

# 中華民國第 57 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

國小組 地球科學科

080511

神秘的水中殺手

～探討瀑布區深潭中水流活動的情形

學校名稱：高雄市三民區愛國國民小學

作者：	指導老師：
小六 蔡典融	陳建良
小六 游在宥	王雅芬
小六 劉嘉雯	
小六 陳柏蓉	
小六 王思詠	
小六 葉容妤	

關鍵詞：瀑布、深潭、上下捲動的水流

# 摘 要

本研究藉由學生對瀑布的好奇，透過實驗了解瀑布區深潭中的水流活動，提出在瀑布區進行水域活動較佳的建議。

實驗探究發現：水流量、瀑布高度、潭水深度、潭面下石頭位置及石頭量、潭底地形都會影響瀑布深潭的水流活動。發現水流量越大、瀑布高度越高、水深較淺、石頭位置越靠近水流沖擊的地方、石頭量越多及深潭底部有凹陷地形時，漩渦的出現是較明顯的。透過氣泡及綠豆顆粒的觀察，還可明顯看到上下來回捲動的水流也會較強烈。

最後透過浮體物的觀測發現這股強大的上下來回捲動的水流有一股流向前的力量，而且不會一直維持力量很大，有時會比較強有時比較弱。因此，人們如果不幸陷在其中，可以等待水流較弱時再迅速奮力一游，離開危險的區域。

## 壹、研究動機

有一次和同學一起到十分瀑布附近旅遊，看到了瀑布從高處往低處傾洩而下的樣子十分壯觀美麗。讓我想到曾經看到電視新聞報導，有人在瀑布下方的潭水遊玩時，被潭面下的暗流捲走而不幸溺斃，這則新聞令我印象深刻，也讓我對於瀑布下的潭水更加敬畏；而在自然課【地表的變化】單元(翰林版六上第三單元)的討論中，老師也與我們談到瀑布。所以，在好奇心的驅使下，上網找了有關瀑布的資料，發現原來瀑布下方的深潭常出現漩渦，心裡很好奇漩渦是怎麼形成的呢？為什麼它的力道足以把人捲走呢？為了解開心中的疑惑，於是就找了幾位同學一起進行這個研究。

## 貳、研究目的

- 一、藉由資料蒐集了解瀑布的形成與種類。
- 二、文獻分析探討瀑布區水流活動概況。
- 三、探討不同條件對瀑布區水流活動的影響。
- 四、提出在瀑布區進行水域活動較佳的建議。



## 參、研究設備與器材

上給水槽、下集水槽、架子、抽水馬達(規格 57LPM 及 70LPM)、水管、透明水槽(模擬深潭,長 50cm、寬 40cm、高 40cm)、石頭、綠豆、浮沉娃娃、水平儀、計時器、數位相機、DV 攝影機。

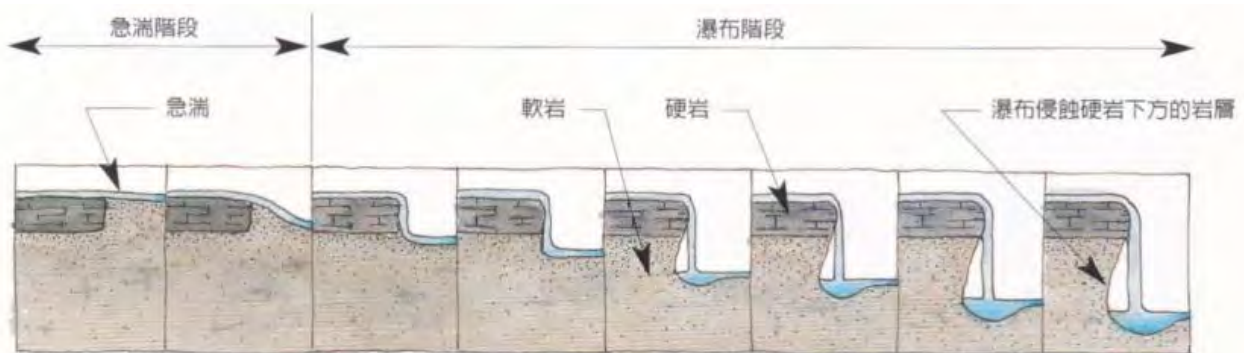
## 肆、研究過程及方式

### 研究一、瀑布的形成與種類。

#### (一)瀑布的發展歷程

我們在閱讀資料後得知：瀑布的發展經過許多作用才形成的，其歷程要從均夷作用說起。均夷作用包括兩類，一類是磨蝕作用，另一類是加積作用。實際上也包含了建設性作用(堆積)與破壞性作用(侵蝕)。

河流發生變動時，為了尋求新的平衡，會開始發展新的河流均夷，當新舊縱剖面交會時，會因為河床坡度的不同而產生明顯的變化，就是所謂的裂點。當裂點出現向源侵蝕時，常會受到地質構造的影響而阻礙河流的侵蝕作用；當河床坡度變陡時，會先出現急湍，裂點繼續發育，最後水流從垂直或接近垂直的崖坡上流墜而下，就會形成瀑布。



(圖片資料來源：何立德、王鑫，2002)

## (二)瀑布的分類

1.破壞性的瀑布：是指瀑布不斷向河流源頭進行侵蝕作用，使瀑布後退、河床的坡度由陡峻逐漸趨向平緩。根據河床坡度變陡的成因，而分成下列兩種：

(1)原生瀑布：指瀑布分布的地區，其地表下的地質結構是均質的。瀑布的形成是因為河床上原本就存在一些起伏，這些起伏常伴隨著河流侵蝕作用而產生。又可分為四種小類型，分別是：

①巨大岩塊或崩塌物突然墜落到河道中或河道偏移的作用。

②兩條河谷交會處形成的瀑布，如：懸谷式瀑布。

③石灰岩溶蝕作用形成的瀑布。

④構造運動所造成的瀑布。

(2)次生瀑布：指河床上原本並沒有明顯的起伏轉折，但地表下有不均質的地質構造，形成了河床坡度變化的潛在因素。隨著河流不斷的侵蝕、搬運，這個潛在因素逐漸明顯，而慢慢的形成瀑布。又可分為三種小類型，分別是：

①瀑布所在地點的軟硬岩層呈現水平或微傾斜排列，硬岩覆蓋在軟岩之上。因岩性軟硬差異關係，下方的軟岩受到流水的衝擊、侵蝕，河床降低較快，逐漸加高落差，形成了瀑布。

②瀑布所在地岩層呈現高角度侵斜，瀑布出現在軟硬岩層交界的地方，軟硬岩抵抗侵蝕的能力不同，同樣在河流侵蝕作用下，硬岩逐漸凸出表面，軟岩則逐漸凹下，而形成了瀑布的景觀。

③瀑布分布在節理密集的地帶，河流的向源侵蝕大多沿著節理發育，形成瀑布。

2.建設性瀑布：大多發生在碳酸鈣沉澱作用顯著的地區。碳酸鈣沉澱、堆積在河床上，隨著時間日積月累，逐漸造成河床坡度變化，形成優美的瀑布。

### (三)瀑布的成因

瀑布並不是單純只由一種地形作用造成，而是在許多相關環境條件與地形作用的配合下，才形成現在所見的地形樣貌。瀑布的形成大多是因為岩層軟硬與地質構造上的差異，在內營力與外營力的作用下逐漸產生的。大致上可將瀑布的成因分成四種情況：

1. **差異侵蝕**：包括岩性軟硬不同所造成的地勢起伏及因為侵蝕力強弱不同所產生的地形現象。由於軟硬岩石抗侵蝕的能力不同，造成軟岩、破碎的岩體容易受侵蝕凹下，而硬岩、完整的岩體則相對的突出。而地表受到較強的侵蝕力，常造成明顯的下凹，受侵蝕力較小的地表，則相對的凸出。在台灣的瀑布大都是由差異侵蝕所形成，例如新北市平溪基隆河上游的十分瀑布、桃園大漢溪上游的小烏來瀑布，都是具代表性的瀑布。
2. **地殼變動**：由於板塊之間相互碰撞、擠壓、隱沒、抬升、張裂，使地殼產生了撓曲、扭曲、褶皺，甚至出現滑動、斷裂的情形，因此地殼變動區的邊緣常產生明顯落差，因而產生瀑布。在台灣，形成於 921 集集大地震之後，跨越大甲溪的埤豐橋車籠埔斷層瀑布是這類型最具代表性的瀑布。
3. **河道堰塞與偏移**：因為河道受到堰塞與偏移所造成的。在台灣，如北勢溪上游、草嶺潭與大屯山(竹子湖下)等地區的瀑布都是屬於這類形的。
4. **石灰岩地區，碳酸鈣的溶解與堆積**：石灰岩分布地區常因石灰岩的溶解與堆積，而形成侵蝕性與堆積性的瀑布。在台灣，除了東部結晶石灰岩(大理岩)之外，其他地區較少發現。

### (四)台灣各地的瀑布

1. **北部**：著名的瀑布群主要分布在大屯火山群彙區、基隆河上游三貂嶺至平溪一帶、北插天綾線東西兩側地區與宜蘭基溪附近地區。
2. **中部**：瀑布數量眾多，很多都位於深峻的峽谷中。
3. **南部**：瀑布數量比北部、中部少，但瀑布規模、特殊性與周遭環境卻不遜於中北部。
4. **東部**：大多分布在立霧溪河谷、花東縱谷兩側的山地。

台灣瀑布部份列舉如下：(資料來源：維基百科)

名稱	行政區	水系	總落差 (m)	備註	名稱	行政區	水系	總落差 (m)	備註
阿里磅瀑布	新北市石門區	阿里磅溪	40		能高瀑布	南投縣仁愛鄉	濁水溪	200	台灣海拔最高的瀑布
半屏瀑布	新北市瑞芳區	半屏溪	50	東北角規模最大的瀑布	一線天瀑布	雲林縣古坑鄉	濁水溪	80	
合谷瀑布	新北市瑞芳區	淡水河	40	三貂嶺瀑布群之一	蓬萊瀑布	雲林縣古坑鄉	濁水溪	70	為草嶺十景之一
十分瀑布	新北市平溪區	淡水河	20	有台灣的尼加拉瀑布之稱	蛟龍瀑布	嘉義縣阿里山鄉	濁水溪	846	台灣落差最大的瀑布
烏來瀑布	新北市烏來區	淡水河	80	北台灣最具規模的瀑布	仙井瀑布	嘉義縣大埔鄉	曾文溪	60	
內洞瀑布	新北市烏來區	淡水河	35		青雲瀑布	嘉義縣大埔鄉	曾文溪	30	
五重溪瀑布	新北市烏來區	淡水河	50		大津瀑布	屏東縣高樹鄉	高屏溪	25	
滿月圓瀑布	新北市三峽區	淡水河	20	北插天山瀑布群	沙拉灣瀑布	屏東縣瑪家鄉	高屏溪	40	
小烏來瀑布	桃園市復興區	淡水河	55	宇內溪瀑布群	涼山瀑布	屏東縣泰武鄉	東港溪	70	
龍鳳瀑布	桃園市復興區	淡水河	22		內獅瀑布	屏東縣獅子鄉	枋山溪	60	
馬里光瀑布	新竹縣尖石鄉	淡水河	80		五峰旗瀑布	宜蘭縣礁溪鄉	竹安溪	100	為蘭陽十景之一
八仙瀑布	新竹縣五峰鄉	頭前溪	20		龍泉瀑布	宜蘭縣三星鄉	蘭陽溪	24	
觀霧瀑布	苗栗縣泰安鄉	後龍溪	30		澳花瀑布	宜蘭縣南澳鄉	南澳溪	47	
龍谷瀑布	台中市和平區	大甲溪	40		白楊瀑布	花蓮縣秀林鄉	立霧溪	200	太魯閣國家公園內最著名的瀑布
桃山瀑布	台中市和平區	大甲溪	80		綠水瀑布	花蓮縣秀林鄉	立霧溪	70	
瑞龍瀑布	南投縣竹山鎮	濁水溪	45		立芹瀑布	花蓮縣秀林鄉	立霧溪	40	
太極瀑布	南投縣竹山鎮	濁水溪	72		富源瀑布	花蓮縣萬榮鄉	秀姑巒溪	70	
水濂洞瀑布	南投縣信義鄉	濁水溪	70	坪瀨水濂洞雙瀑之一	南安瀑布	花蓮縣卓溪鄉	秀姑巒溪	30	
彩虹瀑布	南投縣信義鄉	濁水溪	50		新港瀑布	台東縣成功鎮	新港溪	200	太平洋沿岸最具規模的瀑布
奧萬大瀑布	南投縣仁愛鄉	濁水溪	50		白玉瀑布	台東縣太麻里鄉	知本溪	50	

根據以上資料發現，台灣北中南東都分布了許多不同規模大小的瀑布，高度落差從幾十公尺到數百公尺都有，而大多數的瀑布都在 100 公尺以內，其中也有落差達 846 公尺屬台灣落差最大的瀑布。

