

# 東北角海岸波浪與人員落海相關性之探討

饒國清<sup>1</sup> 施孟憲<sup>1</sup> 方正光<sup>2</sup> 滕春慈<sup>3</sup> 黃清哲<sup>1</sup>  
國立成功大學近海水文中心<sup>1</sup> 觀光局東北角暨宜蘭海岸國家風景區<sup>2</sup>  
中央氣象局海象測報中心<sup>3</sup>

## 摘要

台灣海域平均每年有數十起遭受瘋狗浪襲擊而落海的意外事件(蔡與蔡, 2007)。根據國內學者的研究顯示, 大部分被浪擊落海之意外事件, 多集中於台灣北部及東北部海域。其中, 颱風及東北季風期間長浪是東北角海岸釣客及遊客落海主因之一。本文根據氣象局及觀光局東北角暨宜蘭海岸國家風景區管理處委託成功大學近海水文中心, 所布放之龍洞及龜山島海氣象資料浮標觀測資料, 探討分析東北角風管處所轄海域在近四年發生18起意外落水事件與天氣、海象、落水地點海岸線關係。此外, 進一步蒐集2013年11月海燕颱風與2014年10月黃蜂颱風期間的風速及風湧浪資料, 探討長浪危險警戒時段與當時發生人員落海的高度關連性。

關鍵字：瘋狗浪、海氣象資料浮標、海燕颱風、黃蜂颱風、風浪、湧浪

## 一、前言

台灣海域平均每年有數十起海岸附近遭受瘋狗浪襲擊而落海的意外事件(蔡與蔡, 2007)。而根據國內學者的研究顯示, 大部分被浪擊落海之意外事件, 多集中於台灣北部及東北部海域, 如圖1即為台灣各地發生浪擊落海事件分布圖, 由圖1明顯看出落海事件在西南海岸較少, 東部漸增而北部及東北部則占最大多數。

然而根據研究, 颱風及東北季風期間長浪是東北角海岸釣客及遊客落海主因之一。其中, 颱風發布前, 從颱風處傳到東北角的長浪, 以往因為疏忽這潛在危險, 常常發生岸邊意外落海事故。然而近幾年, 政府在颱風發布前諄諄宣導及管制, 這類事件已有逐漸減少趨勢。然而, 針對氣象局沒有發布颱風警報的中度以上強度、通過台灣東部遠方的颱風, 在海岸活動民眾最容易失去警覺, 而導致意外落海事故頻傳。2013年海燕(國際命名: HAIYAN)強烈颱風及2014年黃蜂(國際命名: VONGFONG)強烈颱風, 就是最明顯例子。

海燕颱風在2013年11月4日於關島東南方生成(如圖2), 並往菲律賓方向移動, 於11月6日強度已到達強烈颱風等級, 中心附近風速達到每秒63 m, 11月8日侵襲菲律賓中部造成毀滅性破壞, 官方確認逾6300人罹難。而從菲律賓傳來長浪, 於11月8日晚上, 造成成功鎮新港漁港月光號膠筏搭載3名釣客出海釣魚遭到側浪打翻, 1人游上岸, 2名許姓釣客失蹤(11月10日中央社), 相隔一日, 在11月9日龍洞地質公園因為瘋狗浪, 造成8死8傷的重大意外。

黃蜂颱風在2014年10月3日於關島東南方生成(如圖3), 並往日本方向移動, 10月8日已達強烈颱風, 中心位置約在鵝鑾鼻東南東方1410公里之海面上, 中心附近最大風速每秒58 m, 颱風沿著東部遠方

海域往日本移動, 10月12日強度轉為中度的黃蜂颱風移動至臺北東北東方680公里之海面上, 10月13日黃蜂颱風登陸日本, 且強度轉為輕度, 隨後受地形破壞減為低氣壓。此外, 10月6日至12日之間, 同時存在強烈東北季風影響, 10月10日至13日更是東北季風與颱風外圍環流同時影響台灣周圍海域。根據蘋果日報10月15日的報導, 新北市、基隆市及宜蘭縣的東北角海岸, 連續三天均傳釣客落海意外, 共有九人遭瘋狗浪捲走, 其中三人喪命, 還有一人獲救後命危。

