

台灣西北部近海域海象之初步探討

梁瑞禎 葉文欽

摘 要

本省四週環海，海象影響船艦的操作與安全。為求自主能源之開發，中油公司在本省海域鑽井從事海上油氣田之開發已告成功，目前已可從事日常作業之工作，另外來自國外之油輪亦必須停泊外海從事輸油任務，這些海上設施和工作人員也受海浪和天氣的影響。本文利用台灣西北部近海域所蒐集之波浪和天氣之觀測資料從事分析，除了了解該區之波浪狀況外，並與蒲福風級資料相比較，以作為該區預測海象之參考。

一、前言

在提供有關氣象支援涉及海象之機會甚多，而台灣四週環海，本省天氣變化基本上也受制於海上水汽來源供應，如東北或西南季風之迎風面、海水溫度分布對冬季平流輻射霧之影響…等等。而波浪又依附著天氣系統而成長或消弱，這不但對海軍作業、兩棲行動、漁民生家性命、也對海上工程作業之設施人員構成威脅。有見於此，本文特就本省西北部近海域之波浪與風場提出初步探討，一則提供參考應用，再則就教於先進及實作單位以求改進，共同做好台灣鄰近海域之風浪預報，貢獻於終年在海上工作者之生命財產之確保，以提高戰力及經濟資源之有效開發。

二、波浪簡介

波浪 (wave) 為水面之週期性起伏現象，即以水為媒質之波動，傳播進行者僅為波浪之形狀，至於水之實質部份，並未作顯著之移動，水粒僅在其原位置附近做週期性之上下往復運動，並不隨波形前進。波浪運動中，水位升至最高之處稱為波峯 (wave crest)，水位最低之點稱為波谷 (wave trough)，波峯至波谷之垂直距離稱為波高 (wave height) 一般用 H 表示，也是風浪預測的重點。波峯至水平面之垂直距離稱為波浪振幅 (wave amplitude)，相鄰二波峯或二波谷間

之水平距離，稱為波長 (wave length)，波峯向前推進之速度，稱之為波速 (wave velocity)，波峯推進一波長所需時間，亦即同一地點波浪水位自波峯降至波谷再回升至波峯水位所需時間，名為波浪週期 (wave period)，用 T 表示也是波浪觀測中最常紀錄的項目之一。

因為波浪是週期性運動，其波形假定是正弦曲線 (sinusoid)。但在實際海洋上之波浪極不規則，尤以直接因吹颶而生之風浪 (wind wave) 為甚。如吾人取海面一點之水位記錄，其波高與週期每個波浪不同，完全同樣之波高再現之可能性幾乎等於零。圖一為波浪紀錄之實例。

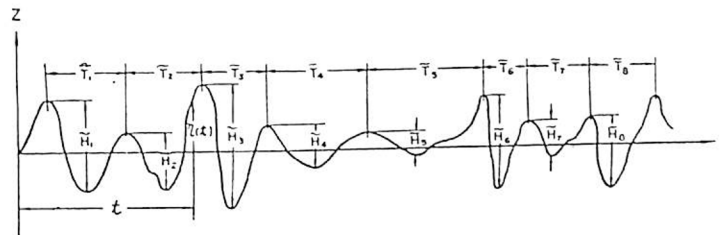


圖 1：波浪紀錄之實例分布圖。(摘自湯氏等 1971)

波浪的分類，狹義的說是由風所生者，當振幅很小時稱為毛細波 (capillary wave)，若風繼續吹則會成長為較大的重力波 (gravity wave)。廣義的波浪則包括天象所造成的潮汐 (tide)，地震或海底火山爆發所生的海嘯 (tsunami)，以及颶風所生的暴風浪潮 (storm surge)。

