

2024年臺灣國際科學展覽會 優勝作品專輯

作品編號 160026
參展科別 物理與天文學
作品名稱 氣泡的作用範圍與氣泡性質的關係-氣泡的實際應用

就讀學校 國立屏東高級中學
指導教師 王永和
作者姓名 林耕玄、黃子恩

關鍵詞 荷蘭卡特維克小鎮海岸剋星計畫、氣泡的作用範圍與氣泡性質的關係

作者簡介



我們是來自國立屏東高級中等學校的林耕玄和黃子恩，我們兩個在高二時期，發現彼此都非常喜歡物理內容，也在此時決定一起製作以解決海洋環境為主題的科展作品。在製作作品的過程，經歷了許多的挫折，在不斷的克服問題和修改研究內容中，讓我們不斷地進步及成長，讓我們能進入此次2024臺灣國際科展的物理與天文學科，期待能在此和來自各地的精英們交流研究心得。我們也很感謝一路陪著我們進步和教導的指導老師王永和老師。

摘要

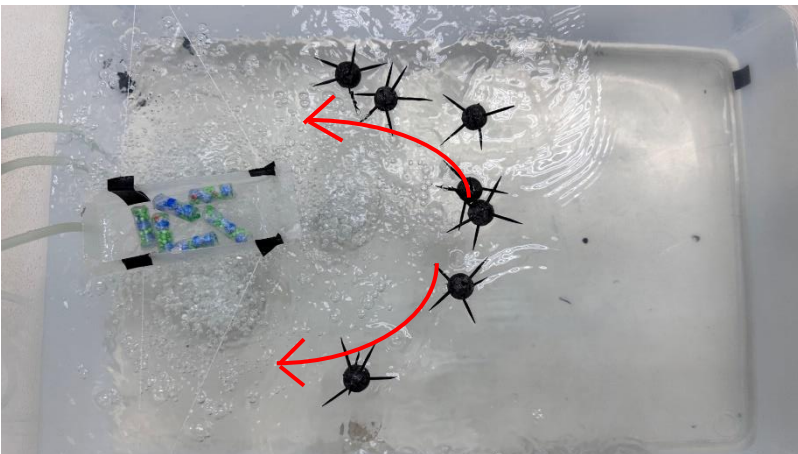
現今的海洋環境問題及海上國防安全問題已成為現代人密切關注的焦點，為了解決每年 800 萬噸的垃圾流入海洋和烏俄戰爭的黑海水雷，我們設計了氣泡牆攔截河道垃圾及排除船艦周圍的飄浮式水雷；為了解氣泡牆攔截垃圾的效果，以及氣泡系統對水雷的推開程度，我們設計以下三組實驗：打氣深度與作用範圍的關係、氣泡排放量與作用範圍的關係、水流的偏折角與瞄準誤差關係。當氣泡牆與物體速度方向夾 45 度角時，可以由水流的偏折角與瞄準誤差的關係式得知，兩氣泡中心的間距約在 10cm 時擁有最佳經濟效益。在製作排除水雷的氣泡牆時，根據打氣深度的關係式得知，打氣深度越深越符合經濟效益。依照氣泡排放量的關係式得出，以上兩組氣泡應用在氣泡排放量 4L/min 時最符合經濟效益。我們依照實驗數據找出最符合經濟效益的各項氣泡牆參數，以解決海洋垃圾問題及飄浮式水雷的威脅。

Abstract

Today's marine environmental issues as well as maritime defense and security issues have become the focus of modern people's close attention. In order to solve the problem of 8 million tons of garbage flowing into the ocean every year and the Black Sea floating naval mines caused by the Ukraine-Russia war, we designed bubble walls to intercept river garbage and remove naval mines around ships. In order to understand the effect of the bubble wall on intercepting garbage and the extent to which the bubble system pushes away the naval mines, we designed the following three sets of experiments: the relationship between the exhaust depth and the scope of action, the relationship between the bubble emission volume and the scope of action, and the relationship between the water flow, and the relationship between the deflection angle of the water flow and the aiming error. When the bubble wall forms an angle of 45 degrees with the object's velocity direction, it can be known from the relationship between the deflection angle of the water flow and the aiming error that the best economic benefits will be achieved when the distance between the centers of the two bubbles is about 10cm. When making a bubble wall to eliminate naval mines, according to the relationship between the exhaust depth, it is known that the deeper the exhaust depth is, the more economical it can be. According to the relationship formula between bubble discharge volume, the above two groups of bubble applications are most economically beneficial when the bubble discharge volume reaches 4L/min. Based on the experimental data, we find the most cost-effective bubble wall parameters that can solve the problem of marine debris and the threat of floating naval mines.