本文根據氣象局及觀光局東北角暨宜蘭海岸國家風景區管理處委託成功大學近海水文中心, 所布放之龍洞及龜山島海氣象資料浮標觀測資料, 探討分析近四年發生18起意外落水事件, 與天氣、海象、落水地點海岸線關係。此外針對2013年11月海燕颱風與2014年10月黃蜂颱風期間的風速、波浪及湧浪資料, 並引用氣象局長浪警戒標準(示性波高1.5 m、平均週期8秒)與本文建議的湧浪警示標準(湧浪示性波高1.5 m、湧浪平均週期8 sec), 探討長浪危險警戒時段與當時發生人員落海的高度關連性。

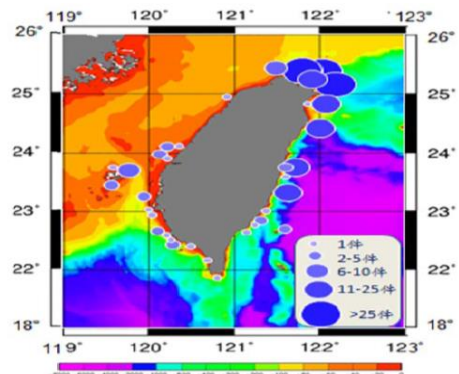


圖1 浪擊落海事件位置分布圖(災害性瞬變海象之研究(2/4)計畫報告, 民國102年, 中央氣象局)

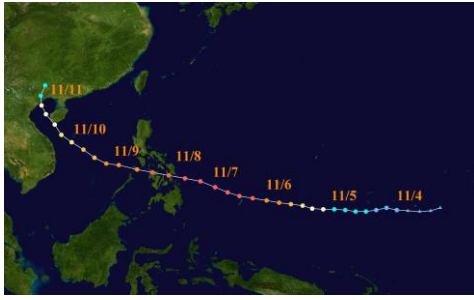


圖2 海燕颱風路徑(來源：維基百科)



圖3 黃蜂颱風路徑(來源：氣象局)



圖4 東北角浮標位置

## 二、東北角海域資料浮標

### (一)浮標位置與功能

東北角海域資料浮標包括在龍洞四季灣外的龍洞浮標、龜山島尾端海域的龜山島浮標及蘇澳港北方約5公里外海域的蘇澳浮標(如圖4)。這些東北角海域浮標每小時提供最新海氣象資訊，以為政府部門做海岸管理與一般民眾海上休閒活動參考依據。

### (二)浮標觀測系統

資料浮標觀測系統包括兩組風速風向計、一組波浪儀、一組氣壓計、一組全球衛星定位系統、一組氣溫計及兩組水溫計。

## 三、分析方法

波浪在頻率域的分離風湧浪方法採用Wang and Hung (2001)所提出波浪尖銳度演算法(Wave Steepness Algorithm)，此法是美國資料浮標中心(NDBC)所採用風湧浪的一維波譜分離法，利用計算

波浪尖銳度的最大值來推算風浪及湧浪分離頻率，又稱為二分法，計算數學式如下：

$$\xi(f) = \frac{H_s(f)}{L(f)} = \frac{2\pi H_s(f)}{gT_z(f)^2} = \frac{8\pi m_2(f)}{g\sqrt{m_0(f)}} \quad (1)$$

其中

$$H_s(f) = 4\sqrt{m_0(f)}$$

$$T_z(f) = \sqrt{\frac{m_0(f)}{m_2(f)}} \quad (2)$$

$$m_n(f) = \int_{f_i}^{f_{\max}} f^n S(f) df, \quad n=0, 2$$

每個頻率  $f_i$  所求得波浪尖銳度為

$$\xi(f_i) = \frac{8\pi \left[ \int_{f_i}^{f_{\max}} f^2 S(f) df \right]}{g \left[ \int_{f_i}^{f_{\max}} S(f) df \right]^{1/2}} \quad (3)$$

