

# 鄉鎮潮汐預報之大中小潮特性研析

李語宸<sup>1</sup> 陳進益<sup>2</sup> 張國棟<sup>1</sup> 林勝豐<sup>3</sup>

<sup>1</sup>國立高雄海洋科技大學海洋環境工程系 <sup>2</sup>中央氣象局海象測報中心

<sup>3</sup>工業技術研究院綠能與環境研究所

## 摘要

本文以調和分析方法，追報基隆、蘇澳、花蓮、成功、後壁湖、高雄、將軍、麥寮、台中、新竹、麟山鼻、蘭嶼、澎湖、料羅灣以及馬祖等 15 個潮位站，1998 至 2016 年共 19 年的潮差資料，探討各站的大、中、小潮差之特性。依據各站 19 年之日潮差累積發生機率百分比，將非序前 1/3 者定義為大潮，排序後 1/3 者定義為小潮，其餘者定義為中潮，並計算出各站大、中、小潮分級之潮差上、下限值，可供中央氣象局作為鄉鎮潮汐預報中「大、中、小潮」之分級標準。

關鍵字：調和分析、大中小潮、日潮差

## 一、前言

中央氣象局漁業氣象預報項目之潮汐預報，提供了沿海各鄉鎮之潮差等級、滿潮轉乾潮之時間與潮位高程等預報資訊。依據中央氣象局 105 年度「區域潮汐預報作業改善與潮汐預報服務系統維護委辦計畫」研究報告，鄉鎮潮汐預報之「大、中、小潮」分級標準研究可分為兩個階段，第一階段是依據日潮差與當月最大潮差之比值，當比值大於等於 0.80 為大潮、比值小於 0.55 為小潮，介於兩者之間為中潮；第二階段的分級標準為依據每月之日潮差大小排序，採用三等份法，排序前 1/3 者定義為大潮，排序後 1/3 者定義為小潮，其餘者定義為中潮。

第一階段採用固定潮差比值(如 0.80 及 0.55)作為各地區「大、中、小潮」分級標準，雖然較為簡易，但因台灣各地區潮差變化特性不相同，比值為 0.80 和 0.55 之分級標準並未適用於全台各沿海鄉鎮，並且於預報作業化工作時，常需要人工再加以判斷。而第二階段採用單一個月內之日潮差進行排序，則可能造成同樣的潮差值，在這個月排序歸類為小潮，在其它個月之排序卻被歸類為中潮，而缺乏統一的分級標準。

由於天文潮汐現象變化週期為 18.6 年，因此本研究利用 5 年的潮位觀測資料進行 19 年調和分析追報，進而分析每日潮差特性與其變化量之發生機率，藉以分析各地的潮差變化，探討不同潮汐類型之各地潮差發生特性，並依據各地區潮差累積發生機率百分比，定義出各站「大、中、小潮」分級標準之上下限值，以改善中央氣象局現行之判定方法。

## 二、研究方法

本文「大、中、小潮」上下限分級標準，是先以各潮位站的實測資料，經調和分析方法追報 19 年的高低潮位，再計算出每日之日潮差，藉 19 年之日潮差累計發生機率，定義累計發生機率小於 33.3 % 者為小潮，大於 66.7 % 者為大潮，其餘者定義為中潮，最後並與中央氣象局「大、中、小潮」分級標準研究之第一階段與第二階段的判定方式進行分析比較。

### (一) 觀測資料

中央氣象局環台潮位站共計 38 個，本文選取 15 個潮位站，其站名(站號)分別有基隆(1516)、蘇澳(1246)、花蓮(1256)、成功(1586)、後壁湖(1196)、高雄(1486)、將軍(1176)、麥寮(1456)、台中(1436)、新竹(112)、麟山鼻(1206)、蘭嶼(1396)、澎湖(1356)、料羅灣(1956)以及馬祖(1926)等觀測資料進行分析，潮位站地理位置圖如圖 1。所使用的觀測資料為自 2010 年至 2014 年 5 年，經氣壓修正後之天文潮位資料。

