268	274	265	267
	平均(公克)：269.83					
500	521	526	522	516	522	527
	平均(公克)：522.33					
750	778	772	776	768	770	772
	平均(公克)：772.67					
1000	1023	1025	1026	1018	1028	1026
	平均(公克)：1024.33					
1250	1275	1268	1277	1276	1268	1272
	平均(公克)：1272.67					
1500	1526	1520	1525	1526	1519	1515
	平均(公克)：1521.83					
1750	1776	1772	1770	1776	1768	1769
	平均(公克)：1771.83					
2000	2010	2018	2009	2018	2020	2023
	平均(公克)：2016.33					

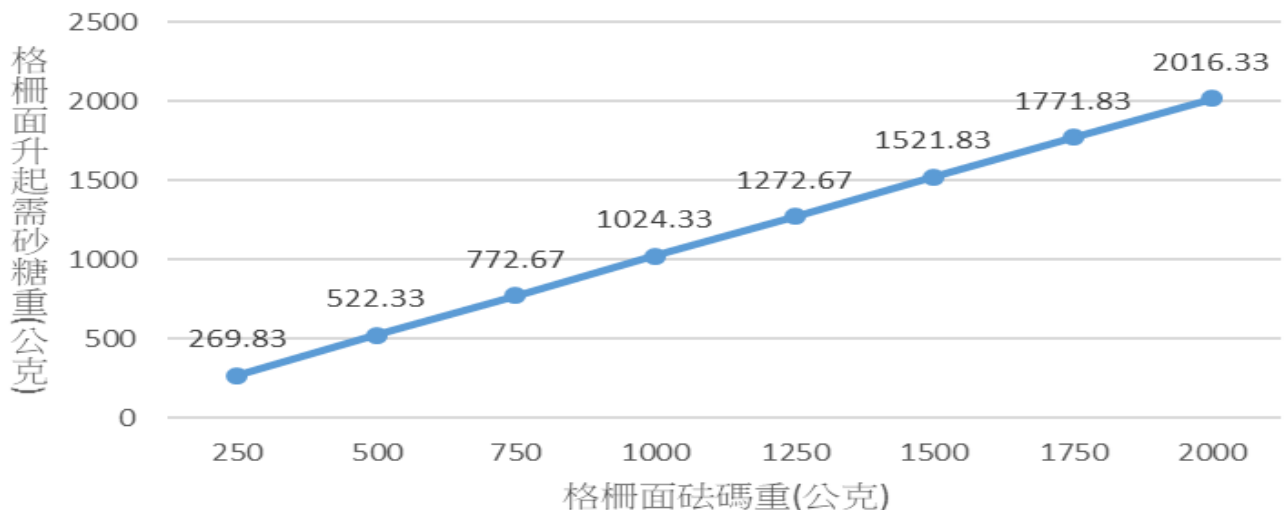


圖4-15：砝碼與砂糖重量關係圖-滑輪

- 2、**模擬實際格柵重**：將砝碼依不同的重量放在格柵面上，並安裝於中間固定位置，用以模擬實際路面不同尺寸大小格柵面的重量，看格柵面在特定重量(250~2000克)及特定水量(1~6公升)下，能在幾秒內抬升？
- 3、**實驗**：為了增加實驗準確性，每一種水量做了五次，並取平均。
- 4、**困境**：同槓桿格柵內盒水箱容易傾倒，造成實驗失敗。
- 5、**解決**：同槓桿格柵綁彈簧裝在水箱的四角，實驗成功不再傾倒。

表4-7：滑輪格柵實驗紀錄表

格柵面升起時間(秒) 砝碼重(公克)	1					2					3					4					5					6				
	250	19	20	23	22	21	23	21	18	19	23	17	21	20	23	21	23	20	18	19	22	20	17	23	21	20	20	19	18	20
	平均(秒)：21.00					平均(秒)：20.80					平均(秒)：20.40					平均(秒)：20.40					平均(秒)：20.20					平均(秒)：20.00				
500	33	35	35	30	28	34	33	33	29	30	33	32	29	30	36	30	34	33	35	30	31	31	30	33	30	30	31	32	28	33
	平均(秒)：32.20					平均(秒)：31.80					平均(秒)：32.00					平均(秒)：32.40					平均(秒)：31.00					平均(秒)：30.80				
750						40	38	43	40	45	43	41	40	39	41	42	38	40	42	43	40	40	39	42	43	41	39	41	40	40
	無法抬升					平均(秒)：41.20					平均(秒)：40.80					平均(秒)：41.00					平均(秒)：40.80					平均(秒)：40.20				
1000						51	48	52	52	48	53	50	50	48	52	49	48	50	48	49	49	46	50	48	49	49	50	49	47	49
	無法抬升					平均(秒)：50.20					平均(秒)：50.60					平均(秒)：48.80					平均(秒)：48.40					平均(秒)：48.80				
1250						60	58	60	61	58	61	57	58	59	59	62	58	58	59	59	58	57	58	57	60	60	58	59	57	58
	無法抬升					平均(秒)：59.40					平均(秒)：58.80					平均(秒)：59.20					平均(秒)：58.00					平均(秒)：58.40				
1500											69	67	65	69	69	68	69	68	70	66	67	68	66	68	68	68	69	70	66	68
	無法抬升					無法抬升					平均(秒)：67.80					平均(秒)：68.20					平均(秒)：67.40					平均(秒)：68.20				
1750											83	80	84	82	77	78	79	80	79	78	80	82	78	80	79	77	79	82	76	78
	無法抬升					無法抬升					平均(秒)：81.20					平均(秒)：78.80					平均(秒)：79.80					平均(秒)：78.40				
2000											93	90	92	86	87	90	91	89	88	87	89	87	85	88	86	86	90	91	86	86
	無法抬升					無法抬升					平均(秒)：89.60					平均(秒)：89.00					平均(秒)：87.00					平均(秒)：87.80				

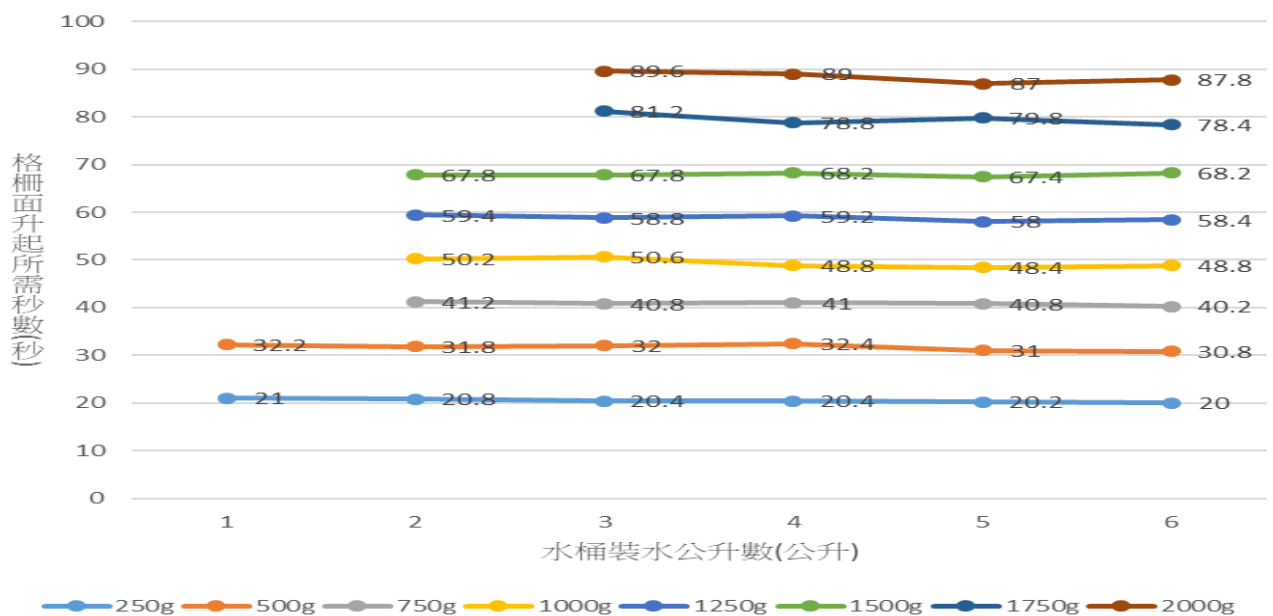


圖4-16：水流量與滑輪格柵升起時間關係折線圖

### (三)結果與發現

#### 《結果》

- 1、由「砂糖驗證理論試算」實驗可以得知，格柵面砝碼越重，升起所需的砂糖量也就越多。
- 2、由槓桿實驗紀錄表及水流量與格柵升起時間關係折線圖可以看出，利用槓桿的格柵面在特定重量(250~2000克)及特定水量(1~6公升)下，皆能不用靠電力自動抬升，其中最小的格柵面250公克，在6公升水量下12.4秒可以抬升秒數最短；最大的格柵面2000公克，在6公升水量下49.8秒可以抬升秒數最長。
- 3、由「理論的試算」可以得知，格柵面在特定重量(250~2000克)下，越重的格柵面抬升所需要水量越多。

#### 《發現》

- 1、如果要抬升越重的格柵面，所需的秒數越長，代表水量要更多(更重)，這跟「理論的試算」及「砂糖驗證理論試算」的結果一致。
- 2、格柵面在特定重量下，公升數越多，水的壓力導致水流速度變快，所以格柵面升起的秒數會變快。

### 六、為加速排水，安裝輪軸，對防災創意智慧格柵自動抬升的效益？

#### (一)實驗設備安裝：同前「四」實驗設備安裝。

我們使用的圓形輪軸，輪軸的大圓半徑是6公分，輪軸的小圓半徑是1.5公分，所以半徑比是4：1，根據理論可以節省四分之三的作用力，一樣考量內盒水箱要放入外盒水箱內能有最大空間及平衡，且要達到省力，所以將內盒水箱吊線吊在中間。格柵抬升高度參照格柵縫隙3公分，避免強降雨樹枝等雜物流入阻塞。



