

環島資料浮標觀測網成果概述

徐月娟¹ 高家俊² 林燕璋¹ 呂理弘¹ 饒國清² 林演斌²

中央氣象局海象測報中心¹

國立成功大學近海水文中心²

摘要

資料浮標觀測系統在海洋觀測中具有不受水深限制、可擴充觀測項目、自給自足能源供應及即時資料傳輸等優點，目前中央氣象局操作中之資料浮標包括花蓮浮標、新竹浮標、龍洞浮標、龜山島浮標、大鵬灣浮標及小琉球浮標等 6 座近海測站及台東外洋深海浮標。

本文統計中央氣象局資料浮標歷年觀測成功率，平均達 93.4%，2005 年 7 月份海棠颱風期間由花蓮資料浮標觀測到近 11m 之示性波高，為近年所測到之最大值，本文分析資料浮標由波譜法所計算波高(Hs)與觀測樁由零上切法所計算波高(H1/3)相差不大，波譜法計算所得之平均週期(Tz)低於零上切求得之週期(T1/3)。由示性波高與最大波高關係得知，最大波高約為示性波高 1.6~2.0 倍之間，顯示測得之 11m 示性波高當時最大波高可能達 20m 以上。除此，本文並提出幾個颱風觀測案例說明海氣象觀測成果。

關鍵字：中央氣象局，資料浮標，海象觀測

一、前言

海象是指潮汐、波浪及其他存在於大氣與海洋交界面的自然現象，除了潮汐、波浪以外，尚包括暴潮、海流、海水表面溫度及海面上之風、氣壓、氣溫等。中央氣象局海象測報中心掌管全國海象測報業務，包括波浪、潮位、海溫、海流及海面氣象等觀測，建置海象觀測系統，發展海象預報作業體系，建置海象資料庫以及海象資訊服務。

海象測報中心在 1994 年開始從事海象觀測業務，並不斷發展海上資料浮標觀測技術。首先於 1995 年在台中進行第一座資料浮標測試，在 1996 年布放蘭嶼浮標，1997 年正式布放第一座作業化資料浮標於新竹南寮海域，又陸續建置其他近海資料浮標站，水深為 20~40 公尺不等。2003 年在小琉球布放第一座水深達 90 公尺資料浮標，讓原有只能量測到淺海海氣象資料浮標向前邁進一大步。至 2006 年為止氣象局自行觀測浮標已有 5 座，與觀光局合作有 1 座，另外水利數為防災需求設置 4 座，共計 10 座近海資料浮標布放在台灣四周海域進行作業化海氣象觀測業務。

2006 年 8 月份中央氣象局已於台東蘭嶼東方 200 公里，水深 4880 公尺處布放一座外洋深水資料浮標，進行測試及評估，亦成功在珊珊颱風期間量測到達 10 公尺以上波浪，在海氣象觀測技術方面已與美國大氣海洋總署下資料浮標中心並駕齊驅。

二、中央氣象局資料浮標觀測網

中央氣象局海象測報中心為充實環島觀測網之外海海氣象觀測，研發製作並操作適合我國海域之海

氣象資料浮標觀測系統，以即時傳輸方式將資料傳送回中央氣象局，作為海氣象預報作業參考資訊，其資料浮標分佈如圖 1 所示，測站基本資訊如表 1 所示。

資料浮標觀測系統的軟硬體包括：1. 浮標本體；2. 錨繫系統；3. 能源系統；4. 儀測系統；5. 數據擷取與控制系統；6. 資料傳輸與接收系統等 6 子系統，缺一不可，每一部份均須設計良好，以避免觀測作業中斷或浮標流失，俾得完整及高品質之觀測資料。資料浮標之實體照片如照片 1 所示。

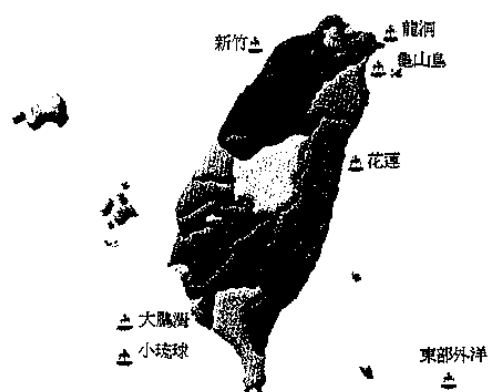
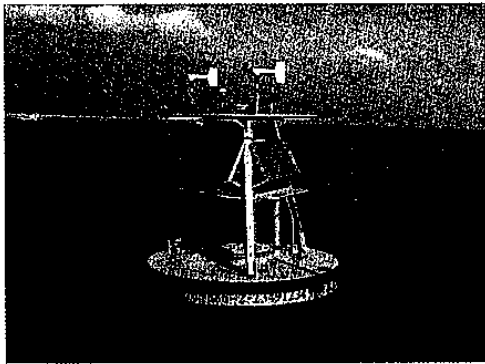


