

## 6.2.6 海象模擬與特性分析

### 一、潮波流數值模擬

本計畫採用荷蘭 Delft 大學所開發的 Delft 3D 二層巢狀計算來模擬計畫區的海流、波浪、漂沙及地形變遷特性。本計畫已成功格網計算領域北起台北以南，南則約至新竹縣嘉義縣交界區，解析度為 1/50 度（約 2 公里）。第二層則縮小至桃園市海岸全區，以觀音工業區至觀新藻礁保護區為主要探討範圍（東經 121 度 0 分至 121 度 5 分；北緯 24 度 58 分至 25 度 3 分），水深約至 25 公尺，網格解析度為 50 至 100 公尺。

近岸地形水深資料採用第二河川局的海岸地形水深測量成果建置，搭配本計畫實測之地形；此外岸段則利用 General Bathymetry Chart of the Ocean (GEBCO08) 地形水深資料庫，其解析度約 1 公里。潮汐及潮流的模擬部份，本計畫採用 TPXO 8.0 來建立外圍天文潮位邊界，再經由外圍模式的流場計算結果充當第二層的邊界條件以計算主要研究範圍內的流場特性。波浪場的模擬部份，本計畫採用 Delft 3D 所提供之 SWAN 波浪模組搭配實測風速由外海邊界條件推算風浪並傳遞至海岸帶，風速資料輸入採用中央氣象局新竹浮標的氣象站風速資料作為風趨流及風浪之趨動力。

模式的計算區域如圖 6.2.6-1 所示，模式的驗證部份如圖 6.2.6-2 及圖 6.2.6-3 所示，顯示本計畫建立的水動力模式相當可信，足以再現現場觀測的結果。本計畫產出近三年水深 5 米、10 米、15 米的潮波流逐時資料，輸出時序列資料的位置如圖 6.2.6-4 所示。模式參數參照廖凱芹(2017)文中，所調整的曼寧參數、碎波參數等參數。

為量化利用模式來模擬出近岸流場相似度，利用 Skill 表示模式和觀測資料相似度，相似度的結果會落在 0~1 之間，其相似度越接近 1 代表此模式的結果相當良好，而相似度越接近 0 則表示此模式的結果誤差很多，相當不準確。觀測點位水深為 2 米處，因為淺水區域為較困難模擬地點，而模擬 skill 水位皆可以達到 0.99，流速只有冬天的 V 方向為 0.54，其他皆有 0.79-0.89。顯示模式結果具參考價值。