目前我們一般討論的波浪均以風浪為主。而決

表 1：蒲福風級表之名稱與對應風速、浪高與海面及陸地狀況說明對照表

蒲福風級	名稱	海面狀況說明	陸地狀況說明
0	無風 Calm	海面如鏡。	無風；煙直上。
1	軟風 Light air	鱗狀波，浪峰無泡沫。	僅覺表；風向，風標，旗表；風向。
2	輕風 Light breeze	小波，浪峰明淨，無泡沫。	此感覺有風，樹葉微動；普通風標轉動。
3	微風 Gentle breeze	大波，浪峰微盪，偶有白帽。	樹葉及小枝搖動，旗表搖動。
4	和風 Moderate breeze	小浪，常有白帽。	塵埃被吹起，樹葉及小枝搖動。
5	清風 Fresh breeze	中浪，許多白帽，有浪花。	有葉之小枝搖動，內陸之水面上小波。
6	強風 Strong breeze	大浪，處處白帽，浪花較多。	樹葉及小枝搖動，電線發響聲，傘不易張。
7	疾風 Near gale	海面湧起，波浪翻出泡沫。	全樹搖動，逆風而行感覺困難。
8	大風 Gale	中度高浪，浪頭翻成浪花，泡沫噴成條紋。	小樹枝吹折，通常不能行走。
9	烈風 Strong gale	高浪，海面開始搖動。	建築物有損壞（煙囪頂管及石瓦被刮走）。
10	狂風 Storm	極高浪，浪頭懸空。	內地少見；樹為風拔起，建築物有可覺之損壞。
11	暴風 Violent storm	浪頭奇高，海面片片泡沫，能見度降低。	極少見；廣大之區域受損壞。
12	颶風 Hurricane	漫天泡沫，浪花凌空翻落，海面一片白茫茫，能見度極低。	極少見；廣大之區域受損壞。

蒲福風級	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
風速 (哩/時)	0	1-3	4-6	7-10	11-16	17-21	22-27	28-33	34-40	41-47	48-55	56-63	64-71	72-80	81-89	90-99	100-109	110-119	120	
浪高 (公尺)	0	0.3-0.9	0.9-1.5	1.5-2.4	2.4-3.6	3.6-4.2	4.2-4.8	4.8-5.4	5.4-6.0	6.0-7.5	7.5-9.0	9.0-12.0	12.0							
浪高 (呎)	0	1-3	3-5	5-8	8-12	12-14	14-16	16-18	18-20	20-25	25-40	40								

定風浪預報的三項因素就是：風速 (speed)，吹風延時 (duration) 和吹風距離 (fetch length)。由於風浪由風吹所造成，所以準確的波浪預報端賴風信資料的正確及引發風場變化的天氣系統分布分析和預測時效的有力掌握。

三、資料來源及處理

傳統海洋工作者所使用之風浪資料是引用 19 世紀英國海軍上將蒲福爵士 (Admiral Sir Francis Beaufort) 所創之風級，其實際風速、浪高與對應之海面或陸面狀況對照表如表一所示，目前國內也常加使用。

本文實際利用台灣西北部近海 (沙崙及長康區

) 的觀測資料，一則分析出現之海象實際分布則也核對蒲福風級在本省海域之實用性。所獲資料中長康區包括 9 段連續性較佳之波浪觀測 202 天，風場有 7 段共 206 天，時間從民國 64 月至 74 年 7 月約一年光景，而同時有波浪觀測資料僅有 51 天而已。因為基本上波浪觀測資料一直取得不易，吾人使用其最大波高及其對應之週期加以分析，並利用陸地之實際資料求其相關分布，希望由陸上實測或預測之風場求其相關分布，而求得海域之波浪狀況。沙崙區為天氣和海洋觀測之重要地點，而在此項資料時，就近使用本軍之資料加以核對，以求進一步修正研究結果是有所助益的。

四、分析結果

長康油源區及沙崙輸油區均位於台灣西北部鄰近海域，其影響之風場來向相當一致，長康資料之波浪是二小時乙次觀測，吾人曾化為逐日平均值，另外其自記資料由台大海研所將每一個波浪之浪高和週期均化解出來，分成 9 段波浪資料。風場為逐時資料則有 7 段連續性之觀測。沙崙資料則為逐日平均並包括天氣現象之觀測，今將所獲之分析結果敘述如下：

(一) 沙崙地區資料

圖 2 為沙崙地區天氣現象分析圖，天氣主要分成晴到多雲、陰天和下雨三大類，由圖可知夏天以出現好天居多，除颱風侵襲外，好天氣約佔 6~9 月份之 70% 以上。出現陰天由 10 月份開始增加

