

# 中華民國第 53 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

高中組 地球科學科

第一名

040505

西北太平洋颱風增強與海洋渦漩關係之長期變化

學校名稱：臺北市立第一女子高級中學

作者： 高二 陳郁欣	指導老師： 金若蘭 林郁梅
---------------	---------------------

關鍵詞：颱風強度、海洋熱力條件、大氣風切

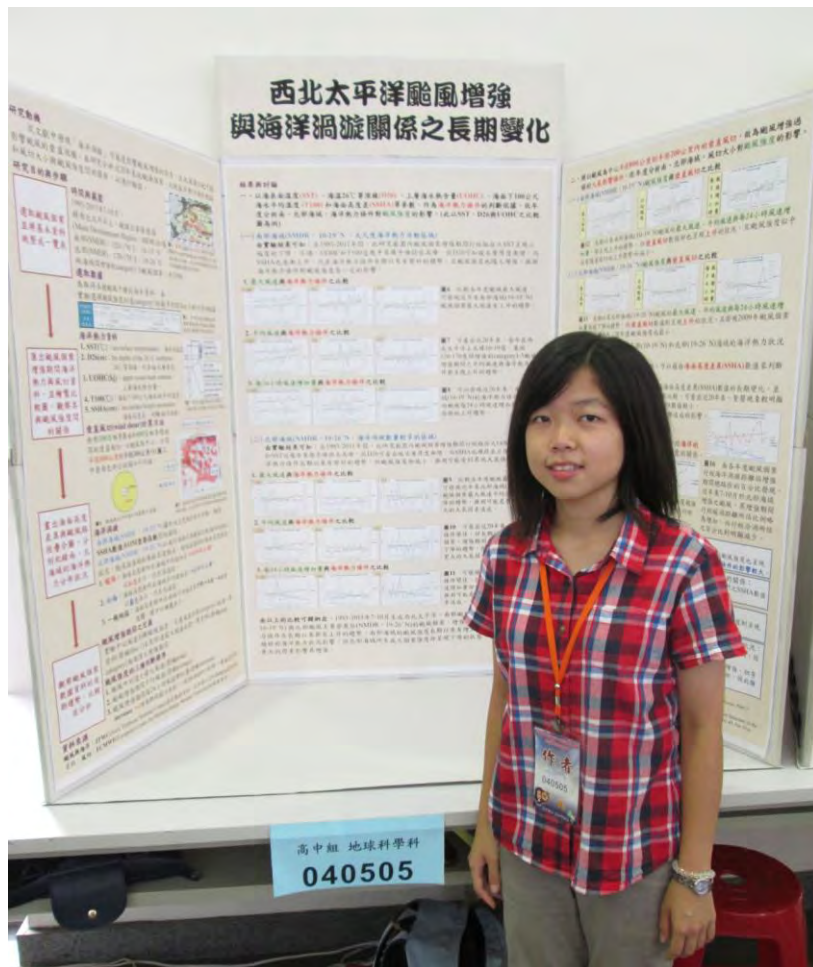
# 得獎感言

## 初探科學，學習成長

從校內、北市到全國科展，很慶幸自己有機會參與這趟旅程，更出乎意料地獲得這樣的成果！每一次的評審，都讓我可以再一次檢視研究內容、了解自己的不足，並在尋找答案的過程中充實背景知識，也學習更多；與其他參賽者的交流與討論，讓我開拓視野，也感受到為了研究目標而努力的衝勁與熱情。

專題研究是一條充滿未知又永無止境的路，過程中或許會因為挫折而沮喪、因為瓶頸而無助，但我學會了遇到困難後思考解決並繼續向前的勇氣，和面對阻礙時更堅定目標與努力克服的執著，更培養了與師長討論時不停接受新知也提出問題的傻勁。或許這需要投注不少時間和心力，有時也必須學會取捨和妥協，但那種歸納出小小結果的成就感和經歷曲折後的大大收穫，卻是值得我們一再回味的無價寶藏！

謝謝教授、老師和學長姐的包容與陪伴，幫助我迅速解決各式各樣的問題，也謝謝同學們的鼓勵與協助，提供我努力向前的動力，更謝謝運氣，讓我擁有這樣的經驗，並從中學習、成長。科展，讓我知道自己的渺小，也激發出追根究柢的精神，更體會到科學研究帶來的喜悅與感動！



# 西北太平洋颱風增強與海洋渦漩關係之長期變化

## 摘要

西北太平洋是最多颱風生成的海域，而不同的海洋與大氣狀況，則是影響颱風強度的主要因素。本實驗透過分析 1993-2011 年，7-10 月在 120-170°E，10-19°N 與 19-26°N 兩海域間增強的 category1-5 颱風，將颱風強度與其行經路徑的海表面溫度、海溫 26°C 等深線、海面高度差異、上層海水熱含量和海面下 100 公尺海水平均溫度等不同參數做比較，觀察颱風經過的海洋狀況對其增強的影響。

比較後發現，長期以來西北太平洋北部海域(19-26°N)的海洋熱力條件有變暖的趨勢，但個案平均強度卻減小。因此我們以颱風個案的垂直風切代表大氣條件，希望觀察颱風強度與風切間的關係。結果顯示，北部海域颱風的增強受風切影響較大，且強度越大颱風的增強與海洋渦漩關連越大；而南部海域颱風的增強則受海洋熱力條件影響較大。

## 壹、 研究動機

生活在亞熱帶地區的我們，對於颱風的來臨早已習以為常，但是，颱風為什麼會增強、其路徑因何而偏折和氣候及海洋條件對其所造成的影響，則尚未有一個完整而清楚的答案。在基礎地科課程大氣與海洋的變動中，與老師討論颱風相關問題時，我發現由於「海洋渦漩」的海水表面高度會隨海水溫度而有不同，這樣的特徵可能是影響颱風增強的因素。

進一步搜尋相關資料，及閱讀論文(Lin et al. 2008)後，發現颱風在經過可供應較多熱量的海域時，增強的可能性較高。而颱風是垂直結構，其強度也可能受風切的影響，因此我分析了 1993-2011 年 7-10 月在西北太平洋 120-170°E, 10-26°N 間增強的 category1-5 的颱風(中颱以上等級)，分別比較該區域北部(19-26°N)與南部(10-19°N)海域海水熱含量增減、風切大小與其強度的關係，以判別海洋熱力條件及大氣狀況對於颱風增強的影響。

## 貳、 研究目的

- 一、 利用 JTWC(Joint Typhoon Warning Center)的數據資料，選出 1993-2011 年，7-10 月在西北太平洋 120-170°E，10-26°N 間增強的 category1-5 颱風資料，將其增強時段、所在位置、風速變化等基本資料統整成一覽表，並分析處理生成在北部(19-26°N)以及南部(10-19°N)海域颱風的增強期間海洋熱力條件與風切資料。
- 二、 利用上述資料，將個案數據依照年份與級別做平均，分別繪製出北部(19-26°N)及南部(10-19°N)海域 UOHC、D26、SST、T100、SSHA 與颱風最大風速、增強期間平均風速、增強期間每 24 小時風速增加量的折線比較圖，觀察海洋熱力狀況與颱風強度間的關係。

- 三、統計北部(19-26°N)海域各年各個案行經之海洋渦漩數，分析海洋渦漩狀況對颱風強度的影響。南部(10-19°N)海域屬於大尺度的海洋活動，因此透過海面高度差異(SSHA)來觀察海洋熱力條件的整體狀況。
- 四、將個案數據依照年份做平均，繪製出以颱風為中心，半徑 800-200 公里內的垂直風切平均值，與颱風增強期間最大風速、增強期間平均風速、平均每 24 小時風速增加量的折線比較圖，觀察大氣狀況與颱風強度間的關係。
- 五、觀察各項數據之長期趨勢，討論北部(19-26°N)與南部(10-19°N)海域的颱風強度是否因海水熱含量、行經之冷、暖渦數目或風切大小差異而有不同。

### 參、 研究設備及器材

- 一、 個人電腦
- 二、 使用軟體：Microsoft Word、Microsoft Excel、IDL、GrADS

### 肆、 研究過程與方法

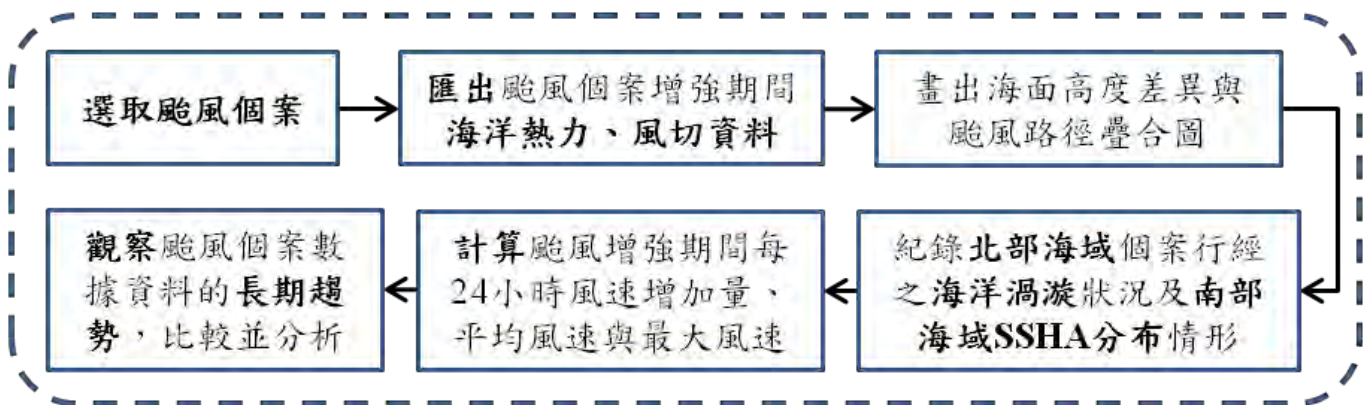


圖 1 本研究之研究步驟流程圖

#### 一、 資料預備

##### (一) 選取颱風樣本

##### 1. 地理與時間範圍

參考文獻(Lin et al. 2008)中提到，南部渦流區(south eddy zone, 127-170°E, 21-26°N, 請參見圖 2)可以依照 SSHA 的不同，定義不同性質的海洋渦漩來代表海洋的熱力狀況，而行經暖渦對颱風增強有較大的影響；緯度較低的海域屬於大尺度的海洋活動，本身的海洋熱力條件就已較溫暖。因此，本實驗將範圍分為北部(120-170°E, 19-26°N)與南部(120-170°E, 10-19°N)，希望比較兩海域間大氣與海洋熱力條件對颱風增強造成影響的差異。時間則選擇颱風形成最頻繁的 7-10 月。(請參見圖 3)



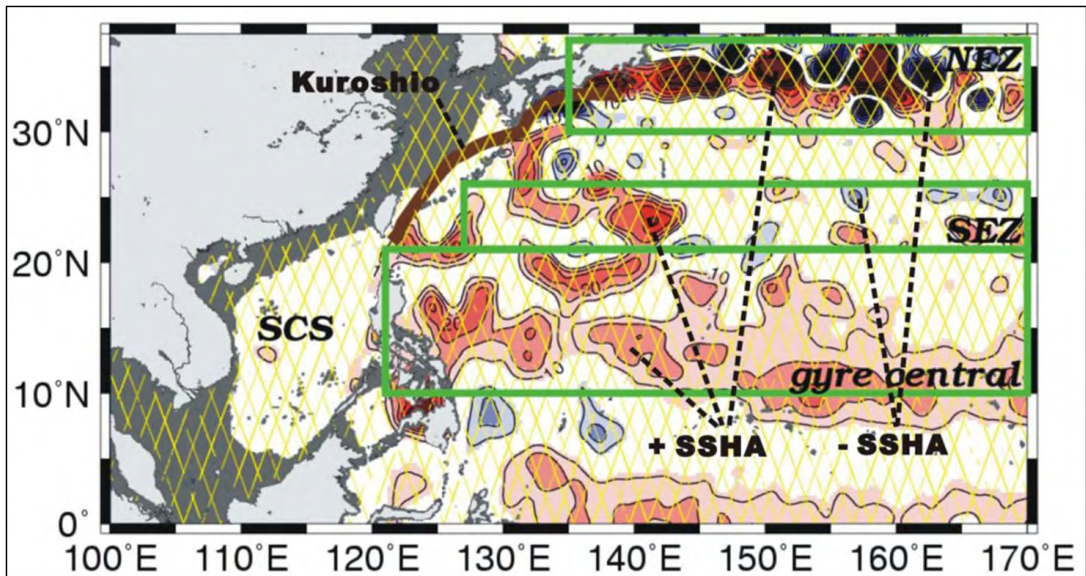


圖 2 參考文獻(Lin et al. 2008)中提到，實驗中的北部海域(SEZ)是海洋渦漩數量豐富的地區，而南部海域(gyre)則屬於大尺度海洋熱力活動。

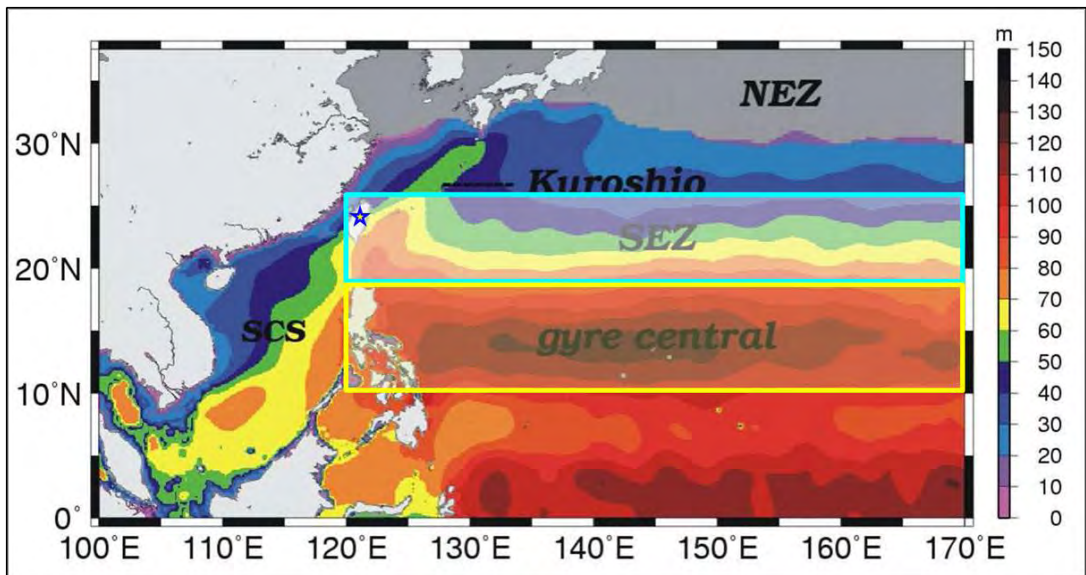


圖 3 本研究颱風樣本選取區域，分為 120-170°E, 10-19°N 和 120-170°E, 19-26°N。

## 2. 強度

本實驗以 JTWC(Joint Typhoon Warning Center)的颱風強度標準(Saffir-Simpson hurricane wind scale)做為個案選取依據。選擇於上述範圍內增強的 Category1-5 颱風。表 1 為分級標準比較與單位換算表。(1knot=1.85km/h)

Category	1	2	3	4	5
(美國)	119 ~ 153km/h 64 ~ 82 kt	154 ~ 177km/h 83 ~ 95 kt	178 ~ 209km/h 96 ~ 113 kt	210 ~ 249km/h 114 ~ 135 kt	> 249 km/h > 135 kt
中央氣象局	中度颱風 118 - 183 km/h ; 64 - 99 kt		強烈颱風 ≥ 184 km/h ; ≥ 100 kt		

表 1 中央氣象局颱風分級與本研究所採用之 Saffir-Simpson 颱風分級對照表

## (二) 海洋資料

### 1. 觀測數據來源

採用 JTWC 衛星觀測資料，包含每日資料(daily data)與颱風最佳路徑資料(best track data)，每項資料均為每 6 小時一筆。

### 2. 選擇數據日期

為了取得還未被颱風干擾的海水各項性質數據，本實驗選擇各颱風個案強度到達 category1 的最早時間(簡稱 first category1)兩天前的數據。

### 3. 海洋熱力條件與海洋渦漩參數

本實驗中，以颱風增強期間行經海水的 SST、D26、UOHC、SSHA 與 T100，做為海洋熱力條件與海洋渦漩之判斷依據。各項代號之說明如下：

(1) SST(°C)：sea surface temperatures，海表面溫度。

(2) D26(m)：the depths of the 26°C isotherm，海溫 26°C 等深線。代表暖水層厚度。

(3) SSHA(cm)：sea surface height anomalies，海面高度差異。用以判斷海洋渦漩性質。

(4) UOHC(kj)：upper ocean heat content，上層海水熱含量。

(5) T100(°C)：temperature at 100m depth，海面下 100 公尺海水平均溫度。

### 4. 各項海洋資料計算及處理方式

將海表面溫度(SST)和海面高度差異(SSHA)的衛星測高資料，利用 IDL(Interface description language)軟體與參考資料(Pun et al. 2007)中的計算方式(請參見附錄 1)，匯出海溫 26°C 等深線(D26)、上層海水熱含量(UOHC)和海面下 100 公尺海水平均溫度(T100)的數據資料，並整理成表格(請參見附錄 2)。

### 5. 颱風增強期間之定義

實驗中以風速判斷颱風強度，定義風速到達 category1 的第一筆資料(簡稱 first 1)至其到達最大風速的第一筆資料(簡稱 peak category)為個案之增強期間。

## (三) 風切資料

### 數據來源

採用歐洲中期天氣預報中心(ECMWF, European Centre for Medium-Range Weather Forecasts)的風場資料計算垂直風切(wind shear)。

## (四) 根據上述資料進行作圖

實驗中利用 GrADS(Grid Analysis and Display System)繪出範圍包含 120-170°E，10-26°N，與颱風路徑疊合的海面高度差異(SSHA)圖，觀察北部(19-26°N)海域，颱風個案行經暖、冷渦的數目與距離，以及南部 10-19°N)海域 SSHA 大尺度的分布狀況。

## (五) 製表

以颱風個案為單位，將上述海洋資料和與颱風路徑疊合的海面高度差異(SSHA)圖整理成表格，並標示其年份、編號、風速與增強期間，方便分析比較與紀錄時使用。經統計，1993-2011 年間，7-10 月在西北太平洋 120-170°E，10-26°N 間增強的 category1-5 颱風個案，共有 139 例，皆統整成如附錄 2 範例。

