

第九屆旺宏科學獎

成果報告書

參賽編號：SA9-248

作品名稱：渡台悲歌追想曲-揭開黑水
溝的海洋水文面紗

姓 名：高韶屏

關 鍵 字：澎湖水道、流速、黑水溝

壹、研究動機

「唐山過台灣，心肝結歸丸」、「十去六死三留一回頭」這兩句耳熟能詳的俗諺，可以從老一輩的長輩口中聽到，也常出現在教科書上，但是對於祖先來台灣為什麼會那麼的危險，從史料上記載的資料很少，文獻也多缺失。地質學之父赫登曾說：「現在是通往過去的一把鑰匙。」，本研究希望能用現在的海洋水文資料，推敲「黑水溝」之所以讓人們聞之喪膽的真相。

貳、研究目的

運用現在的海洋水文所分析的數據，探討「黑水溝」的氣候與海象資料。

- 一、以海流玫瑰圖（1991~2005 年）與海流流矢圖（1991~2008 年）觀察海流的流速與方向，並瞭解不同季節的變化。
- 二、以流矢斷面圖（1991-2008）觀察海床地形、流速分量。
- 三、以溫度鹽度圖（1991-2008）觀察臺灣海峽海域的溫度與鹽度。
- 四、瞭解台灣海峽的海底地形與海流的關係。
- 五、以現今海象狀況（1971~2000 年）瞭解澎湖附近海域狀態。
- 六、實際模擬 2009 年大陸渡海至台灣四季渡台的情況。

參、研究設備及器材

電腦、Microsoft word 2007、小畫家、Adobe acrobat 9、1985年-2007年海洋氣候資料庫水文資料、Grapher8.0、GMT。

肆、研究過程及方法

研究過程分為三個部分：

一、黑潮與臺灣海峽的相關介紹（詳細內容請參見：附錄一、黑潮與台灣海峽的相關介紹）

- 黑潮（黑水溝）
- 澎湖（渡臺中繼站）
- 臺灣海峽

二、文獻歷史的分析

- 渡臺背景
- 唐山過台灣船隻路線
- 中、外船難統計

三、科學方法的分析

- 海流（海流玫瑰圖、海流流矢圖）（詳細內容請參見：附錄二、海流玫瑰圖的分析）
- 溫鹽（溫鹽圖）
- 地形（台灣海峽水深圖、澎湖群島海圖、流矢斷面圖）
- 風（風向、風速）
- 浪（流向、浪高）
- 潮流（流向、潮高）
- 數值模式模擬（以美國海軍漂流物模擬程式進行）

伍、研究結果

歷史文獻的分析

一、渡臺背景：

今天渡過臺灣海峽已是輕而易舉之事，但是在古代的航海條件下，越過臺灣海峽並不容易。再渡臺的過程中，不知吞噬了多少移民的生命，留下了「六死三留一回頭」的淒慘傳說，但是渡臺的情況依然非常熱絡，會有這種冒險犯難的精神、不惜犧牲生命仍然抱持著來臺的原因是什麼？(一)、**農民沒有土地**：從東晉到唐宋五代以來，戰亂不止、黃河地區氣候嚴寒，因此北方人南遷，閩粵一帶人口激增，造成人口過剩的局面。(二)、沿海居民的**航海習性**：人民與海相習，養成冒險犯難的精神。五代以來，閩商大量出海貿易，遠洋航行風氣日甚，使得當地人漂洋過海成為一種普遍接受的行為，也因此閩粵地區的造船技術高人一籌，宋代初期泉州造船已經揚名一時，這為東渡台灣提供了必要的條件。閩粵兩地的商人前往臺灣以貨易貨，換取臺灣的黃金、硫磺等礦物和各種經濟特產；漁民則來臺灣水域捕魚，臺灣海峽早就成了海商漁民頻繁活動的地區，吸引了一批又一批的閩粵民眾前往臺灣。(三)閩粵地區的**宗族習慣**：在封建社會，當地人宗族觀念很強，盛行「田產長子繼承制」，由長子繼承祖業，其他兒子只得外出謀生尋求發展，以便來日衣錦還鄉，光宗耀祖。

總體而言，閩粵移民中，大部份是為了解決生存問題，只有一少部分的人是為了致富、造就事業。(註1)

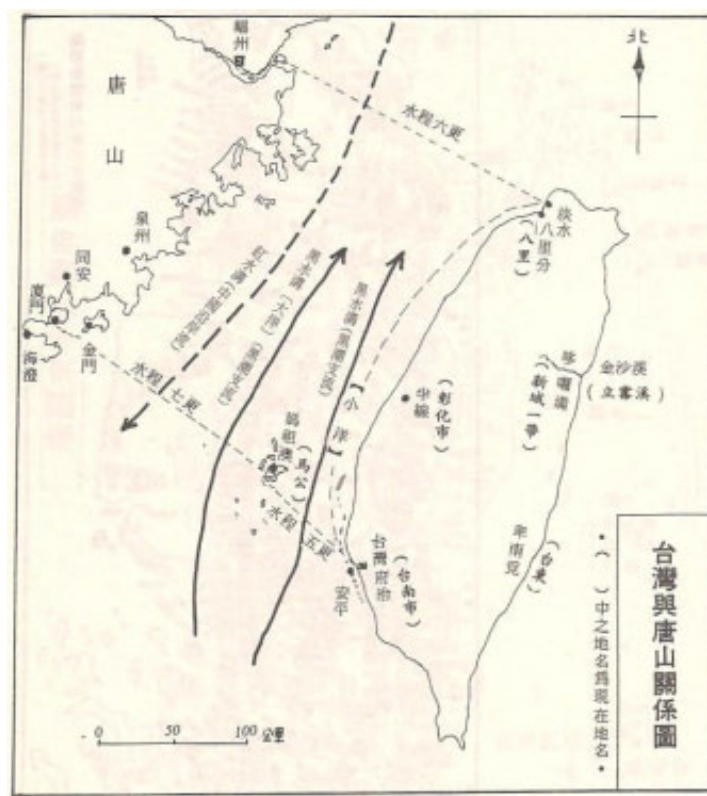


圖 1、台灣與唐山關係圖（顏金良，1998）

二、船隻路線：

移民赴臺並不容易，除了只有木帆船這一類航海工具的侷限外，還有就是**海象**和**航線**上的風險。

就海象而言，臺灣海峽之間存在著對航海木船威脅極大的東北季風。如果順風順水，自閩南到臺灣，只需 14 小時至 2 天左右，但是海風無定向，往往在福建沿海同時同地開出的兩艘並行的船隻，一艘能碰上順風，另一艘可能碰上逆風，到達臺灣時可能相差近 10 天。閩粵民眾總結出東渡臺灣的時間，以農曆論，少颱風的 4 月、夏間的 7 月、小陽春氣候的 10 月為最好；最忌多颱風的 6 月和 9 月，而 11 月至次年 3 月則海浪最大，如果此時赴臺則會冒很大的風險（註 1）。

就航線而言，臺灣是介於日本及菲律賓間最大的島嶼，就海上船行路線而言，臺灣位於歐洲船航向日本，日本船駛往東南亞，以及來往美洲大陸、菲律賓及中國之間的歐美船隻等重要的海運航線上。

以下是自荷西時期迄清領時期的航海路線（表 1）：

表 1、荷西時期到清領時期的航線

時期		航路	出現年代	合適的航行模式		備註
				夏季季風期	冬季季風期	
荷西時期		大員－廈門	1624	適合側風航行	相當適合側風航行	南部路線
		馬芝遴－湄洲灣	約 1636	相當適合側風航行	相當適合側風航行	中部路線
		雞籠－福州	1626	相當適合側風航行	適合側風航行	北部路線
		淡水－福州	1626	相當適合側風航行	適合側風航行	
清領時期	官方	鹿耳門－廈門	1685	適合側風航行	相當適合側風航行	南部主線
		鹿仔港－蚶江	1784	相當適合側風航行	相當適合側風航行	中部主線
		五條港－蚶江	1824	適合側風航行	相當適合側風航行	中部支線
		八里坌－五虎門	1788	相當適合側風航行	適合側風航行	北部主線
		烏石港－五虎門	1824	側風、迎風、順風 航行視情況而定	側風、迎風、順風 航行視情況而定	北部支線
	民間	後壠－南日	約 1685	相當適合側風航行	相當適合側風航行	北部
		竹塹－海壇	約 1685	相當適合側風航行	相當適合側風航行	
		南嵌－閩安	約 1685	相當適合側風航行	適合側風航行	
		淡水－北茭	約 1685	適合側風航行	適合側風航行	
		雞籠－沙埕	約 1685	勉強適合側風航行	迎風或順風航行	
		彌陀、萬丹、岐後、 東港、茄藤－ 古螺、銅山、懸鐘	約 1774	相當適合側風航行	相當適合側風航行	南部
資料來源：洪傳祥《季風影響下臺閩歷史性航路的開發》						

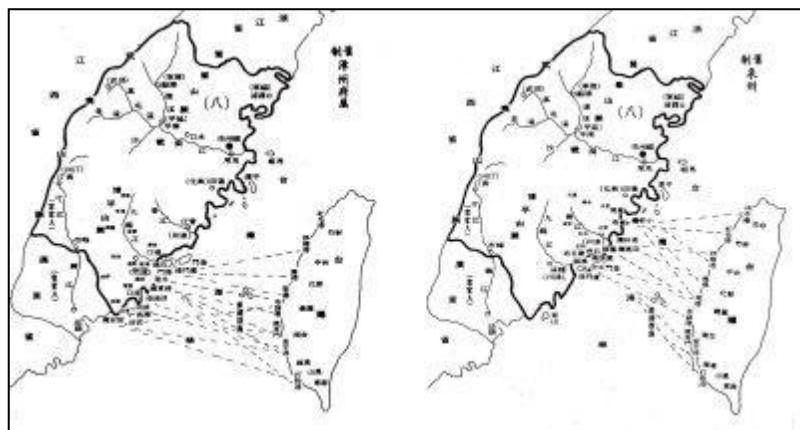


圖 2、清代渡海圖（圖片出自《台灣人的根－八閩通鑑》）

三、中外船難：

帆船或汽船在海上航行時，受到海上的洋流、季風與地形不同程度的影響。在航行時，以「黑水溝」區域最危險，又稱「黑洋」，船舶一旦遭受強烈海流等變故，

往往會被迫遠離航道。在季風方面，秋、冬季半年有強烈的東北季風，夏季又有颱風，為了減緩季風和颱風的影響，每年四月至九月，船隻航行較為穩定。

以中國船隻航行而言，由於臺灣附近海域充滿了艱險，從西元 1729 年至西元 1838 年間，初步估計共有 86 艘軍方及官府的船隻失事；西元 1850 年到西元 1894 年間，大船共 83 艘（表 2），失事地點主要以澎湖附近的海域為主，失事時間以六、七月最高，失事的最大原因，則是海上的颱風及暴風所影響。

清代治理台灣時，以船籍區分，共有 138 件外籍船難的紀錄（表 3）；以時間區分，同治時期船難最多，其次為光緒時期。在清代康熙至光緒時期，漂到中國沿海各地之琉球船漂流事件共四百餘件，漂到臺灣者約七分之一。

表 2、西元 1850~1894 年的船難失事

船籍	數目(艘)
英國	44
德國	17
美國	8
法國	4
挪威	3
丹麥	3
泰國	1
荷蘭	1
新加坡	1
西班牙	1

表 3 清代治理台灣時期外籍船難的紀錄

排名	船籍	船隻日量	原因
1	琉球	68	琉球鄰近臺灣的地理位置及琉球船隻較小以及其他因素使然。
2	英國	54	在同、光時期，英國人在臺灣及其鄰近地區的海洋運輸扮演一個重要的角色。
3	德國	16	1868~1894 年，進出淡水的船隻英國最多（64.6%），其次是德國，第三則是美國。
資料來源：湯熙勇《近世環中國海的海難資料集介紹》			

因為海流及氣象的影響，往返海峽兩岸的船隻，船難事件時有所聞，這一些遭遇海難的船隻，受潮流及風力影響，除了沈船事件層出不窮，還有一些船隻往南往北漂至異鄉（如越南、琉球等地）。

四、現今發現的沉船記錄

澎湖舊稱澎瀛、澎海，又稱西瀛、島夷等，至今已有七百年的歷史，比台灣本島的開拓，還早上四百年。相傳早在隋煬帝大業6年（西元610年），即已派遣虎賁中郎陳稜略地澎湖，但直到元順帝至元18年（1281年），才在澎湖設立巡檢司，隸屬泉州同安，這是澎湖行政建置的開始。唐宋以來便成為中國往南洋海上交通運輸的重要轉運港口及補給站；擔負千餘年轉運港口任務之澎湖港，船隻往來頻繁，直至清代西洋輪船發展之後，澎湖港始漸沒落。依據『澎湖群島島嶼數量委託清查計畫』清查結果，群島海岸線總長448.974公里，地勢由南向北傾降，最高點為大貓嶼的70公尺，往北為七美嶼64公尺、望安島54公尺、馬公島56公尺、白沙嶼24公尺、吉貝嶼18公尺，至目斗嶼降為約14公尺，到最北面大嶼礁、二嶼礁漸趨平緩。依衛星影像資料得到澎湖群島島嶼數量清查島嶼並計算面積之島嶼共計90座，非日據時代沿用下來的64座，澎湖清查總面積為141.052平方公里(蔡哲俊與李良輝，2005)。澎湖海域氣候特殊，中秋以後，東北季風強勁，海況險惡，兼以澎湖海域佈滿暗礁，不熟悉航路者常遭不測，導致澎湖海域內沉沒之古沉船不計其數，尤其澎湖北方礁岩數量多，得我船難事件頻傳，是有獨特氣候因子與海象狀況，值得我們去探討外在環境因素。除了先前打撈有名的將軍一號，文獻所載沉船記錄的非正式統計，目前台灣海峽海域約有**500多艘沉船**。行政院文建會近年進行台海全面普查，已在部份海域探測到10幾艘沉船，水下考古將是值得發展的研究領域（台灣水下考古專題，2009）。但詳細地點卻無法確定，多在澎湖群島附近，但仍須更進一步探查。



圖 3、澎湖古代沉船位置（將軍一號、將軍二號）

五、臺灣海峽——偷渡，勇闖東方樂土：

康熙 22 年（西元 1683 年），鄭克塽降表稱已有「百餘萬之戶口」，清廷底定全臺後，依施琅建議，才將臺灣納入版圖，次年十月，才革除海禁政策。康熙 50 年（西元 1711 年）3 月，申明禁止無照偷渡客民，若想要來臺灣者，必須做嚴格的審查才可拿到探親或貿易的許可證來臺。

雖然朝廷頒佈了嚴格的來臺政策，但是卻無法全面遏止想渡海來臺的渴望，根據臺灣知府周元文「告示」指出，無照偷渡每船一、兩百人，用小艇由廈門出海，在港外換船，到臺亦用小船在鹿耳門外接濟，至安平上岸，查獲者不及十分之一。偷渡情況，根據福建巡府吳士功統計，自乾隆 23 年（西元 1758 年）12 月至 24 年 10 月，盤獲偷渡來臺 25 案，999 人。偷渡來臺的事實，也散見於清代文獻，可見臺灣在當時可真是令人嚮往的國度。

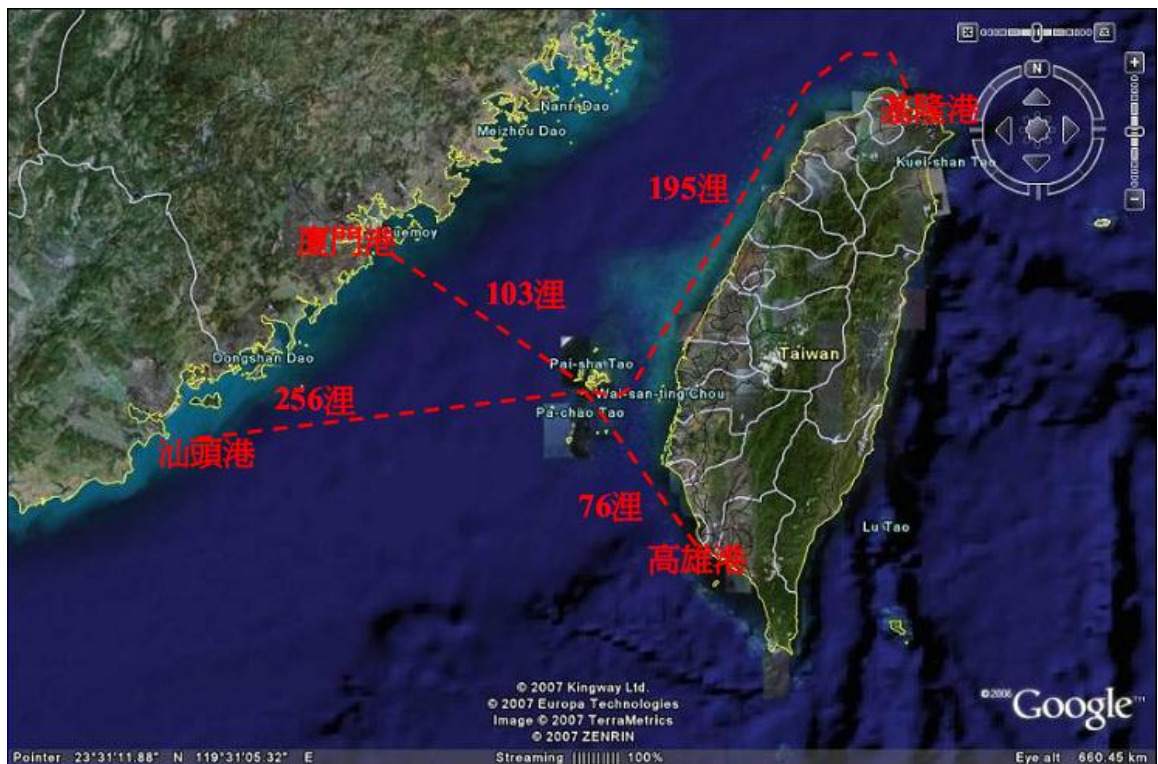


圖 4、澎湖的相對位置（宋慧君，澎湖各離島間航運路線分析。）

科學的方法分析

在渡臺的過程中，造成船隻罹難、危險的主因——海象，包括海流、潮流、溫鹽、地形、風、浪等變化，以科學的方法分析，還原當時黑水溝的神秘面紗。

一、潮流：

以下分成兩個方法來分析潮流的相關資料：

(一)、海流玫瑰圖：

- 1、**使用方法**：採用密度分佈圖為選取方式為主（網格化），後同於上述兩種圖用時間與深度區分。圖中先將方向分為 16 方位的圓形統計圖形，再依照 16 方位分別以顏色表示流速大小統計，單位皆為 cm/s。
- 2、**資料年分**：西元 1991~2005 年
- 3、**研究目的**：分析春、夏、秋、冬四個季節流速和方向的關係。
- 4、**研究過程**：首先將以下的分析分成六個步驟：

步驟（一）：固定經度的數值（119 度 45~60 分），觀察緯度數值的變化（22 度 00 分到 24 度 60 分）。

步驟（二）：固定經度的數值（119 度 00~15 分），觀察緯度數值的變化（23 度 45 分到 24 度 45 分）。

步驟（三）：固定經度的數值（118 度 30~45 分），觀察緯度數值的變化（23 度 45 分到 24 度 30 分）。

步驟（四）：固定緯度的數值（23 度 30~45 分），觀察經度數值的變化（118 度 00 分到 119 度 60 分）。

步驟（五）：固定緯度的數值（24 度 00~15 分），觀察經度數值的變化（118 度 15 分到 119 度 45 分）。

步驟（六）：固定緯度的數值（24 度 15~30 分），觀察經度數值的變化（118 度 15 分到 119 度 30 分）。

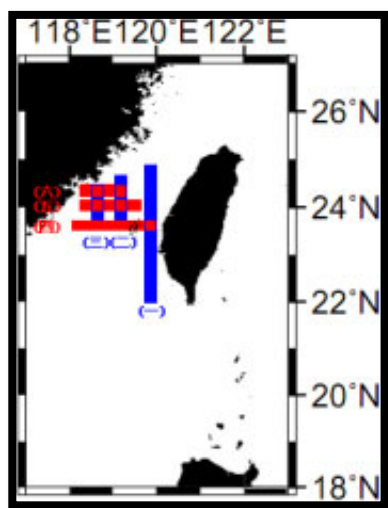


圖 5、海流玫瑰圖的研究步驟（本研究繪製）

5、海流玫瑰圖《總結》：（詳細內容請參見：附錄二、海流玫瑰圖的分析）

固定經度的（一）、（二）、（三）得知，澎湖水道的北端出口（雲彰隆起的南端），海流較偏北北東的方向，但整體而言海流的流向為正北方，流速介於 50~100cm/s。固定緯度的（四）、（五）、（六），大致每個經度的海流都是往東北方、北北方的流向為主，以南南西、正南方流向次之，流速介於 0~100 cm/s。

(一)						(二)					
緯度	春天	夏天	秋天	冬天	整體	緯度	春天	夏天	秋天	冬天	整體
24°45'~60'	↗	↗	↘		↗	24°30'~45'	↗	↗	↓		↗
24°30'~45'	↗	↗	→			24°15'~30'	↓	↗	↖		
24°15'~30'	↗	↗	↗	↗		24°00'~15'	↗	↗		↑	
24°00'~15'	↗	↗	↗	↘		23°45'~60'	↑	↑	↑		
23°45'~60'	↑	↑	↖	↑		(三)					
23°30'~45'	↑	↑	↓	↓		緯度	春天	夏天	秋天	冬天	整體
23°15'~30'	↑	↑	↑	↓		24°15'~30'	↗	↑	↗	↗	↗
23°00'~15'	↑	↑	↑	↑		24°00'~15'	↗	↗	↑	↗	
22°45'~60'	↑	↑	↑	↖		23°45'~60'	↓	↑			
22°30'~45'	↖	↖	↗	↖							
22°15'~30'	←	↓	↘	↖							
22°00'~15'	↖	↖	↗	→							

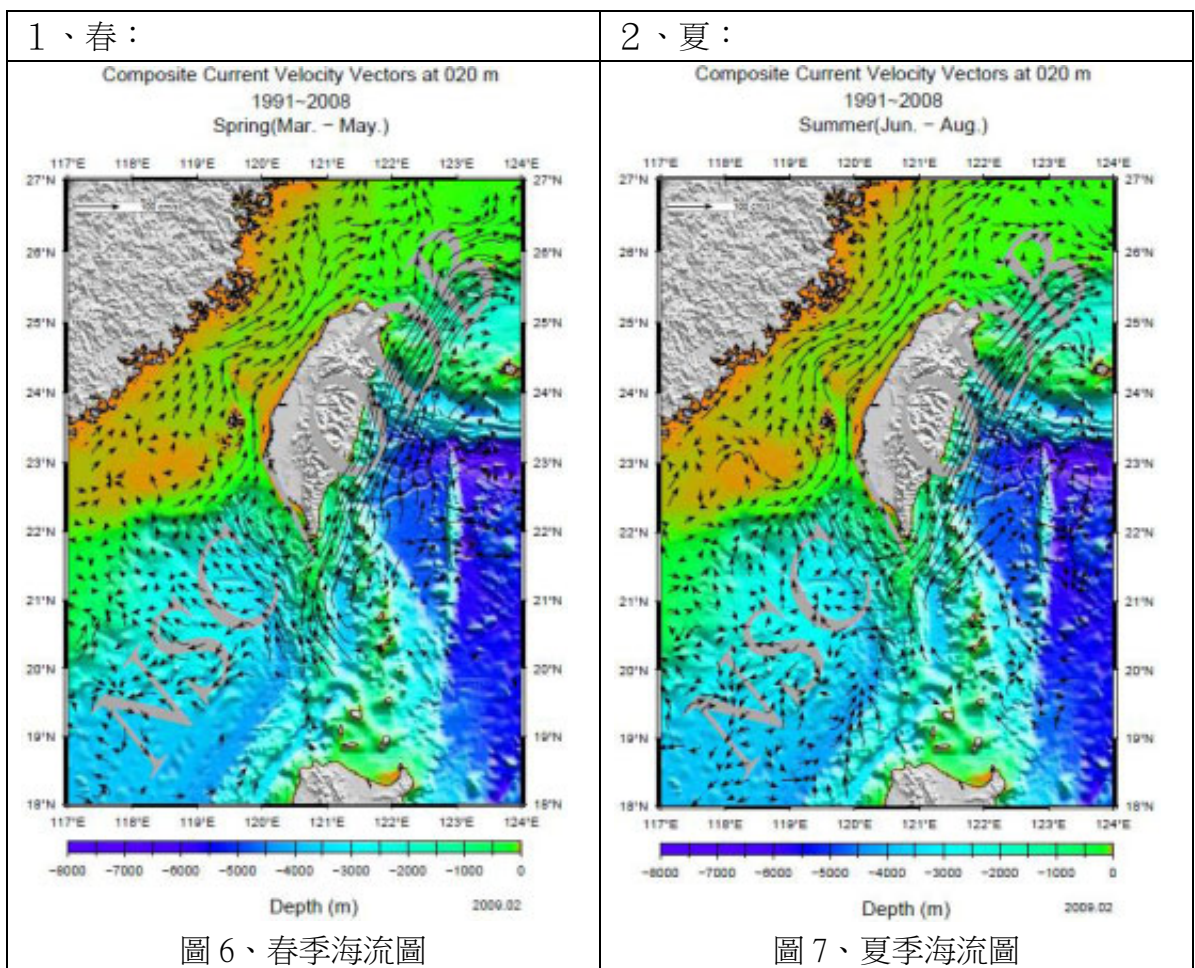
（四）	經度	118°00'~15'	118°15'~30'	118°30'~45'	118°45'~60'	119°00'~15'	119°15'~30'	119°45'~60'
	春天	↓	↓	↗	↑	↑	↑	↑
	夏天	↓	↗	↓	↓	↑	↑	↑
	秋天	↓	↑					↑
	冬天				↓		↓	↓
	整體	↘	↗	↖	↘	↑	↕	↑
（五）	經度		118°15'~30'	118°30'~45'	118°45'~60'	119°00'~15'	119°15'~30'	119°30'~45'
	春天		↓	↗	↗	↗	↗	↖
	夏天		↓	↗	↗	↗	↖	↖
	秋天			↑	↗		↖	↖
	冬天		↓	↗	↗	↑	↗	
	整體		↘	↗	↑	↗	↑	↗
（六）	經度		118°15'~30'	118°30'~45'	118°45'~60'	119°00'~15'	119°15'~30'	
	春天		↗	↗	↓	↓	↗	
	夏天		↗	↗	↗	↗	↑	
	秋天			↗		↖	↖	
	冬天			↗	↗			
	整體		↗	↗	↗	不穩定	↑	