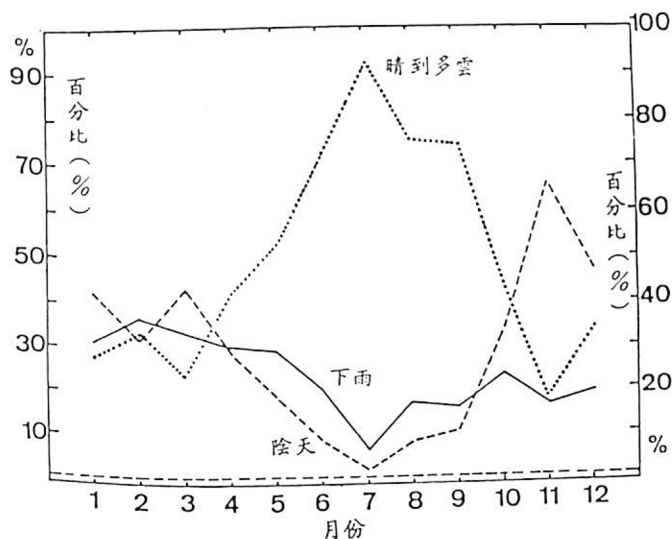


圖 2：沙崙附近海域逐月出現天氣現象之百分比分布圖。

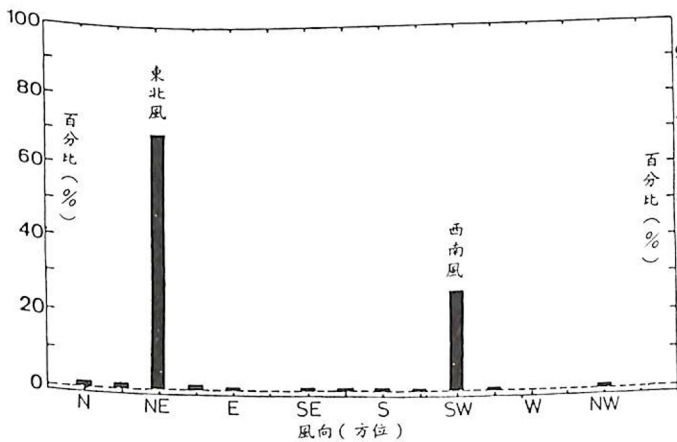


圖 3：沙崙附近海域年平均各種風向出現之百分比分布圖。

，其中 12~4 月份三者所出現之比率較接近，年平均而言，好天佔 49%，陰天佔 28%，下雨天約 23%。就出現的風向而言如圖 3 所示，東北和西南向的風出現佔絕大多數，其中東北風佔全年 70%，西南風佔 26%，這是台灣西北外海的盛行風向，其逐月之二個主要風向所佔百分比如圖 4 所示，由 9 月份起鋒面開始影響本省，東北風即控制本省西北部，6 月中旬後鋒面遠離太平洋高壓西伸至本省止，故 6~8 月之夏季是以出現西南風向為主，與台灣北部的氣候平均現象是一致的。

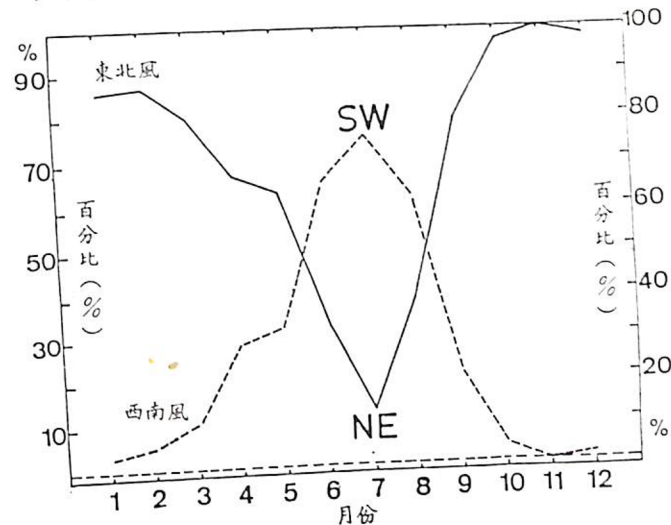


圖 4：沙崙附近海域二個主要風向 (東北和西南) 之逐月所佔百分比分布圖。

風速在沙崙地區是以蒲福風級報出，其全年變化如圖 5 所示，因習慣性故以觀測偶數之級數較多

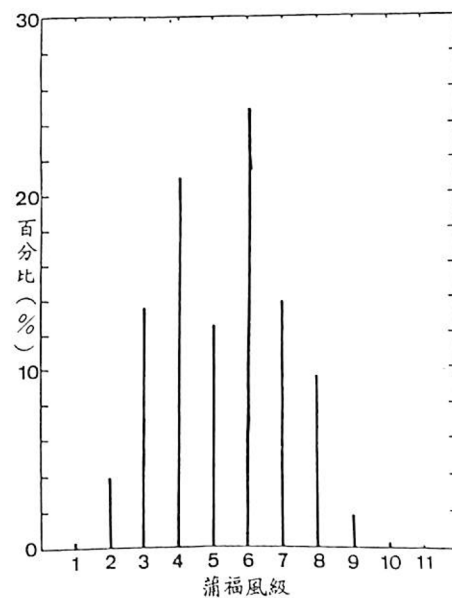


圖 5：沙崙附近海域年平均各種風速 (以蒲福風級表示) 之百分比分布圖。

所觀測之風速由 1~10 級均曾出現 (若有強烈颱風侵襲本地, 風速當超過 10 級以上。) 主要以 3~7 級為主, 而以 6 級 (強風) 約佔 25% 為最多, 4 級風 (和風) 之 21% 次之。浪高就年平均而言如圖 6 所示, 其觀測雖以 0.5 公尺為單位, 但基本上以整數報出居多, 其中以 3 公尺最多佔 29%, 2 公尺次之佔 23%。再將全年風速和浪高對應之分布關係分析出則如圖 7 所示, 吾人發現以觀測到 6

