

中華民國第 61 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 生物科

佳作

080317

滄海桑田挖仔尾-台北港突堤效應對自然保留區
蟹類生態的影響

學校名稱：新北市淡水區竹圍國民小學

作者： 小六 李語涵 小六 范宇嫻 小六 徐振恩 小六 蘇歆博	指導老師： 陳建興 邱玉彤
---	---------------------

關鍵詞：突堤效應、蟹類遷移、環境變遷

摘要

本研究探討台北港突堤效應對挖仔尾自然保留區蟹類生態的影響，研究期間：2020年5月至2021年6月進行本保留區蟹類、貝類、土質、水質調查，利用穿越線研究結果比對2003-2017年相關報告。研究結果：突堤效應加速本保留區堆積作用，近20年來，外側沙地增加21.3公頃，造成潮間帶土質泥化、水深變淺、辛普森蟹類生物多樣性減少22.8%、蟹洞密度減少26.2%、蟹種減少20%、食用貝類單位密度減少90%、周邊海域嚴重淤積、重金屬汙染增加，使漁民生計遭受嚴重影響。近年來，每年淤積速率5公分，漲潮時潮間帶水深只剩100公分。再過20年，本保留區整個中央潟湖將被淤積泥沙完全覆蓋。整治措施只能減緩淤積，希望在本保留區消失前，喚起大眾與政府重視，有效減緩其淤積速率。

壹、研究動機

本校鄰近紅樹林分布北界最大的水筆仔純林，經常舉辦河口濕地校外教學，因此這獨特的鄉土生態環境對我們而言，有種特別的親切感。前年12月，我們到挖仔尾自然保留區校外教學時，看到好大一片的水筆仔，可是水筆仔樹下，螃蟹數量不多，到內灘潮間帶觀察時，發現螃蟹數量也不多，且幾乎沒有貝類。這裡不是「蟹兒的樂園」嗎？但是螃蟹為何這麼少？牠們究竟跑到哪裡去了？老師告訴我們：這可能有兩個原因，一是因現在是冬季，氣溫較低，所以螃蟹較少出來活動；二是因台北港突堤效應造成本保留區外灘地形改變太大，以前這裡沒有外灘，現在外灘面積約20公頃，這可能會影響潮間帶的土質、水質、水深、地形等，進而影響潮間帶生物種類與數量。我們實在很想知道底是天氣因素，還是台北港突堤效應堆積作用所造成地形變化，影響蟹類生態？希望能將研究成果提供給學校教學參考，喚起大家對挖仔尾保留區自然生態保育的重視。

貳、研究目的

- 一、台北港突堤效應對挖仔尾自然保留區地形變化的影響。
- 二、了解挖仔尾自然保留區生物分布現況。
- 三、了解台北港突堤效應對挖仔尾自然保留區生態的影響。
- 四、研究利用水工模型探討減緩挖仔尾自然保留區泥沙堆積。
- 五、推動學校環境教育，喚起政府與民眾對挖仔尾自然保留區的關心。

參、文獻探討與研究架構

- 一、挖仔尾自然保留區，區內有全球分布最北端的紅樹林區，水筆仔面積約9.8公頃，典型的河口生態系，水筆仔純林為主及其伴生動、植物所形成的生態系形成一片沼澤地。農委會於民國83年1月公告為「挖仔尾自然保留區」（林務局自然保育網）。
- 二、台北港：北台灣重要的國際港口，1993年開始興建，直至1998年12月建造完成。主要用途是商港，台北港是一個人工港口，陸地是使用人工填海方式形成（台北港官網）。

三、突堤效應：

突堤是與海岸垂直或是向外伸出的部分，突出海岸線堤防。突堤效應是由於海堤或人工建構物突出於海岸，延伸出去，阻擋原先沿岸水流、海岸漂沙路徑，造成漂沙於上游側堆積淤沙，而下游側原有漂沙供應的地區則因為漂沙量減少短缺，漂沙流動遭受破壞，漸漸出現海岸

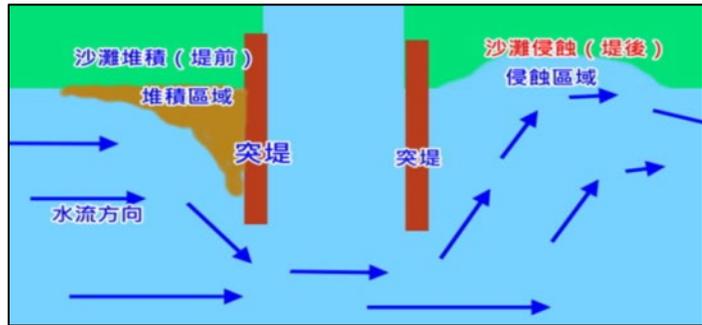


圖 A-1 突堤效應示意圖

堤前堆積沙灘、堤後侵蝕現象(如圖 A-1) (交通部運輸研究所港灣技術研究中心)。

四、台北港「突堤效應」：由於台北港的興建，台北港右側北防波堤向外延伸 1.6 公里 (如圖 A-2)，把淡水河的漂沙擋住，原遭侵蝕的挖仔尾海岸漸漸堆積。南邊的海岸位下罟子外海八仙樂園附近的海岸少漂沙的補給，則是後退侵蝕(黃如萱，2017)。

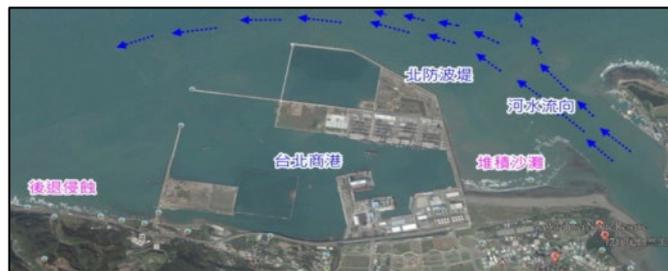


圖 A-2 台北港突堤效應示意圖

五、「突堤效應」不只是海岸外觀上的變動，大量岸沙堆積，更連帶地影響到海面之下的地質、鹽度和海流變化等等，最後所引發可能就是開發海岸的原生生態浩劫(盧麟，2018)。

六、挖仔尾沙嘴地形逐漸淤積的演變趨勢，應持續進行水深量測及地形監測，考慮在兼顧生態及環境保育的條件下，評估進行人工疏濬作業的可行性，挖仔尾潟湖淤積與紅樹林生態的關係應更深入之分析(周憲德，2014)。

七、只要在岸上有突出之海堤，突堤效應是無可避免的，只能減緩，突堤長度會影響效應強度，而且突堤越長越嚴重。突堤與陸地夾角角度不同會影響突堤效應強度，但是只影響，單一個位置(堤前或堤後)(汪韜、陳彥智，2017)

八、影響海岸變遷的主要因素應為人為因素為主，烏石港的改建是造成突堤效應的主要原因，河川輸砂量的增減亦是一個重要的影響因素(陳立恆、呂柏毅、陳昌聖，2015)

九、突堤以70度壩堤造成之壩前堆積最明顯，120度壩堤壩前堆積最不明顯(黃寶霈、林昶伸、張嘉慧，2020)。

十、台北港北防波堤以北至淡水河口南岸之海岸，因沿岸漂砂及堤防之突堤效應，將有明顯的淤沙，最嚴重的發生在淡水河口出海口處(許質彥，2006)。

十一、擬定研究方向

挖仔尾沙嘴逐漸轉向與擴大，往河道上游延伸，沙灘變廣，沙嘴持續堆積增高並向上游延伸，影響挖仔尾保留區紅樹林生態(如圖 A-3)。依據相關研究發現，突堤效應會改變原有的海岸地形、水質、水文、海流等，進而影響生物的棲息，我們想探討台北港突堤效應對於挖仔尾自然保留區生態的影響。



圖 A-3 挖仔尾自然保留區堆積沙地位置圖

十二、研究架構圖

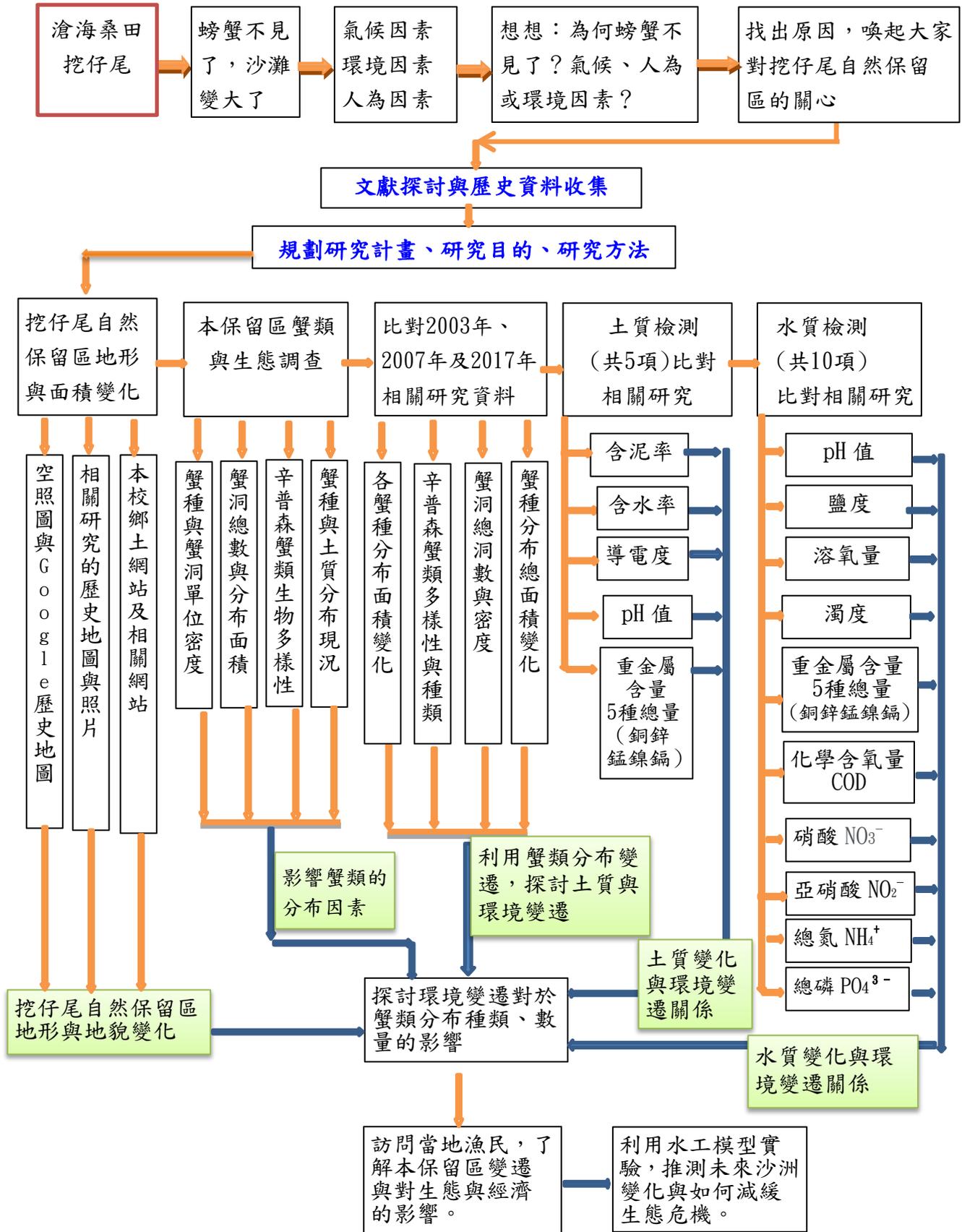


圖 A-7 研究架構圖

肆、研究設備與器材

一、設備與器材：

(一)設備：1. 單眼相機60D、70D 長鏡頭 (80-400mm、400mm、70-300mm) 2. 攝影機 3. 望遠鏡 4. pH計 5. 光學鹽度計 6. DO 溶氧計 7. 濁度計 8. 電子秤 9. 烤箱 10. 電子游標尺 11. 自製土壤導電度檢測計。

(二)器材：1. 水質重金屬檢測包 2. 化學含氧量COD檢測包 3. 硝酸 NO_3^- 檢測包 4. 亞硝酸 NO_2^- 檢測包 5. 總氮 NH_4^+ 檢測包 6. 總磷 PO_4^{3-} 檢測包 7. 50mL量筒 8. 量筒架 9. 刮勺 10. 玻棒 11. 小鋼杯 12. 木心板 13. 防水塗料 14. 油土 15. 水桶 16. 水管。

伍、研究方法與結果

一、劃定研究範圍與遵守原則

(一)研究範圍：

東側以幸福碼頭延伸到淡水河為界；西側以挖仔尾西側步道到觀海長堤為界；南側以南側步道為界；北側以外灘潮間帶（淡水河）為界。東西長607公尺，南北長651公尺，總面積42.39公頃（如圖A-5）。

(二)遵守原則：

除非有研究必要，不做挖掘，以觀察生物數量、密度、分布為主。所採集的生物盡快完成觀察記錄，隨後將其放回原棲地，不任意帶走。潮間帶生物密集區，為避免傷害生物，特別小心通過。



圖 A-5 研究範圍

表 A1-1 影響潮間帶蟹類分布因子相關研究分析表

作者	影響潮間帶蟹類分布因素	給我們的啟示
蘇宏仁 (1982)	生態因子如溫度、有機質含量、含水量、導電度、植被皆影響螃蟹分布。	土質與植被會影響螃蟹分布
黃榮富 (1989)	不同的潮間帶生物在環境變遷時會改變棲息地，其中以蟹類影響最大。	蟹類對環境最敏感
吳祐仁 (1994)	蟹種分布與基質粒徑大小，白扇招潮蟹分布在乾燥、砂多高潮區；雙扇股窗蟹和短趾短指和尚蟹分布在中潮區的砂質灘地上；萬歲大眼蟹則分布在低潮帶、潮濕而泥濘灘地上。	不同的蟹類分布在不同的土質、潮間帶
陳宛謙 (2007)	淡水河蟹類約有三十幾種，會因潮間帶、紅樹林、土質鹽分、土質有機質、距離河口的遠近等條件而變化，在最適合的環境棲息下來。季節變化會影響生物的數量。	蟹類會因潮間帶、土質、紅樹林而變化
新北市農業局 (2013)	螃蟹數量與分布變化可作為挖仔尾自然保留區環境變遷的主要生物指標。	螃蟹數量與分布變化為生物指標
龔羽芊 (2014)	不同區域差異因素取決於潮間帶的穩定性，土質對於雙扇股窗蟹的動態變化影響為長期因素。	土質決定雙扇股窗蟹的棲息
歐姿慧 (2016)	不同種招潮蟹有不同的粒徑類型需求，棲地底質類型為影響不同種招潮蟹分布之主要原因。	棲地底質影響蟹類分布
錢佑涵 (2017)	不受到干擾時，潮間帶蟹類分布會依據土質特性與潮間帶高低呈現有順序的分布。	紅樹林會影響蟹類的分布

二、研究挖仔尾自然保留區地形與挖仔尾溪河道變化

(一) 研究步驟

1. 利用農林航空測量所空照圖與 Google 歷史地圖，比對挖仔尾自然保留區地形與挖仔尾溪河道變化。



1977年以前淤積少



1977~1984年開始有淤積，但不嚴重



1984~1994年禁採砂石後，自然淤積變快



1994~2004年台北港興建，突堤效應加速淤積



2004~2006年台北港興建，突堤效應加速淤積



2010年外側增加到12公頃的灘地



2016年外側增加到19公頃的灘地



2020年外側增加到21公頃的灘地

2. 收集1994年、2003年、2006年、2009年、2011年及2017年相關歷史照片，比對挖仔尾自然保留區地形與挖仔尾溪河道變化。
3. 利用本校2003年挖仔尾自然保留區鄉土網站與現況作比對。