圖4-17：輪軸格柵實驗流程

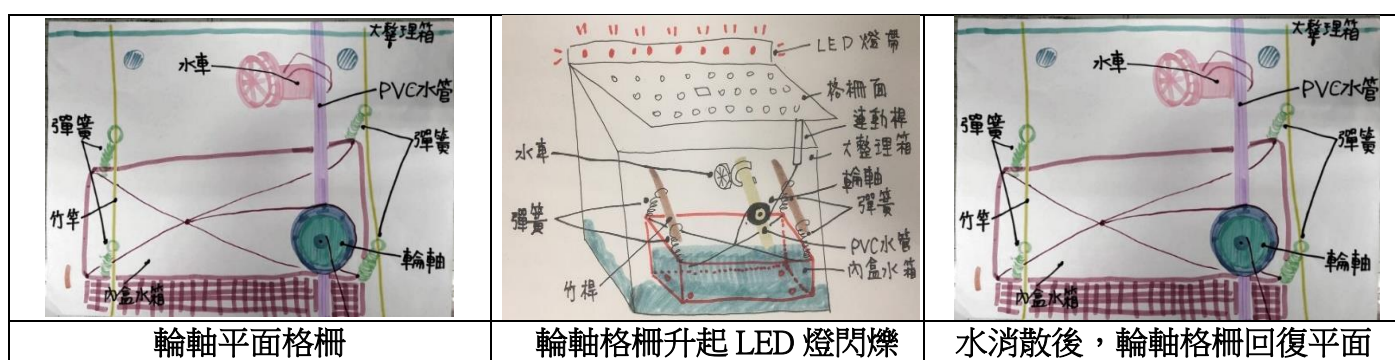


圖4-18：輪軸格柵升起回復示意圖

(二)實驗過程：

1、理論試算及預測試驗

我們秤得格柵面重185公克(含塑膠圓桿)，內盒水箱重165公克，再依據「槓桿原理」，即「施力×施力臂=抗力×抗力臂」理論來計算特定重量的輪軸防災創意智慧格柵自動抬升時，所需要的水量，如下：

因 **施力×施力臂 = 抗力×抗力臂**

⇒ (內盒水箱重 + 升起所需水量) × 施力臂 = (格柵面重 + 砝碼) × 抗力臂

⇒ **升起所需水量 = [(格柵面重+砝碼) × 抗力臂 ÷ 施力臂] - 內盒水箱重**

表4-8：輪軸理論試算表

	施力臂長 (水箱與支點距離)	比例	說明
輪軸	4	4	輪軸大圓半徑是6公分
	抗力臂長 (格柵與支點距離)	1	輪軸小圓半徑是1.5公分
輪軸	砝碼(公克)	升起需水量 (c. c.)	升起需水量公式計算
	250	-56.25(不需水量就會自動抬升)	=[(185+250)×1]÷4—165
	500	6.25	=[(185+500)×1]÷4—165
	750	68.75	=[(185+750)×1]÷4—165
	1000	131.25	=[(185+1000)×1]÷4—165
	1250	193.75	=[(185+1250)×1]÷4—165
	1500	256.25	=[(185+1500)×1]÷4—165
	1750	318.75	=[(185+1750)×1]÷4—165
	2000	381.25	=[(185+2000)×1]÷4—165

接著我們以實驗室現有的砂糖秤重後放入內盒水箱，看多少量能使防災創意智慧格柵自動抬升以驗證理論試算的結果，為了增加實驗準確性，每一種砂糖量做了六次，再取平均值。

表4-9：輪軸格柵以砂糖來驗證理論試算實驗結果

格柵面升起砂糖量(公克) / 實驗次數 / 砝碼量(公克)	1	2	3	4	5	6
250						
	會自動升起					
500	10	12	11	13	11	9
	平均(公克)：11.00					
750	72	72	71	70	69	68
	平均(公克)：70.33					
1000	135	136	132	130	133	132
	平均(公克)：133.00					
1250	199	197	192	189	193	195
	平均(公克)：194.17					
1500	258	259	256	250	253	256
	平均(公克)：255.33					
1750	325	324	323	326	324	319
	平均(公克)：323.50					
2000	383	379	380	379	381	382
	平均(公克)：380.67					

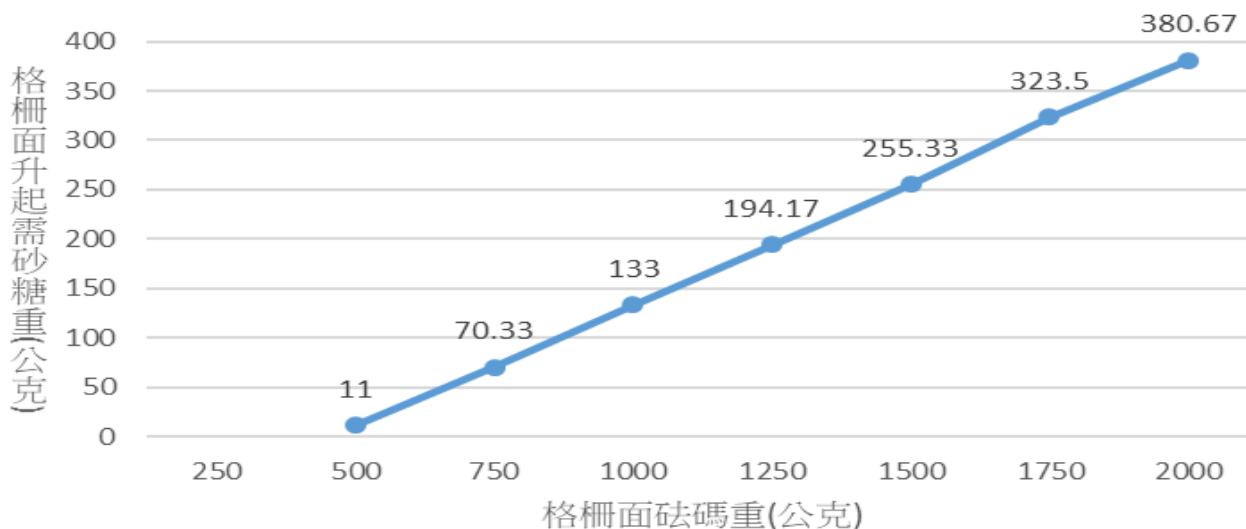


圖4-19：輪軸格柵砝碼與砂糖重量關係圖-輪軸

- 2、**模擬實際格柵重**：將砝碼依不同的重量放在格柵面上，並安裝於中間固定位置，用以模擬實際路面不同尺寸大小格柵面的重量，看格柵面在特定重量(250~2000克)及特定水量(1~6公升)下，能在幾秒內抬升？其中格柵面本身有重量，並在250克下不用水量就會自動抬升，所以我們不需要做250克。
- 3、**實驗**：為了增加實驗準確性，每一種水量做了五次，並取平均。
- 4、**困境**：同槓桿格柵內盒水箱容易傾倒，造成實驗失敗。
- 5、**解決**：同槓桿格柵綁彈簧裝在水箱的四角，實驗成功不再傾倒。

表4-10：輪軸格柵實驗紀錄表

格柵面升起時間(秒) 格柵重(公克)	1L					2L					3L					4L					5L					6L										
	250克	會自動抬升																																		
500克	13	13	12	12	13	12	15	13	14	11	11	10	13	10	14	13	12	11	12	11	12	11	10	11	12	10	12	11	10	8	平均(秒)：12.60	平均(秒)：13.00	平均(秒)：11.60	平均(秒)：11.80	平均(秒)：11.20	平均(秒)：10.20
750克	14	15	14	14	16	15	15	14	14	16	15	15	14	14	17	15	17	16	16	15	14	16	14	13	13	14	14	15	15	14	平均(秒)：14.60	平均(秒)：14.80	平均(秒)：15.00	平均(秒)：15.80	平均(秒)：14.00	平均(秒)：14.40
1000克	16	16	18	17	16	16	15	15	14	16	14	16	17	16	16	18	16	15	17	17	18	16	18	17	15	16	18	15	16	15	平均(秒)：16.60	平均(秒)：15.20	平均(秒)：15.80	平均(秒)：16.60	平均(秒)：16.80	平均(秒)：16.00
1250克	22	21	20	21	22	22	21	20	20	19	22	21	23	21	20	20	21	22	21	20	24	20	18	18	23	16	19	20	19	19	平均(秒)：21.20	平均(秒)：20.40	平均(秒)：21.40	平均(秒)：20.80	平均(秒)：20.60	平均(秒)：18.60
1500克	25	26	26	27	25	26	24	24	26	22	24	20	26	26	24	25	26	25	24	20	23	27	27	25	23	25	25	29	27	25	平均(秒)：25.80	平均(秒)：24.40	平均(秒)：24.00	平均(秒)：24.00	平均(秒)：25.00	平均(秒)：26.20
1750克	28	27	26	28	25	29	27	26	26	27	26	26	24	26	26	28	27	26	29	30	28	30	27	26	26	27	26	23	23	27	平均(秒)：26.80	平均(秒)：27.00	平均(秒)：25.60	平均(秒)：28.00	平均(秒)：27.40	平均(秒)：25.20
2000克	29	31	29	31	32	31	29	31	30	32	33	30	29	28	34	32	30	30	28	32	32	29	30	34	32	29	32	29	30	32	平均(秒)：30.40	平均(秒)：30.60	平均(秒)：30.80	平均(秒)：30.40	平均(秒)：31.40	平均(秒)：30.40



