

中華民國 第 49 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 生活與應用科學科

第三名

080814

洗手救地球-從「頭」做起

學校名稱：臺北市士林區福林國民小學

作者： 小六 洪敬雯 小六 郭馨予 小六 張敏歆 小六 賀敬家	指導老師： 祝勤捷 張清鴻
---	-----------------------------

關鍵詞：省水龍頭、虹吸現象、連通管

洗手救地球-從「頭」做起

摘要

市面上有許多省水器材，我們研發的環保水龍頭省水效果更佳。學校要求進行營養午餐前需先洗手，校園中高年級男生洗手用水量普遍比女生較少，但仍需 1 公升以上的水量，若於學校安裝省水龍頭則可達到省水效果，以集中式水柱且噴霧的省水頭效果最佳，約需 480 毫升水量。利用自製環保省水龍頭可達到比噴霧式省水頭更好的省水節能效果，僅需約 300 毫升水量即可洗淨手。在製作環保水龍頭時，應注意進氣孔的位置及大小，以製作於瓶蓋且口徑等於出水吸管為佳。可利用凸出的出水管來控制流速，出水管愈長，流水量愈大。環保水龍頭是利用環保材質自製而成，花費少，再加上安裝方便，將水管接上水龍頭即可，是個值得在校園中推廣的節水方式。

壹、研究動機

每到吃營養午餐時間，學校總是會要求小朋友把手洗乾淨再用餐，看到同學們洗手時水龍頭的水一直流，感覺上有許多水是浪費掉的，應該在水龍頭上裝上省水的器材來防止水的浪費，可是省水的器材好像都蠻貴的，也不知道省水效果如何。上自然課時，老師介紹各種生態及愛護地球的觀念時，介紹以紙杯及吸管製作的省水環保杯，吸引了我們的注意，老師在操作時我們突然靈機一動，若依照它的製作原理，應該可以把它改良成既省水、環保又方便使用的水龍頭。

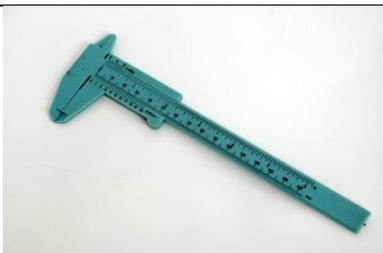
貳、研究目的

依據動機，我們想知道同學洗手用了多少水？其次在坊間有賣許多種類的省水器材，這些器材使用上的效果如何？若要改良省水環保杯，得先知道環保杯的運作原理及影響的因素。基於上述問題，我們擬定下列研究目的：

- 一、了解學校高年級同學的洗手用水量。
- 二、了解市售省水器材的省水效果。
- 三、了解省水環保杯的製作方式及出水原理。
- 四、了解不同因素對環保水龍頭水流量的影響。
- 五、根據研究結果製作環保水龍頭。

參、研究設備及器材

一、實驗器材：

		
美工刀	剪刀	碼錶
		
尺	量杯	熱融槍



二、實驗材料：



圖一：實驗設備及器材

肆、研究過程或方法

一、高年級小朋友的洗手用水量及時間：

- (一)請高年級男女生各九名小朋友進行洗手實驗，讓參與實驗的小朋友把手沾濕。
- (二)把水桶放在水龍頭下方，以承接小朋友洗手的水。
- (三)按壓一次洗手乳瓶，壓出0.5ml的洗手乳放於同學的手中，並在手上揉搓。
- (四)將水龍頭打開讓小朋友洗手，等小朋友覺得洗好後喊停，關水龍頭。
- (五)記錄洗手使用的時間並測量用水量。



二、市售省水器材的省水使用效果：

(一) 省水器材的出水量比較

購買噴霧式、泡沫式及散孔式等市售三種不同的省水器材，依序接於學校水龍頭，分別進行下列步驟。

- 1.將水龍頭開到最大，並計時 10 秒，將水龍頭關起來，記錄出水量。
- 2.每一種省水器材測量三次，記錄並計算平均每秒水流量。

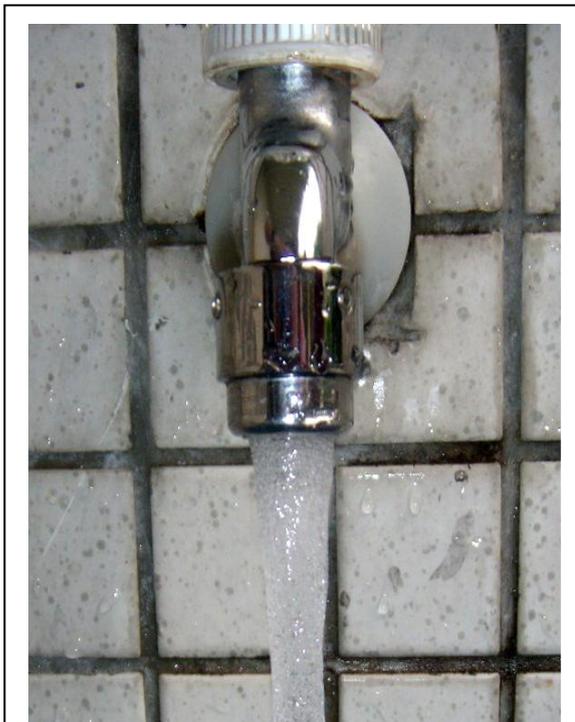
(二) 省水器材的洗手用水量比較

請一名小朋友利用安裝噴霧式、泡沫式及散孔式等三種不同的省水器材的水龍頭來洗手，測量洗手用水量。

1. 請測試的小朋友把手沾濕，按壓一次洗手乳瓶，壓出 0.5ml 的洗手乳放於同學的手中，並在手上揉搓。
- 2.將水龍頭開到最大，讓小朋友洗手，等小朋友覺得洗好後喊停，關水龍頭。
- 3.記錄洗手使用的水量，每一水龍頭測量三次。



