

中華民國第 57 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國中組 物理科

佳作

030117

水中沙畫家

學校名稱：臺中市立大雅國民中學

| | |
|---------------|--------------|
| 作者： 國二 林芊妤 | 指導老師： 鐘文生 |
|---------------|--------------|

關鍵詞：沙子、中空圓環、液體

摘要

無意間將一團濕沙子往水裡丟，發現掉入水中後會形成一個環內部有一個圓，看起來有點像土星加上土星環的形狀。我們研究濕沙子的質量、顆粒大小及形狀，亦改變水的深度、不同的水溶液、濕沙子掉落高度等變因對沙子於水中成圓的影響。透過實驗發現，以上各種因素都會影響到沙子成圓的結果。為了更進一步了解沙子成圓的機制，我們透過高速攝影所得到的高速影像，發現濕沙子在水中落下的過程中，由於沙子周圍壓力小而中間壓力大，使得沙子形成了由外向圓內轉動的漩渦現象，沙子因此向外擴散而變大，中間形成中空圓環，落下至底部前都持續的變大，而漂浮於水中的沙子則最後掉落於圓環中間，以至於形成一個像土星加上土星環的形狀。

壹、研究動機

生活中，乾沙子掉入水中會越堆越高，但我們無意間將一團濕沙子往水裡丟，卻發現掉入水中後會形成一個環內部有一個圓，看起來有點像土星加上土星環，我們查遍所有的科展作品，沒有發現有人做過這樣的研究，於是我開始思考是什麼原理會讓沙子出現這樣的現象，但是當掉進水裡的是乾的沙子時，居然沒有形成一個圓，而是堆積在那裡。這時我就在想，是不是沙子的濕度不同，使得沙子在水中成形有所不同？我又想，是不是還有很多因素會影響沙的成形？也很好奇是什麼因素使沙子會有這樣一個特殊的形狀，上網也沒有找到我要的答案，於是就開始嘗試這個實驗。

貳、研究目的

- 一、探討乾、濕沙的不同是否會影響中空圓環特殊形狀的成形？
- 二、探討濕沙的落下高度是否會影響中空圓環特殊形狀的成形？
- 三、探討濕沙的形狀是否會影響中空圓環特殊形狀的成形？
- 四、探討濕沙的質量是否會影響中空圓環特殊形狀的成形？
- 五、探討水的深度和濕沙的質量的關係。
- 六、探討濕沙的顆粒大小是否會影響中空圓環特殊形狀的成形？
- 七、探討水溶液的不同是否會影響中空圓環特殊形狀的成形？
- 八、探討沙種類的不同是否會影響中空圓環特殊形狀的成形？
- 九、探討為什麼會出現中空圓環特殊形狀？

參、研究設備與器材

1、實驗所使用的器材：

盆子、沙子、電子秤、保鮮膜、鐵架、瓶蓋口、燒杯、高速攝影機、角鋼、魚缸、檯燈、溫度計。

2、水溶液溶質：

清水、飽和食鹽水(食鹽+清水)、1%洗衣精水(洗衣精+水)。



圖 3-1 透明魚缸，方便實驗觀察



圖 3-2 篩選出不同顆粒大小的沙子



圖 3-3 利用角鋼將魚缸架起來，可以方便進行實驗觀察及攝影。



圖 3-4 電子秤



圖 3-5 不同濕沙子的形狀



圖 3-6 高速攝影機

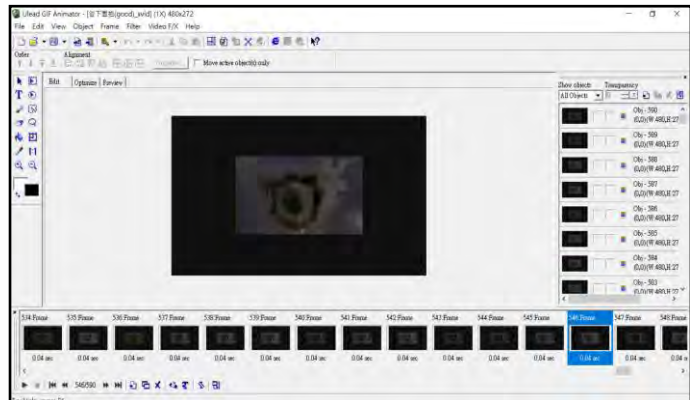


圖 3-7. Ulead GIF Animator 5 軟體

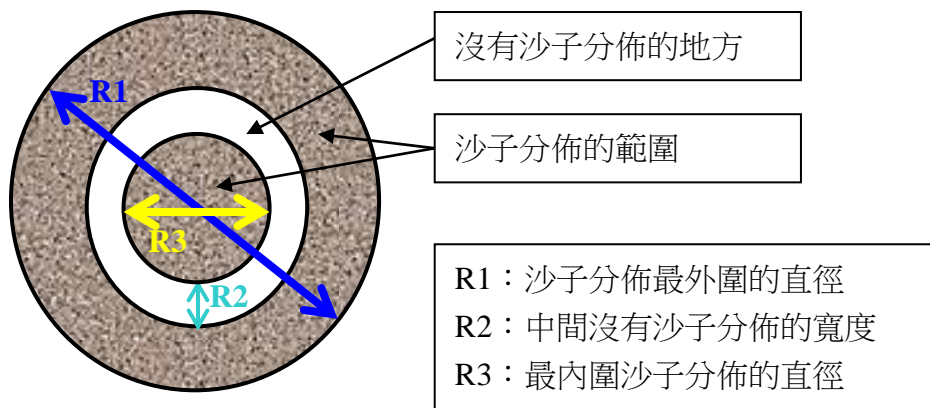
肆、研究過程與方法

一、實驗一：嘗試乾、濕沙子是否能在水中形成中空圓環特殊形狀？

1. 先裝 6 公分深的水，架好鐵架。
2. 量出沙子的質量，再用保鮮膜包好搓圓，用鐵架從離水面 5 公分處倒下去。

觀察的現象：當有出現 R2 的環狀構造(此環狀分布的沙子極少)時，才能算是成功，如下

圖一。



圖一：沙子分布圖



圖二：實際圖形

二、實驗二：利用高速攝影機拍攝濕沙成圓

1. 把高速攝影機架在魚缸的旁邊。
2. 量 2 公克的濕沙，從上方丟入。
3. 攝影並觀看其結果。

三、實驗三：濕沙的落下高度是否會影響沙子在水中形成中空圓環特殊形狀？

1. 水深 6 公分，沙子顆粒大小 40，質量 2g
2. 架好鐵架，量出質量 2 公克的濕沙子，用保鮮膜包好搓圓，再用鐵架從離水面 5 公分處倒下去。
3. 我們後續又分別量出約水面上方 2、4、6、8、10 公分的位置，再重複步驟 1，觀察並記錄結果。

四、實驗四：探討水的深度是否會影響濕沙在水中形成中空圓環特殊形狀？

1. 先裝 5 公分深的水，架好鐵架。
2. 量出質量 6g、顆粒大小 40 的濕沙子，再用保鮮膜包好搓圓，用鐵架從離水面 5 公分處倒下去。
3. 後來，我們再量出水深 6、7、8、9、10 公分的位置，重複步驟 1，並記錄結果。

五、實驗五：探討濕沙不同的形狀會在水中成何種形狀分布？

1. 先裝 6 公分深的水，架好鐵架。
2. 我們把 6g、顆粒大小 40 的濕沙子捏成各種不同的形狀。
3. 再用保鮮膜包好，用鐵架從離水面 5 公分處倒下去，觀察其結果，並記錄下來。

六、實驗六：濕沙的質量是否會影響濕沙在水中形成中空圓環特殊形狀？

1. 先裝 6 公分深的水，架好鐵架。
2. 我們先量出 2g、顆粒大小 40 的濕沙子，再用保鮮膜包好搓圓，用鐵架從離水面 5 公分處倒下去。
3. 我們再量出 4g、6g、8g、10g 的濕沙子，重複步驟 1、2，觀察後並記錄結果。

七、實驗七：探討水的深度和濕沙的質量對濕沙在水中成圓的影響

1. 先裝 5 公分深的水，架好鐵架。
2. 我們先量出 1g、顆粒大小 40 的濕沙子，再用保鮮膜包好搓圓，用鐵架從離水面 5 公分處倒下去。
3. 我們再量 2g~不能成功為止的濕沙子重複步驟 2，觀察後並記錄結果。
4. 我們改裝 6、7 公分的水，重複步驟 2、3，觀察後並記錄其結果。

八、實驗八：探討不同顆粒大小的濕沙是否也會在水中形成中空圓環特殊形狀？

1. 我們實驗用的濕沙子是固定顆粒大小 40 的，但我們這次用顆粒大小 20、40、80 來比較。
2. 先裝 6 公分深的水，架好鐵架。
3. 量 2 公克的濕沙，再用保鮮膜包好搓圓，用鐵架從離水面 5 公分處倒下去。

九、實驗九：探討水的溶液會不會影響濕沙形成中空圓環特殊形狀？

1. 飽和鹽水水溶液：

- (1) 我們先裝一盆水深約 5 公分(3000 公克)的清水，然後再慢慢把鹽加進水裡，在一直攪拌，直到鹽完全不能溶解。
- (2) 我們用保鮮膜將 6g 的濕沙子搓圓，再用保鮮膜包好搓圓，用鐵架從離水面 5 公分處倒下去，並觀察結果記錄下來。

2. 洗衣精水溶液：

- (1) 我們調配了 1%的洗衣精水溶液(共 3000 公克)。
- (2) 我們用保鮮膜將 6g 的濕沙子搓圓，再用保鮮膜包好搓圓，用鐵架從離水面 5 公分處倒下去，觀察結果並記錄下來。

十、實驗十：探討鐵砂是否能在水中形成中空圓環特殊形狀？

1. 我們將鐵砂調配適當的濕度，並量出 6g 用保鮮膜包起來搓圓。
2. 再用保鮮膜包好搓圓，用鐵架從離水面 5 公分處倒下去，紀錄並觀察結果。

伍、研究結果

一、實驗一：嘗試乾、濕沙子是否能在水中形成中空圓環特殊形狀？

1、現象描述：

我們發現當濕沙掉入水中時，會形成中空圓環的特殊形狀，乾沙子則不會。

2、實驗照片：

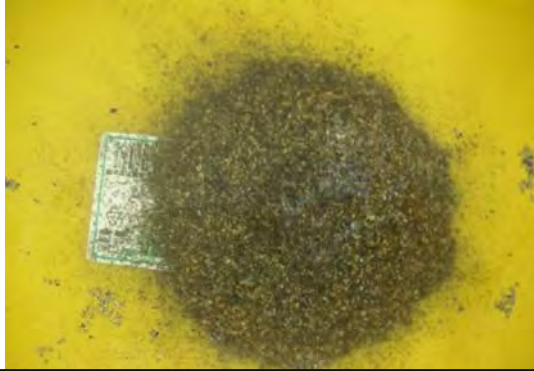


圖 5-1 乾沙子一堆往水裡倒之後的水中圖案



圖 5-2 一顆濕沙子掉至水中後的水中圖案

二、實驗二：利用高速攝影探討濕沙成圓。

(一)側拍：



(二)由下方往上拍攝：



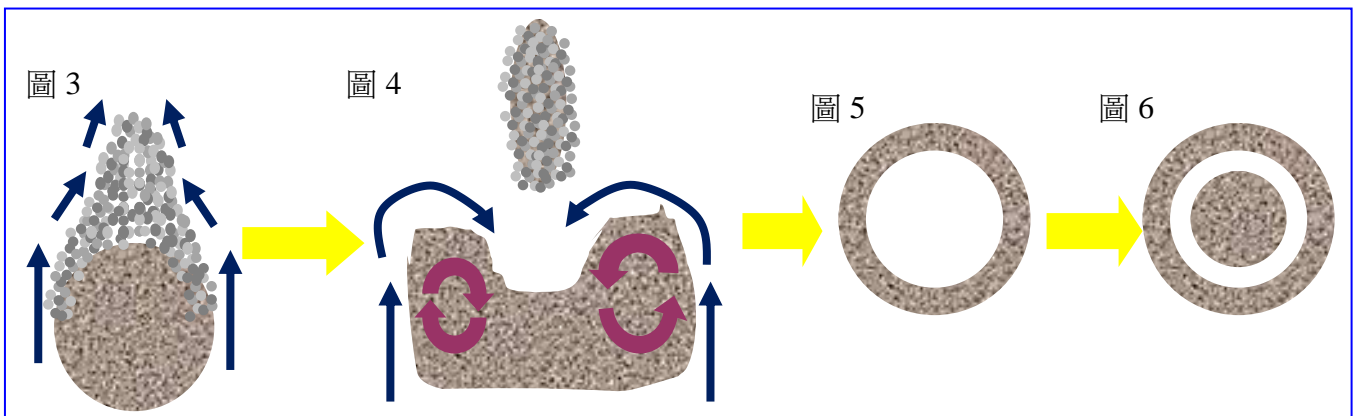


圖 3 說明：濕沙剛掉進水中時，四周的沙子有一部分會被沖到上面。

圖 4 說明：四周的水流流速較快，壓力較小；中間的水流流速較慢，壓力較大，造成一股由內往外的力量，使濕沙會慢慢往外移動並且轉動。

圖 5 說明：離盆子底部較近的濕沙會先撞到底部，並快速往外擴大，形成一個環。

圖 6 說明：而一開始被沖到上面的濕沙會慢慢落下，並在環的中間形成一個圓。

三、實驗三：濕沙的落下高度是否會影響濕沙在水中形成中空圓環特殊形狀？

1、說明：

我們將水固定在 6 公分，沙子顆粒大小不變，質量 2g，然後改變「濕沙掉落的高度」，我們用 2、4、6、8、10 公分的掉落高度來測試。

2、實驗紀錄：

(1)R1(沙子分佈最外圍的直徑)

| 次數 高度 | 第一次 | 第二次 | 第三次 | 第四次 | 第五次 | 平均 |
|----------|------|------|------|------|------|------|
| 2cm | 5.86 | 5.96 | 6.03 | 6.01 | 6.02 | 5.98 |
| 4cm | 6.50 | 6.53 | 6.02 | 6.01 | 6.49 | 6.31 |
| 6cm | 5.83 | 5.74 | 5.76 | 5.82 | 5.81 | 5.79 |
| 8cm | 6.02 | 6.01 | 6.04 | 6.02 | 6.04 | 6.03 |
| 10cm | 5.23 | 5.25 | 5.21 | 5.24 | 5.21 | 5.23 |