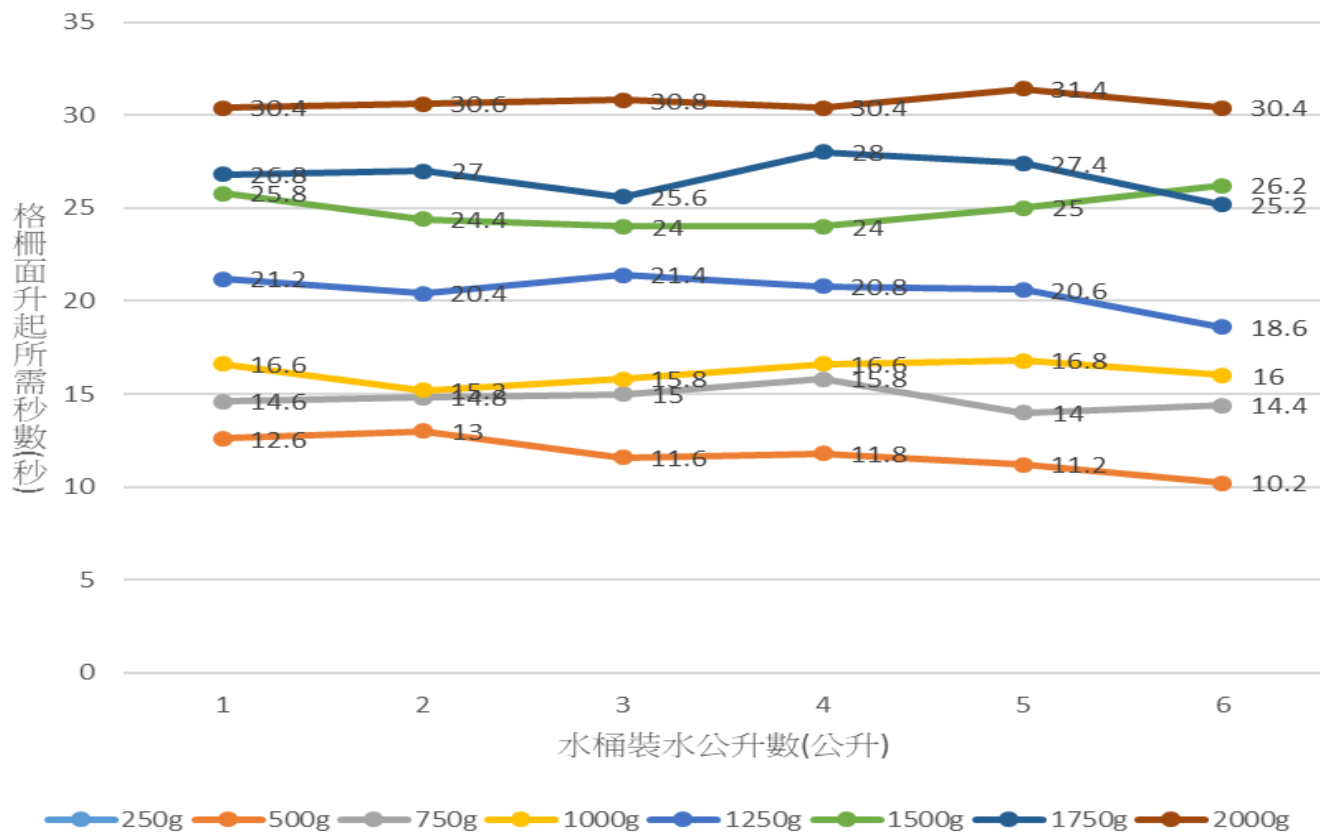


圖4-20：水流量與輪軸格柵升起時間關係圖-輪軸

### (三)結果與發現

#### 《結果》

- 1、由「理論的試算」可以得知，格柵面在特定重量(500~2000克)下，越重的格柵面抬升所需要水量越多。
- 2、由「砂糖驗證理論試算」實驗可以得知，格柵面砝碼越重，升起所需的砂糖量也就越多。
- 3、由輪軸實驗紀錄表及水流量與格柵升起時間關係折線圖可以看出，利用輪軸的格柵面在特定重量(250~2000克)及特定水量(1~6公升)下，皆能不用靠電力自動抬升，其中最小的格柵面500公克，在6公升水量下10.2秒可以抬升秒數最短；最大的格柵面2000公克，在5公升水量下31.4秒可以抬升秒數最長。

#### 《發現》

- 1、如果要抬升越重的格柵面，所需的秒數越長，代表水量要更多(更重)，這跟「理論的試算」及「砂糖驗證理論試算」的結果一致。
- 2、格柵面在特定重量下，公升數越多，水的壓力導致水流速度變快，所以格柵面升起的秒數會變快。

### 七、綜上各組防災創意智慧格柵，找出最佳防災創意智慧格柵組合。

#### 《結果》

- (一)在相同大小尺寸水溝內，比較槓桿、滑輪與輪軸構造，發現輪軸所佔空間比較節省，且具較大的力臂比值。
- (二)由水量實驗發現，相同大小尺寸格柵重的情況下，輪軸格柵較優於槓桿及滑輪，對於格柵自動抬升最省時。

(三)由理論結果可以得知三種裝置中，運用輪軸原理，讓格柵自動抬升，所需內盤的重量最小。

(四)由砂糖試驗得知三種裝置中，運用輪軸原理，讓格柵自動抬升，所需內盤的重量最小。

《發現》

綜合以上結果，於相同大小的排水溝尺寸，輪軸格柵具有節省空間，最大施力臂，及最快抬升的優點，也最可行。

八、利用水流排水是否可使防災創意智慧格柵在自動抬升時發電，使 LED 燈發亮產生示警效果？

《結果》由實驗結果得知，水流可以帶動水車轉動，並使LED燈發亮產生示警效果。

《發現》因為水流量不平均及落在水車上位置不一定，造成 LED 燈所產生發亮是間斷性的，成為更閃爍醒目的示警效果。

九、嘗試校園實地埋設防災創意智慧格柵並觀察後續修正改進。

《嘗試》我們嘗試將防災創意智慧格柵的原理應用於本校現有格柵裝置，首先選擇校內長50公分、寬30公分格柵，驗證理論試算，裝設輪軸防災創意智慧格柵並以水測試實驗。


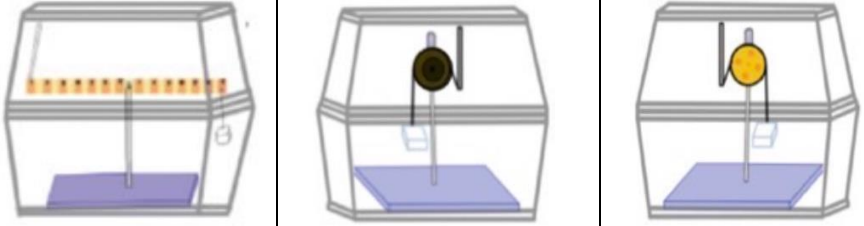
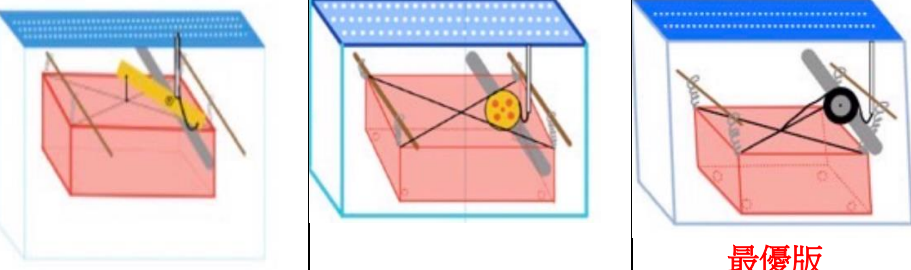
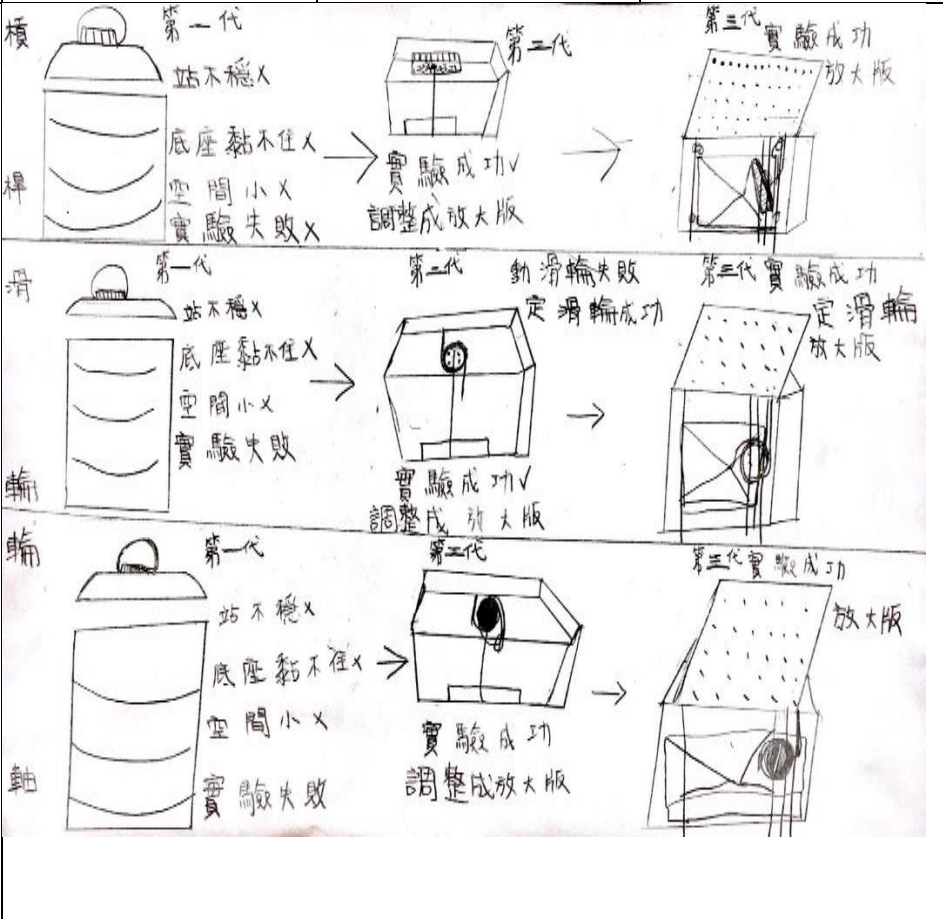
《發現》輪軸防災創意智慧格柵確實可以自動抬升及閉合，縮短校園積(淹)水時間，小朋友跌到意外也相對減少。

			
<p>格柵長：50公分 寬：30公分 格柵重量：6.8公斤 PVC 塑膠桿重：136公克 內盒水箱：165公克 理論抬升需水量： [(6800+136)×1÷4]-165=1569公克 =1.569公斤</p>	<p>將輪軸防災創意智慧格柵安裝於校園低窪水溝</p>	<p>成功實際抬升水量： 1.84公斤</p>	<p>成功安裝 led 燈警示： 格柵抬升後，擔心危險，於是在格柵內部安裝水車發電機，利用流入格柵內的水流帶動水車發電機葉片旋轉，使水車馬達發電，並將馬達產生的電流傳送到格柵上的Led燈帶，使Led燈閃爍，產生示警效果，不會危險。</p>

圖4-21：嘗試校園實作

十、格柵的演進與調整

表4-11：格柵的演進與調整

<p>創意發想</p>		<ol style="list-style-type: none"> <li>1.廢棄 6L 大寶特瓶好取得。</li> <li>2.底部有凸起，裝置無法固定，會傾倒。</li> <li>3.內部空間不夠寬，所以裝置在抬升時會卡住。</li> <li>4.高度不足，裝置放入時會超出寶特瓶。</li> </ol>
<p>測試版</p>		<ol style="list-style-type: none"> <li>1.實驗室小型飼養箱好取得。</li> <li>2.底部平整，裝置能固定。</li> <li>3.動滑輪任意晃動無法固定，改成定滑輪成功，但無法省力。</li> <li>4.內盒水箱太小，改成紅色塑膠盒，容量變大。</li> </ol>
<p>改進版</p>		<ol style="list-style-type: none"> <li>1.為模擬實際水溝空間改成大型整理箱。</li> <li>2.改變為長 35cm、寬 30 cm、高 40 cm，裝置放入時都不會卡住。</li> <li>3.內盒水箱原先只鑽一個洞，發現閉合太慢，改於四角鑽洞，直徑 0.25cm，水消散後重力減少，格柵自動閉合，且四個洞可讓內盒水箱平衡。</li> <li>4.在內盒水箱四角綁線，但還是會傾斜，最後改用彈簧才固定不傾倒。</li> </ol>
<p>格柵演進與調整手稿</p>	 <p><b>槓桿 (Lever) 演進:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>第一代: 站不穩 X, 底座黏不住 X, 空間小 X, 實驗失敗 X</li> <li>第二代: 實驗成功 V, 調整成放大版</li> <li>第三代: 實驗成功 放大版</li> </ul> <p><b>滑輪 (Pulley) 演進:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>第一代: 站不穩 X, 底座黏不住 X, 空間小 X, 實驗失敗</li> <li>第二代: 動滑輪失敗, 定滑輪成功, 實驗成功 V, 調整成放大版</li> <li>第三代: 實驗成功 放大版</li> </ul> <p><b>軸 (Shaft) 演進:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>第一代: 站不穩 X, 底座黏不住 X, 空間小 X, 實驗失敗</li> <li>第二代: 實驗成功, 調整成放大版</li> <li>第三代: 實驗成功 放大版</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>5.手倒水流量不穩定改用廢棄開水桶進水。</li> <li>6. 格柵抬升後，擔心危險，於是在格柵內部安裝水車發電機，利用流入格柵內的水流帶動水車發電機葉片旋轉，使水車馬達發電，並將馬達產生的電流傳送到格柵上的 Led 燈帶，使 Led 燈閃爍，產生示警效果，不會危險。</li> <li>7.定滑輪不省力，槓桿又占空間，所以比較三種裝置，發現輪軸省時省力又不佔空間，所以最優排名第一，槓桿第二，滑輪第三。</li> </ol>