圖三：噴霧式省水器材出水樣式



圖四：泡沫式省水器材出水樣式



圖五：散孔式省水器材出水樣式

三、省水環保杯製作及用水量測試：

(一) 環保杯的製作步驟：

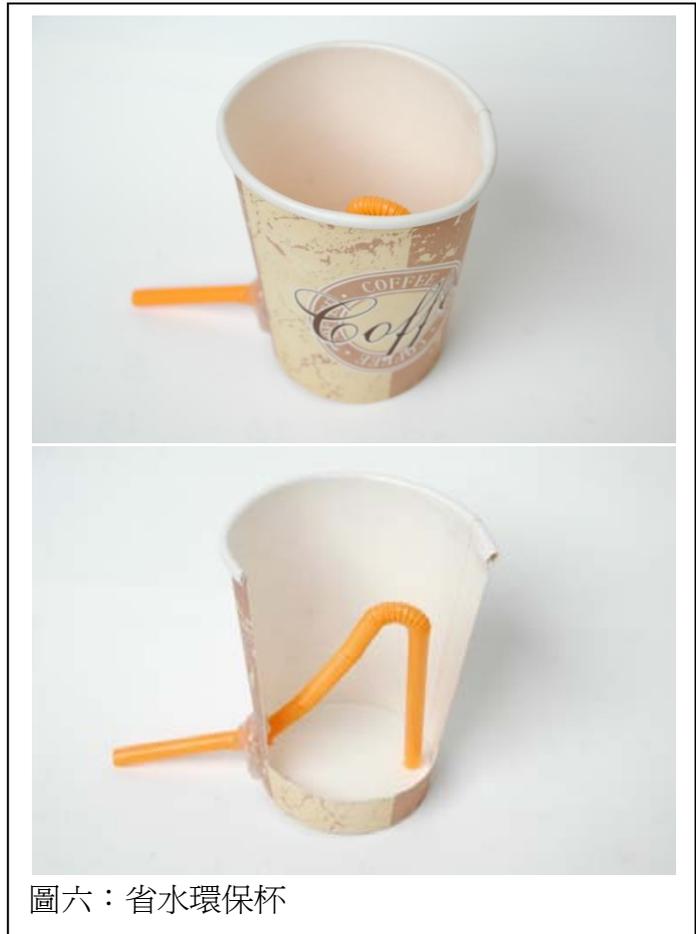
1. 用美工刀於紙杯下方挖個小洞。
2. 把一根約 6mm 口徑可彎吸管穿進洞裡，並讓吸管於杯內彎一個彎。
3. 用熱融膠把紙杯與吸管縫密封，使紙杯不漏水。

(二) 環保杯的出水測量：

1. 將環保杯內的吸管高度定於 8 公分。
2. 在環保杯內慢慢加水，觀察並記錄加水後吸管內的情形。
3. 記錄杯內水流出時，杯內水位的高度。
4. 測量杯內水的水量及流出時間，測量三次，計算平均出水流量。

(三) 利用出水進行洗手測試

1. 小朋友把手沾濕，按壓一次洗手乳瓶，壓出 0.5ml 的洗手乳放於同學的手中，並在手上揉搓。
2. 利用杯內流出的水進行洗手，測驗杯內水量洗手情形。



圖六：省水環保杯

四、不同因素對環保水龍頭水流量的影響測試

由於省水環保杯的材質為紙質，經實驗後容易變形破損，因此利用塑膠寶特瓶作為新材質，以利後續研究，因樣式及功能近似水龍頭，故將省水環保杯更名為環保水龍頭。以 6mm 口徑可彎吸管為出水管，製成環保水龍頭，以進行影響水流量因素的實驗。

(一) 進氣孔大小對水流量的影響

利用寶特瓶製作成環保水龍頭後發現瓶內水無法流出，因此於瓶底挖孔讓空氣可進入瓶內，測量進氣孔大小對水流量的影響。首先利用尖頭剪刀進行挖孔，但因保特瓶底堅硬不易挖孔，所以改為手執式電鑽以 2、4、6、8 及 12mm 的鑽頭進行挖孔。

1. 準備寶特瓶，在瓶底挖洞直徑為是 2mm 的氣孔。
2. 將手堵住瓶底洞，倒入 500cc 水於寶特瓶內，將瓶蓋蓋上。



圖七：利用剪刀在瓶底挖氣孔

- 3.將瓶口朝下，放開堵住進氣孔的手，並測量水流完的時間。
- 4.測量並記錄 3 次結果後，計算平均水流量。
- 5.依上述步驟分別進行進氣孔為 4mm、6mm、8mm、12mm 等實驗。



圖八：以電鑽挖氣孔

(二) 瓶內水量對水流量的影響

經前項實驗結果，利用 6mm 進氣孔的寶特瓶裝不同水量，測量瓶內水量對水流量的影響。

1. 堵住瓶底洞，利用量杯於寶特瓶裝入 350cc，將瓶蓋蓋上。
2. 將瓶口朝下，放開堵住進氣孔的手，並測量水流完的時間。
3. 測量並記錄 3 次結果後，計算平均水流量。
4. 依上述步驟分別進行瓶內水量為 400cc、450cc、500cc、550cc、600cc 等實驗。



圖九：測量 600cc 水流量

(三) 出水管長度對水流量的影響

利用進氣孔為 6mm 的寶特瓶進行實驗，由於進水口於瓶蓋內，出水口於瓶蓋外，出水管的長度將造成進水口及出水口的高度差，測量高度差對水流量的影響。

- 1.將吸管剪成不同長短，使寶特瓶內吸管高度為 5 公分，瓶蓋下的吸管為 0 公分（剛好切齊瓶蓋）。
2. 堵住瓶底洞，利用量杯於寶特瓶裝入 600cc，將瓶蓋蓋上。



