

中華民國第 54 屆中小學科學展覽會

作品說明書

高中組 生活與應用科學科

040807

髮「濾」零漏洞－利用環保素材製作排水孔蓋且
量身訂作快速清理毛髮之機制

學校名稱：國立馬祖高級中學

作者： 高一 朱普巖 高一 林婷薇 高一 劉仲恩	指導老師： 鄭景文 卜文強
---	-----------------------------

關鍵詞：落水孔、排水孔蓋、清理毛髮

摘要

- 一、利用空寶特瓶底部約 2 公分製作立式排水孔蓋，直徑大小吻合傳統之排水孔蓋。
- 二、藉由橡皮筋旋轉產生扭力的物理現象增加與毛髮之間的摩擦力，搭配我們設計的環保排水孔蓋，進而達到迅速清除毛髮之目的。
- 三、藉由魔鬼氈之特殊設計，鉤狀一面可以輕易勾住毛髮，再利用水的吸附力，可以輕易將立式排水孔蓋周圍的一縷毛髮輕易清除。

壹、研究動機

當我們洗完澡後，訝異為何地上會積水，往往才知道原來排水孔蓋早就被毛髮所阻塞。望著排水孔蓋上殘留污垢的毛髮，想用手直接清除，總覺得有點噁心；但使用工具夾子或是刷子清理，毛髮有時候反而會卡在細縫中，完全清理乾淨仍要費一番功夫。市面上能夠買到的產品大概就是在排水孔蓋上裝一層易拆卸的濾網，如[3]就是以類似的產品當樣本而改進。此產品的優點是：當毛髮堆積後，可以直接將可拆卸之濾網拿起作清理，如果在毛髮乾燥時，的確迅速又方便，也不會殘留在濾網上，但這與我們生活習慣不同。我們往往在洗完澡、地面積水後，才發現毛髮已經堵塞排水孔蓋，水滴會使毛髮的吸附力更好，要完全清理乾淨更是大費周章。可拆式的濾網因為孔洞小，沾水後則會有更多細小毛髮殘留在孔洞之中，清理也甚是麻煩。其中最大的缺點是：使用久了容易移位，與排水孔的縫隙日漸變大，容易堆積毛髮在縫隙中，反而需要清潔的部分增加，導致反效果。

於是這就激起了我們尋找答案的動機，尋找一個迅速又乾淨的方法來解決這個困擾。而我們又希望能利用日常生活中唾手可得、成本低廉又環保的東西，然後可以快速清理，乾淨俐落不沾手。

貳、研究目的

- 一、可以迅速清理排水孔蓋上的毛髮。
- 二、材料唾手可得，使用的素材成本低廉。
- 三、兼具環保美觀，人人在家裡都可以輕鬆製作。

參、研究設備及器材

水槽、寶特瓶、橡皮筋、魔鬼氈、切割機器、人類頭髮(至理髮廳撿)、勺子、螺絲起子、螺絲、剪刀、刀片、竹籤、雙面膠

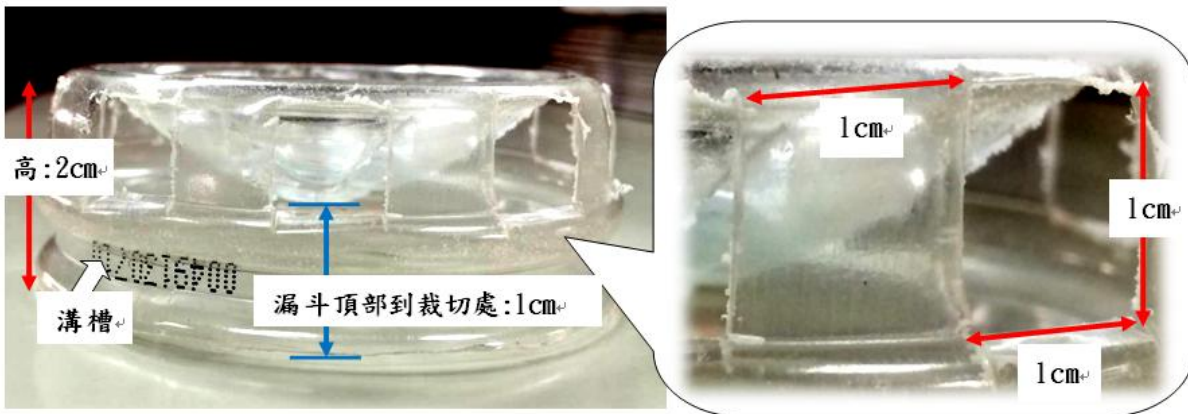
肆、研究過程或方法

一般家中浴室之排水孔，大多裝設於角落。因為多數人認為排水孔是較不衛生的地方而盡量避免赤腳踩到，所以排水孔蓋就算是設計突起的話，也不會造成生活不便，所以我們從這個角度去設計我們的排水孔蓋。

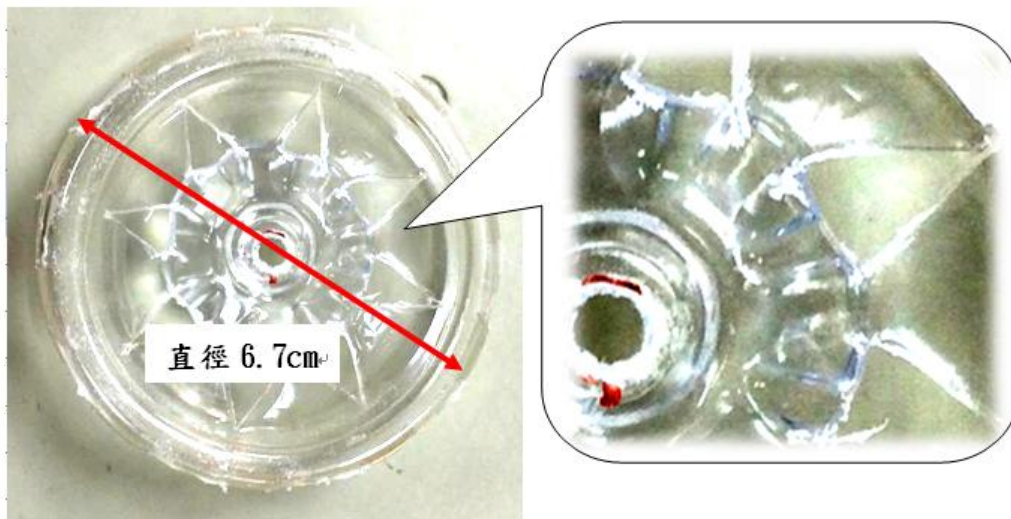
一、製作排水孔蓋

我們選用市面上的瓶裝飲料，但同是 PET 材質之寶特瓶，有些底部比較厚、比較堅固不容易變形，有些底部就很薄、很容易受到外力擠壓而變形，我們發現底較厚而且呈現花狀的通常較為堅固，所以我們決定選用泰山水果茶的寶特瓶試作。先將寶特瓶底部割下，再以手持電鑽機器切割十個大小相等的小孔，替代一般排水孔蓋，兩者直徑相差不遠，一般家庭之浴室的排水孔蓋約為直徑 7.5 公分，市面上瓶裝飲料底部約莫直徑 6.7 公分。

