

98-59-7413

MOTC-IOT-97-H3DA001-1

颱風波浪頻譜形狀參數之研究 (4/4)



交通部運輸研究所
中華民國 98 年 5 月

98-59-7413

MOTC-IOT-97-H3DA001-1

颱風波浪頻譜形狀參數之研究 (4/4)

著 者：簡仲璟

交通部運輸研究所

中華民國 98 年 5 月

颱風波浪頻譜形狀參數之研究. (4/4) / 簡仲璟
著. -- 初版. -- 臺北市：交通部運研所，
民98.05
面；公分
參考書目：面
ISBN 978-986-01-8443-3(平裝)

1. 波動 2. 颱風 3. 數值分析

351.941

98007965

颱風波浪頻譜形狀參數之研究 (4/4)

著者：簡仲璟
出版機關：交通部運輸研究所
地址：10458 臺北市敦化北路 240 號
網址：www.ihmt.gov.tw (中文版>中心出版品)
電話：(04) 26587176
出版年月：中華民國 98 年 5 月
印刷者：良機事務機器有限公司
版(刷)次冊數：初版一刷 110 冊
本書同時登載於交通部運輸研究所臺灣技術研究中心網站
定價：200 元
展售處：
交通部運輸研究所運輸資訊組•電話：(02)23496880
國家書店松江門市：10485 臺北市中山區松江路 209 號 F1•電話：(02)25180207
五南文化廣場：40042 臺中市中山路 6 號 • 電話：(04)22260330

GPN：1009801093

ISBN：978-986-01-8443-3 (平裝)

著作財產權人：中華民國(代表機關：交通部運輸研究所)

本著作保留所有權利，欲利用本著作全部或部份內容者，須徵求交通部運輸研究所書面授權。

交通部運輸研究所自行研究計畫出版品摘要表

出版品名稱：颱風波浪頻譜形狀參數之研究（4/4）			
國際標準書號（或叢刊號） ISBN 978-986-01-8443-3（平裝）	政府出版品統一編號 1009801093	運輸研究所出版品編號 98-59-7413	計畫編號 97-H3DA001-01
主辦單位：港灣技術研究中心 主管：邱永芳 計劃主持人：簡仲璟 研究人員：單誠基、李俊穎、劉清松、錢爾潔、馬維倫 聯絡電話：04-26587131 傳真號碼：04-26564415			研究期間 自 97 年 01 月 至 97 年 12 月
關鍵詞：波浪頻譜、形狀參數、長週期共振			
摘要： 關於花蓮港港池不穩靜造成繫泊船隻斷纜問題，由於港內、外同步觀測資料很少，僅粗略知道港內部分碼頭區有明顯長週期的波動存在，而此長週期成分的能量在港外與港內隨時間之變化情形則不清楚。因此，目前仍無法研定有效的港池不穩靜改善方案。本研究在本年度以 2005 年至 2007 年間於花蓮港港外與港內同步之波浪觀測資料進行分析。其主要目的為探討颱風侵襲期間港內、外波譜形狀演變及其形狀參數之比較，同時對照前三年之分析結果，藉此了解港內、外波動之時間及空間變化特性。 由波譜能量分布之時空變化分析結果顯示頻率小於 0.04Hz（週期 25sec）的各成份波能量在港外測點同一時間皆相近，沒有某一特定頻率之能量相對較大之情形。至於各港內測點同樣頻率小於 0.04Hz 的各成份波能量大致也相近，同時也與港外測點相近，此顯示港內之長週期成份波在港外早就已存在，並非進入港內後再放大到相當能量。但港內測點之波譜能量在頻率大於 0.04Hz 時則大幅降低，尤其是主頻率附近，此顯示花蓮港防波堤僅對週期小於 25sec 之成份波發揮有效之遮蔽作用，其功能類似一個濾波器。 各波譜形狀參數在港外測點的特性大致與本研究以往之結果相同，這些特性包括參數值大小分布範圍、隨波高或週期之變化趨勢及參數間之相關性等。但港內測點之各波譜形狀參數特性與港外測點相較則不相同，例如參數值大小分布範圍改變及參數間相關性變弱，且這些改變在不同之測點會有程度上差異，其改變原因主要為港內測點之主頻區能量大幅降低而低頻區則大約維持，造成能量尖峰不明顯之波譜形狀，此與港外測點有一能量尖峰的形狀不同。			
出版日期	頁數	定價	本出版品取得方式
98 年 5 月	248	200	凡屬機密性出版品均不對外公開。普通性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按定價購買。
機密等級： ☐ 密 ☐ 機密 ☐ 極機密 ☐ 絕對機密 （解密條件： ☐ 年 ☐ 月 ☐ 日解密， ☐ 公布後解密， ☐ 附件抽存後解密， ☐ 工作完成或會議終了時解密， ☐ 另行檢討後辦理解密） ☒ 普通			
備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。			

**PUBLICATION ABSTRACTS OF RESEARCH PROJECTS
INSTITUTE OF TRANSPORTATION
MINISTRY OF TRANSPORTATION AND COMMUNICATIONS**

TITLE: Shape Parameters of Typhoon Wave Spectra (4/4)			
ISBN (OR ISSN) ISBN978-986-01-8443-3(pbk)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1009801093	IOT SERIAL NUMBER 98-59-7413	PROJECT NUMBER 97-H3DA001-01
DIVISION: HARBOR & MARINE TECHNOLOGY CENTER DIVISION DIRECTOR: Chiu Yung-fang PRINCIPAL INVESTIGATOR: Chien Chung-ching PROJECT STAFF: Shan Chen-chi, Lee Chun-ying, Liu Ching-song, Chien Er-jier, Ma Wei-lun PHONE: 886-4-26587131 FAX: 886-4-26564415			PROJECT PERIOD FROM January 2008 TO December 2008
KEY WORDS: Wave Spectra, Shape Parameters, long-period oscillations			
ABSTRACT: Hualien Harbor inner basin's instability creates rope-breaking problems for the berthing ships have during the typhoon period. The simultaneously observed data of the inner basin and outer harbor are rare; it is only roughly known that in a part of the inner basin apparently long-period oscillations exist. But the changed component energy of these oscillations with time is not clear. Therefore, at present time, there is no way to do any effective practice to solve these oscillation-related problems. This research is to analyze the wave data between the calendar year of 2005 to 2007 of Hualien Harbor observation located in the inner basin and outer harbor at the same time. The purpose is to probe the inner basin and outer harbor's spectral shape evolution and shape parameters comparison, compared with the result of 3 years ago to understand the characteristic of time and space variation of waves in the inner basin and outer harbor. After spectral energy distribution changes with time and space analyses, the result indicates that various components spectral energy values are very close to observed points in the outer harbor when the frequency is smaller than 0.04Hz (with a period equivalent to 25 seconds). None of the spectral components energy is relatively large under certain frequencies. As to an observed point in the inner basin, energy of various spectral components is the same when the frequency smaller than 0.04Hz. So, does the observed point perform like an outer harbor point? It indicates that for as long as there have been long-period waves in the inner basin, they have existed in the outer harbor. It is not growing to get stronger in the inner basin. But spectral energy drops drastically when the frequency is larger than 0.04Hz, especially with nearby main frequency. It tells us that breakwater just can stop waves with periods smaller than 25 seconds from entering into the inner basin at Hualien Harbor. Various spectral shape parameters have featured the same characteristic in outer harbor as we have studied before. They included parameters value domain, evolution trend with the change of wave height or wave period and parameters relationship. However, various spectral shape parameters of observed points in the inner basin are quite different compared with ones in the outer harbor, such as parameters value domain changing and parameters relationship becoming weak. Those changing are different among points because the main frequency area energy drops abruptly and low frequency area is maintained, causing the peak point not to be sharp in spectral shape compared with ones in the outer harbor.			
DATE OF PUBLICATION May 2009	NUMBER OF PAGES 248	PRICE 200	CLASSIFICATION ☐ RESTRICTED ☐ CONFIDENTIAL ☐ SECRET ☐ TOP SECRET ☒ UNCLASSIFIED
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			

颱風波浪頻譜形狀參數之研究 (4/4)

目 錄

圖 目 錄.....	V
表 目 錄.....	XV
第一章 前言	1-1
1.1 研究背景.....	1-1
1.2 研究目的.....	1-1
第二章 資料蒐集與波譜形狀參數定義	2-1
2.1 颱風與波浪資料蒐集	2-1
2.2 波浪逐時變化與颱風動態.....	2-2
2.3 波譜形狀參數之定義	2-6
第三章 波譜形狀演變比較及特性分析	3-1
3.1 同一測點但不同時間之波譜演變	3-1
3.2 同一時間但不同測點之波譜演變	3-4
3.3 綜合討論	3-5
第四章 波譜形狀參數分析與比較	4-1
4.1 同一測點不同參數間之比較.....	4-1
4.2 同一參數不同測點間之比較.....	4-2
4.3 綜合討論	4-3

第五章 結論與後續課題	5-1
-------------------	-----

5.1 結論	5-1
--------------	-----

5.2 後續課題.....	5-2
---------------	-----

參考文獻

圖 目 錄

圖 2.1 海棠颱風 (Haitang) 強度與路徑圖	2-9
圖 2.2 馬莎 (Matsa) 颱風強度與路徑圖	2-9
圖 2.3 珊瑚 (Sanvu) 颱風強度與路徑圖	2-10
圖 2.4 泰利 (Talim) 颱風強度與路徑圖	2-10
圖 2.5 卡努 (Khanun) 颱風強度與路徑圖	2-11
圖 2.6 丹瑞 (Damrey) 颱風強度與路徑圖	2-11
圖 2.7 龍王 (Longwang) 颱風強度與路徑圖	2-12
圖 2.8 艾維尼 (Ewiniar) 颱風強度與路徑圖	2-12
圖 2.9 碧利斯 (Bilis) 颱風強度與路徑圖	2-13
圖 2.10 凱米 (Kaemi) 颱風強度與路徑圖	2-13
圖 2.11 寶發 (Bopha) 颱風強度與路徑圖	2-14
圖 2.12 桑美 (Saomei) 颱風強度與路徑圖	2-14
圖 2.13 珊珊 (Shanshan) 颱風強度與路徑圖	2-15
圖 2.14 帕布 (Pabuk) 颱風強度與路徑圖	2-15
圖 2.15 梧提 (Wutip) 颱風強度與路徑圖	2-16
圖 2.16 聖帕 (Sepat) 颱風強度與路徑圖	2-16
圖 2.17 韋帕 (Wipha) 颱風強度與路徑圖	2-17
圖 2.18 柯羅莎 (Krosa) 颱風強度與路徑圖	2-17
圖 2.19 米塔 (Mitag) 颱風強度與路徑圖	2-18
圖 2.20 花蓮港波浪觀測儀器佈放位置及其編號	2-19
圖 2.21 測點編號 06、10、12、14 及 15 之波高週期逐時變化 (2005.04.22~2005.05.28)	2-20
圖 2.22 測點編號 06、16、17 及 18 波高週期逐時變化	

(2005.04.22~2005.05.28)	2-21
圖 2.23 測點編號 06、10、12 及 14 波高週期逐時變化 (2005.06.03~2005.07.09)	2-22
圖 2.24 測點編號 06、16、17 及 18 波高週期逐時變化 (2005.06.03~2005.07.09)	2-23
圖 2.25 測點編號 05、10、12 及 14 波高週期逐時變化 (2005.07.13~2005.09.17)	2-24
圖 2.26 測點編號 05、16、17 及 18 波高週期逐時變化 (2005.07.13~2005.09.17)	2-25
圖 2.27 測點編號 06、10、12 及 14 波高週期逐時變化 (2005.09.15~2005.11.02)	2-26
圖 2.28 測點編號 06、16、17 及 18 波高週期逐時變化 (2005.09.15~2005.11.02)	2-27
圖 2.29 測點編號 06、10、12、14 及 15 波高週期逐時變化 (2006.07.07~2006.08.31)	2-28
圖 2.30 測點編號 06、16 及 18 之波高週期逐時變化 (2006.07.07~2006.08.31)	2-29
圖 2.31 測點編號 06、10、12、14 及 15 之波高週期逐時變化 (2006.09.02~2006.10.16)	2-30
圖 2.32 測點編號 06、17 及 18 之波高週期逐時變化 (2006.09.02~2006.10.16)	2-31
圖 2.33 測點編號 06、10、12、14 及 15 之波高週期逐時變化 (2006.10.18~2006.11.14)	2-32
圖 2.34 測點編號 06、16、17 及 18 之波高週期逐時變化 (2006.10.18~2006.11.14)	2-33
圖 2.35 測點編號 06、10、12 及 15 之波高週期逐時變化 (2007.06.24~2007.08.28)	2-34
圖 2.36 測點編號 06、16 及 18 之波高週期逐時變化 (2007.06.24~2007.08.28)	2-35

圖 2.37 測點編號 02、10、12、14 及 15 之波高週期逐時變化 (2007.08.29~2007.10.12)	2-36
圖 2.38 測點編號 02、16、17 及 18 之波高週期逐時變化 (2007.08.29~2007.10.12)	2-37
圖 2.39 測點編號 05、12、15 及 16 之波高週期逐時變化 (2007.10.13~2007.11.07)	2-38
圖 2.40 測點編號 06、10、12 及 14 之波高週期逐時變化 (2007.11.10~2007.12.04)	2-39
圖 2.41 測點編號 06、16 及 17 之波高週期逐時變化 (2007.11.10~2007.12.04)	2-40
圖 2.42 以主頻區能量為考察重點參之頻譜分割示意圖	2-41
圖 2.43 多峰波譜之波譜分割之示意圖.....	2-41
圖 3.1 海棠颱風各測點波浪不同時間能譜演變.....	3-8
圖 3.2 馬莎颱風各測點波浪不同時間能譜演變.....	3-9
圖 3.3 珊瑚颱風各測點波浪不同時間能譜演變.....	3-10
圖 3.4 泰利颱風各測點波浪不同時間能譜演變.....	3-11
圖 3.5 卡努颱風各測點波浪不同時間能譜演變.....	3-12
圖 3.6 丹瑞颱風各測點波浪不同時間能譜演變.....	3-13
圖 3.7 龍王颱風各測點波浪不同時間能譜演變.....	3-14
圖 3.8 艾維尼颱風各測點波浪不同時間能譜演變.....	3-15
圖 3.9 碧利斯颱風各測點波浪不同時間能譜演變.....	3-16
圖 3.10 凱米颱風各測點波浪不同時間能譜演變.....	3-17
圖 3.11 寶發及桑美颱風各測點波浪不同時間能譜演變	3-18
圖 3.12 珊珊颱風各測點波浪不同時間能譜演變.....	3-19
圖 3.13 帕布及梧提颱風各測點波浪不同時間能譜演變	3-20
圖 3.14 聖帕颱風各測點波浪不同時間能譜演變.....	3-21

圖 3.15 韋帕颱風各測點波浪不同時間能譜演變.....	3-22
圖 3.16 柯羅莎颱風各測點波浪不同時間能譜演變	3-23
圖 3.17 米塔颱風各測點波浪不同時間能譜演變.....	3-24
圖 3.18 東北季風各測點波浪不同時間能譜演變.....	3-25
圖 3.19 海棠颱風同時間（07/16 17:00）各測點波浪能譜比較	3-26
圖 3.20 海棠颱風同時間（07/17 11:00）各測點波浪能譜比較	3-27
圖 3.21 海棠颱風同時間（07/18 00:00）各測點波浪能譜比較	3-28
圖 3.22 海棠颱風同時間（07/19 00:00）各測點波浪能譜比較	3-29
圖 3.23 海棠颱風同時間（07/20 00:00）各測點波浪能譜比較	3-30
圖 3.24 馬莎颱風同時間（08/03 00:00）各測點波浪能譜比較	3-31
圖 3.25 馬莎颱風同時間（08/03 17:00）各測點波浪能譜比較	3-32
圖 3.26 馬莎颱風同時間（08/04 11:00）各測點波浪能譜比較	3-33
圖 3.27 馬莎颱風同時間（08/05 00:00）各測點波浪能譜比較	3-34
圖 3.28 馬莎颱風同時間（08/06 00:00）各測點波浪能譜比較	3-35
圖 3.29 珊瑚颱風同時間（08/11 17:00）各測點波浪能譜比較	3-36
圖 3.30 珊瑚颱風同時間（08/12 03:00）各測點波浪能譜比較	3-37
圖 3.31 珊瑚颱風同時間（08/12 11:00）各測點波浪能譜比較	3-38
圖 3.32 珊瑚颱風同時間（08/13 00:00）各測點波浪能譜比較	3-39
圖 3.33 珊瑚颱風同時間（08/13 11:00）各測點波浪能譜比較	3-40
圖 3.34 泰利颱風同時間（08/30 11:00）各測點波浪能譜比較	3-41
圖 3.35 泰利颱風同時間（08/31 00:00）各測點波浪能譜比較	3-42
圖 3.36 泰利颱風同時間（08/31 17:00）各測點波浪能譜比較	3-43
圖 3.37 泰利颱風同時間（09/01 05:00）各測點波浪能譜比較	3-44
圖 3.38 泰利颱風同時間（09/02 00:00）各測點波浪能譜比較	3-45

圖 3.39	卡努颱風同時間 (09/09 11:00)	各測點波浪能譜比較	3-46
圖 3.40	卡努颱風同時間 (09/10 11:00)	各測點波浪能譜比較	3-47
圖 3.41	卡努颱風同時間 (09/10 17:00)	各測點波浪能譜比較	3-48
圖 3.42	卡努颱風同時間 (09/11 11:00)	各測點波浪能譜比較	3-49
圖 3.43	卡努颱風同時間 (09/12 00:00)	各測點波浪能譜比較	3-50
圖 3.44	丹瑞颱風同時間 (09/21 00:00)	各測點波浪能譜比較	3-51
圖 3.45	丹瑞颱風同時間 (09/22 00:00)	各測點波浪能譜比較	3-52
圖 3.46	丹瑞颱風同時間 (09/22 11:00)	各測點波浪能譜比較	3-53
圖 3.47	丹瑞颱風同時間 (09/23 00:00)	各測點波浪能譜比較	3-54
圖 3.48	丹瑞颱風同時間 (09/23 11:00)	各測點波浪能譜比較	3-55
圖 3.49	龍王颱風同時間 (09/29 11:00)	各測點波浪能譜比較	3-56
圖 3.50	龍王颱風同時間 (09/30 11:00)	各測點波浪能譜比較	3-57
圖 3.51	龍王颱風同時間 (10/01 17:00)	各測點波浪能譜比較	3-58
圖 3.52	龍王颱風同時間 (10/02 05:00)	各測點波浪能譜比較	3-59
圖 3.53	龍王颱風同時間 (10/03 00:00)	各測點波浪能譜比較	3-60
圖 3.54	艾維尼颱風同時間 (07/07 11:00)	各測點波浪能譜比較 ...	3-61
圖 3.55	艾維尼颱風同時間 (07/08 05:00)	各測點波浪能譜比較 ...	3-62
圖 3.56	艾維尼颱風同時間 (07/08 11:00)	各測點波浪能譜比較 ...	3-63
圖 3.57	艾維尼颱風同時間 (07/09 00:00)	各測點波浪能譜比較 ...	3-64
圖 3.58	艾維尼颱風同時間 (07/09 11:00)	各測點波浪能譜比較 ...	3-65
圖 3.59	碧利斯颱風同時間 (07/12 11:00)	各測點波浪能譜比較 ...	3-66
圖 3.60	碧利斯颱風同時間 (07/13 00:00)	各測點波浪能譜比較 ...	3-67
圖 3.61	碧利斯颱風同時間 (07/13 11:00)	各測點波浪能譜比較 ...	3-68
圖 3.62	碧利斯颱風同時間 (07/14 00:00)	各測點波浪能譜比較 ...	3-69

圖 3.63 碧利斯颱風同時間 (07/15 00:00) 各測點波浪能譜比較 ...	3-70
圖 3.64 凱米颱風同時間 (07/23 11:00) 各測點波浪能譜比較	3-71
圖 3.65 凱米颱風同時間 (07/24 05:00) 各測點波浪能譜比較	3-72
圖 3.66 凱米颱風同時間 (07/25 00:00) 各測點波浪能譜比較	3-73
圖 3.67 凱米颱風同時間 (07/25 05:00) 各測點波浪能譜比較	3-74
圖 3.68 凱米颱風同時間 (07/25 17:00) 各測點波浪能譜比較	3-75
圖 3.69 寶發及桑美颱風同時間 (08/08 11:00) 各測點波浪能譜比較	3-76
圖 3.70 寶發及桑美颱風同時間 (08/09 00:00) 各測點波浪能譜比較	3-77
圖 3.71 寶發及桑美颱風同時間 (08/09 11:00) 各測點波浪能譜比較	3-78
圖 3.72 寶發及桑美颱風同時間 (08/09 17:00) 各測點波浪能譜比較	3-79
圖 3.73 寶發及桑美颱風同時間 (08/10 05:00) 各測點波浪能譜比較	3-80
圖 3.74 珊珊颱風同時間 (09/14 11:00) 各測點波浪能譜比較	3-81
圖 3.75 珊珊颱風同時間 (09/15 00:00) 各測點波浪能譜比較	3-82
圖 3.76 珊珊颱風同時間 (09/15 17:00) 各測點波浪能譜比較	3-83
圖 3.77 珊珊颱風同時間 (09/16 00:00) 各測點波浪能譜比較	3-84
圖 3.78 珊珊颱風同時間 (09/16 11:00) 各測點波浪能譜比較	3-85
圖 3.79 帕布及梧提颱風同時間 (08/07 11:00) 各測點波浪能譜比較	3-86
圖 3.80 帕布及梧提颱風同時間 (08/08 00:00) 各測點波浪能譜比較	3-87
圖 3.81 帕布及梧提颱風同時間 (08/08 11:00) 各測點波浪能譜比較	3-88

圖 3.82 帕布及梧提颱風同時間 (08/09 00:00) 各測點波浪能譜比較	3-89
圖 3.83 帕布及梧提颱風同時間 (08/09 11:00) 各測點波浪能譜比較	3-90
圖 3.84 聖帕颱風同時間 (08/17 00:00) 各測點波浪能譜比較	3-91
圖 3.85 聖帕颱風同時間 (08/17 17:00) 各測點波浪能譜比較	3-92
圖 3.86 聖帕颱風同時間 (08/18 05:00) 各測點波浪能譜比較	3-93
圖 3.87 聖帕颱風同時間 (08/18 17:00) 各測點波浪能譜比較	3-94
圖 3.88 聖帕颱風同時間 (08/19 05:00) 各測點波浪能譜比較	3-95
圖 3.89 韋帕颱風同時間 (09/17 11:00) 各測點波浪能譜比較	3-96
圖 3.90 韋帕颱風同時間 (09/18 00:00) 各測點波浪能譜比較	3-97
圖 3.91 韋帕颱風同時間 (09/18 05:00) 各測點波浪能譜比較	3-98
圖 3.92 韋帕颱風同時間 (09/18 11:00) 各測點波浪能譜比較	3-99
圖 3.93 韋帕颱風同時間 (09/18 17:00) 各測點波浪能譜比較	3-100
圖 3.94 柯羅莎颱風同時間 (10/04 17:00) 各測點波浪能譜比較	3-101
圖 3.95 柯羅莎颱風同時間 (10/05 17:00) 各測點波浪能譜比較	3-102
圖 3.96 柯羅莎颱風同時間 (10/06 05:00) 各測點波浪能譜比較	3-103
圖 3.97 柯羅莎颱風同時間 (10/06 11:00) 各測點波浪能譜比較	3-104
圖 3.98 柯羅莎颱風同時間 (10/07 00:00) 各測點波浪能譜比較	3-105
圖 3.99 米塔颱風同時間 (11/22 00:00) 各測點波浪能譜比較	3-106
圖 3.100 米塔颱風同時間 (11/23 00:00) 各測點波浪能譜比較	3-107
圖 3.101 米塔颱風同時間 (11/24 00:00) 各測點波浪能譜比較	3-108
圖 3.102 米塔颱風同時間 (11/25 00:00) 各測點波浪能譜比較	3-109
圖 3.103 米塔颱風同時間 (11/26 00:00) 各測點波浪能譜比較	3-110
圖 3.104 東北季風同時間 (10/28 11:00) 各測點波浪能譜比較	3-111

圖 3.105	東北季風同時間（10/29 11:00）各測點波浪能譜比較 ...	3-112
圖 3.106	東北季風同時間（10/30 05:00）各測點波浪能譜比較 ...	3-113
圖 3.107	東北季風同時間（10/31 05:00）各測點波浪能譜比較 ...	3-114
圖 3.108	東北季風同時間（11/01 11:00）各測點波浪能譜比較 ...	3-115
圖 3.109	丹瑞颱風港內外各測點水位變化.....	3-116
圖 3.110	龍王颱風港內外各測點水位變化.....	3-117
圖 3.111	凱米颱風港內外各測點水位變化.....	3-118
圖 3.112	珊珊颱風港內外各測點水位變化.....	3-119
圖 3.113	聖帕颱風港內外各測點水位變化.....	3-120
圖 3.114	韋帕颱風港內外各測點水位變化.....	3-121
圖 3.115	東北季風港內外各測點水位變化.....	3-122
圖 4.1	馬莎颱風波譜形狀參數（左：測點 5；右：測點 10）	4-5
圖 4.2	馬莎颱風波譜形狀參數（左：測點 12；右：測點 16）	4-6
圖 4.3	馬莎颱風波譜形狀參數（左：測點 17；右：測點 18）	4-7
圖 4.4	珊瑚颱風波譜形狀參數（左：測點 05；右：測點 10）	4-8
圖 4.5	珊瑚颱風波譜形狀參數（左：測點 12；右：測點 16）	4-9
圖 4.6	珊瑚颱風波譜形狀參數（左：測點 17；右：測點 18）	4-10
圖 4.7	泰利颱風波譜形狀參數（左：測點 05；右：測點 10）	4-11
圖 4.8	泰利颱風波譜形狀參數（左：測點 12；右：測點 16）	4-12
圖 4.9	泰利颱風波譜形狀參數（左：測點 17；右：測點 18）	4-13
圖 4.10	卡努颱風波譜形狀參數（左：測點 05；右：測點 10）	4-14
圖 4.11	卡努颱風波譜形狀參數（左：測點 12；右：測點 16）	4-15
圖 4.12	卡努颱風波譜形狀參數（左：測點 17；右：測點 18）	4-16
圖 4.13	龍王颱風波譜形狀參數（左：測點 06；右：測點 10）	4-17

圖 4.14	龍王颱風波譜形狀參數（左：測點 12；右：測點 16）	4-18
圖 4.15	龍王颱風波譜形狀參數（左：測點 17；右：測點 18）	4-19
圖 4.16	凱米颱風波譜形狀參數（左：測點 06；右：測點 10）	4-20
圖 4.17	凱米颱風波譜形狀參數（左：測點 12；右：測點 15）	4-21
圖 4.18	凱米颱風波譜形狀參數（左：測點 16；右：測點 18）	4-22
圖 4.19	聖帕颱風波譜形狀參數（左：測點 06；右：測點 10）	4-23
圖 4.20	聖帕颱風波譜形狀參數（左：測點 12；右：測點 15）	4-24
圖 4.21	聖帕颱風波譜形狀參數（左：測點 16；右：測點 18）	4-25
圖 4.22	東北季風波譜形狀參數（左：測點 06；右：測點 10）	4-26
圖 4.23	東北季風波譜形狀參數（左：測點 12；右：測點 16）	4-27
圖 4.24	東北季風波譜形狀參數（左：測點 17；右：測點 18）	4-28
圖 4.25	馬莎颱風波譜形狀參數 ε 各測點間比較.....	4-29
圖 4.26	馬莎颱風波譜形狀參數 v 各測點間比較	4-29
圖 4.27	馬莎颱風波譜形狀參數 Q_p 各測點間比較.....	4-30
圖 4.28	珊瑚颱風波譜形狀參數 ε 各測點間比較.....	4-30
圖 4.29	珊瑚颱風波譜形狀參數 v 各測點間比較	4-31
圖 4.30	珊瑚颱風波譜形狀參數 Q_p 各測點間比較.....	4-31
圖 4.31	泰利颱風波譜形狀參數 ε 各測點間比較.....	4-32
圖 4.32	泰利颱風波譜形狀參數 v 各測點間比較	4-32
圖 4.33	泰利颱風波譜形狀參數 Q_p 各測點間比較.....	4-33
圖 4.34	卡努颱風波譜形狀參數 ε 各測點間比較.....	4-33
圖 4.35	卡努颱風波譜形狀參數 v 各測點間比較	4-34
圖 4.36	卡努颱風波譜形狀參數 Q_p 各測點間比較.....	4-34
圖 4.37	龍王颱風波譜形狀參數 ε 各測點間比較.....	4-35

圖 4.38 龍王颱風波譜形狀參數 v 各測點間比較	4-35
圖 4.39 龍王颱風波譜形狀參數 Q_p 各測點間比較.....	4-36
圖 4.40 凱米颱風波譜形狀參數 ε 各測點間比較.....	4-36
圖 4.41 凱米颱風波譜形狀參數 v 各測點間比較	4-37
圖 4.42 凱米颱風波譜形狀參數 Q_p 各測點間比較.....	4-37
圖 4.43 聖帕颱風波譜形狀參數 ε 各測點間比較.....	4-38
圖 4.44 聖帕颱風波譜形狀參數 v 各測點間比較	4-38
圖 4.45 聖帕颱風波譜形狀參數 Q_p 各測點間比較.....	4-39
圖 4.46 東北季風波譜形狀參數 ε 各測點間比較.....	4-39
圖 4.47 東北季風波譜形狀參數 v 各測點間比較	4-40
圖 4.48 東北季風波譜形狀參數 Q_p 各測點間比較.....	4-40

表 目 錄

表 2-1 海棠颱風動態資料	2-42
表 2-2 馬莎颱風動態資料	2-44
表 2-3 珊瑚颱風動態資料	2-45
表 2-4 泰利颱風動態資料	2-46
表 2-5 卡努颱風動態資料	2-47
表 2-6 丹瑞颱風動態資料	2-48
表 2-7 龍王颱風動態資料	2-49
表 2-8 艾維尼颱風動態資料	2-51
表 2-9 碧利斯颱風動態資料	2-51
表 2-10 凱米颱風動態資料	2-52
表 2-11 寶發颱風動態資料	2-53
表 2-12 桑美颱風動態資料	2-53
表 2-13 珊珊颱風動態資料	2-54
表 2-14 帕布颱風動態資料	2-54
表 2-15 梧提颱風動態資料	2-55
表 2-16 聖帕颱風動態資料	2-55
表 2-17 韋帕颱風動態資料	2-56
表 2-18 柯羅莎颱風動態資料	2-57
表 2-19 米塔颱風動態資料	2-57

第一章 前言

1.1 研究背景

一般描述波浪最常見也最常使用的是統計的波高及週期。然而實際上波浪具有不規則性，因此，以單一之波高、週期大小（例如示性波高、示性週期）來描述波浪是僅就不規則的波動以統計上的觀點作處理，對於不規則之實質內涵表示是有所不足的。相較而言波浪頻譜對於波浪的不規則性則有較清楚的說明，因為由頻譜分析所得結果可以明瞭波浪在不同頻率（對應於週期）的能量（對應於波高）分佈情形。不過在實用上統計的波高、週期，因為僅以單一數值表示，所以較為方便。相對的，波譜則有一序列相對應之頻率與能量（或振幅）數值（非單一數值）表示，實用上較不方便。然而由於水面波動本身的物理特性，使得波浪之頻譜形狀具有某種程度的一致性。因此，有許多波浪之頻譜表示式被提出，例如常見之 Pierson-Moskowitz 波譜及 JONSWAP 波譜。這些波譜表示式中含有所謂之波譜形狀參數，例如主頻率、頻譜寬度、頻譜窄度、頻譜零階動差及高頻斜率等，波譜表示式即根據這些形狀參數加以定義。換言之，可由這些參數值的大小得知波譜的概略形狀，並進一步瞭解不規則波浪的成分組成。

1.2 研究目的

一般常用波譜形狀參數包括頻譜寬度、頻譜窄度及頻譜尖度等，這些參數基本上式由頻譜各階動差的無因次表示式組成。而這些波譜形狀參數在使用上仍有其缺點，例如 Rye 及 Goda 都指出波譜高頻部分，由於割棄（cut-off）的限界（ $f_{max}=1/2dt$ ，與取樣頻率有關）對高階動差造成影響，因此使得形狀參數便得不穩定，例如頻譜寬度參數即含有頻譜第 4 階動差。目前波譜動差皆以頻率為零當作動差軸進行計算，然為何以頻率為零當作動差軸？並沒有相關的說明或討論。

因此本研究第一年（94 年度）嘗試以不同的動差軸，進行實測波譜之各階頻譜動差的計算，然後根據新的頻譜動差值計算各波譜形狀參數，並與原有形狀參數作比較。藉此明瞭不同的動差軸對波譜形狀參數的影響，並作為進一步嘗試定義新的波譜形狀參數的參考。其研究成果包括：（1）頻譜動差階數愈高隨波高成長或衰退的一致性變化趨勢愈不明顯，除第 0 階動差外，低頻區之各階頻譜動差值，絕大部分皆較高頻區為小。（2）頻譜動差值主要是受高頻區影響，而低頻區的影響雖然較小，但其頻譜動差值在高階時之變化趨勢仍與波高有較明顯的一致性，而高頻區則無。（3）在波高的成長或衰退過程中，頻譜形狀之改變沒有對應之趨勢出現。但是該研究僅利用兩個颱風波浪資料進行初步分析，在統計上樣本是不足的。此外，由於實測波浪之頻譜形狀較複雜，不如理論波浪頻譜的單純與平滑。因此，造成分析結果比對上的困難。

因此，本研究第二年（95 年度）先利用已知之理論波浪波譜，例如 JONSWAP 或 Pierson-Moskowitz 波譜，在掌握頻譜形狀的情況下，重新檢視由高低頻區頻譜動差計算之頻譜形狀參數的應用情形。同時也利用波譜主要能量分割觀點定義新的形狀參數及探討其適用性。其研究成果包括：（1）由參考頻率 $f_b=0$ 計算所得之波譜動差值，無法瞭解其主要是受高頻區或低頻區影響。但採用參考頻率 $f_b=F_p$ 及 $f_b=F_E$ 之高、低頻區的分割方法後，發現波譜動差值主要是受高頻區影響，因為高頻區動差值明顯較低頻區為較大。不過其差異隨波譜參數 γ 及 m 之增大而減小，尤其是在 Pierson-Moskowitz 波譜的高階動差。以參考頻率 $f_b=F_p$ 及 $f_b=F_E$ 計算所得之高頻區各階動差值非常接近（ $f_b=F_p$ 稍大些），低頻區則以 $f_b=F_E$ 較大。（2）高、低頻區之各階動差經無因次整合後，以參考頻率 $f_b=F_p$ 及 $f_b=F_E$ 計算所得之各階新動差隨波譜參數 γ 及 m 之變化趨勢與參考頻率 $f_b=0$ 相似，但其值皆較參考頻率 $f_b=0$ 計算者為小。此外 JONSWAP 波譜的新動差隨波譜參數 γ 之變化趨勢與 Pierson-Moskowitz 波譜不同，尤其在高階時愈明顯。（3）以新、舊動

差參數分別定義之新、舊波譜形狀參數寬度參數 ε 及窄度參數 ν ，無論在 JONSWAP 或 Pierson-Moskowitz 波譜情況，皆不適合直接代替波譜參數 γ 值或 m 值。因為新、舊窄度參數 ν 及寬度參數 ε 隨波譜參數 m 的變化趨勢與隨波譜參數 γ 完全不同，此表示新參數對於波譜形狀的衡量在不同波譜的情況無法獲得一致性的結果。(4) 依主頻區能量觀點所定義之新 SB 參數值非常接近波譜形狀參數 γ 或 m 之數值，若以主頻區能量佔全部能量之 65% 基準而言，其相對誤差不超過 5%，因此新 SB 參數可以直接作為波譜形狀參數。換言之，若有一實測正規化波譜，以新 SB 參數值代入理論波譜表示式，即可得該波譜對應之正規化 JONSWAP 波譜或 Pierson-Moskowitz 波譜，而完成波譜擬合過程。

本研究第三年（96 年度）則利用依主頻區能量觀點所定義之新波譜形狀參數 SB 實際應用至實測颱風波浪，探討其波譜形狀之演變過程及不同波譜形狀參數之適用性及相關性。其研究成果包括：(1) 在波高成長時段，主頻率往低頻區移動，且低頻區波譜能量密度值明顯逐筆增大，高頻區增大程度則較小，同時波譜形狀變得較尖銳。波高衰退時段，主頻率往高頻區移動，且低頻區波譜能量密度值明顯逐筆減小，高頻區減小程度則較小，且波譜形狀變得較平緩。因此，波浪成長及衰退過程其能量分佈的變化是循相同的途徑來回逐步演變，此與以往的學者研究結果一致。(2) 在波浪成長過程正規化波譜形狀由平緩多峰逐漸演變成較尖銳之單峰，反之在波浪衰退過程則由尖銳單峰逐漸演變成平緩多峰的形狀。因此，無論在波浪成長或衰退的時段裡正規化波譜形狀並不一致。(3) 以波譜形狀新參數 SB 進行正規化波譜之理論波譜（JONSWAP 及 Pierson-Moskowitz）之擬合，可得理想之結果。因此，新參數 SB 可作為理想的波譜形狀參數，在波譜的擬合應用上則可直接作為理論波譜形狀參數 γ 或 m 之替代值。(4) 波譜形狀參數隨波高（或週期）之逐時變化並無明顯的一致性變動趨勢，此顯示在波浪的成長或衰退過程中波譜的形狀並無相關性的變化出現。(5) 波譜形狀窄度參數 ν 及寬度參數 ε 具有正相關性，而波譜尖峰度 QP

則與新形狀參數 SB 則具有更高的正相關性。至於其他參數間之相關係數值不高，故相關性不明顯。由於波譜尖峰度 QP 參數與新形狀參數 SB 具有高度相關。因此，經進一步處理後，可同新形狀參數 SB 一樣，作為理論波譜擬合時取代 γ 或 m 之用。

本研究在本年度以 2005 年至 2007 年間於花蓮港港外與港內同步之波浪觀測資料進行分析。其主要目的為探討港內外波譜形狀演變及其形狀參數之比較，藉此了解花蓮港在颱風期間港內外波動之特性，而對花蓮港港池不穩靜所造成之船舶斷纜問題，提供改善方案研擬之參考。本報告共分五章，第一章說明本計畫緣由及目的。第二章說明颱風與波浪資料之蒐集及波浪隨颱風動態之逐時變化。第三章探討波譜形狀隨不同時間與不同測點之演變趨勢，並說明花蓮港港池發生不穩靜之原因。第四章根據相同測點各波譜形狀參數比較及相同波譜形狀參數各測點間之比較，同時探討各波譜形狀參數隨波高成長或衰退的變化特性。第五章綜合檢討結果提出結論及未來研究方向的建議。

第二章 資料蒐集與波譜形狀參數定義

本章除說明颱風與波浪資料蒐集、整理過程外，對於波高、週期隨颱風動態之逐時變化，以花蓮港為對象探討其威脅區域範圍。此外也對一般常用之波譜形狀參數定義作說明。

2.1 颱風與波浪資料蒐集

根據本所為探討花蓮港港池共振問題，而於該港港內及港外同步進行量測之颱風波浪資料，選取 2005 年至 2007 年間共計 19 個颱風實測波浪資料進行分析。這 19 個颱風之行進路徑如圖 2-1 至圖 2-19（資料來源：中央氣象局），圖中標示之日期是依格林威治時間為準。由圖中顯示大部分颱風之行進路徑不相同，但某些颱風則非常相似，如 2005 年 7 月之海棠（Haitang）颱風與同年 9 月之泰利（Talim）颱風，不僅路徑相似，在行進過程中之強度變化也很相似。同年 8 月之馬莎（Matsa）颱風與 9 月之卡努（Khanun）颱風也有相同情形。而 2006 年 7 月之碧利斯（Bilis）颱風與 2007 年 10 月之柯羅莎（Krosa）颱風路徑相似但強度不同。此外某些颱風接連發生，因此在西太平洋海域同時有 2 個颱風出現，如 2006 年 8 月之寶發（Bopha）颱風與桑美（Saomai）及 2007 年 8 月之帕布（Pabuk）颱風與梧提（Wutip）颱風。依花蓮港地理位置而言，這 19 個颱風之路徑可大致分為 4 類：（1）颱風中心於臺灣東部陸地登陸，如海棠、泰利、龍王（Longwang）、凱米（Kaemi）、寶發、梧提及聖帕（Sepat）颱風（2）颱風中心於臺灣北部海面經過，如馬莎、卡努、碧利斯、桑美、韋帕（Wipha）及柯羅莎颱風（3）颱風中心由巴士海峽穿過，如珊瑚（Sanvu）、丹瑞（Damrey）、帕布及米塔（Mitag）颱風（4）颱風中心於臺灣東部外海掠過，如艾維尼（Ewinia）及珊珊（Shanshan）颱風。各颱風之編號、警報期間、中心位置經緯度、強度、中心氣壓、七級暴風半徑等資料整理如表 2-1 至表 2-19（資料來源：中央氣象局）。

本所於 2005 年至 2007 年間在花蓮港進行港內外波浪同步觀測計畫，其計畫目的之一為瞭解花蓮港颱風期間港內繫泊船隻易斷纜是否是港池共振所造成？以往雖然也有颱風波浪觀測計畫，但港內外同步觀測資料很少，僅粗略知道港內部分碼頭區有明顯長週期的波動存在，而此長週期成分的能量在港外與港內隨時間之變化情形則不夠清楚。因此，國內外部分學者專家對於花蓮港是否有港池共振的現象？仍存疑。同時對於如果不是港池共振現象則港內長週期波動的原因有各種不同觀點，而此也造成目前仍無法研定有效的花蓮港港池不穩靜改善方案。

本計畫之波浪觀測儀器係使用國內鎮儀公司出產之型號 S700 壓力式波浪儀共計 19 部，分別安置在花蓮港東防波堤堤頭處 9 部（依田字型排列），其餘 9 部則分別安置在港內不同地點，其佈置如圖 2-20。圖中編號 1~9 為港外測點（水深約 18m，本研究僅取測點 6 或 5 作分析）、測點編號 10（水深約 20m）為港口入口處、測點編號 11（水深約 16m）為 25 號與 24 號碼頭轉角處、測點標號 12（水深約 14m）為 22 號碼頭處、測點標號 13（水深約 13m）為新東防堤港內側、點標號 14（水深約 11m）為窄航道入口前、測點標號 15（水深約 10m）為窄航道處、測點標號 16（水深約 7m）為漁港出口處、測點標號 17（水深約 8m）為 11 號碼頭處、測點標號 18（水深約 9m）為 8 號碼頭處。波浪觀測時距為 1 小時，觀測時間長度 10 分鐘，取樣頻率 2Hz。配合儀器的收放作業在 2005 年至 2007 年間總計有 11 個時段觀測紀錄，各時段紀錄中可能含有颱風及季風波浪資料。

2.2 波浪逐時變化與颱風動態

將 2005 年至 2007 年各觀測時段各測點之示性波高（以下簡稱波高）、示性週期（以下簡稱週期）逐時變化繪製如圖 2-21~圖 2-41。除測點編號 11 及 13 外，部分測點由於資料品質不佳，故略去不作繪製。圖中黑實線為波高、藍十字點為週期，同時對波高較大（或週期較長）部分，另標示颱風名稱或強勁季風或未知等特殊氣象條件。由波高及

週期之逐時變化檢視，發現其與颱風動態有密切關係。例如依港外測點編號 6 或 5 發現在無特殊氣象情況下之平常時期波高約在 1m 以下，週期則大約維持在 6~8sec 之間，但颱風或季風期間波高、週期明顯增大，波高可達 10m 以上，週期則達 12~15sec 之間。影響波高、週期逐時變化趨勢之颱風動態包括颱風強度、移動路徑、移動速度及陸地效應等。例如聖帕颱風因為屬強烈颱風且其移動路徑穩定直接侵襲花蓮港海域，所以最大波高達 10.7m，如圖 2-35，此與 1994 年提姆颱風同樣為最大歷史紀錄。以移動路徑相似之碧利斯與柯羅莎颱風來比較，由於前者為中度颱風而後者為強度颱風。因此，柯羅莎之波高較碧利斯大，如圖 2-29 與圖 2-37。同樣以移動路徑相似之海棠與泰利颱風來比較，由於前者颱風中心在接近花蓮港時有近似滯留（即移動速度減緩）。因此，海棠之波高較泰利為大，如圖 2-25。同樣移動路徑相似之馬莎與卡努颱風，由於前者移動速度較慢。因此，馬莎之波高較卡努為大，如圖 2-25。以強度同為中度之凱米與桑美颱風來比較，由於前者移動路徑為颱風中心登陸台灣東部陸地（依前節所述之第 1 類路徑），而後者颱風中心於台灣北部海面經過（依前節所述之第 2 類路徑）。因此，凱米之波高較桑美為大，如圖 2-29。以強度及路徑皆相似之海棠與龍王颱風作比較，由於前者移動速度較慢。因此，兩者雖然波高相近，但海棠颱風影響時間較長約 4 日，而龍王颱風較短約 2 日，如圖 2-25 與圖 2-27。此外中度颱風珊珊由於移動速度非常緩慢，因此，其影響時間長達 6 日，在此長時間之颱風持續作用下，即使颱風未登陸其波高最大也已達 6m 左右，實不可忽視，如圖 2-31。颱風強度受陸地的影響非常明顯，例如海棠、龍王、泰利及聖帕等強烈颱風由於登陸台灣陸地，颱風強度迅速由強烈轉中度再轉輕度後進入中國大陸，而波高也隨之迅速減小。另外中度颱風馬莎及卡努未登陸台灣，而於進入中國大陸後才轉為輕度，同樣中度颱風艾維尼及珊珊也未登陸台灣，前者於接近韓國時才減弱為輕度，後者則於接近日本時才減弱為輕度。在 2005 年至 2007 年資料蒐集期間共有兩組同一時間有 2 個颱風出現，他們分別是 2006 年 8 月之寶發與桑美颱風及 2007 年 8 月之帕布與梧提颱風，其中除桑美為中度颱風外其餘皆為輕度颱風，由圖

2-29 及圖 2-35 檢視發現颱風期間波高最大值約 4m 左右且其逐時變化似有雙峰現象，此是否為颱風共伴效應下之結果？待蒐集更多資料後再作進一步探討。由圖 2-21 至圖 2-41 中發現某些時段波高有明顯增大現象，但對照颱風發布期間及花蓮港風力實測資料，發現其增大原因不明（圖中標示”Unknown”），不過初步研判有可能仍是颱風波浪。因為本研究目前颱風蒐集是依中央氣象局颱風警報發布資料為準，對於西太平洋之遠洋颱風可能對臺灣不具威脅，故中央氣象局未發布颱風警報，但該遠洋颱風波浪仍可能傳遞至花蓮港。同樣上述圖中標示”Monsoon”部分則表示該時段無颱風發生但花蓮港實測風速明顯增大之情況。以圖 2-41 所示在米塔颱風發生之前已有一強勁東北季風出現，在颱風與東北季風雙重作用下，波高超過 2m 持續有 5 日之久。

綜合而言，颱風波浪之波高、週期逐時變化大致上隨颱風接近與遠離而分別出現增大與減小趨勢。但由於颱風強度、移動路徑、移動速度及陸地效應等颱風動態的不穩定，使波高週期變化趨勢會有差異，這些差異包括波高與週期大小、颱風作用時間的長短、波高大及減小速率等。此外中央氣象局雖未發布颱風警報，但花蓮港港域仍有可能出現遠洋颱風波浪，需特別注意。

對照波高變化及颱風移動行經區域，發現颱風若行經北緯 15° 至 24° 東經 121° 至 130° 之方形區域範圍並由東南方向逼近花蓮港，則颱風波浪波高值相對較大。進一步將方形區域斜切成右上半部及左下半部，則颱風行經左下半部之波高較右上半部為大。例如同屬強烈颱風之聖帕及海棠，由於前者行經左下半部區域，故其波高（波高最大值約 10.7m）較行經右上半部區域之海棠（波高最大值約 8.6m）為大。又如輕度颱風珊瑚與中度颱風卡努，前者雖然是輕度颱風但由於行經左下半部區域，故其波高（波高最大值約 5.2m）仍較行經右上半部區域之中度颱風卡努（波高最大值約 1.9m）為大，如圖 2-25。

綜合而言，北緯 15° 至 24° 東經 121° 至 130° 之方形區域範圍，對花蓮港而言是危險區域，尤其是方形左下半部區域，當颱風行經此區域應提高警覺，此對後續研擬花蓮港港池不穩靜改善方案提供有效的

參考。另外要強調的是波高最大值與颱風中心是否由花蓮港附近通過（或登陸）也有密切關係。由歷年觀測資料顯示花蓮港颱風波浪之可能波高最大值估計約 12m、對應周期則約 16sec。

以上係針對港外測點編號 5 或 6 之波高週期逐時變化與颱風動態作分析說明，而港內各測點與港外測點相較則發現波高明顯減小，此顯示花蓮港外廓防波堤具有之遮蔽效果。依圖 2-25 及圖 2-26 為例，海棠颱風侵襲期間港外測點編號 5 之波高最大值達 8.6m，而港內測點編號 10、12 及 14 其波高最大值已減小至 2m 左右，至於港內測點編號 16 其波高最大值更進一步減小至 0.25m，但測點編號 17 及 18 則僅再減小一些分別為 1.1m 及 1.8m，已超過一般港內船舶泊靠設計條件。週期部分港內測點編號 10、12 及 14 其週期大約集中在 20sec 左右較港外測點編號 5 之 15sec 稍大些，但港內測點編號 16、17 及 18 則出現 100sec 以上之週期，而且較不集中，尤其是測點編號 17。上述這些港內外波高及週期之比較結果在泰利颱風也有相同情形。對於非颱風侵襲期間之週期變化在某些時段港內各測點也都出現較分散的情況，如圖中之 8 月 17 日至 24 日，如測點 12 出現週期接近 80sec，此顯示港內有可能出現較長週期的波動現象，而且不僅限於在颱風侵襲期間。再以圖 2-27 及圖 2-28 為例，龍王颱風侵襲期間港外測點編號 6 之波高最大值達 7.9m，而港內測點編號 10、12 及 14 其波高最大值已大幅減小至 1.7m 左右，但港內測點編號 16、17 及 18 之波高最大值則僅分別減小為 1.1m、1.6m 及 1.7m，同樣也不符合設計條件。週期部分港內測點編號 10、12 及 14 其週期同樣大約集中在 20sec 左右較港外測點編號 5 之 15sec 稍大些，但港內測點編號 16、17 及 18 也出現 100sec 以上之週期，大部分界於 60~100sec 之間較不集中，尤其是測點編號 17。另外檢視圖 2-33 及圖 2-34 所標示強勁東北季風期間之波高週期變化發現也有類似情形，港外測點編號 6 之波高最大值達 2.8m，而港內測點編號 10、12 及 14 其波高最大值則分別減小為 0.75m、1.35m 及 0.25m，在此值得注意的是編號 12 之 22 號碼頭其波高較大，而港內測點編號 16、17 及 18 之波高最大值則分別減小為 0.08m、0.12m 及 0.22m。週期部分港

內測點編號 10、12 及 14 其週期也是大約集中在 20sec 左右較港外測點編號 6 之 10sec 稍大些，但港內測點編號 16、17 及 18 雖未出現 100sec 以上之週期，大部分界於 30~60sec 之間較不集中。

綜合而言，港內測點之波高與港外相較有明顯減小，可見花蓮港之防波堤設施已發揮一定之遮蔽作用，若嚴格講應該是僅對於短週期成分波而言。在強烈颱風侵襲時，由於港外波高最大可達 10m，因此，港內仍會出現達 1.5m 以上之波高，此已不符合港內船舶泊靠之安全需求。此外港內分屬測點編號 16、17 及 18 之漁港出口處、11 號碼頭及 8 號碼頭可能出現達 100sec 以上之長週期波動，而且此現象在季風期間也可能出現。港內分屬測點編號 10、12 及 14 之港口處、22 號碼頭及窄航道入口處在颱風侵襲間週期大約集中在 20sec 左右，但在非颱風侵襲期間也仍可能出現近 80sec 之長週期波動。一般船舶處於波高達 1.5m 且週期達 100sec 以上之波浪作用下是無法安全繫纜泊靠，此或許是花蓮港船舶斷纜之原因。若詳細比較港內各測點之波高與週期，可發現有些許差異，此包括測點編號 17 較易出現 100sec 以上之長週期波、測點編號 16 之波高最小、測點編號 10 之波高最大及測點 18 之波高皆較測點 17 與 16 大等，此表示船舶靠泊在港內不同碼頭時所遭受之波浪作用會有不同。另外要強調的是依示性波之統計定義而言，若長週期成分波之波高較小而短週期之波高較大，則可能出現長週期成分波未納入統計分析計算。因此，上述港外測點之示性波統計波高與週期很可能不包含長週期成分波，此表示由浪浪統計資料無法確認港外長週期成分波之波高與週期，此部分將在下一章利用波譜分析作進一步探討，以瞭解長週期成分波在港外與港內之詳細變化情形。

2.3 波譜形狀參數之定義

海洋波浪之能量結構組成，一般可藉由波譜分析所得之各頻率成分波能量大小獲得瞭解，並且也可由波譜形狀的變化得知各成份波間其能量的轉移情形。在本次研究中參考以往學者所提出的三種常見波譜形狀參數如下：

Longuet-Higgins(1956)所提出之波譜形狀窄度參數

$$v = \sqrt{\frac{m_0 m_2}{m_1^2} - 1} \quad (2-1)$$

及波譜形狀寬度參數

$$\varepsilon = \sqrt{1 - \frac{m_2^2}{m_0 m_4}} \quad (2-2)$$

上列各式中 $m_n = \int f^n S(f) df$ 為頻譜的 n 階動差 (moment)。

Goda, Y. (1970) 認為窄度及寬度參數不能顯示波譜尖峰形狀，故另定義尖峰度如下：

$$QP = \frac{2}{m_0} \int_0^\infty f S^2(f) df \quad (2-3)$$

此外在本計畫歷年研究中基於波浪之波譜能量在尖峰頻率處最大且大部分集中於此頻率附近。因此，由尖峰頻率附近之能量佔全部總能量之百分比作考量，將頻譜分割成主頻區及副頻區如圖 2-42。由於主頻區頻率範圍屬頻率軸上的變化，而能量密度最大值則屬能量軸上的變化，因此本文定義兩個新無因次參數 S 及 B 如下：

$$S = S(f_p) / S_C \quad (2-4)$$

$S(f_p)$ ：尖峰頻率之能量密度；

S_C ：主頻區能量基準

$$B = (f_{\max} - f_{\min}) / (fH - fL) \quad (2-5)$$

$f_{\max}$ ：頻率最大值；

$f_{\min}$ ：頻率最小值；

fH ：主頻區頻率最大值；

fL ：主頻區頻率最小值

基本上無因次參數 S 與波譜形狀之尖銳程度有關，因為當 $S(f_p)$ 值愈大，而參數 S 也愈大，故可視為波譜尖度參數。主頻區之能量基準 S_c 係以主頻區能量總和佔全部頻區總能量之百分比而定，參照以往分析結果採用 65%。無因次參數 B 則與波譜形狀之寬度程度有關，因為當主頻區頻率範圍愈小即 $fH-fL$ 值愈小，因而參數 B 愈大，故可視為波譜寬度參數。

當頻譜形狀出現多峰時，如圖 2-43，本方法會有頻譜分割後出現多個主頻區問題，此時參數 B 必須進一步修改成如下：

$$B = PE / \sum_{i=1}^n \left[(fH_i - fL_i) \times \int_{fL_i}^{fH_i} S(f) df \right] \quad (2-6)$$

$$PE = (f_{\max} - f_{\min}) \times \sum_{i=1}^n \int_{fL_i}^{fH_i} S(f) df$$

為了方便比較，本文將上述兩種無因次參數結合為一新無因次參數 SB 如下：

$$SB = a \times (S \times B)^b \quad (2-7)$$

上式中 a, b 為待定係數。 SB 參數經分別以 JONSWAP 及 P-M 正規化波譜之 γ 與 m 形狀參數，依最小二乘方法回歸求得待定係數。JONSWAP 波譜之 a, b 值分別為 0.0887 與 0.9612；P-M 波譜之 a, b 值則分別為 0.8222 與 0.7244。待定係數與頻率最大值與最小值有關，上述待定係數值是依頻率最小值為 0；頻率最大值為 5.0 作計算範圍。

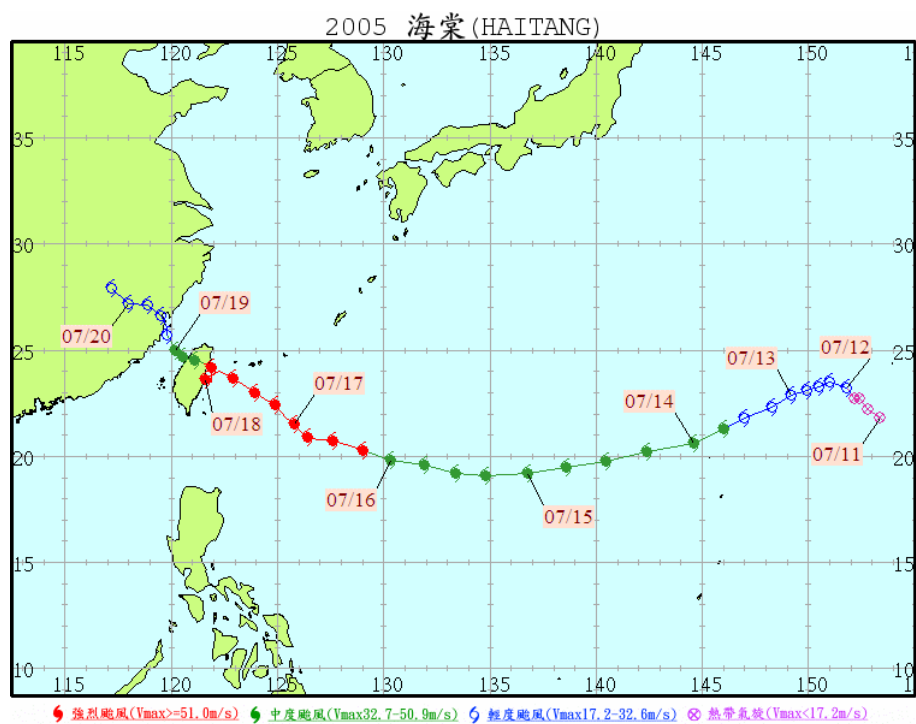


圖 2-1 海棠 (Haitang) 颱風強度與路徑圖

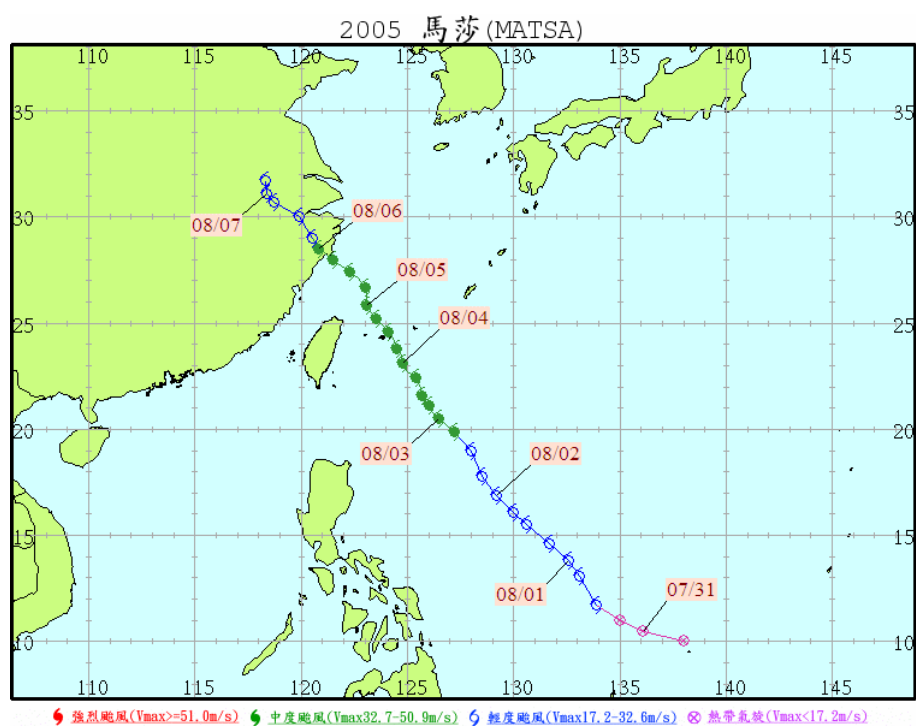


圖 2-2 馬莎 (Matsa) 颱風強度與路徑圖

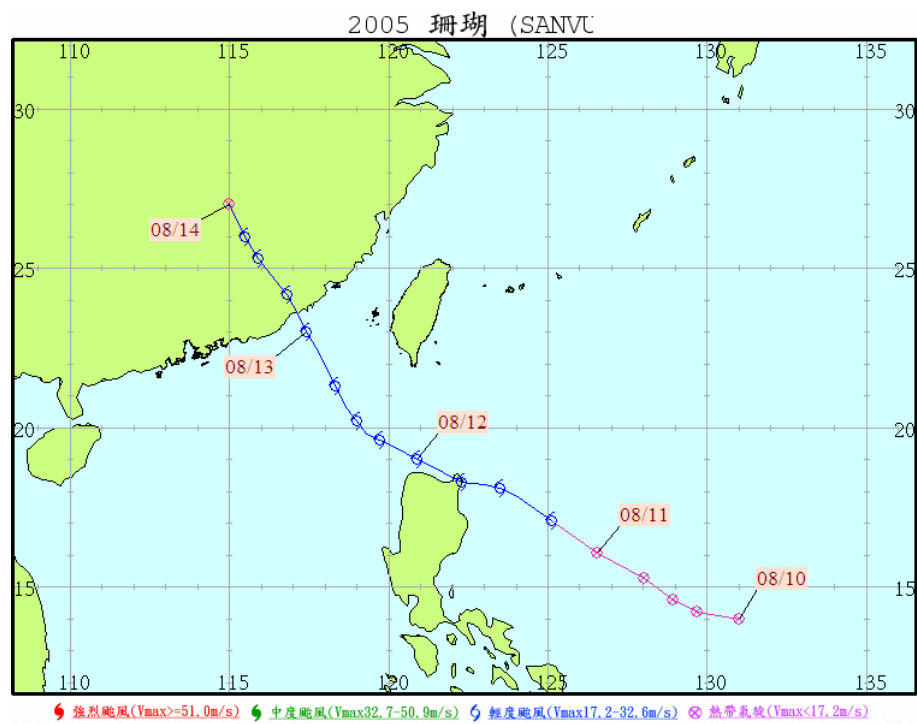


圖 2-3 珊瑚 (Sanvu) 颱風強度與路徑圖

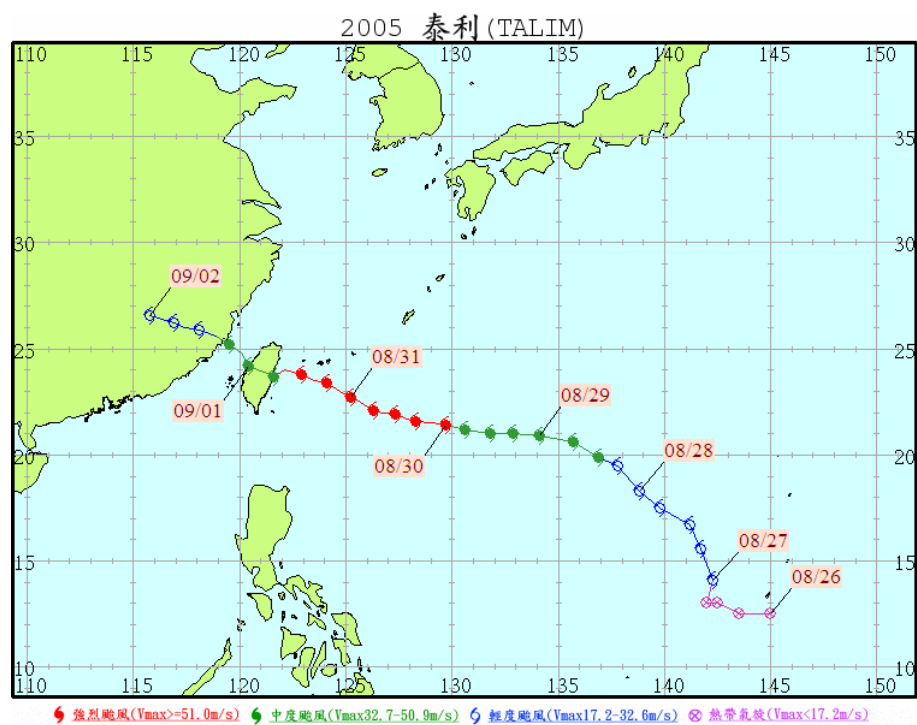


圖 2-4 泰利 (Talim) 颱風強度與路徑圖

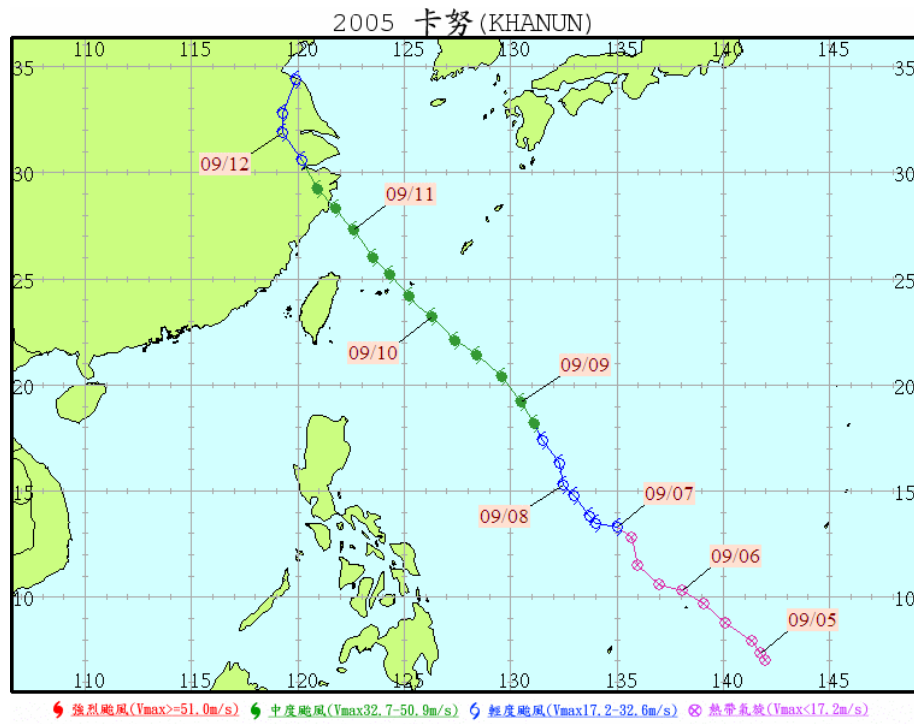


圖 2-5 卡努 (Khanun) 颱風強度與路徑圖

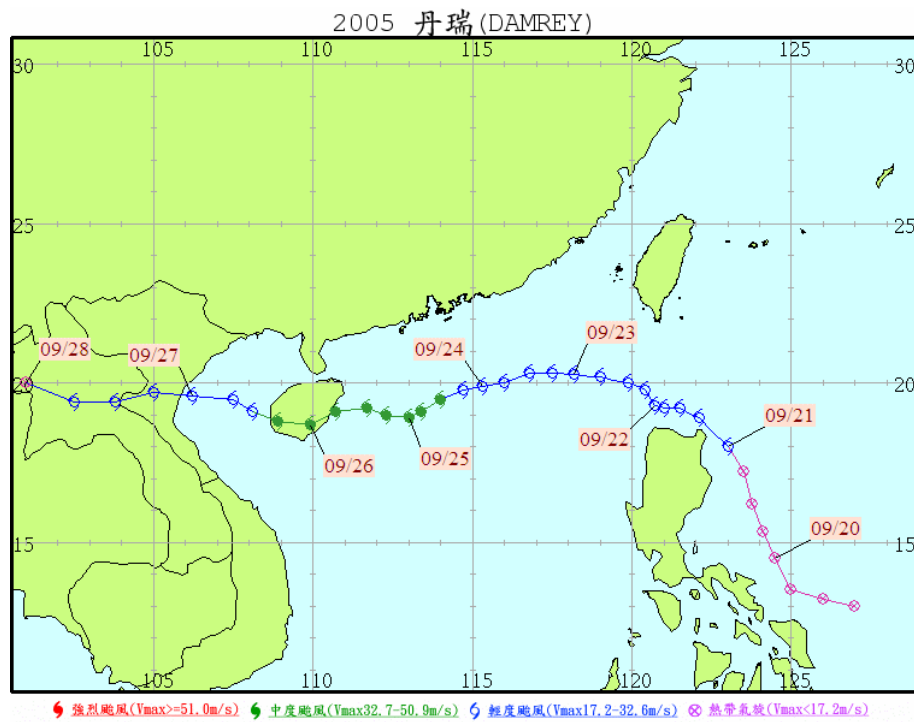


圖 2-6 丹瑞 (Damrey) 颱風強度與路徑圖

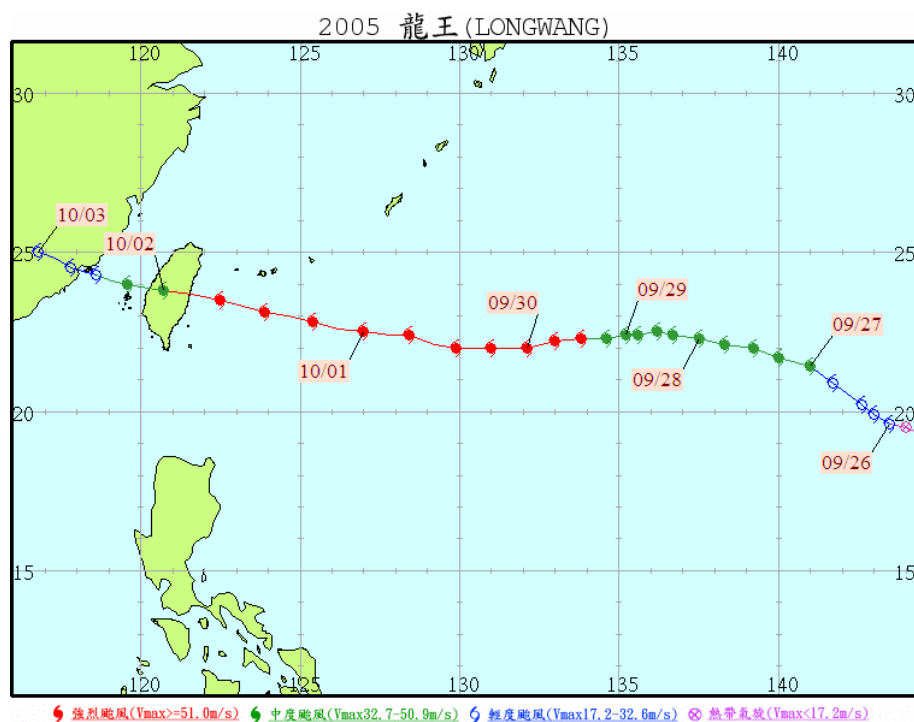


圖 2-7 龍王 (Longwang) 颱風強度與路徑圖

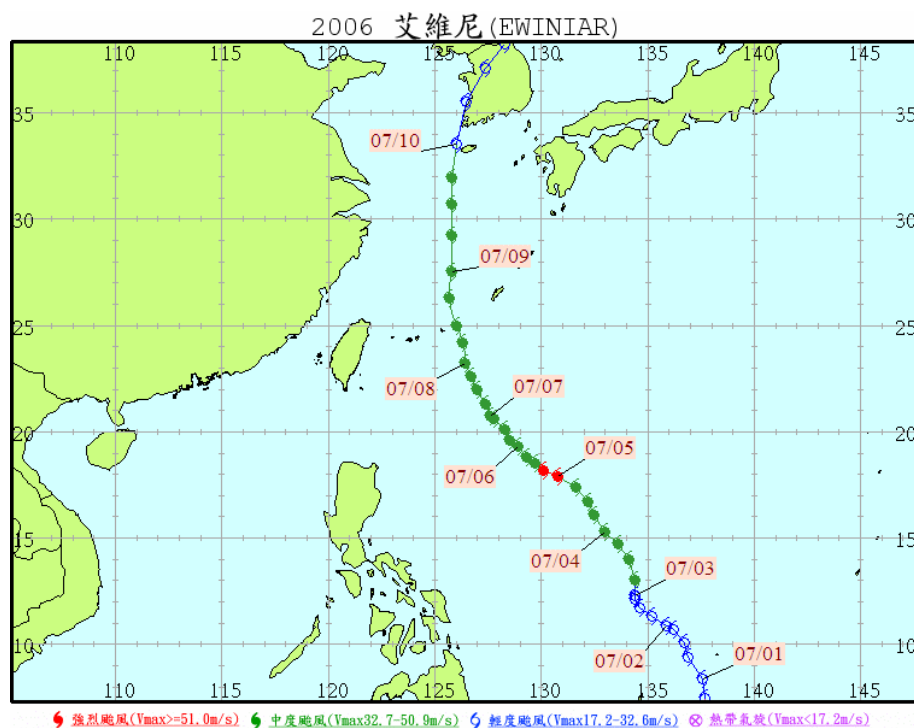


圖 2-8 艾維尼 (Ewiniar) 颱風強度與路徑圖

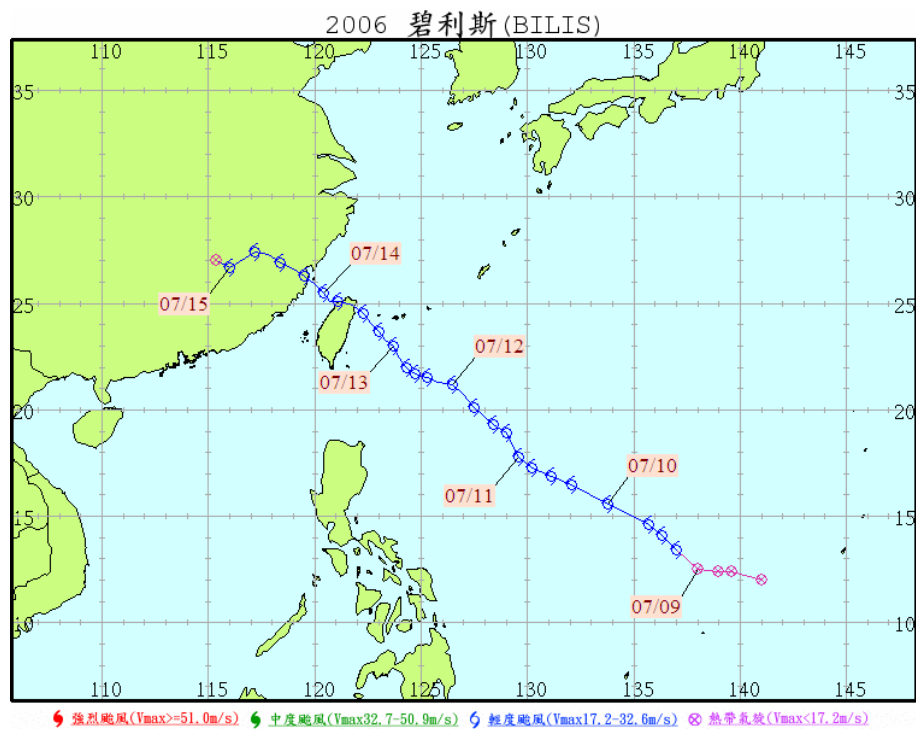


圖 2-9 碧利斯 (Bilis) 颱風強度與路徑圖

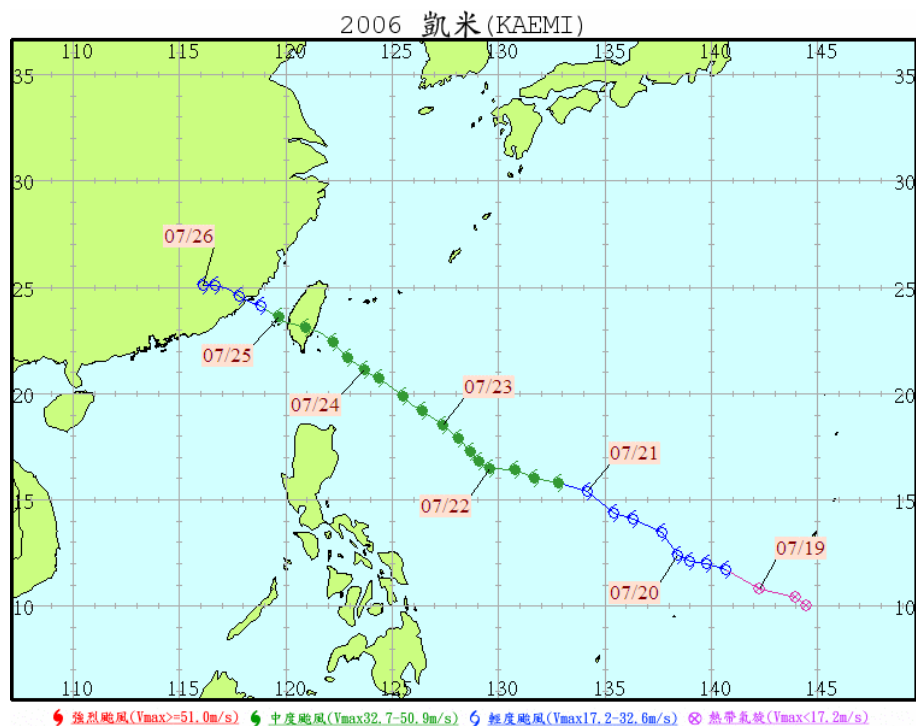


圖 2-10 凱米 (Kaemi) 颱風強度與路徑圖

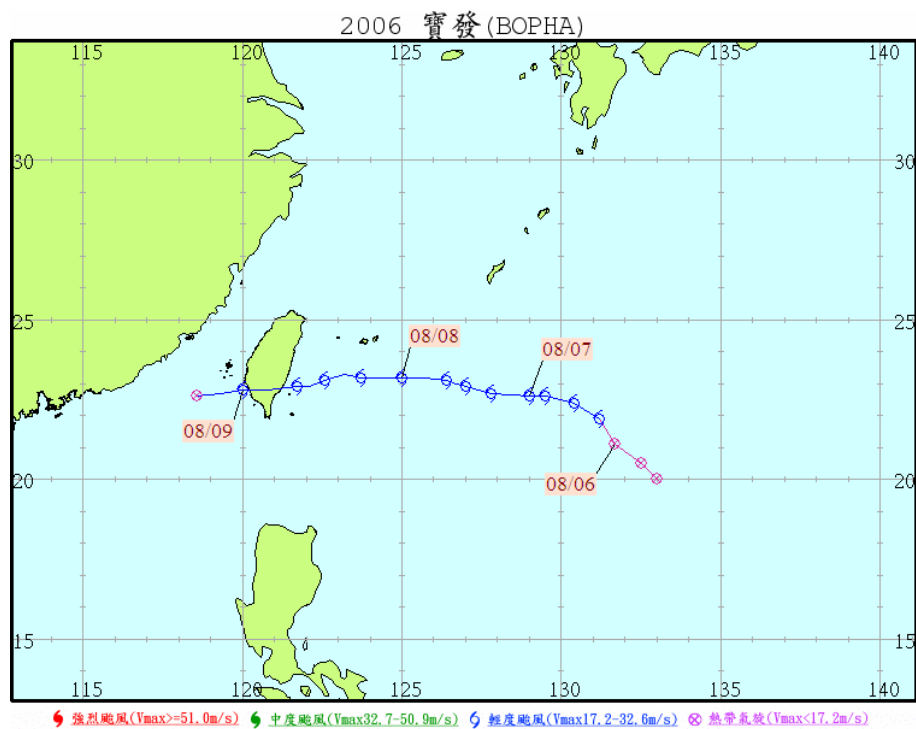


圖 2-11 寶發 (Bopha) 颱風強度與路徑圖

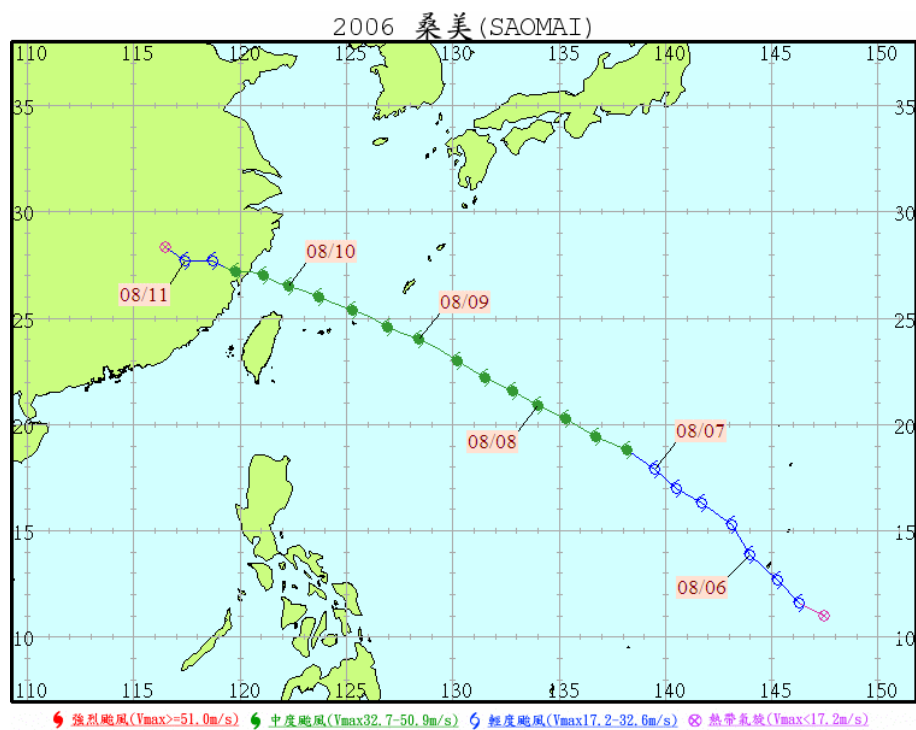


圖 2-12 桑美 (Saomei) 颱風強度與路徑圖

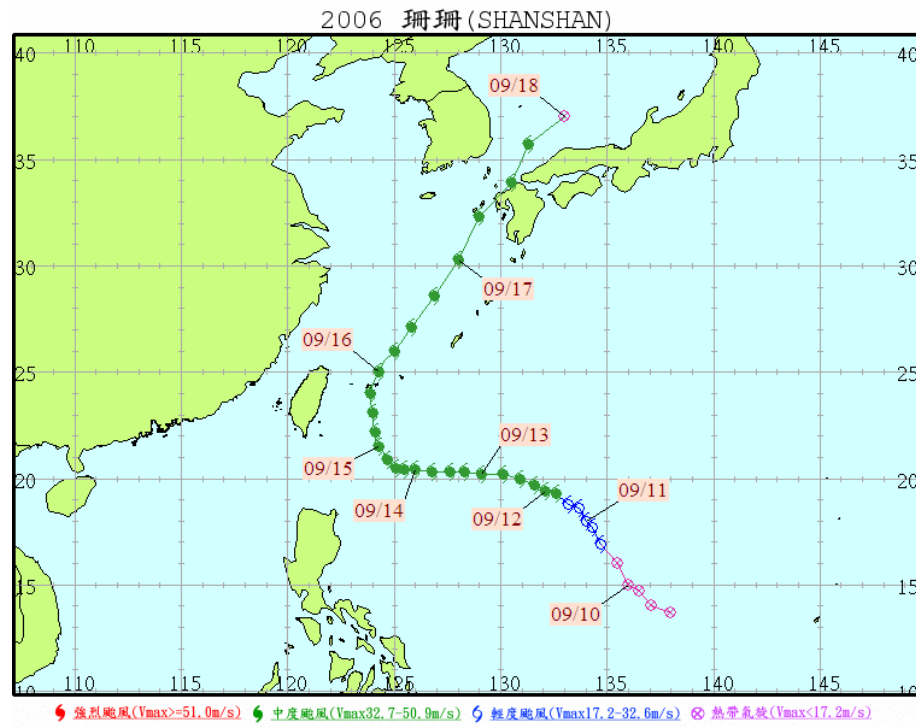


圖 2-13 珊珊 (Shanshan) 颱風強度與路徑圖

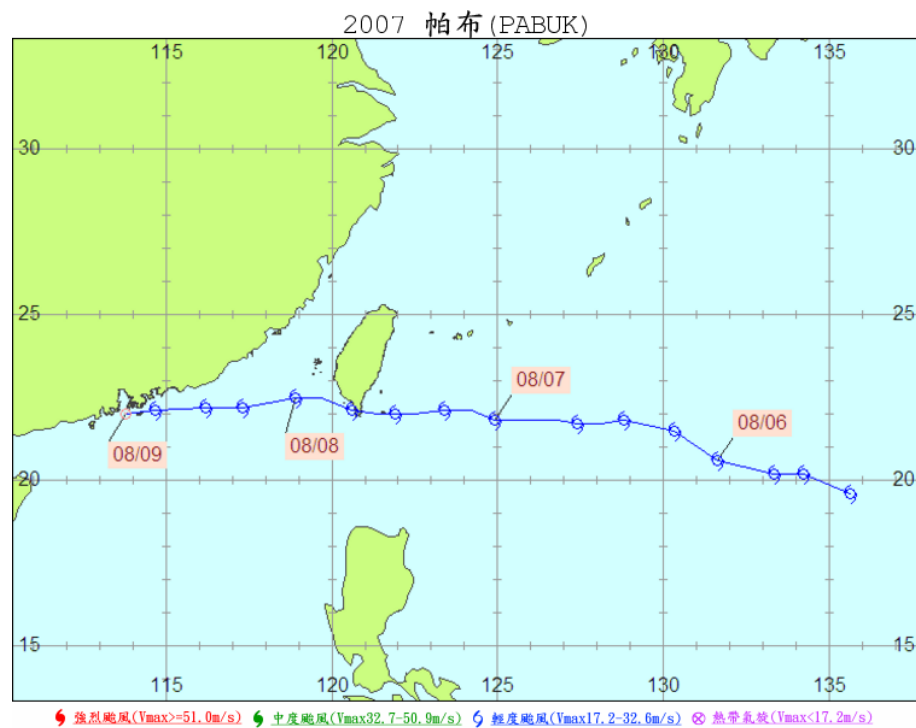


圖 2-14 帕布 (Pabuk) 颱風強度與路徑圖

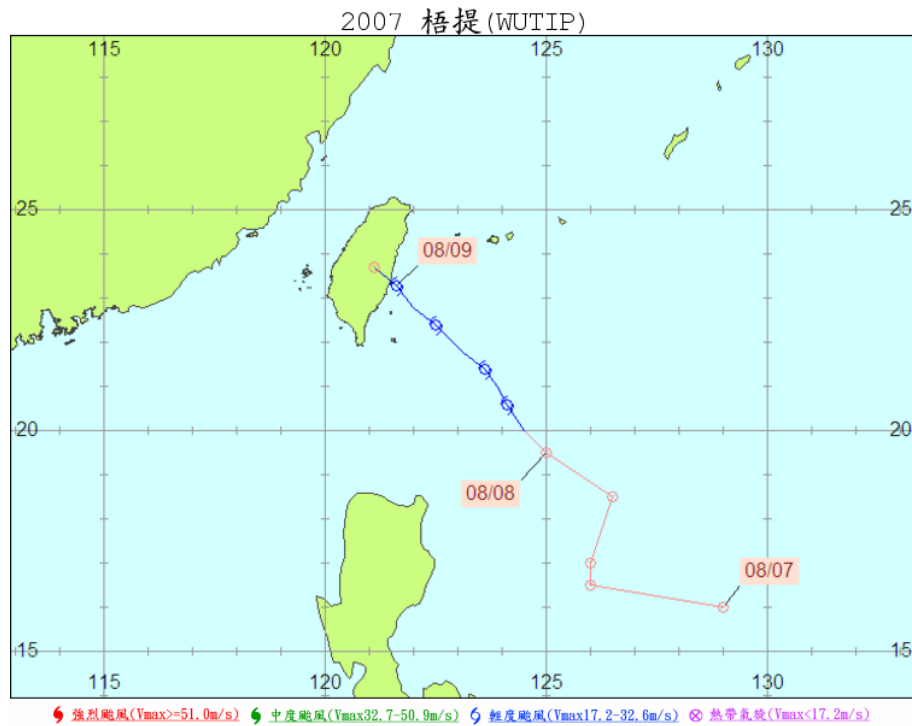


圖 2-15 梧提 (Wutip) 颱風強度與路徑圖

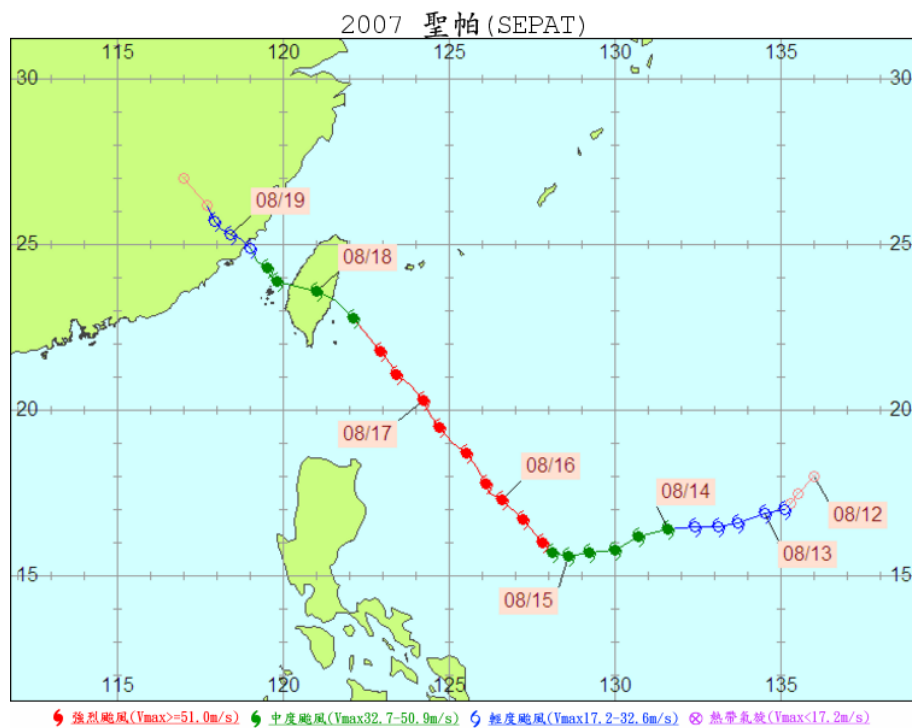


圖 2-16 聖帕 (Sepat) 颱風強度與路徑圖

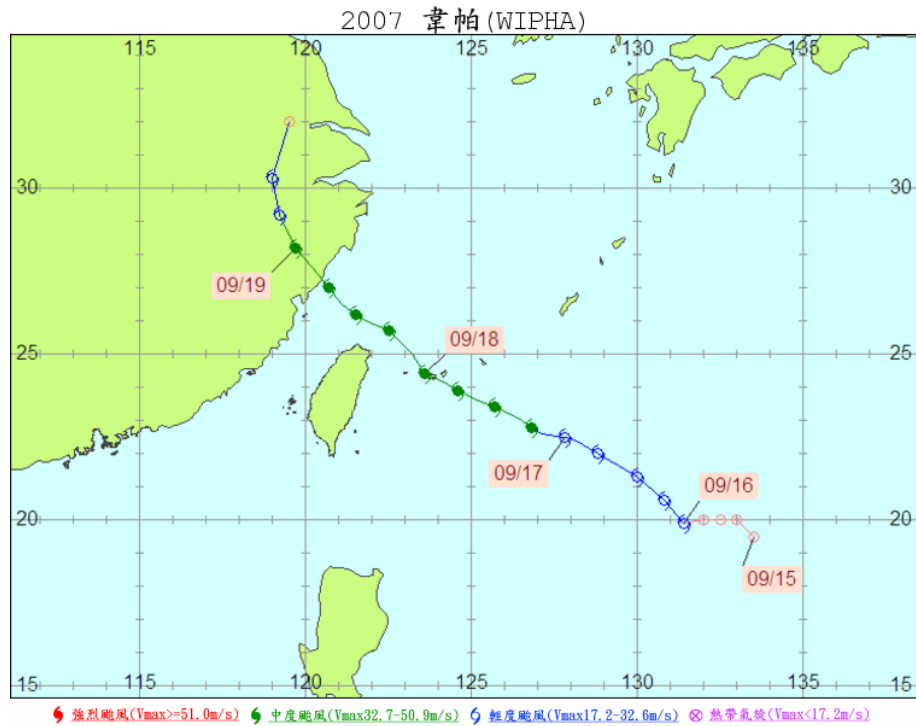


圖 2-17 韋帕 (Wipha) 颱風強度與路徑圖

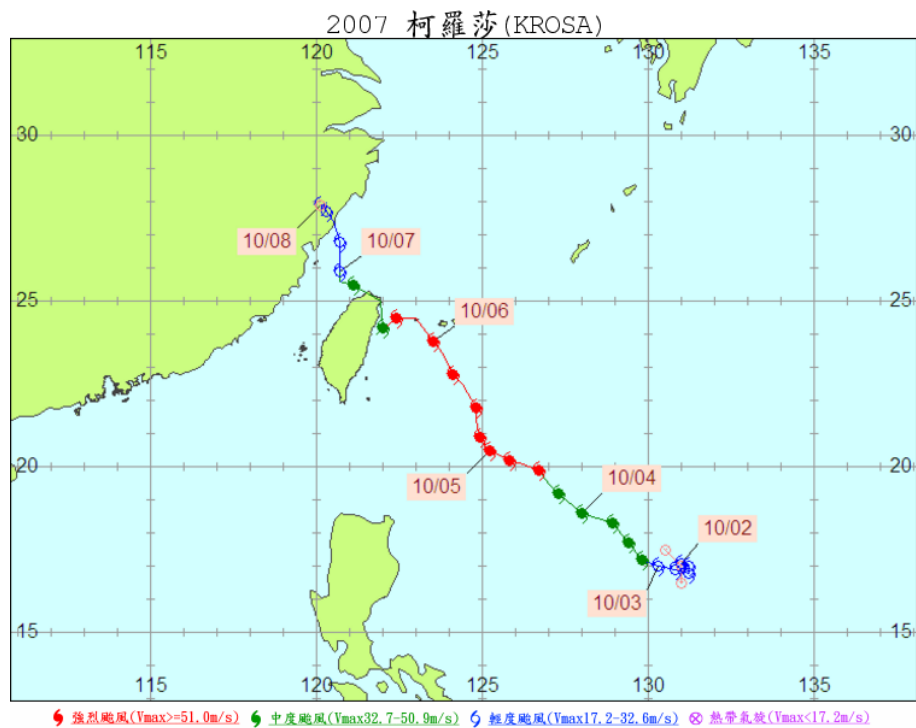


圖 2-18 柯羅莎 (Krosa) 颱風強度與路徑圖

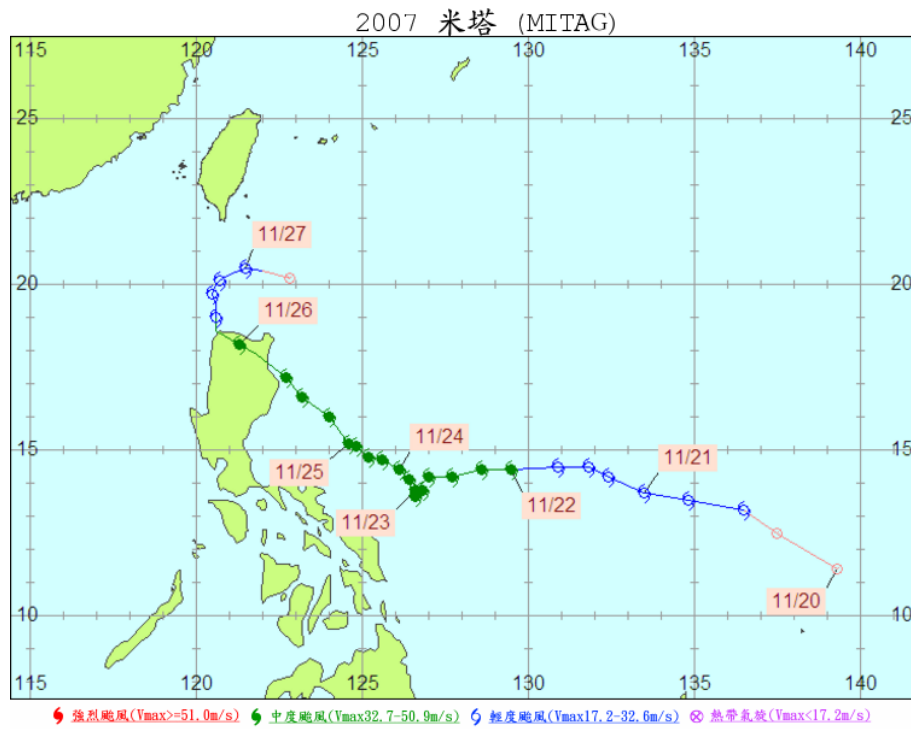


圖 2-19 米塔 (Mitag) 颱風強度與路徑圖



圖 2-20 花蓮港波浪觀測儀器佈放位置及其編號

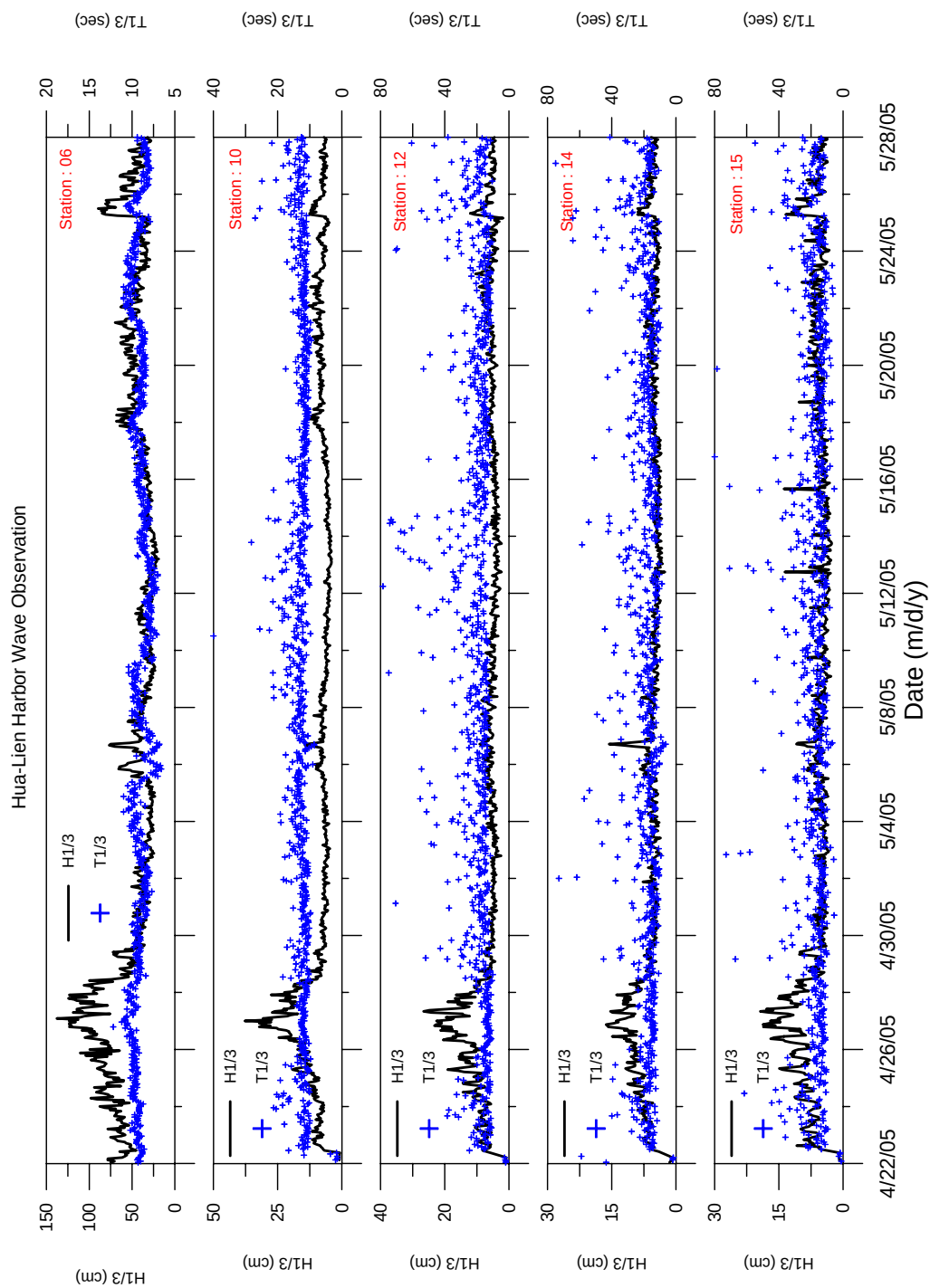


圖 2-21 測點編號 06、10、12、14 及 15 之波高週期逐時變化 (2005.04.22~2005.05.28)