圖 1 中央氣象局環島資料浮標測站位置

目前資料浮標觀測系統作業架構共有海上資料浮標、岸上接收站、近海水文中心資料品管站及中央氣象局資料接收展示站等 4 站，各站間之資料傳輸及系統所有作業均採自動化設計，其觀測作業架構說明

如圖 2 所示。



照片 1 海氣象資料浮標

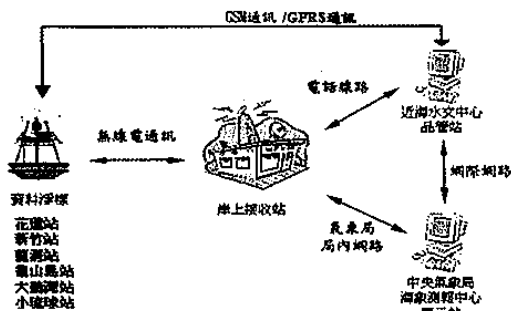


圖 2 浮標觀測資料傳輸系統示意圖

表 1 中央氣象局資料浮標站基本資訊

測站名稱 站碼	建置時間	測站位置	浮標布放點 水深(公尺)
花蓮 46699	86年5月	花蓮七星潭海域	30
新竹 46787	86年5月	新竹香山外海之定置漁場旁	18
龍洞 46694	90年10月	基隆龍洞南口海洋公園海域	30
龜山島 46708	91年5月	宜蘭龜山島龜尾部海域	18
大鵬灣 46744	91年11月	屏東縣東港青洲濱海遊憩中心西南方外海約4公里處	26
小琉球 46714	92年10月	屏東小琉球西南方海子口外海約2公里處	95

三、近年觀測成果

自 1997 年至 2005 年 6 個資料浮標觀測成功率如表 2 所示，這些測站每年平均進行 3 次定期保養，其中包括 1 次資料浮標回廠及重新布放一座新資料浮標系統，與 2 次海上定期維護，若系統發生異常也會依情況進行異常處理。依照上述維護計畫，這些年來氣象局每個資料浮標測站觀測成功率皆達 85% 以上，每年整體平均觀測成功率保持成長趨勢，上述統計期間總體觀測成功率平均達 93.4%。

觀測成功率=回傳至品管站之資料筆數÷應觀測資料筆數

表 2 中央氣象局資料浮標逐年觀測成功率(%)

浮標站	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	平均
花蓮	88.5	85.9	98.0	86.8	89.2	92.5	98.5	92.6	92.5	91.9
新竹	92.6	82.1	88.0	87.8	90.6	92.5	94.6	93.0	91.5	90.3
龍洞	-	-	-	-	91.3	90.0	99.5	97.8	90.4	93.8
龜山島	-	-	-	-	-	91.9	94.1	94.8	94.6	93.9
大鵬灣	-	-	-	-	-	-	93.0	99.8	95.3	96.0
小琉球	-	-	-	-	-	-	-	97.8	91.2	94.5
總平均	90.5	84.0	93.0	87.3	90.4	91.7	95.9	96.0	93.0	93.4

四、波譜法與零上切法分析波浪差異

描述波浪的方法有兩種，一種是從水面變動時序列來描述波浪，另一種從頻譜來表現。資料浮標隨波運動，量測水粒子加速度，藉由波譜計算示性波高，其波高與週期是波譜表示法(spectral representation)；而傳統波浪量測用壓力式或音波式量測水面變動，如海上觀測樁，再透過零上切法計算示性波高，此為時間序列表示法(temporal representation)。兩者有何差異，為研究人員所感興趣之課題。

資料浮標是隨波逐流的觀測方式，沒有量測水位變動，量測的是水粒子加速度運動，可以轉換成波譜，而波高與週期則從波譜計算得來，如(4-1)式、(4-2)

