



Coastal Ocean Monitoring Center  
The professional marine environment monitoring institution

國立成功大學近海水文中心



# 系集波浪預測技術於 離岸卸煤碼頭作業之應用

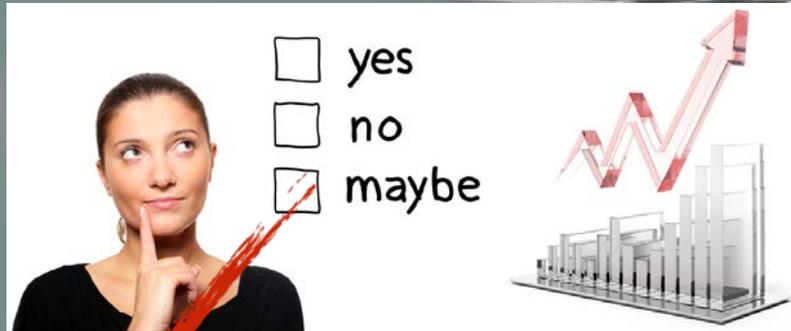
范揚洺 陳家銘  
國立成功大學  
近海水文中心

Shunqi Pan  
Cardiff School of Engineering  
Cardiff University, UK

105年10月6日



# 離岸卸煤碼頭作業安全資訊決策系統— 風湧浪瞬時觀測與預測系統



系集波浪預測

波浪瞬時觀測



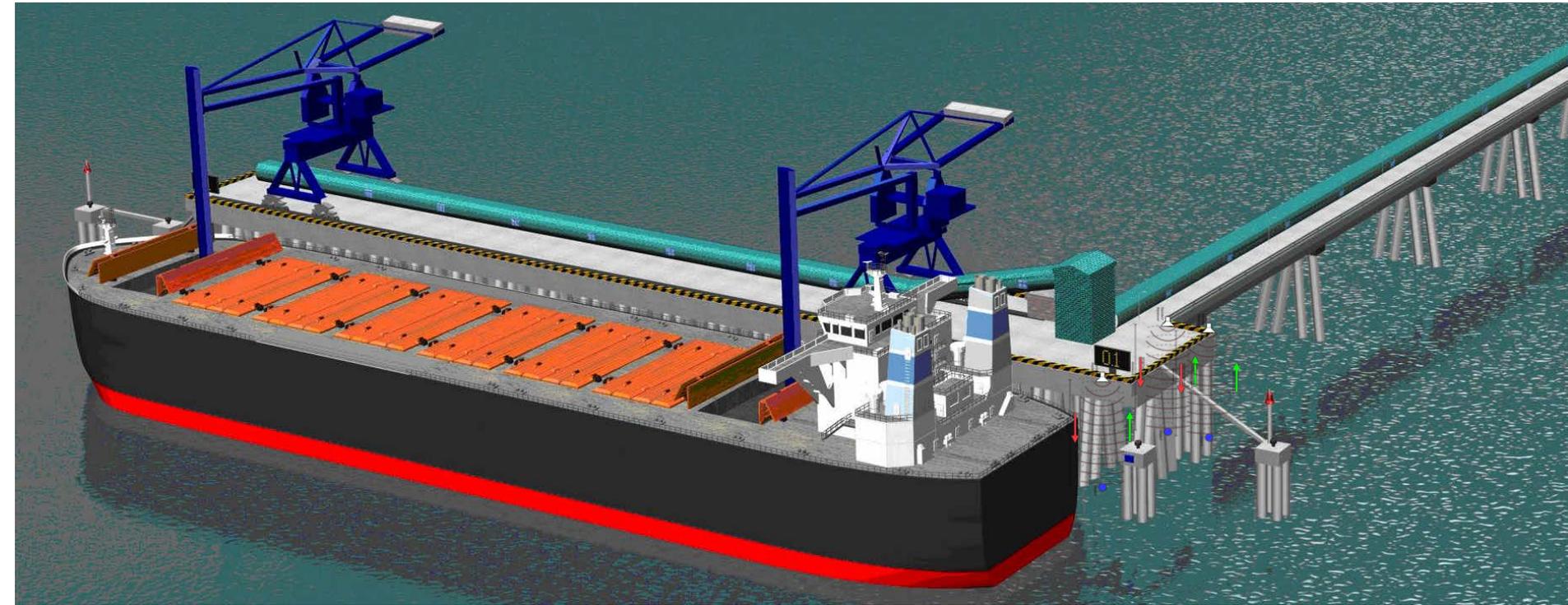


Coastal Ocean Monitoring Center  
The professional marine environment monitoring institution

國立成功大學近海水文中心



## 波浪瞬時觀測-雷達波水位計



考慮卸煤作業主要受到夏季西南氣流與颱風形成的湧浪影響，嚴重影響到煤輪的靠泊時機與卸煤作業安全，因此安裝於卸煤碼頭南邊。



Coastal Ocean Monitoring Center  
The professional marine environment monitoring institution