根據NDBC的經驗公式，分離頻率  $f_{s\xi}$  與最大波浪尖銳度推算頻率  $f_m$  關係式如下：

$$f_{s\xi} = 0.75 f_m \quad (4)$$

此方法在風速小時會造成高估風浪的情形，可用成熟浪P-M譜的尖峰頻率來修正，其中

$$f_{PM} = 1.25C / U_{10} \quad (5)$$

根據NDBC的經驗C為0.9，風湧浪分離頻率  $f_s$  是以波浪尖銳度推算分離頻率  $f_{s\xi}$  及P-M譜(Pierson-Moskowitz spectrum)推算分離頻率  $f_{PM}$  兩者中較大頻率來做決定。

## 四、結果與討論

### (一)歷年落海事件與波浪之相關性探討

根據前人研究資料及新北市消防局落水事件統計資料，可將東北角風管處所轄海域在近四年發生之意外落水事件整理如表1所示。再利用落水地點查詢附近測站在意外落水事件發生時之浪高、週期、波向、風速，以及運用風湧浪分離方法計算的湧浪波高及湧浪週期，再將落水事件時的海氣象條件及入射波與落水地點海岸線關係整理如表1所示。

這些統計意外事件中，受颱風影響的事件有13起，其中發布颱風警報有兩起，包括2012年發布海上警報的杰拉華颱風，與2015年發布海陸警的蘇迪勒颱風，其他5件事務皆發生在東北季風期間。而風速超過6級的也只有101年2月2日龍洞浮標及101年9月29日蘇澳浮標(杰拉華颱風)，所以顯然由風力造成的風浪並非是這些事故發生的主因，而大部分是由颱風及東北季風所傳來的湧浪造成這些意外事件。所以這些落海事故，與颱風及東北季風期間所造成湧浪有很大關連性。

此外，根據統計數據發現18起意外發生時波高及湧浪波高均超過1 m，而由媒體報導在小浪情況下，落水意外是因為突如其來的大浪所致，本文乃藉由長浪警戒標準(示性波高1.5 m、平均週期8 sec)或湧浪警

示標準(湧浪示性波高1.5 m、平均週期8 sec)來探討事故與長週期的湧浪關係。從意外事件發生時之湧浪週期資料中，可以發現符合長浪警戒標準有8起事故，警示達成率僅44%，符合湧浪警戒標準有13起事故，警示達成率72%，所以引用本文湧浪警戒標準可有效預警大部分意外事故，而氣象局的長浪警戒標準預警結果並不如預期好。

進一步分析發生事故地點海岸線與鄰近浮標入射波向，發現有15起事故地點海岸線與當時入射波成近似垂直，研判是湧浪受到地形影響波浪能量累積，且在岸邊激起大浪將人捲入海中而發生落海事故。其他3起事故較特別是入射波向近似平行海岸，研判應是斜向傳遞的波浪，在岸邊活動人員或釣客疏忽警覺，一旦波浪突然間激起大浪，就容易發生捲人入海的意外。

所以造成海岸落海事故，不僅要考慮波高週期是否達到警戒標準，當波浪入射與岸線成垂直時，也是危險因素之一，應列入危險海岸的警戒標準之中。

## (二) 海燕颱風期間風湧浪變化與人員落海之相關性探討

本節主要探討2013年11月4日生成的海燕強烈颱風，11月8日侵襲菲律賓，11月8日晚上在台東造成3名釣客出海釣魚遭到側浪打翻，9日下午3點在龍洞地質公園形成的瘋狗浪，造成8死8傷的重大意外。本文採用東北角龍洞及龜山島浮標在11月4日至12日的觀測資料，分析颱風期間風湧浪變化，做為這次意外事件的人員落海成因之探討。

### 1. 浮標的風湧浪變化

龜山島浮標測到風速風向由圖5可得知，在4~5、7日是受到東北季風影響，風速在5~11.5 m/s 之間，其他時間則是受到海燕颱風外圍環流影響所致，風速在2~11.5 m/s 之間，其中6及10日風速轉小。龜山島浮標風浪波高由圖6可瞭解，在這段期間是隨著浮標風速變化而改變，風浪波高維持在0.2~2.0 m之間。其中，4日及11日風浪波高接近2.0 m，這應是接近10.0 m/s強勁風速，所造成的風浪；6日及10日大部分時段風浪波高降低到0.5 m以內，則是風速轉小的緣故。此外，受風力影響，風浪方向維持在東向至北向之間，但6日、8日~10日期間則轉為西南向及南向。