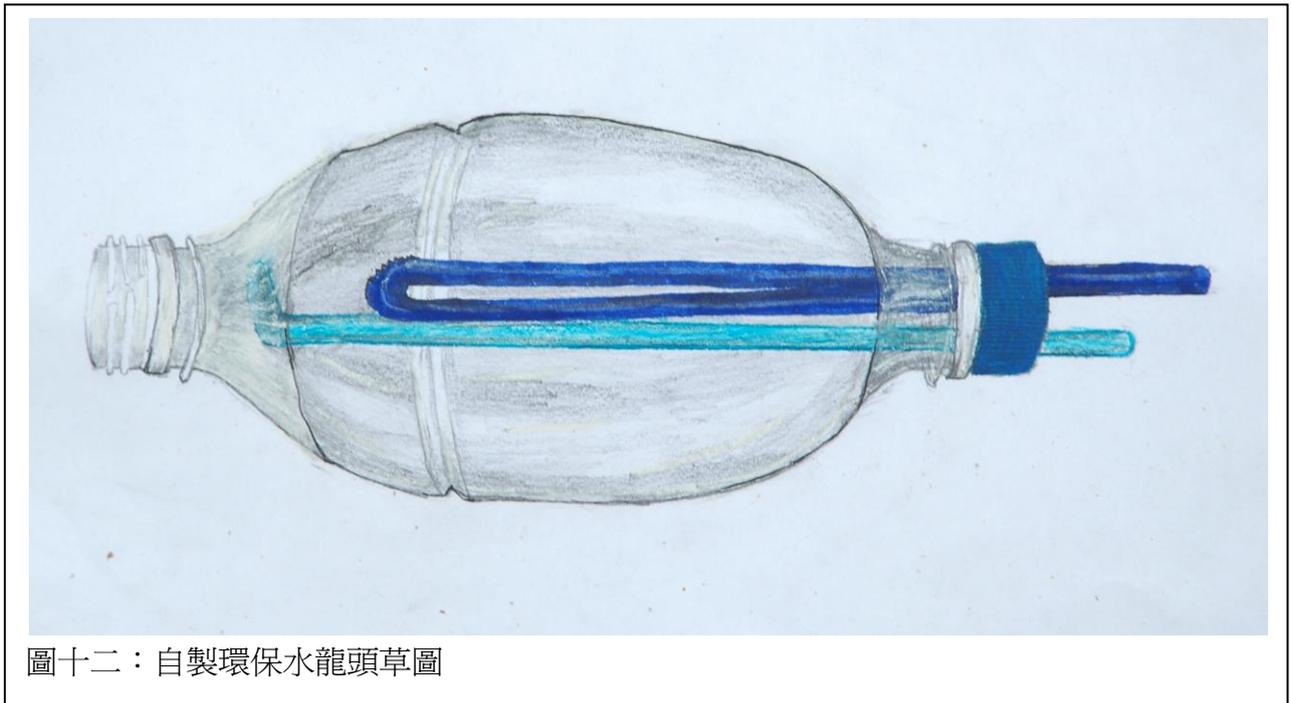
圖十：不同長度的出水管

3. 將瓶口朝下，放開堵住進氣孔的手，並測量水流完的時間。
4. 測量並記錄 3 次結果後，計算平均水流量。
5. 依上述步驟分別對瓶蓋外吸管凸為 2cm、4cm、6cm、8cm、10cm 等實驗。

五、製作環保水龍頭

依據進氣孔大小、瓶內水量及出水口長度對流水量的影響，配合小朋友洗手的習慣水量，製作出能實際接於水龍頭上的環保水龍頭。

- (一) 將兩個寶特瓶切開後以熱融膠結合。
- (二) 製作瓶內吸管約 8cm 高的彎管，讓瓶蓋外凸出約 2 公分的瓶蓋。
- (三) 於保特瓶上方挖一約 6mm 的氣孔，於實際測試時，發現水會從氣孔噴出，濺濕實驗者的衣服，因此將氣孔改於瓶蓋上，另裝設一段 6mm 口徑，長約 9 公分的吸管，做為進、排氣孔。
- (四) 寶特瓶另一端裝上市售快速接頭，以水管與水頭龍相接。



伍、研究結果

一、高年級小朋友的洗手用水量和時間：

邀請高年級男女各九名同學進行實驗，結果如下表。

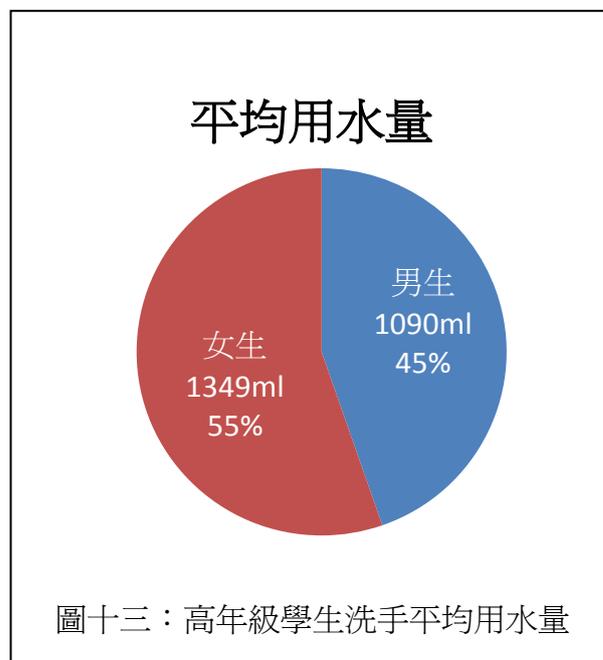
表一：高年級同學洗手用水量和時間

學生	項目	第一次	第二次	第三次	平均	總平均
男學生 1	時間(s)	11.4	10.6	14.0	12.0	時間：8.4s 水量：1090ml
	水量(ml)	1660	1650	1480	1597	
男學生 2	時間(s)	7.9	3.8	4.8	5.5	
	水量(ml)	1250	620	700	857	
男學生 3	時間(s)	7.5	7.0	6.9	7.1	
	水量(ml)	550	830	540	640	
男同學 4	時間(s)	7.6	8.9	10.2	8.9	
	水量(ml)	1260	1120	950	1110	
男學生 5	時間(s)	7.5	7.8	8.4	7.9	
	水量(ml)	570	940	610	707	
男學生 6	時間(s)	9.4	12.5	14.9	12.3	
	水量(ml)	1100	1810	1830	1580	
男學生 7	時間(s)	5.5	8.1	5.9	6.5	
	水量(ml)	1010	1340	1000	1117	
男同學 8	時間(s)	6.5	6.4	5.4	6.1	
	水量(ml)	1002	1004	850	952	
男同學 9	時間(s)	7.0	7.0	12.9	9.0	
	水量(ml)	960	960	1830	1250	
女同學 1	時間(s)	4.5	7.2	8.9	6.9	平均時間：9.8s 平均用水量： 1349ml
	水量(ml)	680	1160	1000	947	
女同學 2	時間(s)	5.7	9.4	9.1	8.1	
	水量(ml)	580	950	1300	943	
女同學 3	時間(s)	9.6	9.8	11.4	10.2	
	水量(ml)	1560	1560	1710	1610	
女學生 4	時間(s)	10.5	9.8	11.4	10.6	
	水量(ml)	1680	1730	1720	1710	
女同學 5	時間(s)	7.9	6.5	11.7	8.7	
	水量(ml)	1300	1000	1950	1417	
女同學 6	時間(s)	11.0	11.0	13.4	11.8	
	水量(ml)	600	600	1750	983	
女同學 7	時間(s)	11.2	8.0	11.3	10.2	
	水量(ml)	880	880	1300	1020	