級風出現了 3 公尺的浪高為最多, 但 6 級風其浪高可由 2.5~5.0 公尺, 出現 3 公尺的浪高之範圍則在 4~8 級間。在全年之觀測中, 全年的資料最大風速為 10 級風, 最大浪高出現 6 公尺, 最小風速為 1 級風, 最小浪高為 0.5 公尺。與蒲福風級之波浪高之對應曲線相比較, 8 級風以下大部份浪高在沙崙地區是低於蒲福風級之浪

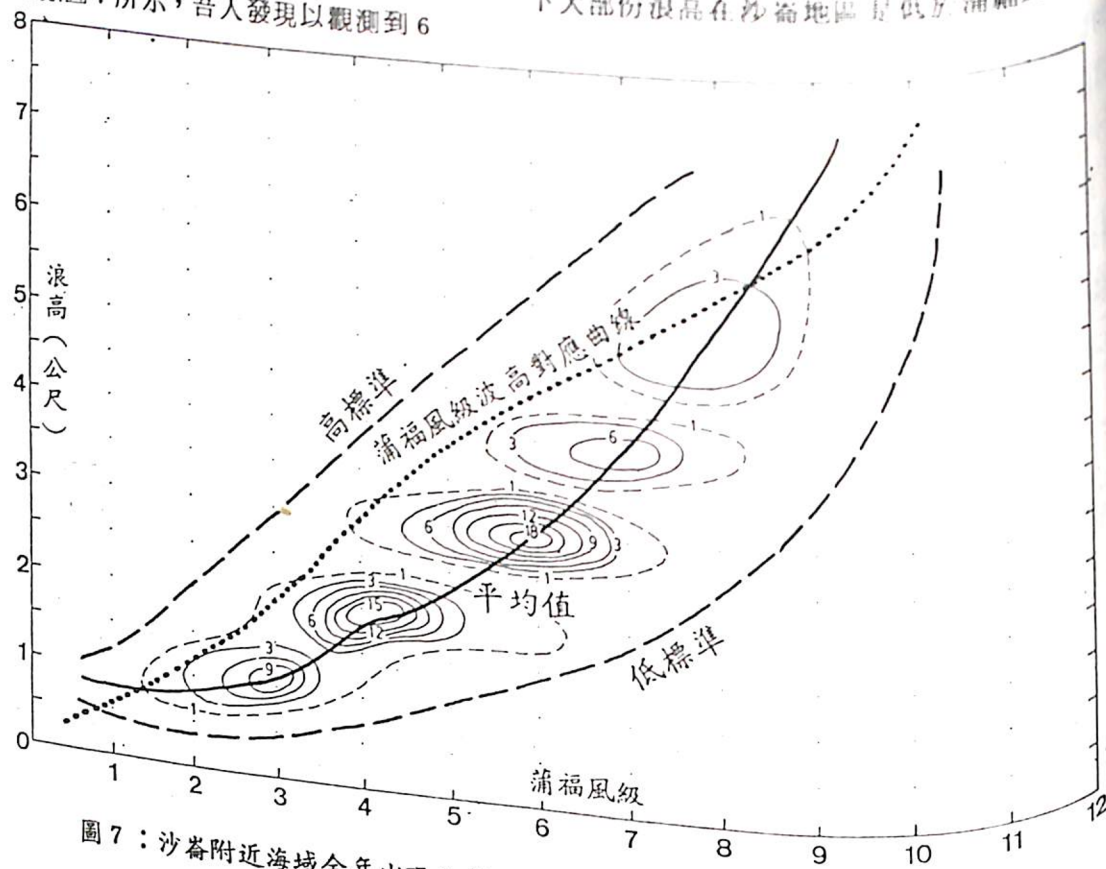


圖 7: 沙崙附近海域全年出現之蒲福風級與浪高對應關係之百分比分布圖。

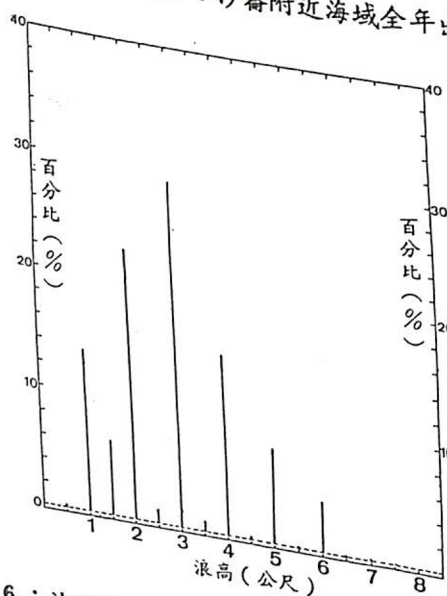


圖 6: 沙崙附近海域年平均各種浪高 (以公尺為單位) 之百分比分布圖。

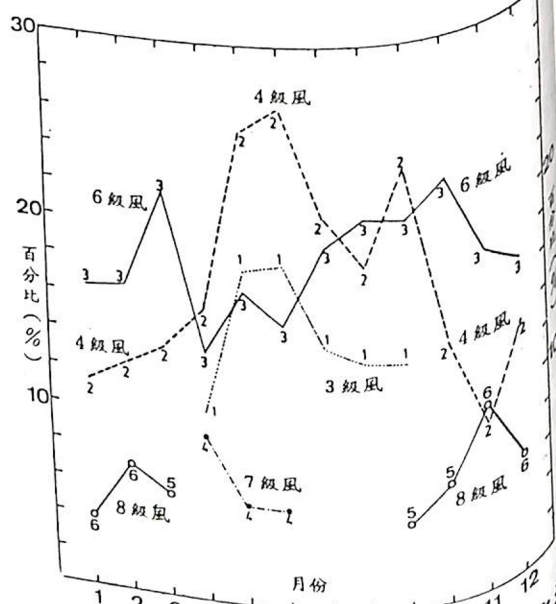


圖 8: 沙崙附近海域風速與浪高對應中心之百分比變化分布圖。

在製作風速與浪高之對應關係, 實際是逐月分開統計分析的, 吾人將每月所出現之風速和浪高對應中心再分析其逐月變化如圖 8 所示, 可以發現當風速是 3 級時出現 1 公尺的浪高, 以 4~9 月份間為主。而風速是 4 級時浪高為 2 公尺則全年均可出現, 主要出現於夏半年, 其中以 6 月份所佔比例最大, 而 10 月份開始東北季風增強, 則大的風速及浪高中心增加, 其中 6 級風平均浪高為 3 