## 二、 分析比較

### (一) 年度個案數

統計 1993-2011 年間，7-10 月，在西北太平洋 120-170°E，19-26°N 與 120-170°E，10-19°N

間增強的 category 1-5 颱風個案數目，製成表格，並計算個案數目佔當年 7-10 月在西北太平洋全部範圍內增強颱風個數的百分比。

## (二) 海洋熱力條件

以颱風個案之上層海水熱含量(UOHC)、海溫 26°C 等深線(D26)、海面下 100 公尺海水平均溫度(T100)、海表面溫度(SST)和海面高度差異(SSHA)，做為海水熱含量的比較依據。

## (三) 颱風強度的三種判斷依據

本研究根據以下三種判斷依據，分別討論颱風強度與其他參數之關係

1. 颱風所達之最大風速(簡稱 peak)
2. 颱風增強期間平均風速(簡稱 average)
3. 颱風增強期間每 24 小時風速增加量(簡稱 increase)

## (四) 不同性質的海洋渦漩對颱風增強之影響

在北部(19-26°N)海域，我們可以透過海面高度差異(SSHA)來定義海洋渦漩。而由於南部海域為大尺度海洋活動，我們用海面高度差異來判斷海洋熱力狀況。

1. 冷暖渦判別標準：海面高度會因為海水溫度不同造成的體積不同而有差異。一般來說，較高溫的海域，海面高度會較高，而較低溫的海域，海面高度則較低。

- (1) 暖渦：代表溫度較高的區域，海面高度與該海域平均值相差 +6 公分以上者，圖中以紅色表示。顏色越深，高度差異越大。(請見圖 4)
- (2) 冷渦：代表溫度較低的區域，海面高度與該海域平均值相差 -6 公分以上者，圖中以藍色表示。顏色越深，高度差異越大。(請見圖 4)
- (3) 一般區域：海面高度與該海域平均值差異介於 +6 至 -6 公分之間，圖中以白色表示。(請見圖 4)

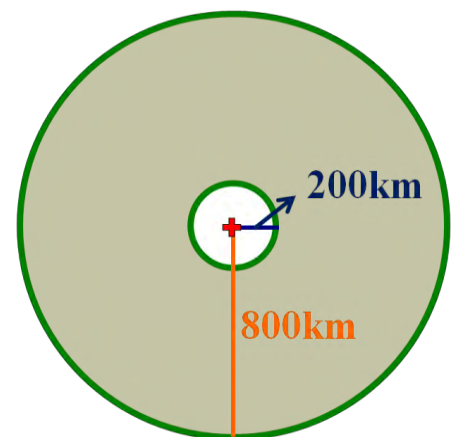
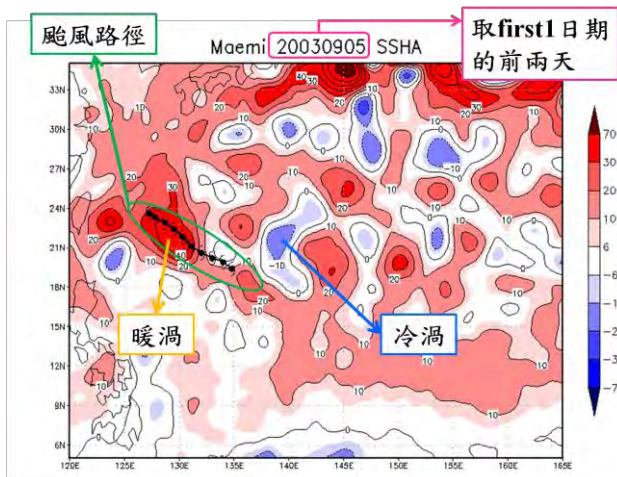


圖 4 將颱風路徑疊合在不同海洋渦漩性質分布圖上 圖 5 颱風風切平均值計算範圍示意圖

## (五) 垂直風切計算方法

使用 200 百帕等壓面和 850 百帕等壓面間的垂直風切。以颱風為中心，計算半徑 800 公里到半徑 200 公里內(圖 5 中著黃色部分)的風切平均值。



(六) 統計與分析

1. 將個案資料整理成一覽表，並利用整理好之數據繪製各種折線圖，分別比較北部(19-26°N)以及南部(10-19°N)海域海洋熱力條件、海洋渦漩狀況以及風切大小與颱風增強的關係。
2. 觀察近二十年來，category1-5 颱風增強過程中，北部(19-26°N)海域颱風所行經冷、暖渦狀況、海水熱含量與風切數值之變化，和南部(10-19°N)海域颱風所行經海洋海水熱含量與風切數值之變化，討論海洋熱力及大氣條件的長期變化對颱風強度的影響。

## 伍、 研究結果

一、 將 1993~2011 年中各年度 category1-5 颱風的個案數目進行調查與統計後結果如表 2。

(一) 由表 2 可知，研究期間與區域範圍之個案共有 139 例。各年度 7-10 月於本研究範圍(120-170°E，10-26°N)間增強的颱風數目不盡相同，以 category4 的個案數最多。

海域		1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	總和
北 部	C1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	2	1	0	0	0	1	0	1	0	0	8
	C2	0	1	1	0	0	0	0	0	3	0	0	2	1	1	0	2	0	1	0	12
	C3	1	1	1	2	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	10
	C4	1	2	0	0	1	1	0	2	2	3	1	0	4	1	2	2	0	1	1	24
	C5	0	0	1	2	1	0	1	1	0	0	1	1	1	2	0	0	0	0	0	11
	總和	2	4	3	6	2	2	2	4	6	6	3	3	6	4	3	4	1	3	1	65
南 部	C1	2	1	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	1	0	0	0	0	1	8
	C2	0	0	1	2	2	1	0	1	0	0	1	0	2	0	0	0	1	0	0	11
	C3	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	5
	C4	2	6	1	3	0	1	0	1	0	1	2	3	0	2	2	0	1	0	2	27
	C5	1	1	1	1	4	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	3	1	2	23
	總和	5	8	3	6	7	3	1	3	3	2	5	5	3	4	3	2	5	1	5	74

表 2 1993~2011 年各年度不同颱風等級個案數目統計表。

二、以上層海水熱含量(UOHC)、海溫 26°C 等深線(D26)、海面下 100 公尺海水平均溫度(T100)、海表面溫度(SST)和海面高度差異(SSHA)等參數，作為海洋熱力條件的判斷依據。

(一) 分析北部海域(19-26°N)年度海水溫暖程度對颱風增強期間最大風速的影響。

1. 由以上結果可知，北部研究範圍之颱風(1993-2011 年，在西北太平洋 120-170°E, 19-26°N)所經過路徑之海洋熱力條件的長期變化趨勢如下：
  - (1)由圖 6 可以看出 UOHC 有長期增加的趨勢，且近 5 年維持在熱含量較高的狀態。
  - (2)由圖 7 可以看出，D26 深度長期以來有些微增加的趨勢，代表其暖水層厚度增加。
  - (3)由圖 8 可以看出，由海面到海面下方 100 公尺的平均海溫，有長期增加的趨勢，且近 6 年來幾乎維持在較高溫的狀態。
  - (4)由圖 9 之 SST 變化圖可以看出近幾年來，海水表面溫度持續上升。
  - (5)由圖 10 可以看出，颱風所經過的海面高度差異(SSHA)越來越大，且維持在正值。
2. 但比較各年度颱風最大風速，可發現近年來北部海域(19-26°N)颱風個案最大風速平均值有些微下降的趨勢，推測可能是其他影響更大的大氣因素造成。

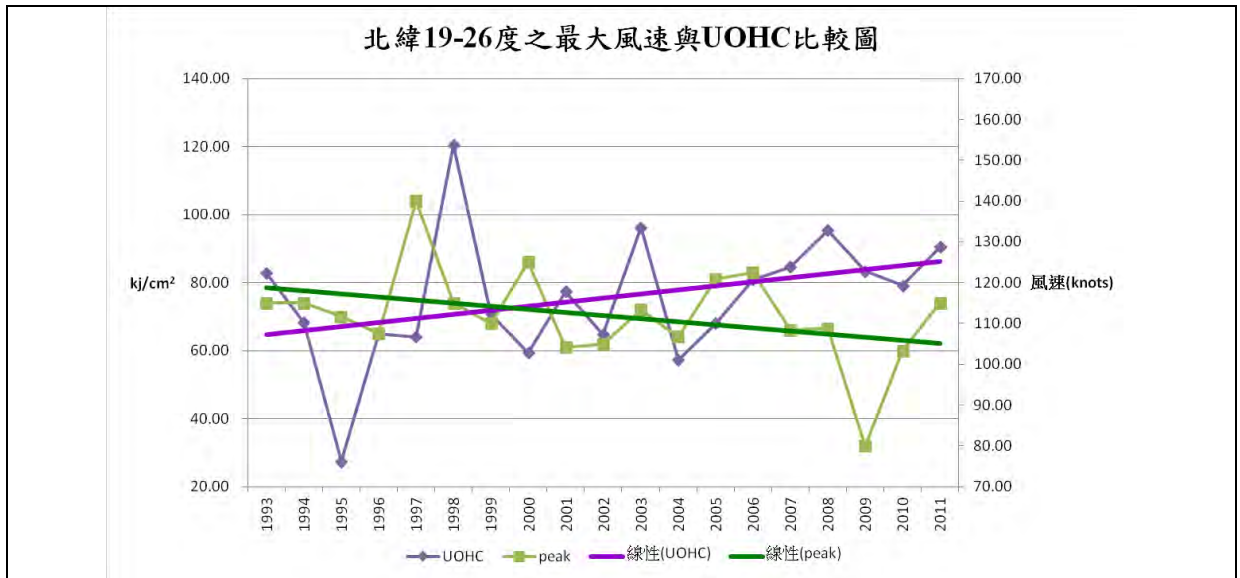


圖 6 颱風最大風速(綠色曲線)與 UOHC(紫色曲線)之變化圖。

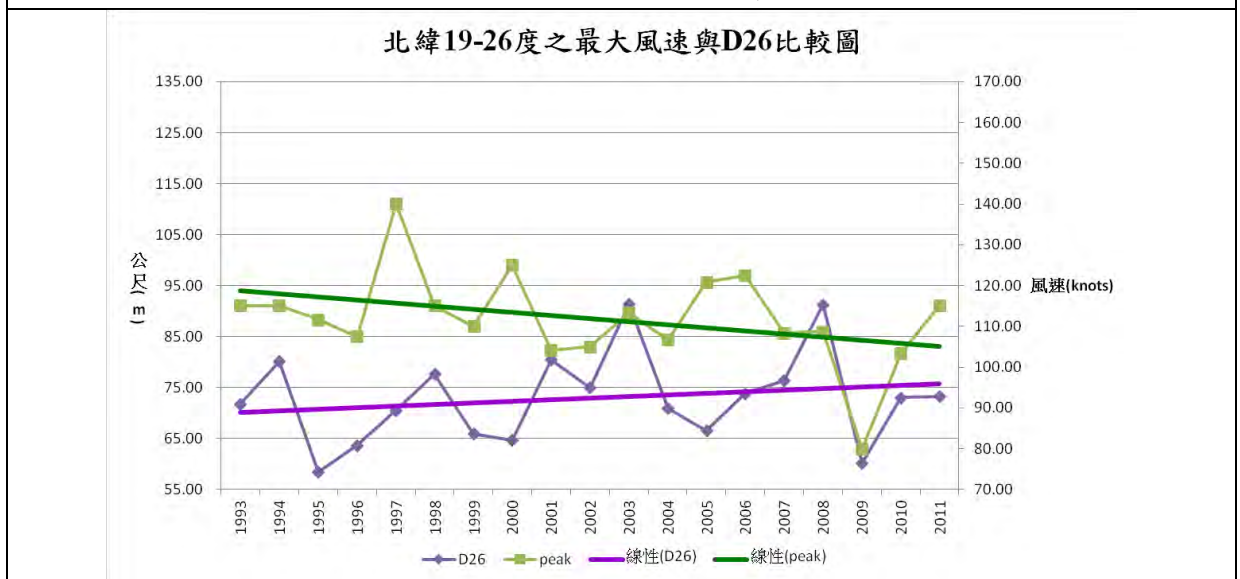


圖 7 颱風最大風速(綠色曲線)與 D26(紫色曲線)之變化圖。

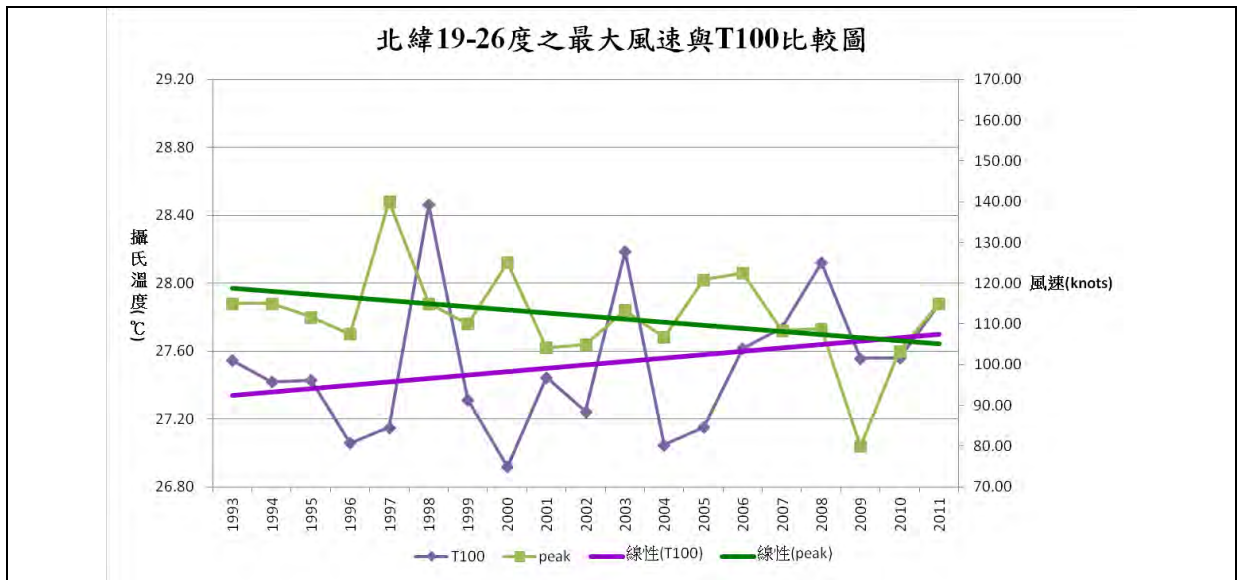


圖 8 颱風最大風速(綠色曲線)與 T100(紫色曲線)之變化圖。

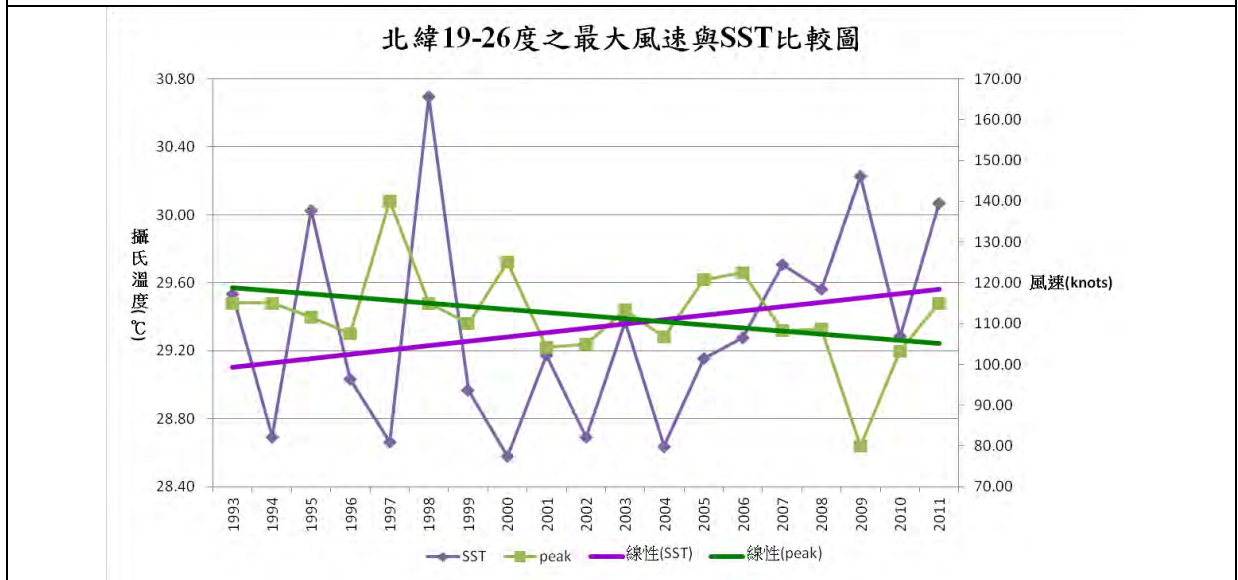


圖 9 颱風最大風速(綠色曲線)與 SST(紫色曲線)之變化圖。

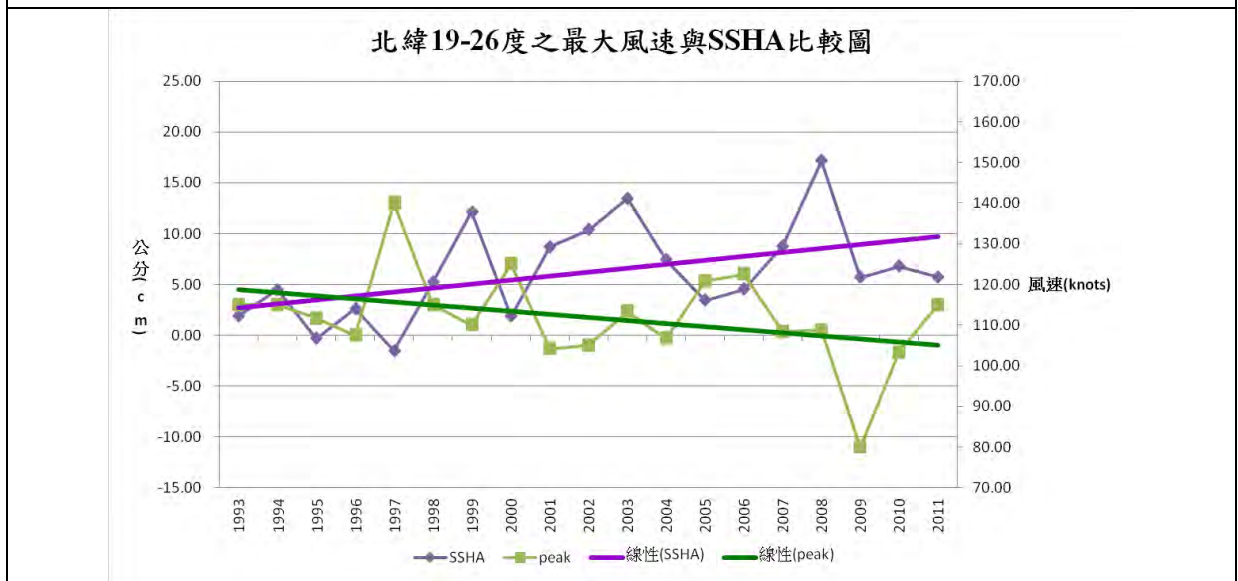


圖 10 颱風最大風速(綠色曲線)與 SSHA(紫色曲線)之變化圖。

(二)分析北部海域(19-26°N)年度海水溫暖程度對颱風增強期間平均風速的影響。

1. 由圖 11-15 中，可看出近 20 年來，海洋熱力條件變佳，但每年在西北太平洋上北緯 19-26 度，東經 120-170 度間增強的 category 1-5 颱風，增強期間之平均風速卻呈現下降的趨勢，推測可能是其他影響更大的大氣因素造成。