## 伍、結論

- 一、金門縣易積（淹）水區域潛勢熱點是金沙鎮金沙二號橋周邊及分駐所前、金湖鎮太湖路二段昇恆昌前、金寧鄉慈湖農莊、金城鎮民族路五嶽廟周邊、烈嶼鄉上林村中墩區域及林湖村東林區域，原因是排水斷面不足、地勢低窪、瞬間暴雨所致。目前解決方案是將二號橋抬升、加強清淤，施作分流、排水工程並增設 CCTV 加強監控。
- 二、金門縣近年重大積（淹）水區域是金沙鎮堤南七、八工區、金城鎮民族路五嶽廟周邊及後豐港海堤周遭、金寧鄉慈湖農莊、烈嶼鄉上林村中墩區域、林湖村東林區域。
- 三、金門現有排水裝置有鑄鐵式、鍍鋅格柵、側向格柵、圓孔式四種。鑄鐵式的普遍比較老舊，排水開口較小，圓孔式也開口小，且多阻塞，近年新設置的都是格柵式，開口較多有助排水，且可打開清理。目前困境則是排水開口阻塞，甚至居民故意置放雜物，完全沒有排水功能。
- 四、槓桿格柵確實可省力並自動抬升，尤其水量越大，速度越快，如實驗砝碼在500g 時，當水量由 1L 增為6L，秒數則由19.2秒變成18.6秒。
- 五、滑輪格柵無法省力但可自動抬升，尤其水量越大，速度越快，如實驗砝碼在500g 時，當水量由 1L 增為6L，秒數則由32.2秒變成30.8秒。
- 六、輪軸格柵確實可省力並自動抬升，尤其水量越大，速度越快，如實驗砝碼在500g 時，當水量由 1L 增為6L，秒數則由12.6秒變成10.2秒。
- 七、比較槓桿、滑輪、輪軸三種格柵，**輪軸**的防災創意智慧格柵效益最佳，輪軸和槓桿只要更改施力臂與抗力臂距離，皆可省力，但如果在相同的空間內，輪軸格柵省時省力又節省空間最優。
- 八、成功利用水流讓防災創意智慧格柵在自動抬升時，LED 燈發亮產生閃爍示警效果。
- 九、嘗試將輪軸防災創意智慧格柵實地校園埋設，確實可以自動抬升及閉合，縮短校園積(淹)水時間，小朋友跌到意外也相對減少。

## 陸、應用與展望

近年全球氣候變異導致「乾則愈乾、澇則愈澇」，金門地區受氣候異常影響，海平面升高、溫度升高、降雨模式改變、劇烈降雨強度增加，不僅颱風侵襲次數增加，更出現降雨日數減少及降雨集中趨勢，加上近年都市化結果不透水的路面導致逕流大增，致災性降雨造成積淹水是金門現今面臨的重大課題。

未來若能於排水溝、公園、停車場、學校綠地等公共設施空間廣設滯洪井（池），將流入的雨水導入滯洪池內，儲存雨水，也就是**水溝串聯雨水回收系統**，調節降低暴雨洪水逕流量，減輕排水系統負擔，且定時清淤，改變土地利用，讓金門的每一塊土地都有海綿般的功能。

後續將建議金門縣政府裝設防災創意智慧格柵既可讓水流能大量流至滯洪設施，減少災害發生，又可保存水資源供應民生用水，而非浪費的流至大海，更可減少依賴每日向大陸購水需求，共創「三贏」何樂而不為。

防災創意智慧格柵不僅是別創新「格」，更是「別創新格」，以 SDGs 11永續城鄉、13採取緊急行動應對氣候變遷及其衝擊為首要目標，開創**永續防災**新局面。

## 一、推廣應用

### (一)由本校實地埋設防災創意智慧格柵：

- 1.將防災創意智慧格柵實際埋設於本校低窪區域，觀察發現可以**縮短校園積(淹)水時間**，確實可**減少小朋友跌到意外**
- 2.在防災創意智慧格柵內部安裝水車發電機後，利用流入格柵內的水流帶動水車發電機葉片旋轉，使水車馬達**自動發電**，並將馬達產生的電流傳送到格柵上的 Led 燈帶，使 Led 燈閃爍產生示警效果。



			
水溝組裝輪軸格柵裝置	安裝輪軸格柵裝置完成	實驗測試自動抬升	自動抬升帶動 led 燈帶發亮

圖6-1：校園實地埋設防災創意智慧格柵

### (二)縣府協助納入施工設計及推廣：

我們已向縣府報告防災創意智慧格柵研究成果，建請縣政府納入施工設計，及建置滯洪設施，並獲大大肯定與讚揚，縣長說：「**小朋友很有創意，如果可以加速排水，減少低窪區域災損，產、官、學三方合作，本應該大大支持啊！**」將請相關單位**研擬、鼓勵、獎勵**，由全縣低窪區域潛勢熱點開始試用推廣，縮短積淹水時間，減少災害發生。潛勢熱點為我們的研究結果一，金沙鎮分駐所前、金湖鎮太湖路二段昇恆昌前、金寧鄉慈湖農莊、金城鎮民族路五嶽廟週邊、烈嶼鄉上林村中墩等地勢低窪區域試用推廣，**我們也在重大淹水區域實地埋設，成效良好。**

		
向縣長報告研究成果獲肯定讚揚	在重大積淹水區實地施作	格柵升起擔心危險，加裝LED示警

圖6-2：向縣長報告研究成果，並實地埋設於重大積淹水區域

## 二、後續研究

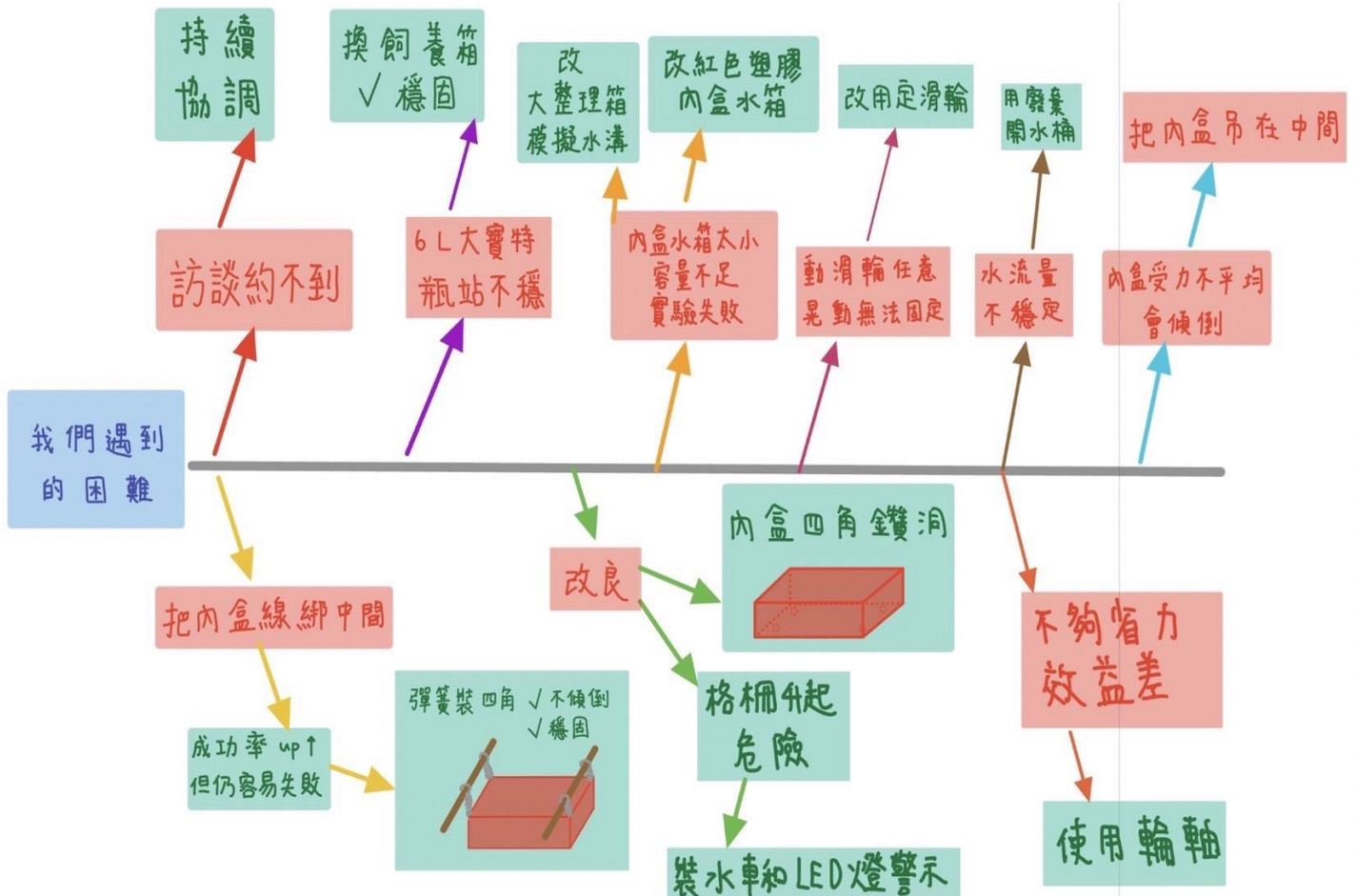
- (一)探討以廢棄材質再生製作防災創意智慧格柵
- (二)探討加裝智能感測器於防災創意智慧格柵的效益

## 柒、創新亮點

- 一、首創以 self by self 原理製作防災創意智慧格柵，因水致災，以水防災。
- 二、率先探討格柵於積(淹)水時的排水問題
- 三、運用簡單原理，達到最大的工作效益
- 四、著手申請專利中

## 捌、反思

一、我們研究過程中，遇到許許多多的困難，不斷的失敗又重來，最後終於一一克服了。



二、以前看到學長姐做實驗既羨慕又嫉妒，感覺很好玩又簡單，可是當自己實際參與卻發現做實驗好辛苦，每天除了自己本身該做的功課，還要額外花很多時間做實驗及整理筆記到很晚才睡覺，好幾次會因為太累有點想放棄，可是一起做實驗的感覺真的很棒，第一次訪談、第一次操作電鑽、第一次切割、焊接、雷切……，許許多多的第一次，有些看起來很簡單，其時操作起來卻不簡單，一次次的失敗又重來，大家一起想辦法終於克服困難，謝謝同學們團結合作，雖然我考試都第一名，老師和同學覺得我很厲害，可是要我一個人完成研究是不可能的，這一年很辛苦，但是很值得很開心。

