

中央氣象局委託研究計畫報告
CWB83-2M-07

台灣附近海面風浪預報模式之開發
I：風場資料評估

主持 人：莊 文 思
助 理：梁 文 德
國立台灣大學海洋研究所

中華民國八十三年八月一日

摘要

海面波浪之產生及發展，大抵均由海面風場所造成，因此預報風浪，在不考慮湧浪之情況下，假定風浪為完全成熟波 (fully developed sea)，則可以簡單之公式， $H=AV^2/g$ 來計算，其中H是波高，A是常數，g是重力加速度，V是風速。故由海岸地區所測風速資料即可推算近岸海域風浪狀態。

但分析廿餘測站1993年各地實測風場之基本統計資料看來，除三離島測站（蘭嶼、東吉島、澎佳嶼）外，澎湖及本島測站均有低估之情形（年平均風速最低值出現在阿里山）。由於風速觀測之技術甚為單純，因此儀器誤差應不至於影響觀測結果，造成低估現象最有可能原因在於觀測儀器之設置地點風場，不足以代表大範圍實際風場。

實測東吉島風浪間之關係，無論短期變化或季節變化均非常類似。其線性相關程度亦非常良好，相關係數高達0.78。為了海象預報之作業需求，建議將現有之測風儀器遷移至氣象站附近未受遮蔽之適當地點，或於海岸地區另設置簡單之測風站，傳送及時風場資料，以供預報近海風浪使用。

一. 前言

海面波浪之產生及發展，大抵均由海面風場所造成，因此預報風浪，在不考慮湧浪之情況下，假定風浪為完全成熟波 (fully developed sea)，則可以簡單之公式， $H=AV^2/g$ 來計算，其中H是波高，A是常數，g是重力加速度，V是風速 (Hubert, 1957)。此公式經不斷改良，包括引進 P-N-J 波譜法的波高與吹風時間的關係，即成為今日先進國家氣象及海軍單位作業化波浪模式之開始（趙榮耀，1993）。

上述公式中最基本之要求即為先比較實測之風及浪，從而調整海面風速之計算方法及波浪模式中之常數。在海上實測風速，除使用資料浮標外，並無其它方法。目前我國之浮標技術尚在發展之中，短期內尚難進入作業階段。另一方面，就台灣而言，四面環海，且沿岸地區氣象測站密佈，離島且多有觀測，如能使用海岸地區所測風速資料推算近岸海域風浪狀態，當對波浪預報大有裨益，並可補足一般作業化波浪模式在近岸地區因水深變化複雜，網格點無法解析之不足。

本計畫即以審視中央氣象局所提供之廿個地面測站之資料為開始，期能配合中央氣象局所屬之四波浪站資料（鼻頭角、成功、東吉島、琉球嶼）建立初步之風浪關係。

二. 資料適用性

氣象局共提供廿二個地面氣象站資料，其中包括16個東西海岸測站（基隆、花蓮、蘇澳、宜蘭、成功、台東、大武、恆春、高雄、台南、嘉義、台中、梧棲、新竹、淡水、台北），四個離島測站（澎佳嶼、蘭嶼、東吉島、澎湖），另有兩個高山測站（玉山、阿里山）以供比對。資料內容包括氣壓（單位：mb）、溫度（°C）、風向（16方位）及風速（m/s），資料時間為1993年全年，記錄時間則為每三小時一筆。

所有資料先經初步統計，分別於表一列出氣壓、溫度、風速之平均值、標準偏差、最大及最小值（風速僅列最大值），另將風速及風向分解為東西及南北兩分量，分別計算其平均值及標準偏差，並以向量方式表達各測站所測得年平均風矢。

台灣幅員不大，南北相距僅約四百公里，故所有測站之年平均氣壓無甚大差異，若有不同，主要應為測站（氣壓計）高度位置所造成。圖一所繪為海岸地區廿個測站之氣壓平均值及變化幅度（最高及最低值內）。明顯可見蘭嶼測站較諸其它站為低約35mb，亦即該測站必位於山上，所測風場恐難代表風浪預報所需之海面風資料。此外，彭佳嶼之氣壓亦低約10mb，應係於百米高燈塔頂測量所致。另一較低值出現在台中，亦約低10mb，原因並不明瞭。

海岸地區廿個測站之氣溫平均值及變化幅度則繪於圖二。氣溫地區性之效應頗大，故甚難用以評估資料之適用性。大體而言，蘭嶼測站所得平均溫最低，亦即高度影響頗巨。澎佳嶼與基隆、台北之差異在一度以內 (0.83°C)。至於台中則與鄰近測站無任何明顯差別。

海岸地區廿個測站之風速統計資料繪於圖三。就最大值以觀，蘭嶼、東吉島、澎佳嶼等三離島測站測得最強之風，梧棲、新竹、恆春、澎湖等近海測站次之。平均風速亦大抵若是。依常識判斷，似屬合理，但東吉島與澎湖，蘭嶼與大武，澎佳嶼與基隆等站，彼此相距均不甚遠，但無論最大值或平均值相差約達一倍。此外，宜蘭、台東、淡水等沿岸測站年平均風速更在 2 m/s 以下，相較於一般認知，似有偏低。

現以東吉島與澎湖二離島測站為例，兩站全年之風速時間序列均繪於圖四。其變化非常類似（線性相關係數為 0.85），但幾乎每次天氣形態事件 (event)，兩站之峰值均相差一倍，亦即澎湖測得之風速有規律性偏低之現象。經由線性迴歸分析（如圖五），兩者比值約為 0.58。

如以三離島（澎湖除外）所測風速代表海上風場，其與相近本島之對應海岸測站比較繪於圖六（澎佳嶼與基隆）、圖七（蘭嶼與大武）及圖八（東吉島與梧棲）。其中除梧棲與東吉島之比值為 0.63 尚接近外，基隆為 0.37，大武為 0.27 均屬偏低。若以風速平方與波高之關係評估，則風速偏低之程度將更為明顯。

