

離岸風電基地母港(臺中港) 鄰近海域海氣象特性分析

羅冠顯 交通部運輸研究所港灣技術研究中心副研究員
蔡立宏 交通部運輸研究所港灣技術研究中心副主任
曾俊傑 交通部運輸研究所港灣技術研究中心研究助理

摘要

全球正處在能源轉型的關鍵時代，綠色低碳能源發展將扮演著引領第3次工業革命的關鍵角色，其中綠色能源發展將是未來能源的新趨勢，目前行政院推動的「綠能科技產業創新方案」，就是以國內綠色需求為基礎，引進國內外大型投資，帶動我國綠能科技及產業躍升。

本研究於離岸風電區鄰近主要母港（臺中港）執行長期性海氣象觀測，

分別設置波浪（1站）、海流（1站）及風速風向（6站）等海氣象觀測站，調查海域之風、波浪及流場等海氣象資料，根據研究成果顯示，基地母港海域冬季期間東北季風強勁且穩定，平均風速約為蒲氏風力3~6級，為四季中最高，海域年平均示性波高約為1.39 m，以冬季平均波高最大，約為2.01 m，年平均表面流速為34.45 cm/s，冬季時平均流速較高，約近1節。

一、研究緣起及目的

自「京都議定書」於2005年生效後，國際因應氣候變遷對二氧化碳減量承諾形成共識，其中，風力發電對二氧化碳減量具有顯著貢獻。歐洲國家雖曾設法在陸上擴大風力機組裝置容量，但適當的陸上風場愈來愈少，且民眾對風力機組的噪音、陰影閃爍及視野障礙感到不滿，因此，設立於海上的離岸式風力發電已成為未來發展重點。我國亦積極配合規劃溫室氣體減量目標與減量

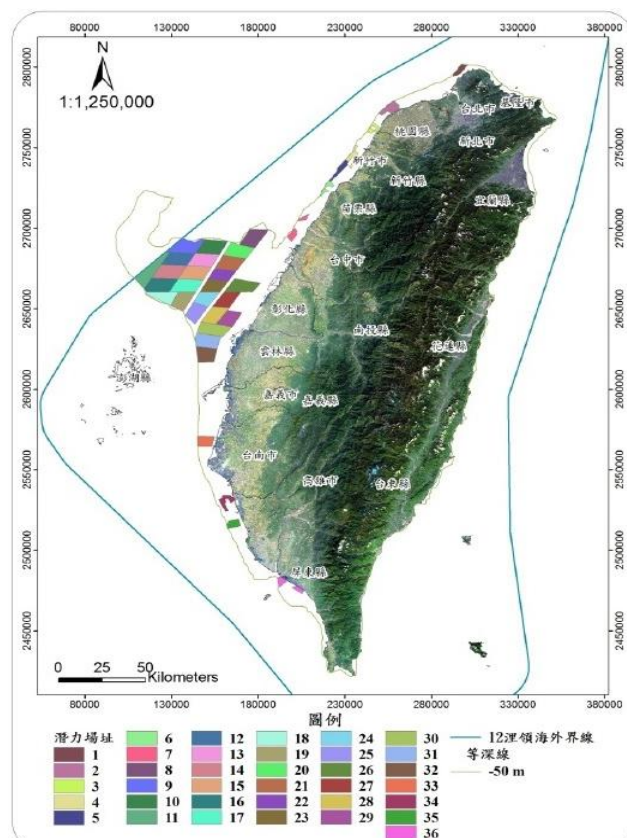
策略，行政院於2012年核定「能源發展綱領」，2014年間經濟部能源局於能源產業技術白皮書中提出我國新能源之方針，其中「千架海陸風力機」為其目標之一，計畫於2030年前完成600架離岸風力機。

國內目前離岸風電尚處於建置階段，國外的施工設計規範及相關技術並不能完全套用，因風機群設置於海中，改變原有水理機制，波浪、水流、漂沙

及地形的變化，恐影響風機結構與航行安全，且國內離岸風電必須面對臺灣海峽複雜惡劣的海氣象環境，對海上施工安全及風力機組主體結構造成影響，故有必要進行環境保育相關之海域環境監測與分析並建立本土化的施工與海下技術以及維管計畫。

離岸風機群為佔據面積頗大之海中結構物，置放在原已達動態平衡或已平衡狀態之海域中，勢必造成局部或區域性海氣地象改變，波流場之變化亦會改變漂沙運動行為，進而發生地形變

遷，而結構物穩定亦將受影響。本研究係依據經濟部所公佈之 36 處離岸風機潛力場址（如圖 1、表 1 所示），擇定鄰近離岸風電區之臺中港海域，設置長期性海氣象觀測站，調查本海域之波浪、海流及風速風向等資料，建置本海域海氣象資料庫，透過統計原理，分析本海域海氣象特性，作為離岸風電場鄰近海域海氣象數值模式驗證建置使用，相關資料可提供離岸風場鄰近海域作業或進出船舶參考應用。



(資料來源：工業技術研究院-風力發電 4 年推動計畫，2018)