國立成功大學近海水文中心



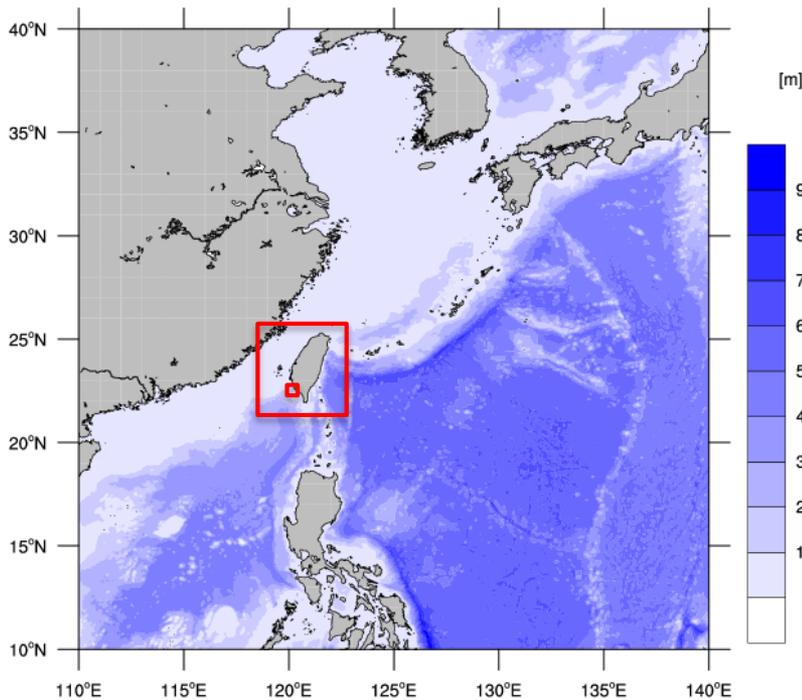
## 波浪瞬時觀測-雷達波水位計



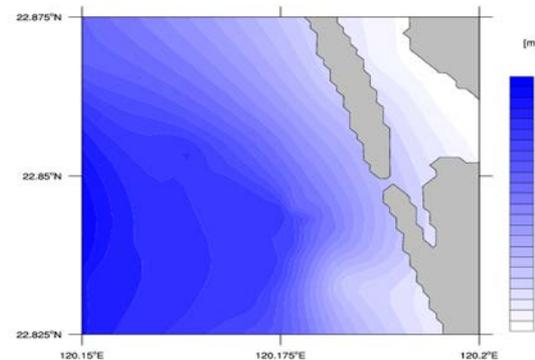


# 系集波浪預測模式建置

- 建立三種地形水深資料—為了高效率的模擬且高解析度波場，採用巢狀網格進行波場計算。



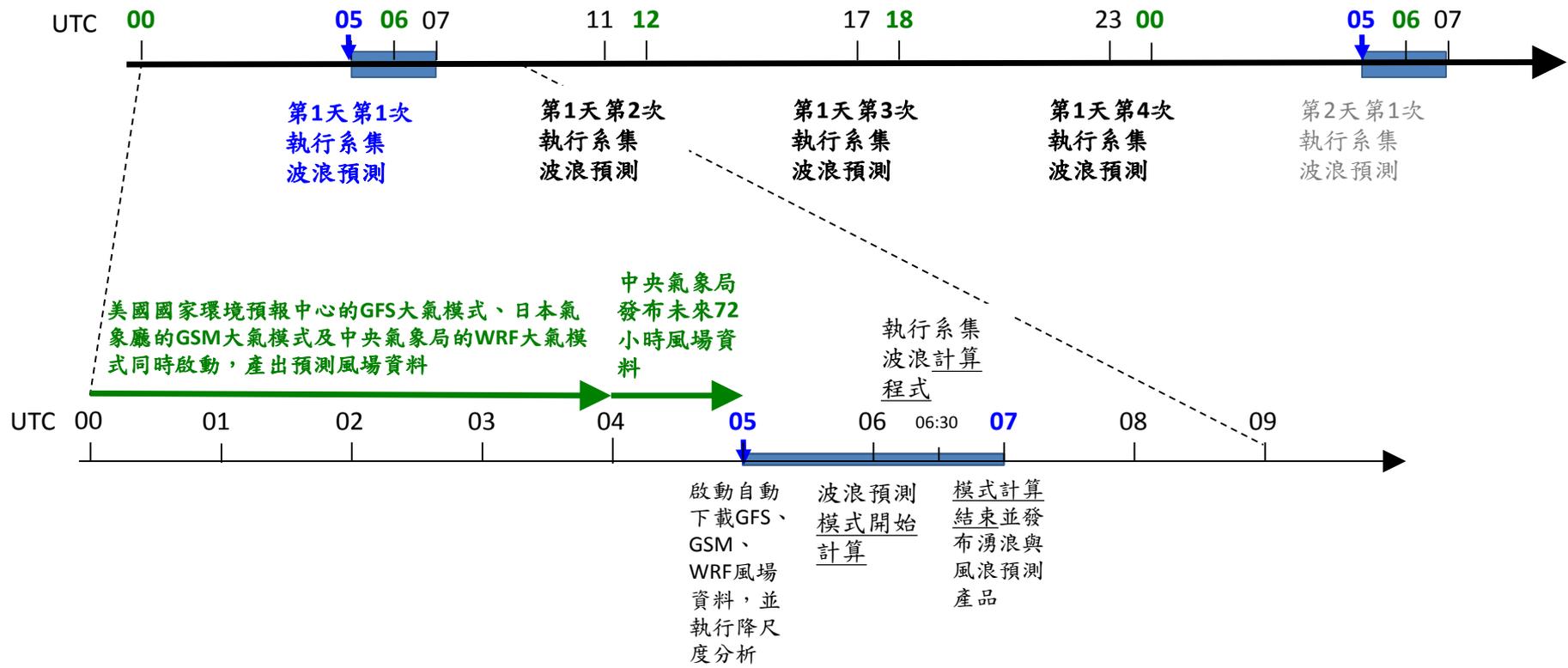
層數	計算範圍	網格解析度
第一層	北緯10度~40度 東經110度~140度	0.25度 (約27.5公里)
第二層	北緯21.5度~25.5度 東經118.5度~122.5度	0.05度 (約5.5公里)
第三層	興達發電廠外海 卸煤碼頭附近海域	500公尺





# 系集波浪預測之計算流程

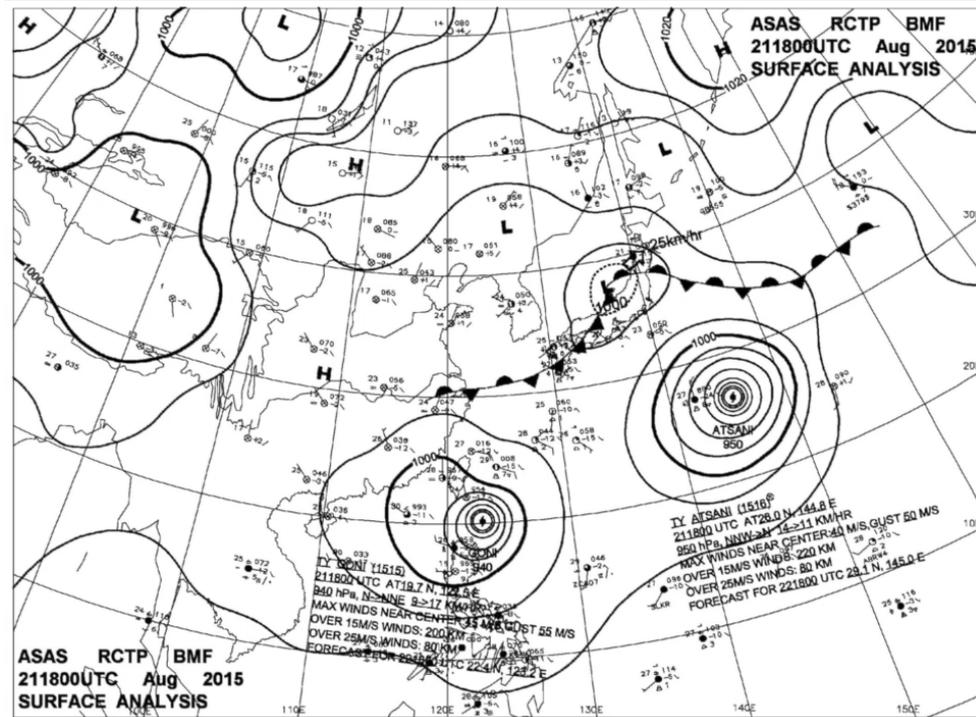
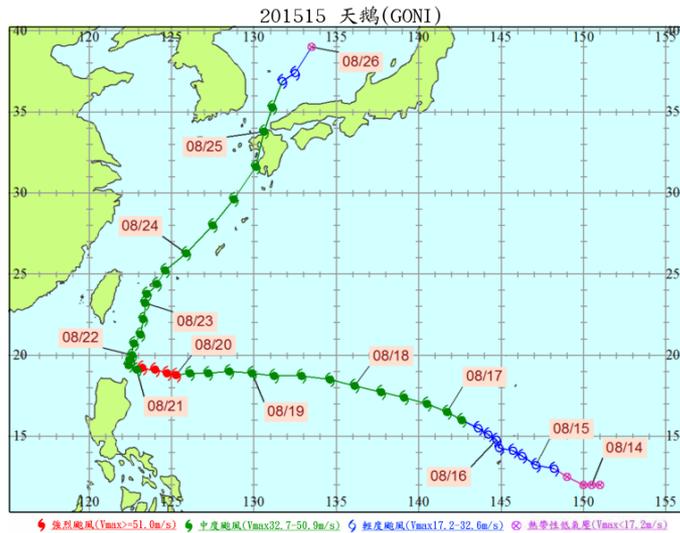
- 自動每日執行4次預測：時間分別為00UTC、06UTC、12UTC、18UTC
- 未來6小時預測—煤輪安全靠泊；未來72小時預測—船期安排





# 波浪預測案例分析(1) — 颱風與西南氣流影響

## 104年8月下旬天氣概況



中央氣象局氣象報告  
104年8月27日11時0分發布  
8月27日8時天氣概況：

- 一、天氣特報：  
請參照本局發布之最新豪(大)雨特報。
- 二、低氣壓1006百帕，在北緯18度，東經108度，即在中西沙島海面，中心近似滯留。
- 三、今(27)日低壓帶及西南氣流逐漸北移；明(28)日西南氣流影響，有局部大雨或豪雨發生的機率。臺灣中南部地區有陣雨或雷雨，其他地區及澎湖、金門、馬祖有短暫陣雨或雷雨。臺灣西南部及恆春半島沿海易有長浪，請注意。



Coastal Ocean Monitoring Center  
The professional marine environment monitoring institution

國立成功大學近海水文中心



# 波浪預測案例分析(1)－颱風與西南氣流影響

□ 國外網站的波浪預測 <https://www.meteoblue.com/>

### 詳細Wulintou

高雄，台灣 · 22.84°N 120.2°E -1m ASL

星期五 (8-28) 星期六 (8-29) 太陽 (8-30) 週一 (8-31) 週二 (9-1) 週三 (9-2)