續表一

學生	項目	第一次	第二次	第三次	平均	總平均
女學生 8	時間(s)	9.9	12.1	11.3	11.1	
	水量(ml)	1520	1860	1800	1727	
女學生 9	時間(s)	12.8	11.0	8.8	10.9	
	水量(ml)	2035	1880	1450	1788	

由表中可知，同樣 0.5cc 的洗手乳，男同學平均花 8.4 秒，1090ml 的水量來洗手；女同學則平均花 9.8 秒，1349ml 的水量來洗手。男同學洗手所費時間及水量略低於女同學。



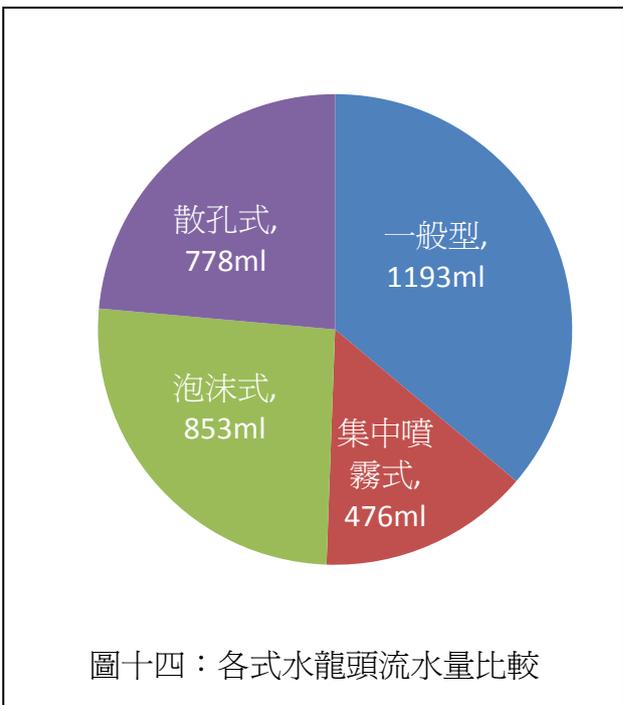
二、市售省水器材的省水使用效果：

將一般水龍頭與裝上省水器材水龍頭後測量十秒鐘的水量，並計算出每秒流量如下表：

表二：各式水龍頭十秒流量量

型式	一般水龍頭	噴霧式水龍頭	泡沫式水龍頭	散孔式水龍頭
第一次水量 (ml)	1150	480	860	780
第二次水量 (ml)	1210	470	850	775
第三次水量 (ml)	1220	480	850	780
平均水量 (ml)	1193.33	476.67	853.33	778.33
平均水流量 (ml/s)	119.33	47.67	85.33	77.83
出水量百分比	100%	40%	72%	65%

從表中得知裝上省水器材的水龍頭出水量皆具有省水效果，其中噴霧式省水頭效果最佳，達到省水 40%，其次是散孔式省水頭，達到 65%，泡沫式省水頭亦達到 72%的省水率。

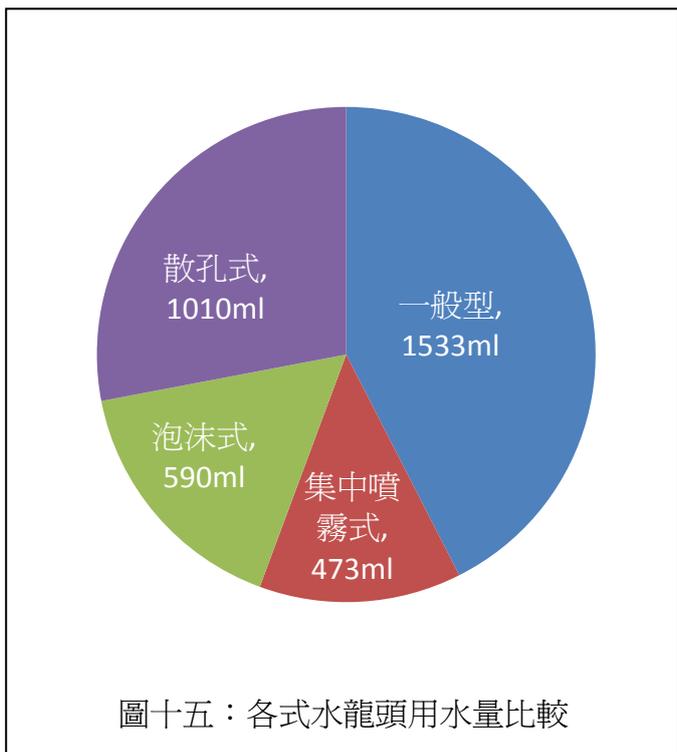


出水量達到省水的效果，是否會影響洗手的用水量，依據同學利用四種水龍頭實際測量結果如下表：

表三：各式水龍頭洗手用水量比較

次數 \ 型式	一般水龍頭	噴霧式水龍頭	泡沫式水龍頭	散孔式水龍頭
第一次水量 (ml)	1520	450	520	980
第二次水量 (ml)	1620	480	730	1020
第三次水量 (ml)	1460	490	520	1030
平均水量 (ml)	1533	473	590	1010
用水量百分比	100%	31%	38%	66%

從表中得知裝上省水器材的水龍頭在洗手用水量上皆達到省水效果，其中以噴霧式效果最佳，僅使用 473ml 水量，洗手用水量為原來 31%；其次是泡沫式水龍頭，使用 590ml 水量，洗手用水量為原來 38%；散孔式水龍頭花費水量最多，使用 1010ml 水量，洗手用水量為原來 66%。