(2)R2(中間沒有沙子分佈的寬度)

| 次數 高度 | 第一次 | 第二次 | 第三次 | 第四次 | 第五次 | 平均 |
|----------|------|------|------|------|------|------|
| 2cm | 0.91 | 0.93 | 0.85 | 0.83 | 0.86 | 0.88 |
| 4cm | 1.29 | 1.26 | 1.23 | 1.28 | 1.30 | 1.27 |
| 6cm | 0.56 | 0.53 | 0.51 | 0.63 | 0.61 | 0.57 |
| 8cm | 0.56 | 0.54 | 0.51 | 0.72 | 0.57 | 0.58 |
| 10cm | 0.32 | 0.34 | 0.31 | 0.27 | 0.26 | 0.30 |

(3)R3(最內圍沙子分佈的直徑)

| 次數 高度 | 第一次 | 第二次 | 第三次 | 第四次 | 第五次 | 平均 |
|----------|------|------|------|------|------|------|
| 2cm | 3.02 | 2.34 | 2.45 | 2.41 | 2.43 | 2.53 |
| 4cm | 2.29 | 2.30 | 2.47 | 2.41 | 2.45 | 2.38 |
| 6cm | 2.83 | 2.75 | 2.82 | 2.78 | 2.84 | 2.80 |
| 8cm | 3.02 | 3.06 | 2.84 | 2.85 | 3.01 | 2.96 |
| 10cm | 3.04 | 3.05 | 2.96 | 2.93 | 3.08 | 3.01 |

三、結果：

從實驗的數據中，我們發現濕沙的落下高度對濕沙成圓沒有很明顯的影響，R1 及 R3 的值都差不多，所以我們判斷濕沙成圓和降落高度並沒有一定的關係。

四、實驗四：探討水的深度是否會影響濕沙在水中形成中空圓環特殊形狀？

實驗條件為：濕沙落下高度為 5cm、顆粒大小 40、水深 5cm、質量 6g。改變水的深度，分別為 5~10 公分。

1、實驗紀錄：

(1)R1(沙子分佈最外圍的直徑)

| 水深 \ 次數 | 第 1 次 | 第 2 次 | 第 3 次 | 第 4 次 | 第 5 次 | 平均 |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 5cm | 7.53 | 7.55 | 7.06 | 7.51 | 7.02 | 7.33 |
| 6cm | 8.00 | 8.00 | 8.00 | 8.00 | 8.00 | 8.00 |
| 7cm | 8.55 | 8.57 | 8.31 | 8.73 | 8.54 | 8.54 |
| 8cm | 9.53 | 9.35 | 9.51 | 9.56 | 9.64 | 9.52 |
| 9cm | 9.77 | 10.05 | 10.02 | 9.87 | 9.85 | 9.91 |
| 10cm | 10.55 | 10.53 | 10.82 | 10.57 | 10.58 | 10.61 |

(2)R2(中間沒有沙子分佈的寬度)

| 水深 \ 次數 | 第 1 次 | 第 2 次 | 第 3 次 | 第 4 次 | 第 5 次 | 平均 |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| 5cm | 1.08 | 1.35 | 1.52 | 1.25 | 1.53 | 1.35 |
| 6cm | 1.03 | 1.02 | 1.01 | 1.25 | 1.05 | 1.07 |
| 7cm | 1.34 | 1.33 | 1.56 | 1.34 | 1.32 | 1.38 |
| 8cm | 1.28 | 1.33 | 1.35 | 1.32 | 1.33 | 1.32 |
| 9cm | 1.73 | 1.94 | 1.82 | 1.75 | 2.00 | 1.85 |
| 10cm | 1.76 | 1.73 | 1.82 | 1.75 | 1.76 | 1.76 |

(3)R3(最內圍沙子分佈的直徑)

| 水深 \ 次數 | 第 1 次 | 第 2 次 | 第 3 次 | 第 4 次 | 第 5 次 | 平均 |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| 5cm | 3.26 | 3.82 | 3.45 | 3.54 | 3.28 | 3.47 |
| 6cm | 3.15 | 3.53 | 3.02 | 3.05 | 3.36 | 3.22 |
| 7cm | 3.54 | 3.72 | 3.74 | 3.71 | 3.68 | 3.68 |
| 8cm | 3.54 | 3.33 | 3.35 | 3.52 | 3.37 | 3.42 |
| 9cm | 4.24 | 4.03 | 4.02 | 4.25 | 3.85 | 4.08 |
| 10cm | 4.35 | 4.54 | 4.46 | 4.35 | 4.54 | 4.45 |

2、結果與討論：

我們發現當水深越來越深時，沙子也會擴大的越來越寬了，我們判斷水越深，使得渦環逐漸增加它的直徑。

五、實驗五：探討濕沙的形狀會在水中成何種形狀分布？

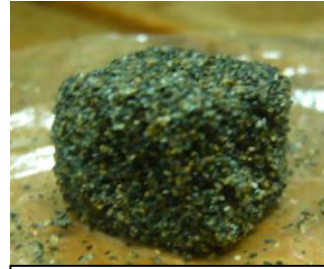
實驗條件為：濕沙落下高度為 5cm、顆粒大小 40、水深 6cm、重量 2g。

1、結果：

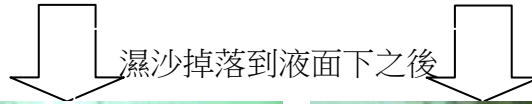
我們量了 2g 的濕沙子，並用保鮮膜捏出各種形狀，例如：三角形、正方形，但我們實驗後發現，當濕沙透過鐵架掉入水中後，形成的形狀仍然是圓形，所以我們覺得濕沙在水中成圓的狀態，跟形狀並沒有任何關聯。



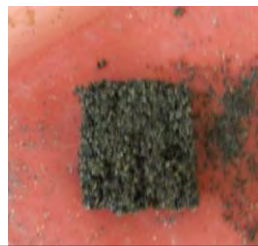
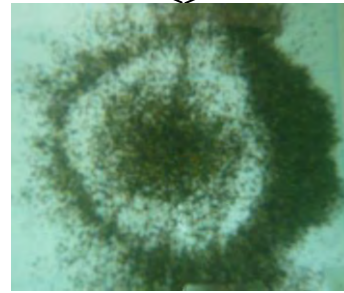
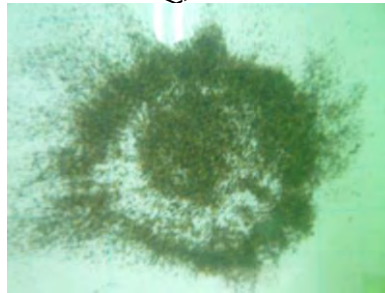
圖七、正四面體的濕沙



圖八、正方體的濕沙



濕沙掉落到液面下之後



圖九、扁四邊體的濕沙



圖十、扁三角形的濕沙

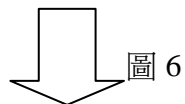
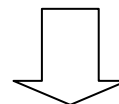
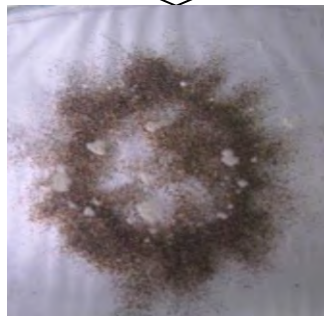


圖 6



六、實驗六：濕沙的質量是否會影響濕沙在水中形成中空圓環特殊形狀？

實驗條件為：濕沙落下高度為 5cm、顆粒大小 40、水深 6cm。

1、實驗說明：

我們採用了分別 2g、4g、6g、8g、10g 的質量，來測試濕沙的質量是否會影響濕沙子成圓。

2、紀錄：

(1)R1(沙子分佈最外圍的直徑)

| 質量 \ 次數 | 第一次 | 第二次 | 第三次 | 第四次 | 第五次 | 平均 |
|---------|------|------|------|------|------|------|
| 2g | 5.83 | 5.96 | 5.81 | 6.21 | 6.39 | 6.04 |
| 4g | 7.65 | 7.72 | 7.52 | 7.80 | 7.56 | 7.65 |
| 6g | 8.02 | 8.05 | 7.86 | 8.15 | 8.09 | 8.03 |
| 8g | 8.02 | 8.11 | 8.05 | 7.98 | 8.12 | 8.06 |
| 10g | 不成功 | 不成功 | 不成功 | 不成功 | 不成功 | 無 |

(2)R2(中間沒有沙子分佈的寬度)

| 質量 \ 次數 | 第 1 次 | 第 2 次 | 第 3 次 | 第 4 次 | 第 5 次 | 平均 |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| 2g | 0.69 | 0.56 | 0.69 | 0.71 | 0.68 | 0.67 |
| 4g | 0.85 | 0.76 | 0.82 | 0.72 | 0.75 | 0.78 |
| 6g | 0.54 | 0.65 | 0.48 | 0.76 | 0.46 | 0.59 |
| 8g | 1.04 | 1.02 | 0.98 | 0.96 | 1.00 | 1.00 |
| 10g | 不成功 | 不成功 | 不成功 | 不成功 | 不成功 | 無 |

(3)R3(最內圍沙子分佈的直徑)

| 質量 \ 次數 | 第 1 次 | 第 2 次 | 第 3 次 | 第 4 次 | 第 5 次 | 平均 |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| 2g | 3.51 | 3.42 | 3.52 | 3.38 | 3.45 | 3.46 |
| 4g | 4.25 | 4.20 | 4.32 | 4.14 | 4.31 | 4.24 |
| 6g | 4.26 | 4.53 | 4.32 | 4.54 | 4.27 | 4.38 |
| 8g | 2.96 | 3.12 | 3.05 | 3.22 | 3.15 | 3.10 |
| 10g | 不成功 | 不成功 | 不成功 | 不成功 | 不成功 | 無 |

3、結果：

我們發現質量越大的濕沙子，越不容易成功，因為質量反而中心更重，掉入水中的速度越快，形成的圓就比較不明顯，或是沒有成功。

七、實驗七：探討水的深度和濕沙的質量對濕沙在水中成圓的影響

實驗條件為：水深 5、6、7cm，掉落高度為 5cm，顆粒大小 40。

一、說明：

我們用三種不同的水深，再從 1g 的濕沙開始實驗，直到無法成功為止。

二、結果：

| 水深(cm) | 可成功的質量範圍 |
|--------|----------|
| 5cm | 1g~4g |
| 6cm | 1g~9g |
| 7cm | 2g~12g |

三、結論：

透過實驗我們發現，當濕沙質量越大時，就需要越深的水來實驗，否則就不會成功，因此水越深可以成功的範圍就越大，但如果水太深而質量太小的話，便不會成功。

八、實驗八：探討不同顆粒大小的濕沙是否也會在水中形成中空圓環特殊形狀？

實驗條件為：濕沙子的質量為 2g，掉落高度為 5cm，水深為 6cm，顆粒大小 40。

1、說明：

我們使用篩網來進行篩選後，分三種不同顆粒大小的沙子，並探討不同的顆粒大小是否會影響沙子成圓。

2、記錄：

(1)R1(沙子分佈最外圍的直徑)

| 次數 顆粒大小 | 第 1 次 | 第 2 次 | 第 3 次 | 第 4 次 | 第 5 次 | 平均 |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| 20 | 5.52 | 5.56 | 5.62 | 5.54 | 5.50 | 5.55 |
| 40 | 5.83 | 5.96 | 5.81 | 6.21 | 6.39 | 6.04 |
| 80 | 不成功 | 不成功 | 不成功 | 不成功 | 不成功 | 無 |

(2)R2(中間沒有沙子分佈的寬度)

| 次數 顆粒大小 | 第 1 次 | 第 2 次 | 第 3 次 | 第 4 次 | 第 5 次 | 平均 |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| 20 | 0.82 | 0.76 | 0.79 | 0.84 | 0.78 | 0.80 |
| 40 | 0.69 | 0.56 | 0.69 | 0.71 | 0.68 | 0.67 |
| 80 | 不成功 | 不成功 | 不成功 | 不成功 | 不成功 | 無 |

(3)R3(最內圍沙子分佈的直徑)

| 次數 顆粒大小 | 第 1 次 | 第 2 次 | 第 3 次 | 第 4 次 | 第 5 次 | 平均 |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| 20 | 2.35 | 2.46 | 2.43 | 2.44 | 2.36 | 2.41 |
| 40 | 3.51 | 3.42 | 3.52 | 3.38 | 3.45 | 3.46 |
| 80 | 不成功 | 不成功 | 不成功 | 不成功 | 不成功 | 無 |

3、結果：

透過實驗我們發現顆粒大小 80 都沒有成功，從 20 到 40 有變大的趨勢，但不是很明顯，所以整體上來講顆粒大小對沙子成圓並沒有太大的關係。

九、實驗九：探討水溶液成分是否會影響沙子形成中空圓環特殊形狀？

實驗條件如下：濕沙子的質量 6g，顆粒大小 40，掉落高度為 5cm，水深為 5cm(3000ml)。

1、說明：

我們分別用了兩種不同水溶液來做這個實驗。我們分別用了飽和食鹽水溶液和 1%的洗衣精水溶液，並來觀察濕沙子在兩種水溶液中成圓的狀態。

2、紀錄：

(1)、飽和食鹽水溶液

R1(沙子分佈最外圍的直徑)

| 次數 質量 | 第 1 次 | 第 2 次 | 第 3 次 | 第 4 次 | 第 5 次 | 平均 |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| 6g | 8.00 | 8.20 | 8.10 | 8.30 | 8.00 | 8.12 |

R2(中間沒有沙子分佈的寬度)

| 次數 質量 | 第 1 次 | 第 2 次 | 第 3 次 | 第 4 次 | 第 5 次 | 平均 |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
| 6g | 1.00 | 1.10 | 1.20 | 1.00 | 1.20 | 1.1 |

R3(最內圍沙子分佈的直徑)

| 次數 質量 | 第 1 次 | 第 2 次 | 第 3 次 | 第 4 次 | 第 5 次 | 平均 |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| 6g | 3.00 | 3.00 | 3.20 | 3.00 | 2.90 | 3.02 |

(2)、一般自來水溶液

R1(沙子分佈最外圍的直徑)

| 次數 質量 | 第 1 次 | 第 2 次 | 第 3 次 | 第 4 次 | 第 5 次 | 平均 |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| 6g | 7.50 | 7.50 | 7.05 | 7.50 | 7.00 | 7.31 |

R2(中間沒有沙子分佈的寬度)

| 次數 質量 | 第 1 次 | 第 2 次 | 第 3 次 | 第 4 次 | 第 5 次 | 平均 |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| 6g | 1.00 | 1.30 | 1.50 | 1.25 | 1.50 | 1.31 |

R3(最內圍沙子分佈的直徑)

| 次數 質量 | 第 1 次 | 第 2 次 | 第 3 次 | 第 4 次 | 第 5 次 | 平均 |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| 6g | 3.20 | 3.80 | 3.40 | 3.50 | 3.20 | 3.42 |