壹、研究動機

現在已是一個靠著國際貿易進行各國專業分工的時代，所以海洋的環境問題及海上國防安全問題也成為現代人密切關注的焦點，所以我根據聯合國 17 項永續發展目標中提及的目標 14 (Life Below Water: 保育、復育海洋生態系統，減少海洋污染和過度捕撈，促進海洋生態環境的永續發展。) 和目標 17 (Peace, Justice and Strong Institutions: 建立強大的機構，促進社會穩定和永續發展。) ，想出以下兩種氣泡實際應用。應用一: 因為近年來每年的海洋垃圾量皆高達 800 萬噸，所以我以荷蘭卡特維克小鎮的海岸剋星計畫出發想在各個河道利用氣泡構建一個氣泡牆，以達到最佳的效益來防止河川垃圾進入大海，這樣既可以有效的減少海洋垃圾逐年的增加量，也不會為了防止垃圾進入大海，而造成船隻進出海港的不便。應用二: 因為最近爆發的烏俄戰爭，黑海中有許多漂浮式的水雷，我們將氣泡系統與船隻結合，我的設計是在船側加裝氣泡系統將船身附近的水雷推開，能夠結合作用範圍得知如何架設氣泡牆阻擋水雷，使各國艦艇可以安全地在海面上行駛，不受他國威脅已達到促進社會穩定的目標。