(二)、海流流矢圖：

- 1、使用方法：彩色水深地形圖為底圖，並畫上該深度之等深線，箭頭方向 表示流向，箭頭大小為流速大小，箭頭起始點代表該網格點內，在該時間區間與深度區間所有流速資料的平均。
- 2、資料年分：西元 1991~2008 年。
- 3、研究目的：澎湖水道的深度（平均 50~100 m）比澎湖以西海域深度還要深（平均 50m），依照「體積守恒定律」以及數據可以知道，澎湖水道的流速會比澎湖以西的流速還快，希望分成春、夏、秋、冬，探討四季海流變化、流向差異及流速大小的關係，觀察黑水溝附近的海流變化，了解先民渡臺的情形。
- 4、研究結果：

由以下四張圖觀察，春、夏兩季澎湖水道的海域，流向一致往北、**流速很快**、平均流速為 75cm/s，而且海流離開澎湖水道後一部分海流呈現北北東方向，且雲彰隆起附近會呈現**螺旋狀**的海流，在臺灣灘的海域也會呈現**螺旋狀**的海流，因為春、夏季節這些狀況，增加先民來臺的惡劣條件。

至於秋、冬兩季節澎湖水道的流速（平均流速為 50 cm/s）雖然沒有春、夏兩季節的流速快，但是流向也呈現正北方，是因為受控於**東北季風**的阻礙，導致流速的減緩，也因為東北季風的干擾，導致其他海域的向北的流速減緩而且**混亂**，以上秋、冬季的狀況，讓先民臺來困然重重。



3、秋：

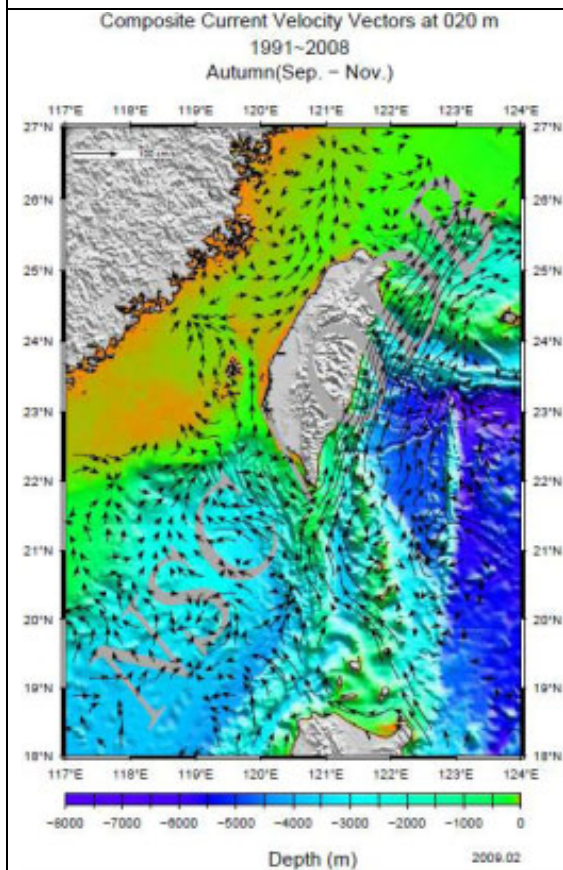


圖 8、秋季海流圖

4、冬：

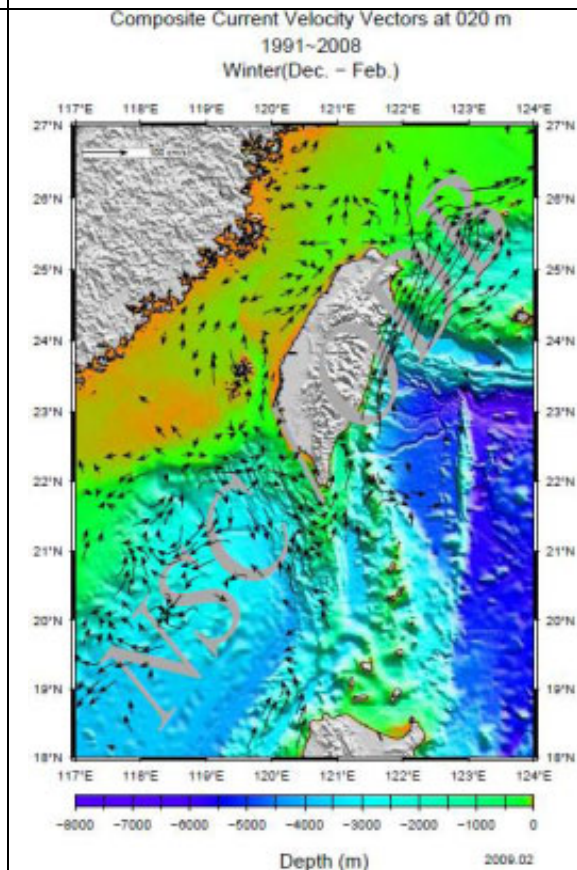


圖 9、冬季海流圖

台灣海峽平均深度約 60 公尺，雲彰隆起的平均深度約為 40 公尺，台灣灘僅深 20 公尺，澎湖水道最窄的地方與台灣僅寬 30~40 公尺，水深達百餘公尺，是洋流由南進入台灣海峽的主要通道。

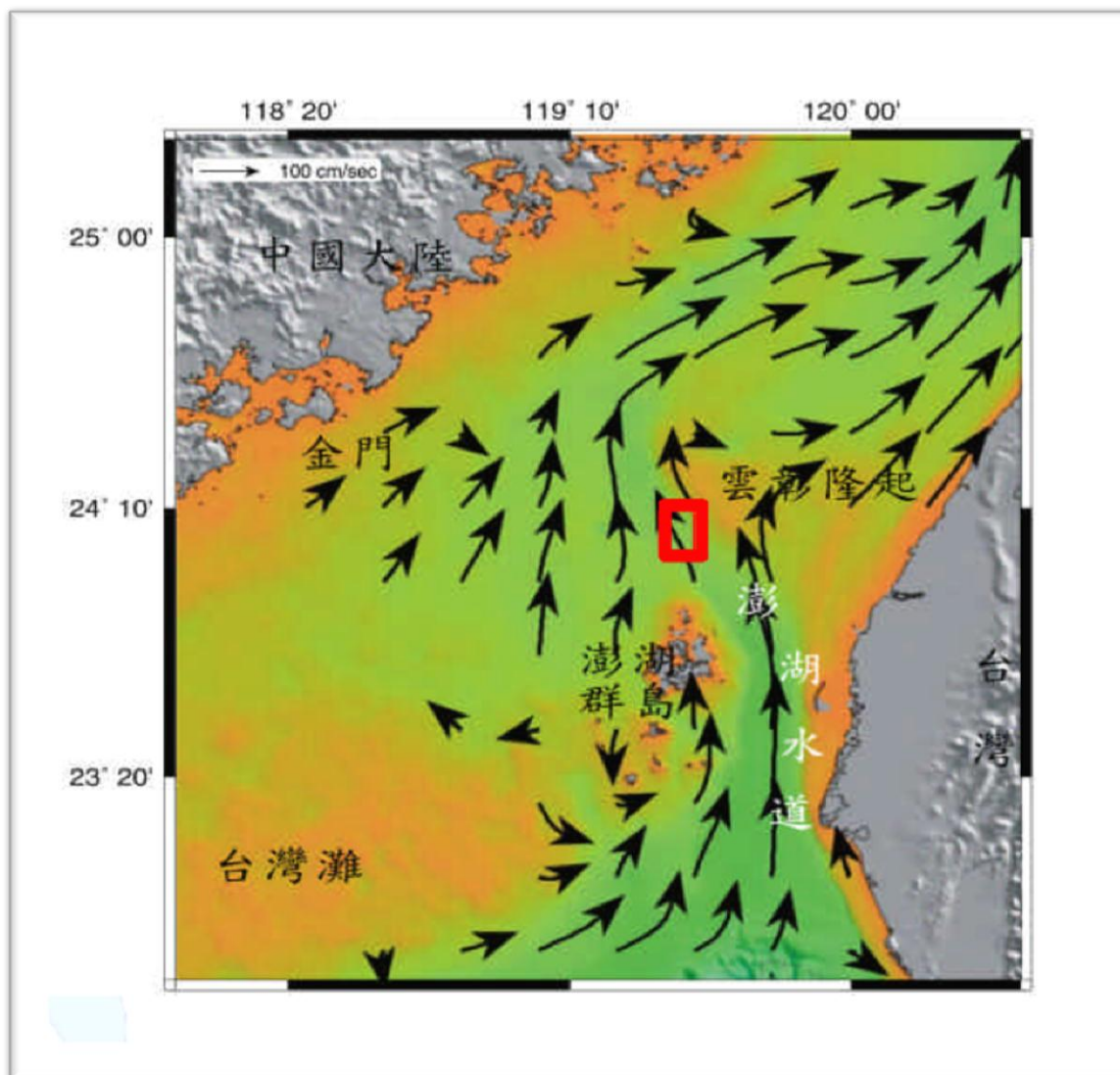


圖 10、台灣海峽歷年來 30M 水深海流平均流場圖

(資料來源：國家海洋科學研究中心提供)

二、海水溫度與鹽度狀況：

(一)、溫鹽圖：

1、使用方法：圖①為溫度圖，圖②為鹽度圖，以顏色判斷其區域數值。

2、資料年分：

3、研究目的：固定經度 120°E 和緯度 23.5°N，觀察溫鹽變化可以知道不同水文分布

4、研究結果：

(1)、緯度 23.5°N 的橫剖面：

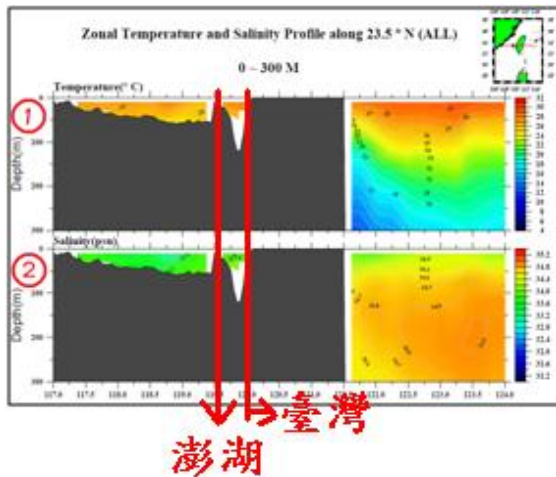


圖 11，海流玫瑰圖

圖①為溫度圖，圖②為鹽度圖，臺灣海峽的溫度（大約在 27°C~29°C）較澎湖以西海域的溫度（26°C~27°C）還要高。

(2)、經度 120°E 的縱剖面：

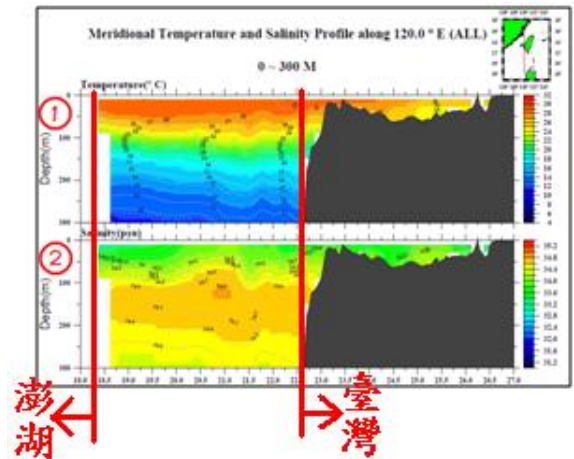


圖 12，海流玫瑰圖

圖①為溫度圖，圖②為鹽度圖，臺灣海峽表層（離海面 50m）處的溫度大約在 28°C~30°C，深度越深的區域溫度越低。

5、重要性：

溫度與鹽度可以讓我們了解不同水文的分布情形，例如：黑潮的水文特性是高溫高鹽的情形，中國沿岸流的水文特性為低溫低鹽。所以可以利用溫度和鹽度的關係，瞭解洋流的走向。

下圖為溫度與洋流的水團季節變化：

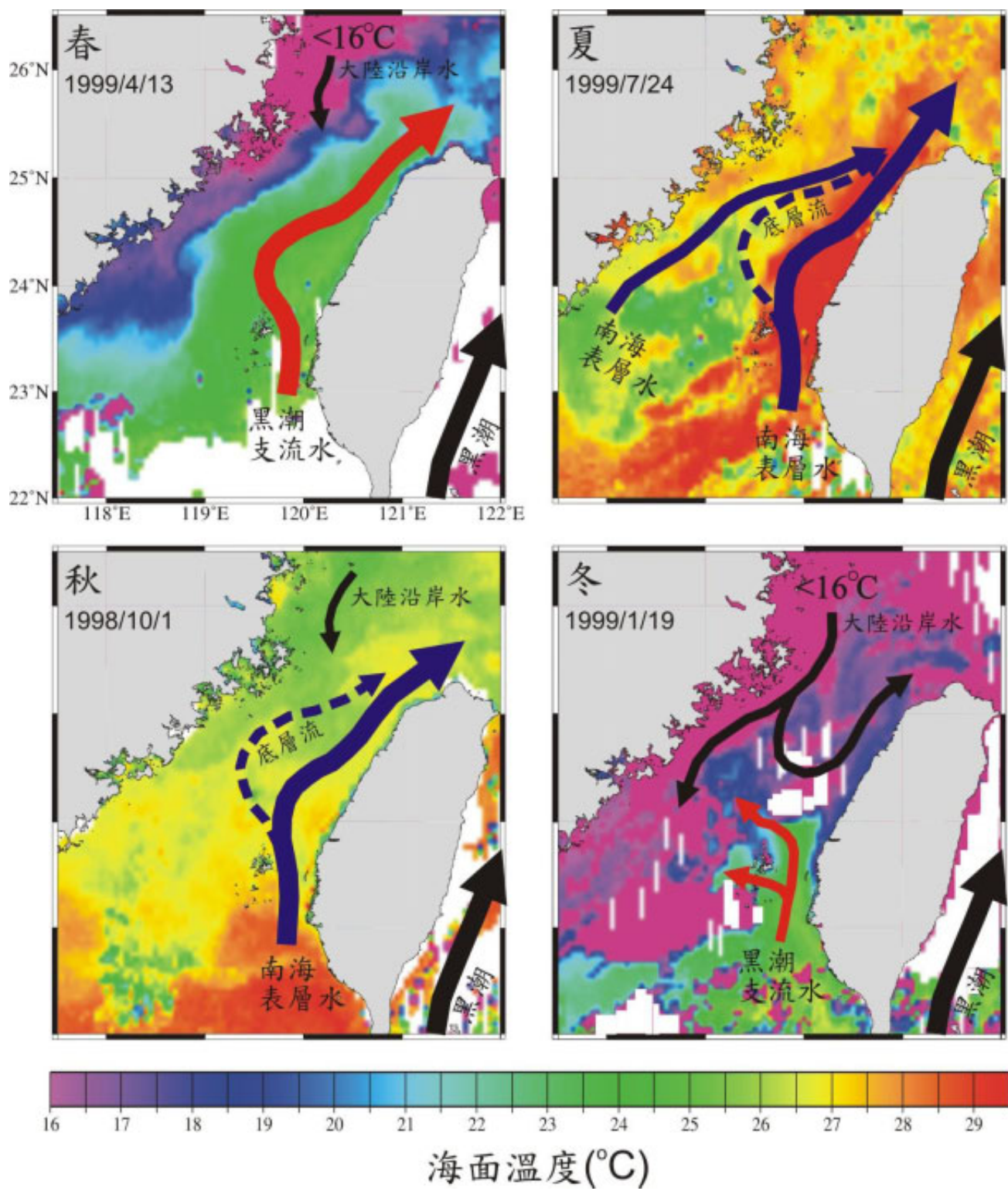


圖 13、衛星遙測的海面水溫與對應的台灣海峽洋流暨水團季節變化（詹森，2006）

三、地形：

(一)、海矢斷面圖：

1、資料年分：

2、研究目的：固定經度 120°E 和緯度 23.5°N，觀察其變化。

3、研究結果：

(1)、緯度 23.5°N 的橫剖面：

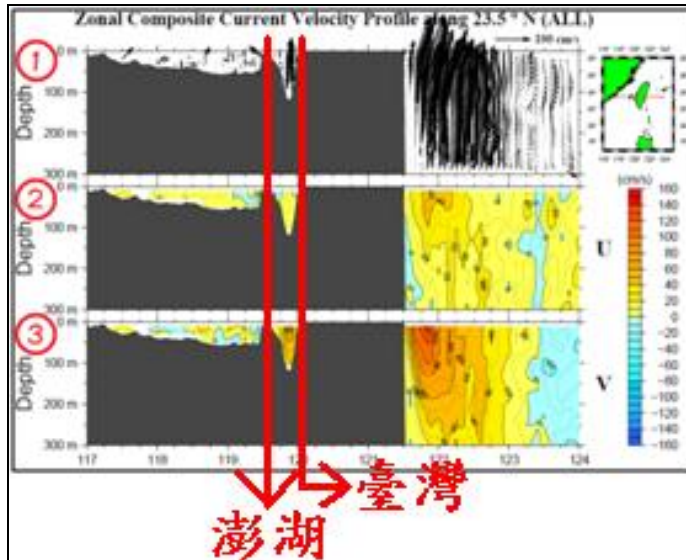


圖 14、海矢斷面圖(本研究繪製)

a、海床地形、流速與流向的關係(圖①)：

黑色箭頭大小表示海流流速，黑色箭頭的方向則表示海流流向。由上圖資料顯示，澎湖以西的海域，海流流向較不定多變化，且流速較慢；澎湖以東的臺灣海峽，海流流向以朝北的方向為主，且流速極快。

b、流速等直線分量(圖②及圖③)：

上圖資料分別表示東西方向(U)流速分量及南北方向(V)流速分量，暖色系(黃~紅)代表流速為正值；冷色系(藍到~深藍)則代表流速為負值。

(2)、緯度 120°E 的縱剖面：

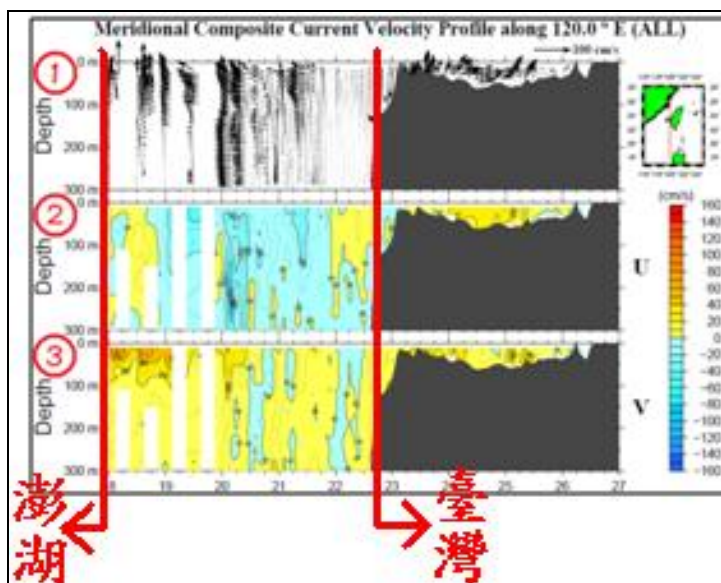


圖 15、海流玫瑰圖(本研究繪製)

a、海床地形、流速與流向的關係（圖①）：

靠近台灣西部海域流速較慢，但是越靠近澎湖以東的區域流速越來越快。

b、流速等直線分量（圖②及圖③）：

上圖資料分別表示東西方向（U）流速分量及南北方向（V）流速分量，暖色系（黃～紅）代表流速為正值；冷色系（藍到～深藍）則代表流速為負值。

（二）、地形與海流的關係：

下圖為澎湖水道地形深度圖，藍色的曲線代表黑潮的流向。表層較輕的海水會受到風的影響，海流的流向會和風的走向相同；而底層較重的海水受到地形的影響較大，洋流會隨著地形的形狀而有所改變，所以呈現下圖所示，黑潮流向的不同。在澎湖水道的流向朝向正北方，到了澎湖水道的北端，雲彰隆起的南端流向變成以西北方為主，這是因為海流受到澎湖的地形和雲彰隆起的阻隔，導致流向產生了變化，一部份的海流以澎湖為中心，逆時針的方向繞著澎湖的地形走形成類似**漩渦狀**，一部份的海流順著雲彰隆起的地形以順時針的方向走，到了雲彰隆起的北端以東北方的海流行走。在這樣的情況下增加了先民渡台時的挑戰。

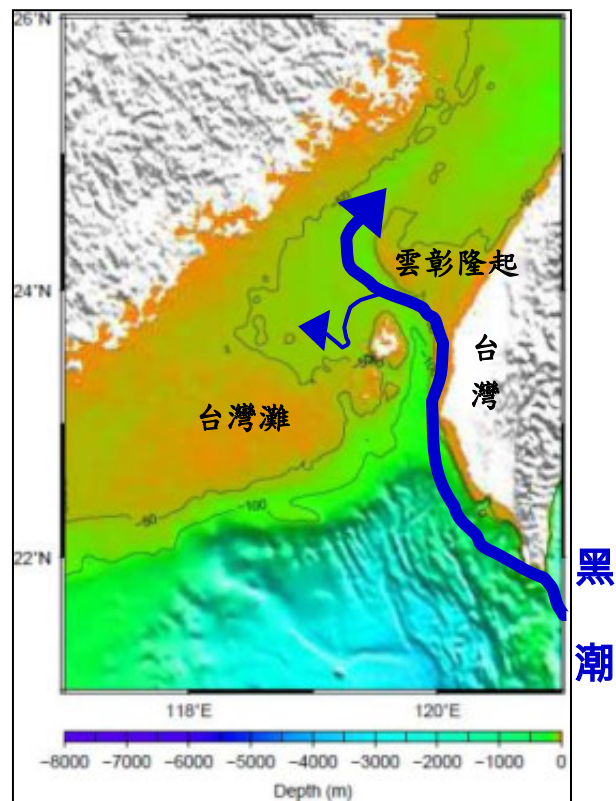


圖 16、澎湖水道地形深度圖（本研究繪製）

下圖為澎湖海圖，在澎湖北部吉貝嶼附近的海域充滿了**礁岩**，由海圖的呈現可以清楚的呈現出海底地形的起伏，因為礁岩的緣故，所以當黑潮支流流經澎湖水道後，沿著澎湖的地形順勢觸碰到北部的礁岩，導致此區域產生多處亂流和漩渦，所以這個地方的船難甚多，歷史文獻也多有記載，也有古代沉船打撈紀錄。