(二) 研究結果

1. 繪製挖仔尾自然保留區外側沙灘地形變化圖與挖仔尾溪河道變化圖。



圖2-1 外側沙灘面積變化圖



圖2-2 挖仔尾溪河道變化圖

2. 利用 Google 地圖計算 (1994~2020年) 外側沙灘面積



圖2-3 利用 Google 地圖計算面積



圖2-4 挖仔尾自然保留區外側沙灘面積變化圖

3. 由圖2-4，1994~2020年自然保留區外側沙灘面積，每年平均增加約1.06公頃。
4. 依據新北市挖仔尾自然保留區生態資源監測工作成果報告書(2013年)，近20年來，本保留區每年平均淤積速率約4公分，漲潮時中央區淹水深度減少約80公分。經我們長時間觀察發現，現在本保留區每年平均淤積速率達5公分以上，漲潮時中央區淹水深度只剩約100公分。
5. 造成挖仔尾自然保留區淤積的主要原因：
 - (1) 淡水河上游泥沙流到河口的自然堆積現象。
 - (2) 台北港興建堤防的突堤效應，加速淡水河河口泥沙淤積效應，興建堤防是造成突堤效應的主要原因 (陳立恆、呂柏毅、陳昌聖，2015)。

三、研究挖仔尾自然保留區蟹種數量與分布現況

由研究二發現，台北港突堤效應不但使挖仔尾自然保留區外側沙地面積每年平均約以1.06公頃速率增加，且使潮間帶水深變淺，這是否會影響挖仔尾自然保留區的生物種類與分布？依據相關研究發現，螃蟹族群對棲地改變的敏感度高於其他的底棲動物(如：多毛類等)，螃蟹不但易於觀察，且是潮間帶鳥類的重要食物來源，因此以**螃蟹數量與分布變化可作為挖仔尾自然保留區環境變遷的主要生物指標** (新北市農業局2013年報告書)。

(一) 研究步驟

1. 挖仔尾自然保留區總面積42.39公頃，因範圍很大，為方便觀察研究，因此將研究範圍分割為橫向11區、縱向12區，邊長約60公尺，每區約0.36公頃作為觀察區域。
2. 觀察期為2020年5月~2021年6月。
3. 在安全考量與降低對生物干擾的前提下做觀察，部分區塊無法觀察。
4. 配合手機定位，確定觀測位置。
5. 為避免對螃蟹造成干擾，用300mm長鏡頭相機遠距離拍攝螃蟹，再將其相片放大，比對圖鑑來鑑定蟹種。
6. 利用蟹種棲息特性（如：土質、潮間帶、植被、蟹洞形狀大小斜度、擬糞等）分辨蟹種。
7. 在各區觀察記錄1平方公尺的蟹種、蟹洞數量及土質（如圖3A-1）。
8. 概略計算各區蟹種分布面積，再繪製成各區蟹種分布圖。
9. 將各區蟹種分布圖彙集成挖仔尾自然保留區蟹種總分布圖。



圖3-1挖仔尾自然保留區相關位置說明圖



圖3A-1觀察記錄1平方公尺的蟹種、蟹洞數量及土質

(二) 研究結果

1. 優勢蟹種：白扇招潮蟹、黃螯招潮蟹、雙扇股窗蟹、短指和尚蟹、萬歲大眼蟹、斯氏沙蟹、角眼沙蟹、中華沙蟹、兇狠圓軸蟹、雙齒近相手蟹、摺痕擬相手蟹、漢氏腔臂蟹。

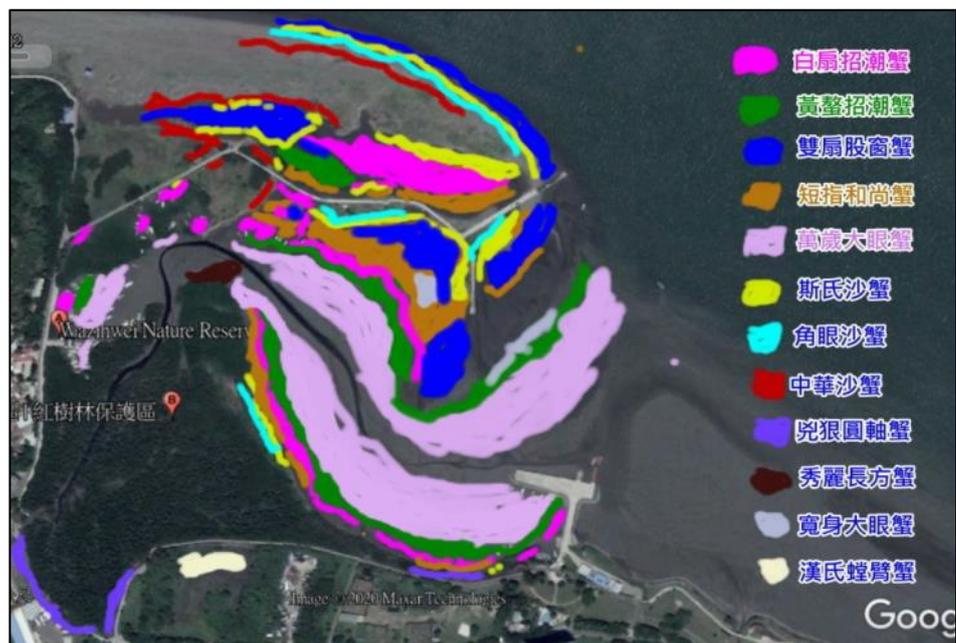


圖3-2蟹種分布圖

2. 蟹種分布區域、分布總面積、蟹洞密度：

(1) 分布總面積：各區域分布面積的總和。(2) 蟹洞平均密度：各區域蟹洞總和/分布總面積。

表3-1 蟹種分布區域、分布總面積、蟹洞密度統計表

科別	編號	蟹種名稱	分布區域與比對圖鑑 (台灣蟹類誌 II(沙蟹總科)、台灣海邊常見的螃蟹、台灣產溼地蟹類名錄、厚蟹類的自然史)	分布總面積概算 (m ²)	蟹洞平均密度；蟹洞最大密度 (個/m ²)
1. 沙蟹科	1	白扇招潮蟹 (清白招潮蟹) (乳白南方招潮蟹) <i>Austruca lacteal</i>	外灘區、內灘區中高潮帶、中央區中高潮帶外灘濕地區(參考台灣蟹類誌 II 182頁)	29000	23.9 ; 102
	2	黃螯招潮蟹 (北方丑招潮蟹) <i>Gelasimus borealis</i>	外灘區、內灘區、中央濕地區中低潮帶(參考台灣蟹類誌 II 200頁)	17000	10.3 ; 18
	3	網紋招潮蟹 (弧邊招潮蟹) <i>Tubuca arcuata</i>	南側步道水筆仔下方、第一小碼頭左右兩側(參考台灣蟹類誌 II 249頁)	2100	2.1 ; 7
	4	斯氏沙蟹 <i>Ocypode stimpsoni</i>	高潮帶下方沙地 (參考台灣蟹類誌 II 174頁)	41000	0.2 ; 4
	5	中華沙蟹 <i>Ocypode sinensis</i>	潮上帶白茅區、外灘沙灘 (參考台灣蟹類誌 II 169頁)	13000	0.1 ; 4
	6	角眼沙蟹 <i>Ocypode ceratophthalmus</i>	外灘沙地高潮帶帶狀分布 (參考台灣蟹類誌 II 159頁)	6000	0.1 ; 3
2. 大眼科	1	萬歲大眼蟹 <i>Macrophthalmus banzai</i>	內灘區中低潮帶、中央區中低潮帶 (參考台灣蟹類誌 II 97頁)	51000	41.3 ; 105
	2	短身大眼蟹 <i>Macrophthalmus abbreviatus</i>	前端區中低潮帶積水區 (參考台灣蟹類誌 II 92頁)	1200	5.6 ; 12
3. 帶蟹科	1	雙扇股窗蟹 <i>Scopimera bitympana</i>	內灘、外灘中高潮帶 (參考台灣蟹類誌 II 47頁)	41000	19.2 ; 85
	2	長趾股窗蟹 <i>Scopimera longidactyla</i>	內灘、外灘中高潮帶 (參考台灣蟹類誌 II 57頁)	3200	0.1 ; 2
	3	淡水泥蟹 <i>Ilyoplax tansuiensis</i>	第一小碼頭左側前端 (參考台灣蟹類誌 II 42頁)	15	9.6 ; 17
4. 方蟹科	1	方形大額蟹 <i>Metopograpsus thukuhar</i>	中央紅樹林海側，少量分布 (參考台灣海邊常見的螃蟹112頁)	2600	0.2 ; 2
5. 相手蟹科	1	漢氏腔臂蟹 <i>Chiromantes dehaani</i>	蘆葦區 (台灣產溼地蟹類名錄相手蟹科)	3000	6.3 ; 12
	2	摺痕擬相手蟹 <i>Parasesarma plicatum</i>	紅樹林內區及周邊 (台灣產溼地蟹類名錄相手蟹科)	43000	8.6 ; 36
	3	神妙擬相手蟹 <i>Parasesarma pictum</i>	石頭下或第一小碼頭邊 (台灣產溼地蟹類名錄相手蟹科)	210	3.2 ; 5
	4	雙齒近相手蟹 <i>Perisesarma bidens</i>	水筆仔內區及周邊 (台灣產溼地蟹類名錄相手蟹科)	44000	15.7 ; 27
	5	秀麗長方蟹 <i>Metaplax elegans</i>	中央區靠近挖仔尾溪 (台灣產溼地蟹類名錄相手蟹科)	600	12.5 ; 27
6. 弓蟹科	1	伍氏厚蟹 (德氏仿厚蟹) <i>Helicana doerjesi</i>	中央區、小碼頭中高潮帶、外灘濕地少量(參考厚蟹類的自然史19頁)	26000	0.2 ; 3
	2	隆脊張口蟹 <i>Chasmagnathus convexus</i>	蘆葦區、南側步道陸側 (參考厚蟹類的自然史11頁)	2000	4.2 ; 13
	3	利吉厚蟹 (似方假厚蟹) <i>Helice subquadrata</i>	紅樹林外側緣區 (參考厚蟹類的自然史22頁)	12000	8.6 ; 32
	4	台灣厚蟹 <i>Helice formosensis</i>	紅樹林外側緣區 (參考厚蟹類的自然史13頁)	3900	3.2 ; 12
7. 和尚科	1	短指和尚蟹 <i>Mictyris brevidactylu</i>	外灘濕地、內灘、中央區中高潮帶 (參考台灣蟹類誌 II 146頁)	32000	35.9 ; 215
8. 地蟹科	1	兇狠圓軸蟹 <i>Cardisoma carnifex</i>	潮上帶水筆仔林外側和黃槿下呈帶狀分布(參考台灣產溼地蟹類名錄地蟹科)	3000	0.3 ; 5
9. 梭子蟹科	1	鈍齒短槳蟹 <i>Thalmita crenata</i>	內灘中潮帶、中央區中潮帶 (參考台灣產溼地蟹類名錄梭子蟹科)	8000	0.001~0.0005 ; 1
	2	擬深穴青蟬 <i>Scylla paramamosain</i>	堤岸步道、中央區中潮帶 (參考台灣產溼地蟹類名錄梭子蟹科)	16000	0.001~0.0005 ; 1

四、研究挖仔尾自然保留區貝類分布與密度

(一) 觀察潮間帶地面上單殼貝—螺類 (腹足綱)

1. 5人橫向排列，每人相隔1公尺，向前走10大步 (如圖4A-1)，所經範圍面積約50平方公尺；共進行20次，所經範圍總面積約為1000平方公尺。5人地毯式各自觀察記錄所經範圍地面上所有的螺類 (腹足綱)，最後將5人所記錄的種類與數量合計。
2. 觀察內灘濕地區、外灘濕地區及前端區，共20個位置。
3. 不知名的螺類先照相，再比對圖鑑 (台灣貝類資料庫) 鑑種。



圖4A-1 觀察地面上螺類

(二) 挖掘潮間帶地面下雙殼貝 (雙殼綱)

1. 在雙殼貝可能棲息較密集的區域，挖掘1m²範圍 (如圖4A-2)，觀察記錄地面下雙殼貝的種類與數量。
2. 觀察內灘濕地區、外灘濕地區及前端區，共10個位置 (如圖4A-3)。
3. 不知名的雙殼貝先照相，再比對圖鑑。



圖4A-2 挖掘地面下雙殼貝



圖4A-3 挖掘觀察雙殼貝位置圖

(三) 研究結果

表4-1 貝類分布區域面積與密度統計表

綱名	科名	貝類名稱 (參考台灣貝類資料庫)	挖仔尾自然保留區 主要分布區域	分布面積概算 (m ²)	平均密度 與最大密度 (個/m ²)
腹足綱	織紋螺科	粗肋織紋螺 <i>Zeuxis exilis</i>	內灘中潮帶、前端區中低潮帶	24000	0.2 ; 4
	玉螺科	小灰玉螺 <i>Natica gualteriana</i>	內灘中潮帶、前端區中潮帶	12000	0.1 ; 2
	玉黍螺科	粗紋玉黍螺 <i>Littoraria scabra scabra</i>	堤防步道水筆仔區	1000	0.3 ; 5
	海蜷科	燒酒海蜷 <i>Batillaria zonalis</i>	外灘濕地	16000	37.3 ; 146
雙殼綱	簾蛤科	文蛤 <i>Meretrix lusoria</i>	內灘濕地中低潮帶、前端區中低潮帶	6000	0.3 ; 2
		環文蛤 <i>Cyclina sinensis</i>	內灘、中央濕地中低潮帶、前端區中低潮帶	13000	0.6 ; 3
	薄殼蛤科	公代薄殼蛤 <i>Laternula marilina</i>	內灘、中央區中低潮帶、前端區中低潮帶	18000	0.9 ; 5
	蜆科	紅樹蜆 <i>Geloina erosa</i>	中央區中潮帶、外灘濕地	2000	0.01 ; 1
	紫雲蛤科	西施舌 <i>Sanguinolaria diphos</i>	內灘中低潮帶、前端區中低潮帶	13000	0.1 ; 1
	竹蛭科	竹蛭 <i>Solen strictus</i>	前端區中低潮帶	800	0.001 ; 1

五、研究潮間帶穿越線蟹種分布現況

不同的潮間帶生物在棲息地環境變遷時，其中以蟹類影響最大（黃榮富，1989）。不受到干擾時，潮間帶蟹類分布會依據土質特性與潮間帶高低呈現有順序的分布（錢佑涵，2017）。土質對於雙扇股窗蟹的動態變化影響為長期因素（龔羽芊，2014）。蟹類對居所環境的要求非常嚴格（黃月香，2015）。由相關研究顯示，潮間帶的土質如果改變，棲息在潮間帶的蟹類種類與數量也會跟著改變，**因此只要研究蟹類的分布變化，就可以知道土質與環境改變的情形。**



圖5-1 10條蟹類穿越線位置圖

(一) 研究步驟

1. 挖仔尾自然保留區中央潮間帶、小碼頭、內灘潮間帶、前端區、外灘潮間帶設計不同土質的10條蟹類穿越線(如圖 5-1)，**穿越線由高潮帶向下延伸到中、低潮帶。**
2. 依據2003年、2007年及2017年做相同位置穿越線調查。
3. 穿越線觀察日期為2020年9月~10月。每條穿越線分成10等分，由最高潮帶0公尺開始，觀察記錄蟹種、蟹洞數量、分布面積及土質，共計做11個位置，。
4. 比較2003年7月~10月、2007年8月~11月、2017年6月~11月及2020年挖仔尾自然保留區蟹類穿越線調查結果的差異。