至於各站間風速之彼此相關性，台灣東部由澎佳嶼至恆春等 10 站，西部由高雄至台北等 10 站，分別列於表二及表三。其中東吉島、澎湖、梧棲、新竹四站間之相關性較佳，餘均甚差。因此可歸納出各站所測得之風速變化並不一致。

三. 風浪關係

風浪間之關係，今以東吉島為例，該處氣象局同時設有氣象站及波浪站。該波浪站之感應器置於水深29公尺處，電纜線總長約三公里。該站雖位於離島，但有效資比率甚高（莊文思，1993）。圖七為風速平方之時間序列圖，圖八為十分之一最大波高之逐時統計圖，二者間，無論短期變化或季節變化均非常類似。其線性相關程度亦非常良好，相關係數高達0.78（圖九）。如取前三小時之風與浪相比較，相關係數並提高至0.80。

四. 結論與建議

由東吉島實測風浪間之良好關係可知：台灣附近海面波浪預報模式之開發，有賴於沿海岸地區風場之準確測量及預報。但由各地實測風場之基本統計資料看來，除三離島測站（蘭嶼、東吉島、澎佳嶼）外，澎湖及本島測站均有低估之情形（年平均風速最低值出現在阿里山）。由於風速觀測之技術甚為單純，因此儀器誤差應不至於影響觀測結果，造成低估現象最有可能原因在於觀測儀器之設置地點風場，不足以代表大範圍實際風場。

測風站設置之一般原則，應為置於開闊區域並遠離各式非自然屏障。台灣各地區氣象站之設立大多歷史悠久，原設置時應可滿足上述條件，但當附近建築逐漸增加，阻擋效應(shielding effect)增強，則所測為經阻擋後之當地風場，故強度大幅減弱。

一般氣象站所測之風場資料，既不足以應付近岸海域風浪預報之需用（亦不足以作為檢驗天氣預報模式之結果），為了海象預報之作業需求，建議將現有之測風儀器遷移至氣象站附近未受遮蔽之適當地點，或於海岸地區另設置簡單之測風站，傳送及時風場資料，以供預報近海風浪使用。

參考資料：

Hubert, W. E. (1957): A preliminary report on numerical sea condition forecasts. Mon. Wea. Rev., 85: 200-204.