(3)、1%洗衣精水

| 次數 質量 | 第 1 次 | 第 2 次 | 第 3 次 | 第 4 次 | 第 5 次 | 平均 |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
| 6g | 不成功 | 不成功 | 不成功 | 不成功 | 不成功 | 不成功 |

3、現象描述：

當濕沙子碰到 1%洗衣精溶液的水面時，並沒有形成中空圓環特殊形狀，因此視為不成功。

十、實驗十：探討鐵砂是否能在水中形成中空圓環特殊形狀？

實驗條件為：濕鐵砂的質量為 6g，掉落高度為 5cm，水深為 5cm。

1、說明：

我們拿鐵砂和普通的濕沙來做比較，並觀察鐵砂是否也能在水中成圓。

2、紀錄：

(1)R1(沙子分佈最外圍的直徑)

| 次數 質量 | 第 1 次 | 第 2 次 | 第 3 次 | 第 4 次 | 第 5 次 | 平均 |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| 鐵砂 | 6.00 | 6.00 | 5.85 | 6.00 | 6.00 | 5.97 |
| 一般濕沙 | 7.50 | 7.50 | 7.05 | 7.50 | 7.00 | 7.31 |

(2)R2(中間沒有沙子分佈的寬度)

| 次數 質量 | 第 1 次 | 第 2 次 | 第 3 次 | 第 4 次 | 第 5 次 | 平均 |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| 鐵砂 | 0.45 | 0.50 | 0.45 | 0.50 | 0.50 | 0.48 |
| 一般濕沙 | 1.00 | 1.30 | 1.50 | 1.25 | 1.50 | 1.31 |

(3)R3(最內圍沙子分佈的直徑)

| 次數 質量 | 第 1 次 | 第 2 次 | 第 3 次 | 第 4 次 | 第 5 次 | 平均 |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| 鐵砂 | 3.85 | 4.00 | 3.90 | 4.00 | 4.00 | 3.95 |
| 一般濕沙 | 3.20 | 3.80 | 3.40 | 3.50 | 3.20 | 3.42 |

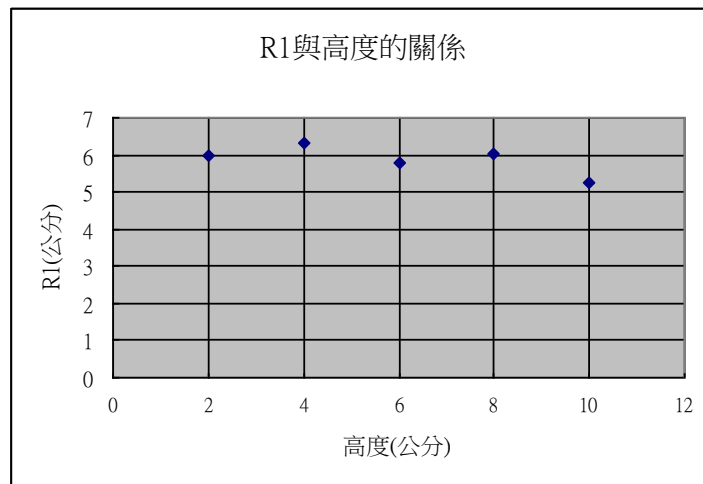
陸、討論與分析

一、利用高速攝影機探討濕沙如何在水中成圓：

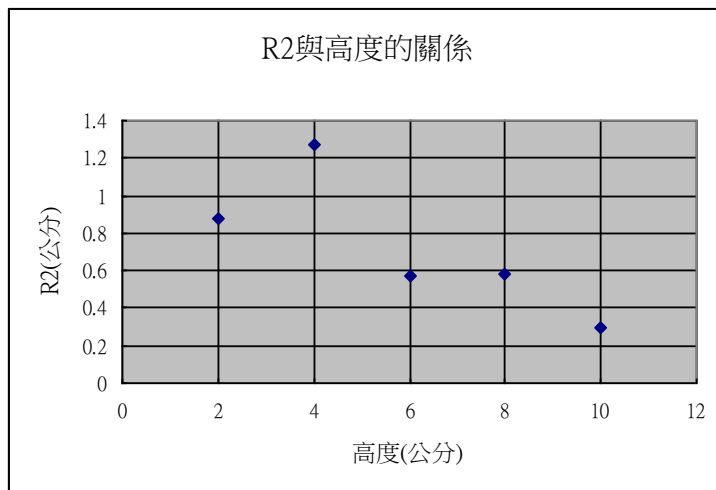
透過高速攝影機的攝影，讓我們可以清楚的觀看濕沙在水中形成中空圓環特殊形狀的過程。我們發現當濕沙掉入水中時，會被水流將四周的少部分沙往外沖，讓那些沙聚集在上方；而下方的沙會因為沙子外圍水流流速快，壓力小，而沙子的中間水流流速慢，壓力大，使沙子會往外擴大並向中間捲動，形成特殊的渦環運動。而較下方的濕沙會先撞到盆子底部，並快速往外擴大，在盆子底部形成一個環，而那些一開始被沖到較上方的濕沙則會慢慢落下，掉到環的正中間，形成一個中空圓環特殊形狀。

二、濕沙的落下高度是否會影響濕沙在水中成圓：

我們整理實驗三的結果，把數據轉換成圖表，如下：

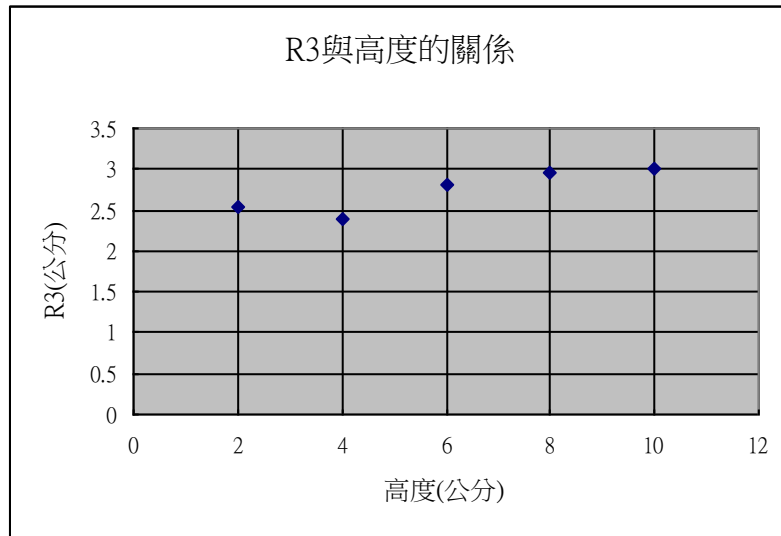


從以上的趨勢圖中，發現 R1(沙子分佈最外圍的直徑)的最大值發生在降落高度 4cm，而在降落高度 8cm 處也有微微變大，雖然沙子落下高度的不同使 R1 有變大或變小，但卻沒有一定的規律。



從以上的趨勢圖中，發現 R2(中間沒有沙子分佈的寬度)的最大值和 R1 一樣是發生在降

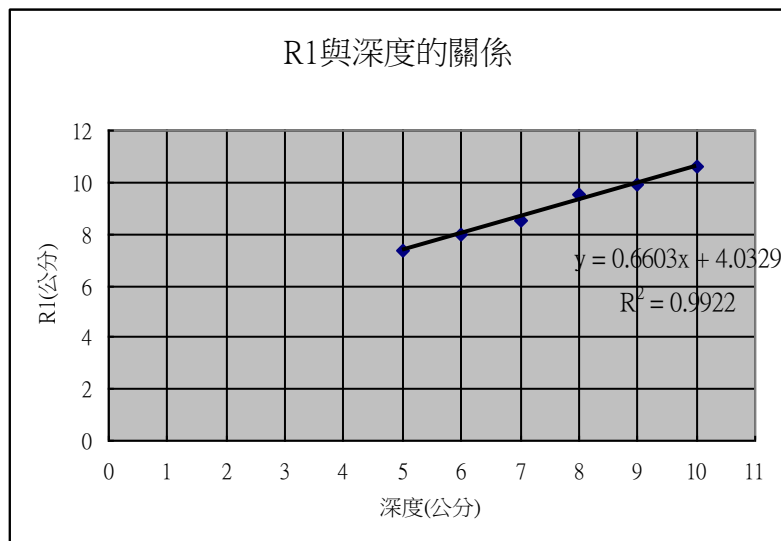
落高度 4cm 時，在 8cm 時也有微微變大，不過不太明顯，倒是從 2cm 到 10cm 有明顯的下降趨勢。



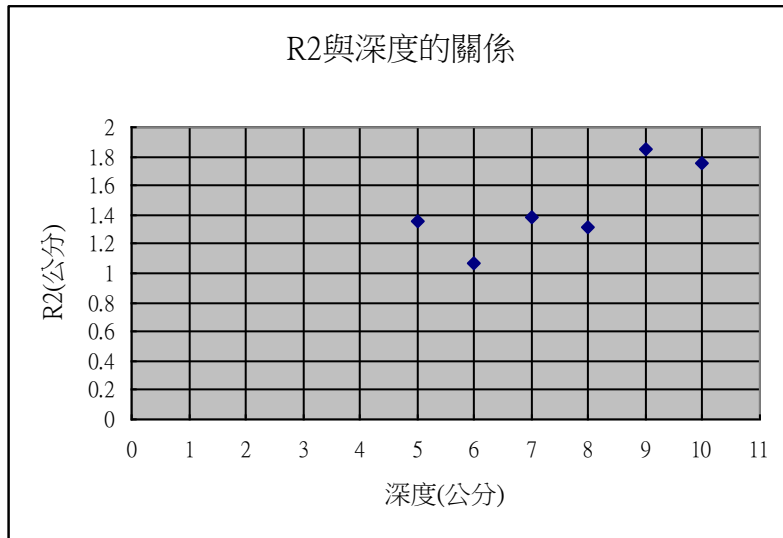
從以上的趨勢圖中，發現 R3(最內圍沙子分佈的直徑)除了 4cm 時有下降之外，其他的從 2cm 到 10cm 都有微微的上升。

三、探討水的深度是否會影響濕沙在水中成圓？

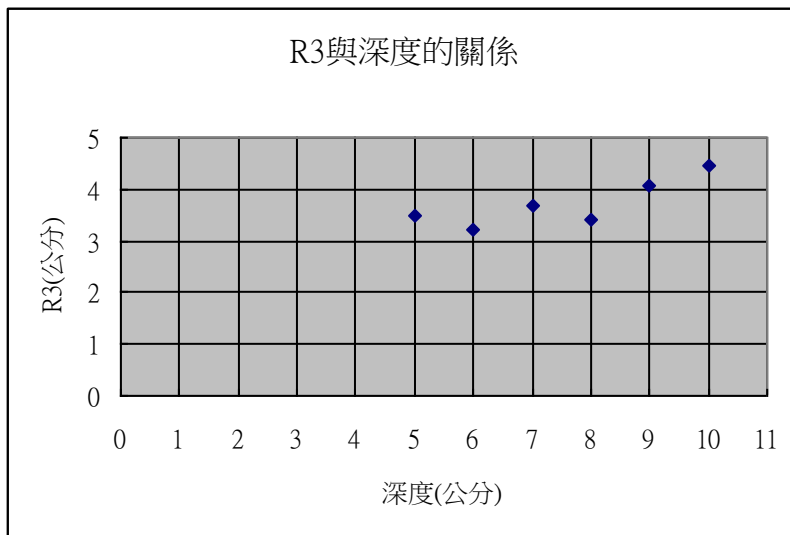
我們整理實驗三的結果，把數據轉換成圖表，如下：



從以上的變化趨勢中，很明顯地看到，當水的深度逐漸增加時，濕沙落到液面下所形成的 R1(沙子分佈最外圍的直徑)也逐漸的變大，我們認為這是因為濕沙落到液面下之後，會有擴大的趨勢，當深度越深時，沙子擴大的時間就會比較久，以致距離跑得比較遠，因此 R1 會較大。



從以上圖中，看起來 R2(中間沒有沙子分佈的寬度)並沒有產生固定變化的趨勢。



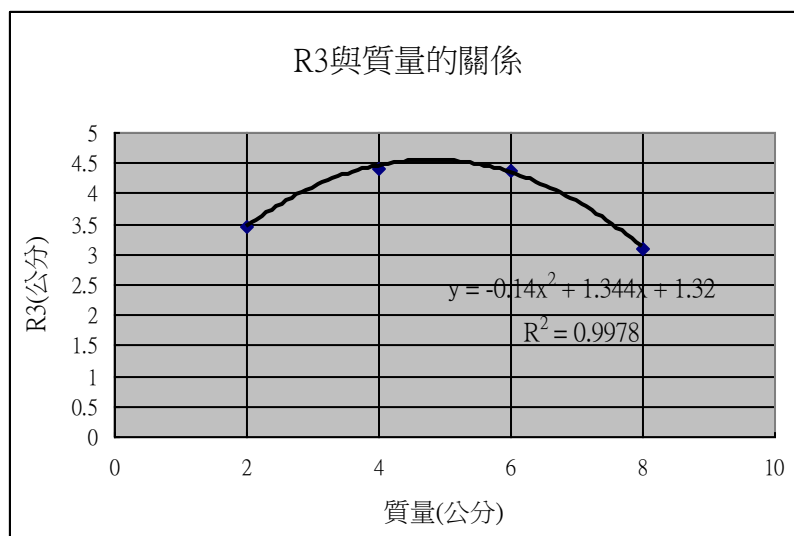
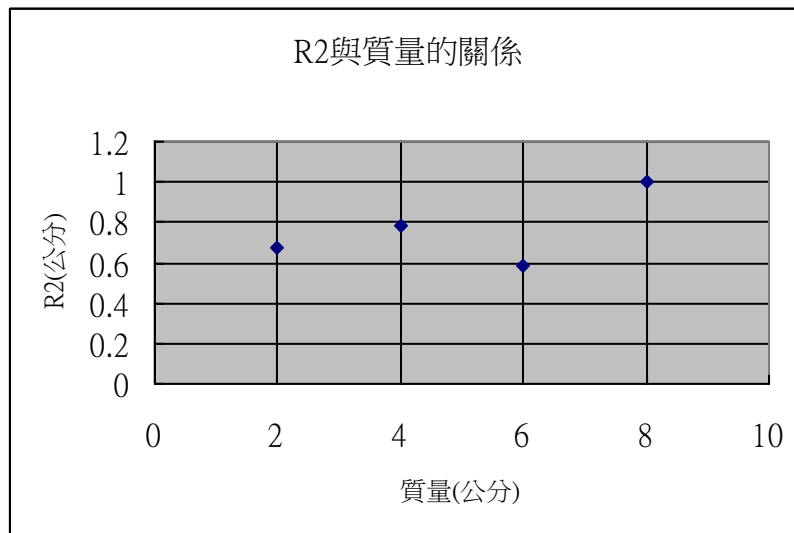
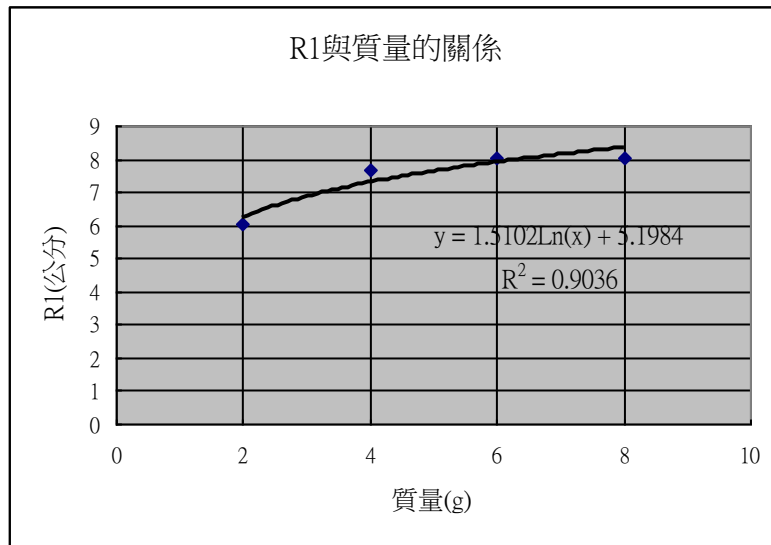
從以上的趨勢圖來看，我們可以發現當水越深時 R3(最內圍沙子分佈的直徑)的部分並沒有明顯的規律，因此我們可以判斷，水的深度對 R3 並沒有明顯的影響。

