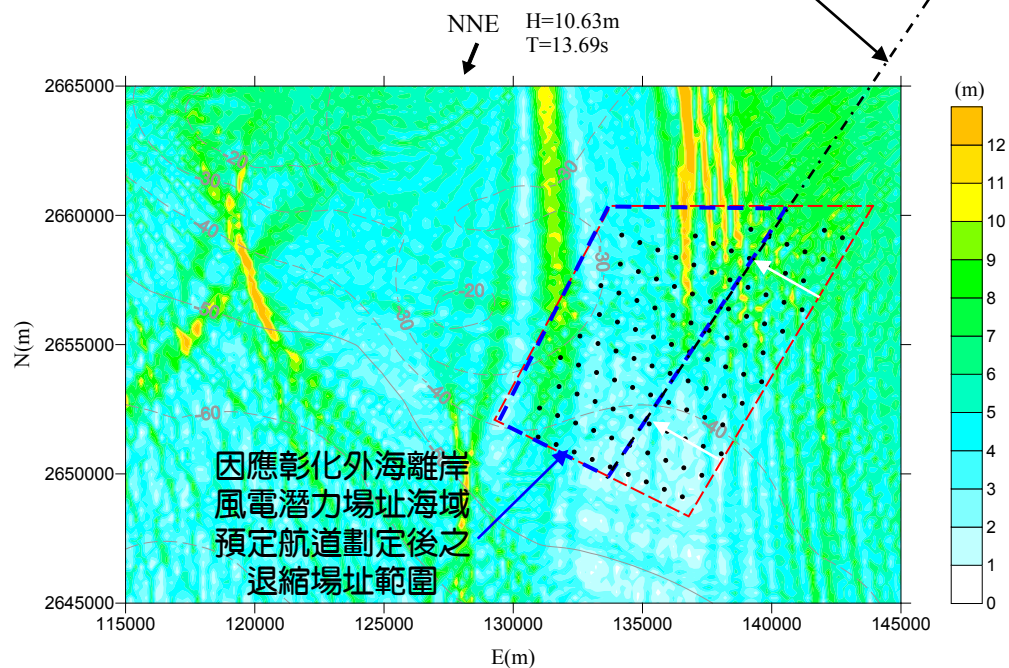


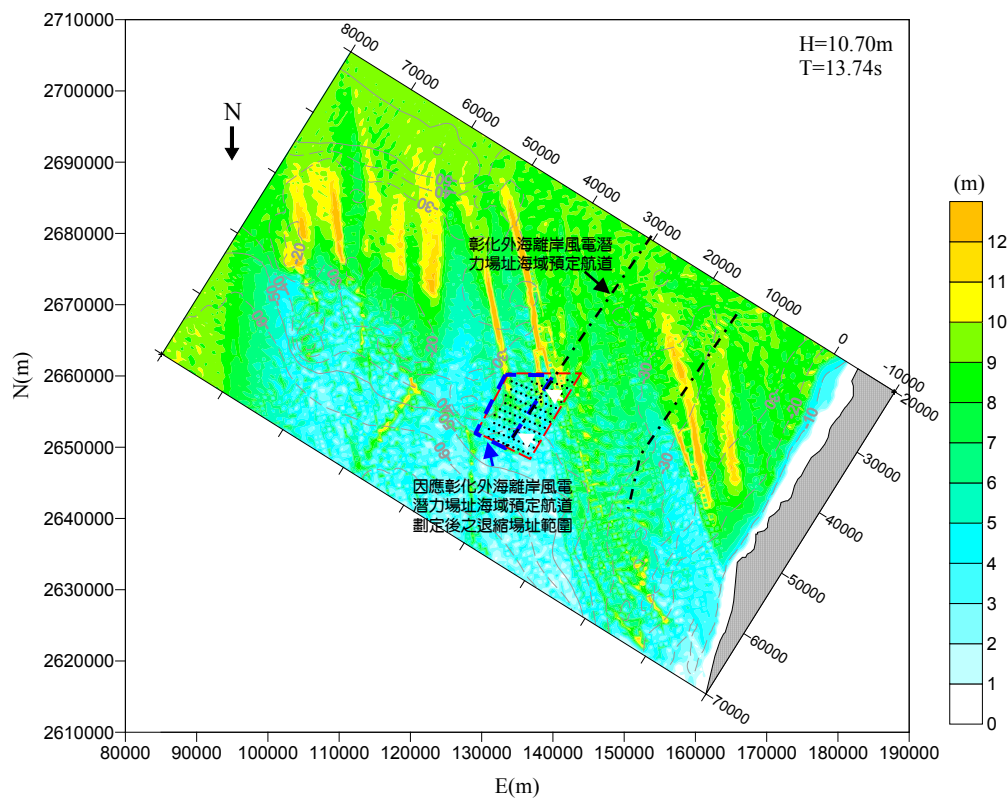
(a) 全域

彰化外海離岸風電潛力場址海域預定航道



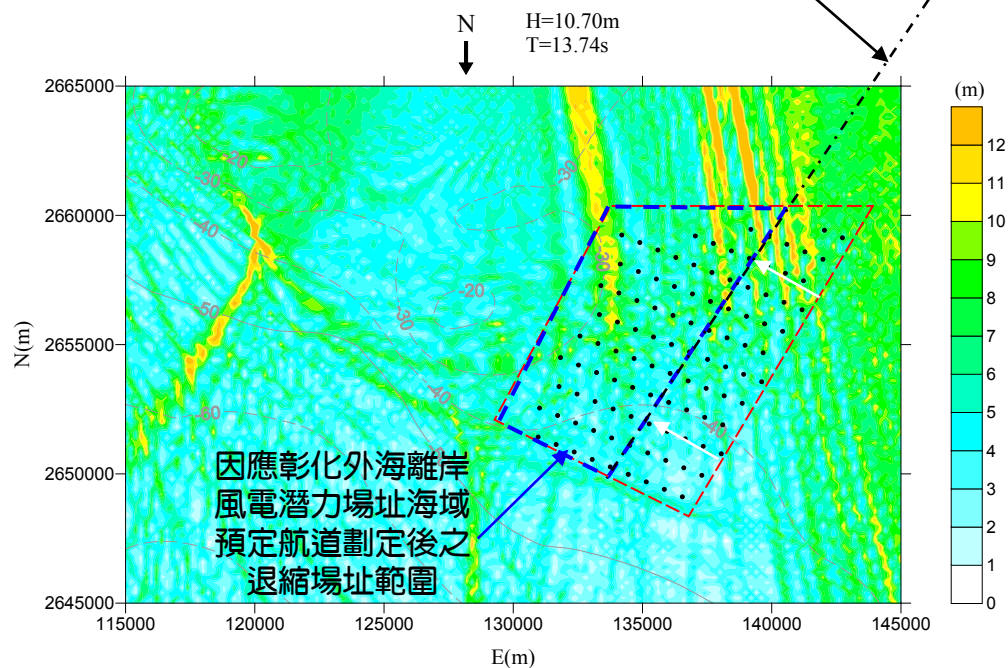
(b) 離岸風場區域

圖7.1.1-7 設置後(6MW)50年重現期颱風波浪場分佈圖  
(外海波高10.63公尺、週期13.69秒、波向NNE)



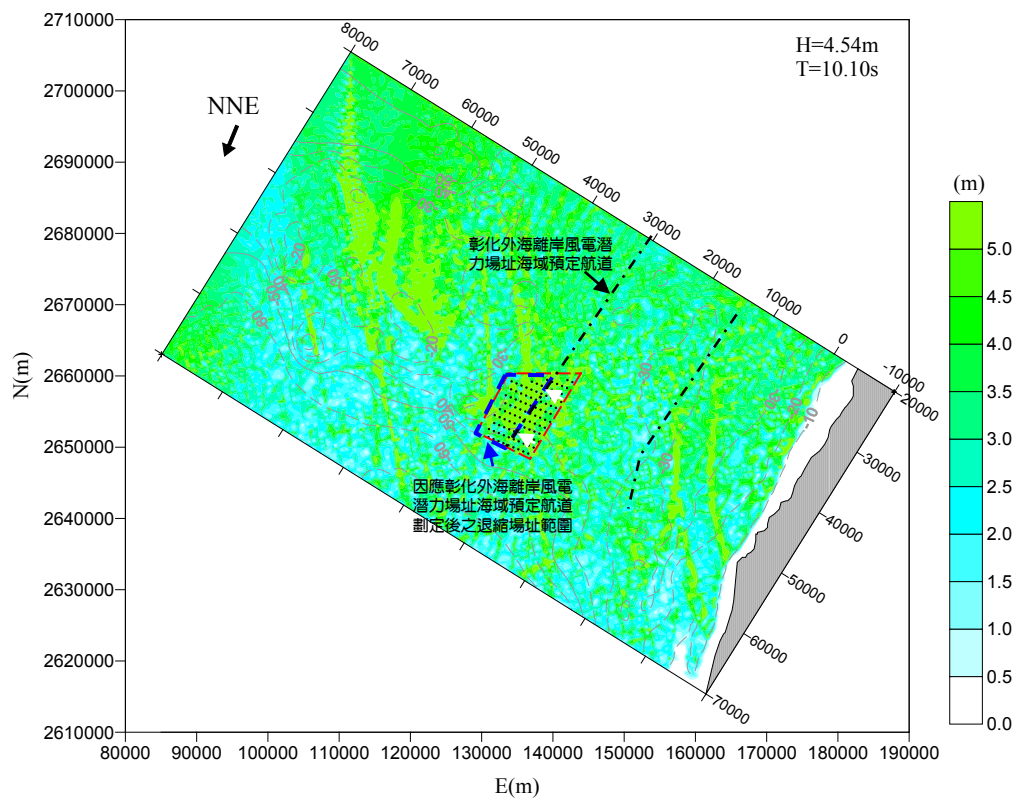
(a) 全域

彰化外海離岸風電潛力場址海域預定航道



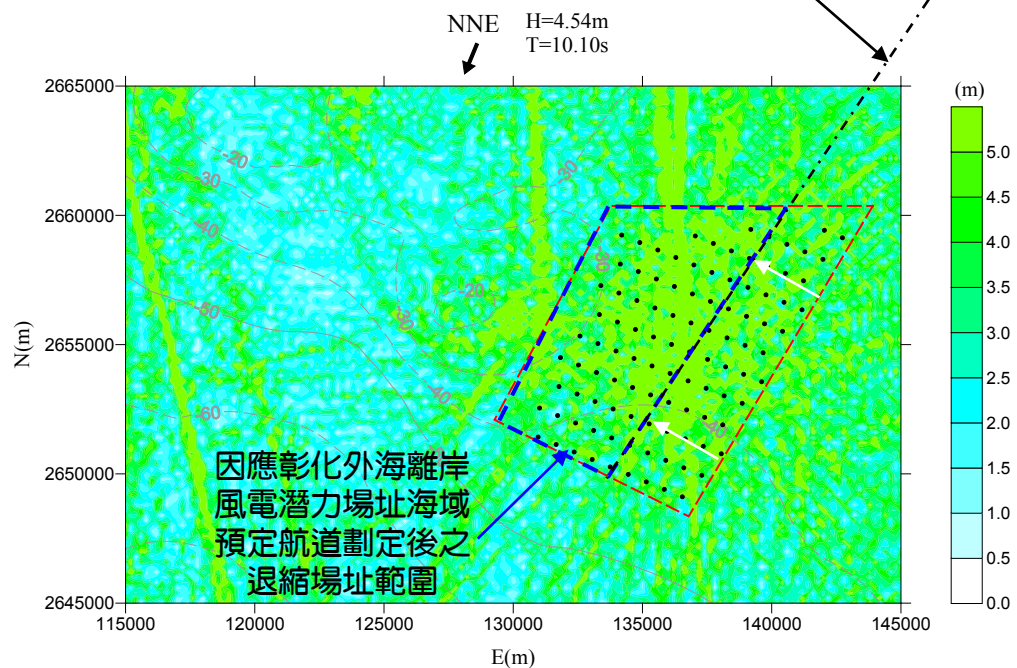
(b) 離岸風場區域

圖7.1.1-8 設置後(6MW)50年重現期颱風波浪場分佈圖  
(外海波高10.70公尺、週期13.74秒、波向N)



(a) 全域

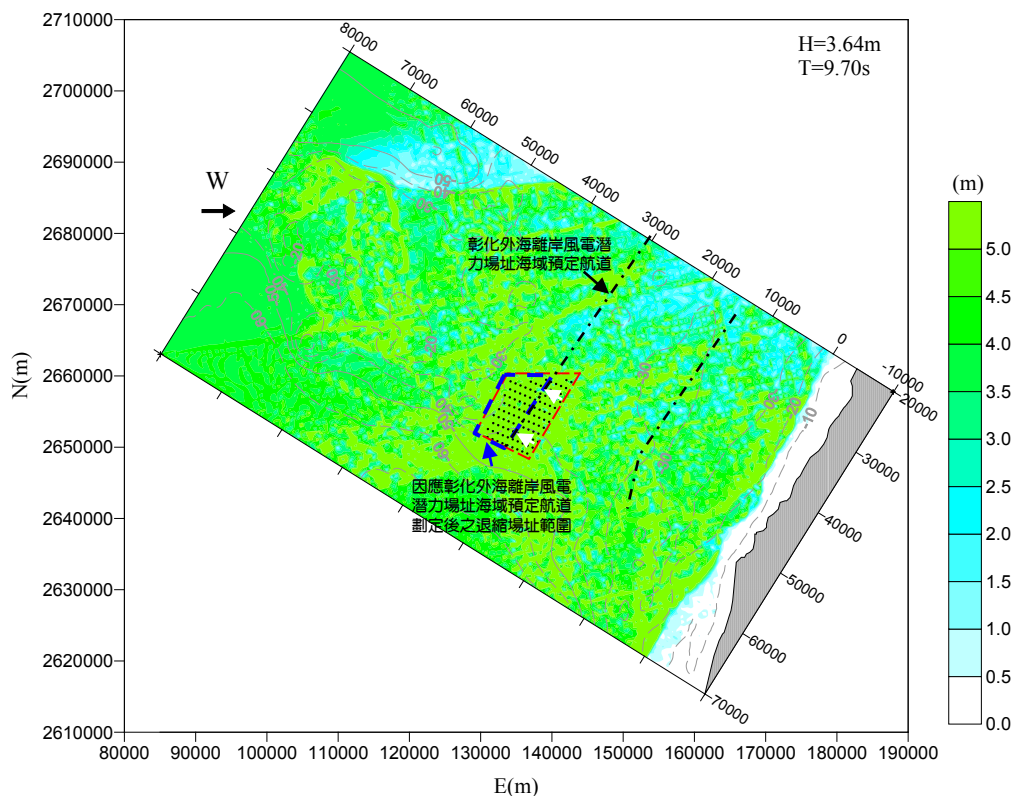
彰化外海離岸風電潛力場址海域預定航道



(b) 離岸風場區域

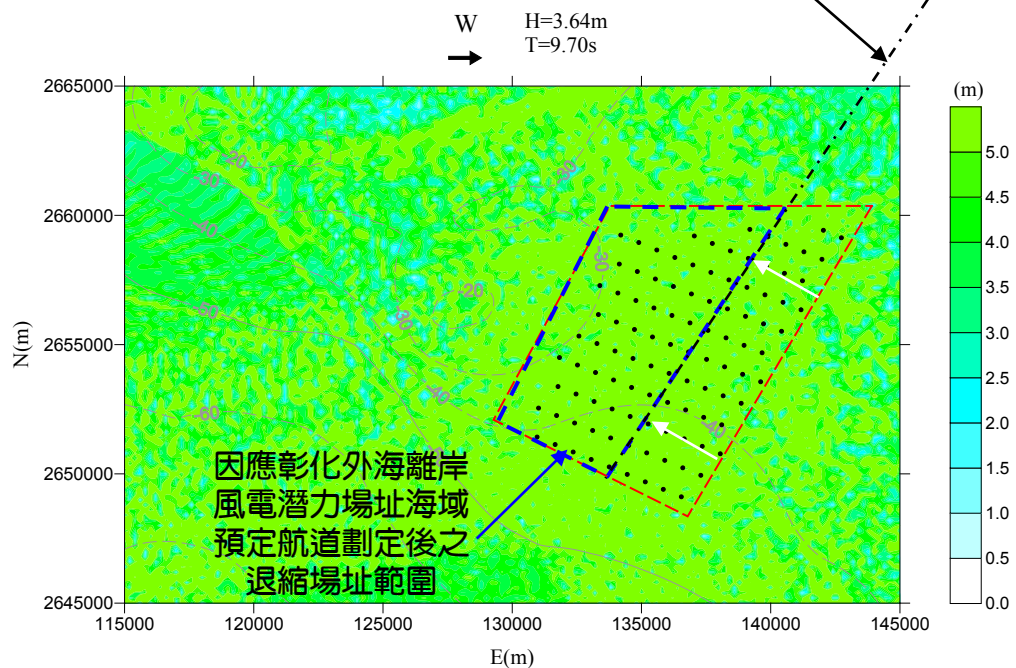
(外海波高4.54公尺、週期10.10秒、波向NNE)

圖7.1.1-9 設置後(6MW)冬季季風波浪場分佈圖



(a) 全域

彰化外海離岸風電潛力場址海域預定航道



(b) 離岸風場區域

(外海波高3.64公尺、週期9.70秒、波向W)

圖7.1.1-10 設置後(6MW)夏季季風波浪場分佈圖

(2) 流場數值模式

本研究針對本計畫風場外海風場設置前後，分別進行流場之數值模擬分析，由於模式使用正方形格網，分別計算四個不同波浪條件下波場的分佈，包含兩個 50 年重現期颱風波浪條件，以及冬季、夏季季風波浪條件，其計算範圍及水深分布如圖 7.1.1-2 所示。波場模式輸入之颱風波浪條件參考表 6.2.2-4 各重現期所推算之颱風波浪，選擇 50 年重現期 NNE 向與 N 向颱風波浪之波高週期，表 6.2.2-5 NNE 向與 W 向之冬季、夏季季風波浪之波高週期，模擬彰化離岸風場外海海域波場變化，表 7.1.1-5 為數值模式初步計算條件與參數設定，模擬彰化離岸風場外海海域流場變化。

表 7.1.1-5 流場與地形變遷模式計算條件與參數

流場與地形變遷模式波浪計算條件與參數					
輸入條件	外海波高 (公尺)	週期 (秒)	波向	河口平均流速 (m/s)	河口輸砂 (cms)
颱風波浪	10.63	13.69	NNE	2.76 <sup>a</sup> 4.04 <sup>b</sup>	0.3451 <sup>a</sup> 0.5051 <sup>b</sup>
颱風波浪	10.70	13.74	N	2.76 <sup>a</sup> 4.04 <sup>b</sup>	0.3451 <sup>a</sup> 0.5051 <sup>b</sup>
冬季季風波浪	4.54	10.10	NNE	0.157 <sup>a</sup> 0.229 <sup>b</sup>	0.0197 <sup>a</sup> 0.0287 <sup>b</sup>
夏季季風波浪	3.64	9.70	W	0.157 <sup>a</sup> 0.229 <sup>b</sup>	0.0197 <sup>a</sup> 0.0287 <sup>b</sup>
收斂條件殘差 Err	0.001		底床摩擦係數 $C_f$	0.01	
底質平均濃度 $C_0$	0.04		底床孔隙率 $\lambda$	0.4	
底質顆粒密度 $\rho_d(kg/m^3)$	2650.0		海水密度 $\rho(kg/m^3)$	1033.0	
流場模式 Courant Number			0.9		
地形變遷模式 Courant Number			0.2		

註：上標 a 表示烏溪，上標 b 表示濁水。

A. 離岸風場設置前

圖 7.1.1-11 為 50 年重現期颱風波浪(外海波高 10.63 公尺、週期 13.69 秒、波向 NNE)作用下之平面流場分佈圖。圖 7.1.1-12 為 50 年重現期颱風波浪(外海波高 10.70 公尺、週期 13.74 秒、波向 N)作用下之平面流場分佈圖。圖 7.1.1-13 為冬季季風波浪(外海波高 4.54 公尺、週期 10.10 秒、波向 NNE)作用下之平面流場分佈圖。圖 7.1.1-14 為夏季季風波浪(外海波高 3.64 公尺、週期 9.70 秒、波向 W)作用下之平面流場分佈圖。整體結果顯示在颱風波浪作用下近岸流明顯區域大約在水深 0~20 公尺之間。本計畫風場範圍因水深有 20~55 公尺深，近岸流場均不明顯，僅局部地區有較大的流速，但均都小於 0.2 公尺/秒。

B. 離岸風場設置後(6MW)

圖 7.1.1-15 為 50 年重現期颱風波浪(外海波高 10.63 公尺、週期

13.69 秒、波向 NNE)作用下之平面流場分佈圖。圖 7.1.1-16 為 50 年重現期颱風波浪(外海波高 10.70 公尺、週期 13.74 秒、波向 N)作用下之平面流場分佈圖。圖 7.1.1-17 為冬季季風波浪(外海波高 4.54 公尺、週期 10.10 秒、波向 NNE)作用下之平面流場分佈圖。圖 7.1.1-18 為夏季季風波浪(外海波高 3.64 公尺、週期 9.70 秒、波向 W)作用下之平面流場分佈圖。整體結果顯示在颱風波浪作用下近岸流明顯區域大約在水深 0~20 公尺之間，本計畫風場範圍因水深有 20~55 公尺深，近岸流場均不明顯，僅局部地區有較大的流速，但均都小於 0.2 公尺/秒。受到風機基柱對波浪遮蔽的影響，風場範圍內部分區域流場流向受風機影響改變，流速大小有略小於離岸風場未設置前的情形。

#### C. 綜合評估

在本計畫風場的離岸風機設置後對流場影響，在近岸流場的部分所造成的影響幾乎可以說是微乎其微，對整個大環境的流場來說並沒因風場設置後有太大的變化。

### (3) 海岸變遷模式

本計畫首先針對本計畫風場的離岸風機設置前後，進行波高與流場之數值模擬分析。計算領域範圍之地型水深如圖 7.1.1-2 所示，根據表 7.1.1-5 數值模式計算條件與參數，模擬本計畫風場設置前後的地形變化，模擬的時間為 1 年。

#### A. 離岸風場設置前

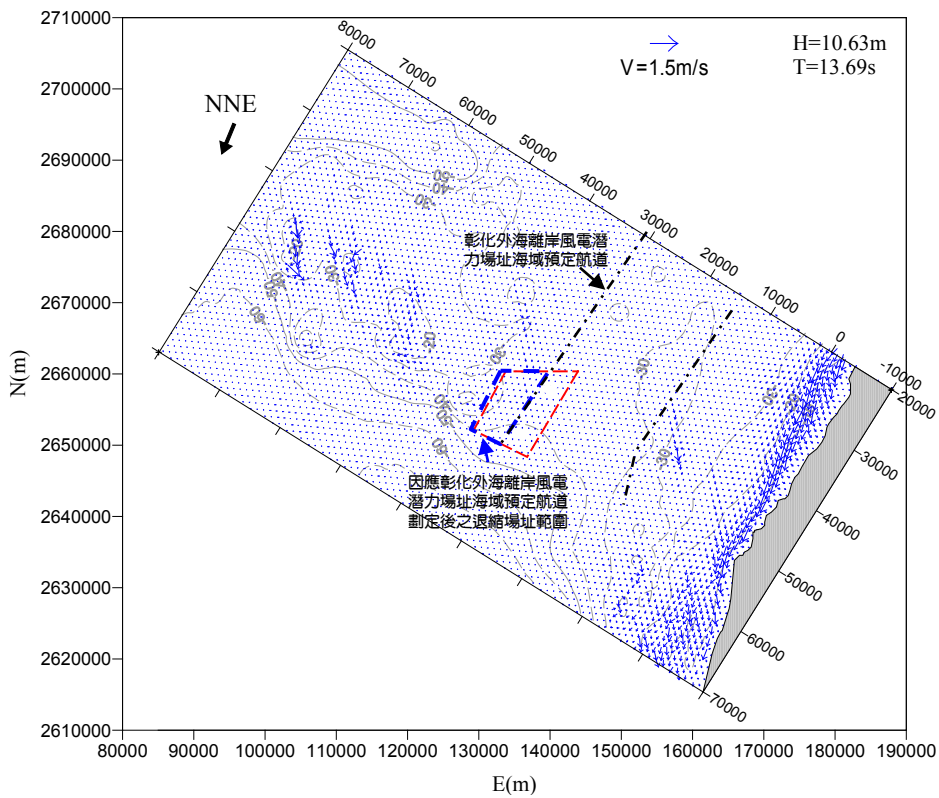
圖 7.1.1-19 為本計畫風場設置前數值模式模擬計算領域之地形侵淤變化的結果，整個計算範圍侵淤深度分佈約在  $\pm 0.3$  公尺之間，主要地形侵淤範圍約在水深 0~20 公尺之颱風引致近岸流卓越的區域。

#### B. 離岸風場設置後(6MW)

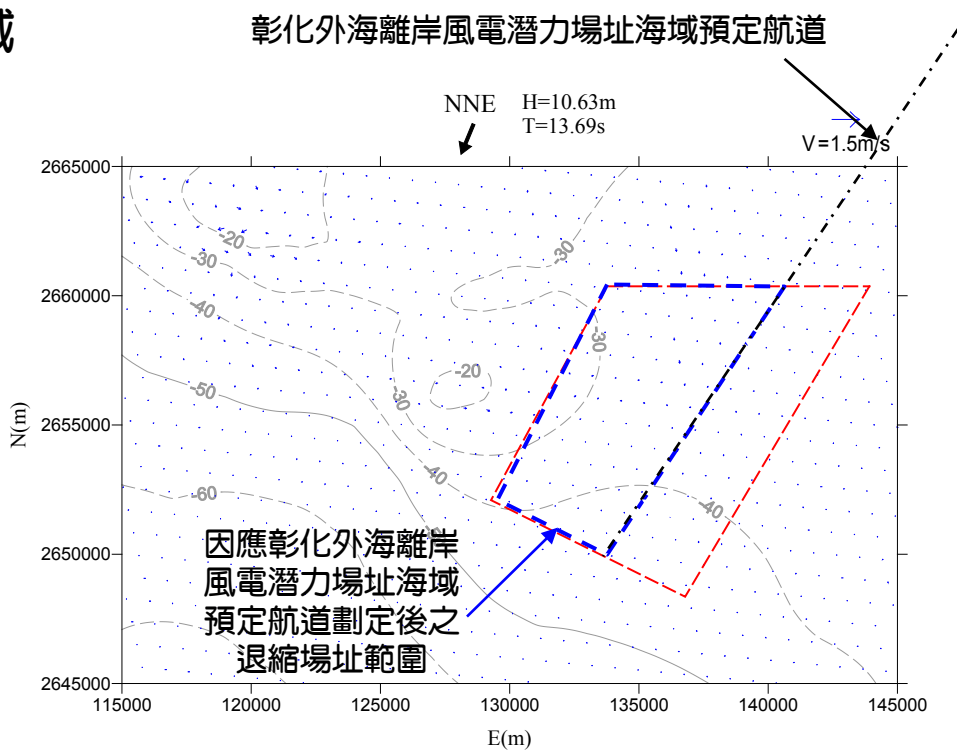
圖 7.1.1-20 為本計畫風場 6MW 風機設置後數值模式模擬計算領域之地形侵淤變化的結果。從模擬結果可以看到侵淤變化分佈的情形，整個計算範圍侵淤深度分佈約在  $\pm 0.3$  公尺之間，主要地形侵淤範圍約在水深 0~20 公尺之颱風引致近岸流卓越的區域。

#### C. 綜合評估

在本計畫風場風機設置後對地形侵淤變化的影響，由模擬結果可以看到影響的程度並不大，主要影響海岸地形變化的原因還是以近岸流為主。本計畫風場範圍距海岸線很遠，基本上流場對海岸地區地形變化的影響幾可忽略。另外，位於風場範圍之海域，在風場設置前後其地形變化幾乎無改變(低於  $\pm 0.1$  公尺)，僅局部極小區域有約  $\pm 0.3$  公尺之間之地形變遷，基本上流場對風場範圍地形變化的影響幾可忽略。



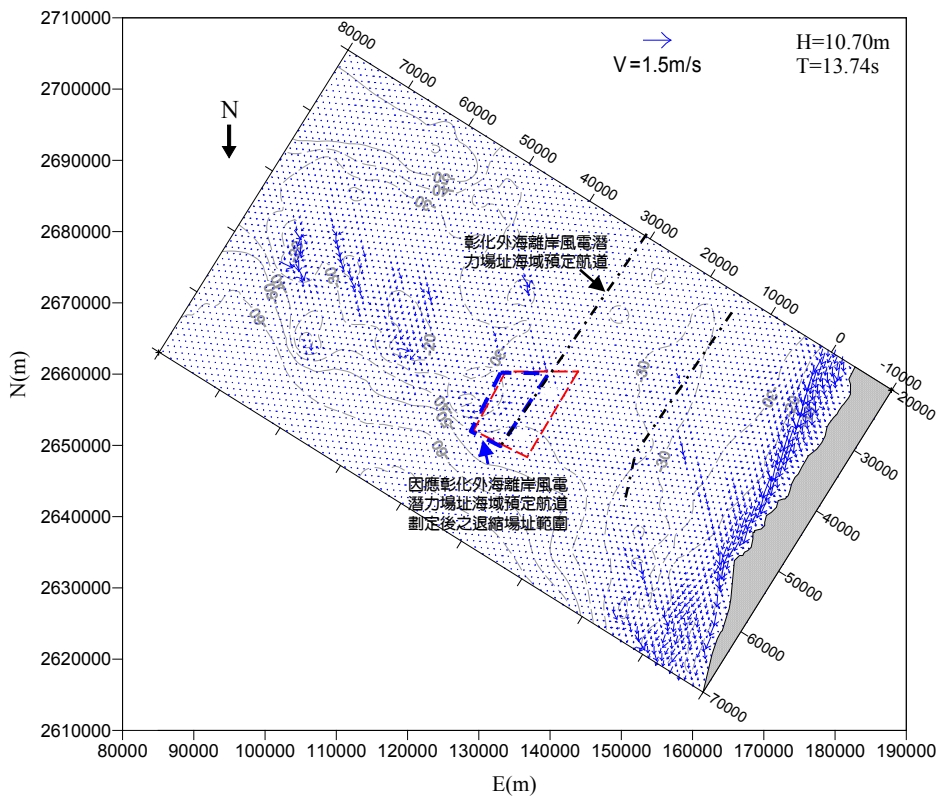
(a) 全域



(b) 離岸風場區域

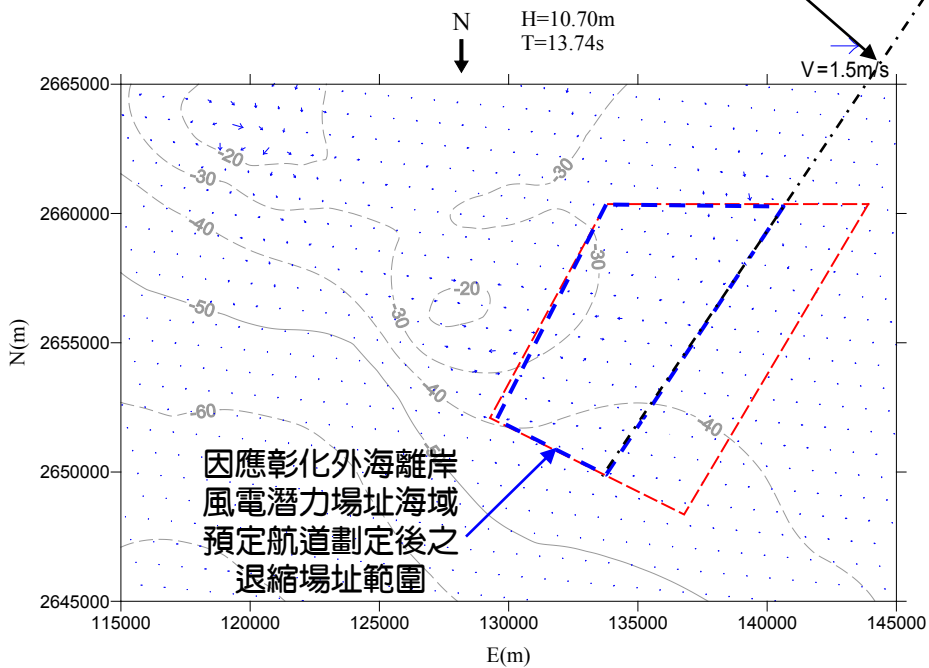
(外海波高10.63公尺、週期13.69秒、波向NNE)

圖7.1.1-11 設置前50年重現期颱風流場分佈圖



(a) 全域

彰化外海離岸風電潛力場址海域預定航道

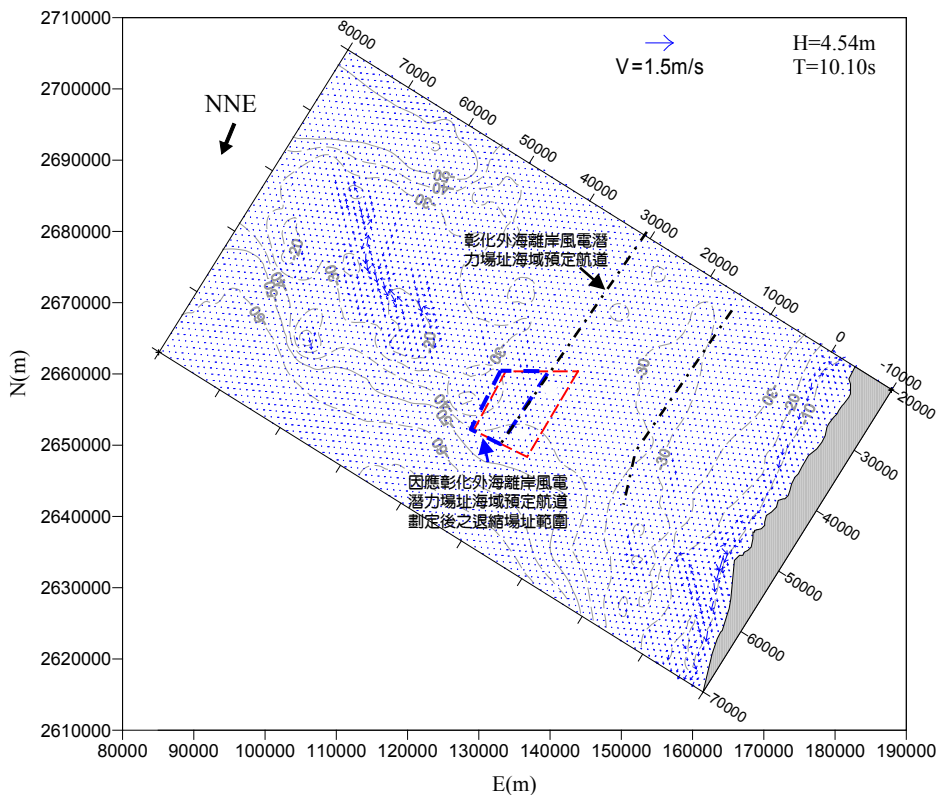


(b) 離岸風場區域

(外海波高10.70公尺、週期13.74秒、波向N)

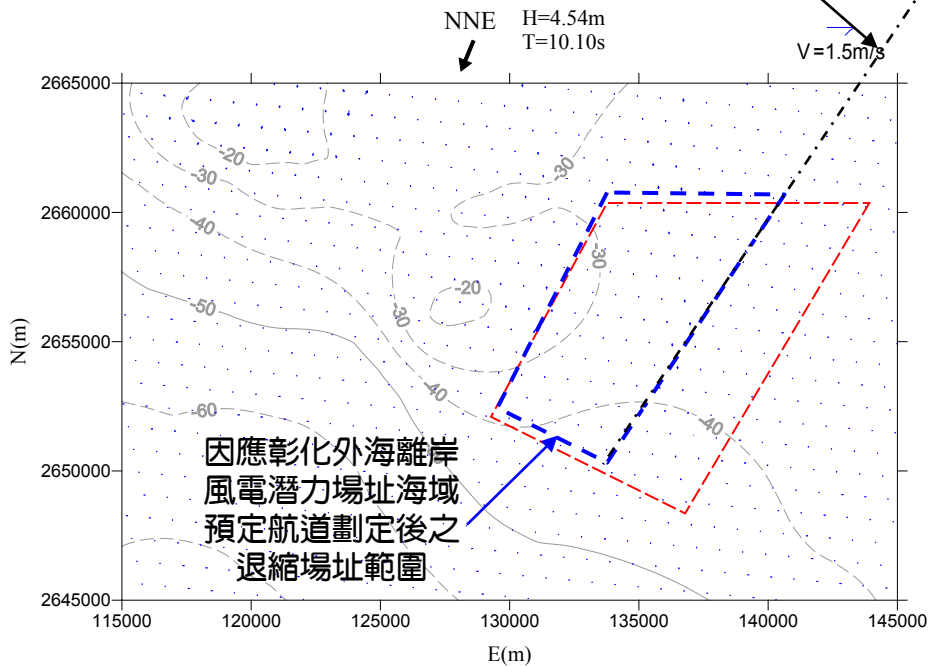
圖7.1.1-12 設置前50年重現期颱風流場分佈圖





(a) 全域

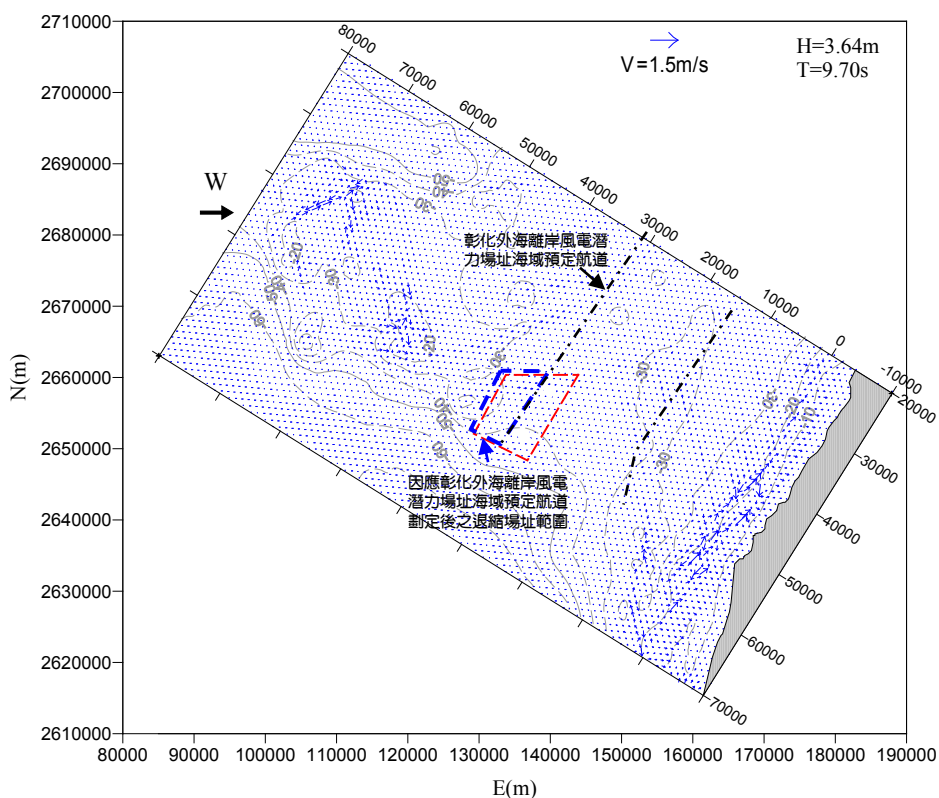
彰化外海離岸風電潛力場址海域預定航道



(b) 離岸風場區域

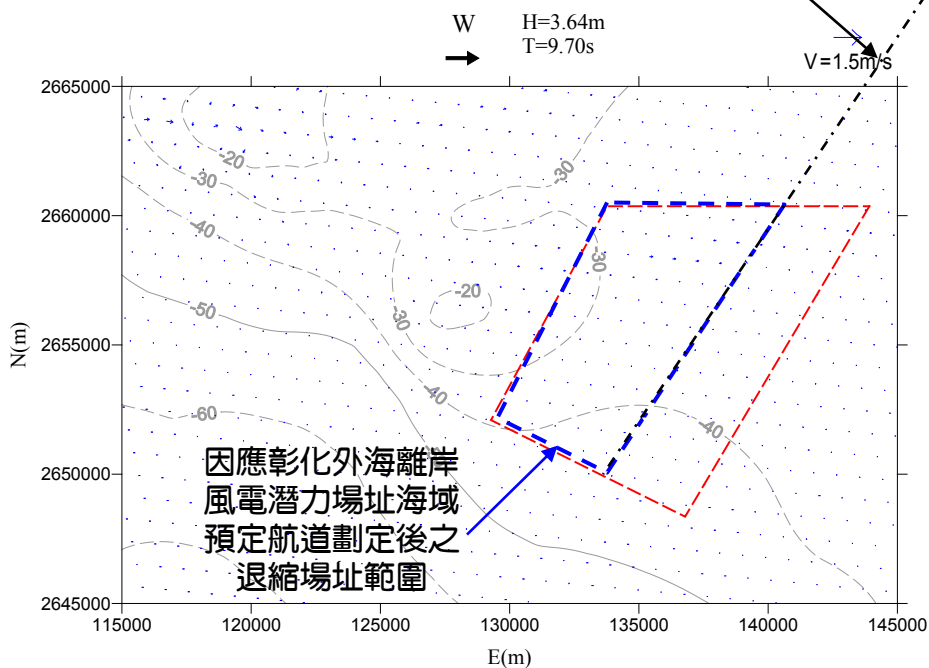
(外海波高4.54公尺、週期10.10秒、波向NNE)

圖7.1.1-13 設置前冬季季風流場分佈圖



(a) 全域

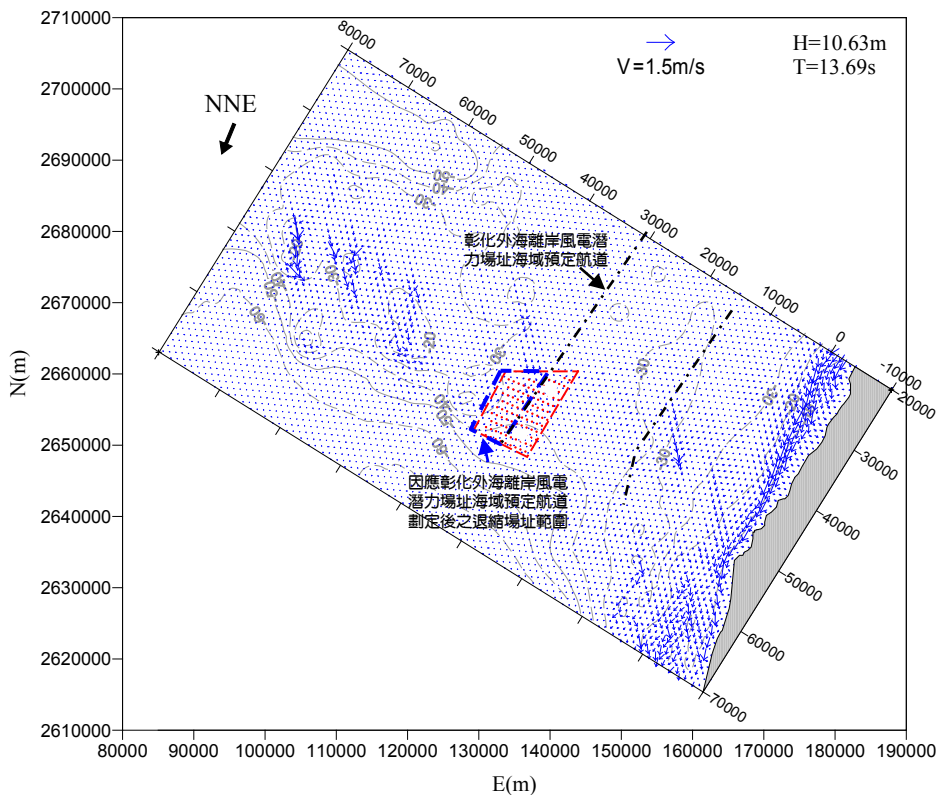
彰化外海離岸風電潛力場址海域預定航道



(b) 離岸風場區域

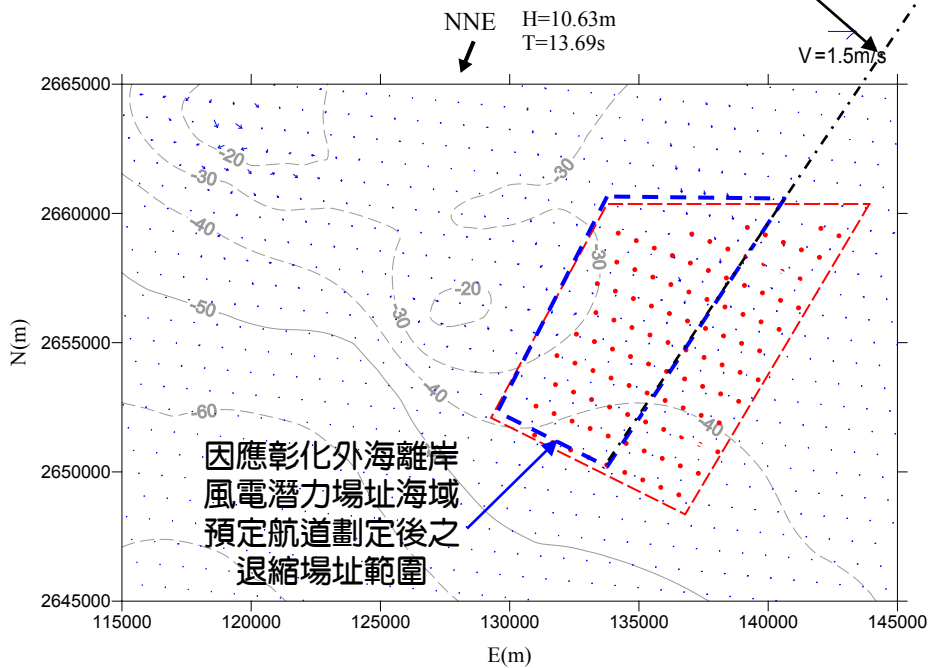
(外海波高3.64公尺、週期9.70秒、波向W)

圖7.1.1-14 設置前夏季季風流場分佈圖



(a) 全域

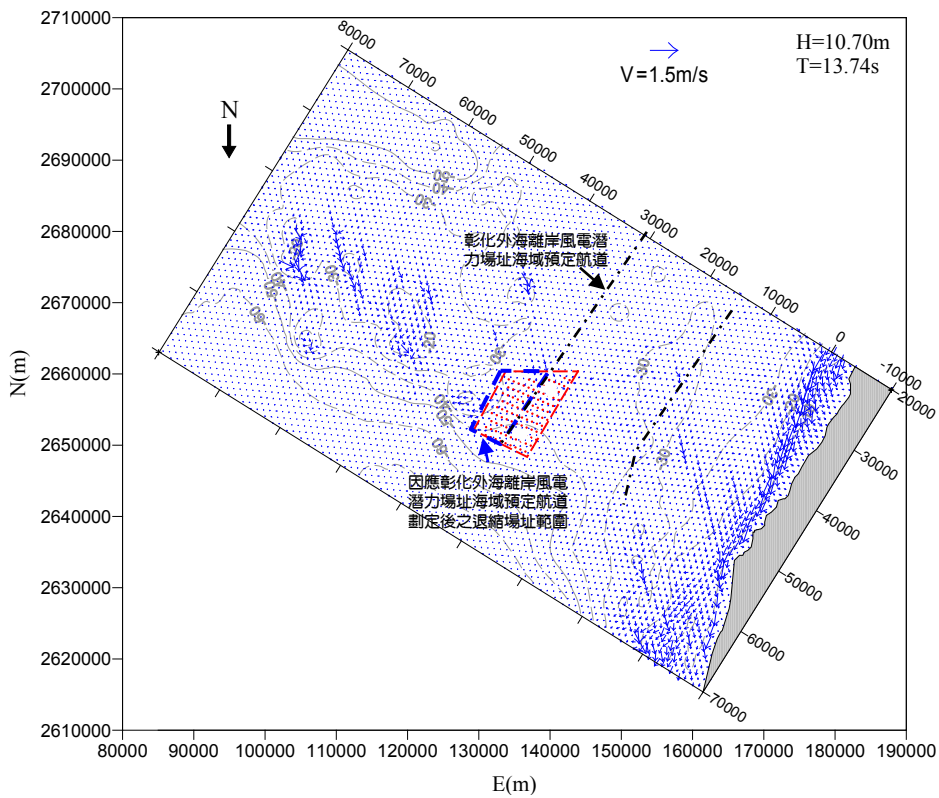
彰化外海離岸風電潛力場址海域預定航道



(b) 離岸風場區域

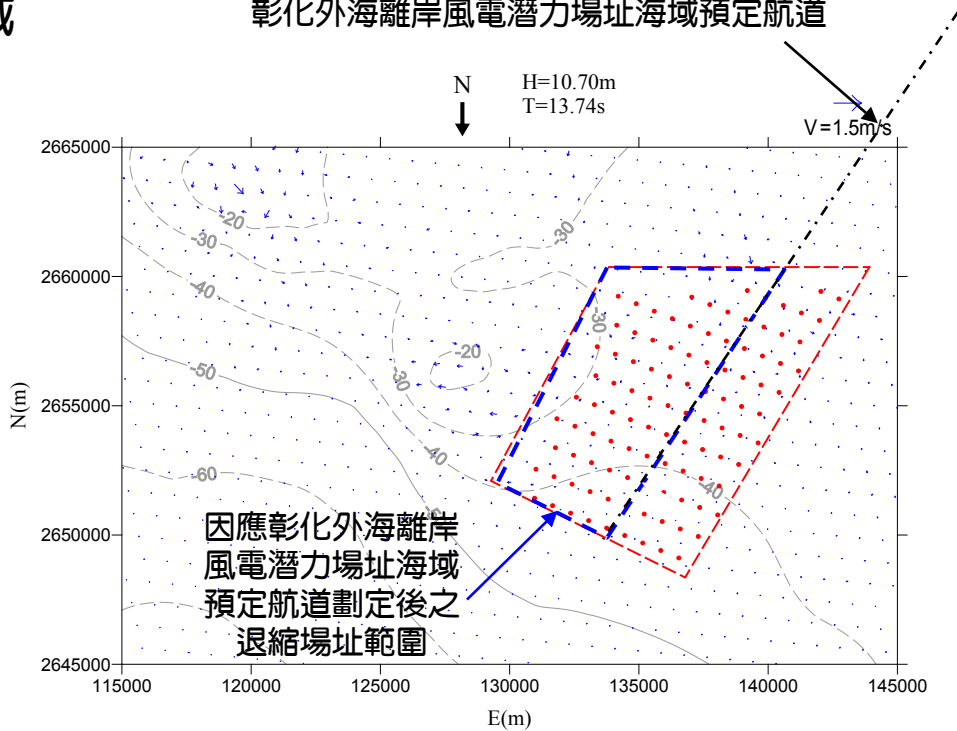
(外海波高10.63公尺、週期13.69秒、波向NNE)

圖7.1.1-15 設置後(6MW)50年重現期颱風流場分佈圖



(a) 全域

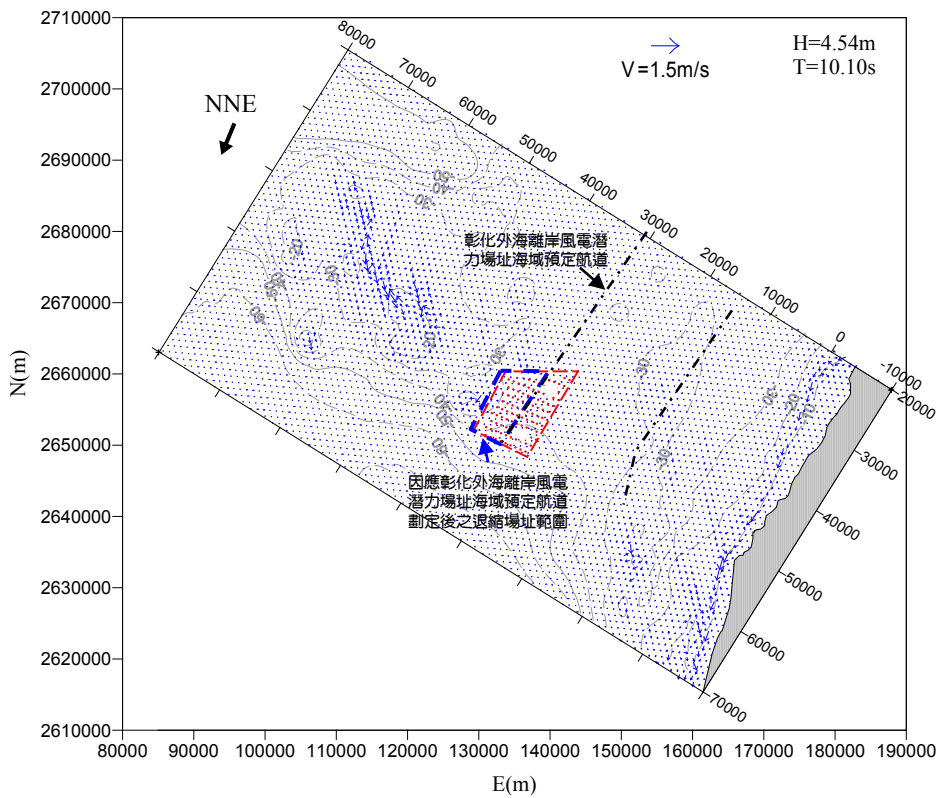
彰化外海離岸風電潛力場址海域預定航道



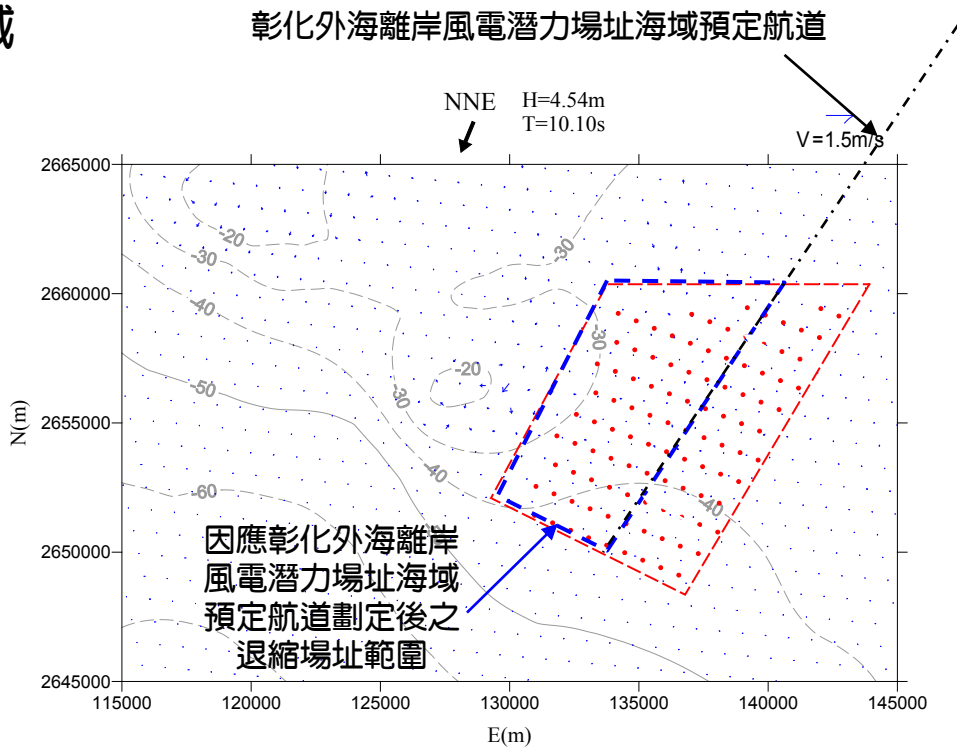
(b) 離岸風場區域

(外海波高10.70公尺、週期13.74秒、波向N)

圖7.1.1-16 設置後(6MW)50年重現期颱風流場分佈圖



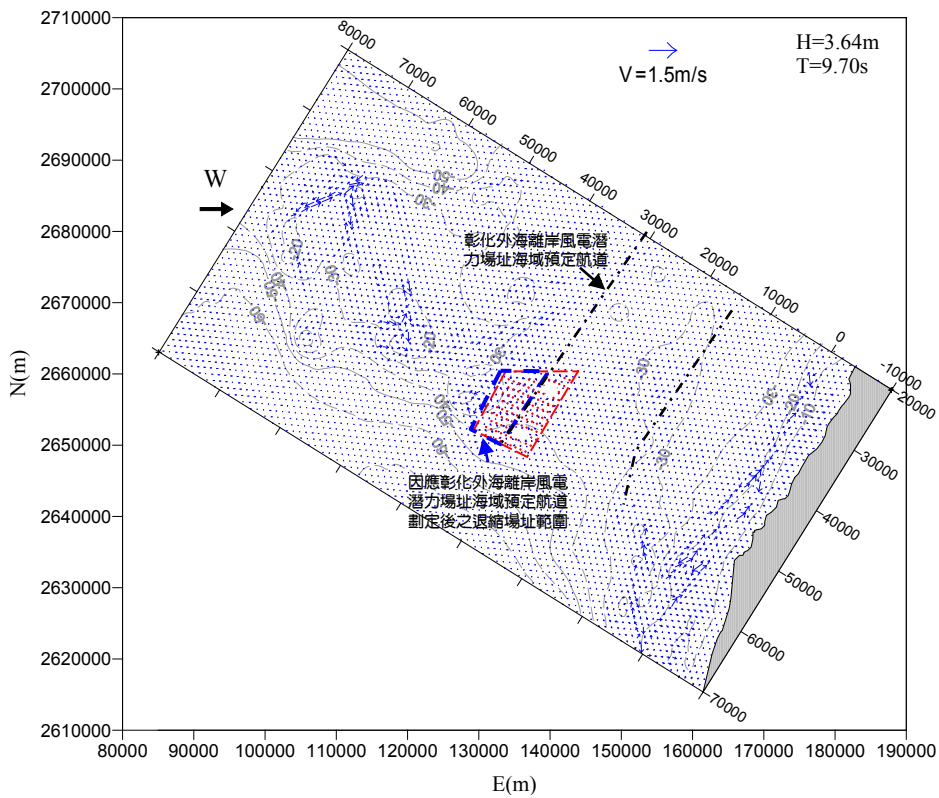
(a) 全域



(b) 離岸風場區域

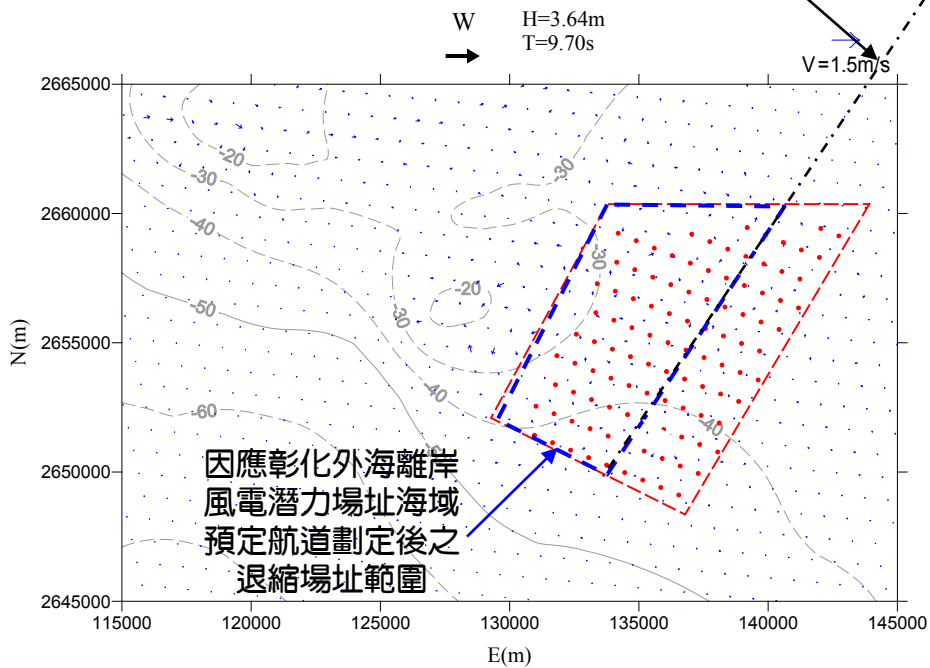
(外海波高4.54公尺、週期10.10秒、波向NNE)

圖7.1.1-17 設置後(6MW)冬季季風流場分佈圖



(a) 全域

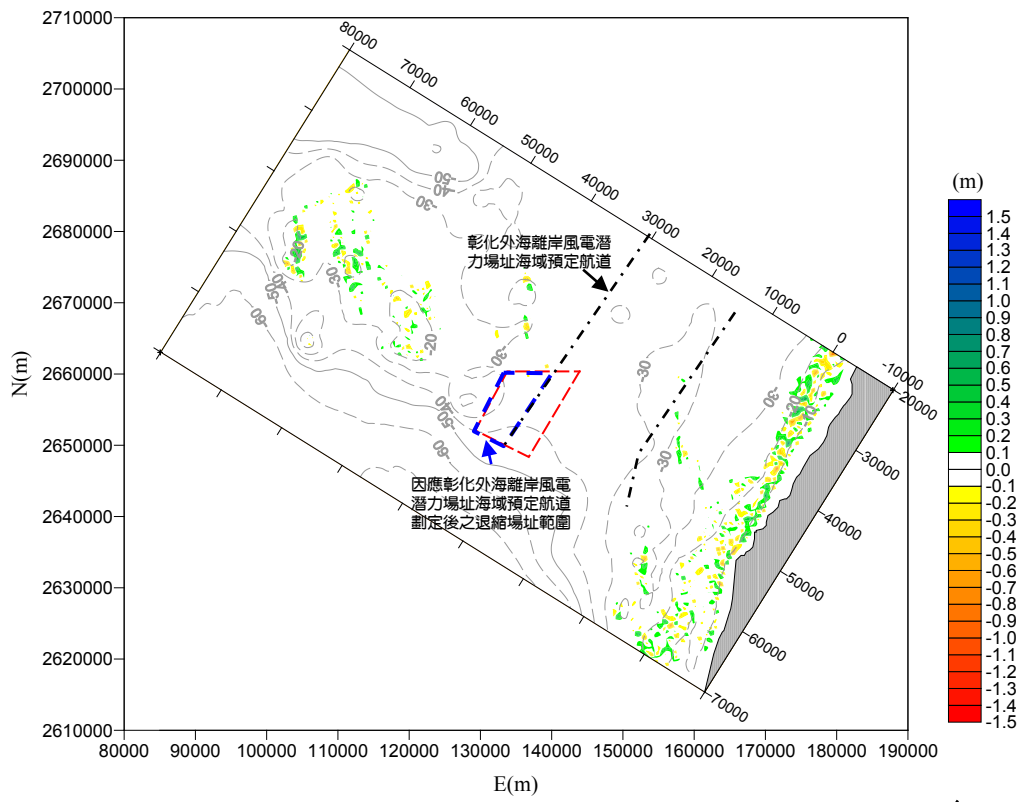
彰化外海離岸風電潛力場址海域預定航道



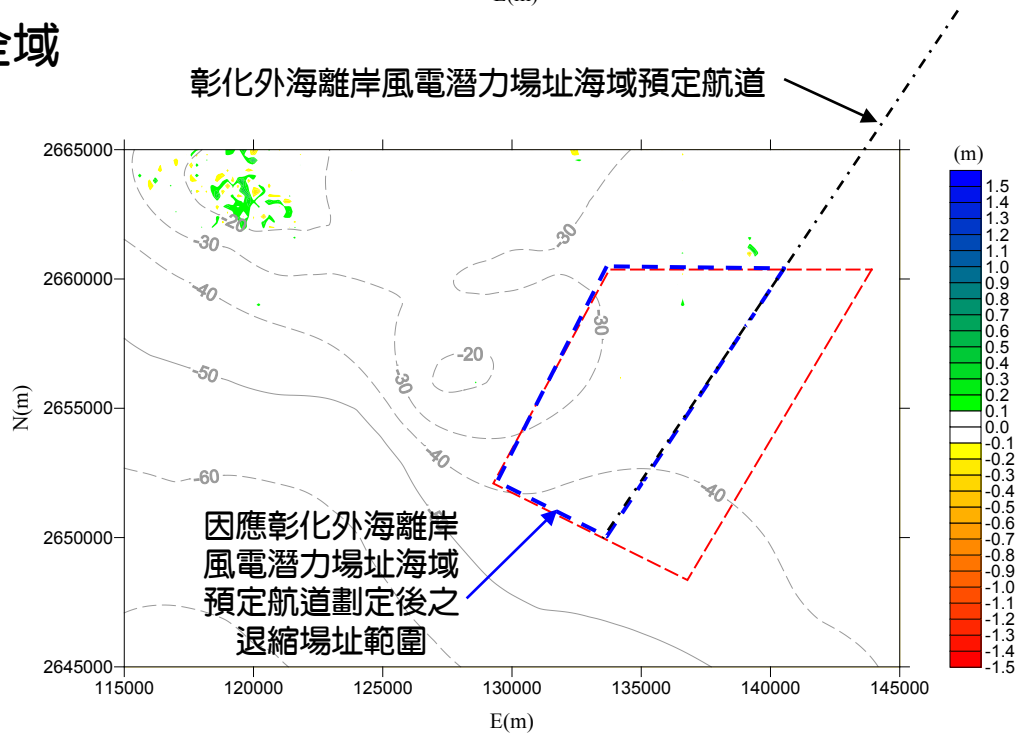
(b) 離岸風場區域

(外海波高3.64公尺、週期9.70秒、波向W)

圖7.1.1-18 設置後(6MW)夏季季風流場分佈圖

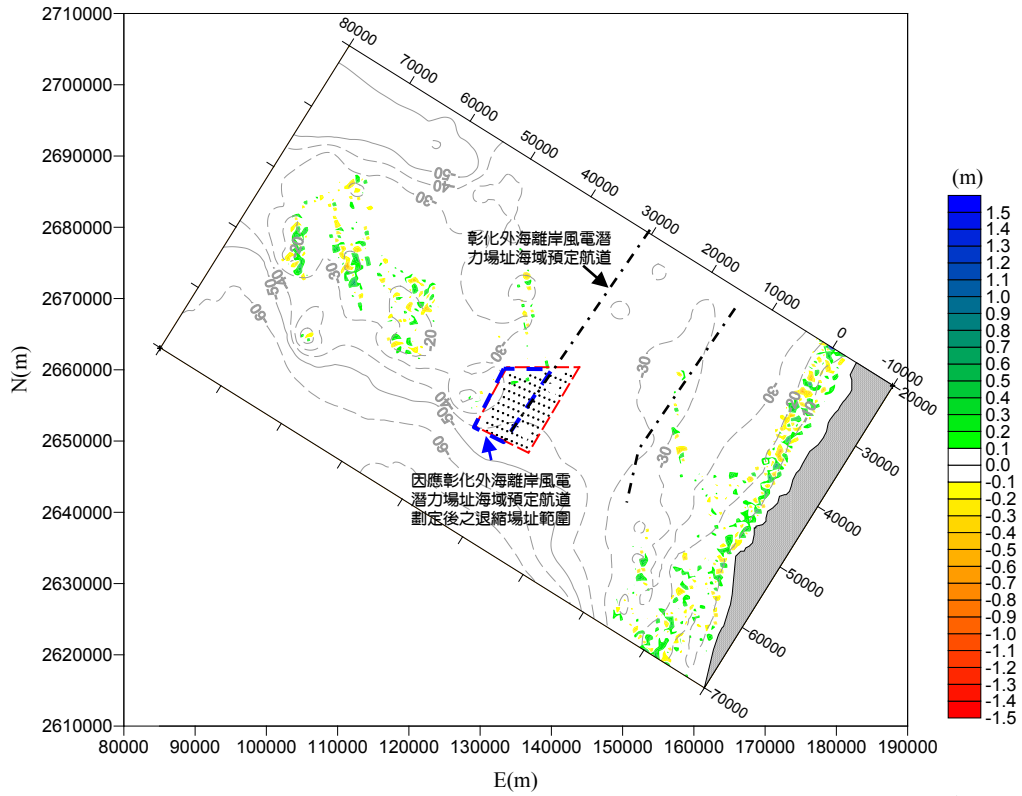


(a) 全域

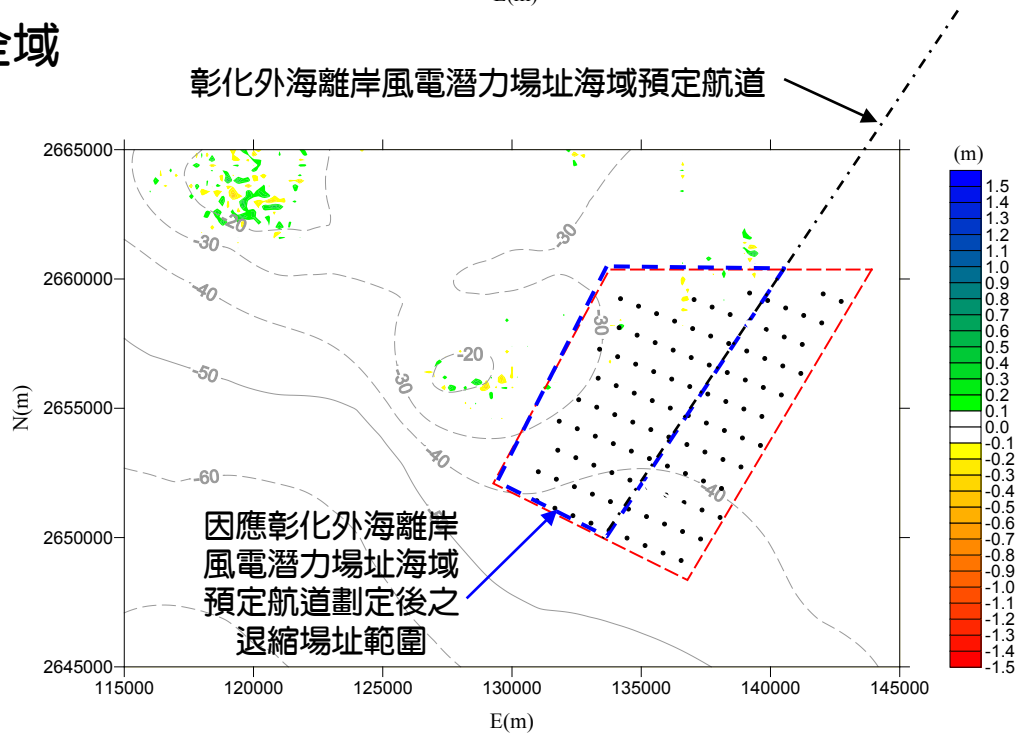


(b) 離岸風場區域

圖7.1.1-19 本計畫風場設置前附近海域數值模擬地形1年侵淤變化圖



(a) 全域



(b) 離岸風場區域

圖7.1.1-20 本計畫風場設置後(6MW)附近海域數值模擬地形1年侵淤變化圖



## 2. 風場設置後基礎附近地形變動分析

本研究計畫主要在探討本計畫風場開發對海洋環境所造成的影響，其中以風機支撐基礎於離岸風場設置後，海底床的侵蝕造成地形變動，對鄰近海域環境及海岸地形可能造成影響。數值模式計算的條件為參考五十年重現期颱風波浪條件及風機基礎之參數設定，模擬在 50 年重現期颱風波浪條件之波、流場作用及不同基礎配置下，支撐基礎四周地形所受之影響，進而了解風機基礎對於離岸風場海底地形變遷之影響以進一步提供環境影響評估之具體分析成果。本計畫針對離岸風場進行三維數值模擬，採用國立中央大學水文與海嘯科學研究所吳祚任教授所發展之 Splash3D 模式進行模擬。

為評估風機基礎對於離岸風場地形之影響，以本計畫風場五十年重現期颱風波浪條件（表 7.1.1-6），及風機基礎之初步設置圖（圖 7.1.1-21 及圖 7.1.1-22）及本計畫風場位置。依據上述資料進行情境模擬，水深方面分別為 30 公尺、40 公尺及 50 公尺水深。套筒基礎設置則為未補樁及補樁兩種設置，基礎之設置以圖 7.1.1-21 為基礎進行建模，套筒式基礎旁之補樁尺寸及位置則參考圖 7.1.1-22 設置。波浪條件方面則依不同風場區域而有兩種波浪條件。流況為波浪與海流同時存在之情況。本研究探討本計畫風場於兩種水深條件下，風機周圍之地形變遷情況，並比較未補樁及補樁時之地形變遷差異。

表 7.1.1-6 本計畫風場五十年重現期颱風於各水深之波浪條件

水深 (公尺)	30.00	40.00	50.00
波高 (公尺)	10.70	10.70	10.70
週期 (sec)	13.74	13.74	13.74
波向	N	N	N

### (1) 本計畫風場之風機周圍沖刷評估

本研究先探討於不同水深條件下地形變遷之情況，而後探討未補樁及補樁時風機周圍之沖刷分布。模擬之海流流速因考量安全係數之關係設定為 2.0 公尺/秒；波浪條件參考表 7.1.1-6 設定為波高 10.70 公尺，週期 13.74 秒。圖 7.1.1-23 及圖 7.1.1-24 為模擬設置圖，總模擬範圍  $X=0.0$  至  $X=1500.0$ ； $Y=-100.0$  至  $100.0$ ； $Z=-5.0$  至  $Z=70.0$ 。於  $Z=-5.0$  至  $0.0$  設置底泥。風機基礎周圍之範圍， $X=375.0$  至  $X=425.0$ ， $Y=-25.0$  至  $Y=25.0$  及  $Z=-5.0$  至  $Z=70$ ，網格解析度為 1.0 公尺。上游邊界為海流入流邊界，流速為 2.0 公尺/秒，並配合內造波機。下游邊界前設置消波區域以消除波浪之反彈，下游邊界則為靜水壓邊界。底床邊界為 No-Slip，上邊界為  $P=0$  開放邊界。於  $Z=-5.0$  至  $0.0$  設置底泥。

圖 7.1.1-25 為本計畫風場水深 30 公尺時之風機基礎周圍地形變化圖，圖中色階表示地形高程，單位公尺。半透明平面為水面。當 46.0 秒時風機基礎周圍有沖刷深度約 0.1 公尺之沖刷分布；而後 58 秒至 69 秒時風機周圍之沖刷分布無明顯改變。

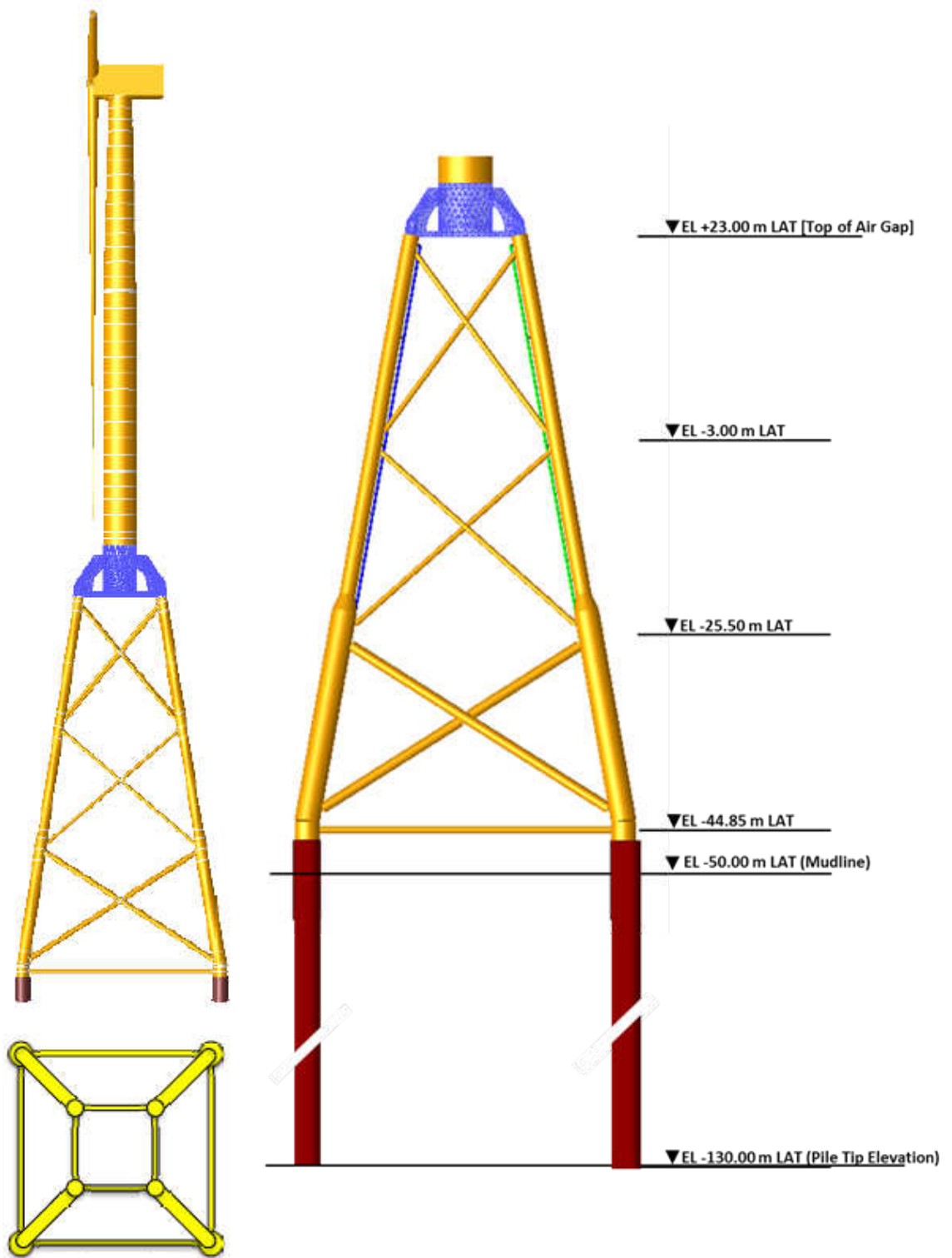


圖7.1.1-21 未補樁之套筒式基礎設置圖

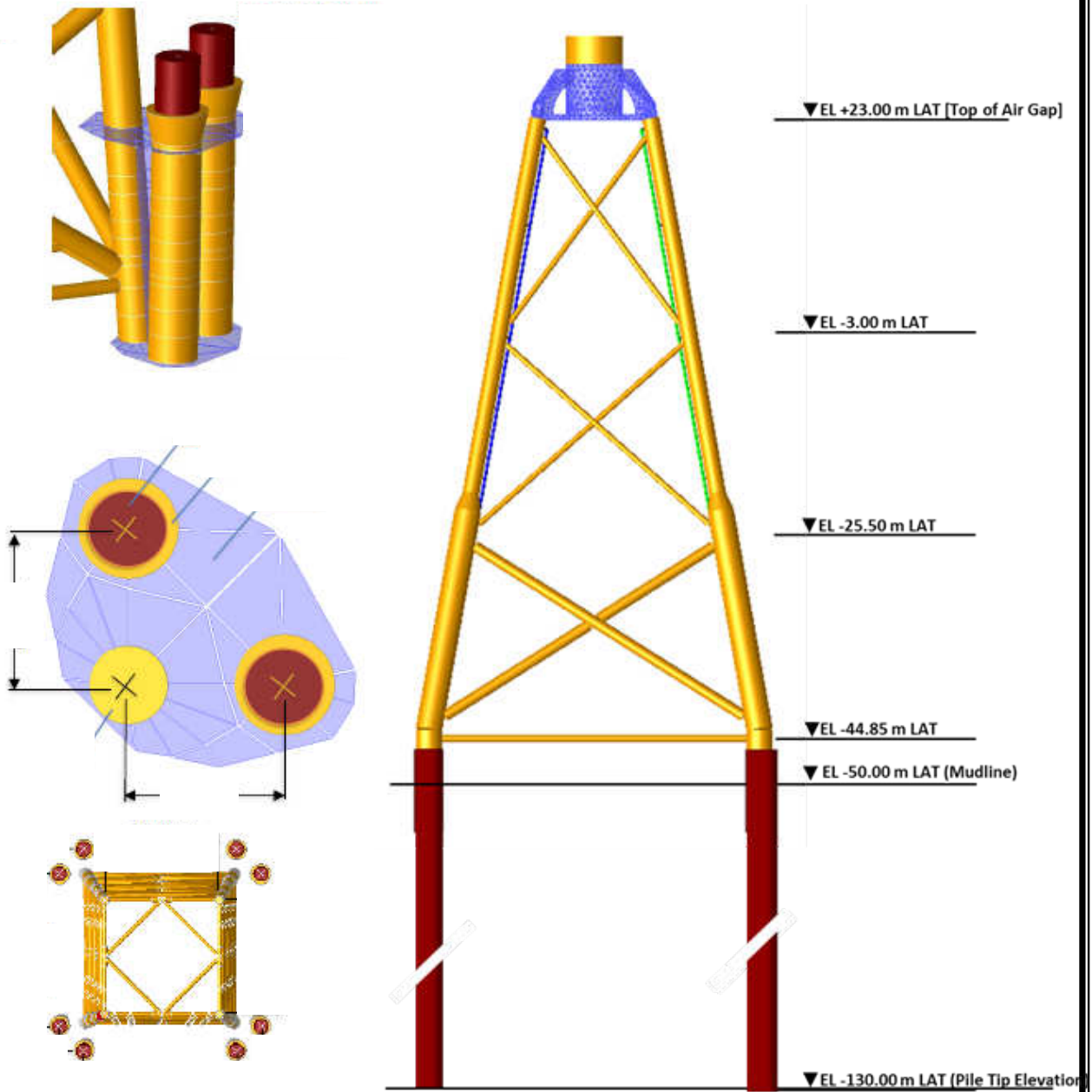


圖7.1.1-22 補樁之套筒式基礎示意圖

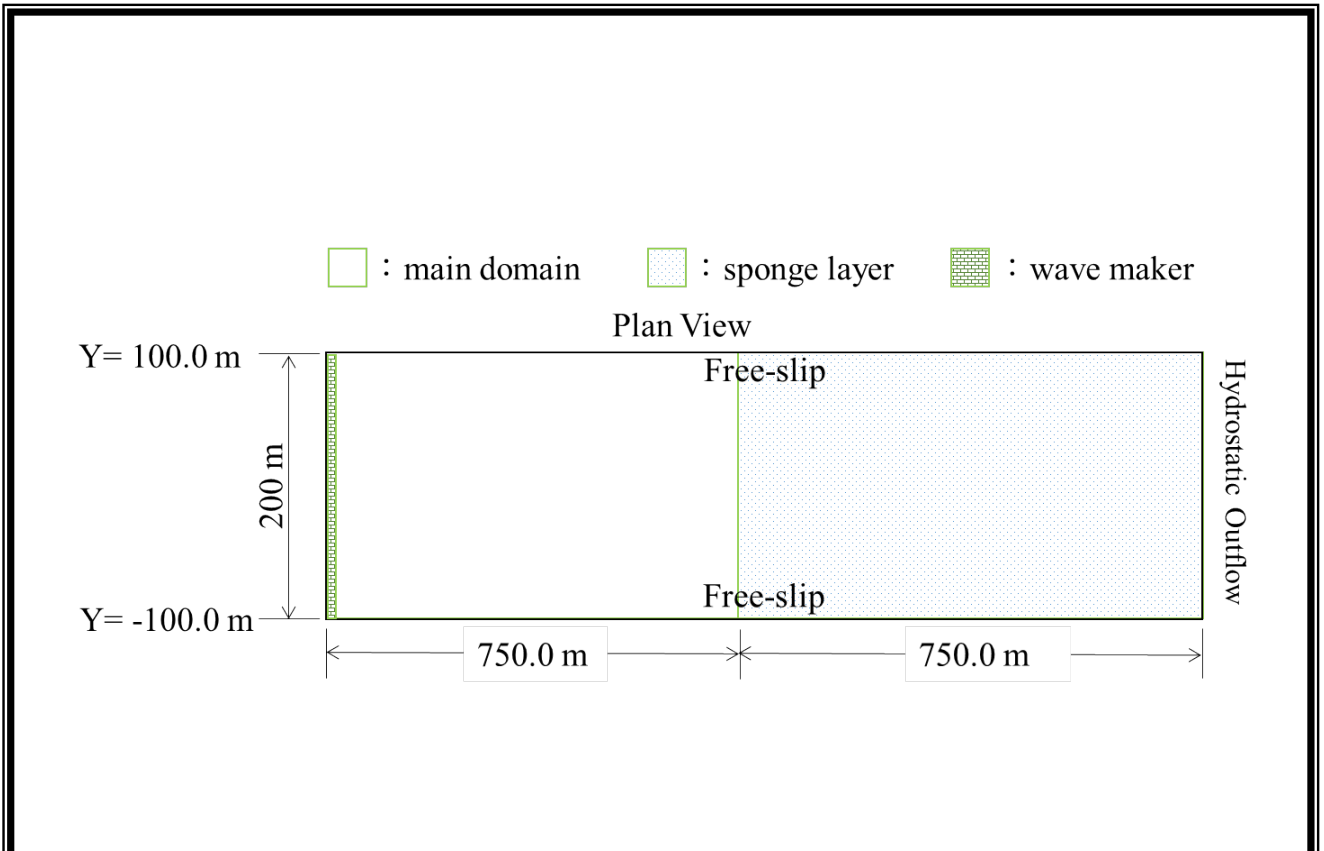


圖7.1.1-23 考慮波浪及海流之模擬上視圖

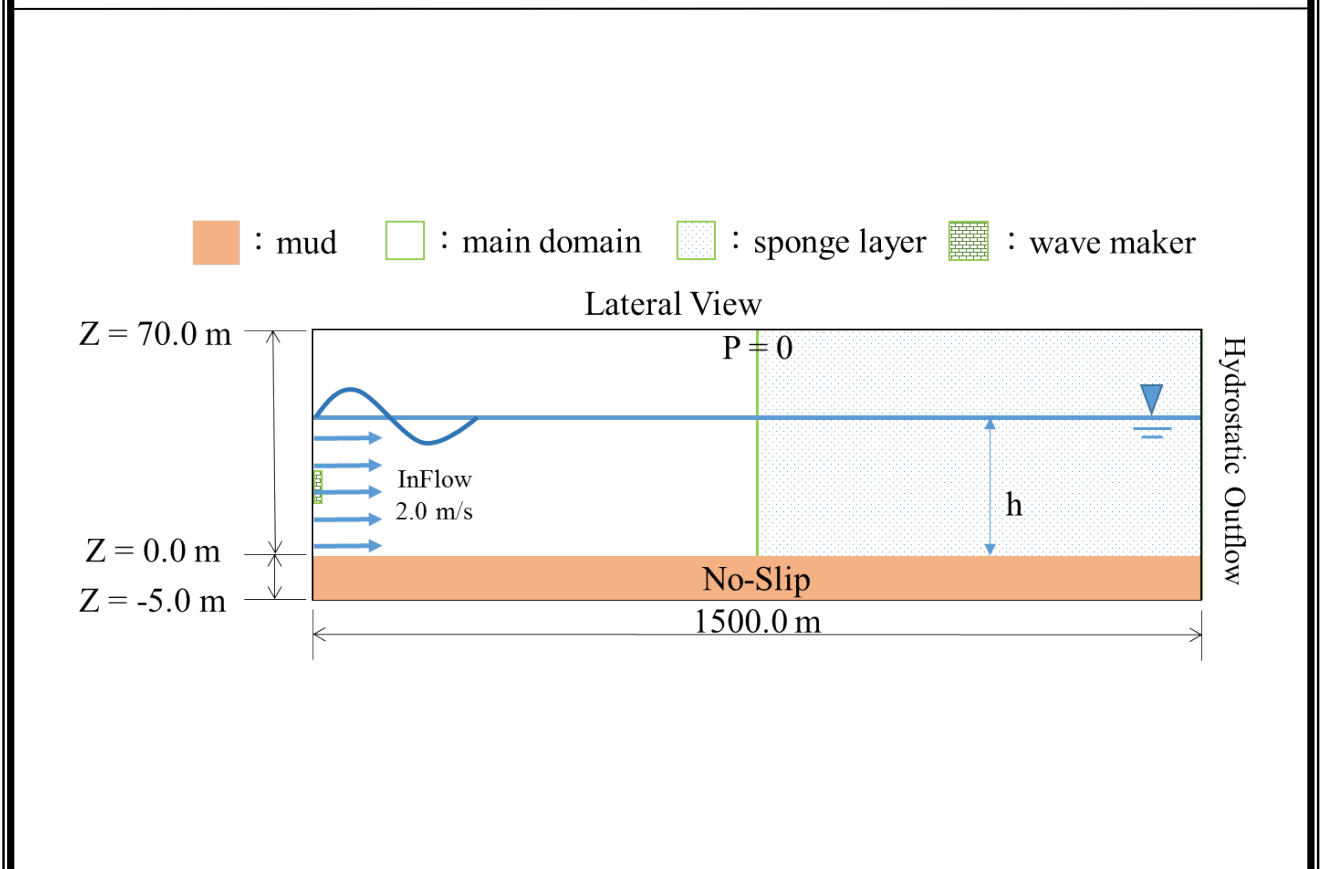
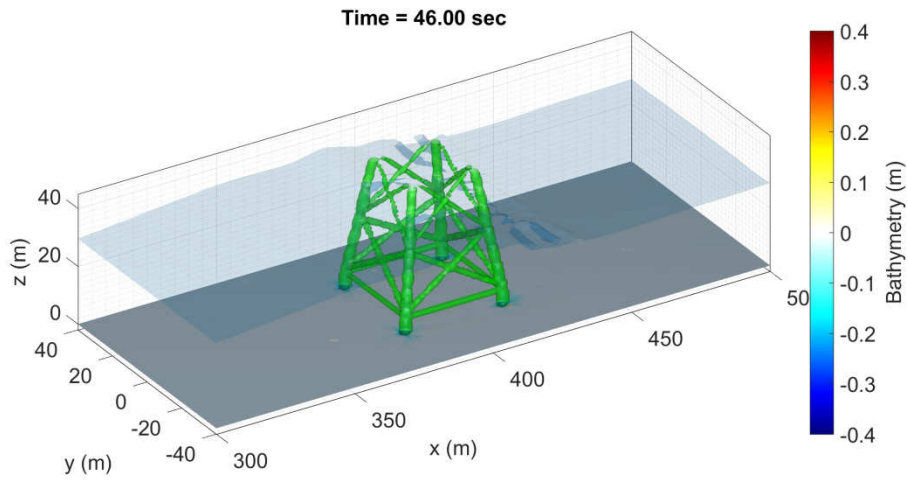
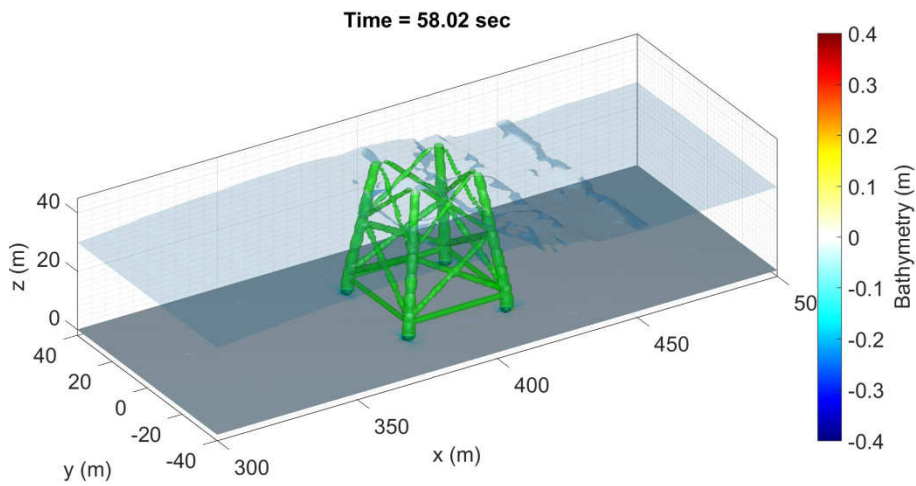


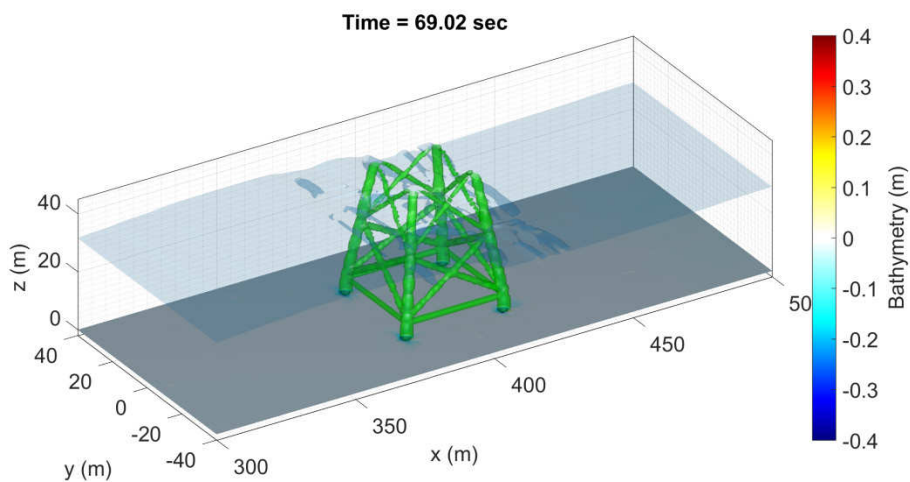
圖7.1.1-24 考慮波浪及海流之模擬側視圖



(a)46.0秒



(b)58.0秒



(c)69.0秒

註：圖中色階為地形高程，單位公尺。半透明平面為水面。

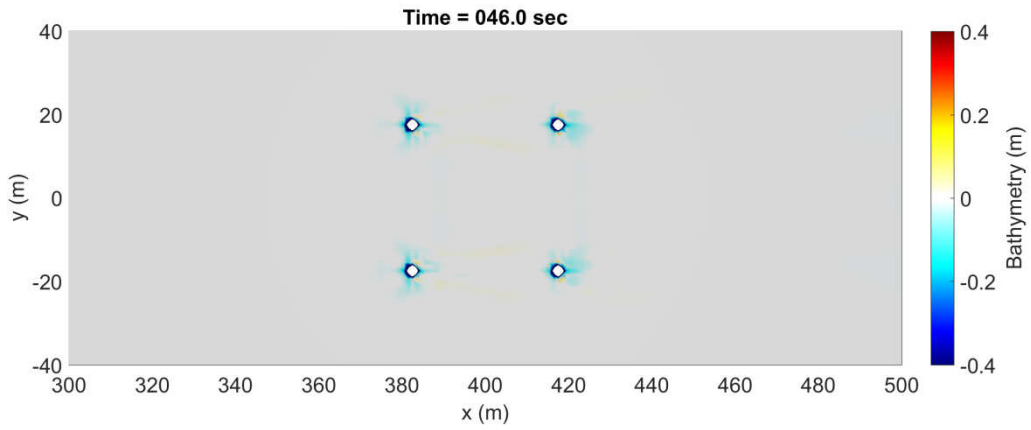
圖7.1.1-25 本計畫風場30公尺水深地形冲刷圖

圖 7.1.1-26 為以俯視角度觀看之地形沖刷分布圖，圖中色階表示地形高程，單位公尺。46.0 秒時，以風機基礎為中心向其四周延伸約 2 公尺長之沖刷分布，沖刷深度約 0.1 公尺，所占面積約為 4.0 平方公尺；下游側之風機基礎後方之有面積約 18.0 立方公尺之沖刷區域，沖刷深度約 0.1 公尺。58.0 秒時，風機基礎前方之沖刷分布變化不明顯。下游側風機基礎後方之沖刷區域由 46 秒時之  $Y=20.0$  至  $Y=15.0$  及  $Y=-15.0$  至  $-20.0$  縮小為  $Y=15.0$  至  $Y=17.0$  及  $Y=-15.0$  至  $Y=-17.0$ 。69.0 秒時，風機周圍之沖刷分布無明顯改變。

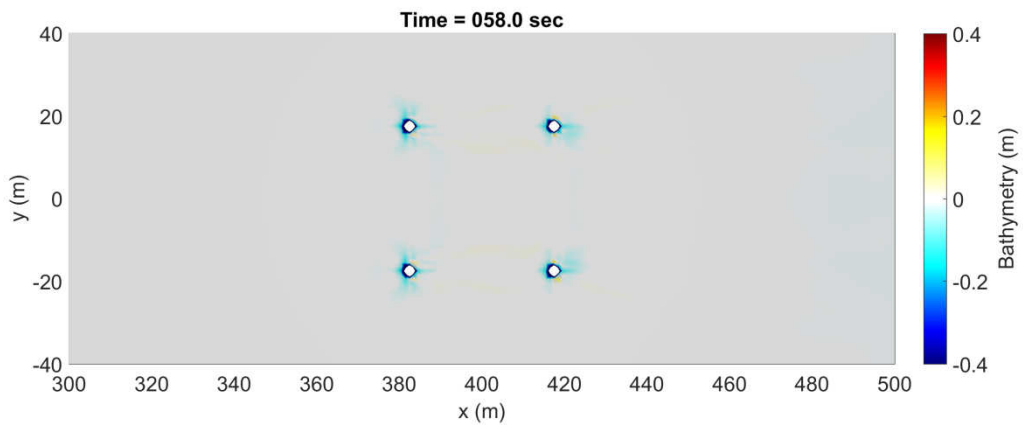
圖 7.1.1-27 為本計畫風場水深 40 公尺時之風機基礎周圍地形變化圖，圖中色階表示地形高程，單位公尺。半透明平面為水面。當 46.0 秒時風機基礎後方有沖刷深度約 0.1 公尺之沖刷區域；58.0 秒時基礎周圍之沖刷及堆積無明顯變化。69.0 秒時，上游側基礎之沖刷分布無明顯變化，基礎側邊有堆積高度 0.4 公尺之堆積區域；下游側基礎前方有沖刷深度約為 0.3 公尺之沖刷分布。基礎側邊有堆積高度 0.4 公尺之堆積分布。

圖 7.1.1-28 為俯視角度觀看之地形沖刷分布圖，圖中色階表示地形高程，單位公尺。46.0 秒時，上游側基礎前方  $X=380.0$  至  $X=381.2$ ， $Y=15.0$  至  $20.0$  及  $Y=-15.0$  至  $-20.0$  處有約 0.2 公尺之沖刷分布。基礎後方  $X=383.8$  至  $X=386.4$ ， $Y=16.5$  至  $19.0$  及  $Y=-16.5$  至  $Y=-19.0$  處，有沖刷分布，沖刷深度約為 0.2 公尺。基礎兩側  $X=382.5$  至  $X=384.0$ ， $Y=18.8$  至  $Y=20.0$ 、 $Y=15.8$  至  $Y=16.2$ 、 $Y=-15.8$  至  $Y=-16.2$  及  $Y=-18.8$  至  $Y=-20.0$  處，有堆積高度約為 0.1 公尺之堆積區域；下游側基礎後方  $X=418.8$  至  $421.4$ ， $Y=13.6$  至  $Y=20.0$  及  $Y=-13.6$  至  $Y=-20.0$  處，有扇形之沖刷分布，沖刷深度約為 0.1 公尺。基礎兩側  $X=417.0$  至  $X=418.0$ ， $Y=18.8$  至  $Y=20.0$  及  $Y=-18.8$  至  $Y=-20.0$  處有堆積區域，堆積高度約為 0.1 公尺。58.0 秒時，上游側基礎前方沖刷區域無明顯變化。基礎兩側之堆積區域，堆積高度約為 0.3 公尺。基礎後方之沖刷分布無明顯變化；下游側基礎前方之沖刷區域範圍變為  $X=413.1$  至  $416.2$ ， $Y=16.0$  至  $19.0$  及  $Y=-16.0$  至  $-19.0$ ，沖刷深度約 0.2 公尺。基礎兩側之堆積範圍，

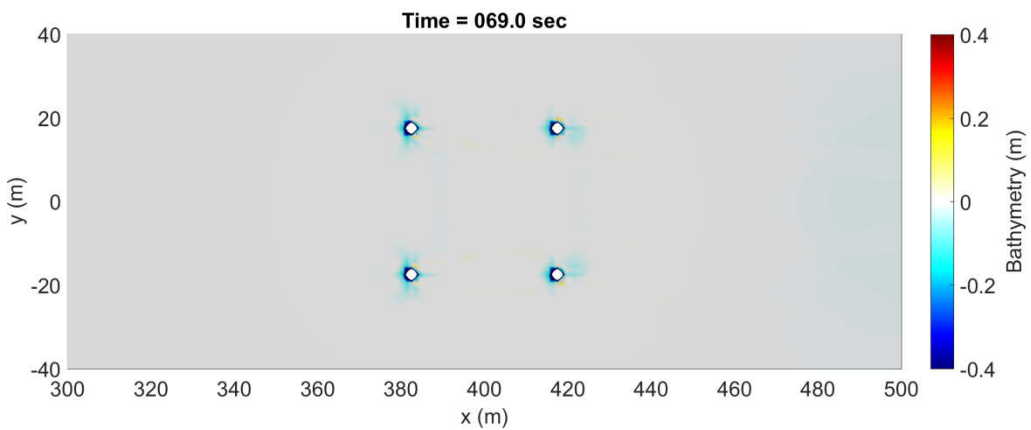
$X$  方向改為  $X=413.1$  至  $416.2$ ， $Y$  方向範圍無改變，堆積高度約 0.2 公尺。基礎後方之沖刷分布  $X$  方向範圍未改變， $Y$  方向範圍縮小為  $Y=13.6$  至  $Y=17.5$  及  $Y=-13.6$  至  $Y=-17.5$ ，沖刷深度約為 0.1 公尺。69.0 秒時，上游側基礎前方之沖刷區域範圍不變，沖刷深度約為 0.2 公尺。兩側之堆積區域範圍無變化，堆積高度則兩側皆約為 0.4 公尺；下游側基礎前方之沖刷區域範圍無改變，沖刷深度約 0.4 公尺。後方之沖刷分布無明顯變化，沖刷深度低於 0.1 公尺。基礎外側  $X=417.5$  至  $X=418.8$ ， $Y=17.5$  至  $Y=18.8$  及  $Y=-17.5$  至  $Y=-18.8$  則有堆積高度 0.4 公尺之堆積區。



(a)46.0秒



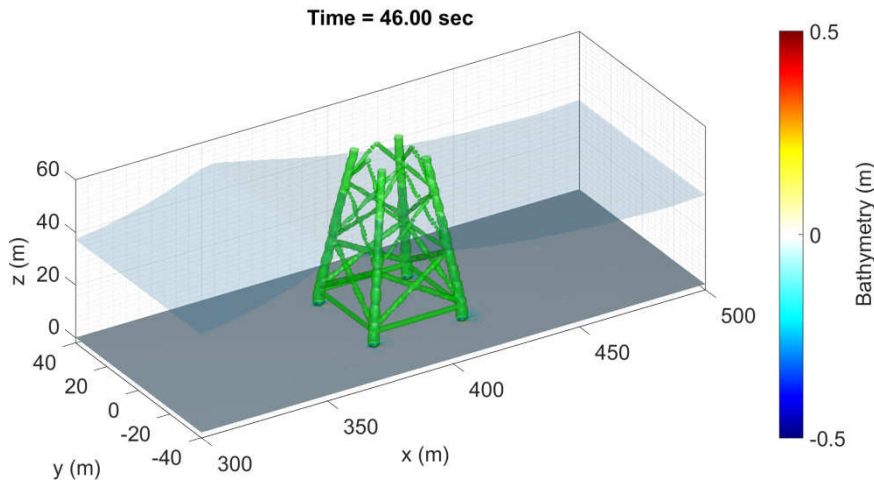
(b)58.0秒



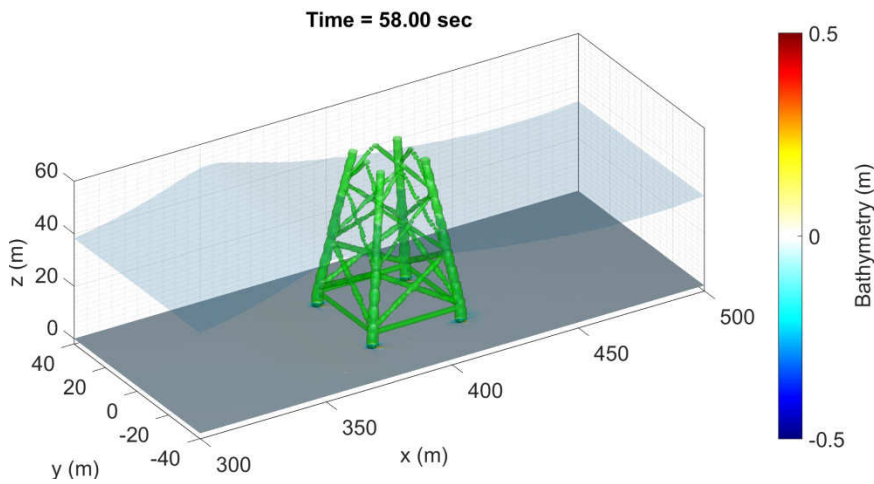
(c)69.0秒

註：圖中色階為地形高程，單位公尺。

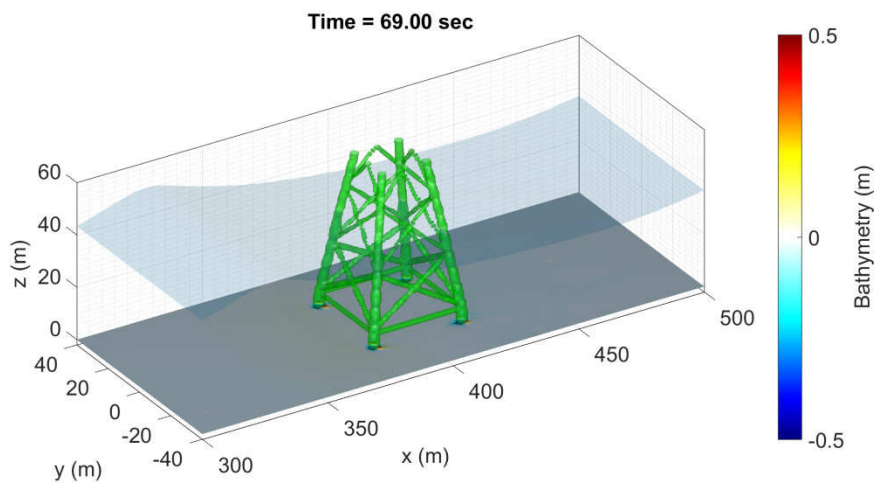
圖7.1.1-26 本計畫風場30公尺水深地形沖刷上視圖



(a)46.0秒



(b)58.0秒

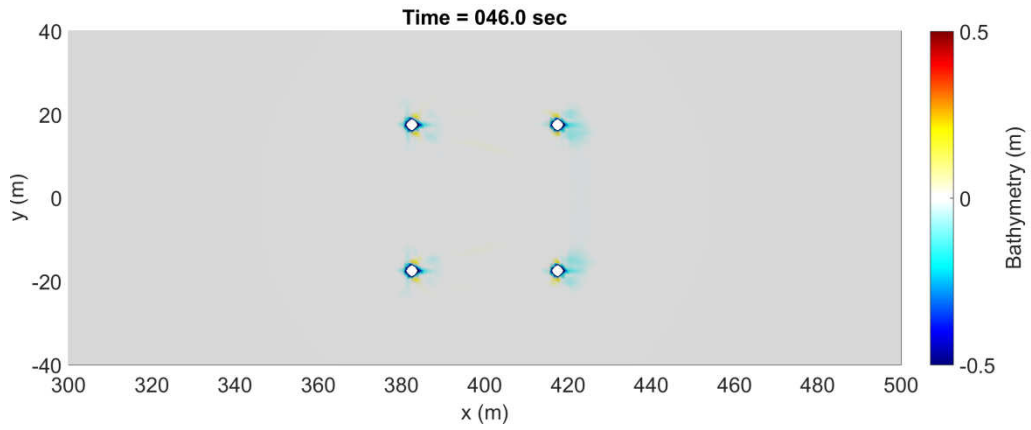


(c)69.0秒

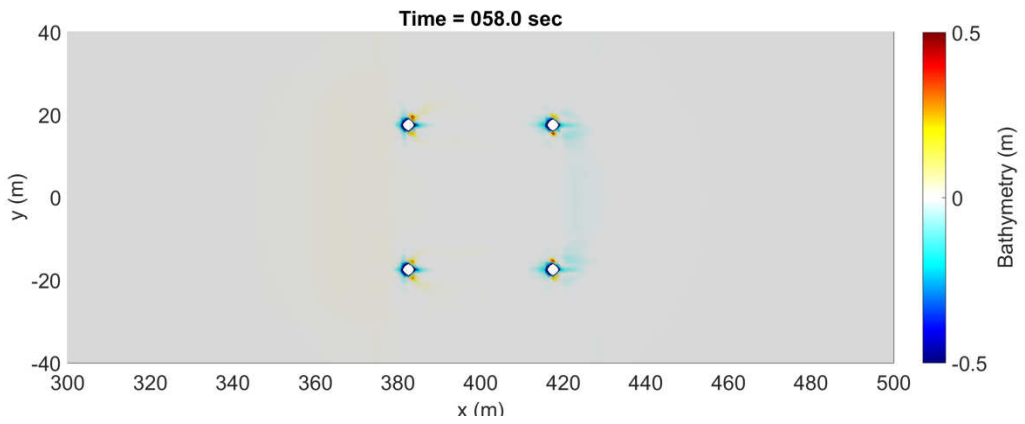
註：圖中色階為地形高程，單位公尺。半透明平面為水面。

圖7.1.1-27 本計畫風場40公尺水深地形沖刷圖

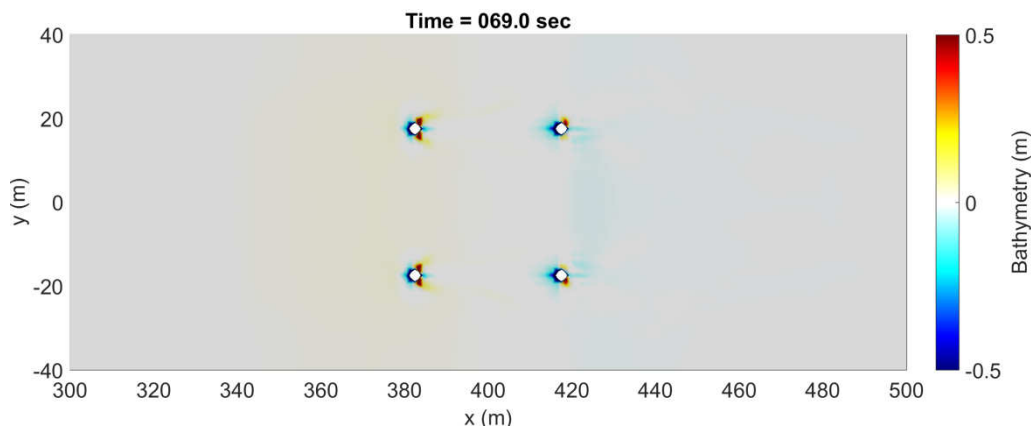




(a)46.0秒



(b)58.0秒



(c)69.0秒

註：圖中色階為地形高程，單位公尺。

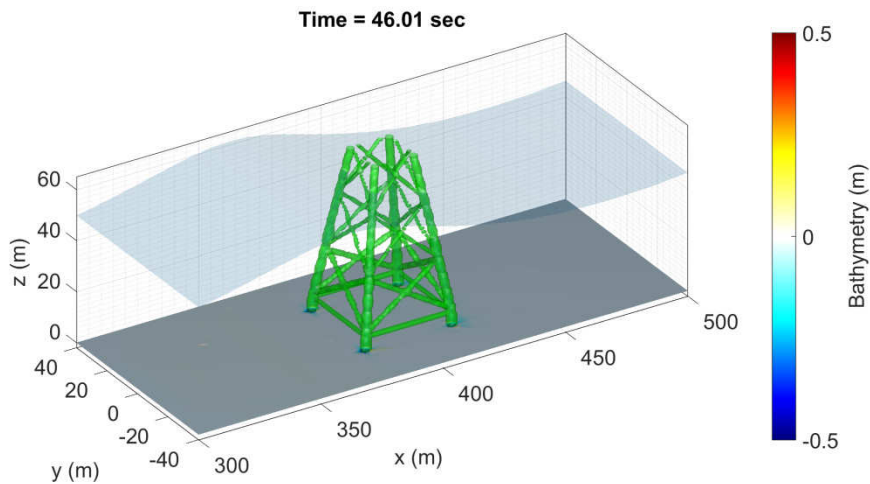
圖7.1.1-28 本計畫風場40公尺水深地形冲刷上視圖

圖 7.1.1-29 為本計畫風場水深 50 公尺時之風機基礎周圍地形變化圖，圖中色階表示地形高程，單位公尺。半透明平面為水面。46.0 秒時，上游側基礎前有沖刷深度約 0.1 公尺之沖刷分布；下游側基礎後方有沖刷深度 0.2 公尺之沖刷區域。58.0 秒時上游側基礎側邊有堆積高度約 0.1 公尺之堆積區；下游側基礎前方出現沖刷深度約 0.2 公尺之沖刷分布，後方之沖刷分布無明顯變化。69.0 秒時，上游側基礎前方之沖刷分布，沖刷深度加深至 0.5 公尺。上游側基礎後堆積高度約 0.4 公尺之堆積區；下游側基礎周圍則有沖刷深度約 0.25 公尺之沖刷分布。