莊文思 (1993): 全省潮位站與波浪站之評估與規劃研究報告。中央氣象局，32頁。

趙榮耀 (1993): 美國作業單位波浪模式之評介。海象分析與預報研討會論文彙編，中央氣象局，238頁。

表一 中央氣象局廿二氣象站1993年氣壓、氣溫、風場資料統計表。

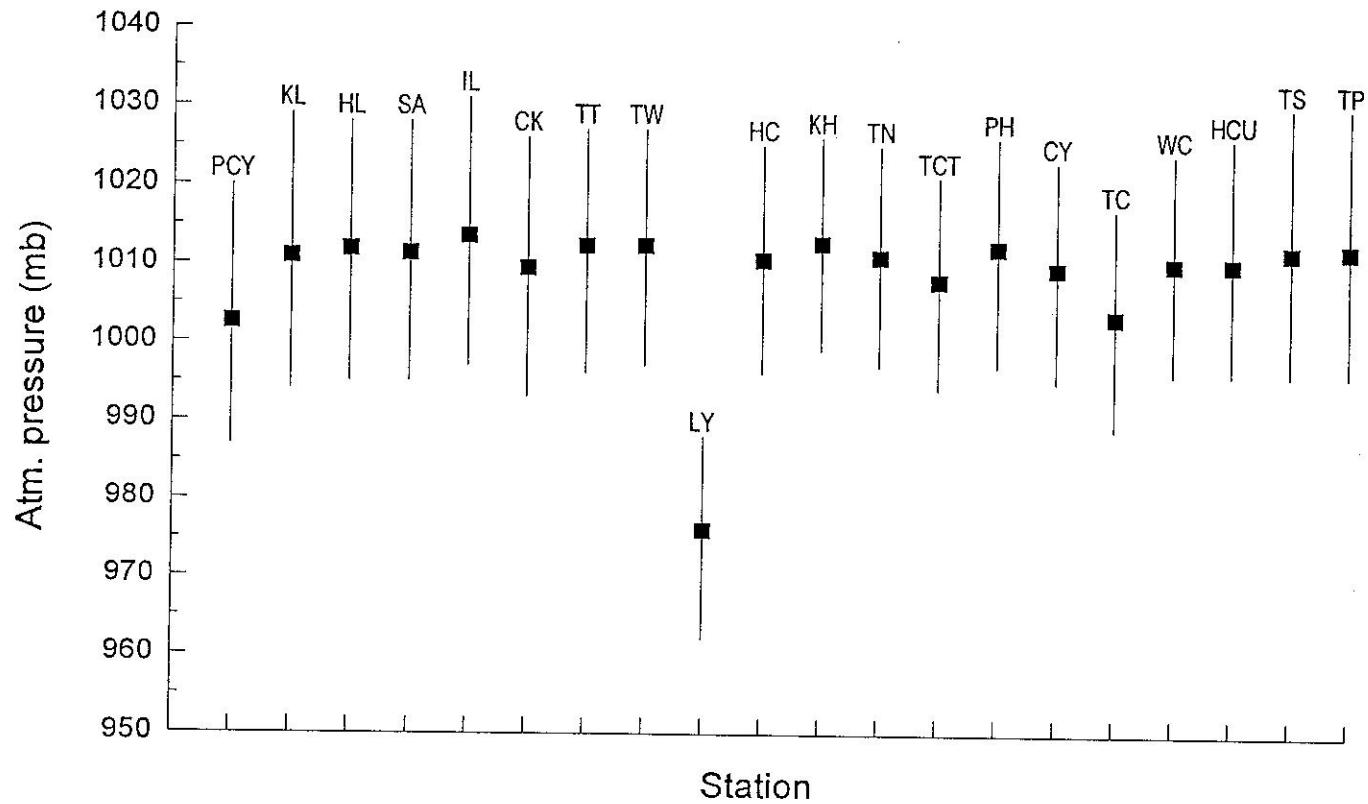
	Station	測站	Pres.				Temp.				Speed			E-W		N-S		Mean vector	
			Mean	S.D.	Min.	Max.	Mean	S.D.	Min.	Max.	Mean	S.D.	Max.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mag.	Dir.
1	PCY	澎佳嶼	1002.55	6.51	987	1020	21.90	5.44	6.7	33.3	6.77	3.15	18.5	-2.46	4.29	-1.06	5.49	2.68	-157
2	KL	基隆	1010.90	6.84	994	1029	22.73	5.69	7.8	35.9	2.65	1.75	10.1	-1.08	1.88	-0.72	2.21	1.30	-146
3	HL	花蓮	1011.89	6.35	995	1028	23.43	4.53	11.1	33.0	2.99	1.96	11.5	-0.51	2.23	-0.19	2.74	0.54	-160
4	SA	蘇澳	1011.38	6.61	995	1028	22.45	5.41	8.2	33.4	2.65	1.55	9.1	0.35	2.34	0.68	1.84	0.76	63
5	IL	宜蘭	1013.56	6.71	997	1031	22.36	5.48	8.4	34.7	1.44	1.23	7.0	-0.25	1.37	-0.48	1.19	0.54	-118
6	CK	成功	1009.49	6.21	993	1026	23.69	4.26	12.1	33.5	3.39	1.91	10.6	-0.62	1.78	-2.08	2.70	2.17	-107
7	TT	台東	1012.25	5.94	996	1027	24.59	4.32	12.8	33.9	1.65	1.04	6.6	-0.06	1.13	-0.87	1.32	0.87	-94
8	TW	大武	1012.35	5.78	997	1027	25.09	4.18	13.3	37.6	2.54	1.57	9.1	-0.22	1.52	-1.35	2.17	1.37	-99
9	LY	蘭嶼	976.01	4.73	962	988	22.44	3.63	11.1	30.7	7.84	4.47	30.2	-0.40	5.43	-2.49	6.76	2.52	-99
10	HC	恆春	1010.54	5.21	996	1025	25.19	3.92	13.0	33.7	3.68	2.54	13.0	-1.27	2.62	-1.98	2.76	2.35	-123
11	KH	高雄	1012.64	5.11	999	1026	25.11	4.65	9.8	34.4	2.22	1.26	8.4	0.53	1.65	-0.58	1.78	0.79	-48
12	TN	台南	1010.93	5.42	997	1025	24.42	5.35	8.3	36.1	3.15	1.44	9.6	0.21	1.61	-1.32	2.77	1.34	-81
13	TCT	東吉島	1007.86	5.30	994	1021	23.67	4.28	12.0	31.8	7.55	4.52	21.5	-1.67	3.34	-4.24	6.75	4.56	-111
14	PH	澎湖	1012.11	5.72	997	1026	23.61	4.85	10.8	33.4	4.62	2.44	12.6	-1.19	2.12	-2.24	4.06	2.54	-118
15	CY	嘉義	1009.49	5.36	995	1023	23.11	5.77	5.9	35.6	2.19	1.32	7.6	0.38	1.46	-0.81	1.90	0.89	-65
16	TC	台中	1003.31	5.29	989	1017	23.44	5.61	5.6	34.6	1.57	1.01	5.0	0.25	0.98	-0.46	1.50	0.52	-61
17	WC	梧棲	1010.14	5.66	996	1024	23.32	5.66	7.1	34.9	5.09	3.24	16.2	-0.73	2.48	-2.73	4.72	2.83	-105
18	HCU	新竹	1010.15	6.10	996	1026	22.23	5.83	5.1	33.9	3.52	2.64	13.7	-1.30	3.07	-1.38	2.52	1.90	-133
19	TS	淡水	1011.74	6.69	996	1030	22.15	6.07	6.1	36.3	1.63	1.33	8.8	-0.38	1.58	-0.34	1.29	0.51	-138
20	TP	台北	1012.00	6.67	996	1030	22.72	5.91	7.1	36.3	2.93	1.81	8.8	-1.66	2.40	-0.65	1.71	1.78	-159
21	YS	玉山	641.97	2.53	634	648	4.05	4.95	-10.6	17.9	4.73	2.66	24.7	2.25	3.49	0.15	3.49	2.25	4
22	ALS	阿里山	764.72	2.17	758	771	10.89	4.27	-3.4	21.3	1.10	0.83	6.1	0.26	1.05	0.07	0.85	0.27	15

