

中華民國第 60 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

第一名

082924

海上的楚河漢界-探討影響漁港使用攔木網效果
之研究

學校名稱：高雄市小港區港和國民小學

作者： 小五 顏 琳 小五 吳兆宸 小五 林沂臻 小五 黃麟茵 小五 許書涵	指導老師： 顏志昌 潘淑芬
---	-----------------------------

關鍵詞：攔木網、漂流木

得獎感言

一步一腳印.科展放光明

我們的研究，從一開始的實驗規劃及專家訪談，到攔木網及漂流木模型的製作、實驗結果的觀察、探討與記錄，到最後兩天的比賽，都是我們一步一腳印，用自己的雙腳踏出最深刻的足跡，才成就了這座閃閃發亮的冠軍獎盃。實驗過程中，我們不斷碰到瓶頸，包括尋找攔木網縮小比例後的模擬物、實驗中發現造浪器的波浪不平均與兩旁的迴流現象等；以「尋找模擬物」來說，當時我們實際走訪了數家文具行，調查不同保麗龍球的大小，為實驗所付出的心血與努力是絕對無可比擬的。比賽前，整理實驗手札時，發現我們的實驗紀錄稿紙多達六百餘張，代表我們為作品付出了這麼多心血，而當下我們專注在研究過程中，竟沒有發現。

這次的比賽帶給我們的不只有身為冠軍的榮耀，更讓我們學習到團隊合作的重要性。如果只有一個人，是絕對無法完成這個研究的；另外，衷心感激在過程中協助過我們的每位英雄，包含兩位指導老師、為團隊採買餐點的老師、支持我的家人們、提供建言的每位專家以及評審們的青睞，正因為有你們的無私奉獻與幫助，我們才有今天的成就，我想要大聲的說：「謝謝你們」

未來希望有更多人投身科學、發展科學；也希望有國際人士能夠注意到攔木網及漂流木的事件，將複合式攔木網推廣到全世界的高風險性漁港，再與警報器結合，讓我們的實驗能夠延續下去，更精準、更方便、也更實用。

最後，雖然科展已告一段落，但我們期許自己能以面對科展研究和比賽的堅強、認真迎向今後的所有挑戰！



榮獲全國第一名頒獎現場



指導教師、學生在攔木網模型前合影



學生實際踏查中芸漁港攔木網掛網作業演練

摘要：

暑假期間，看到漂流木無預警進港干擾漁民與旅客生活，於是激發我們想要實驗探究攔木網效果的因素 – 「攔木網」幾項結論包括：第一、海流大小主要影響攔木網的潛流量、海浪大小主要影響攔木網的跨越量；第二、當漂流木密度比例越大，攔木網通過的潛流量越多；漂流木密度比例越小，攔木網通過的跨越量越多；第三、提出兩種最佳組合模式『間距 1.6cm(80cm)+裙部 6cm(300cm)+乾舷高度 0.4cm(20cm)』、『間距 2.4cm(120cm)+裙部 5cm(250cm)+乾舷高度 0.35cm=17.5cm)』，可以發揮最高攔截效果；第四、研發複合式攔木網，網袋空間攔截率高達 88.6%，使攔木網效能達到最高，並且專家及廠商確認可以執行；第五、攔木網架設位置選擇內港效果最好。最後，希望經由以上的研究，能提供有效的資訊給漁港或漁業署在申請製作攔木網的依據。

壹、研究動機：

發生於 2019 年 8 月 27 日暑假期間的白鹿颱風過後，造成漂流木一夜塞爆台東富岡漁港的大新聞，當時明明是好天氣，但是往返綠島台東的船隻卻被綿延 4 公頃的漂流木阻塞無法出航，我們很好奇，難道漁港沒有防範的措施嗎？於是，我們與老師一同搜尋網路上有關漂流木的報導，發現離學校不遠的中芸漁港竟然是全國第一個使用攔木網攔截漂流木的發源地，這樣的資訊讓我們激起研究的想法，到底什麼是攔木網呢？攔木網攔截漂流木有效嗎？影響攔木網攔截漂流木效果的變因有哪些？剛好學校有進行科展，於是我們主動與老師討論後，決定展開攔木網的研究旅程，老師安排我們訪談中芸漁港第一位使用攔木網的漁民與現任漁港辦公室的站長，讓我們與專家對話，初步瞭解什麼是攔木網，就這樣我們展開了後續的研究，希望能透過實驗設計，找出攔木網的效能關鍵並提出最佳的攔木網模式。

本參展作品與教學單元之相關性有：

- 一、國小自然課本六年級上學期第一單元 天氣的變化

貳、研究目的:

- 一、訪談中芸漁港使用攔木網的經驗
 - (一)設計問卷訪談中芸漁港漁民及漁會站長
 - (二)文獻資料分析
- 二、了解漁港使用攔木網的功能
 - (一)比較有無攔木索對攔截漂流木效果的影響
 - (二)比較攔木索與攔木網對攔截漂流木效果的影響
- 三、探討影響攔木網攔截漂流木效果的變因
 - (一)不同的海流大小對攔木網攔截漂流木效果影響
 - (二)不同的海浪大小對攔木網攔截漂流木效果影響
 - (三)不同的漂流木數量對攔木網攔截漂流木效果影響
 - (四)不同的漂流木種類對攔木網攔截漂流木效果影響
- 四、提出如何改良攔木網的做法
 - (一)不同的浮體間距對攔木網攔截漂流木效果影響
 - (二)不同的裙部長度對攔木網攔截漂流木效果影響
 - (三)分析複合式攔木網的構想
- 五、以中芸漁港為例，討論攔木網應該架設的位置
 - (一)漁港內的不同位置對攔木網攔截漂流木效果影響

參、研究設備與器材:

軟體設備：GOM Player 影像剪輯軟體、Smartboard 電子白板軟體。

硬體設備：壓克力水槽(長 200cm×寬 100cm×高 30cm)、1HP 抽水馬達、1/2HP 抽水馬達、水箱 2 個、相機 2 台、游標尺、長尺、保麗龍球、紗網、棉線、美工刀、腳架、粗吸管、細吸管、油土、剪刀、壓克力板、塑膠水管、珠鍊、碼錶、造浪器(功率 60W)、電子秤、CD 盒。



肆、研究過程與方法:

◎研究一：訪談中芸漁港使用攔木網的經驗

想法：我們希望透過訪談，初步了解攔木網設計的概念。

實驗(一)：設計問卷訪談中芸漁港漁民及漁會站長

▀訪談內容▀

Q1：為什麼中芸漁港會有出現大量漂流木進港的現象？

A1：因為中芸漁港靠近高屏溪出海口，上游荖濃溪、隘寮溪大量樹木因大雨沖刷順流而下，再加上夏季岸邊洋流的流向，造成漁港經常在颱風過後，就容易出現漂流木進港的現象；最近 2019 年 8 月 25 日剛發生白鹿颱風造成富岡漁港一夕之間被漂流木癱瘓，所以，全台灣有許多漁港在暑假經常飽受漂流木的困擾。

Q2：漂流木進港對漁民的危害有什麼？

A1：第一、漂流木進港會破壞船體、延長打撈時間；第二、阻塞出港的船道，漁民生計受損，商船無法接駁旅客(2019.8.24 白鹿颱風)。

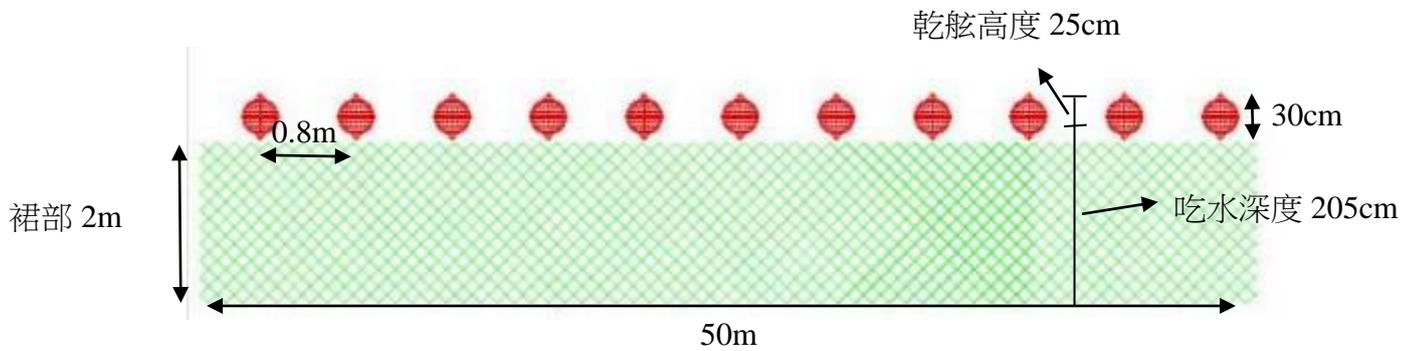
Q3：莫拉克風災時，漁港如何應付漂流木？

A1：當時是我跟漁會臨時想到以纜繩、浮球結合，在海面上架起三道防線，成功阻攔漂流木，現在已經再加上漁網，由原本的攔木索變成攔木網，效果更好，但還是會發生些許漂流木進港的問題。

Q4：請問目前訂製的攔木網規格？

A1：經過實際測量與台南製網公司的文獻比對，攔木網長 50m、裙部深度 2m、浮球直徑 30cm(每 80cm 設置一顆浮球)、乾舷高度 25cm、總重量 100KG。





Q5：請問當時進港的漂流木大小尺寸？

A1：印象中，有大有小，有些有浮有些是比較沉的，如果要確實的資料可以向屏東林務局或海洋局詢問。

發現：1.只要漁港符合第一、鄰近溪流出口；第二、港嘴順著沿岸流的方向或是受到潮汐漲退潮，就可能成為漂流木侵襲的對象，表示漂流木的危害是全國性的。

2.目前攔木網並無科學數據的正式規格，僅只於漁會交付廠商憑經驗製作；所以，攔木網的研究與推廣是刻不容緩的方向。

實驗(二)：文獻資料分析

▀ 漂流木尺寸 ▀

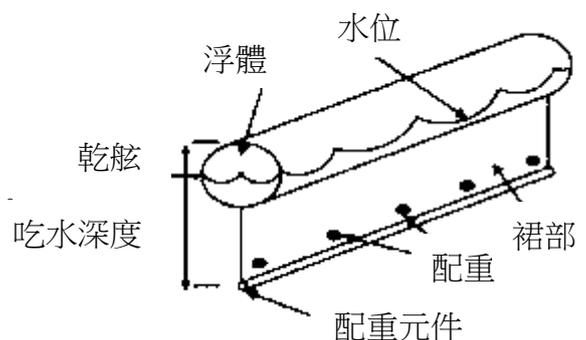
根據屏東林務局所提供的紀錄中，觀察現場漂流木尺寸最大直徑為60cm、最長為300cm；另外，各樹種的密度變化介於1~0.3之間，我們以國有林種植面積最大的柳杉為標準，密度最大為0.91g/cm³、最小為0.47 g/cm³作為後續製作漂流木模型的依據。

▀ 攔油索的構造 ▀

根據海洋局提供的海洋油污染應變資料中，攔油索的構造名稱：

- 1.浮體：主要功能為使攔油索浮於水面，其可為實心型或充氣型。
- 2.裙部：防止浮油自攔油索底部通過（流失）。
- 3.乾舷：為浮體露出海面之高度。
- 4.吃水深度：為浮體在水部分加上裙部之深度。

我們以此文獻作為攔木網構造名稱的依據



▀ 攔油索使用失效分析 ▀

- 1.飛濺現象：當浪高於乾舷，浮油會濺越浮體。
- 2.海流夾帶(潛流)現象：當海流流速快，使油從裙部底下脫離。

根據海洋局提供的海洋油污染應變資料，我們將通過浮體上方漂流木的數量稱為『跨越量』；通過裙部下方漂流木的數量稱為『潛流量』。

◎研究二：了解漁港使用攔木網的功能

想法：根據訪談的資料，中芸漁港當時是緊急使用攔木索再改良為攔木網，於是我們產生疑問，到底攔木索與攔木網對攔截漂流木的差異是什麼呢？漂流木是在什麼情形下通過攔木網進港呢？

▀**水槽模型製作**▀我們與老師討論如何設計實驗的情境，主要試驗設施如圖所示。

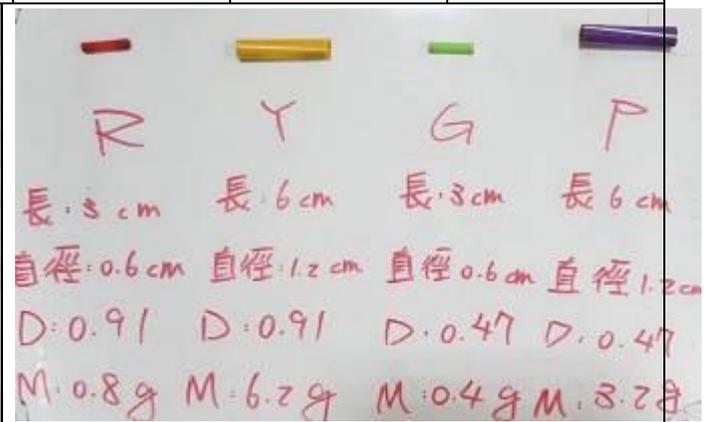
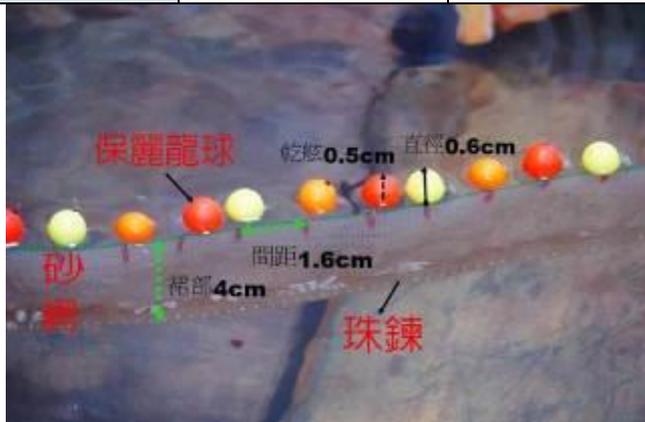
- (一) 實驗水槽：長200cm、寬100cm、高30cm之水槽。水槽內分為四個區域，第一集水緩衝區、漂流木區、實驗區、第二集水緩衝區。水流經過T型管分流後，進入第一集水緩衝區，蓄滿後流向45度斜坡往漂流木區移動，最後進入第二集水緩衝區。
- (二)馬 達：兩顆其功能為透過皮帶帶動旋轉葉片以驅動水流，功率可達1HP及1/2HP，並可利用控制閥轉換流量，以模擬不同海流強度。
- (三)流量計：銜接在馬達的出水口，可配合控制閥觀察不同流量數據。
- (四)造浪器：選用功率60W、流量1700~20000L/h、適用魚缸2m，但造浪器是利用單一水流壓力順勢造浪，容易讓造浪器前實驗區的漂流木受到水流壓力，瞬間往攔木網推進甚至穿越攔木網，於是加裝L型鋁片罩住造浪器，讓造浪器單一水流壓力打在具彈性的鋁片上進而拍動水形成海浪，透過旋鈕控制流量(測量旋鈕1/4=波高0.8cm、1/2=波高1.6cm、3/4=波高2cm、全開=波高2.5cm)、控制週期。
- (五)第一集水緩衝區：水流經過T型管分流後，穩定進入第一集水緩衝區，待水槽滿水位時，便會順著斜坡往漂流木區進行實驗。
- (六)第二集水緩衝區：水流通過攔木網後，穩定進入第二集水緩衝區，便會溢流往蓄水槽儲存，減少水槽底部反射波的干擾現象。
- (七)抽水管：本實驗的攔木網循環系統，以軟管的結構做成一個循環系統，以便可以隨時收納節省空間的利用。但為確保軟管的擺設路徑不會去影響到水流，所以在上面黏上標記，讓軟管擺設在相同位置上。
- (八)T型管出水口：透過T字型的分流管，增加水流的穩定度。
- (九)攔木板：兩片寬100cm、高30cm的壓克力板，可以將實驗用的漂流木暫時穩定。
- (十)斜坡：傾斜45度的鋁板，讓通過第一集水緩衝區的水流可以穩定的往水槽移動。