四、濕沙的形狀是否會影響濕沙在水中成圓？

從實驗結果中發現，不管將濕沙捏成何種形狀，再從離水面 5cm 的高度丟進 6cm 深的水裡，落到液面下之後，濕沙的輪廓仍是和捏圓形的一樣。值得注意的是，仍會產生中空圓環特殊形狀。本來我們猜測，三角形的會在水中形成三角形、四邊形會在水中形成四邊形，但最後卻都還是圓形，原因為何？我們還在思考之中。

五、濕沙的質量是否會影響濕沙在水中成圓？

我們整理實驗六的結果，把數據轉換成圖表，如下：



我們固定以 6 公分深度的水，將經過適當的水所調配的濕沙子從離水面上 5 公分處丟入水中，我們分別量出 2 公克，4 公克，6 公克，8 公克，10 公克的濕沙子，並利用保鮮膜把濕沙子揉成一顆球狀，我們發現到 8 公克為止，濕沙子都能很完整的形成一個中空圓環特殊形狀，但 10 公克以上便不再那麼明顯了，我們還發現 R1(沙子分佈最外圍的直徑)和 R3(最內圍的沙子分布直徑)明顯地隨著沙子的質量變大而有變化，R1 是隨著質量的變大直徑有明顯的增加，而 R3 則是先變大後再變小，R2(中間沒有沙子分佈的寬度)卻沒有明顯的變化，我們猜測質量並不會影響到 R2，而 R1 可能是因為質量較大，所以捏成的球狀就越大，因此形成的中空圓環特殊形狀也越大。而 R3 位什麼會先變大後又變小呢?我們還在思考當中。

六、探討水的深度與濕沙質量的關係

我們以不同的水深與不同的濕沙質量來實驗，分別用 5、6、7 公分的水深與 1g~無法成功為止的濕沙質量。我們發現，水越深可以成功的濕沙質量就越大，相反的質量越大在越淺的水中就不易成功，但如果水太深而質量太小的話，也不會成功。我們猜想應該是因為質量越大要讓濕沙在水中往內轉動並慢慢往外擴大就越不容易，而水太淺的話就沒有足夠的深度來讓濕沙往內轉動並慢慢往外擴大，因此質量越重就需要越深的水來使濕沙形成中空圓環特殊形狀，越深的水也越容易讓濕沙在中形成中空圓環特殊形狀。

七、探討不同顆粒大小的濕沙是否也會在水中成圓？

透過實驗我們發現顆粒大小 80 的沙子不容易在水中形成中空圓環特殊形狀，如果從顆粒大小 20(粗)到 40(細)的數據看來 R1(沙子分布最外圍的直徑)跟 R3(最內圍的沙子分布直徑)有明顯的變大，而 R2(中間沒有砂子的寬度)卻變小了，但如果是從整個中空圓環特殊形狀來看的話，從顆粒大小 20 到 40 是有明顯變大的趨勢。

八、探討水溶液成分是否會影響濕沙成圓？

這個實驗我們一共嘗試三種溶液：飽和食鹽水、一般自來水、1%洗衣精水溶液。實驗結果呈現，1%洗衣精水溶液無法讓濕沙在水中形成中空圓環特殊形狀，而濕沙在飽和食鹽水溶液中形成的中空圓環特殊形狀的 R1(沙子分布最外圍的直徑)則比在一般自來水中所形成的 R1 來得大。所以我們認為，溶液的表面張力對是否形成中空環狀特殊形狀分布的機制產生影響。至於如何影響，是我們還要進一步探討的地方。

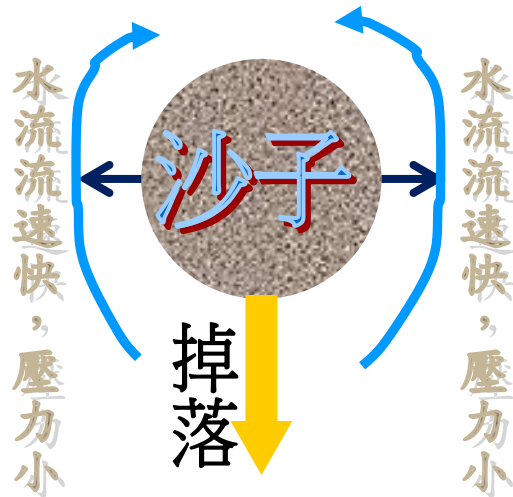
九、探討鐵砂是否能在水中成圓？

透過實驗我們可以知道鐵砂可以在水中成圓，透過和一般濕沙的比較，我們發現在相同的高度、質量、水深的情況下，鐵砂形成中空圓環特殊形狀的大小明顯的和一般濕沙有差別，鐵砂形成中空圓環特殊形狀後的 R1(沙子分布最外圍的直徑)的平均是 5.97 公分，一般濕沙的 R1 平均是 7.30 公分，足足比一般濕沙的少了 1.33 公分，而 R2(中間沒有砂子的寬度)

則是比一般濕沙少了 0.77 公分，但 R3（最內圍的沙子分布直徑）沒有變小，反而變大了，我們猜測這是因為鐵砂比一般的濕沙較無法被捏成一個球形，因此沒有那麼的緊，剛掉入水中時就會有較多的鐵砂被沖到較上方以至於在較下方往中間轉動並往外擴大的鐵砂較少，因此後來形成的中空圓環特殊形狀才會產生 R1、R2 較小而 R3 較大的情形。

十、為何沙子能在水中成圓？

透過高速攝影機的攝影，讓我們可以更進一步的觀看濕沙如何在水中形成中空圓環特殊形狀。透過影片這個渠道，我們發現濕沙在水中形成中空圓環特殊形狀的過程是當濕沙剛掉入水中時，會被水流先沖一部分到較上方，而較下方的那些濕沙則會因為沙子四周的水流流速較快，壓力較小；相對的，沙子中間的水流較慢，壓力也較大，所以沙子就會往外慢慢擴大，並且向中間轉動，形成了渦環運動。當正在往中間轉動並慢慢往外擴大的濕沙撞到盆子底部時，就會快速的往外擴大，並在盆子底部形成一個環，最後，一開始被沖到上方的濕沙就會往下掉在環的中間，形成一個中空圓環特殊形狀。



柒、結論

1. 成功的定義：濕沙在水中成一個中空的圓環，中空圓環內還存在一個圓。
2. 濕沙子可以在水中形成一個中空圓環特殊形狀，乾沙子則不行。
3. 濕沙形成中空圓環特殊形狀時，是先形成最外面的環，再形成中間的圓。
4. 濕沙的掉落高度越高，所形成中空圓環特殊形狀的 R1（沙子分布最外圍的直徑）跟 R2（中間沒有沙子的寬度）有變大的趨勢(4cm 和 8cm 除外)，R3（最內圍的沙子分布直徑）卻是漸漸變小(4cm 除外)。
5. 隨著水的深度越深，中空圓環特殊形狀的 R1（沙子分布最外圍的直徑）跟 R3（最內圍的沙子分布直徑）會變得越來越大。
6. 不管把濕沙捏什麼形狀，掉入水中後都是圓形。
7. 當濕沙的質量超過 10g(包含)，便不易在水中形成中空圓環特殊形狀，只有一個圓。
8. 顆粒大小 80 的濕沙不易在水中形成中空圓環特殊形狀，沙子越細 R1（沙子分布最外圍的直徑）跟 R3（最內圍的沙子分布直徑）會越大，R2（中間沒有沙子的寬度）則越小。
9. 濕沙可以在飽和食鹽水中形成中空圓環特殊形狀，R1 較清水中的大。
10. 濕沙不能在洗衣精水溶液中形成中空圓環特殊形狀。
11. 鐵砂可以在水中形成中空圓環特殊形狀，不過 R1 較一般濕沙小。
14. 濕沙由於壓力的關係會形成渦環運動，以至於在水中形成一個中空圓環特殊形狀。

捌、參考資料及文獻

1. 自然與生活科技，第三冊，康軒版。
2. 中堅月刊，第 249 期。
3. 維基百科(<https://en.wikipedia.org/wiki/Vortex-ring>)
4. 中華民國第 50 屆中小學科學展覽會作品說明書 水中的甜甜圈 作者:劉家伶、呂語蘋

【評語】 030117

1. 沙子形成圓環的題目很有新意，現象描寫呈現效果佳。
2. 模型設定恰當。
3. 實驗結果豐碩。

摘要

無意間將一團濕沙子往水裡丟，發現掉入水中後會形成一個環內部有一個圓，看起來有點像土星加上土星環的形狀。我們研究濕沙子的質量、顆粒大小及形狀，亦改變水的深度、不同的水溶液、濕沙子掉落高度等變因對沙子於水中成圓的影響。透過實驗發現，以上各種因素都會影響到沙子成圓的結果。為了更進一步了解沙子成圓的機制，我們透過高速攝影所得到的高速影像，發現濕沙子在水中落下的過程中，由於沙子上方壓力小而周圍壓力大，使得沙子形成了由外向圓內轉動的漩渦現象，沙子因此向外擴散而變大，中間形成中空圓環，落下至底部前都持續的變大，而漂浮於水中的沙子則最後掉落於圓環中間，以至於形成一個像土星加上土星環的形狀。

壹、研究動機

生活中，乾沙子掉入水中會越堆越高，但我們無意間將一團濕沙子往水裡丟，卻發現掉入水中後會形成一個環內部有一個圓，看起來有點像土星加上土星環，我們查遍所有的科展作品，沒有發現有人做過這樣的研究，於是我開始思考是什麼原理會讓沙子出現這樣的現象，但是當掉進水裡的是乾的沙子時，居然沒有形成一個圓，而是堆積在那裡。這時我就在想，是不是沙子的濕度不同，使得沙子在水中成形有所不同？我又想，是不是還有很多因素會影響沙的成形？也很好奇是什麼因素使沙子會有這樣一個特殊的形狀，上網也沒有找到我要的答案，於是就開始嘗試這個實驗。

貳、研究目的

- 一、探討乾、濕沙的不同是否會影響中空圓環特殊形狀的成形？
- 二、探討濕沙的落下高度是否會影響中空圓環特殊形狀的成形？
- 三、探討濕沙的形狀是否會影響中空圓環特殊形狀的成形？
- 四、探討濕沙的質量是否會影響中空圓環特殊形狀的成形？
- 五、探討水的深度和濕沙的質量的關係。
- 六、探討濕沙的顆粒大小是否會影響中空圓環特殊形狀的成形？
- 七、探討水溶液的不同是否會影響中空圓環特殊形狀的成形？
- 八、探討沙種類不同是否會影響中空圓環特殊形狀的成形？
- 九、探討為什麼會出現中空圓環特殊形狀？

參、研究設備與器材

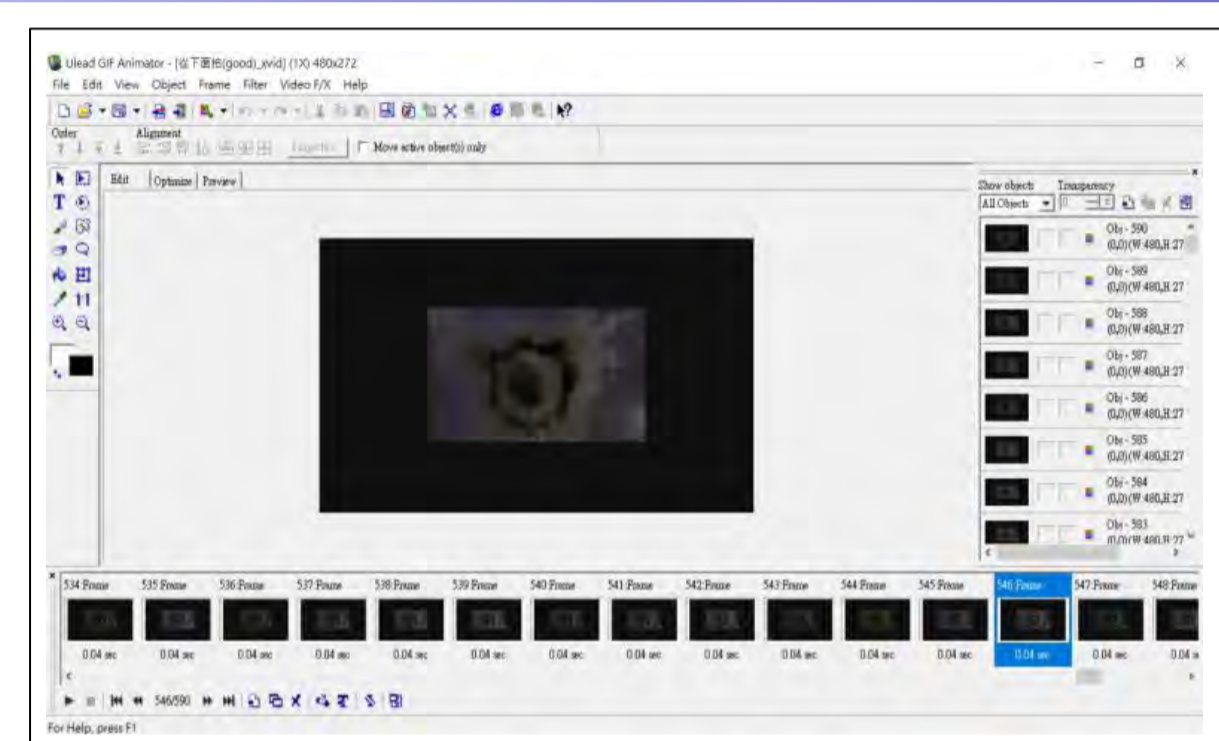
- 1、實驗所使用的器材：
盆子、沙子、電子秤、保鮮膜、鐵架、瓶蓋口、燒杯、高速攝影機、角鋼、魚缸、檯燈、溫度計。
- 2、水溶液溶質：
清水、飽和食鹽水(食鹽+清水)、1%洗衣精水(洗衣精+水)



