

# 臺南外海海底海流監測

范揚沼<sup>1</sup> 施孟憲<sup>2</sup> 黃清哲<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 國立成功大學近海水文中心計畫經理

<sup>2</sup> 國立成功大學近海水文中心研發工程師

<sup>3</sup> 國立成功大學近海水文中心主任

## 摘要

根據海底的地形量測結果發現臺南外海有多處海床淘刷狀況，為了探討造成海床淘刷原因，需充分掌握海床淘刷區域內之流場資訊，方能全盤解析渦流。本研究以資料浮標方式觀測至少一年的海流資料，又由於海流儀本身的盲區限制，因此距離海床 4.5 公尺以下的海流資料利用觀測的各層流速流向資料以對數速度分佈方法計算得到，經分析距離海底 1 公尺處的主要流向與主要淘刷的方向相似。此外，為了了解海流與海底淘刷的關聯性，本研究進一步以徐爾滋數描述漂砂現象發生與否，當底床流速達到 0.5 節即發生漂砂現象，分析結果顯示觀測期間的底層流速在任一時刻皆可能會引起漂砂現象。

關鍵詞：資料浮標、海流觀測、海床海流、海床淘刷、漂砂

## Analysis of Vertical Profile Characteristics of Ocean Current in Tainan

Yang-Ming Fan\* Mong-Shien Shih Ching-Jer Huang

\* Project Manager, Coastal Ocean Monitoring Center, National Cheng Kung University

### ABSTRACT

According to the topographic survey of the seabed, it is found that there are seabed scour conditions in the outer sea of Tainan. In order to explore the cause of the seabed scouring, it is necessary to fully grasp the current information in the seabed scour areas, then fully analyze the eddy current. In this study, the one year current data were recorded by data buoy. Due to the blanking distance of the APCP, the current data of each layer below 4.5 meters from the seabed is calculated by Logarithmic Velocity Profile method. The main current direction at 1 meter from the seabed is similar to the direction of the main scouring. In addition, in order to understand the correlation between ocean current and scouring, this study further describes the occurrence of drifting sand phenomenon by Shields number. When the current of bottom bed reaches 0.5 knots, sediment transport occurs. The analysis results show that the current velocity during the observation period may cause sediment transport at any time.

Keywords: data buoy; current observation; seabed current; seabed scour; sediment transport

### 一、前言

根據海底的地形量測結果發現臺南外海有多處海床淘刷狀況，為了探討造成海底淘刷原因，需充分掌握海床淘刷區域內之流場資訊，方能全盤解析

渦流。收集長期的海流實測資料的方式，主要有資料浮標與底碇式海流儀兩種。依據以往經驗，由於底碇式海流儀容易受到漁船拖網纏住，或遭較強海流沖走、以及泥沙覆蓋等因素的影響，使得利用底碇式海流儀常無法取得長期的海流實測資料。此外，

海床淘刷處的水深超過 80 公尺，在此水深條件下進行底碇式海流儀的操作，也有一定的難度。因此，為取得完整一年的海流資料供模式校驗，本研究以資料浮標方式觀測海流資料。

## 二、海象資料浮標佈放規劃

海象資料浮標是海上的無人海流及波浪監測站，可佈放於任何水深海域之全自動即時海流及波浪觀測設備，過去 20 多年來歷經無數次巨浪期間，皆可順利觀測海氣象資料。海象資料浮標下方裝設有錨鍊與繩索連接錨碇塊，固定於底床，可進行各種海流及波浪觀測作業。同時為了觀測作業與海上航行船隻的安全，海象資料浮標設置有航行警示燈與雷達反射器。

由於本研究以流速儀進行海流觀測，為了確保流速儀的音波發射訊號品質穩定，測點不得放置於高低差太大之海床，因此考慮海象資料浮標雖然錨碇於海底底床，但海象資料浮標有迴轉半徑，以水深 86 公尺為例，迴轉半徑 121.7 公尺，再加上海象資料浮標最大傾斜角度(15 度)、流速儀的音波本身傾斜角度(20 度)及音波發射訊號的範圍為 15 度，上述 3 個角度加起來計算得到音波半徑為 102.5 公尺，因此佈放錨碇須距離邊坡 224.2 公尺以上(圖 1)。