- 三、訪談時我才知道，原來每次災害發生時，工務處第一時間要統籌成立「緊急災害防治中心」所有的大官要進駐緊急災害防治中心討論、研議、因應如何救災，減少災害帶來的意外，保護人民生命財產的安全。以前都天真的以為只要消防局去救人這麼簡單，原來當我們在家裡躲著的時候，有一大群人卻奮不顧身的想辦法保護我們，謝謝這些辛苦的救災人員。如果我們能有防災的觀念，事先預防災害，那是不是更好呢！
- 四、自然課本教定滑輪、動滑輪，定滑輪無法省力，動滑輪可以省力，原本以為運用動滑輪可以省力的原理來製作卻失敗了，因為在水裡動滑輪不易固定會跑，這是我們當初沒有想到的，所以除了運用課本所學的原理，還要去實際運用，才能活用在生活當中。
- 五、做這個研究我發現氣候變遷造成極端氣候，防災顯得更重要，因為雨不是不下，就是一次下太多，尤其最近1111/3/25-26原本兩天金門是大霧沒飛機，突然短延時強降雨，雷雨交加，轟隆轟隆巨響，許多地方和學校都排水不及，積水成河，嚇死人啦！讓我更加覺得防災的迫切性，希望我們的研究能解決金門低窪地區的積水淹水的問題，縮短積淹水時間，減少災害，甚至想辦法把珍貴的水資源保留下來，不要通通流到大海裡，也可以減少依賴向中國大陸購水，以免萬一有一天突然不賣我們水了，該怎麼辦呢？
- 六、訪談時專家說現在不僅要注意排水，更要學習與水共存，我很認同，而且千萬不要因為為了排水，而影響自然萬物，副處長說，未來設計排水要考慮生態廊道、滯洪池，希望我們長大可以到工務處上班，一起為金門加油，我也在心裡默默許願，我要為金門做點事，讓金門更好。
- 七、每天我最期待放學，因為可以到處去找專家學者訪談、討論、踏勘、實驗，縣政府工務處的大哥哥，金大教授甚至還陪我們去各個曾經積水淹水的地方實地踏查，解說為什麼會積水淹水，我們學到許多課本學不到的知識，也更認識自己的家鄉金門，想要幫助家鄉改善問題，很謝謝大家都對我們很好，很盡力協助我們。

## 玖、參考書目

- 1、柯宜岑、張伊汶、鍾政靜 水溝蓋板改進與廢磚攜手-排水防蚊可行性之探討 中華民國第55屆中小學科學展覽會。
- 2、沈昱穎、許皓鈞 水漫校園 陸路成渠-校門口排水系統改善方案 中華民國第59屆中小學科學展覽會。
- 3、蔡榮忻(2012)。焚化爐底渣粉料應用於水溝蓋之試驗研究〔未出版之碩士論文〕。國立屏東科技大學土木工程系。
- 4、李文俊(2018)。抽水站出口與排水渠道夾角對排水效率之影響〔未出版之碩士論文〕。國立成功大學水利及海洋工程學系。

## 【評語】 082906

本研究以創意防災架構解決當地瞬間降雨積水問題，無電力需求、省空間且省力快速，搭配示警裝置具有創意，是從解決在地問題出發，探索問題和尋找解決方案的過程做了許多實地勘察、基礎資料收集和專家諮詢，所做出的設計先做理論推估，再做成模型驗證理論試算的結果。設計的方案已在申請專利中，且已在當地有示範點。實驗日誌中的訪談記錄十分認真，能讓身為小學生的研究者更了解真實情境。



## 作品簡報

# 別 創 新 「格」

## --- 防災創意智慧格柵初探

國小組-生活與應用科學科(二)



# 一、研究動機

## 氣候變遷 降雨異常 積淹水 意外頻傳 防災 設計加速排水的格柵



金門大雨水淹橡皮艇出動 飯店業者損千萬



驟雨積水 陳麗好 / 圖文



大雨水像用倒的 暴雨襲金門多處積水  
跟上時事，還不快加Line @tvbsnews

2018/05/07 19:20

雷雨轟炸金門島 民眾驚呼：道路變河流



雷雨轟炸金門一整天  
氣象局發布豪雨特報

訂閱  
華視

綜合報導 / 金門縣

金門大雨轟炸! 乾旱已久的金門, 今天午突然下起豪大雨, 瞬間造成淹水, 其中烈嶼地區的雨量更是  
華視新聞網為了提供更好的使用者體驗, 我們技術, 當您使用我們網站, 即表示您同意我們  
測出角色  
抽好禮!

金門大雷雨 時雨量創設  
氣象站新高

160

Tweet

分享

讚 0

By 生活組 / 綜合報導, 台灣英文新聞 - 編輯  
2018/05/07 18:20



金門大雨水淹橡皮艇出動 飯店業者損千萬

更新時間: 2016-05-22 21:52:29



今夜最新  
金門 暴雨夜襲金門 多處積水, 影響23航班  
跟上時事, 還不快加Line @tvbsnews

大雨像用倒的 暴雨夜襲金門多處積水



今夜最新  
金門 大雨像用倒的 暴雨襲金門多處積水

## 二、研究目的

每當大雨來臨，金門低窪區域易積水成災，無法快速排水，我們從「**防災**」的觀點出發，並設計出大雨來時，加速排水的防災創意智慧格柵，縮短積（淹）水時間，減少災害發生，達成「**防災求得平安在，減災換得幸福來**」的願景，並以SDGs的11永續城鄉、13採取緊急行動應對氣候變遷及其衝擊為目標，開創**永續防災**新局面。

### 研究目的

1.金門易積（淹）水區域調查

2.金門排水開口調查

3.找出最佳格柵

4.格柵自動抬升示警

5.校園實地埋設

### 研究問題

1-1易積（淹）水原因？

2-1排水開口形狀？

3-1安裝槓桿格柵效益？

3-3安裝輪軸格柵效益？

4-1水流排水是否可發電亮燈示警？

5-1校園實地應用？

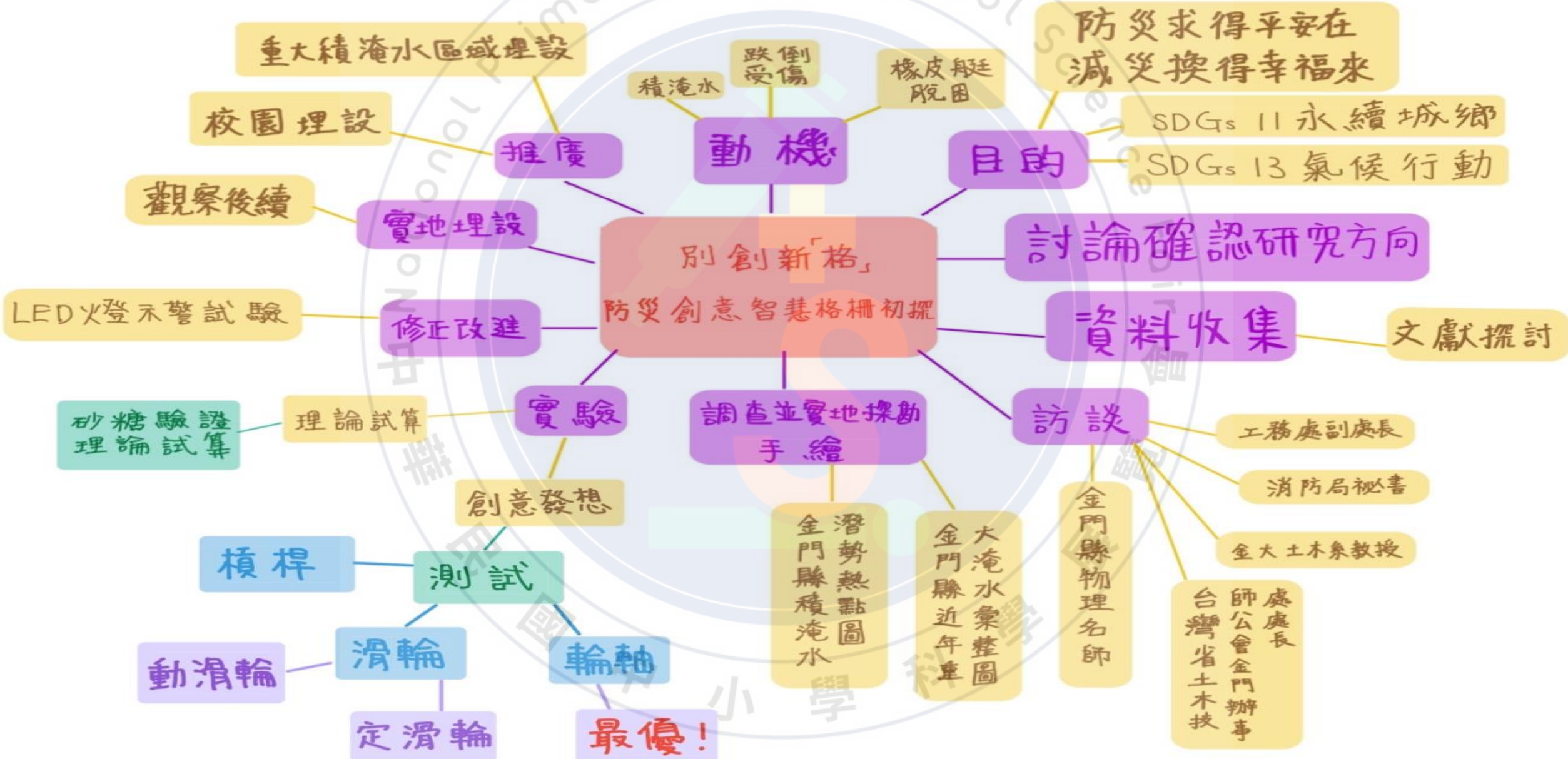
1-2潛勢熱點？

2-2排水開口效益？

3-2安裝滑輪格柵效益？

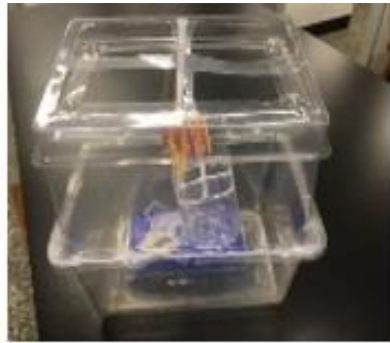
3-4比較三種格柵？

# 三、研究架構圖



# 四、實驗過程

討論 → 訪談工務處副處長 → 訪談消防局秘書 → 訪談金門大學土木系教授 → 訪談台灣省土木技師公會金門辦事處處長 → 訪談金門縣物理名師 → 現地踏勘 → 準備實驗器材 → 組裝 → (接續下方)