表5-1 2020年與2003年、2007年、2017年穿越線位置比對表

編號	2020年穿越線位置	比對以前研究的穿越線	穿越線總長 (m)
A1	南側步道灘地(觀景台前)	2003年、2007年、2017年	30
A2	中央中區	無	60
A3	中央後區	2003年、2007年、2017年	60
A4	情人看台前方	2003年、2007年、2017年	60
A5	堤岸步道後段(岸側到溪流)	2003年、2017年	50
A6	內灘橫向	2003年、2007年	90
A7	內灘前區	2017年	80
A8	內灘後區	2017年	80
A9	前端區	無	60
A10	外灘區中段	無	30



穿越線 A4



穿越線 A7



穿越線 A9

(二) 研究結果

表5-2 穿越線蟹種分布排列與數量、蟹洞總數與密度、辛普森蟹類生物多樣性指數統計表

編號	主要蟹種分布排列順序 (由高潮帶延伸至中、低潮帶)	蟹種數量 (種)	蟹洞總數 (洞)	平均蟹洞密度 (洞/ m ²)	辛普森蟹類生物 多樣性指數
A1	斯氏、雙扇、和尚、白扇、黃螯、萬歲	6	419	38.09	0.638
A2	斯氏、白扇、黃螯、萬歲	4	528	48.00	0.269
A3	角眼、斯氏、雙扇、和尚、白扇、黃螯、萬歲	7	490	44.55	0.757
A4	白扇、伍氏、網紋、黃螯、萬歲	5	828	75.27	0.533
A5	台灣厚、雙扇、和尚、相手、白扇、萬歲	5	379	34.45	0.459
A6	角眼、斯氏、雙扇、和尚、白扇、萬歲	6	498	45.27	0.317
A7	角眼、斯氏、雙扇、和尚、白扇、黃螯、萬歲	7	471	42.82	0.761
A8	角眼、斯氏、雙扇、和尚、白扇、黃螯、萬歲	7	633	57.55	0.673
A9	角眼、斯氏、雙扇	3	164	14.91	0.135
A10	角眼、斯氏、雙扇	3	33	3.00	0.290

(三) 比較10條穿越線

1. 比較10條穿越線蟹種數量

- (1) 由表5-2，10條穿越線蟹種數量，以A1、A3、A6、A7、A8較多(達6種以上)；以A9、A10較少(僅3種)
- (2) 發現：蟹種數量與土質種類有關，當土質種類越多時，蟹種數量則越多。。

2. 比較10條穿越線蟹洞總數

- (1) 由表5-2，10條穿越線蟹洞總數以A4情人看台前方最多(828洞)；以外灘區最少(33洞)；A9前端區164洞；其他區域約400~600洞。
- (2) 發現：蟹洞總數與蟹種、土質有關，土質越適合蟹種棲息，蟹洞總數越多。

3. 比較10條穿越線平均蟹洞密度

- (1) 由表5-2，10條穿越線平均蟹洞密度以A4情人看台前方最高(75.27洞/m²)；以A10外灘區最低(3.00洞/m²)；A9前端區14.91洞/m²；其他區域約30~55洞/m²。
- (2) A4情人看台前方的平均蟹洞密度最大，其原因可能跟蟹種與棲地環境有關，此區主要棲息的蟹種為：白扇招潮蟹、黃螯招潮蟹及萬歲大眼蟹，顯示此區棲地環境適合這3種蟹類共同棲息。
- (3) A9前端區與A10外灘區主要棲息斯氏沙蟹與雙扇股窗蟹。由於A10外灘區是淡水河水流較快區域，土壤為有機質低的大顆粒沙地，加上潮間帶坡度較陡的關係，不適合泥沙地型蟹種棲息，僅少數沙地型蟹種(如：角眼沙蟹、斯氏沙蟹、雙扇股窗蟹等)在中高潮帶零星分布，因此此區的平均蟹洞密度較低。

4. 比較10條穿越線辛普森蟹類生物多樣性

辛普森指數 $D=1-\sum (N_i/N)^2$ ， N_i ：N為總個體數， i 為物種個體數。辛普森生物多樣性指數=隨機取樣的兩個個體屬不同種的概率(張永達，2009)。

- (1) 由表5-2，10條穿越線辛普森蟹類生物多樣性指數，以A7內灘前區(0.761)與A3中央後區(0.757)較高；以A9前端區(0.135)與A2中央中區(0.269)較低。
- (2) A7內灘前區潮間帶由高潮帶至中、低潮帶，共分布5種土質，依序為：乾沙地、濕沙地、濕泥沙地、積水泥沙地、積水沙泥地，土質種類較多，因此分布的蟹種也較多。

- (3) 比對穿越線的土質發現，A2中央中區，高潮帶土質為水分較少的沙地，中潮帶至低潮帶土質則為積水泥沙地，土質單一性高，主要棲息泥質型蟹種（如：黃螯招潮蟹與萬歲大眼蟹），因此此區的辛普森蟹類生物多樣性較低。
- (4) A9前端區與A10外灘區的主要土質為大顆粒沙粒，土質單一性高，主要棲息沙地型蟹種（如：角眼沙蟹、斯氏沙蟹及雙扇股窗蟹），蟹種與數量較少，因此其辛普森蟹類生物多樣性較低。

六、研究2003~2020年各蟹種分布區域與面積變化

本校為濕地課程學校，長期對挖仔尾自然保留區進行相關研究（曾於2003年、2007年、2014年及2017年進行深入研究），因此學校有相關研究記錄可供我們參考比對。

(一) 研究步驟

1. 收集2003年7月~10月（夏秋季）、2007年8月~10月（夏秋季）及2017年9月~11月（夏秋季）本保留區蟹類穿越線調查與蟹種分布區域面積資料。
2. 利用 Google 地圖計算蟹種分布區域面積，並繪製蟹種分布圖。
3. 分布面積較大的蟹種：
 - (1) 草食性蟹種（共6種）：白扇招潮蟹、萬歲大眼蟹、黃螯招潮蟹、短指和尚蟹、雙扇股窗蟹、網紋招潮蟹
 - (2) 肉食性蟹種（共3種）：斯氏沙蟹、中華沙蟹、兇狠圓軸蟹。
4. 如果同區域有2種以上蟹種棲息，棲地面積則個別計算。
5. 因2003年~2007年時，內灘區、前端區及外灘區尚未形成，因此無相關記錄。



圖6A-1觀察位置說明圖

(二) 研究結果

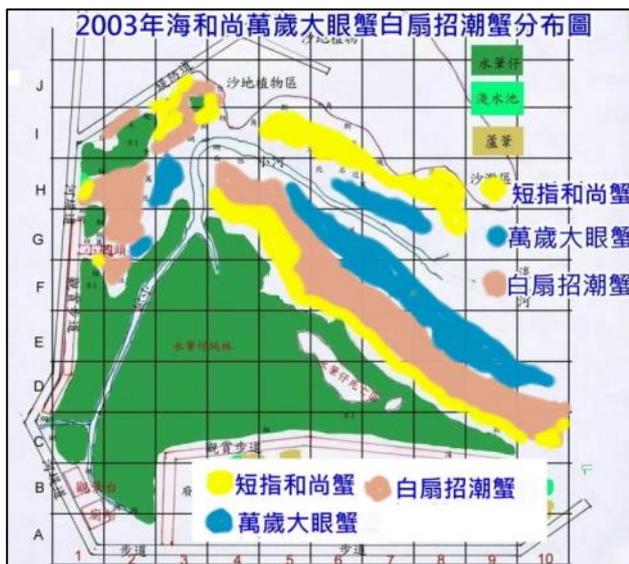


圖6-1和萬白2003年蟹種分布圖



圖6-2和萬白2020年蟹種分布圖

1. 白扇招潮蟹分布區域與面積變化

- (1) 由圖6-1、6-2，白扇招潮蟹在南側步道、中央區、情人看台前方及堤防步道區的分布面積有明顯減少的趨勢；在新形成的內灘區及外灘濕地則有增加的趨勢。
- (2) 由整體分布區域面積變化發現，白扇招潮蟹的棲地有向內灘與外灘移動的情形。

2. 萬歲大眼蟹分布區域與面積變化

- (1) 由圖6-1、6-2，萬歲大眼蟹在各區域的分布面積有增加的趨勢，表示棲地環境有利其生存。
- (2) 萬歲大眼蟹屬於積水沙泥地型蟹種，由其分布區域面積增加的情形，可知本保留區土壤含泥量有增加的現象。

3. 短指和尚蟹分布區域與面積變化

- (1) 由圖6-1、6-2，短指和尚蟹在中央區、情人看台前方、堤防步道區的分布面積明顯減少；在新形成的內灘區、前端區及外灘濕地，其分布面積則有增加的趨勢。
- (2) 短指和尚蟹屬於沙地型的蟹種，由其遷移現象，可知內側潮間帶的土質已有變化。

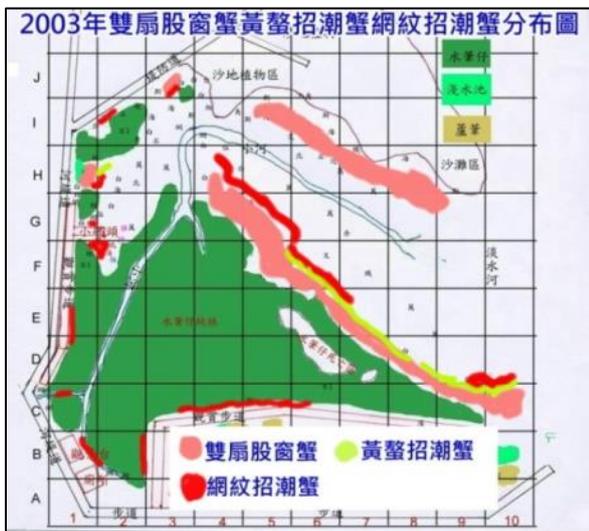


圖6-3雙黃網2003年蟹種分布圖



圖6-4雙黃網2020年蟹種分布圖

4. 雙扇股窗蟹分布區域與面積變化

- (1) 由圖6-3、6-4，雙扇股窗蟹在南側步道、中央區、情人看台前方、堤防步道區的分布面積有明顯減少的現象，且其在情人看台前方已完全絕跡；在新形成的內灘區、前端區、外灘濕地、外灘區的分布面積則有增加的趨勢，且有向外側遷移的現象。
- (2) 雙扇股窗蟹屬於沙地型蟹種，由其遷移現象，可推論內側潮間帶土質已有變化，而此區的土質已不適合其棲息。

5. 黃螯招潮蟹分布區域與面積變化

由圖6-3、6-4，黃螯招潮蟹在各區域分布區域面積明顯增加，顯示潮間帶棲地環境有利其生存。黃螯招潮蟹屬於積水沙泥型蟹種，由其分布區域面積增加的現象，可知潮間帶土質有泥化的現象。

6. 網紋招潮蟹分布區域與面積變化

- (1) 由圖6-3、6-4，網紋招潮蟹除了在南側步道下方高潮帶與攬李步道分布區域面積較大外，其他各區分布面積則減少非常多，即使有分布的區域也是零星數量，蟹種單位密度極低。
- (2) 網紋招潮蟹屬於廣域型蟹種，其分布面積與數量為何減少，有待進一步研究。

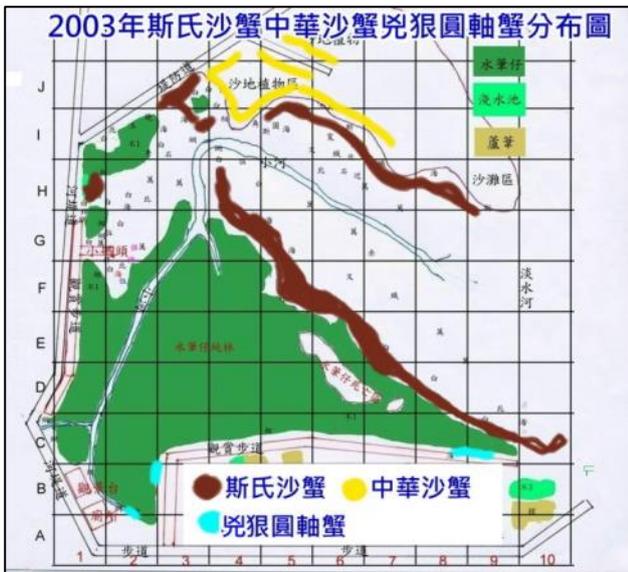


圖6-5斯中兇2003年蟹種分布圖



圖6-6斯中兇2020年蟹種分布圖

7. 斯氏沙蟹分布區域與面積變化

- (1) 由圖6-5、6-6，斯氏沙蟹在南側步道、中央區、堤防步道及情人看台前方的分布區域面積明顯減少；在外灘區、外灘濕地、內灘區等新形成的潮間帶的分布面積則增加。
- (2) 南側步道、中央區及堤防步道的高潮帶下方，僅存一小段沙質地適合斯氏沙蟹棲息，高潮帶下方其餘的土質幾乎皆已呈泥化現象，不適合其生存。

8. 中華沙蟹分布區域與面積變化

- (1) 由圖6-5、6-6，中華沙蟹屬於潮上帶沙地型蟹種，當其分布區域面積增加時，表示潮上帶的沙地面積有增加的現象。
- (2) 根據觀察中華沙蟹蟹洞洞口旁新舊泥沙堆積情形看來，有許多蟹洞並未被重新整理，顯示已無中華沙蟹進出活動的跡象。

9. 兇狼圓軸蟹分布區域與面積變化

- (1) 由圖6-5、6-6，兇狼圓軸蟹為分布在潮上帶至高潮帶的蟹種，當其分布區域面積增加時，表示該區潮上帶至高潮帶最上方的土質穩定。
- (2) 根據觀察兇狼圓軸蟹蟹洞洞口旁新舊泥土堆積情形看來，有許多蟹洞並未重新整理，顯示已無兇狼圓軸蟹進出活動的跡象。

七、研究2003~2020年穿越線比對

(一) 研究步驟

1. 收集本保留區2003~2017年穿越線相關資料，唯以下無相關記錄者，不進行穿越線比對：2003~2017年 A2、A9、A10無記錄；2017年 A6內灘橫向無記錄；2007年 A5堤岸步道無記錄；2003~2007年，因 A7內灘前區與 A8內灘後區沙灘尚未形成，因此無記錄。
2. 比對2003年7月~9月（夏秋季）、2007年8月~10月（夏秋季）及2017年9月~10月（夏秋季）本保留區穿越線。每條穿越線都由高潮帶延伸至中、低潮帶，因每條穿越線所經坡度不同，因此其個別長度30~90米不等。相同位置但不同年次的穿越線，其長度盡量相同。
3. 每條穿越線分成10等分，分析其中蟹種數量、分布面積及土質，共計做11個位置。

(二) 研究結果

1. 穿越線蟹洞總數（比較2003年、2007年、2017年及2020年）

蟹洞總數增加，表示該棲地利於蟹類棲息；蟹洞總數減少，則表示該棲地不利蟹類棲息。

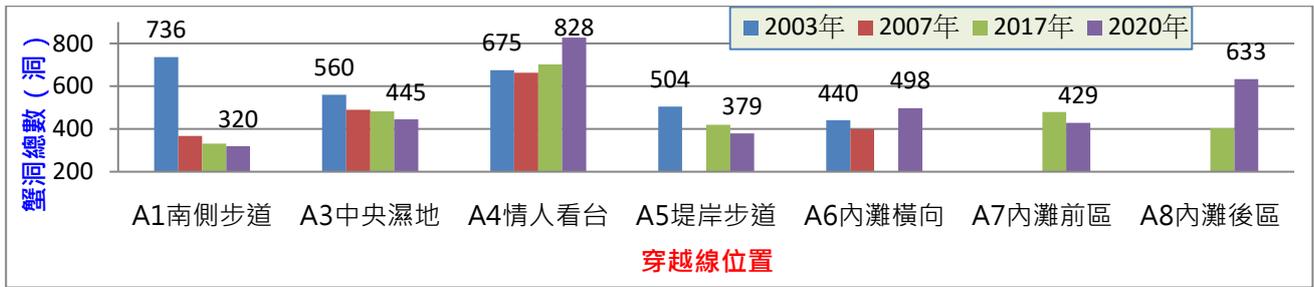


圖7-1 穿越線蟹洞總數統計圖

(1) 由圖7-1，蟹洞總數在A1南側步道、A3中央濕地、A5堤岸步道及A7內灘前區有減少的趨勢；在A4情人看台與A8內灘後區則有增加的現象。

(2) 由蟹洞總數減少的現象發現，本保留區潮間帶棲地變化對蟹類有不利的影響。

2. 穿越線辛普森蟹類生物多樣性 (比較2003年、2007年、2017年及2020年)