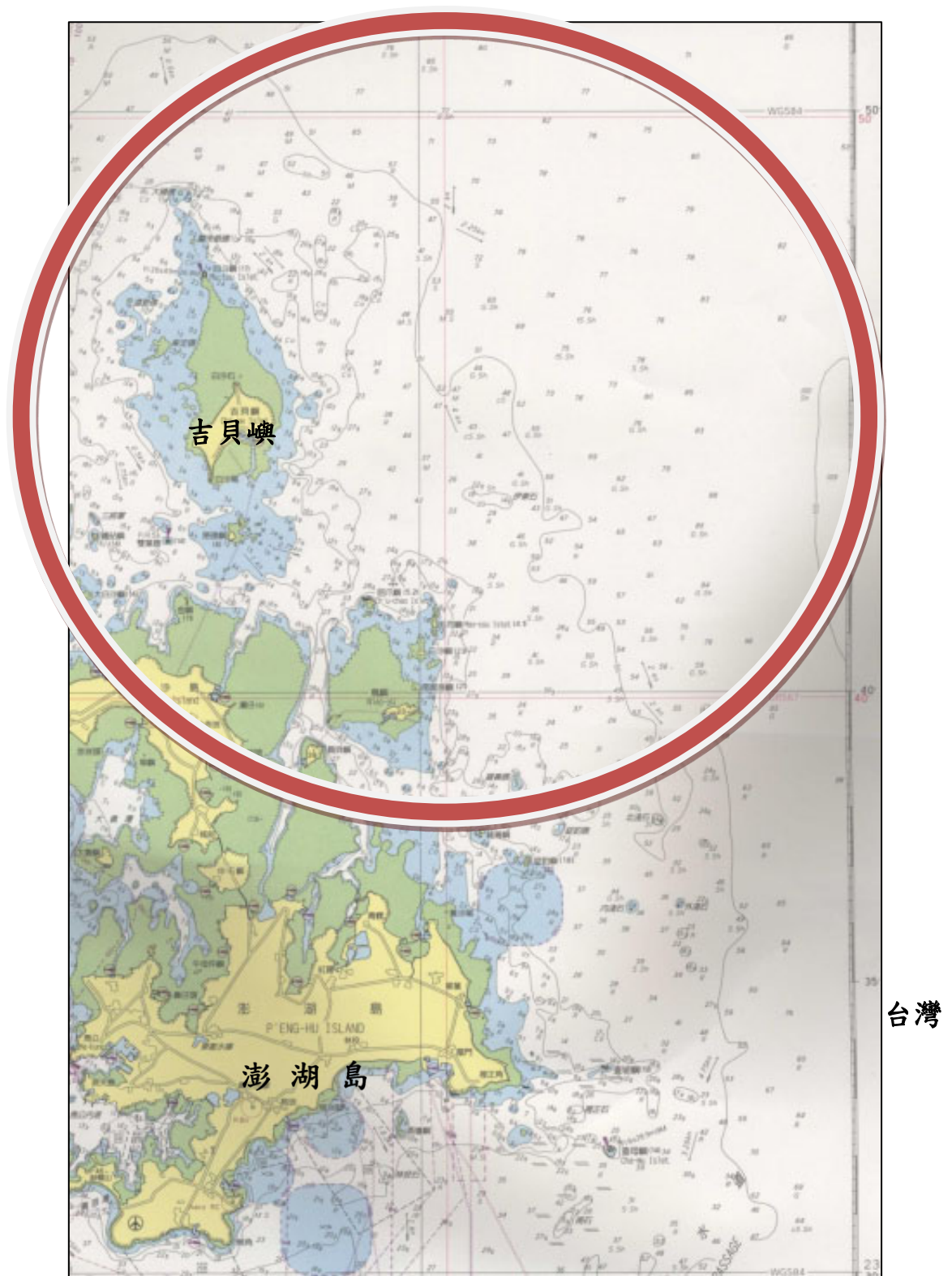


圖 17、澎湖海圖（中華民國海軍大氣海洋局繪製）

四、風：

(一)、澎湖的風速變化（西元 1971~2000 年）：

本研究所整理的表格為澎湖每個月的風速變化，從圖表中可得知，一年到頭東吉島的風速都高過澎湖，而且從表中也可以知道澎湖受東北季風的影響很大（東吉島風速變化最大值為 11.8 m/s；澎湖風速變化最大值為 6.7 m/s）。（風速單位：m/s）

表 4，澎湖每個月的風速變化（m/s）														
地點	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	平均	資料年分
東吉島	11.4	10.4	8.6	6.8	5.7	5.6	5.1	5.0	6.4	10.1	11.6	11.8	8.2	1971-2000
澎湖	6.3	5.9	5.0	4.1	3.6	3.5	3.2	3.2	4.2	6.2	6.7	6.6	4.9	1971-2000

(二)、浮標風速統計表（西元 2009 年 1~12 月）：

本研究整理得到下列這張浮標風速統計表，最大風速出現在冬季 11 月（20.1 m/s），最大陣風出現在多颱風的 8 月（25.5 m/s），平均風速以冬季為主，出現最大值在 1 月（11.5 m/s）。

表 5，浮標風速統計表（m/s）			
觀測時間	最大風速(m/s)	最大陣風(m/s)	平均風速(m/s)
2009/1	18.3	23.5	11.5
2009/2	15.3	20.4	7.9
2009/3	18.8	23.7	8.6
2009/4	16.4	20.4	7.7
2009/5	11.8	14.7	5.2
2009/6	18.9	24.2	4.6
2009/7	12.9	16.9	3.7
2009/8	19.8	25.5	4.6
2009/9	12.7	16.5	5.5
2009/10	18.9	25.3	11.2
2009/11	20.1	25.4	10.3
2009/12	16.2	20.6	10

五、浪：

澎湖浮標波浪統計（西元 2009 年 1~12 月）：

以下是整理澎湖浮標波浪統計的表格，紅色表示其最大值，觀測結果可以知道，平均波高（221cm）平均週期（5.8 s）出現最大值的月份大約在冬季（10~1 月）。

表 6，澎湖浮標波浪統計				
觀測時間	最大示性波高(cm)	最大示性波週期(s)	平均波高(cm)	平均週期(s)
2009/1	508	13.1	221	5.8
2009/2	349	11.6	141	5.3
2009/3	448	11.6	174	5.6
2009/4	507	11.6	139	5.3
2009/5	257	13.1	93	4.9
2009/6	292	15.1	52	4.6
2009/7	212	13.1	41	4.4
2009/8	376	15.1	79	5
2009/9	246	15.1	111	5.2
2009/10	476	13.1	200	5.7
2009/11	619	15.1	197	5.7
2009/12	342	11.6	171	5.3

風級浪高對照表：

表 7，風級浪高對照表						
蒲福風級	名稱		風速		浪高	
	風	浪	哩/每時	公尺/每秒	一般	最高
0	無風	-	1 以下	0-0.2	-	-
1	軟風	微波	1-3	0.3-1.5	0.1	0
2	輕風	微波	4-6	1.6-3.3	0.2	0.3
3	微風	小波	7-10	3.4-5.4	0.6	1.0
4	和風	小浪	11-16	5.5-7.9	1.0	1.5
5	清風	中浪	17-21	8.0-10.7	2.0	2.5
6	強風	大浪	22-27	10.8-13.8	3.0	4.0
7	疾風	大浪	28-33	13.9-17.1	4.0	5.5
8	大風	巨浪	34-40	17.2-20.7	6.0	7.5
9	烈風	猛浪	41-47	20.8-24.4	7.0	10.0
10	狂風	猛浪	48-55	24.5-28.4	9.0	12.5
11	暴風	狂濤	56-63	28.5-32.6	11.5	16.0
12	颶風	狂濤	64-71	32.7-36.9	14+	16+
13	颶風	狂濤	72-80	37.0-41.4	14+	16+
14	颶風	狂濤	81-89	41.5-46.1	14+	16+
15	颶風	狂濤	90-99	46.2-50.9	14+	16+
16	颶風	狂濤	100-108	51.0-56.0	14+	16+
17	颶風	狂濤	109-118	56.1-61.2	14+	16+
資料來源：中央氣象局 http://www.cwb.gov.tw/V6/index.htm						

六、潮位與潮流（西元 2009 年 1~12 月）：

本研究所整理澎湖潮位統計，最高高潮位最大值（1.765 m）出現在多颱風的8月，大潮平均高潮位最大值（1.479 m）出現在多颱風的8月，平均高潮位最大值（1.258 m）出現在多颱風的9月，平均潮位最大值（0.158 m）出現在多颱風的8月，平均低潮位最大值（-1.004 m）出現在東北季節強勁的1月，大潮平均低潮位最大值（-1.482 m）出現在東北季節強勁的1月，最低低潮位最大值（-1.793 m）出現在六月。

表8，澎湖潮位							
觀測 時間	最高高潮 位(m)	大潮平均 高潮位(m)	平均高 潮位(m)	平均潮位 (m)	平均低 潮位(m)	大潮平均 低潮位(m)	最低低 潮位(m)
2009/1	1.523	1.176	0.993	-0.100	-1.004	-1.482	-1.727
2009/2	1.379	1.231	0.965	-0.097	-0.958	-1.345	-1.623
2009/3	1.334	1.229	1.026	-0.093	-1.006	-1.291	-1.457
2009/4	1.330	1.212	1.030	-0.047	-0.892	-1.279	-1.544
2009/5	1.391	1.169	1.030	-0.016	-0.863	-1.250	-1.572
2009/6	1.460	1.227	1.081	0.018	-0.848	-1.325	-1.793
2009/7	1.384	1.192	1.069	-0.001	-0.901	-1.443	-1.734
2009/8	1.765	1.479	1.167	0.103	-0.782	-0.976	-1.486
2009/9	1.613	1.446	1.258	0.158	-0.738	-1.037	-1.318
2009/10	1.682	1.432	1.240	0.118	-0.782	-1.036	-1.383
2009/11	1.437	1.314	1.140	0.030	-0.874	-1.185	-1.595
2009/12	1.480	1.238	1.047	-0.070	-0.976	-1.469	-1.697

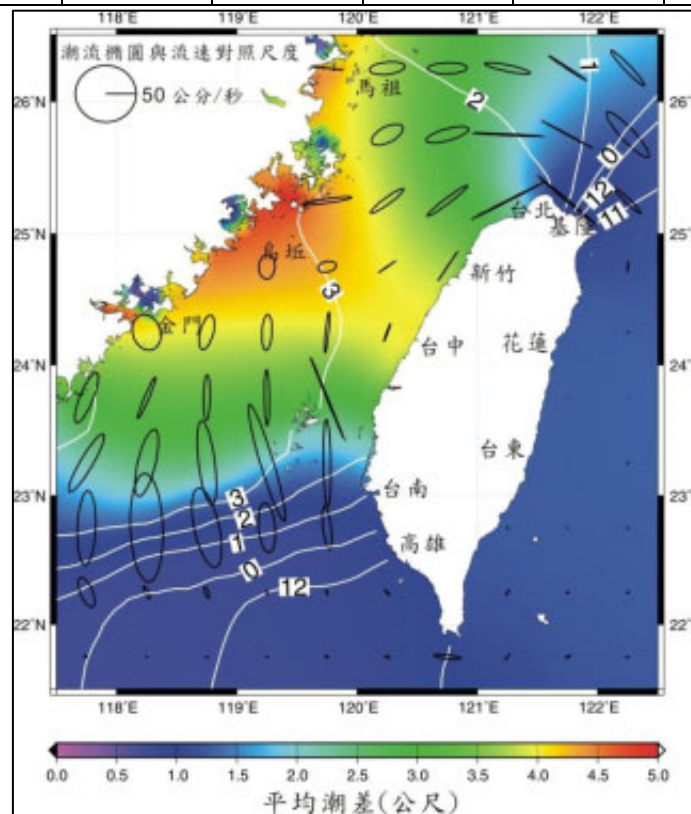
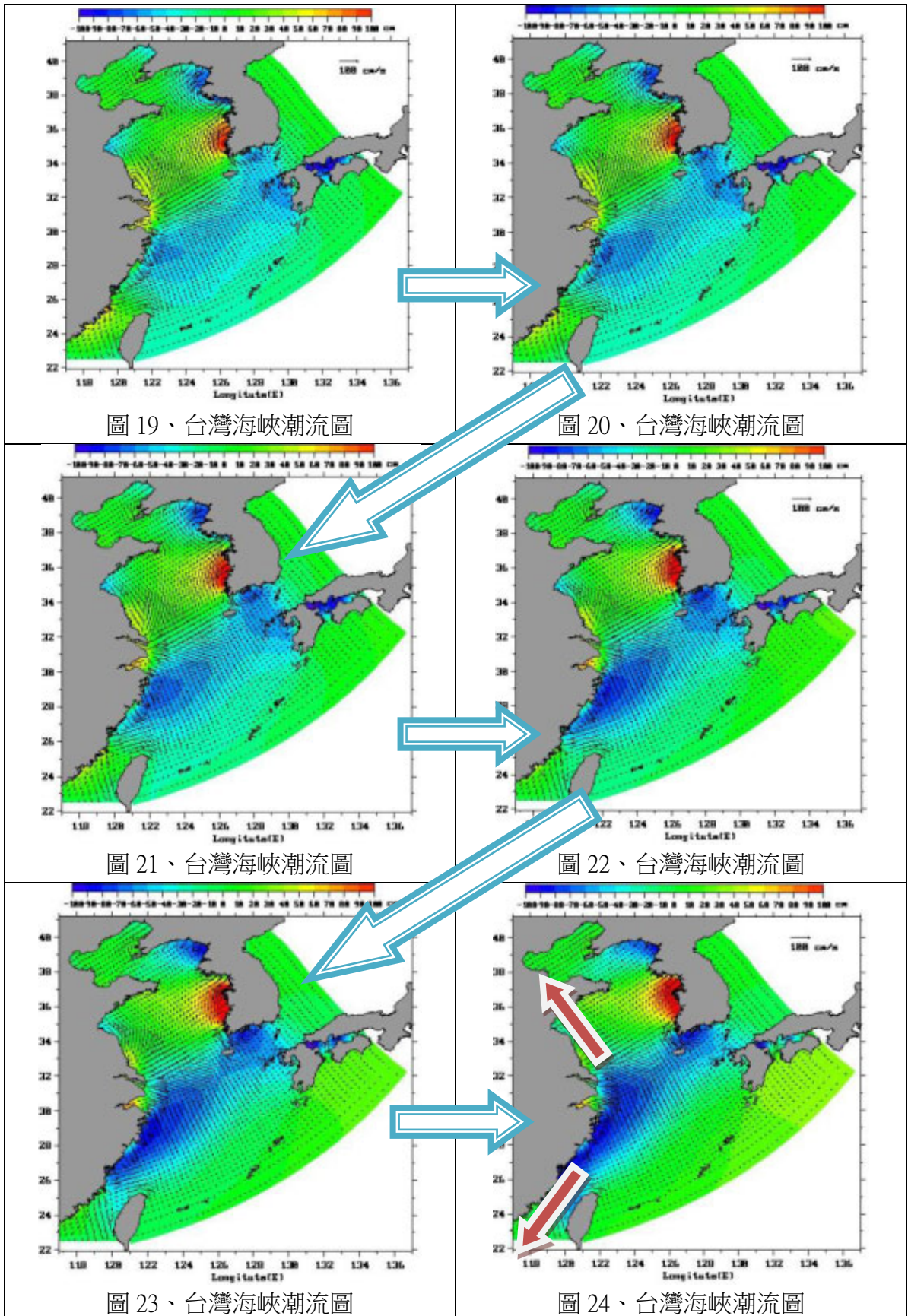


圖 18、台灣海峽平均潮差、各地潮時與半日潮流橢圓（詹森，2006）

澎湖附近的海域以「半日潮」為主，以下四張圖為連續的潮流變化圖。發現潮流由臺灣北部的東北側向臺灣北部的西南側遞進，且碰撞到中國沿岸後，分別往北和南傳遞。(資料來源：美國 University of Georgia, Department of Marine Sciences, Dr. Chen Changshen 使用 Blumberg and Mellor 之 POM 模式的動畫圖)



七、實際模擬

本研究使用美國大氣暨海洋大氣總署（NOAA）及美國海軍海洋數值模式，裡面含有**海流、洋流、風與浪**四種參數，本研究用來模擬荷西時期到清領時期最重要的三條航線。我們以 2009 年春分、夏至、秋分、冬至四個季節，來做數值模擬，但研究將行船的技術忽略，討論如果只受到海流、洋流、風與浪四種的情況，七天內會有什麼樣的行駛情形。

（一）、研究過程：

荷西時期至清領時期渡臺最重要的三條航線：A 福州－E 淡水、B 湄洲灣（泉州）－F 馬芝遴（鹿港）、C 廈門－G 大員（臺南），中繼站為澎湖 D。

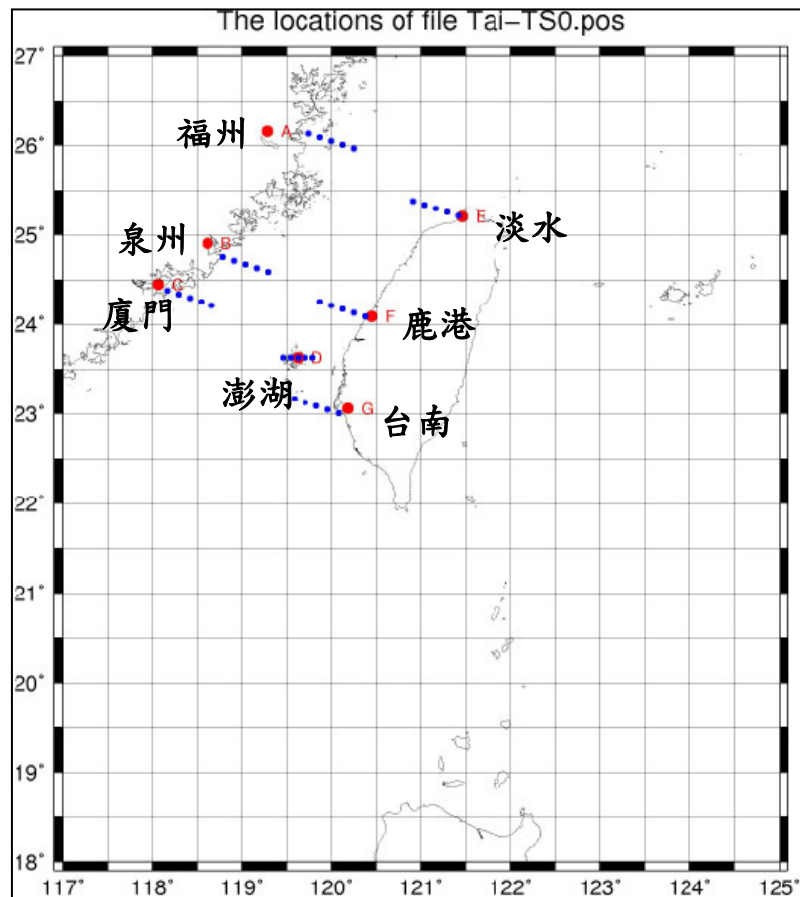


圖 25，航線位置（工研院林勝豐博士提供漂移模擬模式）

上圖紅點（●）代表出發點，藍色小點（•••••）表示航行至外海的路徑。以下的圖示紅色三角形（▲）代表出發點，藍色連續的線表示航行路線，綠點（●）則表示七天後所在的位置。

（二）、實際模擬的《總結》：（詳細內容請參見：附錄三、實際模擬）

針對實際模擬的結果，分成兩部分來討論，第一部分針對中國沿岸的三個點（A、B、C）討論；第二部分討論澎湖和臺灣西部沿海的三個點（D、E、F、G）的模擬結果。

第一部分：春分，多數受地形或是海流和風的交互作用的影響，導致出發七天後的位置和出發前的位置一致，少部分是受到海流的影響較大，隨著海流的流向而行走；夏至，主要受到西南季風和北上的海流所影響，路徑十分相似；

秋分時受到東北季風南下的影響，路徑往西南方向移動；冬至，強烈的東北季風，路徑往西南方向移動，移動的距離比秋分時還遠。

第二部分：澎湖以北的出發位置（E、F），春、夏季主要受到澎湖水道北上的海流所影響，越過雲彰隆起後沿著臺灣的地形行走，夏季多了西南季風，七天內最遠可以到達臺灣的東北部；秋分時，隨著海流往北行走，但是會受東北季風的影響折返往南；冬季時，海流、地形、風勢的影響，導致冬季時常常呈現徘徊於出發點的周圍。澎湖以及澎湖以南的位置（D、G），受到澎湖的地形影響極深遠，因為澎湖周圍暗礁多，使得風浪大、海流流向多變化，澎湖水道的流速更是快，所以四季的路徑，主要受到海流的變化所影響，秋、冬季受控於澎湖的地形更是明顯。

大致上，影響春季的路徑為海流（還要搭配周遭的地形而定），夏季主要受到西南季風和海流影響，秋季主要受到東北季風影響（少部分是海流），冬季主要受到東北季風影響，整體而言，受到季風、海流和地形的影響都極大。

表 9、實際模擬的《總結》整理

出航地	目的地	七天內的行駛過程	是否成功到達目的地
A	A 外海	皆在 A 點外海附近，僅夏季受西南季風影響往東北方向行駛。	○
	B	春夏季僅在 A 點外海附近，而秋冬季順著東北季風，但受地形的阻隔，在無人掌舵的情況下無法到達目的地。	X
	C	承上 A—B 點的路徑。	X
	D	承上 A—B 點的路徑。	X
	E	春季在 A 點外海附近，夏季順著西南季風往東北方向移動但是無法到達台灣北部 E 點，秋冬季受東北季風影響無法到達。	X
	小結	春季在外海周圍盤旋；夏季往東北方移動；秋冬季稍微往西南方向移動。	
B	A	春季在 B 點外海附近，夏季乘著西南季風往東北方向移動，在無人掌舵的情況下只能到達與 A 點同緯度的地方，秋冬季則是順著東北季風往西南方移動。	X
	B 外海	春季在 B 點外海附近，夏季會經過 B 點外海，秋冬季則是往西南移動。	○
	C	春夏季往東北方向移動，秋冬季受東北季風、中國沿岸流影響往西南方移動。	X
	D	承上 B—C 點的路徑。	X
	E	承上 B—C 點的路徑。	○(僅夏季)
	小結	春季：順著雲彰隆起旁的海流移動至東北方向；夏季受西南季風影響一致往東北季風移動；秋季時 B 點附近的海流很混亂所以路徑不明顯；冬季則受東北季風影響往西南方移動。	
C	A	春夏季在 C 點附近，秋冬季往西南方向移動。	X
	B	春季在 C 點附近，夏季乘著西南季風可到達 B 點，秋冬季往	○

		西南方向移動。	(僅夏季)
	C 外海	承上 C-B 點的路徑。	○
	D	承上 C-B 點的路徑。	X
	E	承上 C-B 點的路徑。	X
	小結	整體而言四季的路徑大致相同。	
D	A	春季往北移動，夏季順著西南季風，秋冬海流不穩徘徊不定。	X
	B	承上 D-A 點的路徑。	X
	C	承上 D-A 點的路徑。	X
	D 外海	春季順著雲彰隆起的海流往東北行走，夏季順著西南季風，秋冬海流不穩定。	○
	E	承上 D-D 點的路徑。	○(僅夏季)
	小結	春季順著雲彰隆起的海流往東北行走，夏季乘著西南季風往東北方行走，澎湖附近的海流不穩定導致秋冬的行徑混亂。	
E	A	春夏季往東北方移動，秋季順著海流形成一個逆時針旋轉的航路，冬季順著海流而往西北西方向行走。	○(秋冬季)
	B	春季往東北方移動，夏季沿著北台灣的邊緣行走，秋冬季的行駛過程如 E-A 點秋冬季的路徑。	X
	C	春、冬季在 E 點外海周圍，夏季沿著北台灣的邊緣行走，秋季，秋季順著海流形成一個逆時針旋轉的航路。	X
	D	承上 E-C 點的路徑。	X
	E 外海	皆在 E 點外海附近，僅秋季路線出現的機率較多(外海周圍)。	
	小結	春、冬兩季少部分往東北方行駛，大多數因海流、風與浪而停滯不前；夏季受東北季風和海流影響沿著台灣地形航行；秋季受海流影響較大呈現逆時針旋轉的路徑。	
F	A	春夏季往東北方行駛，秋冬季隨著海流呈現不規則變化。	
	B	春夏季往東北方行駛，秋季沿著海流往東北方前進，冬季較無規則性，因為受到季風、海流、浪的影響。	X
	C	承上 F-B 點的路徑。	X
	D	春夏季往東北方行駛，秋冬季和 F-B 點秋冬季的路徑相似。	X
	E	春夏季在 F 點附近，秋季會往東北方移動，冬季則滯留不前。	○(僅秋季)
	小結	春夏季順著雲彰隆起海流沿台灣地形行駛；秋季呈現往東北方移動後受東北季風的影響而稍微折返，冬季則滯留於一地。	
G	A	G 點的外海在澎湖的南端，所以路徑很混亂，進夏季可以承著強勁的海流往東北方移動。	X
	B	春夏季隨著海流往東北方移動，秋冬季路線則非常不穩定。	X
	C	春夏秋季隨著海流往東北方移動，冬季則非常不穩定。	X
	D	春夏秋季隨著海流往東北方移動，冬季則非常不穩定。	○
	E	春夏冬季在 G 點外海的附近，秋季則會到達 E 處。	○(僅秋季)
	小結	整體而言受海流影響較大。	

陸、研究討論與結論

一、討論：

(一)、本研究的限制為何？

因為地質學之父赫登曾說過：「現在是通往過去的一把鑰匙。」所以研究現在的事情就等於理解過去的事物。而且海流因為終年往北流，所以經過三百年多年的時間也不會改變很大，至於氣候長期狀況，三百多年的時間變化也不會很大，所以用現代的科技分析來推敲當時的狀況，但可能會有所誤差出現。最大的困難點在於我們用現在的科學技術釐清現在黑水溝的性質，間接推敲出三多百年前先民渡海來台的困難點，但是畢竟過了三百多年之久，環境的變遷是我們無法掌握，所以研究裡的數據難免有誤差，這是不可避免的因素，但是以海流、季風、地形、水團等氣候的因素，以長時間來觀察而言，變化不會很劇烈，雖然不能了解三百多年前的事情，但是我們可以把握現在，探討黑水溝的海洋水文面紗。

(二)、渡黑水溝為什麼那麼危險？

因為黑水溝的海流流速比周圍的流速還快（流速大約 50~100 cm/s），一年四季往北，但是冬季時要考慮到東北季風的影響（流速減緩，大約 0~100 cm/s），少部分呈現往南的流向，而且要注意每天潮汐變化，還要考慮來臺的季節，比較忌諱多夏季多颱風的七至九月（海流流速極快，颱風影響船的行進），還有東北季風強盛的十月至二月（風浪大），而且東北季風會影響風、浪、海流的走向，形成了東北季風往西南方向吹、風浪順著季風的方向走、海流卻是北上、潮流由東北至西南走，造成帆船難以行駛。

海洋拉拉號檔案		
全 長	63m	
船 寬	16m	
噸 位	2,292噸	
時 速	約30-35海浬	
航 線	台中↔廈門	
動 力	4具噴射引擎	
載 量	貨物62.4噸	
	旅客402人	