2015年8月28日 (CST)

	02 <sup>00</sup>	05 <sup>00</sup>	08 <sup>00</sup>	11 <sup>00</sup>	14 <sup>00</sup>	17 <sup>00</sup>	20 <sup>00</sup>	23 <sup>00</sup>
星期五								
溫度 (°C)	27°	27°	28°	28°	27°	27°	27°	27°
溫度感覺 (°C)	32°	31°	30°	31°	30°	29°	31°	30°
風向	↙	↙	↙	↑	↑	↑	↙	↙
風速 (公里/小時)	12-24	17-25	20-26	20-26	20-30	22-31	19-31	22-35
相對濕度	88%	89%	81%	84%	89%	85%	95%	96%
降水量 (毫米/3H)	-	-	1	8	12	10	15	7
降水機率	50	49	57	64	84	81	76	76
rainSPOT 25公里範圍內降水分佈								

### 海/衝浪預測

時刻	02 <sup>00</sup>	05 <sup>00</sup>	08 <sup>00</sup>	11 <sup>00</sup>	14 <sup>00</sup>	17 <sup>00</sup>	20 <sup>00</sup>	23 <sup>00</sup>
顯著波高	1.1米	1.1米	1米	1.1米	1.2米	1.2米	1.2米	1.1米
顯著波方向 ·其中波動	↙	↙	↙	↙	↙	↙	↙	↙
出水溫度 (°C)	28°	28°	28°	28°	28°	28°	28°	28°
膨脹波高	0.7米	0.5米	0.4米	0.3米	0米	0.1米	0.6米	0.5米
膨脹波週期	5.8小號	4.6小號	4.2+	3.1小號	0.7秒	1.7小號	5秒	4.3小號
風浪方向 ·其中波動	↙	↙	↙	↑	↑	↑	↙	↙
風波高	0.5米	0.7米	0.8米	0.9米	1.1米	1.1米	0.9米	0.9米
風波週期	3秒	4.4小號	4.9小號	5.5小號	6.5小號	5.9小號	4.7小號	5秒

☀ 05:42  
🌙 17:01  
🌑 18:18  
🌑 03:42

壓力: 1009百帕

可預測性: 中等  
最後示範運行: 2015年8月28日03:10 CST  
域名: NEMSAS02

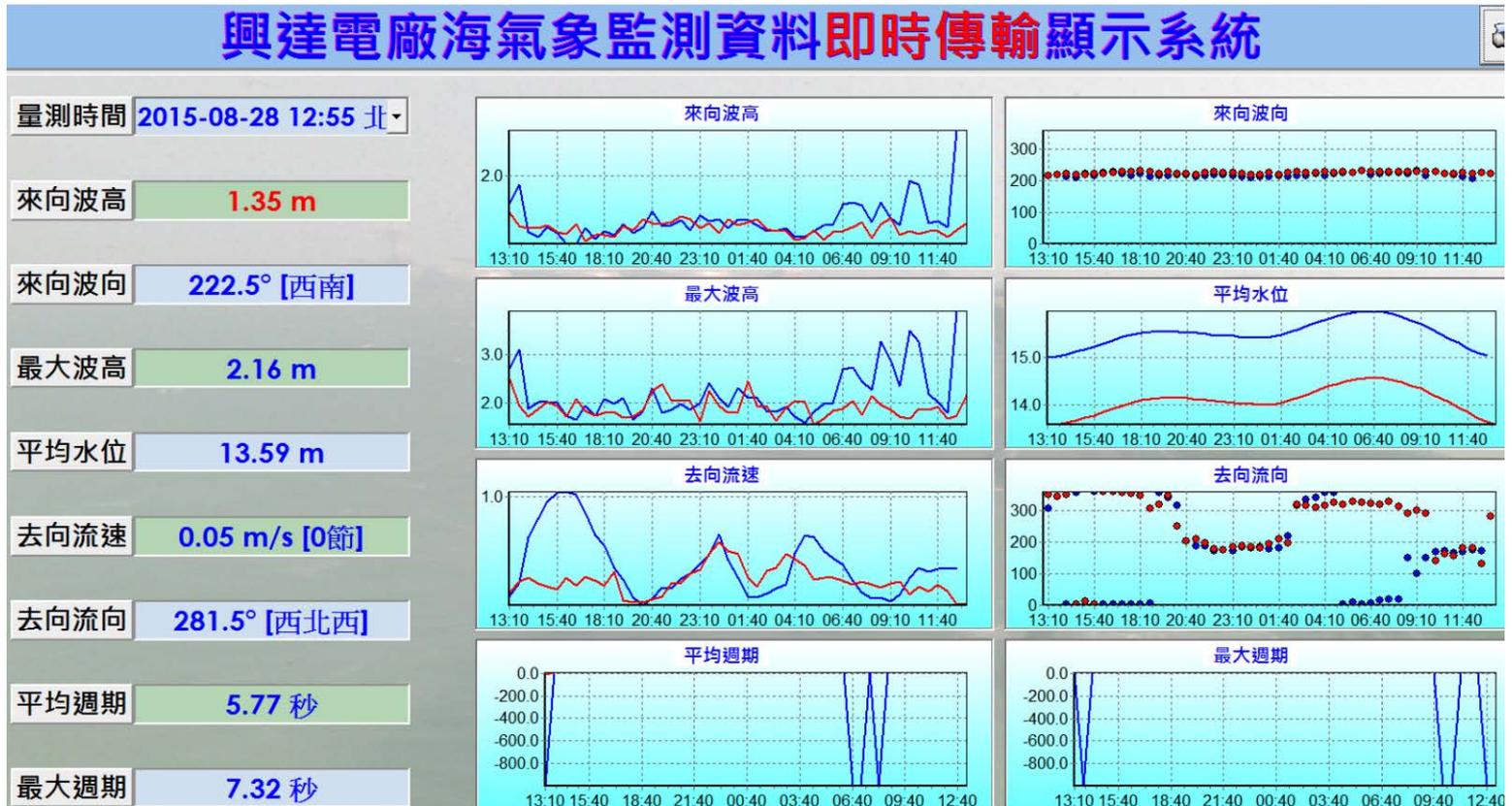
### 每小時溫度 (°C), 風向, 速度和陣風 (公里/小時)

時刻	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
溫度 (°C)	28	27	27	27	27	27	28	28	28	28	28	28	28	28	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
風向	↙	↙	↙	↙	↙	↙	↙	↙	↙	↙	↙	↙	↙	↙	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↙	↙	↙	↙
風速 (公里/小時)	10	11	12	14	16	17	15	18	20	20	19	20	21	21	20	21	22	22	20	18	19	20	21	22
陣風 (公里/小時)	19	21	24	27	27	25	25	26	26	25	24	26	31	31	三十	31	32	31	三十	28	31	三十	三十	35