式所示，式中 $m_i = \int f^i s(f) df$ 為一維能譜之第 i 階矩。求得之波高稱為示性波高(Significant wave height, H_s)，週期稱為平均週期(Mean wave period, T_z)。

$$H_s = 4.004 \sqrt{m_0} \quad (4-1)$$

$$T_z = 2\pi \sqrt{\frac{m_0}{m_2}} \quad (4-2)$$

然而，海上觀測樁上設置有超音波波高陣列，可以量測水面變動，再應用零上切法分析水位時序列，分析所得者稱為示性波高(稱之為 $H_{1/3}$)與示性週期(稱之為 $T_{1/3}$)。

本節利用水利署七股觀測樁歷年觀測資料探討 $H_s \sim H_{1/3}$ 與 $T_z \sim T_{1/3}$ 關係。分析結果如圖 3、圖 4 所示，從圖中可知由波譜計算的波高(H_s)與由零上切法計算的波高($H_{1/3}$)相當一致；但週期的差異較大，由零上切法求得之週期($T_{1/3}$)普遍大於由波譜法求出之平均週期(T_z)。由於不同量測儀器與分析方法本有不同之特性，觀測資料在確認做好檢校與品管後極為正確值，時序列分析法與波譜法計算結果之差異在此清楚表示，此結果可供應用時參考。惟必須注意的是此結果係由七股觀測樁資料分析獲得，不同儀器設備與

不同地點是否適用有待未來進一步研究。

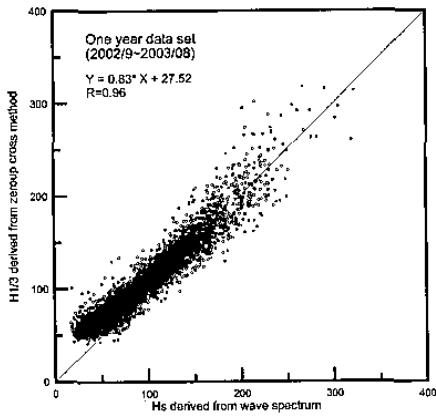


圖 3 利用零上切法與波譜法計算波高之比較

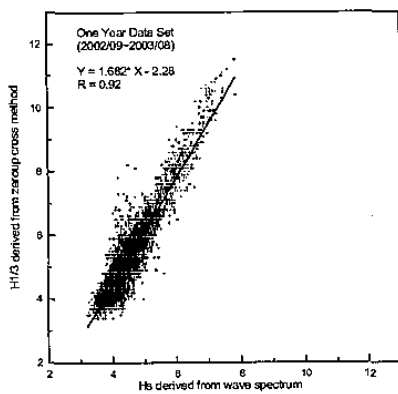


圖 4 利用零上切法與波譜法計算週期之比較

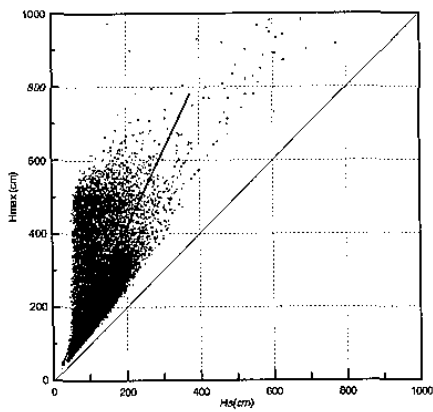


圖 5 最大波高與三分之一波高關係(七股觀測樁資料)

長期的觀測資料可以進行可靠性很高的統計分析，本節進一步利用七股觀測樁歷年以來測得之三分之一波高(H1/3)及最大波高(Hmax)資料，探討兩者之間的關係，根據波浪學理之介紹，一般認為最大波高約為三分之一波高的 1.6 倍，從七股觀測樁的分析結果顯示(如圖 5)，最大波高亦可達三分之一波高的 2.0 倍，即 Hmax 約為 H1/3 之 1.6~2.0 倍之間，從下圖可看出分析結果之變異數隨著波高越大而越大，當三分之一波高為 3.5m 時最大波高從 4.0m~8.0m 都有可