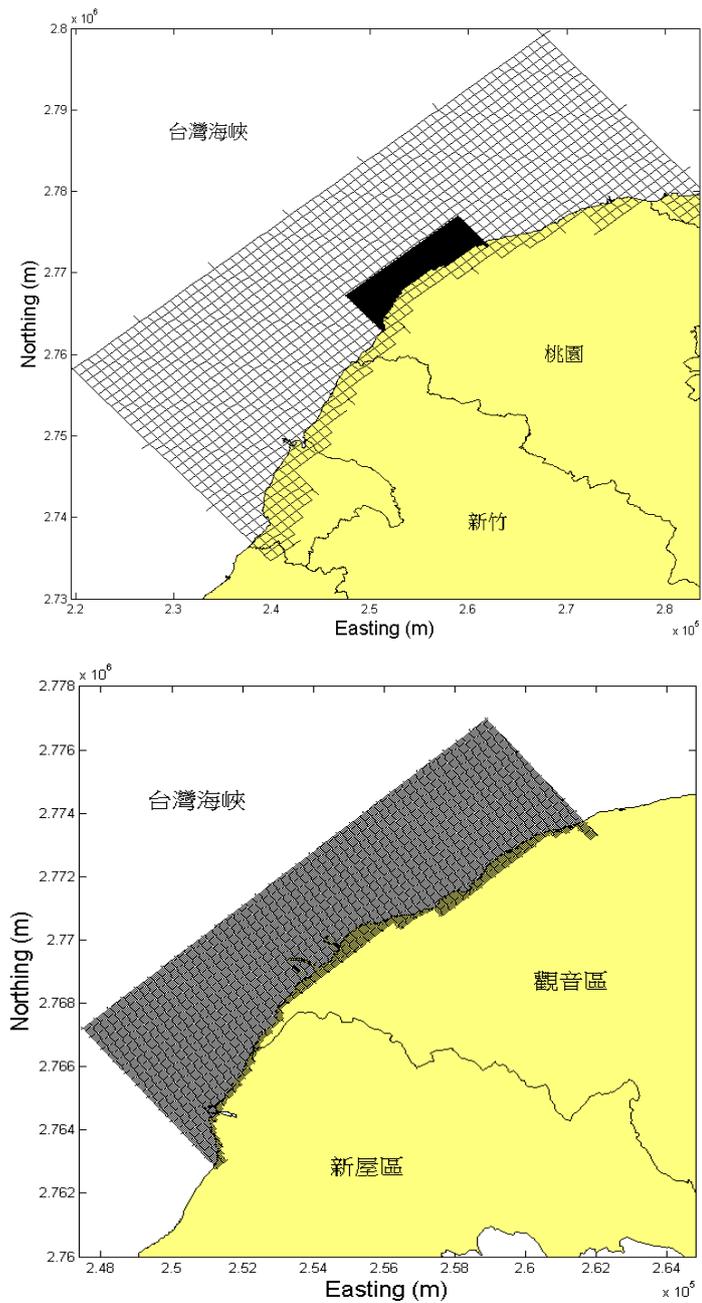


圖 6.2.6-1 Delft 3D 建立之水動力模式網格，並包含潮汐、波浪及風應力等驅動條件

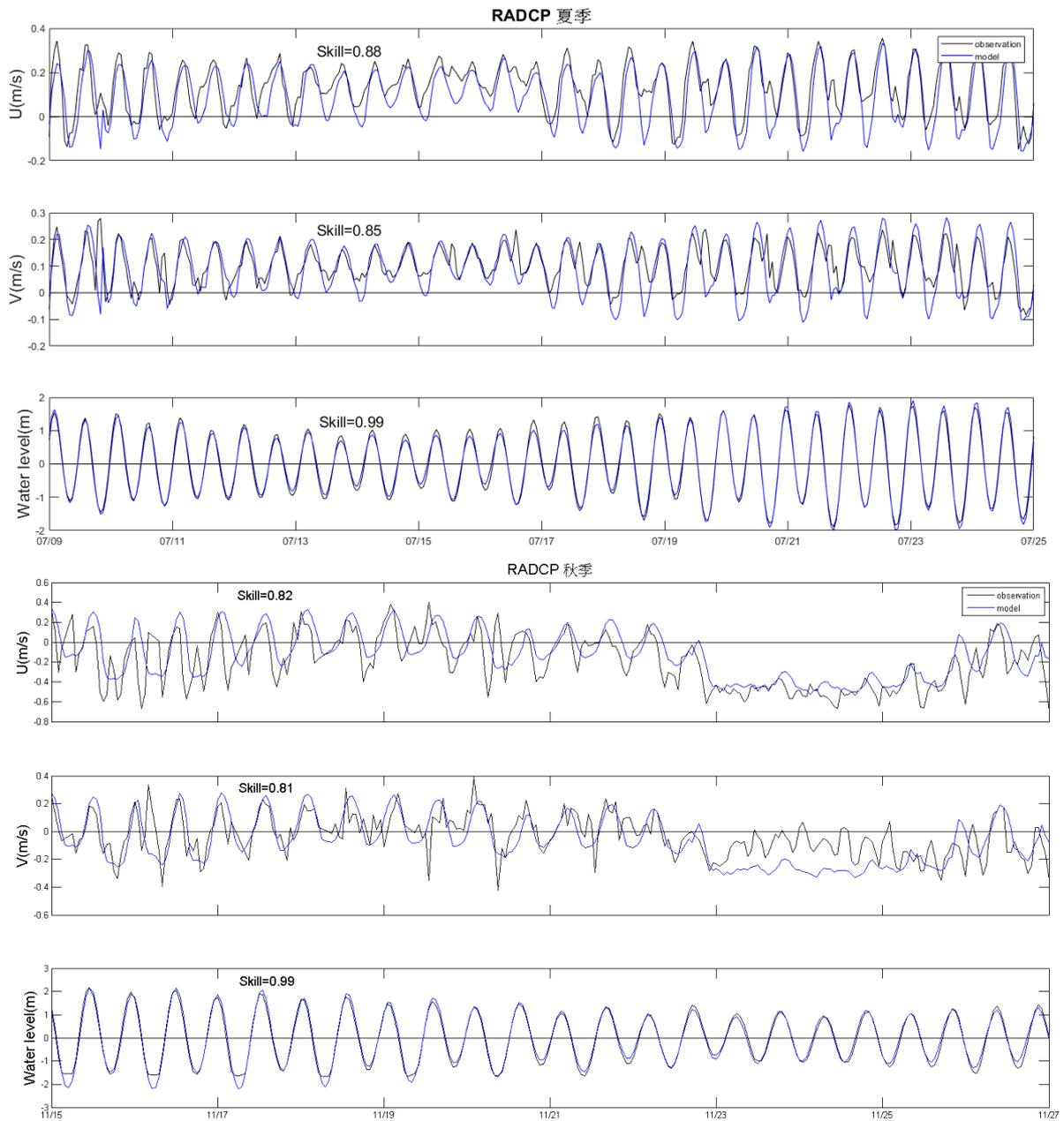


圖 6.2.6-2 模式資料驗證(夏、秋季)，其中黑線為觀測資料、藍線為模擬資料

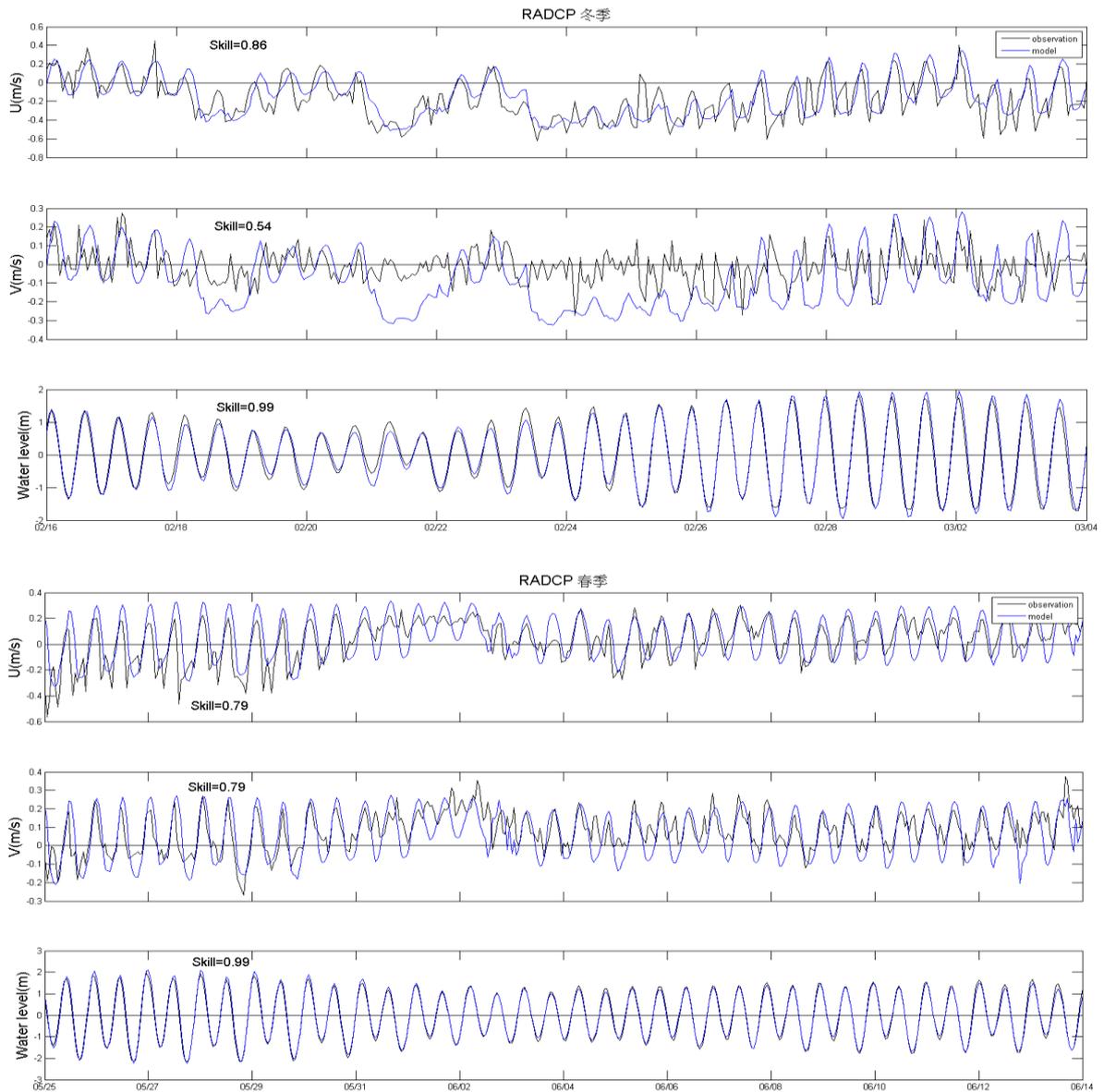


圖 6.2.6-3 模式資料驗證(冬、春季)，其中黑線為觀測資料、藍線為模擬資料

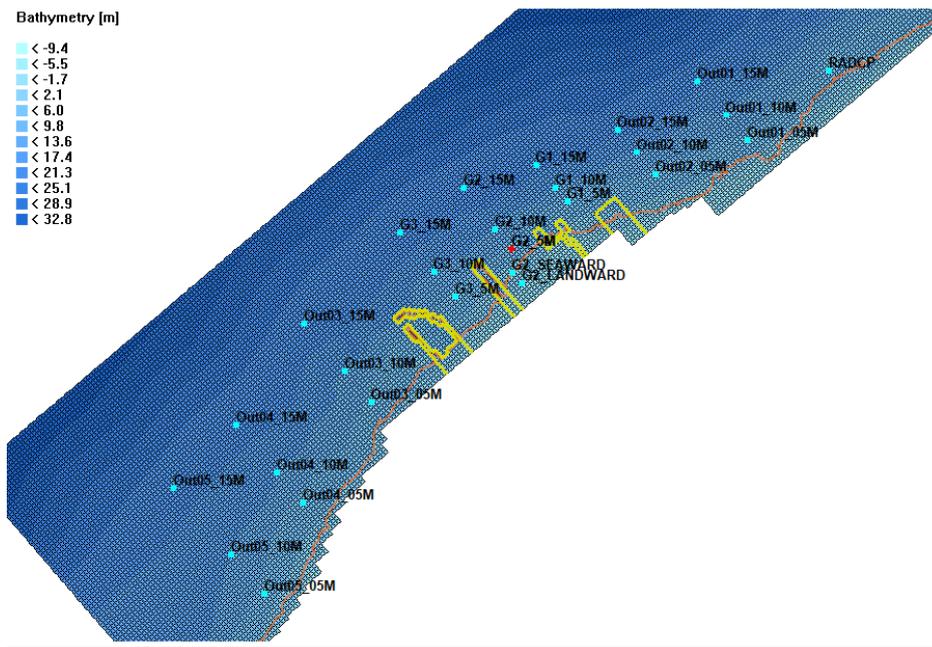


圖 6.2.6-4 海象資料時序列資料輸出點位

## 二、波浪特性分析

### (一) 統計特性

將計畫區 G2 點位的時序列做統計並整理，如表 6.2.6-1 為 2018~2020 年觀塘港不同水深及年份的波高統計值。由表中可以發現水深 15 公尺的整年最大示性波高約為 2.86~3.4 公尺，而水深 5 公尺處則最大示性波高則較小。水深 15 公尺的平均示性波高為 0.84~0.97 公尺，水深 10 公尺處為 0.77~0.88 公尺，而水深 5 公尺處則為 0.67~0.76 公尺，顯示不同水深的平均示性波高略有差異，但跟年份沒有太大關係。