圖 1 離岸風機潛力場址範圍

表 1 離岸風電潛力場址環境基本資料

編號	縣市	名稱	面積 (km ²)	水深(m)			10m高 平均風速 (m/sec)	離岸 最近距離 (km)
				Max	Min	Mean		
1	新北市	新北市	26.2	50.3	18.0	40.9	7.9	1.1
2	桃園市	桃園市	50.2	49.8	1.0	29.3	8.0	0.2
3	新竹縣	新竹縣	22.2	49.9	1.0	24.5	8.0	0.4
4	新竹市	新竹市	31.6	50.3	24.2	38.7	8.3	2.2
5	苗栗縣	苗栗縣 1	34.7	51.5	37.2	44.7	8.4	4.7
6		苗栗縣 2	20.8	52.8	13.5	39.0	8.3	1.6
7	台中市	台中市 1	36.8	49.9	29.3	43.4	8.2	3.8
8		台中市 2	112.5	49.9	41.0	45.5	8.7	15.7
9	彰化縣	彰化縣 1 1	120.7	49.9	35.6	45.3	8.9	49.9
10		彰化縣 1 2	122.0	49.9	37.5	44.6	8.8	35.1
11		彰化縣 1 3	128.6	50.7	21.9	32.6	8.8	62.1
12		彰化縣 1 4	117.4	44.1	31.7	36.8	8.8	48.5
13		彰化縣 1 5	111.8	43.9	34.0	40.6	8.8	34.7
14		彰化縣 1 6	126.3	42.2	23.8	32.4	8.8	50.1
15		彰化縣 1 7	120.4	44.1	34.4	40.9	8.7	35.7
16		彰化縣 1 8	131.1	48.8	19.1	28.9	8.7	50.3
17		彰化縣 1 9	122.5	44.9	34.0	39.3	8.6	36.8
18		彰化縣 2 1	85.2	49.7	32.0	40.1	8.6	34.8
19		彰化縣 2 2	100.5	51.0	37.4	45.1	8.5	37.0
20	彰化縣	彰化縣 3 1	109.7	49.9	35.0	41.5	8.7	19.3
21		彰化縣 3 2	112.6	41.6	31.4	34.4	8.6	20.3
22		彰化縣 3 3	86.7	39.4	27.9	34.0	8.6	21.5
23		彰化縣 3 4	88.6	45.8	24.7	35.1	8.5	23.3
24		彰化縣 4 1	86.2	46.0	24.8	38.3	8.4	24.8
25		彰化縣 4 2	93.3	48.1	28.8	42.3	8.3	21.8
26		彰化縣 5	118.6	46.8	15.3	38.7	8.3	5.7
27		彰化縣 6 1	92.7	43.4	23.2	35.4	8.2	14.1
28		彰化縣 6 2	98.3	37.5	22.2	30.0	8.1	14.2
29		彰化縣 6 3	89.9	36.2	20.1	30.7	7.9	7.5
30	雲林縣	雲林縣 1 1	117.8	39.2	20.1	30.5	8.0	3.7
31		雲林縣 1 2	114.3	49.5	25.0	33.0	7.9	4.3
32		雲林縣 1 3	93.2	49.4	25.2	33.0	7.7	8.2
33	台南市	台南市	57.3	40.4	1.0	18.6	6.6	0.7
34	高雄市	高雄市 1	38.8	30.9	1.0	19.7	5.5	0.2
35		高雄市 2	32.5	41.5	4.8	21.4	5.3	1.8
36	屏東縣	屏東縣	32.5	31.7	1.0	13.0	4.0	0.5

水深：依據再生能源發展條例「風力離岸發電系統」定義，以海圖最低低潮線為0m基線

10m高平均風速：以WRF模式模擬2008-2010年時序序列風速資料，並與實測資料比對修正，再以統計方法分析3年逐時資料，求出10m高年平均風速

(資料來源：經濟部能源局，2018)

二、海氣象即時觀測系統概述

海洋調查研究，須要龐大的經費及人力，需整體通盤規劃，避免調查機構及調查項目重複，以提高效率，再則需引進先進觀測技術、設備及儀器，方能快速且有效獲得充分之資料。

為瞭解離岸風電區鄰近海域風、波及流等海氣象特性，本研究於基地母港（臺中港）鄰近海域分別設置波浪（1站）、海流（1站）及風速風向（6站）等海氣象觀測站，如圖2所示。



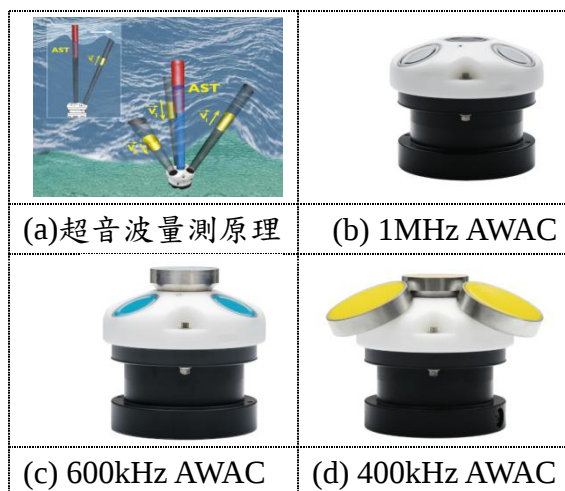
圖2 海氣象觀測站儀器安裝位置示意圖

所有測站皆採太陽能供電，控制箱內置資料記錄器、無線傳輸設備及電源控制等模組，透過無線傳輸設備將各測站觀測資料即時回傳至交通部運輸研究所港灣技術研究中心（以下簡稱港研中心）海氣象資料庫儲存、加值及應用，理想港灣環境資料需保持長期且連續不中斷觀測，然而觀測設備常因人為或天然因素，致儀器壞損使觀測資料中斷，且觀測儀器及現場資料處理設備均含電子元件物品，設備受潮勢必將影響

資料觀測、儲存及傳送，故長期現場海氣象觀測資料，需經常性進行儀器設備維護及保養，以維持系統妥善率，茲將各觀測站所採用觀測儀器等相關內容描述如後。

2.1 波浪、海流觀測儀

考量觀測海域特性，本研究於波浪及海流觀測係採底碇式觀測，觀測儀器採用挪威奧斯陸 Nortek 總公司所生產超音波式表面波高波向與剖面海流儀 AWAC (Acoustic Wave and Current profiler)，依據音鼓發送頻率 (Transmit Frequency) 不同共分為 1MHz、600kHz 及 400kHz 三種，其原理係透過儀器上方音鼓量測設置地點波流及海流運動情形（如圖3所示），使用者可依據不同觀測環境（如水深）及使用需求，選擇適當儀器執行觀測作業，茲將前述三款型號儀器相關量測特性整理如表2。



（資料來源：AWAC 使用者手冊）

圖3 波流儀觀測原理及儀器示意圖

表 2 不同型號波流儀特性比較表

	1MHz	600kHz	400kHz
波浪最大量測範圍 (底床至水面距離)	35 公尺	60 公尺	100 公尺
海流最大量測範圍 (底床至水面距離)	25 公尺	50 公尺	90 公尺
量測功能	自記/即時	自記/即時	自記/即時
取樣率	1Hz、2Hz	1Hz	0.75Hz
樣本數	512、1024、1200、 2048、2400	512、1024、1200、 2048、2400	512、1024、 1200、2048、2400

本海域觀測站位於臺中港北防波堤堤頭外約 1,000 公尺處，觀測水深約 30 公尺，經評估係採用 600kHz 型號執行本處波流觀測作業，剖面海流量測間距設定為 1 公尺，於每小時第 0 分鐘至 10 分鐘連續量測 600 秒，再將總和平均代表其每一間距層之海流剖面流速及流向等資料，波浪的取樣頻率為 1Hz，每小時取樣 2048 筆（第 10 分鐘至 44

分鐘）資料，量測取得之資料再作整合而得到波高、波向及週期等資料。

前述波流觀測資料將暫存於儀器記憶體內，於每小時第 44 分鐘經由海底電纜將資料傳送至岸上接收站，透過無線傳輸設備將資料即時回傳至港研中心海氣象資料庫中儲存，如圖 4 所示。

