



108 年-澎湖縣海上養殖區域智慧監測及定位計畫 -澎湖縣箱網養殖避寒區選址調查

成果報告書

計畫主持人： 李明安

共同主持人： 李國添、藍國璋

協同主持人： 曾煥昇

中華民國 108 年 11 月 27 日



目錄

摘要	1
壹、 前言	3
貳、 計畫之規劃及執行方法	13
一、 工作架構與作業流程	13
二、 工作分項之執行方法說明	13
1. 資料蒐集	13
2. 數據分析	15
參、 結果	29
肆、 討論	60
伍、 建議	63
陸、 參考文獻	64

摘要

箱網養殖漁業是澎湖海域重要海洋產業之一，惟其經營績效常因低溫衝擊而有所影響。本計畫乃蒐集 AVHRR 遙測及現場水溫及潮流觀測資料，配合專家學者與業者等之調訪資料，進行移地養殖地點之選擇與可行性評估。結果顯示 1996 至 2016 年澎湖附近海域冬季(1~2 月)水文環境呈季節與年別變動特性，其中冬季 1 月最低表水溫(14.74°C 到 21.60°C)分佈範圍較廣，但以 2002 年 2 月份表水溫最高，約為 26.55°C；以 2008 年 2 月的表水溫最低，可低達 12.79°C。如以大環境變動現象顯示(1)反聖嬰年間，由於天候不佳，雲層遮蔽，遙測資料可用像素比例偏低，(2)澎湖附近水域相較於平常年，聖嬰現象發生時，表水溫普遍較高，而反聖嬰現象則呈現較低的表水溫，(3)此外，20°C 等溫線水溫圖也顯示，聖嬰年時，20°C 等溫線距離澎湖群島的距離較平常年遠。相對的，反聖嬰發生時，20°C 等溫線入侵澎湖群島的機率高，主要是由於反聖嬰年時，澎湖海域附近平均風速增強，導致低溫低鹽度的大陸沿岸水受到強烈的東北風吹拂，並往南侵入澎湖群島且將高溫的黑潮支流水擠壓至黑水溝以南，導致反聖嬰年間的澎湖周邊海域表水溫急遽下降，2008 年 2 月澎湖寒害更是因強風連續吹拂超過兩個星期，導致低於 13°C 的大陸沿岸水入侵澎湖群島，此為該年之澎湖週邊海域表水溫相較於其他反聖嬰年更低的主要原因之一。現場水文船測部分，業於 2019 年 8 月 26 日至 30 日間，於澎湖周邊水域所設立之 18 個測站進行探測，其探測項目包含溫度、鹽度、海流之流速流向等，各測站之海流結果大致呈現出在測站 3、4、5 及 6 之流速較小(不足 100 mm/s)，且隨著深度的增加，大部份測站之流向皆有向東偏轉的情況。海流錨定測量方面，地點選定於青灣，由探測結果可看出，隨著時間推移-由小潮(10 月 22 日)至大潮(10 月 29 日)，海流強度增加，其小潮的時候流速大約介於 0.05~0.3 m/s 之間，而在 29 日大潮之時，海流流速最高可達 0.34 m/s。若將此處水層以每 1m 區分後觀之，其 10m、5m 與 1m 的流向較一致，其它水層之流向則較為分散。此外，亦已完成收集經濟部水利署設置於澎湖北海浮標海溫測站、水試所近年來之現場水文環境實測資料，並建置基礎水文環境資料庫。

此外，本研究進一步整合正常年與反聖嬰期間箱網養殖避寒選址海域之評估結果發現，冬季之內海與內灣海域水溫均屬負離均差(亦即較平均水溫低)的特徵，將影響箱網養殖魚類的成



長，建議冬季期間應考慮移地養殖的可行性。再由移地養殖區評估資料顯示，其中池西海域之冬季水溫屬負離均差狀況，建議不予納入評估外，經各項條件評估後之養殖避寒海域依序可考慮內垵-風坑海域、青灣-風櫃海域、蒔裡海域、案山-菜園近岸海域、內垵-白馬崎海域等海域為冬季(12月至翌年3月)移地養殖暫置區。惟前述評估結果尚未納入專家學者的經驗分析，篩選具有顯著重要且共識的評估指標暨權重，以及尚未掌握冬季各移地養殖區之潮流大小等環境資訊，故建議應持續調查以詳實提供寒害入侵期可移地抗風、抗浪暫置區選擇的完整資訊。

壹、前言

1. 澎湖周邊海洋環境

澎湖群島位於台灣本島西部的台灣海峽中段，由 90 個島嶼所組成，低潮時的總面積約為 141 平方公里，其海底地形與水文特徵較為複雜(圖一)：位於澎湖西南端的南台灣海峽，其深度僅及 20 公尺左右，俗稱「台灣淺灘」；其北端則是由彰化、雲林海岸向西北延伸約達海峽中線附近，水深 40 公尺以淺之隆起地形，俗稱「雲彰隆起」；而澎湖的東方海域，水深由雲彰隆起南端之 60 公尺，往南深度快速增加；且水深達 100 公尺、200 公尺後，深水道亦變寬闊，而這一水道有經年向北之海流就是台灣黑潮支流。其由南往北水道漸窄，水流湍急，水色深藍，就被稱為「黑水溝」；黑水溝不只止於雲彰隆起，而且此 60 公尺水道貫穿澎湖西北端與西北走向之雲彰隆起的南端，連貫烏丘凹陷，讓黑水溝帶來之黑潮支流暖流盤踞於澎湖之北部；另一方面冬季強勁之東北季風之持續吹拂，讓中國大陸沿岸流向南流，至海峽中部以北附近水域擴張至台灣北部海域(圖二)，在雲彰隆起北側受地形所阻而向東逆時迴轉並靠近台灣西岸流向東北，因此東季低溫、低鹽、高混濁度之大陸沿岸水受制於雲彰隆起及隆起南端之 60 米水道的黑潮支流水所阻擋，不易向南端之澎湖水域擴張，而形成明顯的冷暖水鋒面對峙於雲彰隆起附近水域之狀態。

在水文環境與氣候方面，因北迴歸線 23 度 27 分穿過澎湖之虎井嶼南方，而佔澎湖群島總面積 95 % 以上的馬公島、西嶼島、白沙島、吉貝島均在北迴歸線以北，加上澎湖位於台灣海峽中間，島上又沒高山，東臨台灣嘉義、西濱金門福建，受東北季風、西南季風吹拂之影響，屬亞熱帶氣候區，年平均氣溫約在 22~23 °C 間，最冷月份之平均氣溫約為 16 °C 左右，最暖月份的平均氣溫約為 28 °C，大異於同一緯度的嘉南平原。而上述群島間所形成之澎湖內灣水域則受惠黑水溝之黑潮支流及雲彰隆起之屏蔽，讓澎湖水域即使在冬季最冷之 1、2 月份，其平均表水溫亦在 22 °C 左右。

海洋生物相方面，澎湖周邊水域之生物相普查多著重於周圍沿海海域及亞潮帶，如張等(1992)針對澎湖北部海域(包含自白沙鄉通梁村北岸至湖西鄉，即沙港以北至目斗嶼海域)之藻

類(藍藻 2 種、綠藻 20 種、褐藻 11 種、紅藻 30 種)、經濟性魚類(71 科 324 種，適合開發成為休閒船釣區域)、礁岩性魚類(39 科 118 種，以吉貝島有最多種類數，並以隆頭魚科為最優勢種類)、珊瑚及海底景觀(以石珊瑚中的菊珊瑚科為主要優勢)、底棲無脊椎動物(軟體動物 147 種、節肢動物 75 種、棘皮動物 32 種)等資源調查研究；陳等(1993)針對澎湖東部海域(包含沙港、青螺、白坑、南北寮、湖西、菓葉、尖山、龍門及林投)之岩礁性魚類(52 科 255 種，以隆頭魚科之魚種類最多)、經濟性魚類(53 科 130 種，以隆頭魚科之魚類為最優勢種)、藻類(綠藻 31 種、褐藻 11 種、紅藻 59 種)、底棲無脊椎動物(種類不多，分布範圍有限)、珊瑚及海底景觀(珊瑚有 10 科 98 種，以石珊瑚為主要優勢)、海洋哺乳動物(海豚)等資源調查研究；張等(1993)針對澎湖內海(包含白沙島以南、漁翁島以東、中屯島及澎湖本島以西所環繞之海域)之藻類(藍藻 3 種、綠藻 14 種、褐藻 14 種、紅藻 14 種)、經濟性魚類(29 科 60 種)、礁岩性魚類(36 科 118 種，以風櫃尾的魚種數最多，並以隆頭魚科為最優勢種類)、珊瑚及海底景觀(以造石珊瑚類為主要優勢種，軟珊瑚甚少)、底棲無脊椎動物(軟體動物 196 種、節肢動物 89 種、棘皮動物 36 種)等資源調查研究，亦指出內海海域為適合高經濟魚類的箱網養殖及牡蠣養殖區域；方等(1993)針對澎湖南部海域(包含自風櫃其至隘門，如七美、望安等大小島嶼之海域)之藻類(紅藻 37 種、褐藻 14 種、綠藻 18 種、藍藻 2 種)、經濟性魚類(漁產量逐漸減少、魚類體型小型化)、礁岩性魚類(47 科 183 種，並以隆頭魚科為最優勢種類)、珊瑚及海底景觀(該海域甚少軟珊瑚，石珊瑚群聚則呈不連續的塊狀分布，但不分珊瑚之單種群體直徑可達數公尺以上)、底棲無脊椎動物等資源調查研究，並提出該海域適合發展觀光漁業、潛水休閒之產業；曾等(2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009)則針對澎湖本島馬公市湖西鄉、白沙鄉、西嶼鄉及離島之鳥嶼與將軍等數個潮間帶樣區之大型海藻、無脊椎動物及魚類進行物種調查，由其結果得知澎湖海域及潮間帶海洋生物種類豐富，出現物種十分多樣化，但對於不同棲地型態之潮間帶，長期間的生物相消長及受激烈天候變化造成的影響則未有詳細的探討。

2. 澎湖漁業現況

漁業經濟方面，根據漁業統計年報近 20 餘年(1992~2017 年)來的資料顯示，澎湖近海漁業

主要包含中小型拖網、流刺網、巾著網、一支釣及雜魚延繩釣等；沿岸漁業則包含在沿岸海域以石滬、定置網、流刺網及竿釣等方式，從事漁撈作業或採捕藻類、貝類；養殖則以淺海或內灣之養殖為主，主要包含箱網養殖，養殖種類包含養殖暖溫性之海鱺(*Rachycentron canadum*)、金鯧(*Trachinotus blochii*)、龍膽石斑(*Epinephelus lanceolatus*)、金目鱸(*Lates calcarifer*)、嘉鱾(*Pagrus major*)、鮫魚(*Miichthys miiuy*)、紫菜及蝦類等高經濟價值之漁產養殖，因水域水質良好，產品之肉質備受肯定，加上 1980 年代後期，過度依賴水土資源的臺灣養殖業發展受到侷限，澎湖箱網養殖漁業成為開創養殖業第二春希望之所託(圖三)。

3. 澎湖水域箱網養殖近況

箱網養殖，係一種以網具在自然水體中圍築成立體空間（稱為網袋），並以錨錠纜繩固定於特定海域防止流失，且在所圍築的立體空間內，以人工方式飼養水產生物的養殖方法。臺灣箱網養殖已有 30 年以上的歷史，最早由澎湖內灣開始，爾後規模逐漸擴大，並在屏東、小琉球、宜蘭、新竹、花蓮及臺東等地相繼有業者進行試養。然而，在宜蘭、新竹、花蓮及臺東等地分別因颱風、東北季風及箱網養殖技術未成熟等影響之下，未能成功推廣，但屏東及澎湖兩地箱網養殖之產量、產值仍快速增加。主要養殖魚種為鯛類、海鱺及石斑類，養殖期約 1 至 2 年，但近年來則以養殖成長快速的海鱺為主，外銷日本市場，及養殖石斑類外銷中國大陸市場，箱網養殖之主要產地集中在澎湖、屏東及小琉球等地。

澎湖之箱網養殖規格大致可區分為四角型箱網及圓型箱網 2 種型式，以四角型箱網居多數，圓型箱網則自國外引進。四角型箱網每只規格邊長 3 至 10 公尺，深 4 至 8 公尺，主要集中在竹灣、通樑、時裡及虎井等地；國外引進圓型箱網圓周有 60 公尺及 40 公尺 2 種規格，深 6 公尺。養殖種類以海鱺最多，約佔總產量 50%。因海鱺成長快速，使用人工飼料養成 1 年可達到 6 至 8 公斤，2 年可達 15 公斤以上，成長速度數倍於其他魚種，頗具潛力，為目前最受青睞之養殖魚種之一。

整體而言，澎湖沿近海之漁業生產雖仍有區段性的起伏，但整體仍呈現急遽衰退的窘境，1992 年時約有 36,292 公噸之漁獲量，至 2016 年時則僅剩 5,704 公噸；澎湖漁戶人口目前(2017

年)僅約佔全縣人口的五分之一，早期(2008 年以前)仍有四分之一左右，整體結果皆顯示漁戶人口數呈現下降的趨勢；漁船數量方面，亦呈現下降的趨勢；漁獲產量及組成結構主要包含近海漁業、沿岸漁業及海面養殖等，早期漁業總產量有八成以上來自近海漁業，近年來近海漁業的比例下降(約佔漁業產量的五至六成)，取而代之的是海面養殖的產量增加迅速，幾乎與沿岸漁業的產量並駕齊驅雖；漁業總產值早期有八成五來自近海漁業，近年由於海面養殖水產品的相對單價高，產量提高下，近海漁業的產值約佔漁業產值的五成，海面養殖約佔三至四成，沿岸漁業則約二成的產值。於 2008 年 1 月 30 日，澎湖海籠箱網養殖開始發現零星死亡案例，至 2 月 8 日(農曆年初二)開始發現澎湖海域魚類大量死亡，此時表水溫約在 13°C 上下，後經研究證實此一現象應是低溫、低鹽、高混濁度大陸沿岸水入侵而致之(李, 2008; Chang et al., 2009)，且持續時間頗長(從 1 月底開始至 2 月底)，所以高混濁度之低溫沿岸水可能掩埋珊瑚礁之共生藻，也足以使冷血動物的珊瑚礁區水生動物死亡，即使洄游性魚類也將因臺灣淺灘太淺、冷水範圍太大，無法逃避而受難，據估計沿近海漁業生物的損失可達 70 公噸以上，漁業經濟損失亦有 3.5 億元以上。

由於澎湖群島位處臺灣海峽中間，又缺乏高山之屏蔽，在東北季風期間易受強勁季風吹佛影響，特別是持續性之大陸冷高壓之南下，常將低溫、低鹽、高混濁度之大陸沿岸水入侵澎湖內灣水域，並對澎湖之箱網養殖帶來極端氣候與海象之災害，導致大規模的養殖魚類死亡或箱網被摧毀事件，特別是每年冬天之寒潮入侵常給 8 家共 1,000 口箱網養殖業者帶來巨大損失與虧損。過去針對澎湖寒害入侵影響之研究，主要以沿近岸漁業資源與潮間帶生物相為主，並了解異常冷水入侵後，對不同漁業資源的恢復速度與情況，以作為擬定適當的資源保育及復育政策之參考，但並未針對箱網損失與海洋環境變動機制和可移地暫置區進行相關研究。澎湖箱網養殖近年來之產量、產值因氣象災害而呈現劇烈變動，年產值在 1 億到 2.5 億間，即平均之年災損相對於沒災損之年度達三分之一以上，值此箱網養殖蓬勃發展之際，亟需以公權力規劃箱網養殖於寒害入侵期可移地抗風、抗浪暫置區，即可避開寒潮之暫養地點之選擇。

4. 箱網養殖區選址原則

箱網養殖區規劃必須考慮之因素包括天候狀況、海況條件及地理位置，此等因素將直接影響箱網養殖之結構安全、投資成本、作業之便利性、產銷通路之掌握、養殖魚種之選擇、養殖魚之活成率養殖魚之品質與換肉率等。因此，箱網養殖區域之選擇，將悠關箱網養殖之成敗，良好區域之選擇，即為日後獲利的保證。其各項因素，分述如下：

一、天候狀況

臺灣四季氣候變化明顯，各地之天候狀況不同，其對箱網養殖影響最大的包括：東北季風、落山風、颱風及因降雨導致河川排水及漂流木對養殖魚種及箱網結構之影響等。東北季風、落山風會造成作業不便，或無法出海作業，尤其是海鱸魚若超過 2 天沒餵食，則餌料之換肉率及油脂含量將會大量降低，導致養殖成本增加、品質下降。颱風則會導致養殖設施毀損及養殖魚死亡，而河川則因注入大量淡水及帶來流木，易導致海水濁度太高或鹽度變化，致使養殖魚死亡或網具遭漂流木破壞等，因此將此等因素列為天候考量之因素。

(一) 東北季風、落山風

臺灣由於地處亞熱帶，每年冬季東北季風強烈，在澎湖甚至自每年 10 月中旬至次年 4 月中旬，東北風風力強烈，海面風浪大。因此，在東北季風強烈吹襲之海域並不適合進行箱網養殖，而在苗栗以北，每年東北季風強烈，故較少具備設置箱網養殖之地點。另根據屏東箱網養殖業者經驗，從枋山、楓港至恆春一帶，落山風強烈，落山風乃因東北風沿中央山脈南下，至枋山一帶因中央山脈至此結束，故在此下降所形成，故在天氣之預測上較難掌握，其強度時常會造成作業上的不便甚至無法作業，故亦將其列為考慮之因素。

(二) 颱風影響

颱風是發生在熱帶海面上的氣旋，尤其在北緯 10 度至 15 度一帶是最容易形成颱風的區域；而侵襲臺灣的颱風大都來自北太平洋西部，發生地點以加羅林群島、馬利安納群島和帛琉群島附近一帶最多，另外也有部分來自南中國海海面，但次數較少。因颱風發生的環境，必須有較高的氣溫及大量的水汽，發生對流作用及不同的風向，且發生波動而造成旋渦等，故以夏、秋季時的海面環境較為適合。過了秋季，太陽直射部分往南移，南半球之東南信風不能侵入北半

球，能形成颱風的機會較少，所以在北半球颱風多發生在七、八、九三個月；十二月至翌年四月間則極少發生。根據統計，近百年來颱風發生之頻率以八月份最多，其次為七月及九月，所以每年七、八、九三個月為颱風侵襲臺灣最多的時期。而每年颱風侵襲臺灣東海岸的機率非常高，因此在臺灣東海岸雖有適當的水深及良好的作業基地港口，但至目前為止則仍未有箱網養殖存在，颱風乃為最大之影響因素，除非設計出可便於避颱又符合經濟效益之箱網結構，否則在推廣上難度較高。

(三) 河川(海域濁度、漂流物)

靠近河川附近之地點，除水質容易受注入河水之影響外，若遇颱風或大量降雨時，除影響鹽度外，河水常會夾帶大量的泥沙及漂流物沖入海中，泥沙會導致海水濁度升高；再加上波浪之作用，養殖魚種會與箱網摩擦，進而造成大量或全數死亡；而漂流物則會破壞箱網使魚群逃逸，此影響已在過去一些颱風路徑經驗中得到驗證。

二、海況條件

包括海潮流、水深、水質、波浪、水溫、潮差及底質等。此等考量因素主要係顧及箱網設置後結構之安全性，並與養殖魚種之活存率與結構成本等息息相關。

(一) 潮流(2 節以下)

潮流之流速大小將直接影響箱網之受力及網形變化。根據國內外研究指出，當潮流在 1.5 節或以上時，箱網之容積將小於二分之一，且此種情形若每日持續時間超過 3 小時以上時，即不適合箱網養殖，而瞬間流速超過 2.5 節時，則會影響餌料的換肉率，增加餌料成本。

(二) 水深(60 公尺以內)

一般適宜箱網設置之水深以 15-45 公尺最適宜，此考慮因素除材料成本之考量外，並需顧及若遇颱風來襲時，仍有足夠空間讓箱網沉降至適當水深，以減少颱風之衝擊，除非養殖鮪類等大型洄游性魚類，始須更大之水深以配合大型箱網之設置。而水深低於 10 公尺時，則在颱風過境時，易將海底之底質翻起，進而影響錨錠之固著力，同時因水質變濁後，養殖魚種之魚體易與箱網衝撞、導致死亡，此情況在過去颱風經過澎湖時，已獲得印證。此外，水深足夠的好

處，即為水質受河川影響較小、且溫度較穩定。

(三) 水質(溶氧量、酸鹼值、鹽度)

水質穩定與否和養殖魚種之成長與健康息息相關，水質不好則養殖魚種容易因體質較差，而成長不良或得病甚至死亡，通常考慮之項目包括溶氧量、酸鹼值、鹽度等，此3項水質因素基本上在外海問題不大，但在臺灣西海岸部分則需另外再增加考慮污染問題。

(四) 波浪

一般風力在七級、浪高2公尺時作業即相當不便，若風浪更強時則對於網具將會產生破壞力。而東北季風、落山風及西南氣流均有能力造成此等波浪，但因落山風及西南氣流影響時間較短暫，雖為考慮的因素之一，但因影響時間較為短暫，尚可略為忽略。然而，東北季風所引起之波浪則不可不加以考慮，因為臺灣地區東北季風將持續幾個月，而澎湖地區之東北季風自每年10月中旬至次年4月中旬，影響期間更是長達6個月，尤其以農曆年節期間前後最為強盛，風力強烈，海面風浪大，如若強盛之東北季風又夾帶低溫，形成「寒流」等級，如養殖地點避風不佳，往往造成重大損失。

(五) 水溫

此與飼養目標魚種之適水溫息息相關。一般若飼養該地區之本地魚種，水溫應不致有太大問題，而臺灣南部的水溫，因東北季風無法到達，故比北部相對穩定，而東部因水深較深，又有黑潮經過，故又比西部穩定。在澎湖內灣海域，因潮間帶長，面積廣闊，在退潮時會露出水面，易受氣溫之影響，進而造成水溫的變化，故水溫變化比外海明顯，且較不穩定。

(六) 潮汐、潮差

潮差對箱網之影響較小，但當潮差過大時，將影響箱網繫纜索所受之張力，使得繫纜索將因受力過大而產生延伸，間接影響箱網之展開及固定效果，尤其在退潮時，固定幹繩較鬆弛，因此，網具展開不良，若恰巧遭遇颱風來襲，則其影響更大。