龜山島浮標的湧浪由圖6可瞭解，波高變化相較風浪，有比較多時段與整體波高一致，顯示在這期間波浪成分中是以湧浪為主，風浪為輔。最大湧浪示性波高發生在9日中午，最大湧浪示性波高為3.0 m、平均週期12.7 sec、方向203度。

龜山島浮標在此颱風期間觀測到湧浪是否達長浪警戒標準(示性波高1.5 m、平均週期8 sec)或湧浪警戒標準(湧浪示性波高1.5 m、平均週期8 sec)，經檢視圖6結果可得知，在9日早上7點以後到晚上及10日早上7~11點皆達到長浪警戒標準，而湧浪警戒標準則有

9日及11日早上都符合，其中在9日湧浪突然快速成長，湧浪示性波高從約0.97 m快速增加到3.03 m，這種海象條件非常容易發生海岸落海意外。

龍洞浮標風浪波高從圖8可瞭解，在這段期間是隨著浮標風速變化(如圖7)而改變，風浪波高維持在0.2~2.4 m之間，其中6、7及10日的大部分時段波高降低到1 m以內。至於湧浪從圖8可看出，變化幅度與波浪接近，大部分時段皆高於風浪，最大湧浪示性波高發生在11日晚上，最大湧浪示性波高為2.3 m、平均週期8.1 sec、方向90度。此外，湧浪方向皆與波浪同方向，在北至東向之間，表示這期間的湧浪是從台灣東北邊東北季風高壓中心傳向東北角海域，但9日當天湧浪則為東南向，從圖9~10可看出海燕颱風雖然距離台灣很遠，但因為颱風強度是該年度最強強烈颱風，研判湧浪是從菲律賓東邊海燕颱風傳來的。

龍洞浮標在此颱風期間觀測到湧浪是否達長浪警戒標準(示性波高1.5 m、平均週期8 sec)或湧浪警戒標準(湧浪示性波高1.5 m、平均週期8 sec)，經檢視圖8結果可得知，颱風期間皆未達到長浪警戒標準，但是4日、9日及11日都達到湧浪警戒標準，其中在9、11日共有2個時段湧浪突然快速成長，9日湧浪示性波高從約0.2 m快速增加到2.0 m，11日湧浪示性波高從約0.5 m快速增加到2.3 m，這種海象條件非常容易發生海岸落海意外。

### 2. 意外落海事件與颱風長浪相關探討

根據2013年11月10日的新聞報導，受菲律賓的強烈颱風海燕傳來的長浪影響，於2013年11月9日下午3點在龍洞灣海洋公園發生瘋狗浪事件，造成8死8傷的重大意外，本文以浮標的湧浪資料及警戒標準間關係說明如下：

由於發生事故地點龍洞灣海洋公園位於龍洞浮標北邊，由圖10可瞭解，事發前一日及當天下午，海燕颱風侵襲菲律賓後正逐漸往西南方海域移動，距離事發地點超過1600公里。經檢視龍洞浮標在9日早上到下午觀測資料，示性波高變化介於1.71~2.11 m，平均週期6.5~7.5 sec，這些條件尚未到達氣象局長浪警戒標準(示性波高1.5 m、平均週期8 sec)。此外，平均風速6.9~9.6 m/s(4~5級風)，風向145~192度，風浪示性波高0.5~1.37 m、風浪平均週期3.4~5.3 sec、主波向11~135度，這些資料顯示風浪並不大。但是進一步檢視湧浪資料，發現湧浪週期9.2~12.4 sec、湧浪示性波高0.2~2.0 m、湧浪主波向101~158度，這些顯示9日當天大部分時間浮標資料已達本文的湧浪警戒標準(湧浪示性波高1.5 m、平均週期8 sec)，也就是當時長浪很明顯，且當時這些長浪波向也與海岸線也近似垂直，易造成岸邊的異常大浪，所以11月9日在龍洞附近海岸線是處於危險狀態。