▾攔木網模型製作▾

(一)攔木網與漂流木：根據中芸漁會站長的資料，漁港內架設攔木網的海堤寬度50m與水槽模型寬度1m，縮小比例尺為1 / 50=0.02，計算各項模擬物的大小如下

- 攔木網：以紗網模擬裙部/以保麗龍球模擬浮體/以珠鍊調整攔木網配重
- 漂流木：以四種顏色的吸管剪成模擬的大小，前後端平均塞入油土控制密度

模擬物 項次	攔木網	漂流木(Y)	漂流木(P)	漂流木(R)	漂流木(G)
原尺寸	長：50m 寬：2m 浮球：30cm 浮球間距：80cm 乾舷：25cm	直徑：60cm 長度：300cm 密度0.91g/cm ³	直徑：60cm 長度：300cm 密度0.47g/cm ³	直徑：30cm 長度：150cm 密度0.91g/cm ³	直徑：30cm 長度：150cm 密度0.47g/cm ³
縮小尺寸 縮小比例尺為 <u>1 / 50=0.02</u>	長：100cm 寬：4cm 浮球：0.6cm 浮球間距：1.6cm 乾舷：0.5cm	直徑：1.2cm 長度：6cm 密度0.91g/cm ³	直徑：1.2cm 長度：6cm 密度0.47g/cm ³	直徑：0.6cm 長度：3cm 密度0.91g/cm ³	直徑：0.6cm 長度：3cm 密度0.47g/cm ³



▾攔木網製作步驟▾

▾漂流木製作步驟▾



固定間距標出位置

手工固定浮體

剪裁漂流木尺寸

塞定量油土模擬比重

材料選用原則

材料選用原則

- 紗網網目可自由選擇，32目水流通透性佳
- 選用釣具店保麗龍球符合浮球大小並附有鐵絲可以掛上
- 網及繩索材質由於縮小比例尺不易取材，故不在此次研究範圍

項目

吸管 🍷

木塊

密度

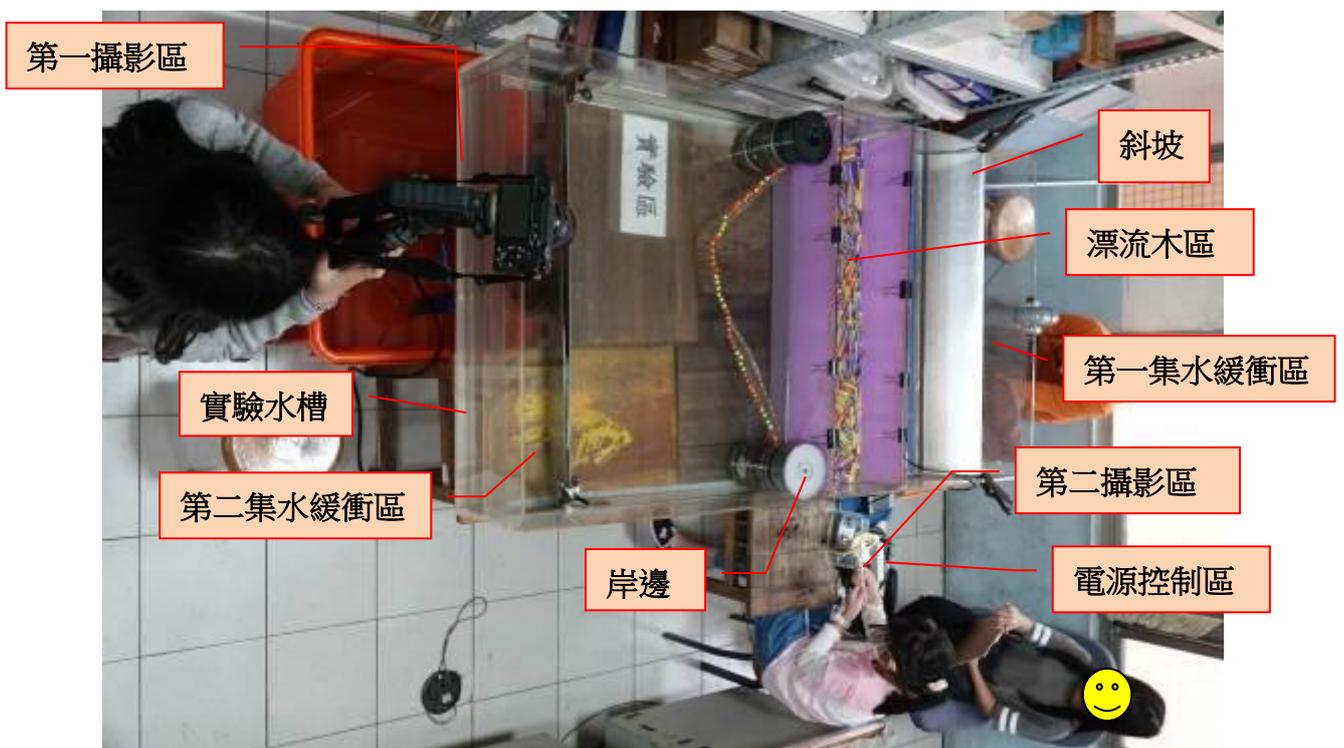
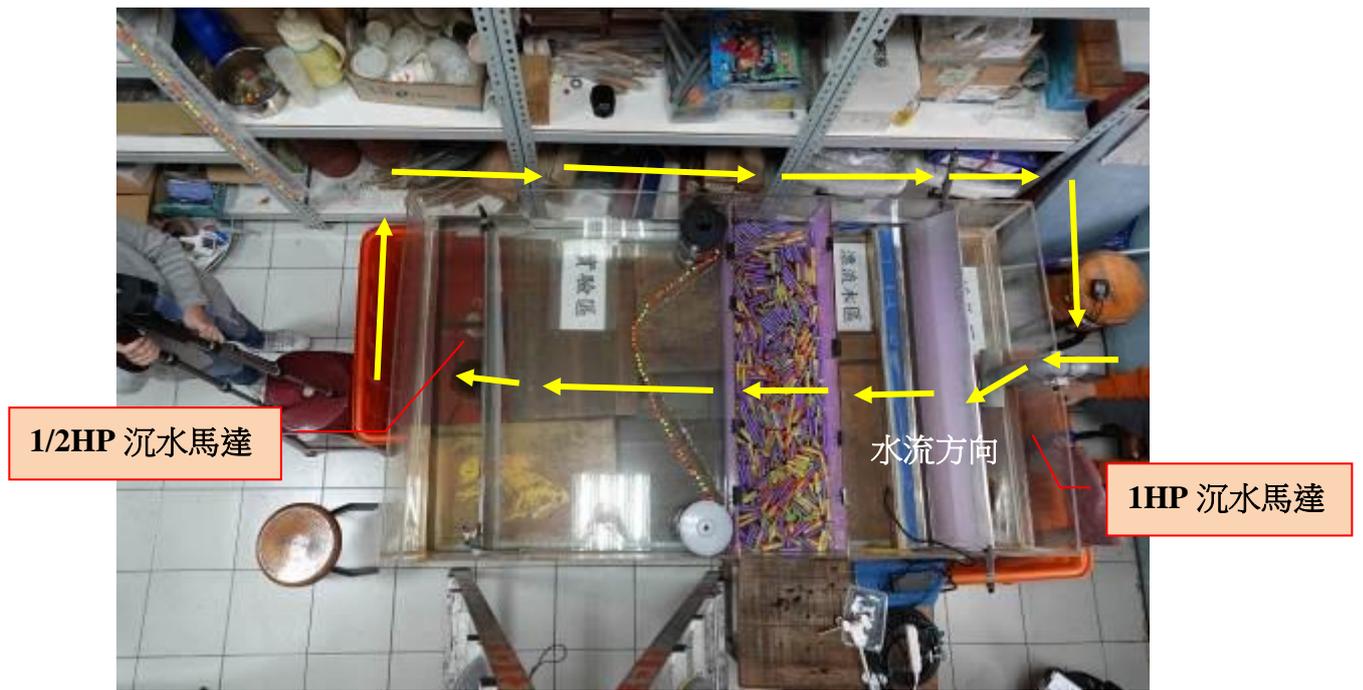
容易調整

不容易調整

重複性

泡水後密度穩定，重複使用高

泡水後木塊吸水密度增加，重複使用低



▣ 實驗條件規劃 ▣

(一)實驗模型：經根據中芸漁會站長的資料，漁港內架設攔木網的海堤寬度50m與水槽模型寬度1m，縮小比例尺為 $1 / 50=0.02$ 來製作水槽比例；港口水深度6.5m，依據縮小比例尺，水槽水高應為13cm。

(二)試驗出水量穩定：先將排水球閥關閉，再利用馬達的操作閥固定轉速(流量計顯示212.5L/min)，待30秒出水後關閉電源，記錄水高，連續測量10次後，馬達的出水量2.1公分佔60%，2.2公分佔40%，馬達轉速穩定。

項次	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
水高(公分)	2.1	2.1	2.1	2.2	2.1	2.1	2.2	2.1	2.2	2.2	2.14

(三)模擬海流：啟動1HP沉水馬達，可透過控制閥及流量計設定出水量，經由第一集水緩衝區進入水槽內模擬不同海流入港。

(四)模擬海浪：啟動造浪器，透過控制旋鈕調整造浪器的流速，進而製造不同水流壓力拍打鋁片形成不同強度的海浪並固定為短周期(1秒)。

(五)自製攔木網模型：依照縮小比例尺 $1/50=0.02$ 來製作攔木網的規格，選用具有水流通透性的32目紗網為裙部(長100cm*寬4cm)，再將直徑0.6cm保麗龍球以間距1.6公分綁在裙部上端固定，裙部下方鑲入珠鍊調整乾舷高度符合比例為0.5cm，攔木網兩側末端繫上15cm棉繩代表固定的繩索，模擬實際攔木網；另外，可調整攔木網裙部以及浮球間距進而客製化不同的攔木網規格；其中，攔木網裙部材質、繩索材質因為縮小比例尺後取材不易，此變因不在本次研究範圍內而研究內容都以網及繩索可以承受下進行實驗討論。

(六)自製漂流木：為了能更加便利性的製作漂流木，我們依照縮小比例尺 $1/50=0.02$ 選用符合口徑的吸管(1.2cm、0.6cm)來製作漂流木並且塞入油土，透過電子秤配種模擬柳杉最大密度 0.91g/cm^3 與最小密度 0.47g/cm^3 的漂流木。

(七)進水時間：當水流溢入水槽時開始計時，待30秒後關閉電源，則進水停止。

(八)攔木效果：針對攔木網的攔截效果，我們觀察的指標包括，浮體上方通過量(跨越量)、裙部下方通過量(潛流量)、整體通過量、網袋攔截率。



自製攔木網模型



自製各式漂流木



造浪示意圖

實驗(一)：比較有無攔木索對攔截漂流木的效能影響

想法：根據訪談資料，最初中芸漁港是使用攔木索來攔截漂流木，於是我們想了解攔木索的使用效果。

- 方法：**
- 1.將馬達的控制閥轉動流量為 212.5L/min、造浪器流量 1/2 旋鈕=波高 1.6cm (週期固定最小)。
 - 2.把攔木索(長 100cm、浮體間距 1.6cm)固定在水槽內 70cm 位置。
 - 3.把四種漂流木 R、Y、P、G 各 300 根放入兩片攔木板內，調整攔木板位置為 70cm-40cm。
 - 4.啟動電源，當水進入水槽內開始計時，30 秒後關閉電源並從第一攝影區(俯視)紀錄漂流木流向攔木網的狀況，第二攝影區(底部)紀錄漂流木底層狀況。
 - 5.播放攝影紀錄，計算通過攔木索上方及下方的漂流木數量；對照組因為無攔木索，所以，計算通過岸邊的漂流木數量。
 - 6.重複上述 1~5 的實驗步驟紀錄 5 次數據平均後，更換攔木索進行實驗。



結果：

▲攔木效果表▼

項次	組別	對照組(無攔木索)				實驗組(攔木索)				
		R	Y	G	P	R	Y	G	P	合計
跨越量(根)						0.2	0	1	0	1.2
潛流量(根)						28.8	36.2	5.2	3.4	73.6
整體通過量(根)		230	209	233	210	74.8				

發現：1.依據整體通過量的比較，對照組_無攔木索 > 實驗組_攔木索，有攔木索的攔木表現是優於無攔木索。

2.使用攔木索的設計仍舊有許多漂流木無法攔截，漂流木大部分從裙部下方通過，其中又以密度大的數量佔最多，依序為 Y>R>G>P。

推論：1.根據實驗的結果，最初中芸漁港緊急使用的攔木索是有效的，但仍然需要加強。
2.由於攔木索並無加長的裙部設計，所以在攔截漂流木上容易出現破口，導致漂流木容易從下方通過。

實驗(二)：比較攔木索與攔木網對攔截漂流木的效能影響

想法：根據訪談資料，中芸漁港後期將攔木索改變為攔木網，我們好奇攔木索與攔木網的使用效果有什麼差異。

方法：1.將馬達控制閥轉動流量為 212.5L/min、造浪器流量 1/2 旋鈕=波高 1.6cm (週期固定最小)。
2.攔木索(長 100cm、浮體間距 1.6cm)固定在水槽內 70cm 位置。
3.把四種漂流木 R、Y、P、G 各 300 根放入兩片攔木板內，調整攔木板位置為 70cm-40cm。
4.啟動電源，當水進入水槽內開始計時，30 秒後關閉電源並從第一攝影區(俯視)紀錄漂流木流向攔木索的狀況，第二攝影區(底部)紀錄漂流木底層狀況。
5.播放攝影紀錄，計算通過攔木索上方及下方的漂流木數量。
6.重複上述 1~5 的實驗步驟紀錄 5 次數據平均後，更換攔木網進行實驗。



整理漂流木



計算漂流木



攔木網實驗



結果：

▀ 攔木效果表 ▀

項次	組別	對照組(攔木索)					實驗組(攔木網)				
		R	Y	G	P	合計	R	Y	G	P	合計
跨越量(根)		0.2	0	1	0	1.2	0.6	0	3.4	2.4	6.4
潛流量(根)		28.8	36.2	5.2	3.4	73.6	5.4	10	0.4	0.4	16.2
整體通過量(根)		74.8					22.6				