(七) 底質

箱網設置地點之底質與箱網錨泊、殘餌、魚類排泄物之沉積與去化有關，一般不論使用鐵錨或水泥塊錨錠，底質之選擇以沙質、泥質為佳。但若考慮殘餌及魚類排泄物之去化等問題，

則以珊瑚礁底為佳，唯箱網應與海底之珊瑚礁保持適當之距離，及免箱網底部與珊瑚礁摩擦而破網，致使養殖魚逃逸。

三、地理位置

地理位置之因素包括是否臨近大都會區、交通之便利性、公共設施是否完善、管理之方便性等等。此考量因素是為顧及養殖飼料、魚產運銷等問題，可減輕魚貨運銷之成本及活魚供應提高魚價以利收益。

(一) 養殖範圍大小

以目前養殖魚之單價而言，與過去高單價高利潤的情形不同，箱網養殖必須具有一定規模才具有經濟效益，而為考慮魚苗之耐波及耐流能力與投餌方式之不同，及加入 WTO 後以活魚及冰鮮魚在市場上，最具備與進口魚產品的價格競爭力，故增加考慮中間蓄養區之設置，並應鼓勵分段養殖，以降低風險，加速資金週轉，提高收益。

(二) 作業、交通、運銷便利(是否臨近大都會區)

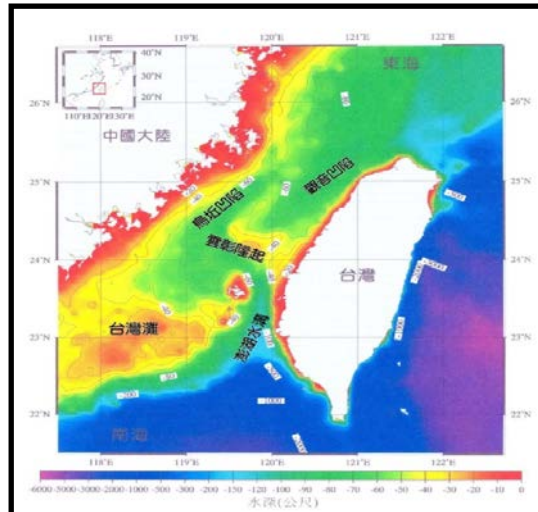
箱網養殖區附近必須具備作業基地港口，且需臨近大都會區，以利箱網設置、飼料運輸、養殖魚之販售等，故交通之便利性與成本關係密切，且因東方人之食魚文化與西方人不同，東方人喜歡整條魚吃，而且更喜歡吃活魚，因此，以活魚形式販售價格最高。若箱網養殖區臨近大都會區，則可以活魚供應販售或提供魚池海釣，不需冰藏或加工，運費成本低、售價高，且大都會區消費能力強，消費數量多。如養殖魚種以大量販售，並非以活魚販售，則必須考量冷凍設備之因素，確保養殖魚種之鮮度。另外，箱網養殖時常會面臨盜魚、偷釣魚及蓄意破壞等情事，因此，箱網選址是否便於管理，更是業者必須要考量的因素。

4.計畫目的與執行項目

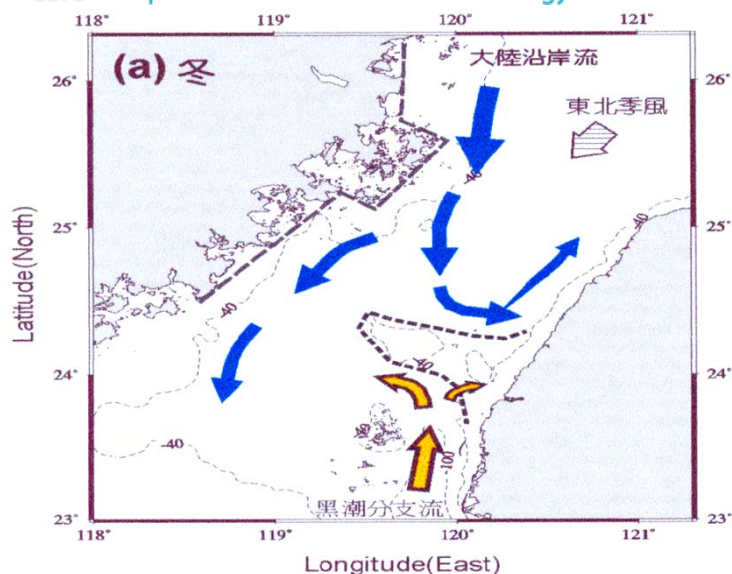
綜上所述，本研究旨在以公權力規劃箱網養殖於寒害入侵期可移地抗風、抗浪之暫置區，即可避開寒潮之暫養地點選擇。具體目標有三：(一) 寒潮入侵澎湖箱網養殖區受損程度與海洋水文因子之相關性分析；(二) 可避開寒潮之箱網養殖地點評估；(三) 完成寒潮入侵模式及

移地養殖地點之水文氣象特性分析及寒潮入侵可行性與移地養殖地點之具體建議。本年度之計畫推動目標與工作項目如下所示：

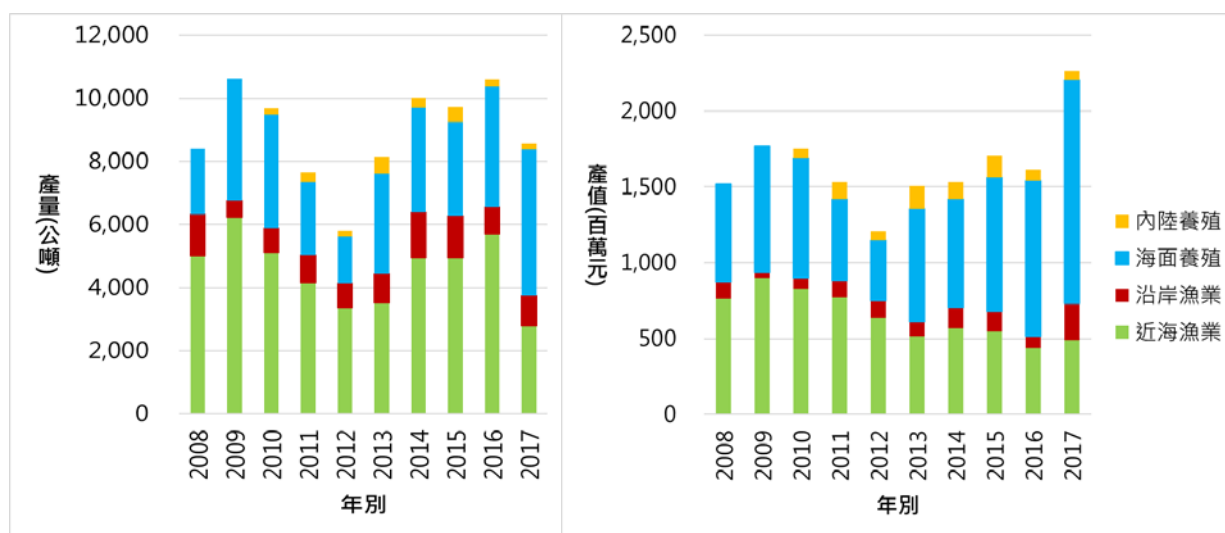
1. 收集澎湖周邊海域之歷年(1995 年迄今)衛星遙測海洋環境資料，包含表水溫、風場與流速等資料。
2. 進行澎湖箱內灣海域現場水文環境資料收集(包含船測與固定錨泊測站)。
3. 建置澎湖周邊與內灣海域水文環境資料庫。
4. 分析歷年冬季澎湖海域水文因子與寒潮入侵之變動特性。
5. 完成 1 處移地養殖地點之選擇與可行性評估。



圖一、台灣海峽及其週邊海域水深分布圖(取自詹森，2002)。



圖二、平常年冬季台灣海峽海流及季風示意圖 (取自詹森，2002)。

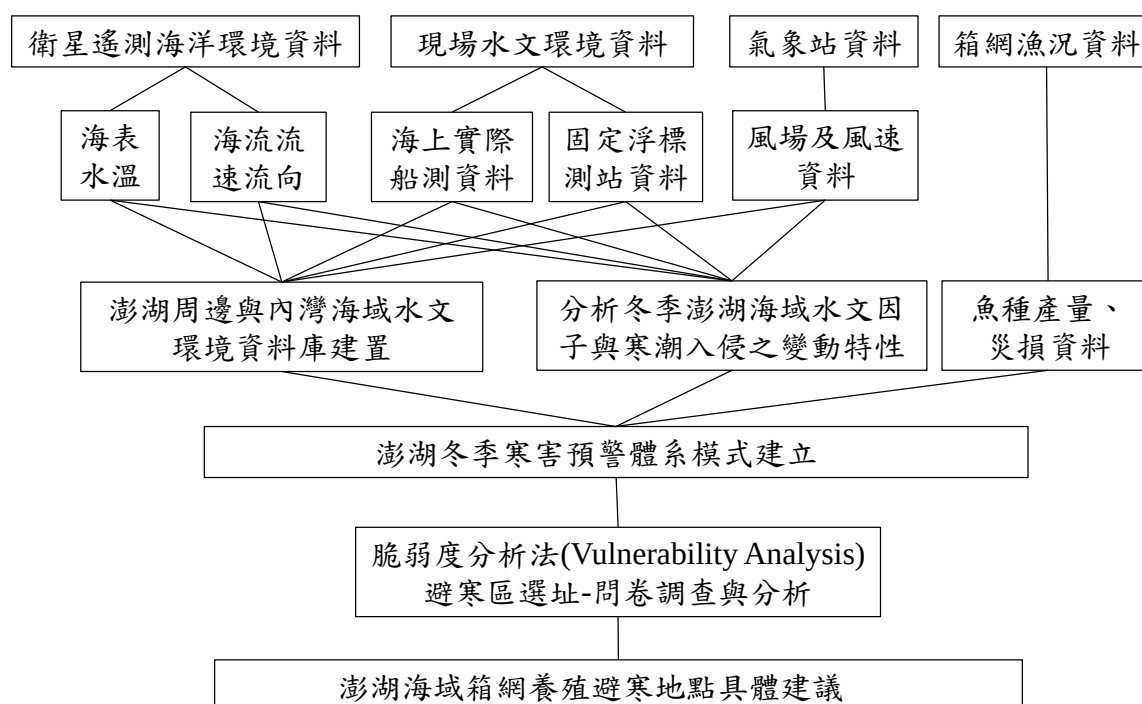


圖三 2008 年至 2017 年間，澎湖沿近海漁業與養殖漁業產量與產值變動圖。

貳、計畫之規劃及執行方法

一、工作架構與作業流程

本研究計畫之整體工作架構與作業流程如圖四所示，本項調查工作將整合衛星遙測海洋資料、海上現場實測水文資料(包含定點測站及固定浮標測站)、澎湖氣象站資料及收集箱網養殖之漁況資料，透過統計模式(脆弱度分析法)即問卷調查等方式，以建構出未來冬季時期的澎湖海上箱網養殖避寒地點建議。



圖四、澎湖縣海上箱網養殖區域智慧監測及避寒選址調查架構示意圖。

二、工作分項之執行方法說明

1. 資料蒐集

(1). 衛星遙測系統與海洋環境(表水溫影像)資料收集：NOAA 系列衛星為繞極軌道衛星，其繞地球一周所需時間為102分鐘，因此每日通過同一地面附近之上空有2次，每次接收時間以最大仰角30 度以上通過衛星，最長需要12~15分鐘，其上所裝載之極精密高解析輻射儀

(AVHRR)，具有狹波、高靈敏度、高空間解像力及優良的資料訊號傳遞系統之特質。除了受雲層遮蔽、大氣組成成分衰減吸收、及軌道特性變化等些許限制外，其所獲得之高精度資料，已足夠提供大部分海洋徵候與環境調查上之所需。本研究係利用海洋大學環境生物與漁業科學學系衛星遙測接收站(北緯25度8.98分、東經121度46.34分)之HRPT衛星影像接收系統所接收的表水溫資料(圖五)，主要部份包括外部構造(包含天線接收裝置及追蹤裝置)和內部構造(包含工作站、訊號同步介面與處理解析軟體Terascan Software裝置等)兩方面，此系統目前可接收NOAA-12、15、16、17 與18 號繞極衛星之AVHRR data，則每日可接收8~10 個影像(pass)。

本研究收集了1996年至2016年共20年之冬季(1、2月)的衛星影像資料，再進一步依照衛星資料後處理流程，首先將衛星接收之原始資料經由選取分析範圍及衛星頻道、計算反照率及亮度溫度、訊號遺失補正、衛星航行誤差校正、雲陸濾除、大氣效應、多頻道海表溫計算及投影校正、濃度切取、影像著色及強化、衛星影像成形等一系列的處理流程後最後轉出影像檔及ASCII(American Standard Code for Information Interchange;美國資訊交換標準碼)檔(圖六)，其精密度可達 0.1°C (Lee et al., 2005)。衛星遙測表水溫日別水溫資料擷取範圍如圖七所示(黑色正方形框，中心位置為 23.75°N ， 119.25°E)。

(2). 現場水文環境資料收集：本項資料蒐集包含以下兩部分：

(一) 租用漁船於澎湖內灣海域設置現場水文環境收集測站：本項現場水文資料蒐集預定設置 18 個測站點，部分測站點位置與現有之箱網養殖區位置接近，其各測站位置及經緯度資料詳如圖八及表一所示。各測站之測定方式為，當租用之漁船到達所設定之實驗測站時，即停船並下放溫鹽深度探測儀(Conductivity Temperature Depth profiler, CTD)至離海底 5 公尺水層處後上揚，以收集該測站的鹽度、溫度等水文環境數據。另亦以由上(海表面)往下(海底)之方式，以聲學都卜勒流速剖面海流儀 (Acoustic Doppler Current Profiler, ADCP) 探測各測站的海流之流速及流向等參數。

(二) 收集澎湖觀測系統於定點海域測量之水文資料：此項目之固定錨泊測站水文資料蒐集，包含經濟部水利署設置於澎湖北海之浮標海溫測站之逐時海溫資料(Penghu Buoy-46735A)，東經 119.5519° 度、北緯 23.7269° 度)(圖九)；水產試驗所之海洋水質水溫 WSN 觀測站(圖十)，

包含底碇式的目斗嶼測站(N23°47'05.6", E119°35'58.0")、海墘嶼測站(N23°34.8309', E119°32.4261')、東吉嶼測站(N23°15'19.5", E119°40'01.1")、浮標式的二崁海域測站(N23°36.8946', E119°31.6745')及澎南海域測站(N23°32.1833', E119°34.6214')，建立即時同步水文環境傳輸資料系統。

(3). 澎湖氣象站風速資料：根據 Jan and Chao (2003)研究指出，冬季澎湖海域黑潮支流流量與風速相關，為觀測臺灣冬季時期東北季風長期強弱的變化差異，本研究現場風速資料採用由交通部中央氣象局澎湖氣象站(467350)所提供的逐月逐日平均風速氣象資料(如圖十一所示)，其觀測位置位於澎湖縣馬公市新興路 2 號(N23°34'02", E119°33'19")。

(4). 澎湖海域箱網漁業各魚種產量與受寒潮入侵損失資料收集：為瞭解冷水入侵前後之箱網漁業受寒潮入侵災損變動情況，本研究將蒐集歷年來澎湖海域箱網養殖各魚種產量與受寒潮入侵災損資料，包含箱網設置位置、各魚種日別產量與寒潮入侵之損失量，將其漁獲資料之日別產量與損失量與長期環境因子做對照。

2. 數據分析

(1). 海洋聖嬰指數：海洋聖嬰指數用來分辨聖嬰及反聖嬰現象持續的時間，資料下載自美國海洋暨大氣總署(National Oceanic Atmospheric Administration, NOAA)氣候預測中心。計算方式係使用 Nino3.4 區域(5°N-5°S, 120°W-170°W)的每月海水表面溫度為基準，三個月的移動平均再扣除長期月平均值得到該月海水表面溫度異常值數據(圖十二)。聖嬰與反聖嬰現象之定義為當連續 5 個月異常值在 0.5°C 以上為聖嬰(El Nino)事件，連續 5 個月在 -0.5°C 以下則為反聖嬰(La Nina)事件。

(2). 海流之流速及流向分析：聲學都卜勒流速剖面海流儀係利用四個音鼓，發出一組持續時間很短、類似脈衝(pulse)型態的聲波波列，並依「都卜勒效應」來量測該水域之海流情況(圖十三)。本研究所使用之海流儀作業時，從四個音鼓可以獲得沿著各音鼓所發四股音束上，不同深度距離各點回波之頻率偏移量(頻率增加表示該點海流為向著音鼓方向，頻率變小則為離開音鼓方向)，根據頻率偏移量可算出流速分量。然而這些流速分量只是船與水體的相對速度，

並非真正的海流流速，需再根據船艏方向以決定相對速度在地理座標上的方向，然後扣除船速(航向、航行速率；由於風、浪以及流的影響，船隻航向與船艏向不一定會相同；另外船載式 ADCP 系統還有一項特別的循底模式-bottom tracking mode-功能，也就是 ADCP 系統會定時發出一組長聲波信號去量測海底與船的相對速度，由於海底並不會移動，因此便可得出船速、船向)，並經修正後才能得出海流流速。本研究以每 30 秒進行一次流速測定，每站共測定 10 分鐘。

(3). 澎湖內灣海域葉綠素濃度觀測與分析：2018 年 11 月至 2019 年 10 月之間的葉綠素濃度資料，係透過 MODIS(Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer)水色衛星資料擷取與分析及處理。此一資料採用 O'Reilly et al. (1998)之波長 490nm 與 550nm 之輻射能量比值與葉綠素含量成一多項式指數關係進行估測，其公式為：

$$C = -0.040 + 10^{(0.341 - 3.001X + 2.811X^2 - 2.041X^3)}$$

其中 C 代表葉綠素 a 濃度含量，而 X 代表波長 490nm 與 550nm 之海水表面輻射能量對數比值

$$X = \log_{10} \frac{R_{rs}(490)}{R_{rs}(550)}$$

此後再經由 GIS 軟體切取所需範圍、載入 chl-a 值、投影校正，而得到影像檔及 ASCII 檔。

(4). 澎湖內灣海域水文模式及寒害預警體系模式建立：整合蒐集所得之遙測與現場水文環境資料，分析如受氣候變異影響時澎湖週邊水域之水文環境資料時空分布，分析澎湖內灣及週邊水域表水溫、風向與風速資料間之關聯性，以類似法或數理模式建立大陸沿岸水入侵澎湖水域之預警模式。本計畫參考 Chang et al. (2013)之研究結果，以澎湖群島中心位置(23.5°N, 119.5°E) 為參考點，量測 20°C 等溫線距參考點 45 度方向之距離變化，並且與風速大於 6 m/s 之累積天數比較，探討兩者之變化趨勢，以作為寒害預警模式初步建構之基礎。

(5). 澎湖海域環境資料網格化：本研究進一步將空間資料網格化，以分析澎湖群島周邊海域範圍(北緯 23.5°至 23.65°、東經 119.45°至 119.6°，圖十四之紅色框位置)之表水溫資料，以利了解寒潮入侵澎湖海域的水文變動情形。將此範圍以 0.025°×0.025°之解析度劃將研究區域劃分為 7×7 的網格，緯度劃分為 23.5°、23.525°、23.55°、23.575°、23.6°、23.625°以及 23.65°，

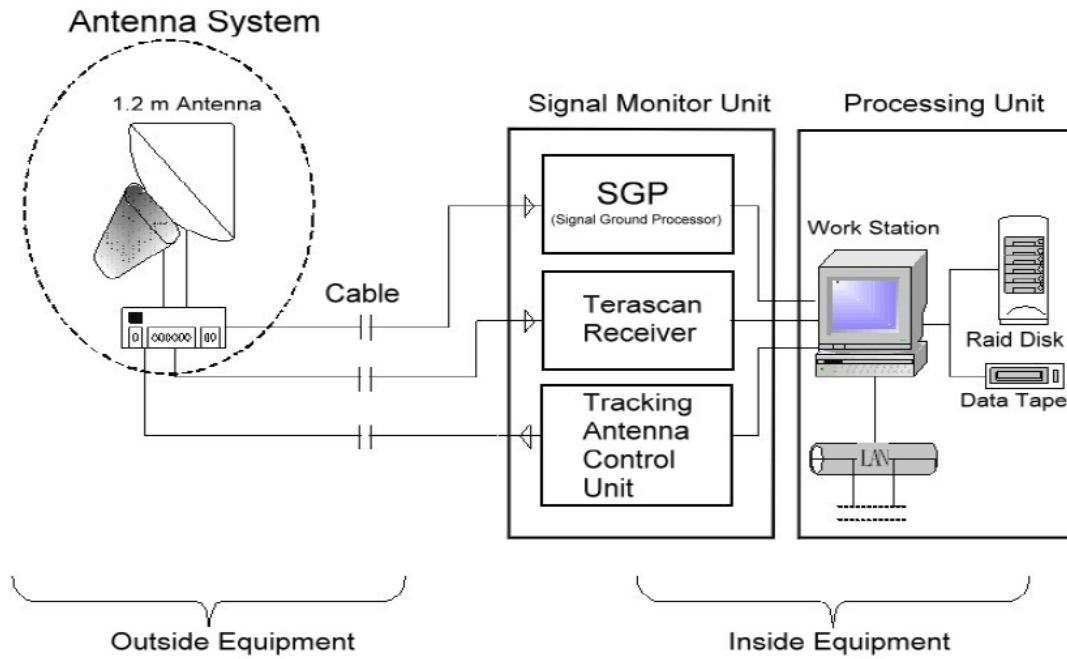
經度則是 119.45°、119.475°、119.5°、119.525°、119.55°、119.575°以及 119.6°，在扣除陸地之空白網格(灰色區域)，最終此本研究範圍內總共有 33 個網格(圖十四、表二)。本研究選取並讀取強反聖嬰年(1999 年、2008 年及 2011 年)冬季 1、2 月網格內日別表水溫資料，並計算其平均值以及離均差，最後依照各網格離均差變化成度區分為六個等級(等級劃分為：高負離均差 -100%~-66.7%；中負離均差 -66.7%~-33.3%；低負離均差 -33.3%~0；低正離均差 0~33.3%；中正離均差 33.3%~66.7%；高正離均差 66.7%~100%)，以利得知當反聖嬰年冷水進入澎湖群島的內部海域時，此區域平均內每個網格表水溫的變化幅度，藉此提供澎湖群島箱網養殖避寒區選址。另亦讀取正常年(1996 年、1997 年、2001 年、2002 年、2004 年至 2006 年、2009 年、2013 年及 2014 年)之冬季 1、2 月網格內日別表水溫資料，並計算其平均值以及離均差，以利比較不同年間之表水溫離均差變化。