表1近四年(2012~2015年)東北角海域意外事件  
及海象關連表

編號	日期	地點(縣市)	超過長浪 警戒標準	超過湧浪 警示標準	波向與岸 線關係
01	2012/2/2	新北市濱海公路仰澳段 112 公里處	無	有	近似平行
02	2012/6/6	新北市濱海公園鼻頭角海域(北濱 83.5 公里處)	無	有	近似平行
03	2012/9/15	宜蘭縣大溪漁港	無	有	近似垂直
04	2012/9/27	新北市貢寮鄉龍洞媽祖廟	有	有	近似垂直
05	2012/9/29	宜蘭縣內埤海邊	有	有	近似垂直
06	2012/10/14	宜蘭縣頭城梗枋漁港北防坡堤	無	無	近似垂直
07	2013/1/13	新北市台二 113 公里處鶯歌石漁港附近	無	無	近似垂直
08	2013/1/14	新北市龍洞佛祖廟	有	有	近似垂直
09	2013/4/7	新北市龍洞佛祖廟	無	有	近似垂直
10	2013/10/25	宜蘭縣大溪漁港	有	有	近似平行
11	2013/11/9	宜蘭縣大溪漁港	有	有	近似垂直
12	2013/11/9	新北市鼻頭角海蝕平台步道(鼻頭國小下方)	無	接近	近似垂直
13	2014/10/11	新北市瑞芳區台二線八十三公里鼻頭角海域礁石	有	有	近似垂直
14	2014/10/12	基隆海洋大學堤防	有	有	近似垂直
15	2014/10/13	新北市鼻頭隧道佛祖廟	有	有	近似垂直
16	2015/7/14	宜蘭縣蘇澳鎮內埤海邊	無	無	近似垂直
17	2015/8/6	宜蘭縣蘇澳內埤海灘	無	無	近似垂直
18	2015/12/18	新北市瑞芳區水溝洞	無	無	近似垂直

\*資料來源:宜蘭縣消防局

進一步分析，11月9日下午3點事發當時，依據龍洞資料浮標觀測資料顯示，陣風為10.4 m/s(5級風)、平均風速8.1 m/s(5級風)、風向176度(南風)、示性波高1.94 m、平均週期6.5 sec、主波向113度，風浪示性波高為1.37 m、風浪平均週期5.1 sec，主波向90度，湧浪示性波高為1.44 m、湧浪平均週期11.7 sec，主波向113度。所以當時風速稍強，湧浪稍大於風浪，此外湧浪資料雖然未達長浪警戒標準，但已接近湧浪警示標準，且意外發生前後湧浪示性波高達2.0 m，已超過湧浪警示標準，證實當時海域長浪明顯，而湧浪的主波向也與事故地點海岸線近似垂直，波浪能量很容易受到地形影響而累積，加上事發當時龍洞海域處於高潮位，這樣的湧浪遇到近岸礁岩地形常會形成異常浪。因此研判海燕颱風方向所傳過來的湧浪，應是造成人員被捲入海中之主要原因。

另一方面從南邊龜山島海域也能發現長浪情形，首先檢視龜山島浮標在11月9日下午3點的觀測資料，示性波高2.6 m、平均週期9.6 sec、主波向203度，平均風速7.7 m/s、風向178度，湧浪示性波高2.4 m、

平均週期12.0 sec、主波向203度，這些資料顯示龜山島海域已達氣象局長浪警戒及本文建議湧浪警示標準，且長浪是從菲律賓處海燕颱風方向所傳過來，加上當時波向與南岸碼頭是近似垂直，符合發生異常浪條件。進一步察看龜山島南岸碼頭視訊站影像資訊，由圖11發現在9日下午4點也拍到很大異常浪，這能間接證明龍洞地質公園人員落海是受到長浪造成異常浪侵襲的可能性。

綜合以上資訊研判，龍洞海域在2013年11月9日傍晚以前皆已達本文建議湧浪警示標準，顯示長浪現象明顯，且事發時為高潮位，波向與海岸線也近似垂直，海岸確實存在異常浪侵襲危險狀態，這與當時發生人員落海有很大關連，此外9日當天波浪由0.2 m快速增加到2.0 m也是讓人容易發生意外另一個主因。

