

屏東縣第 66 屆國中小學科學展覽會 作品說明書

科 別：生活與應用科學科(一)

組 別：國小組

作品名稱：網開一面：網具改良與撈取策略對鰻苗混獲減量與
存活率之影響

關 鍵 詞：友善捕撈、混獲減量、網具改良

編號：A6001

摘要

本研究探討**鰻苗定置網混獲減量效果**及**網目篩選之形態機制**。以**手抄網為靈感**，對比傳統**統網**、**攔截網**與**末端撈取**，分析對**混獲減量與存活率之影響**。

研究發現：

- 一、**操作決定存活率**：手抄網存活率最高，末端撈取次之，均因**縮短缺氧時間**而具較佳生態效益。
- 二、**網目影響減量率**：分日操作比較中，2 公分攔截網 6 次總混獲重量為 19.8 g，傳統定置網 6 次為 1,997.7g，**混獲減量趨勢約 99%**，顯示網目篩選效果與魚體橫向體寬相關。
- 三、**實務最佳化**：4.5 公分網目於捕獲量與抗堵塞間取得平衡。
- 四、**破除迷思**：滿月仍有 47 尾捕獲高峰，顯示潮汐與水流條件可能比月光更能影響白鰻上溯。

結論指出，推廣**末端撈取**配合 4.5 公分攔截網與試驗費補助機制，可兼顧**生計與生態**，為**永續漁業(SDG12、14)**提供科學解方。

壹、前言

一、研究動機

恆春半島河口為冬季鰻苗洄游的重要棲地，也是多種水生生物的育幼場。結合國小中高年級所學的「水生棲地」、「食物網」與「生態平衡」概念，我們理解河口物種彼此依存，若幼魚於早期大量死亡，將影響**食物網結構與生物多樣性**。田野觀察發現，**傳統定置網長時間悶壓常造成非目標幼體混獲死亡**。延續《鰻後餘生》研究，我們體認單靠事後救援不足，必須從捕撈源頭改善。此外，傳統網具多以體長判斷篩選效果，然不同魚類體型比例差異甚大，是否應以**魚體橫向體寬**作為網目設計依據，仍缺乏現地實證，因此釐清其物理篩選機制亦成為研究動機之一。

因此，本研究以**手抄網「即時分揀」**為靈感，透過結構改良與操作優化，比較不同漁法在混獲減量與存活率上的差異，期望建立兼顧漁民生計與海洋保育的**友善捕撈模式**，回應永續利用海洋資源之精神。

二、研究目的

本研究以河口鰻苗捕撈混獲問題為核心，從在地漁民操作經驗出發，逐步發展操作型與結構型改良策略，並透過現地比較試驗，分析不同捕撈方式對混獲減量與存活率之影響。

本研究目的如下：

（一）建立河口捕撈情境與環境因子基準

透過連續夜間調查與田野觀察，分析潮汐、月相與河口地形對鰻苗捕獲量與混獲現象之影響，建立河口作業的生態背景資料。

（二）整理漁民手抄網之友善操作經驗

記錄手抄網之操作流程與導流結構，分析其即時分揀與主動篩選機制，作為後續定置網改良之靈感來源。

（三）驗證操作型改良（末端撈取）對存活率之影響

比較傳統定置網與末端即時撈取之混獲滯留時間與生物活動力差異，量化其對混獲生物存活率之改善效果。

（四）測試結構型改良（不同網目攔截網）之減量效益

針對 4.5 公分、2 公分與 1 公分網目設計進行現地試驗，分析其對混獲生物量、體長結構與捕獲效率之影響。

(五) 整合操作與結構改良提出友善捕撈模式

綜合比較四種捕撈方式之減量效果、存活率與實務可行性，提出兼顧漁民生計與河口生態之友善捕撈策略。

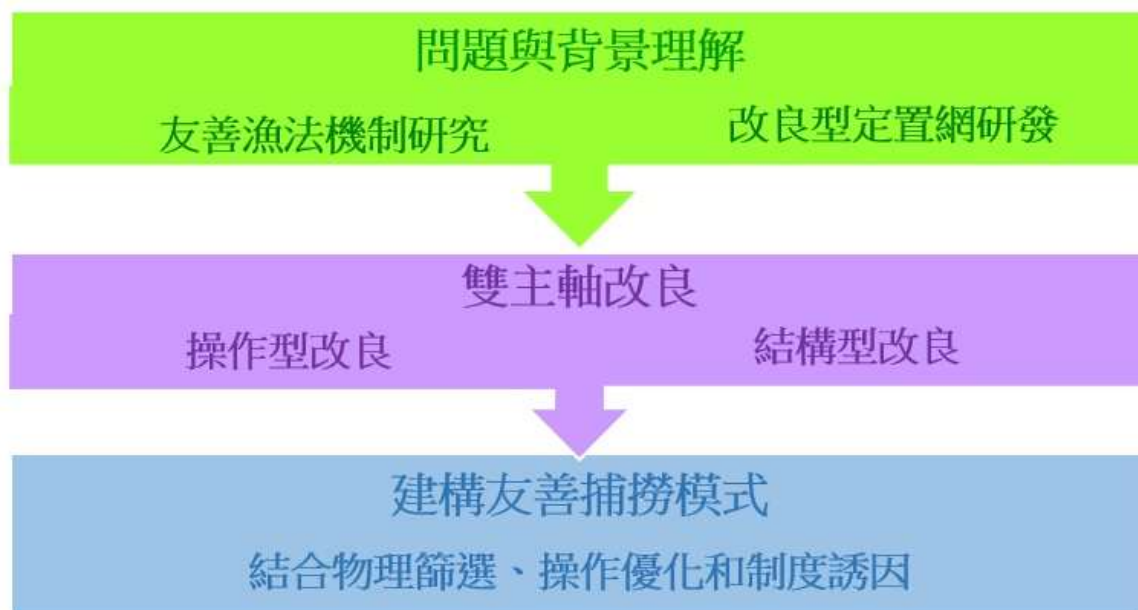


圖 1-1 研究目的階層圖/圖片/照片來源：研究團隊自繪

三、文獻回顧

(一) 鰻魚的定義

根據台灣大學曾萬年教授的研究，共分四種，就是日本鰻、鱸鰻、西里伯斯鰻、太平洋雙色鰻。因此，漁民所捕捉的鰻苗主要是日本鰻，漁民俗稱白鰻。(曾萬年等，2012)



圖 1-2 捕鰻苗的目標物「白鰻」/圖片/照片來源：研究團隊自拍

(二) 鰻魚的發育和成長過程

鰻魚屬洄游魚類，一生經歷柳葉鰻、玻璃鰻、鰻線、黃鰻及銀鰻等階段。生命自海洋中的受精卵開始，孵化後成為柳葉鰻，身體透明扁平如葉片，漂浮於洋流中成長。柳葉鰻變態後轉為玻璃鰻，體形透明且已呈魚形，開始靠近沿岸，準備進入淡水或河口環境。進入沿岸後，玻璃鰻逐漸沉積色素，成為鰻線，並開始溯河尋找棲地。鰻線成長多年發育為黃鰻，體色呈黃褐色，進入淡水或半鹹水域長期定居，是鰻魚生命中停留最久的階段。當黃鰻成熟後，轉變為銀鰻，體色銀白、眼睛放大，停止攝食並回到海洋產卵，完成生命史。文獻中亦指出，鰻魚生活史的五階段劃分可追溯至 Bertin (1956)，強調其形態變態與洄游特性。(Bertin, 1956)

(三) 混獲 Bycatch

傳統定置網在捕撈鰻苗時，混獲的非目標物種（如蝦蟹幼苗、其他經濟魚類稚魚）數量往往是鰻苗的數倍甚至數十倍。且因網具長時間浸泡，混獲生物死亡率極高。(韓玉山、曾萬年，2012)



圖 1-3 混獲生物/圖片/照片來源：研究團隊自拍

(四) 混獲的解決對策

本研究透過實地採樣，分析宜蘭沿海（主要為蘭陽溪口）日本鰻苗捕撈過程中的混獲情形。研究發現，鰻苗漁業具有極高的非目標物種混獲率，在長期的捕撈季中，共紀錄到超過 100 種以上的魚類稚魚與甲殼類遭誤捕，其中以鰕虎科、鯔科（如豆仔魚）及經濟性蝦苗最為顯著。

數據顯示，混獲生物的數量往往數倍於鰻苗，且因定置網長時間受水流擠壓與漁

民挑選過程中的曝露，導致這些稚魚的死亡率極高。這項發現成為後續學界倡議「縮短網具浸泡時間」及「建立即時活體回放機制」的重要依據。研究強調，若能改善漁法以降低對混獲稚魚的傷害，將對沿岸海洋生物多樣性的保存有重大貢獻。(蕭仁傑，2006)另有研究針對大西洋河口玻璃鰻（Glass eel）進行調查，對比了「專業推網（Push net）」與「大型拖網（Stow net/Trawl）」對鰻苗品質的影響。