寶特瓶底部向上約 2 公分處裁切，其原本瓶身在底部向上約 1.8 公分有設計一個約 0.2 公分的溝槽，我們預設作為放置橡皮筋之溝槽。寶特瓶底部原本設計有一個漏斗狀之凹陷處，在中心挖一個可以鎖螺絲的洞，由於傳統固定排水孔蓋的螺絲長約 1.7 公分，而寶特瓶底部漏斗狀之凹陷處的中心離裁切處大約 1 公分左右，正好可以利用螺絲將寶特瓶底部固定在排水孔處。



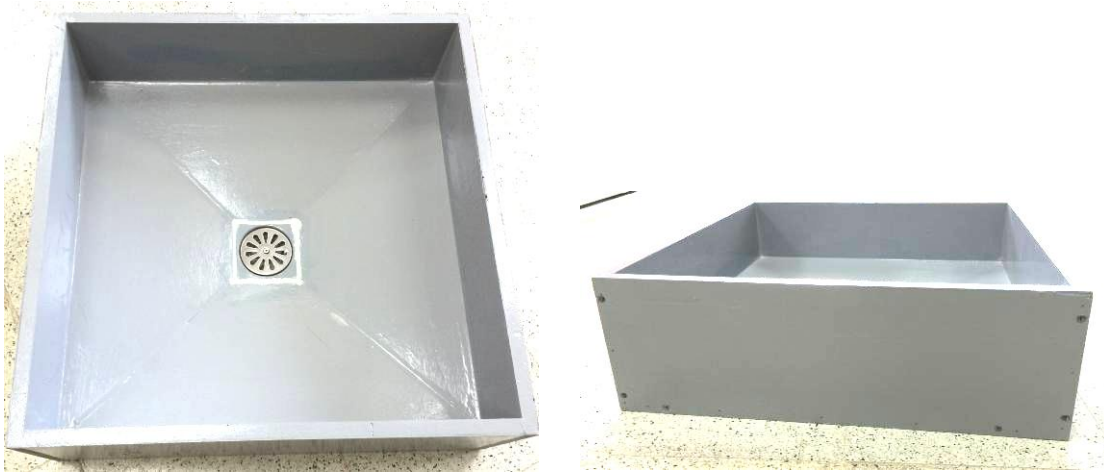
▲圖 1 成品側視圖 為了兼具最大排水量以及材質堅固性(因挖過多空會導致整個排水孔蓋過於軟而塌陷)，我們參考[2]的資料，而設計挖洞面積達 50%的正方形排水孔。



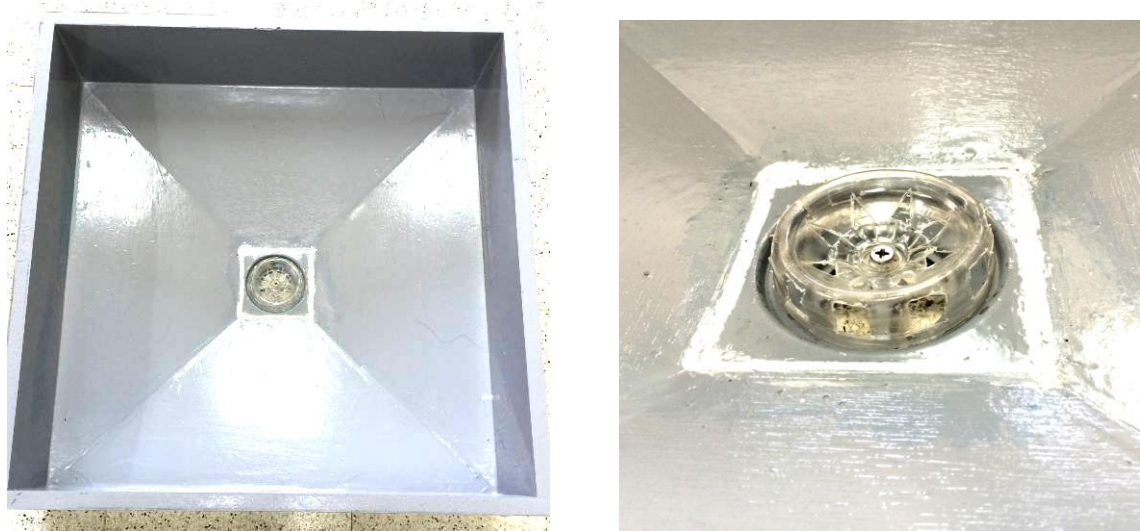
▲圖 2 成品上視圖 寶特瓶底部之漏斗狀凹槽設計，會導致積水，所以為了美觀及簡易排水功能，我們順著花紋切割，以達到排水目的，凹槽中間處挖洞以利螺絲穿越固定。

二、製作簡易之排水槽

我們使用三夾板製作，長 55 公分、寬 55 公分、高 18 公分，夾板厚度 1.8cm，內部傾斜角度約 30 度，中間挖 9*9 公分之正方形，安裝傳統式落水孔(含底座以及排水孔蓋)，所有接合處的空隙皆使用矽膠填補，再刷防水之 PU 漆以提升耐用度，而夾板與夾板之間則使用螺絲固定。



▲圖 3 簡易排水槽之完成圖



▲圖 4 安裝我們設計之排水孔蓋之完成圖

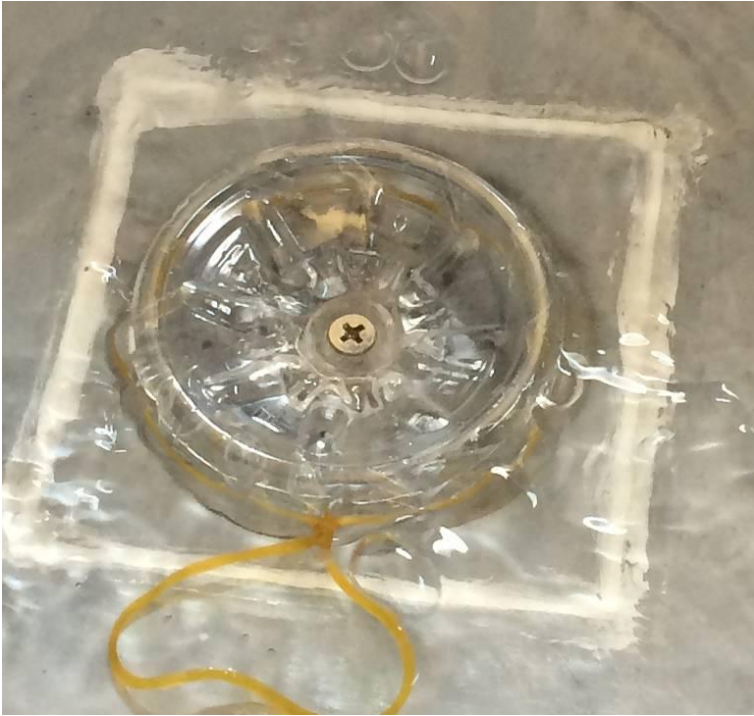
三、設計快速清理毛髮的機制

橡皮筋是最容易取得材料之一，已經與我們生活密不可分，有固定料件、包便當、包裝封口等用途，有一次看到女同學在拆卸綁頭髮的橡皮筋過程中，頭髮頻頻卡住打結，進而突發奇想，橡皮筋也許是我們排水孔蓋清理毛髮的最佳利器。