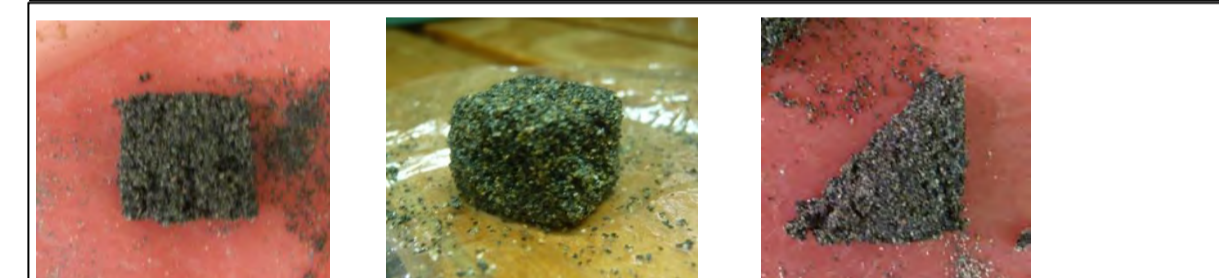
圖一、透明魚缸、不同顆粒大小的沙子、電子秤、錄影機。



圖二、利用角鋼將魚缸架起來，可以方便進行實驗觀察及攝影。



圖三、Ulead GIF Animator 5軟體



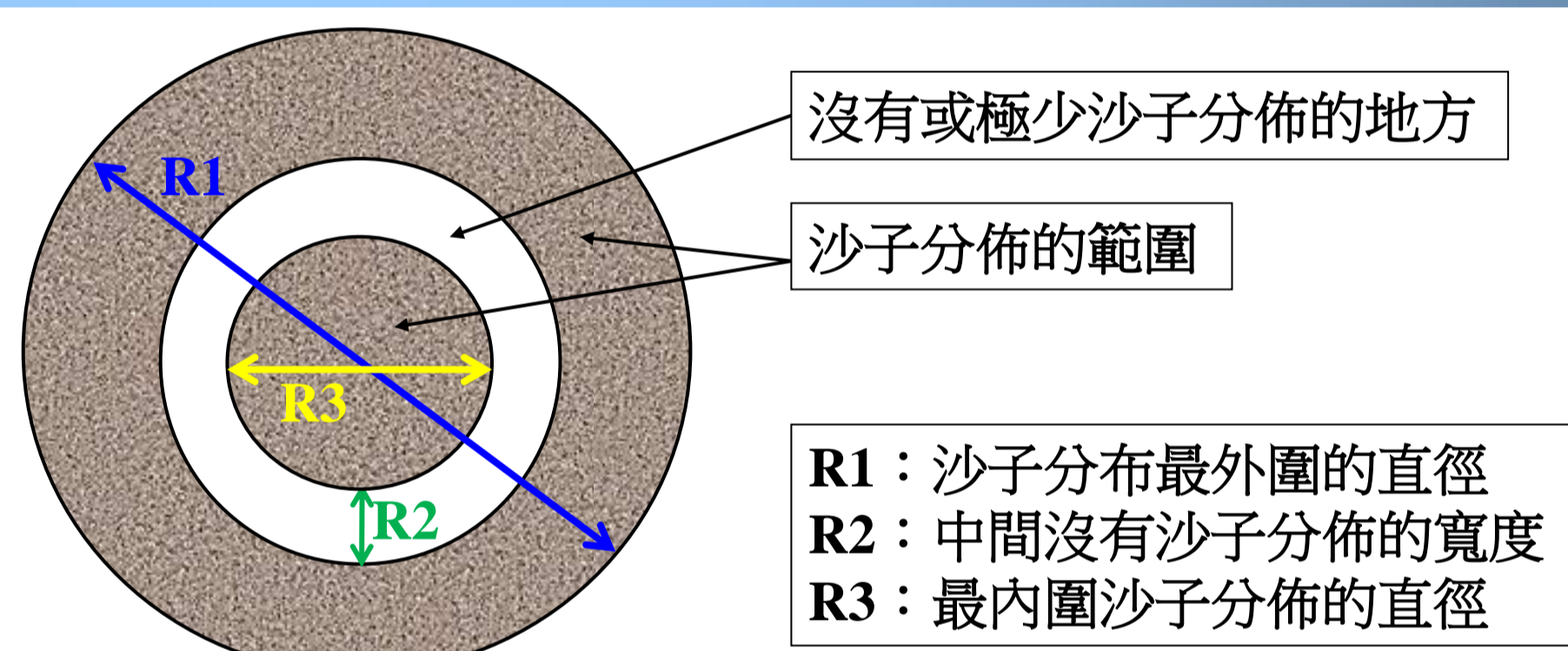
圖四、不同濕沙子的形狀

肆、實驗結果與討論

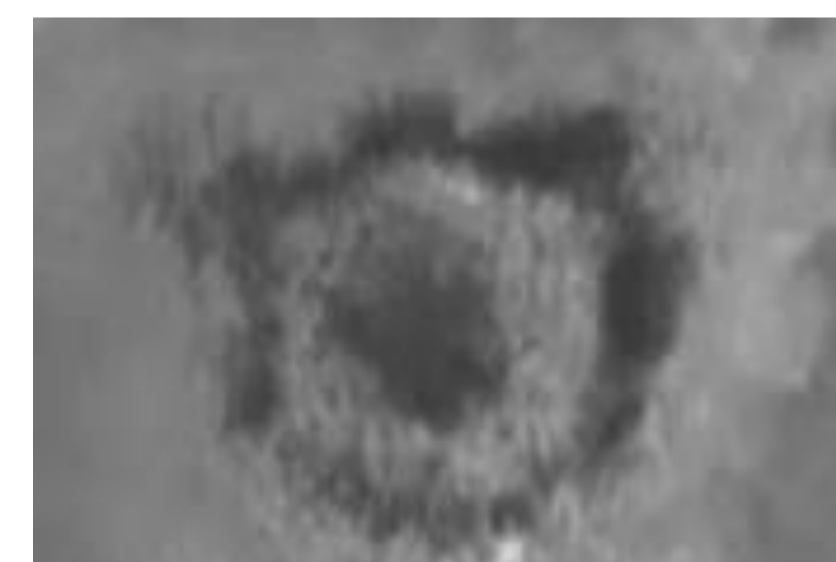
一、實驗一：嘗試乾濕沙子是否能在水中成圓？

- 1、先裝6公分深的水，架好鐵架。
- 2、量出沙子的質量，再用保鮮膜包好搓圓，用鐵架從離水面5公分處倒下去。

觀察的現象：當有出現R2的環狀構造(此環狀分布的砂子極少)時，才能算是成功，如圖六。



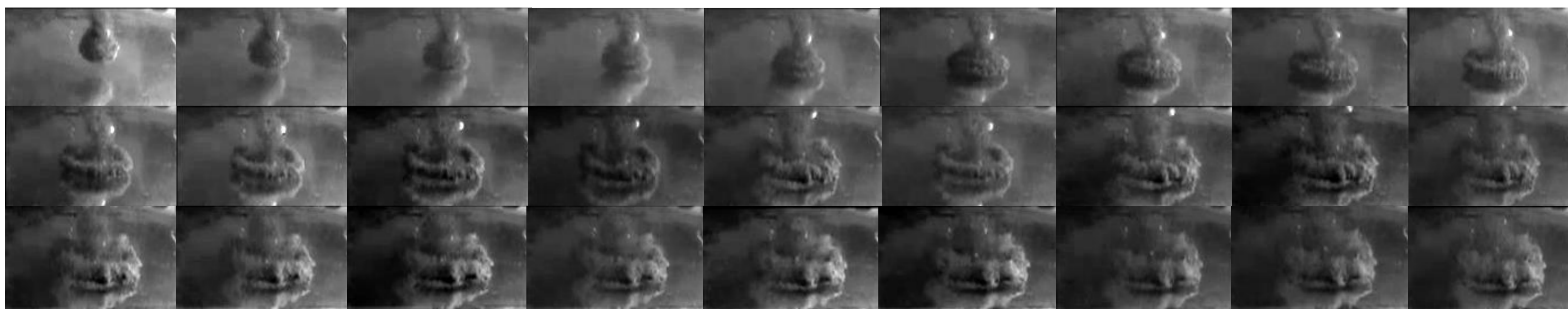
圖五：沙子分佈圖



圖六：實際圖形

二、實驗二：利用高速攝影探討沙子成圓。

(一)側拍：



(二)由下方往上拍攝：

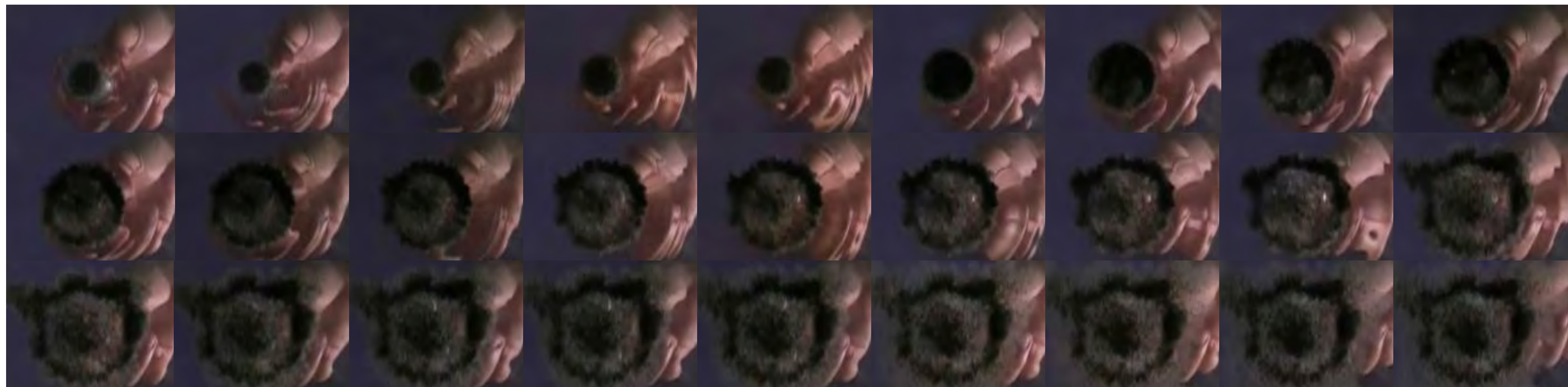
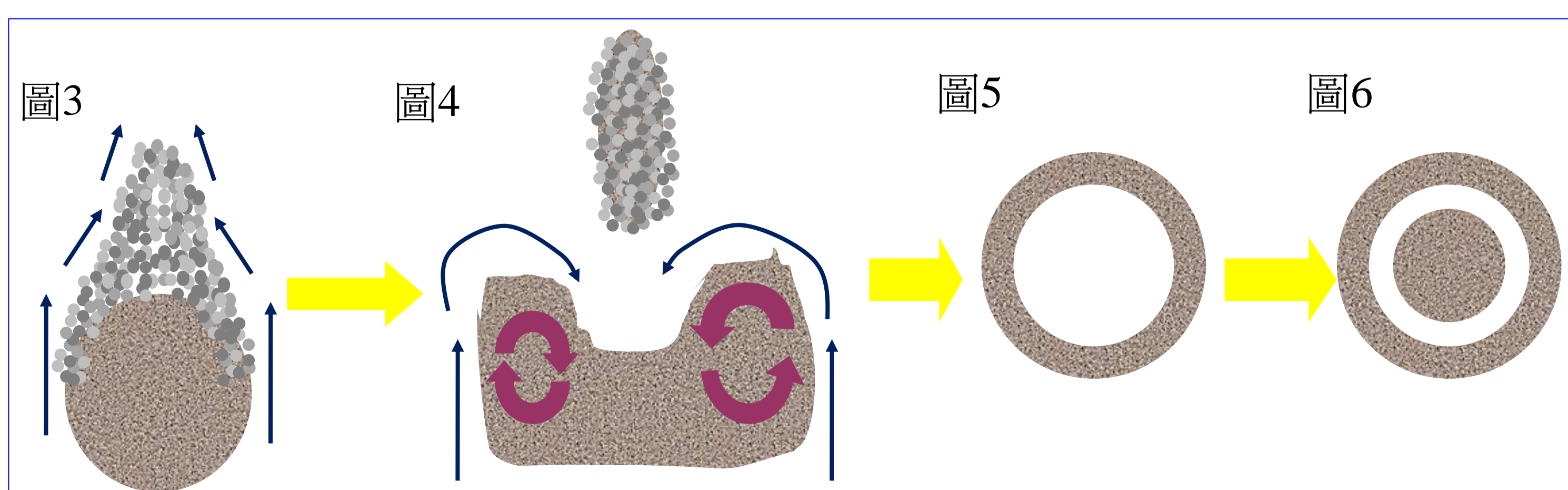


圖3說明：濕沙剛掉進水中時，四周的沙子有一部分會被沖到上面。

圖4說明：四周的水流流速較快，壓力較小；中間的水流流速較慢，壓力較大，造成一股由內往外的力量，使濕沙會慢慢往外移動並且轉動。

圖5說明：離盆子底部較近的濕沙會先撞到底部，並快速往外擴大，形成一個圓。

圖6說明：而一開始被沖到上面的濕沙會慢慢落下，並在環的中間形成一個圓。



討論與分析：

透過高速攝影機的攝影，讓我們可以清楚的觀看濕沙在水中形成中空圓環特殊形狀的過程。我們發現當濕沙掉入水中時，會被水流將四周的少部分沙往外沖，讓那些沙聚集在上方；而下方的沙會因為沙子外圍水流流速快，壓力小，而沙子的中間水流流速慢，壓力大，使沙子會往外擴大並向中間捲動，形成特殊的渦環運動。而較下方的濕沙會先撞到盆子底部，並快速往外擴大，在盆子底部形成一個環，而那些一開始被沖到較上方的濕沙則會慢慢落下，掉到環的正中間，形成一個中空圓環特殊形狀。