研究指出，捕撈過程中的機械性擠壓（Mechanical Stress）是導致鰻苗死亡的主因。手動或輕型推網因作業時間短、過濾壓力小，捕獲的鰻苗活力較佳；相對地，大型拖網在強大水流衝擊下，網底（Cod-end）的鰻苗易受物理損傷，且伴隨大量漂流物擠壓，導致遲發性死亡率顯著升高。

這項數據支持了友善漁法的核心建議：應限制網具規模、縮短拖網時間，並在捕撈後立即進行水中篩選。研究強調，提升捕獲後的存活率，對於維持河川上游的資源招募量具有關鍵作用，是實現永續漁業的必要技術調整。(Briand 等人，2003)

依據漁業署鰻苗捕撈漁期管制規定，自 112 年起，每年 3 月 1 日至 10 月 31 日，禁止於距岸三浬內海域、潮間帶及河口水域以任何方式捕撈鰻苗。此一措施顯示政府目前針對鰻苗資源保育與混獲問題，主要採取季節性與空間性的管理手段，透過限制捕撈時間與區域，以降低捕撈對鰻苗族群的影響。然而，現行規範並未針對實際使用的捕撈漁具與操作方式提出改善指引，使得在合法作業期間內，仍可能因漁具設計不當而產生大量非目標生物混獲。由此可見，僅以捕撈時段管制作為管理工具，雖能降低捕撈強度，卻難以有效解決混獲對生態系造成的長期影響。

(五)友善捕撈的概念與內涵

友善捕撈（friendly fishing 或 sustainable fishing）係指在漁業活動中，透過漁具設計、作業方式與管理制度的調整，降低對非目標生物的混獲、傷害與死亡，同時兼顧漁業資源的永續利用。其核心精神不僅在於「捕得多少」，更重視「如何捕撈」以及「對生態系造成的影響程度」。近年研究指出，透過改良漁具結構（如逃生孔、分流裝置、網目大小調整）與縮短作業時間，可有效降低幼魚與非目標物種的死亡率，已成為國際漁業管理的重要方向之一。（Gisbert & López, 2008；McKinnon & Milner, 2009）

(六) 鰻苗捕撈對生態的影響與問題

鰻魚屬於洄游性魚類，其一生需往返海洋與淡水環境，玻璃鰻（鰻苗）階段是資源補充最關鍵的時期。研究指出，玻璃鰻漁業多於河口或沿岸進行，常伴隨大量非目標生物混獲，包括其他魚類幼體、甲殼類與底棲生物，若未即時處理，將大幅降低其存活率，對河口生態系造成潛在衝擊。（Gisbert & López, 2008）

臺灣相關研究亦指出，傳統捕撈鰻苗的作業方式，雖有其歷史脈絡與生計需求，但在高強度捕撈與漁具限制不足的情況下，容易造成鰻苗資源壓力與混獲問題，因此有必要透過漁法改良與管理制度，提升捕撈行為的生態友善程度。（劉富光，2014；農業部漁業署，2014）

(七) 鰻苗友善捕撈的原則與作法

所謂「鰻苗友善捕撈」，係在維持鰻苗合理利用的前提下，透過改善捕撈流程與漁具設計，降低混獲生物死亡，並提高可放流個體的存活率。相關研究指出，若能在捕撈過程中導入「抓大放小」、「非目標物種快速分離」、「降低曝氣與擠壓時間」等原則，可顯著改善混獲生物的生存狀況。（Casco et al., 2025）

此外，針對被動式網具（如定置網），國外研究已嘗試在網具中設計逃生孔、分流斜網或導引結構，使小型或非目標生物能自行游出，兼顧捕撈效率與生態保護，顯示漁具結構調整與網目選擇性設計，是鰻苗友善捕撈的重要方向。（McKinnon & Milner, 2009）

貳、研究設備與器材

直尺、捲尺、魚缸、過濾系統、飼料、觀魚盒、鹽度計、電子秤、水桶、數位相機、紀錄簿、電腦、平板、魚類圖鑑、雨鞋、鉛筆、原子筆、毛筆、刮刀、鑷子、小網子、酒精、標本瓶、手電筒、攜帶型日光燈、頭燈、雨衣。

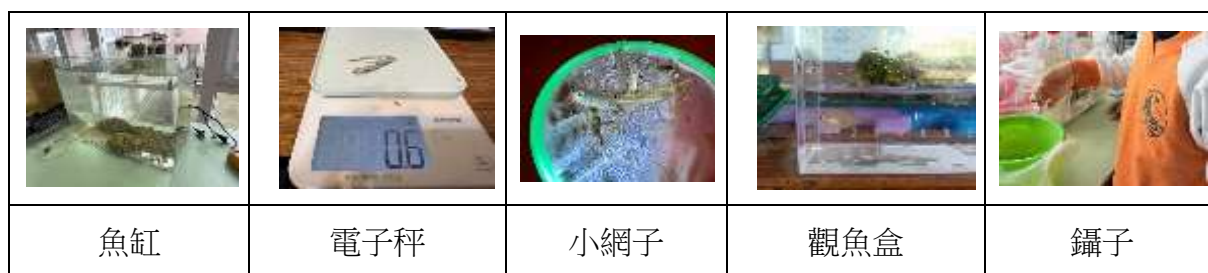


圖 2-1 重要研究設備/照片來源：研究團隊自拍

參、研究過程與方法

一、研究準備與實驗設計架構

本研究選定恆春半島西岸之四重溪灌溉溝渠出海口、四重溪與保力溪出海口作為觀測範圍。調查時間為 2025 年 12 月至 2026 年 1 月之冬季鰻苗洄游季之夜間潮水期間。考量河口為動態環境，受潮汐變化、月相條件、水流速度、漂流物量及出海口開口狀況（如沒口）等自然變因影響，本研究採多日交互觀測設計。

實驗設計以「傳統定置網」為對照組（被動攔截），「梯形手抄網」為標竿組（主動分揀），並發展出兩大實驗組：

實驗組 A（操作改良）：末端即時撈取式定置網。

實驗組 B（結構改良）：定置網加裝囊網前段攔截網目。

（一）研究流程與改良發展

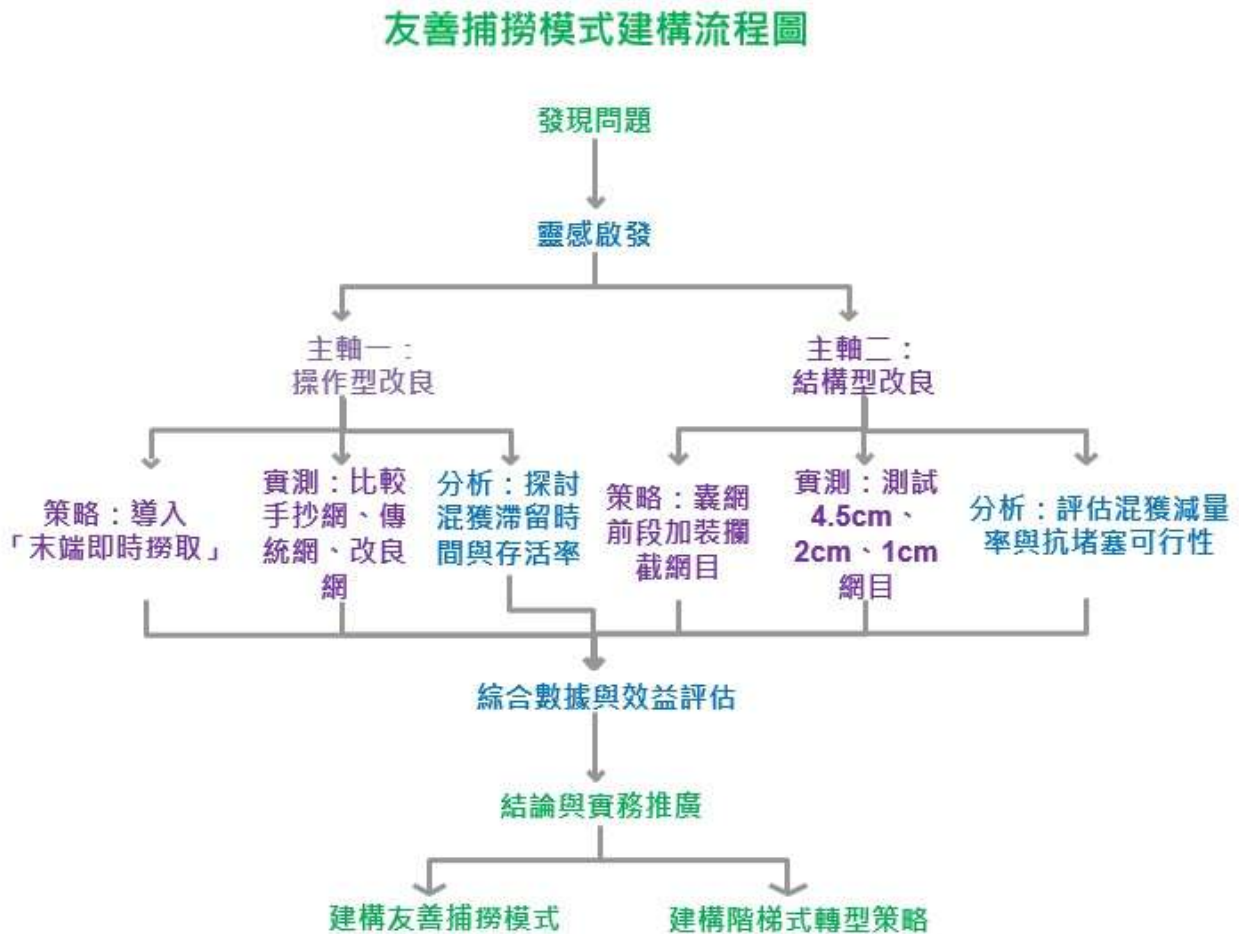


圖 3-1 友善捕撈模式建構流程圖/圖片來源：研究團隊自繪

本研究自河口混獲問題出發，透過漁民訪談與田野觀察建立問題背景，進而發展操作型與結構型改良策略，並於現地進行比較試驗。透過混獲量、生物篩選與存活率之量化分析，整合環境因子與實務操作結果，最終提出兼顧生態與漁民生計之友善捕撈模式。