發現：1.依據整體通過量比較，對照組_攔木索 > 實驗組_攔木網，表示攔木網攔木效果又更優於攔木索，但我們也意外發現，潛流量的確減少但跨越量卻是增加。

2.根據數據顯示，攔木網在攔截的漂流木中，從浮體上方通過漂流木以密度小的G、P為主、從裙部下方通過漂流木以密度大R、Y為主。

推論：1.由實驗結果可知，攔木網增加裙部能有效攔截漂流木，但我們發現增加裙部會造成浮體乾舷高度降低，也會導致浮體上方通過量增加，所以，攔木網的設計會影響攔截漂流木的效果，我們將此問題列在後續的研究繼續討論。

2.由於G、P漂流木密度小，在漂流木彼此推擠時，較容易聚集在上層，造成跨越現象。R、Y漂流木密度大，在漂流木彼此推擠時，較容易聚集在下層，造成潛流現象。

▀ 專家訪談-中芸漁港辦公室羅站長先生 ▀

Q1：請問羅站長，可以描述使用攔木網攔截漂流木的情況嗎？

A1：當颱風來臨時，我們會持續觀察評估，判斷可能發生大量漂流木時，我們就會發派吊車、船隻共同協助攔木網的架設，目前攔木網是可以攔截漂流木的，但漂流木數量多時或是海流大時都有可能發生變化；通過攔木網的漂流木，依據我們現地的觀察，有一些是從上方通過，但數量不多，比較多有可能是發生在下方通過。

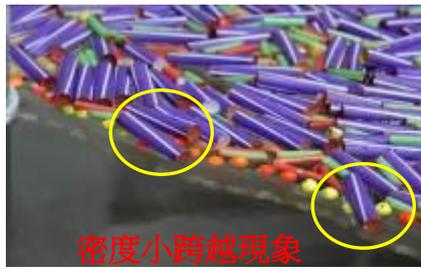
推想：根據專家觀察，攔木網前的漂流木會出現少量上方跨越；大量是下方潛流造成。

Q2：你覺得影響攔木網效果因素可能有什麼呢？

A2：海流的大小、漂流木的數量都會影響攔木網。

推想：根據專家說明，海流大小以及漂流木的變因，將在後續影響攔木網效果中探討。





◎研究三：探討影響攔木網攔截漂流木效果的變因

想法：從研究二當中，我們推測海流、漂流木都可能會影響攔木網效果，於是我們列入變因開始進行實驗。

實驗(一)：不同的海流大小對攔木網攔截漂流木效果影響

- 方法：1.以流量計 1 格 12.5 L/min 為單位，調降馬達控制閥為 212.5 L/min、200 L/min、187.5L/min、175 L/min、162.5 L/min、造浪器流量 1/2 旋鈕=波高 1.6cm(週期最小)。
- 2.把攔木網(長 100cm、浮體間距 1.6cm、裙部 4cm)固定在水槽內 70cm 位置。
- 3.重複研究(二)實驗(一)方法 3~5。
- 4.上述 1~3 的實驗步驟，分別紀錄 5 次數據平均後，進行數據紀錄與分析。



結果：

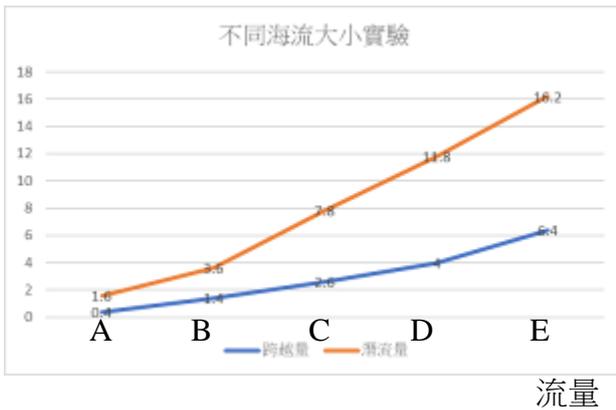
流量 162.5 L/min 實驗

流量計

攔木效果表

組別 項次	A 162.5(L/min) 2.15m/s			B 175(L/min) 2.32m/s			C 187.5(L/min) 2.48m/s			D 200(L/min) 2.65m/s			E 212.5(L/min) 2.82m/s		
	R	Y	合計	R	Y	合計	R	Y	合計	R	Y	合計	R	Y	合計
跨越量 (根)	0	0	0.4	0	0	1.4	0.2	0	2.6	0.2	0	4	0.6	0	6.4
	G	P		G	P		G	P		G	P		G	P	
	0.4	0		0.8	0.6		1.2	1.2		2.6	1.2		3.4	2.4	
潛流量 (根)	R	Y	合計	R	Y	合計	R	Y	合計	R	Y	合計	R	Y	合計
	0.4	1.2		1.2	2.2		2.6	4.8		3.8	7.2		5.4	10	
	G	P	1.6	G	P	3.6	G	P	7.8	G	P	11.8	G	P	16.2
整體通 過量(根)	0	0		0.2	0		0.2	0.2		0.6	0.2		0.4	0.4	
	2			5			10.4			15.8			22.6		

通過量



專家訪談-流量計老闆

根據專家的指導，我們將流量轉換為流速
 $\text{流量} * 0.01326 (1 \text{ 又 } 1/2 \text{ 吋管截面積係數}) = \text{流速}$

A 流速： $162.5 * 0.01326 = 2.15 \text{ m/s}$

E 流速： $212.5 * 0.01326 = 2.82 \text{ m/s}$

根據交通部港灣環境資訊網-高雄海流流速表



我們的實驗變因屬於紅色範圍值

發現：1.依據跨越量、潛流量比較， $E > D > C > B > A$ ，表示流速越快，跨越量、潛流量有遞增的趨勢。

2.依據整體通過量比較， $E > D > C > B > A$ ，表示流速越快，攔木網攔截漂流木效果越不好。

3.根據圖表顯示，海流大小對潛流量的影響比跨越量大。

推論：1.根據實驗結果，海流越大攔木網攔截效果越低，尤其會增加密度大的漂流木(R、Y)的潛流量。

實驗(二)：不同的海浪大小對攔木網攔截漂流木效果影響

方法：1.調整造浪器流量為 1/4、1/2、3/4、造浪器全開(週期最小)，馬達的控制閥為 212.5 L/min。

2.把攔木網(長 100cm、浮體間距 1.6cm、裙部 4cm)固定在水槽內 70cm 位置。

3.重複研究(二)實驗(一)方法 3~5。

4.上述 1~3 的實驗步驟，分別紀錄 5 次數據平均後，進行數據紀錄與分析。



調整造浪



造浪器全開



漂流木跨越

結果：

▀ 攔木效果表 ▀

數量：1200 根

組別 項次	A 1/4(旋鈕)=波高 0.8			B 1/2(旋鈕)=波高 1.6			C 3/4(旋鈕)=波高 2			D 全開=波高 2.5		
	R	Y	合計	R	Y	合計	R	Y	合計	R	Y	合計
跨越量 (根)	0.4	0	6	0.6	0	6.4	0.2	0.2	6.8	0.6	0.2	6.8
	G	P		G	P		G	P		G	P	
	3.2	2.4		3.4	2.4		3.8	2.6		3.6	2.4	
潛流量 (根)	R	Y	15.6	R	Y	16.2	R	Y	16.4	R	Y	16.6
	5.2	9.8		5.4	10		5.8	10.2		5.8	11	
	G	P		G	P		G	P		G	P	
	0.2	0.4		0.4	0.4		0	0.4		0.4	0.4	
整體通 過量(根)	21.6			22.6			23.2			23.4		

發現：1.依據跨越量、潛流量比較，海浪大小都沒有明顯的影響。

2.依據整體通過量比較，雖然 D>C>B>A，但並沒有明顯的影響。

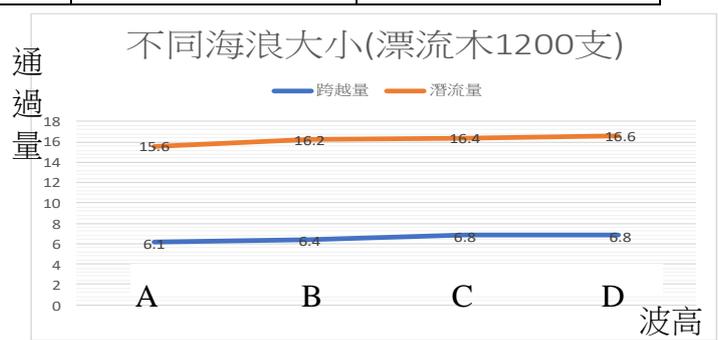
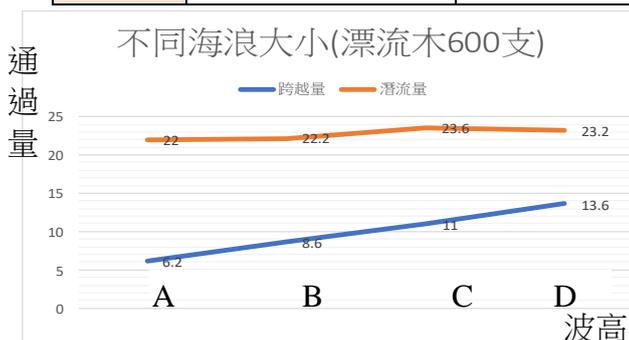
推論：1.海浪大小對於攔木網的效能竟然沒有影響，推測是否模擬的漂流木數量太多，造成海浪影響不明顯，於是我們將漂流木數量減半進行實驗(各 150 根)。

結果：

▀ 攔木效果表 ▀

數量：600 根

組別 項次	A 1/4(旋鈕)=波高 0.8			B 1/2(旋鈕)=波高 1.6			C 3/4(旋鈕)=波高 2			D 全開=波高 2.5		
	R	Y	合計	R	Y	合計	R	Y	合計	R	Y	合計
跨越量 (根)	0.4	0	6.2	0.2	0	8.6	0.4	0	11	0.4	0.2	13.6
	G	P		G	P		G	P		G	P	
	3.4	2.4		4.8	3.6		6.4	4.2		8.2	4.8	
潛流量 (根)	R	Y	22	R	Y	22.2	R	Y	23.6	R	Y	23.2
	7.2	13.6		7.4	13.8		7.8	14.8		7.8	14.6	
	G	P		G	P		G	P		G	P	
	0.8	0.4		0.5	0.5		0.6	0.4		0.4	0.4	
整體通 過量(根)	28.2			30.8			34.6			36.8		



發現：1.將數量降為 600 根後，依據跨越量比較 $D > C > B > A$ ，海浪越大對跨越量有遞增的趨勢。

2.依據潛流量比較，海浪大小對潛流量沒有明顯的影響。

3.依據整體通過量 $D > C > B > A$ ，表示海浪越小，攔木網攔截漂流木效果越好。

推論：1.根據實驗結果，海浪越大攔木網攔截效果越低，尤其會增加密度小的漂流木(G、P)的跨越量。

▲文獻資料▲

根據實驗測量波高為 0.8cm~2.5cm，放大比例尺後屬於交通部港灣環境資訊網-高雄海浪波高表的綠色至黃色範圍值

$0.8 * 50 = 40\text{cm}$ $2.5 * 50 = 125\text{cm}$



波高單位：公尺(m)

範圍

實驗(三)：不同的漂流木數量對攔木網攔截漂流木效果影響

想法：根據實驗(二)研究結果，我們發現當漂流木數量多並沒有增加通過攔木網的數量，與我們的想法衝突，於是我們以數量為變因進行實驗。

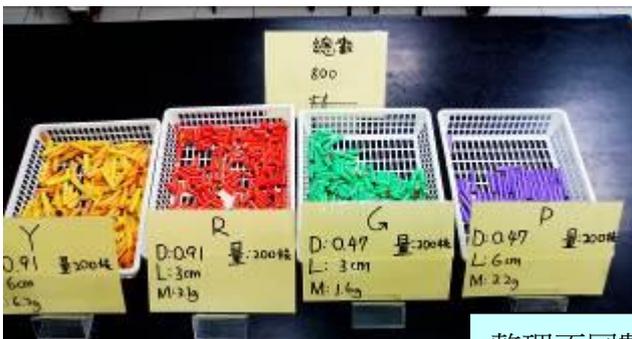
方法：1.分別計算不同漂流木數量 200/400/600/800/1000 根進行實驗。

2.將馬達控制閥轉動流量計為 212.5L/min、造浪器全開=波高 2.5cm(週期最小)。

3.把攔木網長(100cm、浮體間距 1.6cm、裙部 4cm)固定在水槽內 70cm 位置。

4.重複研究(二)實驗(一)方法 4~5。

5.上述 1~5 的實驗步驟紀錄 5 次數據平均後，進行數據紀錄與分析。



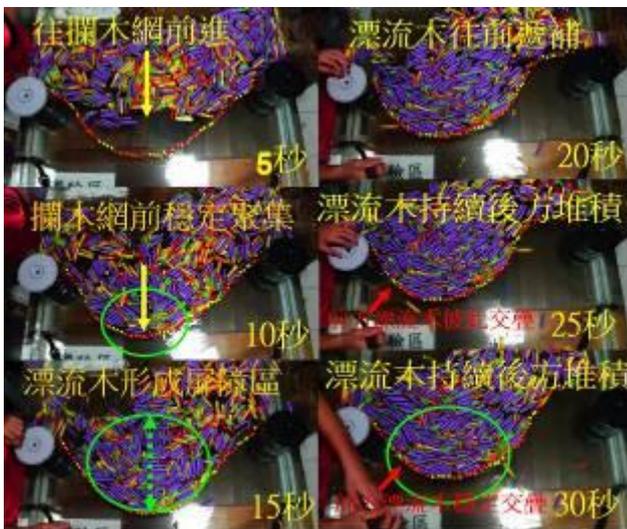
整理不同數量的漂流木

結果：

組別 項次	A 200(根)			B 400(根)			C 600(根)			D 800(根)			E 1000(根)		
	R	Y	合計	R	Y	合計	R	Y	合計	R	Y	合計	R	Y	合計
跨越量 (根)	0.2	0	3.2	0.2	0	5.2	0.4	0.2	13.6	0.2	0	7.2	0.2	0.2	6.4
	G	P		G	P		G	P		G	P				
	3	0		3.8	1.4		8.2	4.8		4.8	2.2		4.4	1.6	
潛流量 (根)	R	Y	15.2	R	Y	17.4	R	Y	23.2	R	Y	18.8	R	Y	16.8
	3	12.2		5.2	12		6.6	16.6		7.2	11.2		5.6	10.6	
	G	P		G	P		G	P		G	P		G	P	
0	0		0.2	0		0.4	0.2		0.2	0.2		0.4	0.2		
整體通 過量(根)	18.4			22.6			36.8			26			23.2		