辛普森蟹類生物多樣性指數增加時，表示蟹種增加、分布數量增加且均勻；辛普森蟹類生物多樣性指數減少時，則表示蟹種減少、分布數量減少且不均勻。

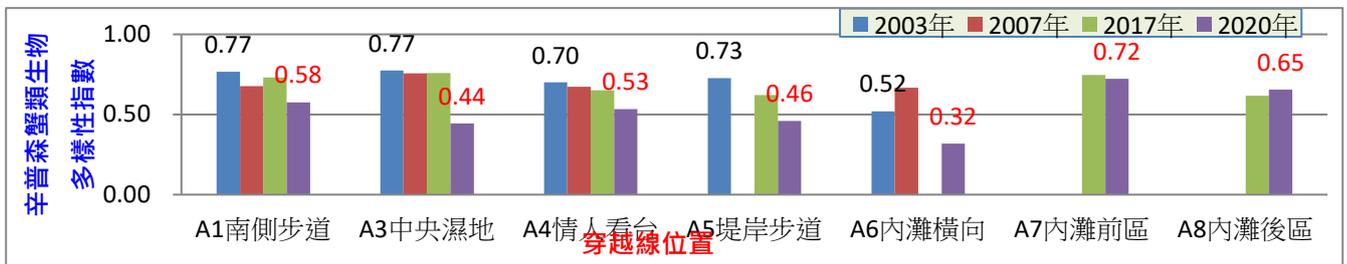


圖7-2 辛普森蟹類生物多樣性指數統計圖

(1) 由圖7-2，A1南側步道、A3中央濕地、A4情人看台、A5堤岸步道及A6內灘橫向，屬於本保留區內側舊區域潮間帶，辛普森蟹類生物多樣性指數降低；A7內灘前區與A8內灘後區，屬於新形成的外側潮間帶，辛普森蟹類生物多樣性指數與3年前差異不大。

(2) A1南側步道、A3中央濕地、A4情人看台、A5堤岸步道及A6內灘橫向的高潮帶以下地區，皆屬積水沙泥的土質，土質變化小造成蟹種數量減少，辛普森蟹類生物多樣性降低。

(3) 因突堤效應所形成的外灘沙地，造成內側區域泥沙淤積，辛普森蟹類生物多樣性降低。

3. 穿越線平均蟹洞密度 (比較2003年、2007年、2017年及2020年)

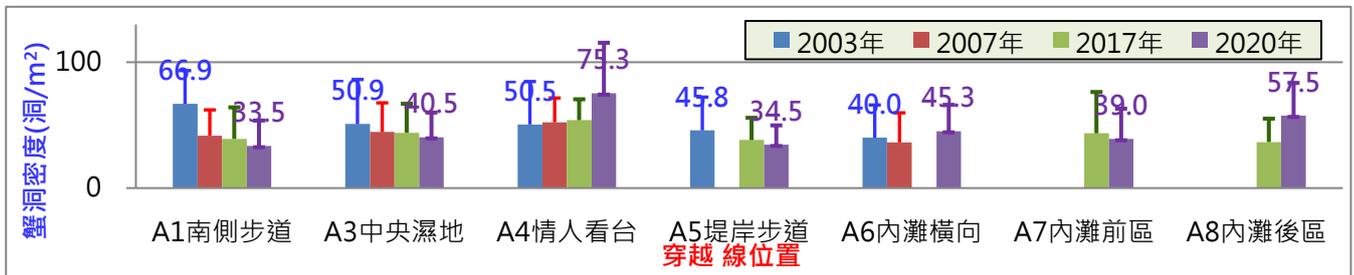


圖7-3 穿越線平均蟹洞密度統計圖

(1) 由圖7-3，平均蟹洞密度在A1南側步道、A3中央濕地、A5堤岸步道及A7內灘前區有減少的現象；在A4情人看台與A8內灘後區則有增加的趨勢。

(2) 由蟹洞密度減少的現象發現，本保留區潮間帶棲地變化對蟹類有不利的影響。

4. 穿越線蟹種數量 (比較2003年、2007年、2017年及2020年)

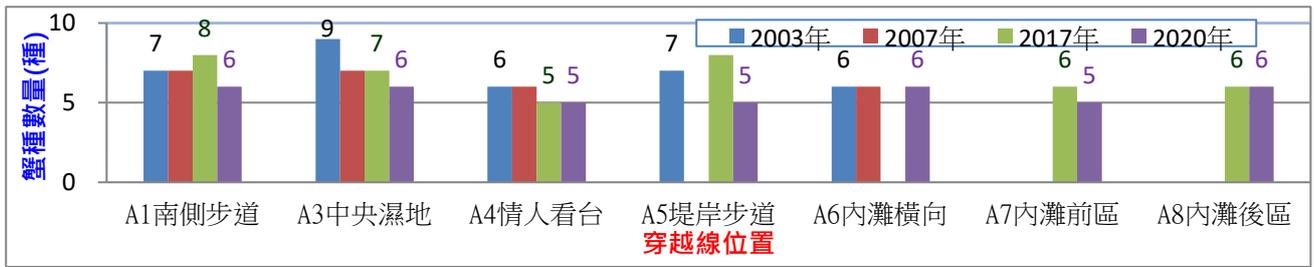


圖7-4 穿越線蟹種數量統計圖

由圖7-4，A1~A8的蟹種數量皆呈減少趨勢，顯示潮間帶棲地變化對蟹類有不利的影響。

5. 穿越線蟹種分布總面積 (比較2003年、2007年、2017年及2020年)

當蟹種分布總面積越大時，表示環境對該蟹種的生存越有利，且該蟹種的生存空間增加。

如果同一棲地上棲息2種以上的蟹種，共同棲地的部分則個別計算分布面積。

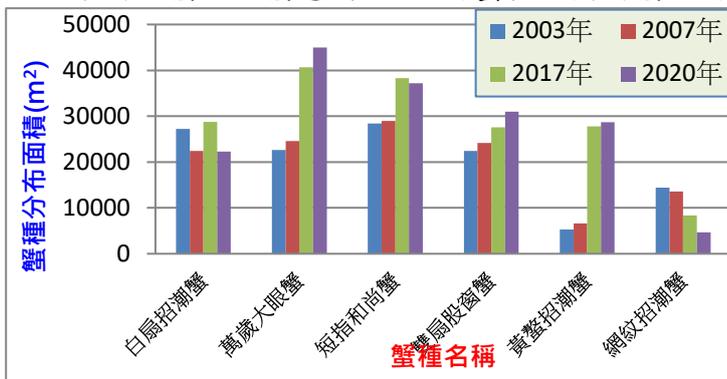


圖7-5 草食性蟹種分布總面積統計圖

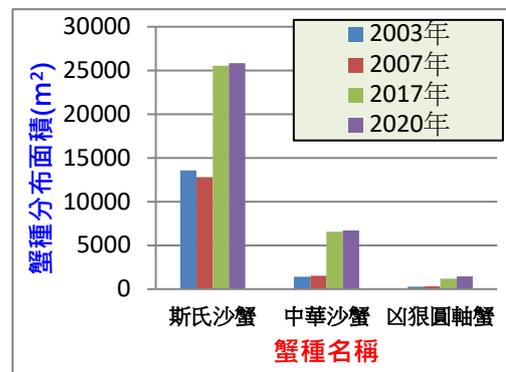


圖7-6 肉食性蟹種分布總面積統計圖

(1) 由圖7-5、7-6，除了網紋招潮蟹的分布總面積減少外，其他蟹種分布總面積皆增加，其中以雙扇股窗蟹分布總面積增加最多。

(2) 由蟹種分布總面積增加的趨勢發現，外側灘地的增加，使大部分蟹種分布總面積增加。

6. 蟹種平均蟹洞密度 (比較2003年、2007年、2017年及2020年)

當蟹洞密度越高時表示棲地環境對該種蟹類生存越有利。

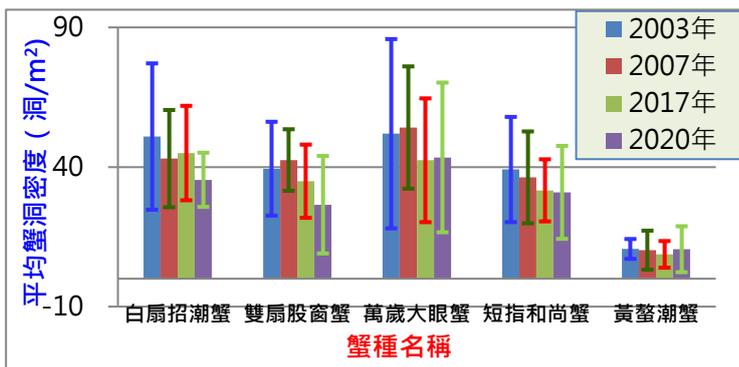


圖7-7 草食性蟹種平均蟹洞密度統計圖

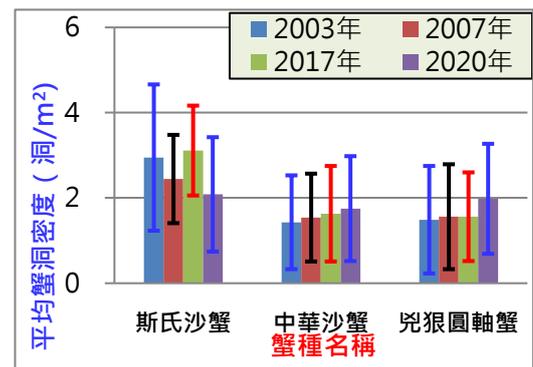


圖7-8 肉食性蟹種平均蟹洞密度統計圖

(1) 由圖6-7、6-8，潮間帶蟹種 (白扇招潮蟹、雙扇股窗蟹、萬歲大眼蟹、短指和尚蟹、黃螯招潮蟹及斯氏沙蟹) 的平均蟹洞密度有降低的趨勢，潮上帶蟹種 (兇狠圓軸蟹與中華沙蟹) 的平均蟹洞密度則有些微升高的現象。

(2) 由蟹種平均蟹洞密度降低的趨勢，得知外側灘地的形成使內側潮間帶棲地產生變化，對蟹類有不利的影響。

八、研究挖仔尾自然保留區外側灘地與內側瀉湖水質的差異性

挖仔尾自然保留區內側瀉湖嚴重淤積，挖仔尾溪上游工廠汙水與家庭汙水對本保留區的水質是否有影響？

(一) 研究步驟

1. 在潮汐高潮與低潮時分別擷取外側灘地、潮溝、家庭汙水區及工業汙水區（以製造業為主）4個地區的水樣(如圖8-1)，在現場進行水質檢測。
2. 水質檢測項目：
 - (1)pH 值(2)鹽度‰(3)溶氧量(4)濁度(5)重金屬含量(5種)(6)化學含氧量 COD(7)硝酸 NO_3^- (8)亞硝酸 NO_2^- (9)總氮 NH_4^+ (10)總磷 PO_4^{3-} 。
3. 取樣水以立即進行現場檢測為主，若現場無法即刻進行檢測時，則先將取樣水放進4°C小冰箱內存放，以延緩其變質。



圖8-1水體取樣點位置圖

4. 檢測方法：

- (1)pH 值：pH 計 (2) 鹽度：光學鹽度計 (0~10‰) (3) 溶氧量：溶氧計 (4) 濁度：濁度計 (5) 重金屬含量：金屬總量(5種銅鋅錳鎳鎘) 水質檢測包，0~5 mg/L (6) 化學需氧量 COD：共立化學需氧量 COD，0~100 mg/L (7) 硝酸 NO_3^- ：共立硝酸 NO_3^- 水質檢測包，0~45mg/L (8) 亞硝酸 NO_2^- ：共立亞硝酸 NO_2^- 水質值檢測包，0~1 mg/L (9) 總氮 NH_4^+ ：共立 NH_4^+ 水質檢測包，0~20mg/L (10) 總磷 PO_4^{3-} ：共立 PO_4^{3-} 水質檢測包，0~10 mg/L。

5. 比較外側灘地與內側瀉湖不同潮汐水位水質的差異。
6. 比較挖仔尾溪汙染情形對挖仔尾自然保留區環境的影響。
7. 比對2013年的研究報告，並分析其差異。



圖8-2現場進行水質檢測

表8-1 污染物與污染指數比對表（本表參考環保署水體檢測標準與共立檢測包內容製表）

污染指標 污染物	無污染	輕度污染	輕中度污染	中度污染	中重度污染	重度污染
1. pH 值(淡水)	PH 7±0.5	PH 7±0.5~1.0	PH 7±1.0~1.5	PH 7±1.5~2.0	PH 7±2.0~2.5	PH 7±≥2.5
2. 溶氧量 DO(mg/L)	X>6.5	6.5≥X>5.5	5.5≥X>4.5	4.5≥X>3.5	3.5≥X>2.5	X≤2.5
3. 濁度(NTU)	X ≤2	2<X≤10	10<X≤20	20<X≤50	50<X≤100	X>100
4. 重金屬含量(mg/L)	X=0	0<X≤0.2	0.2<X≤0.5	0.5<X≤1.0	1.0<X≤2.0	X>2.0
5. 化學需氧量 COD (mg/L)	X ≤2	2<X≤5	5<X≤10	10<X≤20	20<X≤30	X>30
6. 硝酸 NO_3^- (mg/L)	X ≤0.5	0.5<X≤1	1<X≤3	3<X≤5	5<X≤20	X>20
7. 亞硝酸 NO_2^- (mg/L)	X ≤0.005	0.005<X≤0.01	0.01<X≤0.2	0.2<X≤0.5	0.5<X≤1	X>1
8. 總氮 NH_4^+ (mg/L)	X ≤0.1	0.1X≤0.2	0.2<X≤2	2<X≤5	5<X≤10	X>10
9. 總磷 PO_4^{3-} (mg/L)	X ≤0.01	0.01<X≤0.02	0.02<X≤0.1	0.1<X≤0.5	0.5<X≤2.0	X>2.0

(二) 研究結果

表8-2水質檢測分析表

項目	滿潮				退潮			
	工業 汙水區	家庭 汙水區	潮溝	外灘	工業 汙水區	家庭 汙水區	潮溝	外灘
1. pH 值	7.3	7.3	8.0	8.3	7.72	7.45	7.49	8.1
2. 鹽度(‰)	16	15	31	32	0	0.6	1.2	25
3. 溶氧量 (mg/L)	中重度 3.6	中重度 3.4	無汙染 6.5	無汙染 6.5	重度 1.0	重度 0.7	重度 0.6	輕度 5.6
4. 濁度(NTU)	中重度 66.9	中重度 74.2	中度 22.9	中度 21.9	中重度 51.8	中重度 65.3	中重度 74.2	中度 22.9
5. 重金屬 (mg/L)	輕中度 0.5	輕中度 0.5	輕度 0.2	輕度 0.2	輕中度 0.5	輕中度 0.5	輕中度 0.5	輕度 0.2
6. 化學需氧量 COD(mg/L)	輕中度 10	輕中度 10	輕度 5	輕度 5	中度 20	中度 13	中度 20	輕度 5
7. 硝酸 NO ₃ ⁻ (mg/L)	中度 5	中度 5	輕度 2	輕度 2	中重度 20	中重度 20	中重度 20	輕度 2
8. 亞硝酸 NO ₂ ⁻ (mg/L)	輕中度 0.05	輕中度 0.05	輕中度 0.05	輕度 0.01	中度 0.2	中度 0.5	中度 0.5	輕度 0.05
9. 總氮 NH ₄ ⁺ (mg/L)	輕度 0.1	輕度 0.1	輕度 0.1	輕度 0.1	輕度 0.1	輕度 0.1	輕度 0.1	輕度 0.1
10. 總磷 PO ₄ ³⁻ (mg/L)	輕中度 0.05	輕中度 0.05	輕中度 0.05	輕度 0.02	輕中度 0.05	輕中度 0.05	輕度 0.02	輕度 0.02