## 研究二、文獻分析探討瀑布區水流活動概況。

### (一)瀑布區水流活動概況

經常聽到在瀑布區下的深潭中常會有暗流、漩渦等危險的水流，當人們不小心掉入深潭時，往往發生意外事故。我們為了更了解瀑布與溪流中水流活動的概況，因此，藉由資料的蒐集與討論，整理出如下內容，增進我們對本研究主題的認識與參考。

#### 1. 渦流是什麼？

根據資料的查詢，我們得知：**渦流是一個漩渦型的水流，由反水流的活動形成，絕大多數的渦流，不是很強大。海洋的渦流通常是由潮汐引起的，在窄淺的海峽，快速流動的水也會創造強大的渦流。渦流也會出現在許多瀑布的下游位置，著名的例子有尼亞加拉大瀑布，這些渦流相當強。**而非常小的渦流可以很容易地在浴缸或水槽排水時看到，但這些都和自然形成的渦流性質非常不同。

在河道中漩渦的形成，大都是因為水流的速度和方向突然發生變化的關係。例如在河流急轉彎的地方，由於水流仍維持著直線的流動，而河岸卻強迫水流轉彎，這時候內側的水流由於受到外側的壓力，被擠回的時候，一部份水流會回來填補脫水的地方，就形成了漩渦。

另外，在橋樑附近或冒出水面的大石塊附近，有時也會出現漩渦。當水流被障礙物擋住時，為了加速繞過障礙物流過去，就會與周邊流動較緩慢的河水產生沖擊，而打起轉來，就可能出現了漩渦。

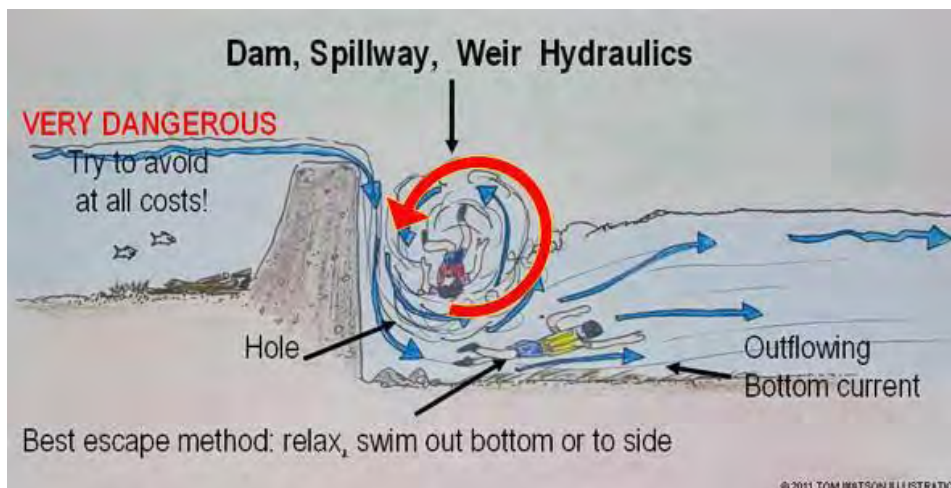
#### 2. 水流活動

我們從資料的閱讀發現：大家對於瀑布區或溪流的水流活動所知並不多，多數都是口耳相傳的認知，綜合資料我們提出以下幾點，值得本研究的參考或探究：

- (1)溪谷的水流主要是往下的動力流動，碰到石頭或地形會自然轉彎所產生的水流活動。
- (2)溪流的危險主要來自於水流與深度，因為溪流的水流動力很強，一般人被水流衝倒，一路往下流，吃水加上撞的頭昏眼花就容易出事。另一種就是水深或是遇到地形變化大，原來的淺灘游一游後卻變得很深，踩空加上被水流帶走而出事。
- (3)還有一種是大石頭交錯，中間形成一道縫，水流往這道縫流過，就可能把人吸過

去塞在縫隙，力量很大，建議溪流的大石頭旁也不要靠近。

- (4)要避開瀑布，瀑布下面超危險，在瀑布下常形成圓形的來回水流，但也不像是一般說的水平漩渦，它是上下來回捲動，東西與人落入此區就會像在滾筒洗衣機裡面一樣一直不斷的捲動。
- (5)還有最危險的人造瀑布：攔水壩，跟瀑布一樣，但這是人工建造的，所以沒有缺口，下方完全無死角，千萬別靠近。
- (6)瀑布下常會有座被水壓長久侵蝕出的深潭，瀑布強大的水壓落下時會對潭面造成一股向內拉的力量，泳技好也許游的出來，泳技不好等到體力耗盡就被溺斃在這股渦流之中。只能順著瀑布水壓潛到潭底，再順著潭底的水流「平潛」出「沸騰區（Boil Area）」，每個瀑布潭都有沸騰區，就是潭面冒泡的那區，進沸騰區就好像是進入洗衣機裡，沸騰區外水流才會向外也相對安全。如下圖：



圖片來源：<https://www.facebook.com/racingprosports/posts/978631928899888>

## (二)文獻分析

研究者針對過去相關之實驗研究，閱讀後整理部份重點摘要如下：

### 1.中華民國第 21 屆中小學科展作品---臺北區著名瀑布成因及其分類研究

此研究主要是在探討臺北縣市共 8 處瀑布之成因，並加以概要分類，研究後發現台北盆地因受海進、海退、地震及火山群等作用的影響，推論出必然形成支流懸谷、斷層、山崩、火山熔岩壩等所產生之奇特的瀑布景觀。另外，研究者以計點方式進行分類，發



現圓覺與小溪瀑布兩者之構成要素極為相似；而圓覺與聖人兩個瀑布最佔優勢，與所有瀑布之差異性最小。

## 2.中華民國第 48 屆中小學科展作品---八卦池傳奇~池型與水流的相關性研究

研究者利用自製不同的「壓克力池型模型」，進行水流實驗產生漩渦，觀測其帶動「浮體物」、「沉體物」等「雜質」的流動效果，藉以驗證養鱒魚場的「八卦池」傳奇之說。結果發現：在「八卦池」內產生的水流漩渦最強，可以在最短時間內將魚類的排泄物及外來雜物帶入水池中央的廢污水排水孔內，清潔效果最佳。而「四邊形池」產生的水流漩渦最弱，在放流水的情況下，池內雜質最不易清除。

## 3.中華民國第 48 屆中小學科展作品---神秘的拉扯~漩渦與漩渦現象的探討

這個研究探討漩渦及反漩渦水流彼此「拉扯」的現象，及拉扯時對物體的影響；也模擬海水水面的運動及水底的運動，配合地形做探討。結果發現漩渦是由兩種不同水流流向所形成的，人若掉入漩渦，有可能被「鎖」在中間。當漩渦出現時，位置會因地形高低的落差大小而偏向不同方向，落差越大，偏的角度越大。

## 4.中華民國第 50 屆中小學科學作品---逃離殺人漩渦

此研究探討製造漩渦的方法並觀察漩渦的構造，並透過實驗討論當我們遇到漩渦時該如何自處才能提高獲救的機會。結果發現：如果落入漩渦中未穿救生衣，應保持鎮定，在被捲入水底前先深吸一口氣，進入水底後，雙手護頭，蜷曲身體。如果有穿救生衣，雖然救生衣可以使人浮在水面上，但漩渦力量太大，救生衣可能只能使頭部露出水面，此時應該持續划動四肢，使胸腔露出水面，並嘗試往漩渦外側的方向游，直到逃離漩渦。

## 5.中華民國第 52 屆中小學科展作品---「漩」機妙算

這個研究主要在探討的是，因為每年到溪邊戲水的民眾，不是因為失足落水，就是受困在漩渦暗流，死傷無數。他們認為漩渦不是因為河底破洞而形成的。於是，利用三種不同的自製河道模型來模擬漩渦的形成，希望能找出最佳的模擬河道中漩渦的方法。結果發現：

(1)強制渦流模型：內部的強制渦流中，愈靠近漩渦中心水壓愈大。

(2)自由渦流模型：水流從洞底流出時，無切線方向速度的水流狀況對渦流造成的影響無法忽略，所以製造自由渦流應提供切線方向水流的源頭。

(3)仿河道模型：水遇到障礙物會引發渦流，且渦流型態與水源進入方式和障礙物大小有關，摩擦力亦有影響。

※小結：

根據以上資料的統整分析，我們發現過去曾有研究者針對台北地區著名的瀑布進行成因及分類的研究，而討論漩渦的研究則有針對八卦魚池的設計、漩渦及反漩渦水流「拉扯」的現象探討等。結果發現漩渦是由兩種不同水流流向所形成的，漩渦出現的位置會因所在的位置、地形高低的落差、障礙物擺放的位置等，而產生不同形態、不同大小的漩渦。

另外，也有研究提出：在戲水或不幸落水時遇到漩渦，如果有穿著救生衣或做適當的防護措施或了解自救的方法，則當意外發生時，相對生存機率將會提高。

### (三)瀑布水流模擬測試與觀察

經過資料的閱讀與整理後，為了更了解瀑布區水流的情形，因此，我們著手準備各項器材及材料，開始進行模擬實驗觀測，發現待修正之問題，過程如下：

1.器材及材料準備：實驗操作的器材包括上給水槽、主水槽(透明)-模擬瀑布區下方的深潭區和下集水槽三個部份，另外準備石頭數十顆。

2.器材配置：架高上給水槽，透明主水槽設置於上給水槽下方，最後端設置下集水槽，透過抽水馬達及水管形成一組可循環給水的瀑布流水實驗觀測器材，如右圖。



3.實驗操作步驟：

(1)啟動馬達，使水流入上給水槽中，當水漫流過出水口時，上給水槽的水就會如同瀑布般的往下流入透明主水槽中。

(2)主水槽中的水越過漫流面時，水就會再往下集水槽方向流入，以供再一次的循環利用。

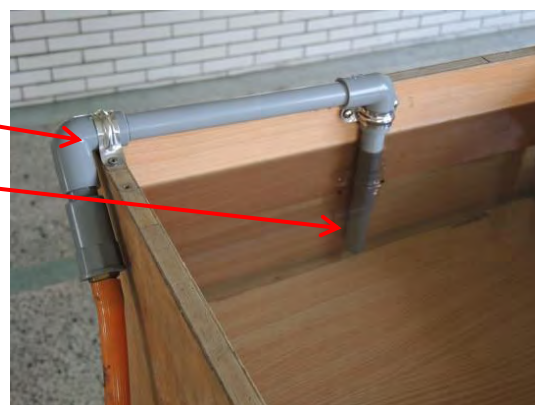
(3)加入石頭障礙物的佈置，觀察模擬瀑布水流的情形。

#### 4.觀察結果

- (1)水流順暢的循環流動，不但可以穩定提供上給水槽的水流，還可以減少水資源的浪費。
- (2)模擬瀑布的水流向深潭區時，往下的水流衝擊力量頗大，水會向深潭深入一段距離，並且產生許多氣泡，發生劇烈的擾動。
- (3)加入石頭的擺置後，瀑布水流往下衝擊到石頭有時會濺起水花，而且在石頭旁產生擾動，水流更加紊亂。

#### 5.待修正及改進之問題

- (1)將原先使用的軟質塑膠水管改為硬質的水管，並增加上給水槽沒入水中的水管長度，使水管深入槽底，使循環水流動時對水源的擾動降至最低，提供最佳的穩定水流。(如右圖)



- (2)經討論後移除透明主水槽兩側觀測區的石頭配置，增加觀測區域為3處。
- (3)在透明主水槽中瀑布水流下來的一側，事先測量訂出尺寸並以紅色膠帶每隔5cm做紀號，方便測量瀑布水流產生的氣泡深度，增進數據的準確度。(如右圖)



#### ※總結：

經過資料的探討，**我們發現過去的實驗研究較少針對瀑布區深潭的水流情況進行深入探討**，僅得知台北地區著名瀑布的分類研究，而其他研究都較著重於一般水域的漩渦探討。也獲知漩渦本身具有一股很強大的力量，當人們不幸遇到漩渦時，是真的非常危險。

因此，本研究為了對瀑布區下深潭中水流活動情形有更完整的認識與了解，實驗設計將針對影響瀑布區水流活動的條件做為探究目標，期待能透過實驗變因的探究提出在瀑布區進行水域活動時較佳的建議。

### 研究三、不同條件對瀑布區水流活動的影響。

經討論後我們決定以水流量、瀑布高度、潭水深度、潭面下石頭的位置、潭面下石頭的量及潭底的形狀作為本研究之操縱變因，進行實驗觀測，並且先進行討論、設計及測試後，自行製作及改造相關器材，內容說明如下：

1. **實驗器材配置**：實驗操作的器材包括架高的上給水槽(長 50cm、寬 40cm、高 30cm)，及主要進行實驗觀測的主水槽-模擬瀑布區下方的深潭區(長 50cm、寬 40cm、高 40cm，漫流面高度 36cm)，和最下方的下集水槽三個部份，透過抽水馬達及水管形成一組可循環給水的瀑布流水實驗觀測器材。器材定位後，再以水平儀多次校正水平，使變因控制更加精確，進行實驗的操作觀測，實驗器材配置如下圖示。