(二)研究設計架構圖

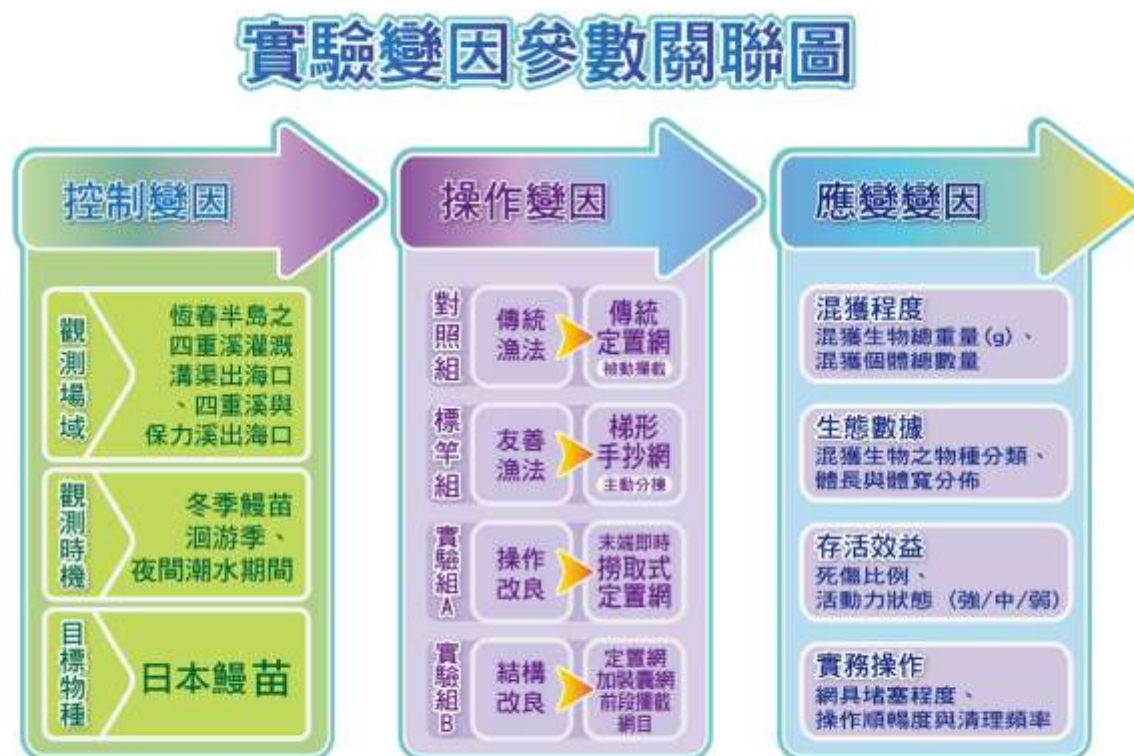


圖 3-2 實驗變因參數關聯圖/圖片來源：研究團隊自繪

本研究之實驗設計係在前期田野觀察與漁民實務訪談基礎上逐步修正與確立，最終形成對照組與雙實驗組之比較架構，以分析不同捕撈方式對混獲減量與存活效益之影響。對照組為傳統定置網，標竿組為梯形手抄網，實驗組包含操作型改良（末端即時撈取）與結構型改良（囊網前段攔截網目）。控制變因包含觀測場域、季節與潮汐條件；應變變因則為白鰻捕獲量、混獲總重量、個體數量與存活狀態。透過多日現地觀測與交互比較，建立不同漁法之效益評估架構。

(三)研究場域與調查時間



圖 3-3 調查樣區 /圖片/照片來源：研究團隊自拍及 google 地圖擷圖

本研究選定恆春半島西岸的車城鄉四重溪灌溉溝渠出海口、四重溪與保力溪出海口作為觀察範圍，研究期間為 114 年 12 月至 115 年 1 月之鰻苗洄游季節之夜間潮水期間進行觀察與採樣。因該地區有漁民長期使用定置網捕撈鰻苗，具備觀察與比較之條件。因此選擇鄰近家鄉的河口區域進行研究，以貼近當地生態環境並提升調查的可行性。

(四)田野觀察：

於 2025 年 12 月至 2026 年 1 月鰻苗洄游季期間，共進行 17 次夜間調查，觀察捕撈時間、操作流程、混獲處理方式與河口環境條件。調查發現河口開口狀況、潮汐與漂流物量會影響網具設置與作業方式，並促使研究設計納入滯留時間與堵塞程度等變因。

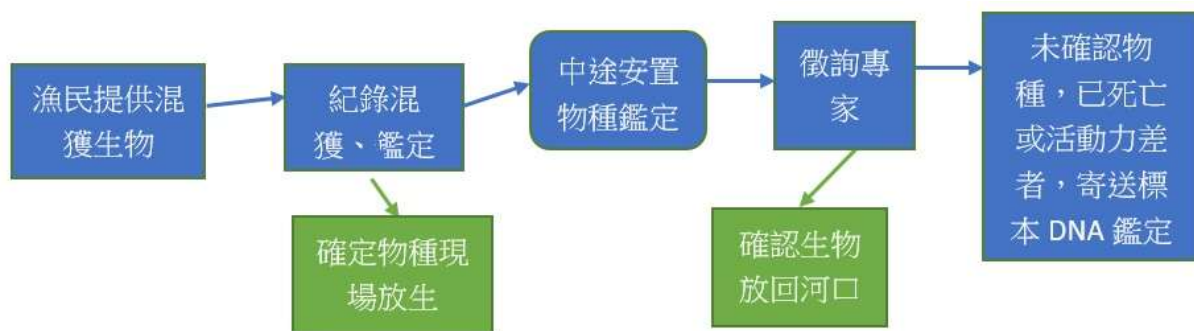


圖 3-4 漁民提供混獲生物處理流程/圖片/照片來源：研究團隊自繪

表 3-1 出海口實地調查表/圖片/照片來源：研究團隊自繪

星期 月份	星期一	星期二	星期三	星期四	星期五	星期六	星期日
2025 年 12 月			3 十四 四重溪	4	5	6	7
	22	23	24	25 初六 保力溪	26	27	28
2026 年 1 月				1	2	3 十五 四重溪 灌溉溝渠	4 十六 四重溪 灌溉溝渠
	5 十七 四重溪 灌溉溝渠	6 十八 四重溪灌溉溝 渠、保力溪	7 十九 四重溪灌溉溝 渠、保力溪	8 二十 四重溪灌溉溝 渠、保力溪	9 二十一 四重溪 灌溉溝渠	10	11
	12	13 二十五 保力溪	14 二十六 四重溪	15 二十七 四重溪	16	17 二十九 保力溪	18 三十 保力溪
	19	20 初二 保力溪	21	22	23	24	25
	26	27	28	29	30 十二 保力溪	31 十三 保力溪	

本研究所稱 17 次夜間調查，包含四重溪河口、四重溪灌溉溝渠出海口與保力溪出海口之觀測；其中四重溪河口因沒口僅 3 次達可操作標準，保力溪 9 次，其餘為灌溉溝渠與同夜交互觀測次數，故總次數高於單一河口之有效操作次數。