(6). 澎湖內灣箱網養殖移地避寒地點具體建議：結合海表水溫經驗正交函數依寒潮入侵程度將澎湖內灣海域劃分主要及次要受影響環境區域，並整合箱網各魚種產量與損失量利用 GIS 軟體進行整合套疊，結合脆弱度分析法(Vulnerability Analysis)區分為(a)暴露度(Exposure)：氣候變異指數與風場變動強度；(b)敏感度：澎湖內灣各海域受寒潮入侵程度；(c)危害度(Hazard)：各箱網魚種受寒潮入侵之損失量；(d)調適能力：寒潮入侵天數與移地避寒距離等指數，最後再將各層面之估算值累得出脆弱度指數，提出澎湖內灣箱網養殖移地避寒地點具體建議。前述脆弱度指數越接近 1，表示該海域受寒潮入侵之機率與損失(presence probability)越高；反之，趨近 0 時受影響程度越高率則越低。故可依脆弱度指數的指標值作為澎湖內灣箱網養殖移地避寒地點選擇，另可配合不同養殖魚種耐寒程度之差異等分布資訊進行判斷避寒地點之差異性建議。根據歷年水文環境資料、港灣地理位置及目前澎湖縣之海上箱網養殖位置等資料，本研究計畫初步規劃了七個避寒區之監測位置(圖十五)，並於本年度計畫完成時選定一處較佳的移地養殖地點，提供該處海域之溫度、鹽度、大小潮時之海流的流速及流向等週期變化、基礎生產力之葉綠素 a 含量變化、海域容忍力及該移地養殖位置之經緯度座標等資訊。其七個避寒區之監測位置分別為案山-菜園近岸海域(A 點，約 0.8 公頃範圍)、嵵裡海域(B 點，約 0.8 公頃範圍)、山水海域(C 點，約 3 公頃範圍)、內垵-白馬崎海域(D 點，約 1 公頃範圍)、內垵-風坑海域(E

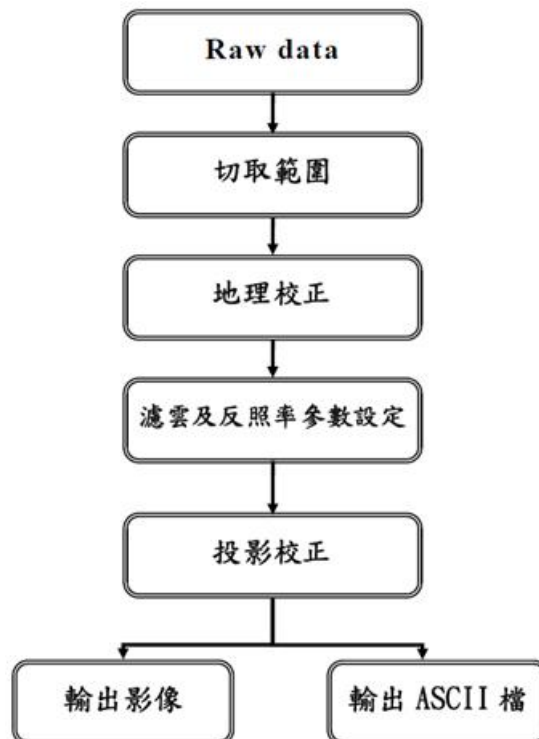
點，約 1 公頃範圍)、內垵-池西海域(F 點，約 1 公頃範圍)、青灣-風櫃海域(G 點，約 1 公頃範圍)。除了上述七個避寒建議位置之詳細調查以外，後續若藉由整體之水文環境監測及數據分析可得到更好的箱網養殖避寒區，本研究亦於期末成果報告中一併提出。

此外，本研究根據前述箱網養殖之選址原則，針對此七個避寒區進行港口及交通狀況之實地視察，並進行訪問評核，其箱網養殖避寒區選址考慮之因素主要包括各地天候狀況(含：東北季風及河川排水)、海況條件(含：海潮流、水深、水質、波浪、水溫、潮差及底質)以及地理位置因素，輔以當地海域是否有軍事設施、當地海域是否會阻礙當地漁船航行、當地民眾之接受程度、民眾是否會竊魚、是否鄰近牡蠣養殖區因素等進行綜合性考量。本研究以德爾菲法第一階段設計問卷中，箱網養殖避寒選址所需考量之各項因素(如表三)，此第一階段之問卷先設計將箱網養殖避寒區選址區分為「主要因素」及「次要因素」：「主要因素」以天候狀況及海況條件作為選址之最優先考量因素，「次要因素」則以地理位置為選址之次要考量因素，其他情形例如：是否鄰近製冰廠或冷凍廠、是否鄰近軍事營區，是否有礙當地漁船航行航道，是否鄰近牡蠣養殖區等等，亦列為次要考量因素。

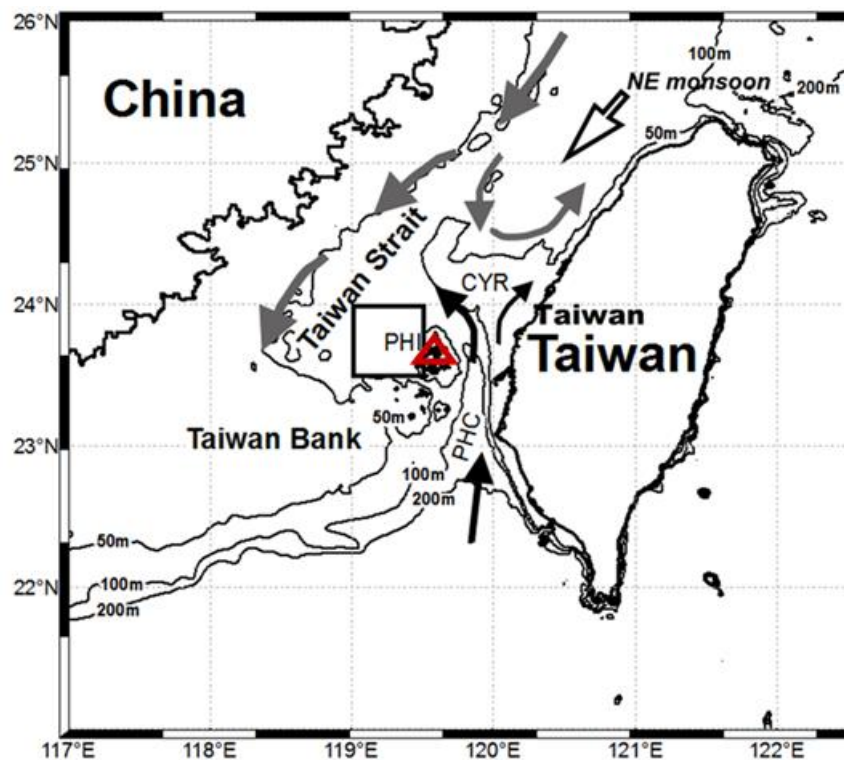
再以德爾菲法進行第二階段之七個預設避寒區設計問卷，其內容如表四所示，並委請相關領域之專家學者、箱網業者等人員分別填寫七種問卷，藉由其歷年養殖經驗，擇選最佳箱網養殖避寒區。最後再就其七種問卷進行統計，以評分等第最高者為第一優先，次高者為第二優先，以此類推；同時，亦可瞭解，在個別因素中何地為最優、次優...



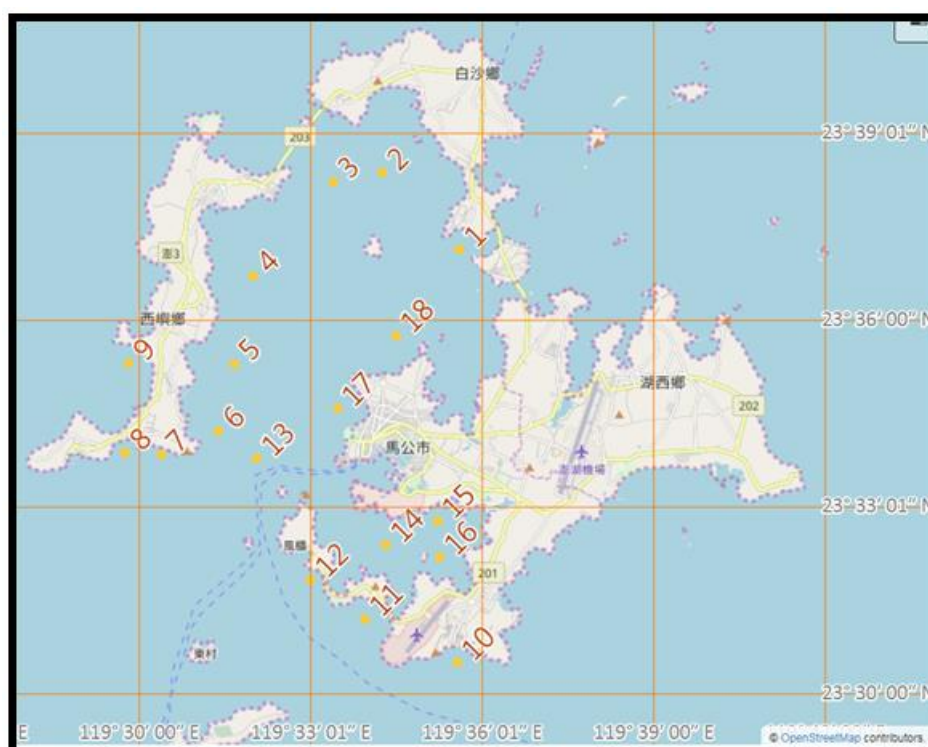
圖五、衛星遙測HRPT系統組成結構圖。



圖六、衛星水溫資料處理流程圖。



圖七、台灣海峽與澎湖群島地形圖，圖中正方形黑色方塊為本次研究衛星遙測水溫資料時序列觀測位置，紅色三角形為現場表水溫觀測位置。



圖八、澎湖海域之現場 18 個水文資料測站位置示意圖。

測站名稱		測站編號	英文名稱	所屬海域
水利署澎湖資料浮標		46735A	Penghu Buoy	臺灣海峽北部
權責單位	行政區	座標		位置描述
水利署	澎湖縣 白沙鄉	東經 119.5519 度 北緯 23.7269 度		姑婆嶼北北西方約1公里處該處水深26.6公尺。

水利署澎湖資料浮標過去30日逐時資料																
日期	時間	潮高 (公尺)	浪高 (公尺)	浪向 (最大浪高)	波浪週期 (秒)	風力 (m/s)	風力 (級)	風向	陣風 (m/s)	陣風 (級)	海溫 (度)	氣溫 (度)	氣壓 (百帕)	海流 流向	流速 (m/s)	流速 (節)
07/01 (一)	12:00		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
07/01 (一)	11:00		0.5	西南	5.2	3.9	3	北北東	4.9	3	-	29.1	1005.8	-	-	-
07/01 (一)	10:00		0.6	西南	5.5	3.3	2	北北東	4.1	3	-	29	1005.4	西南	0.24	0.45
07/01 (一)	09:00		0.5	西	5.5	3.3	2	北北東	3.9	3	-	28.3	1005.7	西南	0.3	0.58
07/01 (一)	08:00		0.4	西	5.1	1.8	2	北北東	2.5	2	-	27.6	1005.7	西南	0.34	0.66
07/01 (一)	07:00		0.5	西	5.2	2	2	北北東	2.6	2	-	27.5	1005.2	西	0.14	0.26
07/01 (一)	06:00		0.4	西	5.3	2.2	2	東北	3	2	-	27.5	1005.1	西北	0.1	0.2
07/01 (一)	05:00		0.4	西南	5.3	-	-	-	-	-	-	27.5	1004.4	北北東	0.1	0.19
07/01 (一)	04:00		0.5	西南	5.6	-	-	-	-	-	-	27.6	1004.2	東北	0.45	0.87
07/01 (一)	03:00		0.4	西南	5.4	1.5	1	南	1.9	2	-	27.7	1004.2	東北東	0.32	0.62
07/01 (一)	02:00		0.4	西	5.8	-	-	-	-	-	-	27.9	1004.7	東	0.19	0.37
07/01 (一)	01:00		0.4	西南	5.7	2.9	2	南	4.4	3	-	28	1005.6	東南	0.04	0.07
07/01 (一)	00:00		0.4	西	5.6	2	2	南	2.8	2	-	28.2	1005.4	南南西	0.13	0.24

圖九、經濟部水利署設置於澎湖北海浮標海溫測站之逐時海溫資料示意圖 (取自 https://www.cwb.gov.tw/V7/marine/sea_condition/cht/tables/46735A.html)。



圖十、澎湖周邊水域之五個海洋水質水溫 WSN 觀測站位置圖。目斗嶼測站(M)、海墘嶼測站(H)、東吉嶼測站(D)、二崁海域測站(N)、澎南海域測站(P)。

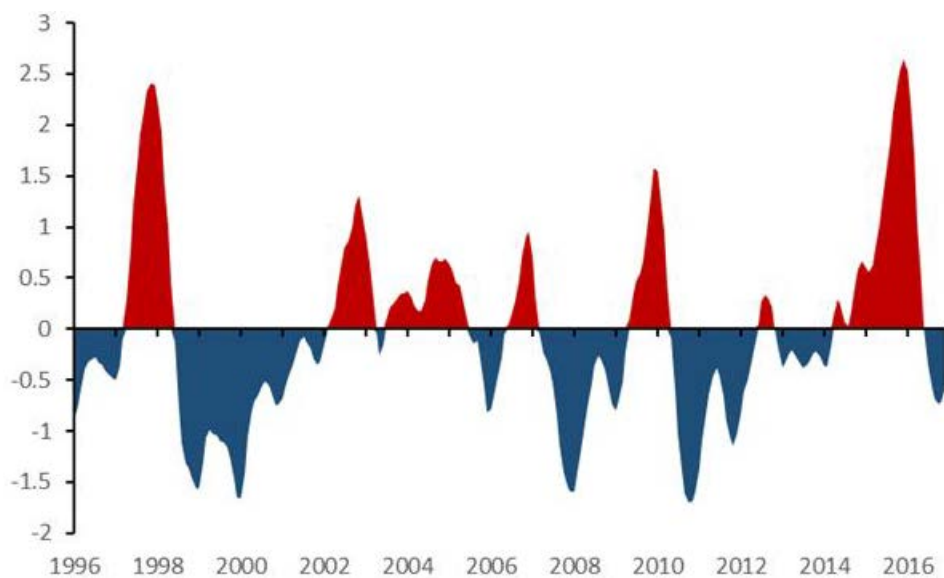
日報表 (daily data) 測站: 467350_澎湖 467350_澎湖 觀測時間: 2019-06-10 CSV

觀測時間 (hour)	測站編號 (ID)	海平面氣壓 (hPa)	溫度 (°C)	露點溫度 (°C)	RH (%)	風速 (m/s)	風向 (360degree)	最大陣風 (m/s)	最大陣風風向 (360degree)	降水量 (mm)	降水時數 (hr)	日照時數 (hr)	全天日照量 (MJ/m²)	能見度 (km)	紫外線指數	雲量 (0-10)
ObsTime	StrPres	SeaPres	Temperature	Td dew point	RH	WS	WD	WSGust	WDGust	Precp	PrecpHour	SunShine	GlobRad	Visib	UVI	Cloud Amount
01	1004.0	1005.3	28.3	27.1	93	4.0	190	8.2	190	0.0	0.0	...	0.00	...	0	...
02	1003.8	1005.1	28.0	27.2	95	3.7	190	7.0	180	0.0	0.0	...	0.00	...	0	...
03	1002.8	1004.1	28.1	26.9	93	3.5	170	6.7	180	0.0	0.0	...	0.00	...	0	...
04	1002.8	1004.1	28.1	26.9	93	3.3	180	6.2	170	0.0	0.0	...	0.00	...	X	...
05	1003.3	1004.6	28.2	27.2	94	2.7	180	5.6	190	0.0	0.0	...	0.00	12.0	X	4.0
06	1003.4	1004.7	28.6	27.6	94	3.7	180	6.0	180	0.0	0.0	0.0	0.00	...	X	...
07	1003.8	1005.1	29.2	28.0	93	3.1	180	6.6	190	0.0	0.0	0.3	0.41	...	X	...
08	1004.0	1005.3	29.0	27.8	93	4.3	180	7.3	190	0.0	0.0	0.3	0.91	15.0	X	9.0

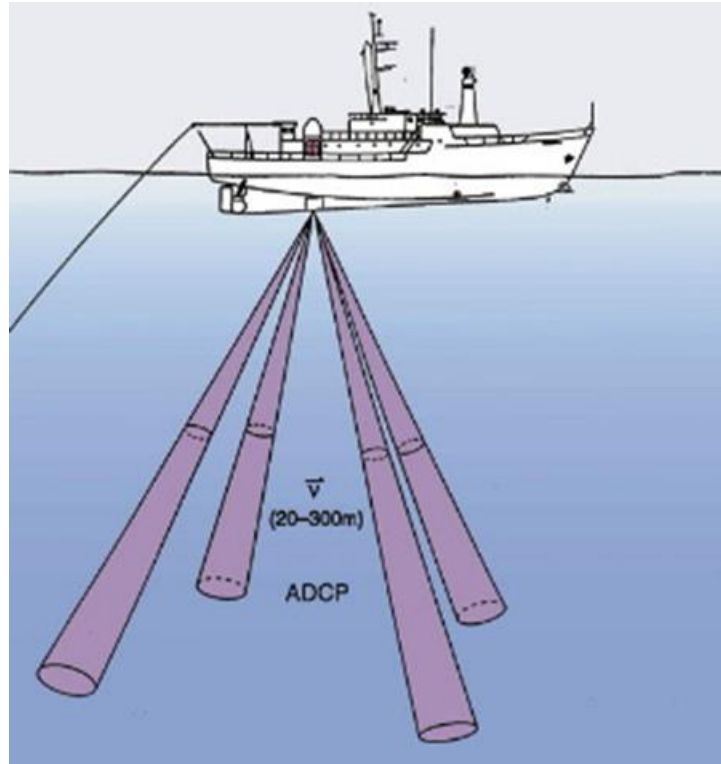
澎湖過去24小時資料 澎湖過去24小時變化圖 澎湖觀測站位置圖

觀測時間	溫度 (°C >> °F)	天氣	風向	風力 (m/s) (級)	陣風 (m/s) (級)	能見度 (公里)	相對濕度 (%)	海平面氣壓 (百帕)	當日累積雨量 (毫米)	日照時數 (小時)
07/01 14:00	32.7	-	北	4.0 3	7.9 4	-	儀器故障	1002.3	微量	2.1
07/01 13:50	32.5	晴	北	3.5 3	-	-	儀器故障	1002.4	微量	1.9
07/01 13:40	32.1	晴	北	3.6 3	-	-	儀器故障	1002.8	微量	1.8
07/01 13:30	31.8	晴	北	3.8 3	-	-	儀器故障	1003.0	微量	1.7
07/01 13:20	32.6	晴	北	3.9 3	-	-	儀器故障	1003.3	微量	1.5
07/01 13:10	31.9	晴	北	4.2 3	-	-	儀器故障	1003.5	微量	1.4
07/01 13:00	31.9	晴	北	3.5 3	-	-	儀器故障	1003.4	微量	1.3

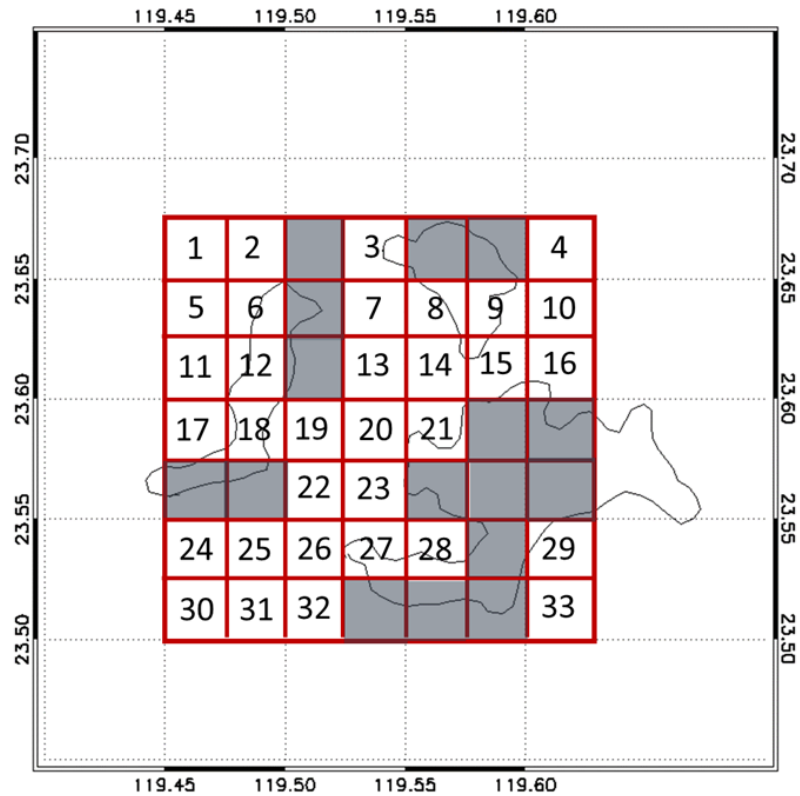
圖十一、澎湖氣象站觀測資料示意圖 (取自中央氣象局)。



圖十二、1996~2016 年 Oceanic Niño Index (ONI)時間序列圖，強聖嬰年為 ONI 指數大於+0.5，強反聖嬰年為 ONI 指數小於-0.5。



圖十三、聲學都卜勒流速剖面海流儀測定示意圖 (圖片來源: http://www.soest.hawaii.edu/HOT_WOCE/vcruise/vc5.html)。