三、省水環保杯製作及用水量測試：

紙杯高約 9cm，杯內吸管高約 8cm，測量省水環保杯加水高度及出水流量，並檢驗水量是否足夠洗手，結果整理如下表：

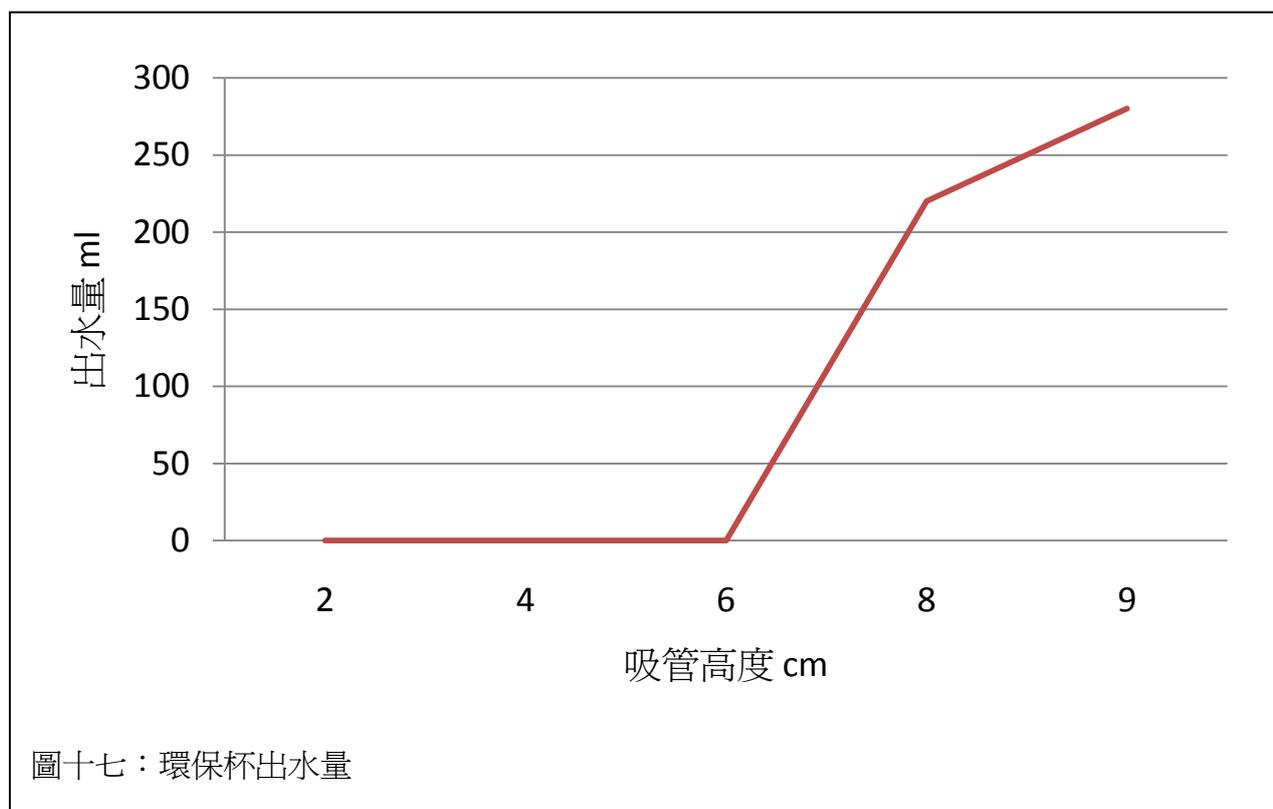


圖十六：環保杯剖面圖

表四：環保杯加水高度及出水流量表

杯內加水高度 (cm)	出水量 (ml)	流水時間 (s)	水流量 (ml/s)	是否夠洗手
2	0	0	0	不行
4	0	0	0	不行
6	0	0	0	不行
8	220	16.1	13.6	還好
9	280	20.3	13.7	可以

從上表得知，環保杯要出水必需加水超過吸管高度 (8cm)，因杯內水量不同，流出水所需時間也不同，但平均水流量非常接近，約每秒 13.7ml。經實際洗手測試，覺得 220ml 洗手還有點滑，若是 280ml，則可以把手洗乾淨。