圖一之三：

水雷移動路線

貳、研究目的

1. 分析出氣泡的作用範圍與氣泡性質的關係：

(1) 氣泡的作用範圍與打氣深度的關係

(2) 氣泡的作用範圍與氣泡排放量的關係

2. 氣泡推力強度探究：

(1) 氣泡推力與中心距的關係

(2) 氣泡推力與氣泡作用範圍的關係

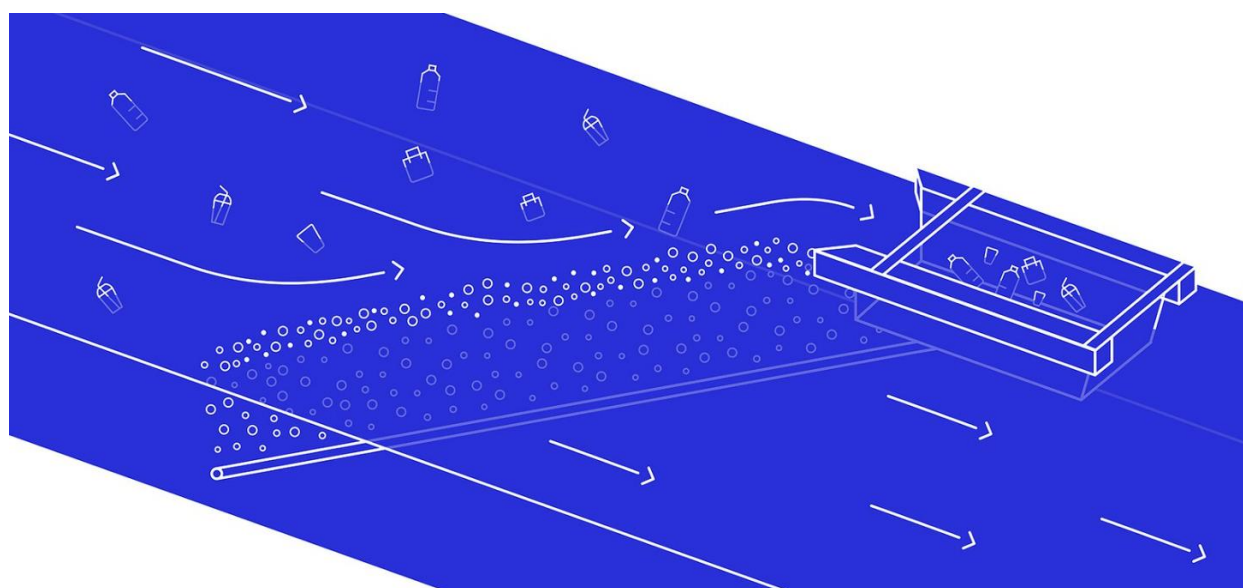
3. 垃圾的瞄準誤差與偏折角的探討

4. 氣泡的實際應用：

在何種參數下最符合經濟效益

利用氣泡作用範圍的推力，在最佳效益下，將垃圾推入集中網裡

在船身加裝氣泡帶，靠氣泡作用範圍給的推力，在最佳效益下，將水雷排開



圖一之四：氣泡作用範圍的推力將垃圾推入集中網裡的示意圖

參、設備及器材



圖二：利用保麗龍球找出標準圓的半徑

藍色的保麗龍球大小為 7-9 mm

紅色的保麗龍球大小為 2.5-3 mm



圖三：在做實驗時使用的透明收納箱

長：60cm 寬：42cm 高：25cm



圖四：氣泡機

上-單孔 1L/min 氣泡機

下-單孔 2L/min 氣泡機



圖五：抽水馬達

2000L/hr 的排水量和出水量



圖六：漂浮用保麗龍球

保麗龍球大小為 1.2cm

保麗龍球的重量為 0.095g

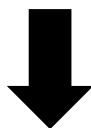
註：

實驗拍出的影片我會將其匯入電腦然後用 tracker 進行實驗數據的分析。

實驗紀錄的設備我是使用手機的錄影功能拍下物體的運動路徑。

肆、研究過程及步驟

利用保麗龍球找出標準圓半徑



錄製 1.2cm 保麗龍球的運動路線



將影片匯入電腦用 tracker 分析位移和加速度



將 tracker 分析出的數據匯入 excel 製成圖表



重複以上過程直到數據採集完畢



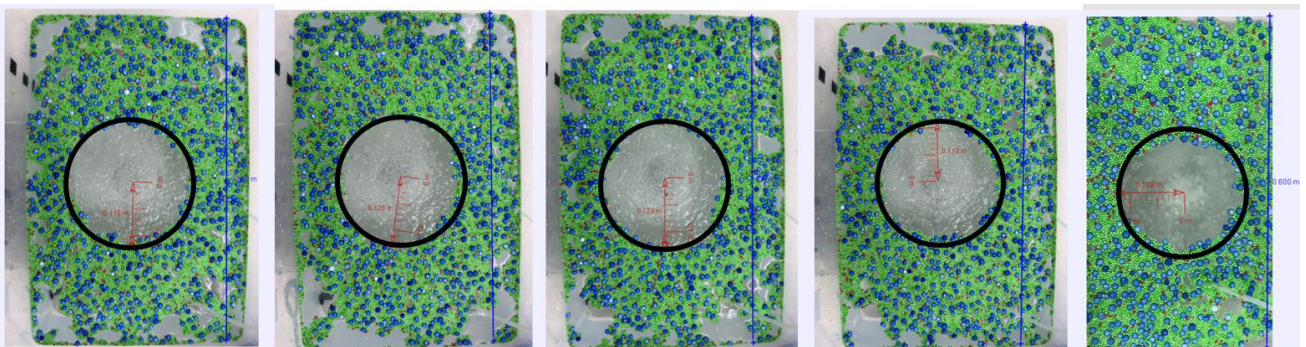
氣泡的實際應用

伍、研究結果

實驗前:因為打氣深度 12cm 以及氣泡排放量 2L/min 是本次實驗的中間值，使用此參數，最能凸顯不同參數下各作用範圍的不同，我以測量氣泡將保麗龍球推到靜止時，保麗龍球所構成的圖案，我們將此圓定義為標準圓，此圓的半徑取 12.14cm(圖七)，定 $0.041 \text{ g} \cdot \text{m} / \text{s}^2$ 為標準推力(因質量換成 kg 會太小故取 g)。

mass	0.095					
	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	average
real border	0.121	0.124	0.123	0.121	0.118	0.1214
realacceleration	0.356	0.43	0.442	0.502	0.41938	0.429876
force	0.03382	0.04085	0.04199	0.04769	0.0398411	0.04083822

圖七:12cm 2L/hr 的圓，定為標準圓



圖八:依照半徑 12.14cm 所繪的圓



圖九:
為 tracker 分析
保麗龍球所得出
的各項物理量

註- 如何用加速度求出作用範圍的方法：

我用回歸直線得出的線性公式，在線上取出加速度約為 0.43m/s^2 的點，對應到 tracker 圖表上的時間，在用時間對應到當下物體移動的距離，再求出在固定參數下的作用範圍。

實驗 1 的前提

在不同的打氣深度下 (20cm、16cm、12cm、8cm、4cm)，相同的氣泡排放量 (2L/min) 氣泡推力和氣泡作用範圍的關係

實驗 1-1 20cm 2L/min:

在 20cm 的打氣深度下，相同的氣泡排放量 (2L/min) 推力和氣泡作用範圍的關係
 20cm 2L/min-依照 (圖十) 我們可以得知在 20cm 2L/min 時此氣泡的半徑為 29.9cm 故氣泡作用範圍為 $894.01\pi\text{cm}^2$ ，由 (圖十一) 可以得知在氣泡推力即將大幅下降前 (距離氣泡中心 31.8cm 處)，會出現直徑 1cm 左右的氣泡 (圖十六)，使保麗龍球的加速度大幅提升，因此我們也能從 tracker 圖表中快速找出氣泡的大致範圍再配合之前定義的加速度便能得出確切的氣泡作用範圍。

mass	0.095			
	No.1	No.2	No.3	average
real border	0.312	0.278	0.307	0.299
realacceleration	0.43	0.42	0.44	0.43
force	0.04085	0.0399	0.0418	0.04085

← 圖十

圖十一 ↓



實驗 1-2 16cm 2L/min:

在 16cm 的打氣深度下，相同的氣泡排放量 (2L/min) 推力和氣泡作用範圍的關係

16cm 2L/min-依照 (圖十二) 我們可以得知 16cm 2L/min 時此氣泡的半徑為

17.1cm 故氣泡作用範圍為 $292.41 \pi \text{ cm}^2$ ，由 (圖十三) 可以得知在距離氣泡中心

15.5cm 處會是氣泡推力最大處，之後保麗龍球的加速度會快速下降。

mass	0.095			
	No.1	No.2	No.3	average
real border	0.179	0.17	0.164	0.171
real acceleration	0.430	0.437	0.431	0.433
fore	0.041	0.042	0.041	0.041

← 圖十二

圖十三



實驗 1-3 12cm 2L/min:

因為 12cm 2L/min 是被定義為標準圓的模型，所以已在 (圖七)、(圖九) 展示

過，因此在此便不再重複展示。

實驗 1-4 8cm 2L/min:

在 8cm 的打氣高度下，相同的氣泡排放量 (2L/min) 推力和氣泡作用範圍的關係

8cm 2L/min -依照 (圖十四) 我們可以得知 8cm 2L/min 時此氣泡的半徑為

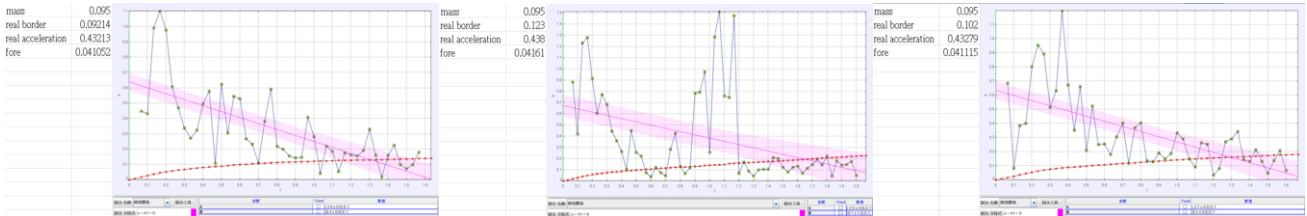
10.6cm 故氣泡作用範圍為 $112.36 \pi \text{ cm}^2$ ，由 (圖十五) 可以得知在氣泡範圍較易

出現誤差值，但用回歸曲線來看在相同加速度時，依舊會有相近的作用範圍。

mass	0.095				
	No.1	No.2	No.3		average
real border	0.102	0.092	0.123		0.106
real acceleration	0.433	0.432	0.438		0.434
fore	0.041	0.041	0.042		0.041

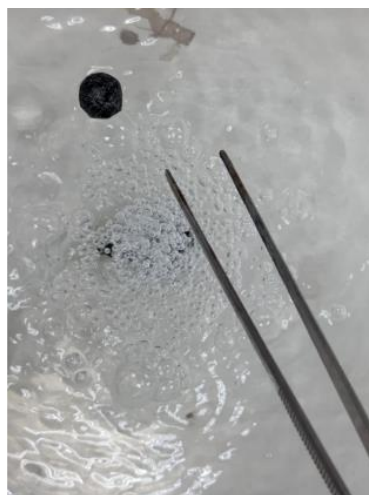
← 圖十四

圖十五



實驗 1-5 4cm 2L/min:

在 4cm 的打氣深度下，相同的氣泡排放量 (2L/min) 推力和氣泡作用範圍的關係由 (圖十六) 可以得知在水位 4cm、氣泡排放量 2L/min 時，(圖十一) 可以得知在氣泡推力即將大幅下前，會出現直徑 1cm 左右的大氣泡，但因打氣深度低氣泡造成的推力極小 (合力極小)，使保麗龍球會被氣泡吸住，使保麗龍球無法脫離氣泡作用範圍，造成 tracker 無法測量當下的氣泡推力，故在 4cm 以下的水位不納入本實驗討論。



圖十六:

在拍攝物體運動軌跡時發現的現象

實驗 2 的前提

在不同的氣泡排放量下 (5L、4L、3L、2L、1L)，相同的水位深度 (12cm) 氣泡推力和氣泡作用範圍的關係。

實驗 2-1 5L/min 12cm:

在 5L/min 的氣泡排放量下，相同的打氣深度 (12cm) 推力和氣泡作用範圍的關係
 5L/min 12cm-依照 (圖十七) 可以得知 5L/min 12cm 時此氣泡的半徑為 22.9cm 故
 氣泡作用範圍為 $524.41 \pi \text{ cm}^2$ ，由 (圖十八) 可以得知在氣泡推力最大的範圍位於
 氣泡中心至 13cm 處，離開此範圍後，氣泡推力將大幅下降，但依舊會比作用範圍
 圍 22.9cm 時的推力還大。

mass	0.095				
	No.1	No.2	No.3		average
real border	0.228	0.226	0.232		0.229
real acceleration	0.437	0.438	0.434		0.436
fore	0.042	0.042	0.041		0.041

← 圖十七

圖十八



實驗 2-2 4L/min 12cm:

在 4L/min 的氣泡排放量下，相同的打氣深度 (12cm) 推力和氣泡作用範圍的關係
 4L/min 12cm-依照 (圖十九) 可以得知 4L/min 12cm 時此氣泡的半徑為 21.6cm 故
 氣泡作用範圍為 $466.56 \pi \text{ cm}^2$ ，由 (圖二十) 可以得知在氣泡推力最大的範圍位於

氣泡中心至 13.7cm 處，離開此範圍後，氣泡推力將大幅下降，但依舊會比作用範圍 21.6cm 時的推力還大。

mass	0.095			
	No.1	No.2	No.3	average
real border	0.213	0.211	0.223	0.216
real acceleration	0.423	0.430	0.420	0.424
fore	0.040	0.041	0.040	0.040

← 圖十九

圖二十



實驗 2-3 3L/min 12cm:

在 3L/min 的氣泡排放量下，相同的打氣深度 (12cm) 推力和氣泡作用範圍的關係
 3L/min 12cm-依照 (圖二十一) 可以得知 3L/min 12cm 時此氣泡的半徑 16.3cm 故
 氣泡作用範圍為 $265.69 \pi \text{ cm}^2$ ，由 (圖二十二) 可以得知在氣泡推力最大的範圍位
 於氣泡中心至 11.7cm 處，離開此範圍後，氣泡推力將大幅下降，但依舊會比作
 用範圍 16.3cm 時的推力還大。

mass	0.095			
	No.1	No.2	No.3	average
real border	0.138	0.201	0.150	0.163
realacceleration	0.438	0.434	0.437	0.436
force	0.042	0.041	0.041	0.041