圖十四、澎湖群島周邊海域範圍，北緯 23.5°至 23.65°、東經 119.45°至 119.6°網格劃分示意圖(0.025°×0.025°)。



圖十五、澎湖縣周邊海域之七處預設箱網養殖移地避寒監測位置。

表一、澎湖海域之現場 18 個水文資料測站經緯度

測站	經度	緯度
1	119° 35.598′	23° 37.134′
2	119° 34.254′	23° 38.364′
3	119° 33.396′	23° 38.226′
4	119° 31.992′	23° 36.714′
5	119° 31.662′	23° 35.298′
6	119° 31.38′	23° 34.218′
7	119° 30.396′	23° 33.84′
8	119° 29.754′	23° 33.87′
9	119° 29.814′	23° 35.304′
10	119° 35.562′	23° 30.504′
11	119° 33.96′	23° 31.2′
12	119° 32.994′	23° 31.83′
13	119° 32.064′	23° 33.774′
14	119° 34.314′	23° 32.388′
15	119° 35.22′	23° 32.772′
16	119° 35.262′	23° 32.19′
17	119° 33.468′	23° 34.578′
18	119° 34.494′	23° 35.748′

表二、 網格化區域之經緯度

緯度	經度	網格編號
23.65	119.45	1
23.65	119.475	2
23.65	119.525	3
23.65	119.6	4
23.625	119.45	5
23.625	119.475	6
23.625	119.525	7
23.625	119.55	8
23.625	119.575	9
23.625	119.6	10
23.6	119.45	11
23.6	119.475	12
23.6	119.525	13
23.6	119.55	14
23.6	119.575	15
23.6	119.6	16
23.575	119.45	17
23.575	119.475	18
23.575	119.5	19
23.575	119.525	20
23.575	119.55	21
23.55	119.5	22
23.55	119.525	23
23.525	119.45	24
23.525	119.475	25
23.525	119.5	26
23.525	119.525	27
23.525	119.55	28
23.525	119.6	29
23.5	119.45	30
23.5	119.475	31
23.5	119.5	32
23.5	119.6	33

表三、第一階段德爾菲法問卷調查之內容

一級指標	二級指標	三級指標	定義（因素）
箱網避寒選址作業模式探討	主要因素	1. 水深是否合適	箱網養殖之水深介於 15 至 45 公尺為宜，過深或過淺，均不適合移置養殖。
		2. 水流是否合適	水流過強將影響箱網錨錠，流過弱將影響流通性，並影響水質。
		3. 底質是否合適	底質為珊瑚礁或岩質，不利箱網錨錠。
		4. 附近有無暗礁	暗礁將影響箱網設施置放。
		5. 潮汐是否合適	潮汐過大將影響箱網錨錠。
		6. 避風條件是否合適，影響波浪大小	避風條件不佳將影響箱網置放，同時東北季風來襲，波浪太大，不易作業；氣溫過低，將造成魚種死亡。
		7. 水溫是否合適	水溫過低，將造成魚種死亡。
		8. 海域腹地是否足夠	腹地不足將無法容納養殖業者需求。
		9. 當地海域是否有污染	當地海域污染情形嚴重將影響魚種成長，甚至造成死亡。
	次要因素	1. 最近港區交通是否便利	養殖區域距離養殖戶過遠，或交通不便利，將不利業者就近管理。
		2. 港區附近是否有冷凍廠	鄰近養殖區如欠缺冷凍設施，將不利養殖漁獲物保鮮。
		3. 是否鄰近軍事營區	養殖海域或鄰近交通道路，如鄰近軍事設施，將不利業者管理。
		4. 當地居民接受程度	當地居民對於養殖業者較不友善，恐將產生抗爭，不利管理。
		5. 當地是否阻礙漁船航行航道	養殖海域如於當地漁船航行交通要道，對於養殖設施恐將產生風險。
		6. 是否有竊魚情形	箱網養殖離岸不遠，又無藩籬設施，如有偷釣魚、竊魚，將影響業者獲利。
		7. 是否鄰近牡蠣養殖區	鄰近牡蠣養殖區，將影響箱網養殖環境。

表四、澎湖海域箱網養殖避寒選址(A~G點)之評核問卷

一級指標	二級指標	三級指標	極為優良 (5)	優良 (3)	尚可 (1)	不良 (0)	極為不良 (-2)	分數 (研究人員填寫)	總分 (研究人員填寫)
箱網避寒選址探討	主要因素 (加權50%)	1. 水深合適情形							
		2. 水流合適情形							
		3. 底質合適情形							
		4. 附近暗礁情形							
		5. 潮汐合適情形							
		6. 避風條件，影響波浪情形							
		7. 水溫合適情形							
		8. 海域腹地足夠情形							
		9. 當地海域污染情形							
	次要因素	1. 鄰近港區交通便利情形							
		2. 港區附近冷凍設施情形							
		3. 當地軍事營區影響海域及陸地作業情形							
		4. 當地居民接受程度							
		5. 當地海域阻礙漁船航行航道情形							
		6. 民眾竊魚情形							
		7. 鄰近牡蠣養殖區情形							

參、結果

1. 衛星遙測系統與海洋環境(表水溫與葉綠素濃度影像)資料收集

本研究分析澎湖周邊海域 1996-2016 年冬季 AVHRR 表水溫資料，其結果顯示，澎湖冬季 1 月的最高表水溫大致落在 21.28°C 到 22.92°C 之間(表五)、2 月則為 21.38°C 到 22.91°C 之間，而研究期間冬季最高表水溫則出現於 2002 年的 2 月(26.55°C)；另冬季 1 月最低表水溫分佈範圍較廣，介於 14.74°C 到 21.60°C 皆有分佈。而 1 月的水溫標準差則大多介於 1.03 至 1.98°C ，2 月的水溫標準差則是落在 1.04 至 2.84°C 。另外，比較冬季 1~2 月澎湖周邊海域 AVHRR 表水溫影像可用像素比率，冬季可用像素比率約介於 15.6% 到 21.5% 之間。

至於衛星遙測之月別葉綠素濃度資料，則係選取 2018 年 11 月至 2019 年 10 月間的影像資料(圖十六)加以說明。冬季期間(11 月至隔年 1 月)出現較高值，平均約為 0.78 mg/m^3 ，夏季期間(7 月至 9 月)之水色平均值較低，平均約為 0.62 mg/m^3 。

2. 網格化表水溫資料網格離均差變動情況

本研究將北緯 23.5° 至 23.65° 、東經 119.45° 至 119.6° ，根據 0.025° 解析度劃分網格並扣除無值之網格(陸地)，共 33 個格點。本研究依序給予編號(圖十四)，並進一步分析強反聖嬰年(1999 年、2008 年以及 2011 年)間，澎湖群島周邊海域之海洋環境概況，各網格之表水溫出現最高值約介於 22.8°C 至 24.9°C 之間，最小值的範圍則是約在 4.95°C 至 13.2°C 之間，各網格歷年冬季最小值表水溫變動的範圍較最大，網格內平均水溫則大多落在 19.05°C 至 21.44°C 之間；離均差值則大部分落在 -1.58 到 1.42 之間、標準差則在 2.36 至 4.46 之間(表六)。進一步將此分析結果轉換成各網格之表水溫正負離均差變動時間序列圖之後(圖十七)，可發現當強反聖嬰年發生時，在澎湖北部海域(包含內海北部海域)之網格(1~18 及 21)的離均差皆呈現負值；而南部海域(包含內海南部海域)(網格 19、20 及 22~33)的離均差則皆呈現正值的情況。若再將上述結果依照高中低之正負情況繪製空間分布圖(圖十八)，分別將其離均差由小到大排列，並將其分為三個區域(低、中、高)，會得到六個不同的影響程度，分別為高負離均差($-100\%\sim-66.7\%$)；深

藍)、中負離均差(-66.7%~-33.3%; 淺藍)、低負離均差(-33.3%~0; 綠)、低正離均差(0~33.3%; 黃)、中正離均差(33.3%~66.7%; 淺紅) 以及高正離均差(66.7%~100%; 深紅), 並藉由觀測各網格於強反聖嬰年發生時表水溫之空間分布情形可提供箱網養殖避寒區選址。從圖十八之結果可知, 當強聖嬰年發生時, 網格內之高負離均差的區域主要集中於澎湖群島東北部海域 (8、9、10、14、15、16、21); 中負離均差之區域則是在跨海大橋及鯨魚洞附近海域(1、2、3、5、6、7、13); 低負離均差之位置則多在西嶼鄉西部外海區域(4、11、12、17、18)。而屬於正離均差之結果則有: 低正離均差之位置係在西嶼燈塔南方海域與澎湖內灣之網格區域(20、24、26、28、30); 中正離均差之區域則位於澎湖內海以及風櫃洞南方海域(19、22、29、32); 而高正離均差之位置則是在西嶼燈塔東南方、山水沙灘東方以及內灣東方海域(23、25、27、31 以及 33)。

至於正常年的水文狀況則如圖十九所示, 網格內的高負離均差區域主要集中於澎湖群島東北部海域 (8、9、10、14、15、16、21); 中負離均差之區域則是在跨海大橋以及鯨魚洞附近海域(1、2、3、5、6、7、13); 低負離均差之區域則位於西嶼鄉西部外海(4、11、12、17、18)。屬於正離均差之結果則有: 低正離均差之位置則在西嶼燈塔南方海域與澎湖內灣之網格區域 (20、24、26、28、30); 中正離均差之區域則多位於澎湖內海以及風櫃洞南方海域(19、22、29、32); 而高正離均差之區域則是位於西嶼燈塔東南方、山水沙灘東方以及內灣東方海域(23、25、27、31 以及 33)。

3. 現場水文環境資料收集

由經濟部水利署所提供之澎湖浮標海溫測站之海溫觀測資料, 其資料收集時間為 1996 年至 2010 年; 風速資料則由交通部中央氣象局澎湖氣象站所提供的逐日逐月平均風速資料, 資料收集期間為 1996 年至 2016 年共 20 年之冬季(1、2 月)的風速資料。

現場水文船測部分, 本研究已於 2019 年 8 月 26 日至 30 日間, 於澎湖周邊水域所設立之 18 個測站進行探測, 其探測項目包含以溫深鹽度儀(溫度、鹽度)及海流儀(海流之流速流向)之探測結果(圖二十、二十一)。其結果顯示, 澎湖內海及內灣之水溫與鹽度均屬穩定狀況; 而以海流儀測定之各測站之海流流速及流向部分(如圖二十二及表七所示), 其結果大致呈現出在測

站 3、4、5 及 6 之流速較小(不足 100 mm/s)，且隨著深度的增加、大部份測站之流向皆有向東偏轉的情況。

避寒區之大小潮海流觀測部份，本研究於 2019 年 10 月 22 日至 10 月 30 日之間，選定七個避寒區中的青灣(G 點)為觀測水域，並於海底固定 ADCP 儀器，以對該水域之大小潮之海流變化進行探測。圖二十三為海上現場錨定 ADCP 作業之施做照片，由探測結果來看(圖二十四)，雖然青灣海域之海流的流速並不強(最大流速只有 0.3 m/s)，但由圖中之趨勢可發現，隨著時間由小潮(10 月 22 日)往大潮(10 月 30 日)推移，海流強度有逐漸增加的趨勢：在 22 日小潮時的流速大約介於 0.05~0.3 m/s 之間，而在 29 日大潮時的海流最高可以到 0.34 m/s。進一步將青灣水域的垂直海流探測資料以每一公尺為一層的方式區分後，可繪製出該測站的 1 公尺到 10 公尺深之海流的流速及流向圖(圖二十五、圖二十六、圖二十七)，其結果大致可看出，各水層之海流方向並不完全相同，主要以 1 公尺、5 公尺及 10 公尺之海流流向較相似，而其他各水層則較為分散。

4. 澎湖海域歷年遙測表水溫監測結果

根據 1996 年至 2016 年之 Oceanic Niño Index (ONI)的時間序列圖之結果來看(圖二十八)，正值越高表示該年聖嬰現象強度越強，而負值越高則表示該年反聖嬰的強度越強，由時間序列圖可觀測出 1998 年、2003 年、2010 年與 2015 年為強聖嬰年(ONI 指數大於+0.5)，而 1996 年、1999 年、2000 年、2008 年、2011 年與 2012 年為強的反聖嬰年(ONI 指數小於-0.5)。此外，圖二十八中的衛星遙測 AVHRR 之日別表水溫結果(1996 年至 2016 年之 12 月、1 月及 2 月)，可發現較低的表水溫發生在 1996 年、1998 年、2005 年、2008 年以及 2010 年，其中 2008 年 2 月寒害發生時的表水溫明顯低於其他年，最低可達 12.79℃。

為進一步了解澎湖海域歷年的表水溫空間變動情況，本研究繪製歷年(1996 年至 2016 年)、聖嬰年及反聖嬰年之冬季(12 月、1 月及 2 月)平均表水溫(圖二十九)，並以 20℃ 等溫線當作冬季大陸沿岸流水團推移變動指標。由此結果可知，當聖嬰年發生時，20℃ 等溫線向北推移的距離較歷年平均來的遠(約達緯度 24.7°N)，而當反聖嬰年時，20℃ 等溫線向北推移的情況反而較歷

年平均來的近(約在緯度 23.5°N)，顯示聖嬰現象可為檢視澎湖寒害發生的重要指標。如進一步分別檢視聖嬰年及反聖嬰年之冬季 1、2 月份之表水溫及 20°C 等溫線分布情況(圖三十、圖三十一、圖三十二、圖三十三)。結果顯示，聖嬰年之 1 月 20°C 等溫線平均位置約位於 24.5°N 緯度(圖三十)，且強聖嬰年(1998 年)1 月冬季表水溫整體溫度較高，且 20°C 等溫線則推移至 24.8°N 緯度，較靠近大陸沿岸且離澎湖群島較遠，月平均水溫為 20.9°C 高於整體 1 月表水溫(19.8°C)。至於聖嬰年 2 月份的 20°C 等溫線則較靠近澎湖群島，平均位置約位於 24.3°N 緯度(圖三十一)。反聖嬰年之 1 月 20°C 等溫線平均位置約位於 23.5°N 緯度(圖三十二)，而 2 月 20°C 等溫線平均位置則是位於 23.6°N 緯度(圖三十三)，結果顯示反聖嬰年 1、2 月 20°C 等溫線位置皆會越過澎湖群島。

5. 表水溫變動與風速間之關係

本計畫探討大環境變動(聖嬰年與反聖嬰年)對澎湖海域環境變化的影響，比較表面水溫與風速關係則呈現聖嬰期間(1998、2003、2010 與 2015 年)表面水溫較反聖嬰期間(1996、1998、2005、2008 以及 2010 年)之水溫為高，而風速於聖嬰期間則較弱(圖三十四)。表八為聖嬰年冬季(1、2 月)風速超過 6 m/s 之天數，其中 1998 年、2003 年及 2015 年 1 月風速超過 6 m/s 之天數超過一個星期，其餘皆未超過一個禮拜，而 1998 年 2 月則顯示強風吹拂天數只有 2 天；相較於聖嬰年，反聖嬰年之強風 6 m/s 吹拂天數除了 2011 年 2 月為 6 天之外，其餘強風吹拂天數超過 7 天，1996 年、2000 年及 2008 年 2 月風速超過 6 m/s 的強風更是超過兩個星期(表九)，2008 年澎湖寒害(強反聖嬰年)，2 月間連續 18 天吹拂 6 m/s 的強風，促使大陸沿岸水入侵至澎湖水域以及雲彰隆起水域，而黑潮支流則被侷限在雲彰隆起的南側水域(圖三十五)。

6. 澎湖周邊水文資料庫建立

本研究建置澎湖周邊與內灣海域水文之環境資料庫係採用 HTML5、CSS、javascript、php 等程式語言進行編寫，並使用視窗分割技術，讓使用者在查詢不同測站或不同單位提供的資料時，不會產生過多頁面，且方便瀏覽。

澎湖周邊與內灣海域水文環境資料庫工作架構與作業流程如圖三十六所示，旨在將本研究所蒐集之現場水文資料與中央氣象局、水產試驗所以及水利署等所提供之浮標測站及其他定點觀測站之資料做整合，並提供測站位置查詢、測站資料查詢及測站資料下載。

資料庫(<http://140.121.161.31/database/>)頁面分為三個部分：標頭頁面、左側資料庫清單頁面以及正中間的瀏覽頁面，如圖三十七所示。左側資料庫清單頁面可連結至 5 個功能頁，分別為 1. 介紹資料庫架構的「資料庫介紹」頁面；2. 本研究設置的現場水文探測站所蒐集的資料頁面；3. 中央氣象局於澎湖架設的探測站頁面；4. 水產試驗所於澎湖架設的探測站頁面；5. 水利署於澎湖架設的探測站頁面。以上功能頁皆以圖像式呈現測站於地圖上的實際位置，並提供水質參數的查詢以及下載數據存成 Excel 檔案的功能，如圖三十八所示。

本研究於澎湖設置了 18 個探測站收集澎湖海域現場水文資料，每次探測完資料後便會更新資料庫中的資料。探測的水文參數包含深度(m)、水溫(°C)、鹽度(psu)、溶氧(mg/L)、pH、海流流速及流向。

中央氣象局於澎湖設置了澎湖觀測站(N 23.5655, E 119.5631)。探測的水文參數包含日期、平均氣溫(°C)、平均風風速(m/s)以及平均風風向(360 degree)。水產試驗所於澎湖設置了 5 個探測站，分別為底碇式的目斗嶼測站(N 23.7849, E 119.5994)、海墘嶼測站(N 23.5805, E 119.5404)、東吉嶼測站(N 23.2554, E 119.6670)，以及浮標式的二崁海域(N 23.6149, E 119.5279)、澎南海域(N 23.5363, E 119.5770)。所探測的水文參數為水溫(°C)。目前海墘嶼測站及澎南海域尚無資料。水利署於澎湖設置了澎湖浮標(N 23.670, E 119.6733)。其觀測水文參數有日波浪統計及月波浪統計，其資料包含波高(cm)、波向(度)及週期(sec)。海上風日統計及海上風月統計，其資料包含風速(m/sec)、風向(度)。海上氣壓日統計及海上氣壓月統計，其資料包含氣壓(hpa)。海上逐時風，其資料包含風速(m/sec)、風向(度)。海上逐時氣壓，其資料包含氣壓(hpa)。逐時波浪，其資料包含波高(cm)、波向(度)、週期(sec)。

7. 箱網養殖避寒選址評核指標及現場周邊環境探勘

除了上述之資料蒐集及水文探測以外，本研究亦針對七處預設之箱網養殖移地避寒監測位

置進行港口及交通狀況之實地視察(圖三十九至圖四十五)，以幫助後續之避寒區的選址評估。避寒區之鄰近位置，除了嵵裡海岸(B點)為觀光沙灘，其他地區皆有港口，大部份的港內動線都有一定的大小，能方便車輛在碼頭內行駛，但聯外道路的部分在案山-菜園(A點)、內垵-白馬崎(D)及內垵-風坑(E點)較為狹窄，只有案山-菜園(A點)因為是海上牧場之出發港口，港內備有停車場之外，其他皆無。

8. 箱網養殖避寒選址評核德爾菲法問卷結果與分析

箱網養殖避寒區選址考慮「主要因素」與「次要因素」分別給予分數，極為優良給予 5 分、優良給予 3 分、尚可給予 1 分、不良給予 0 分、極為不良給予-2 分，如未填列則表示無法判斷，則不計列分數。其中問卷設計於「主要因素」之水溫選項，考量可藉由測量海水溫度相關儀器獲得較為科學之數據，因此，於實際由委請本研究相關領域學者、專家、箱網業者填寫問卷時，「水溫」選項暫時予以刪除，後續以海水溫度相關儀器所獲得結果，再行納入選址考量。

因「主要因素」為影響箱網養殖能否順利度過冬季時節之重要關鍵，因此，本研究問卷設計給予「主要因素」之各選項因素，加權計分 50%，「次要因素」則不給予任何加權。

本問卷委請本研究相關領域學者、專家、箱網業者共計 6 人填列，其中 4 人為現住澎湖或曾長住澎湖，對澎湖當地海域、海岸、風土民情具有一定程度瞭解，使本問卷之樣本來源具高度參考價值。

經問卷結果回收之研究分析如下(表十)：由案山-菜園近岸海域(A點)、嵵裡海域(B點)、山水海域(C點)、內垵-白馬崎海域(D點)、內垵-風坑海域(E點)、內垵-池西海域(F點)、青灣-風櫃海域(G點)之箱網養殖避寒潛在海域中，各點「主要因素」獲得原始分數後，加權計分 50%後，再加上「次要因素」之原始分數，以 E 點獲得 300.5 分為最高分，G 點獲得 277.5 分為第二高分，B 點獲得 186 分為第三高分，A 點獲得 150 分為第四高分，D 點獲得 140 分為第五高分，C 點獲得 119 分為第六高分，F 點獲得 83 分排名第七。

本研究問卷結果以 E 點，即內垵-風坑海域獲得最高分，建議列為箱網養殖避寒之最優先



選址海域；以 G 點，即青灣-風櫃海域獲得第二高分，建議列為箱網養殖避寒之最二優先選址海域。

本研究另考量反聖嬰年期間，東北季風勢力相對強勢，故將問卷結果與澎湖海域「強反聖嬰年各網格表水溫離均差變動情形」進行交叉比對，其中內垵-池西海域之冬季水溫屬負離均差狀況，亦即此一水域在反聖嬰年期間，會呈現相對低溫狀況，故不予納入評估外，其他水域經各項條件評估發現，內垵-風坑海域及青灣-風櫃海域之評估條件佳，建議可依序作為箱網養殖避寒之最優先選址參考海域。

