

臺灣海域之東北季風與國內五大商港海域之長浪特性

莊文傑¹ 曾相茂¹

交通部運輸研究所港灣技術研究中心/研究員¹

摘要

針對2014~2015年之冬、春季，應用交通部運輸研究所港灣技術研究中心所建置之海氣象即時監測與傳輸顯示系統(曾等, 2015)，透過國內五大商港海域分月風速與波浪逐時變化特性之檢視，再結合中央氣象局之東亞地面天氣圖，經綜合觀察可確認：(1)在冬季期間，受大陸冷高壓天氣系統、東海東側之鋒面、及西北太平洋低壓之總體影響，當1020百帕等高壓線逐漸伸展至東海與臺灣海峽北側，則臺灣海域之東北季風將逐漸盛行，風速同時也將由弱轉趨強盛。一般風速可大於5級或8.0~10.7 m/s。較強勁之風速，在臺中港約可達10級或24.5~28.4 m/s。(2)在東北季風天氣系統之整體影響下，於強盛季風期，臺灣環島五大商港之季風，由於地理區位不同，外加區域地形遮蔽效應，僅管其風速強弱彼此存在差異，但起伏變動趨勢卻約略相近似，風速並以臺中港最強勁，逐時歷程變化亦最明顯。因此，臺灣海域之東北季風，應可以臺中港作代表；而東北季風之強盛程度，亦可以用臺中港風速之強弱，作為簡易地判別指標。(3)位處臺灣北部之基隆港與位處中西部之臺中港，受東北季風天氣系統之整體影響，東北季風盛行期，其季風長浪示性波高大小與尖峰週期長短均甚相似，且逐時變化歷程亦極為一致，並皆與臺中港之風速強弱具關聯。(4)位處臺灣東北部之蘇澳港與位處東部之花蓮港，受東北季風天氣系統之整體影響，東北季風盛行期，其季風長浪示性波高大小、尖峰週期長短、以及逐時變化歷程亦均甚相似，且亦皆與臺中港之風速強弱具關聯。(5)在東北季風盛行期，國內五大商港海域之季風長浪，其尖峰週期，普遍約介在5~10秒間，最長不及12秒；而較大之示性波高，可高達4.5公尺以上。

關鍵字：季風、長浪、風浪、海氣象即時監測

一、前言

季風，主要係因海洋與陸地間季節性溫差所導致之大尺度空氣環流。臺灣位處東亞大陸與西太平洋間，在每年之冬季，由於陸上通常較海洋寒冷，以致陸上空氣的密度較大，氣壓較高，大量寒冷而乾燥的空氣，於是因氣壓差而起風，並自陸上吹向海洋，外加科氏力(Coriolis force)之影響，因此，在東亞北緯30度以南地區，經常必需面對盛行的東北季風(氣象局, 2014)。相關冷高壓天氣系統圖，如圖1所示，所衍生較大之東北季風，在臺中港海域，實測10分鐘平均風速可高達約26 m/s，相當於10級(24.5~28.4 m/s)狂風(storm)，風力可謂十分強勁。

俗諺：「無風不起浪」這意謂，波浪通常係因風而起。在海洋學之領域中，此種因移動風暴、颱風、或強盛季風等風力作用所衍生之波動，統稱為風浪(wind waves)。風浪之大小或所挾帶能量之高低，主要取決於風速之強弱、風域之範圍、及風力之持續吹襲時間。主要週期大多小於30秒，而且，週期約在8~10秒間之風浪，相對性地具有最大之波

動能量(Munk, 1951)。湧浪(swells)，學理上係專指離開風域或失去原生風力影響之風浪，故與颱風或強盛季風之存在息息相關，又因其通常具有較規則之波動或較長之週期，所以，通俗上亦稱為“長浪”。