能，變異性愈大的統計結果在應用時僅供參考。

五、颱風與寒潮期間觀測成果

本章節於氣象局資料浮標觀測網分佈在台灣四周各選出一個代表測站，探討觀測期間所蒐集到代表性颱風之海氣象特性；並在冬季寒潮來襲時，影響較明顯之龍洞資料浮標站，提出所觀測到受鋒面影響之海氣象資訊特性，說明如下：

(一)資料浮標觀測颱風成果

1. 東北角海域颱風期間海氣象觀測資料

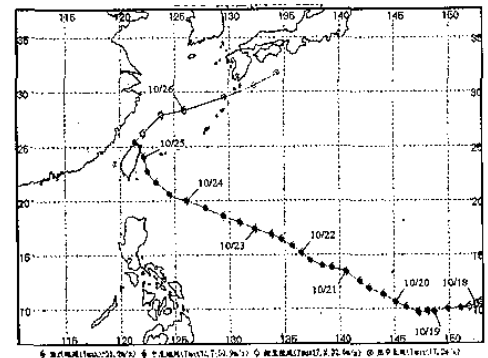


圖 6 2004 年 10 月納坦颱風路徑圖

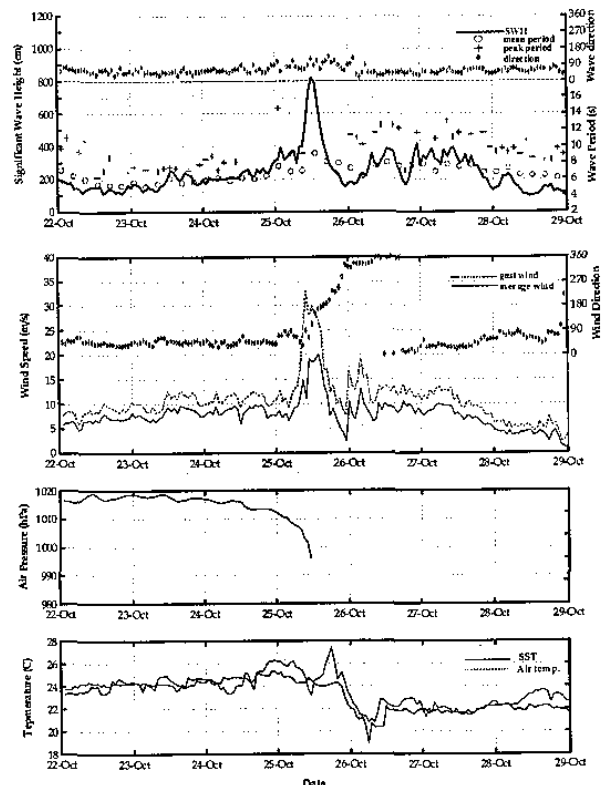


圖 7 東北角海域-龍洞資料浮標颱風期間觀測結果 (2004 年 10 月納坦颱風)

龍洞資料浮標站位於東北角龍洞南口海洋公園海域，以 2004 年 10 月納坦颱風所量測到颱風資料為

代表，颱風警報發佈時間為 10 月 23 日~10 月 26 日，屬於中度颱風。納坦颱風路徑圖如圖 6，於 10 月 25 日 10 時 30 分左右在頭城至三貂角間登陸，於 13 時 15 分左右在淡水至富貴角一帶進入臺灣北部海面，接著轉向東北加速朝琉球北方海面移動。

龍洞資料浮標所測到海氣象資訊顯示如圖 7，颱風風力在 25 日 7 時起明顯轉強，最大平均風速發生在 25 日 10 時，觀測值為 19.3m/s，風向為北，波高伴隨風在 25 日 7 時起快速成長，並於 25 日 11 時發生最大示性波高 8.16m，颱風在靠近龍洞浮標後快速轉向遠離，於 25 日 17 時，平均風速觀測值衰減為 7.6m/s，風向為 SSW，波高亦呈現快速消滅，於 25 日 21 時後衰減至 2m 以下。本次測到波高變化為單一次尖峰波型態，其變化呈現出快速成長及快速削減變化型態，由上面說明可瞭解波場變化與颱風行進路線及行進速度有相當關連。

在颱風影響期間氣壓觀測值均明顯降低，但測計受到颱風侵襲而受損，並未量測到完整變化，氣溫及水溫觀測值，在颱風影響及遠離後，有明顯下降趨勢，顯示颱風不穩定降雨天氣型態對於當地能量消滅，而產生溫度下降現象。