表五、澎湖附近海域冬季表水溫 AVHRR 遙測資料概述

年	月	最大表水溫	最小表水溫	水溫標準差	可用像素總和	可用像素比
1996	1	22.61	13.52	2.01	2575877	19.7%
1996	2	21.41	17.42	1.41	2252858	20.6%
1997	1	25.34	14.80	1.98	2347654	27.9%
1997	2	21.67	18.33	1.19	2320039	22.0%
1998	1	24.33	13.65	2.99	2488259	21.9%
1998	2	23.26	18.42	1.26	1565086	16.2%
1999	1	22.92	14.98	2.08	4119661	32.6%
1999	2	22.91	19.60	0.85	4589765	38.9%
2000	1	23.25	18.13	1.20	2802691	21.5%
2000	2	23.25	16.06	2.03	1750538	14.3%
2001	1	21.39	19.01	0.66	3197837	24.5%
2001	2	22.58	17.57	1.44	2230731	18.9%
2002	1	26.40	21.63	1.05	5207342	39.9%
2002	2	26.55	21.63	0.93	4924828	41.7%
2003	1	21.92	18.93	0.93	4343891	33.3%
2003	2	23.41	20.31	0.79	4285232	36.3%
2004	1	21.69	15.95	1.62	3360633	26.6%
2004	2	21.78	16.33	1.52	5450919	44.6%
2005	1	19.53	12.43	1.94	3024291	23.2%
2005	2	20.58	15.74	2.84	3277256	27.8%
2006	1	20.39	15.60	1.57	3276400	25.1%
2006	2	23.39	13.70	2.98	2818227	23.9%
2007	1	22.21	15.90	1.45	2606788	20.0%
2007	2	22.80	19.83	0.82	4964845	42.1%
2008	1	22.33	19.59	0.71	2236974	17.1%
2008	2	22.06	12.18	3.29	1262668	10.3%
2009	1	22.20	17.87	1.35	3540617	27.1%
2009	2	23.41	19.05	0.86	3809860	32.3%
2010	1	21.83	19.50	0.81	3869158	29.6%
2010	2	23.36	19.53	0.96	3795441	32.2%
2011	1	21.76	14.74	1.26	706766	6.2%
2011	2	21.38	13.66	2.35	3621187	30.7%
2012	1	18.44	18.44	0.00	990202	7.6%
2012	2	18.32	14.21	2.91	1441234	12.2%
2013	1	21.60	21.60	0.00	2782512	21.3%
2013	2	22.03	20.27	0.61	2469410	20.9%
2014	1	22.06	18.21	1.03	4630335	35.5%
2014	2	22.03	19.40	0.89	2810467	23.8%
2015	1	21.28	19.41	0.74	2460367	18.8%
2015	2	21.53	17.86	1.04	2348740	19.9%
2016	1	22.59	18.96	0.93	693820	5.3%
2016	2	23.81	19.45	1.13	1911860	15.6%

表六、強反聖嬰年各網格表水溫之最大值、最小值、平均值、離均差

Grid	max	min	average	anomalies
1	23.4	6.15	19.325	-0.681
2	23.4	5.4	19.274	-0.732
3	22.8	8.7	19.504	-0.502
4	23.55	13.2	19.655	-0.351
5	23.85	5.4	19.050	-0.956
6	23.55	5.1	19.451	-0.555
7	23.25	9.3	19.531	-0.474
8	22.95	9.9	18.836	-1.170
9	23.4	7.65	18.020	-1.986
10	24.6	7.8	18.481	-1.524
11	23.7	4.95	19.870	-0.136
12	23.85	4.95	19.550	-0.456
13	23.4	5.7	19.506	-0.500
14	23.25	8.7	18.550	-1.456
15	23.55	7.95	17.888	-2.118
16	24.3	8.4	18.510	-1.495
17	23.85	4.95	19.925	-0.081
18	24	5.25	19.736	-0.270
19	24	8.4	21.072	1.067
20	24.15	11.7	20.472	0.467
21	23.4	11.55	19.600	-0.406
22	24.45	8.4	21.172	1.167
23	24.45	10.8	21.436	1.430
24	38.25	7.8	21.002	0.997
25	24	8.1	21.365	1.359
26	24.15	9	21.052	1.046
27	24.15	9.45	21.320	1.314
28	24.6	10.2	20.667	0.662
29	24.45	12.6	21.197	1.191
30	24	9	20.332	0.327
31	38.25	8.85	21.608	1.602
32	24.15	9.15	21.136	1.131
33	24.9	13.2	22.092	2.086

表七、澎湖周邊海域之 18 個現場水文測站之海流流速及流向結果，單位為 mm/s，其 E velocity

及 N velocity 則分別代表海流之東向及北向的流速資料。

		2m	3m	4m	5m	6m	7m	8m	9m	10m	11m
st2	E velocity	84.47	134.35	153.88	143.35	187.35	230.00	233.35	219.82		
	N velocity	305.12	390.53	413.94	414.06	415.12	439.76	496.35	488.59		
st1	E velocity	108.06	143.56	142.38	159.06						
	N velocity	388.50	385.63	392.19	358.44						
st18	E velocity	-78.76	-20.76	4.94	27.29	-2.41	-1.00				
	N velocity	401.76	381.53	376.29	390.24	350.76	213.35				
st17	E velocity	-28.92	116.69	169.23	188.38	236.85	235.69	234.38	161.77	98.23	102.69
	N velocity	211.31	397.31	387.62	413.62	460.54	474.69	495.92	493.54	449.54	446.38
st14	E velocity	-41.35	185.47	223.29	199.53	215.47	221.35	238.94	241.65	265.65	250.47
	N velocity	187.35	293.24	300.88	275.18	275.00	256.82	261.82	241.06	215.00	237.59
st12	E velocity	-16.56	14.00	8.75	35.56	33.69	13.44	22.56	52.94	202.94	
	N velocity	264.44	299.81	299.94	297.25	288.06	301.00	317.50	338.13	165.75	
st11	E velocity	49.71	42.35	53.00	42.24	44.41	63.47	39.82	-42.24		
	N velocity	196.53	248.76	248.47	246.41	243.76	262.29	213.71	189.47		
st10	E velocity	-125.71	-140.76	-94.06	-56.12	-2.29	25.82	82.47	76.59	57.94	54.53
	N velocity	77.00	104.94	120.00	107.00	99.35	64.53	21.35	47.29	40.24	61.76
st7	E velocity	79.75	85.88	124.13	159.56	150.69	242.19	285.38	242.50	261.88	
	N velocity	44.13	11.38	9.13	73.06	42.00	-3.50	59.69	38.63	1.00	
st8	E velocity	-163.00	-165.47	-106.94	-58.12	-26.18	45.94				
	N velocity	123.65	155.24	112.18	90.00	111.47	226.88				
st9	E velocity	-95.88	-89.06	-106.81	-167.06	-216.56	-154.69				
	N velocity	88.38	86.94	67.13	95.13	34.63	122.94				
st6	E velocity	40.76	78.82	63.47	83.00	91.47	49.94	30.88	36.82	22.00	-3.18
	N velocity	37.65	60.59	51.53	13.47	1.94	7.65	0.94	7.24	16.06	35.00
st5	E velocity	-4.88	-20.24	-3.94	-7.59	15.94	5.24	32.18	57.53	52.53	90.59
	N velocity	-19.00	-49.00	-41.06	-35.82	3.76	-14.00	4.94	12.12	16.59	52.29
st4	E velocity	-32.41	-52.24	-50.18	-8.53	-19.76	3.06	38.94	49.65	28.41	29.18
	N velocity	73.76	87.06	104.76	85.24	90.06	97.82	112.94	98.18	96.59	42.41
st3	E velocity	28.50	87.20	29.90	-4.00						
	N velocity	-24.10	-44.40	0.90	59.40						

表八、1996 年至 2016 年間，澎湖附近海域聖嬰年冬季之月別平均風速超過 6 m/s 天數

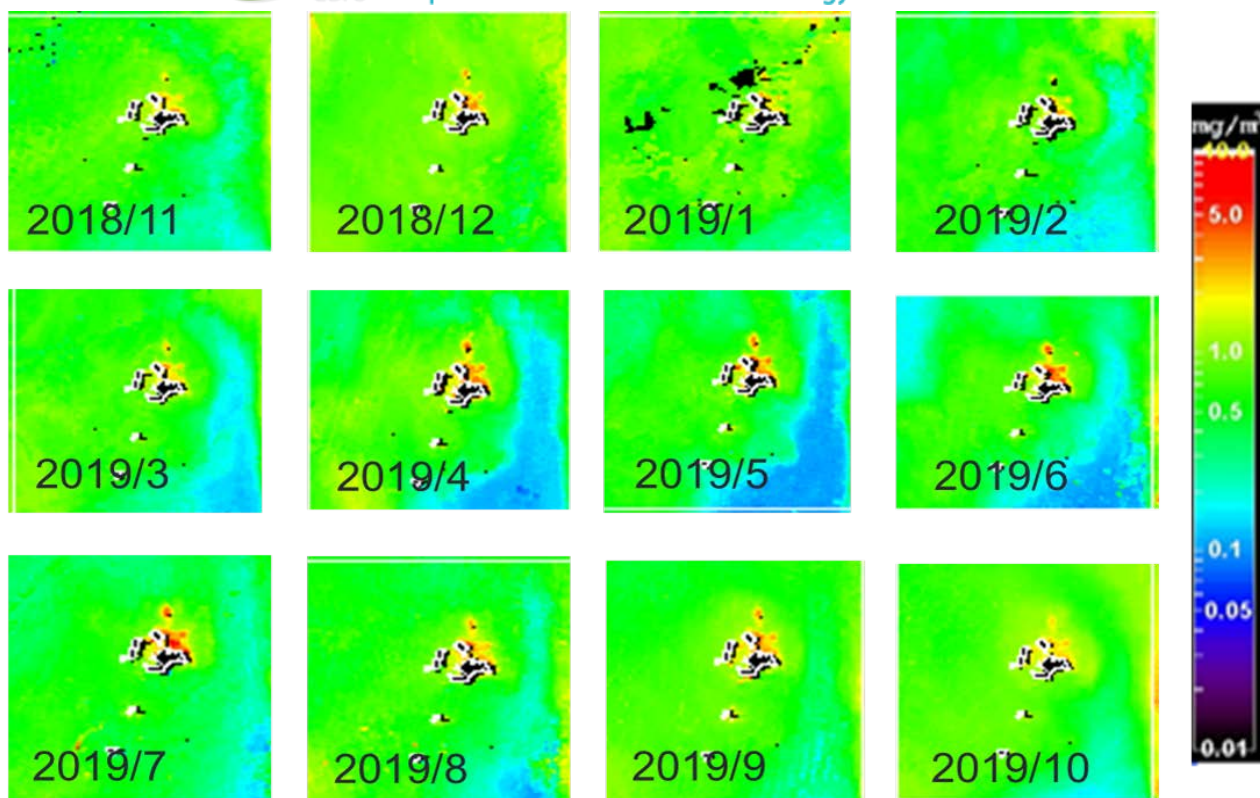
聖嬰年		
年份	月份	風速超過6m/s天數
1998	1月	7天
	2月	2天
2003	1月	9天
	2月	5天
2010	1月	6天
	2月	6天
2015	1月	8天
	2月	4天

表九、1996 年至 2016 年間，澎湖附近海域反聖嬰年冬季之月別平均風速超過 6m/s 天數

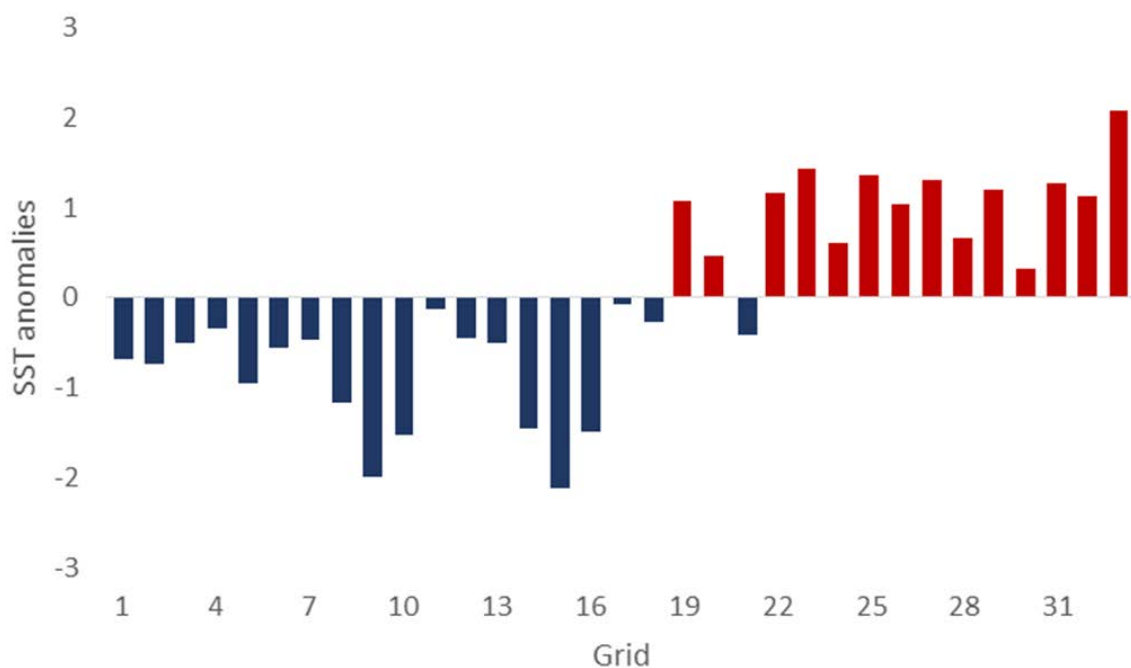
反聖嬰年		
年份	月份	風速超過6m/s天數
1996	1月	10天
	2月	19天
1999	1月	13天
	2月	8天
2000	1月	12天
	2月	14天
2008	1月	14天
	2月	18天
2011	1月	20天
	2月	6天
2012	1月	12天
	2月	13天

表十、箱網養殖避寒選址問卷分析暨反聖嬰期間之排序建議

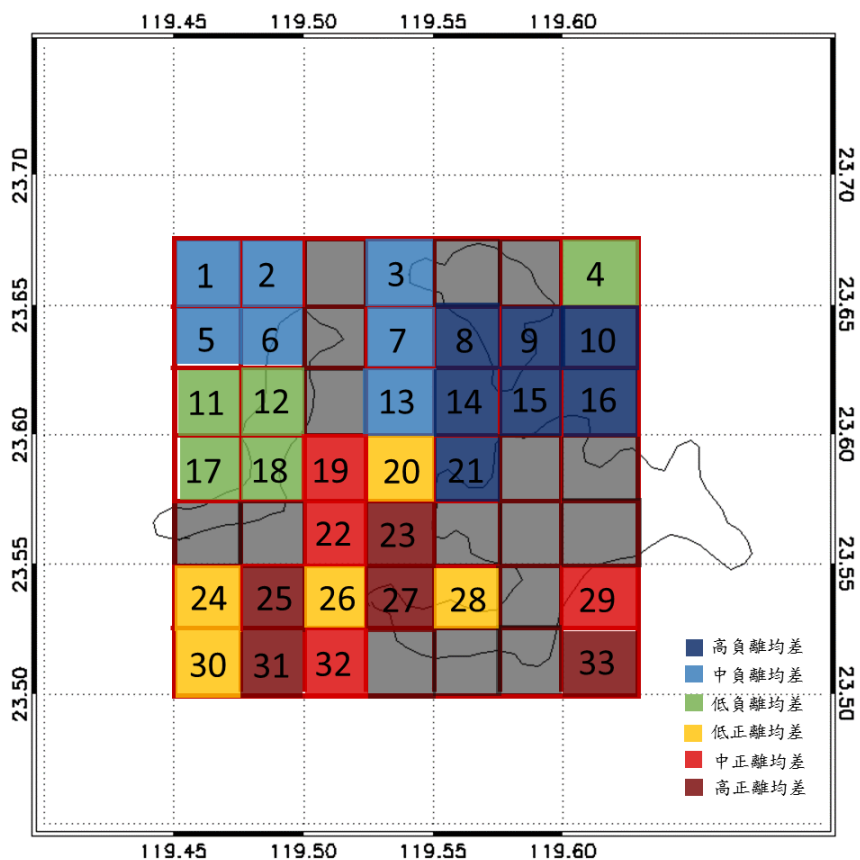
避寒潛 在海域	案山-菜園 近岸海域 (A 點)	嵵裡海域 (B 點)	山水海域 (C 點)	內垵-白馬 崎海域 (D 點)	內垵-風坑 海域(E 點)	內垵-池西 海域 (F 點)	青灣-風櫃 海域(G 點)
加權計 分後總 分數	150	186	119	140	300.5	83	277.5
水溫 離均 差	高負離均 差	低正離均 差	高正離均 差	低正離均 差	高正離均 差	低負離均 差	高正離均 差
選址 建議 排序	4	3	6	5	1	-	2



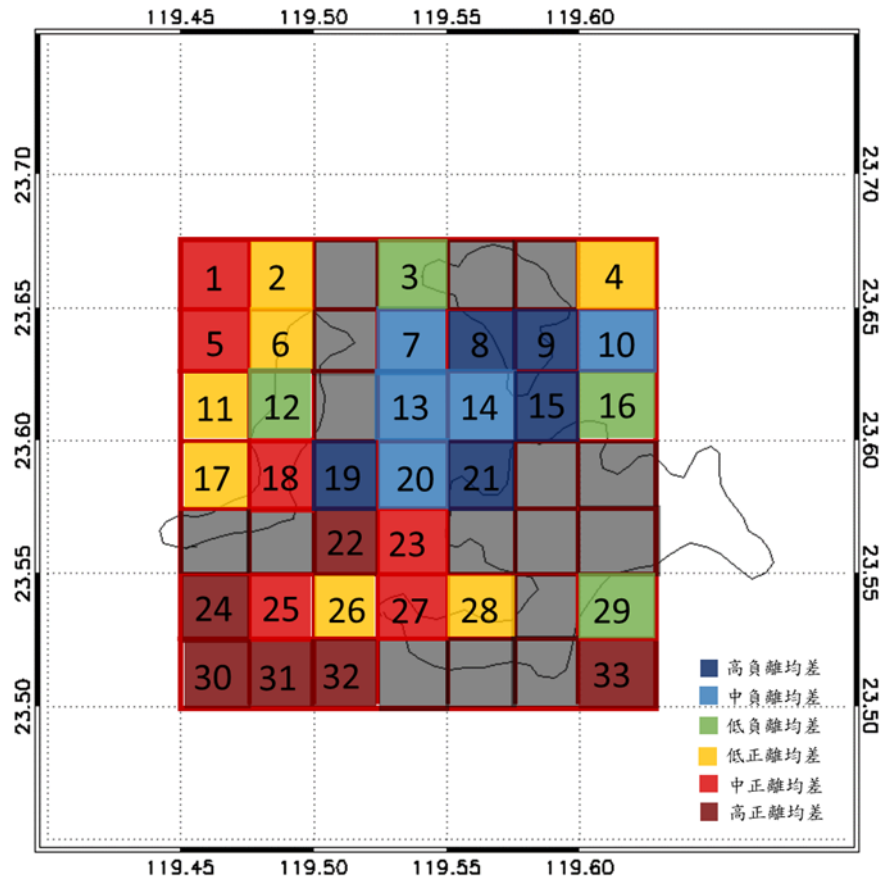
圖十六、澎湖周邊海域 2018 年 11 月至 2019 年 10 月間之月別 MODIS 遙測葉綠素濃度影像圖。