(三) 研究結果分析

- 由表8-2，水質檢測分析，退潮時，溶氧量、濁度、化學含氧量 COD、硝酸 NO₃⁻等汙染較嚴重，可見在退潮時工業區與挖仔尾溪的汙水會影響水質。漲潮時，溶氧量、濁度、化學含氧量 COD、硝酸 NO₃⁻、亞硝酸 NO₂⁻等汙染較輕，這有可能是因為漲潮時汙染物被海水稀釋的關係。其他汙染，如：pH 值、重金屬、總氮 NH₄⁺及總磷 PO₄³⁻，則為輕度汙染。
- 與2013年比較，取樣水當中的總氮 NH₄⁺和總磷 PO₄³⁻含量大幅減少，汙染情形有明顯改善。

九、研究挖仔尾自然保留區土質變化

(一) 研究步驟

- 檢測項目：土壤導電度 (mA)、土壤 pH 質、土壤含泥率、土壤含水率、土壤重金屬含量。
- 選擇9區23點做土質檢測，檢測樣區位置(如圖9A-1)。
- 收集2007年與2013年挖仔尾自然保留區土質相關研究資料。
- 本檢測結果與2007年、2013年挖仔尾自然保留區土質檢驗結果作比較。

(二) 檢測方法

- 土壤含泥率：取20gw 土樣放入50mL 量筒中，加水30mL 並充分攪拌，將量筒靜置2天，待泥和沙分離後，用電子游標尺分別測量含泥高度、含沙高度及泥沙總高度。

$$\text{土壤含泥率} = (\text{泥的高度} / \text{泥沙總高度}) \times 100\%。$$



圖9A-1土質檢測樣區(9區23點)位置圖

- 土壤含水率：小鋼杯中放入50gw 土樣，將其用箱烤乾後再秤重，減少的重量即為水重。
土壤含水率 = [(土壤濕重-土壤乾重)/ 濕重] × 100%
- 土壤導電度：利用自製土壤導電度檢測計來測量，先將直徑6mm 銅棒，插入土壤7公分深處，再通直流電(電壓3V；電流350mA)來檢測(如圖9A-1)。
- 土壤 pH 值：利用土壤 pH 值檢測計來檢測(如圖9A-2)。
- 土壤重金屬含量：取20gw 土樣放入50mL 量筒中，加純水20mL 並充分攪拌後，靜置2小時，待泥沙沉澱後，再吸取表面水溶液10mL，利用共立水質5種重金屬(銅、鋅、錳、鎳、鎘)總量檢測包來檢測(如圖9A-3)。



圖9A-1檢測土壤導電度



圖9A-2檢測土壤 pH 值



圖9A-3土壤重金屬含量檢測結果

(三)研究結果

表9-1土質檢測統計表

挖仔尾 自然保留區 檢測區域	潮間帶 檢測位置	土壤含泥率 (%)			土壤 含水率 (%)	土壤 導電度 (mA)	土壤 pH 值	土壤 重金屬 含量 (mg/L)	
		2007 年	2013 年	2020 年					
內側舊區域	南側步道區	A1 高潮帶	1.9	無資料	4.7	15.56	10.2	7.0	5
		A2 中潮帶	26.7	67.1	78.4	23.10	42.0	7.0	5
		A3 低潮帶	33.3	84.5	87.2	28.22	80.1	6.4	2
	中央區	B1 高潮帶	3.2	無資料	5.5	12.66	11.5	6.8	5
		B2 中潮帶	29	19.6	70.5	28.86	91.8	7.0	2
		B3 低潮帶	46.7	49.9	78.1	28.12	95.3	6.6	5
	工業汙水區	C 高潮帶	無檢測	無檢測	無檢測	無檢測	無檢測	無檢測	5
	家庭汙水區	D 高潮帶	無檢測	無檢測	無檢測	無檢測	無檢測	無檢測	5
	情人看台區	E1 高潮帶	28.5	無資料	60.7	20.90	41.7	6.8	5
E2 中潮帶		35.4	無資料	71.1	20.14	41.3	6.7	2	
E3 低潮帶		37.5	無資料	73.8	28.20	124.8	7.0	5	
新形成的外側區域	內灘內區	F1 高潮帶	3.4	6.3	8.7	14.26	46.3	6.8	5
		F2 中潮帶	6.3	26.6	40.7	20.94	76.5	7.0	5
		F3 低潮帶	9.7	無資料	74.5	27.50	120.3	7.2	5
	內灘外區	G1 高潮帶	無資料	無資料	6.4	15.56	47.9	6.9	5
		G2 中潮帶	無資料	無資料	32.5	22.74	75.0	7.3	5
		G3 低潮帶	無資料	無資料	80.3	26.32	116.3	7.2	5
	前端區	H1 高潮帶	無資料	0.3	1.7	12.14	11.8	7.4	5
		H2 中潮帶	無資料	無資料	2.1	25.60	79.2	6.9	5
		H3 低潮帶	無資料	無資料	57.1	26.02	116.8	7.2	0.5
外灘區	I1 高潮帶	無資料	0.3	0.8	12.58	11.0	7.2	2	
	I2 中潮帶	無資料	無資料	1.1	19.54	39.7	7.4	2	
	I3 低潮帶	無資料	無資料	1.5	26.84	116.5	7.6	2	

(四)研究結果分析

1. 土壤含泥率：

- (1) **內側舊區域**:南側步道區、中央區及情人看台區的土壤含泥率均大幅提高，此3區中潮帶與低潮帶的土壤含泥率上升至約71~87%，顯示其土壤已從原本的沙質變為沙泥質。
- (2) **外側新區域**:內灘區、前端區及外灘區的土壤含泥率均大幅提高，內灘內區中潮帶與低潮帶的土壤含泥率上升至約41~75%。越往低潮帶延伸，其土壤含泥率越高。

2. **土壤含水率**：低潮帶>中潮帶>高潮帶。高潮帶的土壤含水率12~16%；中潮帶的土壤含水率20~23%；低潮帶的土壤含水率26~29%。越往低潮帶延伸，其土壤含水率越高。

3. **土壤導電度**：低潮帶>中潮帶>高潮帶。土壤含泥率與土壤含水率越高的區域，其土壤導電度也越高，三者呈現高度正相關性。

4. 土壤 pH 值：

- (1) **內側舊區域**:南側步道區、中央區及情人看台區的土壤 pH 值6.4~7.0，平均 pH 值為6.81。
- (2) **外側新區域**:內灘區與外灘區潮間帶的土壤 pH 值6.8~7.6，平均 pH 值為7.21。
- (3) 外側新區域的土壤 pH 值比內側舊區域還高。

5. 土壤重金屬含量：

- (1) **內側舊區域**:南側步道區、中央區及情人看台區的土壤重金屬含量太高，屬於重度污染。
- (2) **外側新區域**:前端區低潮帶的土壤重金屬含量最低，屬於輕中度污染；外灘區的土壤重金屬含量雖較少，但卻已屬於重度污染；內灘區、前端區潮間帶的土壤重金屬含量太高，屬於重度污染。

十、訪問當漁民

我們透過家長的引薦，訪問當地漁民李先生，也在挖仔尾自然保留區訪問到當地漁民洪先生，以了解台北港的興建對當地漁民的影響，訪談重要內容記錄如下：



表10-1訪談重點記錄表

訪問內容	李先生	洪先生
1. 您從事捕魚幾年？	30多年	從小就捕魚維生(50年)
2. 挖仔尾自然保留區如何變遷？	變化太大，自台北港興建後，泥沙就不斷湧入，船隻都出不去。最近10年更嚴重，大部分的船隻都無法進出，我的漁船停在三芝，要開車到三芝才能捕魚。	從台北港興建後，漁獲量大幅的減少。以前家門口就可以停船，現在要到距離800公尺的外灘才能停船，非常不方便。
3. 現在淡水河口的漁獲量如何？	現在淡水河口根本沒漁獲，就算有捕到的漁獲，也沒漁商或民眾願意買，因為會有臭土味，民眾只要一聽到是淡水河口的魚，都不會買。	現在淡水河口的漁獲量很少，即使有捕到魚，不管哪一種魚都沒有人要，因為土味太重。我現在捕魚都要到三芝外海或桃園外海。

4. 台北港的興建對捕魚與生計的影響？	影響非常大，以前只要出海就可以捕魚，現在要到三芝沿海才能捕到魚。要捕魚就像要出國一樣遠，但是為了生活沒辦法，就只能這樣。	影響非常嚴重，小時候在家門口的潮間帶，就可以捉紅蟳貼補家用，現在要開船到三芝沿海才能捕魚，造成捕魚成本增加。
5. 您認為挖仔尾自然保留區淤積的原因是什麼？	大約25年前，挖仔尾自然保留區沒有外側沙地，自從台北港外側防波堤興建後，泥沙大量的流入保護區，水深越變越淺。以前可以挖蛤蜊的地方，現在變成了一片沙丘。	我記得小時候在家門口就可以看到淡水河，現在淡水河距離好幾百公尺遠。台北港興建後，因為淡水河流下的泥沙堆積，加上台灣海峽由北往南流的泥沙，受到台北港突堤的阻擋，因此淡水河河口南側挖仔尾一帶的海岸就不斷的淤沙，造成淡水河口嚴重的淤積。現在淡江大橋的興建更加重淤積現象，以後一定會大淹水。
6. 您現在的捕魚收入如何？	老人家有工作就好，勉強維持生計，過一天算一天。	很辛苦！漁船要變大，捕魚距離又遠，成本很高，要很認真才可以維持家用，這裡大多數的漁民都轉為兼職或把船變更為海釣船，才能維持生計，像我這樣專業的漁民已經不多了。
7. 您對於挖仔尾自然保留區有何建議？	現在淤沙那麼嚴重，建議也沒有用。又不能把台北港移走，不移走，就只能這樣。	以前有開過協調會，政府說一艘船會補助14萬元，之後就沒有下文。挖仔尾自然保留區淤積只是台北港海堤淤積現象的一小部分，越往河口南側更是嚴重。建議也沒有用，只是希望政府能夠幫我們漁民興建像淡水漁港一樣的浮動碼頭，讓漁民比較方便出海捕魚。

十一、研究利用水工模型探討減緩挖仔尾自然保留區泥沙堆積

(一) 研究突堤效應對挖仔尾自然保留區堆積作用的影響

利用木心板和防水塗料自製水槽(長100cm、寬50cm、高10 cm)，並利用油土做淡水河河岸，製作挖仔尾自然保留區地形水工模型(如圖11A-1)。

1. 實驗步驟

- (1) 將水工模型河道坡度固定為5%。
- (2) 在水工模型上方放置泥沙，利用保特瓶澆水，使泥沙向下方流動。
- (3) 每次放置泥沙約50gw，慢慢澆水20L。重複此步驟10次後，觀察挖仔尾自然保留區地形水工模型中，泥沙淤積的情形。



圖11A-1地形水工模型

2. 實驗結果

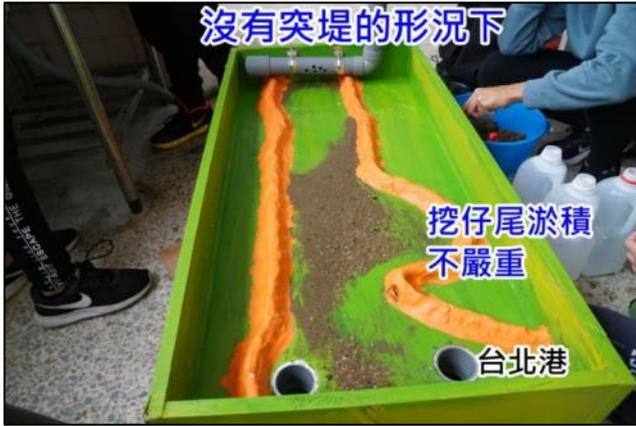


圖11A-2沒有突堤的淤積情形



圖11A-3有突堤的淤積情形

3. 實驗結果分析

由圖11A-2、11A-3發現，有設置突堤的挖仔尾保留區地形水工模型，會因突堤效應的堆積作用，導致泥沙流入挖仔尾自然保留區內側，而造成嚴重的泥沙淤積現象。

(二) 研究如何減少突堤效應對挖仔尾自然保留區的堆積作用

1. 實驗步驟

- (1) 在挖仔尾自然保留區地形水工模型上游的不同位置設置小突堤，防止上游的泥沙流入本保留區內側，以減緩本保留區的堆積作用。
- (2) 將水工模型河道坡度固定為5%。
- (3) 在水工模型上方放置泥沙，利用保特瓶澆水，使泥沙向下方流動。
- (4) 每次放置泥沙約50gw，慢慢澆水20L。重複此步驟10次後，觀察挖仔尾自然保留區地形水工模型中泥沙淤積的情形。

2. 實驗結果

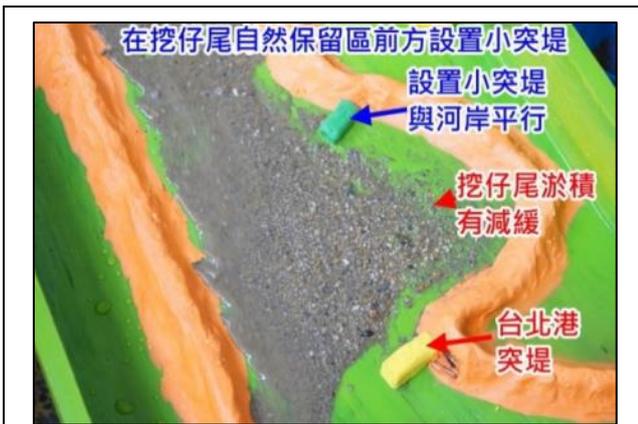


圖11A-4設置小突堤與河岸平行

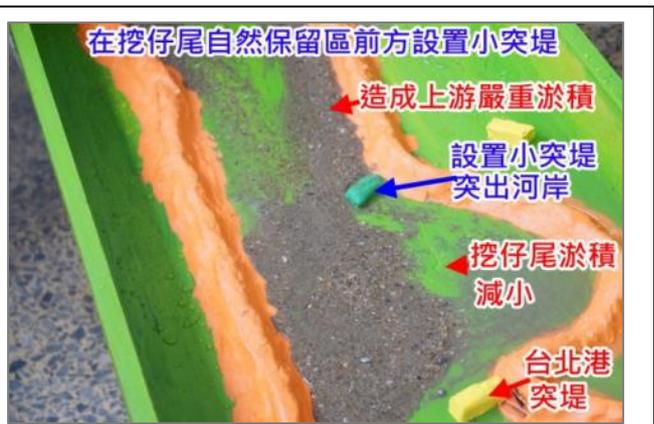


圖11A-5設置小突堤突出河岸

由圖11A-4，在挖仔尾保留區內側設置小突堤，並使其與河岸平行，可減緩本保留區泥沙淤積現象。但經過長時間實驗後發現，本保留區泥沙淤積現象依然嚴重。

由圖11A-5，在挖仔尾保留區外側設置小突堤並凸出河岸。經過長時間實驗後發現，本保留區泥沙淤積現象雖有減少，但卻會在小突堤的前方和上游造成嚴重淤積。

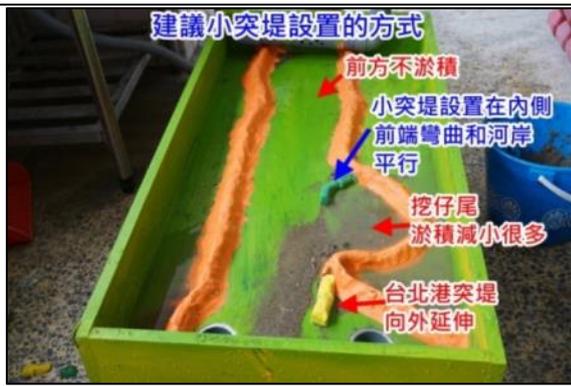


圖11A-6 建議突堤位置與構想

建議突堤位置與構想 (如圖11A-6)：

我們依據現況構想，將現有的幸福碼頭加長約100公尺到與河岸平行，並使其前端彎曲形成港灣地形，如此一來，可以提供漁民停泊船隻。經過水工模型實驗結果發現，這樣的設計不但能有效減緩挖仔尾自然保留區泥沙淤積現象，而且當小突堤設置在內側，且使其前端彎曲與河岸平行時，上游泥沙淤積程度也變得較輕。