資料來源／華達國際海運 ■聯合報
製表／張錦弘

渡臺的問題重重，必須很小心，現代的科技很發達遠過於過去，但是仍會發生船難，在 2010 年 8 月 8 號，一台造價七億元的船隻「海洋拉拉號」，行駛澎湖至台中的過程中，遇上九級大浪（當天預測風浪只有三、四級），船體根本不堪一擊。而且，數據的資料量在冬季時最少，是因為海洋研究船很少在冬季出航，受氣候的影響很大。（詳細內容請參考：附錄四、海洋拉拉號的相關報導）

現在的科技都會發生這種問題，何況當時的科技不發達，大多都是憑藉著經驗知識出航，靠著航行技術與氣候狀況，祈禱平順的渡海來台。這種也發展出特殊的海洋文化-媽祖海洋信仰。



圖 26、海洋拉拉號的照片（聯合報資料）

（三）、逆風時，靠著風力航行的帆船是否可以航行？

可以，藉由調整帆的夾角以及帆與風的方向，即可逆風前進。

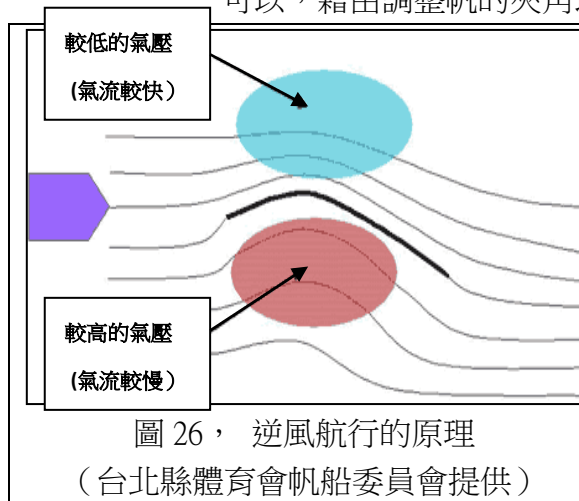


圖 26，逆風航行的原理
（台北縣體育會帆船委員會提供）

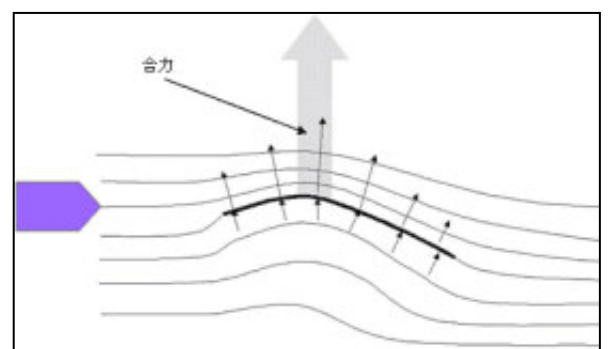


圖 27，逆風航行的原理
（台北縣體育會帆船委員會提供）

（四）、先民來臺的季節為何？

一年四季都可以，因為靠著當時帆船的技術，逆風都可以行走，所以來臺的季節不拘，但是比較忌諱夏季多颱風的七至九月（海流流速極快，颱風影響船的行進），還有東北季風強盛的十月至二月（風浪大），而且東北季風會影響風、浪、海流的走向，形成了東北季風往西南方向吹、風浪順著季風的方向走、海流卻是北上、潮流由東北至西南走，造成帆船難以行駛。渡臺的問題重重，必須很小心，俗話說：天有不測風雲，還是要配合當時氣候。

（五）、為什麼渡臺有時候都會漂到琉球或越南？

罹難的船隻漂到琉球是因為順著北流而上的海流；漂到越南的船隻是受到由南而北流向的海流，因為澎湖地形的影響而彎曲，在臺灣灘的地方形成螺旋狀的海流，再加上東北季風，順著海流和風就漂流到越南。（詳見下表）

表 10，清代漂流越南之閩臺船隻

編號	失事日期	船隻及航向	人員背景及人數	出航時間	船隻失事海面	漂流地點	回返日期	回返路線	資料來源
1	清康熙 23 年(1684)		臺灣知府蔣之家人			越南			
2	乾隆 20 年(1755)10 月	澎湖左營級字 12 號戰船	漳州鎮標外委把總沈神郎與臺灣班兵 68 人及水兵 22 人，共 90 人	乾隆 20 年 10 月 4 日		越南	僅 60 人獲救，乾隆 21 年(1756)7 月 18 日抵廈門	搭乘蘇蘭高時記之船隻循海路返回	1：頁 408、413
3	乾隆 48 年(1783)4 月 15 日	廈門至臺灣	人數不詳，船上載有臺灣總兵孫猛之母			越南			2：頁 599
4	乾隆 53 年(1789)		澎湖兵丁李容光等			越南		澎湖兵丁李容光等 20 人經海路至福建	3：頁 385-386
5	乾隆 54 年(1788)10 月 24 日	安字六號船／廈門至臺灣	福建閩安水師營把總黃捷高帶臺灣協班兵 104 人、舵水 21 人	乾隆 54 年 9 月 9 日	澎湖海面	越南國舟鵝外嶼		廣東新會縣王昌盛商船因風漂到越南，黃捷高等 124 人附搭該船回返	3：頁 385-386
6	乾隆 60 年(1795)9 月 9 日	臺灣至廈門	漳州鎮城守營千把總陳士培與臺灣班兵 59 人；及羅源營帶兵官劉天雲與臺灣班兵 53 人、外委 1 人；船員 20 人等共 134 人			越南河羅海濱(富春鎮城附近)	78 人死，生 55 人，分三批返回：1.嘉慶元年(1796)2 月，千把總陳士培等 21 人返回鎮南關；2.嘉慶元年(1796)3 月 12 日，有水手 5 人返回鎮南關；3.嘉慶元年(1796)4 月 11 日，29 人返回廣東	千把總陳士培等 26 人由陸路至太平府；劉天雲等 29 人經水路回返閩省	4：頁 373

7	嘉慶 16 年(1811)	臺灣至廈門	馬巷廳船戶安德順運載官穀至詔安縣		臺廈間海面	越南外勢嶼海面			5：編號 125607
8	嘉慶 19 年(1814)10 月初 6 日	水師提標左營成字 6 號船，由臺灣至廈門	金門鎮把總許寧安管帶與所帶官兵及客民等約 146 人		澎湖海面遇颶風	越南富安鎮海面	嘉慶 20 年(1815)，3 月 8 日	廣西太平府	6：頁 60-62
9	道光 8 年(1828，越南明命 9 年)	劉源榮緣頭船，由廈門至外國從事貿易	吳浪等共 54 人	道光 8 年 2 月 6 日	遇風漂流	越南海面	原船於道光 8 年 6 月 7 日返回		7：頁 159-161
10	道光 11 年(1831，越南明命 12 年)		彰化縣知縣李振青				道光 12 年(1832 年，越南明命 13 年)	越南布政官高有翼送彰化縣知縣李振青眷屬至廈門	8：頁 16
11	道光 15 年(1835，越南明命 16 年)10 月		澎湖人蔡廷蘭及其弟等	道光 15 年 10 月 2 日					9：頁 36

資料來源：1. 洪安全 (編)，2003a。
 2. 洪安全 (編)，2003a。
 3. 臺灣史料集成編輯委員會 (編)，2007a。
 4. 洪安全 (編)，2005a。
 5. 中央研究院歷史語言研究所 (藏)，2001。
 6. 洪安全 (編)，2005b。
 7. 臺灣史料集成編輯委員會 (編)，2007b。
 8. 蔡廷蘭，《海南雜著》1959。
 9. 不著編者，1971。

(資料來源：湯熙勇《船難與海外歷險經驗——以蔡廷蘭漂流越南為中心》)

二、結論：

- (一)、先民渡臺時，會遇到很多問題，春、夏兩季澎湖水道海域，流向一致往北、**流速很快**、平均流速為 75 cm/s，而且海流離開澎湖水道後一部分海流呈現北北東方向，且雲彰隆起附近會呈現**螺旋狀**的海流，在臺灣灘的海域也會呈現**螺旋狀**的海流，因為春、夏季節這些狀況，增加先民來臺的惡劣條件。
- (二)、秋、冬兩季節澎湖水道的流速（平均流速為 50 cm/s）雖然沒有春、夏兩季節的流速快，但流向也呈現正北方，是因受控於**東北季風**的阻礙，導致流速的減緩，也因為東北季風的干擾，導致其他海域的向北的流速減緩而且**混亂**。
- (三)、澎湖附近的海域多礁岩，尤以澎湖北部的海底地形最多暗礁，導致海流流經此地時會因為礁岩的干擾導致流向變得混亂，所以這是澎湖附近的海域船難甚多的原因之一。
- (四)、必須考慮每天兩次的潮流變化（屬於半日潮），還必須考慮到季節的選擇，如果選擇東北季風強勁的時候，會形成東北季風往西南方向吹、風浪順著季風的方向走、海流卻是北上、潮流由東北至西南走的局面，造成帆船難以行駛，讓先民來台困然重重。
- (五)、本研究實驗模擬的結果，無論是從中國渡海來台，還是從台灣返航至中國的角度來看，成功的機率少之又少，這實驗顯示出先民能在海象不佳的情況，不畏洋流、潮流、風與浪的阻擋而橫跨黑水溝，渡海來台的成功絕大部分在於「技術」。五代以來，閩商大量出海貿易，遠洋航行風氣日甚，使得當地人漂洋過海成為一種普遍接受的行為，也因此閩粵地區的造船技術高人一籌，宋代初期泉州造船已經揚名一時，這為東渡台灣提供了必要的條件。但是，一旦憑藉著技術層面的航行，運氣所佔的比重更大了，一旦很有技術的船員出航，在這片充滿變數的海域有很多未知的事情，可能會因為運氣較差，遇上颱風、漩渦，或是觸礁等情況，縱使是技術再高超的船員也無法避免這場劫難，尤其是航行至澎湖一帶的海域未知的變數更多，所以才有著一直流傳至今的俗諺：「唐山過台灣，十去六死三流一回頭」。

柒、參考資料

一、文獻：

註 1	渡海移民的艱辛 http://big5.china.com.cn/chinese/zta/439085.htm
	郭惠敏（2004）。台灣海峽水團時空變化之研究。國立中山大學海洋物理研究所碩士論文。共 91 頁。
	陳佩君（2008）。區域風場影響台灣海峽流量變化之研究。國立中山大學海下科技暨應用海洋物理研究所。共 87 頁。
	張育嘉（2008）。台灣海峽及附近海域之流場觀測分析。國立中山大學海洋生物科技季資源研究所博士論文。共 139 頁。
	莊文傑、江中權（2002）。潮流與台灣環島沿岸之水下沙體。
	詹森。黑水溝—台灣海峽之波浪、潮汐、洋流、水團暨流量。
	國立歷史博物館編輯委員會編輯；陸泰龍執編（2007）。台灣水下考古的展望—從「澎湖將軍一號」談起。國立歷史博物館學報，第 35 期
海洋學門資料庫相關簡介：為了收集並保存國內海洋研究調查成果，行政院國家科學委員會（簡稱國科會）於 1987 年委由臺灣大學海洋研究所代為建立及運作「海洋資料庫」，其後廿餘年來歷經不斷發展，目前資料庫已小有規模，主要任務是彙整國內各研究船(海研一、二、三號以及水試一號)之探測資料，並將歷年的海洋研究成果系統性地分析、整理與展示、支援全國各界海洋研究所需之資料查詢與資料提供，資料項目包括有水文、海流、水深、震測等。	

二、表格：

表 1	洪傳祥（2007）。季風影響下臺閩歷史性航路的開發。建築學報，(60 期)，197~214
表 2	湯熙勇、劉序楓、松浦章主編（1999）。近世環中國海的海難資料集成：以中國、日本、朝鮮、琉球為中心。台北：蔣經國國際學術交流基金會。
表 3	湯熙勇、劉序楓、松浦章主編（1999）。近世環中國海的海難資料集成：以中國、日本、朝鮮、琉球為中心。台北：蔣經國國際學術交流基金會。
表 4	中央氣象局資料 http://www.cwb.gov.tw/
表 5	中央氣象局資料 http://www.cwb.gov.tw/
表 6	中央氣象局資料 http://www.cwb.gov.tw/
表 7	中央氣象局資料 http://www.cwb.gov.tw/
表 8	中央氣象局資料 http://www.cwb.gov.tw/
表 9	本研究彙整
表 10	湯熙勇（2009）。船難與海外歷險經驗：以蔡廷蘭漂流越南為中心。人文及社會科學集刊，21（3），411-439。

三、圖片：

圖 1	顏金良（1998）。 <i>前進老台灣——郁永河採礦傳奇</i> 。
圖 2	圖片出自《台灣人的根－八閩通鑑》
圖 3	第十屆水下技術研討會暨國科會成果發表(2008)・高雄市・國立中山大學
圖 4	宋慧君。 <i>澎湖各離島間航運路線分析</i> 。
圖 5	本研究設計
圖 6~圖 9	國科會海洋學門資料庫 http://www.odt.ntu.edu.tw/wordpress/
圖 10	國家海洋科學研究中心
圖 11~圖 12	國科會海洋學門資料庫 http://www.odt.ntu.edu.tw/wordpress/
圖 13	詹森教授提供
圖 14~圖 15	國科會海洋學門資料庫 http://www.odt.ntu.edu.tw/wordpress/
圖 16	本研究繪製
圖 17	中華民國海軍大氣海洋局繪製
圖 18	詹森教授提供
圖 19~圖 24	美國 University of Georgia, Department of Marine Sciences, Dr. Chen Changshen 使用 Blumberg and Mellor 之 POM 模式之動畫圖
圖 25	工研院林勝豐博士提供漂移模擬模式
圖 26	聯合報檔案照片
圖 27~圖 28	台北縣體育會帆船委員會

捌、誌謝

- 一、臺灣大學海洋研究所唐存勇教授提供 ADCP 資料與澎湖海洋水深資料。
- 二、工研院林勝豐博士提供美國海軍漂移模擬模式。
- 三、臺灣大學海洋研究所戴仁華博士提供圖例與 ADCP 資料繪製與諮詢。

附錄

附錄一、黑潮與臺灣海峽的相關介紹

在進一步探討先民渡海可能遭遇的狀況之前，首先先要瞭解『黑水溝』的地理與海洋環境，以下將分為四個部分介紹。

（一）、黑潮的簡介：

黑潮為源自於北赤道洋流的一股西方邊界流，在菲律賓東部海岸形成後沿著其東部海岸向北流。北向流的黑潮，會流經呂宋海峽、台灣東部海岸、東海並朝日本流去。因黑潮終年向北傳輸高溫海水，故黑潮對於全球的熱平衡扮演著重要的角色。當黑潮流經呂宋海峽時，其支流會由呂宋海峽流入南海及至台灣海峽南部，並經由『澎湖水道』進入台灣海峽。

（二）、航海家的死穴——東吉嶼：

澎湖水道因地形分布狀似漏斗形狀，由南方來的海流因受地形開口變窄的影響，故流速變快，快速的流速致使得海水較不透光而成深色，所以自古以來被稱為「黑水溝」。東吉嶼位於漲潮與退潮海流迴旋的地方，加上每年為期長達半年左右的東北季風，水域凶險萬狀。

渡海來臺的中繼站就是澎湖，而南寬北窄的黑水溝，最危險的區域，就是地裡位置正好在黑水溝下方位於澎湖望安鄉的東吉嶼。東吉嶼四周的暗礁，形成洶湧翻騰的滔天巨浪，加以附近有「八卦水」潮流經過，形成螺旋狀的急湍暗流，使得海面險惡異常。海難事件地點幾乎十有八九都是在東吉嶼的四周，是海難事件頻率最高的島嶼。

（三）、臺灣海峽——貿易，東洋針路（註1）：

所謂「東洋航線」就是東亞地區傳統的貿易航線，主要是中國北到琉球、日本；南到菲律賓、婆羅洲等地區的航路。

澎湖位於東亞國際貿易航線的中心，而且臺灣北部的基隆、淡水，南部的沙馬磯頭（今墾丁貓鼻頭、鵝鑾鼻一帶）也剛好位於「東洋針路」所必經之路；至於「西洋針路」則是婆羅洲。

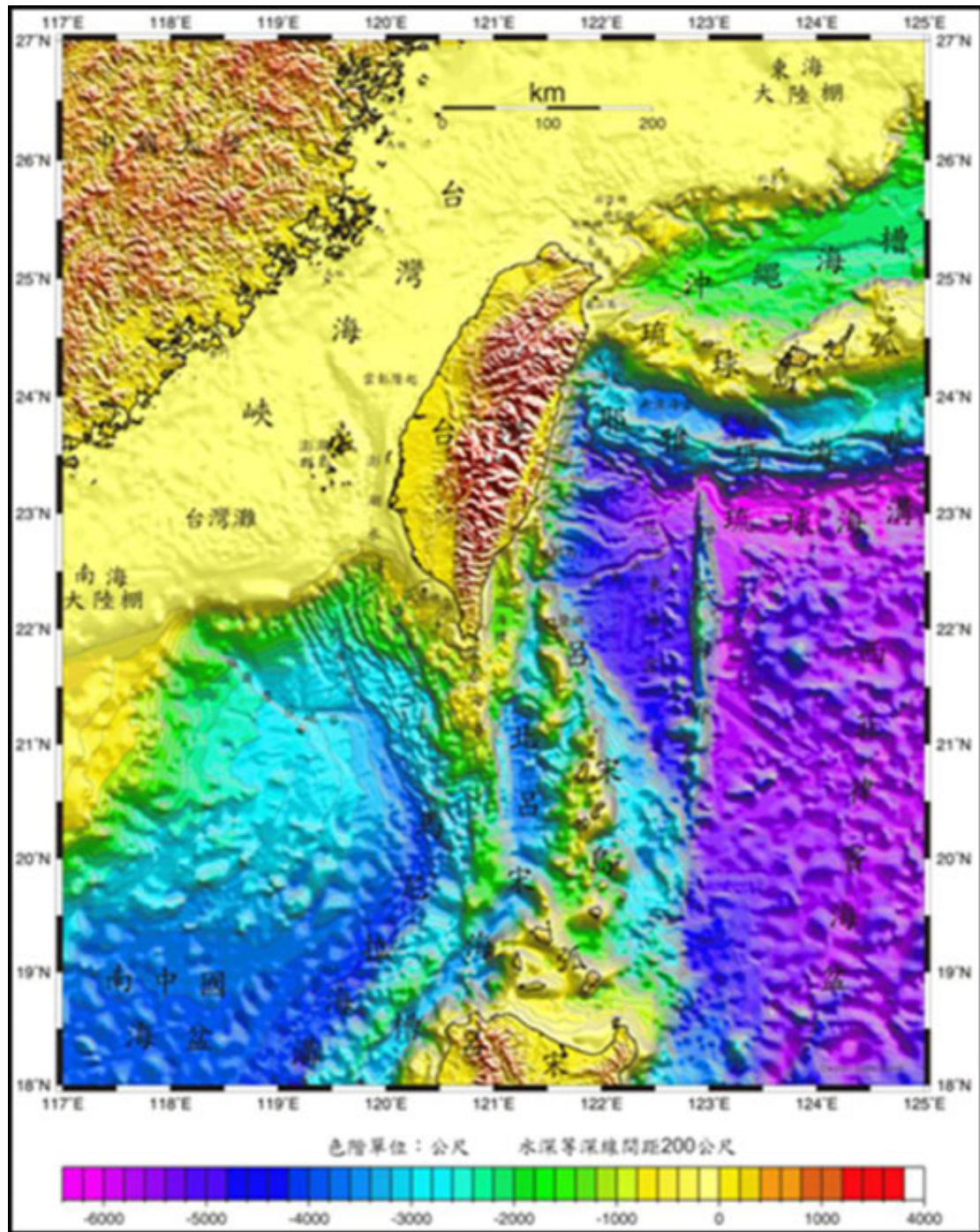
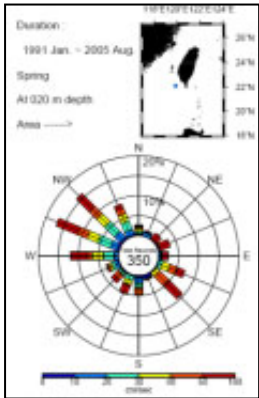
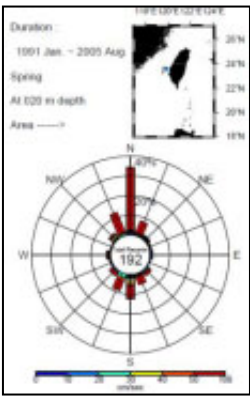
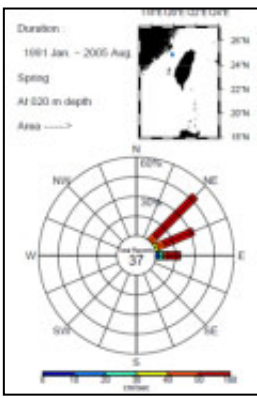


圖 1，臺灣周圍海域海底地形圖

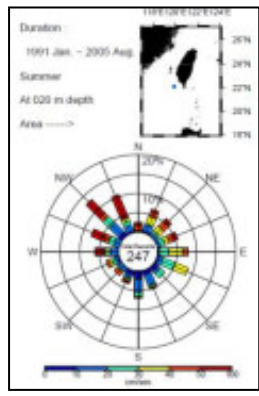
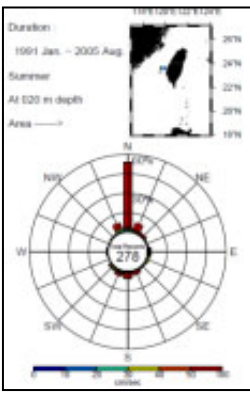
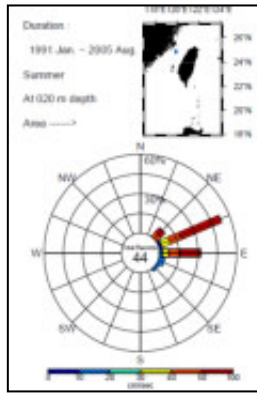
附錄二、海流玫瑰圖的分析

(一)、將經度的數值(經度: 119 度 45~60 分)固定, 觀察海流在緯度數值變化上的情形:

1、春:

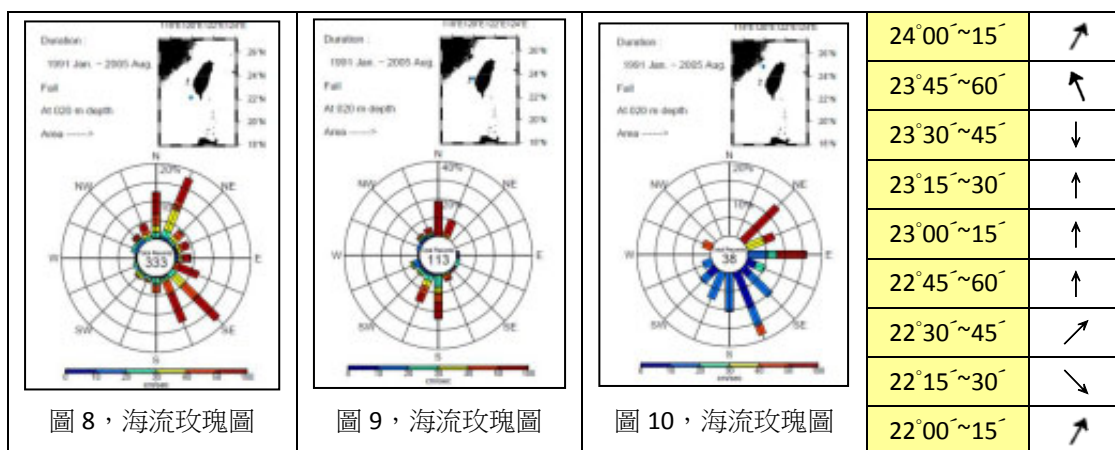
緯度: 22 度 00~15 分	緯度: 23 度 30~45 分	緯度: 24 度 45~60 分	緯度	春天
 圖 2, 海流玫瑰圖	 圖 3, 海流玫瑰圖	 圖 4, 海流玫瑰圖	24°45'~60'	↗
			24°30'~45'	↗
			24°15'~30'	↗
			24°00'~15'	↗
			23°45'~60'	↑
			23°30'~45'	↑
			23°15'~30'	↑
			23°00'~15'	↑
			22°45'~60'	↑
			22°30'~45'	↖
			22°15'~30'	←
			22°00'~15'	↖

2、夏:

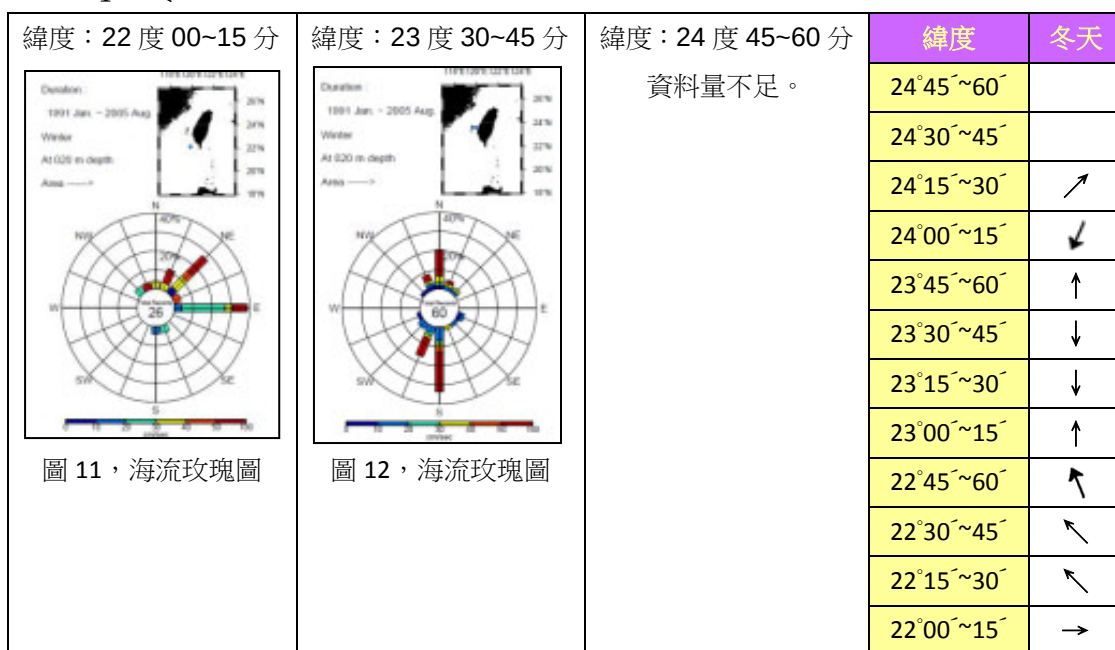
緯度: 22 度 00~15 分	緯度: 23 度 30~45 分	緯度: 24 度 45~60 分	緯度	夏天
 圖 5, 海流玫瑰圖	 圖 6, 海流玫瑰圖	 圖 7, 海流玫瑰圖	24°45'~60'	↗
			24°30'~45'	↗
			24°15'~30'	↗
			24°00'~15'	↗
			23°45'~60'	↑
			23°30'~45'	↑
			23°15'~30'	↑
			23°00'~15'	↑
			22°45'~60'	↑
			22°30'~45'	↖
			22°15'~30'	↓
			22°00'~15'	↖

3、秋:

緯度: 22 度 00~15 分	緯度: 23 度 30~45 分	緯度: 24 度 45~60 分	緯度	秋天
			24°45'~60'	↓
			24°30'~45'	→
			24°15'~30'	↗



4、冬：



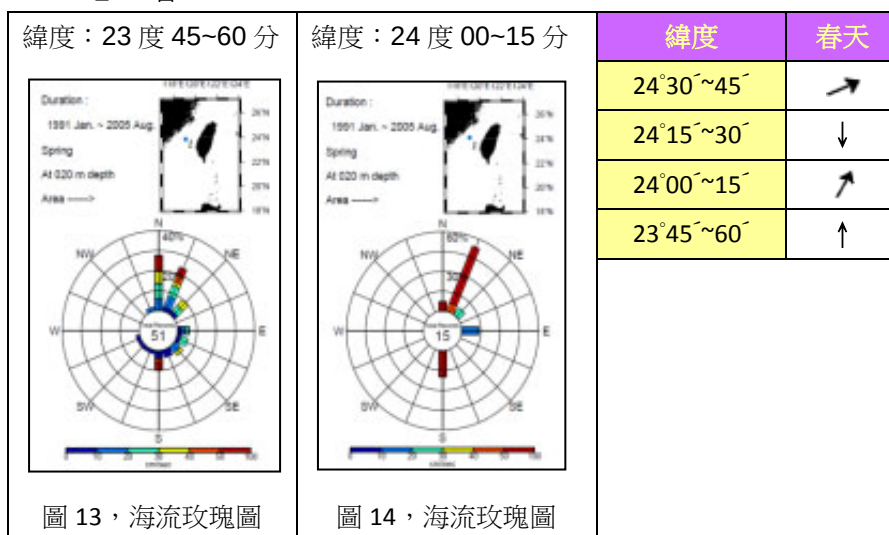
小結（一）：

緯度	春天	夏天	秋天	冬天
24°45'~60'	↗	↗	↘	
24°30'~45'	↗	↗	→	
24°15'~30'	↗	↗	↗	↗
24°00'~15'	↗	↗	↗	↘
23°45'~60'	↑	↑	↖	↑
23°30'~45'	↑	↑	↓	↓
23°15'~30'	↑	↑	↑	↓
23°00'~15'	↑	↑	↑	↑
22°45'~60'	↑	↑	↑	↖
22°30'~45'	↖	↖	↗	↖
22°15'~30'	←	↓	↘	↖
22°00'~15'	↖	↖	↗	→

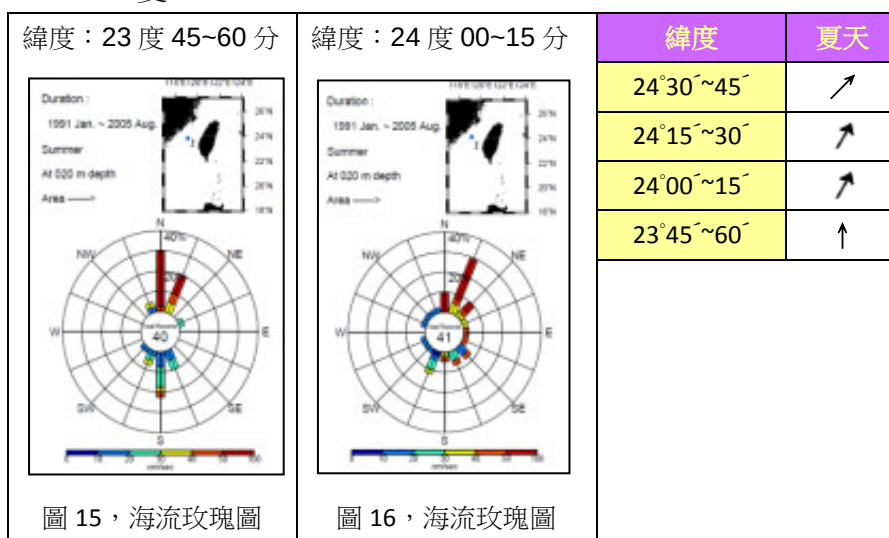
春夏兩季的流向較為一致且穩定，秋冬兩季的海流，受東北季風的影響導致流向較為紊亂，但是全年整體而言，澎湖水道的流向以北向為主。

(二)、將經度的數值（經度：119 度 00~15 分）固定，觀察海流在緯度數值變化上的情形：

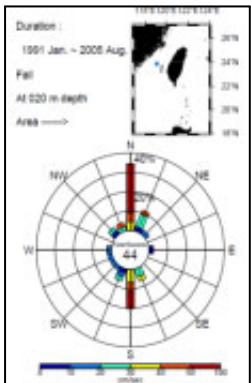
1、春：



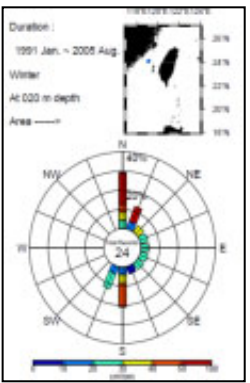
2、夏：



3、秋：

緯度：23 度 45~60 分	緯度：24 度 00~15 分	緯度	秋天
 圖 17，海流玫瑰圖	資料量不足	24°30'~45'	↓
		24°15'~30'	↙
		24°00'~15'	
		23°45'~60'	↑

4、冬：

緯度：23 度 45~60 分	緯度：24 度 00~15 分	緯度	冬天
資料量不足	 圖 18，海流玫瑰圖	24°30'~45'	
		24°15'~30'	
		24°00'~15'	↑
		23°45'~60'	

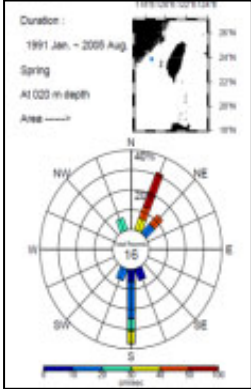
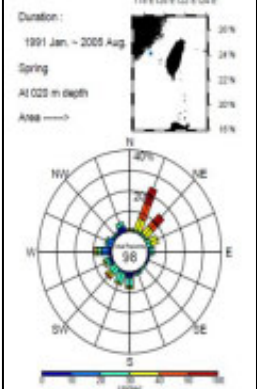
小結（二）：

緯度	春天	夏天	秋天	冬天
24°30'~45'	↗	↗	↓	
24°15'~30'	↓	↗	↙	
24°00'~15'	↗	↗		↑
23°45'~60'	↑	↑	↑	

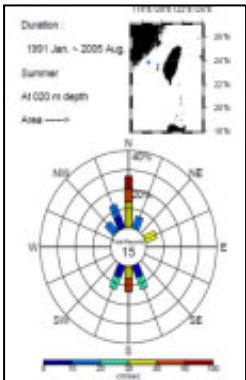
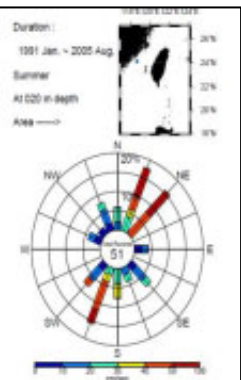
此區域的海流流向，春夏季較一致，呈現北向、東北向的海流為主，至於秋冬兩季的海流不穩定，且資料量很少，所以很難呈現他的一致性。

(三)、將經度的數值（經度：118 度 30~45 分）固定，觀察海流在緯度數值變化上的情形：

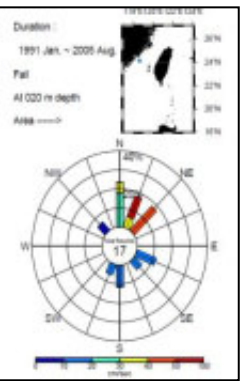
1、春：

緯度：23 度 45~60 分	緯度：24 度 00~15 分	緯度	春天
		24°15'~30'	↗
圖 19，海流玫瑰圖	圖 20，海流玫瑰圖	24°00'~15'	↗
		23°45'~60'	↓

2、夏：

緯度：23 度 45~60 分	緯度：24 度 00~15 分	緯度	夏天
		24°15'~30'	↑
圖 21，海流玫瑰圖	圖 22，海流玫瑰圖	24°00'~15'	↗
		23°45'~60'	↑

3、秋：

緯度：23 度 45~60 分 資料量不足	緯度：24 度 00~15 分	緯度	秋天
		24°15'~30'	↗
	圖 23，海流玫瑰圖	24°00'~15'	↑
		23°45'~60'	

4、冬：

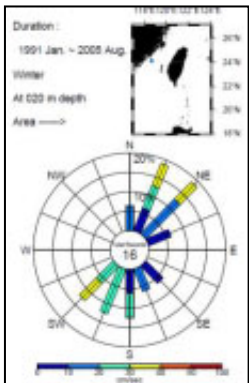
緯度：23 度 45~60 分 資料量不足	緯度：24 度 00~15 分		緯度	冬天
			24°15'~30'	↗
			24°00'~15'	↗
			23°45'~60'	

圖 24，海流玫瑰圖

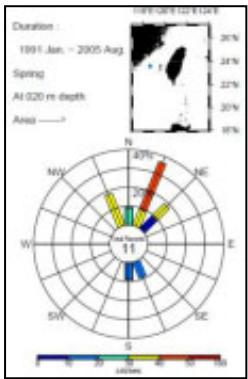
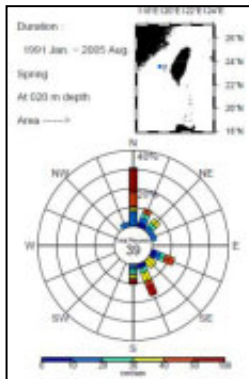
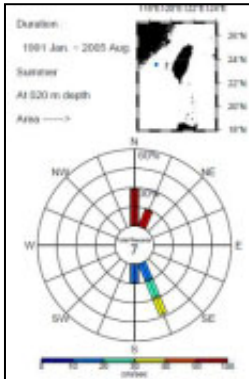
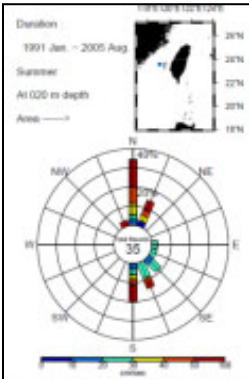
小結（三）：

緯度	春天	夏天	秋天	冬天
24°15'~30'	↗	↑	↗	↗
24°00'~15'	↗	↗	↑	↗
23°45'~60'	↓	↑		

相較於（一）、（二）的資料量，此區域的數量較少，但是流向一致性高，往北、東北向為主。

（四）、將緯度的數值（緯度：23 度 30~45 分）固定，觀察海流在緯度數值變化上的情形：

1、春：

經度：118 度 30~45 分				經度：119 度 00~15 分				經度：118 度 30~45 分				經度：119 度 00~15 分			
															
圖 25，海流玫瑰圖				圖 26，海流玫瑰圖				圖 27，海流玫瑰圖				圖 28，海流玫瑰圖			
經度	118°	118°	118°	118°	119°	119°	119°	經度	118°	118°	118°	118°	119°	119°	119°
	00'~15'	15'~30'	30'~45'	45'~60'	00'~5'	5'~30'	30'~60'		00'~15'	15'~30'	30'~45'	45'~60'	00'~5'	5'~30'	30'~60'
春天	↘	↘	↗	↑	↑	↑	↑	夏天	↘	↗	↘	↓	↑	↑	↑

3、秋：

4、冬：

經度：118 度 30~45 分 資料量不足				經度：119 度 00~15 分 資料量不足				經度：118 度 30~45 分 資料量不足				經度：119 度 00~15 分 資料量不足			
經度	118° 00′ ~15′	118° 15′ ~30′	118° 30′ ~45′	118° 45~6 0′	119° 00~1 5′	119° 15′ ~30′	119° 45′ ~60′	經度	118° 00′ ~15′	118° 15′ ~30′	118° 30′ ~45′	118° 45~6 0′	119° 00~1 5′	119° 15′ ~30′	119° 45′ ~60′
秋天	↓	↑					↑	冬天				↙		↘	↓

小結（四）：

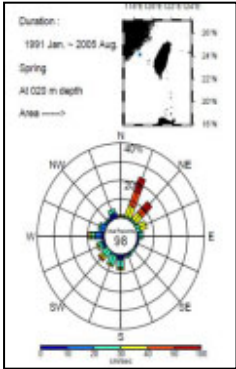
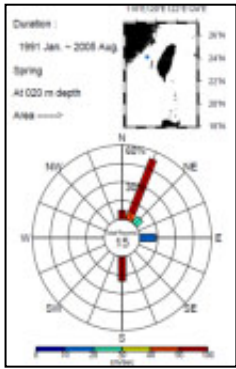
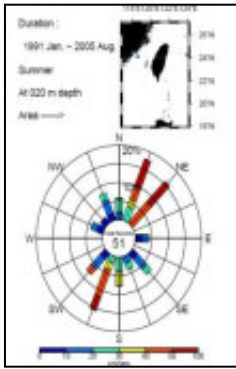
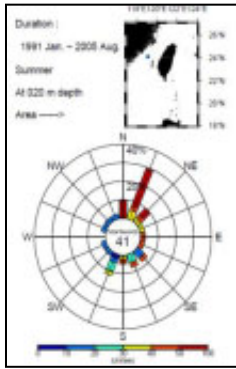
經度	118°00′~15′	118°15′~30′	118°30′~45′	118°45′~60′	119°00′~15′	119°15′~30′	119°45′~60′
春天	↙	↙	↗	↑	↑	↑	↑
夏天	↙	↗	↙	↓	↑	↑	↑
秋天	↓	↑					↑
冬天				↙		↙	↓

春夏兩季的資料量豐沛，經度 118°45′以西的區域流向以南南西、南南東、北北東的海流為主；經度 118°45′以東的區域海流整體呈現往正北方的趨勢。但是秋冬兩季的資料量卻少之又少，而且對於海流流向較難下定論。

（五）、將緯度的數值（緯度：24 度 00~15 分）固定，觀察海流在緯度數值變化上的情形：

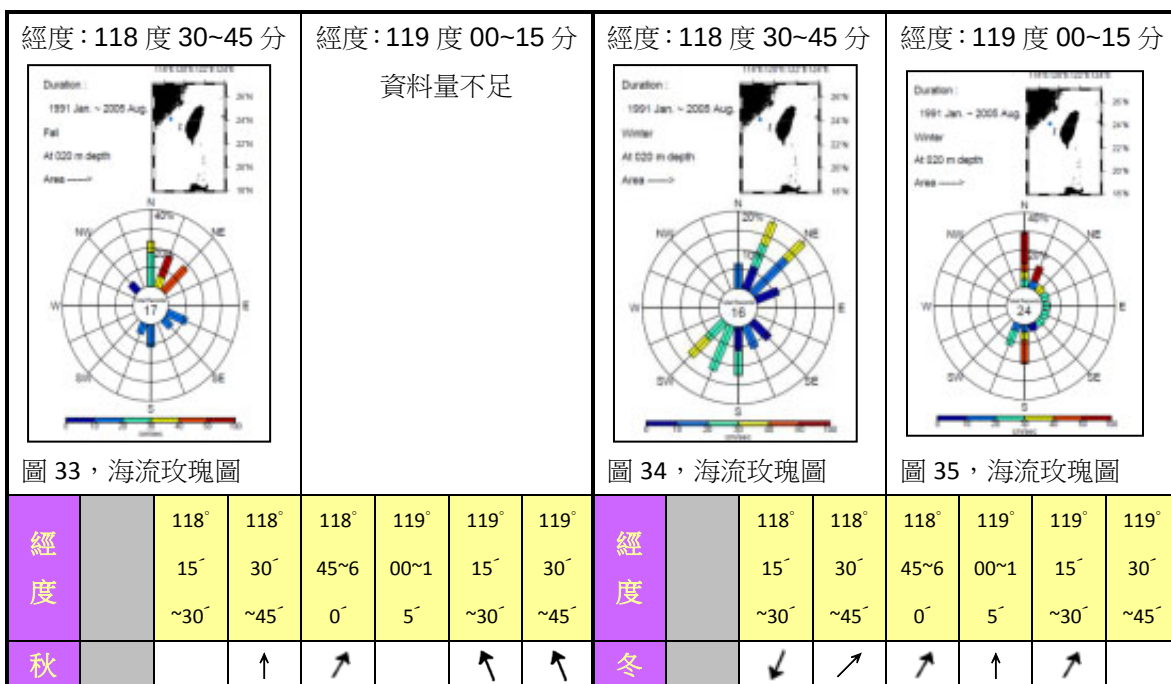
1、春：

2、夏：

經度：118 度 30~45 分				經度：119 度 00~15 分				經度：118 度 30~45 分				經度：119 度 00~15 分			
															
圖 29，海流玫瑰圖				圖 30，海流玫瑰圖				圖 31，海流玫瑰圖				圖 32，海流玫瑰圖			
經度		118° 15′ ~30′	118° 30′ ~45′	118° 45~6 0′	119° 00~1 5′	119° 15′ ~30′	119° 45′ ~60′	經度		118° 15′ ~30′	118° 30′ ~45′	118° 45~6 0′	119° 00~1 5′	119° 15′ ~30′	119° 45′ ~60′
春		↙	↗	↗	↗	↗	↗	夏		↙	↗	↗	↗	↗	↗

3、秋：

4、冬：



小結（五）：

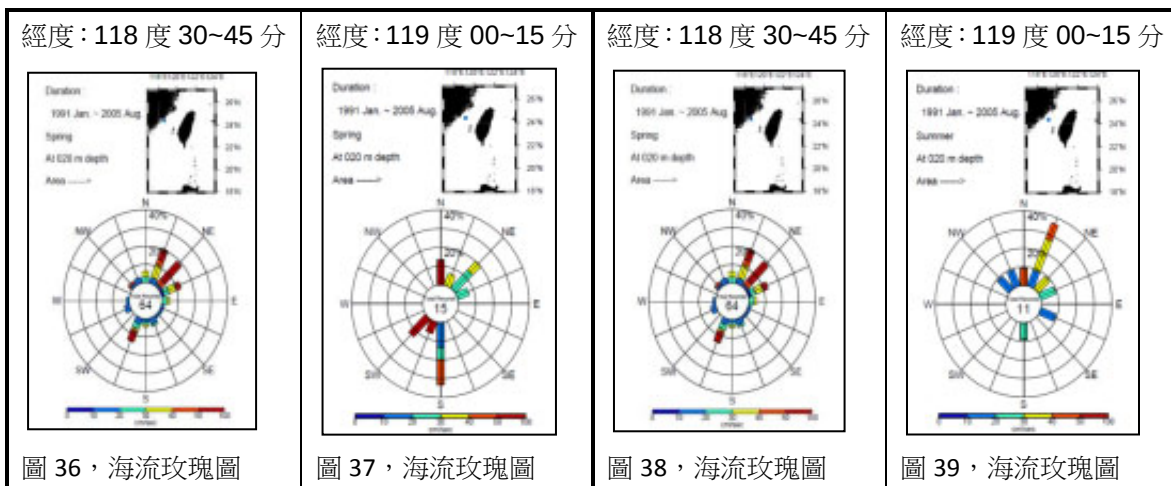
經度		118°15'~30'	118°30'~45'	118°45'~60'	119°00'~15'	119°15'~30'	119°30'~45'
春天		↘	↗	↗	↗	↗	↖
夏天		↘	↗	↗	↗	↖	↖
秋天			↑	↗		↖	↖
冬天		↘	↗	↗	↑	↗	

春夏兩季節的海流呈現一致的北北東方向；秋冬兩季節的海流以正北、北北東、北北西的海流較多。

（六）、將緯度的數值（緯度：24 度 15~30 分）固定，觀察海流在緯度數值變化上的情形：

1、春：

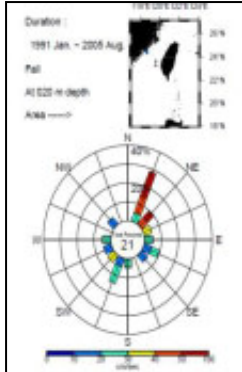
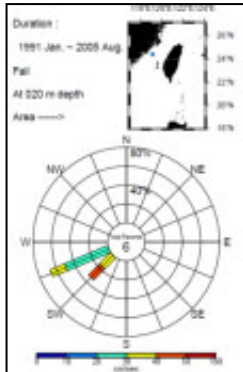
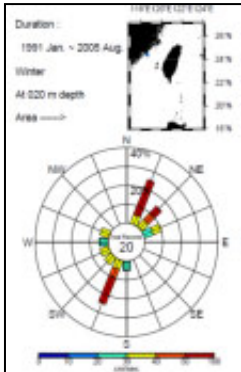
2、夏：



經度		118° 15′ ~30′	118° 30′ ~45′	118° 45~6 0′	119° 00~1 5′	119° 15′ ~30′		經度		118° 15′ ~30′	118° 30′ ~45′	118° 45~6 0′	119° 00~1 5′	119° 15′ ~30′	
春		↗	↗	↓	↓	↗		夏		↗	↗	↗	↗	↑	

3、秋：

4、冬：

經度：118 度 30~45 分							經度：119 度 00~15 分							經度：118 度 30~45 分							經度：119 度 00~15 分						
																					資料量不足						
圖 40，海流玫瑰圖							圖 41，海流玫瑰圖							圖 42，海流玫瑰圖													
經度		118° 15′ ~30′	118° 30′ ~45′	118° 45~6 0′	119° 00~1 5′	119° 15′ ~30′		經度		118° 15′ ~30′	118° 30′ ~45′	118° 45~6 0′	119° 00~1 5′	119° 15′ ~30′													
秋			↗		↖	↖		冬			↗	↗															

小結（六）：

經度		118°15′~30′	118°30′~45′	118°45′~60′	119°00′~15′	119°15′~30′	
春天		↗	↗	↓	↓	↗	
夏天		↗	↗	↗	↗	↑	
秋天			↗		↖	↖	
冬天			↗	↗			

此區域的海流，相較於（五）的資料，整體而言較為凌亂，但是在資料上的呈現以 118°30′~45′ 的最為整齊，以北北東方向的海流為主。

附錄三、實際模擬（海洋數值模式）

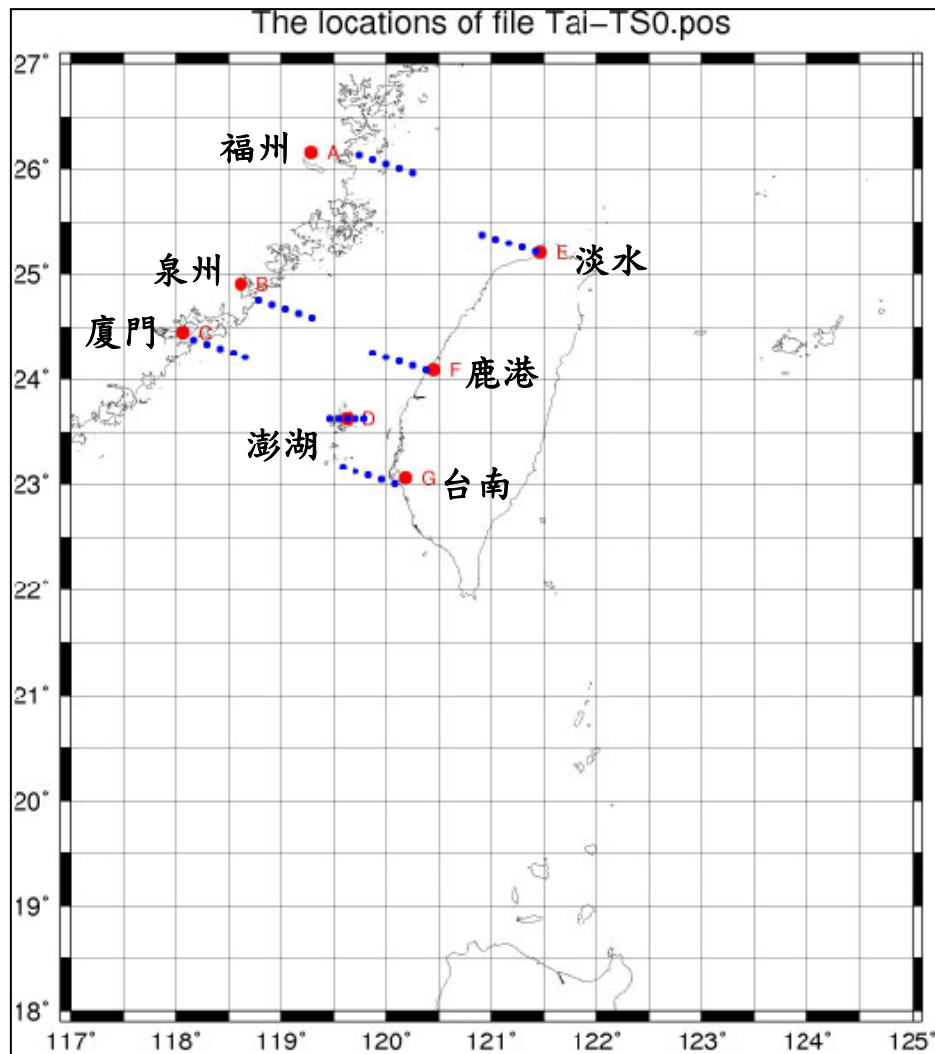


圖43，航線位置

上圖紅點（●）代表出發點，藍色小點（.....）表示航行至外海的路徑。以下的圖示紅色三角形（▲）代表出發點，藍色連續的線表示航行路線，綠點（●）則表示七天後所在的位置。