▲ 攔木效果表 ▼

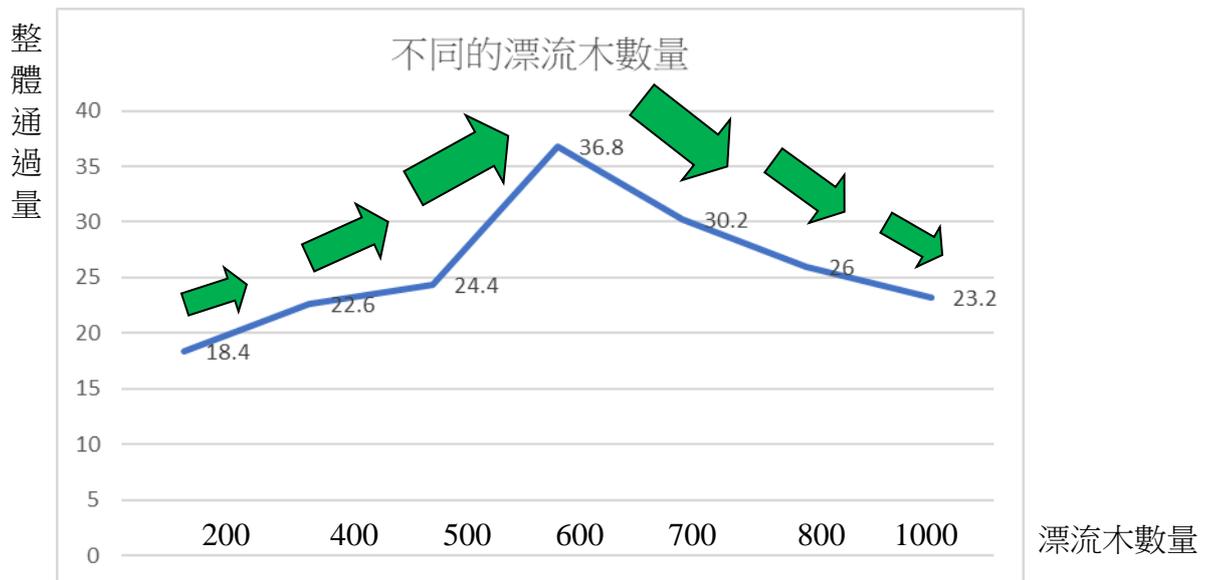
組別 項次	F 500(根)			C 600(根)			G 700(根)			600 根漂流木重量
	R	Y	合計	R	Y	合計	R	Y	合計	
跨越量 (根)	0	0	5.6	0.4	0.2	13.6	0.2	0	8.4	$M = D(\text{密}) \times V(\text{體})$ $M_R: 0.91 \times 15 \times 15 \times 3.14 \times 150 \times 150$ 根 $/1000 = 14465.58$ 公斤 $M_Y: 0.91 \times 30 \times 30 \times 3.14 \times 300 \times 150$ 根 $/1000 = 115724.7$ 公斤 $M_G: 0.47 \times 15 \times 15 \times 3.14 \times 150 \times 150$ 根 $/1000 = 7471.23$ 公斤 $M_P: 0.47 \times 30 \times 30 \times 3.14 \times 300 \times 150$ 根 $/1000 = 59769.9$ 公斤 600 根漂流木 = 相當於 197431.41 公斤 = 197.43141 公噸
	G	P		G	P		G	P		
	4	1.6		8.2	4.8		5.6	2.6		
潛流量 (根)	R	Y	18.8	R	Y	23.2	R	Y	21.8	
	4.6	13.8		6.6	16.6		8.4	13		
	G	P		G	P		G	P		
0.2	0.2		0.4	0.2		0.4	0			
整體通 過量(根)	24.4			36.8			30.2			



800 根漂流木實驗跑動圖



200 根漂流木實驗跑動圖



發現：1.根據圖表顯示，當攔木網前漂流木數量由 200 根提高為 600 根時，跨越量、潛流量都是出現遞增的趨勢，當再繼續增為 700~1000 根，跨越量、潛流量則開始呈現遞減的趨勢。

2.依據整體通過量比較 $C > D > E > B > A$ ，當漂流木持續增加為 600 根，攔木網攔截漂流木效果最不好。

3.我們再進一步確認當漂流木數量為 500 根與 700 根對攔木網效果的影響，結果發現當漂流木為 600 根，攔木網攔截漂流木效果的確最不好。

推論：1.根據實驗結果，在同一時間攔木網前的漂流木聚集越多，容易穩定的互相互交疊，造成跨越量下降，而且當聚集成一個大範圍的漂流木屏障區，從後方潛流的漂流木就不容易突破攔木網，造成潛流量也下降。

2.根據實驗結果，在同一時間攔木網前的漂流木聚集較少，容易隨著海流跑動，無法彼此推擠形成跨越的現象，造成跨越量下降，而且聚集的漂流木屏障區小，漂流木持續往前遞補，潛流現象變少。

3.以中芸漁港攔木網的規模，當漂流木數量達 600 根相當於 197.43141 公噸，攔木網攔截漂流木的效果最不好；後續的研究，我們以漂流木 600 根做為實驗的數量。

實驗(四)：不同的漂流木種類對攔木網攔截漂流木效果影響

想法：根據中芸漁港現地觀察漂流木與文獻資料，發現漂流木種類繁多，於是我們思考以密度為變因進行攔木網效果實驗。

★子實驗 a：不同的漂流木密度比例對攔木網攔截漂流木效果影響

方法：1.分別計算不同比例密度的漂流木共 600 根進行實驗。

(密度大：密度小 1:1 3:1 5:1 1:3 1:5)

2.將馬達控制閥轉動為 212.5L/min、造浪器流量全開=波高 2.5cm(週期最小)。

3.把攔木網(長 100cm、浮體間距 1.6cm、裙部 4cm)固定在水槽內 70cm 位置。

4.重複研究(二)實驗(一)方法 4~5 並實驗 5 次數據平均後，進行紀錄與分析。



不同密度比例實驗(D大：D小=1：5)

密度大潛流現象

結果：

▲攔木效果表▼

組別 項次	A 1 : 1=300 : 300			B 3 : 1=450 : 150			C 5 : 1=500 : 100			D 1 : 3=150 : 450			E 1 : 5=100 : 500		
	R	Y	合計	R	Y	合計									
跨越量 (根)	0.4	0.2	13.6	0.4	0	10	0.4	0.2	5.9	0.2	0	11.4	0	0	5.7
	G	P		G	P		G	P		G	P				
	8.2	4.8		6	3.6		4.2	1.7		7.2	4		4.4	1.3	
潛流量 (根)	R	Y	23.2	R	Y	30.4	R	Y	40.2	R	Y	19.2	R	Y	10.8
	G	P		G	P		G	P		G	P				
	6.6	16.6		8.4	21.8		11.4	28.8		5.4	13.6		3.4	7.2	
0.4	0.2	0.2	0	0	0	0.2	0	0.2	0	0.2					
整體通 過量(根)	36.8			40.4			46.1			30.6			16.5		

發現：1.依據整體通過量比較 C>B>A>D>E，當全體漂流木密度大比例較多時，攔木網攔截漂流木效果不好；反之，全體漂流木密度小比例較多時，攔木網攔截漂流木效果好。

2.根據潛流量比較，隨著密度大的漂流木比例增加時，潛流量也會遞增現象。

3.根據跨越量比較，當密度小的漂流木比例 1：3 及 1：5，跨越量並沒有遞增的現象，我們觀察到原因為，雖然 G 漂流木(密度小、體積小)增多，但伴隨的 P 漂流木(密度小、體積大)也增多，很容易出現彼此交疊的現象，減少跨越量。

★子實驗 b：不同的漂流木對潛流現象的影響

想法：根據專家說明以及子實驗 a 的數據，發現漂流木密度對攔木網效果會造成影響，

於是，我們在密度 0.91 g/cm^3 、 0.47 g/cm^3 增加中密度 0.69 g/cm^3 進行下列實驗。

方法：1.將厚度 2cm 的保麗龍板(長 95 公分、寬 30cm；模擬漂流木屏障區)放在水槽內

70cm 到 40cm 的位置，上方平均載重讓保麗龍板沉水 1.2cm(模擬漂流木直徑)

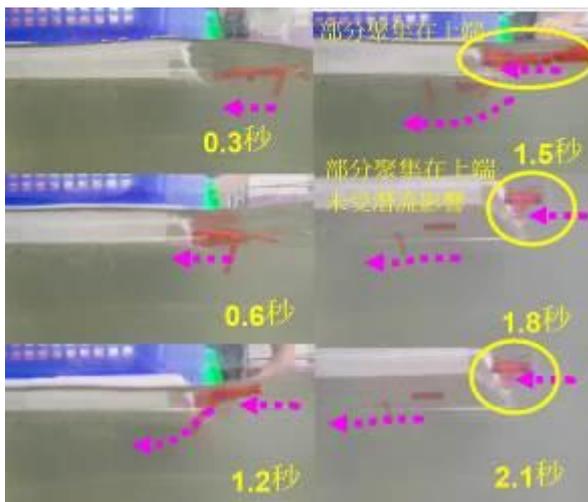
2.分別計算各 20 根不同的漂流木進行實驗。(分別為 0.91 g/cm^3 、 0.69 g/cm^3 、 0.47 g/cm^3)

3.將馬達控制閥轉動為 212.5L/min、造浪器流量全開=波高 2.5cm(週期最小)。

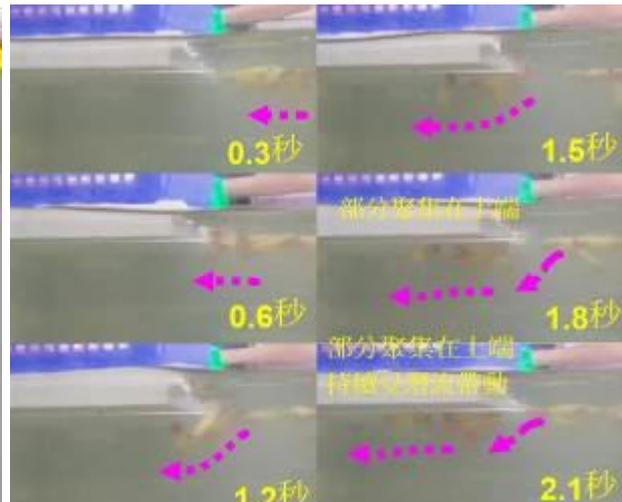
4.實驗各 5 次數據平均後，進行紀錄與分析。



不同漂流木潛流實驗



密度大(R)漂流木潛流實驗跑動圖



密度大(Y)漂流木潛流實驗跑動圖

結果：

▲ 潛流量表 ▲

組別	R	Y	B	PI	G	P
項次	D= 0.91 g/cm^3 V= 0.85 cm^3	D= 0.91 g/cm^3 V= 6.78 cm^3	D= 0.69 g/cm^3 V= 0.85 cm^3	D= 0.69 g/cm^3 V= 6.78 cm^3	D= 0.47 g/cm^3 V= 0.85 cm^3	D= 0.47 g/cm^3 V= 6.78 cm^3
潛流量(根)	9.8	14.8	6.4	12	2	1.5

發現：1.透過攝影機漂流木連續跑動紀錄中，我們發現造成潛流的原因，當水流遇到保麗龍板(模擬漂流木屏障區)阻礙後會產生往下方流動前進的現象，有機會帶動密度大的漂流木(R、Y)穿越攔木網。

2.根據潛流量實驗結果，當固定體積 $Y > R > P > B > G > P$ ，表示密度大(Y、R)，容易發生潛流現象，而且密度大體積大的漂流木 $Y > R$ ，我們推測因為 Y 漂流木在水下體積大，易受到海流牽引而發生潛流量偏高；R 漂流木有部分未受潛流影響，堆積在後方漂流木區。

◎研究四：提出如何改良攔木網的做法

實驗(一)：不同的浮體間距對攔木網攔截漂流木效果的影響

想法：目前使用的攔木網都是漁民根據經驗提供給漁網公司製作，我們開始思考，攔木網是否有可以更加優化的規格可以提供給漁會或是海洋署參考。**我們將攔木網分成兩個部分進行探討，包括：不同浮體、不同裙部寬度來進行後續的探討。**

方法：1.分別設計不同的攔木索浮體間距(0.8 / 1.6 / 2.4 / 3.2 / 4 / 4.8cm)來進行實驗，避免有裙部影響浮體的乾舷高度。
2.將馬達控制閥轉動為 212.5L/min、造浪器流量全開=波高 2.5cm(週期最小)。
3.把攔木索(長 100cm、各種浮體間距)固定在水槽內 70cm 位置。
4.把四種漂流木 R、Y、P、G 各 150 根放入兩片攔木板內(位置為 70cm-40cm)。
5.啟動電源，計時區開始計時，30 秒後關閉電源並從第一攝影區(俯視)紀錄漂流木流向攔木網的狀況，播放攝影紀錄，計算通過攔木索上方的漂流木數量
6.重複上述方法 1~5 並實驗 5 次數據平均後，進行紀錄與分析。



結果：

▲跨越量表

組別 項次	間距 0.8	間距 1.6	間距 2.4	間距 3.2	間距 4	間距 4.8
跨越量(根)	0	13.6	14.2	17.8	22.6	27.1

發現：1.效果排序為 **間距 0.8 > 間距 1.6** > 間距 2.4 > 間距 3.2 > 間距 4 > 間距 4.8，**當浮體間距越大，跨越攔木網的數量也會增多。**

2. **間距 1.6cm(中芸漁港攔木網尺寸)與間距 2.4cm 對阻擋漂流木跨越的表現最好，推測原因為這兩組間距都小於最小漂流木(R/G)的長度 3cm**，於是這兩組搭配裙部進行後續的實驗。

實驗(二)：不同的裙部長度對攔木網攔截漂流木效果影響

方法：1.將間距 1.6cm 與間距 2.4cm 的浮體搭配不同的裙部長度(2 / 3 / 4 / 5 / 6 / 7 / 8cm) 來進行實驗。

2.依照上述研究四、實驗(一)步驟 2~4 進行。

3.啟動電源，計時區開始計時，30 秒後關閉電源並從第一攝影區(俯視)紀錄漂流木流向攔木網的狀況，第二攝影區(底部)紀錄漂流木底層狀況。播放攝影紀錄，計算通過攔木網上方及下方的漂流木數量。

4.重複上述方法 1~3 並實驗 5 次數據平均後，進行紀錄與分析。



不同裙部長度



裙部 8cm 實驗-跨越量變多

結果：

浮體間距 1.6 公分攔木效果表

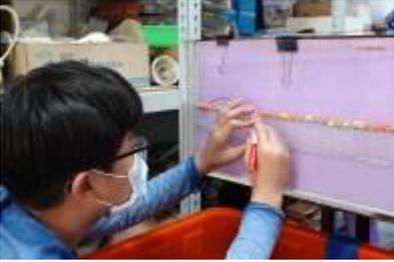
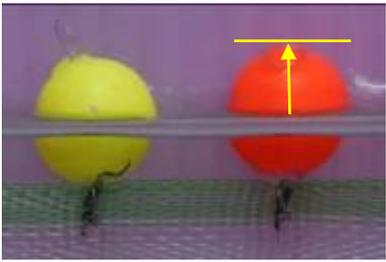
組別 項次	裙部 2cm	裙部 3cm	裙部 4cm	裙部 5cm	裙部 6cm	裙部 7cm	裙部 8cm
跨越量(根)	9.2	12.8	13.6	13.8	14.2	18.8	21.4
潛流量(根)	45.8	29.4	23.2	19.6	15.2	13.4	9
整體通過量(根)	55	42.2	36.8	32.6	29.4	32.2	30.4

中芸漁港尺寸

浮體間距 2.4 公分攔木效果表

組別	裙部 2cm	裙部 3cm	裙部 4cm	裙部 5cm	裙部 6cm	裙部 7cm	裙部 8cm
項次							
跨越量(根)	12.8	13	13.4	14.6	18.2	22.8	26.4
潛流量(根)	43.2	29.6	23.8	18.4	16.6	13	8.8
整體通過量(根)	56	42.6	37.2	33	34.8	35.8	35.2