# 波浪預測案例分析(1)－颱風與西南氣流影響

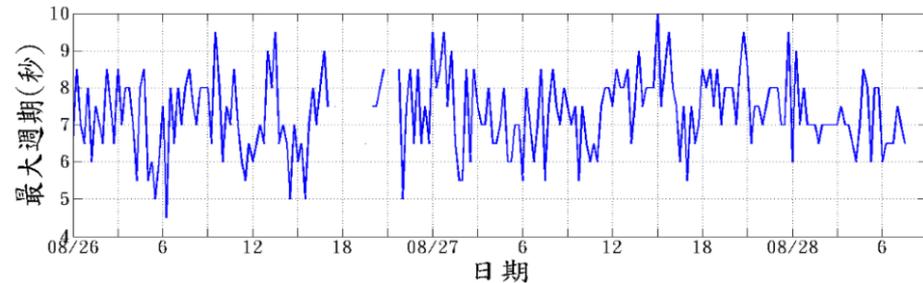
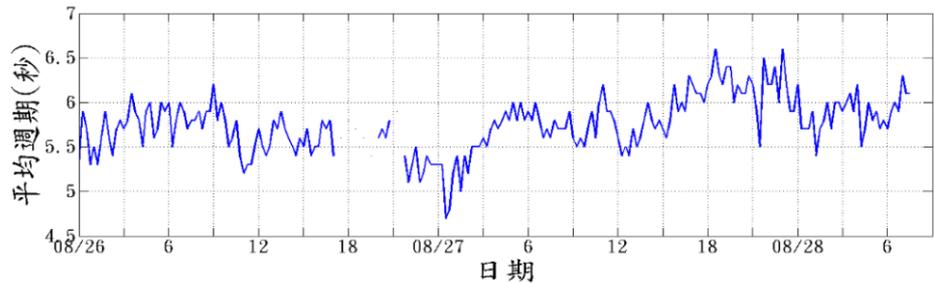
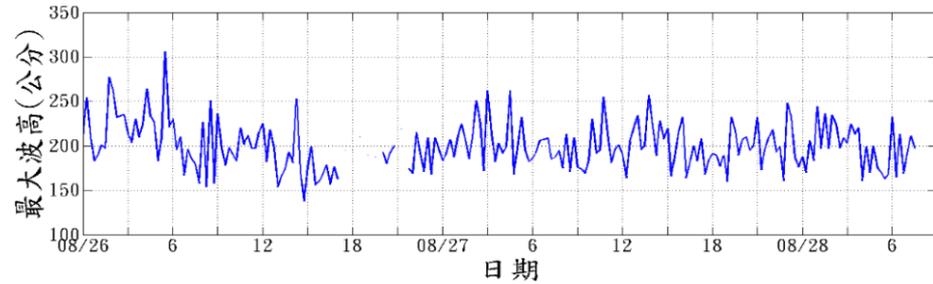
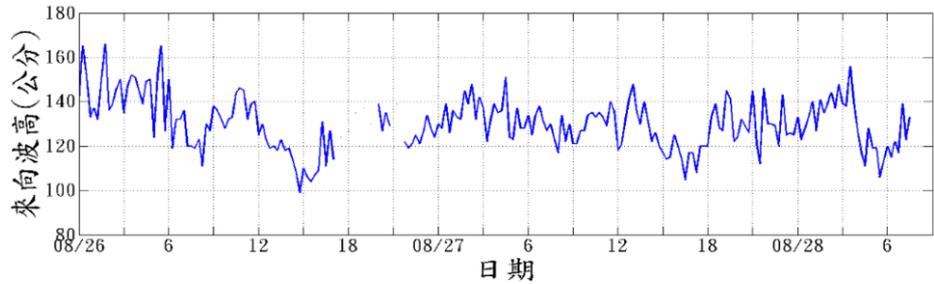
## □ 底碇式觀測站實測資料