市面上能購買到橡皮筋有兩種：一為尺寸較小(直接約兩公分)大多為紅色，二為中型的(直徑約五公分)大多為黃色、綠色，考量小橡皮筋撐開後變較細，與毛髮接觸面積較小，摩擦力較小，所以之後我們一律選用中型的橡皮筋，選用五家不同包裝的混用，來進行各項實驗。

(一)橡皮筋雙綁

由於原本寶特瓶的外圍就有溝槽設計，我們使用兩條橡皮筋雙綁，其中一條當提袋，另一條直接置入溝槽內，如圖 5 所示。清理毛髮時，緩緩拉提袋，希望藉由拉動提袋帶動溝槽的橡皮筋緩緩向上旋轉，將毛髮轉入橡皮筋進而達到快速清理之目的。

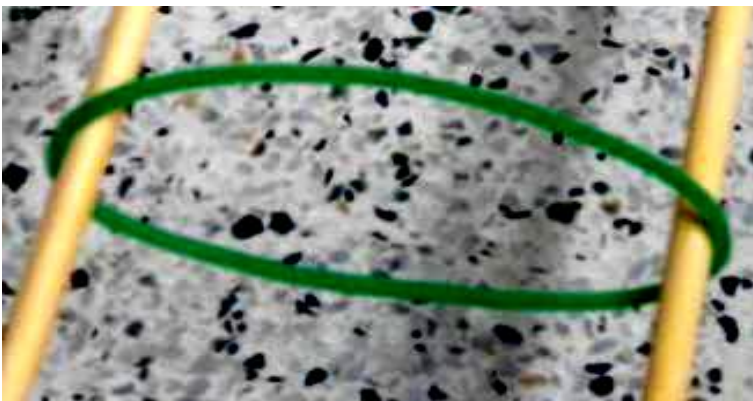


▲圖 5 橡皮筋雙綁機制示意圖。

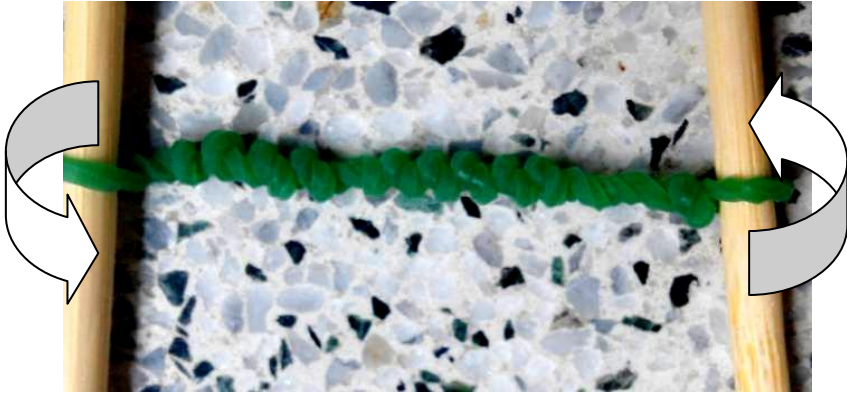
(二)雙棍橡皮筋雙攪

我們目標就是希望能更有效率，達到快速清理毛髮的目的，於是想到看有沒有辦法增加橡皮筋與毛髮的接觸面積，進而產生更大的磨擦力，我們嘗試著讓橡皮筋旋轉，使其形變，在拉起橡皮筋清理毛髮的過程中，利用橡皮筋以不穩定之形變狀態回復到原本穩定狀態的物理原理，觀察是否能增加清理毛髮之數量。

兩手食指分別穿入橡皮筋之兩端，兩隻手指反方向旋轉，數圈過後，不但造成手指不舒服，而且旋轉多圈之後，要套入排水孔蓋也有一定的操作難度，所以將手指改成生活中到處可見的細木棍(竹籤、竹筷子)當作兩隻手指輔助操作，如圖 6、7、8 所示。



▲圖 6 將兩支竹籤穿入橡皮筋內。



▲圖 7 兩支竹籤以相反方向旋轉數十圈。



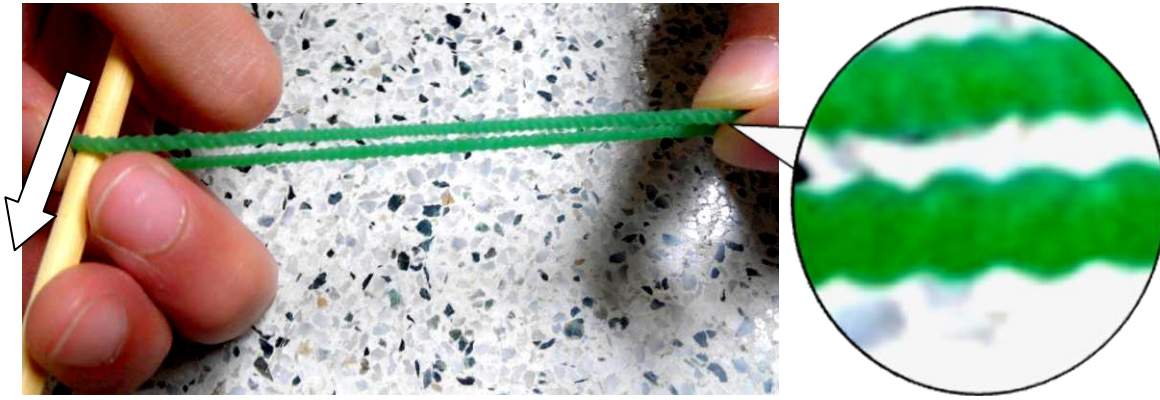
▲圖 8 橡皮筋雙攪後內部產生極大的扭力，足以讓其自身形變，進而增加橡皮筋與毛髮的接觸面積，提升摩擦力。