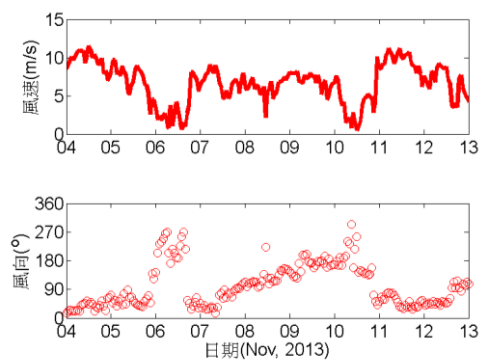


圖5龜山島浮標在海燕颱風期間  
(2013/11/04~2013/11/12)風速變化

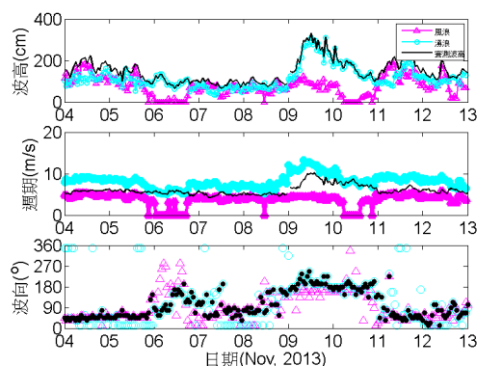


圖6龜山島浮標在海燕颱風期間  
(2013/11/04~2013/11/12)風湧浪變化

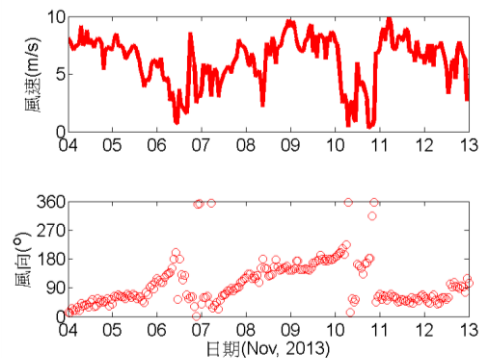


圖7龍洞浮標在海燕颱風期間  
(2013/11/04~2013/11/12)風速變化

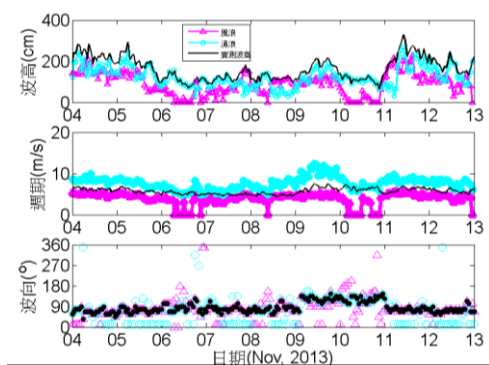


圖8龍洞浮標在海燕颱風期間(2013/11/04~2013/11/12)風湧浪變化

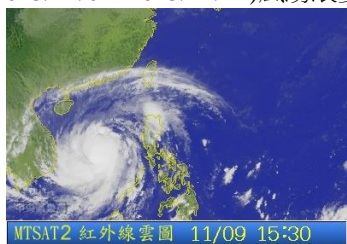


圖9 海燕颱風衛星雲圖(來源：氣象局)

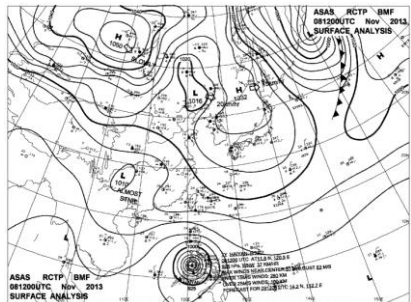


圖10.2013年11月8日晚上天氣圖(來源：氣象局)



圖11.龜山島南岸碼頭所拍攝到異常浪

### (三)黃蜂颱風期間風湧浪變化與人員落海之相關性探討

本節主要探討2014年10月3日生成的黃蜂強烈颱風，由關島往日本方向移動，同時間中度颱風巴逢在3~6日也往日本，5日登陸日本後，6日20時轉為溫帶氣旋，而黃蜂颱風在10月13日登陸日本，期間颱風外圍環流與東北季風在10月10日至13日同時影響台灣周圍海域。10月12日至14日新北市、基隆市及宜蘭縣的東北角海岸，連續三天均傳釣客落海意外，共有九人遭瘋狗浪捲走。本文採用東北角龍洞浮標的觀測資料，分析颱風期間10月9日至15日的風湧浪變化，做為這些意外事件的人員落海成因之探討。

