

OAC-114-018 (研究報告)

## 七股瀉湖海底地形測繪及與沉積物傳輸之關係探討研究

(成果報告)

海洋委員會補助研究

中華民國 114 年 9 月

「本研究報告僅供海洋委員會施政參考，並不代表該會政策，該會保留採用與否之權利。」

OAC-114-018 (研究報告)

**七股瀉湖海底地形測繪及與沉積物傳輸之關係探討研究**

**(成果報告)**

**學校：國立中山大學**

**指導教授：張詠斌**

**學生：張仲傑**

**研究期程：中華民國 114 年 3 月至 114 年 10 月**

**研究經費：10.1 萬元**

**海洋委員會補助研究**

**中華民國 114 年 9 月**

「本研究報告僅供海洋委員會施政參考，並不代表該會政策，該會保留採用與否之權利。」

「本研究報告絕無侵害他人智慧財產權之情事，如有違背願自負民、刑事責任。」

OAC-114-018 七股潟湖海底地形測繪及與沉積物傳輸之關係探討研究 成果報告 海洋委員會

# 目錄

表次.....	ii
圖次.....	iii
摘要.....	1
第一章 前言.....	2
1.1 研究緣起.....	2
1.2 問題背景.....	3
1.3 現況分析.....	6
1.4 研究目的及研究重點.....	7
1.5 預期目標.....	8
第二章 研究方法與過程.....	9
2.1 研究過程.....	9
2.2 聲學資料校正.....	11
第三章 結果與討論.....	12
3.1 水深結果.....	12
3.2 懸浮顆粒結果.....	14
第四章 結論.....	18
第五章 參考書目.....	19

## 表次

表格 1、工作甘特圖.....	8
表格 1、採樣點的懸浮顆粒濃度實測值與校正前後的聲學強度.....	10

## 圖次

圖 一、七股潟湖區衛星空拍圖。.....	2
圖 二、七股潟湖百年來(1904-2009)的地形變遷資料。(林俊全等， 2013).....	4
圖 三、根據衛星資料可以看到沙洲位置的移動及地形的變遷。(吳盈 智等，2013).....	5
圖 五、Sontek-M9 安裝示意圖。.....	9
圖 四、固定地點的儀器佈放。.....	9
圖 六、濁度感測器數值的校正公式(Wosiacki et al., 2021).....	11
圖 七、114 年 8 月進行實驗時的船測航跡圖。.....	12
圖 八、114 年 8 月船測資料繪製的等深圖。.....	13
圖 九、114 年 4 月船測資料繪製的等深圖。.....	13
圖 十、校正後聲學強度與懸浮顆粒濃度線性關係圖。.....	14
圖 十一、校正前聲學強度與懸浮顆粒濃度線性關係圖。.....	15
圖 十二、船測校正後聲學強度與懸浮顆粒濃度線性關係圖。.....	15
圖 十三、船測校正前聲學強度與懸浮顆粒濃度線性關係圖。.....	16
圖 十四、定點觀測校正後聲學強度與懸浮顆粒濃度線性關係圖。....	16
圖 十五、定點觀測校正前聲學強度與懸浮顆粒濃度線性關係圖。....	17

## 摘要

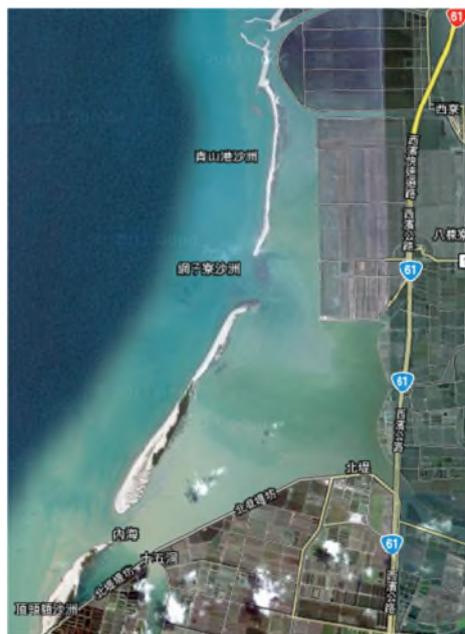
為了要了解七股潟湖內的現代沉積環境及沉積物空間分布模式，並配合水深及海底地形資料的建立，本研究收集春夏兩季的表層沉積物、水體懸浮顆粒，及海底地形資料。聘僱漁船於潟湖內進行沉積物的取樣與聲學資料的取得。除進行水深資料的測量外，也針對沉積物及水體懸浮顆粒的粒徑特徵特性及空間變化進行研究。希望可以幫助評估七股潟湖自然環境的變遷與人為活動的影響，並了解其可能的控制因素及人為活動的衝擊程度。而於七股潟湖進行海底地形的測繪，搭配表層沉積物的收集及水體懸浮顆粒的量測，可以進一步建立七股潟湖的季節性地形、水深、沉積物顆粒組成的資料庫，提供未來整治潟湖或是了解潟湖長期變遷主因的政策參考。本計畫已於 114/04/03 以及 114/08/16 於七股潟湖進行春夏兩季的量測，進行了水深的測量(Sontek-M9)以及水體中懸浮顆粒樣本的採集，同時整合了聲學數據和七股潟湖內懸浮顆粒濃度的實驗結果，在結果方面於兩者之間取得了一定的相關性，往後可以利用兩者間相關係數的轉換，通過聲學資料反推即時的懸浮顆粒濃度。此成果有助於在未來能夠應用於更為簡單的實驗方式，可取得不同區域、不同深度間之沉積物及水體懸浮顆粒的時空變化資料。未來將繼續擴充聲學、懸浮顆粒濃度及水深等資料庫，配合衛星資料來做多年的比較，了解七股潟湖內主要呈現淤積或是侵蝕的變化趨勢，以及發生的區域為何，有助於未來估算潟湖整體的空間變化。