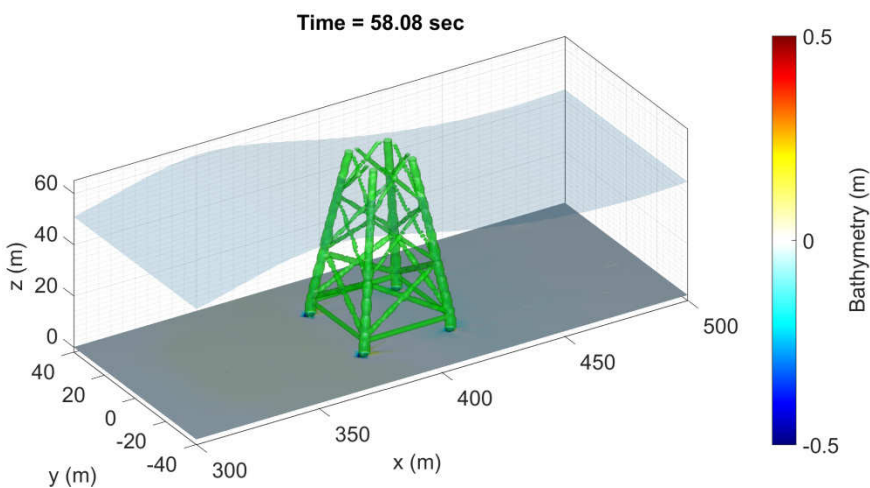
圖 7.1.1-30 為本計畫風場 50 公尺水深時之地形沖刷上視圖，圖中色階表示地形高程，單位公尺。46.0 秒時，上游側風機基礎前方 X=381.2 至 X=380.0，Y=15.5 至 Y=19.5 及 Y=-15.5 至 Y=-19.5 處，有沖刷深度 0.1 公尺之沖刷分布，上游側基礎後方 X=383.8 至 X=387.8 之沖刷分布，沖刷深度約 0.1 公尺；下游側基礎後方 X=418.8 至 421.8，Y=15.5 至 Y=19.0 及 Y=-15.5 至 -19.0 處，有沖刷深度約 0.1 公尺之沖刷分布。58.0 秒時，上游側基礎前方 X=378.2 至 X=381.2，Y=15.0 至 Y=20.0 及 Y=-15.0 至 Y-20.0 處，有沖刷深度 0.25 公尺之沖刷區域。基礎後方 X=383.8 至 X=386.8，Y=17.0 至 Y=18.8，Y=-17.0 至 -18.8 處，有堆積高度約 0.1 公尺之堆積區；下游側基礎前方 X=410.2 至 X=416.2，Y=14.0 至 Y=21.0 及 Y=-14.0 至 Y-21.0 處，有沖刷深度 0.2 公尺之沖刷區域。基礎後方之沖刷分布無變化。69.0 秒時，上游側基礎前方之沖刷分布範圍無明顯變化，但其沖刷深度達 0.5 公尺。基礎後方之堆積區域，堆積高度增加至 0.4 公尺；下游側基礎之沖刷情況無特別變化。

圖 7.1.1-31 為本計畫風場水深 30 公尺補樁後之地形沖刷圖。圖中色階表示地形高程，單位公尺。圖中半透明平面為水面。46.0 秒時，基礎前方有堆積高度約 1.0 公尺之堆積區，基礎後方則有沖刷深度約 0.5 公尺之沖刷分布。58.0 秒時，沖刷及堆積之分布位置，無顯著改變。但基礎前方之堆積區，堆積高度降至 0.75 公尺。69.0 秒時，基礎前方之堆積區域，堆積高度已低於 0.5 公尺。

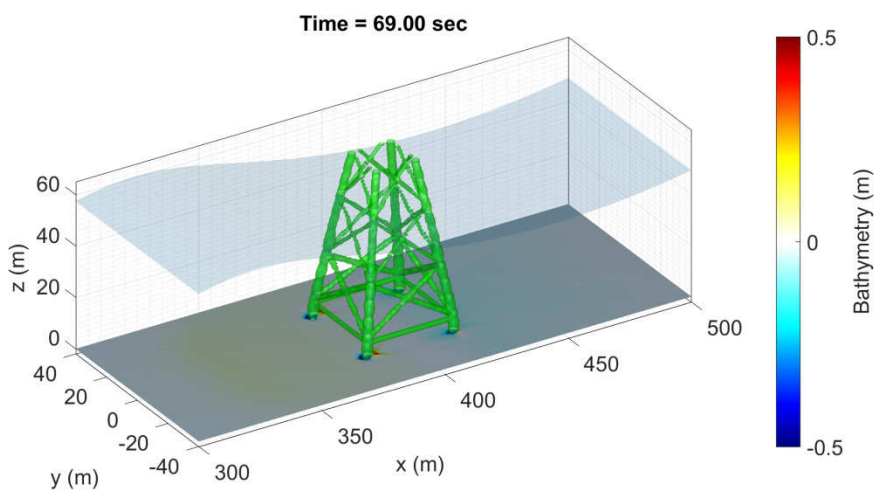
圖 7.1.1-32 為本計畫風場 30 公尺水深條件下補樁後之地形沖刷上視圖。圖中色階表示地形高程，單位公尺。46.0 秒時上游側基礎前方 X=378.5 至 X=375.0，Y=18.0 至 Y=20.0 及 Y=-18.0 至 -20.0 處，有堆積區域，堆積高度約為 1.0 公尺。上游側基礎後方 X=383.8 至 386.8，Y=16.2 至 Y=21.0 及 Y=-16.2 至 Y=-21.0 處，有沖刷分布，沖刷深度約 0.5 公尺；下游側基礎前方 X=416.2 至 413.2，Y=16.2 至 Y=21.0 及 Y=-16.2 至 Y=-21.0 處，有堆積高度約 0.75 公尺。下游側基礎後方 X=418.8 至 X=421.8，Y=16.2 至 Y=21.0 及 Y=-16.2 至 Y=-21.0 處，有沖刷深度約 0.25 公尺之沖刷分布。58.0 秒時沖刷及堆積之分布位置無明顯改變。但堆積之高度略微減少，上游側基礎前之堆積高度降至 0.75 公尺；下游側之堆積高度則介於 0.5 公尺至 0.75 公尺之間。69.0 秒時，上游側基礎前方堆積區之堆積高度，已降至 0.5 公尺至 0.75 公尺間；下游側基礎前方之堆積區，堆積高度介於 0.5 公尺至 0.75 公尺之間。



(a)46.0秒



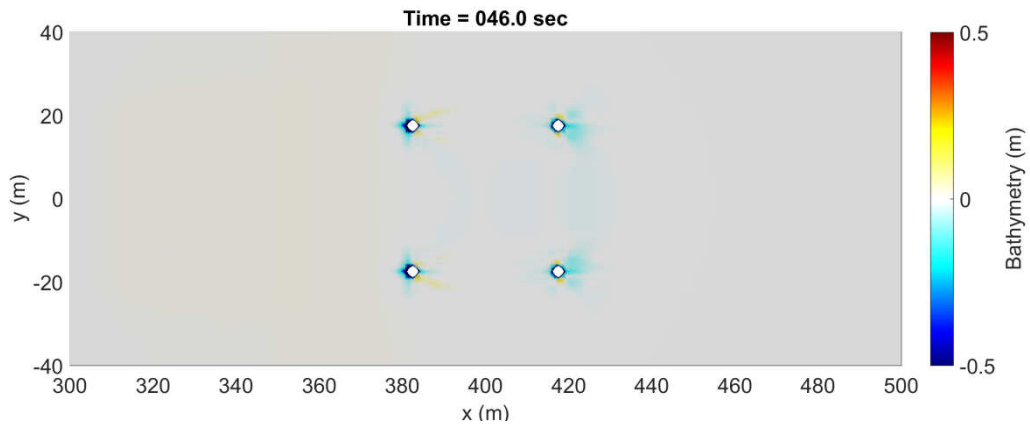
(b)58.0秒



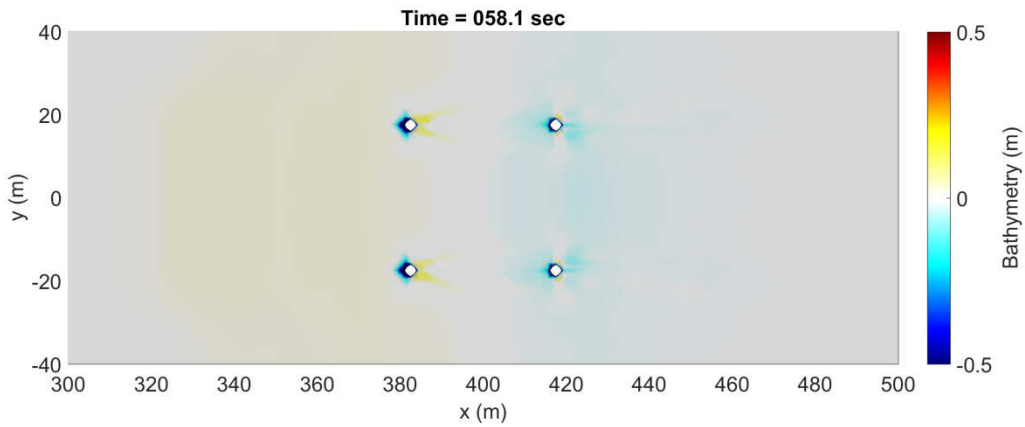
(c)69.0秒

註：圖中色階為地形高程，單位公尺。半透明平面為水面。

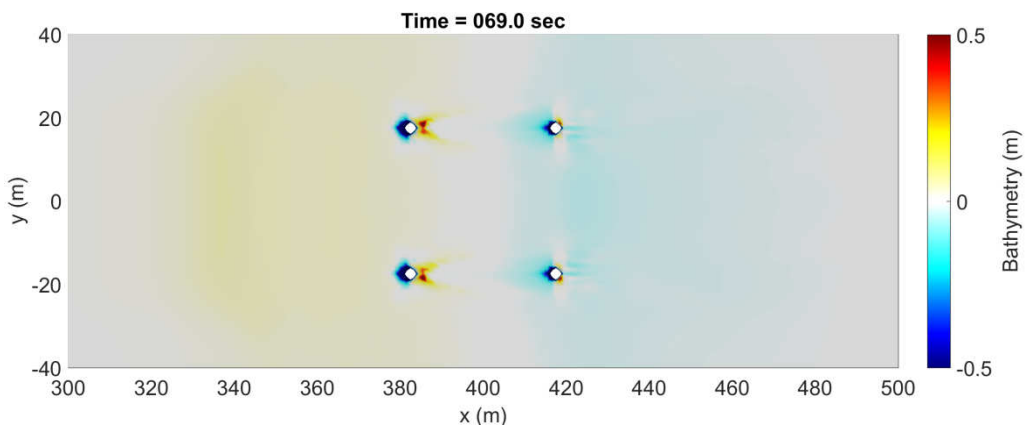
圖7.1.1-29 本計畫風場50公尺水深地形冲刷圖



(a)46.0秒



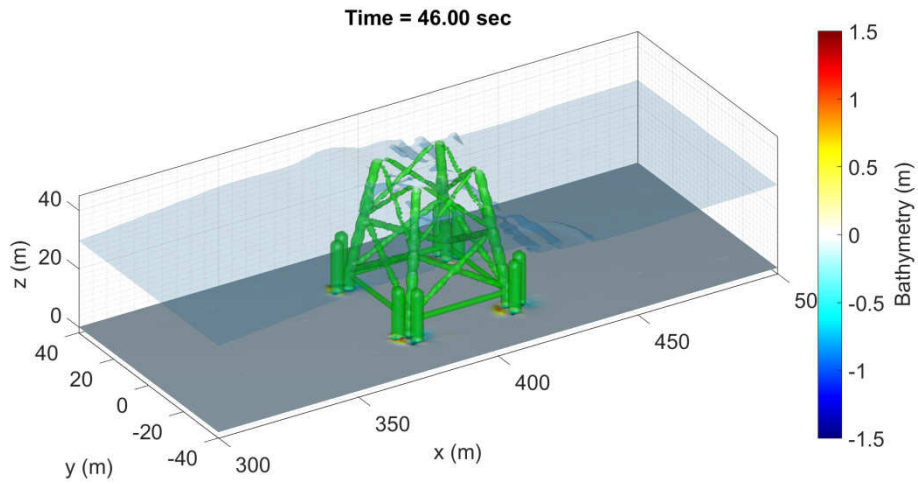
(b)58.0秒



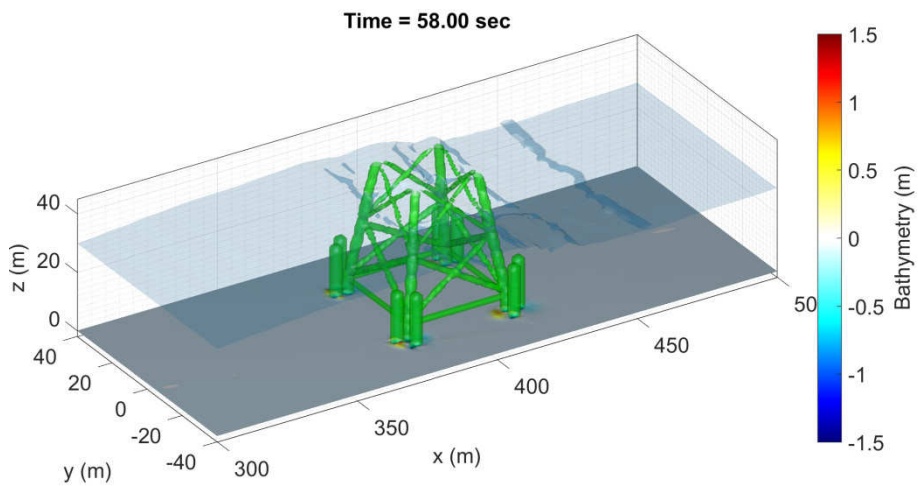
(c)69.0秒

註：圖中色階為地形高程。

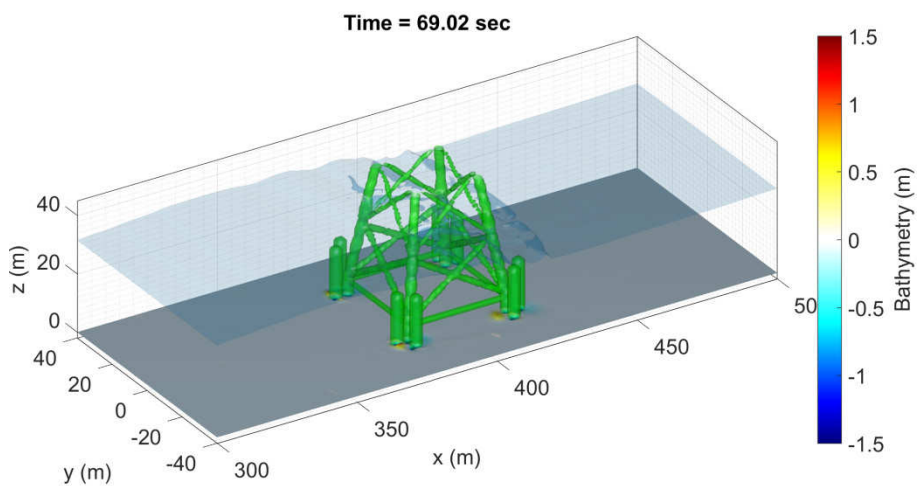
圖7.1.1-30 本計畫風場50公尺水深地形沖刷上視圖



(a)46.0秒



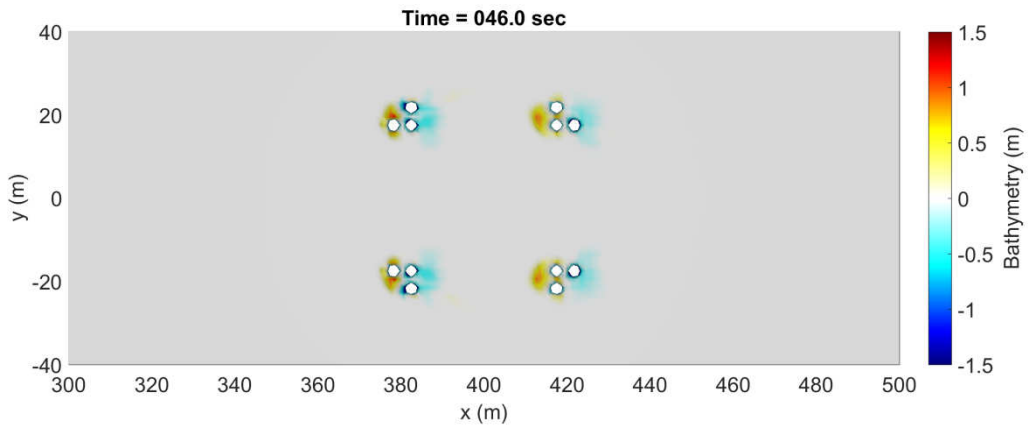
(b)58.0秒



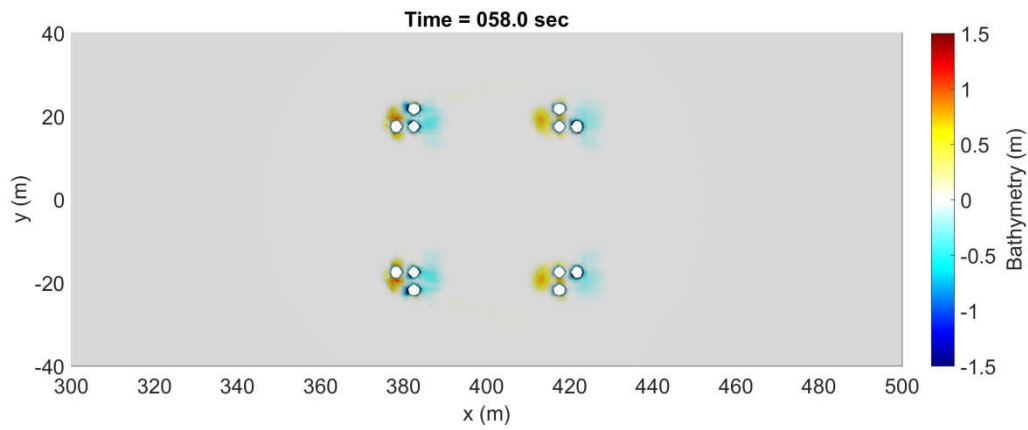
(c)69.0秒

註：圖中色階為地形高程，單位公尺。半透明平面為水面。

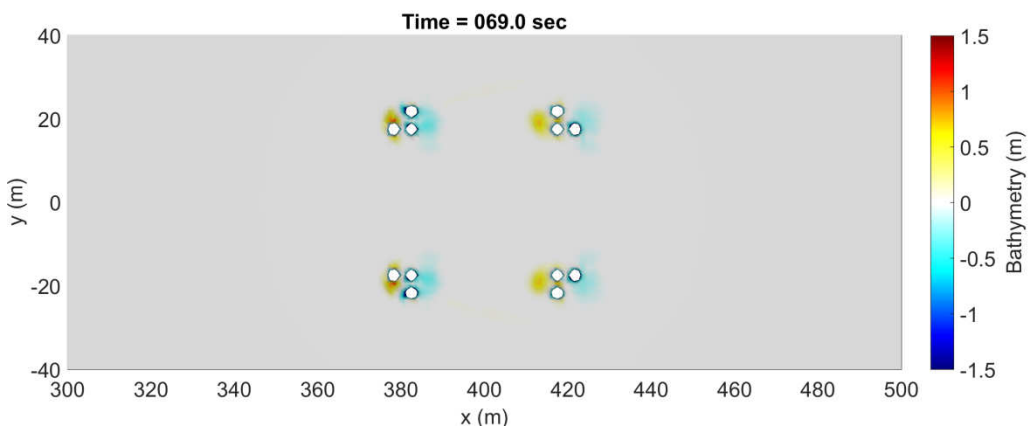
圖7.1.1-31 本計畫風場30公尺水深補樁後地形冲刷圖



(a)46.0秒



(b)58.0秒



(c)69.0秒

註：圖中色階為地形高程。

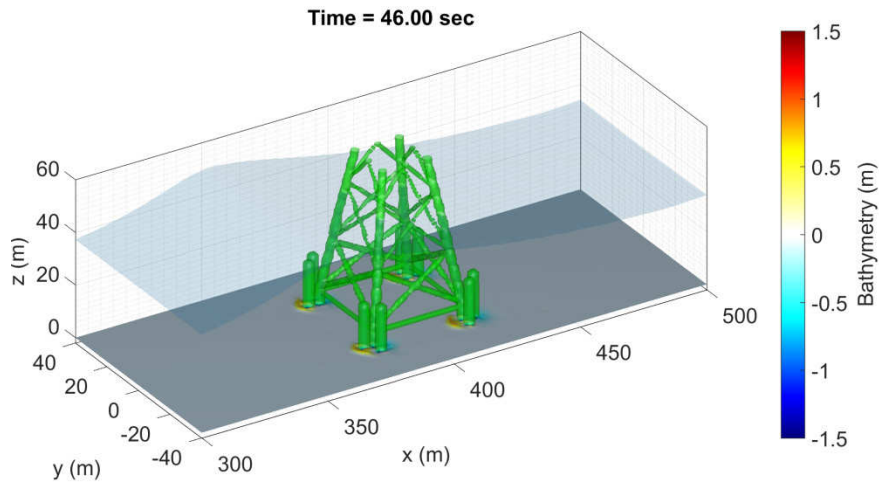
圖7.1.1-32 本計畫風場30公尺水深補樁後地形沖刷上視圖

圖 7.1.1-33 為本計畫風場水深 40 公尺補樁後之地形沖刷圖。圖中色階表示地形高程，單位公尺。圖中半透明平面為水面。46.0 秒時，基礎前方有堆積高度約 0.6 公尺之堆積區，基礎後方則有沖刷深度約 0.5 公尺之沖刷分布。58.0 秒時，沖刷及堆積之分布無顯著改變。69.0 秒時，基礎前方之堆積區域，堆積高度已低於 0.5 公尺，基礎前方之堆積範圍明顯減少。

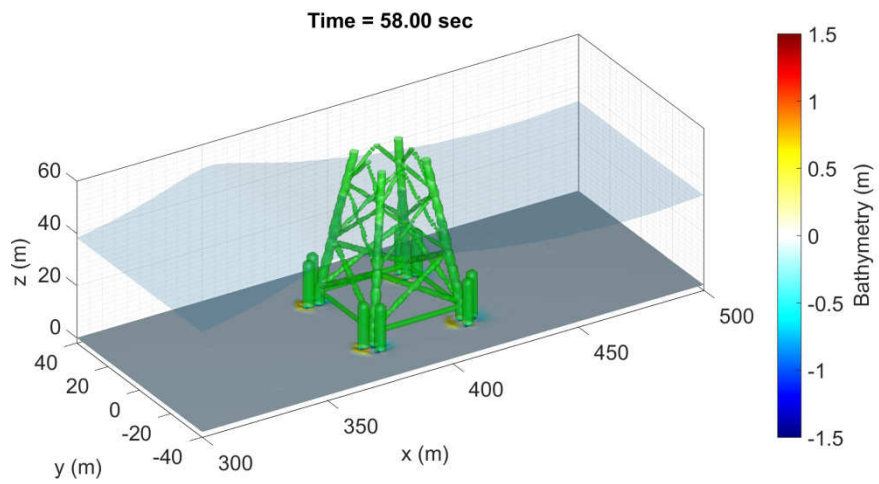
圖 7.1.1-34 為本計畫風場 40 公尺水深條件下補樁後之地形沖刷上視圖。圖中色階表示地形高程，單位公尺。46.0 秒時上游側基礎前方  $X=378.5$  至  $X=375.0$ ， $Y=16.2$  至  $Y=21.0$  及  $Y=-16.2$  至  $-21.0$  處，有堆積區域，堆積高度約為 0.6 公尺。上游側基礎後方  $X=383.8$  至  $386.8$ ， $Y=16.2$  至  $Y=21.0$  及  $Y=-16.2$  至  $Y=-21.0$  處，有深度約 0.5 公尺之沖刷分布；下游側基礎前方  $X=416.2$  至  $413.2$ ， $Y=16.2$  至  $Y=21.0$  及  $Y=-16.2$  至  $Y=-21.0$  處，有堆積區，堆積高度介於 0.5 公尺至 0.75 公尺間。下游側基礎後方  $X=418.8$  至  $X=421.8$ ， $Y=16.2$  至  $Y=21.0$  及  $Y=-16.2$  至  $Y=-21.0$  處，有沖刷深度約 0.5 公尺之沖刷分布。58.0 秒時沖刷及堆積之分布位置無明顯改變，但堆積之高度略微減少，上游側基礎前方之堆積高度以介於 0.5 公尺至 0.6 公尺之間；下游側之堆積高度則介於 0.5 公尺至 0.75 公尺之間。沖刷區域無明顯變化。69.0 秒時，上游側基礎前方堆積區之堆積高度，約為 0.5 公尺，範圍縮小為  $X=378.5$  至  $X=377.0$ ， $Y=19.0$  至  $Y=20.0$  及  $Y=-19.0$  至  $-20.0$ 。並於  $X=380.0$  至  $X=381.2$ ， $Y=18.0$  至  $Y=23.0$  及  $Y=-18.0$  至  $Y=-23.0$  處，有深度約 0.5 公尺之沖刷分布。於上游側基礎後方之沖刷區域  $X$  方向長度雖未改變，但  $Y$  方向寬度為 46.0 秒時之 25%，沖刷深度已小於 0.5 公尺；下游側基礎周圍之沖刷及堆積範圍不變，但堆積高度降至約 0.5 公尺。沖刷區域之沖刷深度已低於 0.5 公尺。

圖 7.1.1-35 為本計畫風場水深 50 公尺補樁後之地形沖刷圖。圖中色階表示地形高程，單位公尺。圖中半透明平面為水面。46.0 秒時，基礎前方有堆積高度約 0.75 公尺之堆積區，基礎後方則有沖刷深度約 0.5 公尺之沖刷分布。58.0 秒時，沖刷及堆積之分布，無顯著改變。69.0 秒時，基礎前方之堆積區域，堆積高度已低於 0.5 公尺，其中上游基礎前方之堆積範圍明顯減少。

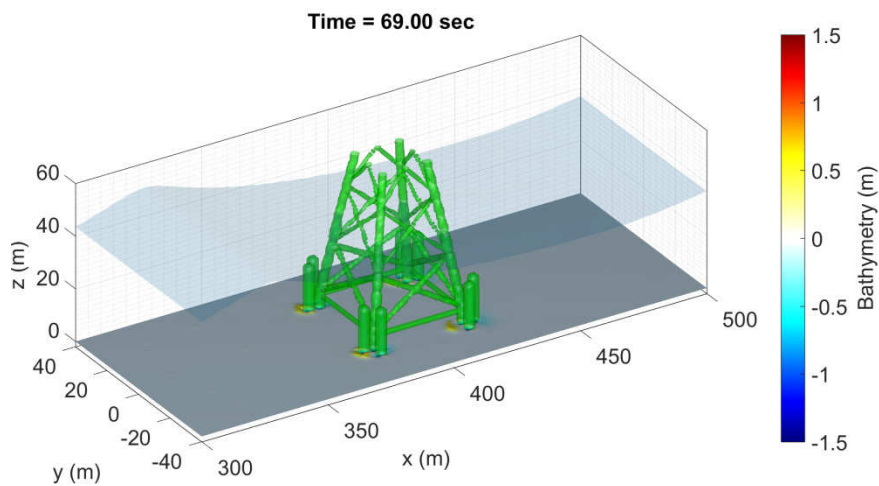
圖 7.1.1-36 為本計畫風場 50 公尺水深條件下補樁後之地形沖刷上視圖。圖中色階表示地形高程，單位公尺。46.0 秒時上游側基礎前方  $X=378.5$  至  $X=375.0$ ， $Y=16.2$  至  $Y=21.0$  及  $Y=-16.2$  至  $-21.0$  處，有堆積區域，堆積高度約為 0.75 公尺。上游側基礎後方  $X=383.8$  至  $386.8$ ， $Y=16.2$  至  $Y=21.0$  及  $Y=-16.2$  至  $Y=-21.0$  處，有深度約 0.5 公尺之沖刷分布；下游側基礎前方  $X=416.2$  至  $413.2$ ， $Y=16.2$  至  $Y=21.0$  及  $Y=-16.2$  至  $Y=-21.0$  處，有堆積區，堆積高度介於 0.5 公尺至 0.75 公尺間。下游側基礎後方  $X=418.8$  至  $X=421.8$ ， $Y=16.2$  至  $Y=21.0$  及  $Y=-16.2$  至  $Y=-21.0$  處，有沖刷深度約 0.5 公尺之沖刷分布。58.0 秒時沖刷及堆積之分布位置無明顯改變，但堆積之高度略微減少，上游側基礎前方之堆積高度以介於 0.5 公尺至 0.75 公尺之間；下游側之堆積高度則低於 0.5 公尺。沖刷區域無明顯變化。69.0 秒時，上游側基礎前方堆積區之堆積高度，介於 0.5 公尺至 0.75 公尺間，範



(a)46.0秒



(b)58.0秒

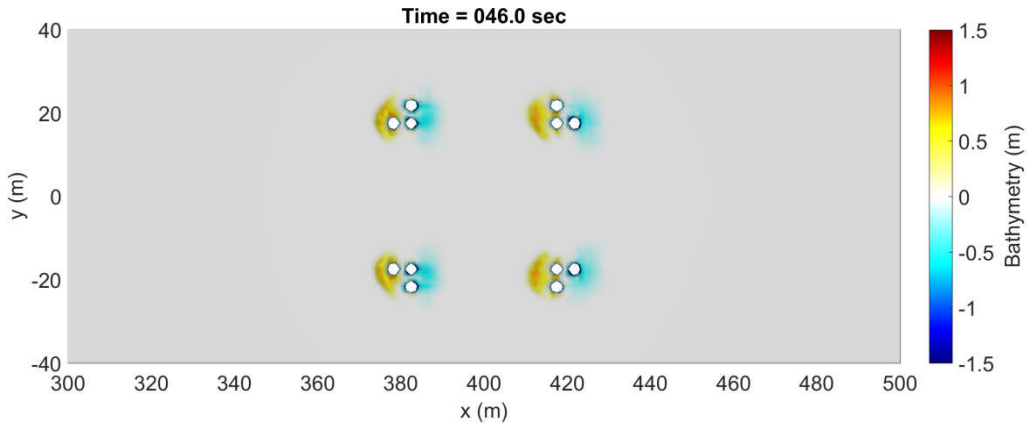


(c)69.0秒

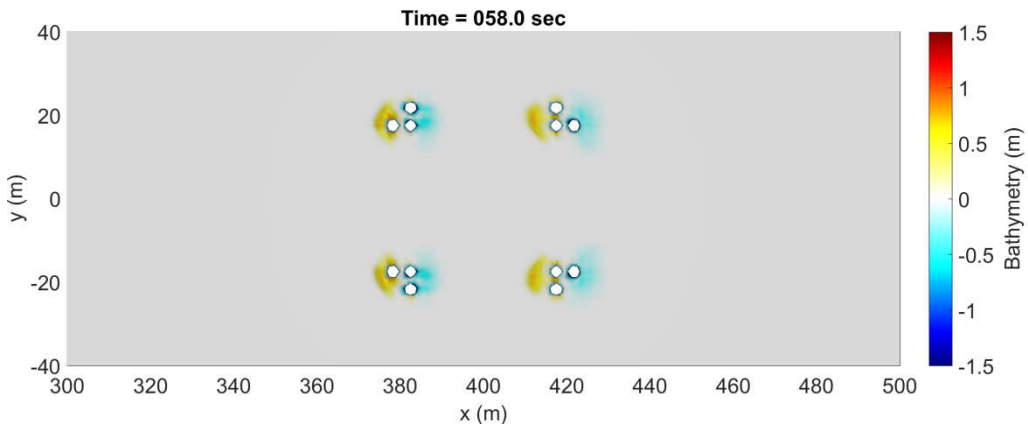
註：圖中色階為地形高程，單位公尺。半透明平面為水面。

圖7.1.1-33 本計畫風場40公尺水深補樁後地形冲刷圖

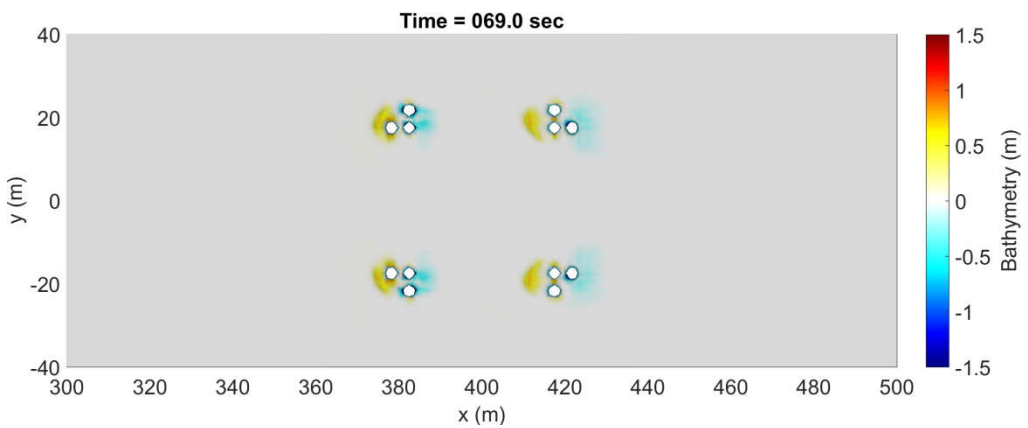




(a)46.0秒



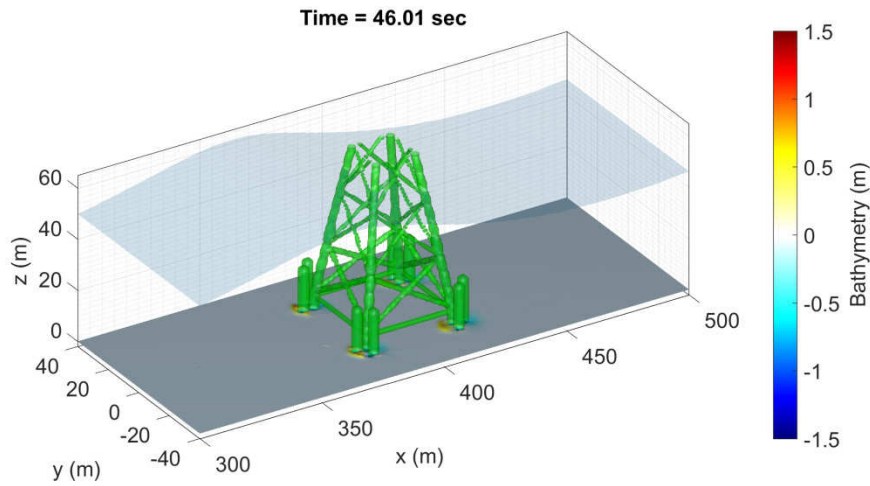
(b)58.0秒



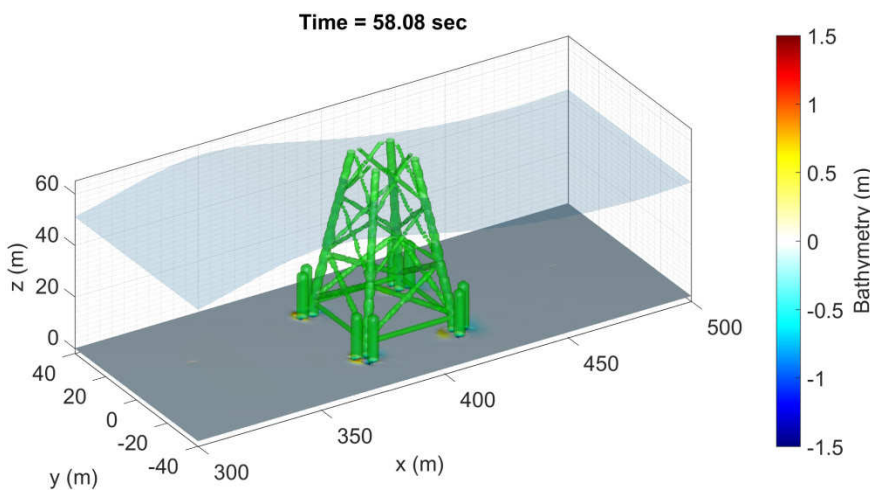
(c)69.0秒

註：圖中色階為地形高程。

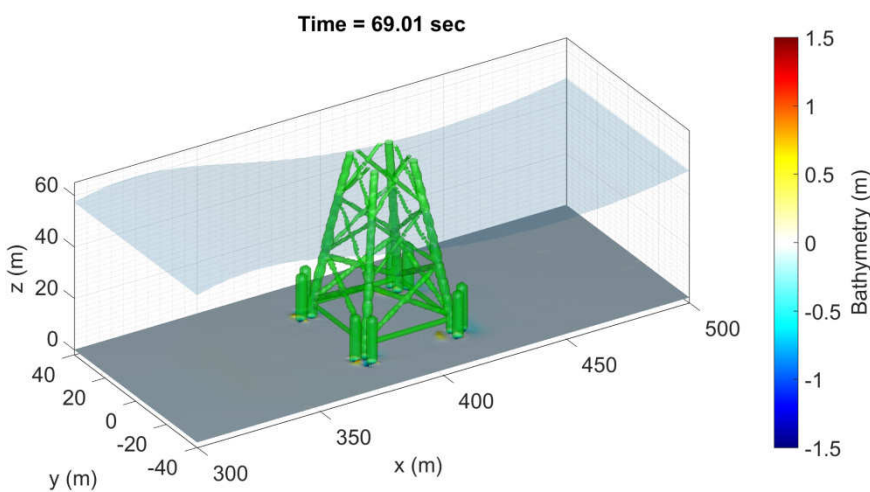
圖7.1.1-34 本計畫風場40公尺水深補樁後地形沖刷上視圖



(a)46.0秒



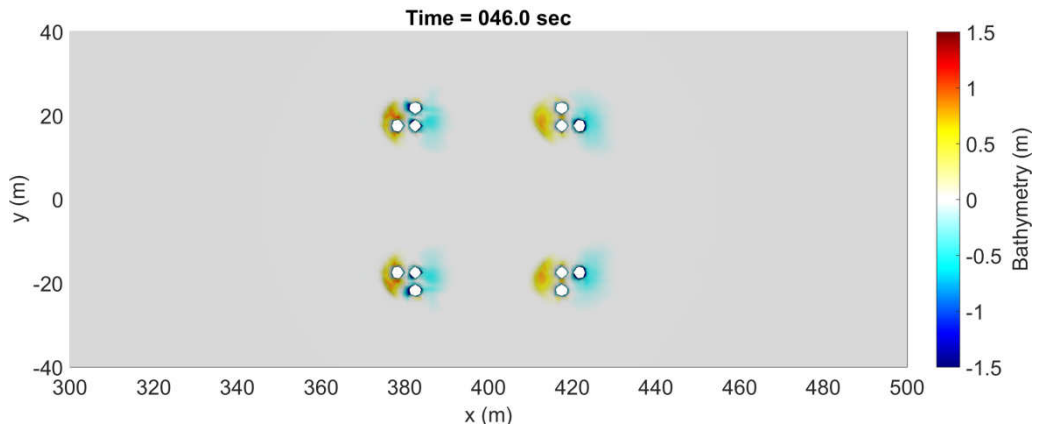
(b)58.0秒



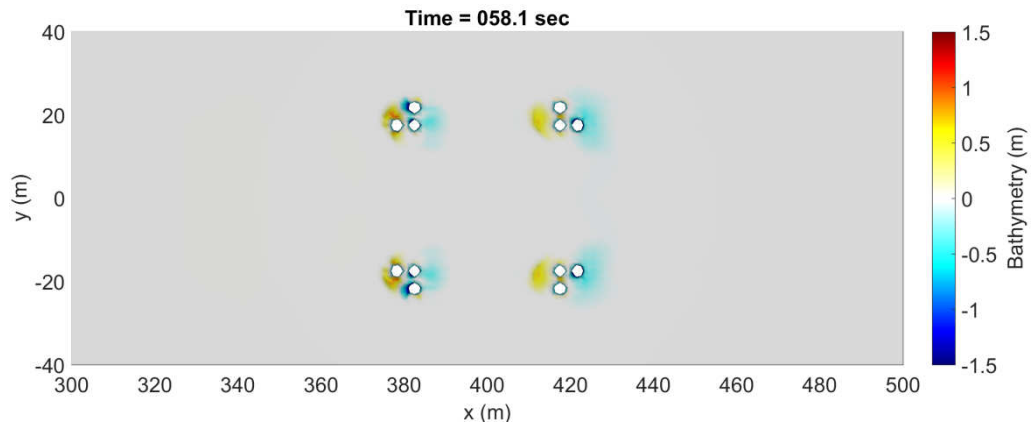
(c)69.0秒

註：圖中色階為地形高程，單位公尺。半透明平面為水面。

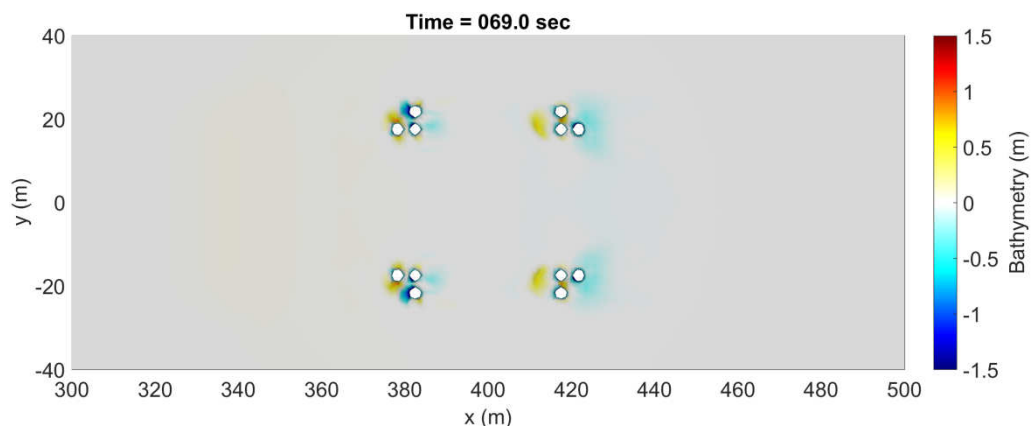
圖7.1.1-35 本計畫風場50公尺水深補樁後地形冲刷圖



(a)46.0秒



(b)58.0秒



(c)69.0秒

註：圖中色階為地形高程。

圖7.1.1-36 本計畫風場50公尺水深補樁後地形沖刷上視圖

圍縮小為  $X=378.5$  至  $X=377.0$ ,  $Y=19.0$  至  $Y=20.0$  及  $Y=-19.0$  至  $-20.0$ 。並於  $X=378.5$  至  $X=381.0$ ,  $Y=18.0$  至  $Y=23.0$  及  $Y=-18.0$  至  $Y=-23.0$  處, 有深度約 0.75 公尺之沖刷分布。於上游側基礎後方之沖刷區域  $X$  方向長度雖未改變, 但  $Y$  方向寬度為 46.0 秒時之 25%, 沖刷深度已小於 0.5 公尺; 下游側基礎周圍之沖刷及堆積分布不變。但下游側基礎後方之沖刷區域, 沖刷深度已低於 0.5 公尺。

由上述之模擬結果觀察, 46.0 至 69.0 秒間, 未補樁情況下, 水深 30 公尺時風機基礎周圍無明顯之堆積分布, 沖刷區域之沖刷深度約為 0.2 公尺。水深 50 公尺時, 於基礎前方有沖刷深度約 0.25 公尺之沖刷分布, 基礎後方則有 0.5 公尺之堆積分布。於補樁之情況下, 30 公尺及 50 公尺水深條件時, 皆會先於基礎前方產生堆積區域, 並隨時間增加堆積高度逐漸降低。

## (2) 小結

本研究為進行本計畫風場海底地形受離岸風機之影響評估。模擬時波浪條件參考表 7.1.1-6, 海流流速因安全係數之考量設定為 2.0 公尺/秒。並探討於風機基礎於 30 公尺、40 公尺及 50 公尺水深條件下, 周圍之地形變遷情況。

本計畫風場離岸風場, 未補樁之情境下。30 公尺水深於第四個波浪到達時間, 於基礎周圍僅有沖刷分布。下游側風機基礎周圍之沖刷區域分布於  $X=416.2$  至  $X=415.2$  公尺及  $X=418.8$  至  $X=421.0$ ,  $Y=15.0$  至  $Y=17.0$  及  $Y=-15.0$  至  $Y=-17.0$  處, 沖刷深度約 0.1 公尺。

40 公尺水深時, 當第四波波浪到達時, 上游側基礎前方  $X=380.0$  至  $X=381.2$ ,  $Y=15.0$  至  $20.0$  及  $Y=-15.0$  至  $-20.0$  處有沖刷區域, 沖刷深度約為 0.2 公尺。基礎後方  $X=383.8$  至  $X=386.4$ ,  $Y=13.6$  至  $Y=17.5$  及  $Y=-13.6$  至  $Y=-17.5$ , 有沖刷分布, 沖刷深度約為 0.1 公尺。基礎兩側  $X=382.5$  至  $X=384.0$ ,  $Y=18.8$  至  $Y=20.0$ 、 $Y=15.8$  至  $Y=16.2$ 、 $Y=-15.8$  至  $Y=-16.2$  及  $Y=-18.8$  至  $Y=-20.0$  處, 有堆積區域, 堆積高度為 0.4 公尺; 下游側基礎  $X=413.1$  至  $416.2$ ,  $Y=16.0$  至  $19.0$  及  $Y=-16.0$  至  $-19.0$  處, 有沖刷分布, 沖刷深度約 0.4 公尺。基礎後方  $X=418.8$  至  $421.4$ ,  $Y=13.6$  至  $Y=17.5$  及  $Y=-13.6$  至  $Y=-17.5$  處之沖刷區域, 沖刷深度低於 0.1 公尺。基礎側邊  $X=417.5$  至  $X=418.8$ ,  $Y=17.5$  至  $Y=18.8$  及  $Y=-17.5$  至  $Y=-18.8$  則有堆積高度 0.4 公尺之堆積區。

50 公尺水深時, 當第四波波浪到達時, 上游側風機基礎前方  $X=381.2$  至  $X=380.0$ ,  $Y=15.5$  至  $Y=19.5$  及  $Y=-15.5$  至  $Y=-19.5$  處, 有沖刷深度 0.5 公尺之沖刷分布。堆積區域分布於基礎後方,  $X=383.8$  至  $X=386.8$ ,  $Y=17.0$  至  $Y=18.8$ ,  $Y=-17.0$  至  $-18.8$  處, 堆積高度約 0.4 公尺; 下游側基礎前方  $X=410.2$  至  $X=416.2$ ,  $Y=14.0$  至  $Y=21.0$  及  $Y=-14.0$  至  $Y=-21.0$  處, 有沖刷深度 0.2 公尺之沖刷區域。基礎後方,  $X=418.8$  至  $421.8$ ,  $Y=15.5$  至  $Y=19.0$  及  $Y=-15.5$  至  $-19.0$  處, 有沖刷深度約 0.1 公尺之沖刷分布。

補樁後, 30 公尺水深條件下, 第四次波浪傳至風機基礎時, 上游側基礎後方  $X=383.8$  至  $386.8$ ,  $Y=16.2$  至  $Y=21.0$  及  $Y=-16.2$  至  $Y=-21.0$  處, 有沖刷分布, 沖刷深度約 0.5 公尺。堆積區域分布於  $X=375.0$  至  $X=378.5$ ,  $Y=18.0$  至  $Y=20.0$  及  $Y=-18.0$  至  $-20.0$  處, 堆積高度介於 0.5

公尺至 0.75 公尺；下游側基礎後方  $X=418.8$  至  $X=421.8$ ， $Y=16.2$  至  $Y=21.0$  及  $Y=-16.2$  至  $Y=-21.0$  處，有沖刷深度約 0.25 公尺之沖刷分布。堆積區域分布於， $X=413.2$  至  $X=416.2$ ， $Y=16.2$  至  $Y=21.0$  及  $Y=-16.2$  至  $Y=-21.0$  處，堆積高度介於 0.5 公尺至 0.75 公尺。

50 公尺水深，第四次波浪到達風機基礎時，上游側基礎前方  $X=378.5$  至  $X=381.0$ ， $Y=18.0$  至  $Y=23.0$  及  $Y=-18.0$  至  $Y=-23.0$  處，有深度約 0.75 公尺之沖刷分布。基礎後方  $X=383.8$  至  $386.8$ ， $Y=17.0$  至  $Y=18.0$  及  $Y=-17.0$  至  $Y=-18.0$  處，有深度小於 0.5 公尺之沖刷分布。堆積區域分布於基礎前方  $X=378.5$  至  $X=377.0$ ， $Y=19.0$  至  $Y=20.0$  及  $Y=-19.0$  至  $-20.0$  處，堆積高度介於 0.5 公尺至 0.75 公尺；下游側基礎後方  $X=418.8$  至  $X=421.8$ ， $Y=16.2$  至  $Y=21.0$  及  $Y=-16.2$  至  $Y=-21.0$  處，有沖刷深度小於 0.5 公尺之沖刷分布。堆積區域分布於基礎前方  $X=416.2$  至  $413.2$ ， $Y=16.2$  至  $Y=21.0$  及  $Y=-16.2$  至  $Y=-21.0$  處，堆積高度低於 0.5 公尺。

### 3. 結論

本計畫主要目的在探討本計畫風場之風力發電機基礎設置後對於海岸地形變動的影響，首先建立適合彰化海域的波流場數值模擬計算，同時統計出極端氣候下的波浪條件，作為更進一步的討論。由分析出的基本海象條件當作數值模式的輸入，討論在波流場作用力下海岸地形變動分佈情形，提供環境影響評估之具體分析成果，根據本計畫所進行之分析與研究成果作以下之結論：

- (1) 本計畫風場的離岸風機設置未設置之前，風場附近海域 50 年迴歸期颱風波浪分佈約在 1~12 公尺之間，季風波浪分佈約在 1.0~5 公尺之間，當離岸風場設置之後，入射波浪碰撞到風機支撐結構時發生折繞射效應，使得波高有略為下降的趨勢發生，而風機支撐結構上游處則因反射效應波高略有增加，離岸風場內 50 年迴歸期颱風波浪分佈約為 1~12 公尺，季風波浪分佈約在 1.0~5 公尺之間。波浪經過離岸風場的影響後，位於風場下游處海域波高分佈有比未設置離岸風場之前略為降低；唯本計畫離岸風場距離海岸很遠，近岸海域之波高分佈並未因風場設置而有明顯的波高變化。
- (2) 本計畫風場的離岸風機設置後對流場影響，在近岸流場的部分所造成的影響幾乎可以說是微乎其微，比較有影響的部分反而在風機本身附近的海域，由於風機的基礎與支撐結構的影響，使得風機附近的流場有些許的改變，但只是局部性的影響，對整個大環境的流場來說並沒因風場設置後有太大的變化。
- (3) 本計畫風場風機設置後對地形侵淤變化的影響程度並不大，主要影響海岸地形變化的原因還是以近岸流為主。本計畫風場範圍距海岸線很遠，基本上流場對海岸地區地形變化的影響幾可忽略。
- (4) 位於風場範圍之海域，在風場設置前後其地形變化幾乎無改變(低於  $\pm 0.1$  公尺)，僅局部極小區域有約  $\pm 0.3$  公尺之間之地形變遷，基本上流場對風場範圍地形變化的影響幾可忽略。
- (5) 對於風機支撐基礎受波浪及海流的影響，波流對於地形變遷之影響範圍，主要分布於風機基礎周圍。
- (6) 未補樁情形下，水深 30.0 公尺之最大沖刷深度約為 0.2 公尺，堆積並

不明顯。水深 50.0 公尺之最大沖刷深度約為 0.5 公尺，最大堆積高度約為 0.5 公尺。

(7) 補樁情形下，水深 30.0 公尺之最大沖刷深度約為 0.5 公尺，其最大堆積高度約為 1.0 公尺。水深 50.0 公尺之最大沖刷深度約為 0.75 公尺，最大堆積高度約為 0.75 公尺。

(8) 基礎設計對周圍之地形變動影響，整體而言，當波流通過支撐結構後對海底地形變動影響較大的範圍在墩後方向。依據結果整理，其最遠可能影響範圍約為基礎上游 70 公尺；下游 80 公尺；左右兩側各 20 公尺處附近，但最大之沖刷深度及堆積高度均於 1 公尺以下，而本計畫海域流速並不會超過 2.0 公尺/秒，且風機設置之間的間隔遠大於此影響範圍，可推論各個風機淘刷機制並不會相互影響。

### (三) 海龍(18、19 號風場)群樁效應評估

在沒有設置風場情形下，地形侵淤變化模擬結果，可以看到整個計算範圍侵淤深度分佈約在 $\pm 0.3$ 公尺之間，主要地形侵淤範圍約在水深 10~20 公尺之颱風引致近岸流卓越的區域。

風場設置後地形侵淤變化，侵淤深度分佈依舊保持在 $\pm 0.3$ 公尺之間，主要地形侵淤範圍亦在水深 10~20 公尺之颱風引致近岸流卓越的區域，地形變化趨勢並無明顯的改變。

比較風場設置前、後之海域波場分佈圖，波浪經過離岸風場的影響後，風場下游處海域波高分佈有比未設置離岸風場之前略為降低；唯本計畫離岸風場距離海岸很遠，近岸海域之波高分佈並未因風場設置而有明顯的波高變化，近岸地區波高沒有明顯變化表示風場設置後對海岸侵蝕的威脅沒有增加。另外，比較風場設置前、後之海域流場分佈圖，流場速度分佈僅在風場設置區有些許的改變，在水深 10~20 公尺主要地形侵淤範圍的海域，以及 0~10 公尺水深範圍的海域，流場速度並未有明顯的改變，其原因是流場變化主要發生在各風機基樁 10~15 倍樁徑以內的範圍(平均約 100 公尺)，超過此範圍將回復至入流之流況。

當 18、19 號風場所有風機均設置後，波浪經過離岸風場風場下游處海域波高分佈會比未設置離岸風場之前略為降低，本案離岸風場距離海岸很遠，近岸海域之波高分佈即使有變化，其波高分佈會比未設置離岸風場之前略為降低，近岸地區波高降低表示對海岸侵蝕的威脅降低。另外，因流場變化主要發生在各風機基樁 10~15 倍樁徑以內的範圍(平均約 100 公尺)，超過此範圍將回復至入流之流況，流場速度分佈改變的影響範圍僅在風場設置區外 100 公尺，受風機基樁擾動的流超過 100 公尺後會回復至入流之流況，本計畫各風機基樁間距均超過 500 公尺，大於基樁對流場改變影響範圍 5 倍以上，原則上流場不會因風機設置後產生明顯的群樁效應；另本計畫離岸風場距離海岸很遠，即使 18、19 號風場所有風機均設置，對於近岸地區的流況並不會有明顯影響。由於近岸漂沙與地形變遷主要受波、流大小的影響，上述波、流比較結果亦說明在沒有設置風場的情形下，海岸自然狀況的地形變遷影響已遠遠大過因設置風場之影響。

### (四) 海龍、大彰化及海鼎(11~19 號)群樁效應評估

#### 1. 離岸風場建置前後海域波場數值模擬分析

##### (1) 離岸風場設置前

圖 7.1.1-37 為 50 年重現期颱風波浪(外海波高 10.63 公尺、週期 13.69

秒、波向 NNE)作用下之平面波場分佈圖，整體結果顯示在颱風期間以波高 10.63 公尺、週期 13.69 秒、波向 NNE 為波浪入射條件時，模式計算所得彰化離岸風場(第 11~19 區)位置附近的波高介於 1~12 公尺之間。圖 7.1.1-38 為 50 年重現期颱風波浪(外海波高 10.70 公尺、週期 13.74 秒、波向 N)作用下之平面波場分佈圖，整體結果顯示於風場位置附近的波高則介於 2~12 公尺之間。圖 7.1.1-39 為冬季季風波浪(外海波高 4.54 公尺、週期 10.10 秒、波向 NNE)作用下之平面波場分佈圖，整體結果顯示於風場位置附近的波高則介於 1.0~5 公尺之間。圖 7.1.1-40 為夏季季風波浪(外海波高 3.64 公尺、週期 9.70 秒、波向 W)作用下之平面波場分佈圖，整體結果顯示於風場位置附近的波高則介於 1.5~5 公尺之間。

(2) 離岸風場設置後(最密配置)

圖 7.1.1-41 為 50 年重現期颱風波浪(外海波高 10.63 公尺、週期 13.69 秒、波向 NNE)作用下之平面波場分佈圖，整體結果顯示在颱風期間以波高 10.63 公尺、週期 13.69 秒、波向 NNE 為波浪入射條件時，模式計算所得彰化離岸風場(第 11~19 區)位置附近的波高介於 1~12 公尺之間。圖 7.1.1-42 為 50 年重現期颱風波浪(外海波高 10.70 公尺、週期 13.74 秒、波向 N)作用下之平面波場分佈圖，整體結果顯示在風場位置附近的波高介於 1~12 公尺之間。圖 7.1.1-43 為冬季季風波浪(外海波高 4.54 公尺、週期 10.10 秒、波向 NNE)作用下之平面波場分佈圖，整體結果顯示於風場位置附近的波高則介於 1.5~5 公尺之間。圖 7.1.1-44 為夏季季風波浪(外海波高 3.64 公尺、週期 9.70 秒、波向 W)作用下之平面波場分佈圖，整體結果顯示於風場位置附近的波高則介於 2.0~5 公尺之間。

(3) 綜合評估

在彰化離岸風場(第 11~19 區)的離岸風機設置未設置之前，風場附近海域 50 年迴歸期颱風波浪分佈約在 1~12 公尺之間，季風波浪分佈約在 1.0~5 公尺之間；當 11~19 區離岸風場設置之後，入射波浪碰撞到風機支承結構時發生折繞射效應，使得波高有略為下降的趨勢發生，而風機支承結構上游處則因反射效應波高略有增加，離岸風場內 50 年迴歸期颱風波浪分佈約為 1~12 公尺，季風波浪分佈約在 1.5~5 公尺之間。波浪經過離岸風場的影響後，位於風場後方下游處海域波高分佈有比未設置離岸風場之前略為降低；本案離岸風場距離海岸很遠，近岸海域之波高分佈即使有變化，其波高分佈會比未設置離岸風場之前略為降低，近岸地區波高降低表示颱風期間對海岸侵蝕的威脅降低。

2. 離岸風場建置前後海域流場數值模擬分析

(1) 離岸風場設置前

圖 7.1.1-45 為 50 年重現期颱風波浪(外海波高 10.63 公尺、週期 13.69 秒、波向 NNE)作用下之平面流場分佈圖。圖 7.1.1-46 為 50 年重現期颱風波浪(外海波高 10.70 公尺、週期 13.74 秒、波向 N)作用下之平面流場分佈圖。圖 7.1.1-47 為冬季季風波浪(外海波高 4.54 公尺、週期 10.10 秒、波向 NNE)作用下之平面流場分佈圖。圖 7.1.1-48 為夏季季風波浪(外海波高 3.64 公尺、週期 9.70 秒、波向 W)作用下之平

面流場分佈圖。整體結果顯示在颱風波浪作用下近岸流明顯區域大約在水深 0~20 公尺之間。本案風場範圍因水深有 20~55 公尺深，近岸流場均不明顯，僅局部地區有較大的流速，但均都小於 0.5 m/s。

(2) 離岸風場設置後(最密配置)

圖 7.1.1-49 為 50 年重現期颱風波浪(外海波高 10.63 公尺、週期 13.69 秒、波向 NNE)作用下之平面流場分佈圖。圖 7.1.1-50 為 50 年重現期颱風波浪(外海波高 10.70 公尺、週期 13.74 秒、波向 N)作用下之平面流場分佈圖。圖 7.1.1-51 為冬季季風波浪(外海波高 4.54 公尺、週期 10.10 秒、波向 NNE)作用下之平面流場分佈圖。圖 7.1.1-52 為夏季季風波浪(外海波高 3.64 公尺、週期 9.70 秒、波向 W)作用下之平面流場分佈圖。整體結果顯示在颱風波浪作用下近岸流明顯區域大約在水深 0~20 公尺之間，本案風場範圍因水深有 20~55 公尺深，近岸流場均不明顯，僅局部地區有較大的流速，但均都小於 0.5 m/s。受到風機基柱對波浪遮蔽的影響，風場範圍內部分區域流場流向受風機影響改變，流速大小有略小於離岸風場未設置前的情形。

(3) 綜合評估

在彰化離岸風場(第 11~19 區)的離岸風機設置後，於風機本身附近的海域，由於風機的基礎與支承結構的影響，使得風機附近的流場有些許的改變，流速大小有略小於離岸風場未設置前的情形，但只是局部性的影響，離開風場設置範圍之後會回復至入流之流況，流速大小則略為降低，主要因流場變化發生在各風機基樁 10~15 倍樁徑以內的範圍(平均約 100 公尺)，流場速度分佈改變的影響範圍僅在風場設置區外 100 公尺，受風機基樁擾動的流超過 100 公尺後會回復至入流之流況(依據海龍、海鼎環說書有關單樁三維掬刷模擬說明整理)。本案所有風場風機基樁間距超過 400 公尺~1000 公尺，大於基樁對流場改變影響範圍 4 倍以上，原則上流場因風機設置後各基樁產生的流的交互影響並不明顯。至於在水深 0~20 公尺之近岸流卓越區域，波浪受到 11~19 區風場基樁遮蔽使得部分近岸海域波高比未設置離岸風場前略為降低，由波浪所引致的近岸流速大小亦略有降低。近岸地區的流速降低表示海岸侵蝕與淤積的程度會降低。

3. 離岸風場建置前後海域地形變遷數值模擬分析

(1) 離岸風場設置前

圖 7.1.1-53 為彰化離岸風場設置前數值模式模擬計算領域之地形侵淤變化的結果，整個計算範圍侵淤深度分佈約在  $\pm 0.3$  公尺之間，主要地形侵淤範圍約在水深 0~20 公尺之颱風引致近岸流卓越的區域。

(2) 離岸風場設置後(最密配置)

圖 7.1.1-54 為彰化離岸風場(第 11~19 區)風機設置後數值模式模擬計算領域之地形侵淤變化的結果。從模擬結果可以看到侵淤變化分佈的情形，整個計算範圍侵淤深度分佈約在  $\pm 0.3$  公尺之間，主要地形侵淤範圍約在水深 0~20 公尺之颱風引致近岸流卓越的區域，但大於  $\pm 0.1$  公尺的侵淤範圍較離岸風場設置前小。

(3) 綜合評估

在彰化離岸風場(第 11~19 區)風機設置後對地形侵淤變化的影響，由模擬結果可以看到影響的程度並不大，本案風場範圍距海岸線很



遠，風機對流的干擾主要在風場範圍 100 公尺後會回復至入流之流況，主要影響海岸地形變化的原因還是以近岸流為主：(1)有關風場設置對鄰近海岸地區地形變遷的影響，在水深 0~20 公尺之近岸地區的侵淤程度有降低的情形，大於  $\pm 0.1$  公尺(小於  $\pm 0.3$  公尺)的侵淤範圍比離岸風場設置前小，顯示第 11~19 區離岸風場以最密配置全部設置後可以減緩近岸地區的地形侵淤程度；(2)位於風場範圍之海域，在風場設置前後其地形變化趨勢改變很小(低於  $\pm 0.1$  公尺)，僅局部極小區域有約  $\pm 0.3$  公尺之間之地形變遷，基本上流場對風場範圍整體地形變化的影響可以忽略。

#### 4. 結論

本計畫主要目的在探討彰化離岸風場第 11 至第 19 區全域為對象之風力發電機基礎設置後對於海岸地形變動的影響，首先進行彰化海域的波流場數值模擬計算，並討論在波流場作用力下海岸地形變動分佈情形，提供環境影響評估之具體分析成果，根據本計畫所進行之分析與研究成果作以下之結論：

- (1) 在彰化離岸風場(第 11~19 區)的離岸風機設置未設置之前，風場附近海域 50 年迴歸期颱風波浪分佈約在 1~12 公尺之間，季風波浪分佈約在 1.0~5 公尺之間，當離岸風場設置之後，入射波浪碰撞到風機支承結構時發生折繞射效應，使得波高有略為下降的趨勢發生，而風機支承結構上游處則因反射效應波高略有增加，離岸風場內 50 年迴歸期颱風波浪分佈約為 1~12 公尺，季風波浪分佈約在 1.5~5 公尺之間。波浪經過離岸風場的影響後，位於風場後方下游處海域波高分佈有比未設置離岸風場之前略為降低；本案離岸風場距離海岸很遠，近岸海域之波高分佈即使有變化，其波高分佈會比未設置離岸風場之前略為降低，近岸地區波高降低表示颱風期間對海岸侵蝕的威脅降低。
- (2) 在彰化離岸風場(第 11~19 區)的離岸風機設置後對流場影響，於風機本身附近的海域，由於風機的基礎與支承結構的影響，使得風機附近的流場有些許的改變，流速大小有略小於離岸風場未設置前的情形，但離開風場設置範圍之後會回復至入流之流況，原則上流場因風機設置後各基樁產生的流的交互影響並不明顯。至於在水深 0~20 公尺之近岸流卓越區域，波浪受到 11~19 區風場基樁遮蔽使得部分近岸海域波高比未設置離岸風場前略為降低，由波浪所引致的近岸流速大小亦略有降低。近岸地區的流速降低表示海岸侵蝕與淤積的程度會降低。
- (3) 在彰化離岸風場(第 11~19 區)風機設置後對地形侵淤變化的影響程度並不大，主要影響海岸地形變化的原因還是以近岸流為主，水深 0~20 公尺之近岸地區大於  $\pm 0.1$  公尺的侵淤範圍比離岸風場設置前小，顯示 11~19 區離岸風場全部離岸風場設置後可以減緩近岸地區的地形侵淤程度。
- (4) 位於風場範圍之海域，在 11~19 區離岸風場設置前後其地形變化趨勢改變很小(低於  $\pm 0.1$  公尺)，僅局部極小區域有約  $\pm 0.3$  公尺之間之地形變遷，基本上流場對風場範圍整體地形變化的影響可以忽略。

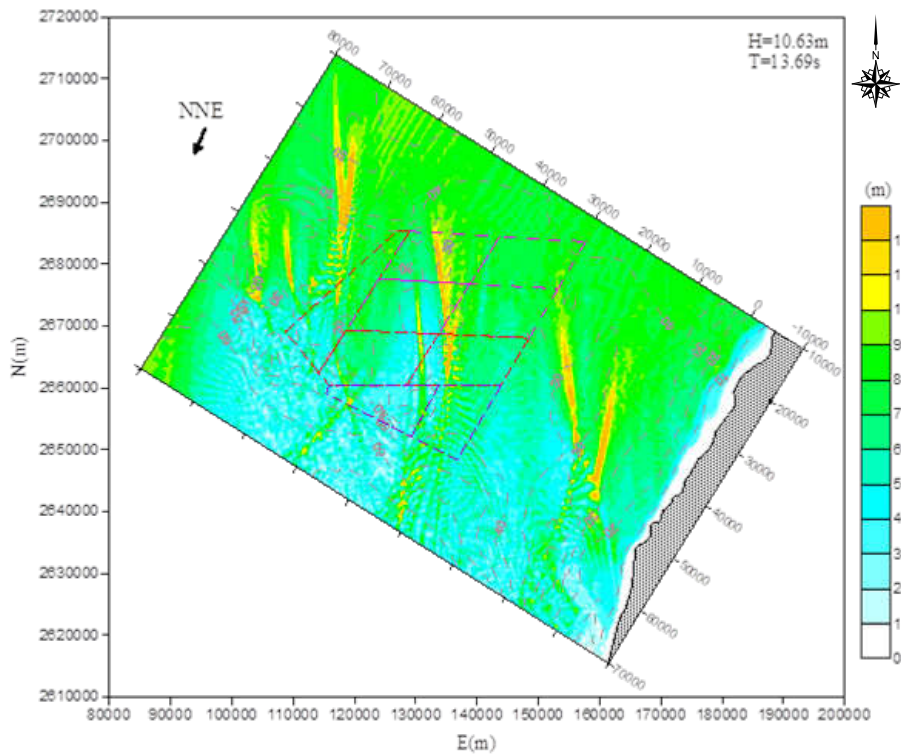


圖7.1.1-37 11~19號風場設置前50年重現期颱風波浪場分佈圖(外海波高10.63公尺、週期13.69秒、波向NNE)

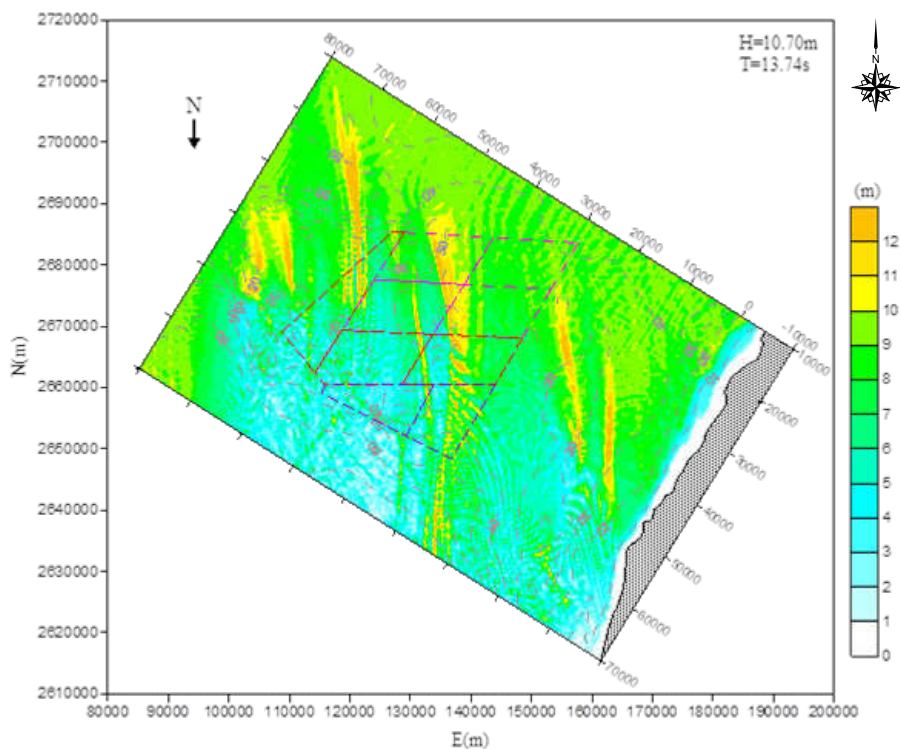


圖7.1.1-38 11~19號風場設置前50年重現期颱風波浪場分佈圖(外海波高10.70公尺、週期13.74秒、波向N)

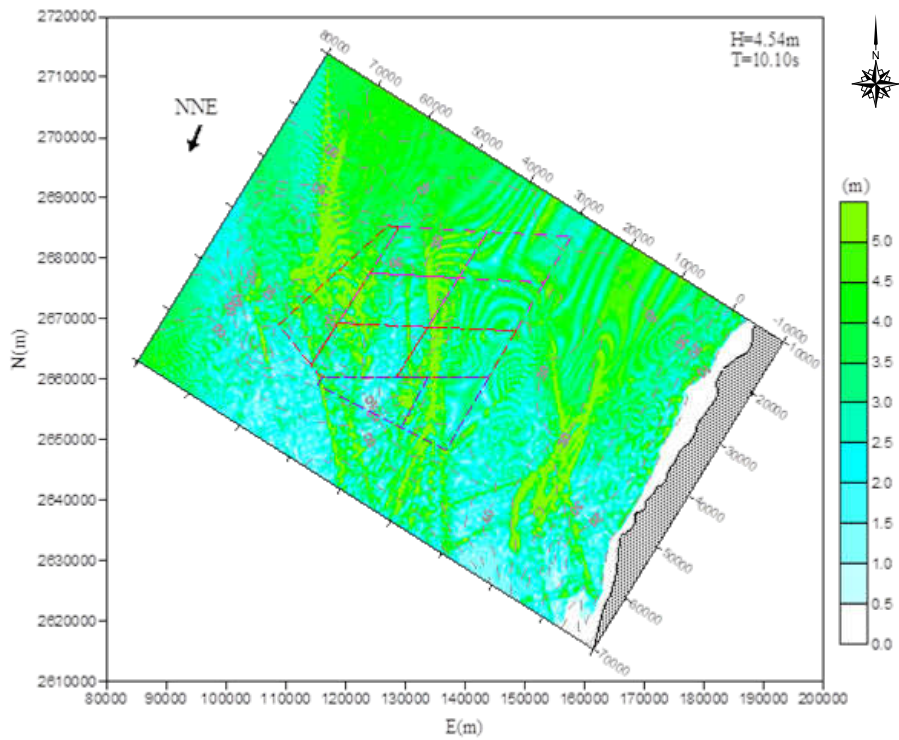


圖7.1.1-39 11~19號風場設置前冬季季風波浪場分佈圖(外海波高4.54公尺、週期10.10秒、波向NNE)

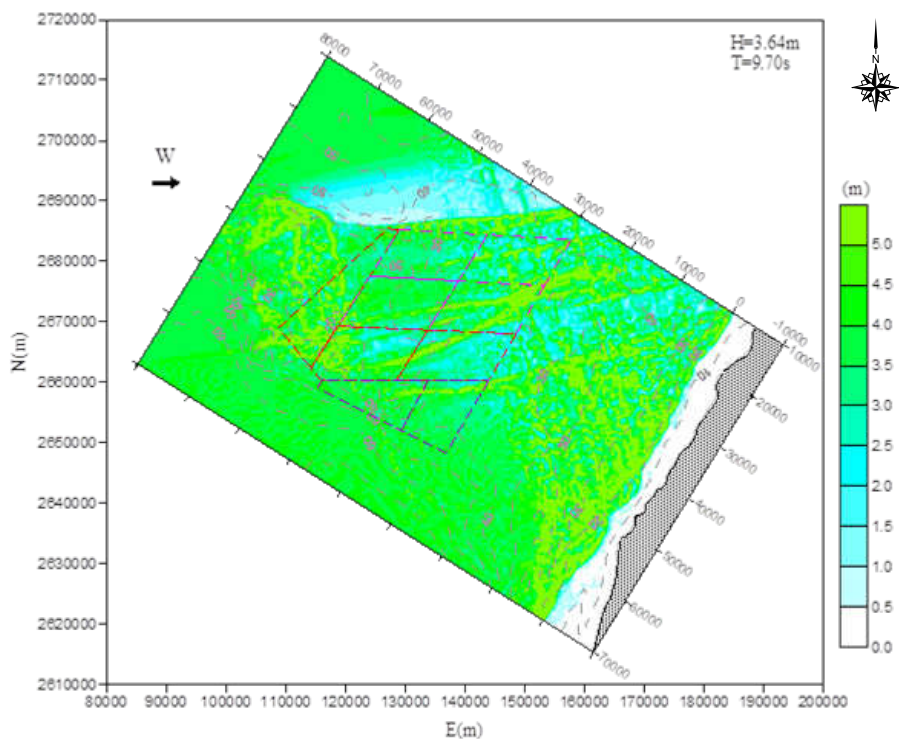


圖7.1.1-40 11~19號風場設置前夏季季風波浪場分佈圖(外海波高3.64公尺、週期9.70秒、波向W)

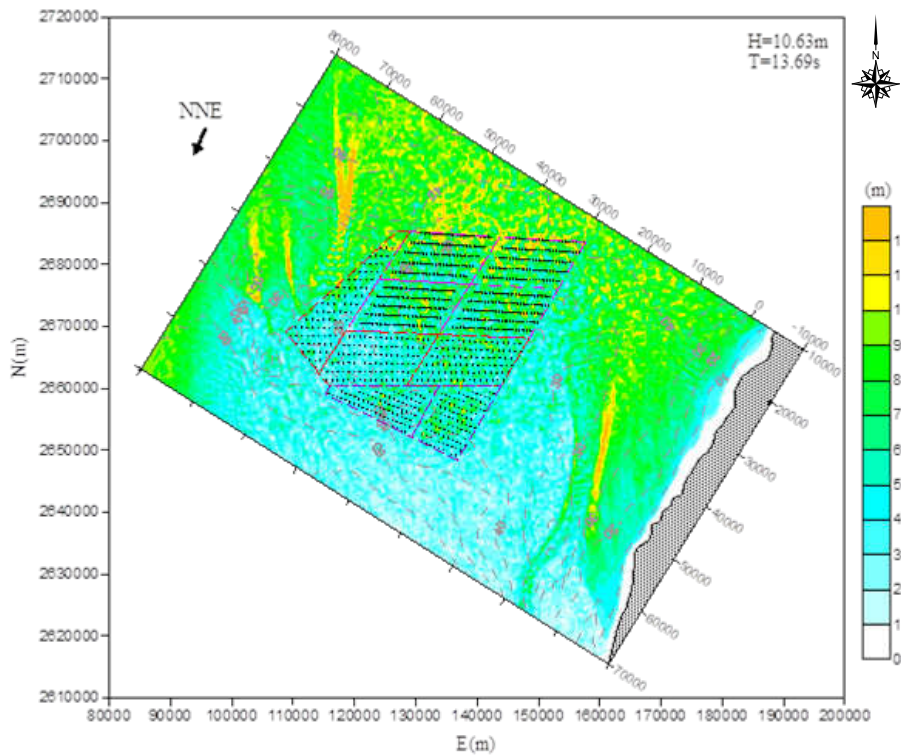


圖7.1.1-41 11~19號風場設置後50年重現期颱風波浪場分佈圖(外海波高10.63公尺、週期13.69秒、波向NNE)

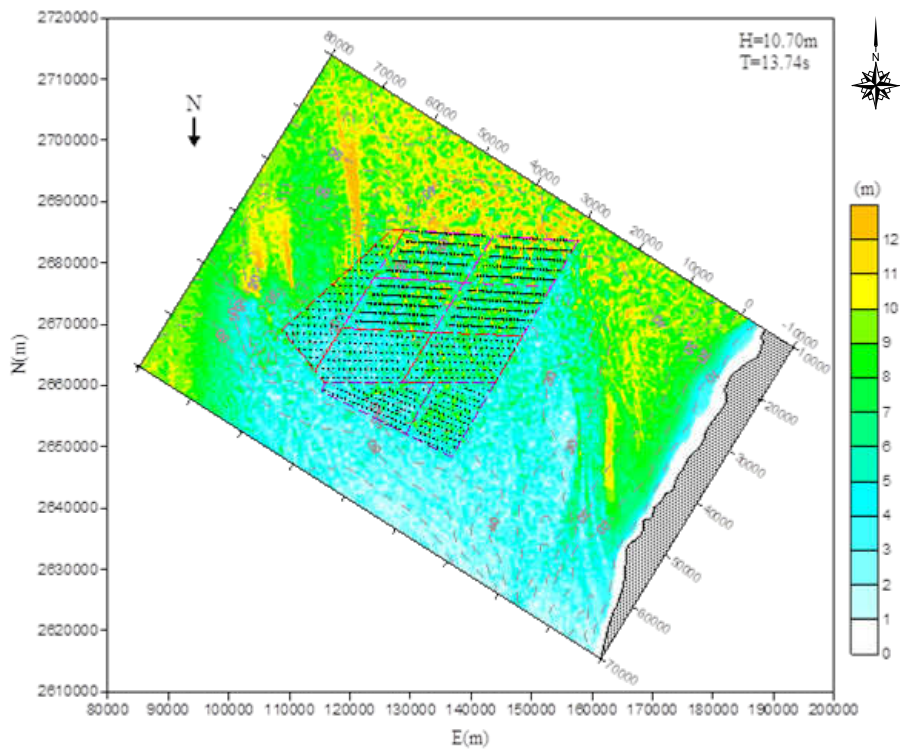


圖7.1.1-42 11~19號風場設置後50年重現期颱風波浪場分佈圖(外海波高10.70公尺、週期13.74秒、波向N)

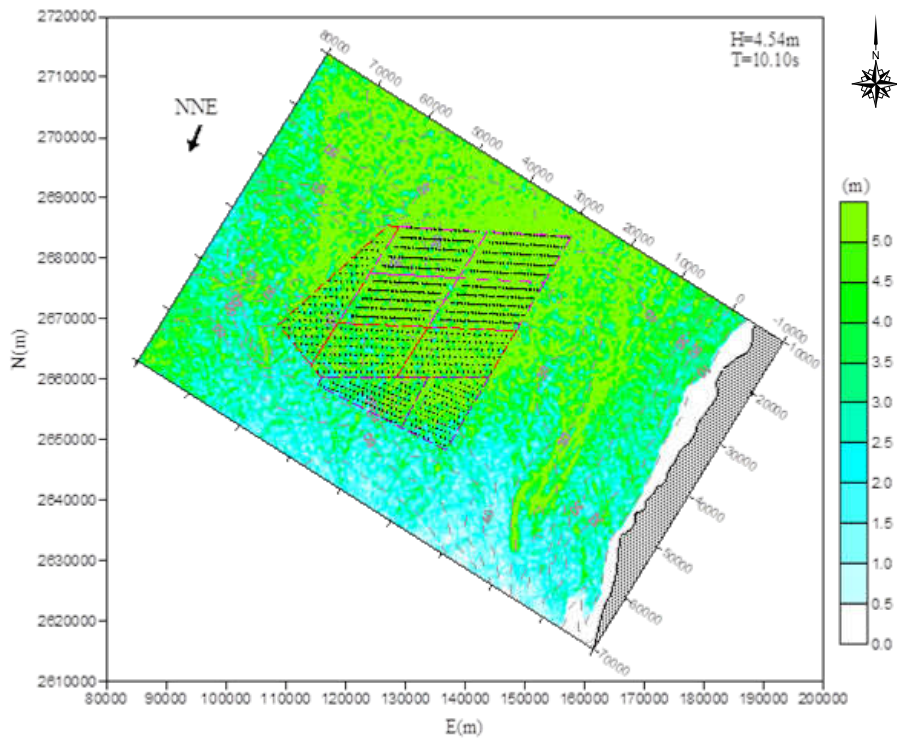


圖7.1.1-43 11~19號風場設置後冬季季風波浪場分佈圖(外海波高4.54公尺、週期10.10秒、波向NNE)

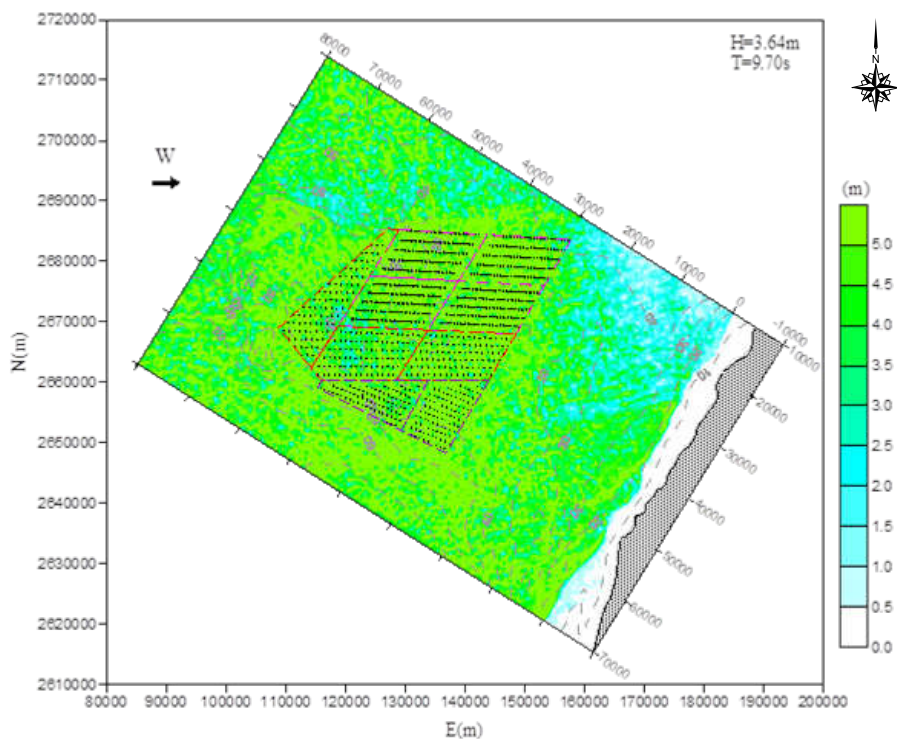


圖7.1.1-44 11~19號風場設置後夏季季風波浪場分佈圖(外海波高3.64公尺、週期9.70秒、波向W)

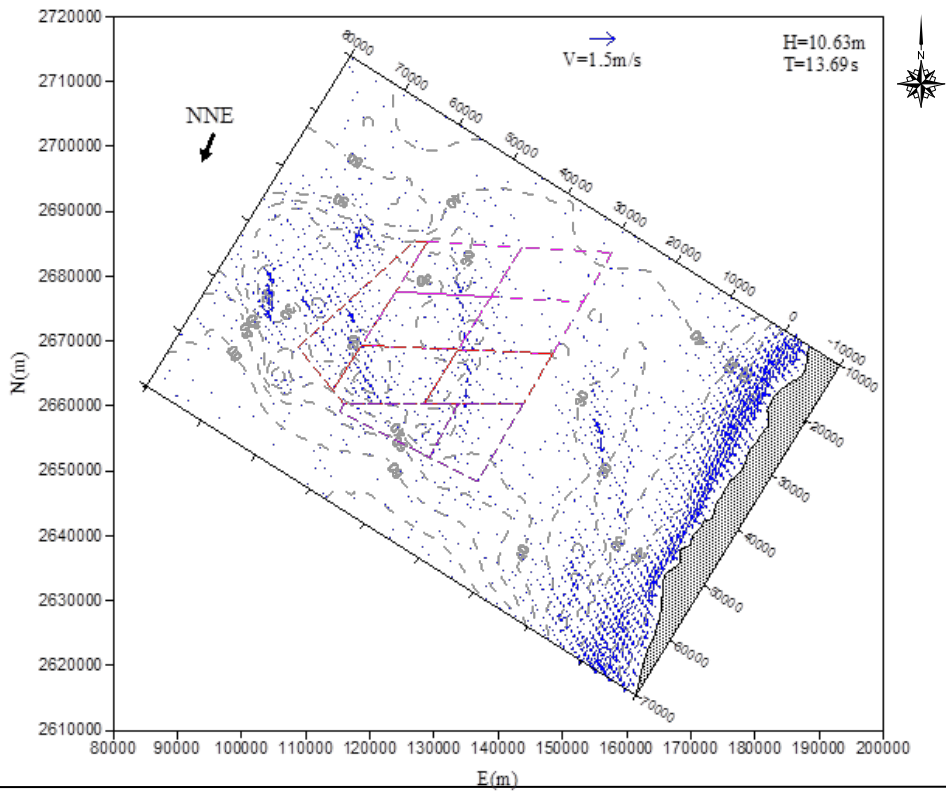


圖7.1.1-45 11~19號風場設置前50年重現期颱風流場分佈圖  
(外海波高10.63公尺、週期13.69秒、波向NNE)

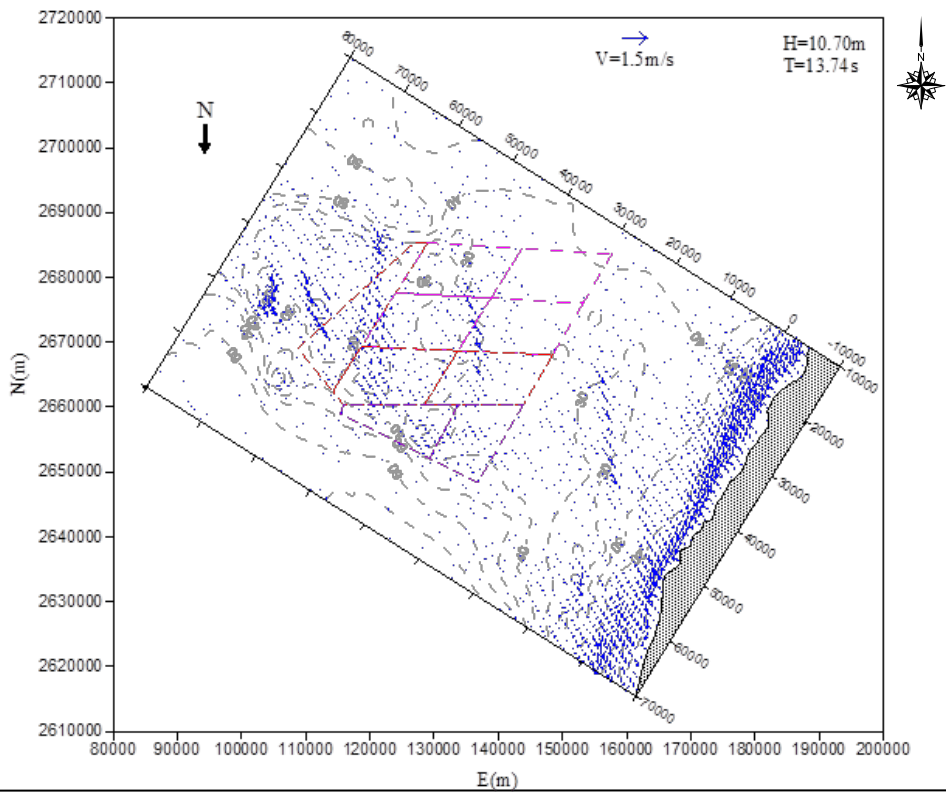


圖7.1.1-46 11~19號風場設置前50年重現期颱風流場分佈圖  
(外海波高10.70公尺、週期13.74秒、波向N)

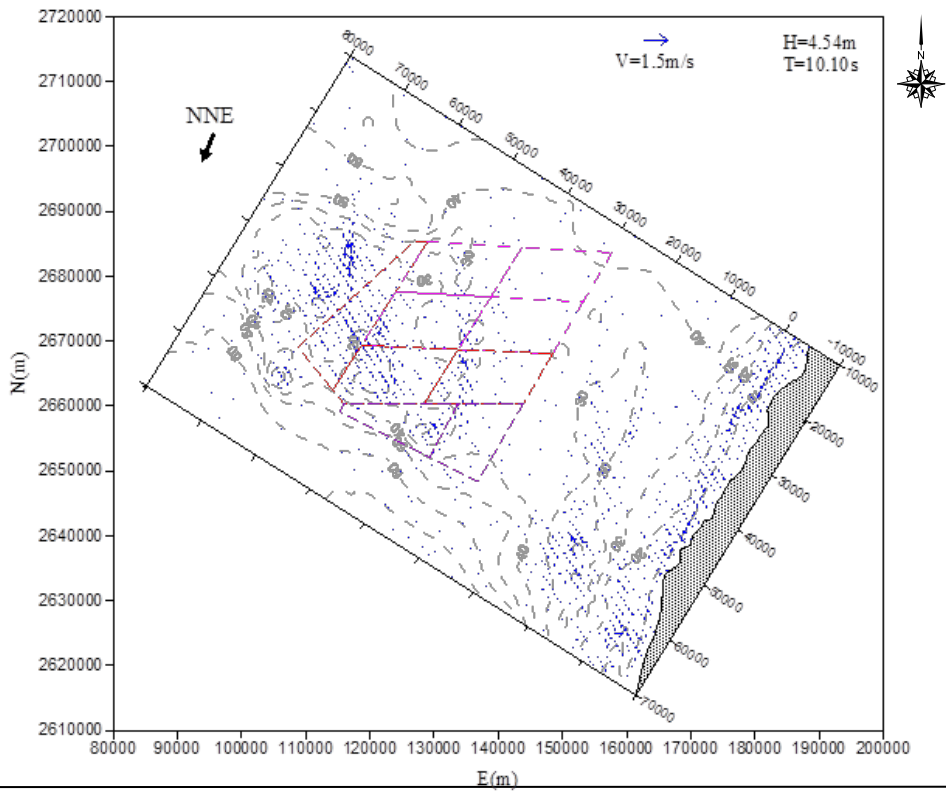


圖7.1.1-47 11~19號風場設置前冬季季風流場分佈圖(外海波高4.54公尺、週期10.10秒、波向NNE)

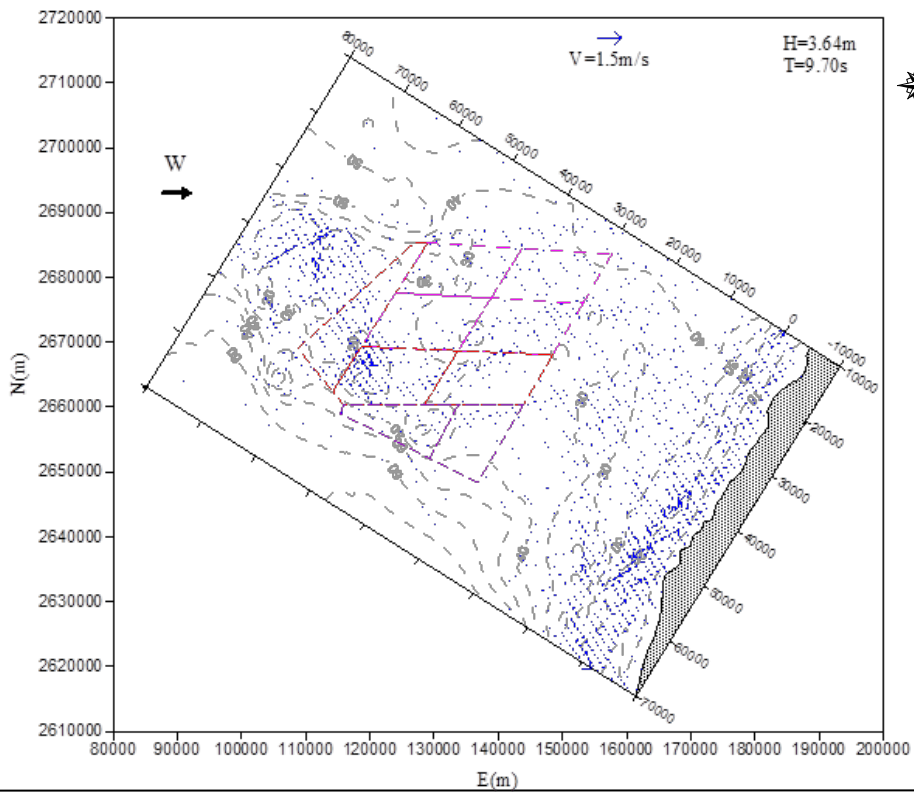


圖7.1.1-48 11~19號風場設置前夏季季風流場分佈圖(外海波高3.64公尺、週期9.70秒、波向W)

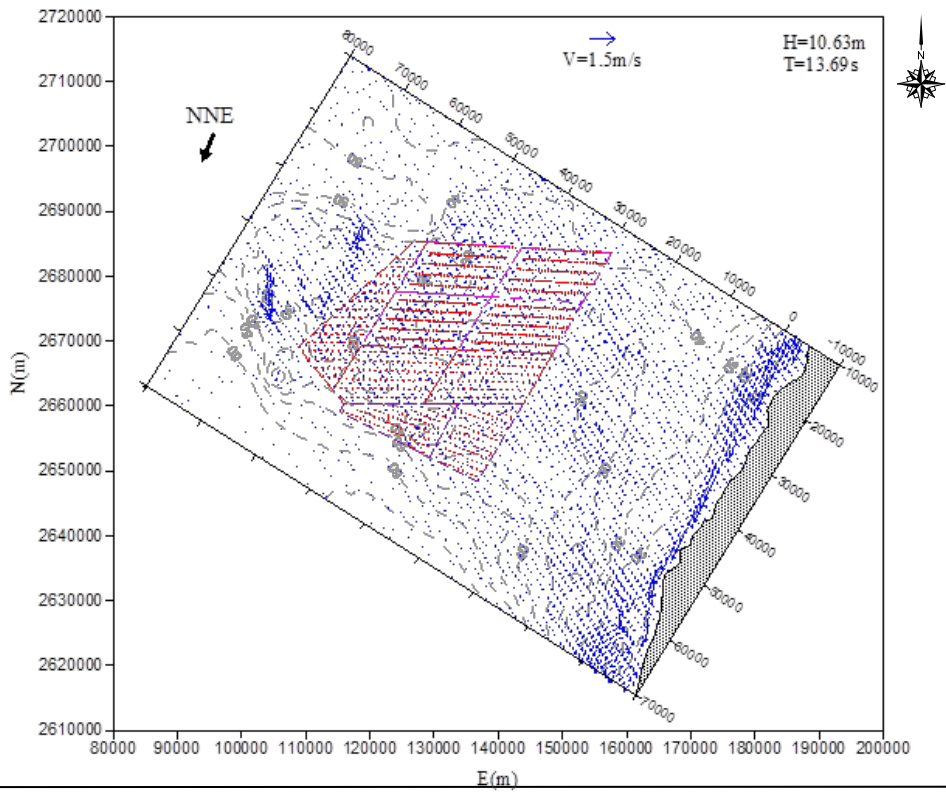


圖7.1.1-49 11~19號風場設置後50年重現期颱風流場分佈圖  
(外海波高10.63公尺、週期13.69秒、波向NNE)

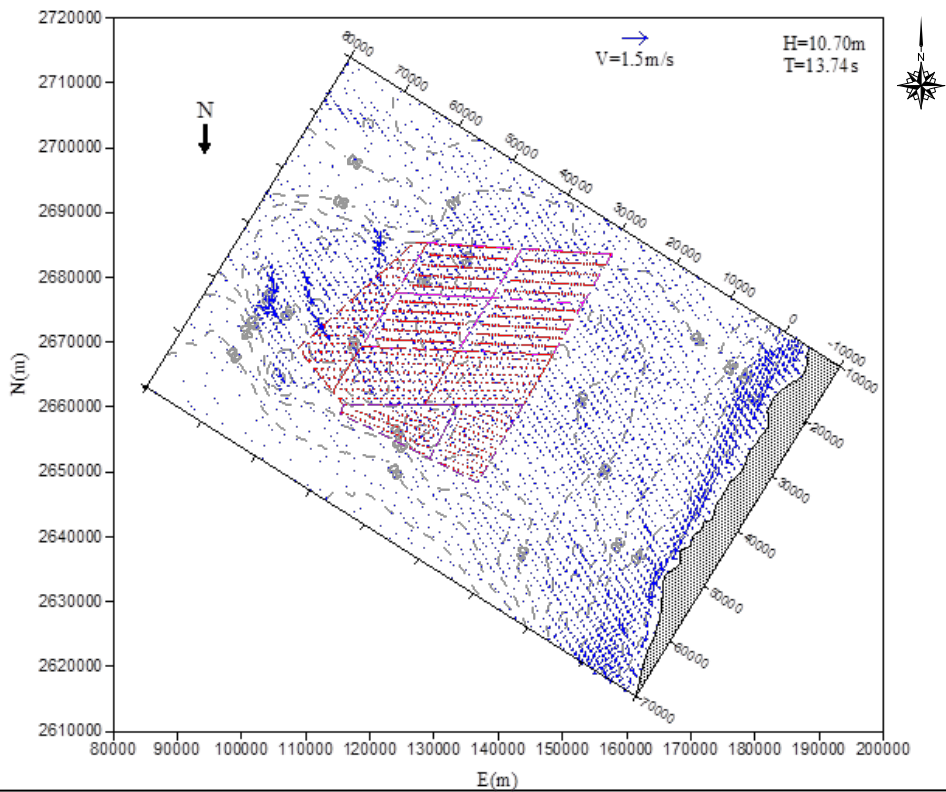


圖7.1.1-50 11~19號風場設置後50年重現期颱風流場分佈圖  
(外海波高10.70公尺、週期13.74秒、波向N)



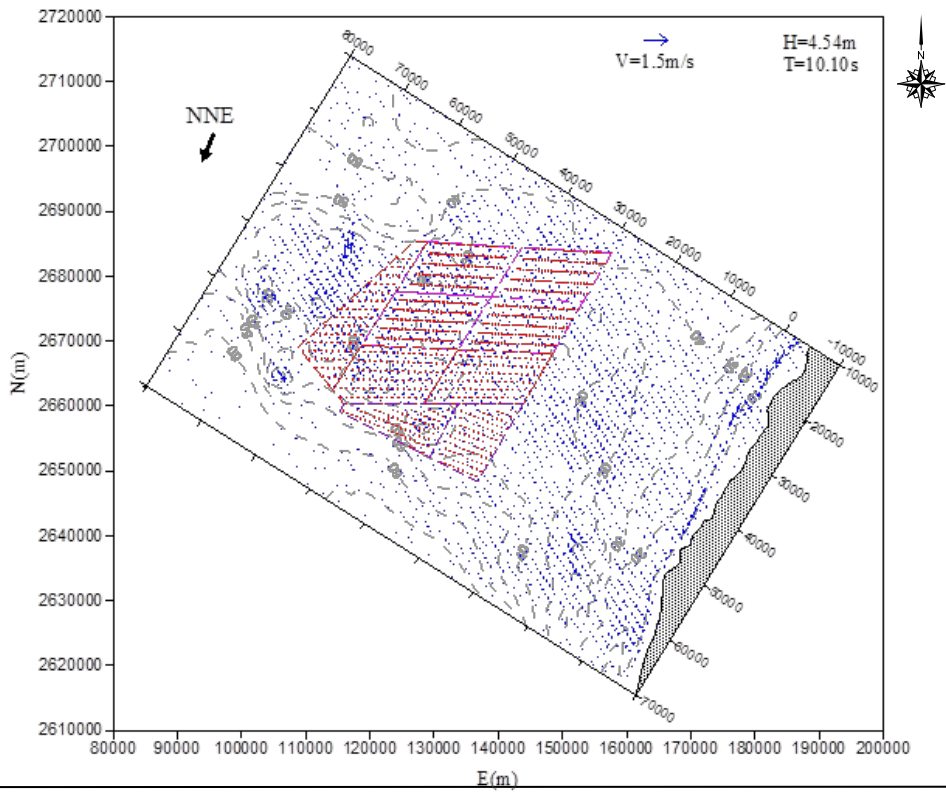


圖7.1.1-51 11~19號風場設置後冬季季風流場分佈圖(外海  
波高4.54公尺、週期10.10秒、波向NNE)

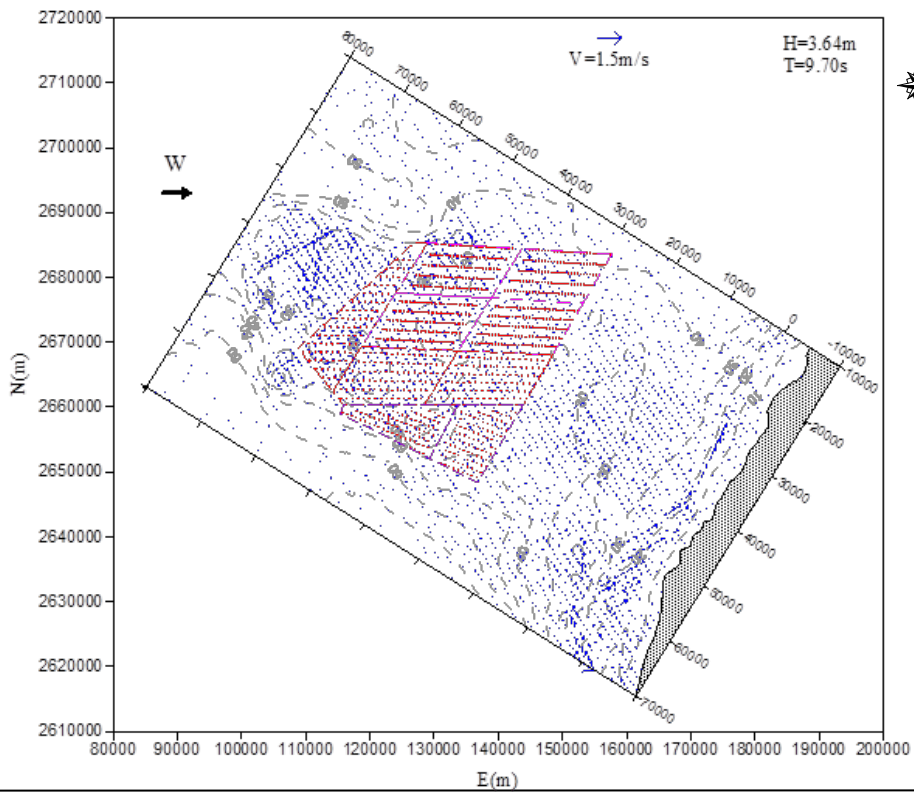


圖7.1.1-52 11~19號風場設置後夏季季風流場分佈圖(外海  
波高3.64公尺、週期9.70秒、波向W)