二、田野調查與網具改良設計

為解決混獲問題，團隊透過田野觀察與漁民訪談建立問題背景，進而發展改良策略。

(一)在地智慧轉化

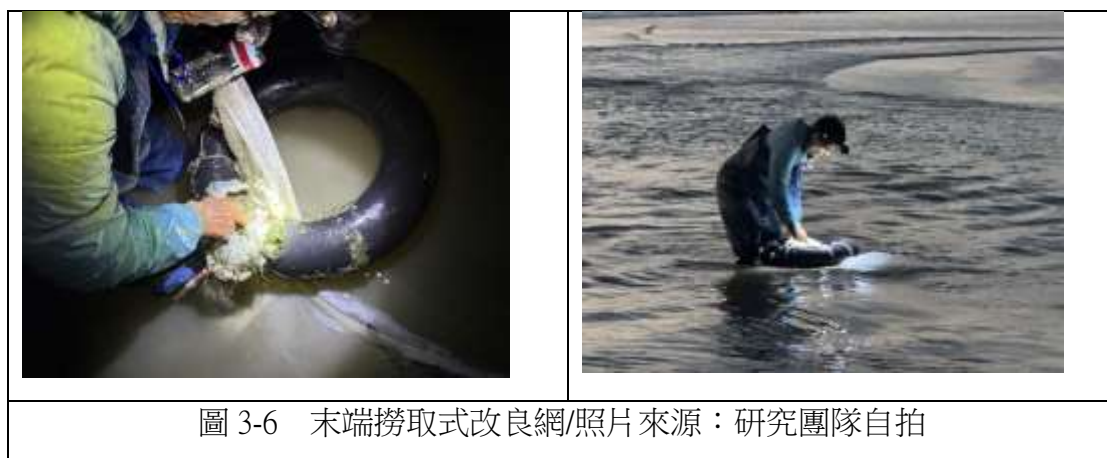
記錄手抄網之操作流程與導流結構，分析其即時分揀與主動篩選機制，作為後續定置網改良之靈感來源。漁民自行設計之梯形手抄網採上寬下窄結構，可利用水流將生物導向末端集中。



圖 3-5 漁民及專家捕鰻苗文化訪談/照片來源：研究團隊自拍

(二)操作型改良：末端即時撈取

田野中發現一位漁民改良定置網，改以囊網末端即時撈取，而非整袋收網，此方式可縮短混獲滯留時間並於水中分離目標。



(三)結構型改良與三方諮詢

透過漁業署轉介向海洋大學專家諮詢，建議於囊網前段加裝小網目攔截網，以降低囊網內混獲悶壓風險。其後，研究團隊與在地漁具業者討論攔截網固定方式、網目材質與張力配置等技術細節，並依操作需求進行結構強化。綜合專家建議、漁民對河口易堵塞之顧慮與漁具業者之技術可行性，最終選定 4.5 公分、2 公分與 1

公分三種網目進行物理篩選測試，比較其混獲減量效果與操作順暢度。

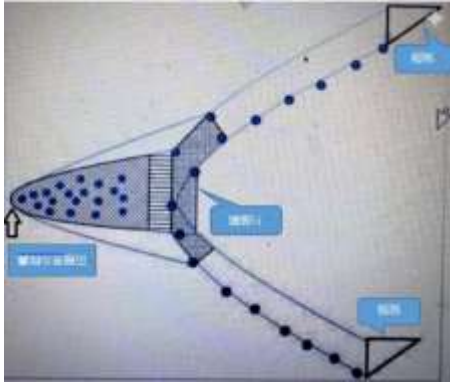
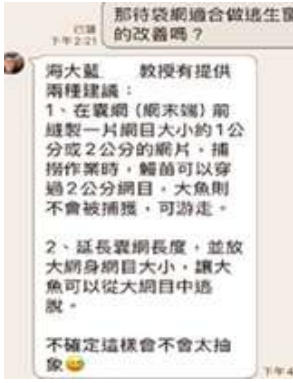
	
改良定置網的設計	漁業署協助諮詢專家建議
	
諮詢漁民攔截網的設計	漁具業者協助改良漁具

圖 3-7 改良定置網之設計與三方諮詢/照片來源：研究團隊拍攝

三、實地比較實驗與數據採集

本研究於夜間進行現地比較試驗，針對四種捕撈方式（手抄網、末端即時撈取式改良定置網、攔截網改良型定置網、傳統定置網）進行比較。

捕撈後立即進行混獲生物之處理：進行魚種分類（使用魚類辨識圖鑑或專家協助）、個體數量計算及秤重、大小與形態紀錄，並記錄活動力與死傷狀況。

除記錄混獲總重量與數量外，亦特別標示體型顯著之非目標物種，如蛇鰻類、短線蚓鰻等，以分析不同網目對長形魚類之篩選效果。另針對細長型魚類如蛇鰻類進行體長與體寬觀察紀錄，統計不同網目條件下之出現頻率與通過情形，以分析攔截機制是否受魚體橫向體寬限制，而非單純體長差異。

	
漁民示範操作梯形手抄網	末端即時撈取式改良定置網
	
改良型定置網(4.5 公分網目)	傳統定置網操作現場

圖 3-8 四種捕撈方式現場操作情形/圖片/照片來源：研究團隊拍攝

	
魚種分類	個體數量計算及秤重
	
大小與形態紀錄	活動力與死傷狀況紀錄

圖 3-9 混獲生物之紀錄與分類 圖片/照片來源：研究團隊拍攝

四、數據分析與效益評估

最後將各捕撈方式之混獲數據進行數量統計、類群歸納，並進行河口差異、漁法差異及改良前後差異比較。分析指標包含：

(一)捕撈效能：白鰻捕獲數量。

(二)混獲程度與生態數據：混獲生物總重量與數量、物種分類及體長體寬分佈。

(三)存活效益與實務操作：死傷比例、活動力狀態依翻正游動能力分級（強/中/弱），以及網具堵塞程度、操作順暢度與清理頻率。

綜合上述數據，最終提出兼顧漁民生計與河口生態之友善捕撈模式。

五、研究限制與變因說明

本研究為河口現地調查與捕撈方式比較試驗，研究過程需配合實際漁業作業情境進行，無法如實驗室條件下完全控制各項環境變因。調查期間適逢當年度鰻苗價格偏低，漁民捕撈意願與實際出海作業頻率受市場條件影響。

此外，河口地形變動頻繁，如沙洲移動、出海口開口狀況改變、水流改道及沒口情形，均影響網具設置位置與試驗持續時間。同時，潮汐變化、月相條件、水流速度、漂流物量及漁民操作方式等因素，亦使不同日期之作業環境難以完全一致。

因此，各網目規格與捕撈方式之試驗次數與樣本量未能完全相同。為因應上述現地條件，本研究採取多日觀測與交互比較設計，於不同日期與不同作業情境下累積操作資料，以呈現實際河口捕撈環境中的操作特性與改良可能性。

肆、研究結果

本研究依據 114 年 12 月至 115 年 1 月之鰻苗洄游季節，於四重溪與保力溪出海口進行夜間調查，共計完成 17 次現地觀測。研究結果依循「漁民實務訪談與經驗統整」、「田野生態觀察」、「手抄網操作特性分析」、「操作型改良之發現」及「結構型改良之實驗」的邏輯順序呈現。本章節首先透過在地訪談建立職人經驗基準，並以此作為科學實驗與網具改良的實務依據，旨在找出兼顧捕撈效率與生物保育的可行方案。

一、漁民職人經驗調查與實務觀察

本研究訪談車城新街村、福興村及河口現場共 4 位漁民。調查發現，漁民為因應河口強風環境，多捨棄三角網而改採自行設計、具導流功能且符合人體工學的**梯形手抄網**（上底 125cm/下底 86cm）。在捕撈實務上，漁民證實鰻苗具趨光性且受月相影響（大潮產量多、滿月產量少）。

針對混獲處理，漁民採「即時篩選」模式，將白鰻苗移至桶中後隨即將其餘生物倒回河口，這解釋了手抄網具備高存活率的行為基礎。



圖 4-1 捕鰻苗手抄網形式/圖片/照片來源：研究團隊自拍

二、河口鰻苗捕撈之生態現況與環境因子分析

在進行漁法改良前，本研究首先建立河口生態背景資料，並透過連續觀測驗證環境因子對捕撈之影響。

（一）調查樣區環境與作業現況

本研究範圍涵蓋四重溪灌溉溝渠出海口、四重溪河口與保力溪出海口。調查期間發現，四重溪河口常因「沒口」（出海口堵塞）影響作業，僅完成 3 次有效調查；保力溪雖有淤積，但隨潮汐仍可操作，共進行 9 次調查。此環境差異影響漁民漁法選擇與作業頻率。

（二）環境因子之科學驗證：破除「月相迷思」

- 1、**傳統經驗：** 漁民普遍認為農曆十四至十五（滿月）因月光過亮，具避光性的白鰻（日本鰻）上溯量減少，多選擇休漁。
- 2、**實證發現：** 本研究於 1 月 3 日（農曆十五）觀測，當晚捕獲 47 尾，為連續觀測期間最高。
- 3、**科學推論：** 結果顯示鰻苗上溯非僅受月光影響，在潮汐與水流配合下，滿月仍可能出現洄游高峰，凸顯實證數據修正經驗之重要性。