實際模擬的情形分成以下七點來說明：

(一)、A點為出發點：

1、A點－A點外海：

(1)、春分

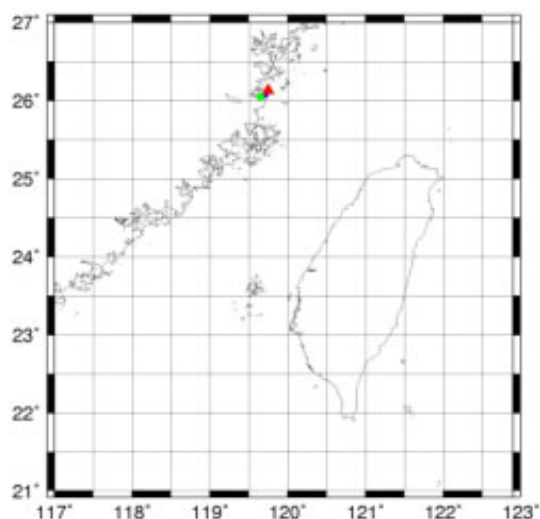


圖 44，海洋數值模擬圖

A點出發七天後的位置依然在出發前的周圍。

(2)、夏至

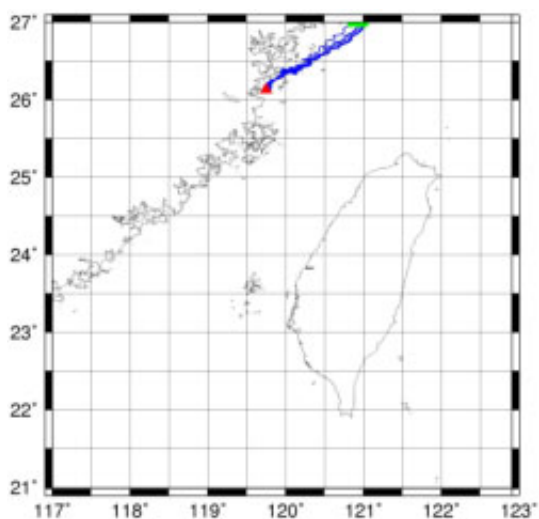


圖 45，海洋數值模擬圖

受到西南季風的影響，A點出發七天後，出現的機率會有三個位置，大約會落在(121°,27°)，路線偏向東北方向。

(3)、秋分

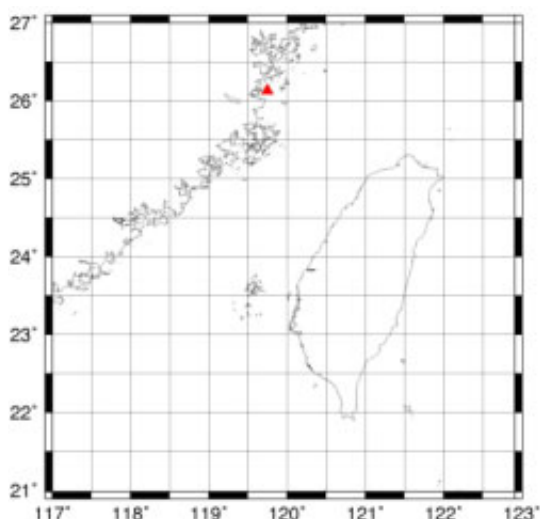


圖 46，海洋數值模擬圖

A點出發七天後的位置和出發前的位置一樣。

(4)、冬至

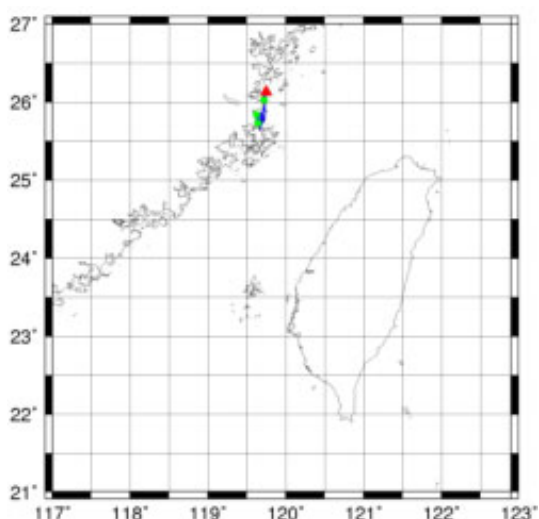


圖 47，海洋數值模擬圖

A點出發七天後，出現的機率會有三個位置，這三個位置的航行路徑為A點的正南方向。

2、A點－B點：

(1)、春分

A點出發七天後的位置在出發前的位置周圍，大約在正南方處（向下一點點的地方）。

(2)、夏至

A點出發七天後的位置在出發前的位置周圍，大約在正北方處（向上一點點的地方）。

(3)、秋分

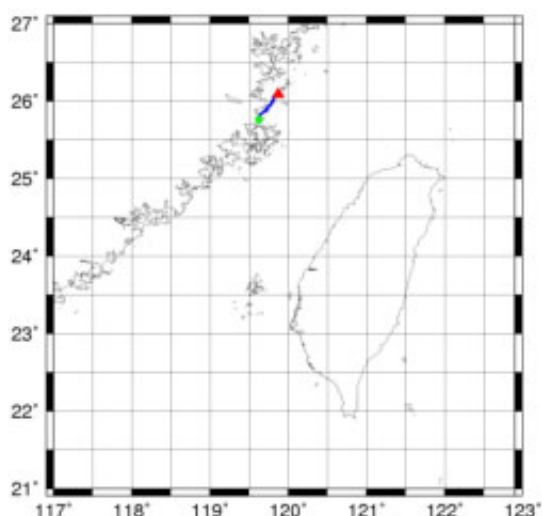


圖 48，海洋數值模擬圖

受到東北季風的影響，A點出發七天後的位置在西南方位，但是因為地形的阻隔，所以七天內無法到達B點。

(4)、冬至

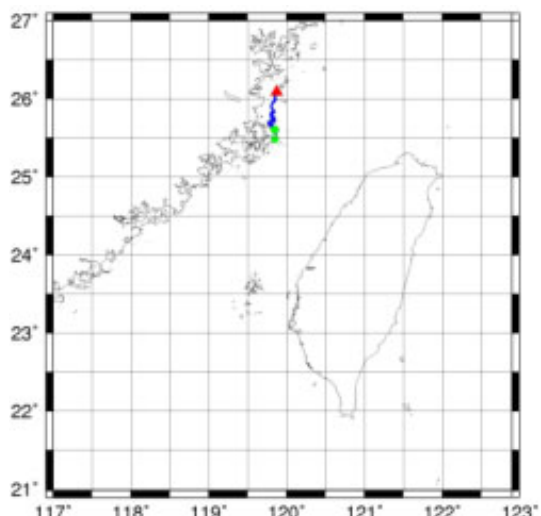


圖 49，海洋數值模擬圖

受到東北季風強盛的影響，有往南移動的傾向，七天後出現的機率有兩個位置（位於出發點的正南方向），但是要花更多的時候才能到達B點。

3、A點—C點：

(1)、春分

A點出發七天後的位置在出發前的位置周圍。

(2)、夏至

受到西南季風的影響，A點出發七天後，（大約會落在 $121^{\circ}30', 27^{\circ}$ ），路線偏向東北方向。

(3)、秋分

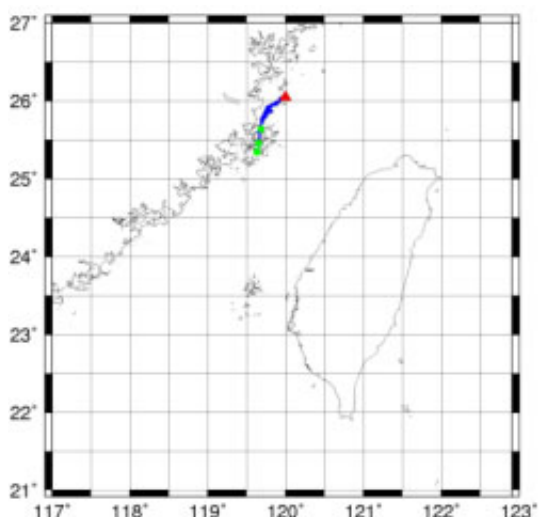


圖 50，海洋數值模擬圖

受到東北季風的影響，A點出發七天後的位置在西南方位，但是因為地形的阻隔，所以七天內無法到達C點。

(4)、冬至

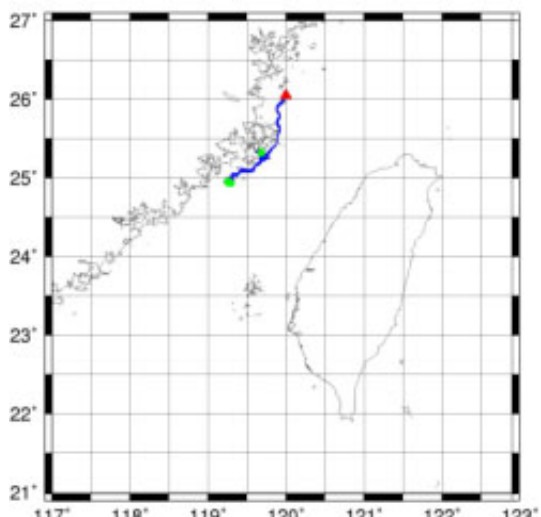


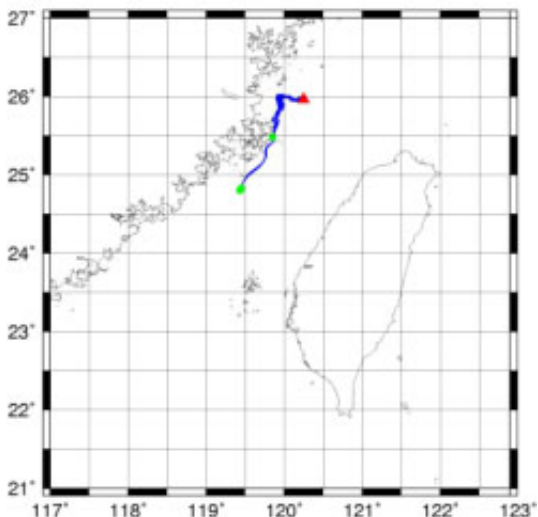
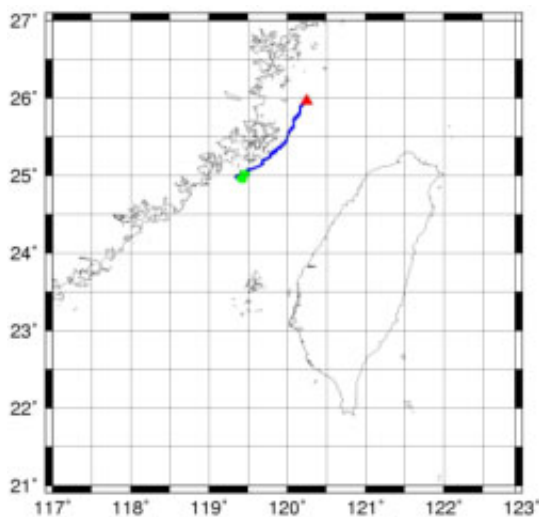
圖 51，海洋數值模擬圖

因為東北季風的增強、中國沿岸流的發達，可以順利的到達B點外海，但是七天內無法到達C點。

4、A點－D點：

(1)、春分 A點出發七天後的位置在出發前的位置周圍。	(2)、夏至 受到西南季風的影響，A點出發七天後，（大約會落在 $121^{\circ}30', 27^{\circ}$），路線偏向東北方向。
(3)、秋分 受到東北季風的影響，A點出發七天後的位置在西南方位，但是因為地形的阻隔，所以七天內無法到達D點（航行路徑與A點－C點秋分的情形類似）。	(4)、冬至 因為東北季風的增強、中國沿岸流的發達，可以順利的到達B點外海，但是七天內無法到達D點（航行路徑與A點－C點冬至的情形類似）。

5、A點－E點：

(1)、春分 A點出發七天後的位置在出發前的位置周圍，大約在出發前位置的西北方。	(2)、夏至 受到西南季風的影響，A點出發七天後，（大約會落在 $122^{\circ}, 27^{\circ}$），路線偏向東北方向。
(3)、秋分  圖 52，海洋數值模擬圖 受到東北季風的影響，可以順利通過較複雜的地形，出現的機率有兩個位置（如上圖所示）。	(4)、冬至  圖 53，海洋數值模擬圖 因為東北季風的增強、中國沿岸流的發達，可以順利的到達B點外海，但是七天內無法到達E點（航行路徑與A點－C點、D點冬至的情形類似）。

小結（一）：

分析A點出發至A點外海、B點、C點、D點、E點的路徑，整體而言有一致的行徑模式，出發七天後的位置，春分而言，大約都在出發前的周圍；夏季受西南季風的影響大，一致都是在東北方；秋分漸漸受到東北季風的影響，會呈現往西南方移動的趨勢，但是有一部份的結果顯示受到地形的影響；冬至因受到強烈的東北季風影響，所以整體而言均往西南方移動。

(二)、B點為出發點：

1、B點－A點：

(1)、春分

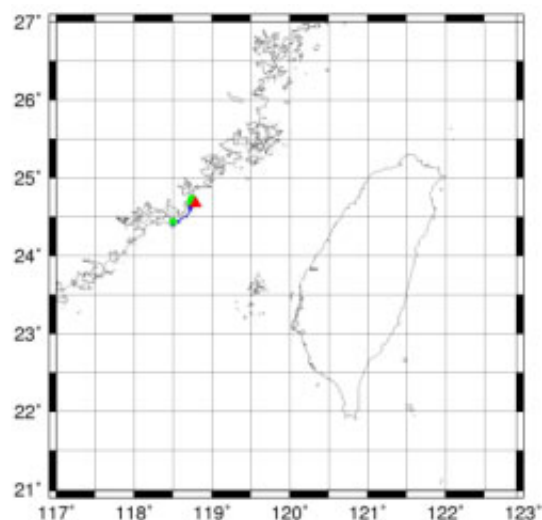


圖 54，海洋數值模擬圖

B點出發七天後的位置在出發前的位置周圍。

(2)、夏至

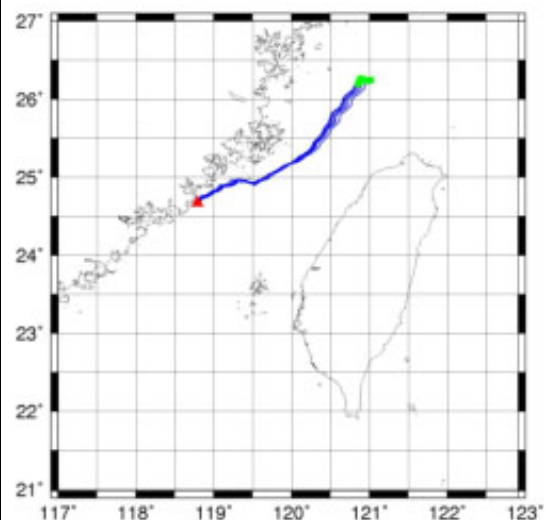


圖 55，海洋數值模擬圖

受到西南季風的影響，B點出發七天後，（大約會落在 $121^{\circ}, 26^{\circ}$ ），路線偏向東北方向。

(3)、秋分

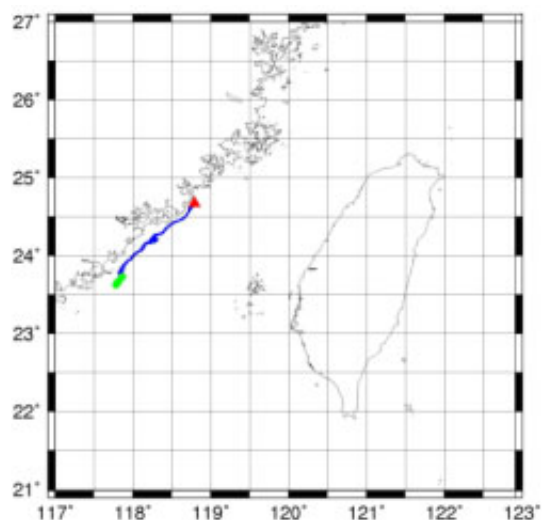


圖 56，海洋數值模擬圖

受到東北季風的影響路徑往西南方向移動。

(4)、冬至

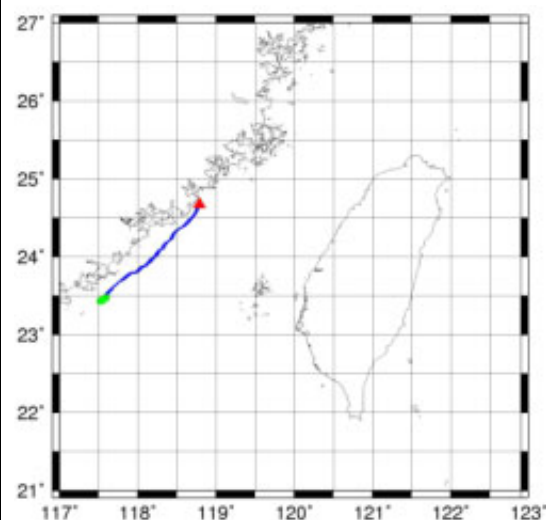


圖 57，海洋數值模擬圖

受到東北季風與大陸沿岸流的影響，路徑往西南方向移動。

2、B點－B點外海：

(1)、春分

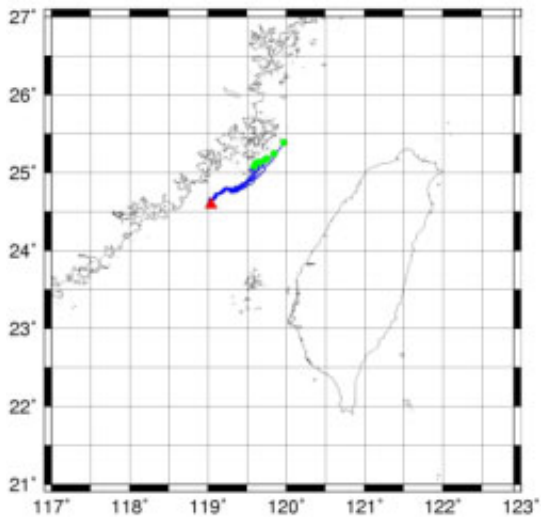
B點出發七天後的位置在出發前的位置周圍。

(2)、夏至

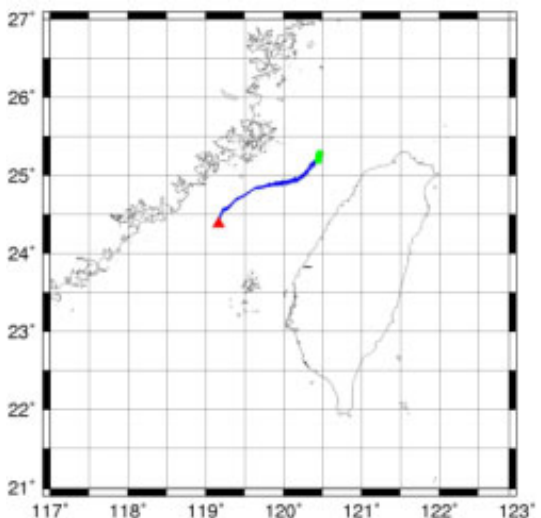
受西南季風的影響，B點出發七天後，（大約會落在 $121^{\circ}, 26^{\circ}$ ），路線偏向東北方（和B點至A點夏至的路徑相似）。

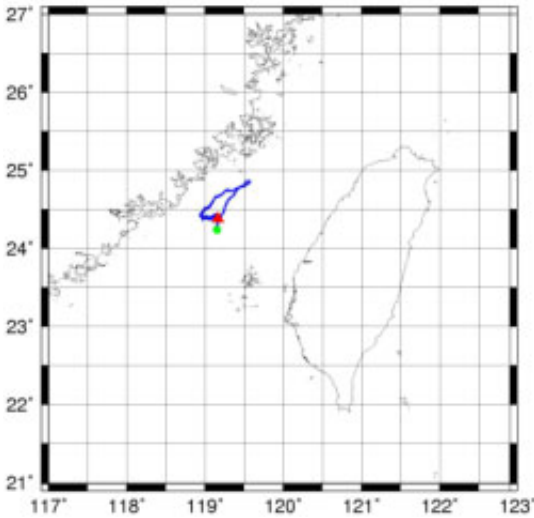
(3)、秋分 受到東北季風的影響路徑往西南方向移動（和B點至A點秋分的路徑相似）。	(4)、冬至 受到東北季風與大陸沿岸流的影響，路徑往西南方向移動。（和B點至A點冬至的路徑相似）。
---	---

3、B點－C點：

(1)、春分  圖 58，海洋數值模擬圖 B點出發七天後的位置大約在東北方向，和以往春分的行徑路徑較不同。	(2)、夏至 受到西南季風的影響，B點出發七天後，（大約會落在 $121^{\circ}, 26^{\circ}$），路線偏向東北方（和B點至A點、B點外海夏至的路徑相似）。
(3)、秋分 受到東北季風的影響路徑往西南方向移動。	(4)、冬至 受到東北季風與大陸沿岸流的影響，路徑往西南方向移動。（和B點至A點、B點外海冬至的路徑相似）。

4、B點－D點：

(1)、春分  圖 59，海洋數值模擬圖	(2)、夏至 受到西南季風的影響，B點出發七天後，（大約會落在 $121^{\circ}, 26^{\circ}$），路線偏向東北方（和B點至A點、B點外海、C點夏至的路徑相似）。
---	---

B點出發七天後的位置大約在東北方向，和以往春分的行徑路徑較不同。	
(3)、秋分  圖 60，海洋數值模擬圖 受到東北季風的影響，但是因為往東南方向受到較為紊亂的海流影響，以至於形成上圖所呈現的路徑。	(4)、冬至 受到東北季風與大陸沿岸流的影響，路徑往西南方向移動。(和B點至A點、B點外海、C點冬至的路徑相似)。

5、B點—E點：

(1)、春分 B點出發七天後的位置大約在東北方向，和以往春分的行徑路徑較不同(和B點至C點、D點春分的路徑類似)。	(2)、夏至 受到西南季風的影響，B點出發七天後，(大約會落在 $121^{\circ}, 26^{\circ}$)，路線偏向東北方(和以往夏至情形相似，而且在七天內可以順利到達E點外海)。
(3)、秋分 受到東北季風的影響，但是因為往東南方向受到較為紊亂的海流影響，以至於形成上圖所呈現的路徑(和B點至D點秋分的路徑極相似)。	(4)、冬至 受到西南季風的影響，B點出發七天後，(大約會落在 $121^{\circ}, 26^{\circ}$)，路線偏向東北方(和B點至A點、B點外海、C點、D點冬至的路徑相似)。

小結（二）：

分析B點出發至A點、B點外海、C點、D點、E點的路徑，整體而言也有一致的行徑模式。春分時，B點出發至A點、B點外海七天後的位置，大約都在出發前的周圍，但是B點出發至C、D、E點的路徑，因為受到海流的影響（黑潮支流碰到雲彰隆起後海流一致往東北方流向），所以路徑才會往東北方移動，但是與（一）春分的路徑不同的原因，在於A點外海的海流較紊亂且流速小（春季海況流矢圖紅色的圓圈處○），而且不能順著雲彰隆起旁的海流行走，所以才會滯留不前；夏季整體而言路徑一致，受到西南季風的影響，B點出發七天後，（大約會落在 $121^{\circ}, 26^{\circ}$ ），路線偏向東北方；秋分時因為臺灣灘上方的海流較紊亂（秋季海流矢況圖紅色的圓圈處○），所以呈現較不規則的路徑；冬至的路徑一致性也很高，受到西南季風的影響，B點出發七天後，（大約會落在 $121^{\circ}, 26^{\circ}$ ），路線偏向東北方。（可以參考以下春、秋海況流矢圖）