公尺最明顯, 因 6 級風是強風故對海上作業已構成威脅, 出現 6 級風而為 3 公尺之浪高中心出現最小值是在冬、夏轉變之 4~6 月份, 而此時則出現 7 級風 4 公尺時浪高, 這是東北季風由 8 級風減弱而成的。而盛夏之 7~8 月則連 7 級風之中心都沒有。可是由 9 月份起因東北季風增強, 8 級風開始出現為 5 公尺的浪, 但進入 11 月份則因東北季風更穩定持續時間更長, 同樣之 8 級風其浪高則可達 6 公尺, 維持時間以 11~2 月份為主。

長康地區資料

長康地區位於沙崙區的西南方海域, 所提供之浪高和風速時間各自獨立, 僅有部份時間同時有兩項資料, 為了有所比較吾人取新竹測站加以對比, 一方面求風速比再者求浪高關係。

在觀測波浪資料方面每一段之波浪高 (H) 及週期 (T) 與有效波高 ($H_{1/3}$) 及其週期 ($T_{1/3}$) 均加分析, 並以表 2 將 9 段個案重要特徵列表加以說明。劉長齡等 (1972) 研究台灣北部八斗子漁港建港時之 4 年資料觀測結果指出, 東北季風初期波浪高約 2~3 公尺, 週期在 6~7 秒之間, 其風速大歷時久者可達 7 公尺, 週期 12~13 秒之間, 至於春夏之際海面吹偏西南風, 風速不強浪也低, 除非有颱風直接侵襲。表 3 是該文研究 4 年間所獲之偏北風時之最大波浪高之資料, 顯然與沙崙或長康區所觀測者大致相同。