2. 東部海域颱風期間海氣象觀測資料

花蓮資料浮標站位於東部花蓮七星潭海域，其量測到代表性颱風資料為 2005 年 7 月海棠颱風，其颱風路徑如圖 8 所示，颱風警報發佈時間為 7 月 16 日~7 月 20 日，屬於強烈颱風，向西通過台灣北部陸地，侵台時間為 7 月 18 日清晨接近台灣時，在花蓮外海逆鐘向打轉一圈後，於當日 14 時 50 分左右於宜蘭東澳附近登陸，22 時左右於苗栗後龍附近進入台灣海峽，繼續向西北移動。

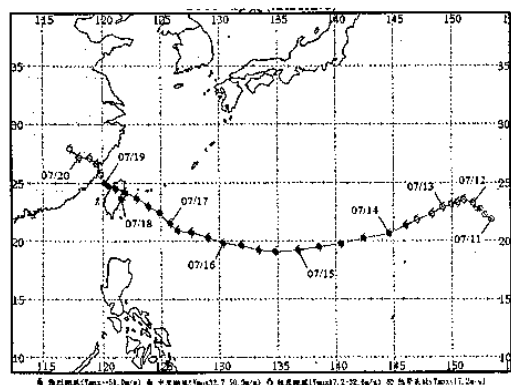


圖 8 2005 年 7 月份海棠颱風路徑圖

花蓮資料浮標所測到海氣象資料顯示如圖 9，颱風風力在 17 日 17 時起明顯轉強，最大平均風速發生在 18 日 07 時，觀測值為 26.5m/s，風向為 N，測到最大陣風為 35.3m/s，由氣壓量測值及風速量測值，可瞭解在颱風中心接近測站時，風速突然驟降，颱風中心遠離時風速再度陡升，於是可看到颱風眼經過當地時量測到風場兩個尖峰值。波高伴隨颱風逐漸接

近，於 16 日 16 時起緩慢成長，並於 18 日 07 時發生最大示性波高 10.82m，為歷年來在花蓮海域量測到大颱風波浪之一。

颱風風場在靠近台灣本島後受到地形影響，颱風結構被破壞，颱風強度由強烈轉中度颱風，並於颱風過中央山脈後，於 18 日 16 時平均風速觀測值快速衰減至 1.0m/s，風向為 ESE，波高亦呈現快速消滅。

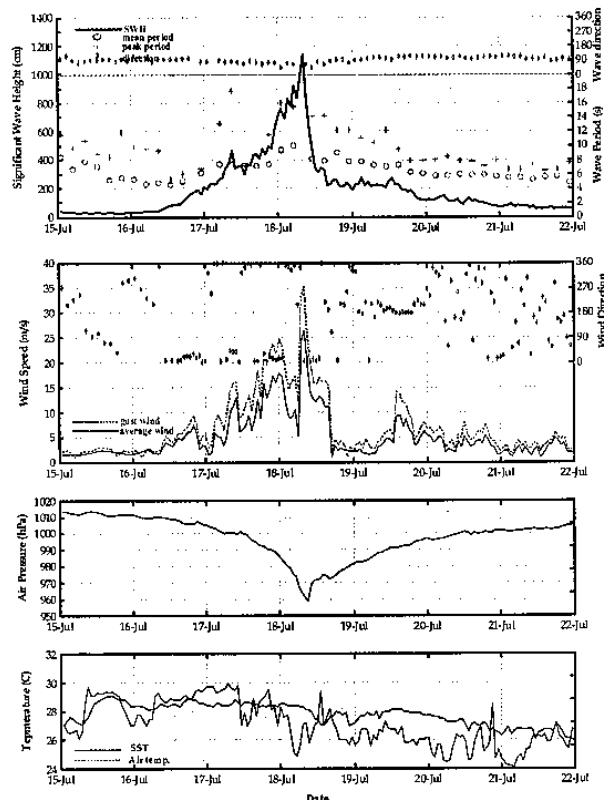


圖 9 東部海域-花蓮資料浮標颱風期間觀測結果 (2005 年 7 月海棠颱風)

本次測到風速雖然有兩次尖峰變化，但波高僅為單一次尖峰變化，波高變化呈現出緩慢成長及快速削減型態。波高之緩慢成長與颱風行進路線及緩慢行進速度有相當關連；而波高快速削減則與颱風受到中央山脈陸地遮蔽有相關。

