

中華民國第 58 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 生活與應用科學(二)科

佳作

082917

海洋垃圾防衛悍將---收集型三腳鼎消波塊

學校名稱：桃園市桃園區南門國民小學

作者：	指導老師：
小六 彭宥文	林子敬
小六 游少恆	張文宏
小六 李重毅	
小六 李宜捷	
小六 蘇郁盛	
小六 曾于穎	

關鍵詞：海洋垃圾、消波塊、垃圾收集

摘要

海洋汙染問題這幾年在國際上早已成為重要的討論議題，每年世界各國政府編列大量預算投注在清理海洋垃圾的項目中。儘管在台灣我們也可以定期參予淨灘活動來清理垃圾，但效率上其實十分有限。

我們參考了 **seabin**(註 1)以及巨型浮動式堤壩(註 2)的概念，探討 **seabin** 的優缺點，根據在許多海岸地形常看到的消波塊作為設計對象，企圖設計出一種能夠收集海洋垃圾並且不破壞消波功能的消波塊。其優點如下所示：

優點一：耐用性佳，一旦擺放排列完成後，可以使用非常久。

優點二：不像 **seabin**，不消耗電力，利用潮汐收集垃圾，再由人力集中。

優點三：不同於偶發性的淨灘活動，幾乎 24 小時每天自動作業。

優點四：設計簡易、成本低廉，易於推動實行。

壹. 研究動機

今年畢業旅行我們到花蓮海洋公園時，裡面的訓練員告訴我們現在海洋垃圾的問題越來越嚴重，我們花了一段時間去蒐集資料，看到了種種令人不忍心的畫面，如：滿腹塑膠的信天翁遺骸、被塑膠套割破脖子的海狗、吸管卡在鼻子裡的海龜、餵食雛鳥塑膠碎片的海鷗、用瓶罐當殼的寄居蟹等等...我們不斷思考如何能幫助減少海洋垃圾，剛好這學期上課有學到海岸被侵蝕和沖刷而改變地貌的現象(南一版 六上 3-2 地表的變化)，而為了減少海岸的侵蝕及堤防的安全，常會安置消波塊在這些地方，因此我們便聯想到消波塊是否有收集垃圾的可能性，由此開始了我們的研究，希望能拯救海洋生物。

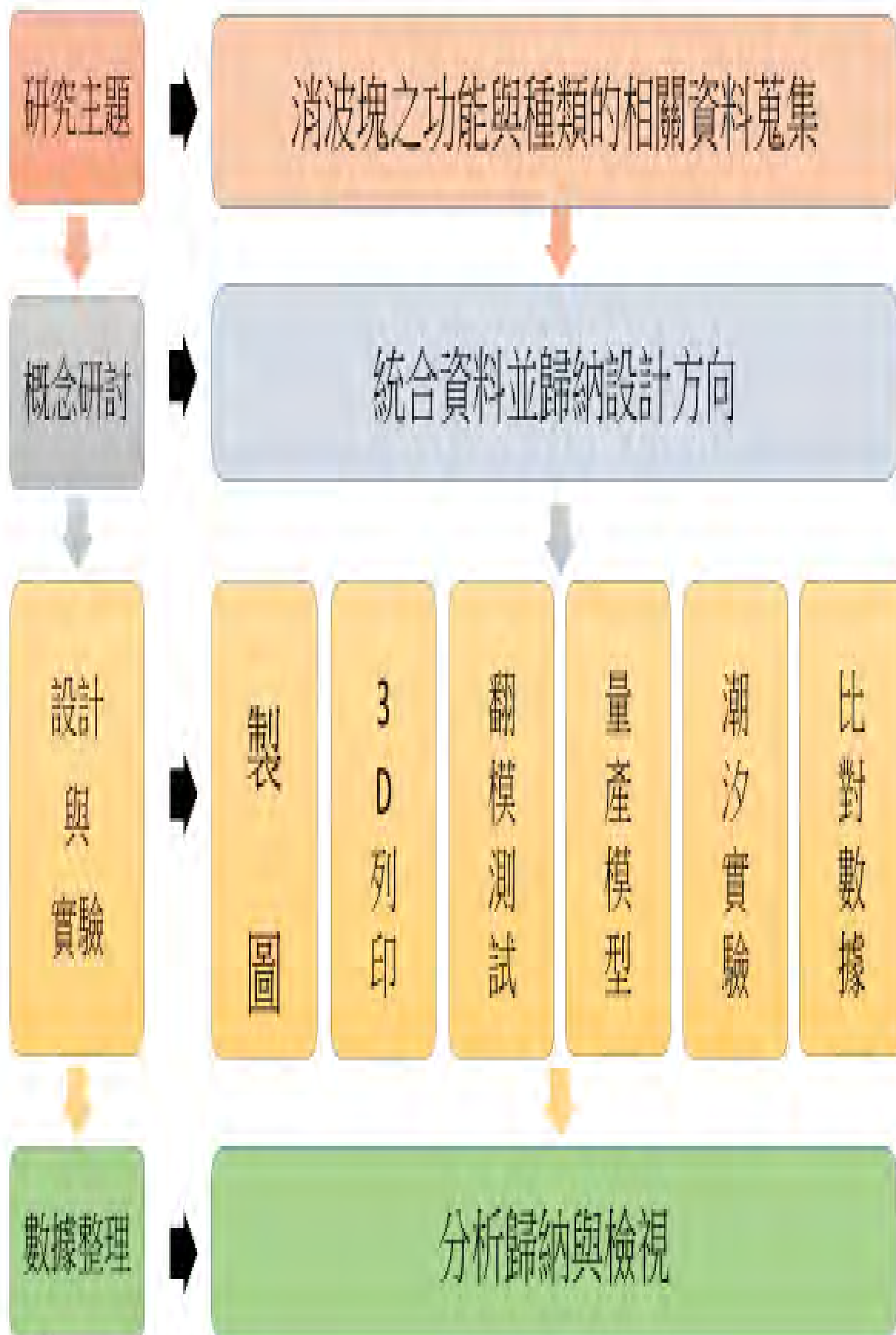
貳. 研究目的

現階段清除海洋垃圾的方法，除了讓大自然自行分解外(消極的)，也有使用船隻打撈以及淨灘的方式，當然也有使用高科技產品的方式，比如說澳洲發明的 **seabin** 或是荷蘭海洋清潔公司(註 5)發明的浮動式堤壩來做收集，我們綜合以上的概念，想做出同時擁有這些優點，但是在必須付出的資源以及成本上相對較低的方式，因此想研究消波塊複合垃圾收集裝置的設計以及效能，希望能幫助解決海岸漂浮垃圾。

叁. 設備及器材

器材/材料	尺寸/重量/功率/材質	作用功能
印模粉	1kg	翻模用
石膏	3kg	第一代消波塊材質
水泥	5kg	第二代消波塊材質
海藻粉	100g	水泥之混合劑
秤	3.0kg 秤	控制石膏、水泥之比例
量杯	200ml	調和石膏水泥之比例
量筒	120ml	調和石膏水泥之比例
壓克力水箱(大)	150cm(長)×60cm(寬)× 15cm(高)，1cm(厚)	實驗主要支架，模擬大範圍 水域
大型垃圾桶*2	86L	灌水與排水之收集容器
壓克力水箱(小)	15cm(長)15×cm(寬)15×cm(高)	製作翻模
UP3D PRINTER PLUS2 3D 列印機	24.5cm(長)×26cm(寬)× 35cm(高)	製造固定型態的消波塊
鐵齒尺	30cm	測量水箱水位
磁鐵尺*12	24cm	測量保麗龍顆粒面積
沉水馬達*5	8cm×8cm	製造水波
鑷子	12cm	收集測量保麗龍顆粒
漏斗	15cm×18cm	灌製水泥
手套	無粉橡皮手套	做研究時防護之用
口罩	7cm×18cm	做研究時防護之用
護目鏡	15cm×5cm	做研究時防護之用
保麗龍顆粒(一箱)	每顆直徑平均約 0.6cm	為主要海洋垃圾替代物
橡皮水管*2	1.2m	灌水與排水之輔助
橡皮管	60cm	以虹吸代替退潮排水用
有洞橡皮塞	3cm×2.5cm	塞於橡皮管口
工業用電風扇	標準規格	模擬海風
3D 列印消波塊	PLA 材質 6.5cm×6.5cm	實驗主要自變項(灌入水泥)

肆.研究過程



一.研究主題：消波塊之功能與種類的相關資料蒐集

我們收集了許多消波塊及海洋垃圾的相關資料，包括---

(一)消波塊部分

- 1.消波塊的歷史功能：消波塊最早是 1950 年由法國人發展出來，二次大戰中的北非戰線上，法軍用防護塊阻擋德軍坦克前進。戰後清理戰場，將此種塊體拋在卡薩布蘭卡防波堤周圍，以替代護堤方塊。本為廢物利用，不料其消波效果甚佳。隨即由水工試驗所研究證明其確有消波作用，安定性良好，於是取得世界性專利。
- 2.消波塊的外型種類：消波塊的種類依形狀來區分，可分為雙 T 塊（Dolos）、鼎形塊（Tribar）、鈷形塊（Akmon）、方塊（Cube）、菱形塊（Tetrapod）等異形塊或其他各種形塊，依資料總計，可達 70 多種。
- 3.消波塊的材質與尺寸：海邊常見的消波塊，重量約 1 公噸，尺寸約為 1.5 x 1.5 公尺或 2 x 2 公尺。消波塊是用水泥混凝土製成的，並加入鋼筋來加強。
- 4.消波塊的製作與安置：從組筋蓋模、灌漿、拆模，排列存放皆動用吊車協助。防波塊高度約 3 公尺，組模灌漿和振動要搭鷹架，以方便工作人員上下灌漿用的模型。
- 5.消波塊的效能之相關科學研究：參考過去的科展相關文獻以及水利署提供之研究報告。

(二)海洋垃圾部分

- 1.海洋垃圾對環境的衝擊：利用現階段能取得的資料，科學家估計海洋裡約有一億五千萬噸的塑膠垃圾，在一切照常的情形之下，到 2025 年，海中每三噸的魚當中，就有一噸塑膠垃圾；持續下去到 2050 年，海中的垃圾（重量）將會比魚還要多。
- 2.海洋垃圾的分布區域：太平洋垃圾帶又稱「垃圾島」。在太平洋上，北太平洋環流系統是相對靜止的區域，此區主要為副熱帶高壓帶，水流旋轉的方向將周圍的廢物帶進來，導致漂浮物和其破碎物的累積，這些像是漂浮的「雲狀」廢物被稱為太平洋垃圾帶。
- 3.海洋垃圾量的變化：每年約有 800 萬噸塑膠流入海洋。公眾和政界對海洋塑膠污染問題的關注正急劇升溫，使之成為一個與氣候變化同樣重要的環境問題。已知受到塑膠垃圾不利影響的海洋物種——魚類、哺乳動物、鳥類和無脊椎動物——的數量在 1995 年首次進行評估時約為 260 種，2015 年上升到 690 種，現在是 1450 種。
- 4.海洋垃圾的處理方法：清理海洋垃圾——從沒多少技術含量的海灘清理工作，到撈取「太平洋垃圾帶」上漂浮的塑膠的高科技方法——可以發揮作用，但塑膠污染物在各大洋中已是廣泛存在，很大一部分塑膠垃圾將無法通過這種方式清除。

二.概念討論---統合資料並歸納設計方向

將以上蒐集到的資料做過整理以及討論後，我們試圖將消波塊做成一種擁有可以收集海洋垃圾此種附加功能的收集型消波塊。收集型消波塊須具有以下 4 項特點：

- 1.非一次性使用裝置，使用週期最好在一年左右甚至更久，減少汰換成本。
- 2.安裝完畢後，本身不消耗額外能源，不產生消耗品。
- 3.能夠長時間待命，以最少的人力帶來最大的效益。
- 4.非精密機械或高科技(高成本)，使用技術門檻低，製造容易。