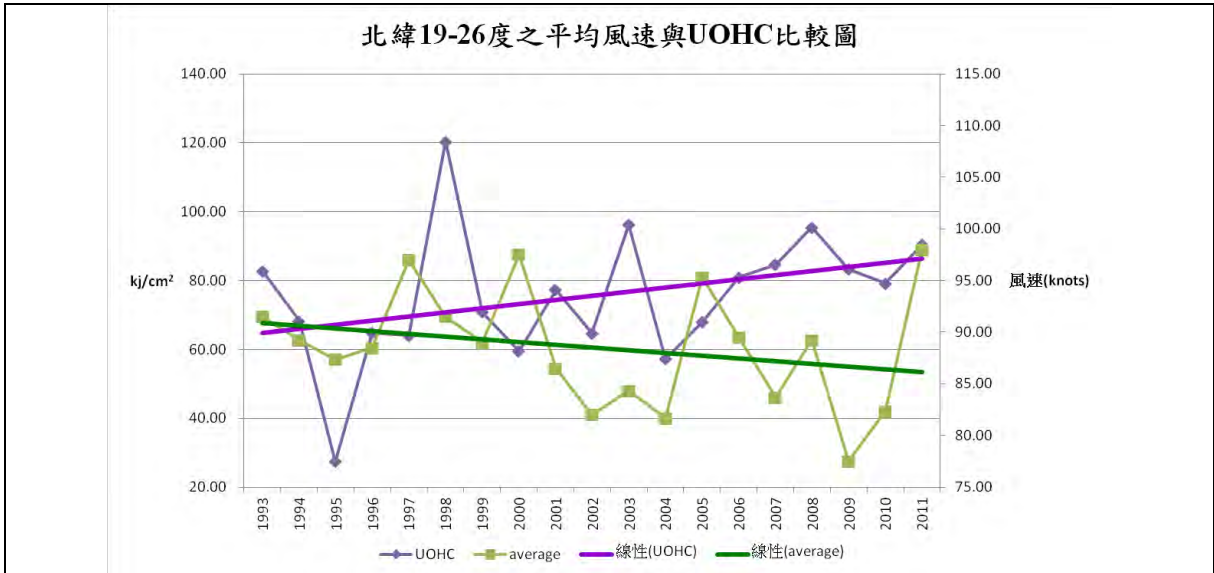


圖 11 颱風增強期間平均風速(綠色曲線)與 UOHC(紫色曲線)之變化圖。

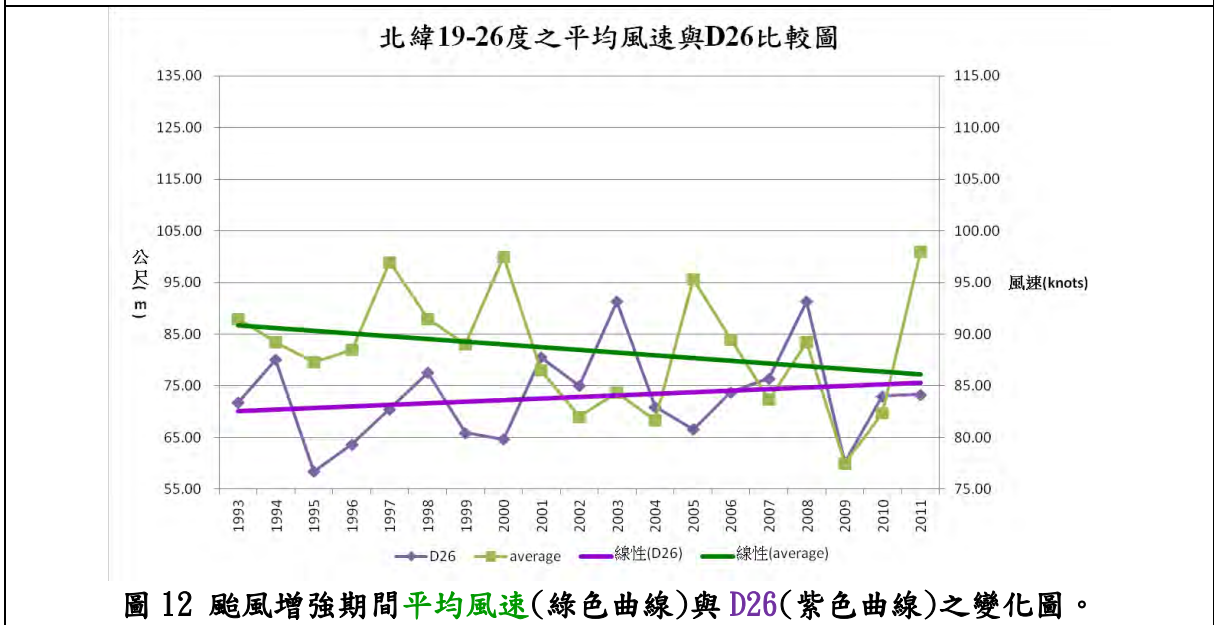


圖 12 颱風增強期間平均風速(綠色曲線)與 D26(紫色曲線)之變化圖。



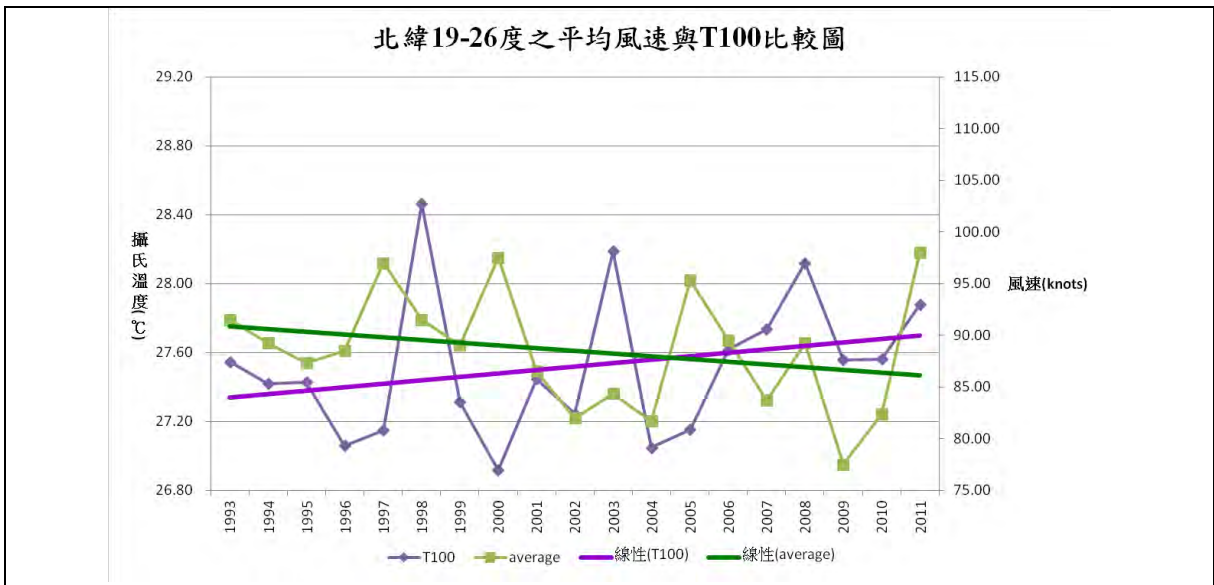


圖 13 颱風增強期間平均風速(綠色曲線)與 T100(紫色曲線)之變化圖。

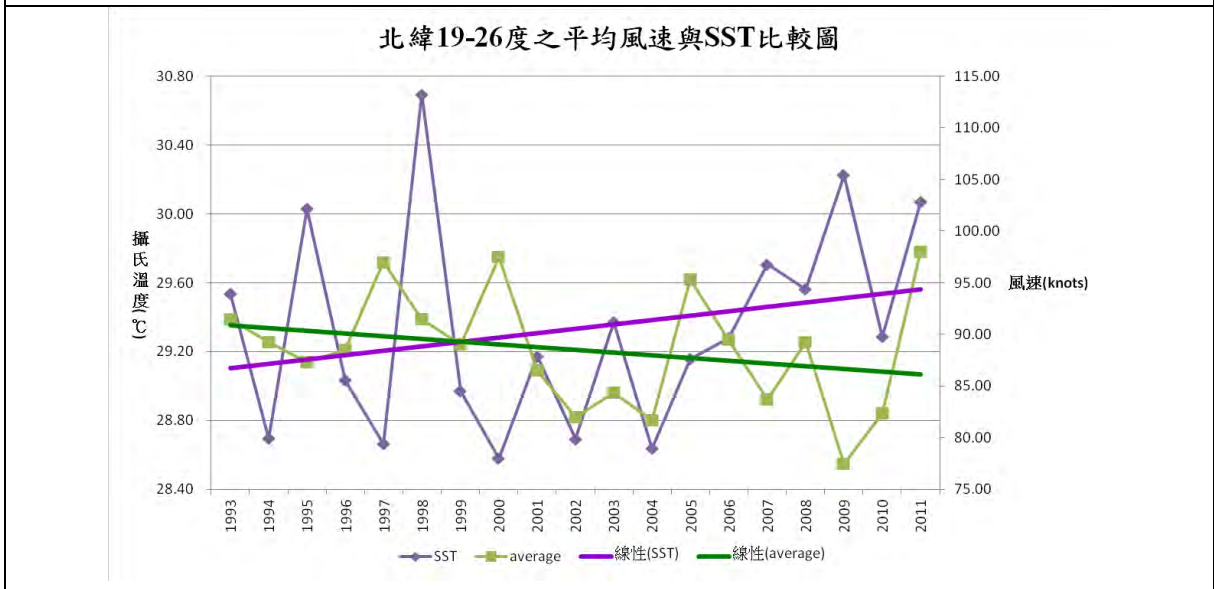


圖 14 颱風增強期間平均風速(綠色曲線)與 SST(紫色曲線)之變化圖。

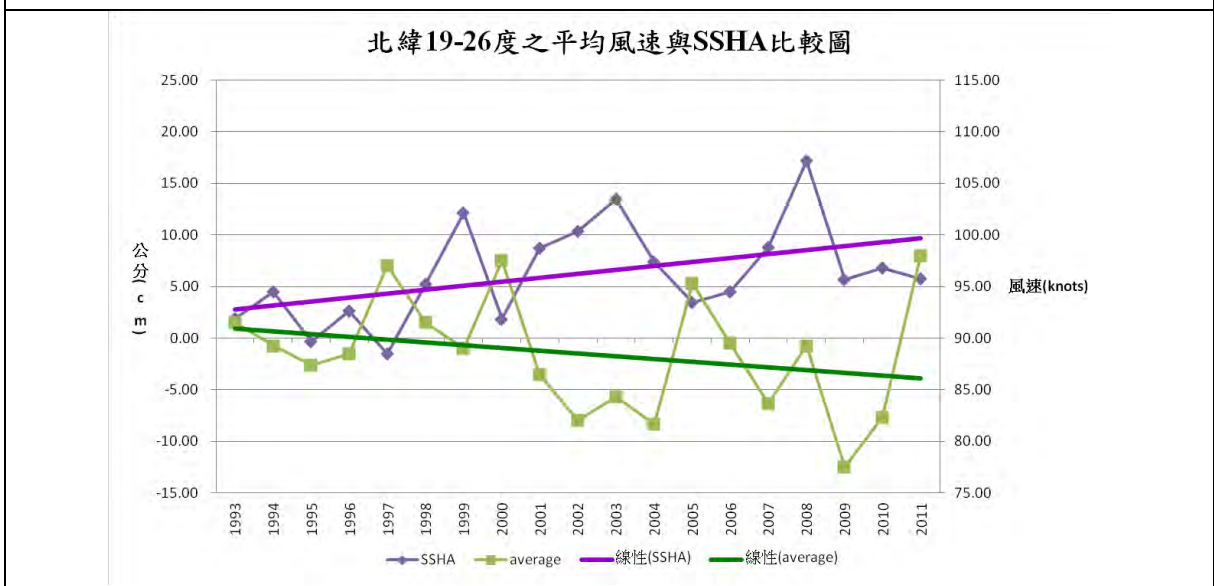


圖 15 颱風增強期間平均風速(綠色曲線)與 SSHA(紫色曲線)之變化圖。

(三)分析北部海域(19-26°N)年度海水溫暖程度對颱風每 24 小時風速增加量的影響。

1. 由圖 16-20 中，可以發現近 20 年來，海洋熱力條件變佳，但颱風年度每 24 小時風速增加量卻有較明顯的下降趨勢，推測可能是其他影響更大的大氣因素造成。