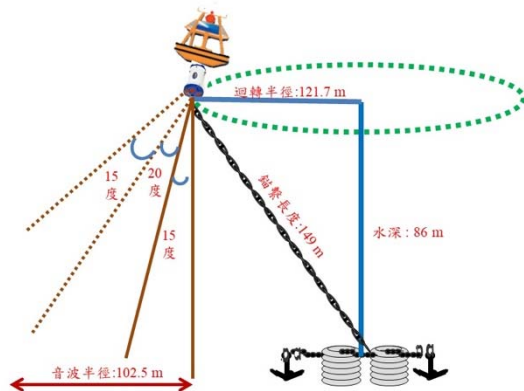


圖 1 海象資料浮標之錨碇規劃

## 三、海流觀測

### 3.1 觀測設定

海象資料浮標的海流觀測時間間隔是 6 分鐘，其運作流程為 6 分鐘內每隔 3.6 秒量測一次，共量測 100 次後計算平均值作為一筆觀測資料。海表面

下的觀測依據不同水深而有不同的層數設定，以水深 86 公尺為例，設定 20 層，如圖 2，第 1 層流速流向資料距海面 7.5 公尺，最底層(第 20 層)距底床 4.5 公尺，每層間距 4 公尺。

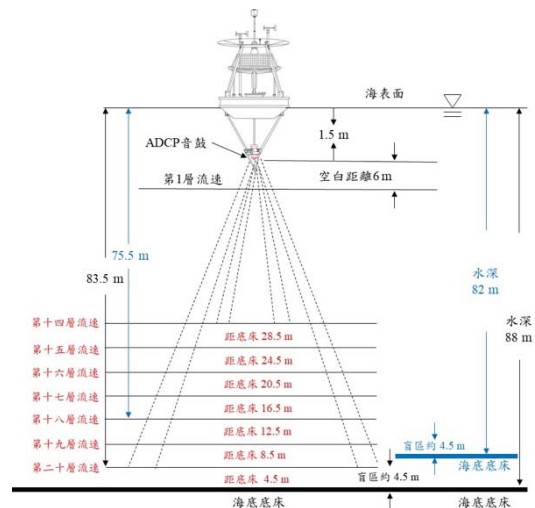


圖 2 海象資料浮標之海流資料觀測設定

分析儲存之後即開始進行海流觀測資料通訊，因海象資料浮標位置離岸較遠，若以 GPRS 傳輸恐有漏失，故採用衛星通訊。

### 3.2 資料品管

透過資料品管作業程序，可確保觀測資料品質與可信度。資料在經由觀測、編碼、通訊傳遞、接收解碼、儲存等複雜的流程中，可能因為儀器設備的故障、人為疏忽或是一些不明原因的干擾，造成資料的錯誤或漏失。這些失真的資料若不經過適當的品質檢測，其謬誤極易誤導學術研究、造成施工設計錯誤甚至是影響防災預警的決策，故對資料進行檢測及品質管制有其必要性。依照中央氣象局「資料浮標品管及作業規範」手冊所列之標準與規範執行觀測數據品管程序，以確保資料之準確性。

資料品管的消極意義在找出並標記可疑的資料，而在積極面上則是進一步對資料作驗證。由於資料品管與整個資料處理流程的每一步驟息息相關，故對量測儀器的特性、設計及校正、量測方法之理論及限制、通訊儀器的維護與核定、資料處理的方法、環境背景資料的相關性、及資料保管方法都必須深入研究，如此方能對資料在不同時空上的特性作長期而完整的分析探討，進而有效管制資料

的品質。

為確保觀測資料的品質，本研究參考美國國家資料浮標中心(National Data Buoy Center, NDBC)的品管規範及品管步驟，配合臺灣環島實測海氣象資料進行分析，發展符合臺灣本地海域的近海水文資料品管系統。藉由標準化、作業化的數據檢測系統，定常性檢測觀測資料，過濾出異常的觀測數據，確保觀測資料品質與可靠度。

透過電腦自動化品管作業以及人工檢驗作業的雙重檢驗流程，確保資料的品質。錯誤的資料比無資料更可怕。資料品管把關是確保觀測資料正確性最重要的步驟。採用自動品管目的是利用運算快速的計算機對觀測資料篩選過一次，找出可疑資料減少人工檢測時間。