關鍵字：七股潟湖、單音束聲納系統、聲學、懸浮顆粒濃度、地形變化

# 第一章 前言

## 1.1 研究緣起

七股潟湖位於臺灣臺南地區，是國內第一大潟湖(圖一)，也是重要的牡蠣養殖業所在。自民國 98 年莫拉克颱風侵襲後，七股潟湖面積即有明顯變化，目前七股潟湖面積約 1100 公頃，含沙洲面積則是 1600 公頃。經觀測七股潟湖沙洲，已經持續向內陸後縮，而且寬度持續變窄，平均來說，沙洲面積每年約減少 7 公頃，潟湖面積則每年減少約 22 公頃，且因淤積關係，潟湖內愈來愈多地方水變淺。過去長期監測潟湖面積變化多依賴衛星資料，或是監測海岸線及沙洲面積變化，其變化主因常被歸咎於沙源減少、海平面上升及氣候變遷。近年來也有學者提出以岸置 X-band 雷達來長期監測潟湖面積的變化，其主要原理仍是藉由觀測近岸水深及海岸線的變遷來估算潟湖的改變量，但對於潟湖真正影響到牡蠣產業的核心地區及深水地區海底地形，卻缺乏觀測資料。多年來，船載單音束測深聲納系統(Single-beam Echo Sounder, SBES)已經變成測量海底地形的主要工具，但過去主要都是搭載研究船測繪大洋地形使用。目前則有新發展的儀器，可以使用小型的 SBES 系統，配合岸基的差分式全球定位系統(DGPS)，搭載在小型的救生艇或漁筏即可使用，可以解決潟湖內因水深過淺，研究船隻無法進入測量的問題。



圖一、七股潟湖區衛星空拍圖。

## 1.2 問題背景

瀉湖是自然界非常重要的水域濕地環境，扮演重要的生態服務功能(Newton et al., 2018)。而七股瀉湖是臺灣西部的重要近岸生態系統，具有多方面的重要性，如：

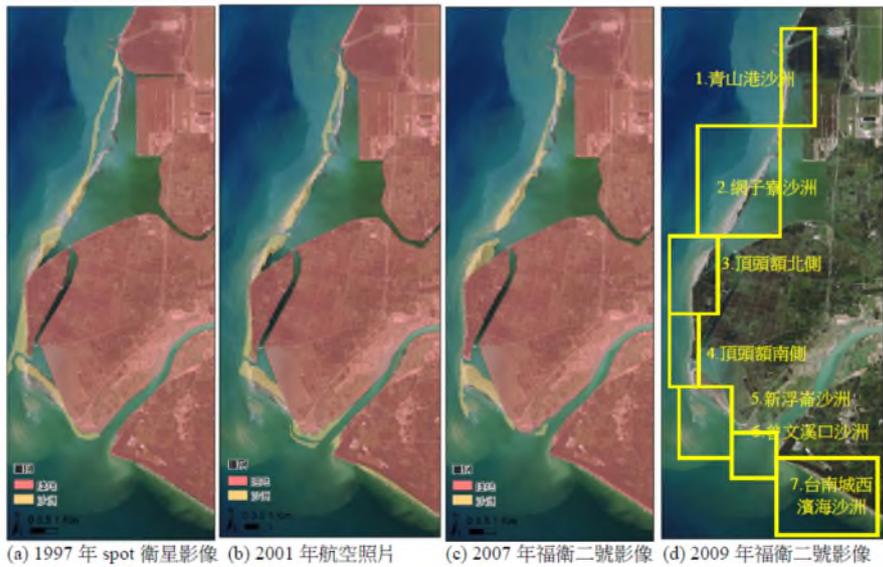
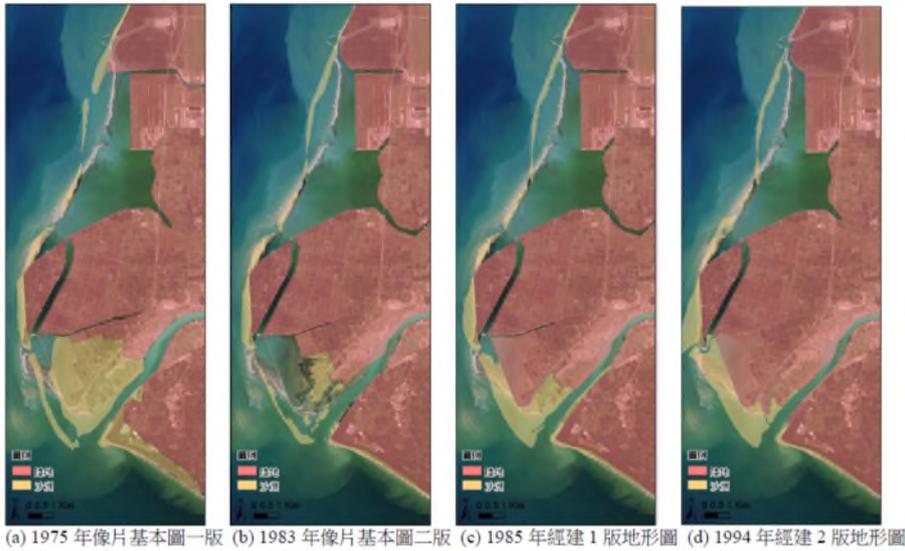
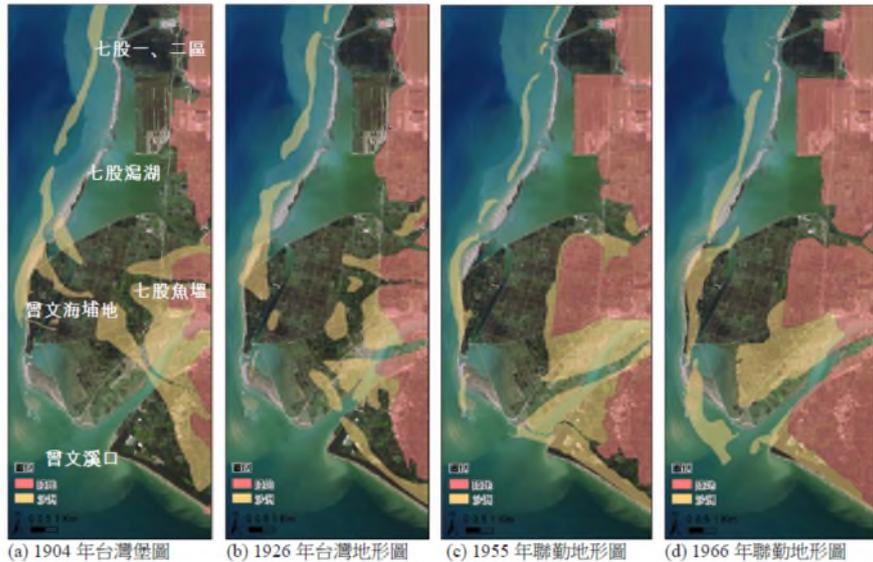
水質淨化：瀉湖作為濕地，有能力過濾和淨化水體，並改善水質。