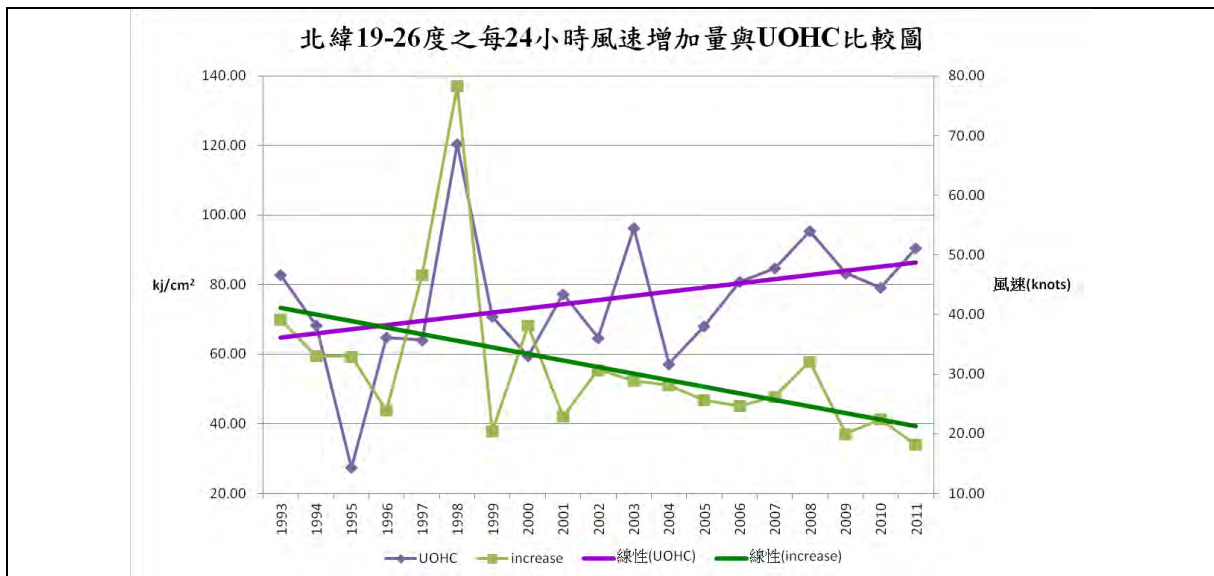


圖 16 颱風增強期間每 24 小時風速增加量(綠色曲線)與 UOHC(紫色曲線)之變化圖。

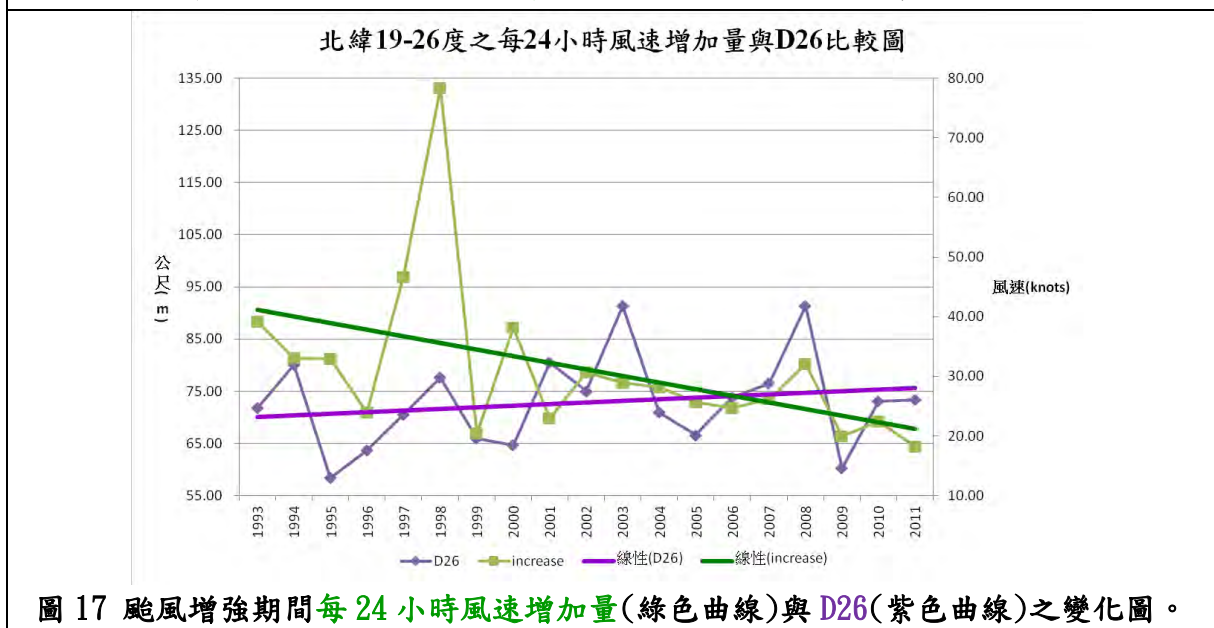


圖 17 颱風增強期間每 24 小時風速增加量(綠色曲線)與 D26(紫色曲線)之變化圖。

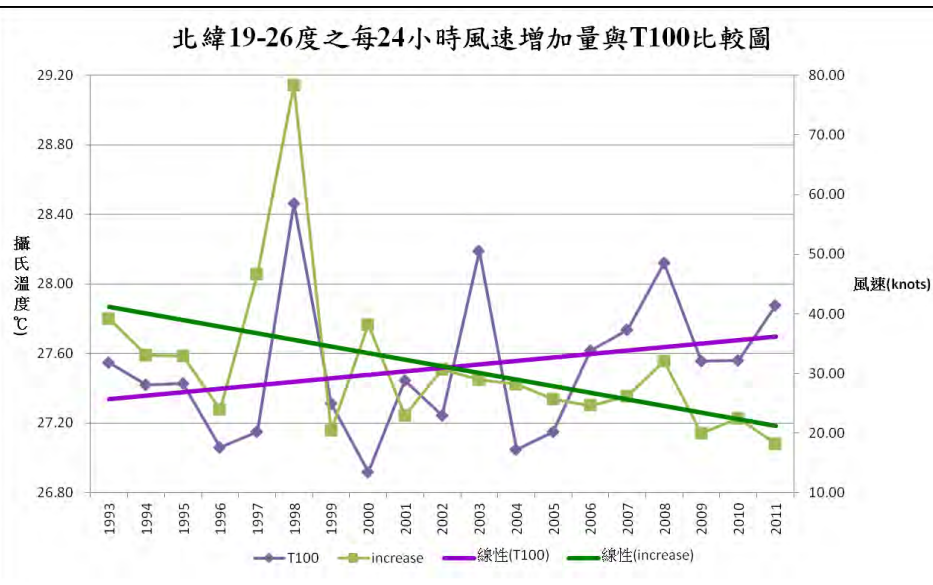


圖 18 颱風增強期間每 24 小時風速增加量(綠色曲線)與 T100(紫色曲線)之變化圖。

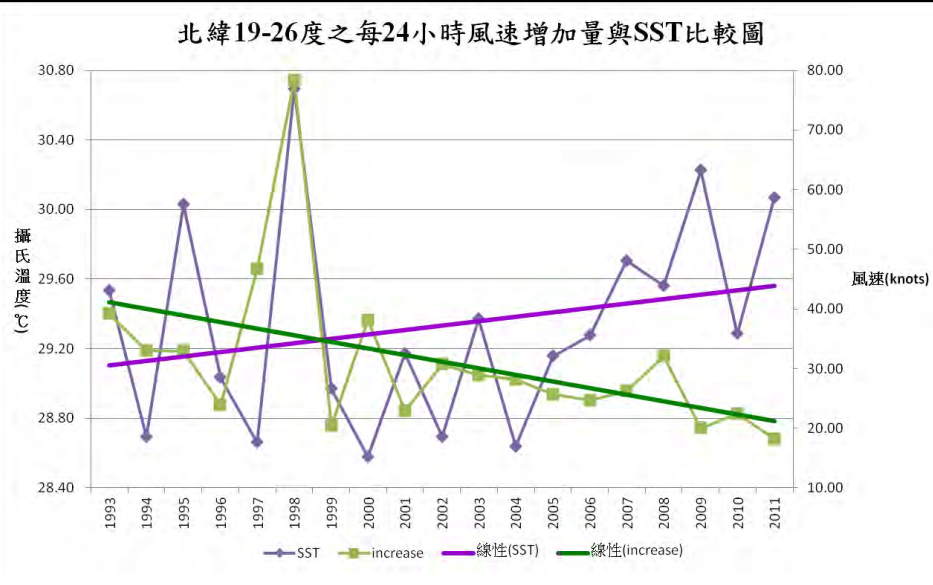


圖 19 颱風增強期間每 24 小時風速增加量(綠色曲線)與 SST(紫色曲線)之變化圖。

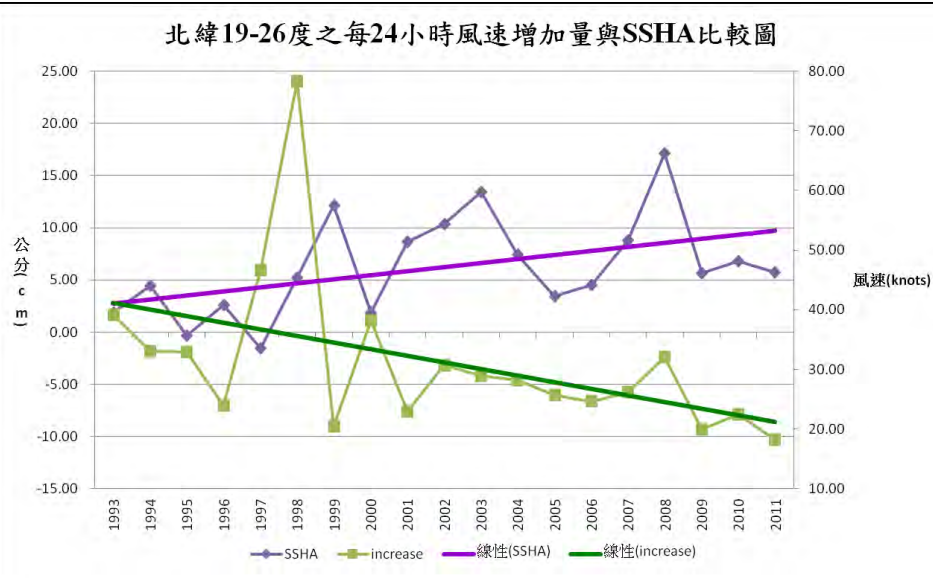


圖 20 颱風增強期間每 24 小時風速增加量(綠色曲線)與 SSHA(紫色曲線)之變化圖。



(四)由(一)到(三)之颱風強度與海洋熱力條件的比較，可歸納出北部(19-26°N)海域生成的颱風，增強過程中行經的海洋熱力條件長期以來有上升的趨勢，但颱風強度卻減小，推測可能受到其他大氣條件的影響。

(五)分析南部海域(10-19°N)年度海水溫暖程度對颱風增強期間最大風速的影響。

1. 由以上結果可知，南部研究範圍之颱風(1993-2011年，在西北太平洋 120-170°E, 10-19°N)所經過路徑之海洋熱力條件的長期變化趨勢如下：

(1)由圖 21 可以看出 UOHC 有長期增加的趨勢，且近 6 年幾乎維持在高點。

(2)由圖 22 可以看出，D26 深度有長期增加的趨勢，代表其暖水層厚度增加。

(3)由圖 23 可以看出，由海面到海面下方 100 公尺的平均海溫，長期以來有些微的上升趨勢。

(4)由圖 24 可以看出，海表面溫度(SST)在長期以來有些微的下降，但幅度不大。

(5)由圖 25 可以看出，颱風所經過的海面高度差異(SSHA)越來越大，且幾乎為正值。

2. 比較各年度颱風最大風速，可發現近年來南部海域(10-19°N)颱風個案最大風速平均值有上升的趨勢。

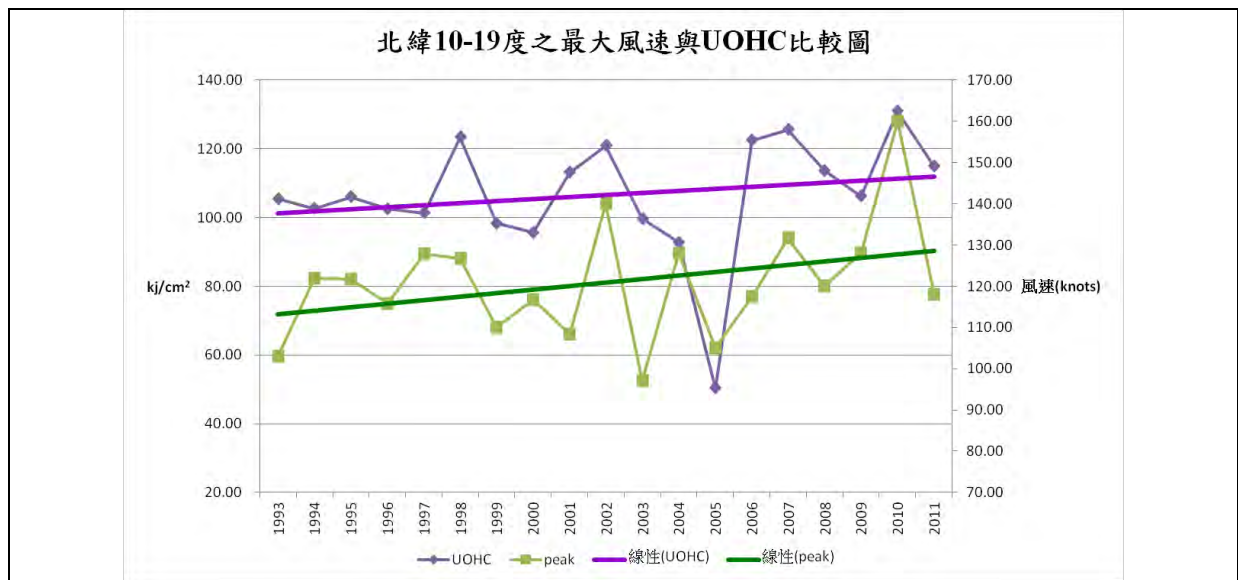


圖 21 颱風最大風速(綠色曲線)與 UOHC(紫色曲線)之變化圖。

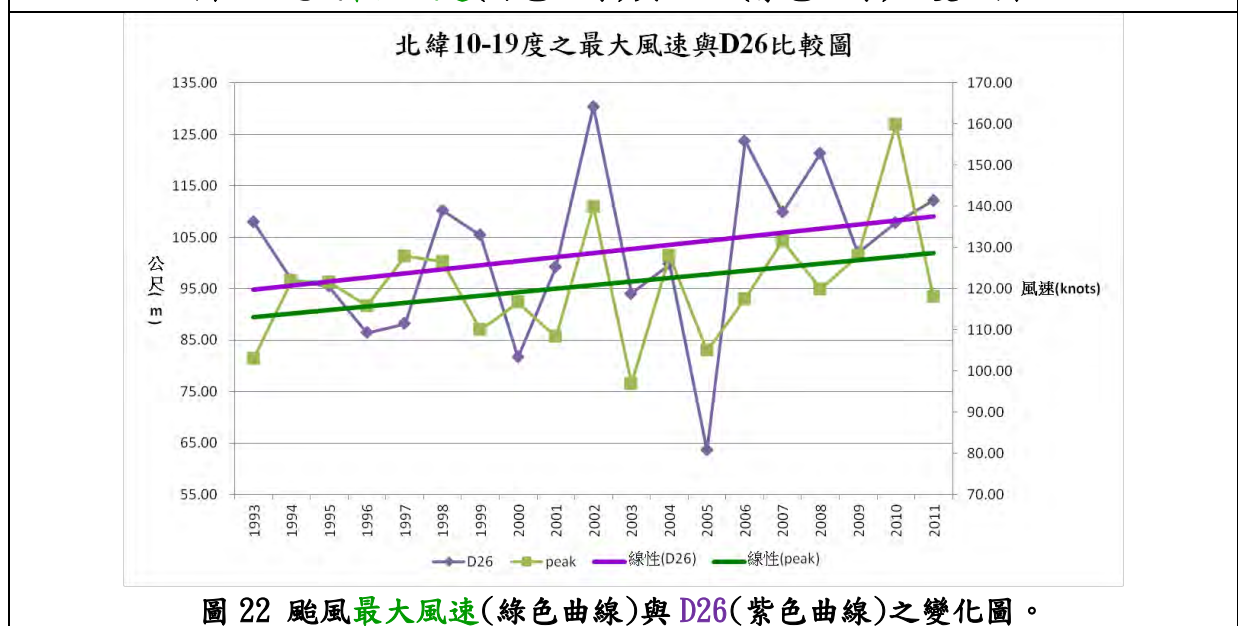


圖 22 颱風最大風速(綠色曲線)與 D26(紫色曲線)之變化圖。



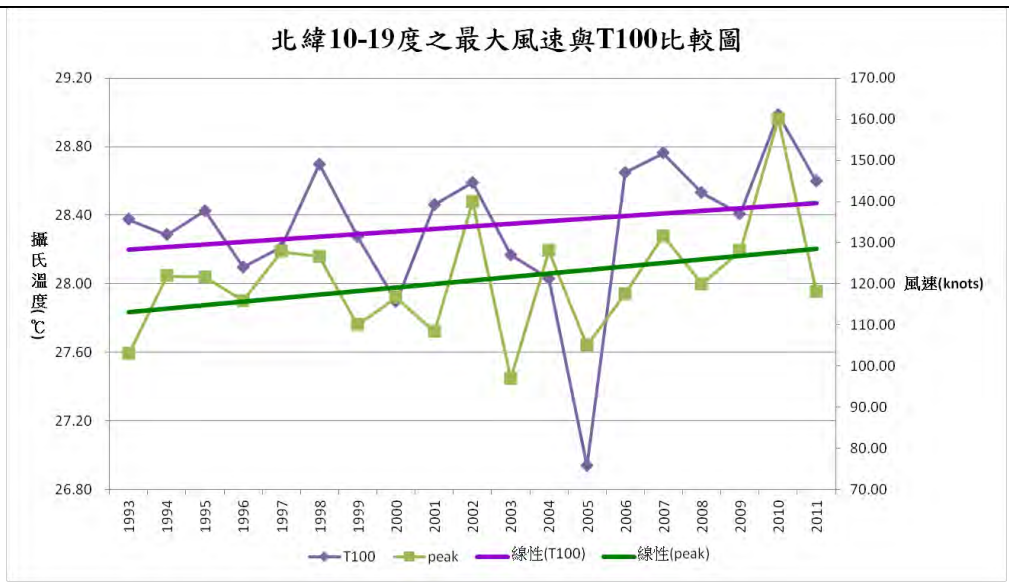


圖 23 颱風最大風速(綠色曲線)與 T100(紫色曲線)之變化圖。

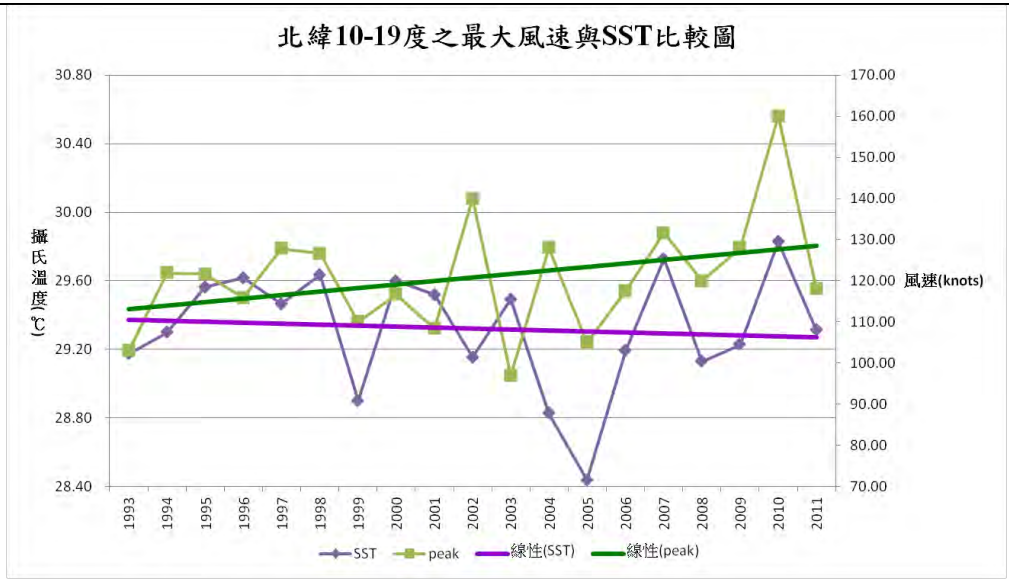


圖 24 颱風最大風速(綠色曲線)與 SST(紫色曲線)之變化圖。

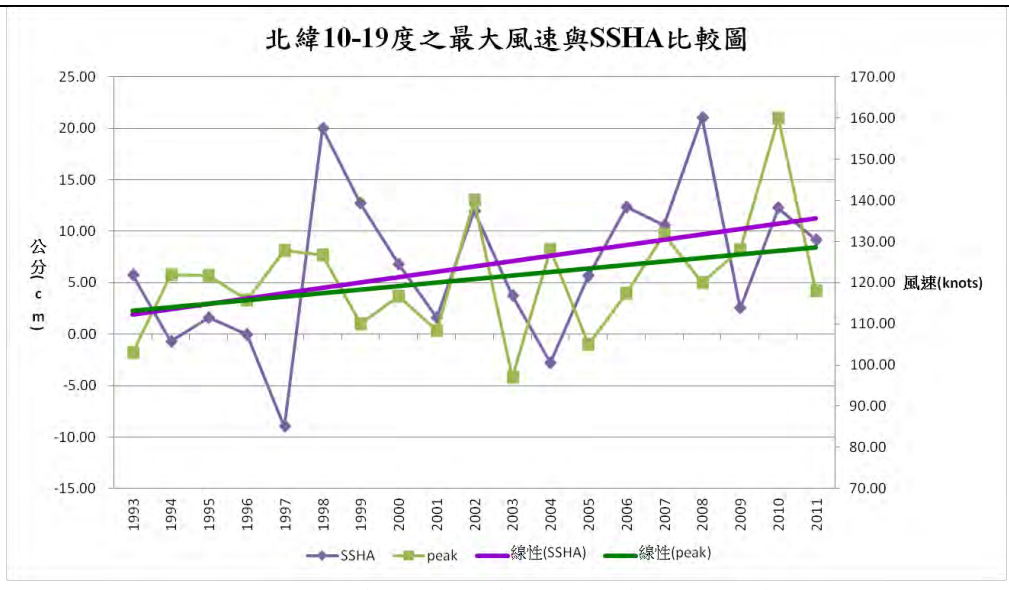


圖 25 颱風最大風速(綠色曲線)與 SSHA(紫色曲線)之變化圖。

(六)分析南部海域(10-19°N)年度海水溫暖程度對颱風增強期間平均風速的影響。

1. 由圖 26-30 中，可看出近 20 年來，每年在西北太平洋上北緯 10-19 度，東經 120-170 度間增強的 category 1-5 颱風，增強期間之平均風速與海洋熱力條件都呈現上升的趨勢。