表二 台灣東部由澎佳嶼至恆春等10站風速相關係數表。

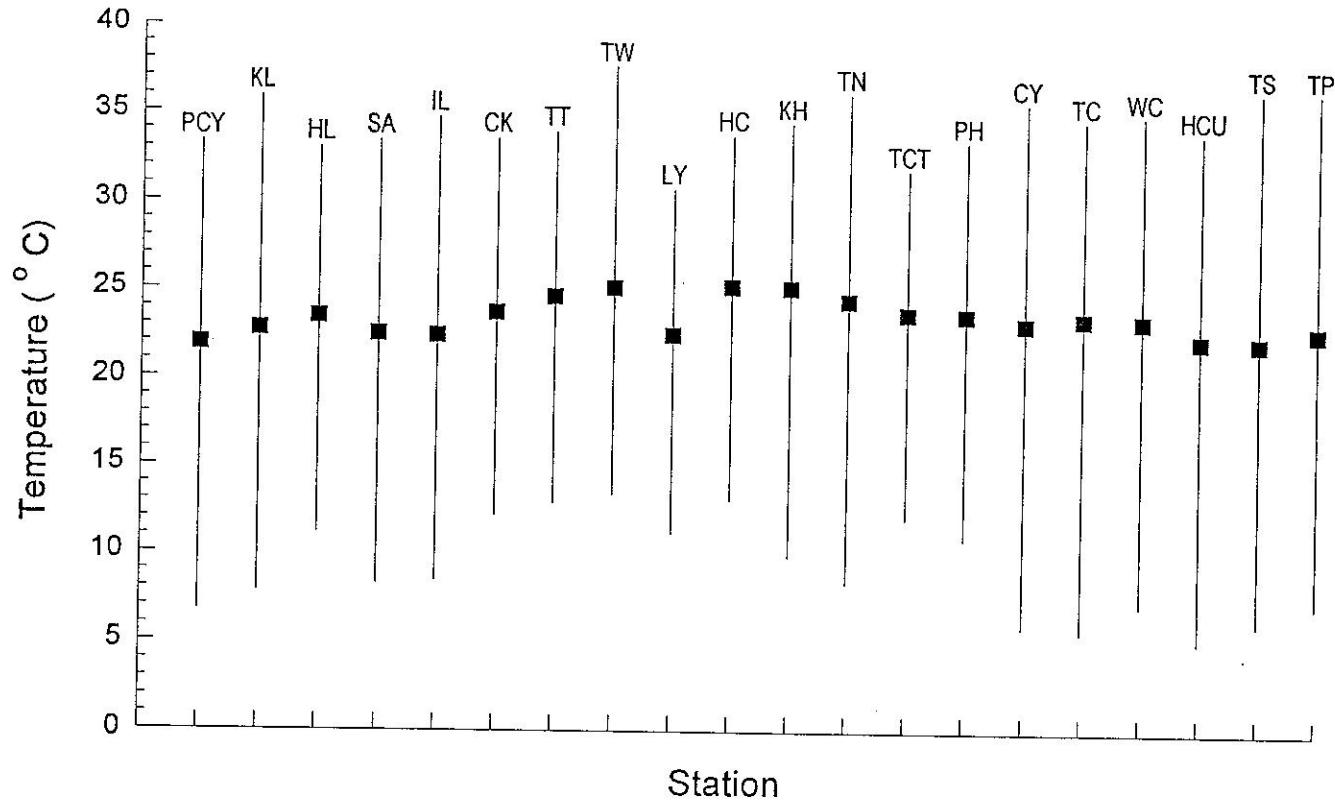
	PCY	KL	HL	SA	IL	CK	TT	TW	LY	HC
PCY	1									
KL	0.24	1								
HL	0.09	0.18	1							
SA	0.08	0.20	0.12	1						
IL	0.02	0.16	0.14	0.24	1					
CK	0.15	0.22	0.22	0.07	0.03	1				
TT	0.04	0.16	0.18	0.08	0.13	0.28	1			
TW	0.14	0.18	0.11	0.09	0.04	0.30	0.27	1		
LY	0.07	0.06	0.03	0.01	0.00	0.14	0.05	0.12	1	
HC	0.19	0.16	0.10	0.09	0.03	0.28	0.13	0.35	0.12	1

表三 台灣西部由高雄至台北等10站風速相關係數表。

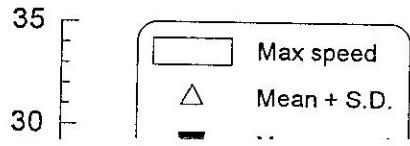
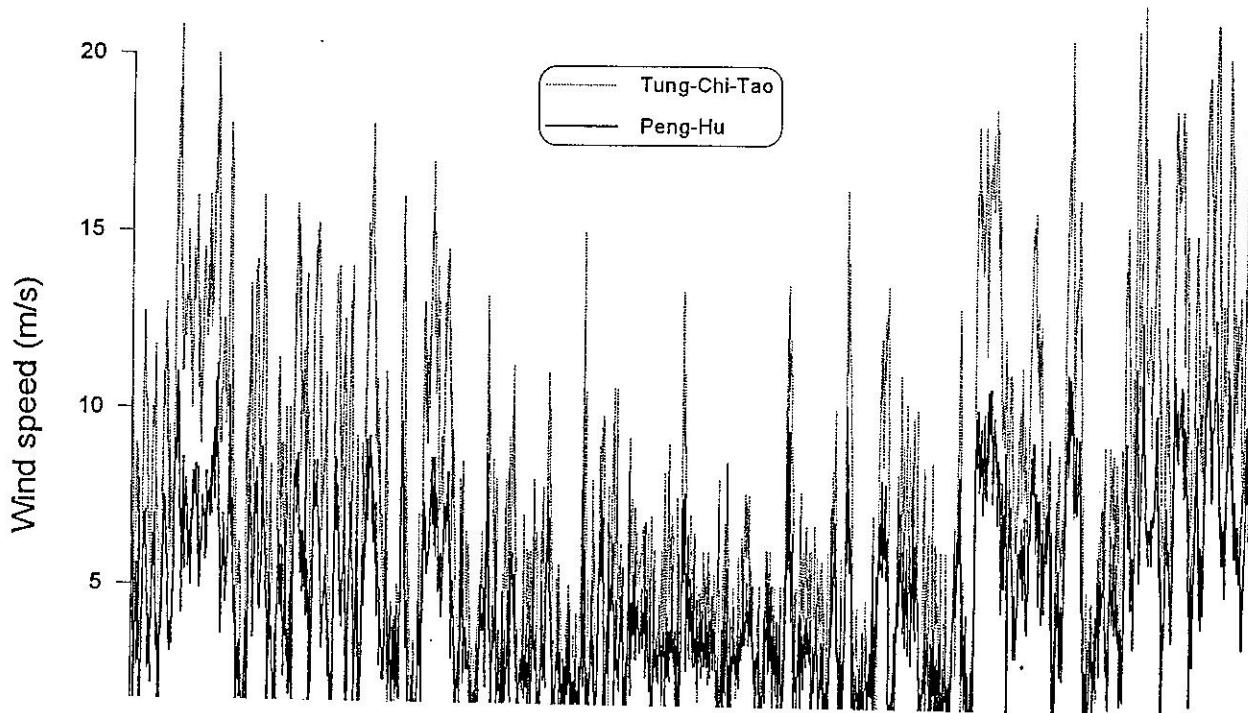
	KH	TN	TCT	PH	CY	TC	WC	HCU	TS	TP
KH	1									
TN	0.30	1								
TCT	0.00	0.21	1							
PH	0.01	0.19	0.85	1						
CY	0.25	0.41	0.10	0.12	1					
TC	0.24	0.30	0.07	0.11	0.50	1				
WC	0.07	0.30	0.53	0.58	0.34	0.42	1			
HCU	0.03	0.15	0.44	0.52	0.19	0.24	0.59	1		
TS	0.07	0.08	0.05	0.08	0.15	0.18	0.18	0.19	1	
TP	0.01	0.02	0.14	0.20	0.03	0.04	0.17	0.24	0.19	1