← 圖二十一

圖二十二



實驗 2-4 2L/min 12cm:

因為氣泡排放量 2L/min、打氣深度 12cm 是被定義為標準圓的模型，所以已在 (圖七)、(圖九) 展示過，因此在此便不再重複展示。

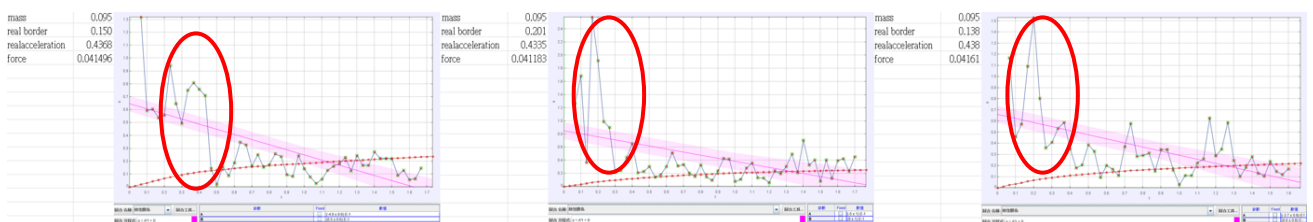
實驗 2-5 1L/min 12cm:

在 1L/min 的氣泡排放量下，相同的打氣深度 (12cm) 推力和氣泡作用範圍的關係 1L/min 12cm-依照 (圖二十三) 可以得知 1L/min 12cm 時此氣泡的半徑 5.3cm 故氣泡作用範圍為 $28.09\pi\text{ cm}^2$ ，由 (圖二十四) 可以得知在氣泡推力最大的範圍位於氣泡中心至 5.27cm 處，離開此範圍後，氣泡推力將大幅下降，但依舊會比作用範圍 5.3cm 時的推力還大。

mass	0.095			average
	No.1	No.2	No.3	
real border	0.022	0.038	0.099	0.053
real acceleration	0.435	0.435	0.431	0.433
fore	0.041	0.041	0.041	0.041

← 圖二十三

圖二十四 ↓



實驗 3 的前提

在不同質量下 (木球-1.19g 保麗龍球加小木球-0.88g) 相同氣泡排放量 (2L/min) 和相同打氣深度 (12cm) 相同距離 (12cm) 氣泡推力和氣泡作用範圍的關係。



圖二十五

1.19g 的木球



圖二十六

0.88g 保麗龍球加小木球

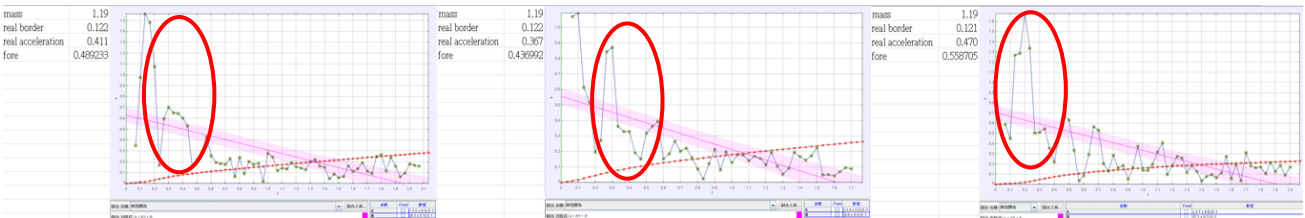
實驗 3-1 2L/min 12cm 木球 1.19g

在木球質量為 1.19g 在標準氣泡排放量和打氣深度下，氣泡推力和氣泡作用範圍的關係，由(圖二十七)可以得知，保麗龍球和木球在距氣泡中心 12cm 處加速度皆相近，由實驗數據推測在作用範圍內的浮體質量對加速度影響不大。

mass	1.19			
	No.1	No.2	No.3	average
real border	0.121	0.122	0.122	0.122
real acceleration	0.470	0.367	0.411	0.416
fore	0.559	0.437	0.489	0.495

← 圖二十七

圖二十八



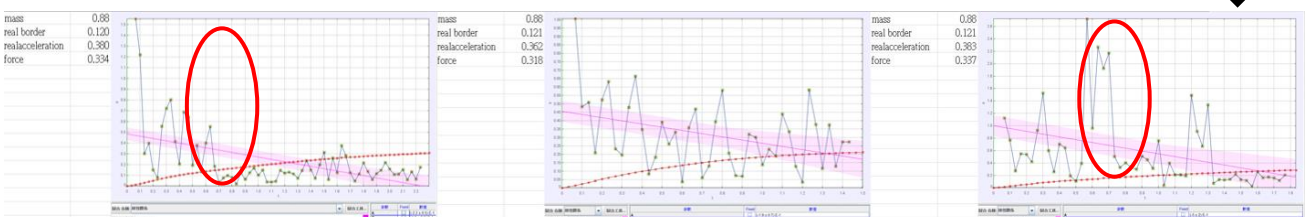
實驗 3-2 2L/min 12cm 保麗龍球加小木球 0.88g:

在保麗龍球加小木球質量為 0.88g 在標準氣泡排放量和打氣深度下，氣泡推力和氣泡作用範圍的關係，由(圖二十九)可以得知，保麗龍球和保麗龍加木球在距氣泡中心 12cm 處加速度皆相近，由實驗數據推測在作用範圍內的浮體質量對加速度影響不大。

mass	0.88			
	No.1	No.2	No.3	average
real border	0.121	0.121	0.120	0.121
real acceleration	0.383	0.583	0.380	0.448
force	0.337	0.513	0.334	0.395

← 圖二十九

圖三十



high	12cm	emission	2L/min
	保麗龍球	木球	保麗龍球加木球
mass	0.095g	1.19g	0.88g
border	0.121	0.122	0.121
real acceleration	0.43	0.42	0.45
force	0.041	0.495	0.395

實驗 4 的前提

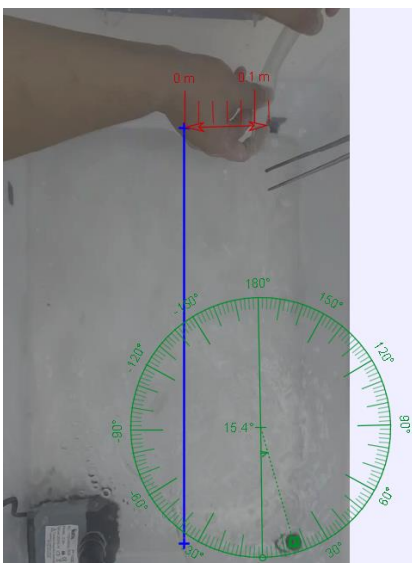
固定進入氣泡範圍的流速 (0.945m/s) 與氣泡排放量 (4L/min)、打氣深度 (12cm)，在不同的瞄準誤差 (0.12m、0.043m、0m) 下，與偏折角的關係。

註:L-瞄準誤差、angle-偏折角；紅色測量尺-瞄準誤差 (水流與氣泡中心的平行距離)、藍色校正桿-表示氣泡中心位置，輔助量角器測量、綠色量角器-量角器中心位於保麗龍球撞擊氣泡的偏折點，且與校正桿平行，可測量出保麗龍球撞擊氣泡造成的偏折角。

瞄準誤差 4-1 0.12m

	L	angle
No.1	0.119	15.4
No.2	0.120	12.3

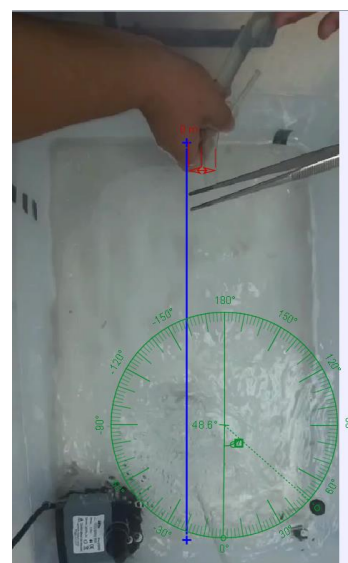
圖三十一



瞄準誤差 4-2 0.043m

	L	angle
No.1	0.041	48.6
No.2	0.044	48.1

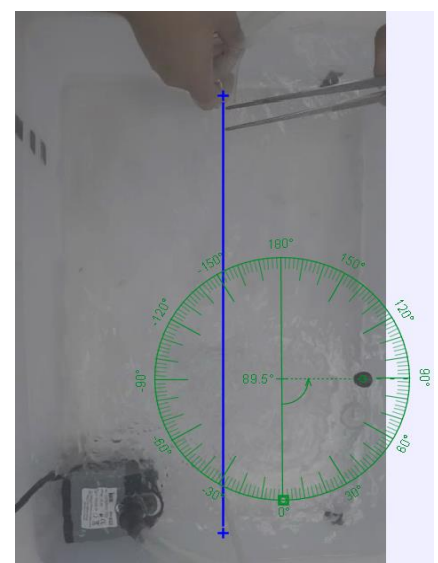
圖三十二



瞄準誤差 4-3 0m

	L	angle
No.1	0	88.5
No.2	0	89.5

圖三十三



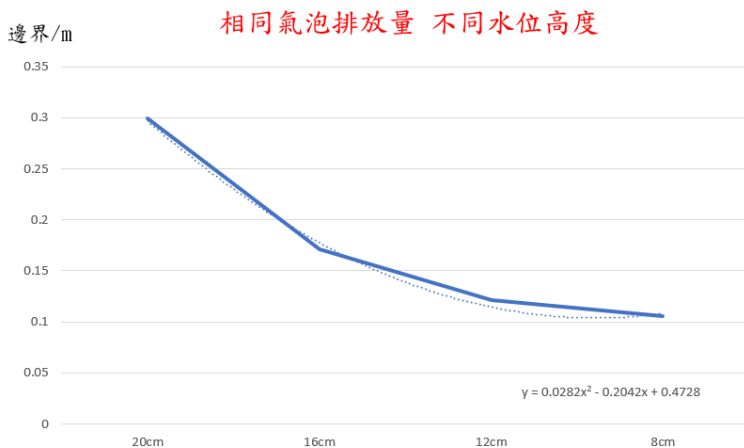
陸、實驗討論

氣泡的作用範圍與打氣深度的關係

由(圖三十四)可以得知，在相同氣泡排放量的情況下，打氣深度越深，作用範圍就越大，因此我們將此數據結合在排除水雷的應用時，在最符合最佳效益的情況下，完成排除水雷的動作，20cm的效益較16cm的高很多，因此由此實驗來看，在做排除水雷的應用時，打氣深度越深越符合經濟效益。