表 6.2.6-2、表 6.2.6-3、及表 6.2.6-4 分別為 2018 年至 2020 年，觀塘港水深 15 公尺的波高逐月統計表，圖 6.2.6-5 為各每年各月份波高特性分佈圖。由結果可知，每月最大波高在每年的 10~12 月與隔年的 1~2 月為最大值，最大波高約為 3-3.5 公尺之間，夏季的 6~7 月為最小值，在 2018~2020 年間，觀塘港沒有看到夏季的颱風波浪帶來的極大波高。每月平均波高也是呈現每年的 10~12 月與隔年的 1~2 月為最大值，約為 1.2 到 1.6 公尺，4~8 月的平均波高僅有 0.6~0.8 公尺。超過 1.5 公尺的波高的比例，不同月分則有極大的差異，3~9 月波高超過 1.5 公尺小於 20%，而 10-12 月與隔年的 1~2 月則可以高達 30~40%，甚至高達 60% 以上。示性波高

超過 2.5 公尺的波高的比例則皆小於 10%，且差異不太明顯，僅有 2018 年有明顯較大值產生。顯示水深 15 公尺的淺水區域，碎波與底床摩擦耗損效應限制了最大波高可能發生的範圍。

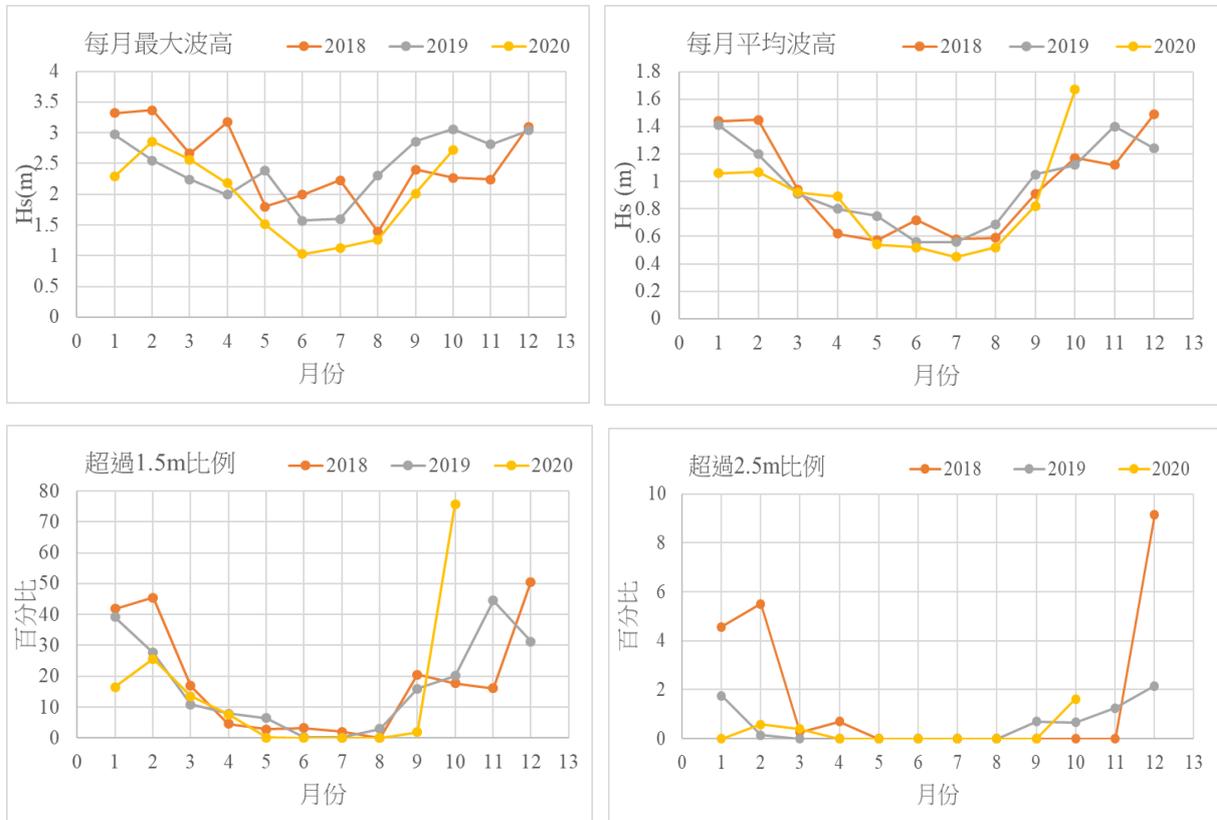


圖 6.2.6-5 2018-2020 年觀塘港各月逐時示性波高的統計特性

表 6.2.6-1 2018~2020 年觀塘港 G2 區波高統計特性

| 水深 | 年份   | 整年最大示性波高(m) | 最大波高發生時間           | 整年平均示性波高(m) |
|----|------|-------------|--------------------|-------------|
| 5  | 2018 | 2.33        | 2018/01/31 23:00   | 0.76        |
|    | 2019 | 2.33        | 2019/10/01 01:00   | 0.72        |
|    | 2020 | 1.99        | '2020/10/22 00:00' | 0.67        |
| 10 | 2018 | 2.68        | 2018/02/01 00:00   | 0.88        |
|    | 2019 | 2.82        | 2019/10/01 01:00   | 0.82        |
|    | 2020 | 2.34        | '2020/10/22 00:00' | 0.77        |
| 15 | 2018 | 3.37        | '2018/02/01 00:00' | 0.96        |
|    | 2019 | 3.06        | '2019/10/01 00:00' | 0.97        |
|    | 2020 | 2.86        | '2020/02/16 13:00' | 0.84        |

表 6.2.6-2 2018 年觀塘港水深 15 公尺的波高逐月統計表

| 月份 | 整月最大波高(m) | 最大波高發生時間           | 整月波高平均值(m) | 整月前 1/10 大波高平均(m) | 整月前 1/3 大波高平均(m) | 超過 1.5m 的比例% | 超過 2.5m 的比例% |
|----|-----------|--------------------|------------|-------------------|------------------|--------------|--------------|
| 1  | 3.32      | '2018/01/26 13:00' | 1.44       | 2.54              | 2.06             | 42           | 5            |
| 2  | 3.37      | '2018/02/01 00:00' | 1.45       | 2.57              | 2.21             | 46           | 6            |
| 3  | 2.66      | '2018/03/06 02:00' | 0.94       | 2.04              | 1.59             | 17           | 0            |
| 4  | 3.17      | '2018/04/06 18:00' | 0.62       | 1.64              | 1.11             | 5            | 1            |
| 5  | 1.80      | '2018/05/03 20:00' | 0.57       | 1.37              | 0.94             | 3            | 0            |
| 6  | 1.99      | '2018/06/01 05:00' | 0.72       | 1.49              | 1.16             | 3            | 0            |
| 7  | 2.23      | '2018/07/11 06:00' | 0.58       | 1.21              | 0.86             | 2            | 0            |
| 8  | 1.39      | '2018/08/23 16:00' | 0.59       | 1.03              | 0.84             | 0            | 0            |
| 9  | 2.40      | '2018/09/27 09:00' | 0.91       | 2.03              | 1.66             | 21           | 0            |
| 10 | 2.27      | '2018/10/11 08:00' | 1.17       | 1.82              | 1.56             | 18           | 0            |
| 11 | 2.24      | '2018/11/02 12:00' | 1.12       | 1.88              | 1.56             | 16           | 0            |
| 12 | 3.10      | '2018/12/28 22:00' | 1.49       | 2.64              | 2.36             | 51           | 9            |