3. 西部海域颱風期間海氣象觀測資料

新竹資料浮標站位於西部新竹香山外海之定置漁場旁，其量測到代表性颱風資料為 2005 年 8 月份泰利颱風，其颱風路徑如圖 10 所示。颱風警報發佈時間為 8 月 30 日~9 月 1 日，屬於強烈颱風，向西通過台灣中部陸地。侵台時間為 9 月 1 日清晨到達花蓮近海，其低層環流中心呈現滯留打轉並減弱消失，且隨即由台中西方近海形成之副低壓中心取代，並持續向西北西移動。

新竹資料浮標位於泰利颱風行進路徑以北，所測到海氣象資料顯示如圖 11。颱風風力在 8 月 31 日 08 時起明顯轉強，最大平均風速發生在 9 月 1 日 00 時，觀測值為 22.7m/s，風向為 N，測到最大陣風為

28.7m/s，由氣壓量測值及風速量測值，可瞭解在颱風中心通過中央山脈後，低層環流中心呈現滯留打轉並減弱消失，風速突然驟降，隨即由台中西方近海形成之副低壓中心形成後，風速再度陡升，於是可看到量測到風場兩個尖峰值。波高伴隨颱風風場變化，亦有兩次大波高生成，第一次發生在 9 月 1 日 0 時發生最大示性波高 4.95m，對應週期為 7.0 秒，第二次大波發生在 9 月 1 日 13 時發生最大示性波高 2.4m，對應週期為 6.2 秒。

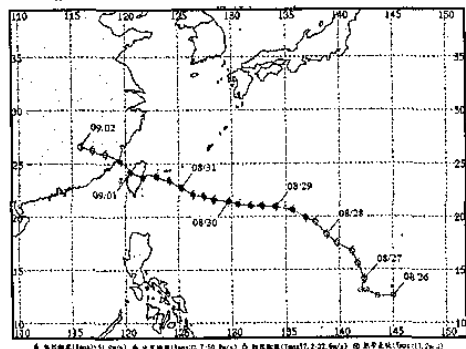


圖 10 2005 年 8 月份泰利颱風路徑圖

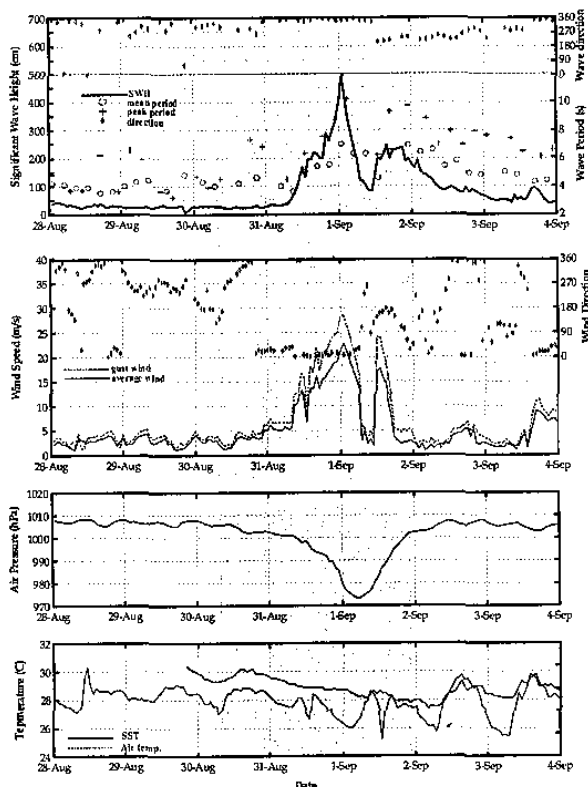


圖 11 西部海域-新竹資料浮標颱風期間觀測結果 (2005 年 8 月泰利颱風)

由於泰利颱風過中央山脈時，低層環流中心在台灣東岸花蓮附近減弱消失，另在西岸台中近海形成副低壓中心。風速及波高皆發生兩次尖峰值，其中波浪變化型態呈現第一尖峰波高緩慢成長及快速削減，第二尖峰波高快速成長但緩慢削減，且第一尖峰波高較第二尖峰顯著。由上面說明可瞭解波高變化與這一類