圖十七、強反聖嬰年各網格表水溫正負離均差變動時間序列(藍色為負離均差，紅色為正離均差)。



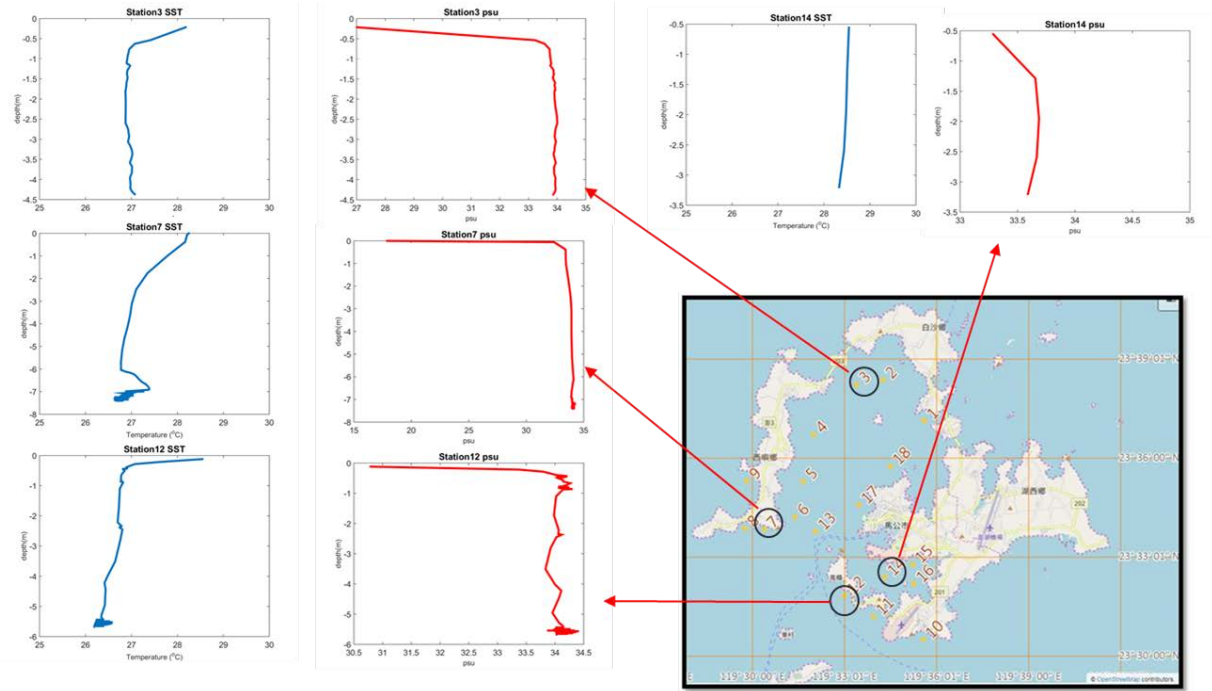
圖十八、 強反聖嬰年之各網格表水溫離均差變動情形。



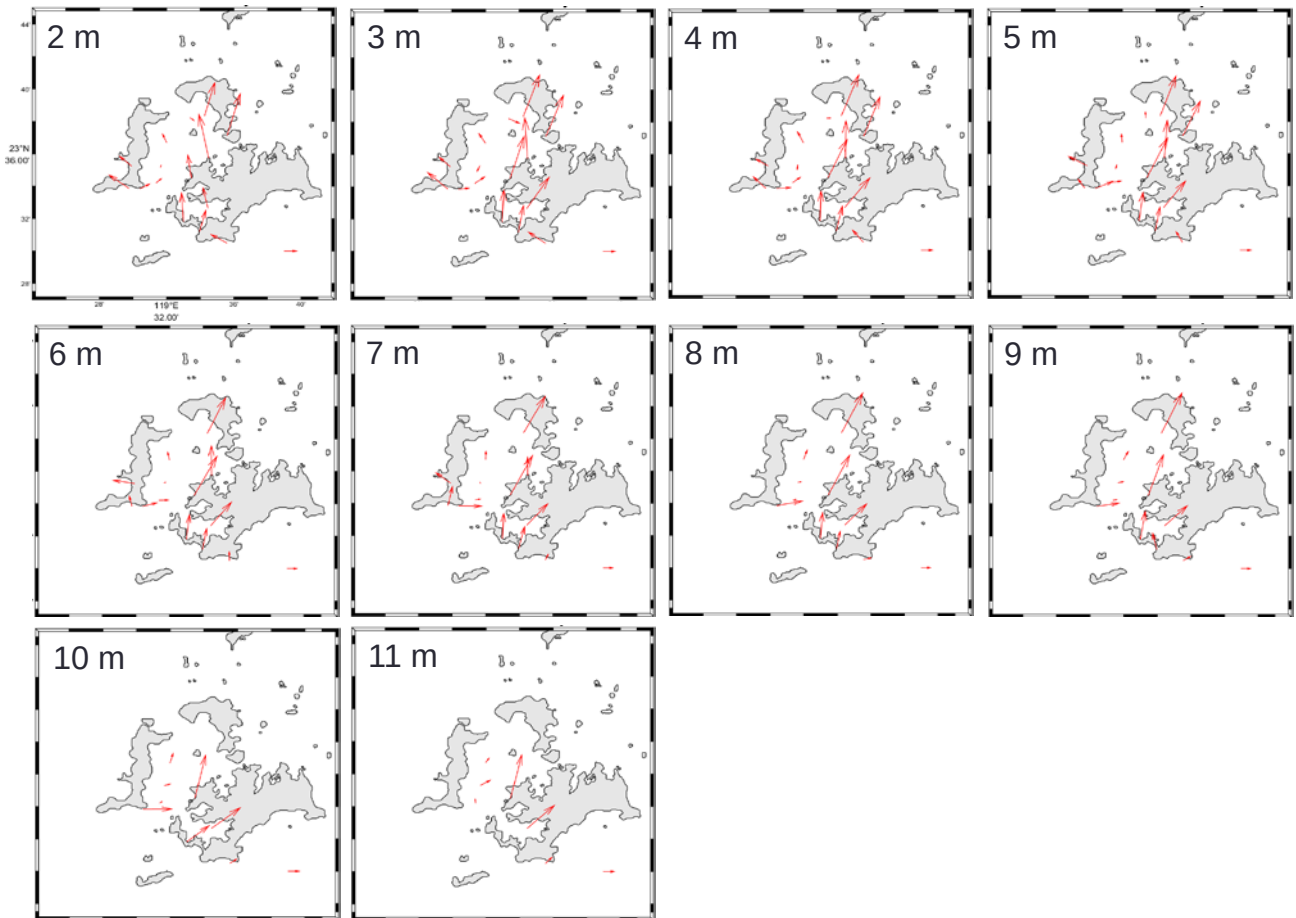
圖十九、 正常年之各網格表水溫離均差變動情形。



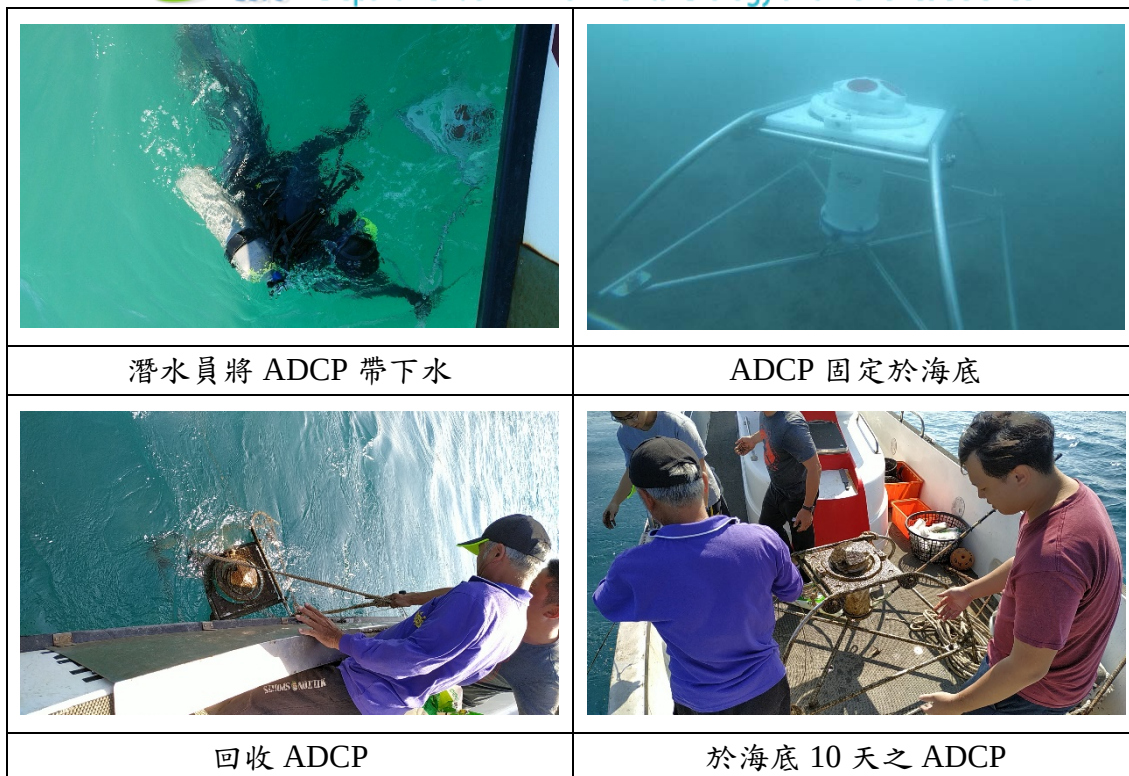
圖二十、2019 年 8 月 28 日以溫深鹽度儀及海流儀進行實測水文環境之海上作業。



圖二十一、2019 年 8 月 28 日內海與內灣海域之溫度及鹽度變化分布圖。

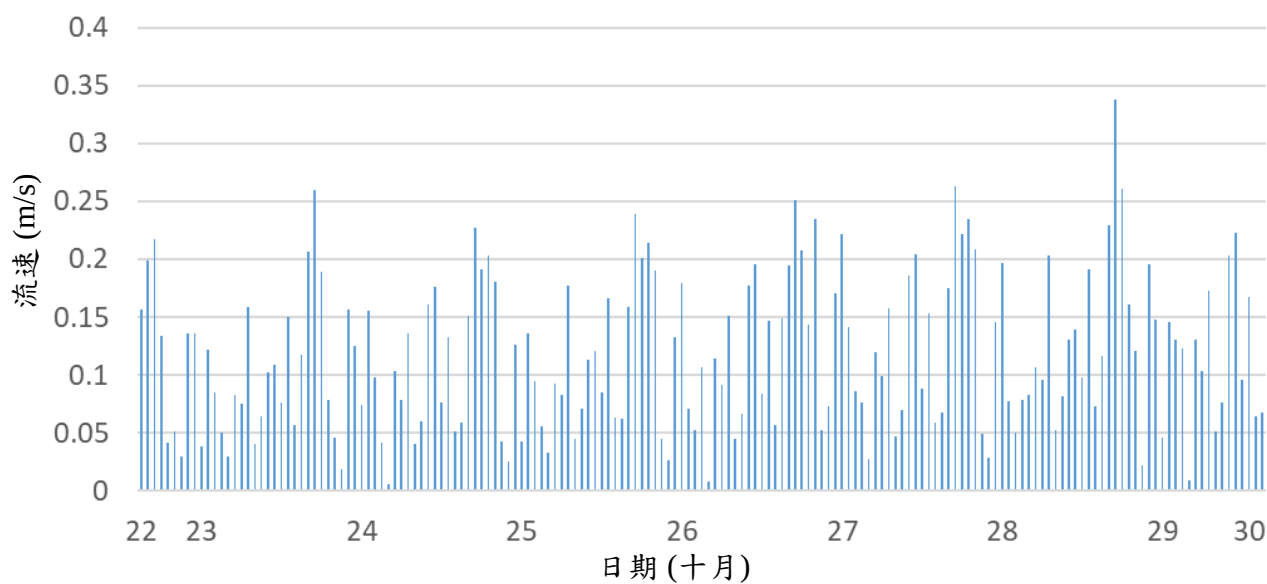


圖二十二、2019 年 8 月 28 日，各測站之分層(2-11m)海流之流速及流向圖，右下紅箭頭為比例尺(100mm/s)。

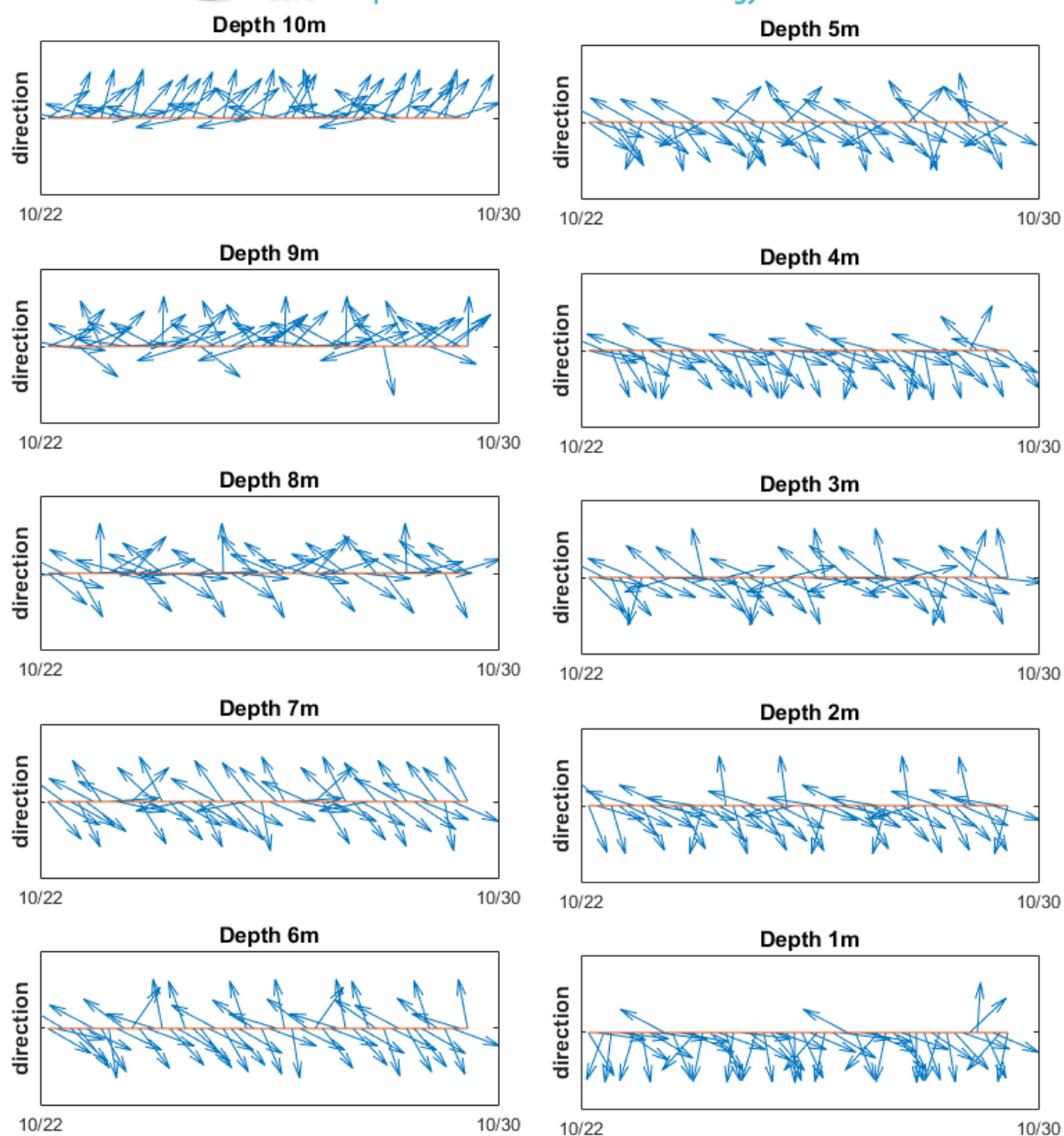


圖二十三、於青灣(G 點)測站施放、錨定 ADCP 之現場作業照片。

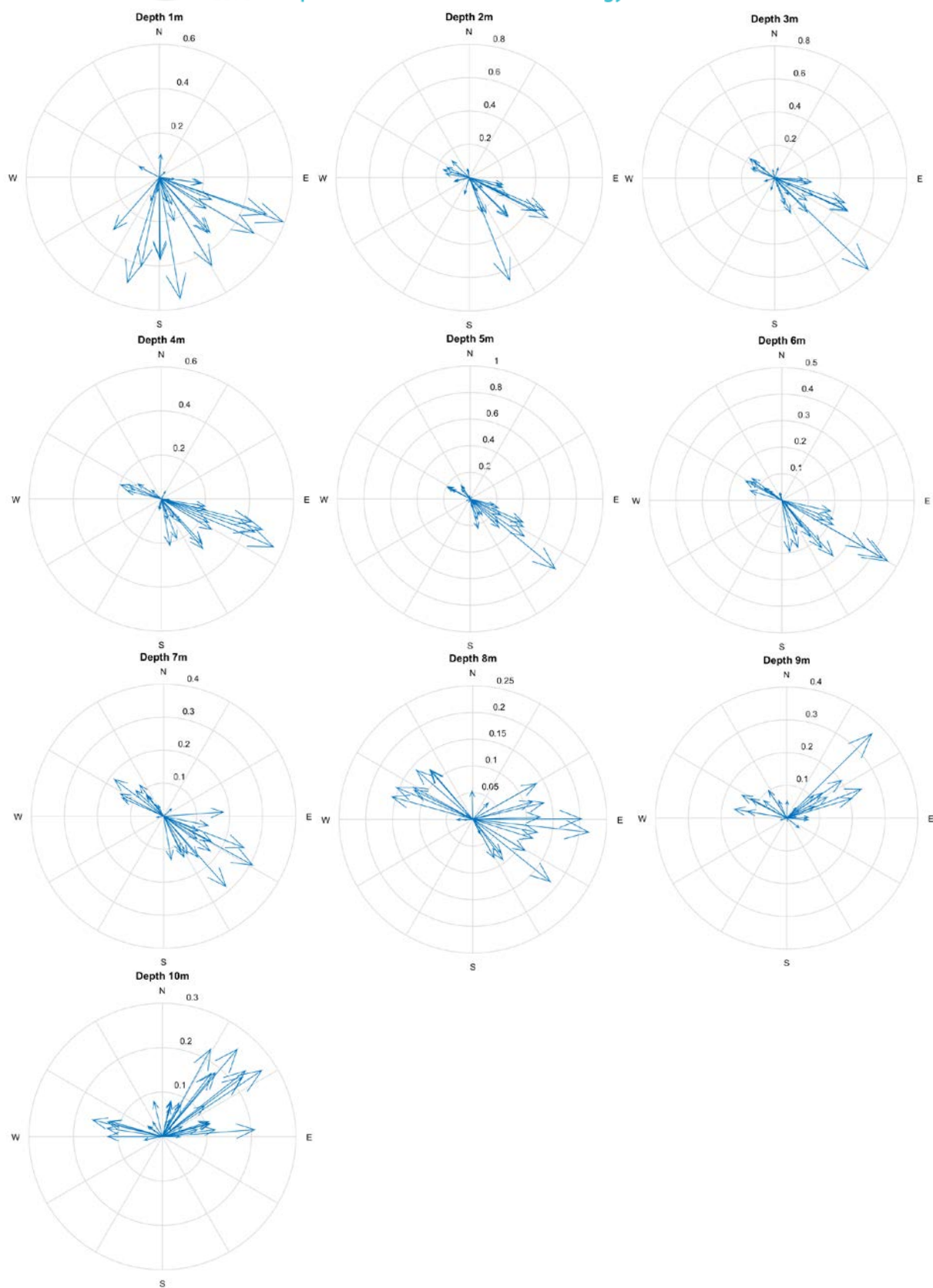
青灣定點觀測海流強度分布圖



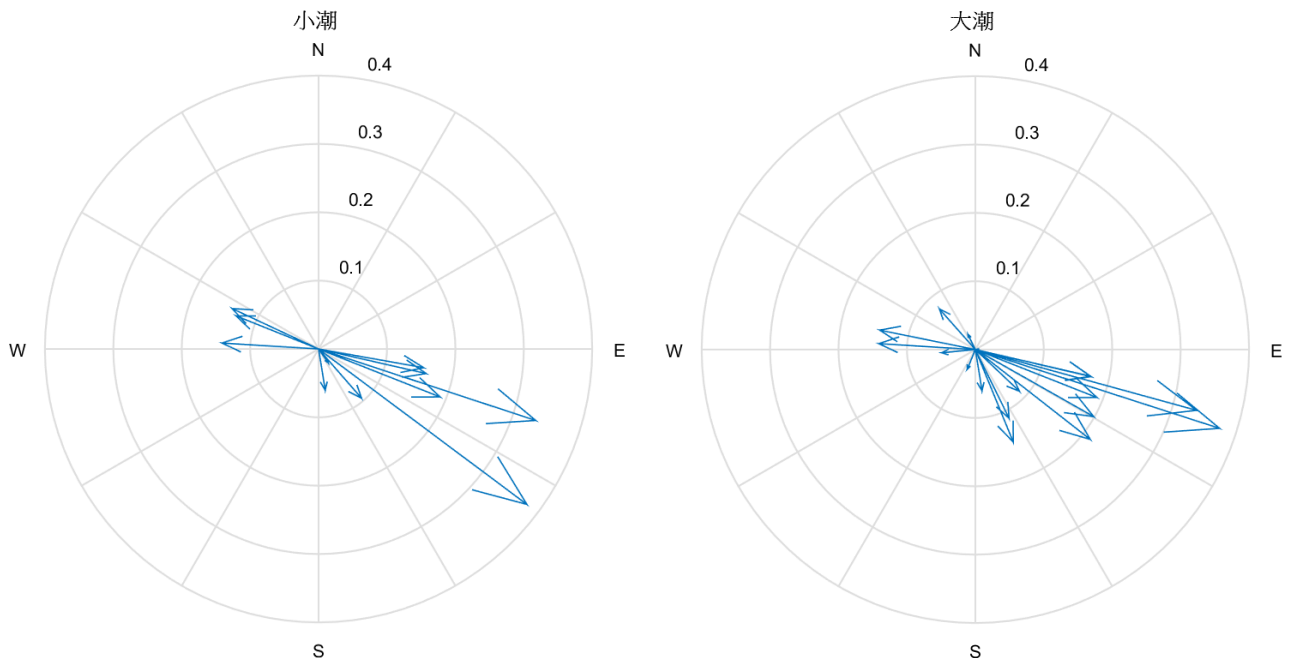
圖二十四、2019 年 10 月 22 日至 30 日之青灣測站平均海流強度時序列分布圖。



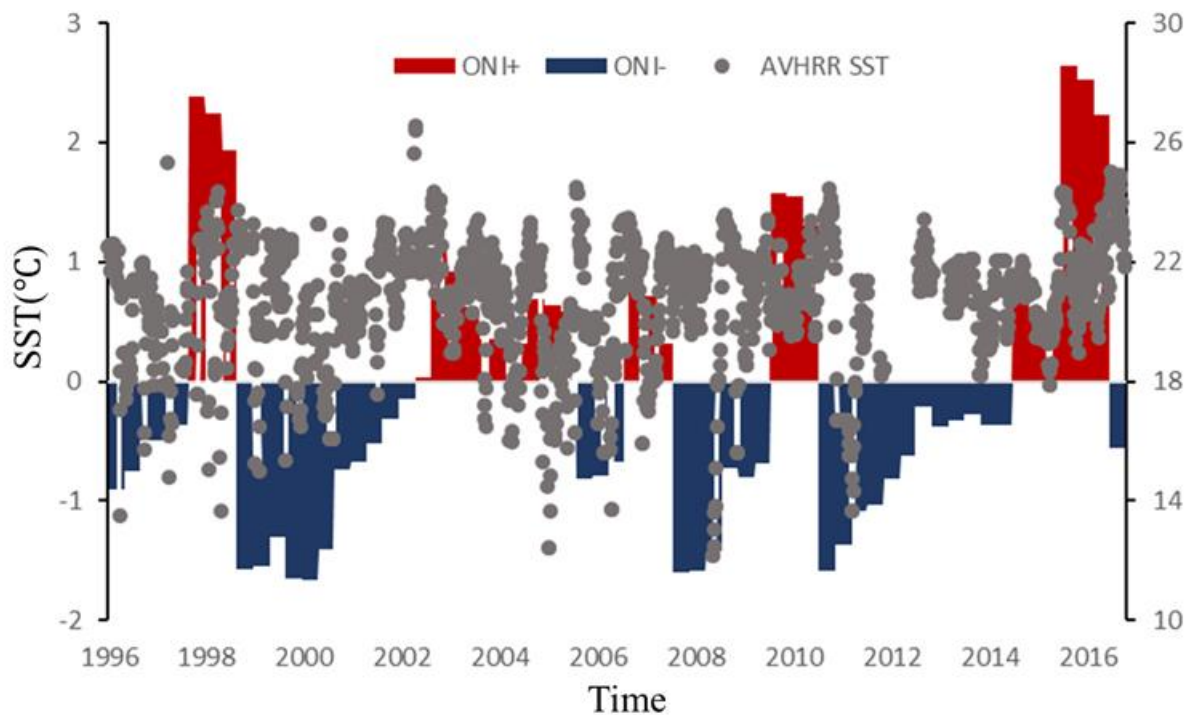
圖二十五、2019 年 10 月 22 日至 30 日之青灣測站的分層(1~10m)海流之流向圖。