表 6.2.6-3 2019 年觀塘港水深 15 公尺的波高統計表

| 月份 | 整月最大波高(m) | 最大波高發生時間              | 整月波高平均值(m) | 整月前 1/10 大波高平均(m) | 整月前 1/3 大波高平均(m) | 超過 1.5m 的比例% | 超過 2.5m 的比例% |
|----|-----------|-----------------------|------------|-------------------|------------------|--------------|--------------|
| 1  | 2.97      | '2019/01/16<br>07:00' | 1.41       | 2.35              | 2.03             | 39           | 2            |
| 2  | 2.55      | '2019/02/01<br>05:00' | 1.20       | 1.99              | 1.71             | 28           | 0            |
| 3  | 2.24      | '2019/03/23<br>08:00' | 0.91       | 1.80              | 1.39             | 11           | 0            |
| 4  | 1.99      | '2019/04/11<br>20:00' | 0.80       | 1.64              | 1.35             | 8            | 0            |
| 5  | 2.38      | '2019/05/07<br>08:00' | 0.75       | 1.63              | 1.20             | 6            | 0            |
| 6  | 1.57      | '2019/06/23<br>22:00' | 0.56       | 1.07              | 0.82             | 0            | 0            |
| 7  | 1.60      | '2019/07/17<br>17:00' | 0.56       | 1.00              | 0.83             | 0            | 0            |
| 8  | 2.31      | '2019/08/09<br>11:00' | 0.69       | 1.43              | 1.07             | 3            | 0            |
| 9  | 2.86      | '2019/09/30<br>23:00' | 1.05       | 1.98              | 1.59             | 16           | 1            |
| 10 | 3.06      | '2019/10/01<br>00:00' | 1.12       | 1.97              | 1.63             | 20           | 1            |
| 11 | 2.81      | '2019/11/25<br>21:00' | 1.40       | 2.28              | 1.97             | 45           | 1            |
| 12 | 3.04      | '2019/12/07<br>03:00' | 1.24       | 2.30              | 1.87             | 31           | 2            |

表 6.2.6-4 2020 年觀塘港水深 15 公尺的波高統計表

| 月份 | 整月最大波高(m) | 最大波高發生時間            | 整月波高平均值(m) | 整月前 1/10 大波高平均(m) | 整月前 1/3 大波高平均(m) | 超過 1.5m 的比例% | 超過 2.5m 的比例% |
|----|-----------|---------------------|------------|-------------------|------------------|--------------|--------------|
| 1  | 2.29      | 2020/01/26<br>06:00 | 1.06       | 1.79              | 1.53             | 17           | 0            |
| 2  | 2.86      | 2020/02/16<br>13:00 | 1.07       | 1.94              | 1.68             | 26           | 1            |
| 3  | 2.56      | 2020/03/28<br>19:00 | 0.92       | 1.97              | 1.50             | 14           | 0            |
| 4  | 2.18      | 2020/04/28<br>16:00 | 0.89       | 1.65              | 1.38             | 8            | 0            |
| 5  | 1.51      | 2020/05/23<br>17:00 | 0.54       | 1.08              | 0.85             | 0            | 0            |
| 6  | 1.03      | 2020/06/17<br>21:00 | 0.52       | 0.80              | 0.70             | 0            | 0            |
| 7  | 1.13      | 2020/07/08<br>16:00 | 0.45       | 0.78              | 0.65             | 0            | 0            |
| 8  | 1.26      | 2020/08/31<br>06:00 | 0.52       | 0.97              | 0.78             | 0            | 0            |
| 9  | 2.01      | 2020/09/27<br>03:00 | 0.82       | 1.45              | 1.21             | 2            | 0            |
| 10 | 2.72      | 2020/10/22<br>01:00 | 1.67       | 2.31              | 2.06             | 76           | 2            |
| 11 | -         | -                   | -          | -                 | -                | -            | -            |
| 12 | -         | -                   | -          | -                 | -                | -            | -            |

## (二) 頻譜分析

由示性波高的時序列資料可以看出原始的示性波高資料有呈現上下振盪的週期特性，因此利用傅立葉頻譜分析將時序列資料轉為頻率域，觀察其振盪的週期特性，並尋找影響變化的主要週期值。依照時序列資料，可以發現其變化大致有季節性的差異，尤其在 10~12 月份為明顯的週期，因此將整年的時序列資料分為四季，每季三個月，時間長度約為 90 天的資料後進行分析。經檢視統計結果變化差異，分析長度定為 1024 個小時，並重疊 50% 進行傅立葉頻譜轉換，使得統計特性較為穩定，又可以解析出主要週期特性。

圖 6.2.6-6 與圖 6.2.6-7 為不同年份不同季時序列資料進行傅立葉頻譜分析的結果。結果可以發現短週期的波高變化並不明顯，在長於 4~5 天的週期，能量開始增強，約 8~12 天左右後達到另一個局部高峰值，最低頻的長週期的變化對應為月尺度的週期變化。整體而言，最長週期的月變化為主導整體波高差異尺度，如同各月的統計值可以看出不同月份甚至不同季節為主要影響示性波高值的因素。值得我們注意的是 5~10 天週期的局部高峰值，這個週期的振盪雖然能量沒有月尺度週期能量的能量來的高，但是為影響連續較大波高的關鍵因素，因此使得浪大的區間發生的週期常為 3~5 天左右。對比於風速的頻譜分析，波高的變化在短週期的部分能量較小，顯示雖然短週期的風能已經降低，但是起浪後會持續一段較長週期的大浪特性，反映出湧浪發生的特性。