乾舷高度表

組別	平均		
項次			
間距 1.6cm 裙部 6cm	0.4		
間距 2.4cm 裙部 5cm	0.35		

以攔木板在後讓攔木網自然服貼於水槽，紀錄 10 個浮體乾舷高度取平均值

發現：1.根據實驗結果，以中芸漁港現行的攔木網建議可以搭配裙部為 6cm(乾舷高度 0.4cm=20cm)，浮球間距 1.6cm，可以發揮最高的攔截效果。

項目	中芸漁港攔木網		
縮小比例尺 $1/50=0.02$	現行攔木網規格	建議未來攔木網規格 1	建議未來攔木網規格 2
	長 100cm、寬 4cm 浮球間距 1.6cm、乾舷 0.5cm	長 100cm、寬 6cm 浮球間距 1.6cm、乾舷 0.4cm	長 100cm、寬 5cm 浮球間距 2.4cm、乾舷 0.35cm
原尺寸	長 50M、寬 2M 浮球間距 80cm、乾舷 25cm	長 50M、加長為寬 3M 浮球間距 80cm、乾舷 20cm	長 50M、加長為寬 2.5M 浮球間距 120cm、乾舷 17.5cm

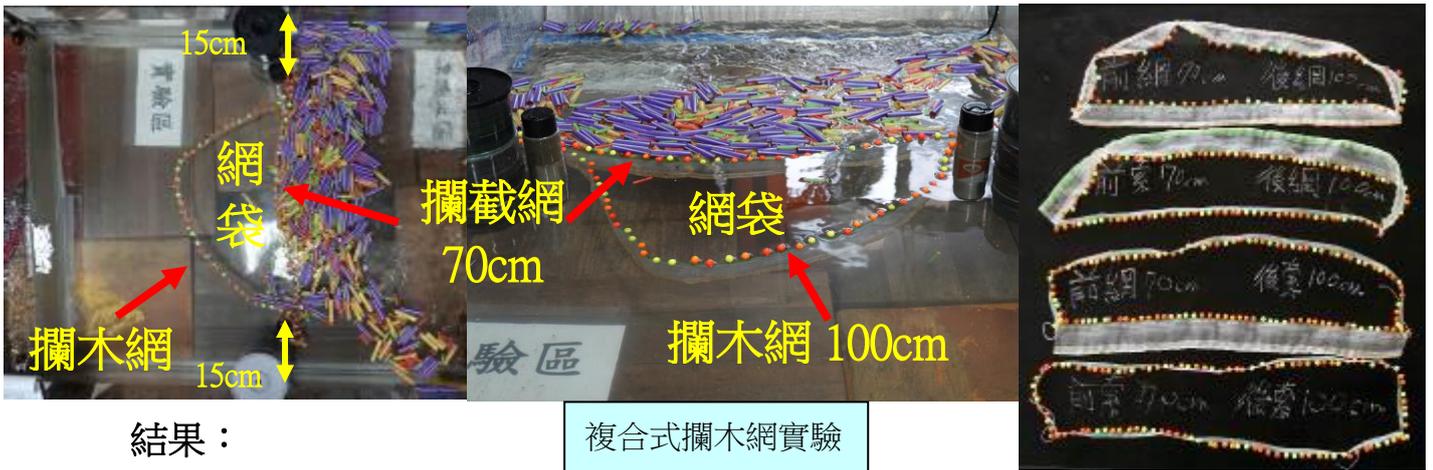
實驗(三)：分析複合式攔木網的構想

★子實驗 a：研發可以攔截跨越或是潛流漂流木的設計

想法：由於漂流木會受到海流、海浪強勁時的外在因素導致漂流木仍然會跨越攔木網，甚至之前還有突破攔木網的紀錄，於是我們與老師討論，是否在原攔木網增設另外一條攔木網形成複合式攔木網的構想，我們將此新增設施稱為攔截網，看看是否能再更有效的攔截漂流木。

方法：1.將攔木網(長 100cm、間距 1.6cm、裙部 6cm)前方設計一條較短的攔截網(長 70cm、間距 1.6cm、裙部 6cm)。

2.依照上述研究四、實驗(二)步驟 2~4 進行。



▲攔木效果表▲

組別 項次	單面攔木網 間距 1.6cm、裙部 6cm	複合式攔木網			
		前索-後索	前索-後網	前網-後索	前網-後網
跨越量(根)	14.2	18.2	17.4	12.2	12.8
潛流量(根)	15.2	65	59	14.8	13.6
整體通過量(根)	29.4	20.6 (62.6 根被 網袋攔截)	10.8 (65.6 根被 網袋攔截)	8 (19 根被網 袋攔截)	3 (23.4 根被 網袋攔截)

發現：1.依據整體通過量比較，單面攔木網 > 所有複合式攔木網，表示複合式攔木網的攔木效果優於單面攔木網，其中又以前網-後網的組合效果最好。

2.依據跨越量、潛流量比較，可以發現漂流木經過前網-後網的組合，其中有 23.4(根)漂流木會被網袋攔截並未通過攔木網。

推論：1.複合式攔木網是可以成功的將通過攔截網的漂流木再次攔截下來。

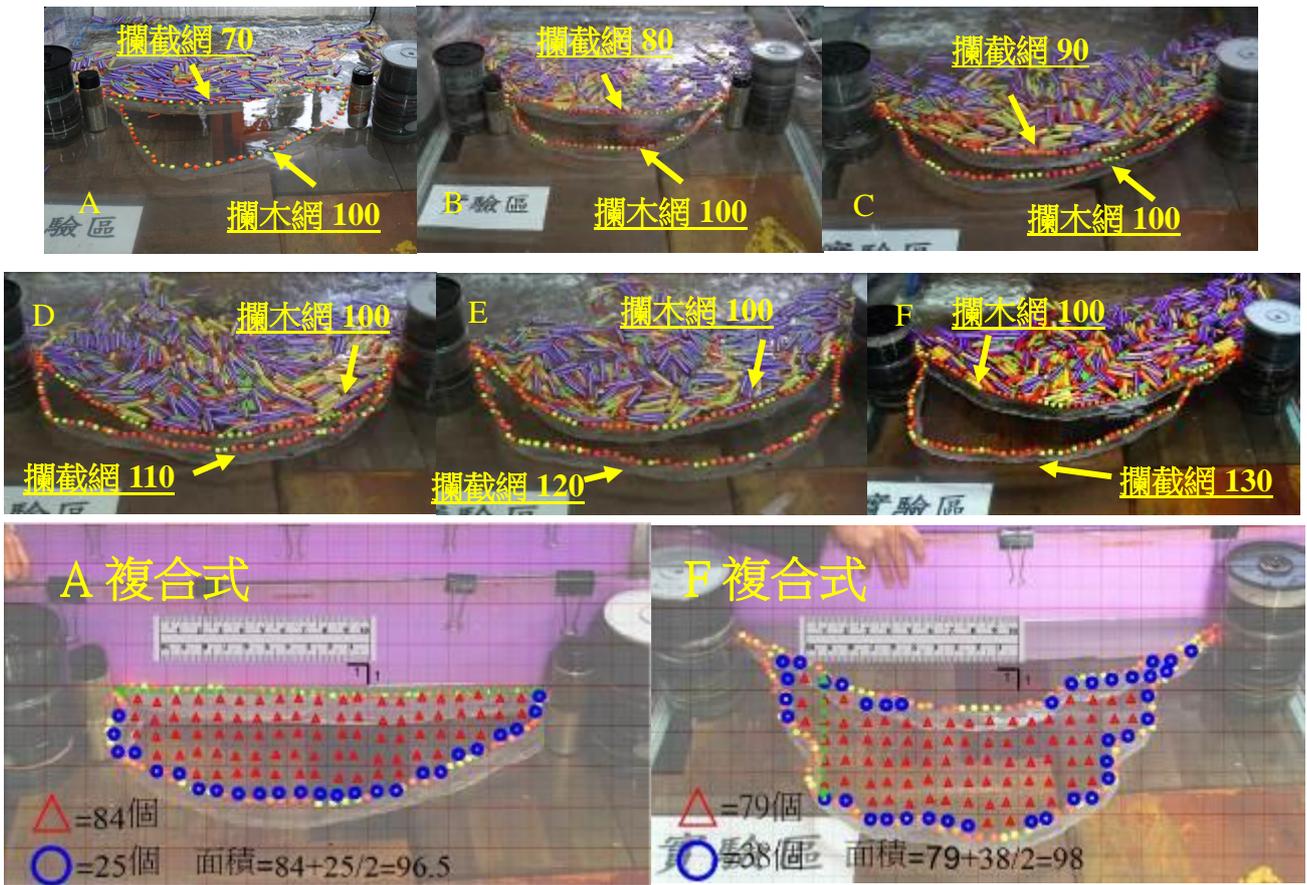
2.複合式攔木網的優點：第一、只需要一次的掛網作業便可以完成，但卻有兩張網面攔截的效果；第二、萬一發生網面被突破，還有第二張攔木網可以發揮作用；第三、將通過的漂流木攔截在網袋中，方便日後漁船打撈作業。

★子實驗 b：不同長度的攔截網組合對複合式攔木網的效果影響

方法：1.將不同攔截網長度(長 70、80、90、110、120、130cm/間距 1.6cm、裙部 6cm)搭配攔木網(長 100cm、間距 1.6cm、裙部 6cm)組合成複合式攔木網。

2.依照上述研究四、實驗(二)步驟 2~4 進行。

3.利用 Smart board 電子白板百隔板計算固定位置複合式攔木網的網袋面積。



結果：

■ 攔木效果表 1 ■

組別 項次	A 攔截網 70cm 攔木網 100cm	B 攔截網 80cm 攔木網 100cm	C 攔截網 90cm 攔木網 100cm	D 攔截網 110cm 攔木網 100cm	E 攔截網 120cm 攔木網 100cm	F 攔截網 130cm 攔木網 100cm
跨越量(根)	12.8	11.2	12.4	13.6	13.8	12.2
潛流量(根)	13.6	12.2	14.6	14.4	15.2	13.6
整體通過量(根)	3	4.7	7.3	7.6	5.4	3.8
網袋攔截率(%)	88.6%	79.9%	72.9%	72.8%	81.3%	85.2%
網袋面積	96.5	55.5	37.5	33.5	74.5	98

$$\text{網袋攔截率} = (\text{跨越量} + \text{潛流量} - \text{整體通過量}) / \text{跨越量} + \text{潛流量}$$

發現：1. 依據整體通過量比較， $D > C > E > B > F > A$ ，表示 A 複合式攔木網的攔截漂流木效果最好。

2. 依據網袋攔截率比較， $A > F > E > B > C > D$ ，表示 A 複合式攔木網的網袋攔截漂流木效能最高。

3. 各種複合式攔木網的組合效果皆優於單面攔木網。

想法：由上述實驗中發現，A 複合式攔木網(攔截網 70cm+攔木網 100cm)的攔截效果最好，網袋攔截率高達 88.6%，於是我們進一步思考，是否還能提升網袋攔截率呢？於是，我們以攔截網 70cm 為基礎搭配不同的攔木網長度進行實驗。

方法：1.將攔截網 70cm 搭配不同攔木網長度(長 80、90、110、120、130cm)組合成複合式攔木網的設計。(浮體間距 1.6cm、裙部 6cm)
2.依照上述研究四、實驗(二)步驟 2~4 進行。
3.利用 Smart board 電子白板百隔板計算固定位置複合式攔木網的網袋面積。

▲攔木效果表 2▲

組別 項次	A ₁ 攔截網 70cm 攔木網 80cm	B ₁ 攔截網 70cm 攔木網 90cm	C ₁ 攔截網 70cm 攔木網 100cm	D ₁ 攔截網 70cm 攔木網 110cm	E ₁ 攔截網 70cm 攔木網 120cm	F ₁ 攔截網 70cm 攔木網 130cm
跨越量(根)	11.6	12.4	12.8	10.2	12.6	12
潛流量(根)	13.8	14.6	13.6	14	12.8	14.5
整體通過量(根)	7.8	6.5	3	2.8	3.4	2.4
網袋攔截率(%)	69.2%	75.9%	88.6%	88.4%	86.6%	90.9%
網袋面積(cm ²)	52.5	74.5	96.5	122.5	142.5	165.5
網袋攔截率=(跨越量+潛流量-整體通過量) / (跨越量+潛流量)						

發現：1.依據整體通過量比較， $A_1, B_1 > C_1, D_1, E_1, F_1$ ，表示當攔截網 70cm 搭配攔木網 100cm 或大於 100cm，攔截漂流木效果表現好。
2.依據網袋攔截率比較， $C_1, D_1, E_1, F_1 > A_1, B_1$ ，表示當攔截網 70cm 搭配攔木網 100cm 或大於 100cm，網袋攔截率表現好。
3.當 D₁、E₁、F₁ 複合式攔木網雖然網袋面積增加，但是網袋攔截率表現並沒有預期隨著遞增；所以，複合式攔木網 C₁ 組合是最符合經濟效應。

▲第二次專家訪談-中芸漁港辦公室羅站長先生▲

Q1：請問羅站長，我們研發的複合式攔木網可以給我們一些建議嗎？

A1：這六種規格的攔木網，我覺得第一種(A)應該效果最好，因為面積最大，另外當兩個網接近時，容易產生一種網與網之間的纏絡現象，造成網功能降低，像 D、E、F、D₁、E₁、F₁ 可能就容易發生。



推論：1.依據網袋面積與網袋攔截率比較，原則上網袋面積越大，攔截通過的漂流木越多。但根據專家的訪談與我們實驗中發現，攔木網過長的組合 D、E、F、D₁、E₁、F₁ 中較容易發生兩張攔木網末端纏絡現象，原因為網越大越靠近岸邊的反射波造成此現象，形成 F、D₁、E₁、F₁ 複合式攔木網雖然網袋面積加大，但攔截效果卻沒有 C₁ 複合式攔木網表現好。

2.我們建議若使用複合式攔木網 C₁ 組合尺寸為：

項目	複合式攔木網 C ₁	
	攔截網	攔木網
縮小比例尺	長 70cm、寬 6cm、浮球間距 1.6cm	長 100cm、寬 6cm、浮球間距 1.6cm
原尺寸	長 35M、寬 3M、浮球間距 80cm	長 50M、寬 3M、浮球間距 80cm

第三次專家訪談-台南一洲製網實業有限公司

Q1: 請問廠長，複合式攔木網可以實際在生產線製作嗎？

A1: 經由工程師評估後報價為 11 萬，是可以執行的

Q1: 請問會不會有兩張網纏在一起的現象？

A1: 不會的，兩張網面都是一體成形，猶如兩張平行的白紙不會打結，放入海面上會受浮力撐開

報價單

品名	規格	單位	數量	單價	金額	備註
攔木網	25x6x80M	件	1	\$72,140	\$72,140	
攔木網	25x6x50M	件	1	\$68,040	\$68,040	
攔木網	30x6x50M	件	1	\$11,800	\$11,800	
以下合計						
1. 現場測量運費、安裝					\$256,000	
2. 運費					\$256,000	

備註: 1. 第一次開單加現金交齊，材料費另議，附機打正式發票。
 2. 付款方式: 電匯、郵寄支票 地址: 台南市佳里區高文路68號。
 匯款資料: 銀行: 第一銀行佳里分行 帳號: 604-30054788 戶名: 內陸造網有限公司
 3. 交貨日期: 於訂單確認後，第 48 個工作天(不含六、日、假期)。
 4. 本報價有效期限: 180 天 2024 年 1 月 1 日。