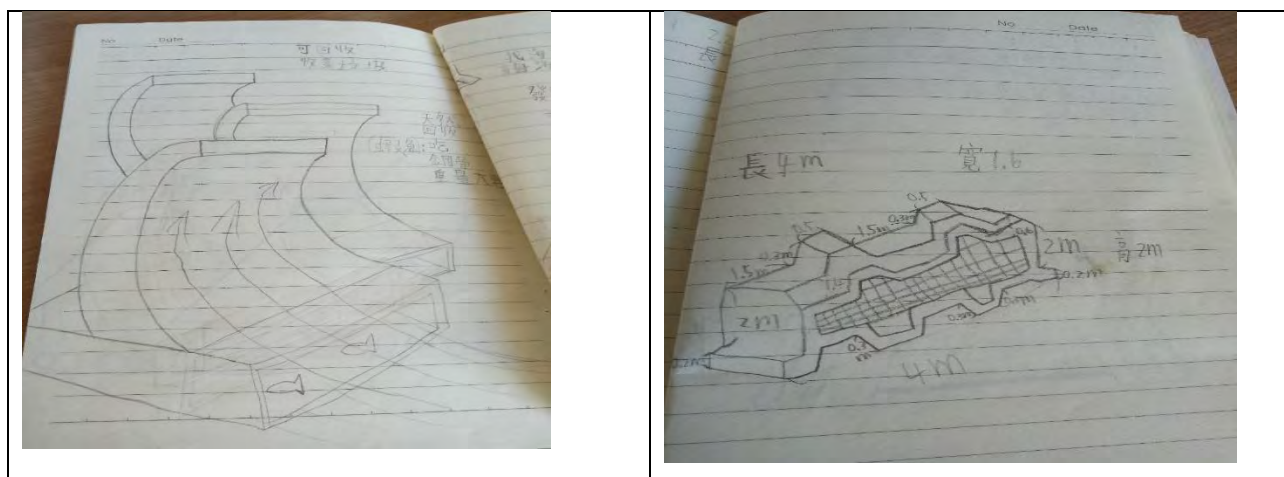
三.設計

1.製圖

分為兩個部分，第一是消波塊的外型設計，第二是消波塊內部裝置的結構。

(1)消波塊本身的外型設計：

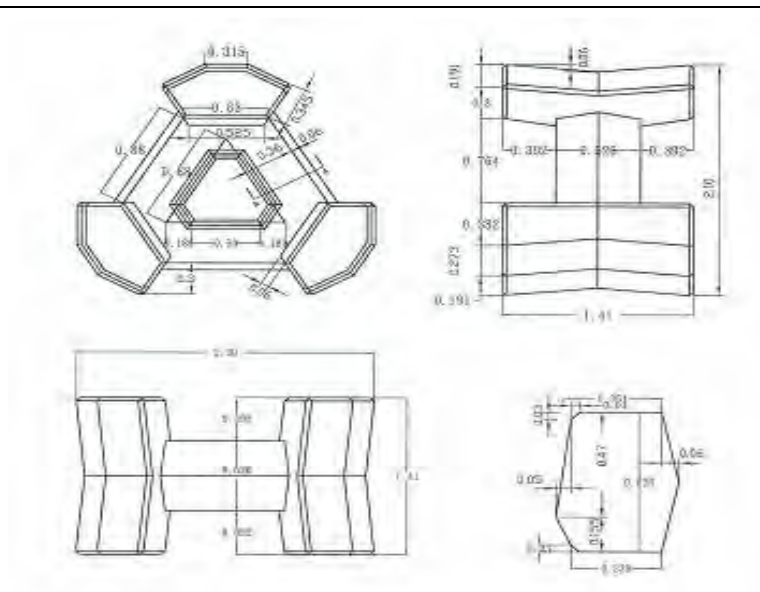
製作初期我們企圖能個設計出一個全新的消波塊，因此做了一些手繪藍圖：



然而因為在反覆研究外型及搜尋文獻的過程中，我們發現現有的消波塊之形狀以及製造都其來有自，是經過長年的測試以及調整所發展出來的，以我們本次研究的主題以及資源、時間、技術等來評估，我們還無法自行設計出同時擁有內部空間及外部能夠承受海浪衝擊等外力破壞的消波塊，因此我們審慎考量後決定用「三腳鼎塊」作為我們要改造設計的基礎原型消波塊(如下圖)。

三腳鼎塊

藍圖



可重疊性



填充新生地



選擇三腳鼎塊的理由及其性能如下：

- a.特性：適用於河川施工時可密集排列吊放一、二層，加高丁壩工高度和強度，以達挑水和淤積效果，也可現場鋼筋或鋼索連結澆置，不同排法可適合任何河川護岸工、丁壩工、港灣、海岸公路、鐵路橋墩、攔砂、攔河壩等保護、消波工法。
- b.消波：三腳鼎塊係由三支六面體的腳、中間由三個胴體連接成一鼎型的幾何體，其個體有 56%之孔隙率，有足夠的空間吸收波浪並使河水的衝擊能量分散，而削弱其能量，減低其衝力，且又有凸凹外型，形成表面粗糙，增加水流的摩擦力，減緩流速，因此對於消波的效能極佳。
- c.契合：三腳鼎塊(三腳空心鼎塊)有三個腳支撐，其重心位在高度之三分之一以下，非常穩定，由於互相可以契合，可集個體連接或堆放排列成為一整體，更增穩定性，故大浪洪水均不易沖失，契合性佳安定性大。
- d.實用：鼎塊有 56%之空隙率，在同體積之構造物上，比其他異型塊節省約 15%之工程費。又有優良的消坡消能作用，故為一種非常經濟實用之工程材料。
- e.施工：鋼模組拆便捷，易澆置，將拌合好的混凝土直接倒入鋼模內，次日可以拆模，製作非常容易，以鋼筋鋼索連結或吊車拋放，施工方便。

(2)縮尺：當模型縮尺為 $1/35$ 時，適合我們的製作能力範圍，以下是消波塊經過換算後，所產生的值：(p 代表實際值；m 代表模型值；L 代表邊長)

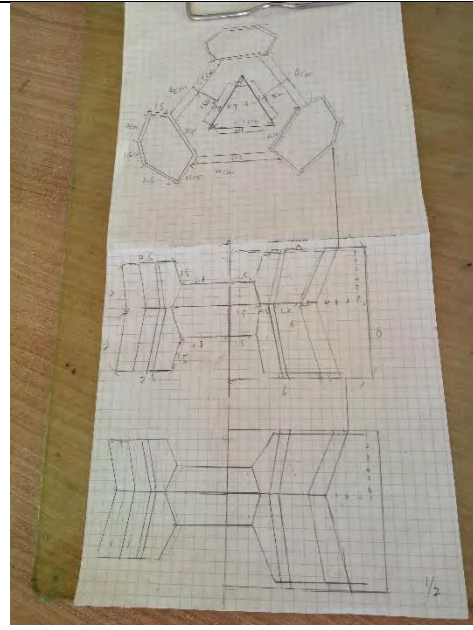
$$\begin{aligned} \text{長度} \rightarrow L_p \times \frac{1}{35} &= L_m \\ \text{實際邊長} \times \frac{1}{35} &= \text{模型邊長} \end{aligned}$$

(3)模型：

油土：根據以上的值，我們先分工使用油土製作三腳鼎塊的零件，以便先了解縮尺的實用性，同時也了解消波塊的結構。此時我們想到三腳鼎塊有「可加疊性」，所以想利用其個體有 56%之孔隙率的部分，來做成三層的高聳消波塊，並為其內部做垃圾收集區的設計，但反覆研討後並沒有辦法設計出有效的三層內部結構，並且考慮到三層消波塊會增加施工難度以及危險性，因此打消此念頭。



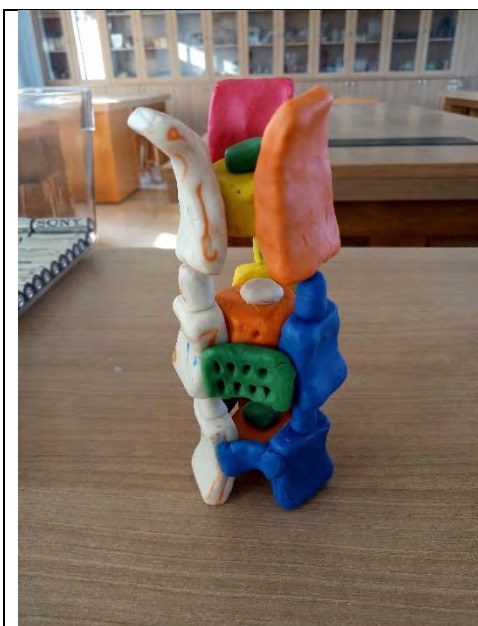
以油土壓製消波塊零件(圖左)。



手繪比例圖，用以和油土做對照(圖右)。



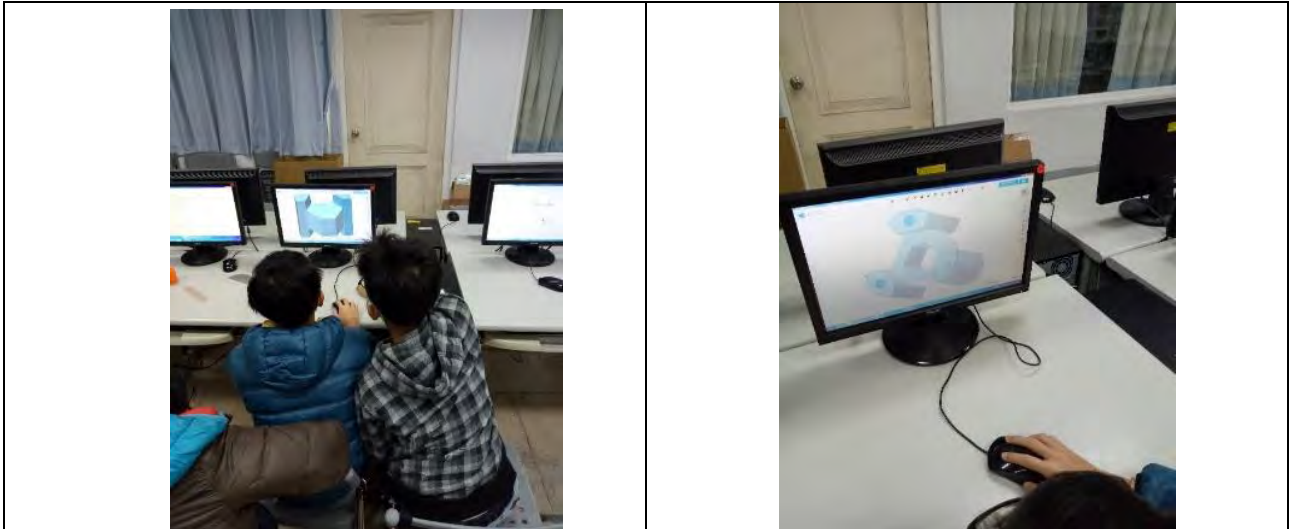
除了三腳鼎塊以外的其他型態之嘗試。



三層三腳鼎塊的油土模擬模型。

2. 「3D 列印」

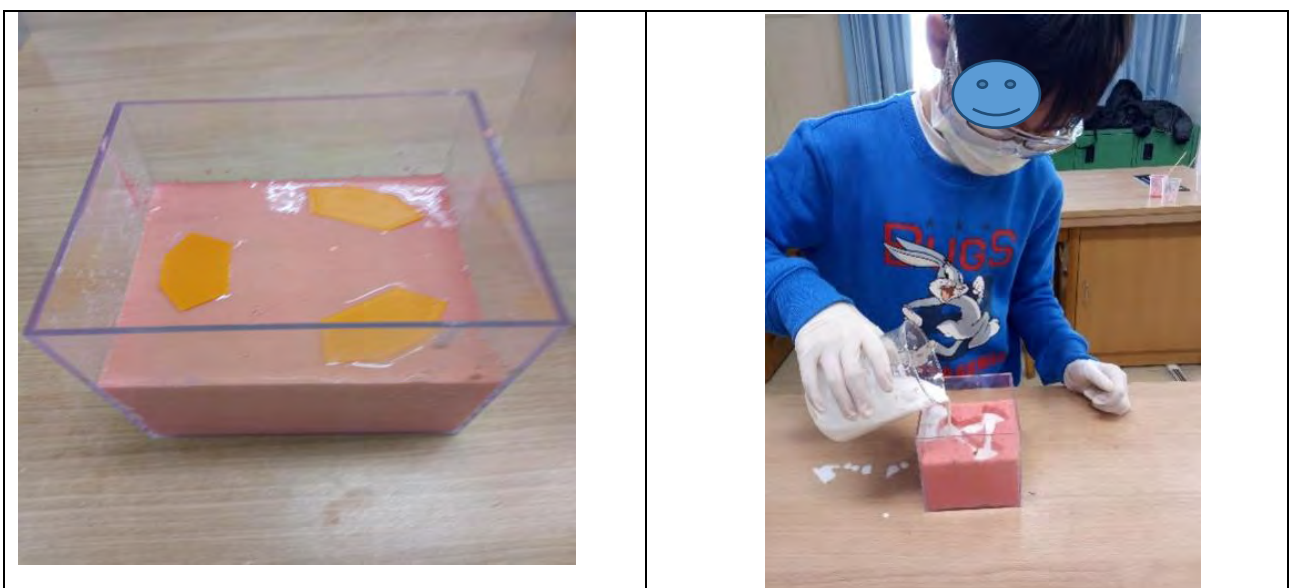
利用在學校電腦課學到的 3D 列印程式，試圖做出母體模型(以下稱母模)，在母模定型後再做翻模組，我們初期嘗試使用牙科常用來做齒模的印模粉來做翻模，接著測試翻模出來的模組較適合灌入石膏或是水泥，經過幾天的反覆測試，雖然石膏跟水泥均有做出成品，但是由於用印模粉製作的石膏均需要兩天以上才會成形，且印模粉 3~5 天內會因水分散失而龜裂，考慮材料成本以及不良率過高，最終放棄以翻模作為量產手段，進而直接使用 3D 列印，並將模型內部挖空，灌製水泥來增加重量，如此不僅製作速度較快，模型精準度也更高。