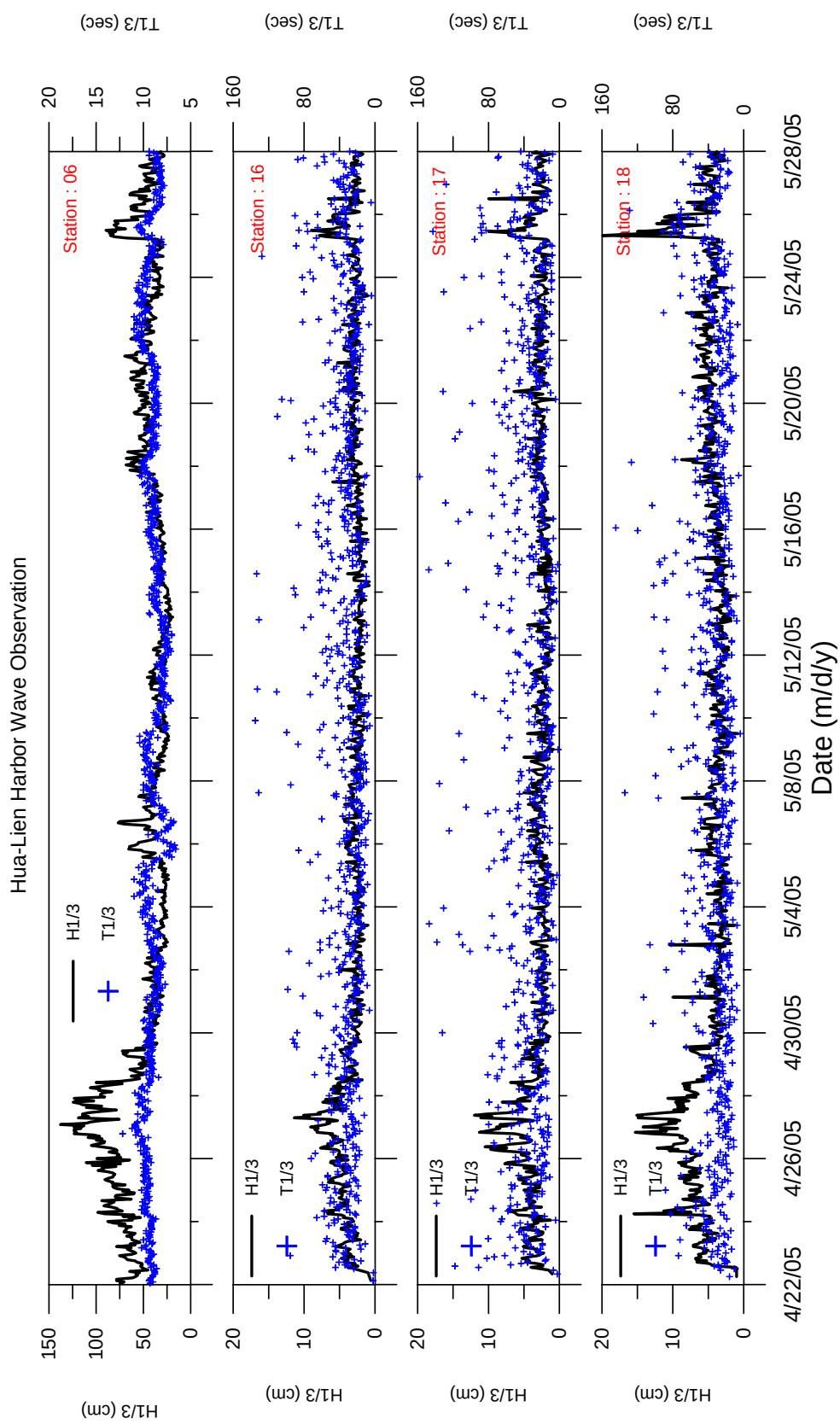


圖 2-22 測點編號 06、16、17 及 18 之波高週期逐時變化 (2005.04.22~2005.05.28)

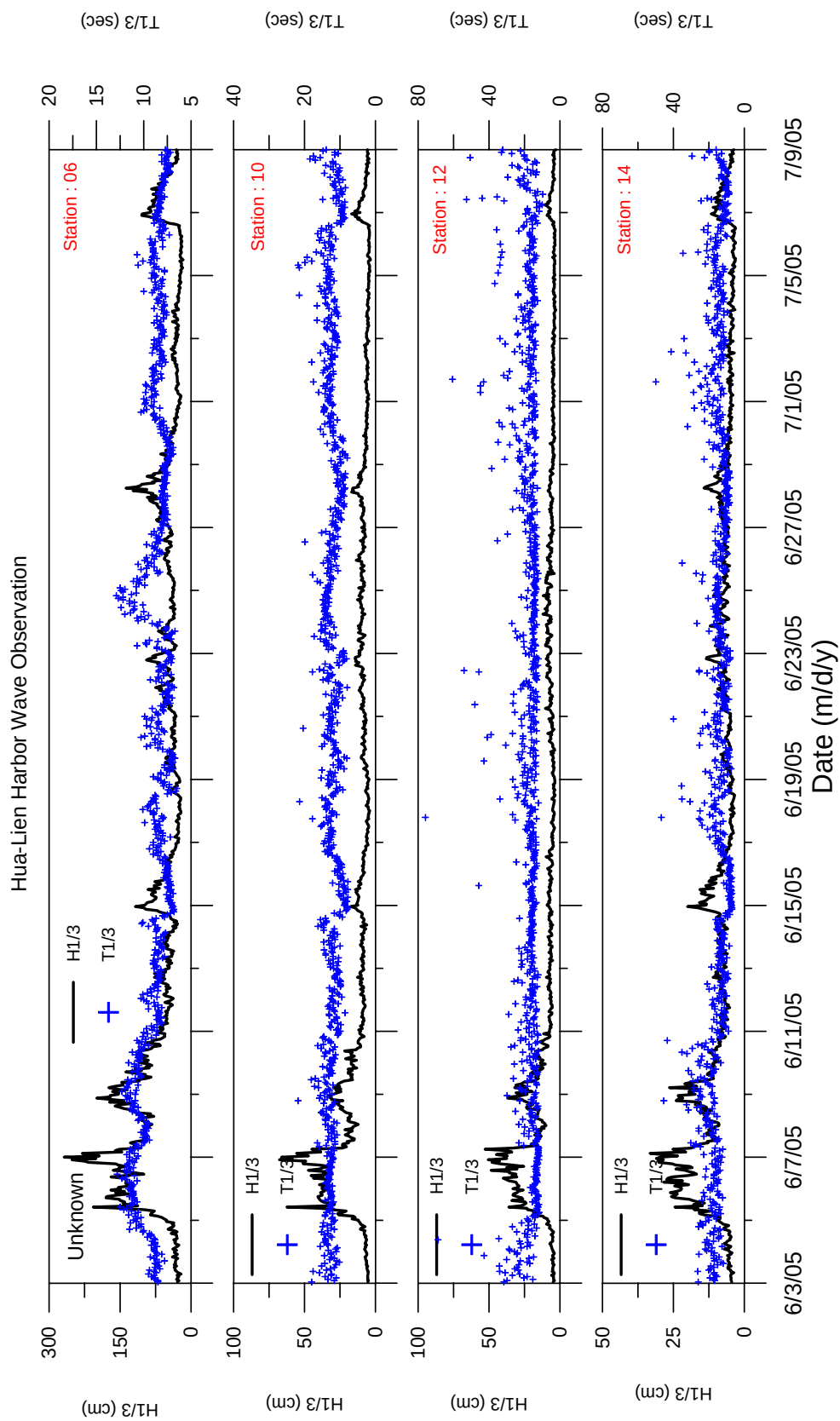


圖 2-23 測點編號 06、10、12 及 14 之波高週期逐時變化 (2005.06.03~2005.07.09)

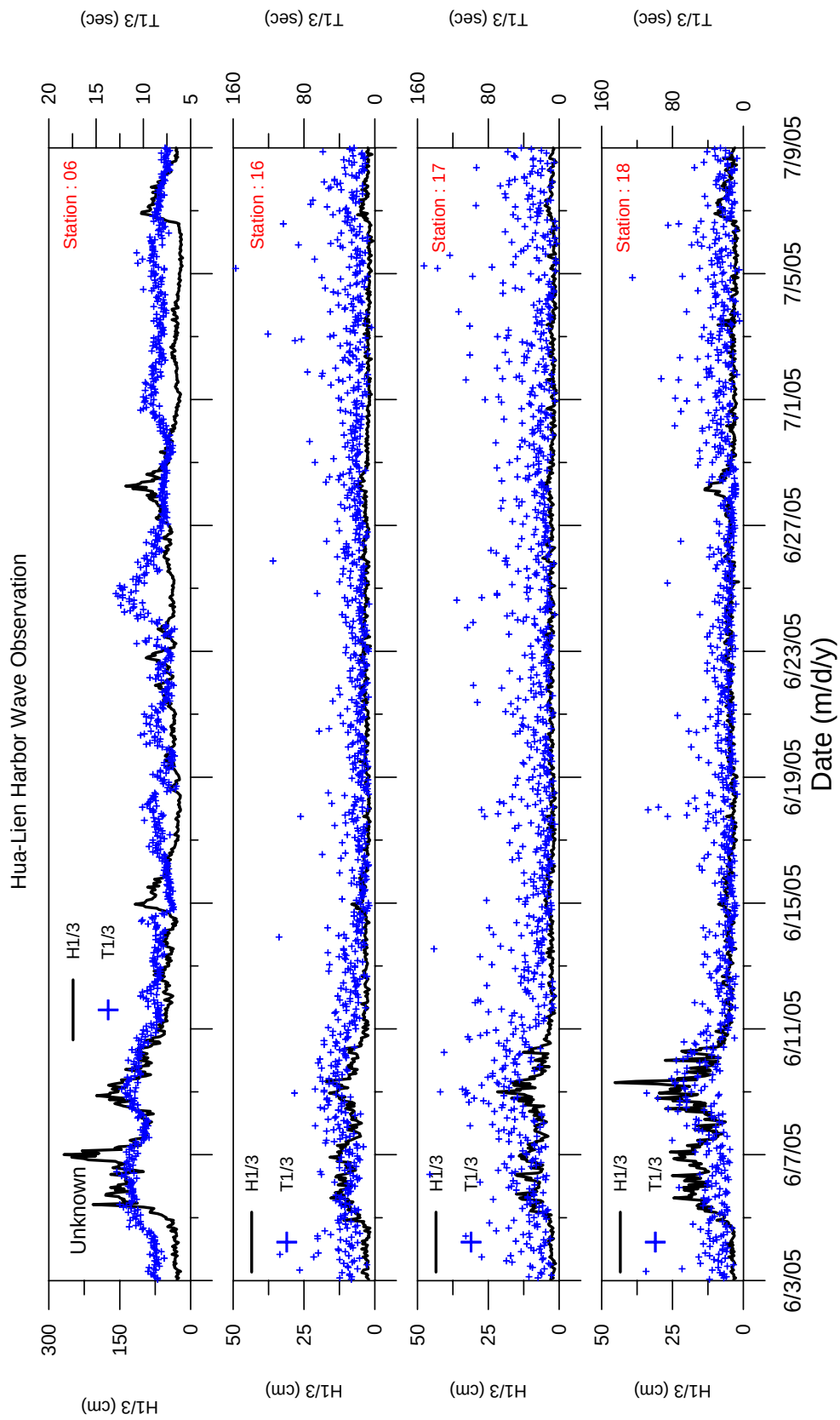


圖 2-24 測點編號 06、16、17 及 18 之波高週期逐時變化 (2005.06.03~2005.07.09)

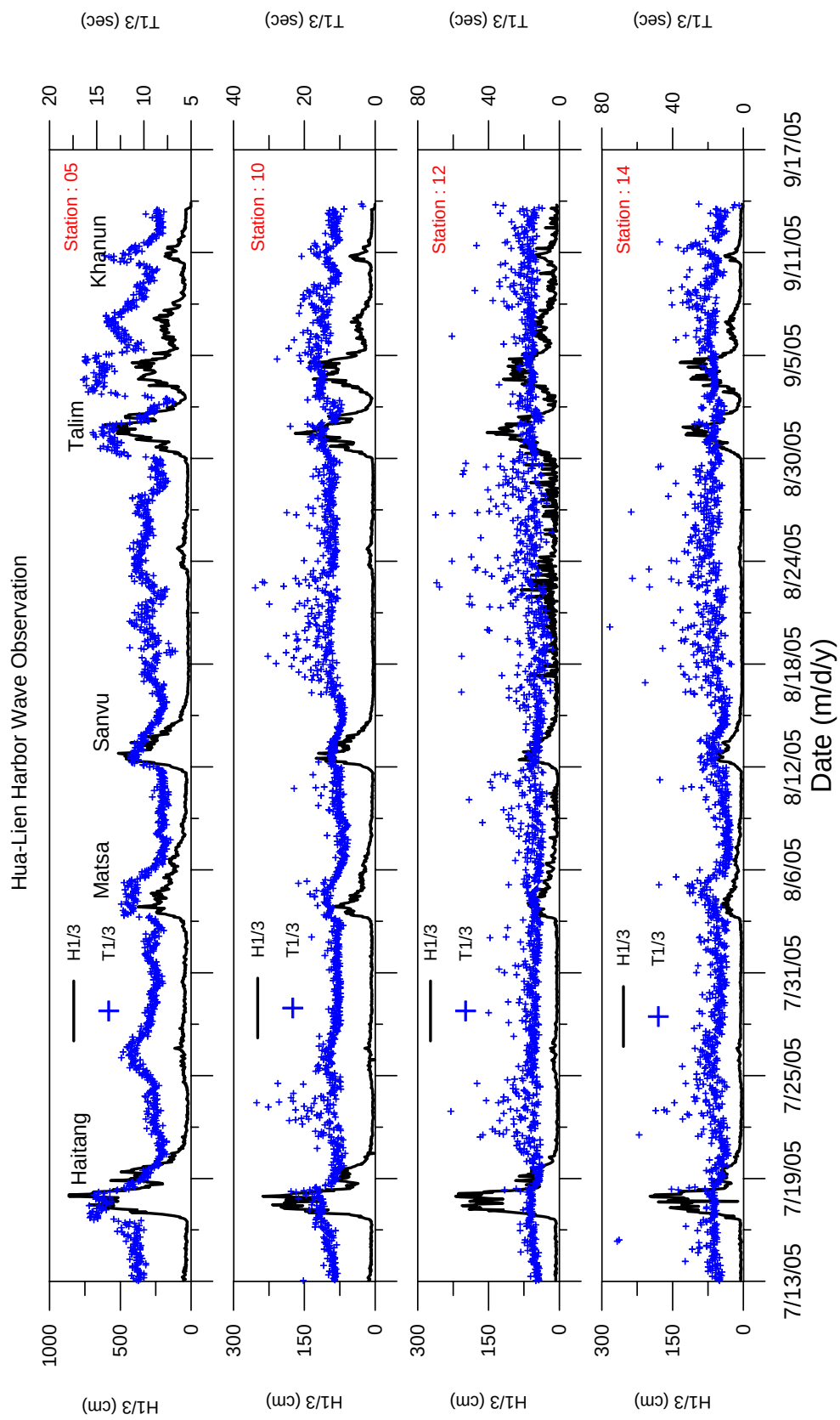


圖 2-25 測點編號 05、10、12 及 14 之波高週期逐時變化 (2005.07.13~2005.09.17)

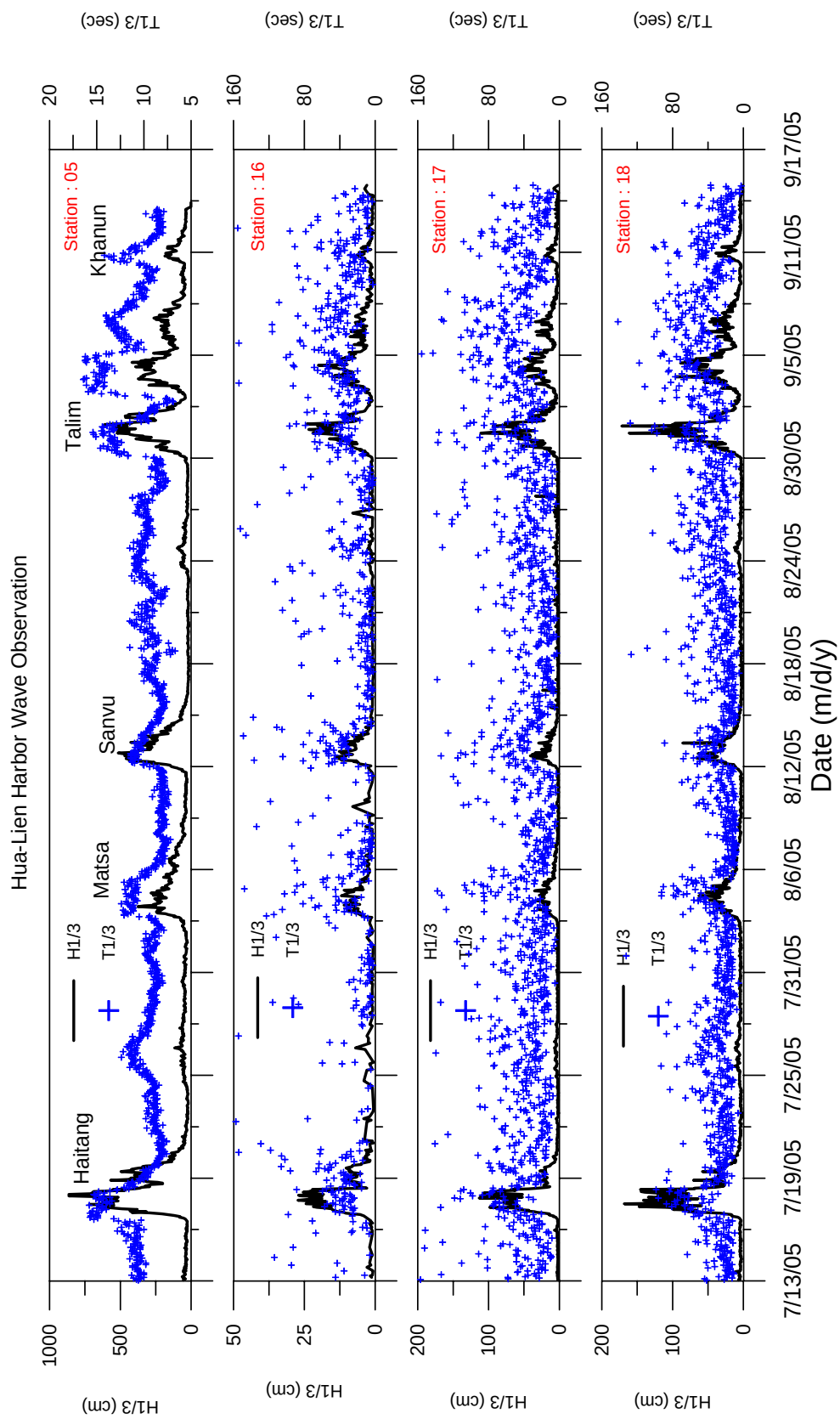


圖 2-26 測點編號 05、16、17 及 18 之波高週期逐時變化 (2005.07.13~2005.09.17)

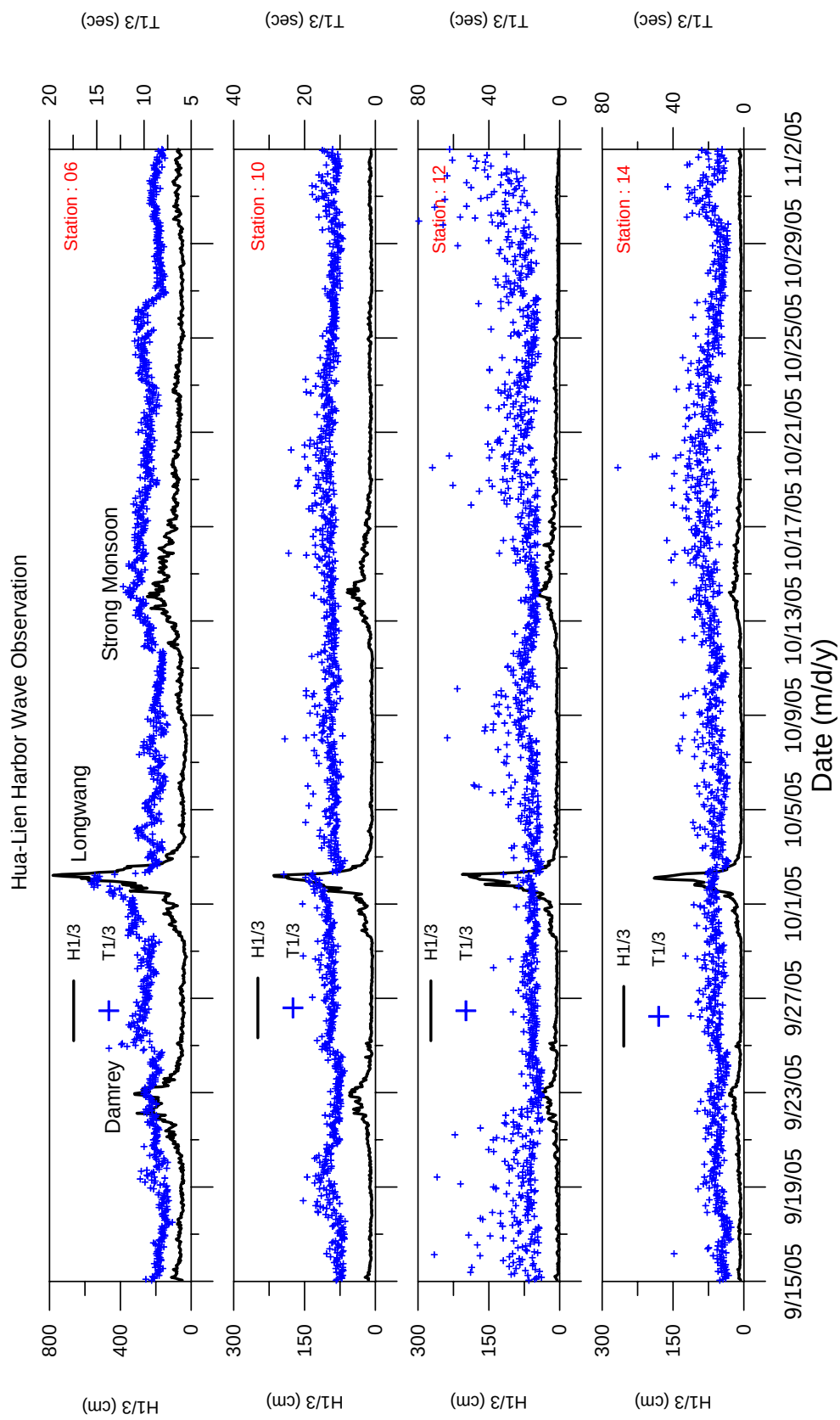


圖 2-27 測點編號 06、10、12 及 14 之波高週期逐時變化 (2005.09.15~2005.11.02)

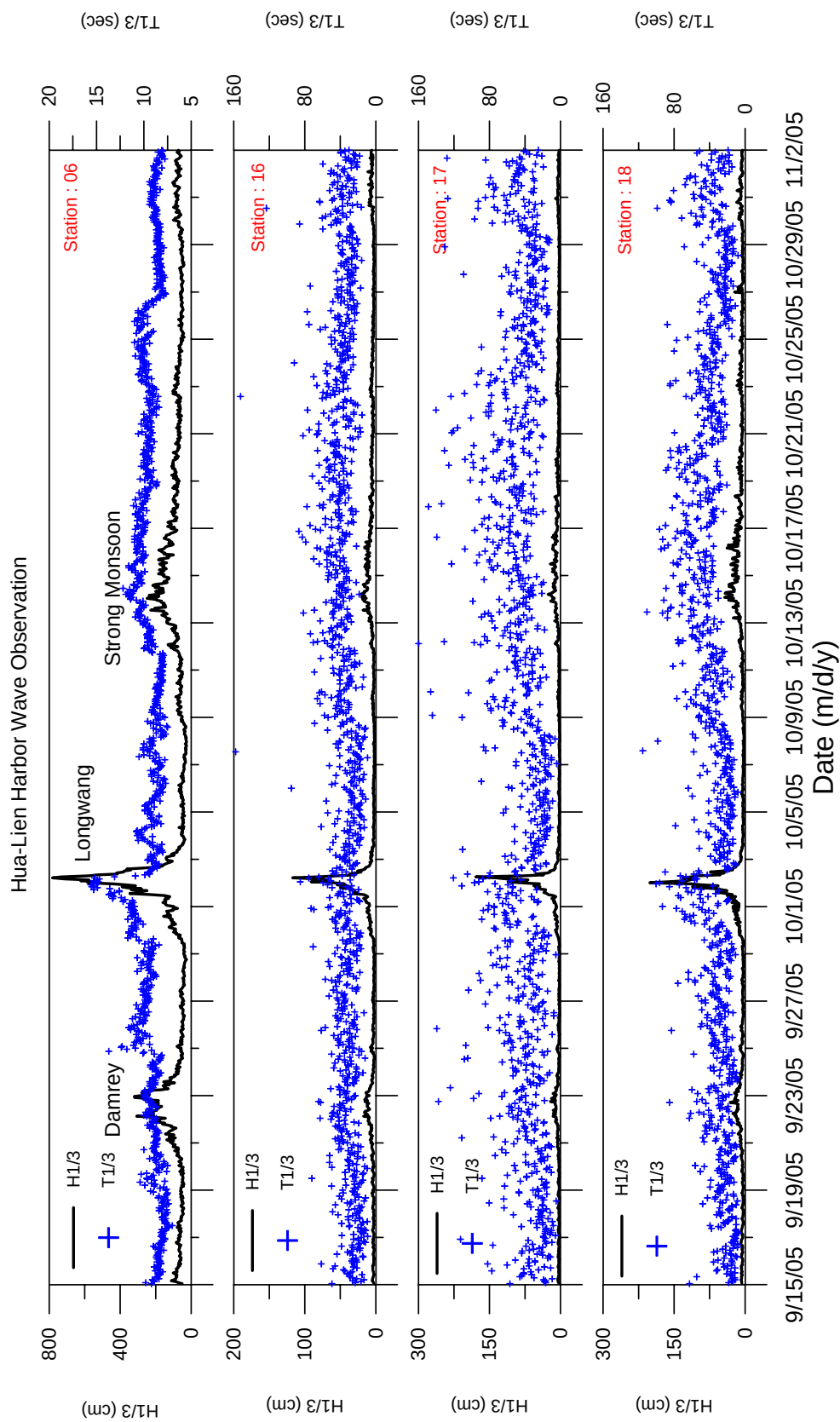


圖 2-28 測點編號 06、16、17 及 18 之波高週期逐時變化 (2005.09.15~2005.11.02)

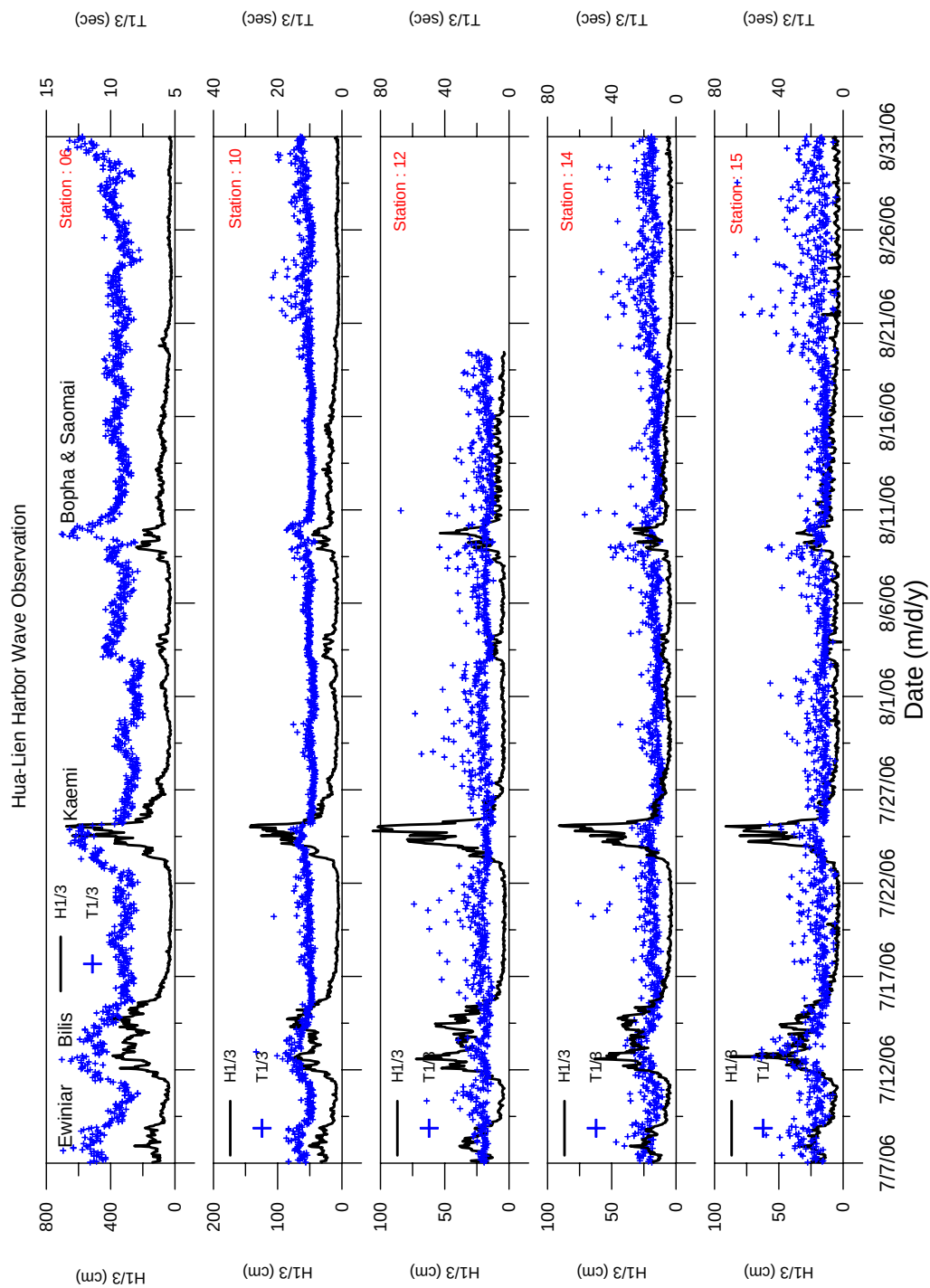


圖 2-29 測點編號 06、10、12、14 及 15 之波高週期逐時變化 (2006.07.07~2006.08.31)

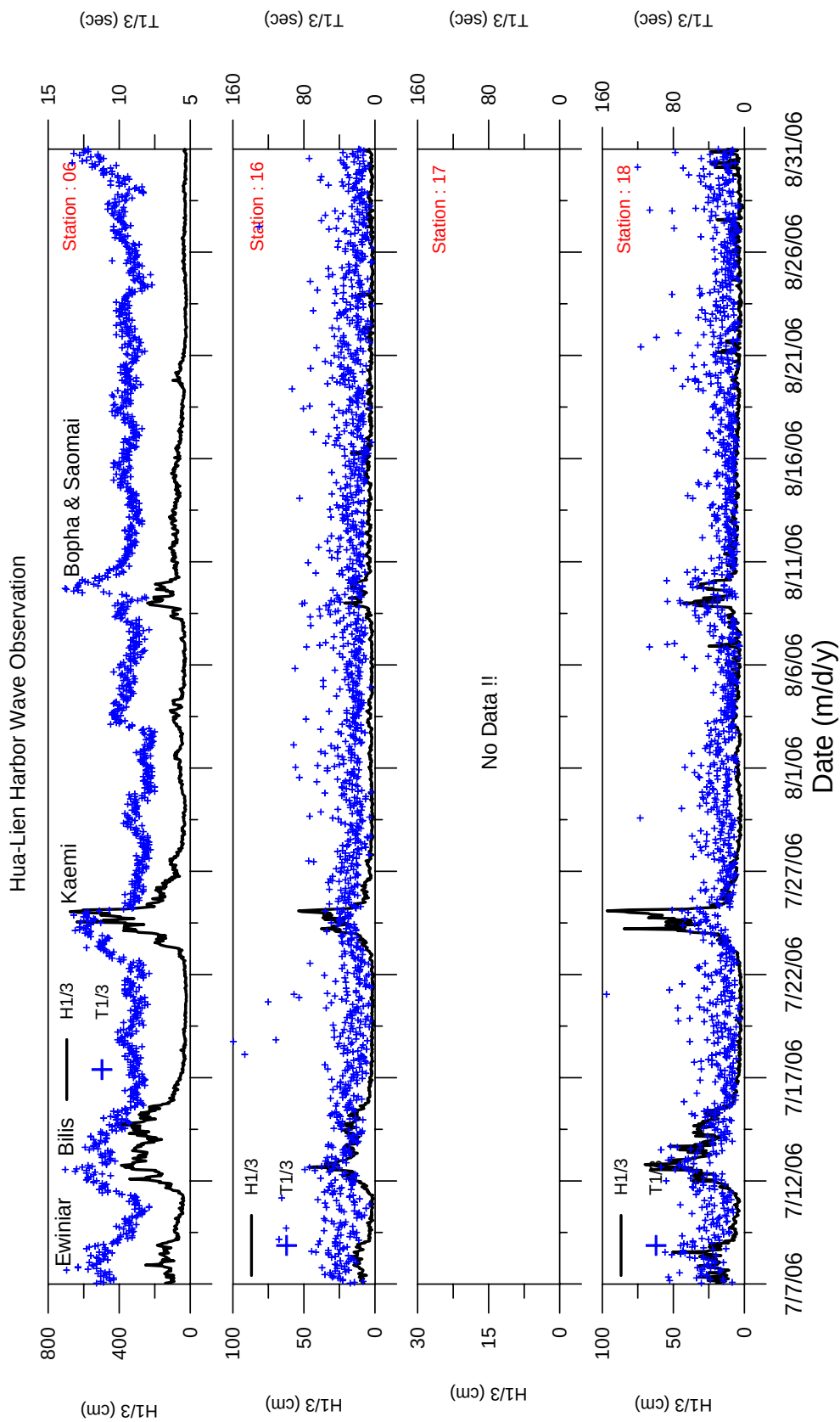


圖 2-30 測點編號 06、16 及 18 之波高週期逐時變化 (2006.07.07~2006.08.31)

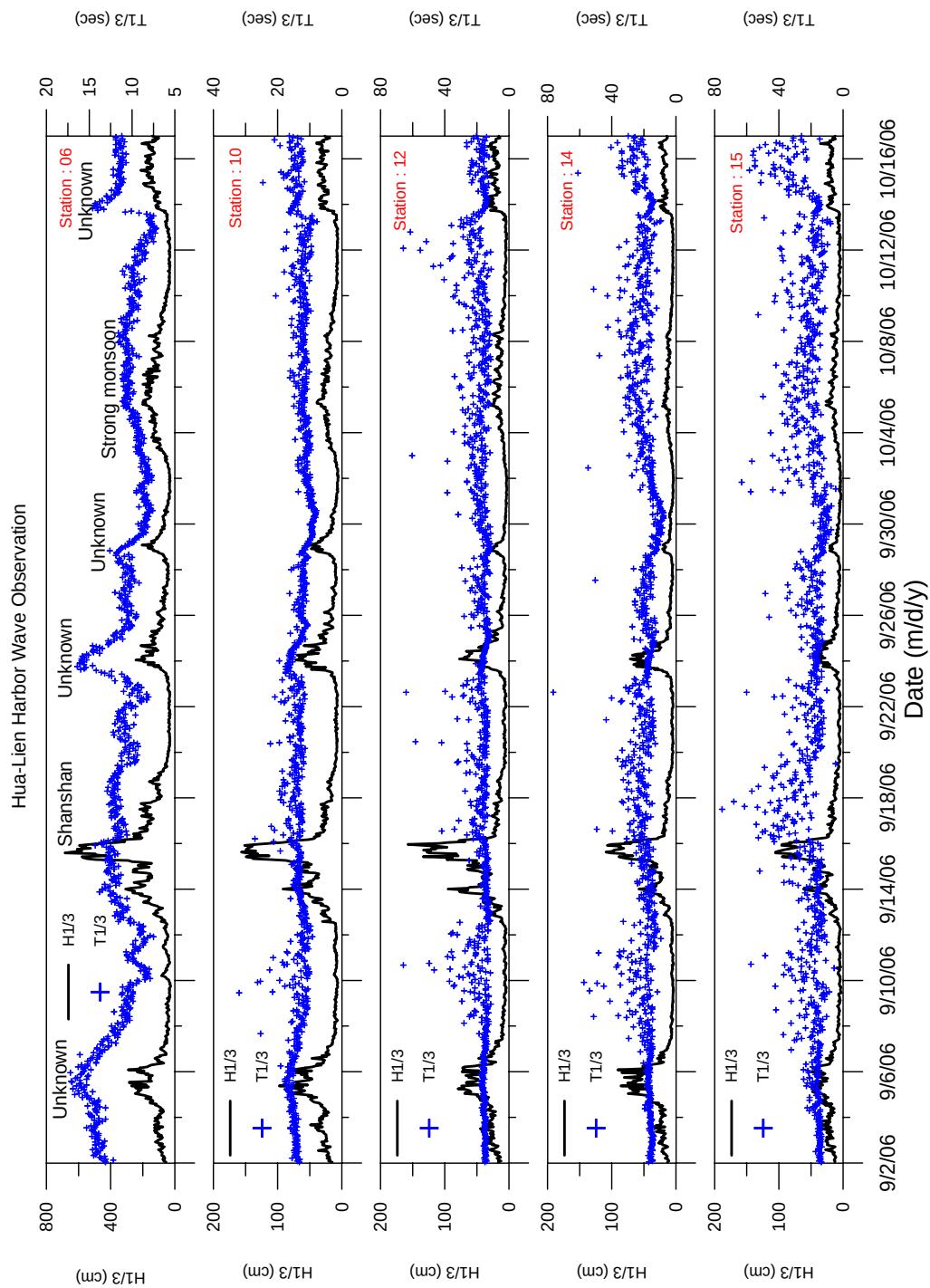


圖 2-31 測點編號 06、10、12、14 及 15 之波高週期逐時變化 (2006.09.02~2006.10.16)

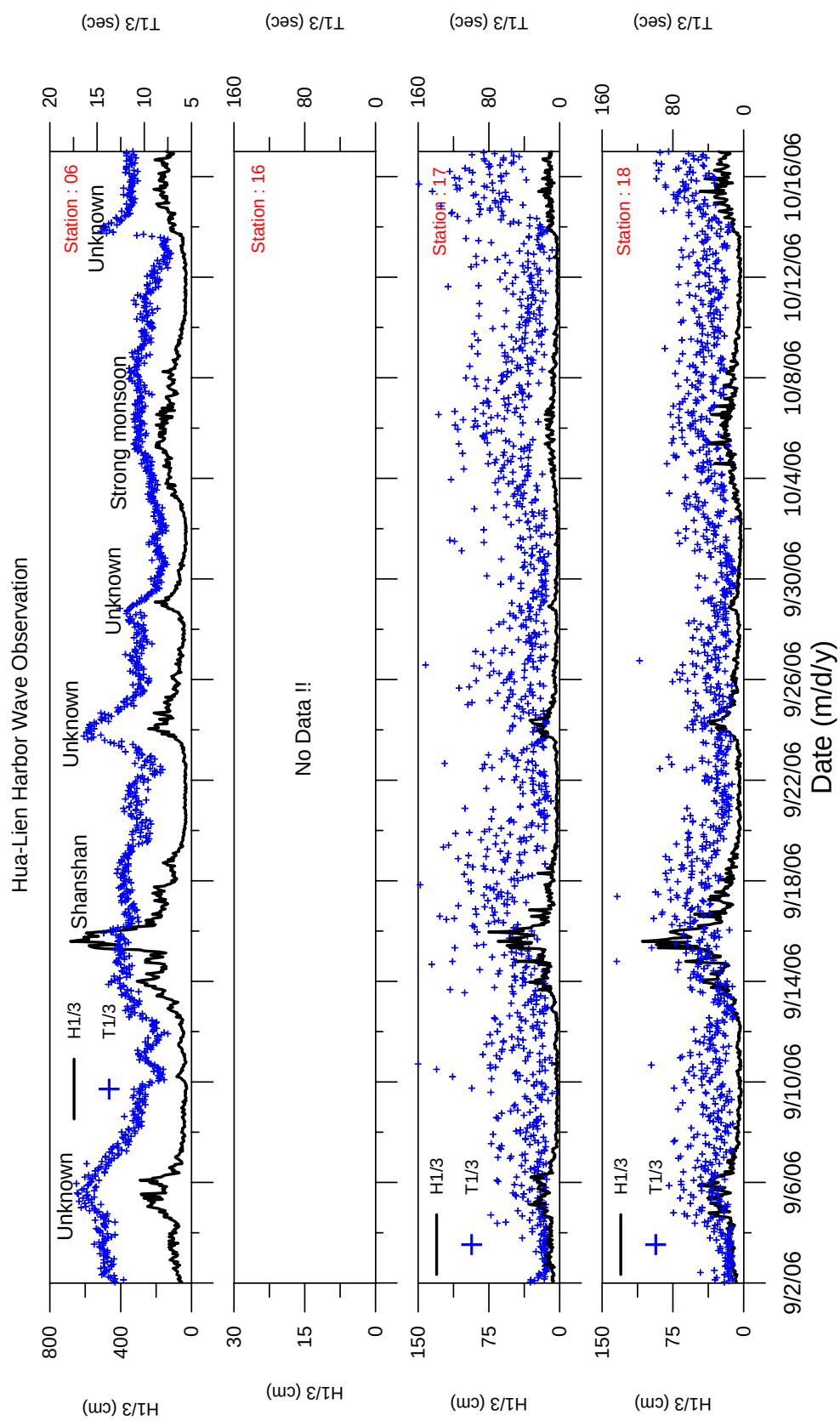


圖 2-32 測點編號 06、17 及 18 之波高週期逐時變化 (2006.09.02~2006.10.16)

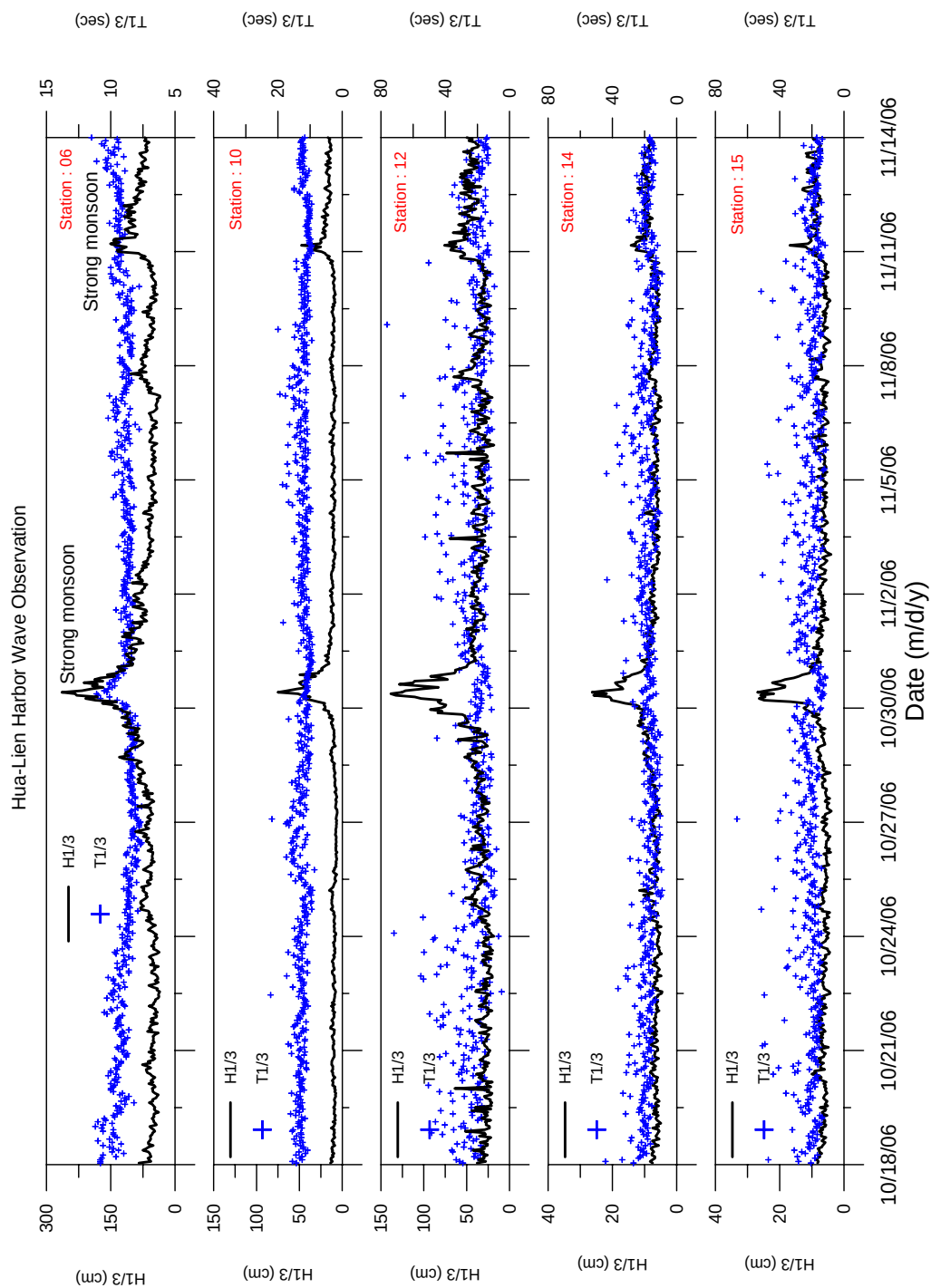


圖 2-33 測點編號 06、10、12、14 及 15 之波高週期逐時變化 (2006.10.18~2006.11.14)

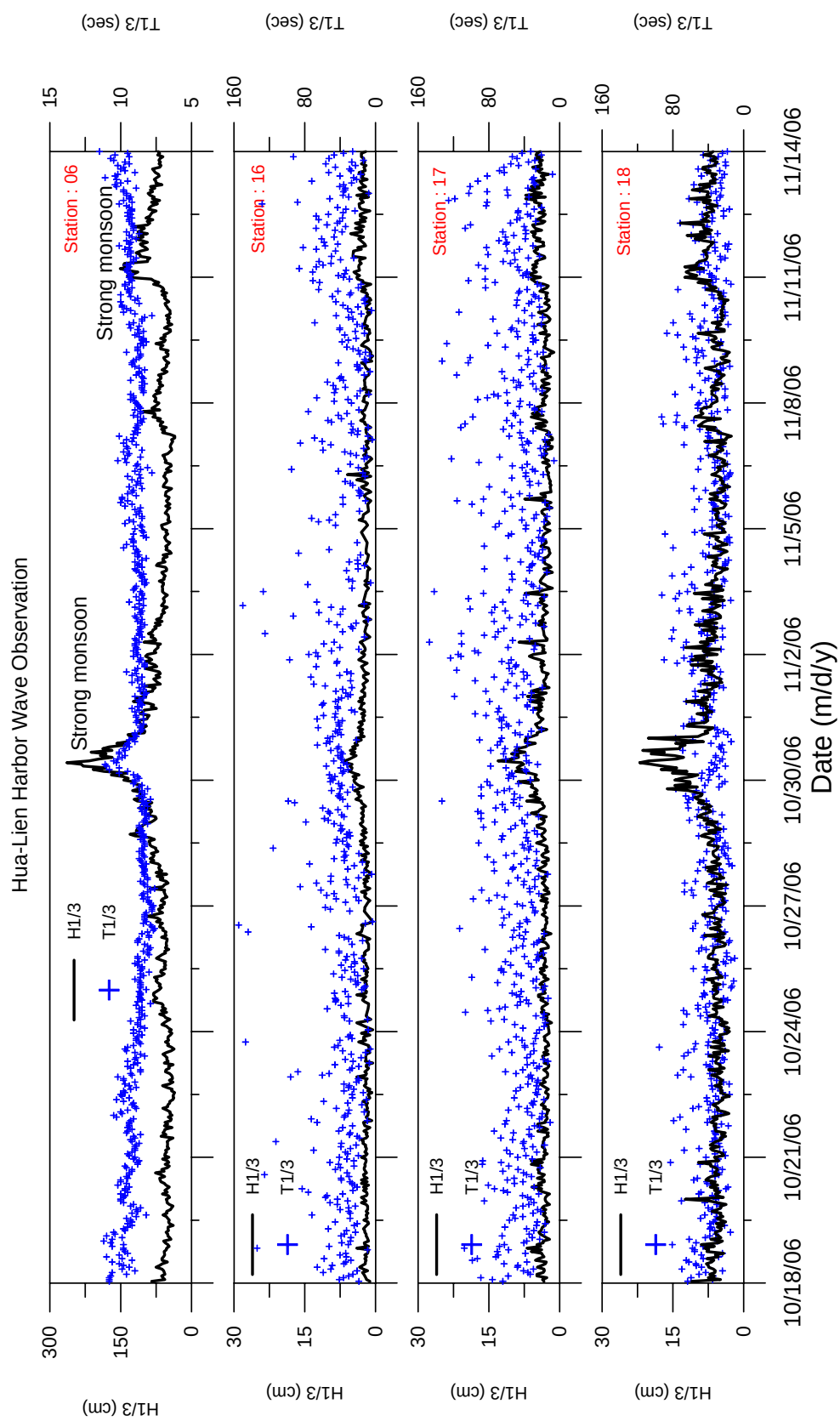


圖 2-34 測點編號 06、16、17 及 18 之波高週期逐時變化 (2006.10.18~2006.11.14)

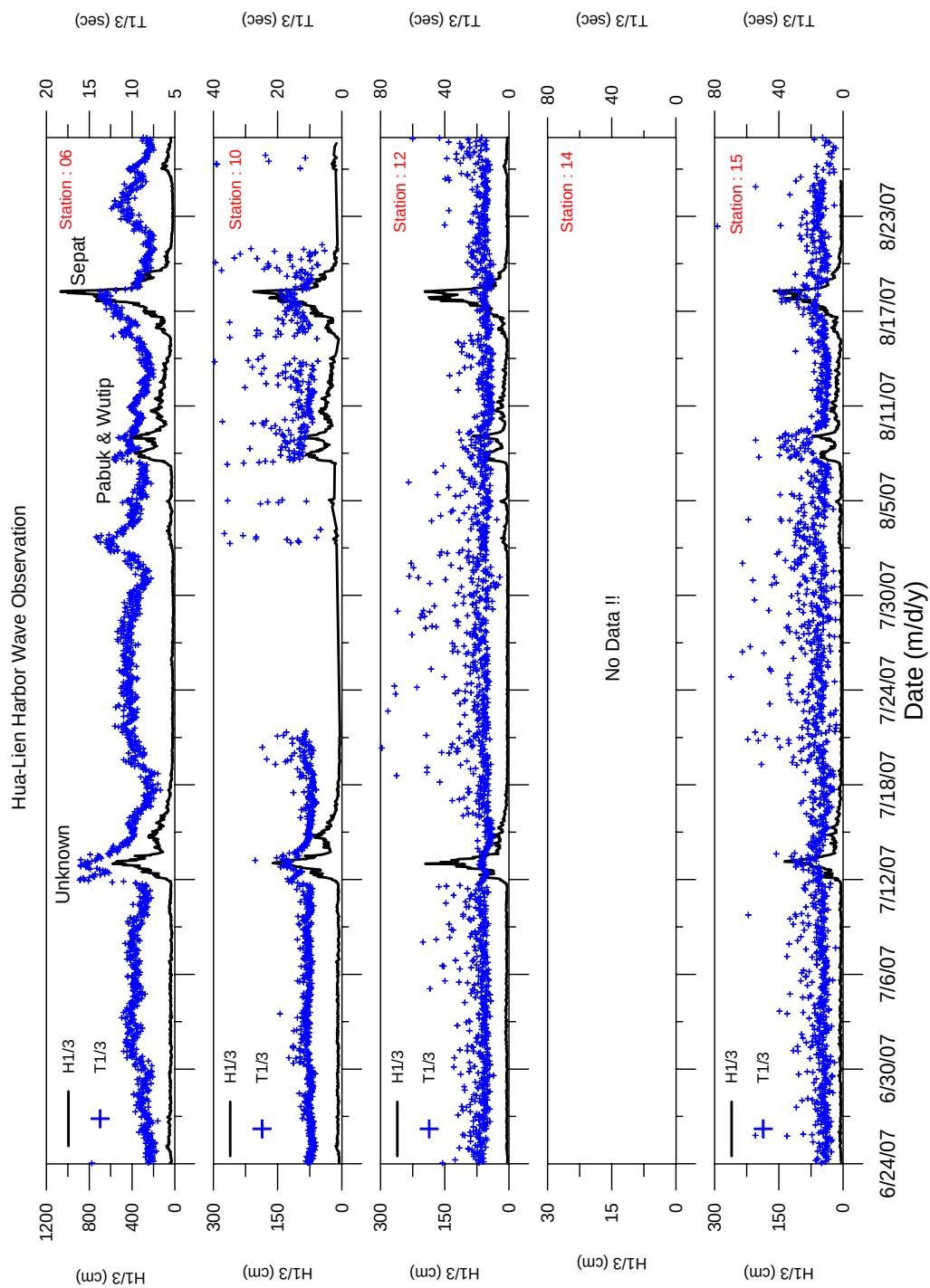


圖 2-35 測點編號 06、10、12 及 15 之波高週期逐時變化 (2007.06.24~2007.08.28)

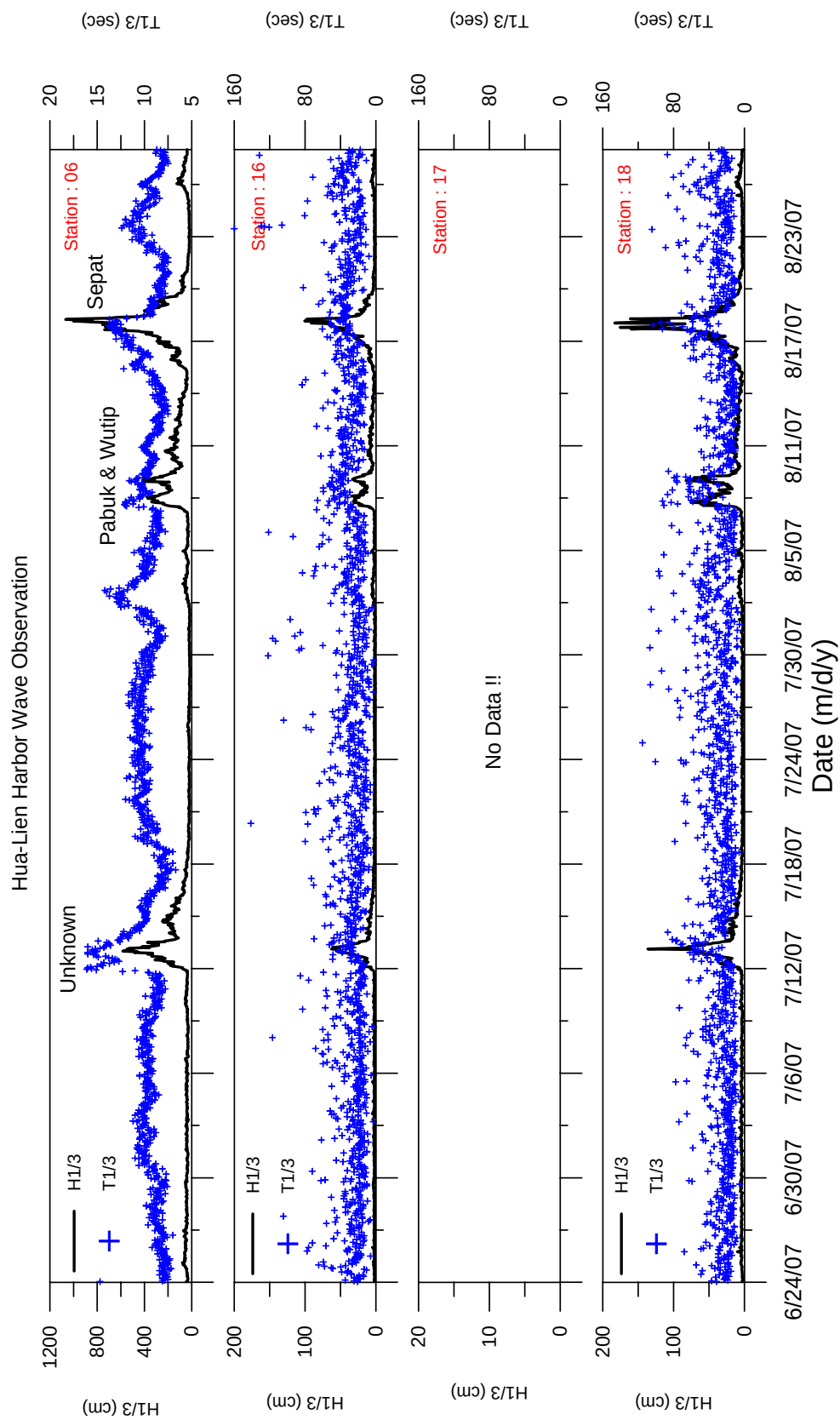


圖 2-36 測點編號 06、16 及 18 之波高週期逐時變化 (2007.06.24~2007.08.28)

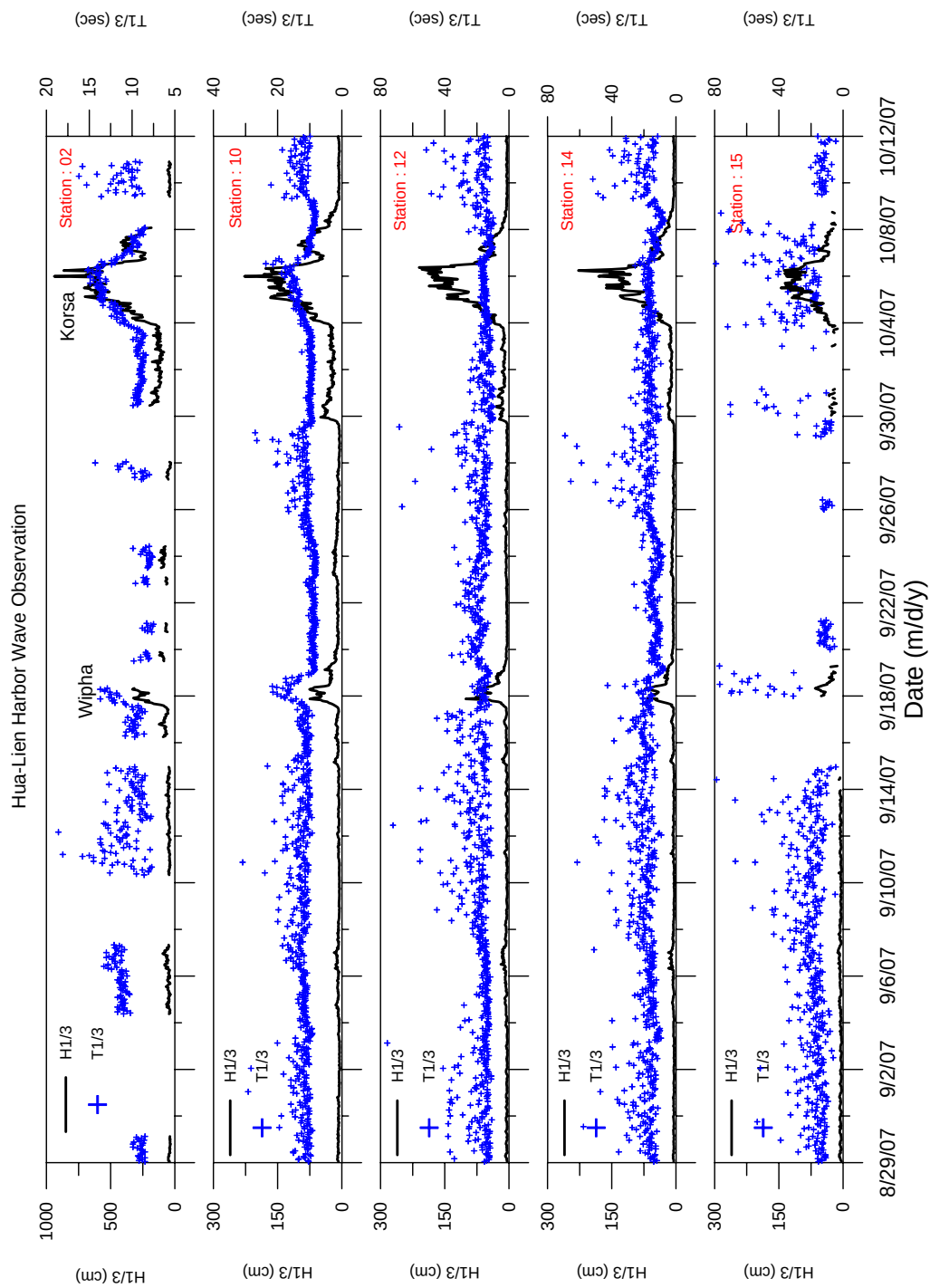


圖 2-37 測點編號 02、10、12、14 及 15 之波高週期逐時變化 (2007.08.29~2007.10.12)

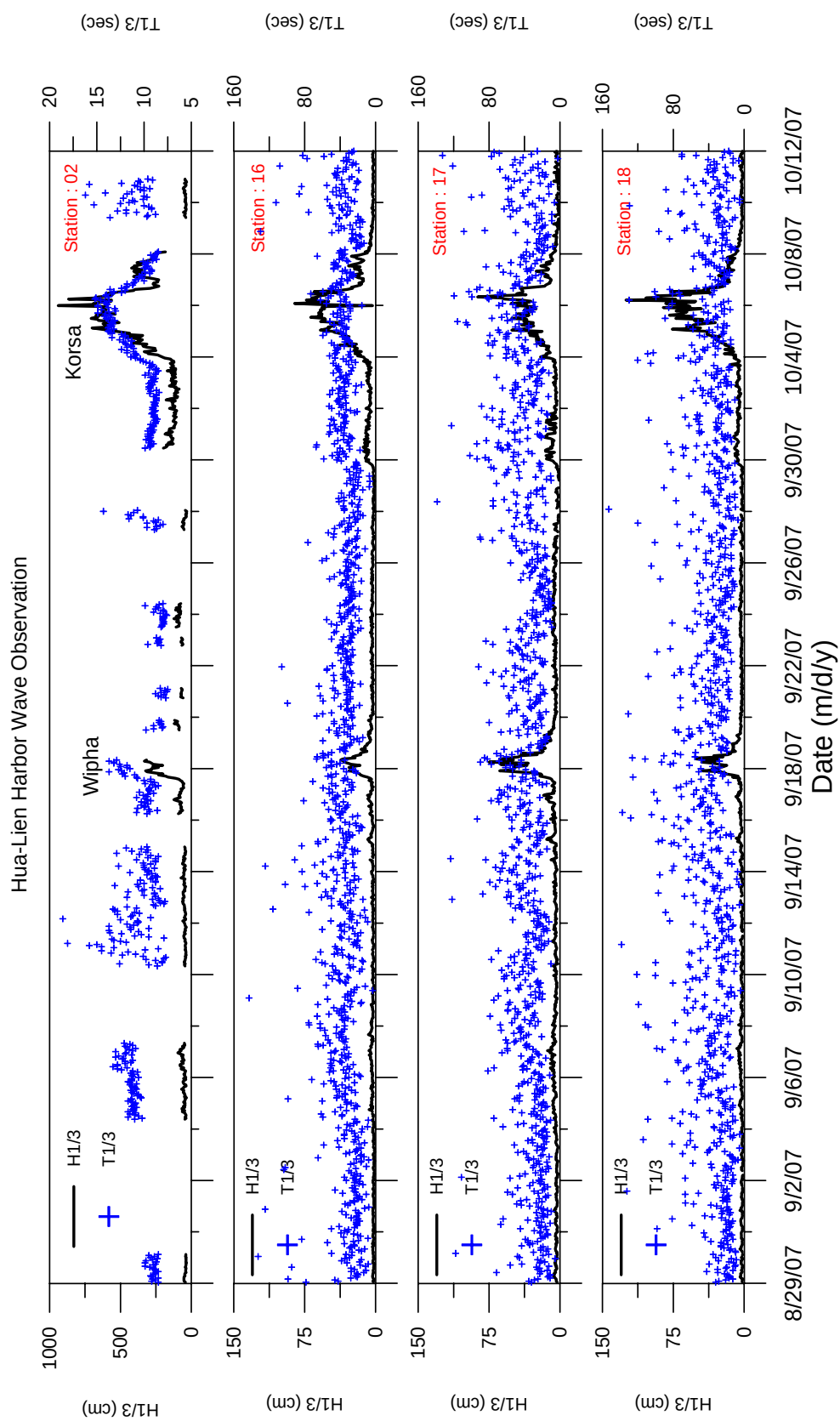


圖 2-38 測點編號 02、16、17 及 18 之波高週期逐時變化 (2007.08.29~2007.10.12)

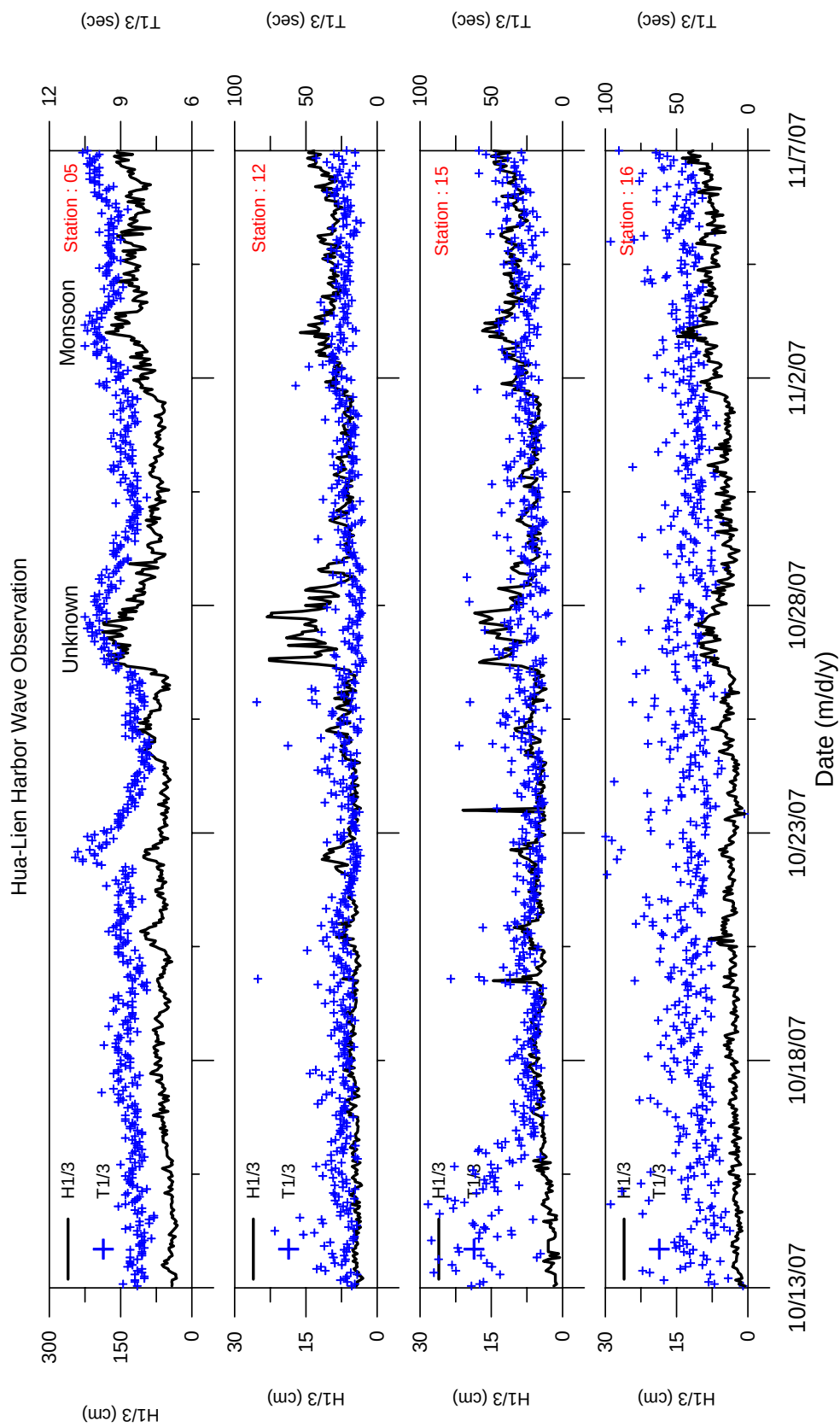


圖 2-39 測點編號 05、12、15 及 16 之波高週期逐時變化 (2007.10.13~2007.11.07)

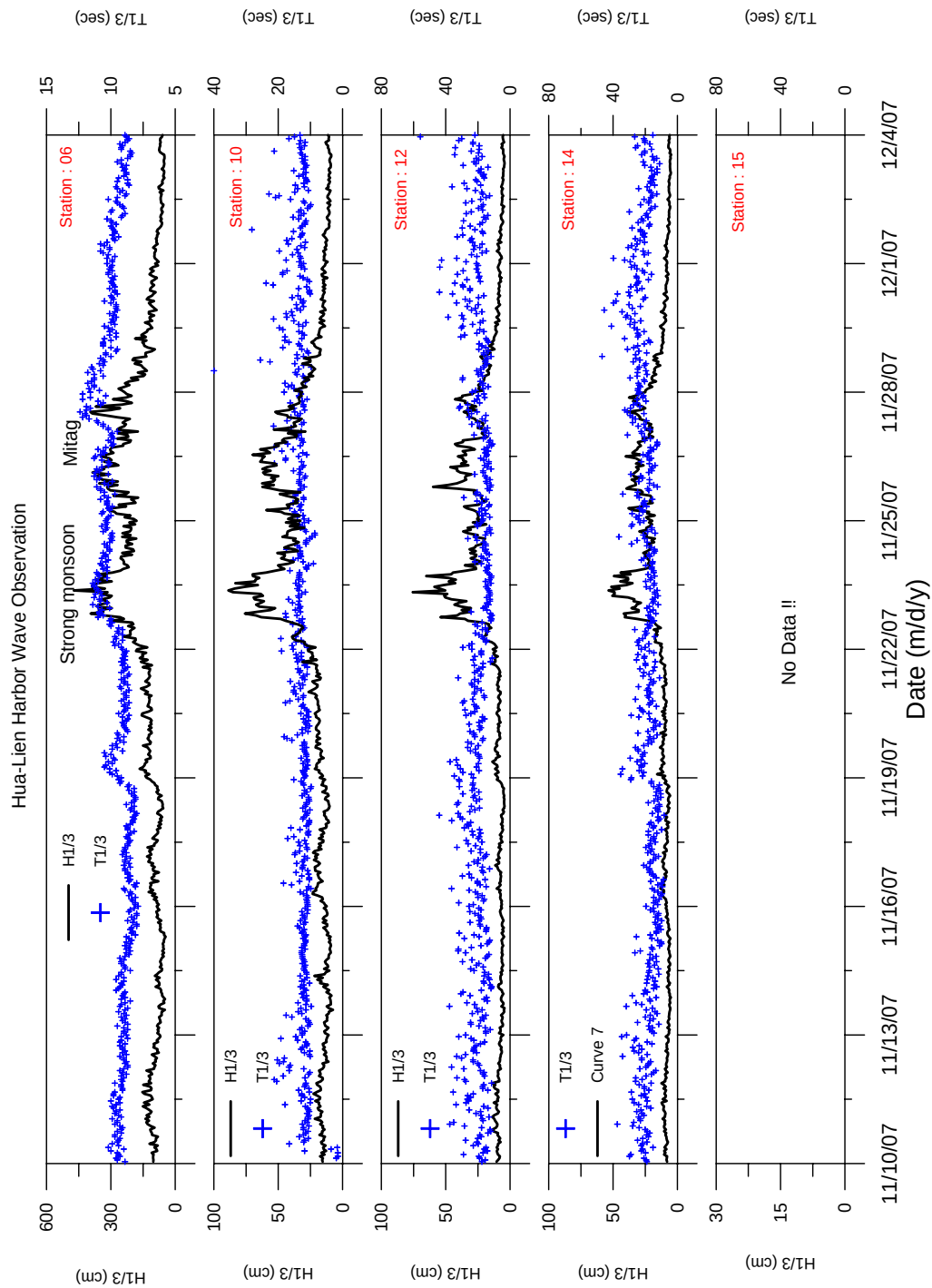


圖 2-40 測點編號 06、10、12 及 14 之波高週期逐時變化 (2007.11.10~2007.12.04)

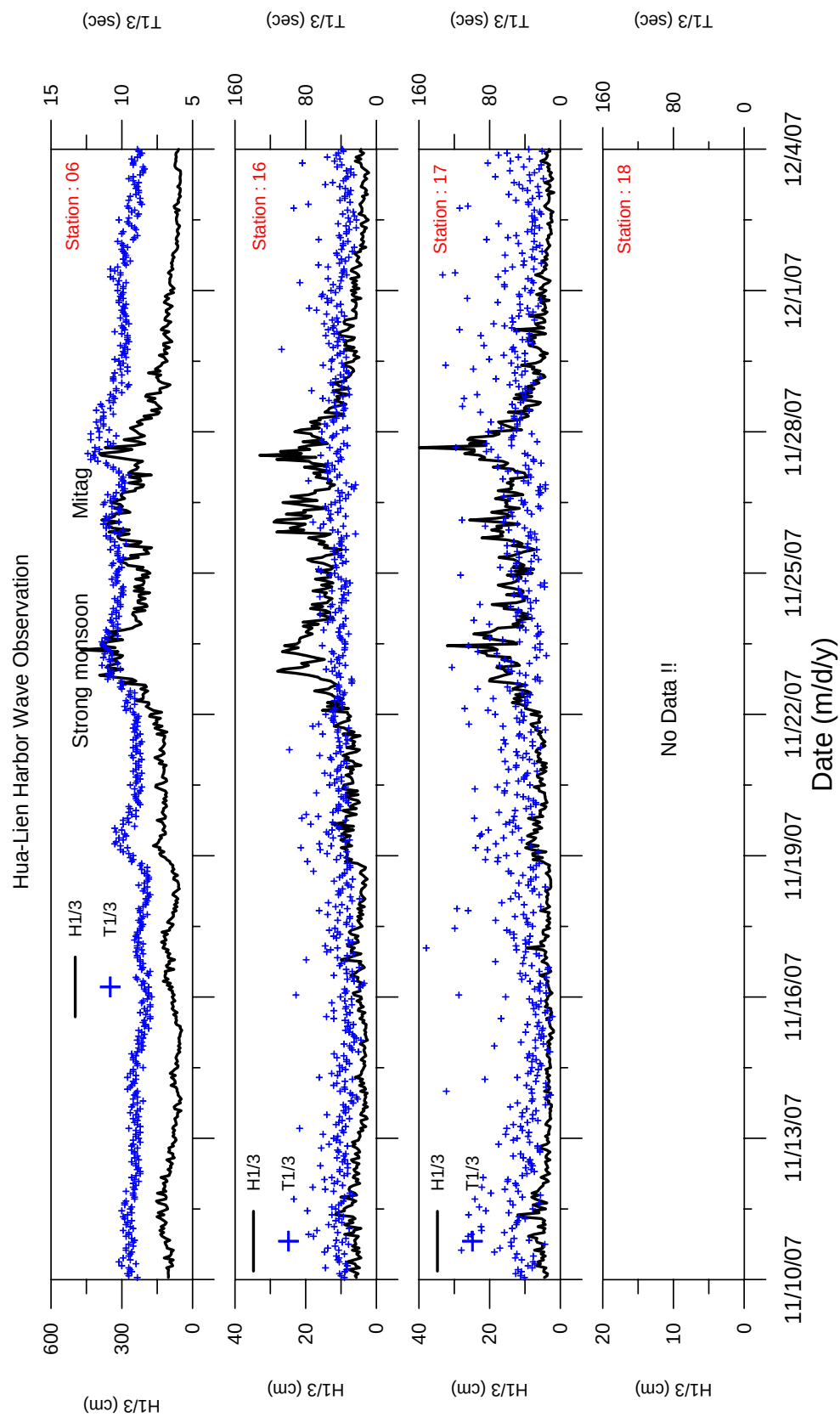


圖 2-41 測點編號 06、16 及 17 之波高週期逐時變化 (2007.11.10~2007.12.04)

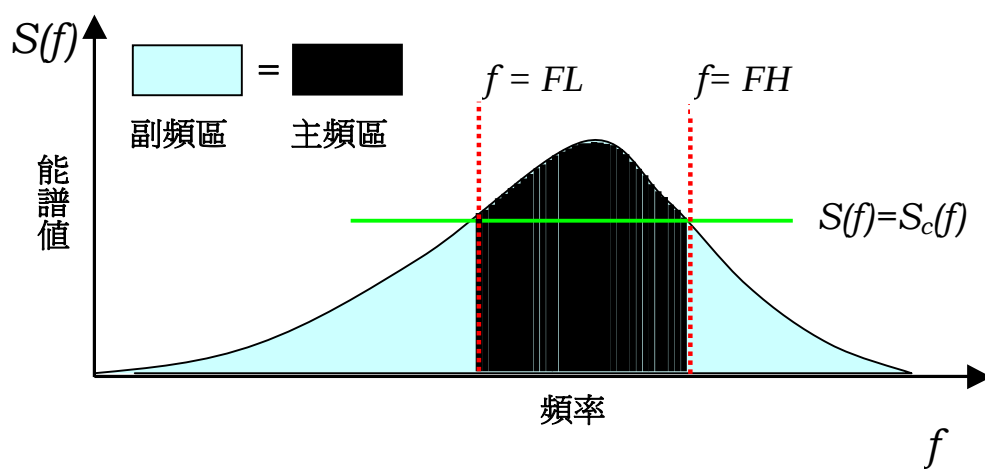


圖 2-42 以主頻區能量為考察重點參之頻譜分割示意圖

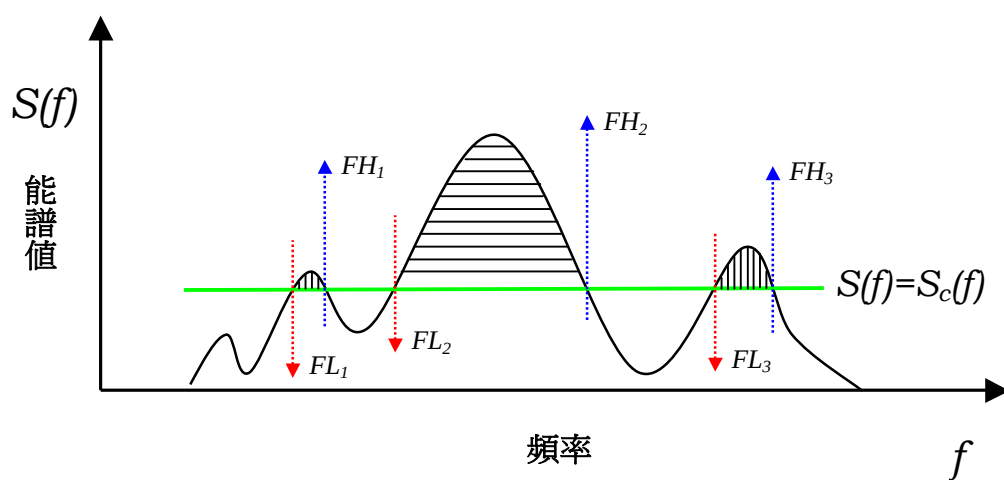


圖 2-43 多峰波譜之波譜分割之示意圖

表 2-1 海棠颱風動態資料

時間	經度	緯度	強度	中心氣壓(mb)	七級暴風半徑(Km)	備註
07/11 20	152.7	22.9	輕度			
07/12 02	152.4	22.7	輕度			
07/12 08	151.8	23.2	輕度			
07/12 14	151.0	23.5	輕度			
07/12 20	150.3	23.4	輕度			
07/13 02	149.8	23.2	輕度			
07/13 08	149.2	22.9	輕度			
07/13 14	148.3	22.4	輕度			
07/13 20	147.0	21.8	輕度		74	
07/14 02	145.9	21.3	中度			
07/14 08	144.7	20.5	中度			
07/14 14	142.4	20.2	中度		148	
07/14 20	140.6	19.6	中度		166	
07/15 02	138.9	19.6	中度		166	
07/15 08	136.8	19.4	中度		185	
07/15 14	134.8	19.1	強度		185	
07/15 20	133.5	19.3	強度		203	
07/16 02	131.9	19.5	強度		203	
07/16 08	130.4	19.8	強度		203	
07/16 14	129.1	20.4	強度		240	
07/16 20	127.6	20.7	強度	920	250	
07/16 23	126.9	20.8	強度	912	280	
07/17 02	126.4	20.9	強度	912	280	
07/17 05	126.1	21.2	強度	912	280	
07/17 08	125.8	21.5	強度	912	280	
07/17 11	125.4	21.8	強度	912	280	
07/17 14	124.9	22.4	強度	920	280	
07/17 17	124.4	22.7	強度	920	280	
07/17 20	123.9	23.0	強度	920	280	
07/17 23	123.5	23.3	強度	925	280	
07/18 02	122.9	23.7	強度	925	280	

07/18 05	122.2	24.0	強度	925	280	
07/18 08	121.6	23.6	強度	925	280	
07/18 11	121.9	23.5	強度	925	280	
07/18 14	121.9	24.2	強度	925	280	
07/18 17	121.5	24.4	中度	940	280	
07/18 20	121.1	24.5	中度	955	280	
07/18 23	120.7	24.6	中度	955	280	
07/19 02	120.5	24.7	中度	955	280	
07/19 05	120.3	24.8	中度	955	280	
07/19 08	120.2	25.0	中度	965	280	
07/19 11	120.0	25.4	中度	970	280	
07/19 14	119.8	25.7	輕度	975	250	
07/19 17	119.8	26.1	輕度	975	250	
07/19 20	119.5	26.6	輕度	975	200	
07/19 23	119.3	26.8	輕度	985	150	
07/20 02	118.9	27.1	輕度	990	100	
07/20 08	118.0	27.2	輕度	996	100	

編號：200505 颱風名稱：海棠（HAITANG） 警報期間：07/16~07/20

表 2-2 馬莎颱風動態資料

時間	經度	緯度	強度	中心氣壓(mb)	七級暴風半徑(Km)	備註
07/31 08	136.0	10.2	輕度			
07/31 14	134.9	10.8	輕度			
07/31 20	133.9	11.7	輕度			
08/01 02	132.9	13.1	輕度		92	
08/01 08	132.6	13.8	輕度		92	
08/01 14	131.8	15.0	輕度		92	
08/01 20	130.7	15.7	輕度		111	
08/02 02	130.0	16.1	輕度		111	
08/02 08	129.1	16.8	中度		222	
08/02 14	128.5	17.8	中度		222	
08/02 20	127.8	18.8	中度		222	
08/03 02	127.1	20.0	中度		222	

08/03 08	126.6	20.6	中度		277	
08/03 14	126.0	21.2	中度		222	
08/03 17	125.8	21.3	中度	960	250	
08/03 20	125.7	21.6	中度	960	250	
08/03 23	125.6	22.0	中度	960	250	
08/04 02	125.4	22.4	中度	960	250	
08/04 05	125.0	22.7	中度	960	250	
08/04 08	124.8	23.1	中度	955	250	
08/04 11	124.7	23.5	中度	955	250	
08/04 14	124.5	23.8	中度	955	250	
08/04 17	124.3	24.3	中度	955	250	
08/04 20	124.1	24.6	中度	955	250	
08/04 23	123.8	24.9	中度	955	250	
08/05 02	123.5	25.2	中度	955	250	
08/05 05	123.3	25.5	中度	955	250	
08/05 08	123.1	25.8	中度	955	250	
08/05 11	123.1	26.3	中度	955	250	
08/05 14	123.0	26.7	中度	955	250	
08/05 17	122.7	27.1	中度	955	250	
08/05 20	122.3	27.4	中度	955	250	
08/05 23	121.9	27.7	中度	960	250	
08/06 02	121.5	28.0	中度	960	250	
08/06 05	121.1	28.3	中度	965	250	
08/06 08	120.8	28.5	中度	970	200	
08/06 14	120.5	29.0	輕度	975	200	

編號：200509 颱風名稱：馬莎（MATSA） 警報期間：08/03~08/06

表 2-3 珊瑚颱風動態資料

時間	經度	緯度	強度	中心氣壓(mb)	七級暴風半徑(Km)	備註
08/10 20	129.6	14.5	輕度			
08/11 02	128.1	15.3	輕度			
08/11 08	127.1	15.8	中度			
08/11 14	125.5	16.6	輕度			

08/11 20	123.7	17.6	輕度			
08/12 02	122.3	18.4	輕度		18	
08/12 08	121.2	19.0	輕度		27	
08/12 14	119.9	19.7	輕度		46	
08/12 20	119.1	20.3	輕度		64	
08/13 02	118.6	21.5	輕度		148	
08/13 08	117.0	22.7	中度		148	
08/13 11	117.2	23.5	輕度	985	200	
08/13 14	116.8	24.2	輕度	985	200	
08/13 17	116.3	24.8	輕度	990	200	
08/13 20	115.9	25.3	輕度	992	180	
08/14 02	115.5	26.0	輕度	995	150	

編號：200510 颱風名稱：珊瑚（SANVU） 警報期間：08/11~08/13

表 2-4 泰利颱風動態資料

時間	經度	緯度	強度	中心氣壓(mb)	七級暴風半徑(Km)	備註
08/26 14	143.1	12.6	輕度			
08/26 20	142.2	12.7	輕度			
08/27 02	142.8	13.5	輕度			
08/27 08	142.3	14.5	輕度			
08/27 14	141.6	15.6	輕度			
08/27 20	141.2	16.6	輕度		74	
08/28 02	139.8	17.5	輕度		157	
08/28 08	138.7	18.3	輕度		185	
08/28 14	137.6	19.4	中度		185	
08/28 20	136.8	19.8	中度		222	
08/29 02	135.6	20.6	中度		222	
08/29 08	134.2	20.7	中度		240	
08/29 14	133.0	21.0	強度		240	
08/29 20	131.8	21.0	強度		240	
08/30 02	130.6	21.2	強度		277	
08/30 08	129.5	21.4	強度		240	
08/30 14	128.4	21.8	強度		240	

08/30 17	127.9	21.7	強度	920	250	
08/30 20	127.3	21.9	強度	920	250	
08/30 23	126.7	22.0	強度	920	250	
08/31 02	126.3	22.1	強度	925	250	
08/31 05	125.7	22.5	強度	925	250	
08/31 08	125.2	22.7	強度	925	250	
08/31 11	124.7	23.0	強度	925	250	
08/31 14	124.1	23.4	強度	925	250	
08/31 17	123.5	23.5	強度	925	250	
08/31 20	122.9	23.8	強度	925	250	
08/31 23	122.1	24.0	強度	925	250	
09/01 02	121.6	23.7	中度	955	250	
09/01 05	121.7	23.7	中度	955	250	
09/01 08	120.4	24.2	中度	955	250	
09/01 11	120.1	24.8	中度	955	250	
09/01 14	119.5	25.2	中度	965	250	
09/01 17	118.9	25.6	輕度	975	200	
09/01 20	118.1	25.9	輕度	980	200	
09/01 23	117.4	26.0	輕度	985	180	
09/02 02	116.9	26.2	輕度	990	150	

編號：200513 颱風名稱：泰利（TALIM） 警報期間：08/30~09/01

表 2-5 卡努颱風動態資料

時間	經度	緯度	強度	中心氣壓(mb)	七級暴風半徑(Km)	備註
09/06 02	139.3	9.5	輕度			
09/06 08	138.2	10.4	輕度			
09/06 14	135.7	10.6	輕度			
09/06 20	135.1	11.4	輕度		92	
09/07 02	135.0	12.8	輕度		92	
09/07 08	134.4	13.4	輕度		92	
09/07 14	133.7	13.0	輕度		92	
09/07 20	133.6	14.1	輕度		148	
09/08 02	133.0	14.7	輕度		148	

09/08 08	132.4	15.3	輕度		148	
09/08 14	132.2	16.1	輕度		138	
09/08 20	131.5	17.3	中度		166	
09/09 02	131.0	18.1	中度		203	
09/09 08	130.3	19.1	中度		203	
09/09 14	129.6	20.4	中度		185	
09/09 20	128.5	21.5	中度		185	
09/10 02	127.4	22.1	中度	955	200	
09/10 05	126.8	22.7	中度	955	200	
09/10 08	126.3	23.2	中度	955	200	
09/10 11	125.7	23.7	中度	955	200	
09/10 14	125.2	24.2	中度	950	200	
09/10 17	124.9	24.6	中度	950	200	
09/10 20	124.3	25.2	中度	950	200	
09/10 23	123.9	25.6	中度	950	200	
09/11 02	123.5	26.0	中度	950	200	
09/11 05	123.1	26.7	中度	950	200	
09/11 08	122.6	27.3	中度	950	200	
09/11 11	122.2	27.7	中度	950	200	
09/11 14	121.8	28.3	中度	950	200	
09/11 20	120.9	29.2	中度	970	200	
09/12 02	120.5	30.6	輕度	--	--	

編號：200515 颱風名稱：卡努（KHANUN） 警報期間：09/09~09/11

表 2-6 丹瑞颱風動態資料

時間	經度	緯度	強度	中心氣壓(mb)	七級暴風半徑(Km)	備註
09/20 20	123.7	16.8	輕度			
09/21 02	123.5	17.5	輕度			
09/21 08	123.2	18.1	輕度			
09/21 14	122.1	18.1	中度			
09/21 20	121.5	19.2	輕度	990	200	
09/21 23	121.3	19.2	輕度	990	200	
09/22 02	121.0	19.2	輕度	985	200	

09/22 05	120.9	19.3	輕度	985	200	
09/22 08	120.7	19.3	輕度	985	200	
09/22 11	120.6	19.5	輕度	985	200	
09/22 14	120.4	19.8	輕度	985	200	
09/22 17	120.2	19.9	輕度	990	200	
09/22 20	119.9	20.0	輕度	990	200	
09/22 23	119.4	20.1	輕度	990	200	
09/23 02	119.0	20.2	輕度	990	200	
09/23 05	118.7	20.2	輕度	990	200	
09/23 08	118.2	20.3	輕度	990	200	
09/23 14	117.5	20.3	輕度	990	200	
09/23 20	116.3	20.0	輕度		111	
09/24 02	115.9	20.2	輕度		240	
09/24 08	115.3	19.8	輕度		240	
09/24 14	114.6	19.6	輕度		222	
09/24 20						
09/25 02	113.1	19.1	中度		231	
09/25 08	113.0	18.8	中度		231	
09/25 14	112.3	19.0	中度		240	
09/25 20	111.7	19.0	中度		240	
09/26 02	110.7	19.1	中度		240	
09/26 08	110.0	18.4	中度		166	
09/26 14						
09/26 20	108.1	19.0	輕度		148	
09/27 02	107.5	19.5	輕度		148	
09/27 08						
09/27 14	105.0	19.7	輕度		148	

編號：200518 颱風名稱：丹瑞（DAMREY） 警報期間：09/21~09/23

表 2-7 龍王颱風動態資料

時間	經度	緯度	強度	中心氣壓(mb)	七級暴風半徑(Km)	備註
09/26 02	144.4	19.8	輕度	--	--	
09/26 08	143.4	19.5	輕度	--	--	
09/26 20	142.0	20.2	輕度	--	111	

09/27 02	141.7	20.9	輕度	--	148	
09/27 08	141.0	21.5	中度	--	185	
09/27 14	140.1	21.7	中度	--	185	
09/27 20	139.2	22.0	中度	--	166	
09/28 02	138.3	22.1	強度	--	--	
09/28 08	137.5	22.3	強度	--	203	
09/28 14	136.7	22.5	強度	--	203	
09/28 20	136.1	22.5	強度	--	203	
09/29/02	135.6	22.4	強度	--	203	
09/29 08	135.2	22.4	強度	--	194	
09/29 14	134.6	22.4	強度	--	203	
09/29 20	133.9	22.4	強度	--	222	
09/30 02	133.0	22.2	強度	--	222	
09/30 08	132.1	22.0	強度	--	--	
09/30 14	131.0	22.0	強度	--	--	
09/30 20	130.0	22.2	強度	--	287	
10/01 02	128.5	22.4	強度	--	240	
10/01 08	127.0	22.4	強度	--	240	
10/01 14	125.4	22.8	強度	925	200	
10/01 17	124.6	23.0	強度	925	200	
10/01 20	123.9	23.1	強度	925	200	
10/01 23	123.2	23.3	強度	925	200	
10/02 02	122.5	23.5	強度	925	200	
10/02 05	121.6	23.7	強度	925	200	
10/02 08	120.7	23.8	中度	945	200	
10/02 11	120.0	23.9	中度	960	200	
10/02 14	119.6	24.0	中度	960	200	
10/02 17	119.1	24.1	中度	970	200	
10/02 20	118.6	24.3	輕度	980	180	
10/02 23	118.2	24.4	輕度	980	150	
10/03 02	117.8	24.5	輕度	990	150	
10/03 05	117.3	24.8	輕度	995	150	
10/03 08	116.8	25.0	輕度	998	100	

編號：200519 颱風名稱：龍王(LONGWANG) 警報期間：09/30~10/03

表 2-8 艾維尼颱風動態資料

時間	經度	緯度	強度	中心氣壓(mb)	七級暴風半徑(Km)	備註
07/08 08	126.4	23.2	中度	950	300	
07/08 11	126.4	23.7	中度	950	300	
07/08 14	126.3	24.2	中度	950	300	
07/08 17	126.2	24.6	中度	950	300	
07/08 20	126.0	25.0	中度	955	300	
07/08 23	125.8	25.6	中度	955	300	
07/09 02	125.7	26.3	中度	960	300	
07/09 05	125.7	26.9	中度	965	250	
07/09 08	125.8	27.5	中度	965	250	

編號：200603 颱風名稱：艾維尼(EWINIAR) 警報期間：07/07~07/09

表 2-9 碧利斯颱風動態資料

時間	經度	緯度	強度	中心氣壓(mb)	七級暴風半徑(Km)	備註
07/12 08	126.5	21.2	輕度	985	300	
07/12 11	125.8	21.3	輕度	985	300	
07/12 14	125.3	21.5	輕度	985	300	
07/12 17	125.0	21.6	輕度	985	300	
07/12 20	124.7	21.7	輕度	985	300	
07/12 23	124.5	21.8	輕度	985	300	
07/13 02	124.3	22.0	輕度	985	300	
07/13 05	124.0	22.4	輕度	985	300	
07/13 08	123.7	23.0	輕度	985	300	
07/13 11	123.3	23.3	輕度	985	300	
07/13 14	123.0	23.7	輕度	978	300	
07/13 17	122.7	24.0	輕度	978	300	
07/13 20	122.3	24.5	輕度	978	300	
07/13 23	121.8	24.9	輕度	978	300	
07/14 02	121.1	25.1	輕度	978	300	
07/14 05	120.7	25.1	輕度	978	300	
07/14 08	120.4	25.5	輕度	978	300	

07/14 11	120.0	25.9	輕度	978	300	
07/14 14	119.5	26.3	輕度	980	300	
07/14 17	119.0	26.6	輕度	982	300	
07/14 20	118.4	26.9	輕度	985	300	
07/14 23	117.8	27.3	輕度	985	300	
07/15 02	117.2	27.4	輕度	990	300	
07/15 08	116.0	26.7	輕度	990	200	

編號：200604 颱風名稱：碧利斯（BILIS） 警報期間：07/12~07/15

表 2-10 凱米颱風動態資料

時間	經度	緯度	強度	中心氣壓(mb)	七級暴風半徑(Km)	備註
07/23 23	125.0	20.3	中度	960	200	
07/24 02	124.4	20.7	中度	960	200	
07/24 05	124.0	20.9	中度	960	200	
07/24 08	123.7	21.1	中度	960	200	
07/24 11	123.3	21.4	中度	960	200	
07/24 14	122.9	21.7	中度	960	200	
07/24 17	122.5	22.1	中度	960	200	
07/24 20	122.2	22.4	中度	960	200	
07/24 23	121.6	22.9	中度	960	200	
07/25 02	120.9	23.1	中度	960	200	
07/25 05	119.9	23.4	中度	965	200	
07/25 08	119.7	23.6	中度	968	200	
07/25 11	119.3	23.8	中度	968	200	
07/25 14	118.8	24.1	輕度	975	200	
07/25 17	118.3	24.3	輕度	975	200	
07/25 20	117.8	24.6	輕度	980	200	
07/25 23	117.3	24.9	輕度	985	150	
07/26 02	116.7	25.1	輕度	990	150	
07/26 08	116.1	25.1	輕度	992	150	

編號：200605 颱風名稱：凱米（KAEMI） 警報期間：07/23~07/26

表 2-11 寶發颱風動態資料

時間	經度	緯度	強度	中心氣壓(mb)	七級暴風半徑(Km)	備註
08/08 23	122.1	22.9	輕度	995	100	
08/09 02	121.7	22.9	輕度	988	100	
08/09 05	120.8	22.8	輕度	990	100	
08/09 08	120.0	22.8	輕度	992	100	
08/09 11	119.3	22.7	輕度	992	80	
08/09 14	118.6	22.6	輕度	996		

編號：200609 颱風名稱：寶發（BOPHA） 警報期間：08/07~08/09

表 2-12 桑美颱風動態資料

時間	經度	緯度	強度	中心氣壓(mb)	七級暴風半徑(Km)	備註
08/09 11	127.6	24.3	中度	945	180	
08/09 14	126.9	24.6	中度	940	180	
08/09 17	126.1	25.1	中度	935	180	
08/09 20	125.3	25.4	中度	935	180	
08/09 23	124.4	25.7	中度	935	180	
08/10 02	123.7	26.0	中度	935	180	
08/10 05	123.0	26.3	中度	935	180	
08/10 08	122.3	26.5	中度	935	180	
08/10 11	121.7	26.7	中度	935	180	
08/10 14	121.1	27.0	中度	935	180	
08/10 17	120.5	27.2	中度	935	180	
08/10 20	119.8	27.2	中度	960	120	
08/10 23	119.2	27.4	輕度	975	100	
08/11 02	118.7	27.7	輕度	985	100	

編號：200608 颱風名稱：桑美（SAOMAI） 警報期間：08/09~08/10

表 2-13 珊珊颱風動態資料

時間	經度	緯度	強度	中心氣壓(mb)	七級暴風半徑(Km)	備註
09/14 23	124.9	20.6	中度	955	200	
09/15 02	124.7	20.9	中度	955	200	
09/15 05	124.5	21.2	中度	955	200	
09/15 08	124.3	21.5	中度	950	200	
09/15 11	124.1	21.7	中度	950	200	
09/15 14	124.1	22.2	中度	950	200	
09/15 17	124.0	22.6	中度	950	200	
09/15 20	124.0	23.1	中度	945	200	
09/15 23	123.9	23.6	中度	940	200	
09/16 02	123.9	24.0	中度	940	200	
09/16 05	124.0	24.5	中度	940	200	
09/16 08	124.3	25.0	中度	940	200	
09/16 11	124.5	25.5	中度	940	200	
09/16 14	125.0	26.0	中度	940	200	
09/16 20	125.8	27.1	中度	940	200	

編號：200613 颱風名稱：珊珊（SHANSHAN） 警報期間：09/14~09/16

表 2-14 帕布颱風動態資料

時間	經度	緯度	強度	中心氣壓(mb)	七級暴風半徑(Km)	備註
08/07 08	124.9	21.8	輕度	980	150	
08/07 11	124.2	22.1	輕度	980	150	
08/07 14	123.4	22.1	輕度	980	150	
08/07 17	122.5	22.0	輕度	980	150	
08/07 20	121.9	22.0	輕度	980	150	
08/07 23	121.4	22.0	輕度	980	150	
08/08 02	120.6	22.1	輕度	980	150	
08/08 05	119.7	22.5	輕度	980	150	
08/08 08	118.9	22.5	輕度	980	150	
08/08 11	117.9	22.3	輕度	980	150	
08/08 14	117.3	22.2	輕度	980	150	

08/08 20	116.2	22.2	輕度	990	100	
----------	-------	------	----	-----	-----	--

編號：200706 颱風名稱：帕布（PABUK） 警報期間：08/06~08/08

表 2-15 梧提颱風動態資料

時間	經度	緯度	強度	中心氣壓(mb)	七級暴風半徑(Km)	備註
08/08 20	123.6	21.4	輕度	992	100	
08/08 23	123.1	23.8	輕度	992	100	
08/09 02	122.5	22.4	輕度	992	100	
08/09 05	122.0	22.8	輕度	992	100	
08/09 08	121.6	23.3	輕度	992	100	
08/09 11	121.1	23.7	輕度	994	--	

編號：200707 颱風名稱：梧提（WUTIP） 警報期間：08/08~08/09

表 2-16 聖帕颱風動態資料

時間	經度	緯度	強度	中心氣壓(mb)	七級暴風半徑(Km)	備註
08/16 17	125.8	18.3	強烈	920	250	
08/16 20	125.5	18.7	強烈	920	250	
08/16 23	125.1	19.0	強烈	920	250	
08/17 02	124.7	19.5	強烈	920	250	
08/17 05	124.4	19.9	強烈	920	250	
08/17 08	124.2	20.3	強烈	925	250	
08/17 11	123.8	20.8	強烈	925	250	
08/17 14	123.4	21.1	強烈	925	250	
08/17 17	123.2	21.4	強烈	925	250	
08/17 20	122.9	21.8	強烈	925	250	
08/17 23	122.6	22.2	強烈	925	250	
08/18 02	122.1	22.8	中度	930	250	
08/18 05	121.6	23.3	中度	930	250	
08/18 08	121.0	23.6	中度	945	250	
08/18 11	120.2	23.8	中度	960	250	
08/18 14	119.8	23.9	中度	965	250	
08/18 17	119.6	24.1	中度	965	250	