防洪和保護海岸：瀉湖由於沙洲的保護，可以減緩颱風及大浪對陸地的影響，並一定程度減少了暴潮的風險。

生態旅遊：瀉湖區的生態景觀和豐富的海洋生物可吸引遊客和生態旅遊者，藉由觀察和學習認識瀉湖生態系統的重要性。

牡蠣養殖：台南市牡蠣年產值 5.8 億元，主要是由七股瀉湖及北門瀉湖所貢獻，而除了牡蠣養殖外，瀉湖區也是傳統定置網及八卦網的主要地點，提供當地社區重要的經濟來源。

七股瀉湖的長期變遷始自 20 世紀初即開始，長期以來可觀察到沙洲內移及瀉湖面積縮小的趨勢(圖二)(林俊全等，2013)，而此趨勢在 1990 年代後因為人為工事的修建而得以減緩。但隨著全球暖化所導致的大海平面上升，及臺灣河川上游水庫與攔沙壩的興建所導致的沙源供應減少，另外近 10 幾年來由於漁港及堤防的興建，使得泥沙堆積及搬運的方式發生了改變，讓原本的海岸沙洲及淺灘地轉變成人工的設施，這也影響了沙洲地形的變遷。雙重因素影響下，七股瀉湖的環境在近 10 年來有更為劇烈的變化。根據台江國家公園管理處資料，臺南七股區青山港沙洲 10 多年來內縮 500 公尺、網仔寮沙洲內縮 280 公尺，每年以約 20 公尺速度內縮(圖三)(吳盈智等，2013)。沙洲內移加上海浪的侵蝕讓沙洲的沙子堆積到瀉湖內部，造成的結果即是瀉湖近幾年來是以每年約 20 公尺的速度在縮小面積。因此，七股海岸的變遷在受到人為開發及自然作用的雙重影響下，形成如今的樣貌。整個臺南海岸由於沙源的減少，加上颱風及暴潮不斷的威脅海岸沙洲，海岸侵蝕的現象將持續產生，而這現象最終的結果則是導致瀉湖的消失。因此為避免瀉湖持續受到海岸侵蝕的影響，維護當地居經濟及產業的發展，建立長期觀測瀉湖地形及水深的資料有其必要性(Phuah and Chang, 2023; Wang et al., 2023)。



圖二、七股潟湖百年來(1904-2009)的地形變遷資料。(林俊全等，2013)

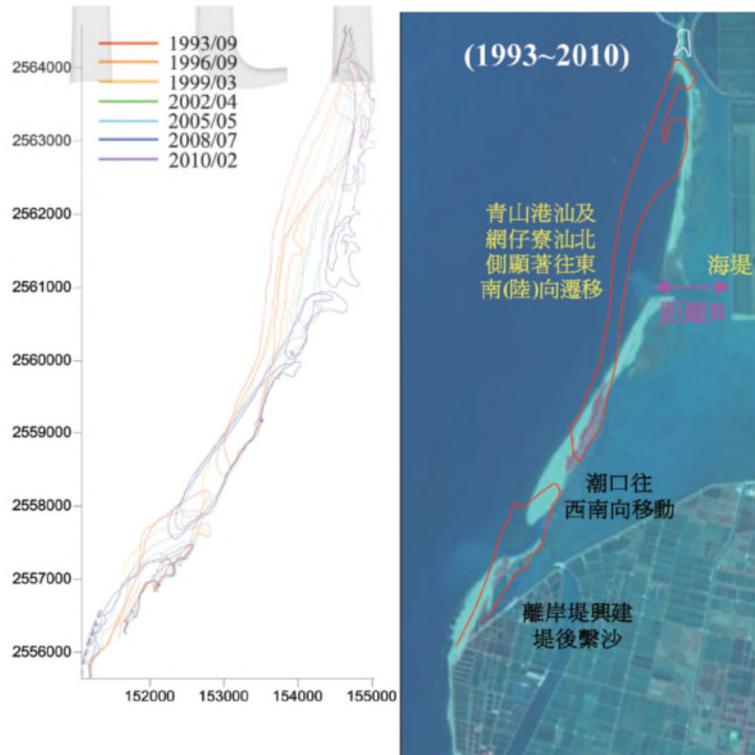


圖 三、根據衛星資料可以看到沙洲位置的移動及地形的變遷。(吳盈智等，2013)