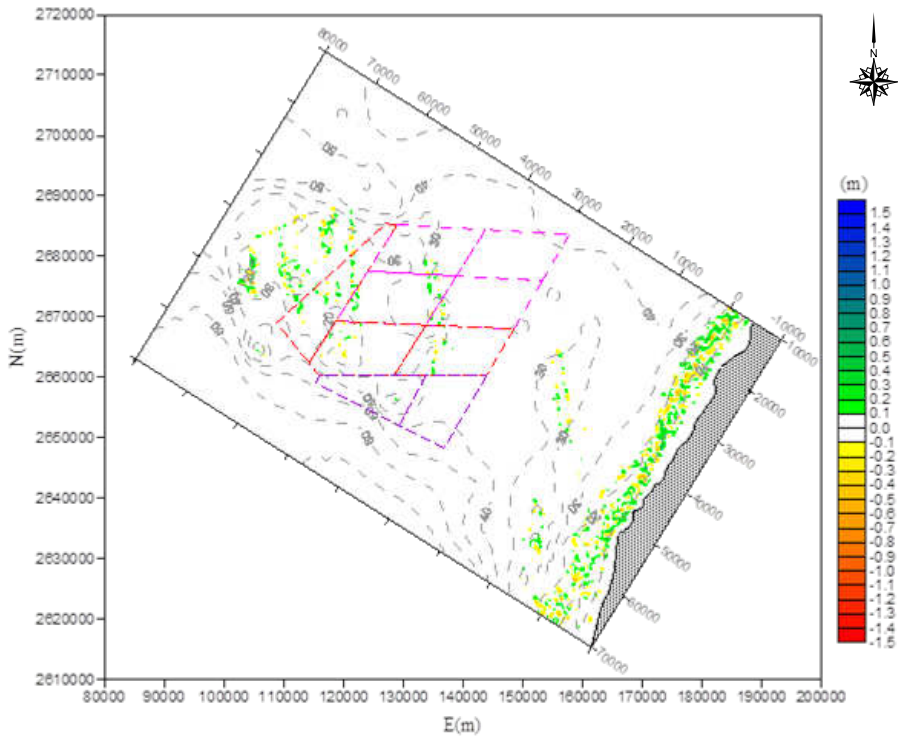


圖7.1.1-53 11~19號風場設置前附近海域數值模擬地形1年侵淤變化圖

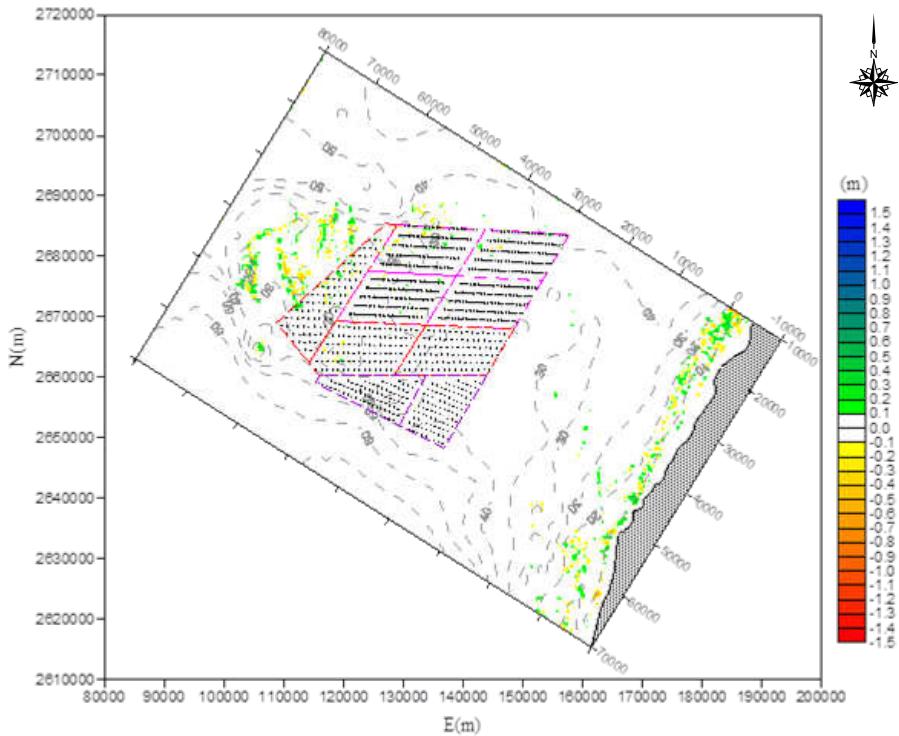


圖7.1.1-54 11~19號風場設置後附近海域數值模擬地形1年侵淤變化圖

## 二、地質

依據本計畫於 2016 年完成的第一次全區域海床測繪工作，在高解析的淺層地質震測調查作業中（Boomer 調查），並未觀察到可清楚辨識的斷層特徵。

### (一) 地震與斷層

#### 1. 第一次（2016 年）海域調查結果及過去調查資料

本計畫蒐集在開發區域內的其它地球物理資料，如：多頻道反射震測資料...等。依據過去調查結果，在開發區域內的深部地層（末次冰期不整合面以下），的確有多組斷層構造存在，但這些斷層構造並未有明顯切穿淺層地層（末次冰期不整合面以上）的證據存在。因此就初步的分析結果顯示，風機區位內的確有斷層或斷裂帶構造發生，但在末次冰期結束後(即約 10,000 年前至現今)的時間尺度內，並未有明顯的大規模相關構造發生，因此這些深部斷層構造應已長時間未再活動，對風機開發工作的致災影響可能性較低。另外，就中央氣象局自 1991 年以來於臺灣地震觀測網所進行全面性更新後的地震記錄而言，在臺灣中部的西側外海區域，特別是彰濱外海至澎湖的臺灣海峽東部區域，地震事件的記錄相當稀少，幾乎都是在規模 4 以下的地震事件，且在該海域也無任何的災害性地震事件發生；而以 1991 年以後在臺灣海峽中部所發生唯一一次的「大」地震事件記錄，發生在 2013 年 10 月，位在澎湖北方約 75 公里的海域，其規模也僅止於 4.7，且並未造成任何明顯災害。結合這些反射震測與地震資料，顯示在近數十年的尺度下，開發區域內發生大地震的機率，以及致災的可能性都相當低。

#### 2. 第二次（2017 年）海域調查執行狀況

由於本計畫於 2016 年完成的第一次全區域海床測繪工作，其淺地層剖面是透過單聲爆炸器(Boomer)系統收集，其目的是為了收集高解析的地層資料，所以該系統採用的高頻訊號對地層的穿透力便相對有限。因此本計畫於今年(2017 年)再進行第二次開發區域內的海床測繪作業。今年與去年最大的不同點為採用穿透力較佳的火花放電式淺層地質震測調查作業（海床面下 100 公尺範圍內），同時搭配於 19 號風場內進行三孔鑽探取樣與試驗工作（深度 80 公尺以上），以及將於其中兩孔內進行海床下 30 公尺深度範圍內的震測圓錐貫入試驗（Seismic CPT），這些現場調查工作的執行將彌補初步調查作業不足的部分，建立完整之地質剖面模型，以利判定有無斷層或斷裂帶存在，同時可作為評估高潛勢土壤液化特性，透過上述鑽探採樣進行土壤分析及相關室內試驗，做為未來風機基礎設計與選位的重要參考依據。目前，現場調查作業已完成 85%，已收集到的資料仍在處理中，而該批資料將較去年之成果更為精確且更具參考價值，將作為基礎設計之依據；倘若仍有不足，將另行規劃第三次之海域補充調查。

本計畫結構設計施工前階段首先將進行詳細的機率型地震危害度分析以符合 API RP 2EQ 規範中 L3 的暴露等級並據以進行液化潛能分析。這些分析將包含所有台灣鄰近斷層對海龍場址的影響以及產生的機率危害曲線。

本計畫接著將進行 SHAKE 軟體分析，以獲得受當地土壤影響的局部設計頻譜。這些結果也將用於確認液化潛能，並基於比較兩個變量進行評估，分別為由預期地震荷載引起的循環應力比（CSR）；以及給定數量的加載循環中開始液化所需的循環應力比的循環液化阻力比（CRR）。此外，前期與後期的 CPT 資料將用於計算 CRR 變化，以確定設計地震條件下的液化

層。

透過上述地震分析的輸入，結構設計階段將去除局部土壤彈簧剛度來考慮分析中的液化層，地震分析將按照國際規範 IEC 61400-1 進行。

## (二) 土壤液化

本計畫降壓站及陸纜設計時將依現地高程及土壤調查結果納入設計考量以防範淹水、地層下陷甚至液化之情形發生。

本計畫在目前規劃階段初步採用的設計地震之控制斷層為彰化斷層。初步依「建築物耐震設計規範及解說」之構造物耐震設計考慮之設計基準地震(DBE)以 475 年再現週期之強地動水準為標的，即考慮使用年限為 50 年以下，超越機率 10%的強地動水準；最大考量地震(MCE)則以 2500 年再現週期之強地動水準為標的，即考慮使用年限為 50 年以下，超越機率 2%的強地動水準。

依據前述規範，地表水平向加速度值為短週期譜加速度值之 0.4 倍，故本工址 475 年再現週期(DBE)及 2500 年再現週期(MCE)之水平向地表加速度值分別為 0.22g 及 0.28g。地表垂直向 PGA 值亦依照規範一般震區規定，取為水平向值之 1/2，故為 0.11g 及 0.14g。

經由評估本場址地質特性，場址有發生土壤液化之可能，最大液化深度為海床面以下 20 公尺。以上的控制斷層、G-level、土壤液化潛能等資料將於工程結構設計前再依臺灣活躍的地質構造背景進行更詳細評估後確定。依據以上初步資料，基樁設計深度為海床面以下 65 到 100 公尺。

本計畫於後續土壤液化分析中除了考慮鄰近斷層及其產生的地震力進行地震危害度分析之外，亦會針對颱風波浪引致的海床土壤液化進行分析，除將參考波浪引致之海床土壤液化國外已有相關文獻，採用 Nataraja & Gill 簡易經驗法，針對海浪引起海床下土壤發生液化之潛能進行分析。根據海洋氣象報告中之建議，採用場址之設計回歸週期之顯著波高及其顯著波週期、波長等資訊進行評估。以了解海床土壤在颱風波浪影響下之意圖發生程度。

## 三、初步結構設計安全分析

本計畫現階段已針對風場海域進行側掃聲納調查、底質剖面調查、鑽探取樣及圓錐貫入試驗(1 處鑽探孔及 4 處深海圓錐貫入試驗)、漂砂與底質等調查作業，已可初步掌握場址海域地形(貌)及地質狀況，並據以進行初步結構設計安全分析。

(一) 風場位於地震活動度相對低之區域，且附近未有已知的活動斷層。

(二) 本計畫是採用樁基礎規劃，設計時將海床長時間之變化量納入基礎細部設計考量，可不致影響風機結構安全。

(三) 風機施工期間，透過基礎傾斜儀表監控，亦可使用預打樁，水下測量和夾墊片來調整基礎傾斜度。而風機運轉期間，也將藉由傾斜沉陷觀測即時監控。

本計畫基礎型式採用套筒式基礎，係依據彰化海域的地質、海象條件，同時考量颱風引起的暴潮和波浪及地震對海底基礎結構造成的影響，並以最大水深 50.0 公尺為設計基礎水深，另波浪對基礎沖刷採 5.0 公尺的普遍性沖刷。在波浪設計條件則以迴歸期 50 年最大波高 10.96 公尺為設計基準；設計水流亦採迴歸期 50 年流速 2.45 公尺/秒為設計基準(依據鹿港潮位站與台中港海象測站觀測統計資料分析結果)，風機的極端風力負荷亦採和波浪與水流同一方向；地震作用力則依 ISO 19901:2 之極端水準為標的進行基

準地震耐震設計，採用迴歸期 475 年加速度為 0.22G 及迴歸期 2,500 年加速度為 0.28G 為設計基準，另地震對基礎沖刷以迴歸期 50 年最大沖刷達 8.5 公尺。在設計時已將海域的地質、海象、颱風及地震等極端氣候條件考量在內，並符合 ISO 19901:2 的耐震設計規範，以因應極端氣候所帶來之影響，以確保工程施工安全性。

本計畫後續細部設計階段將針對每一處風機及海纜設置/鋪設位置進行更高密度的調查，並依調查結果進行土壤液化、永久旋轉傾斜角度、最大樁載能力等詳細分析，以進行下部結構設計，及選用合適的風機基礎。風機基礎規格除將依循相關設計標準及規範外，亦將考量所有海床地形地貌及其他環境條件(如地震、颱風及極端氣候等)。因此，風機傾斜沈陷情況、土壤液化風險等，皆將被限制在可接受的範圍內。

## 7.1.2 水文及水質

### 一、地表水質

#### (一) 施工期間

##### 1. 地表逕流

##### (1) 逕流係數(C)值

依據「水土保持技術規範」第 18 條之逕流係數之選擇參考表，採用逕流係數值如下：

- A. 本計畫陸上降壓站用地面積約為 13,200 平方公尺，無新闢施工道路，因此未來增加地表逕流之區域將僅限於降壓站之設施用地，因現況為草生地，逕流係數採用 0.45，施工階段逕流係數保守則採用 1.0。
- B. 本計畫組裝工作碼頭及後線工作腹地位於台中港，目前為既有之碼頭，現況地表為鋼筋混凝土鋪面，因此未來施工期間將不會增加地表逕流。

##### (2) 降雨強度(I)值

合理化公式中之降雨強度(I)推估依據「水土保持技術規範」第 16 條，公式如下：

$$\frac{I_t^T}{I_{60}^{25}} = (G + H \log T) \frac{A}{(t+B)^c}$$

$$I_{60}^{25} = \left( \frac{P}{25.29 + 0.094P} \right)^2 A = \left( \frac{P}{-189.96 + 0.31P} \right)^2$$

$$B = 55 \quad C = \left( \frac{P}{-381.71 + 1.45P} \right)^2$$

$$G = \left( \frac{P}{42.89 + 1.33P} \right)^2 \quad H = \left( \frac{P}{-65.33 + 1.836P} \right)^2$$

式中，

T：重現期距(年)

t：降雨延時或集流時間(分)

$I_t^T$  : 重現期距 T 年，降雨延時 t 分鐘之降雨強度(公釐/小時)

$I_{60}^{25}$  : 重現期距 25 年，降雨延時 60 分鐘之降雨強度(公釐/小時)

P : 年平均降雨量(公釐)

A、B、C、G、H : 係數

取集流時間 10 分鐘，重現時距為 25 年，梧棲氣象測站民國 95~104 年之 10 年間年平均降雨量 1,385.90 公釐，代入上述公式計算後可求得彰化地區降雨強度  $I_{10}^{25}$  值為每小時 99.26 公釐。

### (3) 逕流量分析結果

合理化公式如下：

$$Q_p = \frac{1}{360} CIA$$

式中，

$Q_p$  : 洪峰流量(立方公尺/秒),

C : 逕流係數(無單位),

I : 降雨強度(公釐/小時),

A : 集水區面積(公頃)。

將以上推估參數代入合理化公式後，可求得開發前降壓站工區總地表逕流量  $Q_0$  為 0.164 CMS；施工中逕流量  $Q_1$  為 0.364CMS，施工中較開發前增加 0.200CMS 之逕流廢水。

## 2. 生活污水

本計畫之施工區將分為陸域輸電系統施工區及台中港碼頭施工區 2 處。評估依據係參考內政部營建署公告之「建築物污水處理設施設計技術規範」，住宿每人每日產生廢污水以 225 公升估算，非住宿每人每日產生廢污水以 100 公升估算。

陸域輸電系統施工區部分，因採階段性施工，尖峰時段施工人員僅約 30 人，且不會有駐紮施工場址之人員，故以每人每日產生廢污水 100 公升估算結果，最大污水產生量約 3.00CMD。

台中港碼頭施工區部分，尖峰時段施工人員約 30 人，其中駐紮工作碼頭人員以不超過 10 人為原則，則施工期間施工人員產生之污水量約為 4.25CMD。

若兩處工區同時施工，最大污水產出量亦僅約 7.25CMD，增量非常輕微。施工人員生活廢水皆將租用流動廁所處理或至鄰近既有建築物使用，不會恣意排入地面水體，本計畫施工期間施工人員污水對附近承受水體應無影響。

### (二) 營運期間

本計畫離岸風力發電營運期間陸域輸電設施僅有少數操作維修人員及維修活動，且不抽取地下水，因此本計畫營運期間對地表水文水質及地下水水文水質無任何影響。

## 二、地下水

本計畫陸域輸電系統工程由於開挖深度有限，因此施工期間無需進行地下水抽水降壓，且降壓站開挖深度最大為 1~3 公尺，開挖深度不深且施工期間不長，

不會造成任何地下水湧出之狀況，施工期間因地表逕流入滲影響對於地下水位雖會造成短期些微影響，但於施工結束後即可自然恢復，對本地區整體地下水文影響輕微。

本計畫開挖施工期間使用混凝土進行灌漿工作，並選用既有道路做為施工便道，縮小施工範圍，同時施工車輛均定期維修保養，避免施工車輛油品洩漏，以杜絕污染地下水之可能來源，故本計畫施工期間對地下水質並無影響。

### 三、海域水質

本計畫施工過程中可能影響海域水質之海事工程主要分為風機基礎設置與海底電纜鋪埋工程兩大部分。為了瞭解風機基礎設置、海底電纜鋪埋過程所產生的懸浮固體可能對周遭海域水質之影響，本計畫以 WQM 數值模擬方式進行懸浮固體增量分佈之影響評估：

#### (一) 工程施工方式說明

本計畫預定於彰化外海設置離岸風機，施工過程中可能影響海域水質之海事工程共分為風機基礎設置與海底電纜埋設工程兩大部分：

##### 1. 風機基礎設置

本計畫綜合分析計畫海域的水深變化範圍、地質、海象、環境影響因子和可能選用的風力機組等，本計畫採用之基礎型式為套筒式基座(Skirt Pile Jacket)、預打基樁套筒式基座(Pre-Piled Jacket)，施工方式對於水體僅有些微擾動；基礎為避免基腳因潮汐與波浪之掏刷，故基腳處恐需進行保護工設置，主要方式係以抽除基腳附近土砂，再投入不同級配之礫石分層埋設以置換之，此工程對於水體懸浮固體之影響僅在於抽砂與投入礫石時會產生些微擾動，一般而言，進行基礎工程浚挖整地浚泥速率在 100 立方公尺/小時以內，而模擬評估時係以保守估計假設長時間連續施作(數日)下所造成水質中 SS 增量(實際施作時間應較短)。

##### 2. 海底電纜埋設工程

海纜埋設工程之施作國內外均有許多工程經驗，於近岸邊上岸處範圍管溝開挖可使用挖溝機台船開挖，較淺水深處(50 公尺內)埋設海纜一般而言可使用怪手台船或抓斗式台船進行浚挖、埋設及回填作業，或採用附加高壓沖水式之鋤式埋設機具為主要施工方式，以開挖、海纜佈放及回填一併進行之施工方式。而為避免影響近岸處水質，於近岸端之風機施作時將採用污染防止膜或防濁幕，將揚起之懸浮物質圍束於施工範圍以避免擴散。

評估海纜施工時對海域影響，為保守估計以對海域水質影響較大之犁埋式以高壓水刀(water jet)沖刷出溝渠，然後佈設海纜，由於海床以砂質為主，因此一段時間即可自然回填。其沖刷速率係以較保守之開挖 1~2 公尺寬、0.5~1.5 公尺深，100~150 m/hr 速率的電纜鋪設渠道時，其最保守(最大)的浚挖溢出固體懸浮顆粒速率為 450 m<sup>3</sup>/hr，然後假設長時間連續施作(數日)下所造成水質中 SS 累積於岸邊之增量(實際施作時間應較短)。漂砂則依據其搬運(transport)和擴散(diffusion)的物理機制模擬，如此在驗證過的水理流場中，輸入施工中預估的漂砂增量，便可以合理的估算出離施工區域某段距離漂砂濃度的增量，包含近岸漂砂濃度增量。

#### (二) 海事工程之懸浮固體擴散情形說明

進行模擬時，需先設定污染源輸入值，即是決定施工區懸浮固體逸出量的比例大小。海域施工作業時，將產生懸浮固體顆粒在海水中隨海潮流運動，其中，依據 Stokes's Law 定理得知，懸浮固體顆粒假設為球體，又因顆粒粒徑大小不同，而有不同之傳輸歷程(較大粒徑之懸浮固體在逸散後 100~200 公尺之內即已沉降至海底面；次大粒徑可漂至 500~1000 公尺遠；較小粒徑者，則可漂至 2 公里或 2 公里以外，使沉降至海底面)。

另外，懸浮顆粒沉降的速度受海流大小影響很大，其傳送時間為  $t=h/v$  ( $t$  為傳送時間； $h$  為區域長度或深度； $v$  為流速)。以距施工區( $h$ )為 200 公尺為例，當海流大小( $v$ )為 0.25 公尺/秒時，顆粒由施工區至 200 公尺處水平傳送時間( $t$ )為  $200/0.25 = 800$ (秒)，垂直方向可使顆粒在 200 公尺內沉降至海底面的最小沉降速度大小約為  $6/800 = 0.0075$  公尺/秒，其中 6 公尺為估計的垂直方向(水深)沉降距離(與施工地點水深及浚泥機具有關)。由粒徑大小對應最小沉降速度，然後根據土壤分析所得到之粒徑分布曲線，再找出施工區附近底泥粒徑小於其數值的百分比，如此可保守估計施工時懸浮固體之逸出量。

### (三) 海域之懸浮固體擴散數值模式建立

本模式為 EOT 開發出來的水理水質數值模式(WQM)，WQM 模式是以有限元素法解流體力學方程式、對流-擴散方程式及能量方程式，這些方程式導自質量、動量和能量守恆定律。此模式先解出流體之流速和水位，然後再代入對流-擴散方程式及能量方程式，以解出水質、水溫等參數的特性。因此模擬過程中一般皆分成兩個主要階段：水理模擬及水質模擬，是目前最完善之水理和水質模式之一。

模式主要在模擬不同污染源之排放所造成排放於河川與海域所具不同之水質參數隨時間變化之暫態模式，所模擬之水質參數的濃度有可能會因長期連續的排放，而產生整個模擬河川與海域背景濃度的增加。

在模式驗證方面，模式驗證工作本身即是相當困難，無法進行水工實驗比對。尤其針對複雜的海流，因為影響海流的因素相當多，例如風力、恆流及其他因素等，要利用模式模擬複雜的海流環境而得到相同的流場是很困難的，因此演算結果與實測值在合理誤差範圍內即可接受。在流況驗證方面，計畫區域鄰近有彰化海域流況歷時實測資料可供比對，進行水理演算驗證；在水質參數驗證方面，此模式經美國 Fox River-Green Bay System 充份與現場實測資料驗證及參數檢定工作，模擬結果水質歷時變化情形與實測資料變化趨勢相當(包含 DO、BOD 及水溫)，且經美國及臺灣環保署(「西南海域涵容能力分析」計畫，並提供技術轉移)審查通過，本計畫中參數採用較保守進行計算，使模擬結果具有安全餘裕，進一步確保模式之合理性及保守性。

在網格建立方面，求解過程係利用有限元素法來解二維流體力學方程式、對流-擴散方程式和能量方程式，所採用的形狀函數為線形三角形。網格之建立取決於邊界條件之情況，若計算區附近有潮位資料，則可建立一單獨網格，若無適當潮位資料，則需建立大小各一之網格以供運用。大網格之邊界亦需潮位資料，其計算結果可供小網格作為邊界條件之用。本計畫建立計算區域有限元素網格，涵蓋之範圍約有 40 公里寬及 50 公里長，模式建立網格相關參數如表 7.1.2-1 所示。



表 7.1.2-1 模擬範圍網格參數設定

座標系統	大地座標--67座標
網格尺度	格點數(Node)：3,958 網格數(Element)：7,604 $\Delta \approx 100 \sim 300m$
模擬範圍	北：台中港南側 南：彰化縣及雲林縣交界處北側 東：內陸 西：約-40~60公尺水深外海

水理演算與實測海流資料進行比對驗證方面，本計畫運用此模式模擬施工期間海域懸浮固體擴散，由於懸浮固體擴散主要為海流、潮流帶動及水質擴散主導，屬海域水質物理性擴散，而漂砂之驗證於海域很難做到現場量測，於水工模型試驗其尺度比尺於海域現地之細砂、沉泥、黏土等亦無法依據比尺(一般約在 1/100 左右)於水工試驗室中進行，因此，一般而言主要以現場流況進行驗證，並校對相關參數，如此對於懸浮固體因海潮流帶動及擴散之模擬結果可有相當程度之合理性。

本計畫已針對水理演算與實測海流資料進行比對驗證，實測之彰濱工業區外海之歷時流況站點位如圖 7.1.2-1 所示，模擬流況與實測值比對如圖 7.1.2-2 及圖 7.1.2-3 所示，由圖 7.1.2-2 及 7.1.2-3 可知，模擬結果流速大小、方向等與實測資料有相當程度之一致性，可進一步確認模式之合理性。

#### (四) 海域之懸浮固體擴散模擬結果分析

本計畫針對懸浮固體進行連續增量後之分佈模擬分析，由模擬結果可知，連續施工約 20 日達到大致穩定平衡狀態，水質僅隨漲、退潮改變而有小幅度變化，而在低潮時因海水位較低通常有較大增量之情形，亦即屬於較差之環境條件，故模擬分析結果均以低潮位時進行的海事工程所產生之懸浮固體濃度增量，分述如下：

##### 1. 風機基礎設置工程

模擬範圍以最近岸邊之機組進行施工時懸浮固體增量評估，如表 7.1.2-2 增量說明。風機基礎施工時因水深較深，距 200 公尺處懸浮固體濃度增量已降為約 0.38mg/l、500 公尺處增量僅約 0.35mg/l、1,000 公尺處則約 0.25mg/l，而基礎位置距岸邊已達約 45~55 公里，對陸域岸邊已無影響。由此分析結果可知，本計畫基礎位置距岸邊均超過 45~55 公里以上，水深亦在-40m 左右，因水深較深因此施工時揚起之懸浮固體大部分均在短時間內沉降，僅有少部分細微顆粒未沉降而隨海流帶動，而本計畫區海域潮差大，引致之潮流也較快，在一日二回潮之潮流來回帶動下，可於短距離內迅速擴散，將不對海域水質造成太大影響，如圖 7.1.2-4~圖 7.1.2-5 所示。

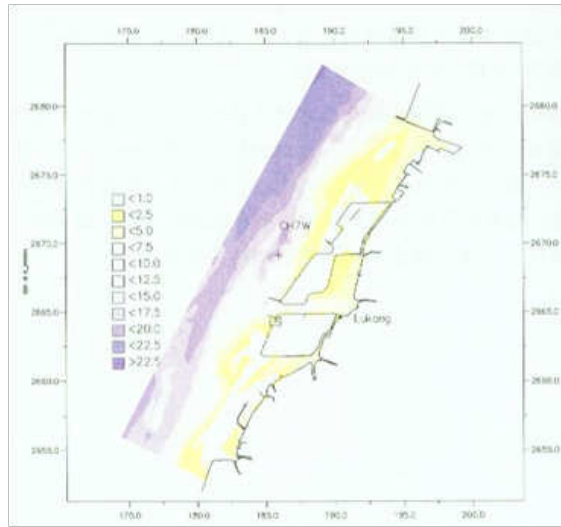


圖7.1.2-1 模式流速驗證點位置圖

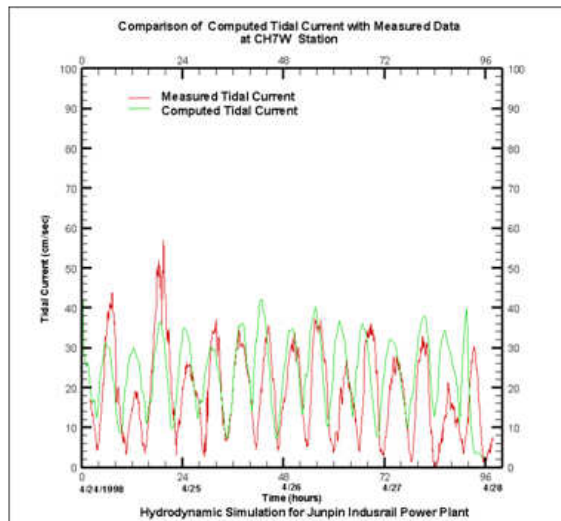


圖7.1.2-2 模式模擬結果流速大小與實測資料歷時比較圖

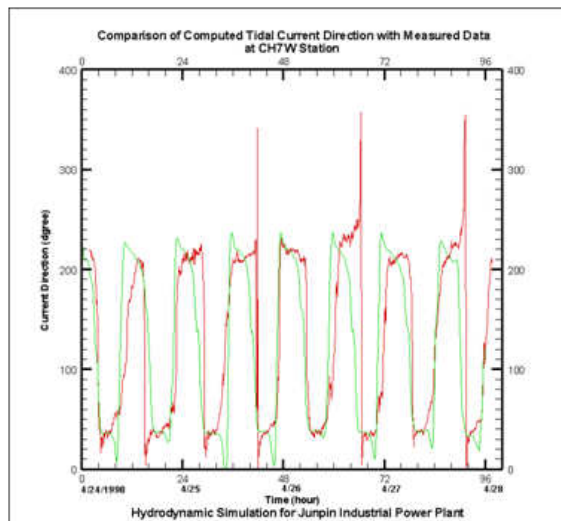


圖7.1.2-3 模式模擬結果流速方向與實測資料歷時比較圖

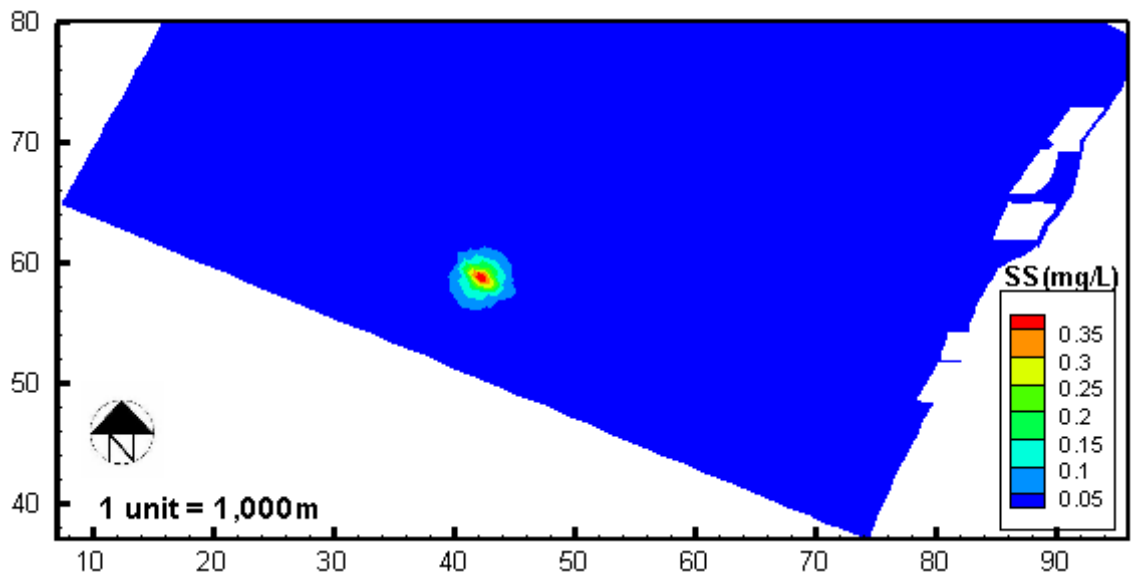


圖7.1.2-4 基礎施工時懸浮固體濃度增量模擬結果分佈圖  
(低潮位時)

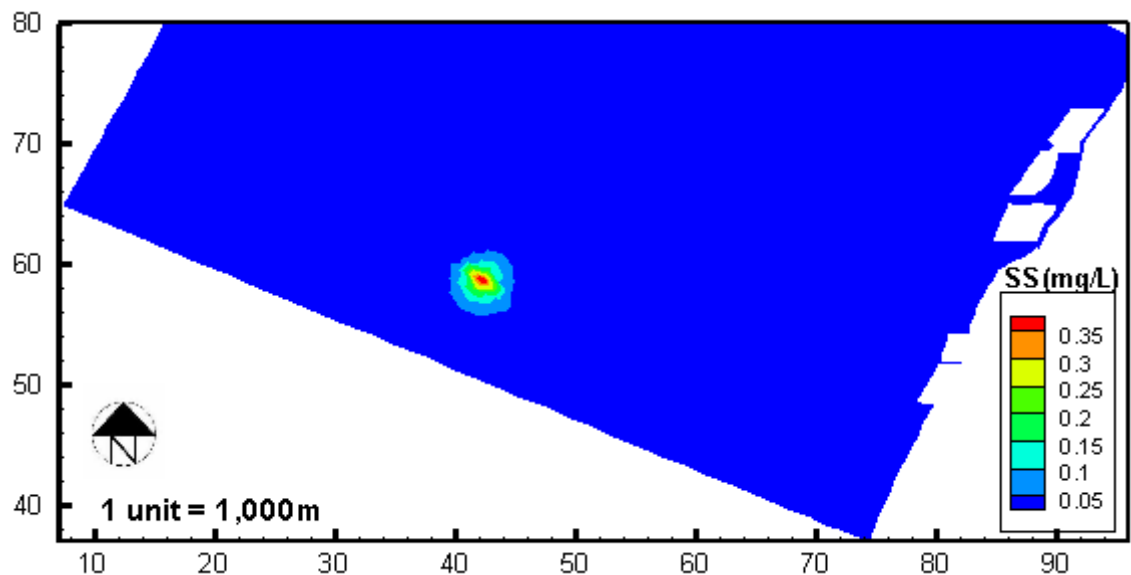


圖7.1.2-5 基礎施工時懸浮固體濃度增量模擬結果分佈圖  
(高潮位時)

## 2. 海底電纜鋪埋工程

由於海底電纜鋪埋工程範圍由岸邊至機組位置均有施作，而近岸(水深小於-5公尺)處施作懸浮固體逸出量對近岸之水質影響大，而水深較深處相對影響也較小，因此模擬時係針對海纜上岸處水深約-5公尺處進行模擬評估；本計畫海底電纜規劃有4條上岸路徑之可能性，分別進行施工時懸浮固體增量評估如表7.1.2-2增量說明：

### (1) 海纜模擬點1處

由模擬結果可知，基本上懸浮固體濃度擴散削減甚快，海纜模擬點1處施工區附近範圍(約200公尺處)經海流等帶動擴散稀釋後懸浮固體濃度增量即迅速降為約2.4mg/L，距施工區500公尺處濃度增量僅約2.2mg/L，距施工區1,000公尺處濃度增量僅約1.8mg/L，而至近岸邊處則其濃度增量則約為0.4~0.6mg/L(如圖7.1.2-6~7)。

**表 7.1.2-2 懸浮固體距施工處 200 公尺、500 公尺、1,000 公尺及近岸邊處濃度增量說明**

懸浮固體(SS)濃度增量 (單位:mg/l)		距施工處 200 公 尺濃度增量	距施工處 500 公尺濃度增量	距施工處 1,000 公尺濃度增量	近岸邊處 濃度增量
海纜模擬點 1 處	低潮位時 模擬結果	2.4	2.2	1.8	0.4~0.6
	高潮位時 模擬結果	2.0	1.6	1.4	0.4~0.6
海纜模擬點 2 處	低潮位時 模擬結果	2.2	2.0	1.6	0.2~0.4
	高潮位時 模擬結果	1.8	1.6	1.4	0.2~0.4
海纜模擬點 3 處	低潮位時 模擬結果	2.4	2.0	1.6	0.2~0.4
	高潮位時 模擬結果	2.0	1.6	1.4	0.2~0.4
海纜模擬點 4 處	低潮位時 模擬結果	2.6	2.2	1.8	0.2~0.3
	高潮位時 模擬結果	2.2	1.8	1.6	0.2~0.3
風機基礎 施工	低潮位時 模擬結果	0.38	0.35	0.25	無影響
	高潮位時 模擬結果	0.37	0.33	0.23	無影響

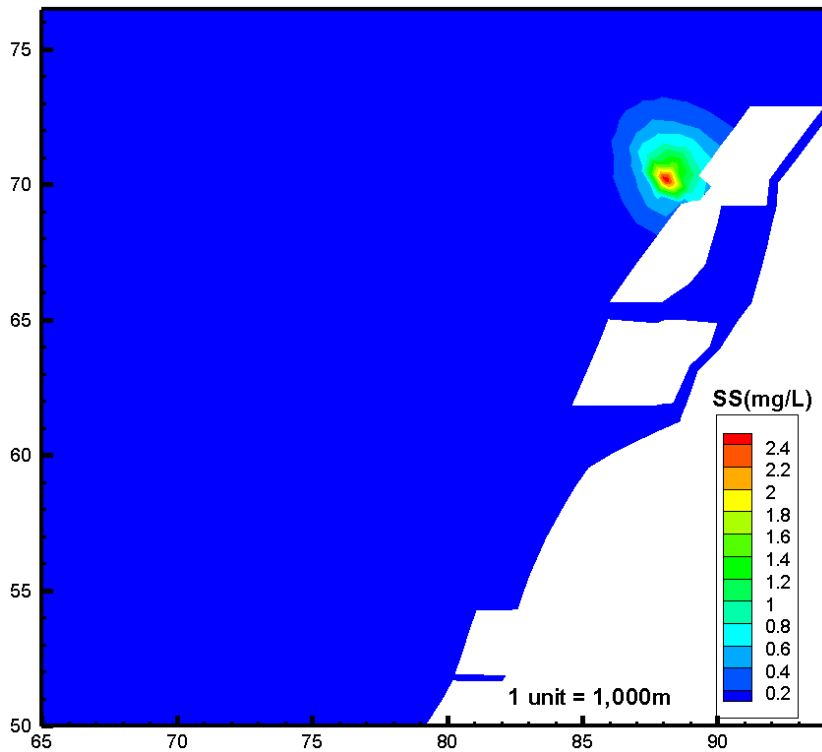


圖7.1.2-6 海纜模擬點1處施工時懸浮固體濃度增量模擬結果分佈圖(低潮位時)

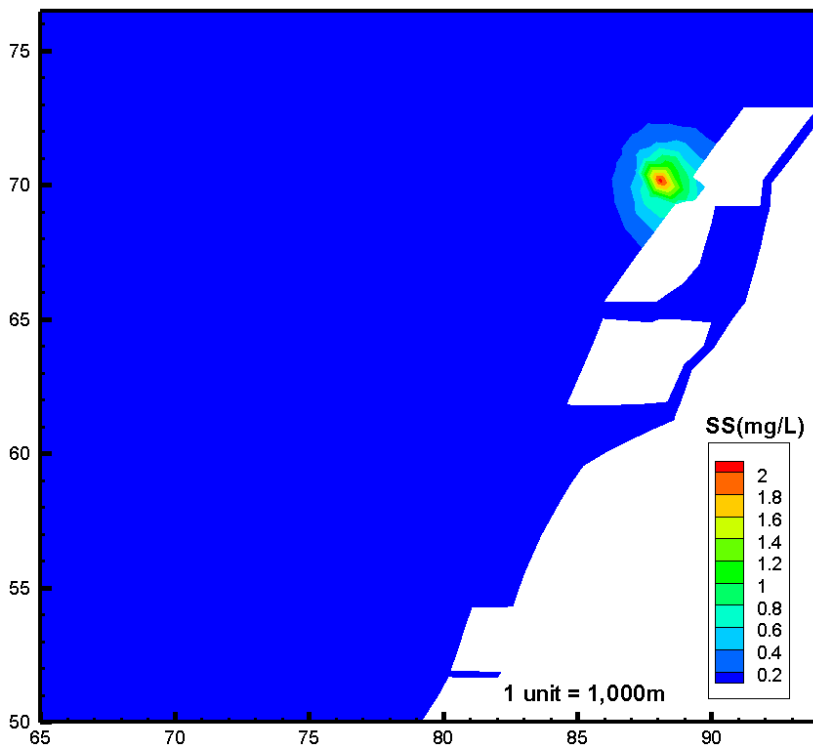


圖7.1.2-7 海纜模擬點1處施工時懸浮固體濃度增量模擬結果分佈圖(高潮位時)

(2) 海纜模擬點 2 處

海纜模擬點 2 處時距 200 公尺處懸浮固體濃度增量已降為約 2.2mg/L，距 500 公尺處增量僅約 2.0mg/L，距 1,000 公尺處則約 1.6mg/L，近岸邊處介於 0.2~0.4mg/L(如圖 7.1.2-8~9)。

(3) 海纜模擬點 3 處

海纜模擬點 3 處時距 200 公尺處懸浮固體濃度增量已降為約 2.4mg/L，距 500 公尺處增量僅約 2.0mg/L，距 1,000 公尺處則約 1.6mg/L，近岸邊處介於 0.2~0.4mg/L(如圖 7.1.2-10~11)。

(4) 海纜模擬點 4 處

海纜模擬點 4 處時距 200 公尺處懸浮固體濃度增量已降為約 2.6mg/L，距 500 公尺處增量僅約 2.2mg/L，距 1,000 公尺處則約 1.8mg/L，近岸邊處介於 0.2~0.3mg/L(如圖 7.1.2-12~13)。

綜言之，風機基礎設置及海底電纜鋪埋工程僅屬施工期間之臨時性行為，因此對附近海域之水質影響應屬於局部性且暫時性的，依施工條件進行數值模擬顯示其影響之程度亦屬影響有限。

(五) 與鄰近風場累積效應影響模擬結果

分別針對各開發案離岸較近之機組及海纜佈設進行累加效應分析，其評估說明如下：

1. 基礎施工

(1) 海鼎 3 號、海龍 2 號計畫最近兩部機組同時施工方案

基礎施工包含浚挖整地、打樁及保護工等工作，打樁時僅對水體及底床有些許擾動，因此評估時係以浚挖為分析依據。本方案假設未來海鼎 3 號計畫靠近航道最南側之機組與海龍 2 計畫靠近航道最北側之機組同時進行基礎施工之情境(如圖 7.1.2-14 所示)。

在海鼎 3 號及海龍 2 號靠近航道較近之機組基礎施工時，對海域水質懸浮固體(SS)增量影響如圖 7.1.2-15 所示，可知此情境下，其影響距施工位置約 200m 處 SS 增量均約 0.3~0.4mg/L，並無加乘效應，至距施工位置約 500m 處方有加乘影響，但增量僅約 0.1 mg/L。此 2 計畫機組離岸均約 40 公里，水深亦在-40m 左右，因此即使鄰近風機同時施工對海域水質影響仍是非常輕微的。

(2) 大彰化東南、海鼎 3 號、海龍 2 號計畫靠近航道風場中央 3 部機組同時施工方案

本方案假設未來大彰化東南計畫靠近航道位於中間之機組、海鼎三號計畫靠近航道位於中間之機組及海龍 2 號靠近航道位於中間之機組共 3 部同時進行基礎施工之情境方案，如圖 7.1.2-16 所示。

在大彰化東南計畫、海鼎 3 號計畫及海龍 2 號計畫共 3 個計畫之機組基礎同時施工時，對海域水質懸浮固體(SS)增量影響如圖 7.1.2-17 所示，可知此情境下，其影響距施工位置約 200m 處 SS 增量均約 0.2~0.4mg/L，並無加乘效應，且相距約 8~10 公里，同時施工彼此間已無影響。此 3 計畫機組離岸均約 40 公里，水深亦在-40m 左右，因此即使鄰近風機同時施工對海域水質影響仍是非常輕微的。

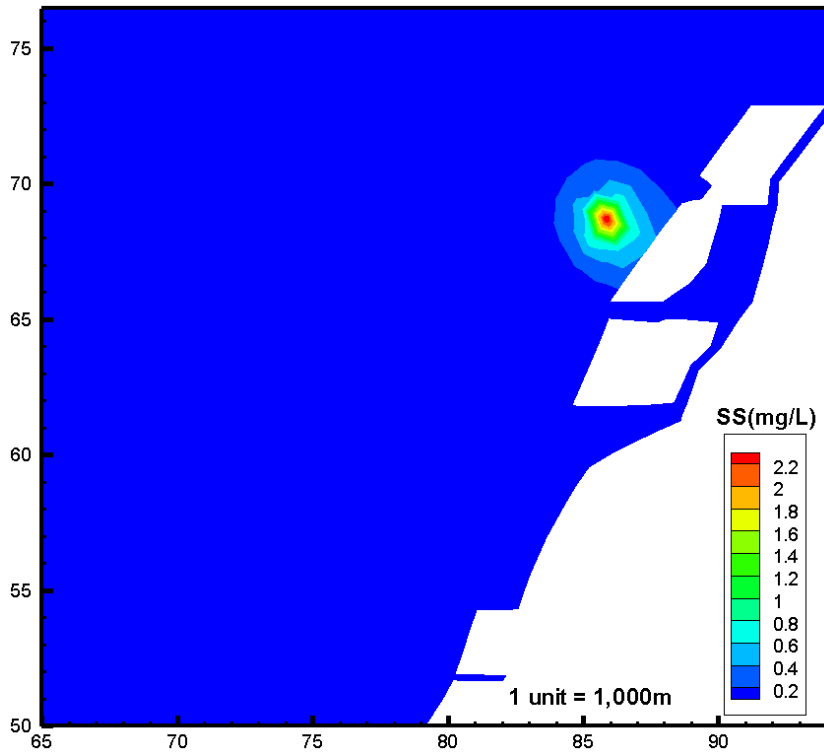


圖7.1.2-8 海纜模擬點2處施工時懸浮固體濃度增量模擬結果分佈圖(低潮位時)

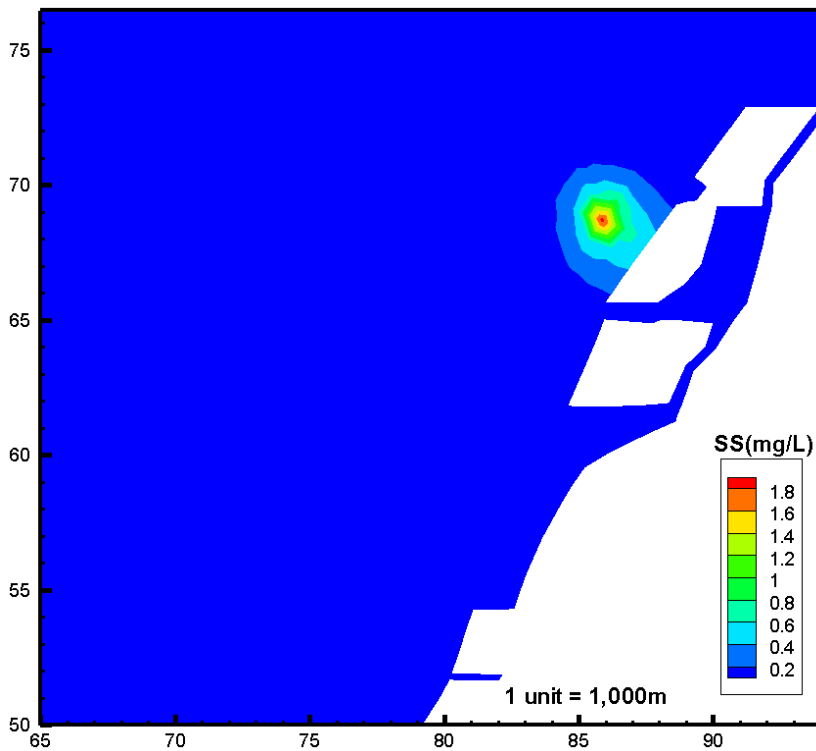


圖7.1.2-9 海纜模擬點2處施工時懸浮固體濃度增量模擬結果分佈圖(高潮位時)

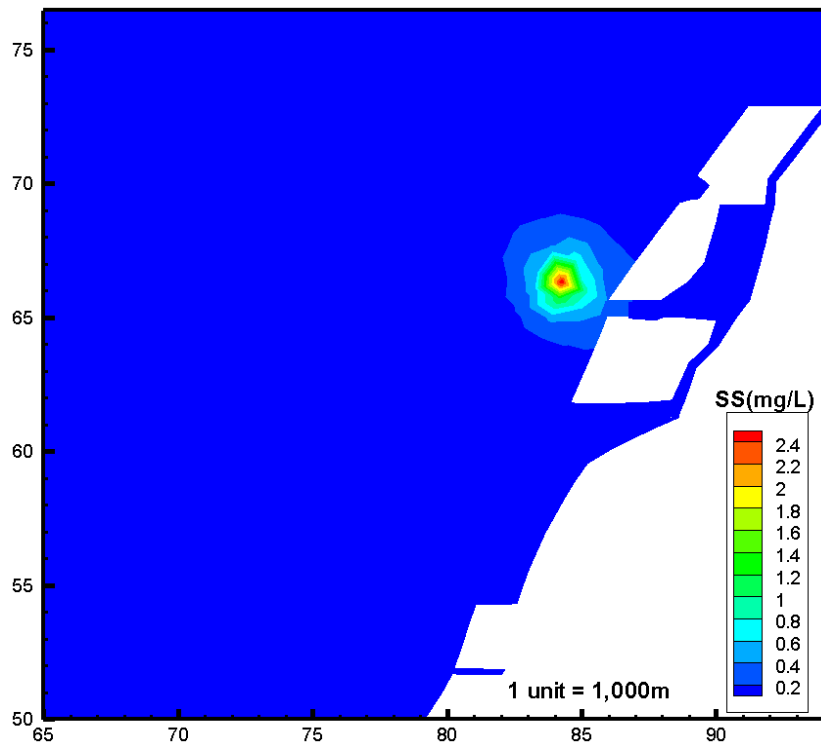


圖7.1.2-10 海纜模擬點3處施工時懸浮固體濃度增量模擬結果分佈圖(低潮位時)

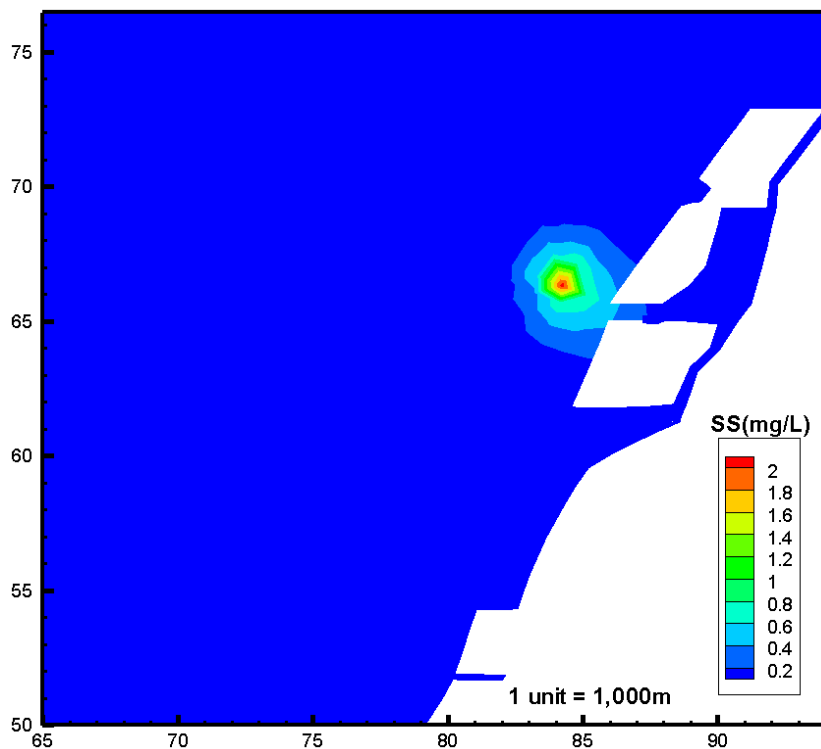


圖7.1.2-11 海纜模擬點3處施工時懸浮固體濃度增量模擬結果分佈圖(高潮位時)



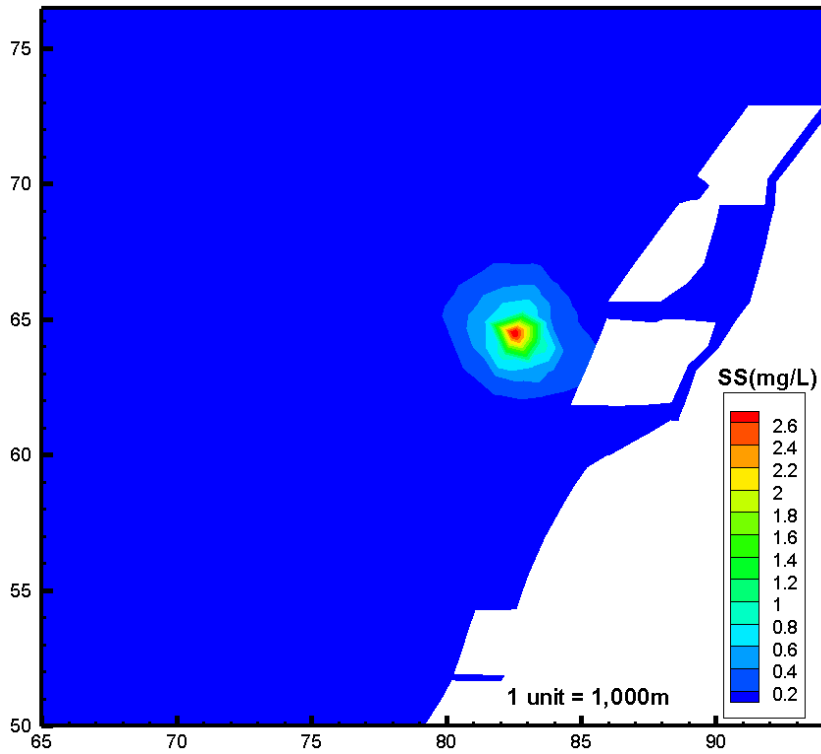


圖7.1.2-12 海纜模擬點4處施工時懸浮固體濃度增量模擬結果分佈圖(低潮位時)

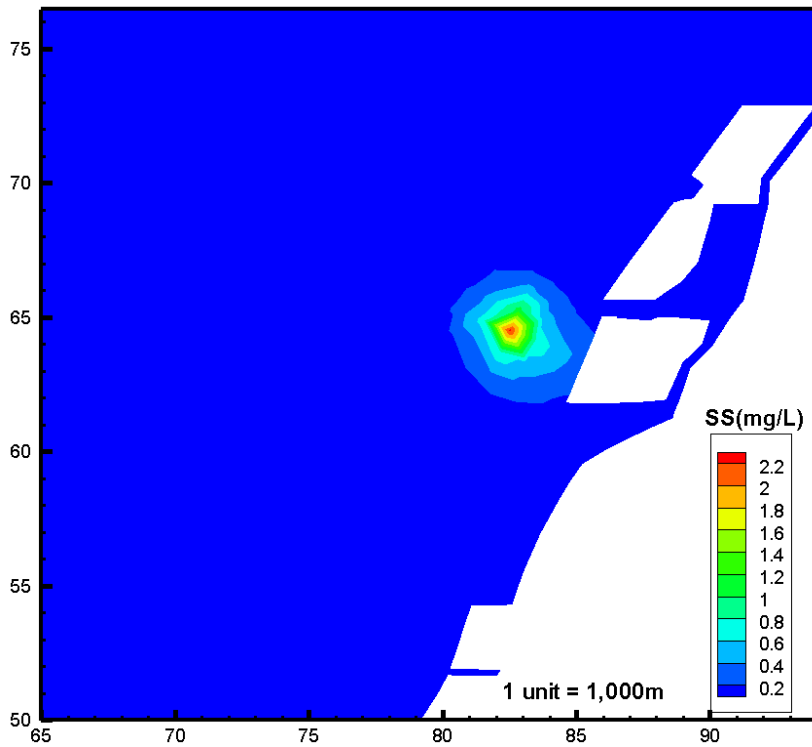


圖7.1.2-13 海纜模擬點4處施工時懸浮固體濃度增量模擬結果分佈圖(高潮位時)

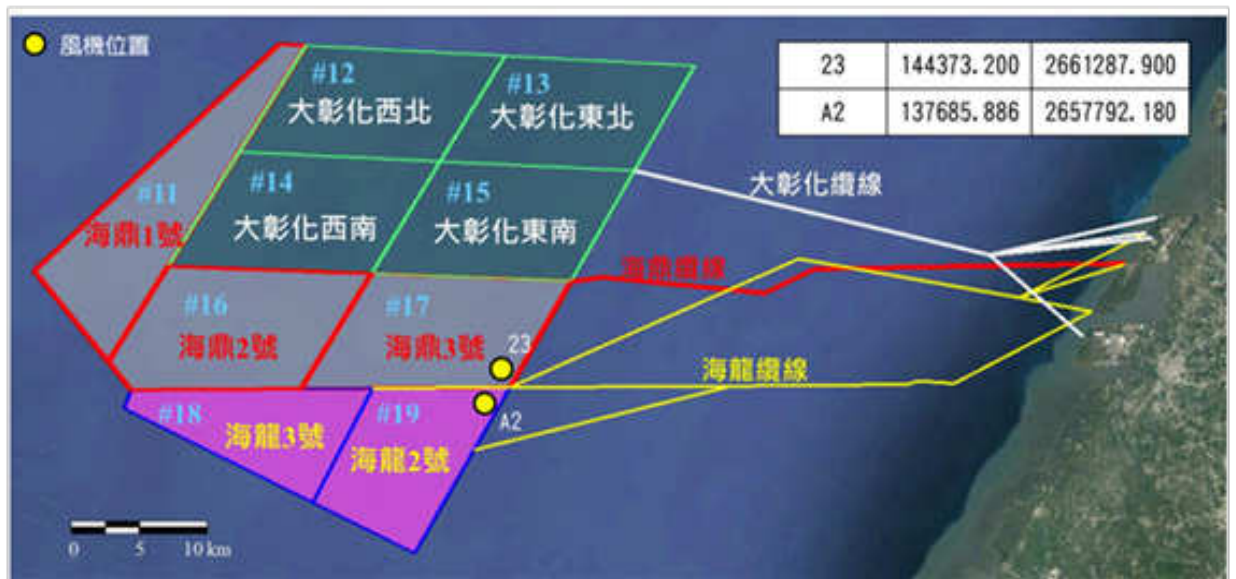


圖7.1.2-14 海鼎3號、海龍2號計畫靠近航道相鄰最近之機組配置方案示意圖

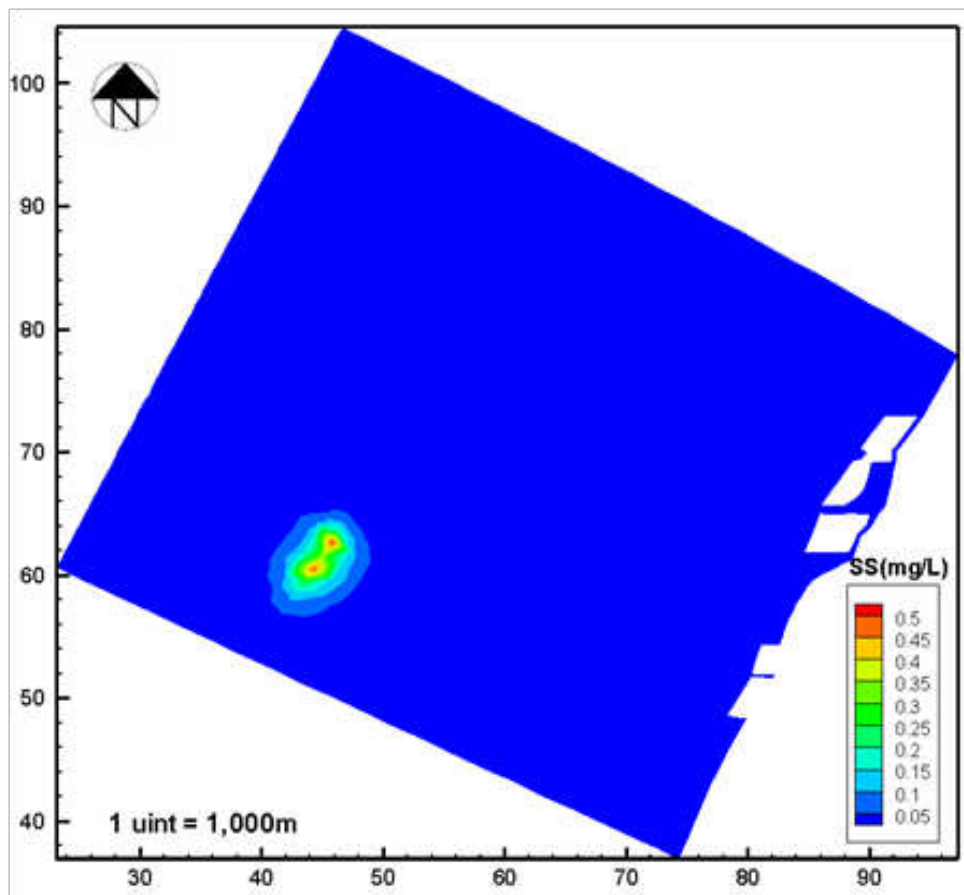


圖7.1.2-15 海鼎3號、海龍2號同時施工 海域水質SS增量影響分布圖(低潮位時)

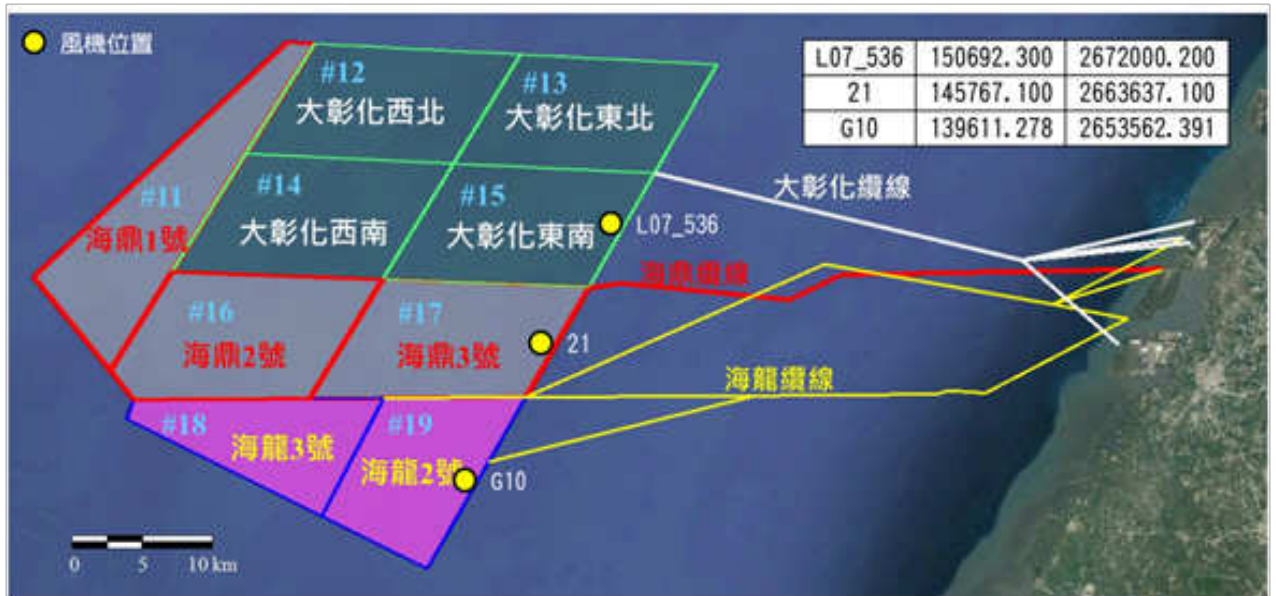


圖7.1.2-16 大彰化東南計畫、海鼎3號計畫及海龍2號計畫靠近航道位於中側之機組配置方案示意圖

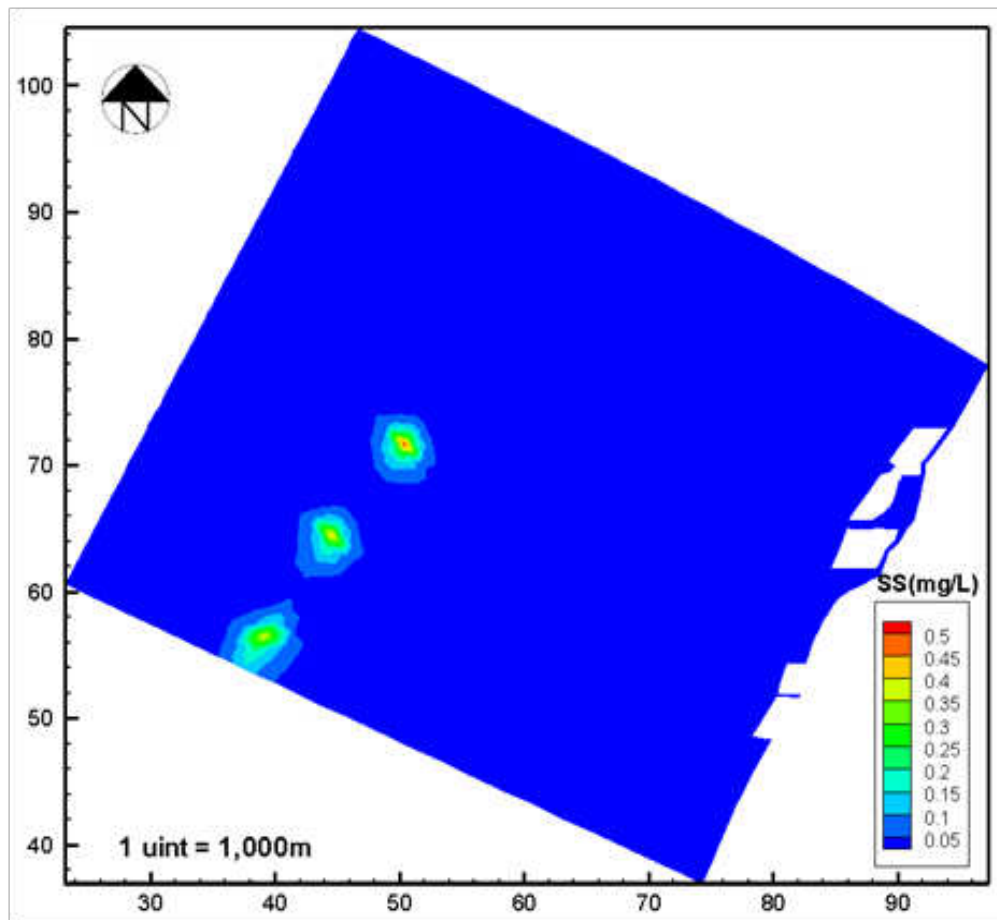


圖7.1.2-17 大彰化東南+海鼎3號+海龍2號計畫同時施工海域水質 SS增量影響分布圖(低潮位時)

## 2. 海纜施工

有關 3 家開發商針對海纜段施工對於海域水質 SS 增量累積效應之影響，本次評估將針對未來可能使用共同廊道上岸之彰濱工業區進行 2 條海纜施工（即不同開發商同時進行海纜施作之情境）進行影響評估，如圖 7.1.2-18 所示。

由圖 7.1.2-18 所示研擬在近岸段離岸約 2 公里的範圍內（B2 及 B5）相距約 1.1 公里處及近岸段離岸約 5 公里的範圍內（B1 及 B6）相距約 1.6 公里處，兩種不同方案進行同時海纜施做之方案情境，分別說明如下：

### (1) 近岸段離岸約 2 公里以內相距約 1.1 公里處兩條海纜同時施作方案

近岸海纜施工主要係以犁埋式為主，其方式係以高壓水刀將海床沖刷出一溝渠，然後佈設海纜，由於海床以砂質為主，因此一段時間即可自然回填。施作時依據其沖刷速率及寬度、深度進行評估。在近岸段離岸約 2 公里以內兩條海纜同時施作，對海域水質懸浮固體(SS)增量影響如圖 7.1.2-19 所示，可知此情境下，其影響距施工位置約 200m 處 SS 增量均約 2.0~2.2mg/L，並無加乘效應，至距施工位置約 500~1,000m 處方有加乘影響，但增量僅約 0.4~0.5 mg/L，此增量均在海域水質懸浮固體濃度變動範圍，而潮間帶將使用防濁幕將工區揚起之懸浮固體圍束不使擴散，因此即使 2 條海纜同時施工對海域水質影響仍是有限的。

### (2) 近岸段離岸約 5 公里相距約 1.6 公里處兩條海纜同時施作

在此情境下，兩條海纜同時施做對海域水質懸浮固體(SS)增量影響如在此情境下，兩條海纜同時施做對海域水質懸浮固體(SS)增量影響如圖 7.1.2-20 所示，可知此情境下，其影響距施工位置約 200m 處 SS 增量均約 1.2~1.4mg/L，並無加乘效應，至距施工位置約 500~1,000m 處方有加成影響，但增量僅約 0.4~0.5mg/L，這些增量均在海域水質懸浮固體濃度變動範圍，而潮間帶將使用防濁幕將工區揚起之懸浮固體圍束不使擴散，因此即使 2 條海纜同時施工對海域水質影響仍是有限的。所示，可知此情境下，其影響距施工位置約 200m 處 SS 增量均約 1.2~1.4mg/L，並無加乘效應，至距施工位置約 500~1,000m 處方有加成影響，但增量僅約 0.4~0.5mg/L，這些增量均在海域水質懸浮固體濃度變動範圍，而潮間帶將使用防濁幕將工區揚起之懸浮固體圍束不使擴散，因此即使 2 條海纜同時施工對海域水質影響仍是有限的。

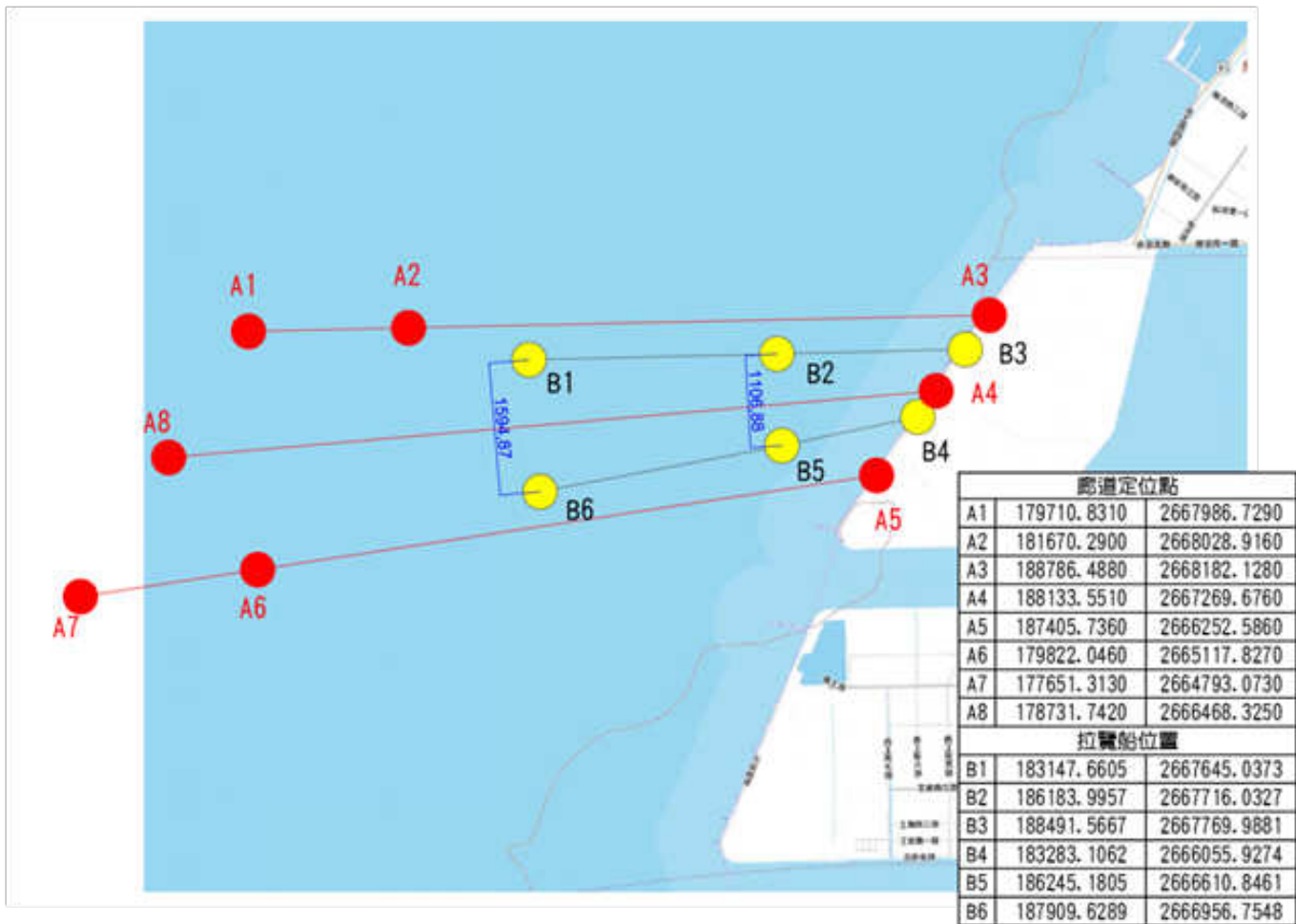


圖7.1.2-18 共同廊道內拉纜船舶進行海纜施做海域水質施工定位點示意圖

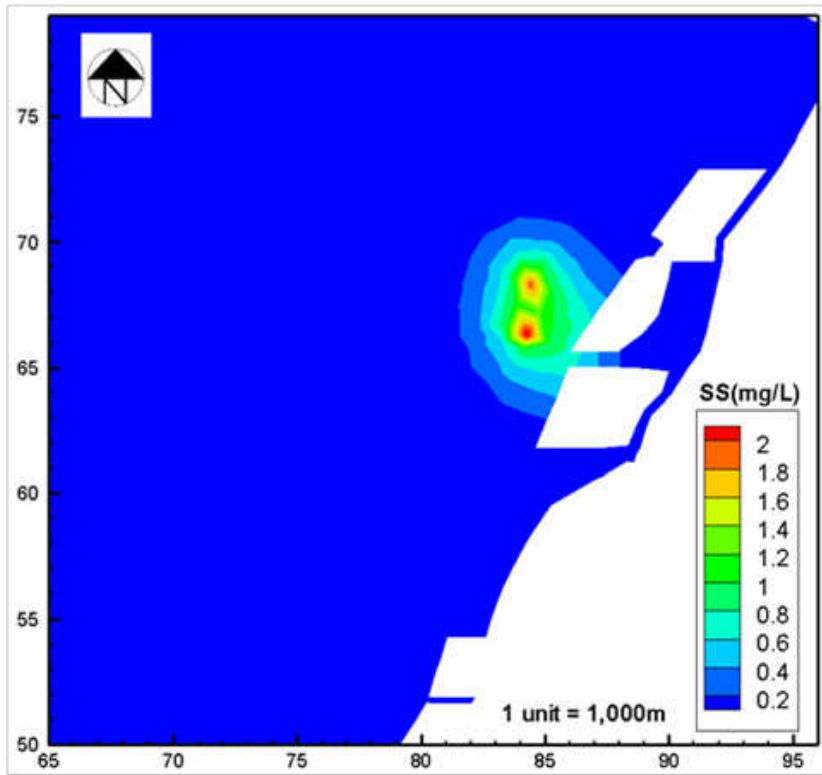


圖7.1.2-19 近岸段離岸約2公里兩條海纜同時施作SS增量影響分布圖(低潮位時)

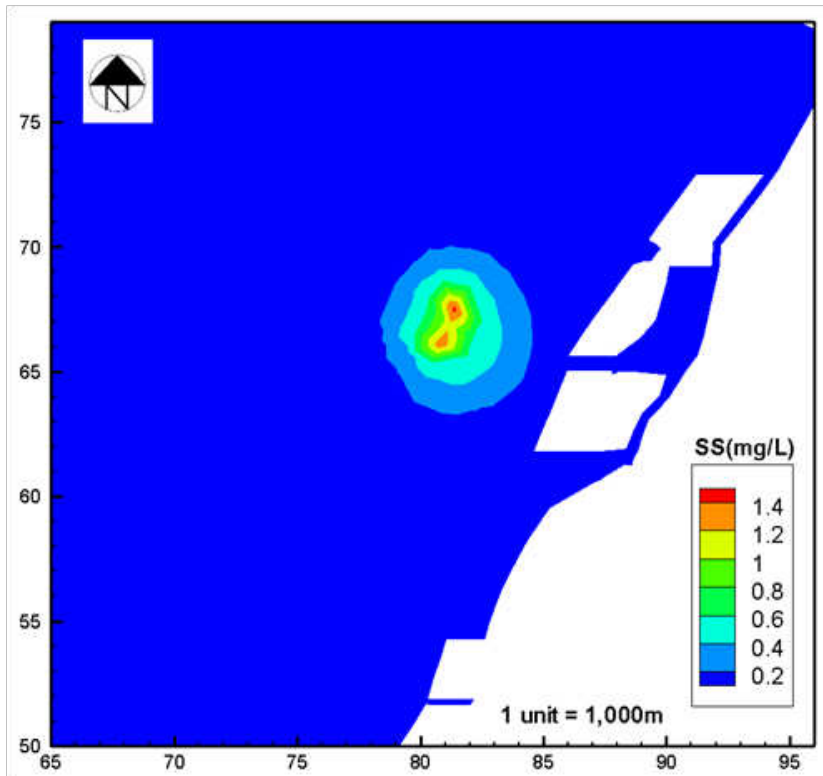


圖7.1.2-20 遠岸段離岸約2~5公里兩條海纜同時施作SS增量影響分布圖(低潮位時)

### 7.1.3 空氣品質

本計畫為離岸風力機組設置，由於風力發電係利用無污染之風能發電，故在運轉期間並不會排放二氧化碳、氮氧化物、硫化物或粒狀物等空氣污染物，對空氣品質不會造成影響。由於離岸風力機組設置於海域，因此機組施工期間無論基礎海底施工或機組組裝施工，船舶機械施工運作所產生之廢氣對於陸域敏感受體之影響相當輕微，本開發計畫工程對環境敏感受體主要影響來自於陸域施工之輸電工程(含降壓站及陸纜地下管線)，在施工期間之工區裸路面逸散性揚塵、車行揚塵及施工機具之空氣污染物排放等影響。以下將依本計畫開發內容，以降壓站及陸纜埋設(含連接站)工程同時施工之最保守狀況來評估施工行為對環境空氣品質之影響程度。

#### 一、施工工區空氣污染物排放

##### (一) 施工工程逸散粉塵

##### 1. 工區裸露面逸散揚塵

##### A. 粒狀污染物排放係數

##### (A) 降壓站新建工程

根據環保署最新公告之「面源排放係數 TEDS9.0 更新版」表 B2 臺灣地區 102 年(基準年)面污染源 - 逸散性粒狀污染源排放係數表，參考建築工程之 RC 結構施工項目所產生之 TSP 排放係數為  $0.20 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{月}$  ( $7.72 \times 10^{-5} \text{ g/m}^2/\text{s}$ )  $\text{PM}_{10}$  排放係數為  $0.11 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{月}$  ( $4.24 \times 10^{-5} \text{ g/m}^2/\text{s}$ )，另  $\text{PM}_{2.5}$  佔 TSP 比例為 0.111，故其排放係數為  $0.022 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{月}$  ( $8.56 \times 10^{-6} \text{ g/m}^2/\text{s}$ )。

同樣，工區裸露面在採灑水作為揚塵防制措施下，粒狀污染物面源排放係數可減量 50%，TSP 可減量 50% 為  $3.86 \times 10^{-5} \text{ g/m}^2/\text{s}$ 、 $\text{PM}_{10}$  減量 50% 為  $2.12 \times 10^{-5} \text{ g/m}^2/\text{s}$ 、另  $\text{PM}_{2.5}$  減量 50% 為  $4.28 \times 10^{-6} \text{ g/m}^2/\text{s}$ 。

##### (B) 陸纜埋設工程

根據環保署最新公告之「面源排放係數 TEDS9.0 更新版」表 B2 臺灣地區 102 年(基準年)面污染源 - 逸散性粒狀污染源排放係數表，參考管線開挖工程所產生之 TSP 排放係數為  $0.256 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{月}$  ( $9.88 \times 10^{-5} \text{ g/m}^2/\text{s}$ )。  $\text{PM}_{10}$  排放係數為  $0.1422 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{月}$  ( $5.49 \times 10^{-5} \text{ g/m}^2/\text{s}$ )，另  $\text{PM}_{2.5}$  佔 TSP 比例為 0.111，故  $\text{PM}_{2.5}$  排放係數為  $0.028 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{月}$  ( $1.10 \times 10^{-5} \text{ g/m}^2/\text{s}$ )。

同樣，工區裸露面在採灑水作為揚塵防制措施下，粒狀污染物面源排放係數可減量 50%，TSP 減量 50% 為  $4.94 \times 10^{-5} \text{ g/m}^2/\text{s}$ 、 $\text{PM}_{10}$  減量 50% 為  $2.74 \times 10^{-5} \text{ g/m}^2/\text{s}$ 、另  $\text{PM}_{2.5}$  減量 50% 為  $5.48 \times 10^{-6} \text{ g/m}^2/\text{s}$ 。

##### B. 工區裸露面積

##### (A) 降壓站新建工程

本計畫陸上降壓站用地面積約為 13,200 平方公尺，施工面積約為 2,500 平方公尺，工區裸露面積採用施工面積進行評估。

##### (B) 陸纜埋設工程(含連接站)

海底電纜上岸後併入岸邊之連接站，至降壓站後銜接併入彰濱 E/S 變電所，陸纜埋設總長度約為 2.32~8.75 公里。陸纜埋設將開挖道路，造成地表裸露，陸纜開挖寬度為 3 公尺，假設在保守狀況下，

管線埋設採分段開挖每次最大裸露面積為 3 公尺×200 公尺，在挖設完成後再進行後續回填整平後及鋪設柏油等工程。

## 2. 施工機具排放空氣污染物

本計畫於施工期間可能參與之操作機具廢氣排放係數參考美國環保署 AP-42 資料，並依據環保署民國 98 年 7 月 29 日環署空字第 0980065735 號令修正發布之「車用汽柴油成分管制標準」規定，自民國 100 年 7 月 1 日起，汽油成分標準含硫量最大為 10 ppm(mg/kg)，進行 SO<sub>2</sub> 排放係數修正，整理如表 7.1.3-1。另施工機具主要使用柴油為主，故參考「國內全國性排放清冊(TEDS)」內容，機具排氣中主要 TSP 主要為 PM<sub>10</sub>，故 PM<sub>10</sub> 佔 TSP 的 100%，另 PM<sub>2.5</sub> 則約佔 TSP 的 92%，其各污染物排放係數整理如表 7.1.3-1。

**表 7.1.3-1 各類柴油施工機具空氣污染物排放係數**

施工機具	空氣污染物排放量(公克/小時/輛)				
	TSP	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>x</sub>	NO <sub>x</sub>
挖土機	184.0	184.0	169.3	4.77	1740.7
推土機	75.0	75.0	69.0	3.59	575.8
平路機	22.7	22.7	20.9	0.69	392.9
剷裝機	77.9	77.9	71.7	1.88	858.2
傾卸卡車	77.9	77.9	71.7	0.38	858.2
灑水車	77.9	77.9	71.7	0.38	858.2
起重機	50.7	50.7	46.6	1.42	570.7
混凝土預拌車	61.5	61.5	56.6	0.19	575.8
空氣壓縮機	63.2	63.2	58.1	1.47	767.3
雜項	63.2	63.2	58.1	1.47	767.3

註：依據行政院環境保護署於民國 98 年 7 月 29 日環署空字第 0980065735 號令修正發布之「車用汽柴油成分管制標準」規定，將自 100 年 7 月 1 日起加嚴車用柴油標準，其中包括硫含量加嚴至 10ppmw，由於 U.S.EPA AP-42 排放係數彙編(1985)中以含硫量 0.22% 為推估基準，本計畫於排放量推估中已予以適當修正。

假設本計畫施工期間各項工程之施工機具同時運轉且數量集中於工區裸露面積，則各工區之空氣污染物排放量推估說明如下：

### A. 降壓站新建工程

降壓站工項分為整地工程、建築工程與機電工程等，以整地工程期間所使用之機具較多，空氣污染物排放量亦較大，故保守評估整地施工階段之空氣品質影響，其空氣污染物排放量推估如表 7.1.3-2。

### B. 陸纜埋設工程(含連接站)

陸纜埋設工程分為土方工程、鋪面還原工程，在工期不重疊情況下，以土方開挖及回填整平等工程所使用之機具排放空氣污染物較大。假設施工機具同時運轉數量集中運轉於寬 3 公尺×長 200 公尺區域，並於最靠近敏感受體之施工位置運轉，則空氣污染物排放量推估如表 7.1.3-2 所示。

合併本計畫升壓站及陸纜兩處工程進行時，其工區裸露面逸散揚塵排放量及施工機具空氣污染物排放量如表 7.1.3-3。



表 7.1.3-2 本計畫施工之機具空氣污染物排放量

機具名稱	最大同時操作數量	排放係數(g/h)				
		TSP	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>x</sub>	NO <sub>x</sub>
降壓站新建工程						
灑水車	1	77.90	77.90	71.67	0.38	859.19
傾卸卡車	1	77.90	77.90	71.67	0.38	859.19
挖土機	1	184.00	184.00	169.28	4.77	1740.74
混凝土車	1	61.50	61.50	56.58	0.19	575.84
吊車	1	50.70	50.70	46.64	1.42	570.70
總排放量(g/s)		0.1256	0.1256	0.1155	0.0020	1.2794
面源排放率(g/s/m <sup>2</sup> )		5.02×10 <sup>-5</sup>	5.02×10 <sup>-5</sup>	4.62×10 <sup>-5</sup>	7.92×10 <sup>-7</sup>	5.12×10 <sup>-4</sup>
陸纜埋設工程(含連接站)						
挖土機	1	184.00	184.00	169.28	4.77	1740.74
混凝土車	1	61.50	61.50	56.58	0.19	575.84
吊車	1	50.70	50.70	46.64	1.42	570.70
總排放量(g/s)		0.0823	0.0823	0.0757	0.0018	0.8020
面源排放率(g/s/m <sup>2</sup> )		1.37×10 <sup>-4</sup>	1.37×10 <sup>-4</sup>	1.26×10 <sup>-4</sup>	2.95×10 <sup>-6</sup>	1.34×10 <sup>-3</sup>

表 7.1.3-3 陸域施工工程空氣污染物總排放量

施工工程		排放量(g/m <sup>2</sup> /s)		
		TSP	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>
降壓站新建工程	工區裸露面	3.86×10 <sup>-5</sup>	2.12×10 <sup>-5</sup>	4.28×10 <sup>-6</sup>
	施工機具	5.02×10 <sup>-5</sup>	5.02×10 <sup>-5</sup>	4.62×10 <sup>-5</sup>
	總計	8.88×10 <sup>-5</sup>	7.16×10 <sup>-5</sup>	5.05×10 <sup>-5</sup>
陸纜埋設工程 (含連接站)	工區裸露面	4.94×10 <sup>-5</sup>	2.74×10 <sup>-5</sup>	5.48×10 <sup>-6</sup>
	施工機具	1.37×10 <sup>-4</sup>	1.37×10 <sup>-4</sup>	1.26×10 <sup>-4</sup>
	總計	1.87×10 <sup>-4</sup>	1.65×10 <sup>-4</sup>	1.32×10 <sup>-4</sup>

(二) 工區排放空氣污染評估模式

本計畫選擇美國環保署推薦優選模式 ISCST3 模式評估施工裸露面源與施工機具排放空氣污染量，其中氣象資料採用環保署模式支援中心下載之民國 104(2015 年)年 ISC 標準氣象檔，資料來源為梧棲測站地面氣象資料及板橋探空站同年探空資料。模擬控制參數列於表 7.1.3-4，模式控制參數之主要項目包含：(1)都市鄉村型態設定，(2)風速垂直剖面係數，(3)煙流型態選擇，(4)垂直位溫梯度，(5)地形修正，(6)煙囪頂下沖效應選擇，(7)浮力擴散選擇，(8)靜風處理等 8 項，各項參數在本計畫中之使用情形說明如下。

1. 都市鄉村型態設定

都市、鄉村型態之選項，影響模式中擴散係數之選用，依據「空氣品質模式模擬規範-附錄一高斯擴散模式使用規範」。本計畫中所模擬之區位為彰化縣線西鄉，屬於鄉村地區，故在模式中選擇鄉村型擴散係數。

2. 風速垂直剖面係數

風速垂直剖面係數使用模式之內設值，對 6 個穩定度而言，(A~F)各級垂

直風速剖面指數分別為 0.15、0.15、0.2、0.25、0.3、0.3。

### 3. 煙流型態設定

本計畫選用最終煙流上升高度，此一選項為 ISCST3 之內設值，在此選項中，不考慮承受點之位置而採用單一之最終煙流上昇高度計算污染物濃度。

### 4. 垂直位溫梯度

垂直位溫梯度使用模式內設值，6 個穩定度(A~F)之垂直位溫梯度分別為 0.0、0.0、0.0、0.0、0.02、0.035。

### 5. 煙囪頂下沖效應

模式不使用煙囪高度模擬煙囪下沖效應(Briggs, 1973)。

### 6. 浮力擴散

模式選用浮力擴散效應(Buoyancy Induced Dispersion)。

### 7. 靜風處理

使用模式內之靜風處理(風速每秒 1.0 公尺)。

**表 7.1.3-4 ISCST3 模式控制參數**

施工區域	彰濱工業區線西區	模擬範圍 (TWD97 座標)	X 起點	181400	X 終點	201400
			Y 起點	2656500	Y 終點	2676500
		承受點配佈	直角座標網格: <u>41</u> 點 × <u>41</u> 點			
			極座標網格: 離散承受點: <u>2</u> 點			
控制參數	城鄉形態	<input checked="" type="checkbox"/> 鄉村型		<input type="checkbox"/> 都市型		
	垂直剖面係數	<input checked="" type="checkbox"/> 使用模式內設值		<input type="checkbox"/> 使用者自定		
	煙流型態	<input checked="" type="checkbox"/> 使用最終煙流高度				
		<input type="checkbox"/> 以下風距離為煙流上昇函數				
	垂直位溫梯度	<input checked="" type="checkbox"/> 使用模式內設值		<input type="checkbox"/> 使用者自定		
	地形修正	<input type="checkbox"/> 使用		<input checked="" type="checkbox"/> 不使用		
	煙囪頂下沖	<input type="checkbox"/> 使用		<input checked="" type="checkbox"/> 不使用		
	浮力擴散	<input checked="" type="checkbox"/> 使用		<input type="checkbox"/> 不使用		
靜風處理	<input checked="" type="checkbox"/> 使用模式內之靜風處理					
	<input type="checkbox"/> 不使用模式內之靜風處理					

### (三) 臭氧限制法

本計畫 NO<sub>x</sub> 轉換 NO<sub>2</sub> 增量依「空氣品質模式支援中心」之「用於容許增量限值模擬之高斯類模式 ISCST3 使用規範」規定，氮氧化物之模擬結果依據臭氧限制(OZONELIMITED，簡稱 OLM)方式進行二氧化氮轉換，臭氧實測值採用 104 年線西空氣品質測站監測資料，轉換公式如下：

$$[NO_2]_{\text{濃度修正}} = (0.1) \times [NO_x]_{\text{模擬濃度值}} + X$$

$$X = \{(0.9) \times [NO_x]_{\text{模擬濃度值}}, \text{ 或 } [O_3]_{\text{背景濃度值}}\}, \text{ 取二者中最小值。}$$

#### (四) 本計畫工區排放空氣污染對環境空氣品質模擬結果

##### 1. 原規劃模擬

以 ISCST3 模式模擬各工程同時施工之保守情況下，各項模擬項目其污染擴散模擬結果如表 7.1.3-5 及圖 7.1.3-1~2 所示。

TSP 最大日平均值增量為 3.29 微克/立方公尺，最大年平均增量為 0.31 微克/立方公尺；經擴散至敏感受體彰濱秀傳紀念醫院最大日平均值增量為 0.03 微克/立方公尺，最大年平均增量為 0.00(0.0028) 微克/立方公尺，與背景濃度加成後符合空氣品質標準。經擴散至敏感受體線西服務中心最大日平均值增量為 0.35 微克/立方公尺，最大年平均增量為 0.03 微克/立方公尺，與背景濃度加成後符合空氣品質標準。

PM<sub>10</sub> 最大日平均值增量為 2.75 微克/立方公尺，最大年平均增量為 0.27 微克/立方公尺，敏感受體彰濱秀傳紀念醫院 PM<sub>10</sub> 最大日平均值增量為 0.02 微克/立方公尺，最大年平均增量為 0.00(0.0024)微克/立方公尺，與背景濃度加成後符合空氣品質標準。敏感受體線西服務中心 PM<sub>10</sub> 最大日平均值增量為 0.29 微克/立方公尺，最大年平均增量為 0.03 微克/立方公尺，與背景濃度加成後符合空氣品質標準。

PM<sub>2.5</sub> 最大日平均值增量為 2.06 微克/立方公尺，最大年平均增量為 0.20 微克/立方公尺，敏感受體彰濱秀傳紀念醫院 PM<sub>2.5</sub> 最大日平均值增量為 0.02 微克/立方公尺，最大年平均增量為 0.00(0.0018) 微克/立方公尺，與背景濃度加成後符合空氣品質標準。敏感受體線西服務中心 PM<sub>2.5</sub> 最大日平均值增量為 0.21 微克/立方公尺，最大年平均增量為 0.02 微克/立方公尺，本計畫線西服務中心 PM<sub>2.5</sub> 背景值為 58 微克/立方公尺，已超過空氣品質標準，評估之敏感受體與背景濃度加成後高於空氣品質標準。

SO<sub>2</sub> 最大小時平均值增量為 0.32ppb，日平均最大值增量為 0.02ppb，年平均增量為 0.00(0.0015)ppb，敏感受體彰濱秀傳紀念醫院大小時平均值增量為 0.00(0.0018)ppb，日平均最大值增量為 0.00(0.0001)ppb，年平均增量為 0.00(0.00001)ppb，與背景濃度加成後符合空氣品質標準。敏感受體線西服務中心最大小時平均值增量為 0.02ppb，日平均最大值增量為 0.00(0.0015)ppb，年平均增量為 0.00(0.0002)ppb，與背景濃度加成後符合空氣品質標準。

NO<sub>2</sub> 最大小時平均值增量為 58.81ppb，年平均最大增量為 0.86ppb，敏感受體彰濱秀傳紀念醫院最大小時平均值增量為 1.40ppb，年平均最大增量為 0.01ppb，與背景濃度加成後符合空氣品質標準。敏感受體線西服務中心最大小時平均值增量為 13.76pb，年平均最大增量為 0.11ppb，與背景濃度加成後符合空氣品質標準。

##### 2. 因應共同廊道規劃補充模擬

以 ISCST3 模式模擬各工程同時施工之保守情況下，各項模擬項目其污染擴散模擬結果如表 7.1.3-6 及圖 7.1.3-3~4 所示。

TSP 最大日平均值增量為 4.43 微克/立方公尺，最大年平均增量為 0.82 微克/立方公尺；經擴散至敏感受體彰濱秀傳紀念醫院最大日平均值增量為 0.09 微克/立方公尺，最大年平均增量為 0.02 微克/立方公尺，與背景

濃度加成後符合空氣品質標準。經擴散至敏感受體線西服務中心最大日平均值增量為 0.04 微克/立方公尺，最大年平均增量為 0.00(0.0033) 微克/立方公尺，與背景濃度加成後符合空氣品質標準。

PM<sub>10</sub> 最大日平均值增量為 3.61 微克/立方公尺，最大年平均增量為 0.67 微克/立方公尺，敏感受體彰濱秀傳紀念醫院 PM<sub>10</sub> 最大日平均值增量為 0.07 微克/立方公尺，最大年平均增量為 0.01 微克/立方公尺，與背景濃度加成後符合空氣品質標準。敏感受體線西服務中心 PM<sub>10</sub> 最大日平均值增量為 0.03 微克/立方公尺，最大年平均增量為 0.00(0.0027)微克/立方公尺，與背景濃度加成後符合空氣品質標準。

PM<sub>2.5</sub> 最大日平均值增量 2.60 微克/立方公尺，最大年平均增量為 0.49 微克/立方公尺，敏感受體彰濱秀傳紀念醫院 PM<sub>2.5</sub> 最大日平均值增量為 0.05 微克/立方公尺，最大年平均增量為 0.01 微克/立方公尺，與背景濃度加成後符合空氣品質標準。敏感受體線西服務中心 PM<sub>2.5</sub> 最大日平均值增量為 0.02 微克/立方公尺，最大年平均增量為 0.00(0.0020)微克/立方公尺，本計畫線西服務中心 PM<sub>2.5</sub> 背景值為 58 微克/立方公尺，已超過空氣品質標準，評估之敏感受體與背景濃度加成後高於空氣品質標準。

SO<sub>2</sub> 最大小時平均值增量為 0.17ppb，日平均最大值增量為 0.02ppb，年平均增量為 0.00(0.0033)ppb，敏感受體彰濱秀傳紀念醫院大小時平均值增量為 0.00(0.0037)ppb，日平均最大值增量為 0.00(0.0004)ppb，年平均增量為 0.00(0.00001)ppb，與背景濃度加成後符合空氣品質標準。敏感受體線西服務中心最大小時平均值增量為 0.00(0.0022)ppb，日平均最大值增量為 0.00(0.0002)ppb，年平均增量為 0.00(0.00001)ppb，與背景濃度加成後符合空氣品質標準。

施工時 NO<sub>2</sub> 最大小時平均值增量為 63.89ppb，年平均最大增量為 3.91 ppb，敏感受體彰濱秀傳紀念醫院最大小時平均值增量為 2.80ppb，年平均最大增量為 0.07ppb，與背景濃度加成後符合空氣品質標準。敏感受體線西服務中心最大小時平均值增量為 1.57ppb，年平均最大增量為 0.01ppb，與背景濃度加成後符合空氣品質標準。

表 7.1.3-5 施工期間空氣污染物模擬結果

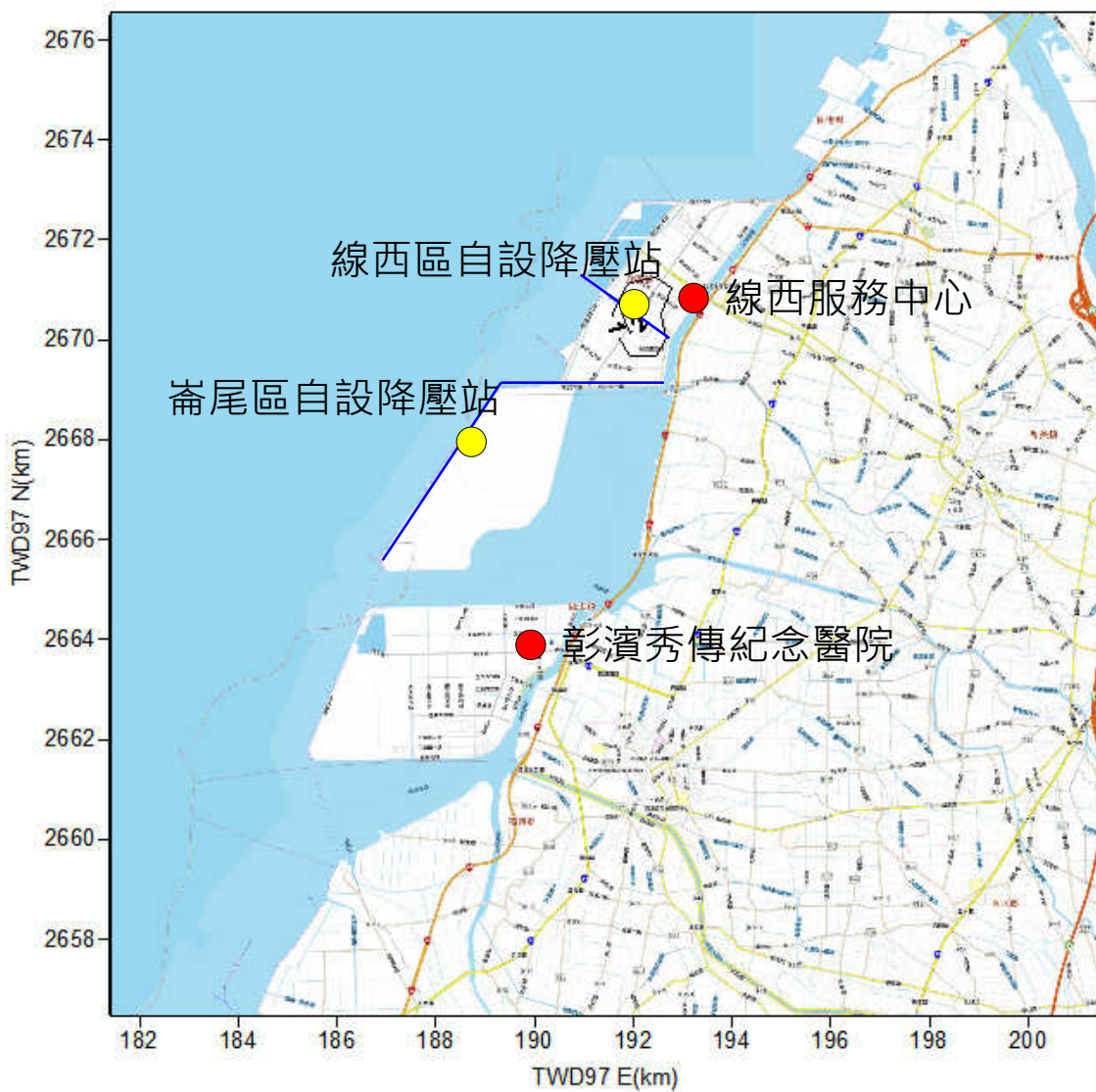
空氣污染物	位置	模擬項目	模擬最大值座標 (TWD97 系統)	背景值 【註】	總量	空氣品質標準
TSP(微克/立方公尺)	最大著地濃度	24 小時值	3.29 (191900,2670500)	180	183.29	250
		年平均值	0.31 (191900,2670500)	—	—	130
	彰濱秀傳紀念醫院	24 小時值	0.03	116	116.03	250
		年平均值	0.00(0.0028)	—	—	130
	線西服務中心	24 小時值	0.35	180	180.35	250
		年平均值	0.03	—	—	130
PM <sub>10</sub> (微克/立方公尺)	最大著地濃度	24 小時值	2.75 (191900,2670500)	93	95.75	125
		年平均值	0.27 (191900,2670500)	—	—	65
	彰濱秀傳紀念醫院	24 小時值	0.02	58	58.02	125
		年平均值	0.00(0.0024)	—	—	65
	線西服務中心	24 小時值	0.29	93	93.29	125
		年平均值	0.03	—	—	65
PM <sub>2.5</sub> (微克/立方公尺)	最大著地濃度	24 小時值	2.06 (191900,2670500)	58	60.06	35
		年平均值	0.20 (191900,2670500)	—	—	15
	彰濱秀傳紀念醫院	24 小時值	0.02	24	24.02	35
		年平均值	0.00(0.0018)	—	—	15
	線西服務中心	24 小時值	0.21	58	58.21	35
		年平均值	0.02	—	—	15
SO <sub>2</sub> (ppb)	最大著地濃度	最大小時值	0.32 (191900,2670500)	20	20.32	250
		24 小時值	0.02 (191900,2670500)	6	6.02	100
		年平均值	0.00(0.0015) (191900,2670500)	—	—	30
	彰濱秀傳紀念醫院	最大小時值	0.00(0.0018)	8	8.00	250
		24 小時值	0.00(0.0001)	4	4.00	100
		年平均值	0.00(0.00001)	—	—	30
	線西服務中心	最大小時值	0.02	20	20.02	250
		24 小時值	0.00(0.0015)	6	6.00	100
		年平均值	0.00(0.0002)	—	—	30
NO <sub>2</sub> (ppb)	最大著地濃度	最大小時值	58.81 (191900,2670500)	18	76.81	250
		年平均值	0.86 (192400,2670000)	—	—	50
	彰濱秀傳紀念醫院	最大小時值	1.40	20	21.40	250
		年平均值	0.01	—	—	50
	線西服務中心	最大小時值	13.76	18	31.76	250
		年平均值	0.11	—	—	50

註：模擬環境敏感點背景濃度採於敏感點架設臨時空氣品質測站之實測(詳表 6.2.3-2)最大值，最大著地位置背景濃度採於場址附近所架設臨時空氣品質測站之實測最大值。

表 7.1.3-6 施工期間空氣污染物模擬結果(因應共同廊道規劃  
補充模擬)

空氣污染物	位置	模擬項目	模擬最大值座標 (TWD97 系統)	背景值 【註】	總量	空氣品質標準
TSP(微克/立方公尺)	最大著地濃度	24 小時值	4.43 (188900,2668000)	180	184.43	250
		年平均值	0.82 (188900,2667500)	—	—	130
	彰濱秀傳紀念醫院	24 小時值	0.09	116	116.09	250
		年平均值	0.02	—	—	130
	線西服務中心	24 小時值	0.04	180	180.04	250
		年平均值	0.00(0.0033)	—	—	130
PM <sub>10</sub> (微克/立方公尺)	最大著地濃度	24 小時值	3.61 (188900,2668000)	93	96.61	125
		年平均值	0.67 (188900,2667500)	—	—	65
	彰濱秀傳紀念醫院	24 小時值	0.07	58	58.07	125
		年平均值	0.01	—	—	65
	線西服務中心	24 小時值	0.03	93	93.03	125
		年平均值	0.00(0.0027)	—	—	65
PM <sub>2.5</sub> (微克/立方公尺)	最大著地濃度	24 小時值	2.60 (188900,2668000)	58	60.60	35
		年平均值	0.49 (188900,2667500)	—	—	15
	彰濱秀傳紀念醫院	24 小時值	0.05	24	24.05	35
		年平均值	0.01	—	—	15
	線西服務中心	24 小時值	0.02	58	58.02	35
		年平均值	0.00(0.0020)	—	—	15
SO <sub>2</sub> (ppb)	最大著地濃度	最大小時值	0.17 (188400,2668000)	20	20.17	250
		24 小時值	0.02 (188900,2668000)	6	6.02	100
		年平均值	0.00(0.0033) (188900,2667500)	—	—	30
	彰濱秀傳紀念醫院	最大小時值	0.00(0.0037)	8	8.00	250
		24 小時值	0.00(0.0004)	4	4.00	100
		年平均值	0.00(0.0001)	—	—	30
	線西服務中心	最大小時值	0.00(0.0022)	20	20.00	250
		24 小時值	0.00(0.0002)	6	6.00	100
		年平均值	0.00(0.00001)	—	—	30
NO <sub>2</sub> (ppb)	最大著地濃度	最大小時值	63.89 (188900,2667500)	18	81.89	250
		年平均值	3.91 (188900,2667500)	—	—	50
	彰濱秀傳紀念醫院	最大小時值	2.80	20	22.80	250
		年平均值	0.07	—	—	50
	線西服務中心	最大小時值	1.57	18	19.57	250
		年平均值	0.01	—	—	50

註：模擬環境敏感點背景濃度採於敏感點架設臨時空氣品質測站之實測(詳表 6.2.3-2)最大值，最大著地位置背景濃度採於場址附近所架設臨時空氣品質測站之實測最大值。