圖十七：環保杯出水量

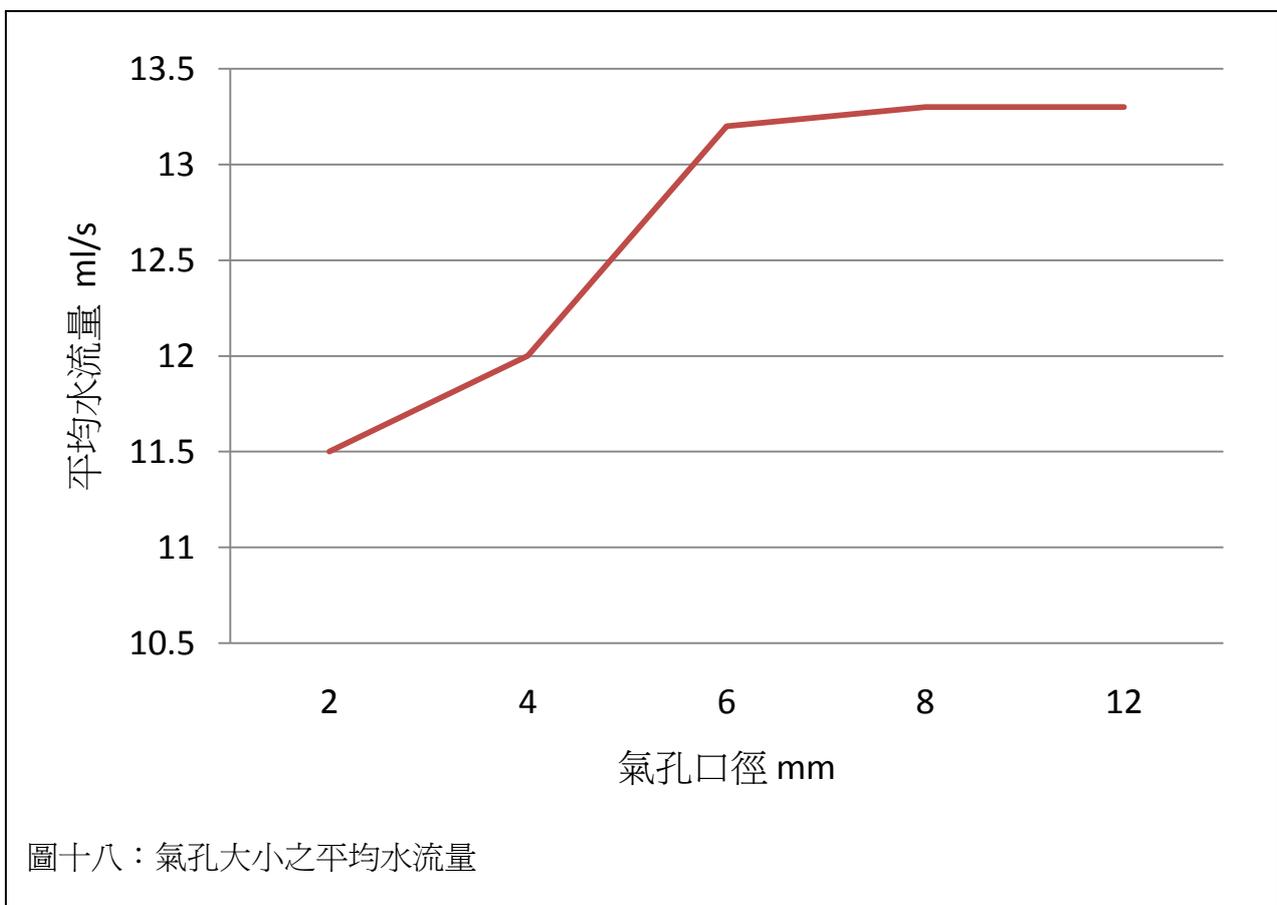
四、環保水龍頭進氣孔大小對水流量的影響

環保水龍頭出水吸管口徑為 6mm，將環保水龍頭底部分別穿 2mm、4mm、6mm、8mm 及 12mm 的進氣孔，測量 500cc 水流量結果如下表。

表五：不同進氣孔大小之水流量比較

孔徑	2mm	4mm	6mm	8mm	12mm
第一次時間(s)	42.9	40.3	37.3	37.6	37.8
第二次時間(s)	44.0	41.7	38.2	37.5	37.5
第三次時間(s)	43.1	42.8	37.8	37.4	37.1
平均時間(s)	43.3	41.6	37.8	37.5	37.5
平均水流量(ml/s)	11.5	12.0	13.2	13.3	13.3

由結果可知，進氣孔大小會影響水流量，當孔徑比吸管口徑小時，水流的時間會增加，流速會變慢，若進氣孔徑大於或等於出水吸管口徑時，則對水流量的影響不大，流速約為 13.3ml/s。



圖十八：氣孔大小之平均水流量

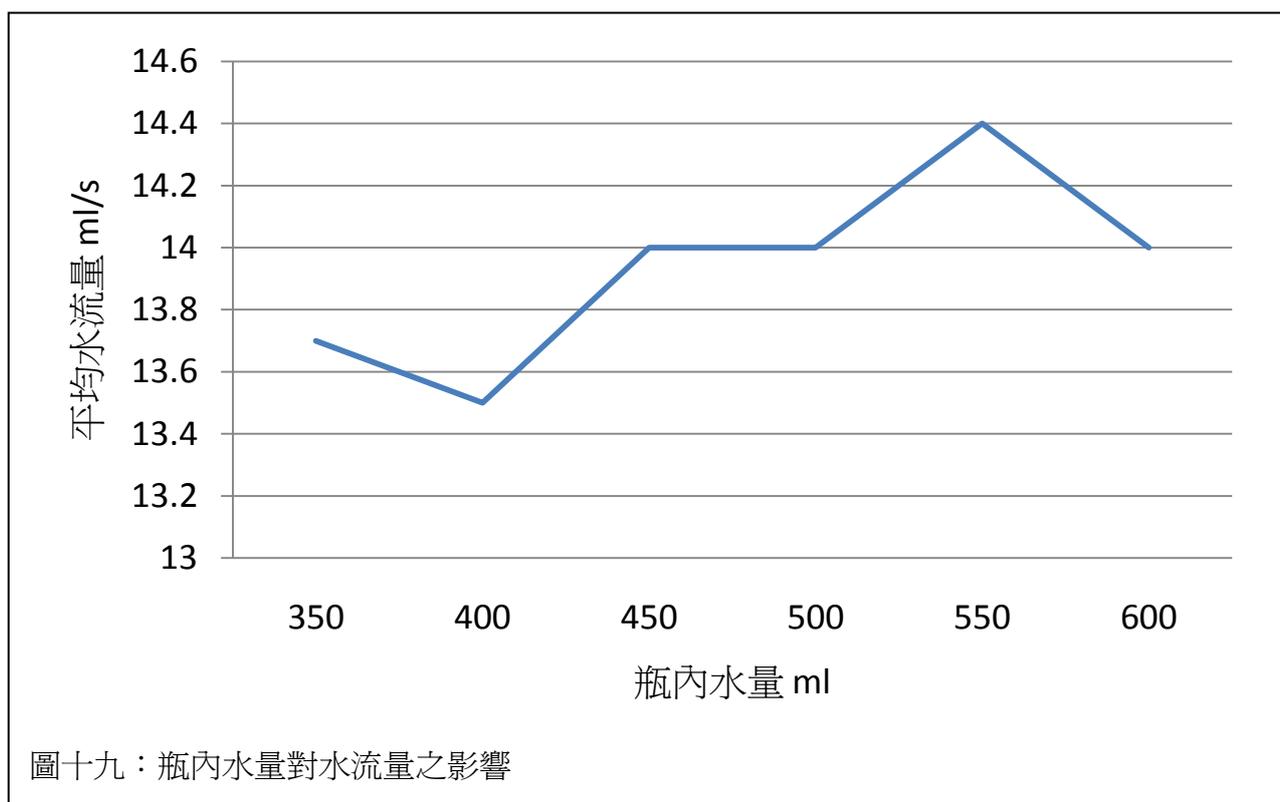
五、瓶內水量對水流量的影響

吸管出水口徑 6mm，進氣孔 6mm，在瓶內裝水，會在瓶內產生不同高度的水位，只要水位比吸管高度高即可出水，不同高度水位出水的水流量如下表：

表六：瓶內水量對水流量之比較

水量 次數	350ml	400ml	450ml	500ml	550ml	600ml
第 1 次	25.58	29.8	31.08	36.3	38.04	42.33
第 2 次	25.37	29.36	33	34.6	38.1	43.74
第 3 次	25.63	29.51	32.04	35.96	38.26	42.75
平均秒數(S)	25.53	29.56	32.04	35.62	38.1	42.94
水流量(ml/s)	13.71	13.53	14.04	14.04	14.4	13.97