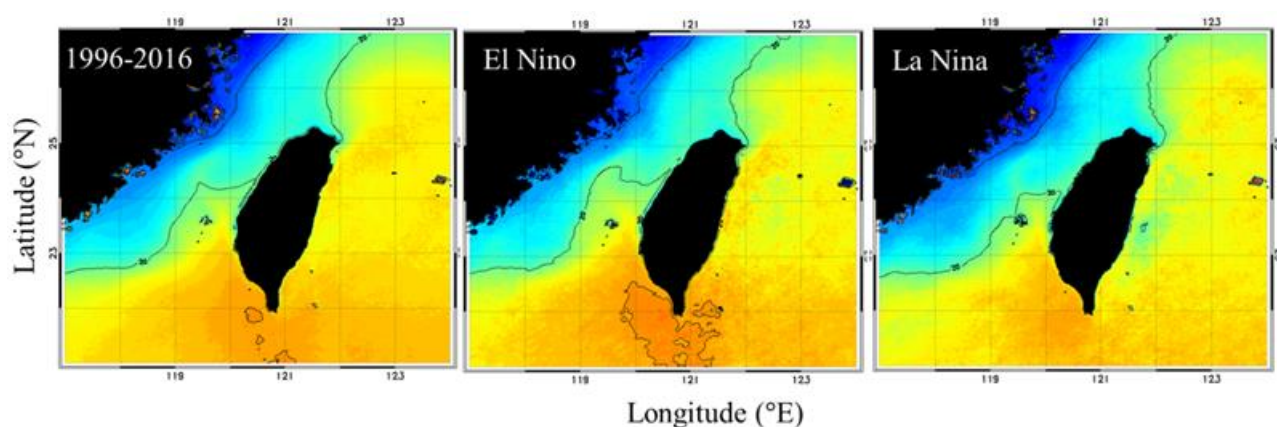
圖二十六、2019 年 10 月 22 日至 30 日之青灣測站每三小時平均之分層(1~10m)海流之流速及流向玫瑰圖。



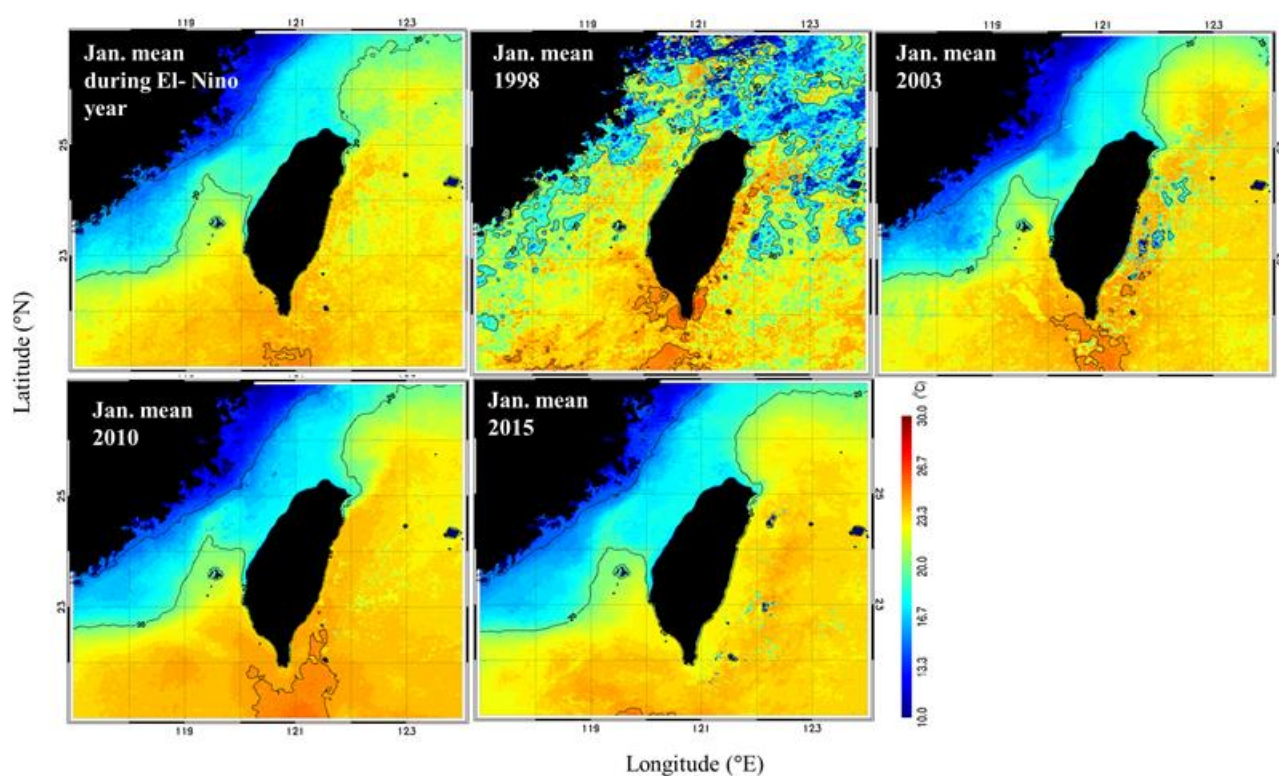
圖二十七、2019 年 10 月 22 日至 30 日之青灣測站大小潮期間的海流之流速及流向海流玫瑰圖。



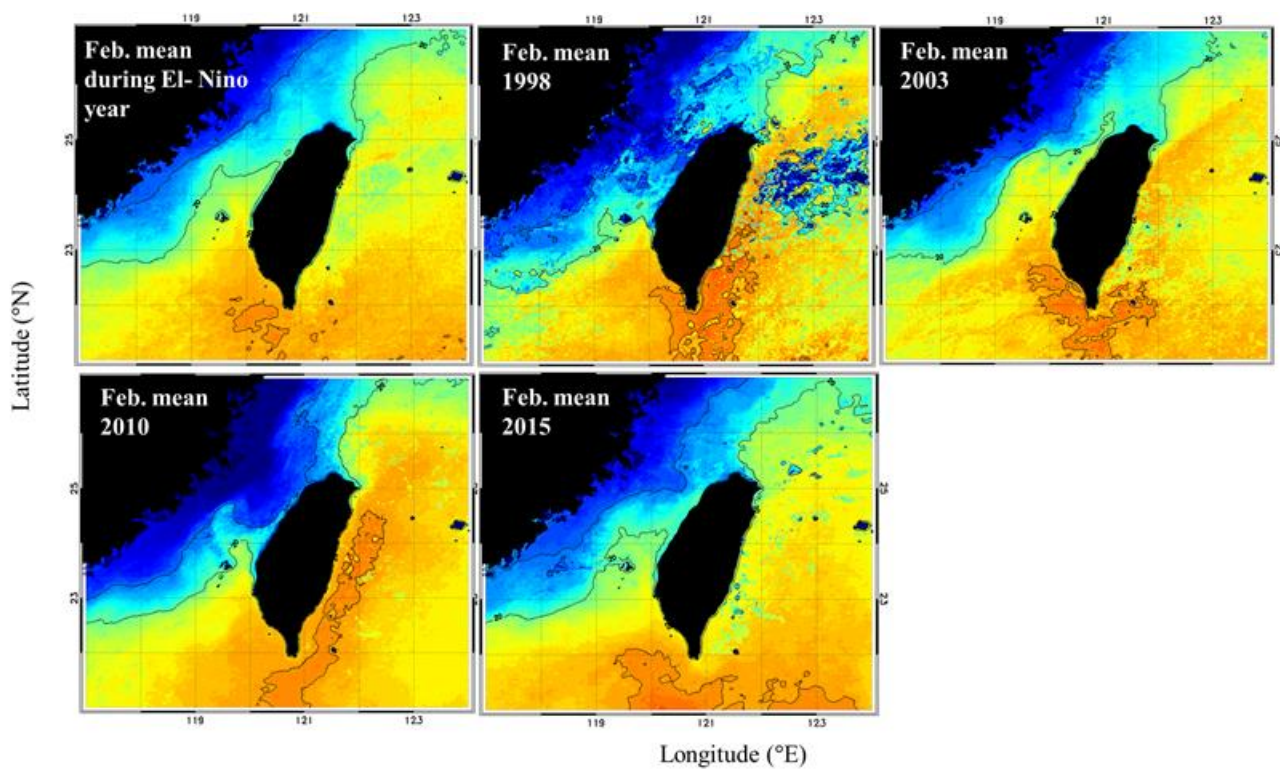
圖二十八、澎湖周邊水域之衛星遙測日別表水溫資料及 Oceanic Niño Index (ONI)時間序列變動圖(1996 年至 2016 年之 12 月、1 月及 2 月)，灰色圓圈代表 AVHRR 之日別表水溫。



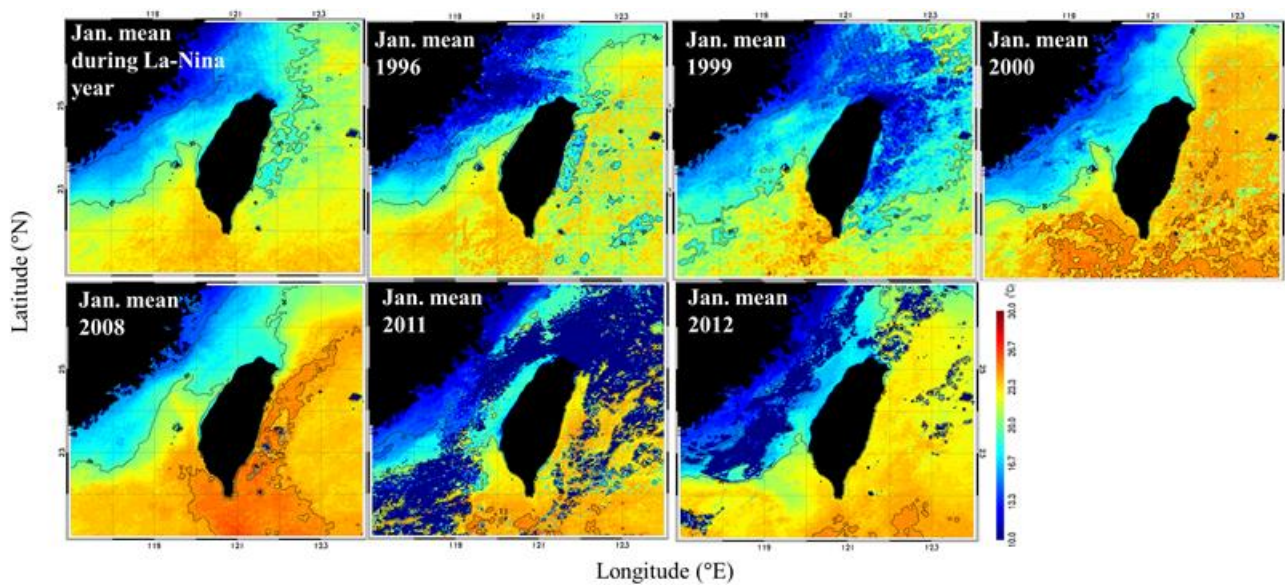
圖二十九、澎湖附近海域之歷年(1996 年至 2016 年)、聖嬰年及反聖嬰年之冬季(12 月、1 月及 2 月)平均水溫。



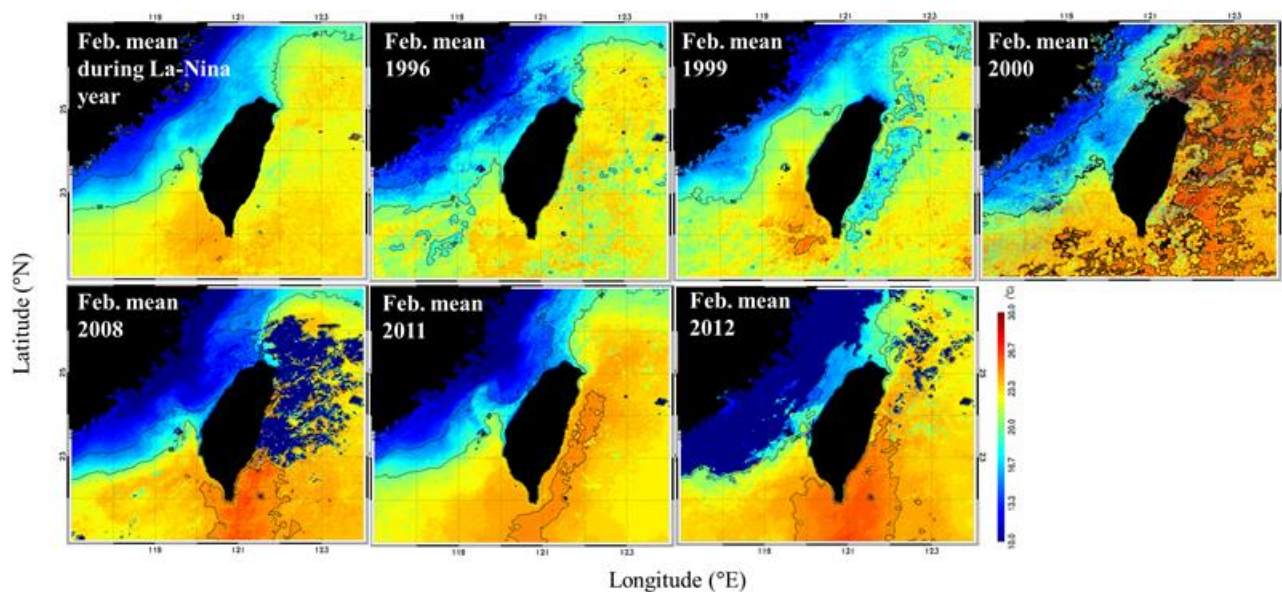
圖三十、1996 年至 2016 年間之聖嬰年 1 月份之月別平均水溫分佈圖。



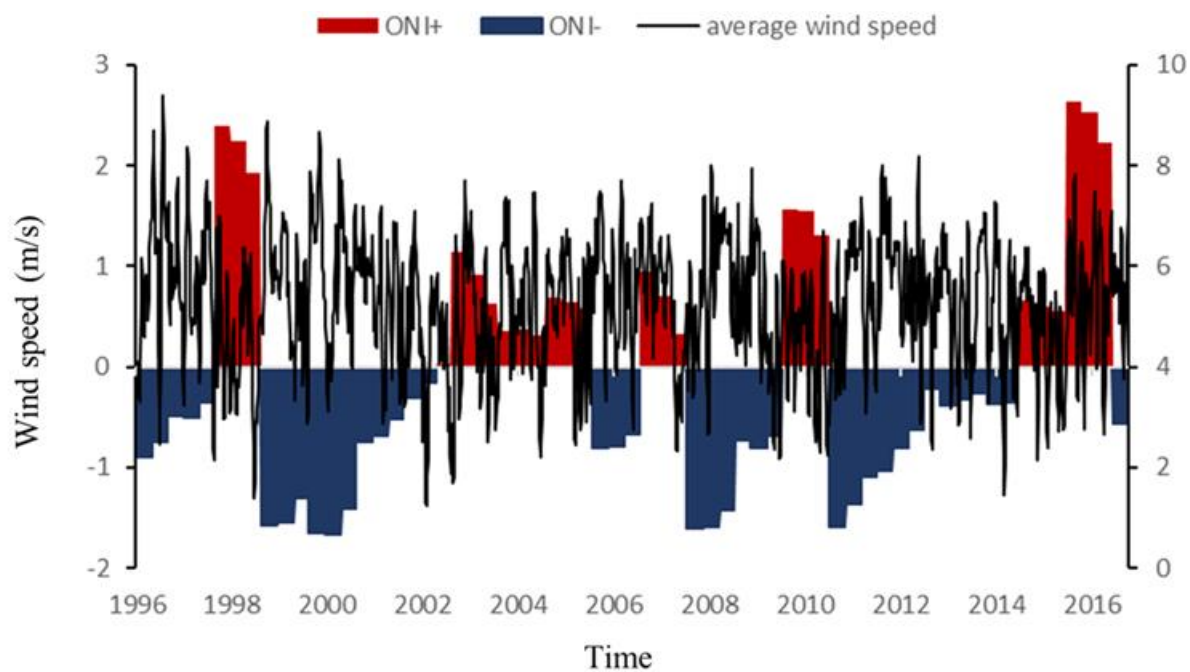
圖三十一、1996 年至 2016 年間之聖嬰年 2 月份之月別平均水溫分佈圖。



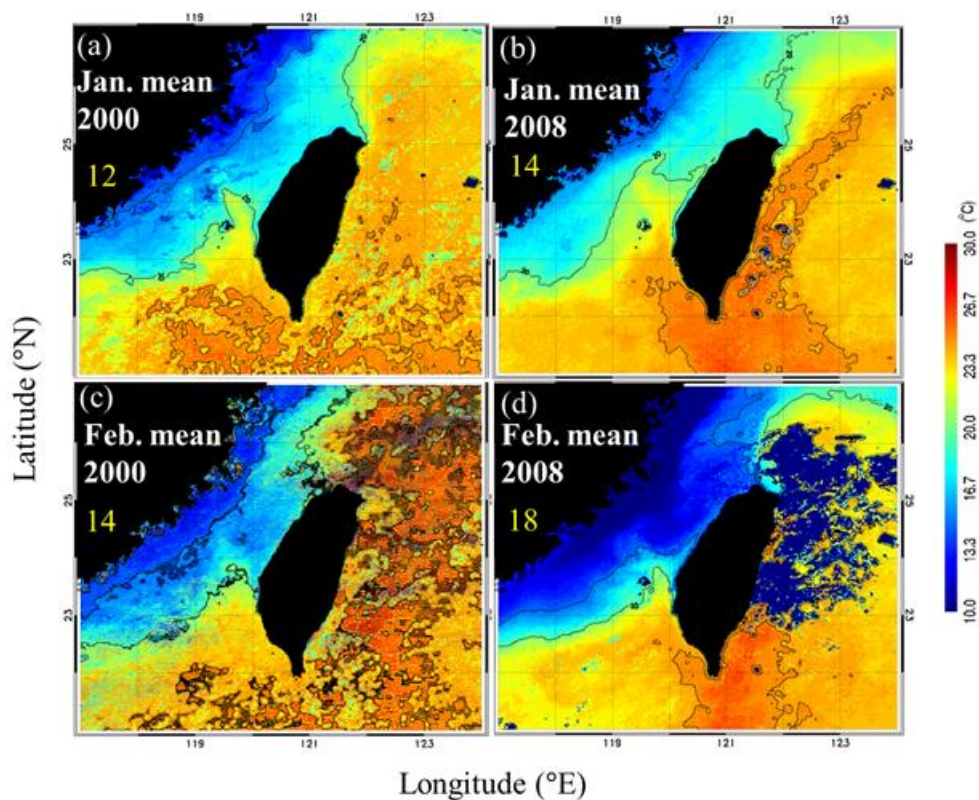
圖三十二、1996 年至 2016 年間之反聖嬰年 1 月份之月別平均水溫分佈圖。



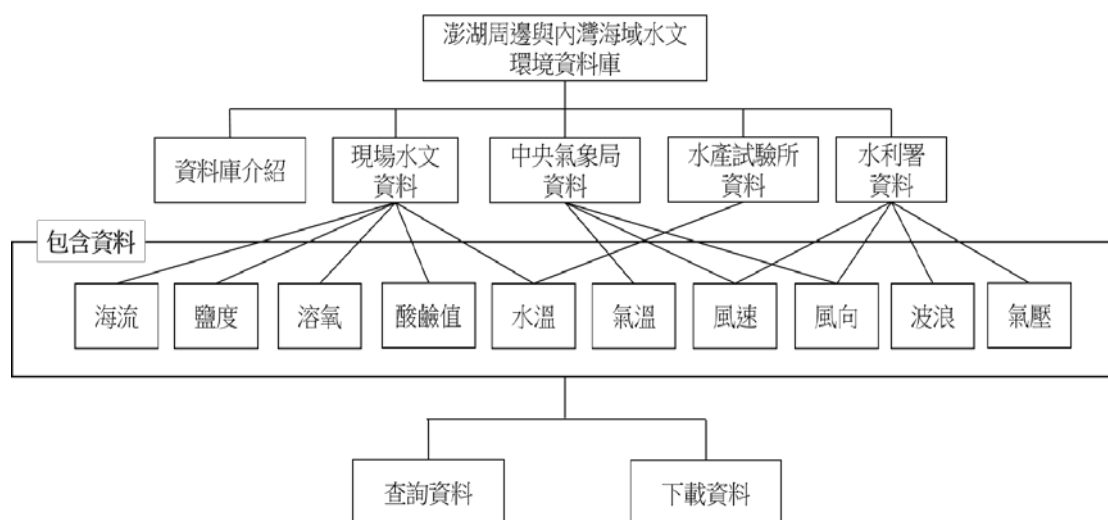
圖三十三、1996 年至 2016 年間之反聖嬰年 2 月份之月別平均水溫分佈圖。



圖三十四、澎湖群島日別平均風速時序列變動圖(1996 年至 2016 年，冬季 12、1~2 月)。



圖三十五、強反聖嬰年-2000 年之(a) 1 月、(b) 2 月；2008 年之(c) 1 月、(d) 2 月之月別平均水溫分佈圖。



圖三十六、澎湖周邊與內灣海域水文環境資料庫工作架構與作業流程。



澎湖周邊與內灣海域水文環境資料庫

1. 標頭頁

本資料庫的資料有 **3. 瀏覽頁**

現場水文資料

澎湖測站
包含資料有: 深度(m)、水溫(°C)、鹽度(psu)、溶氧(mg/L)、酸鹼值(pH)。

中央氣象局

澎湖測站
包含資料有: 平均氣溫(°C)、平均風風速(m/s)、平均風風向(360 degree)。

水產試驗所

目斗嶼測站
海墘嶼測站
東吉嶼測站
二崙海域
澎南海域
包含資料有: 水溫(°C)。

水利署

澎湖浮標
包含資料有: 日波浪統計、月波浪統計(波高(cm)、波向(度)、週期(sec))
海上風日統計、海上風月統計(風速(m/sec)、風向(度))
海上氣壓日統計、海上氣壓月統計(氣壓(hpa))
海上逐時風(風速(m/sec)、風向(度))
海上逐時氣壓(氣壓(hpa))
逐時波浪(波高(cm)、波向(度)、週期(sec))