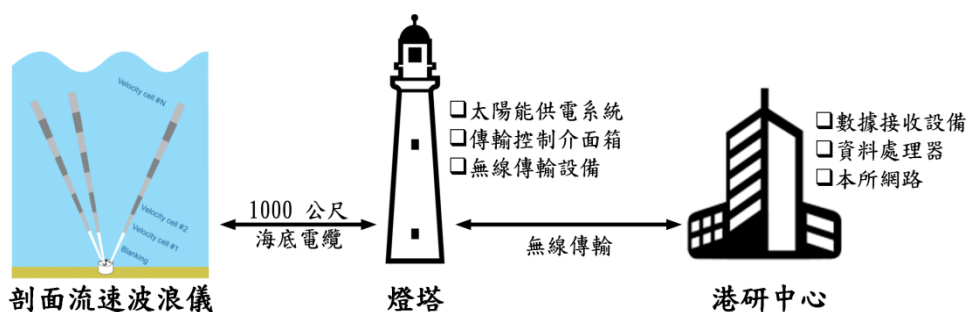


圖 4 底碇式波流觀測系統資料傳輸原理示意圖

2.2 風速風向觀測儀

本研究於臺中港離岸風電海域所採用之風速風向觀測儀共分為兩款，分別為英國 GILL 公司所生產之 WindObserver（裝設地點：北防波堤綠燈塔、防風林）與日本 SONIC 公司所生產之 SA-20（裝設地點：旅客服務中心、31 號碼頭、北防沙堤、港研中心）二維超音波式風速風向儀，如圖 5 所示。

資料輸出頻率為 10 分鐘，持續觀測本海域 10 分鐘內平均風速、平均風向、最大陣風及最大陣風時風向等數值，期間相關資料係透過觀測站內無線傳輸系統，將所測得風力資料即時回傳至港研中心海氣象資料庫儲存。



圖 5 二維超音波式風速風向儀示意圖

茲將本研究於離岸風電海域所採用波浪、海流及風速風向等海氣象觀測儀器儀器規格及設定等相關內容整理如表 3。

表 3 海氣象觀測儀器規格與觀測設定

儀器	規格	輸出頻率
NORTEK 公司 超音波式表面波 高波向與剖面海 流儀 600 kHz AWAC	海流 量測深度：50 m 觀測剖面數：最大 128 層 量測範圍：±10 m/s 精度：測量值的 1%±0.5 cm/s 波浪 量測深度：60 m 量測範圍：±15 m 精度(Hs)：<1%測量值/1cm 精度(Dir)：2°/0.1°	1 小時輸出 1 筆
GILL 公司 二維超音波式風 速風向儀 WindObserver	風速 量測範圍：0 ~ 75 m/s 精度：2% 解析度：0.01 m/s 風向 量測範圍：0 ~ 360° 精度：±2° 解析度：1°	10 分鐘輸出 1 筆
SONIC 公司 二維超音波式風 速風向儀 SA-20	風速 量測範圍：0 ~ 90 m/s 精度：3% 解析度：0.01 m/s 風向 量測範圍：0 ~ 360° 精度：±3° 解析度：0.1°	10 分鐘輸出 1 筆

三、海氣象觀測資料特性分析

臺灣四周海域波浪的現象主要由東北季風及西南季風兩個時期交替影響，另外在夏天有劇烈天氣系統颱風影響，呈現出季節性變化，海氣象研究屬長期性作業，在統計學上樣本數越多，其統計結果則越具代表性，本研究係針對 107 年（106 年 12 月~107 年 11 月）所蒐集觀測資料執行統計分析。

本研究海氣象觀測資料統計分析原則係涵蓋自上一年度之 12 月起至當年度 11 月，統計分析之現場記錄共 12 個月份，其中，12 月至 2 月間歸屬於冬季，3 月至 5 月為春季，6 月至 8 月為夏季，9 月至 11 月為秋季，以此原則執行統計分析，風速風向、波浪及海流各統計參數定義如下：

1. 風速風向

- (1) 平均風速：觀測期間 10 分鐘風速平均值
- (2) 風速極值：觀測期間 10 分鐘風速最大值
- (3) 風向：指來向

2. 波浪

- (1) 平均波高：觀測期間有義波高 HS 平均值

- (2) 最大波高：觀測期間有義波高 HS 最大值

- (3) 平均週期：觀測期間週期 TP 平均值

- (4) 最大週期：觀測期間 TP 週期最大值

- (5) 波向：指來向

3. 海流

- (1) 平均流速：觀測期間表層海流流速平均值

- (2) 最大流速：觀測期間表層海流流速最大值

- (3) 流向：指去向

3.1 風速風向觀測資料分析

有關本研究各風力觀測站有效記錄統計時數如表 4 所示，將風速風向觀測站依各站地理位置由北至南依序排列如表 5、圖 6~圖 7 所示，各測站設置高度（距地表）分別為：

1. 防風林觀測站（T1）：15 公尺
2. 北防波堤綠燈塔觀測站（T2）：15 公尺
3. 旅客服務中心觀測站（T4）：20 公尺
4. 31 號碼頭觀測站（T5）：8 公尺
5. 港研中心觀測站（T6）：20 公尺
6. 北防沙堤觀測站（T8）：8 公尺

表 4 各風觀測站逐月有效記錄統計時數表

月份	T1 2017~2018 (蒐集率%)	T2 2017~2018 (蒐集率%)	T4 2017~2018 (蒐集率%)	T5 2017~2018 (蒐集率%)	T6 2017~2018 (蒐集率%)	T8 2017~2018 (蒐集率%)
1	744 (100.0%)	744 (100.0%)	744 (100.0%)	744 (100.0%)	744 (100.0%)	744 (100.0%)
2	672 (100.0%)	672 (100.0%)	672 (100.0%)	671 (99.9%)	672 (100.0%)	672 (100.0%)
3	744 (100.0%)	744 (100.0%)	744 (100.0%)	744 (100.0%)	744 (100.0%)	744 (100.0%)
4	720 (100.0%)	720 (100.0%)	720 (100.0%)	720 (100.0%)	720 (100.0%)	720 (100.0%)
5	744 (100.0%)	744 (100.0%)	744 (100.0%)	744 (100.0%)	744 (100.0%)	744 (100.0%)
6	720 (100.0%)	720 (100.0%)	720 (100.0%)	720 (100.0%)	720 (100.0%)	720 (100.0%)
7	744 (100.0%)	743 (99.9%)	744 (100.0%)	219 (29.4%)	743 (99.9%)	744 (100.0%)
8	744 (100.0%)	744 (100.0%)	744 (100.0%)	0 (0.0%)	744 (100.0%)	744 (100.0%)
9	720 (100.0%)	720 (100.0%)	720 (100.0%)	212 (29.4%)	720 (100.0%)	705 (97.7%)
10	744 (100.0%)	744 (100.0%)	744 (100.0%)	657 (88.3%)	744 (100.0%)	664 (89.3%)
11	-	-	-	-	-	-
12	744 (100.0%)	744 (100.0%)	744 (100.0%)	744 (100.0%)	744 (100.0%)	744 (100.0%)