### (二) 潮差定義

日潮差：每日 0 時 0 分至當日 23 時 59 分間之追報最高潮位與最低潮位之差值。

月潮差：每月之最高潮位與最低潮位之差值。

日潮差比：日潮差除以月潮差之比值。

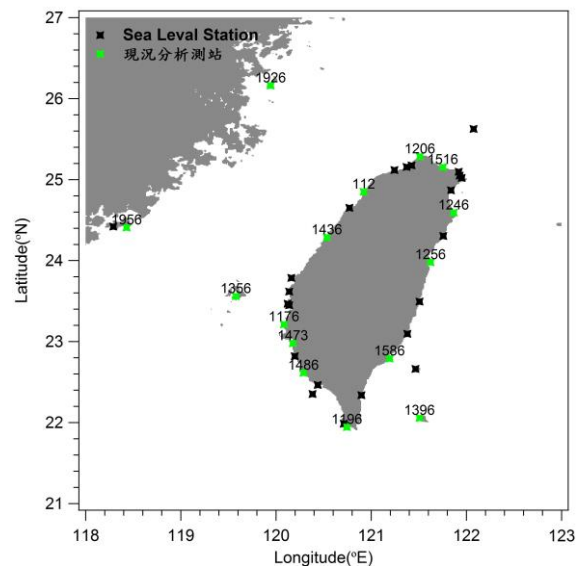


圖 1 現況分析 15 個潮位站地理位置圖

### (三) 分析方法

本文使用 Foreman (Foreman, 1977) 發展之潮汐分析與 FORTRAN 程式套件，將 2010 年至 2014 年潮位紀錄進行調和分析(harmonic method)，分析出各站之各分潮的調和常數

(振幅與相位)，再追報 19 年(1998-2016 年)高、低潮之潮高與潮時，再針對各測站追報資料分別計算日潮差以及潮差變化量發生機率百分比，藉以分析各地的潮差變化，並依據各地區潮差累積發生機率百分比定義「大、中、小潮」：小於 33.3 % 為小潮，大於 66.7 % 為大潮，其餘者定義為中潮。

### 三、分析結果與討論

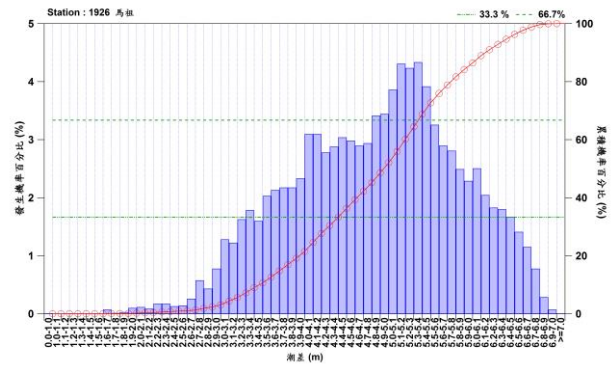
本文 15 個潮位站之 19 年日潮差之統計分析結果如表 1，潮差變化量最大測站為馬祖，累積機率 33.3 % 為 4.413 m，累積機率 66.7 % 為 5.532 m；也就是在馬祖測站，日潮差小於 4.413 m 者為小潮，大於 5.532 m 者為大潮。表 1 中潮差變化量最小測站為高雄，累積機率 33.3 % 為 0.603 m，累積機率 66.7 % 為 0.818 m。表 1 內之潮差累積發生機率 33.3% 和 66.7% 之潮差值，可供中央氣象局作為鄉鎮朝夕預報中「大、中、小潮」之分級標準。

本文亦依照原先第一階段「大、中、小潮」分級方式，計算潮差比值大小，得到不同測站分級標準上下限，其結果如表 1 最後兩欄所示。統計各測站 19 年(1998-2016 年)最大月潮差量，小潮潮差比為累積機率 33.3 % 除以 19 年最大月潮差量；大潮潮差比為累積機率 66.7 % 除以 19 年最大月潮差量，其餘者屬中潮。本研究定義小潮潮差比值最小測站高雄(0.441)，最大測站新竹(0.688)；大潮潮差比值最小測站高雄(0.598)，最大測站新竹(0.799)，由此可知各地區定義大中小潮之日潮差比值之標準並不相同。