表 2: 長康油源作業區 9 段完整波浪資料之重要波浪高和週期之統計表。

個案	1	2	3	4	5	6	7	8	9
日期	73.7.10 至 8.1.	73.8.1. 至 8.22	73.8.22 至 9.6.	73.9.6. 至 9.26	73.9.28 至 10.18	73.11.1. 至 11.30	73.12.1. 至 12.31	74.2.1. 至 2.28	74.3.1. 至 3.15
天數	23	22	16	21	21	25 (缺 5 日)	31	28	15
測站	CBK-1	BCBK-2	BCBK-3	BCBK-4	BCBK-5	BCBK-6	CBK-12	CBK-12	CBK-13
各種波高 (H) 及週期 (T) 平均出現次數 (次/天)	121.5	675.0	687.8	715.6	731.6	921.4	968.7	1032.6	1109.6
各種有效波高 ($H_{1/3}$) 及週期 ($T_{1/3}$) 平均出現次數 (次/天)	缺	21.0	22.1	19.5	21.4	10.9	10.5	10.6	11.8
H 出現之最大波高 (m)	1.5	3.0	3.0	3.0	3.0	7.0	7.0	6.5	6.5
$H_{1/3}$ 出現之最大波高 (m)	1.0	2.0	1.5	1.5	1.5	4.5	4.0	4.0	4.5
H 出現之最多週期 (Sec)	6	7	7	7	7	6	6	5	6
$H_{1/3}$ 出現之最多週期 (Sec)	6	8	8	7	8	7	7	7	7
T 出現之最多波高 (m)	0.0	0.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
$T_{1/3}$ 出現之最多波高 (m)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	2.5	2.5	1.0 (2.5次)	2.5
T 出現之最大週期 (Sec)	≤15	≤15	≤15	≤15	≤15	≤15	≤15	≤15	14
$T_{1/3}$ 出現之最大週期 (Sec)	≤15	≤15	≤15	≤15	≤15	≤15 (13)	≤15 (15)	10	≤15

表 3：台灣北部近海 4 年觀測記錄之偏北季風下之最大浪高和週期。(摘自劉等, 1972)

方向	浪高(公尺)	週期(秒)
ENE	5.6	9.6
NE	7.0	10.5
NNE	7.4	12.8
N	6.5	10.3
NNW	5.3	9.2

在利用長康區資料與新竹測站風場之關係方面，在逐時風速與浪高之對應分布圖，獲得圖 9 代表夏季及圖 10 代表冬季，因為該兩圖是利用實際資料分析而得，故當台灣西北部出現某一預測風速時應對應某一浪高之預測值。實際資料得知，同一風速可能出現之浪高有其離散度，故圖中尚取其高低標準，故選擇浪高之預測應該考慮天氣系統之強弱。圖中均加入蒲福風級之波高對應曲線，夏季型天氣型一般波浪實際較低，冬季則有可能比蒲福風浪