(T2) 設置於臺中港北防波堤綠燈塔頂，為離內陸最遠之觀測站，較無受地形環境遮蔽影響，全年、四季所測得之平均風速與風速極值均為各測站中最高；(T6) 觀測站設置於港研中

心研究大樓頂，為各站中位處最內陸之測點，風場所受之干擾及遮蔽較大，除夏季平均風速 (T1：3.06 m/s、T2：5.99 m/s、T4：2.3 m/s、T5：4.02 m/s、T6：3.18 m/s、T8：4.51 m/s) 外，全年、四

季平均風速與風速極值均為各測站中最低。

各測站平均風速統計結果顯示，冬季所測得平均風速為四季中最高分別為 T1：7.63 m/s、T2：13.42 m/s、T4：7.01 m/s、T5：7.67 m/s、T6：5.11 m/s、T8：9.62 m/s，秋季次之，且兩季平均風速均高於年統計值，夏季平均風速為四季中最低分別為 T1：3.06 m/s、T2：5.99 m/s、T4：2.73 m/s、T5：4.02 m/s、T6：3.18 m/s、T8：4.51 m/s，春、夏兩季平均風速則均低於年平均統計值，此現象顯示，本海域雖因季節變化受東北及西南季風影響，整體而言，東北季風所造成之影響較西南季風明顯。

根據風速極值統計結果顯示，冬季時東北季風強勁且穩定，於各測站所測得之風速極值為四季中最高（T1：19.4 m/s、T2：28.3 m/s、T4：17.4 m/s、T5：18.2 m/s、T6：12.9 m/s、T8：21.5 m/s），夏季風速極值（T1：16.7 m/s、T2：23.7 m/s、T4：16.1 m/s、T5：16.6 m/s、T6：12.3 m/s、T8：19.4 m/s）整體趨勢高於秋季，研判係因本年度侵襲之颱風所帶來之強陣風所造成。

綜觀上述，冬季本海域東北季風強勁、穩定且延時長，各站所測得平均風

速（蒲氏風力約 3~6 級）、風速極值（蒲氏風力約 6~10 級）均為四季中最高；夏季時，西南季風吹拂至本海域，影響已大幅減弱，平均風速為四季中最低，約為蒲氏風力 2~4 級，惟遇颱風時所挾帶之強陣風，於各測站可觀測到較高之風速極值，約為蒲氏風力 6~9 級。

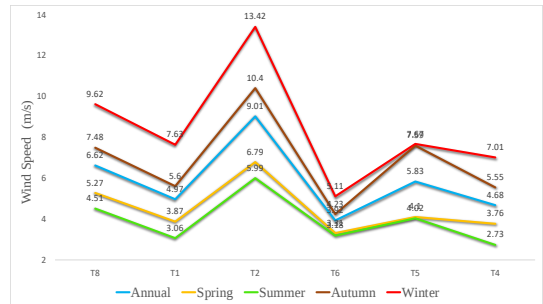


圖 6 風觀測站全年、四季平均風速變化圖

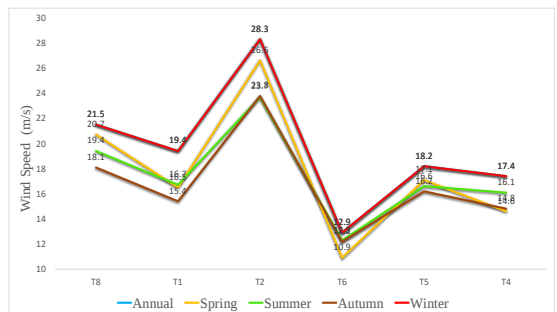


圖 7 風觀測站全年、四季風速極值變化圖

表 5 各風力觀測站分季及全年風速統計表

	全年		春季 (3 月~5 月)		夏季 (6 月~8 月)		秋季 (9 月~11 月)		冬季 (12 月~2 月)	
觀測站 名稱	平均風 速(m/s)	風速極 值(m/s)	平均風 速(m/s)	風速極 值(m/s)	平均風 速(m/s)	風速極 值(m/s)	平均風 速(m/s)	風速極 值(m/s)	平均風 速(m/s)	風速極 值(m/s)
北防沙堤 觀測站 (T8)	6.62 (4 級風)	21.50 (9 級風)	5.27 (3 級風)	20.70 (8 級風)	4.51 (3 級風)	19.40 (8 級風)	7.48 (4 級風)	18.10 (8 級風)	9.62 (5 級風)	21.50 (9 級風)
防風林 觀測站 (T1)	4.97 (3 級風)	19.40 (8 級風)	3.87 (3 級風)	16.50 (7 級風)	3.06 (2 級風)	16.70 (7 級風)	5.60 (4 級風)	15.40 (7 級風)	7.63 (4 級風)	19.40 (8 級風)
北防波堤 綠燈塔 觀測站 (T2)	9.01 (5 級風)	28.30 (10 級風)	6.79 (4 級風)	26.60 (10 級風)	5.99 (4 級風)	23.70 (9 級風)	10.40 (5 級風)	23.80 (9 級風)	13.42 (6 級風)	28.30 (10 級風)
港研中心 觀測站 (T6)	3.92 (3 級風)	12.90 (6 級風)	3.31 (2 級風)	10.90 (6 級風)	3.18 (2 級風)	12.30 (6 級風)	4.23 (3 級風)	12.20 (6 級風)	5.11 (3 級風)	12.90 (6 級風)
31 號碼 頭觀測站 (T5)	5.83 (4 級風)	18.20 (8 級風)	4.10 (3 級風)	17.10 (7 級風)	4.02 (3 級風)	16.60 (7 級風)	7.59 (4 級風)	16.20 (7 級風)	7.67 (4 級風)	18.20 (8 級風)
旅客 服務中心 觀測站 (T4)	4.68 (3 級風)	17.40 (8 級風)	3.76 (3 級風)	14.60 (7 級風)	2.73 (2 級風)	16.10 (7 級風)	5.55 (4 級風)	14.80 (7 級風)	7.01 (4 級風)	17.40 (8 級風)