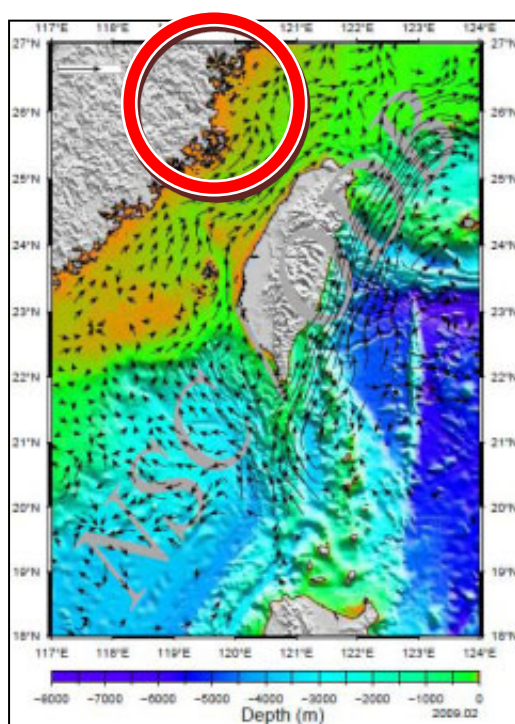


圖 61，春季海流矢況圖

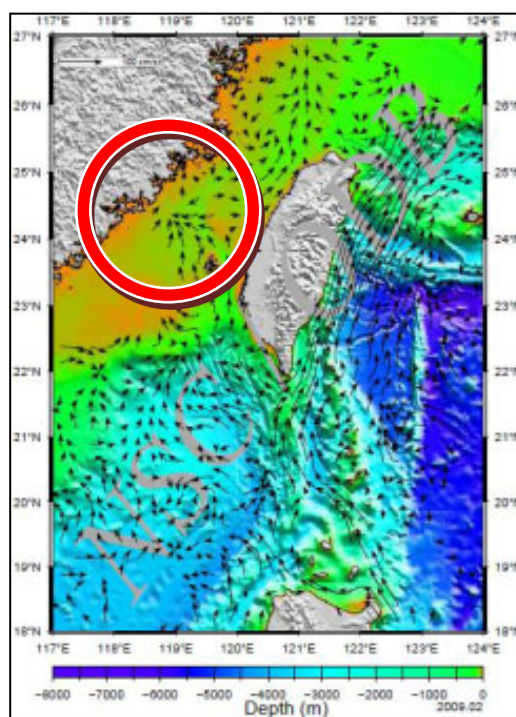
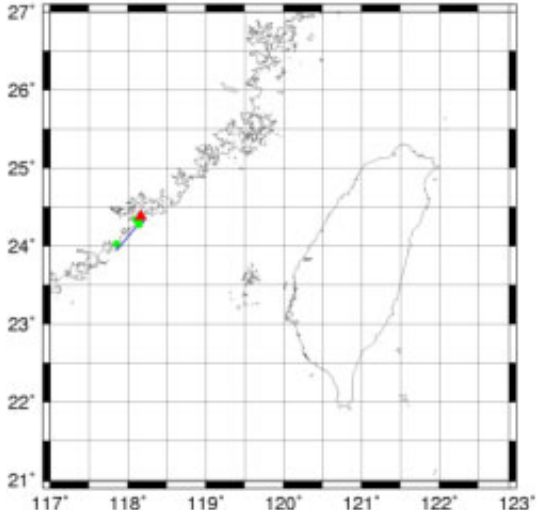
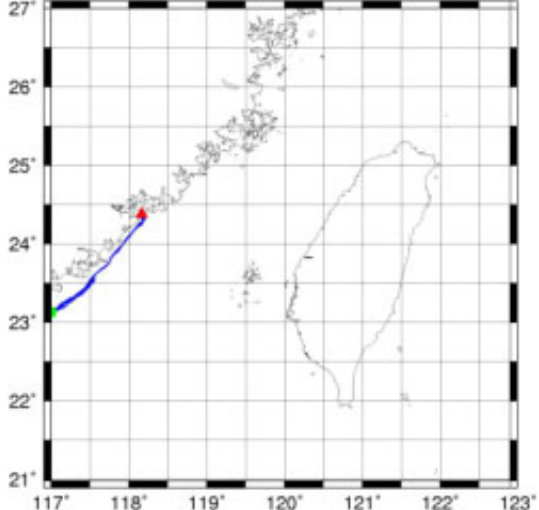


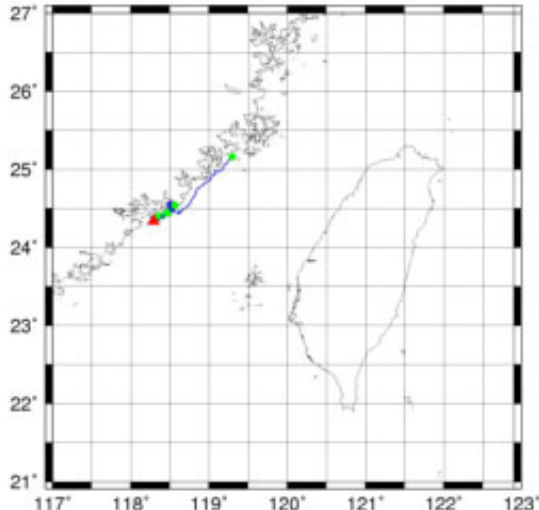
圖 62，秋季海流矢況圖

(三)、C點為出發點：

1、C點－A點：

(1)、春分 C點出發七天後的位置在出發前位置的四周。	(2)、夏至 C點出發七天後的位置在出發前的位置的四周。
(3)、秋分  圖 63，海洋數值模擬圖 受到東北季風的影響，往西南方移動，但是移動的路徑並不長。	(4)、冬至  圖 64，海洋數值模擬圖 受到強烈的東北季風與海流的影響，所以往西南方移動，且路徑比秋分還長。

2、C點－B點：

(1)、春分 C點出發七天後的位置在出發前位置的四周。	(2)、夏至  圖 65，海洋數值模擬圖 受到西南季風的影響，往東北方向移動，而且七天內可以順利經過B點。
---	--

(3)、秋分 受到東北季風的影響，往西南方移動。	(4)、冬至 受到強烈的東北季風與海流的影響，所以往西南方移動，且路徑比秋分還長。(和C點至A點冬至的路徑相同)
-----------------------------	---

3、C點—C點外海：

(1)、春分 C點出發七天後的位置在出發前位置的四周。	(2)、夏至 受到西南季風的影響，往東北方向移動(和C點至B點夏至的路線相似)。
(3)、秋分 受到東北季風的影響，往西南方移動。	(4)、冬至 受到強烈的東北季風與海流的影響，所以往西南方移動，且路徑比秋分還長。(和C點至A點冬至的路徑相同)

4、C點—D點：

(1)、春分 C點出發七天後的位置在出發前位置的四周。	(2)、夏至 受到西南季風的影響，往東北方向移動(和C點至B點夏至的路線相似)。
(3)、秋分 受到東北季風的影響，往西南方移動。(和C點至C點外海秋分的路徑相似)	(4)、冬至 受到西南季風的影響，往東北方向移動(和C點至B點夏至的路線相似)。

5、C點—E點：

(1)、春分 C點出發七天後的位置在出發前位置的四周。	(2)、夏至 受到西南季風的影響，往東北方向移動(和C點至B點夏至的路線相似)。
(3)、秋分 受到東北季風的影響，往西南方移動。(和C點至C點外海秋分的路徑相似)	(4)、冬至 受到西南季風的影響，往東北方向移動(和C點至B點夏至的路線相似)。

小結(三)：

分析C點出發至A點、B點、C點外海、D點、E點的路徑，整體而言也有一致的行徑模式。春分時，C點出發七天後的位置在出發前位置的四周，一致極高；夏季時，受西南季風影響，所以路徑大部分呈現往東北方前進，少部分滯留不前；秋分時，均受到東北季風的影響，往西南方移動；冬至時，受到西南季風的影響，往東北方向移動，而且移動的距離比秋分時的距離還要遠。

(四)、D點為出發點：

1、D點－A點：

(1)、春分

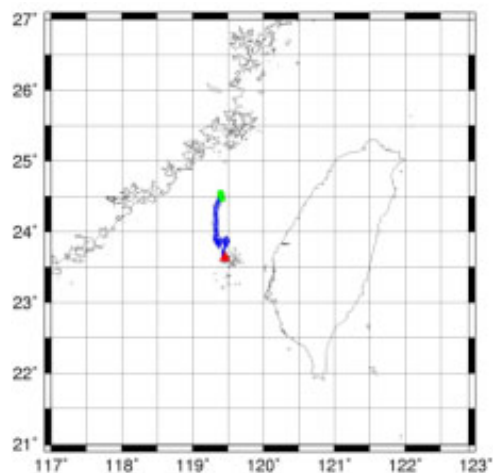


圖 66，海洋數值模擬圖

受到春季時的海流往北移動。

(2)、夏至

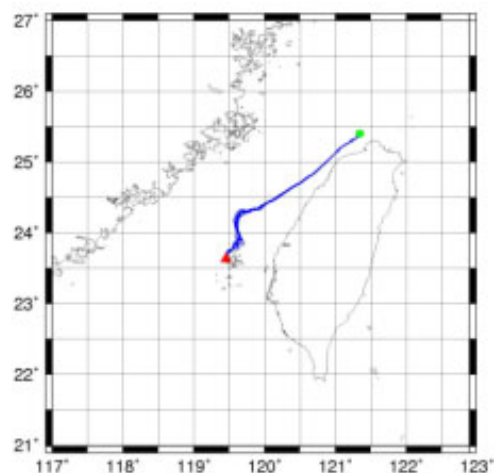


圖 67，海洋數值模擬圖

受到西南季風與海流的影響往東北方。

(3)、秋分

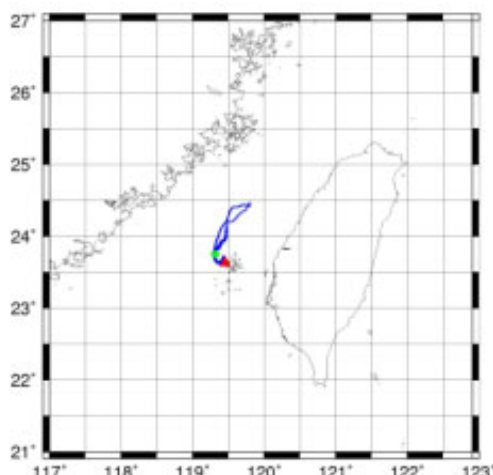


圖 68，海洋數值模擬圖

秋季時澎湖附近的海流不穩定。

(4)、冬至

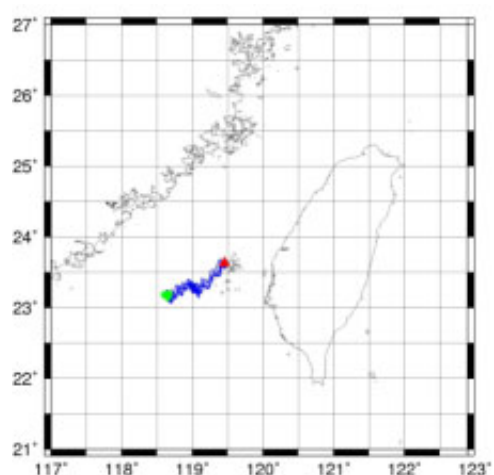


圖 69，海洋數值模擬圖

冬季時澎湖附近的海流也不穩定。

2、D點－B點：

(1)、春分

受到春季時的海流往北移動（和D點至A點春分時的路徑相似）。

(2)、夏至

受到西南季風與海流的影響往東北方（和D點至A點夏至的路徑相似）。

(3)、秋分

秋季時澎湖附近的海流不穩定。（和D點至A點秋分時的路徑相似）。

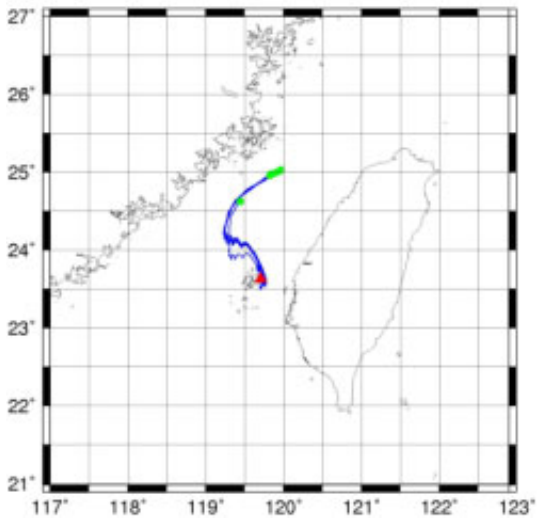
(4)、冬至

因為澎湖附近的海流與地形、風勢的影響，導致帆船滯留原地。

3、D點－C點：

(1)、春分 D點出發七天後的位置，和出發前的位置相同。	(2)、夏至 受到西南季風與海流的影響往東北方（和D點至A點夏至的路徑相似）。
(3)、秋分 秋季時澎湖附近的海流不穩定，帆船在澎湖周圍移動。	(4)、冬至 因為澎湖附近的海流與地形、風勢的影響，導致帆船滯留原地。

4、D點－D點外海：

(1)、春分  圖 70，海洋數值模擬圖 受到海流的影響（海流順著雲彰隆起向東北而行）。	(2)、夏至 受到西南季風與海流的影響往東北方（和D點至A點夏至的路徑相似）。
(3)、秋分 秋季時澎湖附近的海流不穩定，帆船在澎湖周圍移動。	(4)、冬至 因為澎湖附近的海流與地形、風勢的影響，帆船在此七天的路徑非常不穩定。

5、D點－E點：

(1)、春分 受到海流的影響（海流順著雲彰隆起向東北而行）。（和D點至D點外海春分時路徑相似）	(2)、夏至 受到西南季風與海流的影響往東北方（和D點至A點夏至的路徑相似）。
(3)、秋分 秋季時澎湖附近的海流不穩定，帆船在澎湖周圍移動。	(4)、冬至 因為澎湖附近的海流與地形、風勢的影響，帆船在此七天的路徑非常不穩定。

小結（四）：

分析D點出發至A點、B點、C點外海、D點、E點的路徑，整體而言有別於（一）、（二）、（三）。因為澎湖附近的暗礁很多，影響海流的行進，所以澎湖附近的海域海流流速快、風浪大。春分時，受海流影響較大往北行進（會沿著雲彰隆起往東北方行走）；夏至時，受西南季風與海流影響，往東北方行走，比春分行走的距離更遠；秋分、冬至時，因為東北季風、浪、海流、地形種種影響相互作用下，形成不規則的路徑，在澎湖周圍打轉。

（五）、E點為出發點：

1、E點－A點：

（1）、春分

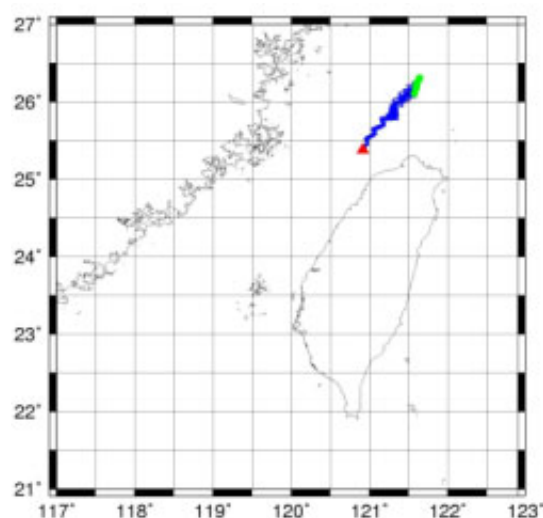


圖 71，海洋數值模擬圖

受海流的影響較大，往東北方航行。

（2）、夏至

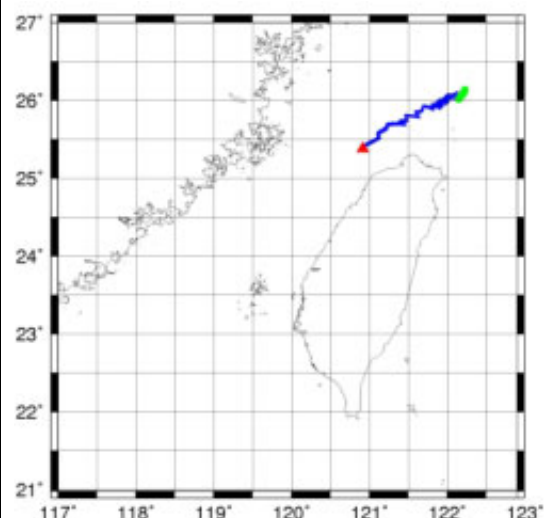


圖 72，海洋數值模擬圖

受到西南季風與海流的影響，往東北方航行。

（3）、秋分

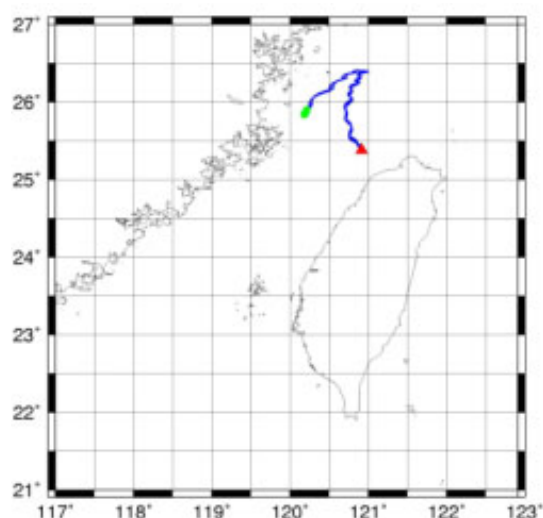


圖 73，海洋數值模擬圖

受到秋季的海流影響，先往北後逆時針旋入

（4）、冬至

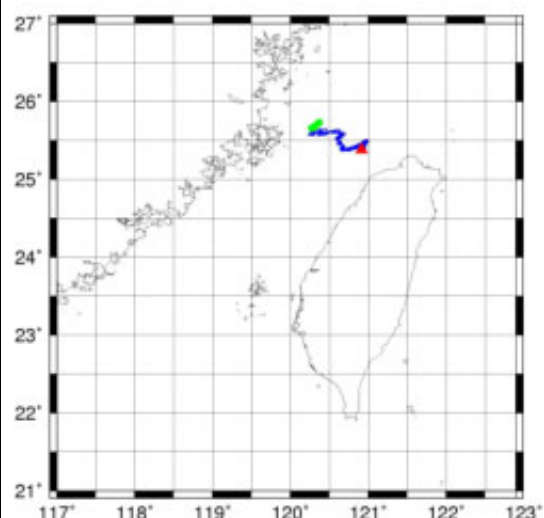


圖 74，海洋數值模擬圖

受到冬季的海流影響，先往北後逆時針旋入

（請參見秋季海流矢況圖）。

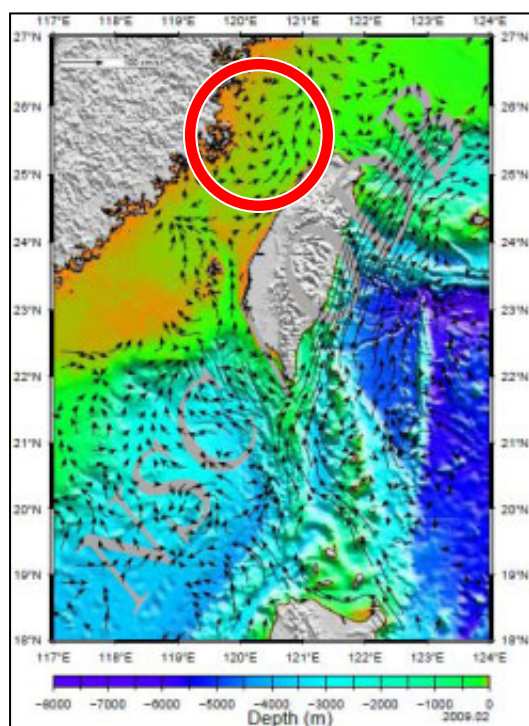


圖 75，秋季海流矢況圖

（請參見冬季海流矢況圖）。

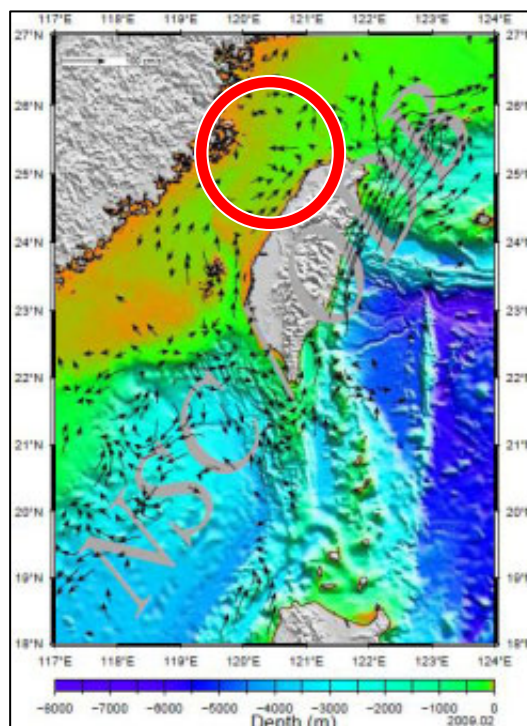


圖 76，冬季海流矢況圖

2、E 點—B 點：

（1）、春分

受海流的影響較大，往東北方航行。（但航行的距離較 E 點至 A 點春分的路徑短）

（2）、夏至

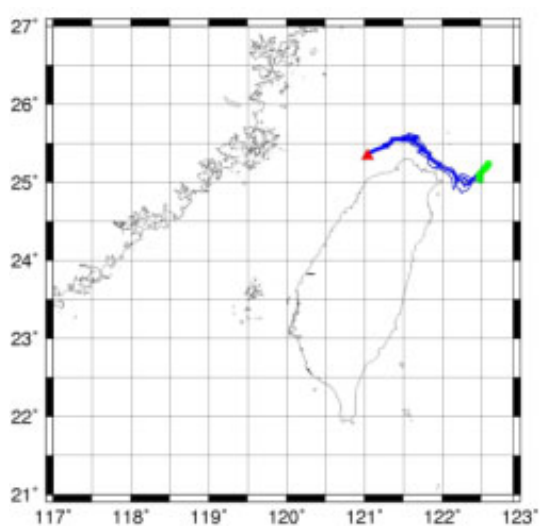


圖 77，海洋數值模擬圖

受到夏季的海流影響較大，而形成上圖的路徑。

（3）、秋分

受到秋季的海流影響，先往北後逆時針旋入（和 E 點至 A 點秋分路徑相似）。

（4）、冬至

受到冬季的海流影響，先往北後逆時針旋入（和 E 點至 A 點冬至路徑相似）。

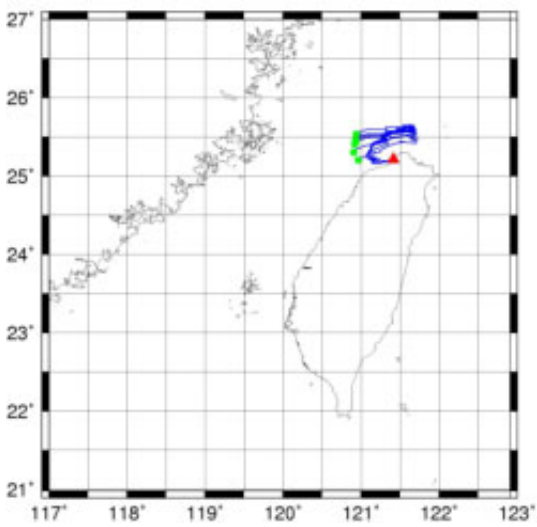
3、E點－C點：

(1)、春分 E點出發七天後的位置在出發前位置的四周。	(2)、夏至 受到夏季的海流影響較大，而形成如同E點至B點夏至的路徑。
(3)、秋分 受到秋季的海流影響，先往北後逆時針旋入（和E點至A點秋分路徑相似）。	(4)、冬至 E點出發七天後的位置在出發前位置的四周，受海流影響較大。

4、E點－D點：

(1)、春分 E點出發七天後的位置在出發前位置的四周，受海流影響較大。	(2)、夏至 受到夏季的海流影響較大，而形成如同E點至B點夏至的路徑。
(3)、秋分 受到秋季的海流影響，先往北後逆時針旋入（和E點至A點秋分路徑相似）。	(4)、冬至 E點出發七天後的位置在出發前位置的四周，受海流影響較大。

5、E點－E點外海：

(1)、春分 E點出發七天後的位置在出發前位置的四周，近乎同一點。	(2)、夏至 E點出發七天後的位置在出發前位置的四周，近乎同一點。
(3)、秋分  圖 78，海洋數值模擬圖 受到海流、季風等相互影響，使帆船七天後的位置機率出現的地方較多。	(4)、冬至 E點出發七天後的位置在出發前位置的四周，近乎同一點。

小結（五）：

分析E點出發至A點、B點、C點、D點外海、E點的路徑，整體而言有相似的部分。春分時，少部分往東北方向行走，大部分因為海流、風、浪的影響而停滯不前；夏至時，主要受到海流的影響（海流會順著臺灣的地形轉彎）；秋分時，主要也是受到海流的影響為主，先往北後逆時針旋入；冬至時，E點出發七天後的位置在出發前位置的四周，近乎同一點。