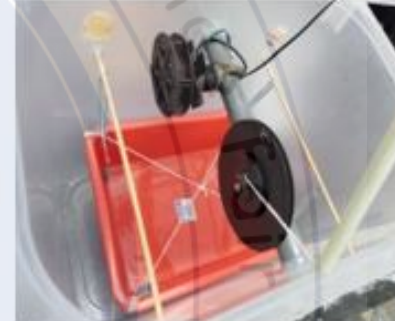
創意發想完成



完成**槓桿**裝置



完成**滑輪**裝置



完成**輪軸**裝置



加裝水車馬達發電機



接上LED燈



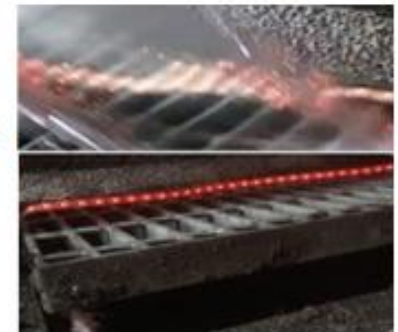
完成**槓桿**、**滑輪**、**輪軸**  
防災創意智慧格柵



設計模擬路面斜板



完成實驗裝置  
進行實驗



在重大積淹水區  
實地施作

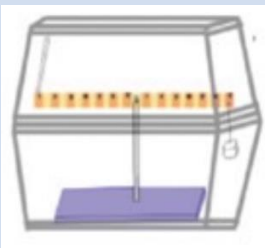
# 五、格柵製作流程

創意發想

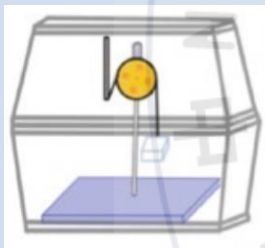


測試版

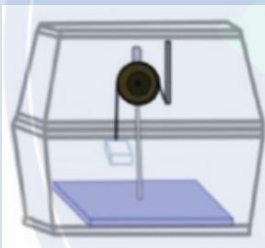
槓桿



滑輪

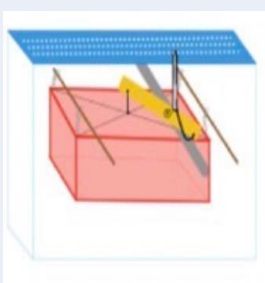


輪軸

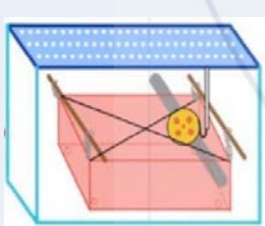


改進版

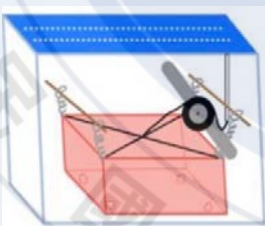
槓桿



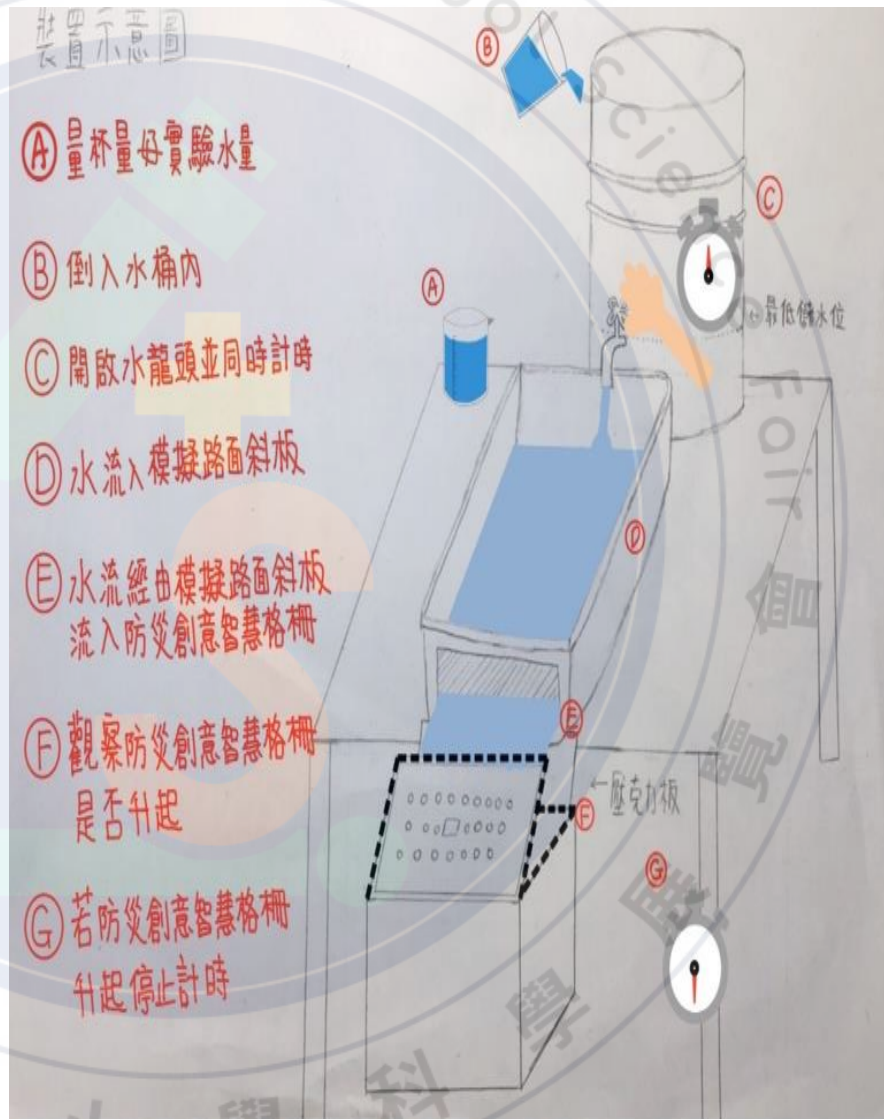
滑輪



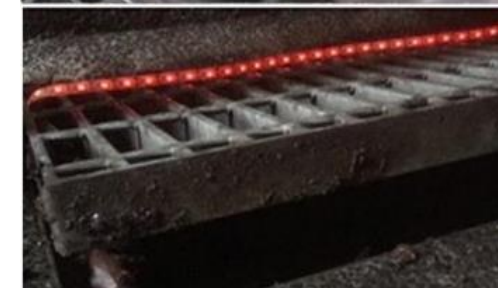
輪軸



最優版



格柵裝置實驗圖



成功實地埋設

格柵經由改進實驗發現輪軸最優

格柵裝置實驗示意圖

# 六、安裝槓桿對格柵自動升降的效益？

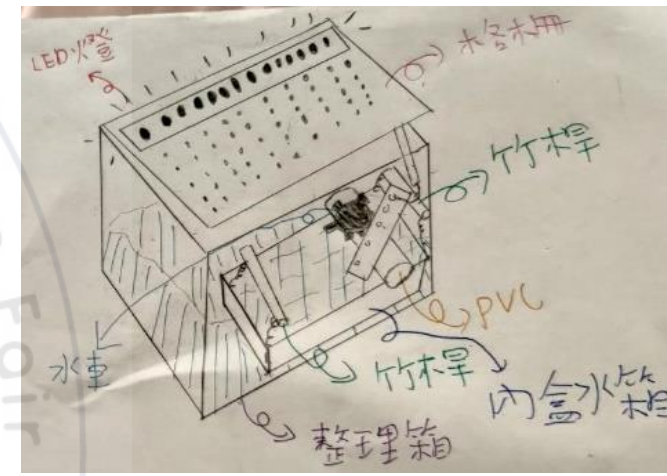
施力×施力臂=抗力×抗力臂⇒升起所需水量=[(格柵面重+砝碼)×抗力臂÷施力臂]-內盒水箱重



槓桿	施力臂長 (水箱與支點距離)	比例	說明
	4	棉線綁在支點左邊第四個洞	
槓桿	抗力臂長 (格柵與支點距離)	比例	說明
	2	棉線綁在支點右邊第二個洞	

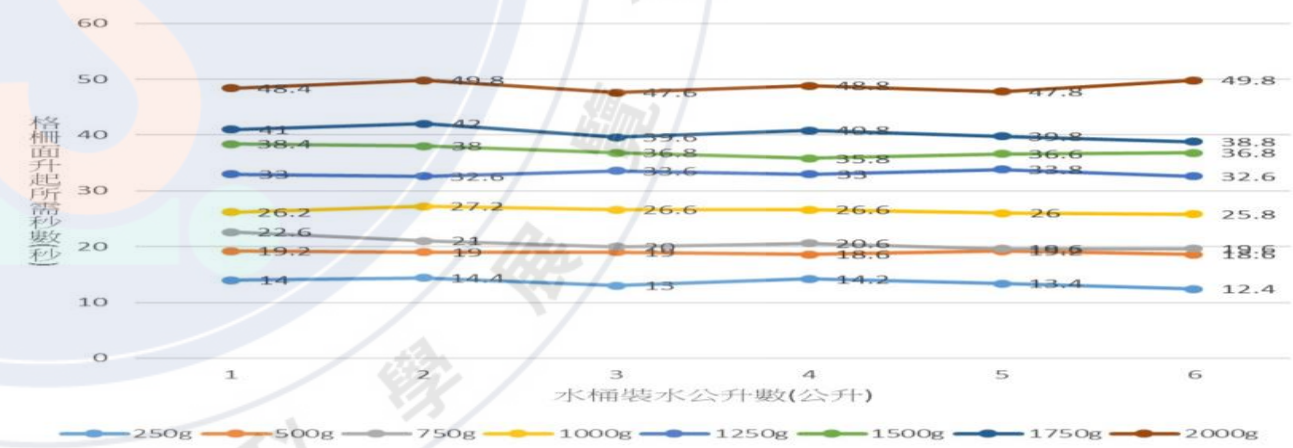
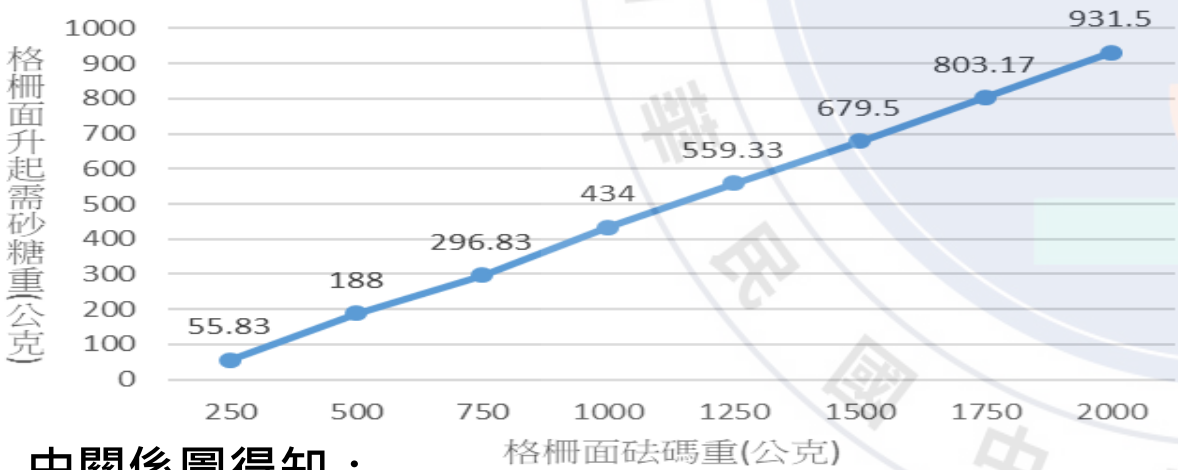
  