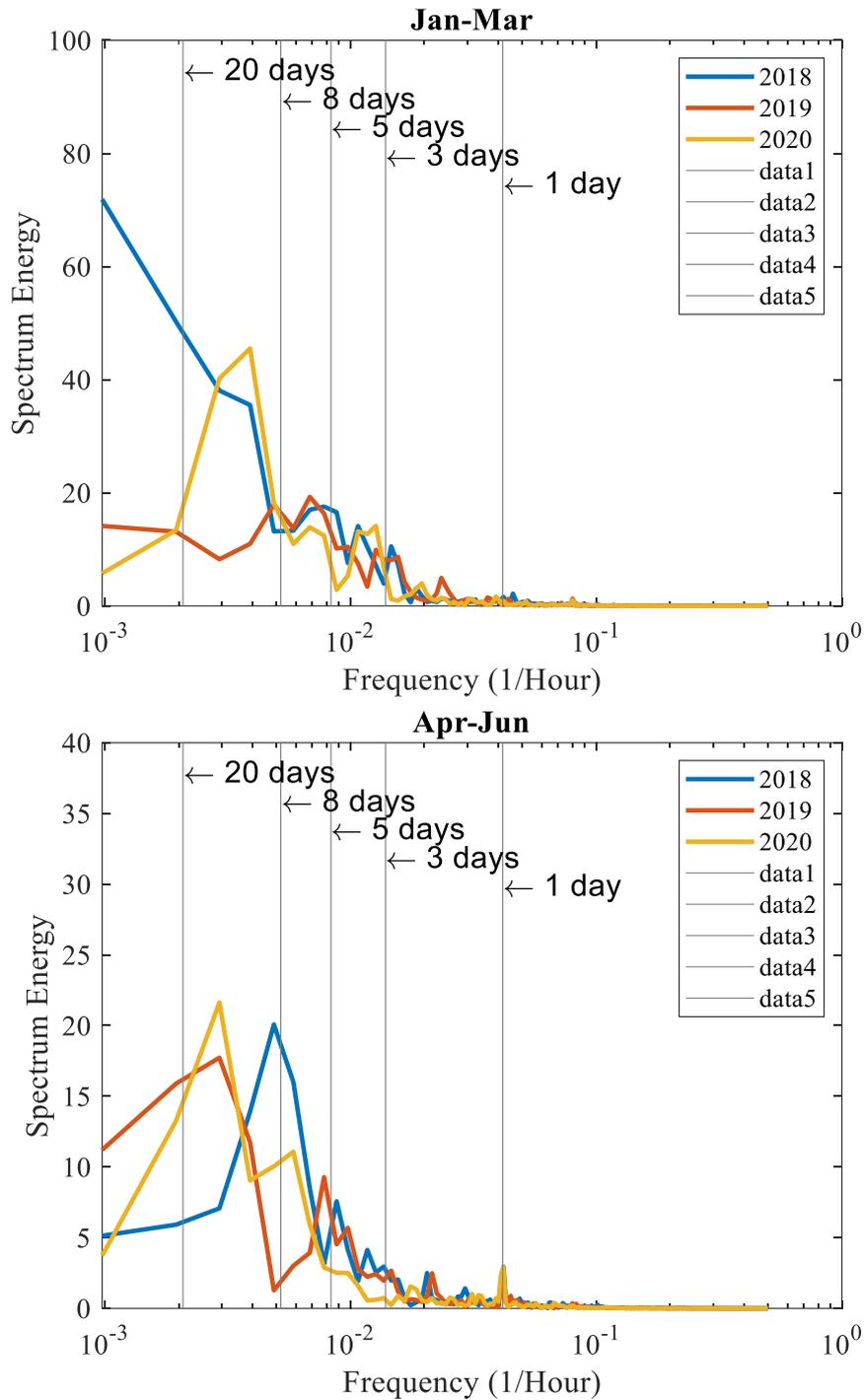


圖 6.2.6-6 2018~2020 年觀塘港波高資料頻譜分析。第一季(1-3 月)與  
第二季(4-6 月)

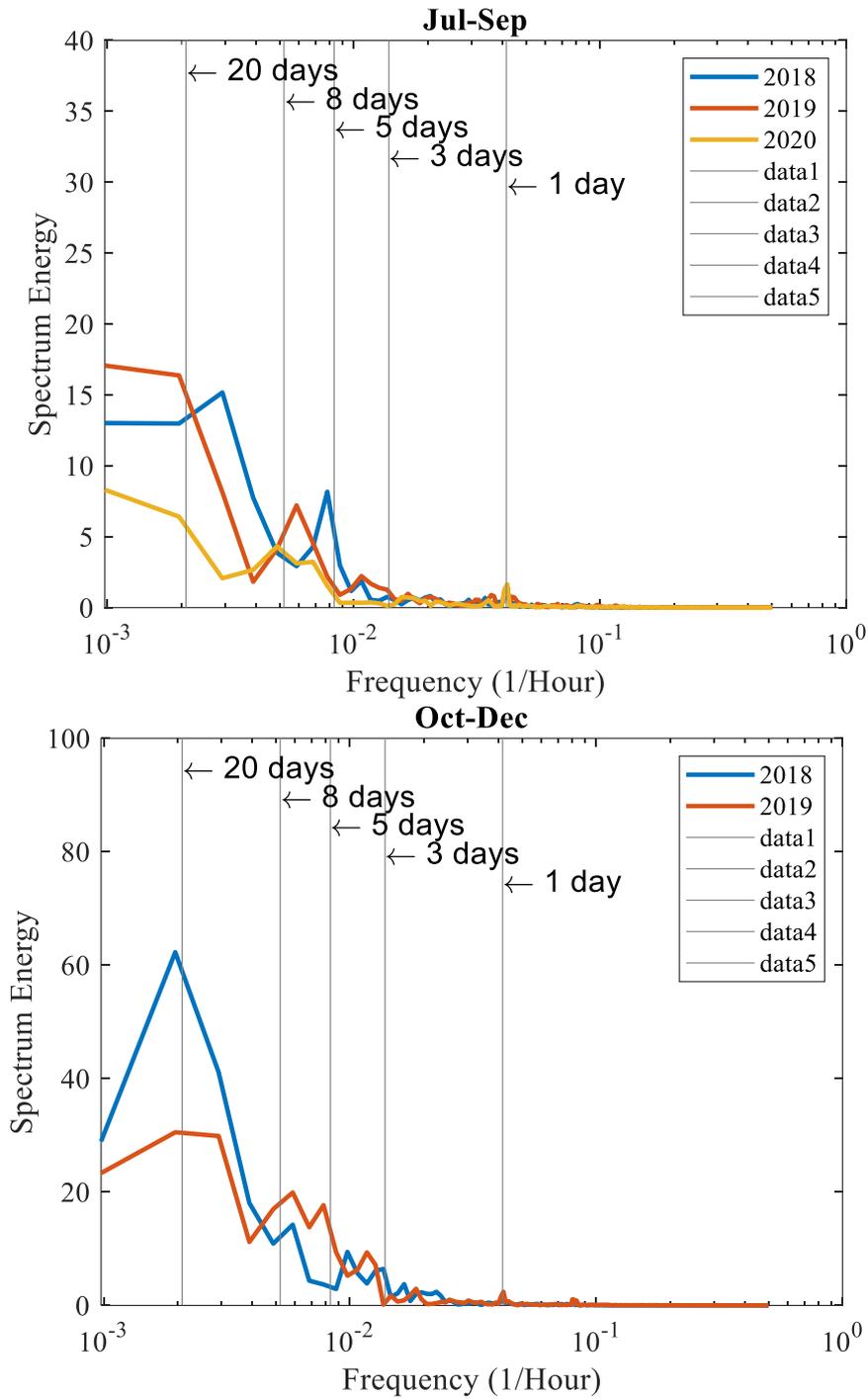


圖 6.2.6-7 2018~2020 年觀塘港波高資料頻譜分析。第三季(7-9 月)與第四季(10-12 月)

### 三、海流特性分析

圖 6.2.6-8 及圖 6.2.6-9 為 2018 年 G2 區水深 15 及 5 公尺的流速時序列資料範例圖。可以發現水深 15 公尺處為潮流主宰，流速約為負 0.8 到正 1 m/s 之間，呈現半日潮流的往復振盪。水深 5 公尺的流速在負 0.2 到正 0.2 m/s 區間振盪，並偶有不規則短週期的較大值產生，此為季風應力吹拂水面所帶動的風趨流。根據先前之研究報告(林伯謙，2018)，利用同一調查地點白玉海岸的潮波流調查資料進行比對。在遠離結構物的淺水區域，4 米水深以內的海岸帶，夏天的海流較小，最大流速約為 0.5 m/s 以內，海流方向為流向東北方。秋天的流速增強，可以大到約 0.8m/s 以內，方向轉為流向西南方。冬天的流速最大約 0.6 m/s 以內，海流方向為流向西方，顯示水深五米以內極易受到風趨流的影響。

表 6.2.6-5 為 2018 年到 2019 年的 G1 與 G2 區的流速基本統計表，由資料可以發現不同年份整年平均的統計值相當接近，但是有著季節性的差別。因為每年同一季的統計特性雷同，因此整理出 2018 年四季的流速統計值；第一季為 1-3 月，第二季為 4-6 月，第三季為 7-9 月，第四季為 10-12 月。由結果可知，水深 15 公尺處流速較大，10 公尺次之，5 公尺則有明顯的減少。若比較 G1、G2、G3 地點的差異，在 10-15 公尺水深三者流速的差異不大，但是水深 5 公尺處的水深，G1 點的流速最大、G2 次之、G3 最小，此乃因為受既有進出水口海堤結構物與地形的影響。

表 6.2.6-6、表 6.2.6-7、表 6.2.6-8 為 G1 到 G3 區的不同水深及不同季節的海流流向與大小玫瑰圖，由彙整的圖可知第二及第三季海流方向為流向東北方，第四季 9-12 月方向轉為流向西南方，顯示水深五米以內極易受到風趨流的影響。而 G1、G2、G3 地點在水深五公尺的位置流速也有明顯的差異。