### 1.3 現況分析

臺灣西南部的七股潟湖在過去幾十年中因沙洲遷移和沈積問題而面臨消失的危險。根據臺灣水利局統計，從 1975 年到 2005 年，沙洲已向陸地方向後退超過 800 公尺。因此，七股潟湖的面積已從最初的 1 萬公頃縮小到如今的 1,350 公頃。此外，上個世紀的各種河流和海岸管理決策也破壞了七股海岸的自然沉積物平衡。這些過程的累積效應持續發生，改變了潟湖的水動力特性，加速了潟湖的淤積過程。深入了解七股潟湖的侵蝕和沈積過程，對於指導該地區當前的海岸管理實踐至關重要。前人近期的研究(Dhian and Wang, 2023)結合遙測技術和二維水動力模型，對七股潟湖的泥沙輸送和淤積過程進行研究，主要採用遙測技術對初始懸浮泥沙濃度(SSC)對模型進行補充研究。研究結果表明，潮流和波浪是主要影響潟湖泥沙輸送和淤積過程的因素。七股潟湖的年淤積量為 0.82 cm，此過程主要發生在冬季，冬季強烈的波浪誘導泥沙在水體中混合和懸浮，導致七股潟湖的 SSC 和淤積量高於夏季。另外沙洲的泥沙搬運也加劇了潟湖的淤積，此現象將大量泥沙從沙洲捲入潟湖，導致潟湖的水深變淺及不分地區開始產生淤積。此外七股沙洲每年約有 10 萬 m<sup>3</sup> 的泥沙被侵蝕，部分泥沙透過潮流和波浪作用被輸送到潟湖內。這許多種因素加總，最終導致七股潟湖的淤積，凸顯了管理潟湖時需要考慮整個海岸系統的長期變遷。

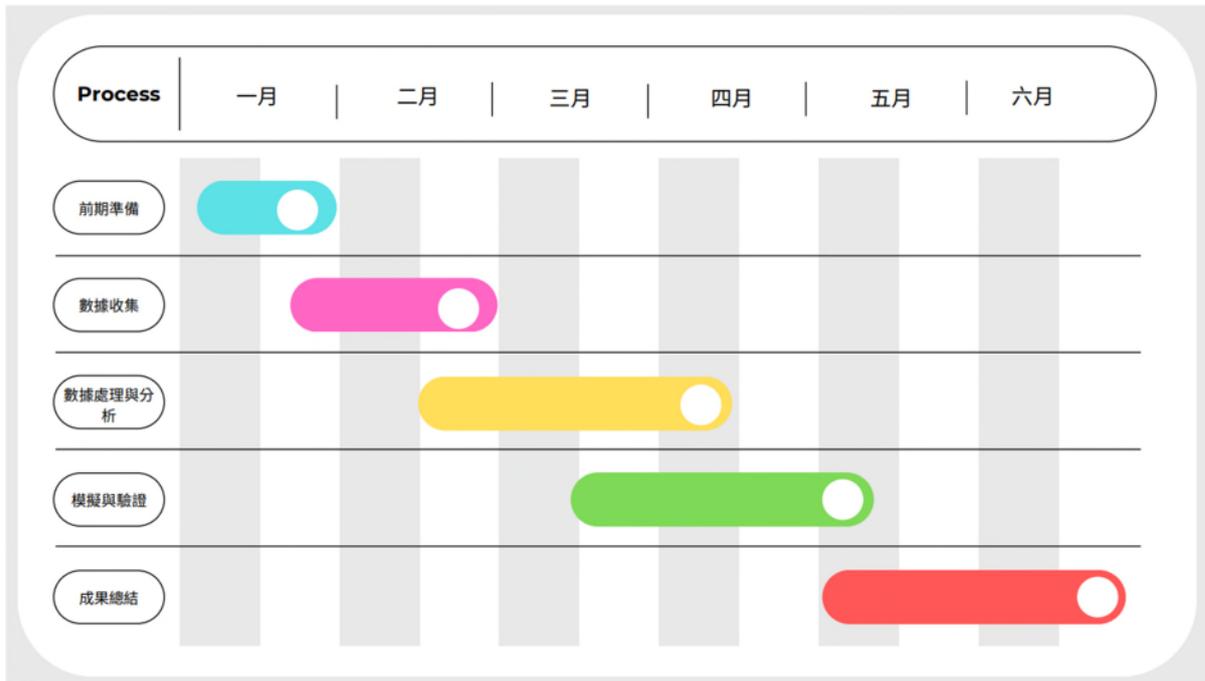
## 1.4 研究目的及研究重點

七股潟湖作為南臺灣重要的生態與經濟地區，在因應潟湖隨著人為以及氣候環境的變化，必須要對整個七股潟湖的泥沙傳輸方式、水深地形變化等資料有更完整的資料收集，以用來評估日後七股潟湖的整體變化。本計畫將利用美國聲學公司製造生產的小型單音束聲納系統 Sontek-M9，M9 為測深時常用的單音束聲納儀器，上面同時搭載都卜勒測流儀(ADCP)，因此該儀器能夠同時計算水深資料與流速、流向等流場資料。本計畫的研究重點將著重於現場實際聲學資料的收集，以及七股潟湖內水體懸浮顆粒濃度的量測，再將兩者資料迴歸後建立經驗公式，藉由經驗公式的建立，可將聲納系統所測得的聲學資料不僅轉換成水深及流場，並可同時通過兩水體懸浮顆粒濃度關係的建立，而可將聲學資料的訊噪比轉算成懸浮顆粒濃度資料，如此即可提升未來取得水體懸浮顆粒資料的效率，進一步強化懸浮顆粒的資料庫，為日後海岸系統管理提供參考資料以尋求最佳解方。