2. **給水控制**：自製模擬瀑布設計有上給水槽及下集水槽，為了控制穩定的循環水流，先在下集水槽中利用抽水馬達抽水後連接水管流入上給水槽中，當流水超過出水面(模擬瀑布面)時，水就會以漫流的方式流入模擬深潭水槽中，如此不斷的反覆流動，來做為給水控制。實驗操作中使用大、小 2 個抽水馬達，經實測每分鐘的出水量如下表：

馬達規格	57LPM	70LPM	57LPM+70LPM
實測出水量	20 公升/分鐘	38 公升/分鐘	58 公升/分鐘

3. **主水槽-模擬深潭區**：我們製作一個透明模擬深潭水槽，水槽可依不同實驗調整我們需要的變因組別，水槽前端加裝珍珠板方便水流流入下集水槽中，以利循環水流的進行。

4. **石頭鋪設**：為模擬深潭中的底部石頭結構及變因的控制，我們事先將石頭固定在網架上，在每次實驗時先行鋪設在主水槽底部(如右圖)。另外，操縱變因有關石頭的配置再依實驗組別條件做設計準備。



5. **觀測紀錄**：以拍照及錄影方式紀錄實驗的情形，輔助我們目測的觀察，以利結果的紀錄。



### 實驗(一)不同水流量對瀑布區水流情況的影響。

步驟 1. 在長 50cm、寬 40cm、高 40cm 的模擬深潭主水槽中調整墊高木架，再鋪上一層石頭，模擬瀑布深潭區的底部，並在往下集水槽方向放置 2 座石頭，模擬瀑布深潭區的周邊岩石，擺設後潭水深度 10cm。

2. 架高上給水槽，使上給水槽出水面與深潭區水面相距 50cm(即瀑布高度)，再啟動抽水馬達循環抽水，以每分鐘 20 公升的水量出水，水流順著上給水槽出口流入模擬深潭水槽中，持續給水 5 分鐘，觀察模擬深潭主水槽中的水流情況，並紀錄結果。

3. 更換不同出水量的抽水馬達，依序改變不同水流量大小，重複 1、2 步驟，進行實驗觀測與紀錄。

水流量大小	觀測描述
20 公升/分鐘	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 水流力量不大，水流下的位置較靠近潭面後側</li> <li>2. 水流沒有直接沖擊到潭水底部，不易與石頭產生交互作用</li> <li>3. 瀑布的水往下流動時，水流會深入潭水中，在潭水中與潭面上都會產生氣泡，該組別氣泡量不多，氣泡深度約在 5-10cm 之間</li> <li>4. 沒有發現漩渦的出現</li> <li>5. 水流下時有一定的力量，使得水會深入潭中一小段時間，再往潭面上流動，形成小型的上下來回捲動的水流</li> </ol>

38 公升/分鐘	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.水流力量比 20 公升/分鐘還大，水流會直接沖擊到潭水底部，會與石頭產生交互作用</li> <li>2.瀑布的水往下流動時，水流會深入潭水中，在潭水深處與潭面上都會產生氣泡，氣泡量很多，氣泡深度約在 10cm 上下</li> <li>3.水流中的氣泡會碰觸到石頭，在石頭的夾縫中產生小漩渦，但斷斷續續的</li> <li>4.在高處瀑布的水往下流動時會有一股力量，使得水會深入潭中一小段時間，再往潭面上流動，透過產生的大量氣泡，可以觀察到有明顯上下來回捲動的水流情況</li> </ol>
58 公升/分鐘	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.水流力量很大，水流下的位置會較靠近潭面的前側(往下游方向)</li> <li>2.水流直接沖擊到潭水底部，同時碰觸到了底部和周邊的石頭，與石頭產生較明顯的交互作用</li> <li>3.瀑布的水往下流動時，水流大量的深入潭水中，在潭水中與潭面都產生了相當多的氣泡，氣泡深度大約在 10-15cm 之間</li> <li>4.水流量大，水流入潭水中除了產生大量氣泡外，也發現數個漩渦出現，但斷斷續續，只維持一小段時間就消失了</li> <li>5.水流量很大，水流下深入潭中的力量也很大，使得水會深入潭中一個較深的位置，一段時間後會再往潭面上流動，而形成明顯、劇烈的上下來回捲動的水流</li> </ol>

**\*結果與討論：**

- 1.發現當水流量較大時，水的沖擊力也較大，在潭水中產生的氣泡量較多，氣泡的深度也較深。
- 2.發現當水流量較大時，水流較容易與底部石頭(障礙物)產生交互作用，較容易出現漩渦。
- 3.發現當水流量較大時，會在潭水中形成明顯的上下來回捲動的水流。
- 4.發現水流量較小時，不易出現漩渦，上下來回捲動的水流也較不明顯。

## 實驗(二)不同瀑布高度對瀑布區水流情況的影響。

說明：根據 p.5 之台灣瀑布列表資料(維基百科)，發現大部份的瀑布高度都是數十公尺到一百公尺內，經討論後，我們決定以大約 100:1 的比例大小，設計瀑布高度為 30cm、50cm、70cm、90cm 的組別進行實驗操作。

步驟 1.在長 50cm、寬 40cm、高 40cm 的模擬深潭主水槽中調整墊高木架，再鋪上一層石頭，模擬瀑布深潭區的底部，並在往下集水槽方向放置 2 座石頭，模擬瀑布深潭區的周邊岩石，擺設後潭水深度 10cm。

2.架高上給水槽，使上給水槽出水面與深潭區水面相距 30cm(即瀑布高度)，再啟動抽水馬達循環抽水，以每分鐘 38 公升的水量出水，水流順著上給水槽出口流入模擬深潭水槽中，持續給水 5 分鐘，觀察模擬深潭主水槽中的水流情況，並紀錄結果。

3.調整上給水槽架高高度，依序改變瀑布高度，重複 1、2 步驟，進行實驗觀測與紀錄。

瀑布高度	觀測描述
30cm	<ol style="list-style-type: none"><li>1.瀑布高度較低，水流力量不大，少部份水流會接觸到潭水底部</li><li>2.瀑布的水往下流動時，水流會深入潭水中，在潭水中與潭面上都會產生氣泡，氣泡量很多，氣泡深度約在 5-10cm 之間</li><li>3.沒有發現漩渦的出現</li><li>4.水流下時有一定的力量，使得水會深入潭中一小段時間，再往潭面上流動，形成小型的上下來回捲動的水流</li></ol>
50cm	<ol style="list-style-type: none"><li>1.水流力量比 30cm 的組別還大，水流會直接沖擊到潭水底部，會與石頭產生交互作用</li><li>2.瀑布的水往下流動時，水流會深入潭水中，在潭水深處與潭面上都會產生氣泡，氣泡量很多，氣泡深度約在 10cm 上下</li><li>3.水流中的氣泡會碰觸到石頭，在石頭的夾縫中產生小漩渦，但斷斷續續的</li><li>4.在高處瀑布的水往下流動時會有一股力量，使得水會深入潭中一小段時間，再往潭面上流動，透過產生的大量氣泡，可以觀察到有明顯上下來回捲動的水流情況</li></ol>

70cm	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.瀑布高度較高，水流沖擊下來的力量很大，會直接沖擊到潭水底部，同時碰觸到了底部和周邊的石頭，與石頭產生明顯的交互作用</li> <li>2.瀑布的水往下流動時，水流深入潭水中，在潭水中與潭面上都產生了相當多的氣泡，氣泡深度大約在 10-15cm 之間</li> <li>3.水流入潭水中除了產生大量氣泡外，也發現數個漩渦出現，尤其是在水流與石頭接觸的位置，但斷斷續續，只維持一小段時間就消失了</li> <li>4.瀑布高度較高，水流下深入潭中的力量較大，使得水會深入潭中較深的位置，一段時間後會再往潭面上流動，形成明顯的上下來回捲動的水流</li> </ol>
90cm	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.瀑布高度超高，水流沖擊下來的力量特別大，直接沖擊到潭水底部，水流大量碰觸到底部和周邊的石頭，與石頭產生明顯的交互作用</li> <li>2.瀑布的水往下流動時，水流深入潭水中，在潭水中與潭面都產生了相當多的氣泡，氣泡深度估計大約在 15-20cm 之間</li> <li>3.水流入潭水中產生大量的氣泡，發現更多個漩渦出現，尤其是在水流與石頭接觸的位置，但斷斷續續，只維持一小段時間就消失了，潭面有時也出現了漩渦</li> <li>4.瀑布高度超高，水流下深入潭中的力量較大，使得水會深入潭中較深的位置，一段時間後會再往潭面上流動，形成明顯的上下來回捲動的水流</li> </ol>

**\*結果與討論：**

- 1.發現當瀑布高度較高時，水往下的沖擊力較大，在潭水中產生的氣泡量較多，氣泡的深度也較深。
- 2.發現當瀑布高度較高時，水流較容易與底部石頭(障礙物)產生交互作用，較容易出現漩渦。
- 3.發現當瀑布高度較高時，會在潭水中形成非常明顯的上下來回捲動的水流。
- 4.發現瀑布高度較低時，不易出現漩渦，上下來回捲動的水流也較不明顯。



### 實驗(三)不同潭水深度對瀑布區水流情況的影響。

- 步驟 1.在長 50cm、寬 40cm、高 40cm 的模擬深潭主水槽中調整墊高木架，再鋪上一層石頭，模擬瀑布深潭區的底部，並在往下集水槽方向放置 2 座石頭，模擬瀑布深潭區的周邊岩石，擺設後潭水深度 5cm。
- 2.架高上給水槽，使上給水槽出水面與深潭區水面相距 50cm(即瀑布高度)，再啟動抽水馬達循環抽水，以每分鐘 38 公升的水量出水，水流順著上給水槽出口流入模擬深潭水槽中，持續給水 5 分鐘，觀察模擬深潭主水槽中的水流情況，並紀錄結果。
- 3.調整模擬深潭主水槽內的墊高高度，依序改變潭水深度，重複 1、2 步驟，進行實驗觀測與紀錄。

潭水深度	觀測描述
5cm	<ol style="list-style-type: none"><li>1.由於潭水深度較淺，水流會直接沖擊到潭水底部，與石頭產生交互作用</li><li>2.瀑布的水往下流動時，水流會深入潭水中，在潭水深處與潭面上都會產生氣泡，氣泡量很多，氣泡深度約在 10cm 上下</li><li>3.水流中的氣泡大量碰觸到石頭，在石頭的夾縫中產生出現幾次小漩渦，漩渦持續了一小段時間後才消失</li><li>4.水往下流動時，會深入潭中一小段時間，再往潭面上流動，但因為潭水深度較淺，所以，水流很快就接觸到底部，觀察到有上下來回捲動的水流情況，但是範圍不大</li></ol>
10cm	<ol style="list-style-type: none"><li>1.水流力量大，水流會直接沖擊到潭水底部，會與石頭產生交互作用</li><li>2.瀑布的水往下流動時，水流會深入潭水中，在潭水深處與潭面上都會產生氣泡，氣泡量很多，氣泡深度約在 10cm 上下</li><li>3.水流中的氣泡會碰觸到石頭，在石頭的夾縫中產生小漩渦，但斷斷續續的</li><li>4.在高處的瀑布水往下流動時會有一股力量，使得水會深入潭中一小段時間，再往潭面上流動，透過產生的大量氣泡，可以觀察到有明顯上下來回捲動的水流情況</li></ol>

15cm	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.潭水深度較深，部份水流會沖擊到潭水底部，與石頭表面接觸</li> <li>2.瀑布的水往下流動時，水流會深入潭水中，在潭水深處與潭面上都會產生氣泡，氣泡量很多，氣泡深度約在 10-15cm 之間</li> <li>3.水流中的氣泡少部份會碰觸到石頭，但是並沒有發現漩渦的出現</li> <li>4.在高處瀑布的水往下流動時，水會深入潭中一小段時間，再往潭面上流動，透過產生的大量氣泡，可以觀察到有明顯上下來回捲動的水流情況，範圍比深度 10cm 的組別來得大</li> </ol>
20cm	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.潭水深度 20cm 更深，水流不會沖擊到潭水底部</li> <li>2.瀑布的水往下流動時，水流會深入潭水中，在潭水深處與潭面上都會產生氣泡，氣泡量很多，氣泡深度約在 10-15cm 之間，有時還會超過 15cm</li> <li>3.水流中的氣泡沒有碰觸到石頭，也沒有發現漩渦的出現</li> <li>4.水往下流動時，水會深入潭中一小段時間，再往潭面上流動，透過產生的大量氣泡，可以觀察到有明顯上下來回捲動的水流情況，範圍較大</li> <li>5.觀察到上下來回捲動的水流，在上下流動的過程中，向下的力量有時會與往上的力量部份抵消，產生間歇性的力量大或力量小，很特別</li> </ol>
25cm	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.潭水深度 25cm 很深，水流不會沖擊到潭水底部</li> <li>2.瀑布的水往下流動時，水流會深入潭水中，在潭水深處與潭面上都會產生氣泡，氣泡量很多，氣泡深度約在 10-15cm 之間，有時還會超過 15cm</li> <li>3.水流中的氣泡沒有碰觸到石頭，也沒有發現漩渦的出現</li> <li>4.水往下流動時，水會深入潭中一小段時間，再往潭面上流動，透過產生的大量氣泡，可以觀察到有明顯上下來回捲動的水流情況，範圍很大</li> <li>5.觀察到上下來回捲動的水流，在上下流動的過程中，向下的力量有時會與往上的力量部份抵消，產生間歇性的力量大或力量小，很特別</li> </ol>