◎研究五：以中芸漁港為例，討論攔木網應該架設的位置

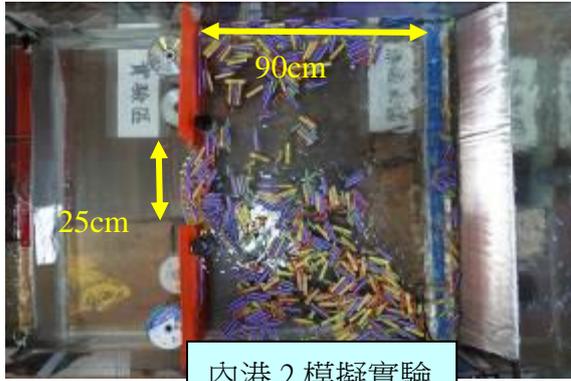
實驗(一)：漁港內的不同位置對攔木網攔截漂流木效果影響

想法：根據戶外的踏查，中芸漁港構造分為港嘴、內港 1、內港 2 的位置可以架設攔木網，我們思考到底哪個位置架設攔木網效果最好。

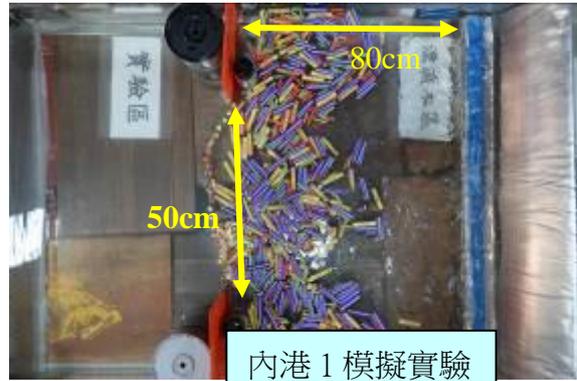
方法：1.裁切不同 PP 版的寬度以及放置不同位置來模擬架設點，港嘴(寬度 100cm、位置 70cm)、內港 1 (寬度 50cm、位置 80cm)、內港 2(寬度 25cm、位置 90cm)

2.依據不同寬度架設攔木網(間距 1.6cm、裙部 6cm)並依照研究四、實驗(二)步驟 2~4 進行。





內港 2 模擬實驗



內港 1 模擬實驗

結果：

▾ 攔木效果表 ▾

項次 \ 組別	A 港嘴	B 內港 1	C 內港 2
跨越量(根)	14.2	8	6.6
潛流量(根)	15.2	12.6	8.2
整體通過量(根)	29.4	20.6	14.8

發現：1.根據整體通過量結果港嘴 > 內港 1 > 內港 2，表示攔木網架設在內港 2 的位置攔截漂流木效果最好。

推論：1.依據實驗結果與第二次訪談驗證，內港 2 的位置攔截漂流木效果好推測原因為，第一：因為海堤的設計，造成海流在港內比較穩定；第二、內港 2 的攔木網截面積短承受漂流木的範圍少。

2.建議漁港攔木網架設位置選擇港內、截面積最短，效果最好。

參訪證明

茲感謝 [] 師生一行 7 員於 2020 年 2 月 20 日參訪中芸漁港漁會辦公室，針對「攔木網」提出結構、設置等相關問題，並與我方交流討論複合式攔木網的新型概念，相信此學術理論如加深加廣繼續研究，必能有效改進現行攔木網設計上的缺失，收事半功倍之效。
感謝 [] 於學術理論上的發想，此交流實有參考意義。

羅錦仁

▾ 第二次專家訪談-中芸漁港辦公室羅站長先生 ▾

Q1：請問羅站長，中芸漁港選擇架設攔木網的位置在哪裡？

A1：之前攔木網最早曾經架設在港嘴，有被衝破的紀錄，後來選擇架設在內港 1、內港 2(檢查哨)的位置。

Q1：請問羅站長，為什麼攔木網要選在內港架設呢？

A1：第一、港內海流穩定、第二、攔木網短架設方便而且承受漂流木力量小。



觀察架網位置



觀察漂流木



製網公司訪談

伍、討論：

- 一、在實驗初期，我們發現水流經由第一集水緩衝區蓄水後溢出，並垂直落入水槽中撞擊水面造成一股水面上的拉力，容易牽制部分的漂流木無法前進，後來經過討論後，我們加裝 45 度的斜坡道，使溢出的水流順著斜坡道進入水槽中，改善此種情況。
- 二、由於造浪器是利用單一水流壓力順勢造浪，容易讓造浪器前方特定區域的漂流木受到水流壓力，瞬間往攔木網推進甚至穿越攔木網，於是加裝 L 型鋁片罩住造浪器，讓造浪器單一水流壓力打在具彈性的鋁片上進而拍動水形成海浪，透過旋鈕控制流量、控制週期以達到穩定海浪的目的。
- 三、為了能夠製作中芸漁港的攔木網模型，我們與老師思考該如何自製。從規格的選用，包括：第一、裙部的水流通透性、重量、與浮體結合的便利性，我們選用 32 目的紗網裁切 4cm，進行後製；第二、浮體的規格是否符合比例尺(直徑 0.6cm)、我們找到釣具店的鐵絲保麗龍球符合直徑大小、方便將浮體結合在裙部上，最後，調整裙部底下珠鍊重量，使浮體乾舷高度為 0.5cm 與漁港的攔木網一致進行實驗。
- 四、在漂流木的製作過程，我們曾經嘗試利用竹筷子、美勞用裁切木塊…等，但考量密度製作跟取得的方便性，以及木塊泡水後容易吸水造成密度變化太大；最後，以直徑 1.2cm 以及 0.6cm 的吸管各裁切 6cm、3cm 作為漂流木的原型，透過兩邊均等塞上油土(經各種美勞用土測試，油土在水中最不容易被軟化)，製作密度大及密度小的漂流木。
- 五、我們發現漂流木在遇到攔木網攔截時，當漂流木形成屏障區後，密度大的漂流木會出現潛流現象並有機會通過攔木網，而密度小的漂流木則容易造成跨越現象；所以，我們提出複合式攔木網的構想，在攔木網前加設一條攔截網，形成一個網袋的構造，經過我們實驗數據顯示與中芸漁會辦公室主任認同，最後並交由台南一洲製網公司確認，如此設計有四項優勢，第一、我們研發的複合式攔木網是可以實際執行在漁港的規格，第二、網袋構造可以有效再次攔截通過攔木網的漂流木；第二、只需耗費一次掛網作業時間，就可以有兩張網面的功能，萬一第一層被突破還有第二層；第三、把通過的漂流木攔截在網袋中，不會隨意漂流，方便日後漁船打撈作業。

陸、結論：

- 一、根據研究一，訪談的結果發現全國的漁港只要鄰近高山河流出海口，就有機會發生漂流木進港的問題；另外，根據中芸漁港的經驗最初是使用攔木索再改變為攔木網。
- 二、根據研究二的實驗結果：
 - (一)、中芸漁港緊急使用的攔木索效果>無攔木索，但攔木索並無加長的裙部設計，所以攔截漂流木容易出現破口，導致漂流木容易從下方通過。
 - (二)、依據整體通過量比較，對照組_攔木索>實驗組_攔木網，表示攔木網效果又更優於攔木索。
 - (三)、攔木網在攔截漂流木中，從浮體上方通過漂流木以密度小的G、P為主、從裙部下方通過漂流木以密度大的R、Y為主。
- 三、綜合研究三的實驗結果：
 - (一)、不同的海流大小：當海流流速越快，漂流木跨越量、潛流量有遞增的趨勢，而且海流越大攔木網攔截效果越低，尤其對潛流量影響較大。
 - (二)、不同的海浪大小：當海浪越大，對跨越量有遞增的趨勢，對潛流量沒有明顯的影響，而且海浪越大攔木網攔截效果越低，尤其對跨越量影響較大。
 - (三)、不同的漂流木數量：當同一時間漂流木數量多，容易在攔木網前聚集成大範圍的漂流木屏障區，從後方潛流的漂流木就不容易突破攔木網；而同一時間漂流木數量少，容易在攔木網前隨著海流跑動，減少彼此推擠形成跨越的現象，而且漂流木持續往前遞補，潛流量變少。我們實驗結果發現，以中芸漁港攔木網規模漂流木數量同時為600根對攔木網攔截效果最不好。
 - (四)、不同的漂流木種類：當漂流木密度大比例較多時，攔木網攔截漂流木效果不好；反之，漂流木密度小比例較多時，攔木網攔截漂流木效果好。
 - (五)、依據潛流的模擬實驗驗證，當攔木網前漂流木聚集夠多時，會阻礙上方海流的流動，進而發生部分海流往下方前進，導引漂流木有機會穿越攔木網；而且密度大體積大(Y)比密度大體積小(R)，更容易發生潛流現象。

四、綜合研究四的實驗結果：

(一)、不同的浮體間距：根據實驗結果，間距1.6cm(中芸漁港攔木網尺寸)與間距2.4cm對阻擋漂流木跨越的表現最好。

(二)、不同的裙部長度：根據實驗結果，給中芸漁港的建議

項目	中芸漁港攔木網		
	現行攔木網規格	建議未來攔木網規格 1	建議未來攔木網規格 2
縮小比例尺 <u>1 / 50=0.02</u>	長 100cm、寬 4cm 浮球間距 1.6cm、乾舷 0.5cm	長 100cm、寬 6cm 浮球間距 1.6cm、乾舷 0.4cm	長 100cm、寬 5cm 浮球間距 2.4cm、乾舷 0.35cm
原尺寸	長 50M、寬 2M 浮球間距 80cm、乾舷 25cm	長 50M、 加長為寬 3M 浮球間距 80cm、乾舷 20cm	長 50M、 加長為寬 2.5M 浮球間距 120cm、乾舷 17.5cm

(三)、複合式攔木網可以成功將通過攔木網的漂流木再次攔截下來；攔截

效果是更優於單面攔木網，而且攔截網70cm、攔木網100cm的複合式攔木網組合網袋攔截率高達88.6%，雖然有更大的網袋面積組合，但根據專家訪談發現較容易形成網與網之間的纏絡現象，所以攔截漂流木效果不好。

(四)、經由專家中芸漁會站長、台南製網公司評估，複合式攔木網是可以執行的。

五、綜合研究五的實驗結果：

(一)、以中芸漁港為例，攔木網最適合架設位置在內港2，原因為第一：海堤的設計，造成海流在港內穩定；第二、內港2的攔木網承受漂流木的範圍少。

所以，漁港架設攔木網位置，儘量選擇架設長度短、越靠近漁港內為原則。

六、建議未來研究方向：

(一)、在研究攔木網的過程中，其實還有很多有趣的題目可以加深加廣的探討，例如：攔木網前的漂流木迴流現象研究？攔木網與警報系統結合…等。都是我們在操作過程中發現很多有趣，且未來可以再進行的研究方向。

柒、參考資料:

一、中文部份

(一)颱風引起山區暴雨造成海岸漂流木對海洋環境衝擊之研究。國立海大博士論文。

(二)石門水庫漂流木及異重流運移試驗分析。經濟部水利署水利規劃試驗所。

(三)海浪的力量-防波堤的設計。第四十三屆全國科學展覽會 國中組。

二、網路資源

(一)漂流木處理作業手冊。行政院農委會林務局。

【評語】 082924

該研究關心生活環境到探討攔木網的設計與成效，以水槽模型模擬海流、造浪。攔木索的設計可以有效阻攔浮在海面上的漂流木。能夠思考到密度大的漂流木造成潛流的現象並提出改善的做法。此外訪問、徵詢專家、廠商的意見，也實驗探究影響攔木網阻絕漂流木效果的因素。研究項目周詳，所獲得的結論具體可行，能提供漁港或漁業署製作攔木網的依據。實際造訪漁港，透過訪談了解攔木網的設計與作用，再設計試驗設施，透過模擬各個由訪談得知的訊息，尋找出可改良的設計元素，且進一步詢問可行性。整體實驗架構完整，運用實驗的基礎能提出完美放置的位置已成功有效的攔阻漂流木。攔木網的設計影響海流，是否會影響海洋魚類生態棲地。

壹、摘要

暑假期間，看到漂流木無預警進港干擾漁民與旅客生活，於是激發我們探究影響攔木網效果的因素－「攔木網」結論包括：第一、海流影響攔木網的潛流量、海浪影響攔木網的跨越量；第二、漂流木密度比例越大，攔木網攔截效果較不好；漂流木密度比例越小，攔木網攔截效果比較好；**第三、攔木網兩種最佳組合模式『浮體間距1.6cm(80cm)+裙部6cm(300cm)+乾舷高度0.4cm(20cm)』、『浮體間距2.4cm(120cm)+裙部5cm(250cm)+乾舷高度0.35cm=17.5cm)』，可以發揮最高攔截效果；第四、研發複合式攔木網，網袋空間攔截率高達88.6%，並且獲得專家及廠商確認可以執行；第五、攔木網架設位置選擇港內、截面積最短，效果最好。**

貳、研究動機

發生於2019年8月27日暑假期間的白鹿颱風過後，造成漂流木一夜塞爆台東富岡漁港的大新聞，我們很好奇，難道漁港沒有防範的措施嗎？於是，我們一同搜尋網路上有關漂流木的報導，發現中芸漁港竟是全國第一個使用攔木網攔截漂流木的發源地，這樣的資訊讓我們激起研究的想法，剛好學校有進行科展，於是我們希望透過實驗設計，找出攔木網效能關鍵。本參展作品與教學單元之相關性有：國小自然課本六年級上學期第一單元 天氣的變化

參、研究目的

- 訪談中芸漁港使用攔木網的經驗
- 了解漁港使用攔木網的功能
 - 比較有無攔木索對攔截漂流木效果的影響
 - 比較攔木索與攔木網對攔截漂流木效果的影響
- 探討影響攔木網攔截漂流木效果的變因
 - 不同的海流大小對攔木網攔截漂流木效果影響
 - 不同的海浪大小對攔木網攔截漂流木效果影響
 - 不同的漂流木數量對攔木網攔截漂流木效果影響
 - 不同的漂流木種類對攔木網攔截漂流木效果影響
- 提出如何改良攔木網的做法
 - 不同的浮體間距對攔木網攔截漂流木效果影響
 - 不同的裙部長度對攔木網攔截漂流木效果影響
 - 分析複合式攔木網的構想
- 以中芸漁港為例，討論攔木網應該架設的位置
 - 漁港內的不同位置對攔木網攔截漂流木效果影響

肆、攔木網與漂流木模型



項次	攔木網	漂流木(Y)	漂流木(P)	漂流木(R)	漂流木(G)
原尺寸	長: 50m 寬: 2m 浮球: 30cm 浮球間距: 80cm 乾舷: 25cm	直徑: 60cm 長度: 300cm 密度: 0.91g/cm ³	直徑: 60cm 長度: 300cm 密度: 0.47g/cm ³	直徑: 30cm 長度: 150cm 密度: 0.91g/cm ³	直徑: 30cm 長度: 150cm 密度: 0.47g/cm ³
縮小尺寸 縮小比例尺為 1/50	長: 100cm 寬: 4cm 浮球: 0.6cm 浮球間距: 1.6cm 乾舷: 0.5cm	直徑: 1.2cm 長度: 6cm 密度: 0.91g/cm ³	直徑: 1.2cm 長度: 6cm 密度: 0.47g/cm ³	直徑: 0.6cm 長度: 3cm 密度: 0.91g/cm ³	直徑: 0.6cm 長度: 3cm 密度: 0.47g/cm ³