(三)單棍橡皮筋自體旋轉

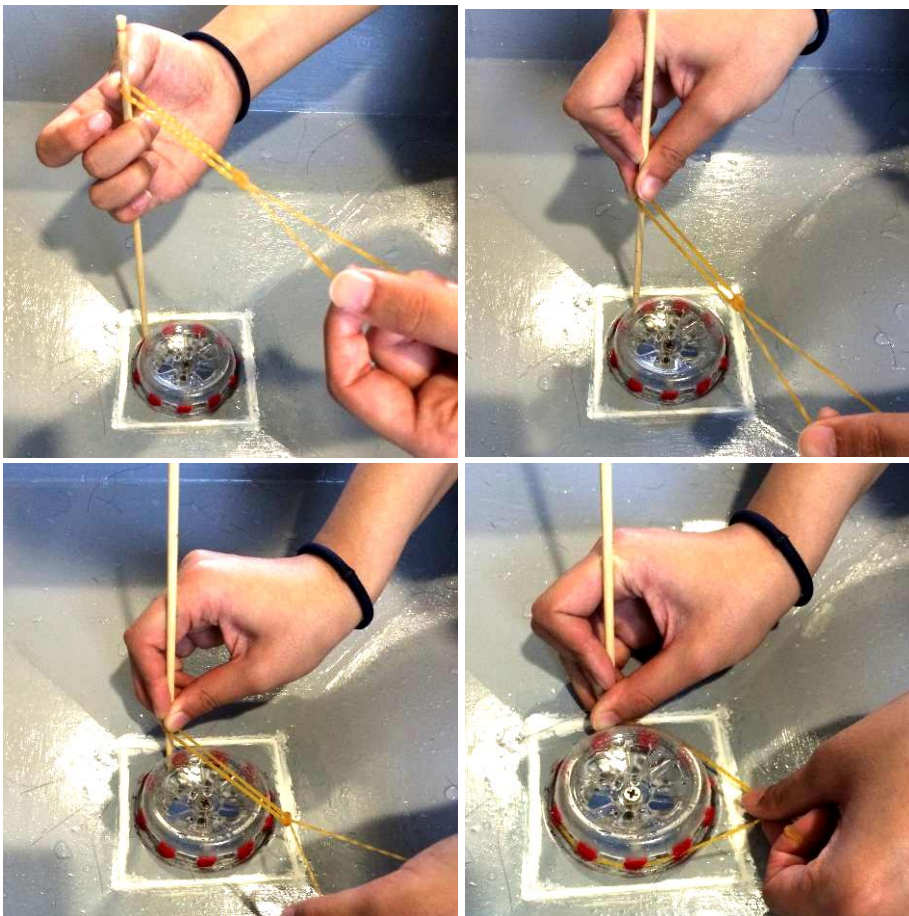
我們想有別於雙攪的橡皮筋旋轉方式，於是改使用單棍固定一端，而另一隻手以同方向持續推動橡皮筋的另一端，而達到不一樣的旋轉方式，或是用右手抓住橡皮筋一端，另一端套至以左手持之垂直木棍上端，以適當的力拉撐，右手往下緩緩移動，造成左手木棍上之橡皮筋自行旋轉，或是使用左手推搓，達到更好的自體旋轉效果，如圖 9、10、11 所示。



▲圖 9 將一支竹籤穿入橡皮筋內。



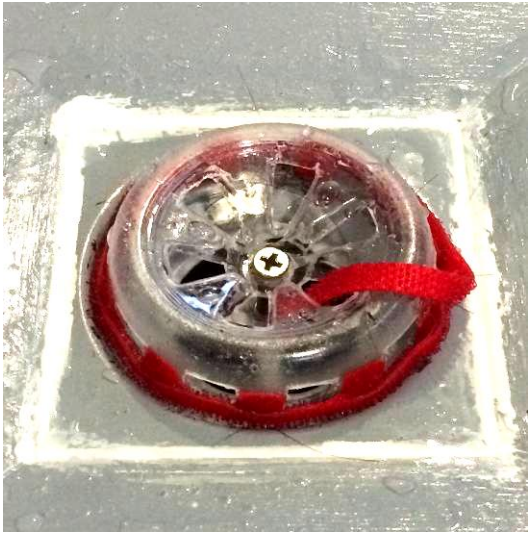
▲圖 10 左手緊捏住一端，緩緩往下拉，使橡皮筋旋轉數十圈，可以直接套入排水孔蓋。



▲圖 11 左手緊捏住一端，緩緩往下拉，使橡皮筋旋轉數十圈，可以直接套入排水孔蓋。

(四)魔鬼氈

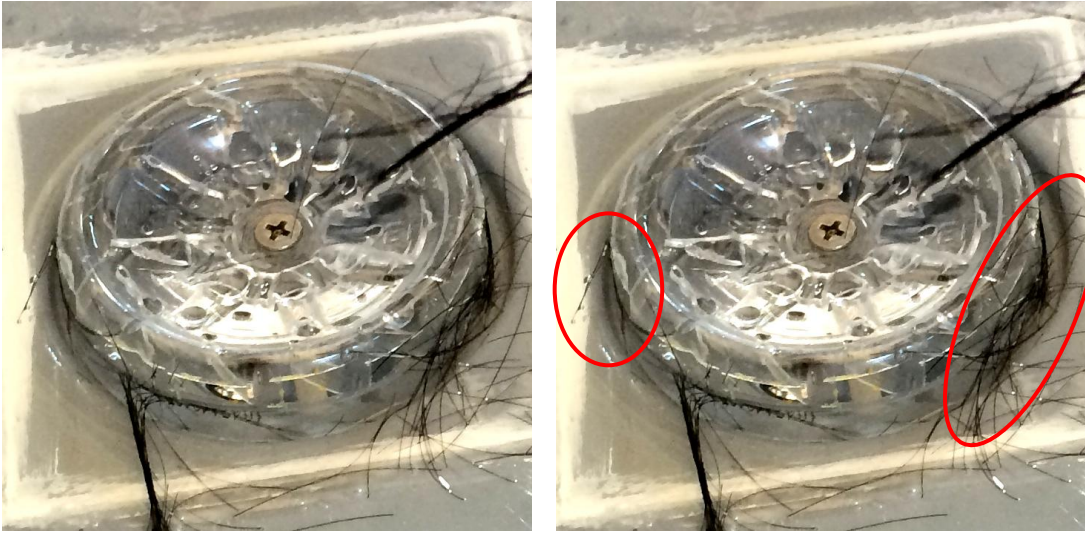
橡皮筋若不旋轉效果極差，替代材質想到使用魔鬼氈，利用鉤狀的那一面，黏成條狀來測試效果如何，由於橡皮筋有凹槽可以放置，但魔鬼氈沒有，於是我們貼上魔鬼氈毛狀那面於我們排水孔蓋上，當作固定之用，如圖 12 所示。



▲圖 12 將魔鬼氈(鉤狀)固定到排水孔蓋上，以及魔鬼氈(鉤狀)放大圖。

伍、研究結果

實驗結果，皆以毛髮鋪滿排水孔蓋後放(約莫 100 根)，撥開使其散落四處，沖水 5 分鐘後測試，每改變一個變因就測量 20 次，以肉眼目測殘留頭髮數量。由於我們的排水孔蓋直徑跟傳統的落水孔大約相差了 0.8 公分，周圍約會有 0.4 公分的空隙，於是我們貼上毛狀的魔鬼氈，一來增加毛髮的貼壁能力，一來減少空隙，避免毛髮卡於縫隙之中。