從表中得知瓶中水量愈多，水流的時間愈長，但水流量大約相同，約為 14ml/s，表示瓶內的水量對水流的速度影響不大。



圖十九：瓶內水量對水流量之影響

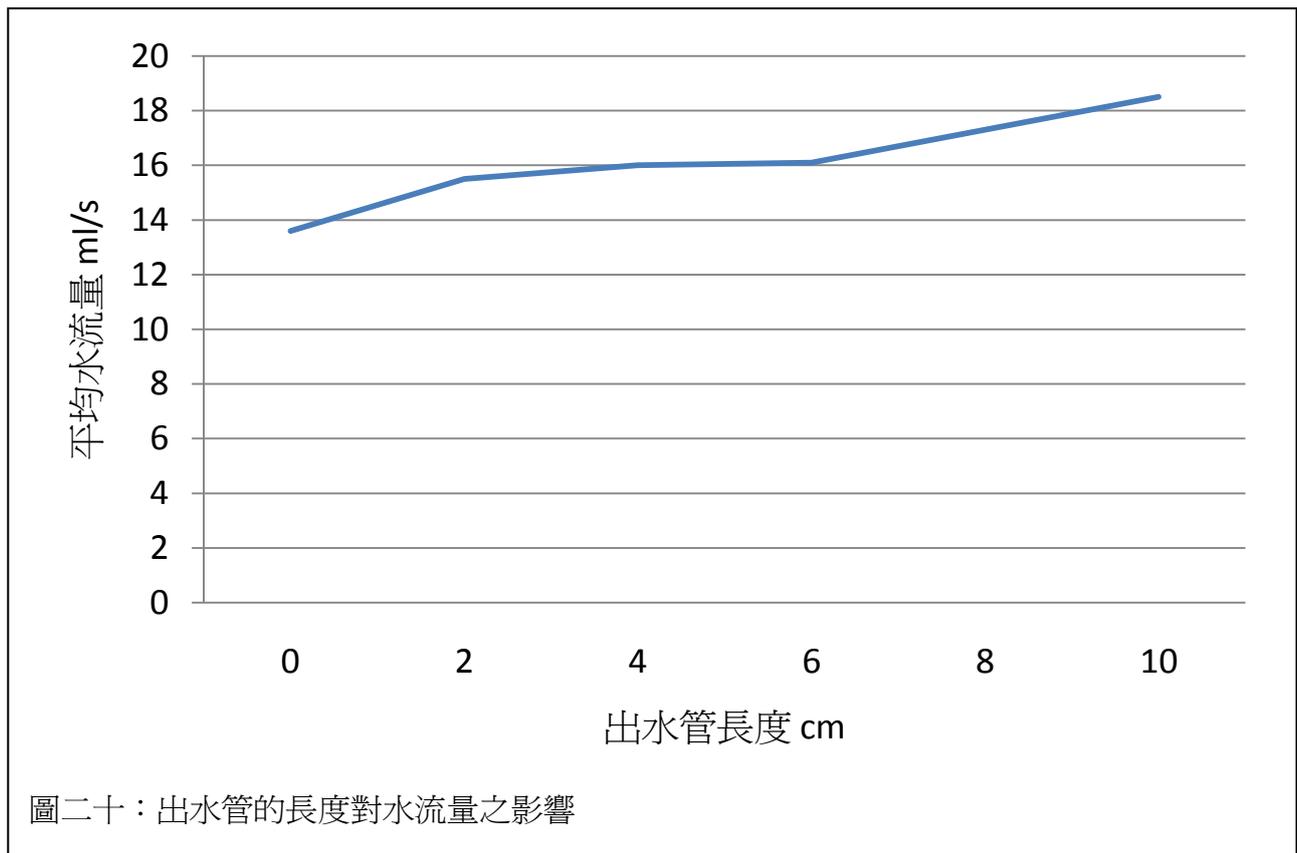
六、出水管長度對水流量的影響

出水管的長度，造成進水口及出水口的高度差，對水流量的影響結果如下表：

表七：出水管的長度對水流量之比較

長度 次數	0cm(橙)	2cm(銀)	4cm(紅)	6cm(藍)	8cm(綠)	10cm(黃)
第 1 次	46.46	40.13	39.18	38.11	35.84	33.7
第 2 次	45.21	41.23	39.33	39.96	36.51	33.68
第 3 次	47.08	40.71	39.41	39.45	36.66	33.24
平均(s)	46.25	40.69	39.31	39.17	36.34	33.98
水流量(ml/s)	13.6	15.5	16.0	16.1	17.3	18.5

由表中得知，出水管長度對水流量有影響，出水管愈長，每秒的水流量愈大，反之則愈小。出水管為 10cm 時，流速為 18.5ml/s；出水管為 0cm 時，流速僅 13.6ml/s。可利用出水管的長度來調整水流的速度。



七、製作環保水龍頭

根據研究結果，將進、排氣孔及出水管使用目前市面上口徑為 6mm 的可彎吸管來製作最經濟實用，瓶內吸管高度於 10 公分位置，約可出水 300ml，將出水管長度設於 2 公分，使流水速約 15.5ml/s，以上述之吸管、保特瓶等材料來製作環保水龍頭。



圖二十一：自製環保水龍頭



圖二十二：使用環保水龍頭

陸、討論

一、為何每個人洗手所需時間及水量都不盡相同？

通常小朋友洗一次手約 640ml~1700ml 之間，約花 7 秒~15 秒的時間，平均都在 1000ml 以上。男生和女生洗一次手所需的水量略有不同，而女生用水用的稍多一點，可能是女生對乾淨的要求較高所導致。