08/18 20	119.5	24.3	中度	965	250	
08/18 23	119.2	24.5	中度	970	250	
08/19 02	119.0	24.9	輕度	975	250	
08/19 05	118.7	25.2	輕度	980	250	
08/19 08	118.4	25.3	輕度	985	200	
08/19 11	118.1	25.5	輕度	990	150	
08/19 14	117.9	25.7	輕度	994	120	
08/19 17	117.7	26.2	輕度	996	--	

編號：200708 颱風名稱：聖帕（SEPAT） 警報期間：08/16~08/19

表 2-17 韋帕颱風動態資料

時間	經度	緯度	強度	中心氣壓(mb)	七級暴風半徑(Km)	備註
09/17 14	126.8	22.8	中度	965	200	
09/17 17	126.4	23.1	中度	960	200	
09/17 20	125.7	23.4	中度	945	200	
09/17 23	125.2	23.6	中度	942	200	
09/18 02	124.6	23.9	中度	935	200	
09/18 05	124.1	24.2	中度	935	200	
09/18 08	123.6	24.4	中度	940	200	
09/18 11	123.2	25.0	中度	935	200	
09/18 14	122.5	25.7	中度	945	200	
09/18 17	121.8	26.0	中度	945	200	
09/18 20	121.5	26.2	中度	950	200	
09/18 23	121.1	26.5	中度	960	180	
09/19 02	120.7	27.0	中度	960	180	
09/19 05	120.2	27.6	中度	960	180	
09/19 08	119.7	28.2	中度	970	150	
09/19 14	119.2	29.2	輕度	985	120	

編號：200712 颱風名稱：韋帕（WIPHA） 警報期間：09/17~09/19

表 2-18 柯羅莎颱風動態資料

時間	經度	緯度	強度	中心氣壓(mb)	七級暴風半徑(Km)	備註
10/05 14	124.9	20.9	強度	925	300	
10/05 17	124.8	21.4	強度	925	300	
10/05 20	124.8	21.8	強度	925	300	
10/05 23	124.4	22.5	強度	925	300	
10/06 02	124.1	22.8	強度	925	300	
10/06 05	123.8	23.4	強度	925	300	
10/06 08	123.5	23.8	強度	925	300	
10/06 11	123.0	24.5	強度	925	300	
10/06 14	122.4	24.5	強度	925	300	
10/06 17	121.8	24.0	中度	940	300	
10/06 20	122.0	24.2	中度	940	300	
10/06 23	121.9	25.0	中度	945	300	
10/07 02	121.1	25.5	中度	960	300	
10/07 05	120.7	25.6	中度	965	300	
10/07 08	120.7	25.9	輕度	975	300	
10/07 11	120.7	26.4	輕度	980	300	
10/07 14	120.7	26.8	輕度	985	200	
10/07 17	120.5	27.4	輕度	988	200	
10/07 20	120.3	27.7	輕度	990	150	
10/07 23	120.2	27.9	輕度	992	100	
10/08 02	120.1	27.9	輕度	992	100	

編號：200715 颱風名稱：柯羅莎（KORSA） 警報期間：10/04~10/07

表 2-19 米塔颱風動態資料

時間	經度	緯度	強度	中心氣壓(mb)	七級暴風半徑(Km)	備註
11/26 14	120.6	19.0	輕度	975	200	
11/26 17	120.6	19.4	輕度	980	180	
11/26 20	120.5	19.7	輕度	980	180	
11/26 23	120.6	20.0	輕度	985	150	
11/27 02	120.7	20.1	輕度	985	150	

11/27 05	121.0	20.3	輕度	988	150	
11/27 08	121.5	20.5	輕度	995	120	
11/27 11	122.0	20.4	輕度	996	--	
11/27 14	122.8	20.2	輕度	998	--	

編號：200723 颱風名稱：米塔（MITAG） 警報期間：11/26~11/27

第三章 波譜形狀演變比較及特性分析

本章分析前章 11 個時段中所含 19 個颱風及 1 個季風波浪資料之波譜時空演變情形，並比較及探討在波高成長及衰退過程中及不同測點，高、低頻區波浪能量分佈之變化。由於資料眾多故本研究先選取波高成長及衰退過程中特定 5 筆波浪資料作波譜分析，測點選擇則以編號 5 或 6 當作港外測點，港內測點則僅選曲編號 10、12、16、17 及 18 等分別代表不同碼頭之水域。

3.1 同一測點但不同時間之波譜演變

為方便分析及比較於颱風波浪資料中，根據波高逐時變化趨勢，選取特定 5 筆資料進行波譜分析，這 5 筆資料包含波高成長及衰退情況，其波譜結果如圖 3-1 至圖 3-18 所示。為檢視高、低頻區能譜值之變化，圖中也另標示這 5 筆資料之發生日期及時間，以便相互對照。圖中依時間順序分別以黑、藍、綠、紅及紫等代表波高成長及衰退，故原則上綠色表 5 筆資料中波高最大者。圖中左上為港外測點編號 5 或 6、中上為港內測點編號 10（港口入口處）、右上為港內測點編號 12（22 號碼頭）、左下為港內測點編號 16（漁港出口）、中下為港內測點編號 17（11 號碼頭）及右下為港內測點編號 18（8 號碼頭）。

由上述波浪能譜圖檢視，發現港外測點在波高成長時段，主頻率往低頻區移動，且低頻區波譜能量密度值明顯增大約 10^2 至 10^5 倍；高頻區增大程度則較小，大致不超過 10 倍。波高衰退時段，主頻率往高頻區移動，且低頻區波譜能量密度值明顯減小約 10^2 至 10^5 倍；高頻區減小程度則較小，大致也不超過 10 倍。因此，波浪成長及衰退過程其能量分佈的變化是循相同的途徑來回逐步演變，此與本研究上一年度的研究結果一致。

以第 1 類路徑之強烈颱風龍王的波譜形狀外觀檢視，發現港外測點於高頻區波譜能量增加較多可達 10^3 倍，但低頻區波譜能量增加更明

顯可達 10^5 倍，其他港內測點也有類似情形，不過港外測點之主頻區可辨別出來，大約在 $0.07\sim 0.12\text{Hz}$ 之間，而港內測點之主頻區模糊難以辨別，因為，波譜整體外觀形狀為波譜能量由低頻區一路往高頻區逐漸降低，且其降低幅度大波高(紅實線)較小波高(黑實線)明顯，如圖 3-7。以第 3 類路徑之輕度颱風丹瑞的波譜形狀外觀檢視，發現港外測點於高頻區波譜能量增加不明顯大致不超過 10 倍，而低頻區波譜能量增加較明顯但也不超過 10^2 倍，與前例龍王颱風相較增大幅度明顯變小。其主要原因為強烈之龍王颱風所選取的 5 筆資料其波高變化較大，而輕度之丹瑞颱風則較小，因此，丹瑞颱風之波譜隨時間之變化較不明顯。而港外測點之主頻區也可辨別出來，同樣大約在 $0.07\sim 0.12\text{Hz}$ 之間，至於港內測點之主頻區在編號 10 及 18 可發現 $0.07\sim 0.12\text{Hz}$ 及 $0.006\sim 0.008\text{Hz}$ 之 2 個主頻區，而港內其他測點則較不明顯，如圖 3-6。若以第 2 類路徑之輕度颱風碧利斯的波譜形狀外觀檢視，無論在波譜隨時間之變化或主頻區之辨別其結果與丹瑞颱風相當類似，如圖 3-9。再以不屬於颱風之季風波浪來檢視，如圖 3-18，圖中顯示波譜隨時間之演變情形與輕度颱風丹瑞或碧利斯相當類似，換言之，強勁之季風波浪與輕度之颱風波浪其波譜形狀隨波高增大及減小之演變情形相似，故強勁季風波浪可視為輕度颱風。

依港外測點不同時間之波譜比較發現在低頻區其形狀較平緩，這和高頻區存在著一明顯波譜形狀斜率不同，此顯示屬於低頻區之各長週期成份波能量相近，且隨波高增大或減小其能量之增大或減小也相近。這也代表颱風期間港外即存在著明顯的長週期成份波，且此長週期波之能量會隨颱風接近或遠離而增大或減小。因此，花蓮港港池不穩靜而造成船舶斷纜之原因，或許不是港池共振所引起，而是港外既有之能量不可忽視的長週期波作用所致。換言之，平常時期港外即有長週期成份波能量存在（與主頻區間能量相較），只是其能量較小對靠泊船隻影響不大，但當颱風期間此長週期成份波能量隨同主頻區間能量增加也增大而影響船舶靠泊繫纜。另外由圖 3-1 至圖 3-18 中也發現港內各測點之主頻區能量較港外測點明顯減小，但低頻區則無此現象

大約與港外測點相近，只在更低頻區能量可能比港外測點稍大些，這也顯示花蓮港港池共振並不明顯，因為波浪能量沒有在某一頻率（即港池共振頻率）有明顯放大的現象。另外由圖中也發現在頻率約為 0.04Hz 附近，波譜形狀有所不同，也就是前述之低頻區波譜形狀較平緩，其所謂低頻區即指頻率低於 0.04Hz 之區域。此頻率界線在港內測點也可明顯看出，尤其是編號 18 測點，同時此頻率界線值與颱風強度、路徑、移動速度無關。

綜合而言，港外測點在波高成長時段，主頻率往低頻區移動，且低頻區波譜能量密度值增大，高頻區增大程度則較小；波高衰退時段，主頻率往高頻區移動，且低頻區波譜能量密度值減小，高頻區減小程度則較小。因此，波浪成長及衰退過程其能量分佈的變化是循相同的途徑來回逐步演變，此與以往研究結果一致。港內測點波譜演變雖也有類似情形，不過港外測點之主頻區可辨別出來，大約在 0.07~0.12Hz 之間，而港內測點因為波譜整體外觀形狀大致為波譜能量由低頻區往高頻區逐漸降低故其主頻區模糊較難辨別。強勁之季風波浪與輕度之颱風波浪其波譜形狀隨波高增大及減小之演變情形相似，故強勁季風波浪可視為輕度颱風。港內各測點之主頻區能量較港外測點明顯減小，但低頻區則無此現象且大約與港外測點相近，只在更低頻區能量可能比港外測點稍大些，這也顯示花蓮港港池共振並不明顯，因為波浪能量沒有在某一頻率（即港池共振頻率）有明顯放大的現象。若以 0.04Hz 作為高、低頻區之頻率界線值，則港外測點在低頻區其形狀較平緩，這和高頻區存在著一明顯波譜形狀斜率不同，此顯示屬於低頻區之各個長週期成份波能量相近，且隨波高增大或減小其能量之增大或減小也相近。因此，花蓮港港池不穩靜而造成船舶斷纜之原因，或許不是港池共振所引起，而是港外既有之能量不可忽視的長週期波作用所致。以往國內外專家學者對於花蓮港港池是否發生共振？或港外是否早已存在發生共振之長週期成份波？或者是邊緣波所引致或波浪非線性交互作用或群波作用所引致之長週期波動等問題？各有不同看法，其主要癥結在於現場觀測資料不足，由其是港、內外波浪之同步

觀測。因此，本研究對於此問題之釐清及後續結構性或非結構性改善方案之研擬工作極有助益。

3.2 同一時間但不同測點之波譜演變

上一節探討波譜形狀之時間演變，而本節將針對波譜形狀之空間變化作分析，也就是在同一時間相互比較不同測點之波譜形狀之演變，藉此了解現有花蓮港之外廓防波堤設施及港型佈置對於各頻率成份波動能量之消滅情形，尤其是上節中之長週期成份波是否能有效消除是探討重點。因此，依同一時間港內各測點與港外測點之波譜分別重疊繪製如圖 3-19 至圖 3-108。圖中黑色點線表港外測點之波譜，並依其為準以藍色實線重疊分別標示港內各測點之波譜，港內測點原則選取 10、12、14、16、17 及 18 等編號，部分測點由於資料遺失故未繪製或由他點取代，另測點 16 有少部分資料品質不佳故其波譜形狀成為近似一直線，應去除不計。此外為瞭解長週期成分波之能量變化，圖中之橫坐標改以時間軸表示其週期大小，但橫、縱座標同樣皆為對數。

以第 3 類路徑之輕度颱風丹瑞為例，如圖 3-44 至圖 3-48。圖中顯示短週期成份波能量在港內測點明顯減小，但不同測點之降低幅度並不相同，大致上以編號 16 之漁港入口處及編號 17 之 11 號碼頭降低幅度最大；編號 12 之 22 號碼頭、編號 14 之窄航道入口處及編號 18 之 8 號碼頭降低幅度次之；而編號 10 之港口入口處降低幅度最小。而長週期成份波能量港內與港外測點接近，大部分在測點 17 及 18 於某些時間可能較港外測點大些，其增大幅度可達 10^2 倍。另外檢視龍王、凱米、珊珊、聖帕、韋帕颱風及東北季風等不同之特殊氣象條件下之波譜演變情形，也得到相似的結果。可見上述之波譜演變特性與氣象條件無關，初步認為與花蓮港目前之防波堤配置及港內水域形狀有關。而短週期成份波能量明顯降低而長週期期則無（甚至有增大情形），這顯示颱風波浪由港外向港內傳遞時，由於防波堤之遮蔽作用，短週期成份波能量大幅降低，但對於長週期成份波而言則防波堤無遮蔽作用，再

加上花蓮港之特殊港內水域佈置，此長週期波可能會有些微之共振現象出現，或者是港內長週期波動無法消散而產生累積效應，致使能量在某些情況發生些微增大。再進一步比較可發現在週期小於 25sec 時，港外測點波譜能量絕大部分大於港內測點，而週期大於 25sec 且小於 70sec 時，港內、外測點之波譜能量相近，但當週期大於 70sec 時，港內測點波譜能量大於港外之情形較易出現，此和前一節以頻率 0.04Hz 區分高、低頻區之結果得到相互印證。換言之，花蓮港彷彿是一個短波濾波器，對於週期小於 25sec 之波浪有明顯阻擋濾除作用，但對於大於 25sec 之波浪則通過，甚至由於港內之特殊水域形狀而可能出現些微之共振現象或是能量累積效應。參照前一節之分析結果，當颱風侵襲花蓮港時港外長週期成份波之能量隨波高之增大而明顯增加，而目前花蓮港之防波堤設施對此長週期波動無有效之阻擋或消減，使得長週期波長驅直入港內造成港池之不穩靜，影響船舶之繫纜泊靠。因此，後續在研擬改善方案時，應針對如何阻擋或減少長週期成份波進入港內？作詳細思考，若以改變港池形狀以降低或避開港池共振，則可能效果不佳。

3.3 綜合討論

由前二節波譜能量分布變化之時空比較分析結果，初步認為花蓮港港外長週期成份波早已存在，並非颱風期間才出現。只是在颱風或強勁季風期間長週期（低頻區）成份波之能量明顯增大，其增大幅度甚至比主頻區及高頻區為大。然而以目前花蓮港之防波堤設施只對週期小於 25sec 之短週期成份波發揮有效之遮蔽作用，但無法阻擋或削減週期大於 25sec 之長週期成份波。因此，當長週期成份波進入港內時，港內傳統之碼頭岸壁設施同樣無法消減其能量，再加上港內較特殊水域形狀，該長週期成分波在某些水域處有可能發生能量再次增大之現象，而此能量增大現象究竟是港池共振所引起？或者是能量無法消散而產生累積效應所致？則有待進一步探討。

對於花蓮港之港池不穩靜在此作一假設情境說明，以解釋為何平

常時間港內泊靠船隻無繫纜問題，而當颱風期間卻經常出現斷纜情形。在平常時間港外長週期成份波仍存在只是能量很小，假設波高僅 0.15cm，進入港內後依前節分析結果其能量放大可達 10^2 倍，換算波高也僅 1.5cm 左右，此對靠泊船隻影響甚微。但當颱風侵襲期間港外長週期成份波依前節分析結果其能量放大可達 10^4 倍，此時港外長週期波波高換算約 15cm，進入港內後能量再放大 10^2 倍，此時波高可達 150cm。此種週期近百秒或百秒以上且波高達 1.5m 以上之波動對靠泊船隻的繫纜纜繩造成極大負荷。究竟港內有無週期近百秒且波高 1.5m 左右之波動存在？在此選取部分颱風波浪及季風波浪之實測水位變化紀錄作直接檢視，如圖 3-109 至圖 3-115。由圖 3-110 之強烈颱風龍王為例，港內測點 12（22 號碼頭）已開始出現短週期波減弱而長週期波仍維持原來能量之現象，港內測點 17（11 號碼頭）及 18（8 號碼頭）則短週期波更加減弱而長週期波不僅維持原來能量，甚至還有放大情形，所以出現短週期波騎乘在長週期波之特殊波動現象，由圖中測點 18 之水位振幅大小估計此長週期波波高約 2.0m；週期約 150sec，此不僅符合上述之情境假設，同時也證明港內確實存在著嚴重影響繫纜安全之長週期成份波。另外檢視圖 3-109 之輕度颱風丹瑞，圖中顯示港內測點 17（11 號碼頭）之短週期波削減程度較港內測點 18（8 號碼頭）明顯，但長週期波則以測點 18 較大些，而測點 16（漁港入口）之長週期成份波之振幅及週期皆較測點 17 及 18 明顯減小，在其他圖中也顯示相同情形，這表示港內不同水域之波動特性會有不同，此外由於丹瑞為輕度颱風故港內各測點水位振幅較龍王颱風為小，如測點 18 之水位振幅大小估計此長週期波波高約 0.25m；週期約 100sec 左右。檢視圖 3-115 東北季風之情況，港內波動特性大致與颱風情況相似，不過在測點 12（22 號碼頭）之水位振幅明顯較測點 10（港口入口處）大，這和颱風的情況相反，此現象可再擷取更多之季風波浪資料作比對，以進一步確認及探討原因。

波譜之能量分布變化無論由時間或空間比較分析，皆顯示頻率 0.04Hz（週期 25sec）是一個區分界線，因為頻率小於 0.04Hz 的各成份

波能量在港外測點皆相近（同一時間），沒有某一特定頻率之能量相對較大之情形，但在不同時間隨颱風動態（主要是強度及距離）能量則會有增長或消減，但各成份波能量仍保持相近。至於各港內測點同樣頻率小於 0.04Hz 的各成份波能量大致也相近（在較低頻區有些許放大），同時也與港外測點相近，此顯示港內測點可能存在微弱之共振作用或長波能量累積效應。至於頻率大於 0.04Hz 的港外測點波譜形狀會有一主頻率出現（能量尖峰處），同樣在不同時間隨颱風動態能量也會有增長或消減，同時主頻率也會隨之移動。由於防波堤之遮蔽作用，大幅降低頻率大於 0.04Hz 之波譜能量，尤其是主頻率附近，使得各港內測點波譜形狀可能無能量尖峰出現，尤其是測點 16 及 17。顯然花蓮港

目前防波堤僅對週期小於 25sec（0.04Hz）之成份波發揮有效之遮蔽作用，而週期大於 25sec 之成份波則無作用。因此，防波堤之結構設施相當是一個短波濾波器。

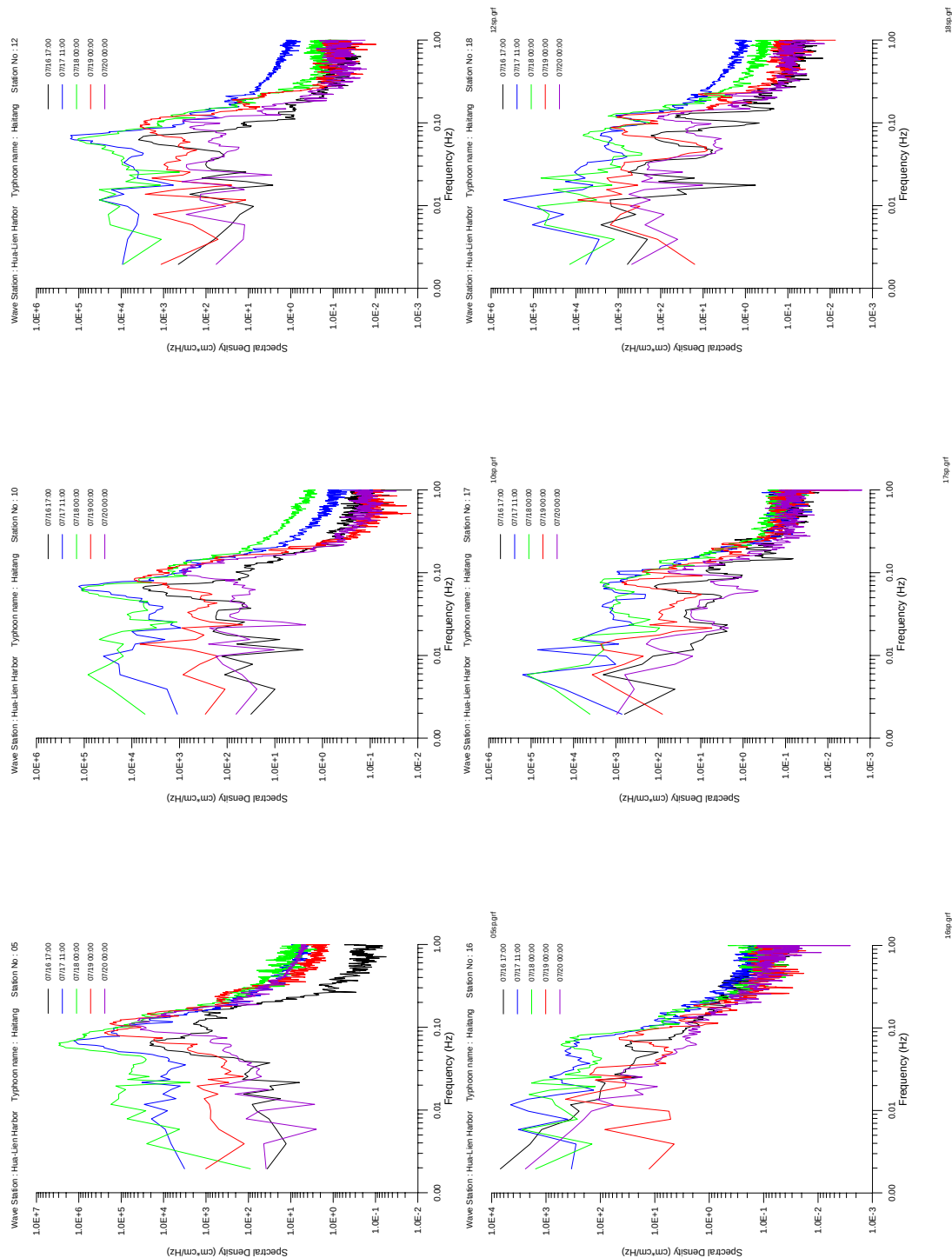


圖 3-1 海棠颱風各測點波浪不同時間能譜演變

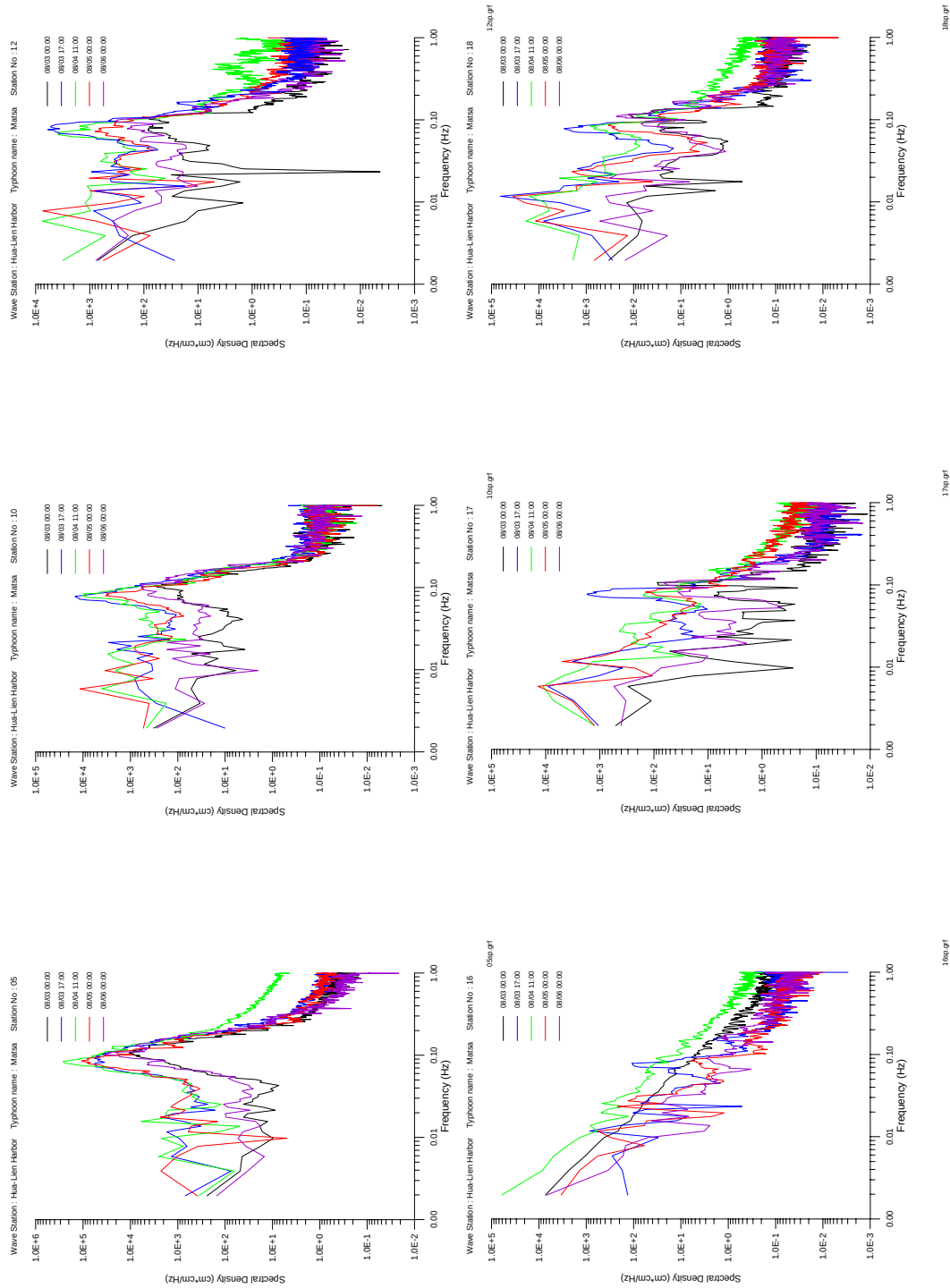


圖 3-2 馬莎颱風各測點波浪不同時間能譜演變

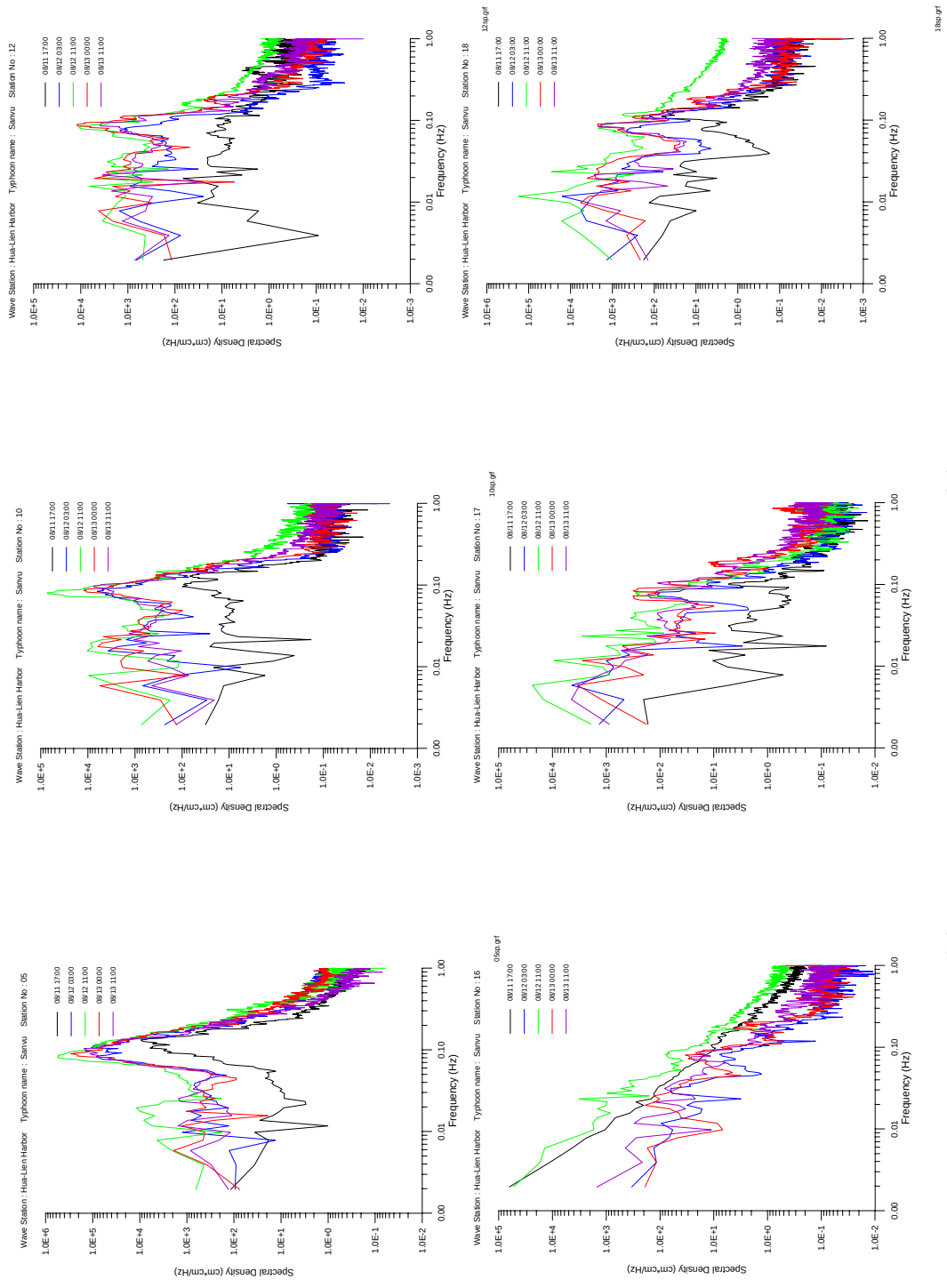


圖 3-3 珊瑚颱風各測點波浪不同時間能譜演變

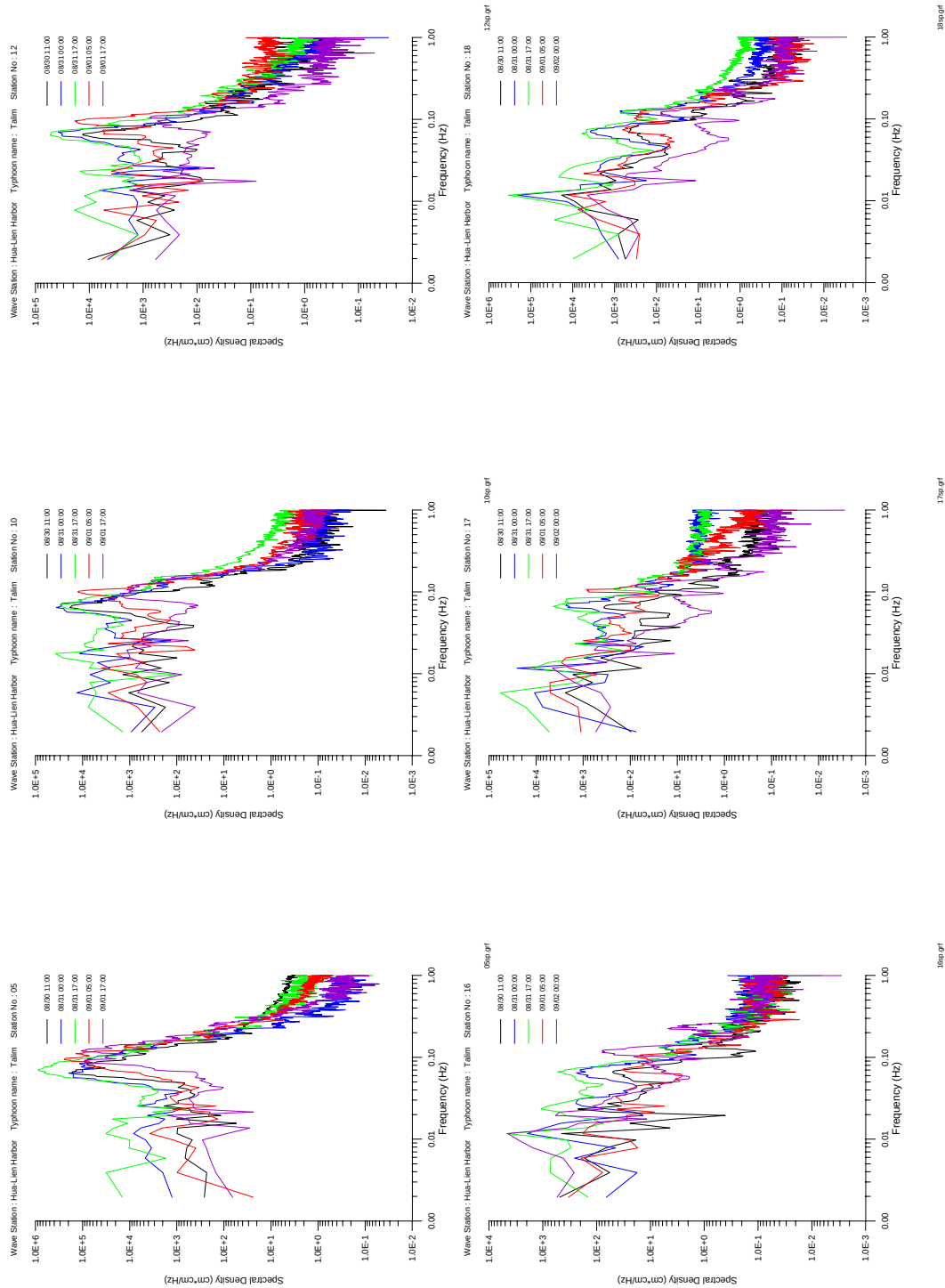


圖 3-4 泰利颱風各測點波浪不同時間能譜演變

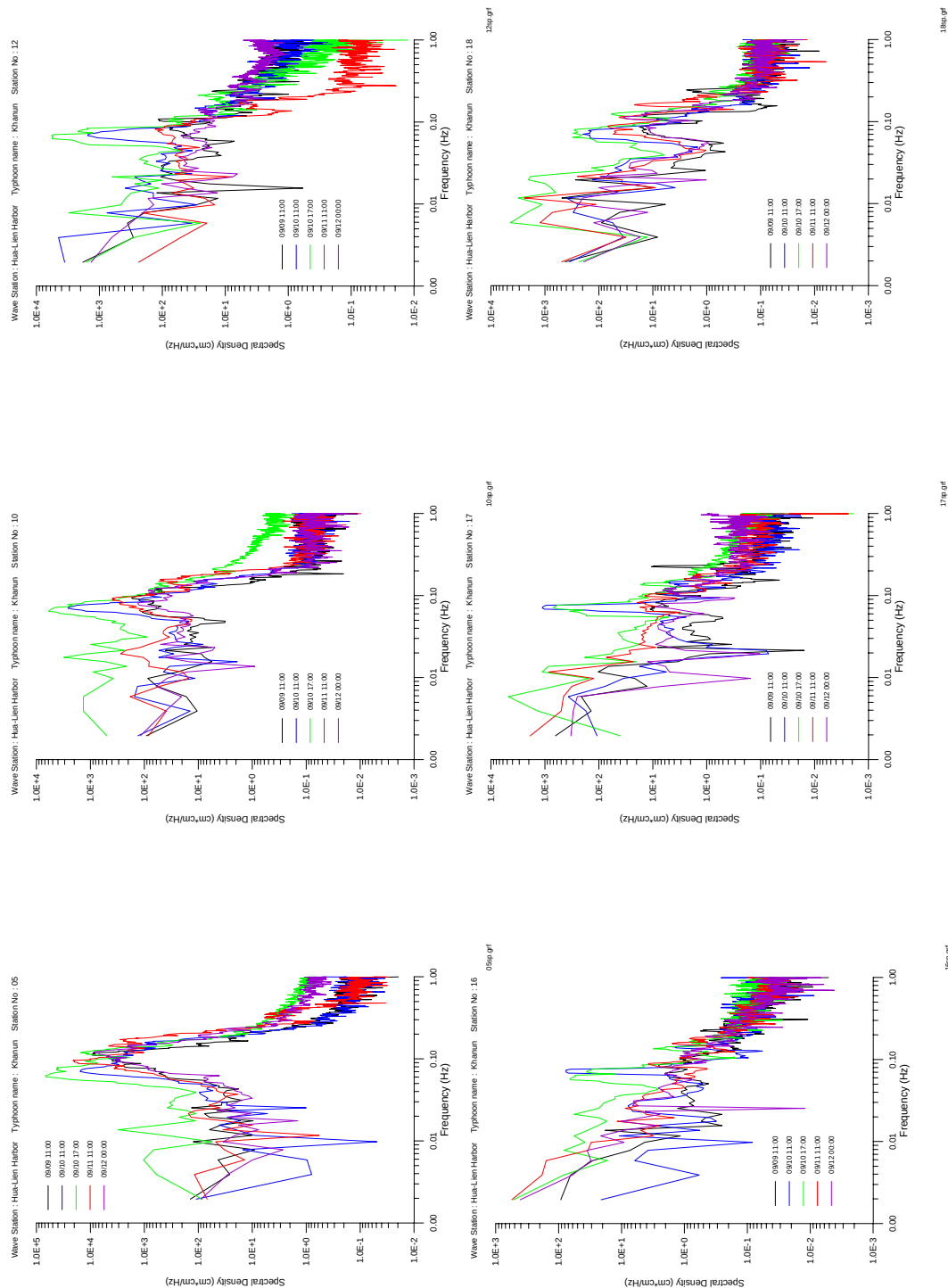


圖 3-5 卡努颱風各測點波浪不同時間能譜演變

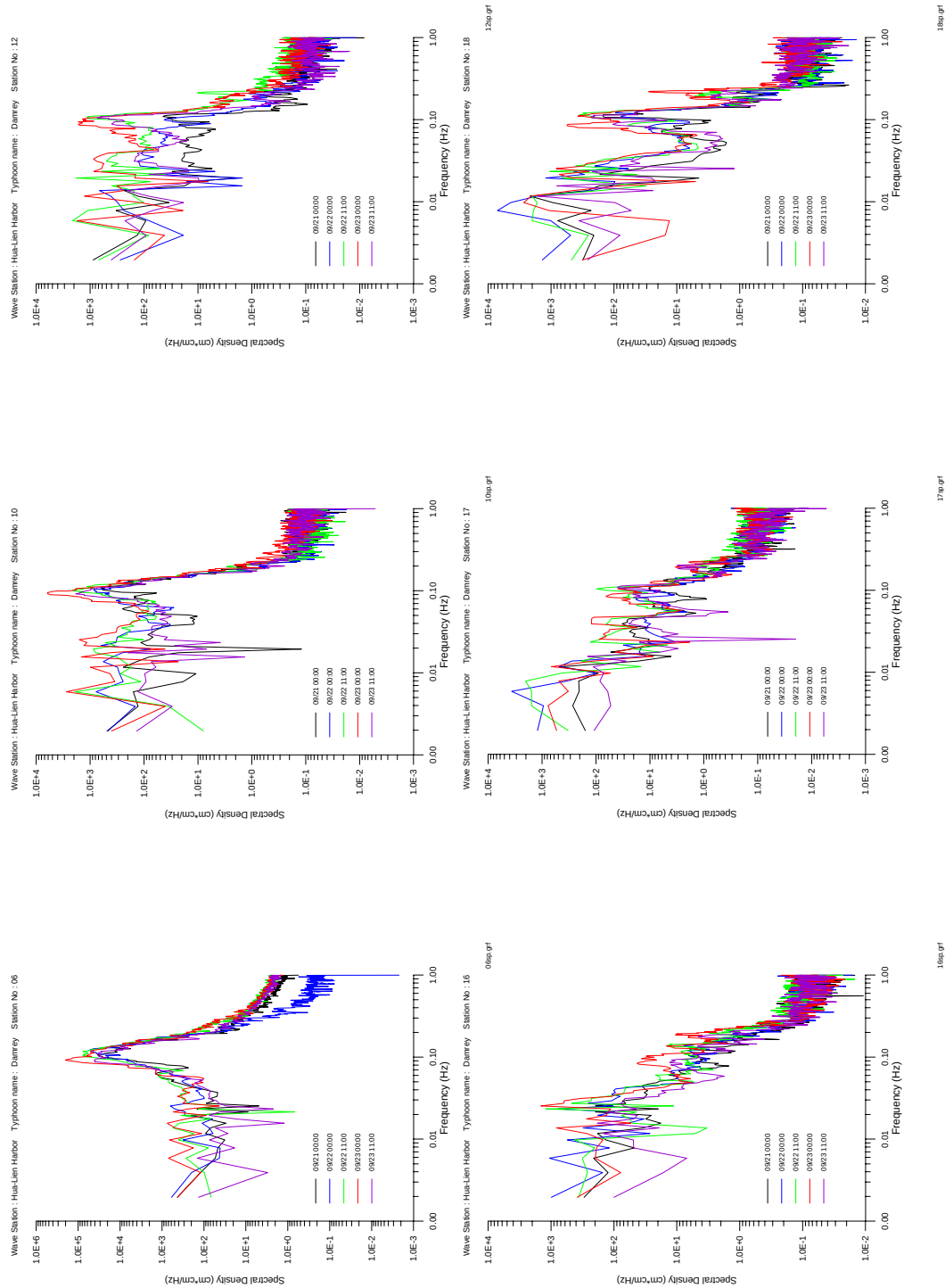


圖 3-6 丹瑞颱風各測點波浪不同時間能譜演變

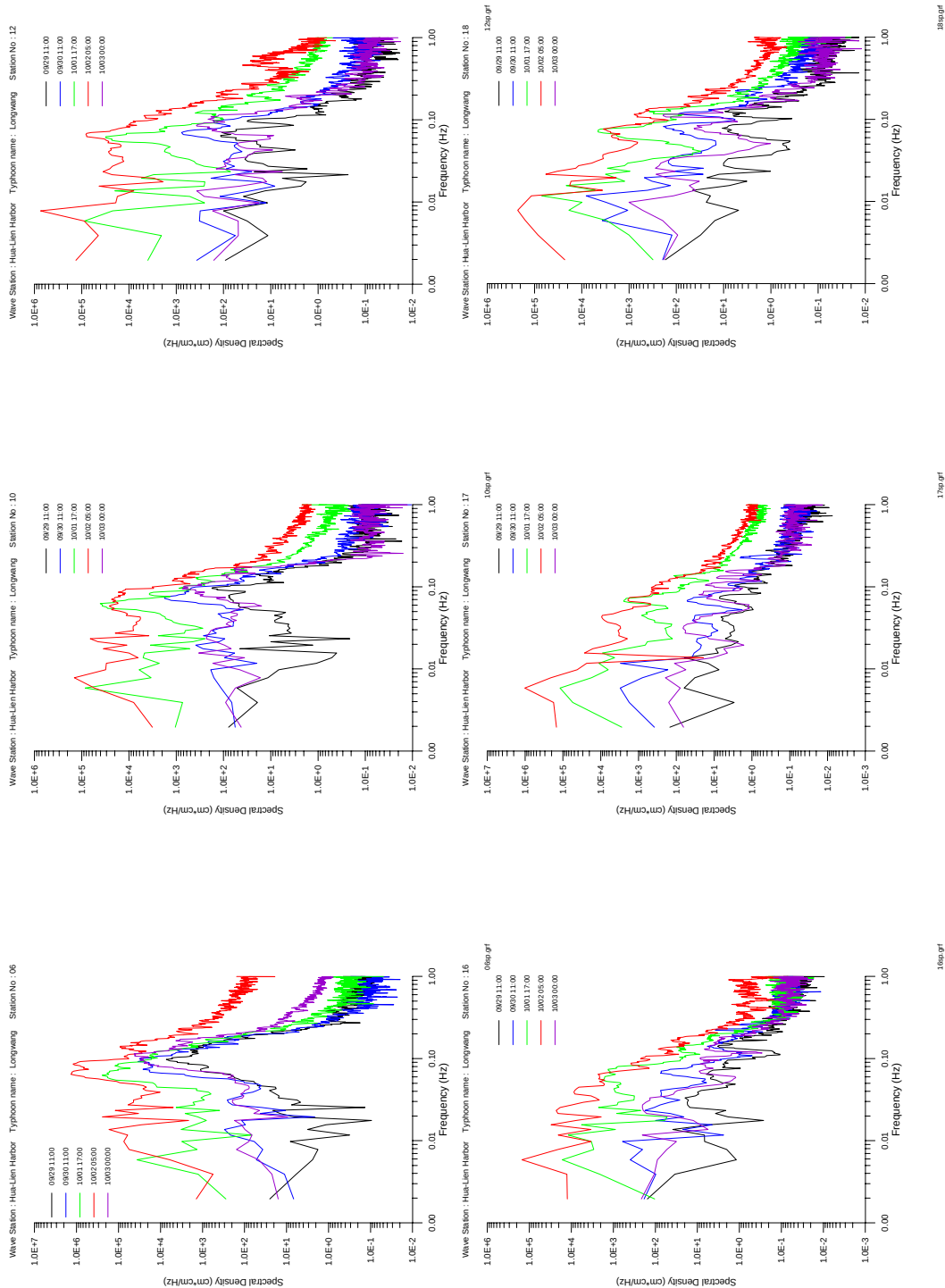


圖 3-7 龍王颱風各測點波浪不同時間能譜演變

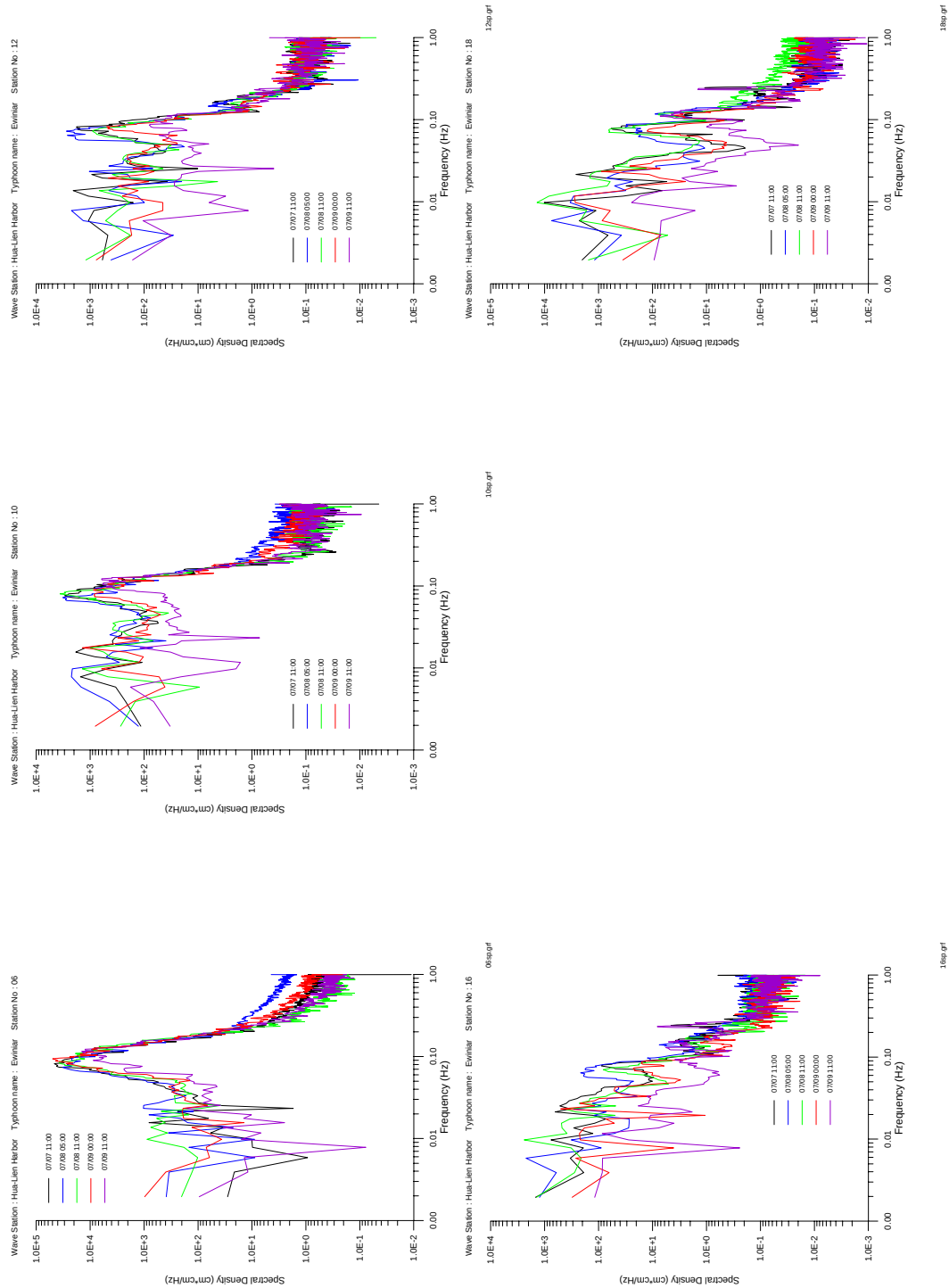


圖 3-8 艾維尼颱風各測點波浪不同時間能譜演變

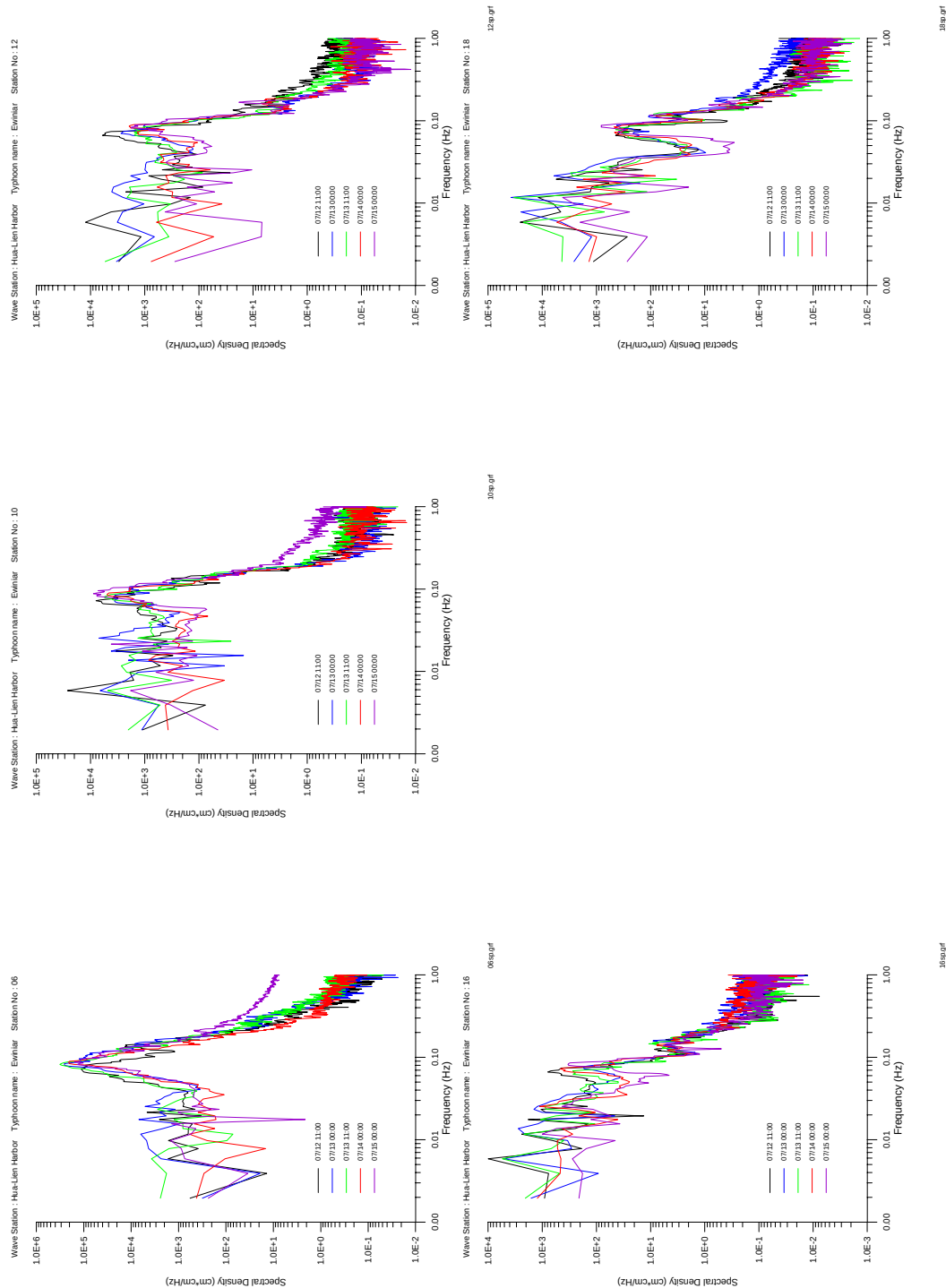


圖 3-9 碧利斯颱風各測點波浪不同時間能譜演變

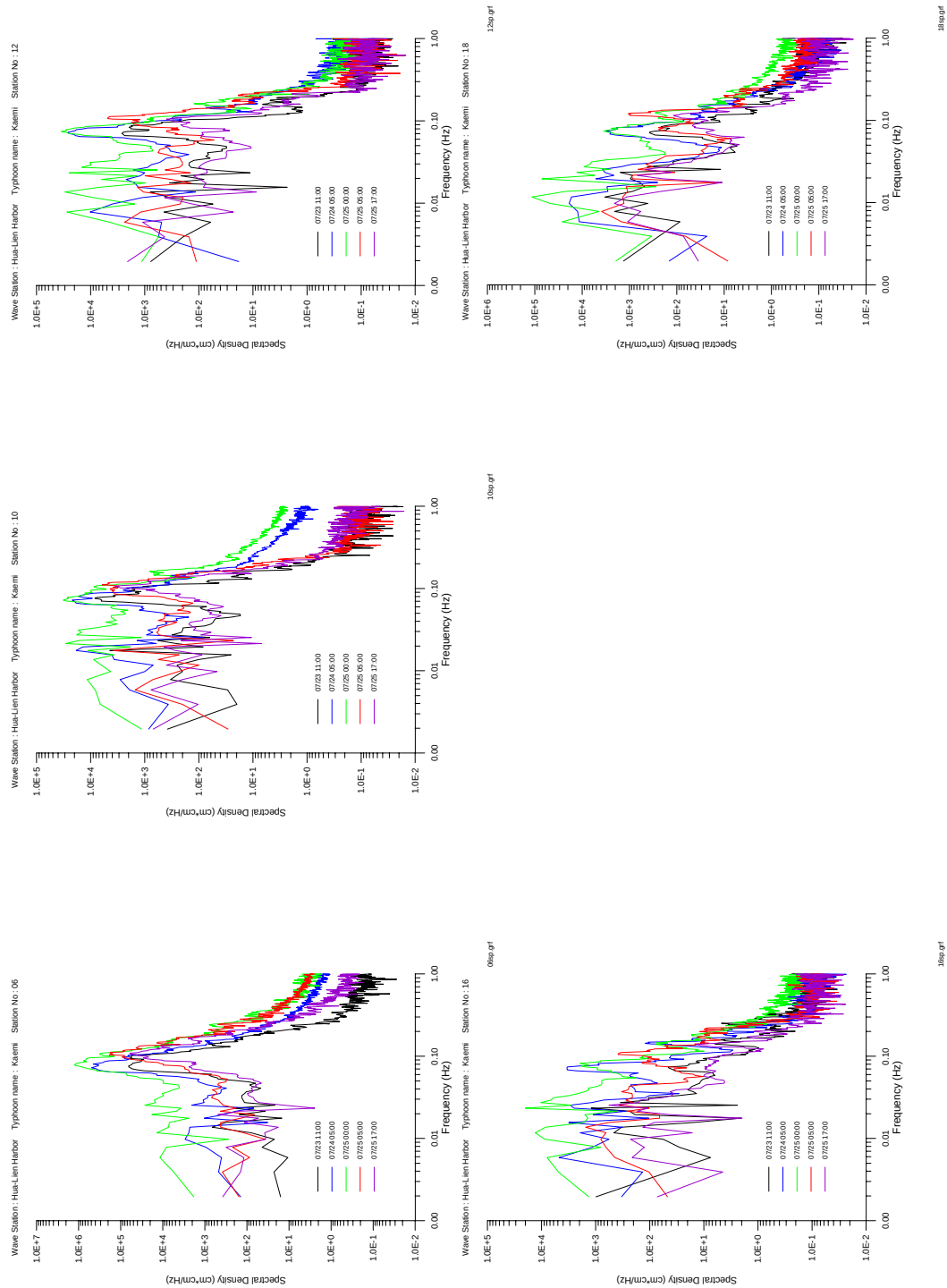


圖 3-10 凱米颱風各測點波浪不同時間能譜演變

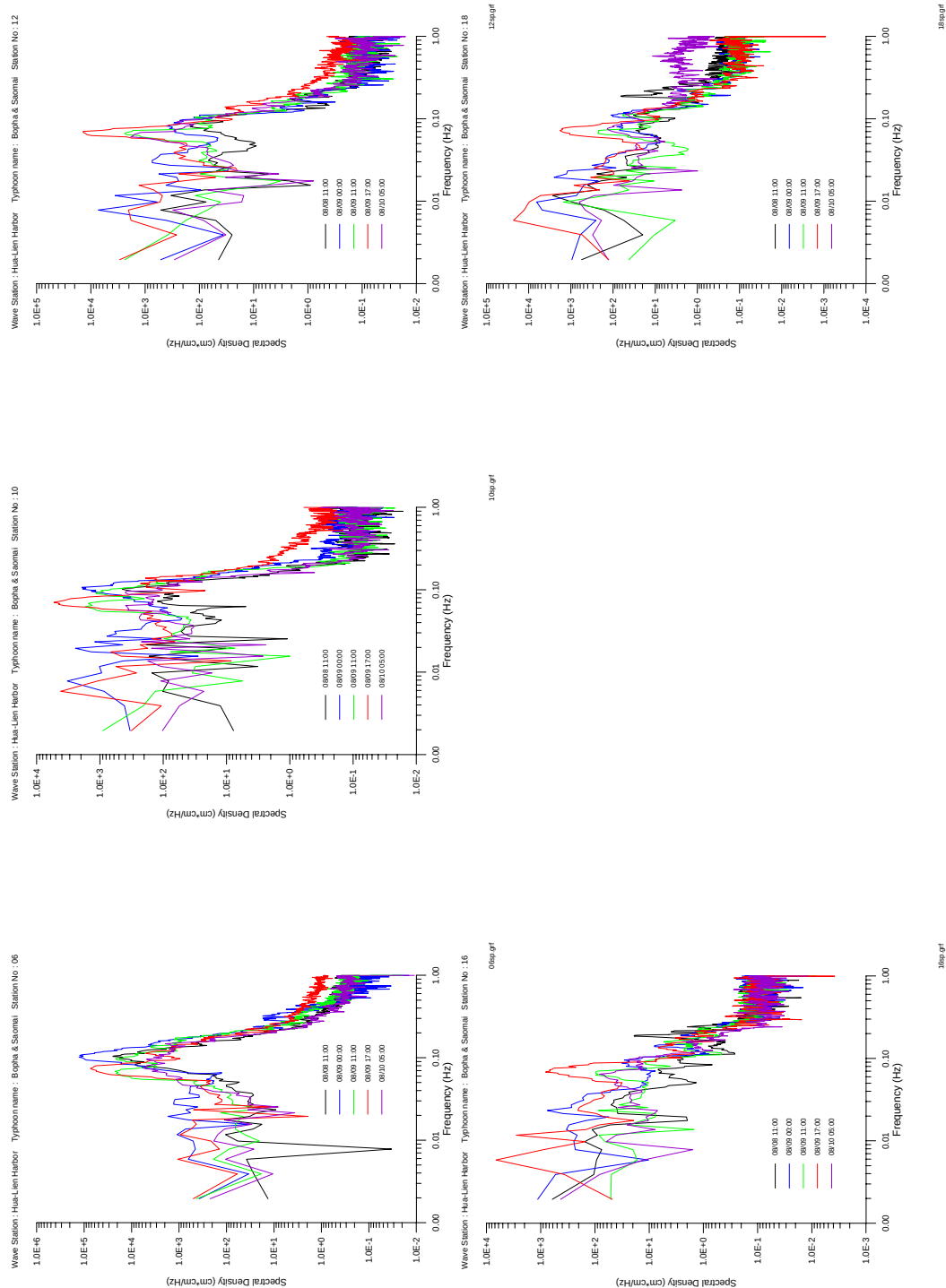


圖 3-11 寶發及桑美颱風各測點波浪不同時間能譜演變

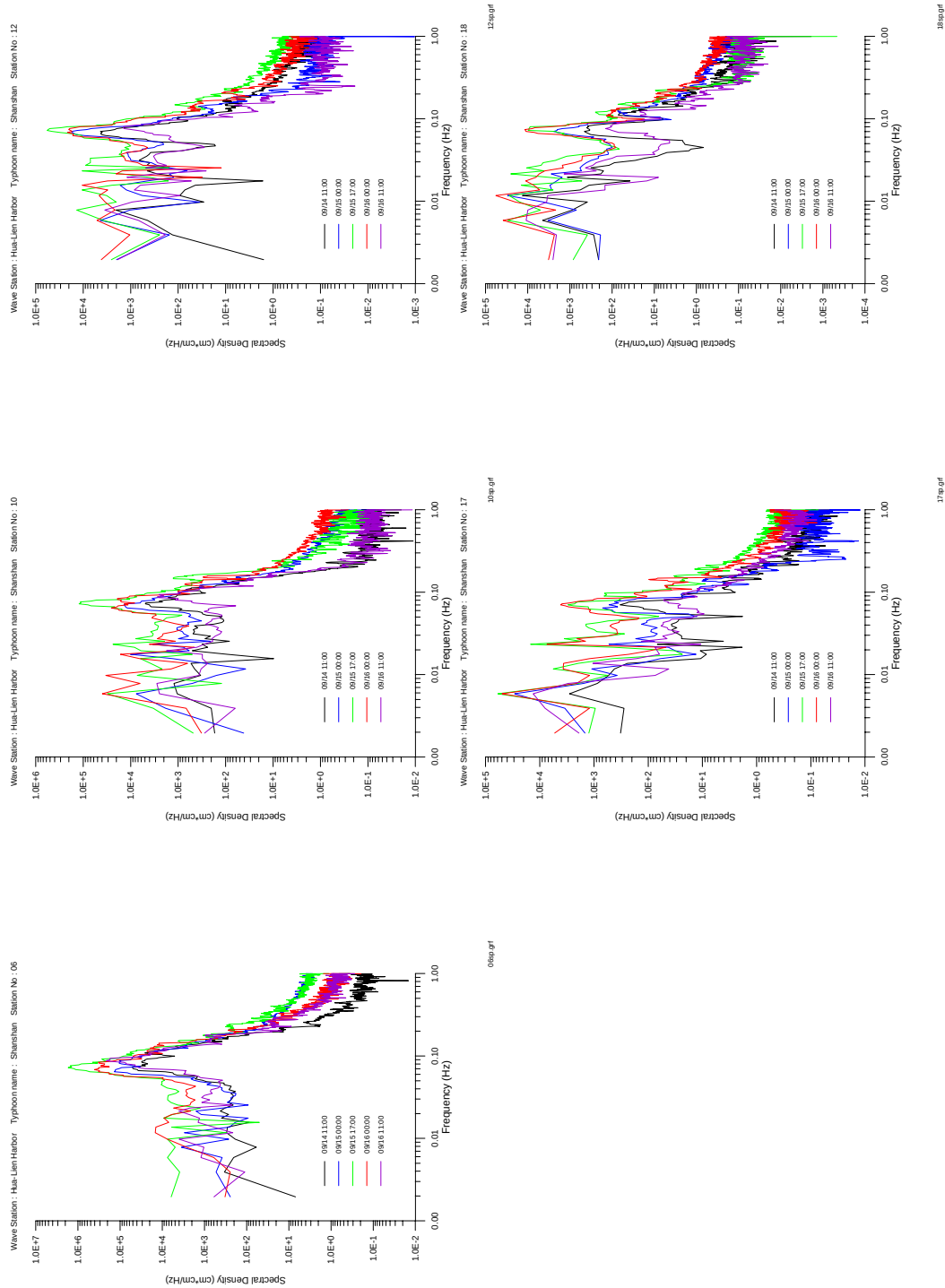


圖 3-12 珊珊颱風各測點波浪不同時間能譜演變

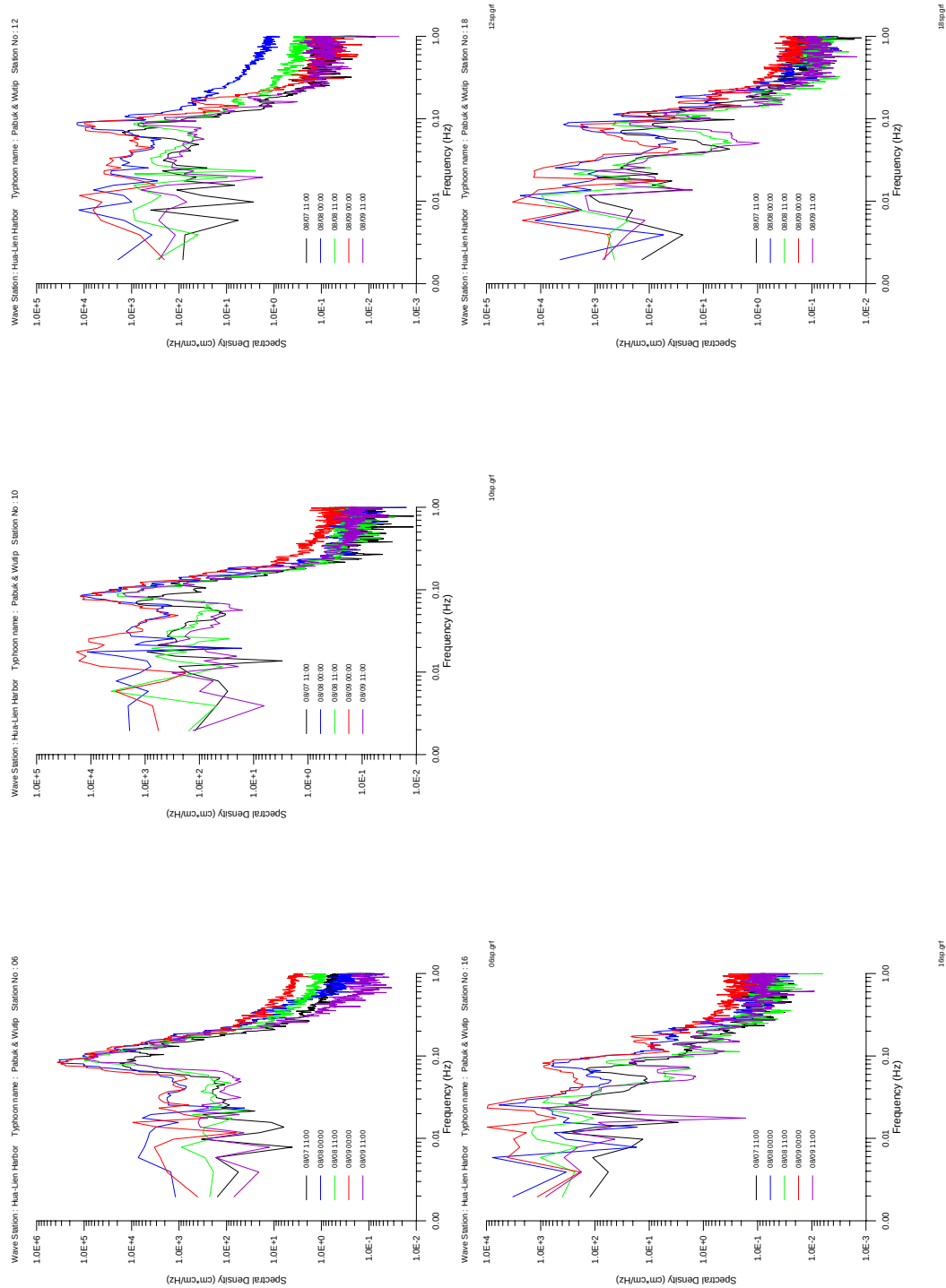


圖 3-13 帕布及梧提颱風各測點波浪不同時間能譜演變

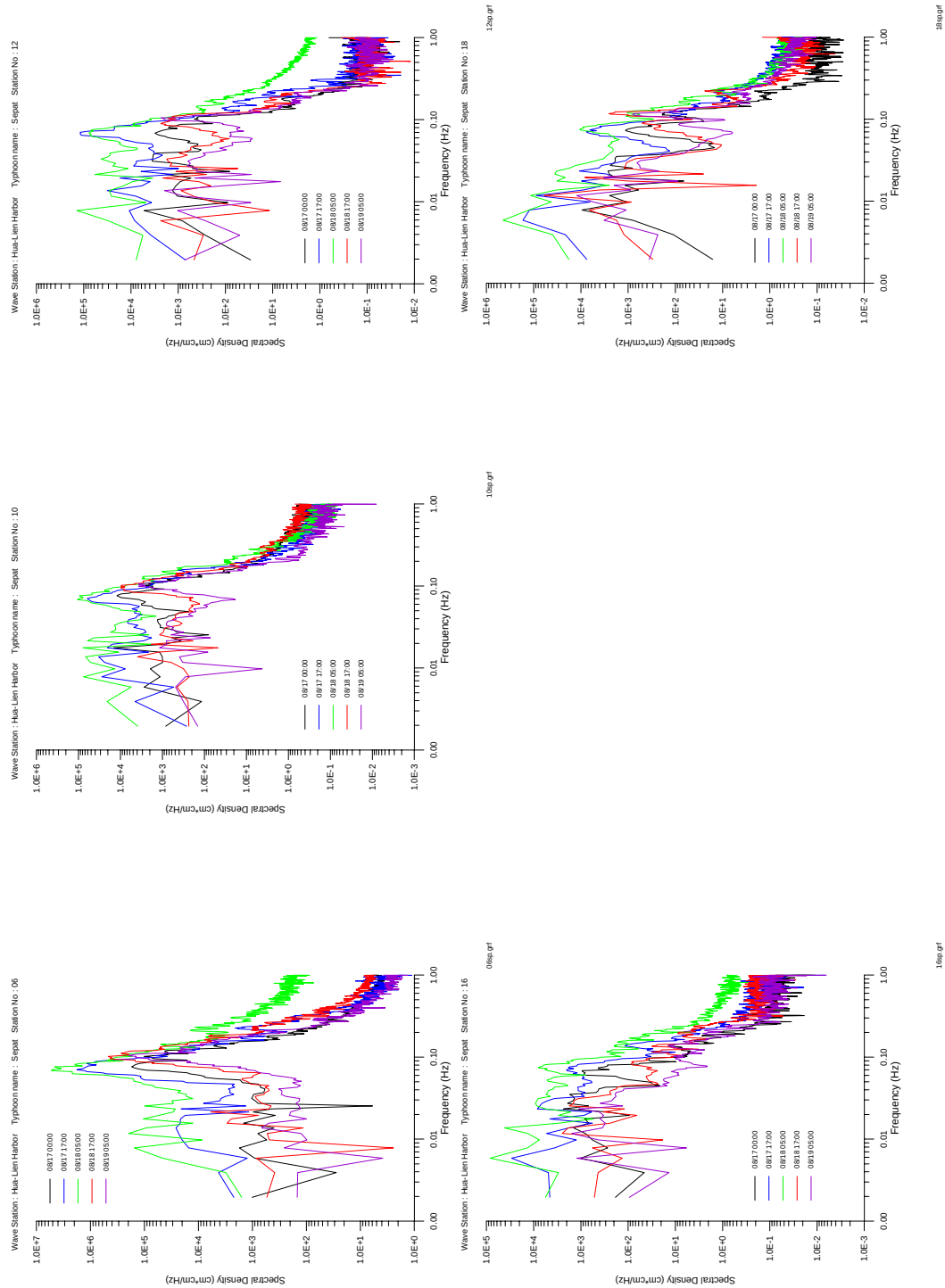


圖 3-14 聖帕颱風各測點波浪不同時間能譜演變

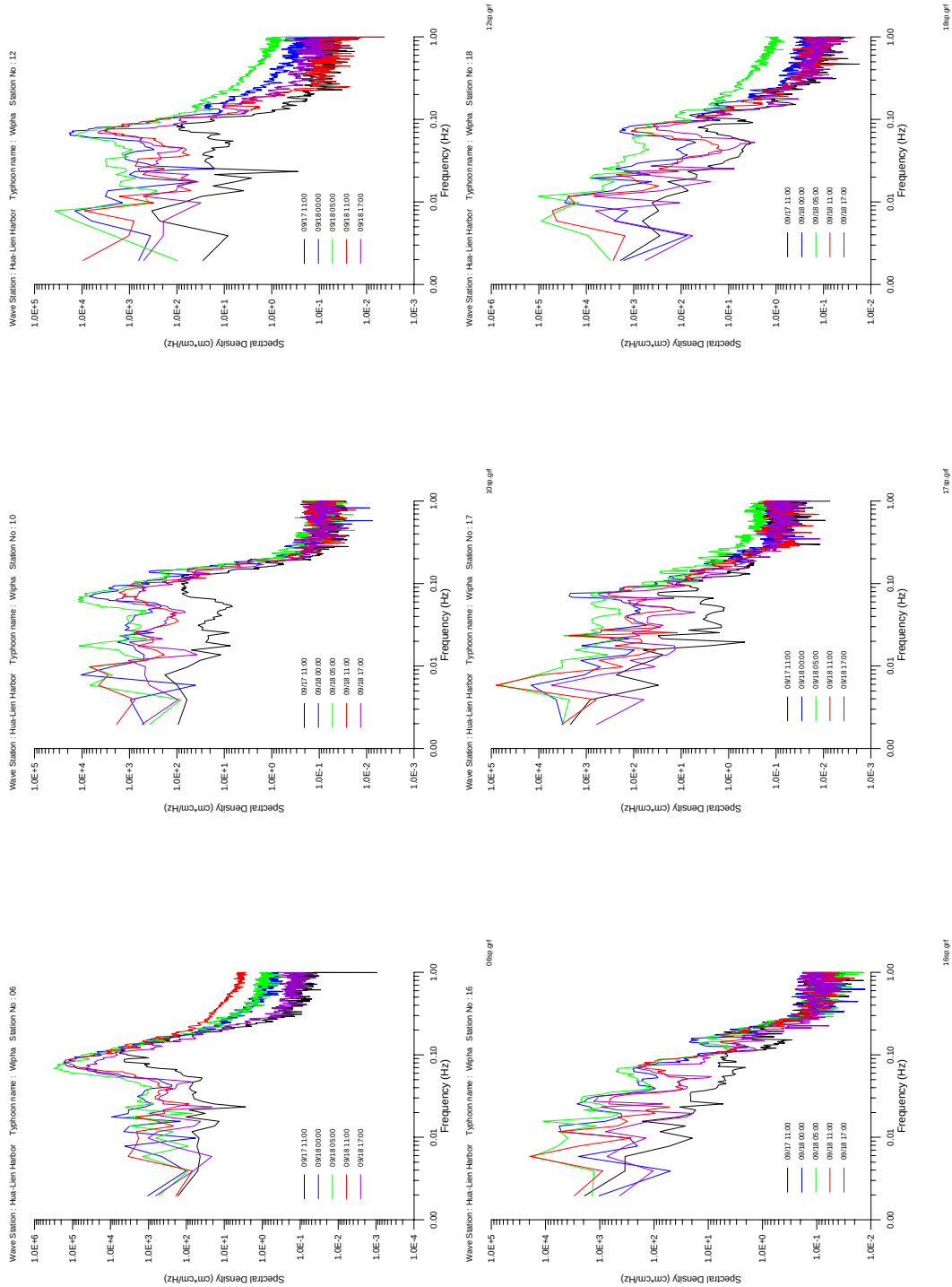


圖 3-15 韋帕颱風各測點波浪不同時間能譜演變

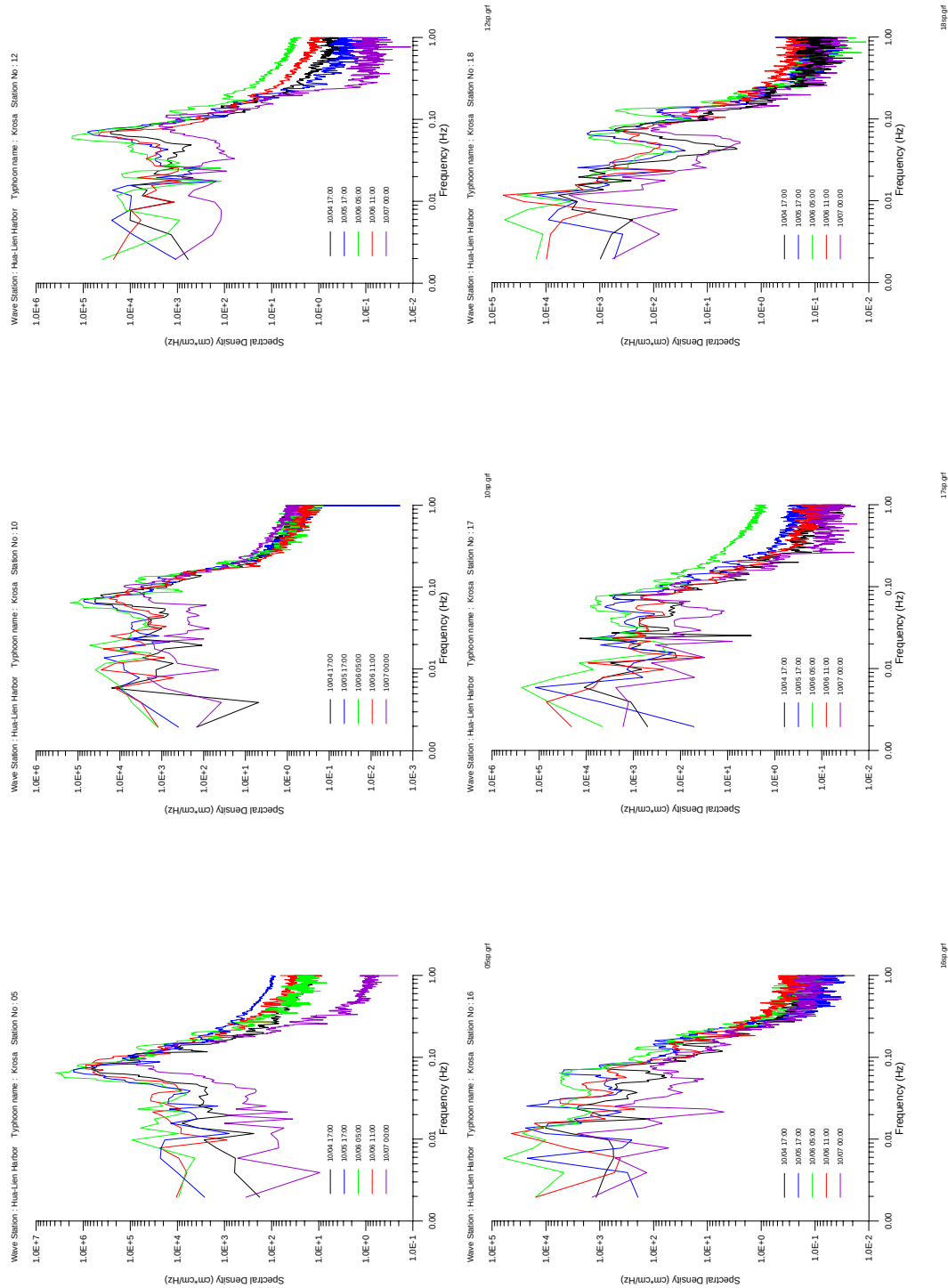


圖 3-16 柯羅莎颱風各測點波浪不同時間能譜演變

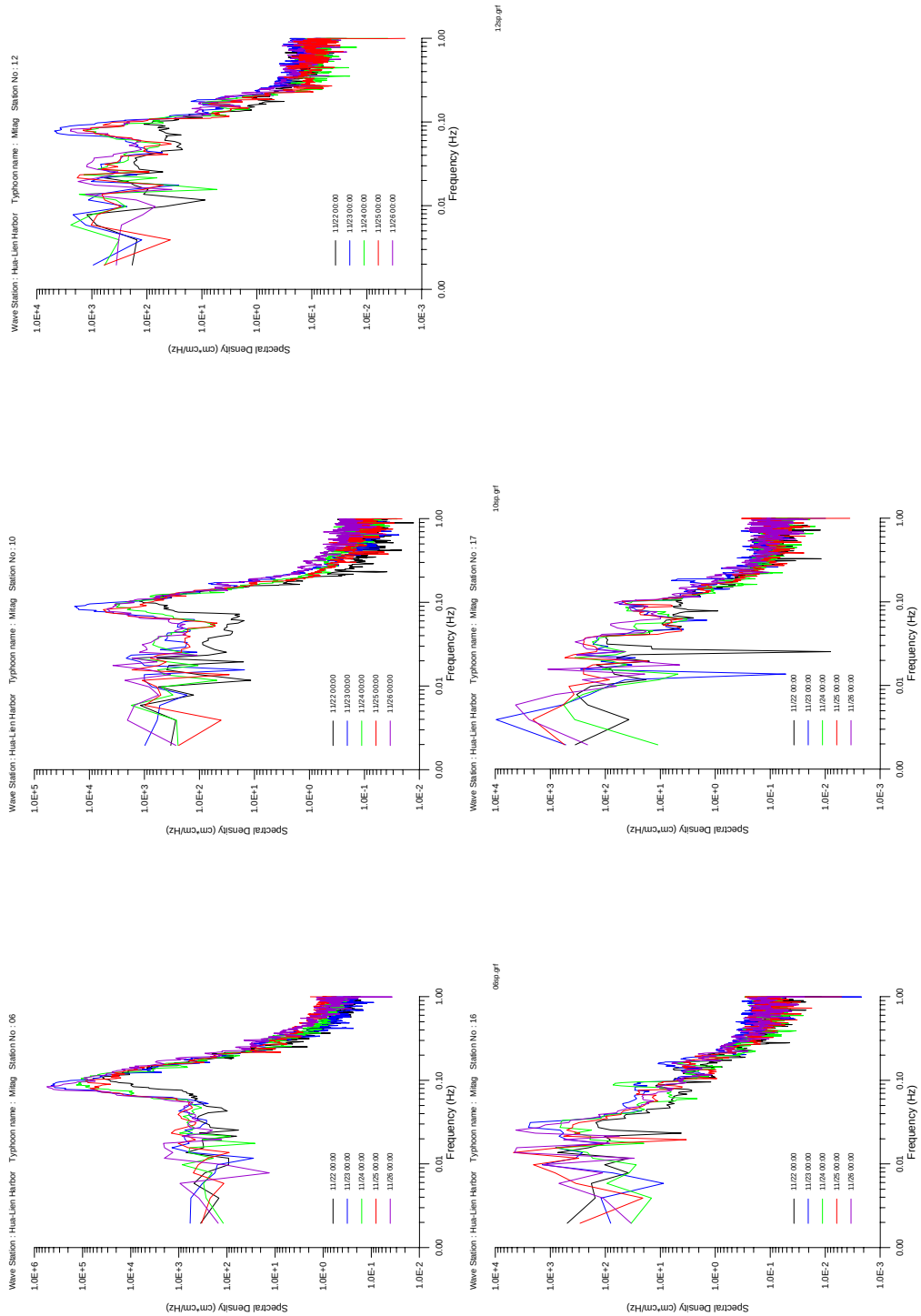


圖 3-17 米塔颱風各測點波浪不同時間能譜演變

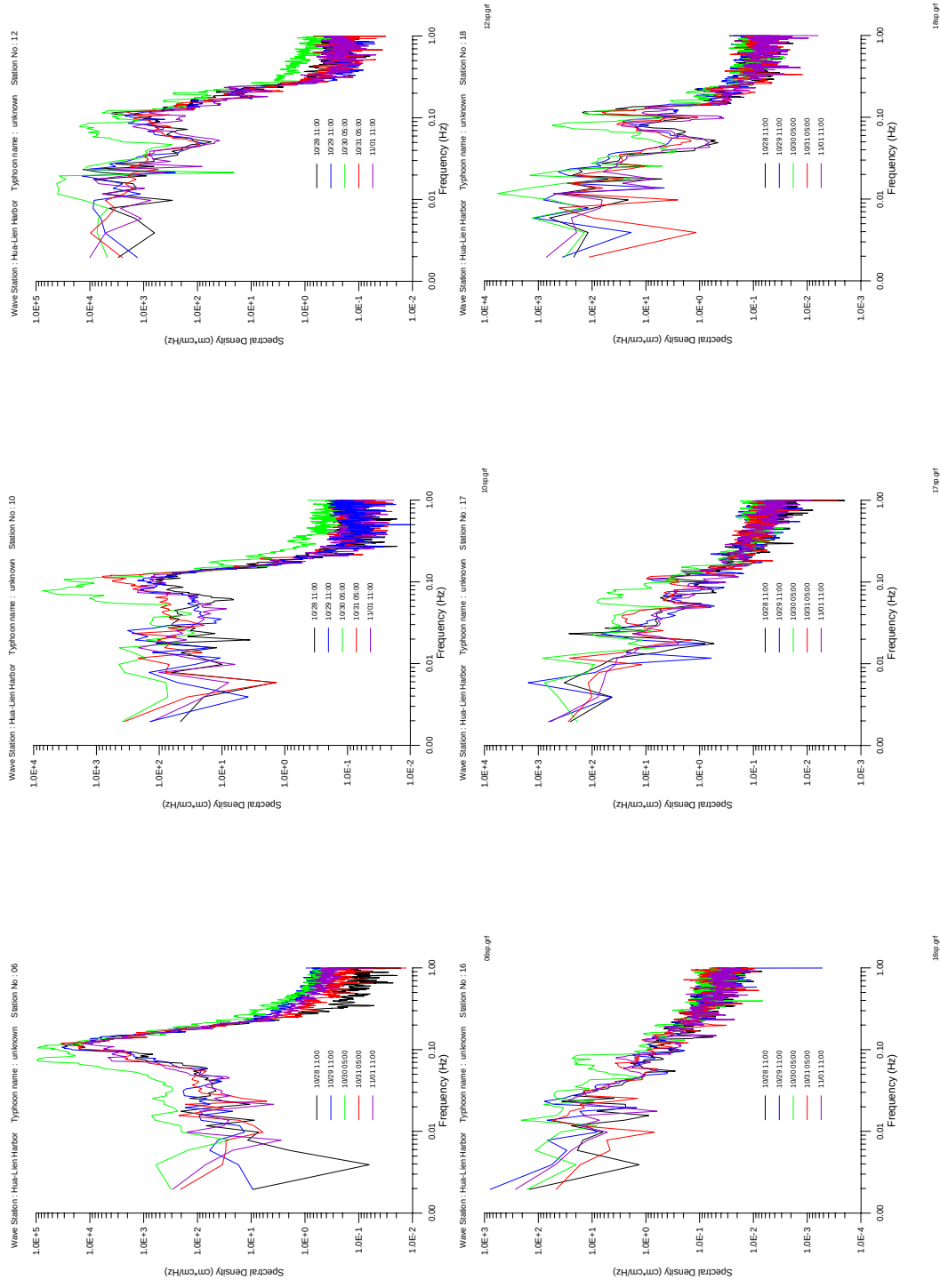
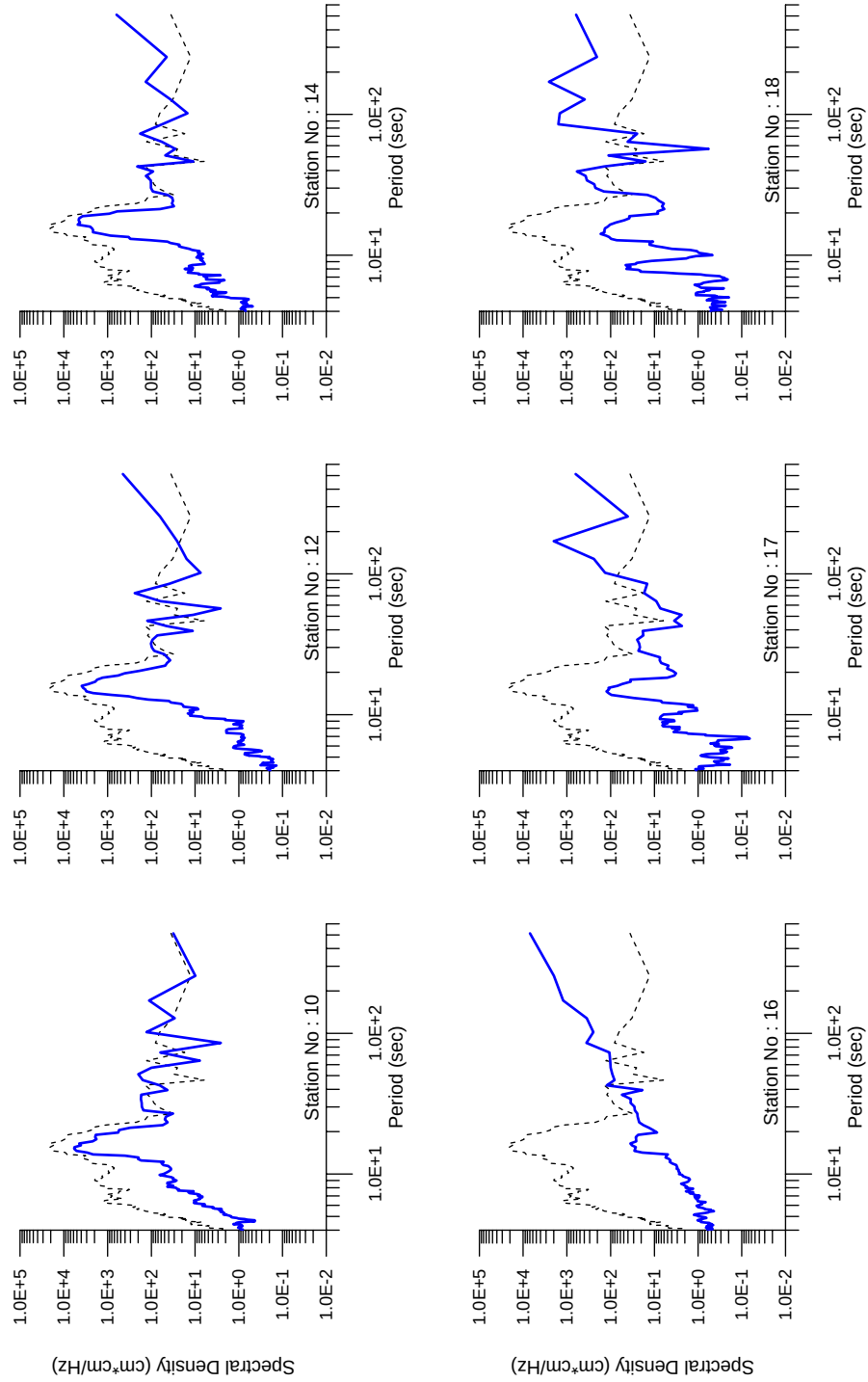


圖 3-18 東北季風各測點波浪不同時間能譜演變

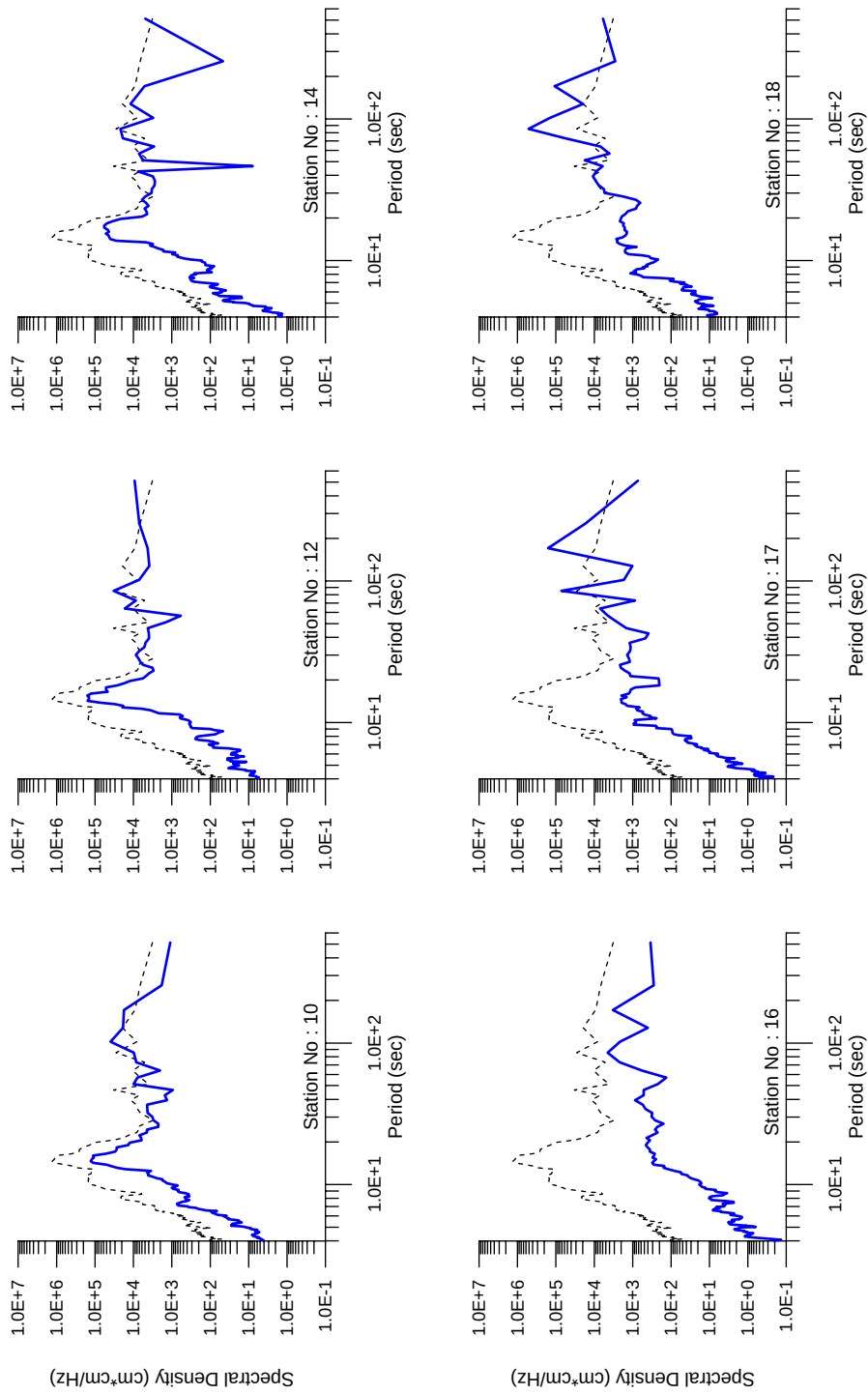
Wave Station : Hualien harbor Typhoon name : Haitang Date : 2005/07/16 17:00



071617sp.grf

圖 3-19 海棠颱風同時間（07/16 17:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

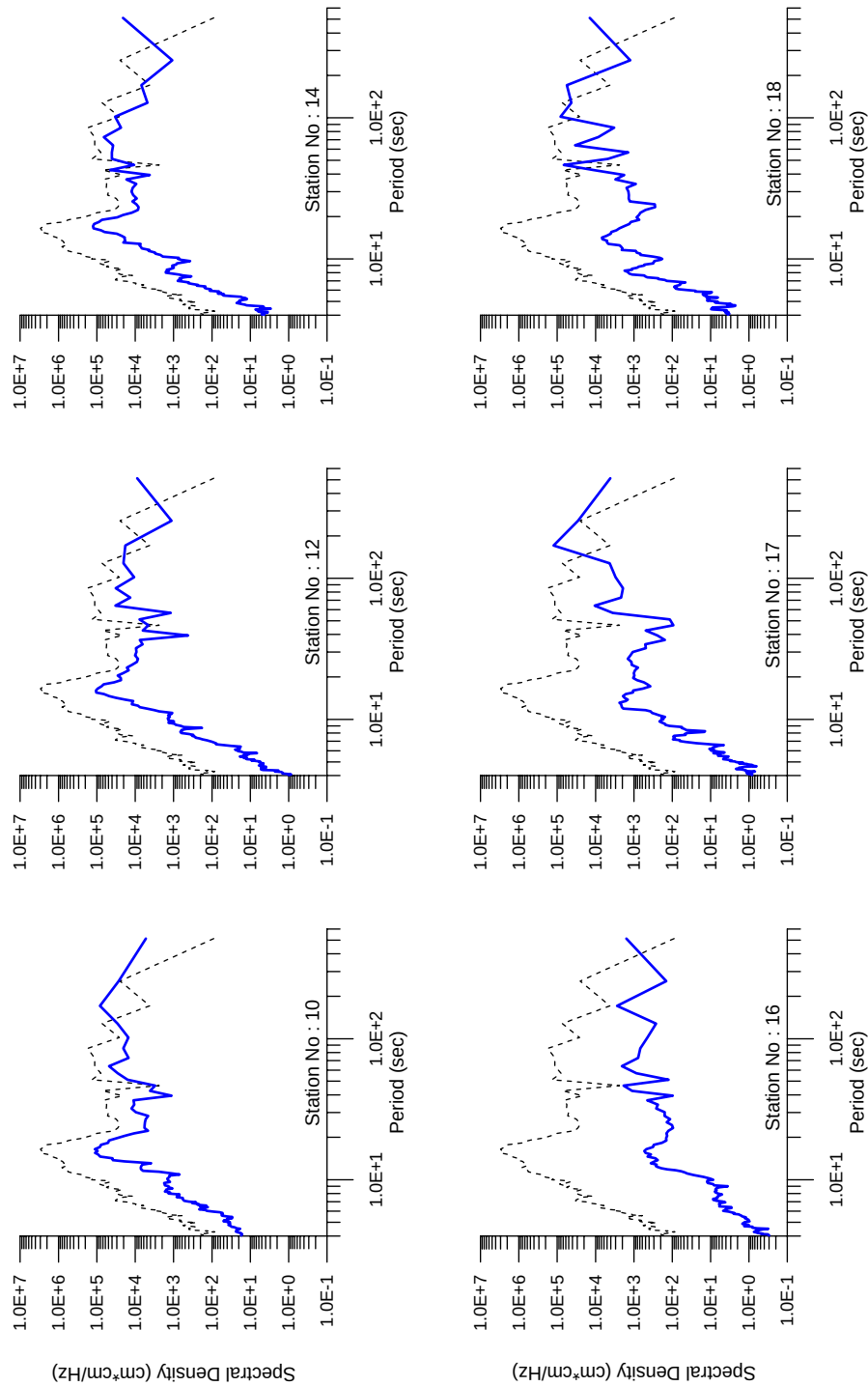
Wave Station : Hualien harbor Typhoon name : Haitang Date : 2005/07/17 11:00



071711sp.gif

圖 3-20 海棠颱風同時間（07/17 11:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

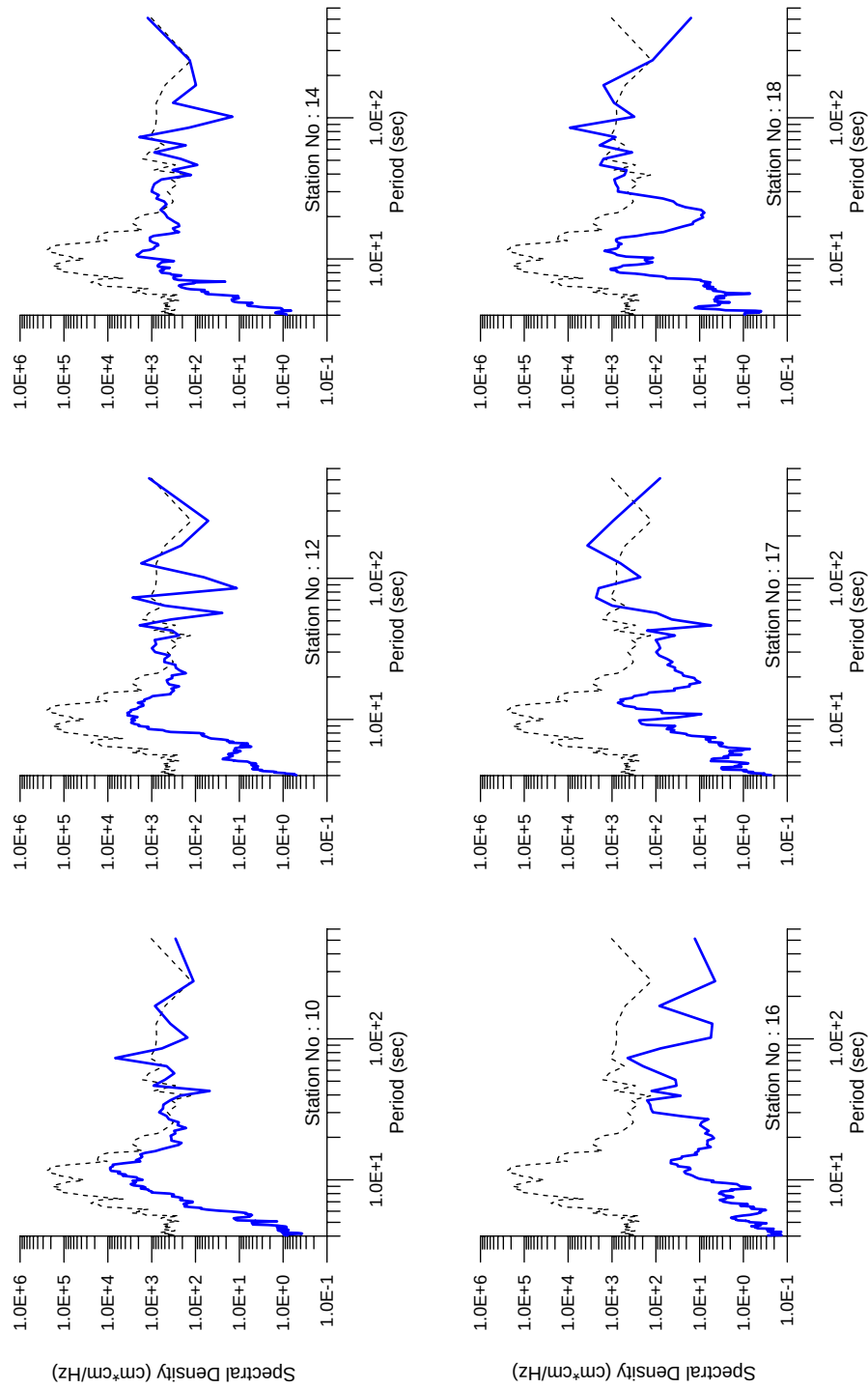
Wave Station : Hualien harbor Typhoon name : Haitang Date : 2005/07/18 00:00