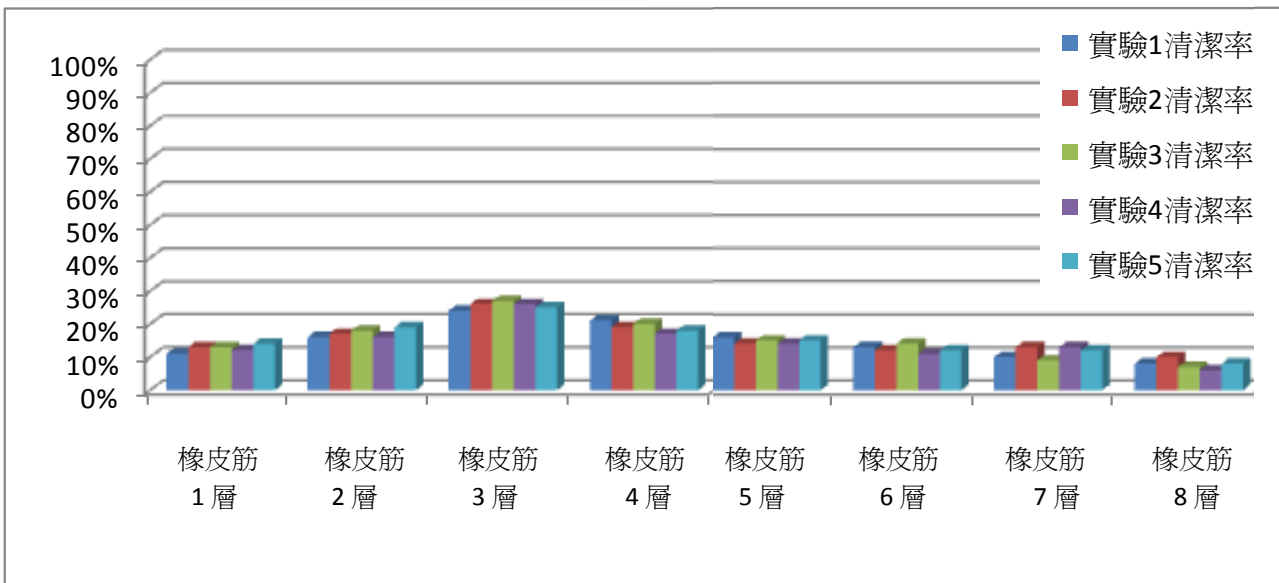


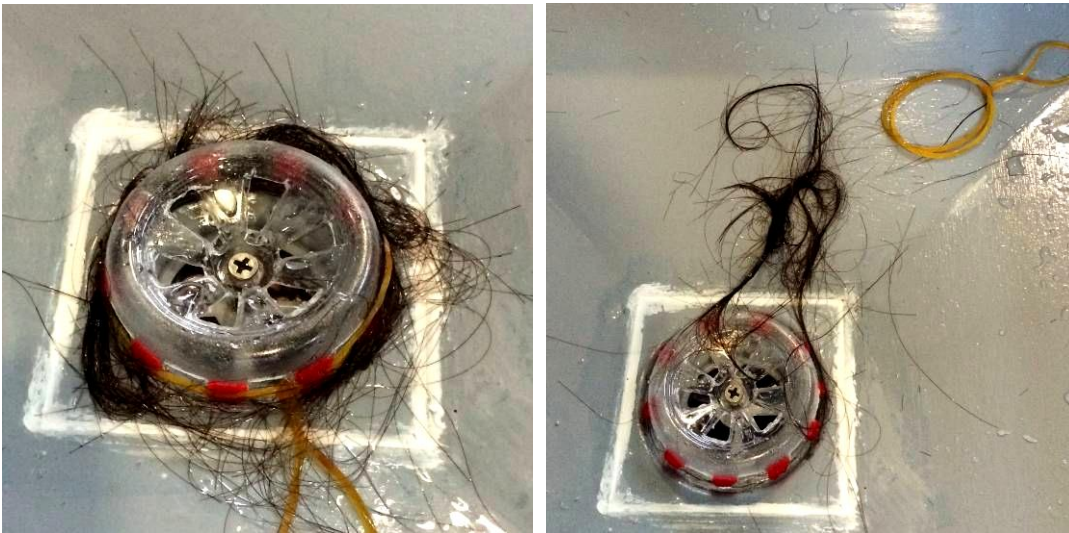
▲圖 13 我們設計排水孔蓋實際測試情形，與底座凹潮有隙縫卡毛髮之情形。

一、橡皮筋雙綁

編號	橡皮筋層數	殘留結果(根)	清潔率(%)
1	1	89	11%
2	1	87	13%
3	1	87	13%
4	1	88	12%
5	1	86	14%
6	2	84	16%
7	2	83	17%
8	2	82	18%
9	2	84	16%
10	2	81	19%
11	3	76	24%
12	3	74	26%
13	3	73	27%
14	3	74	26%
15	3	75	25%
16	4	79	21%
17	4	81	19%
18	4	80	20%
19	4	83	17%

20	4	82	18%
21	5	84	16%
22	5	86	14%
23	5	85	15%
24	5	86	14%
25	5	85	15%
26	6	87	13%
27	6	88	12%
28	6	86	14%
29	6	89	11%
30	6	88	12%
31	7	90	10%
32	7	87	13%
33	7	91	9%
34	7	87	13%
35	7	88	12%
36	8	92	8%
37	8	90	10%
38	8	93	7%
39	8	94	6%
40	8	92	8%





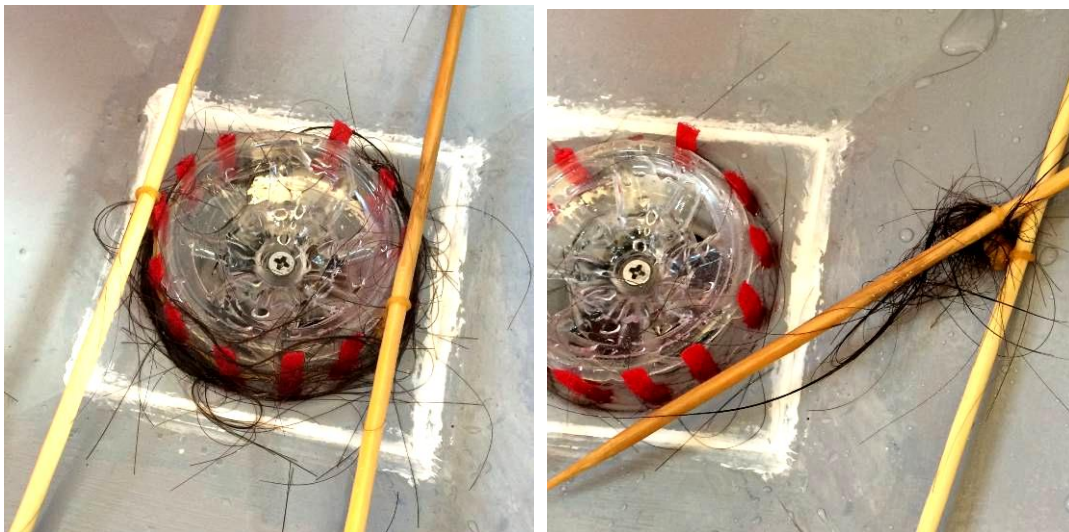
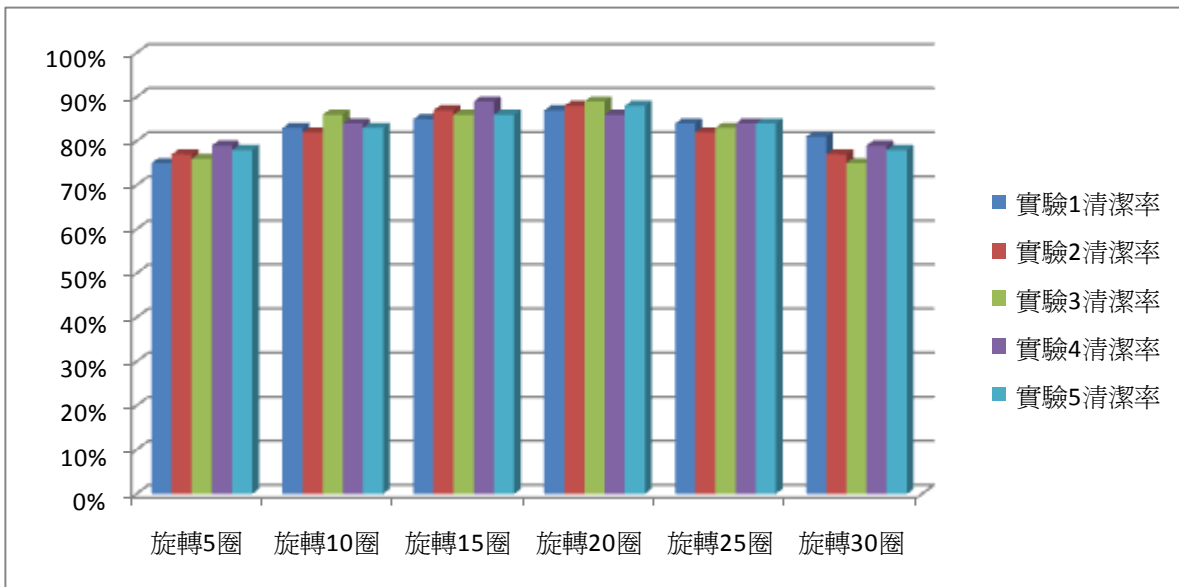
▲圖 14 橡皮筋雙層之實驗前後情形。