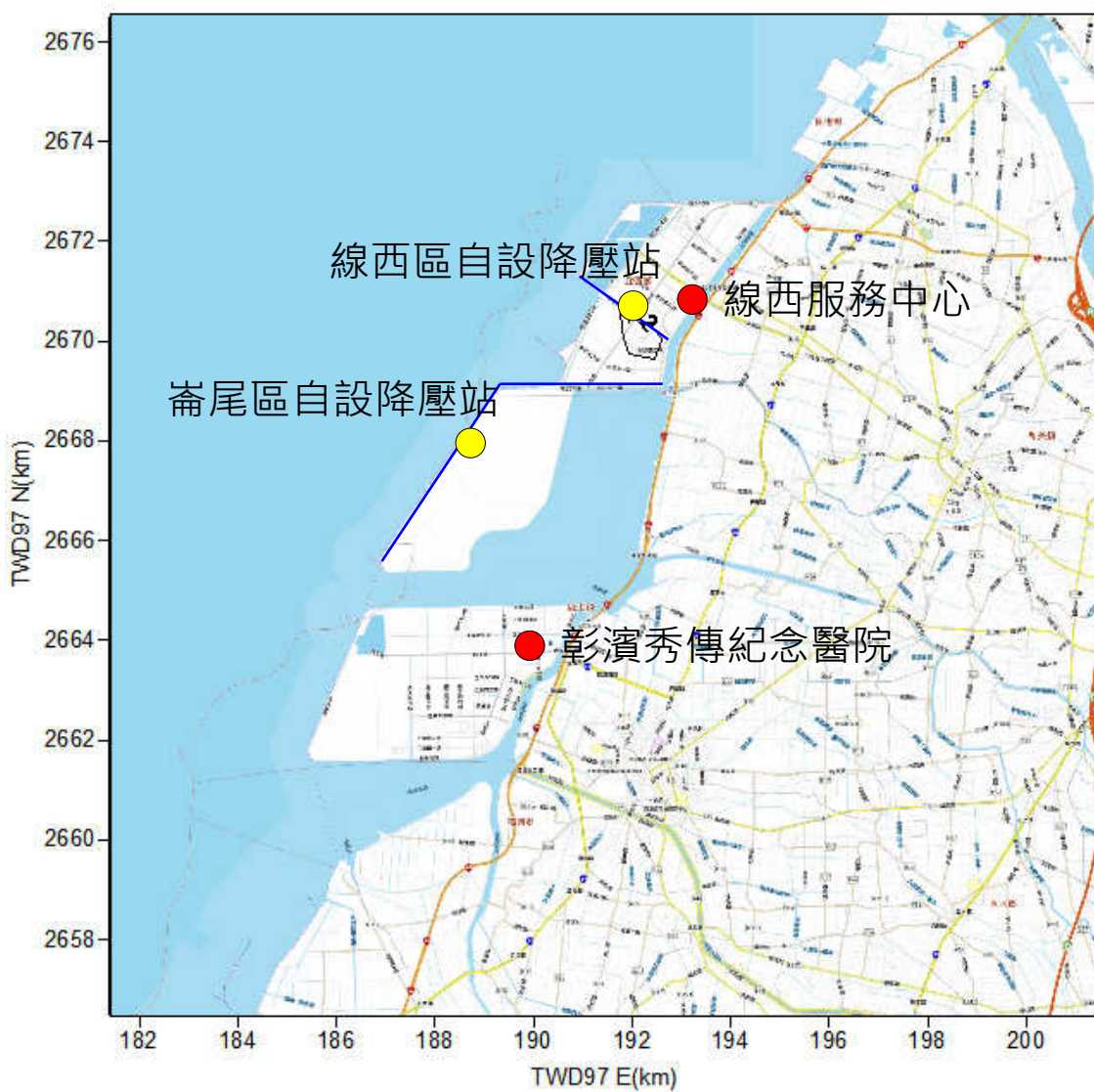


● 敏感點

— 陸纜路徑

單位:  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

圖7.1.3-1 施工期間線西區TSP最大日平均值增量模擬圖



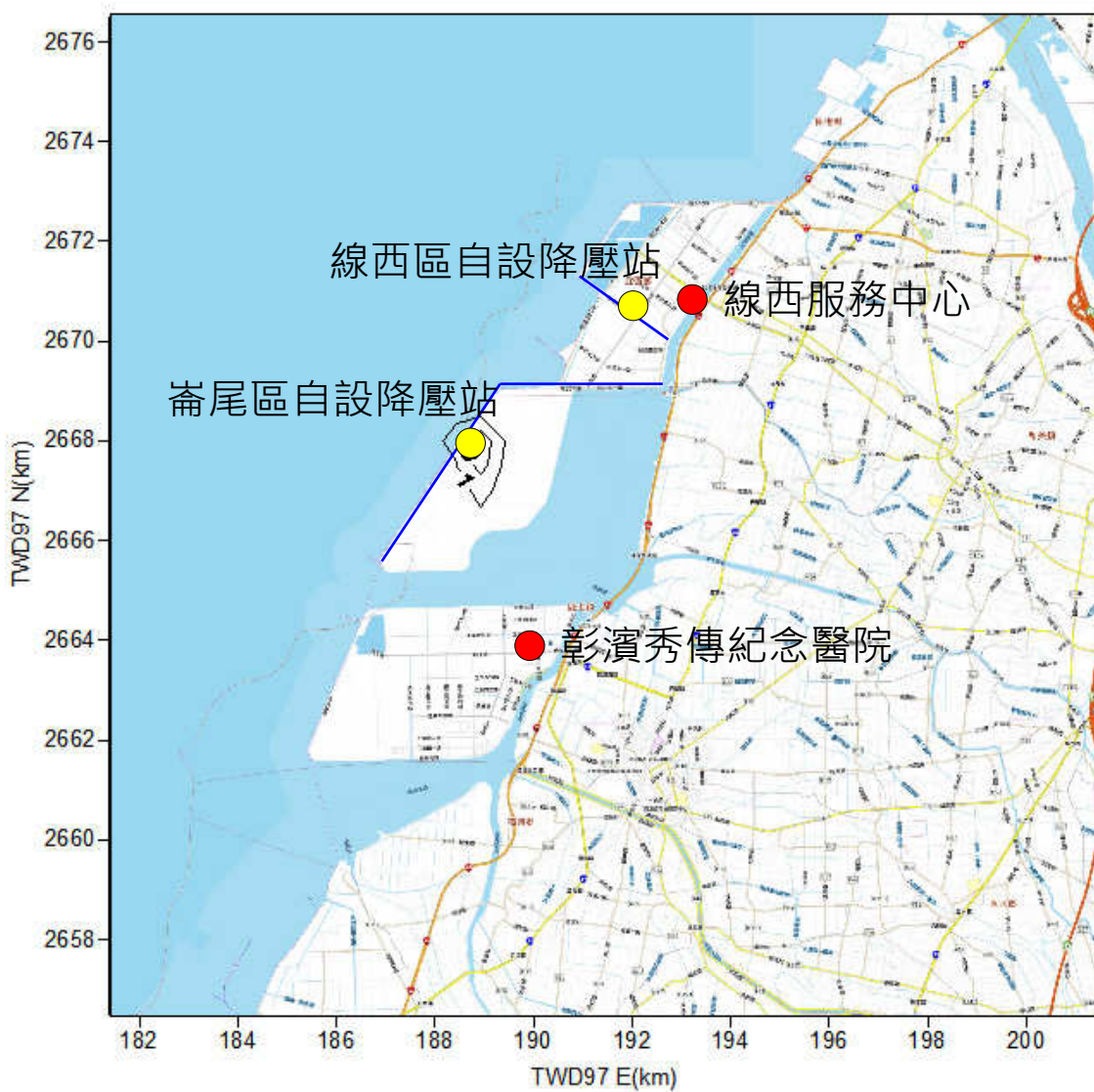
● 敏感點

— 陸纜路徑

單位： $\mu\text{g}/\text{m}^3$

圖7.1.3-2 施工期間線西區TSP年平均增量模擬圖



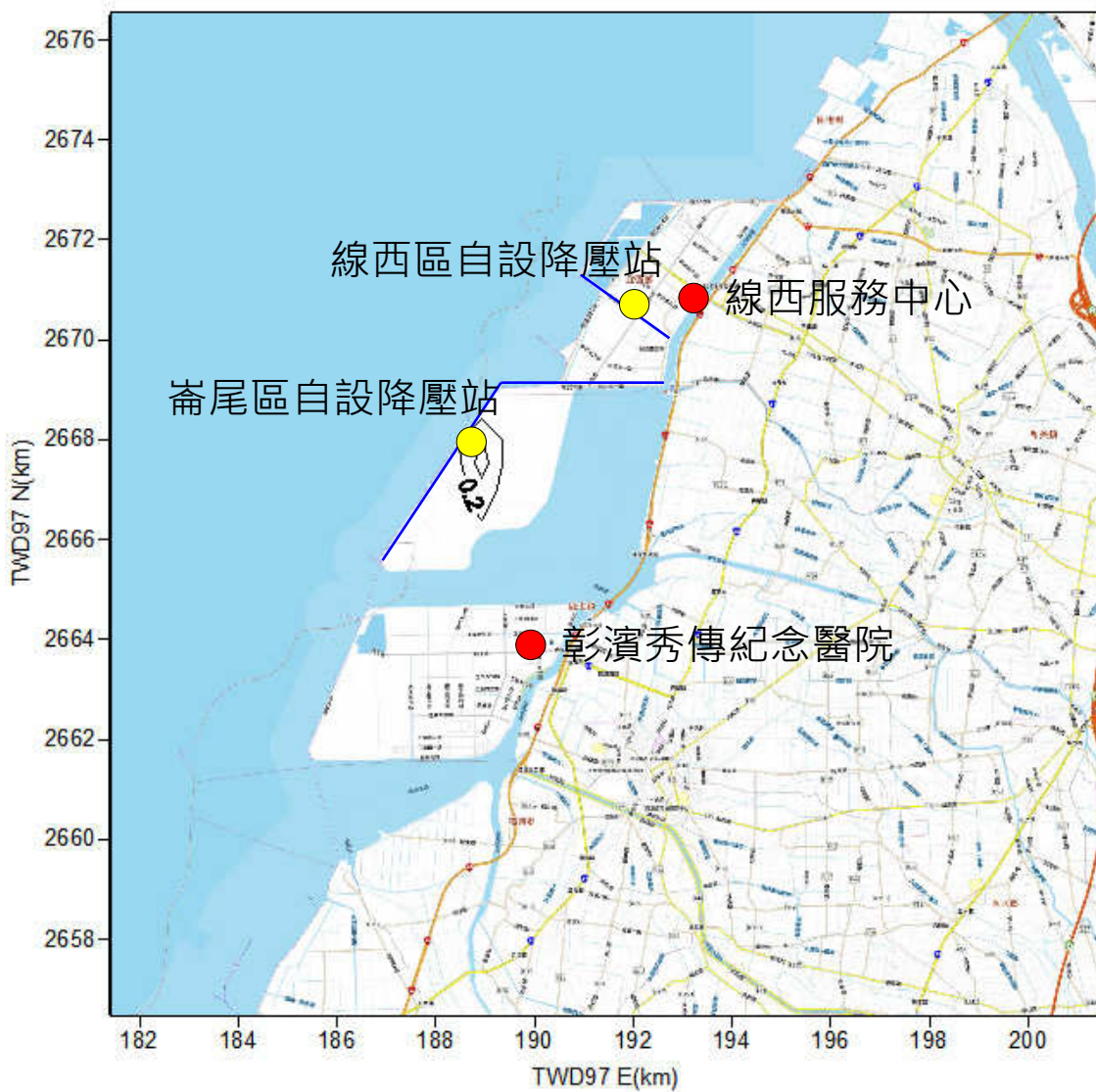


● 敏感點

— 陸纜路徑

單位： $\mu\text{g}/\text{m}^3$

圖7.1.3-3 施工期間線西區TSP最大日平均值增量模擬圖(因應共同廊道規劃補充模擬)



● 敏感點

— 陸纜路徑

單位:  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

圖7.1.3-4 施工期間線西區TSP年平均增量模擬圖(因應共同廊道規劃補充模擬)

(五) 與鄰近開發案工區排放空氣污染物模擬合併評估結果

另本計畫考量鄰近尚有大彰化離岸風力發電計畫(共4案)及海鼎離岸式風力發電計畫(共3案)等7個鄰近開發案之施工工期可能與本計畫重疊。針對可能影響項目合併評估結果說明如下：

經合併評估，因 TSP、PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub> 背景值已超過空氣品質標準，評估之敏感受體最大增量與背景濃度加成後高於空氣品質標準。SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub> 評估之敏感受體最大增量與背景濃度加成後符合空氣品質標準，詳細評估說明如下：

陸上工程主要為升(降)壓站工程及陸纜埋設工程，考量大彰化(四案)、海龍(兩案)、海鼎(三案)分屬三個開發集團，於各自內部應已協調個案之工程工期，故假設每一開發集團同一時間僅有一處施工區，亦即同時共有 3 處施工區，設置敏感受體點位為線西服務中心。施工區假設為最靠近線西服務中心之升(降)壓站預定地。將上述施工期間施工作業產生之空氣污染物輸入 ISCST3 模式中運算，並與各開發案現況調查成果中取最大之空氣品質背景值進行疊加。合併評估模擬項目其污染擴散模擬結果如表 7.1.3-7 所示。

1. 原規劃模擬

3 處施工區同時施工時，TSP 經擴散至敏感受體線西服務中心最大日平均值增量為 11.42 微克/立方公尺，最大年平均增量為 1.12 微克/立方公尺。TSP 背景值為 379 微克/立方公尺，已超過空氣品質標準，評估之敏感受體與背景濃度加成後高於空氣品質標準。

3 處施工區同時施工時，敏感受體線西服務中心 PM<sub>10</sub> 最大日平均值增量為 6.94 微克/立方公尺，最大年平均增量為 0.69 微克/立方公尺。PM<sub>10</sub> 背景值為 157 微克/立方公尺，已超過空氣品質標準，評估之敏感受體與背景濃度加成後高於空氣品質標準。

3 處施工區同時施工時，敏感受體線西服務中心 PM<sub>2.5</sub> 最大日平均值增量為 2.34 微克/立方公尺，最大年平均增量為 0.24 微克/立方公尺。本案 PM<sub>2.5</sub> 背景值為 58 微克/立方公尺，已超過空氣品質標準，評估之敏感受體與背景濃度加成後高於空氣品質標準。

3 處施工區同時施工時，SO<sub>2</sub> 經擴散至敏感受體線西服務中心最大小時平均值增量為 0.11ppb，最大日平均值增量為 0.01ppb，最大年平均增量為 0.00(0.0010)ppb。評估之敏感受體與背景濃度加成後符合空氣品質標準。

3 處施工區同時施工時，NO<sub>2</sub> 經擴散至敏感受體線西服務中心最大小時平均值增量為 53.67ppb，最大年平均增量為 0.67ppb。評估之敏感受體與背景濃度加成後符合空氣品質標準。

2. 因應共同廊道規劃補充模擬

3 處施工區同時施工時，TSP 經擴散至敏感受體線西服務中心最大日平均值增量為 5.07 微克/立方公尺，最大年平均增量為 0.49 微克/立方公尺。TSP 背景值為 379 微克/立方公尺，已超過空氣品質標準，評估之敏感受體與背景濃度加成後高於空氣品質標準。

3 處施工區同時施工時，敏感受體線西服務中心 PM<sub>10</sub> 最大日平均值增量為 3.07 微克/立方公尺，最大年平均增量為 0.30 微克/立方公尺。PM<sub>10</sub> 背景值為 157 微克/立方公尺，已超過空氣品質標準，評估之敏感受體與背

景濃度假加後高於空氣品質標準。

3 處施工區同時施工時，敏感受體線西服務中心 PM<sub>2.5</sub> 最大日平均值增量為 1.02 微克/立方公尺，最大年平均增量為 0.10 微克/立方公尺。本案 PM<sub>2.5</sub> 背景值為 58 微克/立方公尺，已超過空氣品質標準，評估之敏感受體與背景濃度假加後高於空氣品質標準。

3 處施工區同時施工時，SO<sub>2</sub> 經擴散至敏感受體線西服務中心最大小時平均值增量為 0.05ppb，最大日平均值增量為 0.00(0.0041)ppb，最大年平均增量為 0.00(0.0004)ppb。評估之敏感受體與背景濃度假加後符合空氣品質標準。

3 處施工區同時施工時，NO<sub>2</sub> 經擴散至敏感受體線西服務中心最大小時平均值增量為 31.12ppb，最大年平均增量為 0.29ppb。評估之敏感受體與背景濃度假加後符合空氣品質標準。

**表 7.1.3-7 大彰化、海龍及海鼎等離岸風力發電計畫升(降)壓站預定地施工期間同時施工時空氣污染物模擬結果**

區域	空氣污染物	位置	模擬項目	模擬最大值座標 (TWD97 系統)	背景值 【註】	總量	空氣品質 標準
線西工業區	TSP (微克/立方公尺)	線西服務 中心	24 小時值	11.42	379	390.42	250
			年平均值	1.12	—	—	130
	PM <sub>10</sub> (微克/立方公尺)		24 小時值	6.94	157	163.94	125
			年平均值	0.69	—	—	65
	PM <sub>2.5</sub> (微克/立方公尺)		24 小時值	2.34	58	60.34	35
			年平均值	0.24	—	—	15
	SO <sub>2</sub> (ppb)		最大小時值	0.11	15	15.11	250
			24 小時值	0.01	8	8.01	100
			年平均值	0.00(0.0010)	—	—	30
	NO <sub>2</sub> (ppb)		最大小時值	53.67	21	74.67	250
年平均值		0.67	—	—	50		
崙尾工業區	TSP (微克/立方公尺)	線西服務 中心	24 小時值	5.07	379	384.07	250
			年平均值	0.49	—	—	130
	PM <sub>10</sub> (微克/立方公尺)		24 小時值	3.07	157	160.07	125
			年平均值	0.30	—	—	65
	PM <sub>2.5</sub> (微克/立方公尺)		24 小時值	1.02	58	59.02	35
			年平均值	0.10	—	—	15
	SO <sub>2</sub> (ppb)		最大小時值	0.05	15	15.05	250
			24 小時值	0.00(0.0041)	8	8.00	100
			年平均值	0.00(0.0004)	—	—	30
	NO <sub>2</sub> (ppb)		最大小時值	31.12	21	52.12	250
年平均值		0.29	—	—	50		

註：模擬環境敏感點背景濃度假加後採三案於敏感點架設臨時空氣品質測站之實測最大值，最大著地位置背景濃度假加後採於場址附近所架設臨時空氣品質測站之實測最大值。

## 二、 海域施工作業船隻排放廢氣

### (六) 海域施工作業船隻空氣污染物排放係數

未來海域施工行為對空氣可能的影響主要產生在於施工時所配置工作船、警戒船、輔助船及測量船等大型船隻燃燒燃料所排放之空氣污染物，故本計畫將每艘工作船隻均單獨視為一個空氣污染物排放點源進行評估計算。

本計畫採用 ISCST3 點源模式模擬分析海域施工作業船隻對空氣品質影響，參考美國環保署發表「Emissions Processing and Sensitivity Air Quality Modeling of Category 3 Commercial Marine Vessel Emissions」之模擬係數，其大型船舶煙囪之排放特性如下：

- 1 管道高度：20 公尺
- 2 管道流速：25 公尺/秒
- 3 管道內徑：0.8 公尺
- 4 管道溫度：282 °C

本計畫將所有船隻採上述大型船隻之管道參數做保守評估，排放係數則依據 TEDS 9.0 版之「船舶燃燒—商船重油」係數(如表 7.1.3-8)，以各類船隻之耗油量及船隻尺寸，換算各類船隻對各項空氣污染物之排放強度及排放係數，如表 7.1.3-9 所示。

表 7.1.3-8 船舶作業之空氣污染物係數

排放係數(Kg/Kl)				
TSP	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>x</sub>	NO <sub>x</sub>
1.78	1.78	1.48	17.00S	2.66

註：國際商船重油硫含量為 2.7%。

資料來源：臺灣空氣污染排放量[TEDS9.0]面源—排放量推估手冊（106 年 1 月 3 日版）。

### (七) 本計畫海上工程及作業船隻

本計畫海上工程包含海上變電站工程、海域纜線工程、風機間纜線工程、風機基礎施工、風機上部組件安裝工程、安裝完成後機電測試工程，各項工程所需使用之船隻類別、數量等均不相同，如表 7.1.3-10 所示。

本計畫假設所有工程項目於同一時間，於風場內離岸最近一側同時施做，則本計畫單日海上工程作業船隻最大操作數量為 23 艘，單日最大耗油量則約 246 公噸，如表 7.1.3-10。

表 7.1.3-9 本計畫作業船隻之空氣污染物排放強度及排放係數

船型	單船耗油量	單船排放係數				
		(g/s)				
	(mt/day)	TSP	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>x</sub>	NO <sub>2</sub>
>50Te Bollard pull towing tug	8	0.0549	0.0549	0.0456	1.4167	0.0821
50Te Bollard pull towing tug	8	0.0549	0.0549	0.0456	1.4167	0.0821
300' x 90' barge	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Cable Lay Vessel	15	0.1030	0.1030	0.0855	2.6563	0.1539
Crew Transfer Vessels	2	0.0137	0.0137	0.0114	0.3542	0.0205
DP2 supply vessel	20	0.1373	0.1373	0.1140	3.5417	0.2052
Heavy Lift Vessel	25	0.1717	0.1717	0.1425	4.4271	0.2566
Jack-up Vessel	15	0.1030	0.1030	0.0855	2.6563	0.1539
tug	8	0.0549	0.0549	0.0456	1.4167	0.0821

註：本表所載之海上作業船隻尺寸及耗油量係參考船隻型錄，未來實際開發使用之作業船隻依據實際工程作業需求規劃。

表 7.1.3-10 本計畫各項海上工程所需之作業船隻及操作數量

工程名稱	船型	單船耗油量	數量	單日最大耗油量
		(mt/day)		(mt)
海上變電站工程	300' x 90' barge (for OSS topsides, jacket and piles)	0	1	0
	>50Te Bollard pull towing tug (for OSS topsides, jackets and piles)	8	1	8
	Heavy Lift Vessel (assumed for piles, jacket and topsides installation)	25	1	25
	DP2 supply vessel (assumed for grouting jacket foundation)	20	1	20
	DP2 supply vessel (grouting supply)	20	1	20
海域纜線工程	Cable lay vessel	15	1	15
	Tug (PLGR)	8	1	8
風機間纜線工程	Cable Lay Vessel	15	1	15
	tug (PLGR)	8	1	8
	tug (burial)	8	1	8
風機基礎施工	300' x 90' barge (piles)	0	1	0
	>50Te Bollard pull towing tug (piles)	8	1	8
	Jack-up Vessel (assumed for piling)	15	1	15
	300' x 90' barge (jackets)	0	1	0
	50 Te Bollard pull towing tug (jackets)	8	1	8
	Heavy Lift Vessel (assumed for jacket installation)	25	1	25
	DP2 supply vessel (assumed for grouting jacket foundation)	20	1	20
	DP2 supply vessel (grouting supply)	20	1	20
風機上部組件安裝工程	Jack-up vessel	15	1	15
安裝完成後機電測試工程	Crew Transfer Vessels (for mechanical completion & commissioning)	2	4	8
合計		—	23	246

(八) 工區排放空氣污染評估模式

本計畫選擇美國環保署推薦優選模式 ISCST3 模式評估施工裸露面源與施工機具排放空氣污染量，其中氣象資料採用環保署模式支援中心下載之民國 104 年(2015 年)ISC 標準氣象檔，資料來源為梧棲測站地面氣象資料及板

橋探空站同年探空資料。模擬控制參數列於表 7.1.3-11。

表 7.1.3-11 ISCST3 模式控制參數

施工區域	模擬範圍 (TWD97 座標)	X 起點	95800	X 終點	215800
		Y 起點	2611700	Y 終點	2701700
	承受點配佈	直角座標網格:241 點×181 點 極座標網格: 離散承受點:2 點			
控制參數	城鄉形態	<input checked="" type="checkbox"/> 鄉村型		<input type="checkbox"/> 都市型	
	垂直剖面係數	<input checked="" type="checkbox"/> 使用模式內設值		<input type="checkbox"/> 使用者自定	
	煙流型態	<input checked="" type="checkbox"/> 使用最終煙流高度			
		<input type="checkbox"/> 以下風距離為煙流上昇函數			
	垂直位溫梯度	<input checked="" type="checkbox"/> 使用模式內設值		<input type="checkbox"/> 使用者自定	
	地形修正	<input type="checkbox"/> 使用		<input checked="" type="checkbox"/> 不使用	
	煙囪頂下沖	<input type="checkbox"/> 使用		<input checked="" type="checkbox"/> 不使用	
	浮力擴散	<input checked="" type="checkbox"/> 使用		<input type="checkbox"/> 不使用	
靜風處理	<input checked="" type="checkbox"/> 使用模式內之靜風處理				
	<input type="checkbox"/> 不使用模式內之靜風處理				

(九) 海上作業對環境空氣品質模擬結果

以 ISCST3 模式保守模擬在同一時間內之最多作業船隻數量情況，其各空氣污染物擴散模擬結果如表 7.1.3-12、圖 7.1.3-5~6 所示，最大著地濃度落於場址周邊區域。

TSP 經遠距離擴散至敏感受體彰濱秀傳紀念醫院最大日平均值增量 0.01 微克/立方公尺，最大年平均增量為 0.00(0.0006)微克/立方公尺；經遠距離擴散至敏感受體線西服務中心最大日平均值增量為 0.01 微克/立方公尺，最大年平均增量為 0.00(0.0006)微克/立方公尺，與背景濃度加成後均符合空氣品質標準。

PM<sub>10</sub> 經遠距離擴散至敏感受體彰濱秀傳紀念醫院最大日平均值增量 0.01 微克/立方公尺，最大年平均增量為 0.00(0.0006)微克/立方公尺；經遠距離擴散至敏感受體線西服務中心最大日平均值增量為 0.01 微克/立方公尺，最大年平均增量為 0.00(0.0006)微克/立方公尺，與背景濃度加成後均符合空氣品質標準。

PM<sub>2.5</sub> 經遠距離擴散至敏感受體彰濱秀傳紀念醫院最大日平均值增量為 0.01 微克/立方公尺，最大年平均增量為 0.00(0.0005)微克/立方公尺；經遠距離擴散至敏感受體線西服務中心最大日平均值增量為 0.01 微克/立方公尺，最大年平均增量為 0.00(0.0005)微克/立方公尺。本案線西服務中心 PM<sub>2.5</sub> 背景值為 58 微克/立方公尺，已超過空氣品質標準，評估之敏感受體與背景濃度加成後高於空氣品質標準。

SO<sub>2</sub> 經遠距離擴散至敏感受體彰濱秀傳紀念醫院最大小時平均值增量為 1.44ppb，日平均最大值增量為 0.08ppb，年平均增量為 0.01ppb；經遠距離擴散至敏感受體線西服務中心最大小時平均值增量為 1.24ppb，日平均最大值增量為 0.09ppb，年平均增量為 0.01ppb，與背景濃度加成後均符合空氣品質標準。

NO<sub>2</sub> 經遠距離擴散至敏感受體彰濱秀傳紀念醫院最大小時平均值增量為 0.09ppb，年平均最大增量為 0.00(0.0005)ppb；經遠距離擴散至敏感受體線西服務中心最大小時平均值增量為 0.10ppb，年平均最大增量為 0.00(0.0005)ppb，與背景濃度加成後均符合空氣品質標準。

表 7.1.3-12 船舶海上作業之空氣污染物模擬結果

空氣污染物	位置	模擬項目	模擬最大值	背景值 【註】	總量	空氣品質 標準
TSP (微克/立方公尺)	彰濱秀傳紀念醫院	24 小時值	0.01	116	116.01	250
		年平均值	0.00(0.0006)	—	—	130
	線西服務中心	24 小時值	0.01	180	180.01	250
		年平均值	0.00(0.0006)	—	—	130
PM <sub>10</sub> (微克/立方公尺)	彰濱秀傳紀念醫院	24 小時值	0.01	58	58.01	125
		年平均值	0.00(0.0006)	—	—	65
	線西服務中心	24 小時值	0.01	93	93.01	125
		年平均值	0.00(0.0006)	—	—	65
PM <sub>2.5</sub> (微克/立方公尺)	彰濱秀傳紀念醫院	24 小時值	0.01	24	24.01	35
		年平均值	0.00(0.0005)	—	—	15
	線西服務中心	24 小時值	0.01	58	58.01	35
		年平均值	0.00(0.0005)	—	—	15
SO <sub>2</sub> (ppb)	彰濱秀傳紀念醫院	最大小時值	1.44	8	9.44	250
		24 小時值	0.08	4	4.08	100
		年平均值	0.01	—	—	30
	線西服務中心	最大小時值	1.24	20	21.24	250
		24 小時值	0.09	6	6.09	100
年平均值	0.01	—	—	30		
NO <sub>2</sub> (ppb)	彰濱秀傳紀念醫院	最大小時值	0.09	20	20.09	250
		年平均值	0.00(0.0005)	—	—	50
	線西服務中心	最大小時值	0.10	18	18.10	250
		年平均值	0.00(0.0005)	—	—	50

註：模擬環境敏感點背景濃度採於敏感點架設臨時空氣品質測站之實測(詳表 6.2.3-2)最大值，最大著地位置背景濃度採於場址附近所架設臨時空氣品質測站之實測最大值。



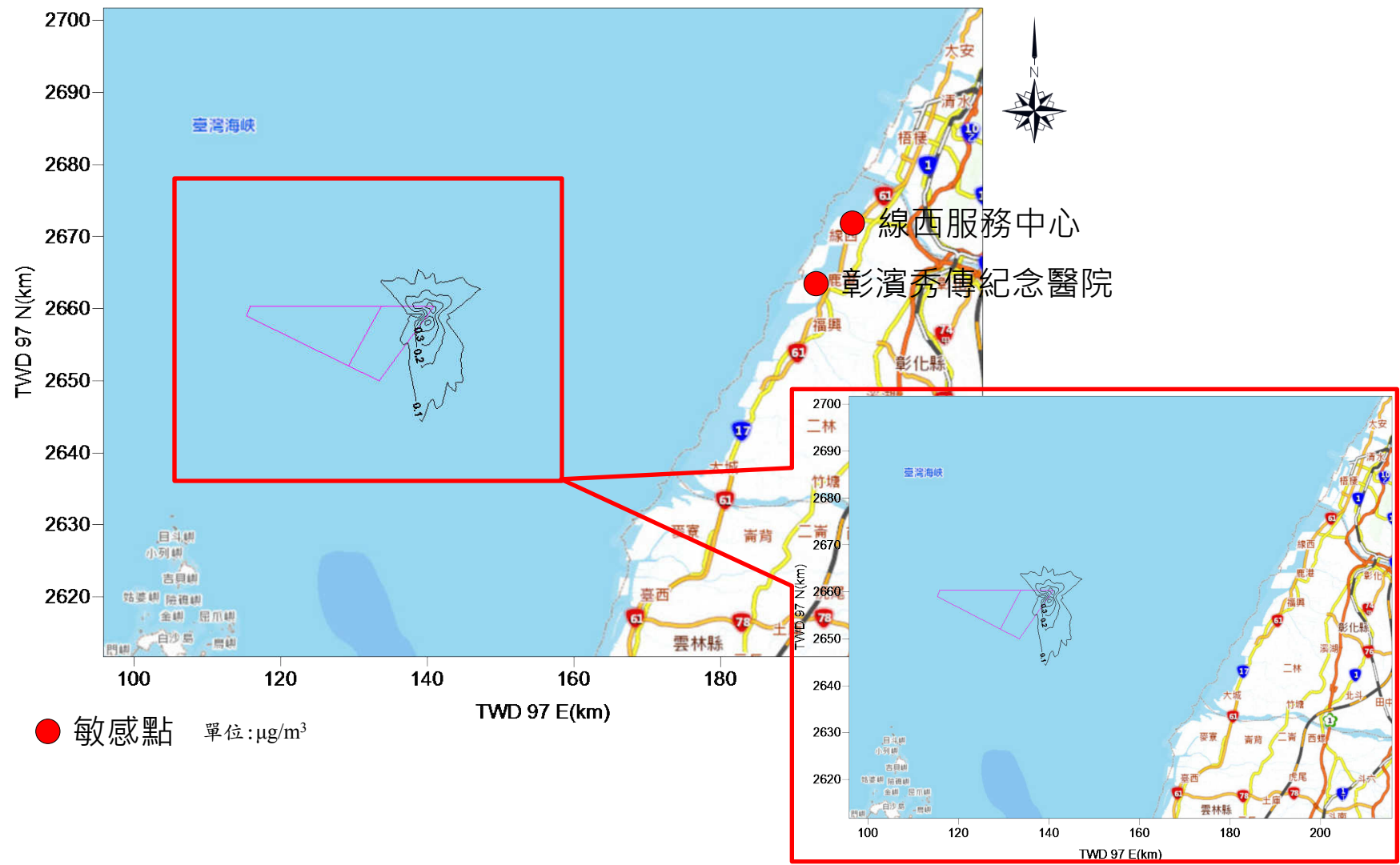


圖7.1.3-5 船舶海上作業施工期間TSP最大24小時增量模擬圖

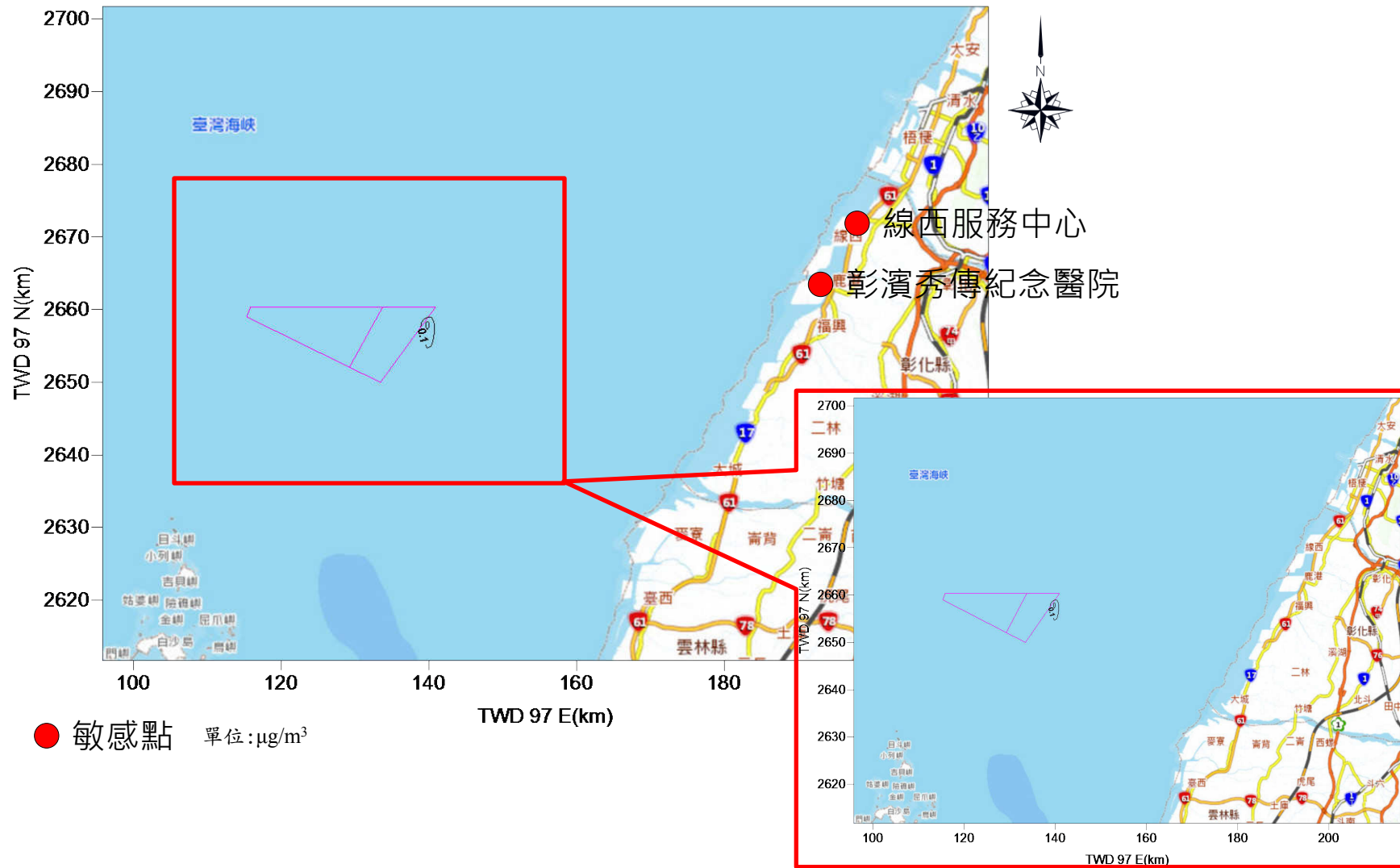


圖7.1.3-6 船舶海上作業施工期間TSP年平均增量模擬圖

### 三、棄土運輸及施工車輛排放廢氣及車行揚塵

本計畫陸纜埋設工程開挖所產生之土方除了用於現地回填外，剩餘之土石方將依服務中心指示運至工業區內指定區回收，棄土運輸車輛及施工材料運輸車輛於工區附近道路行駛所排放之空氣污染物將對道路沿線空氣環境造成影響。推估棄土運輸及施工車輛進出工區之頻率每小時約為 18 車次(雙向)，假設車輛匯集於陸纜埋設路線沿線道路為模擬情境最嚴重情況，依據表 7.1.3-13 之運輸卡車排放係數推估排放量，其粒狀污染物排放及氣狀污染物排放量如下：

#### (一) 總懸浮微粒排放量( $Q_{TSP}$ )

$$Q_{TSP} = (Q_1 + Q_2) \times V$$

$Q_1$  為車輛排氣之懸浮微粒，為參考環保署所推估建立之排放量資料庫 (TEDS9.0 版)，並以本計畫預定施工之民國 109 年彰化縣(其他縣市別)車輛之懸浮微粒排放係數為基準，假設車輛時速為 40 公里/小時，則每車總懸浮微粒之排放係數以 0.6754 公克/公里計算。

$Q_2$ ：為其他來源，包括車輛表面含塵量及路面含塵經車輛經過之揚塵量。依據環保署公告之 TEDS9.0「表 B2-1 臺灣地區 102 年(基準年)面污染源-逸散性粒狀物污染源排放係數表」之公路車輛行駛揚塵中，車輛行駛於省道(鋪面道路)之 TSP 排放係數值(2.503 g/VKT)。

VKT(Vehicle Kilometer Traveling)=每輛車每單位里程(公里)。

V：為每日進出車次。

表 7.1.3-13 運輸卡車於不同速度下之空氣污染物排放係數

單位：公克/公里/輛

車速 (公里/小時)	TSP	SO <sub>x</sub>	NO <sub>x</sub>	CO
15	0.6754	0.0046	12.13	8.51
20	0.6754	0.0044	10.96	6.89
25	0.6754	0.0043	10.04	5.67
30	0.6754	0.0041	9.33	4.75
40	0.6754	0.0039	8.39	3.52
50	0.6754	0.0037	7.97	2.79
60	0.6754	0.0036	7.99	2.38
70	0.6754	0.0036	8.47	2.17

資料來源：摘自行政院環境保護署，彰化縣(其他縣市別)車輛排放係數(TEDS9.0 版，施工目標年以民國 109 年計算)。

#### (二) 廢氣排放量( $Q'$ )

$$Q' = \text{排放係數} \times \text{每日車次}$$

假設進出工區之土方運輸車輛為每小時 18 車次(雙向)，每日施工運輸時間為 8 小時，則施工階段運輸卡車每日進出 144 車次(雙向)，由表 7.1.3-13 之車輛空氣污染物排放係數，假設行駛時速為 40 公里/小時，則可求得各項污染物排放量如表 7.1.3-14。

表 7.1.3-14 陸纜埋設施工運輸卡車空氣污染物排放量

車輛種類	大貨車			
尖峰運輸頻率(輛/小時)	18 車次(雙向)			
污染物排放係數 (公克/公里•輛)	TSP	SO <sub>x</sub>	NO <sub>x</sub>	CO
	5.117	0.0039	8.3900	3.5200
車輛運輸路線排放量 (公克/公里•秒)	0.015892000	0.00001950	0.04195000	0.01760000

資料來源：本計畫推估整理。

(三) 運輸車輛排放空氣污染物評估模式

本計畫以「CALINE-4 線源空氣污染物擴散模式」進行運輸車輛排放空氣污染物模擬。輸入參數部分以氣象條件最不利之情況，並假設所有運輸車輛最後均匯集於降壓站及陸纜施工道路之最嚴重情境來模擬道路邊地區空氣污染物之增量。

1. 風向：Worst Case(與車行方向相同)。
2. 風速：採用每秒 1 公尺(模式下限風速)。
3. 平均溫度：23.0 °C(梧棲氣象測站民國 95~104 年平均值，詳表 6.2.1-1)。
4. 穩定度：6(Turner 最穩定等級)。
5. 混合層高度：300 公尺(低層大氣呈穩定狀態之假設高度)。
6. 道路寬度：彰濱路寬 40 公尺，安西路寬 20 公尺。

(四) 模擬結果

1. 原規劃模擬

施工車輛行駛於彰濱路時，對沿線道路邊地區空氣污染物增量模擬結果如表 7.1.3-15 所示。在彰濱路 50 公尺之範圍內，其 TSP 增量小於 11.39 微克/立方公尺，PM<sub>10</sub> 增量小於 6.26 微克/立方公尺，PM<sub>2.5</sub> 增量小於 3.13 微克/立方公尺，SO<sub>2</sub> 增量小於 0.0055 ppb，NO<sub>2</sub> 增量小於 16.51 ppb，CO 增量小於 10.72ppb。

2. 因應共同廊道規劃補充模擬

施工車輛行駛於安西路時，對沿線道路邊地區空氣污染物增量模擬結果如表 7.1.3-16 所示。在安西路 50 公尺之範圍內，其 TSP 增量小於 15.52 微克/立方公尺，PM<sub>10</sub> 增量小於 8.54 微克/立方公尺，PM<sub>2.5</sub> 增量小於 4.271 微克/立方公尺，SO<sub>2</sub> 增量小於 0.0080ppb，NO<sub>2</sub> 增量小於 23.79ppb，CO 增量小於 6.60ppb。

本計畫 PM<sub>2.5</sub> 背景值為 58 微克/立方公尺，已超過空氣品質標準，評估之敏感受體與背景濃度加成後高於空氣品質標準，其餘模擬結果與背景濃度加成後符合空氣品質標準。

開挖初期由於運輸土方頻繁將以 TSP 增量為最大，但若採取清洗輪胎、灑水防制等措施，可降低粒狀污染物 50 % 的排放，且開挖階段屬短期施工，對附近空氣品質雖短暫稍有影響，在開挖階段完成後，運出土卡車對附近空氣品質影響將可減輕。

表 7.1.3-15 線西工業區自設降壓站預定地施工階段彰濱路運輸  
卡車空氣污染物擴散濃度

距離(公尺)	污染物種類					
	TSP (微克/立方 公尺)	PM <sub>10</sub> (微克/立方 公尺)	PM <sub>2.5</sub> (微克/立方 公尺)	SO <sub>2</sub> (ppb)	NO <sub>2</sub> (ppb)	CO (ppb)
200	2.01	1.11	0.55	0.0009	2.80	1.85
110	2.98	1.64	0.82	0.0014	4.15	2.76
90	3.27	1.80	0.90	0.0015	4.57	3.04
70	3.72	2.05	1.02	0.0017	5.19	3.46
50	4.47	2.46	1.23	0.0021	6.23	4.18
40	5.59	3.07	1.54	0.0026	7.79	5.23
30	7.36	4.05	2.02	0.0034	10.26	6.90
20	10.11	5.56	2.78	0.0047	14.10	9.52
10	10.38	5.71	2.85	0.0053	15.88	9.80
0	10.04	5.52	2.76	0.0055	16.51	9.48
-10	11.39	6.26	3.13	0.0053	15.88	10.72
-20	10.11	5.56	2.78	0.0047	14.10	9.52
-30	7.36	4.05	2.02	0.0034	10.26	6.90
-40	5.59	3.07	1.54	0.0026	7.79	5.23
-50	4.47	2.46	1.23	0.0021	6.23	4.18
-70	3.72	2.05	1.02	0.0017	5.19	3.46
-90	3.27	1.80	0.90	0.0015	4.57	3.04
-110	2.98	1.64	0.82	0.0014	4.15	2.76
-200	1.74	0.96	0.48	0.0009	2.80	1.61
背景空氣品質	180.00	93.00	58.00	20.00	18.00	1200.00
最大增量	11.39	6.26	3.13	0.0055	16.51	10.72
最高總量	191.39	99.26	61.13	20.0055	34.51	1210.72
空氣品質標準	250	125.00	35.00	250	250	35,000

註：模擬環境敏感點背景濃度採於敏感點架設臨時空氣品質測站之實測(詳表 6.2.3-2)最大值。TSP、PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>採用日平均值，SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、CO採用最大小時平均值。

表 7.1.3-16 崙尾工業區自設降壓站預定地施工階段安西路運輸  
卡車空氣污染物擴散濃度

距離(公尺)	污染物種類					
	TSP (微克/立方 公尺)	PM <sub>10</sub> (微克/立方 公尺)	PM <sub>2.5</sub> (微克/立方 公尺)	SO <sub>2</sub> (ppb)	NO <sub>2</sub> (ppb)	CO (ppb)
200	2.08	1.14	0.57	0.0010	2.91	0.87
110	3.09	1.70	0.85	0.0014	4.32	1.30
90	3.42	1.88	0.94	0.0016	4.76	1.44
70	3.85	2.12	1.06	0.0018	5.37	1.63
50	4.60	2.53	1.27	0.0021	6.42	1.95
40	5.65	3.11	1.55	0.0026	7.87	2.39
30	7.09	3.90	1.95	0.0033	9.89	3.01
20	9.59	5.27	2.64	0.0045	13.38	4.08
10	14.55	8.00	4.00	0.0072	21.64	6.20
0	15.19	8.35	4.18	0.0080	23.79	6.47
-10	15.52	8.54	4.27	0.0072	21.64	6.60
-20	9.59	5.27	2.64	0.0045	13.38	4.08
-30	7.09	3.90	1.95	0.0033	9.89	3.01
-40	5.65	3.11	1.55	0.0026	7.87	2.39
-50	4.60	2.53	1.27	0.0021	6.42	1.95
-70	3.85	2.12	1.06	0.0018	5.37	1.63
-90	3.42	1.88	0.94	0.0016	4.76	1.44
-110	3.09	1.70	0.85	0.0014	4.32	1.30
-200	1.80	0.99	0.50	0.0010	2.91	0.75
背景空氣品質	180.00	93.00	58.00	20.00	18.00	1200.00
最大增量	15.52	8.54	4.27	0.0080	23.79	6.60
最高總量	195.52	101.54	62.27	20.0080	41.79	1206.60
空氣品質標準	250	125.00	35.00	250	250	35,000

註：模擬環境敏感點背景濃度採於敏感點架設臨時空氣品質測站之實測(詳表 6.2.3-2)最大值。TSP、PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>採用日平均值，SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、CO 採用最大小時平均值。

## 7.1.4 噪音振動

### 一、施工階段

#### (一) 噪音

本評估工作採用德國 Braunstein+B Berndt GMBH 公司所發展之“SoundPLAN”噪音電腦模式進行預測與分析。該模式之特點在於可同時或分別考慮點源、線源及面源等不同型式噪音源及其合成之音量，除可推估個別敏感點之噪音量外，亦可預測整個計畫區內外之等噪音線，將此預測音量與各受體背景音量合成後，再依據環保署建議之噪音影響評估流程圖(圖 7.1.4-1)判定影響程度。

#### 1. 本計畫施工期間噪音源

本計畫陸上工程施工包括降壓站工程及陸纜埋設工程，施工機具數量、種類及噪音量如表 7.1.4-1 所示。施工機具噪音預測各施工階段中同時施工機具之合成音量，其中自設降壓站合成音 65.5dB(A)及陸纜鋪設合成音 75.5dB(A)，可符合第四類營建工程噪音管制標準日間標準值 80dB(A)。

模式模擬結果將上述施工期間施工面作業(自設降壓站工程與陸纜工程)及施工材料車輛以運輸頻率每小時預估約有 9 車次(單向)所產生之噪音源輸入 SoundPLAN 模式中運算，經輸入高程及噪音敏感受體等相關資料，再由模式自動計算其距離衰減反射、遮蔽和音量合成之結果。經分析其均能噪音產生量如表 7.1.4-2 所示，等噪音線圖如圖 7.1.4-2 所示。另本計畫與鄰近開發案將依循台電公司規劃之北側海纜上岸共同廊道範圍內上岸，其因應共同廊道施工面作業衍生之均能噪音產生量如表 7.1.4-3 所示，等噪音線圖如圖 7.1.4-3 所示。結果敘述如下：

#### (1) 原規劃模擬

彰濱西二路自設降壓站及陸纜鋪設工程施工產生之營建噪音，經評估模擬得知，經衰減至線工路與中華路後音量為 13.3dB(A)，經與實測背景值 70.7dB(A)合成之後， $L_{eq}$ 預測合成值為 70.7dB(A)，可符合環境音量標準 76dB(A)，噪音增量為 0.0dB(A)(0~5)，依本計畫影響程度評定說明，屬無影響或可忽略影響。

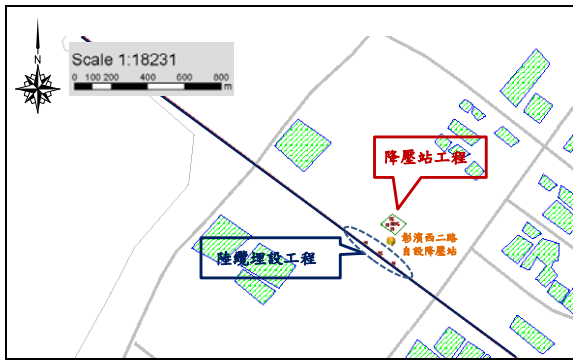

經衰減至彰濱西二路自設降壓站後音量為 48.0dB(A)，經與實測背景值 61.7dB(A)合成之後， $L_{eq}$ 預測合成值為 61.9dB(A)，可符合環境音量標準 76dB(A)，噪音增量為 0.2dB(A)(0~5)，依本計畫影響程度評定說明，屬無影響或可忽略影響。

經衰減至彰濱超高壓變電所後音量為 21.2dB(A)，經與實測背景值 63.4dB(A)合成之後， $L_{eq}$ 預測合成值為 63.4dB(A)，可符合環境音量標準 76dB(A)，噪音增量為 0.0dB(A)(0~5)，依本計畫影響程度評定說明，屬無影響或可忽略影響。

經衰減至慶安路與慶安南一路後音量為 14.0dB(A)，經與實測背景值 61.1dB(A)合成之後， $L_{eq}$ 預測合成值為 61.1dB(A)，可符合環境音量標準 76dB(A)，噪音增量為 0.0dB(A)(0~5)，依本計畫影響程度評定說明，屬無影響或可忽略影響。

表 7.1.4-1 本計畫施工之機具噪音影響評估表

【主要施工機具配置示意圖】

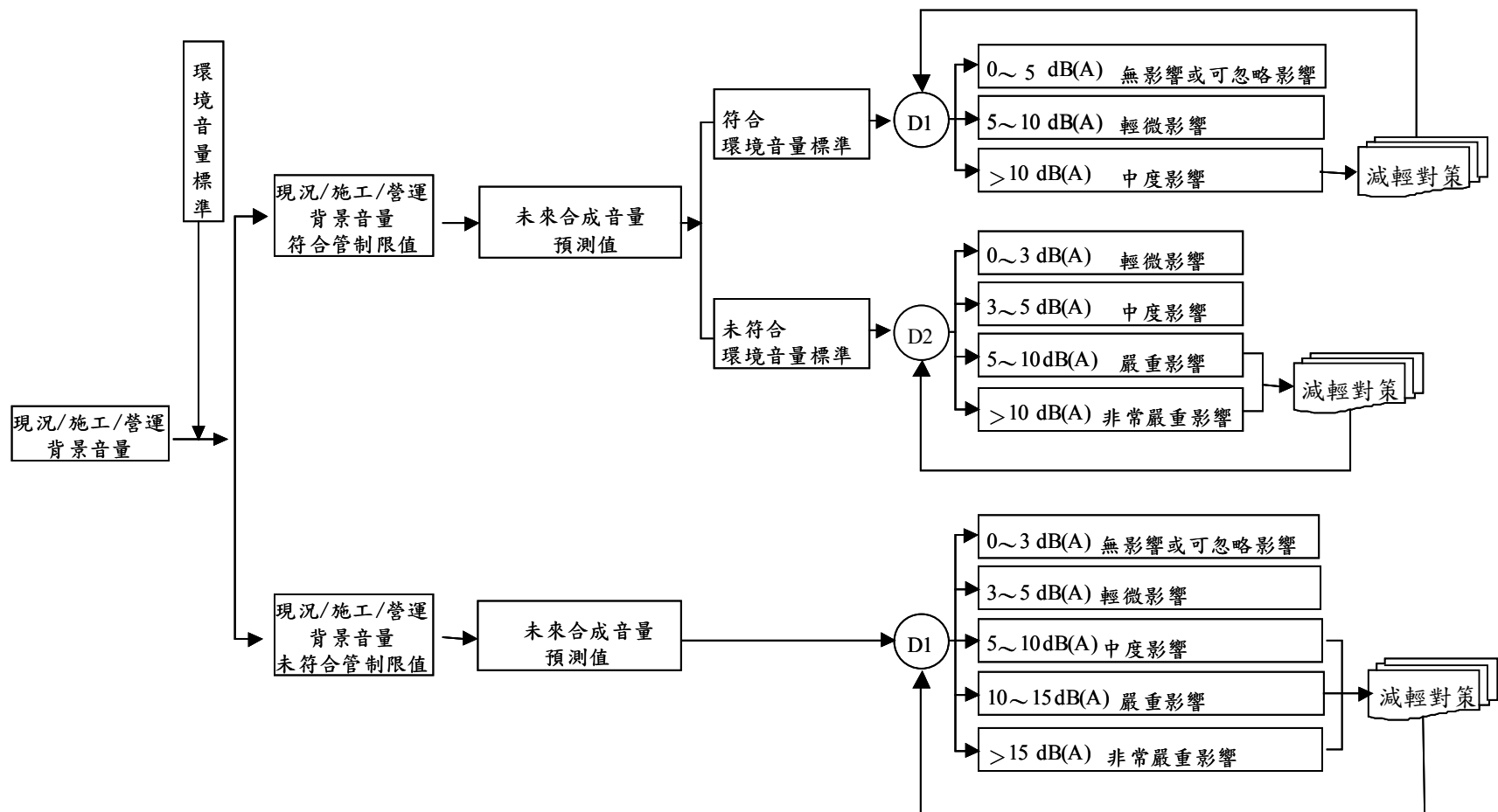



因應共同廊道新增規劃，於北側海纜上岸點鹿港鎮崙尾工業區上岸，因此另規劃可能之自設降壓站。

工程項目	機具名稱	最大同時操作數量	聲功率位準 dB(A)	音源與周界*距離 (公尺)	同時施工機具合成噪音量 dB(A)	施工階段合成噪音量
降壓站	挖土機	1	111	100	60.5	65.5
	傾卸卡車	1	109	100	58.5	
	灑水車	1	109	100	58.5	
	吊車	1	107	100	56.5	
	混凝土車	1	108	100	57.5	
陸纜埋設	挖土機	1	111	30	72.7	75.5
	吊車	1	107	30	68.7	
	混凝土車	1	108	30	69.7	

\*周界：有明顯圍牆等實體分隔時，以之為界。無實體分隔時，以其財產範圍或公眾不常接近之範圍為界。





註：1. D1 未來合成音量預測值與現況/施工/營運背景音量之噪音增量

2. D2 未來合成音量預測值與環境音量標準之噪音增量

3. 等級劃分參考國內噪音法規、美國環保署環境影響評估準則歸類、噪音學原理及控制(蘇德勝著)。

4. 資料來源：黃乾全，「環境影響評估專業人員培訓講習會講義噪音與振動評估」，行政院環境保護署，民國87年1月。

圖7.1.4-1 影響等級評估基準

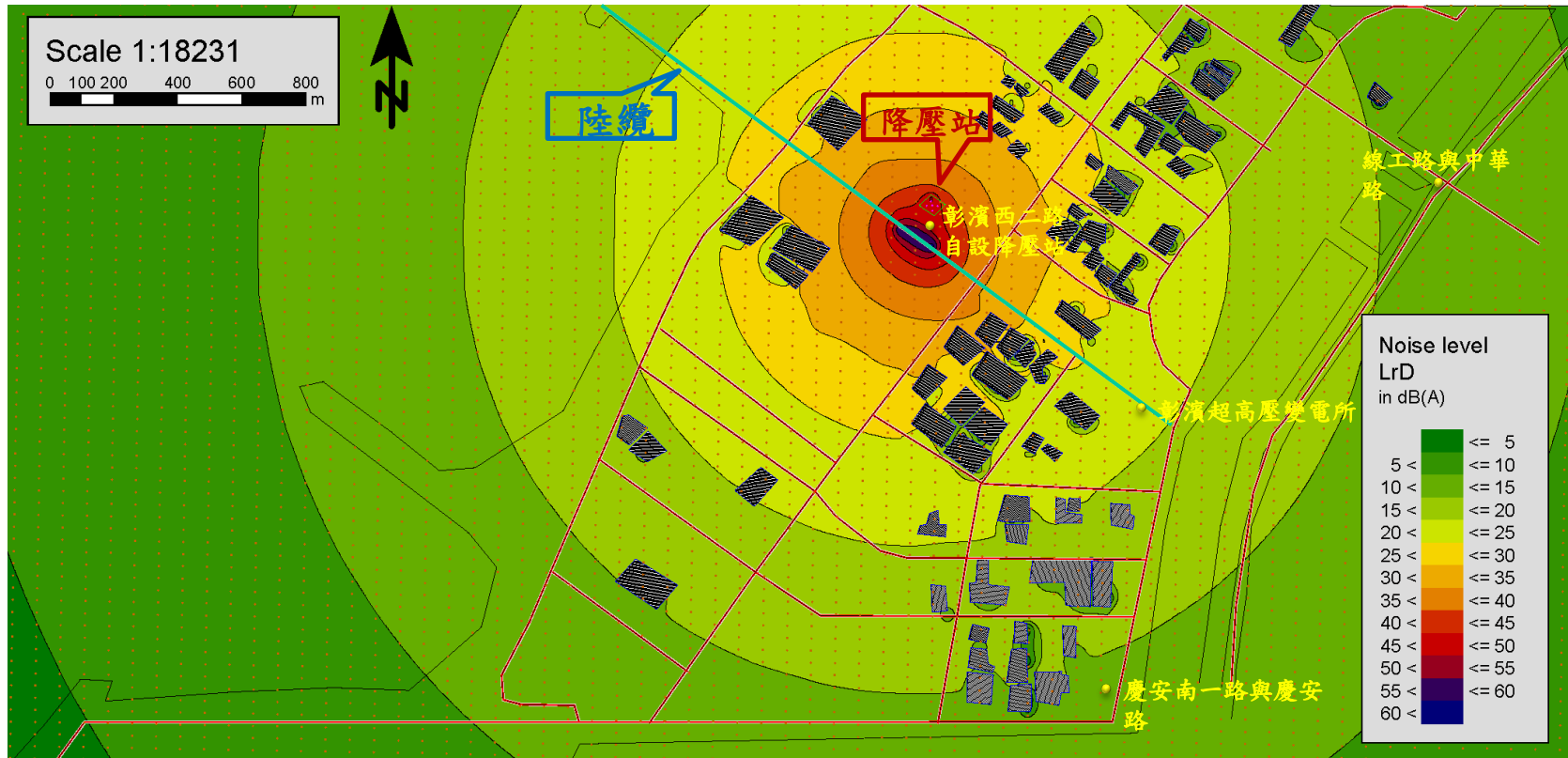


圖7.1.4-2 施工期間噪音影響模擬圖

表 7.1.4-2 營建工程(含施工車輛)噪音評估模擬結果輸出摘要表 (L<sub>日</sub>)

單位：dB(A)

項目 受體名稱	現況環境 背景音量	施工期間背 景音量[1]	施工期間最 大營建噪音 [2]	施工期間 合成音量 [3]	噪音增 量[4]	噪音 管制區類別	環境音 量標準	影響 等級 [5]
線工路與 中華路	70.7	70.7	13.3	70.7	0.0	第三類或第 四類管制區 內緊鄰8公 尺以上道路	76	無影響或 可忽略影 響
彰濱西二 路自設降 壓站	61.7	61.7	48.0	61.9	0.2	第三類或第 四類管制區 內緊鄰8公 尺以上道路	76	無影響或 可忽略影 響
彰濱超高 壓變電所	63.4	63.4	21.2	63.4	0.0	第三類或第 四類管制區 內緊鄰8公 尺以上道路	76	無影響或 可忽略影 響
慶安路與 慶安南一 路	61.1	61.1	14.0	61.1	0.0	第三類或第 四類管制區 內緊鄰8公 尺以上道路	76	無影響或 可忽略影 響

註[1]：本評估工作假設“施工期間背景音量”與“現況環境背景音量”相同。

[2]：預估“施工期間最大營建噪音”以所有可能同時操作之作業機具施工噪音量加以合成，亦即採用影響最大之施工階段進行營建噪音之模擬分析。

[3]：“施工期間合成音量”=“施工期間背景音量”⊕“施工期間最大營建噪音”。⊕表示依聲音計算原理之相加。

[4]：“噪音增量”=“施工期間合成音量”-“施工期間背景音量”（“施工期間合成音量”符合“環境音量標準”）；“噪音增加量”=“施工期間合成音量”-“環境音量標準”（“施工期間合成音量”不符合“環境音量標準”時）。

[5]：影響等級評估基準參見圖 7.1.4-1。

## (2) 因應共同廊道規劃補充模擬

因應共同廊道所規劃之永安西路自設降壓站，其自設降壓站及陸纜鋪設工程施工產生之營建噪音，經評估模擬得知，經衰減至線工路與中華路後音量為 0.0dB(A)，經與實測背景值 70.7dB(A)合成之後，L<sub>日</sub>預測合成值為 70.7dB(A)，可符合環境音量標準 76dB(A)，噪音增量為 0.0dB(A)(0~5)，依本計畫影響程度評定說明，屬無影響或可忽略影響。

經衰減至彰濱西二路自設降壓站後音量為 6.2dB(A)，經與實測背景值 61.7dB(A)合成之後，L<sub>日</sub>預測合成值為 61.7dB(A)，可符合環境音量標準 76dB(A)，噪音增量為 0.0dB(A)(0~5)，依本計畫影響程度評定說明，屬無影響或可忽略影響。

經衰減至彰濱超高壓變電所後音量為 4.6dB(A)，經與實測背景值 63.4dB(A)合成之後，L<sub>日</sub>預測合成值為 63.4dB(A)，可符合環境音量標準 76dB(A)，噪音增量為 0.0dB(A)(0~5)，依本計畫影響程度評定說明，屬無影響或可忽略影響。

經衰減至慶安路與慶安南一路後音量為 6.2dB(A)，經與實測背景值 61.1dB(A)合成之後，L<sub>日</sub>預測合成值為 61.1dB(A)，可符合環境音量標準 76dB(A)，噪音增量為 0.0dB(A)(0~5)，依本計畫影響程度評定說明，屬無影響或可忽略影響。

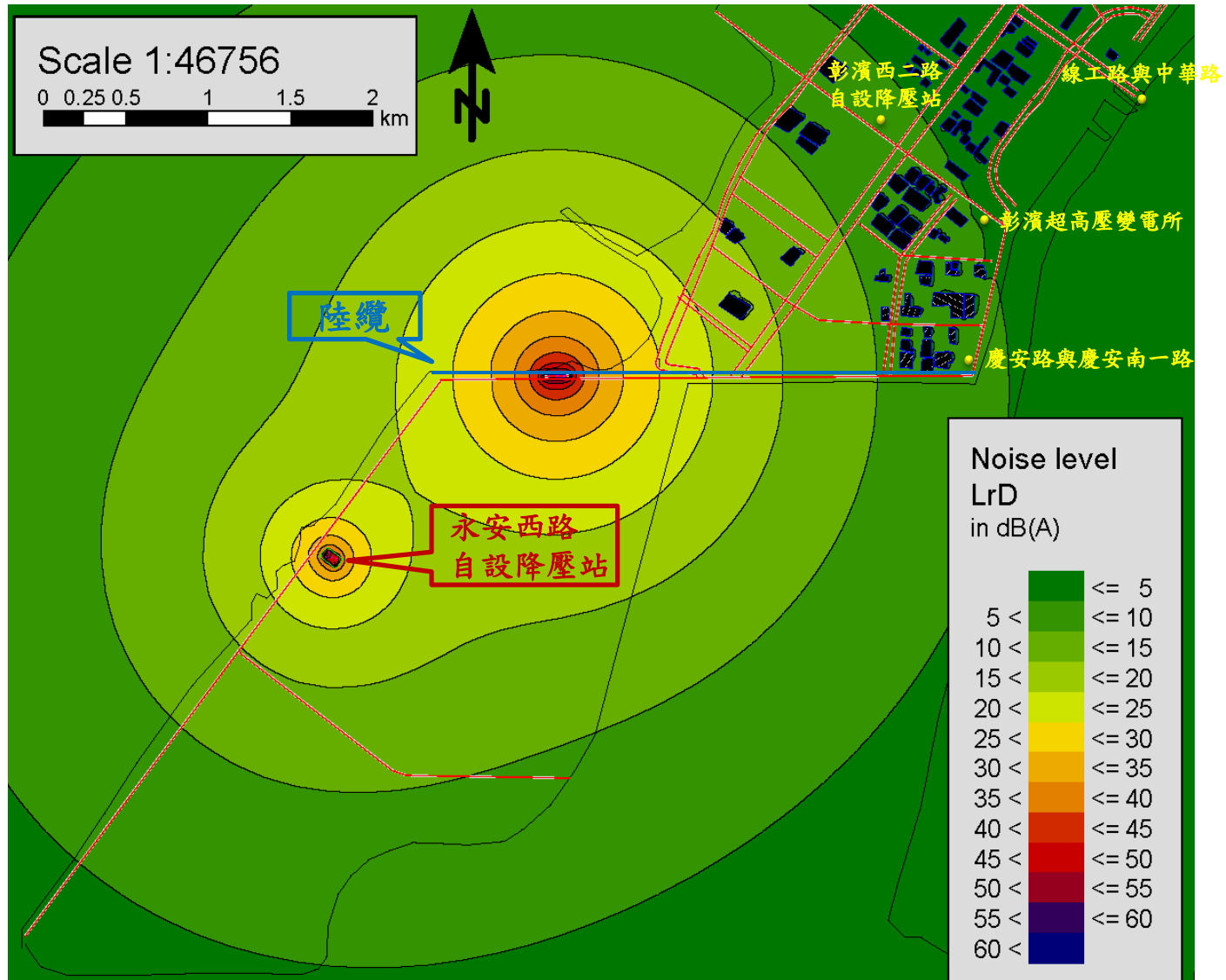


圖7.1.4-2 施工期間噪音影響模擬圖(因應共通廊道)

表 7.1.4-3 營建工程(含施工車輛)噪音評估模擬結果輸出摘要表(因應共同廊道規劃補充模擬) (L<sub>日</sub>)

單位：dB(A)

項目 受體名稱	現況環境 背景音量	施工期間背 景音量[1]	施工期間最 大營建噪音 [2]	施工期間 合成音量 [3]	噪音增 量[4]	噪音 管制區類別	環境音 量標準	影響 等級 [5]
線工路與 中華路	70.7	70.7	0.0	70.7	0.0	第三類或第 四類管制區 內緊鄰8公 尺以上道路	76	無影響或 可忽略影 響
彰濱西二 路自設降 壓站	61.7	61.7	6.2	61.7	0.0	第三類或第 四類管制區 內緊鄰8公 尺以上道路	76	無影響或 可忽略影 響
彰濱超高 壓變電所	63.4	63.4	4.6	63.4	0.0	第三類或第 四類管制區 內緊鄰8公 尺以上道路	76	無影響或 可忽略影 響
慶安路與 慶安南一 路	61.1	61.1	6.2	61.1	0.0	第三類或第 四類管制區 內緊鄰8公 尺以上道路	76	無影響或 可忽略影 響

註[1]：本評估工作假設“施工期間背景音量”與“現況環境背景音量”相同。

[2]：預估“施工期間最大營建噪音”以所有可能同時操作之作業機具施工噪音量加以合成，亦即採用影響最大之施工階段進行營建噪音之模擬分析。

[3]：“施工期間合成音量”=“施工期間背景音量”⊕“施工期間最大營建噪音”。⊕表示依聲音計算原理之相加。

[4]：“噪音增量”=“施工期間合成音量”-“施工期間背景音量”（“施工期間合成音量”符合“環境音量標準”）；“噪音增加量”=“施工期間合成音量”-“環境音量標準”（“施工期間合成音量”不符合“環境音量標準”時）。

[5]：影響等級評估基準參見圖 7.1.4-1。

## 2. 與鄰近開發案噪音源合併評估結果

本計畫與鄰近開發案噪音源經合併評估模擬得知，經衰減至各敏感點與實測背景值合成之後，可符合第三類或第四類管制區內緊鄰八公尺以上之道路標準，依噪音影響評估流程圖(圖7.1.4-1)判定影響程度，屬輕微影響及無影響或可忽略影響。詳細評估過程如下：

考量大彰化(四案)、海龍(兩案)、海鼎(三案)分屬三個開發集團，於各自內部應已協調個案之工程期程，故假設每一開發集團同一時間僅有一處施工區，亦即同時共有3處施工區，假設3施工區同時施工，並考量7個敏感受體點位，分別為彰濱工業區服務中心、彰濱西二路、彰濱東三路與線工南二路口、彰濱路與線工路口、彰濱變電所、慶安路與慶安南一路口、線工路與中華路口。將上述施工期間施工作業產生之噪音輸入SoundPLAN模式中運算，經輸入地形及噪音敏感受體等相關資料，再由模式自動計算其距離衰減反射、遮蔽和音量合成之結果，並與三案中取其最大之背景噪音作為背景值噪音進行疊加。依據環保署建議之噪音影響評估流程圖(圖7.1.4-1)判定影響程度，經分析其均能噪音產生量如表7.1.4-4所示，等噪音線圖如圖7.1.4.4所示。結果敘述如下：

3工區同時施工之營建噪音，經評估模擬得知，經衰減至彰濱工業區服務中心後音量為46.1dB(A)，經與實測背景值51.2dB(A)合成之後， $L_{eq}$ 預測合成值為52.4dB(A)，可符合第三類或第四類管制區內緊鄰八公尺以上之道路標準76 dB(A)，依噪音影響等級評估流程，屬無影響或可忽略影響。

經評估模擬得知，經衰減至彰濱西二路後音量為69.1dB(A)，經與實測背景值61.7dB(A)合成之後， $L_{eq}$ 預測合成值為69.8dB(A)，可符合第三類或第四類管制區內緊鄰八公尺以上之道路標準76 dB(A)，依噪音影響等級評估流程，屬無影響或可忽略影響。

經評估模擬得知，經衰減至彰濱東三路與線工南二路口後音量為46.3dB(A)，經與實測背景值61.8dB(A)合成之後， $L_{eq}$ 預測合成值為61.9dB(A)，可符合第三類或第四類管制區內緊鄰八公尺以上之道路標準76 dB(A)，依噪音影響等級評估流程，屬無影響或可忽略影響。

經評估模擬得知，經衰減至彰濱路與線工路口後音量為50.2dB(A)，經與實測背景值66.3dB(A)合成之後， $L_{eq}$ 預測合成值為66.4dB(A)，可符合第三類或第四類管制區內緊鄰八公尺以上之道路標準76 dB(A)，依噪音影響等級評估流程，屬無影響或可忽略影響。

經評估模擬得知，經衰減至彰濱變電所後音量為46.6dB(A)，經與實測背景值63.4dB(A)合成之後， $L_{eq}$ 預測合成值為63.5dB(A)，可符合第三類或第四類管制區內緊鄰八公尺以上之道路標準76 dB(A)，依噪音影響等級評估流程，屬無影響或可忽略影響。

經評估模擬得知，經衰減至慶安路與慶安南一路口後音量為43.2dB(A)，經與實測背景值61.1dB(A)合成之後， $L_{eq}$ 預測合成值為61.2dB(A)，可符合第三類或第四類管制區內緊鄰八公尺以上之道路標準76 dB(A)，依噪音影響等級評估流程，屬無影響或可忽略影響。

經評估模擬得知，經衰減至線工路與中華路口後音量為43.5dB(A)，經與實測背景值70.7dB(A)合成之後， $L_{eq}$ 預測合成值為70.7dB(A)，可符合第三類或

第四類管制區內緊鄰八公尺以上之道路標準76 dB(A)，依噪音影響等級評估流程，屬無影響或可忽略影響。

表 7.1.4-4 三案升(降)壓站及陸纜埋設工程噪音評估模擬結果輸出摘要表 (L<sub>日</sub>)

單位：dB(A)

項目 受體名稱	現況 環境 背景 音量	施工期間 背景音量 [1]	升壓站及陸纜施 工期間最大營建 噪音	施工期間 合成音量 [3]	噪音 增量 [4]	噪音 管制區類別	環 境 音 量 標 準	影 響 等 級 [5]
彰濱工業區 服務中心	51.2	51.2	46.1	52.4	1.2	第三類或第四類管 制區內緊鄰八公尺 以上之道路	76	無影響 或可忽 略影響
彰濱西二路	61.7	61.7	69.1	69.8	8.1	第三類或第四類管 制區內緊鄰八公尺 以上之道路	76	無影響 或可忽 略影響
彰濱東三路 與線工南 二路口	61.8	61.8	46.3	61.9	0.1	第三類或第四類管 制區內緊鄰八公尺 以上之道路	76	無影響 或可忽 略影響
彰濱路與線 工路口	66.3	66.3	50.2	66.4	0.1	第三類或第四類管 制區內緊鄰八公尺 以上之道路	76	無影響 或可忽 略影響
彰濱變電所	63.4	63.4	46.6	63.5	0.1	第三類或第四類管 制區內緊鄰八公尺 以上之道路	76	無影響 或可忽 略影響
慶安路與慶 安南一路口	61.1	61.1	43.2	61.2	0.1	第三類或第四類管 制區內緊鄰八公尺 以上之道路	76	無影響 或可忽 略影響
線工路與中 華路口	70.7	70.7	43.5	70.7	0	第三類或第四類管 制區內緊鄰八公尺 以上之道路	76	無影響 或可忽 略影響

註[1]：本評估工作假設“施工期間背景音量”與“現況環境背景音量”相同。

[2]：預估“施工期間最大營建噪音”以所有可能同時操作之作業機具施工噪音量加以合成，亦即採用影響最大之施工階段進行營建噪音之模擬分析。

[3]：“施工期間合成音量”=“施工期間背景音量”⊕“施工期間最大營建噪音”。⊕表示依聲音計算原理之相加。

[4]：“噪音增量”=“施工期間合成音量”-“施工期間背景音量”（“施工期間合成音量”符合“環境音量標準”）；“噪音增加量”=“施工期間合成音量”-“環境音量標準”（“施工期間合成音量”不符合“環境音量標準”時）。

[5]：影響等級評估基準參見圖 7.1.4-1。

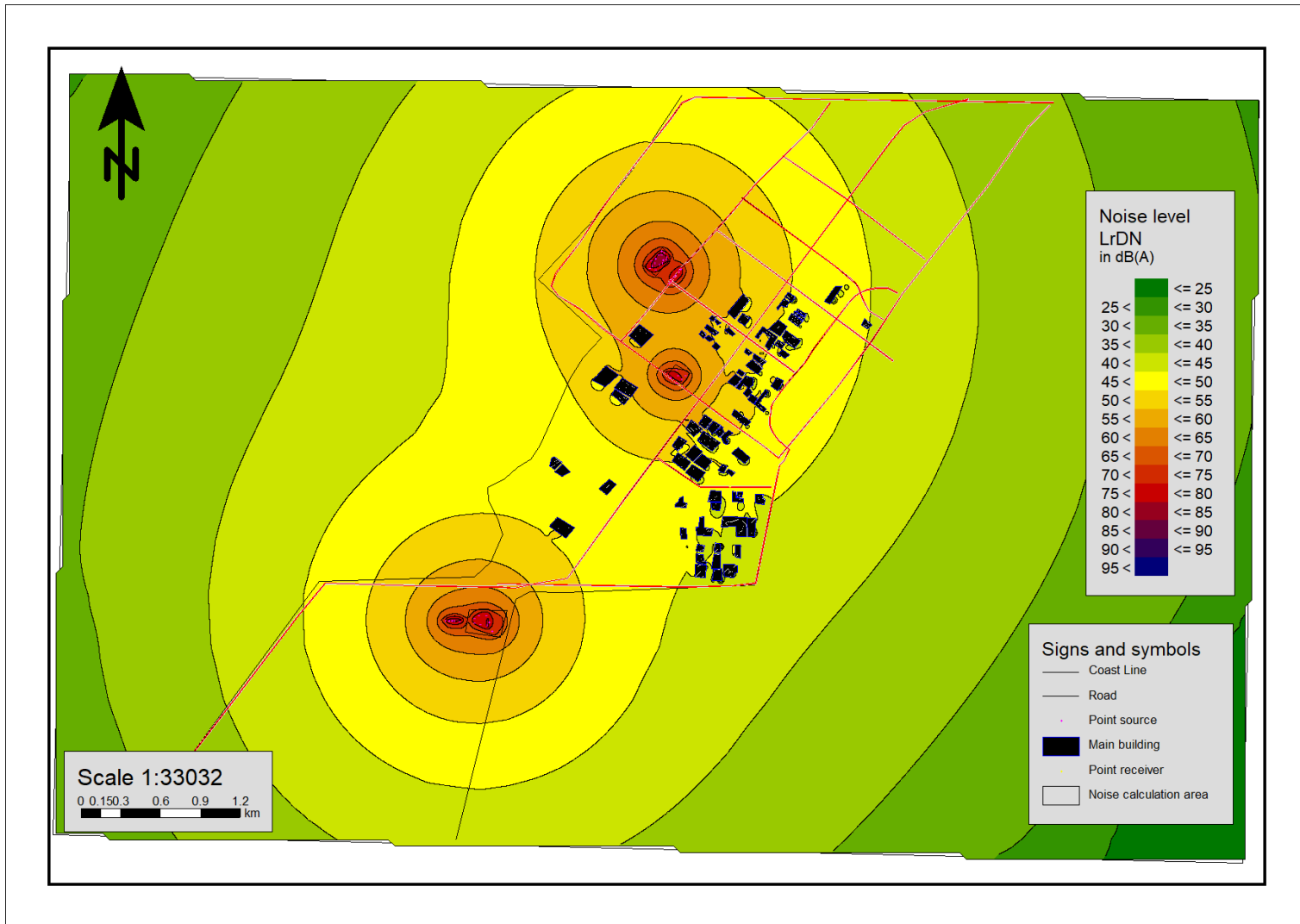


圖7.1.4-4 三案升壓站及陸纜埋設工程噪音評估模擬圖



## (二) 振動

### 1. 評估基準

在振動影響程度方面，本計畫主要係參照環保署「環境振動評估模式技術規範」進行影響評估分析，在施工機具振動影響依據其「附件五：工廠及作業場所振動預測模式使用指南」進行預測推估；而道路交通振動影響則依據其「附件四：日本建設省交通振動模式使用指南」進行推估。開發行為所引起之振動將對附近建築物及居民生活將造成不同程度的影響，嚴重時可能導致建築物龜裂及妨礙生理睡眠等現象，如表 7.1.4-5 所示，由表可知 55dB 以下為無感振動現象（人體對振動之有感位準 55dB）。並輔以日本振動規制法施行細則振動管制標準（如表 7.1.4-6 所示）作為本節振動影響評估之比較基準。

**表 7.1.4-5 振動對建築物及日常生活環境之影響分析**

影響評估	(日本氣象廳)	(日本江島淳-地盤振動的對策)	日本(JIS)	
			對生理影響	對睡眠影響
振動級	地震級	可導致建築物損害之影響	對生理影響	對睡眠影響
55dB 以下	○級-無感	—	經常之微重力	—
55-65dB	I 級-微震	無被害-弱振動	開始感覺振動	對睡眠無影響
65-75dB	II 級-輕震	無被害-中等振動	—	低度睡眠有感覺
75-85dB	III 級-弱震	粉刷龜裂-強振動	工廠作業工人八小時有不舒服感	深度睡眠有感覺
85-95dB	IV 級-中震	牆壁龜裂-強烈的振動	人體開始有生理影響	深度睡眠有感覺
95-105 dB	V 級-強震	構造物受破壞-非常強烈的振動	生理顯著影響	—
105-110	VI 級-裂震	—	—	—
110dB 以上	VII 級-激震	—	—	—

**表 7.1.4-6 日本振動規制法施行細則振動基準**

單位：dB

區域別	時 段	
	日 間	夜 間
第一種區域	65	60
第二種區域	70	65

註：1.摘譯自日本環境廳總務課，「環境六法」，平成13年。

2.第一種區域：供住宅使用而需安寧之地區。

第二種區域：供工商業使用而需保全居民生活環境之地區。

3.日間：上午5時（或6時、7時、8時）～下午7時（或8時、9時、10時）。

夜間：下午7時（或8時、9時、10時）～翌日上午5時（或6時、7時、8時）。

### 3. 施工階段振動影響

施工階段振動之主要來源為施工機具振動及道路交通振動。振動較大之施工機具包括挖土機、植樁機等，道路交通振動則由重件運輸、砂土及物料等之施工卡車所引起。以下分就此二種振動源進行施工期間最大之振動影響評估。

(1) 施工機具振動影響

施工期間常見引起振動之施工項目，包括植樁、夯實、土方開挖等經由近距離之土傳振動（Groundborne Vibration），往往為開發行為中主要振動影響因素。

一般施工計畫內容產生最大振動為基礎工程階段，其施工機具同噪音施工機具，以下振動評估工作依此為評估依據。根據「高速公路施工環境管理與監測技術準則」（交通部台灣區國道新建工程局，民國 81 年，整理如表 7.1.4-7），基礎工程施工機具之最大振動源為植樁機，其 10 公尺處之振動值約 74dB，依行政院環境保護署民國 92 年 1 月 9 日公告「環境振動評估模式技術規範」之附件五「工廠及作業場所振動預測模式使用指南」之估算如表 7.1.4-8 所示。

**表 7.1.4-7 施工機具實測振動位準**

機具名稱	距離 10 公尺處實測振動位準
挖土機	54~71 dB
推土機	68~74 dB
平路機	63~67 dB
壓路機	62~71 dB
震動壓路機	65~71 dB
膠輪壓路機	62~66 dB
反循環鑽掘機	64~72 dB
鑽孔機	53~61 dB
傾卸卡車	54~58 dB
拖車	54~58 dB
吊車	53~57 dB
混凝土泵浦車	55~60 dB
混凝土拌合車	54~58 dB
混凝土震動機	64~71 dB
瀝青混凝土鋪料機	53~57 dB
開炸	97~101 dB
空氣壓縮機	48~52 dB

註：1.參考值： $10^{-5}m/sec^2$

註：2.資料來源：高速公路施工環境管理與監測技術準則，交通部台灣區國道新建工程局，民國 81 年。

**表 7.1.4-8 本計畫施工之機具振動位準評估表**

單位：dB

施工機具名稱	數量	L <sub>0</sub> (單部)	L <sub>0</sub> (合成)	L <sub>v10</sub> (合成) 距 50 公尺
吊車	2	57.0	60.0	25.1
挖土機	2	71.0	74.0	39.1
混凝土車	2	60.0	63.0	28.1
傾卸卡車	1	58.0	58.0	23.1
灑水車	1	58.0	58.0	23.1
合計			74.7	39.8

註：本評估工作 n 為 2，α 採 0.02，r<sub>0</sub> 為 10 公尺。

A. 模式說明

$$L_{V10} = L_0 - 20\log(r/r_0)^n - 8.68\alpha(r-r_0)$$

$L_{V10}$ ：距振動發聲源 r (公尺) 距離之振動位準 (預測值)

$L_0$ ：距振動發聲源  $r_0$  (公尺) 距離之振動位準 (基準值)

n：半無限自由表面之傳播實體波場合 n=2

r：預測點距高架柱中心線之距離

$r_0$ ：基準點柱中心線之距離

$\alpha$ ：地盤之內部衰減 (黏土：0.01~0.02，淤泥：0.02~0.03)

B. 預測結果

由表 7.1.4-8 可知，降壓站工程振動量最大之植樁階段，全部施工機具所影響之振動量自振動源以外 50 公尺處已降至 39.8dB，屬於人體無感位準之振動影響 (人體對振動之有感位準 55dB)，在一般施工情況下，由於本計畫降壓站施工地點距離最近的民宅有 50 公尺以上，因此對於鄰近地區之居民影響輕微。

(2) 道路交通振動影響

由於傳遞介質上之多樣性，使得在預期卡車運輸所造成之道路振動時，很難從學理上推論出可廣泛應用之解析公式，因此目前以既有之經驗法則來進行預測，本計畫係依據「環境振動評估模式技術規範」之附件四「日本建設省交通振動模式使用指南」之估算，其結果詳表 7.1.4-9 所示。

表 7.1.4-9 施工運輸車輛振動模擬結果輸出摘要表

單位：dB

受體名稱 \ 項目	現況環境振動量 <sup>5</sup>	施工期間背景振動量 <sup>1</sup>	施工期間運輸車輛振動量	施工期間運輸車輛合成振動量 <sup>2</sup>	振動增量 <sup>3</sup>	環境振動量標準 <sup>4</sup>
線工路與中華路	47.2	47.2	37.6	47.7	0.5	70
彰濱西二路自設降壓站	41.4	41.4	38.0	43.0	1.6	70

- 註：1. 施工期間背景振動量假設與現況環境振動量相同。  
 2. "施工期間運輸車輛合成振動量"="施工期間背景振動量"⊕"施工期間運輸車輛振動量"。⊕表示依振動計算原理之相加。  
 3. "振動增量"="施工期間運輸車輛合成振動量"-"施工期背景振動量"  
 4. 環境振動量標準係參考日本振動規則法施行規則。

#### A. 模式說明

預測基準點的振動位準  $L_{V10}$  (dB)

$$L_{V10} = 65 \log(\log Q^*) + 6 \log V + 4 \log M + 35 + \alpha_\sigma + \alpha_f$$

$L_{V10}$ ：振動位準的 80% 範圍的上端值 (預測值) (dB)

$Q^*$ ：500 秒鐘之間的每一車道的等價交通量 (輛/500 秒/車道)，依下式得之

$$Q^* = \frac{500}{3600} \cdot \frac{1}{M} \cdot (Q_1 + 12Q_2)$$

$Q_1$ ：小型車小時交通量 (輛/小時)

$Q_2$ ：大型車小時交通量 (輛/小時)

$M$ ：雙向車道合計的車道數

$V$ ：平均行駛速率 (公里/小時)

$\alpha_\sigma$ ：依路面的平坦性作的補正值 (dB)

$\alpha_\sigma = 14 \log \sigma$ ：瀝青路面時， $\sigma \geq 1 \text{mm}$

$18 \log \sigma$ ：混凝土路面時， $\sigma \geq 1 \text{mm}$

0： $\sigma \leq 1 \text{mm}$

在此， $\sigma$ ：使用 3m 剖面計 (profile meter) 時之路面凹凸的標準偏差值 (mm)。

$\alpha_f$ ：依地盤卓越振動數作的補正值 (dB)

$\alpha_f = -20 \log f$ ：  $f \geq 8$

-18：  $8 > f \geq 4$

-24+10logf：  $4 < f$

$f$ ：地盤的卓越振動數 (Hz)

#### B. 預測結果

本計畫施工運輸卡車平均每小時進出 9 車次(單向)，經評估施工期間運輸振動與背景之振動量增量最大為 1.6dB，其合成振動量最大為 47.7dB，均符合日本振動規則第二種區域的要求 (70dB)，故預期對運輸沿線影響為輕微。

## 二、營運階段

### (一) 噪音源說明

風力發電機營運期間噪音源主要為風力發電機之風扇運轉所產生，環保署於中華民國 102 年 8 月 5 日行政院環境保護署環署空字第 1020065143 號令修正發布噪音管制標準，其中第八條其他經主管機關公告之場所及設施之噪音管制標準將風力發電機組全頻及低頻噪音納入管制範圍，本計畫針對風力機組運轉產生之全頻及低頻噪音影響模擬評估。

### (二) 噪音源頻譜資料

參考 IEC61400-11 及 IEC/TS61400-14 量測規範，選用輪轂高度 100 公尺之風速 8 公尺/秒以及最大數量風機之單機容量 6MW，為本次風場風能進行風機運轉噪音源頻譜之模擬，較符合實際運作之情形。

### (三) 模擬區域

模擬區域係由能源局公布之第 19 號潛力場址進行風機運轉噪音之評估模擬，以評估風機運轉噪音群聚效應可能造成周邊環境之影響。

### (四) 評估方法

為確實瞭解風機運轉噪音所可能造成之影響，本計畫將全頻及低頻實測音量輸入 SoundPLAN 模式中做為點音源，將依照 IEC 61400-11 量測規範於風速 8 公尺/秒(較符合本計畫場址)之各頻率之實測值輸入 SoundPLAN 模式點音源，音源高度為 100 公尺，以最多數量 63 支風機進行 SoundPLAN 模擬，並進行 outdoor noise 之 single point 的模擬計算如表 7.1.4-10、表 7.1.4-11，及 outdoor noise 之 Grid map 模擬計算結果如圖 7.1.4-5、圖 7.1.4-6 所示。模擬出各風機同時運轉時噪音量衰減到受體處的噪音值，再以此模擬值與實測值音量合成後得到當地的噪音預測值，與各受體所在區域之環境音量標準(全頻)或噪音管制標準(低頻)各時段管制音量來比較。

### (五) 模式預測結果

#### 1. 風力機組全頻噪音(25 Hz 至 20 kHz)

將原廠依照 IEC 61400-11 量測規範於風速 8 公尺/秒之全頻範圍各頻率之實測值輸入 SoundPLAN 模式點音源，音源高度為 100 公尺，模擬計算結果如表 7.1.4-10 及圖 7.1.4-5 所示。經模式模擬得知，全部風機同時運轉產生之全頻噪音經衰減至距離風機最近受體，受體噪音量為 0.0dB(A)，顯示本計畫風機營運階段所產生全頻噪音，對附近敏感受體屬於無影響或可忽略影響。

#### 2. 風力機組低頻噪音(25 Hz 至 200 Hz)

將原廠依照 IEC 61400-11 量測規範於風速 8 公尺/秒之低頻範圍各頻率之實測值輸入 SoundPLAN 模式點音源，音源高度為 100 公尺，模擬計算結果如表 7.1.4-11 及圖 7.1.4-6 所示。經模式模擬得知，全部風機同時運轉產生之低頻噪音經衰減至距離風機最近受體，受體噪音量為 0.0dB(A)，各時段噪音增量皆為 0.0dB(A)，均小於環保署公告風力發電機組 20Hz 至 200Hz 噪音管制區低頻噪音日晚夜間標準值，顯示對附近敏感受體屬於無影響或可忽略影響。

表 7.1.4-10 營運期間風力機組全頻噪音評估模式模擬結果輸出摘要表

單位：dB(A)

項目 受體名稱	時段	現況環境 背景全頻 音量	無風機運 轉背景全 頻噪音	風機運 轉全頻 噪音	含風機運 轉合量 成音量	噪音增 量	噪音管制 區類別	環境音 量標準	影響等 級
線工路與中華 路 (受體 1)	日	70.7	70.7	0.0	70.7	0.0	第三類或第 四類管制區 內緊鄰 8 公尺 以上道路	76	無影響或可 忽略影響
	晚	63.4	63.4	0.0	63.4	0.0		75	無影響或可 忽略影響
	夜	62.6	62.6	0.0	62.6	0.0		72	無影響或可 忽略影響
彰濱西二路自 設降壓站 (受體 2)	日	61.7	61.7	0.0	61.7	0.0	第三類或第 四類管制區 內緊鄰 8 公尺 以上道路	76	無影響或可 忽略影響
	晚	53.9	53.9	0.0	53.9	0.0		75	無影響或可 忽略影響
	夜	54.6	54.6	0.0	54.6	0.0		72	無影響或可 忽略影響
彰濱超高壓變 電所 (受體 3)	日	63.4	63.4	0.0	63.4	0.0	第三類或第 四類管制區 內緊鄰 8 公尺 以上道路	76	無影響或可 忽略影響
	晚	60.6	60.6	0.0	60.6	0.0		75	無影響或可 忽略影響
	夜	55.8	55.8	0.0	55.8	0.0		72	無影響或可 忽略影響
慶安南一路與 慶安路 (受體 4)	日	61.1	61.1	0.0	61.1	0.0	第三類或第 四類管制區 內緊鄰 8 公尺 以上道路	76	無影響或可 忽略影響
	晚	56.1	56.1	0.0	56.1	0.0		75	無影響或可 忽略影響
	夜	53.7	53.7	0.0	53.7	0.0		72	無影響或可 忽略影響

表 7.1.4-11 營運期間風力機組低頻噪音評估模式模擬結果輸出摘要表

單位：dB(A)

項目 受體名稱	時段	現況環境 背景低頻 音量	無風機運 轉背景低 頻噪音	風機運 轉低頻 噪音	含風機合 運轉成音 量	噪音增 量	噪音管制 區類別	噪音管制 標準	影響等 級
彰濱線西工業 區彰濱西二路 自設陸上降壓 站 (受體 1)	日	26.6	26.6	0.0	26.6	0.0	風力發電機 組第四類管 制區低頻噪 音管制標準	47	無影響或可 忽略影響
	晚	20.7	20.7	0.0	20.7	0.0		47	無影響或可 忽略影響
	夜	19.5	19.5	0.0	19.5	0.0		44	無影響或可 忽略影響
彰濱超高壓變 電所(E/S) (受體 2)	日	30.8	30.8	0.0	30.8	0.0	風力發電機 組第四類管 制區低頻噪 音管制標準	47	無影響或可 忽略影響
	晚	22.8	22.8	0.0	22.8	0.0		47	無影響或可 忽略影響
	夜	23.1	23.1	0.0	23.1	0.0		44	無影響或可 忽略影響
育新國小 (受體 3)	日	37.0	37.0	0.0	37.0	0.0	風力發電機 組第二類管 制區低頻噪 音管制標準	39	無影響或可 忽略影響
	晚	34.3	34.3	0.0	34.3	0.0		39	無影響或可 忽略影響
	夜	31.8	31.8	0.0	31.8	0.0		36	無影響或可 忽略影響
普天宮 (受體 4)	日	34.4	34.4	0.0	34.4	0.0	風力發電機 組第三類管 制區低頻噪 音管制標準	44	無影響或可 忽略影響
	晚	32.4	32.4	0.0	32.4	0.0		44	無影響或可 忽略影響
	夜	23.6	23.6	0.0	23.6	0.0		41	無影響或可 忽略影響
新街玄武宮 (受體 5)	日	31.1	31.1	0.0	31.1	0.0	風力發電機 組第三類管 制區低頻噪 音管制標準	44	無影響或可 忽略影響
	晚	22.7	22.7	0.0	22.7	0.0		44	無影響或可 忽略影響
	夜	21.3	21.3	0.0	21.3	0.0		41	無影響或可 忽略影響
西港國小 (受體 6)	日	29.9	29.9	0.0	29.9	0.0	風力發電機 組第二類管 制區低頻噪 音管制標準	39	無影響或可 忽略影響
	晚	24.3	24.3	0.0	24.3	0.0		39	無影響或可 忽略影響
	夜	24.3	24.3	0.0	24.3	0.0		36	無影響或可 忽略影響

註：1. 本計畫營運期間背景音量係假設與目前背景值相同。

2. 敏感點背景值係採實測值。

3. 合成值=營運期間背景音量 $\oplus$ 營運噪音量小計。” $\oplus$ ”表示依聲音計算原理之相加。

4. 噪音增量=合成值-營運期間背景音量。

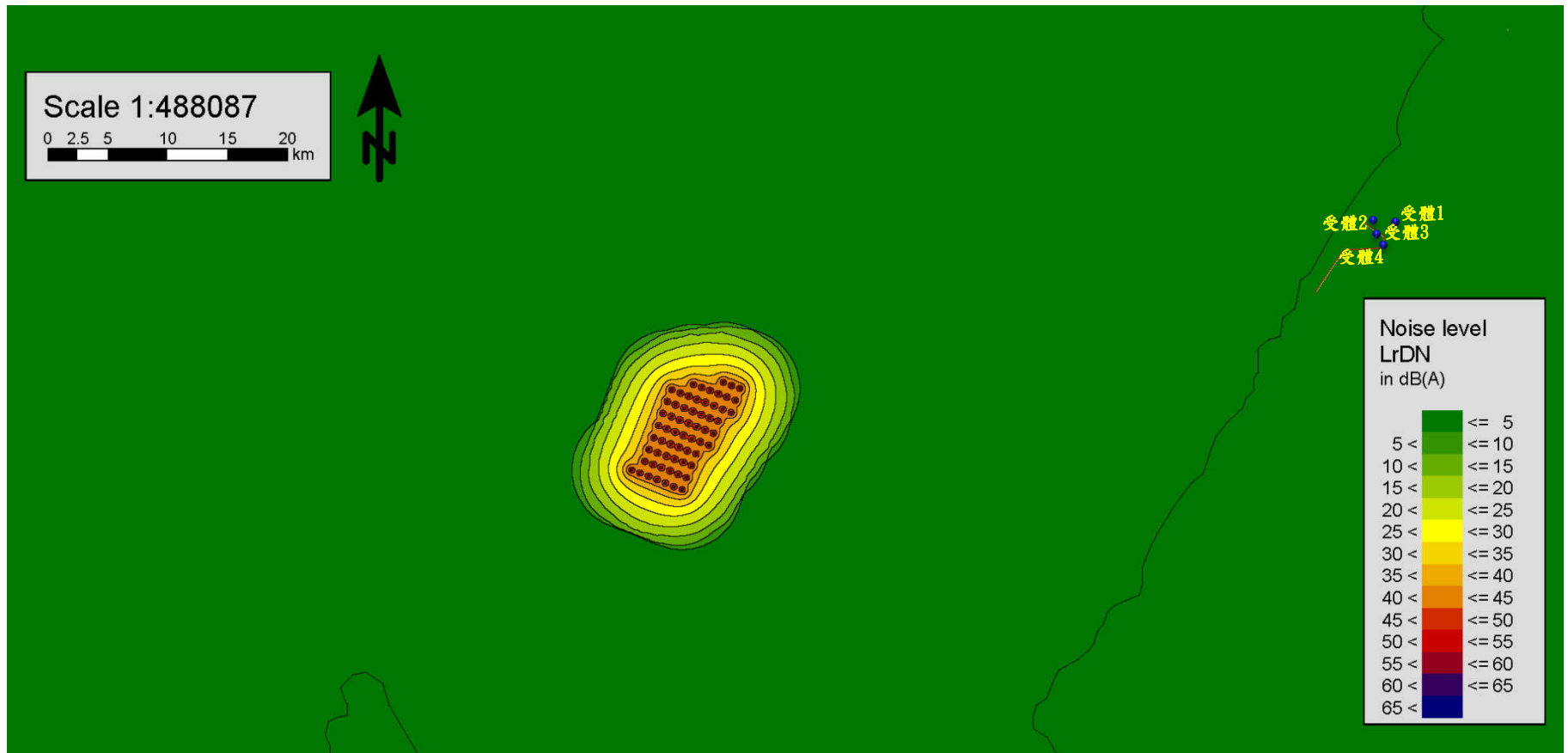


圖7.1.4-5 營運期間風力機組全頻噪音影響模擬圖



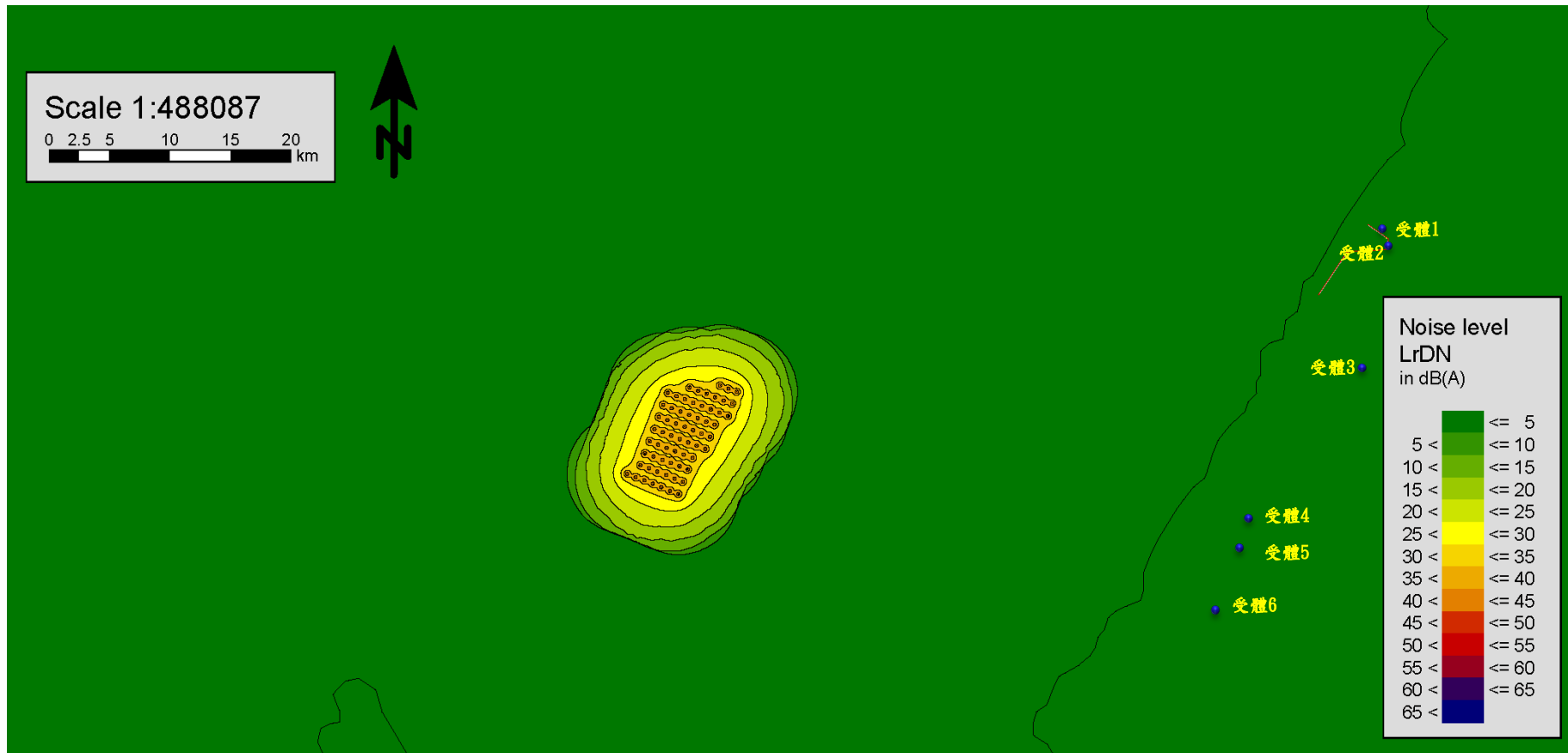


圖7.1.4-6 營運期間風力機組低頻噪音影響模擬圖

### 三、水下噪音

#### (一) 施工模擬

本計畫之風力發電機施工模擬點位如圖 7.1.4-7 及表 7.1.4-12 所示，將針對風場預定地點之 4 處(M1、M2、M3、M4)進行水下噪音及風力發電機施工模擬噪音評估，使用數值模式推估出該海域之聲場及傳播特性，以了解其施工噪音對海洋環境之影響。

##### 1. 施工噪音源模擬

目前台灣由在 2016 年 9 月於苗栗竹南離岸示範風場已完成基礎打樁工程，並於在距離打樁點 750 公尺與 3000 公尺進行打樁噪音量測，由圖 7.1.4-8 所示距離 750 公尺量測結果表示，打樁噪音之聲壓位準為 170dB re 1 $\mu$ Pa (rms)，以及距離打樁位置 3000 公尺量測所得之聲壓位準為 155~160dB re 1 $\mu$ Pa (rms)，如圖 7.1.4-9 所示。再經打樁點位與量測距離推估聲源強度，則得知打樁噪音聲源約為 210~219 dB。

表 7.1.4-12 水下噪音模擬點位經緯度以及水深

模擬點位	經度	緯度	水深(公尺)
M1	119 度 51.05 分	24 度 1.821 分	34.8
M2	119 度 49.36 分	23 度 58.12 分	44.2
M3	119 度 52.75 分	23 度 58.28 分	51.3
M4	119 度 55.14 分	24 度 1.577 分	40.3

目前計畫風場預計採用 6~9.5MW 之風機，但其 6MW 基本尺寸與基礎形式與 7 MW 之風機相同，施工方式預定為套筒式(Jacket)，參閱表 7.1.4-13，3.6MW~7MW 之機組訊號強度上峰對峰(peak to peak)約 180~230dB re 1 $\mu$ Pa，計算聲源強度時，主要依據德國風場 Alpha Ventas 所實際測量之資料，圖 7.1.4-10 之近距離聲源訊號時序列實測值及其頻譜強度，圖 7.1.4-11 為 1/3 octave band 頻譜強度，經換算後可得 1Hz 之頻譜強度，參考圖 7.1.4-12 右上方紅色線條。由於高頻噪音在水中隨著距離衰減迅速，傳播距離超過 10 公里之後，高頻的貢獻度遠小於低頻，參考圖 7.1.4-11，計算頻率上選擇以低頻噪音做模擬範圍 80 Hz - 400Hz，特別考慮之因素為低頻噪音穿透力強，傳播距離較遠，若聲源強度過大，可能對海洋生物造成傷害。由於模擬聲源訊號經驗證後在時域與頻率之特徵均近似於參考圖 7.1.4-10 資料所提供之資訊，參考圖 7.1.4-12 右上方藍色線條，後續將以此聲源訊號進行海下傳播模擬，在訊號強度上以峰對峰(peak to peak)236dB (RMS 220dB) re 1 $\mu$ Pa 為初始聲源訊號強度，參閱圖 7.1.4-12。

表 7.1.4-13 各施工方式之聲源

	Sub-structure Type	Turbine (MW)	Water Depth (公尺)	soil Type	individual Length (公尺)	Approximate Number of Blows		Approx. (dB)	Hammer Energy (kJ)
						Plugged	Unplugged		
MIN	MONOPILE	3.6	20	B1	42	-	4360	240~270	550~800
MAX	MONOPILE	5	30	B1	52	-	Refusal at 40 公尺		
MIN	JACKET	3.6	20	B1	34	3994	4074	180~230	108~206
MAX	JACKET	7	50	C3	46	5851	3410		
MIN	KEYSTONE	3.6	20	B1	35	4571	3779		
MAX	KEYSTONE	7	50	B2	-	-	-		
MIN	TRIPOD	3.6	20	B1	31	Refusal at 28 公尺	2541		
MAX	TRIPOD	5	40	B2	40	Refusal at 25 公尺	3352		

2. 施工噪音聲場之寬頻模擬

施工噪音之音傳計算是採用拋物線方程聲學模式 Range-dependent Acoustic Mode (RAM) 1.5 版進行寬頻計算，計算 80 Hz 到 400Hz 間各頻率之聲場，並以傅立葉合成(Fourier Synthesis)之方式計算時序列聲場，計算流程如圖 7.1.4-13 所示。

模擬時採用之環境資料庫，可分為水文、地形及底質三大項：

- (1) 在水文方面，搭配工研院所研發之「多尺度臺灣海域即時海流預報作業模式，TCONFS (Taiwan Coastal Ocean Nowcast/Forecast System)，補足歷史及實測資料不足的資訊，適切描述風力發電施工環境之水文時空變化及分佈情形。
- (2) 在地形方面，將使用科技部海科中心之地形資料庫(taidp200m)，資料格點間距為 200 公尺；
- (3) 在底質方面，則結合表層沉積物資料庫及 Hamilton 經驗公式，提供聲學模式所需之底質參數。另外，為模擬實際海洋情況，聲線傳播至底床時的傳播損失，需製造一層人工吸收層，故再增加一層吸收係數為 10 (dB/λ) 的底質參數供聲學模式計算。

本模擬設定噪音源位於距離海面水深 5 公尺處，且接收深度位於距離海面水深 5 公尺處，以 22.5 度為間隔計算打樁噪音往各方向傳播之情形，共計算以打樁位置為中心點之 12 個方位角上 10 公里內之聲場，並採用計算網格水平距離 100(公尺)以及採用垂直距離 1(公尺)，更加符合淺海區之聲場模擬。另外考慮到海洋物理性質是屬於大尺度變化，因此在水文採取單一剖面輸入，意即環境參數不隨距離變化。