**\*結果與討論：**

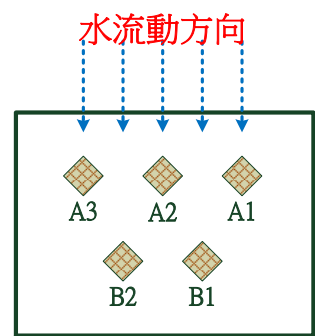
- 1.發現當潭水深度較深時，水往下沖擊在潭水中產生的氣泡量較多，氣泡的深度較深。
- 2.發現當潭水深度較深時，水流不易與底部石頭(障礙物)產生交互作用，不易出現漩渦。
- 3.發現當潭水深度較深時，會在潭水中形成非常明顯的上下來回捲動的水流，在上下流動的過程中，向下和往上的力量會出現部份抵消，產生間歇性的力量大或力量小。
- 4.發現潭水深度較淺時，出現漩渦的情形較多，但上下來回捲動的水流範圍較小。

**實驗(四)潭面下石頭位置的不同對瀑布區水流情況的影響。**

步驟 1.在長 50cm、寬 40cm、高 40cm 的模擬深潭主水槽中調整墊高木架，再鋪上一層石頭，模擬瀑布深潭區的底部，並在往下集水槽方向放置 2 座石頭，模擬瀑布深潭區的周邊岩石，擺設後潭水深度 10cm，最後在 A1 位置增加放置石頭 1 座。

2.架高上給水槽，使上給水槽出水面與深潭區水面相距 50cm(即瀑布高度)，再啟動抽水馬達循環抽水，以每分鐘 38 公升的水量出水，水流順著上給水槽出口流入模擬深潭水槽中，持續給水 5 分鐘，觀察模擬深潭主水槽中的水流情況，並紀錄結果。

3.調整潭面下石頭的擺放位置，依序改變潭面下石頭位置為 A2、A3、B1、B2，重複 1、2 步驟，進行實驗觀測與紀錄。



主水槽上視圖

**※潭面下石頭位置配置圖示說明如右圖：**

潭面下石頭位置	觀測描述
A1	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.水流力量大，水流會直接沖擊到潭水底部，與石頭產生交互作用</li> <li>2.瀑布的水往下流動時，水流會深入潭水中，在潭水深處與潭面上都會產生氣泡，氣泡量很多，氣泡深度約在 10cm 上下</li> <li>3.水流中的氣泡除了會碰觸到底部石頭，也大量接觸到 A1 處石頭，在 A1 處石頭靠中央一側及夾縫中產生一些漩渦，但斷斷續續的，有少數幾個持續了一段時間才消失</li> <li>4.在高處瀑布的水往下流動時會有一股力量，使得水會深入潭中一小段時間，再往潭面上流動，透過產生的大量氣泡，可以觀察到有明顯上下來回捲動的水流情況，但在 A1 處就沒有發生</li> </ol>

A2	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.水流力量大，水流會直接沖擊到潭水底部，與石頭產生交互作用</li> <li>2.瀑布的水往下流動時，水流會深入潭水中，在潭水深處與潭面上都會產生氣泡，氣泡量很多，氣泡深度受到石頭阻礙而變淺</li> <li>3.水流中的氣泡主要接觸到 A2 處石頭，在 A2 處石頭兩側及夾縫中出現較多大小不等的漩渦，但斷斷續續的，有少數幾個持續了一段時間才消失，漩渦出現的情況比 A1 及 A3 都來得明顯</li> <li>4.在高處瀑布的水往下流動時，因為直接沖擊 A2 處石頭，使得水流流動變化較多，也產生大量氣泡，沒有受到阻擋的位置仍然可以觀察到有明顯上下來回捲動的水流情況</li> </ol>
A3	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.水流力量大，水流會直接沖擊到潭水底部，與石頭產生交互作用</li> <li>2.瀑布的水往下流動時，水流會深入潭水中，在潭水深處與潭面上都會產生氣泡，氣泡量很多，氣泡深度約在 10cm 上下</li> <li>3.水流中的氣泡除了會碰觸到底部石頭，也大量接觸到 A3 處石頭，在 A3 處石頭靠中央一側及夾縫中產生一些漩渦，但斷斷續續的，有少數幾個持續了一段時間才消失</li> <li>4.在高處瀑布的水往下流動時會有一股力量，使得水會深入潭中一小段時間，再往潭面上流動，透過產生的大量氣泡，可以觀察到有明顯上下來回捲動的水流情況，但在 A3 處就沒有發生</li> </ol>
B1	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.水流力量大，水流會直接沖擊到潭水底部，會與石頭產生交互作用，但是沒有直接沖擊到 B1 處石頭</li> <li>2.瀑布的水往下流動時，水流會深入潭水中，在潭水深處與潭面處都會產生氣泡，氣泡量很多，氣泡深度約在 10cm 上下</li> <li>3.水流中的氣泡會碰觸到石頭，在底部石頭的夾縫中產生幾個小漩渦，但因為沒有接觸到 B1 處石頭，所以 B1 處石頭旁並沒有出現漩渦</li> <li>4.在高處瀑布的水往下流動時會有一股力量，使得水會深入潭中一小段時間，再往潭面上流動，透過產生的大量氣泡，可以觀察到有明顯上下來回捲動的水流情況</li> </ol>

B2	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.水流力量大，水流會直接沖擊到潭水底部，會與石頭產生交互作用，但是沒有直接沖擊到 B2 處石頭</li> <li>2.瀑布的水往下流動時，水流會深入潭水中，在潭水深處與潭面處都會產生氣泡，氣泡量很多，氣泡深度約在 10cm 上下</li> <li>3.水流中的氣泡會碰觸到石頭，在底部石頭的夾縫中產生幾個小漩渦，但因為沒有接觸到 B2 處石頭，所以 B2 處石頭旁並沒有出現漩渦</li> <li>4.在高處瀑布的水往下流動時會有一股力量，使得水會深入潭中一小段時間，再往潭面上流動，透過產生的大量氣泡，可以觀察到有明顯上下來回捲動的水流情況</li> </ol>
----	--

**\*結果與討論：**

- 1.發現潭面下石頭設置的位置，在 A1、A2、A3 的位置較容易出現漩渦，尤其以 A2 位置較為明顯，沒有受到石頭阻擋的區域仍可見到上下來回捲動的水流。
- 2.發現潭面下石頭設置的位置，在 B1、B2 的位置較不容易出現漩渦，在潭水中仍可清楚看到上下來回捲動的水流。
- 3.發現漩渦較容易出現在高低落差較大的地方，實驗中石頭設置位置的不同，就明顯可見在 A 區較容易發現漩渦，在 B 區則沒有出現。

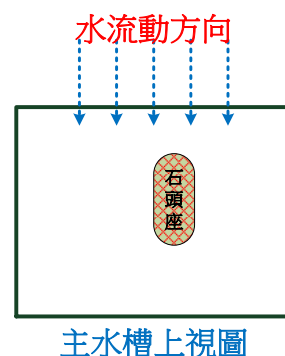
**實驗(五)潭面下石頭量的不同對瀑布區水流情況的影響。**

步驟 1.在長 50cm、寬 40cm、高 40cm 的模擬深潭主水槽中調整墊高木架，再鋪上一層石頭，模擬瀑布深潭區的底部，並在往下集水槽方向放置 2 座石頭，模擬瀑布深潭區的周邊岩石，配置後潭水深度 20cm。

2.架高上給水槽，使上給水槽出水面與深潭區水面相距 50cm(即瀑布高度)，再啟動抽水馬達循環抽水，以每分鐘 38 公升的水量出水，水流順著上給水槽出口流入模擬深潭水槽中，持續給水 5 分鐘，觀察模擬深潭主水槽中的水流情況，並紀錄結果。

3.調整潭面下石頭配置的量，依序改變潭面下的石頭量(一座、二座)，重複 1、2 步驟，進行實驗觀測與紀錄。

**※潭面下石頭配置圖示說明如右：**



潭面下石頭量	觀測描述
<p data-bbox="319 474 478 555">對照組～ 未放置石頭</p>  <p data-bbox="295 855 510 896">(主水槽側視圖)</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li data-bbox="630 273 1316 309">1.該組潭水深度 20cm，水流沒有沖擊到潭水底部</li> <li data-bbox="630 340 1396 519">2.瀑布的水往下流動時，水流會深入潭水中，在潭水深處與潭面上都會產生氣泡，氣泡量很多，氣泡深度約在 10-15cm 之間，有時還會超過 15cm</li> <li data-bbox="630 555 1396 667">3.水流中的氣泡沒有碰觸到底部及周邊的石頭，沒有發現漩渦的出現</li> <li data-bbox="630 698 1396 878">4.水往下流動時，水會先深入潭中一小段時間，再往潭面上流動，透過產生的大量氣泡，可以觀察到有明顯上下來回捲動的水流情況，範圍較大</li> <li data-bbox="630 913 1396 1093">5.觀察到上下來回捲動的水流，在上下流動的過程中，向下的力量有時會與往上的力量部份抵消，產生間歇性水流力量大或水流力量小</li> </ol>
<p data-bbox="295 1393 502 1433">放置石頭一座</p>  <p data-bbox="295 1729 510 1769">(主水槽側視圖)</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li data-bbox="630 1137 1396 1317">1.水流力量大，雖然沒有直接沖擊到潭水底部，但會直接沖擊到增加放置的這一座石頭（約 8cm 高），與石頭產生交互作用</li> <li data-bbox="630 1348 1396 1527">2.瀑布的水往下流動時，水流會深入潭水中，在潭水深處與潭面上都會產生氣泡，氣泡量很多，氣泡深度約在 10-15cm 之間，有時還會超過 15cm</li> <li data-bbox="630 1563 1396 1742">3.水流中的氣泡大量接觸到增設的這座石頭，在石頭兩側及夾縫中產生許多大小不等的氣泡，也出現一些小漩渦，但斷斷續續，有少數幾個持續較長時間才消失</li> <li data-bbox="630 1774 1396 2033">4.在高處瀑布的水往下流動時，因為會沖擊到增設的這座石頭，出現局部的淺水區，使得水流流動較為多變，也產生大量氣泡，沒有受到阻擋的位置仍然可以觀察到有明顯上下來回捲動的水流情況</li> </ol>

<p style="text-align: center;">放置石頭二座</p>  <p style="text-align: center;">(主水槽側視圖)</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.水流力量大，雖然沒有直接沖擊到潭水底部，但會直接沖擊到增加放置的二座石頭（約 16cm 高），與石頭產生交互作用</li> <li>2.瀑布的水往下流動時，水流會深入潭水中，在潭水深處與潭面處都會產生氣泡，氣泡量很多，氣泡深度約在 10-15cm 之間，有時還會超過 15cm</li> <li>3.水流中的氣泡大量接觸到增設的這座石頭，在石頭兩側及夾縫中產生一些許多氣泡，比放一座石頭出現的漩渦更明顯也更快出現</li> <li>4.在高處瀑布的水往下流動時，因為會沖擊到增設的這二座石頭，出現局部更淺的潭水區，使得水流流動更為多變，產生大量氣泡，沒有受到阻擋的位置仍然可以觀察到有明顯上下來回捲動的水流情況，但靠近石頭座的位置，水流更加紊亂</li> </ol>
---	--

**\*結果與討論：**

- 1.發現有石頭設置的位置較容易出現漩渦。石頭的量越多，水流沖擊下來後，石頭的周邊水流情形較為紊亂，漩渦更明顯也更快出現。
- 2.發現瀑布水流沖擊後，在深潭中出現許多氣泡，在沒有受到石頭阻擋的區域仍可見到上下來回捲動的水流。

**實驗(六)深潭底部地形的不同對瀑布區水流情況的影響。**

說明：靠近瀑布水流下方的潭底因長期受到水流侵蝕而造成凹陷，因此設計凹陷 5cm 及 10cm 寬的組別與潭底平整的對照組進行實驗操作比較。

- 步驟 1.在長 50cm、寬 40cm、高 40cm 的模擬深潭主水槽中調整墊高木架，再鋪上一層石頭，模擬瀑布深潭區的底部，並在往下集水槽方向放置 2 座石頭，模擬瀑布深潭區的周邊岩石，配置後潭水深度 10cm。
- 2.架高上給水槽，使上給水槽出水面與深潭區水面相距 50cm(即瀑布高度)，再啟動抽水馬達循環抽水，以每分鐘 38 公升的水量出水，水流順著上給水槽出口流入模擬深潭水槽中，持續給水 5 分鐘，觀察模擬深潭主水槽中的水流情況，並紀錄結果。
- 3.調整深潭底部的石頭配置，依序改變深潭底部的地形，重複 1、2 步驟，進行實驗觀測與紀錄。