3.2 波浪及海流觀測資料分析

本研究所設計波流水下儀器觀測架重約 4 公噸，架底採無封底設計，以

提昇儀器架與底床間之握裹力，增加架體穩定性，架體尺寸為 2.5 x 2.5 x 2.5（長 x 寬 x 高）公尺，如圖 8 所示。

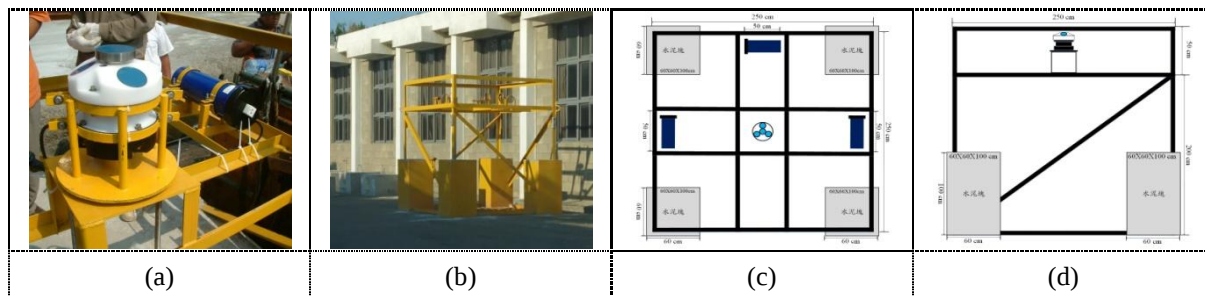


圖 8 波流觀測站儀器架設計圖

3.2.1 波浪觀測資料分析

臺灣四周海域波浪的現象主要受東北及西南季風 2 時期交替影響，呈現出季節性變化，海上波浪主要由風而生，而波浪的大小由吹風強度、持續時間及吹風風域綜合之影響來決定，波浪傳播的方向在外海主要受風向所決定，此現象可由季風盛行期航照圖或衛星影像看出，但在較淺的水域，外海來的波浪會受到淺化影響發生折射逐漸向垂直岸偏轉，同時如果海岸線並非平直，波浪行進途中即會產生繞射與反射等現象。

本研究波流觀測站，於 2018 年 1 月 27 日因遭外力破壞，導致水下海底電纜斷裂，觀測儀器架翻覆，雖立即搶修但仍因水下系統受損嚴重，無法順利修復，後續雖暫採自記式觀測，惟水下觀測儀器架仍因受外力推移造成架體傾斜，導致觀測數據無法使用，於此僅針對夏、秋與冬三季執行統計。

有關本研究各波流觀測站有效記錄統計時數如表 6 所示。

表 6 波流觀測站逐月有效記錄統計時數表

月份	波浪 2017~2018 (蒐集率%)	海流 2017~2018 (蒐集率%)
2017 年 12 月	58 (7.8%)	58 (7.8%)
2018 年 1 月	599 (80.5%)	599 (80.5%)
2018 年 2 月	0 (0.0%)	0 (0.0%)
2018 年 3 月	0 (0.0%)	0 (0.0%)
2018 年 4 月	0 (0.0%)	0 (0.0%)
2018 年 5 月	0 (0.0%)	0 (0.0%)
2018 年 6 月	61 (8.5%)	61 (8.5%)
2018 年 7 月	744 (100.0%)	744 (100.0%)
2018 年 8 月	493 (66.3%)	493 (66.3%)
2018 年 9 月	589 (81.8%)	589 (81.8%)
2018 年 10 月	740 (99.5%)	740 (99.5%)
2018 年 11 月	-	-

將波浪觀測資料繪製成分月、分季及年波浪玫瑰圖(如圖 9~圖 12 所示)，根據統計資料，本海域全期平均波高為 1.39 m，波高極值為 4.38 m，發生於 1 月(冬季)，亦是東北季風吹風能量最

強之季節；冬季時，東北季風吹襲至臺灣中部，因受地勢影響風力強，且海岸線走向為 NNE~SSW，故波高較大，平均波高 2.01 m，為各季中最大，秋季 1.76 m 次之，夏季平均波高約 0.69 m，為各

季中最低；全年波向分佈以 NNE 向最高，約佔全年 36.12 %，冬季波向以 N 來向為主，約佔整季 82.34 %，秋季波向以 NNE 向比率較高，佔整季 72.53 %，夏季時，波向較為分佈，以 WNW 向所佔成份較高，約為整季 23.82 %。

波浪之週期長短與吹風距離、吹風延時及吹風大小相關，吹風距離愈長，時間持續愈久，所形成波浪週期愈長，颱風波浪就是明顯的例子，當颱風距離尚遠，尚未侵襲本島之際，遠方的湧浪已先抵達臺灣拍打海岸，且此種颱風湧浪週期亦較季風波浪為長。本海域年波浪平均週期為 6.71 秒，最大週期發生於 10 月（秋季），平均週期以 10~12 秒間成份較高，約為全年 53.76%，夏秋冬三季平均週期均以 10~12 秒間比率為最高，分別為 41.55 %（夏季）、56.88 %（秋季）、71.53 %（冬季）。