伍、研究設備及器材

軟體設備：GOM Player影像剪輯軟體、Smartboard電子白板軟體。
硬體設備：壓克力水槽(長200cm×寬100cm×高30cm)、1HP/1/2HP抽水馬達、水箱2個、相機2台、游標尺、保麗龍球、紗網、棉線、粗吸管、細吸管、油土、剪刀、壓克力板、塑膠水管、珠鍊、碼錶、造浪器(功率60W)、電子秤、CD盒。

陸、研究過程或方法

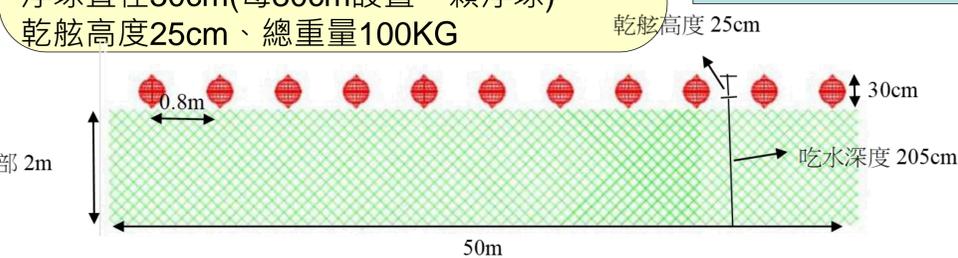
想法：我們希望透過訪談，初步了解攔木網設計的概念

◎研究一：訪談中芸漁港使用攔木網的經驗

實驗(一)：設計問卷訪談中芸漁港漁民及漁會站長

發現：

- 中芸漁港靠近高屏溪出海口，上游荖濃溪、隘寮溪大量樹木大雨沖刷，再加上夏季沿岸流的流向，造成漁港容易出現漂流木。
- 實際測量攔木網長50m、裙部深度2m、浮球直徑30cm(每80cm設置一顆浮球)、乾舷高度25cm、總重量100KG

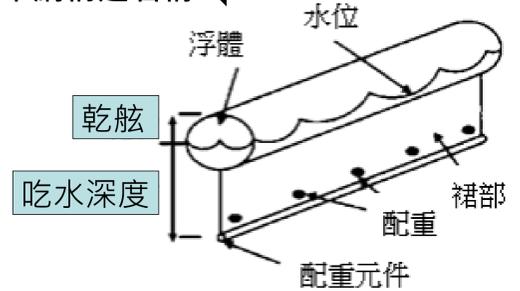


實驗(二)：文獻資料分析

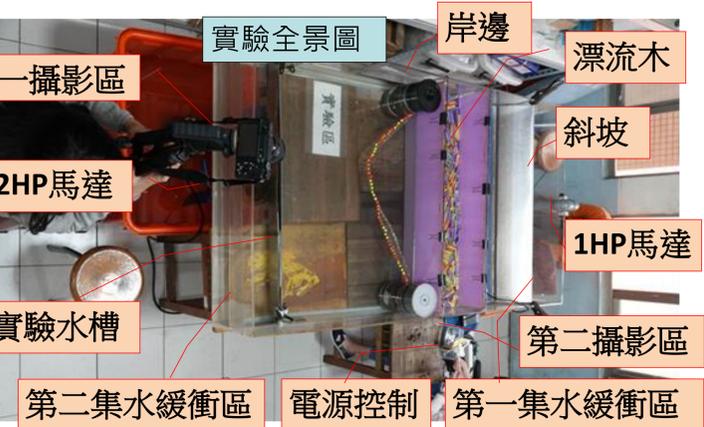
▲漂流木尺寸▼

根據屏東林務局所提供的紀錄中，觀察現場漂流木尺寸**最大直徑為60cm、最長為300cm**；另外，以國有林種植面積最大的柳杉為標準，**密度最大為0.91g/cm³、最小為0.47 g/cm³**作為後續製作漂流木模型的依據

▲攔木網構造名稱▼



◎研究二：了解漁港使用攔木網的功能



實驗(一)：比較有無攔木索對攔截漂流木的效能影響

發現：1. 依據整體通過量比較，對照組_無攔木索 > 實驗組_攔木索，有攔木索的攔木表現優於無攔木索。
2. 使用攔木索的設計仍舊有許多漂流木從裙部下方無法攔截。
推想：**攔木索並無裙部設計，所以導致漂流木容易從下方通過。**

實驗(二)：比較攔木索與攔木網對攔截漂流木的效能影響

發現：1. 整體通過量比較，對照組_攔木索 > 實驗組_攔木網。
2. 從攔木網浮體上方通過漂流木以密度小G、P為主、從裙部下方通過漂流木以密度大R、Y為主。
推想：1. 我們發現**增加裙部會造成浮體乾舷高度降低，也會導致浮體上方通過量增加。**
2. 由於**G、P漂流木密度小，較容易聚集在上層，造成跨越現象。**
R、Y漂流木密度大，較容易聚集在下層，造成潛流現象。

◎研究三：探討影響攔木網攔截漂流木效果的變因

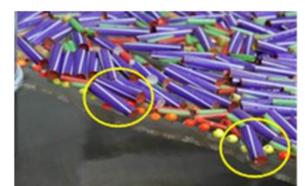
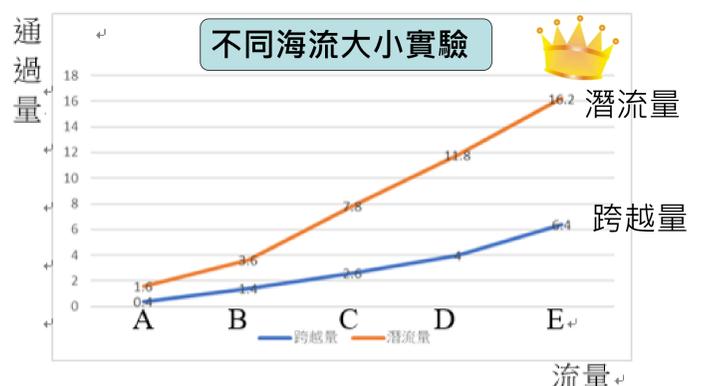
實驗(一)：不同海流大小對攔木網攔截漂流木效果影響

結果：

組別 項次	A 162.5(L/min) 2.15m/s			B 175(L/min) 2.32m/s			C 187.5(L/min) 2.48m/s			D 200(L/min) 2.65m/s			E 212.5(L/min) 2.82m/s		
	R	Y	合計	R	Y	合計	R	Y	合計	R	Y	合計	R	Y	合計
跨越量(根)	0.4	0.2	0.4	0.8	0.6	1.4	1.2	1.2	2.6	2.6	1.2	4	3.4	2.4	6.4
潛流量(根)	0.4	1.2	1.6	1.2	2.2	3.6	2.6	4.8	7.8	3.8	7.2	11.8	5.4	10	16.2
整體通過量(根)	2			5			10.4			15.8			22.6		

發現：

- 流速越快，整體通過量越多，攔木網效果越不好。
- 圖表顯示，**海流大小主要影響漂流木的潛流量(R、Y)。**



實驗(二)：不同海浪大小對攔木網攔截漂流木效果影響

結果：

數量：1200根

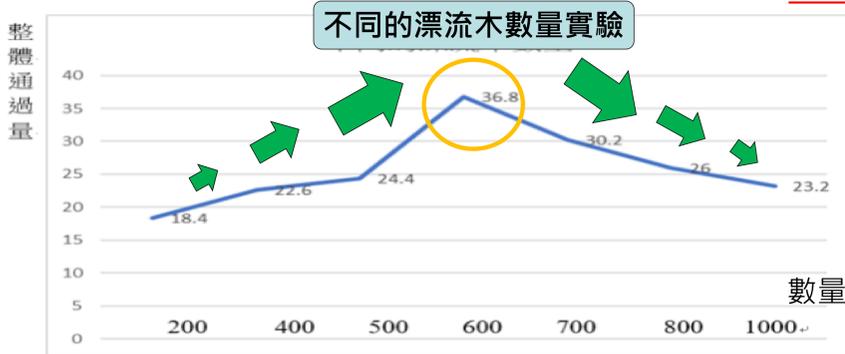
組別 項次	A ^{1/4} (旋鈕)=波高 0.8			B ^{1/2} (旋鈕)=波高 1.6			C ^{3/4} (旋鈕)=波高 2 ^{1/2}			D ^{全開} =波高 2.5		
	R ^{0.4}	Y ^{0.2}	合計	R ^{0.6}	Y ^{0.2}	合計	R ^{0.2}	Y ^{0.2}	合計	R ^{0.6}	Y ^{0.2}	合計
跨越量 (根)	0.4	0	0.4	0.6	0	0.6	0.2	0.2	0.4	0.6	0.2	0.8
	G ^{3.2}	P ^{2.4}	6	G ^{3.4}	P ^{2.4}	6.4	G ^{3.8}	P ^{2.6}	6.8	G ^{3.6}	P ^{2.4}	6.8
	3.2	2.4	6	3.4	2.4	6.4	3.8	2.6	6.8	3.6	2.4	6.8
潛流量 (根)	5.2	9.8	15.6	5.4	10	16.2	5.8	10.2	16.4	5.8	11	16.6
	G ^{0.2}	P ^{0.4}	15.6	G ^{0.4}	P ^{0.4}	16.2	G ^{0.4}	P ^{0.4}	16.4	G ^{0.4}	P ^{0.4}	16.6
	0.2	0.4	15.6	0.4	0.4	16.2	0.4	0.4	16.4	0.4	0.4	16.6
整體通過量(根)	21.6			22.6			23.2			23.4		

數量：600根

組別 項次	A ^{1/4} (旋鈕)=波高 0.8			B ^{1/2} (旋鈕)=波高 1.6			C ^{3/4} (旋鈕)=波高 2 ^{1/2}			D ^{全開} =波高 2.5		
	R ^{0.4}	Y ^{0.2}	合計	R ^{0.2}	Y ^{0.2}	合計	R ^{0.4}	Y ^{0.2}	合計	R ^{0.4}	Y ^{0.2}	合計
跨越量 (根)	0.4	0	0.4	0.2	0	0.2	0.4	0	0.4	0.4	0.2	0.6
	G ^{3.4}	P ^{2.4}	6.2	G ^{4.8}	P ^{3.6}	8.6	G ^{6.4}	P ^{4.2}	11	G ^{8.2}	P ^{4.8}	13.6
	3.4	2.4	6.2	4.8	3.6	8.6	6.4	4.2	11	8.2	4.8	13.6
潛流量 (根)	7.2	13.6	22.2	7.4	13.8	22.2	7.8	14.8	23.6	7.8	14.6	23.2
	G ^{0.8}	P ^{0.4}	22.2	G ^{0.5}	P ^{0.5}	22.2	G ^{0.6}	P ^{0.4}	23.6	G ^{0.4}	P ^{0.4}	23.2
	0.8	0.4	22.2	0.5	0.5	22.2	0.6	0.4	23.6	0.4	0.4	23.2
整體通過量(根)	28.2			30.8			34.6			36.8		

實驗(三)：不同漂流木數量對攔木網攔截漂流木效果影響

結果：



發現：

1. 當漂流木數量由200根提高為600根時，整體通過量出現遞增的趨勢，當再繼續增為700~1000根，整體通過量則開始呈現遞減的趨勢。

推論：

- 攔木網前的漂流木聚集越多，容易穩定的互相交疊，造成跨越量下降，而且形成大範圍的漂流木屏障區後，從後方潛流的漂流木更不容易突破攔木網，造成潛流量也下降。
- 以中芸漁港攔木網的規模，當漂流木數量達600根相當於197.43141公噸，攔木網攔截漂流木的效果最不好。

實驗(四)：不同漂流木種類對攔木網攔截漂流木效果影響

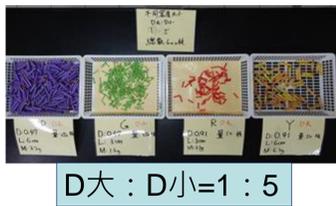
★子實驗a：不同漂流木密度比例對攔木網攔截漂流木效果影響

結果：

組別 項次	A ^{1:1=300:300}			B ^{3:1=450:150}			C ^{5:1=500:100}			D ^{1:3=150:450}			E ^{1:5=100:500}		
	R ^{0.4}	Y ^{0.2}	合計	R ^{0.4}	Y ^{0.2}	合計	R ^{0.4}	Y ^{0.2}	合計	R ^{0.2}	Y ^{0.2}	合計	R ^{0.2}	Y ^{0.2}	合計
跨越量 (根)	0.4	0.2	0.6	0.4	0	0.4	0.4	0.2	0.6	0.2	0	0.2	0	0	0
	G ^{8.2}	P ^{4.8}	13.6	G ⁶	P ^{3.6}	10	G ^{4.2}	P ^{1.7}	5.9	G ^{7.2}	P ⁴	11.4	G ^{4.4}	P ^{1.3}	5.7
	8.2	4.8	13.6	6	3.6	10	4.2	1.7	5.9	7.2	4	11.4	4.4	1.3	5.7
潛流量 (根)	6.6	16.6	23.2	8.4	21.8	30.4	11.4	28.8	40.2	5.4	13.6	19.2	3.4	7.2	10.8
	G ^{0.4}	P ^{0.2}	23.2	G ^{0.2}	P ^{0.2}	30.4	G ^{0.2}	P ^{0.2}	40.2	G ^{0.2}	P ^{0.2}	19.2	G ^{0.2}	P ^{0.2}	10.8
	0.4	0.2	23.2	0.2	0.2	30.4	0.2	0.2	40.2	0.2	0.2	19.2	0.2	0.2	10.8
整體通過量(根)	36.8			40.4			46.1			30.6			16.5		

發現：

- 漂流木密度大比例較多時、通過量遞增、攔木網攔截漂流木效果不好。
- 當密度小的漂流木比例1:3及1:5，我們觀察到攔木網前很容易出現P、G漂流木彼此交疊的現象，減少跨越量。



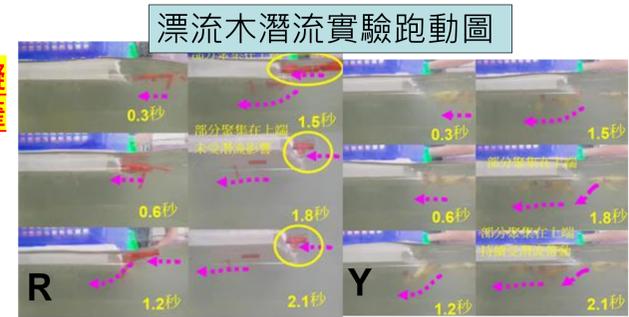
★子實驗b：不同漂流木對潛流現象的影響

結果：

組別 項次	R ^{D=0.91g/cm³}		Y ^{D=0.91g/cm³}		B ^{D=0.69g/cm³}		PI ^{D=0.69g/cm³}		G ^{D=0.47g/cm³}		P ^{D=0.47g/cm³}	
	D	V	D	V	D	V	D	V	D	V	D	V
潛流量(根)	9.8	0.85	14.8	6.78	6.4	0.85	12	6.78	2	0.85	1.5	6.78

發現：

- 我們發現潛流的原因，當水流遇到保麗龍板(模擬漂流木屏障區)阻礙後會產生往下方流動前進的現象，帶動密度大的漂流木(R、Y)穿越攔木網；而且Y漂流木水下體積大，更易受到海流牽引發生潛流量增加。