觀測資料透過程式中的演算法以判斷實測資料的正確性，其判斷依據包括資料的合理性、連續性、關聯性等三個原則，將任何異常或是可疑的資料加以註記。

## 四、海流統計分析

### 4.1 海底海流分析與驗證

由於流速儀本身有盲區限制，意即最接近海床的觀測資料為距離海床 4.5 公尺，雖然 4.5 公尺以下的流速資料無法由流速儀直接觀測取得，但可以利用觀測的各層流速流向資料以對數速度分佈(Logarithmic velocity Profile)方法計算得到更接近底層的流速流向資料，如式(1)。本研究計算出距海底 1 公尺處的流速流向資料進行分析。

$$u(z) = (u^*/\kappa) \ln(z/z_0) \quad (1)$$

其中  $u(z)$ : 流速儀量測之不同水深流速資料(流速轉換為主要流向的分量)； $u^*$ : 摩擦速度； $z$ : 距離底床高度； $z_0$ : 底床粗糙長度； $\kappa$ : 卡門常數=0.4

本研究為了驗證上述方法的正確性，安排現場海流驗證工作，現場海流驗證工作在海象資料浮標附近進行，如照片 1 至照片 3。為了觀測最接近海底的流速流向資料，本研究除了配置高頻都卜勒流速儀外，同時配置單點流速儀，以解決流速儀的盲區限制，如照片 1。單點流速儀以水平方向量測流速流向，因此沒有盲區限制的問題存在，而不同水深的流速流向資料，由高頻都卜勒流速儀進行。另外，由於儀器將放置於水深超過 100 公尺海底，底

碇式流速儀除了採用抗漁網錨碇架之外觀，可避免漁網經過時對儀器造成傷害，又為了避免儀器下水過程中受到海流影響導致儀器翻覆，本研究設計儀器配置，在錨碇架上加裝浮球與鉛塊。



照片 1 底碇式流速儀設備配置



照片 2 底碇式流速儀下水進行觀測



照片 3 海象資料浮標與底碇式流速儀相對位置

單點流速儀觀測流速與計算流速比對結果如圖 3 所示，橫軸為時間，縱軸為流速，單位是節，圖

中實線為單點流速儀觀測流速，空心圓為以對數速度分布方法計算得到距海底 1 公尺的流速。比對結果明顯看出計算流速符合單點流速儀觀測流速，證明本研究以對數速度分布方法計算得到距海底 1 公尺的海流資料方法正確。

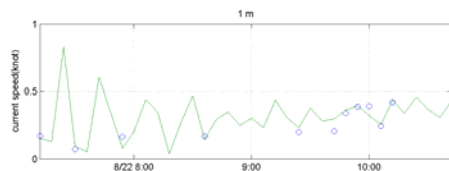


圖 3 海象資料浮標之錨碇規劃

## 4.2 海底海流特性

海流的流向定義為去向，本研究將每筆海流資料依據流速流向分類在海流玫瑰圖的極坐標系上，圖上將流向分為 16 個方位，方位上的每個扇形長度代表該流向出現的頻率，最長的部分表示該流向出現的頻率最高。扇形內的區塊顏色代表不同流速大小，扇形內不同顏色區塊的大小代表該流速出現的頻率。由海流玫瑰圖可以看出整個海域的海流特性，包括主要流向及其出現的頻率，以及流速大小對應流向和出現的頻率，進而得知此海域主要屬於哪種流向，流速達到的大小等級，以及各別出現的頻率。

以鹿耳門溪口外海的海床淘刷凹洞為例，由於本研究目標為探討最接近海底底層海流對海底淘刷的影響，因此針對各月份距海底 1 公尺的海流玫瑰圖進行說明，如圖 4，顯示過去一年多距海底 1 公尺處流向(去向)主要集中於南南西向，其次是西南向，又最大流速發生於南南西向，即底床的海流主要由北北東往南南南流，與海底主要淘刷的方向相似。又當流向主要集中於南南西向時，流速主要分佈於 1~2 節。此外，本研究分別於不同時間在不同的海床淘刷處觀測至少一年以上的海流，位置如圖 5 所示，各海床淘刷處的海流玫瑰圖如圖 6 至圖 8。圖 6 是前述觀測資料一整年的海流玫瑰圖，而圖 7 是於鹿耳門溪口的海流玫瑰圖，海底流向集中於南南西與北向，最大流速超過 5 節；圖 8 是於曾文溪口的海流玫瑰圖，海底流向集中於南南西，最大流速亦超過 5 節。三處結果顯示主要海流流速流向均不相同，但與各海床淘刷處的主要淘刷的方向相似。