（三）混獲生物相與體長結構

1、混獲常態性：

田野紀錄顯示，無論使用何種漁法，捕撈過程皆伴隨大量非目標生物混獲，包括小烏魚、花身雞魚、塘鱧幼魚及蝦蟹類。為了解混獲物種組成，本研究統計 2026 年 1 月 14 日 2 公分改良網六次試驗之完整捕撈紀錄，如圖 4-2 顯示，本次捕撈之混獲生物以魚類幼體為主，其中大眼幼體與鰻類耐受性最高。此結果顯示河口捕撈作業主要影響魚類早期生活史階段。

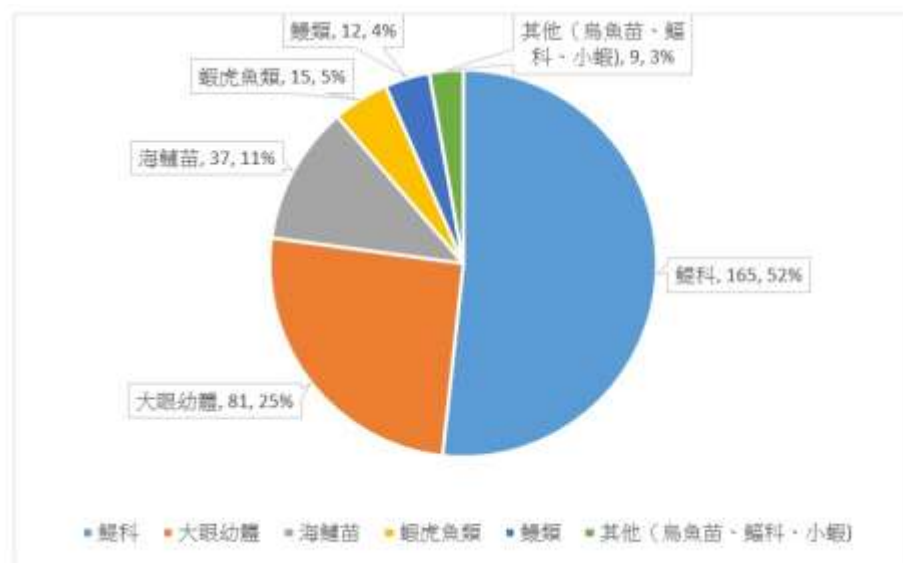


圖 4-2 混獲物種組成圓餅圖

2、體長篩選壓力：

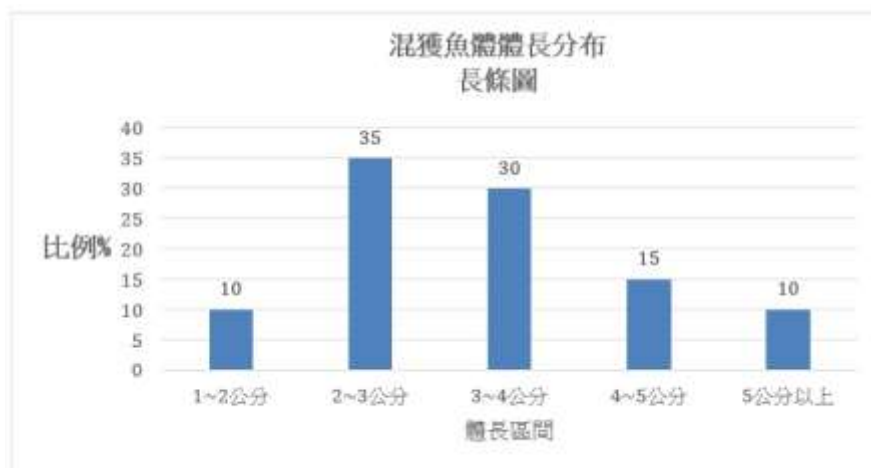


圖 4-3 混獲魚體分布長條圖/圖片來源：研究團隊自拍

經測量統計，混獲魚類體長高度集中於 2~4 公分 區間。此區間屬於多數河口魚類的幼魚階段，顯示現行捕撈作業對魚類早期生活史造成顯著壓力。

(四) 混獲生物量之變動與相關性分析

本研究連續七日（1/3~1/9）詳細記錄白鰻捕獲量與混獲生物之數量及重量變化，數據顯示混獲現象在河口作業中具有常態性與變動性。

1、混獲之常態性：

由表 4-1 數據顯示，無論當日白鰻捕獲量高低，混獲生物始終存在。即使在 1 月 6 日未捕獲任何白鰻的情況下，網具內仍記錄到 80 隻混獲生物，證實非目標生物的誤捕是河口定置網作業無法避免的常態現象。

表 4-1 連續七天手抄網或末端撈取漁法/圖片/照片來源：研究團隊自繪

日期	漁法情境	白鰻數量	混獲總數	混獲重量(g)
1/3	手抄網+末端撈取交互	47	190	36
1/4	手抄網+末端撈取交互	13	18	3.9
1/5	末端撈取為主	5	19	0.125
1/6	手抄網	0	80	11.1
1/7	手抄網	2	163	19.9
1/8	手抄網	1	67	12.5
1/9	手抄網	6	108	25.5

2、雙高峰之同步趨勢：

分析 1 月 3 日之數據，當日為白鰻捕獲之最高峰（47 尾），同時也是混獲數量 190 隻與混獲重量 36g 的最高峰。

相關性分析：此結果呈現顯著的正相關趨勢，即「鰻苗大出的日子，也是混獲生物最多的日子」。

生態意義：這意味著在漁獲豐收的夜晚，網具內的生物密度最高，若不進行改良，非目標生物（與鰻苗）將承受最大的物理擠壓風險。此發現強化了導入「抗擠壓改良網具」的必要性。



圖 4-4 友善漁法白鰻數量與混獲重量之雙軸折線圖/圖片來源：研究團隊自拍

三、友善漁法之標竿：手抄網操作特性與導流智慧

本研究將「手抄網」設定為更生態友善的捕撈方式切入點，深入分析其操作智慧。

（一）手抄網之操作優勢：主動篩選

1、即時分揀：

觀察記錄顯示，手抄網漁民可於水中即時辨識目標物（白鰻），並將非目標生物（如鱸鰻苗、小魚）立即分離放回河口。

2、存活率驗證：

經手抄網釋放的生物，因未受長時間網具擠壓，入水後多數能立即游走，存活率極高。這證實了「縮短離水與擠壓時間」是提升存活率的關鍵。

（二）梯形手抄網之結構智慧（改良靈感來源）

在訪談中，一位資深漁民分享了其自行設計的「梯形手抄網」。

1、結構特徵：

採「上寬下窄」設計（上口寬約 125 公分、下口寬約 86 公分）。

2、流體力學原理：

利用河口水流，將進入網口的生物自然「導流」至末端集中，便於分離操作。

3、轉化應用：

本研究將此「導流集中」與「即時分離」的概念，轉化為後續定置網改良的核心邏輯。

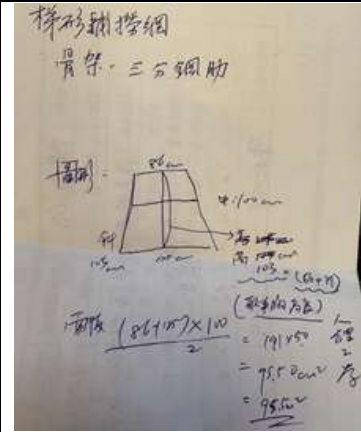
 Hand-drawn diagram of a trapezoidal hand net. The diagram shows a trapezoid with a top width of 125 cm and a bottom width of 86 cm. The height is 105 cm. The net is made of 3/4 inch mesh. Calculations for the area are shown: $\text{面積} = \frac{(86 + 125) \times 105}{2} = 10147.5 \text{ cm}^2$$= 95.52 \text{ m}^2$$= 95.52 \text{ m}^2$	 Photograph of a fisherman demonstrating the use of the trapezoidal hand net. The net is being held over a body of water, and a fish is visible inside. The fisherman is wearing a blue shirt and a yellow headlamp.
漁民在河口現場手繪梯形手抄網	漁民示範操作手抄網後讓學生輪流操作

圖 4-5 梯形手抄網之結構與操作圖 /圖片來源：研究團隊自拍

四、操作型改良之田野發現：末端即時撈取

本研究在田野調查中發現，部分定置網漁民已發展出一套介於傳統與友善之間的操作模式，本研究將其定義為「操作型改良」。

（一）操作模式與原理

傳統定置網多採「等待退潮後一次收網」的被動模式，導致囊網內生物長時間擠壓。然而，研究團隊觀察到有漁民在作業期間，會定時前往囊網末端進行「水中即時撈取」。此舉將「被動等待」轉為「主動分揀」，有效解決了囊網悶壓問題。