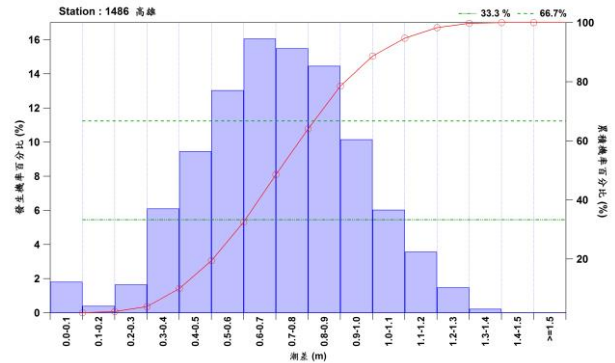
另外，與第一階段分級標準採用固定潮差比值大小(如 0.80 及 0.55)比較分析，本研究計算之日潮差小潮潮差比值小於 0.55 測站(站號)有基隆(1516)、蘇澳(1246)、花蓮(1256)、成功(1586)、後壁湖(1196)、高雄(1486)、蘭嶼(1396)等；日潮差大潮潮差比值則皆小於 0.80。

表 1 各測站潮差變化量累積機率 33.3% 與 66.7% 統計數據

站號	站名	潮差累積		最大月潮差量	本研究	
		機率 33.3% (m)	機率 66.7% (m)		日潮差比小潮	日潮差比大潮
1	1516 基隆	0.723	0.909	1.452	0.498	0.626
2	1246 蘇澳	1.037	1.411	2.093	0.495	0.674
3	1256 花蓮	1.020	1.399	2.034	0.501	0.688
4	1586 成功	1.038	1.403	2.035	0.510	0.690
5	1196 後壁湖	0.819	1.123	1.838	0.446	0.611
6	1486 高雄	0.603	0.818	1.368	0.441	0.598
7	1176 將軍	1.278	1.494	2.078	0.615	0.719
8	1456 麥寮	2.802	3.280	4.250	0.659	0.772
9	1436 台中	3.773	4.468	5.818	0.648	0.768
10	112 新竹	3.294	3.828	4.791	0.688	0.799
11	1206 麟山鼻	1.771	2.069	2.804	0.632	0.738
12	1396 蘭嶼	1.015	1.380	1.987	0.511	0.695
13	1356 澎湖	2.119	2.435	3.144	0.674	0.774
14	1956 料羅灣	3.853	4.582	5.976	0.645	0.767
15	1926 馬祖	4.413	5.352	7.027	0.628	0.762



(a) 馬祖(1926)



(b) 高雄(1486)

圖 1 潮差變化量發生機率與累積機率百分比示意圖

為探討各地潮差分級標準的差異，本文採用 Defant(1960) 及 Pugh(1987) 利用全日潮  $K_1$  及  $O_1$  及分潮的振幅與與半日潮的  $M_2$  及  $S_2$  分潮的振幅比值作為潮型判斷指標，稱為潮型因子 FF (form factor)，其表示式如式(3-1)。本文參考 Dietrich et al.(1980) 定義劃分標準，若  $FF < 0.25$  屬半日潮； $0.25 < FF < 1.5$  屬混合潮偏向半日潮； $1.5 < FF < 3.0$  屬混合潮偏向全日潮； $FF > 3.0$  屬全日潮。

$$FF = \frac{A_{K1} + A_{O1}}{A_{M2} + A_{S2}} \quad (3-1)$$

其中  $A_{K1}$  為主太陰全日潮分潮之振幅， $A_{O1}$  為主太陽全日潮分潮之振幅， $A_{M2}$  為太陰半日潮分潮之振幅， $A_{S2}$  為太陽半日潮分潮之振幅。

參考公式(3-1)，計算各測站潮型因子 FF，其測站的潮汐型態如圖 2。典型半日潮( $FF < 0.25$ )測站(站號)有台中(1436)、新竹(112)以及馬祖(1926)；其餘測站皆屬半日潮為主混合潮( $0.25 < FF < 1.5$ )。由此可知，在台灣海峽中段之潮型為半日潮，其餘則為混合潮。

搭配表 1 日潮差比之分級標準與圖 2 台灣地區的潮汐型態，可以得知，將軍以北至新竹，外島地區澎湖、料羅灣、以及馬祖，小潮比值皆大於 0.60 以上，大潮比值皆大於 0.70。且台灣東北與西南地區全日潮成分較重的混合潮測站，如基隆、蘇澳、後壁湖、以及高雄等大小潮日潮差比值相接近。因此各測站的分級標準上下限不應採固定值，須依不同測站的潮汐特性建立各地區判定分級標準的比值。