# 波浪預測案例分析(1) — 颱風與西南氣流影響

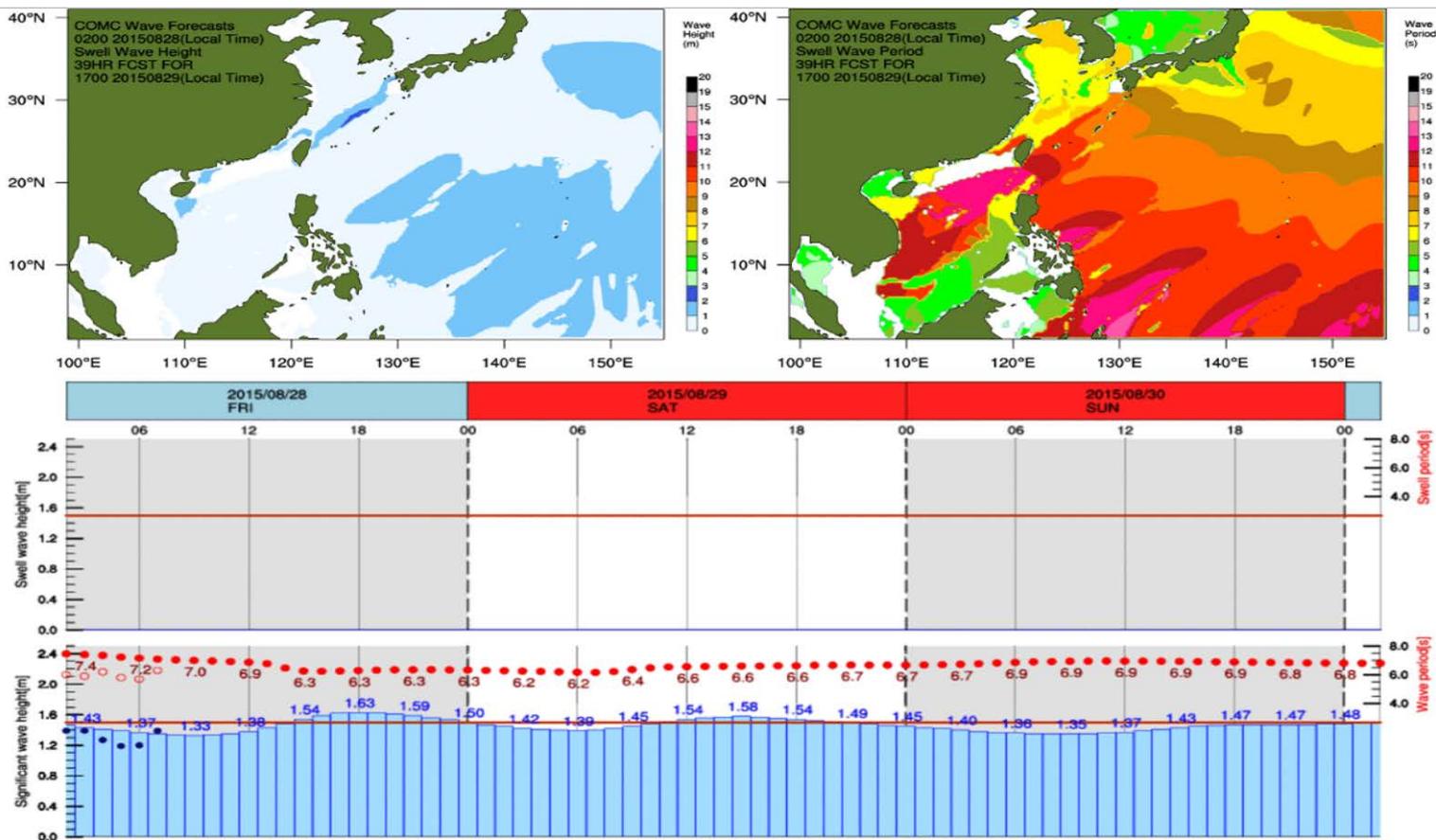
## 雷達波水位計實測資料





# 波浪預測案例分析(1) — 颱風與西南氣流影響

## □ 系集波浪預測





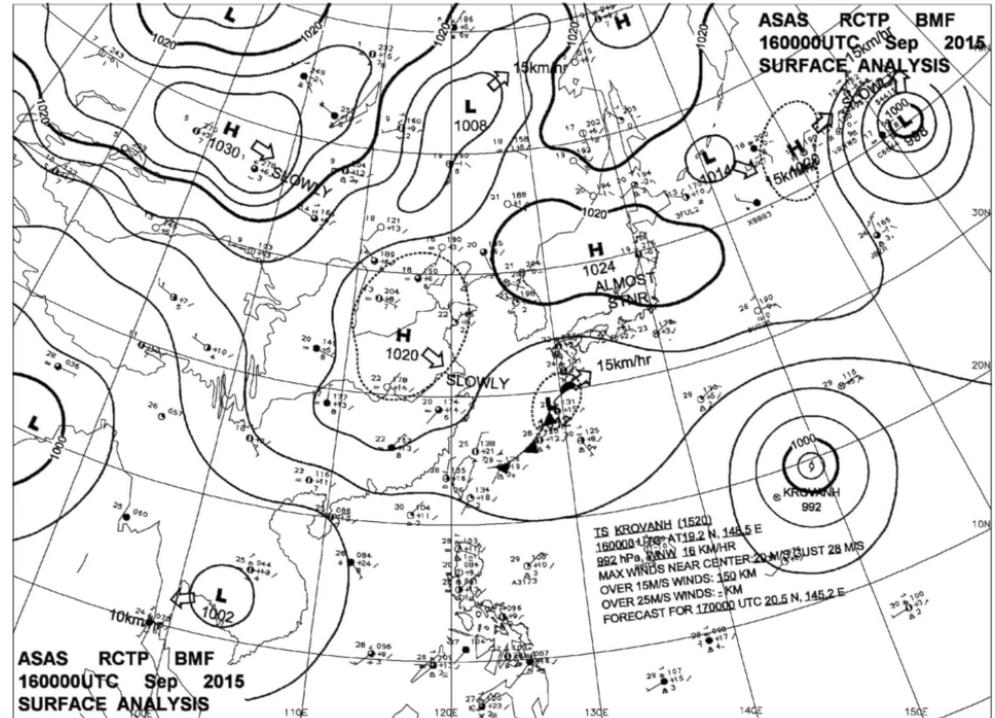
# 波浪預測案例分析(2) — 湧浪影響

## □ 104年9月中旬天氣概況

中央氣象局氣象報告  
104年9月17日5時0分發布  
9月17日2時天氣概況：

一、天氣特報：  
請參照本局發布之最新豪(大)雨特報。

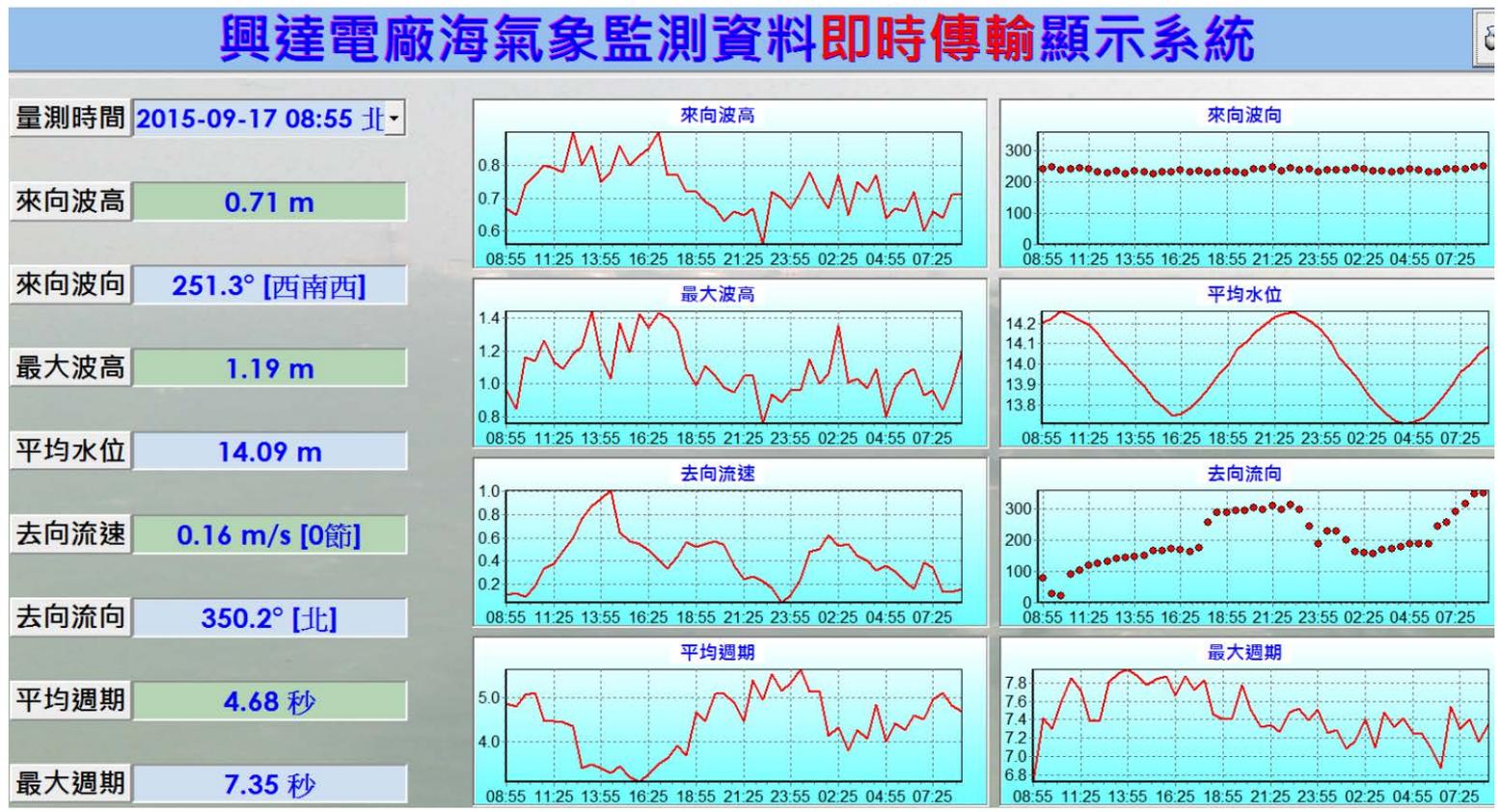
二、編號第1520號(國際命名KROVANH，中文譯名：科羅旺)，已於今(17)日2時增強為中度颱風，中心氣壓970百帕，17日2時的中心位置在北緯20.4度，東經145.7度，即在關島北方780公里之海面上(鵝鑾鼻東方2610公里之海面上)，以每小時16公里速度，向西北轉北西進行，中心附近最大風速每秒33公尺(即每小時119公里)，相當於12級風，瞬間最大陣風每秒43公尺(即每小時155公里)，相當於14級風，7級風暴風半徑180公里，10級風暴風半徑50公里，預測18日2時的中心位置在北緯23.1度，東經143.4度，即在關島北方1100公里之海面上(鵝鑾鼻東方2330公里之海面上)。





# 波浪預測案例分析(2)－湧浪影響

## □ 底碇式觀測站實測資料





# 波浪預測案例分析(2)－湧浪影響

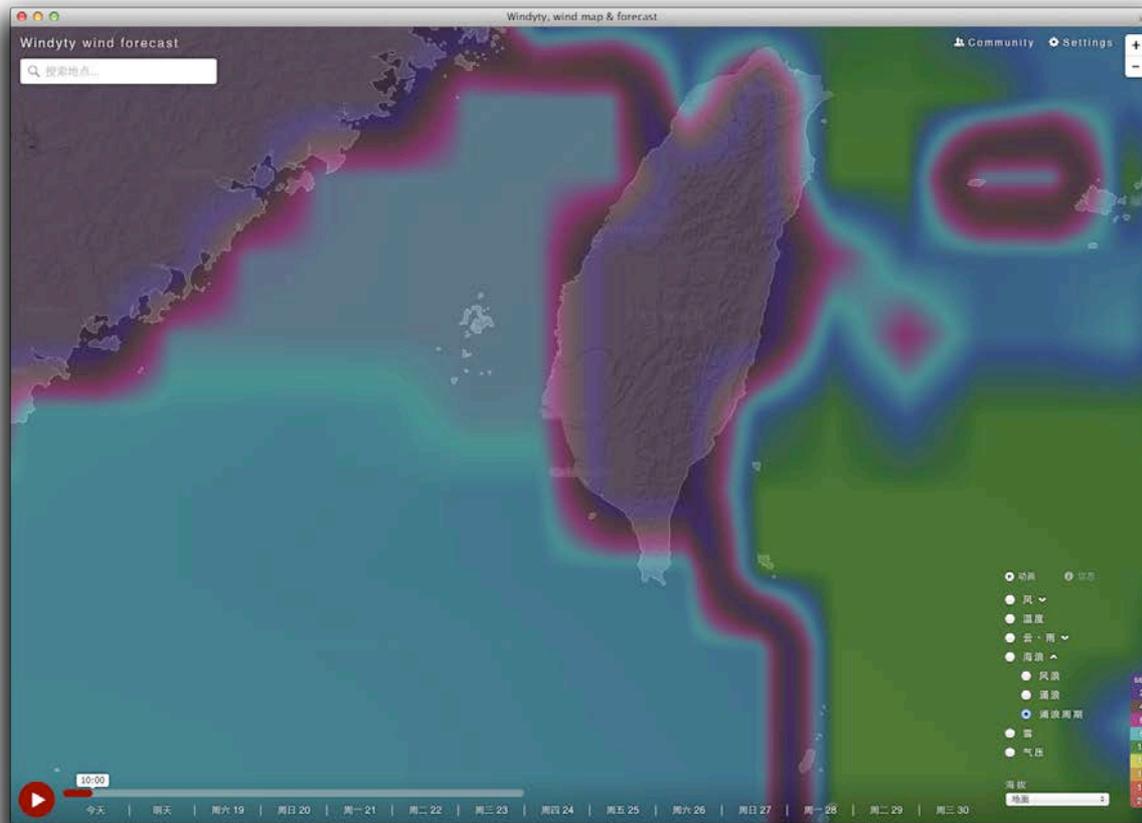
□ 國外網站的波浪預測 <https://www.meteoblue.com/>