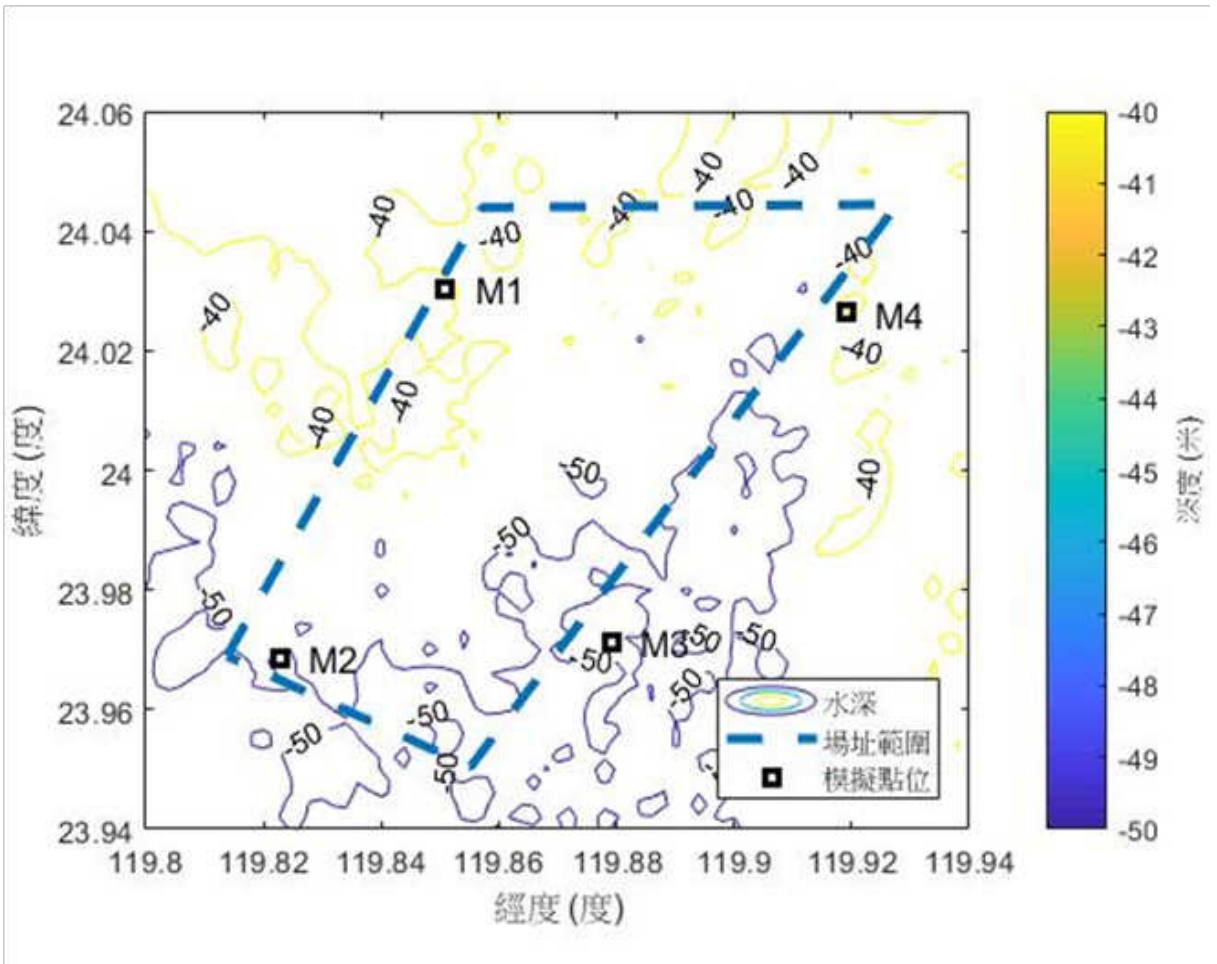


圖7.1.4-7 風力發電機施工模擬點位示意圖

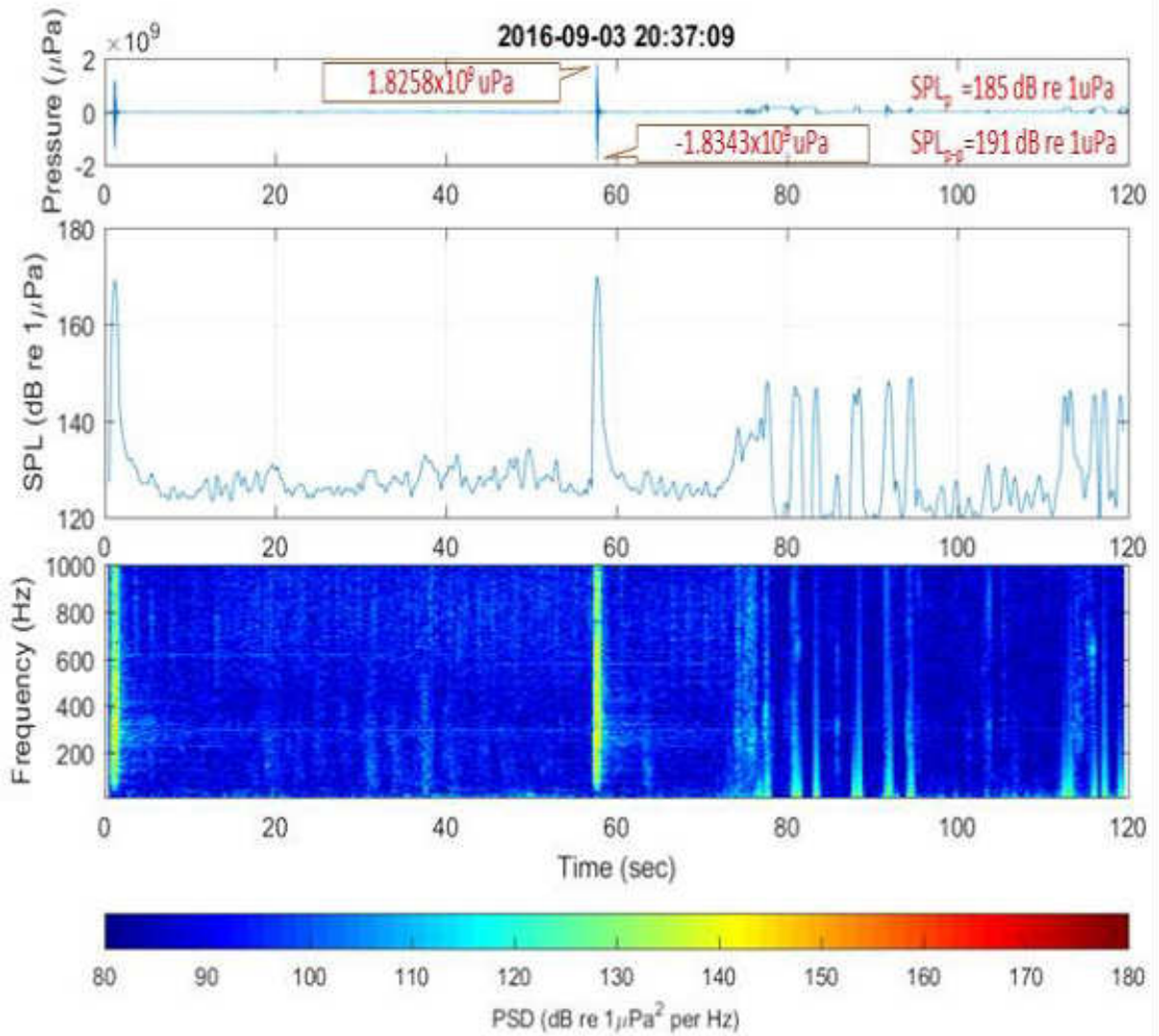


圖7.1.4-8 距打樁點750 公尺之量測結果

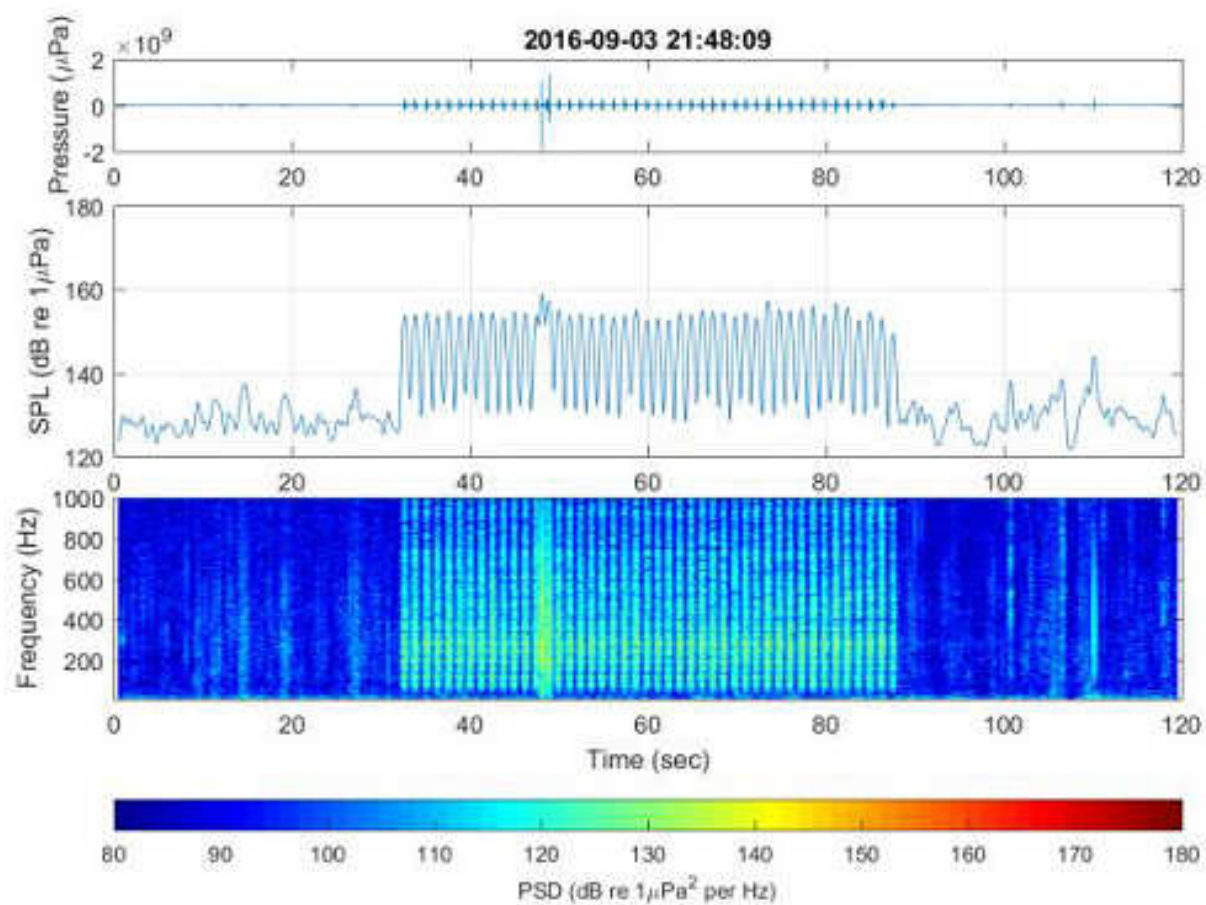


圖7.1.4-9 距打樁點3000公尺之量測結果

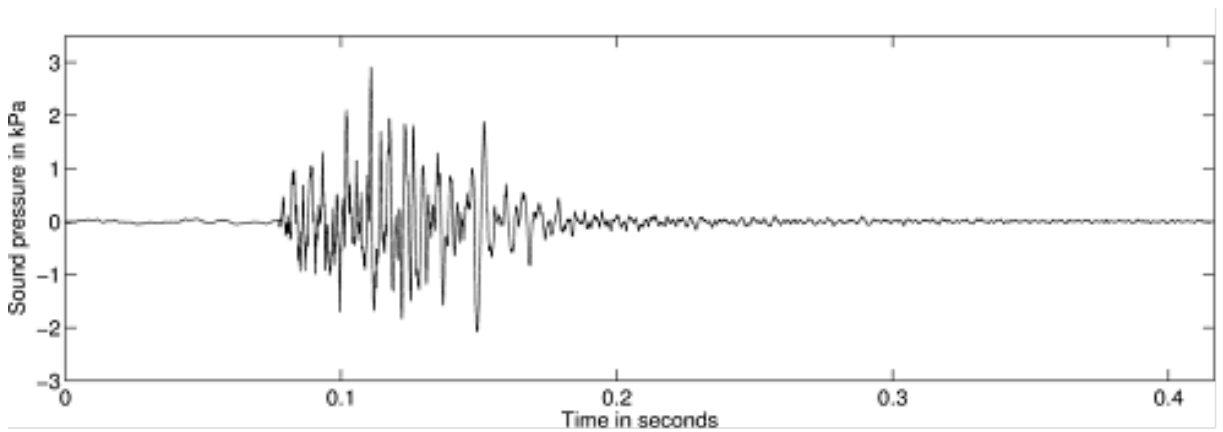
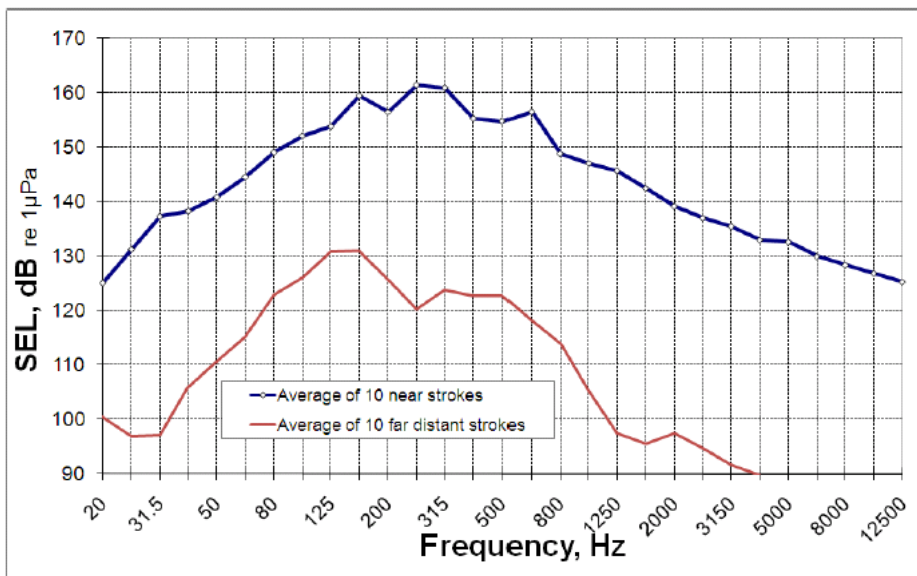
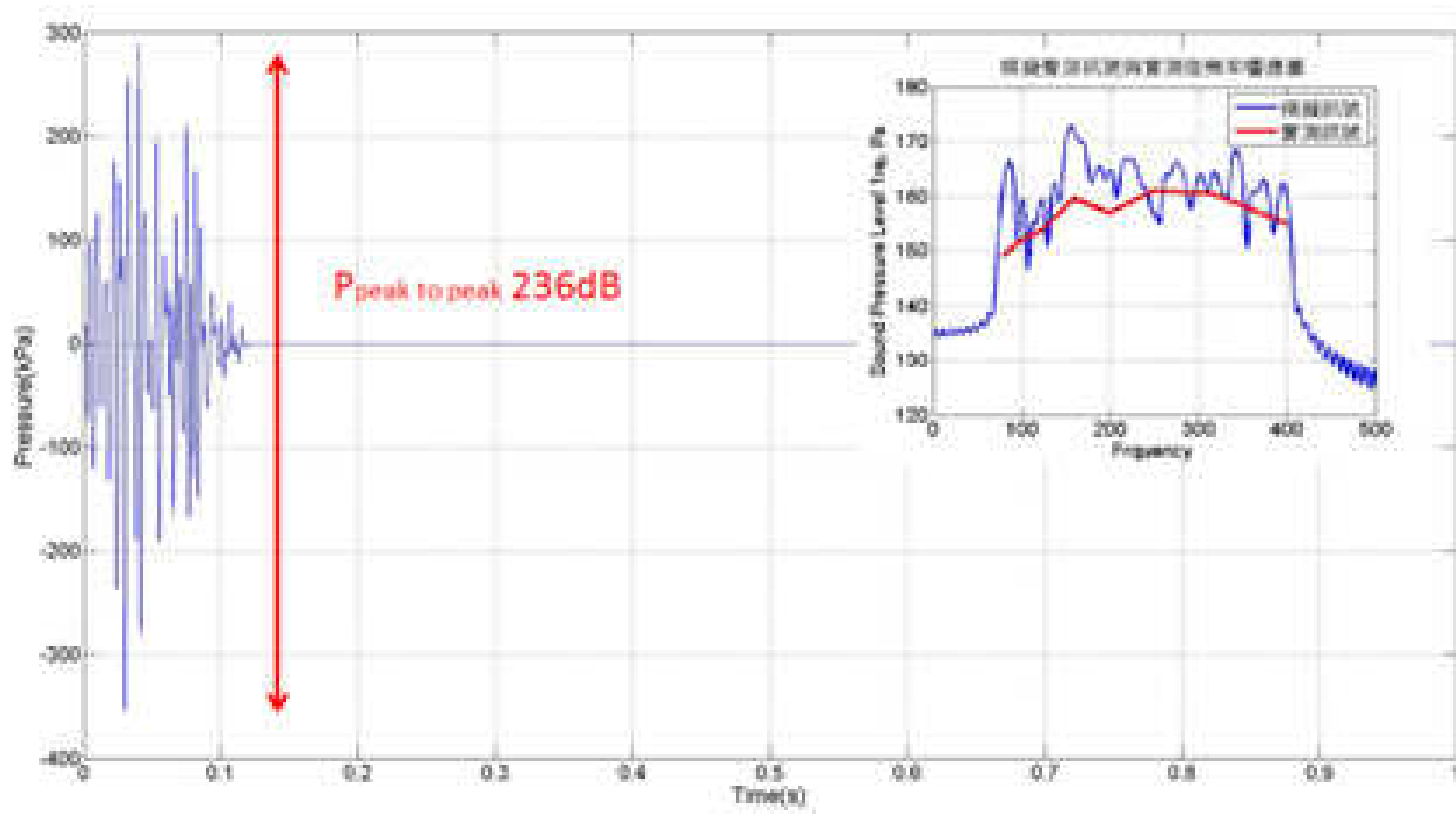


圖7.1.4-10 德國Alpha Ventus聲源訊號時序列之實測值



藍線為近場1公里處量測值，紅線為遠場10公里外量測值，將量測值作平均10秒之結果

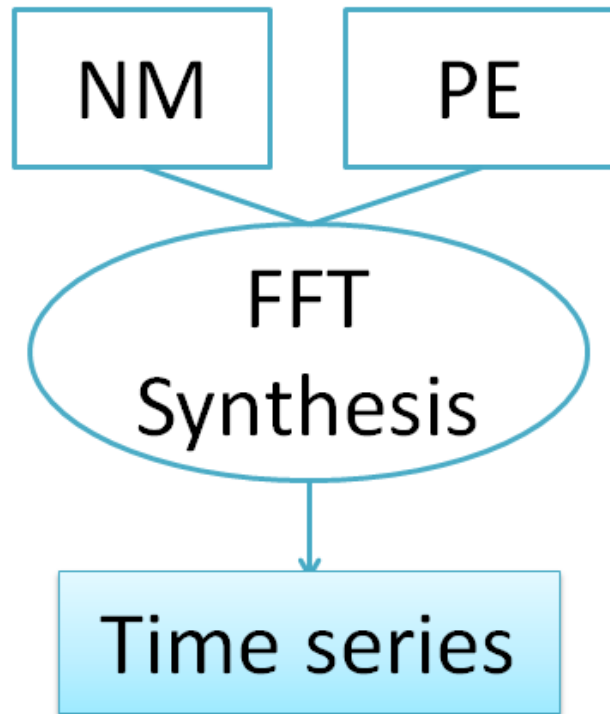
圖7.1.4-11 聲源之1/3 octave band頻譜強度



紅色線條經換算1Hz頻寬之模擬聲源頻譜強度(藍色線條)

圖7.1.4-12 模擬打樁時的時序列訊號(236dB)以及實測之1/3 octave band頻譜強度





$$S(f) \rightarrow \boxed{G(f)} \rightarrow P(f)$$

(Waveguide)

$$P(f) = S(f) * G(f)$$

$$P(r, z, t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} P(r, z, \hat{\omega}) e^{-i\hat{\omega}t} d\hat{\omega}$$

$$= \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} s(\hat{\omega}) g(r, z, \hat{\omega}) e^{-i\hat{\omega}t} d\hat{\omega}$$

圖7.1.4-13 寬頻計算流程示意圖

### 3. 單獨施工噪音模擬結果

本計畫(19號風場)和海龍三號(18號風場)離岸風力發電計畫係屬於同一個開發集團，針對未來打樁作業，依目前規劃，採逐一進行打樁，亦即同一個時間只會有一支風機基礎正在進行打樁作業，因此海龍三號和海龍二號兩座風場不會有同時正在打樁的情形，故有關本節中有關水下噪音評估，係以單一打樁噪音進行評估。

經上述步驟計算後可獲得施工處周邊各方位角上之所接收到之打樁噪音為準(如圖 7.1.4-14 所示)，將各方向之噪音位準距離聲源 750 公尺處之聲壓值繪製於圖 7.1.4-15、圖 7.1.4-16，並將各模擬點位之結果列於表 7.1.4-14。由模擬結果可知，各點聲源均在 100 公尺至 300 公尺內衰減至 170 dB，160 dB 警戒距離約 1.1 km 以上，以及由打樁點距離 750 公尺處之聲壓值介於 161~164 dB。

另以聲源強度 SEL 210 dB 經減噪措施(減 10 dB)距離 750 公尺處之聲壓分布繪製於圖 7.1.4-17、圖 7.1.4-18，並將各模擬點位之結果列於表 7.1.4-15。由模擬結果顯示，經減噪措施後各點聲源往開放海域傳播之方位要衰減至 170 dB 之距離均在 100 公尺以內，衰減至 160 dB 之距離均在 300 公尺以內，以及由打樁點距離 750 公尺處之聲壓值介於 151~154 dB。

**表 7.1.4-14 M1~M4 點位打樁施工，聲源強度 SEL 210 dB 降至 SEL160 dB 及 SEL170dB 門檻值之距離和距離聲源 750 公尺處聲壓值**

單位：公尺

方位角	M1			M2			M3			M4		
	SEL	SEL	Distance	SEL	SEL	Distance	SEL	SEL	Distance	SEL	SEL	Distance
	160dB	170dB	750m	160dB	170dB	750m	160dB	170dB	750m	160dB	170dB	750m
0 <sup>0</sup>	1500m	200m	164dB	1300m	100m	162dB	1200m	100m	163dB	1200m	100m	163dB
30 <sup>0</sup>	1600m	200m	164dB	1200m	100m	163dB	1200m	100m	163dB	1400m	100m	163dB
60 <sup>0</sup>	1300m	200m	162dB	1300m	100m	162dB	1200m	100m	162dB	1400m	200m	162dB
90 <sup>0</sup>	1500m	200m	162dB	1300m	100m	162dB	1200m	100m	163dB	1500m	300m	163dB
120 <sup>0</sup>	1100m	200m	162dB	1300m	100m	162dB	1300m	100m	162dB	1500m	300m	163dB
150 <sup>0</sup>	1500m	200m	163dB	1200m	100m	162dB	1400m	100m	162dB	1500m	300m	164dB
180 <sup>0</sup>	1400m	200m	163dB	1200m	100m	163dB	1300m	100m	163dB	1400m	300m	164dB
210 <sup>0</sup>	1300m	300m	164dB	1100m	100m	163dB	1300m	100m	163dB	1400m	200m	163dB
240 <sup>0</sup>	1300m	300m	164dB	1300m	100m	163dB	1300m	100m	162dB	1200m	200m	164dB
270 <sup>0</sup>	1400m	200m	164dB	1200m	100m	163dB	1100m	100m	162dB	1100m	200m	163dB
300 <sup>0</sup>	1500m	200m	163dB	1200m	100m	163dB	1200m	100m	163dB	1300m	300m	161dB
330 <sup>0</sup>	1500m	200m	163dB	1300m	100m	163dB	1100m	100m	163dB	1200m	300m	162dB

註：方位角 0<sup>0</sup>表示正北方，90<sup>0</sup>表示正東方，依此類推。

表 7.1.4-15 M1~M4 點位打樁施工，聲源強度 SEL 210 dB 經減噪措施(減 10 dB)降至 SEL170 dB 及 SEL160dB 門檻值之距離和距離聲源 750 公尺處聲壓

單位：公尺

方位角	M1			M2			M3			M4		
	SEL 160dB	SEL 170dB	Distance 750m	SEL 160dB	SEL 170dB	Distance 750m	SEL 160dB	SEL 170dB	Distance 750m	SEL 160dB	SEL 170dB	Distance 750m
	0 <sup>0</sup>	200m	100m	154dB	100m	100m	152dB	100m	100m	153dB	100m	100m
30 <sup>0</sup>	200m	100m	154dB	100m	100m	153dB	100m	100m	153dB	100m	100m	153dB
60 <sup>0</sup>	200m	100m	152dB	100m	100m	152dB	100m	100m	152dB	200m	100m	152dB
90 <sup>0</sup>	200m	100m	152dB	100m	100m	152dB	100m	100m	153dB	300m	100m	153dB
120 <sup>0</sup>	200m	100m	152dB	100m	100m	152dB	100m	100m	152dB	300m	100m	153dB
150 <sup>0</sup>	200m	100m	153dB	100m	100m	152dB	100m	100m	152dB	300m	100m	154dB
180 <sup>0</sup>	200m	100m	153dB	100m	100m	153dB	100m	100m	153dB	300m	100m	154dB
210 <sup>0</sup>	300m	100m	154dB	100m	100m	153dB	100m	100m	153dB	200m	100m	153dB
240 <sup>0</sup>	300m	100m	154dB	100m	100m	153dB	100m	100m	152dB	200m	100m	154dB
270 <sup>0</sup>	200m	100m	154dB	100m	100m	153dB	100m	100m	152dB	200m	100m	153dB
300 <sup>0</sup>	200m	100m	153dB	100m	100m	153dB	100m	100m	153dB	300m	100m	151dB
330 <sup>0</sup>	200m	100m	153dB	100m	100m	153dB	100m	100m	153dB	300m	100m	152dB

註：方位角 0<sup>0</sup> 表示正北方，90<sup>0</sup> 表示正東方，依此類推。

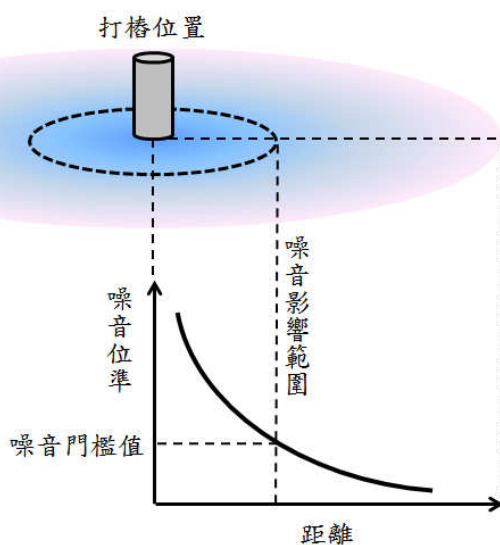


圖7.1.4-14 打樁噪音位準隨距離的變化與噪音門檻值之關係圖

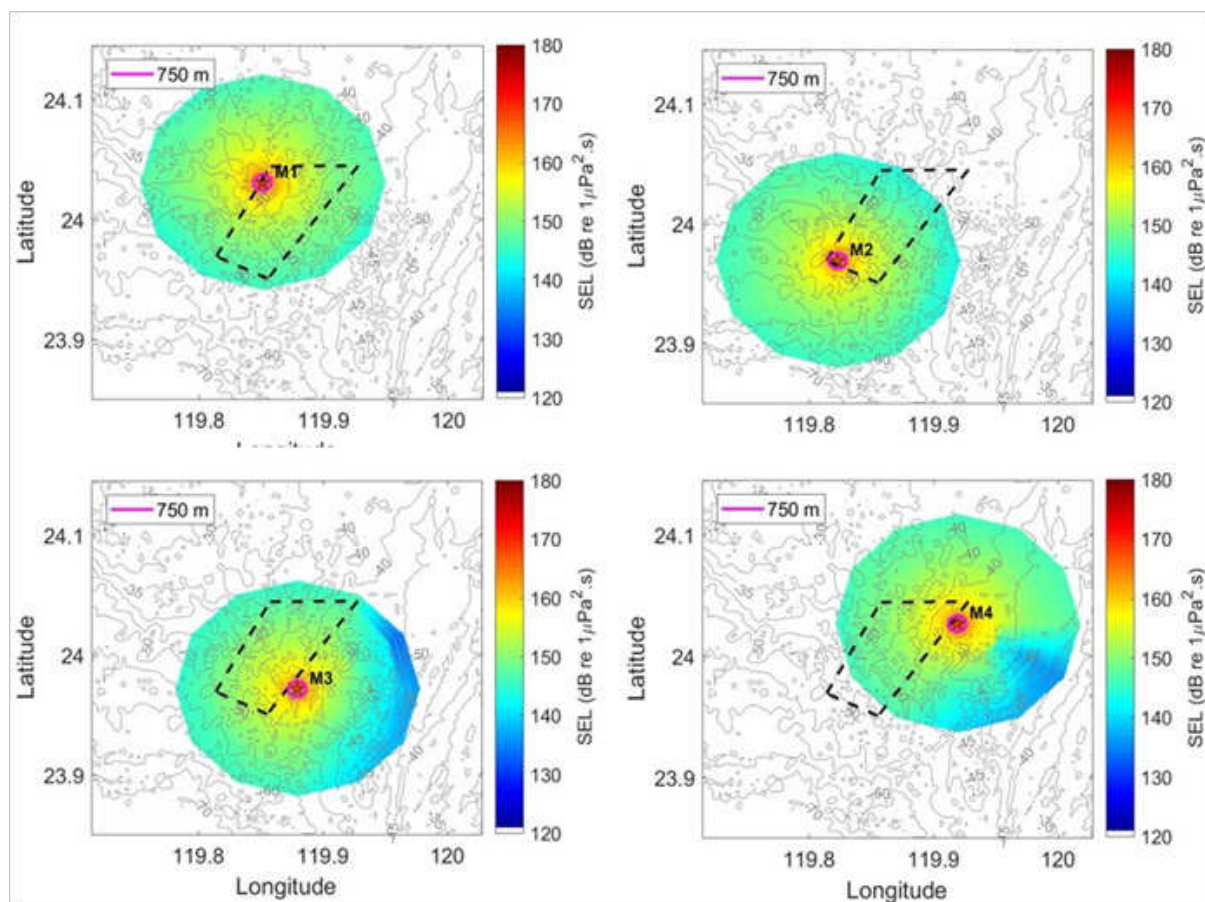


圖7.1.4-15 M1~M4點位打樁施工，聲源強度SEL 210 dB距離750公尺之聲壓分布

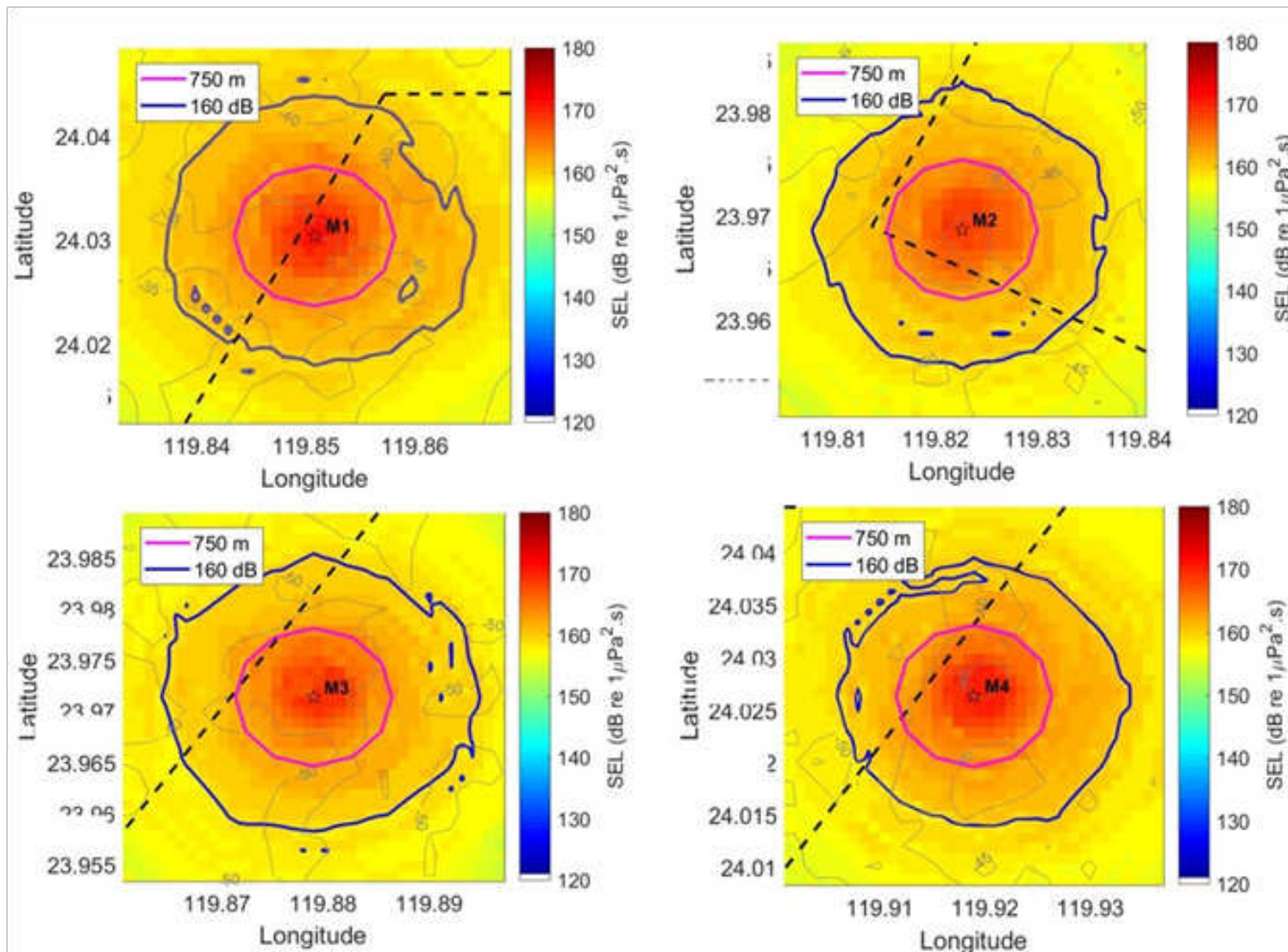


圖7.1.4-16 M1~M4點位打樁施工，聲源強度SEL 210 dB降至SEL160 dB門檻值及距離750公尺之聲壓分布

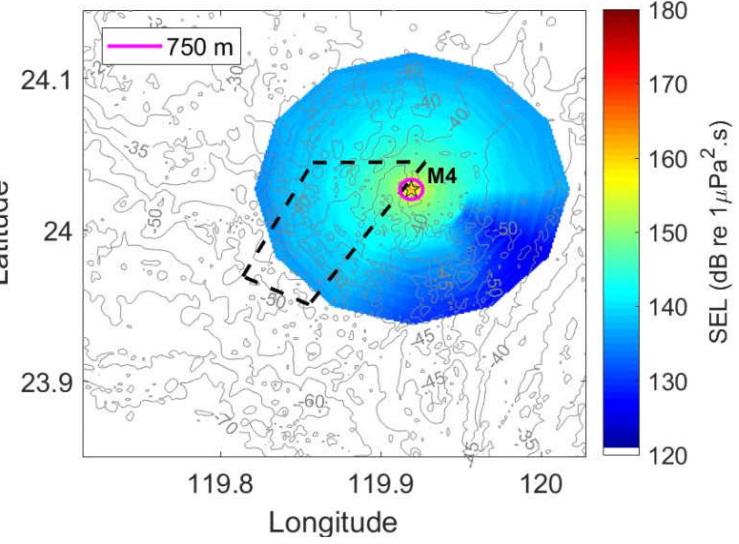
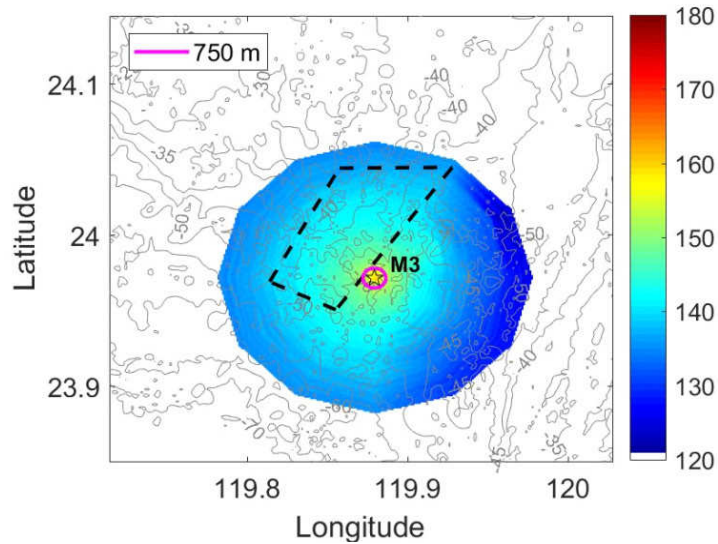
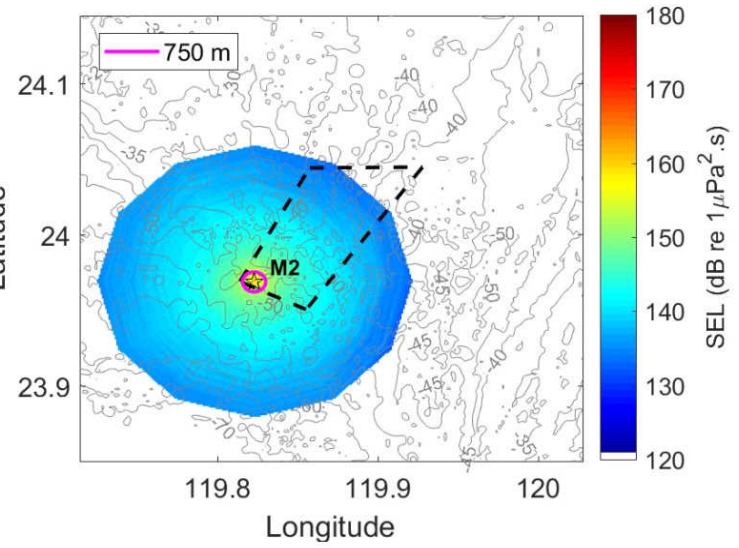
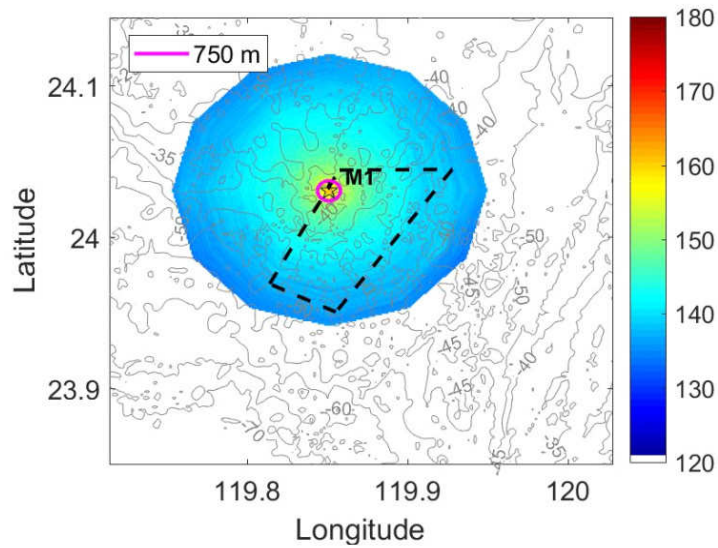


圖7.1.4-17 M1~M4點位打樁施工，聲源強度SEL 210 dB經減噪措施(減10 dB)距離750公尺處之聲壓分布

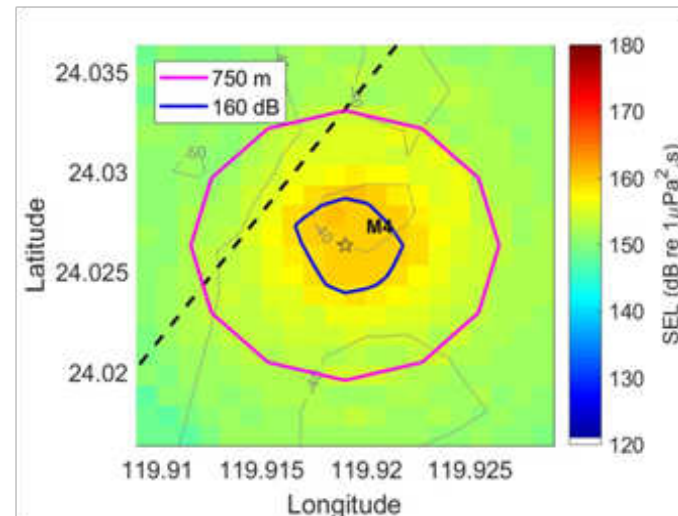
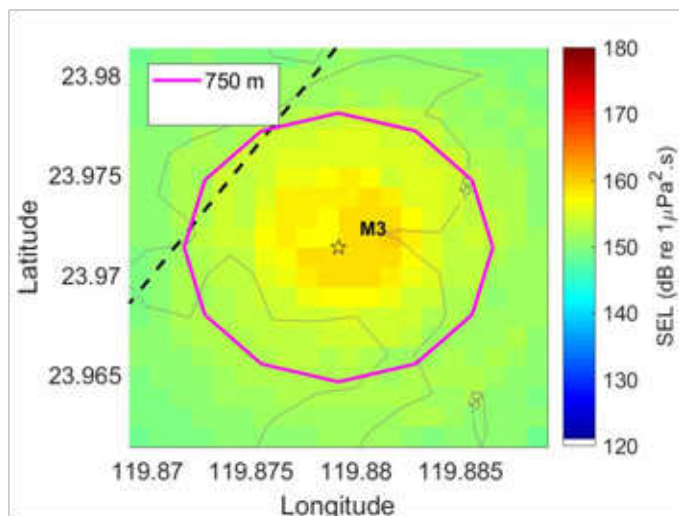
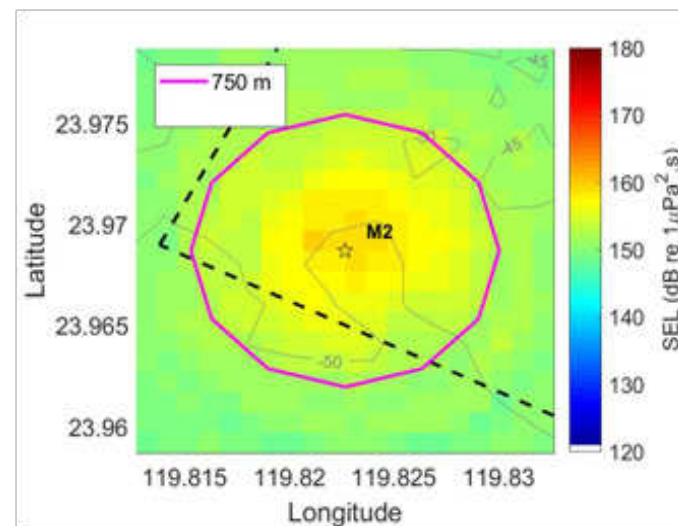
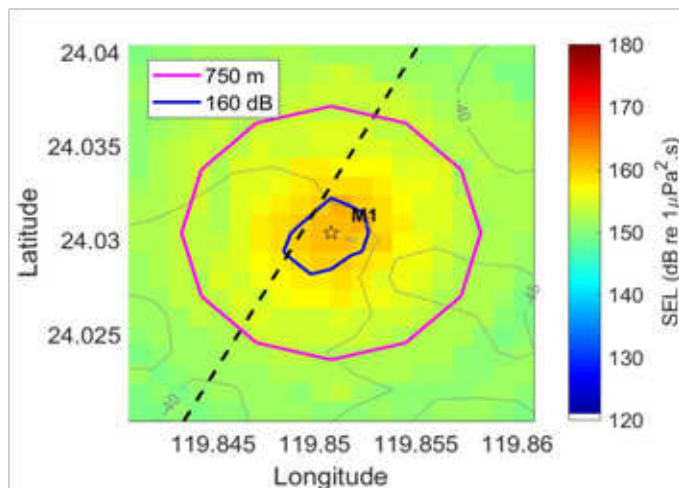


圖7.1.4-18 M1~M4點位打樁施工，聲源強度SEL 210 dB經減噪措施(減10 dB)降至SEL160 dB門檻值及距離750公尺之聲壓分布

#### 4. 與鄰近風場累積效應影響模擬及評估

水下噪音累積效應影響主要選取未來大彰化地區航道外9塊風場最有可能採用的套筒管架式基礎進行打樁水下噪音累積效應影響模擬及評估，雖然未來本開發團隊海龍風力計畫施工將採取每一風場逐步施工，及每風場裡每1部風機基礎逐一施工，但為確實瞭解海龍二號及三號等2個離岸風場計畫後續各風場基礎在同時施工可能發生的各種狀況之下，及航道外側9個風場3家開發廠商可能發生最多機組基礎同時施工的最差狀況之下，本次評估分析針對未來可能發生的條件，分別研擬不同方案進行打樁水下噪音之模擬評估分析，分別說明如下：

##### (1) 二個風場2部機組同時進行基礎打樁施工模擬評估結果

選擇海龍二號及三號2個離岸風力發電計畫靠近航道各1部風機（#19為海龍二號風場及#18為海龍三號風場）進行同時基礎打樁施工其相關結果說明如下：

- A. 2部機組同時打樁施工時，海龍二號風場#19水下噪音值衰減至160dB邊界與打樁原點之距離約700m。
- B. 2部機組同時打樁施工時，海龍三號風場#18水下噪音值衰減至160dB邊界與打樁原點之距離約1,300m。

由模擬結果顯示(圖7.1.4-19)海龍二號及三號風場2部機組距離約9km同時進行打樁的施工情境下，水下噪音衰減至160dB的狀況與單一風場單部風機施工打樁的水下噪音衰減狀況大致相同，2個風場2部機組同時打樁施工累積效應影響相當輕微。

##### (2) 三家開發廠商6個風場6部機組同時進行基礎打樁施工模擬評估結果（各2個風場各1部機組）

選擇大彰化東北及東南2個離岸風力發電計畫靠近航道各1部風機（#13為東北風場及#15為東南風場），及海鼎三號及二號風場，及海龍二號及三號風場，6個風場6部機組同時進行基礎打樁施工，其模擬評估分析相關結果說明如下：

- A. 6部機組同時打樁施工時，東北風場#13水下噪音值衰減至160dB邊界與打樁原點之距離約150m。
- B. 6部機組同時打樁施工時，東南風場#15水下噪音值衰減至160dB邊界與打樁原點之距離約130m。
- C. 6部機組同時打樁施工時，海鼎三號風場#17水下噪音值衰減至160dB邊界與打樁原點之距離約1,300m。
- D. 6部機組同時打樁施工時，海鼎二號風場#16水下噪音值衰減至160dB邊界與打樁原點之距離約1,500m。
- E. 6部機組同時打樁施工時，海龍二號風場#19水下噪音值衰減至160dB邊界與打樁原點之距離約700m。
- F. 6部機組同時打樁施工時，海龍三號風場#18水下噪音值衰減至160dB邊界與打樁原點之距離約1,400m。



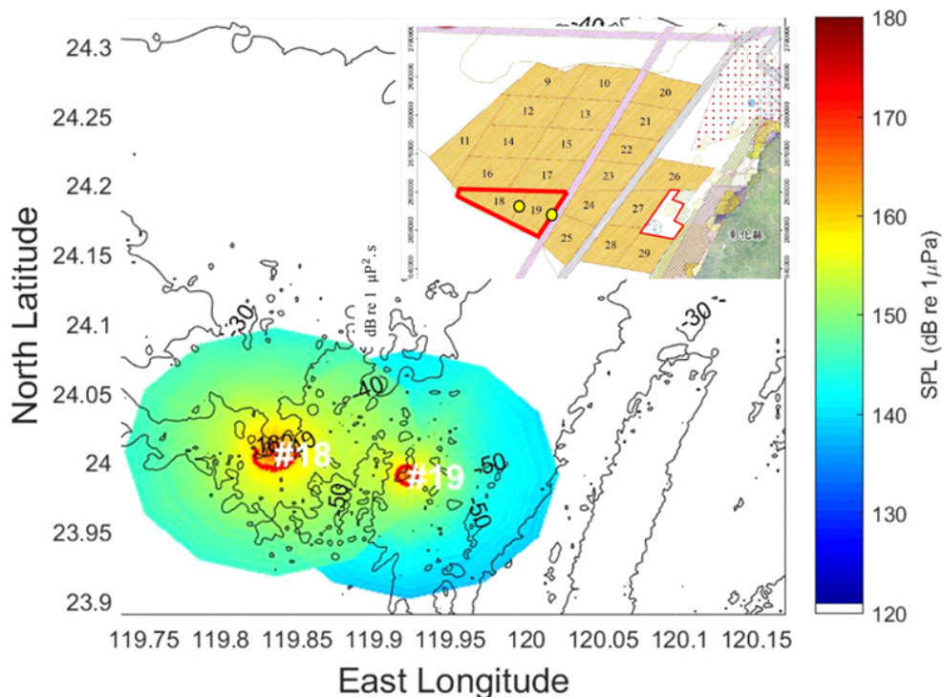


圖7.1.4-19 海龍二號及三號風場同時施工水下噪音源衰減分佈圖

SL(RMS)=220dB re 1 μPa @ 1m; SL(SEL)=210dB re 1 μPa<sup>2</sup>

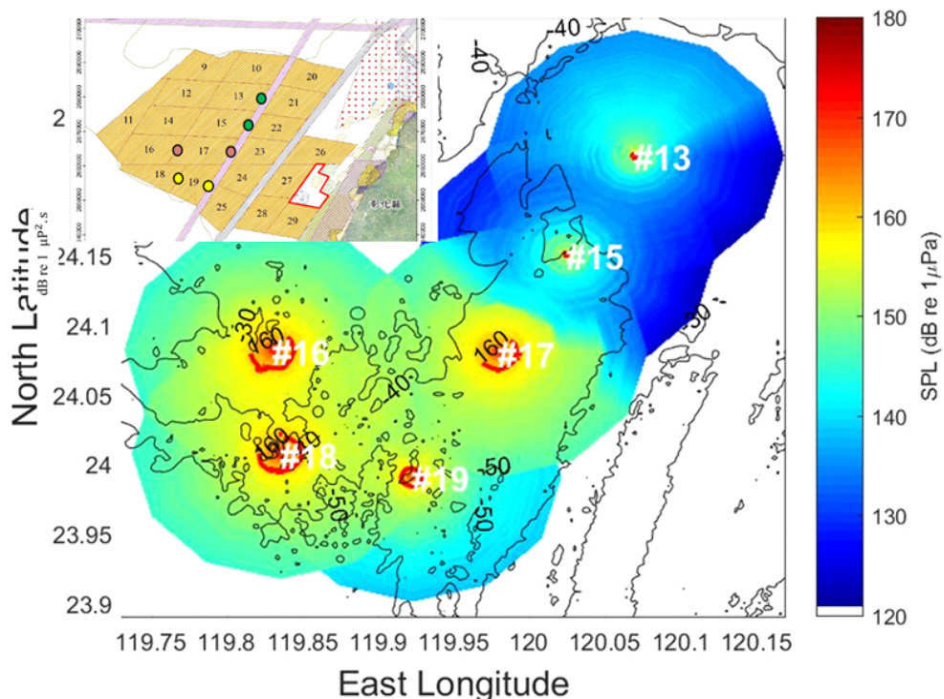


圖7.1.4-20 大彰化東北及東南、海鼎二號及三號、海龍二號及三號風場同時施工水下噪音源衰減分佈圖

SL(RMS)=220dB re 1 μPa @ 1m; SL(SEL)=210dB re 1 μPa<sup>2</sup>

由模擬結果顯示(圖 7.1.4-20)大彰化東北及東南風場 2 部機組距離約 9 km、海鼎三號及海鼎二號風場 2 部機組距離約 12.5 km、海龍二號及海龍三號風場 2 部機組距離約 9 km 共 6 部同時進行打樁的施工情境下，水下噪音衰減至 160dB 的狀況與單部風機施工打樁的水下噪音衰減狀況，除了海龍三號風場受累積效應影響衰減至 160dB 邊界距離稍微加長 100 公尺外，其餘大致相同，評估結果顯示未來在 3 家開發廠商同時進行打樁施工時，在選擇套筒式管架式基礎的條件下，及在各部機組基礎打樁施工點位保持一定距離的條件下，6 個風場 6 部機組同時打樁施工所產生水下噪音累積效應影響相當輕微。

## (二) 營運階段

### 1. 風力機組聲源

SIEMENS 以 IEC 61400-11 規範針對 SIEMENS Haliade 150-6MW 離岸風力發電機於風速 8 m/s 時進行量測，其產生之聲功率位準( $L_{WA}$ , Sound Power Level)以表 7.1.4-16 Octave band 頻譜，以及表 7.1.4-17 One third Octave band 頻譜表示。表中  $L_{WA}$  為 A 加權值是將噪音訊號轉換成人耳聽到感受到的噪音量，因此必須對噪音儀器量測到不同頻率域的訊號，進行頻域加權。

在圖 7.1.4-21 及圖 7.1.4-22 中紅色線條為實際聲功率位準，經轉換發現最大噪音出現低頻段處，此噪音資料為風機運轉實葉片產生的風切噪音。然而水下運轉噪音不同，水下運轉噪音實則上是由風機振動經塔架往水中傳遞。因此參考「福海離岸風力發電計畫」之「壹、風力發電機振動噪音量測」的資料作為運轉噪音源振動資料如圖 7.1.4-23。

透過圖 7.1.4-23 得知風力發電機運轉時，塔架結構在 Z 方向最大速度為  $u_{3.15\text{-Hz}} = 2.8 \times 10^{-4}$  m/s，但是其頻率低於聽力範圍(僅 3.15 Hz)，因此使用 125Hz 的速度( $u_{125\text{-Hz}} = 1.7 \times 10^{-4}$  m/s)進行計算，並透過聲阻抗(acoustic impedance)計算可得聲源位準為：

$$20 \log \frac{u_{125\text{-Hz}} \rho_0 c}{P_{ref}} = 20 \log \frac{1.7 \times 10^{-4} \times 1.48 \times 10^6}{1 \times 10^{-6}} \cong 168 \text{ dB re } 1 \mu\text{Pa}@1\text{m}$$

然而，此風力發電機運轉時在水中的附加質量(added mass)約為空氣中的 3 倍，而流體阻尼(fluid damping)約為 5 倍，因此次風力機在水中所生的振動約減少為 1/15，也就是約為 24 dB 的下降，因此水中的風力發電機運轉聲源應修正至( $SL_{125\text{Hz}}$ )144 dB re 1 $\mu$ Pa @1m。

**表 7.1.4-16 風速為 8 m/s，octave band 頻譜**

中心頻率 (Hz)	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000
$L_{WA}$ (dB)	76.1	88.8	97.4	102.3	103.9	102.5	98.3	91.6	82.6	71.1
A-weighting	-39.4	-26.2	-16.1	-3.2	0	1.2	1	-1.1	-4.3	-6.6
$L_w$	115.5	115	113.5	105.5	103.9	101.3	97.3	92.7	86.9	77.7

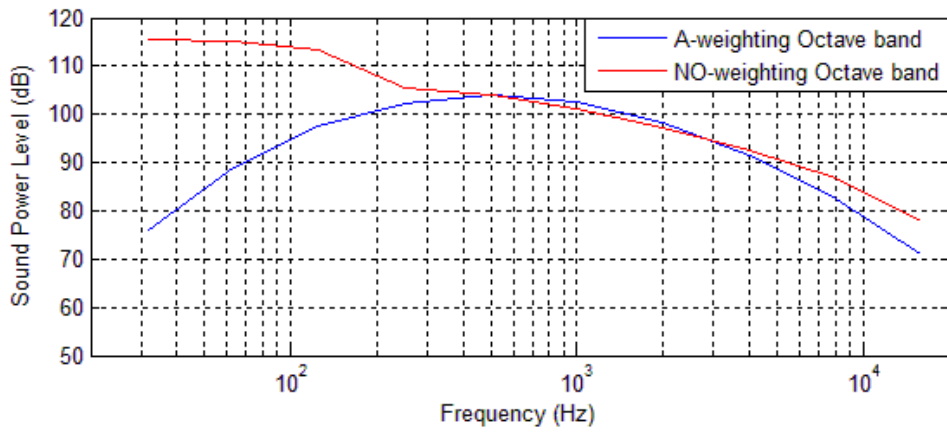


圖7.1.4-21 實際值(紅色，LW)與A加權修正(藍色，LWA)1/1 octave band頻譜

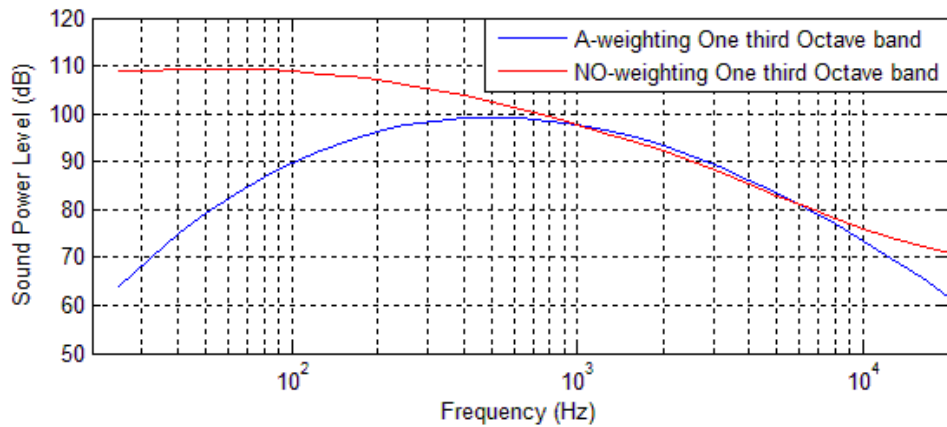


圖7.1.4-22 實際值(紅色，LW)與A加權修正(藍色，LWA)1/3octave band頻譜

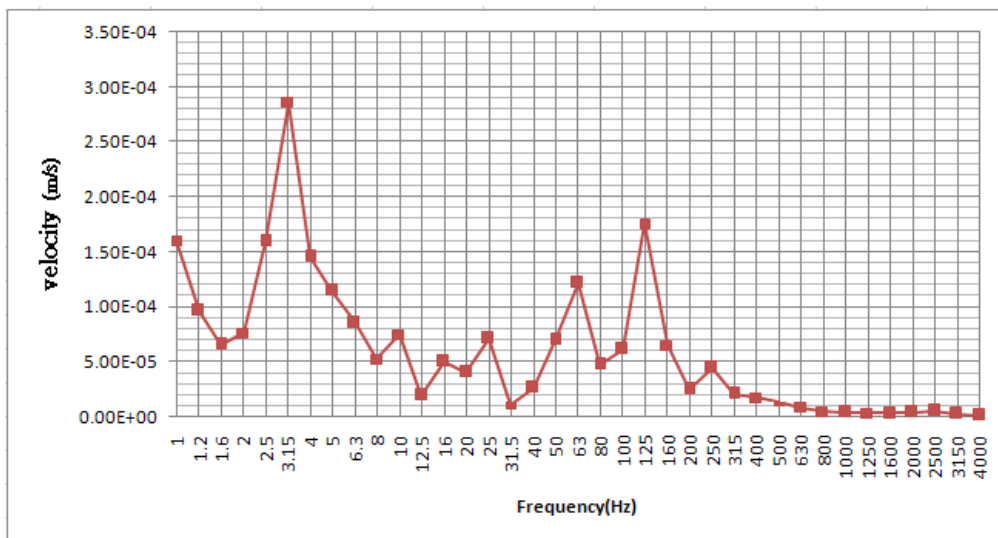


圖7.1.4-23 福海1號風力發電機Z方向速度頻譜

表 7.1.4-17 風速為 8 m/s，1/3 octave band 頻譜

中心頻率 (Hz)	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200
L <sub>WA</sub> (dB)	64.1	69.6	74.7	79.1	83.1	86.7	89.7	92.2	94.6	96.3
A-weighting	-44.7	-39.4	-34.6	-30.2	-26.2	-22.5	-19.1	-16.1	-13.4	-10.9
L <sub>W</sub>	108.8	109	109.3	109.3	109.3	109.2	108.8	108.3	108	107.2
中心頻率 (Hz)	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000
L <sub>WA</sub> (dB)	97.6	98.5	99.1	99.3	99.1	98.6	97.8	96.6	95.1	93.3
A-weighting	-8.6	-6.6	-4.8	-3.2	-1.9	-0.8	0	0.6	1	1.2
L <sub>W</sub>	106.2	105.1	103.9	102.5	101	99.4	97.8	96	94.1	92.1
中心頻率 (Hz)	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000	12500	16000	20000
L <sub>WA</sub> (dB)	91.3	89.0	86.2	83.5	80.4	76.9	73.5	69.8	65.6	61.6
A-weighting	1.3	1.2	1	0.5	-0.1	-1.1	-2.5	-4.3	-6.6	-9.3
L <sub>W</sub>	90	87.8	85.2	83	80.5	78	76	74.1	72.2	70.9

2. 運轉噪音-單頻聲場模擬

在遠場條件下，以聲波方程式模擬聲音在海中的傳遞，其圓柱座標系之表示式如下：

$$\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} + \rho \frac{\partial y}{\partial x} \left( \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} \right) + k^2 p = 0 \quad (1)$$

其中  $\rho$  為海水密度， $k$  為波數， $c$  為聲速， $\omega$  為頻率。  
拋物線方程式(parabolic equation, PE)，由(1)式可推得

$$\left( \frac{\partial}{\partial r} + ik_0(1+x)^{\frac{1}{2}} \right) \left( \frac{\partial}{\partial r} - ik_0(1+x)^{\frac{1}{2}} \right) p = 0 \quad (2)$$

$$X = k_0^{-2} \left( \rho \frac{\partial}{\partial z} \frac{1}{\rho} \frac{\partial}{\partial z} + k^2 - k_0^{-2} \right) \quad (3)$$

其中  $k = \left( 1 + i\mu\beta \frac{\omega}{c} \right)$ ， $\beta$  為衰減率， $\eta = (40\pi \log_{10} e)^{-1}$ ， $k_0 = \frac{\omega}{c_0}$

$C_0$  為參考聲速

而其向外傳遞之聲波方程式可標示如下：

$$\frac{\partial}{\partial r} = ik_0(1+X)^{\frac{1}{2}} p \quad (4)$$

並由上式整理如下：

$$p(r + \Delta r, z) = \exp \left( ik\Delta r(1+X)^{\frac{1}{2}} \right) p(r, z) \quad (5)$$

M.D. Collins 所推導之 PE 程式中，利用一階有理函式進行簡化，可整理如下：

$$p(r + \Delta r, z) = \exp\left(ik\Delta r(1 + X)^{\frac{1}{2}}\right) \prod_{j=1}^n \frac{1 + \alpha_{j,n}X}{1 + \beta_{j,n}X} p(r, z) \quad (6)$$

$$TL = 20 \log p(r + \Delta r, z) \quad (7)$$

而 RAM 就是以(7)為基礎所撰寫出來的，其優點為計算跨距大，此點意謂所需計算量與所需時間較少。透過以下式子(8)，即可得到單頻之聲壓強度

$$SPL (\text{聲壓強度}) = SL (\text{聲源強度}) - TL (\text{音傳損耗}) \quad (8)$$

### 3. 運轉噪音-單頻聲場模擬結果

本計畫模擬 125Hz 之音傳結果，計算距離為 10 公里，網格計算水平距離為 100 公尺，網格計算垂直距離為 1 公尺，接收深度及聲源深度皆 5 公尺。由運轉噪音之主要頻率運用式(8)即可計算在水下之聲壓位準。與上述之打樁噪音類似，均進行 12 方位之聲學計算，設定運轉噪音為 144dB，噪音門檻值為此頻率之噪音平均值，因此將運轉噪音衰減 40dB 之距離繪製於圖 7.1.4-21，並將各方向之結果整理於表 7.1.4-18。

**表 7.1.4-18 M1~M4 點位 125Hz 頻段保守估計音傳損耗 40dB 之最大距離**

單位：公尺

方位角	M1	M2	M3	M4
0 <sup>0</sup>	200	100	100	400
30 <sup>0</sup>	200	100	100	400
60 <sup>0</sup>	200	100	100	400
90 <sup>0</sup>	200	100	100	400
120 <sup>0</sup>	200	100	100	400
150 <sup>0</sup>	200	100	100	400
180 <sup>0</sup>	200	100	100	400
210 <sup>0</sup>	200	100	100	400
240 <sup>0</sup>	200	100	100	400
270 <sup>0</sup>	200	100	100	400
300 <sup>0</sup>	200	100	100	400
330 <sup>0</sup>	200	100	100	400

註：方位角 0<sup>0</sup> 表示正北方，90<sup>0</sup> 表示正東方，依此類推。

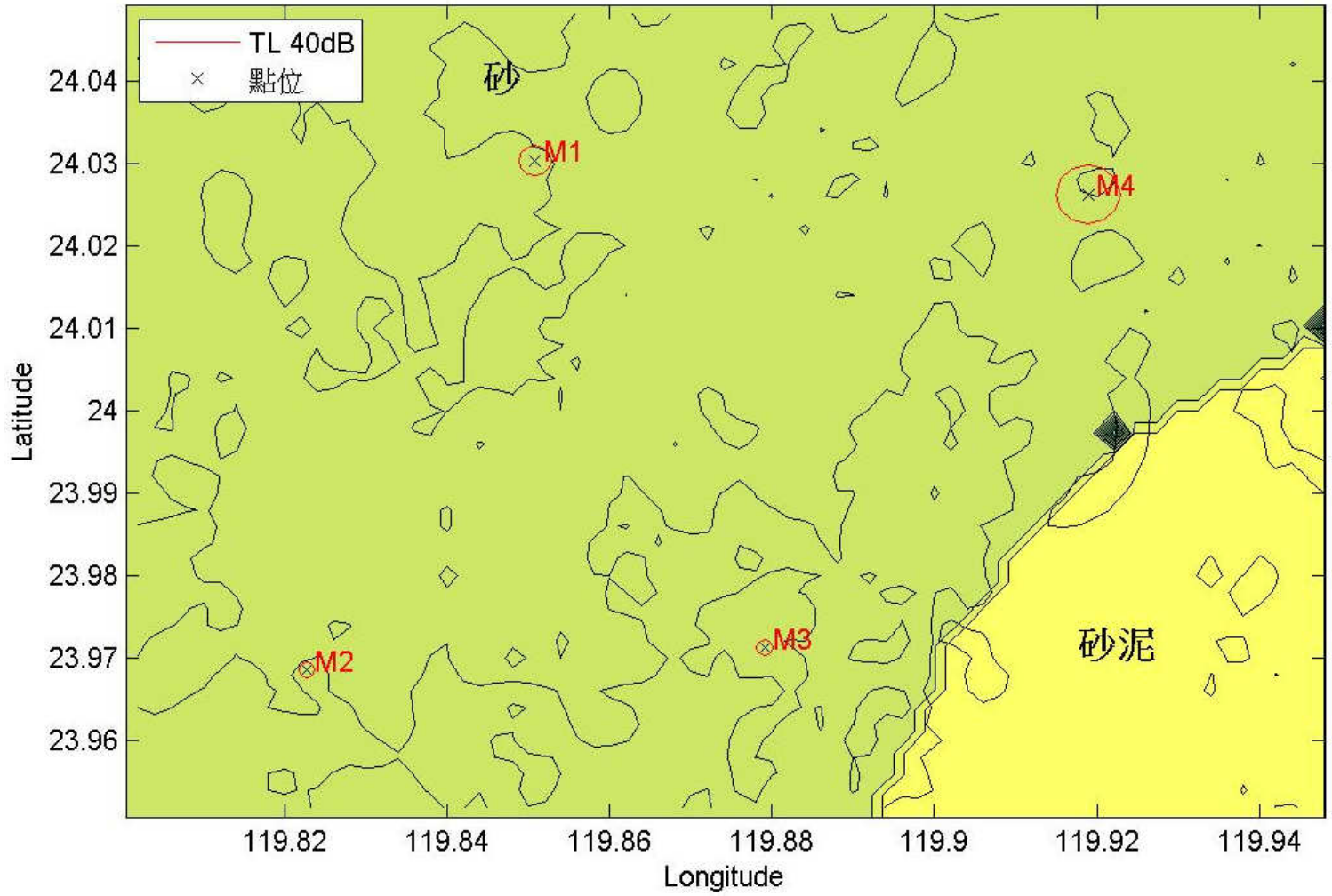


圖7.1.4-24 M1~M4點位125Hz频段保守估計音傳損耗40dB之最大距離

## 7.1.5 電磁場

### 一、評估方法

有關電磁場估算將依據台電公司『電磁場測量及電磁場強度檢討計算書規範』規定，本計畫有 A、B、C 三個路纜路徑規劃方案，取附近的敏感點，共 8 個調查點，分別進行模擬和計算。其評估步驟分別說明如下：

- (一) 計算路徑上各敏感點之電磁場值：以定點方式計算一次三軸合成電磁場值。
- (二) 計算三維空間電磁場源：完整包括水平與垂直走向之 161kV、245kV 電力電纜。
- (三) 計算考量：計算時各方向地下電纜均有考慮，分別對品字的兩種相序排列方式進行運算。
- (四) 計算結果：與環保署 833.3mG 的參考位準值（建議值）進行比對。

本計畫電磁場模擬演算，其中電力頻率磁場計算方法將從相關電磁場理論進行推導，電力頻率場源所產生的磁場行為類似靜磁場，將利用有限元素法套裝軟體，針對 161kV、245kV 電纜三維空間品字、L 型配置，及各電纜之載流條件進行模擬演算。在確定磁場計算條件後，模擬演算降壓站 161kV、245kV 電力電纜之三維空間配置儘量依據實際情形。

### 二、輸入條件

#### (一) 電磁場計算檢討地點

本計畫依據電磁場環境現況監測之量測地點如表 6.2.9-1 及圖 6.2.9-1 所示，共 8 個量測點，最大裝置容量為 696MW。本計畫電磁場計算條件如表 7.1.5-1 所示。

表 7.1.5-1 本計畫電磁場計算條件

輸電電纜區段	電壓等級(kV)	電流值(A)
陸上連接站→降壓站	245(2 回線)	820.073
降壓站→彰濱變電所	161(1 回線)	2,495.874

\*假設風機總裝置容量約為 696MW。

#### (二) 電力電纜三維空間配置模擬

本計畫陸纜地下管路開挖深度最深為 7.5 公尺(詳圖 7.1.5-1)。模擬時，以三維空間模擬電磁場源，完整包括水平與垂直走向之 245kV 與 161kV 電力電纜。

在進行電磁場模擬時，需要有每回線正確的電流值。本計畫輸出總發電為 696MW，陸纜配置方面，245kV 採用 2 回線做計算，161kV 則因彰濱超高壓變電所拱位不足，故在陸上自設降壓站 161kV 側與 18 號風場 161kV 併接(Tie-in)後，以 1 回線併入彰濱超高壓變電所，故採用 1 回線做計算，陸纜路徑分為 A、B、C 三種方案，分別由不同上岸點上岸(陸纜佈設規劃詳 5.2.2 節)。由上岸點連接到陸上自設降壓站採用 245kV 傳輸，經降壓後，以 161kV 1 回線併入彰濱超高壓變電所。

### 三、模擬計算結果

陸纜路徑分為 A、B 兩種方案，各調查點之電磁場計算值和計算值加上背景值之影響的預估值，預估值為模擬計算值與實際測量值之平方相加開根號，如表 7.1.5-2~表 7.1.5-4 所示。

A 方案計算結果以 T1 測點之預估值最大，約為 18.10 毫高斯，而其他輸電線路或設施沿線之敏感受體，電磁場預估結果介於 0.35~3.20 毫高斯；B 方案計算結果以 T7 測點之預估值最大，約為 6.75 毫高斯。而其他輸電線路或設施沿線之敏感受體，電磁場預估結果介於 0.10~3.21 高斯；C 方案計算結果以 T4 測點之預估值最大，約為 3.21 毫高斯。而其他輸電線路或設施沿線之敏感受體，電磁場預估結果介於 0.10~2.96 毫高斯。

綜上所述，電纜對各調查點造成的電磁影響加上實際量測時的背景值依然遠低於環保署 833.3mG 參考位準值。

表 7.1.5-2 A 方案各觀測點之計算值與背景值

調查點編號	調查點	計算值(mG) <sup>**1</sup>	預估值(mG) <sup>**2</sup>	背景值(mG)
T1	上岸點 A	18.10	18.10	0.10
T2	昇輪	2.00	2.29	1.10
T3	彰濱 ES	1.22	3.20	2.96
T4	彰濱線西工業區慶安路、慶安南路一路自設陸上降壓站	0.00	0.36	0.36
T5	星能電力	0.00	2.12	2.12
T6	台電管線埋設點	0.00	1.28	1.28
T7	上岸點 B	0.00	0.88	0.88
T8	上岸點 C	0.00	0.35	0.35

註 1：計算值為模擬出來之計算值。

註 2：預估值為計算值與背景最大值兩者取幾何平均之結果。



表 7.1.5-3 B 方案各觀測點之計算值與背景值

調查點編號	調查點	計算值(mG) <sup>註1</sup>	預估值(mG) <sup>註2</sup>	背景值(mG)
T1	上岸點 A	0.00	0.10	0.10
T2	昇輪	0.00	1.10	1.10
T3	彰濱 ES	0.02	2.96	2.96
T4	彰濱線西工業區慶安路、慶安南路一路自設陸上降壓站	3.19	3.21	0.36
T5	星能電力	0.18	2.13	2.12
T6	台電管線埋設點	1.03	1.65	1.28
T7	上岸點 B	6.69	6.75	0.88
T8	上岸點 C	1.37	1.42	0.35

註 1：計算值為模擬出來之計算值。

註 2：預估值為計算值與背景最大值兩者取幾何平均之結果。

表 7.1.5-4 C 方案各觀測點之計算值與背景值

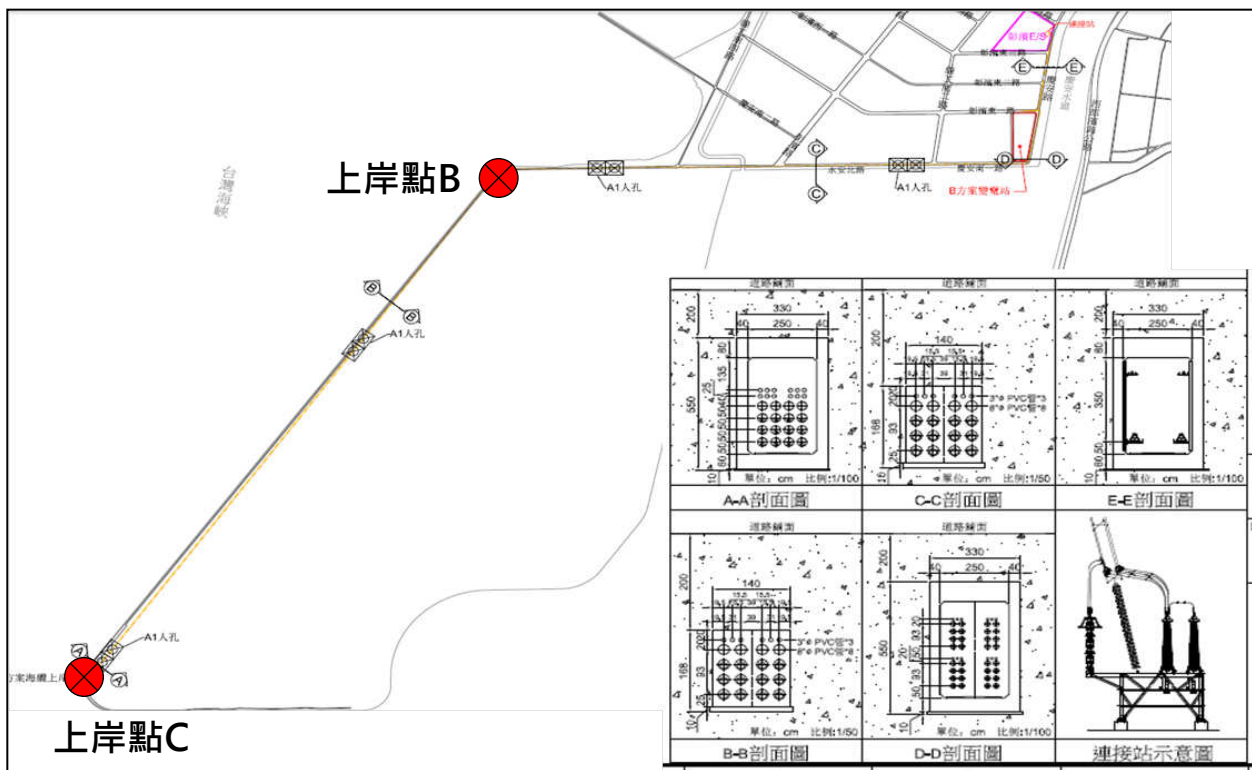
調查點編號	調查點	計算值(mG) <sup>註1</sup>	預估值(mG) <sup>註2</sup>	背景值(mG)
T1	上岸點 A	0.00	0.10	0.10
T2	昇輪	0.00	1.10	1.10
T3	彰濱 ES	0.02	2.96	2.96
T4	彰濱線西工業區慶安路、慶安南路一路自設陸上降壓站	3.19	3.21	0.36
T5	星能電力	0.18	2.13	2.12
T6	台電管線埋設點	0.97	1.61	1.28
T7	上岸點 B	1.28	1.55	0.88
T8	上岸點 C	0.00	0.35	0.35

註 1：計算值為模擬出來之計算值。

註 2：預估值為計算值與背景最大值兩者取幾何平均之結果。



A方案



B方案及C方案

圖7.1.5-1 陸纜各路段斷面圖

## 7.1.6 廢棄物

### 一、 施工期間

施工人員產生之生活垃圾與一般生活垃圾性質相近，可以臨時定點收集方式，配合代清除處理業或鄰近鄉鎮公所統籌收集處理及處置。本計畫區施工期間最多同時施工人員約 30 人，以環境保護署 104 年度統計資料，彰化縣每人每日垃圾產生量為 0.818 公斤，則每日廢棄物產量為 24.54 公斤。施工期間產生之廢棄物將積極執行資源回收再利用，以達到資源永續利用及垃圾減量目標，這些廢棄物將妥善收集於各分區工地事務所垃圾收集桶內後，並將委託代清除處理業或鄉公所代為清理。因產生垃圾量不大，而且為一般生活垃圾，對彰化縣合格代清除處理業或處理設施無影響。

### 二、 營運期間

本計畫離岸風力機及降壓站運轉期間大部分為海上維修活動，陸域僅有少數操作及維修人員，產生廢棄物極少，對附近區域廢棄物清除處理設施影響輕微。

## 7.1.7 剩餘土方處理計畫

依據「彰濱工業區鹿港區、線西區土地出租要點」規定，彰化濱海工業區為國有土地，援此，本區興建工程產生之營建剩餘土石方，以於本區土地內就地整平不外運為原則。

本計畫陸纜埋設工程及降壓站興建工程施工前將向彰化彰濱工業區服務中心提出申請，本計畫開挖所產生之土方除了用於現地回填外，剩餘之土石方將運至彰濱工業區內依服務中心指示運至工業區內指定區回收，因此沒有外運土方。

## 7.1.8 通訊干擾

本計畫通訊導航評估將參考目前國外各影響評估報告的做法：依據現有文獻中的理論與實測報告，尤其是英國海事與海岸警備局（Maritime and Coast Guard Agency, MCA）與研究組織 QinetiQ 在 2004 年間於英國第一座離岸風場 North Hoyle 實測並驗證理論的研究報告，以及後續因倫敦港務局（Port of London Authority）對泰晤士河口 Kentish Flats 離岸風場之開發接近航道有顧慮而針對海用雷達影響進行實測的研究報告。

### 一、 對通訊系統的影響

依據 2004 年 QinetiQ 的海事特高頻段 VHF 通訊測試結果，風力機造成的遮蔽在其正後方 500 公尺處僅 2-3dB，緊貼著風力機正後方則有大約 10dB 的遮蔽效果。因此除非是接收與發射兩端距離相當遠，或是在該頻道有其他使用者的干擾，否則離岸風場風力機不致影響 VHF 系統的運作。該結果與 2002 年的理論評估相當吻合。

MCA 的 2004 年實測結果如下：

1. VHF 通訊：離岸風場結構物對於風場內或是船對岸的 VHF 語音通訊並無顯著影響；但是救生艇的自動數位測向設備應至少遠離結構物 50m 以上，以免影響測向功能。
2. 行動通訊：對行動通訊系統無顯著影響。
3. 數位選擇呼叫（Digital Selective Calling, DSC）：船岸通訊不受影響。
4. 船舶自動辨識系統（Automatic Identification System, AIS）：船舶之間的 AIS

運作正常，且各船舶都能持續被岸上監控，顯示 AIS 的 GPS 與 VHF 都能正常運作。

## 二、對 GPS 衛星定位與磁羅經的影響

2004 年 QinetiQ 的 GPS 測試包括：沿著離岸風場週邊航行、沿對角線穿越離岸風場以及靜止在風力機旁邊。結果顯示：風力機對於追蹤接收到的 GPS 衛星數量以及定位誤差都沒有顯著影響。即使 GPS 天線非常接近風力機的塔柱，也都可以接收到充份數量的 GPS 衛星用於定位。

2004 年 MCA 的磁羅經測試結果顯示：離岸風場的發電機以及電力電纜（無論是風機之間的電纜或是上岸的輸出電纜）都未見造成磁羅經的偏差。但是在接近風力機塔柱時，應注意鐵質金屬對磁羅經的影響。

## 三、對船舶雷達的影響

在離岸風場對船用雷達效能的影響方面，MCA(2004)的實測顯示：

1. 在風力機造成的雷達盲區與遮蔽區（陰影）內的其他風力機與小型船舶可能無法被雷達偵測到，除非雷達觀測船移動。
2. 在離岸風場內偵測雷達目標時，其方位與距離的鑑別度受到風力機橫向與縱向回跡的限制而降低。
3. 風力機結構物的垂直範圍使其雷達回跡相當大。
4. 雷達主波束的半功率（-3dB）點以外的角度以及在雷達主波束 10° 以外的旁波束，都可能來自風力機的強回跡。
5. 降低雷達的接收機放大增益（Gain）可以降低這些假回跡效應，卻也會降低雷達目標（例如小型船舶或浮標等）的訊號增益，可能因此降低至雷達顯示的門檻以下而看不見。
6. 大約航行至距離離岸風場 1.5 哩時，船舶雷達會開始出現旁波束與反射等造成的假回跡，對 S-band 的影響大於 X-band。
7. 以避碰雷達的目標自動測繪功能（ARPA）追蹤風場內的船舶時，容易因為風力機的強回跡而造成目標交換（targetswop）。
8. 如果船舶與目標都平行於風力機的排列方向航行，而且目標與風力機保持 300 公尺的距離，則 S-band 與 X-band 雷達的目標測繪都沒問題。

2004 年於 NorthHoyle 的雷達實測研究包括請一艘商船（長 167 公尺，寬 23.4 公尺，1.7 萬噸的 Norbay）特意偏離航道接近風場後以 800 公尺的距離沿風場北側航行，至西側南下再東轉，然後北上穿越風場後離開回到原航道。實測結果發現的多重回跡如圖 7.1.8-1，但未深入分析。

2007 年於 Kentish Flats 的雷達影響實測研究則是涵蓋在該風場附近活動的各類船舶，航海人員、船舶交通服務（VTS）、領港等都有參與。該研究的主要結果如下：

1. 船用雷達顯示器在風場附近偵測到的現象，可能由接近該觀測船的其他強回跡所造成，只是影響的程度可能不同。受過良好訓練的航海人員可以認知並了解這些現象的原因。
2. 觀測到的現象有許多是船舶結構體與配件造成的反射與失真，來自風場的強反射突顯了在船舶雷達天線安裝方面的一些弱點。
3. 觀測到的現象是短暫的，相對於船舶通過風場場址附近的時速。
4. 假回跡常常是由船舶的結構體與配件結合風力機的反射品質產生的。

5. 其他效應則是因船用雷達系統的固有局限結合風力機的反射品質產生的。
6. 在這些測試中，航海人員都能有效地追蹤其他船舶，無論是從風場內或是風場後方。
7. 在風場內及附近作業的小船可以被風場附近作業船舶的雷達偵測到，其回跡訊號穿過風場陣列時不致受影響。
8. 小船的雷達回跡在接近風力機時，可能會被併入風力機相對大很多的回跡，但這只是暫時性的，一旦小船通過該風機，該船的獨立回跡即可被雷達再次擷取。
9. 此研究在整個測試過程中以一個設在風場外的方位浮標（裝有雷達反射器）做為參考目標，讓航海人員確認雷達效能與設定增益。即使在風場風力機陣列的另一側，該浮標的回跡訊號也都能被偵測，未見明顯不利影響。
10. 如果通過的船舶提供適當的反射面，固定於岸際的 VTS 雷達也可能受上述現象影響。
11. 裝有 AIS 的船舶，沒有任何一艘有失去訊號的情況，無論是在風場內或風場外運作。

圖 7.1.8-2~圖 7.1.8-4 擷取自 MARICO 將 2006 年於 Kentish Flats 實測研究，觀測成果應用於美國麻省 Nantucket Sound 離岸風場開發計畫的報告。

#### 四、對海巡署岸際雷達的影響

離本計畫風場潛力區塊最近的海巡岸際雷達站是吉貝雷達站，如圖 7.1.8-5 標示「吉貝」的點位，其最近距離分別約 18.3 浬，都已超出岸際雷達的 12 浬範圍，最遠距離約 27.7 浬，對於海巡署岸際雷達目標偵測應無明顯影響。而「新寶、姑寮、許厝寮」等岸際雷達距離本計畫風場更遠，初步評估本計畫風場開發對於其岸際雷達偵蒐應無明顯直接影響。因此除了如前節所述因通過船舶提供反射面造成假回跡以外，對於目標偵測應無明顯影響。上述假回跡可於岸際雷達之訊號處理消滅影響。

#### 五、對航港局燈塔的影響

本計畫區域距離目斗嶼燈塔 16 浬以上，在目斗嶼燈塔燈光的 26.8 浬公稱光程（約為大氣能見度為 10 浬時之燈光射程）內，參考中華民國燈表（海軍大氣海洋局刊行），目斗嶼燈塔資料如表 7.1.8-1 所示。

由圖 7.1.8-6 可見，可能受本計畫風場影響的是 LEG\_6 與 LEG\_12 的船舶交通流，且可能影響的位置距離目斗嶼燈塔已超過 20 浬。影響的航行長度小於 9 浬，以 LEG\_6 交通流主要的速度 12 節貨輪而言，可能影響時間至多 45 分鐘。

**表 7.1.8-1 目斗嶼燈塔資料**

編號	34950 F4658	
燈名	目斗嶼燈塔	
位置	目斗嶼上	
座標(WGS84)	北緯(N)	0.991041
	東經(E)	4.98337
燈質及光力(燭光)	白閃光 20 秒，明 1.2 秒；暗 18.8 秒 1,500,000	
高度高潮面起(公尺)	49	
見距(浬)	26.8	
構造	黑白相間平行橫條紋圓形鐵塔	
高度(公尺)	39.9	
附註	海關設置	

資料來源：中華民國燈表，海軍大氣海洋局。

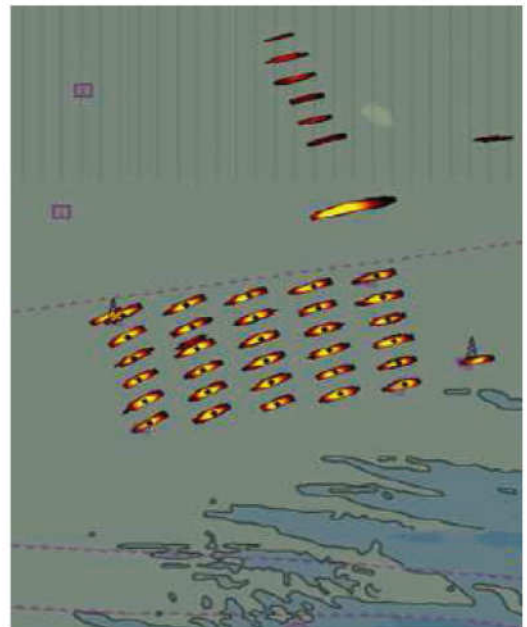
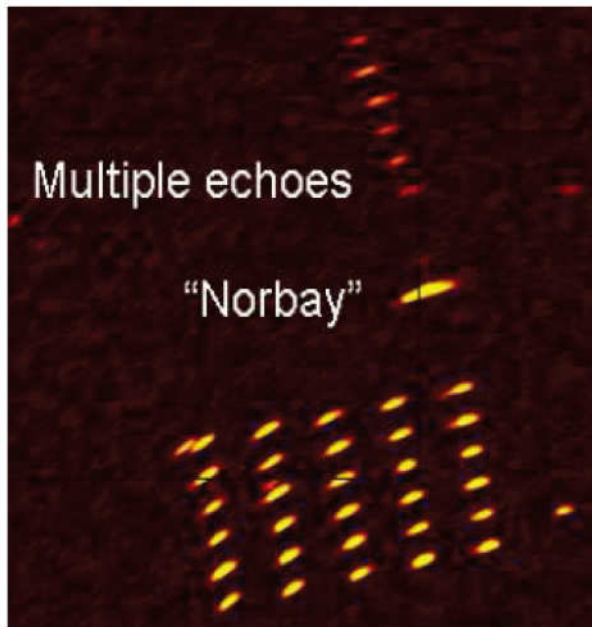


圖7.1.8-1 商船Norbay通過風場東北角時的多重回跡



資料來源：MARICO Marine, "Investigation of Technical and Operational Effects on Marine Radar Close to Kentish Flats Offshore Wind Farm," British Wind Energy Association (BWEA) Report, 2007.

圖7.1.8-2 油輪雷達觀測到的6.5哩遠風場內小船



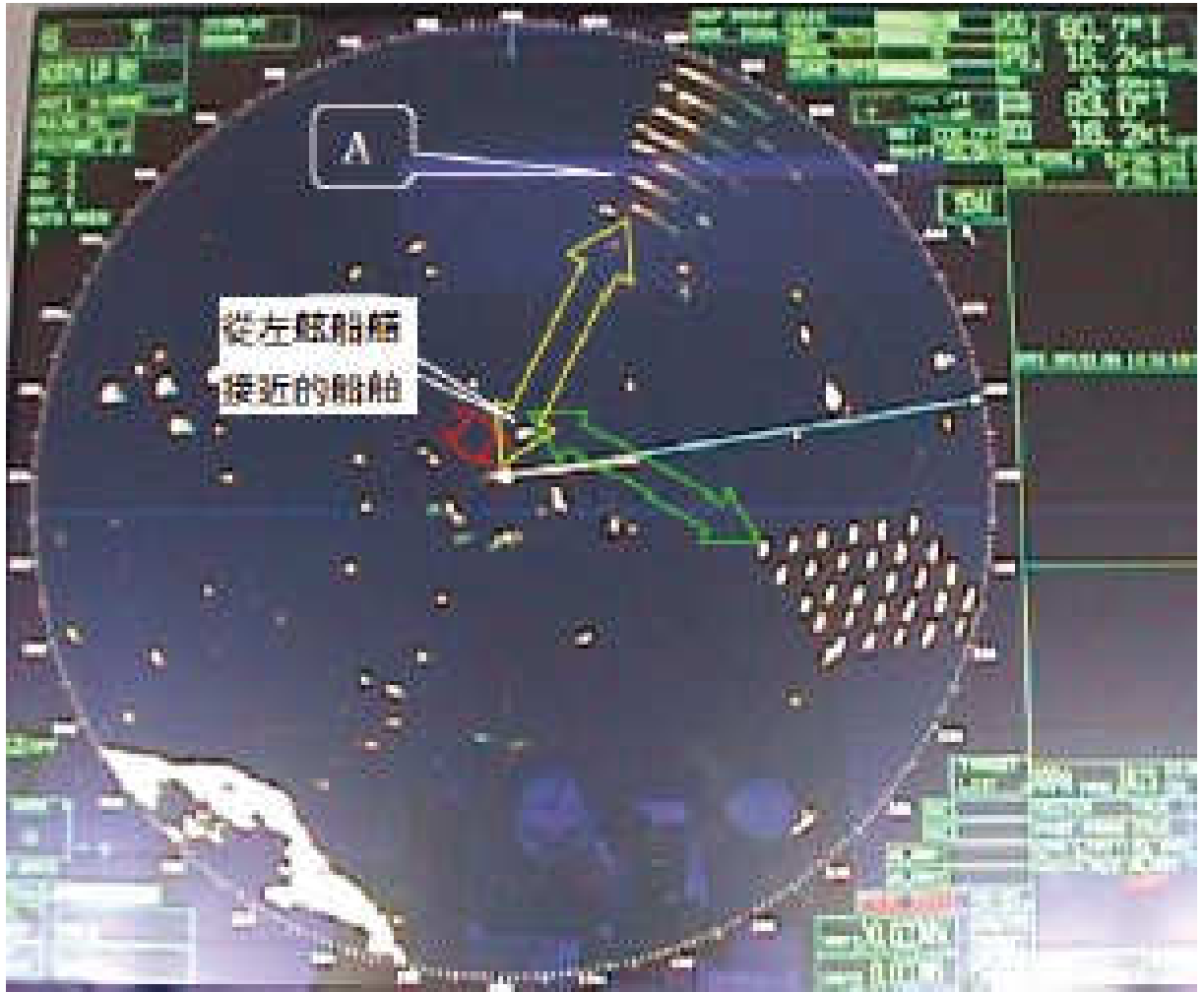
(a) A與B分別是風場與戰時堡壘的真回跡；A1與B1是假回跡



(b) 使用的雷達天線以及造成假回跡的反射面

資料來源：MARICO Marine, "Investigation of Technical and Operational Effects on Marine Radar Close to Kentish Flats Offshore Wind Farm," British Wind Energy Association (BWEA) Report, 2007.

圖7.1.8-3 船舶結構物反射造成的假回跡



圖中A係因接近的船舶反射造成

資料來源：MARICO Marine, “Investigation of Technical and Operational Effects on Marine Radar Close to Kentish Flats Offshore Wind Farm,” British Wind Energy Association (BWEA) Report, 2007.