表 6.2.6-5 2018-2019 年觀塘港 G1 與 G2 區的流速統計值

| 季別            | 水深<br>(m) | G1              |                  |                  |                  | G2              |                  |                  |                  | G3              |                  |                  |                  |
|---------------|-----------|-----------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|
|               |           | 最大絕對流速<br>(m/s) | 平均均方根流速<br>(m/s) | 東西向平均流速<br>(m/s) | 南北向平均流速<br>(m/s) | 最大絕對流速<br>(m/s) | 平均均方根流速<br>(m/s) | 東西向平均流速<br>(m/s) | 南北向平均流速<br>(m/s) | 最大絕對流速<br>(m/s) | 平均均方根流速<br>(m/s) | 東西向平均流速<br>(m/s) | 南北向平均流速<br>(m/s) |
| 2018<br>第 1 季 | 5         | 0.74            | 0.31             | -0.07            | 0.01             | 0.51            | 0.18             | -0.08            | -0.07            | 0.32            | 0.13             | 0.03             | 0.00             |
|               | 10        | 1.02            | 0.44             | -0.01            | 0.03             | 1.08            | 0.45             | 0.06             | 0.05             | 0.82            | 0.43             | 0.02             | -0.02            |
|               | 15        | 1.24            | 0.54             | 0.05             | 0.08             | 1.36            | 0.57             | 0.09             | 0.08             | 1.34            | 0.58             | 0.11             | -0.02            |
| 2018<br>第 2 季 | 5         | 0.76            | 0.31             | 0.03             | 0.03             | 0.48            | 0.13             | 0.00             | -0.03            | 0.28            | 0.11             | 0.05             | 0.00             |
|               | 10        | 1.01            | 0.44             | 0.06             | 0.06             | 1.06            | 0.44             | 0.10             | 0.06             | 0.82            | 0.41             | 0.05             | -0.02            |
|               | 15        | 1.20            | 0.51             | 0.09             | 0.08             | 1.35            | 0.55             | 0.12             | 0.07             | 1.35            | 0.56             | 0.14             | -0.01            |
| 2018<br>第 3 季 | 5         | 0.77            | 0.30             | 0.04             | 0.04             | 0.47            | 0.13             | 0.00             | -0.03            | 0.32            | 0.12             | 0.05             | 0.00             |
|               | 10        | 1.03            | 0.44             | 0.07             | 0.06             | 1.07            | 0.44             | 0.11             | 0.06             | 0.84            | 0.41             | 0.05             | -0.01            |
|               | 15        | 1.22            | 0.51             | 0.11             | 0.09             | 1.37            | 0.55             | 0.13             | 0.08             | 1.35            | 0.56             | 0.14             | -0.01            |
| 2018<br>第 4 季 | 5         | 0.72            | 0.30             | -0.06            | 0.01             | 0.51            | 0.17             | -0.07            | -0.06            | 0.31            | 0.13             | 0.03             | 0.01             |
|               | 10        | 0.99            | 0.44             | -0.02            | 0.03             | 1.06            | 0.45             | 0.06             | 0.05             | 0.81            | 0.43             | 0.02             | -0.02            |
|               | 15        | 1.20            | 0.53             | 0.04             | 0.08             | 1.34            | 0.56             | 0.08             | 0.07             | 1.34            | 0.57             | 0.11             | -0.02            |
| 2018<br>整年    | 5         | 0.77            | 0.30             | -0.02            | 0.02             | 0.51            | 0.15             | -0.04            | -0.05            | 0.32            | 0.12             | 0.04             | 0.00             |
|               | 10        | 1.03            | 0.44             | 0.02             | 0.05             | 1.08            | 0.45             | 0.08             | 0.05             | 0.84            | 0.42             | 0.03             | -0.02            |
|               | 15        | 1.24            | 0.52             | 0.07             | 0.08             | 1.37            | 0.56             | 0.11             | 0.08             | 1.35            | 0.57             | 0.13             | -0.02            |
| 2019<br>整年    | 5         | <b>1.11</b>     | 0.31             | -0.02            | 0.02             | <b>0.63</b>     | 0.15             | -0.04            | -0.05            | <b>0.32</b>     | 0.12             | 0.04             | 0.00             |
|               | 10        | 1.19            | 0.44             | 0.01             | 0.04             | 1.13            | 0.44             | 0.06             | 0.04             | 1.17            | 0.42             | 0.02             | -0.03            |
|               | 15        | 1.27            | 0.52             | 0.06             | 0.07             | 1.42            | 0.55             | 0.09             | 0.06             | 1.38            | 0.55             | 0.10             | -0.02            |