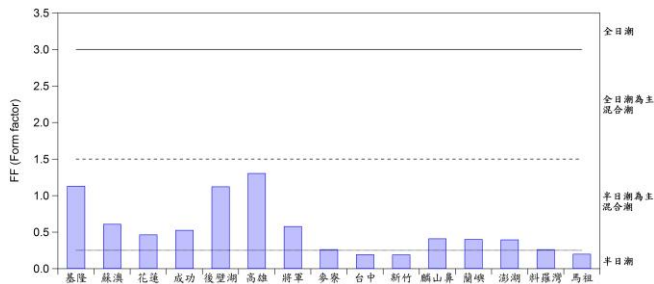


圖2 各測站潮型因子

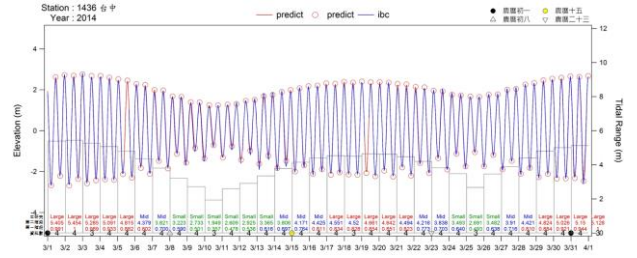
表2 為本研究分級標準與前一階段於 2014 年各測站潮汐預報「大、中、小潮」發生天數之統計結果。使用第一階段分級方式統計結果顯示，各測站小潮發生天數明顯偏少，中潮發生天數偏多，說明現有分級標準上下限，日潮差比值 0.8 及 0.55 不適用於全台各地區。第二階段分級統計結果，雖然大中小潮發生次數呈現均勻分布，但是採用排序法，可能會因每月大小潮天數的差異，造成排序定義上面的誤差，判定的基準會逐月而改變。本研究利用長時間(19 年)預報資料，進行日潮差統計分析，計算各測站大中小潮發生次數，其統計結果顯示尚屬合理。

表2 2014 年各測站潮汐預報「大、中、小」發生天數統計結果比較

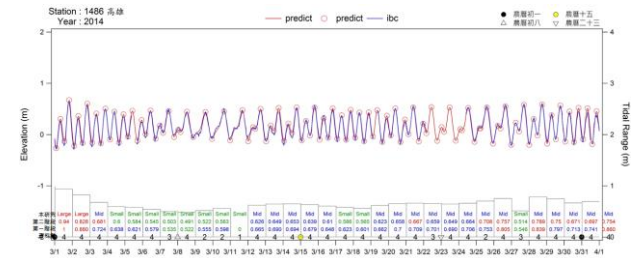
Station	大潮			中潮			小潮		
	第一階段	第二階段	本研究	第一階段	第二階段	本研究	第一階段	第二階段	本研究
1 1516基隆	114	120	97	185	120	133	66	125	135
2 1246蘇澳	98	120	113	155	127	127	112	125	125
3 1256花蓮	98	120	117	152	120	127	115	125	121
4 1586成功	100	120	115	155	120	125	110	125	125
5 1196後壁湖	97	120	103	148	120	126	117	125	136
6 1486高雄	103	120	92	156	120	135	102	110	138
7 1176將軍	151	120	113	194	120	139	20	125	113
8 1456麥寮	162	120	128	184	120	133	19	125	104
9 1436台中	165	120	139	176	120	117	24	125	109
10 112新竹	191	120	139	159	120	116	15	125	110
11 1206麟山鼻	147	120	128	200	120	122	18	125	115
12 1396鵝鑾	101	120	120	154	127	114	110	125	118
13 1356澎湖	159	120	125	192	120	130	14	125	110
14 1956科羅灣	145	120	131	185	120	124	35	125	110
15 1926馬祖	141	120	132	184	120	122	40	125	111