使用橡皮筋直接套入排水孔蓋中，其實並沒有預期中的順利，毛髮不會捲入橡皮筋內，若緩緩拉起效果會比較好，一完全拉離排水孔蓋後，大多毛髮會直接散落於地面，大多會亂彈射於四處，於是我們試著不只套一圈試試看，發現越多圈效果不見得越好。安裝至排水孔蓋平均約 5 秒時間。

二、雙棍橡皮筋雙攪

編號	旋轉圈數	殘留結果(根)	清潔率(%)
1	5	25	75%
2	5	23	77%
3	5	24	76%
4	5	21	79%
5	5	22	78%
6	10	17	83%
7	10	18	82%
8	10	14	86%
9	10	16	84%
10	10	17	83%
11	15	15	85%
12	15	13	87%
13	15	14	86%
14	15	11	89%
15	15	14	86%
16	20	13	87%
17	20	12	88%
18	20	11	89%
19	20	14	86%
20	20	12	88%
21	25	16	84%
22	25	18	82%

23	25	17	83%
24	25	18	84%
25	25	16	84%
26	30	19	81%
27	30	23	77%
28	30	25	75%
29	30	21	79%
30	30	22	78%



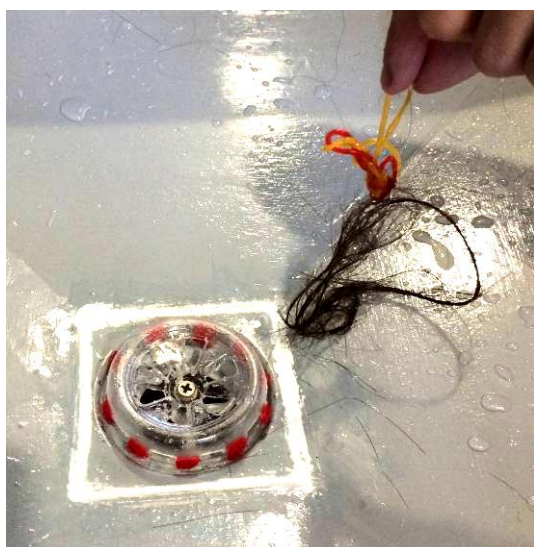
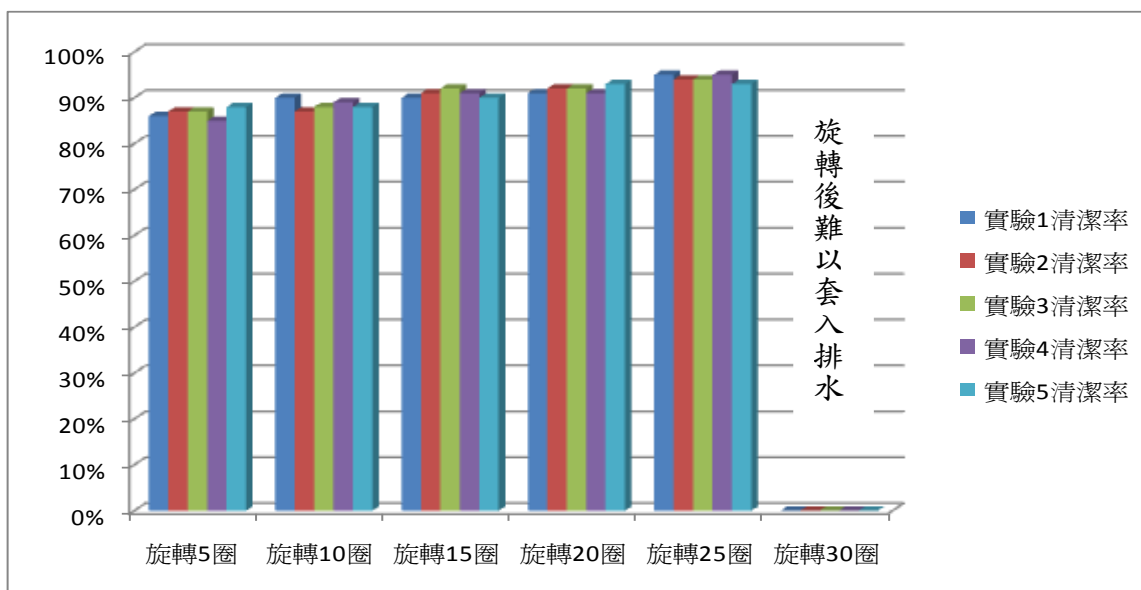
▲圖 15 橡皮筋雙攪之實驗前後情形。

由於直接套入橡皮筋效果甚差，於是試著將橡皮筋旋轉，使用雙木棍套入橡皮筋雙端旋轉比較輕鬆也迅速，雙攪會因為內部扭力大造成自身形變，所以在拉離排水孔蓋時，所有頭髮都會跟著雙橡皮筋捲在一起，效果較第一次單純套入排水孔蓋的實驗更佳，但清潔率未能達到 90%，安裝至排水孔蓋平均約 39 秒的時間才能完成。

三、單棍雙橡皮筋自體旋轉

編號	旋轉圈數	殘留結果(根)	清潔率(%)
1	5	14	86%
2	5	13	87%
3	5	13	87%
4	5	15	85%
5	5	12	88%
6	10	10	90%
7	10	13	87%
8	10	12	88%
9	10	11	89%
10	10	12	88%
11	15	10	90%
12	15	9	91%
13	15	8	92%
14	15	9	91%
15	15	10	90%
16	20	9	91%
17	20	8	92%
18	20	8	92%
19	20	9	91%
20	20	7	93%
21	25	5	95%
22	25	6	94%
23	25	6	94%
24	25	5	95%
25	25	7	93%
26	30	x	x
27	30	x	x
28	30	x	x
29	30	x	x
30	30	x	x