## 1.5 預期目標

本研究預期利用 9 個月的時間，分別量測春、夏季時七股瀉湖的水深、流場與水體懸浮顆粒濃度資料，以期了解七股瀉湖整體的時空變化模式。整體工作進度安排如表 1。

表 2、工作甘特圖。



## 第二章 研究方法與過程

### 2.1 研究過程

透過 Sontek-M9 進行高解析度的水深測量，並同步記錄流速及流向數據，此方式適用於淺水區域的水深及地形測繪。整合水深資料與懸浮顆粒的濃度、流速及流向數據，即可進行動態數值模型的重建，從而建立七股瀉湖的地形資料與懸浮顆粒濃度及流場觀測數據。而實驗進行分為兩種，一種是在固定地點進行連續性的聲學資料觀測，選定不同時間進行水樣標本的採集(圖四)。第二種則是進行 Sontek-M9 的量測時，使用繩索將 Sontek-M9 固定於當地船家租借的船隻兩側(圖五)，利用 Sontek-M9 的濁度感測模組測定水體中懸浮顆粒的濃度分布，並與實地採樣結果進行校正，其原理係基於聲學方式。而搭配都卜勒測流儀的功能，可捕捉不同水層的流速及流向，並分時段進行連續的數據記錄。分別利用 Niskin 採水瓶採取不同站位點的水樣標本，而經選取特定站位點進行水樣標本採集，會選擇即時的聲學資料中具有較水層間明顯差異當作站位點，再回到實驗室使用濾紙過濾懸浮顆粒濃度。則可進一步測量懸浮顆粒實際的質量濃度，如此可與現場聲學的測量結果進行比對，完整建立七股瀉湖水文與懸浮顆粒濃度的空間分布模式，進一步可得顆粒運動及沉積物傳輸模式的數值模型。



圖 四、Sontek-M9 安裝示意圖。

圖 五、固定地點的儀器佈放。

表 3、採樣點的懸浮顆粒濃度實測值與校正前後的聲學強度。

Sample number	Measured SSC value(mg/L)	Corrected-backscatterer(dB)	M9(dB)
1a	55	65.7	57.7
2a	28	55.9	47.9
2b	43	60.3	46.6
3a	22	56.7	48.6
3b	61	64.8	51.1
4a	73	75.2	59.2
4b	47	65.3	47.0
4c	85	76.4	46.4
92a	43	60.0	55.7
92b	59	61.5	50.9
150a	62	64.6	59.8
150b	55	57.1	69.6
150c	66	60.5	52.8
152a	70	64.2	56.0
152b	103	82.3	57.0
153a	56	61.0	64.3
153b	107	74.9	35.3
157a	45	63.3	67.2
157b	74	77.4	46.6
157c	37	54.1	48.8

## 2.2 聲學資料校正

由於聲波在水體傳遞的過程中會受到多種因素影響，如聲速跟水體溫度有關；聲納探頭大小與接收面積有關；頻率高低吸收多少的聲波能量；量測距離等等參數都必須考量，因此在取得原始的聲學資料後需要經過後續處理。本研究參考前人的校正公式做聲學資料的校正(Wosiacki et al., 2021)，校正公式考慮了包含聲波在水體中被水體、及水體中的懸浮顆粒所吸收的效應，因此若要得到最接近原始的聲波強度資料則必須計算 SCB 的數值(圖六)。

$$CBS = SNR_{\text{mean}} + 20 \log_{10}(\psi R) + 2R\alpha_w + 2R\alpha_s$$

圖六、濁度感測器數值的校正公式(Wosiacki et al., 2021)

### 第三章 結果與討論

#### 3.1 水深結果

實地量測時，主要租用當地的舢舨，於船上架設 Sontek-M9，以即時取得水深、流速流向與濁度感測器的資料，並且規劃於船隻的航行軌跡(圖七)上選取五個站位進行水體標本的採樣。於此五個站位點分別利用 Niskin 採水瓶採取表層與底層的水樣，藉由比較表層水體與底層水體過濾後得到的懸浮顆粒濃度差異(表 2)，再與 Sontek-M9 的濁度感應器數值的差異做比較，進行兩者之間相關性的分析。將 Sontek-M9 所得到的水深資料根據內插平均後可繪製當地的水深地形圖(圖八)，對比 114 年 4 月 3 日實驗所得到的水深圖(圖九)，可以發現原本於七股瀉湖外的網仔寮沙洲碼頭區域有著水深資料的極大值，在 7 月初的丹娜絲颱風過後，原本的水深極大值消失，這說明著颱風對於七股瀉湖的地形與地貌有著顯著的影響。