三、實驗三：沙子的落下高度是否會影響沙子在水中形成中空圓環形狀？

我們將水固定在6公分，沙子顆粒大小不變，質量2g，然後改變「濕沙掉落的高度」，我們用2、4、6、8、10公分的掉落高度來測試。

實驗結果：

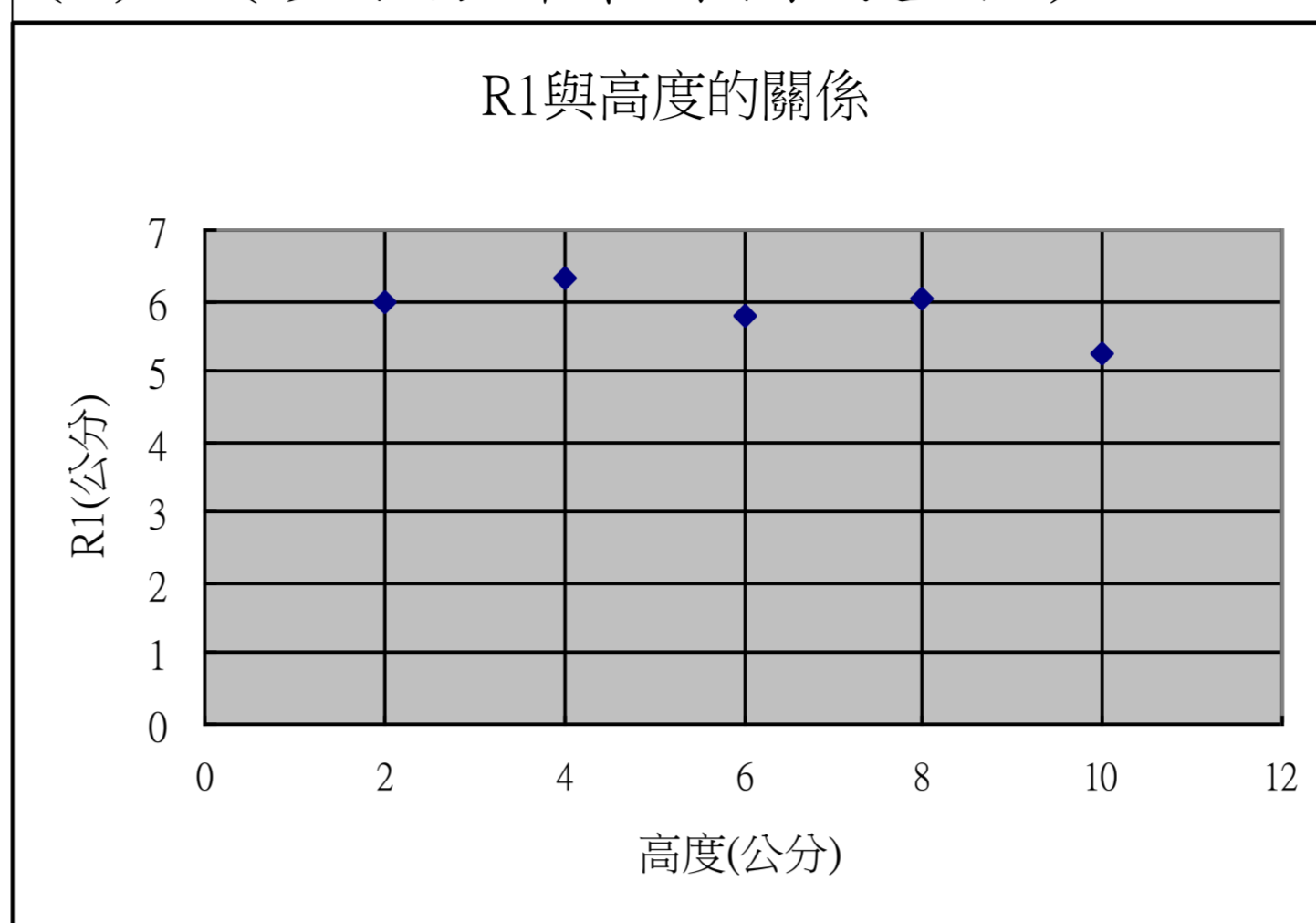
從實驗的數據中，我們發現濕沙的落下高度對濕沙成圓沒有很明顯的影響，R1及R3的值都差不多，所以我們判斷濕沙成圓和降落高度並沒有一定的關係。

分析與討論：

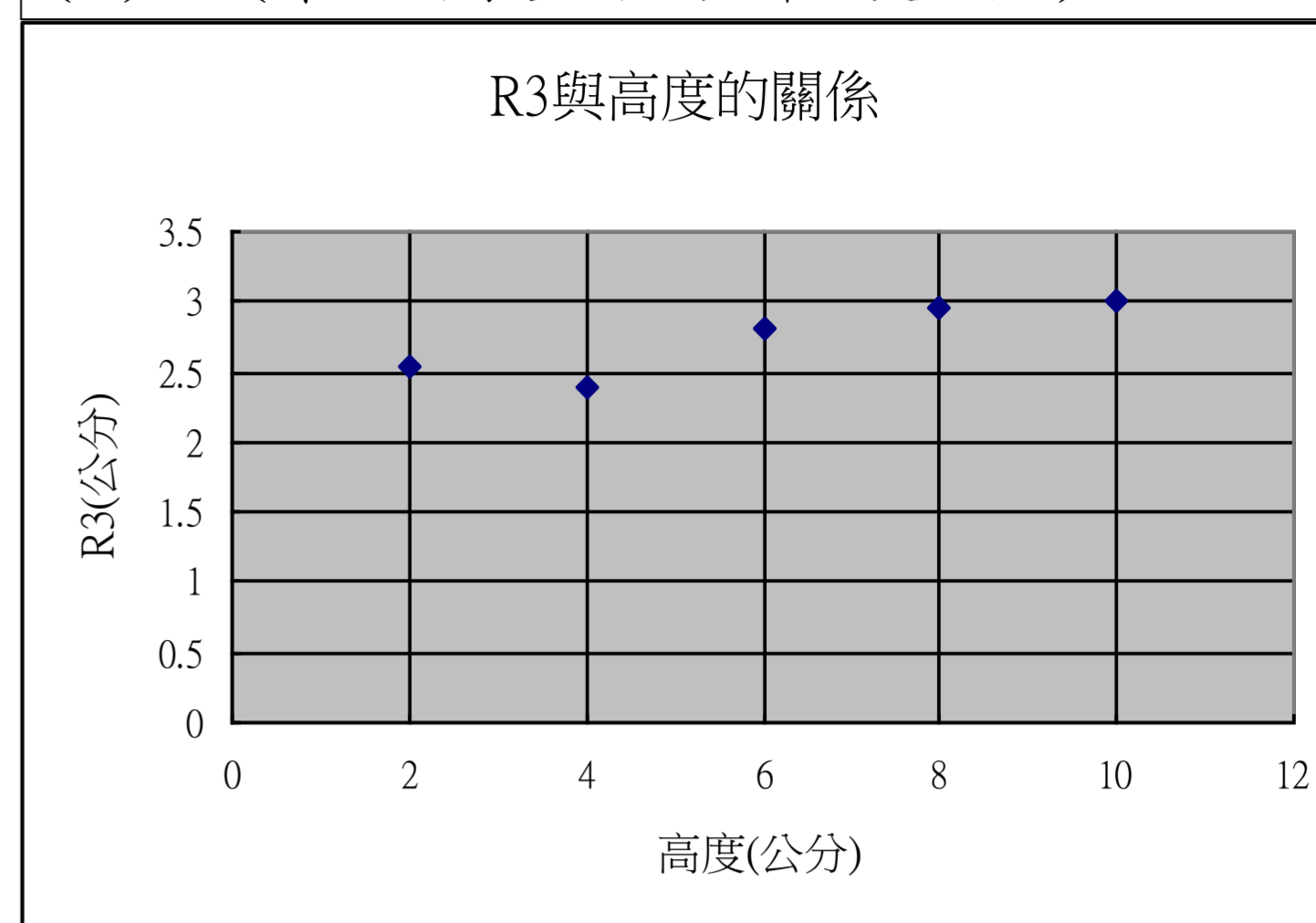
從R1的趨勢圖中，發現R1(沙子分佈最外圍的直徑)的最大值發生在降落高度4cm，而在降落高度8cm處也有微微變大，雖然沙子落下高度的不同使R1有變大或變小，但卻沒有一定的規律。

從R3的趨勢圖中，發現R3(最內圍沙子分佈的直徑)除了4cm時有下降之外，其他的從2cm到10cm都有微微的上升。

(1)R1(沙子分佈最外圍的直徑)



(3)R3(最內圍沙子分佈的直徑)



四、實驗四：探討水的深度是否會影響沙子在水中形成中空圓環特殊形狀？

濕沙落下高度為5cm、顆粒大小40、水深5cm、質量6g。改變水的深度，分別為5~10公分。

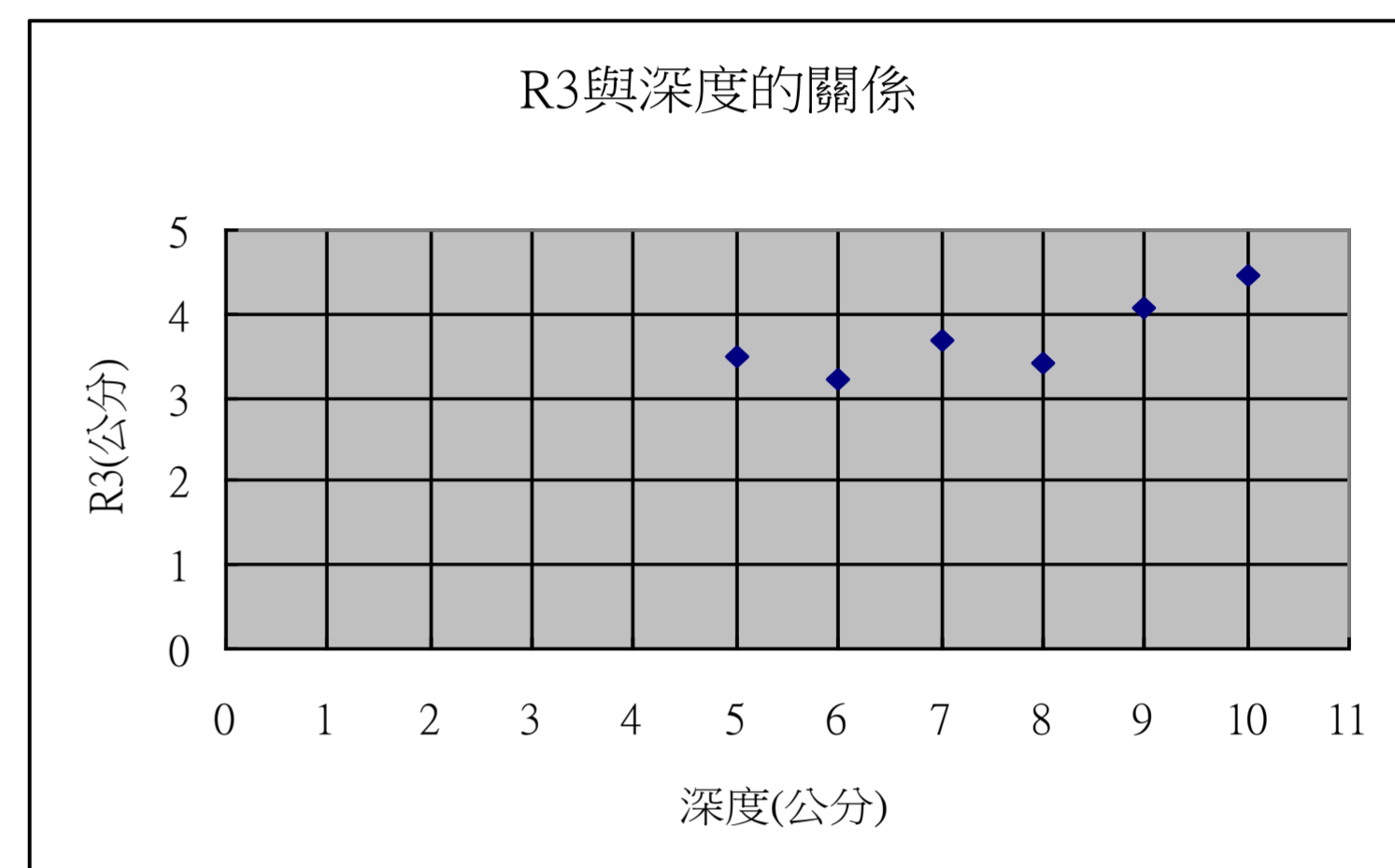
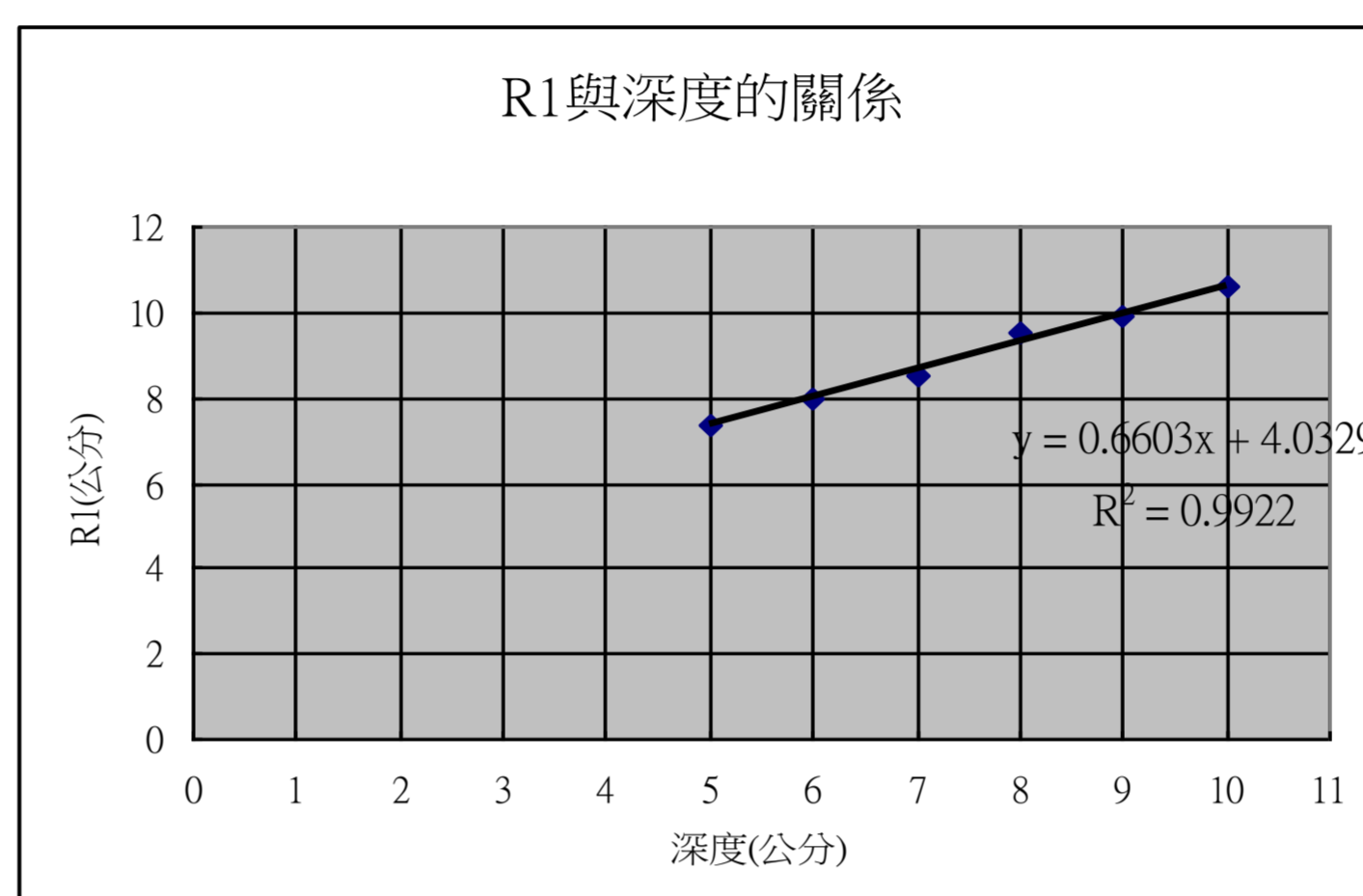
實驗結果：