2015年9月17日 (CST)	02 00	05 00	08 00	11 00	14 00	17 00	20 00	23 00
星期四								
溫度 (°C)	28°	27°	29°	30°	30°	29°	28°	27°
溫度感覺 (°C)	32°	32°	33°	34°	33°	32°	32°	30°
風向								
風速 (公里/小時)	7	6	五	13-15	13-16	11	8	10
相對濕度	80%	82%	69%	59%	57%	66%	76%	83%
降水量 (毫米/3H)	-	-	-	-	-	-	-	-
降水概率	41	38	18	10	8	8	8	9
rainSPOT 25公里範圍內降水分佈								
海/衝浪預測								
時刻	02 00	05 00	08 00	11 00	14 00	17 00	20 00	23 00
顯著波高	0.9米	0.8米	0.7米	0.7米	0.8米	0.9米	1.1米	1.1米
顯著波方向 其中波動								
出水溫度 (°C)	28°	28°	28°	28°	29°	28°	28°	28°
膨脹波高	0.7米	0.6米	0.5米	0.5米	0.5米	0.5米	0.5米	0.5米
膨脹波週期	5.6節S	5.7小號	6秒	6.3小號	7.5小號	8秒	8.5小號	8.5小號
風浪方向 其中波動								
風波高	0米	0米	0米	0米	0.6米	0.8米	0.9米	0.9米
風波週期	0 S	0 S	0 S	0 S	5.6節S	5.7小號	5.8小號	5.9小號



## 波浪預測案例分析(2)－湧浪影響

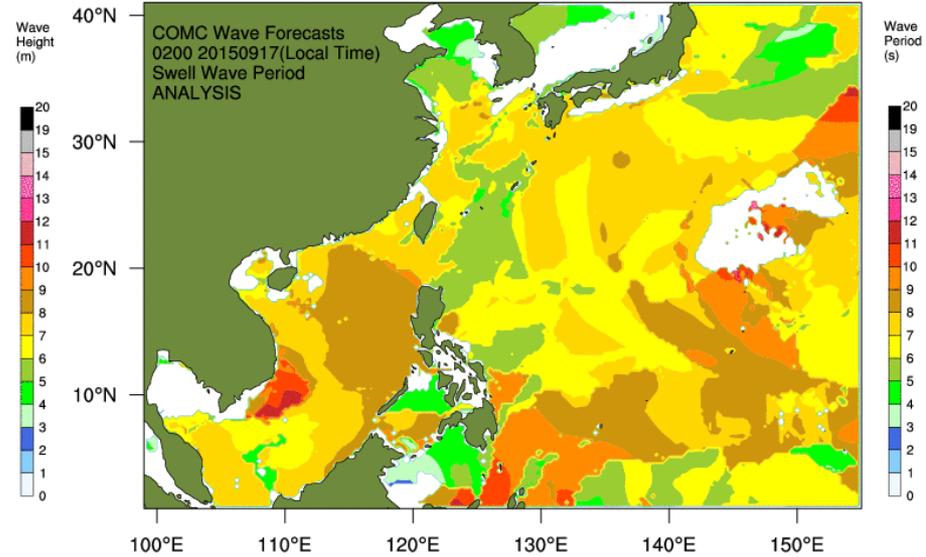
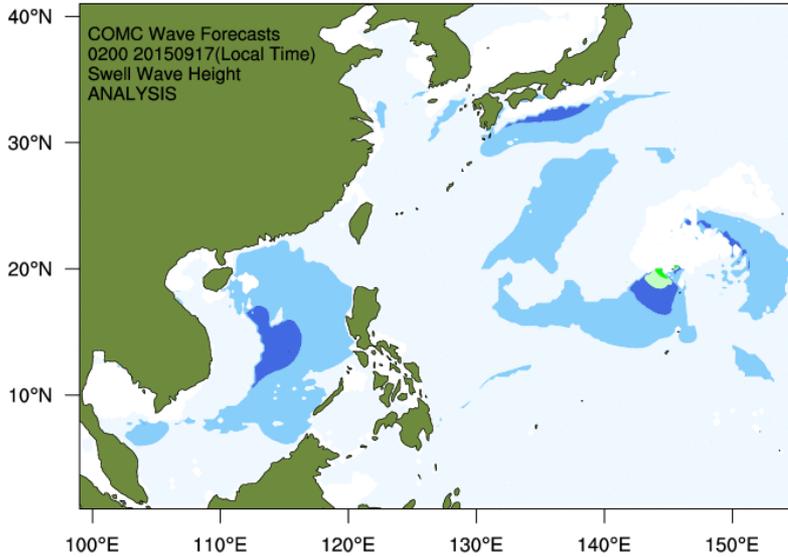
- 國外網站的湧浪週期預測 <https://www.meteoblue.com/>