圖 七、114 年 8 月進行實驗時的船測航跡圖。



圖 八、114 年 8 月船測資料繪製的等深圖。

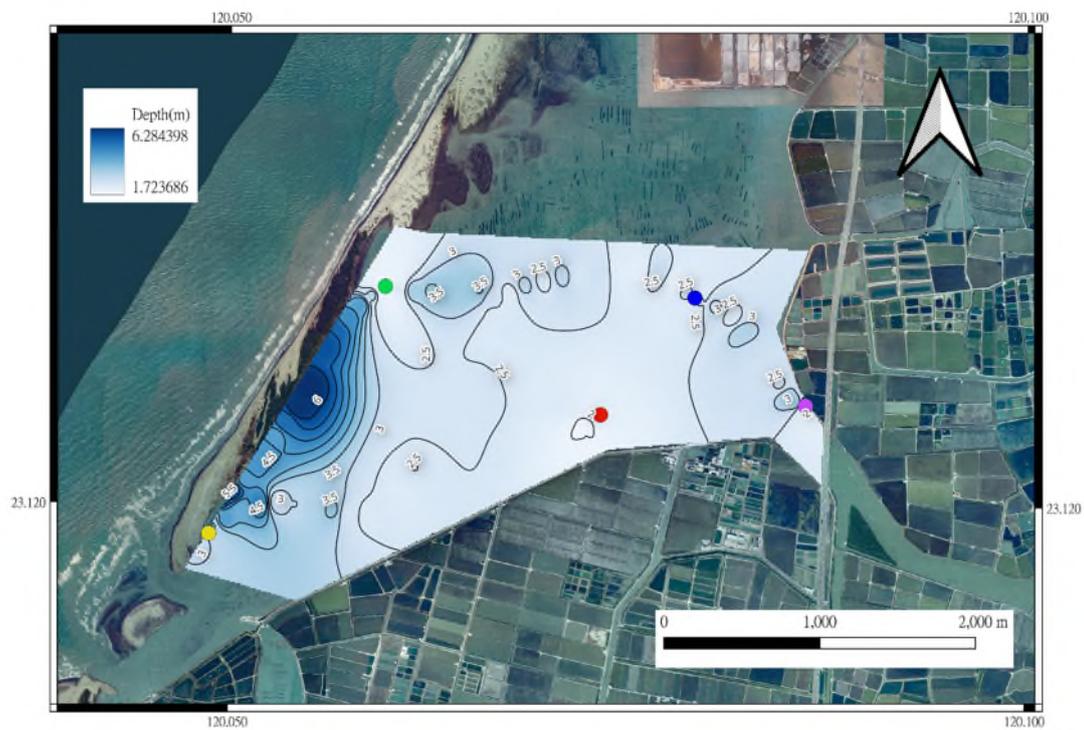


圖 九、114 年 4 月船測資料繪製的等深圖。

### 3.2 懸浮顆粒結果

在固定點位進行連續觀測所得到的資料詳見表二 1a 至 4c，至於船測的資料則詳見表二 92a 至 157c。利用原始的 M9 數值與所得到的 CBS 數值對懸浮顆粒實測值做線性迴歸後可以發現(圖十、十一)，校正前後的聲學資料對線性迴歸結果的影響極為巨大，校正過後的  $R^2=0.732$ ，高於校正前的  $R^2=0.029$ 。如果將站位點分為定點觀測與船測，船測所得到的校正前後聲學資料(圖十二、十三)，同樣也能觀察到校正後的聲學資料得到的  $R^2=0.738$ ，高於校正前的  $R^2=0.247$ 。而定點觀測所得到的校正前後之聲學資料(圖十四、十五)，同樣也能觀察到校正後的聲學資料得到的  $R^2=0.924$ ，高於校正前的  $R^2=0.105$ 。從六張圖比較後可以發現，校正後的聲學資料能夠有效回推原始懸浮顆粒濃度，並且於定點觀測的資料來看，可以反映出定點資料品質高於船測，因此我們知道實驗環境的穩定性對於資料的品質也有所影響。第一次實驗所得到的  $R^2$  最大值沒有超過 0.4，原因是水樣採集的環境太過相似，無法較好的分辨出聲學資料的高低與懸浮顆粒濃度之間的關係。因此於第二次的實驗修正了大部分的問題，也讓校正過後的聲學資料與懸浮顆粒濃度的  $R^2$  最小值為 0.732， $R^2$  最大值則是 0.924。另外可以假設如果實驗環境越穩定， $R^2$  數值也會相對較高，不過這部分的觀察還需要更多的實驗數據來佐證。