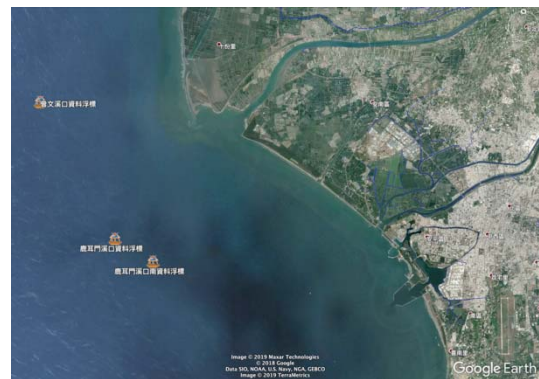


圖 5 海流觀測位置圖

測站名稱：鹿耳門溪口南資料浮標  
資料時間：2018/05-2019/07  
有效樣本：8773

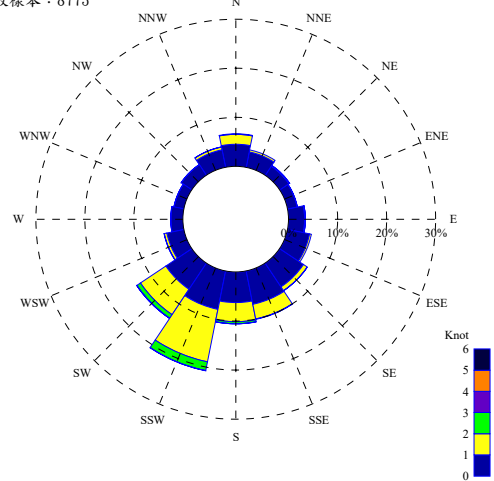


圖 6 鹿耳門溪口南距海底 1 公尺處之海流玫瑰圖

測站名稱：鹿耳門溪口資料浮標  
資料時間：2016/05-2017/05  
有效樣本：5929

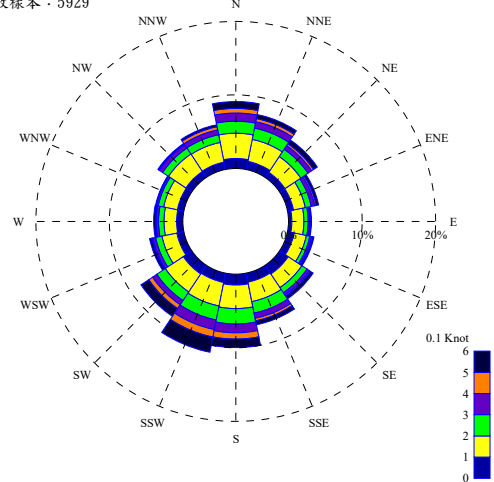


圖 7 鹿耳門溪口距海底 1 公尺處之海流玫瑰圖

測站名稱：曾文溪口資料浮標  
資料時間：2015/08-2016/12  
有效樣本：4867

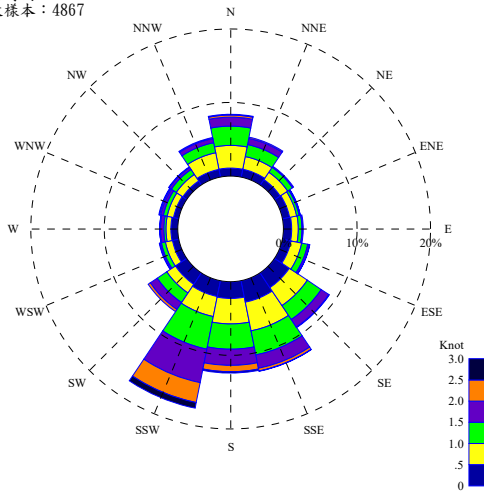


圖 8 曾文溪口距海底 1 公尺處之海流玫瑰圖

#### 4.3 底床邊界層流速對底床薄層流輸砂的影響

水流通過砂漣時會發生渦流及流分離現象，水流作用在底床上使砂粒懸浮或底移形成漂砂，此為薄層流輸砂現象，可用徐爾滋數(Shields number)描述此現象發生與否(Shield, 1936; Nielsen, 1992)。一般認為薄層流輸砂現象僅發生於徐爾滋數  $\theta$  大於 0.8 時，由理論反推得知，底床流速只要達到 0.5 節即發生漂砂現象，因此本研究分析海流資料，進一步深入討論底層流速與徐爾滋數對底層漂砂的影響。圖 9 為 107 年 5 月至 108 年 7 月(不包含 8 月 28 日~10 月 9 日)每筆觀測資料計算的徐爾滋數時間序列圖，下圖紅線代表徐爾滋數  $\theta$  為 0.8，結果顯示有觀測期間的底層流速在任一時刻皆可能會引起漂砂現象。

$$\theta = \frac{\tau_b}{\rho(s-1)gD_{50}} \quad (2)$$

其中  $\theta$ : 徐爾滋數(Shields number);  $\tau_b$ : 底床剪應力;  
 $s$ : 底質比重;  $g$ : 重力加速度;  $D_{50}$ : 底質中值粒徑。