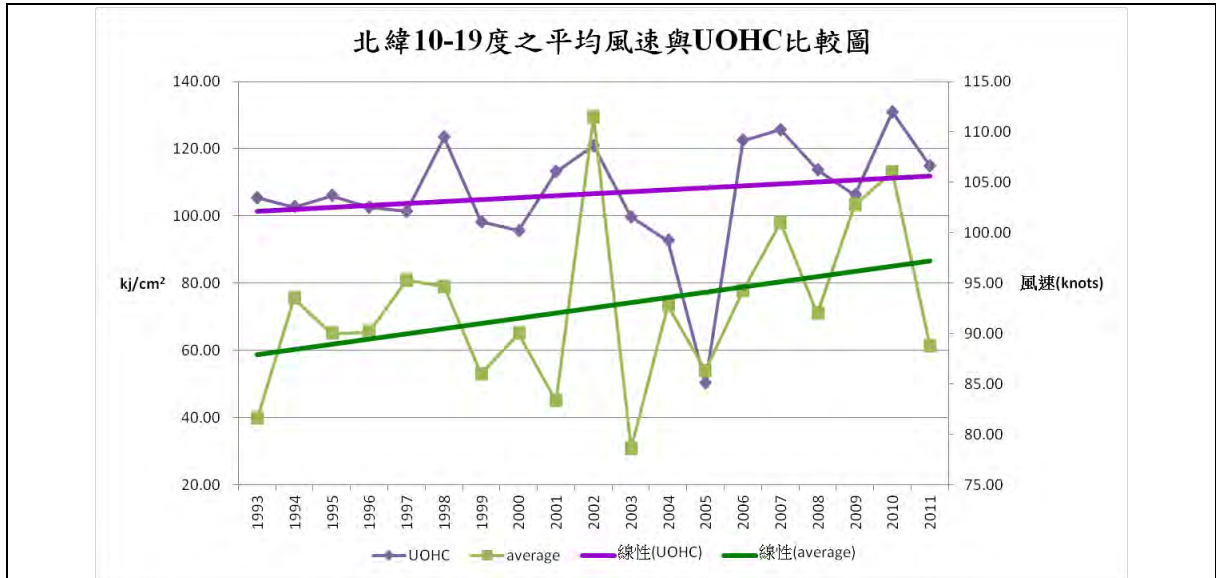


圖 26 颱風增強期間平均風速(綠色曲線)與 UOHC(紫色曲線)之變化圖。

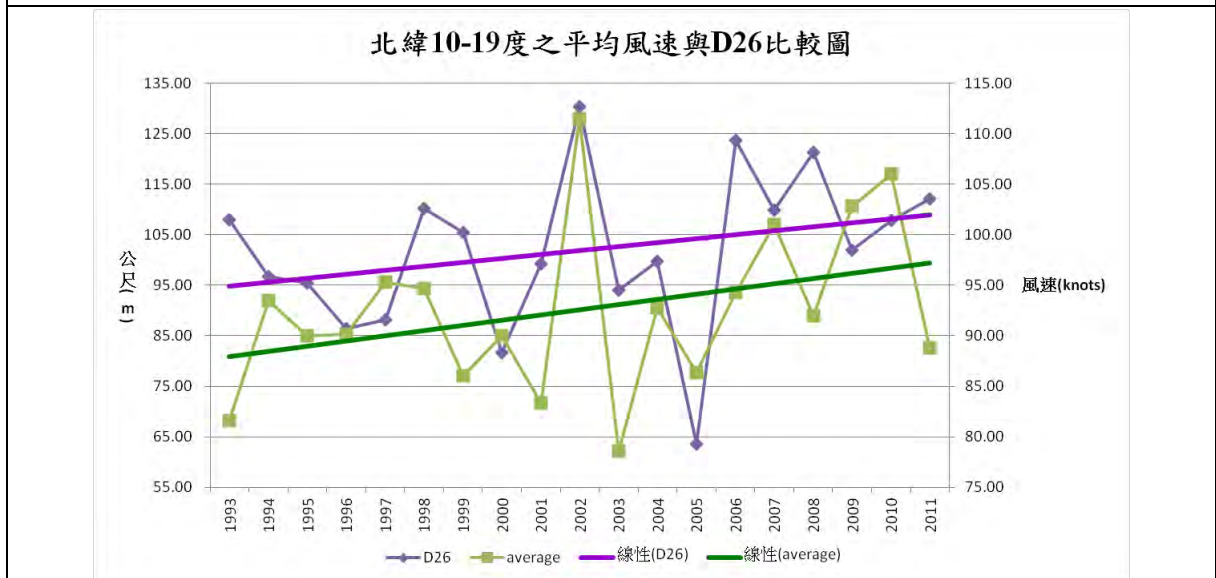


圖 27 颱風增強期間平均風速(綠色曲線)與 D26(紫色曲線)之變化圖。

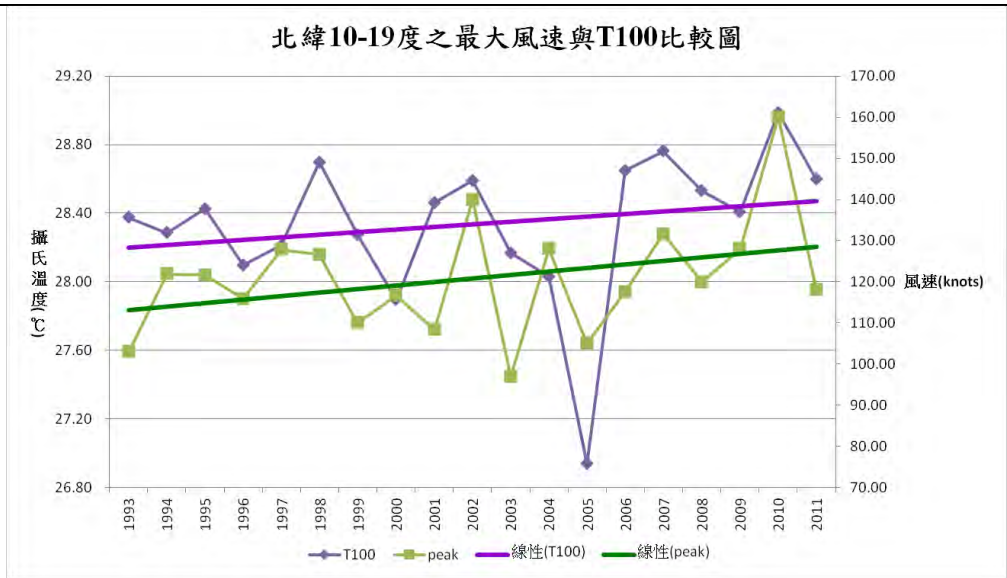


圖 28 颱風增強期間平均風速(綠色曲線)與 T100(紫色曲線)之變化圖。

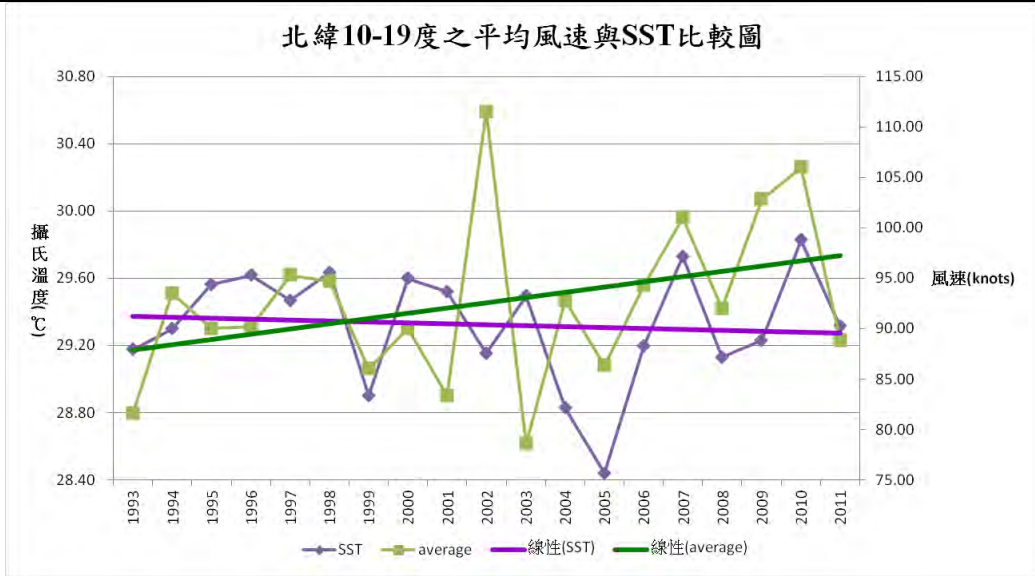


圖 29 颱風增強期間平均風速(綠色曲線)與 SST(紫色曲線)之變化圖。

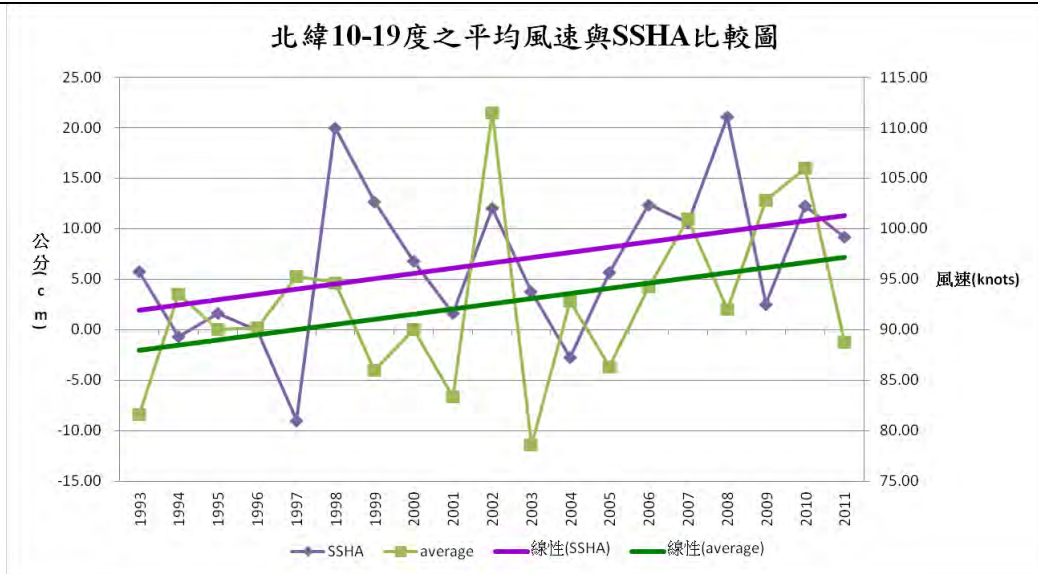


圖 30 颱風增強期間平均風速(綠色曲線)與 SSHa(紫色曲線)之變化圖。



(七)分析南部海域(10-19°N)年度海水溫暖程度對颱風每 24 小時風速增加量的影響。

1. 由圖 31-35 中，可以發現近 20 年來，南部海域(10-19°N)的海洋熱力條件變佳，而颱風每 24 小時風速增加量則呈現些微的上升趨勢。

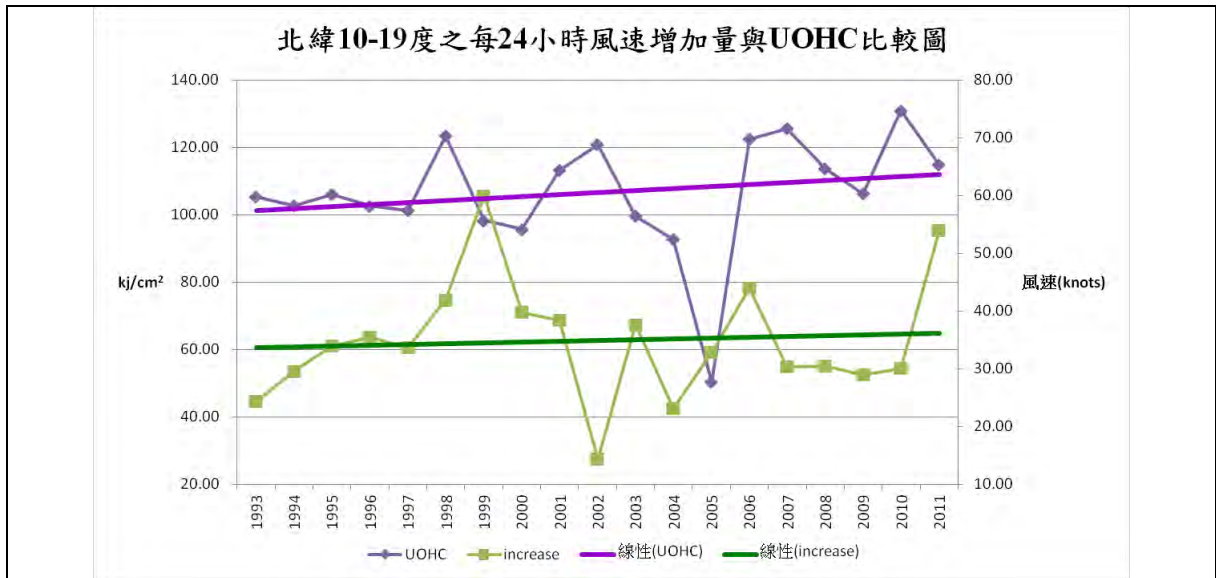


圖 31 颱風增強期間每 24 小時風速增加量(綠色曲線)與 UOHC(紫色曲線)之變化圖。

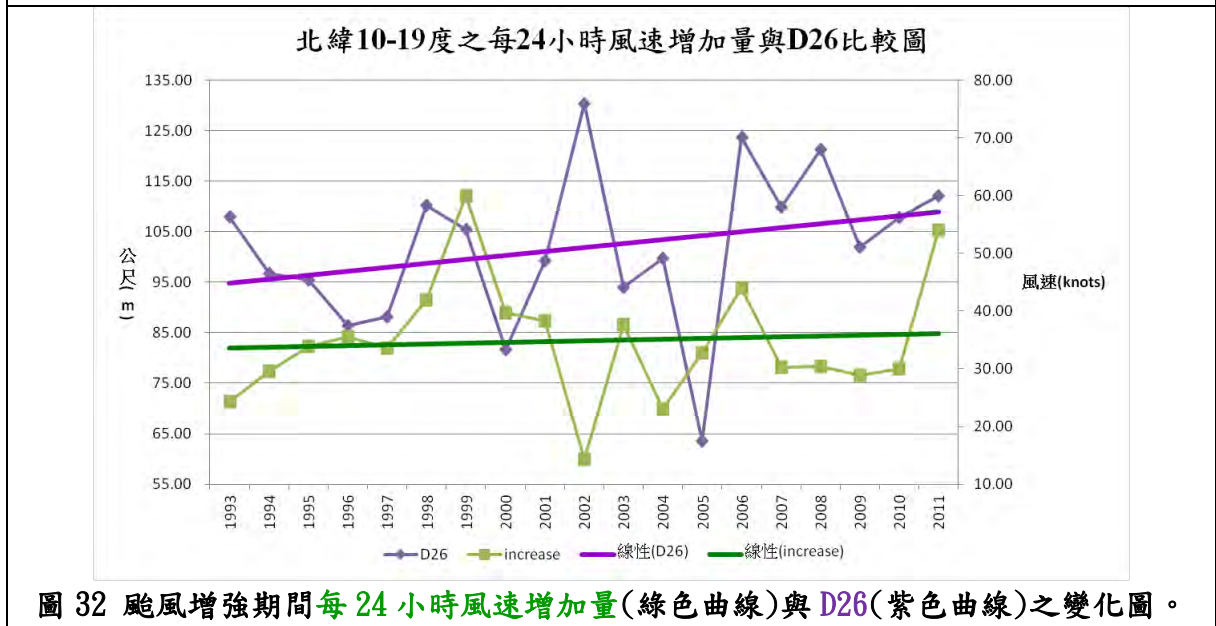


圖 32 颱風增強期間每 24 小時風速增加量(綠色曲線)與 D26(紫色曲線)之變化圖。



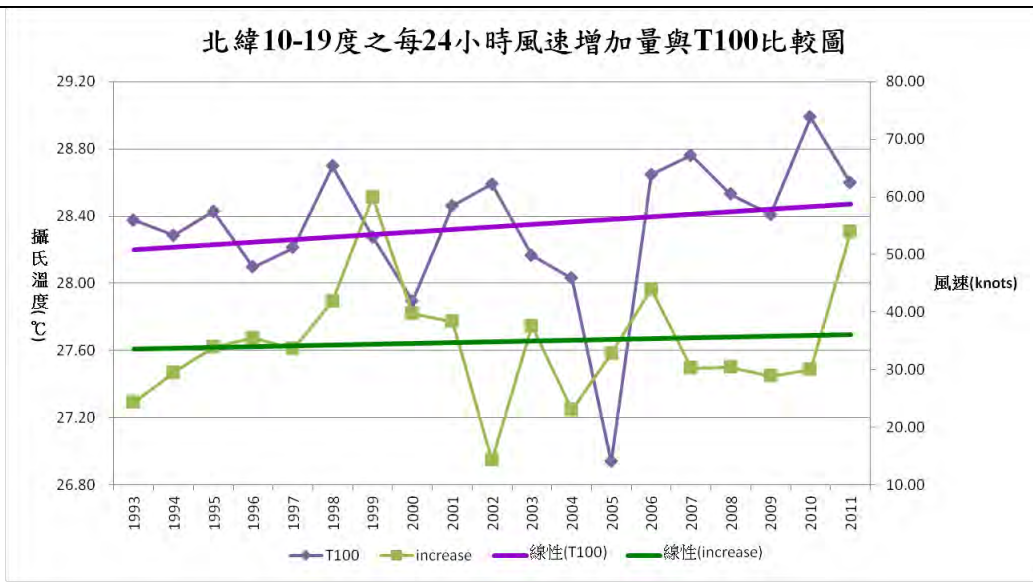


圖 33 颱風增強期間每 24 小時風速增加量(綠色曲線)與 T100(紫色曲線)之變化圖。

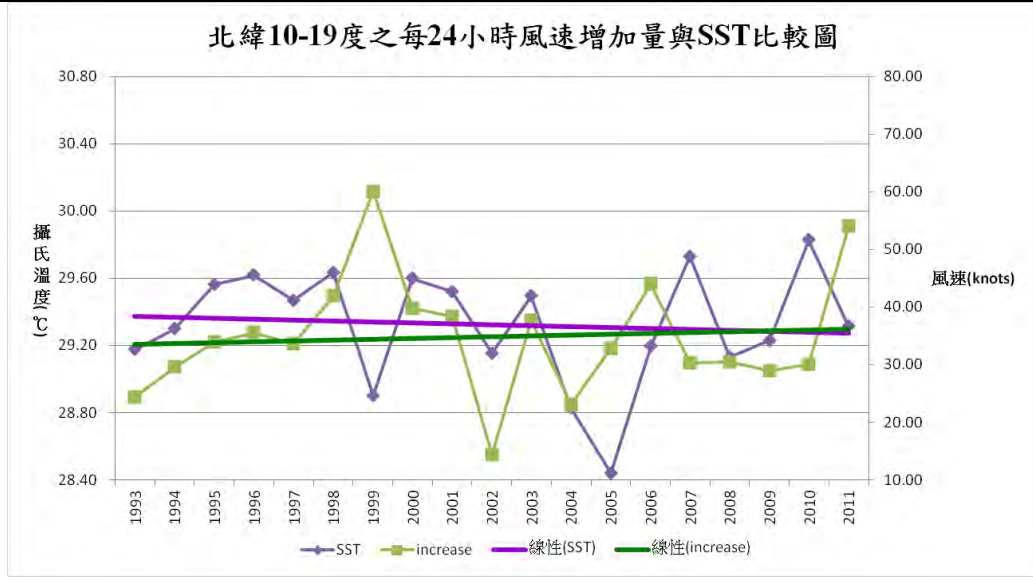


圖 34 颱風增強期間每 24 小時風速增加量(綠色曲線)與 SST(紫色曲線)之變化圖。

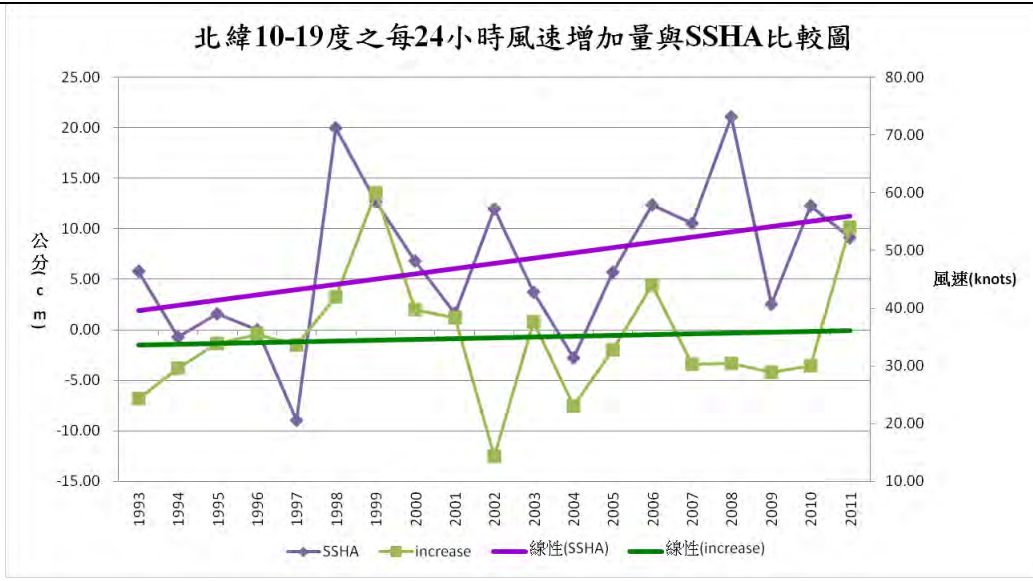


圖 35 颱風增強期間每 24 小時風速增加量(綠色曲線)與 SSHa(紫色曲線)之變化圖。

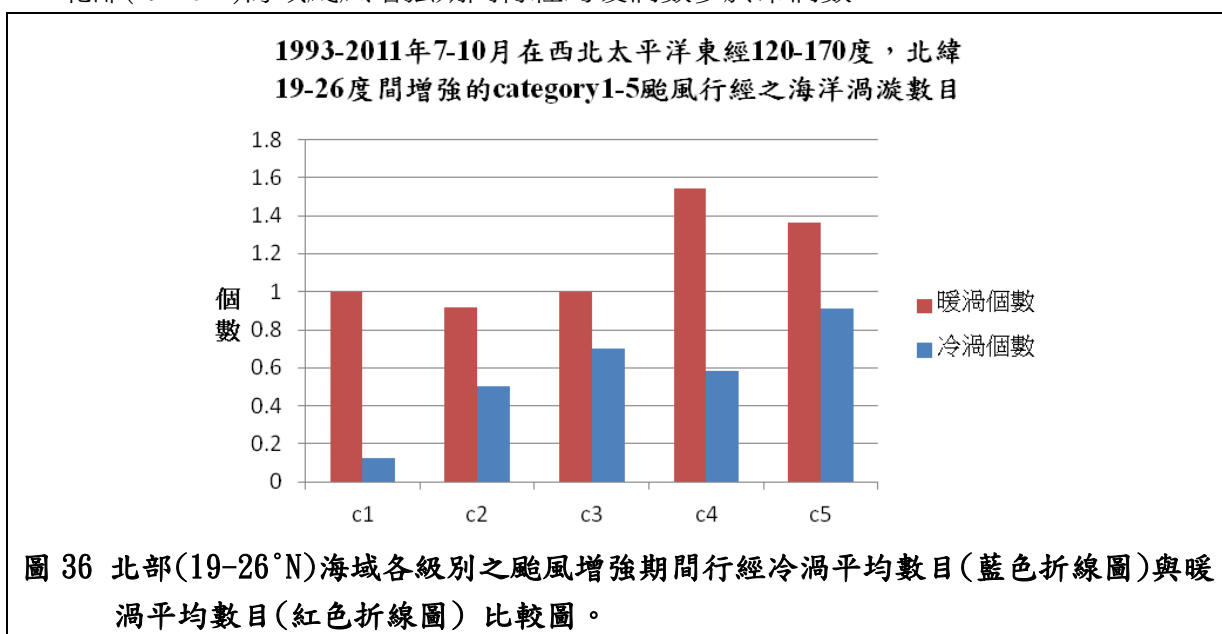
(八)由(五)到(七)之颱風強度與海洋熱力條件的比較，可歸納出南部海域生成的颱風，增強過程中行經的海洋熱力條件長期以來有上升的趨勢，且颱風強度也隨之增強，推測海洋熱力條件對颱風強度有一定的影響。

三、利用海面高度差異觀察北部(19-26°N)和南部(10-19°N)海域的海洋熱力狀況。

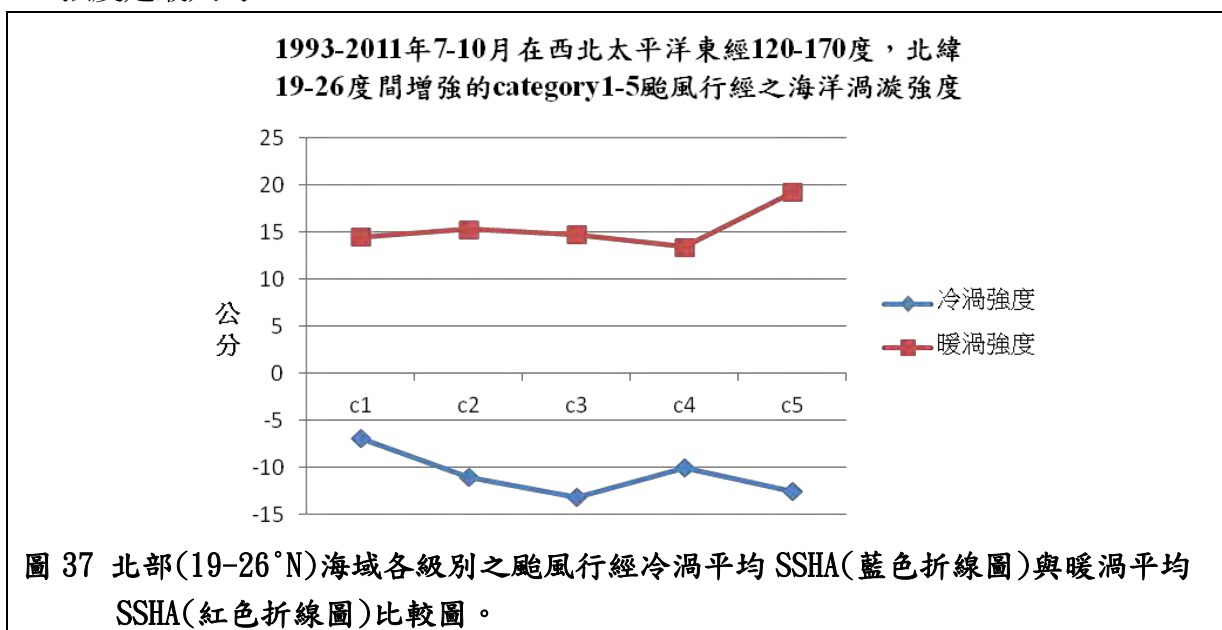
(一) 北部海域(19-26°N)