# 波浪預測案例分析(2)－湧浪影響

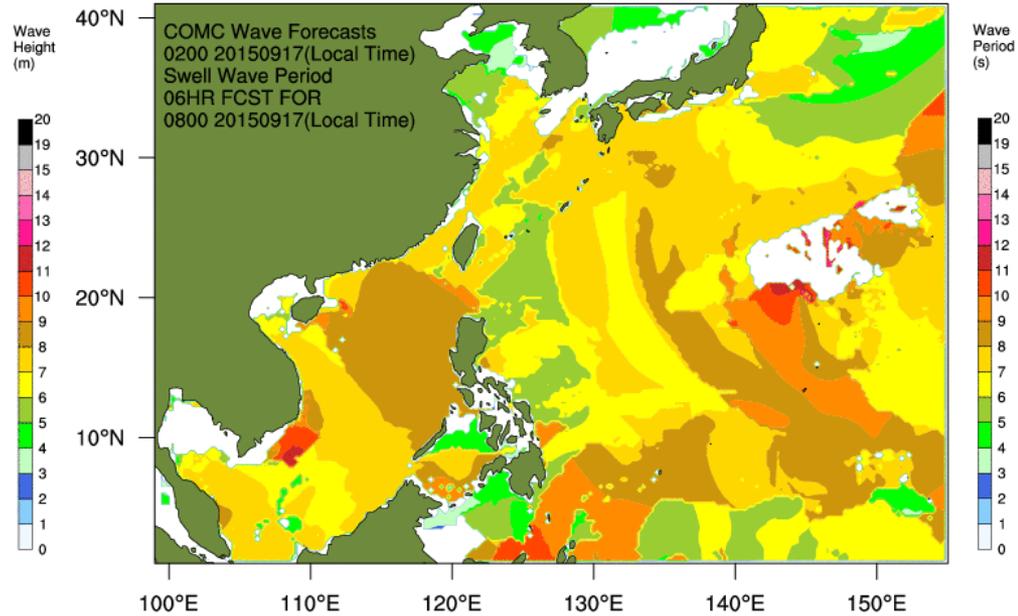
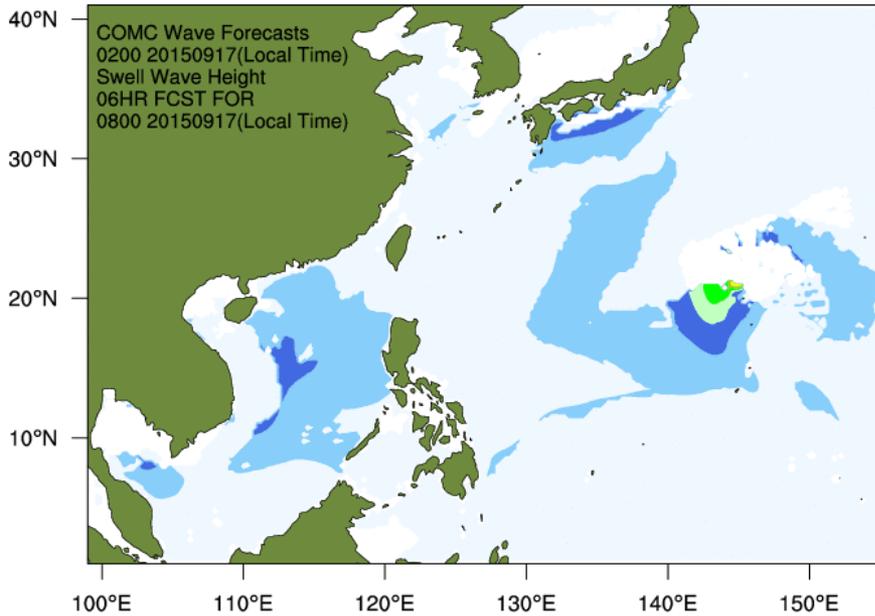
## □ 系集湧浪預測