過山路徑之颱風，一面減弱消散及另一面形成副低壓中心這種特殊變化型態有關。

4. 南部海域颱風期間海氣象觀測資料

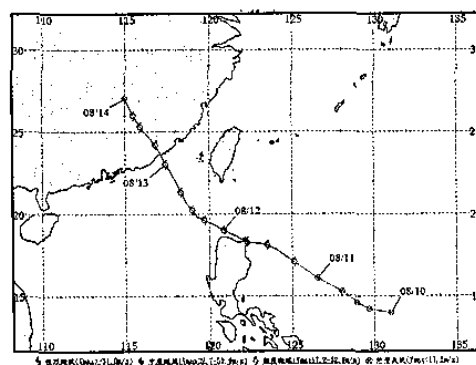


圖 12 2005 年 8 月份珊瑚颱風路徑圖

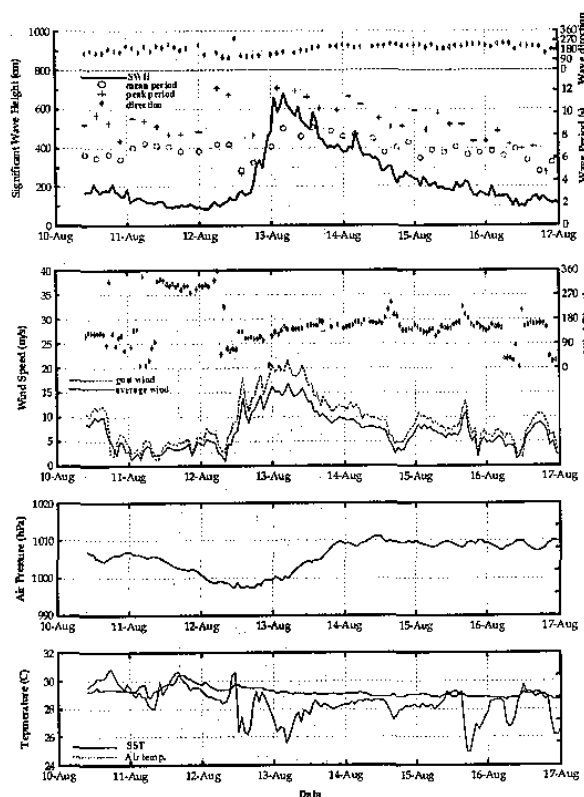


圖 13 南部海域-小琉球資料浮標颱風期間觀測結果 (2005 年 8 月珊瑚颱風)

氣象局在南部海域設置測站為大鵬灣及小琉球資料浮標站，其中小琉球資料浮標測站位於屏東小琉球西南方海子口外海約 2 公里處，該處水深相對於其他靠近台灣沿岸浮標較深很多達 95m，其量測到代表性颱風資料為 2005 年 8 月份珊瑚颱風，其颱風路徑如 12 所示，颱風警報發佈時間為 8 月 11 日~8 月 13 日，屬於輕度颱風，向西通過巴士海峽及台灣海峽南部。珊瑚颱風 8 月 11 日於呂宋島東方海面生成後，向西北西方向移動，通過呂宋島東北角，進入巴士海峽。隨後移動方向逐漸轉為西北，進入台灣海峽南

部。13 日在汕頭附近進入大陸，14 日減弱為熱帶性低氣壓。

小琉球資料浮標所測到海氣象資料顯示如圖 13，颱風風力在 8 月 12 日 12 時起明顯轉強，最大平均風速發生在 8 月 13 日 04 時，觀測值為 16.8m/s，風向為 SSE，測到最大陣風為 21.5m/s，風場呈現一緩慢成長及緩慢消滅變化型態。

波高呈現出一快速成長及緩慢消滅變化型態，即颱風通過測站後，測站持續量測到湧浪。這裡所測到湧浪為典型颱風通過台灣後，西南氣流在台灣海峽產生湧浪之情形。

(二)資料浮標觀測寒潮成果

台灣冬季常有寒潮爆發、氣溫驟降的天氣型態，此時先有冷鋒過境，西伯利亞高壓中心前緣密集的氣壓梯度伴隨著強烈的東北季風隨後抵達台灣，接著冷氣團東移出海，周期大約一週。圖 14 顯示龍洞資料浮標於 2000 年 1 月冬季受寒潮及鋒面影響典型之波浪變化，在 1 月 24 日 04 時起受到一波強烈寒潮影響波高急遽成長，一直持續到 30 日，歷時約一週。這種受到東北季風影響之波高與颱風期間波高大小相當，最大示性波高發生在 1 月 25 日 10 時，波高測值為 4.9m，週期為 9.1 秒，其波浪週期較颱風期間週期來的大。