我們發現當水深越來越深時，沙子也會擴大的越來越寬了，我們判斷水越深，使得渦環逐漸增加它的直徑。

分析與討論：

從R1的變化趨勢中，很明顯地看到，當水的深度逐漸增加時，濕沙落到液面下所形成的R1(沙子分佈最外圍的直徑)也逐漸的變大，我們認為這是因為濕沙落到液面下之後，會有擴大的趨勢，當深度越深時，沙子擴大的時間就會比較久，以致距離跑得比較遠，因此R1會較大。

從R3的趨勢圖來看，我們可以發現當水越深時R3(最內圍沙子分佈的直徑)的部分並沒有明顯的規律，因此我們可以判斷，水的深度對R3並沒有明顯的影響。



五、實驗五：探討沙子的形狀會在水中成何種形狀分布？

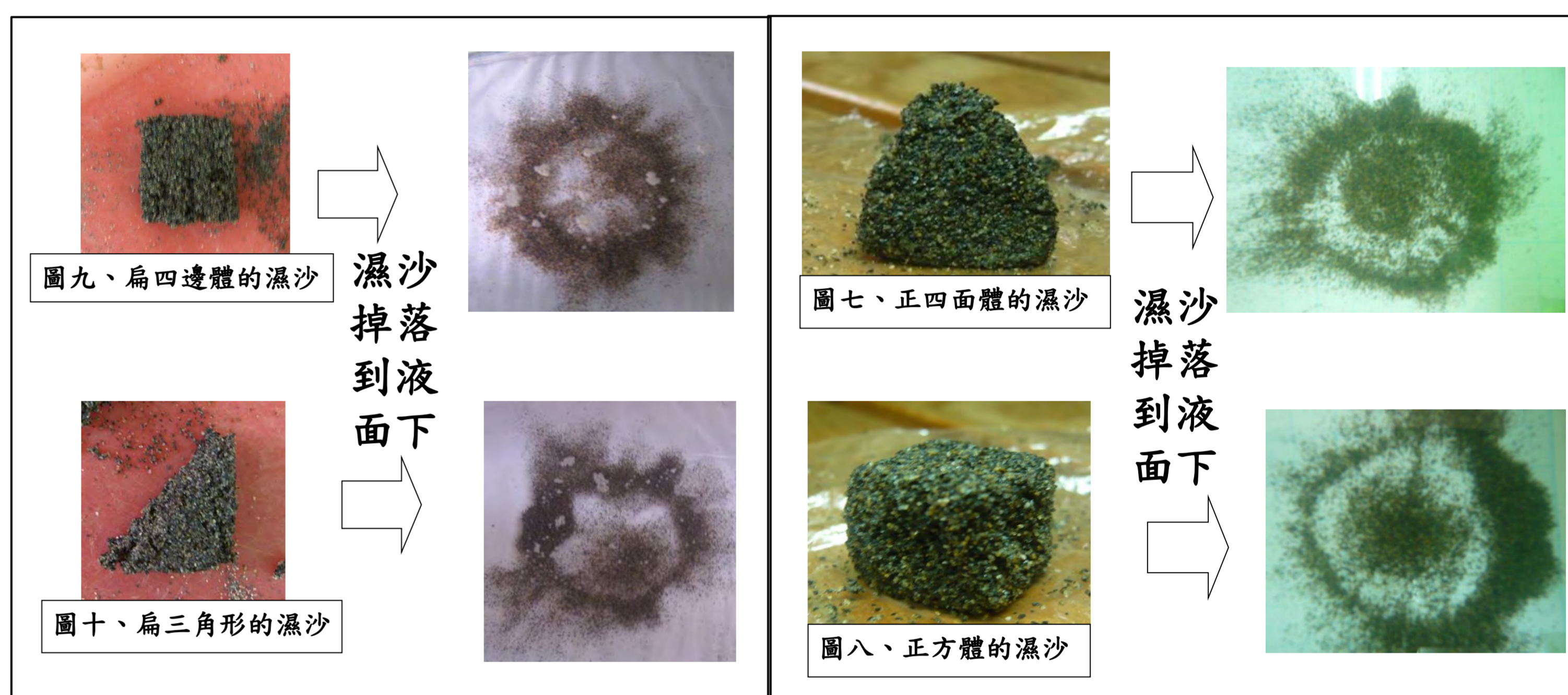
濕沙落下高度為5cm、顆粒大小40、水深6cm、重量2g。

實驗結果：

我們量了2g的濕沙子，並用保鮮膜捏出各種形狀，例如：三角形、正方形，但我們實驗後發現，當濕沙透過鐵架掉入水中後，形成的形狀仍然是圓形，所以我們覺得濕沙在水中成圓的狀態，跟形狀並沒有任何關聯。

分析與討論：

從實驗結果中發現，不管將濕沙捏成何種形狀，再從離水面5cm的高度丟進6cm深的水裡，落到液面下之後，濕沙的輪廓仍是和捏圓形的一樣。值得注意的是，仍會產生中空圓環特殊形狀。本來我們猜測，三角形的會在水中形成三角形、四邊形會在水中形成四邊形，但最後卻都還是圓形。



六、實驗六：沙子的質量是否會影響沙子在水中形成中空圓環特殊形狀？

濕沙落下高度為5cm、顆粒大小40、水深6cm。我們採用了分別2g、4g、6g、8g、10g的質量，來測試濕沙的質量是否會影響濕沙子成圓。

實驗結果：

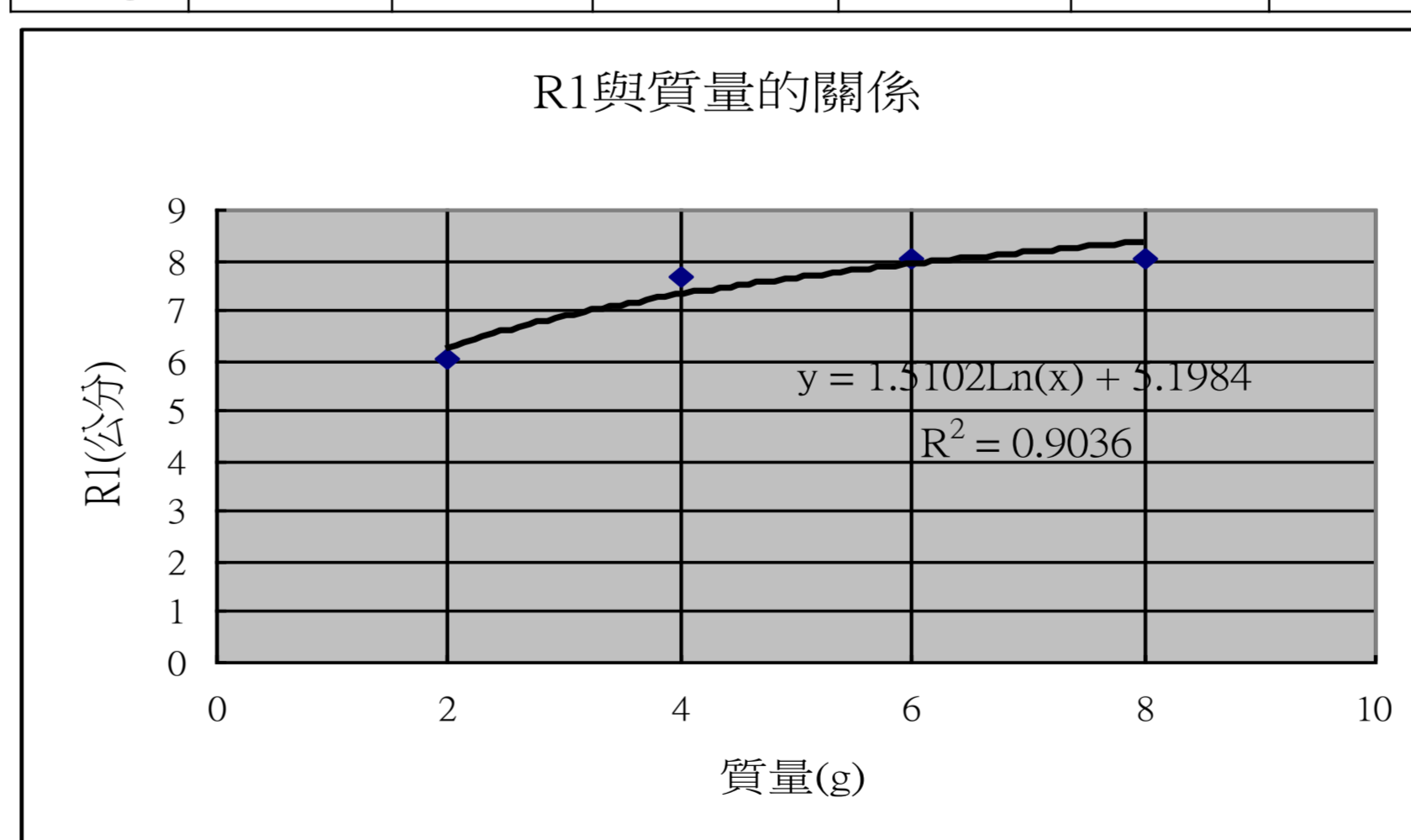
我們發現質量越大的濕沙子，越不容易成功，因為質量反而中心更重，掉入水中的速度越快，形成的圓就比較不明顯，或是沒有成功。

分析與討論：

我們固定以6公分深度的水，將經過適當的水所調配的濕沙子從離水面上5公分處丟入水中，我們分別量出2公克，4公克，6公克，8公克，10公克的濕沙子，並利用保鮮膜把濕沙子揉成一顆球狀，我們發現到8公克為止，濕沙子都能很完整的形成一個中空圓環特殊形狀，但10公克以上便不再那麼明顯了，我們還發現R1(沙子分佈最外圍的直徑)和R3(最內圍的沙子分佈直徑)明顯地隨著沙子的質量變大而有變化，R1是隨著質量的變大直徑有明顯的增加，而R3則是先變大後再變小，而R1可能是因為質量較大，所以捏成的球狀就越大，因此形成的中空圓環特殊形狀也越大。

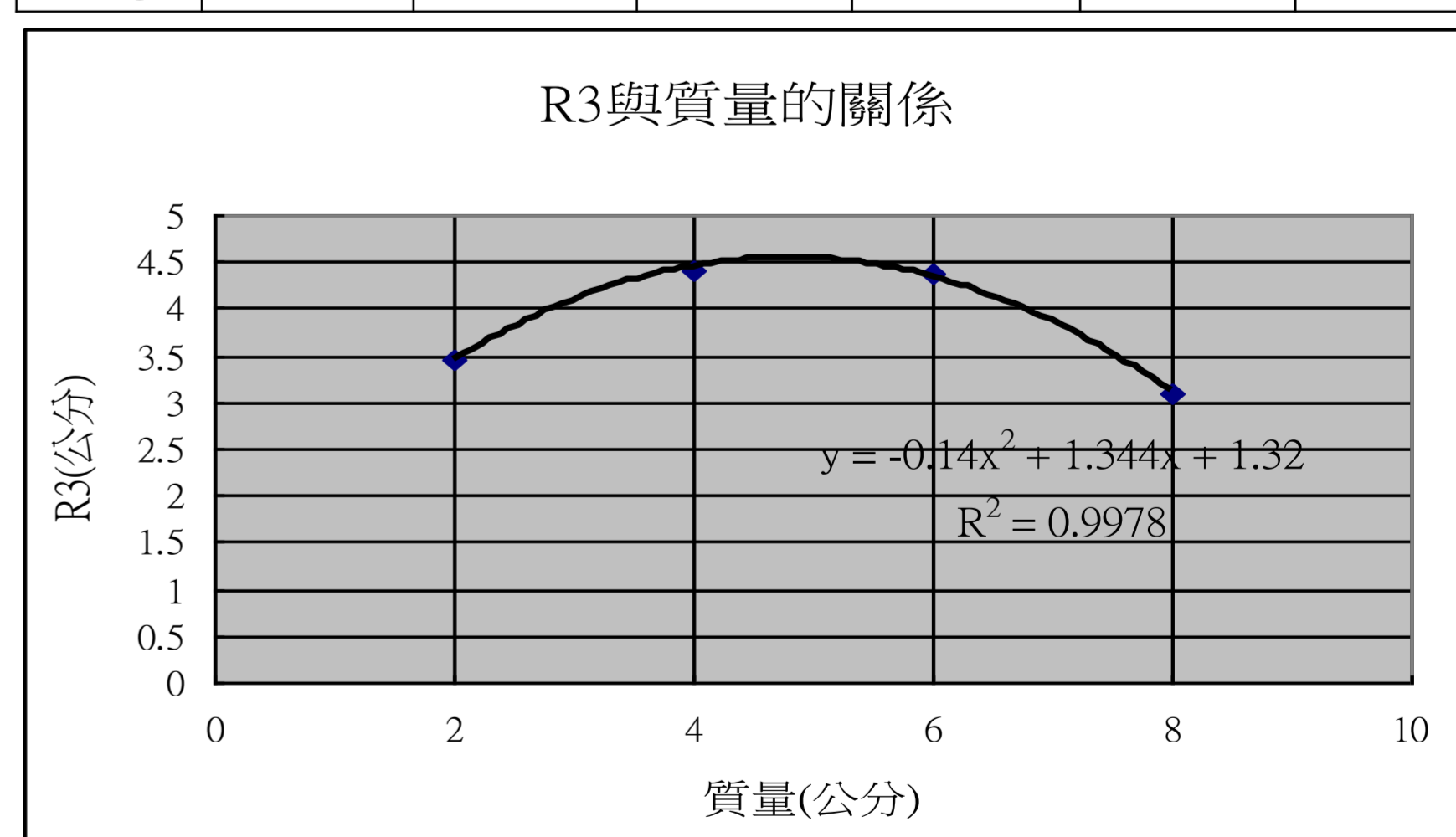
(1)R1(沙子分佈最外圍的直徑)

| 次數 | 第1次 | 第2次 | 第3次 | 第4次 | 第5次 | 平均 |
|-----|------|------|------|------|------|------|
| 2g | 5.83 | 5.96 | 5.81 | 6.21 | 6.39 | 6.04 |
| 4g | 7.65 | 7.72 | 7.52 | 7.80 | 7.56 | 7.65 |
| 6g | 8.02 | 8.05 | 7.86 | 8.15 | 8.09 | 8.03 |
| 8g | 8.02 | 8.11 | 8.05 | 7.98 | 8.12 | 8.06 |
| 10g | 不成功 | 不成功 | 不成功 | 不成功 | 不成功 | 無 |