071800sp.grf

圖 3-21 海棠颱風同時間（07/18 00:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

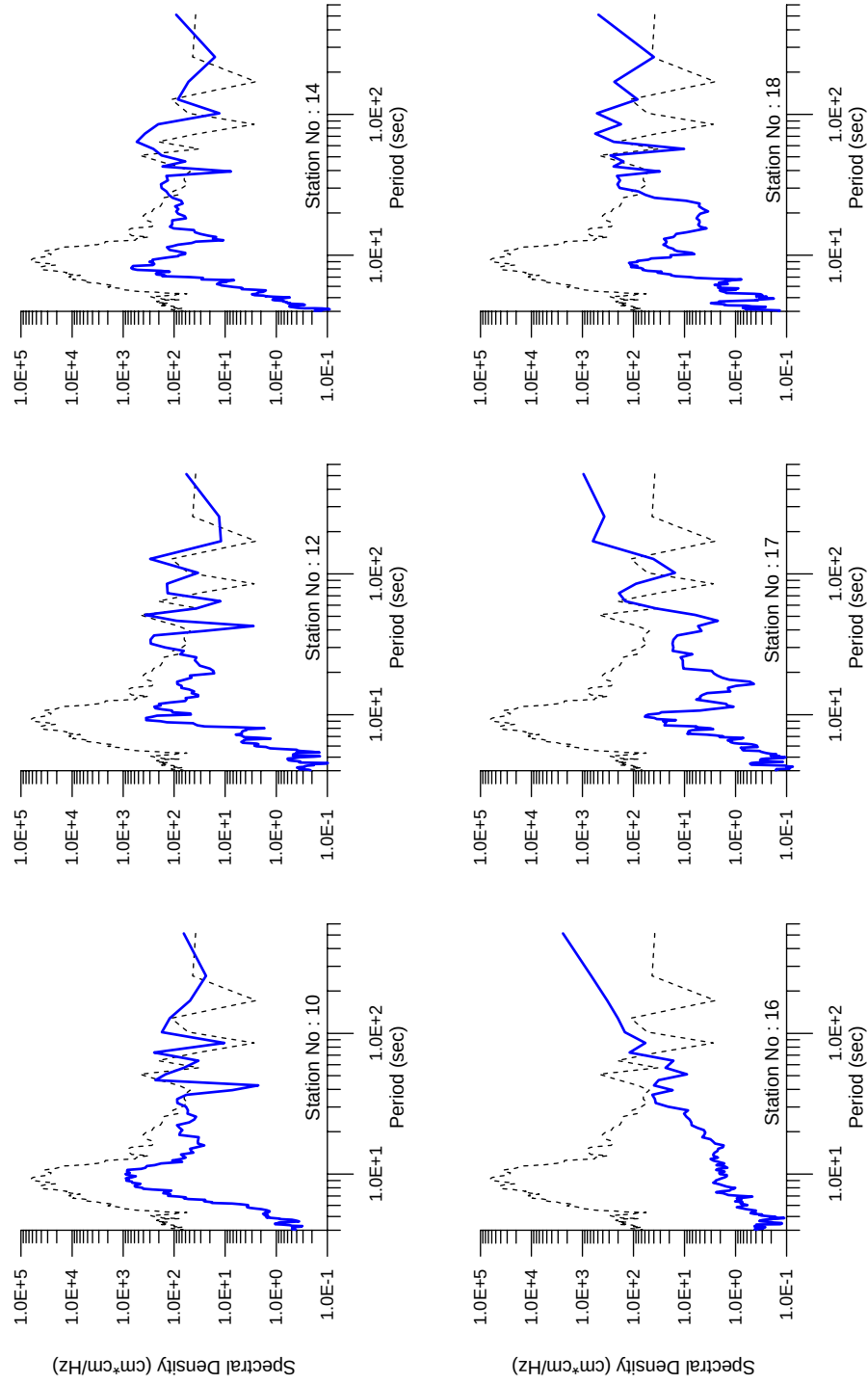
Wave Station : Hualien harbor Typhoon name : Haitang Date : 2005/07/19 00:00



071900sp.grf

圖 3-22 海棠颱風同時間（07/19 00:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

Wave Station : Hualien harbor Typhoon name : Haitang Date : 2005/07/20 00:00



072000sp.grf

圖 3-23 海棠颱風同時間（07/20 00:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

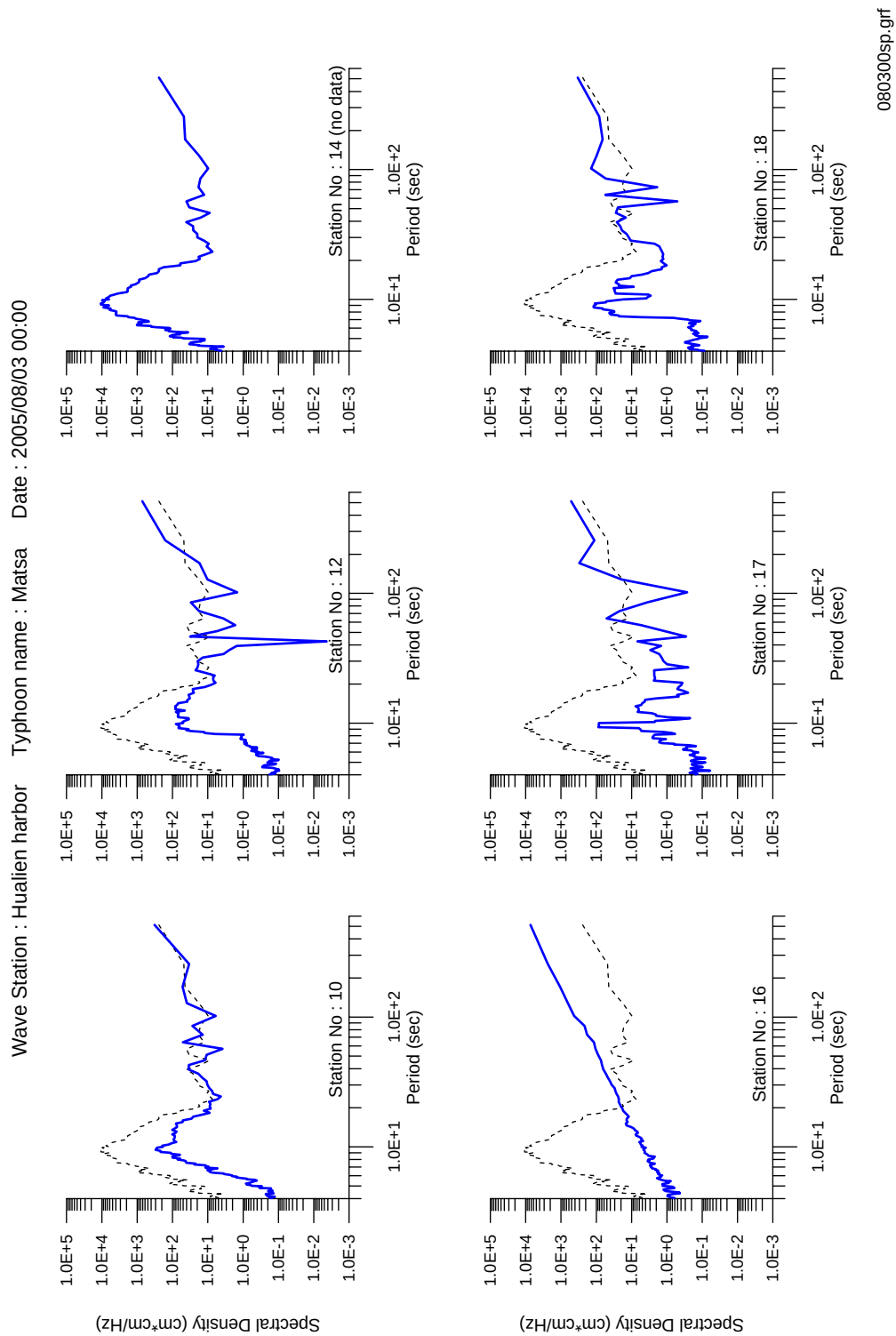


圖 3-24 馬莎颱風同時間（08/03 00:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

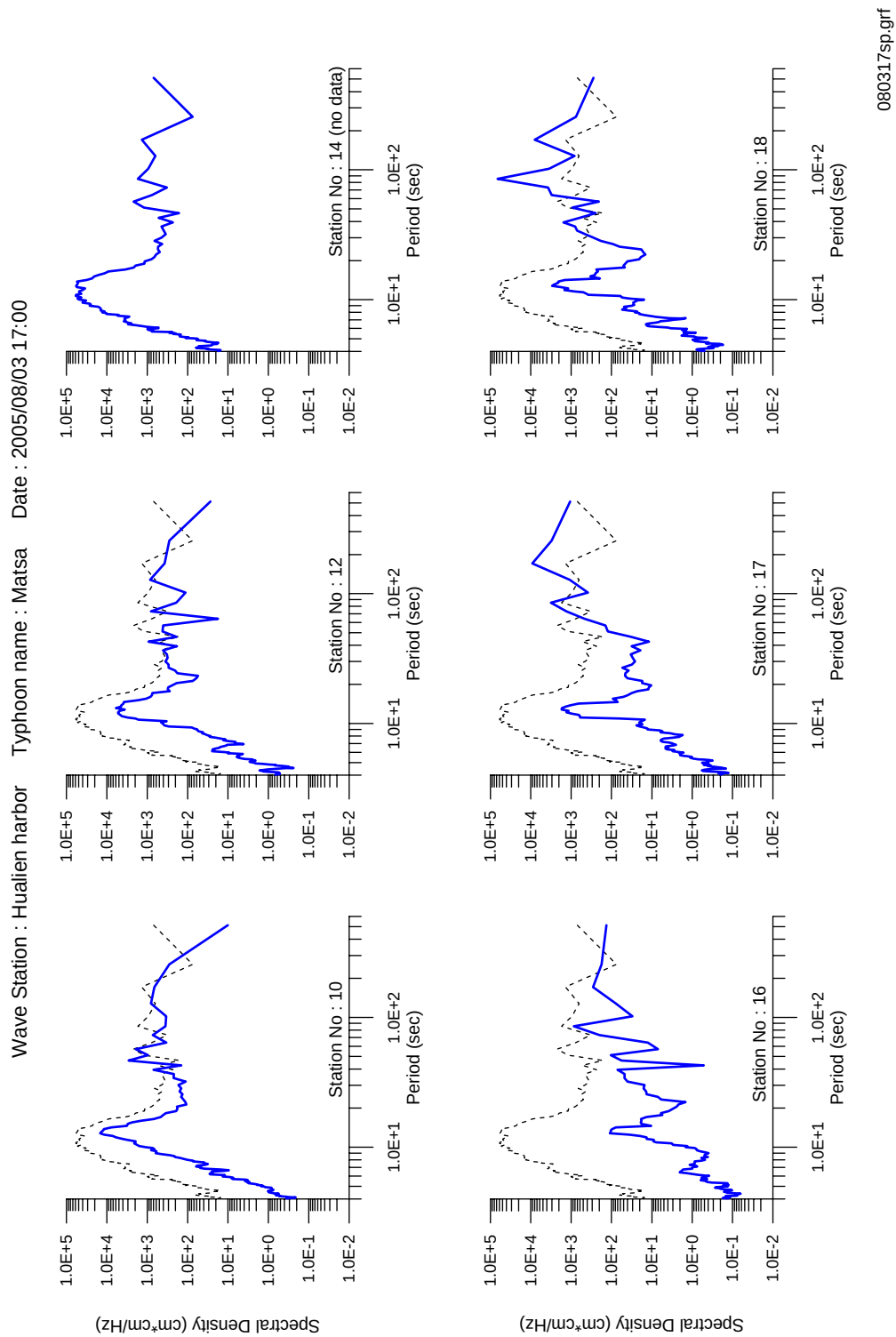


圖 3-25 馬莎颱風同時間（08/03 17:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

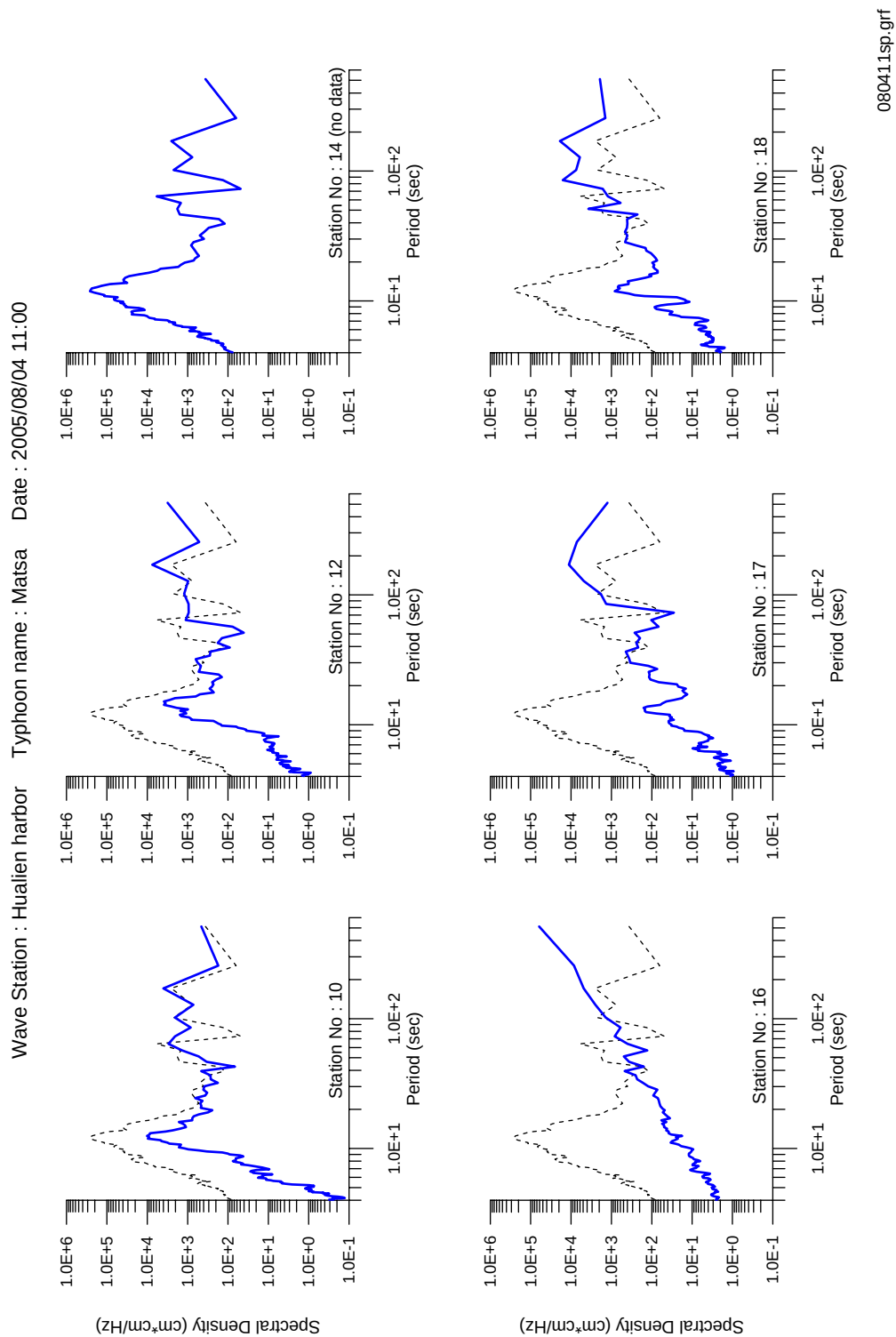


圖 3-26 馬莎颱風同時間（08/04 11:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

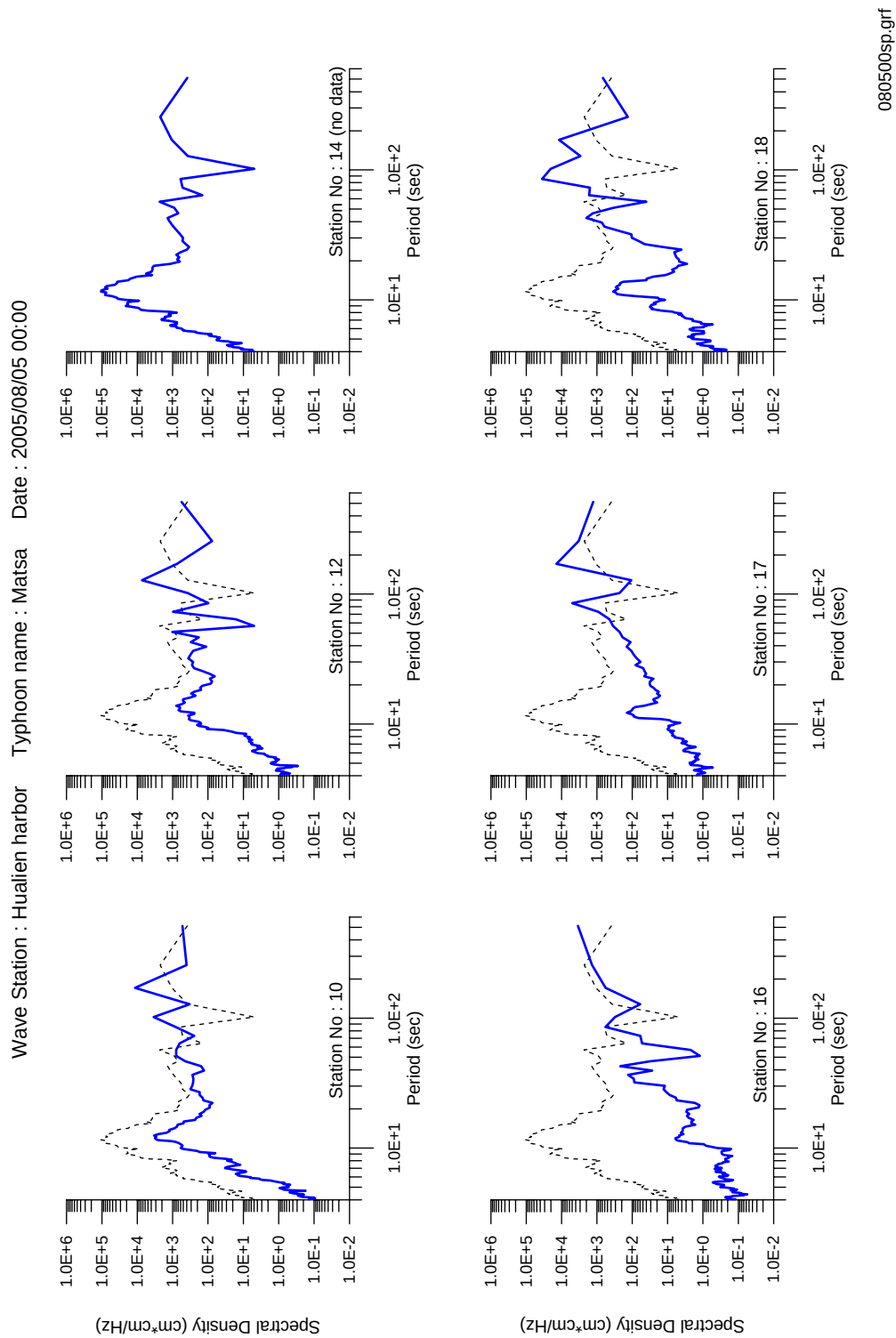


圖 3-27 馬莎颱風同時間（08/05 00:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

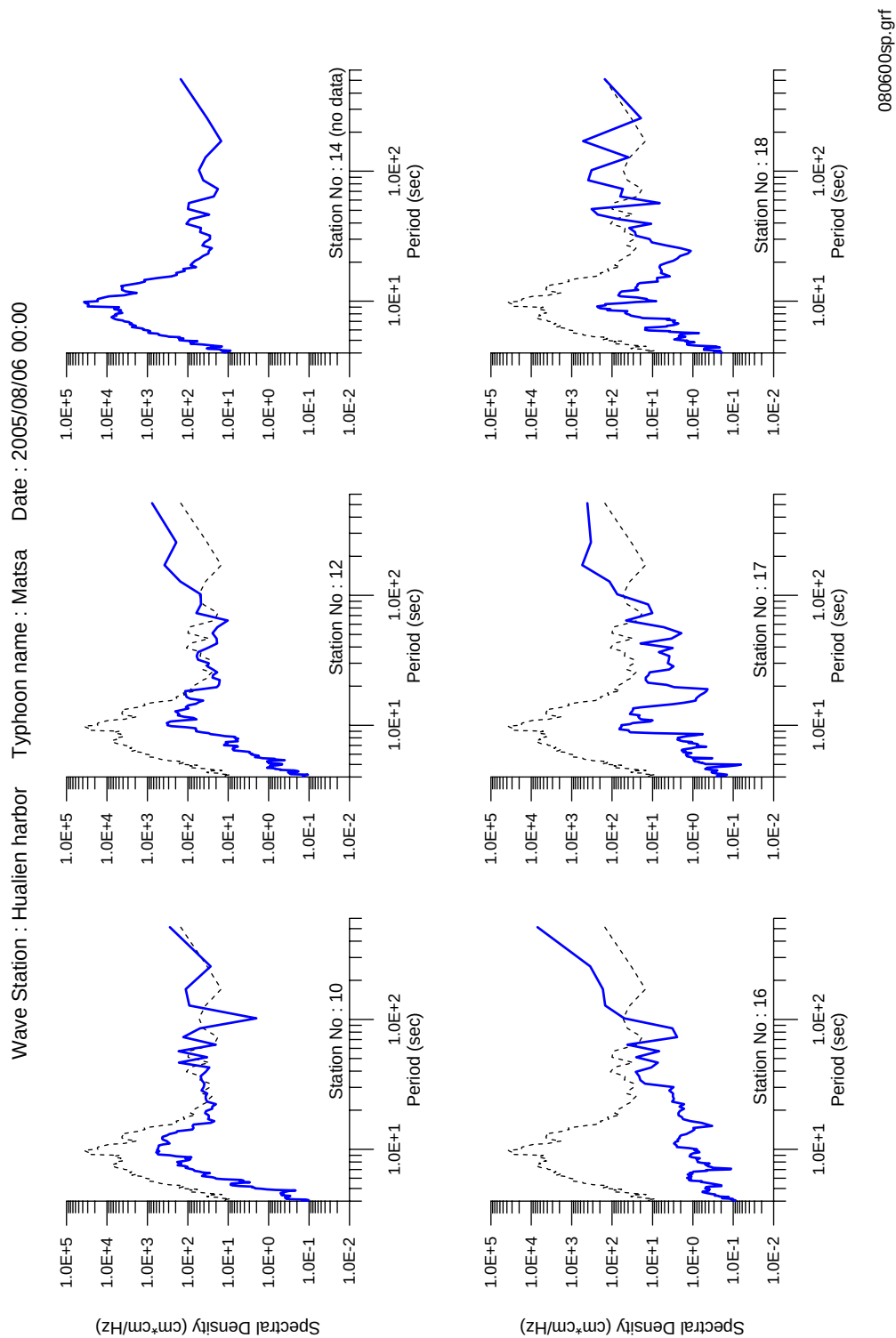


圖 3-28 馬莎颱風同時間（08/06 00:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

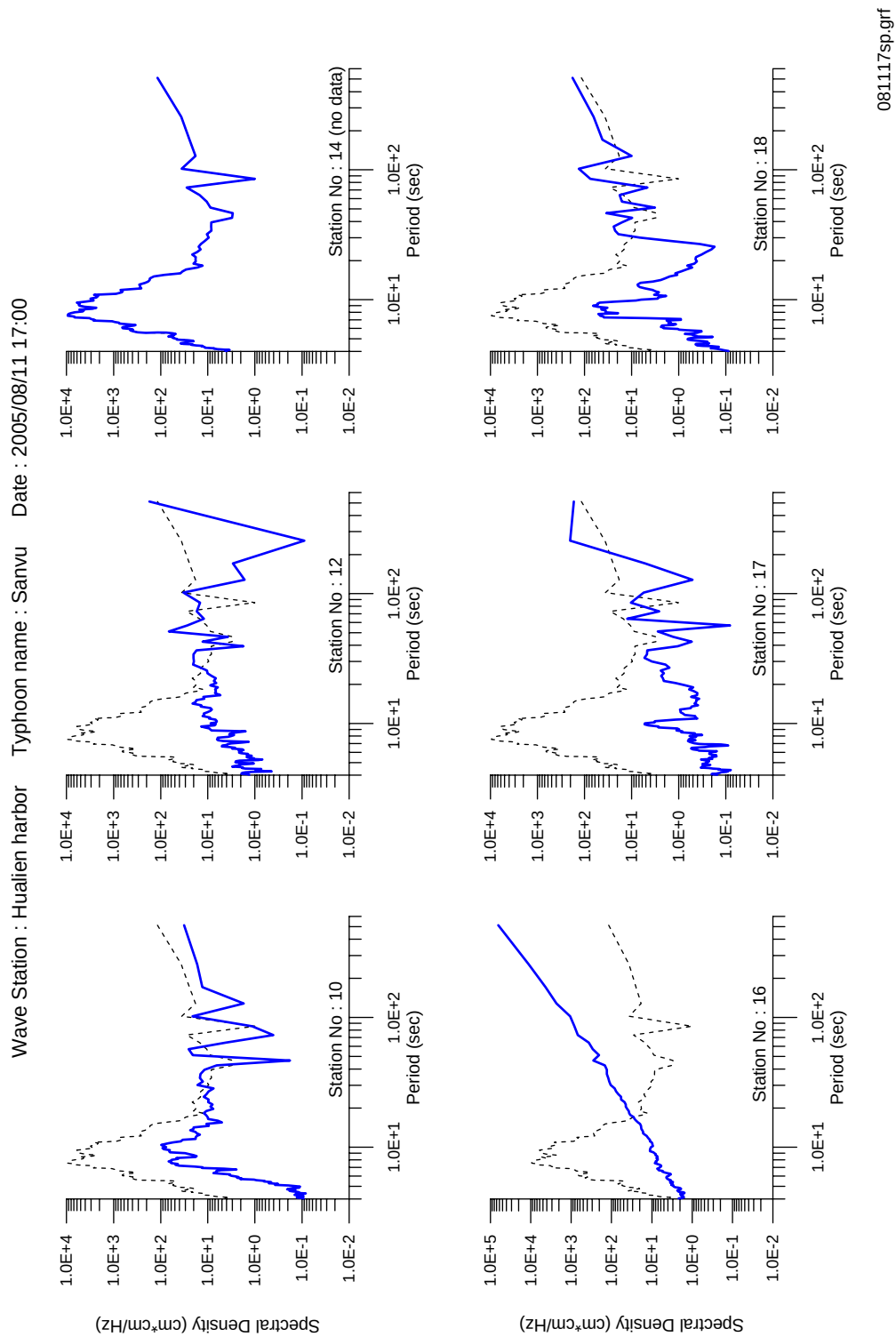


圖 3-29 珊瑚颱風同時間（08/11 17:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

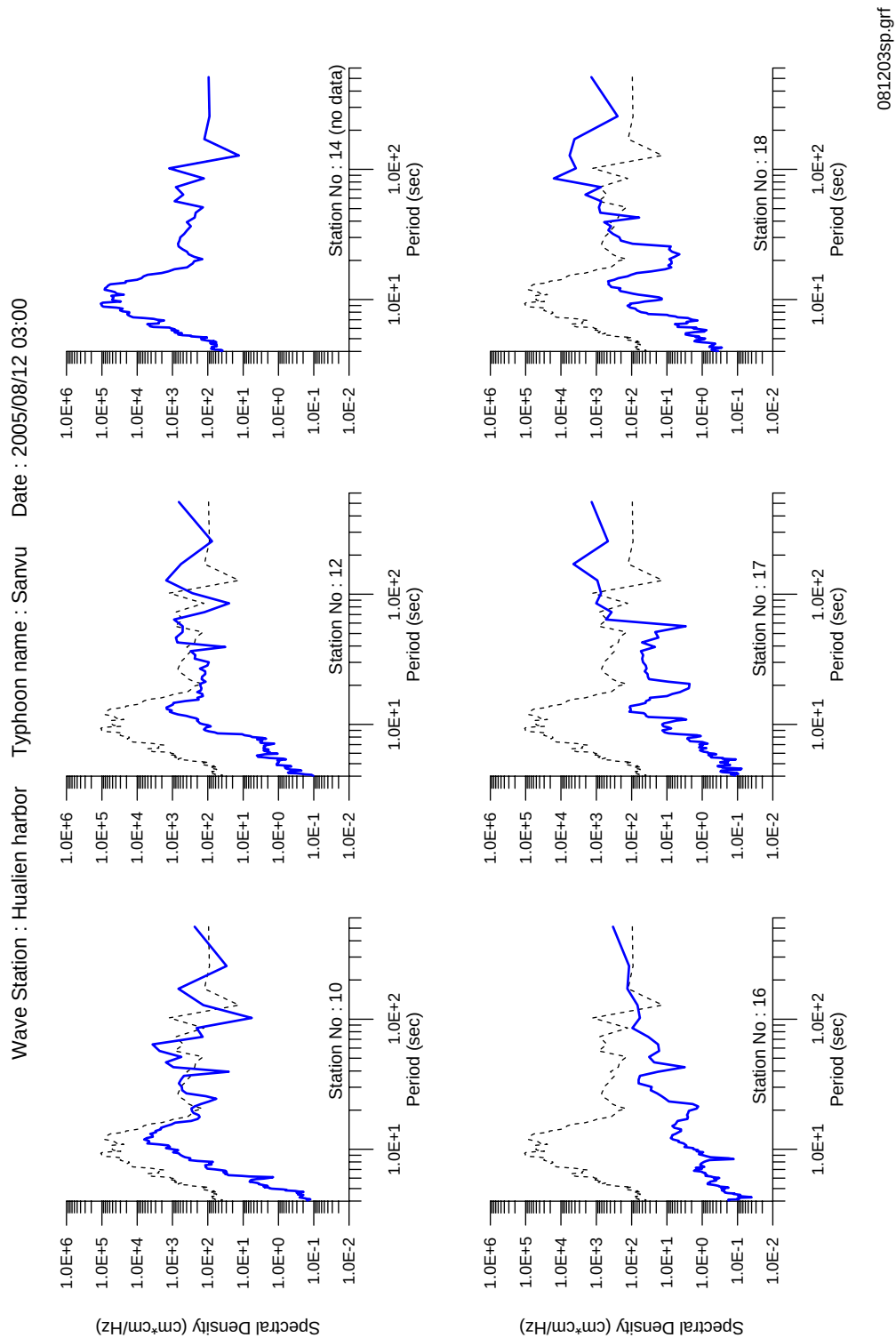


圖 3-30 珊瑚颱風同時間（08/12 03:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

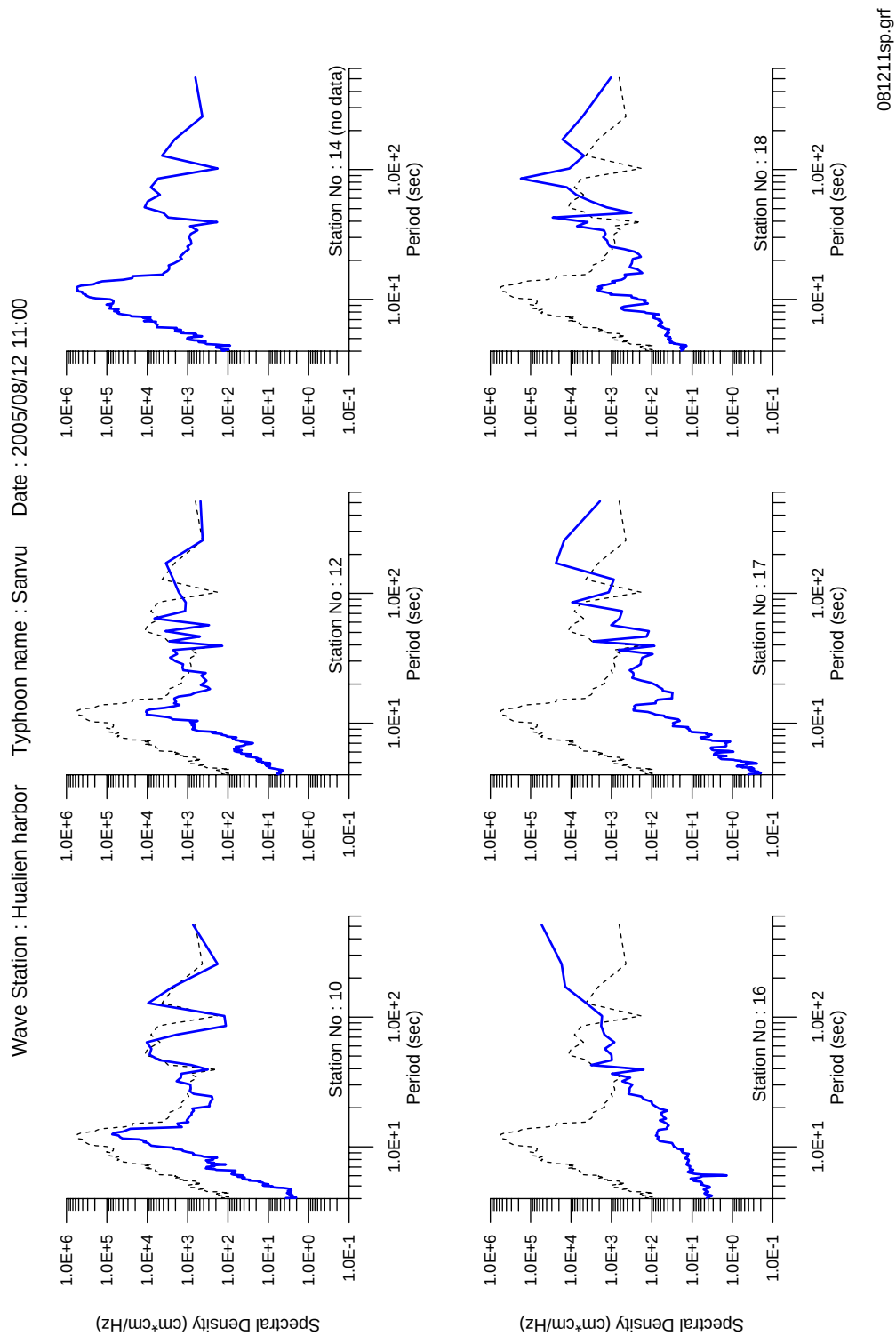


圖 3-31 珊瑚颱風同時間（08/12 11:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

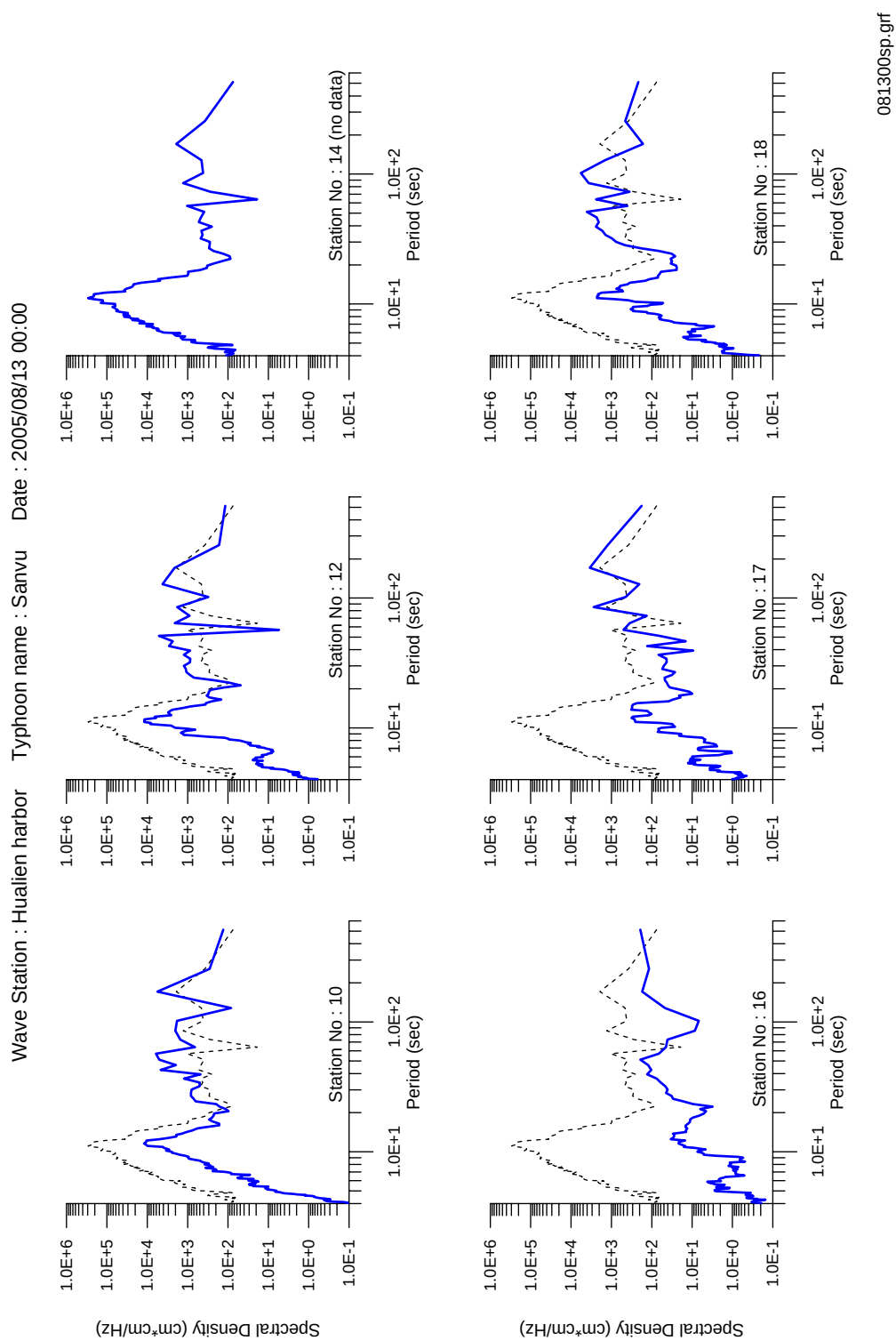


圖 3-32 珊瑚颱風同時間（08/13 00:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

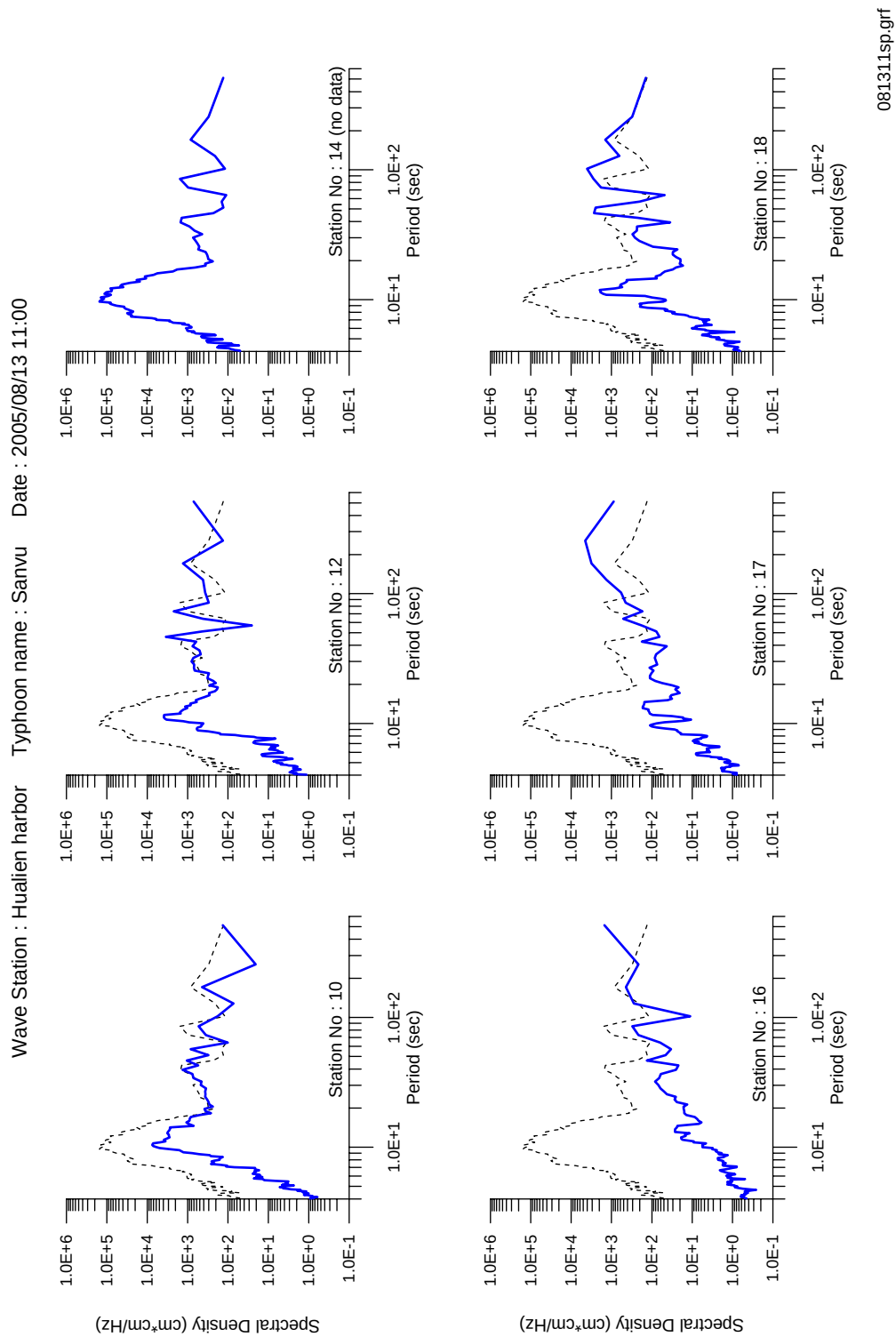
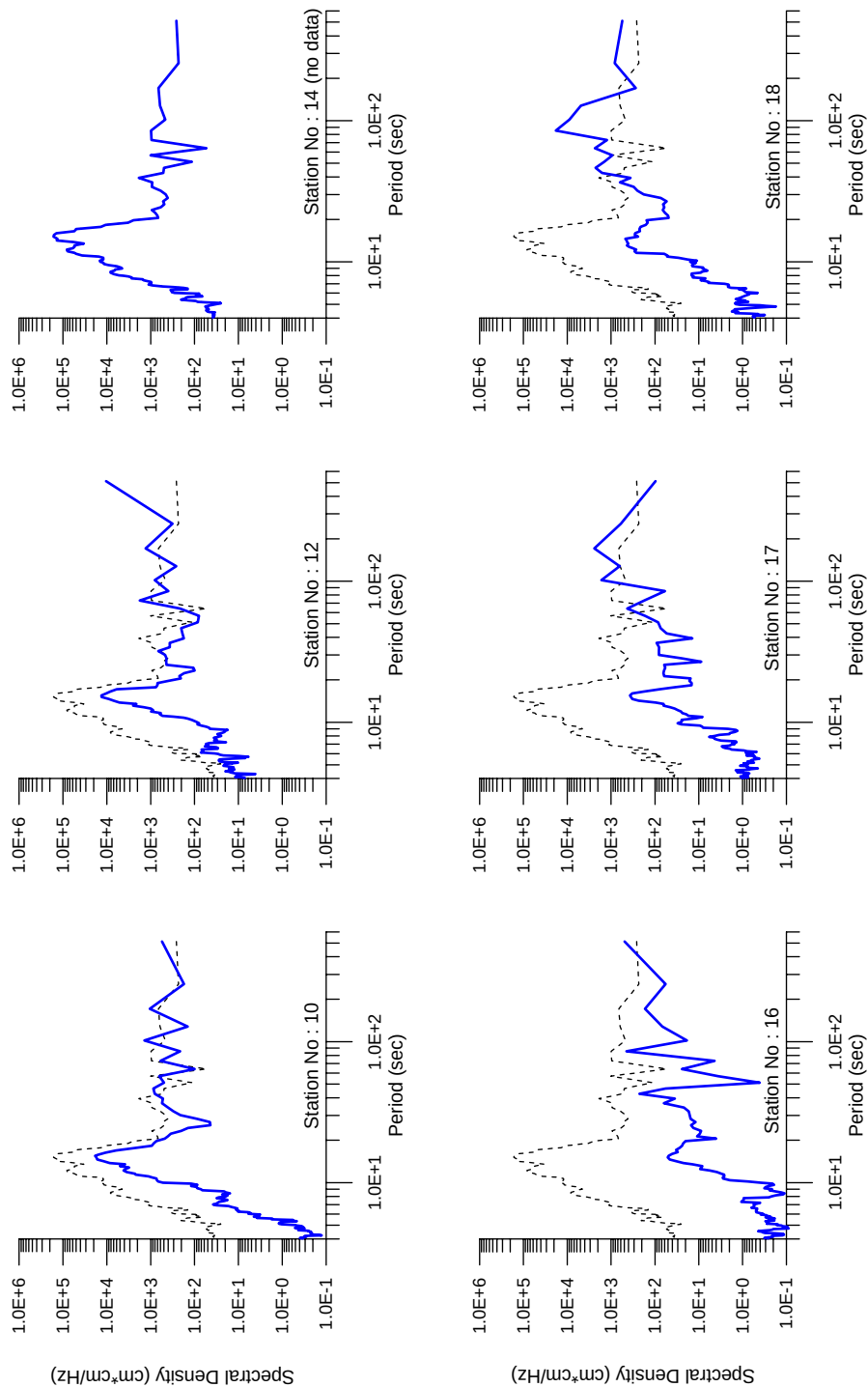


圖 3-33 珊瑚颱風同時間（08/13 11:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

Wave Station : Hualien harbor Typhoon name : Talim Date : 2005/08/30 11:00



083011sp.grf

圖 3-34 泰利颱風同時間（08/30 11:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

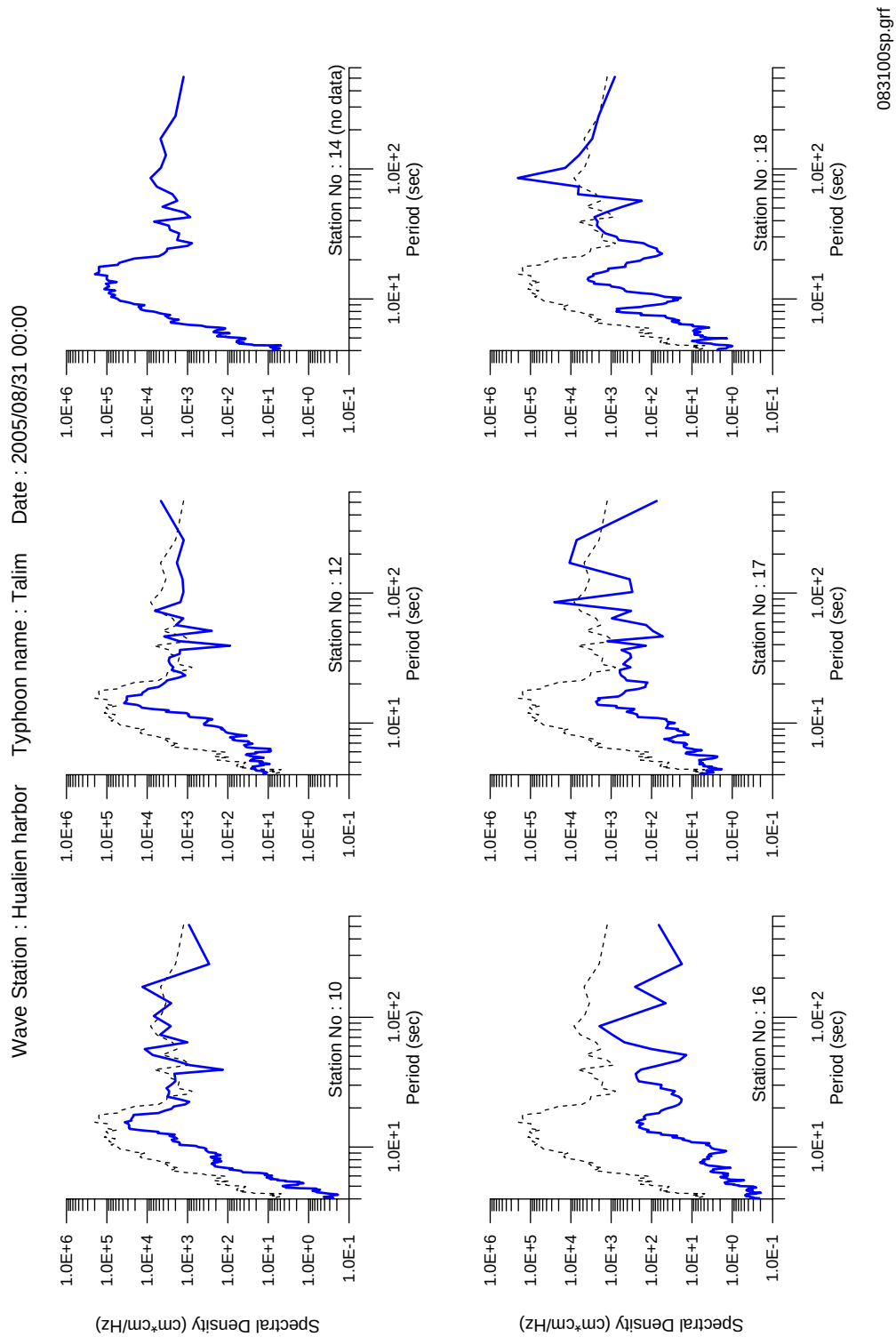


圖 3-35 泰利颱風同時間（08/31 00:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

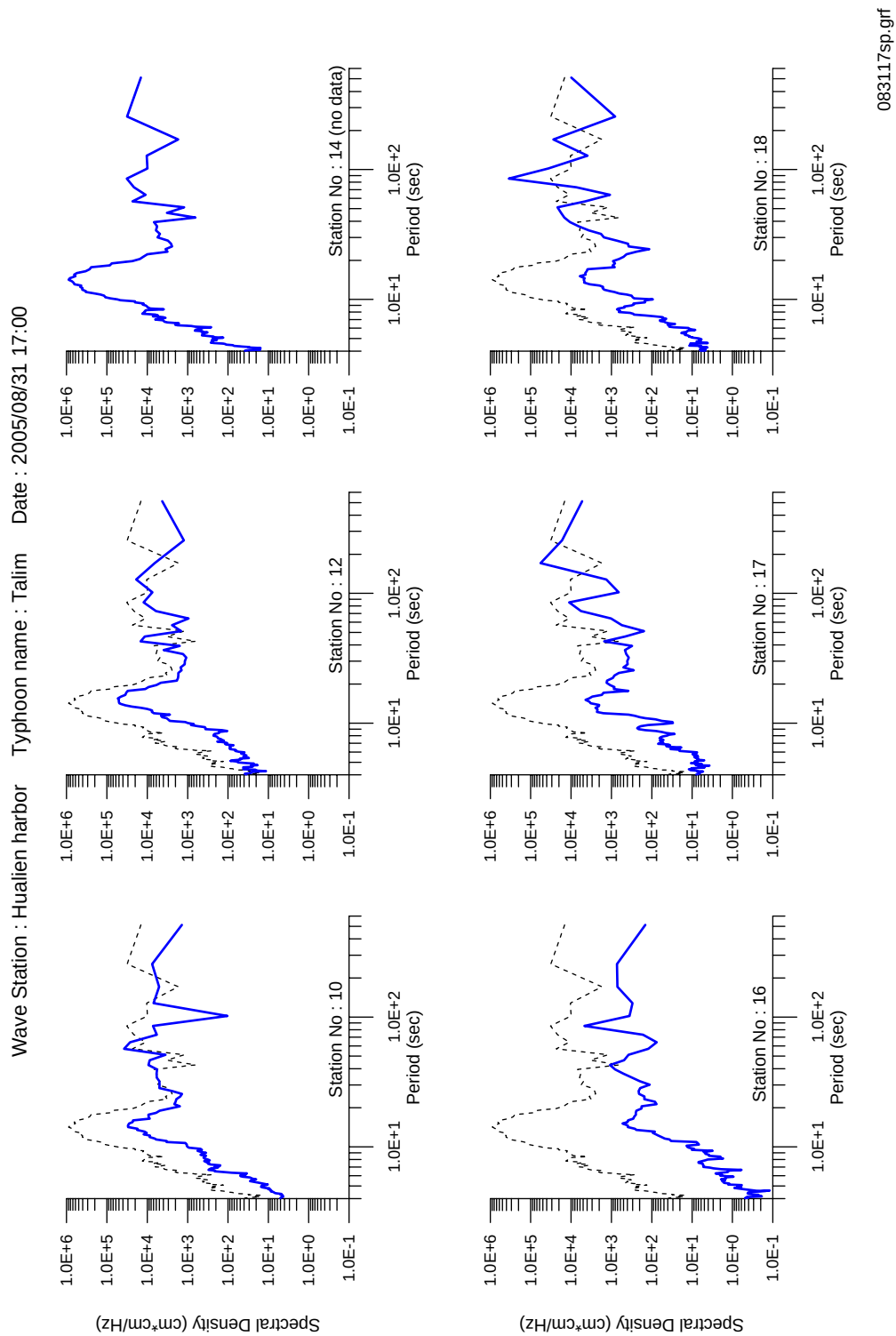
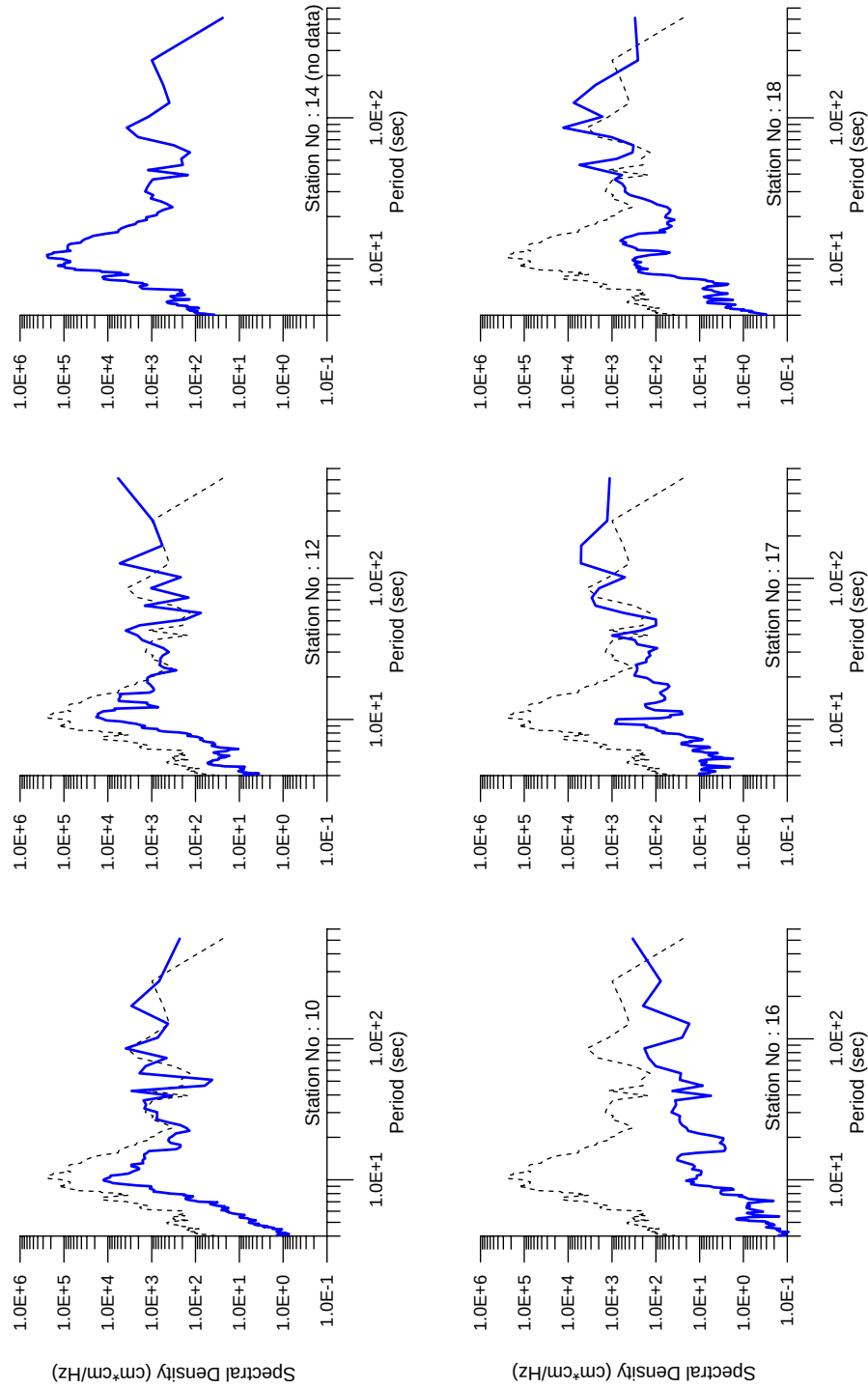


圖 3-36 泰利颱風同時間（08/31 17:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

Wave Station : Hualien harbor Typhoon name : Talim Date : 2005/09/01 05:00



090105sp.grf

圖 3-37 泰利颱風同時間（09/01 05:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

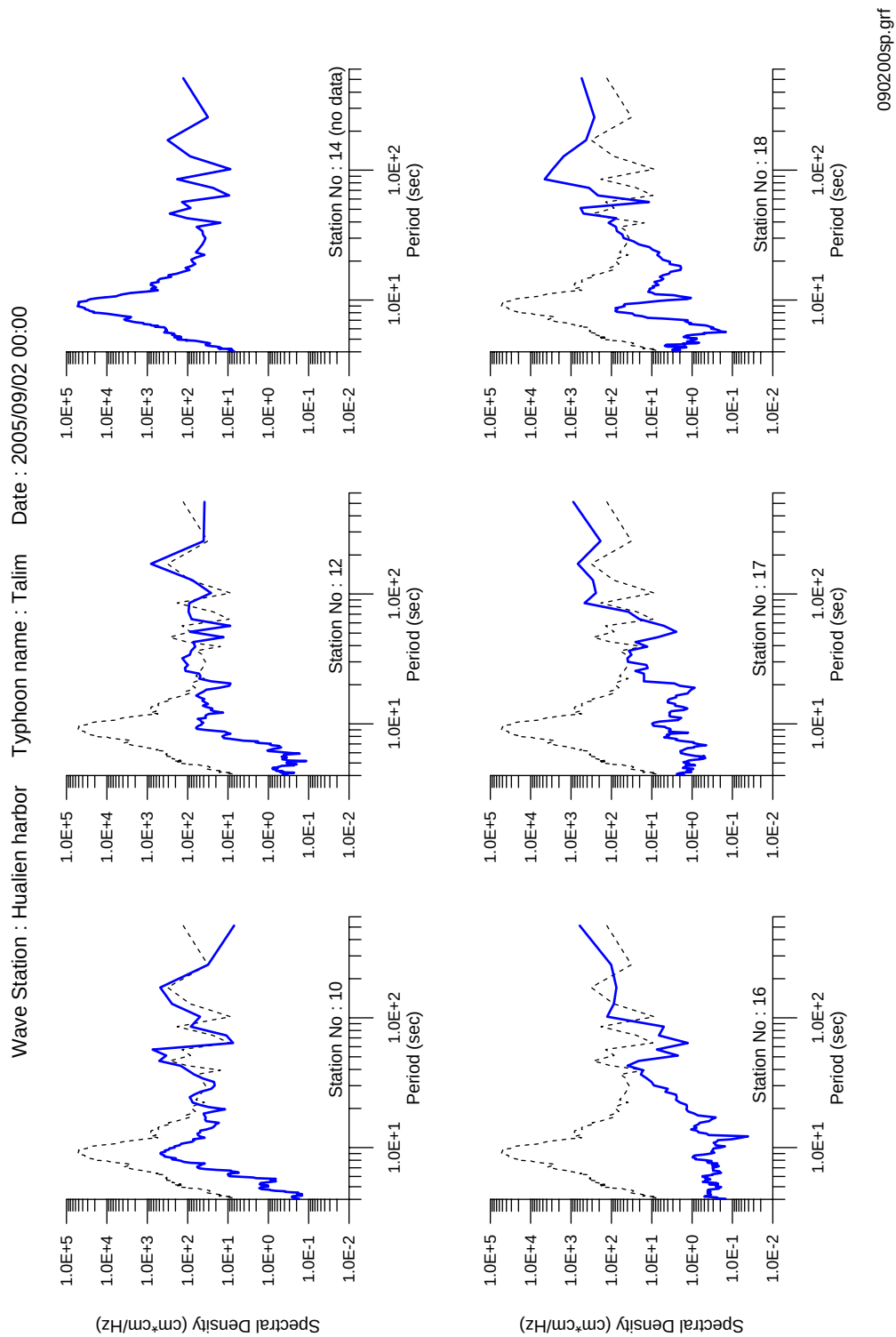


圖 3-38 泰利颱風同時間（09/02 00:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

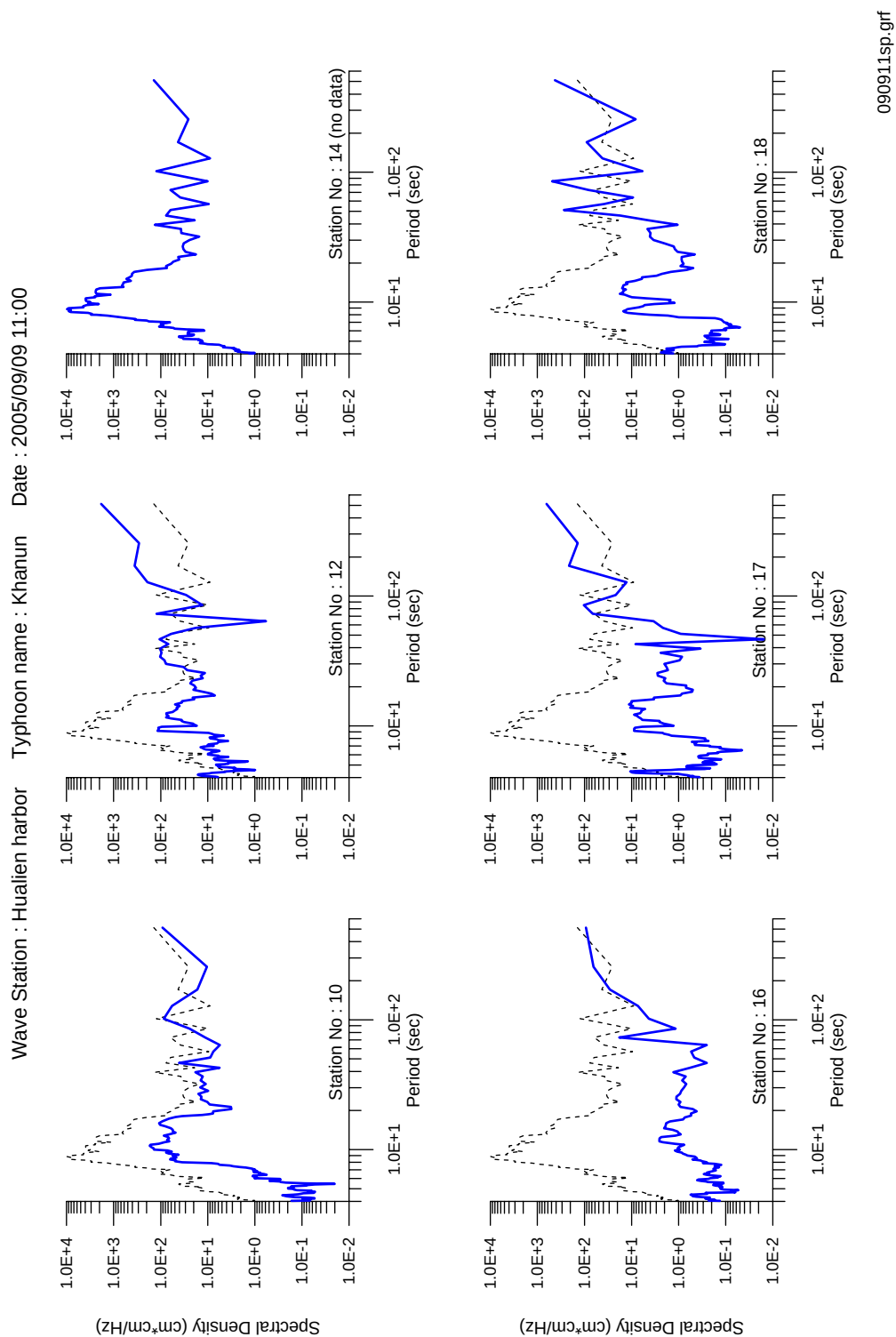
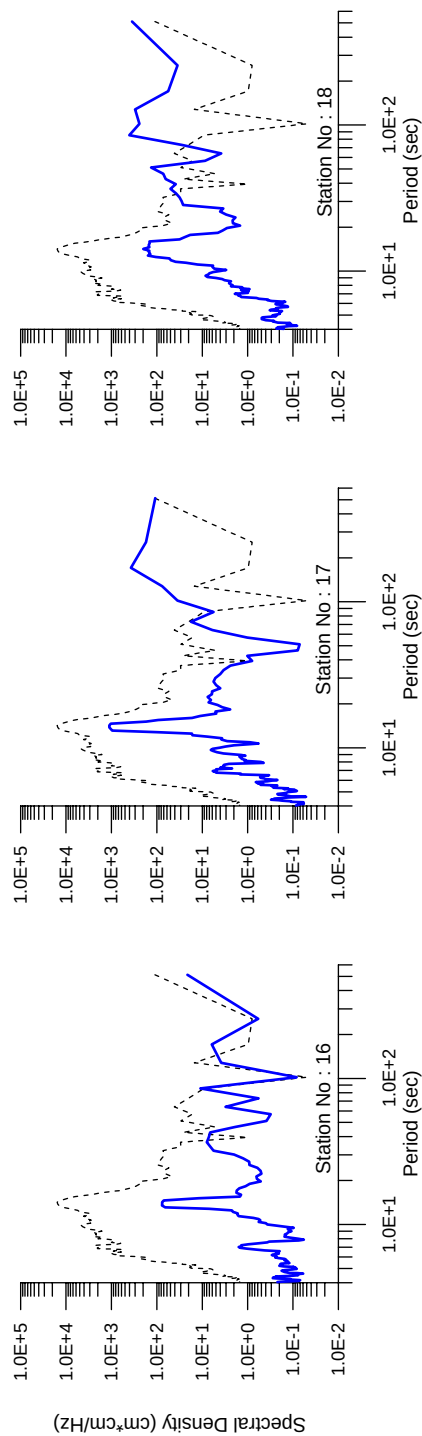
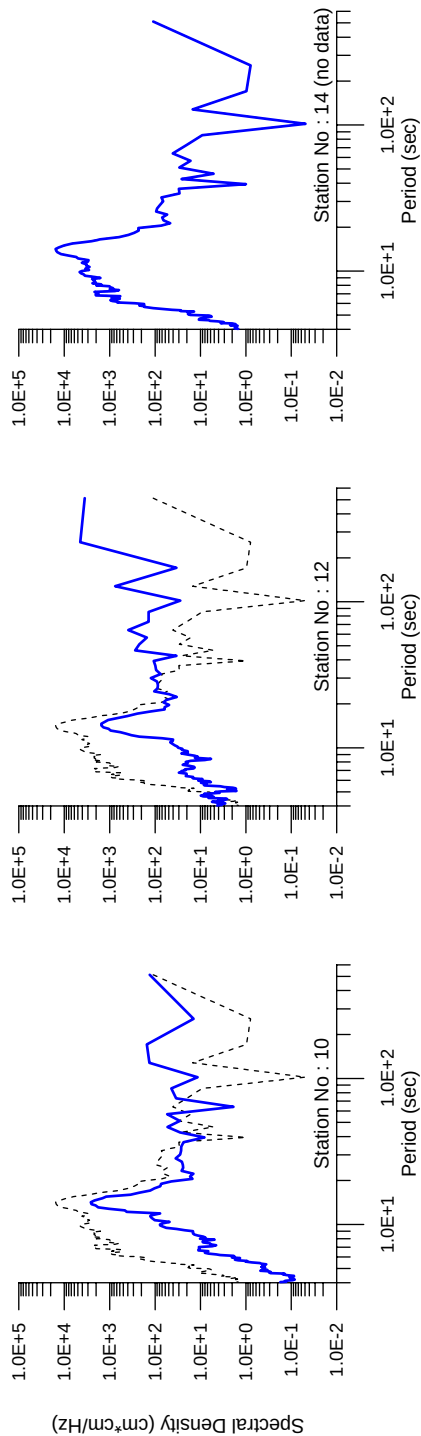


圖 3-39 卡努颱風同時間（09/09 11:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

Wave Station : Hualien harbor Typhoon name : Khanun Date : 2005/09/10 11:00



091011sp.grf

圖 3-40 卡努颱風同時間（09/10 11:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

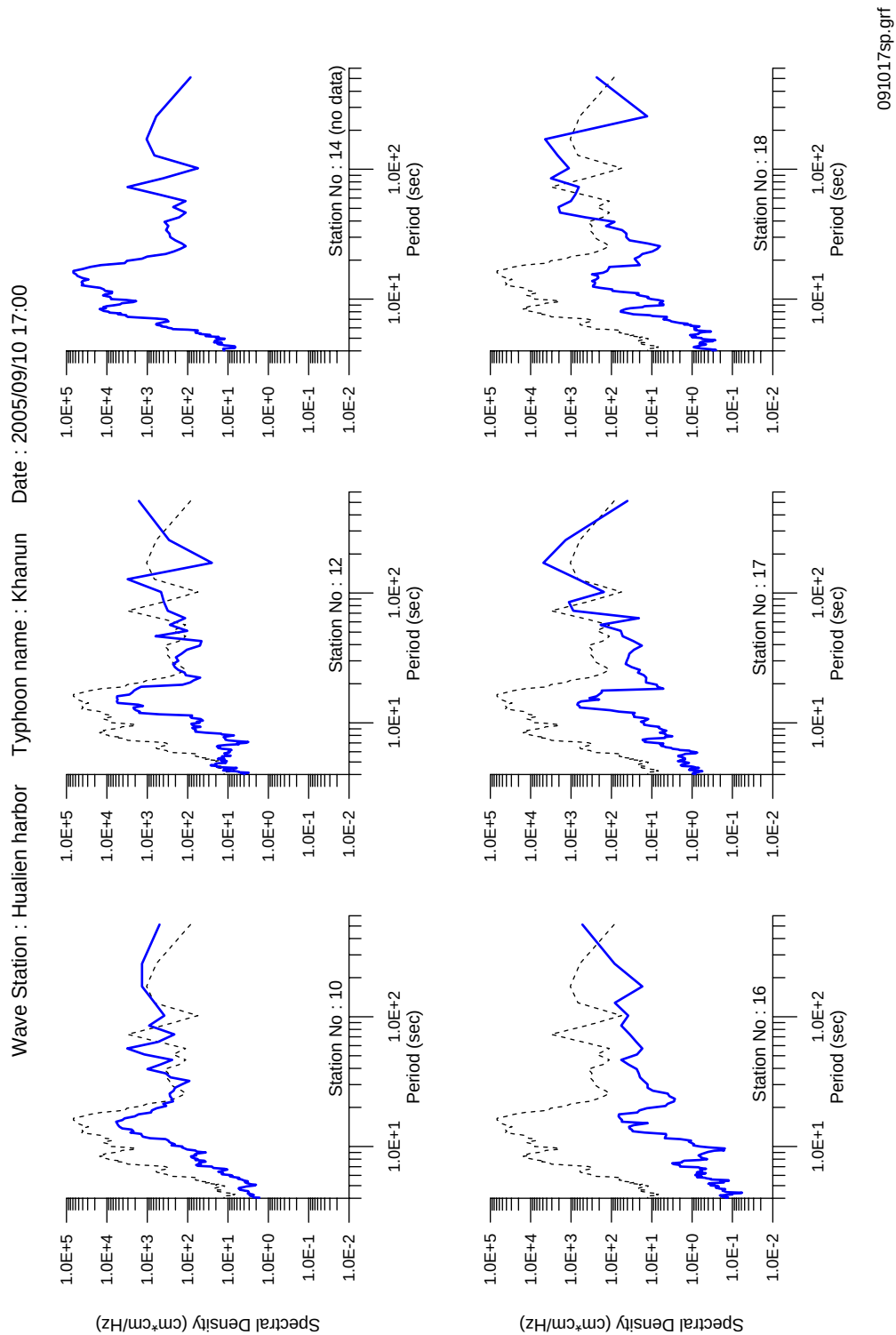


圖 3-41 卡努颱風同時間（09/10 17:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

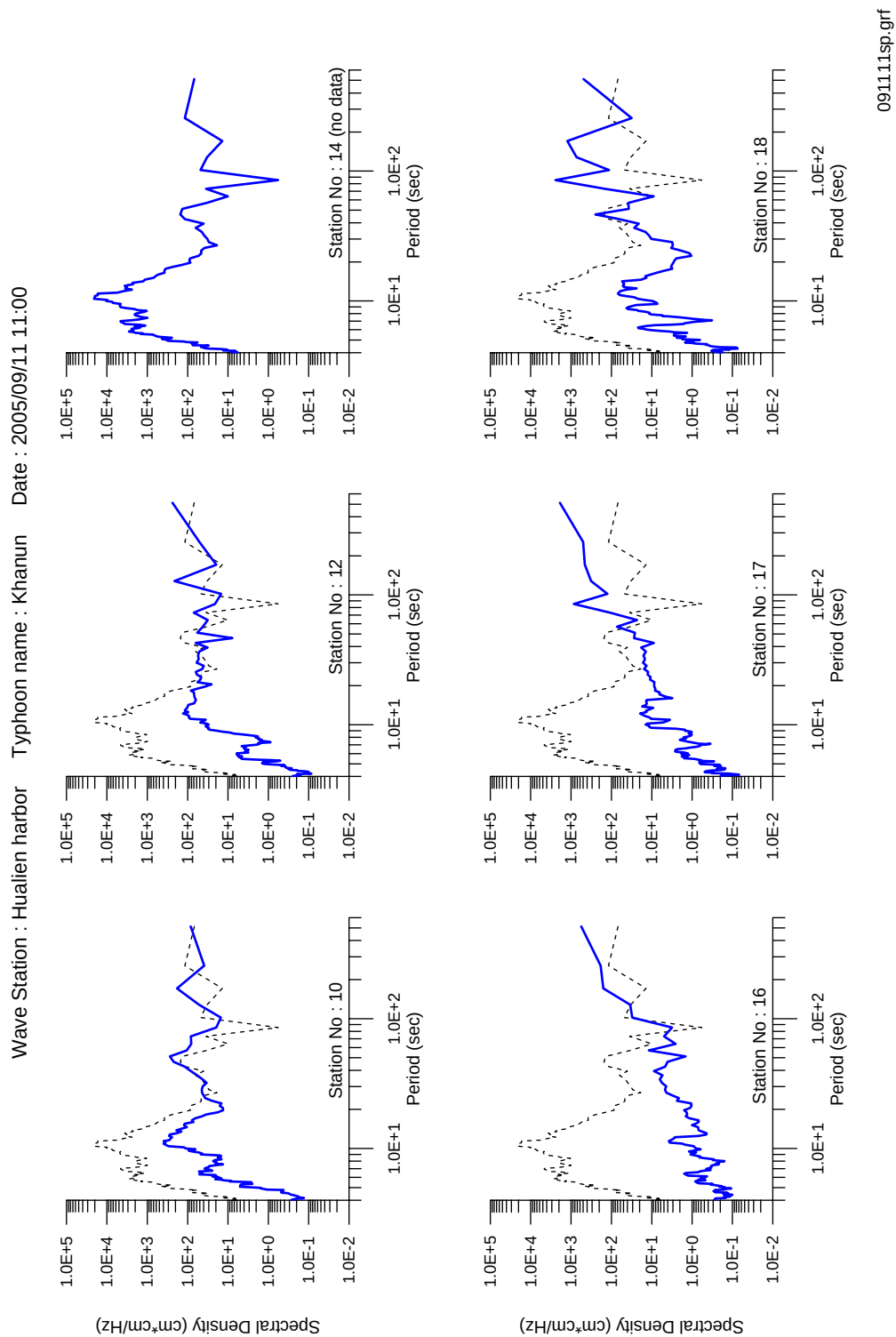


圖 3-42 卡努颱風同時間（09/11 11:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

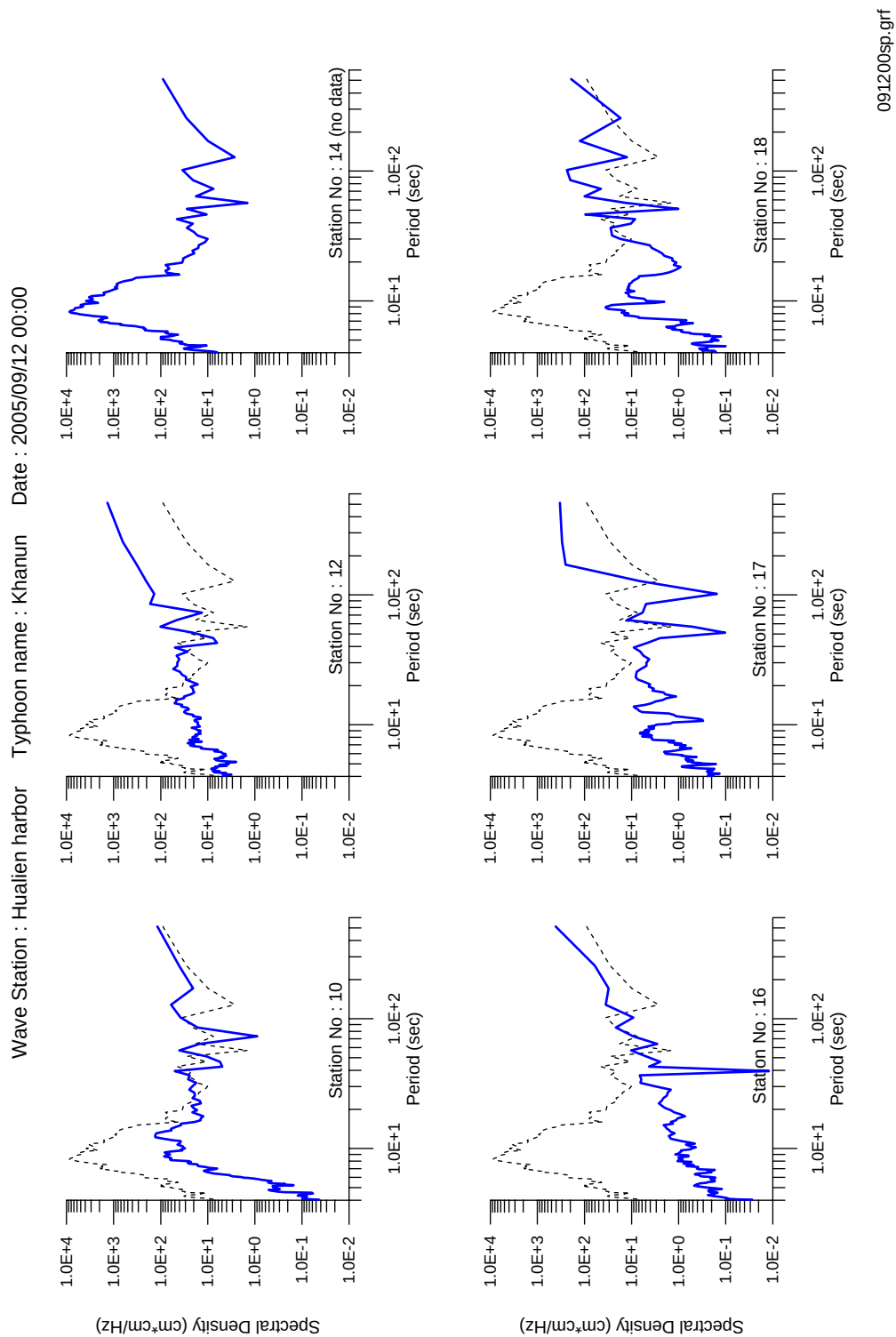


圖 3-43 卡努颱風同時間（09/12 00:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

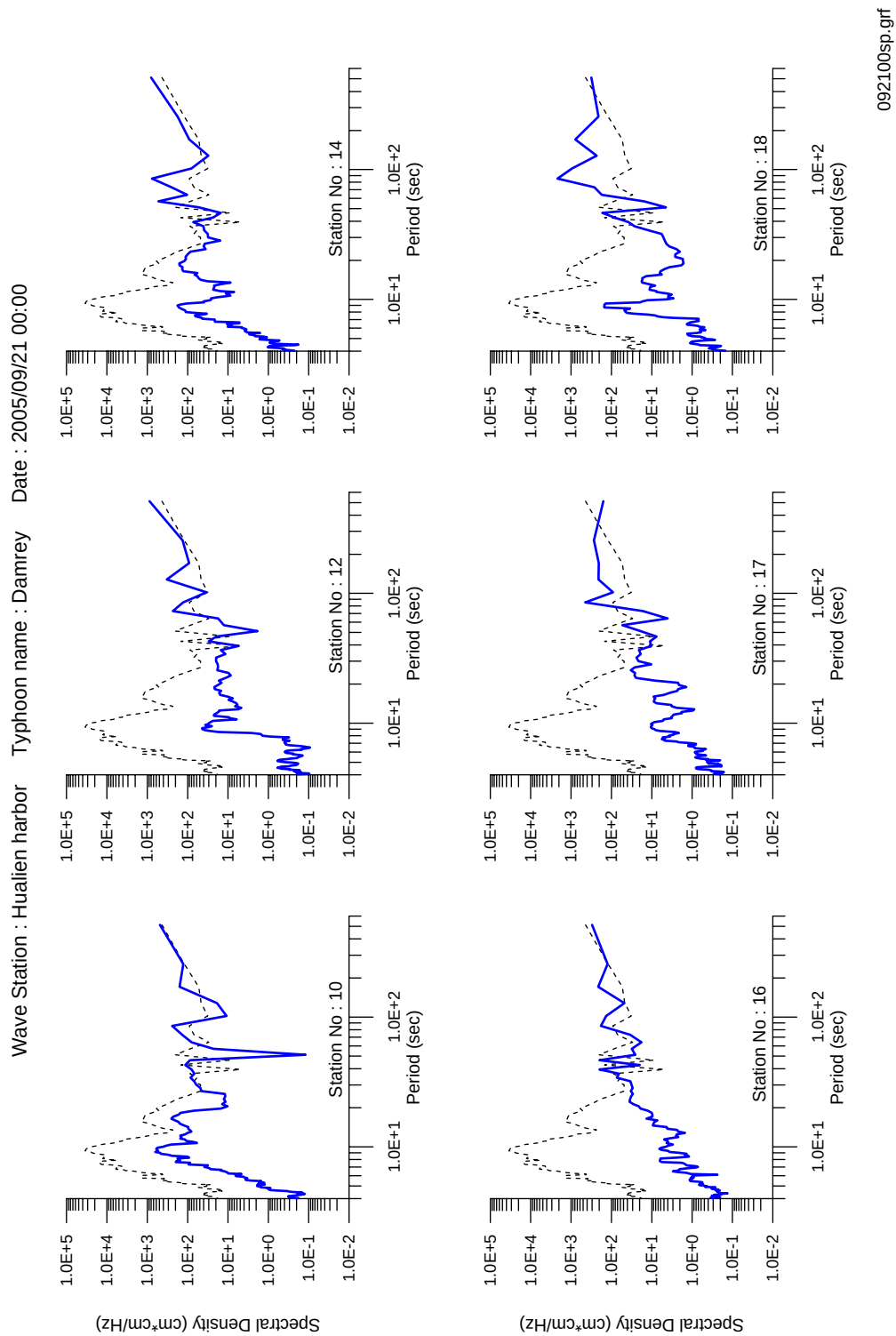


圖 3-44 丹瑞颱風同時間（09/21 00:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

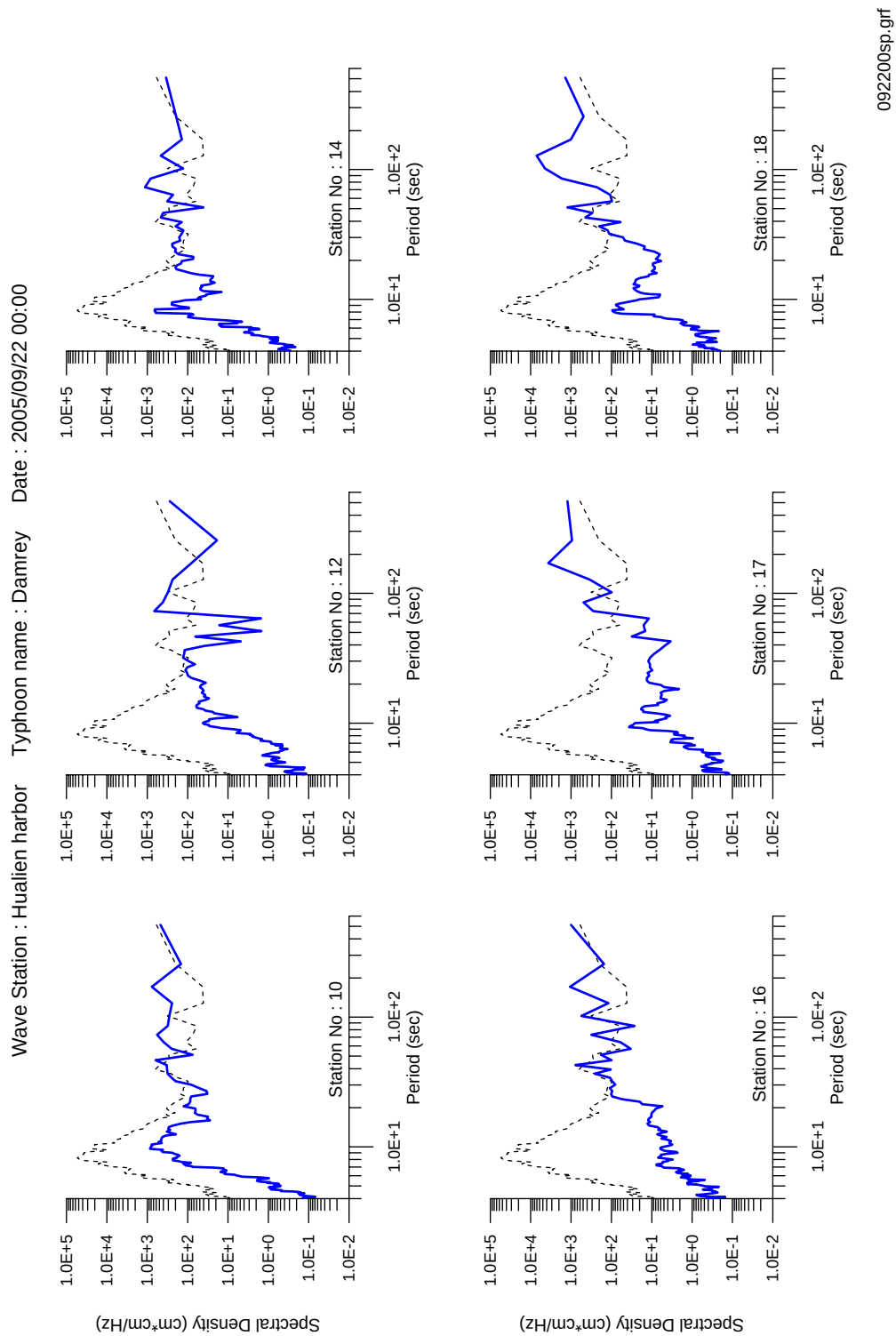
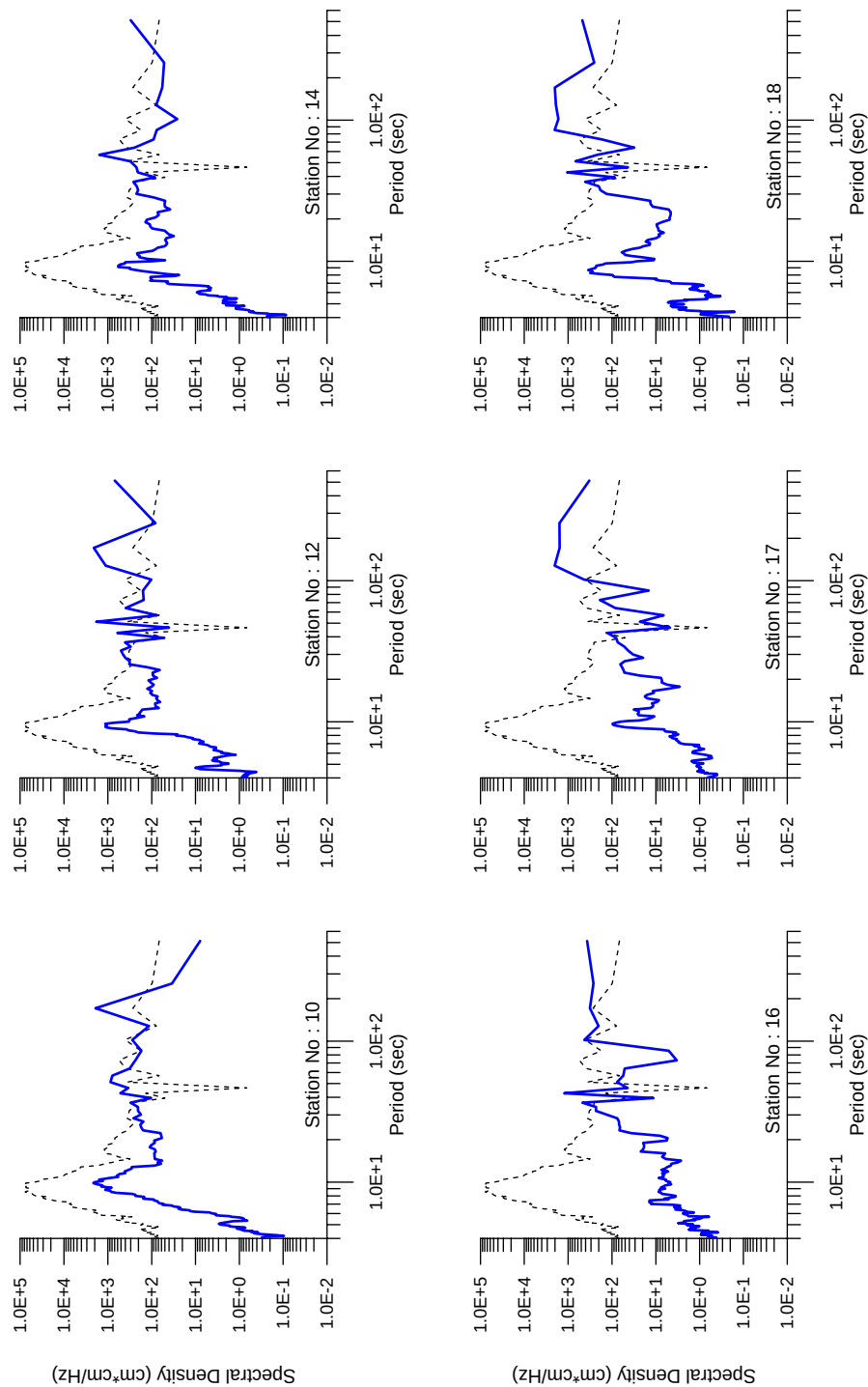


圖 3-45 丹瑞颱風同時間（09/22 00:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

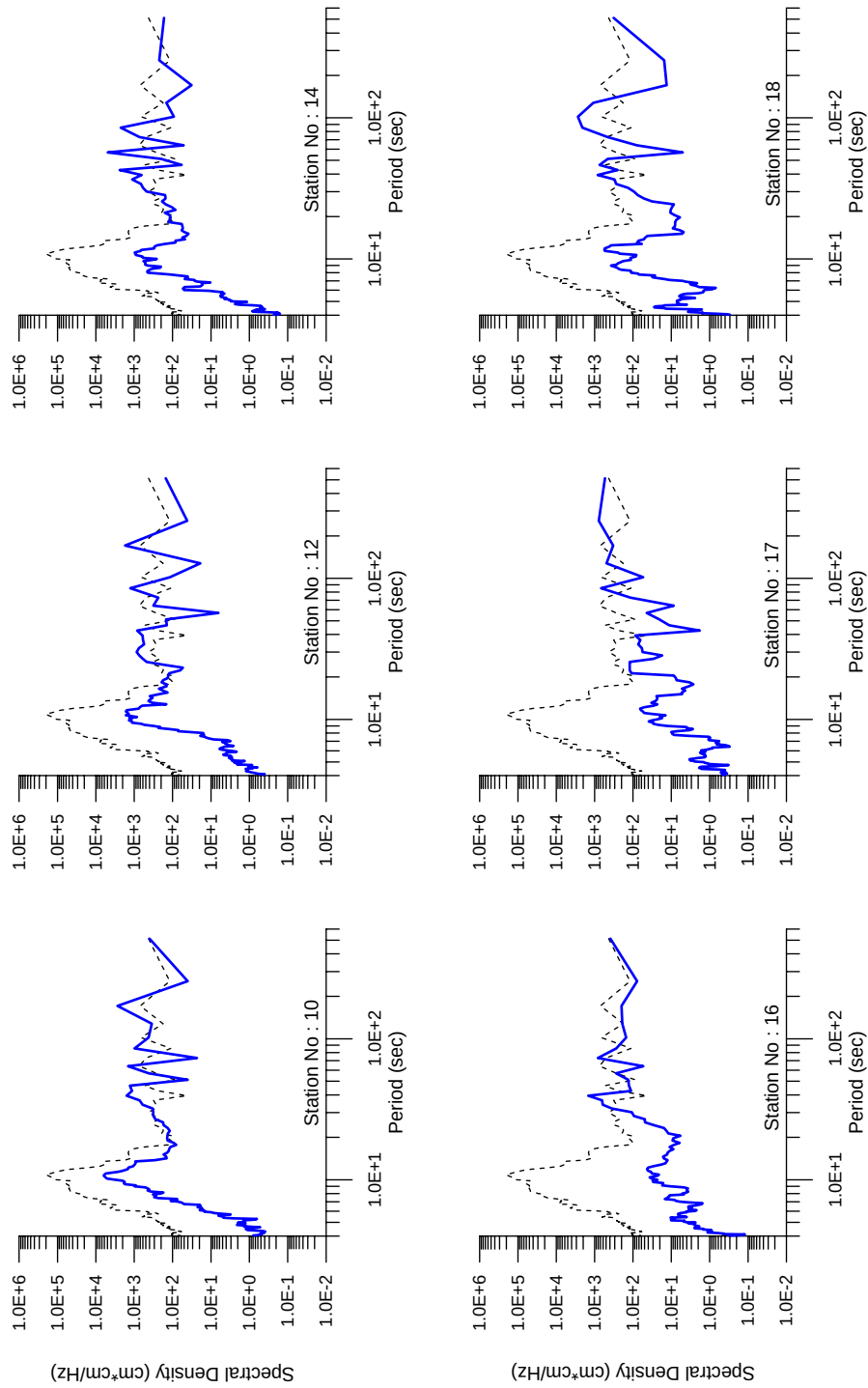
Wave Station : Hualien harbor Typhoon name : Damrey Date : 2005/09/22 11:00



092211sp.grf

圖 3-46 丹瑞颱風同時間（09/22 11:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

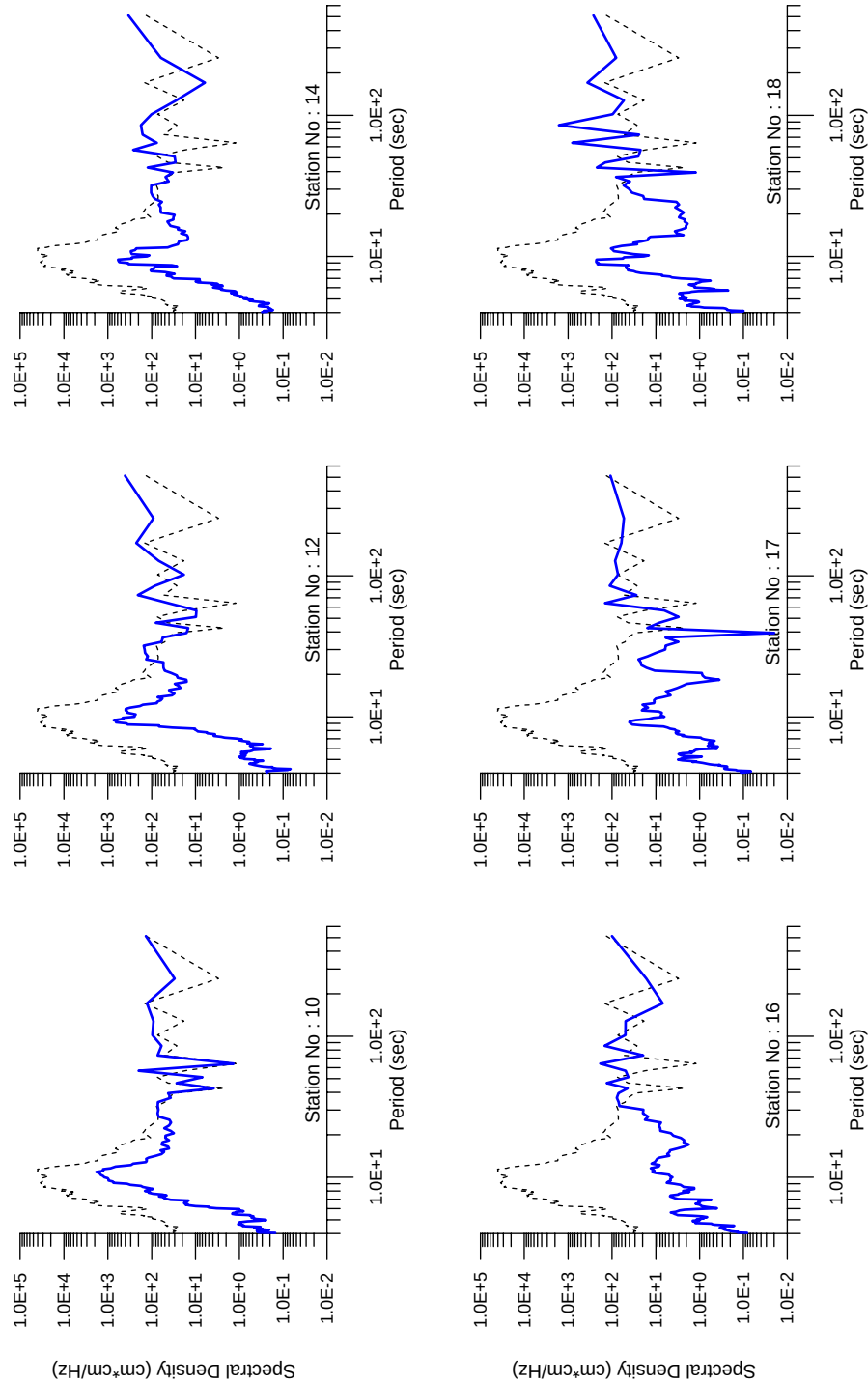
Wave Station : Hualien harbor Typhoon name : Damrey Date : 2005/09/23 00:00