打氣深度為橫軸(20cm、16cm、12cm、8cm) H 氣泡作用範圍 R 為縱軸的關係

關係式: $R = 0.0282H^2 - 0.2042H + 0.4728$

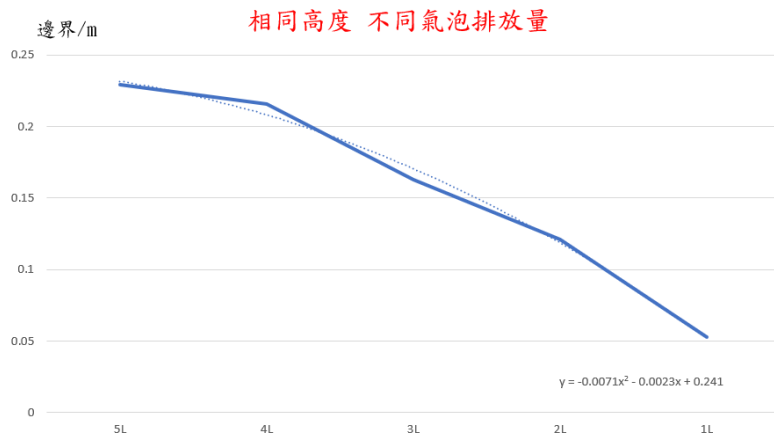


氣泡的作用範圍與氣泡排放量的關係

由(圖三十五)可以得知，在相同打氣深度的情況下，氣泡排放量越大，作用範圍就越大，因此我們將此數據結合在氣泡牆的應用時，在最符合最佳效益的情況下，因為5L與4L的氣泡作用力差異不大，因此依照我的實驗來看，在做氣泡牆的應用時，氣泡排放量在4L時方才最符合經濟效益。

氣泡排放量為橫軸(5L、4L、3L、2L、1L) E 與氣泡作用範圍 R 為縱軸的關係

關係式: $R = -0.0071E^2 - 0.0023E + 0.241$



圖三十五

垃圾的瞄準誤差與偏折角的探討

固定進入氣泡範圍的流速 (0.945m/s) 與氣泡排放量 (4L/min)、打氣深度

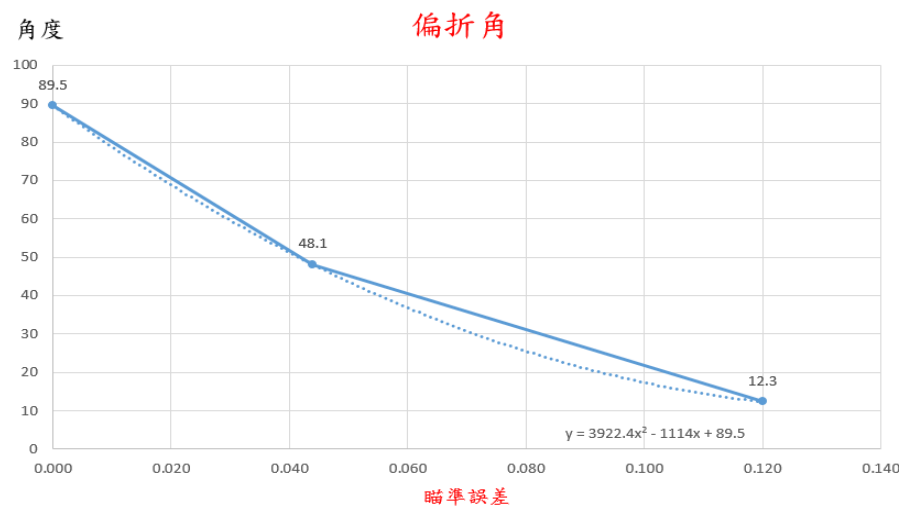
(12cm)，在不同的瞄準誤差 0.12m、0.043m、0m 下，與偏折角的關係，由 (圖三