旋轉後難以套入排水孔蓋，會自動彈起

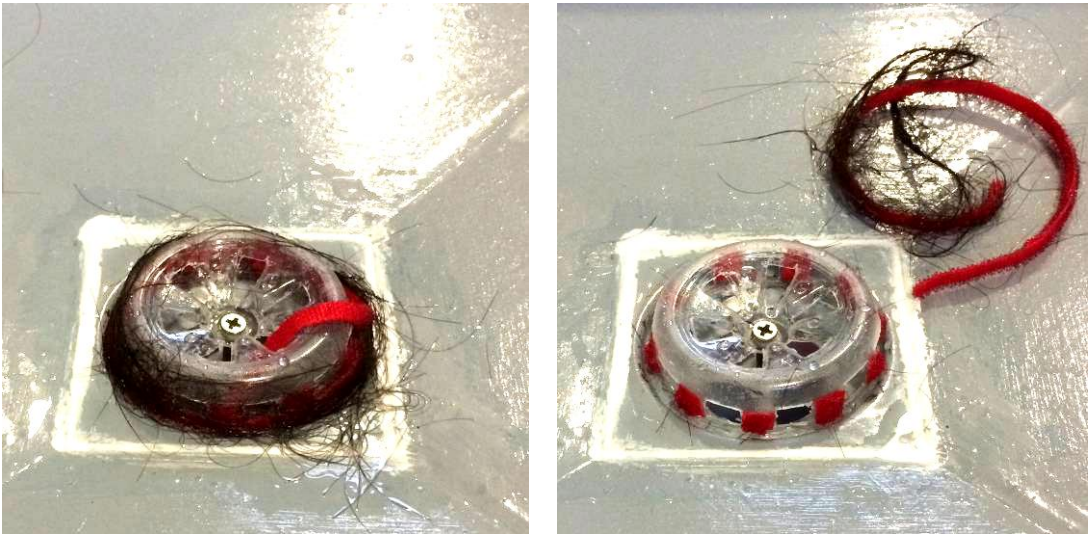
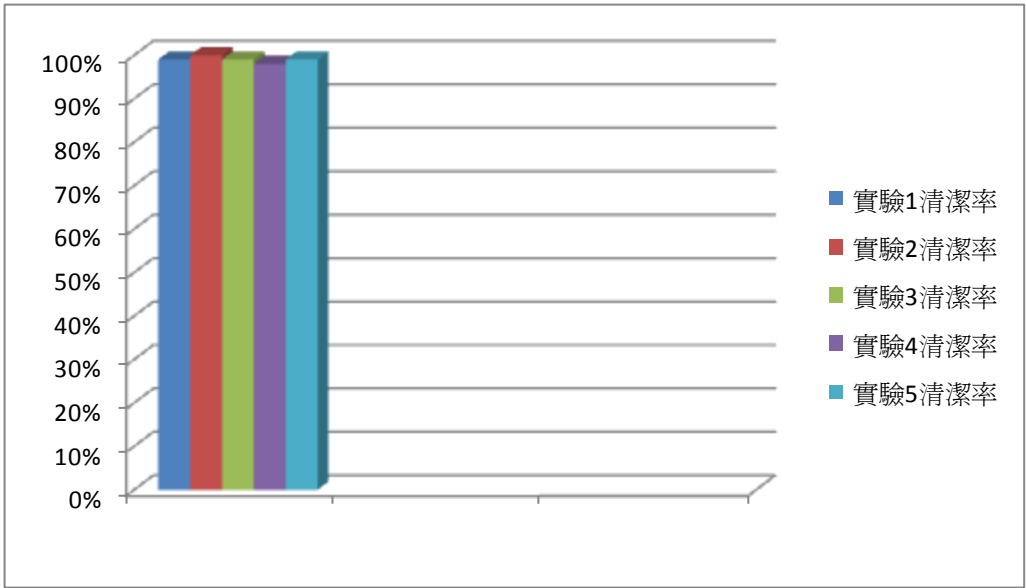


▲圖 16 單棍雙橡皮筋自轉清理後情形

我們嘗試不同的橡皮筋旋轉方式，使用單木棍造成自體旋轉，使用兩條橡皮筋一起增加其接觸面積，但如果圈數要夠多的話，木棍要夠長，緩緩的往下推，小木棍(竹籤)3.6公分約為5圈，推到底剛好可以直接套入排水孔蓋，可以將近90%的清潔率，安置完成平均約11秒完成。

四、魔鬼氈

編號	殘留結果(根)	清潔率(%)
1	1	99%
2	0	100%
3	2	99%
4	3	98%
5	2	99%



▲圖 17 魔鬼氈清理前後情形

我們嘗試別於的橡皮筋材質，利用魔鬼氈的設計，可以達到清潔率最好，安裝置排水孔蓋平均約 2 秒完成。為我們此次研究的最佳答案。

陸、討論

我們一開始先試試看乾髮，發現乾頭髮附著於排水孔蓋的能力很差，故拉起來就彈開，反而散落一地，而且乾髮其實很容易清理，於是我們實驗都不在研究乾髮，皆是以濕頭髮為主要研究對象。



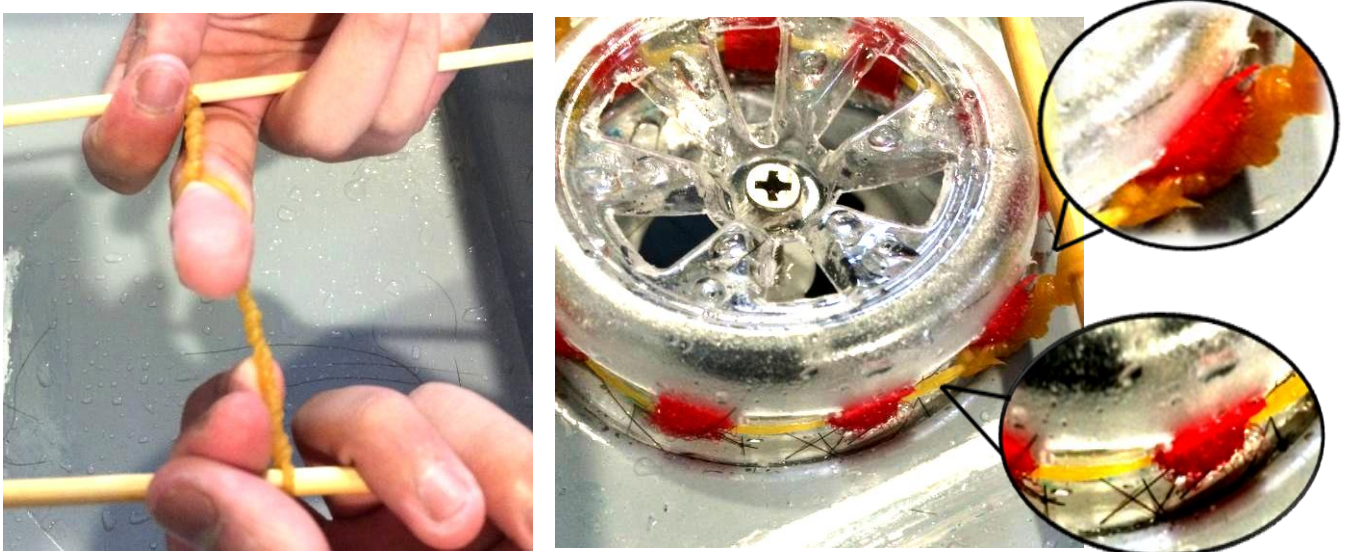
▲圖 18 乾髮之清理前後情形

一、橡皮筋雙綁

不旋轉橡皮筋直接套入，因為只有簡單的彈力，拉起後甚至無法帶起毛髮，甚至會將頭髮亂彈。套多圈不見得效果較好，牽扯更多因素，因為成效不彰，我們不再深入研究討論。

二、雙棍橡皮筋雙攪

雙攪橡皮筋因為扭力太強，要從中間撥開並且套入排水孔蓋非常費力，而且單人自行操作難度很高，而且剝開後套入排水孔蓋其橡皮筋是直線的，並沒有旋轉，如圖 17(右)，此時這個機制跟第一個實驗:直接套入無異，但藉由雙攪形變後的強大扭力，可以用「夾」的方式，將多數毛髮夾起，但會有多數毛髮因為彈力過強而彈開。