3. 實驗結果分析：

我們設計在挖仔尾前方，將幸福碼頭加長約100公尺到與河岸平行，並讓其前端彎曲，使突堤與河岸的夾角變小。這樣的設計不但能減緩上游的淤積；同時所形成的港灣地形，也能減緩挖仔尾保留區的淤積。但是當泥沙從上游不斷的流入，時間一久，淤積現象依然嚴重。由水工模型實驗發現，造成本保留區淤積的主因，除了淡水河上游泥沙在河口的自然堆積作用外，另外則是台北港興建堤防的突堤效應，加速本保留區泥沙的淤積效應。

陸、討論

一、討論台北港突堤效應對挖仔尾自然保留區的影響

- (一) 最近10年間，外側沙地面積增加最快，台北港1.6公里長的堤防所造成的突堤效應堆積作用，使挖仔尾自然保留區外測沙地面積增加21.6公頃。1991年第二小碼頭前方就是河岸，現在因泥沙淤積，第二小碼頭距離河岸長達189公尺。
- (二) 挖仔尾自然保留區內側潮間帶，25年來淤積80~100公分。現在淤積更快，每年平均淤積約5公分。20年後，挖仔尾自然保留區的整個瀉湖潮間帶將因堆積泥沙而徹底消失。
- (三) 淡水河河道寬度，自八里挖仔尾至淡水油車口，由870公尺縮減為681公尺(利用 Google 地圖計算)，河道縮減影響排水功能，颱風來時海水倒灌 (盧麟，2018)。
- (四) 收集2003年挖仔尾自然保留區的照片，在盡量相同的位置拍照，比對18年來的變遷。





二、討論本保留區蟹種數量現況

- (一) 蟹種辨識與鑑定：利用觀察土質、蟹洞、擬糞、潮間帶位置、植被等方式來辨識蟹種較為精準，對不易辨識的蟹種(如:相手蟹科相手蟹三兄弟)與較敏感的蟹種(如：角眼沙蟹、兇狠圓軸蟹、中華沙蟹等)，則利用數位單眼相機望遠鏡頭遠距離拍照後，放大影像比對圖鑑，進行蟹種鑑定。
- (二) 蟹種共發現6科24種，優勢蟹種有：白扇招潮蟹、黃螯招潮蟹、斯氏沙蟹、角眼沙蟹、萬歲大眼蟹、中華沙蟹、短指和尚蟹、雙扇股窗蟹、雙齒近相手蟹、摺痕擬相手蟹、兇狠圓軸蟹、漢氏腔臂蟹。
- (三) 與2003年比較，2020年減少了絨毛近方蟹和角眼拜佛蟹。依據2007年記錄，絨毛近方蟹原棲息在內灘潮間帶的岩石下方，但現在岩石已被泥沙覆蓋；角眼拜佛蟹原棲息在小碼頭，但經過我們長時間觀察，卻未曾發現。

三、討論本保留區蟹種分布現況<蟹類活動會因月份、氣溫、潮汐、天氣而變化。冬季時，蟹類的活動力會降低，因此研究時要注意觀察時間與天氣狀況。我們選在9月~10月份、晴天、氣溫28~34°C、退潮後，進行蟹類觀察，因此穿越線調查須在4週內完成，以避免因環境因素影響研究結果。

- (一) **蟹種數量**：穿越線蟹種數量以 A1、A3、A6、A7、A8 較多(達6種以上)；以 A9、A10 較少(僅3種)。依據研究發現，A1、A3、A6、A7、A8 的土質種類較多(有5種)；A9、A10 的土質種類僅2種。蟹種數量與土質種類有關，當土質種類越多時，蟹種數量則越多。
- (二) **蟹洞總數**：穿越線蟹洞總數以 A4 情人看台前方最多(828洞)；以外灘區最少(33洞)。依據研究發現，蟹洞總數與土質、潮間帶棲地性質有關，土質與潮間帶棲地性質若適合越多種蟹種棲息，蟹洞總數則越多。
- (三) **平均蟹洞密度**
 1. 穿越線平均蟹洞密度以 A4 情人看台前方最高；以 A10 外灘區最低。平均蟹洞密度與棲地環境呈正相關，當棲地環境越適合蟹類生長，平均蟹洞密度則越高。
 2. 穿越線 A10 外灘區是淡水河水流較快區域，土壤為有機質低的大顆粒沙地，不適合泥沙地型蟹種棲息，加上潮間帶坡度較陡的關係，僅少數沙地型蟹種(如：角眼沙蟹、

斯氏沙蟹、雙扇股窗蟹等) 在中高潮帶零星分布，因此此區的平均蟹洞密度較低。

(四) 辛普森蟹類生物多樣性

1. 穿越線 A7 內灘前區潮間帶由高潮帶至中、低潮帶，共分布 5 種土質，依序為：乾沙地、濕沙地、濕泥沙地、積水泥沙地、積水沙泥地，土質種類較多且分布長度較平均，所形成的棲地具較高多樣性，因此分布的蟹種較多，辛普森蟹類生物多樣性較高。
2. 穿越線 A9 前端區與 A10 外灘區的主要土質為大顆粒沙粒，土質單一性高，主要棲息沙地型蟹種（如：角眼沙蟹、斯氏沙蟹及雙扇股窗蟹），蟹種與數量較少，因此其辛普森蟹類生物多樣性較低。

四、討論本保留區貝類分布與數量現況

(一) 比較 2003 年 10 月、2007 年 9 月、2017 年 9 月及 2021 年 5 月，主要食用貝類單位密度變化。

1. 由圖 4B-1，文蛤的單位密度由 2003 年 10 月 2.1 個/m²，2020 年 0.5 個/m²，到 2021 年 5 月觀察時減少到只剩 0.1 個/m²，我們挖了一大片潮間帶只發現 2 個文蛤，真的好像在尋寶。
2. 由圖 4B-1，環文蛤的單位密度 2003 年 10 月 6.3 個/m²。以前本保留區的環文蛤數量較多，住在附近的居民都會挖環文蛤對外販售；但 2021 年 5 月，我們挖了 2 小時，才發現 6 個。
3. 公代薄殼蛤的棲地因屬於泥灘地，因此其單位密度並無太大變化。
4. 由文蛤與環文蛤單位密度變化的情形看來，本保留區的土質、水質、潮間帶地形已有很大變化，如此不但影響貝類生長，也造成食用貝類減少 90% 以上。



圖 4B-1 食用貝類單位密度變化圖

五、討論本保留區蟹種分布區域面積變化 (2003~2020 年)

(一) 比較 2003~2020 年本保留區內側舊區域蟹種分布面積增減變化(如表 B5-1)。

$$\text{蟹種分布面積增減百分比} = [(2020 \text{面積} - 2003 \text{面積}) / 2003 \text{面積}] \times 100\%$$

(二) 比較 2017~2020 年本保留區新形成外側區域蟹種分布面積增減變化(如表 B5-1)。

$$\text{蟹種分布面積增減百分比} = [(2020 \text{面積} - 2017 \text{面積}) / 2017 \text{面積}] \times 100\%$$

表 B5-1 挖仔尾自然保留區蟹種分布區域面積增減變化統計表

區域	挖仔尾自然保留區內側舊區域 增減百分比 (%)					挖仔尾自然保留區外側新形成區域 增減百分比 (%)				
	南觀 景台	中央 前區	中央 後區	情人 看台	堤岸 步道	內側 前區	內側 後區	外灘 濕地	前端 區	外灘潮 間帶
1. 萬歲大眼蟹	136	52	62	9	-80	-2	14	無	無	無
2. 黃螯招潮蟹	139	209	315	330	63	7	89	-39	無	無
3. 白扇招潮蟹	-67	-70	-65	-44	-84	29	111	112	無	無
4. 網紋招潮蟹	-78	-88	-91	-74	-90	無	無	無	無	無
5. 斯氏沙蟹	-88	-95	-90	-88	-95	-30	22	-32	16	230
6. 短指和尚蟹	-89	-87	-92	消失	-89	-17	56	-43	-85	無
7. 雙扇股窗蟹	-92	-96	-89	消失	消失	-19	35	-49	14	273

1. 由表 B5-1，內側舊區域（南側步道、中央前區、中央後區、情人看台及堤岸步道）積水泥沙型蟹種（萬歲大眼蟹與黃螯招潮蟹）的分布面積增加很多；沙質型蟹種（斯氏沙蟹、短指和尚蟹及雙扇股窗蟹）的分布面積則減少，可見本保留區內側舊區域的土質已有明顯變化。
2. 由表 B5-1，新形成外側區域，萬歲大眼蟹、黃敖招潮蟹、白扇招潮蟹，分布面積皆增加。沙地型蟹種的斯氏沙蟹、雙扇股窗蟹在外灘潮間帶面積增加最多。
3. 由蟹種分布面積增減變化發現，泥沙型蟹種的分布面積增加，可見本保留區內側舊區域的土壤含泥量有提高的現象，因此不適合沙地型蟹種棲息。

六、討論本保留區2003~2020年穿越線總量分析

(一) 穿越線分布因子總量分析

1. 比較2003年與2020年本保留區內側舊區域增減（如表 B6-1）

總量增減變化量=2020總量-2003總量。

2. 比較2017年與2020年本保留區新形成外側區域增減(如表 B6-1)

總量增減變化量=2020總量-2017總量。

表 B6-1挖子尾自然保留區穿越線總量統計表

區域 穿越線	內側舊區域				新形成外側區域		
	A1 南側 步道	A3 中央 後區	A4 情人 看台前	A5 堤岸 步道	A6 內灘 橫向	A7 內灘 前區	A8 內灘 後區
1. 蟹種數量增減（種）	-2	-2	-3	-2	-2	-1	-1
2. 蟹洞總數增減（洞）	-317	-115	103	-125	22	-50	120
3. 平均蟹洞密度增減（洞/m ² ）	-28.8	-10.5	9.3	-11.7	4.7	-4.5	20.9
4. 辛普森蟹類生物多樣性指數增減	-0.13	-0.30	-0.17	-0.27	-0.35	-0.02	0.04

(1) 蟹種數量：

由表 B6-1，內側舊區域與新形成外側區域，穿越線蟹種數量均有減少的趨勢，穿越線蟹種數量平均減少1.43種，蟹種趨向單一化，顯示本保留區的棲息環境多樣性降低。

(2) 蟹洞總數：

由表 B6-1，內側舊區域大部分穿越線(A1南側步道、A3中央後區及 A5堤岸步道) 與新形成外側區域少部分穿越線(A7內灘前區)的蟹洞總數減少非常多，蟹洞總數平均減少51.7個，顯示這些區域的棲地環境變化不利於蟹類棲息。

(3) 平均蟹洞密度：

由表 B6-1，內側舊區域大部分穿越線(A1南側步道、A3中央後區及 A5堤岸步道) 與新形成外側區域少部分穿越線(A7內灘前區)的平均蟹洞密度均降低，平均蟹洞密度減少26.7%，顯示這些區域潮間帶的棲地環境變化不利於蟹類棲息。

(4) 辛普森蟹類生物多樣性：

由表 B6-1，除了新形成外側區域的 A8內灘後區外，其他條穿越線(A1~A7) 辛普森蟹類生物多樣性指數均降低，辛普森蟹類生物多樣性平均減少22.8%，顯示整個保留區的土質已幾乎泥化，因此土質種類減少，蟹種趨向單一化。

(二) 穿越線蟹種總量分析(比較2003與2020年)

蟹種分布面積與蟹洞密度增減變化量=2020總量-2003總量。

表 B6-2 穿越線蟹種總量增減比較表

蟹種 增減項目	白扇 招潮 蟹	萬歲 大眼 蟹	短指 和尚 蟹	雙扇 股窗 蟹	黃螯 招潮 蟹	網紋 招潮 蟹	斯氏 沙蟹	中華 沙蟹	兇狠 圓軸 蟹
1.分布總面積 增減 (m ²)	4367	22322	42084	46218	23502	-9763	12274	5307	969
2.平均蟹洞密度 增減 (洞/m ²)	-15.5	-8.5	-8.2	-12.9	-0.1	-4.4	-0.9	0.2	0.3
3.平均蟹洞密度 增減百分比 (%)	-30.4	-16.2	-20.2	-32.7	-1.0	-52.3	-29.3	32.1	49.3

- 1. 分布總面積**：潮間帶面積增加21.6公頃。除了網紋招潮蟹外，其他蟹種的分布總面積均大幅增加。
- 2. 平均蟹洞密度**：棲息在潮間帶的蟹種(白扇招潮蟹、萬歲大眼蟹、短指和尚蟹、雙扇股窗蟹、黃螯招潮蟹、網紋招潮蟹及斯氏沙蟹)平均蟹洞密度均降低，顯示棲地環境改變對其有負面影響；棲息在潮上帶的蟹種(中華沙蟹與兇狠圓軸蟹)平均蟹洞密度稍有提高，其原因可能是因潮上帶的土質較為穩定。
- 3. 潮間帶各蟹種的蟹洞密度平均減少26.2%。**

七、討論本保留區的水質變化

挖仔尾自然保留區的水質會受到工業區汙水與家庭汙水的影響。漲潮時，汙水因被海水稀釋，因此影響較小；但退潮時，汙水對挖仔尾溪與溪流附近的水質影響較大。比對2013年的水質檢測結果發現，水質似乎有變好的跡象，但水質檢測需要長期監測，我們的研究成果可提供學校未來進行研究時的參考。

八、討論本保留區的土質變化

我們的研究結果與2007年、2013年進行比對，因2007年時，內灘外區與外灘區的潮間帶尚未形成，所以無相關記錄。2013年的土質檢測樣點與本研究的樣點有部分不同，因此研究分析時，以選擇臨近樣點位置進行比對為主，位置差異較大的樣點則不做比對。

(一) 土壤含泥率

1. 內側區舊域 (南側步道、中央區及情人看台)：

高潮帶沙質潮間帶長度縮短至4~12公尺，高潮帶以下皆為含泥率較高的沙泥地，原本在此棲息的沙質型蟹種(如：雙扇股窗蟹、斯氏沙蟹及短指和尚蟹)幾乎絕跡，取而代之的是沙泥型蟹種(如：黃螯招潮蟹與萬歲大眼蟹)，其中以萬歲大眼蟹的分布面積增加最多，顯示內側舊區域高潮帶以下的土壤含泥率明顯增加，土壤已由原本的沙質變為沙泥質。

2. 新形成外側區域 (內灘區、前端區及外灘區)：

中潮帶的土壤含泥率有增加的現象，且越往低潮帶延伸，其土壤含泥率越高。中潮帶原本屬於雙扇股窗蟹的棲地，但因土壤含泥率增加，變為白扇招潮蟹的棲地；低潮帶原本屬於雙扇股窗蟹與短指和尚蟹的棲地，現在則變為黃螯招潮蟹與萬歲大眼蟹的棲地。依據蟹種分布變化與土壤檢測結果發現，新形成外側區域的中潮帶與低潮帶，其土質有嚴重泥化的現象。