（二）成效分析：效益與成本的權衡

1、存活率提升：

經此操作撈起的混獲生物（如海鰱苗、小烏魚），因滯留時間短，生理活性顯著優於傳統收網個體，多數呈現良好游動能力。

2、勞力成本：此法雖然提升了生態效益與鰻苗活力，但需漁民頻繁下水巡視，體力消耗大。目前僅在小溪流等特定環境觀察到少數漁民採用，推廣上需克服操作慣性的門檻。

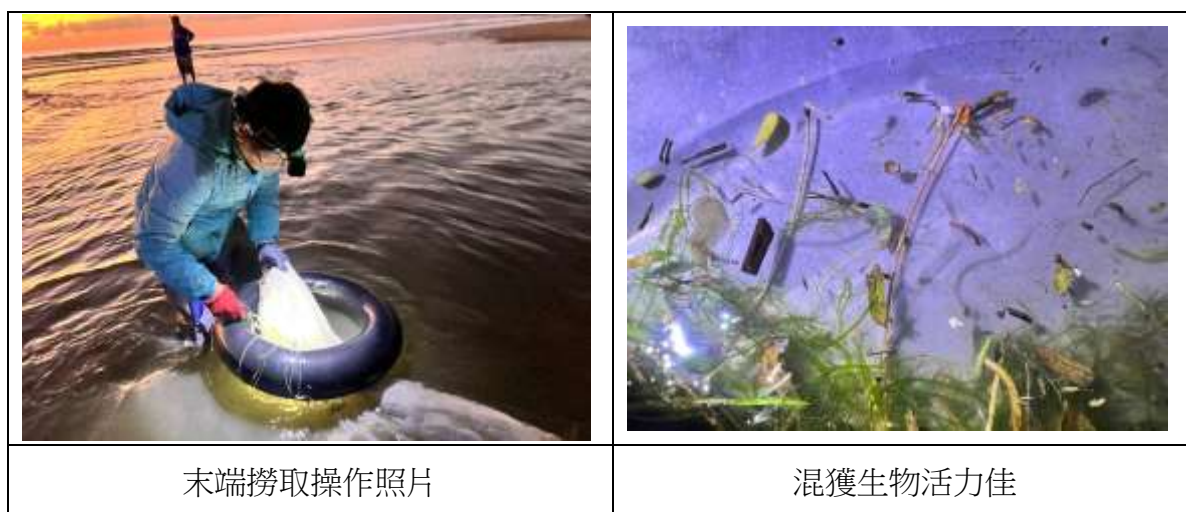


圖 4-6 末端撈取操作及現場混獲活力情況圖 /圖片來源：研究團隊自拍

五、結構改良型實驗：攔截網目之篩選測試

為進一步從結構上減少混獲，本研究參考梯形手抄網的導流概念，於定置網囊網前方設置攔截網，分別測試 4.5 公分、2 公分與 1 公分 三種網目之成效。

（一）4.5 公分網目：捕撈與生態的平衡點

1、白鰻苗捕獲表現

4.5 公分改良網在維持捕撈量與操作便利性上取得最佳平衡。依保力溪口試驗紀錄，捕獲量雖受潮汐、網位與地形影響，但整體表現穩定。圖示 1/20 出現 88 尾高捕獲量，顯示在適當潮汐與網位條件下，改良網具備良好捕撈效率，並非僅維持低量捕獲。雖然捕撈量受環境影響較大，但高峰期表現證明其結構不致阻礙鰻苗進網。與傳統定置網相比，捕獲量差異不固定，在特定條件下可持平甚至較高。

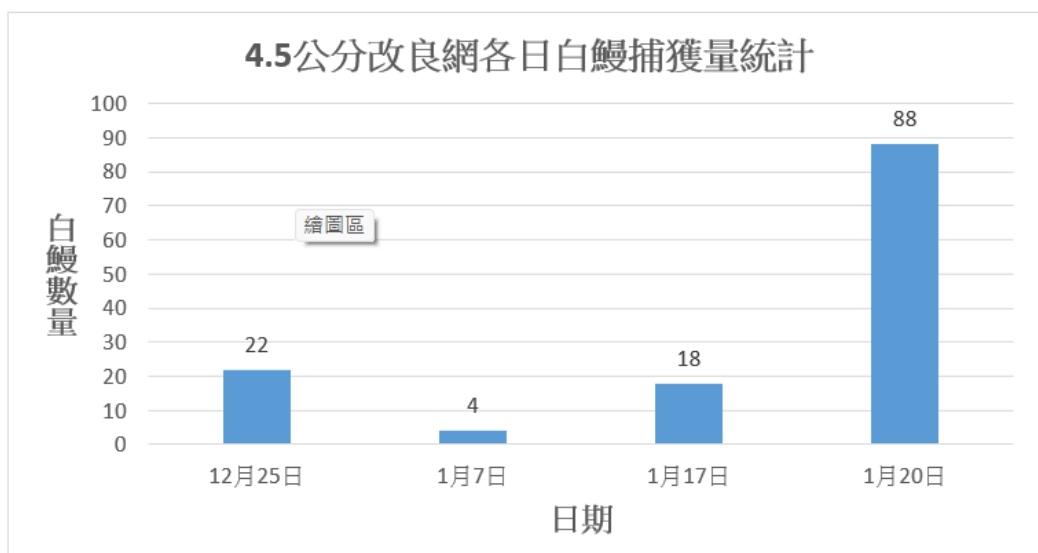


圖 4-7 各日白鰻捕獲量統計圖/圖片來源：研究團隊自拍

2、混獲組成分析



圖 4-8 混獲比較圖/圖片來源：研究團隊自繪

研究顯示，河口環境中白鰻苗與多數伴生幼生（如烏魚苗、大眼幼體）具有高度棲地重疊，混獲為常態。

組成集中化：

傳統定置網記錄到的物種數略高，包含較多游動力弱或底棲生物。

改良網優勢：

混獲物種較集中於魚類幼體與少量甲殼類，顯示其能降低部分非目標生物的干擾。4.5 公分規格在維持捕獲量的同時，能稍微降低混獲多樣性，是目前漁民接受度最高、可行性最強的規格。

3、不同網目對長形魚類之攔截差異

為探討攔截網對細長型魚類之篩選效果，本研究統計蛇鰻類出現情形。4.5 公分網目共 4 次有效試驗，其中 3 次出現蛇鰻類，共 11 尾，出現比例 75%，顯示其為穩定混獲物種。1 月 20 日並紀錄 1 尾體長約 20 公分之短線蛇鰻仍可進入囊網。結果顯示，篩選機制主要取決於魚體「體寬」而非「體長」，體寬小於網目者仍可穿越。相較之下，2 公分網目僅 2 尾，1 公分未紀錄，顯示縮小網目可降低進網機率，但對細長物種仍有限制。網目設計宜以體寬分布為主要依據。

表 4-2 不同網目之蛇鰻類出現情形統計

網目尺寸	試驗 天數	蛇鰻類 尾數	備註說明
1 公分	1	0	未紀錄
2 公分	2	2	1/14 紀錄
4.5 公分	4	11	12/25 紀錄 4 尾、1/7 紀錄 3 尾、 1/20 紀錄 3 尾 5-7 cm 蛇鰻與 1 尾 20cm 短線蛇鰻

(二) 2 公分網目：顯著的生物量減量（關鍵發現）

本研究於四重溪進行分日對照試驗，比較 2 公分改良網（1 月 3 日，6 次操作）與傳統定置網（1 月 4 日，6 次操作）之混獲差異，結果呈現顯著落差：

1、混獲重量劇減：

傳統定置網（1 月 4 日）6 次操作總混獲重達 1,997.7 g（含大型魚類）。

2 公分改良網（1 月 3 日）6 次操作總混獲重僅 19.8 g。

整體混獲生物量降低約 99%，顯示 2 公分網目具有明顯物理篩選效果，可有效阻擋中大型個體進入囊網，降低網內生物密度與悶壓風險。

綜合 6 次操作結果，2 公分改良網之總混獲重量較傳統定置網降低約 99%。

2、體長篩選：

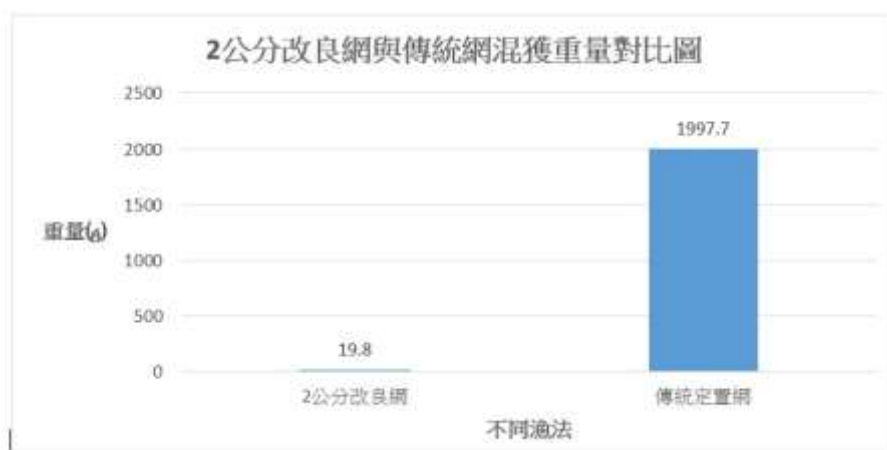


圖 4-9 2 公分改良網與傳統網混獲重量對比圖/研究團隊自繪

2 公分改良網有效阻擋了 6 公分以上的中大型魚類進入囊網，可避免中大型混獲個體對小型魚苗造成物理擠壓。混獲個體主要集中在 1–6 公分。而傳統定置網：以 6–10 公分中大型個體為主，甚至包含 40 公分的虱目魚。