圖7.1.8-4 風場的假回跡



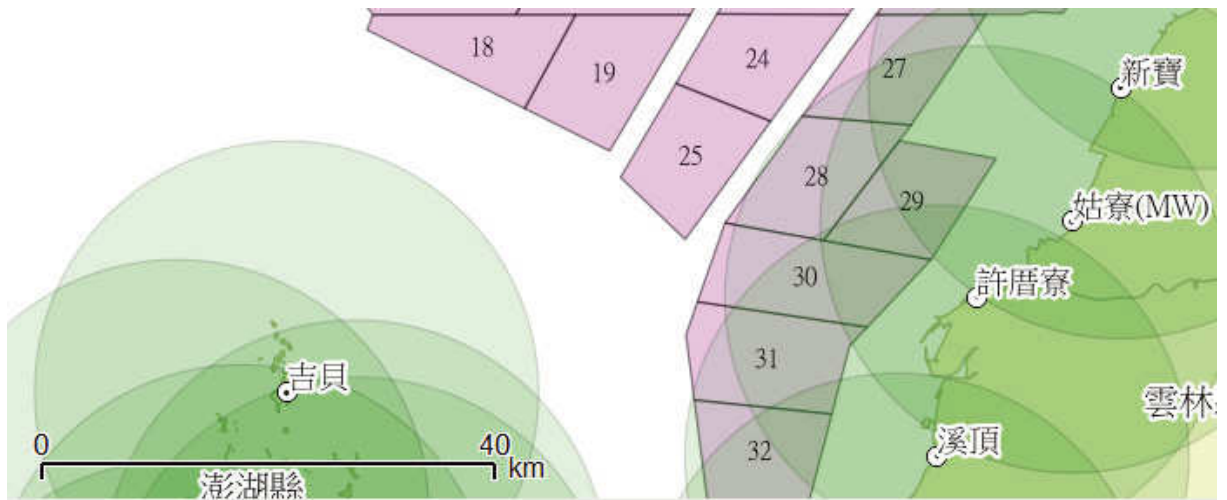


圖7.1.8-5 距離最近的海巡署岸際雷達站位置

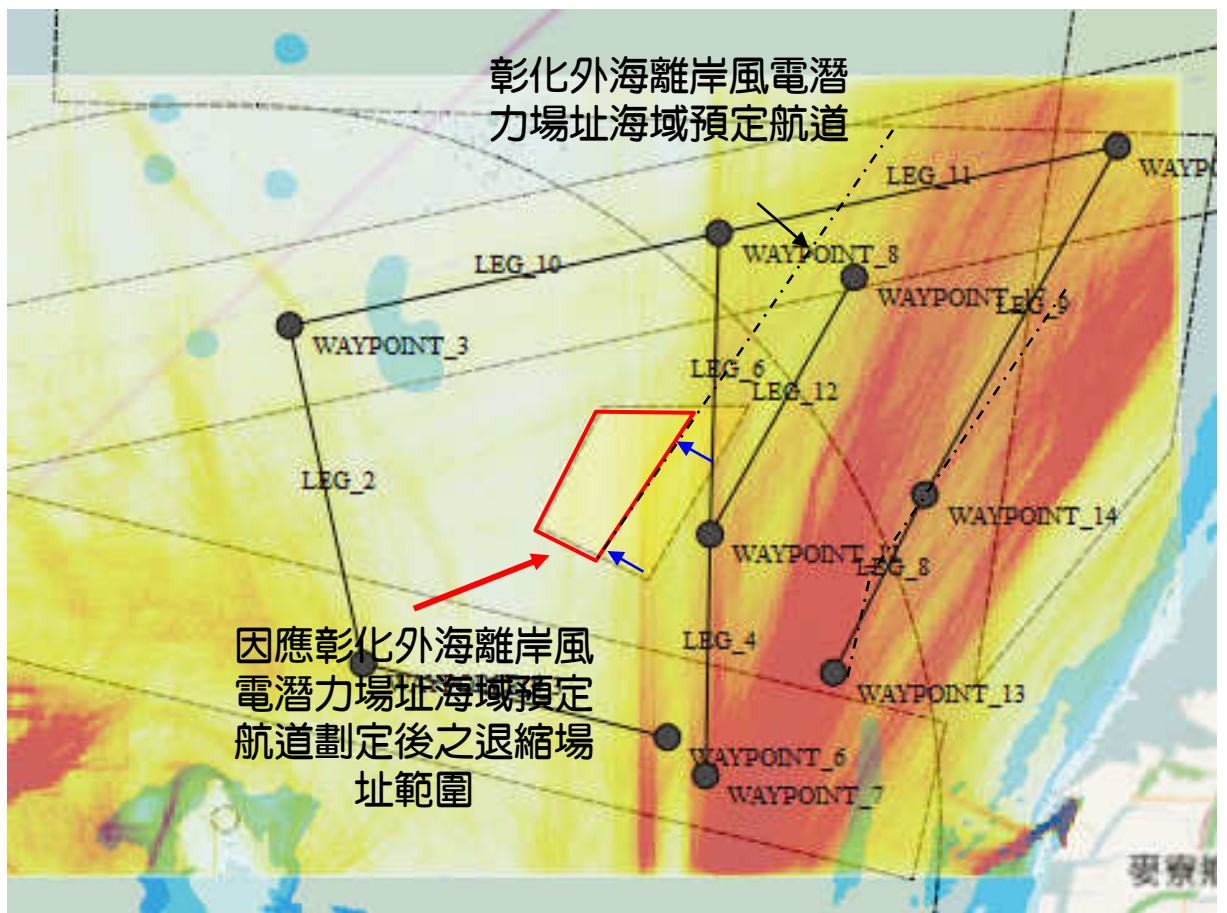


圖7.1.8-6 航路交通流與目斗嶼燈塔公稱光程的相對關係

可能受影響處距離目斗嶼燈塔已超過 20 浬，而 IALA Recommendation O-139 要求海上結構物應以公稱光程達 10 浬的白閃光標誌。受影響的燈光範圍應可改由風場內各結構物以及風場角落邊緣的燈光等導航標誌取代。

整體而言，只要離岸風場與各風機等結構物本身皆依據 IALA Recommendation O-139 的建議予以適當標誌，並標繪於海圖，將可有效抵銷前述可能的干擾或影響，甚至提供更好的航路標誌與定位效益。

## 7.1.9 溫室氣體減量

### 一、溫室氣體範疇界定

本計畫施工及營運期間之溫室氣體排放量和減量，遵照環保署公告之「開發行為溫室氣體排放增量評估及抵換規劃計算指引」進行估算。

#### (一) 溫室氣體排放來源

##### 1. 施工期間

- (1) 陸域施工主要包含降壓站工程和陸纜工程和台中港施工(工作碼頭)組裝吊掛作業。其主要溫室氣體排放來源為施工機具、運輸車輛和吊掛機械/車輛之燃料使用，以及用電排放。
- (2) 海域施工主要包含海上變電站工程、海纜工程、風機基礎工程、風機組件安裝及機電測試工程等作業。其主要溫室氣體排放來源為海上工作船之燃料使用。

##### 2. 營運期間

- (1) 運維中心之辦公用電量。
- (2) 降壓站機房用電。
- (3) 風機維護或維修時船隻之燃料使用。

#### (二) 溫室氣體減量來源

營運期間風力發電機組發電量取代傳統燃煤燃氣之用電量。

### 二、施工期間柴油使用量估算依據

施工期間柴油使用量估算依據，除參考國內相關研究報告(林政興等，2009)，不同載貨量之傾卸貨車平均油耗量整理(表 7.1.9-1)，亦根據開發單位過去執行離岸風場開發經驗，以各工程所需使用工作船、機具或運輸車數量乘上每日預估耗油量再乘上預估施工天數推估而得。

表 7.1.9-1 材料運輸之車種規格及耗油率

名稱	燃料	載貨量(m <sup>3</sup> )	平均耗油率(l/h)
傾卸卡車	高級柴油	5	13.63
		8	19.27
		12	25.38
預拌混凝土車	高級柴油	3.5	19.43
		5.5	27.47

資料來源：「生態工程節能減碳評估」，林政興等，2009年，海峽兩岸水利科技交流研討會。

### 三、溫室氣體排放及減量估算

#### (一) 施工期間溫室氣體排放量

##### 1. 陸域施工

本計畫陸域施工之溫室氣體排放來源主要分為機具燃料及工作碼頭用電兩部分，其中機具燃料部分主要來自降壓站工程和陸纜工程和台中港施工(工作碼頭)組裝吊掛作業，其主要溫室氣體排放來源為土方運輸車輛、預拌混凝土車和吊掛機械之燃料使用產生之溫室氣體排放。

##### (1) 降壓站工程

降壓站工程假設約需預拌混凝土 4,000 m<sup>3</sup>，假設灌漿作業集中施作，工期約 30 天，每日施工 8 小時，以 5.5 公噸預拌混凝土車運送，則每小時約為 6 車次(雙向)，以每小時平均油耗 27.47 公升計算，則預拌混凝土車之總柴油使用量約 39,600 公升，乘以柴油溫室氣體排放係數 2.646kgCO<sub>2</sub>e/L，推算其溫室氣體排放量約為 105 公噸 CO<sub>2</sub>e。估算如下：

$6 \text{ 車次} \times 30 \text{ 天} \times 8 \text{ 小時} \times 27.47 \text{ 公升/小時} \times 2.646 \text{ kgCO}_2\text{e/L} \div 1,000 \div 105 \text{ 公噸 CO}_2\text{e}$

降壓站工程產生之最大剩餘土石方(鬆方)量約為 12,000 立方公尺，施工日約 50 日，每天運輸 8 小時，以 12 m<sup>3</sup> 傾卸卡車運送，則每小時約有 6 車次運土卡車(雙向)。以每小時平均油耗 25.38 公升計算，則傾卸卡車之總柴油使用量約 61,000 公升，乘以柴油溫室氣體排放係數 2.646kgCO<sub>2</sub>e/L，推算其溫室氣體排放量約為 161 公噸 CO<sub>2</sub>e。

$6 \text{ 車次} \times 50 \text{ 天} \times 8 \text{ 小時} \times 25.38 \text{ 公升/小時} \times 2.646 \text{ kgCO}_2\text{e/L} \div 1,000 \div 161 \text{ 公噸 CO}_2\text{e}$

合計降壓站工程產生之溫室氣體排放量約為 270 公噸 CO<sub>2</sub>e。

##### (2) 陸纜工程

陸纜工程產生之最大剩餘土石方(鬆方)量約為 63,000 立方公尺，施工日約 170 日，每天運輸 8 小時，以 12 m<sup>3</sup> 傾卸卡車運送，則每小時約有 8 車次運土卡車(雙向)。以每小時平均油耗 25.38 公升計算，則傾卸卡車之總柴油使用量約 162,500 公升，乘以柴油溫室氣體排放係數 2.646kgCO<sub>2</sub>e/L，推算其溫室氣體排放量約為 731 公噸 CO<sub>2</sub>e。

$8 \text{ 車次} \times 170 \text{ 天} \times 8 \text{ 小時} \times 25.38 \text{ 公升/小時} \times 2.646 \text{ kgCO}_2\text{e/L} \div 1,000 \div 731 \text{ 公噸 CO}_2\text{e}$

##### (3) 台中港(工作碼頭)施工組裝吊掛作業

##### A. 燃料排放

本計畫以 6MW 機組佈置數量最多，在組裝吊掛作業上，主要採用升降機、吊車、堆高機和運輸車等。組裝吊掛施工天數

約需 80 天，每日施工 8 小時，依據現階段工程規劃及過去施工經驗推估，組裝吊掛作業期間，其燃料使用量合計約需 164,400 公升柴油，乘上柴油溫室氣體排放係數 2.646kgCO<sub>2</sub>e/l，則溫室氣體排放量約為 440 公噸 CO<sub>2</sub>e。估算如下：

$$164,400 \times 2.646 \text{kgCO}_2\text{e/l} \div 1,000 \doteq 440 \text{ 公噸 CO}_2\text{e}$$

#### B. 用電排放

本計畫參考開發團隊過去執行離岸風力發電場之工作港口經驗，工作碼頭(含施工基地)之平均每月用電量約為 89,000 度，本計畫工作碼頭施工天數預計約 3 個月，故施工期間總用電量約 267,000 度，依據經濟部能源局公告民國 105 年電力排放係數 0.529kgCO<sub>2</sub>e/度，推估溫室氣體排放量約為 140 公噸。

### 2. 海域施工

本計畫海域工程項目主要包含海上變電站工程、海纜工程、風機基礎工程、風機組件安裝及機電測試工程等作業，其主要溫室氣體排放來源為由工作船隻之燃料使用所產生，本計畫依據各項工程之工期，估算各項工程於施工期間之溫室氣體排放量如表 7.1.9-2，說明如下：

#### (1) 海上變電站工程

海上變電站工程期間工作船隻燃料使用量合計約需 750,000 公升柴油，乘上柴油溫室氣體排放係數 2.646kgCO<sub>2</sub>e/L，則溫室氣體排放量約為 1,985 公噸 CO<sub>2</sub>e。估算如下：

$$750,000 \times 2.646 \text{kgCO}_2\text{e/L} \div 1,000 \doteq 1,985 \text{ 公噸 CO}_2\text{e}$$

#### (2) 海纜工程

海纜工程(含輸出電纜及陣列間電纜)期間工作船隻燃料使用量合計約需 7,886,000 公升柴油，乘上柴油溫室氣體排放係數 2.646kgCO<sub>2</sub>e/L，則溫室氣體排放量約為 20,866 公噸 CO<sub>2</sub>e。估算如下：

$$7,886,000 \times 2.646 \text{kgCO}_2\text{e/L} \div 1,000 \doteq 20,866 \text{ 公噸 CO}_2\text{e}$$

#### (3) 風機基礎工程

風機基礎工程期間工作船隻燃料使用量合計約需 21,675,000 公升柴油，乘上柴油溫室氣體排放係數 2.646kgCO<sub>2</sub>e/L，則溫室氣體排放量約為 57,352 公噸 CO<sub>2</sub>e。估算如下：

$$21,675,000 \times 2.646 \text{kgCO}_2\text{e/L} \div 1,000 \doteq 57,352 \text{ 公噸 CO}_2\text{e}$$

#### (4) 風機組件安裝及機電測試工程

組件安裝及機電測試工程期間工作船隻燃料使用量合計約需 5,183,000 公升柴油，乘上柴油溫室氣體排放係數 2.646kgCO<sub>2</sub>e/L，則溫室氣體排放量約為 13,714 公噸 CO<sub>2</sub>e。估算如下：

$$5,183,000 \times 2.646 \text{kgCO}_2\text{e/L} \div 1,000 \doteq 13,714 \text{ 公噸 CO}_2\text{e}$$

### (二) 營運期間溫室氣體排放

#### 1. 運維中心(管理中心)之辦公用電

本計畫參考開發團隊過去執行離岸風力發電場之經驗，推估運維中心(管理中心)之年用電量約為 220,000 度電。依據經濟部能源局公告民國 105 年電力排放係數 0.529kgCO<sub>2</sub>e/度，推估本計畫之年溫室氣體排放最

少約為 116 公噸。評估結果整理如表 7.1.9-2：

$$220,000\text{kWh} \times 0.5290\text{kg CO}_2/\text{度} \div 1,000 \doteq 116 \text{ 公噸 CO}_2$$

2. 降壓站機房用電

本計畫參考開發團隊過去執行離岸風力發電場之經驗，推估降壓站機房每年用電量約 550,000 度電，依據經濟部能源局公告民國 105 年電力排放係數 0.529kgCO<sub>2</sub>e/度，推估本計畫之年溫室氣體排放最少約為 291 公噸。評估結果整理如表 7.1.9-2：

$$550,000\text{kWh} \times 0.529\text{kg CO}_2/\text{度} \div 1,000 \doteq 291 \text{ 公噸 CO}_2$$

3. 風機維護或維修時船隻之燃料使用

營運階段主要使用船隻為風機維護及維修時船隻。本計畫參考相關船隻型錄，每年油耗量估計約 300,000 公升柴油，乘以柴油溫室氣體排放係數 2.646kgCO<sub>2</sub>e/L，推算營運期間每年維修船隻燃料使用之溫室氣體排放量約為 794 公噸 CO<sub>2</sub>e(表 7.1.9-2)。

$$300,000 \times 2.646\text{kgCO}_2\text{e/L} \div 1,000 \doteq 794 \text{ 公噸 CO}_2\text{e}$$

$$300,000 \times 2.646\text{kgCO}_2\text{e/L} \div 1,000 \times 20 \doteq 15,880 \text{ 公噸 CO}_2\text{e}$$

表 7.1.9-2 溫室氣體排放統計表

工程項目		施工期間總 柴油使用量 (l)	用電量 (度)	CO <sub>2</sub> 排放係數 (kgCO <sub>2</sub> e/L)	溫室氣體排放量 (公噸 CO <sub>2</sub> e)
施工 期間	陸域 工程	降壓站工程	100,600	—	266
		陸纜工程	276,200	—	731
	工作 碼頭	燃料排放	164,400	—	440
		用電排放	—	267,000	140
	海域 工程	海上變電站工程	750,000	—	1,985
		海纜工程	7,886,000	—	20,866
風機基礎工程		21,675,000	—	57,352	
風機組件安裝及機電測試工程		5,183,000	—	13,714	
營 運 期 間	運維中心(管理中心)辦公用電		—	220,000	116
	降壓站機房用電		—	550,000	291
	風機維護及維修作業		300,000		794
總計					96,695
					119,514 (營運期間排放為 生命週期 20 年)

### (三) 營運期間溫室氣體減量

以 63 部 6MW 風力機組方案進行溫室氣體減量推估，考量可利用率、輸電效率、電廠整體運轉率、遲滯效應、機組與葉片損耗及尾流效應等因素，年淨發電量約為 1,450GWh/年。依據經濟部能源局公告民國 105 年電力排放係數 0.529kgCO<sub>2</sub>e/度，推估年溫室氣體減量約為 925,750 公噸 CO<sub>2</sub>e，若以生命週期 20 年估算，則溫室氣體減量合計約為 18,515,000 公噸 CO<sub>2</sub>e(表 7.1.9-3)。

1,450,000 千度(即 1,450GWh/年)×0.529 kg CO<sub>2</sub>/度=767,050 公噸 CO<sub>2</sub>e/年

1,450,000 千度×0.529 kg CO<sub>2</sub>/度×20 年=15,341,000 公噸 CO<sub>2</sub>e/生命週期 20 年

表 7.1.9-3 溫室氣體減量統計表

類別	總發電量(千度)	電力排放係數 (kg CO <sub>2</sub> e /度)	溫室氣體減量 (公噸 CO <sub>2</sub> e)
風力發電機組 (63 部 6MW)	29,000,000 (生命週期 20 年)	0.529	15,341,000 (生命週期 20 年)

註：電力排放係數採用經濟部能源局公告之 105 年度電力排放係數 0.529 kgCO<sub>2</sub>e/度。

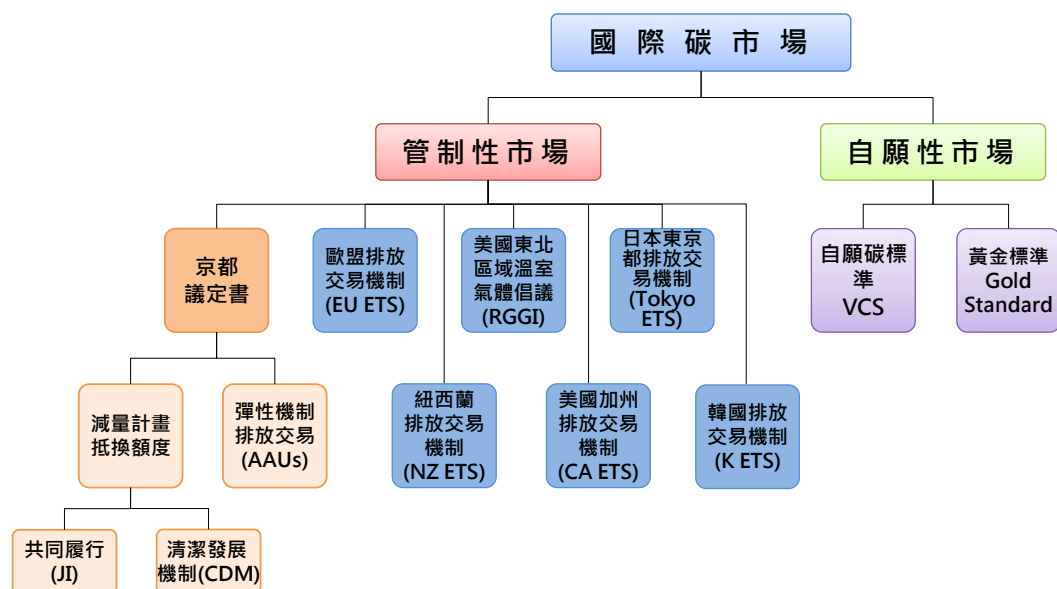
### (四) 溫室氣體淨減排量估算

1. 施工和營運期間之總溫室氣體排放量(考量生命週期 20 年)為 105+161+731+440+140+1,985+20,866+57,352+13,714+(116+291+794) × 20=119,514 公噸 CO<sub>2</sub>e
2. 營運期間溫室氣體減排量(考量生命週期 20 年)為 15,341,000 公噸 CO<sub>2</sub>e
3. 淨溫室氣體減排量为 15,341,000-119,514=15,221,486 公噸 CO<sub>2</sub>e

## 四、國際間碳交易市場

國際間碳交易市場包括管制性市場(如 CDM)和自願性市場(如 VCS)，其中管制性市場必須為聯合國締約國的成員才能參與，而自願性市場則無論是否為聯合國締約國成員均可參與(圖 7.1.9-1)。由於台灣非屬聯合國締約國成員，因此未來本計畫在碳權爭取上，以參與國際自願性市場或者國內抵換專案的可行性較高。

經本計畫初步搜尋，目前國內再生能源計畫均有參與國際自願性市場或者國內抵換專案之相關碳權申請案例，整理如表 7.1.9-4。本計畫將評估初步判定各技術可行方案之預估申請、第三方確證(certification)與查證(verification)等預計所需時間、成本與預估交易效益，並與各相關機關確認國內相關規定與限制，以選擇最適合本計畫之碳權方案，確認本計畫開發對溫室氣體減量之價值。



資料來源：本計畫整理。

圖 7.1.9-1 全球碳交易市場結構

表 7.1.9-4 碳權抵換技術可行性初步評估

市場型式	參與資格	過去是否有台灣再生能源計畫申請案例	技術可行性
國際管制市場 (CDM, JI 等)	聯合國締約國成員	無	目前不可行
國際自願市場 (VCS, GS)	均可參與	有 1.八里垃圾焚化爐 2.西口水力發電廠 3.苗栗風力發電 4.彰濱與台中風力發電	可行
國內抵換專案	台灣企業	有	可行

另針對國際自願性市場和國內抵換專案介紹如下：

(一) 自願性市場

1. 碳標準

主要的國際自願減碳標準包含自願碳標準 (Voluntary Carbon Standard, VCS)和黃金標準(Gold Standard, GS)。

2. 自願碳標準

自願碳標準(Voluntary Carbon Standard, VCS)乃國際碳排放交易協會 (International Emission Trading Association, IETA)與世界經濟論壇 (World Economics Forum, WEF)於 2005 年底開始所倡議之標準，該標準引用 ISO14064-2 條文之精神，進行溫室氣體減量專案之量化、監督與報告，作為自願碳市場產生可靠的減量額度 (Voluntary Carbon Unit, VCU)所遵行標準，為有心進行溫室氣體減量計畫之企業，提供一個自願性減量登錄平台，藉由自由貿易來達成企業溫室氣體減量之目的。

台灣相關申請案例包括八里垃圾焚化爐和西口水力發電廠，均成功註冊於 VCS 登錄平台，並順利取得減量額度 (Voluntary Carbon Units, VCUs)。

### 3. 黃金標準

黃金標準(Gold Standard)為符合京都議定書規範下之 CDM、JI 與自願性減量市場中之溫室氣體減量認證機制。由世界自然基金會 (World Wide Fund For Nature) 和其他國際性非政府組織於 2003 年建立，於 2006 年 5 月首次提出針對自願碳市場的自願黃金標準(Voluntary Gold Standard)，並於 2008 年 8 月提出針對自願碳市場的第二版自願黃金標準。

黃金標準基金會的目標為：幫助具有可持續能源專案的投資；確保可續性開發案貢獻的顯著性與持久性；確保投資案對環境之影響；提高公眾對 再生能源與能源效率的支持。經 Gold Standard 認證的碳資產是嚴格地經審查以確保專案的開發不具負面影響。透明的評估、制度化的程式以及長期地監控皆是 Gold Standard 清楚表示專案之正面影響的方法。

台灣相關申請案例有苗栗風力發電、彰濱與台中風力發電，均已順利取得黃金標準碳權。

#### (二) 國內抵換專案

抵換專案係企業依聯合國清潔發展機制 (CDM) 及環保署認可之減量方法進行溫室氣體減量之專案，申請者須依環保署格式提出專案計畫書，經審議、確證、註冊等程序後，依計畫書執行減量活動，其執行減量成效經查驗機構查證與環保署審查通過後，可得環保署核發減量額度。抵換專案則是指依符合環保署規定減量方法。能源部門抵換專案簡單可分為再生能源類、燃料轉換類及節能改善類。再生能源類:因為再生能源發電加入可取代化石燃料發電，而降低溫室氣體排放。經計算減量績效，製作抵換專案計畫書，向環保署申請碳權。台灣申請案例如表 7.1.9-5 所列計畫。

表 7.1.9-5 環保署抵換專案申請計畫列表

專案名稱	申請階段	申請進度	年平均排放減量估計值(tCO <sub>2</sub> e)*
台中港風力站風力發電機組	計畫書申請	---	485,877
台電公司一期,二期,三期暨離島風力發電計畫	計畫書申請	---	1,520,717
龍港風力發電計畫	計畫書申請	撤案	177,919

資料來源：行政院環保署國家溫室氣體登錄平台

[https://ghgregistry.epa.gov.tw/offset/offset\\_Search.aspx](https://ghgregistry.epa.gov.tw/offset/offset_Search.aspx)。



## 7.2 生態環境

### 7.2.1 陸域生態

#### 一、植物生態

##### (一) 對物種組成的可能影響

調查區以人工林、鹽鹼荒地為主，人工林全是防風林，地勢平坦、土層深厚，植物種類與附近地區相近。調查所發現之物種組成以原生種 50.89% 最高，其次為歸化種 43.75%。陸域工程皆在工業區內沿著既有道路及已劃設為廠房用地的區域上施工，不會破壞植被，對物種組成幾無影響。

##### (二) 對稀特有物種的可能影響

本區域特有植物有臺灣欒樹、臺灣虎尾草、臺灣海棗 3 種，稀有植物只有繖楊 1 種，屬於臺灣維管束植物紅皮書初評名錄之物種，但為人工植栽，且未名列「植物生態評估技術規範」所附之臺灣地區植物稀特有植物名錄中，且皆不在陸域工程施工範圍，評定對稀特有植物為沒有影響。

##### (三) 對當地植被生態的可能影響

調查範圍內的植被為自然度較低的人工林與鹽鹼荒地，本計畫陸域工程不會破壞任何林相，評定對植被生態為沒有影響。

#### 二、動物生態

##### (一) 一般物種

由於調查區位於工業區內，自然度低，各動物類群所出現的物種以能適應人工環境與頻繁人類活動的常見種類為主，預估施工行為、施工機具產生之棲地干擾與破壞對於區內陸域動物的影響，應為局部且暫時性的。施工車輛的進出，則有可能造成地面小型哺乳類、兩棲類與爬蟲類的路殺效應；不過區內出現的一般物種均為繁殖力與播遷能力強的種類，加上物種和數量皆不多，原生族群相對較少，估計路殺效應對於族群的影響應不大。

##### (二) 保育類物種

根據兩季的陸域生態調查結果，陸域哺乳類、兩棲類、爬蟲類、蝴蝶與蜻蜓類均無保育類物種；保育類鳥類則有五種，其中小燕鷗、紅隼與黑翅鳶屬於第 II 級珍貴稀有保育類，夏候鳥燕鴿與冬候鳥紅尾伯勞則屬於第 III 級其他應予保育類。小燕鷗為夏候鳥或局部留鳥，本區在夏季有 1 隻次記錄，應為偶發性出現的個體；紅隼與黑翅鳶均會盤旋大面積的開闊地以覓食，陸纜開挖區面積不大，工程又屬暫時性的，不至於造成其覓食棲地嚴重喪失。燕鴿在彰濱工業區有繁殖族群，不過是位於崙尾區內，與陸纜路線有相當距離；調查中記錄到的燕鴿僅為飛行經過，陸纜施工對其影響不大。紅尾伯勞在台灣西部為廣泛分布的冬候鳥，其會在道路附近活動，因此陸纜施工時會限制紅尾伯勞對該地點的使用；不過該區域適合紅尾伯勞的棲地很多，局部而暫時的施工應不至於造成顯著影響。

## 7.2.2 海域生態

目前在離岸風場海域生態方面研究的資料主要來自丹麥、德國、英國及瑞典等歐洲地區的研究，且多是零星個別生物之研究，對熱帶海域及整個生態系的影響程度所知仍相當少。國際自然保育聯盟(IUCN)曾評估離岸風機區可能對海洋生物可能之時間與空間影響以及程度詳見表 7.2.2-1。其影響程度目前尚無定論。根據目前歐洲已營運的甚多風場的調查研究與監測，目前並沒有太多或明顯的負面影響或報導。

**表 7.2.2-1 海上離岸風機施工及運轉對海洋生態及沿岸漁業可能之影響**

主要環境議題	影響程度 (1 低到 5 高)	衝擊大小估計(n.a=未評估)		
		空間	時間	風場內物種及群聚之嚴重性(-)或受益性(+)
施工時聲波影響	5	局部	n.a	小(-)
施工時之棲地改變或喪失	3	非常局部	短	大(-)
施工時之懸浮物擴散	1	廣	短	小(-)
運轉時噪音干擾	4	非常局部	長	小(-)
底拖網無法進入	5	廣	長	大(+)
人工魚礁的效果	3	局部	長	中(+)
電磁場	2	局部(洄游魚除外)	長	小(-)
撞擊風機	2	n.a	n.a	小(-)
噪音矇蔽生物發聲	2	局部	長	小(-)

[表中空間尺度上的等級：「非常局部」係指離風機 10 公尺，「局部」為 10-100 公尺，「廣」為 100-1000 公尺，「很廣」指 >1000 公尺；時間軸的等級：「短期」指的是只有在施工期間，「長期」則含營運期間；衝擊大小係指對群聚結構及其種數之影響，等級設有輕微(「小」)，中等(「中」)或顯著(「大」)]。

本計畫風場位置已避開保育類動物包括中華白海豚的最常出沒的淺海域以及 3 海浬外。潮間帶電纜鋪設位置也已避開重要的海岸溼地，根據目前國外的資料，負面影響大多是來自施工期間，長期營運所可能帶來的負面影響雖仍不能完全排除，但如果妥於規劃，則風機之建設反而可能會帶來一些正面之效果，包括：

1. 可以有效防止底拖這種破壞海底棲地，且不分對象魚種及大小的無選擇性的不永續的漁法，因此本風場的設置會妨礙底拖網的作業，故也多少能發揮防止底拖的功能。
2. 離岸風機本身的結構物及基座表面會有附著生物生長，可提供食物及路標的功能，可發揮「聚魚效應」來聚集魚類，可提高魚類的存活率。
3. 離岸風場多少會發揮「海洋保護區」的效果，使魚類可以有一個可以棲息及繁衍的場所或庇護所，提高存活率及成長率，當魚源多時會有溢出效應(spillover)而補充到附近的漁場，供漁民永續利用。
4. 海床機樁密度對水環境影響，首先是海床原先生態環境，由硬鋪面取代，但通常

來說影響範圍應低於 0.2%，應屬影響輕微，然而海床之機樁座及其保護設施，使其原先空曠的海域突然增加水中底棲生物及藻類生存的附著面及空間，其作用與人工魚礁相似。國外文獻報導丹麥 Horm's Rev OFW 自 2003 年即開始監測其風機機塔、基座、及基座保護設施之表面聚集海中生物的效果(Colonisation of foundation and associated structure)，第一次監測即發現機塔表面附著約 16 種海藻種群(taxa of seaweeds)聚集於機塔表面，總共約 65 種無脊底棲動物種群(invertebrate taxa)聚集於機座及其附屬保護設施之表面，水下機塔、基座及其附屬設施聚集水下生物效果非常明顯。基於以上說明機樁密度對水環境的確有正面及負面影響，大體來說及正面影響應高於其損失原鬆軟的海床的影響。

由於離岸風機在國內是新的能源開發政策，水下噪音及振動、電磁場對魚類的影響，過去國內幾乎無人研究。目前只能根據國外已有的經驗及相關的研究結果來作評估。根據國外已有的研究結果，已知離岸風機只有在施工打樁時的強烈音波對魚類有顯著的影響。而運轉時的噪音遠遠較打樁的工程噪音弱，只有在人工蓄養池內的試驗，因為魚類不能逃離又長期的暴露下才有影響(如虱目魚)。總之，離岸風機運轉的低頻噪音對魚類生理影響的研究並不多。既使有影響，推測也只會對若干聽的到的魚種有影響。其生物所需要的安全距離要有多遠，端視不同種類而異。風機完工運轉產生的低頻噪音，其音頻可能是 100-200Hz，而近距離內最大音壓也不會超過 140 分貝。除非處於發電機極近的距離內，生物才有可能聽見。但由於不同的魚種的聽覺曲線不同，故影響的程度也隨不同種類而異。由於國外已運轉多年的風機的基座附近有明顯的聚魚效果，因此推測風機運轉的噪音應對魚類沒有什麼影響。但是仍需未來持續的追蹤調查來證實。

目前台灣只有少數幾種本土海水魚種有聽覺曲線的資料，而在台灣西部海域的重要經濟魚種至少也有三、四十種以上。而聽覺曲線的測量必須要有足夠數量的活魚才能進行，因此這部分的調查研究尚待進行。今年 5 月起能源局已委請科技部開始進行相關研究。目前海大海生所及中研院細個所正在合作，剛設置並測試完成一套 ABR (Auditory Brainstem Response) 的儀器，可以開始蒐集風場附近主要魚種的活魚樣本來進行不同魚種聽力曲線的繪製及量測，在室內模擬打樁及營運時所產生的噪音對魚類的生理及內分泌的影響也會開始進行，但至少需等半年或一年的時間才會得到一些初步的結果。

至於電磁場對魚類的影響則應屬輕微，觀諸世界各國之研究，並無法得出「非游離性」電磁波(尤其是微波頻段)會危害人體的結論。風機的輸配電力的海纜如果外皮的包覆層的材料及屏蔽效果均佳且又埋在海床下時，基本上是可以阻絕或減少電磁波的釋放到水中。根據國外對已經營運的風機的調查研究報告結果並沒有發現電磁波會對周遭海洋生物有什麼明顯的影響，例如，尼斯泰茲(丹麥)的風力發電場的環境影響研究中指出，完善的電纜設計可以避免電磁波對當地魚類等生物遷徙行為的影響(review in Petersen & Malm 2006)。也因此這方面的研究在國外並沒有更多研究的投入。電磁波所產生的熱量均非常的低，既使會釋入海中也很快被海水所降溫，故對海洋生物及生態並不會造成任何影響。

根據國外離岸風機設置案例經驗，本計畫開發對於海域生態環境的影響不盡然是負面影響，施工期間雖然會對區域環境會產生短期的衝擊，但營運後由於風場範圍內已完成漁業權之補償，且網具漁業之施作不便，可以減少此區之漁獲量，而得到類似限漁或保護區的復育魚源的效果，再加上風機之底層及風機本身之結構能發揮的聚魚效應，反而使得海域生態資源或海洋生物多樣性的物種會更加豐富，以下就本計畫對海域生態之影響進行評估分析說明。

## 一、施工期間綜合評估

風機機組基座及海纜的鋪設的施工對海洋生態的影響主要包括打樁所產生的噪音、改變棲地環境及懸浮物擴散等三個方面。打樁時所產生的噪音或震波因音壓強，必定會對近距離範圍內的海洋生物造成影響或傷害。會游泳及爬行的海洋生物則會有逃離的行為，如果逃避不及，也有可能造成傷害，甚至死亡。本計畫場址均為沙泥底的環境，魚類多半為洄游性，不若岩礁棲性魚類是以定棲性的為主，故影響較小。且不論是生活在中表層或是底棲性的生物都會在打樁時逃離到一段距離之外。施工完畢後再游回來。在海床表面移動速度較慢的大型無脊椎動物，如棘皮動物或蝦蟹類，以及生活在底床下的底層動物則可能影響較大。

打樁必定會改變或破壞原來海床的地形地貌及底質，所影響的面積與整體發電風場海域範圍來比較是相對地很小，對於浮游動植物及中表層的游泳生物(nekton)影響程度輕微。對底棲生物而言，沙泥棲性軟底質海床的生物會離開施工中所影響或改變底質的地點，到可能離風機基座5到10公尺以外的範圍。另外打樁時在極小範圍內的沙泥或懸浮物會被揚起，而增加局部範圍內海水的濁度。在隨著海流的擴散在短時間內即可恢復正常。這些懸浮物質的濃度也不會太高或持久，故對於海洋生態的影響應可予以忽略。施工打樁的位置為一個點，噪音及震波的影響應遠大於所揚起的塵沙的影響。海纜的鋪橫跨深淺海區域，為有適當保護，本計畫採取適度埋纜的方式來佈設。佈設時會擾動海纜行經路線的海床，但本計畫海纜路徑均為沙泥底質，故海床生態應很快會復原。依據過去全球海纜鋪設的經驗已知其影響均屬輕微，也很快會恢復原狀。其次是上述的擾動僅發生於施工期間特定的時程，相較於長時期且作業頻繁的底拖網或掘網漁法對海床生態的破壞，兩者實難以相提並論。

## 二、營運期間綜合評估

營運階段結構表面可能會開始有許多附著生物的生長，進而產生聚魚及培育資源，增加生物多樣性的正面效果。換言之，原本是沙泥地的生態系或棲地會局部改變為岩礁性的生態系，使棲地的多樣性增加，因此棲地的改變應屬有利。風機在營運期間對海洋生物或生態造成負面影響，唯一較受到關切的可能是風機運轉時所產生的低頻噪音。但目前在這方面的研究甚少，只有歐美地區已經設置的離岸風機或風場有做過一些基礎魚類生理或現場監測的研究報告可供參考。只是目前大多是針對鯨豚、海龜和極少數經濟性的魚類有一些研究，其他海洋生物的研究則甚少。

有關營運風機噪音對水下生物之影響，目前初步結果為利用瑞典的離岸風力發電廠的水下錄音檔案來模擬未來的風力發電機組運轉噪音，發現長期的噪音雖可能造成魚類的緊迫，但是必須暴露在相當程度的音壓時才會發生。例如，虱目魚必須在相當於離機組1m之內的相對音壓才會導致血漿皮質醇(cortisol)濃度，與負責皮質醇合成的基因(11 $\beta$ -羥化酶; cyp11b1)的表現量上升。對於大鱗鰻而言，雖然長期處於運轉噪音環境中，胰島素生長因子(igf1)基因表現量有所下降。但是，若是短期暴露在如此強度的音壓下，無法造成血漿皮質醇含量的差異。根據前述實證及學理上的推論，風機運轉噪音雖有可能引起魚類的緊迫甚至死亡，但是目前的研究無肯定的結論。

電磁波方面，參考國外相關研究調查，風場電纜所產生之電磁場並不會對海豚有任何影響。

## 7.2.3 漁業資源

### 一、施工期間綜合評估

#### (一) 對魚類的影響

施工期打樁的音波對魚類影響研究尚少，如超過魚類聽覺閾值則會有明顯之逃離反應，如鮭、鱒在 2 及 0.6~2.5 公里半徑內。但大多數的資料都是溫帶的物種，熱帶及亞熱帶的種類甚多，但均尚未作研究。除成魚外，不同生活史時期，體長大小和不同種類間也會有差異。據推測由於仔稚魚游泳力弱，無逃避能力，故所受到的衝擊會較成魚大。許多底棲魚類如舌鰓科因缺乏泳鰓或退化，故對音壓的敏感性較中表水層洄游性魚類低，但對懸浮物之影響則相同。施工期間的打樁對魚類有驅離效應，但在施工完畢後，魚類大多就會回到風場內。至於究竟有哪些魚類會在風場的海域附近繁殖產卵？根據本研究調查利用 DNA 鑑定與魚卵和仔稚魚種類組成的初步成果來看，本風場在春季二月有白腹鯖以及藍圓鰺為產卵期，仔稚魚則為燈籠魚；夏季六月魚卵及仔稚魚主要均為圓花鰺；秋季八月的魚卵主要是紅尾圓鰺及大甲鰺等，仔稚魚為秋姑及雀鯛較多；冬季 11 月的魚卵以黃金鰭鰻及黃鰭棘鯛為最優勢，仔稚魚則為燈籠魚。當地的石首魚類如黃金鰭魚或及叫姑魚，也發現有魚卵和仔稚魚。雙線舌鰓、鯛科及比目魚類對聲音的敏感度也較低，推測所受到的影響也可能較少。

由刺網問卷的資料推斷彰化沿岸海域可能是舌鰓科、石首魚科及石鱸科為主要的經濟魚類在台灣西岸廣大的哺育場之一，根據過去 2003 年漁業署委託中山大學對台灣主要河川河口沿岸海域石首魚分布之研究，西部海域之石首魚種類及資源量均甚多，其生殖季多半在春至夏季。但因石首魚生殖時有發聲之行為，因此漁民利用聲響捕魚法，將正在產卵的親魚很快的即捕撈殆盡，目前的體型大、經濟價值高的石首魚資源量已式微，特別是日本銀身魚或、鮫魚、黃金鰭魚或、大黃魚等，而以叫姑魚屬或白姑魚屬等體型較小的魚種數量較多，這些魚的經濟價值較低，至於這些魚種確實之產卵場及產卵季目前仍無詳細之調查資料，只知整個台灣西海岸主要河川之外海均有成魚及稚魚或幼魚之分布，並非只集中在彰化濁水溪口或離岸風機場址之位置而已，因此未來在施工及營運應不致於對這些魚種造成太大的影響。至於被 IUCN 列為「易危(Vulnerable, VU)」的南方龍紋鱚，此魚種活動範圍從拂浪區到 30 公尺水深左右，游泳能力與活動力不強，屬底棲性軟骨魚，以沙泥底之蝦、蟹、貝、小型魚類為食，但對於此魚種的生活史與研究資料付之闕如，因此，施工對於此魚種的影響目前並不清楚，但未來海上風機設立下也許能因捕撈不便而間接保護南方龍紋鱚的族群數量。

#### (二) 對漁業各漁法的影響

根據調查目前風場海域並非彰化漁民底刺網、底拖網與一支釣作業方式獲得海域資源，以下就各漁法個別分析討論漁業可能的影響。

1. 刺網漁業(含浮刺網與底刺網)：此海域幾乎沒有浮刺網作業，也沒有底刺網作業(大陸漁船除外)，海上風機施工期間的施工船舶進出對彰化漁場海域的影響，主要為工作船活動區域會阻礙漁船、筏的海上航行，尤其是入漁期的刺網作業船筏，目前規劃的風場海域與漁民的傳統作業漁場完全不重疊，只在施工期間的工作船與漁民的海上作業船隻有碰撞的

風險，為使將來離岸風場設置工作的順利進行，施工期間將透過漁會公布工作船航行區，以使作業漁船和工作船維持一定的安全距離。

2. 底拖漁業(含單拖網與雙拖網)：此海域位於彰化唯一有底拖漁業的塹仔港距離約 28~32 海浬，航程約 3~3.5 個小時，本風場與底拖作業漁場不重疊，施工期間將透過漁會公布工作船航行區，以使作業漁船和工作船維持一定的安全距離。
3. 一支釣漁業：風場位於極外海，距王功港約 21~27 海浬，非一支釣休閒漁業的釣場。施工期間將透過漁會公布工作船航行區，以使作業漁船和工作船維持一定的安全距離。
4. 其他漁業(含地曳網、石滬、流袋網與待袋網)：此作業區皆位於潮間帶，所以風機的設立並不影響彰化其他漁業的作業。

### (三) 對漁民影響

1. 任何一座機組施工，在其周遭至少 500 公尺範圍內依國外慣例視為施工區(safetyzone)，除施工船舶外，任何其他船隻不得靠近，施工船及材料運送船舶往來於施工區，因此定會影響漁船航行路線或作業範圍，其影響程度視風場是否為魚場而定。如是重要魚場將影響漁民之魚獲量，如不是魚場亦可能增加漁船往來魚場之距離，因而增加其捕魚成本。
2. 風機基座及連接基座之電線電纜等施工作業，將造成施工噪音、水體混濁、以及海床破壞等負面影響，這些影響將促使魚群逃避施工區域。依據國外經驗(North Houle 風場)，魚群離開施工現場是短暫現象，對魚獲量影響程度有限，皆在自然季節變化的範圍內，因此認為影響應屬輕微。

## 二、營運期間綜合評估

### (一) 對魚類的影響

#### 1. 噪音震動

風力發電機組運轉時的噪音與震動和葉片設計、風機的構型與基座設計有關。以瑞典的離岸風場為例，一般而言，其主要噪音頻率為 600Hz 以下的寬頻噪音，以及 100-200Hz 共振。但隨著風機轉速的增加，接近 200Hz 的噪音會逐步增強，並突顯在背景噪音之上。過去該區域的研究報告曾提及，雖然風機施工時的打樁噪音會明顯影響當地魚類在近距離內的游泳行為，但是在相同音頻區間內的運轉噪音並不會造成魚類在行為與分布上的差異。此外，魚類可以聽到音波的距離或範圍隨不同魚種有不同聽覺曲線而有很大的差異，從聽不到至數十公里不等。利用養殖池進行風機噪音對魚類生理和內分泌影響的模擬試驗，發現長期的噪音雖可能會造成無法逃離魚類的緊迫，但是必須暴露在相當大的音壓的情況下才會發生。目前已知離岸風機運轉的噪音的音壓並不高，且會隨著距離衰減。故對魚類的影響較小。但由於日前缺乏本地魚類的聽覺曲線的資料(庫)，以及噪音對不同魚種生理或內分泌影響的生物參數資料(如閩域或荷爾蒙分泌或成長速度等)，也缺少風機實際在施工時打樁，或風機設置完成及運轉後，各項實地的音壓、音頻的檢測，以及當下魚類群聚組成，游泳行為及族群量大小等項目的監測，來做進一步之分析與驗證。因此目前的科學研究尚不足以論斷風機運轉的噪音對魚類究竟有多少影響。至少由目前歐洲已完成並運轉中的離岸風場的監測或研究資料來看，尚未見風機噪音對魚類有顯著衝擊的報告。

## 2. 電磁場

風場所產生的電磁場(EMF)可能可以經由輸電網絡傳送上岸，會影響電磁的因子很多，如電壓、電流、電纜之設計、海水鹽度等。一條交流(AC)之電纜之電磁場大概只有幾十公尺，而直流(DC)電纜之電磁場只有 0.5 公尺。若干海洋生物本身也會產生電磁場，這些對電磁場敏感的魚類、洄游的鯨豚、海龜可能可感受到的距離就更遠，故也有可能會改變其行為及洄游路徑。魚類中較敏感的應是軟骨魚類的鯊、魷及電鰻等會發電的魚，牠們利用電磁場來定位及覓食。有研究指出這些有電磁場能力的魚可在 300 公尺外即偵測到風機之電磁場，但究竟這是正或負的影響，則尚未可知。

在歐洲離岸風電的環評案，海域生態的電磁波影響調查普遍使用鯊魚、鰻科及鰻總目作為研究對象。以下是相關研究的摘要：

- (1) 依據丹麥能源局 Danish Energy Agency (2006)之研究，Nysted 離岸風場對於魚類沒有電磁波之影響，此外，根據 2014 年英國海洋管理機構的研究結論，有關海纜電磁場對於板鰓亞綱的影響”並無證據指出電磁波對於風場範圍內的板鰓亞綱或其數量有顯著影響，只要電纜埋深約 1 公尺，對於在幾公尺內的板鰓亞綱不太有驅離作用。
- (2) 最新於 2015 年之丹麥離岸風場(Kriegers Flak offshore wind farm)研究亦證實電磁場對魚類沒有顯著之影響。
- (3) 而德國之離岸風場及海底電纜相關環境影響評估亦沒有直接證據證明電磁波對魚類之影響。

因此，電磁場對魚類的影響屬輕微，觀諸世界各國之研究，並無法得出「非游離性」電磁波（尤其是微波頻段）會危害人體的結論。風機的輸配電力的海纜如果外皮的包覆層的材料及屏蔽效果均佳且又埋在海床下時，基本上是可以阻絕或減少電磁波的釋放到水中。根據國外對已經營運的風機的調查研究報告結果並沒有發現電磁波會對周遭海洋生物有什麼明顯的影響，電磁波所產生的熱量均非常的低，既使會釋入海中也很快被海水所降溫，故對海洋生物及生態並不會造成任何影響。

## 3. 人工魚礁

### (1) 國外文獻研究

一般魚礁的聚魚功能主要因素有 (Bohnsack,1989; Bohnsack&Sutherland,1985; Grove & Nakamura,1991)：

- A. 魚礁可改變海底地形，藉海流、潮汐、波浪等作用，造成水體上下混合與形成渦流，攪拌海底營養鹽類，增進浮游生物之繁殖孳生能力。
- B. 礁體之外表提供許多附著性生物 (如藻類和腔腸、海綿、軟體、環節等無脊椎動物)附著生長繁殖，能形成極佳的餌料場，吸引洄游性魚類的聚集、滯留。
- C. 魚礁本身之結構、堆放後之重疊效應及其表面附著性之生物所造成之孔隙、洞穴，成為底棲魚、貝、介類及仔稚魚棲息避敵場所，因而發揮培育資源效果。
- D. 魚礁表面及隱蔽處，可供給許多魚類黏著性卵、烏賊卵等附著孵化，孵化後之仔稚魚可獲得庇護成長之環境。

E. 可提供魚類洄游時定向的功能。

目前海上風力發電機組主要有分為兩大類，分別是傳統的固著式與新型的浮錨式。目前歐洲波羅的海與北海的離岸風力發電陣列多屬前者。然而，為了適應較深的海域或特殊的底質特性，近年來有研發另一種將承載發電機組的浮台錨定在海床上的設計。

但，不論是何種形式，固著於海床的基樁或者浮台等人造結構物都可能像海底的人工魚礁或中水層的集魚器(Fish aggregation device, FAD)一般誘集吸引魚群，甚至創造出新的人工生態棲所，這種魚礁效應，正是海上風力發電風場可廠帶來的一項潛在的正面影響。丹麥 Horns Rev 為全球最大離岸風場之一，位於水深不超過 20m 的淺水區。根據丹麥水產資源研究所的研究指出，將興建風場前與風機開始運轉後的水產資源數據進行比較發現，風機對於當地魚類並無不利之影響；同時這項研究也顯示出這些基礎保護的石頭結構可做為人工魚礁吸引魚群，且越靠近風機的地方，可發現越多的物種。許多國內外的研究報告都指出，設置人工魚礁可提供各類水產生物棲息、繁殖、索餌、洄游及躲避敵害的環境(Linley et al. 2007; Langhamer 2012; Ambrose & Anderson, 1990; Bohnsack, J. A. 1989; Bohnsack & Sutherland, 1985; Bohnsack et al. 1994; Chang et al. 1994; Pickering & Whitmarsh, 1997; Wilhelmsson D., 1998; Arena et al. 2007)。近十年來，針對離岸風機對海洋生態系魚類之影響的研究論文主要來自歐洲國家。Wilhelmsson et al. (2006) 研究離岸風電場是否如人工魚礁或聚魚裝置 (fish aggregation devices; FAD)之功能？是否會增加海域的魚類密度或是改變魚類群聚？他們的研究結果指出在風場鄰近海域的魚類豐度比外圍海域為高，但物種豐富度和 Shannon-Wiener diversity 之值在兩海域則相似。但是在貼近各組風力發電機海域（離風機設備 1m 之穿越線）的魚類群聚結構不同，並且總魚類豐度較高。Wilhelmsson et al. (2006)指出離岸風電場對於小型底棲魚類可能有作為人工魚礁和聚魚裝置之功能。Reubens et al. (2013) 分析 2009 至 2012 年，比利時外海(北海)風電場海域的魚類資料，其分析結果指出在風電場海域出現的 Atlantic cod (*Gadus morhua*) 主要年齡群為 I 和 II 歲魚，並且各測站間魚體的肥滿度沒有顯著差異；而 pouting (*Trisopterus luscus*) 主要年齡群為 0 和 I 歲魚，各測站間魚體的肥滿度也沒有顯著差異。與周緣砂底區域比較，這兩魚種在風電場海域的體型稍大，且胃飽滿指數也較高，胃內的食餌組成在兩海域也不同；沒有證據顯示風場人工魚礁海域對 Atlantic cod 和 pouting 有”ecological trap”的效應。Reubens et al. (2014) 研究離岸風電場對海床上層魚類生態學之影響，他們分析了 Atlantic cod (*Gadus morhua*) 和 pouting (*Trisopterus luscus*) 兩種魚類，其結果指出特定年齡群的 Atlantic cod 和 pouting 會季節性地被吸引而棲息在近離岸風機海域，他們呈現高度的棲地忠實性(site fidelity)，並且以表層優勢的種類為食餌。Reubens et al. (2014) 認為在海上風電場內不應允許有漁業活動。在另一案例中 (review in Petersen & Malm 2006)，位於丹麥與瑞典間的 Øresund 橋發現有魚礁效應，有大量的藍貽貝定居於橋柱上(Anonymous,



2005)。波羅的海中部 Kalmar 海峽的兩座風機也被報導具有魚礁效應，也有大量的藍貽貝定居於單樁基礎(monopoles)上，這類附著性生物的生長會產生更多細小的微棲地(micro-habitat)，為小型魚類，如黃體尻蝦虎(Gobiusculus flavescens)的幼魚，與甲殼類提供庇護所，對於魚礁效應來說，這是很重要的一部分(Wilhelmsson et al. 2006)。

沿海地區的硬基質(hard substratum)提供底棲生物定居和成長的各類型表面和小生境(microhabitats)，放置海床的人造固體結構就如同人工魚礁般會吸引魚類和其他海洋生物。風機的基座和沖刷防護的護壁是種硬基質，會增加當地的非均質性，並成為附着生物藉以定居的基質。目前，離岸風機有關的研究報告，主要以溫帶海域的海洋生物研究佔多數，離岸風機對熱帶和亞熱帶海域底棲魚類的影響程度，目前相關文獻十分缺乏。

依照目前歐洲風場營運經驗，無論何種型式的海底基礎，其水泥基座或上方的衍架部分都有類似方型水泥魚礁或鋼鐵礁的效果，且面積越大、生物種類與數量就越多，因此海底基礎可產生類似各式人工魚礁的保護與聚魚效應。以荷蘭 Egmond aan Zee 離岸風場採用單樁式基礎為例，水深 0~7 公尺處 90%表面覆蓋蚌殼類及海星，水深 7~15 公尺處則 100%全面覆蓋各式軟體動物，例如海葵、水螅蟲、牡蠣等。

## (2) 國內文獻研究

參考行政院農業委員會 99~103 年之科技計畫研究報告，參考 99 年報告名稱：為人工魚礁漁業效益調查及可行性評估，計畫編號：99 農科-8.5.2-漁-F1(1)，p.25~42 之內容。100~101 年報告無彰化鄰近海域之內容。參考 102 年報告名稱為：人工魚礁漁業效益調查及可行性評估，計畫編號：102 農科-11.2.2-漁-F1(2)，p.31~47 與 p.72~80 之內文。此外 102 年報告中並有彰化王功保護礁與崙尾保護礁的側掃聲納資料(p20~22)，顯示彰化王功保護礁區各不同魚礁的相對位置與分布，及 98 年設置水泥與電桿礁的細部分布與礁體堆疊率。魚礁的聚魚功能主要因素有：(1)魚礁可改變海底地形，藉海流、潮汐、波浪等作用，造成水體上下混合與形成渦流，攪拌海底營養鹽類，增進浮游生物之繁殖孳生能力；(2)礁體之外表提供許多附著性生物(如藻類和腔腸、海綿、軟體、環節等無脊椎動物)附著生長繁殖，能形成極佳的餌料場，吸引洄游性魚類的聚集、滯留；(3)魚礁本身之結構、堆放後之重疊效應及其表面附著性之生物所造成之孔隙、洞穴，成為底棲魚、貝、介類及仔稚魚棲息避敵場所，因而發揮培育資源效果；及(4)魚礁表面及隱蔽處，可供給許多魚類黏著性卵、烏賊卵等附著孵化，孵化後之仔稚魚可獲得庇護成長之環境。根據彰化縣鄰近南北各縣市的鋼鐵魚礁調查，可發現鋼鐵礁較能吸引與聚集，甚至保護更多的高經濟魚類棲息與繁殖。

本計畫風力機組基座自海底聳立，有效高度較一般人工魚礁更高，期望聚魚效果更佳。此外，由於目前的風場附近都無任何保護礁，最近的保護礁(王功、福寶)離本風場尚有 15 海浬，因此本風場未來可能單獨或與鄰近風場形成保護區的效應。根據多年來

在彰化魚礁區的調查推估，未來應可吸引與保護更多的高經濟魚類如石鱸科、笛鯛科、石鯛科、鮫科(石斑類)、臭肚魚科等魚類棲息與繁殖，未來風場也能因溢出效應而在設置後的數年為鄰近各縣市漁民帶來永續利用的保護礁效應。

### (3) 風機設置後對原生物種結構改變影響評估

風機是否會因數量多而改變原本的沙泥生態系及魚類組成，此一狀況發生機率可能不高。因風機之配置在機組之間距離大(至少 755 公尺以上)，且海床因基座設置永久改變之區域佔風場總面積 0.33~0.39%(以每座基礎海床面防淘刷保護面積 3,600 平方公尺計算)，因此整座風場並沒有大到足夠對原本棲息在兩風機設備間或兩風場間的沙泥底棲魚類的群聚改變的負面效應。根據國外 Stenberg et al. (2015) 研究北海 Horn Rev #1, 有 80 座風機的電場對魚類群聚的影響，他們利用多層刺網在離風機距離 0-100 公尺; 120-220 公尺; 230-330 公尺三個實驗站，及兩個沒有風機的對照站進行採樣的結果，發現魚種多樣性以靠近風機設備海域較高，風機設備有聚魚效應足以吸引偏好礁岩棲地的魚類棲息。雖然彰化外海的潛力風場多而密集，但在整個中西部的台灣海峽所佔的面積比例還是很低的。過去政府在西海岸投放過上萬個人工魚礁，也並未發現有魚類群聚結構有改變或石首魚類減少的現象。相較於廣闊的海域，風機基座在海中所佔的面積仍是極其渺小，除風機基座外的仍是廣闊可供石首魚科等泥沙底質魚類生存的廣大海域，同時風機基座帶來的生物多樣性增加也可能為周邊棲息的泥沙底質魚類提供更多的食物來源。因此推測風機基座可增加當地海域的生物多樣性與可利用的漁業資源量，對泥沙底質魚類的生存應無明顯的負面影響。風機是否會因數量多而改變原本的沙泥生態系及魚類組成，此一狀況發生機率可能不高。因風機之配置在機組之間距離大(至少 755 公尺以上)，且海床因基座設置永久改變之區域佔風場總面積 0.33~0.39%(以每座基礎海床面防淘刷保護面積 3,600 平方公尺計算)，因此整座風場並沒有大到足夠對原本棲息在兩風機設備間或兩風場間的沙泥底棲魚類的群聚改變的負面效應。根據國外 Stenberg et al. (2015) 研究北海 Horn Rev #1, 有 80 座風機的電場對魚類群聚的影響，他們利用多層刺網在離風機距離 0-100 公尺; 120-220 公尺; 230-330 公尺三個實驗站，及兩個沒有風機的對照站進行採樣的結果，發現魚種多樣性以靠近風機設備海域較高，風機設備有聚魚效應足以吸引偏好礁岩棲地的魚類棲息。雖然彰化外海的潛力風場多而密集，但在整個中西部的台灣海峽所佔的面積比例還是很低的。過去政府在西海岸投放過上萬個人工魚礁，也並未發現有魚類群聚結構有改變或石首魚類減少的現象。相較於廣闊的海域，風機基座在海中所佔的面積仍是極其渺小，除風機基座外的仍是廣闊可供石首魚科等泥沙底質魚類生存的廣大海域，同時風機基座帶來的生物多樣性增加也可能為周邊棲息的泥沙底質魚類提供更多的食物來源。因此推測風機基座可增加當地海域的生物多樣性與可利用的漁業資源量，對泥沙底質魚類的生存應無明顯的負面影響。

經查漁業署於彰化海域所投放的保護礁從民國 81~95 年，總計至

少有 4370 座 (2.6M 的十字型保護礁 2985 座、2x2M 電桿礁 1450 座，漁業署 105 年 4 月 17 日公告之彰化保護礁數量)，這並不包含 95~101 年間又陸續少量投放之鋼鐵礁(A、B 型，面積為 8~10 公尺見方，此資料未公告)。若只以漁業署公告的保護礁數量換算為目前單支風機(底面積)，約為 560~910 支風機，若換算為套筒支架式風機約為 1092 支風機，也就是說以投放的保護礁換算為未來風機數約為 560~1092 支風機數量，且現有保護礁涵蓋面積為目前風機的 1/4 不到，亦即換算為未來風機涵蓋海域面積，投放的保護礁約等於 2240~4368 支風機數量，其數量遠多於未來風機數的 2~3 倍，但過去漁業署多年來的漁業與魚礁調查，都未見也未發現這些大量的保護礁改變彰化沿岸沙泥地的魚類相，但卻增加了岩礁棲性的魚類。根據國外的研究報告也未發現比我們規模更大的風場在營運之後會有改變海底地形及底棲生物的現象。但無論如何我們自己的風場有自己的環境及生態特性，因此未來仍然需要再作持續的追蹤調查來了解及證實。

#### (4) 風機是否會增加外來種入侵的機會

至於人工魚礁是否會增加外來種入侵的機會，理論上應該不會。否則投放人工魚礁的政策在台灣已推動 40 年以上，投放達 22 萬座以上的 88 處海域，也還未發現有因此增加外來種的問題。海洋入侵種的入侵途徑通常是經由貨櫃輪的壓艙水，或是因為觀賞及養殖的目的而引進的外來水族生物，因為棄養、放生或天災等因素外逸到海洋中所造成的。因此外來種的問題和風機設置並沒有任何的關聯，不當的人為引進外來種才是真正的罪魁禍首。

#### (5) 風機是否會改變當地的底棲生物組成

風機設置後將改變風機周圍附近的底棲生物組成，因為魚礁表面的附著生物可以提供食物，以及提供了魚類庇護及躲藏的場所，增加了岩礁棲性的魚類來這裡棲息。在離開風機段距離，約 50-100 公尺之後，應不受影響。根據國外 Stenberg et al. (2015) 研究北海 Horn Rev #1, 有 80 座風機的電場對魚類群聚的影響，他們利用多層刺網在離風機距離 0-100m; 120-220m; 230-330m 三個實驗站，及兩個沒有風機的對照站進行採樣的結果，發現魚種多樣性以靠近風機設備海域較高，風機設備有類似人工魚礁之作用足以吸引偏好礁岩棲地的魚類棲息，但還不致於改變及影響原本沙泥底的魚相。換言之，這些增加的岩礁魚類並不會使沙泥棲性魚種的組成改變或減少，因為這些增加的岩礁魚類，他們在棲所、食物以及活動空間上均和原來當地沙泥棲性的魚類在生態區位 (guild)或資源分配(resource partitioning)上有所不同，而不會有相互排斥或競爭的負面效應，反而是加成的效果。過去在彰化一帶所投放過的人工魚礁雖有上萬座，但在廣大的台灣海峽的沙泥的海域面積裏，所改變底質型態的比例畢竟還是很低的，故應不足以造成生態系結構的改變。

### (二) 對漁業各漁法的影響

根據調查目前風場海域並非彰化漁民底刺網、底拖網與一支釣作業的利用海域，不過仍就針對各漁業的影響，分別說明如下。

1. 刺網漁業(含浮刺網與底刺網)：此海域幾乎沒有浮刺網作業，也沒有底刺網作業，彰化的漁業活動主要集中在沿岸 10~30 公尺水深的沿岸海域 (<12 海浬)，本計畫風場水深介於 30~50 公尺，且航程太遠，漁獲又差，因此並非彰化漁民刺網的作業場，屆時風場建置完成後，並不會影響彰化刺網漁民的作業，但風場之建置能抑制大陸籍的刺網船在近海海域作業。
2. 底拖漁業：漁業署規定底拖網漁業需在沿岸 3 海浬以外作業，本風場離岸最近距約為 45 公里，因航程太遠，漁獲又差，非當地的底拖經常作業區，因此未來風場興建並不會限縮到拖網船(單拖與雙拖)的作業，但風場之建置能抑制大陸籍的雙拖漁船在近海海域作業，也間接保護台灣近海的魚類群族。
3. 一支釣漁業：風場距王功港約 21~27 海浬，非一支釣休閒漁業的釣場。所以風機的設立並不影響彰化一支釣休閒漁業的作業，甚至可能因形成魚礁效應而變成魚類的庇護區。
4. 其他漁業(含地曳網、石滬、流袋網與待袋網)：此作業區皆位於潮間帶，所以風機的設立並不影響彰化其他漁業的作業。

彰化地區漁業作業海域寬廣，本風場離岸距在 45~55 公里，建置完成後並不會對於原本在此海域作業之刺網漁業及底拖網漁業會造成漁撈作業空間上的縮減或障礙，縣境內大部分之漁筏規模不大，活動能力相當有限，當地漁民的漁業活動大多侷限在近岸 12 海浬之內，鮮少冒險至本風場作業，但須留意台灣外縣市的捕蟹船與大陸漁船的作業，是否亦對本風場造成纜線與基座的損毀是必須謹慎考慮與評估的問題。

國外風場營運期間基於對風機及魚撈作業安全考量，通常於風場內禁止流刺網(draft nets)及拖網(trawls)等魚獲作業，本計畫風場亦不應例外。國外資料顯示基於禁止拖網及流刺網作業，加上機座聚魚效果將使風場成為比開發前更豐富的魚場，有助於風場周遭範圍的魚獲量，這將可能是風場營運時的正面影響。

### (三) 禁止漁船進入風場的影響

風場內如果能夠禁止漁船通行，即等同於禁止漁船進入風場內作業，應可發揮海洋保護區中最嚴格的完全禁漁區的功能。其好處是可以更快速有效復育魚類的資源，使魚類有個安全繁殖、覓食、庇護及成長的場所，有如水產銀行的本金一般，多出來的利息，即魚類會有如杯水滿溢般，游到風場的外圍，被漁民永續地利用。所以漁民並不會無魚可捕，只是要到風場的外圍或周邊去捕魚而已。又，若風場不禁止漁船通行，則又可分成准許或不准許捕撈，以及捕撈漁具、漁法、漁期、漁區及魚種等的不同的限漁措施。如果允許漁船通行而不准捕撈，則其成效或優缺點等同於上述的完全禁漁區，但是會增加漁船碰撞的風險。其減輕措施為需要設置漁船靠近的警告裝置。如果不禁止捕撈，則要看限漁的措施為何，限制愈多及管理愈嚴格，則資源復育的愈快愈好。但是漁民接受的意願會愈低。因此需要加強教育宣導或改採漸進式或折衷方案的限漁措施。過去漁業署規定在人工魚礁區內不准網具漁業，只准釣具漁業也是一種折衷的管理方式，但是可能會有加速過漁的疑慮(表 7.2.3-1)。

表 7.2.3-1 風場禁止或不禁止漁船通行之不同情境分析表

影響評估項目及減輕對策		禁止	不禁止
影響評估	通行	1.船隻無法直接穿越風場，需繞道避開 2.應可發揮海洋保護區中最嚴格的完全禁漁區的功能	船隻可直接穿越風場，無需繞道，惟船隻碰撞風機之機率可能會提高
	漁撈	1.漁船無法進入作業恐使漁民漁獲減少，而引起地方漁會、漁民反對等爭議 2.應可發揮海洋保護區中最嚴格的完全禁漁區的功能	1.仍有加速過漁的疑慮 2.使用網具類者需承擔網具纏絡於風機上之風險 3.雖不禁止捕撈，惟仍視限漁措施而有不同的情況，限制愈多及管理愈嚴格，則資源復育的愈快愈好，反之則相反情況。
	法規	現行法規規定： 1.距岸 3 哩內禁止拖網漁船作業 2.距岸 3~12 哩內禁止 50 噸以上之拖網漁船作業 除此之外並無相關規範，僅能透過與漁會、漁民協商或道德勸說	現行法規僅規範左述禁止事項
減輕對策	通行	1.補貼船隻繞道所增加之燃油費用 2.加裝警示設施	依據他國經驗，設置風場後，藉由海圖標繪及設置適當航標標識，可使風險降低
	漁撈	1.放流魚苗增進海域漁業資源 2.風場海域棲地改善，積極養護水產資源，讓魚類外溢至風場外	1.放流魚苗增進海域漁業資源 2.加強教育宣導或改採漸進式或折衷方案的限漁措施

### 三、除役期間

除役之施工期間，與風機施工期間對於漁業的影響類似，主要是工作船與漁民的海上作業船隻須避免碰撞的風險，為避免對漁民造成船隻與網具的損失，以及除役工作的順利進行，勢必於除役施工期間限制刺網作業船隻與一支釣船隻於工作船航行區，保持一段安全距離，而除役僅為短暫的影響。

## 7.2.4 鳥類生態

### 一、對海鳥的影響

目前 8 次海上調查所記錄到海鳥，包括大洋性鳥類（鷗形目與鰹鳥目）21 隻與燕鷗類 117 隻。大洋性鳥類活動的面積非常廣闊，推測風場開發對其造成的棲地喪失效應不至於太顯著；且這些物種大多貼近海面飛行，在本風場中觀測到的飛行高度記錄均在 5 公尺以下，因此大洋性鳥類即使進入運作中的風場，受到風機撞擊致死的危險性也很低。另依據本計畫 105 年進行的四季共 8 次的海上鳥類調查（分別於 2016 年春季（3、4、5 月）、夏季（7 月）、秋季（9、10、11 月）與冬季（12 月）進行），共記錄到的 65 筆飛行高度資料，結果顯示 83% 海上鳥類之飛行高度均在風機葉片旋轉高度（平均海平面 25 公尺）以下，因此鳥類飛行受到風機撞擊之可能性不高。另本計畫調查到之保育類鳥類包含白眉燕鷗和鳳頭燕鷗等，其飛行高度距離海平面大致均在 0~15 公尺之間，而本計畫葉片旋轉高度距離平均潮位海平面至少 25 公尺，因此未來風機興建完成後，白眉燕鷗、鳳頭燕鷗等保育類鳥類受到風機撞擊之可能性低，其飛行高度與視力應能避開相關的機組。

依據國外研究顯示，英國鳥類信託組織（British Trust for Ornithology, BTO）研究發現，99% 的鳥類會避開風力發電機組，該研究結果大大降低風力發電機組扇葉對鳥類的隱憂。儘管少部分的海鳥會誤闖，仍有大於 99% 的海鳥會改變飛行方向，避免飛進風力發電機組。另依據丹麥 Horns Rev 離岸風場，於 2003~2005 年進行的雷達調查，得到的鳥群南向和北向遷徙軌跡顯示（圖 7.2.4-1），海鳥一般都會改變飛行方向，避開風力發電機組，沿風場外圍飛行經過，因此鳥類受到風機葉片撞擊的可能性大大降低。

本計畫風場場址所記錄到的燕鷗，有可能是在澎湖群島繁殖的族群。相對於大洋性鳥類對棲地利用的替代性高，繁殖族群通常有特定的棲地使用，且其棲地使用的模式與至繁殖點的距離以及食物豐度有關。19 號風場距離澎湖群島約 26 公里，已有相當距離，依目前調查的結果燕鷗的相對數量並不算高，所造成的棲地喪失影響應有限。在本風場中所記錄到的燕鷗飛行高度均在 40 m 以下，而 19 號風場計畫採用 6MW~9.5MW 兩型風機，兩型的葉片旋轉高度均在 25 m 以上，且本計畫風機佈置之平行盛行風向間距至少為 7D（7 倍葉輪直徑）（亦即 6MW 佈置間距至少 1,057m；8 MW 佈置間距至少 1,148m），而非平行盛行風向間距至少 5D（5 倍葉輪直徑）（亦即 6MW 佈置間距至少 755m；9.5 MW 佈置間距至少 820m），風機間留設有足夠空間，可提供鳥類飛行通過。因此燕鷗受到風機撞擊致死的危險性應不高。惟目前調查積累的樣本數有限，且本風場出現的 6 種燕鷗中有白眉燕鷗、鳳頭燕鷗、玄燕鷗和小燕鷗皆為珍貴稀有保育類，應持續關注風場開發對燕鷗生態的影響。

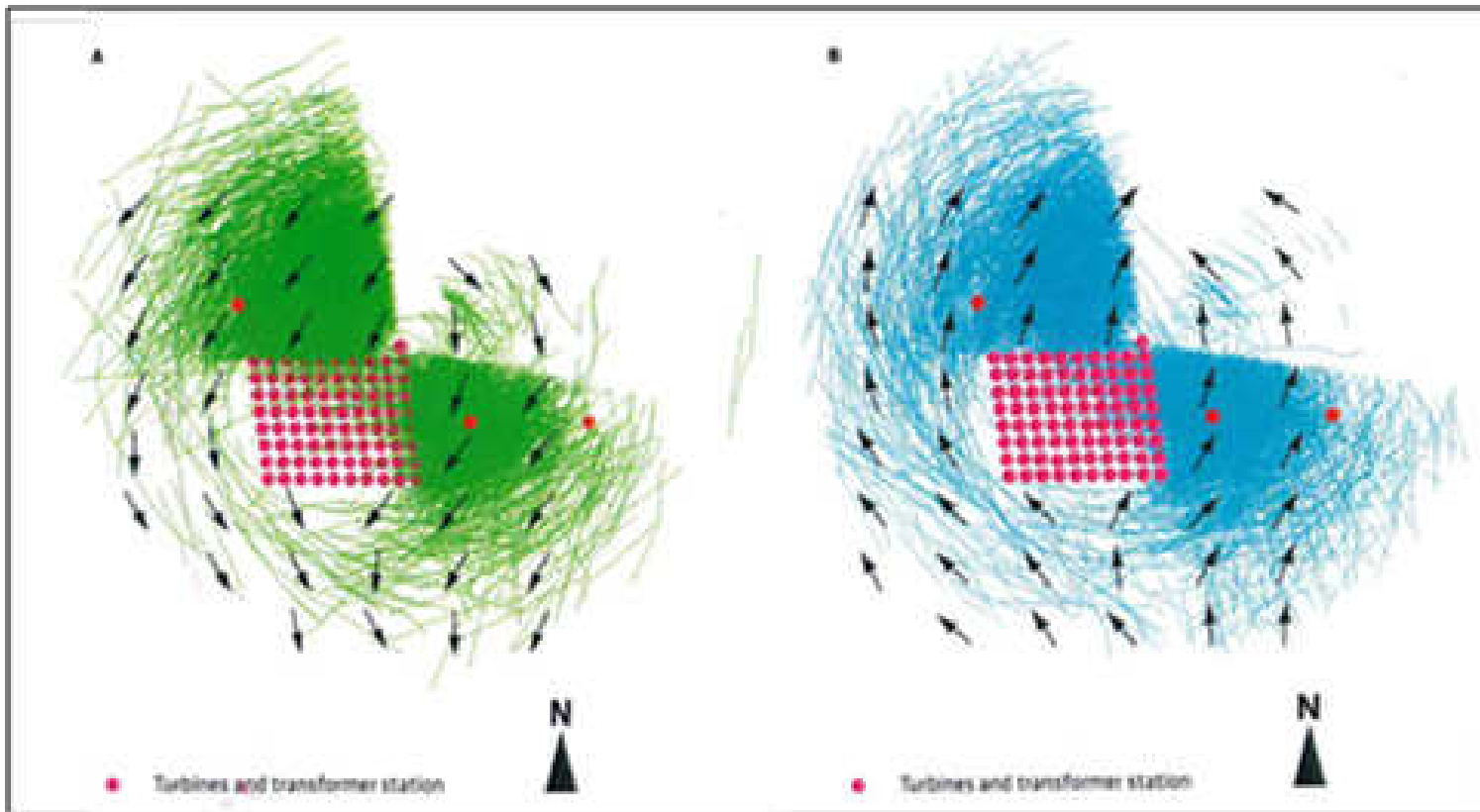


圖7.2.4-1丹麥Horns Rev離岸風場2003~2005年鳥類雷達調查結果

## 二、對候鳥的影響

大城濕地和濁水溪口是重要的候鳥棲息地。以鄰近本計畫的大城濕地海岸為例，即同時名列國家重要濕地以及國際重要野鳥棲地，是高度受到各界重視的地點。連同彰濱工業區，本計畫的 8 次岸鳥調查記錄了超過 9 萬隻次的鳥，並記錄到黑面琵鷺、東方白鸛、遊隼、小燕鷗、黑嘴鷗、彩鷗、黑翅鳶、東方澤鷗、唐白鷺、魚鷹、紅隼、短耳鴉、灰面鵟鷹、鳳頭燕鷗、大冠鷺、燕鵻、大杓鷗和紅尾伯勞等保育類物種，顯見本區域海岸的重要性。

臺灣位處於東亞候鳥遷徙途徑上的中繼點，每年秋、冬季節候鳥經此南下過境，也有大量候鳥停留度冬。候鳥度冬的主要路徑，一個是從西伯利亞途經韓國、日本至台灣；二是從西伯利亞經大陸沿岸至台灣。

本計畫風場距離海岸約 45~55 公里，雖不會對鳥類在海岸的活動造成直接衝擊，但這些候鳥的遷徙路線是直穿海峽通過風場、或是由台灣南北端出入並沿海岸飛行，目前相關資訊極度匱乏。本計畫在進行海上船之調查時，曾在風場內記錄到魚鷹、紅領瓣足鷗、家燕等 3 種候鳥，以及為數不少的鷗鵻類，顯示至少有部分鳥種的遷徙會通過風場；雖然目前所記錄到的種類與數量均不多，且飛行高度均低於風機葉片的旋轉高度，但已知大部分的鷗鵻類及燕雀目候鳥主要在夜間遷徙，這些候鳥的遷徙路線是否通過風場、通過的族群數量、飛行的高度等均屬未知，未來需持續關注這些議題。

## 三、鳥類撞擊評估

### (一) 評估方法

進行鳥類撞擊風險評估，必須 (1) 經由實地調查獲取風場範圍內各季/各月的鳥類物種及密度；(2) 蒐集分析模式所需的各項參數，包括各鳥種的形值、風場的配置與風機的設計等；以及 (3) 結合以上資訊運用數學模式估算撞擊風險。本風場已於 2016 年 3 月至 12 月間共進行 4 季 8 次的海上鳥類調查以獲取鳥類密度，並採用在歐洲最為廣泛使用的 Band Model (Band 2012, Masden 2015) 進行模擬。以下針對這些方法進一步說明：

#### 1. 海上鳥類調查

船隻調查 (boat survey) 是普遍應用於海洋環境的生物調查方式 (Camphuysen et al. 2004)。研究者根據樣區的大小，以各風場連同其周邊 1 km 的緩衝區為範圍，設立可充分涵蓋樣區的穿越線，使用船隻等速 (約 12 km/h) 行駛於穿越線並記錄沿線出現的鳥類。

每船至少有兩名經過訓練的調查員，配備 GPS、具雷射測距功能之雙筒望遠鏡以及具 400 mm 以上望遠鏡頭之單眼數位相機。調查員們在船隻進行期間持續掃視周邊，如發現鳥類活動時，即記錄鳥類的種類、數量、飛行方向與飛行高度等，並記錄觀測者的 GPS 座標以及與鳥類出現位置的方位角。座標與方位角值將後續處理以轉換成鳥類的位置座標，並計算其與穿越線的垂直距離。由於海鳥通常距離遙遠且飛行迅速，不容易在海上即時判別物種，因此儘可能以長鏡頭對所有出現的鳥類做拍照記錄，以便進一步做鳥種鑑定。

調查所得的數據依距離採樣法 (distance sampling) 估算各鳥種在風場中之密度 (Buckland et al. 1993)。由於鳥類被偵測到的機率與其和穿越線的距離有關，且不同鳥種由於體型、飛行方式等差異，其偵測機率對出現距離的函數 (detection function) 也會各有不同，因此需先對各鳥種分別建立此函數，推算出有效偵測寬度 (effective stripe width) 並對實



際記錄到的數量進行校正，方能可靠估算密度。而若只根據單一風場內的調查資料，所得各鳥種的記錄筆數並不足以建立偵測機率對距離的函數；因此採用福爾摩莎海上資料庫的數據來進行此函數的推導，此資料庫彙整了福爾摩莎自然史資訊公司在台灣海峽東北段所有的海上鳥類調查記錄。函數的推導以及各風場各月的鳥類密度計算主要以 R 統計軟體之 Rdistance 模組進行 (McDonald et al. 2015)。

## 2. 模式相關參數

### (1) 風場配置與風機物理參數

進行撞擊模式運算需要多項風機相關參數，包括風機高度、風機葉片長度、葉片最大寬度，葉片旋轉速度與葉片斜角等 (圖 7.2.4-2)，依風機規格而有所不同。

**表 7.2.4-1 海龍 2 號風場之相關參數**

風機配置	單機發電容量 (MW)	總裝置容量 (MW)	旋轉區半徑 (m)	最大旋轉速度 (rpm)	葉片最低高度 (m)
配置 I	6	378	75.5	11.5	25
配置 II	8	532	82	15	25

### (2) 鳥類生物參數

進行撞擊評估需要鳥類的飛行高度分布、體長、翼展、飛行速度等資訊。其中各鳥種或種群的飛行高度分布導自福爾摩莎自然史資訊公司的海上資料庫。鳥類的體長與翼展等資訊參考自台灣野鳥圖鑑 (吳等 1999)、台灣鳥類誌 (劉等 2012) 以及台灣野鳥手繪圖鑑 (蕭與李 2015)。至於鳥類的飛行速度，由於相關文獻不多，因此採用 Alerstam et al. (2007) 針對 138 種鳥類的飛行速度 (m/sec) 與體重 (kg) 所推算出之關係方程式，以鳥類之體重預估其飛行速度，其方程式如下：

$$\text{飛行速度}(v) = 15.93 \times (\text{體重})^{0.13}$$

### 風場參數

1	總裝置容量 (MW)	Target power
2	風場全年之平均風速 (m/s)	Wind speed, mean
3	風速年標準差	Wind speed, std

### 風機參數

4	單機發電量 (MW)	Output power
5	旋轉速度 (rpm)	Rotation speed
6	旋轉速度標準差	Rotation speed, std
7	轉子半徑 (m) $a$	Rotor radius
8	葉片最低高度 (m) $b$	Min. tip height
9	葉片最大寬度 (m) $c$	Max. chord
10	預期風機運作時間 (%)	Turbine operation time
11	葉片角度 (degree)	Pitch

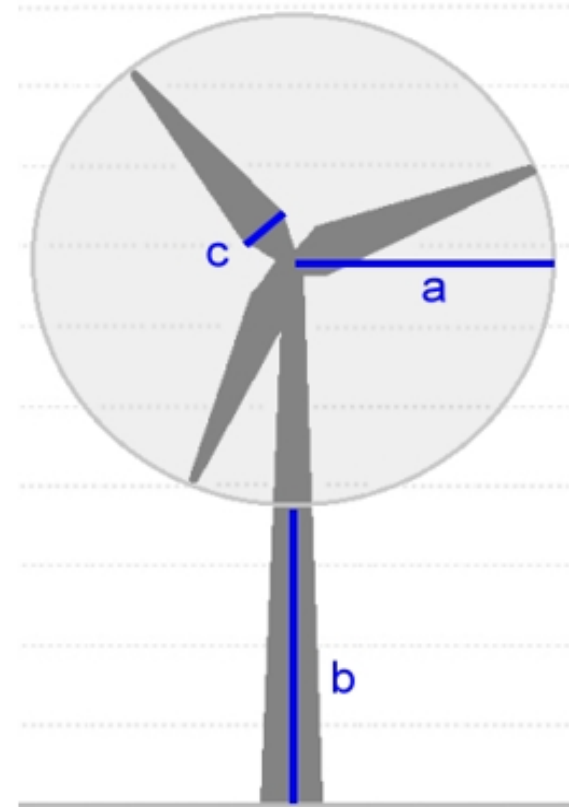


圖7.2.4-2 進行Band model模擬所需之各項風機參數

### 3. Band Model

過去 20 年來，透過模擬運算以預測鳥類受風機撞擊風險的模式不下 10 種。在此採用的是由蘇格蘭自然遺產 (SNH) 和英國風能協會 (British Wind Energy Association) 所發展的撞擊模式。此模式最早建立於 2000 年，後來經過 Band 的數次改良使其能應用於海上風場 (Band 2012)，因此一般稱為「Band Model」，是最普遍使用的撞擊模式。

#### (1) 通過風機葉片旋轉區的鳥類隻數

在此模式最基本的設定中，通過風機葉片旋轉區的鳥類隻數估算，是將船隻或航空調查所得的鳥類密度 (DA)，轉換成鳥類通行流量 (Bird Flux, FL)，即在單位時間內通過單一風機葉片旋轉範圍內的鳥類數量。然後再將鳥類通行流量乘以風場內機組總數量以及鳥類活動的時間 (t)，即可得到通過風場內整個風機葉片旋轉區的鳥類隻數，其方程式如下：

通過風機葉片旋轉區的鳥類總隻數 (Np)

$$= FL \times N \times t$$

$$= \left( v \times \frac{DA \times Q_{sR}}{2R} \right) \times N \pi R^2 \times (t_{day} + f_{night} \times t_{night})$$

其中 R = 風機葉片半徑，v = 鳥類飛行速度，N 為風場內的風機總數量，t<sub>day</sub> 和 t<sub>night</sub> 則分別代表鳥類在白天與夜晚的活動時間，f<sub>night</sub> = 夜間活動係數 (nocturnal activity factor)，分為 0%、25%、50%、75% 與 100% 五個等級。夜間活動係數視目標物種而有所差異，而即使是同一個鳥種，在不同地區或不同階段 (i.e. 遷徙或繁殖期) 也會有所不同，必須有地區性的觀察或研究提供相關資訊，或者借助專家意見以定義之。

#### (2) 撞擊機率與迴避率

##### A. 撞擊機率

鳥類通過單一風機葉片旋轉範圍時的撞擊機率，取決於鳥類的體長 (l)、翼展 (w)、飛行速度 (v)，以及風機的葉片寬度 (c)、與機組的夾角 (γ) 與旋轉速度等 (Ω)。在將鳥的體型簡化為對稱十字，以及風機葉片沒有厚度的兩個前提下，當鳥進入風機葉片旋轉範圍內時，在距離中心點 r 處的碰撞機率為：

$$p(r) = (b\Omega/2\pi v) [ K | \pm c \sin\gamma + \alpha c \cos\gamma + \begin{matrix} 1 \text{ for } \alpha < \beta \\ w\alpha F \text{ for } \alpha > \beta \end{matrix}$$

b 是單一風機的葉片數目，β = 鳥類的展弦比 (i.e. l/w)，α = v/rΩ。F 則與鳥類的飛行行為相關；當目標物種以拍翅飛行為主時，F = 1，若其為滑翔飛行，則 F = (2/π)。

將以上方程式由中心點至葉片末端，以 r/R = 0.05 的區段積分起來，便是鳥類通過風機葉片旋轉範圍任一位置的平均撞擊機率 (Pc)，即：

$$Pc = 1/(\pi R^2) \iint p(r, \emptyset) r dr d\emptyset = 2 \int p(r) (r/R) d(r/R)$$

其中 ∅ 為鳥類與葉片平面之垂直夾角，當鳥在葉片之上，∅ = 0，而當鳥位於葉片之下，∅ = π。

蘇格蘭自然遺產組織所提供的風機撞擊機率試算表是以物種

為單位；在某些情況下，例如因氣候不佳造成能見度不足，或者當地鳥類通過風場時大量混群，難以辨識到物種的層級，可考慮計算出各個優勢物種的風機撞擊機率，取平均值作為後續運算的參數值。

#### B. 迴避率 (Avoidance rate)

大多數鳥類對於風機會表現出迴避行為 (Desholm & Kahlert 2005, Plonczkier & Simms 2012)，降低實際的風機撞擊死亡風險，因此除了原始的鳥類風機撞擊死亡隻數外，也應在考量鳥類對於風機迴避行為的情況下，評估鳥類風機撞擊風險，以提供決策者參考。鳥類的迴避行為會隨著風場地點與目標物種而有所不同，蘇格蘭自然遺產組織 (2010) 提供 25 種已進行相關研究鳥種的迴避率供參考，而對於其他缺乏相關資訊的物種，則建議在評估鳥類風機撞擊風險時採用 98% 的迴避率。

#### (3) 誤差範圍

Band (2012) 指出，此模式的誤差來源主要來自於三個部分：(1) 鳥類飛行資料本身的變異；(2) 模式簡化；(3) 風場內機組空間配置的不確定性等等。此三個來源的誤差值應該各自評估後，以下列方程式整合成一個整體的誤差範圍：

$$\text{整體誤差範圍} = \sqrt{(u_1^2 + u_2^2 + u_3^2)}$$

$u_1^2$ 、 $u_2^2$ 、 $u_3^2$  各自代表不同來源的誤差範圍，以百分比表示。

然而，在實際情況下，來源 (1) 與 (3) 的誤差範圍往往缺乏數據可以量化，而因模式簡化對於鳥類風機撞擊死亡所造成的影響，大約是±20%左右。

### (二) 模擬結果

由於對於本分析中所涉及各鳥種缺乏迴避率的數據可參考，在此對所有鳥種均採用 98% 與 99% 二個迴避率值分別進行計算，以瞭解不同可能情況下的撞擊風險。而由於全年僅進行八次調查，在春、秋的六個月份中為每月一次，在夏季與冬季則為三個月一次；因此模擬出每月的撞擊隻數估值後，需將夏季與冬季的月撞擊隻數分別加乘 3 倍，再與春、秋各月的撞擊隻數相加，以得到約略的全年撞擊隻數估值，評估結果詳表 7.2.4-2 及表 7.2.4-3。

#### 1. 本計畫單獨評估

- (1) 以 6MW 風機配置、0.98 的迴避率進行保守評估，則海龍二號風場保育類全年的撞擊量估值分別約為玄燕鷗 9 隻、白眉燕鷗 31 隻和鳳頭燕鷗 1 隻。
- (2) 以 8MW 風機配置、0.98 的迴避率進行保守評估，則海龍二號風場保育類全年的撞擊量估值分別約為玄燕鷗 8 隻、白眉燕鷗 25 隻和鳳頭燕鷗 1 隻。
- (3) 就鳥種而言，風場範圍內以鷓鴣類與燕鷗類鳥種遭受到風機撞擊的年隻次相對其他鳥種較多。
- (4) 就季節分布而言，九月發生的鳥類撞擊隻次相對較多，其次為三月。九月受到衝擊的主要鳥種為燕鷗類，三月則以遷徙通過的鷓鴣

鴿類為主。

(5) 就風機配置而言，8MW 配置所造成的鳥類撞擊量較 6MW 配置少，不過差異並不大。使用 8 MW 的風機，單支風機的旋轉半徑略大，轉速也較快，會對鳥類造成較大的威脅，但其所需架設的風機支數較少，因此導致的整體衝擊略小。

## 2. 海龍二號、三號合併鳥類撞擊評估

本計畫已針對海龍二號和海龍三號風場進行合併鳥類撞擊評估分析，若以二風場合計，採用 6MW 風機配置、0.98 的迴避率進行保守評估，則保育類全年的撞擊量估值分別約為魚鷹 3 隻、小燕鷗 <0.1 隻、玄燕鷗 23 隻、白眉燕鷗 56 隻和鳳頭燕鷗 5 隻。

不過，SNH 所建議的 0.98 的迴避率，這在燕鷗類可能是相當保守的數值。由於燕鷗類的飛行駕馭力極佳，因此通常可以有很好的微觀迴避行為，根據歐洲數個風場的監測結果 (SmartWind 2015)，小燕鷗 (*Sternula albifrons*)、普通燕鷗 (*Sterna hirundo*) 和白嘴端燕鷗 (*Thalasseus sandvicensis*) 的迴避率都在 0.99 以上。若將 0.99 的迴避率應用於鳳頭燕鷗與白眉燕鷗，則預估的死亡率變化可減少，這可能較接近實際情況。

### (三) 衝擊分析

#### 1. 風機配置與鳥種類群

海龍 2 號與 3 號風場在不同風機配置下、各類群鳥種之年撞擊隻次如圖 7.2.4-3 所示。海龍 3 號風場導致的全年鳥類撞擊隻次高於海龍 2 號。海龍 2 號中風機配置 I (6 MW 風機) 所造成的鳥類撞擊量大於配置 II (8 MW 風機)，海龍 3 號中則是配置 II (8 MW 風機) 所造成的鳥類撞擊量略高於風機配置 I (6 MW 風機)，不過差異不大。在兩風場中，皆是繁殖海鳥遭受的年撞擊隻次最高，其次為遷徙性水鳥。非繁殖海鳥與遷徙性陸鳥遭受風機撞擊的數量相當少。

#### 2. 季節變化

海龍 2 號與 3 號風場在不同風機配置下、各月發生之鳥類撞擊隻次如圖 7.2.4-4 所示。兩風場中，兩種不同的風機配置在各月份導致的鳥類撞擊量均相當近似。在兩風場中，都是以 9 月為撞擊事件最多的月份，其次為 3 月。在 9 月及 3 月這兩個撞擊事件的高峰期，海龍 3 號風場發生的鳥類撞擊數量都較海龍 2 號高出許多；在 4 月及 7 月，海龍 2 號造成的撞擊事件則略多於海龍 3 號；在兩個風場中，10、11、12 三個月份均是鳥類撞擊事件最少的時期。

表 7.2.4-2 風機配置 6MW 時各物種各月之撞擊隻次(單獨評估)

迴避率: 0.98											
中文名稱	英文名稱	學名	3月	4月	5月	7月	9月	10月	11月	12月	全年估值
穴鳥	Bulwer's Petrel	<i>Bulweria bulwerii</i>			<0.1						<0.1
黑背白腹穴鳥	Tahiti Petrel	<i>Pseudobulweria rostrata</i>					<0.1				<0.1
大水薙鳥	Streaked Shearwater	<i>Calonectris leucomelas</i>		<0.1				<0.1			<0.1
紅領瓣足鷗	Red-necked Phalarope	<i>Phalaropus lobatus</i>					<0.1				<0.1
未知鷗鵲類	Unknown shorebirds	Charadriiformes spp.	13.2								13.2
玄燕鷗	Brown Noddy	<i>Anous stolidus</i>					8.9				8.9
白眉燕鷗	Bridled Tern	<i>Onychoprion anaethetus</i>		0.9	0.4	7.7	6.7				31.2
黑腹燕鷗	Whiskered Tern	<i>Chlidonias hybrida</i>		5.3							5.3
燕鷗	Common Tern	<i>Sterna hirundo</i>					1.4	1.2			2.5
鳳頭燕鷗	Great Crested Tern	<i>Thalasseus bergii</i>		1.1							1.1
未知燕鷗	Unknown terns	Sterninae spp.					26.6				26.6
家燕	Barn Swallow	<i>Hirundo rustica</i>		<0.1							<0.1
合計			13.2	7.3	0.4	7.7	43.6	1.2	0	0	89
迴避率: 0.99											
中文名稱	英文名稱	學名	3月	4月	5月	7月	9月	10月	11月	12月	全年估值
穴鳥	Bulwer's Petrel	<i>Bulweria bulwerii</i>			<0.1						<0.1
黑背白腹穴鳥	Tahiti Petrel	<i>Pseudobulweria rostrata</i>					<0.1				<0.1
大水薙鳥	Streaked Shearwater	<i>Calonectris leucomelas</i>		<0.1				<0.1			<0.1
紅領瓣足鷗	Red-necked Phalarope	<i>Phalaropus lobatus</i>					<0.1				<0.1
未知鷗鵲類	Unknown shorebirds	Charadriiformes spp.	6.6								6.6
玄燕鷗	Brown Noddy	<i>Anous stolidus</i>					4.5				4.5
白眉燕鷗	Bridled Tern	<i>Onychoprion anaethetus</i>		0.4	0.2	3.9	3.4				15.6
黑腹燕鷗	Whiskered Tern	<i>Chlidonias hybrida</i>		2.7							2.7
燕鷗	Common Tern	<i>Sterna hirundo</i>					0.7	0.6			1.3
鳳頭燕鷗	Great Crested Tern	<i>Thalasseus bergii</i>		0.6							0.6
未知燕鷗	Unknown terns	Sterninae spp.					13.3				13.3
家燕	Barn Swallow	<i>Hirundo rustica</i>		<0.1							<0.1
合計			6.6	3.7	0.2	3.9	21.8	0.6	0	0	44.5

表 7.2.4-3 風機配置 8MW 時各物種各月之撞擊隻次(單獨評估)

迴避率: 0.98											
中文名稱	英文名稱	學名	3月	4月	5月	7月	9月	10月	11月	12月	全年估值
穴鳥	Bulwer's Petrel	<i>Bulweria bulwerii</i>			<0.1						<0.1
黑背白腹穴鳥	Tahiti Petrel	<i>Pseudobulweria rostrata</i>					<0.1				<0.1
大水薙鳥	Streaked Shearwater	<i>Calonectris leucomelas</i>		<0.1				<0.1			<0.1
紅領瓣足鷗	Red-necked Phalarope	<i>Phalaropus lobatus</i>					<0.1				<0.1
未知鷗鵲類	Unknown shorebirds	Charadriiformes spp.	11.6								11.6
玄燕鷗	Brown Noddy	<i>Anous stolidus</i>					7.7				7.7
白眉燕鷗	Bridled Tern	<i>Onychoprion anaethetus</i>		0.7	0.3	6.1	5.3				24.5
黑腹燕鷗	Whiskered Tern	<i>Chlidonias hybrida</i>		4.6							4.6
燕鷗	Common Tern	<i>Sterna hirundo</i>					1.0	0.9			1.9
鳳頭燕鷗	Great Crested Tern	<i>Thalasseus bergii</i>		0.8							0.8
未知燕鷗	Unknown terns	Sterninae spp.					23.0				23.0
家燕	Barn Swallow	<i>Hirundo rustica</i>		<0.1							<0.1
合計			11.6	6.1	0.3	6.1	37.1	0.9	0	0	74.2
迴避率: 0.99											
中文名稱	英文名稱	學名	3月	4月	5月	7月	9月	10月	11月	12月	全年估值
穴鳥	Bulwer's Petrel	<i>Bulweria bulwerii</i>			<0.1						<0.1
黑背白腹穴鳥	Tahiti Petrel	<i>Pseudobulweria rostrata</i>					<0.1				<0.1
大水薙鳥	Streaked Shearwater	<i>Calonectris leucomelas</i>		<0.1				<0.1			<0.1
紅領瓣足鷗	Red-necked Phalarope	<i>Phalaropus lobatus</i>					<0.1				<0.1
未知鷗鵲類	Unknown shorebirds	Charadriiformes spp.	5.8								5.8
玄燕鷗	Brown Noddy	<i>Anous stolidus</i>					3.9				3.9
白眉燕鷗	Bridled Tern	<i>Onychoprion anaethetus</i>		0.3	0.1	3.0	2.6				12.2
黑腹燕鷗	Whiskered Tern	<i>Chlidonias hybrida</i>		2.3							2.3
燕鷗	Common Tern	<i>Sterna hirundo</i>					0.5	0.4			1.0
鳳頭燕鷗	Great Crested Tern	<i>Thalasseus bergii</i>		0.4							0.4
未知燕鷗	Unknown terns	Sterninae spp.					11.5				11.5
家燕	Barn Swallow	<i>Hirundo rustica</i>		<0.1							<0.1
合計			5.8	3.0	0.1	3.0	18.5	0.4	0	0	37.1

### 3. 保育類鳥種的撞擊數量

2016 年的 8 次海上調查中，在海龍 2 號風場共記錄有玄燕鷗、白眉燕鷗與鳳頭燕鷗三種二級保育類，在海龍 3 號風場則觀察到魚鷹、小燕鷗、玄燕鷗、白眉燕鷗與鳳頭燕鷗五種二級保育類。兩風場中各保育類鳥種各月份的撞擊隻次如圖 7.2.4-5 所示（由於 6 MW 與 8 MW 兩種風機配置導致的鳥類撞擊模式非常近似，以下只顯示 6 MW 風機配置的分析結果）。

在兩風場中，發生撞擊事件最多的保育類鳥種均是白眉燕鷗，其次為玄燕鷗，再其次為鳳頭燕鷗。白眉燕鷗的撞擊事件從四月到九月均會發生，在海龍 2 號風場內以七月及九月較頻繁，在海龍 3 號風場中則集中在九月；玄燕鷗的撞擊事件在兩風場中均只出現在秋季初期（九月）；鳳頭燕鷗則反之，僅出現在春季（四月）。

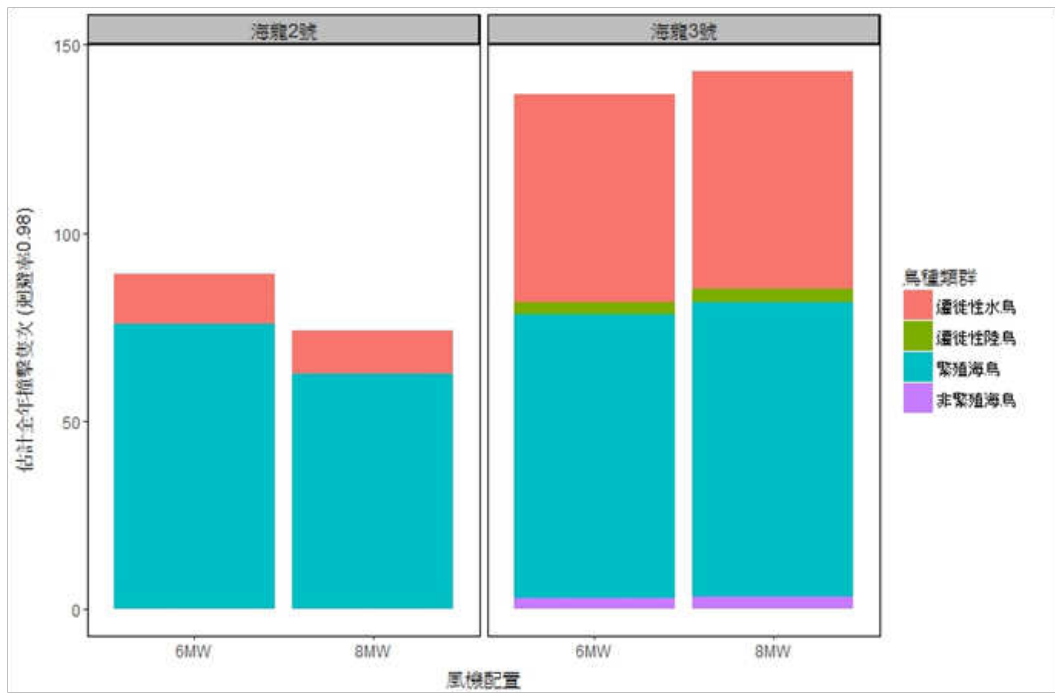


圖7.2.4-3 不同風機配置下各類群鳥種之年撞擊隻次

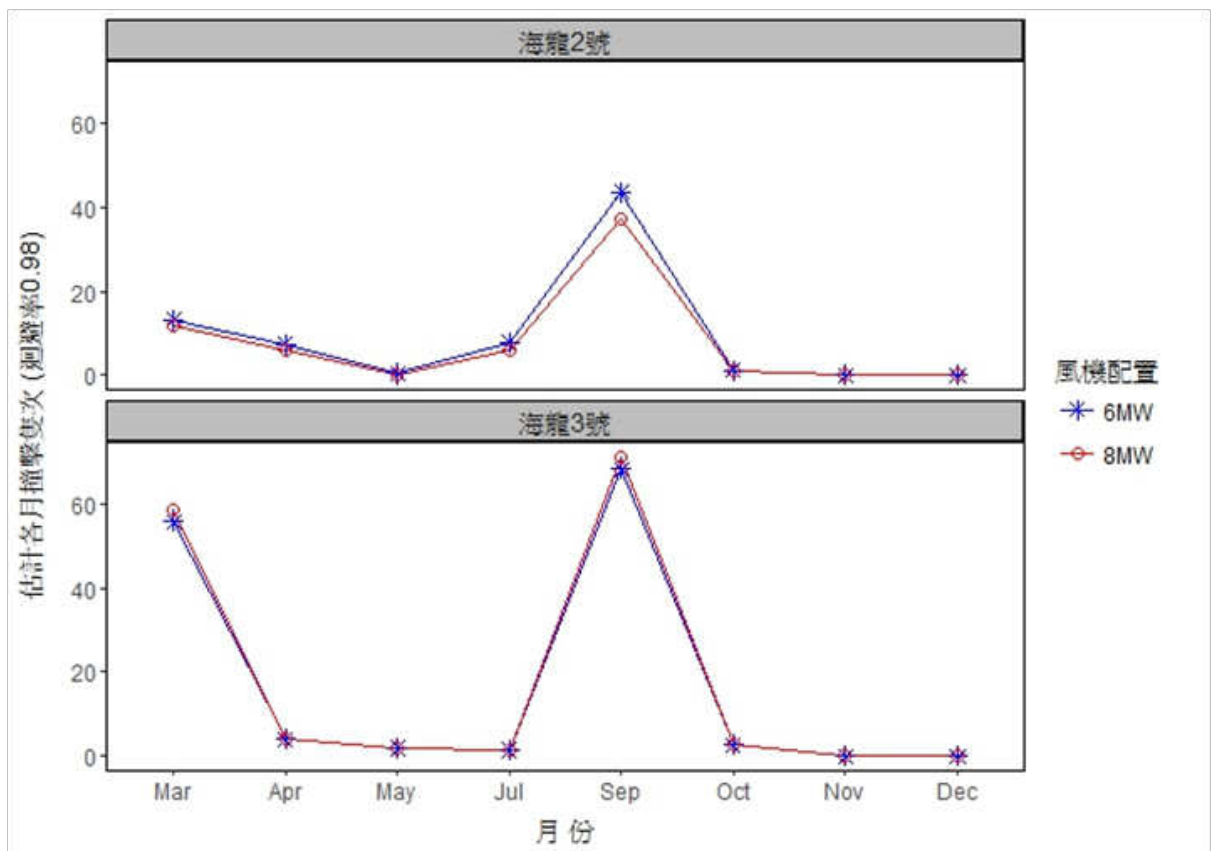


圖7.2.4-4 不同風機配置下各月份之鳥類撞擊隻次



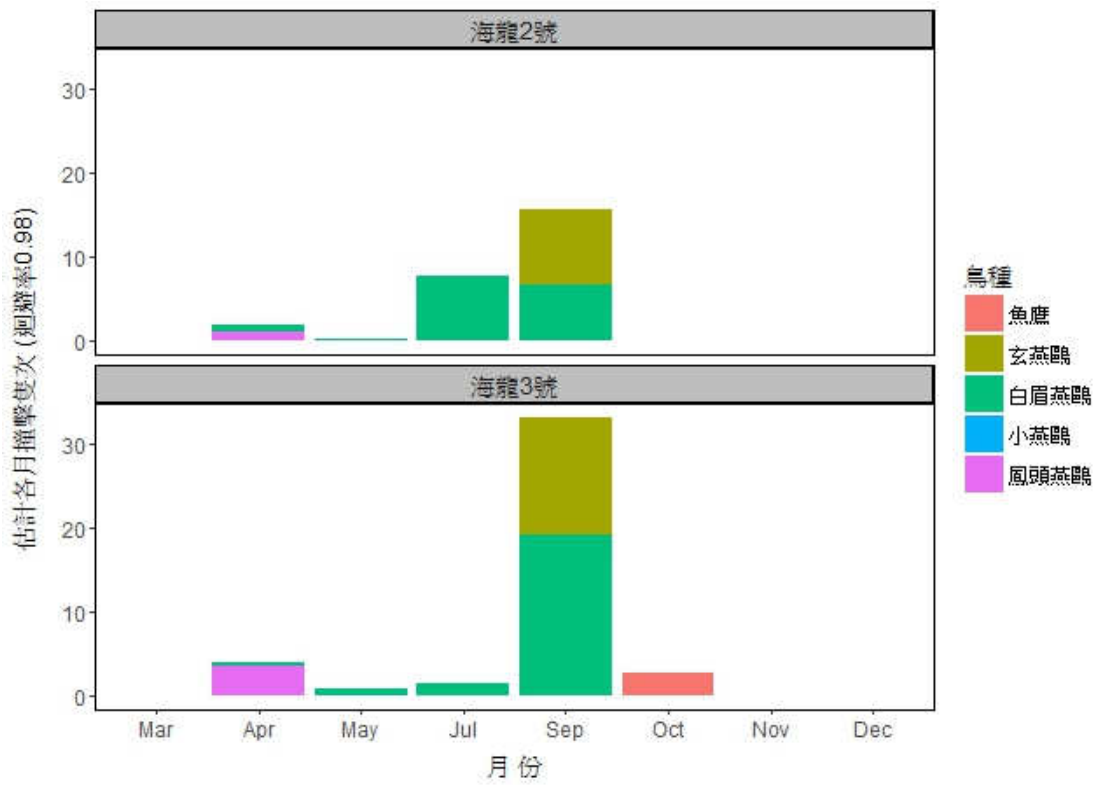


圖7.2.4-5 各月份各保育類鳥種之撞擊隻次

#### (四) 綜合討論

1. 無論何種風機配置，海龍 3 號風場導致的撞擊隻次均較面積小、風機支數少的海龍 2 號多，對鳥類造成較大的衝擊。
2. 兩型風機配置所造成的鳥類撞擊隻次十分接近。配置 II 使用 8 MW 的風機，雖然單支風機的旋轉半徑較大，會對鳥類造成較大的威脅，但其所需架設的風機支數較少，因此整體的衝擊與使用 6 MW 風機的配置 I 相當。
3. 在兩風場中，皆是繁殖海鳥（燕鷗類）的年撞擊隻次最高，其次為遷徙性水鳥（鸕鶿類及鷺科鳥類），非繁殖海鳥（鷓形目為主）與遷徙性陸鳥（家燕為主）遭受風機撞擊的數量相當少。這一方面是由於調查區域內某些月份燕鷗類及鸕鶿類的密度相當高，一方面也因為這兩類群鳥種的飛行高度分布與風機的旋轉區高度有較多重疊，較容易發生撞擊。反之，非繁殖海鳥與遷徙性陸鳥的飛行高度通常貼近海面，較不易遭受風機撞擊。
4. 兩風場鳥類撞擊量的季節變化亦相當近似。9 月是撞擊事件最多的月份，發生撞擊的鳥種以燕鷗類為主，有可能是此時期在澎湖繁殖的燕鷗幼鳥離巢，也可能是其他地區的燕鷗遷徙經過，導致此海域的燕鷗數量大幅增加。撞擊事件次多的月份為 3 月，此時為鸕鶿類遷徙的高峰期，發生撞擊的鳥種以鸕鶿類為主。10、11、12 月在此海域活動的鳥類數量較少，因此極少發生撞擊事件。
5. 海龍 2 號與 3 號風場在 2016 年共紀錄到魚鷹、小燕鷗、玄燕鷗、白眉燕鷗與鳳頭燕鷗等五種二級保育類。除了偶然出現、僅各紀錄到 1 隻次的魚鷹以及小燕鷗外，玄燕鷗、白眉燕鷗與鳳頭燕鷗均有相當數量，也遭受一定程度的撞擊影響。其中白眉燕鷗發生的撞擊次數最多，且從四月到九月均會發生，以七月及九月的撞擊量較大，可能與幼鳥離巢或遷徙性的族群通過有關。玄燕鷗的撞擊事件集中在九月，鳳頭燕鷗則集中在四月，是由於其他地區的遷徙個體通過，或是因澎湖族群棲地利用的季節變化所導致，則有待進一步釐清。

## 7.2.5 鯨豚

離岸風力發電計畫之開發，對鯨豚類動物的主要衝擊應限於水下噪音與船隻交通兩項(Madsen et al. 2006)。因鯨豚是高度依賴聲音的生物(Weilgart 2007)，數十里內的鯨豚可能都可能聽到水下打樁施工聲音(Kastelein 2013b)，而所有的鯨豚種類都是保育類，本報告搜集鯨豚之研究報告與案例，以及國外海洋人為噪音對於鯨豚之衝擊與影響作為參考。

### 一、水下噪音特性

在了解水下噪音前，應先了解水下聲音與空氣中聲音單位之不同，才不致以不同標準來比較。水下聲音以 dB re 1  $\mu$ Pa 為單位，空氣中則是以 dB re 20  $\mu$ Pa 為單位，因此相較於空氣中 100 分貝(dB)的聲壓能量，水中聲音的 100 分貝聲壓能量大上許多。因此當我們要比較兩個噪音源之音壓大小時，應先確認其單位標準。音壓(SPL: sound pressure level)是直接測量聲音的壓力，描述方式有波峰至波谷(peak-to-peak)，零至波峰或是簡稱波峰 (0-to-peak or peak)，以及對長時間音壓的均方根(RMS: root mean square) (圖 7.2.5-1)；SEL (sound exposure level) 則是總能量標準化於持續 1 秒鐘時間之能量，其單位則是以 dB re 1  $\mu$ Pa<sup>2</sup>•s 表示。本計畫將以 dB 代表水下聲音的強度，但是會註明 SEL 或是 SPL，並對 SPL 標明 p-p、peak、RMS 以區分不同的標準。

### 二、鯨豚的聽力

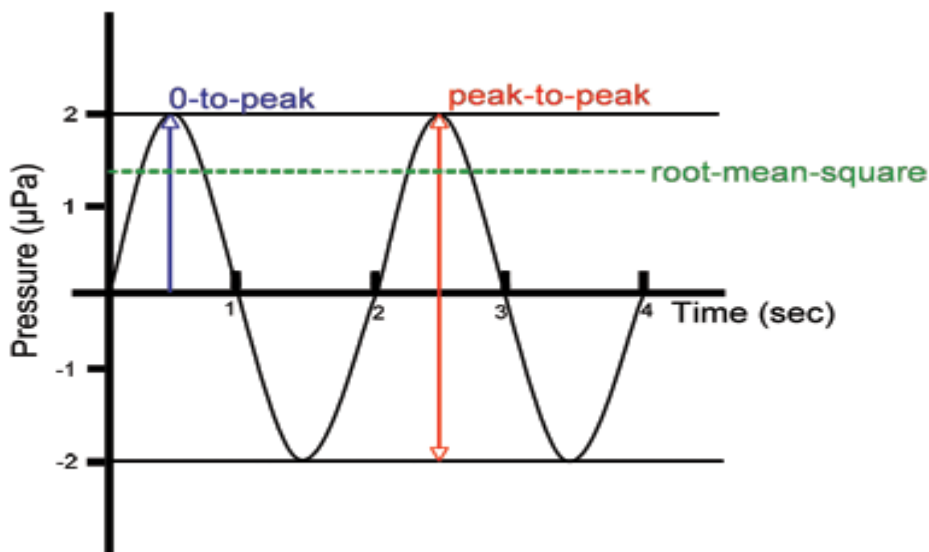
聲音在鯨豚適應水下環境扮演很重要的角色，除了用作生物之間的溝通外，更重要的回聲定位系統輔助視覺用來探測與感知活動的環境，因此鯨豚具有精準且靈敏的聽覺。鯨豚的聽力藉由電生理實驗-聽覺誘發電位法(auditory evoked potential methodology)來量測不同頻率與音量的腦波聽覺誘發電位，可得到聽力靈敏曲線。圖 7.2.5-2 為 Popper & Hawkins 2012 彙整鯨豚的聽力閾值(hearing threshold)之相關研究結果，相較於人類僅能聽到 20 Hz- 20 kHz，鯨豚可以聽到極為廣泛的頻率範圍，大致在 10-120 kHz 之間呈

現最好的聽力反應，且不同科別鯨豚的聽力閾值具有差異。而許多的人為噪音也常分佈在此頻率範圍內，因此我們更必須特別注意這些人為噪音對於鯨豚的潛在影響。

本計畫於風場外鄰近海域調查發現之瓶鼻海豚，屬於中頻鯨豚，聽力靈敏的頻率範圍在 150Hz-160 kHz(NOAA 2016)(表 7.2.5-1)。

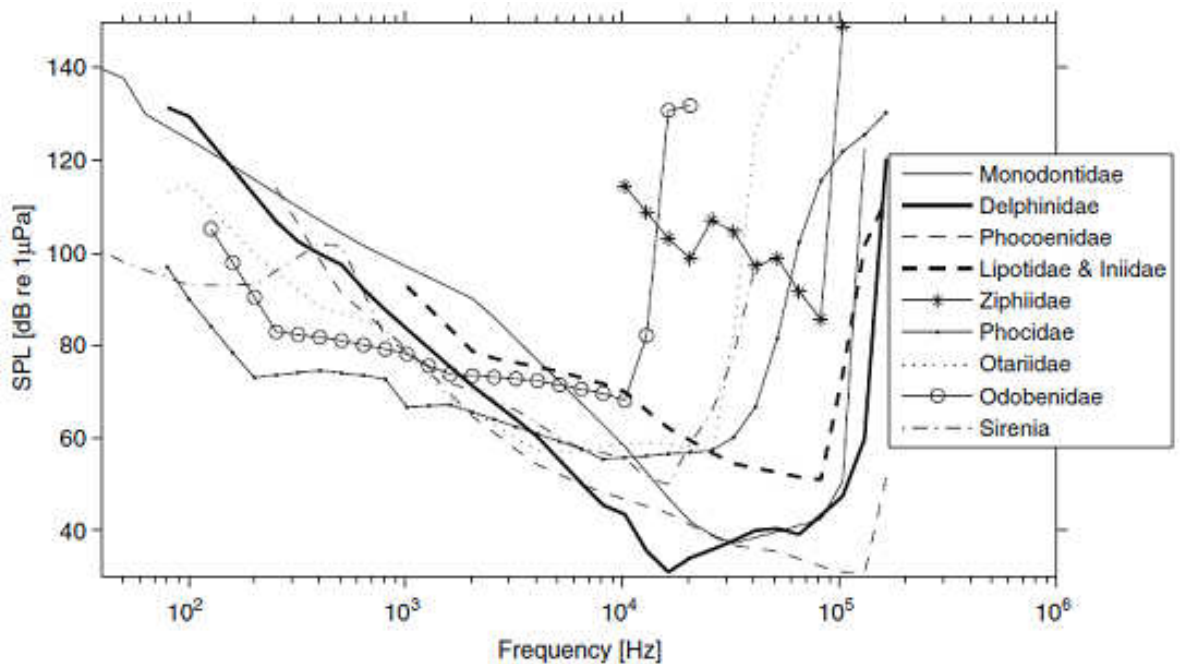
表 7.2.5-1 Marine Mammal hearing groups (NOAA, 2016)

Hearing Group	Generalized Hearing Range*
Low-frequency (LF) cetaceans (baleen whales)	7 Hz to 35 kHz
Mid-frequency (MF) cetaceans (dolphins, toothed whales, beaked whales, bottlenose whales)	150 Hz to 160 kHz
High-frequency (HF) cetaceans (true porpoises, <i>Kogia</i> , river dolphins, cephalorhynchid, <i>Lagenorhynchus cruciger</i> & <i>L. australis</i> )	275 Hz to 160 kHz
Phocid pinnipeds (PW) (underwater) (true seals)	50 Hz to 86 kHz
Otariid pinnipeds (OW) (underwater) (sea lions and fur seals)	60 Hz to 39 kHz



0-to-peak，零至波峰；peak-to-peak，波峰至波峰；root-mean-square，均方根  
 資料來源：<http://www.dosits.org/science/advancedtopics/signallevels/>

圖7.2.5-1 使用不同單位來表示聲音音壓的大小



資料來源：Erbe 2010 in Popper & Hawkins 2012

圖7.2.5-2 不同科別的鯨豚對於不同頻率的最低聽覺閾值

水下噪音計算有多種不同表示方式，簡言之，當水下噪音在使用儀器記錄時，是記錄為一個聲壓(能量)及時間的時序列訊號(聲壓時域)，採峰值對峰值方式計算，但生物所能聽到的音量，是在該聲壓下所對應的聲音頻譜(頻域)，此聲音頻譜即是未加權之情況。而又由於各種生物對同一聲音頻譜中，不同頻率聲音之敏感度不同，因此針對同一聲音頻譜，其所接收到的音量亦不同，故需針對欲考量生物之敏感頻率進行加權，以得到欲考量生物實際接受到的音量，此即稱為「加權音量」。

依據 NOAA(2016) 之永久性聽力衰減(PTS)閾值，中音頻聽力範圍物種(含瓶鼻海豚)為  $L_{pk,flat}$  230 dB 及  $L_{E,MF,24h}$  185 dB，其中  $L_{E,MF,24h}$  185 dB 即是將每一次單擊聲響，經中頻鯨豚聽力加權後，累積 24 小時計算所得。

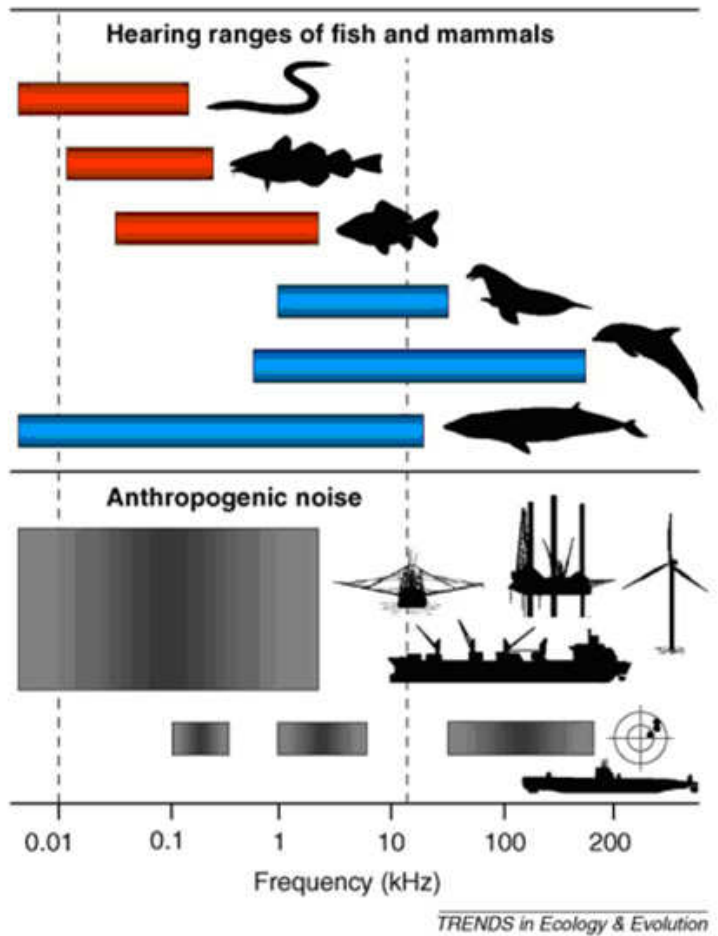
### 三、水下噪音對於鯨豚可能的影響機制

鯨豚聽力與人為噪音的頻率範圍可見圖 7.2.5-3 (Slabbekoorn et al. 2010)，可知人為噪音(如：船隻、打樁、風機運轉、中頻聲納噪音)的頻率和瓶鼻海豚低頻的聽力頻率範圍重疊，與長須鯨大部分聽力頻率範圍重疊，所以鯨豚可聽得見人為噪音，甚至可能受到噪音的影響。噪音對鯨豚的影響隨著接受的噪音能量可以分為四個層級(Richardson et al. 1995; Thomsen et al. 2006) (圖 7.2.5-4)，距離噪音源由近至遠排序為：(一)聽力衰減(hearing loss or drop)，(二)行為反應(responsiveness)，(三)遮蓋效應(masking effect)，(四)可察覺(audibility)；其影響的細項說明如下：