海洋渦漩可以代表颱風在北部海域(19-26°N)增強過程中行經海洋的熱力狀況。分析比較海洋渦漩狀況與颱風強度間的關係。

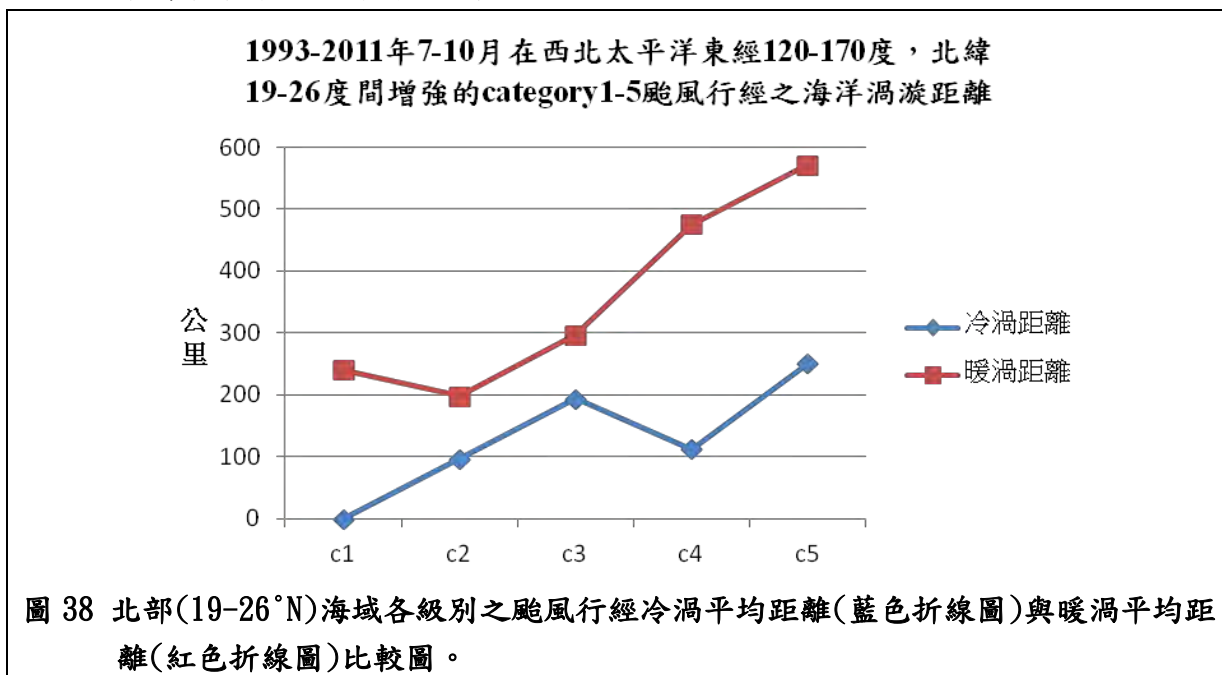
1. 統計各級別颱風個案增強期間行經之海洋渦漩數目，由圖 36 可看出 1993-2011 年，北部(19-26°N)海域颱風增強期間行經的暖渦數多於冷渦數。



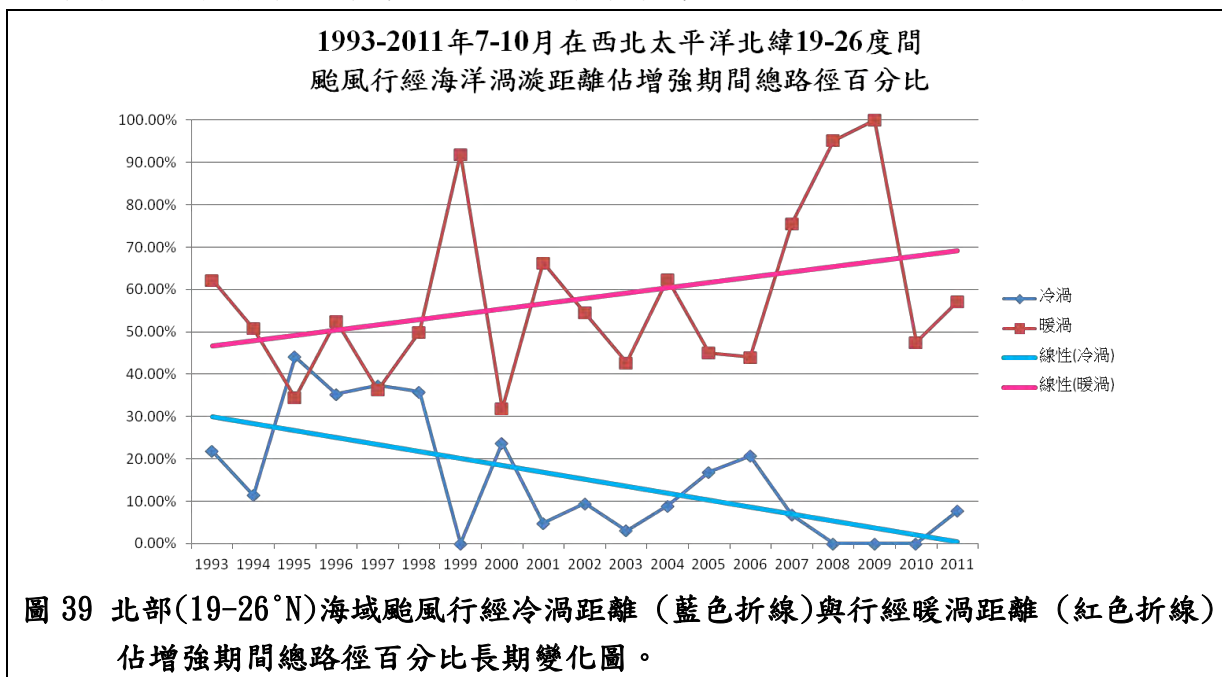
2. SSHA 數值與背景平均值差異越大，海洋渦漩強度越大。統計各級別颱風個案增強期間行經海洋渦漩之 SSHA 數值，由圖 37 可看出 1993-2011 年，北部(19-26°N)海域颱風增強期間行經的暖渦強度大於冷渦強度，且 category 5 颱風增強過程中行經暖渦的強度是最大的。



3. 統計各級別颱風個案增強期間行經之海洋渦漩距離，由圖 38 可看出 1993-2011 年，北部(19-26°N)海域颱風增強期間行經的暖渦距離大於冷渦，且強度越大的颱風，增強過程中行經暖渦的距離也越長。



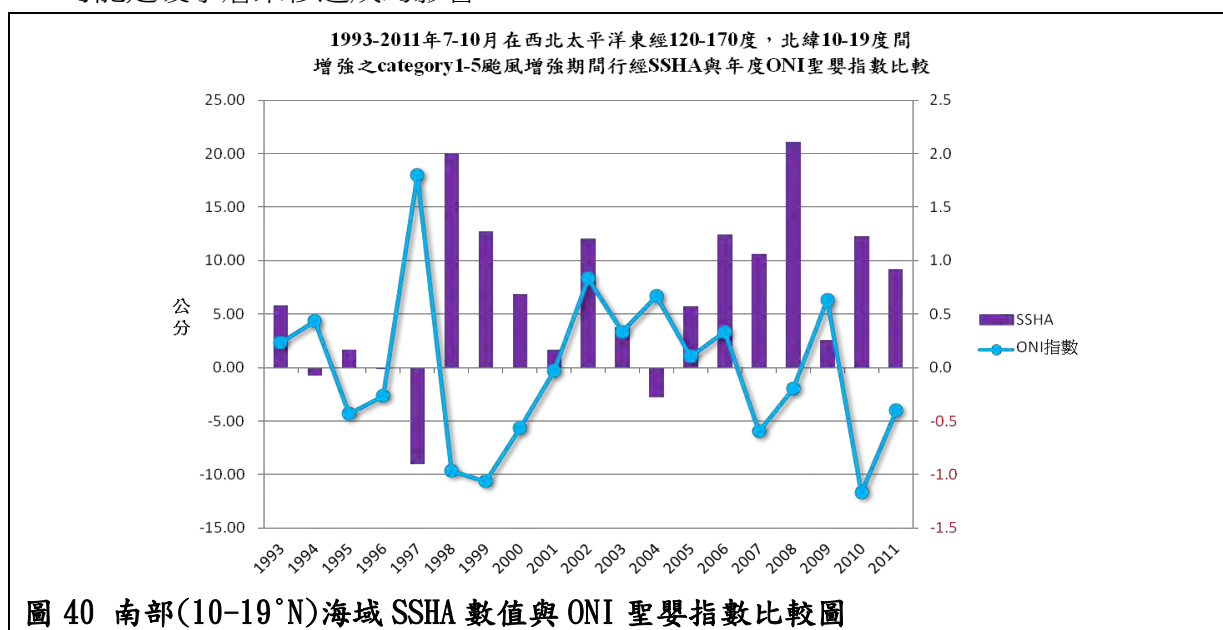
4. 圖 39 比較各年度颱風個案行經海洋渦漩距離佔增強期間總路徑的百分比。可以發現，近年來 7-10 月於西北太平洋 120-170°E，19-26°N 間增強之颱風，其增強期間行經暖渦之距離所佔比例有略為增加，而行經冷渦之百分比則明顯的減少。



#### (四) 南部海域

此海域屬於大尺度的海洋熱力活動，可以藉由 SSHA 數值來判斷暖水層的分布情形。聖嬰和反聖嬰指標 ONI(Oceanic Nino Index)是以赤道中太平洋(170°W~120°W, 5°S~5°N)區域平均的海表面溫度和氣候平均值的差為主。而聖嬰和反聖嬰事件定義標準：主要參考美國氣候預報中心(CPC)的定義，若 ONI，連續 5 個月高於(低於)攝氏+0.5(-0.5)度，定義該段時期為聖嬰(反聖嬰)事件，數值的絕對值越大，代表聖嬰(反聖嬰)現象越明顯。

1. 觀察南部(10-19°N)海域 SSHA 數值的長期變化，並將其與 ONI 聖嬰指數比較，由圖 40 可看出 1993-2011 年間，聖嬰現象較明顯的年份，該年的 SSHA 數值較小，推測可能是暖水層東移造成的影響。





四、將以颱風為中心，半徑 800 公里到半徑 200 公里內的風切平均值，做為颱風增強過程中的大氣影響條件。

(一) 分析北部海域(19-26°N)風切大小與颱風強度間的關係

1. 由圖 41-43 可以發現，長期以來北部海域(19-26°N)颱風的最大風速、平均風速與每 24 小時風速增加量，都呈現下降的趨勢。而垂直風切數值則呈現上升的狀況。
2. 比較三種風速資料與垂直風切數值可以發現：2009 年颱風個案之垂直風切最大，且該年度颱風強度最小。