092300sp.grf

圖 3-47 丹瑞颱風同時間（09/23 00:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

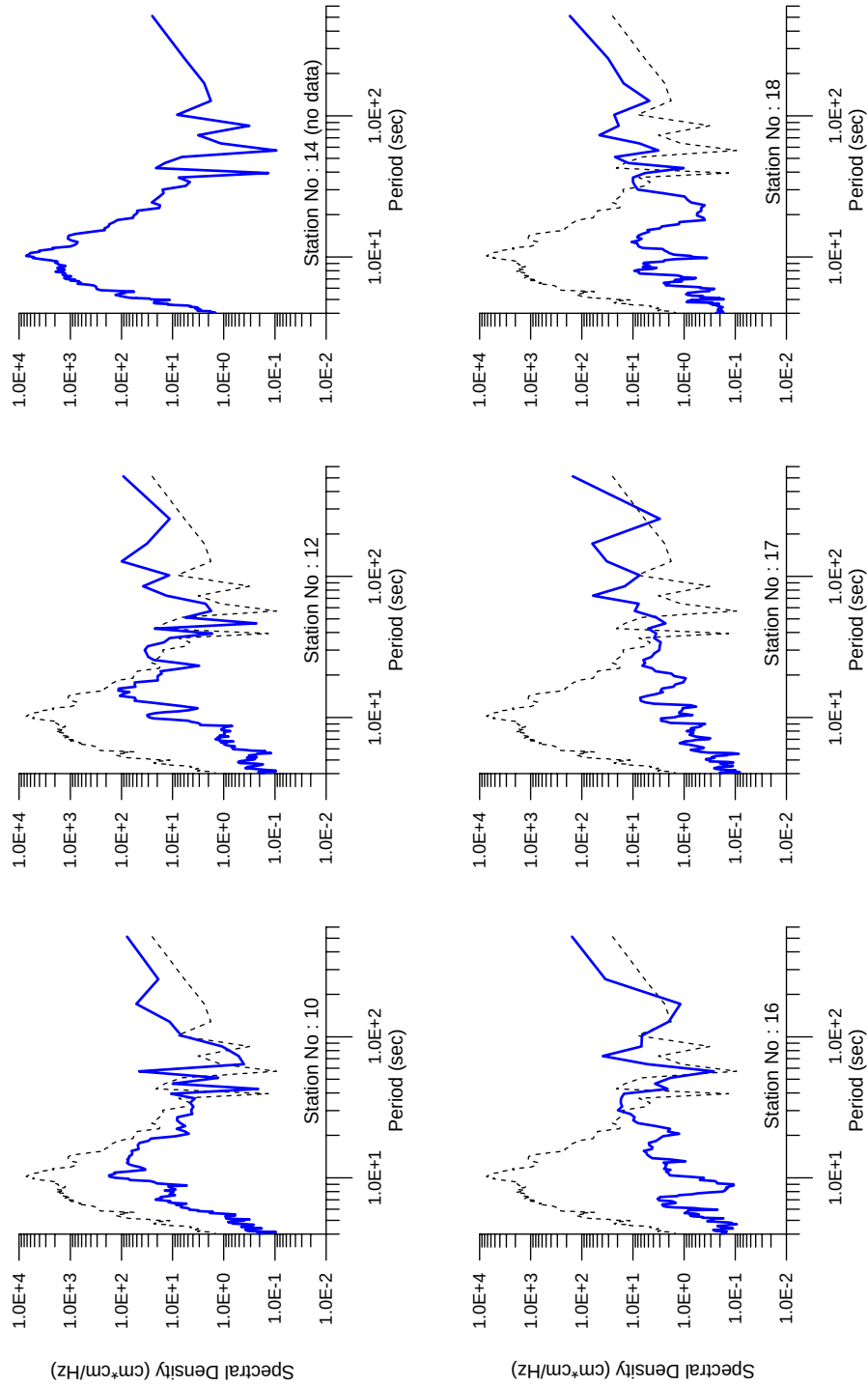
Wave Station : Hualien harbor Typhoon name : Damrey Date : 2005/09/23 11:00



092311sp.grf

圖 3-48 丹瑞颱風同時間（09/23 11:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

Wave Station : Hualien harbor Typhoon name : Longwang Date : 2005/09/29 11:00



092911sp.grf

圖 3-49 龍王颱風同時間（09/29 11:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

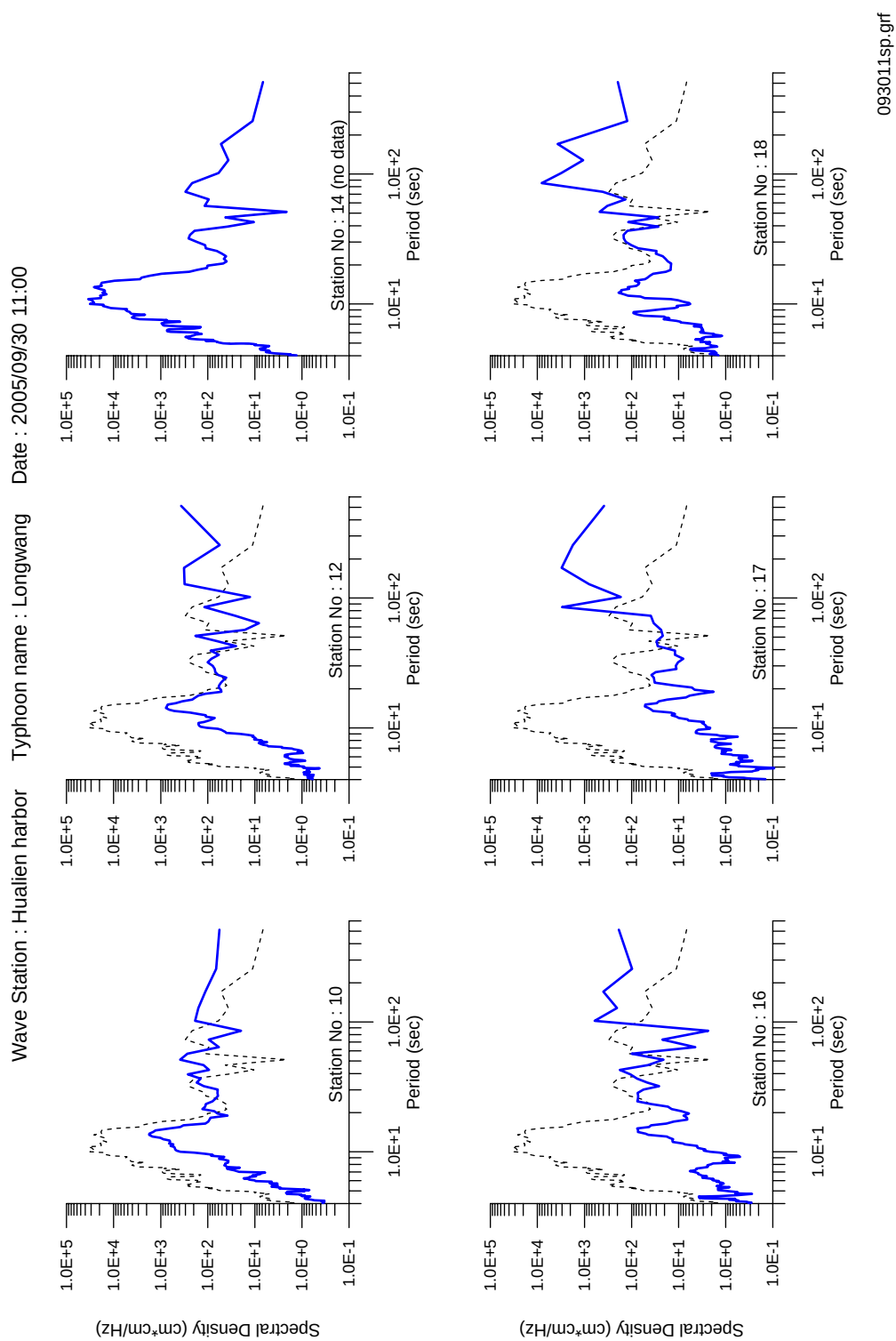
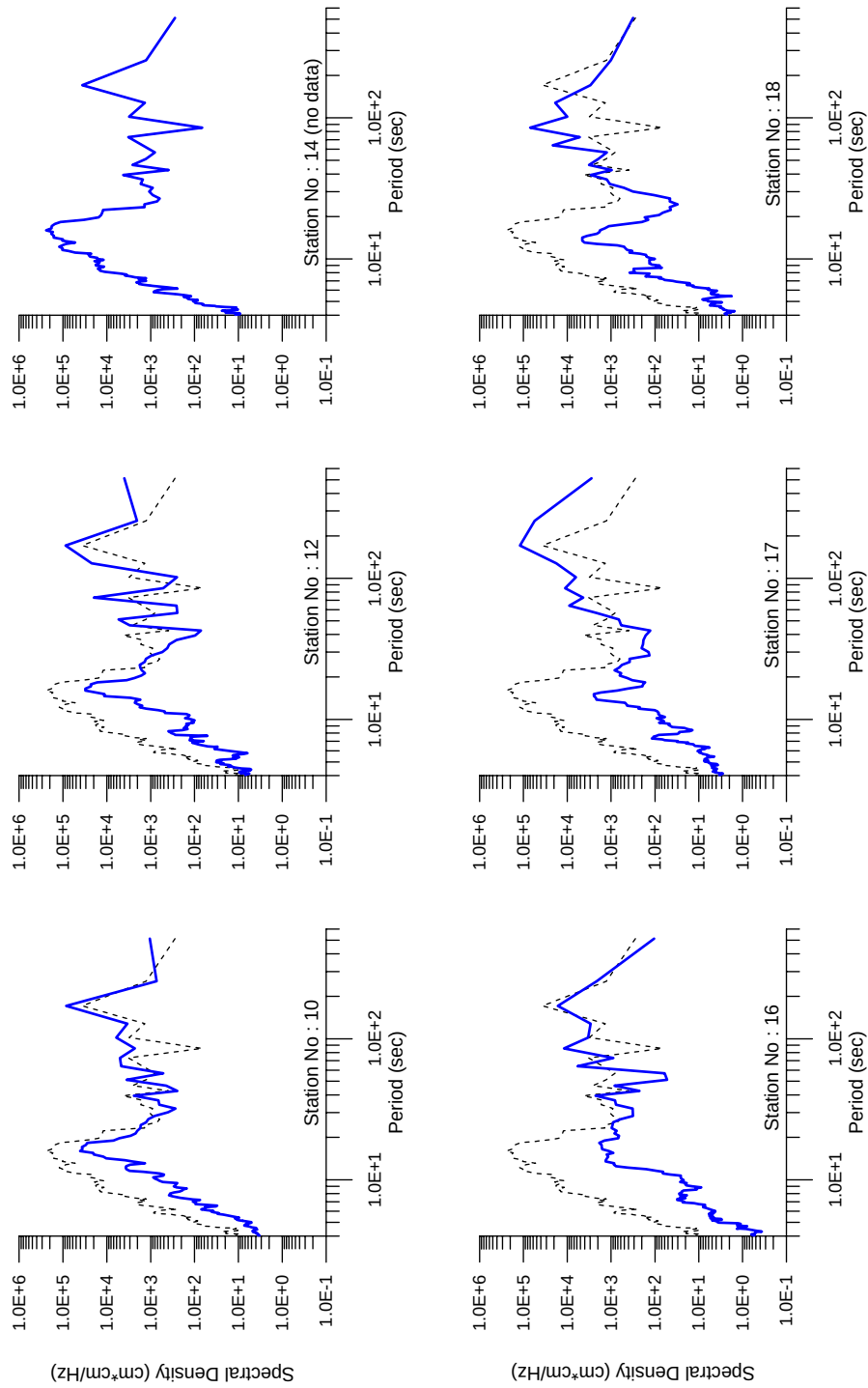


圖 3-50 龍王颱風同時間（09/30 11:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

Wave Station : Hualien harbor Typhoon name : Longwang Date : 2005/10/01 17:00



100117sp.grf

圖 3-51 龍王颱風同時間（10/01 17:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

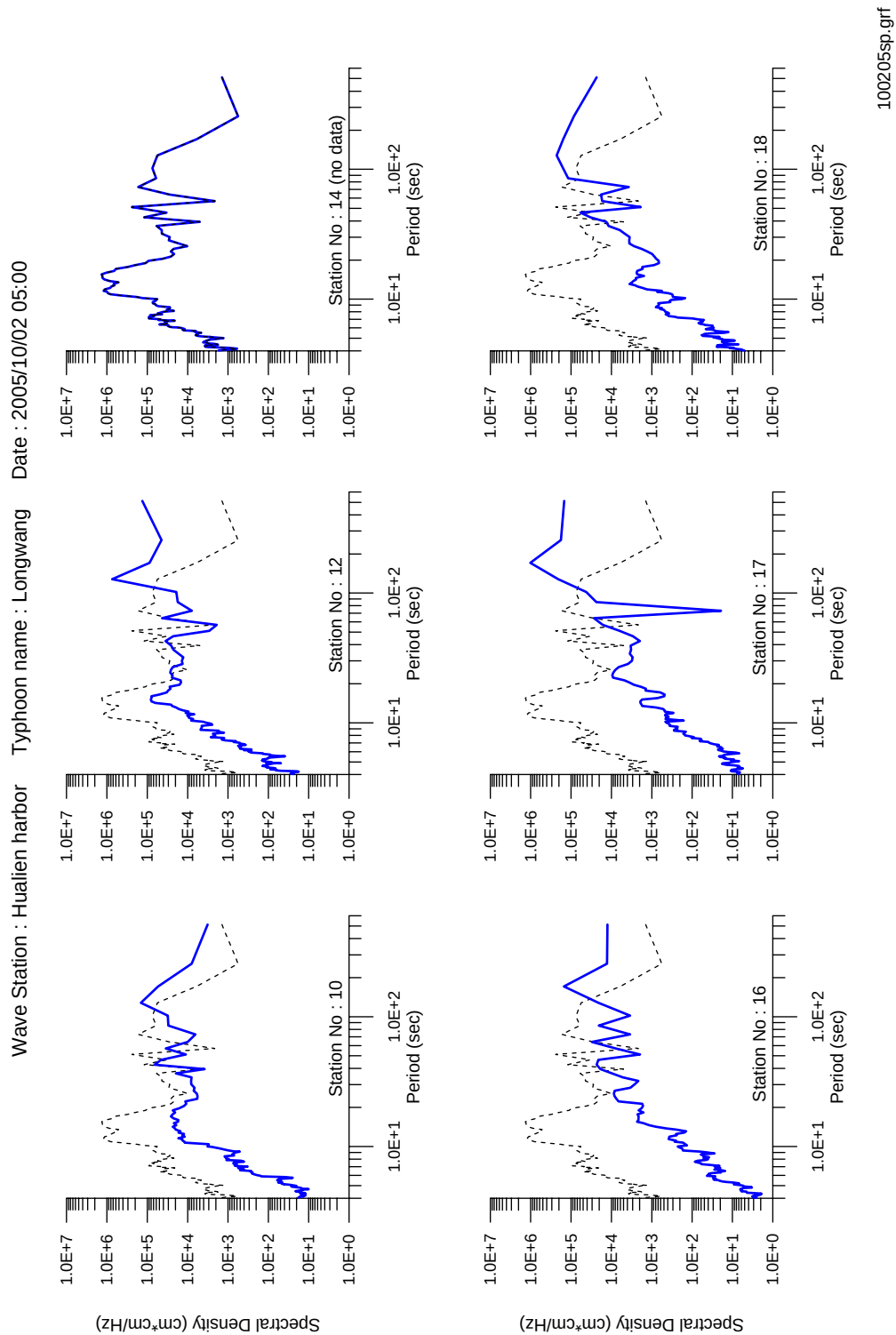


圖 3-52 龍王颱風同時間（10/02 05:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

100205sp.grf

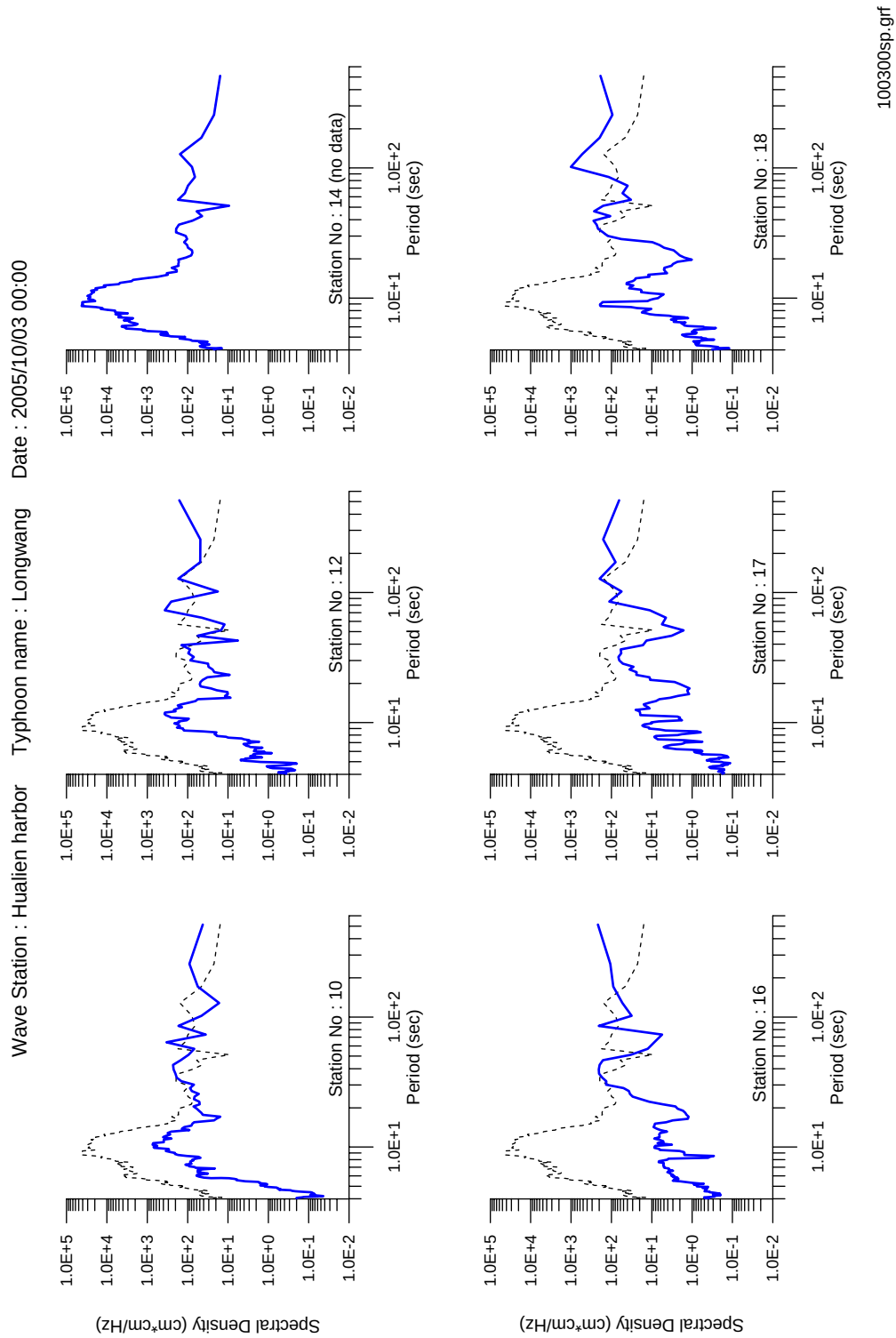


圖 3-53 龍王颱風同時間（10/03 00:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

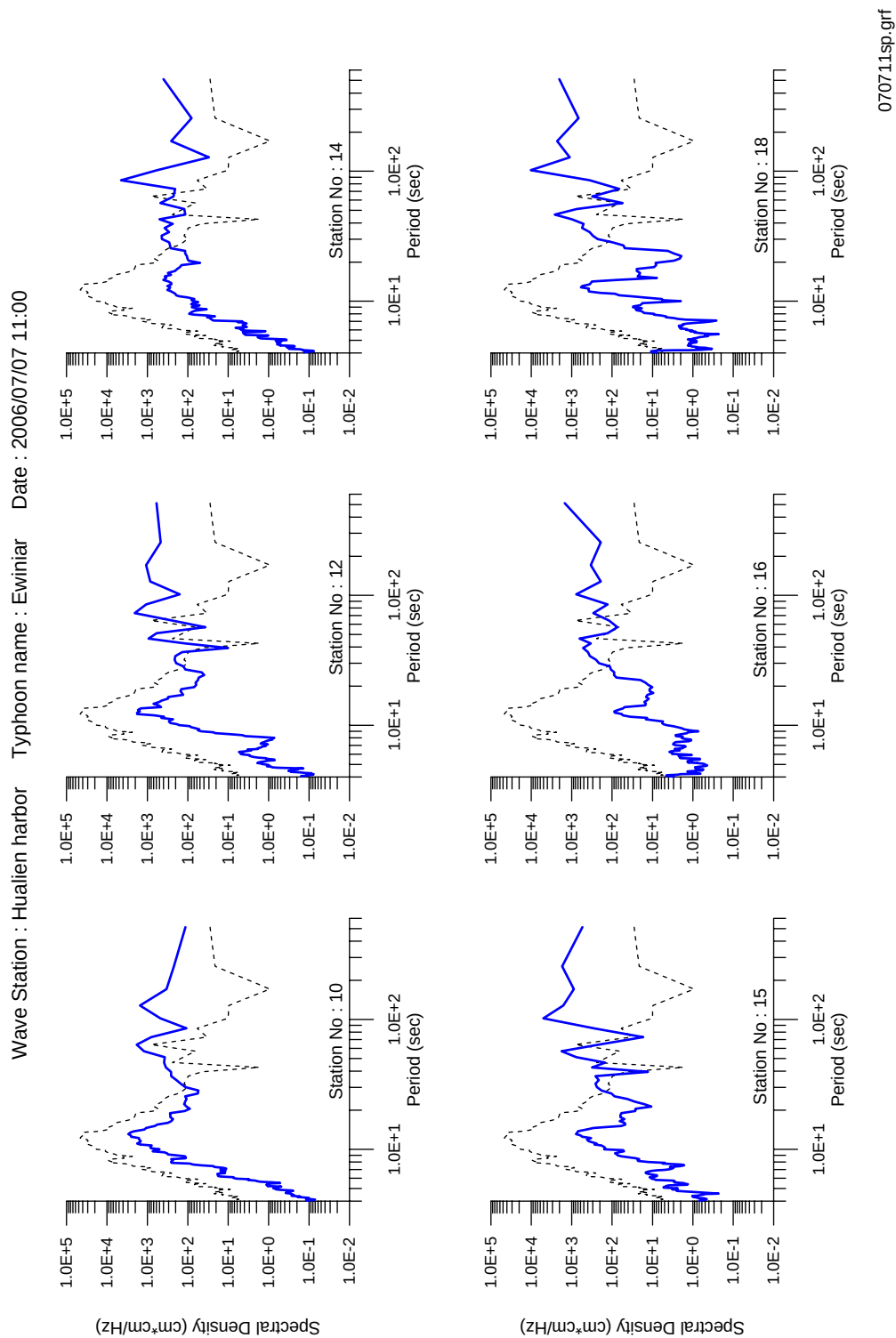
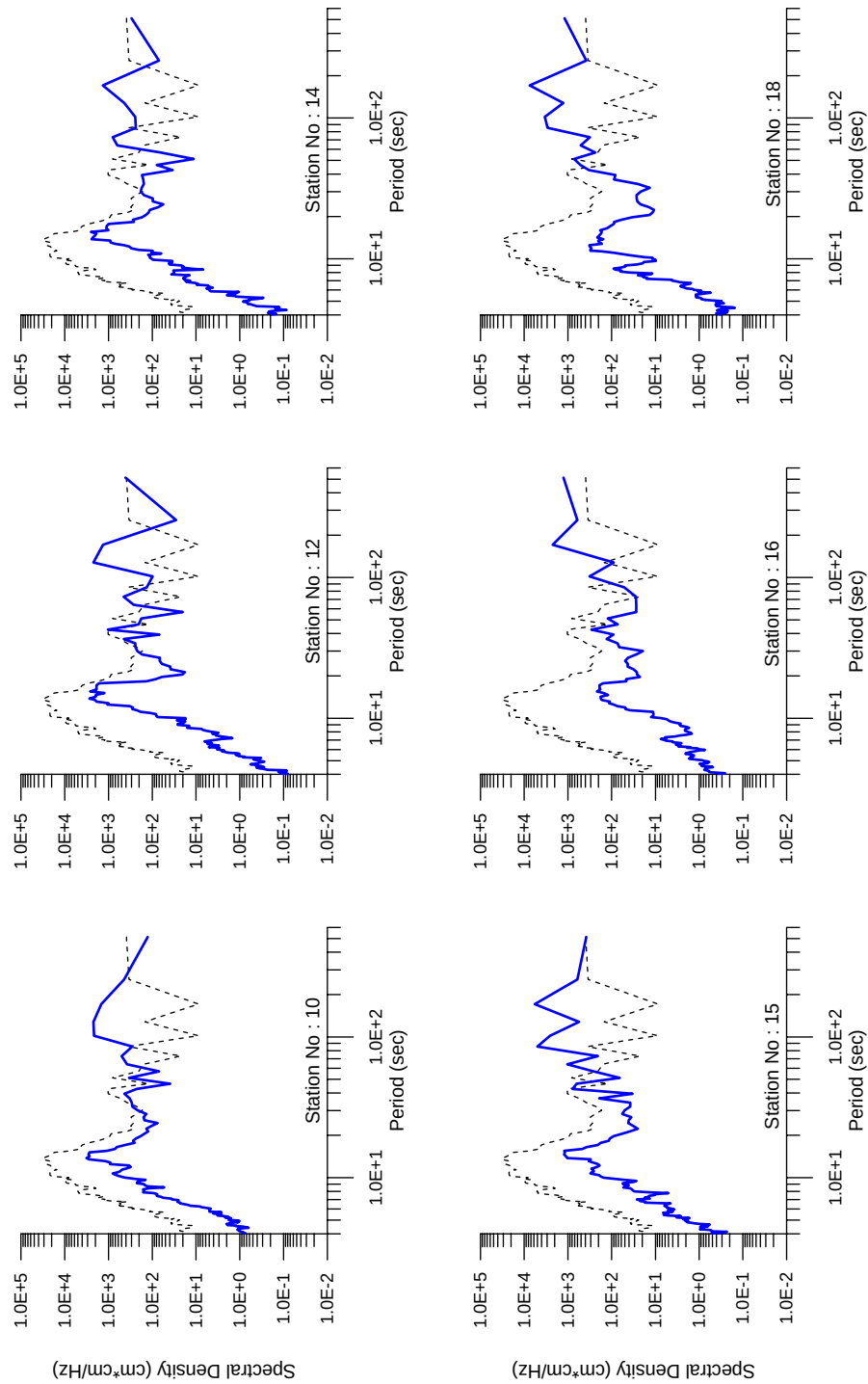


圖 3-54 艾維尼颱風同時間（07/07 11:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

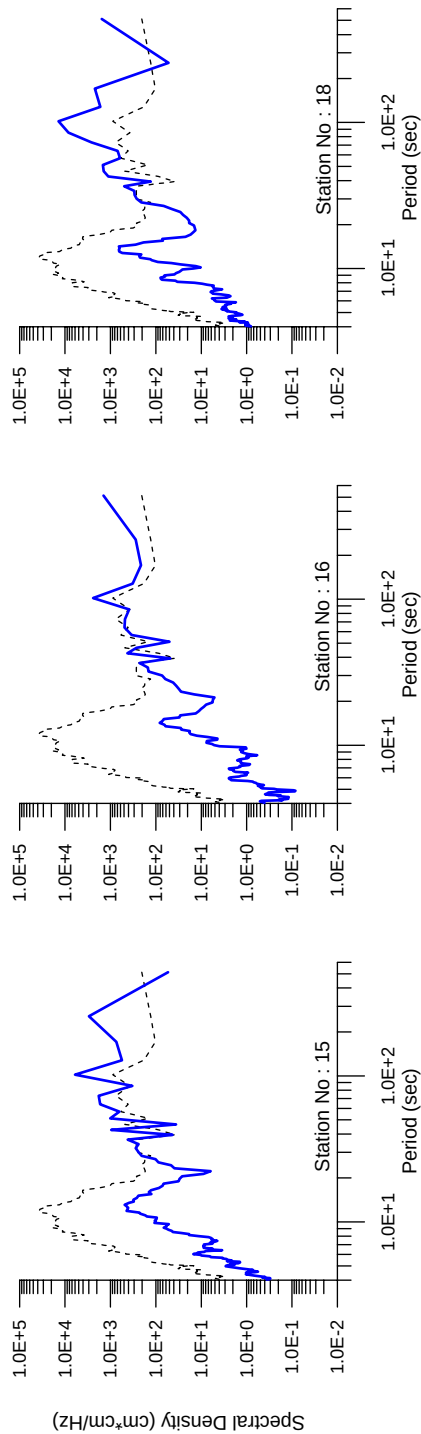
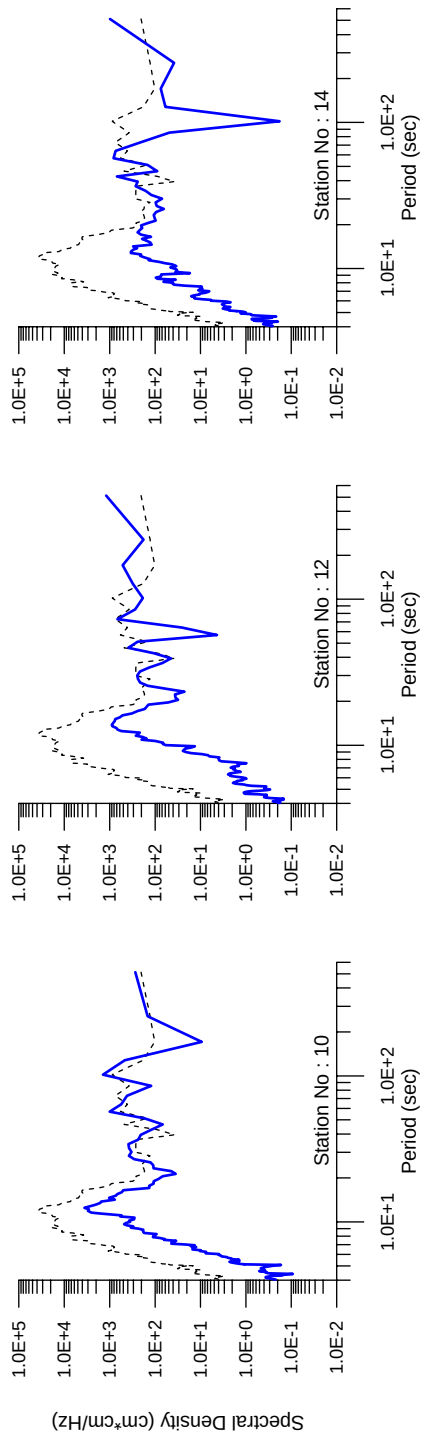
Wave Station : Hualien harbor Typhoon name : Ewiniar Date : 2006/07/08 05:00



070805sp.grf

圖 3-55 艾維尼颱風同時間（07/08 05:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

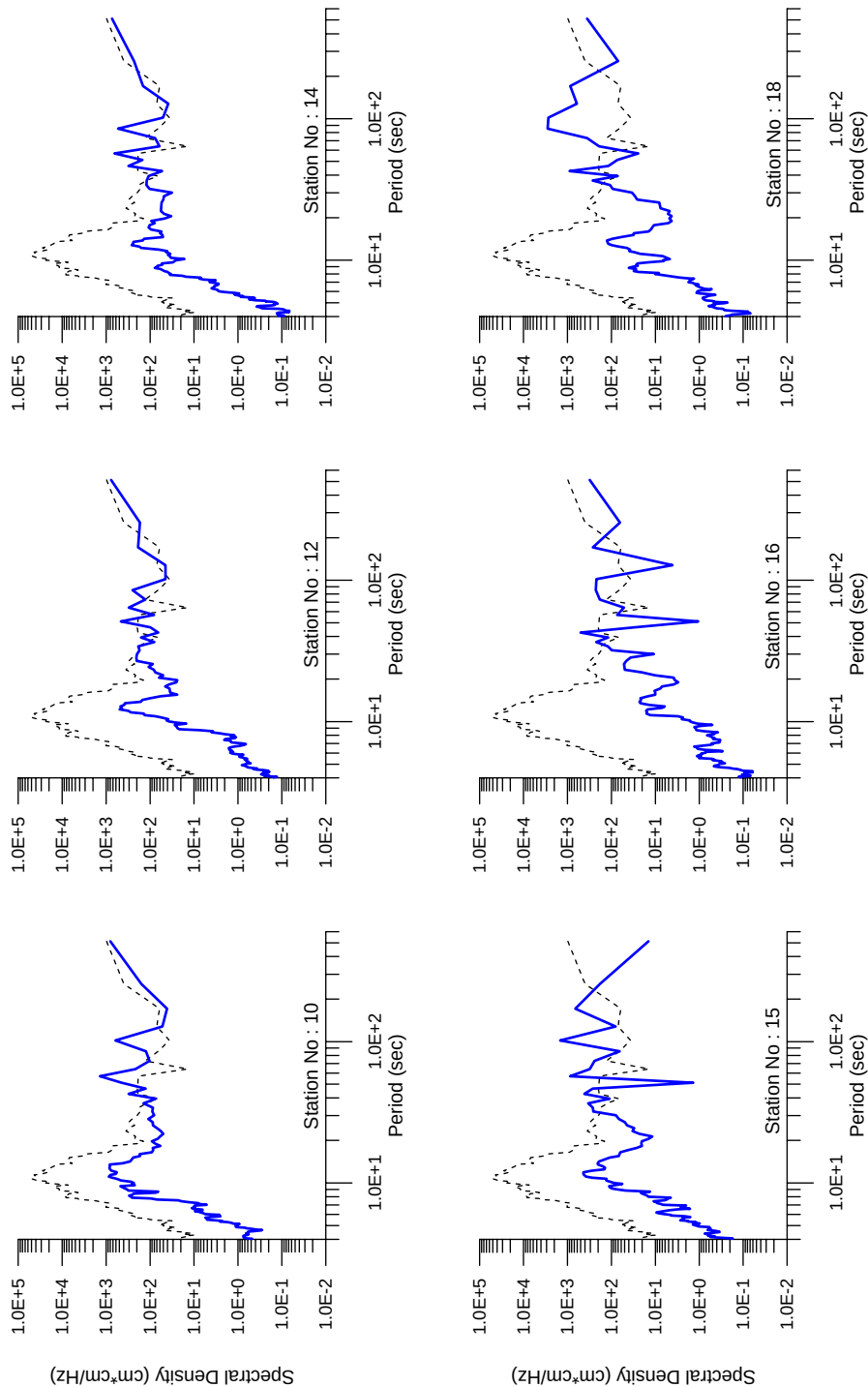
Wave Station : Hualien harbor Typhoon name : Ewiniar Date : 2006/07/08 11:00



070811sp.grf

圖 3-56 艾維尼颱風同時間（07/08 11:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

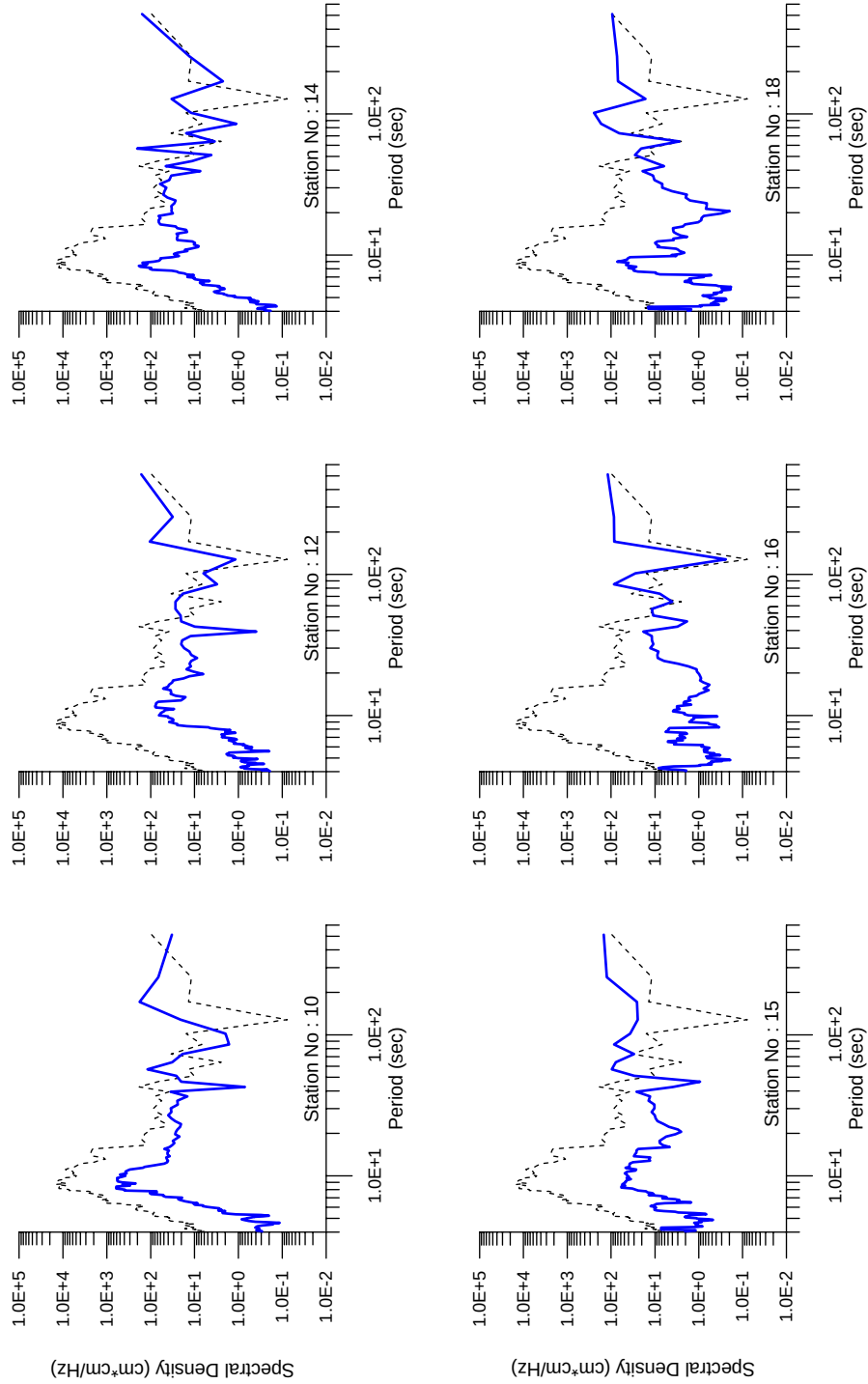
Wave Station : Hualien harbor Typhoon name : Ewiniar Date : 2006/07/09 00:00



070900sp.grf

圖 3-57 艾維尼颱風風同時間（07/09 00:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

Wave Station : Hualien harbor Typhoon name : Ewinia Date : 2006/07/09 11:00



070911sp.grf

圖 3-58 艾維尼颱風同時間（07/09 11:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

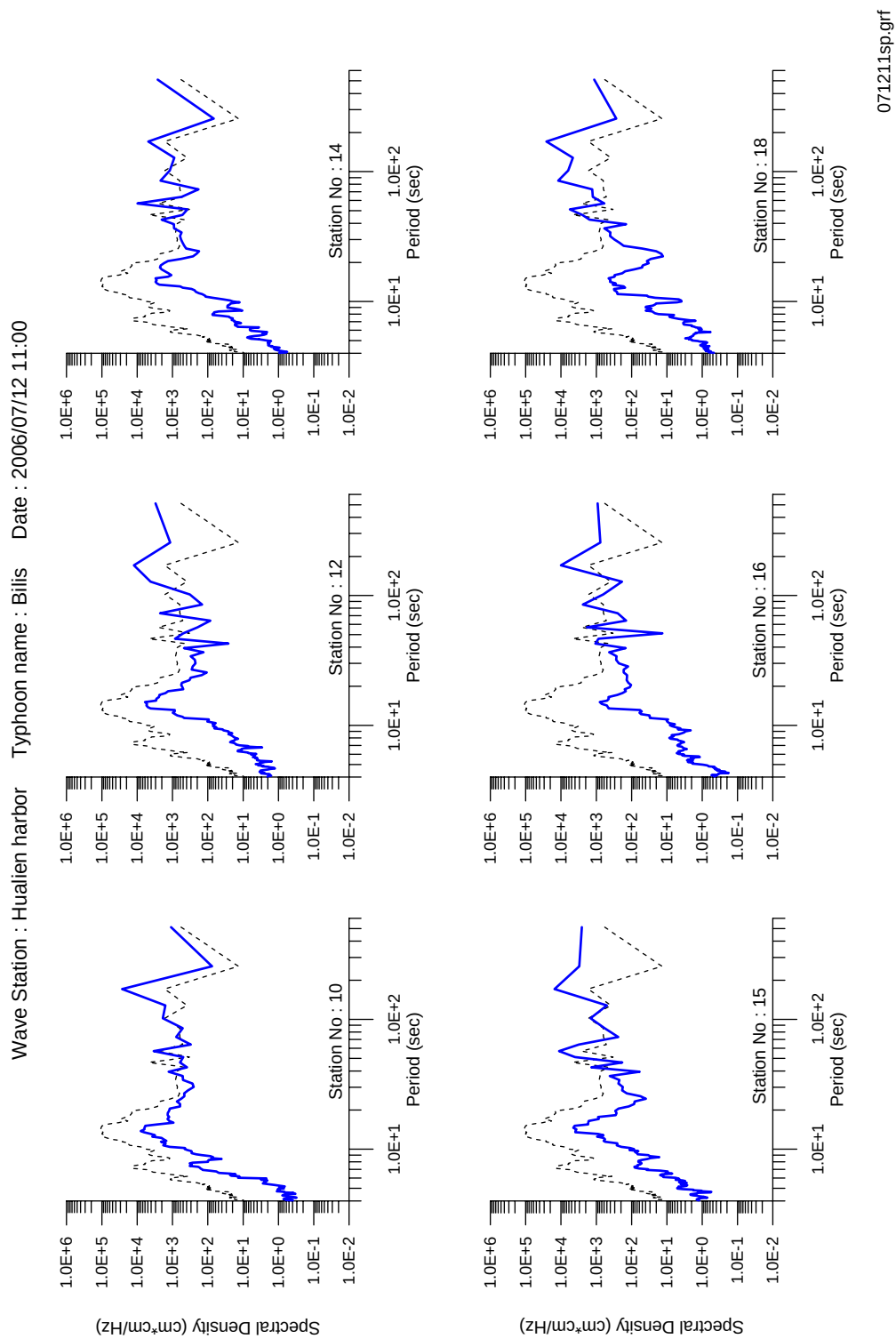


圖 3-59 碧利斯颱風同時間（07/12 11:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

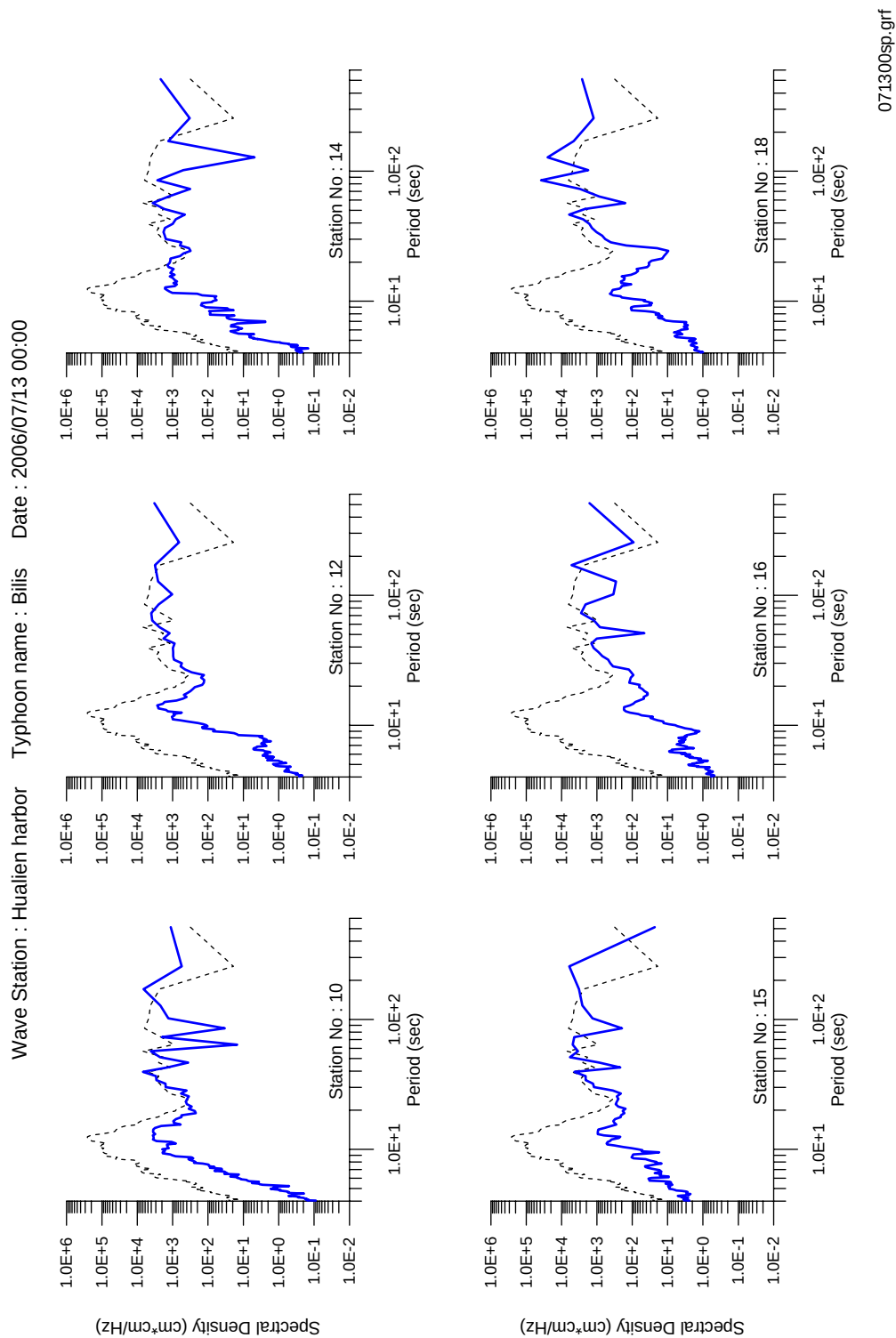
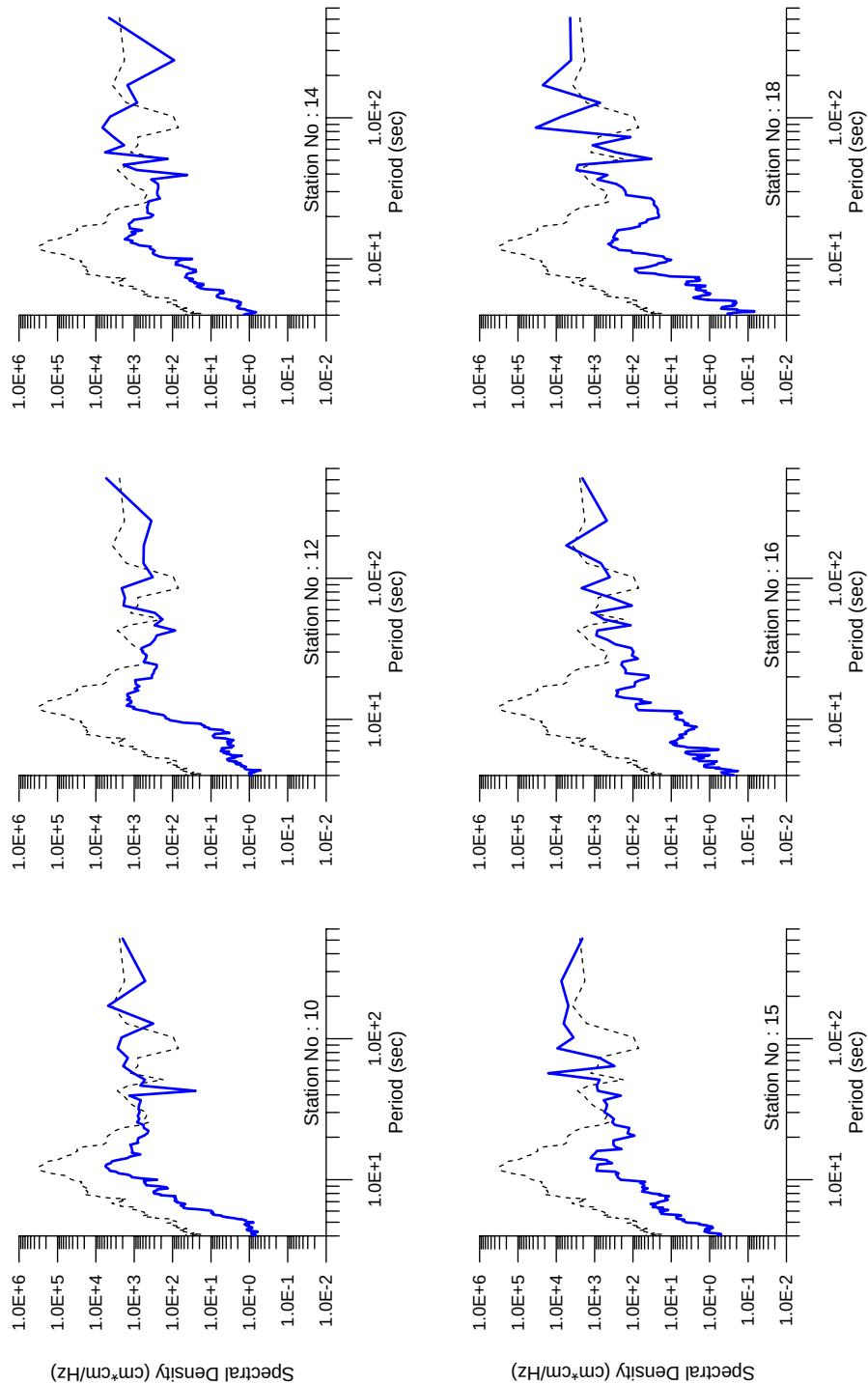


圖 3-60 碧利斯颱風同時間（07/13 00:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

Wave Station : Hualien harbor Typhoon name : Bilis Date : 2006/07/13 11:00



071311sp.grf

圖 3-61 碧利斯颱風同時間（07/13 11:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

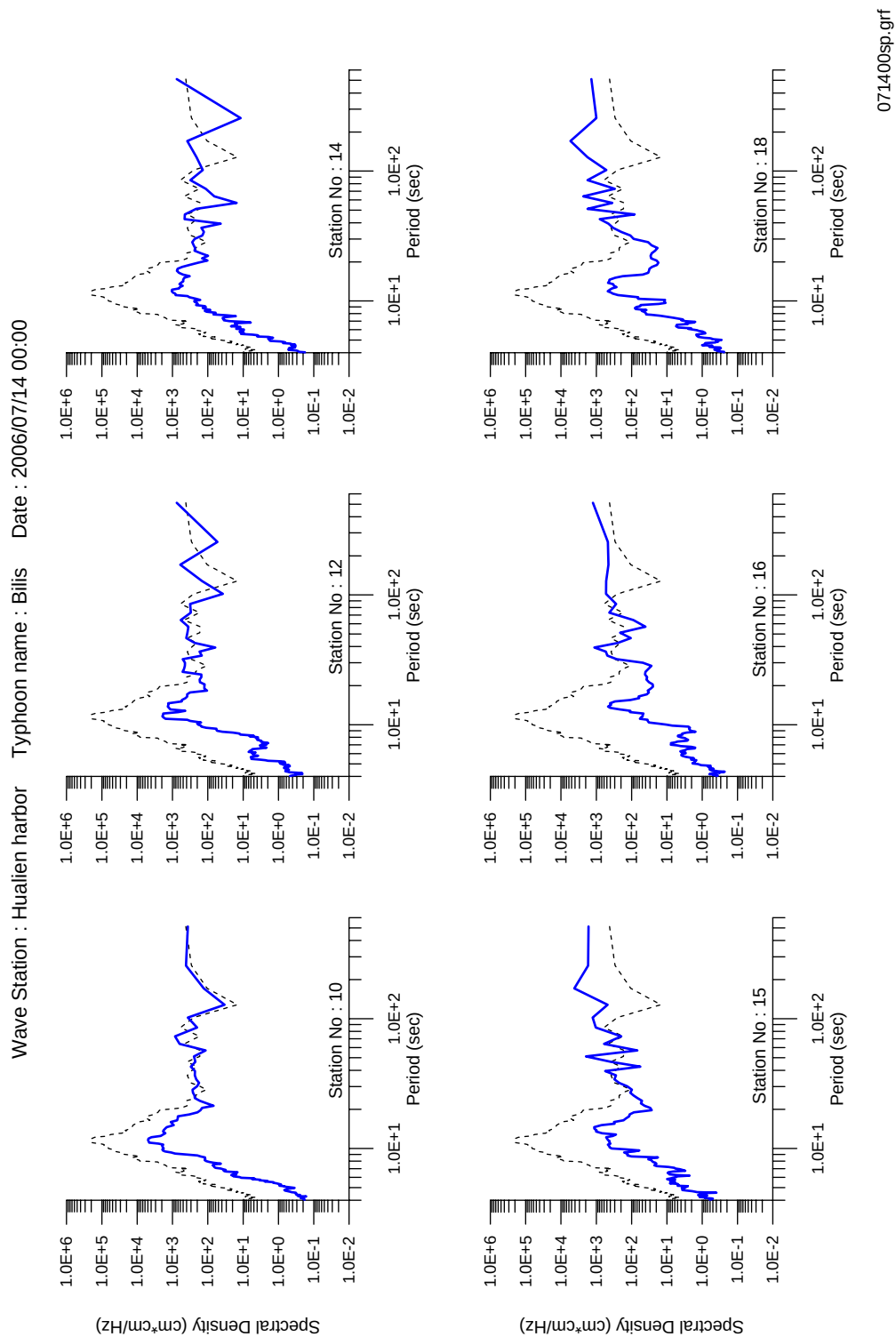


圖 3-62 碧利斯颱風同時間（07/14 00:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

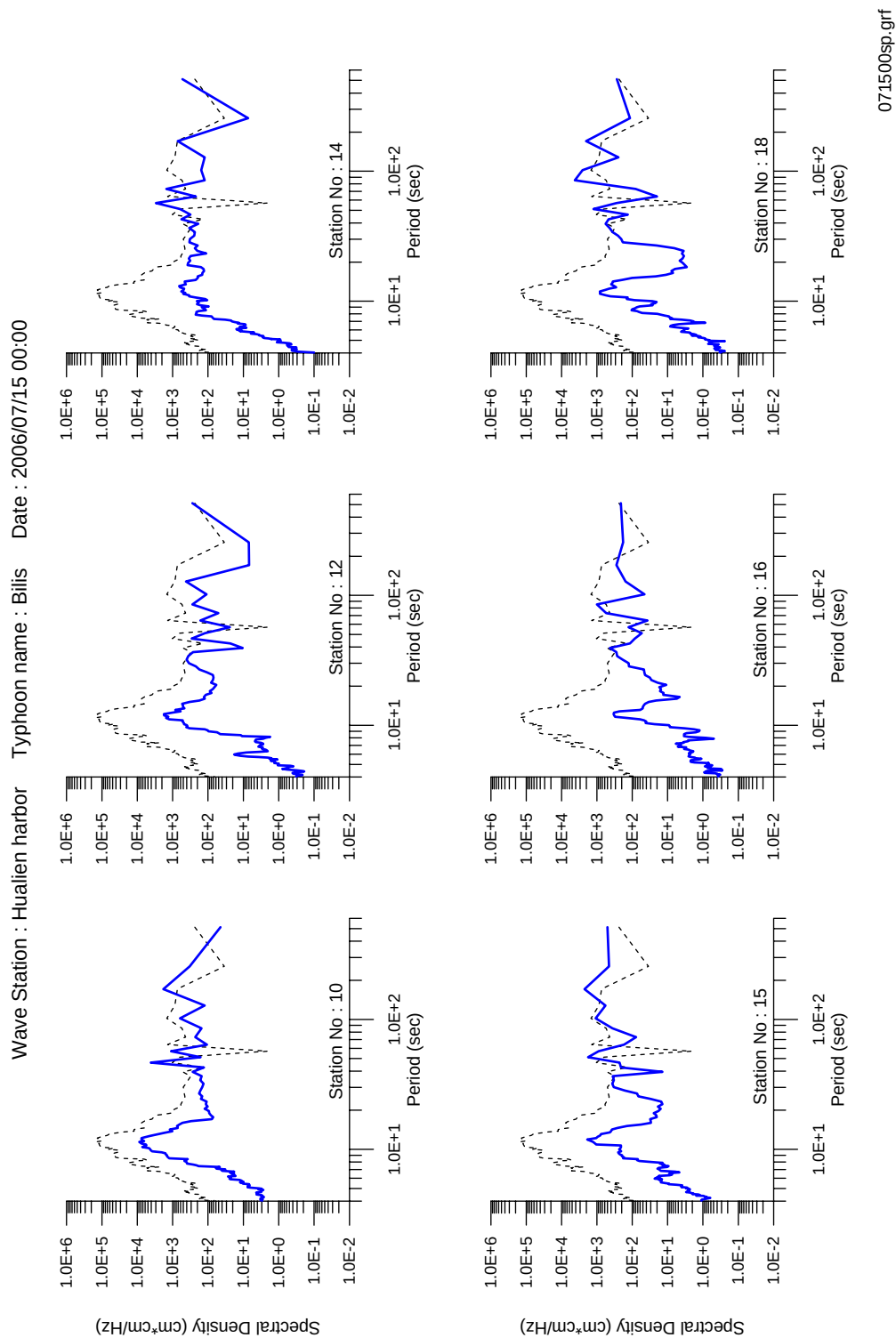


圖 3-63 碧利斯颱風同時間（07/15 00:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

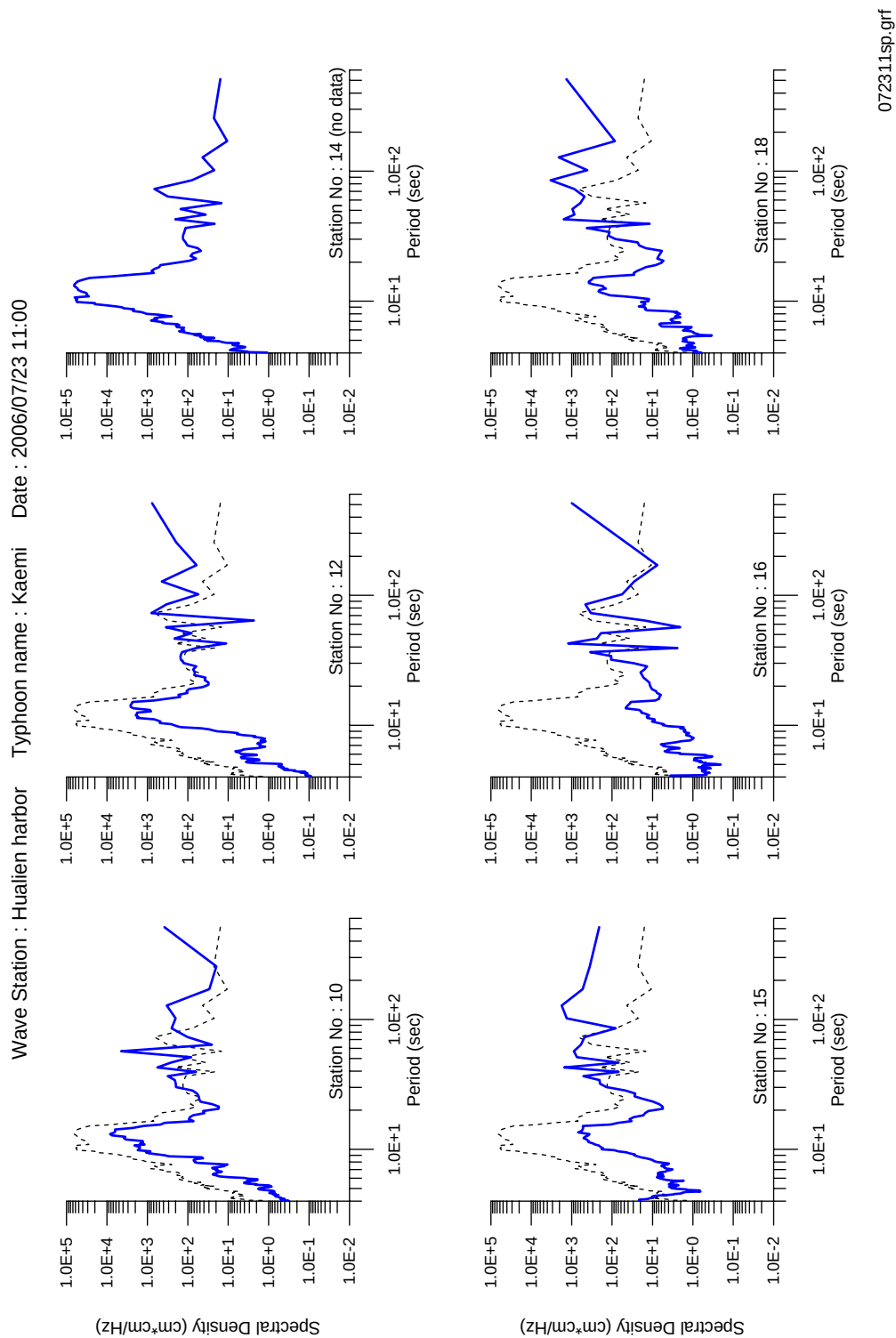


圖 3-64 凱米颱風同時間（07/23 11:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

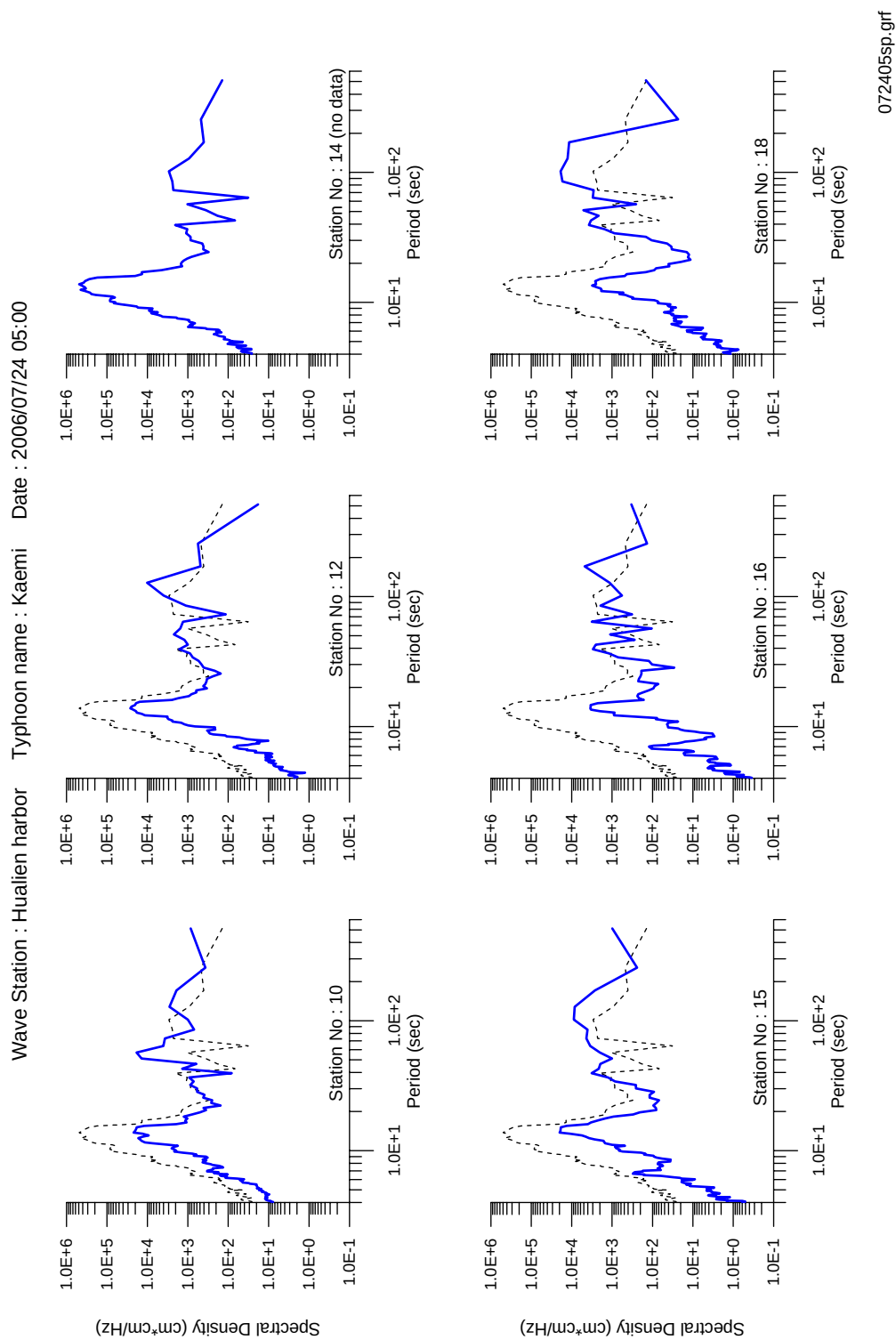


圖 3-65 凱米颱風同時間（07/24 05:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

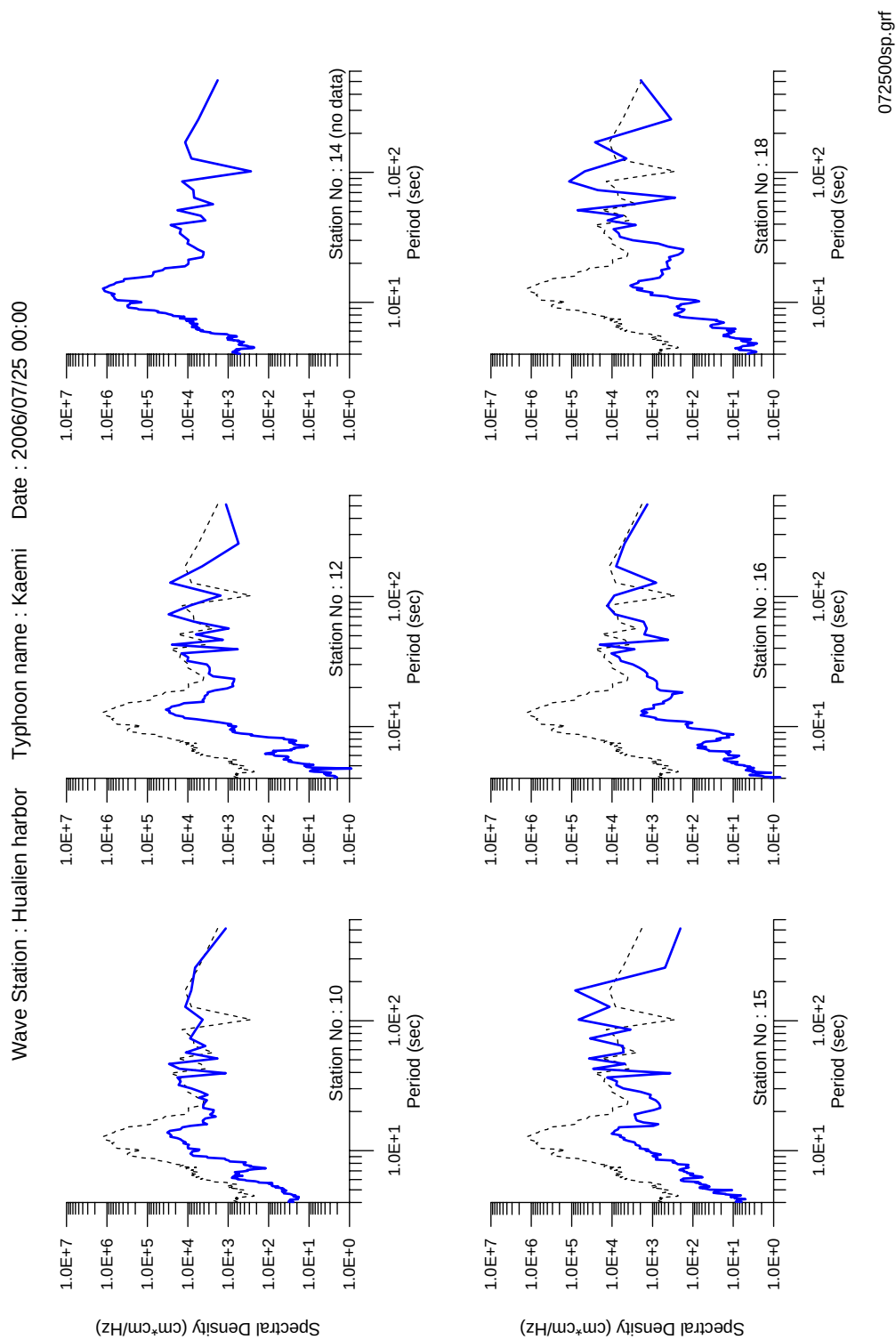


圖 3-66 凱米颱風同時間（07/25 00:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

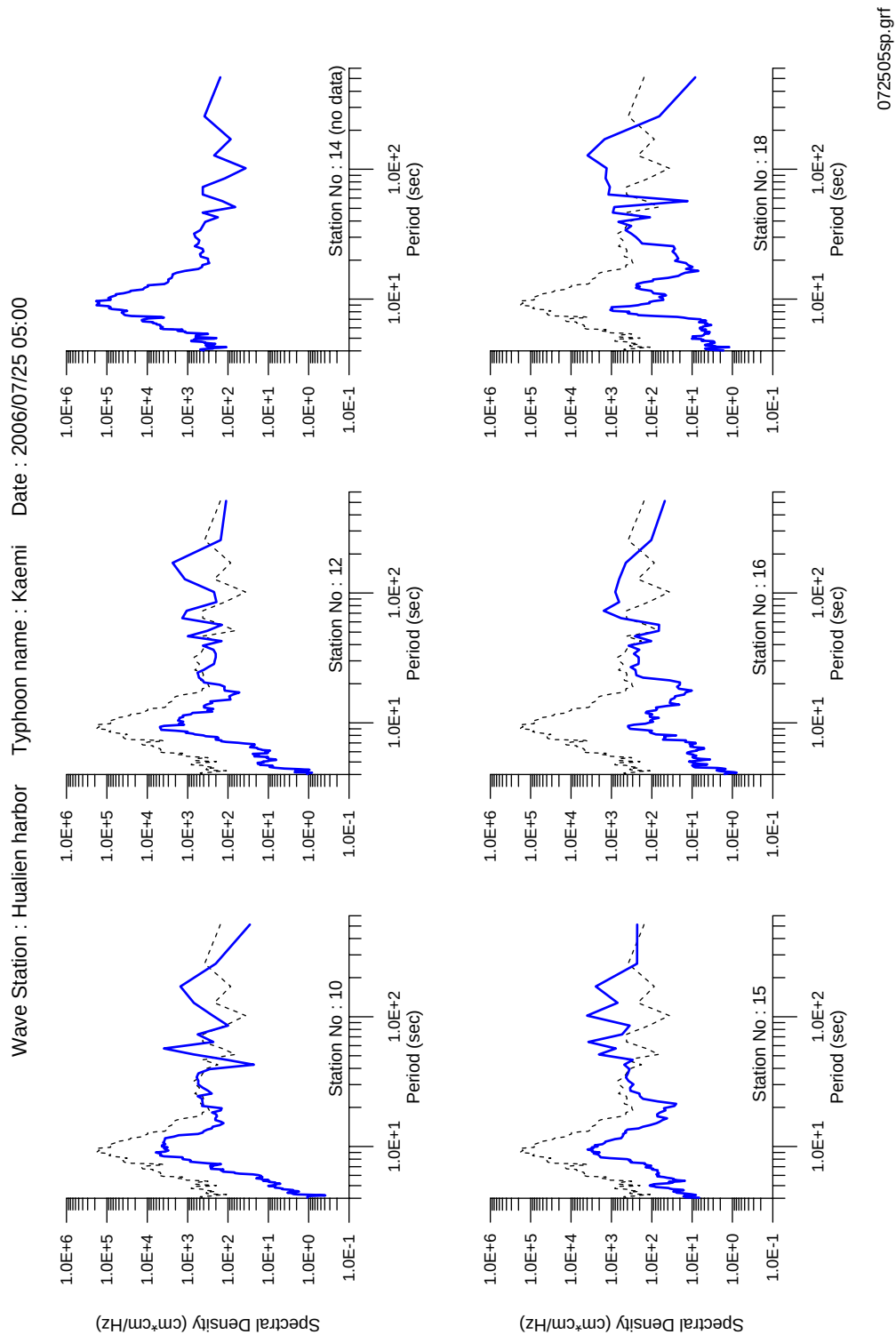


圖 3-67 凱米颱風同時間（07/25 05:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

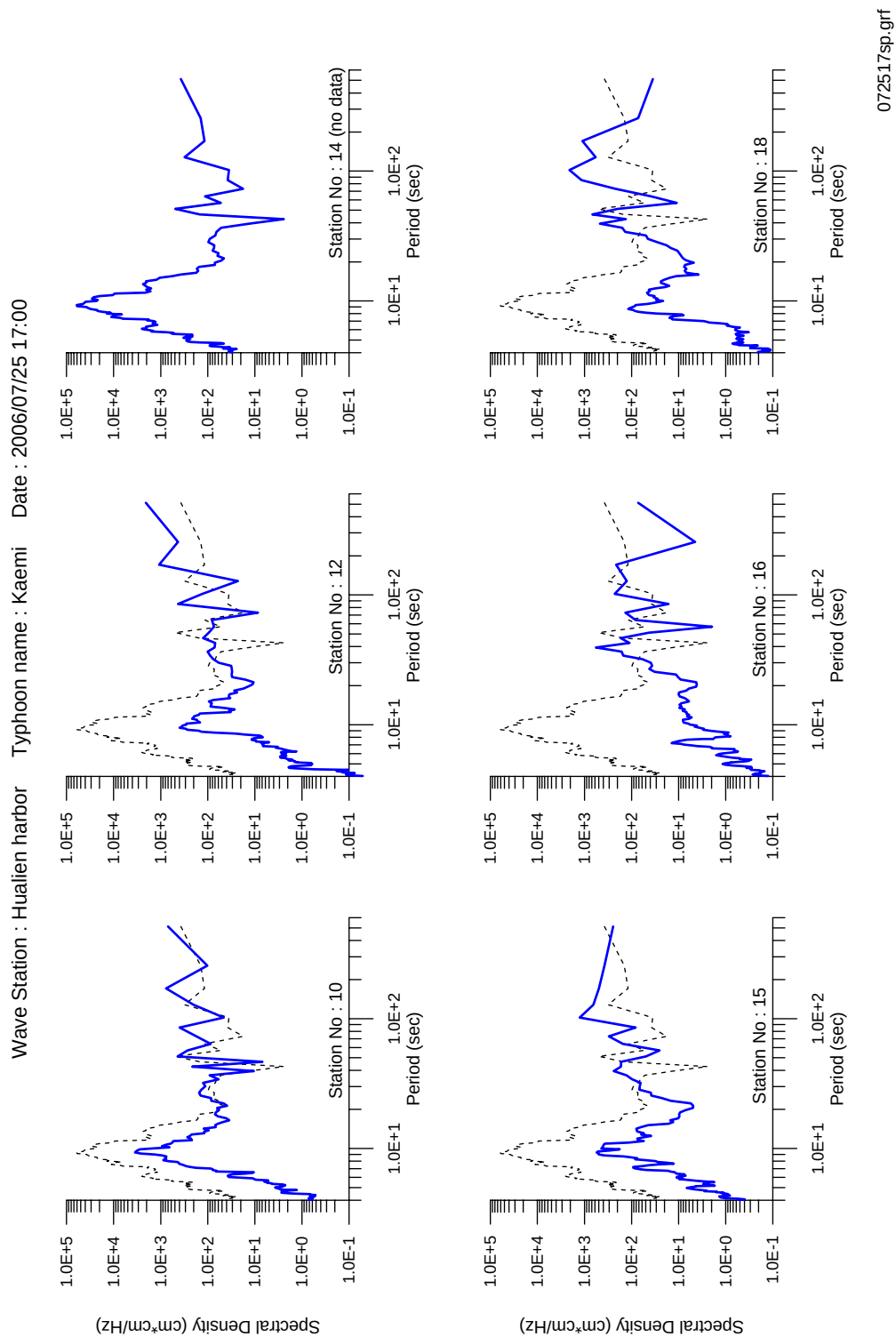


圖 3-68 凱米颱風同時間（07/25 17:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

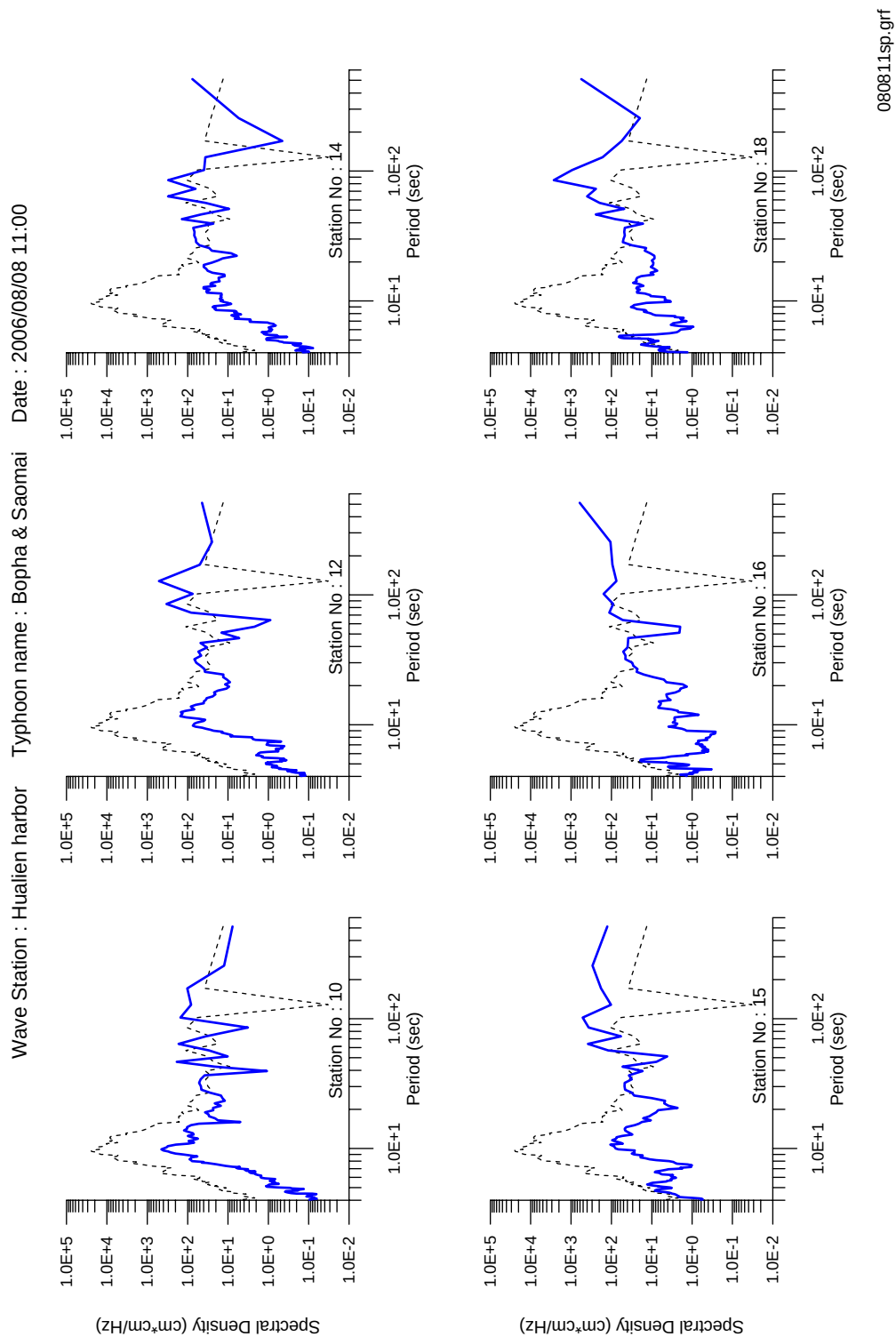


圖 3-69 寶發及桑美颱風同時間（08/08 11:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

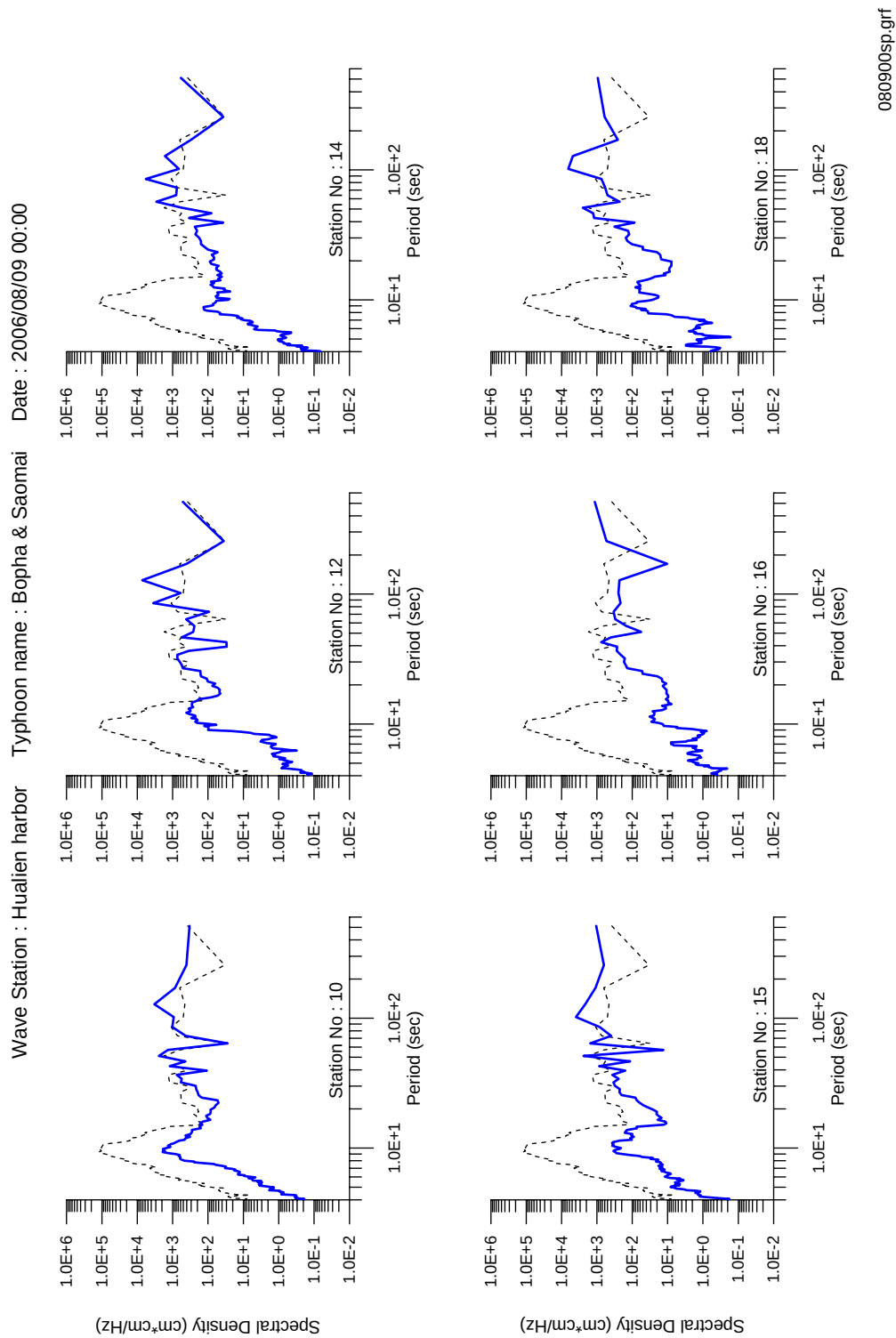


圖 3-70 寶發及桑美颱風同時間（08/09 00:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

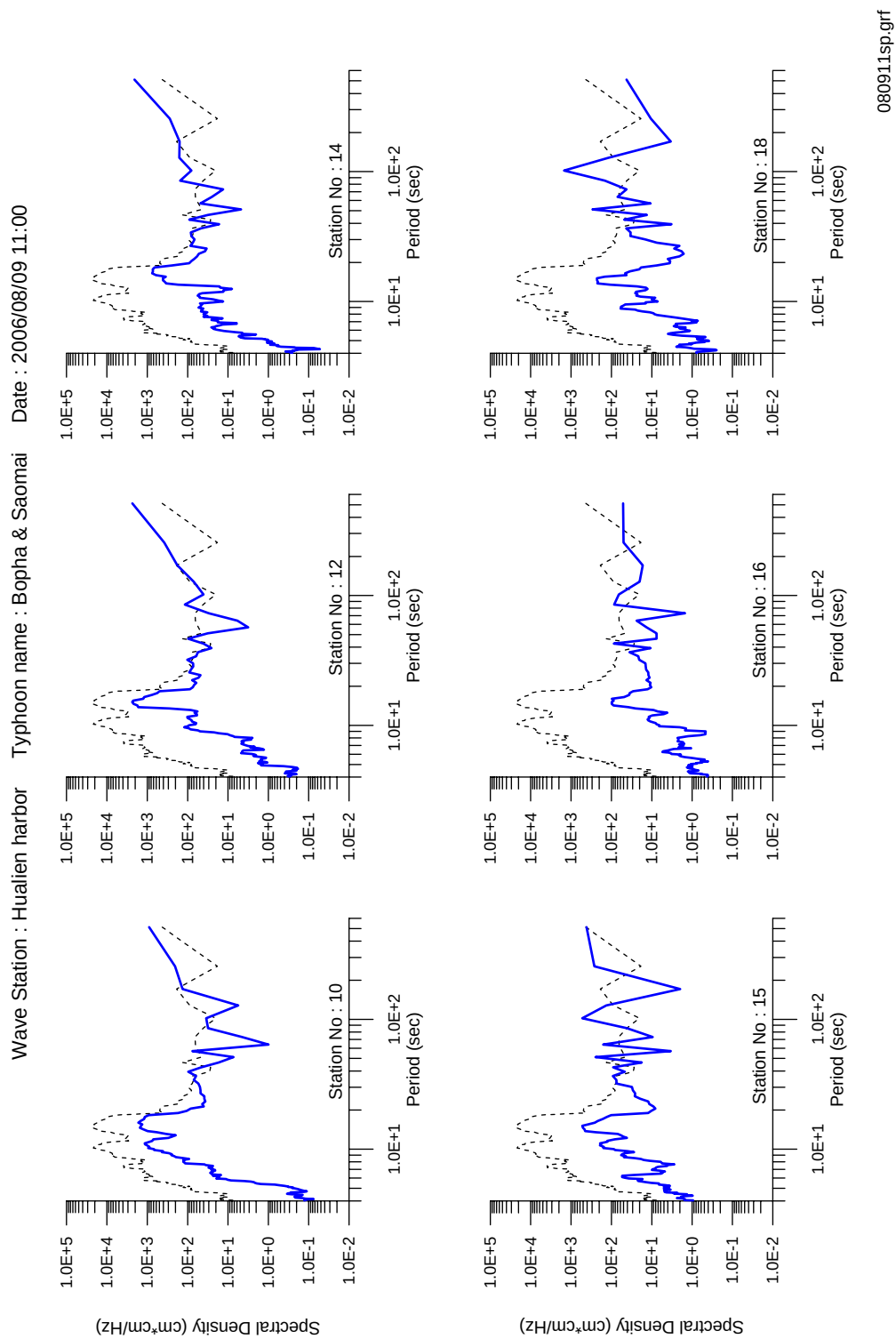


圖 3-71 寶發及桑美颱風同時間（08/09 11:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

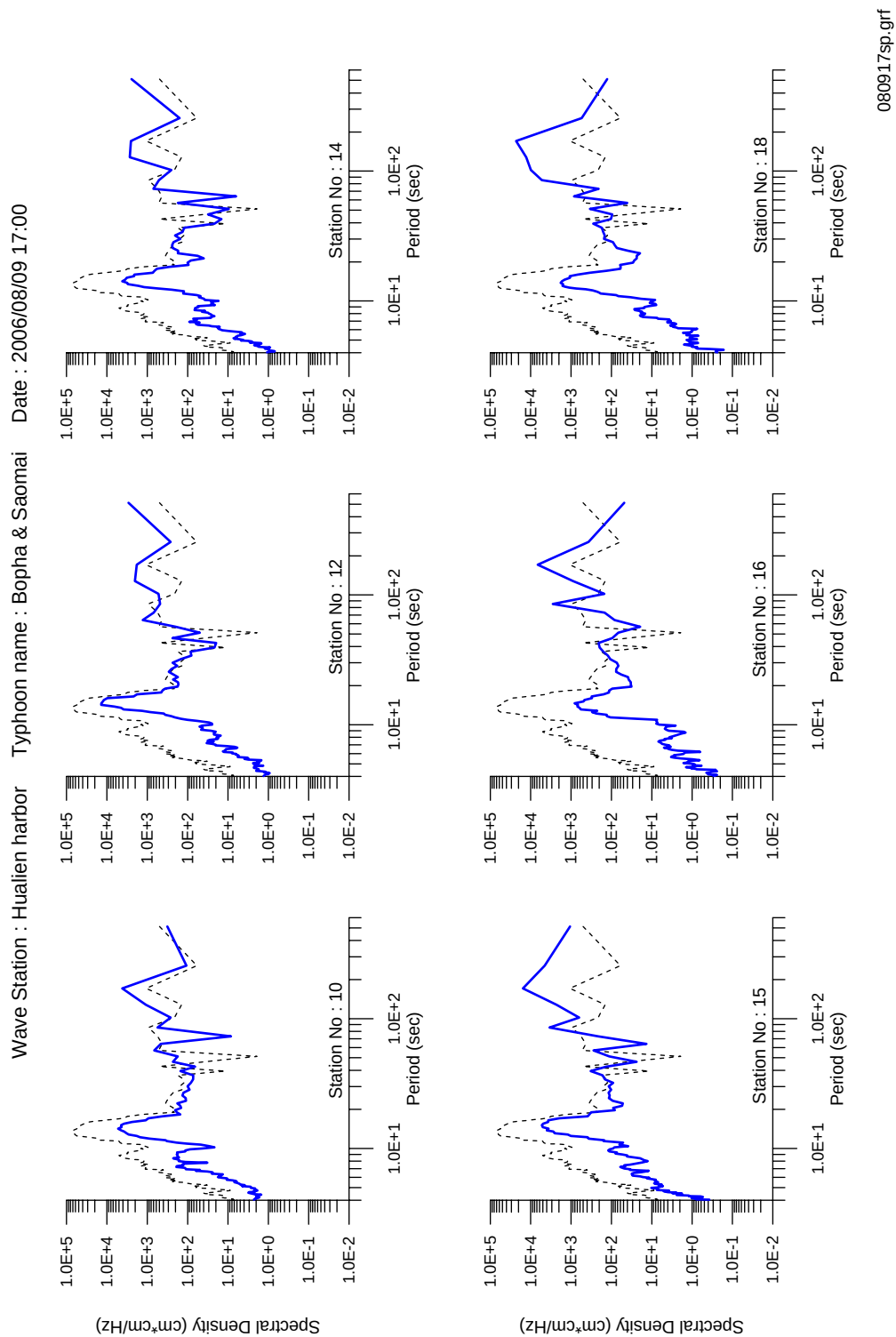


圖 3-72 寶發及桑美颱風同時間（08/09 17:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

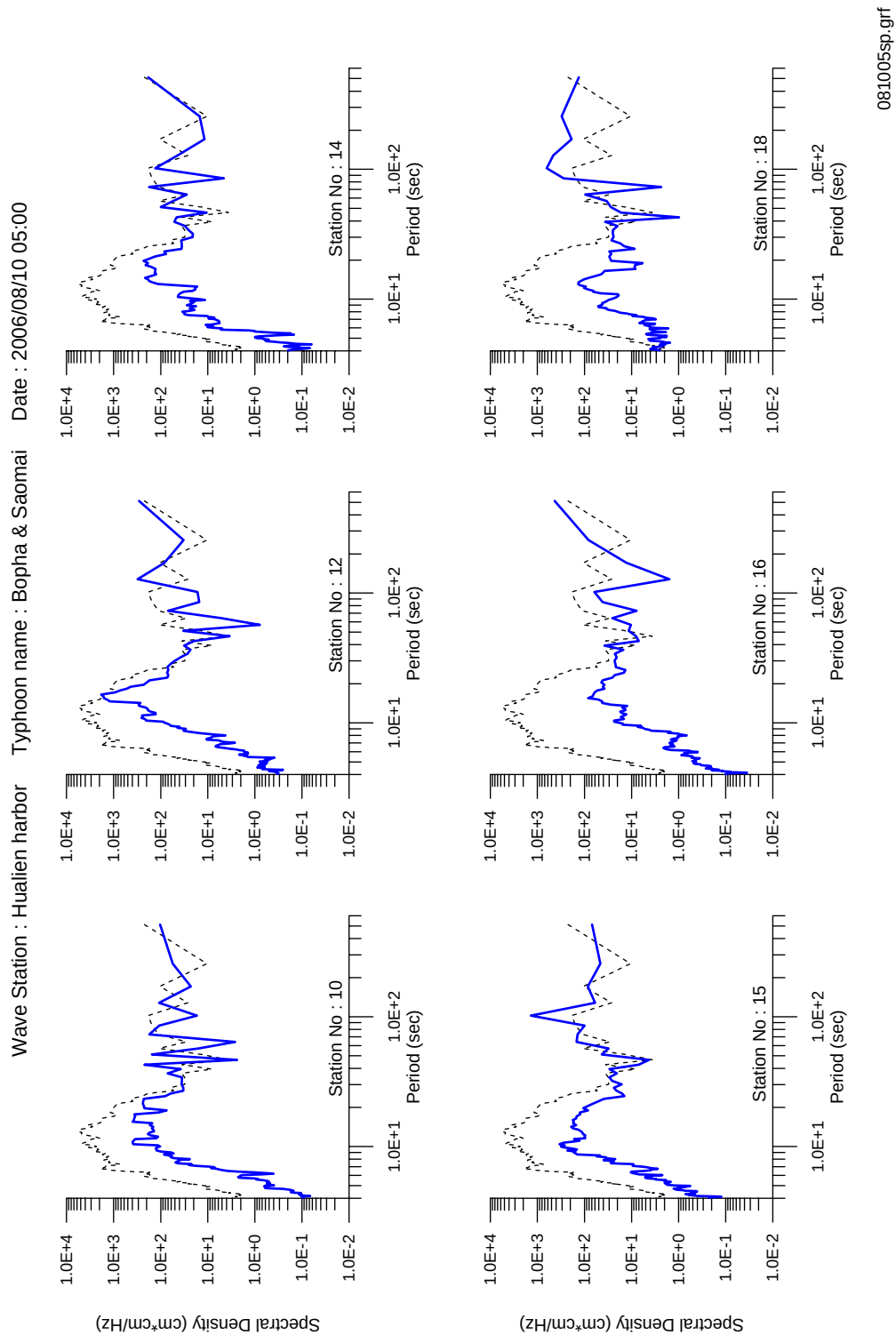


圖 3-73 寶發及桑美颱風同時間（08/10 05:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

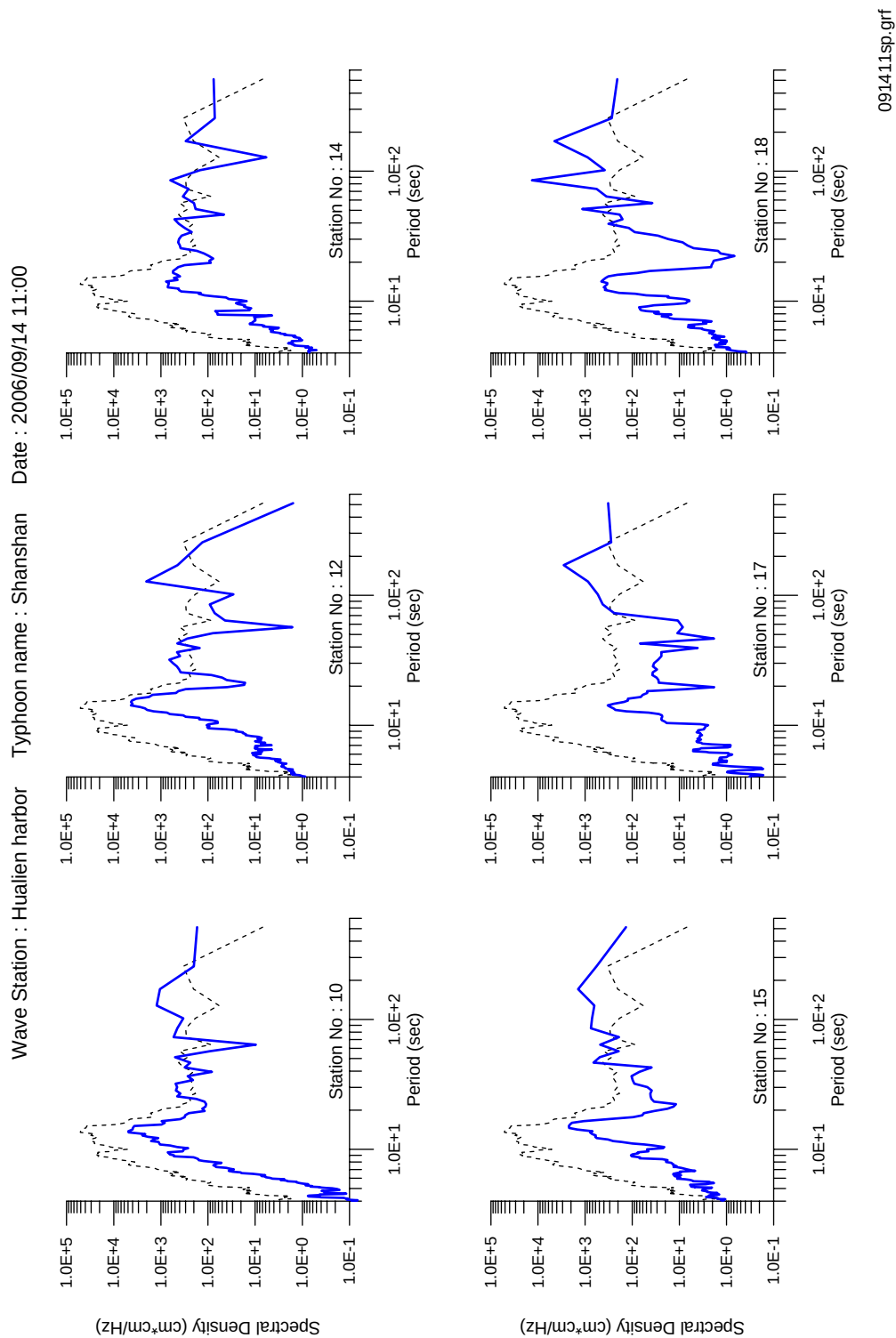
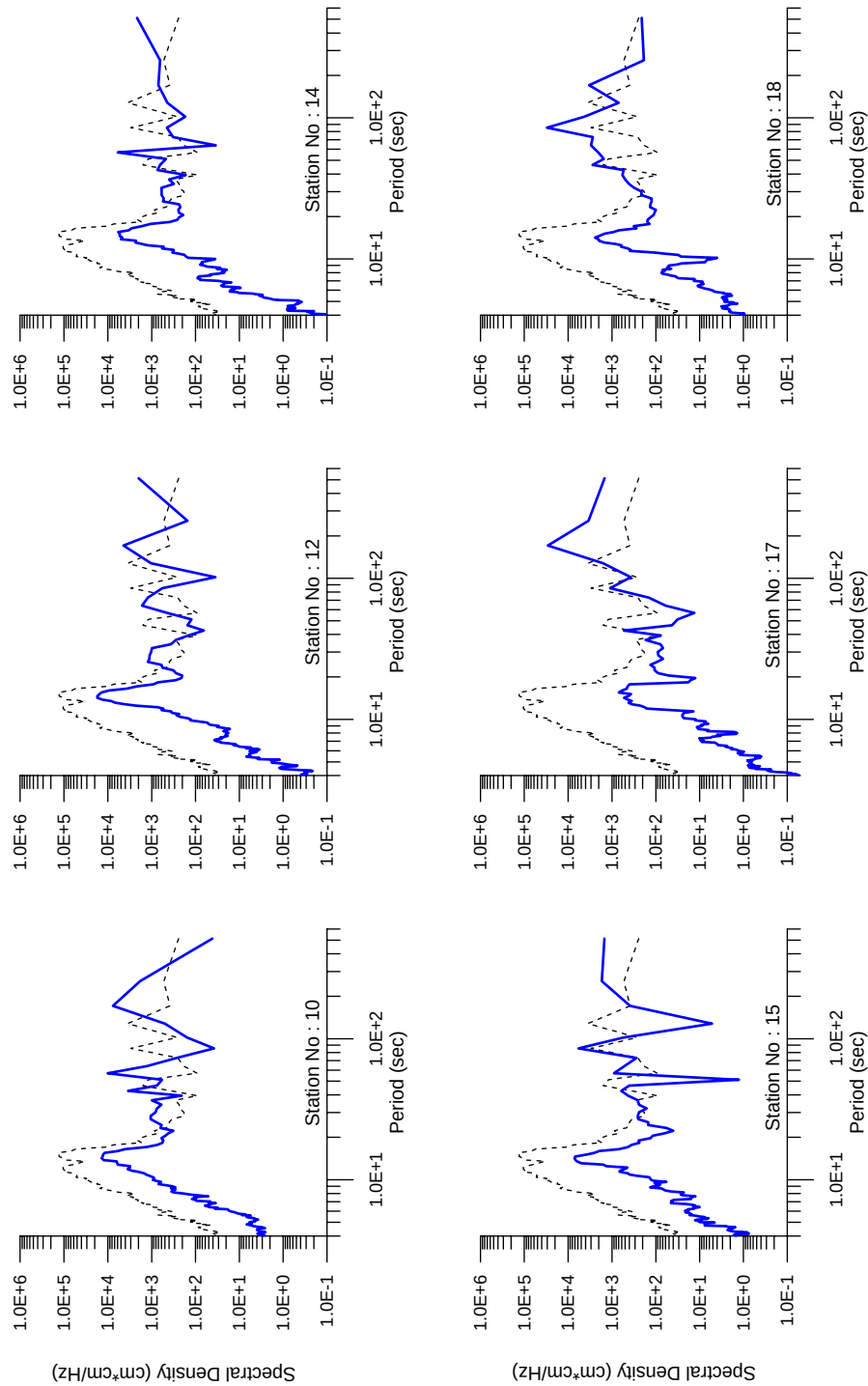