#### (一) 聽力衰減

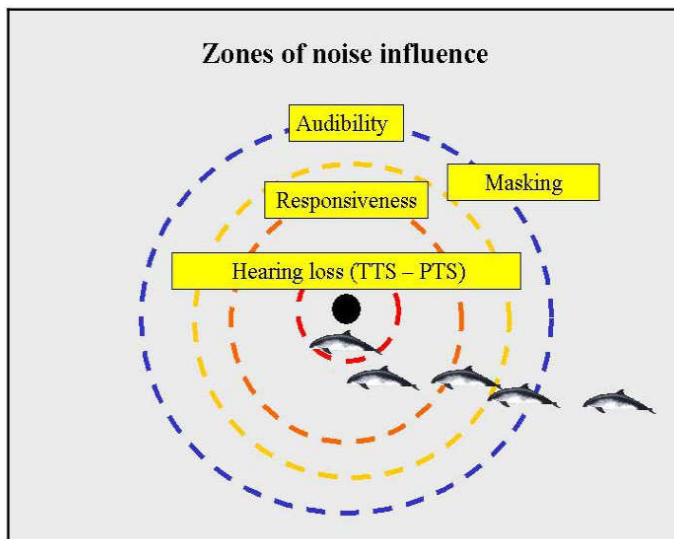
當鯨豚距離噪音源距離極近時，可能會造成聽力衰減。這種聽力的衰減是一種生理上對於聽覺器官的傷害，聽力衰減分為永久性(PTS: permanent threshold shift)，無法回復；或是暫時性(TTS: temporary threshold shift)，一段時間後可回復。鯨豚在聽力衰減時期，可能影響其行為而危害其生存。不只能量過強的聲音會導致鯨豚產生暫時性聽力衰減 TTS，當鯨豚長時間的暴露在噪音源下，導致其產生 TTS 的閾值也會降低 (Nedwell et al. 2003)。TTS 的產生肇因於當動物暴露在高強度的噪音下時，造成聽力閾值的提高，這是一種動物避免受傷的方式。當 TTS 發生時，動物可能會無法察覺原本可以聽到的聲音，必須使用更高強度的聲音才能察覺。但是這種現象是可以經由讓動物休息，減少其暴露在噪音的強度之後，隨著時間過去其暫時的聽力受損則會回復，但如果當 TTS 發生之後，又使動物再次重複地暴露在這些噪音下，甚至是更高強度的噪音，就可能使這種暫時性的聽力受損轉變為永久的聽力受損 PTS (Weilgart 2007)，此時對於依賴聽覺的鯨豚，會失去重要的重要感官而影響其生存。

表 7.2.5-2 為不同噪音暴露造成鯨豚 TTS 列表。在同為聽力靈敏頻段中，暴露的噪音頻率越低頻造成的 TTS 越嚴重。若暴露噪音的時間增長，鯨豚聽力從 TTS 回復到正常的時間也會增加。值得注意的是，於 2016 最新發表的文獻 (Kastelein et al. 2016)，以實際錄得單次打樁 SELss 145 dB re 1  $\mu\text{Pa}^2\text{s}$ ，放給港灣鼠海豚，最短 30 分鐘後就可檢測出聽力損失，此時的 SELcum 為 176dB re 1  $\mu\text{Pa}^2\text{s}$ ，聽力可在噪音結束約 50-60 分鐘後恢復正常。以一般風機打樁未有減噪設備的狀況估計，影響範圍可達數十公里(Kastelein et al. 2013b)。



註：海洋動物由上至下分別為歐洲鰻魚、大西洋鱈魚、金魚、加州海獅 (*Zalophus californianus*)、瓶鼻海豚 (*Tursiops truncatus*)、長鬚鯨 (*Balaenoptera physalus*)；人為噪音由上至下則分別為打樁、風機運轉噪音，船隻噪音，軍事聲納噪音。  
 資料來源：Slabbekoorn et al. 2010

圖7.2.5-3 魚類和海洋哺乳動物的聽力及人為噪音頻率範圍



資料來源：Thomsen et al. 2006

圖7.2.5-4 噪音在不同範圍的可能影響

## (二) 行為反應：

距離噪音源稍遠一點，雖然對鯨豚未造成生理上的傷害，仍可能會使鯨豚產生行為上的干擾或騷擾。這些反應可能是因為鯨豚要躲避聲音的干擾而中斷原本的行為，甚至是遷移去找尋更安靜的休憩地。假使鯨豚因為噪音而改變其棲地範圍，這樣的結果就是一種棲地位移 (habitat displacement) 的衝擊，可能會使鯨豚喪失其覓食或是育幼棲地。

表 7.2.5-3 為噪音使得鯨豚行為改變或棲地位移列表。Tougaard et al. (2003, 2005) 曾經記錄到在北海丹麥 Horns Reef 的離岸風場施工期間，在每次水下打樁工程進行時港灣鼠海豚的行為有明顯改變：每次打樁時，港灣鼠海豚的聲音使用(acoustic activity)及海豚的密度皆較打樁前期顯著較低，且範圍影響至 15 公里遠，此外在未進行打樁工程時，海豚行為以覓食為主，但當打樁時則改變成有方向的移動旅行，表示打樁使得海豚表現出躲避反應。Würsig et al. (2000) 則觀察到當水下打樁進行時，相較於未打樁進行時，香港中華白海豚的游泳速度變快，而當地工程的長期監測則發現，打樁工程階段白海豚出現的數量較少，相較於其他前置作業階段以及完工後。

也曾有報告指出，虎鯨因被產生聲音驅趕裝置的噪音所干擾而離開原棲地位置 (Morton & Symonds 2002)，而虎鯨在此裝置停止之後，才回到原先的棲地位置 (Morton & Symonds 2002)。英國附近海域地質探測裝置噪音的報告也指出幾乎所有的海豚、齒鯨以及鬚鯨在噪音產生時會明顯遠離此一高強度的噪音來源，特別是小型的海豚表現出更強的遠離反應 (Stone & Tasker 2006)。

Kastelein 等人(2013b)將錄製之打樁聲音以不同之音量回播給港灣鼠海豚聽。結果發現在接受噪音的 30 分鐘內，當港灣鼠海豚平均接收音量  $SPL_{0-p} 151 \text{ dB re } 1 \mu\text{Pa}$ ,  $SEL_{ss} 127 \text{ dB re } 1 \mu\text{Pa}^2\text{s}$ )時，其呼吸速率明顯增加，在更高音量下(平均接收音量  $SPL_{0-p} 169 \text{ dB re } 1 \mu\text{Pa}$ ,  $SEL_{ss} 145 \text{ dB re } 1 \mu\text{Pa}^2\text{s}$ )，躍出水面的次數明顯更多。分析此實驗中回播的打樁聲音頻譜圖，此噪音影響估計最遠可達 50 公里。由此可知，打樁噪音確實可影響港灣鼠海豚之生理及行為，而且影響範圍遠達數十公里(Tougaard et al 2009, Bailey et al. 2010, Kastelein et al. 2013b)。

表 7.2.5-2 鯨豚經暴露噪音產生暫時性聽力衰減

實驗物種 (隻數)	噪音類型	噪音頻率 (kHz)	造成 TTS 的 噪音量	造成 TTS 噪音暴露時間	恢復到正常 聽力的時間	結論與參考文獻
白鯨 (2) 瓶鼻海豚 (5)	單頻噪音 (pure tones)	白: 3, 10, 20, 瓶: 3, 10, 20, 75	192-201 dB (SPL, r.m.s)	1 秒	5-17 分鐘 4-18 分鐘	極短的巨大噪音亦會使動物產生 TTS (Schlundt et al. 2000)
瓶鼻海豚 (1)	單頻且連續性噪音	3, 20	3 kHz: 190dB (SEL) 20 kHz: 181dB (SEL)	16 秒	缺乏資料	越接近動物聽力靈敏頻段，造成 TTS 的噪音量下降 (Finneran & Schlundt 2010)
瓶鼻海豚 (2)	單頻且連續性噪音	3	190 dB (SEL) 207 dB (SEL) 215 dB (SEL)	64 秒 32 秒 >32 秒	8 分鐘 8-16 分鐘 >32 分鐘	噪音暴露量越大，時間越短就造成 TTS，聽力恢復正常所需的時間也越長 (Finneran et al. 2010a)
瓶鼻海豚 (1)	單頻且連續性噪音	3	192 dB (SPL) ~ 204dB (SEL)	16 秒*1 回合 16 秒*4 回合 (間隔 224 秒) 64 秒*1 回合	~20 分鐘 >30 分鐘 >30 分鐘	同噪音量時，暴露時間越長，造成 TTS 值越大，恢復正常聽力的時間越長。即使中間有間隔休息亦相同 (Finneran et al. 2010b)
江豚 (2)	密集的脈衝聲 (加不同程度的頻 寬 Octave band)	32, 64, 128	140-160 dB	1-30 分鐘 (1,3,10,30 分鐘)	10~>100 分 5-20 分鐘 5-20 分鐘	在同為聽力靈敏頻段中，暴露的噪音頻率越低頻造成的 TTS 越嚴重，在 32kHz (-0.5 Octave) 有超過 100 分鐘都無法恢復正常聽力的情形 (Popov et al. 2011)

註：上述實驗都在圈養環境下進行

SPL: Sound pressure level (dB re 1  $\mu$ Pa); r.m.s: root mean square; SEL: Sound Exposure Level (dB re 1  $\mu$ Pa<sup>2</sup>-s)



表 7.2.5-2 鯨豚經暴露噪音產生暫時性聽力衰減(續)

實驗物種 (隻數)	噪音類型	噪音頻率 (kHz)	造成 TTS 的 噪音量	造成 TTS 噪音暴露時間	恢復到正常 聽力的時間	結論與參考文獻
瓶鼻海豚 (2)	單頻且連續性噪音	3-80	120-191 dB (SPL, r.m.s)	16 秒	30 分鐘	10-30 kHz 聽力最易受到影響 (Finneran & Schlundt 2013)
白鯨 (2)	窄頻且連續性噪音	11-90 (center)	165 dB (SPL, r.m.s)	1-30 分鐘 (1,3,10,30 分鐘)	1-60 分鐘	低頻(11-22 kHz)可造成較嚴重的 TTS (Popov et al. 2013)
瓶鼻海豚 (3)	寬頻脈衝聲 (Seismic air gun)	寬頻	196-210 dB (peak)	0.5 秒	2-10 分鐘	海豚出現異常行為 (Finneran et al. 2015)
港灣鼠海豚 (2)	打樁噪音	寬頻	145 dB (SEL single strike) 173-187 dB (cumulative SEL) 144 dB (average SPL over time)	15-360 分鐘	60 分鐘	造成 TTS 的音量與時間亦可造成行為改變(Kastelein et al. 2016)

註：上述實驗都在圈養環境下進行

SPL: Sound pressure level (dB re 1  $\mu$ Pa); r.m.s: root mean square; SEL: Sound Exposure Level (dB re 1  $\mu$ Pa<sup>2</sup>-s)

表 7.2.5-3 人為活動噪音使鯨豚產生行為改變或棲地位移的案例

物種/地點	噪音來源	噪音音壓 (dB re 1 $\mu$ Pa)	影響	參考文獻
港灣鼠海豚 /丹麥	離岸風機施工 (Horns Rev I)	191 dB at 230 公尺 (RL, p-p)	施工期間 (一年)在施工地點 15 公里內的海豚族群密度顯著的降低，其密度小於施工前；觀察到海豚行為從覓食改變成有方向性的移動旅行	Tougaard et al.2003, 2005,2009
港灣鼠海豚 /丹麥	離岸風機運轉 (Nysted)	最大 126 dB at 83 公尺 180 Hz (Utgrunden)	運轉時期，透過聲音長期監測發現鼠海豚的叫聲偵測率遠低於施工前，表示族群離開該地	Teilmann et al. 2012
中華白海豚 /香港	水底打樁	162-170 dB at 250 公尺 (RL, r.m.s.)	在施工期間 (一年五個月)海豚泳速變快，當地海豚數量下降，施工完後其數量逐漸回復	Würsig et al. 2000
灰鯨/墨西哥	挖泥和船隻噪音	缺乏資料	當噪音產生後當地的族群數量下降，第 8 年後鯨魚全部離開此重要的哺育棲地，在噪音活動源停止後的第 7 年，灰鯨重新回到此海灣	Bryant et al. 1984 cited by Tyack 2008
虎鯨 /加拿大	聲音驅趕裝置 acoustic harassment devices (AHDs)	單個 Airmar AHD 發出 10 kHz 訊號 194 dB re 1 Pa at 1 公尺	虎鯨避開噪音區域活動，原先在此海域的鯨群數量顯著減少 (影響長達六年)	Morton & Symonds 2002
至少 11 種鯨豚 /英國	地質探測 seismic airguns	最大 235-250 dB at 1 公尺 (SL)	當地質探測進行時，鯨豚顯著避開噪音源的船隻，反方向游開	Stone &Tasker 2006

註：以上調查均在野外進行

RL: received level; SL: Source level; p-p: peak to peak; r.m.s: root mean square

### (三) 遮蓋效應：

當距離再遠一點，行為的干擾較少，此時噪音音量仍可能高過鯨豚在環境中可能會聽到的聲音，例如同種鯨豚之間溝通或回聲定位的聲音、魚類的聲音、掠食者例如虎鯨的聲音，此現象稱為遮蓋效應。遮蓋效應會發生在當人為製造之噪音在特定頻率範圍高過周遭環境噪音 (ambient noise) 的強度，並對於特定聲音訊號的頻率範圍有著重疊的現象 (Madsen et al. 2006)。一旦遮蓋的情形發生，可能會影響鯨豚的溝通，使鯨豚交配的機會下降，甚至降低對環境的探查能力及偵測鯨豚的食餌和掠食者聲音的能力，因此鯨豚就需要耗費更多能量發出更大的聲音，導致其適性降低 (Richardson et al. 1995)。

當有船隻接近澳洲的白海豚 (humpback dolphin) 時，母子對會增加其叫聲的次數，調查人員推測這是因為船隻噪音遮蓋了原本母子對的聲音，使得母子對要利用更多的叫聲次數來達到聲音接觸 (vocal contact) 的效果 (Van Parijs & Corkeron 2001)。

### (四) 可察覺：

最後則是鯨豚雖然有聽到人為噪音，但並沒有明顯發生任何的行為干擾或是遮蓋效應，僅止於聽見的層面。在可察覺噪音的狀況下，鯨豚個體間的生理變異及不同行為的變異都可能使噪音干擾難以預期。由於個體之間對於噪音的忍耐力差異，有些個體可能較不容易產生行為反應，此外，同樣個體在不同的行為狀態其對於噪音的騷擾容忍度也有所變化 (Weilgart 2007)。根據 Richardson et al. (1995, 1999) 的報告指出，弓頭鯨在秋季遷移時，當暴露在 120-130 dB re 1  $\mu$ Pa 的地質探測裝置噪音時，就會產生躲避反應。但是當弓頭鯨在夏天進行覓食的時候，卻直到 158-170 dB re 1  $\mu$ Pa 同樣的地質探測裝置噪音才有明顯的躲避反應。由此就可以看到個體之間在不同行為狀態對於噪音的不同容忍度。最後，由於離岸風機為近年來新興的開發案，因此目前仍沒有研究針對個體長期免疫表現受離岸風機噪音影響進行了解。但在可察覺噪音的範圍內，鯨豚長期暴露在原棲地所沒有的噪音後，是否會受到噪音影響其個體長期免疫反應也仍須注意。

目前為止，僅有兩個研究探討可察覺的低音量噪音對鯨豚生理緊迫之影響，圈養白鯨的實驗為無影響 (Thomas et al. 1990)，而野外調查北大西洋露脊鯨則認為有影響 (Rolland et al. 2012)。仍對於瓶鼻海豚類的中小型鯨豚在低音量環境噪音的生理反應相關研究進行蒐集，且如何界定鯨豚是否被噪音干擾十分複雜，但我們仍應以將噪音降低到使鄰近海域鯨豚之行為不被影響，且應了解人為所產生的噪音其具體影響鯨豚溝通的範圍為目標。

#### 四、離岸風場水下噪音來源

離岸風場 (offshore wind farm)的水下噪音來源可分為兩個時期：施工時期和運轉時期。施工時期的噪音，包括挖溝、挖泥、填土、打樁、船隻交通 (Nedwell & Howell, 2004)，其中以打樁 (pile driving)的水下噪音最大聲且頻率範圍最廣 (Richardson et al. 1995)，是評估風機建造對鯨豚影響的重點項目之一。營運時期的噪音則可能來自離岸風場本身運轉以及船隻來往維持營運的噪音。我們依據近年外國對於離岸風場噪音對於鯨豚影響調查之文獻資料彙整，並將施工時期、運轉時期及船隻產生之噪音等三類噪音形式與衝擊說明如下：

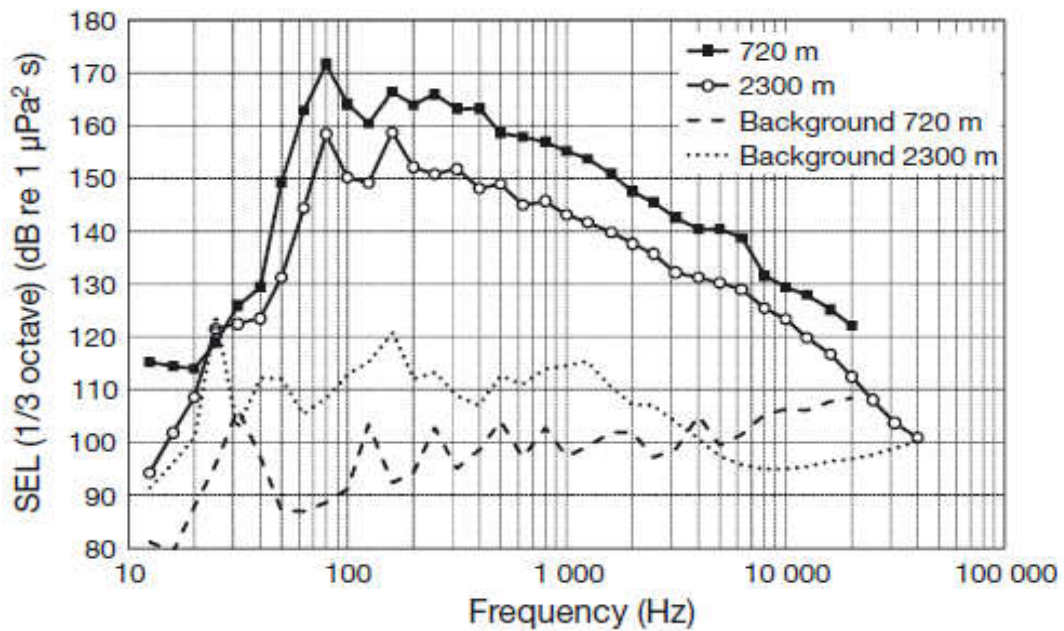
##### (一) 施工期間之噪音

本計畫規劃採用之風機基礎為施工噪音相對單樁式基礎低很多的套筒式基礎，目前各國對於離岸風力發電機組建造之環境評估模擬主要著重在水下打樁產生之噪音影響 (Madsen et al. 2006)。

打樁噪音屬於衝擊性(impulsive)，主要頻率在 2 kHz 以下，距離噪音源 100 公尺的噪音為 200 dB re 1  $\mu$  Pa (RMS) (Brandt et al. 2011; Madsen et al. 2006)，圖 7.2.5-5 為丹麥的 Horns Rev II 水下打樁噪音頻譜圖。打樁時所產生的噪音能量大小和頻率組成則和液壓槌及樁的大小、敲擊力道、底質有關。當樁直徑小於 5 公尺時，樁的大小與打樁的噪音音量有正相關性，打樁所使用樁直徑越大，噪音音壓越大 (Nedwell et al. 2005; Tougaard & Teilmann 2007)；敲擊的力道越強，噪音音壓越大 (Brandt et al. 2011)，當基礎直徑大於 5 公尺時，樁的大小與打樁的噪音音量則無線性相關性。全球各地的離岸風場施工時期所量測的打樁噪音，隨著量測位置與噪音源的距離、水深而不同，回推打樁噪音聲源最近處的音壓值均超過 220 dB (範圍 226-297 dB)，各風場所在的海域環境不同，所以噪音衰減情形也有差別，500 公尺可降低的噪音音量約 4-20 dB 不等。

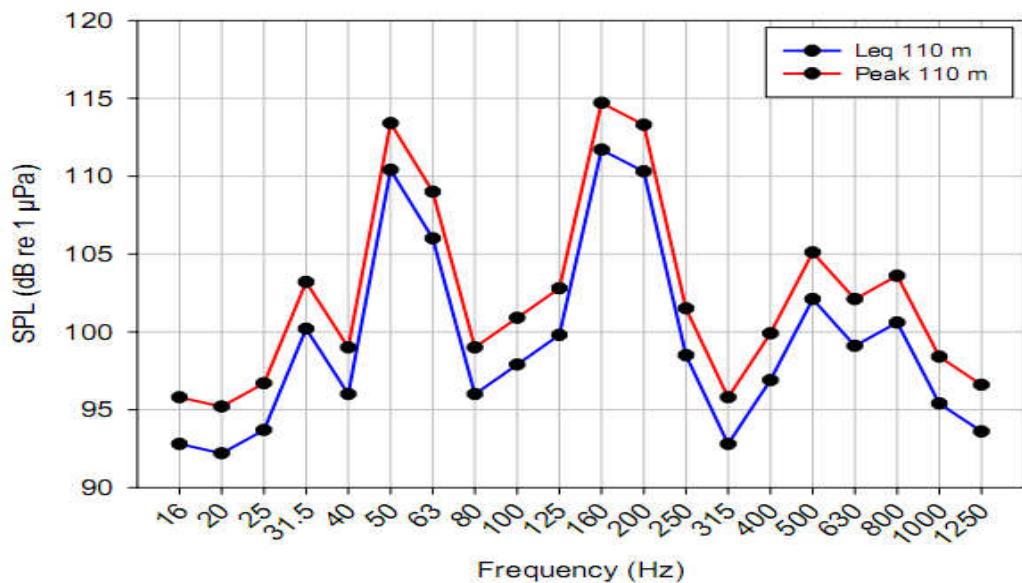
##### (二) 營運期間之噪音

營運期間離岸風力發電廠之噪音主要源自於風機運轉之震動，噪音能量分佈於 1 kHz 以下，大多數皆在 700 Hz 以下 (Madsen et al. 2006; ITAP 2005 in Thomsen et al. 2006)，圖 7.2.5-6 為德國的理論應用物理研究所(ITAP)在瑞典的 Utgrunden 離岸風場(1.5MW)錄製之運轉噪音頻譜圖。頻率分佈主要與其機具設計性質有關，僅有的研究顯示似乎其頻率分佈與風速變化相關性較小 (Degn 2000; Ingemansson Technology 2003)。風力發電廠通常包括數十至百多座風機，錄製之噪音強度有可能因為音頻在同頻段之累加效應 (additive effect) 而增強 (Madsen et al. 2006)。但累加效應對鯨豚影響目前尚未見有相關實證研究報告。



備註：單樁直徑3.9公尺，水深4-14公尺，沙地底質，敲擊力道最大850 kJ。  
資料來源：Brandt et al. 2011

圖7.2.5-5 丹麥Horns Rev II 離岸風場施工期間所錄之水下打樁噪音頻譜圖



備註：ITAP在瑞典Utgrunden離岸風場(1.5MW)當風速為12 m/s時，距離風機110公尺處所錄製之運轉噪音頻譜圖。

資料來源：ITAP 2005 in Thomsen et al. 2006

圖7.2.5-6 瑞典Utgrunden離岸風場之運轉噪音頻譜圖  
(距離風機110公尺處)

### (三) 船隻噪音

不管在離岸風場施工時期或營運時期，離岸風場的建造及維持皆需要船隻的來往以進行工作。而船隻不僅在往來上會對鯨豚造成行為上的干擾，其引擎產生之巨大噪音也會產生水下噪音污染。各種船隻噪音之強度及頻率範圍會因船隻大小及其速度的不同而有所變化，表 7.2.5-4 為不同大小、船速的船舶在各頻率的音壓。Richardson et al. (1995)在報告中指出 30 公尺或更長的中型船隻可能在 250 Hz 產生約 160 dB re 1  $\mu$ Pa (RMS)。本計畫之鯨豚調查結果為瓶鼻海豚，依其聽力特性屬於中頻鯨豚 (middle frequency, MF)，其聽力靈敏的範圍介於 150Hz 至 160kHz，故本計畫區內之施工船舶產生之低頻噪音影響相較於打樁期間之影響相對輕微。

### 五、本計畫對鯨豚之綜合評估

本計畫風場預定地為彰化外海，非位於中華白海豚野生動物重要棲息環境範圍。依據本計畫風場外鄰近海域之鯨豚調查結果(海龍三號離岸風力發電計畫)，僅於 105 年 7 月及 106 年 2 月曾於風場外鄰近海域分別紀錄到 1 群疑似印太瓶鼻海豚，該群印太瓶鼻海豚被發現時即迅速下潛，無法進行追蹤。考量施工打樁期間將是對鯨豚影響最大的時期，故該期間將以具體之減輕對策減輕對鯨豚的影響。

另依營運階段水下噪音模擬結果可知，風機運轉噪音於 400 公尺外，即可衰減約 40dB，不會造成鯨豚暫時性聽力損失。

表 7.2.5-4 不同大小、船速的船舶在各頻率的音壓

Ship Type	Length (公尺)	Speed (m/s)	Source spectral density (dB re 1 $\mu$ Pa <sup>2</sup> /Hz at 1 公尺)				
			10 Hz	25 Hz	50 Hz	100 Hz	300 Hz
Supertanker	244-366	7.7-11.3	185	189	185	175	157
Large tanker	153-214	7.7-9.3	175	179	176	166	149
Tanker	122-153	6.2-8.2	167	171	169	159	143
Merchant	84-122	5.1-7.7	161	165	163	154	137
Fishing	15-46	3.6-5.1	139	143	141	132	117

資料來源：NRC 2003

## 7.3 景觀美質及遊憩影響

### 7.3.1 景觀美質環境影響

#### 一、開發行為景觀現況美質影響調查

##### (一) 開發行為範圍與其影響全區視域範圍

依景觀美質評估技術規範草案中所規定，景觀視域分析以開發行為為中心，將視域範圍分為可見與不可見之區域，在視域範圍內對計畫行為的可見範圍程度越高，對開發行為計畫範圍注意程度越高，景觀敏感度亦越高，“可見”視域空間範圍並且人為活動密集的地區即為景觀敏感度較高之區域，衡量其交通可及性與其他相關因子後，即可做為後續景觀品質評估的範圍。

視域範圍隨著觀察位置的移動而異，綜觀本基地整體視域空間，計畫區位於地勢平坦且視域開闊的彰化外海地區，沿岸地區為魚塢、農田聚落及工業區，並有堤防及高架道路設施本計畫屬於風力發電機組，位於離岸45~55公里處，由於彰化沿岸地勢平坦，西側面對台灣海峽，沿海地區屬開放式的景觀類型，且岸上觀景點均位於遠景的視域距離，對於風機的可視性相當低。天氣良好時，在可見視域範圍內，彰濱工業區、東側平坦的海岸線、王功漁港以及樓層較高的普天宮可能看到計畫風機；其他地區則因聚落、堤防或防風林的影響，對於計畫區並不具可視性；而本計畫風場亦落於澎湖外海，澎湖本島北側及吉貝嶼距離計畫風場約30多公里，可視性仍受到相當的限制(詳圖 7.3.1-1)。

##### (二) 開發行為景觀控制點(景觀點)選取

景觀美質影響評估方法之執行，主要是以景觀敏感程度高的觀景點作為主要分析據點，便於後續景觀美質影響評估其開發行為施工前中後對於景觀美質的影響。因此，需先針對開發行為景觀美質影響範圍依照觀景點三項選取原則選取觀景點。

觀景點選取操作，以所在之地與開發行為量體與觀景點相對距離遠近、觀景點所在位置、開發行為計畫範圍被觀看到的機率高低，透過三項指標之操作結果，選定觀景點，並進行觀景點敏感度分析。依據本計畫可見視域範圍分析，開發行為屬於面狀風力發電機組之開發，由於距離相當遠，加上受到陸上聚落、堤防阻隔及因防風林帶影響，對於計畫風機可視性非常小，而沿海地區因地勢平坦且無視覺阻隔，即使天氣良好，僅可看到小面積風機葉片，對於視覺影響相當有限。本計畫所選之景觀觀察點主要位於濱海地區人為活動處，包括王功漁港、普天宮及澎湖白沙等三處，並選取計畫風場內、計畫風場外、海運航道上以及空拍各一處，其景觀控制點分布位置如圖 7.3.1-2 所示。

##### (三) 現地環境景觀美質分析

本次開發影響陸地範圍主要為沿海地區遊憩及觀景區，具顯著的自然環境特色及產業景觀，並提供特殊之日落及天海一線氣象變化；而風場內外觀景點及空拍主要視覺元素為大面積的海洋及寬闊的天空，景觀同質性相當高，因此景觀美質程度大多屬於良好至極佳的等級。以下針對各觀景點之環境色彩進行分析，並將以上內容整理成分析表進行說明(表 7.3.1-1~表 7.3.1-7)。

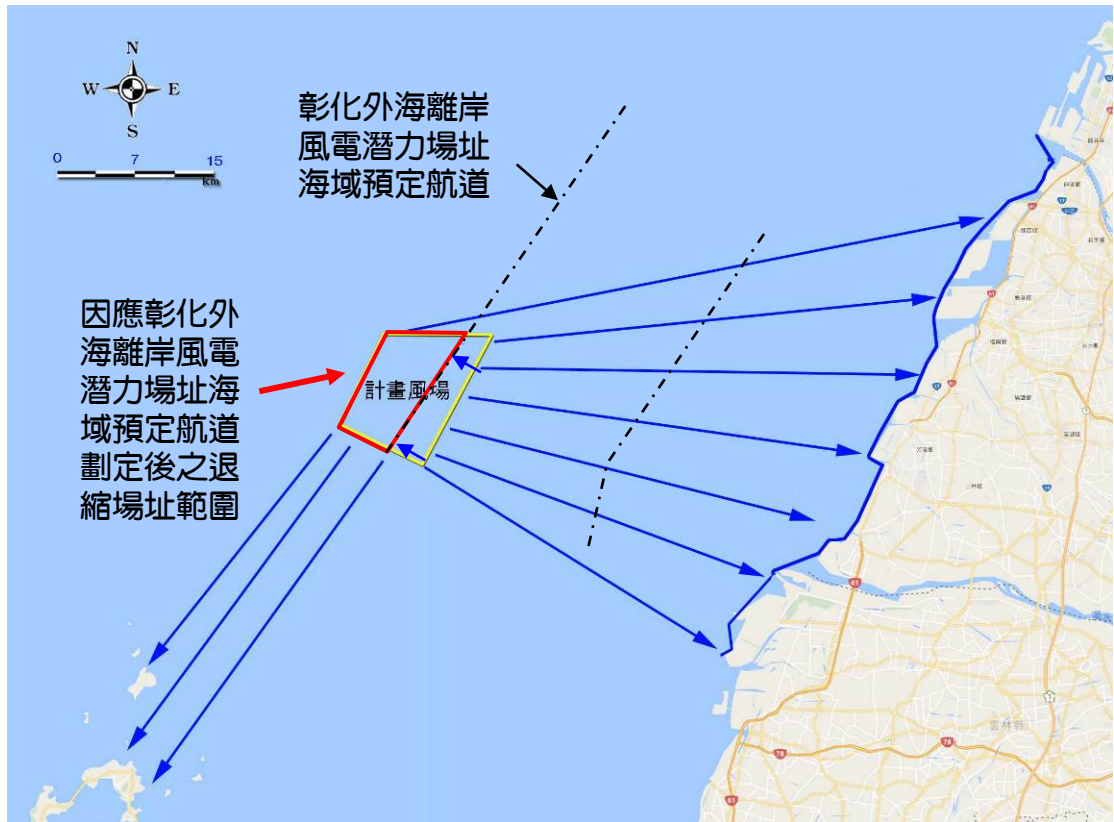


圖7.3.1-1 景觀空間視域範圍分析圖

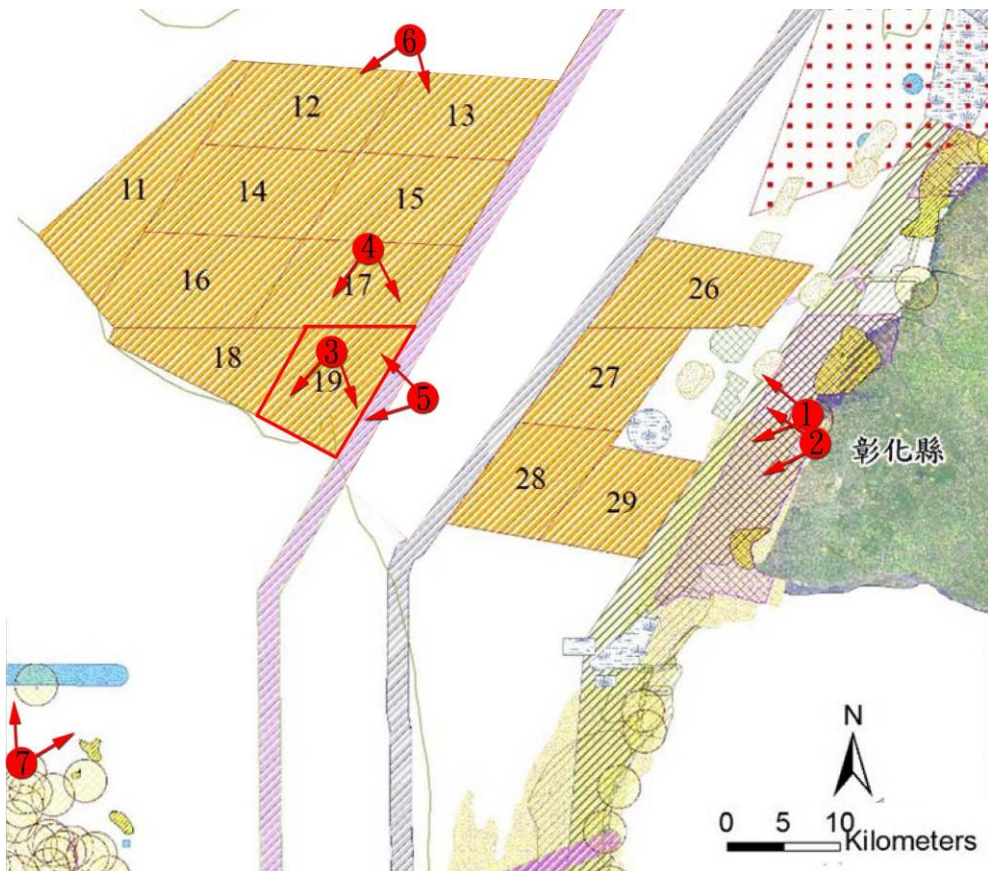


圖7.3.1-2 觀景點位置圖



表 7.3.1-1 觀景點 1 分析表

景觀控制點 1 資訊													
景觀控制點所在位置：王功漁港跨海拱橋	與開發風場範圍邊界距離：38.5 公里												
景觀控制點海拔高程（公尺）：4.5 公尺	位於□近景 □中景 ■遠景												
觀賞者位置：中位	調查日期：2016年 8 月 16 日、2017 年 4 月 30 日												
景觀控制點經緯度座標值：23°58'5.41"北 120°19'26.69"東													
景觀控制點 1 展望方向	景觀控制點 1 現況環境概要說明												
	<p>本景觀控制點位於王功漁港內的跨海拱橋上，距離計畫風機約 38.5 公里，屬於遠景距離，觀賞者中位，本地區遊客量多且視域開闊，對於觀賞者視覺影響較為顯著，故被列為選取點之一。由於地勢平坦且視域開闊，呈現開放的空間型態，可觀賞退潮時大面積的沙灘及蚵棚，以及漲潮時的海洋景觀，寬闊的天空則為視覺背景，天氣良好時可欣賞日落景觀；環境色彩多為自然及人為設施等元素所構成的藍色及咖啡色系所組成，空間組成元素單純，整體景觀美質程度佳。</p>												
景觀控制點 1 現況照片	景觀控制點 1 環境色彩描述												
	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>C:61 M:31 Y:13 K:0</td> <td>C:64 M:31 Y:12 K:0</td> <td>C:65 M:31 Y:11 K:0</td> <td>C:61 M:30 Y:13 K:0</td> </tr> <tr> <td>C:49 M:22 Y:17 K:0</td> <td>C:53 M:22 Y:14 K:0</td> <td>C:53 M:22 Y:13 K:0</td> <td>C:52 M:22 Y:14 K:0</td> </tr> <tr> <td>C:56 M:48 Y:52 K:0</td> <td>C:62 M:48 Y:49 K:0</td> <td>C:61 M:46 Y:46 K:0</td> <td>C:59 M:46 Y:47 K:0</td> </tr> </tbody> </table>	C:61 M:31 Y:13 K:0	C:64 M:31 Y:12 K:0	C:65 M:31 Y:11 K:0	C:61 M:30 Y:13 K:0	C:49 M:22 Y:17 K:0	C:53 M:22 Y:14 K:0	C:53 M:22 Y:13 K:0	C:52 M:22 Y:14 K:0	C:56 M:48 Y:52 K:0	C:62 M:48 Y:49 K:0	C:61 M:46 Y:46 K:0	C:59 M:46 Y:47 K:0
C:61 M:31 Y:13 K:0	C:64 M:31 Y:12 K:0	C:65 M:31 Y:11 K:0	C:61 M:30 Y:13 K:0										
C:49 M:22 Y:17 K:0	C:53 M:22 Y:14 K:0	C:53 M:22 Y:13 K:0	C:52 M:22 Y:14 K:0										
C:56 M:48 Y:52 K:0	C:62 M:48 Y:49 K:0	C:61 M:46 Y:46 K:0	C:59 M:46 Y:47 K:0										

表 7.3.1-2 觀景點 2 分析表

景觀控制點 2 資訊													
景觀控制點所在位置：普天宮	與開發風場範圍邊界距離：39 公里												
景觀控制點海拔高程（公尺）：11.5 公尺	位於□近景 □中景 ■遠景												
觀賞者位置：中位	調查日期：2016年 8 月16 日、2017 年 4 月 30 日												
景觀控制點經緯度座標值：23°55'45.58"北 120°18'59.21"東													
景觀控制點 2 展望方向	景觀控制點 2 現況環境概要說明												
	<p>本景觀控制點位於普天宮三樓，距離計畫風機約 39 公里，屬於遠景距離，觀賞者中位，普天宮為彰化地區重要宗教信仰中心，信徒及遊客多，故被列為選取點之一。大面積的紅樹林及防風綠帶，退潮時大面積的沙灘以及漲潮時的海洋景觀為主要組成元素，開闊的天空為視覺背景，由於地勢平坦且觀賞位置較高，呈現開放的空間型態；環境色彩多為天空及廟埕廣場等元素所構成的藍色及灰色系所組成，空間組成元素單純，天氣良好時可欣賞日落景觀，整體景觀美質等級良好。</p>												
景觀控制點 2 現況照片	景觀控制點 2 環境色彩描述												
	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>C:62 M:30 Y:12 K:0</td> <td>C:64 M:30 Y:11 K:0</td> <td>C:64 M:31 Y:11 K:0</td> <td>C:63 M:30 Y:11 K:0</td> </tr> <tr> <td>C:51 M:21 Y:14 K:0</td> <td>C:55 M:23 Y:15 K:0</td> <td>C:55 M:22 Y:15 K:0</td> <td>C:53 M:23 Y:16 K:0</td> </tr> <tr> <td>C:44 M:37 Y:40 K:0</td> <td>C:51 M:40 Y:44 K:0</td> <td>C:62 M:53 Y:56 K:2</td> <td>C:69 M:60 Y:65 K:13</td> </tr> </tbody> </table>	C:62 M:30 Y:12 K:0	C:64 M:30 Y:11 K:0	C:64 M:31 Y:11 K:0	C:63 M:30 Y:11 K:0	C:51 M:21 Y:14 K:0	C:55 M:23 Y:15 K:0	C:55 M:22 Y:15 K:0	C:53 M:23 Y:16 K:0	C:44 M:37 Y:40 K:0	C:51 M:40 Y:44 K:0	C:62 M:53 Y:56 K:2	C:69 M:60 Y:65 K:13
C:62 M:30 Y:12 K:0	C:64 M:30 Y:11 K:0	C:64 M:31 Y:11 K:0	C:63 M:30 Y:11 K:0										
C:51 M:21 Y:14 K:0	C:55 M:23 Y:15 K:0	C:55 M:22 Y:15 K:0	C:53 M:23 Y:16 K:0										
C:44 M:37 Y:40 K:0	C:51 M:40 Y:44 K:0	C:62 M:53 Y:56 K:2	C:69 M:60 Y:65 K:13										

表 7.3.1-3 觀景點 3 分析表

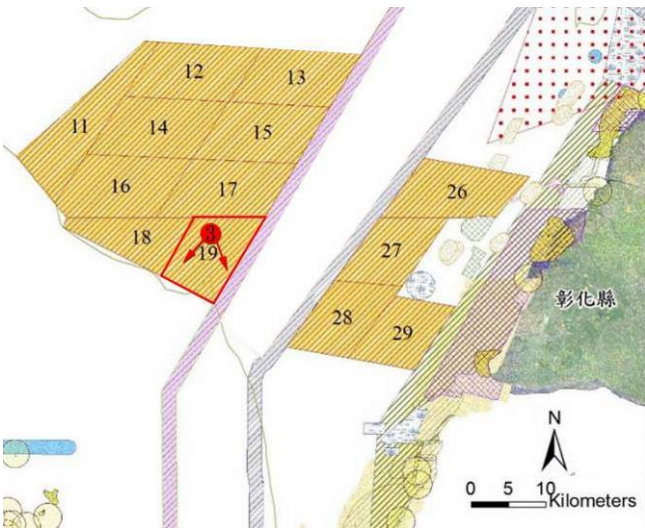

景觀控制點 3 資訊													
景觀控制點所在位置：風場內	與開發風場範圍邊界距離：0 公尺												
景觀控制點海拔高程（公尺）：6 公尺	位於 <input checked="" type="checkbox"/> 近景 <input type="checkbox"/> 中景 <input type="checkbox"/> 遠景												
觀賞者位置：中位	調查日期：2016年 8 月 16 日												
景觀控制點經緯度座標值：24° 1'11.97"北 119°54'1.49"東													
景觀控制點 3 展望方向	景觀控制點 3 現況環境概要說明												
	<p>本景觀控制點位於計畫風場內，屬於近景距離，觀賞者中位，本地區非一般民眾或遊客可停留點，為呈現風場內景觀變化情形，故列為景觀控制點之選取。本地區視域開闊且無視覺阻隔，大面積的海洋及寬闊的天空為主要視覺元素，天氣良好時黃昏時刻可欣賞日落景觀。環境色彩多由藍色系所組成，呈現開放的空間型態，整體景觀美質等級良好。</p>												
景觀控制點 3 現況照片	景觀控制點 3 環境色彩描述												
	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>C:71 M:42 Y:0 K:0</td> <td>C:68 M:38 Y:0 K:0</td> <td>C:57 M:30 Y:0 K:0</td> <td>C:64 M:34 Y:0 K:0</td> </tr> <tr> <td>C:70 M:39 Y:4 K:0</td> <td>C:65 M:35 Y:3 K:0</td> <td>C:58 M:31 Y:5 K:0</td> <td>C:59 M:32 Y:7 K:0</td> </tr> <tr> <td>C:98 M:84 Y:42 K:7</td> <td>C:97 M:83 Y:42 K:6</td> <td>C:94 M:78 Y:43 K:6</td> <td>C:94 M:79 Y:43 K:6</td> </tr> </tbody> </table>	C:71 M:42 Y:0 K:0	C:68 M:38 Y:0 K:0	C:57 M:30 Y:0 K:0	C:64 M:34 Y:0 K:0	C:70 M:39 Y:4 K:0	C:65 M:35 Y:3 K:0	C:58 M:31 Y:5 K:0	C:59 M:32 Y:7 K:0	C:98 M:84 Y:42 K:7	C:97 M:83 Y:42 K:6	C:94 M:78 Y:43 K:6	C:94 M:79 Y:43 K:6
C:71 M:42 Y:0 K:0	C:68 M:38 Y:0 K:0	C:57 M:30 Y:0 K:0	C:64 M:34 Y:0 K:0										
C:70 M:39 Y:4 K:0	C:65 M:35 Y:3 K:0	C:58 M:31 Y:5 K:0	C:59 M:32 Y:7 K:0										
C:98 M:84 Y:42 K:7	C:97 M:83 Y:42 K:6	C:94 M:78 Y:43 K:6	C:94 M:79 Y:43 K:6										

表 7.3.1-4 觀景點 4 分析表

景觀控制點 4 資訊													
景觀控制點所在位置：風場外	與開發風場範圍邊界距離：8 公里												
景觀控制點海拔高程（公尺）：6 公尺	位於 <input type="checkbox"/> 近景 <input type="checkbox"/> 中景 <input checked="" type="checkbox"/> 遠景												
觀賞者位置：中位	調查日期：2016年 8 月 16 日												
景觀控制點經緯度座標值：24° 5'42.89"北 119°56'9.33"東													
景觀控制點 4 展望方向	景觀控制點 4 現況環境概要說明												
	<p>本景觀控制點位於風場外，距離計畫風場約 8 公里，屬於遠景距離，觀賞者中位，為評估本計畫風機對於風場外視覺改變情形，故列為選取點之一。由於大海空間視域開闊，呈現開放的空間型態，海洋及天空為主要的視覺元素，天氣良好時可欣賞豐富的氣象變化。環境色彩以天空及大海的藍色系為主，組成元素相當單純，整體景觀美質良好。</p>												
景觀控制點 4 現況照片	景觀控制點 4 環境色彩描述												
	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>C:63 M:33 Y:0 K:0</td> <td>C:66 M:37 Y:0 K:0</td> <td>C:60 M:34 Y:0 K:0</td> <td>C:55 M:30 Y:0 K:0</td> </tr> <tr> <td>C:46 M:21 Y:2 K:0</td> <td>C:47 M:22 Y:1 K:0</td> <td>C:52 M:24 Y:1 K:0</td> <td>C:55 M:27 Y:1 K:0</td> </tr> <tr> <td>C:88 M:69 Y:28 K:0</td> <td>C:90 M:72 Y:32 K:1</td> <td>C:91 M:74 Y:34 K:1</td> <td>C:91 M:72 Y:32 K:1</td> </tr> </tbody> </table>	C:63 M:33 Y:0 K:0	C:66 M:37 Y:0 K:0	C:60 M:34 Y:0 K:0	C:55 M:30 Y:0 K:0	C:46 M:21 Y:2 K:0	C:47 M:22 Y:1 K:0	C:52 M:24 Y:1 K:0	C:55 M:27 Y:1 K:0	C:88 M:69 Y:28 K:0	C:90 M:72 Y:32 K:1	C:91 M:74 Y:34 K:1	C:91 M:72 Y:32 K:1
C:63 M:33 Y:0 K:0	C:66 M:37 Y:0 K:0	C:60 M:34 Y:0 K:0	C:55 M:30 Y:0 K:0										
C:46 M:21 Y:2 K:0	C:47 M:22 Y:1 K:0	C:52 M:24 Y:1 K:0	C:55 M:27 Y:1 K:0										
C:88 M:69 Y:28 K:0	C:90 M:72 Y:32 K:1	C:91 M:74 Y:34 K:1	C:91 M:72 Y:32 K:1										

表 7.3.1-5 觀景點 5 分析表

景觀控制點 5 資訊													
景觀控制點所在位置：航道上	與開發風場範圍邊界距離：6.7 公里												
景觀控制點海拔高程（公尺）：6 公尺	位於 <input type="checkbox"/> 近景 <input type="checkbox"/> 中景 <input checked="" type="checkbox"/> 遠景												
觀賞者位置：中位	調查日期：2016年 8 月 16 日												
景觀控制點經緯度座標值：23°58'28.85"北 119°59'36.47"東													
景觀控制點 5 展望方向	景觀控制點 5 現況環境概要說明												
	<p>本景觀控制點位於周邊航道上，距離計畫風場約 6.7 公里，屬於遠景距離，觀賞者中位，往來的船隻為主要影響對象，未來營運後可能影響觀賞者視覺景觀，故被列為選取點之一。大面積的海洋及開闊的天空為主要視覺元素，環境色彩多為藍色系所構成，由於視域範圍相當開闊，呈現典型的海洋景觀，天氣良好時可欣賞色彩變化豐富的氣象景觀，整體景觀美質屬於良好至較佳的層級。</p>												
景觀控制點 5 現況照片	景觀控制點 5 環境色彩描述												
	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>C:33 M:13 Y:0 K:0</td> <td>C:44 M:21 Y:0 K:0</td> <td>C:59 M:33 Y:0 K:0</td> <td>C:64 M:38 Y:0 K:0</td> </tr> <tr> <td>C:48 M:26 Y:9 K:0</td> <td>C:51 M:28 Y:8 K:0</td> <td>C:61 M:36 Y:9 K:0</td> <td>C:69 M:44 Y:12 K:0</td> </tr> <tr> <td>C:86 M:69 Y:38 K:2</td> <td>C:92 M:77 Y:39 K:3</td> <td>C:98 M:88 Y:41 K:6</td> <td>C:100 M:92 Y:47 K:11</td> </tr> </tbody> </table>	C:33 M:13 Y:0 K:0	C:44 M:21 Y:0 K:0	C:59 M:33 Y:0 K:0	C:64 M:38 Y:0 K:0	C:48 M:26 Y:9 K:0	C:51 M:28 Y:8 K:0	C:61 M:36 Y:9 K:0	C:69 M:44 Y:12 K:0	C:86 M:69 Y:38 K:2	C:92 M:77 Y:39 K:3	C:98 M:88 Y:41 K:6	C:100 M:92 Y:47 K:11
C:33 M:13 Y:0 K:0	C:44 M:21 Y:0 K:0	C:59 M:33 Y:0 K:0	C:64 M:38 Y:0 K:0										
C:48 M:26 Y:9 K:0	C:51 M:28 Y:8 K:0	C:61 M:36 Y:9 K:0	C:69 M:44 Y:12 K:0										
C:86 M:69 Y:38 K:2	C:92 M:77 Y:39 K:3	C:98 M:88 Y:41 K:6	C:100 M:92 Y:47 K:11										

表 7.3.1-6 觀景點 6 分析表

景觀控制點 6 資訊													
景觀控制點所在位置：空中	與開發風場範圍邊界距離：30 公里												
景觀控制點海拔高程：10 公里	位於 <input type="checkbox"/> 近景 <input type="checkbox"/> 中景 <input checked="" type="checkbox"/> 遠景												
觀賞者位置：上位	調查日期：2016年 8 月 16 日												
景觀控制點經緯度座標值：24°17'38.13"北 119°56'46.65"東													
景觀控制點 6 展望方向	景觀控制點 6 現況環境概要說明												
	<p>本景觀控制點位於海拔高度約 10 公里的空中，距離計畫風場約 30 公里，屬於遠景距離，觀賞者上位。本視角可觀賞大面積的海洋景觀，開闊的天空為視覺背景，可能對搭乘飛機的乘客有視覺上的影響，故列為景觀控制點選取。環境色彩由天空及海洋所構成的藍灰色所組成，呈現單純的視覺景觀，夕陽日落的色彩變化可吸引觀賞者注意，整體景觀美質程度屬於良好的層級。</p>												
景觀控制點 6 現況照片	景觀控制點 6 環境色彩描述												
	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>C:64 M:43 Y:21 K:0</td> <td>C:61 M:41 Y:21 K:0</td> <td>C:40 M:20 Y:10 K:0</td> <td>C:36 M:16 Y:8 K:0</td> </tr> <tr> <td>C:96 M:84 Y:44 K:8</td> <td>C:99 M:90 Y:48 K:16</td> <td>C:74 M:52 Y:32 K:0</td> <td>C:56 M:33 Y:21 K:0</td> </tr> <tr> <td>C:100 M:95 Y:55 K:23</td> <td>C:98 M:88 Y:51 K:21</td> <td>C:55 M:35 Y:28 K:0</td> <td>C:34 M:18 Y:15 K:0</td> </tr> </tbody> </table>	C:64 M:43 Y:21 K:0	C:61 M:41 Y:21 K:0	C:40 M:20 Y:10 K:0	C:36 M:16 Y:8 K:0	C:96 M:84 Y:44 K:8	C:99 M:90 Y:48 K:16	C:74 M:52 Y:32 K:0	C:56 M:33 Y:21 K:0	C:100 M:95 Y:55 K:23	C:98 M:88 Y:51 K:21	C:55 M:35 Y:28 K:0	C:34 M:18 Y:15 K:0
C:64 M:43 Y:21 K:0	C:61 M:41 Y:21 K:0	C:40 M:20 Y:10 K:0	C:36 M:16 Y:8 K:0										
C:96 M:84 Y:44 K:8	C:99 M:90 Y:48 K:16	C:74 M:52 Y:32 K:0	C:56 M:33 Y:21 K:0										
C:100 M:95 Y:55 K:23	C:98 M:88 Y:51 K:21	C:55 M:35 Y:28 K:0	C:34 M:18 Y:15 K:0										
<p>照片來源：<a href="http://www.hd.club.tw/data/attachment/forum/201509/25/140555nga0coaoqozll0ya.jpg">http://www.hd.club.tw/data/attachment/forum/201509/25/140555nga0coaoqozll0ya.jpg</a></p>													

表 7.3.1-7 觀景點 7 分析表

景觀控制點 7 資訊													
景觀控制點所在位置：澎湖白沙	與開發風場範圍邊界距離：39.5km												
景觀控制點海拔高程 (m)：1.5m	位於 <input type="checkbox"/> 近景 <input type="checkbox"/> 中景 <input checked="" type="checkbox"/> 遠景												
觀賞者位置：中位	調查日期：2017年 1 月 17 日												
景觀控制點經緯度座標值：23°40'28.42"北 119°35'52.67"東													
景觀控制點 7 展望方向	景觀控制點 7 現況環境概要說明												
	<p>本景觀控制點位於澎湖縣白沙鄉海濱，距離計畫風場約 39.5km，屬於遠景距離，觀賞者中位；本地區以當地居民為主要影響對象，且可觀賞吉貝嶼，故被列為選取點之一。大面積的沙灘、岩石、吉貝嶼以及海洋景觀為主要組成元素，開闊的天空為視覺背景，呈現開放的空間型態；環境色彩多為天空及海洋等元素所構成的藍色及灰色系所組成，空間元素相當單純，天氣良好時可欣賞豐富的氣象變化，整體景觀美質等級良好。</p>												
景觀控制點 7 現況照片	景觀控制點 7 環境色彩描述												
	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>C:38 M:27 Y:21 K:0</td> <td>C:35 M:24 Y:18 K:0</td> <td>C:23 M:16 Y:10 K:0</td> <td>C:23 M:17 Y:10 K:0</td> </tr> <tr> <td>C:35 M:24 Y:17 K:0</td> <td>C:34 M:21 Y:17 K:0</td> <td>C:38 M:24 Y:19 K:0</td> <td>C:34 M:23 Y:18 K:0</td> </tr> <tr> <td>C:66 M:55 Y:55 K:3</td> <td>C:68 M:57 Y:56 K:5</td> <td>C:67 M:57 Y:57 K:6</td> <td>C:67 M:60 Y:59 K:8</td> </tr> </tbody> </table>	C:38 M:27 Y:21 K:0	C:35 M:24 Y:18 K:0	C:23 M:16 Y:10 K:0	C:23 M:17 Y:10 K:0	C:35 M:24 Y:17 K:0	C:34 M:21 Y:17 K:0	C:38 M:24 Y:19 K:0	C:34 M:23 Y:18 K:0	C:66 M:55 Y:55 K:3	C:68 M:57 Y:56 K:5	C:67 M:57 Y:57 K:6	C:67 M:60 Y:59 K:8
C:38 M:27 Y:21 K:0	C:35 M:24 Y:18 K:0	C:23 M:16 Y:10 K:0	C:23 M:17 Y:10 K:0										
C:35 M:24 Y:17 K:0	C:34 M:21 Y:17 K:0	C:38 M:24 Y:19 K:0	C:34 M:23 Y:18 K:0										
C:66 M:55 Y:55 K:3	C:68 M:57 Y:56 K:5	C:67 M:57 Y:57 K:6	C:67 M:60 Y:59 K:8										

二、

### 三、開發行為景觀影響預測

針對未來本開發行為對現況景觀影響內容進行說明，其相關計畫設施之模擬將依據開發行為環境影響說明書或環境影響評估書所描述之開發行為主要規劃內容，依照其在環評階段之所訂定之量體高度、量體規模與量體方位進行模擬，以瞭解開發前後景觀變化狀況。

#### (一) 開發行為模擬操作

開發前後景觀變化程度之操作，依各景觀控制點所模擬營運後之環境狀況進行分析，檢視營運後階段與現況環境區域改變程度。由於環境組成較為單純，僅前景或天空範圍改變程度受到影響，因此針對前景及天空部分作變化程度之分析，藉此瞭解開發行為對於觀景距離範圍帶內景觀變化程度影響。

依據分析結果顯示，觀景點 3 因位於計畫風場內，前景及天空範圍內的視覺改變稍大；觀景點 6 位於天空中，屬於上位觀賞距離遠景，前景範圍有輕微的視覺改變，但天空範圍並無任何景觀變化；而其他觀景點均位於海面上或沿海地區，對於風機可視性較小，故景觀變化程度輕微，相關變化程度分析請詳表 7.3.1-8~7.3.1-14。

#### (二) 景觀影響預測

本計畫為風力發電機組之興建，依現況、施工中、營運後三階段，對於各景觀控制點所見之環境景觀影響狀況，利用自然性、相容性、生動性、完整性、獨特性，透過質性描述之方式，進行各階段景觀影響預測，詳表 7.3.1-15~7.3.1-21。

與大彰化(四案)、海龍(兩案)、海鼎(三案)合併評估方面，本案與其他 8 案彰化地區沿岸觀景點距離開發風場範圍邊界約 30~60 公里，於施工及營運期間，風機群因距離觀景點位置相當遠，可視性相當小，民眾在岸邊無法看到風機群景觀。

**表 7.3.1-8 觀景點 1 開發前後景觀變化程度分析表**





景觀控制點 1		
前景範圍		
	2825.5519	0
	變化程度	0%
天空範圍		
	4674.4481	3.4111
	變化程度	$3.4111/4674.4481*100%=0.07\%$



表 7.3.1-9 觀景點 2 開發前後景觀變化程度分析表





景觀控制點 2		
前景範圍		
	2833.4406	0
變化程度		0%
天空範圍		
	4666.5594	3.2265
變化程度		$3.2265/4666.5594*100%=0.07\%$

表 7.3.1-10 觀景點 3 開發前後景觀變化程度分析表





景觀控制點 3		
前景範圍		
	3154.609	40.6136
變化程度		$40.6136/3154.609*100%=1.29\%$
天空範圍		
	4345.391	346.9808
變化程度		$346.9808/4345.391*100%=7.99\%$

表 7.3.1-11 觀景點 4 開發前後景觀變化程度分析表





景觀控制點 4		
前景範圍		
	2761.2178	7.0142
	變化程度	$7.0142/2761.2178*100\%=0.25\%$
天空範圍		
	4738.7822	35.6018
	變化程度	$35.6018/4738.7822*100\%=0.75\%$

表 7.3.1-12 觀景點 5 開發前後景觀變化程度分析表





景觀控制點 5		
前景範圍		
	3538.5947	9.476
	變化程度	$9.476/3538.5947*100\%=0.27\%$
天空範圍		
	3961.4053	28.571
	變化程度	$28.571/3961.4053*100\%=0.72\%$

表 7.3.1-13 觀景點 6 開發前後景觀變化程度分析表





景觀控制點 6		
前景範圍		
	5730.4922	13.6633
	變化程度	$13.6633/5730.4922*100%=0.24\%$
天空範圍		
	1769.5078	0
	變化程度	0%

表 7.3.1-14 觀景點 7 開發前後景觀變化程度分析表





景觀控制點 7		
前景範圍		
	2561.1468	0
	變化程度	0%
天空範圍		
	4938.8532	1.5326
	變化程度	$1.5326/4938.8532*100%=0.031\%$

表 7.3.1-15 觀景點 1 開發前中後景觀影響預測分析表

景觀控制點 1 資訊	
景觀控制點所在地點： 王功漁港跨海拱橋	
景觀控制點經緯度座標值： 23°58'5.41"北 120°19'26.69"東	
景觀控制點海拔高程 (m)：4.5 公尺	
觀賞者位置：中位	
與開發風場範圍邊界距離：38.5 公里 位於□近景、□中景、■遠景	
景觀控制點 1 景觀影響之預測	
現況	
	<p>本景觀點位於王功漁港跨海拱橋上，當地遊客為主要考量對象，主要視覺元素為大面積的灘地、大海及天空等，因周邊地勢平坦，空間視域開闊且環境色彩、空間元素組成單純，整體環境之完整性、相容性、自然性及生動性佳，加上本地區可讓觀賞者留下深刻印象，獨特性評值亦較佳。</p>
施工中	
	<p>本觀景點周邊無建物或其他元素阻隔，視域範圍相當開闊，但因距離計畫風場相當遠，天氣良好時對於計畫區施工情形可視性相當低，對於現況環境的完整性、相容性、自然性、生動性及獨特性等評值影響程度不大，故景觀美質影響程度屬於輕微或無影響的層級。</p>
營運後	
	<p>完工營運後，大面積的風機群因距離觀景點位置相當遠，可視性相當小，應不致影響日落景觀，對於觀賞者之視覺及心理感受影響程度不大，尚能維持既有視覺環境，整體空間之自然性、生動性、完整性、相容性及獨特性改變程度有限，屬於輕微或無影響的層級。</p>

表 7.3.1-16 觀景點 2 開發前中後景觀影響預測分析表

景觀控制點 2 資訊	
景觀控制點所在地點： 普天宮	
景觀控制點經緯度座標值： 23°55'45.58"北 120°18'59.21"東	
景觀控制點海拔高程 (m)：11.5 公尺	
觀賞者位置：中位	
與開發風場範圍邊界距離：39 公里 位於□近景、□中景、■遠景	
景觀控制點 2 景觀影響之預測	
現況	
	<p>本景觀點位於普天宮三樓，信徒及遊客為主要考量者，主要視覺元素為廟埕停車場、廟宇設施及大面積的海洋與天空，由於空間視域開闊且環境色彩及元素組成單純，雖有廟宇及遊覽車等人為設施，但仍保有自然環境及人文建築特色，整體環境之完整性、相容性、自然性、生動性及獨特性屬於普通至良好。</p>
施工中	
	<p>本觀景點觀賞位置較高且周邊地勢平坦，空間視域開闊，因距離計畫風場約 39 公里，可視性相當低，加上風機量體所占視覺比例較小，完整性、相容性、自然性、生動性及獨特性等評值改變有限，屬於輕微或無影響的層級。</p>
營運後	
	<p>完工營運後，因距離計畫風場相當遙遠，對於既有空間視域範圍、環境色彩及天際線等變化程度非常小，且不至於改變日落景觀及寧靜的視覺景致，自然性、生動性、完整性、相容性及獨特性等評值屬於輕微或無影響的層級，仍可維持既有良好的景觀美質環境。</p>

表 7.3.1-17 觀景點 3 開發前中後景觀影響預測分析表

景觀控制點 3 資訊	
景觀控制點所在地點： 風場內	
景觀控制點經緯度座標值： 24° 1'11.97"北 119°54'1.49"東	
景觀控制點海拔高程 (m)：6 公尺	
觀賞者位置：中位	
與開發風場範圍邊界距離：0 公尺 位於■近景、□中景、□遠景	
景觀控制點 3 景觀影響之預測	
現況	
	<p>本觀景點位於計畫風場內，開闊的天空及海洋為空間組成要素，呈現開放的空間型態；本地區空間組成元素及環境色系相當的單純，整體空間之相容性、自然性及完整性良好，天氣良好時可呈現豐富的氣象變化，生動性及獨特性佳，整體來說景觀美質屬於良好的層級。</p>
施工中	
	<p>因觀賞距離近、視域開闊且無視覺阻隔，可清楚看到計畫風機施工及組裝情形，易降低本區域環境之相容性、自然性、生動性、完整性及獨特性，對於觀賞者造成視覺負面影響。由於本觀景點非一般遊客或民眾可駐足停留，故影響程度有限。</p>
營運後	
	<p>大面積離岸風力發電機設施的增加易成為視覺焦點，將提升本地區之生動性及獨特性，但風機群可能影響日落之視覺景觀且垂直的風機改變了自然景觀的連續性，降低環境之相容性、自然性及完整性。本觀景點非重要航道或漁民工作區，故對於一般遊客或漁民視覺影響程度有限。</p>

表 7.3.1-18 觀景點 4 開發前中後景觀影響預測分析表

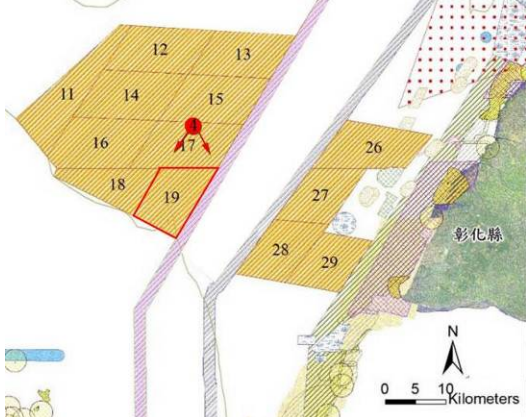



景觀控制點 4 資訊	
景觀控制點所在地點： 風場外	
景觀控制點經緯度座標值： 24° 5'42.89"北 119°56'9.33"東	
景觀控制點海拔高程：6 公尺	
觀賞者位置：中位	
與開發風場範圍邊界距離：8 公里 位於□近景、□中景、■遠景	
景觀控制點 4 景觀影響之預測	
現況	
	<p>本景觀點位於計畫風場外，主要視覺元素為大面積的海洋及寬闊的天空，屬於開放的空間類型。由於空間視域開闊且環境色彩、空間元素組成單純，天氣良好時的氣象變化呈現豐富的視覺印象，整體環境之完整性、相容性、自然性、生動性及獨特性屬於良好至較佳的層級。</p>
施工中	
	<p>本觀景點距離計畫區屬於遠景，因無視覺阻隔，視域範圍相當開闊，天氣良好時可看到小面積風場內施工情形，對於現況環境的完整性、相容性、自然性、生動性及獨特性等，均會產生負面影響；由於距離遠且環境色彩改變程度不大，加上風機量體所占視覺比例小，故景觀美質影響程度屬於輕度負面影響的層級。</p>
營運後	
	<p>天氣良好時成群的風機將取代寧靜的視覺環境，並改變日落景觀，稍微增加觀賞者視覺及心理壓力，並輕微整體空間之完整性、相容性及自然性；然風機隨風運轉情形可增加視覺趣味，提供新的視覺體驗，增加當地之生動性及獨特性。整體來說，因觀賞距離遠且可視性低，對於整體視覺景觀品質屬於輕度負面影響。</p>

表 7.3.1-19 觀景點 5 開發前中後景觀影響預測分析表

景觀控制點 5 資訊	
景觀控制點所在地點： 航道上	
景觀控制點經緯度座標值： 23°58'28.85"北 119°59'36.47"東	
景觀控制點海拔高程 (m)：6 公尺	
觀賞者位置：中位	
與開發風場範圍邊界距離：6.7 公里 位於□近景、□中景、■遠景	
景觀控制點 5 景觀影響之預測	
現況	
	<p>本景觀點位於台灣海峽既有航道上，往來貨船上的工作者為主要影響對象，主要視覺元素為大面積的海洋與天空，景觀同質性相當高；由於空間視域開闊且環境色彩及元素組成單純，加上日落黃昏時的氣象變化，整體環境之完整性、相容性、自然性、生動性及獨特性屬於良好至較佳的層級。</p>
施工中	
	<p>本觀景點距離計畫區約 6.7 公里，雖計畫風機量較多且無視覺阻隔，但因觀景點距離非常遠，天氣良好時對於風機施工情形可視性較低，故對於本地區環境之自然性、生動性、完整性、相容性及獨特性等改變程度有限，景觀美質影響程度屬於輕微或無影響。</p>
營運後	
	<p>完工營運後，風機群將改變日落景觀及寧靜的視覺景致，降低既有環境之完整性、相容性及自然性；大面積的離岸風機隨風旋轉，特殊的人為設施將成為視覺焦點，提升本地區之生動性及獨特性，由於觀賞距離遠且風機設施量體所占視域面積較小，故景觀美質影響輕微。</p>



表 7.3.1-20 觀景點 6 開發前中後景觀影響預測分析表

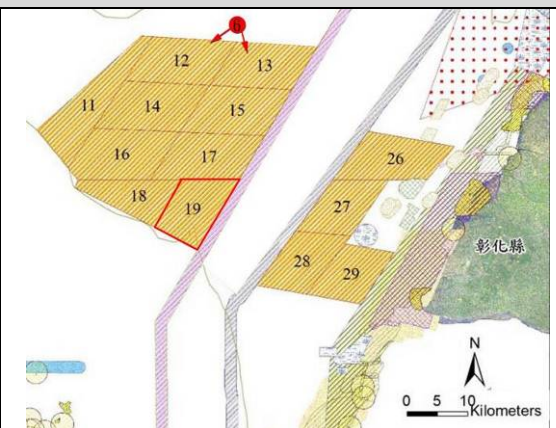





景觀控制點 6 資訊	
景觀控制點所在地點： 空中	
景觀控制點經緯度座標值： 24°17'38.13"北 119°56'46.65"東	
景觀控制點海拔高程：10 公里	
觀賞者位置：中位	
與開發風場範圍邊界距離：30 公里 位於□近景、□中景、■遠景	
景觀控制點 6 景觀影響之預測	
現況	
	<p>本觀景點位於高度約 10 公里的天空中，由於觀賞位置高，視域範圍相當開闊，呈現開放的空間類型，整體環境以大面積的海洋為主，飛機上的乘客為主要影響對象。寬闊的天空為視覺背景，天氣良好的黃昏日落可呈現豐富的氣象變化，讓人留下深刻之印象，整體環境之自然性、完整性、相容性、生動性及獨特性良好。</p>
施工中	
	<p>在施工過程中，因無視覺阻隔，天氣良好時可看到小面積吊裝作業及施工機組等施工情形，輕微改變寧靜的視覺景致及造成觀賞者心理不安全感，但因觀賞距離較遠且視覺停留短暫，對於現況環境景觀元素組成改變程度並不明顯，輕微影響元素間之相容性及整體環境之自然性、生動性、相容性、完整性及獨特性。</p>
營運後	
	<p>雖計畫風機群數量多，但因觀賞位置上位且距離遙遠，風機出現在開闊的海洋中，對於環境現況改變程度並顯著，輕微降低空間之自然性、相容性及完整性；大面積的風機群易成為視覺焦點，提升獨特性及生動性；由於觀賞距離較遠可視性低，整體景觀美質影響程度輕微。</p>

表 7.3.1-21 觀景點 7 開發前中後景觀影響預測分析表

景觀控制點 7 資訊	
景觀控制點所在地點： 澎湖白沙	
景觀控制點經緯度座標值： 23°40'28.42"北 119°35'52.67"東	
景觀控制點海拔高程 (m)：1.5m	
觀賞者位置：中位	
與開發風場範圍邊界距離：39.5km 位於 <input type="checkbox"/> 近景、 <input type="checkbox"/> 中景、 <input checked="" type="checkbox"/> 遠景	
景觀控制點 7 景觀影響之預測	
現況	
	<p>本觀景點位於澎湖縣白沙鄉海邊，當地居民為主要考量對象，主要視覺元素為沙灘、海洋及大面積的海洋與天空，亦可觀賞周邊島嶼，景觀同質性高。由於空間視域開闊且環境色彩及元素組成單純，維持原有自然環境特色，整體環境之完整性、相容性、自然性、生動性及獨特性良好。</p>
施工中	
	<p>本觀景點周邊地勢平坦且空間視域開闊，因距離計畫風場約 39.5 公里，對於施工時期的計畫風機可視性較低，且風機量體所占視覺比例較小，視覺環境改變程度不大，完整性、相容性、自然性、生動性及獨特性等評值改變有限，屬於輕微或無影響的層級。</p>
營運後	
	<p>完工營運後，因距離計畫風場距離遙遠，對於既有空間視域範圍、環境色彩及天際線等變化程度非常小，應不至於改變既有視覺景致，仍可維持既有良好的景觀美質環境，自然性、生動性、完整性、相容性及獨特性等評值影響不大，屬於輕微或無影響的層級。</p>

## 7.3.2 遊憩環境影響

### 一、開發行為影響預測

為了遊憩品質影響量化評估需要，篩選計畫區與鄰近環境中敏感或較具有代表性之遊憩據點，藉以比較計畫開發前後與執行中可能產生之遊憩品質衝擊，據點之選擇以敏感度較高之地點為代表，並調查與本計畫開發的關聯性。計畫風機規劃於離海岸邊至少約 45~55 公里範圍以上的海洋上，但因海岸線視域寬廣且無視覺阻隔，天氣良好時，當地居民及遊客可能注意到本計畫開發行為，由於距離遙遠，完工後成群的風力發電機組對於陸上觀賞者可視性低，並不至於影響當地遊憩品質。以下分為施工期間與完工營運期間部分來討論。

#### (一) 施工期間的遊憩影響預測

##### 1. 施工影響遊憩據點的交通可及性

本工程計畫施工階段，將有施工機具及載運材料卡車進出，其所衍生之交通量將對周邊道路造成可及性之影響，影響各遊憩點遊憩環境品質；應避免上下班及連續假日施工道路的使用，並研擬施工道路計畫以減低施工期間之交通衝擊。

##### 2. 施工影響鄰近遊憩據點的遊憩體驗

風力發電機組施工期間，材料堆置或整地後裸露地表將改變視覺印象；風力機組架設時，對於鄰近的遊憩據點可能會影響遊客之遊憩體驗。

#### (二) 完工營運期間的遊憩影響預測

##### 1. 風力發電機組設置後的視覺影響

由於本計畫風機群距離相當遙遠，對於陸地上的觀賞者可視性相當有限，視覺影響程度相當有限。

##### 2. 遊憩景點之交通可及性

完工營運後，將恢復原本之主要交通動線，且風力發電機組距離遙遠，不至影響觀賞者視覺體驗，對於鄰近遊憩據點的遊客人潮影響程度亦不顯著。

### 二、可能影響遊憩點預測與評估

為了遊憩品質影響量化評估需要，篩選計畫區與鄰近環境中敏感或較具有代表性之遊憩據點，藉以比較計畫開發前後與執行中可能產生之遊憩品質衝擊，據點之選擇以敏感度較高之地點為代表，並調查與本計畫開發的關聯性。

施工期間，可能因為施工車輛往返、材料堆置及海纜、陸纜的架設而輕微影響周邊遊客之視覺感受及交通可及性；但未來營運後，將恢復原交通服務，而成群的風力發電機組距離相當遙遠，對於陸上遊憩據點之遊客影響程度不大，將屬於輕微或無影響的層級。根據遊憩環境調查，對所選取之八處遊憩區據點進行評估，茲將各據點在施工期與營運期間對遊憩體驗與遊客量方面之影響等級評估結果整理如下：

#### (一) 白蘭氏健康博物館

白蘭氏健康博物館位於計畫區東北側直線距離約 45.3 公里，是全台灣最大且亞洲第一座白蘭氏健康博物館，提供遊客參觀、選購等遊憩活動，吸引許多遊客，本地區遊客主要來自附近縣市的民眾，假日更能吸引許多各地遊客前往，家庭及朋友為主要族群，自用汽機車及大型遊覽車為主要交通工具。預測本計畫施工及營運階段，因距離計畫區較遠且受植被建物等阻隔，看不到也聽不到計畫區活動情形，對於遊憩體驗影響並不明顯，台 17 線道路雖因計畫工程而略增道路使用，但距離較遠且不與本區主要動線重疊，不至於

影響本地區之交通可及性及遊客量。

#### (二) 台灣玻璃館

台灣玻璃館位於計畫區東北側直線距離約 45.3 公里，除呈現玻璃相關歷史、製作過程等知識外，並展覽許多玻璃作品，吸引許多鄰近民眾及各地遊客前往，自用汽機車及大型遊覽車為主要交通工具，年遊客量約有 132 萬人次〈2015 年觀光局統計資料〉。

預測計畫施工階段及營運期間，因本遊憩區距離較遠，看不到也聽不到計畫區活動情形，對於遊憩體驗並無影響，台 17 線道路雖因計畫工程而略增道路使用，但因距離較遠且不與本區主要動線重疊，對於遊憩體驗、交通可及性及遊客量影響輕微，整體來說為輕微或無影響的層級。

#### (三) 鹿港人文遊憩區

鹿港人文遊憩區位於計畫區東側直線距離約 48.5 公里，是台灣著名的文化古城，擁有相當多的古蹟建築及廟宇，屬於國家級遊憩資源，遊客量相當多，以自用汽機車及大型遊覽車為主要交通工具，年遊客量可達 121 萬人次以上（2015 年觀光局鹿港龍山寺統計資料）。

預計施工及營運期間，因本遊憩區位於人為活動密集的聚落，離計畫區較遠，看不到也聽不到計畫區施工活動，然主要交通動線可能與施工車輛部分重疊，對於本區之交通可及性有輕微的影響，但完工後即恢復既有道路服務水準，對於遊憩體驗及遊客量均屬於輕微或無影響的層級。

#### (四) 福寶生態園區

福寶生態園區位於計畫區東側直線距離約 43.4 公里處，為水鳥自然生態保育重要區域，除具豐富的動植物生態資源外，並有裝置藝術作品，假日可吸引較多的遊客或賞鳥人士前往，屬於自然賞景遊憩資源類型；本地區遊客以鄰近地區民眾為主，自用汽機車為主要交通工具。

本遊憩據點臨海，因距離較遠，可視計畫量體非常小，天氣良好時方可看到小面積計畫區活動情形，預測本計畫施工階段，對於遊憩體驗影響並不顯著，而遊憩可及性可能因施工車輛造成鄰近道路受到部分影響；營運完工後將還原本地區道路狀況，離岸的風力發電機組可視性相當低，預計將屬於輕微或無影響的層級。

#### (五) 漢寶溼地

漢寶溼地離計畫風機東側直線距離約 40.5 公里，生態資源相當豐富，並逐漸發展為生態旅遊，屬於自然生態賞景景觀資源類型。本遊憩據點遊客主要來源為中部地區居民，自用汽機車為主要交通工具。

因本遊憩據點離計畫區域相當遠，且有堤防阻隔影響，預測將來本計畫施工及營運期間，看不看也聽不到計畫區活動情形，對於本地區遊客之遊憩體驗影響程度並不顯著；施工車輛可能行駛省道台 17 線，輕微影響往返本遊憩據點車輛交通的行車不便，但整體來說遊憩品質將是輕微或無影響的層級。

#### (六) 王功漁港

王功漁港位於計畫風機東方約 38.5 公里距離，以採蚵和落日餘暉美景吸引遊客，退潮時可提供遊客搭乘採蚵車體驗採蚵樂趣，並觀賞潮間帶之生態，另外燈塔、景觀橋及沿岸的風力發電機組，都成為著名的觀光景點。自用汽機車及大型遊覽車為主要交通工具，遊客多來自當地居民及鄰近縣市遊客，屬於自然賞景及生態教育遊憩資源類型。

由於本遊憩據點視域開闊，可直接觀賞到計畫風機，但因距離相當遙遠，預測施工及營運階段，對於計畫風機可視性相當低，遊憩體驗影響程度不大；

施工期間可能短時間增加台 17 道路的行車時間，對於交通可及性有輕微負面影響，但對於遊客量之改變並不顯著；完工營運後恢復交通服務狀況，整體上對於遊憩環境將是輕微或無影響的層級。

#### (七) 普天宮

普天宮位於計畫風機東側約 39 公里處，主祀天上聖母媽祖，是芳苑地區民眾的信仰中心之一，具傳統廟宇建築景觀，每年媽祖誕辰及特殊節日可吸引相當多遊客及信徒前往，屬於宗教建築及參訪遊憩資源類型。

本遊憩據點離計畫風場相當遠，即使天氣良好，對於所視風機量體仍相當有限，預測未來施工階段，風機組裝活動對於本地區遊客之遊憩體驗影響不大，交通可及性可能因施工車輛往返台 17 道路而受到輕度負面影響；未來營運階段，將恢復原交通可及性，對於遊客體驗及遊客量改變程度不大，預計將屬於輕度或無影響的層級。

#### (八) 大城濕地

大城溼地位於計畫風機東南側直線距離約 39.5 公里以上，是全國最大的泥質灘地，擁有全國最大的鷺鷥林，目前列為國家級重要濕地，本區鳥類生態資源相當豐富，屬於自然生態賞景型景觀資源。本遊憩據點遊客主要來源為中南部地區居民，自用汽機車為主要交通工具。

因本遊憩據點離計畫區域相當遠，預測將來本計畫施工及營運期間，看不到也聽不到計畫區活動情形，對於本地區遊客之遊憩體驗及遊客量影響程度並不顯著；施工車輛可能行駛省道台 17 線及周邊道路，輕微影響往返本遊憩據點車輛交通的行車不便，而完工營運後，將恢復交通可及性，整體來說遊憩品質將是輕微或無影響的層級。

#### (九) 吉貝嶼

吉貝嶼位於計畫風場西南側直線距離約 31.5 公里，除了豐富的生態資源、自然景觀及人文特色外，並提供多元的水上活動，夏秋兩季可吸引許多外來遊客前往。本遊憩據點遊客主要來源為台灣地區居民及外國遊客，自當地遊艇及接駁船隻為主要交通工具，年遊客量約 27 萬(2015 年觀光局統計資料)。因本遊憩據點離計畫區域較遠，預測將來本計畫施工及營運期間，僅天氣良好時可看到部分計畫區活動情形，且交通可及性不與施工動線重疊，故對於本地區遊客之遊憩體驗、可及性及遊客量影響程度不大；而完工營運後，因距離遠可視性不佳，整體來說遊憩品質將是輕微或無影響的層級。

### 三、遊憩影響綜合評估

綜合本計畫鄰近之遊憩環境與各遊憩據點之施工前後評估結果，施工期間遊憩體驗、遊憩可及性及遊客量之影響多為輕度負面至輕微或無影響。營運後恢復原交通服務流水準，且風力發電機組可視性低，不致影響觀賞者視覺體驗，整體來說對於遊憩影響將是輕微或無影響的層級。茲將各遊憩據點之遊憩體驗、可及性及遊客量方面之施工前後遊憩影響程度分析表 7.3.2-1。



## 7.4 社會經濟

### 7.4.1 土地使用

本計畫為離岸風場開發，在土地使用方面涉及到相關規劃層面及法令如下說明。

#### 一、風場海域土地取得規劃

有關風場海域土地相關法規說明如下：

- (一) 依據「中華民國領海及鄰接區法」及「中華民國專屬經濟海域及大陸礁層法」，宣示我國領海主權、鄰接區、專屬經濟海域及大陸礁層的權利，自基線向外起，我國擁有 12 海浬領海，緊接領海外側有 12 海浬鄰接區、200 海浬專屬經濟海域及大陸礁層上覆水域。
- (二) 土地法第 14 條第 1 項第 1 款規定：海岸一定限度內之土地不得為私有。而內政部（78）內地字第 727170 號函釋，該條規定係指所有權不得為私有，並未規定不得提供私人使用因此海域地區國有土地係屬國有非公用財產。
- (三) 依據經濟部能源局 104 年 7 月 2 日(能技字第 10404015571 號)公告之「離岸風力發電場址規劃申請作業要點」第十點規定：「申請人於取得通過或有條件通過之環境影響評估審查結論後，應於三日內以書面通知主管機關。主管機關收受通知後，得予以申請人備查同意函並通知財政部國有財產署。」辦理海地同意使用事宜。

#### 二、海底電纜路線

海底電纜路線劃定需依「在中華民國大陸礁層鋪設維護變更海底電纜或管道之路線劃定許可辦法」規定提出應檢附之文件向內政部地政司方域科提出申請。故鋪設海底電纜線路僅需向主管機關提出路線劃定申請經審核即可，不需取得鋪設路線所經過之土地。

#### 三、陸上連接站及降壓站

本計畫離岸風力機組產生之電力經海上變電站升壓至 245kV 後，以海底電纜連接至岸上連接站，再連接至自設陸上降壓站降壓至 161kV 後併入台電彰濱 E/S 變電所(或因應共同廊道規劃，亦可能併入台電彰工升壓站)。本計畫預定於臨近海底電纜上岸點附近設置陸上連接站，於彰濱超高壓變電所附近自設陸上降壓站，將向相關單位以申請、租用或購入方式取得土地使用許可。

#### 四、輸電線路設置

電業法第五十一條：電業於必要時，得在地下、水底、私有林地或他人房屋上之空間，或無建築物之土地上設置線路，但以不妨礙其原有之使用及安全為限，並應於事先書面通知其所有人或占有人。陸域上目前架空輸電線路是以無償方式通過公私有土地，地下電纜視情況為無償或支付使用費等，而鐵塔基地得以協議價購、租賃、使用借貸等私權行為取得架設權，本計畫之陸上輸電線路以地下電纜方式自連接站至台電彰濱 E/S 變電所，所經路徑將以既成道路為主要考量，陸纜總長度約 2.32~8.75 公里；或因應共同廊道規劃，亦可能併入台電彰工升壓站。

#### 五、陸上組裝場

為符合陸上組裝場地作業面積需求，並考量海上作業船機載運停泊之方便性與時效性，以及海上經濟運距時程，陸上裝配場址目前規劃以台中港為第一優選方案，進行洽租規劃使用。

## 7.4.2 社會環境

### 一、人口性質

本計畫區預估施工期間尖峰每日所需施工人力約30人。由於大部分工程委由國內土木、水電、機械、電機等業者施工，除技術性工作外，將儘量聘用當地勞工，部分為外地進駐人口，對當地人口影響輕微。

未來風機施工完成後的運轉與維護，本公司亦會在可行的條件下優先與漁會成立之服務公司合作由服務公司提供人員機具運補、作業警戒等服務，進行本計畫風場之維護巡修。本計畫營運期間風力機組運轉屬全自動監控系統，由本公司直接監控風力發電機組之運轉，與風力場址保持即時連線，藉以即時取得風力場址運轉實況，並記錄相關運轉數據。除維修時有監控維修人員至風力機組內維修外，平常無操作人員在區內，對附近區域人口無影響。

### 二、公共設施

施工期間對於公共設施之需求主要以醫療體系為主，本計畫將利用場址附近之地區醫院或診所作為緊急意外事件救助之處。運轉期間風力機組屬全自動監控系統，無現場操作人員，故不影響相關公共設施之供給。

## 7.4.3 經濟環境

### 一、就業狀況

施工期間對就業所造成之影響，可分為直接就業及間接就業兩方面。直接就業為施工期間所需之建廠人力，包括管理技術人員及當地營建工人或來自外地聘僱人員，對營造業產生的就業有輕微的正面影響。間接就業則為因引入有關工作人員創造中游產業的繁榮。在運轉期間僅有少數監控維修人員，對當地整體就業結構無影響。未來擬由以下幾點方向加以規劃：

- (一)彰化縣政府的合作上，本工作團隊配合彰化縣政府全力推動的綠能產業示範區發展計畫，投入國內外專業工程顧問公司資源，協助彰化縣政府在示範區內研究規劃設立離岸風力運轉維護專區以建置更全面的綠能產業環境，為彰化縣成為離岸風電運維龍頭地位的發展奠立基礎。
- (二)大專院校的合作上，本工作團隊和國立彰化師範大學合作，由本工作團隊引進國際級的計畫融資及運維技術訓練課程、知識及師資結合國立彰化師範大學的在地資源，共同推動知識的傳播、課程的建立及人才的培育。經此專業養成過程所培育的人才將可直接投入離岸風電市場，在開發、規劃設計、興建及運維各階段提供市場所須的專業能力及技術。
- (三)本工作團隊積極與彰化區漁會及彰化縣政府就人力供給面等議題進行討論，諸如漁民轉型為人員運輸船操作團隊的訓練、人力供應之營運管理、人員運輸船的引進製造、運維人才的培訓、運維碼頭的推動管理等議題進行討論，期能由人、船、港三面向完整建置參與風電產業的能量。
- (四)未來諸如人員運輸服務、資材運補服務、風場巡檢服務、救護服務、深測調查服務、警戒服務及觀光服務等就業機會將由專案公司提供



(五)於符合品質規範條件下，將優先採用在地之工程、研究、勞務等公司行號。

## 二、社經環境

本風力發電計畫係利用彰化縣外海豐富之風力資源產生電力，營運後可以提供教育觀摩及海上風場參觀的標的，因此風力機組興建完工後，有助於本地區觀光事業之發展。

## 三、漁民活動與漁業經濟

任何一座機組施工，考量航行安全在其周遭至少 500 公尺範圍內依國外慣例視為施工區，除施工船舶外，任何其他船隻不得靠近，由於風場施工可能數架風機同時進行施工，再加施工船及材料運送船舶往來於施工區，因此定會影響漁船航行路線或作業範圍，亦或增加漁船往來魚場之距離，因而增加其捕魚成本；經濟漁場亦可能因施工作业之水下噪音、懸浮物質揚起、以及海床破壞等影響，致使魚群逃避原經濟漁場等魚類資源與能源資源發生競合。本計畫除依循行政院農委會漁業署已於民國 105 年 11 月 30 日發布「離岸式風力發電廠漁業補償基準」之補償基準，未來本開發單位將遵行該基準補償因本開發案而蒙受損失之漁民，依規定該補償金總額之百分之十費用，將作為漁會協助處理及發放等事宜之行政管理費。

有關在施工及營運階段協助漁民轉型及提供在地居民工作機會方面，目前已和彰化區漁會及彰化縣政府進行初步溝通，詳細拜訪記錄詳表 7.4.3-1 所示。

**表 7.4.3-1 拜訪與溝通紀實**

序號	日期	拜訪與溝通紀實
1	105.08.22	拜訪彰化區漁會，說明籌備處離岸風力發電計畫進度及相關漁業議題，傾聽其需求、想法並交換意見。
2	105.08.23	拜訪彰化縣鹿港鎮公所及鹿港鎮代表會，說明籌備處規劃於彰化外海設置離岸風力發電計畫，傾聽其需求及想法並交換意見。
3	105.08.29	拜訪彰化縣線西鄉公所，說明籌備處規劃於彰化外海設置離岸風力發電計畫，傾聽其需求及想法並交換意見。
4	105.09.06	拜訪彰化縣線西鄉代表會，說明籌備處規劃於彰化外海設置離岸風力發電計畫，傾聽其需求及想法並交換意見。
5	105.09.13	拜訪彰化縣福興鄉公所及福興鄉代表會，說明籌備處規劃於彰化外海設置離岸風力發電計畫，傾聽其需求及想法並交換意見。 拜訪彰化縣芳苑鄉公所及芳苑鄉代表會，說明籌備處規劃於彰化外海設置離岸風力發電計畫，傾聽其需求及想法並交換意見。
6	105.09.29	拜訪彰化縣政府，說明籌備處規劃於彰化外海設置離岸風力發電計畫及本計畫執行後可能對地方產生的影響、帶來的發展及效益。
7	105.09.30	於彰化縣線西鄉公所辦理環評公開會議，說明本計畫執行後可能對地方產生的影響、帶來的發展及效益。 安排籌備處外資代表拜訪彰化區漁會，說明籌備處離岸風力發電計畫進度，並進一步商討漁業權補償及合作議題的意見交換。
8	105.10.27	拜訪彰化區漁會理事長、常務監事及總幹事，說明籌備處離岸風力發電計畫進度及相關漁業補償、合作議題，傾聽其需求、想法並交換意見。
9	105.11.30	拜訪國立彰化彰化師範大學，商討離岸風力發電產業相關金融操作及專業技能培訓合作，利於培養國內離岸風力相關人才及技術養成在地化，落實政府產業在地化的政策。
10	105.12.13	拜訪澎湖縣政府，說明籌備處規劃於彰化外海設置海龍三號離岸風力發電計畫位於澎湖縣管理海域內之情況，另詳述本計畫執行後可能對地方產生的影響、帶來的發展及效益。

表 7.4.3-1 拜訪與溝通紀實(續)

序號	日期	拜訪與溝通紀實
12	105.12.14	拜訪澎湖區漁會，說明籌備處規劃於彰化外海設置海龍三號離岸風力發電計畫位於澎湖縣管理海域內之情況，傾聽其需求、想法並交換意見。
13	105.12.21	與彰化縣縣政府及國立彰化師範大學簽署產、官、學三方 MOU，將產業透過政府組織及學術單位共同合作，落實產業在地化，增加民間投資並創造就業機會。
14	106.02.08	拜訪澎湖縣政府及澎湖區漁會，報告海龍三號離岸風力發電計畫相關進度及遭遇困難，交換想法與意見。
15	106.02.09	於澎湖縣赤崁村辦理海龍三號環評公開會議，說明本計畫執行後可能對地方產生的影響、帶來的發展及效益。
16	106.02.14	拜訪彰化縣政府討論彰化漁港轉型為離岸風力發電運維港的規劃，以落實漁民轉型及產業能在彰化本地深耕。 拜訪彰化區漁會討論以補償金、協助金及共存共榮為框架協商架構，並由漁會同意簽署”協商會議紀要”。
17	106.03.30	參加 2017 彰化芳苑社區再生能源資訊交流及知識分享平台活動，與當地居民，意見領袖及環保團體溝通意見及想法。
18	106.04.14	拜訪國立彰化師範大學，討論於十月份開融資相關課程事宜，落實雙方合作事宜。
19	106.05.04	彰化縣府召開”彰化漁港運維碼頭與運維服務發展專案會議”，提供籌備處相關需求，供縣府研議辦理後續事宜。
20	106.06.01	拜訪彰化區漁會，討論未來協商及合作模式相關流程，期將雙方過往討論各種想法訴之文字，並將各階段期程化，利於日後協商。

#### 四、鄰近縣市經濟環境

離岸風場由建置開始的風機結構設計、零件製造，以及工作碼頭運送與安裝作業，到建置後機組運轉及維護，藉此供應鏈引進相關技術，帶動整體就業結構轉型、增加就業機會。基於鼓勵產業在地化及與地方互利共進之原則，施工期間將聘用當地所需之建廠人力，包括管理技術人員及當地營建工人或來自外地聘僱人員，對營造業產生的就業有正面影響；另亦引入有關工作人員創造中游產業的繁榮。在運轉期間設置之運維中心將配置環安衛管理師一職，專門負責每日了解當天維修風機之任務，並告知維修技術員環境、安全與健康之風險，並要求維修技術人員確實遵守相關之安全規定，以防止意外事故發生。初步評估可能會依實際營運需求和與該地區其他風場的潛在協同效應進行調整。援此，可以預期未來離岸風場之營運將在當地社區內產生一系列間接工作機會，包括不同的部門和行業，如居住服務(住宿、飯店、住房等)、交通運輸服務、設施維護、船舶和其他設備的維護。

#### 五、整體國家利益

本風力發電計畫係利用彰化縣海域豐富之風力資源產生電力，有助於招商引資，吸引國內外離岸風力發電產業進駐，期盼帶動國內風機零組件供應鏈產業在地化，打造台中港或其他工作港之指標性產業重鎮，帶動國際性離岸風電產業永續發展新據點。除提供能源之外，可透過整合性政策作與其他產業之鏈結，以提供多元化之使用方式；並且設計風機時可以配合多功能風場方式考量船隻通行之距離，現有的漁船可以作為風力機組的維修船；亦或季節性開放船隻作為遊客觀光船前往參觀，規劃海域生態教育熱線，以降低海域空間使用者之間的衝突，有助於協調不同使用者之需求。

## 7.5 交通環境

### 一、施工期間

#### (一) 陸上運輸

本計畫開發時對鄰近道路系統所造成之交通衝擊與施工人數及通勤工具、工程材料或填土運送方式及來源、施工車輛行駛路線有較大影響，本節將預估施工尖峰時段衍生之車旅次，以評估施工目標年(民國 109 年)對交通環境之影響衝擊。

##### 1. 交通背景環境

一般推估目標年背景交通量的方式主要以自然成長法為主，參考彰化縣主計處統計資料，彰化縣近 5 年機動車輛成長數量如表 7.5-1，自有小客車平均年成長率約 2.23%，機車平均年成長率約-3.43%，將以此成長率進行目標年基地開發前之道路交通量預測與平日、假日尖峰路段服務水準評估。

表 7.5-1 彰化縣近五年機動車輛登記數統計表

年期 (民國)	自用小客車(輛)		機車(輛)		總計(PCU)	合計 年成長率 (%)
	登記數	年成長率(%)	登記數	年成長率(%)		
100 年	357,348	—	932,730	—	823,713	—
101 年	364,740	2.03	923,743	-0.97	826,612	0.35
102 年	372,143	1.99	852,061	-8.41	798,174	-3.56
103 年	381,016	2.33	824,255	-3.37	793,144	-0.63
104 年	391,055	2.57	816,564	-0.94	799,337	0.77
平均	—	2.23	—	-3.43	—	-0.77

資料來源：彰化縣政府主計處統計年報，[http://gas.chcg.gov.tw/pxweb/dialog/statfile9\\_n.asp](http://gas.chcg.gov.tw/pxweb/dialog/statfile9_n.asp)。

##### 2. 衍生交通量

###### (1) 施工車輛及施工人員

本計畫陸域輸電系統工程及升壓站工程之剩餘土石方載運車輛運輸頻率分別約為每小時 4 車次(單向)及 3 車次(單向)，另外進出工區可能衍生的車輛還包括施工材料的載運(以大貨車每小時單向 2 車次推估)及施工人員增加所衍生的車輛(以汽機車每小時單向 30 車次推估)，則衍生車旅次每小時合計為 39 車次(單向)。

###### (2) 交通影響評估

依 2011 年臺灣公路容量手冊，號誌化路口之影響區間距小於 3 公里且車流受上游號誌化路口影響，由於本計畫主要交通要道不受上游號誌化路口之影響，故相關路段宜以非阻斷性車流路段進行分析，其評估說明如下：

施工期間對主要進出道路沿線之平日、假日尖峰路段服務水準評估如表 7.5-2 至表 7.5-3 所示，對於主要運輸道路之道路仍可維持在 A 級路段服務水準。

## (二) 海上運輸

由於施工期間之大型作業船機數量較多，且頻繁航行往來於風場至台中港間海域，考量船機航行安全與作業順利，應規劃安全航道供作業航行船機運航，避免妨礙鄰近漁船或進出台中港船舶安全。依本計畫施工船機型、噸數等與作業船數量，初步依據海軍大氣海洋局所出版之台灣沿海航行指南之航道範圍，規劃於台中港至風場的施工船舶航路，施工單位於施工前須提送台中港務分公司核備，並公開發佈於各港口與相關漁、商船公會等單位。

## 二、營運期間

本計畫營運期間因風力機組運轉採用全自動監控系統且位於離岸，除維修時有維修人員至風力機組區內維修外，平常無操作人員在區內，故營運期間主要衍生交通量為位於彰濱工業區崙尾區之陸域降壓站及位於彰濱工業區或台中港區之運維中心工作人員通勤所使用之交通機具。因營運期間風場及陸域設施皆係以自動化監控系統為主，工作人員預估為 50 人(降壓站 10 人、運維中心 40 人)，以每部車乘載 1 人保守計算，則陸上降壓站及海上風機等維護作業人員所增加衍生之交通車次分別約為每小時 10 車次(單向)及 40 車次(單向)，其以評估營運目標年(民國 111 年)對交通環境之影響衝擊如表 7.5-4~表 7.5-5 所示，對於主要運輸道路之道路仍可維持在 A 級路段服務水準。

表 7.5-2 施工期間計畫區施工車輛運輸影響交通服務水準評估表  
(平日尖峰)

路口	路段	方向 (往)	道路容量 (C) (車輛/hr)	施工目標年 (民國 109 年)交通背景			施工期間交通影響		
				尖峰小時 車輛數 (V) (車輛/hr)	V/C	服務 水準	尖峰小時 車輛數 (V) (車輛/hr)	V/C	服務 水準
慶安南一路 與彰濱路 (三岔口)	彰濱路	南	5626	21	0.004	A	60	0.011	A
	慶安南一路	東	2618	34	0.013	A	73	0.028	A
		西	3415	15	0.004	A	54	0.016	A
西濱快速道 路與台 17	西濱快速道 路	北	7570	1561	0.206	A	1600	0.211	A
		南	7555	942	0.125	A	981	0.130	A
	台 17	東	7542	1070	0.142	A	1109	0.147	A
		西	7555	1309	0.173	A	1348	0.178	A
彰濱路與彰 濱東五路、 彰濱西二路	彰濱路	北	5664	117	0.021	A	156	0.028	A
		南	7554	432	0.057	A	471	0.062	A
	彰濱東五 路、彰濱西 二路	東	3790	269	0.071	A	308	0.081	A
		西	3787	20	0.005	A	58	0.015	A
西部濱海公 路與北堤 路、漁港路	西部濱海公 路	北	7532	731	0.097	A	761	0.101	A
		南	5631	758	0.135	A	788	0.140	A
	北堤路、漁 港路	東	7544	706	0.094	A	736	0.098	A
		西	7532	393	0.052	A	423	0.056	A
西部濱海公 路與西濱快 速公路支線	西部濱海公 路	北	5670	820	0.145	A	859	0.151	A
		南	5669	612	0.108	A	651	0.115	A
	西濱快速公 路支線	東	3788	393	0.104	A	432	0.114	A
		西	5662	658	0.116	A	697	0.123	A
台 61 與線工 路、中華路	台 61	北	5663	618	0.109	A	657	0.116	A
		南	5668	452	0.080	A	491	0.087	A
	線工路、中 華路	東	7557	1842	0.244	A	1881	0.249	A
		西	5667	1402	0.247	A	1441	0.254	A

表 7.5-3 施工期間計畫區施工車輛運輸影響交通服務水準評估表  
(假日尖峰)

路口	路段	方向 (往)	道路容量 (C) (車輛/hr)	施工目標年 (民國 109 年)交通背景			施工期間交通影響		
				尖峰小時 車輛數 (V) (車輛/hr)	V/C	服務 水準	尖峰小時 車輛數 (V) (車輛/hr)	V/C	服務 水準
慶安南一路 與彰濱路 (三岔口)	彰濱路	南	5672	20	0.004	A	59.4	0.010	A
		東	2511	20	0.008	A	59.3	0.024	A
	慶安南一路	西	3404	12	0.003	A	50.7	0.015	A
西濱快速道 路與台 17	西濱快速道 路	北	7576	725	0.096	A	764.2	0.101	A
		南	7559	606	0.080	A	644.5	0.085	A
	台 17	東	7555	793	0.105	A	832.4	0.110	A
		西	7561	584	0.077	A	623.1	0.082	A
彰濱路與彰 濱東五路、 彰濱西二路	彰濱路	北	5656	80	0.014	A	118.8	0.021	A
		南	7552	336	0.044	A	374.8	0.050	A
	彰濱東五 路、彰濱西 二路	東	3790	150	0.040	A	188.9	0.050	A
		西	3787	31	0.008	A	70.2	0.019	A
西部濱海公 路與北堤 路、漁港路	西部濱海公 路	北	7552	719	0.095	A	749.4	0.099	A
		南	5664	583	0.103	A	613.1	0.108	A
	北堤路、漁 港路	東	7558	1199	0.159	A	1229.3	0.163	A
		西	7556	411	0.054	A	440.8	0.058	A
西部濱海公 路與西濱快 速公路支線	西部濱海公 路	北	5669	424	0.075	A	463.4	0.082	A
		南	5652	338	0.060	A	376.8	0.067	A
	西濱快速公 路支線	東	3785	466	0.123	A	505.3	0.133	A
		西	5664	354	0.063	A	393.3	0.069	A
台 61 與線工 路、中華路	台 61	北	5661	398	0.070	A	437.1	0.077	A
		南	5662	179	0.032	A	218.1	0.039	A
	線工路、中 華路	東	7556	831	0.110	A	870.3	0.115	A
		西	5669	763	0.135	A	802.2	0.142	A

表 7.5-4 營運期間計畫區施工車輛運輸影響交通服務水準評估表  
(平日尖峰)

路口	路段	方向 (往)	道路容量 (C) (車輛/hr)	營運目標年 (民國 111 年)交通背景			營運期間交通影響		
				尖峰小時 車輛數 (V) (車輛/hr)	V/C	服務 水準	尖峰小時 車輛數 (V) (車輛/hr)	V/C	服務 水準
慶安南一路 與彰濱路(三 岔口)	彰濱路	南	5626	21	0.004	A	31	0.006	A
		東	2618	33	0.013	A	43	0.017	A
	慶安南一路	西	3415	14	0.004	A	24	0.007	A
西濱快速道 路與台 17	西濱快速道 路	北	7570	1540	0.203	A	1550	0.205	A
		南	7555	929	0.123	A	939	0.124	A
	台 17	東	7542	1055	0.140	A	1065	0.141	A
		西	7555	1291	0.171	A	1301	0.172	A
彰濱路與彰 濱東五路、 彰濱西二路	彰濱路	北	5664	115	0.020	A	125	0.022	A
		南	7554	426	0.056	A	436	0.058	A
	彰濱東五 路、彰濱西 二路	東	3790	265	0.070	A	275	0.073	A
西部濱海公 路與北堤 路、漁港路	西部濱海公 路	北	7532	721	0.096	A	761	0.101	A
		南	5631	748	0.133	A	788	0.140	A
	北堤路、漁 港路	東	7544	696	0.092	A	736	0.098	A
		西	7532	388	0.052	A	428	0.057	A
西部濱海公 路與西濱快 速公路支線	西部濱海公 路	北	5670	808	0.143	A	818	0.144	A
		南	5669	604	0.107	A	614	0.108	A
	西濱快速公 路支線	東	3788	388	0.102	A	398	0.105	A
		西	5662	649	0.115	A	659	0.116	A
台 61 與線工 路、中華路	台 61	北	5663	610	0.108	A	620	0.109	A
		南	5668	446	0.079	A	456	0.080	A
	線工路、中 華路	東	7557	1817	0.240	A	1827	0.242	A
		西	5667	1383	0.244	A	1393	0.246	A

表 7.5-5 營運期間計畫區施工車輛運輸影響交通服務水準評估表  
(假日尖峰)

路口	路段	方向 (往)	道路容量 (C) (車輛/hr)	營運目標年 (民國 111 年)交通背景			營運期間交通影響		
				尖峰小時 車輛數 (V) (車輛/hr)	V/C	服務 水準	尖峰小時 車輛數 (V) (車輛/hr)	V/C	服務 水準
慶安南一路 與彰濱路 (三岔口)	彰濱路	南	5672	20	0.004	A	30	0.005	A
		東	2511	20	0.008	A	30	0.012	A
	慶安南一路	西	3404	12	0.003	A	22	0.006	A
西濱快速道 路與台 17	西濱快速道 路	北	7576	715	0.094	A	725	0.096	A
		南	7559	597	0.079	A	607	0.080	A
	台 17	東	7555	783	0.104	A	793	0.105	A
		西	7561	576	0.076	A	586	0.078	A
彰濱路與彰 濱東五路、 彰濱西二路	彰濱路	北	5656	79	0.014	A	89	0.016	A
		南	7552	331	0.044	A	341	0.045	A
	彰濱東五 路、彰濱西 二路	東	3790	148	0.039	A	158	0.042	A
西部濱海公 路與北堤 路、漁港路	西部濱海公 路	北	7552	710	0.094	A	750	0.099	A
		南	5664	575	0.102	A	615	0.109	A
	北堤路、漁 港路	東	7558	1183	0.157	A	1223	0.162	A
		西	7556	405	0.054	A	445	0.059	A
西部濱海公 路與西濱快 速公路支線	西部濱海公 路	北	5669	419	0.074	A	429	0.076	A
		南	5652	333	0.059	A	343	0.061	A
	西濱快速公 路支線	東	3785	460	0.122	A	470	0.124	A
		西	5664	350	0.062	A	360	0.063	A
台 61 與線工 路、中華路	台 61	北	5661	393	0.069	A	403	0.071	A
		南	5662	177	0.031	A	187	0.033	A
	線工路、中 華路	東	7556	820	0.109	A	830	0.110	A
		西	5669	753	0.133	A	763	0.135	A



## 7.6 文化資產

陸域田野調查結果顯示，並未在海纜上岸點與陸纜沿線及周圍地區發現具有文化歷史價值之建築或考古遺址、遺留等，並與現有的有形及無形文化資產相距甚遠。綜合評估陸纜對文化資產未有直接影響。

本調查已依文化部「水下文化資產保存法」及「水域開發前水下文化資產調查及處理辦法」等法規提送「水下文化資產調查報告」供文化部審查，並於 105 年 12 月 28 日通過文化部審議。未來本計畫將遵照文化部水下文化資產審議會之審查決議，於籌設許可取得前，另提調查計畫，針對這些目標物進行細部調查，調查計畫提送文化部同意後，據以執行。並於完成調查後，復提具細部調查報告送文化部審查。由文化部就其所司專業進行相關審查及為必要要求。

本籌備處已於民國 106 年 6 月 29 日向文化部提送「水下文化資產調查計畫書」，並歷經民國 106 年 7 月 6 日、8 月 3 日、9 月 11 日三次專案小組會議，並於民國 106 年 9 月 29 日通過文化部審議。於民國 106 年 11 月 10 日提送水下文化資產調查計畫書(最終版)供文化部文資局備查。本計畫水下文化資產調查計畫書(最終版)內容詳附錄八所示。

本計畫調查結果顯示，並未在計畫範圍陸域及海域發現明顯且具文化歷史價值之文化資產，但為避免施工期間有所發現，本計畫將遵照文化資產保存法第 33 條、57 條、77 條、88 條、水下文化資產保存法第 13 條相關辦法辦理。