2. 清單頁

圖三十七、資料庫頁面示意圖。



澎湖周邊與內灣海域水文環境資料庫

資料庫介紹

現場水文資料 - 澎湖

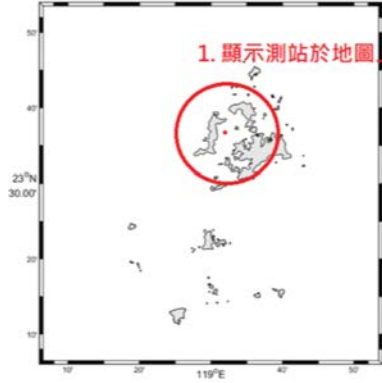
中央氣象局 - 澎湖測站

水產試驗所 - 海洋水質水溫 WSN 觀測站

水利署 - 澎湖浮標

php測試

現場水文資料



1. 顯示測站於地圖上的位置

2. 查詢測站資料

澎湖

測站 1

測站 2

測站 3

測站 4

測站 5

測站 6

測站 7

測站 8

測站 9

測站 10

測站 11

測站 12

測站 13

測站 14

測站 15

測站 16

3. 下載測站資料

圖三十八、測站位置與資料查詢下載頁面示意圖



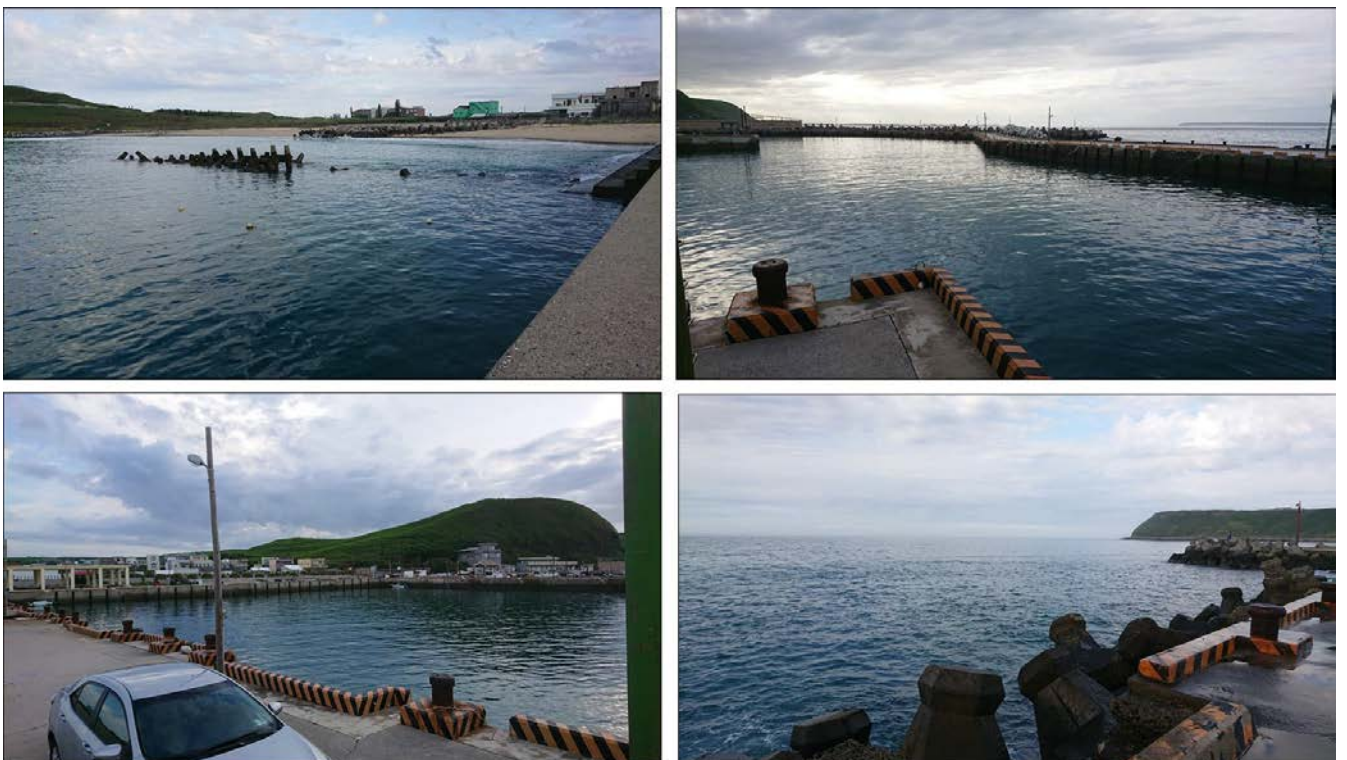
圖三十九、案山-菜園附近港口及交通之實地視察示意圖。



圖四十、嵵裡附近港口及交通之實地視察示意圖。



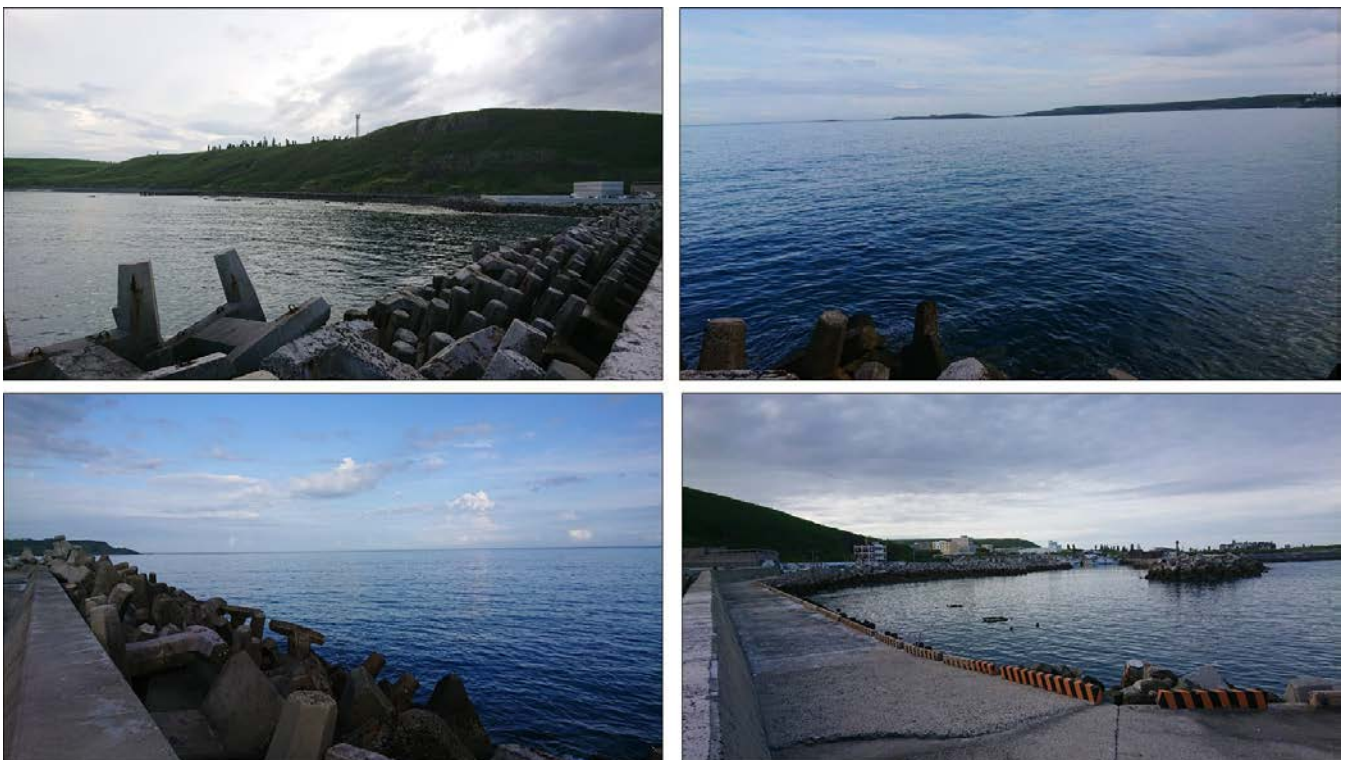
圖四十一、山水附近港口及交通之實地視察示意圖。



圖四十二、內垵-白馬崎附近港口及交通之實地視察示意圖。



圖四十三、內垵-風坑附近港口及交通之實地視察示意圖。



圖四十四、內垵-池西附近港口及交通之實地視察示意圖。



圖四十五、青灣-風櫃附近港口及交通之實地視察示意圖。

肆、討論

1. 澎湖海域歷年遙測表水溫資料可用像素探討

由表五可得知，反聖嬰年(1996 年、1999 年、2000 年、2008 年、2011 年及 2012 年)之表水溫的標準差也有較大(大於 2°C)的現象，然而冬季月別水表溫可用像素比例低於 15%的月份，也大多集中在反聖嬰年。由此可得知，反聖嬰年間，可能由於天候不佳，雲層遮蔽，導致遙測資料讀取上有困難，因此本計畫擬未來加入 AMSR，AMSR 為多頻率、雙級化被動微波輻射器，其中 AMSR-E 微波輻射器是以 AMSR 感應器為基礎進行改良設計，搭載 NASA 對地球觀測的衛星 Aqua，於 2002 年發射上空，AMSR-E 輻射器總共有 6 個頻率，透過地球表面的微波輻射來研究全球的水循環變化，AMSR-E 兩天覆蓋一次全部區域，高緯度 55 地區則是一天覆蓋一次，本研究希望未來加入 AMSR-E 的遙測資料或以 DINEOF 統計模式能補足 AVHRR 在天候不佳上資料不足的缺陷(毛等，2005)。

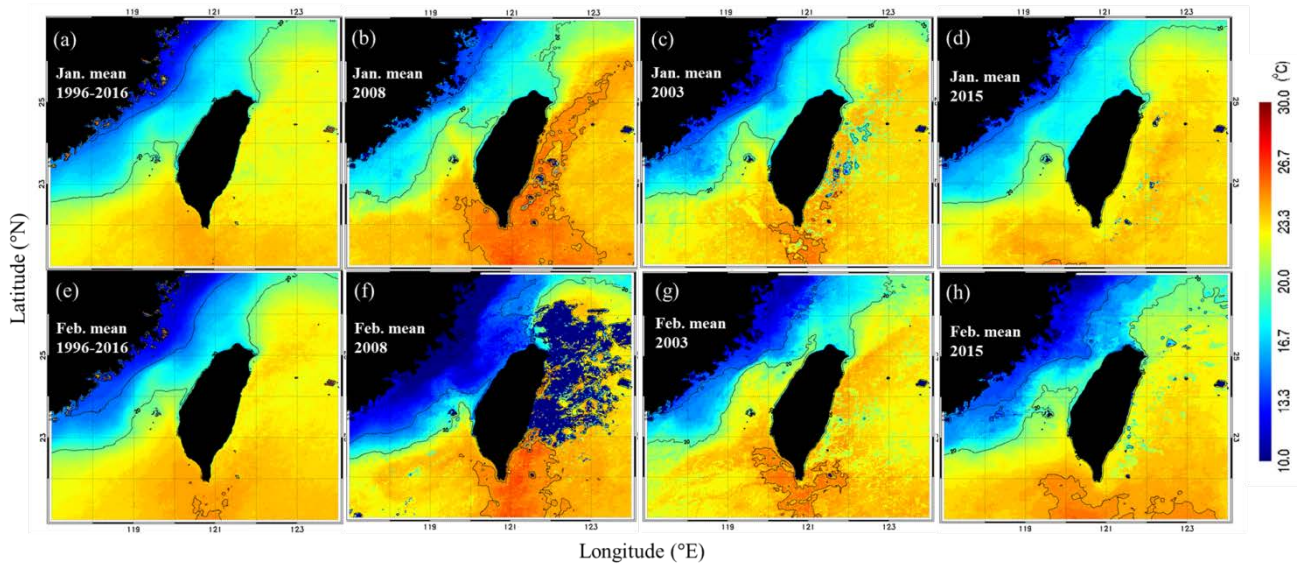
2. 澎湖附近海域聖嬰、反聖嬰年冷水推移現象

歷年反聖嬰年 1 月 20°C 等溫線除了 1996 年及 2008 年之外大多會入侵澎湖群島(圖三十二)，而 2 月則是除了 1999 年其餘的反聖嬰年 20°C 等溫線皆有入侵澎湖群島的現象(圖三十三)。以 2008 年澎湖寒害為例，2009 年為正常年，因此冬季 1~2 月水溫明顯高於 2008 年 2 月，且水溫變動不大(介於 $20.48\sim 23.9^{\circ}\text{C}$)，顯示 2009 年冬季澎湖水域的水溫已經回復正常，並無受寒潮所影響，而 2010 年為強聖嬰年，冬季 1~2 月水溫明顯高於 2008 年 2 月，且水溫變動(介於 $18.45\sim 22.39^{\circ}\text{C}$)，由此可看出強反聖嬰(2008)年水溫影響比較大。另外，再由衛星遙測表水溫影像圖觀測(圖四十六)，可知在台灣海峽冬季 2 月時，黑潮支流水會增強往北流至黑水溝以北，靠近雲彰隆起的位置，因此水溫較高，平均水溫約為 22°C 。台灣海峽冬季因被強勁之東北季風所支配，讓中國大陸沿岸流向南流，至海峽中部以北附近水域擴張至台灣北部海域，在雲彰隆起北側受地形所阻而向東逆時迴轉並靠近台灣西岸流向東北，因此冬季低溫低鹽之大陸沿岸水則被受制於由南往北流經過澎湖黑水溝至雲彰隆起的高溫高鹽的黑潮支流水所阻擋，不易向

南端之澎湖水域擴張(Jan et al., 2002)，而形成明顯的冷暖水鋒面對峙於雲彰隆起附近水域之狀態，由此可知雲彰隆起是台灣海峽冬季分隔兩個不同水團、同時也是兩個水團交會處的重要地理位置(Chang et al., 2006)，也由於低溫的大陸沿岸水無法流入澎湖水域，因此澎湖水域即使在冬季最冷之 1、2 月，20 年(1996-2010 年)之平均表水溫亦在 20.2°C 左右，另外本計畫選取研究時程內，平常年、聖嬰年(2015 年)以及反聖嬰(2008 年)最強的年份進行冬季表水溫平均(1、2 月)進行比較，發現 2008 年冬季呈現完全相反的現象，圖四十六(e)為 20 年平常年之平均表水溫影像圖，若與圖四十六(f)比較後可發現，深藍色圖階是水溫低於 10°C 之冷水，由圖四十六(f)中可見其沿著大陸沿岸，即台灣海峽之西部流動，且平均水溫低於 15°C 之冷水灌進澎湖，延伸至臺灣灘，進而造成澎湖水溫較往常年低溫，造成澎湖寒害。

3. 運用層級分析法評析箱網養殖避寒選址之可行性

本研究運用模糊德爾菲法(Fuzzy Delphi)問卷調查，並考量澎湖海域主要在反聖嬰年期間之東北季風強盛，進而可能受到寒潮事件而造成箱網養殖漁業的災損，故將問卷結果搭配反聖嬰年期間之各箱網養殖移地避寒地點海域的水溫離均差之交叉分析，初步評估內垵-風坑海域及青灣-風櫃海域之條件依序為最佳箱網養殖移地避寒地點。惟因調查期間僅至 11 月，尚缺少冬季的現場水文暨潮流資訊，因而無法運用層級分析法掌握前述各項評估條件的影響權重值，此一部分建議後續可持續追蹤冬天資訊並納入專家學者的經驗分析，篩選具有顯著重要且共識的評估指標暨權重，以詳實提供寒害入侵期可移地抗風、抗浪暫置區選擇的可行性評估。



圖四十六、(a) 1996~2016 年 1 月、(b) 2008 年 1 月、(c) 2003 年 1 月、(d) 2015 年 1 月、(e) 1996~2016 年 2 月、(f) 2008 年 2 月、(g) 2003 年 2 月、(h) 2015 年 2 月之平均表水溫影像圖。

伍、建議

1. 冬季啟動移地養殖機制之可行性

透過網格化分析，反聖嬰年及正常年澎湖內海及部份內灣水域之水溫離均差均屬負向離均差，而內海南側水域的離均差為正，亦即冬季內海及內灣水域受到冷水覆蓋，而其內海南側水域高正離均差區域受到冷水影響則較小。由於冬天低溫狀況長達 3~4 個月，將影響箱網養殖魚類的成長，建議冬天期間應考慮移地養殖的可行性。

2. 持續健全反聖嬰年期間的水文觀測工作：

表十一為 2011 年 1 月至 2019 年 9 月之 ONI 指數變動表，由表可知，本計畫調查期間為聖嬰年轉換為正常年期間，因而澎湖內海及內灣水域之水文調查資訊並未觀察到容易發生極端冷水的反聖嬰年期間的水文資訊，以 2008 年澎湖極端冷水的發生期間，雖有發現低達 15°C 的水溫，但尚難判斷係大陸沿岸水或因強風帶動上下海水垂直擾動所造成的低溫現象，因而有必要持續追蹤與健全反聖嬰年期間的水文觀測資訊。

3. 建構完整冬季內海周邊海域水溫觀測機制及移地養殖區的海潮流資訊：

本計畫雖已證實冬季期間冷水持續覆蓋內海與內灣水域，並建議推動移地養殖之可行性，但因調查資訊並未涵蓋反聖嬰年期間的水文資訊與海潮流資訊，以及納入專家學者與漁政管理單位的移地養殖區經驗，故僅能提出移地養殖區的初步建議，對於極端冷水現象發生對養殖業者的預防工作之提醒，則建議應持續強化反聖嬰年期間，內海及內灣暨移地養殖區的水文資訊與海潮流資訊的調查工作，以作為漁政主管機關與養殖業者因應環境變遷之調適措施參考。

表十一、2011 年 1 月至 2019 年 9 月之 ONI 指數變動表

Year	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
2011	-1.4	-1.1	-0.8	-0.6	-0.5	-0.4	-0.5	-0.7	-0.9	-1.1	-1.1	-1.0
2012	-0.8	-0.6	-0.5	-0.4	-0.2	0.1	0.3	0.3	0.3	0.2	0.0	-0.2
2013	-0.4	-0.3	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.3	-0.2	-0.2	-0.3
2014	-0.4	-0.4	-0.2	0.1	0.3	0.2	0.1	0.0	0.2	0.4	0.6	0.7
2015	0.6	0.6	0.6	0.8	1.0	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	2.5	2.6
2016	2.5	2.2	1.7	1.0	0.5	0.0	-0.3	-0.6	-0.7	-0.7	-0.7	-0.6
2017	-0.3	-0.1	0.1	0.3	0.4	0.4	0.2	-0.1	-0.4	-0.7	-0.9	-1.0
2018	-0.9	-0.8	-0.6	-0.4	-0.1	0.1	0.1	0.2	0.4	0.7	0.9	0.8
2019	0.8	0.8	0.8	0.8	0.6	0.5	0.3	0.1	0.1			

陸、參考文獻

Chang, Y., K.T. Lee, M.A. Lee and K.W. Lan (2009) Satellite Observation on the Exceptional

- Intrusion of Cold Water in the Taiwan Strait. *Terr. Atmos. Oceanic Sci.*, 20(4), 661-669.
- Chang, Y., M.A. Lee, K.T. Lee, and K.T. Shao (2013) Adaptation of fisheries and mariculture management to extreme oceanic environmental changes and climate variability in Taiwan. *Marine Policy*, 38, 476-482.
- Jan, S. and S. Y. Chao (2003) Seasonal variation of volume transport in the major in flow region of the Taiwan Strait: The Penghu Channel. *Deep-Sea Res. II*, 50, 1117-1126.
- Jan, S., J. Wang, C. S. Chen and S. Y. Chao, 2002: Seasonal variation of the circulation in the Taiwan Strait. *J. Mar. Syst.*, 35, 249-268.
- Lee, M. A., Y. Chang, F. Sakaida, H. Kawamura, C. H. Cheng, J. W. Chan, and I. Huang (2005) Validation of satellite-derived sea surface temperatures for waters around Taiwan, *Terr. Atmos. Oceanic Sci.*, 16, 1189– 1204.
- McClain, E.P., W.G. Pichel, and C.C. Walton, 1985: Comparative performance of AVHRR based multichannel sea surface temperatures. *J. Geophys. Res.*, 90, 11587–11601.
- 方新疇、莫顯喬、陳宏遠、宋克義、劉莉蓮 (1993) 澎湖南部海域海洋生物資源調查。交通部觀光局澎湖風景特定區管理籌備處，150 頁。
- 毛克彪、覃志豪、滿春、徐斌 (2005) AMSR 被動微波數據介紹及主要應用研究領域分析。遙感信息，2005(3)：63-65.
- 李國添、周宏農、邵廣昭、曾建璋、鄭明修 (2004) 澎湖寒害對漁業之衝擊後續監測及預警體制之建立，行政院農業委員會漁業署，235pp。
- 李國添、張懿、李明安、呂學榮 (2008) 應用衛星遙測影像還原異常寒潮入侵澎湖水域真象。臺灣水產，650: 48-57。
- 詹森 (2002) 全方位探索台灣海峽，21 世紀海洋台灣，33-37。國家海洋科學中心。
- 陳哲聰、邵廣昭、游祥平、柳芝蓮、黃將修、黃雲鵬 (1993) 澎湖東部海域海洋生物資源調查研究。交通部觀光局澎湖風景區管理籌備處。132 頁。
- 張崑雄、楊海寧、陳春暉、詹榮桂、戴昌鳳、鄭明修 (1992) 澎湖北部海域海洋生物資源調查。



交通部觀光局澎湖風景特定區管理籌備處，194 頁。

張崑雄、楊海寧、陳春暉、詹榮桂、戴昌鳳、鄭明修（1993）澎湖內海海域海洋生態資源調查研究。交通部觀光局澎湖風景特定區管理籌備處，146-196 頁。

曾建璋、施志昀、徐振豐(2004) 澎湖地區潮間帶生物多樣性之生態與物種調查研究計畫(一)，行政院農業委員會漁業署，42pp。

曾建璋、施志昀、徐振豐(2005) 澎湖地區潮間帶生物多樣性之生態與物種調查研究計畫(二)。行政院農業委員會漁業署，94 農科-9.4-1-漁-F1，172pp。

曾建璋、施志昀、徐振豐(2006) 澎湖地區潮間帶生物多樣性之生態與物種調查研究計畫(三)，行政院農業委員會漁業署，95 農科-11.5.1-漁-F1（8），137pp。

曾建璋、張睿昇、邱郁文、黃大駿(2007) 澎湖馬公地區沿海棲地環境之生物多樣性調查研究，行政院農業委員會漁業署，96 農科-11.2.1 漁-F1(6)，61pp。

曾建璋、張睿昇、邱郁文、黃大駿(2008)澎湖本島海域不同棲地環境之生物多樣性調查研究(二)，行政院農業委員會漁業署，97 農科-11.2.1 漁-F1(2)，72pp。

曾建璋、施志昀、徐振豐(2009)潮間帶生物資源調查，行政院農業委員會漁業署，98 公共建設-12.1-漁-03(2)，107pp。