使用 3D 列印設計程式「123Design」，按照縮尺及涉及藍圖將「母模」尺寸設計出來。

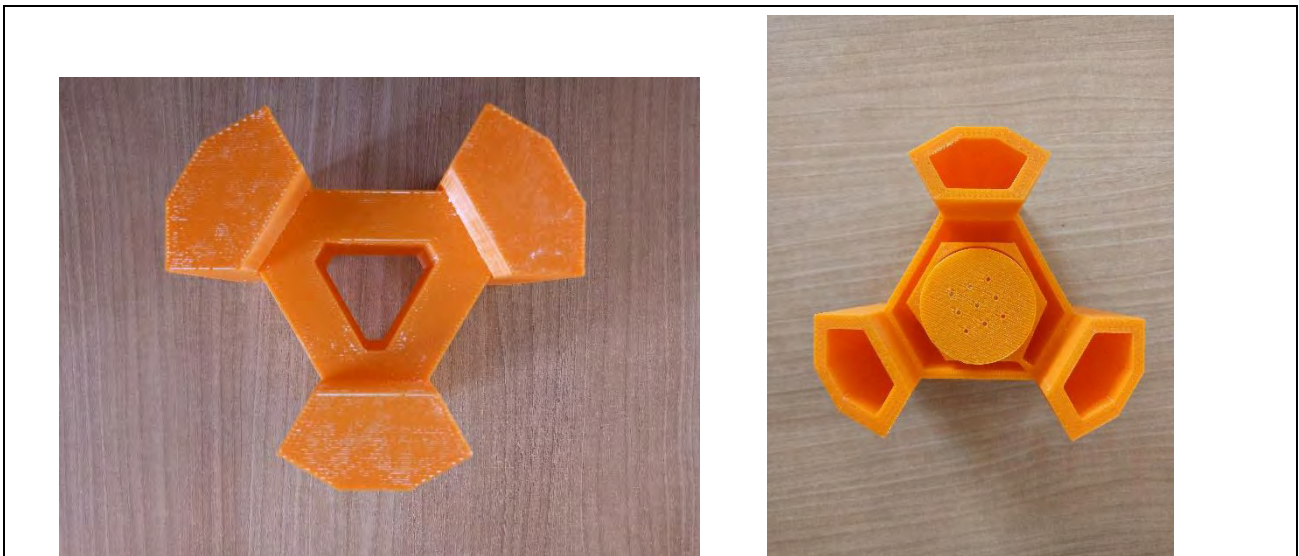
翻模測試

調和印模粉。將母模置入膠狀印模粉等其凝固。





耗時費工的石膏(左)與水泥(右)成品，品質頗為粗糙，重量不均勻。



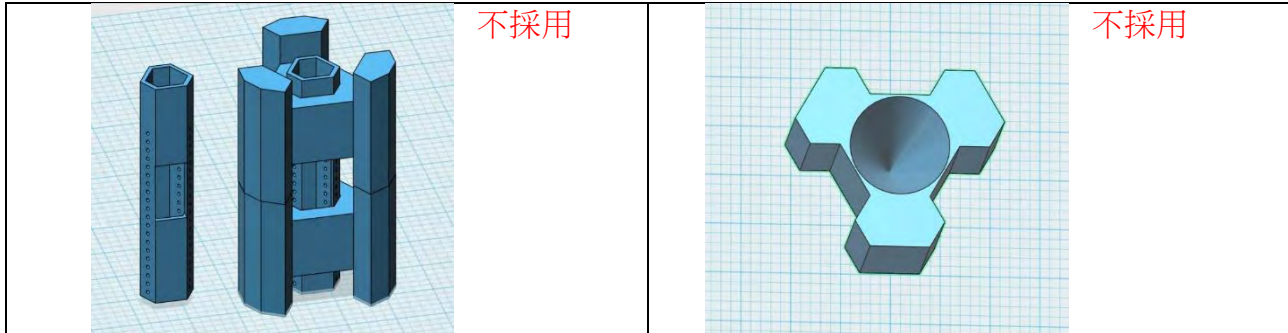
由於用母模做翻模製作容易產生不良率較高的成品(左圖為母模之一)，故後期改用直接列印 3D 模型，並挖控內部來灌製水泥以增加重量(右圖)，改良後穩定性及品質都增加非常多。



母模 2 型(有凸紐，可與 3 型相疊)，3 型(有凹紐，可與 2 型相疊)，但由於重疊後會增加收集垃圾之困難，故後來不予採用。

4.量產模型

消波塊內部裝置設計的設計著實讓我們苦惱了許久，直到我們同時參考了 **seabin** 和浮動式堤壩的設計概念後，終於以 3D 列印設計程式「123Design」設計出「抽出式內桶」。

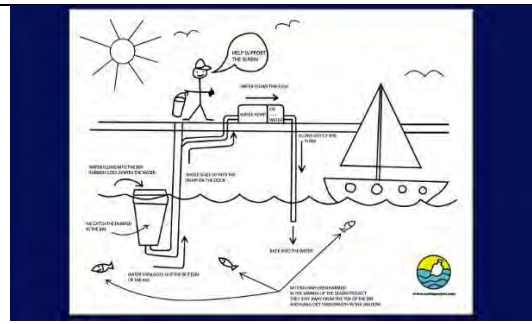


不採用

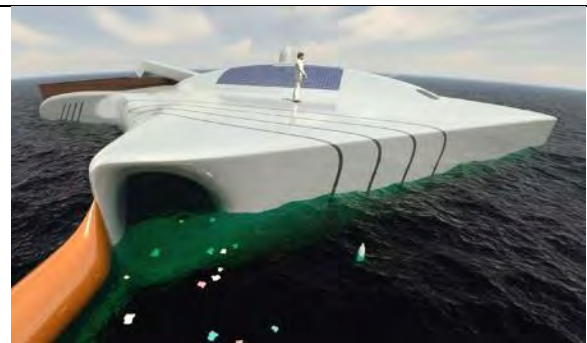
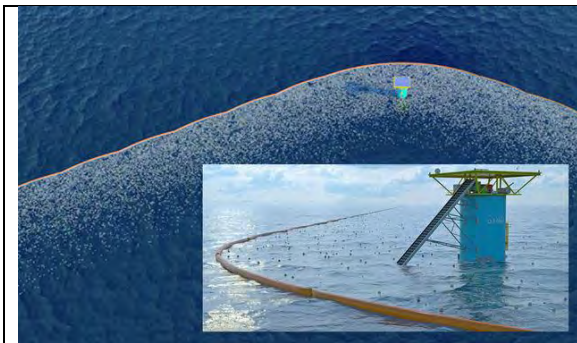
不採用

雙層三腳鼎內部無法有效收集垃圾。

挖空圓角椎內部會有消波結構缺陷。

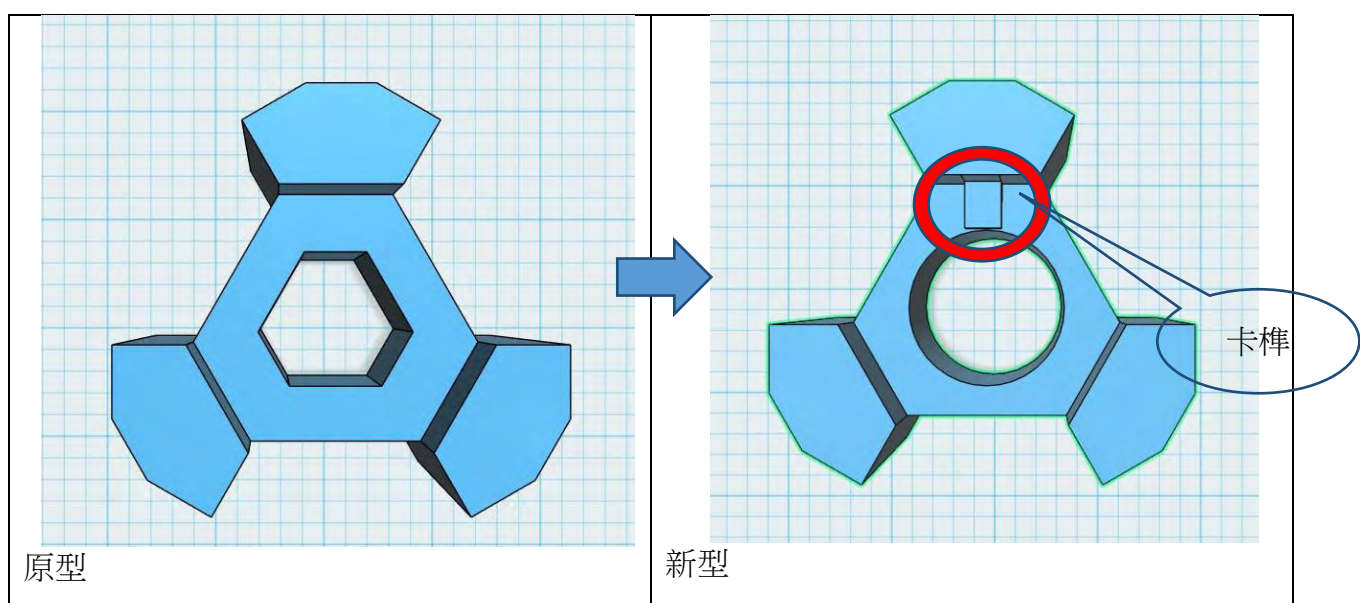


*Seabin---由澳洲發明家設計，把「海洋垃圾桶」放進水中，可以清運漂浮海面上的垃圾。

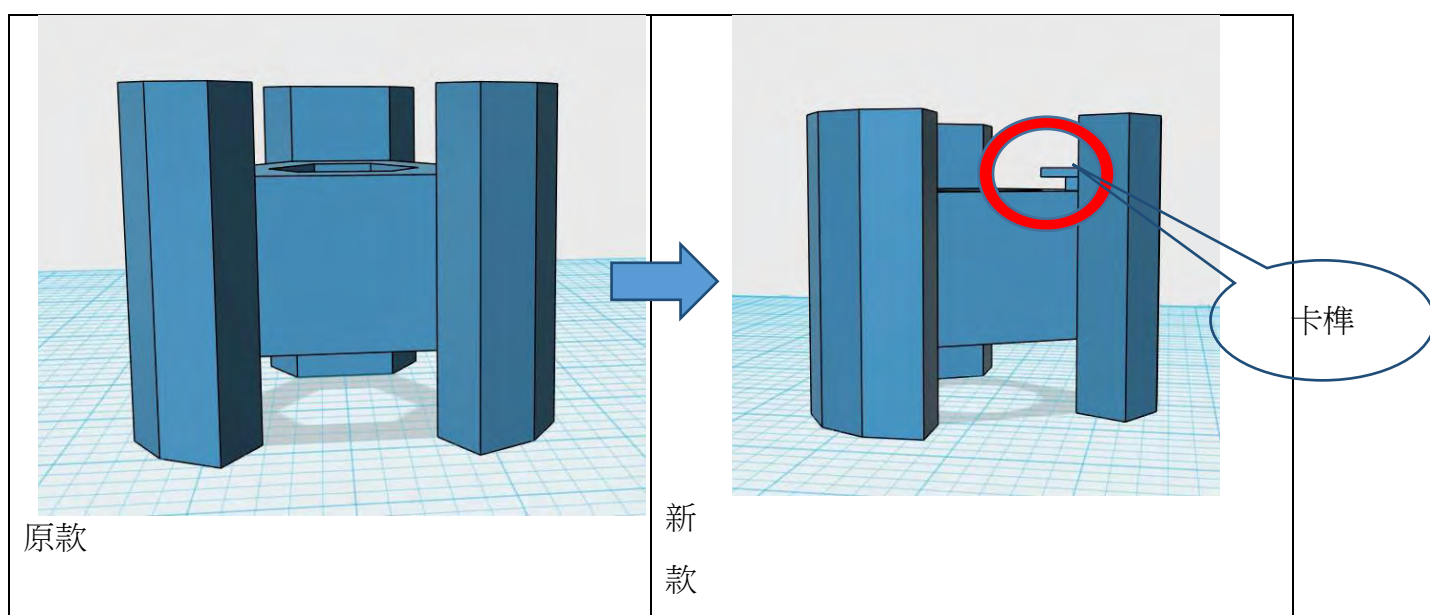


”浮動式堤壩” (ocean cleanup array) 的計畫。這是一系列連在一起的漂浮阻擋物可以利用洋流收集塑膠垃圾。垃圾被這些阻擋物停住後，可以被收集起來之後做處理。