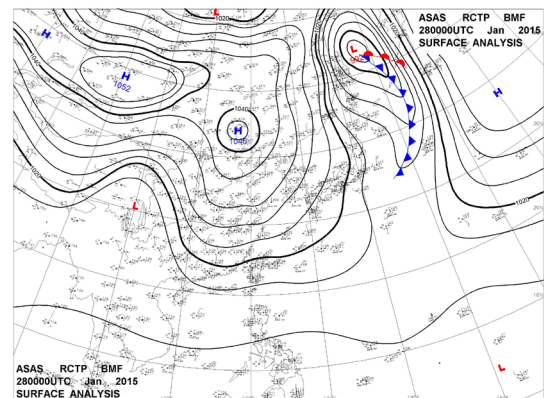


圖1 可在臺灣海域衍生強勁東北季風之大陸冷高壓天氣系統 2015/01/28 0000UTC

颱風長浪，因其波動傳播速度較風域之移動速度快，所挾帶之能量較大，可傳播之距離甚遠，在近岸更會因波動本質之非線性群聚演化及阻塞作

用而擁積及推疊，以致波高大幅放大，甚至引發突如其來的巨浪，或衍生瘋狗浪，進而對民眾之生命財產造成危害，因此，相關其生成、發展、傳播、演化及衝擊影響等課題，長久以來，即普遍受到重視，且有眾多專家學者投入研究(梁，2008；梁 等，2010；莊、曾，2014、2015；氣象局，2014)。至於季風，因其所衍生長浪之高低與造成災害之規模，常較颱風輕微，故相關季風長浪之研究，相對較為有限且不受重視，普遍皆著重於針對特定港口或海岸區位之當地風速，透過統計分析，探討其與當地波浪高低之相關性(吳 等，2003；簡 等，2012，張 等，2014、2015；衛 等，2015)。

然而，純就東北季風之天氣系統而論，除了其風域中心(參見圖1)係存在陸地上而與颱風具明顯之差異外，其他風域範圍、移動特性、風力強弱、區域地形遮蔽效應、以及長浪之衍生，均與颱風相近似。可見，影響臺灣海域之季風系統，實際應具有整體性。因此，本研究將應用交通部運輸研究所港灣技術研究中心(港研中心)所建置之海氣象即時監測與傳輸顯示系統(曾 等，2015)，針對2014年12月~2016年5月冬、春季之東北季風盛行期間，分月彙整國內五大商港海域既有波浪與風速之逐時監測紀錄，藉以總體性地檢視臺灣環島海域季風強盛期之風速與其所衍生長浪之變動特性，進而掌握可充分陳現季風變動特性之代表港口區位，並探討不同區域性季風長浪隨風速演變之共通性與關聯性。

二、風與浪的監測

為科學研究與工程應用之需要，早自民國七十五年開始，港研中心即著手進行基隆、臺中、高雄、花蓮、蘇澳等臺灣五個國際商港鄰近海域長期性海氣象資料之蒐集、觀測、整理及分析歸納，近三十來已獲致頗豐碩之研究調查成果。

配合港研中心海氣象(風、浪、潮、流)即時監測與傳輸顯示系統之建置，自2005年後，國內五個國際港即陸續採用美國Gill廠牌WindObserver™型式之二維超音波風速風向計，進行風之觀測。該儀器之觀測能量範圍，最大風速可達75 m/sec。現今，風速及風向之取樣頻率為1 Hz，並以每小時整點前連續10分鐘之量測作為逐時紀錄，而後，經算術平均及最大值分析後，即可測得10分鐘平均與最大陣風之風速與風向。

波浪資料之蒐集，高雄港自2000年12月起、基隆港自2001年6月起、花蓮港自2001年8月起、蘇澳港自2002年7月起、臺中港自2003年6月起，分別即廣泛使用挪威NORTEK公司出品之超音波式波向波高與剖面海流儀器(AWCP)，進行長時間連續之海面波浪及海流監測。目前，波浪監測係以1 Hz之取樣率，逐序從每小時第十分鐘開始，逐時施測

2048筆紀錄。所量測之波浪紀錄，經儀器自身之分析及後處理功能，可直接測得示性波高(H_s)、最大波高(H_{max})、1/3最大波高($H_{1/3}$)、1/10最大波高($H_{1/10}$)、主波向、次波向、以及尖峰週期(T_p)、二階譜週期(T_{m02})、平均週期(\bar{T})等波浪特性。