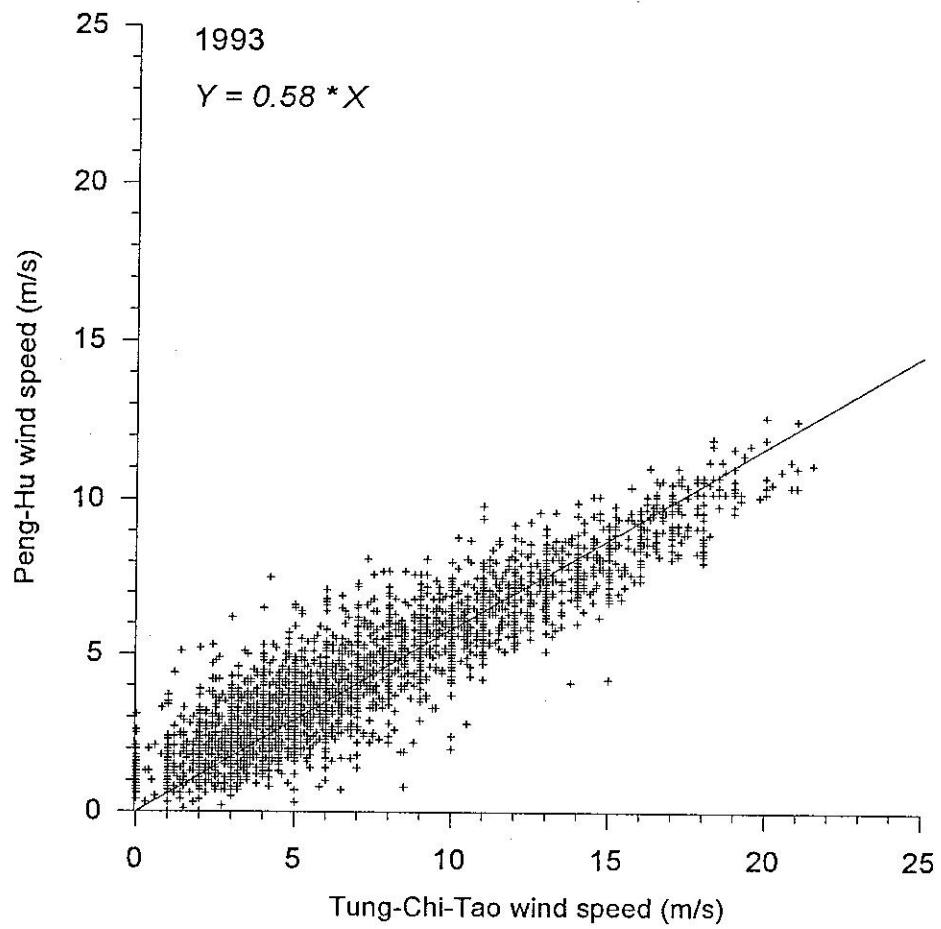


圖一 甘氣象站1993年氣壓變化幅度及年平均圖。

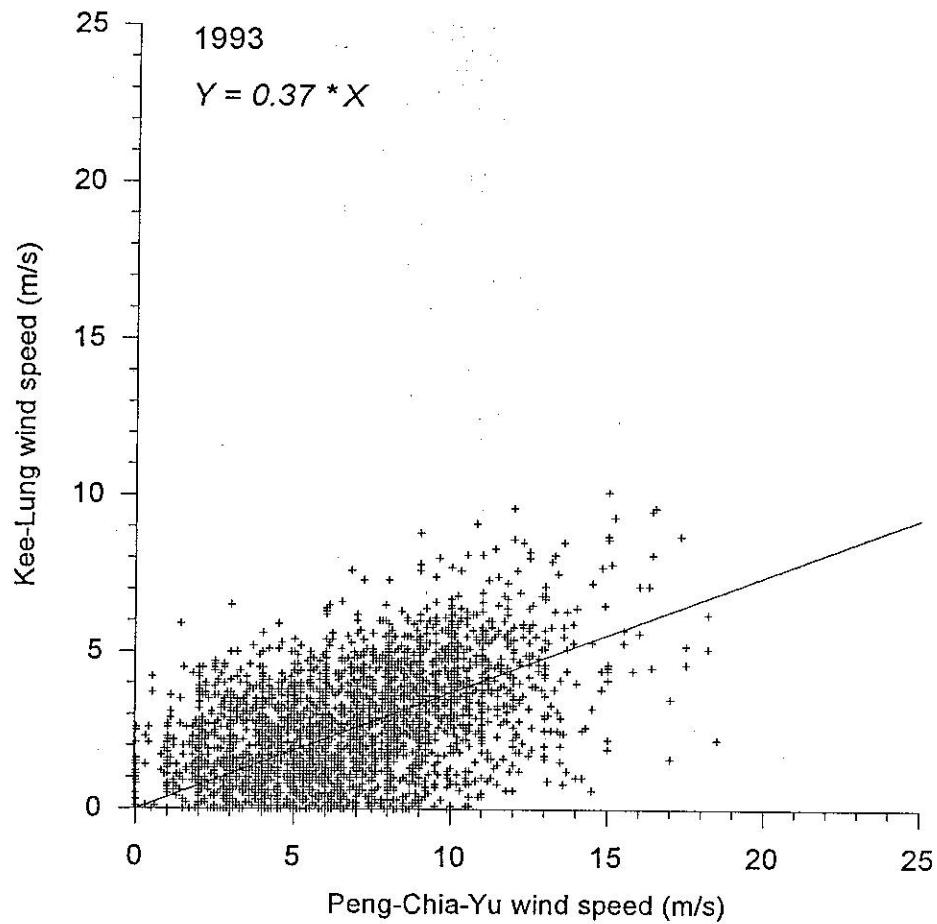


圖二 廿氣象站1993年氣溫變化幅度及年平均圖。