潭底地形	觀測描述
<p data-bbox="228 392 520 474">對照組～ 潭底平整沒有凹陷處</p>  <p data-bbox="264 822 483 860">(主水槽側視圖)</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li data-bbox="603 356 1422 465">1.水流會直接沖擊到潭水底部，與石頭產生交互作用，在石頭的夾縫中產生小漩渦，但斷斷續續的</li> <li data-bbox="603 501 1422 678">2.瀑布的水往下流動時，水流會深入潭水中，在潭水深處與潭面上都會產生氣泡，氣泡量很多，氣泡深度約在 10cm 上下</li> <li data-bbox="603 714 1422 898">3.在高處的瀑布水往下流動時會有一股力量，使得水會深入潭中一小段時間，再往潭面上流動，透過產生的大量氣泡，可以觀察到有明顯上下來回捲動的水流情況</li> </ol>
<p data-bbox="177 1218 571 1256">潭底在水流下方凹陷 5cm 寬</p>  <p data-bbox="264 1601 483 1639">(主水槽側視圖)</p> <div data-bbox="172 1722 376 1803" style="border: 2px solid blue; padding: 2px; display: inline-block;"> <p data-bbox="197 1742 351 1780">凹陷寬度</p> </div>	<ol style="list-style-type: none"> <li data-bbox="603 1095 1422 1279">1.水流會直接沖擊到潭水底部，與部份石頭產生交互作用，在凹陷處與石頭高低落差的交界位置產生小漩渦，但斷斷續續的，有時水流狀況也較紊亂</li> <li data-bbox="603 1314 1422 1491">2.瀑布的水往下流動時，水流會深入潭水中，在潭水深處與潭面上都會產生氣泡，氣泡量很多，氣泡深度約在 10-15cm 之間</li> <li data-bbox="603 1527 1422 1711">3.在高處瀑布的水往下流動時會有一股力量，使得水流會深入潭中一小段時間，再往潭面上流動，透過產生的大量氣泡，可以觀察到有明顯上下來回捲動的水流情況</li> <li data-bbox="603 1747 1422 1930">4.觀察到上下來回捲動的水流，在上下流動的過程中，向下的力量有時會與往上的力量部份抵消，產生間歇性水流力量大或水流力量小</li> </ol>



潭底在水流下方凹陷 10cm 寬



(主水槽側視圖)

凹陷寬度

1. 凹陷位置較寬，凹陷處潭水深度較深，只有部份水流會沖擊到潭水底部
2. 瀑布的水往下流動時，水流會深入潭水中，在潭水深處與潭面上都會產生氣泡，氣泡量很多，氣泡深度約在 10-15cm 之間
3. 水流中的氣泡只有少部份會碰觸到石頭，但是並沒有發現漩渦的出現
4. 在高處瀑布的水往下流動時，水會深入潭中一小段時間，再往潭面上流動，透過產生的大量氣泡，可以觀察到有明顯上下來回捲動的水流情況，範圍比凹陷 5cm 寬的組別來得大
5. 觀察到上下來回捲動的水流，在上下流動的過程中，向下的力量有時會與往上的力量部份抵消，產生間歇性水流力量大或水流力量小

#### \* 結果與討論：

1. 發現深潭底部地形靠近水流下方有凹陷處時，在凹陷處與石頭高低落差的交界位置水流狀況較紊亂，較容易產生小漩渦。
2. 發現深潭底部地形靠近水流下方有凹陷處時，在潭水中產生的氣泡量較多，氣泡的深度也較深，會在潭水中形成較明顯的上下來回捲動的水流。

#### ※ 進一步探究與觀察：

經過實驗(一)至(六)的觀察，我們發現瀑布水流在深潭中常會出現上下來回捲動的水流，為了更進一步確認這上下來回捲動的水流流向，因此，我們希望利用小顆粒狀物體進行實驗觀測，在測試過小串珠、米粒、紅豆、綠豆、BB彈、亮粉等物體後，發現有些物體不是太重沉在水中就是太輕浮在水面上，實測觀察並討論後發現綠豆較適合做為觀測物，於是著手設計實驗(七)進行操作。

另外，研究者也提出使用可以自行調整半浮半沉的「浮沉娃娃」做為觀測的半浮體，進行實驗(八)的設計與操作。

### 實驗(七)綠豆顆粒在瀑布下的水流活動觀察。

- 步驟 1.在長 50cm、寬 40cm、高 40cm 的模擬深潭主水槽中調整墊高木架，再鋪上一層石頭，模擬瀑布深潭區的底部，並在往下集水槽方向放置 2 座石頭，模擬瀑布深潭區的周邊岩石，配置後潭水深度 10cm，並在靠近水流下方平鋪綠豆顆粒約 1kg 的量。
- 2.架高上給水槽，使上給水槽出水面與深潭區水面相距 50cm(即瀑布高度)，再啟動抽水馬達循環抽水，以每分鐘 38 公升的水量出水，水流順著上給水槽出口流入模擬深潭水槽中，持續給水 5 分鐘，觀察綠豆顆粒在模擬深潭主水槽中的水流情況，並紀錄結果。

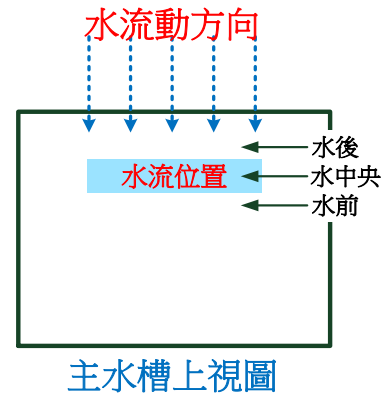
	<p><b>※實驗操作前</b></p> <p>在靠近水流下方平鋪綠豆顆粒約 1kg 的量，綠豆顆粒填滿石頭縫隙</p>
	<p><b>※實驗操作中</b></p> <p>發現綠豆被上下來回捲動的水流帶著捲動，捲動後會再被往前帶動，有些綠豆則是被卡在石頭縫之間</p>
	<p><b>※實驗操作後</b></p> <p>水流停止後，原來布滿在石頭上的綠豆已經被往前帶動，部份綠豆則留在水流後側卡在石頭縫之間</p>

#### **\*結果與討論：**

- 1.發現透過綠豆顆粒可以更明顯觀察到瀑布流下來的水流形成上下來回捲動的情形。
- 2.發現瀑布水流沖擊後，上下來回捲動的水流會把綠豆往前帶動，表示上下來回捲動的水流有一股往前帶動的流向。

### 實驗(八)浮沉娃娃在瀑布下的水流活動觀察。

為了進一步了解水流在深潭中的流動情形，我們使用可以自行調整半浮半沉的「浮沉娃娃」做為觀測的浮體，重複實驗五的1、2、3步驟，放入浮沉娃娃在瀑布水流的正下方及前、後側三個位置進行觀察，紀錄娃娃在潭水中的運動情形。綜合觀測結果與討論如下：



1.浮沉娃娃後分別在水前、水中央、水後的位置操作，發現在水後及水中央的娃娃通常會被捲入水中，水流上下來回捲了幾次，才由瀑布後側下潛後由水流外側浮出水面；而放在靠瀑布水流前側的娃娃則會被水流往外側推走，較不易被捲入水流中。



2.發現浮沉娃娃很容易受到水流的影響，一下子被壓入水中，一下子又被旋轉帶著走。當潭水中有大量石頭障礙物時，浮沉娃娃會被水流帶到有石頭一側，隨著水流在石頭堆附近停留，有時也會卡在石頭縫中。

3.經過實驗操作，所有的浮沉娃娃在瀑布水流流動一段時間後，都會往下游方向移動聚集在水槽角落，而且有較多浮沉娃娃會停留在沒有石頭的一側，很特別。



### 伍、討論

- 一、實驗(一)發現當水流量較大時，水的沖擊力也較大，在潭水中產生的氣泡量較多，氣泡的深度也較深；水流較容易與底部石頭(障礙物)產生交互作用，較容易出現漩渦。
- 二、實驗(二)發現當瀑布高度較高時，水往下的沖擊力較大，在潭水中產生的氣泡量較多，氣泡的深度也較深；水流較容易與底部石頭(障礙物)產生交互作用，較容易出現漩渦。
- 三、實驗(三)發現當瀑布潭水深度較深時，水往下沖擊在潭水中產生的氣泡量較多，氣泡的深度較深；水流不易與底部石頭(障礙物)產生交互作用，不易出現漩渦。

四、實驗(四)發現漩渦較容易出現在高低落差較大的地方。實驗中石頭設置位置的不同，就明顯可見在 A 區(較靠近瀑布水流下來的位置)較容易出現漩渦，在 B 區則沒有出現。

五、實驗(五)發現石頭的量越多，水流衝擊下來後，石頭的周邊水流情形較為紊亂，漩渦更明顯也更快出現。

六、實驗中發現瀑布水流衝擊到潭面時，會在潭水中形成一股強烈的上下來回捲動的水流，尤其當水流量較大、瀑布高度較高、瀑布深度較深時更為明顯。水流在潭水中上下流動的過程中，向下和往上的力量會出現部份抵消，在潭水中產生間歇性的力量大或力量小。

七、實驗觀察發現：時間並不會影響漩渦的產生，漩渦的產生是取決於水流與障礙物的交互作用，如果水流沒有碰到障礙物的話，本研究中並沒有出現漩渦。

八、水流量實驗時發現：當水流量較小時，從瀑布面流下來的水會有打結的情況，但加大水量後，瀑布水流末端就只剩一點點打結的情況。從瀑布正面觀看，整個水流面呈現 V 字型，很是特別，值得進一步探究。

九、實驗中發現深潭底部靠近水流下方有凹陷處的地形，在凹陷處與石頭高低落差的交界位置水流狀況較紊亂，在潭水中產生的氣泡深度也較深，會在潭水中形成較明顯的上下來回捲動的水流。

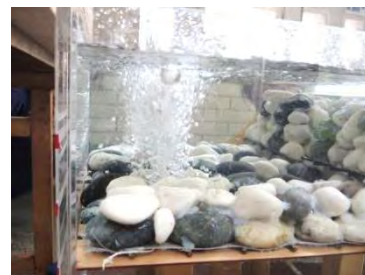
十、實驗發現透過綠豆顆粒可以更明顯觀察到瀑布流下來的水流形成上下來回捲動的情形。而且上下來回捲動的水流會把綠豆往前帶動，表示上下來回捲動的水流有一股流向往前的力量。

十一、實驗操作發現：當浮沉娃娃落在瀑布水流正下方或瀑布內側時，浮沉娃娃會很快速的被捲入潭水中，在潭水中上下來回捲了幾次後，才半浮半沉被水流從下方帶入水下，再從主水流的外側浮出水面。

十二、實驗操作發現：所有的浮沉娃娃在瀑布水流流動一段時間後，都會往下游方向移動聚集在水槽角落，而且有較多浮沉娃娃會停留在沒有石頭的一側，很特別，值得進一步深入探究。



十三、實驗發現瀑布水流至潭中有時會是順時針上下來回捲動，有時會是逆時針捲動，經與資料圖示對照並不完全相同，經討論發現：上下來回捲動的方向與水流力量及潭底地形有關，可再進一步探究。



#### 陸、結 論

一、水流量越大，水流沖擊力越大，產生的氣泡越多，漩渦越容易出現。本研究中以水流量 **58LPM** 形成的漩渦較明顯。

二、瀑布高度越高，水從上給水槽流入主水槽的沖擊力越大，而且較容易接觸到石頭，產生氣泡越多，漩渦較容易形成。本研究中以瀑布高度 **90 公分** 出現的漩渦是較明顯的。

三、潭水深度越深時，產生的氣泡深度越深，水流越不容易沖到石頭，漩渦較不易形成；潭水深度較淺時，水流越容易沖擊到石頭，漩渦較容易出現。



四、石頭位置越靠近瀑布水流沖擊下來的地方，越容易形成漩渦。

本研究以 **A 區** 位置出現的漩渦是較明顯的。

五、瀑布深潭中的石頭量越多，受到水流的影響越容易出現漩渦或紊亂的水流。

六、深潭底部靠近水流下方有凹陷處的地形，在凹陷處與石頭高低落差的交界位置，受到水流的影響較容易出現漩渦，水流狀況也較紊亂。

七、我們發現水流量越大、瀑布高度越高、水深較淺（或不很深）、石頭位置越靠近水流沖擊下來的地方、石頭量越多及深潭底部有凹陷地形時，漩渦的出現是較明顯的，伴隨的上下來回捲動的水流也會較強烈，這個上下來回捲動的水流應該就是 **P6** 資料中的「沸騰區（Boil Area）」。