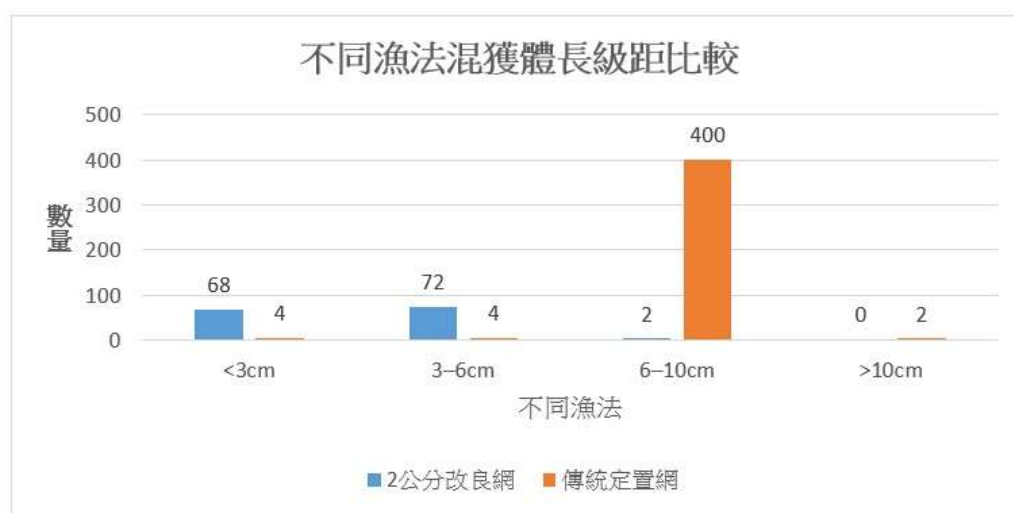


圖 4-10 不同漁法混獲體長級距比較 圖片來源：研究團隊自繪

(三) 1 公分網目：物理限制發現

表 4-3 1 公分網目混獲魚體尺寸紀錄

魚種	體長	體寬
塘鱧苗	0.7–2 公分	約 0.4 公分
烏魚苗	約 1.5 公分	約 0.4 公分
鯉科魚	3–4 公分	最大鯉科魚約 0.7 公分

從表 4-3 中試驗發現 1 公分網目較易被河口雜物堵塞，需要整理。且數據顯示體長 3-4 公分的鯉科魚仍能穿過，證實攔截網是依據「體寬（約 0.7 公分）」而非體長進行篩選，1 公分網目可能具有**篩選與釋放小型混獲個體之效果**。

（四）三種攔截網規格之綜合討論與分析

由表 4-4 顯示，三種攔截網在白鰻捕獲、混獲堵塞與操作順暢度上呈現差異。此與網目尺寸對水流通透性、雜物堆積及魚苗進網路徑有關，並與漁民現場操作回饋一致。

表 4-4 不同攔截網尺寸比較表之綜合比較

指標	4.5 公分網目	2 公分網目	1 公分網目
白鰻苗捕獲 (本次有效紀錄)	11 尾	4 尾 (四重溪對照)	0 尾 (無有效捕獲紀錄，樣本不足)
混獲與堵塞情形	中等； 需清除雜物	較易堵塞；需清除枯葉與水草	最易堵塞； 清除頻率最高
操作順暢度 (漁民回饋)	可接受	不易張開，操作較不順	操作需花時間， 易卡雜物
整體可行性 (依結果與回饋)	高	中 (需進一步改良)	低 (需更多試驗)

1、網目物理特性與捕撈效率

- (1)導流效能：4.5 公分網目通水性佳，可穩定引導白鰻苗順流進入囊網。
- (2)阻水效應：1 及 2 公分網目易堵塞雜物，網具由「篩選」轉為「阻水裝置」。
- (3)路徑干擾：網目堵塞造成水流受阻，影響鰻苗游向並降低進網成功率。

2、混獲減量與生態友善特性

- (1)生物量劇減：2 公分改良網平均混獲重 3.3g，較傳統網具 333g 減少逾百倍。
- (2)體型篩選：依魚體寬度，2 公分網目可排除 6 公分以上個體，降低缺氧風險。
- (3)組成集中：4.5 公分改良網可排除小螺等底棲生物，使混獲集中於魚類幼體。

3、操作實務與核心邏輯

- (1)高可行性：4.5 公分網目清理頻率適中且漁獲穩定，使用意願最高。
- (2)結構改良：2 公分網目具生態潛力，但網面不易張開影響導流，未來需改良。
- (3)平衡設計：網目研發需在水流通透性、堵塞度與進網效率間取得平衡。

六、綜合比較結果

為整合不同捕撈方式於現地操作中的混獲數量、活動力與即時放流狀況，本研究依現場紀錄、生物耐受性與放生後活動反應進行綜合推估比較。即時存活率係依『起網後可自主翻正並持續游動』判為存活，無反應或失去翻正能力判為死亡；介於兩者者以活動力分級輔助判定，故屬現地即時評估值。

表 4-5 捕撈方式之混獲減量與存活率比較

捕撈方式	混獲生物數	即時存活率	死亡比例	操作特性	綜合評估
手抄網	522	約 90 - 95%	約 5 - 10%	即時分揀	生態最友善
末端撈取	123	約 75 - 80%	約 20 - 25%	縮短滯留	最易推廣
攔截網 4.5cm	171	約 35 - 40%	約 60 - 65%	平衡型	捕撈與減量兼顧
攔截網 2cm	294	約 40 - 45%	約 55 - 60%	強篩選	減量效果最佳
傳統定置網	414	約 20 - 25%	約 75 - 80%	囊網悶壓	衝擊最大

針對以上表不同捕撈方式綜合效益分析：

（一）混獲減量與風險降低：2 公分攔截網成效最顯著

整合兩日試驗結果顯示，2 公分攔截網在本次操作條件下呈現明顯混獲減量趨勢，混獲重量由 1997.7g 降至 19.8g，減幅逾 99%。其依魚體寬度進行物理篩選，可阻擋中大型個體入網，降低囊網內擠壓與缺氧風險，顯示具高度減量潛力。

（二）存活率與滯留時間高度相關：手抄網與末端撈取表現最佳

手抄網與末端撈取因可即時分離或縮短滯留時間，呈現較高存活率。攔截網雖能降低混獲量，但存活率仍受滯留時間與水流狀況影響。本研究推估結果顯示，2 公分攔截網因混獲密度較低，理論上可能降低擠壓與缺氧風險；然而小網目亦可能增加堵塞機率，因此其存活率是否高於 4.5 公分仍需審慎評估，未來仍需透過更多試驗與活體觀察進一步驗證。

（三）兼顧漁獲與可行性：以捕獲量與勞力評估推廣順序

傳統定置網混獲多且死亡率高；手抄網最友善但勞力需求高。末端撈取可在不更換網具下提升存活率，屬低成本且易推廣方式。攔截網為結構型減量措施，其中 4.5 公分操作較穩定，2 公分減量效果最佳但易堵塞。整體而言，可採「先操作、再結構」策略，先推動末端撈取，再依漁場條件選用適合之攔截網。

伍、討論

本研究透過現地實驗比較手抄網、傳統定置網及兩種改良式定置網（操作改良與結構改良）之差異，針對混獲減量機制、生物存活關鍵及實務可行性進行以下深入討論。

一、「主動篩選」與「被動攔截」的生態效益差異

（一）滯留時間是存活率的關鍵變因

研究結果顯示，手抄網之混獲生物存活率最高，末端撈取次之；綜合推估顯示，攔截網雖可降低混獲量，但存活率仍受滯留時間與堵塞程度影響。

手抄網模式：

屬於「主動撈取」，漁民在數秒至數分鐘內即完成「入網—辨識—分揀—釋回」的流程，生物缺氧風險相對降低。

傳統定置網模式：

屬於「被動攔截」，生物隨潮水推擠至囊底，在高流速與高密度擠壓下，滯留時間長達數小時，海鰱苗等高耗氧物種死亡率明顯較高。

操作型改良的驗證：

本研究提出的「末端撈取式」改良，本質上是將定置網的「被動等待」轉化為「主動頻繁操作」。實驗證實，即便是極脆弱的海鰱苗，在縮短滯留時間後，存活率與活力皆顯著提升。此結果顯示，相較於結構改變，縮短滯留時間為即時且成本較低之改善策略。