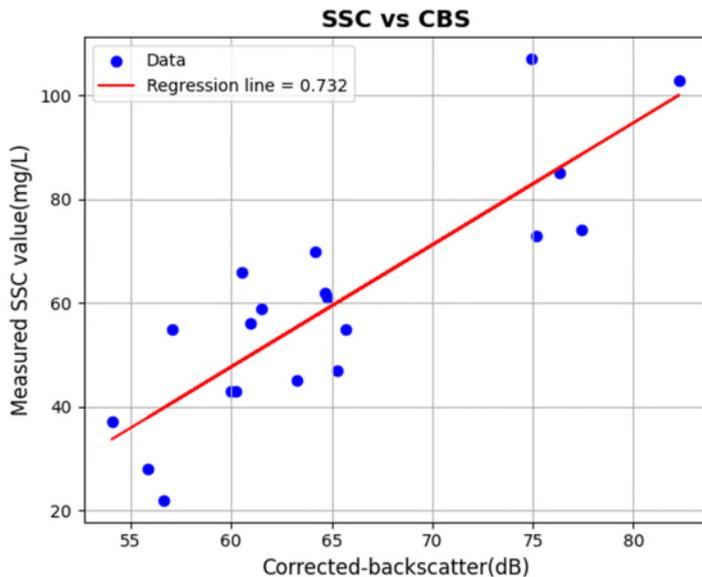


圖 十、校正後聲學強度與懸浮顆粒濃度線性關係圖。

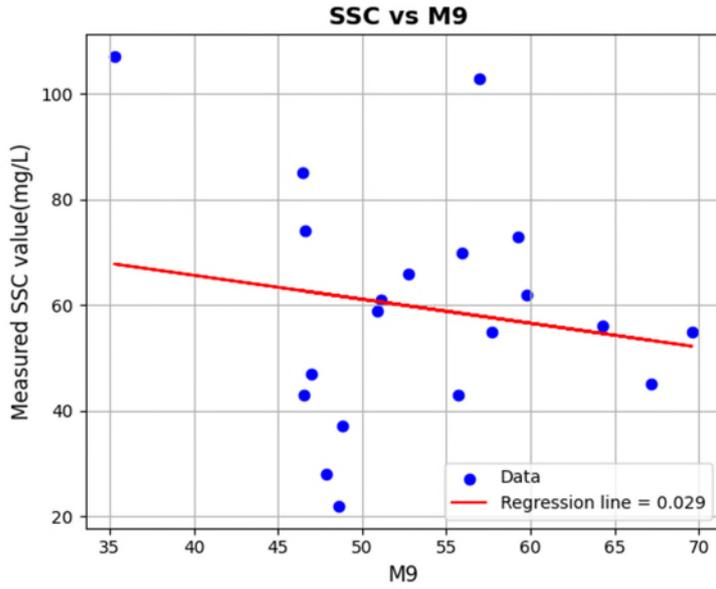


圖 十一、校正前聲學強度與懸浮顆粒濃度線性關係圖。

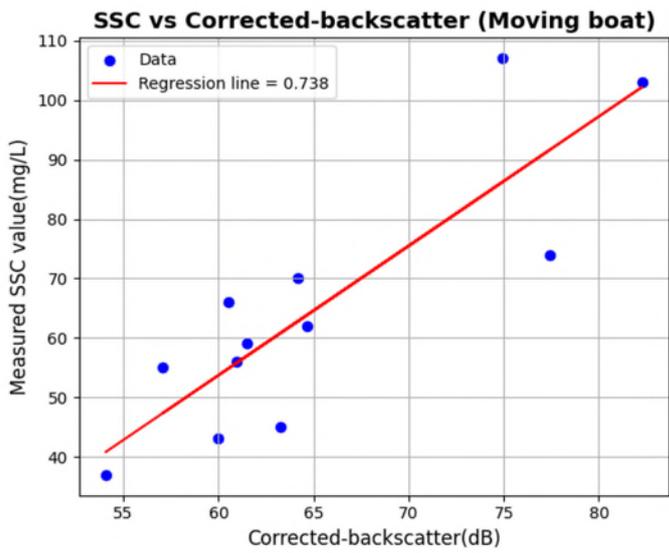


圖 十二、船測校正後聲學強度與懸浮顆粒濃度線性關係圖。

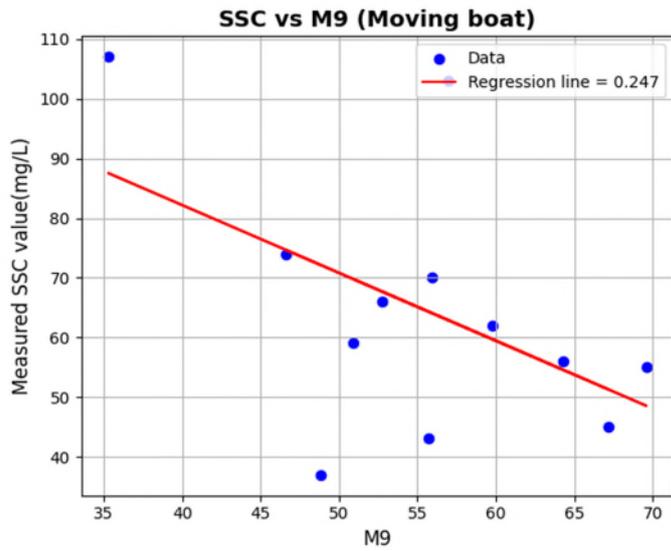


圖 十三、船測校正前聲學強度與懸浮顆粒濃度線性關係圖。

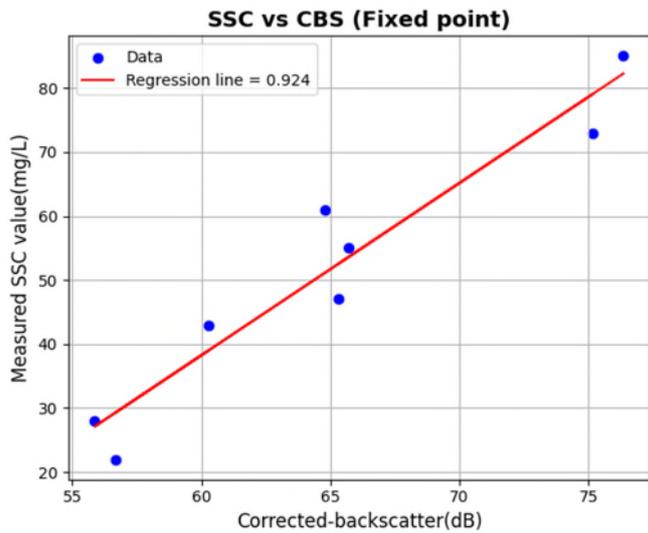


圖 十四、定點觀測校正後聲學強度與懸浮顆粒濃度線性關係圖。

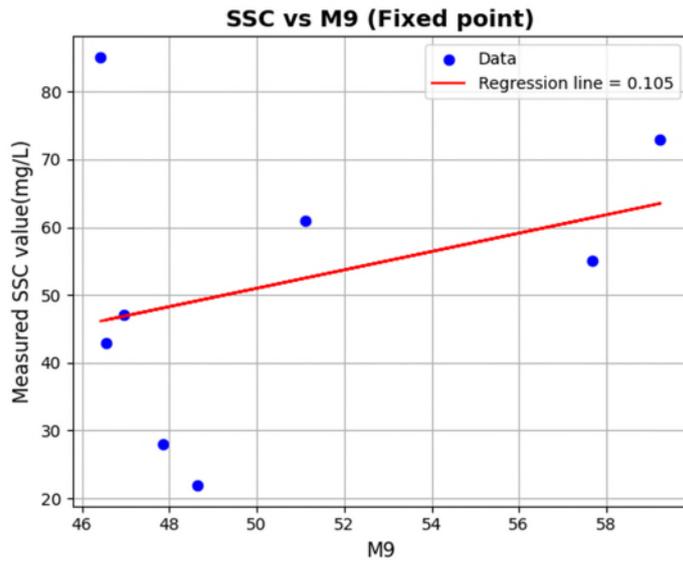


圖 十五、定點觀測校正前聲學強度與懸浮顆粒濃度線性關係圖。

## 第四章 結論

本計畫完成七股潟湖內水深與懸浮顆粒關係的測量作業，可以特別在研究船無法進行測繪區域進行施測，以完善七股潟湖水深資料之蒐集。未來將繼續整合流場資料，模擬七股潟湖懸浮顆粒運動模型，並且跟衛星資料做比較，獲得正確也精準的資料。本人於此計畫中學習 Sontek-M9 的操作流程，還有水體樣本的採集，並從中獲取寶貴經驗，這些經驗都是不可多得的，期許對未來海洋科學之發展有些許貢獻。

## 第五章 參考書目

- 李其臻。颱風特性對海岸地形影響之研究-以鹽寮海濱公園海岸為例。國立臺灣海洋大學河海工程學系碩士論文。2018。
- 楊豐安。利用泥沙收支方法探討七股潟湖演變。國立成功大學水利及海洋工程學系碩士論文。2011。
- 林宗儀。臺南七股潟湖之地形與沈積物特性研究成果報告。行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告，共9頁。2006。
- 林俊全，鄭宏祺，黃光瀛。七股潟湖沙洲地形變遷及保育策略之研究。國家公園學報。2013。23(1):24-35。
- 吳盈志、劉景毅、黃煌輝。七股潟湖沙洲地形變遷之研究。海洋工程學刊。2013。13(4):367-391。
- 張瑞津、石再添、陳翰霖。臺灣西南部臺南海岸平原地形變遷之研究。師大地理研究報告。1996。28:83-105。
- 蔣宜軒。利用多頻聲學儀器探討懸浮沉積物濃度及特性：以九龍江口與珠江口為例，國立中山大學海下科技研究所碩士論文。2018。
- Anderson, J.T., Holliday, D., Kloser, R., Reid, D., Simard, Y., Brown, C.J., Chapman, R., Coggan, R., Kieser, R., Michaels, W.L., 2007. Acoustic seabed classification of marine physical and biological landscapes. ICES Cooperative Research Reports (CRR).
- Chen, H.-W., Lee, T.-Y., Wu, L.-C., 2010. High-resolution sequence stratigraphic analysis of Late Quaternary deposits of the Changhua Coastal Plain in the frontal arc-continent collision belt of Central Taiwan. *Journal of Asian Earth Sciences* 39, 192-213.
- Cong, Y., Gu, C., Zhang, T., Gao, Y., 2021. Underwater robot sensing technology: A survey. *Fundamental Research* 1, 337-345.
- Dhian, B.-A., Wang, Hsiao.-Wen., 2023. Will Taiwan lose its lagoon? Effects of sandbar migration and sediment transport on lagoon siltation in Southwest Taiwan. *EGU23*.