十六) 可以得知如果將氣泡排成與鉛直線夾 45 度角時，可以由偏折角的關係式

得知兩氣泡中心的間距約在 10cm 時的效果最好。

瞄準誤差為橫軸 (0m、0.43m、0.12m) L 與偏折角 D 為縱軸的關係

關係式: $D = 3922.4L^2 - 1114L + 89.5$

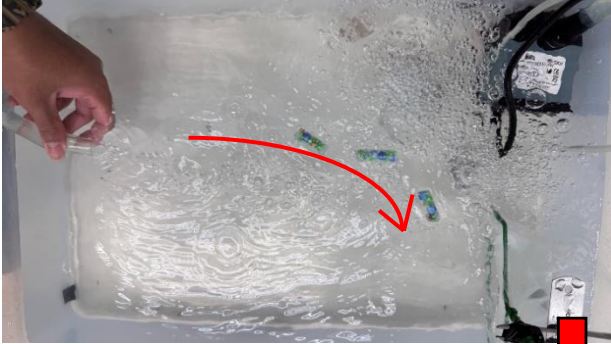


圖三十六

柒、實際應用

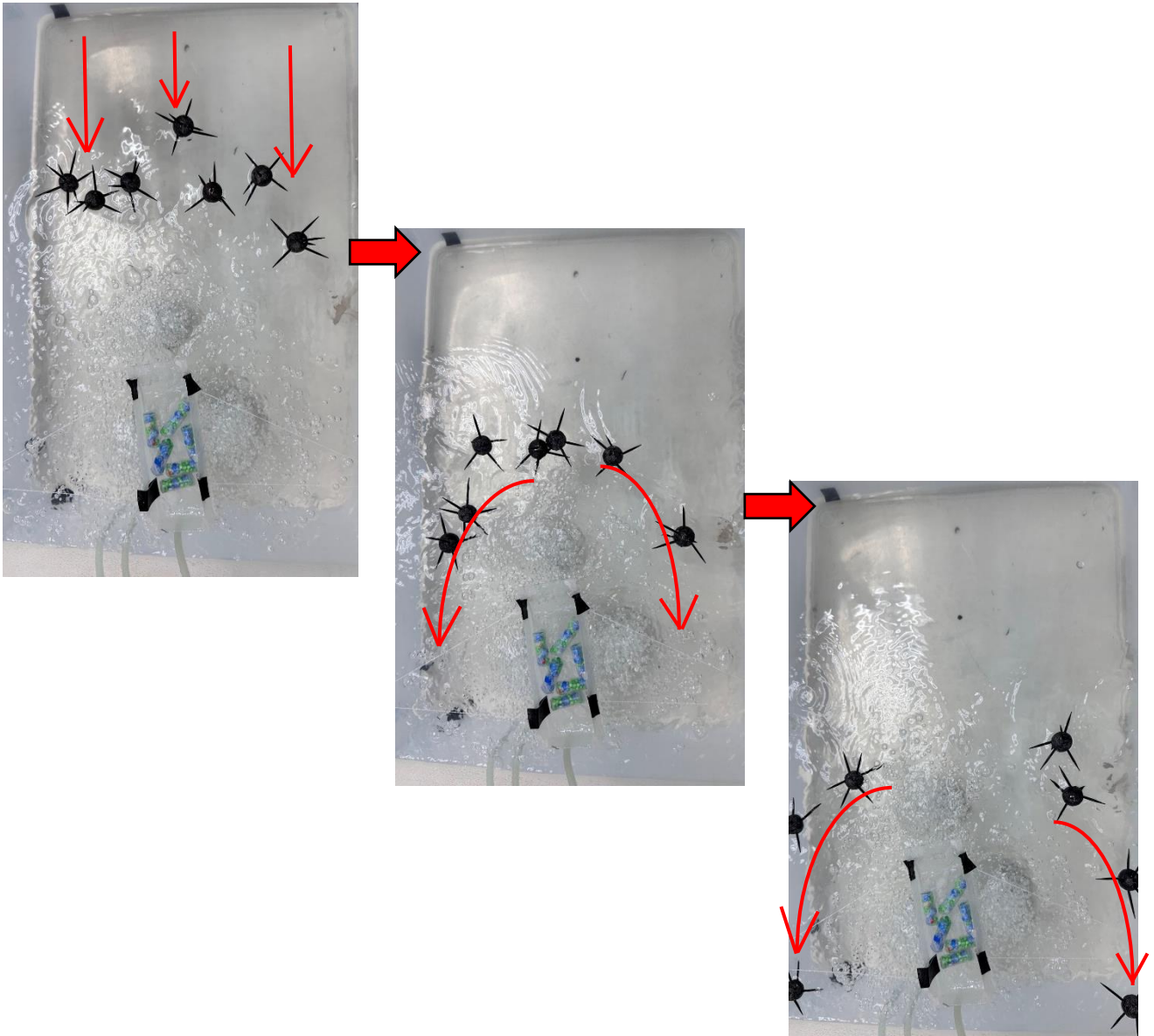
利用氣泡收集垃圾(兩氣泡間距 11.4cm 符合由偏折角關係式所得的最佳效益)

使用水流將垃圾往氣泡牆方向推，利用氣泡造成的推力將垃圾推入收集網中



利用氣泡將水雷排開 (兩氣泡間距 11.4cm 符合打氣深度關係式所得的最佳效益)

使用電風扇將水雷往船身方向推，利用在船身加裝的氣泡將漂浮式水雷推開



捌、參考資料：

【1】

Incredibly promising' :the bubble barrier extracting plastic from a Dutch river

<https://www.theguardian.com/environment/2022/aug/05/incredibly-promising-bubble-barrier-extracts-plastic-from-netherlands-river>

【評語】 160026

1. 探討氣泡牆攔截垃圾的效果，作成「找出最符合經濟效益的各項氣泡牆參數，以解決海洋垃圾問題及漂浮式水雷的威脅」之結論。
2. 產生遊氣泡組成的牆面，阻擋物件通過，自製實驗架設，能達實驗功效，紀錄派排氣量及氣泡作用範圍，數據分析難以閱讀，結論「以解決海洋垃圾問題及漂浮式水雷的威脅」應有較豐富的實質實驗支持該結論，建議可以再發展成實用裝置。