二、為何省水龍頭可以達到省水的效果？

省水器材安裝於水龍頭後，使水龍頭的出水口變小，因此可以降低每秒出水的量，達到減少出水量的目的，但在本研究中發現出水量少並不代表洗手能省水，有可能與省水頭的樣式有關。噴霧式省水頭是集中噴水，利用強勁水柱噴於手上，較容易將洗手乳沖乾淨，但缺點是容易讓水濺到身上；泡沫式省水頭也是屬集中式水柱，水力道較輕，需洗手者自行搓揉手部，因此洗手時使用較多的水；散孔式省水頭則是將水平均射出，水會均勻的散在手上，但把水的力道都分散了，反而要利用更多的水來沖手，才能讓人感覺手洗乾淨了。因此就節水的觀點來看，應安裝集中噴霧式水柱的省水器材，較能發揮省水的功效。

三、為何省水環保杯內的水會流出來？

因杯子與吸管間利用熱融膠封住，水不能從吸管外流出，但因連通管原理，在杯內加水時，水位上升，吸管內的水位也跟著上升，等吸管內充滿水時，便形成虹吸管，利用吸管兩端的壓力不同，杯外的吸管端因水位較高壓力較大，因此杯內的水會向外流，直到杯內的水位降到吸管口的高度。

四、為何要在省水環保水龍頭的瓶蓋上，裝兩根吸管？

原環保水龍頭未接於水龍頭上，所以能在瓶底開進氣孔，讓瓶內的水能流出，當製作成環保水龍頭成品時，發現進氣孔的位置已改為水管，因此需於另一處開進氣孔。因考量於瓶上開進氣孔，當打開水龍頭時，一旦環保水龍頭的水滿了，將會使水從進氣孔噴出，因此將進氣孔改於瓶蓋上，如此開水龍頭時，瓶中的空氣可從吸管排出，關上水後，可從吸管進氣，讓環保水龍頭中的水能流出。

五、為何省水環保水龍頭能達到省水節能的效果。

根據實驗，省水環保杯的水量約 280ml，水流量約 13.7ml/s，如此的水量及力道可以讓同學覺得手洗乾淨。而環保水龍頭的設計是水量 300ml，水流量約為 15ml/s，水量比環保杯多，水流量也比較大，應可將手洗乾淨。因環保水龍頭使用洗手水量較噴霧式省水頭更少，且利用環保材質自製而成，花費更少，再加上安裝方便，將水管接上水龍頭即可，是個值得在校園中推廣的節水方式。

柒、結論

- 一、在校園中，高年級同學洗手的水量約為 1250ml，洗手時間約為 10 秒。一般而言，男同學洗手所費時間及水量略低於女同學。
- 二、就出水量而言，接上噴霧式、泡沫式及散孔式等省水頭的水頭龍，皆達到降低出水量的效果，其中噴霧式省水頭效果最佳，相同時間內出水僅原出水量 40%，其次是散孔式省水頭，出水量為原來 65%，泡沫式省水頭亦達到原來 72% 的出水率。就洗手而言，接上噴霧式、泡沫式及散孔式等省水頭的水頭龍，皆達到洗手省水的目的，其中以噴霧式效果最佳，僅使用 473ml 水量，約原用水量的 31%；其次是泡沫式水龍頭，使用 590ml 水量，約原用水量的 38%；散孔式水龍頭花費水量最多，使用 1033ml 水量，約原用水量的 66%。出水量省水效果佳，並不表示洗手就會省水，可能與出水的樣式有關，集中噴霧式水柱有較佳的清洗功效。
- 三、省水環保杯的原理，是利用連通管原理，在杯內加水時，水位上升，吸管內的水位也跟著上升，等吸管內充滿水時，便形成虹吸管，此時杯外的吸管口比杯內的低，使吸管兩端的壓力不同，形成杯內的水流出杯外的現象，直到杯內的水位降至吸管口的高度為止。
- 四、環保水龍頭的進氣孔大小會影響水流量，當孔徑比吸管口徑小時，水流的時間會增加，流速會變慢，若氣孔口徑大於或等於出水吸管口徑時，則對水流量的影響不大，流速約為 13.3ml/s。
- 五、環保水龍頭瓶內水量的多寡和水的流量沒有太大的影響，但與出水管的長度有密切的關係，出水管愈長，每秒的水流量愈大，反之則愈小。出水管為 10cm 時，流速為 18.5ml/s；出水管為 0cm 時，流速僅 13.6ml/s。可利用出水管的長度來調整水流的速度。
- 六、製作環保水龍頭，使用 6mm 口徑的吸管來製作進、排氣管及出水管，瓶內吸管高度約 10 公分，水量約為 300ml，出水管長度約 2 公分，流量約為 15ml/s。環保水龍頭使用洗手水量較噴霧式省水頭更少，且利用環保材質自製而成，花費更少，再加上安裝方便，將水管接上水龍頭即可，是個值得在校園中推廣的節水方式。

捌、參考資料及其他

樓國鳴（民 96）。連通水瓶。科學小玩子，1，16。

楊瑞珍（民 79）。水的壓力。科學寶庫，上，43。

用水減量（無日期。節約用水資訊網。民 98 年 3 月 10 日，取自：

<http://www.wcis.itri.org.tw/life/school-3.asp>

李翰輝（無日期）。虹吸原理。民 98 年 3 月 10 日，取自：

<http://www2.nkfust.edu.tw/~ypke/FluidMechanics/video/8-1.htm>

虹吸（無日期）。維基百科。民 98 年 3 月 5 日，取自：[http://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=](http://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=虹吸&variant=zh-tw)

[虹吸&variant=zh-tw](http://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=虹吸&variant=zh-tw)

黃福坤（民 96 年 3 月 31 日）。連通管原理，民 98 年 3 月 2 日，取自：

<http://www.phy.ntnu.edu.tw/demolab/phpBB/viewtopic.php?topic=16959>

【評語】 080814

能觀察到生活中之現象與問題，轉化為研究問題，探究環保水龍頭之製作，具潛在之實用價值。本研究之實驗設計合理、能恰當解決研究問題、實驗紀錄亦能注意有效位數之一致性。

建議可再留意改進的：1、最後完成的環保水龍頭應優缺點皆能提出。2、必然性的實驗可不做，例如孔的大小與流量。