三、冬季季風與長浪之共通性

為總體性地檢視臺灣環島海域季風強盛期之風速與其所衍生長浪之變動特性，應用港研中心之海氣象即時監測與傳輸顯示系統，在本論文篇幅限制下，針對2014年12月~2015年2月冬季之東北季風盛行期間，分月依序以藍、紅、綠、黑、紫色彙整基隆港、蘇澳港、花蓮港、高雄港、臺中港等國內五大商港海域既有波浪與風速之逐時監測紀錄，結果分別可得如圖2至圖4所示。圖中，波浪之波高與週期，分別係為示性波高(H_s)與尖峰週期(T_p)；而風速，係為10分鐘平均風速。

觀察圖2至圖4，首先，就風速時變性綜合而論，受大陸冷高壓天氣系統(參見圖1)發展之總體影響，臺灣環島五大商港之季風，由於地理區位不同，外加區域地形遮蔽效應，風速強弱彼此存在差異，惟起伏變動趨勢卻約略相近似，風速並以臺中港最強勁，一般可大於5級或8.0~10.7 m/s，較強勁之風速，約可達10級或24.5~28.4 m/s。因此，大陸冷高壓天氣系統影響臺灣海域之程度，似乎可以用臺中港冬季風速之強弱，作為簡易地判別指標。

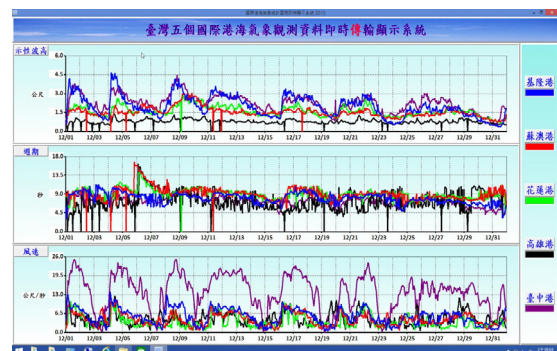


圖2 臺灣環島五大商港2014年12月監測波浪之示性波高(上)與尖峰週期(中)及十分鐘平均風速(下)之逐時變化

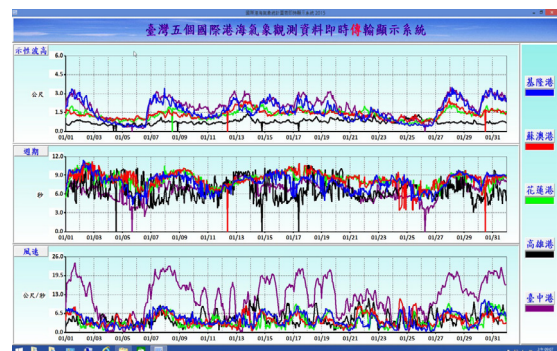


圖3 臺灣環島五大商港2015年1月監測波浪之示性波高(上)與尖峰週期(中)及十分鐘平均風速(下)之逐時變化



圖4 臺灣環島五大商港2015年2月監測波浪之示性波高(上)與尖峰週期(中)及十分鐘平均風速(下)之逐時變化

相關對應之長浪時變特性，再由圖2至圖4綜合觀察可見，分別位處臺灣北部與中西部之基隆港與臺中港，其較大之長浪波高，可超過4.5公尺，且全冬季之波高大小，彼此皆甚相近似，並皆會隨臺中港風速之強弱而陳現相似地高低變動趨勢；而分別位處在臺灣東北部與東部之蘇澳港與花蓮港，全冬季之長浪波高，彼此亦具有相近似之大小，只不過隨臺中港風速強弱而變動高低之趨勢並不明顯；而位處在臺灣西南部之高雄港，因地理位置洽對東北季風具有屏障與遮蔽優勢，故不僅風速微弱，波高亦最小。

至於，長浪週期之時變性，由圖2至圖4再綜合觀察可見，受冬季季風天氣系統發展之總體影響，臺灣環島五大商港之長浪，除了在2014/12/6~7期間受哈格比(HAGUPIT)颱風、2015/1/17~19受米克拉(MEKHALA)颱風、2015/2/13~15受無花果(HIGOS)颱風之颱風湧浪影響外，尖峰週期(T_p)之長短，一般約介在5~10秒間，最長不及12秒，隨風速強弱之變動幅度不大，惟仍與臺中港風速超過6級或10.8~13.8 m/s約略具有關聯。