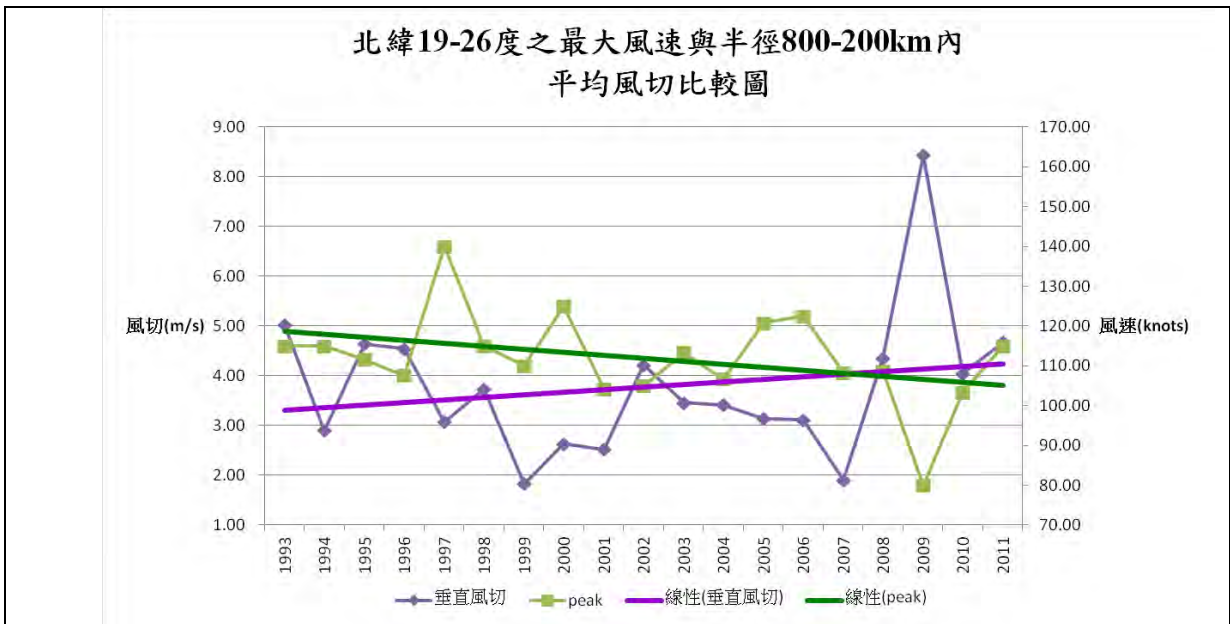


圖 41 北部(19-26°N)海域平均垂直風切與颱風最大風速比較圖。

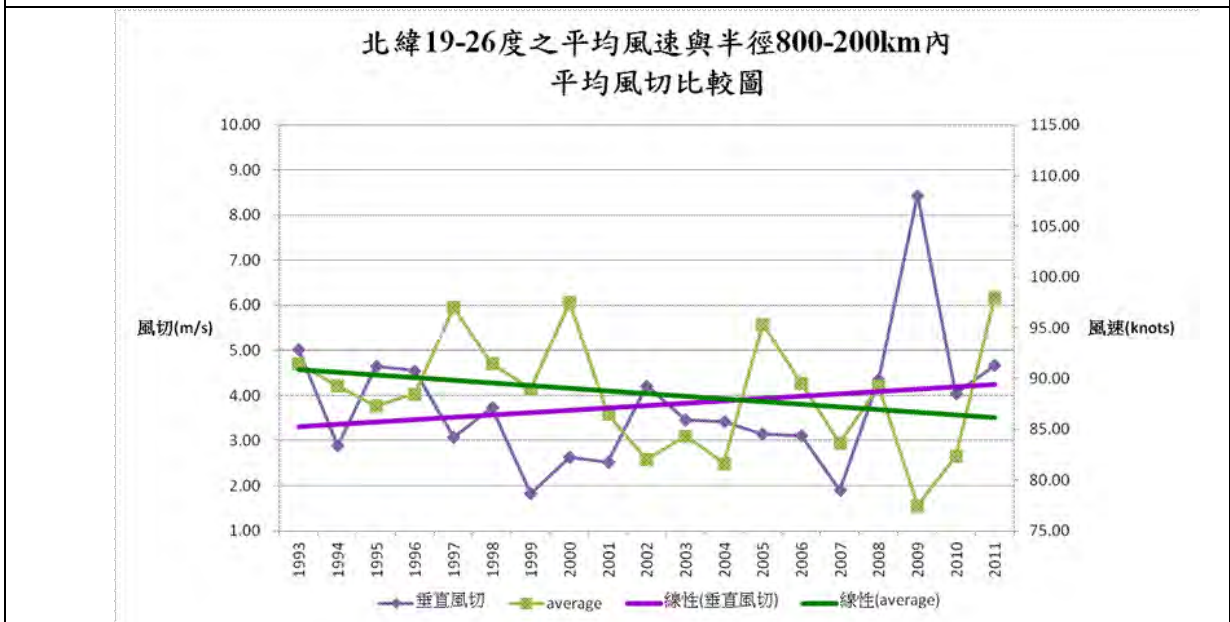


圖 42 北部(19-26°N)海域平均垂直風切與颱風平均風速比較圖。

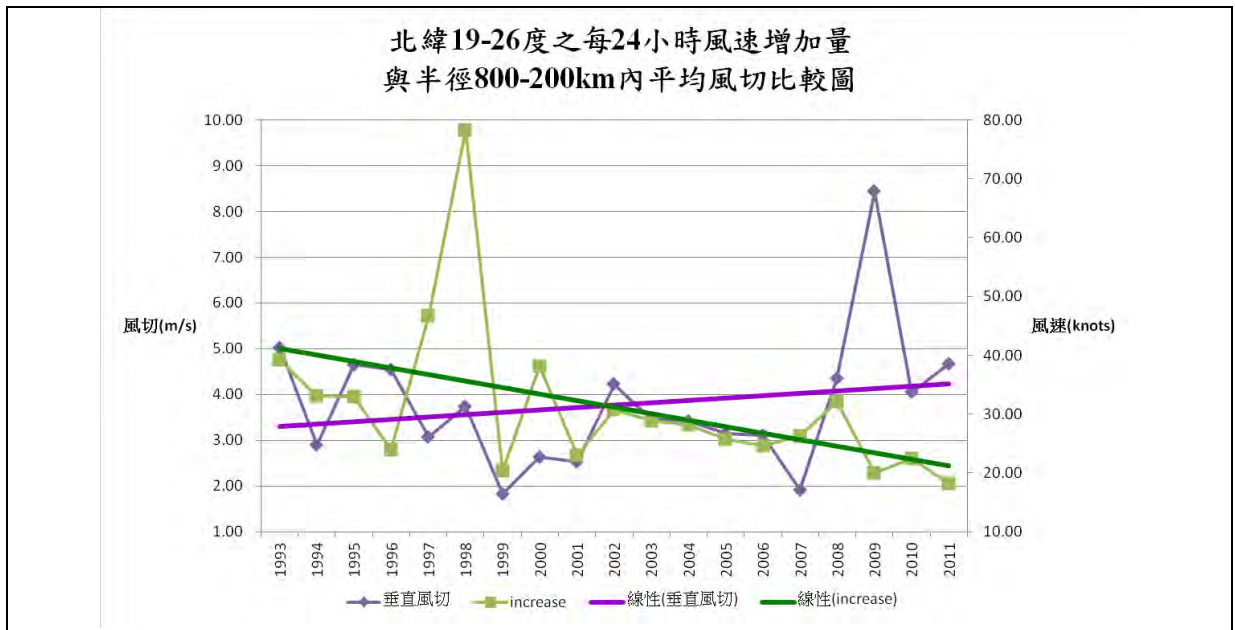


圖 43 北部(19-26°N)海域平均垂直風切與颱風每 24 小時風速增加量比較圖。

(二) 分析南部海域(19-26°N)風切大小與颱風強度間的關係

1. 由圖 44-46 可以發現，長期以來南部海域(19-26°N)颱風的最大風速、平均風速與每 24 小時風速增加量，都呈現上升的趨勢。但垂直風切數值卻也呈現上升的狀況。
2. 觀察三種風速資料與垂直風切數值間的關係，颱風強度似乎沒有隨著風切的上升趨勢而減小。

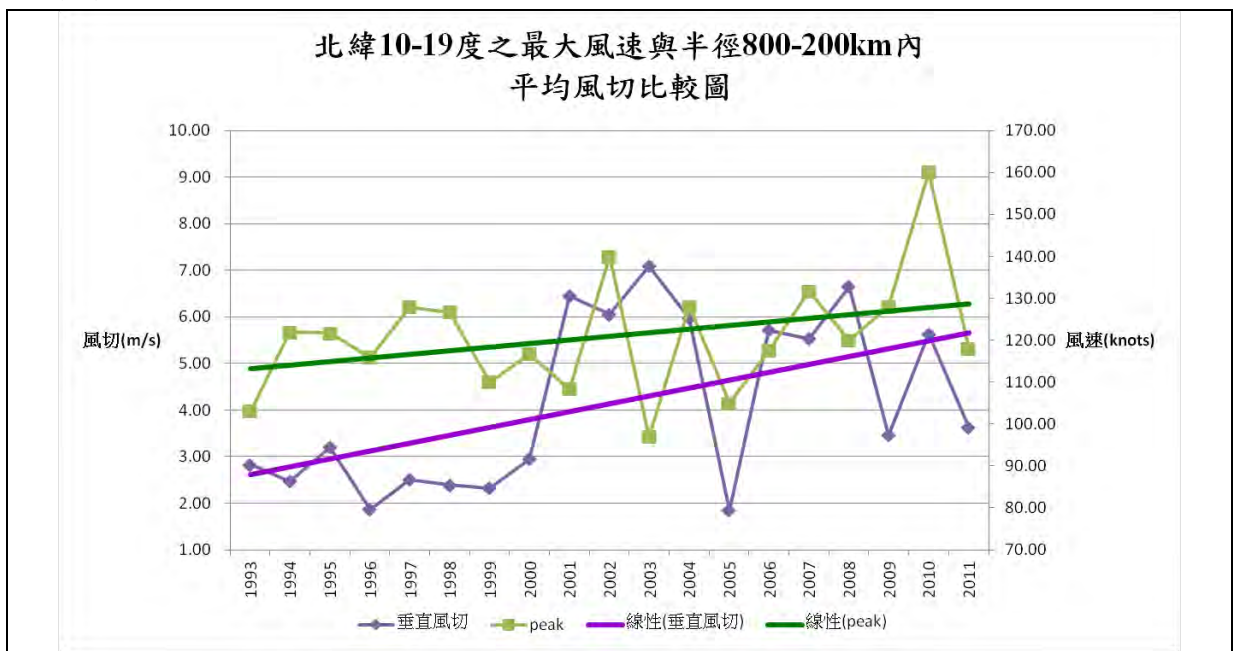


圖 44 南部(10-19°N)海域平均垂直風切與颱風最大風速比較圖。

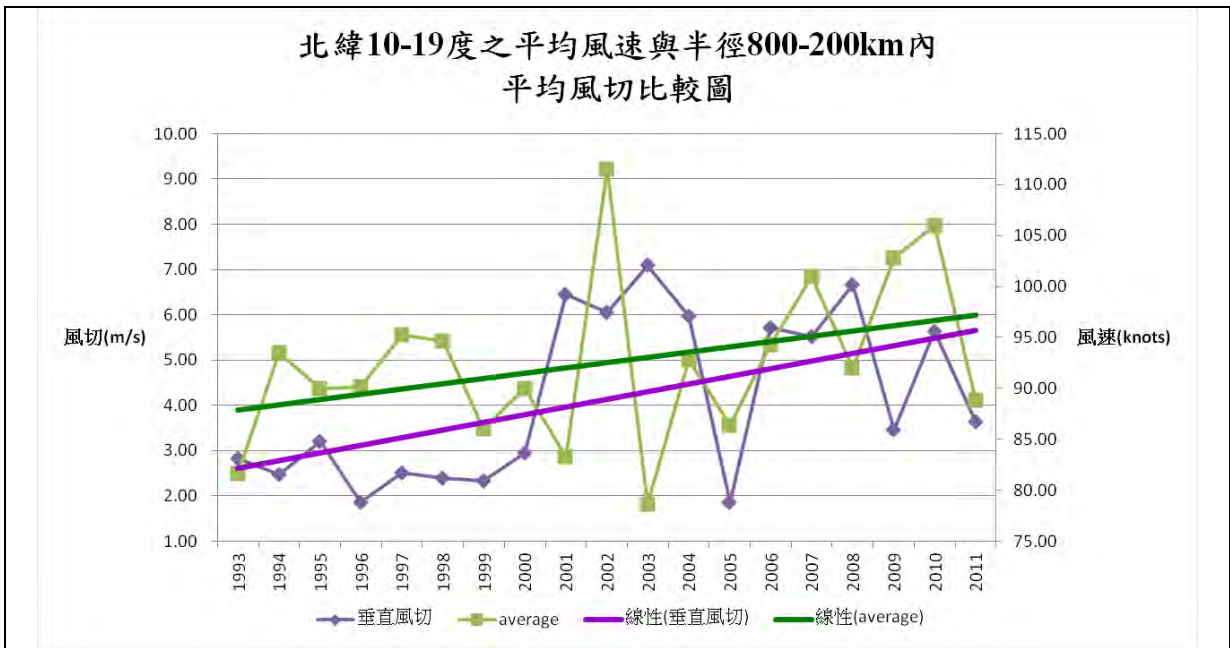


圖 45 南部(10-19°N)海域平均垂直風切與颱風平均風速比較圖。

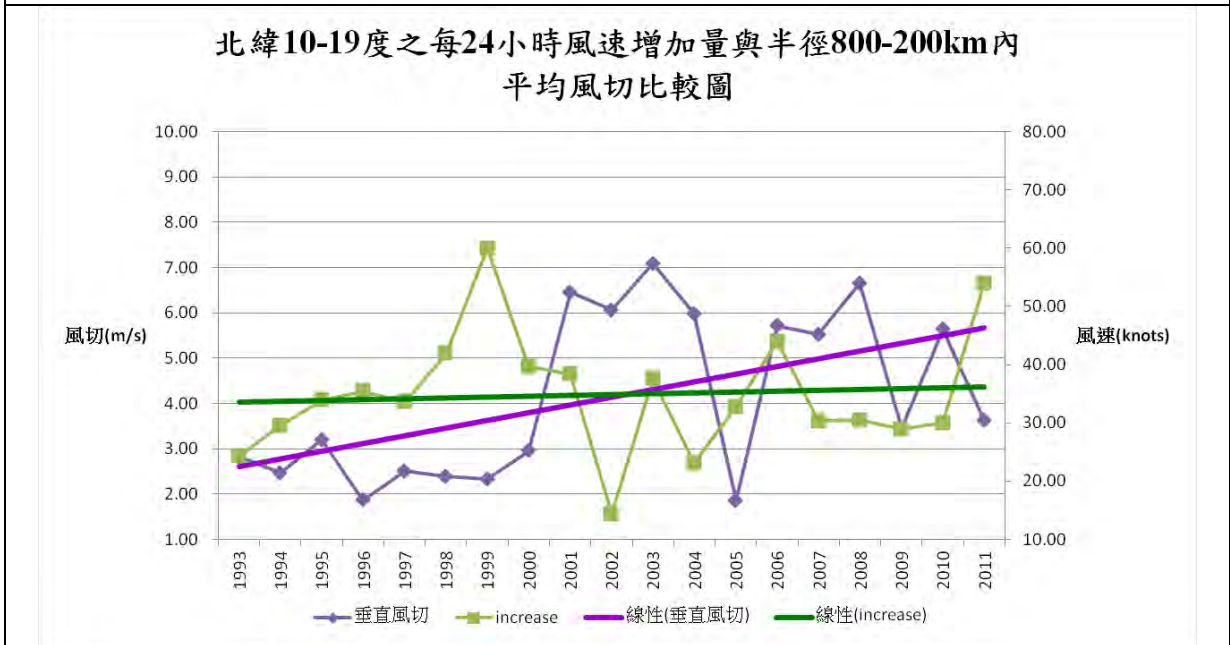


圖 46 南部(10-19°N)海域平均垂直風切與颱風每 24 小時風速增加量比較圖。

## 陸、討論

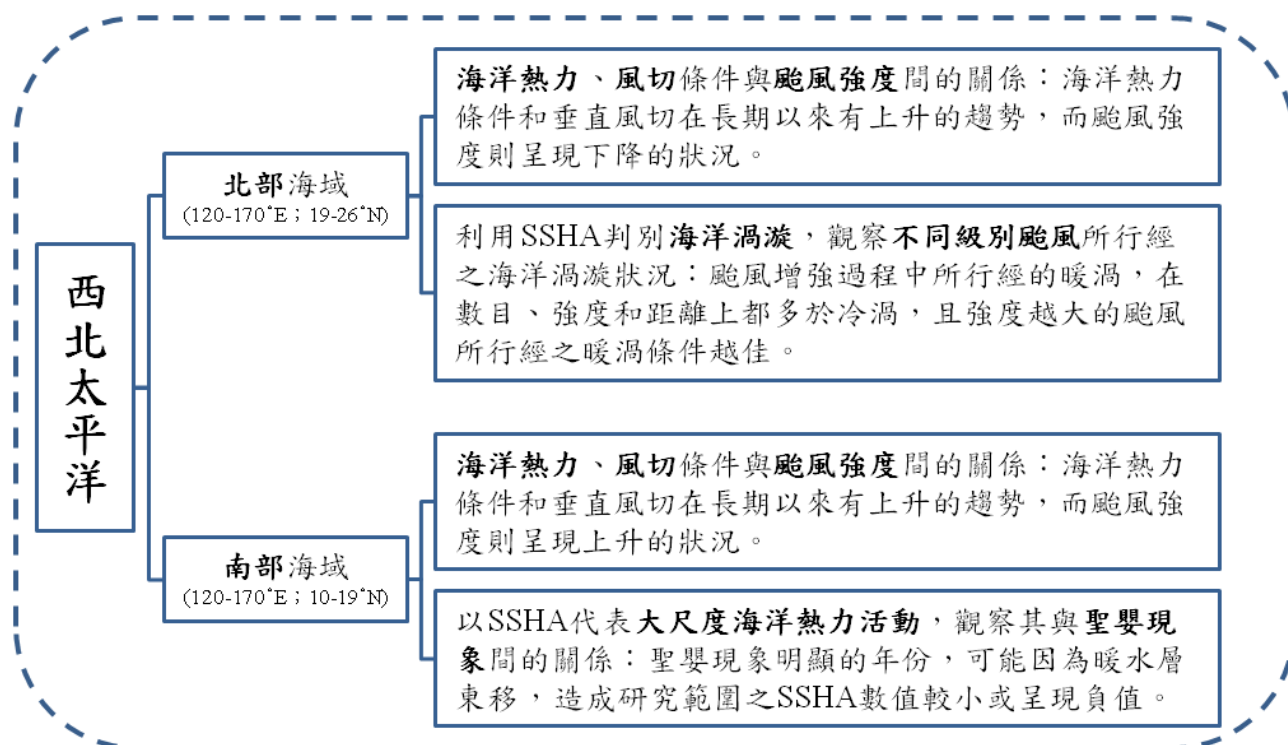


圖 47 研究範圍與相關比較結果

- 一、由統計可知 1993-2011 年間，每年度 7-10 月於西北太平洋 120-170°E，10-26°N 間增強的颱風數目各不相同。推測因颱風路徑是受大氣與海洋動力狀況所影響，使每年的行經路徑情形與生成個案數目有所差異。
- 二、增強期間行經之**海洋熱力條件**(UOHC、D26、T100、SST、SSHA)與颱風**最大風速**的關係：
  - (一)由圖 6 到圖 10 看出，近年來 7-10 月間，在西北太平洋北部海域(120-170°E，19-26°N)增強的颱風之最大風速有略為減低的狀況，而海洋熱力條件卻呈現上升的趨勢。兩者間似乎沒有明顯的相關性，推測颱風強度受其他條件影響較大。
  - (二)由圖 21 到圖 25 看出，近年來 7-10 月間，在西北太平洋南部海域(120-170°E，10-19°N)增強的颱風之最大風速與其所行經海洋的熱力條件均有上升的趨勢，且熱力條件越好的年份，該年度之最大風速也有越大的現象。
- 三、增強期間行經之**海洋熱力條件**(SST、UOHC、D26、SSHA、T100)與颱風增強期間**平均風速**的關係：
  - (一)由圖 11 到圖 15 可知，1993-2011 年以來，西北太平洋北部海域(120-170°E，19-26°N)海洋的熱力條件有變強的趨勢，但颱風的平均風速卻沒有逐漸增長，而呈現下降的趨勢。推測可能受到大氣條件或生成位置好壞的影響。
  - (二)由圖 26 到圖 30 可知，1993-2011 年以來，西北太平洋南部海域(120-170°E，10-19°N)海洋的熱力條件有變強的趨勢，且颱風的平均風速也隨之有上升的趨勢。