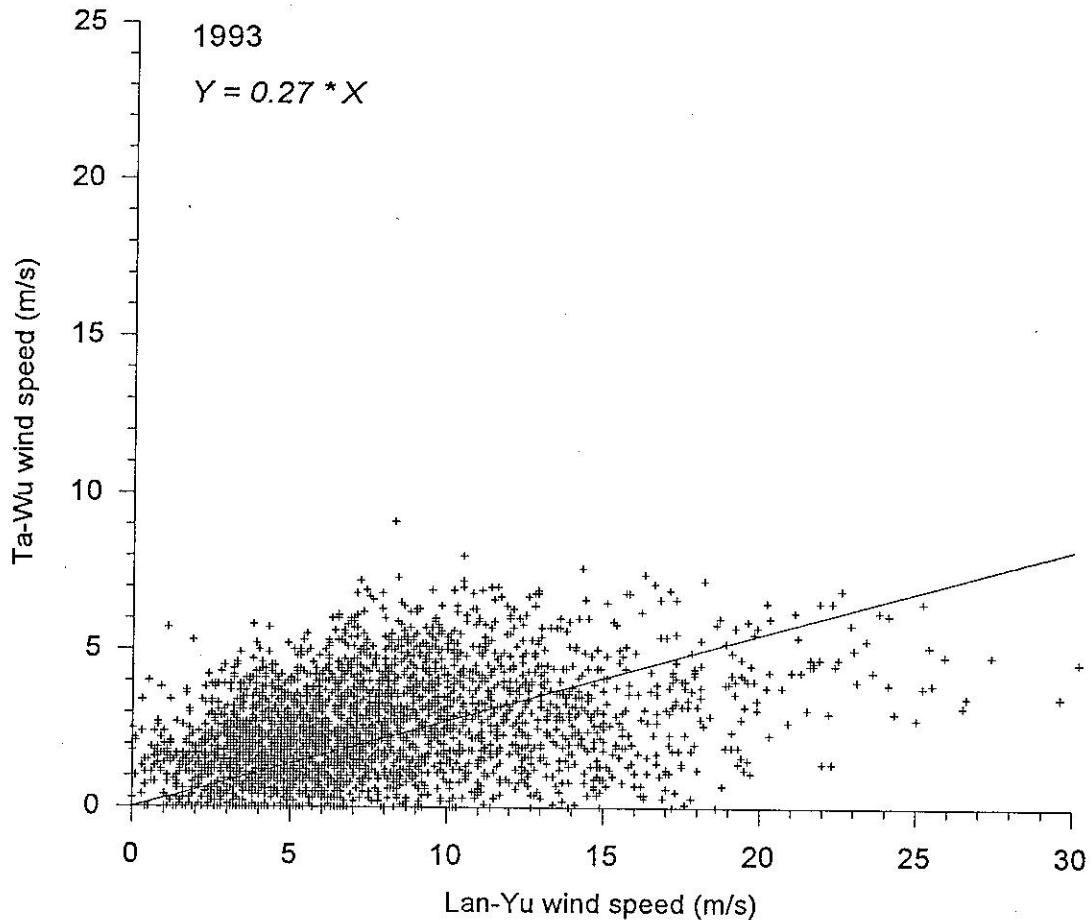


圖五 東吉島與澎湖全年之風速對應圖及線性迴歸線。

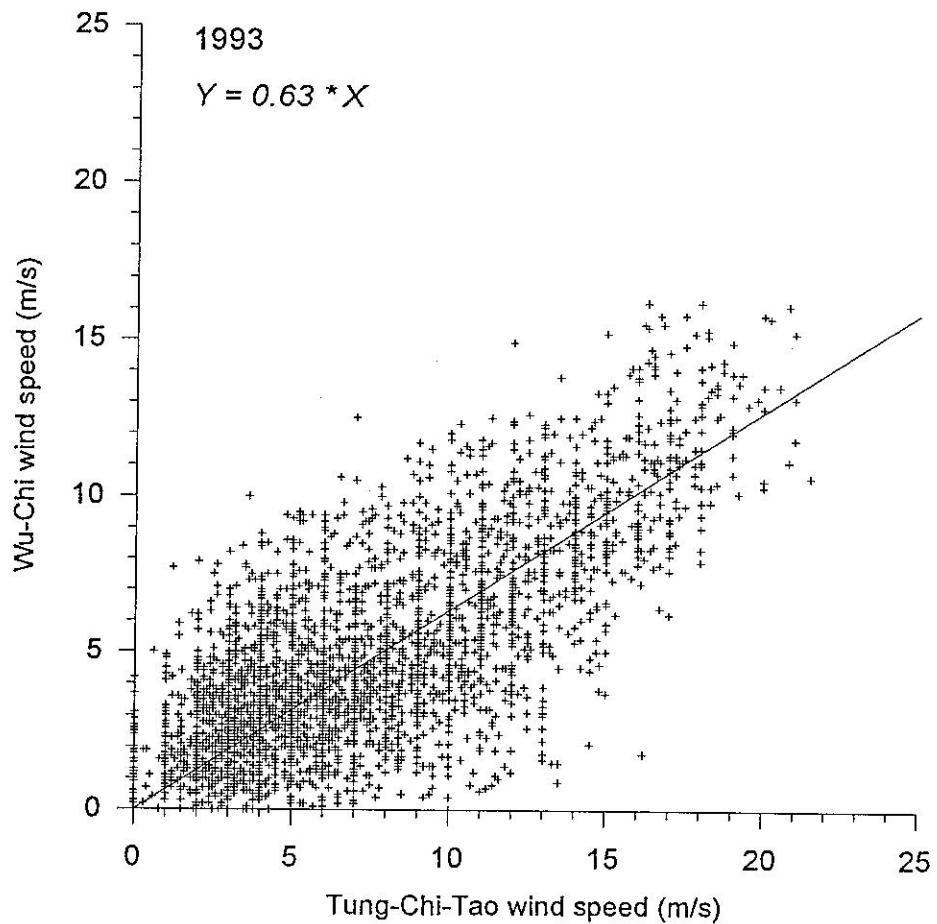


圖六 澎佳嶼與基隆全年之風速對應圖及線性迴歸線。