四、季風與長浪之關聯

考量大陸冷高壓天氣系統(參見圖1)發展之總體影響，在冬季季風盛行期間，為更詳細地檢視圖2至圖4所示因臺灣環島地理區位不同所造成風速與長浪特性之異同性及關聯性，因此，針對位處臺灣北部與中西部之基隆與臺中港海域，以及位處在臺灣東北部與東部之蘇澳與花蓮港海域，再分月分別以藍色與紅色彙整2014年12月~2015年2月冬季期間之波浪與風速逐時監測紀錄，結果分別可得如圖5至圖7以及圖8至圖10所示。

首先，就圖5至圖7中位處臺灣北部與中西部之基隆港與臺中港海域而論，經由風速時變性之比較對照可見，僅管兩港之地理區位不同，但季風風速之強弱起伏，彼此間之變動趨勢卻甚相似，惟風速之大小，皆以臺中港較強勁，一般可大於5級或

8.0~10.7 m/s，較強勁之風速，約可達10級或24.5~28.4 m/s，且約為基隆港之三倍。這事實說明，區域性之地形，對風速影響極大。故若欲藉風速以充分反映東北季風影響臺灣海域之程度，則臺中港實際上優於基隆港。

其次，再由圖5至圖7所示長浪時變特性之比較對照可見，基隆港與臺中港，僅管兩港之地理區位不同，但波高之大小與週期之長短，彼此卻皆甚相當，其中，較大之示性波高，約皆可達4.5公尺；而較長之尖峰週期，多在12秒以下，普遍約介在5~10秒間。此外，兩港之長浪波高與週期特性，明顯皆會隨臺中港風速之強弱而起伏變化。因此，由這一事實可確認，臺灣環島海域冬季之季風長浪，確實具有總體性，且季風與其衍生長浪之特性，實際應皆可以臺中港作代表。