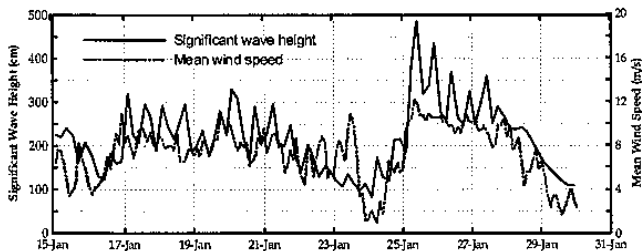


圖 14 東北角海域冬季鋒面期間典型之海況變化
(資料時間：2000 年 1 月)

六、結論與建議

本文統計中央氣象局 6 個資料浮標自建站以來成效，並敘述近年來觀測到台灣四周海域在颱風侵襲時海氣象資料特性及冬季寒潮影響期間海氣象特性，可歸納下幾點結論與建議：

1. 中央氣象局自 1994 年開始研發海上資料浮標觀測技術，逐步發展從淺水域至深水域，從近海至外洋，歷經許多關鍵技術的突破，已達到國際水準。資料浮標站歷年整體平均觀測成功率保持成長趨勢，總體觀測平均成功率亦達 93.4%。
2. 由資料浮標觀測到數值由波譜計算的波高(Hs)與由零上切法計算的波高(H1/3)相當一致，但由零上切法求得之週期(T1/3)普遍大於由波譜法求出之平均週期(Tz)。

3. 龍洞資料浮標(東北角海域)於 2004 年 10 份納坦颱風侵襲期間，觀測到波場為單一次尖峰波高型態，其變化呈現出快速成長及快速削減變化型態，由內文說明可瞭解波場變化與颱風行進路線及行進速度有相當關連。
4. 花蓮資料浮標(東部海域)於 2005 年 7 份海棠颱風侵襲期間，觀測到歷年來最大波高 10.82m，並且測到風場雖然有兩次尖峰變化，但波場僅為單一次尖峰波高，波場變化呈現出緩慢成長及快速削減變化型態，由內文說明可瞭解波場其緩慢成長與颱風行進路線及緩慢行進速度有相當關連，而波場快速削減與颱風與颱風受到中央山脈陸地遮蔽有相關。
5. 新竹資料浮標(西部海域)於 2005 年 8 份泰利颱風侵襲期間，由氣象局發佈颱風資訊瞭解颱風之低層環流中心在台灣花蓮呈現滯留打轉並減弱消失，且台中西方近海形成之副低壓中等現象，造成風場及波場皆發生兩次次尖峰值，其中波浪變化型態為第一波高緩慢成長及快速削減變化型態，第二波高變化波高快速成長及緩慢削減變化，由內文說明可瞭解波場便與颱風消散及副低壓中心這種特殊變化型態有關。
6. 小琉球資料浮標(南部海域) 2005 年 8 月份珊瑚颱風侵襲期間，觀測出波高呈現出一快速成長及緩慢消滅變化型態，即颱風通過測站後，測站持續量測到湧浪。這裡所測到湧浪為典型颱風通過台灣後在台灣海峽產生湧浪之情形。
7. 龍洞資料浮標於 2000 年 1 月冬季觀測出受鋒面影響典型波浪變化，波浪受到鋒面影響急遽成長，歷時約一週，這種受到鋒面影響之波高與颱風期間波高大小相當。

參考文獻

1. 黃致達(1988)“台灣海峽風浪特性”，碩士論文。
2. 簡仲璟、曾相茂(1999)“花蓮港颱風特性研究”，第 21 屆海洋工程研討會。
3. 董東璟、張春梅、莊士賢、高家俊(1999)“颱風波浪之時頻域特性”，第 21 屆海洋工程研討會。
4. 鄧中柱(2003)“深海浮標之可行性研究”，中央氣象局研究計劃期末報告，計劃編號 MOTC-CWB-92-3M-08。
5. 水利署期末報告(2005)“近海水文網維護與管理與功能提昇計畫”。
6. 中央氣象局期末報告(1997~2005)“資料浮標年度觀測資料”。