表 6.2.6-6 2018 年，G1 區不同水深及不同季節的海流流向與大小玫瑰圖

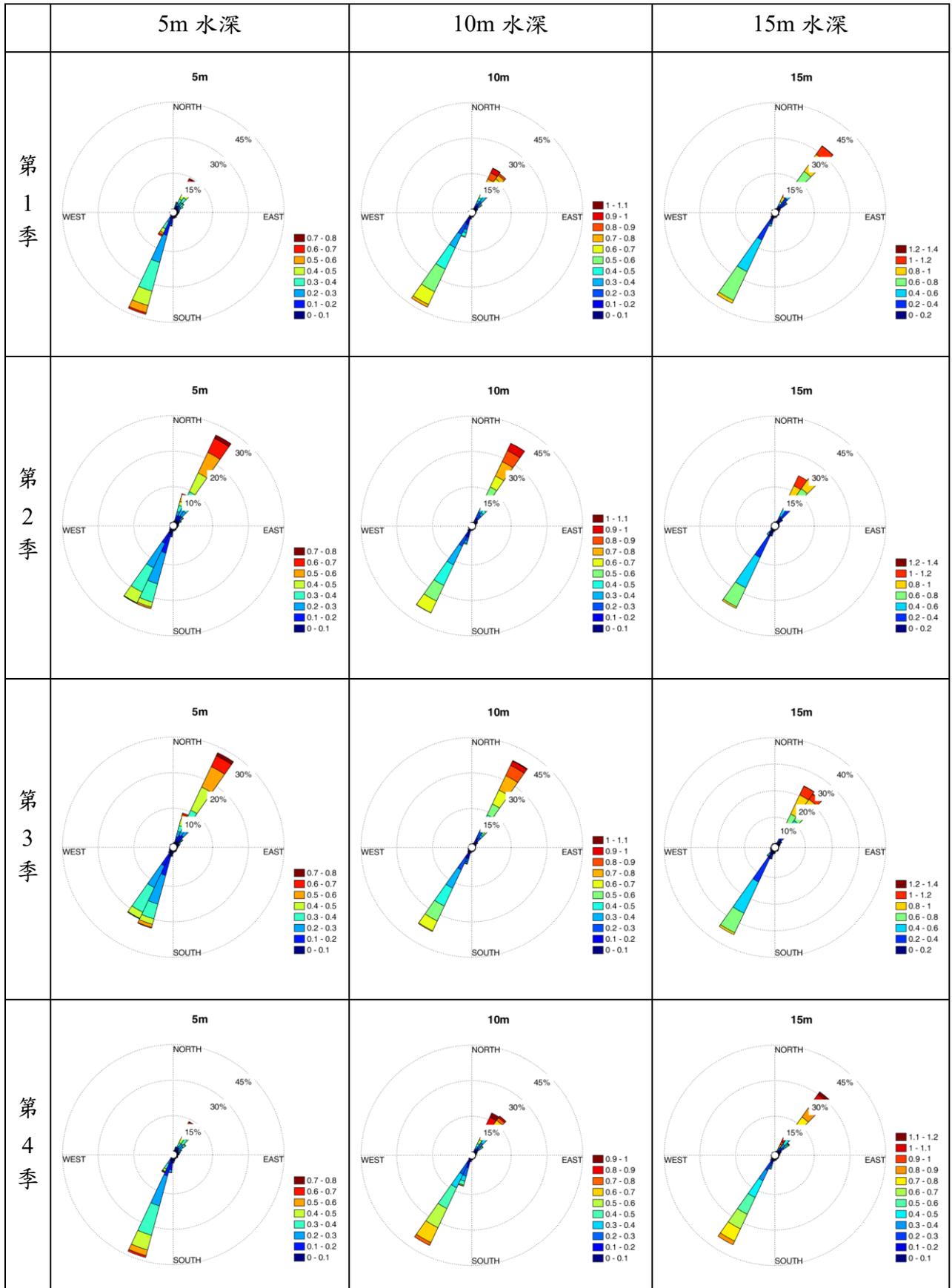


表 6.2.6-7 2018 年，G2 區不同水深及不同季節的海流流向與大小玫瑰圖

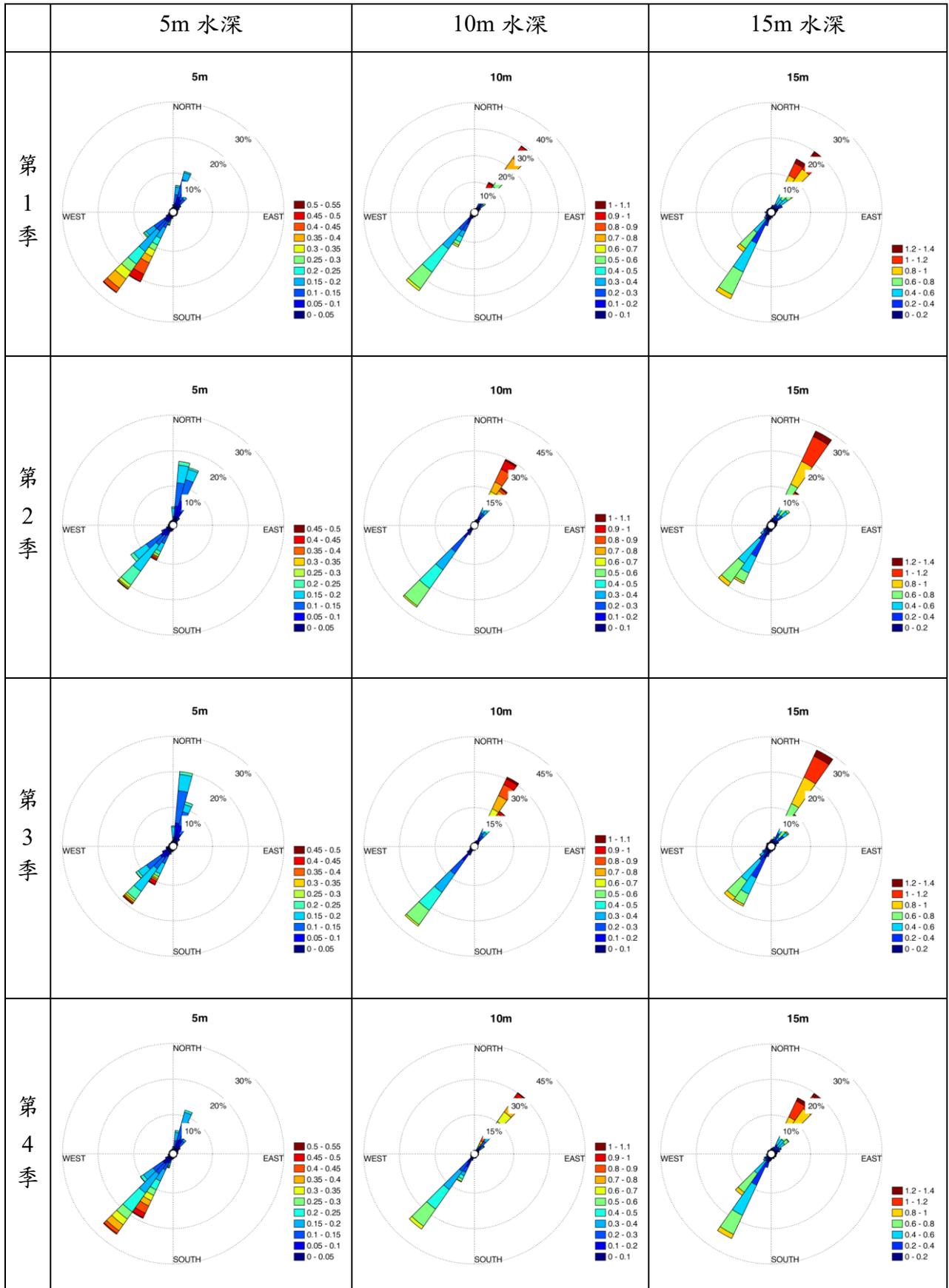
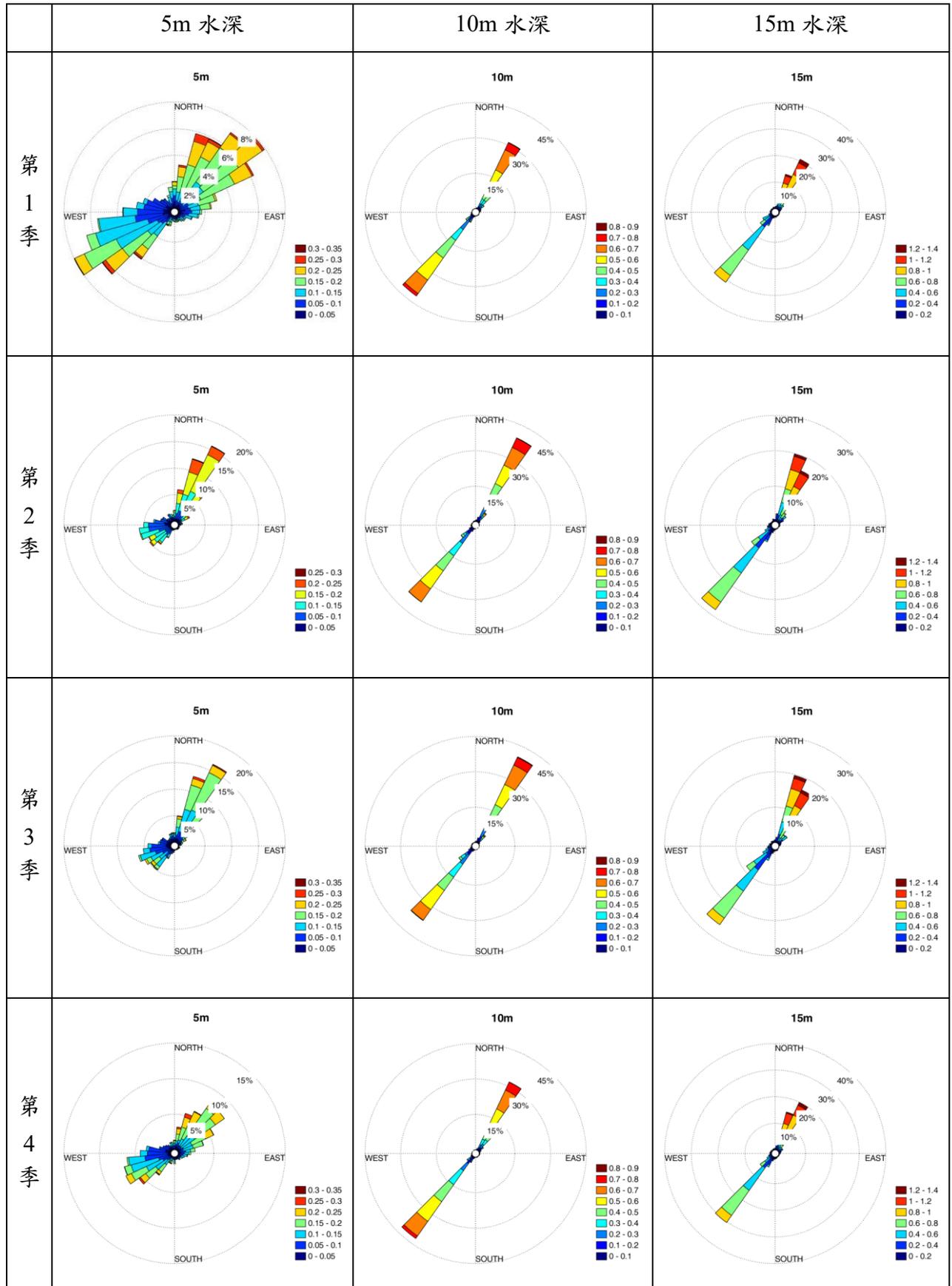