圖 3-74 珊珊颱風同時間（09/14 11:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

Wave Station : Hualien harbor Typhoon name : Shanshan Date : 2006/09/15 00:00



091500sp.grf

圖 3-75 珊珊颱風同時間（09/15 00:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

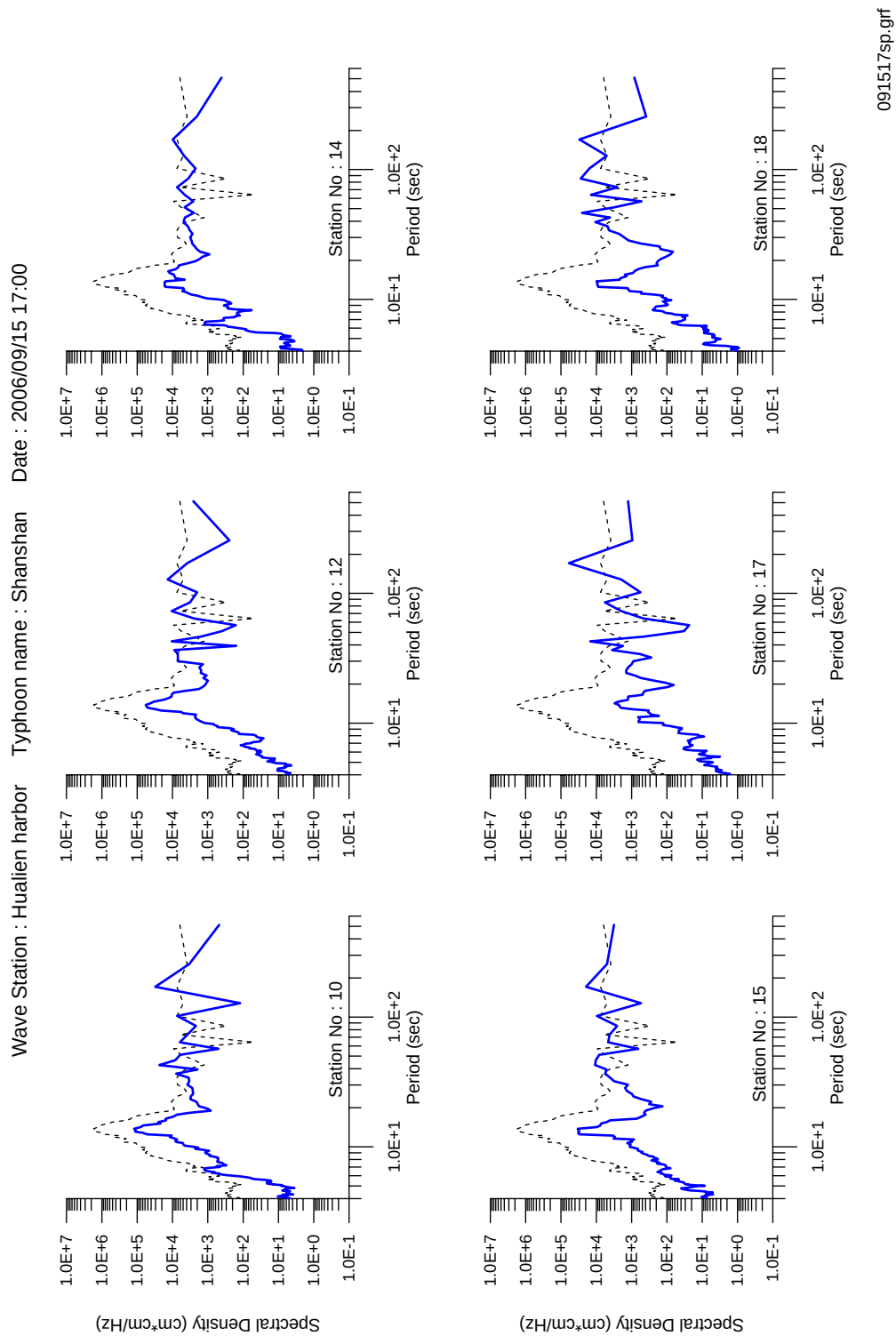


圖 3-76 珊珊颱風同時間（09/15 17:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

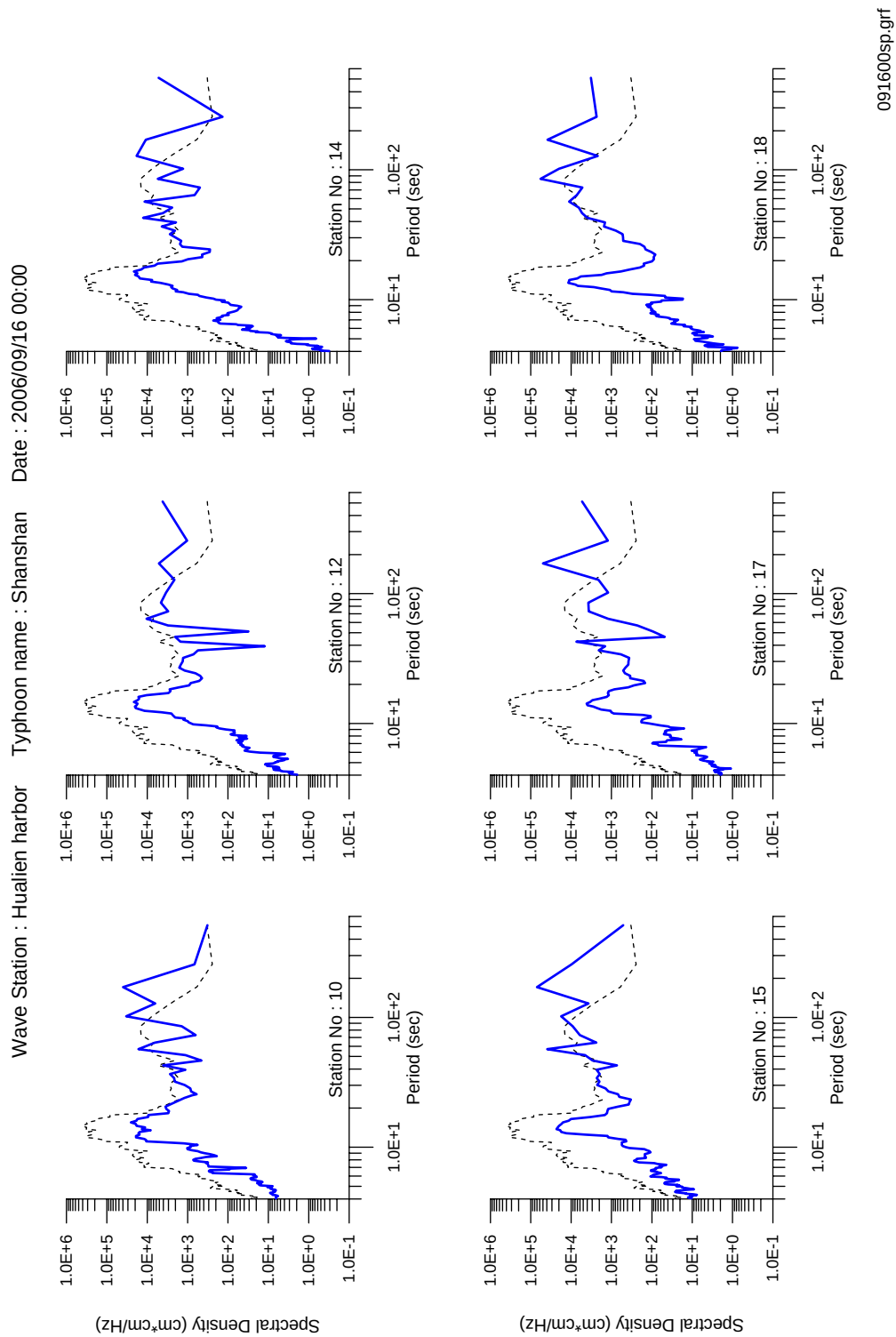


圖 3-77 珊珊颱風同時間（09/16 00:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

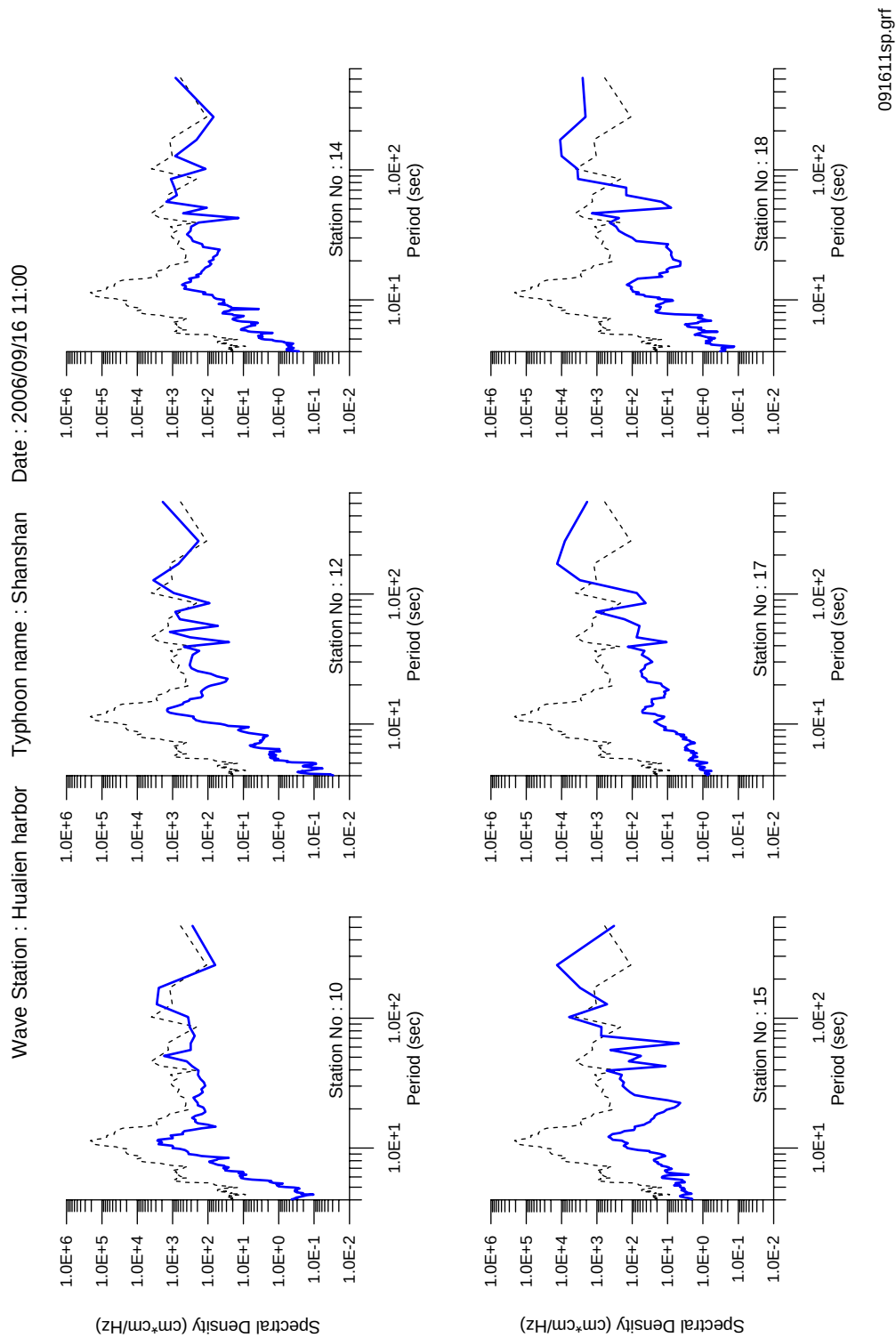


圖 3-78 珊珊颱風同時間（09/16 11:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

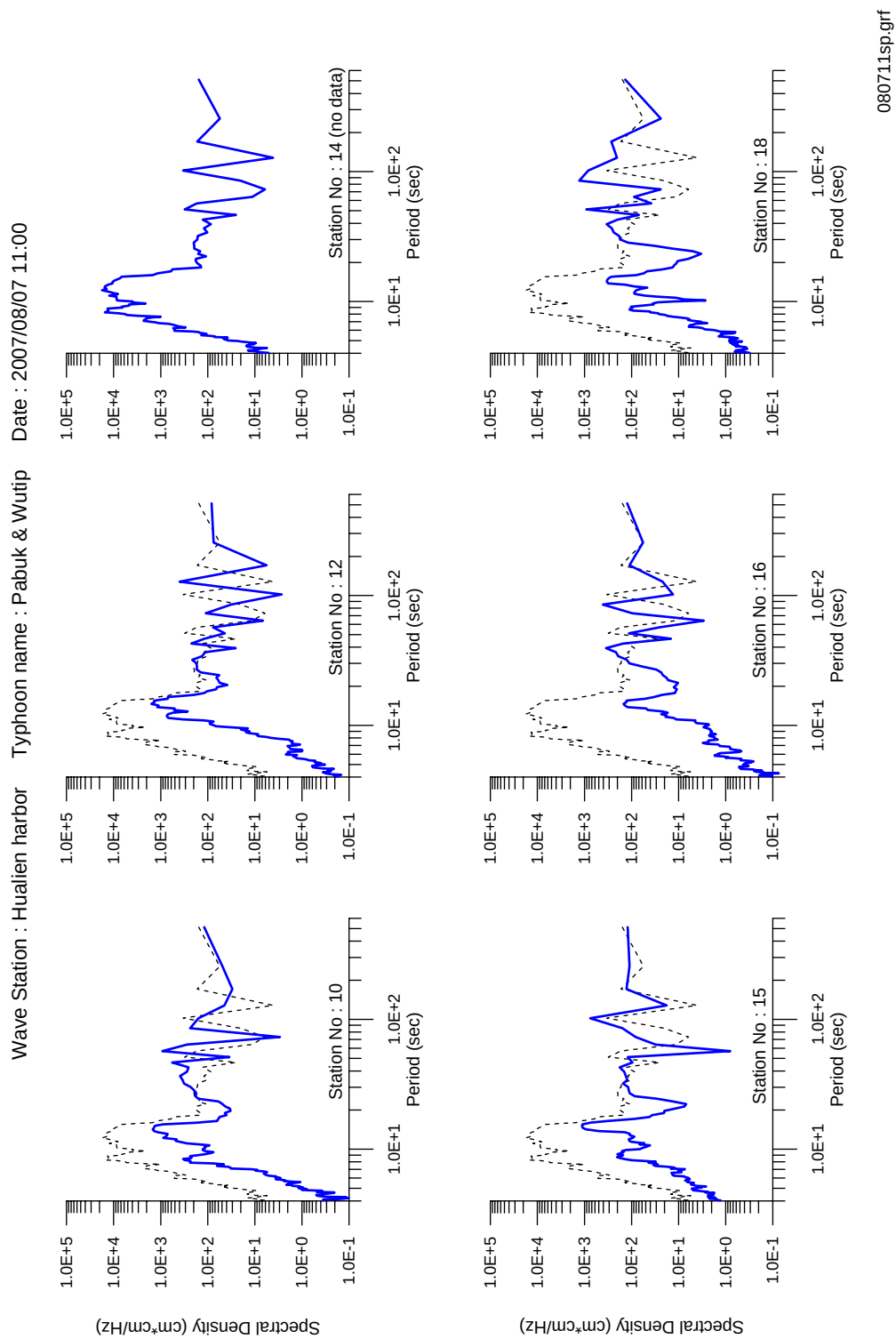


圖 3-79 帕布及梧提颱風同時間（08/07 11:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

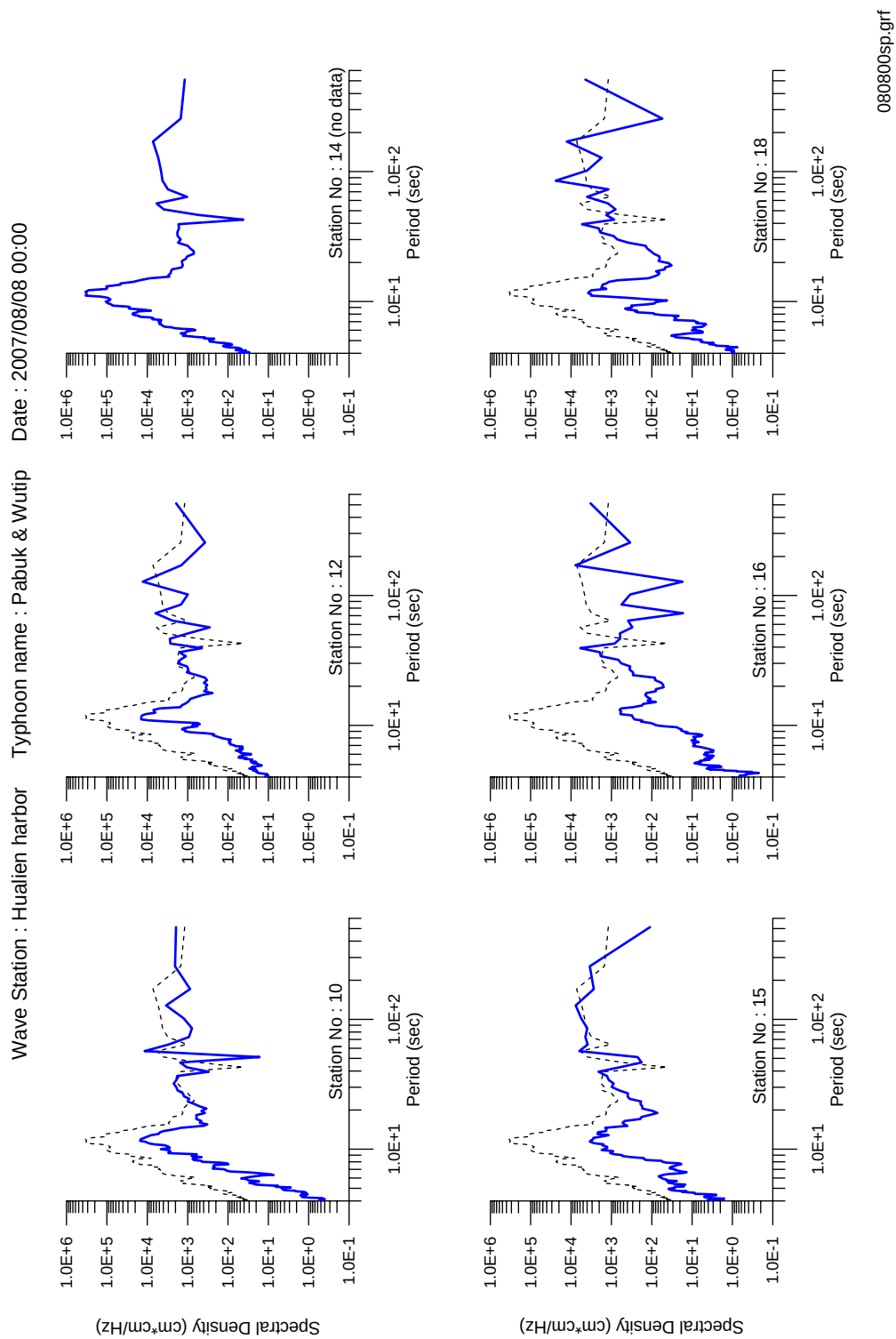


圖 3-80 帕布及梧提颱風同時間（08/08 00:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

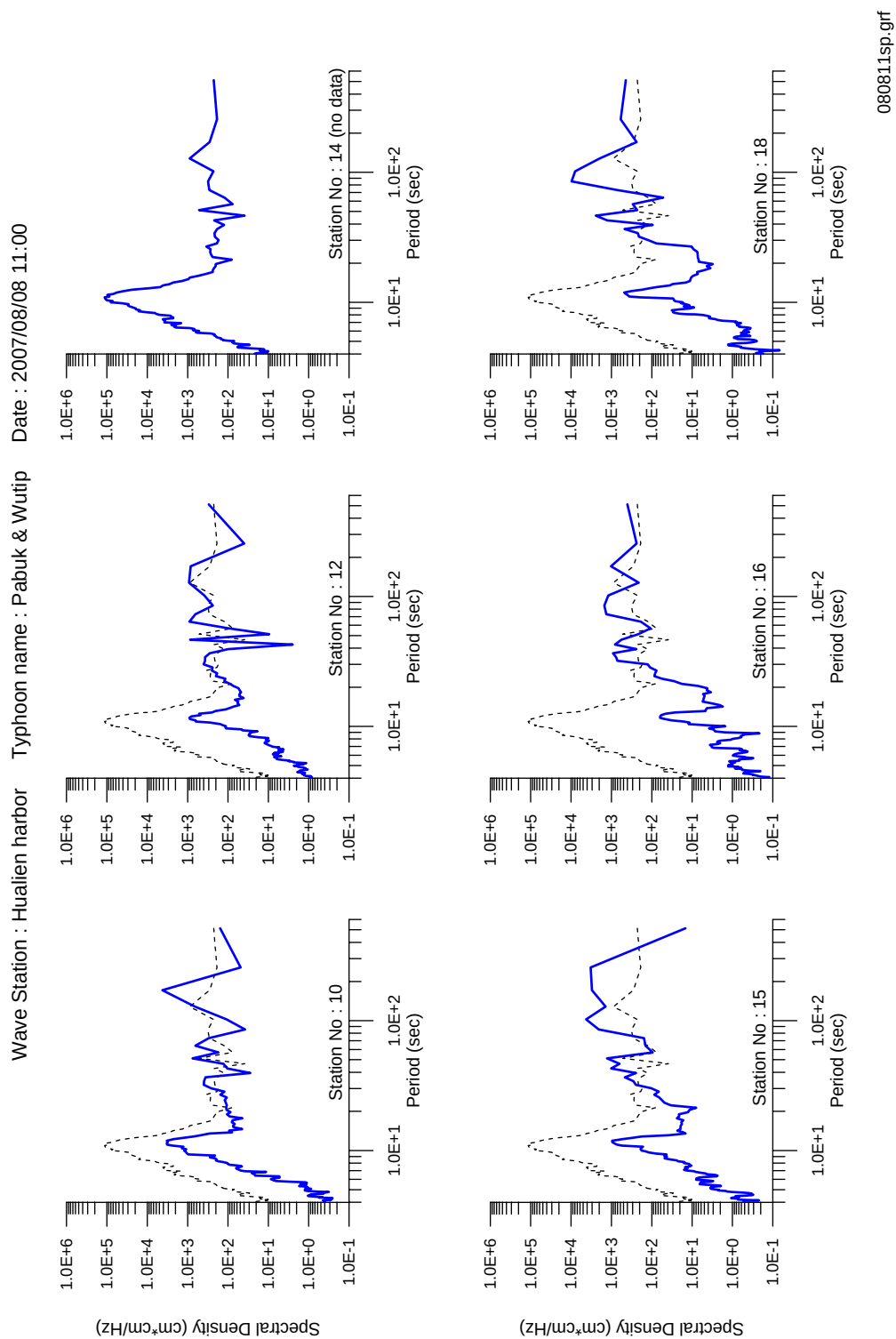


圖 3-81 帕布及梧提颱風同時間 (08/08 11:00) 港內各測點與港外測點波浪能譜比較

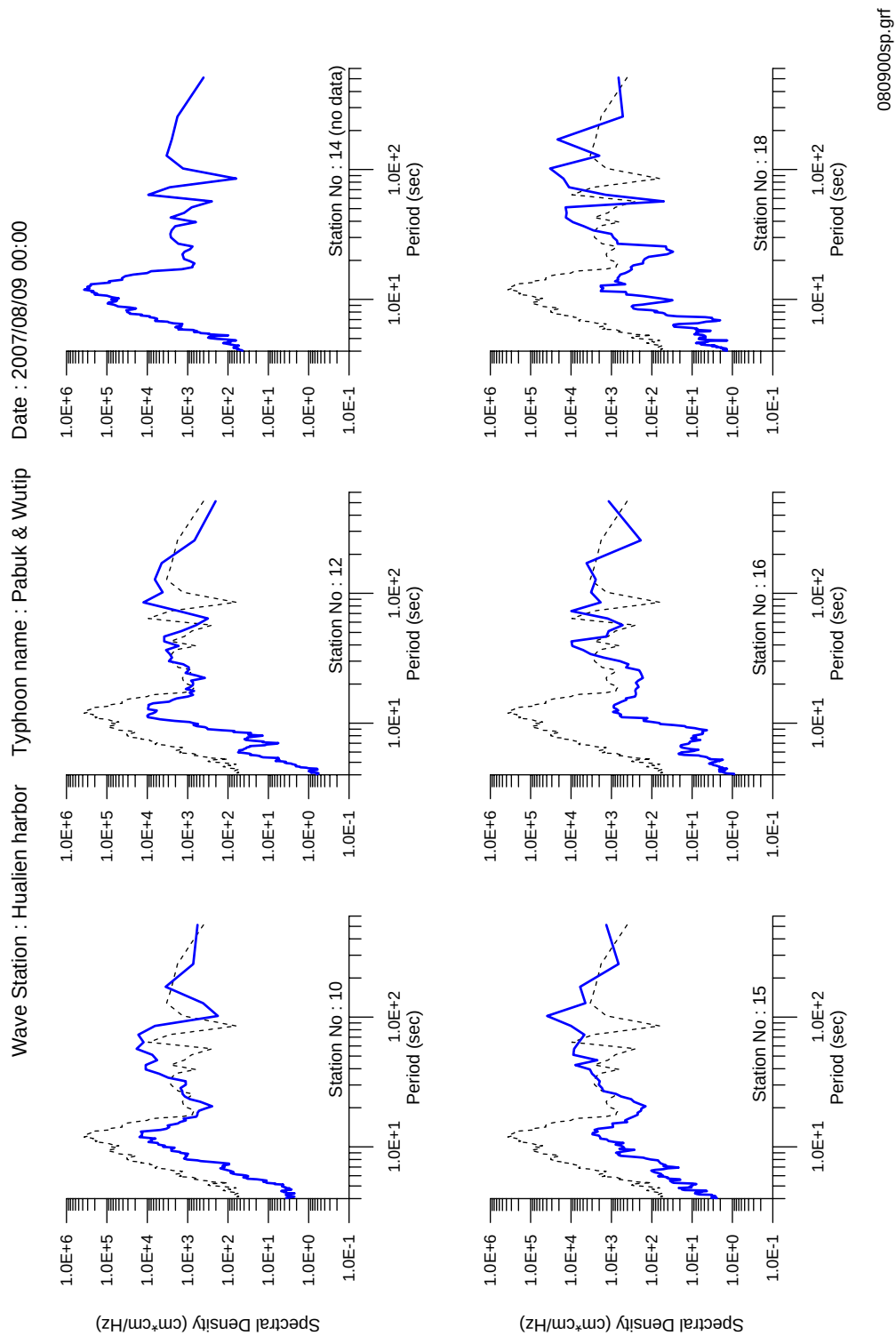


圖 3-82 帕布及梧提颱風同時間（08/09 00:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

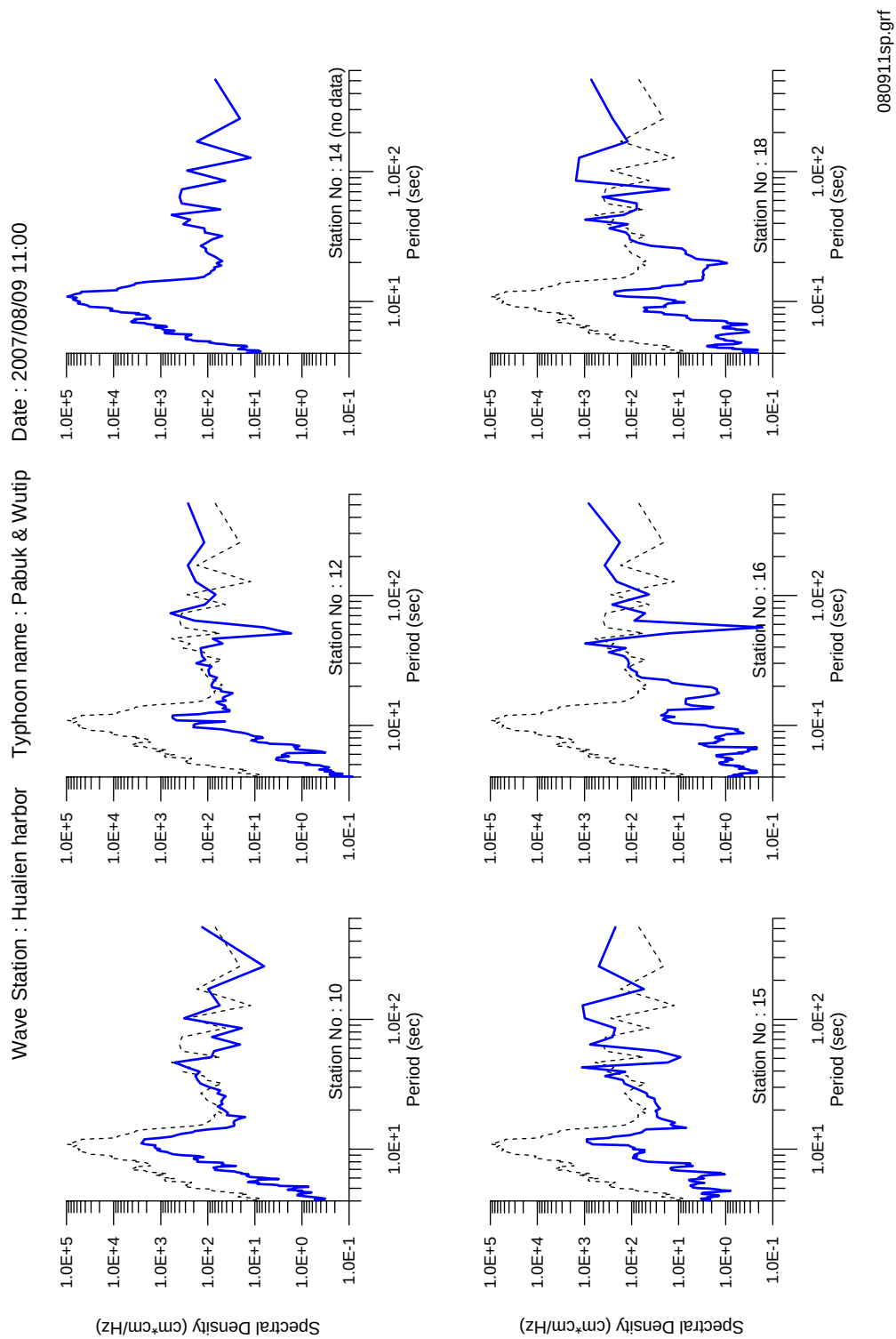


圖 3-83 帕布及梧提颱風同時間（08/09 11:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

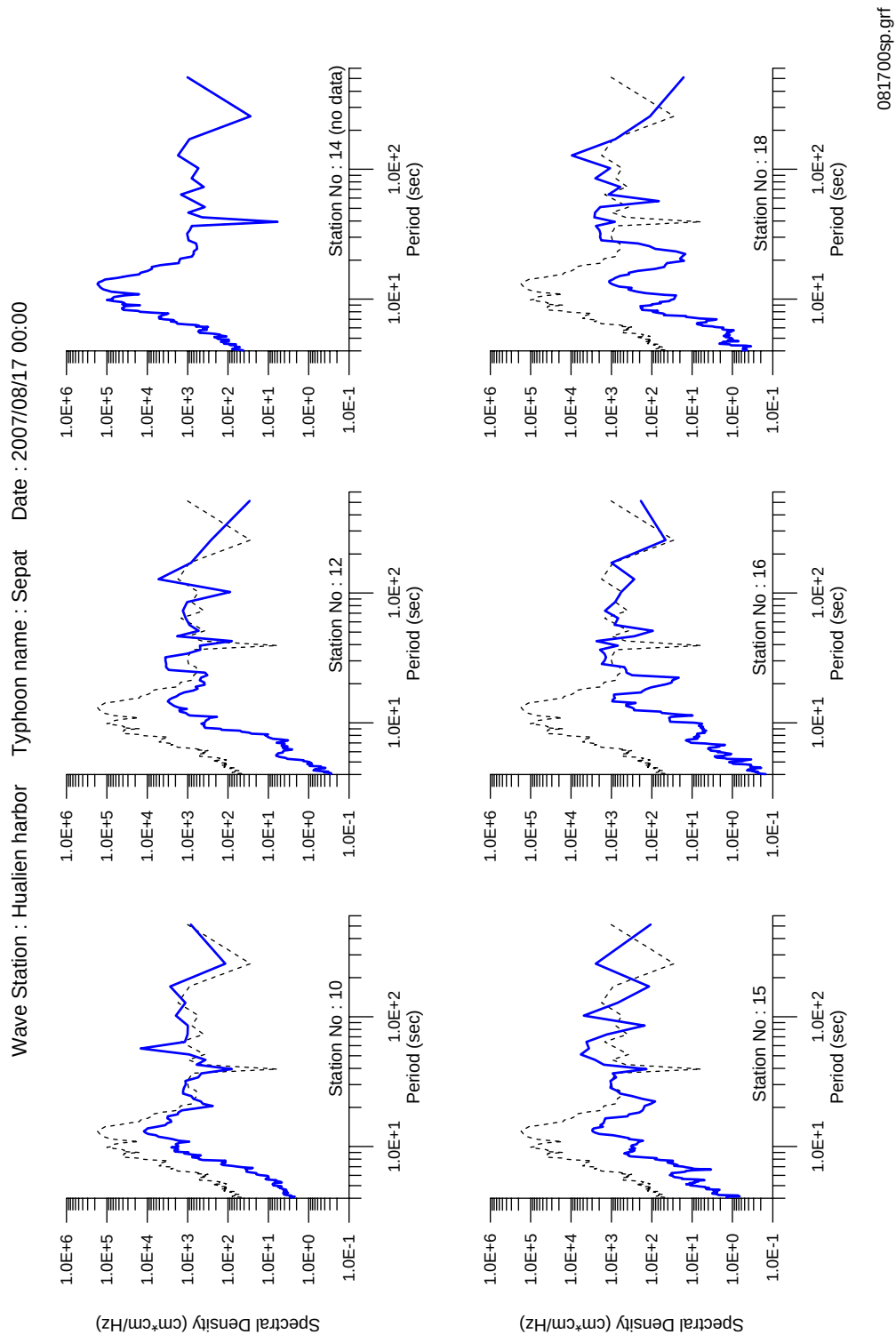
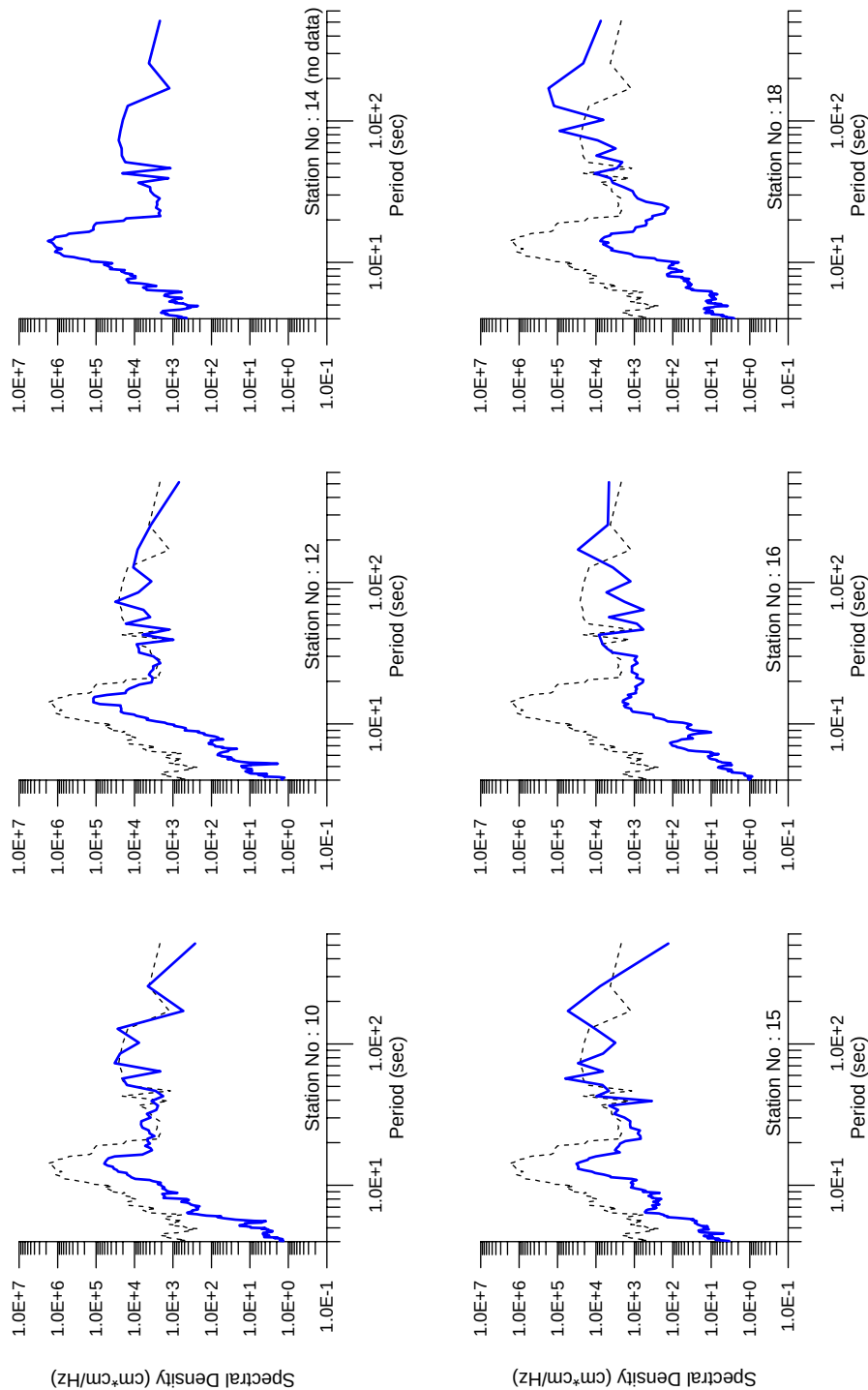


圖 3-84 聖帕颱風同時間（08/17 00:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

Wave Station : Hualien harbor Typhoon name : Sepat Date : 2007/08/17 17:00



081717sp.grf

圖 3-85 聖帕颱風同時間（08/17 17:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

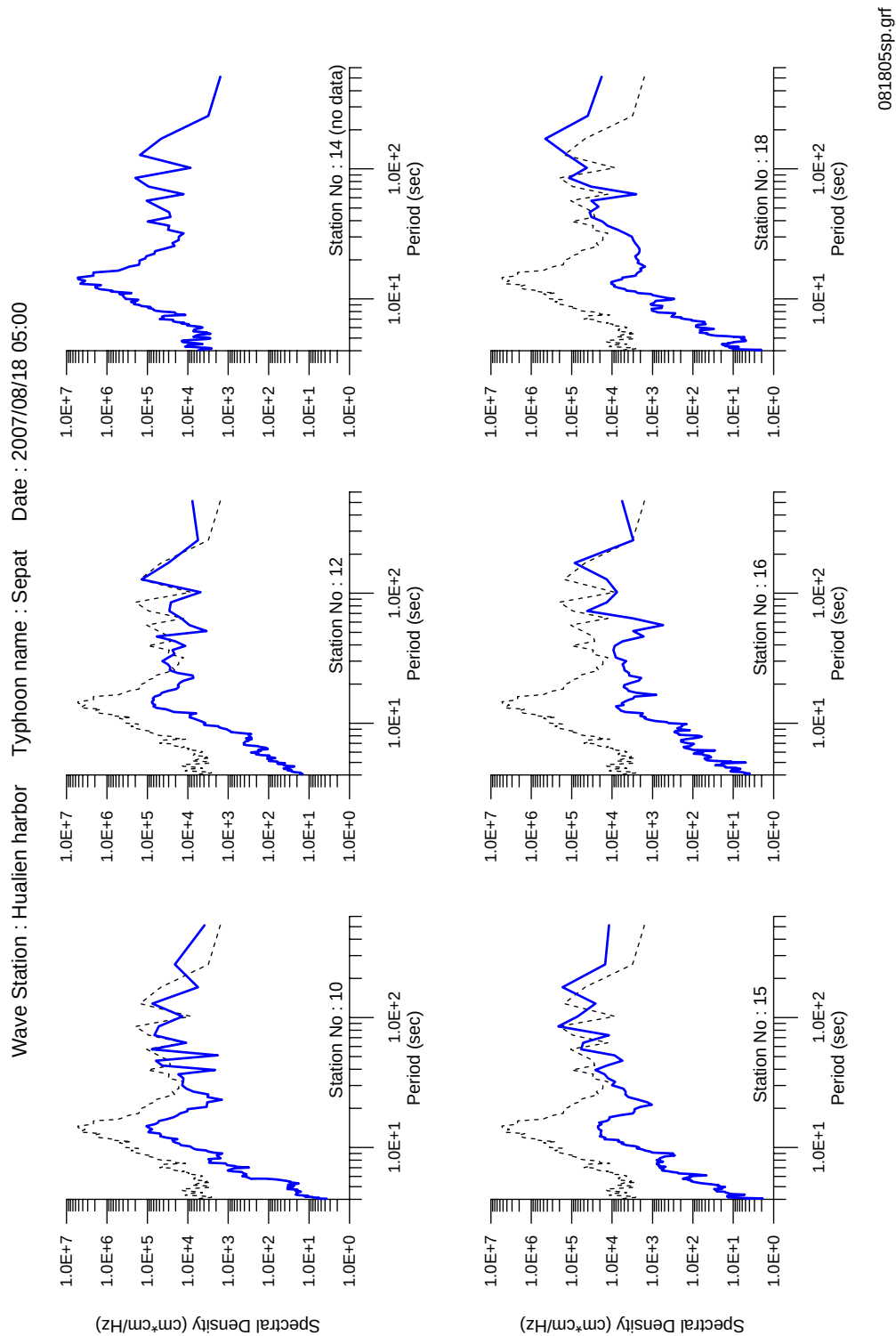


圖 3-86 聖帕颱風同時間（08/18 05:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

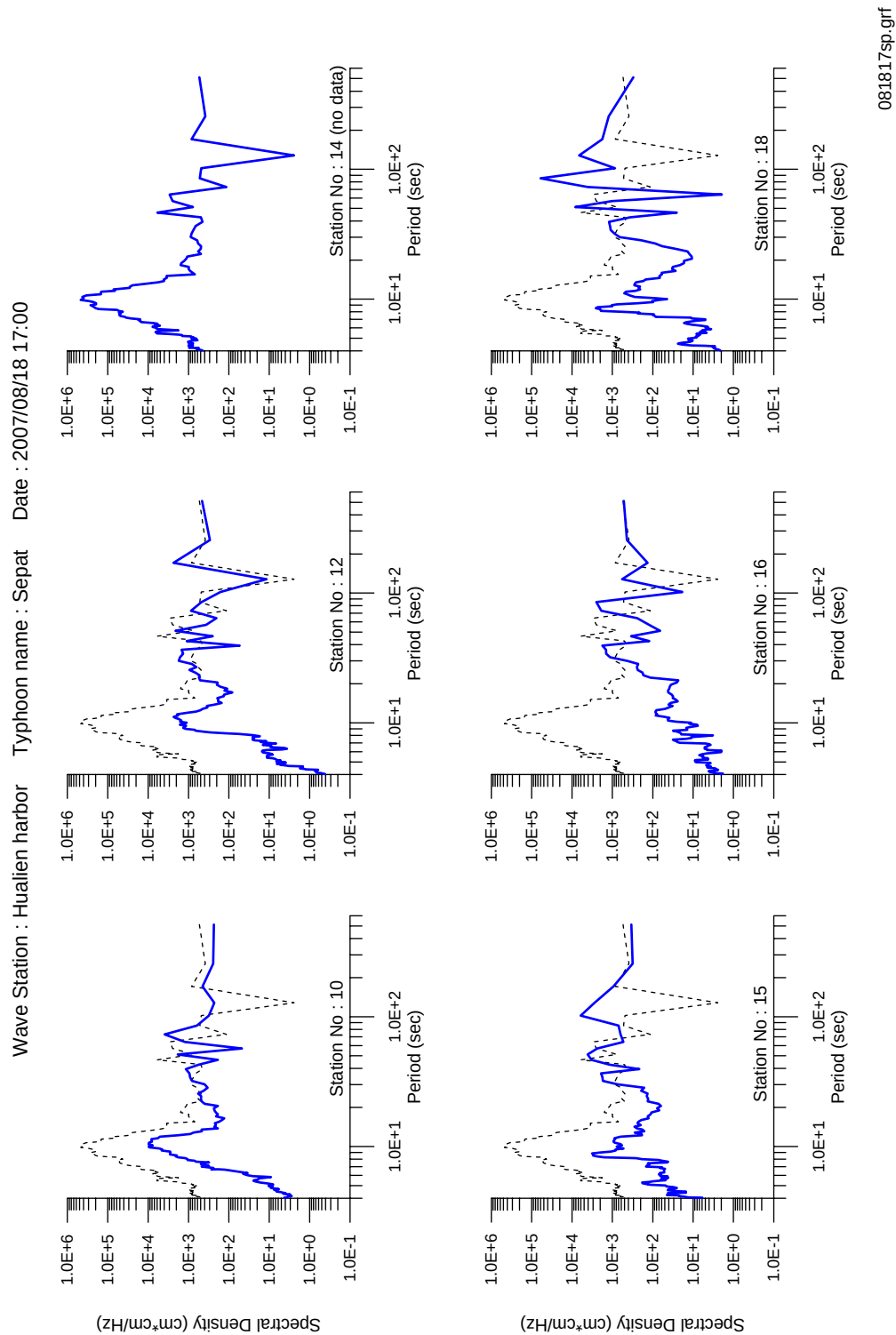


圖 3-87 聖帕颱風同時間（08/18 17:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

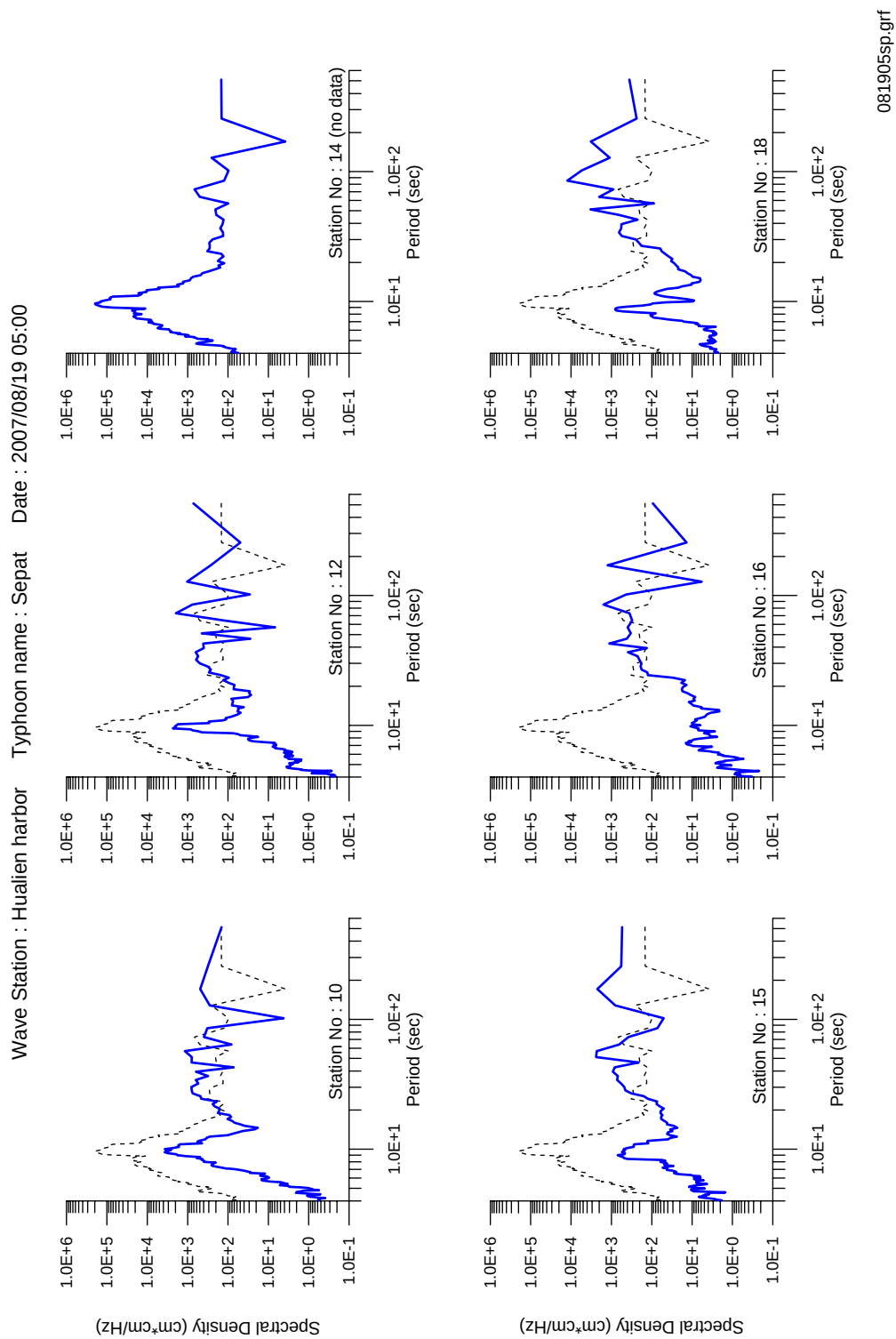


圖 3-88 聖帕颱風同時間（08/19 05:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

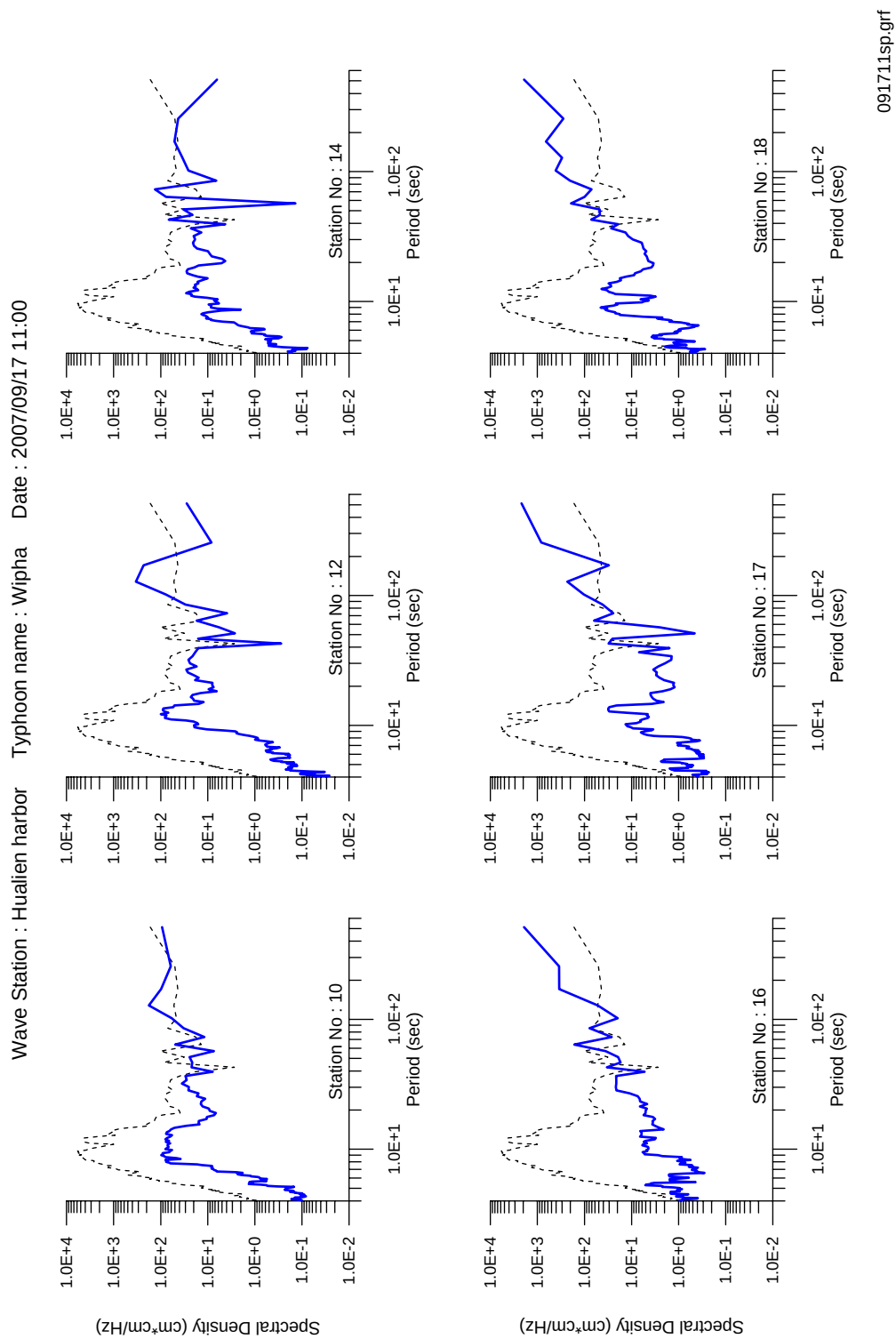


圖 3-89 韋帕颱風同時間（09/17 11:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

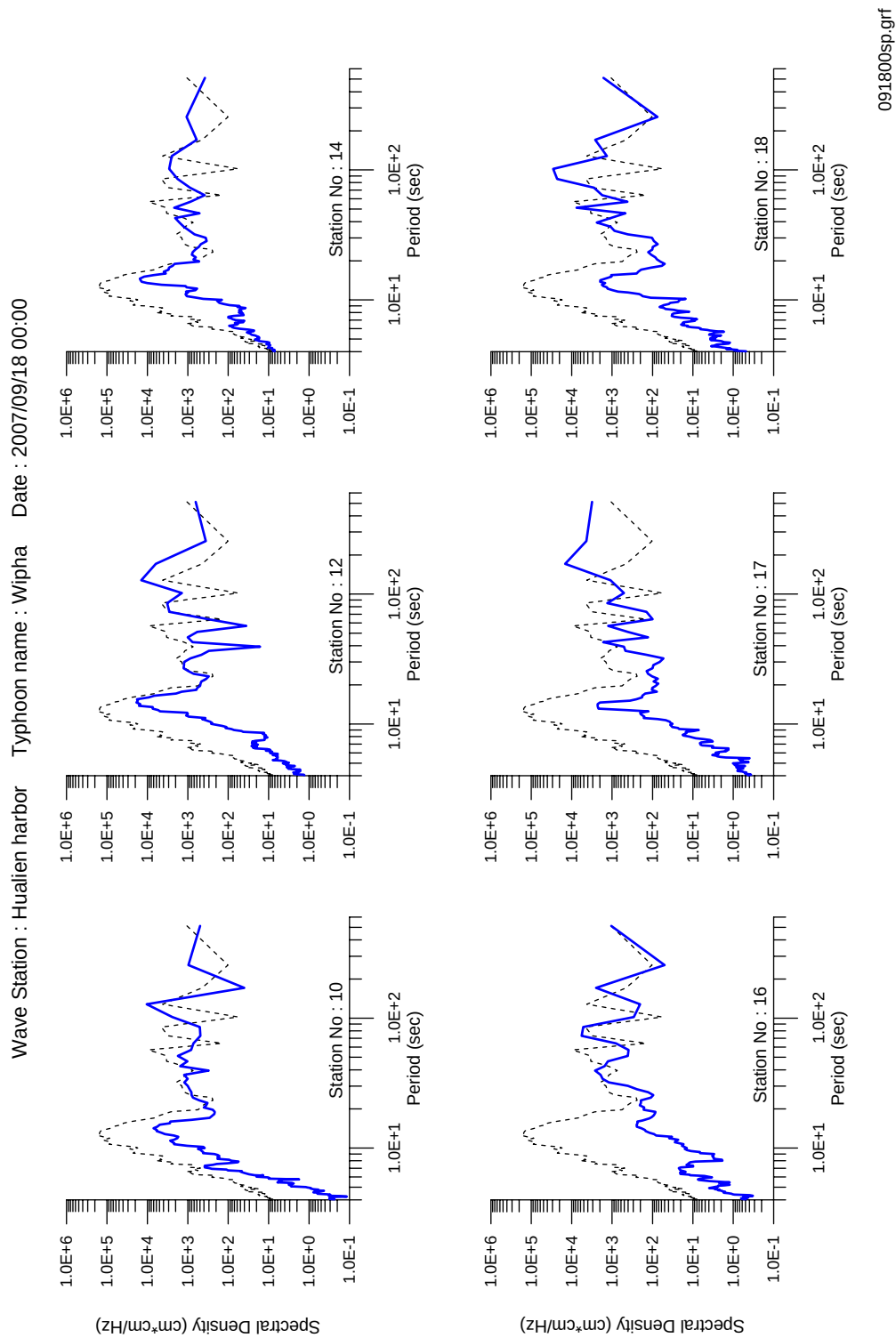


圖 3-90 韋帕颱風同時間（09/18 00:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

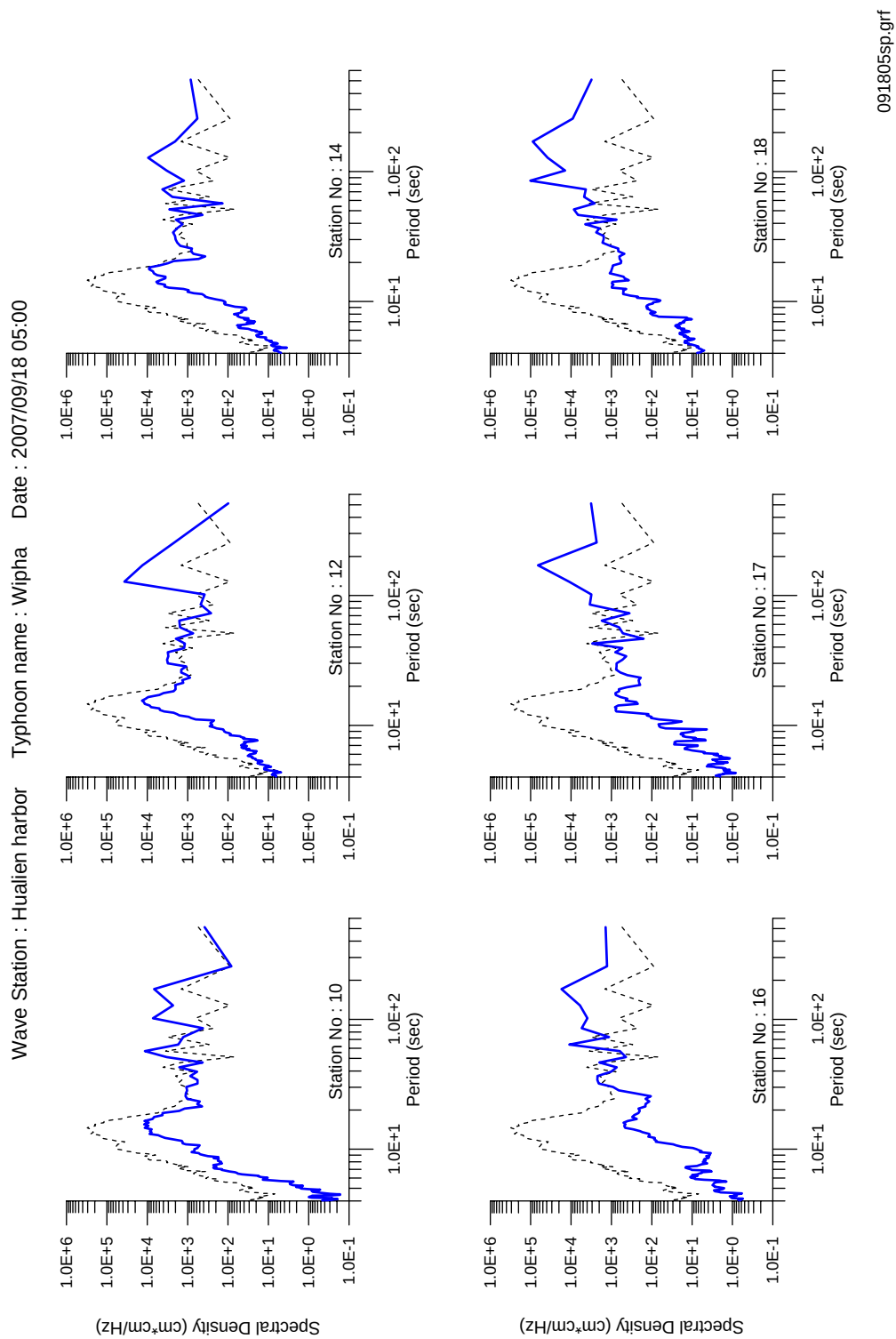


圖 3-91 韋帕颱風同時間（09/18 05:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

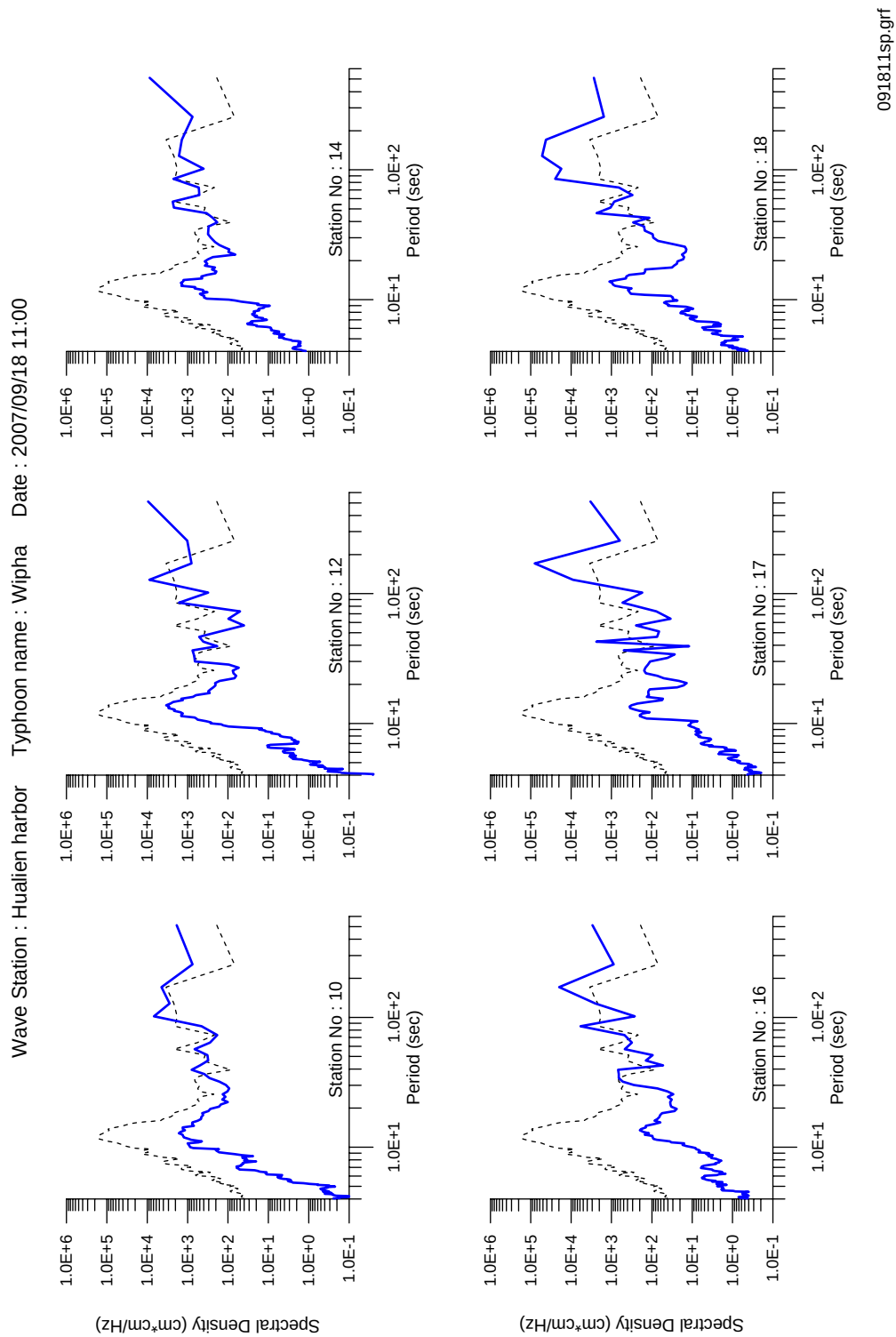


圖 3-92 韋帕颱風同時間（09/18 11:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

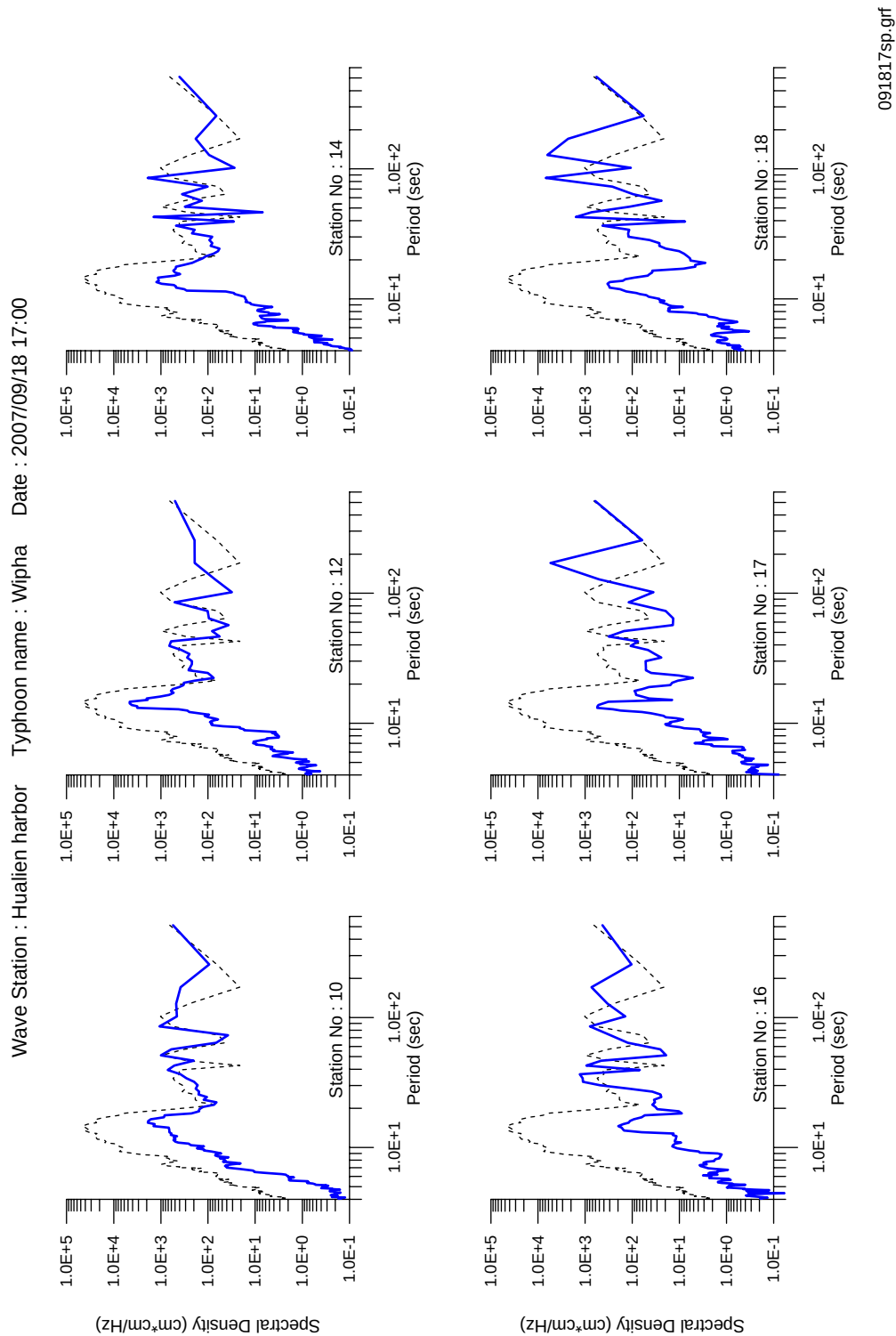
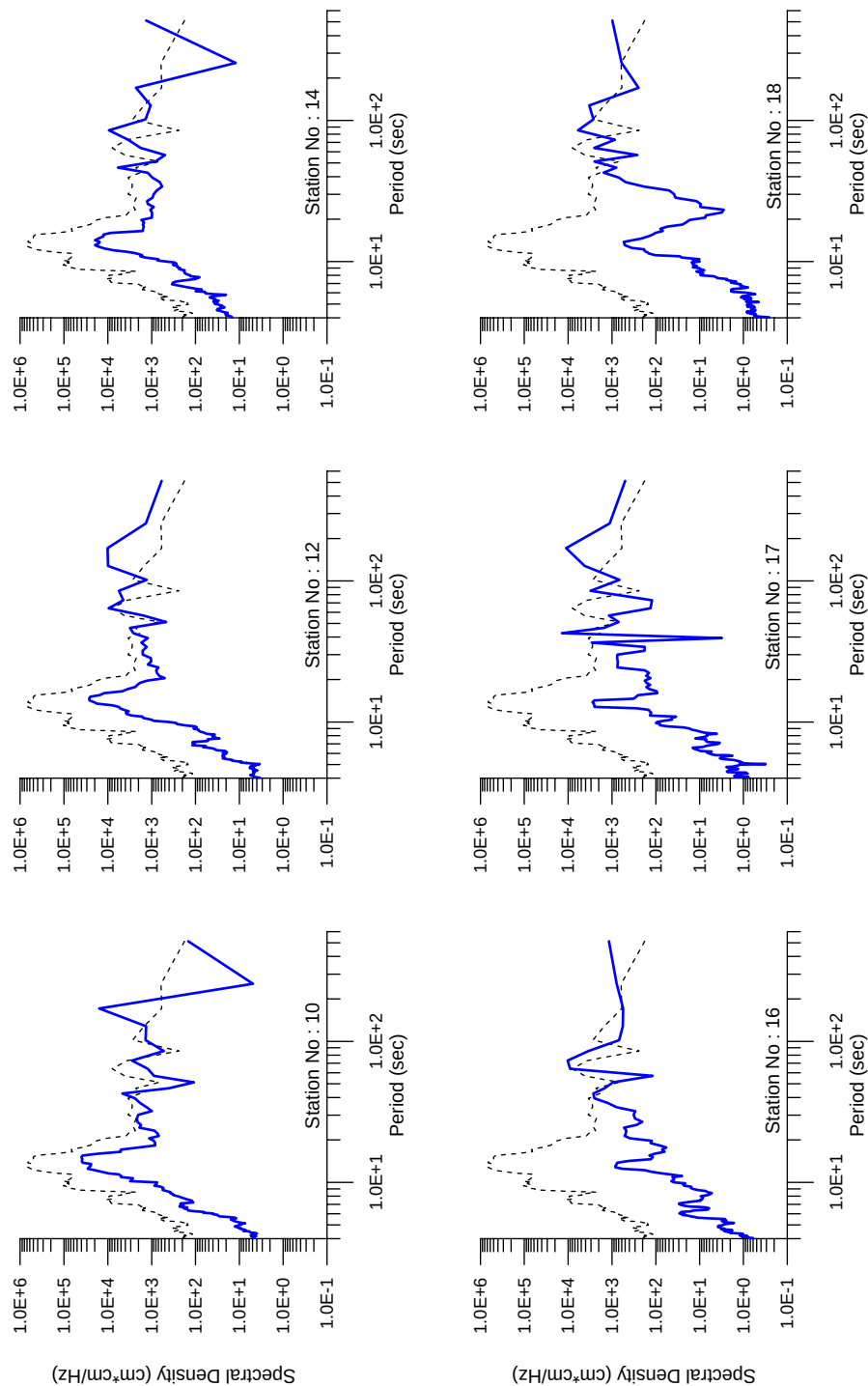


圖 3-93 韋帕颱風同時間（09/18 17:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

Wave Station : Hualien harbor Typhoon name : Krosa Date : 2007/10/04 17:00



100417sp.grf

圖 3-94 柯羅莎颱風同時間（10/04 17:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

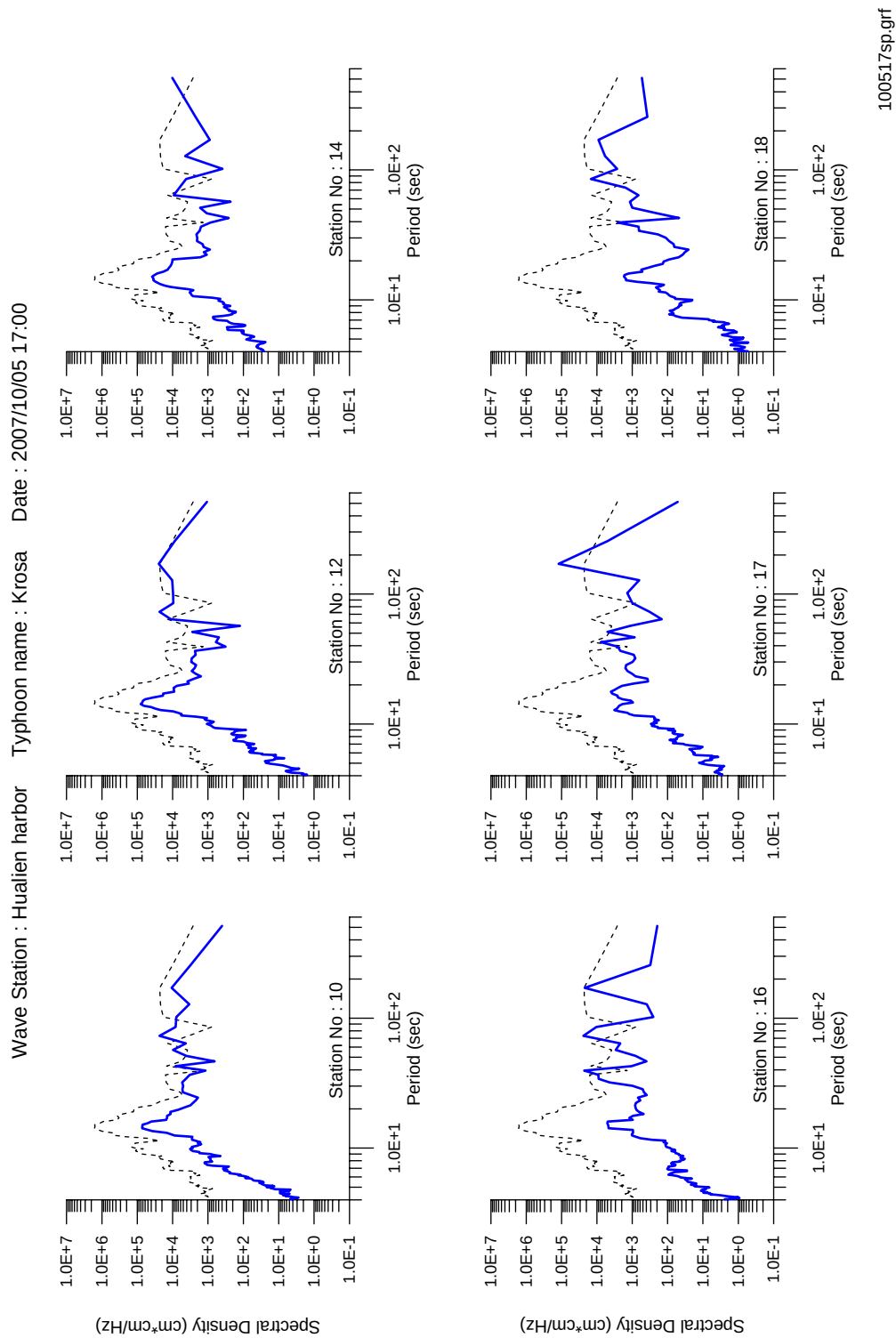


圖 3-95 柯羅莎颱風同時間（10/05 17:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

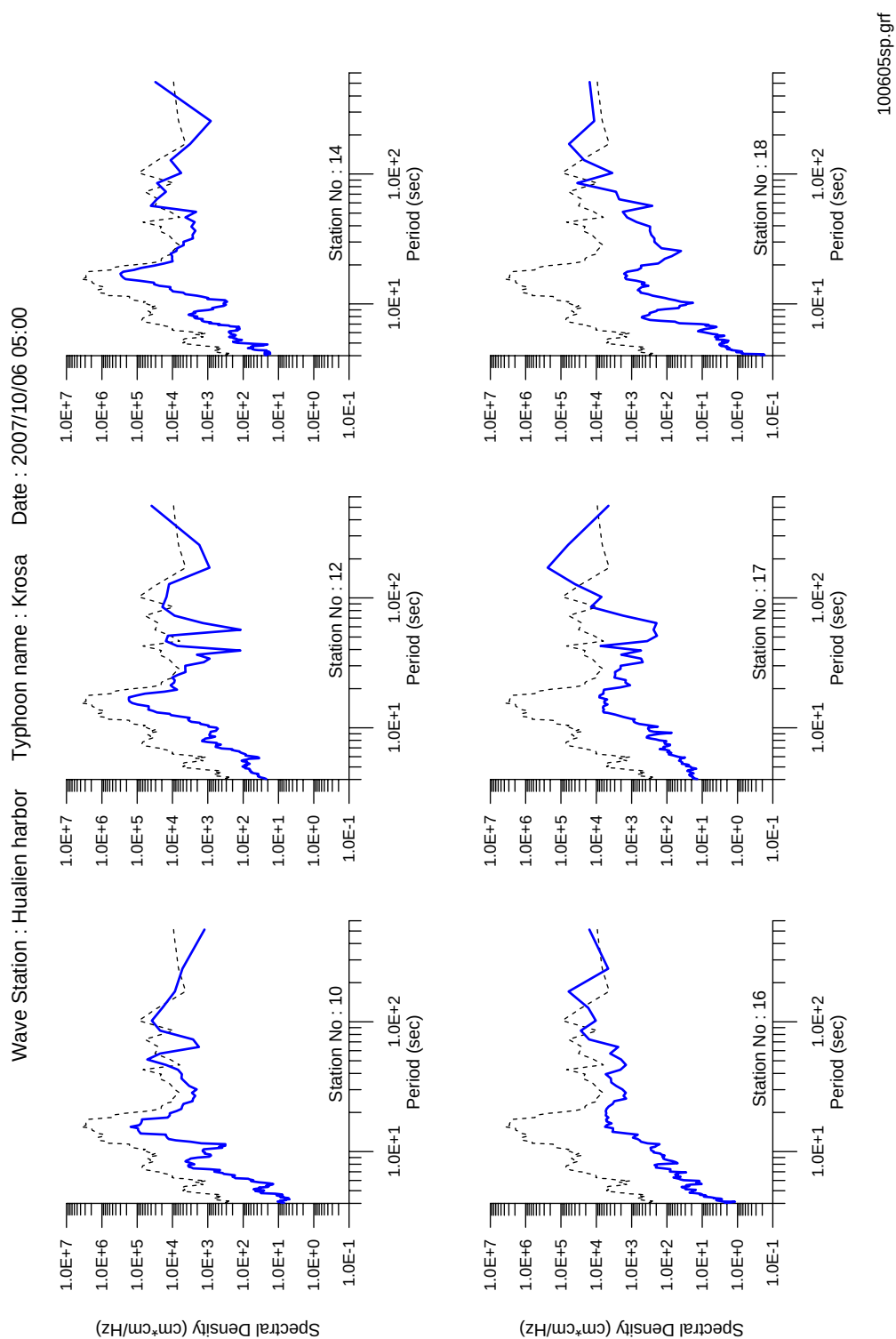


圖 3-96 柯羅莎颱風同時間（10/06 05:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

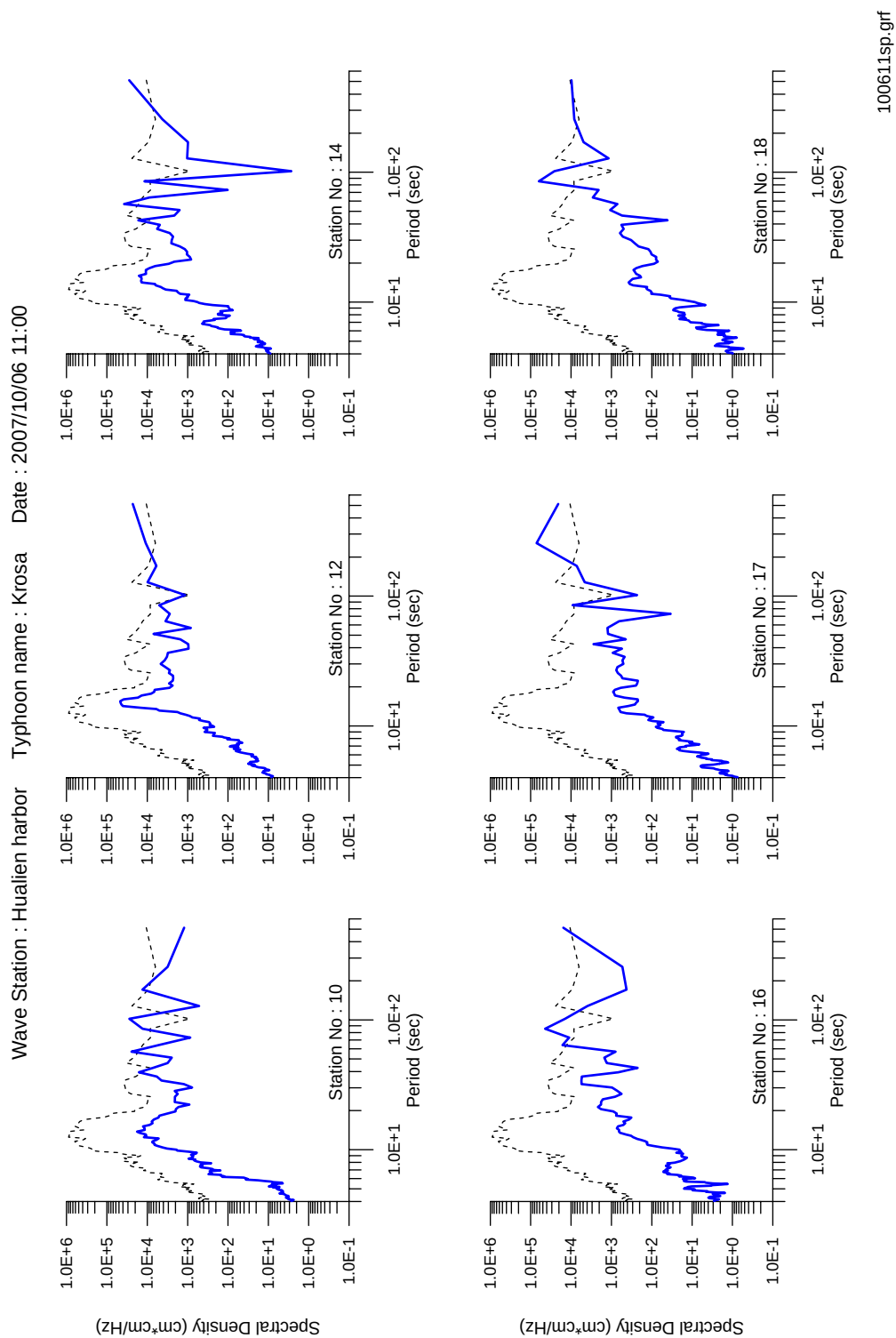


圖 3-97 柯羅莎颱風同時間（10/06 11:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

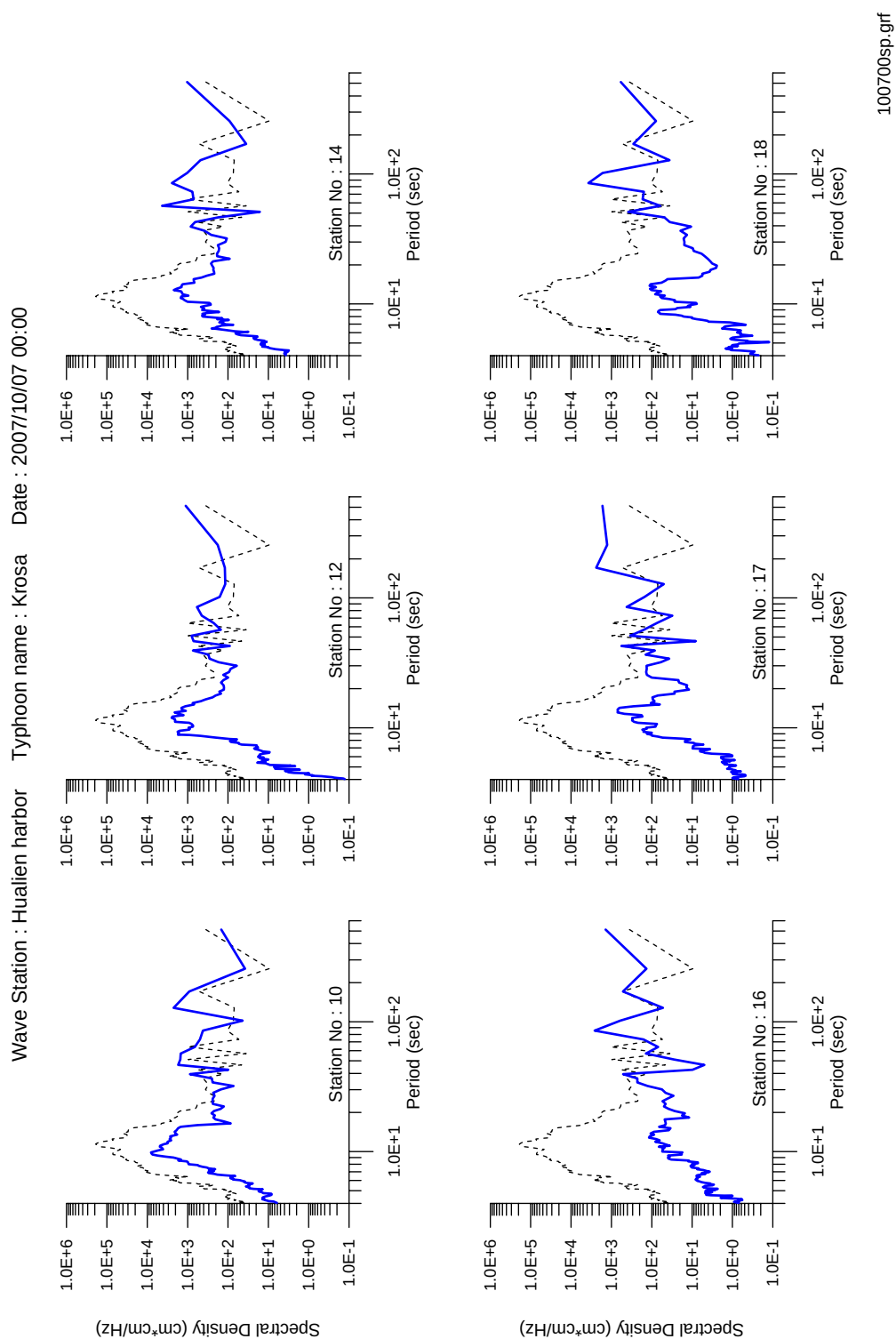
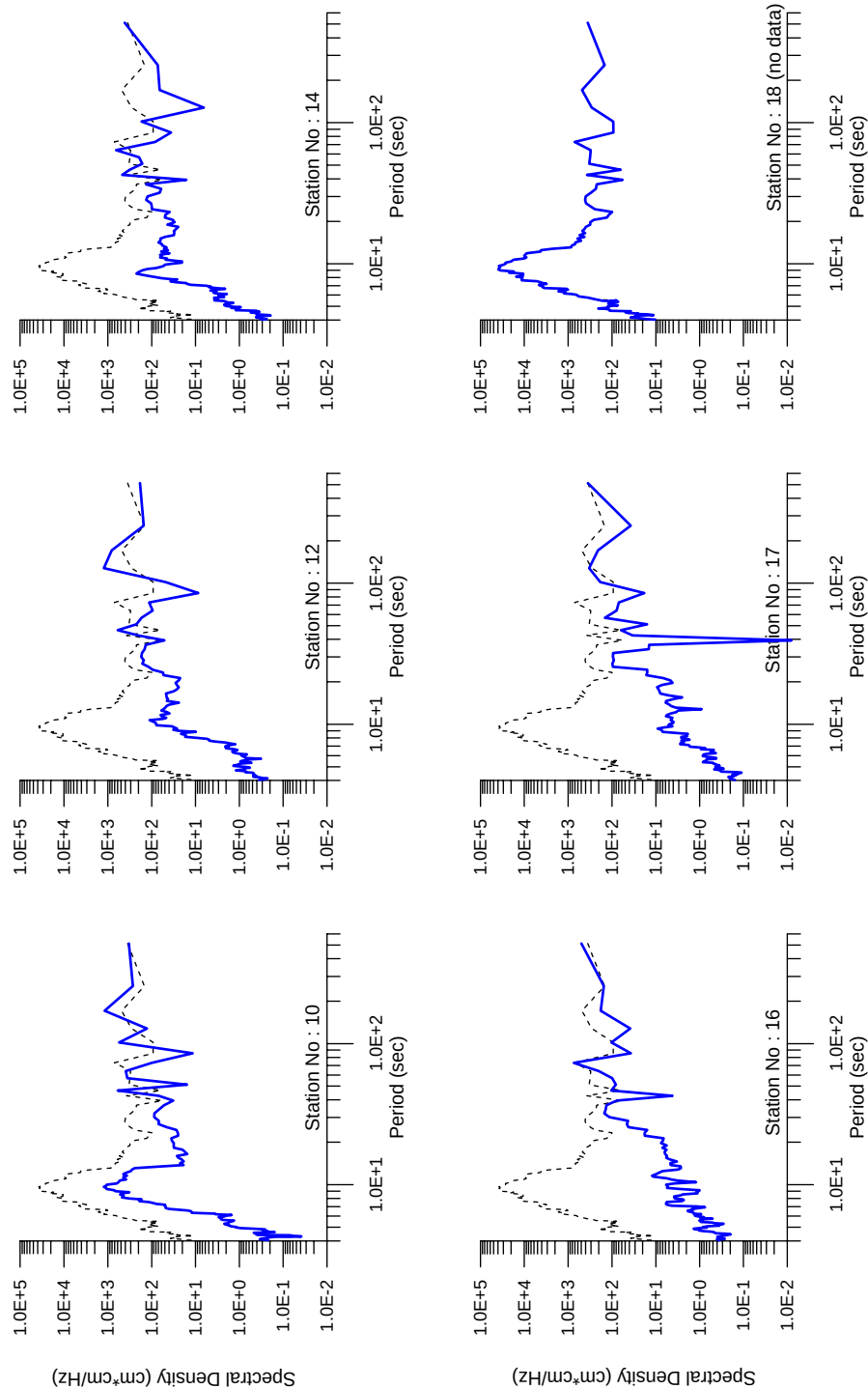


圖 3-98 柯羅莎颱風時間（10/07 00:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

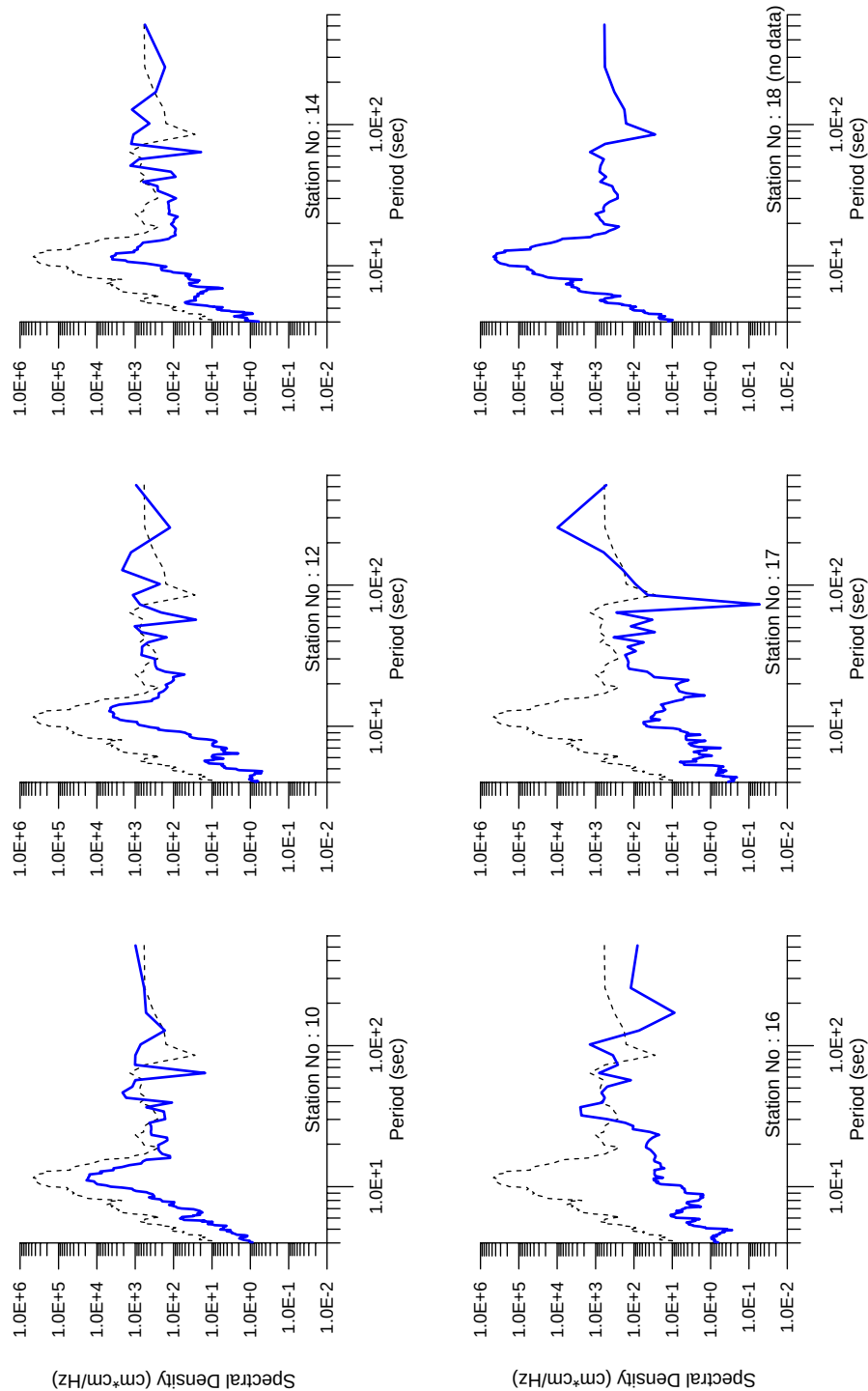
Wave Station : Hualien harbor Typhoon name : Mitag Date : 2007/11/22 00:00



112200sp.grf

圖 3-99 米塔颱風同時間（11/22 00:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

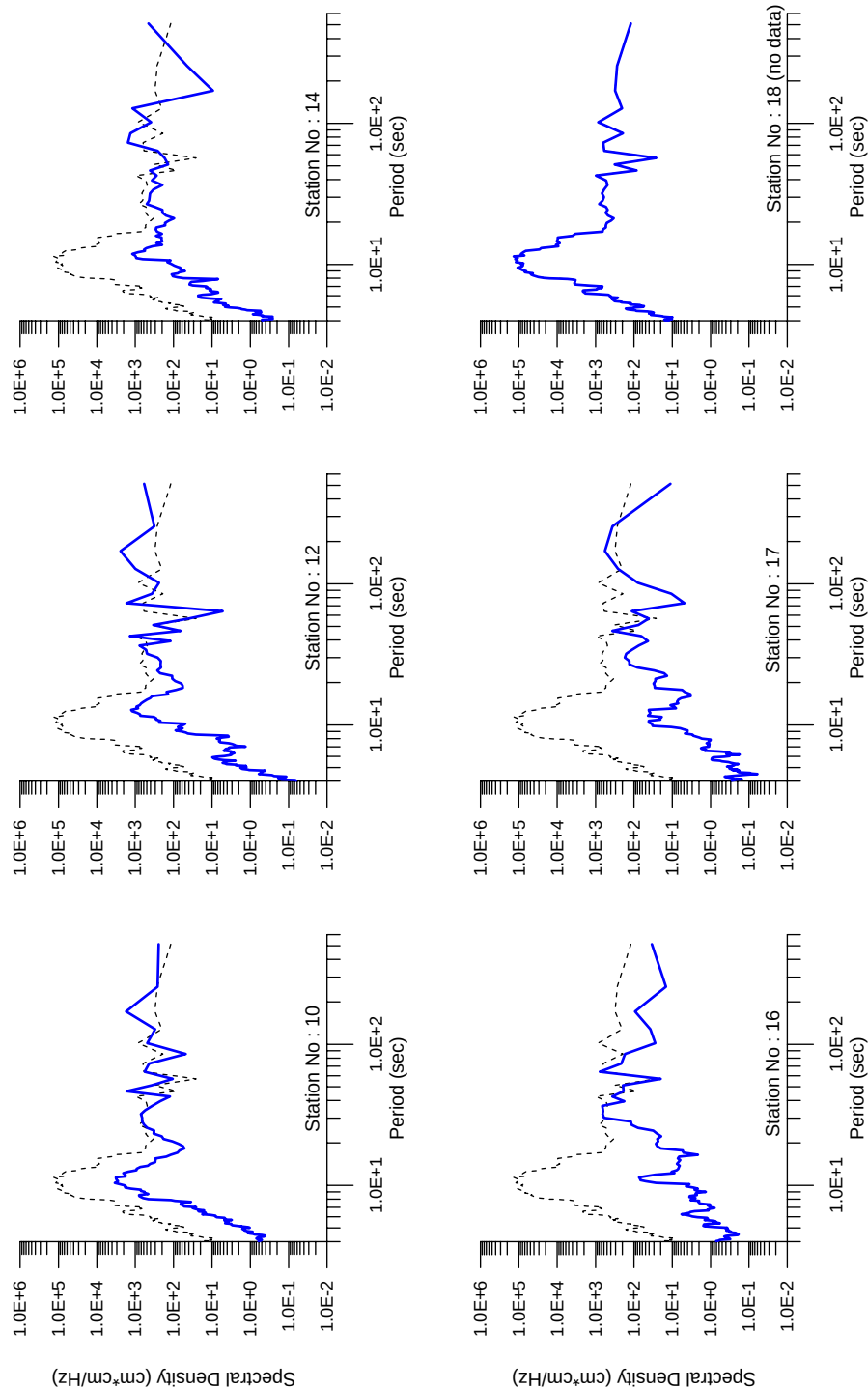
Wave Station : Hualien harbor Typhoon name : Mitag Date : 2007/11/23 00:00