黃蜂颱風期間在新北市、基隆市及宜蘭縣的東北角海岸，10月11日至13日連續3天均傳釣客落海意外，共有九人遭瘋狗浪捲走，其中三人喪命，還有一人獲救後命危。這三起事件的新聞資訊、湧浪資料及警戒標準間關係說明如下：

根據聯合報在10月12日報導，10月11日早上9點40分簡姓釣客在瑞芳區台二線八十三公里鼻頭角海域礁石上垂釣落海，事故地點最近測站為龍洞浮標。本文以11日龍洞浮標海象資料來分析說明。參考當時鄰近龍洞浮標早上10點資料圖12~13可得知，平均風速7.6 m/s(4級風)、風向348度，示性波高3.93 m、平均週期9.5 sec、主波向 67度，湧浪示性波高3.83 m、湧浪平均週期10.5 sec、主波向68度，風浪示性波高0.84 m、風浪平均週期4.5 sec、主波向 349度。這些資料證實事發當時，龍洞海域海象的風速及風浪並不大，但波浪已達長浪警戒及湧浪警示標準，而波浪方向也正對岸線，顯見巨大的長浪在岸邊激起大浪應是造成釣客落海主因。

根據台視新聞在10月13日報導，10月12日約下午5點在基隆海洋大學堤防有男子騎機車觀浪，被撲天捲地而來的巨浪撲倒，連人帶車摔下消波塊。東北角最近事故點為龍洞浮標，本文以12日龍洞浮標海象資料來分析說明，檢視當日下午5點的資料，由圖12~13可得知，平均風速2.9 m/s(2級風)、風向284度，示性波高5.41 m、平均週期10.7 sec、主波向 67度，湧浪示性波高5.38 m、湧浪平均週期10.9 sec、主波向68度，風浪示性波高0.2 m、風浪平均週期4.9 sec、主波向281度。上述資料證實事發當時，龍洞海域海象風速及風浪不大，而波浪資料顯示已達長浪警戒及湧浪警示標準，當時長浪是很明顯。此外，湧浪方向正對防波堤，所以長浪激起異常大浪應是造成人員落海主因。

根據自由時報在10月14日報導，10月13日下午6點在基隆八斗子漁港及東北角貢寮區龍洞佛祖崖2釣客落海。事故點最近為龍洞浮標，本文以13日龍洞浮標海象資料來分析說明，檢視鄰近的龍洞浮標當日下午6點的資料，由圖12~13可得知，平均風速4.4 m/s(3級風)、風向23度，示性波高4.7 m、平均週期9.3 sec、主波向 56度，湧浪示性波高4.3 m、湧浪平均週期11.5 sec、主波向 56度，風浪示性波高1.99 m、風浪平均週期6.0 sec、主波向56度。上述資料證實事發當時，龍洞海域海象風速及風浪不大，而波浪資料顯示已達長浪警戒及湧浪警示標準，當時長浪是很明顯。此外，湧浪方向略微偏向傳至海岸線，如此巨大長浪在岸邊所激起異常大浪，應與人員落海有很大關連。

綜合以上分析，黃蜂颱風期間東北角海岸10月11日至13日連續3天均傳釣客落海意外，以龍洞浮標資料分析結果，浮標海域皆已達氣象局長浪警戒及本文建議湧浪警示之標準，顯示當時長浪明顯，且浪向正對岸邊更容易激起異常大浪，此外11~12日及13日也