(二) 土壤含水率

1. 土壤含水率：低潮帶 > 中潮帶 > 高潮帶。潮間帶位置越低時，其土壤含水率越高。
2. 漲潮時，高潮帶淹水的時間較短，而低潮帶淹水的時間較長且土壤粒徑較小，因此低潮帶的土壤含水率較高。

(三) 土壤導電度

1. 土壤導電度：低潮帶 > 中潮帶 > 高潮帶。
2. 潮間帶位置越低時，其土壤含泥率越高，土壤含水量越高，土壤導電度也越高，三者呈高度正相關。

(四) 土壤 pH 值

1. 內側舊區域平均土壤 pH 值為 6.81，屬中性土質；新形成外側區域平均土壤 pH 值為 7.21。
2. 越往外側，土質 pH 值有越高的趨勢，但差異並不大。

(五) 土壤重金屬含量

1. 整個潮間帶土壤重金屬含量皆超過試劑檢測範圍，屬重度汙染；外灘區土壤重金屬含量雖較少，但卻已達重度汙染程度。
2. 汙染範圍很大，是否受工業區汙水的影響，有待進一步研究。

九、討論訪問當地漁民

現在挖仔尾自然保留區的環境與附近海域已經遭受嚴重淤積與汙染，淡水河河口一帶已捕不到魚，漁民必須開漁船北上 20 公里到三芝沿海捕魚。由於本保留區與淡水河河口一帶海域已非傳統的捕魚區，因此漁民對本保留區的整治並不關心，環境影響已不可回復，再多的整治也無效。

十、討論利用水工模型進行泥沙淤積模擬實驗

挖仔尾自然保留區的泥沙淤積，已是不可逆的事實，岸上有突出之海堤，突堤效應是無可避免(汪韜、陳彥智, 2017)，除非把台北港拆除，不然泥沙淤積的情形將日益嚴重。我們提出建議方案：在本保留區前方增設小突堤，應可減緩泥沙堆積作用。若這樣做仍無解，那麼挖仔尾自然保留區的瀉湖將會被淤積的泥沙覆蓋，而淡水河口最美、最豐富、最易親近的潮間帶溼地生態將就此消失。

柒、結論

一、台北港突堤效應改變挖仔尾自然保留區地形、地貌與淡水河河道縮減

台北港自 1993 年開始興建，北側堤防的突堤效應不斷造成泥沙堆積，使挖仔尾自然保留區外側沙地面積增加 21.6 公頃。外側沙地的形成，改變了挖仔尾溪河道、地形及地貌。堆積作用使原本的中央瀉湖區潮間帶每年水深減少 5 公分，不但加速本保留區陸化，也使淡水河的河道縮減 189 公尺。

二、蟹種：共發現 9 科 24 種，與 2003 年的記錄相近，僅少絨毛近方蟹與角眼拜佛蟹。

三、穿越線蟹種分布現況：

- (一) 辛普森蟹類生物多樣性：降低。
- (二) 平均蟹洞密度：潮間帶蟹種的平均蟹洞密度降低。
- (三) 蟹種分布面積：因外側沙地面積增加，除網紋招潮蟹外，其他蟹種分布面積均增加。
- (四) 蟹種數量：減少。
- (五) 潮間帶的土壤含泥率有增加的現象，使沙地型蟹種的棲地明顯減少。

四、食用貝類(文蛤與環文蛤)單位密度(個/m²)減少 90% 以上

顯示本保留區的水質、土質及潮間帶特性有巨大變化，已不適合大部分的貝類棲息。

五、蟹類總量分析，蟹種數量、蟹洞總數、蟹洞密度、辛普森蟹類生物多樣性指數降低

本保留區潮間帶的土質趨於單一化，潮間帶水深變淺，棲地環境變化不利蟹類棲息。

- (一) 穿越線辛普森蟹類生物多樣性指數：減少0.171，蟹類生物多樣性減少22.8%。
- (二) 穿越線蟹洞總數：減少51.7個。
- (三) 穿越線平均蟹洞密度：減少26.7%。
- (四) 穿越線蟹種數量：減少20.0%，蟹種數量平均減少1.43種。

六、挖仔尾自然保留區水質變化

退潮時，汙染較嚴重，可見退潮時工業區與挖仔尾溪的汙水會影響水質。與2013年比較，水樣中總氮 NH_4^+ 及總磷 PO_4^{3-} 的含量大幅減少，汙染情形有明顯改善。

七、挖仔尾自然保留區土壤的含泥率與重金屬含量增加

(一) 土壤含泥率：

1. 內側舊區域高潮帶以下的土壤含泥率由**原本28.1%提高到70.6%，增加了42.5%**。土壤由原本的沙質變為沙泥質。
2. 內灘區中潮帶、低潮帶的土質也呈現嚴重泥化現象，平均土壤含泥率達43.2%。

(二) 土壤重金屬含量

本保留區整個潮間帶的內側區與外灘區皆屬**重度汙染區域**。潮間帶的貝類與魚類是否也受到影響，有待進一步研究。

八、嚴重影響漁民生計

台北港堤防的興建加速本保留區外側沙地淤積，使潮間帶水深變淺、漁船進出不便、重金屬汙染嚴重、水質惡化、食用貝類減少、漁獲量銳減、周邊海域嚴重淤積等。現在淡水河河口一帶已非捕魚區，漁民須赴遠地捕魚，導致捕魚成本提高，嚴重影響漁民生計。

九、突堤效應加速挖仔尾自然保留區淤積，20年後瀉湖將消失

台北港突堤效應堆積作用，加速挖仔尾自然保留區外側潮間帶形成廣大沙地。近年來，本保留區淤積速率加快，每年淤積約5公分，現在漲潮時潮間帶水深約只剩100公分。再過20年，本保留區整個內側瀉湖將被淤積泥沙完全覆蓋。在外部環境變遷壓力未解除下，整治措施只能減緩淤積。希望在其本保留區消失前，喚起大眾與政府重視，更有效減緩其淤積速率。

捌、參考文獻

- 一、王嘉祥、劉烘昌(1996)。台灣海邊常見的螃蟹。台北：台灣省立博物館，173頁。
- 二、汪韜、陳彥智(2017)。「堤」心吊膽-突堤效應之強弱變因與減緩之方法。第56屆全國中小學科展作品。
- 三、李無憂、蔡曉豫、陳婕妤、錢佑涵(2017)。紅樹林不是我的家-紅樹林變遷對底棲蟹類的影響。第57屆全國中小學科展作品。
- 四、李榮祥(2008)。台灣賞蟹情報。台北：天下文化。
- 五、周憲德(2014)。103年淡水河下游河口附近水理輸砂及地形變遷研究。計畫編號 MOTC-IOT-104-H2EB001d。GRB 政府研究資訊系統。
- 六、林雪美(1996)。臺灣西部河口地區之地形學研究(未出版的博士論文)。台北：國立臺灣師範大學地理研究所。

- 七、林彥辰、聶作杰、譚仁傑、林庭如、陳宛謙 (2007)。淡水河潮間帶的蟹類研究。第47屆全國中小學科展作品。
- 八、吳祐仁 (1994)。大肚溪口潮間帶灘地基質變異與螃蟹相比較(未出版的碩士論文)。台中：東海大學環境科學系。
- 九、施習德 (2015)。台灣蟹類誌 II (沙蟹總科)。台中：國立中興大學。
- 十、施習德。厚蟹類的自然史。2020年12月30日取自台灣濕地保護聯盟。
<http://www.wetland.org.tw/about/hope/hope64/64-2.html>
- 十一、許質彥 (2006)。台北港對淡水河河口地形變遷數值模擬研究(未出版的碩士論文)。基隆：國立臺灣海洋大學河海工程學系。
- 十二、黃榮富 (1989)。台灣河口域沙蟹科、方蟹科及短指和尚蟹科之蟹類研究(未出版的碩士論文)。基隆：國立海洋大學漁業研究所。
- 十三、黃寶霈、林昶伸、張嘉慧 (2020)。往事重「堤」看頭城—突堤效應。第60屆全國中小學科展作品。
- 十四、黃如萱 (2017)。台北港突堤效應。屏東科技大學海洋學概論，2020年6月15日取自
<http://elearning.npust.edu.tw/moodle/mod/forum/discuss.php?d=98549>
- 十五、張永達 (2009) 多樣性指標 (Diversity Index)。2020年6月15日取自
<https://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=590>
- 十六、陳立恆、呂柏毅、陳昌聖 (2015)。防不勝防—從得子口溪出海口南北海岸線的遷初探堤防的重要性。第54屆全國中小學科展作品。
- 十七、郭惠全 (2001)。淡水河口濕地蟹類分布之研究(未出版的碩士論文)。台北：國立臺灣大學動物學研究所。
- 十八、郭智勇 (1995)。台灣紅樹林自然導遊。台北：大樹文化，198頁。
- 十九、新北市(2013)。挖仔尾自然保留區生態資源監測工作成果報告書。新北市政府農業局。
- 二十、歐姿慧 (2016)。台灣招潮蟹棲地類型之研究(未出版的碩士論文)。台中：國立中興大學生命科學系。
- 二十一、廖本興 (2012)。台灣野鳥圖鑑。台中：星辰出版，316頁。
- 二十二、蘇宏仁 (1982)。淡水紅樹林沼澤螃蟹之生態研究(未出版的碩士論文)。台北：國立臺灣師範大學生命科學系。
- 二十三、謝宏忠(2018)。屏東大鵬灣弧邊招潮蟹之生活模式研究(未出版的碩士論文)。高雄：國立高雄海洋科技大學漁業生產與管理研究所。
- 二十四、龔羽芊、吳祖婷、涂定珉、劉騰昀 (2014)。雙扇股窗蟹的動態變化與覓食行為研究。第54屆全國中小學科展作品。
- 二十五、參考網站：
臺灣貝類資料庫。<https://shell.sinica.edu.tw/chinese/program.php>
蟹兒的樂園。<http://163.20.52.80/stu635/cwpspage/yaw/index.htm>
台灣產溼地蟹類名錄。http://web.nchu.edu.tw/~htshih/crab/wetcb_ls.htm

【評語】 080317

1. 長期調查蟹類生態，記錄詳實具有價值。
2. 研究內容豐富，在相同地點進行實地調查，過往比對資料充足，是一件有系統性的生物多樣性調查研究作品，探究精神值得鼓勵。
3. 河道變化分析具相當難度，泥沙淤積模擬實驗 proof of concept 探討泥沙淤積原因。
4. 研究範圍非常廣的生態觀察，除了生物之外，也做到水質毒物的檢測，相關影響的探討需要再釐清。

作品簡報

中華民國第61屆中小學科學展覽會 作品簡報

組別：國小組 科別：生物科

作品名稱：滄海桑田挖仔尾- 台北港突堤效應
對自然保留區蟹類生態的影響



壹、研究動機 (作品說明書1頁)

發現問題：

本校鄰近紅樹林保留區，經常舉辦濕地相關活動，這次我們到挖仔尾自然保留區校外教學，在潮間帶觀察時，發現螃蟹數量不多，且幾乎沒有貝類。這裡不是「**蟹兒的樂園**」嗎？但是螃蟹為何這麼少？牠們究竟跑到哪裡去了？



中華沙蟹



網紋招潮蟹



摺痕擬相手蟹

尋找答案：

是冬季螃蟹活動力較差，還是台北港突堤效應的堆積作用，造成保留區外灘面積增加20公頃，使蟹類與貝類數量減少？



外灘濕地區



前端區



中央區

貳、研究目的與研究範圍 (作品說明書1頁)

- 一、研究台北港突堤效應對本保留區地形與地貌變化的影響
- 二、了解台北港突堤效應對本保留區蟹類與生物的影響
- 三、研究利用水工模型探討減緩本保留區泥沙堆積



利吉厚蟹



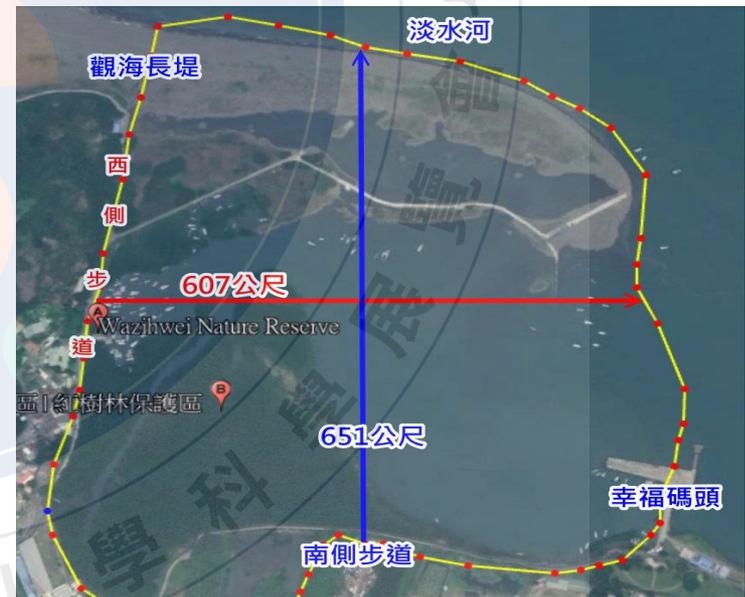
隆脊張口蟹



台灣厚蟹

研究範圍： (作品說明書4頁)

挖仔尾自然保留區東西長607公尺南北長651公尺總面積42.39公頃

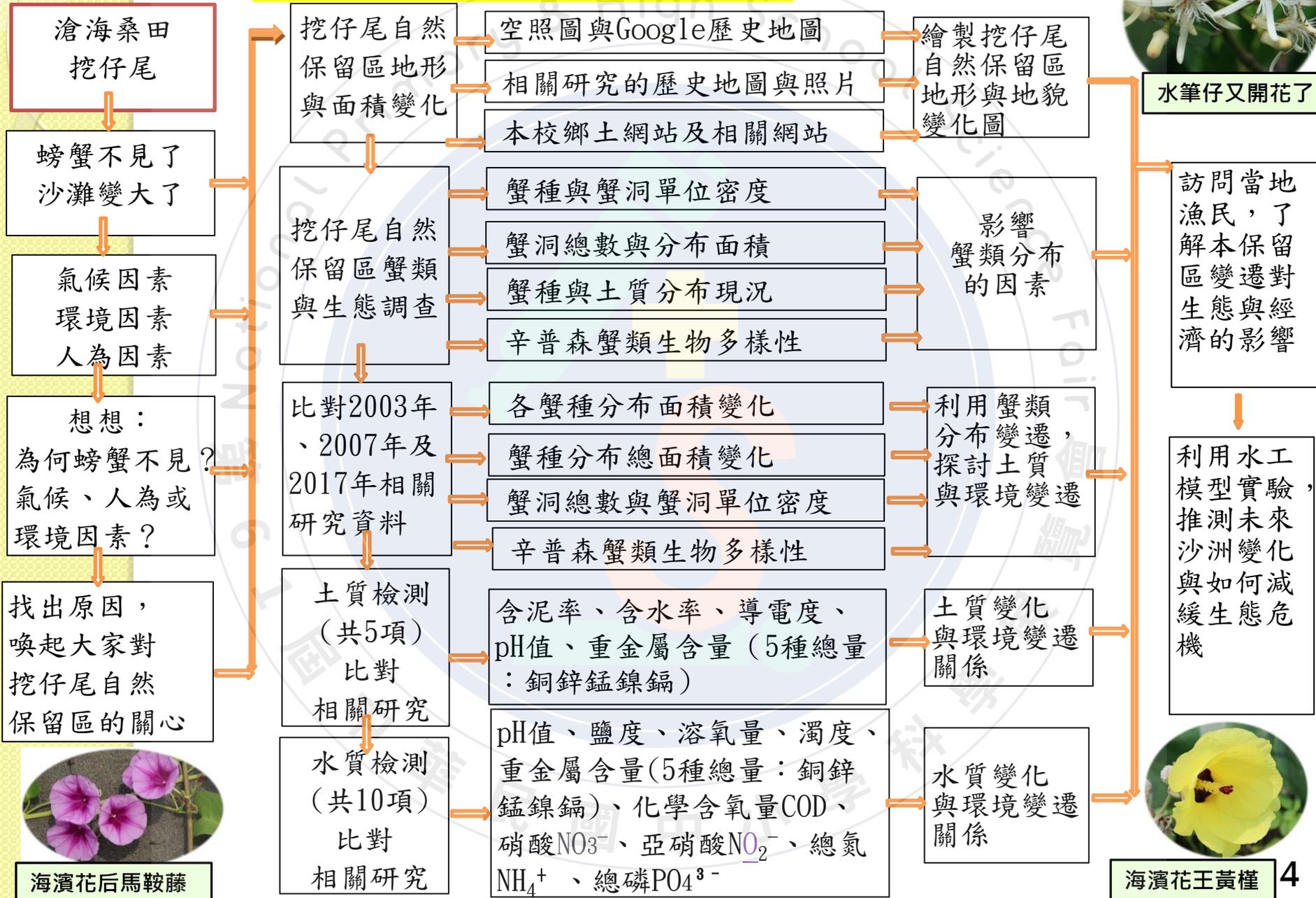


圖A-5 挖仔尾自然保留區研究範圍

參、研究流程與架構 (作品說明書3頁)