G1

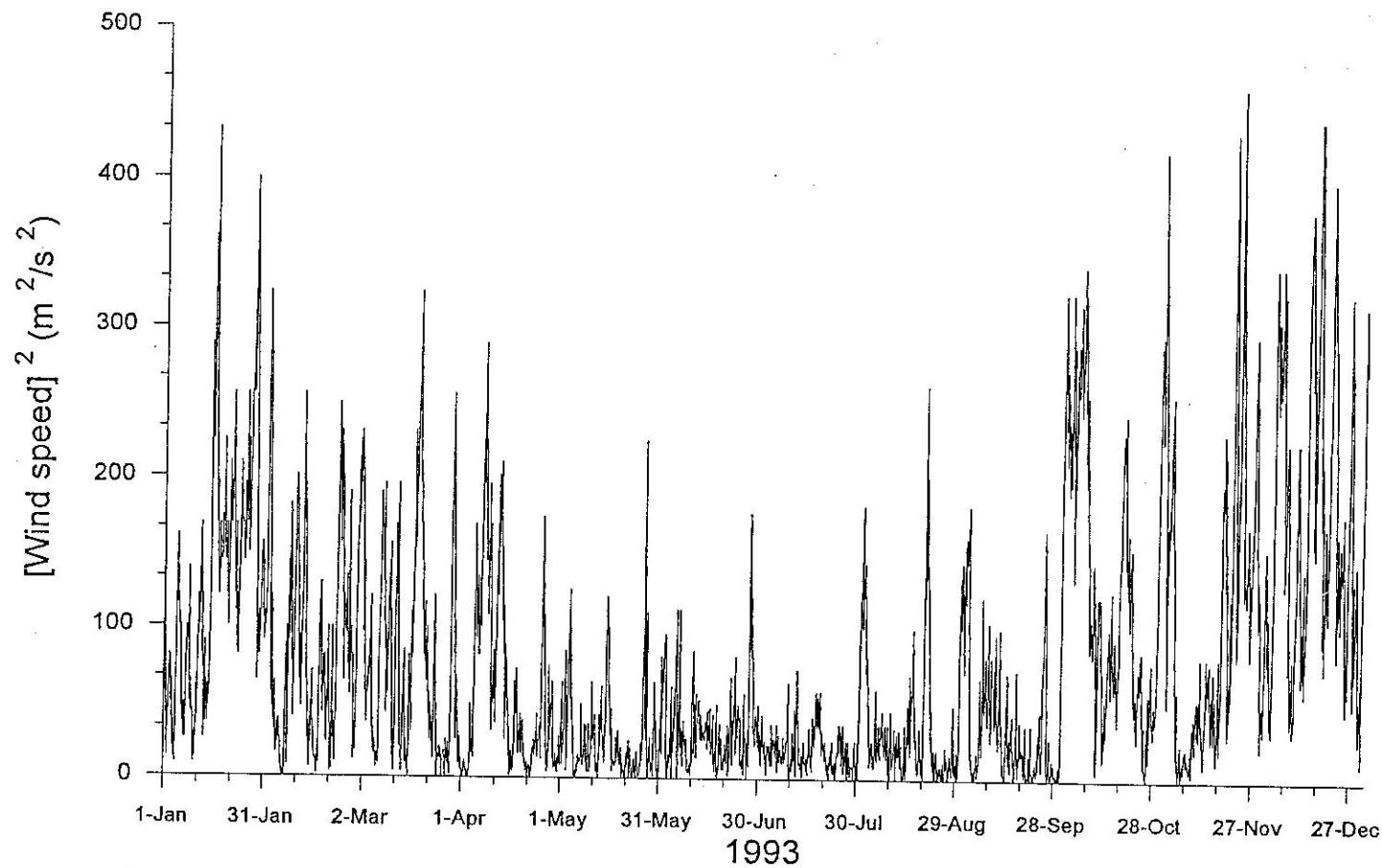


圖七 蘭嶼與大武全年之風速對應圖及線性迴歸線。

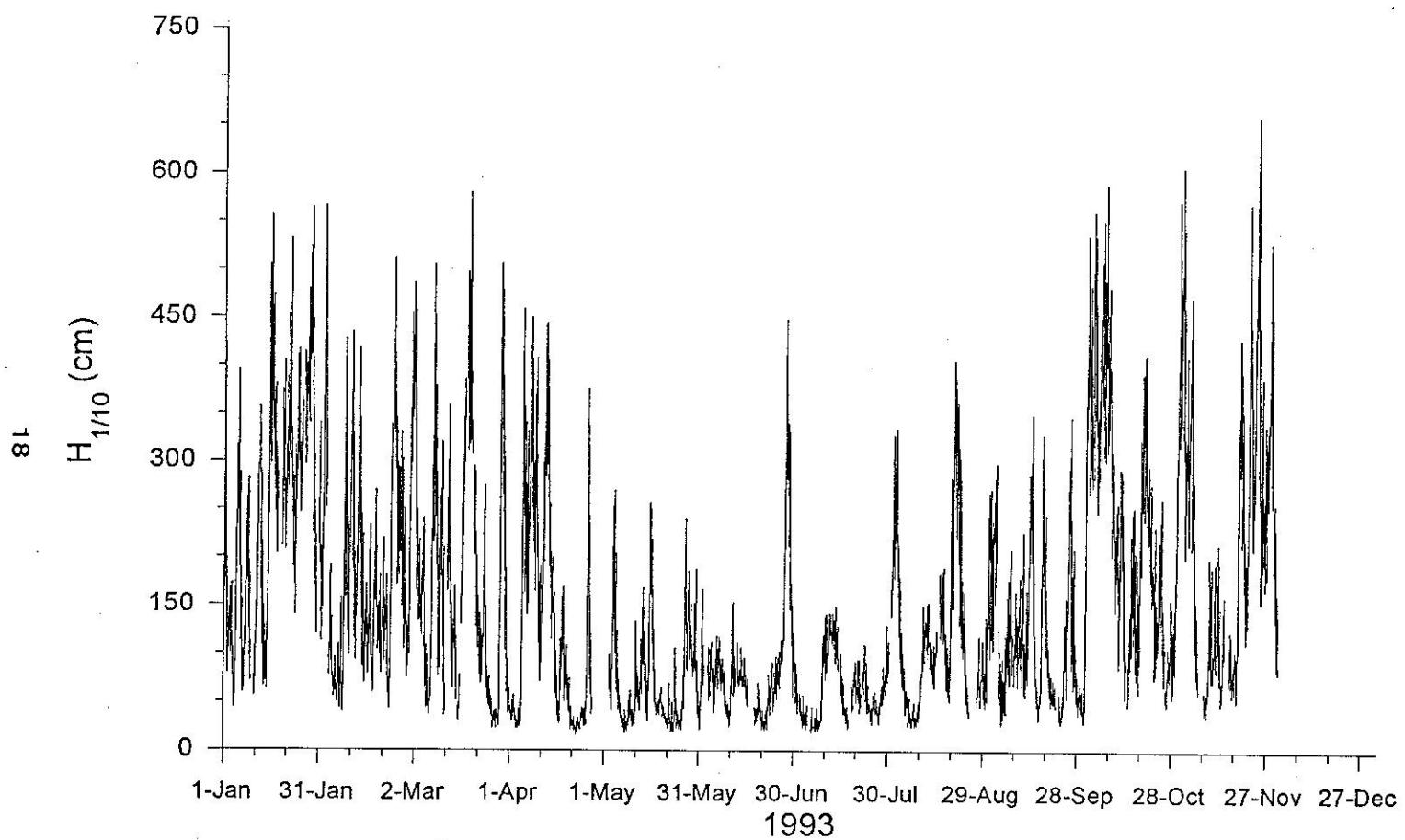