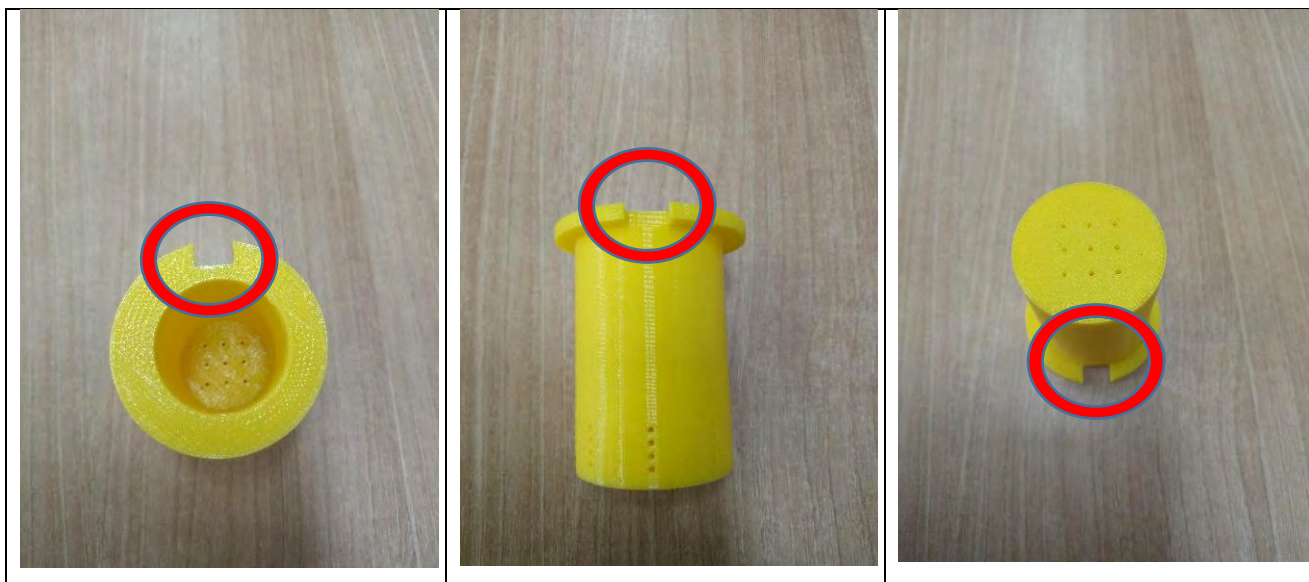
根據 seabin 和浮動式堤壩的設計我們使用與 seabin 類似的內芯機制，使用有排水功能的內桶；並使用類似浮動式堤壩藉由海流與潮汐運動將垃圾匯聚進而收集處理的概念，在設置「收集型消波塊」的區域，藉由漲潮時垃圾流向岸邊的特性，當水位比消波塊高時，垃圾將漂在消波塊上方，水位退去時，垃圾會大量的降在消波塊中間的內桶中，至於沒有落入內桶裡的垃圾，我們還有大範圍「圍阻」的概念(與浮動式堤壩不謀而合)，也就是讓垃圾被攔阻在消波塊區域，當下次漲潮時垃圾又會集中在消波塊區，進而降低「垃圾群」四散的嚴重程度，再利用每天兩次漲退潮的時間，定時出動固定的人力去「收割」內桶裡的垃圾，而為了鑲嵌內桶，我們對傳統三腳鼎塊也做了一些修改。



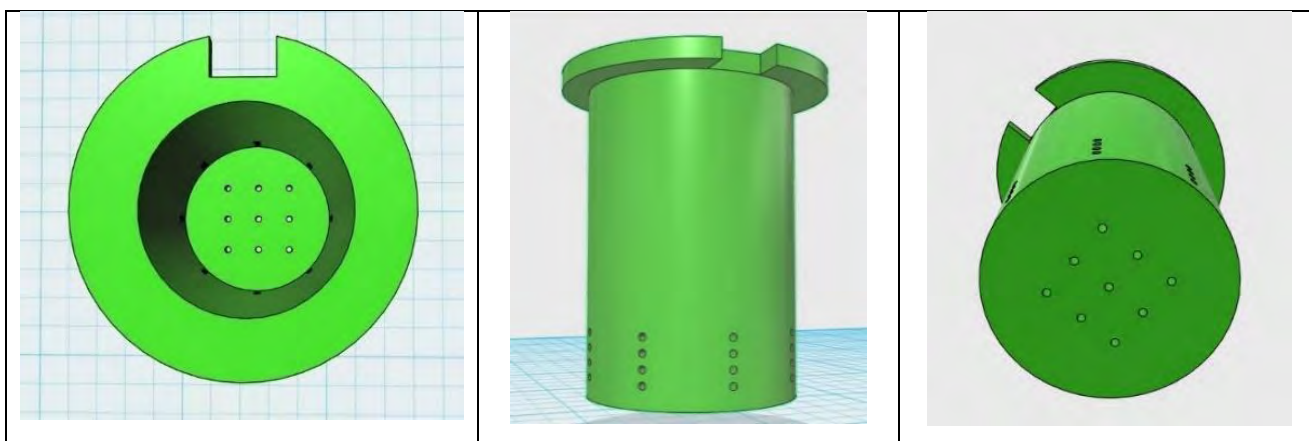
a.上方視角：改成圓形內部設計加上卡榫來穩定內桶



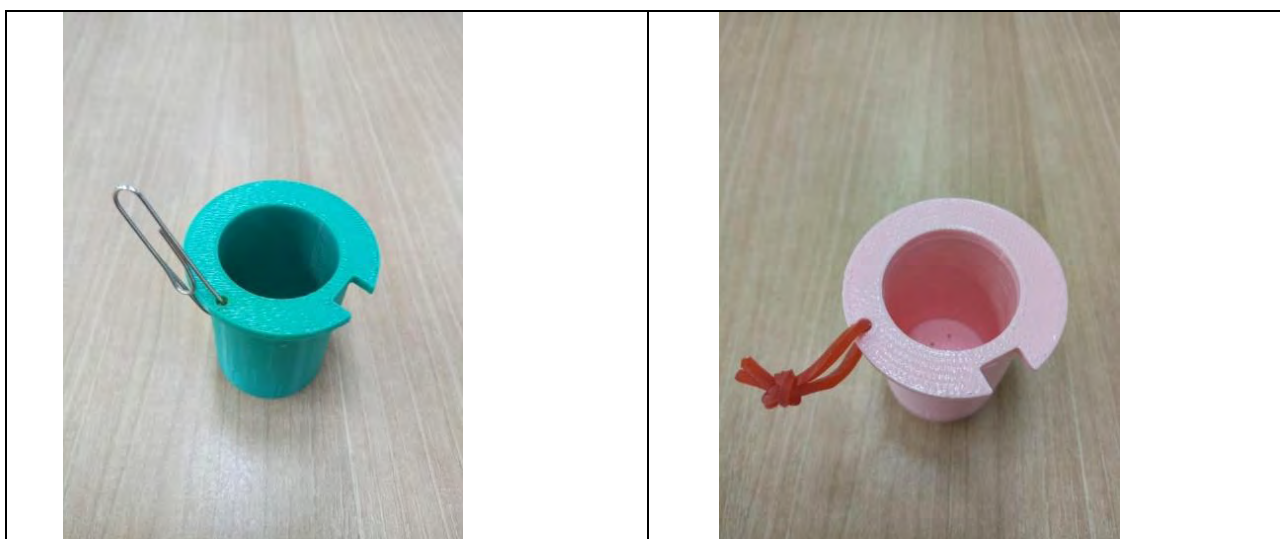
b.側面視角：改成圓形內部設計加上卡榫來穩定內桶



內桶凹槽區

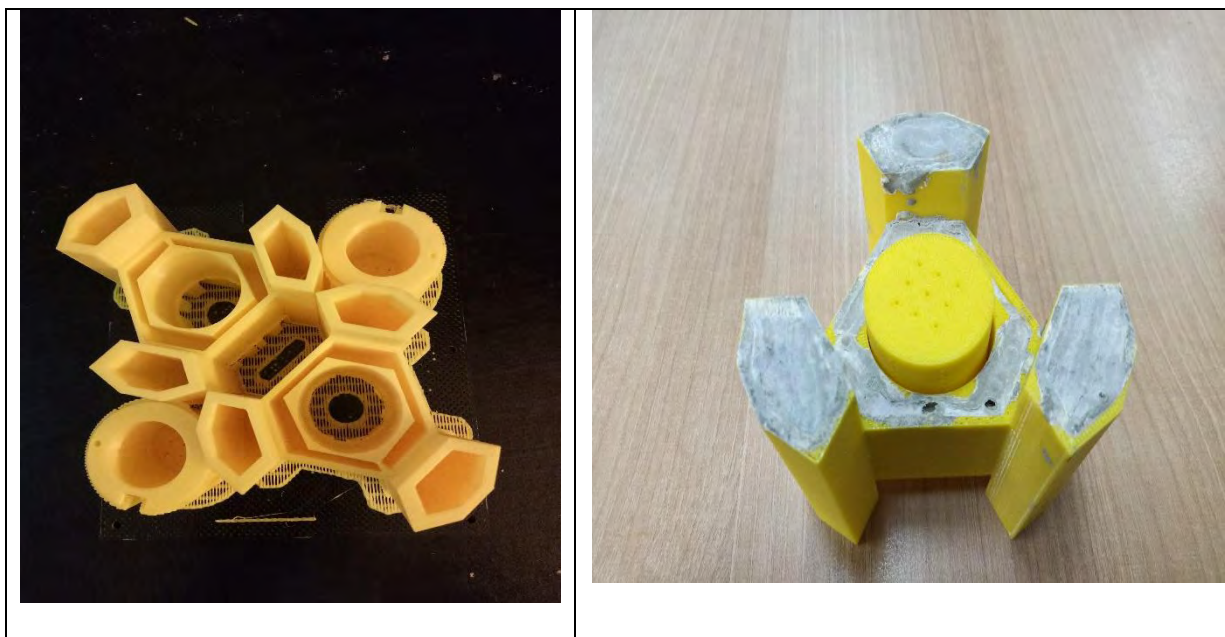


內桶排水孔示意圖(底部 9 個排水孔，側面 32 個排水孔)



左圖示意為可增加拉環。

右圖示意為可增加繩索。



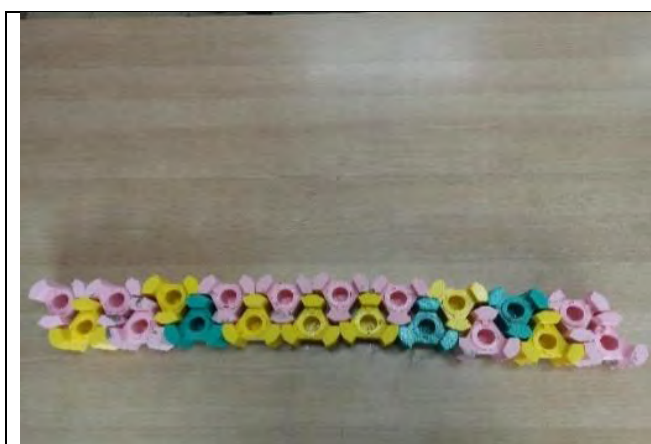
為了保持消波塊外型的精確性，我們放棄使用翻模方式製作模型，改而選擇設計將 3D 列印模型內部挖空並且從下方灌入水泥，使情能夠沉入水中。



四排型式



三排型式



雙排型式



單排型式

四.實驗

步驟 1：先將 20 顆消波塊排列成 4 排型式，並將保麗龍顆粒撒在保麗龍前緣空曠區域。

步驟 2：利用虹吸原理將漲潮水桶內的水排入大型水箱，直至水位超過消波塊 2cm 為止。

步驟 3：靜置五分鐘左右，然後再使用虹吸原理以 4 條排水管將水排入退潮水桶。

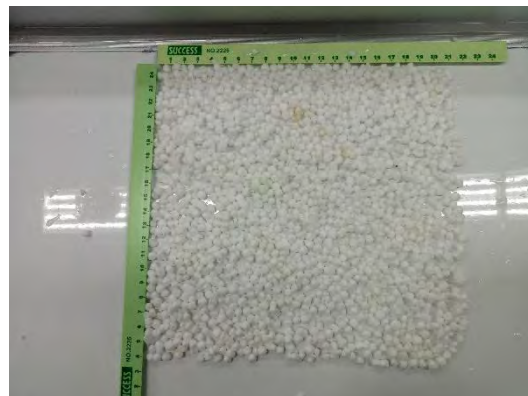
步驟 4：收集模型上的保麗龍顆粒。

步驟 5：將白板當基底，使用磁鐵尺排成直角，將保麗龍顆粒均勻鋪平成一個四邊形。

步驟 6：計算出保麗龍顆粒四邊形的面積總和，在套入公式，得出保麗龍顆粒總面積。



①退潮水桶*1②退潮水管*4③消波塊*20④造波馬達*5⑤漲潮水管*1⑥漲潮水桶*1⑦造風工業電風扇*1



將白板當基底，使用磁鐵尺排成直角，將保麗龍顆粒均勻鋪平成一個四邊形。



風力實驗及造浪實驗現場。



保麗龍滯留內桶內及消波塊上之狀況。

水箱(大)水面積為 $150\text{cm} \times 60\text{cm} = 9000\text{cm}^2$ 水體積為(長)150cm(寬)60cm(高)8cm= 72000cm^3