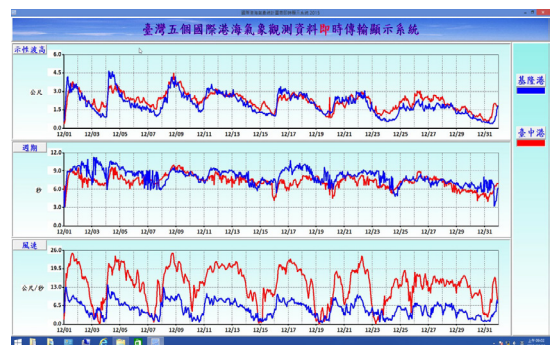


圖5 基隆與臺中港2014年12月監測波浪波高(上)與週期(中)及風速(下)逐時變化之相似關聯性

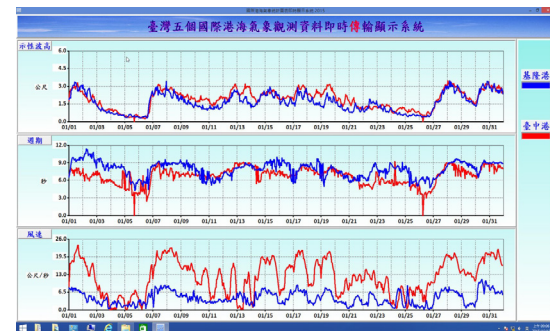


圖6 基隆與臺中港2015年1月監測波浪波高(上)與週期(中)及風速(下)逐時變化之相似關聯性

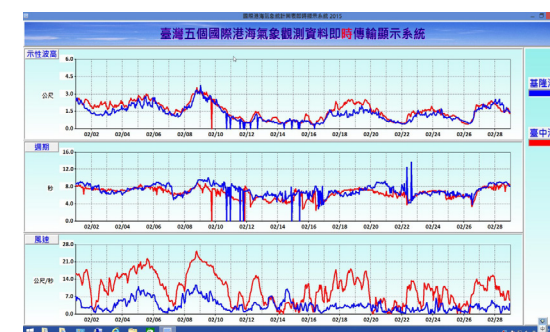


圖7 基隆與臺中港2015年2月監測波浪波高(上)與週期(中)及風速(下)逐時變化之相似關聯性

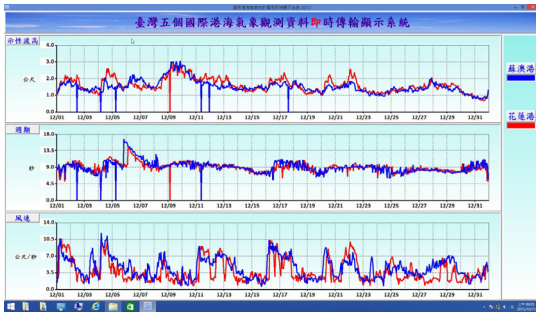


圖8 蘇澳與花蓮港2014年12月監測波浪波高(上)與週期(中)及風速(下)逐時變化之相似關聯性

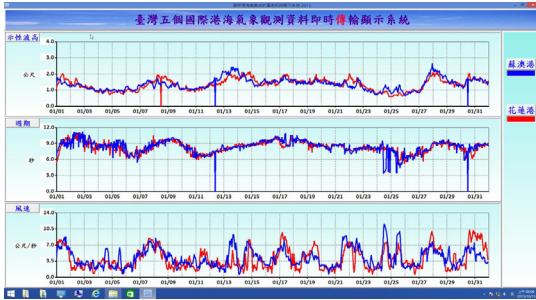


圖9 蘇澳與花蓮港2015年1月監測波浪波高(上)與週期(中)及風速(下)逐時變化之相似關聯性

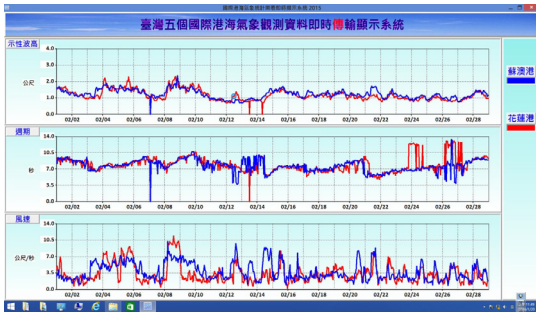


圖10 蘇澳與花蓮港2015年2月監測波浪波高(上)與週期(中)及風速(下)逐時變化之相似關聯性

接著，就圖8至圖10中分別位處臺灣東北部與東部之蘇澳港與花蓮港海域而論，經由風速時變性之比較對照可見，儘管兩港之地理區位不同，但季風風速之強弱起伏，彼此間仍具有近似一致之變動趨勢。部分時期，如2015年2月20~28日，更明顯可見具有日週期特性之海陸風。而風速之大小，兩港甚為相當，一般皆小於5級或在10.7 m/s以下。這事實說明，臺灣東部海域總體受東北季風之影響程度，實質上具有一致性。

最後，再由圖8至圖10所示長浪時變特性之比較對照可見，蘇澳港與花蓮港，僅管兩港之地理區位不同，但波高大小與週期長短，除了受颱風湧浪影響而略具些微差異外，較大之示性波高，一般小於3.0公尺；而較長之尖峰週期，亦多在12秒以下。至於，長浪波高與週期之逐時變動特性，雖然其與兩港所在區域風速之關聯性不如臺中港明確(參見圖2至圖4)，但彼此亦仍極相近似。因此，可進一步

確認，在東北季風天氣系統之總體影響下，臺灣東部海域冬季季風與其衍生浪之特性，兩港實際上彼此可互補替代。

五、季風強盛期之天氣系統特性

季風的產生及其風速之強弱，除了與風域直接相關外，尚與受風之地理區位有關。而基於臺中港海域冬季期間之風速，可充分反映及陳現大陸冷高壓天氣系統對臺灣環島海域之總體影響性，因此，為掌握季風強盛期之天氣系統特性。參考圖5至圖7，並分別針對2014/12/01、2015/01/08、2015/02/09等臺中港具有超過9級或大於20.8 m/s之較強勁風速期間，向中央氣象局申購，可得對應地面天氣系統圖，如圖11至圖13所示。

綜合觀察圖11至圖13可見，當有強烈冷高壓天氣系統盤據東亞大陸，且其1020百帕等高壓線逐漸伸展至觸及臺灣海峽或跨越臺灣環島海域，再在東海以東或日本東側海域，伴隨有西北太平洋低壓及鋒面系統存在，則在臺灣環島海域，總體將進入強盛東北季風期，亦即季風風速，會由弱轉趨強勁，特別是在臺中港海域，將最強勁之季風風速，將可高達10級或24.5~28.4 m/s。