(3)R3(最內圍沙子分佈的直徑)

| 次數 | 第1次 | 第2次 | 第3次 | 第4次 | 第5次 | 平均 |
|-----|------|------|------|------|------|------|
| 2g | 3.51 | 3.42 | 3.52 | 3.38 | 3.45 | 3.46 |
| 4g | 4.25 | 4.20 | 4.32 | 4.14 | 4.31 | 4.24 |
| 6g | 4.26 | 4.53 | 4.32 | 4.54 | 4.27 | 4.38 |
| 8g | 2.96 | 3.12 | 3.05 | 3.22 | 3.15 | 3.10 |
| 10g | 不成功 | 不成功 | 不成功 | 不成功 | 不成功 | 無 |



七、實驗七：探討水的深度和濕沙的質量對濕沙在水中成圓的影響

水深5、6、7cm，掉落高度為5cm，顆粒大小40。我們用三種不同的水深，再從1g的濕沙開始實驗，直到無法成功為止。

實驗結果：當濕沙質量越大時，就需要越深的水來實驗，否則就不會成功，因此水越深可以成功的範圍就越大，但如果水太深而質量太小的話，便不會成功。

分析與討論：

我們以不同的水深與不同的濕沙質量來實驗，分別用5、6、7公分的水深與1g~無法成功為止的濕沙質量。我們發現，水越深可以成功的濕沙質量就越大，相反的質量越大在越淺的水中就不易成功，但如果水太深而質量太小的話，也不會成功。我們猜想應該是因為質量越大要讓濕沙在水中往內轉動並慢慢往外擴大就越不容易，而水太淺的話就沒有足夠的深度來讓濕沙往內轉動並慢慢往外擴大，因此質量越重就需要越深的水來使濕沙形成中空圓環特殊形狀，越深的水也越容易讓濕沙在中形成中空圓環特殊形狀。

| 水深(cm) | 可成功的質量範圍 |
|--------|----------|
| 5cm | 1g~4g |
| 6cm | 1g~9g |
| 7cm | 2g~12g |

八、實驗八：探討不同顆粒大小的沙子是否也會在水中形成中空圓環特殊形狀？

濕沙子的質量為2g，掉落高度為5cm，水深為6cm。

實驗結果：

透過實驗我們發現顆粒大小80都沒有成功，從20到40有變大的趨勢，但不是很明顯，所以整體上來講顆粒大小對沙子成圓並沒有太大的關係。

分析與討論：

透過實驗我們發現顆粒大小80的沙子不容易在水中形成中空圓環特殊形狀，如果從顆粒大小20(粗)到40(細)的數據看來R1(沙子分布最外圍的直徑)跟R3(最內圍的沙子分布直徑)有明顯的變大，而R2(中間沒有砂子的寬度)卻變小了，但如果是從整個中空圓環特殊形狀來看的話，從顆粒大小20到40是有明顯變大的趨勢。

(1)R1(沙子分佈最外圍的直徑)

| 顆粒大小 | 第1次 | 第2次 | 第3次 | 第4次 | 第5次 | 平均 |
|------|------|------|------|------|------|------|
| 20 | 5.52 | 5.56 | 5.62 | 5.54 | 5.50 | 5.55 |
| 40 | 5.83 | 5.96 | 5.81 | 6.21 | 6.39 | 6.04 |
| 80 | 不成功 | 不成功 | 不成功 | 不成功 | 不成功 | 無 |

(3)R3(最內圍沙子分佈的直徑)

| 顆粒大小 | 第1次 | 第2次 | 第3次 | 第4次 | 第5次 | 平均 |
|------|------|------|------|------|------|------|
| 20 | 2.35 | 2.46 | 2.43 | 2.44 | 2.36 | 2.41 |
| 40 | 3.51 | 3.42 | 3.52 | 3.38 | 3.45 | 3.46 |
| 80 | 不成功 | 不成功 | 不成功 | 不成功 | 不成功 | 無 |

九、實驗九：探討水溶液成分是否會影響沙子形成中空圓環特殊形狀？

濕沙子的質量6g，顆粒大小40，掉落高度為5cm，水深為5cm(3000ml)。

實驗結果：

我們分別用了兩種不同水溶液來做這個實驗。我們分別用了飽和食鹽水溶液和1%的洗衣精水溶液，並來觀察濕沙子在兩種水溶液中成圓的狀態。

(一)一般自來水溶液

(1)R1(沙子分佈最外圍的直徑)

| 質量 | 第1次 | 第2次 | 第3次 | 第4次 | 第5次 | 平均 |
|----|------|------|------|------|------|------|
| 6g | 7.50 | 7.50 | 7.05 | 7.50 | 7.00 | 7.31 |

(3)R3(最內圍沙子分佈的直徑)

| 質量 | 第1次 | 第2次 | 第3次 | 第4次 | 第5次 | 平均 |
|----|------|------|------|------|------|------|
| 6g | 3.20 | 3.80 | 3.40 | 3.50 | 3.20 | 3.42 |

(二)飽和食鹽水溶液

(1)R1(沙子分佈最外圍的直徑)

| 質量 | 第1次 | 第2次 | 第3次 | 第4次 | 第5次 | 平均 |
|----|------|------|------|------|------|------|
| 6g | 8.00 | 8.20 | 8.10 | 8.30 | 8.00 | 8.12 |

(3)R3(最內圍沙子分佈的直徑)

| 質量 | 第1次 | 第2次 | 第3次 | 第4次 | 第5次 | 平均 |
|----|------|------|------|------|------|------|
| 6g | 3.00 | 3.00 | 3.20 | 3.00 | 2.90 | 3.02 |

(三)1%洗衣精水溶液：

當濕沙子碰到1%洗衣精溶液的水面時，並沒有形成中空圓環特殊形狀，因此視為不成功。

| 質量 | 第1次 | 第2次 | 第3次 | 第4次 | 第5次 | 平均 |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 6g | 不成功 | 不成功 | 不成功 | 不成功 | 不成功 | 不成功 |

分析與討論：

這個實驗我們一共嘗試三種溶液：飽和食鹽水、一般自來水、1%洗衣精水溶液。實驗結果呈現，1%洗衣精水溶液無法讓濕沙在水中形成中空圓環特殊形狀，而濕沙在飽和食鹽水溶液中形成的中空圓環特殊形狀的R1(沙子分布最外圍的直徑)則比在一般自來水中所形成的R1來得大。所以我們認為，溶液的表面張力對是否形成中空環狀特殊形狀分布的機制產生影響。至於如何影響，是我們還要進一步探討的地方。

十、實驗十：探討鐵砂是否能在水中形成中空圓環特殊形狀？

濕鐵砂的質量為6g，掉落高度為5cm，水深為5cm。我們拿鐵砂和普通的濕沙來做比較，並觀察鐵砂是否能在水中成圓。

(1)R1(沙子分佈最外圍的直徑)

| | 第1次 | 第2次 | 第3次 | 第4次 | 第5次 | 平均 |
|------|------|------|------|------|------|------|
| 鐵砂 | 6.00 | 6.00 | 5.85 | 6.00 | 6.00 | 5.97 |
| 一般濕沙 | 7.50 | 7.50 | 7.05 | 7.50 | 7.00 | 7.31 |

(3)R3(最內圍沙子分佈的直徑)

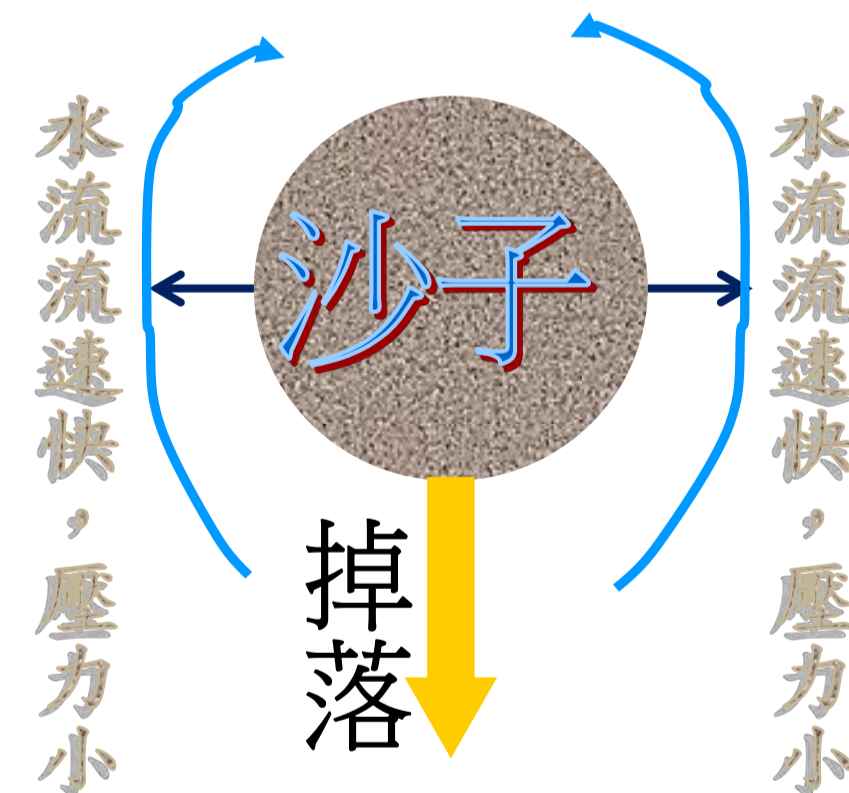
| | 第1次 | 第2次 | 第3次 | 第4次 | 第5次 | 平均 |
|------|------|------|------|------|------|------|
| 鐵砂 | 3.85 | 4.00 | 3.90 | 4.00 | 4.00 | 3.95 |
| 一般濕沙 | 3.20 | 3.80 | 3.40 | 3.50 | 3.20 | 3.42 |

分析與討論：

透過實驗我們可以知道鐵砂可以在水中成圓，透過和一般濕沙的比較，我們發現在相同的高度、質量、水深的情況下，鐵砂形成中空圓環特殊形狀的大小明顯的和一般濕沙有差別，鐵砂形成中空圓環特殊形狀後的R1(沙子分布最外圍的直徑)的平均是5.97公分，一般濕沙的R1平均是7.30公分，足足比一般濕沙的少了1.33公分，而R2(中間沒有砂子的寬度)則是比一般濕沙少了0.77公分，但R3(最內圍的沙子分布直徑)沒有變小，反而變大了，我們猜測這是因為鐵砂比一般的濕沙較無法被捏成一個球形，因此沒有那麼的緊，剛掉入水中時就會有較多的鐵砂被沖到較上方以至於在較下方往中間轉動並往外擴大的鐵砂較少，因此後來形成的中空圓環特殊形狀才會產生R1、R2較小而R3較大的情形。

十一、為何沙子能在水中成圓？

透過高速攝影機的攝影，讓我們可以更進一步的觀看濕沙如何在水中形成中空圓環特殊形狀。透過影片這個渠道，我們發現濕沙在水中形成中空圓環特殊形狀的過程是當濕沙剛掉入水中時，會被水流先沖一部分到較上方，而較下方的那些濕沙則會因為沙子四周的水流流速較快，壓力較小；相對的，沙子中間的水流較慢，壓力也較大，所以沙子就會往外慢慢擴大，並且向中間轉動，形成了渦環運動。當正在往中間轉動並慢慢往外擴大的濕沙撞到盆子底部時，就會快速的往外擴大，並在盆子底部形成一個環，最後，一開始被沖到上方的濕沙就會往下掉在環的中間，形成一個中空圓環特殊形狀。



伍、結論

1. 成功的定義：濕沙在水中成一個中空的圓環，圓環內還存在一個圓。
2. 濕沙可以在水中形成中空圓環特殊形狀，乾沙不行。
3. 濕沙形成中空圓環特殊形狀時，先形成最外面的環再形成中間的圓。
4. 濕沙的掉落高度越高，所形成中空圓環特殊形狀的R1跟R2有變大的趨勢。
5. 隨著水的深度越深，中空圓環特殊形狀的R1跟R3會變得越來越大。
6. 不管把濕沙捏什麼形狀，掉入水中後都是圓形。
7. 當濕沙的質量超過10g(含)，便不易在水中形成中空圓環特殊形狀。
8. 顆粒大小80的濕沙不易在水中形成中空圓環特殊形狀，沙子越細R1跟R3會越大，R2則越小。
9. 濕沙可以在飽和食鹽水中形成中空圓環特殊形狀，R1較清水中的大。
10. 濕沙不能在洗衣精水溶液中形成中空圓環特殊形狀。
11. 鐵砂可以在水中形成中空圓環特殊形狀，不過R1較一般濕沙小。
12. 濕沙由於壓力的關係會形成渦環運動，以至於在水中趨勢(4cm和8cm除外)，R3卻是漸漸變小(4cm除外)。

陸、參考資料

1. 自然與生活科技，第三冊，康軒版。
2. 中堅月刊，第249期。
3. 維基百科(<https://en.wikipedia.org/wiki/Vortex-ring>)
4. 中華民國第50屆中小學科學展覽會作品說明書 水中的甜甜圈 作者:劉家伶、呂語蘋