消波塊模型表面積約為 33.234 cm^2 二十塊表模型面積為 664.68 cm^2

保麗龍顆粒直徑平均為 0.6cm，則平均面積約為 0.2826 cm^2 ，

保麗龍顆粒在每 0.36 平方公分裡約有 21.5%面積為縫隙

〈 $(0.6 \times 0.6) - 0.2826 = 0.0774$ ， $0.0774 \div 0.36 = 0.215 = 21.5\%$ 〉

我們將保麗龍整齊排列成正方形，計算正方形邊長後再乘 $0.785 = (1 - 21.5\%)$ 之面積則大約是保麗龍所占面積故攔截之保麗龍面積公式為 $(S \times S) \times 0.785$

實驗一：無風無浪實驗

	20 塊模型收集保麗龍球之總和 (單位： cm^2)	保麗龍球總面積 占消波塊模型總面積之百分比(%)
第一次	335.4794	50.47231750616838
第二次	261.97805	39.41416170187158

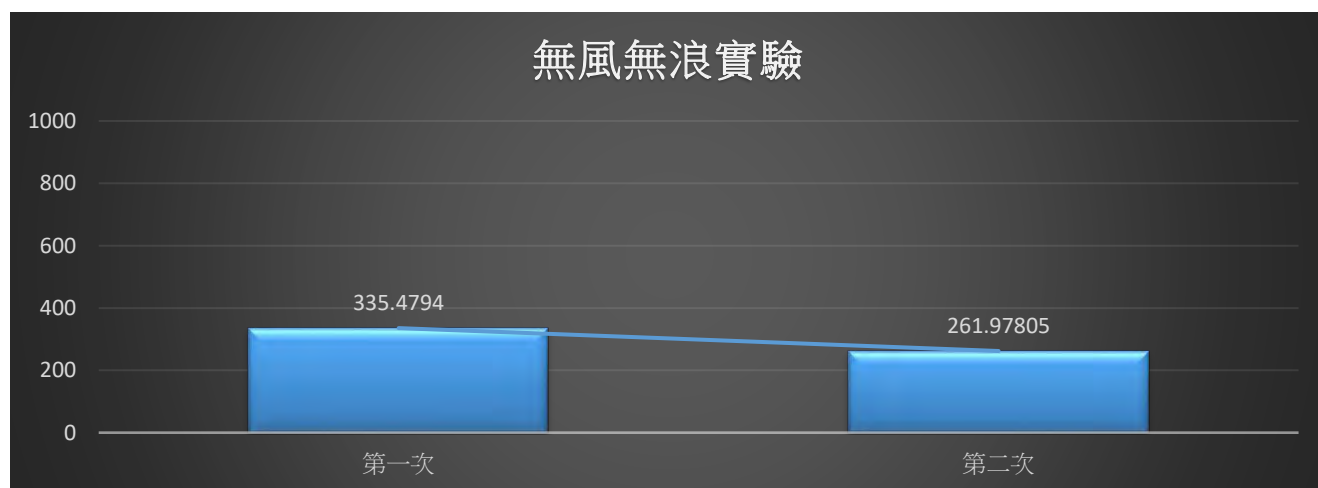


圖 1

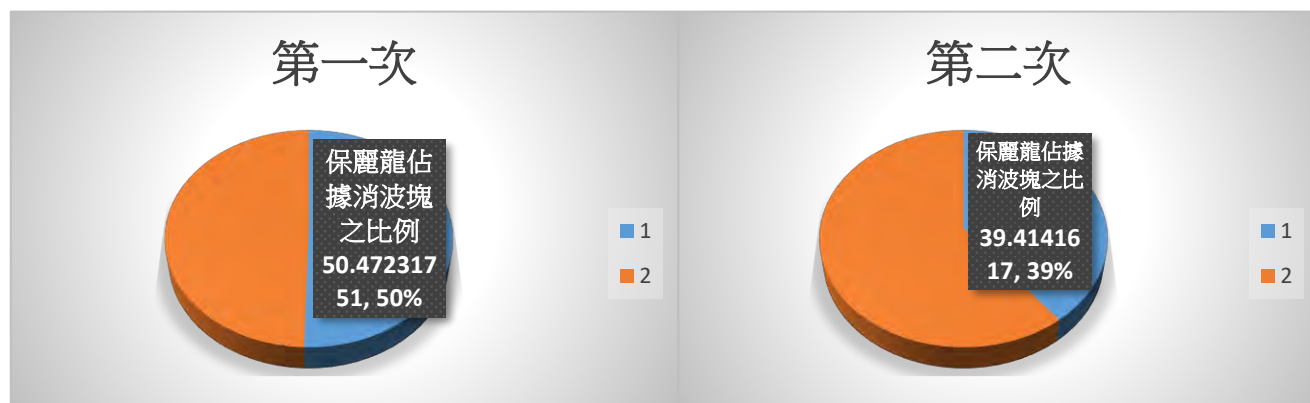


圖 2

1.第一次漲潮的保麗龍顆粒是人工放入的，故應以第二次漲潮的數據為依據為佳。

實驗二. 風力實驗(一)		
	20 塊模型收集保麗龍球之總和 (單位： cm^2)	保麗龍球總面積 占消波塊模型總面積之百分比(%)
弱風	318.21545	47.8749849551664
中風	299.4618	45.05352951796353

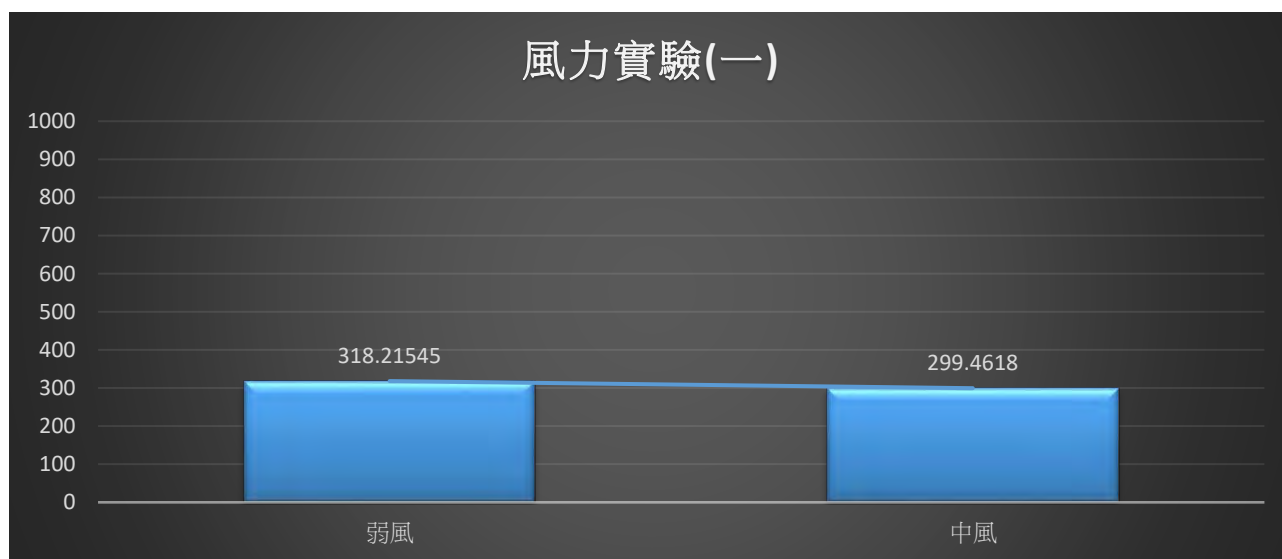


圖 1

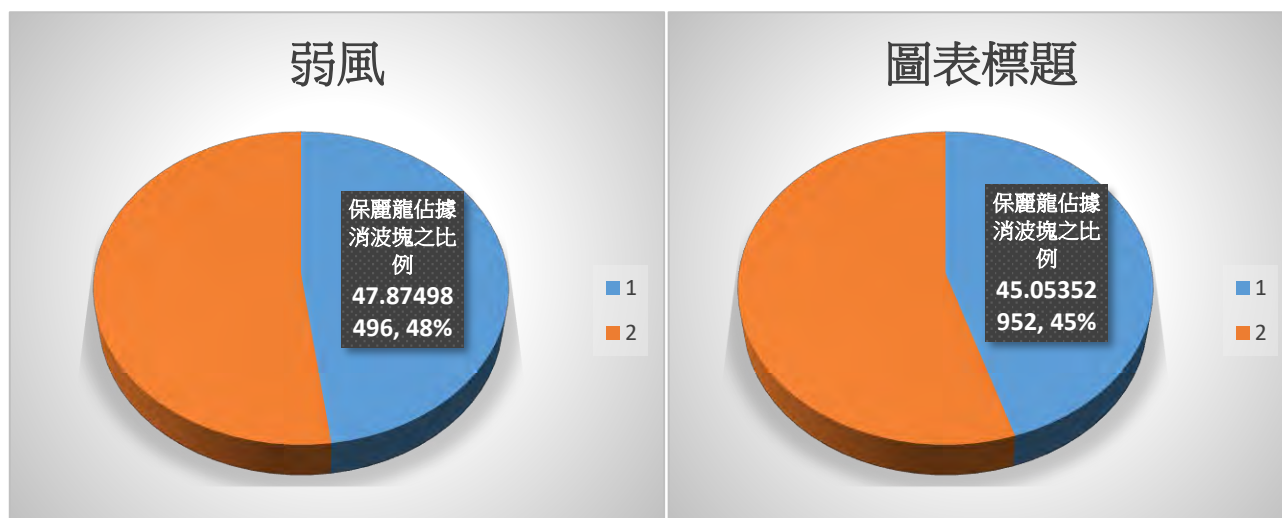


圖 2

調整：

- 1.我們假設風力實驗所能收集的保麗龍將會比無風無浪實驗要多。
- 2.實驗後發現，風力實驗(一)的數據明顯與無風無浪之實驗結果很接近，也就是說在變因部分有地方需要調整，在觀察水面上保麗龍的不均勻分布後，我們猜測水箱內有氣流反射的問題，導致有些保麗龍無法順利漂向模型上方或是會被反射氣流推走。

實驗三. 風力實驗(二)		
	20 塊模型收集保麗龍球之總和 (單位： cm^2)	保麗龍球總面積 占消波塊模型總面積之百分比(%)
弱風	329.7	49.6028163928507
中風	452.16	68.02671962448095
強風	481.5975	72.45554251669977