# 波浪預測案例分析(2) — 湧浪影響

## □ 系集湧浪預測

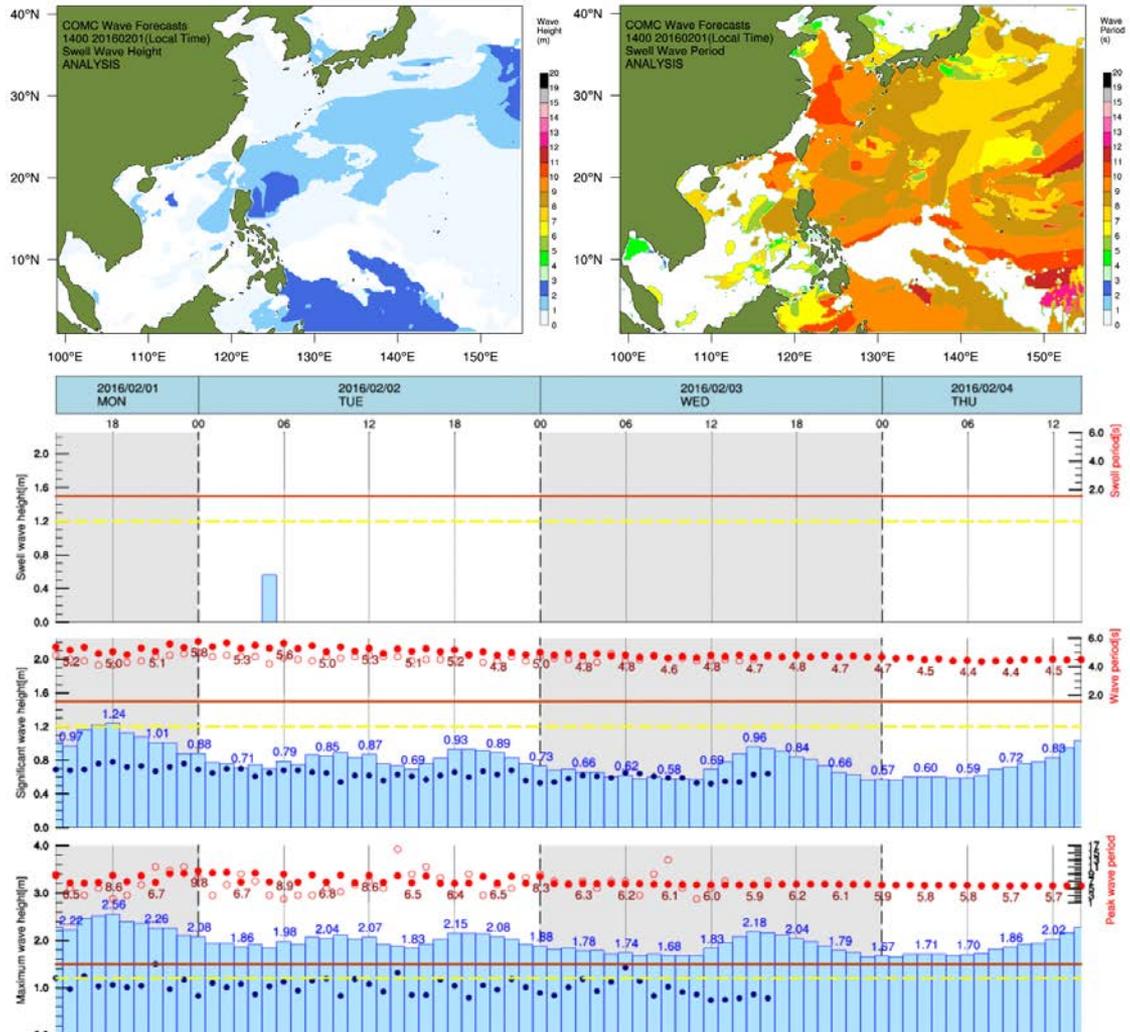




## 波浪預測案例分析(3)

□ 105年2月1日晚上10點更新的波浪預測，預測2日凌晨最大週期將超過7秒。

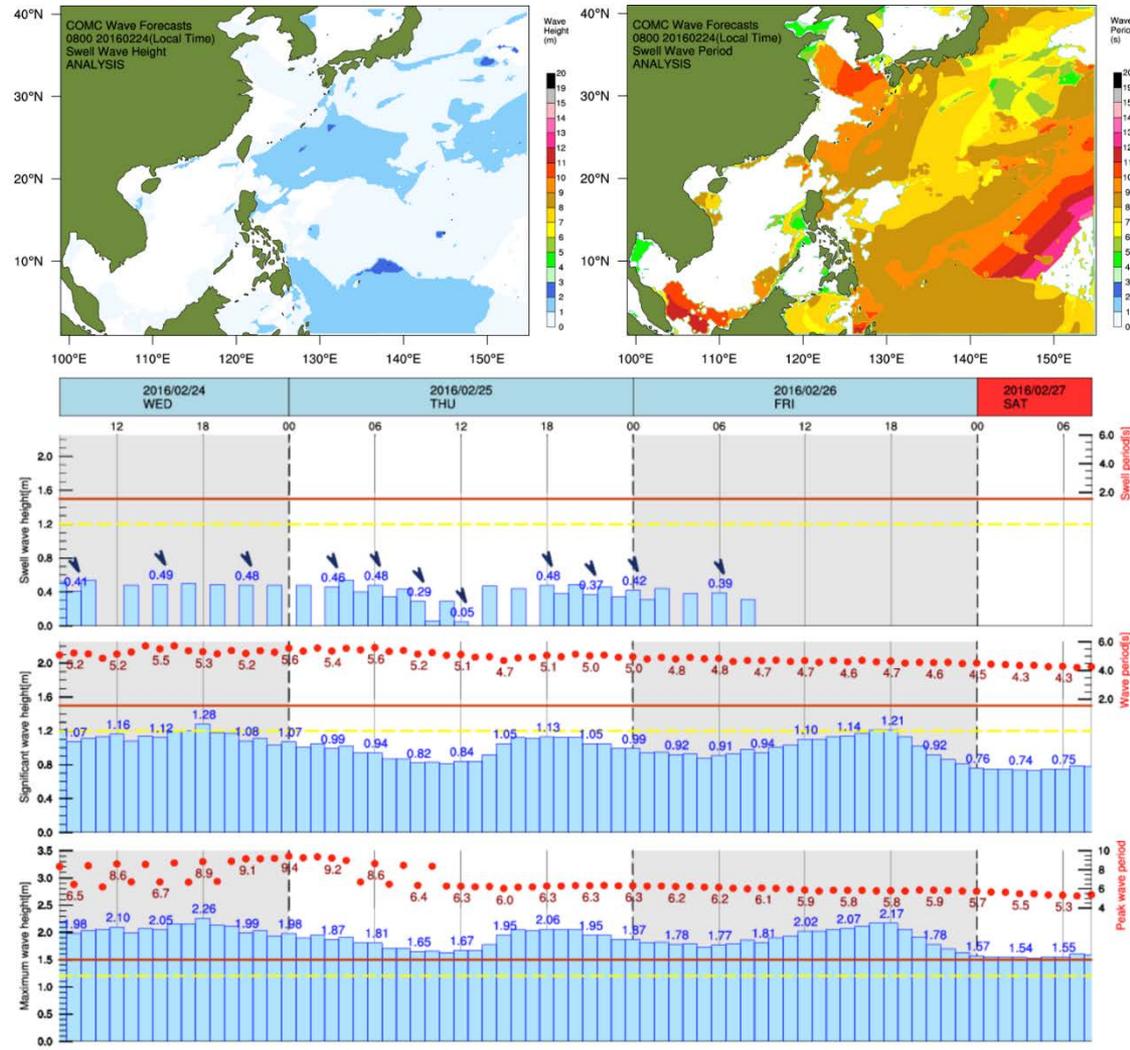
□ 105年2月2日 03：55一週期大於7秒船搖晃厲害停卸。





# 波浪預測案例分析(4)

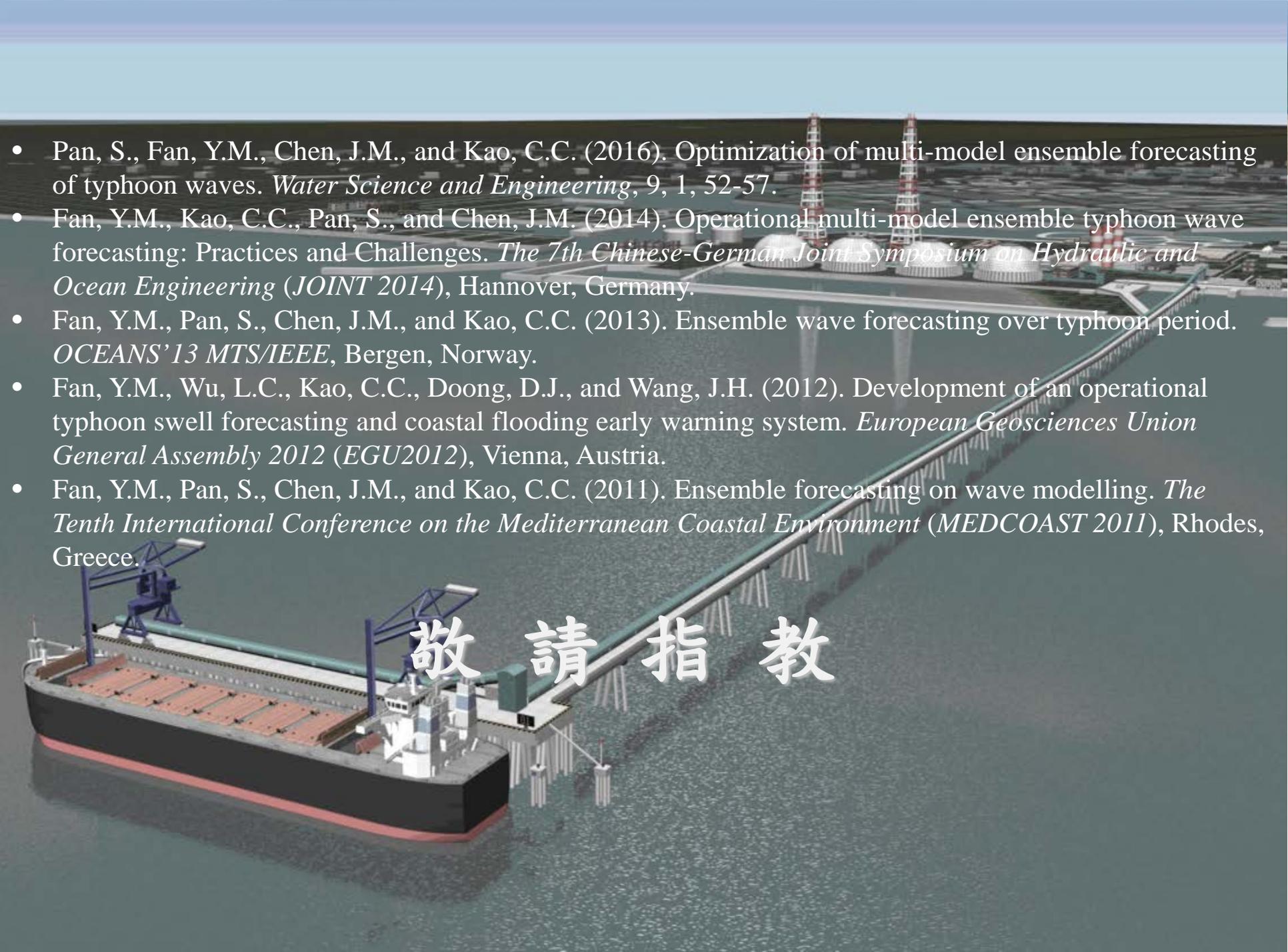
□ 105年2月24日 22:00—  
週期大於7秒船搖晃厲  
害停卸，纜繩斷一條





## 結論

- ✓ **興達發電廠海域之系集波浪預測系統已完成建立**，每日自動執行4次預測，預測未來72小時波浪資訊(示性波高、平均週期、最大週期及波向)、湧浪與風浪預測資訊(示性波高、最大週期及波向)。
- ✓ 自104年12月1日至31日期間執行預測準確度檢測，**有效樣本超過5成**，測試期間的**6小時海象資訊預測準確率超過80%**，**72小時海象資訊預測準確率超過70%**。

- 
- Pan, S., Fan, Y.M., Chen, J.M., and Kao, C.C. (2016). Optimization of multi-model ensemble forecasting of typhoon waves. *Water Science and Engineering*, 9, 1, 52-57.
  - Fan, Y.M., Kao, C.C., Pan, S., and Chen, J.M. (2014). Operational multi-model ensemble typhoon wave forecasting: Practices and Challenges. *The 7th Chinese-German Joint Symposium on Hydraulic and Ocean Engineering (JOINT 2014)*, Hannover, Germany.
  - Fan, Y.M., Pan, S., Chen, J.M., and Kao, C.C. (2013). Ensemble wave forecasting over typhoon period. *OCEANS'13 MTS/IEEE*, Bergen, Norway.
  - Fan, Y.M., Wu, L.C., Kao, C.C., Doong, D.J., and Wang, J.H. (2012). Development of an operational typhoon swell forecasting and coastal flooding early warning system. *European Geosciences Union General Assembly 2012 (EGU2012)*, Vienna, Austria.
  - Fan, Y.M., Pan, S., Chen, J.M., and Kao, C.C. (2011). Ensemble forecasting on wave modelling. *The Tenth International Conference on the Mediterranean Coastal Environment (MEDCOAST 2011)*, Rhodes, Greece.

敬請指教



# 以資料同化技術實現預報員的經驗修正

## □ 資料同化的定義

將作業化預測模式與作業化即時觀測資料進行整合，利用即時資料對海況進行即時校正，以提昇波浪數值模式現報與預測的準確度。