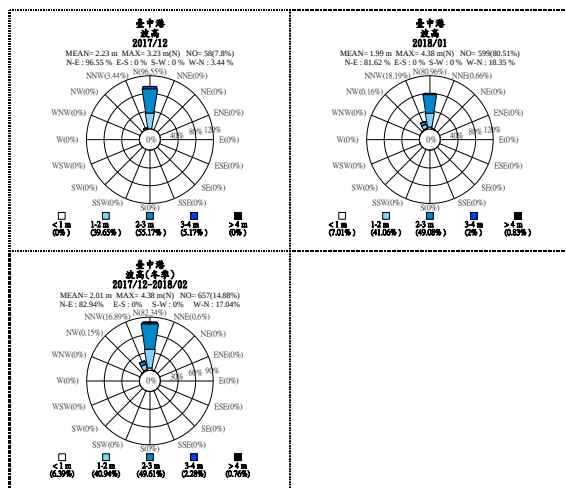


圖 9 冬季波浪玫瑰圖

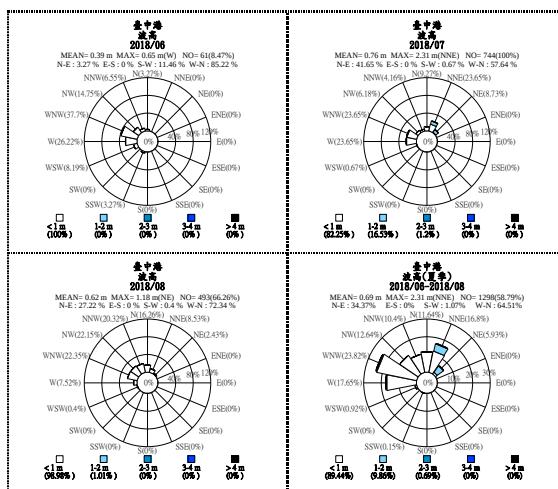


圖 10 夏季波浪玫瑰圖

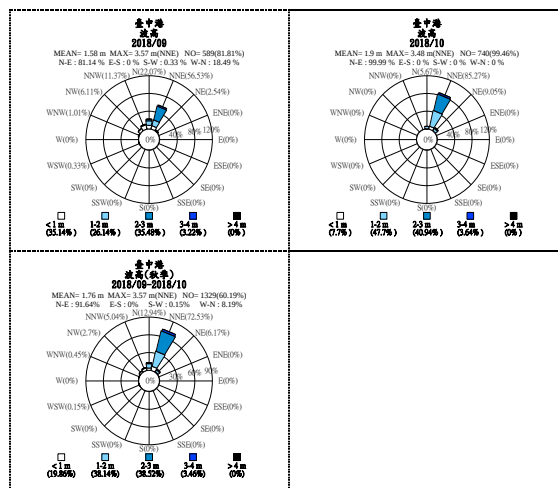


圖 11 秋季波浪玫瑰圖

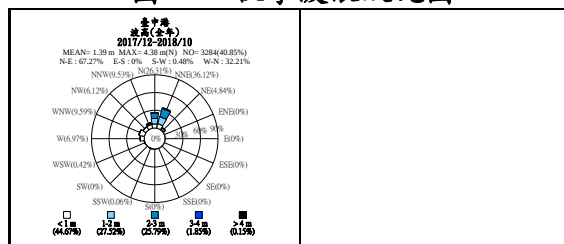


圖 12 全期波浪玫瑰圖

3.2.2 海流觀測資料分析

近岸海域之海流場現象，主要外力有潮汐作用、波力、風力等，因此海流之組成主要是大範圍長時間的恆流、季風吹襲產生的風吹流、水位變化導致的潮流及局地因素海流組成。恆流是大範圍長時段之洋流活動，如臺灣東海岸外的黑潮等，也有季節性規律的強弱變化，但較可推估且其規律性，其主流範圍在東海岸外海較為明顯，黑潮支流會流經臺灣海峽，故海峽夏季常受黑潮支流影響呈現較強烈的北向流。

將本海域海流觀測資料繪製成分月、分季及年海流玫瑰圖（如圖 13~圖 16 所示），本海域年表層平均流速為 34.45 cm/s，流速極值為 122.80 cm/s（約 2.5 節），發生於 1 月，流速分佈以介於 20~40 cm/s 間比率較高，約佔 40.16%，流速小於 20 cm/s 比率約為 26.40%，流速介於 40~60 cm/s 間者約佔 21.07%，流速介於 60~80 cm/s 間者約佔 10.41%，流速大於 80 cm/s 間者約佔 1.94%。冬季（12 月~2 月）平均流速最強，約為 40.55 cm/s，次高為秋季（9 月~11 月），平均流速約為 37.66 m/s，進入夏季（6 月~8 月）後平均流速明顯較冬季低，平均流速約為 28.07 cm/s，為各季中最低。

將流向分為 16 個方位統計，由表中可看出年表層海流流向分佈以 WSW 向為主，約佔全期 23.59%，秋、冬兩季流向均以 WSW 向比率最高，分別為 39.12%（秋季）、35.46%（冬季），季節進入夏季，流向分佈比率最高為 N 向，佔整季 27.42%。整體而言，本海域表層海流除夏季流向分佈以 N 向為