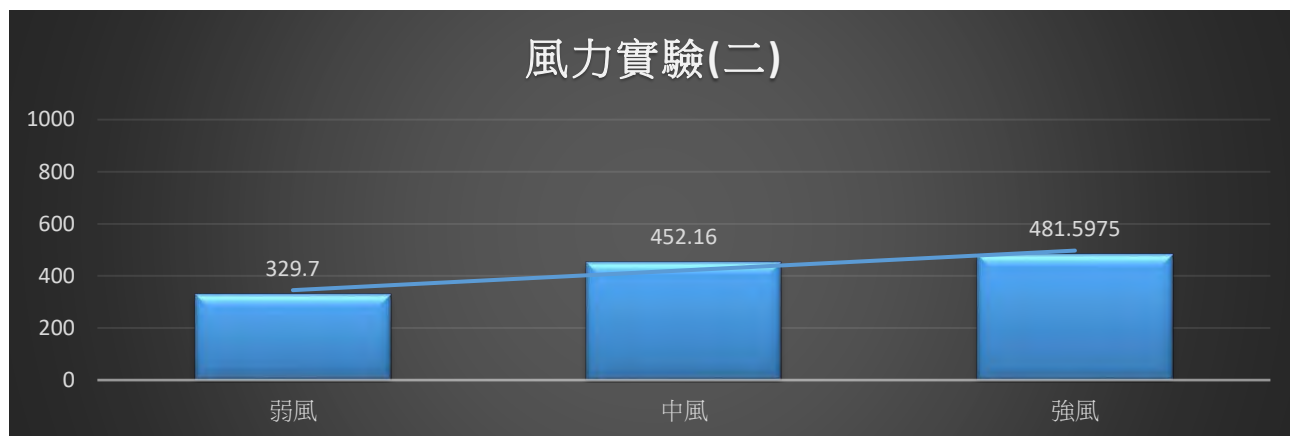


圖 1

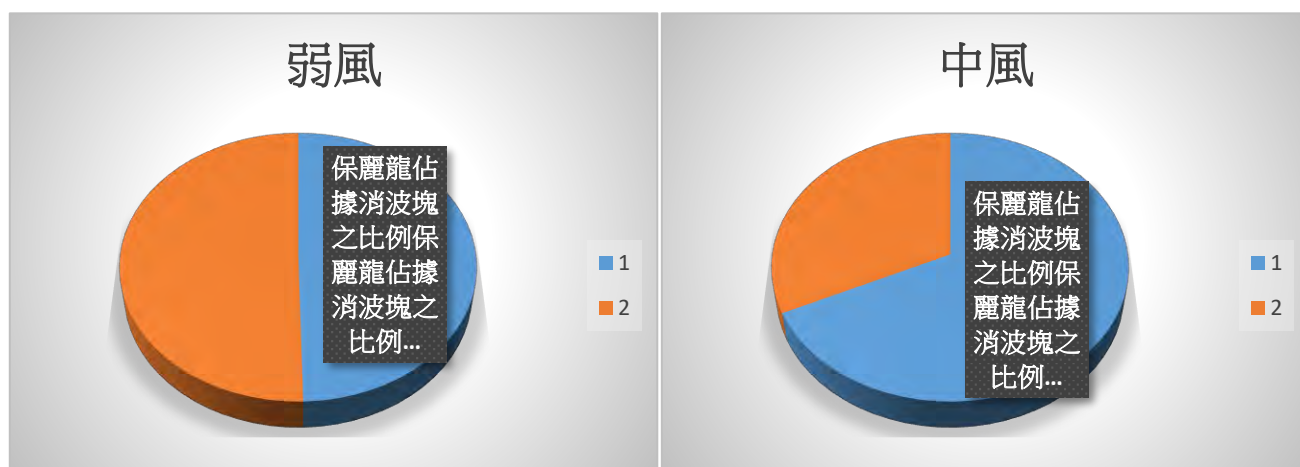


圖 2

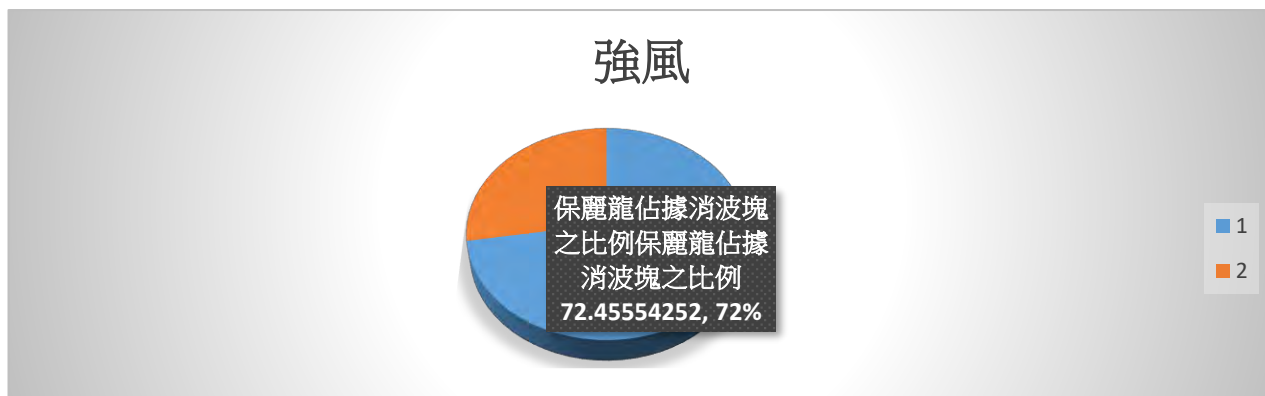


圖 3

實驗四. 造浪實驗		
	20 塊模型收集保麗龍球之總和 (單位： cm^2)	保麗龍球總面積 占消波塊模型總面積之百分比(%)
一顆馬達	539	81.09165312631642
三顆馬達	552	83.04748149485467
五顆馬達	732.5	110.203406150328

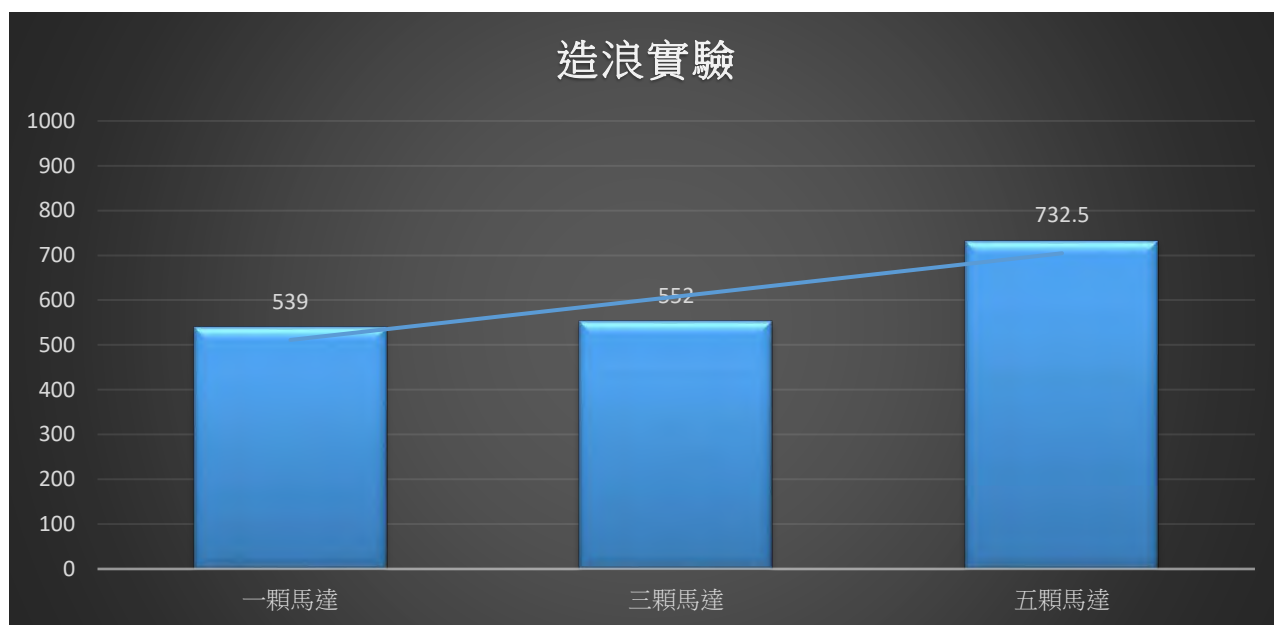


圖 1

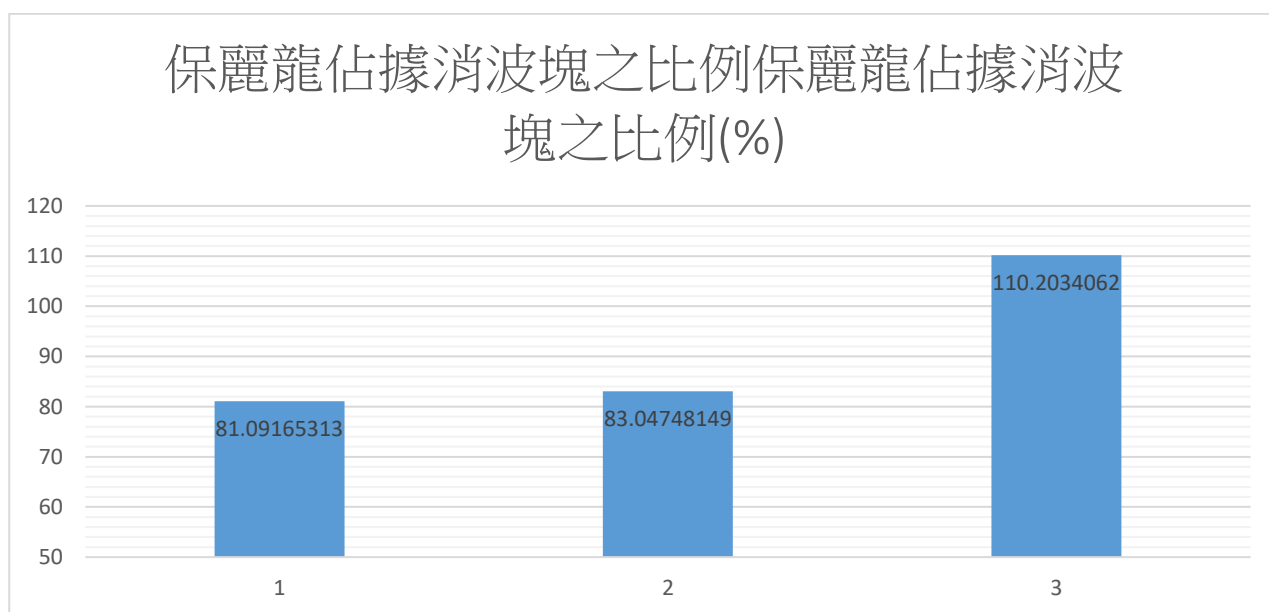


圖 2

補充：由於五顆馬達造浪後的數據超過消波塊總體本身之面積，故圖 2 不以圓餅圖表示。

實驗五. 風浪實驗		
	20 塊模型收集保麗龍球之總和 (單位： cm^2)	保麗龍球總面積 占消波塊模型總面積之百分比(%)
中風+一顆馬達	254.34	38.26502978877054
中風+三顆馬達	348.5	52.43124511042908
中風+五顆馬達	421.8	63.45910814226395