水筆仔又開花了



肆、研究結果



黃螯招潮蟹

一、突堤效應加速本保留區地形的變化 (作品說明書5~6頁)



1977年以前
幾乎極少淤積



1977~1984年
開始有淤積，但不嚴重



1984~1994年
禁採砂石後，自然淤積變快



2020年
外側灘地增加到21公頃



2010年
外側灘地增加到12公頃



1994~2004年台北港興建
突堤效應加速淤積



跑最快的角眼沙蟹

二、比較2003年與2021年本保留區的地貌

(作品說明書24頁)



2003年觀「海」長堤



2003年「沙灘」漫步



2003年「海邊」賞蟹



2021年觀「草」長堤



2021年「草原」打棒球



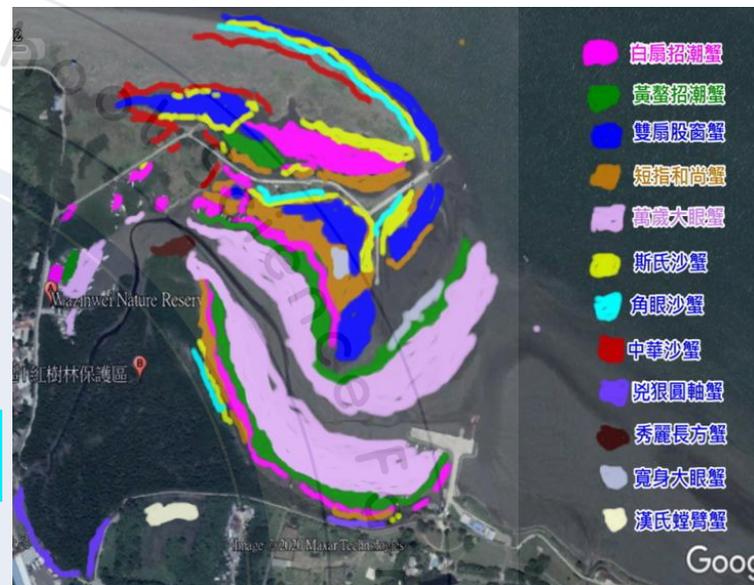
2021年「陸地」賞花

三、研究本保留區蟹種數量與分布現況 (作品說明書6~9頁)

發現蟹種：共9科24種

優勢蟹種：

白扇招潮蟹、黃螯招潮蟹、斯氏沙蟹、角眼沙蟹、萬歲大眼蟹、中華沙蟹、短指和尚蟹、雙扇股窗蟹、雙齒近相手蟹、摺痕擬相手蟹、利吉厚蟹、兇狠圓軸蟹。



- 白扇招潮蟹
- 黃螯招潮蟹
- 雙扇股窗蟹
- 短指和尚蟹
- 萬歲大眼蟹
- 斯氏沙蟹
- 角眼沙蟹
- 中華沙蟹
- 兇狠圓軸蟹
- 禿腿長方蟹
- 寬身大眼蟹
- 漢氏螳螂蟹

四、研究潮間帶穿越線蟹種分布現況

(作品說明書10~12頁)

表4-A 穿越線統計比較表

穿越線編號	蟹種數量(種)	蟹洞總數(洞)	平均蟹洞密度(洞/m ²)	辛普森蟹類生物多樣性指數
A1	6	419	38.09	0.638
A2	4	528	48.00	0.269
A3	7	490	44.55	0.757
A4	5	828	75.27	0.533
A5	5	379	34.45	0.459
A6	6	498	45.27	0.317
A7	7	471	42.82	0.761
A8	7	633	57.55	0.673
A9	3	164	14.91	0.135
A10	3	33	3.00	0.290

圖3-A 蟹種分布圖

- 1.土質種類愈多，蟹種數量愈多。
- 2.土質愈適合蟹類棲息，蟹洞總數愈多。
- 3.蟹洞密度與棲地環境呈正相關。
- 4.土質種類多且分布平均，辛普森蟹類生物多樣性越高。



雙扇股窗蟹 (沙地蟹種)



短指和尚蟹 (濕沙地蟹種)



萬歲大眼蟹 (泥地蟹種)

五、突堤效應對蟹類的影響 (作品說明書26~27頁)

表5-A 2003年與2020年蟹種變化統計表

增減項目	蟹種	白扇招潮蟹	萬歲大眼蟹	短指和尚蟹	雙扇股窗蟹	黃螯招潮蟹	網紋招潮蟹	斯氏沙蟹
1.分布總面積增減 (m ²)		4367	22322	42084	46218	23502	-9763	12274
2.平均蟹洞密度增減 (洞/m ²)		-15.5	-8.5	-8.2	-12.9	-0.1	-4.4	-0.9
3.平均蟹洞密度增減百分比 (%)		-30.4	-16.2	-20.2	-32.7	-1.0	-52.3	-29.3

- 除了網紋招潮蟹外，其他蟹種的分布總面積均增加。
- 平均蟹洞密度降低26.1%，顯示棲地環境改變對其有負面影響。



表5-B 2003年與2020年穿越線變化統計表

鈍齒短槳蟹：密度減少85%

增減項目	區域 穿越線編號	內側舊區域				外側新形成區域		
		A1 觀景台 前方	A3 中央 潮間帶	A4 情人 看台	A5 堤岸 步道	A6 內灘 橫向	A7 內灘 內區	A8 內灘 外區
1.蟹種數量增減 (種)		-2	-2	-3	-2	-2	-1	-1
2.蟹洞總數增減 (洞)		-317	-115	103	-125	22	-50	120
3.蟹洞密度增減 (洞/m ²)		-28.8	-10.5	9.3	-11.7	4.7	-4.5	20.9
4.辛普森蟹類生物 多樣性指數增減		-0.13	-0.30	-0.17	-0.27	-0.35	-0.02	0.04

- 穿越線蟹種數量減少20.0%。
- 穿越線蟹洞總數減少51.7個。
- 穿越線蟹洞密度降低26.7%。
- 穿越線辛普森蟹類生物多樣性減少22.8%。



短身大眼蟹：密度減少80%

六、突堤效應對水質的影響 (作品說明書18頁)

表6-A 水質檢測分析統計表

檢測項目	潮汐	滿潮				退潮			
	位置	工業汙水	家庭汙水	潮溝	外灘	工業汙水	家庭汙水	潮溝	外灘
1.溶氧量		中重	中重	無	無	重度	重度	重度	輕度
2.濁度		中重	中重	輕中	輕度	中重	中重	中度	輕度
3.重金屬含量		輕中	輕中	輕度	輕度	輕中	輕中	輕中	輕度
4.化學含氧量COD		輕中	輕中	輕度	輕度	中度	中度	中度	輕度
5.硝酸 NO ₃ ⁻		中度	中度	輕度	輕度	中重	中重	中重	輕度
6.亞硝酸 NO ₂ ⁻		輕度	輕度	輕度	輕度	中度	中度	中度	輕度
7.總氮 NH ₄ ⁺		輕度	輕度	輕度	輕度	中度	中度	中度	輕度
8.總磷 PO ₄ ³⁻		輕度	輕度	輕度	輕度	輕度	輕度	輕度	輕度

- 1.退潮時：工業區與挖仔溪的汙水會影響水質。
- 2.漲潮時：污染較輕，可能是因漲潮時的海水稀釋，降低汙染程度。



工業汙水區水質檢測



家庭汙水區水質檢測



潮溝區水質檢測



外灘區水質檢測

七、突堤效應對土質的影響 (作品說明書19頁)

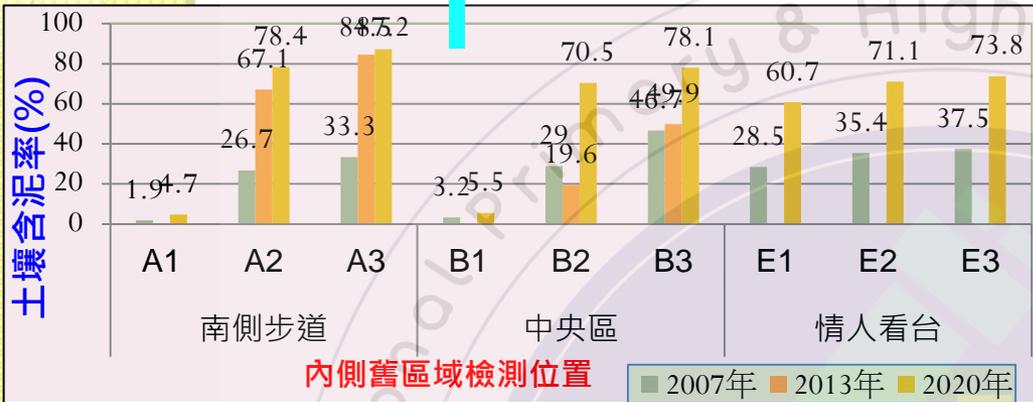


圖7-A 內側舊區域土壤含泥率統計圖

1.由7-A圖，本保留區內側舊區域的中、低潮帶，其土壤含泥率有明顯增加的現象。



土壤pH值檢測

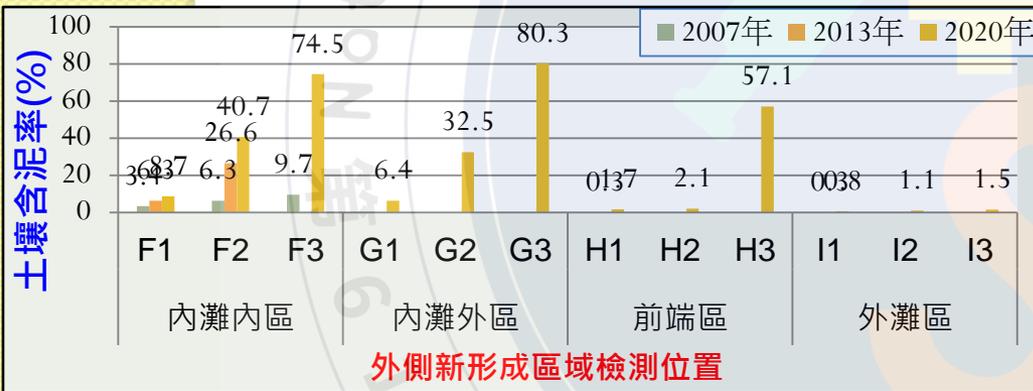


圖7-B 外側新形成區域土壤含泥率統計圖

2.由圖7-B，本保留區外側新形成區域的中、低潮帶，其土壤含泥率有增加的現象。



土壤含泥率檢測

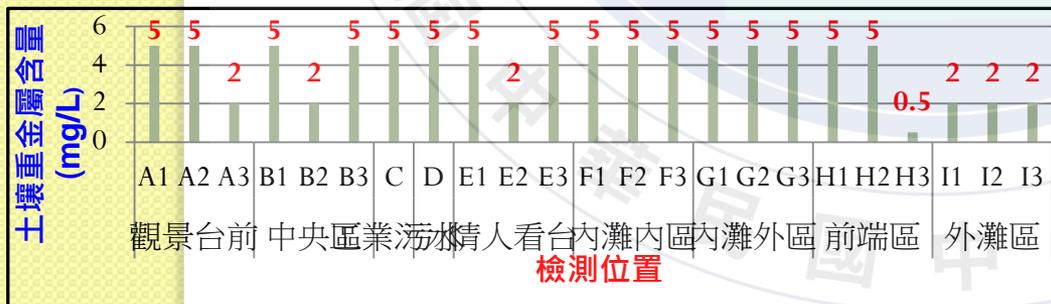


圖7-C 挖子尾保留區土壤重金屬含量統計圖

3.由圖7-C，本保留區的土壤重金屬汙染嚴重，影響範圍很大。



土壤重金屬含量
檢測結果

伍、結論 (作品說明書28 ~ 29頁)

表8-A 2003年與2020年對蟹類生態的影響分析統計表

年次 影響項目	2003年	2021年	差異	生態與環境影響
1.土質含泥量增加	28.1%	70.6%	增加 42.5%	貝類、蟹種減少或消失。
2.瀉湖水深變淺	水深 200cm	水深100cm	減少 100cm	魚類、貝類、蟹種減少或消失。 漁民漁獲減少、漁船進出不便。
3.加快瀉湖淤積速率	3cm/年	5~7cm/年	增加 3cm以上	20年後挖仔尾自然保留區因泥沙淤積內側瀉湖淹沒。
4.食用貝類減少	6.3個/m ²	0.5個/m ²	減少90%	漁民漁獲減少
5.淡水河河道縮減	870公尺	681公尺	縮減 189公尺	影響排水功能，颱風來時海水倒灌

陸、未來研究與呼籲

台北港的突堤效應，加速挖仔尾自然保留區的泥沙淤積，造成水質、土質、地形、地貌的變遷，不僅蟹類，貝類銳減，也影響潮間帶其他生物與當漁民漁獲少，船隻進出，影響生計。我們將持續的研究，希望在挖子尾自然保留區消失之前，能喚起大眾與政府的重視，我們衷心的盼望：

藍藍的天，藍藍的海，綠綠的紅樹林，才是「蟹兒的樂園」！

陸、參考資料

- 一、李榮祥 (2008) 。 *台灣賞蟹情報* 。台北：天下文化。
- 二、周憲德(2014) 。 *103年淡水河下游河口附近水理輸砂及地形變遷研究* 。
- 三、施習德 (2015) 。 *台灣蟹類誌II (沙蟹總科)* 。台中：國立中興大學。
- 四、施習德。 *台灣厚蟹的自然史* 。2020年12月30日取自台灣濕地保護聯盟。
- 五、黃榮富 (1989) 。 *台灣河口域沙蟹科、方蟹科及和尚蟹科之蟹類研究* (未出版的碩士論文) 。基隆：國立海洋大學漁業研究所。
- 六、張永達 (2009) 多樣性指標 (Diversity Index) 。
- 七、郭智勇 (1995) 。 *台灣紅樹林自然導遊* 。台北：大樹文化。
- 八、新北市(2013) 。 *挖仔尾自然保留區生態資源監測工作成果報告書* 。
新北市政府農業局。
- 九、參考網站：
臺灣貝類資料庫。 <https://shell.sinica.edu.tw/chinese/program.php>
蟹兒的樂園。 <http://163.20.52.80/stu635/cwpspage/yaw/index.htm>
台灣產溼地蟹類名錄。
http://web.nchu.edu.tw/~htshih/crab/wetcb_ls.htm