八、如果我們把浮沉娃娃當作人，假如掉進了瀑布下方的深潭中，人可能就會隨著上下來回捲動的水流捲動一陣子，在捲動或旋轉的過程中，可能會先撞到石頭，導致我們昏倒，然後溺水。

九、瀑布水流在潭水中會形成一股強烈的上下來回捲動水流，這股水流在潭水中並不是一直維持力量很大，它會出現間歇性的力量大或力量小，一陣一陣，有時比較強有時比較弱。因此，人們如果不幸陷在其中，可以等待水流較弱時再迅速奮力一游，離開危險的區域。

十、透過綠豆顆粒可更明顯觀察瀑布水流活動情形，而且發現上下來回捲動的水流有一股流向往前的力量，因此也可說明浮沉娃娃最後都會脫離瀑布水流後往前出現在潭面上。

十一、我們認為水域知識的了解很重要，當真正了解水域活動的安全與危險後，不但能減少意外事故的發生，還可以使人們親自大自然，從事正當的休閒活動。因此，針對人們的教育及宣導，應該是我們努力的方向。

## 柒、參考資料

一、史家瑩(2015)。第三單元-地表的變化。國民小學自然與生活科技第七冊(六上)。臺南：翰林。

二、何立德、王鑫(2002)。台灣地理百科 8-台灣的瀑布(38~59 頁)。台北縣：遠足文化。

三、平震傑、左伊心(2008)。神秘的拉扯～漩渦與漩渦現象的探討。臺灣網路科教館-全國中小學科展。取自

<http://science.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?cat=&a=0&fld=1000000&key=&isd=1&icop=10&p=1&sid=3545>

四、林奕汝、賴玟羽、洪文心(2012)。“漩”機妙算。臺灣網路科教館-全國中小學科展。取自 <http://science.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?cat=&a=0&fld=1000000&key=&isd=1&icop=10&p=1&sid=9583>

五、溪流的知識(2010)。取自

<http://msuvictor.pixnet.net/blog/post/32041784-%5B%E7%9F%A5%E8%AD%98%5D-%E6%BA%AA%E6%B5%81%E7%9A%84%E7%9F%A5%E8%AD%98>

六、維基百科。取自 <https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%B8%A6%E6%B5%81>

七、維基百科。取自

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%8F%B0%E7%81%A3%E7%80%91%E5%B8%83%E5%88%97%E8%A1%A8>

八、趙偉豪、黃昱翔、劉易聖、胡維翰(2010)。逃離殺人漩渦。臺灣網路科教館-全國中小學科展。取自

<http://science.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?cat=&a=0&fld=1000000&key=&isd=1&icop=10&p=1&sid=5433>

九、鄭涵雲(2008)。八卦池傳奇～池型與水流的相關性研究。臺灣網路科教館-全國中小學科展。取自

<http://science.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?cat=&a=0&fld=1000000&key=&isd=1&icop=10&p=1&sid=3501>

十、賴昱丞(2016)。RacingPro 運動達人能量補給站。取自

<https://www.facebook.com/racingprosports/posts/978631928899888>

十一、蘇萍、潘月霞(1981)。臺北區著名瀑布成因及其分類研究。臺灣網路科教館-全國中小學科展。取自

<http://science.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?cat=&a=0&fld=1000000&key=&isd=1&icop=10&p=1&sid=7623>

## 【評語】 080511

本研究利用資料蒐集與簡易實驗器材，針對瀑布形成原因、分佈、渦流等相關文獻作一瞭解後，再模擬不同潭深、瀑布高度、潭底形狀與有無石塊來看水流來回捲動情況；另以綠豆做觀測物，及『沈浮娃娃』放水後及中央被捲入水中，瞭解陷入其中可能產生的狀況；研究結果顯示，由實驗獲得來回捲動水流有一股往前的力量，不會一直維持不變，有時比較弱，若不幸陷在其中，可趁弱時奮力一游逃出；水深 20cm 不會衝擊到潭底；上下力量部分抵銷。可再加強一些創意。

作品海報

## 壹、研究動機

有一次和同學一起到十分瀑布附近旅遊，看到瀑布從高處往低處傾洩而下的樣子十分壯觀美麗。讓我想到曾經看到電視新聞報導，有人在瀑布下方的潭水遊玩時，被潭面下的暗流捲走而不幸溺斃，這則新聞令我印象深刻，也讓我對於瀑布下的潭水更加敬畏；而在自然課【地表的變化】單元(翰林版六上第三單元)的討論中，老師也與我們談到瀑布。所以，在好奇心的驅使下，上網找了有關瀑布的資料，發現原來瀑布下方的深潭常出現漩渦，心裡很好奇漩渦是怎麼形成的呢？為什麼它的力道足以把人捲走呢？為了解開心中的疑惑，於是就找了幾位同學一起進行這個研究。

## 貳、研究目的

- 一、藉由資料蒐集了解瀑布的形成與種類。
- 二、文獻分析探討瀑布區水流活動概況。
- 三、探討不同條件對瀑布區水流活動的影響。
- 四、提出在瀑布區進行水域活動較佳的建議。



器材測試與準備

## 參、研究設備與器材

上給水槽、下集水槽、架子、抽水馬達(57LPM及70LPM)、水管、透明水槽(模擬深潭，長50cm、寬40cm、高40cm)、石頭、浮沉娃娃、水平儀、計時器、數位相機、DV攝影機。

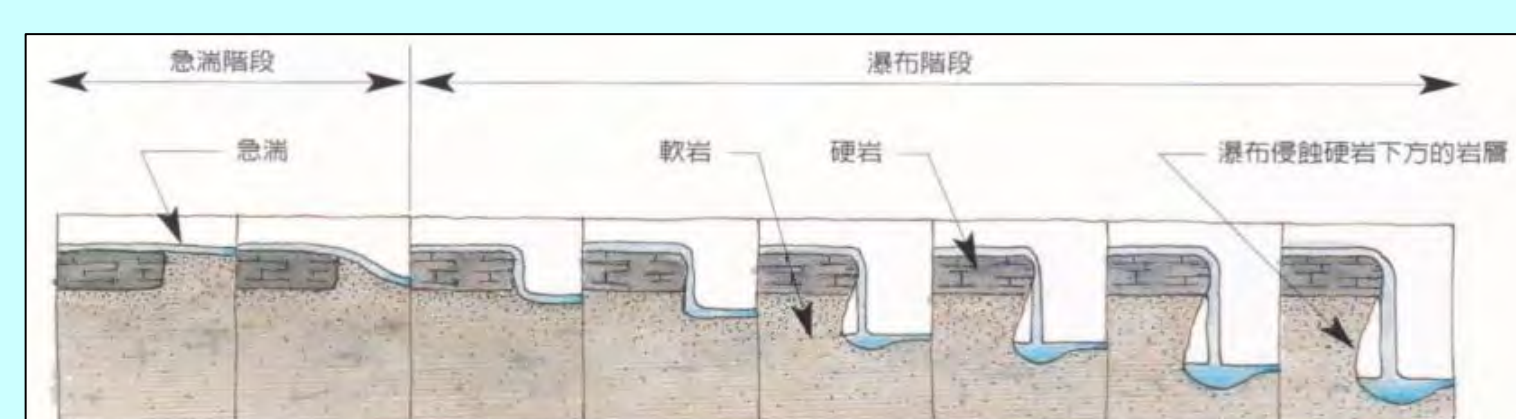
## 肆、研究過程及方式

### 研究一、瀑布的形成與種類。(部份略)

經由閱讀資料得知：瀑布的發展主要受到均夷作用的影響。

瀑布的形成大多是因為岩層軟硬與地質構造上的差異，在內營力與外營力的作用下逐漸產生的。它的成因可分成四種情況：像**差異侵蝕**的十分瀑布、**地殼變動**如921集集大地震之後的車籠埔斷層瀑布、還有受到**河道堰塞與偏移**的草嶺潭瀑布及石灰岩地區**碳酸鈣的溶解與堆積**成的瀑布。

分類上包括**建設性瀑布**和**破壞性瀑布**。建設性瀑布大多發生在碳酸鈣沉澱作用顯著的地區；而破壞性的瀑布主要是由於瀑布不斷向河流源頭進行侵蝕作用，使瀑布後退、河床的坡度由陡峻逐漸趨向平緩。在台灣各地都分布有許多瀑布，像北部主要分布在大屯火山區等，中部有很多瀑布但大都位於深峻峽谷中，而南部瀑布數量雖然較少但瀑布的規模及特殊性也都不遜於其他地區。



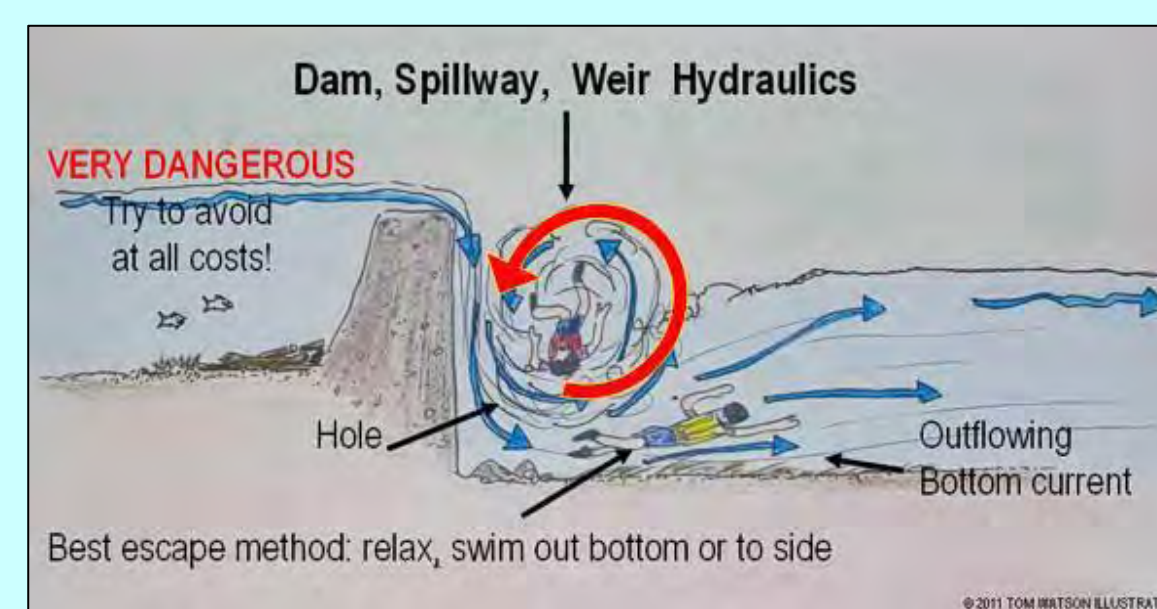
圖片資料來源：何立德、王鑫，2002

### 研究二、文獻分析探討瀑布區水流活動概況。(部份略)

為了了解瀑布與溪流中水流活動的概況，因此，藉由資料蒐集與討論，得知渦流除了會出現在溪流外，也會出現在許多瀑布的下游位置。資料中也提到瀑布下的深潭潭面會受到瀑布強大的水流力量，造成一股向內拉的力量，產生上下來回捲動，相當可怕。

從文獻分析發現過去曾有研究者針對台北地區著名的瀑布進行成因及分類的研究，而討論漩渦的研究則有針對八卦魚池的設計、漩渦及反漩渦水流「拉扯」的現象探討等。結果發現漩渦是由兩種不同水流流向所形成的，漩渦的出現會因所在位置、地形高低落差、障礙物擺放位置等，而產生不同形態、不同大小的漩渦。

經過資料探討，我們發現過去實驗研究較少針對瀑布區深潭的水流情況進行深入探討，僅得知台北地區著名瀑布的分類研究，而其他研究都較著重於一般水域的漩渦探討。



圖片來源：<https://www.facebook.com/racingprosports/posts/978631928899888>

### 研究三、不同條件對瀑布區水流活動的影響。

經討論後我們決定利用自製模擬瀑布的**上給水槽**、實驗觀測模擬瀑布下方深潭區的**主水槽**及**下集水槽**，配合石頭的鋪設，以**穩定的循環水流**並**控制各項變因**來設計實驗進行這個研究，針對影響瀑布區水流活動的條件做為探究目標，期待能提出在瀑布區進行水域活動較佳的建議。