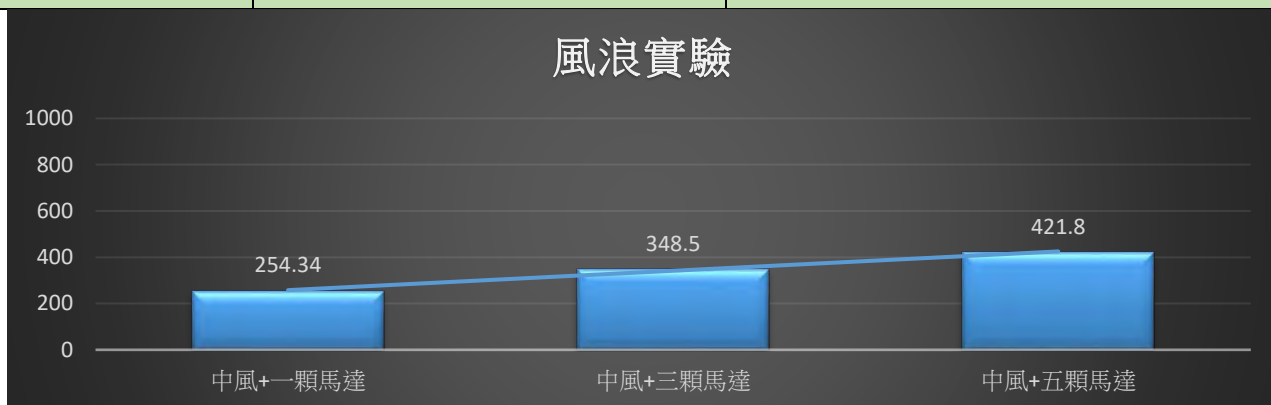


圖 1

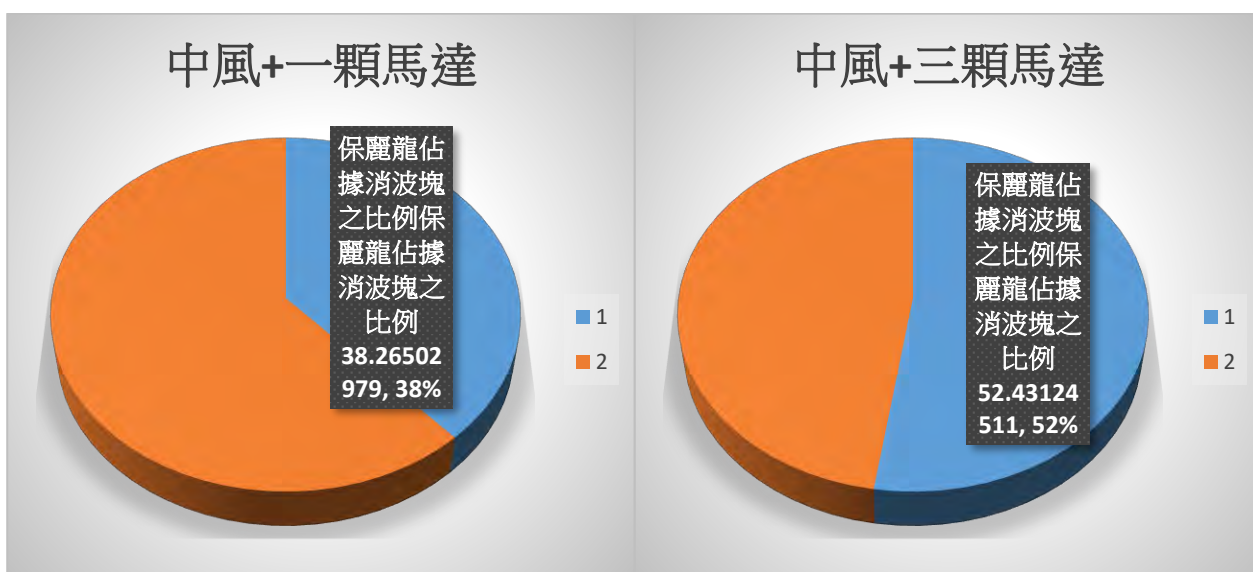


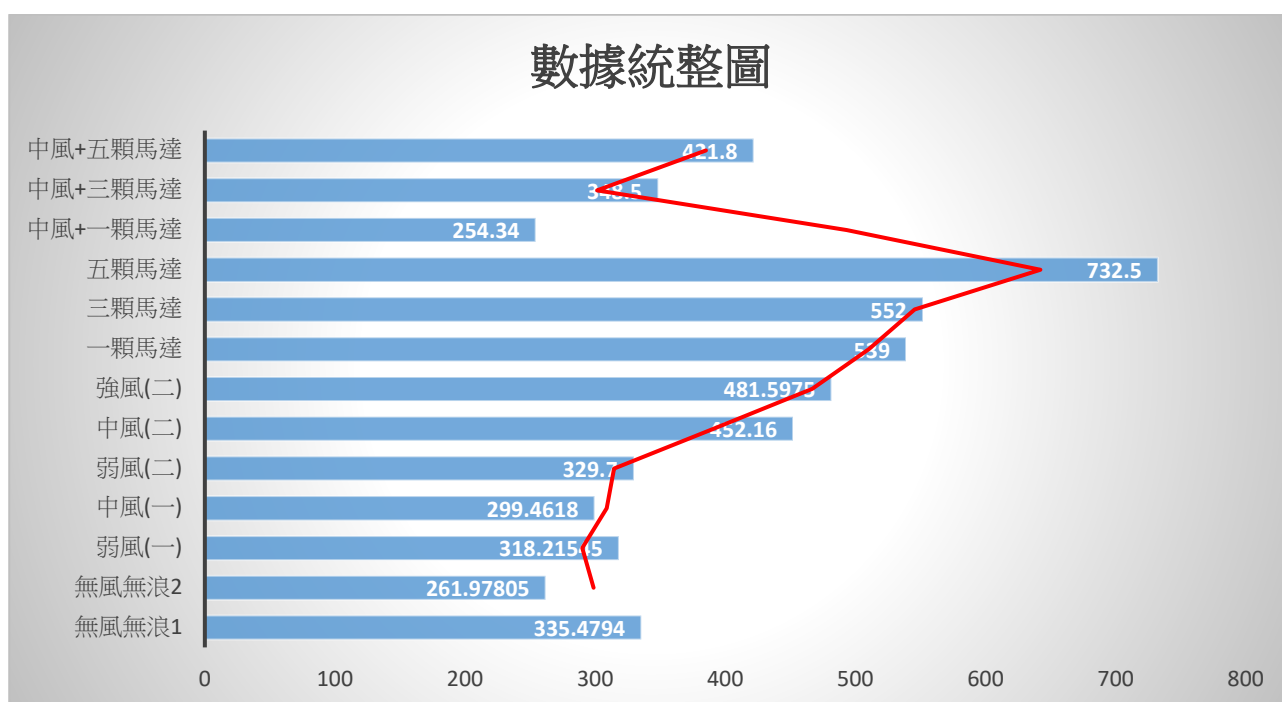
圖 2



圖 3

五.比對數據

數據統整表		
	20 塊模型收集保麗龍球之總和 (單位： cm^2)	保麗龍球總面積 占消波塊模型總面積之百分比(%)
無風無浪 1	335.4794	50.47231750616838
無風無浪 2	261.97805	39.41416170187158
弱風(一)	318.21545	47.8749849551664
中風(一)	299.4618	45.05352951796353
弱風(二)	329.7	49.6028163928507
中風(二)	452.16	68.02671962448095
強風(二)	481.5975	72.45554251669977
一顆馬達	539	81.09165312631642
三顆馬達	552	83.04748149485467
五顆馬達	732.5	110.203406150328
中風+一顆馬達	254.34	38.26502978877054
中風+三顆馬達	348.5	52.43124511042908
中風+五顆馬達	421.8	63.45910814226395



伍. 研究結果

結果一.在實驗過程中觀察到，排數越多，模型間滯留的垃圾量越大。

結果二.在無風無浪的情況下，垃圾收集率大約是消波塊總面積的 39%左右。

結果三.保麗龍收集量是：造浪>風力>有風有浪>無風無浪。

結果四. 在實驗二和實驗三的經驗中，發現了模擬實驗之不足，亦即水箱受空間的影響會有氣流反射的問題，同樣的問題也反映在了水流的部分，因此從實驗三開始，所有模型改為「離岸」20 公分，降低氣流或是水流碰到水箱周圍時造成的反射影響，同時也意外發現了，滯留在模型以及水箱邊緣之間的保麗龍無論漲潮或退潮都無法散去，推測是消波塊本身的消波功能造成的，因此我們認為，除了消波塊內桶本身以外，加上消波塊之間以及消波塊群和海岸之間的滯留區，也有助於留住中、大型以上的垃圾。

結果五.水流的影響力高於其他影響因素。

陸. 討論

一.受限於模擬實驗的規模與設計，在氣流和水流的干擾下影響了部分數據的呈現。

二.三腳鼎消波塊由於並非可使用「亂拋」的擺放類型，在台灣海岸較少見，但本身的「高契合」擺放特性，為我們的設計帶來了意想不到的垃圾收集效能，而本身的消波性能也沒有因為內桶設計而受到太多影響。

三.使用保麗龍做垃圾的模擬乃是因為塑膠與保麗龍長年在海洋垃圾量的排行榜中名列前茅，並且與塑膠一樣有「不可分解性」以及「細化特性」，留在海洋或海邊越久就越難清理，加上保麗龍容易受水體表面張力所控制，在實驗過程中能讓數據呈現較為單純，所以選擇使用保麗龍作為實驗材料。

四.無法實際做抽取內桶作業，無法得知作業時可能碰到的困難。

五.若能繼續發展本研究，加入田野調查或甚至與建設業者合作是我們下階段的願景。

柒. 結論

我們的設計雖然是完全的模擬測試，對於實際變因也有許多沒有精準計算的部分，但是在實驗階段已經表現的相對穩定，我們希望以後還有機會做後續的研究。

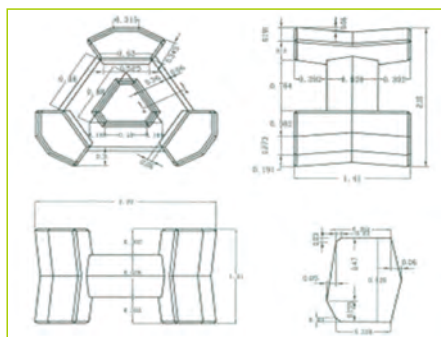
海洋垃圾會多到什麼程度？這已經成為了刻不容緩的人為災難，雖然我們目前的力量很小，但仍期待能夠在自己能力可能提供的範圍內，為地球做出貢獻。

捌.參考資料

- 一.(註 1)一個水桶救海洋澳發明家打造神奇垃圾桶 <https://dq.yam.com/post.php?id=5290>
- 二.(註 2)由海洋清掃(The Ocean Cleanup)公司設計的巨型浮動式柵欄長約 100 公尺(330 英尺)，可以擋住塑膠袋、瓶罐等塑膠垃圾，將投入荷蘭附近約 23 公里(14 英里)遠的海域。 <http://hssszn.com/archives/8629>
- 三.(註 3)40 個台灣大！太平洋發現海洋垃圾場/摘錄自 2010 年 4 月 31 日 TVBS 外電報導 <http://e-info.org.tw/node/54649>
- 四.(註 4)科學家證實南太平洋也有垃圾帶/TEIA 環境資訊中心 <http://e-info.org.tw/node/206773>
- 五.第 43 屆科學展覽會國中組地球科學科：海浪的力量—防波堤的設計
- 六.第 44 屆科學展覽會國小組生活與應用科學科：從人工消波塊看自然生態工法
- 七.部落格<經驗傳遞>---防波塊.港邊現地製作消波塊防護-水泥肉粽製品生產.灌漿成品 <http://blog.xuite.net/a28856200/28856200/151806802>
- 八.藍之青.轉角國際---吸管、微粒、塑膠袋：被人造垃圾淹沒的海洋 https://global.udn.com/global_vision/story/8664/1950611
- 九.胡介申.荒野保護協會---超越你丟我撿，臺灣潔淨海洋的機會與挑戰 <https://www.sow.org.tw/blog/37/20160910/4933>
- 十.胡介申.荒野保護協會---2016 海廢數據：寶特瓶離島榜首 島內回收系統建立有效 <https://www.sow.org.tw/info/news/20161221/5141>
- 十一.鐘才詠發表於探索---塑膠垃圾：海洋不能承受之重 <https://op46.com/#/discovery/36cb9113f86ee85873a04781f590e760.html>
- 十二.安川利水工業股份有限公司.消波塊產品項目---三腳鼎塊 <http://www.anch-hoch.com.tw/product-detail-1192608.html>
- 十三.廖育婉.中時電子報火鍋原理發明水上垃圾桶海洋變乾淨 <http://campus.chinatimes.com/20160802003511-262301>
- 十四.徽徽.地球圖輯隊---一個水桶救海洋澳發明家打造神奇垃圾桶 <https://dq.yam.com/post.php?id=5290>
- 十五.讚新聞---有史以來最巨大的海洋清理陣列將在五年內把全球海洋上的垃圾清乾淨!
<http://hssszn.com/archives/3592>

【評語】 082917

1. 參考海洋垃圾桶及海洋浮動式堤壩的結構，改良三腳鼎消波塊的設計並製作模型，測試收集垃圾情形，具有創意。
2. 模擬中以保麗龍球作為垃圾收集試樣，但海洋上的垃圾種類多元，可以模擬多種試樣增加其結果的可靠性。



三腳鼎塊藍圖



可重疊性



填充新生地

選擇三腳鼎塊的理由及其性能如下：

- a. 特性：可密集排列吊放一、二層，不同排法可適合任何護岸保護、消波工法。
- b. 消波：個體有56%之孔隙率，能分散衝力，且有凹外型能減緩流速，消波的效能極佳。
- c. 契合：其重心位在高度之三分之一以下，可連接成為一整體，，契合性佳安定性大。
- d. 實用：56%之空隙率比其他異型塊節省約15%之工程費，非常經濟實用。

縮尺：若縮尺為1/35時，則右邊的值
(p為實際值；m為模型值；L為邊長)

$$\text{長度} \rightarrow L_p \times \frac{1}{35} = L_m \quad \text{實際邊長} \times \frac{1}{35} = \text{模型邊長}$$



三層三腳鼎塊的油土模擬模型。



手繪比例圖，用以和油土做對照。



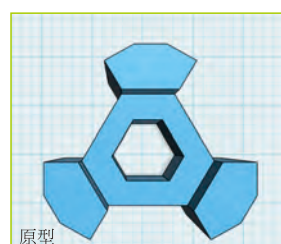
使用3D列印設計程式「123Design」將「母模」尺寸設計出來。



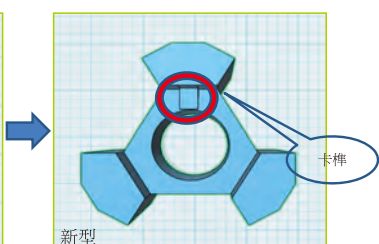
調和印模粉將母模置入膠狀印模粉等其凝固。



用3D列印做出母體模型(母模)，在母模定型後再做翻模，我們初期使用牙醫做齒模的印模粉來做翻模，接著灌入石膏或是水泥，雖然有做出成品，但翻模需要兩天以上才會成形，且印模粉3~5天內會因水分散失而龜裂，考慮材料成本以及不良率過高，最終放棄以翻模作為量產手段，進而直接使用3D列印，並將模型內部挖空，灌製水泥來增加重量，如此不僅製作速度較快，模型精準度也更高。