註1：第一階段為日潮差與當月最大潮差之比值。比值大於等於0.80 為大潮、比值小於0.55 為小潮，介於兩者之間為中潮。  
 註2：日潮差排序法，採用三等分法，排序前 1/3 者定義為大潮，排序後 1/3 者定義為小潮，其餘者定義為中潮。  
 註3：本研究，依據 19 年(1998-2016)預報資料，計算潮差變化量累積機率 33.3 % 與 66.7 % 的統計數據作為各測站「大、中、小潮」分級依據標準。小於累積機率 33.3 % 屬小潮，大於累積機率 66.7 % 屬大潮，其餘者屬中潮。

本文主要是以日潮差的數值來判斷「大、中、小潮」的依據。但日潮差的定義是以單日 0 時 0 分至當日 23 時 59 分間之最高潮位與最低潮位之差值為該日日潮差，而未考量潮汐週期的完整性。例如，圖 3 為潮汐預報 2014 年日潮差變化與大中小潮分級比較圖，以台中與高雄兩測站為例。台中一天發生高低潮的資料數大多為 4 筆，少數為 3 筆(3/10 與 3/25)；高雄一天發生高低潮的資料數亦大多為 4 筆，3 筆(3/7、3/22、及 3/27)與 2 筆(3/9、3/10、及 3/25)次之，亦有可能一天僅有 1 筆(3/11)。但是依照原始日潮差定義方式進行每日日潮差統計，可能會導致分析上的誤差。舉例來說，台中(3/25)與高雄(3/27)的日潮差變化量明顯不同，可能因為第二次發生的高潮或低潮出現在次日，致使計算的潮差變化量偏小。



(a) 台中(1436)



(b) 高雄(1486)

圖3 潮汐預報 2014 年日潮差變化與大中小潮分級比較圖

#### 四、結論與建議

本文利用調和分析追報前 19 年(1998-2016 年)潮位資料，計算日潮差以及潮差變化量發生機率百分比，藉以分析各地的潮差變化，並依據各地區潮差累積發生機率百分比定義「大、中、小潮」：小於 33.3 % 為小潮，大於 66.7 % 為大潮，其餘者定義為中潮。

分析結果顯示，台灣地區的潮汐型態主要為半日潮、和以半日潮為主的混合潮，各測站的分級標準上下限不應採固定值，應依不同測站的潮汐特性建立各地區判定分級標準如表 1。本文研究融合先前中央氣象局前兩階段的分級標準研究成果，並擴展到涵蓋整個潮汐變化週期的 18.6 年之日潮差特性，因此未來中央氣象局只要依照類似表 1 之日潮差分級標準即可判斷為大、中、小潮差，而不用再計算日潮差比以及進行逐月的排序。

依照日潮差定義進行每日日潮差統計，有可能會導致分析上的誤差，可能因為潮汐第二次發生的高潮或低潮出現在次日，致使計算的潮差變化量有偏小現象。因此建議未來計算日潮差應考慮以一完整潮汐作為統計的標準，以避免因潮汐的第二次發生的高潮或低潮出現在隔日，造成統計的誤差。

#### 謝誌

本論文潮位站觀測數據係由交通部中央氣象局提供。

#### 參考文獻

- Defant, Albert. (1960) Physic Oceanography, Volume2, New York.
- Foreman, M. G. G. (1977) Manual for Tidal Heights Analysis and Prediction. Pacific Marine Science Report 77-10, Institute of Ocean Sciences, Patricia Bay, Sidney, B.C., 58 pp. (2004)

revision).

3. Dietrich, G., K. Kalle, W. Krauss, and G. Siedler (1980) "General oceanography", Interscience Publishers, New York, John Wiley & Sons.
4. Pugh, D. T. (1987) Tide, surges, and mean sea-level. New York.
5. NOAA Special Publication NOS CO-OPS 1, 2000, Tidal Datums and their Applications.
6. 劉文俊 (1999), 「台灣的潮汐」, 第二版
7. 李明憲 (2012) 「新的潮汐型態指標」, 國立交通大學土木工程學系研究所碩士論文。
8. 中央氣象局, 105 年度區域潮汐預報作業改善與潮汐預報服務系統維護委辦計畫, 期末報告, 安慶喜科技實業有限公司, 中華民國 105 年 11 月
9. 中央氣象局中心網站 (2017) , 「[http://www.cwb.gov.tw/V7/knowledge/marine/marine\\_al1.htm](http://www.cwb.gov.tw/V7/knowledge/marine/marine_al1.htm) , 海象問答」, 中央氣象局中心網站