透明主水槽-模擬深潭區

### 實驗(一)不同水流量對瀑布區水流情況的影響。

水流量	20公升/分鐘	38公升/分鐘	58公升/分鐘
觀測描述	<ol style="list-style-type: none"><li>1.水流沒有直接衝擊到潭水底部，不易與石頭產生交互作用</li><li>2.水流會深入潭水中，在潭水中與潭面上都會產生氣泡，該組別氣泡量不多，氣泡深度約在5-10cm之間</li><li>3.沒有發現漩渦的出現</li><li>4.水流會深入潭中一小段時間，再往潭面上流動，形成小型的上下來回捲動的水流</li></ol>	<ol style="list-style-type: none"><li>1.水流力量比20公升/分鐘組別還大，水流會直接衝擊到潭水底部，與石頭產生交互作用</li><li>2.水流深入潭水中，在潭水深處與潭面上都產生氣泡，氣泡量很多，氣泡深度約在10cm上下</li><li>3.水流中的氣泡會碰觸到石頭，在石頭的夾縫中產生小漩渦，但斷斷續續的</li><li>4.水流深入潭中一小段時間後會再往潭面上流動，透過產生的大量氣泡，可觀察到明顯的上下來回捲動的水流</li></ol>	<ol style="list-style-type: none"><li>1.水流直接衝擊潭水底部，同時碰觸到底部和周邊的石頭，與石頭產生較明顯的交互作用</li><li>2.水流大量深入潭水中，在潭中與潭面都產生相當多的氣泡，氣泡深度大約在10-15cm之間</li><li>3.水流入潭水中除了產生大量氣泡外，也發現數個漩渦出現，但斷斷續續，只維持小段時間</li><li>4.水流會深入潭中較深的位置，一段時間後會再往潭面上流動，而形成明顯、劇烈的上下來回捲動的水流</li></ol>

### \*結果與討論：

發現水流量較大時，水的衝擊力較大，在潭水中產生較多氣泡，氣泡深度也較深，水流較容易與底部石頭(障礙物)產生交互作用，容易出現漩渦，而且會在潭水中形成明顯的上下來回捲動的水流。



## 實驗(二)不同瀑布高度對瀑布區水流情況的影響。

瀑布高度	30cm	50cm	70cm	90cm
觀測描述	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.水流力量不大，少部份水流會接觸到潭水底部</li> <li>2.水流會深入潭水中，在潭水中與潭面上都會產生氣泡，氣泡量很多，氣泡深度約在5-10cm之間</li> <li>3.沒有發現漩渦的出現</li> <li>4.水流會深入潭中一小段時間，再往潭面上流動，形成小型的上下來回捲動的水流</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.水流力量比30cm的組別還大，水流會直接衝擊到潭水底部，與石頭產生交互作用；在潭水深處與潭面上都會產生氣泡，氣泡量很多，氣泡深度約在10cm上下</li> <li>2.氣泡會碰觸到石頭，在石頭的夾縫中產生小漩渦，但斷斷續續的</li> <li>3.水流深入潭中一段時間，再往潭面流動，觀察到明顯上下來回捲動的水流</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.水流衝擊力量很大，直接衝擊潭水底部，同時碰觸到底部和周邊石頭，與石頭產生明顯的交互作用；在潭水中與潭面上都產生了相當多的氣泡，氣泡深度大約在10-15cm之間</li> <li>2.潭水中除了產生大量氣泡，發現數個漩渦，尤其在水流與石頭接觸的位置</li> <li>3.水流深入潭中一段時間，再往潭面流動，觀察到明顯上下來回捲動的水流</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.水流衝擊力量特別大，直接衝擊到水底部，水流大量碰觸底部和周邊的石頭，與石頭產生明顯交互作用；在潭水中與潭面都產生了相當多的氣泡，氣泡深度估計大約在15-20cm之間</li> <li>2.潭水中產生大量氣泡，發現更多個漩渦，尤其在水流與石頭接觸的位置</li> <li>3.水流深入潭中一段時間，再往潭面流動，觀察到明顯上下來回捲動的水流</li> </ol>

### \* 結果與討論：

發現當瀑布高度較高時，水往下的沖擊力較大，在潭水中產生的氣泡量較多，氣泡的深度也較深，水流較容易與底部石頭(障礙物)產生交互作用，較容易出現漩渦，而且會在潭水中形成非常明顯的上下來回捲動的水流。

## 實驗(三)不同潭水深度對瀑布區水流情況的影響。

潭水深度	5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
觀測描述	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.潭水深度較淺，水流會直接衝擊到潭水底部，與石頭產生交互作用；水流在潭水深處與潭面上都會產生氣泡，氣泡量很多，氣泡深度約在10cm上下</li> <li>2.水流中的氣泡大量碰觸到石頭，在石頭夾縫中出現幾次小漩渦，持續了一段時間後消失</li> <li>3.因潭水較淺，所以，水流很快就接觸到底部，觀察到有上下來回捲動的水流，範圍不大</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.水流會直接衝擊到潭水底部，與石頭產生交互作用；水流在潭水深處與潭面上都會產生氣泡，氣泡量很多，氣泡深度約在10cm上下</li> <li>2.水流中的氣泡會碰觸到石頭，在石頭的夾縫中產生小漩渦，但斷斷續續的</li> <li>3.水流會深入潭中一小段時間，再往潭面上流動，觀察到有明顯上下來回捲動的水流</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.潭水深度較深，部份水流會衝擊到潭水底部，與石頭表面接觸；水流在潭水深處與潭面上都會產生氣泡，氣泡量很多，氣泡深度約在10-15cm之間</li> <li>2.水流中的氣泡少部份會碰觸到石頭，但是並沒有發現漩渦的出現</li> <li>3.水流會深入潭中一小段時間，再往潭面上流動，觀察到有明顯上下來回捲動的水流，範圍比深度10cm的組別來得大</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.水流不會衝擊到潭水底部；水流在潭水深處與潭面上都會產生氣泡，氣泡量很多，氣泡深度約在10-15cm之間，沒有碰觸到石頭，也沒有發現漩渦的出現</li> <li>2.水流深入潭中後再往潭面流動，透過大量的氣泡，可以觀察到有上下來回捲動的水流，範圍較大</li> <li>3.上下來回捲動的水流在流動過程中，向下力量會與往上部份抵消產生間歇性力量大或小，很特別</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.水流不會衝擊到潭水底部；水流在潭水深處與潭面上都會產生氣泡，氣泡量很多，氣泡深度約在10-15cm之間，沒有碰觸到石頭，也沒有發現漩渦的出現</li> <li>2.水流深入潭中後再往潭面流動，透過大量的氣泡，可以觀察到有上下來回捲動的水流，範圍很大</li> <li>3.上下來回捲動的水流在流動過程中，向下力量會與往上部份抵消產生間歇性力量大或小，很特別</li> </ol>

### \* 結果與討論：

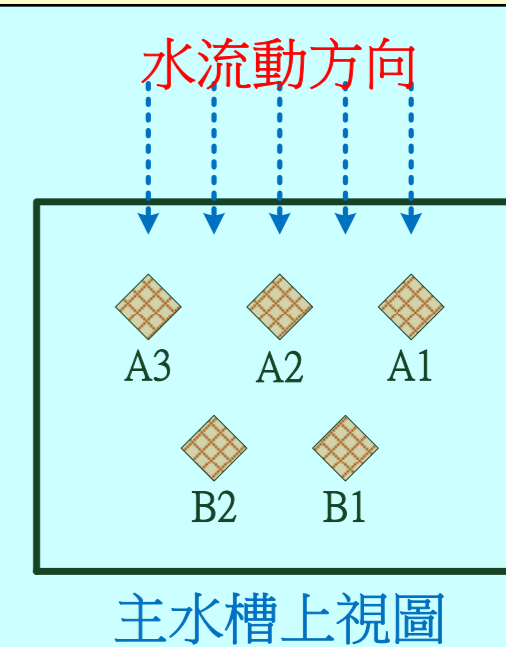
發現當潭水深度較深時，水往下沖擊在潭水中產生的氣泡量較多，氣泡的深度較深，水流不易與底部石頭(障礙物)產生交互作用，不易出現漩渦；而且會在潭水中形成非常明顯的上下來回捲動的水流；在上下流動的過程中，向下和往上的力量會出現部份抵消，產生間歇性的力量大或力量小。

## 實驗(四)潭面下石頭位置的不同對瀑布區水流情況的影響。

潭面下石頭位置	A1	A2	A3	B1	B2
觀測描述	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.水流直接衝擊到底部，與石頭產生交互作用；在潭水深處與潭面上都會產生氣泡，氣泡量很多，氣泡深度約在10cm上下</li> <li>2.氣泡除了會碰觸底部石頭，也大量接觸A1處石頭，在A1處石頭靠中央一側及夾縫中產生一些漩渦，但斷斷續續的，有少數幾個持續了一段時間才消失</li> <li>3.水流會深入潭中後再往潭面上流動，觀察到有明顯上下來回捲動的水流，但在A1處就沒有發生</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.水流直接衝擊底部，與石頭產生交互作用；在潭水深處與潭面上都會產生氣泡，氣泡量很多，氣泡深度受到石頭阻礙而變淺</li> <li>2.氣泡主要接觸A2處石頭，在A2處石頭兩側及夾縫中出現較多大小不等的漩渦，但斷斷續續，有少數幾個持續了一段時間才消失出現的情況比A1及A3都明顯</li> <li>3.水流直接衝擊A2處石頭，使得水流流動變化多，沒有阻擋位置觀察到明顯上下來回捲動的水流</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.水流直接衝擊底部，與石頭產生交互作用；在潭水深處與潭面上都會產生氣泡，氣泡量很多，氣泡深度約在10cm上下</li> <li>3.氣泡除了會碰觸到底部石頭，也大量接觸到A3處石頭，在A3處石頭靠中央一側及夾縫中產生一些漩渦，但斷斷續續的，有少數幾個持續了一段時間才消失</li> <li>4.水流會深入潭中後再往潭面上流動，觀察到有明顯上下來回捲動的水流，但在A3處就沒有發生</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.水流直接衝擊底部，與石頭產生交互作用，沒有直接衝擊到B1處石頭；在潭水深處與潭面處都會產生氣泡，氣泡量很多，氣泡深度約在10cm上下</li> <li>2.氣泡會碰觸到石頭，在底部石頭的夾縫中產生幾個小漩渦，但因為沒有接觸到B1處石頭，所以B1處石頭旁並沒有出現漩渦</li> <li>3.水流會深入潭中一小段時間，再往潭面上流動，觀察到有明顯上下來回捲動的水流</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.水流直接衝擊底部，與石頭產生交互作用，沒有直接衝擊到B2處石頭；在潭水深處與潭面處都會產生氣泡，氣泡量很多，氣泡深度約在10cm上下</li> <li>2.氣泡會碰觸到石頭，在底部石頭的夾縫中產生幾個小漩渦，但因為沒有接觸到B2處石頭，所以B2處石頭旁並沒有出現漩渦</li> <li>3.水流會深入潭中一小段時間，再往潭面上流動，觀察到有明顯上下來回捲動的水流情況</li> </ol>

### \* 結果與討論：

1. 發現潭面下石頭設置的位置，在A1、A2、A3的位置較容易出現漩渦，尤其以A2位置較為明顯，沒有受到石頭阻擋的區域仍可見到上下來回捲動的水流。
2. 發現漩渦易出現在高低落差較大的地方，實驗中明顯可見在A區較易發現漩渦，在B區則沒有出現。

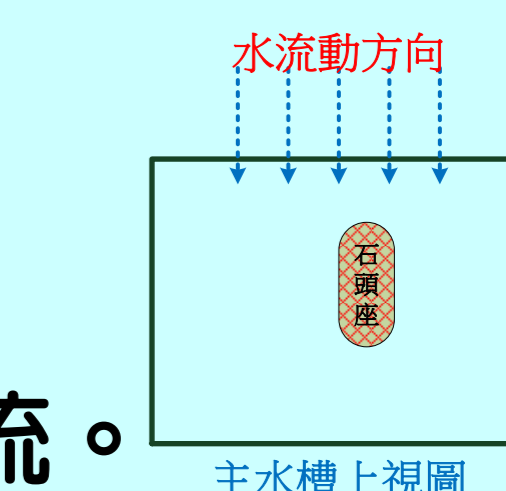


## 實驗(五)潭面下石頭量的不同對瀑布區水流情況的影響。

潭面下石頭量	對照組—未放置石頭	放置石頭一座	放置石頭二座
觀測描述	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.該組潭水深度20cm，水流沒有衝擊到潭水底部；在潭水深處與潭面上都會產生氣泡，氣泡量很多，氣泡深度約在10-15cm之間</li> <li>2.氣泡沒有碰觸到底部及周邊的石頭，沒有發現漩渦的出現；水流會先深入潭中一小段時間，再往潭面上流動，透過產生的大量氣泡，可以觀察到有明顯上下來回捲動的水流，範圍較大</li> <li>3.上下來回捲動的水流在流動的過程中，向下的力量會與往上的力量部份抵消，產生間歇性水流力量大或水流力量小</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.水流直接衝擊到增加放置的一座石頭(約8cm高)，與石頭產生交互作用；在潭水深處與潭面上都會產生氣泡，氣泡量很多，氣泡深度約在10-15cm之間</li> <li>2.水流中的氣泡大量接觸到這座石頭，在石頭兩側及夾縫中產生許多大小不等的氣泡，也出現一些小漩渦，但斷斷續續，有少數持續較長時間才消失</li> <li>3.水流會衝擊到增設的這座石頭，出現局部的淺水區，使得水流流動較為多變，也產生大量氣泡，沒有受到阻擋的位置仍然可以觀察到有明顯上下來回捲動的水流</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.水流直接衝擊到增加放置的二座石頭(約16cm高)，與石頭產生交互作用；在潭水深處與潭面處都會產生氣泡，氣泡量很多，氣泡深度約在10-15cm之間</li> <li>2.水流中的氣泡大量接觸到增設的這二座石頭，在石頭兩側及夾縫中產生一些許多氣泡，比放一座石頭出現的漩渦更明顯也更快出現</li> <li>3.水流會衝擊到增設的二座石頭，出現局部更淺的潭水區，使得水流流動更為多變，產生大量氣泡，沒有受到阻擋的位置仍然可以觀察到有明顯上下來回捲動的水流，但靠近石頭座的位置，水流更加紊亂</li> </ol>