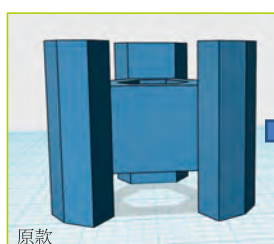


原型

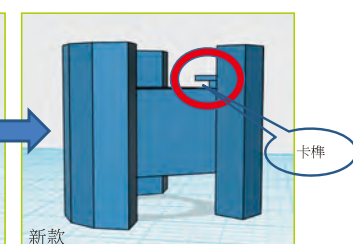


新型

上方視角：改成圓形內部設計
加上卡榫來穩定內桶原款

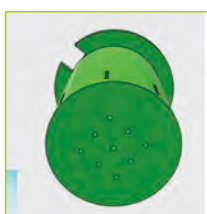
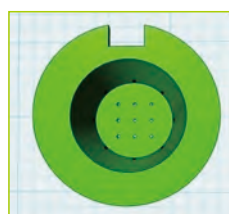


原款



新款

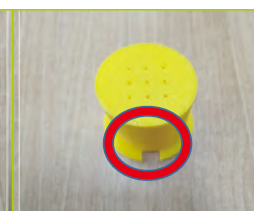
側面視角：改成圓形內部設計
加上卡榫來穩定內桶



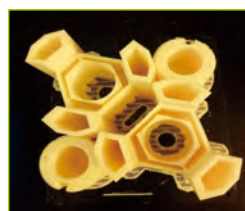
加上母卡榫來穩定內桶



圖示意為可增加拉環或繩索。



內桶排水孔示意圖
(底部9個排水孔，側面32個排水孔)



內部挖空灌入水泥，
使其能夠沉入水中。



不同形式的消波塊排列方式

摘要

我們參考了seabin以及巨型浮動式堤壩的概念，設計出能收集垃圾的消波塊。其優點如下所示：

- 優點一：耐用性佳，一旦擺放排列完成後，可以使用非常久。
- 優點二：不像seabin，不消耗電力，利用潮汐收集垃圾，再由人力集中。
- 優點三：不同於偶發性的淨灘活動，幾乎24小時每天自動作業。
- 優點四：設計簡易、成本低廉，易於推動實行。

研究動機

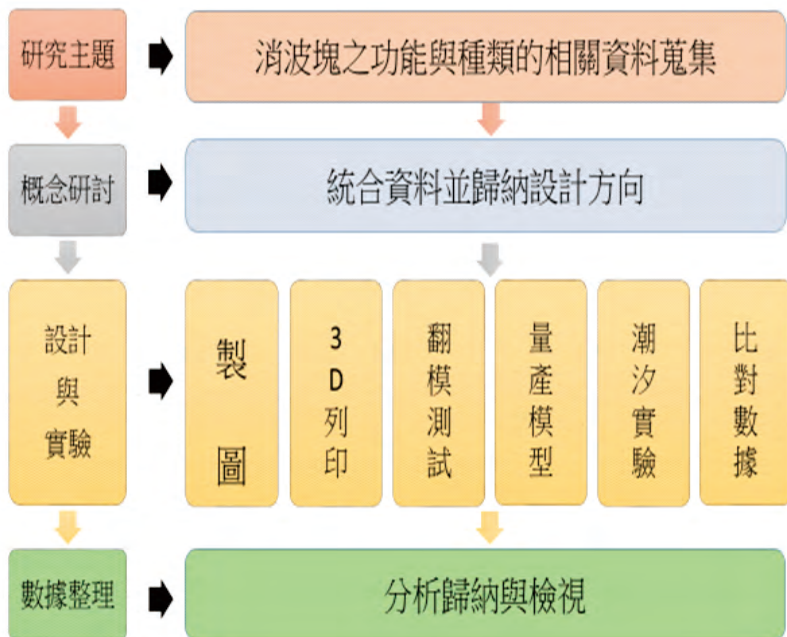
畢業旅行我們到花蓮海洋公園時，裡面的訓練員告訴我們現在海洋垃圾的問題越來越嚴重，我們花了一段時間去蒐集資料，看到了種種令人不忍心的畫面，如：滿腹塑膠的信天翁遺骸、被塑膠套割破脖子的海狗、吸管卡在鼻子裡的海龜、餵食雛鳥塑膠碎片的海鷗、用瓶罐當殼的寄居蟹等等...我們不斷思考如何能幫助減少海洋垃圾，剛好這學期上課有學到海岸被侵蝕和沖刷而改變地貌的現象，而為了減少海岸的侵蝕及堤防的安全，常會安置消波塊在這些地方，因此我們便聯想到消波塊是否有收集垃圾的可能性，由此開始了我們的研究，希望能拯救海洋生物。



研究目的

現階段清除海洋垃圾的方法，除了讓大自然自行分解外(消極的)，也有使用船隻打撈以及淨灘的方式，當然也有使用高科技產品的方式，比如說澳洲發明的seabin或是荷蘭海洋清潔公司發明的浮動式堤壩來做收集，我們綜合以上的概念，想做出同時擁有這些優點，但是在必須付出的資源以及成本上相對較低的方式，因此想研究消波塊複合垃圾收集裝置的設計以及效能，希望能幫助解決海岸漂浮垃圾。

研究主題



消波塊部分

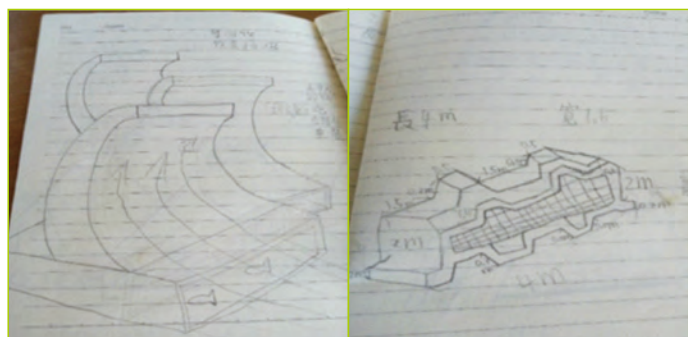
1. 消波塊的歷史功能。
2. 消波塊的外型種類。
3. 消波塊的材質與尺寸。
4. 消波塊的製作與安置。
5. 消波塊相關研究。

海洋垃圾部分

1. 海洋垃圾到2050年，海中的垃圾將會比魚還要多。
2. 海洋垃圾分布在北太平洋環流區域成為垃圾帶。
3. 海洋垃圾量在1995年評估時約為260種，現在是1450種。

設計

製圖



分為兩個部分，第一是消波塊的外型設計，第二是消波塊內部裝置的結構。製作初期我們企圖能個設計出一個全新的消波塊，因此做了一些手繪藍圖，然而我們發現我們本次研究的主題以及資源、時間、技術等來評估，我們還無法自行設計出同時擁有內部空間及外部能夠承受海浪衝擊等外力破壞的消波塊，因此我們審慎考量後決定用「三腳鼎塊」作為我們要改造設計的基礎原型消波塊。

實驗

- 步驟1：先將20顆消波塊排列成4排型式，並將保麗龍顆粒撒在保麗龍前緣空曠區域。
- 步驟2：利用虹吸原理將漲潮水桶內的水排入大型水箱，直至水位超過消波塊2cm為止。
- 步驟3：靜置五分鐘左右，然後再使用虹吸原理以4條排水管將水排入退潮水桶。
- 步驟4：收集模型上的保麗龍顆粒。
- 步驟5：將白板當基底，使用磁鐵尺排成直角，將保麗龍顆粒均勻鋪平成一個四邊形。
- 步驟6：計算出保麗龍顆粒四邊形的面積總和，在套入公式，得出保麗龍顆粒總面積。



①退潮水桶*1②退潮水管*4③消波塊*20④造波馬達*5
⑤漲潮水管*1⑥漲潮水桶*1⑦造風工業電風扇*1



將白板當基底，
使用磁鐵尺排成
直角，將保麗龍
顆粒均勻鋪平成
一個四邊形。

水箱(大)水面積為 $150\text{cm} \times 60\text{cm} = 9000\text{cm}^2$
水體積為(長)150cm(寬)60cm(高)8cm= 72000cm^3
消波塊模型表面積約為 33.234cm^2
二十塊表模型面積為 664.68cm^2

保麗龍顆粒直徑平均為 0.6cm ，則平均面積約為 0.2826cm^2 ，
保麗龍顆粒在每 0.36 平方公分裡約有 21.5% 面積為縫隙
($(0.6 \times 0.6) - 0.2826 = 0.0774$ ， $0.0774 \div 0.36 = 0.215 = 21.5\%$)
我們將保麗龍整齊排列成正方形，計算正方形邊長後再乘
 $0.785 = (1 - 21.5\%)$ 之面積則大約是保麗龍
所占面積故攔截之保麗龍面積公式為 $(S \times S) \times 0.785$



風力實驗及造浪實驗現場。

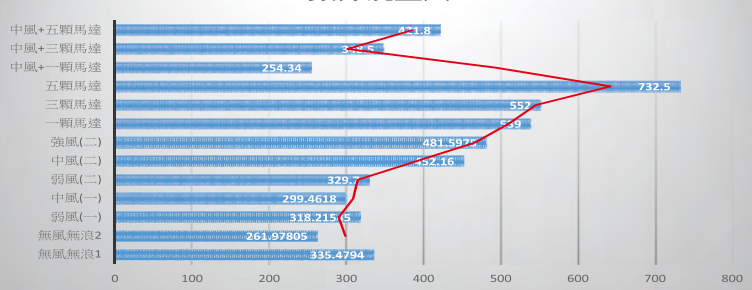


保麗龍
滯留內
桶內及
消波塊
上之狀
況。

數據統整表

	20塊模型收集保麗龍球之總和 (單位： cm^2)	保麗龍球總面積
		占消波塊模型總面積之百分比(%)
無風無浪 1	335.4794	50.47231750616838
無風無浪 2	261.97805	39.41416170187158
弱風(一)	318.21545	47.8749849551664
中風(一)	299.4618	45.05352951796353
弱風(二)	329.7	49.6028163928507
中風(二)	452.16	68.02671962448095
強風(二)	481.5975	72.45554251669977
一顆馬達	539	81.09165312631642
三顆馬達	552	83.04748149485467
五顆馬達	732.5	110.203406150328
中風+一顆馬達	254.34	38.26502978877054
中風+三顆馬達	348.5	52.43124511042908
中風+五顆馬達	421.8	63.45910814226395

數據統整圖



研究結果

- 結果一.在實驗過程中觀察到，排數越多，模型間滯留的垃圾量越大。
- 結果二.在無風無浪的情況下，垃圾收集率大約是消波塊總面積的39%左右。
- 結果三.保麗龍收集量是：造浪>風力>有風有浪>無風無浪。
- 結果四.在實驗二和實驗三的經驗中，發現了模擬實驗之不足，亦即水箱受空間的影響會有氣流反射的問題，同樣的問題也反映在了水流的部分，因此從實驗三開始，所有模型改為「離岸」20公分，降低氣流或是水流碰到水箱周圍時造成的反射影響，同時也意外發現了，滯留在模型以及水箱邊緣之間的保麗龍無論漲潮或退潮都無法散去，推測是消波塊本身的消波功能造成的，因此我們認為，除了消波塊內桶本身以外，加上消波塊之間以及消波塊群和海岸之間的滯留區，也有助於留住中、大型以上的垃圾。
- 結果五.水流的影響力高於其他影響因素。

討論

- 一.受限於模擬實驗的規模與設計，在氣流和水流的干擾下影響了部分數據的呈現。
- 二.三腳鼎消波塊由於並非可使用「亂拋」的擺放類型，在台灣海岸較少見，但本身的「高契合」擺放特性，為我們的設計帶來了意想不到的垃圾收集效能，而本身的消波性能也沒有因為內桶設計而受到太多影響。
- 三.使用保麗龍做垃圾的模擬乃是因為塑膠與保麗龍長年在海洋垃圾量的排行榜中名列前茅，並且與塑膠一樣有「不可分解性」以及「細化特性」，留在海洋或海邊越久就越難清理，加上保麗龍容易受水體表面張力所控制，在實驗過程中能讓數據呈現較為單純，所以選擇使用保麗龍作為實驗材料。
- 四.無法實際做抽取內桶作業，無法得知作業時可能碰到的困難。
- 五.若能繼續發展本研究，加入田野調查或甚至與建設業者合作是我們下階段的願景。

結論

我們的設計雖然是完全的模擬測試，對於實際變因也有許多沒有精準計算的部分，但是在實驗階段已經表現的相對穩定，我們希望以後還有機會做後續的研究。

海洋垃圾會多到什麼程度？這已經成為了刻不容緩的人為災難，雖然我們目前的力量很小，但仍期待能夠在自己能力可能提供的範圍內，為地球做出貢獻。