圖八 東吉島與梧棲全年之風速對應圖及線性迴歸線。

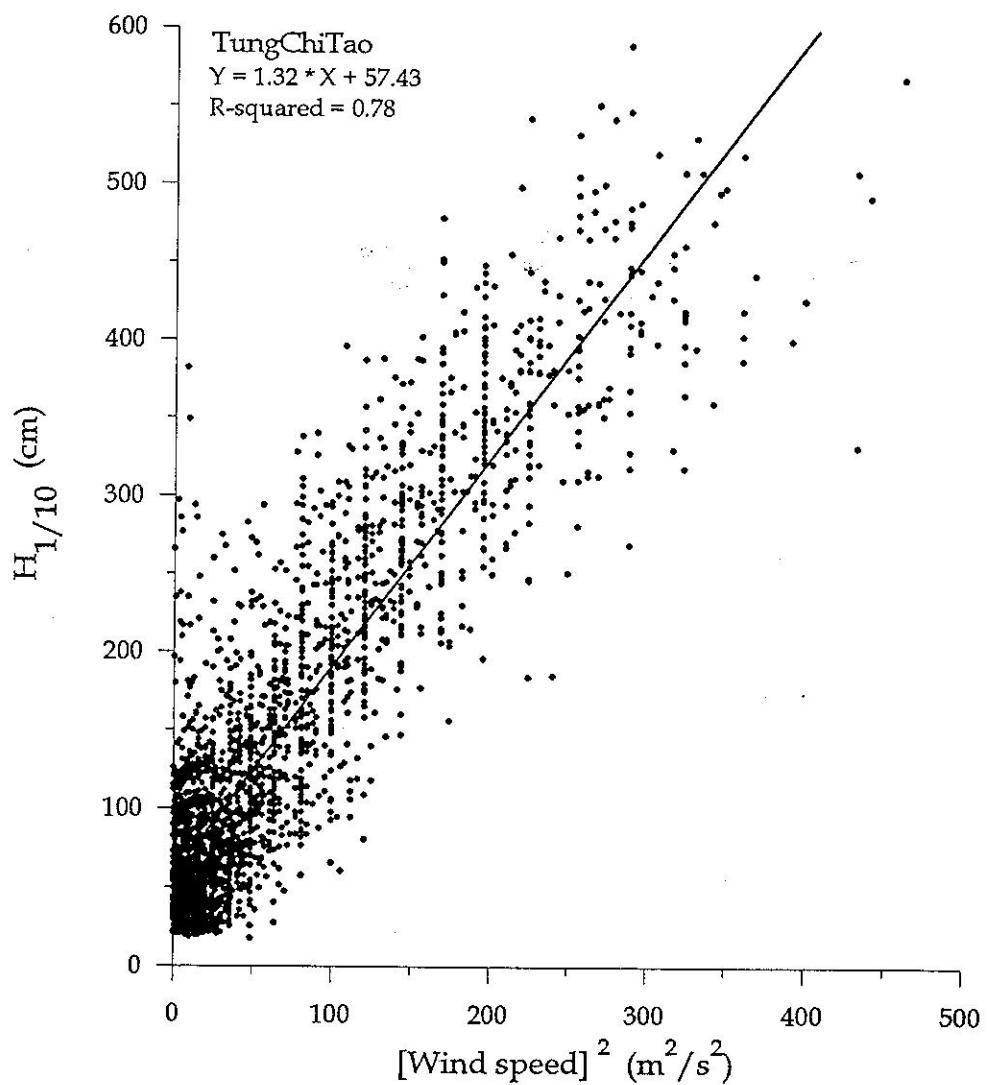
L1



圖九 東吉島全年之風速平方時間序列圖。



圖十 東吉島全年之有效波高時間序列圖。



圖十一 東吉島全年之風速平方與有效波高對應圖及線性迴歸線。