（二）河口作為育幼場的混獲壓力分析

現場觀測數據指出，混獲魚類體長高度集中於 2~4 公分（約佔總數 65%），且多為烏魚、花身雞魚及塘鱧之幼體。顯示河口為魚類早期生活史的重要育幼場。

- 1、傳統定置網捕捉大量 6~10 公分甚至 10 公分以上的中大型個體（如虱目魚、沙丁魚）。
- 2、這些較大個體在囊網中會對 2~4 公分的小型魚苗造成二次物理擠壓，增加其死亡風險。因此，**排除中大型混獲個體**不僅是減少該物種的損失，更是提升整體網內小型生物存活率的關鍵。

二、攔截網目設計的物理矛盾：通透性 vs. 篩選率

試驗結果顯示，隨網目縮小，物理攔截效果提升，但操作難度與堵塞風險亦隨之增加，呈現篩選率與通透性之間的權衡關係。

（一）網目尺寸與阻塞效應

實驗數據顯示，隨著網目縮小，物理攔截效果顯著提升，但操作難度呈指數上升：

1、2cm 網目的極端效益：

在四重溪試驗中，2cm 改良網將單次混獲重量從傳統網的 333g 降至 3.3g，減幅約 99%，顯示阻擋中大型魚入網可有效降低囊網生物量壓力。

2、臨界點的發現：

當網面因枯葉與水草附著而發生堵塞時，原本具有篩選功能之網目可能降低其通透性，使水流受阻並改變流向，進而影響目標物種進入囊網之效率。

3、最佳實務平衡：

4.5cm 網目雖然對小型魚類的攔截力較弱，但其「抗堵塞能力」最強，能維持長時間的通水性，確保白鰻捕獲量穩定。這顯示在混濁且雜物多的河口環境中，維持通透性可能為影響捕撈效率之重要因素。

（二）體長與體寬的篩選機制

在 1cm 網目試驗中，體長 3~4 公分的鯉科魚類仍能穿過網目，其體寬僅約 0.7 公分。另於 4.5 公分網目試驗中，蛇鰻類於 4 次有效試驗中有 3 次出現，共 11 尾，並於 1 月 20 日紀錄 1 尾體長約 20 公分之短線魮鰻仍可進入囊網。

上述結果顯示，魚體是否通過網目主要取決於橫向體寬，而非體長；即使體長較長，只要體寬小於網目開口仍可穿越。此顯示網目設計應參考混獲物種之體寬分布特性。本研究並以「混獲重量劇減」（2cm 網目使混獲重量降至約 1%）與「體寬可穿越／不可穿越的實例」（鯉科可穿越、蛇鰻與短線魮鰻仍可能進網）相互印證：攔截網的篩選機制主要由體寬決定，而非體長。

三、漁民操作習慣與改良方案的接受度

科展研究不僅需探討科學原理，更需考量社會實踐。

(一)操作慣性：

漁民習慣依潮水交互使用手抄網與定置網。本研究提出的「末端撈取」不需更換漁具，僅改變操作節奏，漁民接受度較高。

(二)收益考量：

漁民最在意的是白鰻捕獲量。4.5cm 改良網在減少大型垃圾與大魚入網的同時，未明顯降低白鰻漁獲，是目前推廣阻力最小的結構改良方案。而 2cm 雖生態效益極高，但若因堵塞導致「抓不到鰻魚」，在實務上將難以被漁民採納。

四、環境因子與傳統經驗的科學驗證：月相迷思的破除

本研究在田野調查過程中，發現科學觀測數據與當地傳統漁撈經驗存在顯著差異，此發現對於理解鰻苗上溯機制具有重要意義。

(一)滿月日的反常豐收

依據當地漁民長期的經驗法則，認為農曆十四至十五日（滿月）因月光過亮，鰻苗具避光性，故上溯數量通常稀少，許多漁民甚至選擇休漁。然而，本研究團隊堅持於 1 月 3 日（農曆十五）進行實地觀測，結果卻記錄到該期間最高的白鰻捕獲量（47 尾）及最高的混獲生物量（36g）。

(二)多重環境因子的交互作用

此一反直覺的結果顯示，鰻苗的上溯行為並非單純受「月光（負趨光性）」單一因子控制。1 月 3 日雖為滿月，但同時也配合了大潮與強勁水流。顯示鰻苗上溯行為可能受多重環境因子影響。結果顯示潮汐推力與水流強度之影響，可能高於單一月光因子。

(三)科學實證的價值

此發現證實了進行連續性科學採樣的重要性。若僅依循傳統經驗避開滿月作業，將錯失重要的生態數據。這也提醒未來的河口生態研究或資源管理，不應僅依賴單一經驗法則，而需考量多重環境因子的動態權重。後續若能導入『同日平行對照』設計與『活體蓄養量化存活率』，將可進一步完備友善漁法的科學驗證體系。

陸、結論

本研究綜合田野調查與操作實驗數據，歸納河口鰻苗捕撈混獲減量與存活率如下：

一、手抄網為最友善之參考基準

手抄網具高機動性與選擇性，可即時釋回非目標物種，混獲生物存活率最高，應作為河口捕撈之生態指標與友善基準。

二、操作型改良（末端撈取）之即時效應

在不改變網具結構下推動「末端撈取」，由被動等待改為依潮水主動清理，可縮短悶壓時間，綜合現地觀察與活動力判斷，存活表現僅次於手抄網。

三、結構型改良（攔截網）之最佳化方向

（一）生態效益面：具混獲減量潛力

2 公分攔截網於試驗中呈現明顯混獲減量效果，可阻擋中大型魚類與垃圾，降低囊網擠壓；惟存活效益仍受堵塞、滯留時間與水流影響，雜物多時需配合操作調整。

（二）實務操作面：

4.5 公分網目在通水性、抗堵塞與白鰻捕獲效率間取得較佳平衡，**為目前較具可行性之推廣規格**。其篩選機制受魚體橫向體寬限制，對細長型魚類仍可能穿越。

（三）結構與機制整合之最佳化方向

未來攔截網設計可參考混獲物種之體寬分布特性，並配合操作節奏調整，以兼顧減量效果與實務可行性。

四、綜合建議：階梯式轉型策略

建議依技術成熟度分階段推動：

- （一）短期（行為轉向）：推廣「末端撈取」模式，優化作業習慣，降低生物死亡率。
- （二）中期（工具普及）：建立 4.5 公分攔截網推廣與補助機制，兼顧捕撈效率與減量。
- （三）長期（技術攻關）：優化 2 公分網目結構，克服河口雜物瓶頸，提升生態保護。

五、實證修正傳統經驗

連續採樣結果顯示，滿月期間仍可能出現白鰻溯河高峰，顯示鰻苗上溯行為受多重環境因子影響。此結果提醒資源管理與漁撈判斷需結合科學觀測資料，以提升決策準確性。整體而言，本研究顯示透過結構改良、操作優化與制度配套，可在一定程度上降低混獲壓力，為兼顧漁民生計與河口生態永續提供實證基礎。

柒、參考資料及其他

- 帕特里克斯文森(2022)。鰻漫回家路。台北市：啟明出版。
- 周銘泰、高瑞卿、張瑞宗、廖峻(2020)。台灣淡水魚及河口魚蝦圖鑑。台北市：晨星。
- 黃瀛生、蔡惠萍、李彥宏、張格銓(2017)。臺灣的鰻苗捕撈形式，水產試驗所特刊 第 58 期。
- 黃瀛生、蔡惠萍、李彥宏、張格銓(2019)臺灣鰻苗捕撈之漁具漁法介紹。水產試驗所特刊 第 27 號。
- 韓玉山、曾萬年、塚本勝巳、黑木真理（2012）。〈氣候變遷對台灣沿岸鰻苗資源與洄游生態之影響〉。行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告。
- 陳義雄、方力行(1999)。台灣淡水及河口魚類誌。國立海洋生物博物館。
- 行政院農委會漁業署(2009)。鰻苗捕捉方法，農業知識入口網
- 聯合國（2015）。改變我們的世界：2030 永續發展議程. <https://sdgs.un.org/2030agenda>
- 蕭仁傑（2006）。〈宜蘭沿海鰻苗漁業之混獲魚種多樣性〉。國立臺灣大學漁業科學研究所碩士論文。
- 劉富光（2014）。〈臺灣地區捕撈天然鰻苗調查概況〉。水試專訊，48，25－29。
- 農業部漁業署（2014）。《臺灣地區鰻魚資源量及棲地現況研究》。高雄市：農業部漁業署。
- Bertin, L. (1956). Eels: A Biological Study. London: Cleaver-Hume Press.
- Gisbert, E., & López, M. A. (2008). Impact of glass eel fishery on by-catch fish species: A quantitative assessment. *Hydrobiologia*, 602(1), 87–98.
- McKinnon, L. J., & Milner, G. L. (2009). Trials of gear modifications to reduce bycatch in freshwater fyke nets (FRDC Project No. 2008/017). Canberra: Fisheries Research and Development Corporation.
- Casco, C. B., Garcia, L. M. B., & Ramos, N. R. (2025). Catch composition and bycatch species of fyke net from glass eel fishery in Aparri, Cagayan, Philippines. *Journal of Fisheries and Environment*.