#### 四、增強期間行經之海洋熱力條件(SST、UOHC、D26、SSHA、T100)與颱風每 24 小時增強風速的關係：

- (一)由圖 16 到圖 20 可發現北部海域(120-170°E，19-26°N)海洋熱力條件長期以來有變暖的趨勢，且近幾年持續處於較溫暖的狀態。然而，每 24 小時風速增加量卻產生了較明顯的減少現象。推測可能有其他影響更大的大氣因素，使在越來越溫暖的海洋條件下，颱風每 24 小時風速增加量不增反減。
- (二)由圖 31 到圖 35 可發現南部海域(120-170°E，10-19°N)的海洋熱力條件大致上呈現上升的趨勢，而每 24 小時風速增加量卻沒有明顯的增減趨勢，且近幾年呈現較穩定的狀態。

#### 五、利用海面高度差異(SSHA)觀察北部(19-26°N)海域的海洋渦旋狀況對颱風強度的影響

##### (一)北部(19-26°N)海域生成之颱風增強期間行經海洋渦旋數目與颱風強度的關係：

在圖 36 中，我們可以觀察到颱風增強過程中行經的暖渦數目都多於冷渦，且強度大的颱風，其增強期間行經之暖渦數較多。

##### (二)北部(19-26°N)海域生成之颱風增強期間行經之海洋渦旋強度與颱風強度的關係：

由圖 37 中可看出 category1-5 颱風個案平均行經的暖渦強度都大於冷渦，且 category5 颱風所行經的暖渦強度最強。推測由於近年來海洋整體熱力條件變好，造成海水溫度較高，不利於冷渦的增強，使冷渦強度普遍上小於暖渦。

##### (三)北部(19-26°N)海域生成之颱風增強期間行經海洋渦旋距離與颱風強度的關係：

由圖 38 的比較可看出，颱風增強期間行經暖渦之距離較行經冷渦之距離長，而強度越大的颱風，增強期間行經暖渦的距離越長。

##### (四)1993-2011 年來，增強期間颱風行經海洋渦旋之距離佔總路徑百分比之變化：

由圖 39 可看出 19 年來，颱風增強期間行經冷渦之距離佔增強期間總路徑百分比，有明顯減少的趨勢，且近年來行經暖渦之距離百分比遠較 1990 年代大。推測整體的海洋條件變暖，不僅使冷渦的強度與個數減少，也使暖渦數目增加，颱風增強期間行經暖渦之機率因而提高。

#### 六、利用海面高度差異(SSHA)觀察南部(19-26°N)海域大尺度海洋熱力狀況與聖嬰現象的關係

由圖 40 可以觀察到在聖嬰現象較明顯的年份，該年度的 SSHA 值較低，甚至呈現負值。推測可能是聖嬰現象發生時海洋暖水層東移的影響，使該海域的海面高度相對較低。

#### 七、增強期間所受風切大小與颱風強度間的關係

(一)由圖 41 到圖 43 可以發現，北部海域(19-26°N)生成之颱風在增強期間所受的垂直風切有增加的趨勢，而颱風強度則呈現下降趨勢，且風切越大的年份，當年之颱風強度越小。因此推測北部海域之颱風強度受風切大小影響較大。

(二)由圖 44 到圖 46 可以發現，南部海域(10-19°N)生成之颱風在增強期間所受的垂直風切有增加的趨勢，但其颱風風速卻呈現上升趨勢，推測風切對颱風強度所造成的影響較小，而海洋熱力條件的影響較大。

- 八、由上述**五**的討論中，我觀察到在北部(19-26°N)海域，颱風增強期間所行經的冷渦對於颱風強度的影響似乎沒有暖渦來的劇烈。在統計資料中冷渦的強度通常小於暖渦，因此推論其對颱風增強所造成的抑制較暖渦對颱風能量的補充來的輕微。
- 九、由上述**五**的討論中，我發現雖然在北部(19-26°N)海域增強之颱風強度越大，其平均行經暖渦距離較大，但其平均行經冷渦之距離也較大。推測颱風要增強至越大等級所需時間越長，所以行經的路程也會較遠，提高了經過冷渦的機會，但因為冷渦的強度較暖渦而言相對較弱，且所佔行經距離百分也比較低，因此，行經暖渦時補充的熱量遠多於行經冷渦時消耗的熱量，使颱風增強的過程受冷渦影響不大。
- 十、由北部(19-26°N)海域各級別颱風與海洋渦漩的比較中，可發現 category5 颱風常具有平均行經暖渦數較多、行經距離較長、暖渦強度較強等優勢，推測在北部海域，強度較大的颱風，仍須行經較溫暖的海洋才有助於其增強。
- 十一、比較北部(19-26°N)和南部(10-19°N)海域之颱風個案強度與海洋熱力狀況垂直風切大小間的關係可以發現，風切對於北部海域(19-26°N)颱風的強度影響較大，而海洋熱力條件則對南部(10-19°N)海域颱風之強度有較大的影響。

## 柒、 結論

- 一、北部海域(19-26°N)海洋熱力條件自 1993 年以來有漸暖的趨勢，但颱風強度卻漸減，推測北部海域(19-26°N)越來越大的垂直風切對颱風強度的影響較顯著。
- 二、從研究中的個案統計比較可知，北部海域(19-26°N)生成的 category1-5 颱風在增強過程中行經之暖渦在強度、數目、距離上都大於冷渦強度，因此暖渦對颱風增強的影響大於冷渦。
- 三、雖然北部海域(19-26°N)的颱風強度並沒有隨著較佳的海洋條件而普遍增強，但 category 等級越大之颱風，增強過程所行經之暖渦數目越多、暖渦強度越強、行經暖渦距離越長、海洋熱力條件佳，因此強度大的颱風仍需行經海水熱含量較高與海洋渦漩條件佳的海域。
- 四、南部海域(10-19°N)垂直風切長期以來有些微的上升趨勢，但颱風強度與海洋熱力條件也呈現上升趨勢，推測南部海域(10-19°N)颱風強度受到海洋熱力條件的影響較大。

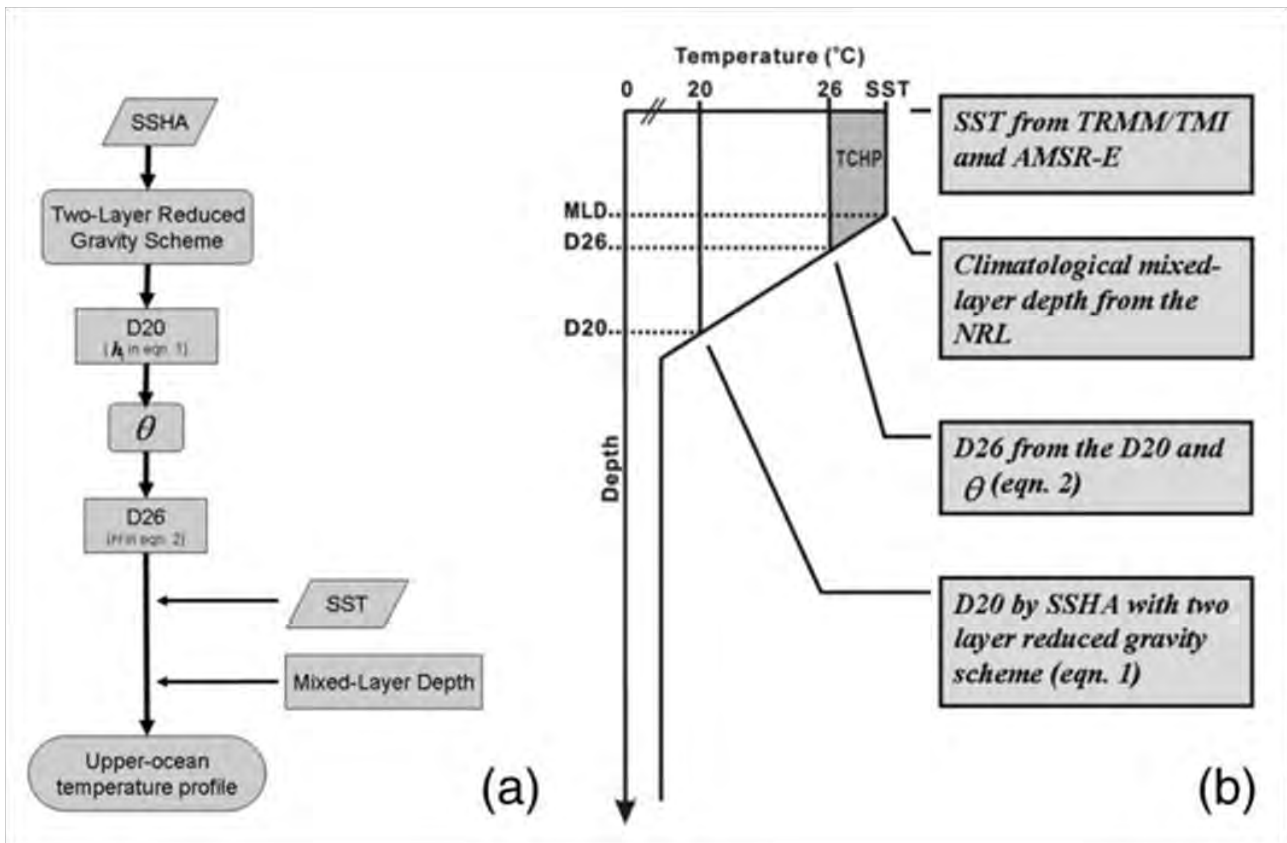
## 捌、 未來展望

除海洋熱力條件與風切大小之外，似乎有其他因素影響著颱風的強度。推測其他可能的影響有：生成位置的好壞、海洋熱力條件的影響有限、未知的因素與颱風移動速度等等。未來除了思考本研究中三種判斷颱風強度的依據，是否有足夠的代表性，與資料分析方式是否忽略誤差因素外，還可以利用模擬找出颱風增強與海洋、大氣等各種參數間的相關性，完整歸納出颱風強度的影響因素。

## 玖、參考資料及其他

- Emanuel, K. A.. (1999). An overview [Abstract]. *Thermodynamic control of hurricane intensity* . Nature 401, 665-669 doi:10.1038/44326
- Goni, G. J.and J. A. Trinnan (2003). An overview [Abstract]. *Ocean thermal structure monitoring could aid in the intensity forecast of tropical cyclones*, *Eos Trans. AGU*,84(51), 573, doi:10.1029/2003EO510001.
- Pun, I., Lin, I., Wu, C. ;Ko, D. & Liu, W.T.(2007) . *An overview [Abstract]. Validation and Application of Altimetry-Derived Upper Ocean Thermal Structure in the Western North Pacific Ocean for Typhoon-Intensity Forecast*. *Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on*, 1616 - 1630,
- Lin, I., Wu, C., Pun, I., & Ko, D (2008). *Upper-Ocean Thermal Structure and the Western North Pacific Category 5 Typhoons.Part I: Ocean Features and the Category 5 Typhoons' Intensification*. *Monthly Weather Review*, Vol. 136, p. 3288-3306, doi: 10.1175/2008MWR2277.1
- ECMWF : *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts*, <http://www.ecmwf.int/>
- Remote Sensing Systems : *Research-quality geophysical products from satellite data*, <http://www.ssmi.com/>
- UNISYS : *Western Pacific Hurricane Tracking Data by Year from Joint Typhoon Warning Center Best Track Data* , [http://weather.unisys.com/hurricane/w\\_pacific/index.php](http://weather.unisys.com/hurricane/w_pacific/index.php)
- 中央氣象局 : <http://www.cwb.gov.tw/V7/>

附錄 1 海洋熱力參數計算方式與相關定義(SST 與 SSHA 為衛星測高資料)  
(Pun et al. 2007)





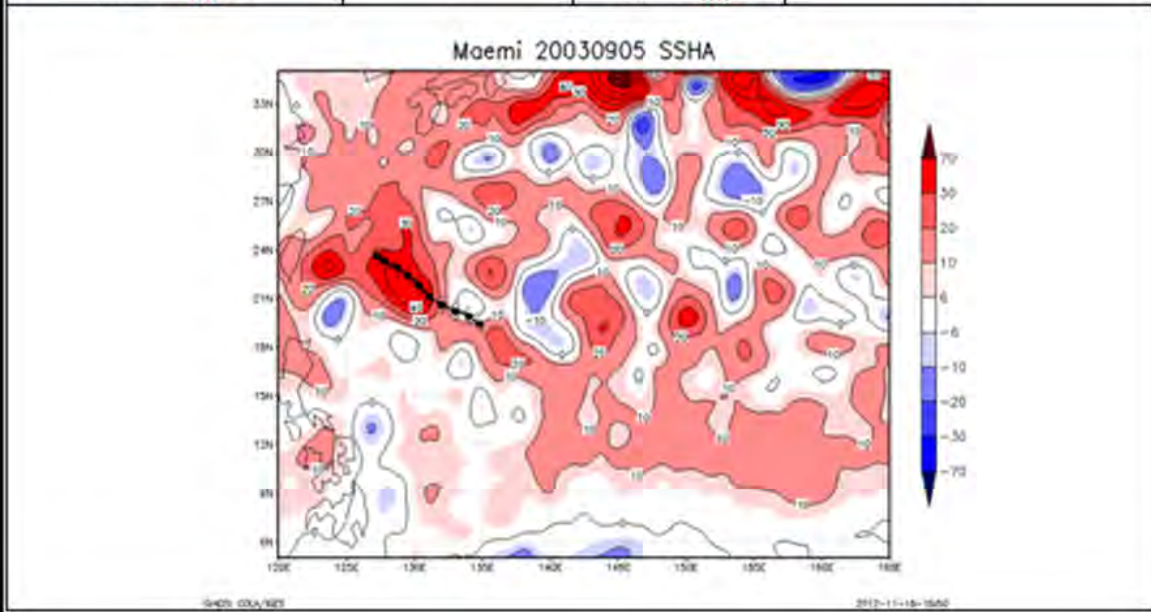
附錄 2 各颱風個案資料整理表格範例(以 2003 年 15 號颱風 Maemi 為例)

年份/ 編號	名稱	Category	Winds (knots)	Increase (knots/24hr)	LAT	LON	TIME
2003 #15	Maemi	first 1	65	37.78	19.40	134.80	09/07/18Z
		peak 5	150		23.60	127.20	09/10/00Z

TIME	LON	LAT	SST (°C)	SSHA (cm)	D26 (m)	UOHC	T100 (°C)
2003090718Z	134.8	19.4	29.55	11.756	89.308	103.098	28.367
2003090800Z	134.0	19.9	29.25	2.600	76.426	82.903	27.784
2003090806Z	133.0	20.2	29.25	3.751	75.268	80.584	27.714
2003090812Z	132.0	20.6	29.40	14.149	81.511	86.582	27.935
2003090818Z	131.1	21.1	29.10	34.680	98.967	89.473	28.078
2003090900Z	130.3	21.8	29.10	40.685	102.761	91.067	28.115
2003090906Z	129.5	22.4	29.10	41.955	103.295	91.922	28.133
2003090912Z	128.7	22.9	29.10	39.734	100.900	91.115	28.117
2003090918Z	127.8	23.3	29.10	37.329	99.813	91.590	28.128
2003091000Z	127.2	23.6	28.95	31.719	96.425	86.031	27.996
↕							
		Mean	29.19	25.8357	92.4673	89.4365	28.0367
		STD	0.1761	15.9197	11.0017	6.1798	0.1888

2003/09/05 SSHA 圖

行經冷渦數	0	行經暖渦數	1
-------	---	-------	---



## 【評語】 040505

這個研究採用了大量的國際衛星觀測資料，針對西北太平洋地區的海洋物理性質的變化，整理分析，也歸納出許多有趣的結論，對於颱風的形成及發展機制的了解，有實質上的幫助，是一個基礎科學性很好的研究課題。報告的同學能掌握到研究的重點，口頭表達的能力甚佳，海報內容的呈現也非常好。

1. 從多個因子綜合分析颱風通過海面增強的機制，以單人研究而言，可見投入相當心力，值得鼓勵。然因分析面向眾多，對於研究主軸和結論尚無明確收斂，可再持續投入研究。
2. 選題目很有重要性。研究過程完整，結果很清楚。使用全面的衛星資料及海水實測數據，方向及方法都正確，技巧紮實，實難能可貴。此研究方向及成果都有持續深入的潛力。