槓桿	砝碼(公克)	升起需水量 (c. c.)	升起需水量公式計算
		250	52.5
	500	177.5	=[(185+500)×2]÷4-165
	750	302.5	=[(185+750)×2]÷4-165
	1000	427.5	=[(185+1000)×2]÷4-165
	1250	552.5	=[(185+1250)×2]÷4-165
	1500	677.5	=[(185+1500)×2]÷4-165
	1750	802.5	=[(185+1750)×2]÷4-165
	2000	927.5	=[(185+2000)×2]÷4-165



槓桿省一半力，但太佔空間

由槓桿原理理論試算表得知:格柵砝碼越重，所需水量越多



由關係圖得知：  
槓桿格柵砝碼越重，升起所需的砂糖量也就越多，  
代表砂糖重量換算成所需的水量也要越多

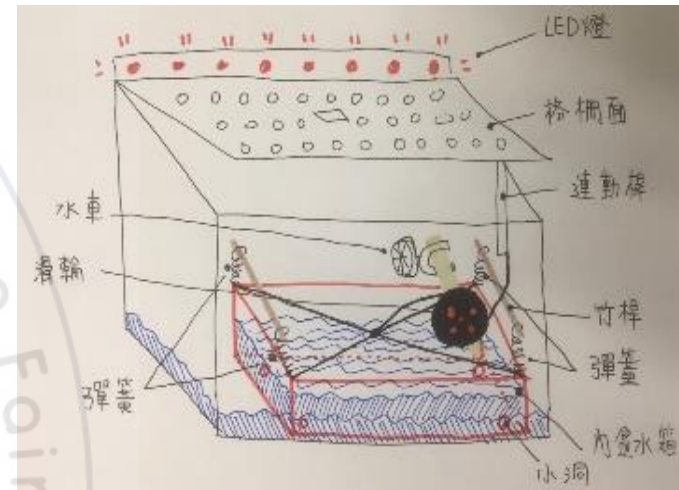
由水流量與槓桿格柵升起時間關係圖得知：在同樣砝碼重下  
水流量越大流速越快，抬升所需的秒數越短



# 六、安裝滑輪對格柵自動升降的效益？

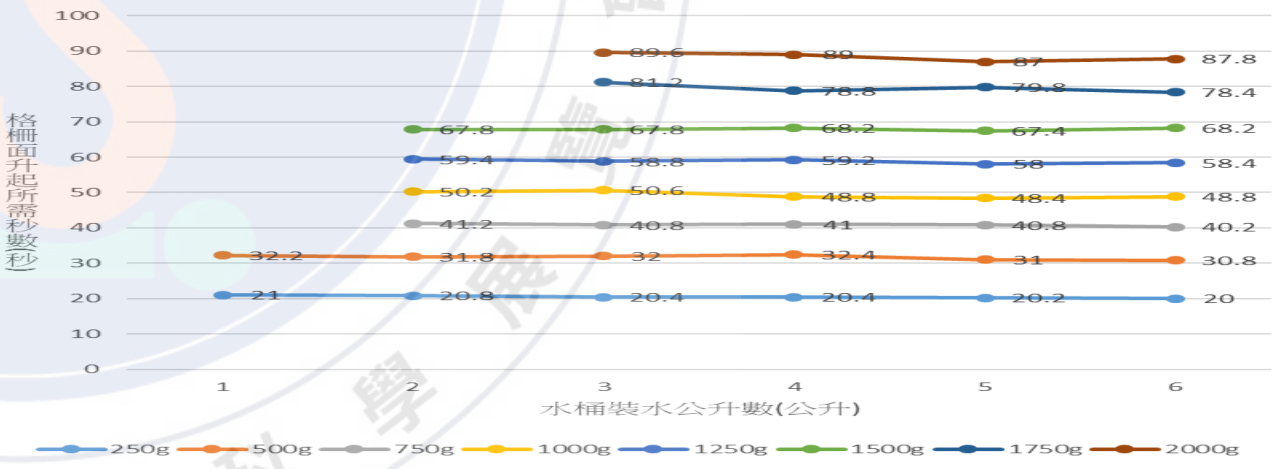
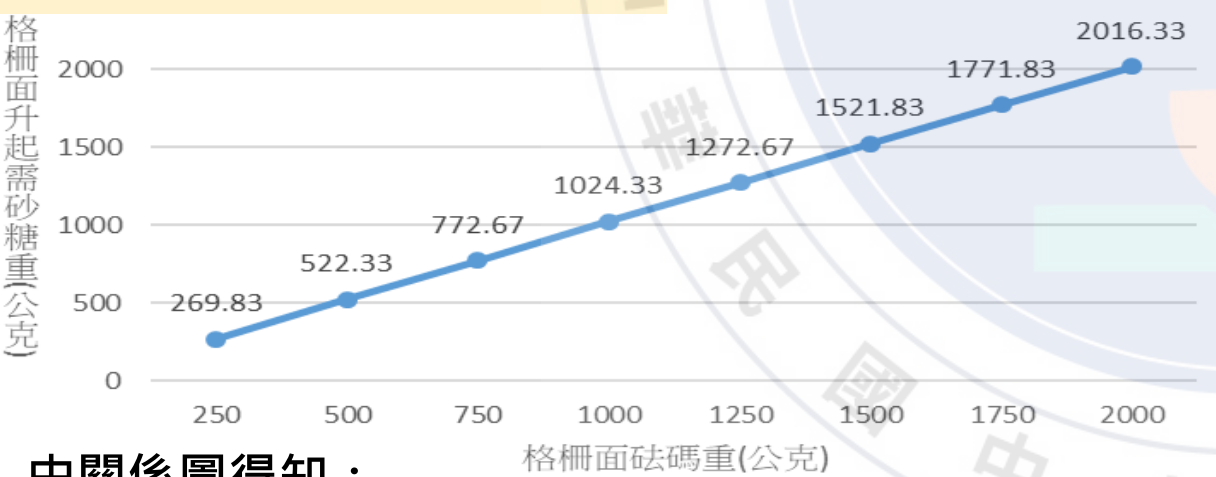


		比例	說明
滑輪	施力臂長 (水箱與支點距離)	1	左邊棉線離滑輪圓心(支點)的距離比
	抗力臂長 (格柵與支點距離)	1	右邊棉線離滑輪圓心(支點)的距離比
		砝碼(公克)	升起需水量 (c. c.)
滑輪		250	270
		500	520
		750	770
		1000	1020
		1250	1270
		1500	1520
		1750	1770
	2000	2020	
		升起需水量公式計算	
			$=[(185+250) \times 1] \div 1 - 165$
			$=[(185+500) \times 1] \div 1 - 165$
			$=[(185+750) \times 1] \div 1 - 165$
			$=[(185+1000) \times 1] \div 1 - 165$
			$=[(185+1250) \times 1] \div 1 - 165$
			$=[(185+1500) \times 1] \div 1 - 165$
			$=[(185+1750) \times 1] \div 1 - 165$
			$=[(185+2000) \times 1] \div 1 - 165$



動滑輪：會晃動安裝失敗 X  
定滑輪：省空間但不省力 O

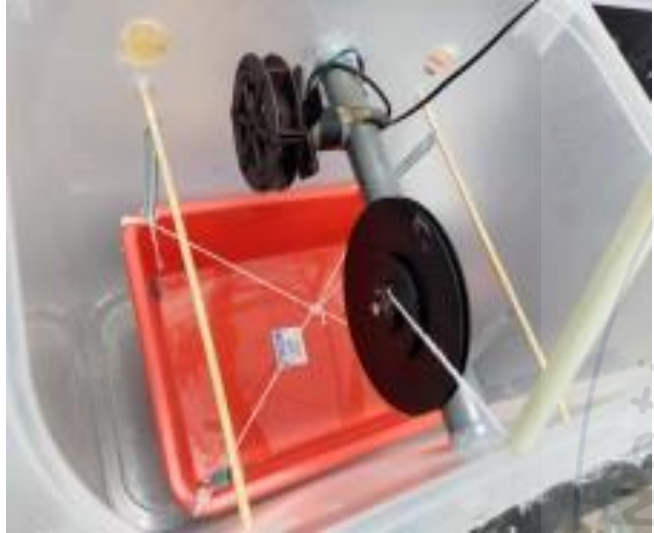
由滑輪原理理論試算表得知：格柵砝碼越重，所需水量越多



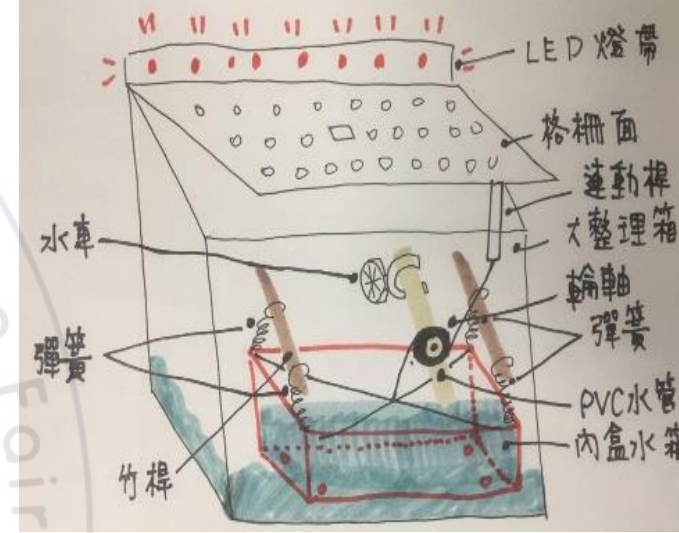
由關係圖得知：  
滑輪格柵砝碼越重，升起所需的砂糖量也就越多，  
代表砂糖重量換算成所需的水量也要越多