- Landers, M. N., Straub, T. D., Wood, M. S., & Domanski, M. M., 2016. Sediment acoustic index method for computing continuous suspended-sediment concentrations. *U.S. Geological Survey Techniques and Methods*, <https://doi.org/10.3133/tm3C5>
- Latosinski, F. G., Szupiany, R. N., García, C. M., Guerrero, M., and Amsler, M. L., 2014. Estimation of concentration and load of suspended bed sediment in a large river by means of acoustic doppler technology. *Journal of Hydraulic Engineering*, 140(7):1-15.
- Newton, A., Brito, A.C., Icely, J.D., Derolez, V., Clara, I., Angus, S., Schernewski, G., Inácio, M., Lillebø, A.I., Sousa, A.I., Béjaoui, B., Solidoro, C., Tosic, M., Cañedo-

- Argüelles, M., Yamamuro, M., Reizopoulou, S., Tseng, H.-C., Canu, D., Roselli, L., Maanan, M., Cristina, S., Ruiz-Fernández, A.C., Lima, R.F.d., Kjerfve, B., Rubio-Cisneros, N., Pérez-Ruzafa, A., Marcos, C., Pastres, R., Pranovi, F., Snoussi, M., Turpie, J., Tuchkovenko, Y., Dyack, B., Brookes, J., Povilanskas, R., Khokhlov, V., 2018. Assessing, quantifying and valuing the ecosystem services of coastal lagoons. *Journal for Nature Conservation* 44, 50-65.
- Phuah, T.L.-K., Chang, Y.-C., 2023. Socioeconomic adaptation to geomorphological change: An empirical study in Cigu Lagoon, southwestern coast of Taiwan. *Frontiers in Environmental Science* 10.
- Wang, H.-W., Salim, A.A., LePage, B.A., 2023. Development of a wetland management plan for Taiqu Saltpan, Taiwan, by stakeholder engagement and water gate operation. *Ecology and Society* 28.
- Wosiacki, L.F.K., Suekame, H.K., Wood, M.S., Gonçalves, F.V., Bleninger, T., 2021. Mapping of suspended sediment transport using acoustic methods in a Pantanal tributary. *Environ. Monit. Assess.* 193