有波浪快速成長情形，這些應該都是造成颱風期間連續發生人員意外落海的主因。

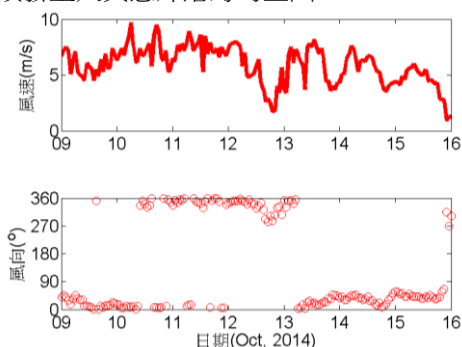


圖12龍洞浮標在黃蜂颱風期間(2014/10/09~2014/10/15)風速變化

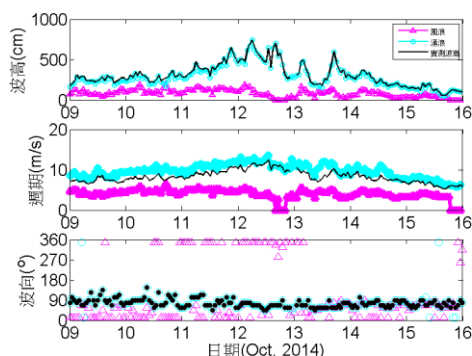


圖13龍洞浮標在黃蜂颱風期間(2014/10/09~2014/10/15)風湧浪變化

## 五、結論

本文為了討論長浪與人員落海關連，選擇海岸災害最頻繁東北角海域的龍洞、龜山島及蘇澳海氣象浮標觀測資料，作為探討分析東北角風管處所轄海域在近四年發生18起意外落水事件與天氣、海象、落水地點海岸線關係，發現這些海岸落海事故皆受颱風及東北季風期間湧浪所影響。此外，引用本文湧浪警示標準(湧浪示性波高1.5 m、湧浪平均週期8 sec)可有效預警72%的意外事故，比氣象局的長浪警戒標準(示性波高1.5 m、平均週期8 sec)預警率44%效果來的高。進一步分析發生事故地點海岸線與入射波向關係，發現有15起事故地點海岸線與當時入射波成近似垂直，所以造成海岸落海事故，不僅要考慮波高週期是否達到警戒標準，當波浪入射與岸線成垂直時，也是危險因素之一，應列入危險海岸的警戒標準之中。

另一方面，本文以2013年11月海燕颱風與2014年10月黃蜂颱風期間的風速、波浪及風湧浪資料，與兩種警示標準探討長浪危險警戒時段與當時發生人員落海的高度關連性。經研究發現，這些距離台灣很遠的強烈颱風，在颱風發布期間台灣附近的風場並不強，而引起的風浪也自然不大，這會導致海岸活動民眾容易疏忽其中的潛在危險。但是遠方傳來的湧浪卻很明顯，且已超過長浪的標準，表示這些時段海岸已

達到危險狀態，本文並採用龜山島在海燕颱風期間視訊影像，確認長浪在岸邊引起異常大浪情形。基於，長浪在事故地點激起異常大浪，應是造成人員落海之最主要原因。此外，經比對分析龍洞浮標資料，2013年11月9日下午3點海燕颱風期間與2014年10月13日黃蜂颱風期間的兩個例子而言，本文建議的湧浪警示標準比氣象局公布的長浪警戒標準，較能有效預警海岸的危險狀態。本研究發現，風平浪靜時突然快速成長的波浪或湧浪，往往也是造成海岸意外事故的主因之一。最後本研究也發現，波浪方向正對岸邊更容易激起異常大浪而發生事故。

## 誌謝

感謝中央氣象局及觀光局東北角暨宜蘭國家風景區管理處，所提供龍洞及龜山島資料浮標之觀測資料，使本文得以順利完成。

## 參考文獻

1. 饒國清、施孟憲、黃清哲、滕春慈, 2015: "東北角海岸颱風期間風湧浪與人員落海相關性之探討", 第22屆水利工程研討會。
2. 饒國清、施孟憲、陳聖學、黃清哲、滕春慈, 2013: "杰拉華颱風期間台東外洋浮標風波流資料特性分析", 第35屆海洋工程研討會, 第701-706頁。
3. 蔡仁智、蔡政翰, 2007: "資料探勘應用於台灣海岸危險波浪發生之研究", 第29屆海洋工程研討會, 第541-546頁。
4. WANG, D. W. and HWANG, P. A., 2001, : "An Operational Method for Separating Wind Sea and Swell from Ocean Wave Spectra," Journal of Atmospheric and oceanic technology, pp. 2052-2062.
5. Pierson, W.J. and Moskowitz, L., 1964: "A Proposed Spectral form for Fully Developed Wind Seas Based on the Similarity Theory of S.A. Kitaigorodskii," Journal of Geophysical Reserach., pp. 5181-5190.