### \* 結果與討論：

1. 發現有石頭設置的位置較容易出現漩渦。石頭的量越多，水流沖擊下來後，石頭的周邊水流情形較為紊亂，漩渦更明顯也更快出現。
2. 瀑布水流沖擊後，在深潭中出現許多氣泡，在沒有受到石頭阻擋的區域仍可見到上下來回捲動的水流。



## 實驗(六)深潭底部地形的不同對瀑布區水流情況的影響。

潭底地形	對照組—潭底平整沒有凹陷處	潭底在水流下方凹陷5cm寬	潭底在水流下方凹陷10cm寬
觀測描述	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.水流會直接衝擊到潭水底部，與石頭產生交互作用，在石頭的夾縫中產生小漩渦，但斷斷續續的</li> <li>2.水流深入潭水中，在潭水深處與潭面上都會產生氣泡，氣泡量很多，氣泡深度約在10cm上下</li> <li>3.瀑布的水往下流動時會有一股力量，使得水深入潭中一小段時間，再往潭面上流動，透過產生的大量氣泡，可以觀察到有明顯上下來回捲動的水流情況</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.水流直接衝擊到潭水底部，與部份石頭產生交互作用，在凹陷處與石頭高低落差的交界位置產生小漩渦，但斷斷續續的，有時水流狀況也較紊亂</li> <li>2.水往下流動時會深入潭水中，在深處與潭面上都會產生氣泡，氣泡深度約在10-15cm之間</li> <li>3.瀑布的水往下流動時會有一股力量，使得水深入潭中一小段時間，再往潭面上流動，透過產生的大量氣泡，可以觀察到有明顯上下來回捲動的水流情況</li> <li>4.上下來回捲動的水流，流動過程向下的力量有時會與往上的力量抵消，產生間歇性水流力量大或小</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.凹陷位置較寬，凹陷處潭水深度較深，只有部份水流會衝擊到潭水底部；水流中的氣泡只有少部份會碰觸到石頭，但是並沒有發現漩渦的出現</li> <li>2.水往下流動時會深入潭中，在深處與潭面上都會產生氣泡，氣泡深度約在10-15cm之間</li> <li>3.瀑布的水往下流動時會深入潭中一小段時間，再往潭面上流動，透過氣泡，可以觀察到有明顯上下來回捲動的水流，範圍比凹陷5cm寬的組別來得大</li> <li>4.上下來回捲動的水流，流動過程向下的力量有時會與往上的力量抵消，產生間歇性水流力量大或小</li> </ol>

### \* 結果與討論：

發現深潭底部靠近水流下方有凹陷地形時，在凹陷處與石頭高低落差的交界位置水流狀況較紊亂，較容易產生小漩渦。在潭水中產生的氣泡量較多，氣泡的深度也較深，會在潭水中形成較明顯的上下來回捲動的水流。

## 實驗(七)綠豆顆粒在瀑布下的水流活動觀察。



### ※實驗操作前

在靠近水流下方平鋪綠豆顆粒約1kg的量，綠豆顆粒填滿石頭縫隙



### ※實驗操作中

發現綠豆被上下來回捲動的水流帶著捲動後會再被往前帶動，有些綠豆則是被卡在石頭縫之間



### ※實驗操作後

水流停止後，原來布滿石頭上的綠豆已經被往前帶動，部份綠豆則留在水流後側卡在石頭縫之間

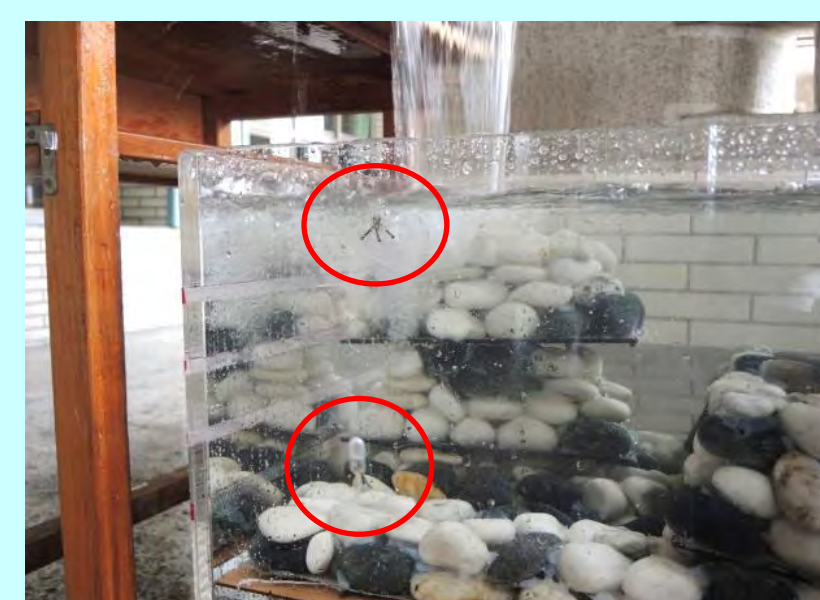
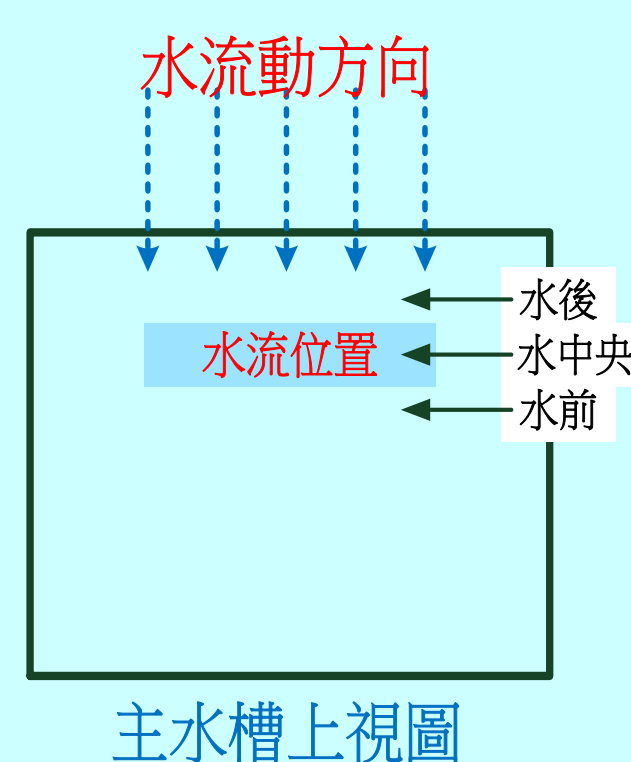
### \* 結果與討論：

透過綠豆顆粒更明顯觀察瀑布流下的水流形成上下來回捲動的情形，而且上下來回捲動的水流會把綠豆往前帶動，表示上下來回捲動的水流有一股往前帶動的流向與力量。

## 實驗(八)浮沉娃娃在瀑布下的水流活動觀察。

使用可自行調整半浮半沉的「浮沉娃娃」做為觀測浮體，在瀑布水流的正下方及前、後側三個位置進行觀察，記錄結果與討論如下：

1. 在水後及水中央的娃娃會被捲入水中，上下來回捲了幾次，才由瀑布後側下潛後由外側浮出水面；在靠瀑布水流前側的娃娃會被水流往外側推走，不易被捲入水流中。
2. 浮沉娃娃很容易受到水流影響，一下子被壓入水中，一下子又被旋轉帶著走。當潭水中有大量石頭障礙物時，娃娃會被水流帶到有石頭的一側，隨著水流在石頭堆附近停留，有時也會卡在石頭縫中。
3. 所有娃娃在水流流動一段時間，都會往下游方向移動聚集在水槽角落，有較多娃娃會停留在沒有石頭的一側，很特別。



## 伍、討論

(部份略)

- 一、實驗中發現瀑布水流衝擊到潭面時，會在潭水中形成一股強烈的上下來回捲動的水流，尤其當水流量較大、瀑布高度較高、瀑布深度較深時更為明顯。水流在潭水中上下流動的過程中，向下和往上的力量會出現部份抵消，在潭水中產生間歇性的力量大或力量小。
- 二、實驗觀察發現：時間並不會影響漩渦的產生，漩渦的產生是取決於水流與障礙物的交互作用，如果水流沒有碰到障礙物的話，本研究中並沒有出現漩渦。
- 三、水流量實驗時發現：當水流量較小時，從瀑布面流下來的水會有打結的情況，但加大水量後，瀑布水流末端就只剩一點點打結的情況。從瀑布面水流下來的這側觀看，整個水流面呈現V字型，很是特別，值得進一步探究。
- 四、實驗操作發現：當浮沉娃娃落在瀑布水流正下方或瀑布內側時，浮沉娃娃會很快速的被捲入潭水中，在潭水中上下來回捲動了幾次後，才半浮半沉被水流從下方帶入水中，再從主水流的外側浮出水面。



## 陸、結論

- 一、水流量越大，水流衝擊力越大，產生的氣泡越多，漩渦越容易出現。本研究中以水流量58LPM形成的漩渦較明顯。
- 二、瀑布高度越高，水從上給水槽流入主水槽的衝擊力越大，較容易接觸到石頭，產生的氣泡越多，漩渦較容易形成。本研究中以瀑布高度90公分出現的漩渦是較明顯的。
- 三、潭水深度越深時，水流越不容易沖到石頭，漩渦較不易形成；潭水深度較淺時，水流越容易沖擊到石頭，漩渦較容易出現。
- 四、石頭位置越靠近瀑布水流沖擊的地方，越容易形成漩渦。本研究以A區位置出現漩渦較明顯。深潭中石頭量越多，受水流影響也越容易出現漩渦或紊亂的水流。
- 五、深潭底部靠近水流下方有凹陷地形時，在凹陷處與石頭高低落差的交界位置，受到水流的影響較容易出現漩渦，水流狀況也較紊亂。
- 六、我們發現水流量越大、瀑布高度越高、水深較淺（或不很深）、石頭位置越靠近水流沖擊下來的地方及石頭量越多時，漩渦的出現是較明顯的，伴隨的上下來回捲動的水流也會較強烈，這個上下來回捲動的水流應該就是P6資料中的「沸騰區(Boil Area)」。
- 七、如果我們把浮沉娃娃當作人，假如掉進了瀑布下方的深潭中，人可能就會隨著上下來回捲動的水流捲動一陣子，在捲動或旋轉的過程中，可能會先撞到石頭，導致我們昏倒，然後溺水。
- 八、瀑布水流在潭水中會形成一股強烈的上下來回捲動的水流，這股強大的水流在潭水中並不是一直維持力量很大，它可能會出現間歇性的力量大或力量小，一陣一陣的，有時比較強有時比較弱。因此，人們如果不幸陷在其中，可以等待水流較弱時再迅速奮力一游，離開危險的區域。
- 九、透過綠豆顆粒可更明顯觀察瀑布水流活動情形，而且發現上下來回捲動的水流有一股流向往前的力量，因此也可說明浮沉娃娃最後都會脫離瀑布水流後往前出現在潭面上。



## 柒、參考資料

(部份略)

- 一、史家瑩(2015)。第三單元-地表的變化。國民小學自然與生活科技第七冊(六上)。臺南：翰林。
- 二、何立德、王鑫(2002)。台灣地理百科8-台灣的瀑布(38~59頁)。台北縣：遠足文化。
- 三、平震傑、左伊心(2008)。神秘的拉扯~漩渦與漩渦現象的探討。臺灣網路科教館-全國中小學科展。
- 四、林奕汝、賴玟羽、洪文心(2012)。“漩”機妙算。臺灣網路科教館-全國中小學科展。
- 五、趙偉豪、黃昱翔、劉易聖、胡維翰(2010)。逃離殺人漩渦。臺灣網路科教館-全國中小學科展。
- 六、鄭涵雲(2008)。八卦池傳奇~池型與水流的相關性研究。臺灣網路科教館-全國中小學科展。
- 七、蘇萍、潘月霞(1981)。臺北區著名瀑布成因及其分類研究。臺灣網路科教館全國中小學科展。