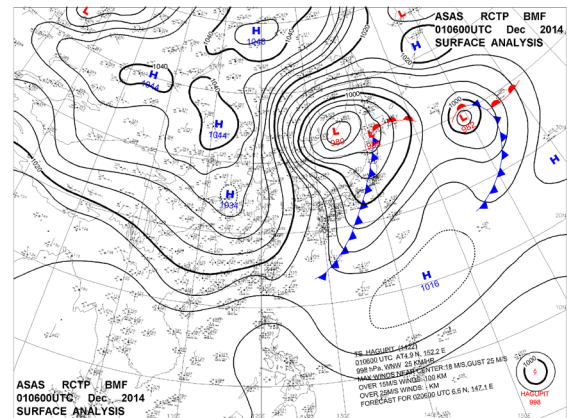


圖11 可在臺中港海域衍生風速大於20.8 m/s之大陸冷高壓、鋒面、與低壓天氣系統 2014/12/01 0600UTC

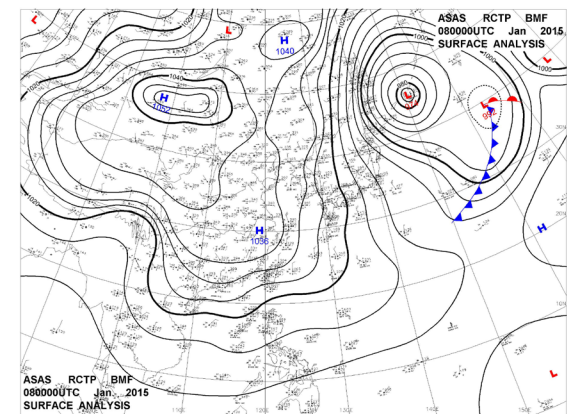


圖12 可在臺中港海域衍生風速大於20.8 m/s之大陸冷高壓、鋒面、與低壓天氣系統 2015/01/08 0000UTC

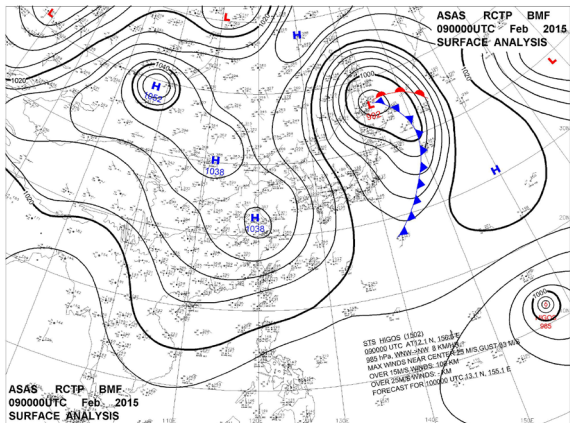


圖13 可在臺中港海域衍生風速大於20.8 m/s之大陸冷高壓、鋒面、與低壓天氣系統 2015/02/09 0000UTC

六、結論

針對2014~2015年之冬、春季，應用交通部運輸研究所港灣技術研究中心所建置之海氣象即時監測與傳輸顯示系統(曾等, 2015)，透過國內五大商港海域分月風速與波浪逐時變化特性之檢視，再結合由中央氣象局購置之東亞地面天氣圖，經綜合觀察可確認臺灣環島海域之東北季風與其所衍生之長浪特性如后：(1)在冬季期間，受大陸冷高壓天氣系統、東海東側之鋒面、及西北太平洋低壓之總體影響，當1020百帕等高壓線逐漸伸展至東海與臺灣海峽北側，則臺灣海域之東北季風將逐漸盛行，風速同時也將由弱轉趨強盛。一般風速可大於5級或8.0~10.7 m/s。較強勁之風速，在臺中港約可達10級或24.5~28.4 m/s。(2)在東北季風天氣系統之整體影響下，於強盛季風期，臺灣環島五大商港之季風，由於地理區位不同，外加區域地形遮蔽效應，僅管其風速強弱彼此存在差異，但起伏變動趨勢卻約略相近似，風速並以臺中港最強勁，逐時歷程變化亦最明顯。因此，臺灣海域之東北季風，應可以臺中港作代表；而東北季風之強盛程度，亦可以用臺中港風速之強弱，作為簡易地判別指標。(3)位處臺灣北部之基隆港與位處中西部之臺中港，受東北季風天氣系統之整體影響，東北季風盛行期，其季風長浪示性波高大小與尖峰週期長短均甚相似，且逐時變化歷程亦極為一致，並與臺中港之風速強弱具關聯。(4)位處臺灣東北部之蘇澳港與位處東部之花蓮港，受東北季風天氣系統之整體影響，東北季風盛行期，其季風長浪示性波高大小、尖峰週期長短、以及逐時變化歷程均甚相似，且亦皆與臺中港之風速強弱具關聯。(5)在東北季風盛行期，國內五大商港海域之季風長浪，其尖峰週期，普遍約介在5~10秒間，最長不及12秒；而較大之示性波高，可高達4.5公尺以上。