▲圖 19 (左)單人剝開後套入排水孔蓋費力耗時，(右)安裝後，其接觸毛髮之橡皮筋是直線的無太多旋轉，反而旋轉最多的在兩處木棍附近。

三、單棍雙橡皮筋自體旋轉

雙攪仍有些缺點，於是我們另行他法:如果一頭固定另一手操作，使橡皮筋自體旋轉，一方面預留套入環保落水孔空間，如圖 10，也保留自體旋轉的扭力，更可以單人輕鬆操作，安裝也迅速。達到我們需求，但清潔效果約落在 90%，我們仍希望能尋找更好的方法。

四、魔鬼氈

橡皮筋旋轉的目的就是希望能多增加一些摩擦力，進而將毛髮順利清除，若可以直接使用黏性物質，直接將毛髮吸附進而迅速清理，這才是我們想要的，橡皮筋再額外塗抹黏性材質例如膠水、強力膠、雙面膠，的確可行，但是需要作一些前置工夫，黏性物質甚至可能會殘留於排水蓋上造成更難處理的局面，於是我們決定使用另一種材質。考慮魔鬼氈鉤狀的設計，試試看是否能當替代材質，沒想到結果出奇不意的好。

柒、結論

我們實驗結果認為，貼上毛狀魔鬼氈於我們排水孔蓋兼具美觀以及警示作用，也可用來固定鉤狀面，使用魔鬼氈鉤狀面捲曲清理迅速而且方便，安裝時間甚至只需要 1~2 秒時間，但考量成本部分，魔鬼氈一片 30 公分長 10 元，平均每公分要價 0.33 元，我們設計隻排水孔圓周約為 21 公分左右，大約是 7 元，考慮每個禮拜更換一次，每個月大約材料費支出需要 28 元；竹籤成本大概每支 0.2 元，而橡皮筋(直徑 5 公分)則是一包裝大約 350 條 39 元，每條 0.11 元，一個月使用下來不到 1 元，但效果差很多，安裝時間也有差別，去尋找其他可替代材質而且價格更低廉是未來的目標，或想辦法改進橡皮筋之旋轉方式進而達到我們目的。

就商業方面而言，一般市面上的濾網一枚要價 0.78 元，而我們預訂定價為 0.6 元，因為蓋子是回收素材，幾乎是不用錢；而橡皮筋的置入，因為就凹槽的大小考量，至多只能放入 3 條，所以每組成本才 0.33 元而已。



▲圖 20 成品之側視圖以及上視圖

根據[2]的想法，應該是正螺旋形的排水孔才能達到最佳的排水量，鑒於我們是立式的排水孔，較難達到利用漩渦來加速排水之效果(水通常不可能淹過於高兩公分的排水孔)，開口大小影響流量也影響頭髮是否能有效阻擋在外，這部分也值得深入討論。

而為了分析以上實驗之效益，我們設計了一個公式—清潔成本效益式：

$\frac{\text{清潔率}}{\text{成本} \times \text{安裝時間}}$ ，因為我們希望清潔率越高越好，而成本以及安裝時間越低越佳，所以將清潔率放在分子，成本以及安裝時間放在分母，算出來的數值越大越好。

前提是以一家四、五口，每個禮拜清理一次的情況下計算，結果如下：

	雙橡皮筋雙綁	雙棍橡皮筋雙攪	單棍雙橡皮筋自體旋轉	魔鬼氈
材料	橡皮筋 3 條	橡皮筋 1 條、竹籤 2 支	橡皮筋 2 條、竹籤 1 支	魔鬼氈鉤狀 1 片
成本	0.33	0.51	0.42	2.5
安裝時間	5	39	11	2
最佳清潔率情況	3 層	旋轉 20 圈	旋轉 25 圈	編號 2
最佳清潔率(%)	27%	89%	95%	100%
清潔成本效益	16.4%	4.5%	20.6%	20%

所以，由上表得知，就成本而言，魔鬼氈的確很貴，而且效益也不如單棍雙橡皮筋自體旋轉來的好，但就清潔率而言，魔鬼氈還是最好的。未來可以努力的方向：

一、清理機制的材質

未來希望可以尋找替代的材質，或是魔鬼氈量產搭配我們設計之產品後，可以降低成本達到約略橡皮筋之價格。

二、重複使用的想法

鑒於我們排水孔蓋只設計兩公分高，如果套入大約四圈未旋轉之橡皮筋就是極限，再多的話就會影響排水量，若旋轉過後的雙橡皮筋大約只能套入兩圈，因旋轉後的橡皮筋較不穩定，很可能牽一髮而動全身，造成全部一起彈起。使用魔鬼氈因為鉤狀面會亂勾毛髮，若重疊三、四層放置於排水孔蓋上，清理時拉起外層後，很難確保內層也保持清潔，而且鉤狀面與鉤狀面如何完好固定也是一個問題。

三、產品化之市場定位

市面上浴室用排水孔蓋，一個底座一個蓋子約略 30 元，廚房使用之廚餘瀘水袋大約每個 0.8 元，若我們產品改良後可以重複使用 5 次，使用自體旋轉後的橡皮筋約 1 元，上面貼滿毛狀魔鬼氈約 7 元，成本大約 8 元，而使用環保材質幾乎不花錢，若價格訂在 15 元，一般家庭 4~6 人約使用一個月使用一次，然後再重新設計安裝於原本排水孔蓋母座上的機制:如卡榫，節省安裝時間，標榜環保材質救地球無價!

捌、參考資料與其他

- [1]胡玉玲、高宜婕、郭建彰、潘玫璇(2003)。第 43 屆全國中小學科展-土木科-改良式之落水龍頭。取自：
<http://science.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?cat=&a=0&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=1&sid=1088>
- [2]李柏毅、陳秉慧、陳秀容、黃百謙(2005)。第 45 屆全國中小學科展-自然科-「排」出學問來～探討各種不同因素對排水孔排水的影響。取自：
<http://science.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?cat=&a=0&fld=1000000&key=&isd=1&icop=10&p=1&sid=1746>
- [3]林駿凱、劉家榮、蔡朝宗、張富順(2007)。第 47 屆全國中小學科展-機械科-新型浴室專用防毛髮阻塞之排水孔蓋。取自：
<http://science.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?cat=&a=0&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=1&sid=2526>

【評語】 040807

1. 主題結合日常生活需求，並善用環保材料設計與製作。
2. 實驗中的毛髮較實際少了油垢等。
3. 作品高出地面，衍生了進一步有待解決的問題。