主外，整年度秋、冬兩季流向均以 WSW 向為主。

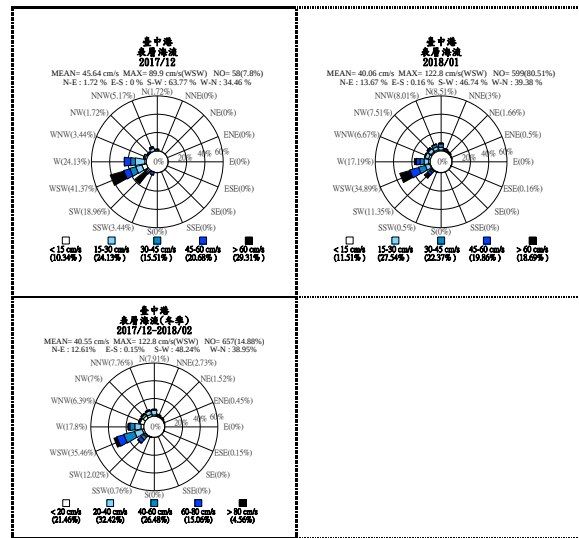


圖 13 冬季海流玫瑰圖

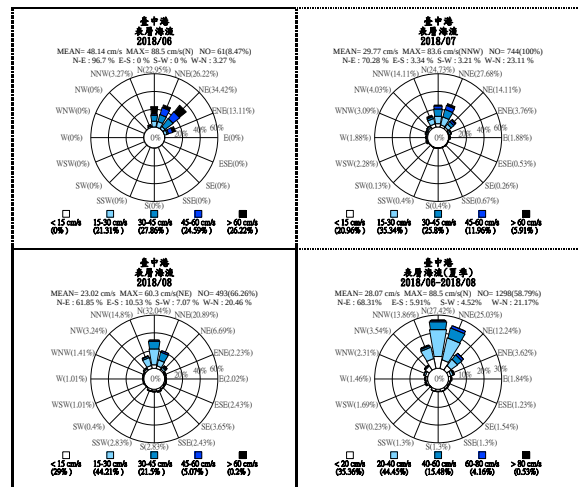


圖 14 夏季海流玫瑰圖

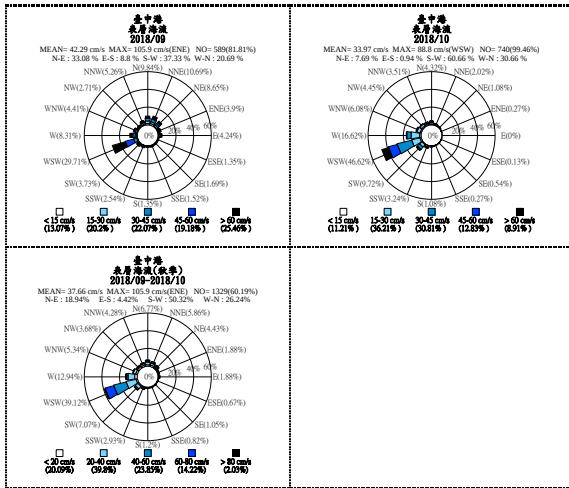


圖 15 秋季海流玫瑰圖

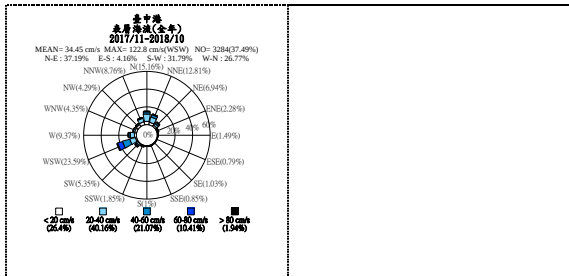
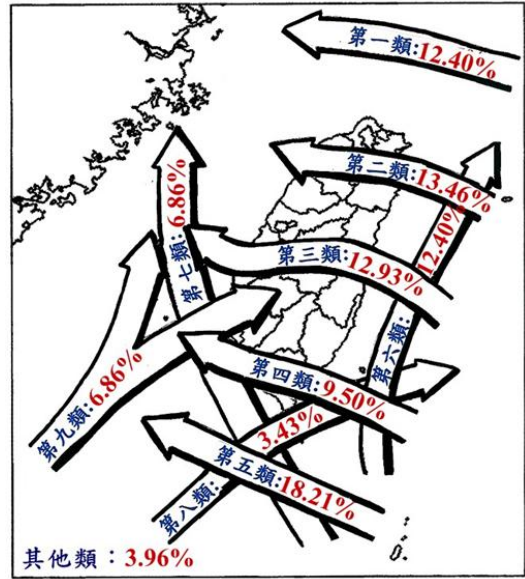


圖 16 全期海流玫瑰圖

3.3 2018 年颱風觀測資料分析

臺灣位處西太平洋及南海地區發生颱風主要路徑上，颱風期間所測得之風、波、潮、流等海氣象相關資料，對於臺灣離岸風電產業規劃、建設及營運等相當寶貴，依據中央氣象局 1911~2017 年統計資料，影響臺灣之颱風路徑以較詳細的類型分類來統計，共區分為以下 10 類，如圖 17 所示。



(資料來源：中央氣象局)

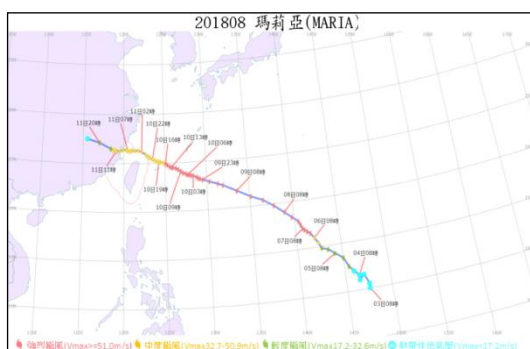
圖 17 影響臺灣地區颱風路徑分類圖 (1911~2017 年)

2018 年西北太平洋颱風自 1 月 3 日編號第 1 號颱風布拉萬(BOLAVEN)形成起至 11 月 22 日第 29 號颱風天兔(USAGI)止共計有 29 個，根據中央氣象局資料顯示有發佈警報之颱風共有 2 個，其中 7 月生成 1 個颱風，9 月生成 1 個颱風，本研究係針對前述中央氣象局有發佈警報之颱風予以分析，其中風速風向觀測資料係取北防波堤綠燈塔觀測站(T2)所測得資料執行分析，茲分述如下：

- (1) 7 月 9 日~7 月 11 日編號第 8 號強烈颱風瑪莉亞(MARIA)，近中心最大風速約 55 m/s，颱風在關島東南方海面生成後向西北西移動，7 月 10 日通過臺灣北方海面，11 日由福建進入大陸，本次颱風期間所測到 Hs 波高極值發生於 7 月 11 日凌晨 2

點，波高值為 2.31 m，相對應之週期 T_p 為 7.78 秒，波向為 NNE 向；隨著颱風接近，風速逐漸增強，本次颱風所測得風速極值發生於 7 月 11 日凌晨 1 時 20 分，風速為 18.8 m/s，相對於蒲氏風力級數 8 級，對應風向為 NNW 向，如圖 18 所示。

(2)

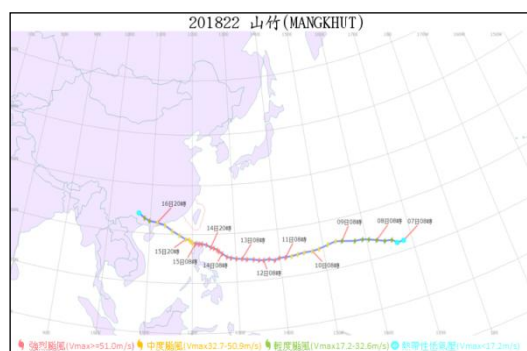


(資料來源：中央氣象局)

圖 18 第 8 號颱風瑪莉亞(MARIA)

(2) 9 月 14 日~9 月 15 日編號第 22 號強烈颱風山竹 (MANGKHUT)，近中心最大風速約 60 m/s，颱風在威克島南方海面生成後向西移動，9 月 14 日 20 時其暴風圈逐漸進入巴士

海峽，並轉西北西移動，15 日凌晨 2 時登陸呂宋島北部，上午 11 時進入南海，於 16 日下午由廣東進入大陸，颱風期間所觀測到之 H_s 波高極值發生於 9 月 15 日上午 9 時，波高值為 2.65 m，相對應之週期 T_p 為 8.95 秒，波向為 N 向，風力觀測站所測得之極值發生於 9 月 14 日下午 5 時 20 分，風速為 17.1 m/s，相對於蒲氏風力級數 7 級，對應風向為 NNE 向，如圖 19 所示。



(資料來源：中央氣象局)

圖 19 第 22 號颱風山竹(MANGKHUT)

四、結論

本研究目前已於離岸風電母港（臺中港）鄰近海域分別設置波浪、海流及風速風向等海氣象監測系統，並將觀測資料持續匯入離岸風電海氣象資料庫中儲存，透過統計原理繪製相關圖表並加以分析，本研究分析成果可提供離岸風電區管理單位，作為船舶航行、風機