（六）、F點為出發點：

1、F點－A點：

（1）、春分

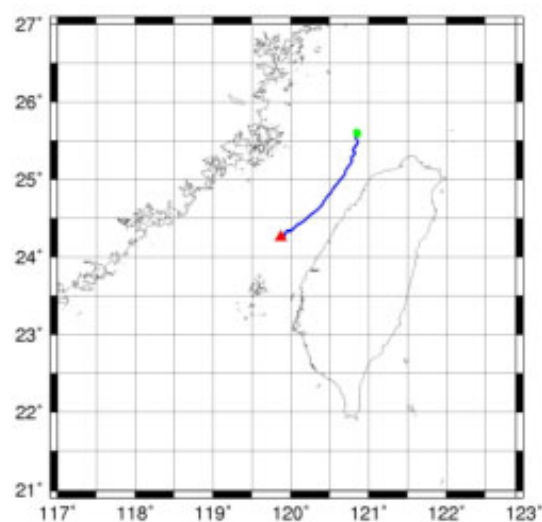


圖 79，海洋數值模擬圖

隨著春季的海流往東北方行走。

（2）、夏至

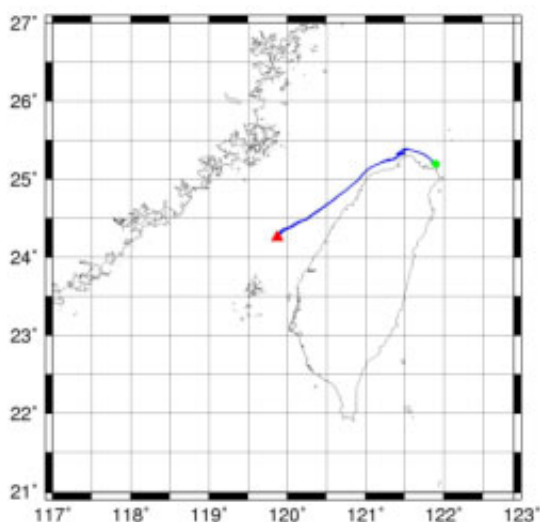


圖 80，海洋數值模擬圖

隨著夏季的海流流向行走。

（3）、秋分

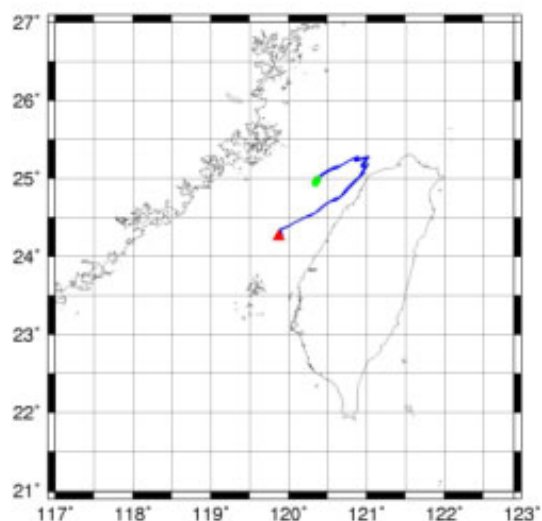


圖 81，海洋數值模擬圖

隨著秋季的海流行走。

（4）、冬至

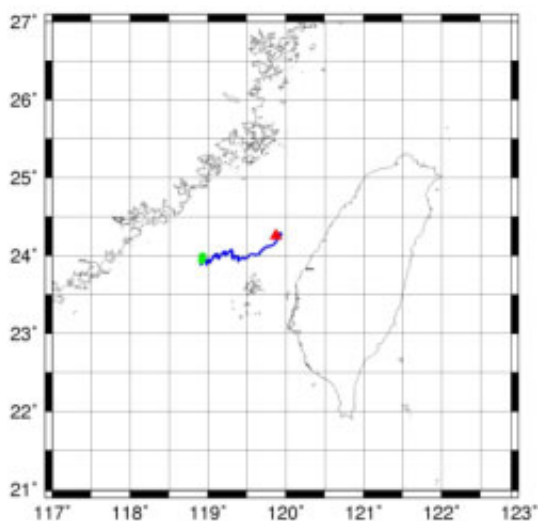
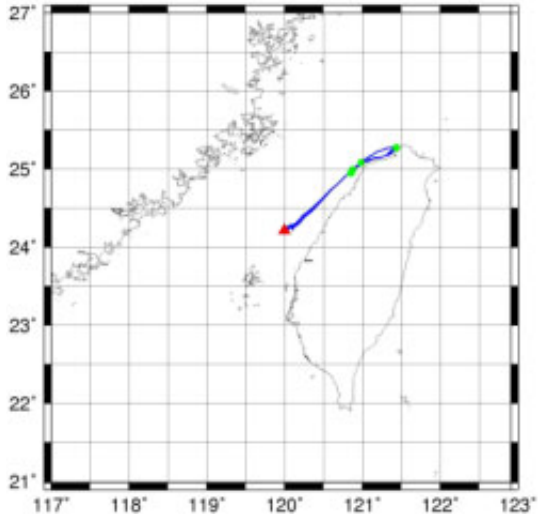
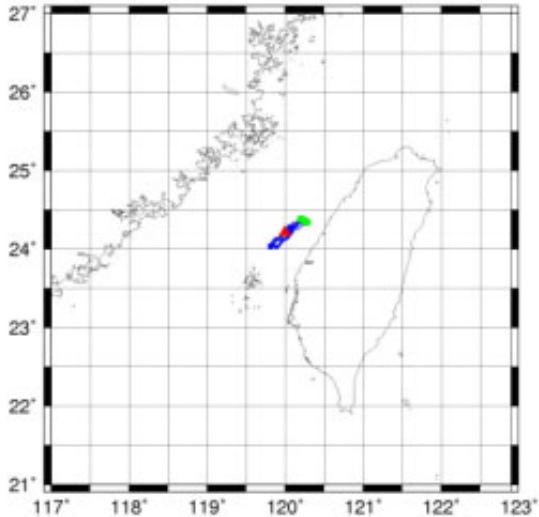


圖 82，海洋數值模擬圖

隨著冬季澎湖附近的海流而行走，但是不穩定。

2、F點－B點：

(1)、春分 隨著春季的海流往東北方行走（和F點至A點春分的路徑類似）。	(2)、夏至 隨著夏季的海流流向行走（和F點至A點夏至的路徑類似）。
(3)、秋分  圖 83，海洋數值模擬圖 隨著秋季的海流行走，但是也受到東北季風的影響，所以秋季時走向不一定。	(4)、冬至  圖 84，海洋數值模擬圖 受到冬季的海流與季風等因素影響，所以滯留於一地。

3、F點－C點：

(1)、春分 隨著春季的海流往東北方行走（和F點至A點春分的路徑類似）。	(2)、夏至 隨著夏季的海流流向行走（和F點至A點夏至的路徑類似）。
(3)、秋分 隨著秋季的海流行走，但是也受到東北季風的影響，所以秋季時走向不一定（和F點至B點秋分的路線相似）。	(4)、冬至 受到冬季的海流與季風等因素影響，所以滯留於一地（和F點至B點秋分的路線相似）。

4、F點－D點：

(1)、春分	(2)、夏至
---------------	---------------

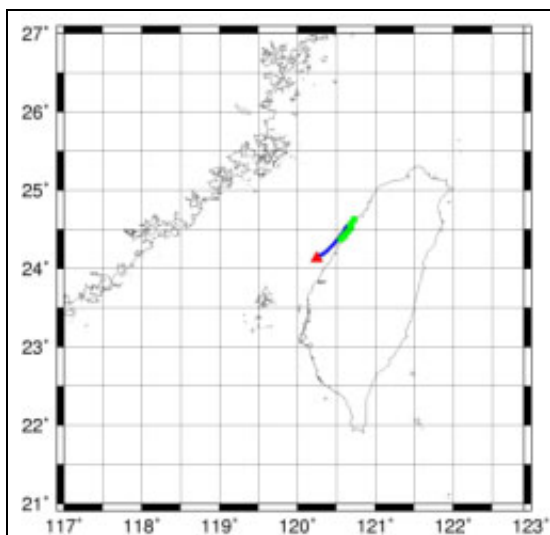


圖 85，海洋數值模擬圖

路線往東北方行走，比 F 點至 A、B、C 點的路徑還短，七天後會停靠在臺灣的西北部。

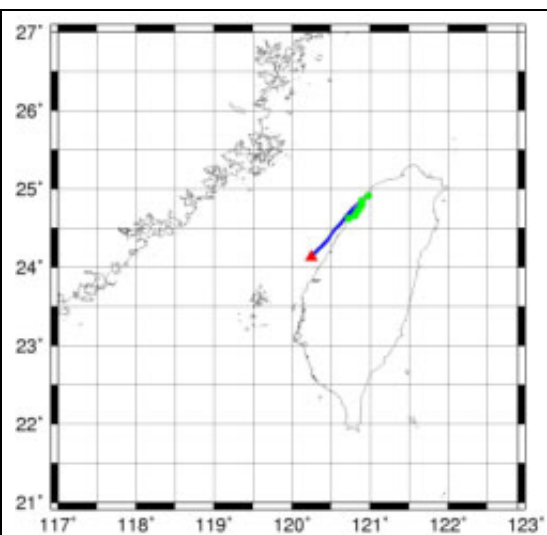


圖 86，海洋數值模擬圖

路徑往東北方行走比 F 點至 A、B、C 點的路徑還短，七天後會停靠在臺灣的西北部。

(3)、秋分

隨著秋季的海流行走，但是也受到東北季風的影響，所以秋季時走向不一定（和 F 點至 B 點秋分的路線相似）。

(4)、冬至

受到冬季的海流與季風等因素影響，所以滯留於一地（和 F 點至 B 點秋分的路線相似）。

5、F 點—E 點：

(1)、春分

F 點出發七天後的位置會和出發前的位置相同。

(2)、夏至

F 點出發七天後的位置會和出發前的位置相同。

(3)、秋分

隨著秋季的海流行走，但是也受到東北季風的影響，所以秋季時走向不一定（和 F 點至 B 點秋分的路線相似）。

(4)、冬至

受到冬季的海流與季風等因素影響，所以滯留於一地（和 F 點至 B 點秋分的路線相似）。

小結（六）：

分析 F 點出發至 A 點、B 點、C 點外海、D 點、E 點的路徑，整體而言也大致相同。春分時，隨著海流往東北方行進，因為出發的地點位於 F 點的外海，正是雲彰隆起的北端，所以會隨著雲彰隆起北端的海流沿著臺灣行走；夏季時，依然隨著海流，而且沿著海流行走在臺灣周圍的距離更長；秋季時，會呈現往東北方移動後，有時會受到東北季風的影響而折返往南；冬季時，受到冬季的海流與季風等因素影響，所以滯留於一地盤旋。

(七)、G點為出發點：

1、G點－A點：

(1)、春分

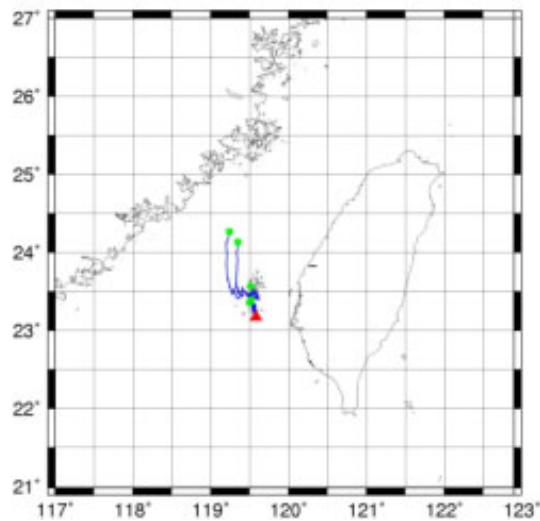


圖 87，海洋數值模擬圖

澎湖附近的多暗礁、風浪大、海流的流向亂，也會受到澎湖地形的影響，所以北上會受到澎湖的影響。

(2)、夏至

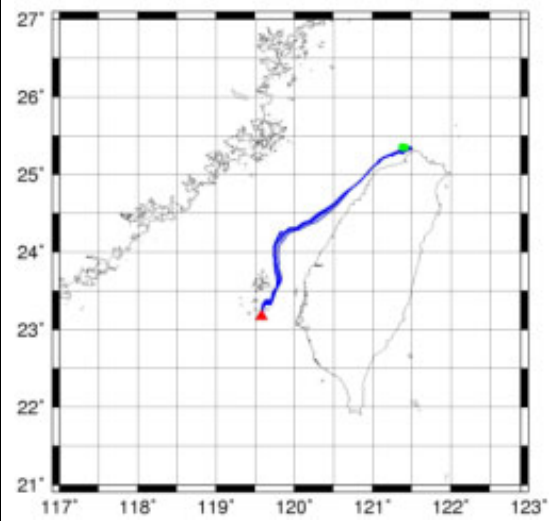


圖 88，海洋數值模擬圖

夏季時，受到西南季風與澎湖水道流速強勁往北的海流影響，所以可以順利跟隨著海流行走。

(3)、秋分

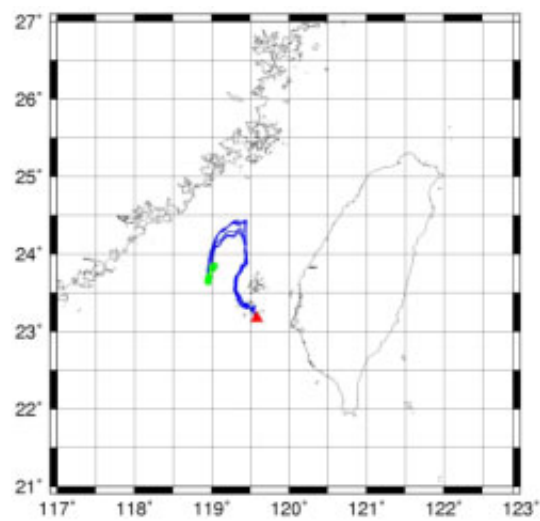


圖 89，海洋數值模擬圖

主要受到海流與季風的影響而行走。(如下圖秋季海流矢況，船隻行走的方向會隨著海流的方向走)

(4)、冬至

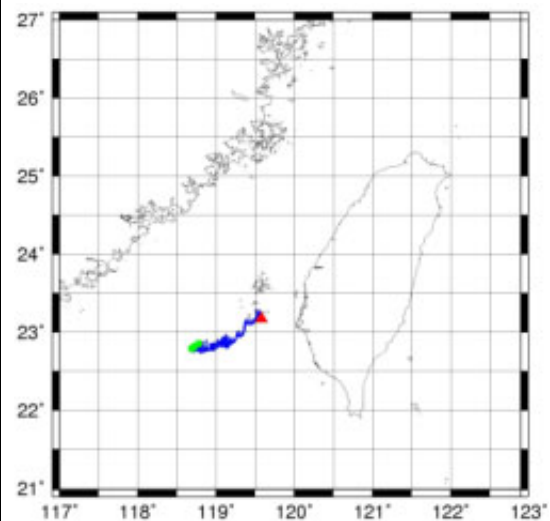


圖 90，海洋數值模擬圖

主要受到海流與季風的影響而行走且不穩定。(如下圖冬季海流矢況圖，船隻行走的方向會隨著海流的方向走)

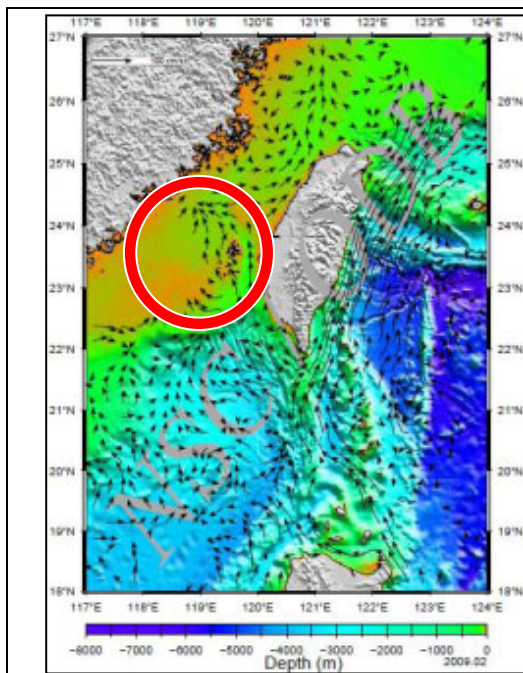


圖 91，秋季海流矢況圖

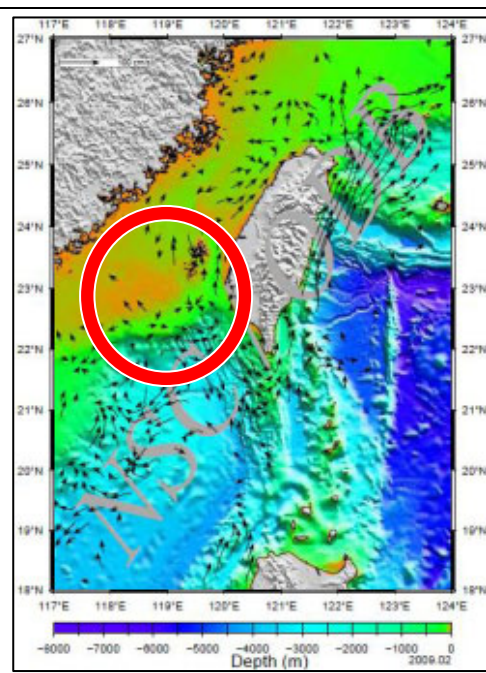


圖 92，冬季海流矢況圖

2、G點－B點：

(1)、春分

隨著澎湖水道北上的海流（流速比周圍地區還快）行走，然後繞過雲彰隆起。

(2)、夏至

夏季時，受到西南季風與澎湖水道流速強勁往北的海流影響，所以可以順利跟隨著海流行走。

(3)、秋分

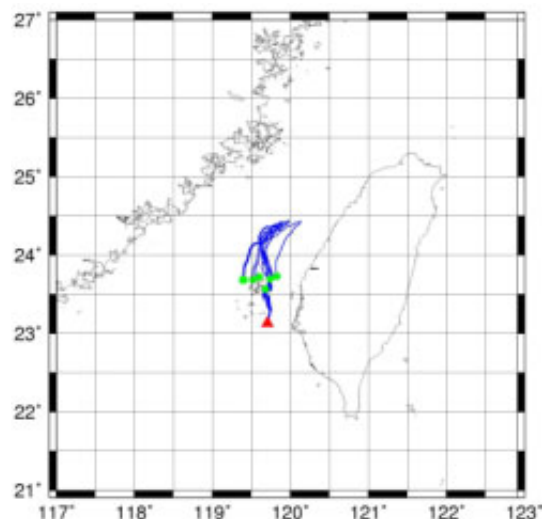


圖 93，海洋數值模擬圖

受到澎湖附近的地形、海流與季風的影響（往上的海流，往下的東南季風）。

(4)、冬至

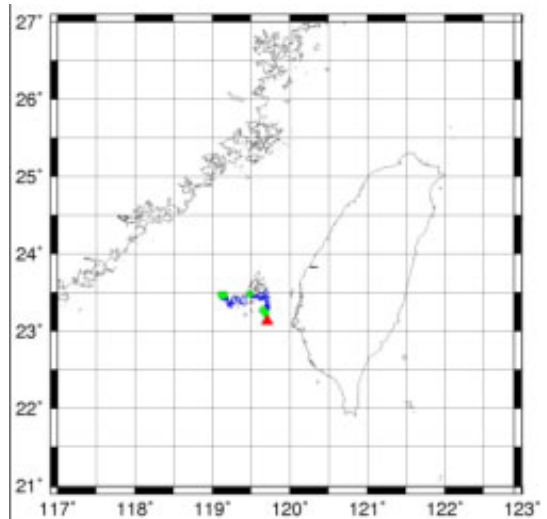


圖 94，海洋數值模擬圖

主要受到海流與季風的影響而行走且不穩定。

3、G點－C點：

(1)、春分 隨著澎湖水道北上的海流（流速比周圍地區還快）行走，然後繞過雲彰隆起（和G點至C點春分的路徑相似）。	(2)、夏至 夏季時，受到西南季風與澎湖水道流速強勁往北的海流影響，所以可以順利跟隨著海流行走。
(3)、秋分 澎湖水道往北的海流影響，所以可以順利跟隨著海流行走。	(4)、冬至 主要受到海流與季風的影響而行走且不穩定。

4、G點－D點：

(1)、春分 隨著澎湖水道北上的海流（流速比周圍地區還快）行走，然後繞過雲彰隆起。	(2)、夏至 隨著澎湖水道北上的海流（流速比周圍地區還快）行走，然後繞過雲彰隆起。
(3)、秋分 隨著澎湖水道北上的海流行走，然後繞過雲彰隆起。但是離開澎湖水道後受到東北季風的影響折返往南。	(4)、冬至 主要受到海流與季風的影響而行走且不穩定。

5、G點－E點：

(1)、春分 G點出發七天後的位置會和出發前的位置相同。	(2)、夏至 G點出發七天後的位置會和出發前的位置相同。
(3)、秋分 隨著澎湖水道北上的海流（流速比周圍地區還快）行走，然後繞過雲彰隆起。但是離開澎湖水道後受到東北季風的影響折返往南。	(4)、冬至 G點出發七天後的位置會和出發前的位置相同。

小結（七）：

分析G點出發至A點、B點、C點外海、D點、E點的路徑，整體而言受到海流的影響較大，因為G點的位置位於澎湖水道的南端，會順著黑潮支流的海流往北行走。春分時，隨著澎湖水道北上的海流（流速比周圍地區還快）行走，然後繞過雲彰隆起，少部分則停留於原地；夏季時，隨著澎湖水道北上的海流行走，繞過雲彰隆起，再加上西南季風的影響，會比春分時行走的距離還要遠，最遠可以到達臺灣的東北部；秋分時，大致上隨著澎湖水道北上的海流行走，然後繞過雲彰隆起。但是離開澎湖水道後受到東北季風的影響折返往南；冬季時，大部分主要受到海流與季風的影響而行走且不穩定，七天後的位置和路徑大概都會出現在澎湖的南端或周圍，少部分的路徑與位置和出發前的位置相似。

附錄四、海洋拉拉號的相關報導^(註2)



圖 95，海洋拉拉號的船身

「海洋拉拉號」由澎湖返航途中，船首破洞進水，一度在海上漂流，由三艘拖船拖回，三百多名遊客飽受驚嚇。（記者游振昇／攝影）

航行澎湖與台中港的客貨兩用「海洋拉拉號」，昨晚險些在彰化外海發生船難，當時船首出現長寬各六公尺巨洞，導致船身進水，逐漸失去動力，三百多名乘客一度被困在停滯漂流海上的船內，情況危急。

港務局接到求救信號，擔心外海風浪大，船隻快速沉沒，連夜調派六艘巡防艇、三艘飛彈快艇護送，交通部長毛治國也趕往指揮；因船上乘客驚嚇過度有人休克，緊急派直升機前往吊掛，有八人送醫。晚間十時卅分，海洋拉拉號由三艘拖船拖回，三百多名乘客度過驚魂一晚。

飽受驚嚇的乘客抗議公司處置，指稱意外發生後，他們才知道船上竟沒有救難人員及救生設備，只顧把他們趕往船頂，情況混亂，宛如是「鐵達尼號」翻版，每人都快被嚇死了；公司表示，船上都有逃生設備，可能部分旅客不了解。這件意外，公司將盡最大誠意賠償。



圖 96，海洋拉拉號的檔案照。

（記者游振昇／攝影）

台中港務局初步調查，海洋拉拉號船首前跳板明顯扭曲破裂，不像遭海浪破壞；但船長向趕往了解狀況的交通部長毛治國說，船離開澎湖時他就發現風浪太大，船首前跳板鐵栓被打斷，整片前跳板倒下才造成進水。

毛治國指示交由海事單位調查。台中港務局長李泰興表示，會查扣相關資料，深入調查原因，如確是強浪造成，會檢討客貨輪行航兩岸的安全標準。但台中引水人表示，船為鋁合金製，有可能不敵巨浪。

海洋拉拉號昨天下午三時四十分，從澎湖馬公港開出，載運三百十一名旅客與廿二名船員，預定晚上七時卅分抵達台中港。晚上七時零四分約在離台中港八點七浬處，突然向台中港務局通報，船首的前跳板被強浪打開，船首嚴重進水，逐漸失去動力。

台中港務局認為事關緊急，萬一沈船可能造成大事故，海巡署出動六艘巡防艇、海軍則出動三艘飛彈快艇、軍方出動運輸機，分海空兩路護航。因傳出有乘客休克，緊急派直升機前往吊掛，有六人送醫。晚間十時卅分，海洋拉拉號由三艘拖船拖回。

台中港務局表示，昨天外海風浪平均八級，但是瞬間最強風浪高達十八級。

（資料來源：PRAM-E 領航 <http://pramep.com/archives/3287>）

海洋拉拉號檔案

全 長	63m
船 寬	16m
噸 位	2,292噸
時 速	約30-35海浬
航 線	台中↔廈門
動 力	4具噴射引擎
載 量	貨物62.4噸 旅客402人

資料來源／華達國際海運
製表／張錦弘

■聯合報

圖 97，海洋拉拉號檔案

（圖／聯合報提供）

附錄的《參考資料》：

一、文獻：

註 1	洋流與風向：東洋航線 http://e-learning.nmth.gov.tw/lesson1/1-1Txt.html
註 2	PRAM-E 領航 http://pramep.com/archives/3287

二、圖檔：

圖 1~圖 42	國科會海洋學門資料庫 http://www.odt.ntu.edu.tw/wordpress/
圖 43~圖 60	工研院林勝豐博士提供漂移模擬模式
圖 61~圖 62	國科會海洋學門資料庫 http://www.odt.ntu.edu.tw/wordpress/
圖 63~圖 74	工研院林勝豐博士提供漂移模擬模式
圖 75~圖 76	國科會海洋學門資料庫 http://www.odt.ntu.edu.tw/wordpress/
圖 77~圖 90	工研院林勝豐博士提供漂移模擬模式
圖 91~圖 92	國科會海洋學門資料庫 http://www.odt.ntu.edu.tw/wordpress/
圖 93~圖 94	工研院林勝豐博士提供漂移模擬模式
圖 95~圖 96	記者游振昇／攝影
圖 97	聯合報提供