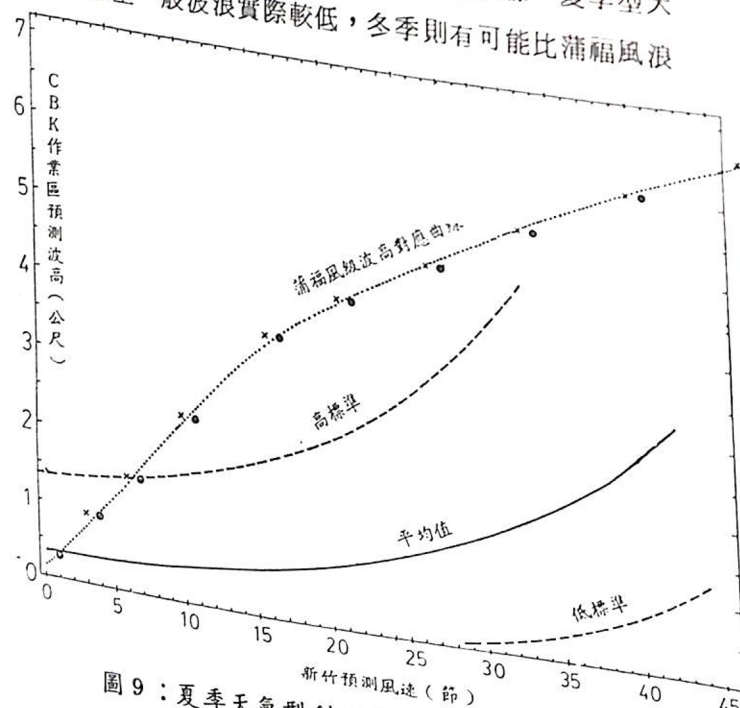


圖 9：夏季天氣型利用新竹風速與長康地區浪高所作之預測分布圖。

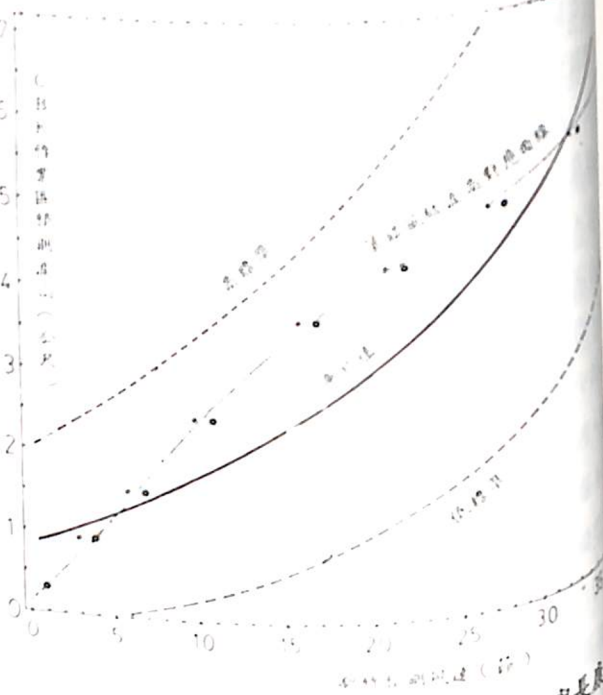


圖 10：冬季天氣型利用新竹風速與長康地區浪高所作之預測分布圖。

還高。以上是以逐時資料所獲得，故選擇之預測常以一天之平均值為準，故選擇之日平均所獲之對應關係分布如圖 11 所示。以 (節) 之風速得波浪高 (圖 7 則以

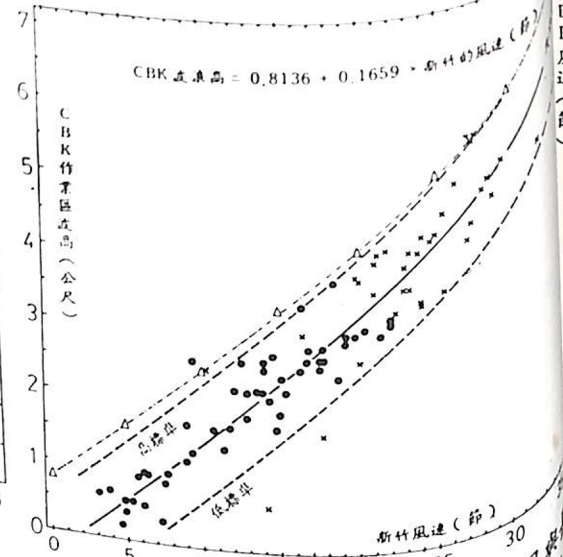


圖 11：冬季新竹平均風速恒常風和陣風有效浪高(●)最大浪高(×)之對應關係分布圖。

表 4：台灣西北方海域颱風風速和浪高推算對照表。(依劉氏, 1981)

風速(哩/時)	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85
浪高(公尺)	5.2	6.0	6.8	7.5	8.1	8.8	9.5	10.2	10.8	11.5
風速	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135
浪高	12.2	13.0	13.6	14.3	15.0	15.7	16.4	17.0	17.6	18.3
										140
										19.0

以蒲福風級求與浪高之關係)。

以上不論冬夏均不考慮颱風侵襲本區，在夏季型天氣影響下一般波浪偏低，但當有颱風直接來襲則有巨浪狂濤，其波浪比東北季風時更高，破壞力更強，表 4 是引用劉氏 (1981) 所推算台灣西北部海域之颱風風速和浪高之關係，可做為颱風侵襲本省時風浪高之參考。一般而言當東北季風已侵入本省，而同時有颱風侵襲本省時，有這種效應時梁氏 (1978) 指出波浪更趨複雜且成長更高。

海面上由於沒有摩擦力，在相同梯度下風速比陸地大，圖 12 則為冬季長康與新竹地區之風速日平均關係，平均而言海上之東北季風風速約為陸地之 1.5 倍其中以恒常風之比較陣風為大。在夏季此現象不明顯，反而白天因海陸風效應在陸地上出現較明顯之西南強風，這可由長康區之風速觀測資料中獲得。