112300sp.grf

圖 3-100 米塔颱風同時間（11/23 00:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

Wave Station : Hualien harbor Typhoon name : Mitag Date : 2007/11/24 00:00



112400sp.grf

圖 3-101 米塔颱風同時間（11/24 00:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

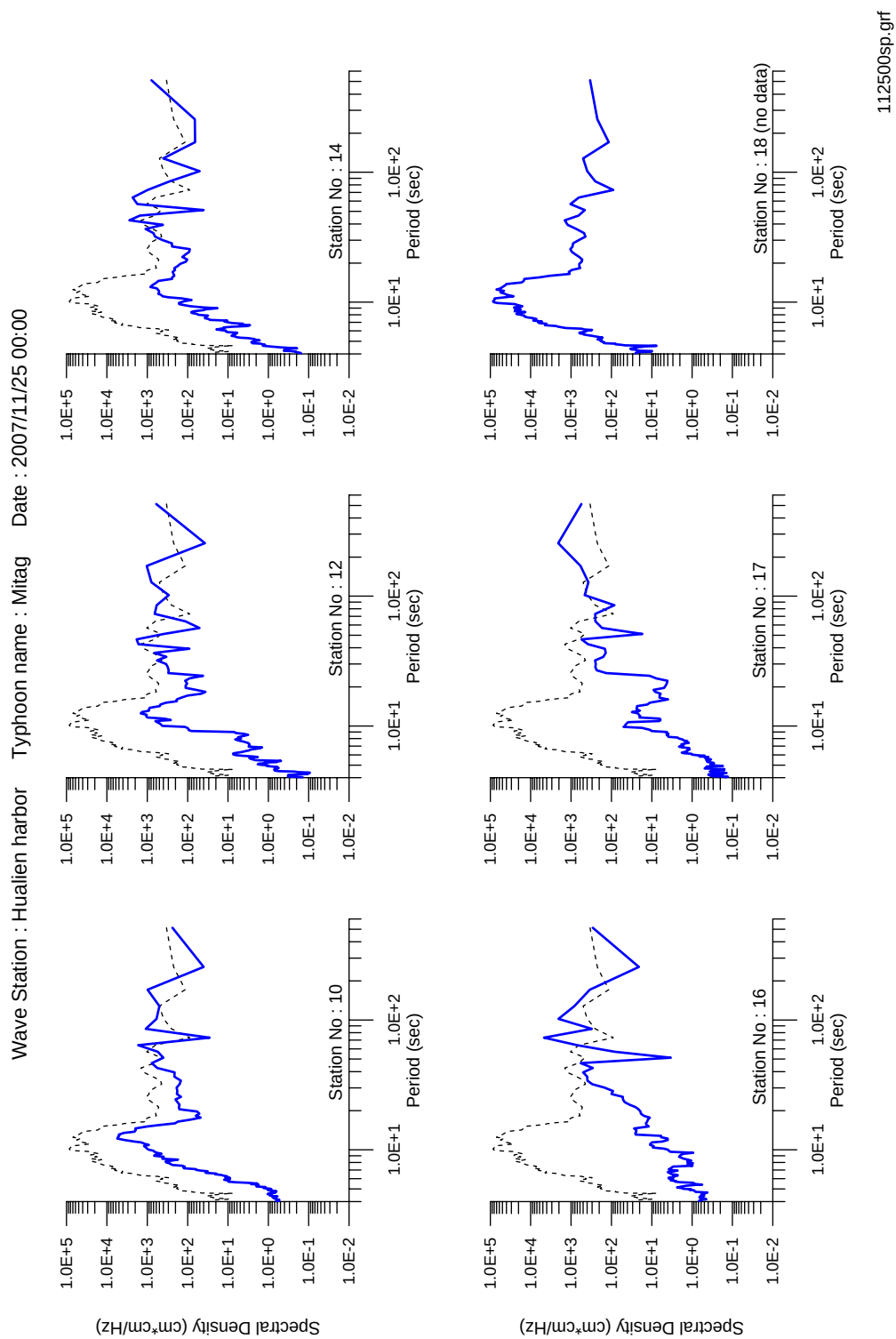
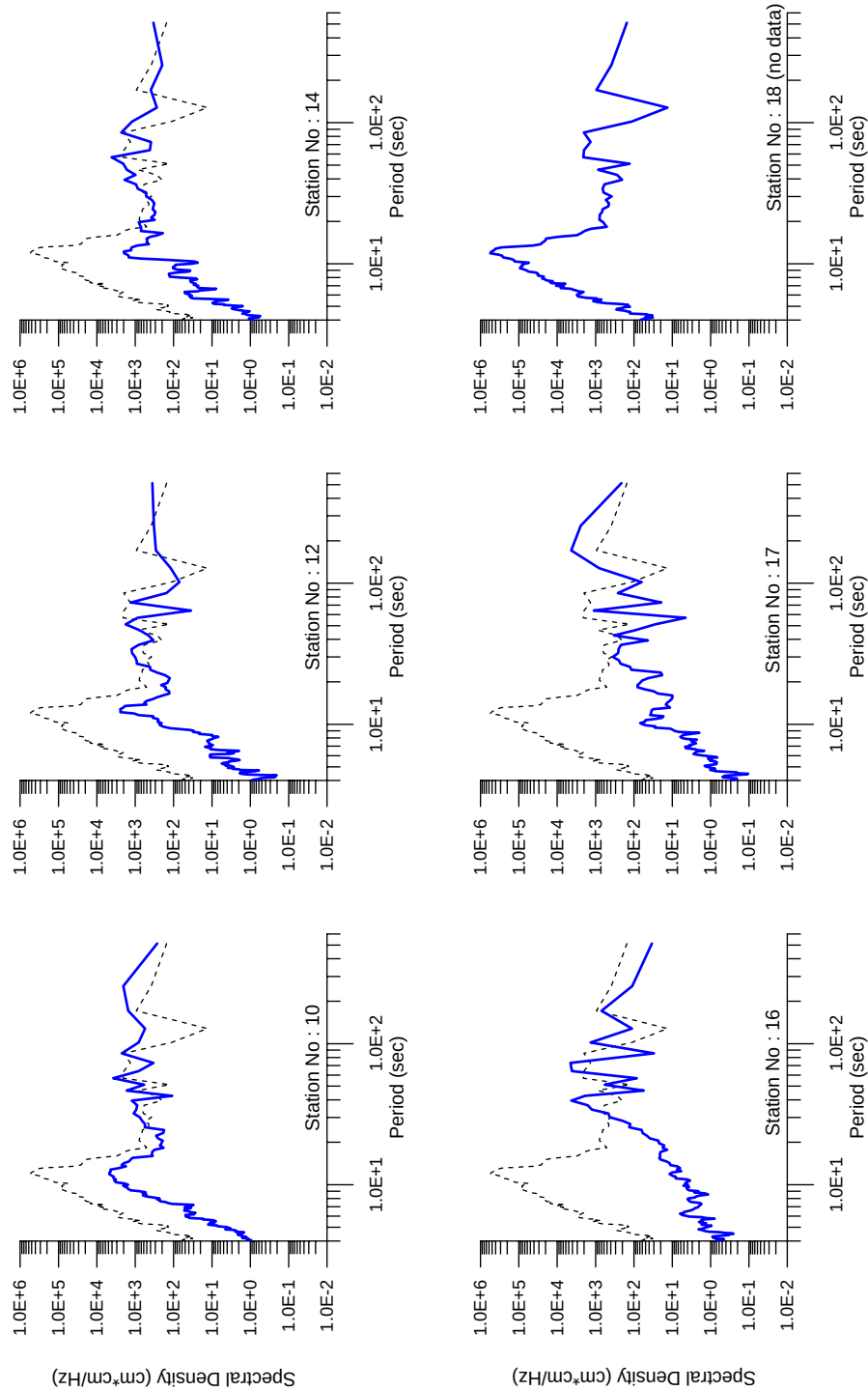


圖 3-102 米塔颱風同時間（11/25 00:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

Wave Station : Hualien harbor Typhoon name : Mitag Date : 2007/11/26 00:00



112600sp.grf

圖 3-103 米塔颱風同時間（11/26 00:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

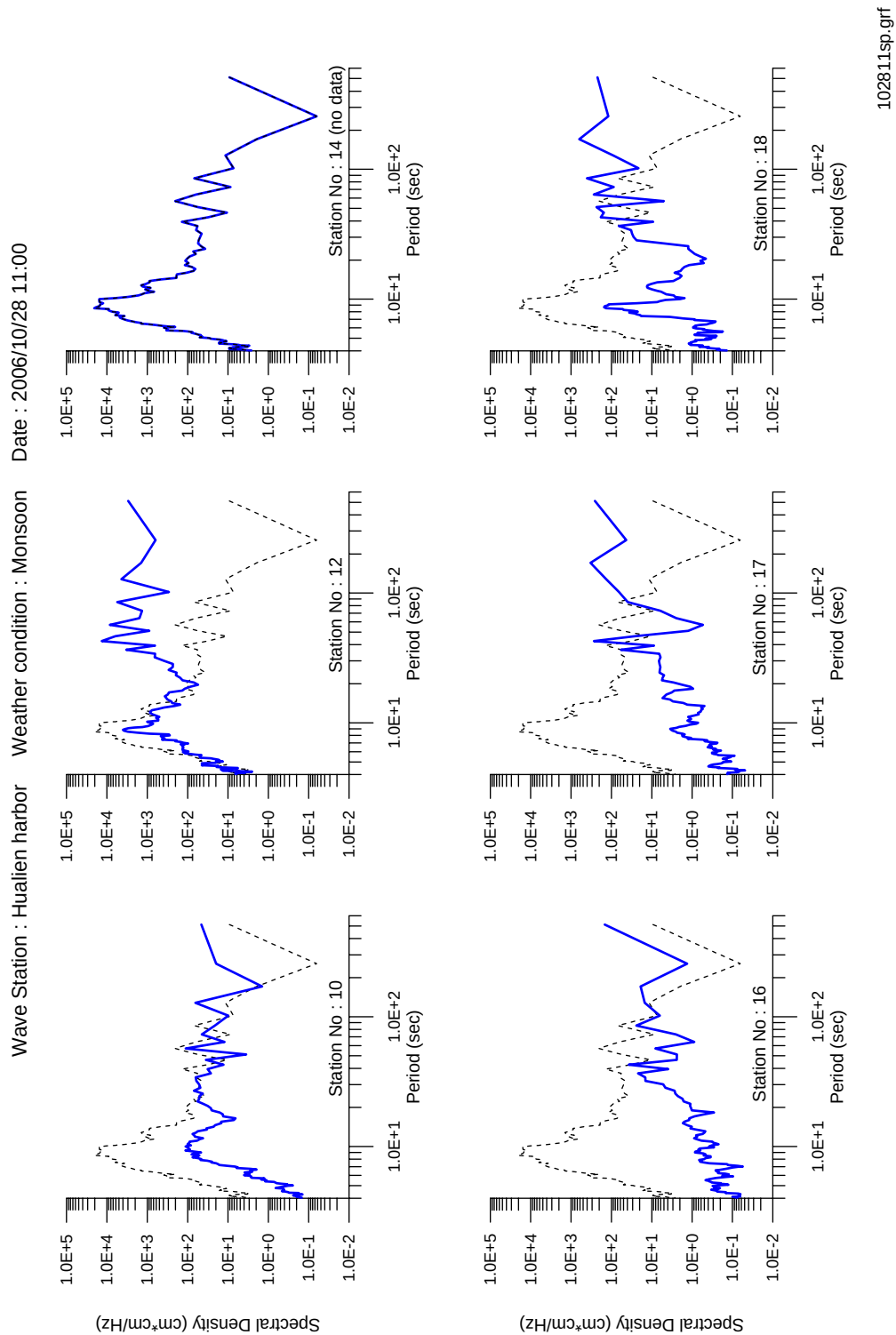


圖 3-104 東北季風同時間（10/28 11:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

102811sp.grf

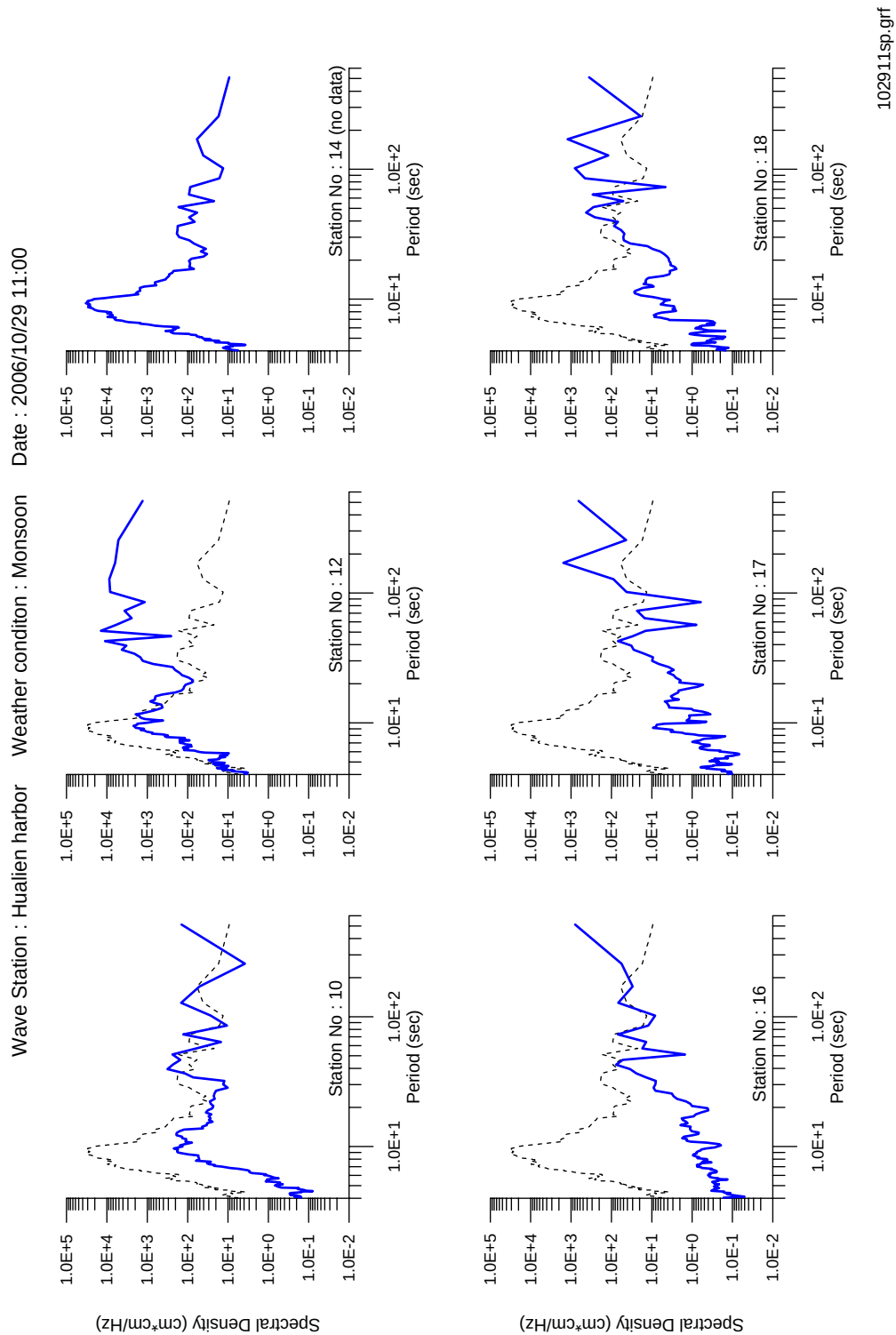


圖 3-105 東北季風同時間（10/29 11:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

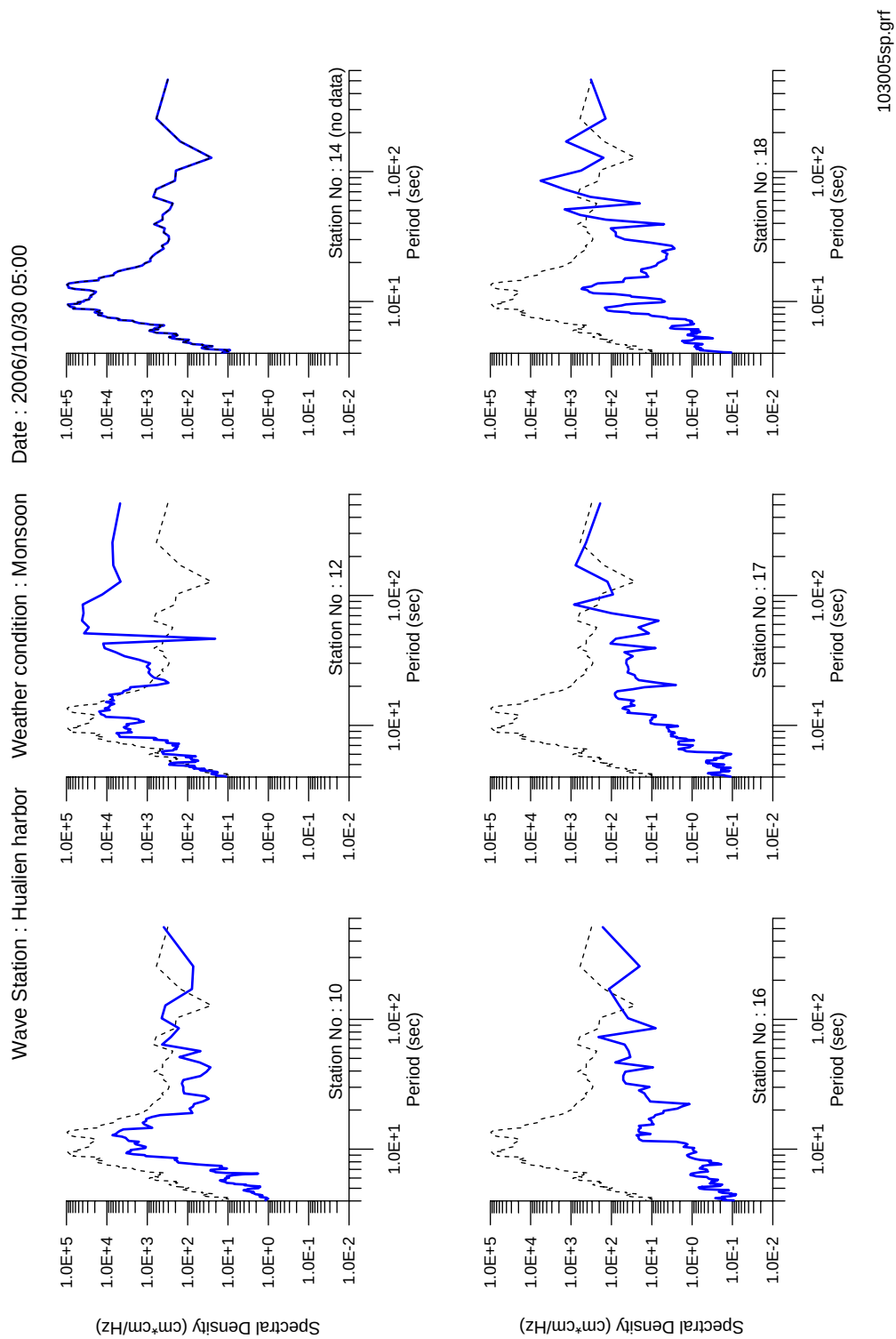


圖 3-106 東北季風同時間（10/30 05:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

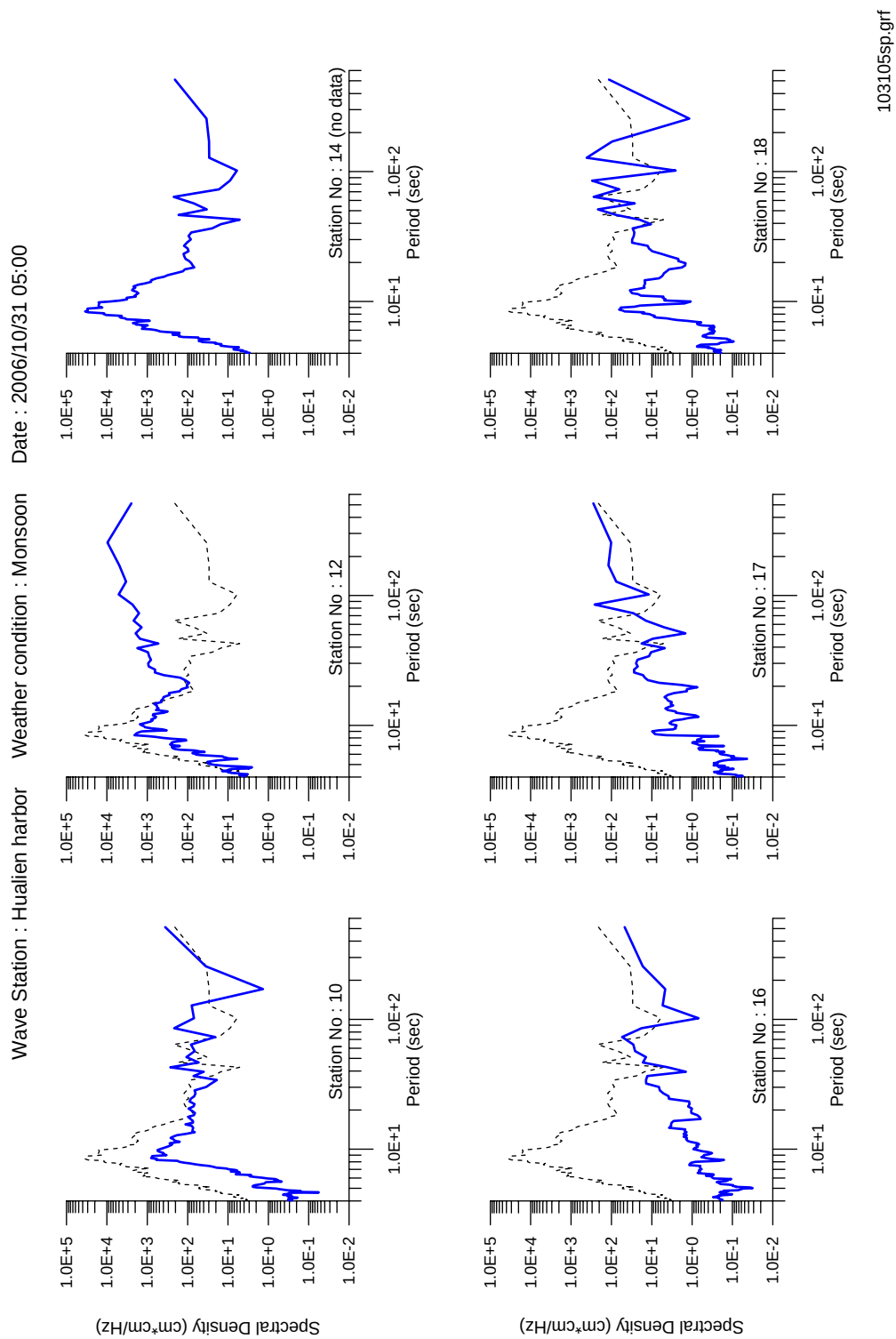


圖 3-107 東北季風同時間（10/31 05:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

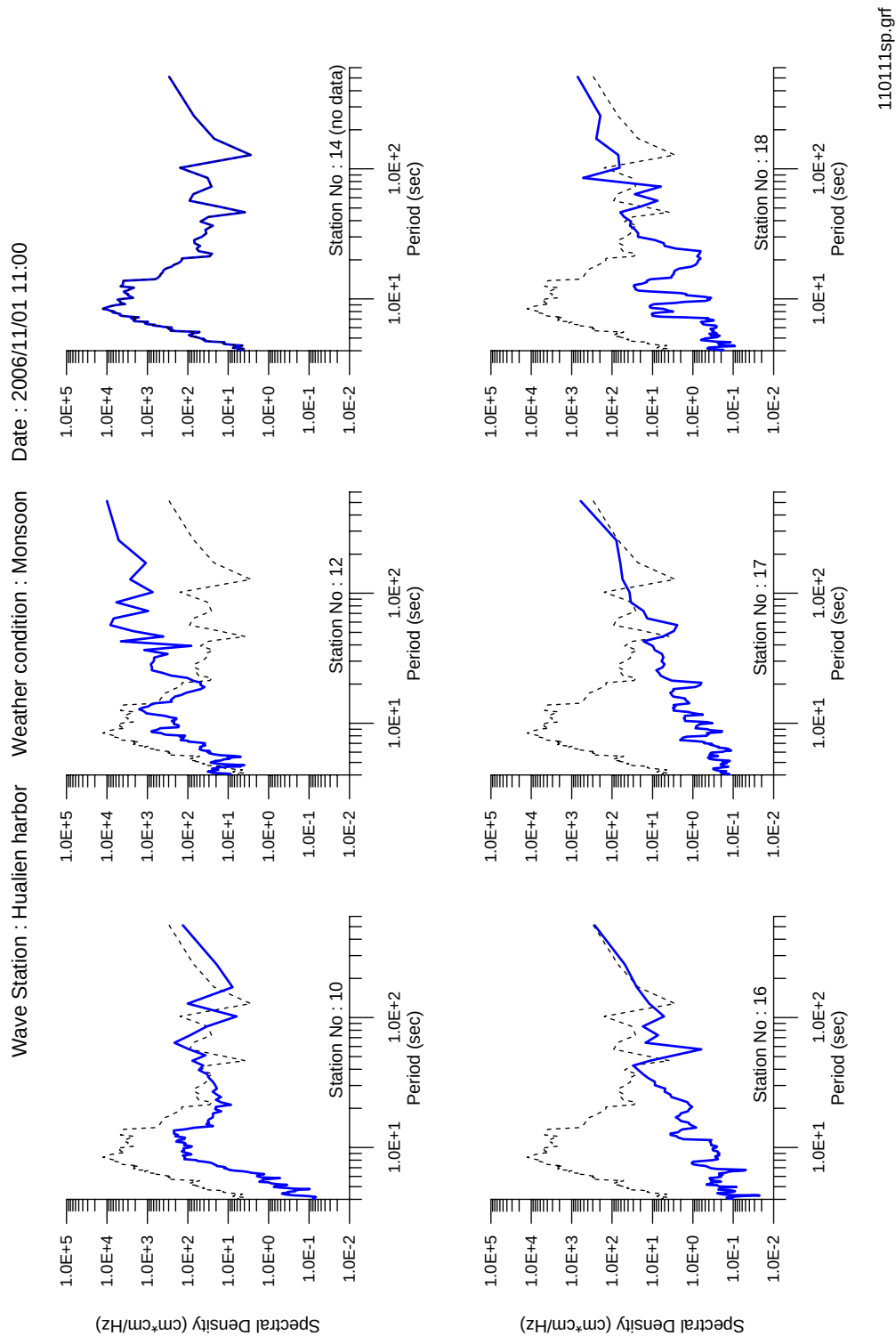


圖 3-108 東北季風同時間（11/01 11:00）港內各測點與港外測點波浪能譜比較

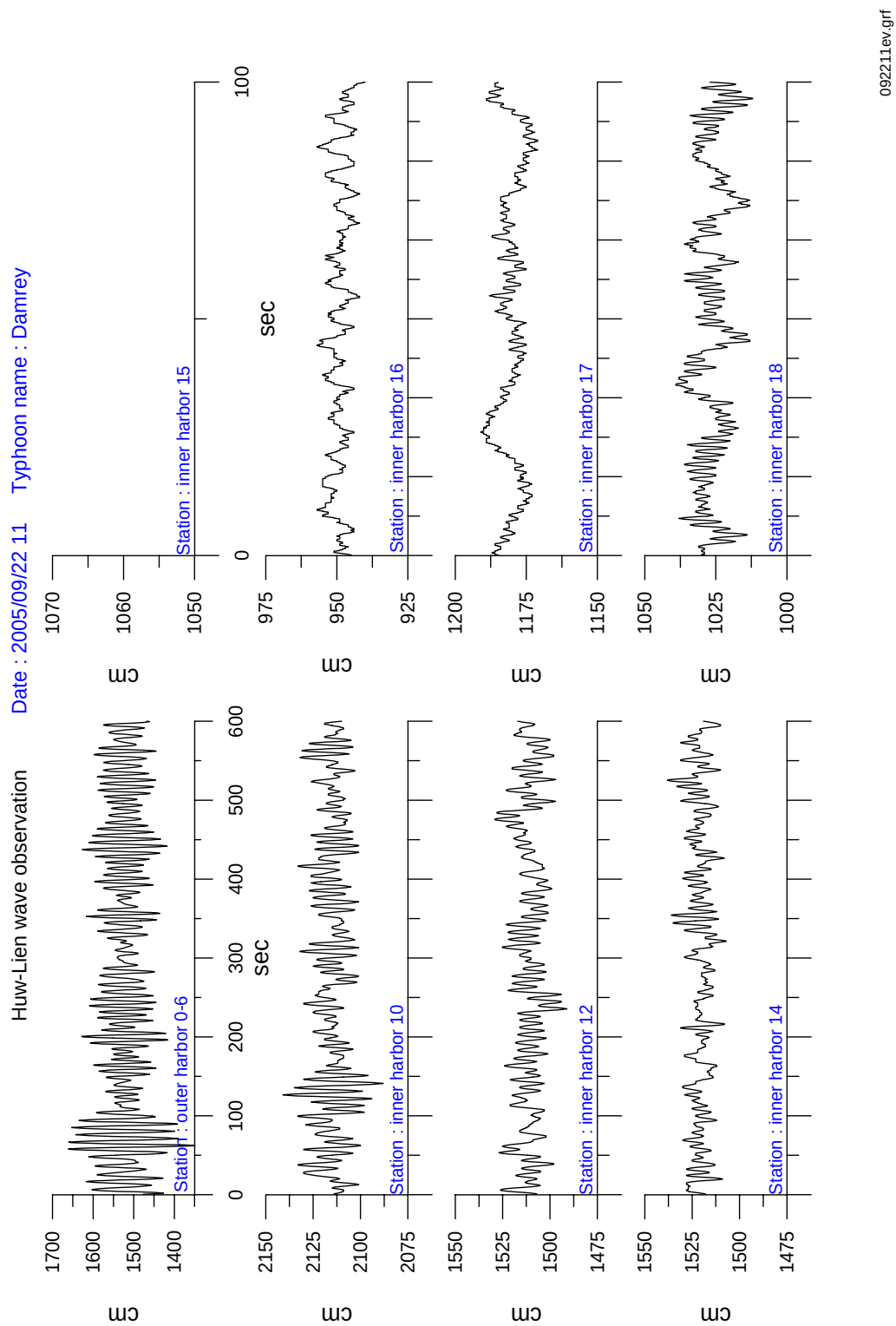


圖 3-109 丹瑞颱風港內外各測點水位變化（日期：09/22 時間：11:00）

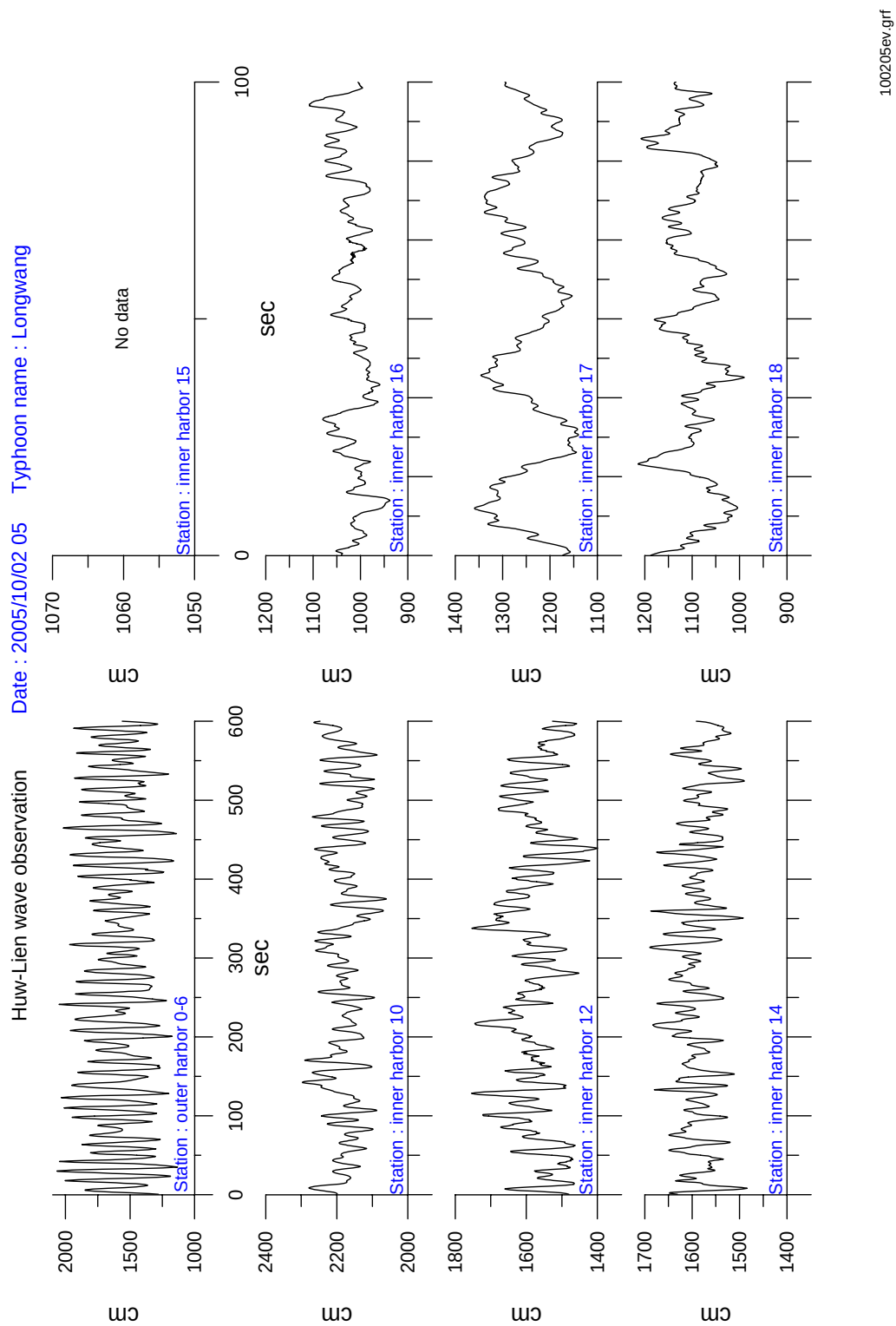


圖 3-110 龍王颱風港內外各測點水位變化（日期：10/02 時間：05:00）

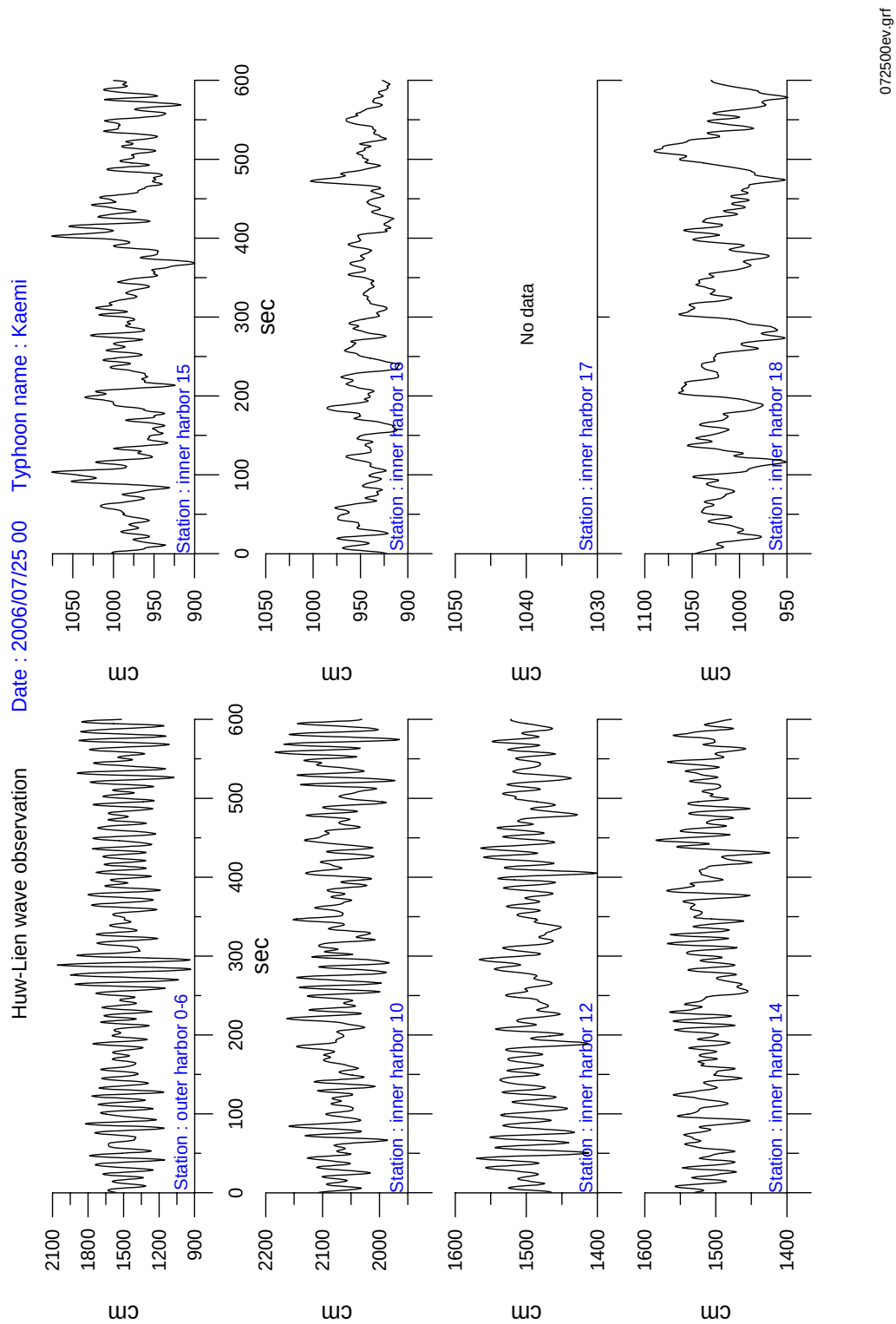


圖 3-111 凱米颱風港內外各測點水位變化（日期：07/25 時間：00:00）

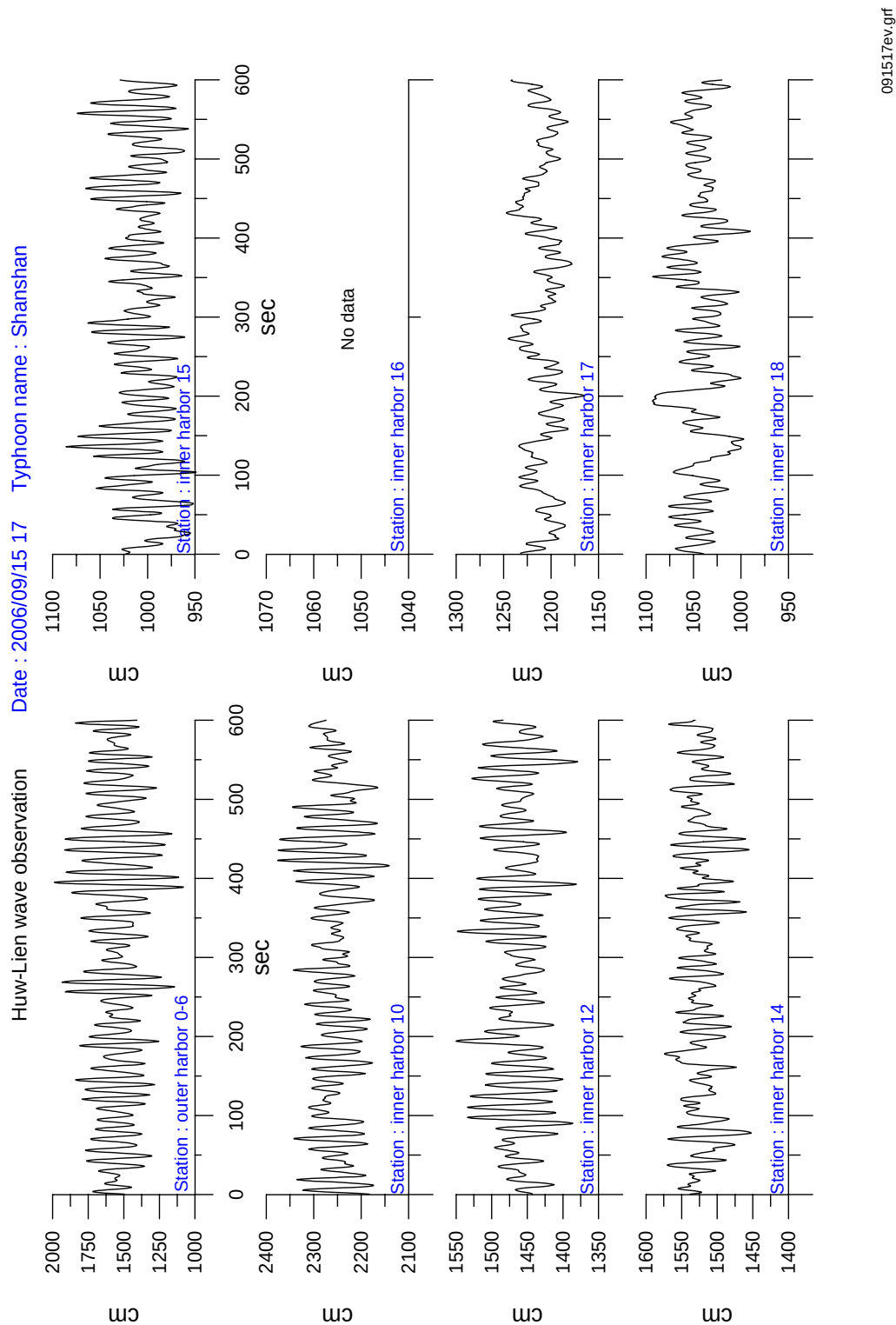


圖 3-112 珊珊颱風港內外各測點水位變化（日期：09/15 時間：17:00）

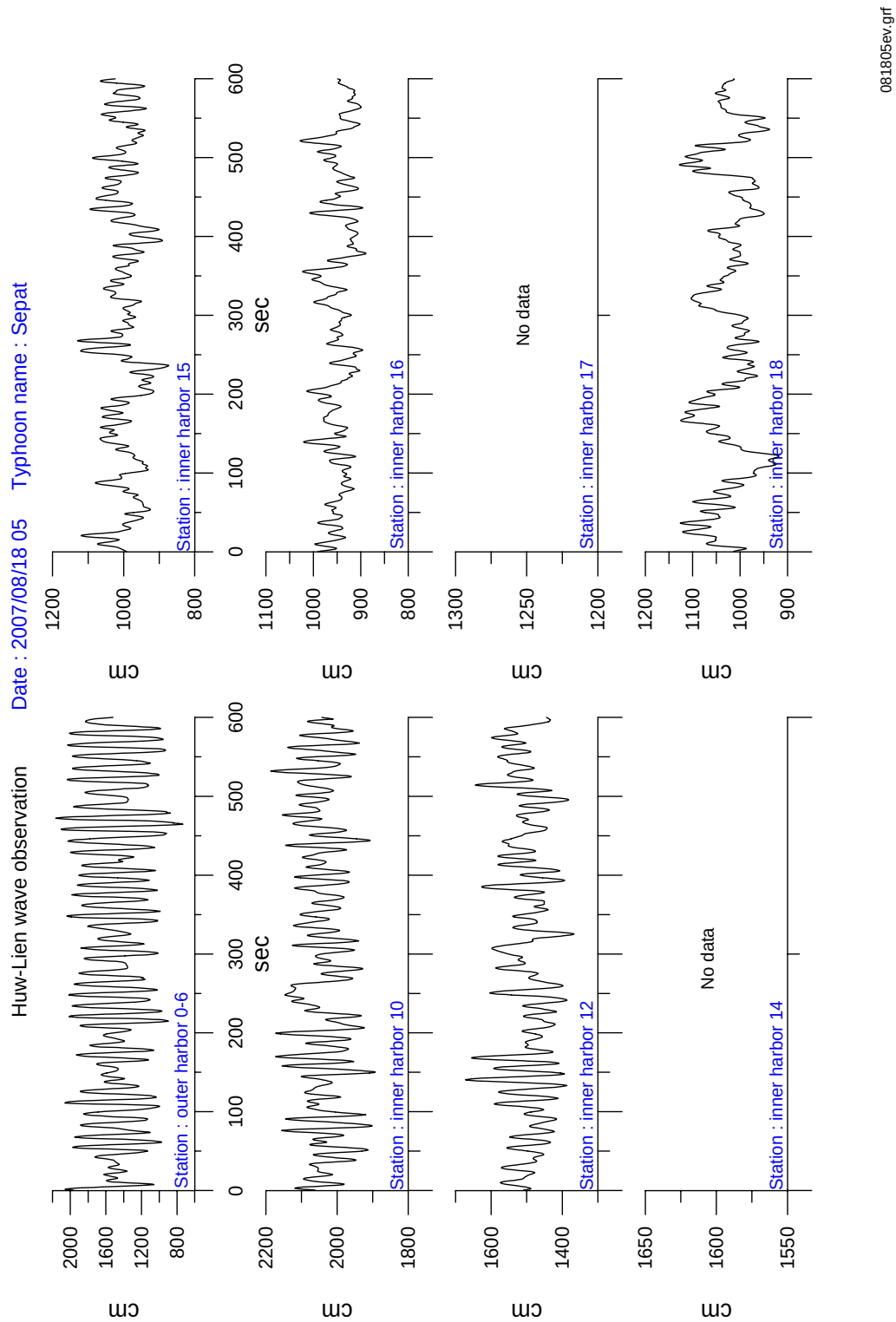


圖 3-113 聖帕颱風港內外各測點水位變化（日期：08/18 時間：05:00）

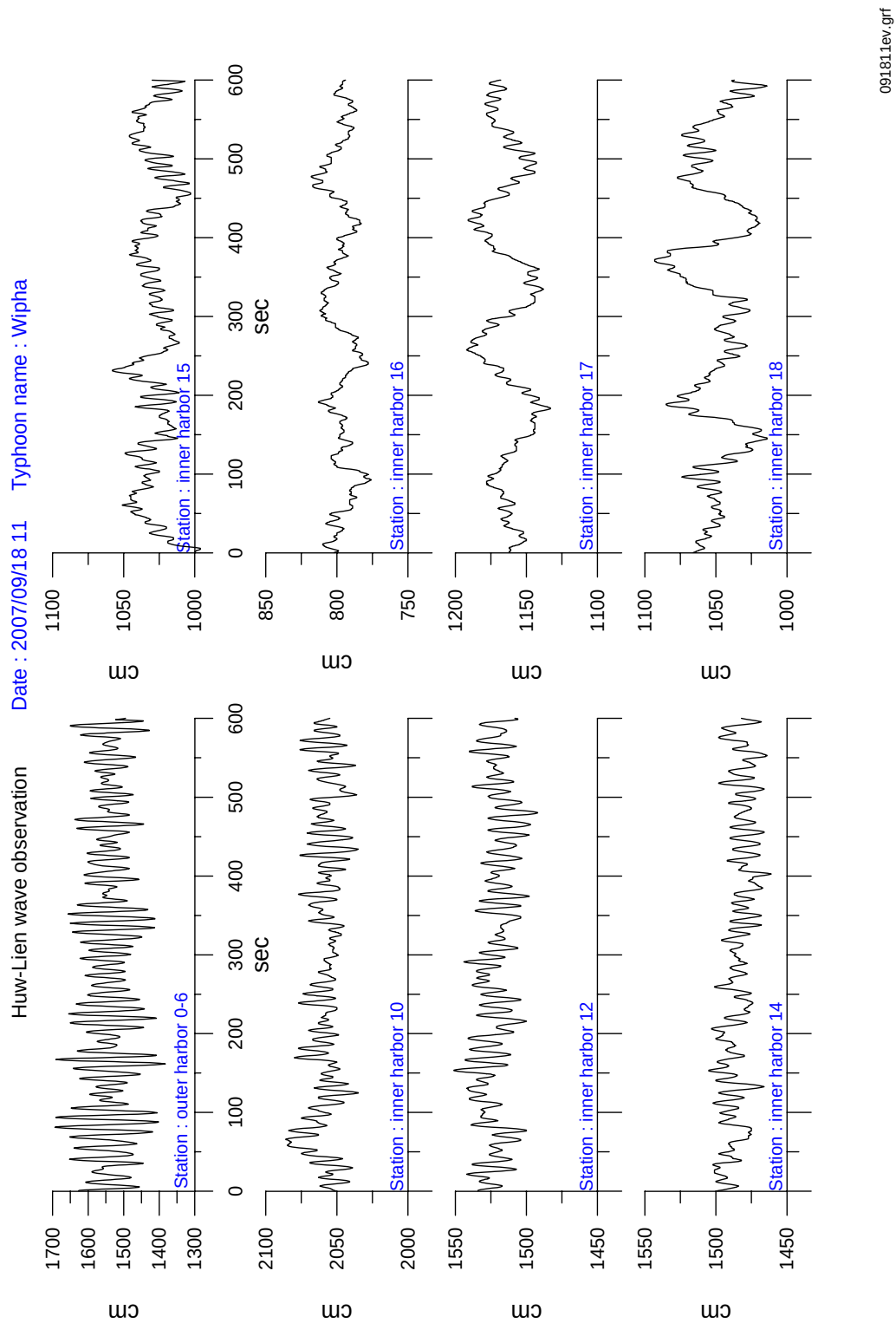


圖 3-114 韋帕颱風港內外各測點水位變化（日期：09/18 時間：11:00）

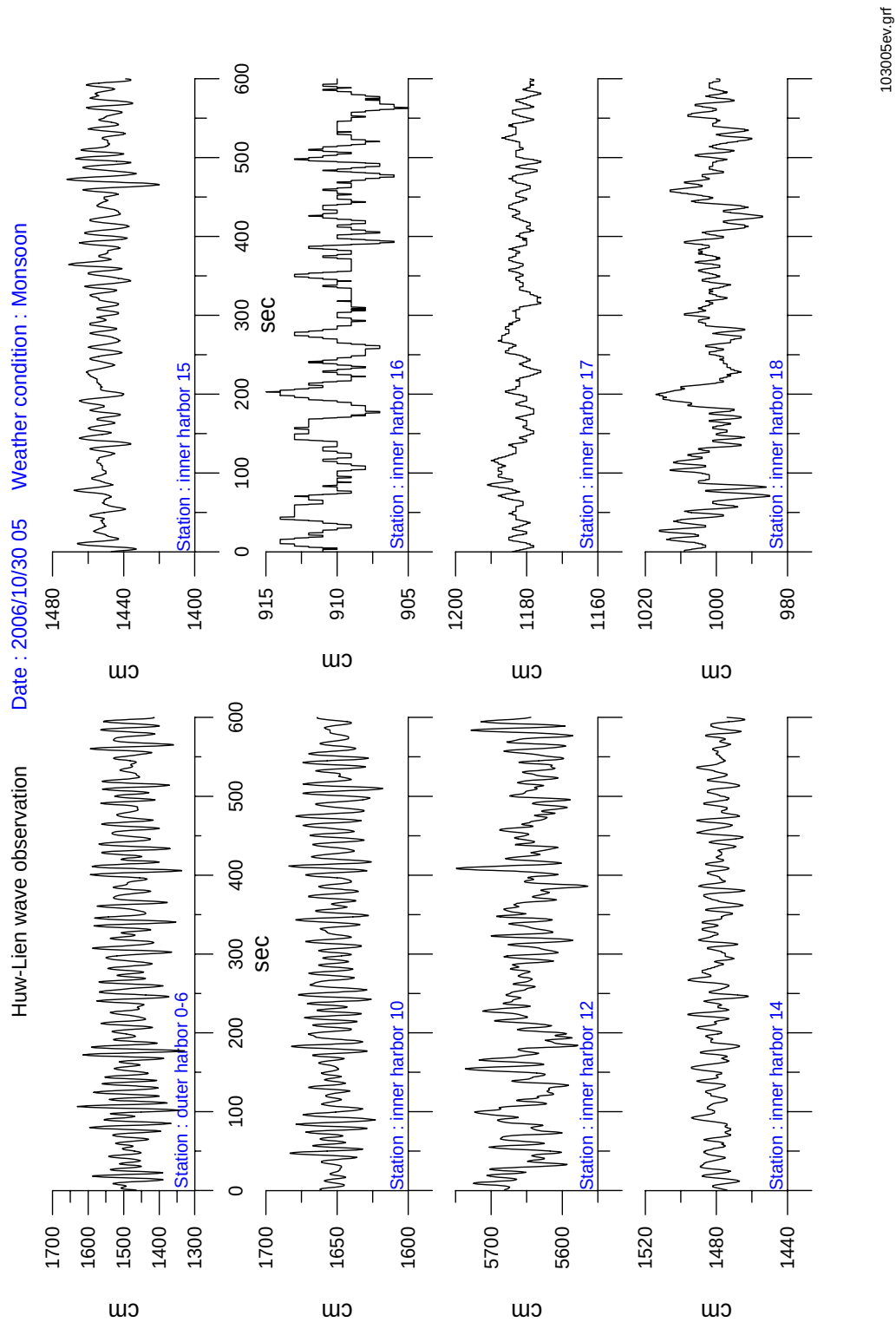


圖 3-115 東北季風港內外各測點水位變化（日期：10/30 時間：05:00）

第四章 波譜形狀參數分析與比較

本章依同一測點不同參數間及同一參數不同測點間進行分析、比較各波譜形狀參數隨各颱風波高、週期變化之演變趨勢，以瞭解在波浪成長或衰退或過程中各參數值的變化。同時探討各參數間之相關性，以釐清不同波譜形狀參數的異同。本研究所採用之波譜形狀參數計有 Longuet-Higgins(1956)所提出之波譜形狀窄度參數 ν 及波譜形狀寬度參數 ε 及 Goda, Y. (1970) 所提出之波譜尖峰度 QP 等三種，各參數之相關定義如第二章說明。

4.1 同一測點不同參數間之比較

依同一測點各颱風波浪波高、週期及其對應之各波譜形狀參數如圖 4-1 至圖 4-24 所示。由圖中港外測點比較窄度參數 ν 、寬度參數 ε 及尖峰度 QP 隨波高與周期之逐時變化趨勢，發現無法得到一致性之結果。例如龍王及聖帕颱風波浪當波高與周期明顯增大（或減小）時，窄度參數 ν 、寬度參數 ε 及尖峰度 QP 並沒有明顯變化趨勢出現，窄度參數大約在 0.2 至 0.4 左右；寬度參數則大約在 0.6 至 1.0 附近；而尖峰度則大約在 4 至 8 之間。三種參數中以尖峰度和波高之相關性較強些，因為尖峰度隨波高增加而增大之趨勢較其他兩參數明顯些。而窄度參數及寬度參數雖然與波高或週期相關性皆低，但由兩者之變化趨勢檢視發現有正相關性存在，其原因研判與兩參數之定義皆是頻譜動差之無因次式有關，此與本研究以往結果相同。由尖峰度與窄度參數（或寬度參數）之變化趨勢檢視發現有負相關性存在，換言之，當窄度參數增大時尖峰度減小；但當窄度參數減小時尖峰度增大，同樣以往本研究結果也有此情形。

港內各測點之波譜形狀參數間比較結果與港外測點明顯不同，由圖中發現窄度參數及寬度參數有增大趨勢，且兩者間之正相關性也變弱。例如圖 4-15 左邊顯示港內測點 17 之寬度參數大約在 0.97 至 1.00

附近，且隨測點愈進入港區內部有趨近於 1.0 之趨勢；窄度參數則大約在 1.5 至 3.0 之間，變動範圍有增大趨勢，同時窄度參數與寬度參數之正相關性隨測點愈進入港區內部漸不明顯。港內各測點之尖峰度由圖中比較有減小趨勢，同樣如圖 4-15 左邊顯示港內測點 17 之尖峰度大約在 0.5 至 1.5 之間。但尖峰度在少數情況會出現突值，如圖 4-8 之測點 12、圖 4-9 之測點 18 及圖 4-11 之測點 16 等，其原因有待再詳細分析檢視。

綜合而言，無論港內或港外測點本研究所採用之波譜形狀參數隨波高（或週期）之逐時變化並無明顯的一致性變動趨勢，此顯示在波浪的成長或衰退過程中波譜的形狀並無相關性的變化出現。對港外測點而言，三種參數中以尖峰度和波高之相關性較強些，而窄度參數及寬度參數雖然與波高或週期相關性皆低，但兩者之間有正相關性存在，其原因研判與兩參數之定義皆是頻譜動差之無因次式有關。尖峰度與窄度參數（或寬度參數）有負相關性存在，換言之，當窄度參數增大時尖峰度減小；但當窄度參數減小時尖峰度增大。至於港內測點之比較結果與港外測點不同，圖中顯示窄度參數及寬度參數有增大趨勢，且兩者間之正相關性也變弱，且隨測點愈進入港區內部參數值漸大且相關性漸不明顯。而尖峰度隨測點愈進入港區內部則有減小趨勢，同時在部分少數情況尖峰度值會出現突然增大現象，其原因有待進一步探討。波譜形狀參數在港內與港外之差異，主要是港內波譜形狀因高頻區能量的大幅消滅（尤其是主頻區附近），而低頻區則微幅增長，使得波譜形狀無明顯之能量尖峰出現，此和一般之波譜形狀不同。在此情況下本研究所採用之三種波譜形狀參數可能已不適用，而本計畫 96 年度所提之新參數 *SB* 也因無明顯之能量尖峰而不適用。

4.2 同一參數不同測點間之比較

選取 8 個颱風及 1 個季風波浪資料其波譜形狀參數在不同測點間的變化趨勢比較結果，依各颱風波浪資料繪製如圖 4-25 至圖 4-48。由圖中發現如同上一節所述，各波譜形狀參數在不同測點其數值大小與

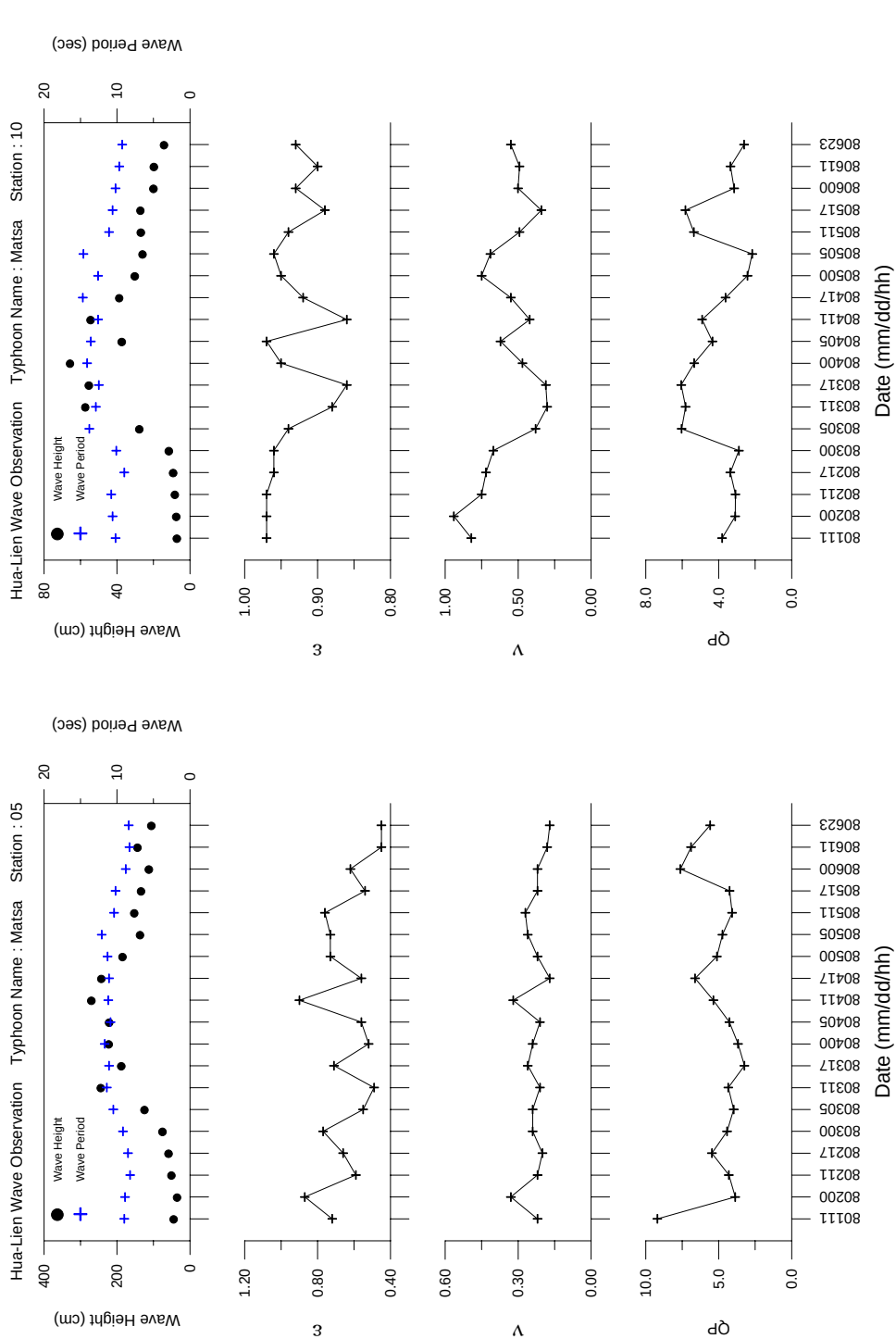
變化趨勢並不相同。基本上窄度參數 ν 及寬度參數 ε 在港外測點其數值較小且皆小於 1.0，而在港內測點則隨測點愈進入港區內部而有增大趨勢，其中寬度參數趨近於 1.0，窄度參數則可能大於 1.0；尖峰度 QP 在港外測點其數值較大，而港內測點隨測點愈進入港區內部則有減小趨勢，這和窄度參數及寬度參數的情況相反，不過在部分少數資料尖峰度值會出現突然增大現象。若由各參數在不同測點間之變化趨勢來看，無法歸納出一致性，此顯示波譜形狀參數之變化趨勢隨測點而有所不同。但在部分少數情況下，不同測點間之參數變化趨勢相近，例如圖 4-29 窄度參數在測點 10 及 12 雖然數值大小不同，但其變化趨勢相當接近；同該圖測點 17 及 18 也有相同情形。圖 4-40 寬度參數在測點 15、16 及 18 間變化趨勢相當類似，另外圖 4-41 窄度參數在測點 15、16 及 18 也有相同情形。然而這種情形大多出現在窄度參數，尖峰度則無出現。

4.3 綜合討論

各波譜形狀參數在港外測點的特性大致與本研究以往之結果相同，這些特性包括參數值大小分布範圍、隨波高或週期之變化趨勢及參數間之相關性等。但港內測點之各波譜形狀參數特性與港外測點相較則不相同，例如參數值大小分布範圍改變及參數間相關性變弱，且這些改變在不同之測點會有程度上差異，其原因可由前一章之港內、外波譜變化圖比較來探討。

港外測點之波譜雖然隨時間不同其高低頻區能量值大小會有變化，但大致上仍可明顯區別出能量尖峰之主頻區，因此波譜形狀參數的分布及相關性會有較一致性的結果。但港內測點之波譜由於能量尖峰之主頻區不明顯甚至已不存在，因此波譜形狀參數的分布及相關性也就出現差異及不穩定情形。換言之，當波譜之能量尖峰不明顯時，本文中所選用之三種波譜形狀參數其適用性受到影響。而本研究上一年度所提出之波譜形狀新參數同樣不能適用，因為該新參數之定義是依據波譜能量尖峰之主頻區附近波譜形狀的頻寬及能量比值作計算，

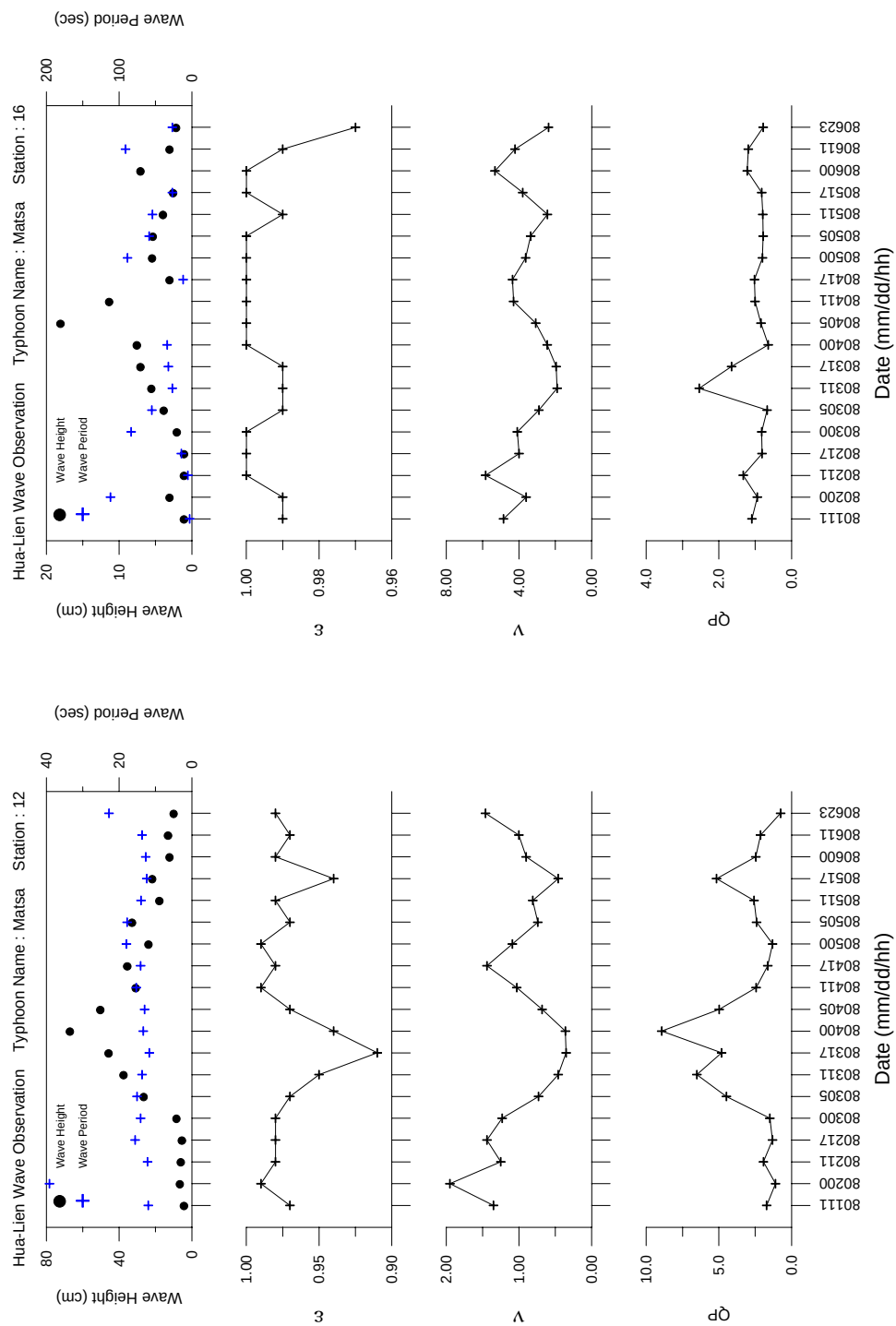
因此當波譜之能量尖峰不明顯時，此新參數同樣也不適用。此外對於港內短週期波騎乘在長週期波上之特殊波動現象，以傳統之傅立葉轉換進行波譜分析是否能真實反映出該波動特性？應再深入探討，同時也可考慮其他波動分析方法，例如小波分析（Wavelet Analysis）或希伯-黃轉換（Hilber-Huang Transform）等。另外本研究之波浪觀測時間長度僅 10 分鐘，此對長週期之波動分析會有不足。因此，後續應蒐集觀測時間長度至少 40 分鐘以上之波浪資料作更深入探討。



para05.grf

para10.grf

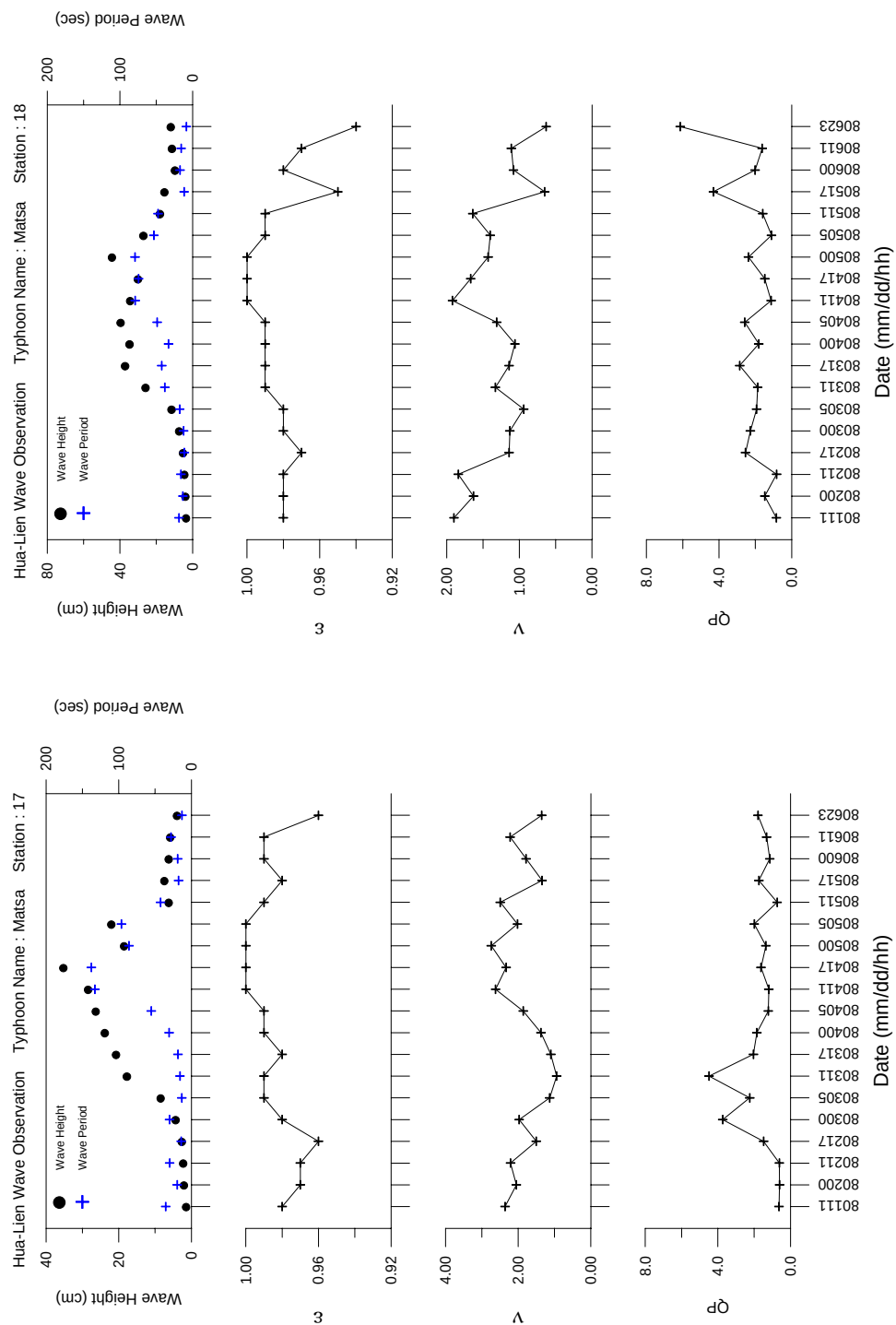
圖 4-1 馬莎颱風波浪譜形狀參數變化（左：測點 5；右：測點 10）



para12.grf

para16.grf

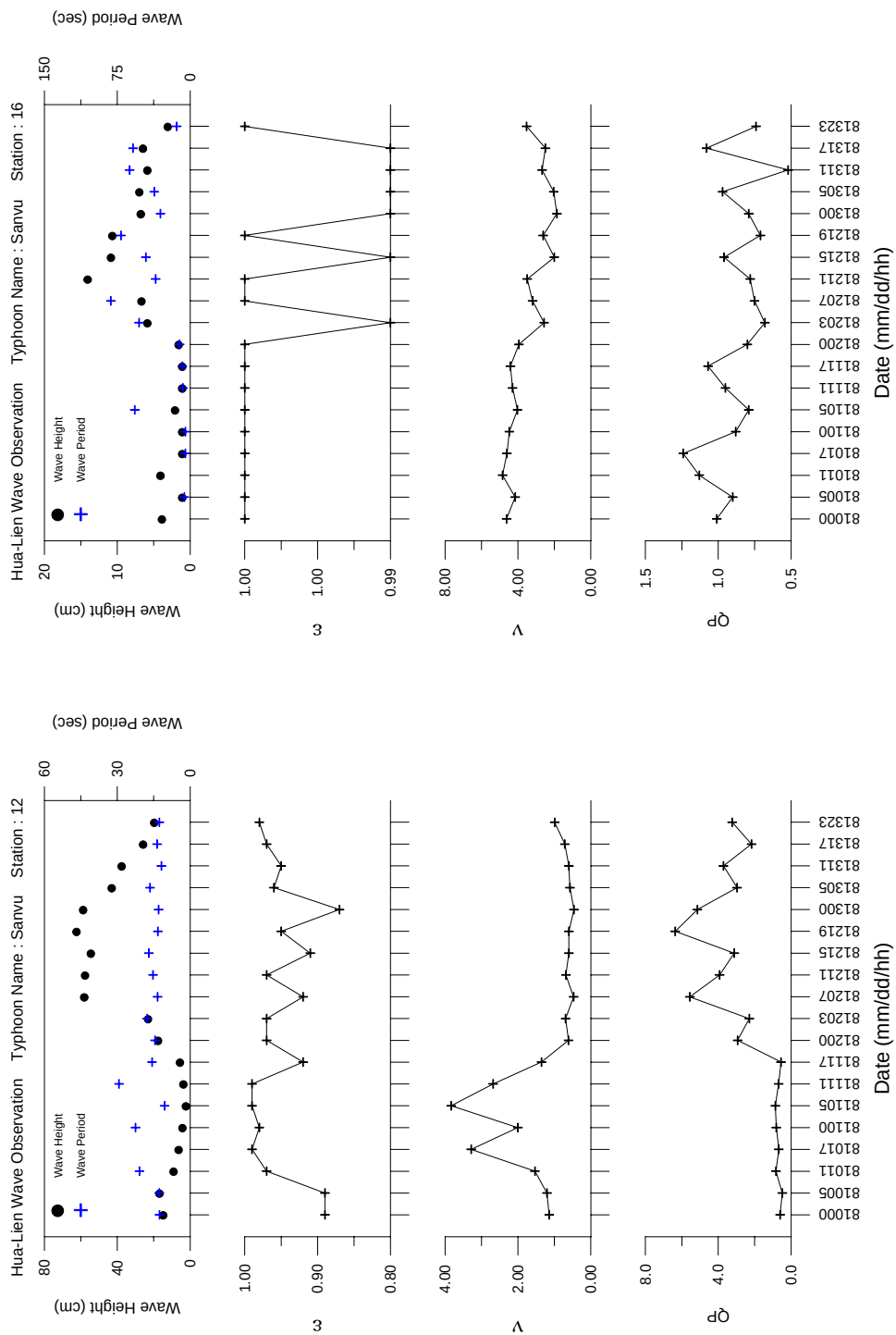
圖 4-2 馬莎颱風波浪波譜形狀參數變化 (左：測點 12；右：測點 16)



para18.grf

para17.grf

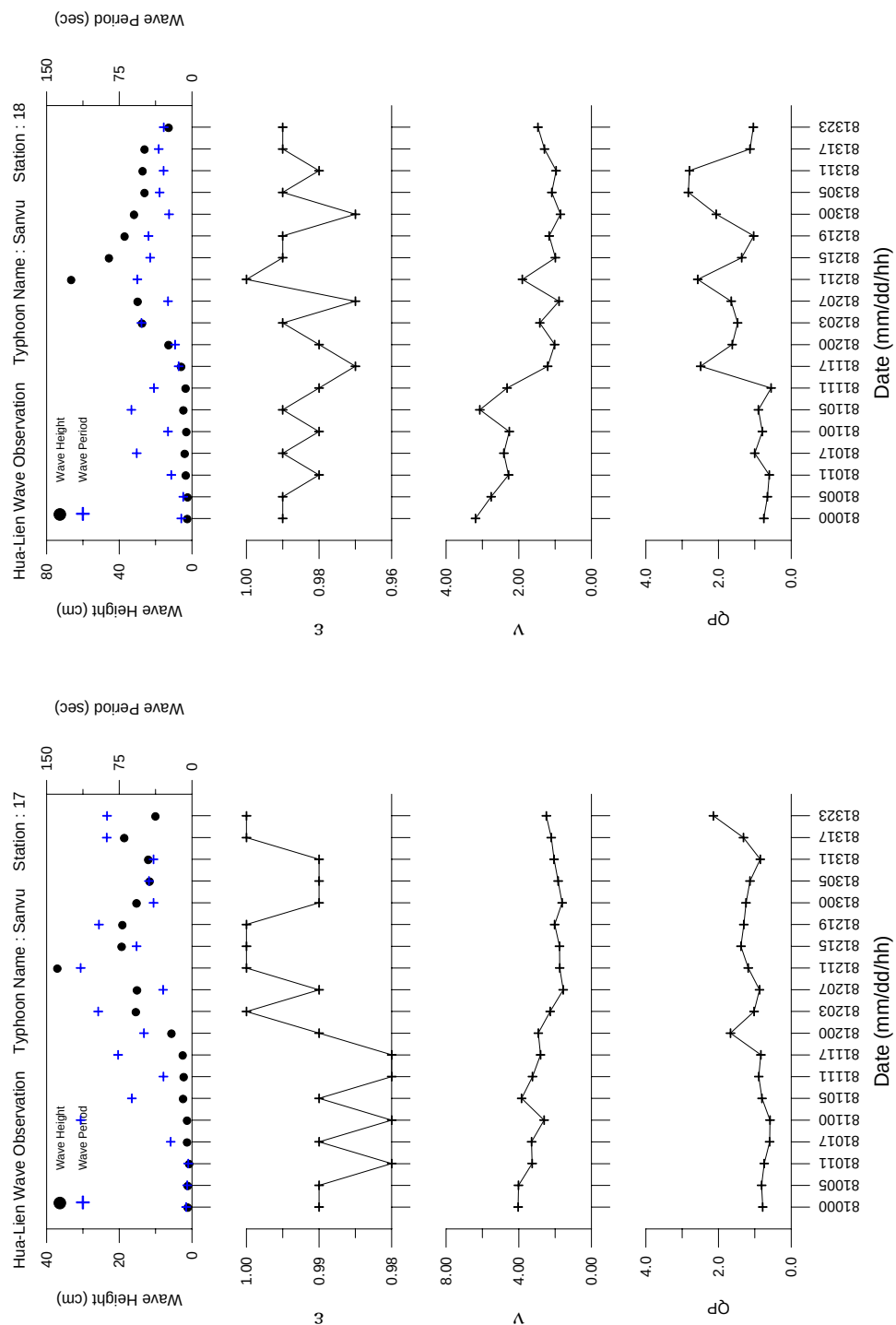
圖 4-3 馬莎颱風波浪波譜形狀參數變化 (左：測點 17；右：測點 18)



para16.grf

para12.grf

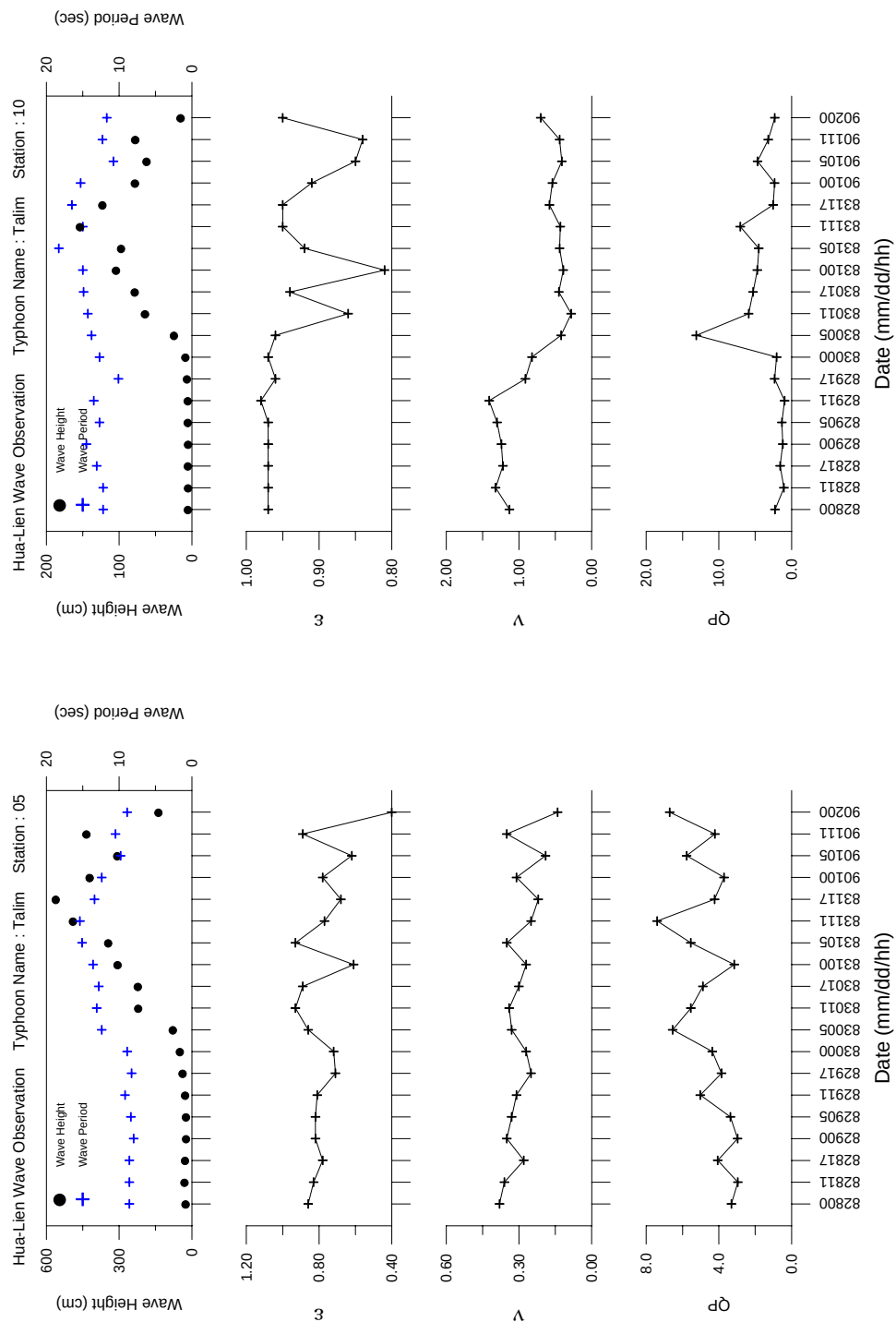
圖 4-5 珊瑚颱風波浪波譜形狀參數變化 (左：測點 12；右：測點 16)



para18.grf

para17.grf

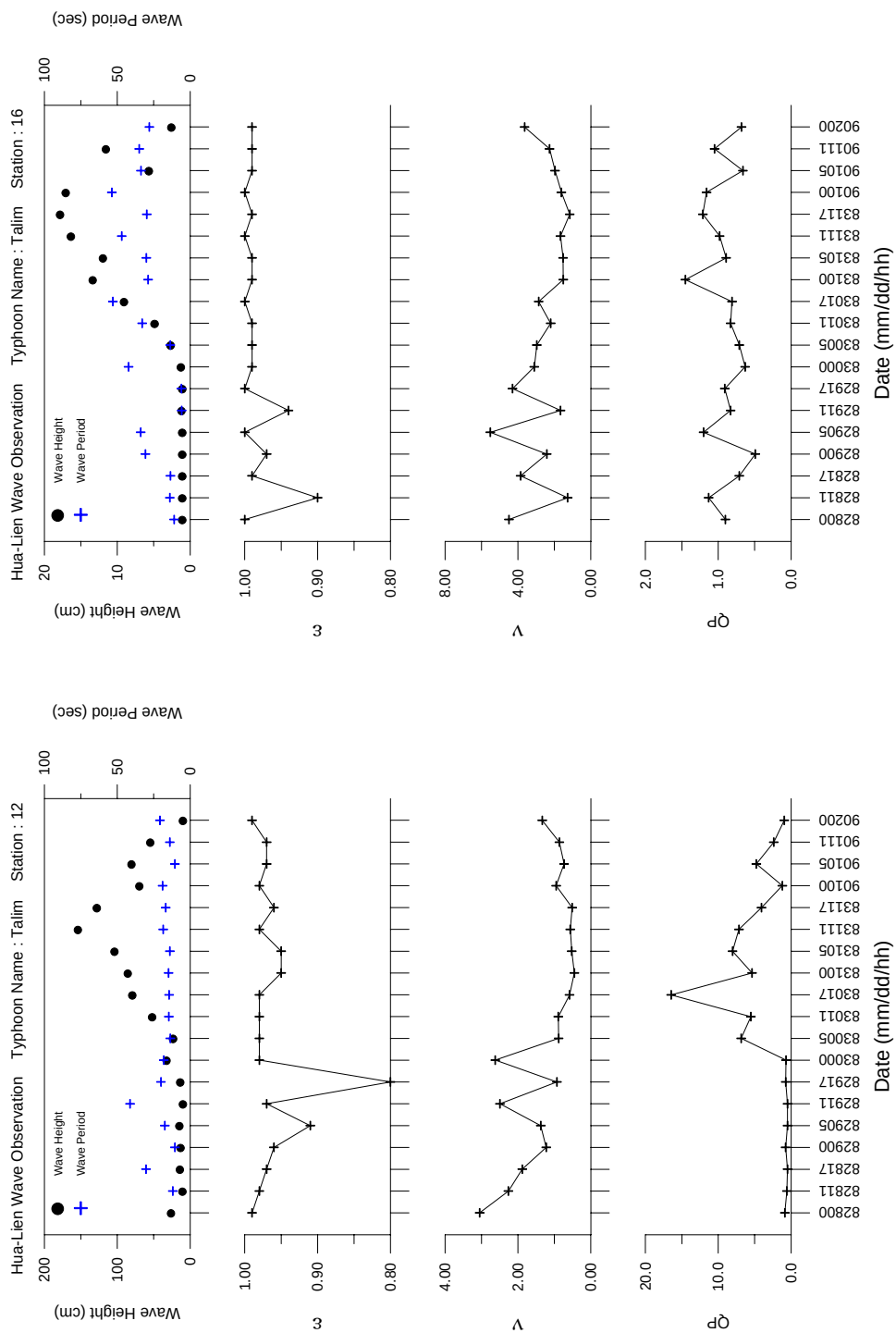
圖 4-6 珊瑚颱風波浪波譜形狀參數變化 (左：測點 17；右：測點 18)



para10.grf

para05.grf

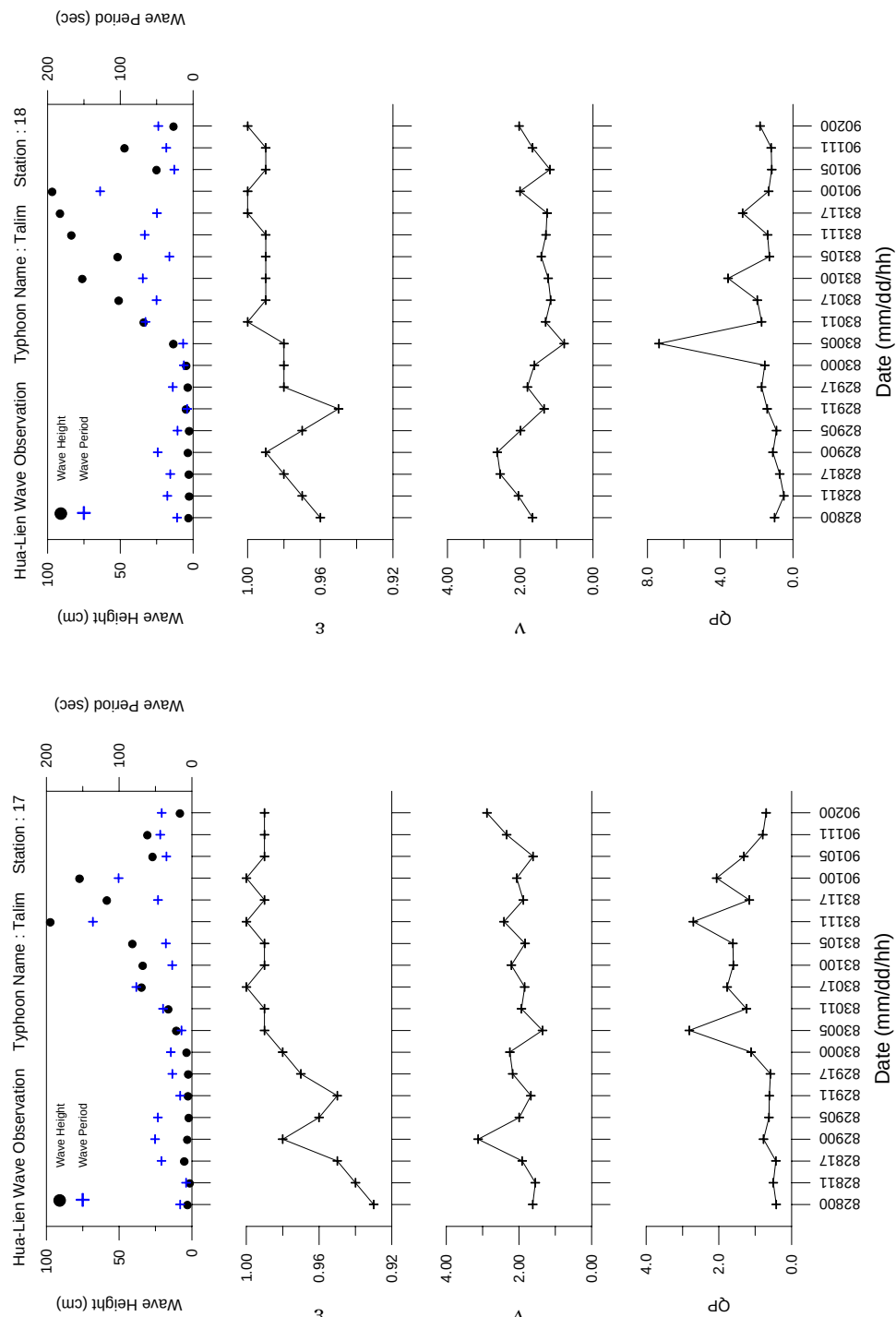
圖 4-7 泰利颱風波浪波譜形狀參數變化（左：測點 05；右：測點 10）



para16.grf

para12.grf

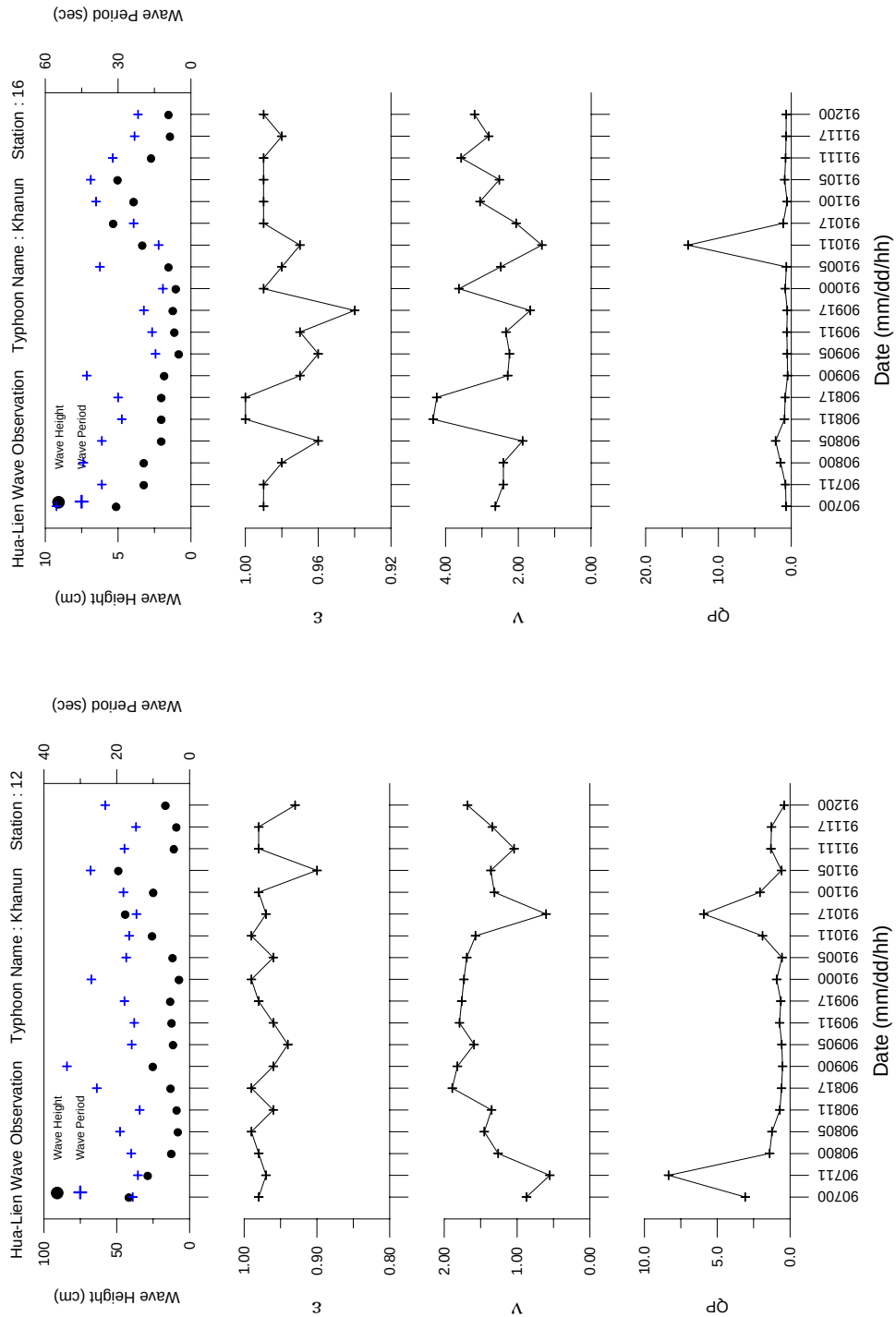
圖 4-8 泰利颱風波浪波譜形狀參數變化 (左：測點 12；右：測點 16)



para17.grf

para18.grf

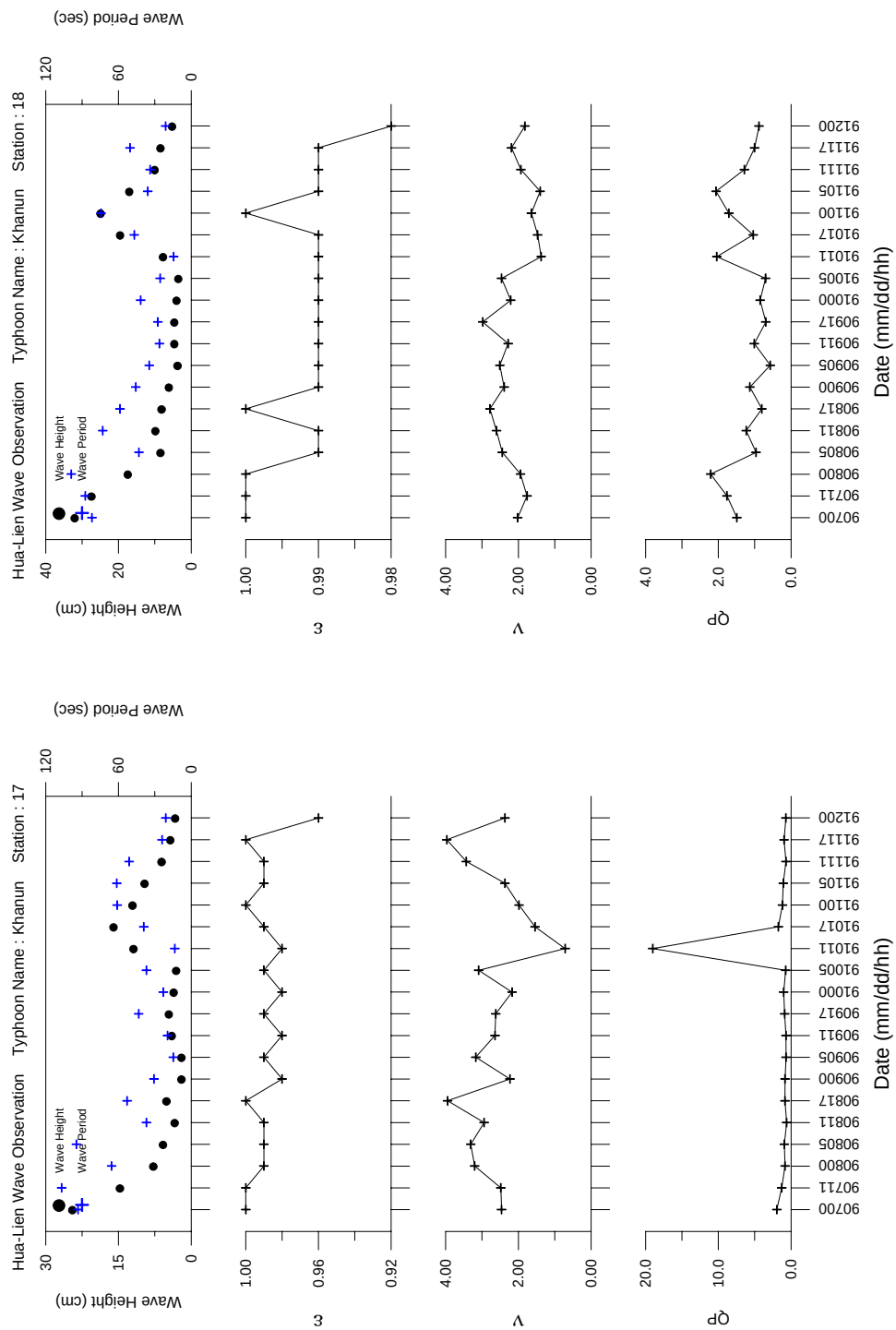
圖 4-9 泰利颱風波浪波譜形狀參數變化 (左：測點 17；右：測點 18)