表 6.2.6-8 2018 年，G3 區不同水深及不同季節的海流流向與大小玫瑰圖



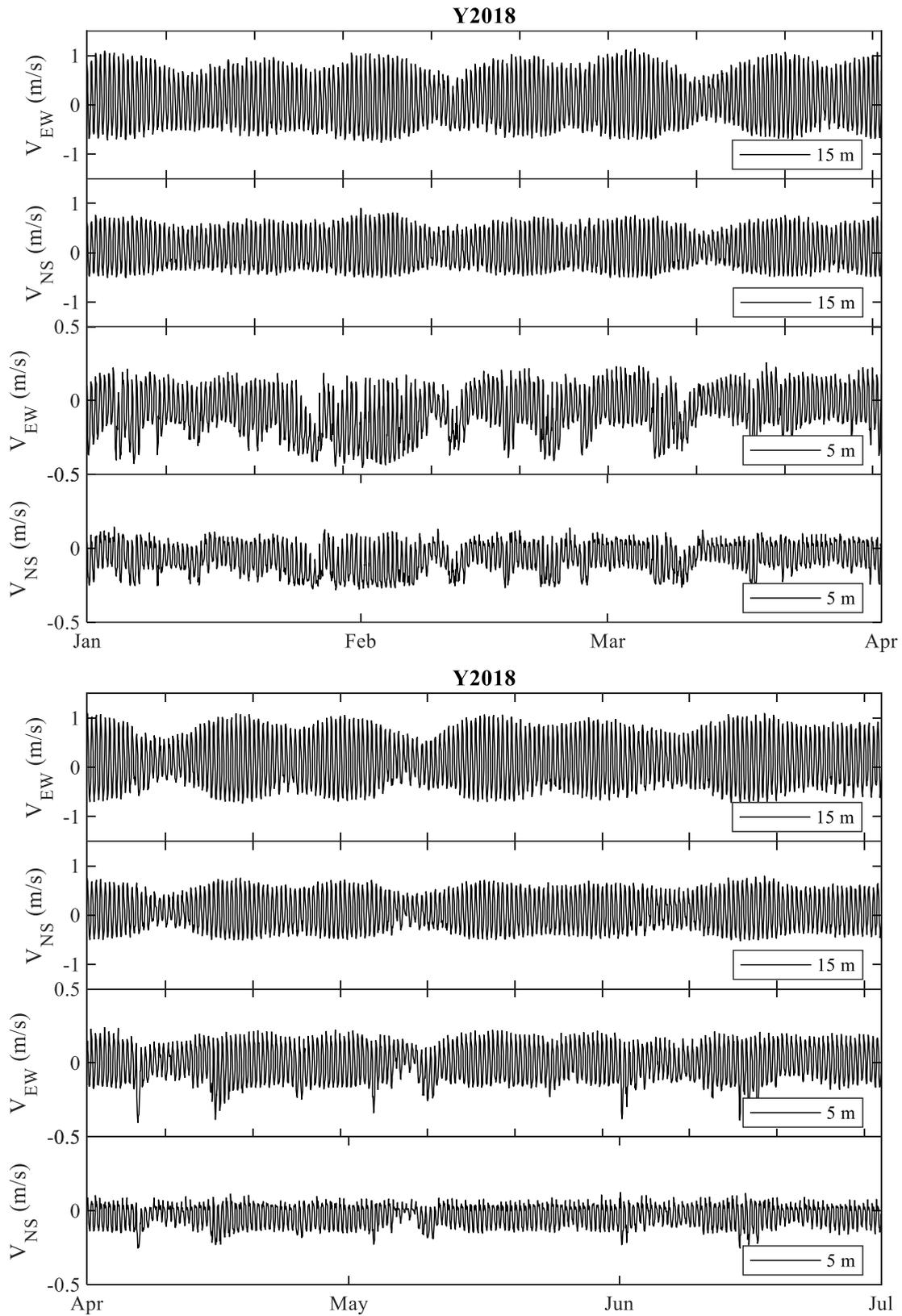


圖 6.2.6-8 2018 年第一季及第二季 G2 區水深 15 及 5 公尺的流速時序列資料

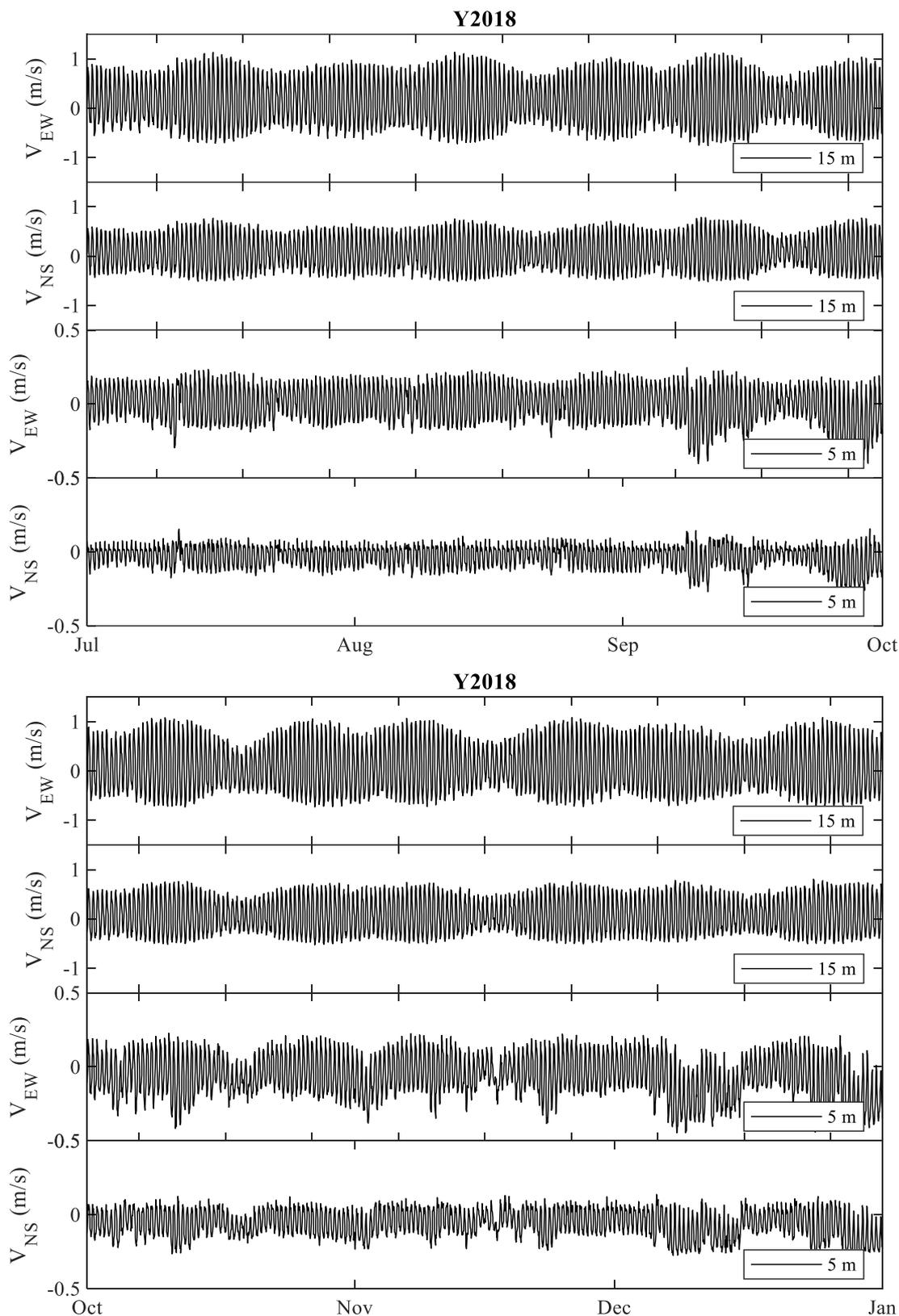


圖 6.2.6-9 2018 年第三季及第四季 G2 區水深 15 及 5 公尺的流速時序列資料