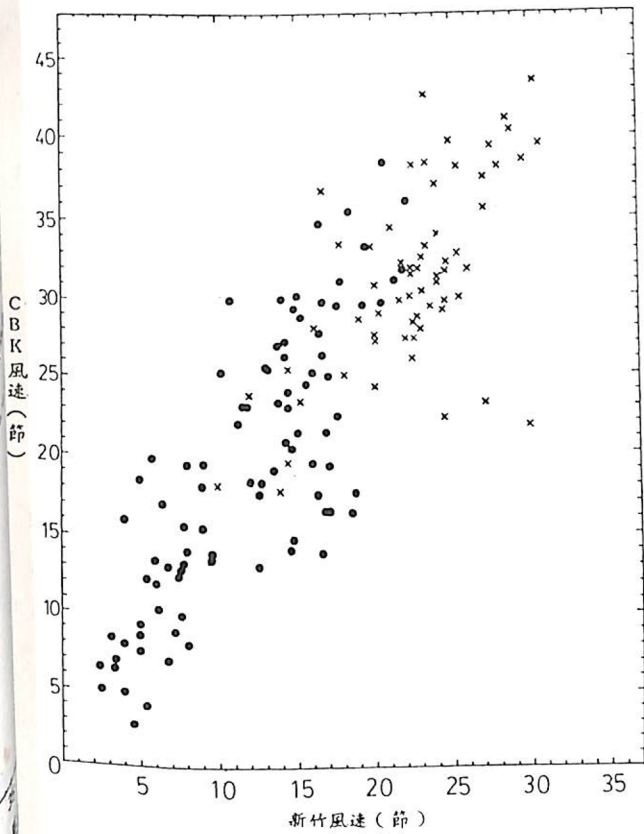


圖 12：冬季新竹與長康地區之日平均風速對應關係分布圖。(●恒常風, ×陣風)

五、結語與建議

波浪資料一直是氣象人員提供海上工作者的重要資訊，而浪高是風場的反應結果，就正確的波浪預報言，首先必須掌握正確的天氣系統預報。蒲福風級常為使用者所引用，在本區與實測資料對比的結果，夏天除了颱風侵襲外，西南強風一般出現於白天的海風效應，入夜後風速減弱，海域風浪一般甚低，蒲福風級所對應之浪高在本省可謂太偏高了。冬季平均而言浪高也較蒲福風級為低，但實際出現之高標準則可比蒲福風級為高，尤其當強烈東北季風南下強風持續時，台灣西北部海域之波浪成長較大。

因為海浪實測資料非常不易取得，過去中油雖在作業區附近有架設波浪儀之裝置，但非長期性的實施，故資料也是間斷的。中央氣象局目前已在鼻頭角、東吉島、小琉球及成功等四區設有波浪儀，但均非開闊的海面上，事實上氣象人員所做的浪高預測常涵蓋開闊的海面，我們是預報了，但如何校驗呢？理論的推算雖然似有學理根據，因地的不同固然可以修正，所報出之結果若無實測資料加以校驗吾人亦無法得其誤差多少，這誤差之修正不但對預報人員有幫助，對海上工作者而言可能更是生命財產的保證。目前長康油源區已正式納入作業，其工作站附近有單位應考慮架設波浪及氣象儀器，長期觀測似有可能，到底在空曠的洋面上找個定點從事氣象或海象的觀測都是一件非常難得也是不容易的事。

致謝

本文資料根據氣象中心研究報告第 034 及 035 號之有關部份處理而成，專刊是在本中心全體同仁共同合作下完成。有關本省西北部海域之觀測資料由中油公司提供，該章節之處理、分析、繪圖及撰文由編審課同仁幫忙，僅此一併致謝。

參考文獻

1. 湯麟武、張劭曾、許伊孫 (1971) : 海岸工程規劃設計, 第一篇: 海岸及海岸之自然現象, 農復會特刊新二號。
2. 劉長齡等 (1972) : 八斗子漁港模型試驗報告, 第二章: 波浪、潮汐等水文資料之調查推算, 台南水工試驗所編印
3. 梁乃匡 (1978) : 波浪資料處理與推算模式研究報告書, 中油海勘處委託台大海研所研究。
4. 劉廣英、曾若玄、孫摩西 (1981) : 新竹外海風浪研究, 空軍氣象中心研究報告第 031 號。
5. 梁瑞順等 (1985) : 新竹外海 CBK 作業區開發施工期間氣象預報研究, 空軍氣象中心研究報告第 034 號。
6. 梁瑞順等 (1986) : 影響桃園沙崙外海離岸架之氣象條件之研究, 空軍氣象中心報告第 035 號。

On the Oceanic Phenomenon in the Vicinity of

Northwest part of Taiwan

Jui-Cheng Liang

Wen-Ching Yeh

ABSTRACT

The data that observed by the Offshore Petroleum Exploration Division and the Shalun Oil Transportation Division, Chinese Petroleum Corporation, is to measure the oceanic wind field, the oceanic waves and the weather phenomenon. All the measurements have been analyzed, and compared with Hsin Chu area wind field and Beaufort wind scale, the results that we discussed can for forecasting reference in this area, and some of those phenomenon is really interesting and worthy advanced study in the future.