para16.grf

para12.grf

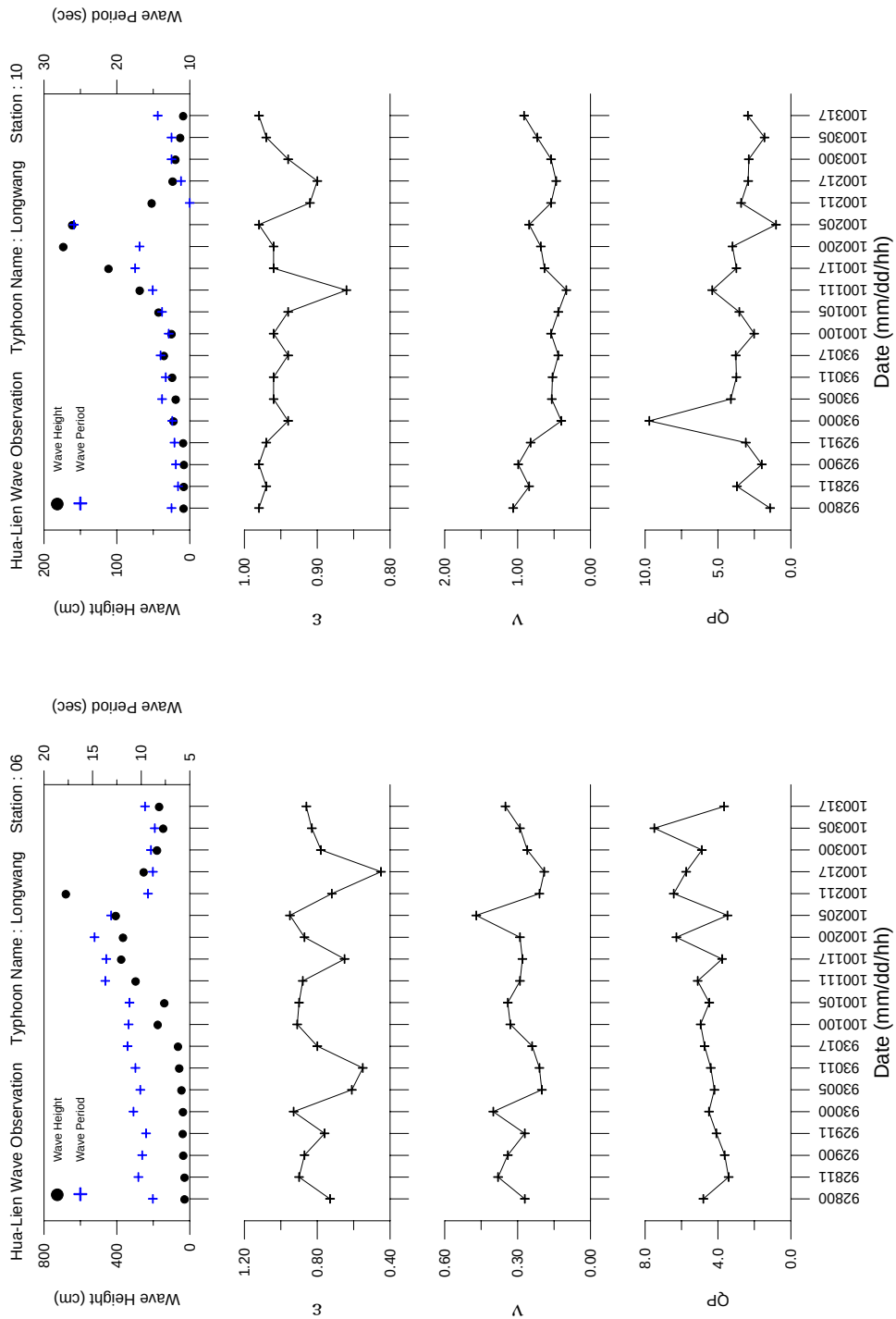
圖 4-11 卡努颱風波浪波譜形狀參數變化（左：測點 12；右：測點 16）



para18.grf

para17.grf

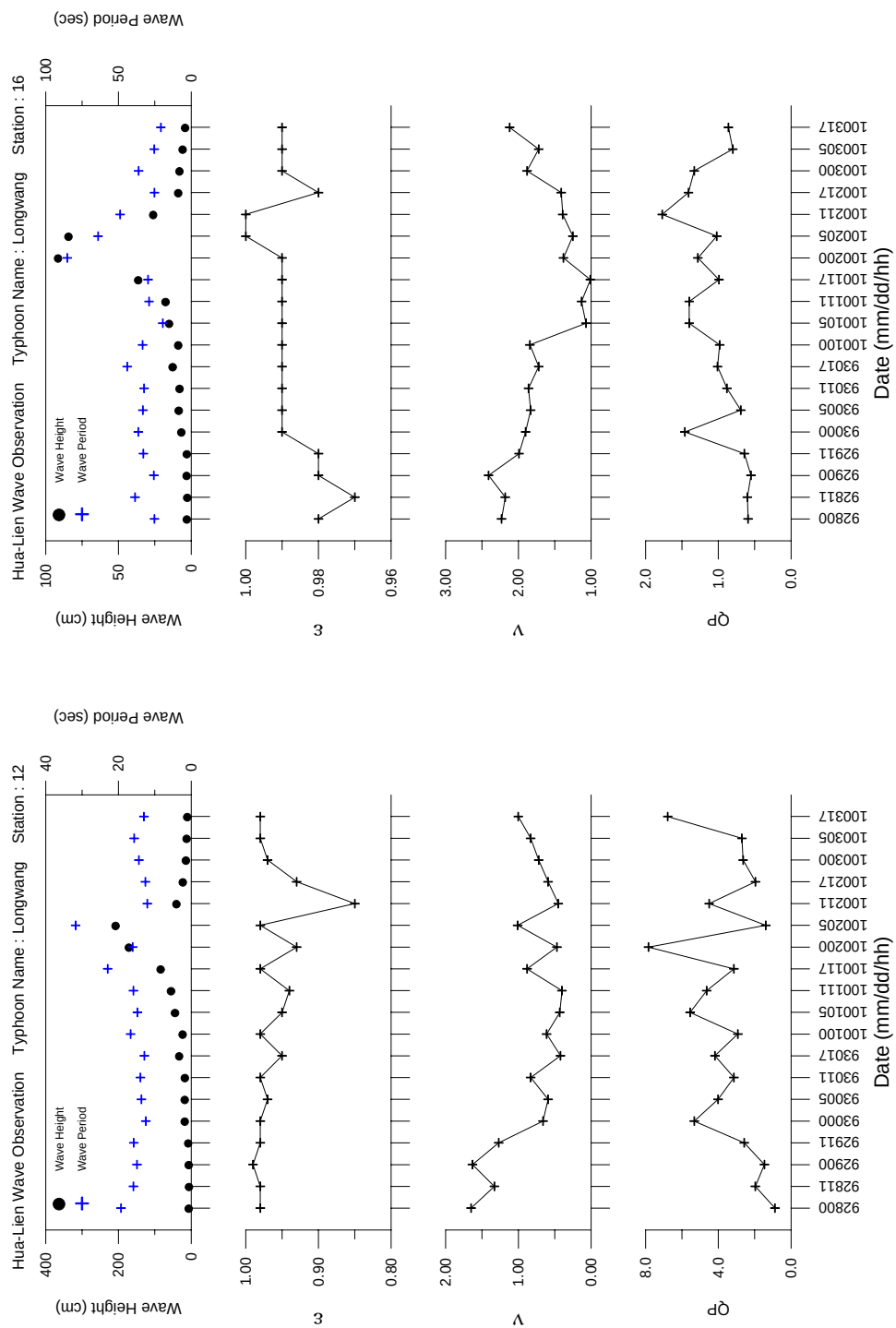
圖 4-12 卡努颱風波浪波譜形狀參數變化（左：測點 17；右：測點 18）



para06.grf

para10.grf

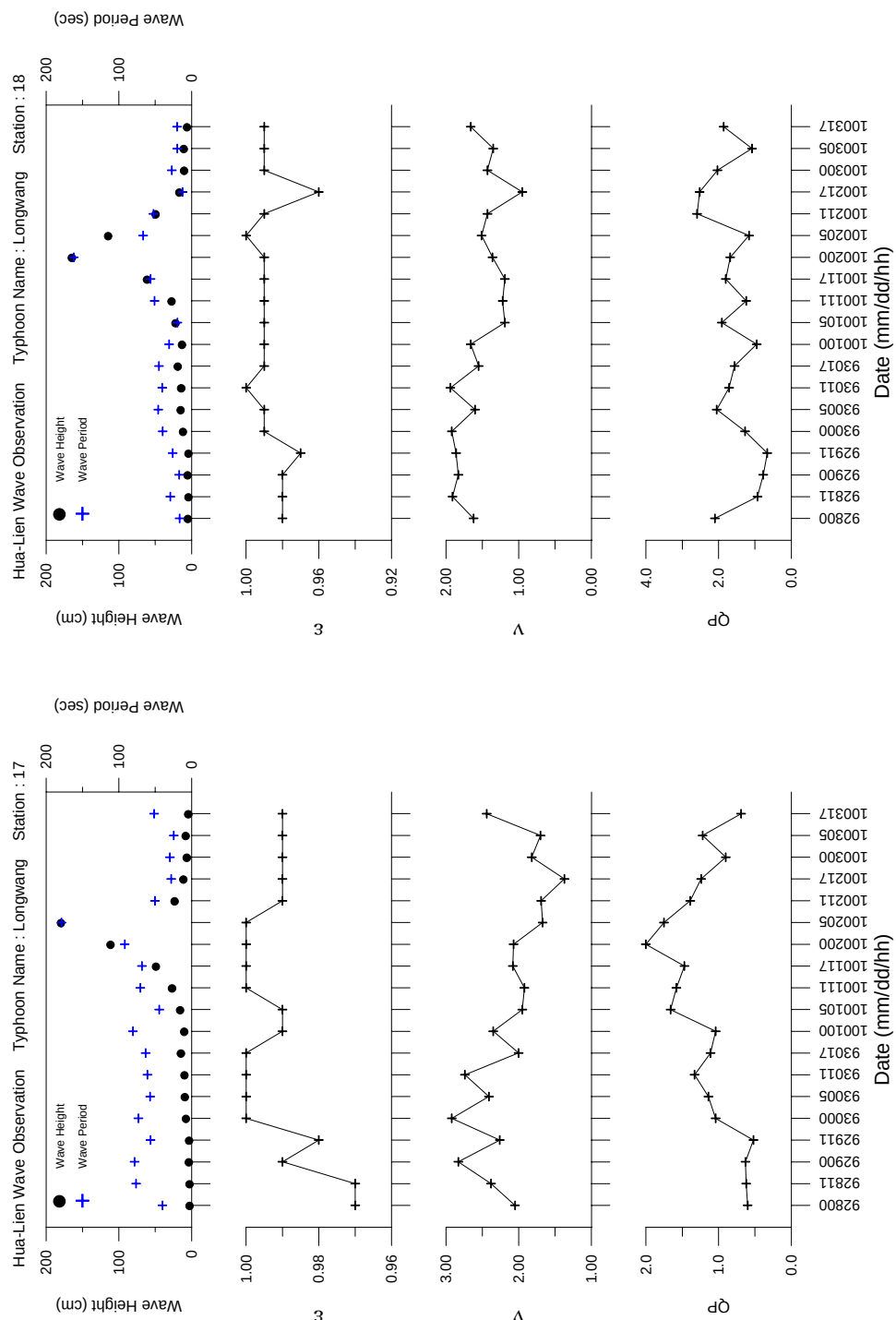
圖 4-13 龍王颱風波浪波譜形狀參數變化（左：測點 06；右：測點 10）



para12.grf

para16.grf

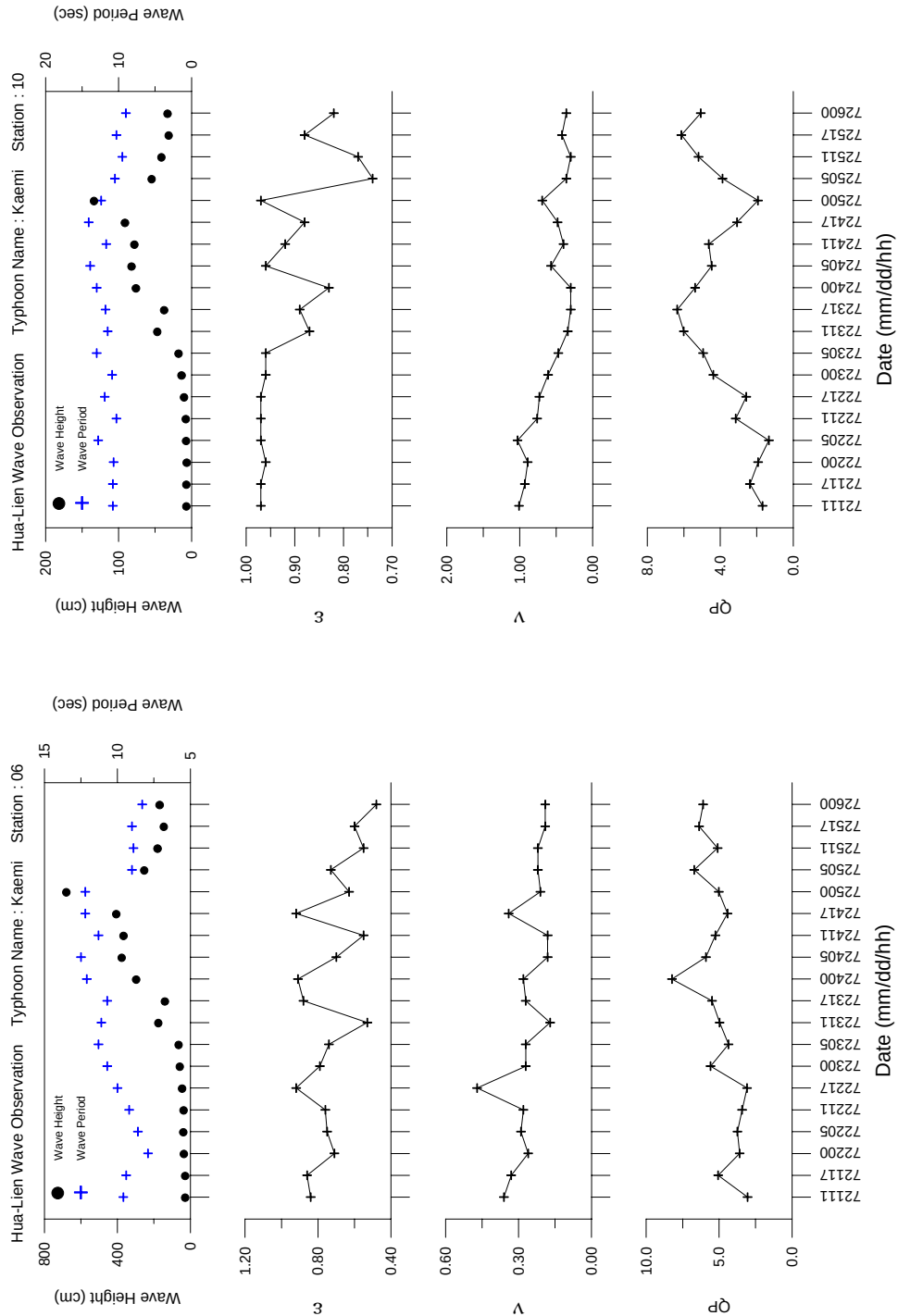
圖 4-14 龍王颱風波浪波譜形狀參數變化（左：測點 12；右：測點 16）



para18.grf

para17.grf

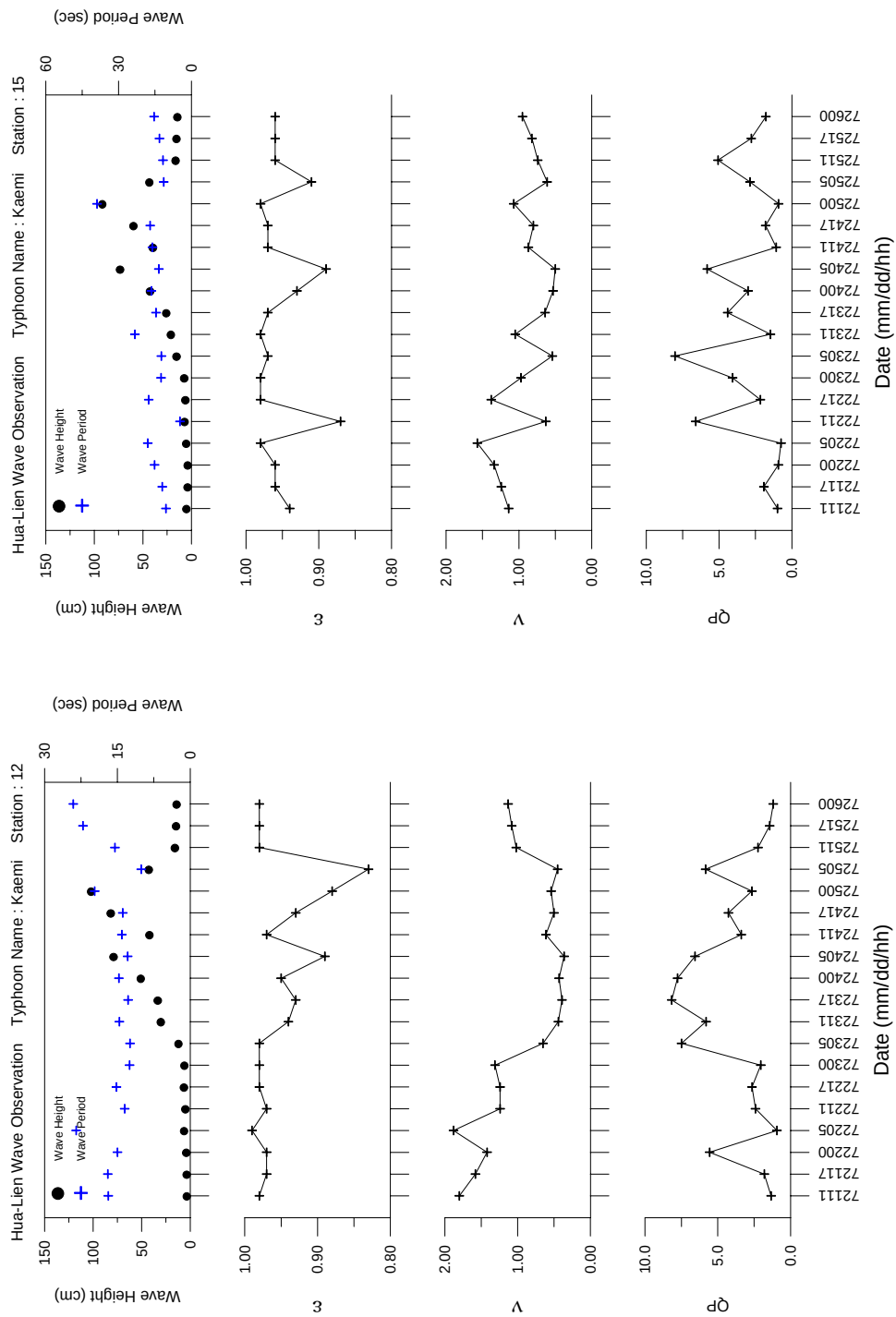
圖 4-15 龍王颱風波浪波譜形狀參數變化（左：測點 17；右：測點 18）



para10.grf

para06.grf

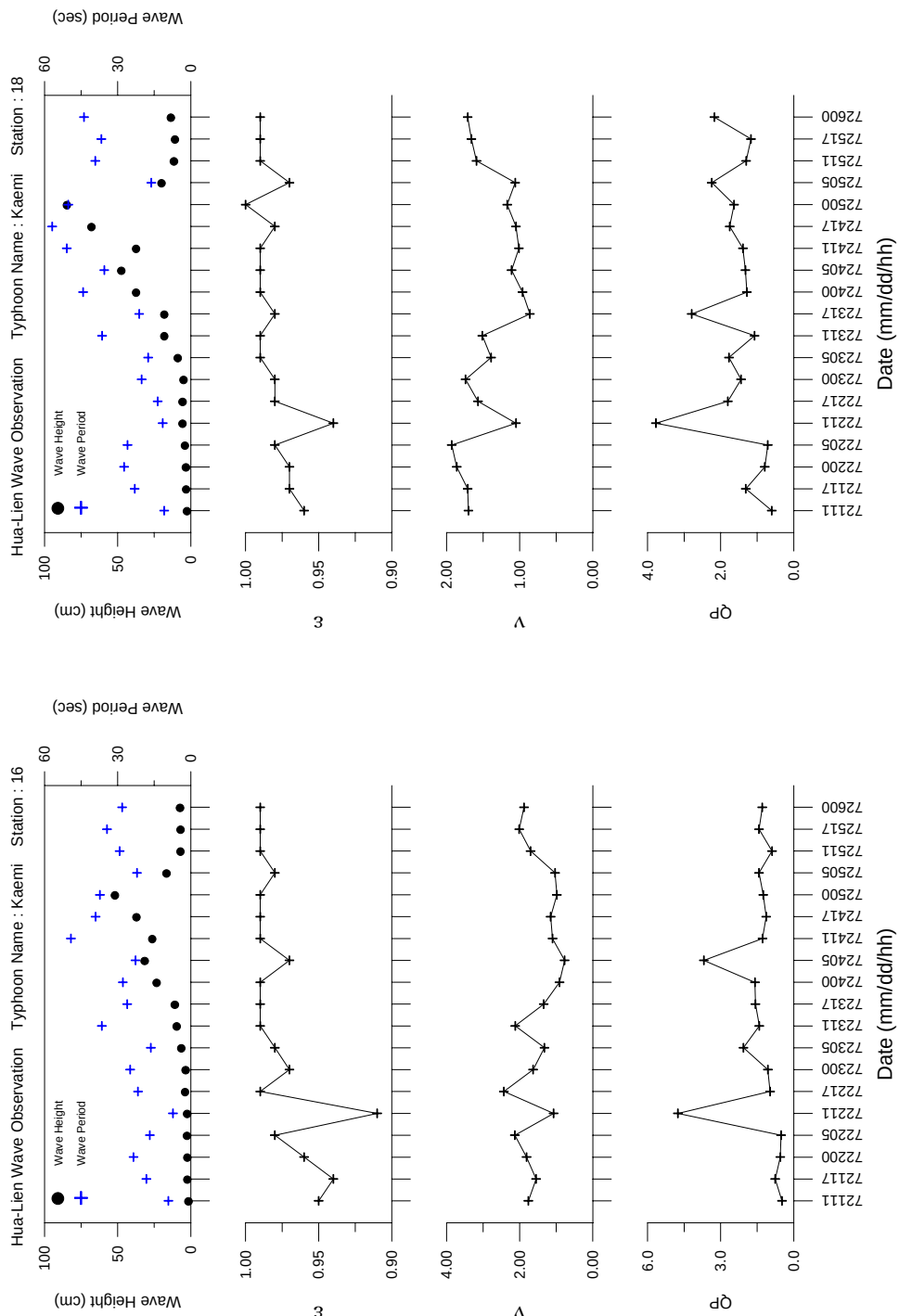
圖 4-16 凱米颱風波浪波譜形狀參數變化（左：測點 06；右：測點 10）



para15.grf

para12.grf

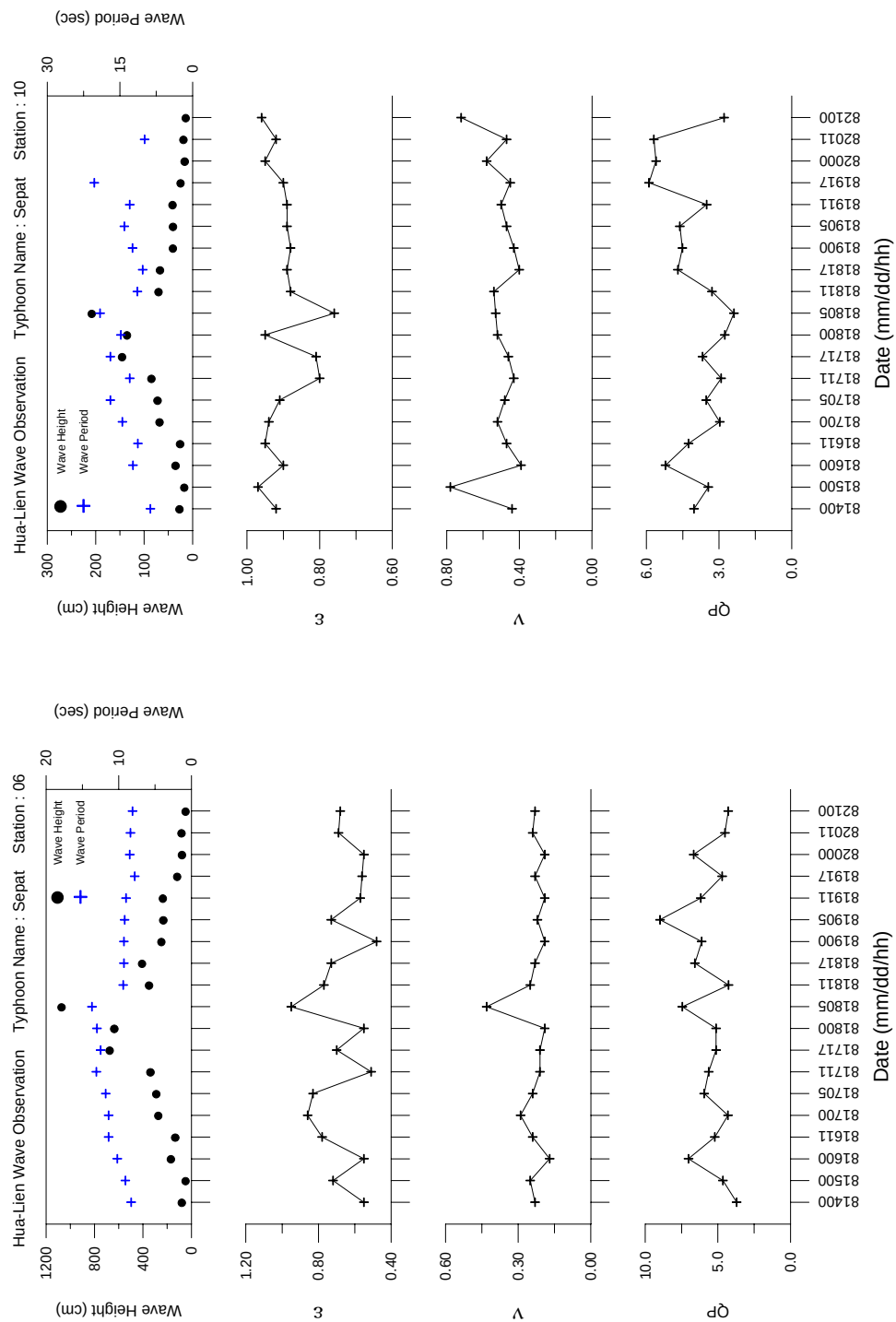
圖 4-17 凱米颱風波浪波譜形狀參數變化（左：測點 12；右：測點 15）



para18.grf

para16.grf

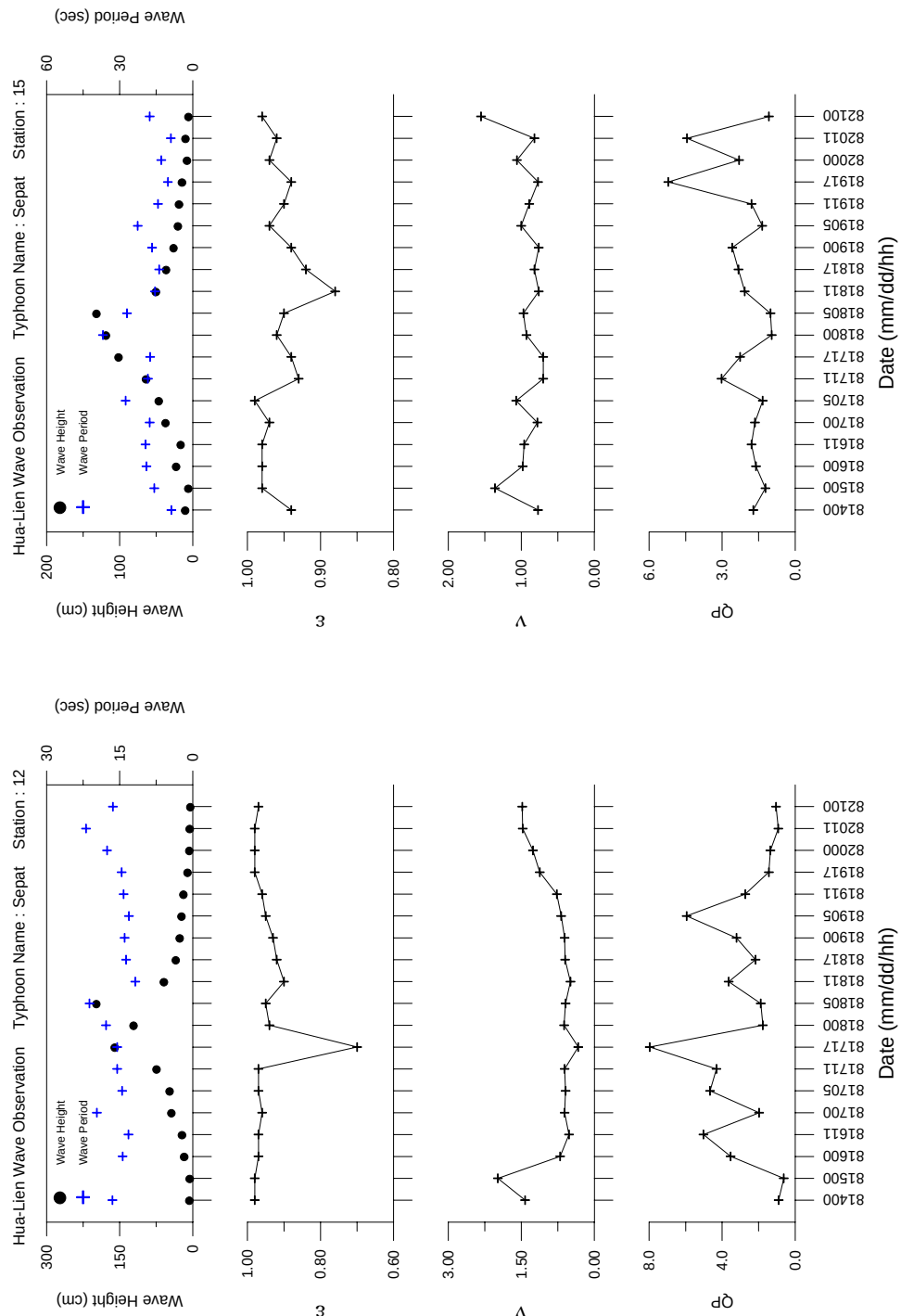
圖 4-18 凱米颱風波浪波譜形狀參數變化（左：測點 16；右：測點 18）



para06.grf

para10.grf

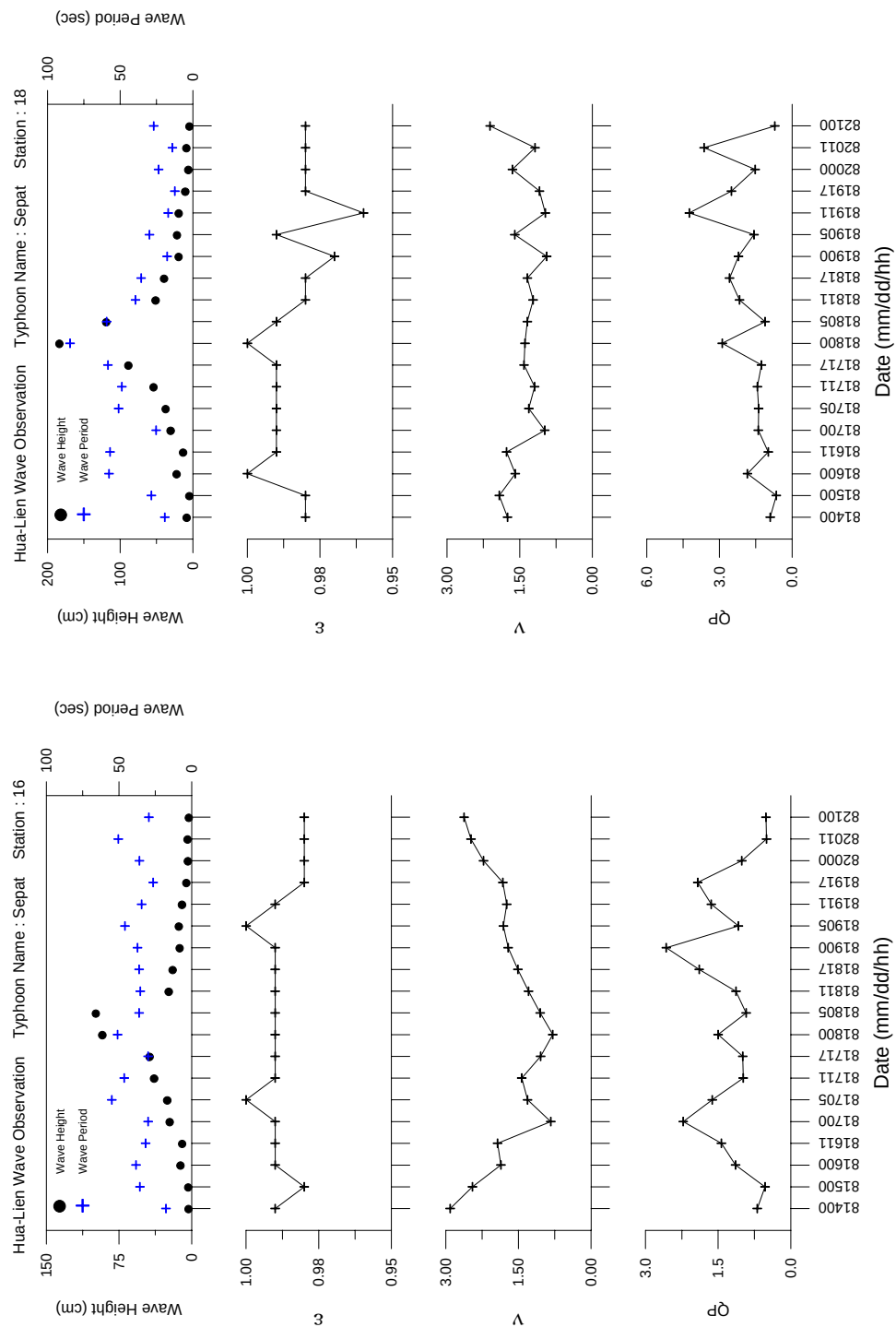
圖 4-19 聖帕颱風波浪波譜形狀參數變化（左：測點 06；右：測點 10）



para12.grf

para15.grf

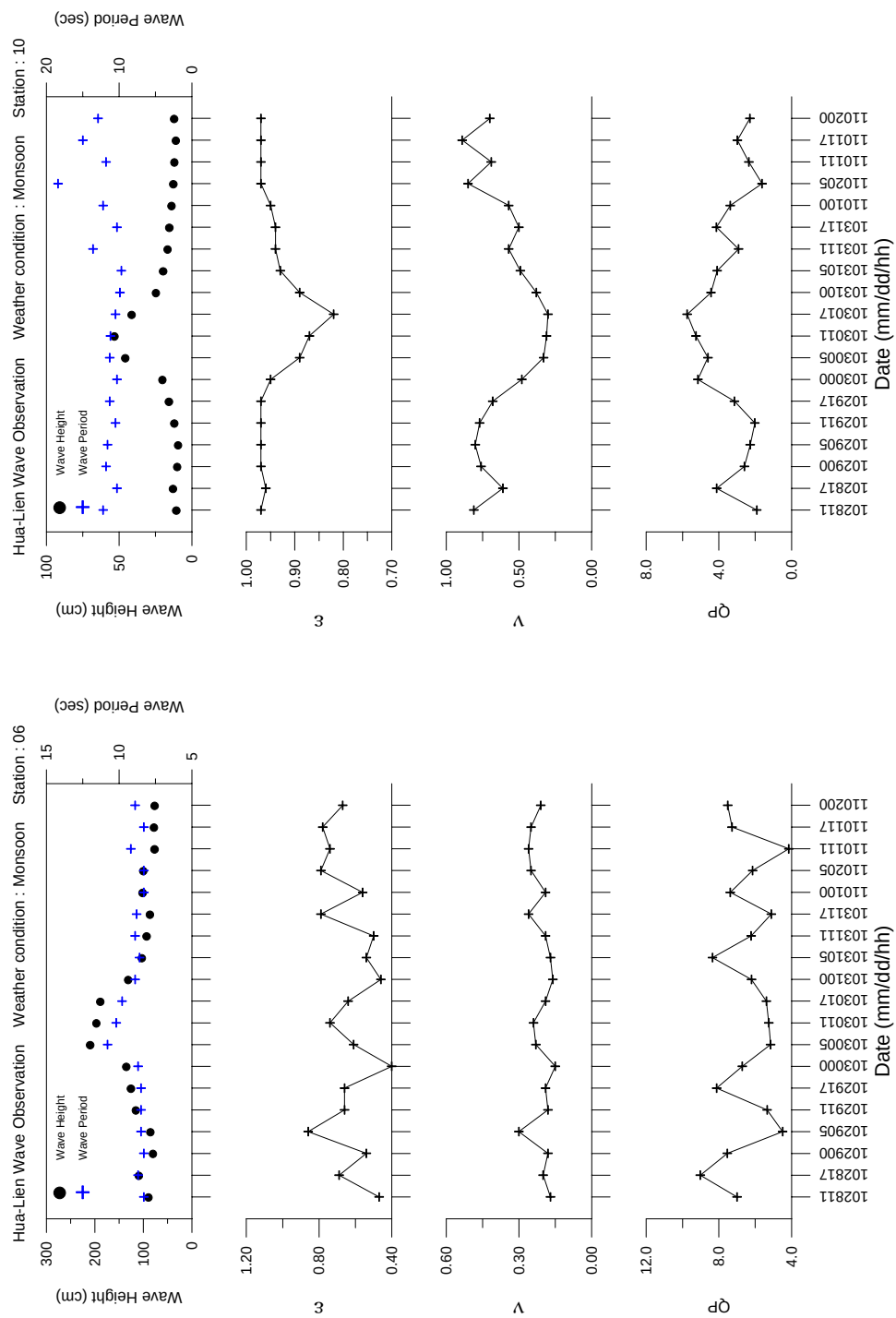
圖 4-20 聖帕颱風波浪波譜形狀參數變化（左：測點 12；右：測點 15）



para16.grf

para18.grf

圖 4-21 聖帕颱風波浪波譜形狀參數變化（左：測點 16；右：測點 18）



para06.grf para10.grf

圖 4-22 東北季風波浪波譜形狀參數變化（左：測點 06；右：測點 10）

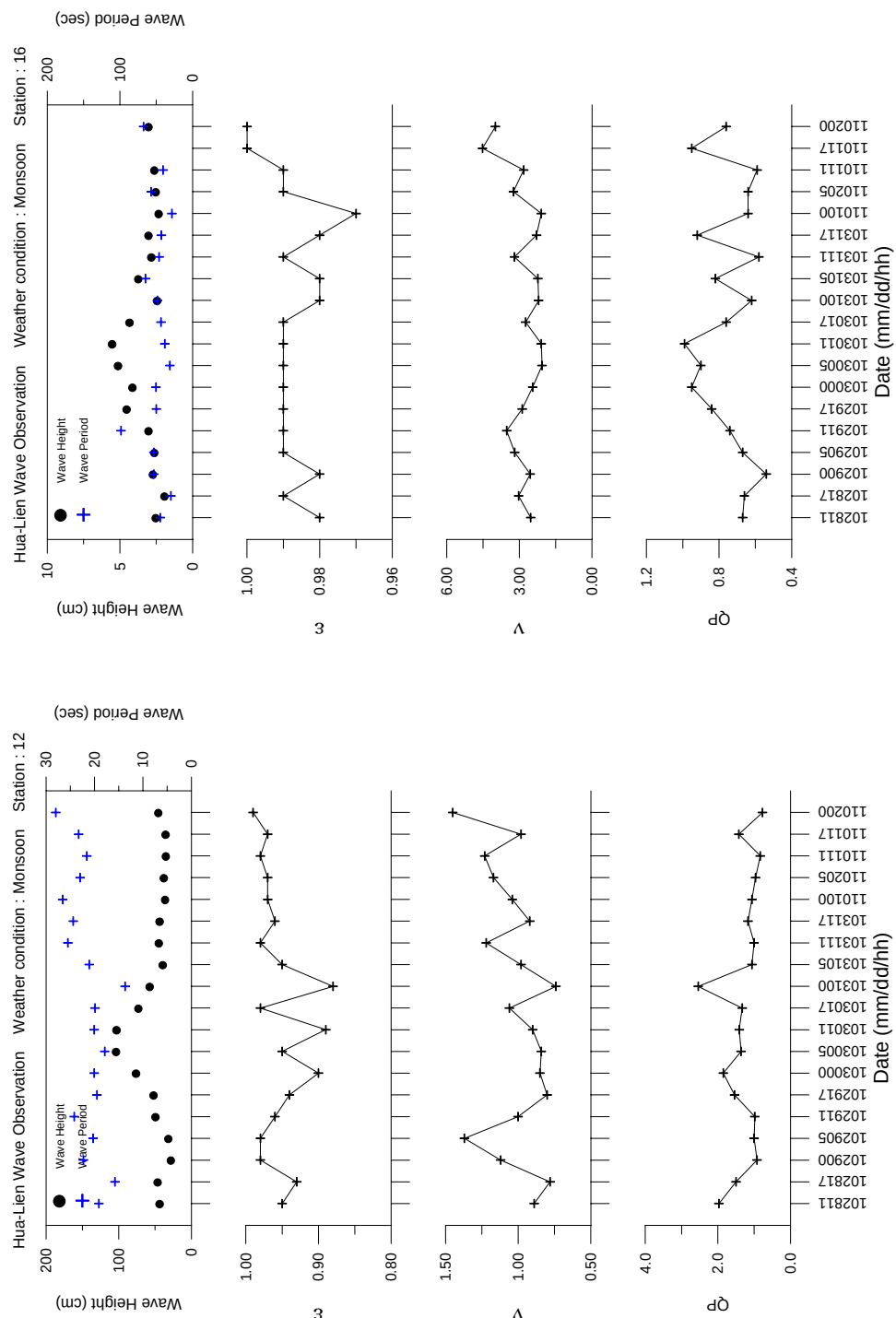
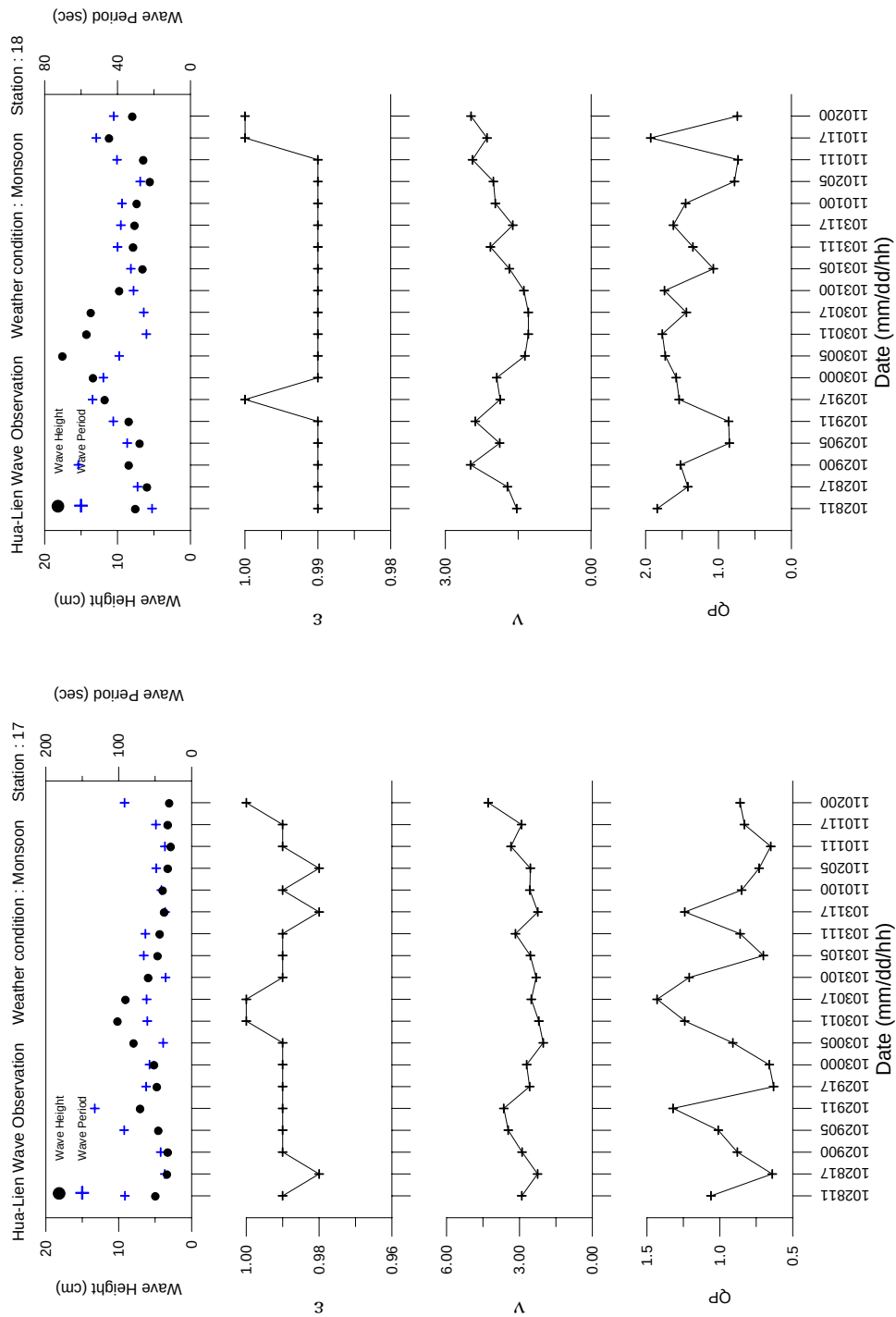


圖 4-23 東北季風波浪波譜形狀參數變化 (左: 測點 12; 右: 測點 16)

para16.grf

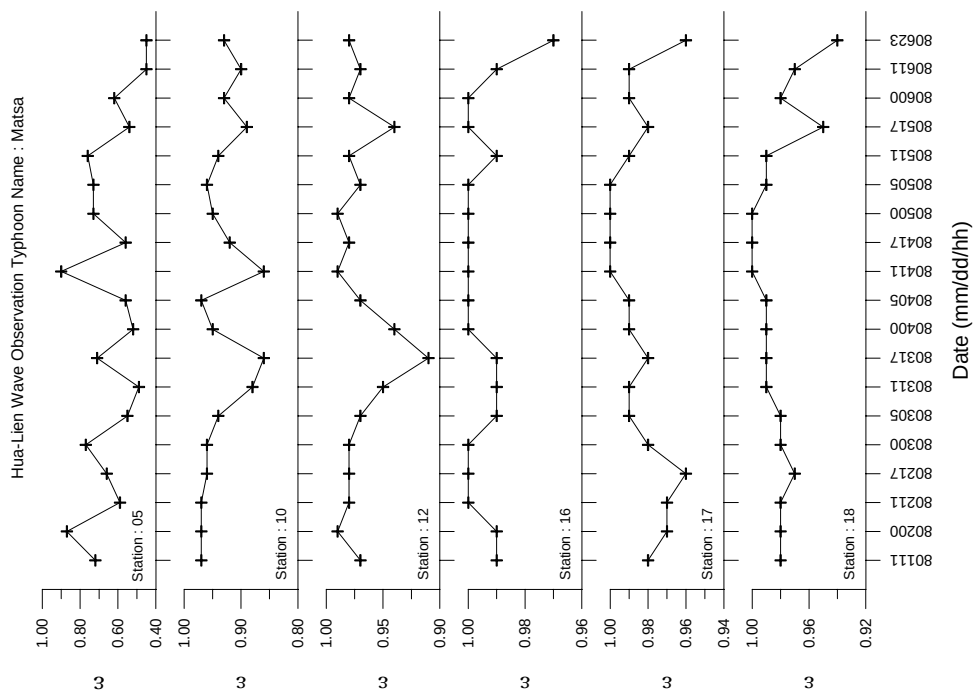
para12.grf



para18.grf

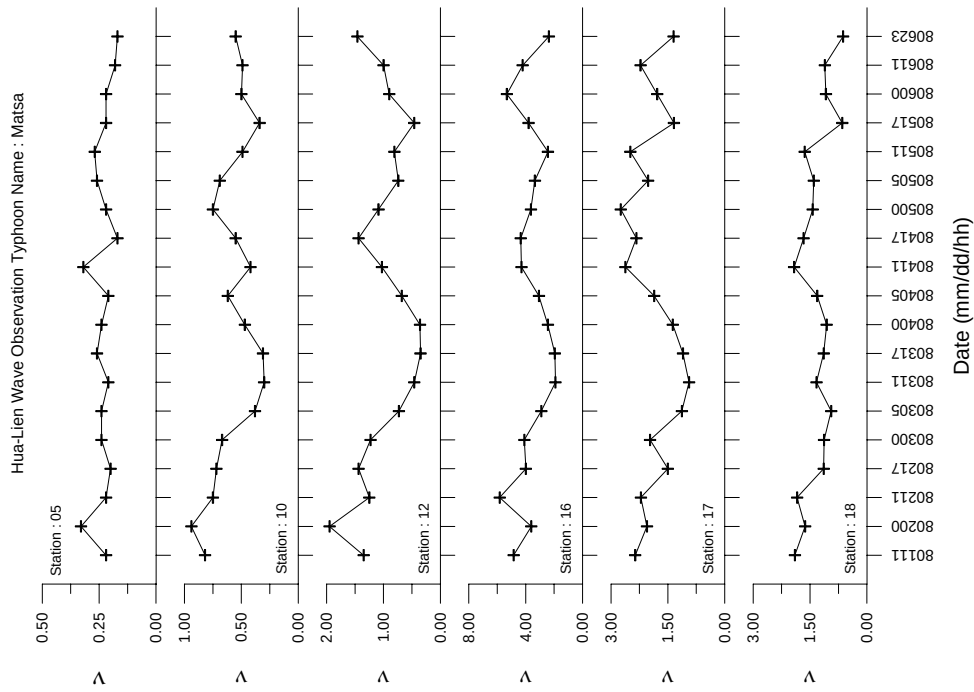
para17.grf

圖 4-24 東北季風波浪波譜形狀參數變化（左：測點 17；右：測點 18）



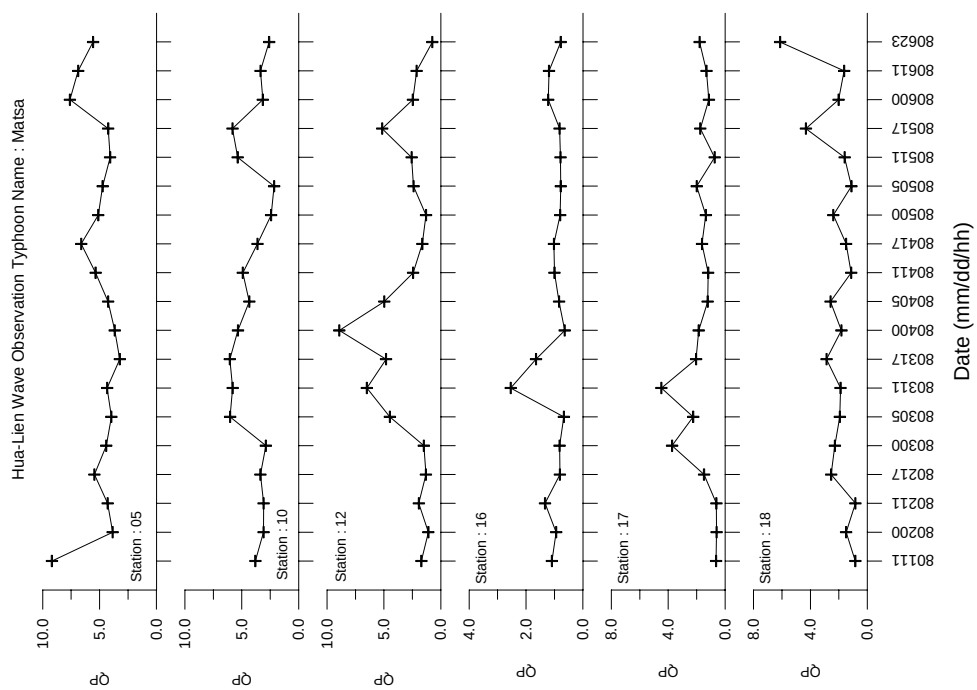
bwith.grf

圖 4-25 馬莎颱風波譜形狀參數 ε 各測點間比較



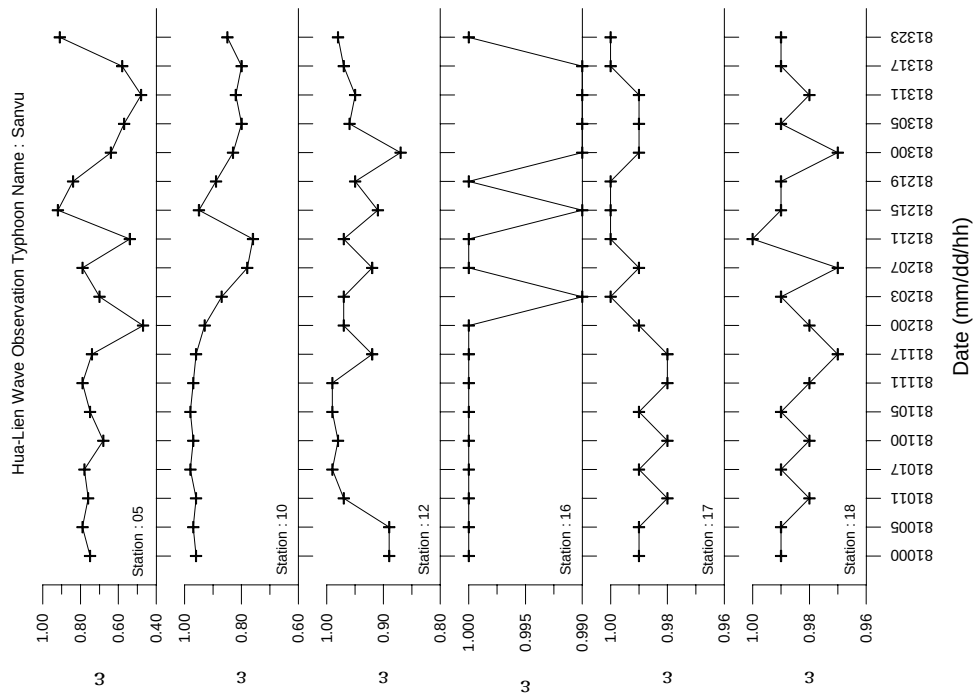
steep.grf

圖 4-26 馬莎颱風波譜形狀參數 ν 各測點間比較



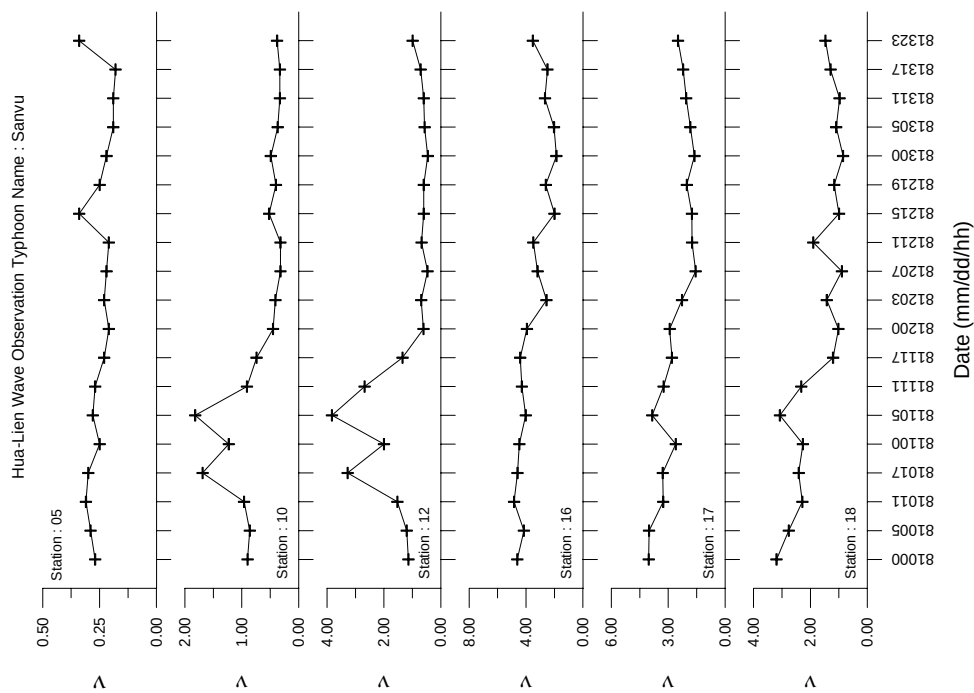
qp.grf

圖 4-27 馬莎颱風波譜形狀參數 Qp 各測點間比較



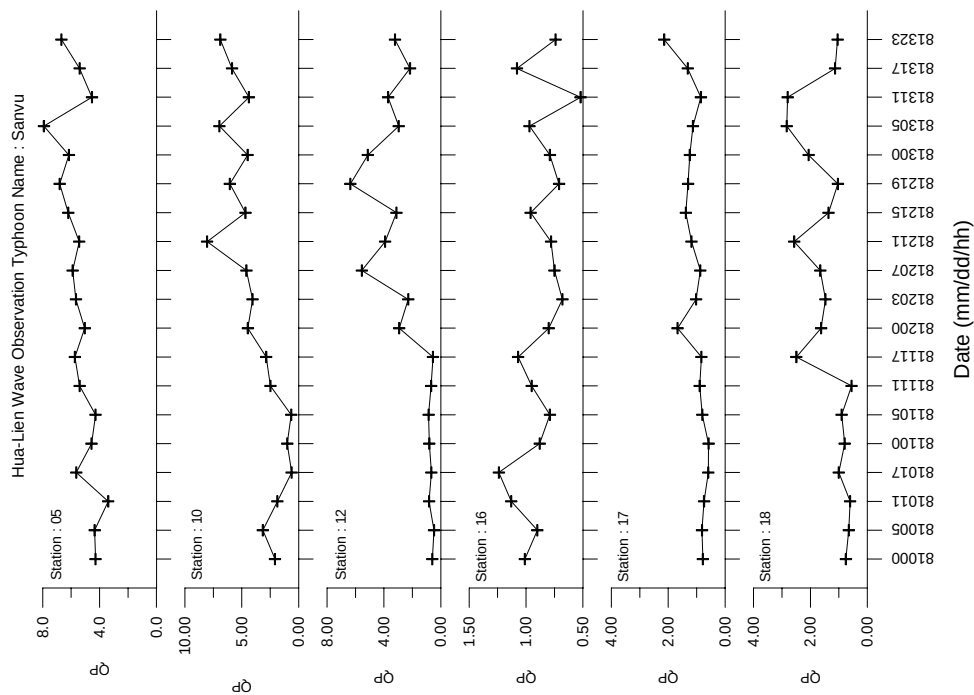
bwith.grf

圖 4-28 珊珊颱風波譜形狀參數 ε 各測點間比較



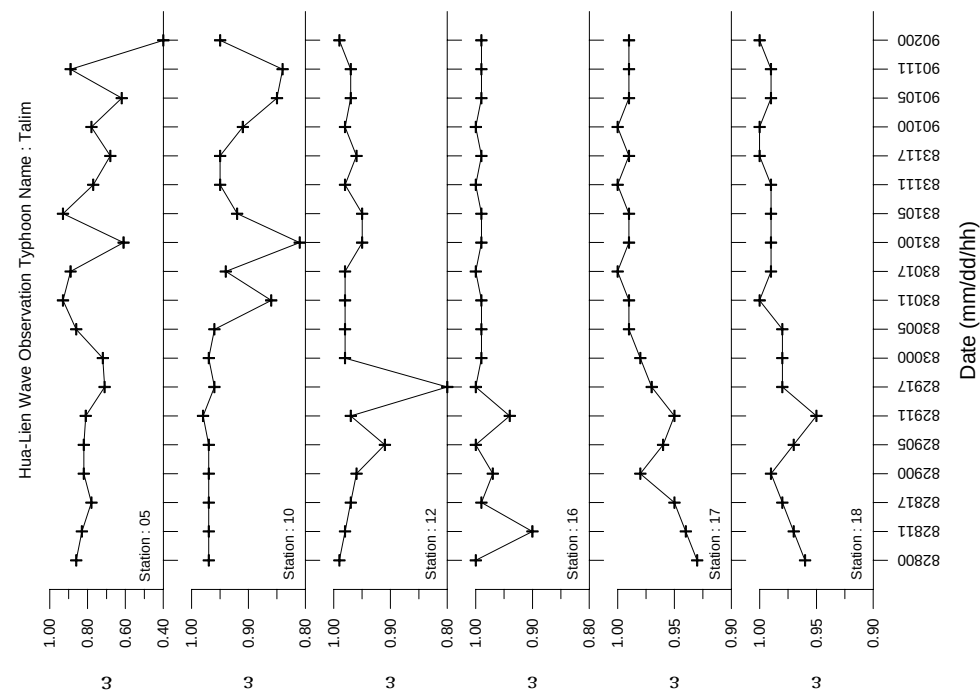
steep.grf

圖 4-29 珊瑚颱風波譜形狀參數 V 各測點間比較



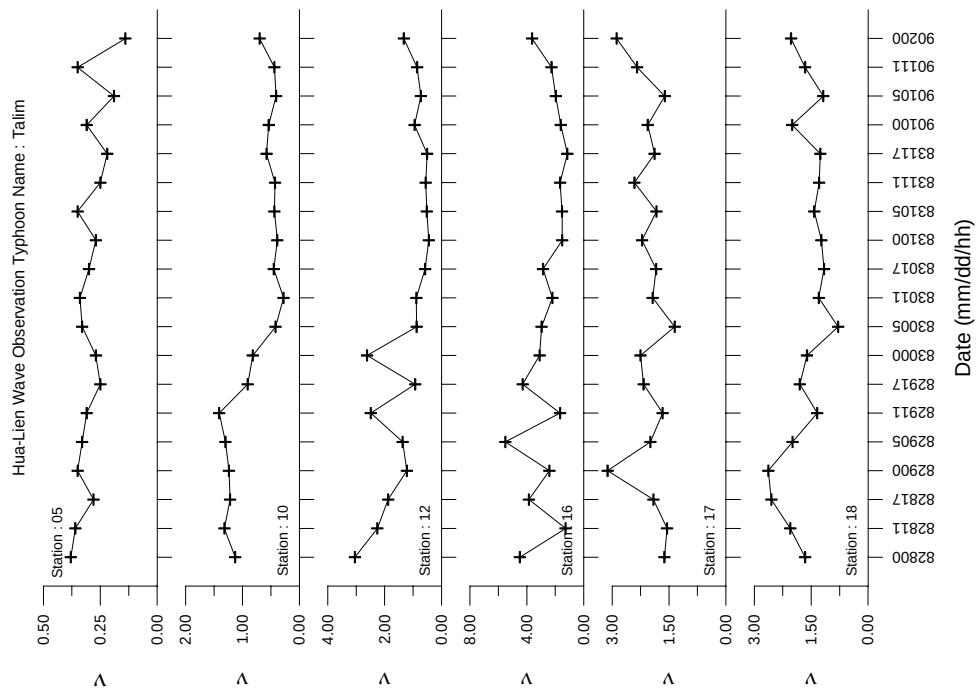
qp.grf

圖 4-30 珊瑚颱風波譜形狀參數 Q_p 各測點間比較



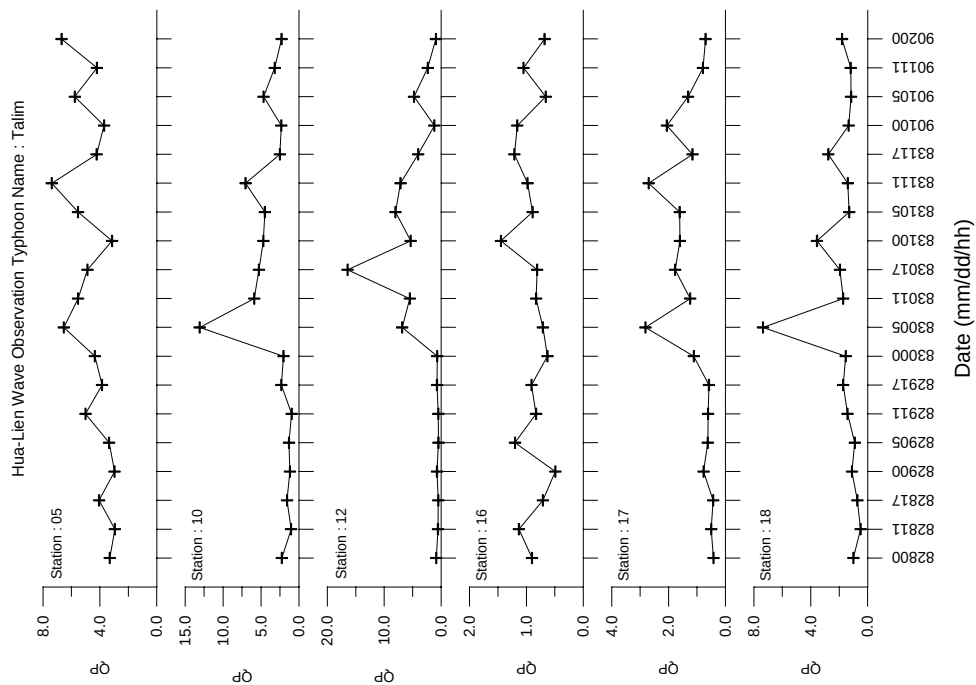
bwith.grf

圖 4-31 泰利颱風波譜形狀參數 ε 各測點間比較



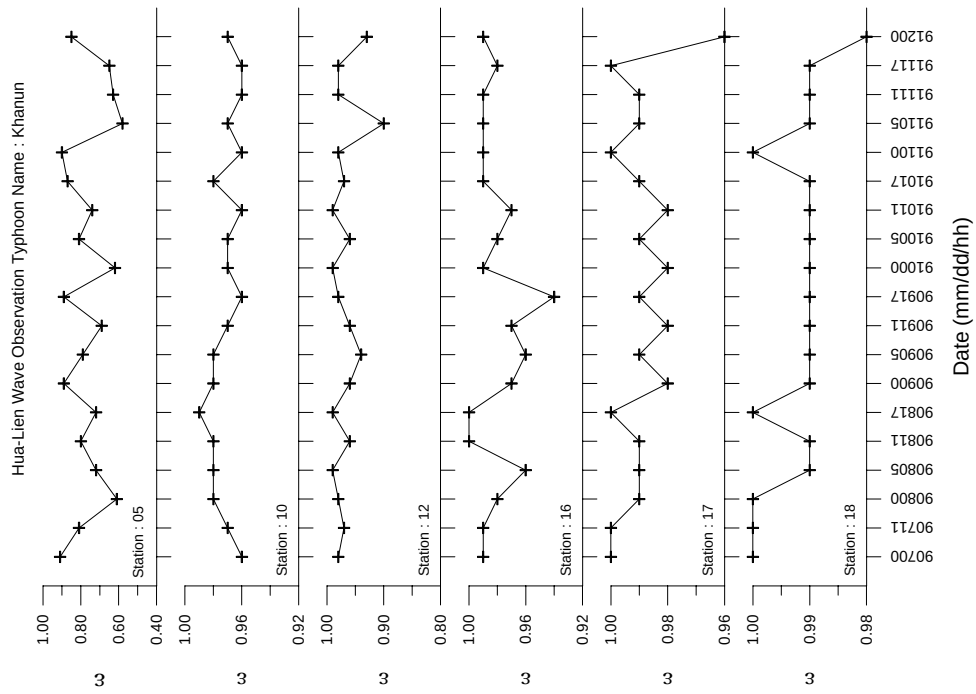
steep.grf

圖 4-32 泰利颱風波譜形狀參數 ν 各測點間比較



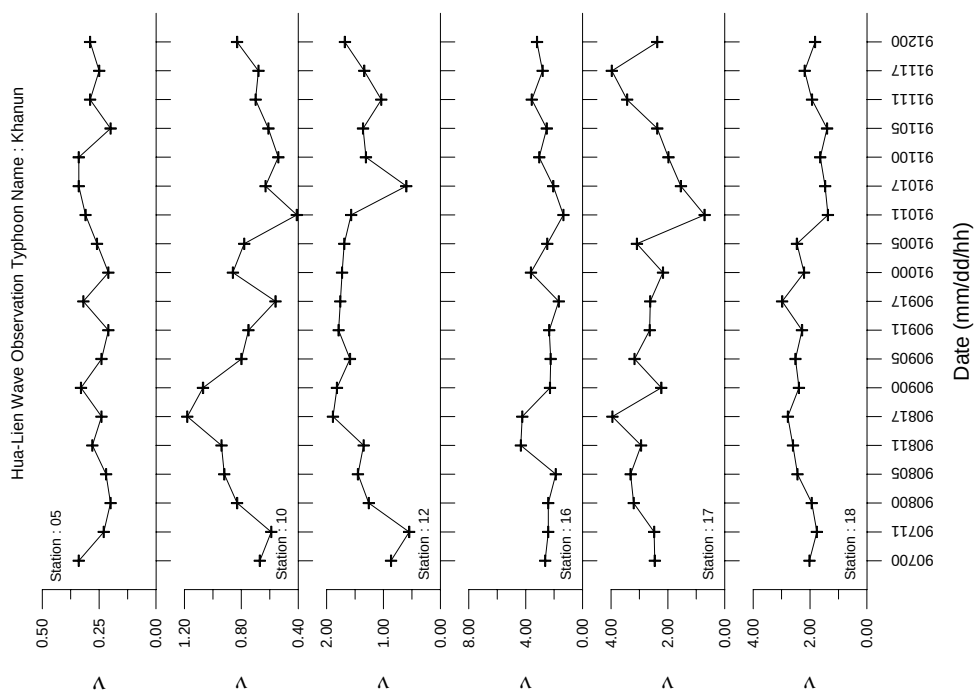
qp.grf

圖 4-33 泰利颱風波譜形狀參數 Qp 各測點間比較



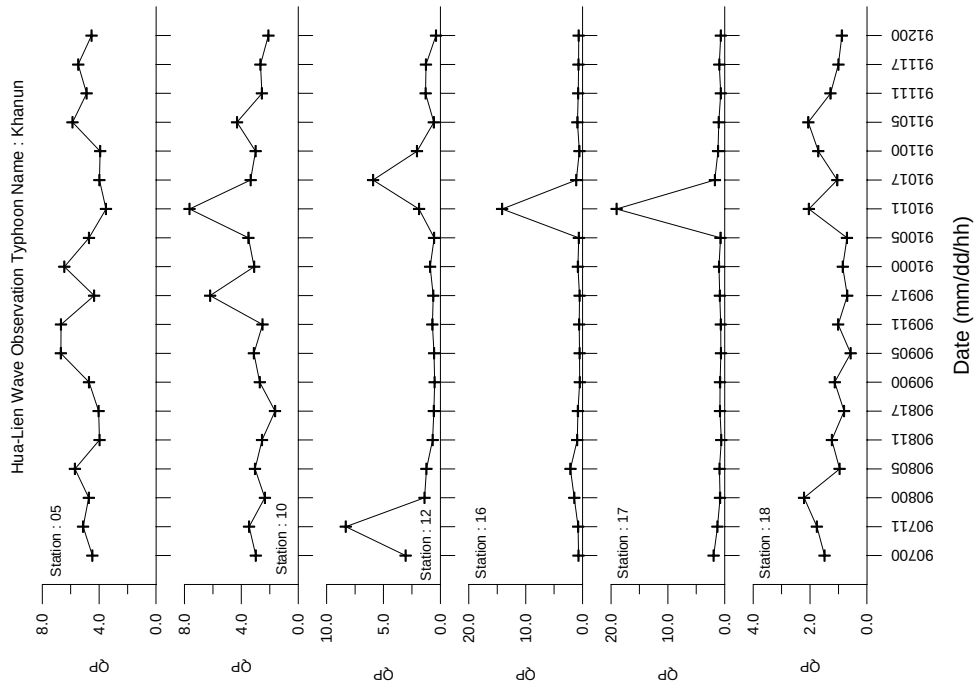
bwith.grf

圖 4-34 卡努颱風波譜形狀參數 ε 各測點間比較



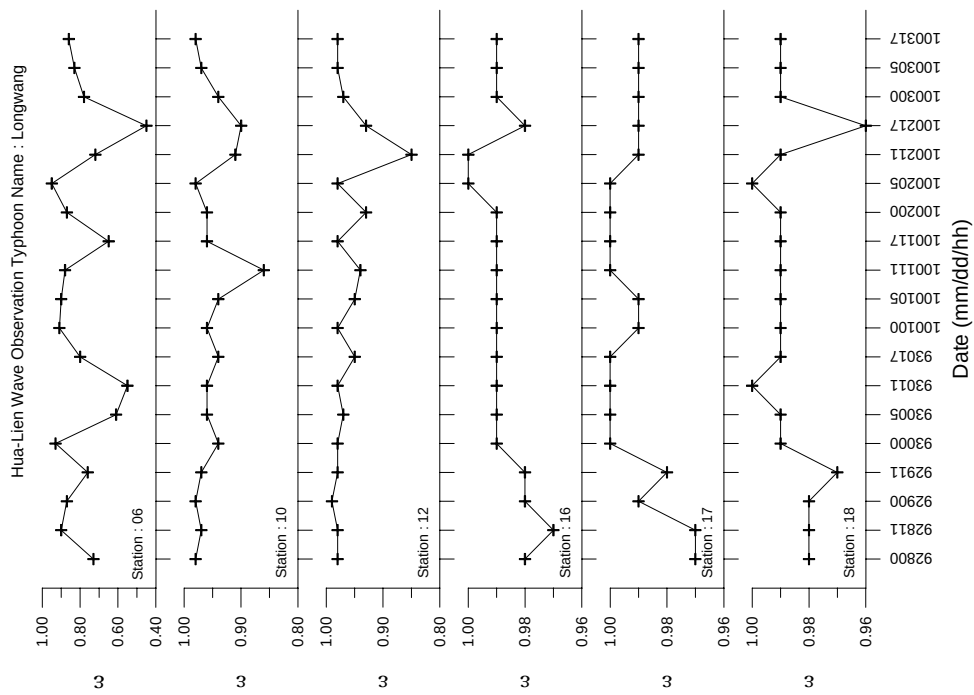
steep.grf

圖 4-35 卡努颱風波譜形狀參數 λ 各測點間比較



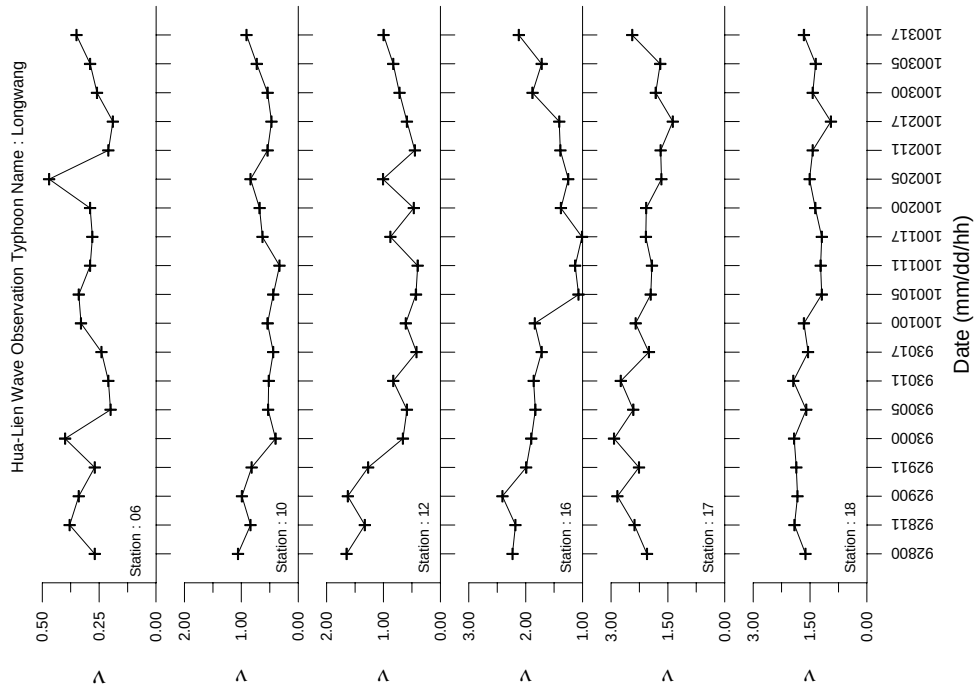
qp.grf

圖 4-36 卡努颱風波譜形狀參數 Q_p 各測點間比較



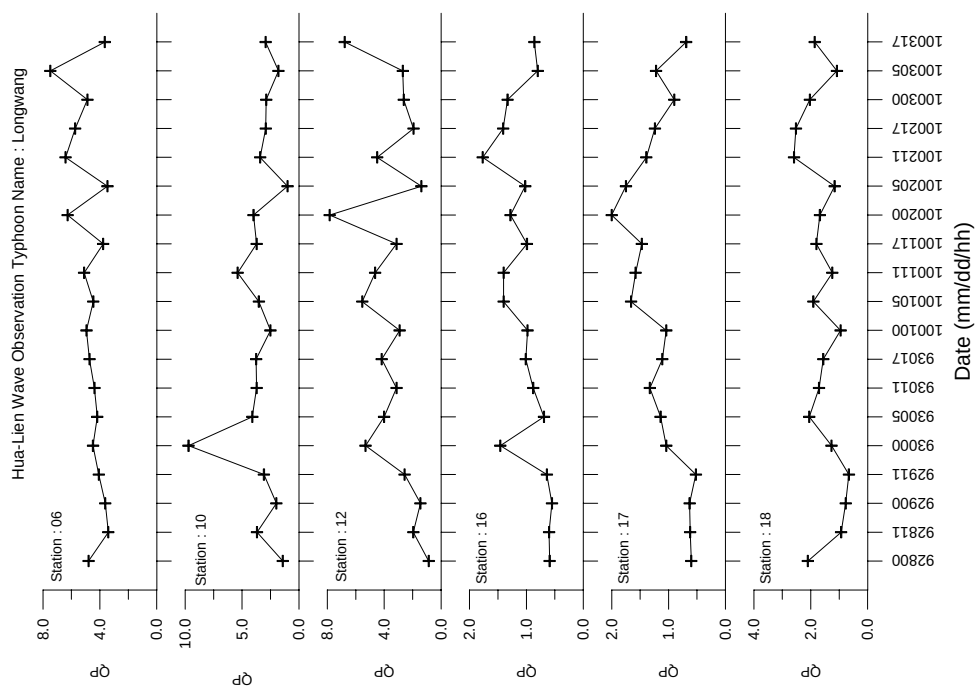
bwith.grf

圖 4-37 龍王颱風波譜形狀參數 ϵ 各測點間比較



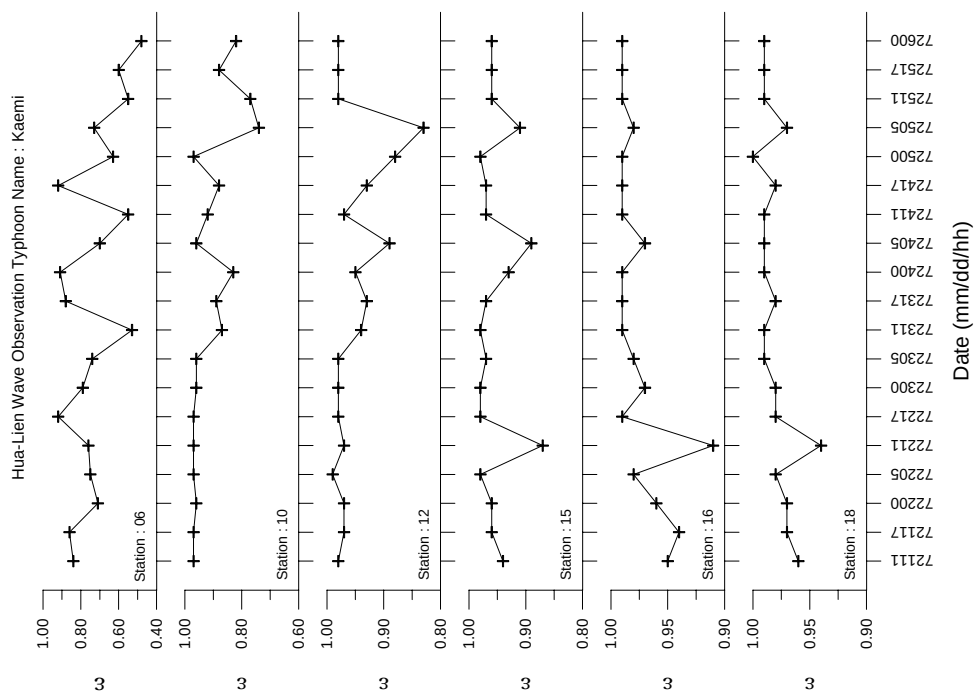
steep.grf

圖 4-38 龍王颱風波譜形狀參數 ν 各測點間比較



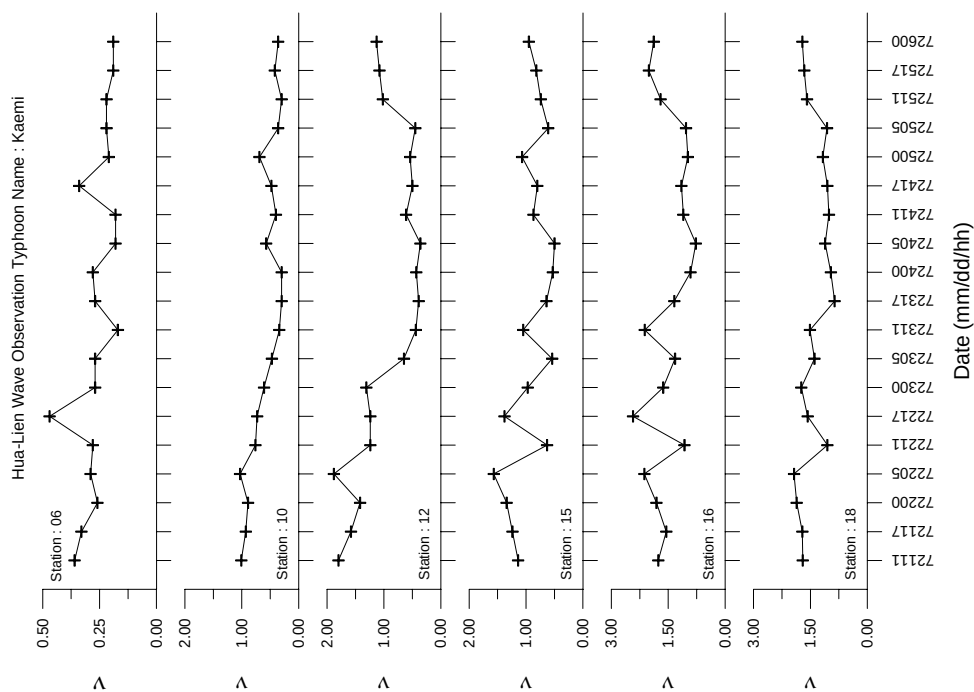
qp.grf

圖 4-39 龍王颱風波譜形狀參數 Qp 各測點間比較



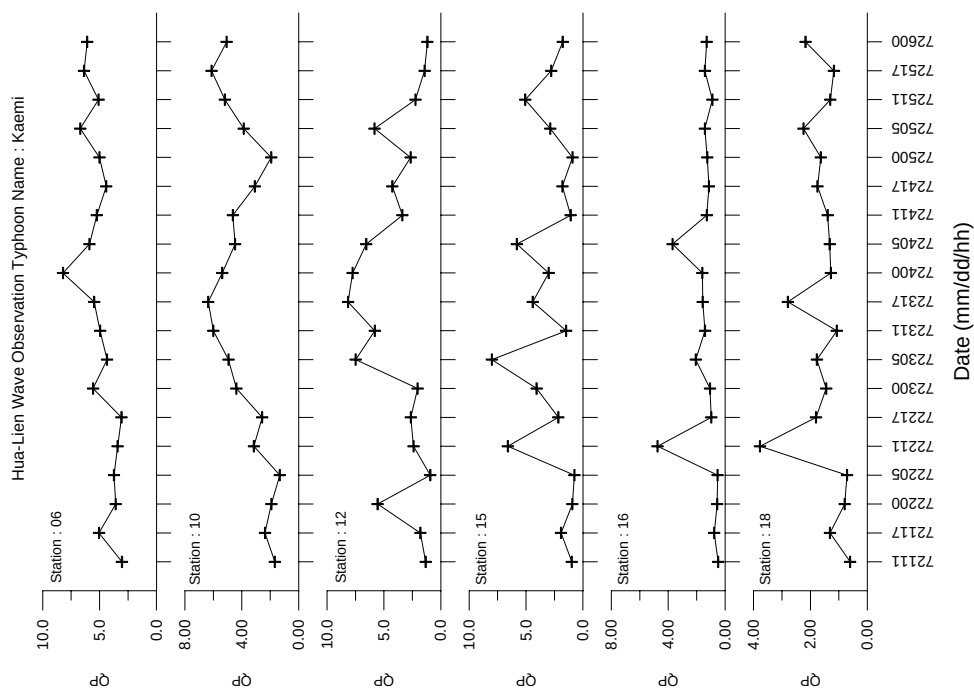
bwith.grf

圖 4-40 凱米颱風波譜形狀參數 ϵ 各測點間比較



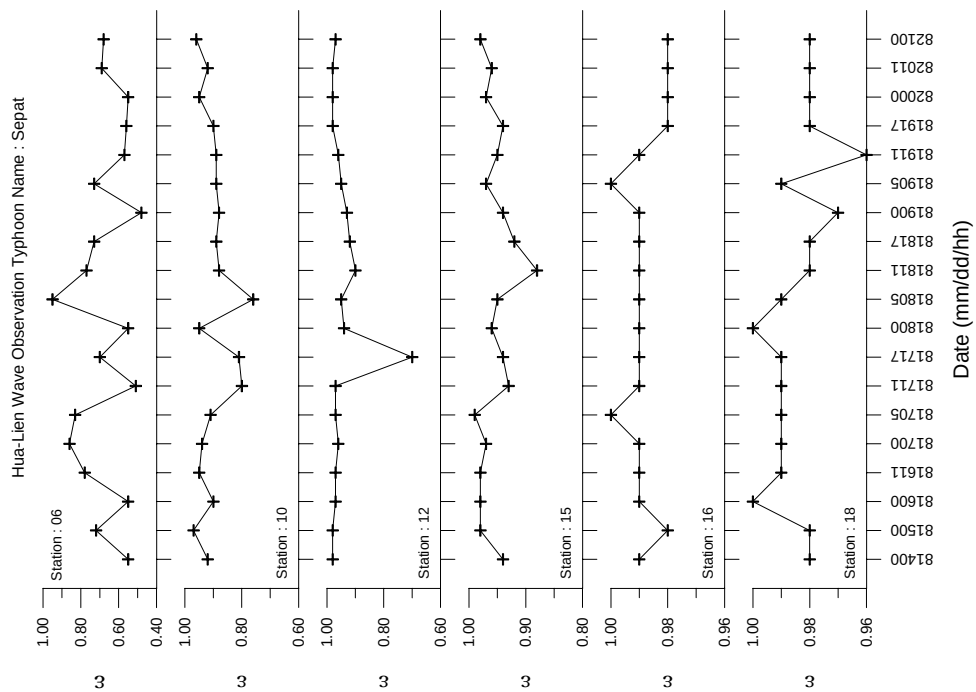
steep.grf

圖 4-41 凱米颱風波譜形狀參數 V 各測點間比較



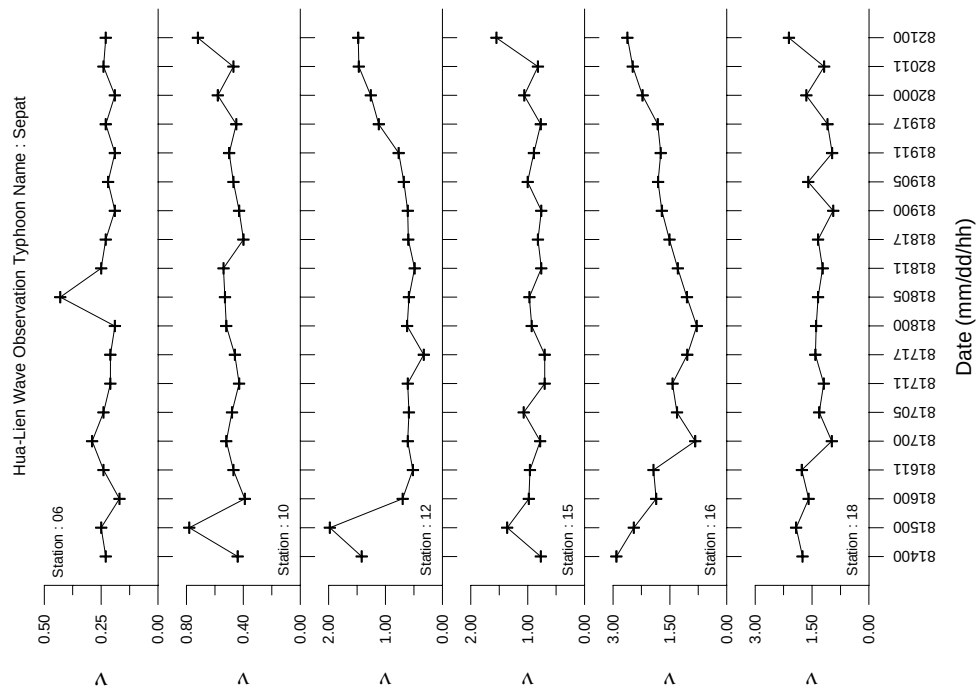
qp.grf

圖 4-42 凱米颱風波譜形狀參數 Q_p 各測點間比較



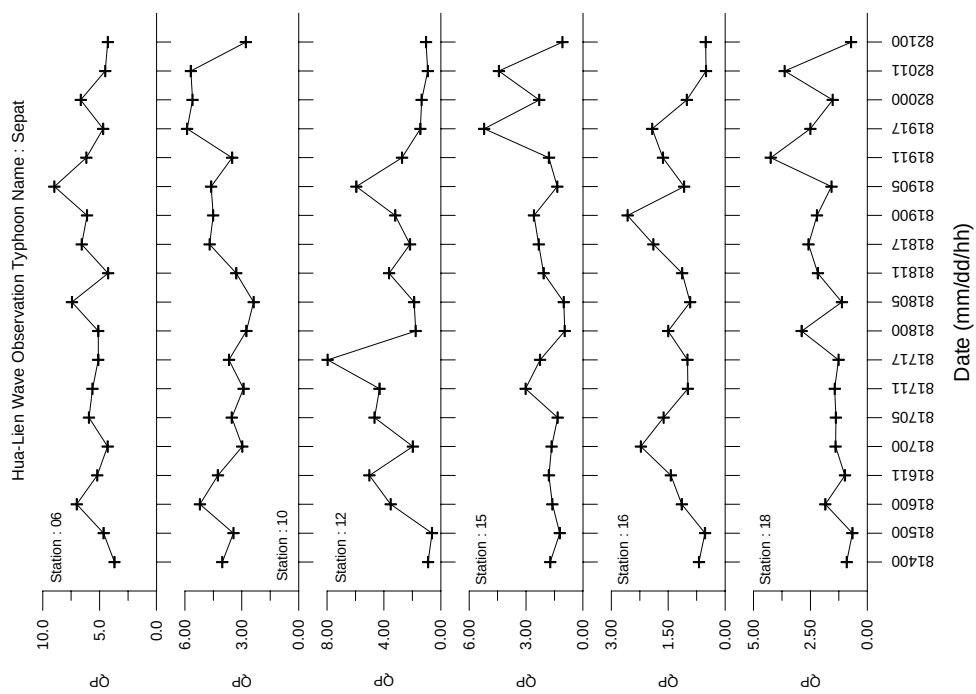
bwith.grf

圖 4-43 聖帕颱風波譜形狀參數 ε 各測點間比較



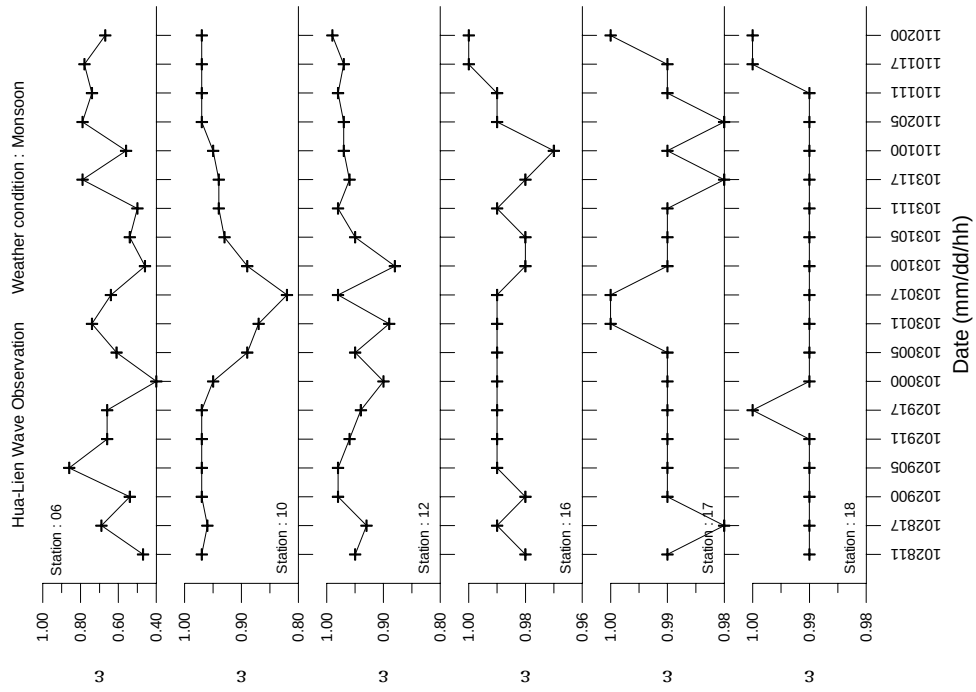
steep.grf

圖 4-44 聖帕颱風波譜形狀參數 ν 各測點間比較



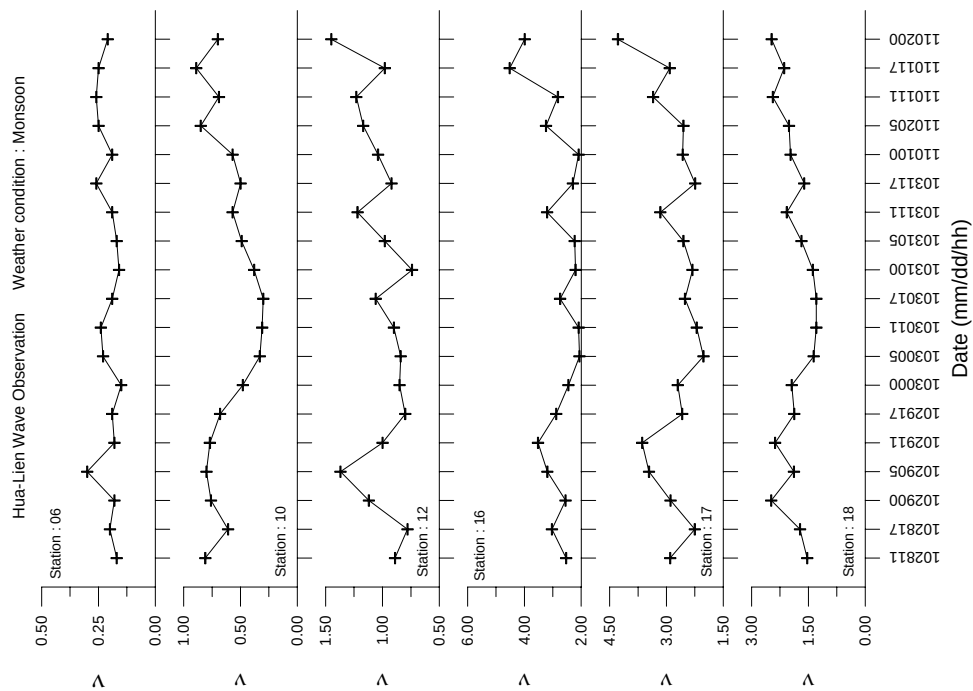
qp.grf

圖 4-45 聖帕颱風波譜形狀參數 Qp 各測點間比較



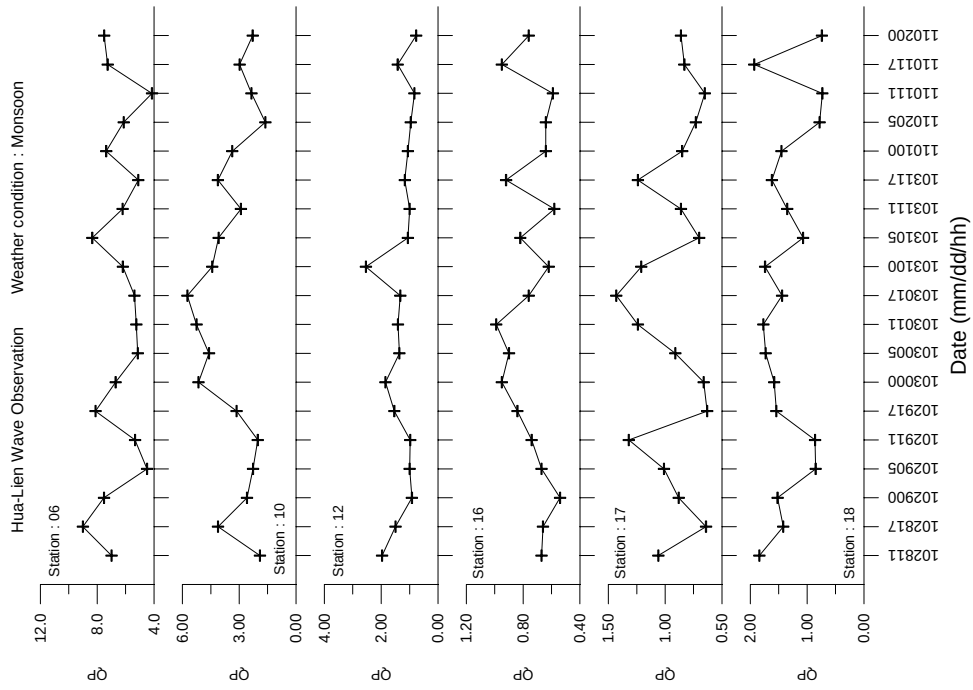
bwith.grf

圖 4-46 東北季風波譜形狀參數 ϵ 各測點間比較



steep.gif

圖 4-47 東北季風波譜形狀參數 V 各測點間比較



qp.gif

圖 4-48 東北季風波譜形狀參數 Qp 各測點間比較

第五章 結論與後續課題

關於花蓮港港池不穩靜造成繫泊船隻斷纜問題，以往雖然也有颱風波浪觀測計畫，但港內、外同步觀測資料很少，僅粗略知道港內部分碼頭區有明顯長週期的波動存在，而此長週期成分的能量在港外與港內隨時間之變化情形則不夠清楚。因此，國內、外部分學者專家對於花蓮港是否有港池共振的現象仍有存疑。同時對於如果不是港池共振現象則港內長週期波動的原因有各種不同觀點，而此也造成目前仍無法研定有效的花蓮港港池不穩靜改善方案。本研究在本年度以 2005 年至 2007 年間於花蓮港港外與港內同步之波浪觀測資料進行分析。其主要目的為探討港內、外波譜形狀之時空演變及其形狀參數之比較，同時對照前三年之分析結果，藉此了解花蓮港在颱風期間港內、外波動之特性，而對花蓮港港池不穩靜所造成之船舶斷纜問題，提供改善方案研擬時所需港池波動特性之參考。

5.1 結論

颱風波浪之波高、週期逐時變化大致上隨颱風接近與遠離而分別出現增大與減小趨勢。但由於颱風強度、移動路徑、移動速度及陸地效應等颱風動態的不穩定，使波高週期變化趨勢會有差異，這些差異包括波高與週期大小、颱風作用時間的長短、波高大及減小速率等。此外中央氣象局雖未發布颱風警報，但花蓮港港域仍有可能出現遠洋颱風波浪，而影響船舶泊靠，需特別注意。

北緯 15° 至 24° 東經 121° 至 130° 之方形區域範圍，對花蓮港而言是危險區域，尤其是方形左下半部區域，當颱風行經此區域應提高警覺。另外要強調的是波高最大值與颱風中心是否由花蓮港附近通過（或登陸）也有密切關係。由歷年觀測資料顯示花蓮港颱風波浪之可能波高最大值估計約 12m、對應周期則約 16sec。

港外測點在波高成長時段，主頻率往低頻區移動，且低頻區波譜

能量密度值增大，高頻區增大程度則較小；波高衰退時段，主頻率往高頻區移動，且低頻區波譜能量密度值減小，高頻區減小程度則較小。因此，波浪成長及衰退過程其能量分佈的變化是循相同的途徑來回逐步演變，此與以往研究結果一致。

港內測點波譜演變雖也有類似情形，不過港外測點之主頻區可辨別出來，而港內測點因為波譜整體外觀形狀大致為波譜能量由低頻區往高頻區逐漸降低，故其主頻區模糊較難辨別。此外港內各測點之主頻區能量較港外測點明顯減小，但低頻區則大約與港外測點相近，這顯示花蓮港港池共振並不明顯，因為波浪能量沒有在某一頻率（即港池共振頻率）有明顯放大的現象。

波譜之能量分布變化無論由時間或空間比較分析，皆顯示頻率 0.04Hz（週期 25sec）是一個區分界線，因為頻率小於 0.04Hz 的各成份波能量在港外測點同一時間皆相近，沒有某一特定頻率之能量相對較大之情形，但在不同時間能量隨颱風動態（主要是強度及距離）則會有增長或消滅，但各成份波能量仍保持相近。至於各港內測點同樣頻率小於 0.04Hz 的各成份波能量大致也相近，同時也和港外測點相近，此顯示港內測點可能存在微弱之共振作用或長波能量累積效應。換言之，港內相當能量之長週期成份波在港外早就已存在，並非進入港內後再放大到相當能量。由於防波堤之遮蔽作用，大幅降低頻率大於 0.04Hz 之波譜能量，尤其是主頻率附近，使得各港內測點波譜形狀可能無能量尖峰出現，尤其是測點 16 及 17。顯然花蓮港目前防波堤僅對週期小於 25sec（0.04Hz）之成份波發揮有效之遮蔽作用，而週期大於 25sec 之成份波則無作用。因此，防波堤之結構設施相當是一個短波濾波器。

各波譜形狀參數在港外測點的特性大致與本研究以往之結果相同，這些特性包括參數值大小分布範圍、隨波高或週期之變化趨勢及參數間之相關性等。但港內測點之各波譜形狀參數特性與港外測點相較則不相同，例如參數值大小分布範圍改變及參數間相關性變弱，且這些改變在不同之測點會有程度上差異，其改變原因主要為港內測點

之主頻區能量大幅降低而低頻區則大約維持，造成能量尖峰不明顯之波譜形狀，此與港外測點有一能量尖峰的形狀不同。

波譜形狀參數在不同測點其數值大小與變化趨勢並不相同。基本上窄度參數 ν 及寬度參數 ε 在港外測點其數值較小且皆小於 1.0，而在港內測點則隨測點愈進入港區內部而有增大趨勢，其中寬度參數趨近於 1.0，窄度參數則可能大於 1.0；尖峰度 QP 在港外測點其數值較大，而港內測點隨測點愈進入港區內部則有減小趨勢，這和窄度參數及寬度參數的情況相反，不過在部分少數資料尖峰度值會出現突然增大現象。

5.2 後續課題

以目前花蓮港之防波堤設施只對週期小於 25sec 之短週期成份波發揮有效之遮蔽作用，但無法阻擋或削減週期大於 25sec 之長週期成份波。因此，當長週期成份波進入港內時，港內傳統之碼頭岸壁設施同樣無法消滅其能量，再加上港內較特殊水域形狀，該長週期成分波在某些水域處有可能發生能量再次增大之現象，而此能量增大現象究竟是港池共振所引起？或者是能量無法消散而產生累積效應所致？若是港池共振則為何低頻區之各成分波能量相近且沒有在某一特定頻率出現增大現象？這些疑問則有待進一步探討。

依示性波之統計定義而言，若長週期成分波之波高較小而短週期之波高較大，則可能出現長週期成分波未納入統計分析計算。因此，示性波統計波高與週期很可能不包含長週期成分波，此表示由浪浪統計資料無法確認港外長週期成分波之波高與週期。因此，利用波譜分析作進一步探討是必要的，然而本研究之波浪觀測時間長度僅 10 分鐘，此對長週期之波動分析會有不足。因此，後續應蒐集觀測時間長度至少 40 分鐘以上之波浪資料作更深入探討，以瞭解長週期成分波在港外與港內之詳細變化情形。另外對於港內短週期波騎乘在長週期波上之特殊波動現象，以傳統之傅立葉轉換進行波譜分析是否能真實反

映出該波動特性？應再深入探討，同時也可考慮其他波動分析方法，例如小波分析（Wavelet Analysis）或希伯-黃轉換（Hilber-Huang Transform）等方法。

參考文獻

1. 簡仲璟、單誠基、曾相茂 (2008)「颱風波浪頻譜之形狀參數估計」，第30屆海洋工程研討會論文集，第235-240頁。
2. 簡仲璟 (2008)「颱風波浪頻譜形狀參數之研究 (3/4)」，交通部運輸研究所，出版品編號：97-56-7341，GPN：1009701020。
3. 簡仲璟、曾相茂 (2007)「颱風波浪頻譜形狀參數之研究」，第29屆海洋工程研討會論文集，第547-552頁。
4. 簡仲璟 (2007)「颱風波浪頻譜形狀參數之研究 (2/4)」，交通部運輸研究所，出版品編號：96-48-7264，GPN：1009600964。
5. 簡仲璟、張金機 (2003)「台灣地區國際港港灣水理數值模式應用研究(2/4)-颱風波浪之群波特性和」，交通部運輸研究所，出版品編號：92-85-764，GPN：1009202116。
6. 簡仲璟、曾相茂 (1999)「花蓮港颱風波浪特性研究」，第21屆海洋工程研討會論文集，第55-62頁。
7. Goda, Y. (1970) “Numerical experiments on wave statistics with spectral simulation” , Port and Harbor Research Institute, Vol. 9, No. 3, pp. 3-57.
8. Longuet-Higgins, M. S., (1956) ” The refraction of sea waves in shallow water” , J. Fluid Mech., Vol. 1, pp. 163-176.