參考文獻

1. 吳基、蘇青和、邱永芳、洪憲忠、徐如娟、林受勳, 2003: “台北港海域風浪特性及相關分析”, 第25屆海洋工程研討會論文集, 第933-939頁。
2. 梁乃匡, 2008: “颱風湧浪與怪浪的預報”, 第10屆水下技術研討會暨國科會成果發表會論文集。
3. 梁乃匡、林俊傑、曾相茂, 2010: “颱風湧浪預報經驗法的探討”, 海洋工程學刊, 10卷, 2期, 87-120。
4. 簡仲璟、單誠基、劉清松, 2012: “臺中港簡易風浪預報研究”, 第34屆海洋工程研討會論文集, 第179-184頁。
5. 氣象局, 2014a: 氣象百科 海象問答 波浪, 中央氣象局編印。(http://www.cwb.gov.tw/V7/knowledge/marine/wave001.htm)
6. 氣象局, 2014b: 氣象百科 颱風百問, 中央氣象局編印。(http://www.cwb.gov.tw/V7/knowledge/encyclopedia/typhoon.pdf)
7. 莊文傑、曾相茂, 2014: “淺談瘋狗浪之預警”, 第36屆海洋工程研討會論文集, 第95-100頁。
8. 張憲國、何良勝、張高瑋、衛紀淮, 2014: “臺北港海陸風的轉向特性及風速與波浪的關係探討”, 第36屆海洋工程研討會論文集, 第673-678頁。
9. 衛紀淮、張憲國、劉勁成、陳蔚瑋、何良勝, 2015: 104年臺北港風與波浪關連性之統計特性研究, MOTC-IOT-104-H2EB001f 基本研究報告, 交通部運輸研究所, 共116頁。
10. 張憲國、張高瑋、衛紀淮、何良勝, 2015: “考慮風向分區與波浪分類下風速與波浪的迴歸分析”, 第37屆海洋工程研討會論文集, 第581-586頁。
11. 曾相茂、何良勝、曾俊傑, 2015: 103年臺灣地區國際港附近海域海氣象現場調查分析研究(2/4), MOTC-IOT-103-H2DA001a 基本研究報告, 交通部運輸研究所, 共373頁。
12. 莊文傑、曾相茂, 2015: “臺灣五大商港海域之波浪觀測與長浪之辨識”, 104年天氣分析與預報研討會論文集, A5海象測報與應用, 中央氣象局, 5-11_L。
13. 莊文傑、曾相茂, 2015: “臺灣東海岸颱風長浪演化歷程之共通特性”, 第37屆海洋工程研討會論文集, 第83-88頁。

14. 莊文傑、曾相茂, 2016: “東北季風期基隆港與臺中港長浪之關聯性”, 第38屆海洋工程研討會, 接受發表。
15. Munk, W. H., 1951: Origin and generation of waves, *Proc. 1st Conf. on Coastal Eng.*, pp.1-4.
16. Horikawa, K., 1978: Coastal Engineering An Introduction to Ocean Engineering, Chapter 2, University of Tokyo, Japan.
17. Semedo, A., Sušelj, K., Rutgersson, A. and A. Sterl, 2011: A Global View on the Wind Sea and Swell Climate and Variability from ERA-40. *J. Climate*, 24, 1461-1479.