維運及工程設計等參考應用，亦可提供政府機關、顧問公司及學術單位等產官學研各界作為規劃、設計與研究參考，茲將本研究重要結論分述如下：

1. 風速風向觀測資料統計分析成果

(1) 各測站風向觀測資料統計結果顯示，本海域冬季時因東北季風之影響

，主要風向為 N~E 來向，夏季時西南季風已發展趨於穩定，主要風向以 S~W 向比率較高，春、秋兩季則為季風轉換之過渡期，風向較為分佈。

(2) 根據統計結果顯示，本海域冬季期間，東北季風強勁、穩定且延時長，各站所測得平均風速（蒲氏風力約 3~6 級）、風速極值（蒲氏風力約 6~10 級）均為四季中最高；夏季期間，西南季風吹拂至本海域，影響已大幅減弱，平均風速為四季中最低，約為蒲氏風力 2~4 級，惟遇颱風時，於各測站可觀測到較高之風速極值，約為蒲氏風力 6~9 級。

(3) 全年、四季所測得之平均風速與風速極值統計結果，（T2）北防波堤綠燈塔觀測站因離內陸較遠，受地形環境遮蔽影響較小，平均風速與風速極值均為四季中最高；（T6）港研中心觀測站為位處最內陸之測點，除夏季外，平均風速與風速極值均為四季中最低。

2. 波浪觀測資料統計分析成果

(1) 本海域年平均波高為 1.39 m，波高極值為 4.38 m，發生於 1 月，冬季時，東北季風吹風能量強，平均波高 2.01 m，為三季中最大，秋季 1.76 m 次之，夏季平均波高約 0.69 m，為各季中最低。

(2) 觀測期間波浪平均週期為 6.71 秒，最大週期發生於 10 月，平均週期以 10~12 秒間成份較高，約為 53.76%，夏秋冬三季平均週期均以 10~12 秒間比率為最高，分別為 41.55 %（夏季）、56.88 %（秋季）、71.53 %

（冬季）。

(3) 觀測期間波向分佈以 NNE 向最高，約為 36.12 %，冬季波向以 N 來向為主，約佔整季 82.34 %，秋季波向以 NNE 向比率較高，佔整季 72.53 %，夏季時，波向較為分佈，以 WNW 向所佔成份較高，約為整季 23.82 %。

3. 海流觀測資料統計分析成果

(1) 觀測期間平均流速為 34.45 cm/s，流速極值為 122.80 cm/s（約 2.5 節），發生於 1 月，流速結構以介於 20~40 cm/s 間比率較高，約佔 40.16 %，流速小於 20 cm/s 比率約為 26.40 %，流速介於 40~60 cm/s 間者約佔 21.07 %，流速介於 60~80 cm/s 間者約佔 10.41 %，流速大於 80 cm/s 間者約佔全 1.94 %。

(2) 海流觀測資料顯示，冬季平均流速最強，約為 40.55 cm/s，次高為秋季，平均流速約為 37.66 cm/s，夏季時，平均流速明顯較冬季低，平均流速約為 28.07 cm/s，為各季中最低。

(3) 表層海流流向分佈以 WSW 向為主，約佔 23.59 %，秋、冬兩季流向均以 WSW 向比率最高，季節進入夏季，流向分佈比率最高為 N 向，佔整季 27.42 %，本海域表層海流除夏季流向分佈以 N 向為主外，整年度秋、冬兩季流向均以 WSW 向為主。

4. 2018 年颱風資料統計分析成果

(1) 強烈颱風瑪莉亞（MARIA），在關島東南方海面生成後向西北西移動，7 月 10 日通過臺灣北方海面，11 日由福建進入大陸，颱風期間所測

到 HS 波高極值發生於 7 月 11 日凌晨 2 點，波高值為 2.31 m，相對應之週期 TP 為 7.78 秒，波向為 NNE 向，風速極值發生於 7 月 11 日凌晨 1 時 20 分，風速為 18.8 m/s（蒲氏風力級數 8 級），對應風向為 NNW 向。

- (2) 強烈颱風山竹 (MANGKHUT)，在威克島南方海面生成後向西移動，9

月 14 日 20 時其暴風圈逐漸進入巴士海峽，並轉西北西移動，於 16 日下午由廣東進入大陸，所觀測到之 HS 波高極值發生於 9 月 15 日上午 9 時，波高值為 2.65 m，相對應之週期 TP 為 8.95 秒，波向為 N 向，風速極值發生於 9 月 14 日下午 5 時 20 分，風速為 17.1 m/s（蒲氏風力級數 7 級），對應風向為 NNE 向。

參考文獻

1. 簡仲璟、李俊穎、劉清松、曾相茂等 (2014) “臺中港海氣象特性綜合探討” 第 36 屆海洋工程研討會論文集，第 519-524 頁。
2. 蔡立宏、羅冠顯等，「105 年臺灣國際港附近海域海氣象調查分析研究」，交通部運輸研究所研究報告，2017 年 4 月。
3. 邱永芳、何良勝、廖慶堂等，「105 年國內商港海氣象觀測與特性分析」，交通部運輸研究所研究報告，2017 年 4 月。
4. 莊文傑、曾相茂、張憲國 (2015) “AWCP 之波浪監測紀錄分析與其統計特性” 第 37 屆海洋工程研討會論文集，第 77-82 頁。
5. 莊文傑、曾相茂 (2016) 「臺灣海域之東北季風與國內五大商港海域之長浪特性」，105 年天氣分析與預報研討會論文集，A5 海象測報與應用，中央氣象局。
6. 邱永芳、蔡立宏、廖慶堂等，「2016 年 12 港域海氣象觀測資料年報」，交通部運輸研究所研究報告，2017 年 6 月。
7. 邱永芳、蔡立宏、羅冠顯等，「106 年國際商港海氣象觀測與特性分析」，交通部運輸研究所研究報告，2018 年 3 月。
8. 邱永芳、蔡立宏、廖慶堂等，「106 年國內商港海氣象觀測與特性分析」，交通部運輸研究所研究報告，2018 年 3 月。
9. 邱永芳、蔡立宏、廖慶堂等，「2017 年 12 港域海氣象觀測資料年報」，交通部運輸研究所研究報告，2018 年 3 月。
10. Nortek Acoustic Wave and Current Profiler (AWAC) user manual.
11. Gill 2-D ultrasonic anemometer WindObserver user manual.
12. SONIC 2-D ultrasonic anemometer SA-20 user manual.