由水流量與滑輪格柵升起時間關係圖得知：在同樣砝碼重下  
水流量越大流速越快，抬升所需的秒數越短

# 六、安裝輪軸對格柵自動升降的效益？

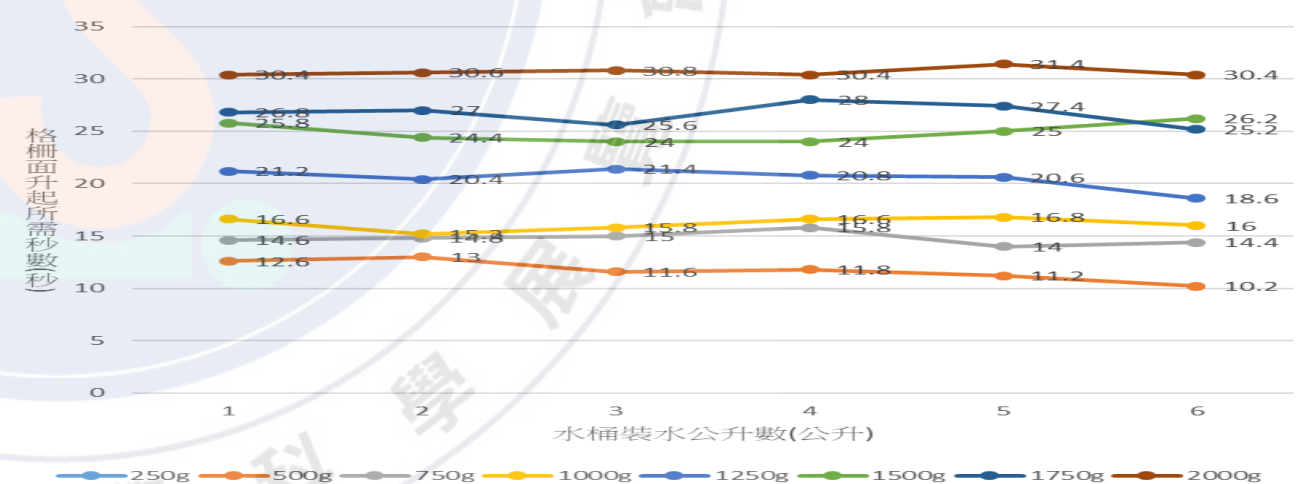
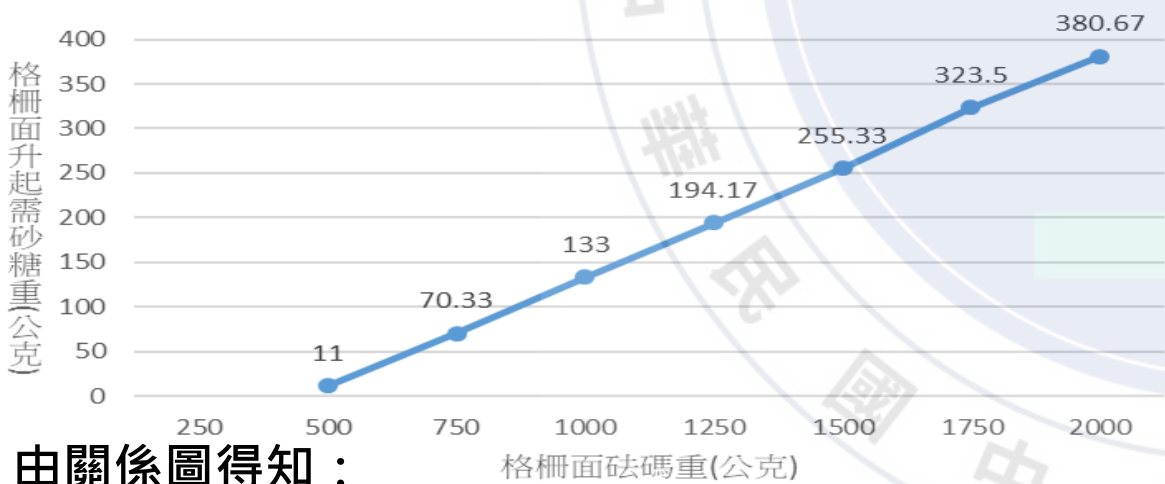


輪軸	施力臂長 (水箱與支點距離)	比例	說明
	抗力臂長 (格柵與支點距離)	4	1
輪軸	砝碼(公克)	升起需水量 (c.c.)	升起需水量公式計算
	250	-56.25(不需水量就會自動抬升)	$= [(185+250) \times 1] \div 4 - 165$
	500	6.25	$= [(185+500) \times 1] \div 4 - 165$
	750	68.75	$= [(185+750) \times 1] \div 4 - 165$
	1000	131.25	$= [(185+1000) \times 1] \div 4 - 165$
	1250	193.75	$= [(185+1250) \times 1] \div 4 - 165$
	1500	256.25	$= [(185+1500) \times 1] \div 4 - 165$
	1750	318.75	$= [(185+1750) \times 1] \div 4 - 165$
2000	381.25	$= [(185+2000) \times 1] \div 4 - 165$	



**輪軸：省3/4力省時省空間最優**

**由輪軸原理理論試算表得知:格柵砝碼越重，所需水量越多**

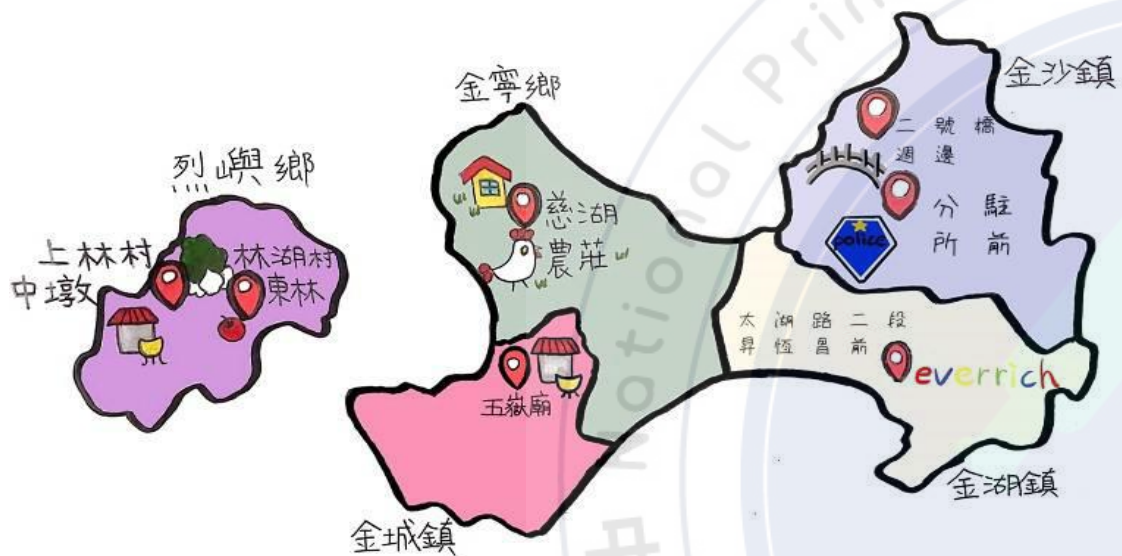


由關係圖得知：  
**輪軸格柵砝碼越重，升起所需的砂糖量也就越多，代表砂糖重量換算成所需的水量也要越多**

由水流量與輪軸格柵升起時間關係圖得知：  
**在同樣砝碼重下水流量越大流速越快，抬升所需的秒數越短**

# 七、結論

(一)金門易積(淹)水潛勢圖



(二)金門近年重大淹水區域彙整圖



(三)金門現有的水溝排水裝置(鍍鋅格柵最適合安裝防災創意智慧格柵)

鑄鐵(金城鎮)	鑄鐵(金寧鄉)	鑄鐵(烈嶼鄉)	鑄鐵(金縣)	鑄鐵(金湖鎮)	鑄鐵(金湖鎮)	鑄鐵	鑄鐵
鍍鋅格柵	格柵	鍍鋅格柵	側向式格柵	圓孔	圓孔	圓孔	側向式格柵

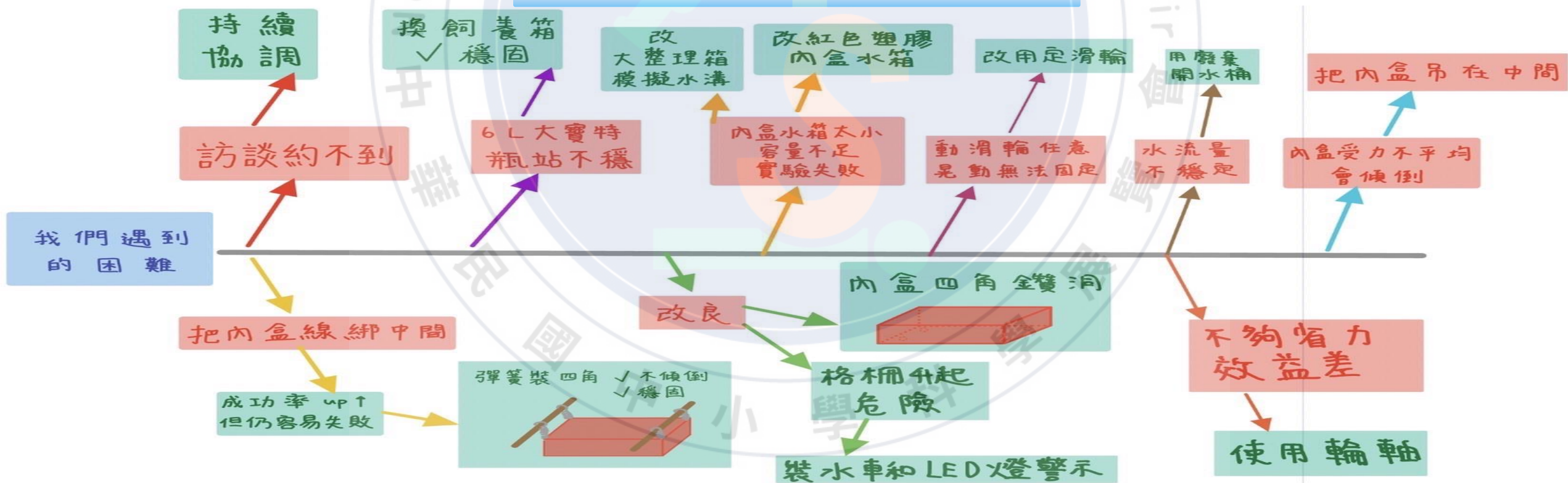


# 七、結論



- (四) 槓桿、輪軸格柵可省力，而滑輪無法省力，但三者都可自動升降。
- (五) 比較三種格柵，在相同空間內，**輪軸格柵省時、省力又省空間**效益最佳。
- (六) 成功利用水流讓格柵在自動抬升時，**LED燈發亮產生示警**效果。
- (七) 校園實地埋設，確實可自動抬升及閉合，**縮短校園積(淹)水時間**，小朋友跌倒意外也相對減少。

# 八、困難-解決



# 九、應用與展望

## (一)推廣應用

### 1、由本校實地埋設防災創意智慧格柵



### 2、縣府協助納入施工設計及推廣



## (二)後續研究

- 1、探討以廢棄材質再生製作防災創意智慧格柵。
- 2、探討加裝智能感測器於防災創意智慧格柵的效益

# 十、創新亮點

- (一)首創以self by self原理製作防災創意智慧格柵，因水致災，以水防災。
- (二)率先探討格柵於積(淹)水時的排水問題。
- (三)運用簡單原理，達到最大的工作效益。
- (四)著手申請專利中。