#### 四、結論

位於鹿耳門溪口南的海床淘刷處海流在過去一年多來距海底 1 公尺處流向(去向)主要集中於南南西向，其次是西南向，又最大流速發生於南南西向，

即底床的海流主要由北北東往南南南流，與海底主要淘刷的方向相似。又當流向主要集中於南南西向時，流速主要分佈於 1~2 節。

綜合分析臺南外海不同海床淘刷處的主要海流流速流向均不相同。由徐爾滋數計算結果顯示有觀測期間的底層流速在任一時刻皆可能會引起漂砂現象。

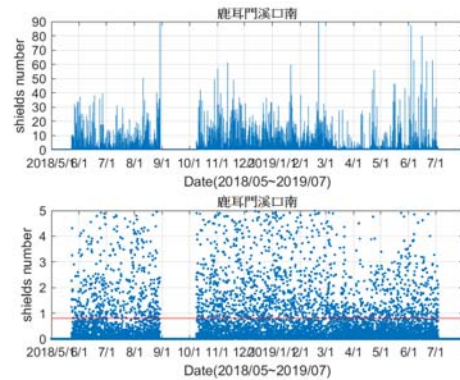
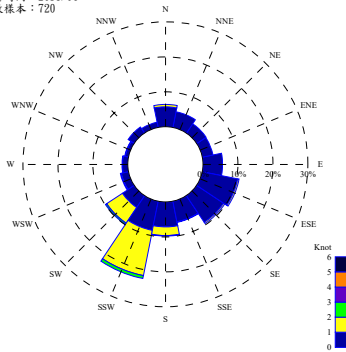


圖 9 徐爾滋數分析圖

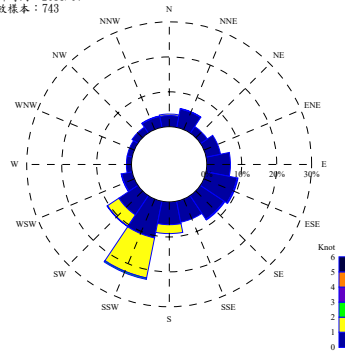
#### 參考文獻

1. Nielsen, P. (1992) Coastal bottom boundary layers and sediment transport, *World Scientific Publication, Singapore*, 324 p..
2. Shield A. (1936) Anwendung der Aehnlichkeitsmechanik und Turbulenzforschung auf die Geschiebepbewegung, *Mitt Preuss Versuchsanstalt fur Wasserbau und Schiffbau*, No. 26, Berlin.

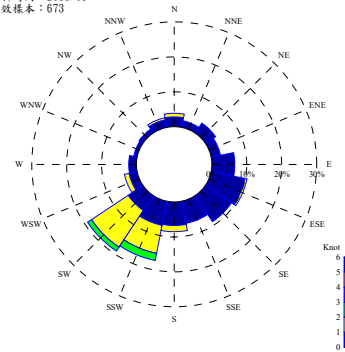
測站名稱：鹿耳門溪口南資料浮標  
資料時間：2018/06  
有效樣本：720



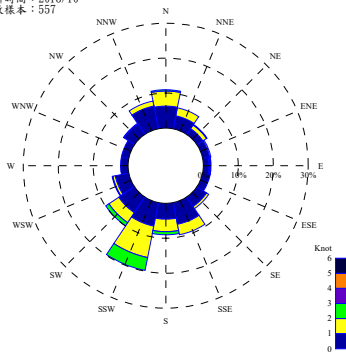
測站名稱：鹿耳門溪口南資料浮標  
資料時間：2018/07  
有效樣本：743