◎研究四：提出如何改良攔木網的做法

實驗(一)：不同浮體間距對攔木網攔截漂流木效果影響

結果：

組別 項次	間距 0.8	間距 1.6	間距 2.4	間距 3.2	間距 4	間距 4.8
	跨越量(根)	0	13.6	14.2	17.8	22.6

發現：

- 當浮體間距越大，跨越攔木網的數量也會增多。
- 間距1.6cm(中芸漁港攔木網尺寸)與間距2.4cm對阻擋漂流木跨越的表現最好。



實驗(二)：不同裙部長度對攔木網攔截漂流木效果影響

結果：

間距1.6cm

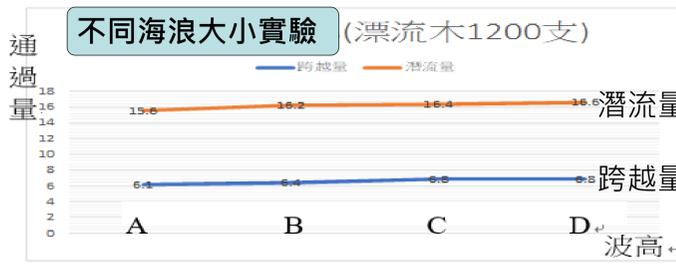
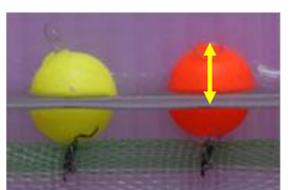
組別 項次	原尺寸						
	裙部 2cm	裙部 3cm	裙部 4cm	裙部 5cm	裙部 6cm	裙部 7cm	裙部 8cm
跨越量(根)	9.2	12.8	13.6	13.8	14.2	18.8	21.4
潛流量(根)	45.8	29.4	23.2	19.6	15.2	13.4	9
整體通過量(根)	55	42.2	36.8	32.6	29.4	32.2	30.4

間距2.4cm

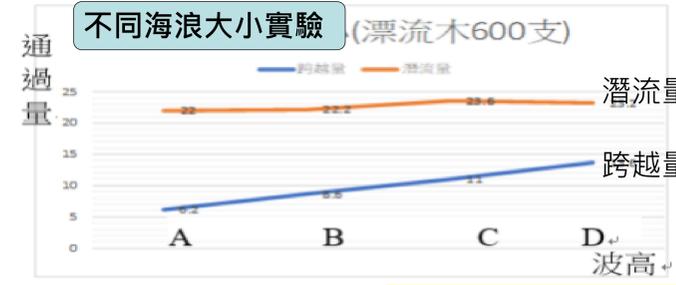
組別 項次	裙部 2cm	裙部 3cm	裙部 4cm	裙部 5cm	裙部 6cm	裙部 7cm	裙部 8cm
	跨越量(根)	12.8	13	13.4	14.6	18.2	22.8
潛流量(根)	43.2	29.6	23.8	18.4	16.6	13	8.8
整體通過量(根)	56	42.6	37.2	33	34.8	35.8	35.2

原尺寸	長100cm、寬4cm ¹		長100cm、寬6cm ¹	
	浮球間距1.6cm、乾舷0.5cm ¹	長50M、寬2M ¹	浮球間距1.6cm、乾舷0.4cm ¹	長50M、加長為寬3M ¹
建議	浮球間距80cm、乾舷25cm ¹	浮球間距80cm、乾舷20cm ¹		

測量乾舷高度	
間距1.6cm 裙部6cm	0.4cm
間距2.4cm 裙部5cm	0.35cm



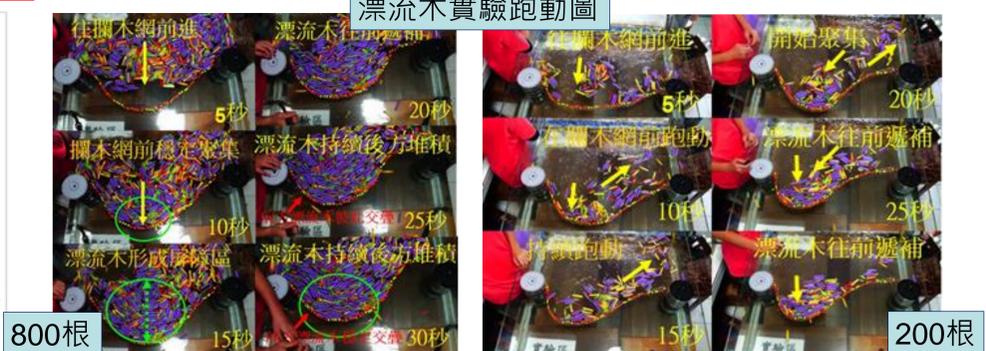
發現：海浪大小對整體通過量、跨越量、潛流量沒有明顯的影響。
推想：是否模擬漂流木數量太多，造成海浪影響不明顯，於是我們將漂流木數量減半進行實驗(各150根)。



發現：將數量降為600根，海浪大小對跨越量有明顯的影響。
推論：海浪越大，會增加密度小漂流木(G、P)的跨越量，攔木網效果越低。



漂流木實驗跑動圖

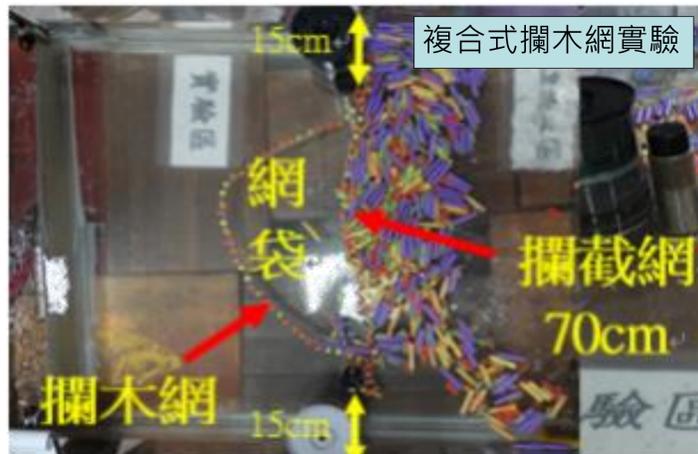


實驗(三)：分析複合式攔木網的構想

★子實驗a：研發可以攔截跨越或是潛流漂流木的設計

結果：

組別 項次	單面攔木網 間距1.6cm、裙部6cm	複合式攔木網			
		前索-後索	前索-後網	前網-後索	前網-後網
跨越量(根)	14.2	18.2	17.4	12.2	12.8
潛流量(根)	15.2	65	59	14.8	13.6
整體通過量(根)	29.4	20.6	10.8	8	3

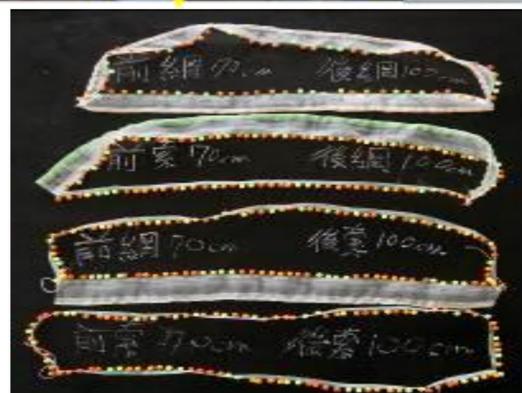


發現：

- 複合式攔木網的攔木效果優於單面攔木網，其中又以**前網-後網的組合效果最好**。
- 發現前網-後網的組合中有**23.4(根)**漂流木會被網袋攔截並未通過攔木網。

推論：

- 複合式攔木網可以成功的將通過攔截網的漂流木再次攔截下來。
- 複合式攔木網優點：**第一、只需要一次的掛網作業便可以完成，但卻有兩張網面攔截的效果；第二、萬一網面突破，還有第二張攔木網可以發揮作用；第三、將通過的漂流木攔截在網袋中，方便日後打撈作業。**



★子實驗b：不同長度的攔截網組合對複合式攔木網的效果影響

組別 項次	A	B	C	D	E	F
	攔截網 70cm 攔木網 100cm	攔截網 80cm 攔木網 100cm	攔截網 90cm 攔木網 100cm	攔截網 110cm 攔木網 100cm	攔截網 120cm 攔木網 100cm	攔截網 130cm 攔木網 100cm
跨越量(根)	12.8	11.2	12.4	13.6	13.8	12.2
潛流量(根)	13.6	12.2	14.6	14.4	15.2	13.6
整體通過量(根)	3	4.7	7.3	7.6	5.4	3.8
網袋攔截率(%)	88.6%	79.9%	72.9%	72.8%	81.3%	85.2%
網袋面積	96.5	55.5	37.5	33.5	74.5	98

組別 項次	A1	B1	C1	D1	E1	F1
	攔截網 70cm 攔木網 80cm	攔截網 70cm 攔木網 90cm	攔截網 70cm 攔木網 100cm	攔截網 70cm 攔木網 110cm	攔截網 70cm 攔木網 120cm	攔截網 70cm 攔木網 130cm
跨越量(根)	11.6	12.4	12.8	10.2	12.6	12
潛流量(根)	13.8	14.6	13.6	14	12.8	14.5
整體通過量(根)	7.8	6.5	3	2.8	3.4	2.4
網袋攔截率(%)	69.2%	75.9%	88.6%	88.4%	86.6%	90.9%
網袋面積 (cm ²)	52.5	74.5	96.5	122.5	142.5	165.5

網袋攔截率=(跨越量+潛流量-整體通過量) / (跨越量+潛流量)

網袋攔截率=(跨越量+潛流量-整體通過量) / (跨越量+潛流量)

發現：

- 網越大越靠近岸邊的反射波，**形成F、D₁、E₁、F₁複合式攔木網雖然網袋面積加大，卻容易形成纏絡現象，攔截效果沒有C₁複合式攔木網表現好。**

第二次專家訪談-中芸漁會羅站長
這六種規格的攔木網，**我覺得第一種(A)應該效果最好，因為面積最大**，另外當兩個網接近時，容易產生網與網之間的纏絡現象，造成網功能降低，像C、D、E、F可能就容易發生。



項目	複合式攔木網 C ₁	
	攔截網	攔木網
縮小比例尺	長 70cm、寬 6cm、間距 1.6cm	長 100cm、寬 6cm、間距 1.6cm
原尺寸	長 35M、寬 3M、間距 80cm	長 50M、寬 3M、間距 80cm

第三次專家訪談-台南製網實業有限公司
Q1：請問廠長，複合式攔木網構想可以製作嗎？
A1：**工程師評估後報價為11萬，是可以執行的**
Q1：請問會不會有兩張網纏在一起的現象？
A1：不會，兩張網面猶如平行白紙

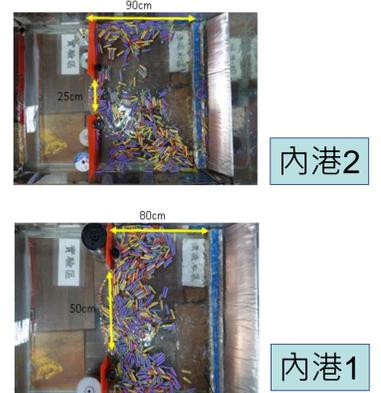
項目	商品名稱	規格	單位	需求數量	單價	金額	備註
1	攔木網	3Mc50M	件	1	\$72,140	\$72,140	
	攔木網	2.5Mc50M	件	1	\$68,040	\$68,040	
	攔木網	3Mc35M+3Mc50M	件	1	\$115,900	\$115,900	
以下空白							
備註 1. 此報價含運費、含稅						小計金額	\$256,080
						總計金額	\$256,080

◎研究五：以中芸漁港為例，討論攔木網應該架設的位置

實驗(一)：漁港內的不同位置對攔木網攔截漂流木效果影響

結果：

組別 項次	A	B	C
	港嘴	內港 1	內港 2
跨越量(根)	14.2	8	6.6
潛流量(根)	15.2	12.6	8.2
整體通過量(根)	29.4	20.6	14.8



發現：

- 內港2位置攔截漂流木效果好原因為，第一：海堤的設計，造成海流在港內比較穩定；第二、內港2的攔木網截面積短承受漂流木的範圍少。
- 建議漁港架設攔木網位置選擇港內、截面積最短，效果最好。**

柒、討論

- 由於造浪器是利用單一水流壓力順勢造浪，容易讓前方的漂流木瞬間往攔木網推進甚至穿越攔木網，於是**加裝L型鋁片罩住造浪器**，讓造浪器**單一水流壓力打在具彈性的鋁片上進而拍動水形成海浪**。
- 我們選用32目的紗網裁切4cm；第二、我們找到釣具店鐵絲保麗龍球符合比例尺(直徑0.6cm)、方便將浮體結合在裙部上最後，**調整裙部珠鍊重量，使乾舷高度為0.5cm與漁港攔木網一致進行實驗**。
- 在漂流木的製作過程，我們考量製作跟取得的方便性，最後，以直徑1.2cm以及0.6cm的吸管各裁切6cm、3cm作為漂流木的原型，透過兩邊均等塞上油土，製作密度大及密度小的漂流木。
- 我們提出複合式攔木網的設計有四項優勢，**第一、我們研發的複合式攔木網是經過漁會專家及製網公司的認可；第二、網袋構造可以有效攔截通過攔木網的漂流木**；第三、只需一次掛網作業，就可以有兩張網面的功能；第四、漂流木不會隨意漂流，方便日後漁船打撈作業。

捌、參考資料

- 中文部份
 - 颱風引起山區暴雨造成海岸漂流木對海洋環境衝擊之研究。國立海大博士論文。
 - 海浪的力量-防波堤的設計 第四十三屆全國科學展覽會

玖、結論

- 研究一，漁港鄰近高山河流出口，有機會發生漂流木進港問題。
- 研究二的實驗結果：
 - 中芸漁港使用攔木索但漂流木容易從下方通過。
 - 加裙部設計的攔木網效果又更優於攔木索。**
- 研究三的實驗結果：
 - 海流影響攔木網的潛流量；海浪影響攔木網的跨越量。**
 - 以中芸漁港攔木網規模，隨著漂流木數量越多通過量遞增；但當漂流木數量開始**超過600根以上，數量越多通過量卻開始遞減。**
 - 漂流木**密度大比例較多時，通過量也變多**，攔木網使用效果不好。
 - 潛流的模擬實驗驗證，當上方海流受阻會發生部分海流往下方前進；而且**密度大體積大(Y)更容易發生潛流現象**。
- 研究四的實驗結果：
 - | 項目 | 中芸漁港攔木網 | | |
|-----------|--------------------------------------|--|---|
| 縮小比例尺 | 現行攔木網規格 | 建議未來攔木網規格 1 | 建議未來攔木網規格 2 |
| 1/50-0.02 | 長 100cm、寬 4cm
浮球間距 1.6cm、乾舷 0.5cm | 長 100cm、寬 6cm
浮球間距 1.6cm、乾舷 0.4cm | 長 100cm、寬 5cm
浮球間距 2.4cm、乾舷 0.35cm |
| 原尺寸 | 長 50M、寬 2M
浮球間距 80cm、乾舷 25cm | 長 50M、 加長為寬 3M
浮球間距 80cm、乾舷 20cm | 長 50M、 加長為寬 2.5M
浮球間距 120cm、乾舷 17.5cm |

- 我們極力推薦使用**攔截網(前)35M、攔木網(後)50M的複合式攔木網組合，可以達88.6%的網袋攔截率。**
- 研究五的實驗結果：
 - 攔木網架設位置，儘量選擇架設長度短、靠近漁港內為原則。