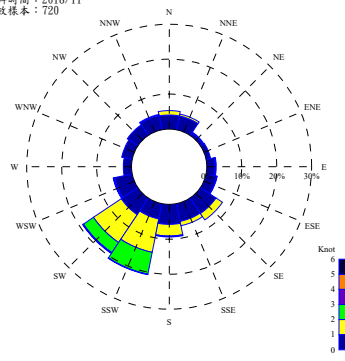
測站名稱：鹿耳門溪口南資料浮標  
資料時間：2018/08  
有效樣本：673



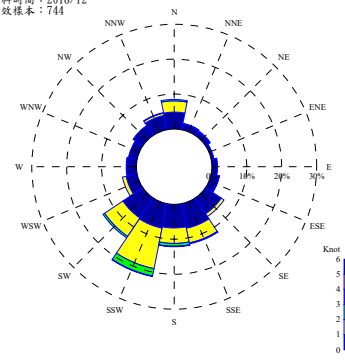
測站名稱：鹿耳門溪口南資料浮標  
資料時間：2018/10  
有效樣本：557



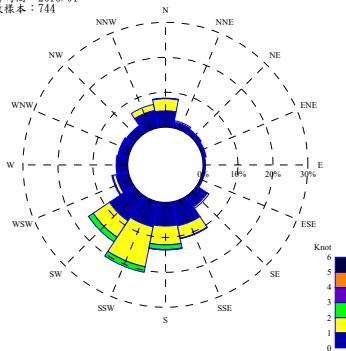
測站名稱：鹿耳門溪口南資料浮標  
資料時間：2018/11  
有效樣本：720



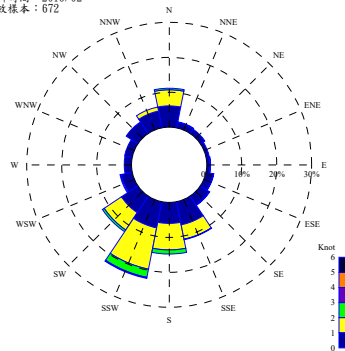
測站名稱：鹿耳門溪口南資料浮標  
資料時間：2018/12  
有效樣本：744



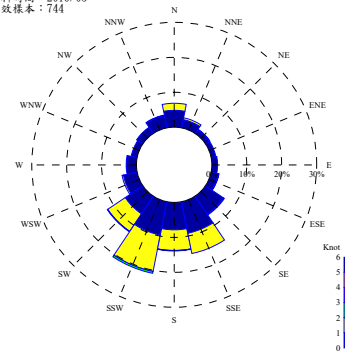
測站名稱：鹿耳門溪口南資料浮標  
資料時間：2019/01  
有效樣本：744



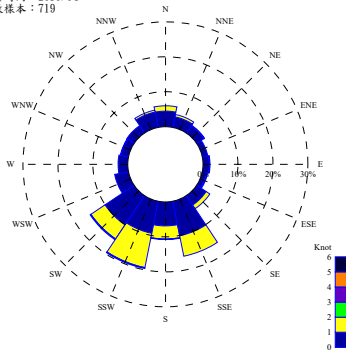
測站名稱：鹿耳門溪口南資料浮標  
資料時間：2019/02  
有效樣本：672



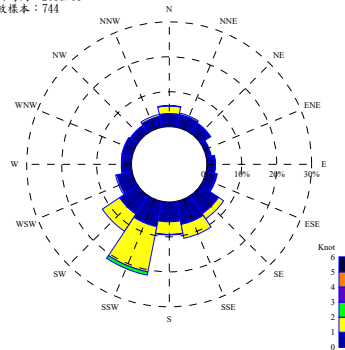
測站名稱：鹿耳門溪口南資料浮標  
資料時間：2019/03  
有效樣本：744



測站名稱：鹿耳門溪口南資料浮標  
資料時間：2019/04  
有效樣本：719



測站名稱：鹿耳門溪口南資料浮標  
資料時間：2019/05  
有效樣本：744



測站名稱：鹿耳門溪口南資料浮標  
資料時間：2019/06  
有效樣本：720

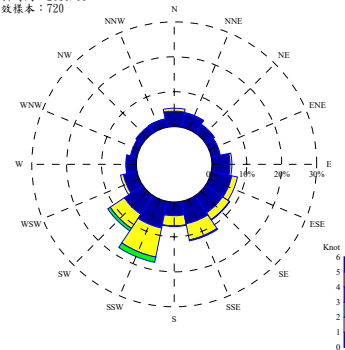


圖 4 鹿耳門溪口南 107 年 6 月至 108 年 6 月各月份距海底 1 公尺處之海流玫瑰圖(由左往右，由上而下)