## 7.7 安全評估

依據本計畫由地質鑽探資料顯示，計畫場址附近海域海床主要以砂質、粉砂質及泥質堆積組成，於前期規劃時已考量場址地質特性、地層分佈、地震及颱風所致極端海象、雷擊等因素，針對風機基礎、型式、結構及整體安定做初步設計分析，並進行天然災害及施工營運風險評估，提出安全評估對策。

### 一、地形/地質風險：

海上風場因基礎設置於海底，工程環境變數較大，易受海浪、洋流、特殊地質與海底地形之影響，因此取得足夠地形/地質資料常成為海事工程成功與否的關鍵因素之一。本計畫已於 105 年完成場址及路由的海床地質調查工作。後續將在適當時間進行第二次比較精細的調查取得更仔細的數據作為設計的基準以減低設計風險。

### 二、環境天候與人為因素

海上風場的施工位置位於海上，主要以船舶為工作運具，船舶運輸因受海象條件之影響甚大，經常受海浪、暗流、颱風、水深等因素影響工程進度及成果。又海上及海底工作環境較特殊，需工程團隊緊密配合，且亦需特殊技術之人員施作，工程團隊之默契與專業技能亦為成功與否的關鍵因素之一。

### 三、工法風險

海上及海底工程並無任何絕對適用之工法，端視風場環境天候及工程團隊豐富的經驗等密切配合。不同的工法，都有其成功的關鍵因素，施工前的調查規劃、現地條件的配合、船隻動員能力及具有經驗與機動應變能力之工程團隊可說是缺一不可。

參考國外離岸風場事故的統計請詳圖 7.7-1，結果顯示雷擊、強風以及電源組件失誤容易造成火災；而過大的風速以及紊流強度會造成塔架倒塌及葉片損壞。因此，在本計畫開發初期即針對環境風險度高之機構做完整的研究，特別注意機電設備及風機結構製造安裝的品質；並於施工與運維階段，擬定相關安全計畫，以避免風機意外事故的發生。

## 7.7.1 天然災害風險

### 一、地震危害風險

#### (一) 地震資料

綜合台灣地區地震觀測資料，就時間分布而言，由於西元 1973 年前台灣地區地震觀測儀器功能及數量之限制，無法偵測小地震之活動，因此難以窺知本地區地震活動情形。而在 1973 年後計畫區鄰近區域內發生地震之數少於 1,000 次，平均每年地震次數僅約為 22 次，且絕大多數為規模小於 3 之微震。而由地震震央位置分布(如圖 7.7.1-1)來說，本地區地震活動主要分佈於東方南投縣一帶，多為 1999 年 921 地震之餘震。計畫區附近有感地震稀少，本地區地震活動相對於台灣其他地區而言屬平靜區域，顯示其地殼或構造活動較不活躍。計畫區之地震威脅主要來自上述地震發生頻繁之地區，距計畫區甚遠，造成之影響亦小。距計畫區最近之彰化斷層為經濟部中央地質調查所公布之第一類活動斷層，為可能之震源；惟斷層距計畫區 50 公里以上，實際影響亦微。

#### (二) 因應對策

台灣地區位於環太平洋地震帶上，地震頻繁，工程結構物須慎重考慮耐震因素，因此研訂設計地震參數為工程建設中重要課題。本計畫相關工程結構受震安全性評估，將依據本計畫工址之設計地震參數分析結構物受震時之反應，以評估結構物之受震安全性。

本計畫機率地震危害度分析之最大回歸期為 1000 年，距離本案場址 150 公里內的震源都將列入考慮。1604 年泉州地震與福建外海濱海斷裂帶距離場址約為 110 公里，因此目前正在進行之機率地震危害度分析會考量所述震源。

內政部「建築物耐震設計規範及解說」，係針對陸上構造物；本計畫的主要結構物風機塔架為離岸構造物，目前國內並無明確規定其適用耐震設計規範。本階段暫依「建築物耐震設計規範及解說」推算計畫場址之地震危害，以供與其他計畫作為比較。實際上，風機塔架結構物若因地震因素而有所損壞，而造成之人員傷亡機率極低；且風場計畫之設計年限僅 20~25 年，遠低於一般建築物之 50 年壽齡；另考量計畫場址已遠離陸上已知震源之實事，其相同基準之設計地震參數應小於鄰近之陸域鄉鎮。故本計畫耐震設計中採用之設計地震參數，預期應低於依「建築物耐震設計規範及解說」所推算者。

「建築物耐震設計規範及解說」之構造物耐震設計考慮之設計基準地震 (DBE) 以 475 年再現週期之強地動水準為標的，即考慮使用年限為 50 年以下，超越機率 10% 的強地動水準；最大考量地震 (MCE) 則以 2500 年再現週期之強地動水準為標的，即考慮使用年限為 50 年以下，超越機率 2% 的強地動水準。根據該規範於民國 100 年公佈修正版本，本計畫預定場址  $S_s^D$  (震區短週期設計水平譜加速度係數)、 $S_1^D$  (震區一秒週期設計水平譜加速度係數)、 $S_s^M$  (震區短週期最大水平譜加速度係數)、 $S_1^M$  (震區一秒週期最大水平譜加速度係數) 等係數，依距離最近之澎湖縣白沙鄉，分別為 0.5、0.3、0.7 及 0.4。

根據本計畫地質調查結果，風場地表面下 30 公尺內之平均剪力波速略小於 200 公尺/秒，依照建築物耐震設計規範及解說(2011)之地盤分類，應屬第二類地盤(普通地盤，180 公尺/秒  $\leq$  VS30 < 270 公尺/秒)。而依據上述規範規定，可查得第二類地盤之短週期風場放大係數  $F_a = 1.1(S_s^D = 0.5)$  及  $1.0(S_s^M = 0.7)$ 、長週期風場放大係數  $F_v = 1.5(S_1^D = 0.3)$  及  $1.3(S_1^M = 0.4)$ 。場址非屬近斷層區域，故無需考慮近斷層調整因子 NA 及 NV。據此可計算出本計畫場址之短週期譜加速度係數為  $0.55(S_{DS})$  及  $0.70(S_{MS})$ ，長週期譜加速度係數則為  $0.45(S_{D1})$  及  $0.52(S_{M1})$ 。

依據前述規範，地表水平向加速度值為短週期譜加速度值之 0.4 倍，故本工址 475 年再現週期 (DBE) 及 2500 年再現週期 (MCE) 之水平向地表加速度值分別為 0.22g 及 0.28g。地表垂直向 PGA 值亦依照規範一般震區規定，取為水平向值之 1/2，故為 0.11g 及 0.14g。

經由評估本場址地質特性，場址有發生土壤液化之可能，最大液化深度為海床面以下 20 公尺。以上的控制斷層、G-level、土壤液化潛能等資料將於工程結構設計前再依臺灣活躍的地質構造背景進行更詳細評估後確定。依據以上初步資料，基樁設計深度為海床面以下 65 到 100 公尺。

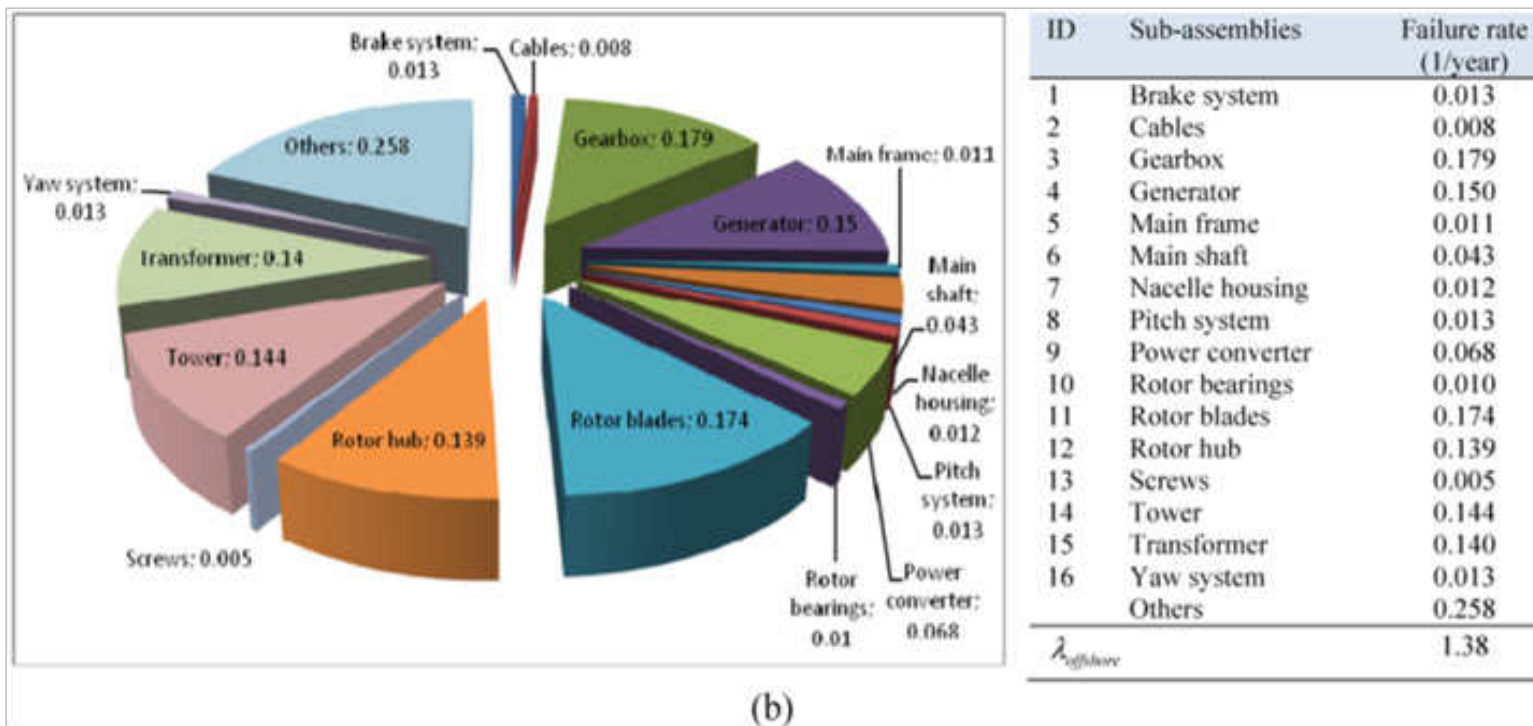


圖7.7-1 國外離岸風場事故統計圖

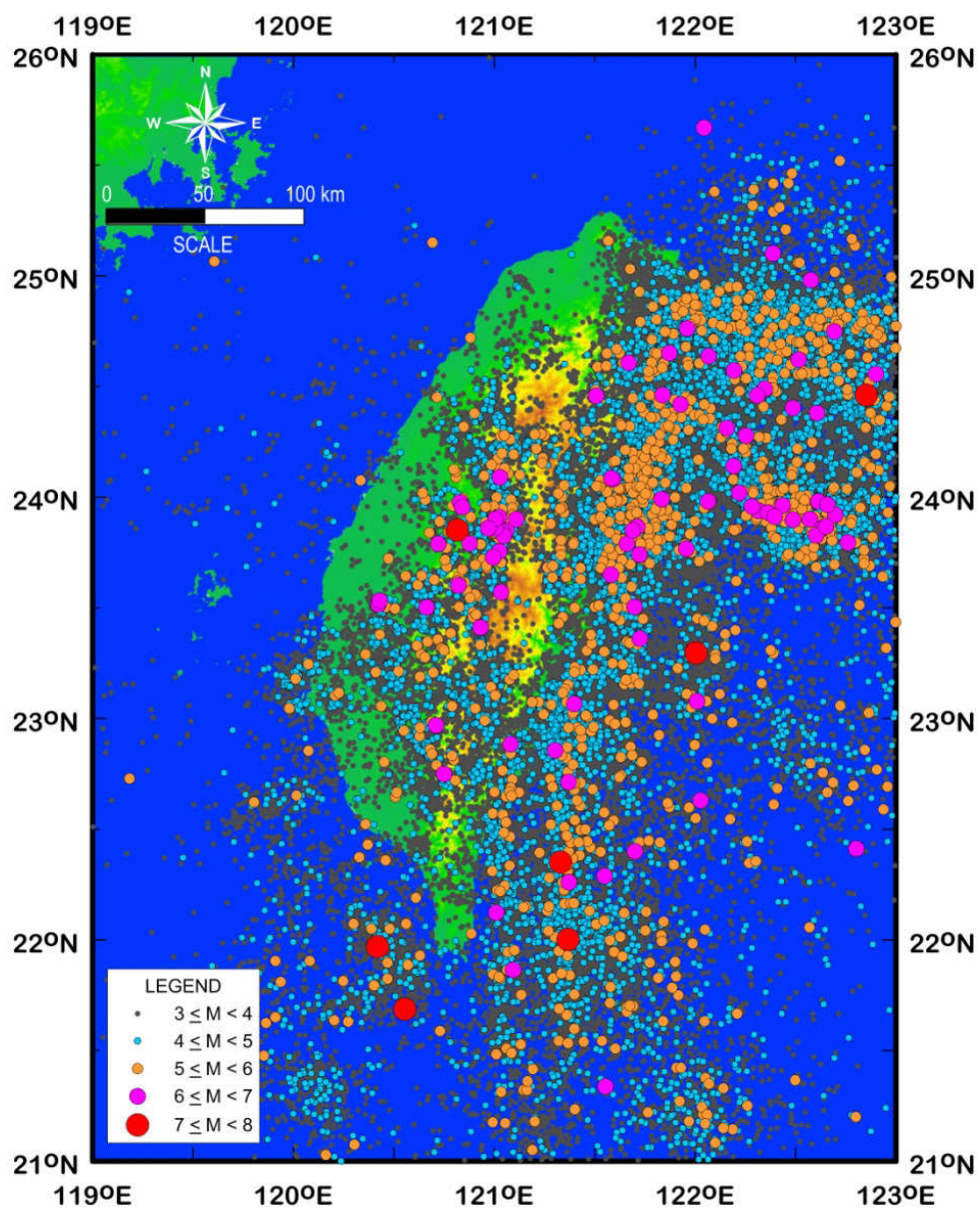


圖7.7.1-1 1973迄今台灣地區規模3.0以上地震震央分佈圖

## 二、颱風(極端風速)危害風險

### (一) 颱風資料

中央氣象局將侵台之颱風路徑分成九類，其中以2、3、4、7及9路徑對本計畫區附近海域造成直接或間接之影響，統計歷年颱風資料(如圖7.7.1-2)，可知經此5路徑侵襲本計畫區之颱風，平均每年約有1.8個颱風直接影響本計畫附近海域。

由中央氣象局梧棲氣象站(位於台中港)所測得最大陣風可知(詳表7.7.1-1)，此站有紀錄以來(1977~2015)發生之最大陣風為蘇迪勒颱風(104年)之54.2m/s，可做為本計畫風場在考慮極端風速時之參考。

此外，由中央氣象局統計資料可知，颱風於每年7~9月間，每月約將有1.5次之颱風侵台，而此期間亦為本計畫區域海域平均波浪較小，適合施工作業之工作時節，因此，將來於施工階段應密切注意颱風之動向，如中央氣象局有發佈颱風警報，則相關之施工船隊應事前做好防颱準備，以降低可能之施工風險。另如施工期間發生之颱風較預期多時，則可能影響施工進度，因此亦需預先做好因應方案，以降低工期增加、工程延宕之風險。

### (二) 因應對策

於颱風情境下，風切剖面以及風向與風速因常快速變化，因此風機除了需要能夠耐受足夠大之風速外，也應具備適應颱風情境的條件。在開發初期選擇風力機時，將以風況調查資料為本挑選適當機型，並於協商時請風機廠商提供涵蓋颱風情境的保固與訂定專用防颱操作策略，並針對抗颱補充保固範圍列入相關保險保障內。

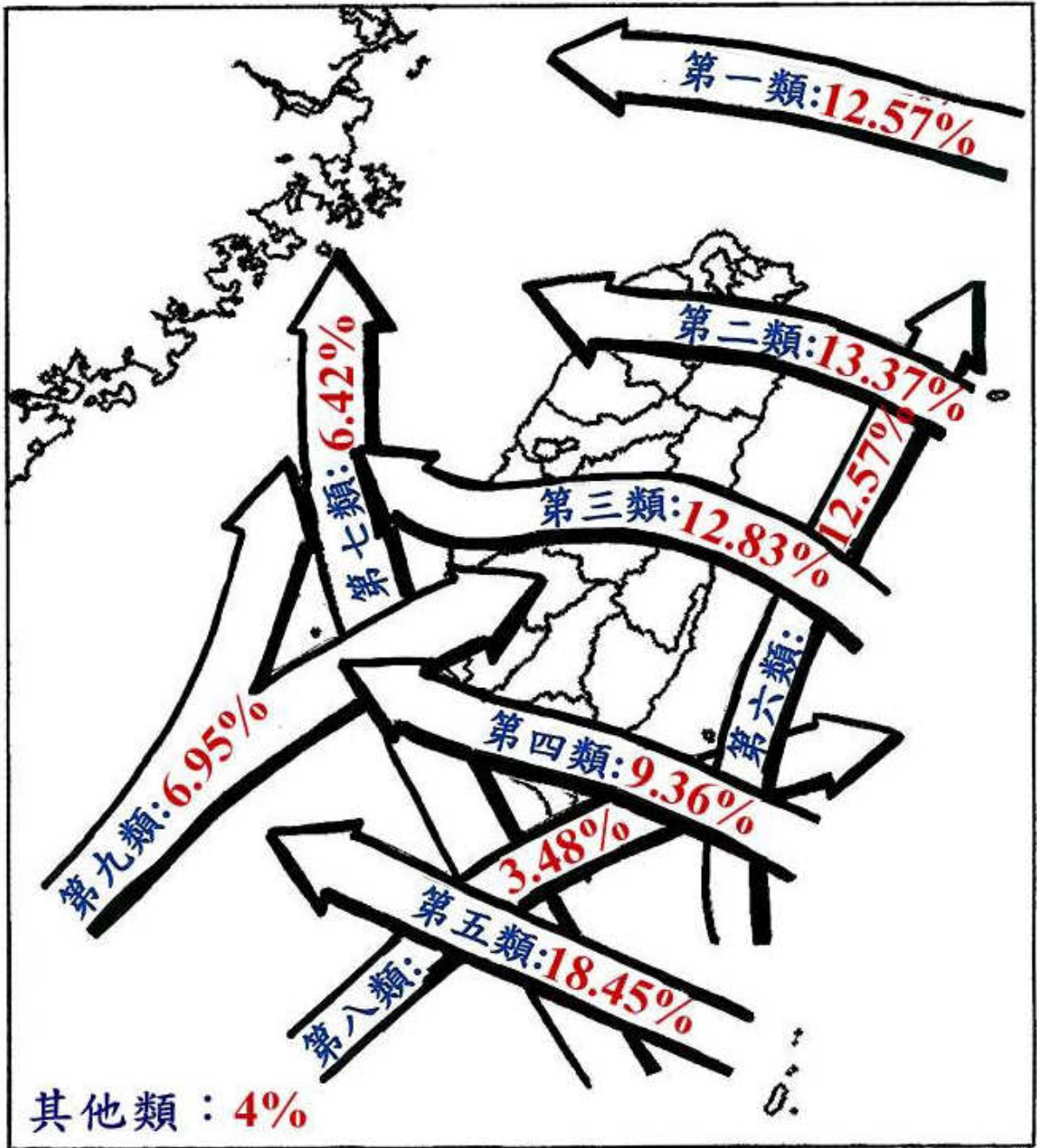
於施工計畫訂定的過程中，應評估颱風事件所造成之施工窗期縮短來進行合理的進度規劃與預留彈性，避免後續施工進度及介面問題。在風場開發施工階段，於颱風接近期間應隨時檢視氣象與海象條件，避免於天候狀況不佳的狀況下施工以致暴露於風險中。

於後續營運期間，應配合颱風前後進行不定期檢修，於可利用率與發電量分析時也應考量颱風致災所造成之影響。

表 7.7.1-1 梧棲站風速資料統計表(最大陣風>45m/s)

颱風名稱	最大陣風(m/s)	最大陣風風向(360degree)	觀測時間
韋恩	45.9	45	
艾貝	49.4	45	
艾貝	49.7	22.5	
琳恩	47.9	45	
泰利	48.6	320	2005/9/1 00:06
柯羅莎	46.4	320	2007/10/6 17:11
薔密	46.1	350	2008/9/28 17:48
蘇迪勒	54.2	350	2015/8/8 05:05
杜鵑	45.3	10	2015/9/28 20:01

資料來源：中央氣象局，本研究統計。



資料來源：中央氣象局網頁，<http://www.cwb.gov.tw/V7/knowledge/encyclopedia/ty041.htm>。

圖7.7.1-2 侵台颱風路徑分類統計圖(1911~2015年)

### 三、雷擊損害風險

#### (一) 雷擊損害資料

依據台電公司之雷擊對地閃絡觀測系統(Lightning Location System, LLS)監測台灣地區落雷資訊，可知彰化外海之「年平均落雷密度圖」(圖 7.7.1-3)，本計畫風場位置年平均落雷密度約為 0.13~0.21 次/平方公里。

#### (二) 因應對策

本計畫風力發電機遭受雷擊損害機率占比最大者，依歐洲國家德國、丹麥及瑞典經驗推測仍為葉片，故慎選葉片良好的防雷保護，可以有效降低雷擊對風力發電機組之損害。

良好的接地系統可降低風力發電機組遭受雷擊時雷電流對電力系統及控制系統感應暫態電壓之損害，本計畫風場塔架基礎建置於海水中，海水接地電阻係數遠低於岸上陸地，故若接地設計及施工得宜，應可降低雷擊對風力發電機組電力系統及控制系統之損害。電源回路及控制訊號回路設置突波吸收器，可降低雷擊異常電壓對設備之破壞。

### 四、海蝕危害風險

鋼為離岸風機支撐結構與海上變電站之主要材料，海洋存在化學性、物理性、生物性因子導致腐蝕，如表 7.7.1-2 所示。目前國際離岸風機基礎之防蝕方案主要依據防蝕相關標準 (DNVGL-ST-0126:2016、DNVGL-RP-0416:2016、DNV-RP-B401:2011、NORSOK M-501:2012) 予以保護之；此外不同區位採用的防蝕方法亦不同，可分為下列區位(圖 7.7.1-4)：

#### (一) 大氣區(Atmospheric zone)

空氣中之鹽分可導致金屬腐蝕。

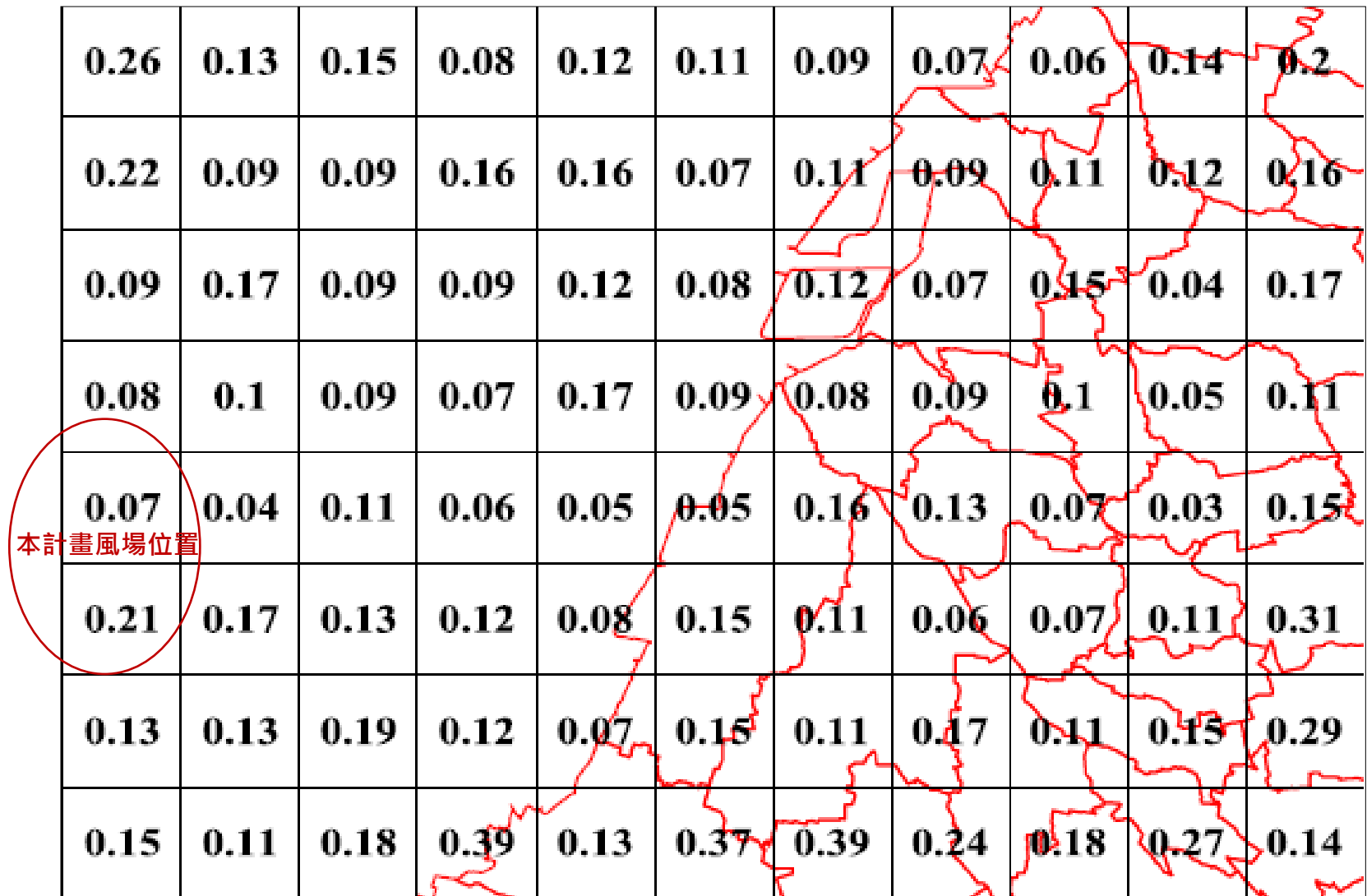
#### 因應對策：

通常以塗裝系統隔開風機結構鋼材與腐蝕因子，以達到防蝕目的。

表 7.7.1-2 腐蝕因子

化學性因子	<ul style="list-style-type: none"><li>◆ 溶氧濃度—濃度愈高腐蝕愈嚴重。</li><li>◆ 鹽—海水鹽分所含之氯離子造成腐蝕增加。</li><li>◆ pH 值—影響不大，但在河口或污染造成 pH 值變化，並影響腐蝕。</li></ul>
物理性因子	<ul style="list-style-type: none"><li>◆ 流速—高流速增加腐蝕速度。</li><li>◆ 潮汐—近海水面之空氣含有充足鹽、氧與水分，可加速腐蝕。</li><li>◆ 海水溫度—高溫可加速腐蝕反應，但海水溶氧量減少，故同時存在有利與不利因子。</li></ul>
生物性因子	<ul style="list-style-type: none"><li>◆ 附著海生物—海生物之排泄物與死亡後之身體分解物產生硫化氫與其它酸性物質，會加速腐蝕速率。</li><li>◆ 微生物—其腐蝕機制與海生物類似，腐蝕速率取決於微生物輸送之溶氧量，通常呈現局部腐蝕。</li></ul>





資料來源：台灣電力公司

圖7.7.1-3 台灣西部彰化地區年平均落雷密度圖

## (二) 飛濺區(Splash zone)

飛濺區之上限為高水位加上一個迴歸期之有義波高，下限為低水位減去一個迴歸期之有義波高。潮汐導致水位改變，而乾濕交替作用不利於結構外表面之防蝕塗裝。同時，船舶與浮木之撞擊可能導致塗層脫落，其損傷於該區域難以修補。

### 因應對策：

設計時須考慮腐蝕餘裕。塗裝系統至少應自大氣區延伸至平均海水面下 1 公尺，以考慮安裝誤差之高程不確定性。平均海水面以下之部分可假設由陰極防蝕系統所保護。

## (三) 浸沒區(Submerged zone)

此區之外表長期浸沒於海水中，陰極防蝕系統須應用於此區域。

### 因應對策：

塗裝系統為進階之選項，可減少陰極防蝕系統能量需求與微生物腐蝕。

## (四) 埋入區(Buried zone)

通常鋼管樁在埋入區之腐蝕可忽略，有些研究(K.A. Chandler, “Marine and Offshore Corrosion,” Butterworth & Co Ltd, 1995)指出，鋼管樁埋入海床超過 25 年後，其年腐蝕速率自無腐蝕至 30  $\mu\text{m}$  之間變化，其年平均腐蝕速度為 10  $\mu\text{m}$ 。然而，海床面下 2 公尺範圍內須考慮以陰極防蝕系統保護，亦可採塗裝系統進行保蝕保護，以減少陰極防蝕系統能量及抵抗各種環境條件(如高流速與腐蝕性微生物等，詳圖 7.7.1-5~圖 7.7.1-6 所示)。

### 因應對策：

離岸風機基礎主要採用下列三種保護方法：

#### 1. 塗裝系統

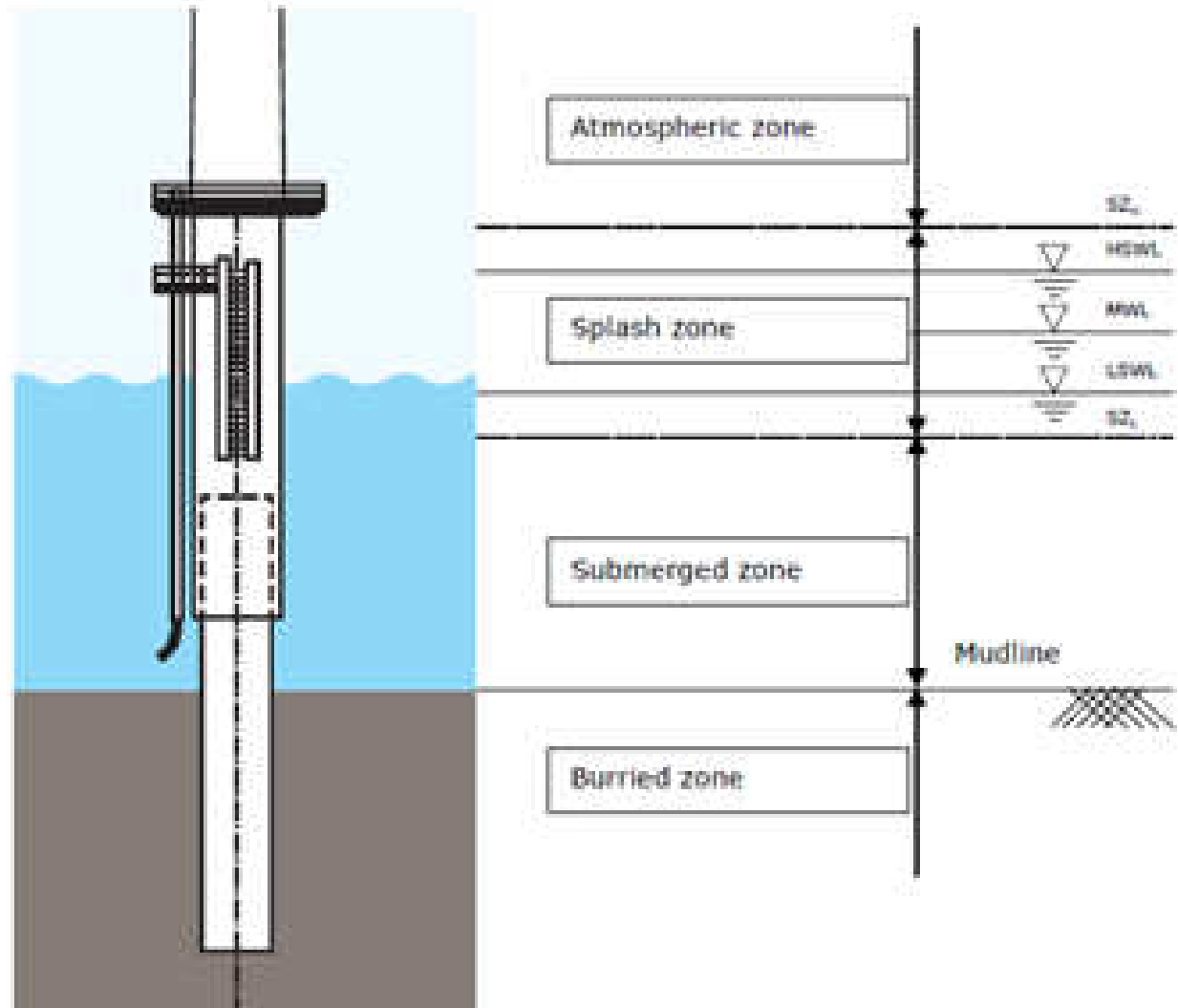
由於環境因子造成鋼材腐蝕，最直接之策略係以塗裝系統將鋼材與腐蝕因子隔離，如圖 7.7.1-7 所示。

塗裝系統之選擇與應用程序須適當考量製造、安裝與服務期間之條件，並考慮下列事項：

- (1) 防蝕保護特性
- (2) 安全、衛生與環境需求
- (3) 應用條件、個人與設備等特性
- (4) 塗裝材料與系統之應用經驗
- (5) 塗裝系統之有效性與經濟性

塗裝系統主要包含兩部分：底層漆與面層漆。底層漆提供主要之保護，面層漆則依據海事與航空法規之要求提供表面顏色，如圖 7.7.1-8 所示。

塗裝系統須應用於大氣區與飛濺區，鋼管樁在海床面上下數公尺範圍內亦可採塗裝系統以阻止微生物腐蝕。此外，有機塗層在一些區域(如法蘭面)無法承受高壓力，須採用其它塗層，如鋅鋁熔射。DNVGL-RP-0416 建議，離岸風機基礎之塗裝系統應符合 NORSOK M-501，ISO 12944 或 ISO 20340 標準之要求。



資料來源：DNVGL-RP-0416。

圖7.7.1-4 防蝕保護區域



資料來源: <http://www.offshoreenergytoday.com/wp-content/uploads/2013/08/DNV-Ohio-Declare-War-on-Corrosion.jpg>。

圖7.7.1-5 腐蝕的離岸風機基礎



資料來源: <http://www.offshorewind.biz/>。

圖7.7.1-6 海生物附著於基礎表面



資料來源: <http://fspcorp.com/wp-content/uploads/2014/05/Painting-2.jpg>。

圖7.7.1-7 塗裝系統

## 2.陰極防蝕系統

活性較高金屬(如鋁、鋅、鎂等)可作為犧牲陽極，在海水中減少鋼結構腐蝕，如圖 7.7.1-9 所示。

陰極防蝕主要有兩種方法進行保護：犧牲陽極法與外加電流法。前者利用活性高之金屬(如鋁、鋅或鎂)釋放電子，形成腐蝕電池之消耗性陽極，使結構鋼呈現陰極；後者提供電源，供應電子予受保護之金屬，使其成為電池中之陰極，而達到防蝕之目的。

通常離岸結構採用犧牲陽極作為防蝕系統，其設計簡單，無需外部電源。此外，營運期間之維護工作僅需定期檢視犧牲陽極消耗情形。一般多採用鋁或鋅為基底之合金作為犧牲陽極，鋁合金陽極具較高之電化學能量，成為普遍採用之材料。然而，鋅合金陽極在海洋沉積物或具高細菌活性之環境較為可靠。鋅合金與鋁合金陽極之化學組成可參考 DNV-RP-B401 之建議，如表 7.7.1-3 所示。

表 7.7.1-3 鋅合金與鋁合金陽極塊之化學組成

Alloying/Impurity Element	Zn-base	Al-base
Zn	rem.	2.5-5.75
Al	0.10-0.50	rem.
In	na	0.015-0.040
Cd	≤ 0.07	≤ 0.002
Si	na	≤ 0.12
Fe	≤ 0.005	≤ 0.09
Cu	≤ 0.005	≤ 0.003
Pb	≤ 0.006	na

## 3.腐蝕餘裕

通常塗裝系統壽齡比風機基礎短，在海上重新塗裝可能面臨技術困難。若無法進行修補，則假設腐蝕將在該區域發生，而塗裝系統失效後之腐蝕量即為腐蝕餘裕，在設計時即須考量增加鋼材厚度。

塗裝系統之壽命一般僅有 15 至 20 年，不足以在風機基礎之全生命週期提供保護，在塗裝系統損壞後，鋼結構表面開始腐蝕。若塗裝系統無法修復，則須考慮腐蝕餘裕。對於主要結構，腐蝕餘裕量(CA)可依據 DNVGL-RP-0416 建議，以下式表示

$$CA = V_{corr} \times (T_D - T_C)$$

其中， $V_{corr}$  為最大腐蝕速率， $T_C$  為塗裝系統設計壽命， $T_D$  為結構壽命。在飛濺區，內表面與外表面之最低年腐蝕速率分別為 0.2 毫米與 0.4 毫米。

## 五、氣候變遷對本計畫造成之天然災害風險及相關影響與因應對策

氣候變遷對本計畫離岸風場開發，主要的天然災害影響為颱風異常氣象衍生的區址海域波浪、暴潮偏差與極端風速變大。本計畫將於細部設計階段參酌如：

「DNVGL-ST-0437 Loads and site conditions for wind turbines」及「DNVGL-ST-0126 Support structures for wind turbines」等，設計階段最新版的離岸風力發電相關國際設計規範，並考量氣候變遷因素，可供後續風機選擇及風力發電相關結構物及設備設計之參考依據；此外，本計畫於施工前將擬定各項天然災害風險及其相關影響與因應對策據以執行。



資料來源：<http://www.offshorewind.biz/2012/10/11/uk-douglas-westwood-discusses-world-offshore-wind-market-over-2012-2016-period/>。

圖7.7.1-8 典型顏色配置



資料來源：[http://stoprust.com/media/1752/platform-anode-tb\\_1024x768.jpg](http://stoprust.com/media/1752/platform-anode-tb_1024x768.jpg)。

圖7.7.1-9 鋁合金陽極塊

六、風險管理矩陣評估

本計畫以風險管理矩陣(表 7.7.1-4)進行天然災害風險評估，其考量情境分別為颱風、地震液化、沙波、受水氣、鹽霧與海浪侵蝕，及雷擊，並透過控制措施降低風險影響並比較其中差異性。上述各項考量風險情境、影響後果(即負面衝擊)、以及改善因應對策分述羅列如表 7.7.1-5。

表 7.7.1-4 天然災害風險管理矩陣評估表

發生機率/ 可能性	影響程度				
	非常輕微 磨損或耗損可 正常供電/運維	輕微 設備受損但未 危及供電安全/ 運維	普通 造成設備受 損，經備援系統 啟動仍可部分 供電	嚴重 造成部分風機 無法安全供電/ 維修	非常嚴重 造成整個風場 無法安全供電/ 維修
高度不可能/非常低	1	2	3	4	5
不太可能/低	2	4	6	8	10
可能/中等	3	6	9	12	15
非常可能/高	4	8	15	16	20
確定/非常高	5	10	15	20	25

表 7.7.1-5 本計畫場址主要天然災害風險評估表(1/2)

項次	風險情境	影響後果	風險值(風險改善前)			風險改善對策 (預防措施及相關對策)	殘餘風險值 (風險改善後)		
			發生 機率/ 可能 性	影響 程度	風險 值		發生機 率/ 可能 性	影響 程度	風險 值
1	颱風最大陣風可能超過風力機端風速設計標準。	風力機受颶風侵襲，可能造成如風機葉片等設備損壞，而使風力機故障而無法正常運轉。	2	5	10	1. 風機除了需要能夠耐受足夠大之風速外，也應具備適應颶風情境的條件。在開發初期選擇風力機時，將以風況調查資料為本挑選適當機型 2. 協商時請風機廠商提供涵蓋颶風情境的保固與訂定專用防颶操作策略 3. 針對抗颶補充保固範圍列入相關保險保障內	2	4	8
2	施工營運期間發生之颱風較預期多時，則可能影響施工或營運度	施工期間發生之颱風較預期多時，則可能影響施工進度；營運期間發生之颱風較預期多時，則可能影響營運計畫及成效	2	4	8	1. 於施工計畫訂定的過程中，應評估颶風事件所造成之施工窗期縮短來進行合理的進度規劃與預留彈性，避免後續施工進度及介面問題 2. 在風場開發施工階段，於颶風接近期間應隨時檢視氣象與海象條件，避免於天候狀況不佳的狀況下施工以致暴露於風險中 3. 於後續營運期間，應配合颶風前後進行不定期檢修，於可利用率與發電量分析時也應考量颶風致災所造成之影響	1	4	4

表 7.7.1-5 本計畫場址主要天然災害風險評估表(2/2)

項次	風險情境	影響後果	風險值(風險改善前)			風險改善對策 (預防措施及相關對策)	殘餘風險值 (風險改善後)		
			發生 機率/ 可能性	影響 程度	風險 值		發生機 率/ 可能性	影響程 度	風險 值
3	風場鄰近區域發生地震或土壤液化現象	風場鄰近區域發生地震或液體化現象，可能造成結構受損或土壤液化現象，使風機安全性下降	1	5	5	1. 本計畫於後續規劃及設計階段將針對場址風機之配置，進一步取得最新及詳盡之地質資料，並依據相關法規規定制定風場之設計地震參數，供設計風機之塔柱、基礎及基樁，以確保營運期間風機及相關設施之安全性 2. 地震除會造成結構受力與震動，亦可能帶來土壤液化的問題，在規劃設計上即應設法規避或考慮加強水下基礎設計強度與基樁設計強度與深度	1	4	4
4	因風場海床多為砂質沉積物組而成，可能受潮流而移動，造成漂沙	沙波 (sand wave or megaripple) 受潮流而移動，造成海纜埋設深度減少	3	4	12	於規劃設計階段詳加調查沙波影響範圍和程度，佈纜路徑應盡量迴避上述範圍，並將沙波可能造成影響納入海纜埋設深度設計考量	2	4	8
5	風機遭受雷擊造成部分設備損壞	雷擊造成離岸風力機組故障判定有誤，亦將產生雷擊電流事故，而增加維護成本及降低發電效益	2	3	6	1. 離岸風力場風力發電機遭受雷擊損害機率占比最大者為葉片，故將慎選葉片良好的防雷保護，可以有效降低雷擊對風力發電機組之損害 2. 設計良好的接地系統，以降低風力發電機組遭受雷擊時雷電流對電力系統及控制系統感應暫態電壓之損害 3. 電源回路及控制訊號回路設置突波吸收器，以降低雷擊異常電壓對設備之破壞	2	2	4
6	離岸風機系統受到水氣、鹽霧與海浪侵蝕	離岸風機系統受到水氣、鹽霧與海浪侵蝕，進而造成風力發電設備損壞或水下基礎強度不足	2	3	6	1. 選擇合適風機，對於海洋環境有足夠之本質防蝕及隔離防蝕處理設計。 2. 對風機系統水下基礎而言在台灣西部海域海水鹽度與溫度的影響下，將腐蝕碳鋼造成質量損失，將在風機基礎不同區域分別採取塗裝系統、陰極防蝕系統及腐蝕餘裕的方式進行防蝕保護 3. 因台灣離岸風力機組將處於高溫度、高濕度與高鹽分之環境，加上附近工業區的空氣污染，將採多加強維護以維持正常營運	2	2	4



## 7.7.2 船舶碰撞風險

### 一、 海域航行環境及船舶交通分析

海軍大氣海洋局出版之涵蓋本計畫場址最大比例尺海圖為五十萬分之一，圖號 0313 的「臺灣及附近島嶼」海圖，如圖 7.7.2-1。在本計畫場址以南，澎湖群島北側有一經過「C 通過點」進入麥寮港的兩岸直航航道，另有比例尺十五萬分之一圖號 0336 的「澎湖水道」海圖涵蓋(圖 7.7.2-2)。從 0336 海圖可得在該直航航道南側的漲潮流概況，如圖 7.7.2-2，圖中西北方的漲潮流 0.5 節流向 346 度，退潮流 1.25 節流向 122 度，東南方的漲潮流 2 節流向 15 度，退潮流 2.3 節流向 116 度。

### 二、 船舶交通流的時間空間密度分析

進行船隻碰撞風險分析前，先行瞭解本計畫區域範圍通行之船舶於時空密度之流量分析，此項分析係依據交通部運輸研究所船舶自動辨識系統 (Automatic Identification System, AIS) 資料庫 2015 年全年資料，而風險分析工具(含模型與預設參數等)係採用 IMO 所見亦且為多國採用的 IALA 定量風險評估工具，海域航行環境相關資料則自海圖與相關航海刊物。先就以船舶交通流的時間空間密度分析如下：

#### (一) 穿越本計畫離岸風場區域的船舶交通流

若取角度差 90 度內的航跡 (亦即全部納入)，則往北 837 艘次，往南 1058 艘次。若取角度差 45 度內的航跡，則往北 829 艘次，往南 1056 艘次，其中大約僅有 10 艘次應歸類於東西向的交通量。

穿越此離岸風電場址的船舶種類、長度分布與交通組成如圖 7.7.2-3。南向的油品輪比例明顯高出北向。

#### (二) 通行鄰近計畫區域及周界之時間密度分布

就時間上的密度分布而言，在鄰近區域 (東經 190.25~120.25 度，北緯 23.75~24.25 度之間，涵蓋計畫區域及其周邊 10 浬範圍) 內平均每小時 2.53 艘次，平均每日約 58.9 艘次，分布情形如圖 7.7.2-4 與圖 7.7.2-5。

### 三、 航行風險評估方法

採用的船舶碰撞擱淺理論模型是機率式的：從幾何機率算出各種可能的碰撞或擱淺數再乘以各自的因果係數，得出碰撞或擱淺的頻度，以每年發生的事故數量 (Incident/Year) 表示，或是改以多少年發生一次 (Year/Incident) 呈現結果。估算幾何機率時必須依據航路模型、交通組成之船舶總類、數量、長寬、各別與相對船速、吃水等、航路上船舶交通的橫向分佈，以及水深分布。評估公式與參數係依據 IALA 與 IMO 的建議。

對於船舶與船舶之間碰撞風險的評估分為：在沿同一航段航行船舶之間迎艏正遇或追越時的碰撞風險；以及兩航路互相橫越、合併、或於航道轉彎處相交時的橫越碰撞風險。

以迎艏碰撞風險之評估為例，圖 7.7.2-6 是假設分道航行且船舶交通之橫向分佈為高斯分佈的航道與交通模型示意圖。

迎艏正遇或追越的碰撞風險的因素包括：

1. 航道的區段長度  $L_w$
2. 交通組成，亦即單位時間以 (1) 方向與 (2) 方向通過的每一種船舶的數量  $Q_i^{(1)}$  與  $Q_j^{(2)}$ ，及其船速  $V_i^{(1)}$  與  $V_j^{(2)}$

3. 幾何機率分佈，即航道橫向上的交通分佈  $f_i^{(1)}(y)$  與  $f_j^{(2)}(y)$

評估迎艏正遇碰撞危機數量的公式如下：

$$N_G^{head-on} = L_w \sum_{i,j} P_{Gi,j}^{head-on} \frac{V_{i,j}}{V_i^{(1)}V_j^{(2)}} (Q_i^{(1)}Q_j^{(2)}) \text{ 其中：}$$

$$V_{i,j} = V_i^{(1)} + V_j^{(2)}$$

$V$  是通過的速度； $i$  與  $j$  標示船舶種類；(1)與(2)標示兩航路方向；

$V_{i,j}$  是船舶之間的相對速

$L_w$  是該段航路的長度

$Q$  是單位時間通過的船數

$P_G$  是兩船可能在迎艏正遇會遇狀況下碰撞的機率

$P_{Gi,j}$  是  $i$  與  $j$  類船舶迎艏碰撞的幾何碰撞機率，以船舶寬度與船舶交通橫向分佈的坐標變數算出

迎艏碰撞的頻度  $\lambda^{Head-on}$  是由迎艏碰撞危機數  $N_G^{Head-on}$  再乘上一個因果關係機率因素  $P_c^{Head-on}$  (參考 Fujii 的研究，設為  $0.5 \times 10^{-4}$ )。

追越碰撞的幾何碰撞數的算法與迎艏碰撞大致相同，如下：

$$N_G^{overtaking} = L_w \sum_{i,j} P_{Gi,j}^{overtaking} \frac{V_{i,j}}{V_i^{(1)}V_j^{(2)}} (Q_i^{(1)}Q_j^{(2)})$$

$$V_{i,j} = V_i^{(1)} - V_j^{(2)}, V_{i,j} > 0$$

船舶相對速度改用  $V_{i,j} = V_i^{(1)} - V_j^{(2)}$ ， $V_{i,j} > 0$  ( $i$  船追越  $j$  船)； $\mu_{ij} = \mu_i^{(1)} - \mu_j^{(2)}$ ；

船舶間橫越碰撞風險之評估則需再以船舶長寬與航速、航道夾角等計算兩船的幾何碰撞直徑  $D_{ij}$ 。

$$N_G^{crossing} = \sum_{i,j} \frac{Q_i^{(1)}Q_j^{(2)}}{V_i^{(1)}V_j^{(2)}} D_{ij} V_{ij} \frac{1}{\sin \theta} \quad \text{for } 10^\circ < |\theta| < 170^\circ$$

$$V_{ij} = \sqrt{(V_i^{(1)})^2 + (V_j^{(2)})^2 - 2V_i^{(1)}V_j^{(2)}\cos\theta}$$

對於擱淺風險的評估分為：有動力情況下的擱淺 (Powered Grounding) 以及失去動力漂流情況下的擱淺 (Drift Grounding) 這兩大類。以漂流擱淺而言，係依各類船舶在各航段上的時間、於航段上失去動力的機率、以及依流向流速漂流進入水深不足 (依各船舶吃水而定) 區域的機率。

對於誤闖離岸風場碰撞風力機組等結構物的風險評估 (同樣依是否失去動力，區分為 Powered Allision 與 Drift Allision 兩種狀況)，可採用類似擱淺風險評估的模型。在有動力情況下擱淺或碰撞風力機等固定物的可能情境又區分為：(1) 因航行控制不準確或海況等外力因素，使船舶航跡偏離航路中心線太遠而導致擱淺，以及(2)應轉向未轉向而導致擱淺。



圖7.7.2-1 涵蓋計畫區域的圖號0313海圖擷圖

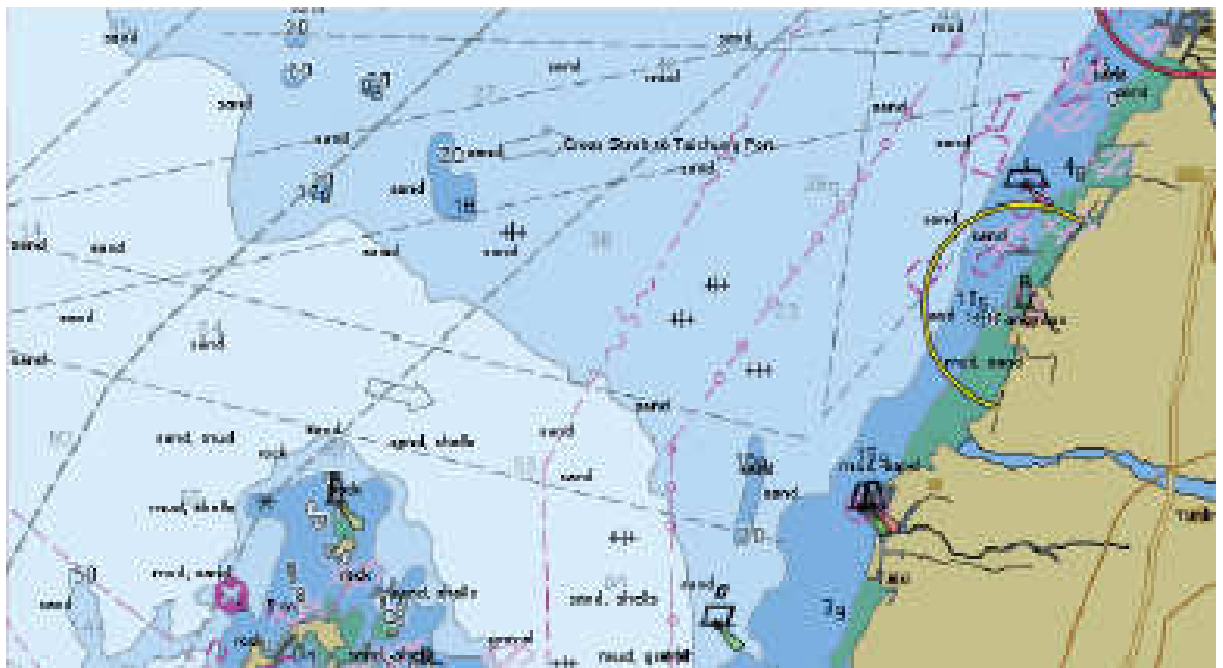
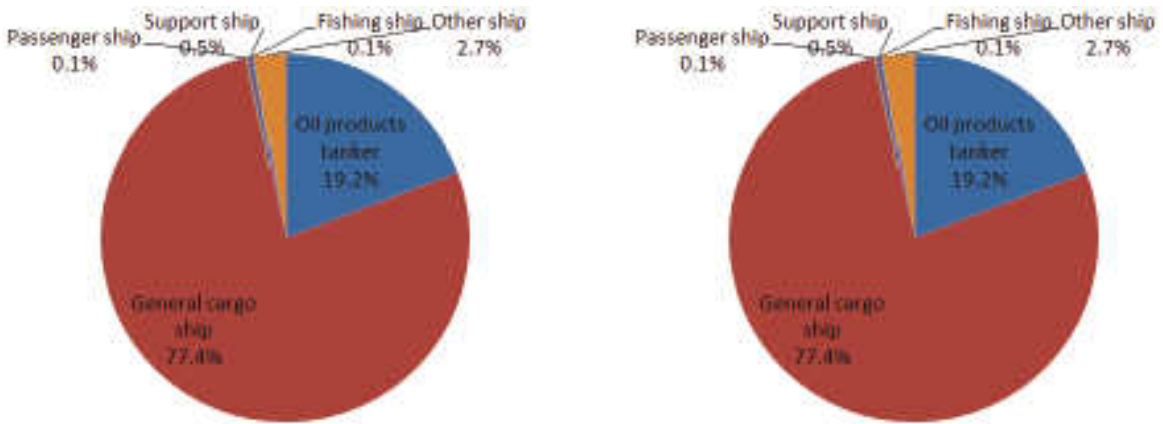
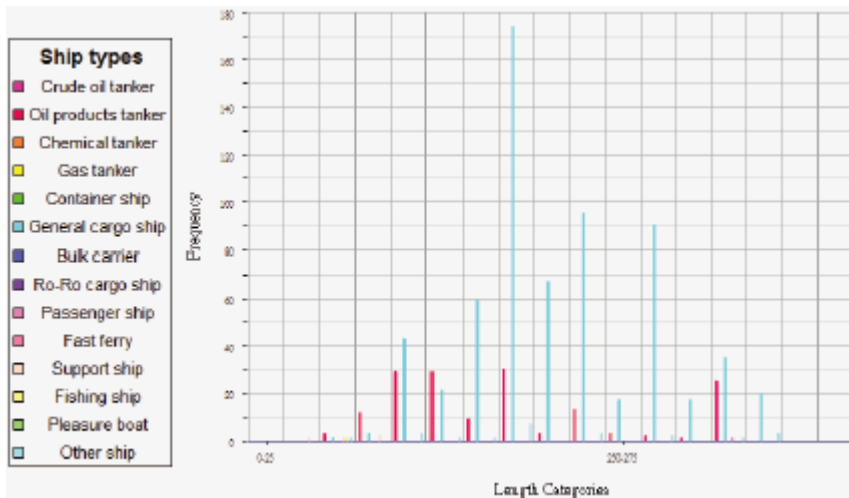


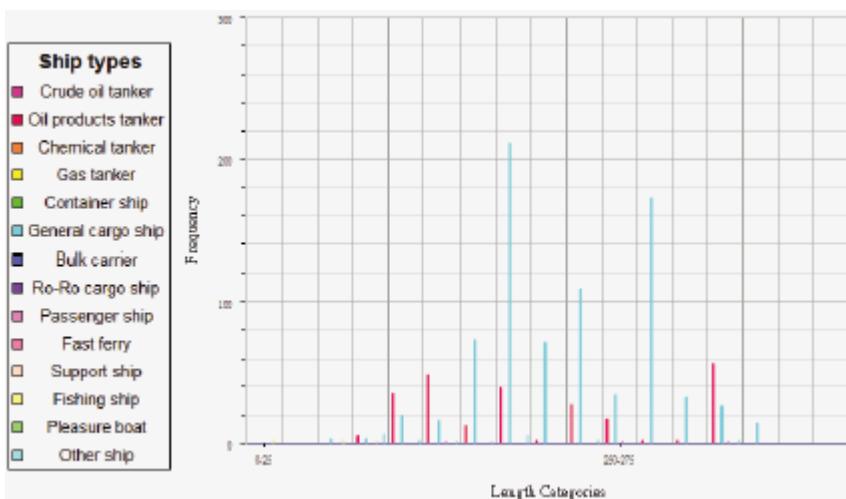
圖7.7.2-2 位於計畫區域南方的圖號0336海圖擷圖



(a) 北向(左圖)與南向(右圖) 45 度範圍內穿行風場交通量組成



(b)北向45 度範圍內穿行風場船舶種類與長度分布



(c)南向45 度範圍內穿行風場船舶種類與長度分布

圖7.7.2-3 穿越本計畫風場區域的船舶交通組成

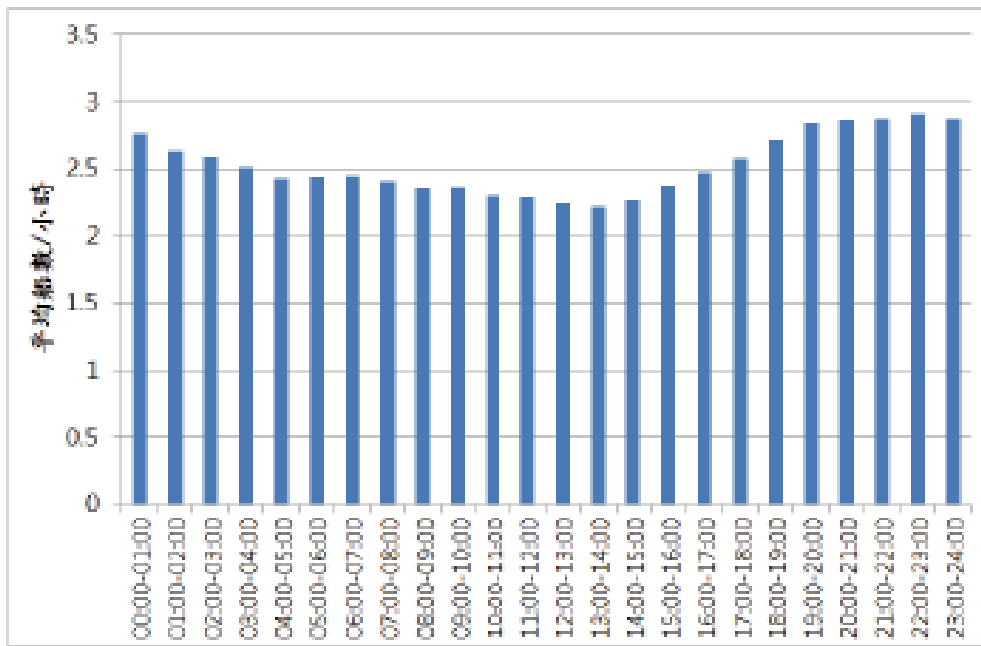


圖7.7.2-4全日每小時通過鄰近區域的平均艘次分布

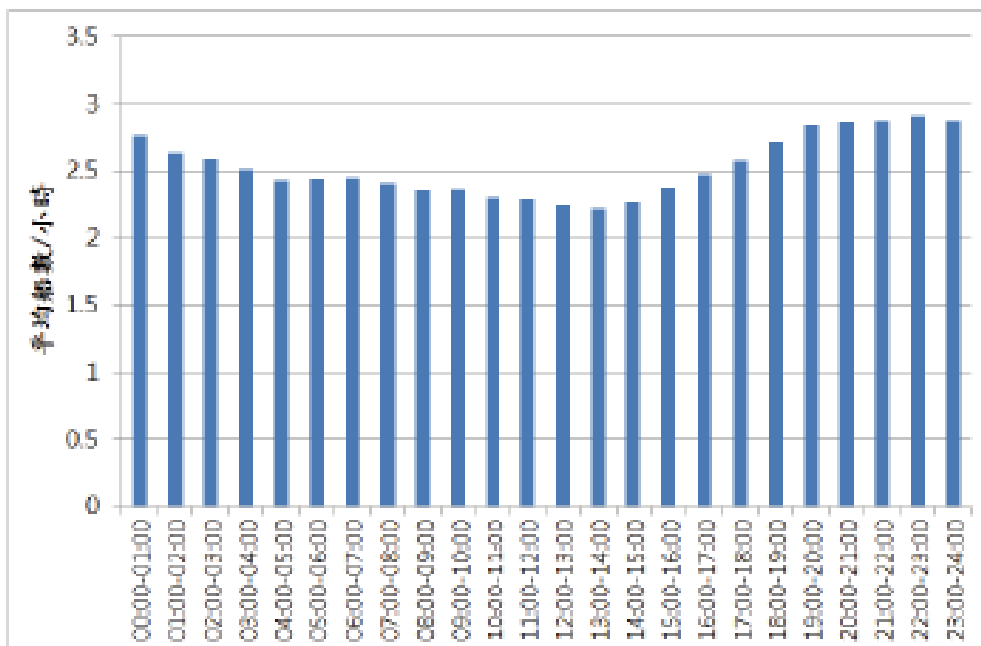


圖7.7.2-5從AIS概估之全年每日通過鄰近區域艘次



圖7.7.2-6 迎艙碰撞風險評估之中心線距離與橫向交通分佈

#### 四、航行風險評估之限制

1. 因果關係機率因素 (Causation Factor) 係以國際通用的假設值，以臺灣海域在航安相關基礎建設與管理方面的情況而言，相對於歐洲國家，此因素可能低估。唯相關國際組織也強調，定量航行風險評估主要應用於比較方案。
2. 因我國未要求漁船安裝 AIS，漁船航跡資料僅限於自願安裝者。漁船航行及捕撈等海上行為也較難以有效建模用於定量的航行風險評估。在風場具體技術資料以及風場內漁船航行作業規範都未明的情況下，更難以定量預估其未來狀況。目前定量評估的部分未特意區分漁船。

#### 五、各航線船舶種類與交通量組成

鄰近區域 (計畫區域及其周邊至少 10 浬距離範圍內) 的交通流密度分布如圖 7.7.2-7，各航段雙向交通量數值如表 7.7.2-1。由此表可知：本計畫風場西側 LEG\_2 的交通量 70%~80% 是漁船；東側的 LEG\_4、LEG\_6、LEG\_8、LEG\_9、LEG\_12 的交通量則是 70%~80% 為貨輪；北側 LEG\_10 與 LEG\_11 經 C 點進臺中港的兩岸直航航道上 50~70% 是貨輪，客輪次之，東向客輪航次比例高達 34%；南側 LEG\_3 經 C 點進麥寮港直航航道上以油品輪為主，尤其東向航次油品輪超過 70%。

表 7.7.2-1 本計畫風場鄰近航路交通量與組成

航段	方向	總交通量	油品輪	貨輪	客輪	漁船	其他
LEG 2	North	237	1%	29%	0%	69%	1%
LEG 2	South	382	4%	11%	0%	84%	1%
LEG 3	East	170	74%	21%	0%	2%	3%
LEG 3	West	164	65%	34%	0%	1%	0%
LEG 4	North	2126	19%	78%	0%	0%	2%
LEG 4	South	2540	22%	74%	0%	0%	2%
LEG 6	North	762	14%	82%	0%	1%	3%
LEG 6	South	875	19%	78%	0%	1%	1%
LEG 8	North	4693	21%	75%	0%	2%	2%
LEG 8	South	5724	20%	76%	0%	1%	2%
LEG 9	North	4932	23%	73%	0%	2%	2%
LEG 9	South	5661	21%	75%	0%	1%	2%
LEG 10	East	131	11%	52%	34%	1%	2%
LEG 10	West	236	10%	70%	19%	0%	0%
LEG 11	East	212	14%	62%	20%	1%	2%
LEG 11	West	240	8%	74%	15%	2%	0%
LEG 12	North	495	18%	78%	0%	0%	3%
LEG 12	South	637	21%	76%	0%	0%	3%

#### 六、船舶長寬與航行速度等特徵

鄰近區域內航行船舶的長度分布，以東側 LEG\_4 的北向船舶為例，如圖 7.7.2-9，主要在 175 公尺~200 公尺之間。各類型船舶的平均船速分布如圖 7.7.2-9，就船舶長度 175~200 公尺的貨輪而言，平均船速 12.9 節。LEG\_4 北向各類型船舶的平均吃水深度分布如圖 7.7.2-10。南側 LEG\_3 西向航行船舶的長度分布則如圖 7.7.2-11，主要是 75 公尺~100 公尺長的油品輪，速度平均 10.7 節。LEG\_3 東向船舶主要是 75 公尺~125 公尺長的油品輪，其速度平均 10.5 節。

#### 七、船舶錨泊或漂航情況

AIS 航速度小於 5 節的資料分析得航跡密度如圖 7.7.2-12。

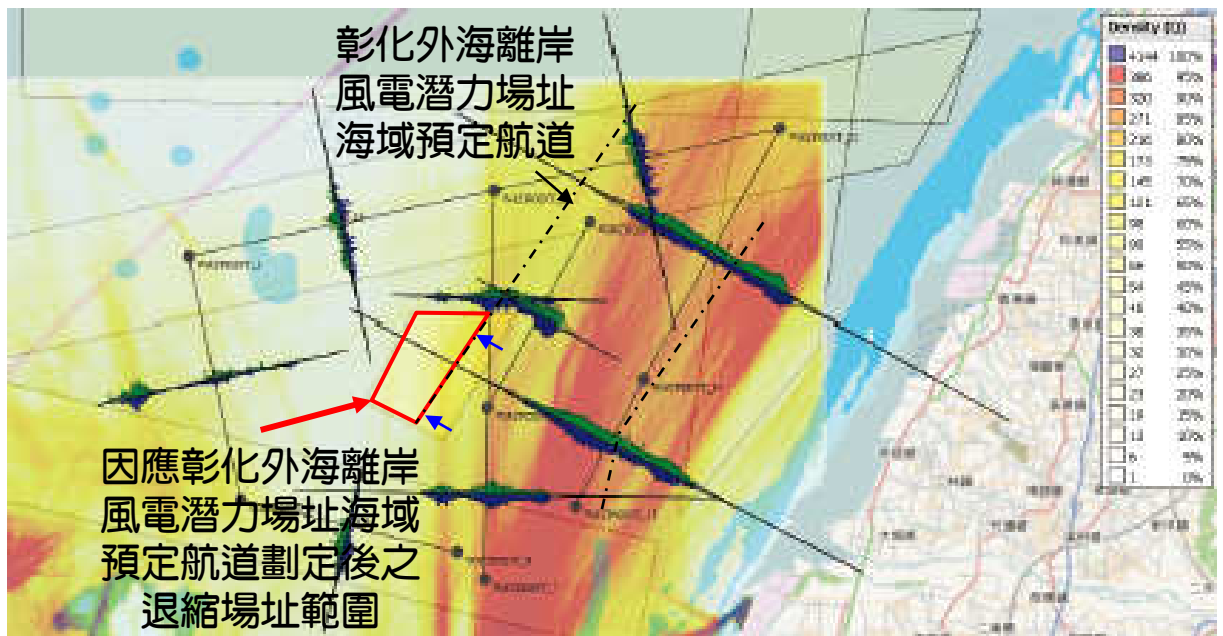
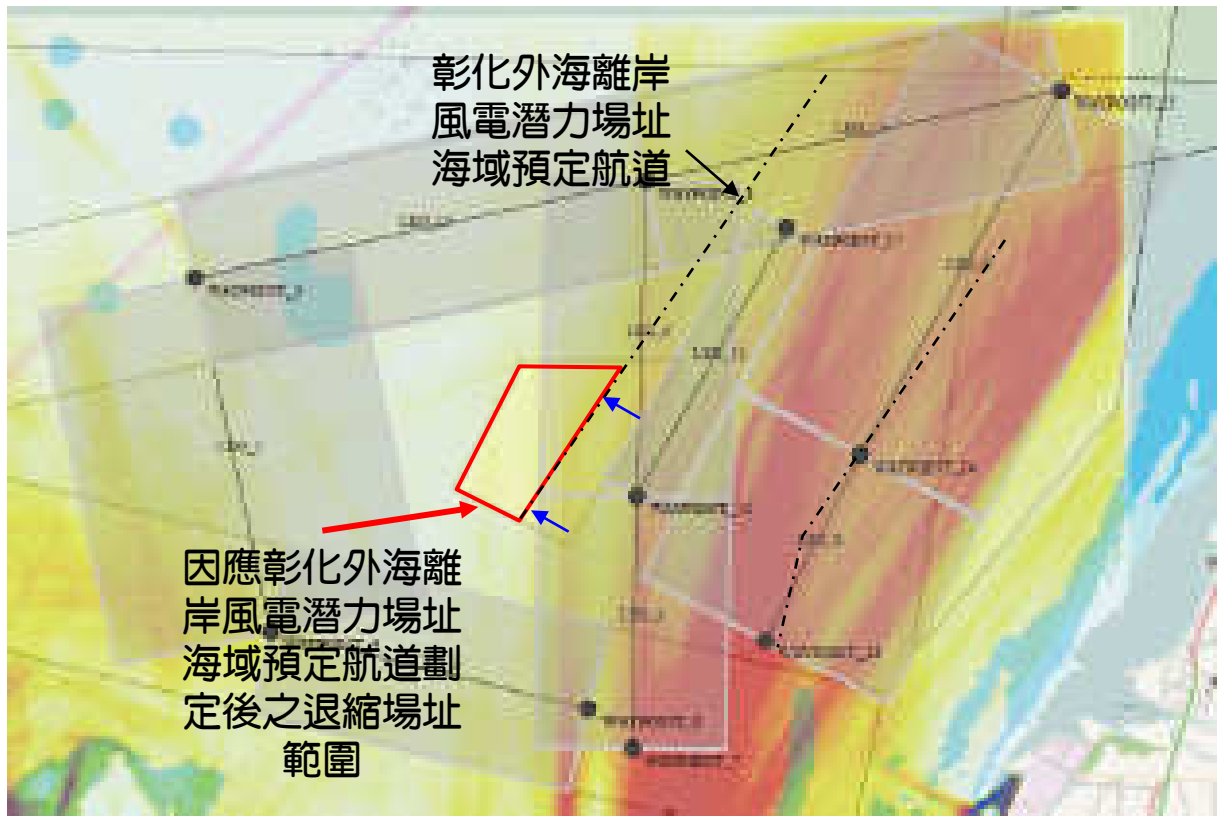


圖7.7.2-7 鄰近區域航路模型與全年交通流密度橫向分布

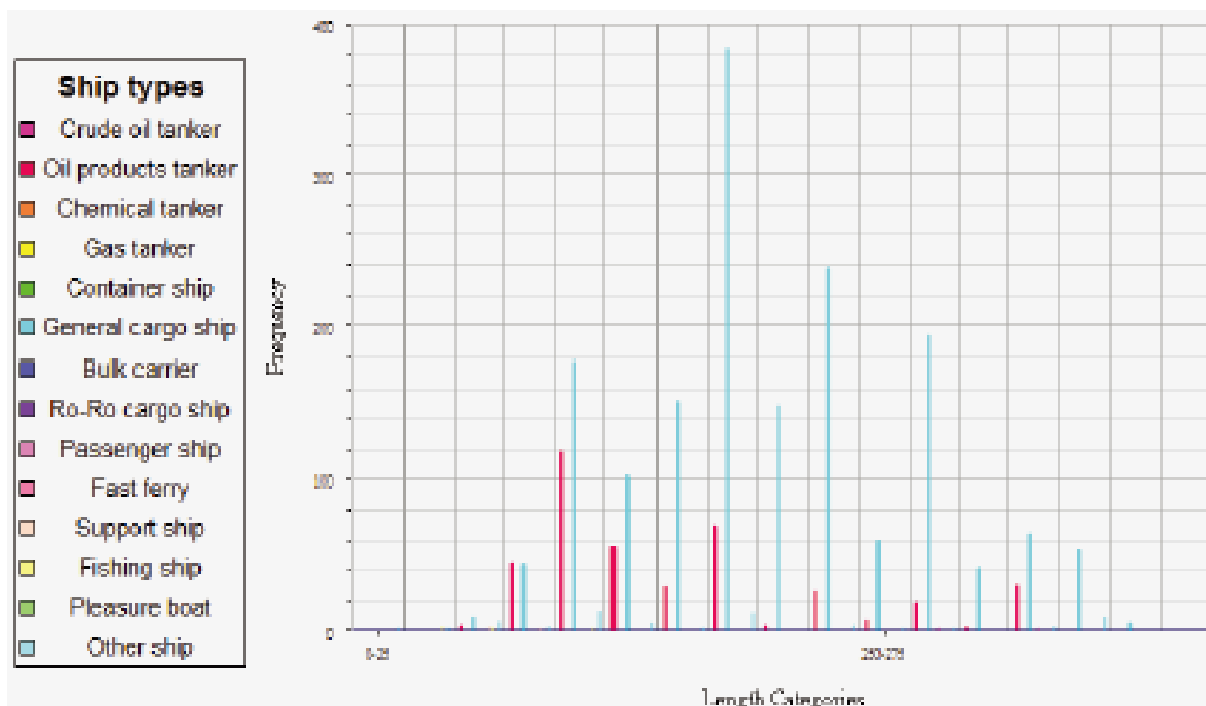


圖7.7.2-8 本案風場東側沿岸北向航行船舶之長度特徵

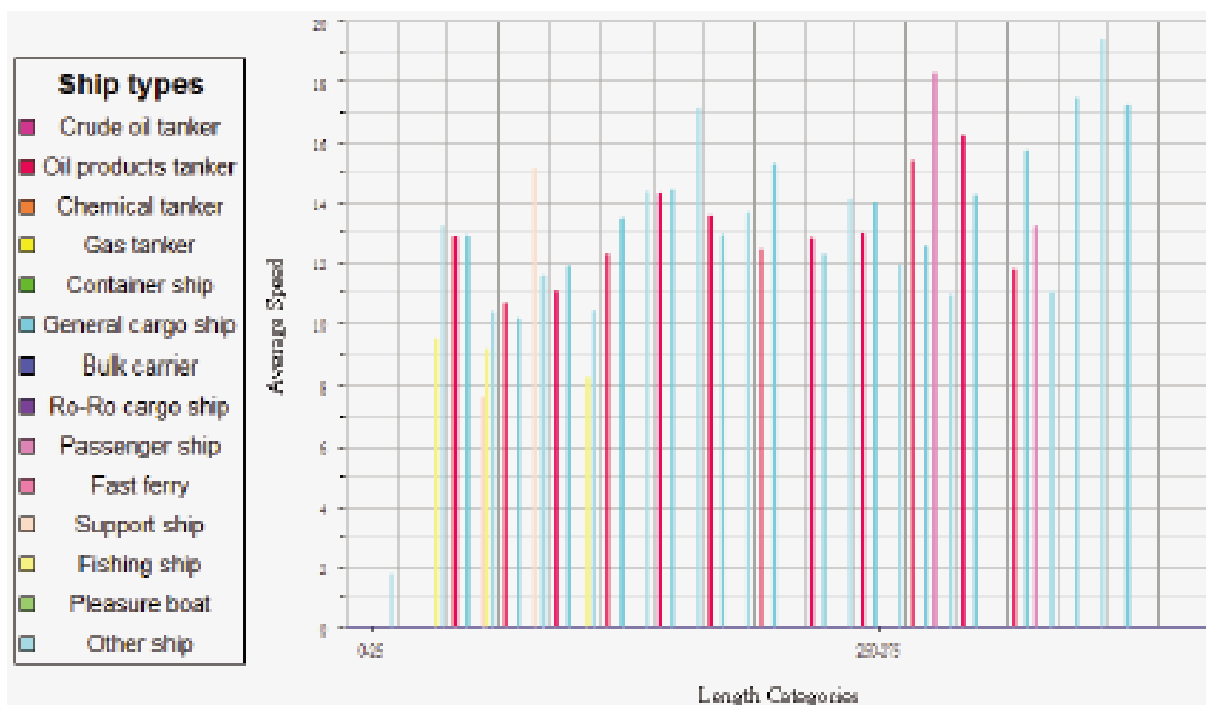


圖7.7.2-9 本案風場東側沿岸北向航行船舶之船速分布



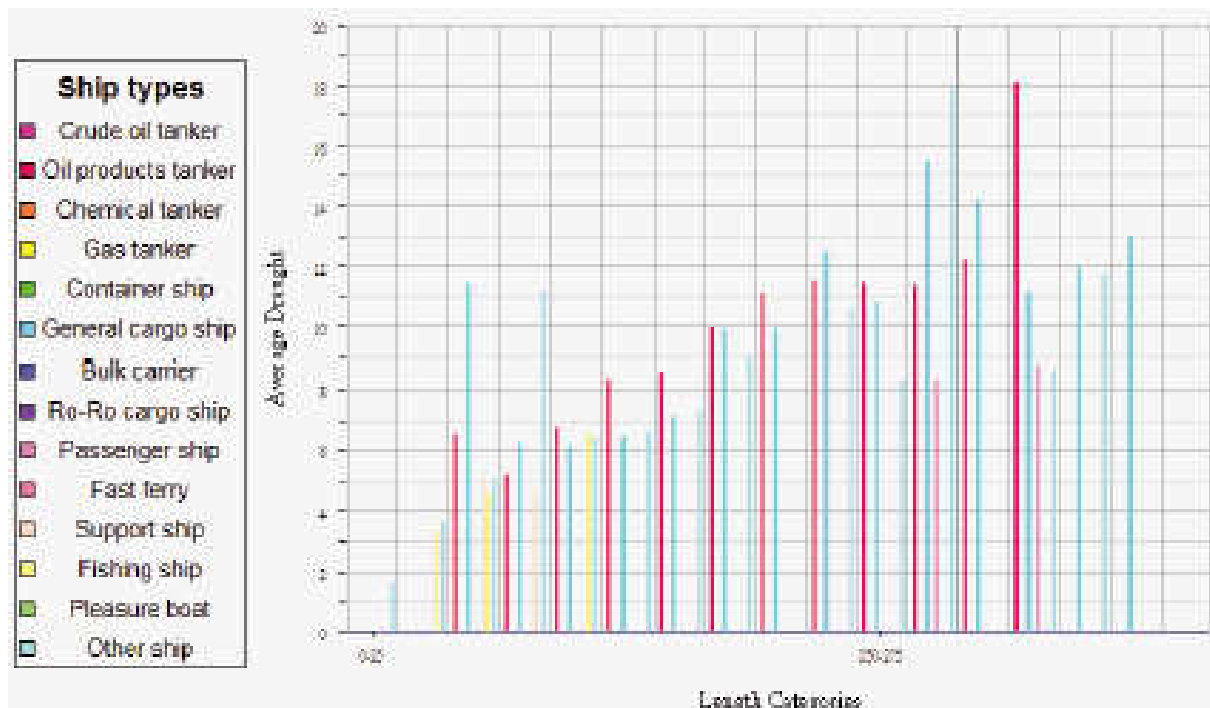


圖7.7.2-10 本案風場東側沿岸北向航行船舶的吃水深度分布

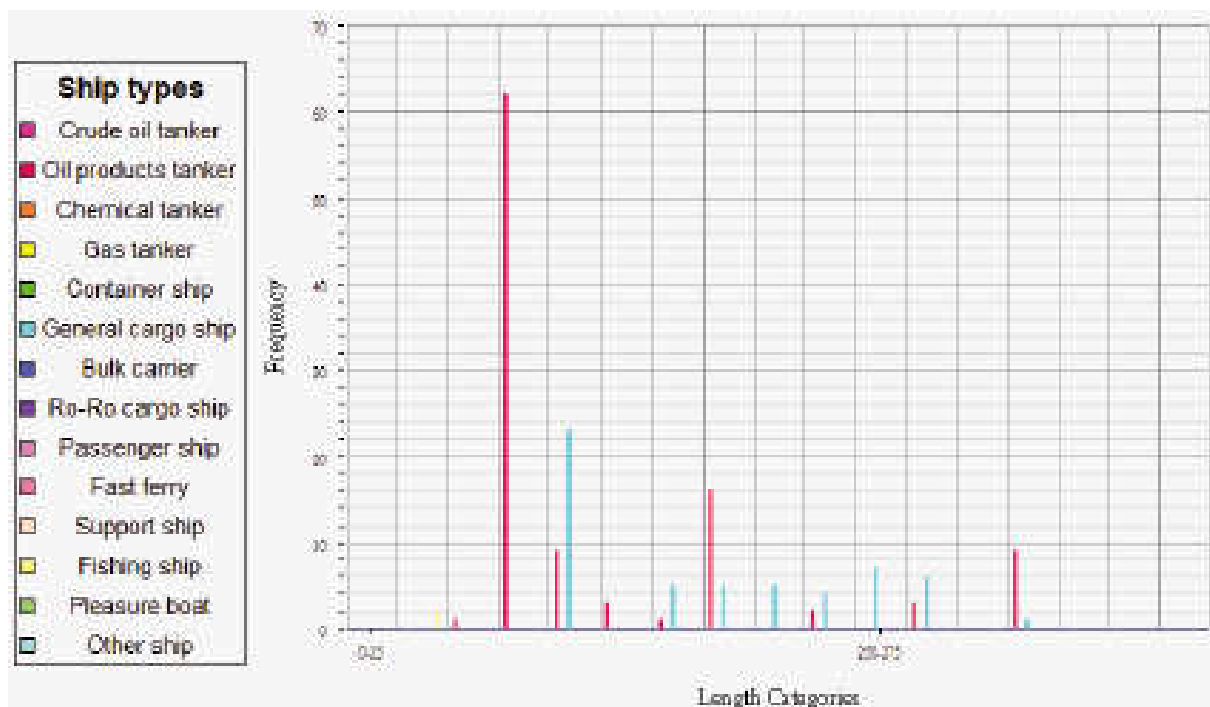
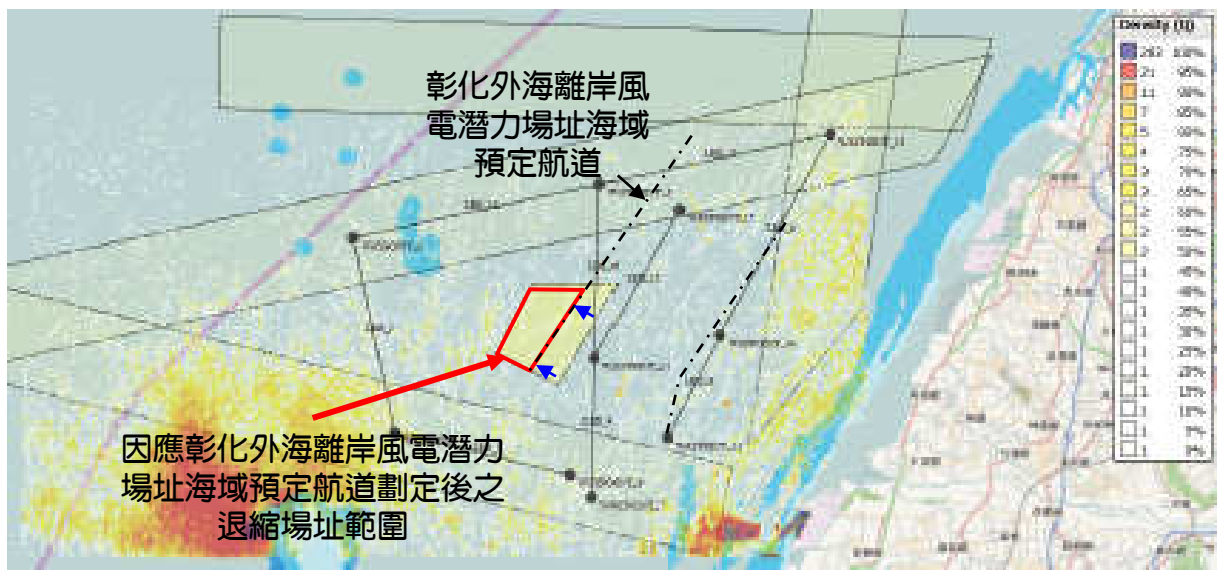
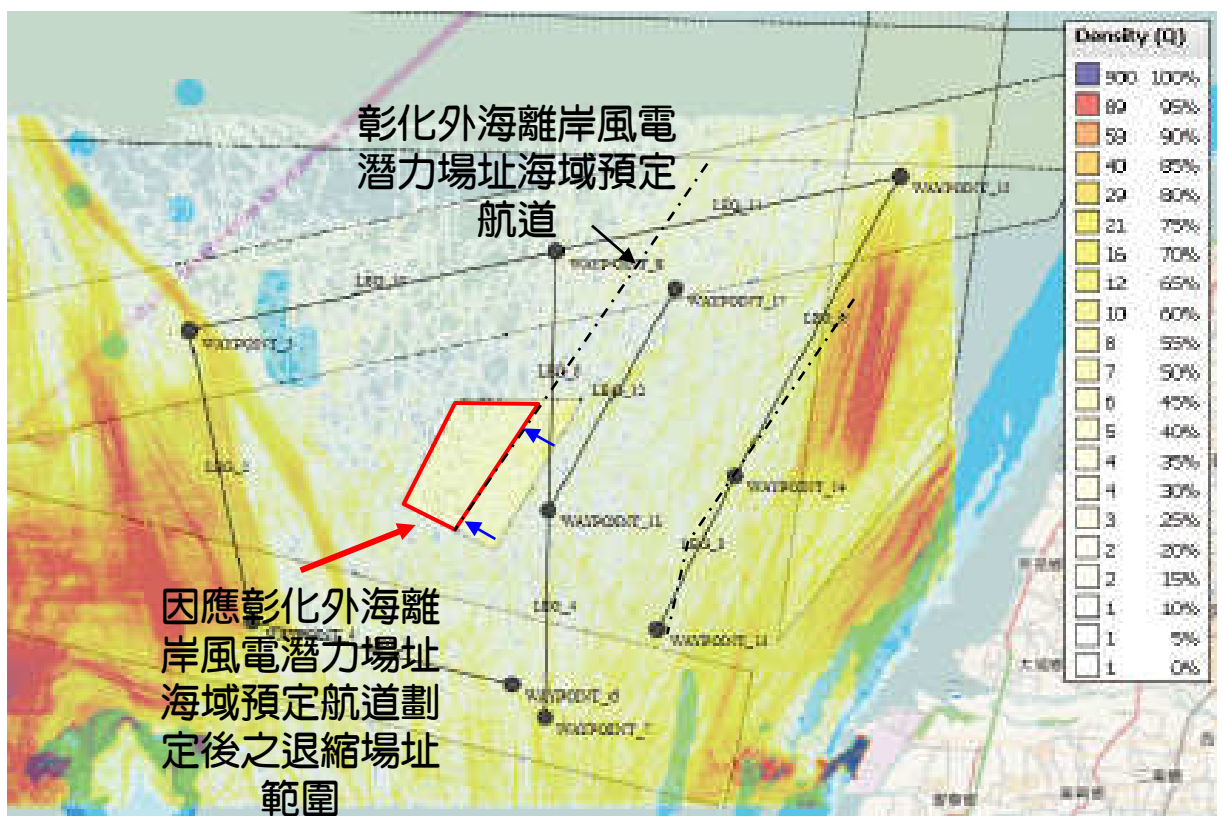


圖7.7.2-11 本案風場南側西向航行船舶之長度特徵



(a) 航速1.5節以下



(b) 航速5節以下

圖7.7.2-12 鄰近區域內錨泊漂航或作業中船舶的航跡密度

## 八、對航行風險的影響評估

### (一) 現行交通流情況下的航行風險

分析擱淺觸礁所需的水深資料取自 0313、0336 與 0356 等海圖，如圖 7.7.2-13，圖中色階分別表示水深範圍分別為 0-10 公尺,10-20 公尺,20-30 公尺的水深區域。

圖 7.7.2-13 的航路模型（模型 1）是依據 AIS 船舶航跡密度繪製，風場場址東側的慣用航路大致可分為：進出臺中港、澎湖水道與臺灣北部之間的沿岸航行、以及經過澎湖水道的國際航行，但實際航跡頗為分散。

離岸風電的區塊開發勢必使航路趨於合併，因此另以模型 2 模擬合併為一航路（加寬範圍並加大角度以納入原有各航路的交通分布）。

#### 1. 設置風場前後的航行風險-模型 1

依圖 7.7.2-13 的航路模型（稱之為模型 1），取航路雙向 10 度範圍內航跡的橫向交通流分布與水深資訊評估，得出在現有交通流分布情況下的風險評估結果如圖 7.7.2-14。船舶間的碰撞風險以各航段與航路點的顏色標示，顏色愈深表示風險愈高；擱淺的風險則以水深區域邊界的顏色標示，顏色愈深表示風險愈高。由圖 7.7.2-14 可見，船舶之間碰撞風險最高的是東南方的 LEG\_8，船舶與風機碰撞風險最高的區段是在風場的東側。

現有交通流情況下的擱淺風險以及船舶間的碰撞風險分別如表 7.7.2-2 與表 7.7.2-3。若設置風電場，在完全不改變現有航路與交通分布的情況下，擱淺以及船舶之間的碰撞風險不變。但新增了船舶在有動力或失去動力漂流的情況下誤入離岸風場碰撞風力機等結構物的風險，如表 7.7.2-4。誤入風場的風險主要在於風場的東側。

表 7.7.2-2 現有交通流情況下的擱淺風險（模型 1）

	事故的發生間隔(年)	事故的發生頻度(次/年)
動力擱淺	633.4	0.001579
漂流擱淺	1,069	0.0009357
擱淺（總計）	397.7	0.002514

表 7.7.2-3 現有交通流情況下的船舶碰撞風險（模型 1）

	事故的發生間隔(年)	事故的發生頻度(次/年)
追越碰撞(Overtaking)	4,872	0.0002052
迎艙碰撞(HeadOn)	820.8	0.001218
交叉碰撞（Crossing）	37,780	$2.65 \times 10^{-5}$
匯流碰撞（Merging）	33,920	$2.95 \times 10^{-5}$
轉彎碰撞(Bend)	82,050	$1.22 \times 10^{-5}$
碰撞（總計）	670.4	0.001492

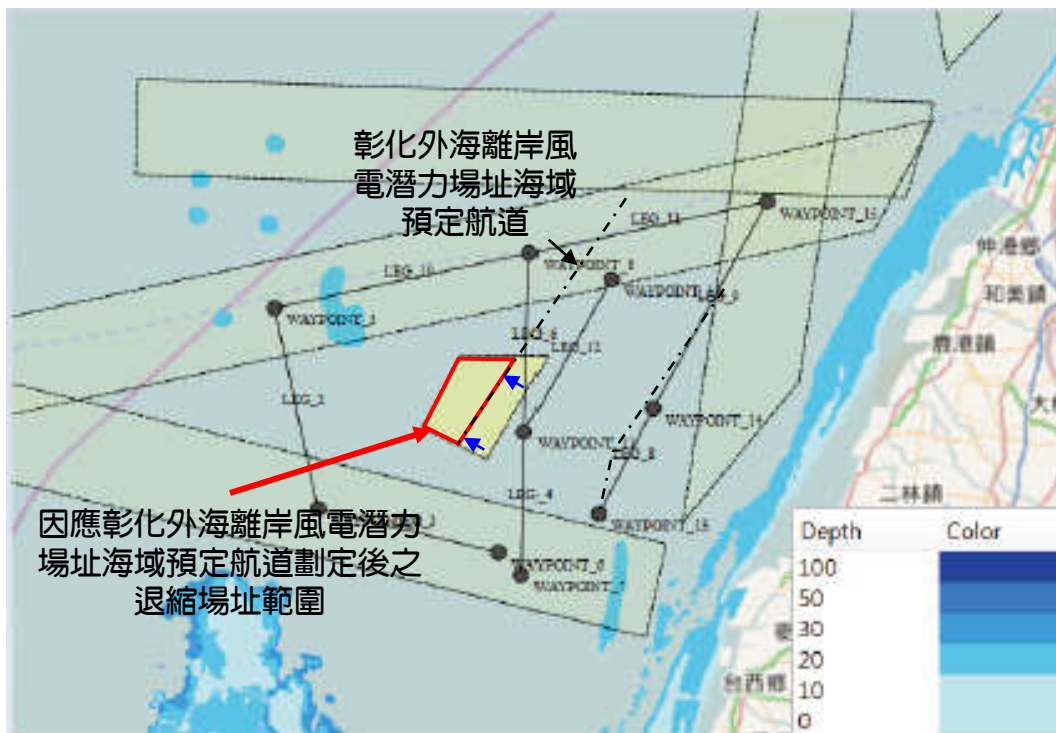


圖7.7.2-13 加入水深資料與航路模型（模型1）

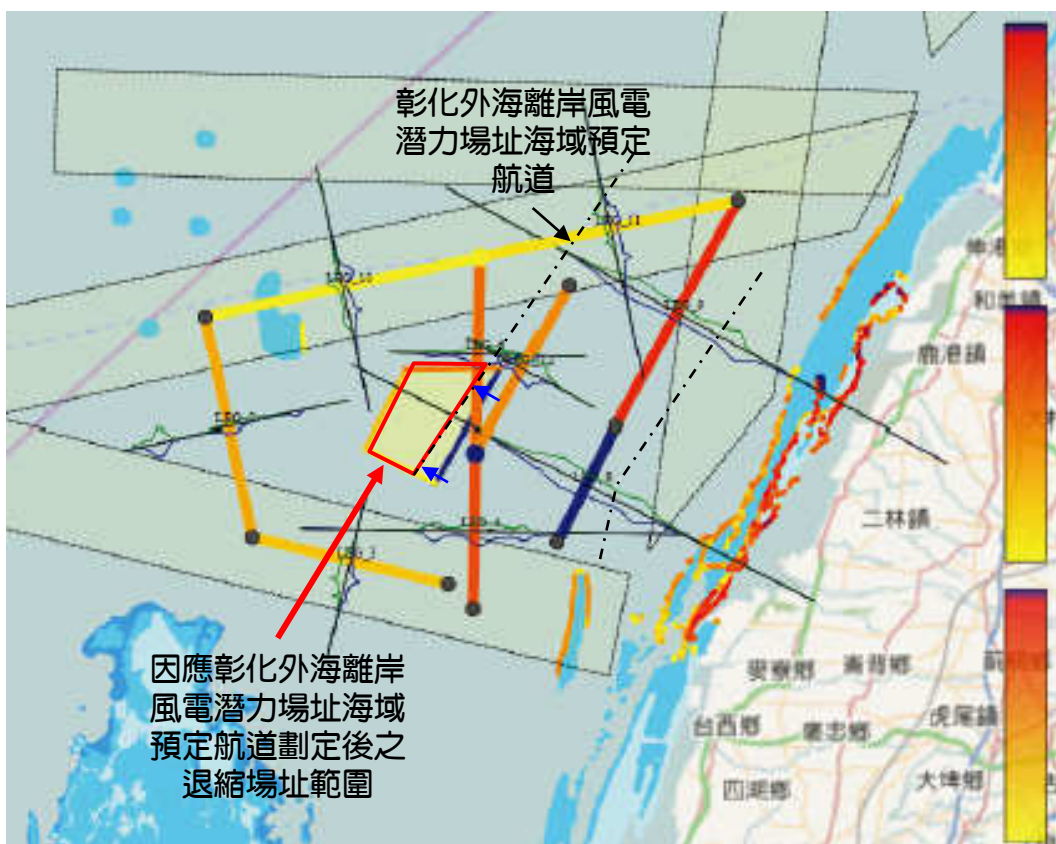


圖7.7.2-14 現有交通流分布的航行風險評估結果（模型1）

表 7.7.2-4 依交通流情況下誤入風電場碰撞結構物的風險（模型 1）

	事故發生間隔(年)	事故發生頻度(次/年)
動力碰撞結構 Powered Allision	343.8	0.002909
漂流碰撞結構 Drifting Allision	17.08	0.05855
碰撞結構 (Total Allisions)	16.27	0.06146

2. 設置風場前後的航行風險-模型 2

若改依圖 7.7.2-15 的航路模型（稱之為模型 2），取各段航路雙向 35 度範圍內航跡的橫向交通流分布與水深資訊評估，得出在現有交通流分布情況下的風險評估結果如圖 7.7.2-16。其中 LEG\_14 的雙向交通量為：北向 9076 艘次，南向 10863 艘次，共計 19937 艘次。

船舶間的碰撞風險以各航段與航路點的顏色標示，顏色愈深表示風險愈高；擱淺的風險則以水深區域邊界的顏色標示，顏色愈深表示風險愈高。由圖 7.7.2-16 可見，船舶之間碰撞風險最高的是東南方的 LEG\_13，船舶與風機碰撞風險最高的區段是在風場的南側。

現有交通流情況下的擱淺風險以及船舶間的碰撞風險分別如表 7.7.2-5 與表 7.7.2-6。若設置風電場，在完全不改變現有航路與交通分布的情況下，擱淺以及船舶之間的碰撞風險不變。但新增了船舶在有動力或失去動力漂流的情況下誤入離岸風場碰撞風力機等結構物的風險，如表 7.7.2-7。

表 7.7.2-5 現有交通流情況下的擱淺風險（模型 2）

	事故的發生間隔(年)	事故的發生頻度(次/年)
動力擱淺	57.44	0.01741
漂流擱淺	447.4	0.002235
擱淺（總計）	50.9	0.01964

表 7.7.2-6 現有交通流情況下的船舶碰撞風險（模型 2）

	事故的發生間隔(年)	事故的發生頻度(次/年)
追越碰撞(Overtaking)	1,601	0.0006247
迎船碰撞(HeadOn)	328.5	0.003044
轉彎碰撞(Bend)	$1.25 \times 10^9$	$8.03 \times 10^{-10}$
碰撞（總計）	272.6	0.003669

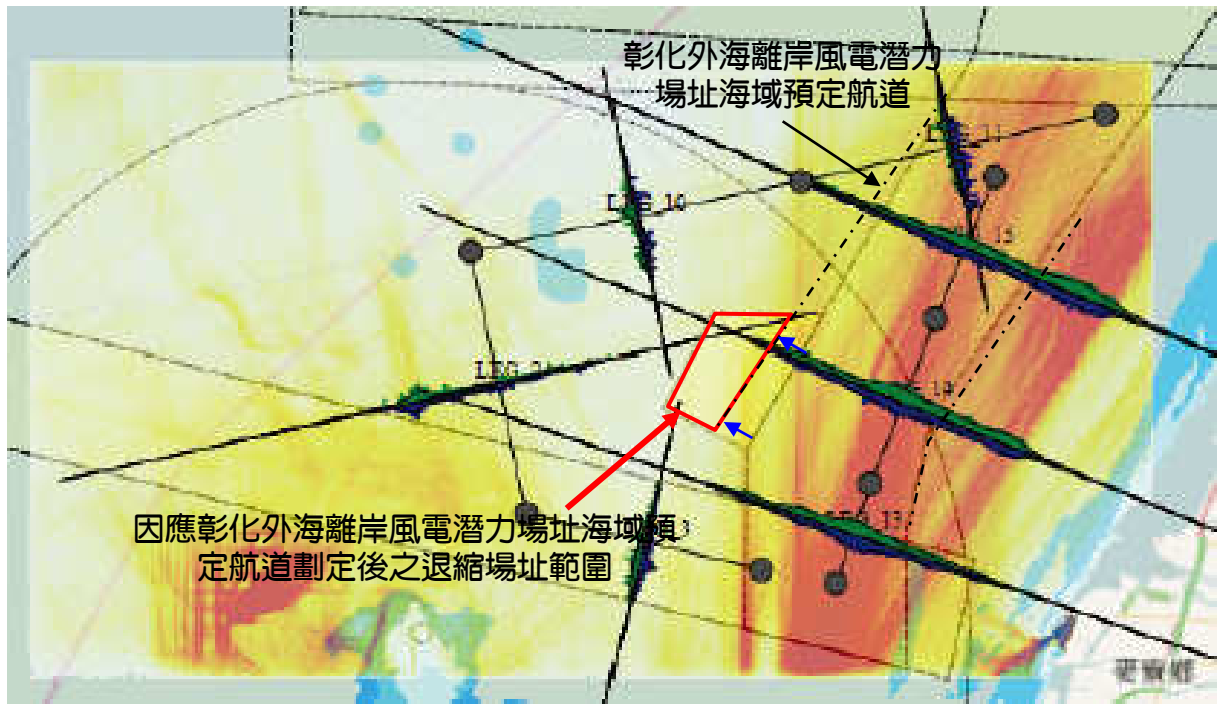


圖7.7.2-15 水深資料與航路模型（模型2）



圖7.7.2-16 現有交通流分布的航行風險評估結果（模型2）

表 7.7.2-7 依現有交通流誤入風電場碰撞結構物的風險（模型 2）

	事故發生間隔(年)	事故發生頻度(次/年)
動力碰撞結構 Powered Allision	318	0.003145
漂流碰撞結構 Drifting Allision	6.034	0.1657
碰撞結構 (Total Allisions)	5.921	0.1689

(二) 重組交通流情況下的航行風險與影響評估

因應離岸風電區塊開發之整體規劃，依據初步調整兩岸直航航道，取消經 C 點進臺中港的直航航道，原航線改由經 I 點進臺中港，且航道略為北移；此外亦考慮於潛力場址 20 至 25 號區塊位置劃設航道供南北向船舶分道航行。

若實施上述航道措施，重新組織船舶交通流，於風場東側航路段 LEG\_14 與 LEG\_15 採用模型 2 最大交通量之 LEG\_13 的交通量與組成，但交通流的橫向分布採用航道的高斯分布，則航行風險評估結果如圖 7.7.2-17(船舶間的碰撞風險以各航段與航路點的顏色標示，顏色越深表示風險越高；擱淺的風險則以水深區域邊界的顏色標示，顏色越深表示風險越高)，其中風場距離圖中的南北向航道中心線大約 4.5 哩。

在假設南北向航道的橫向交通分布中心線分隔 2 哩，標準差 1 哩的情況下，誤入風場碰撞結構物的風險可降低 92% (事故發生間隔拉長至 74.52 年)，如表 7.7.2-8，船舶之間的碰撞事故發生間隔則約 118 年。如表 7.7.2-8 所示，只要能藉由助導航設施與服務，使船舶更為準確地依據劃設之航道航行，無論是船舶之間的碰撞風險或是誤入風場碰撞結構物的風險都能再降低。

表 7.7.2-8 劃設航道重組交通流後的航行風險

	事故的發生頻度(次/年)		
	未設航道 (模型 2)	分隔 2 哩； 標準差 1 哩 (模型 3)	分隔 2 哩； 標準差 0.5 哩 (模型 4)
動力擱淺	0.01741	$7.23 \times 10^{-5}$	$7.23 \times 10^{-5}$
漂流擱淺	0.002235	$7.18 \times 10^{-7}$	$6.73 \times 10^{-7}$
擱淺 (總計)	0.01964	$7.30 \times 10^{-5}$	$7.30 \times 10^{-5}$
追越碰撞(Overtaking)	0.0006247	0.002614	0.005357
迎艙碰撞(HeadOn)	0.003044	0.005861	0.0006087
交叉碰撞 (Crossing)	(?)	—	—
碰撞 (總計)	0.003669+?	0.008475	0.0059657
動力碰撞結構 (Powered Allision)	0.003145	$5.75 \times 10^{-6}$	$5.27 \times 10^{-11}$
漂流碰撞結構 (Drifting Allision)	0.1657	0.01341	$5.10 \times 10^{-7}$
碰撞結構(誤入風場) (Total Allisions)	0.1689	0.01342	$5.10 \times 10^{-7}$

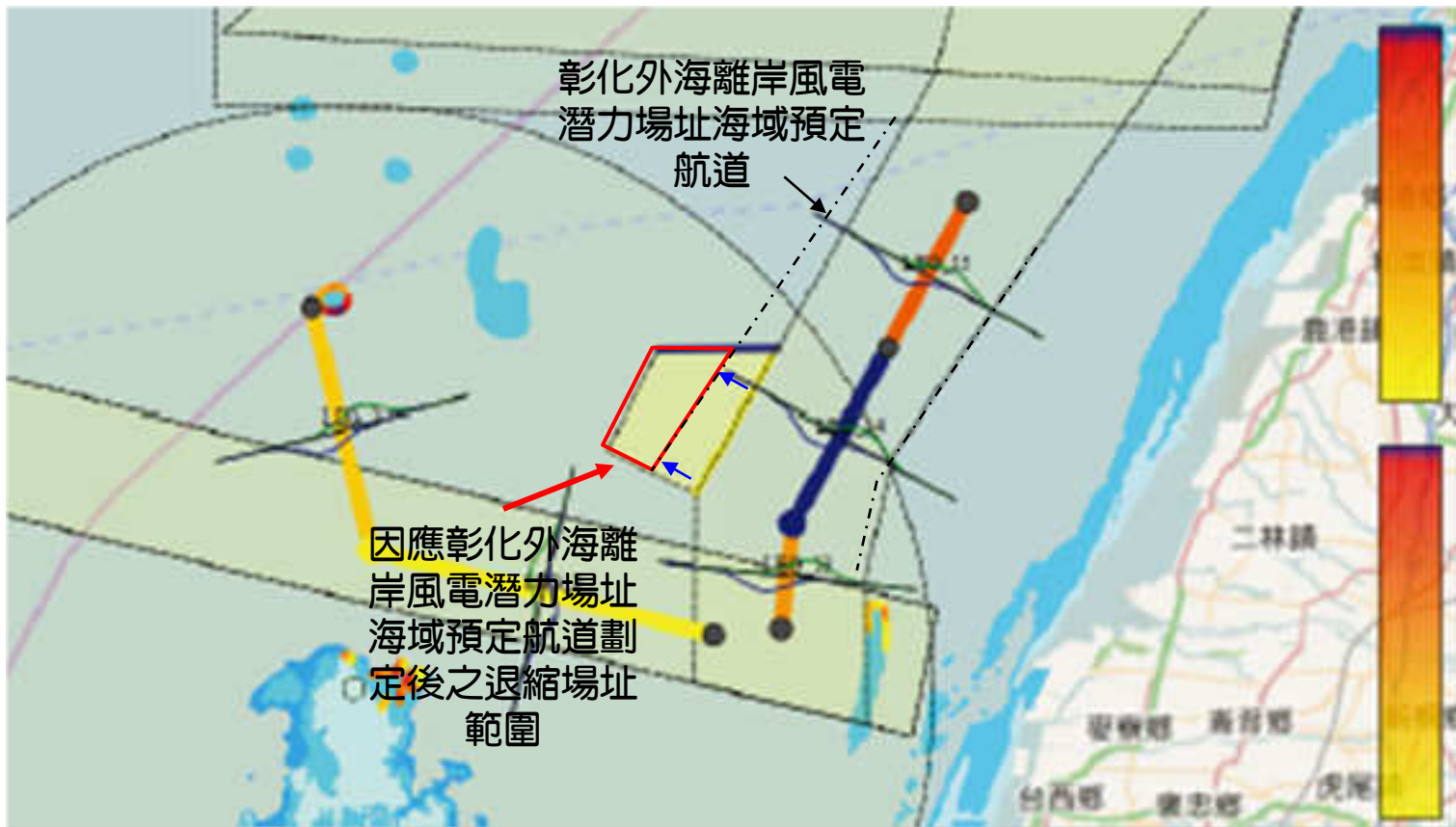


圖7.7.2-17 本計畫風場附近可能的航道規劃調整及其結果



九、施工船舶航路規劃及航安評估

(一) 施工船舶特性及航行作業相關規劃

本計畫建造期需使用的施工船舶大致如表 7.7.2-9 所列之船舶種類與數量組合。可能使用的各類船舶，其長、寬、吃水以及航行速度等參考資料如表 7.7.2-10。表 7.7.2-11 則是初步的估施工船舶作業時程及航次規劃草案。

表 7.7.2-9 規劃之施工船舶組合 (暫定)

活動	船舶種類與數量
運輸船 (Transportation vessel)	1×人字架起重船或重型起重船
風力機基礎安裝 (WTG foundation installation)	1×自昇式平台船、海事人字架起重船或重型起重船 2×拖船 >大於 50 噸的 300 公尺 x90 公尺 Bollard 拖拉拖船 1×DP2 PSV
變電站安裝 (OSS installation)	1×海事人字架起重船或重型起重船
電纜安裝/佈纜 (Cable installation)	2×貨輪 1×電纜鋪設駁船(風機陣列間電纜) 1×電纜鋪設駁船(輸出電纜)
風力機組件安裝 (WTG components installation)	1×自昇式平台船
人員運輸船	營運期間：4×工作人員運輸船

表 7.7.2-10 候選之各類施工船舶的特性範例

船舶種類	長 (公尺)	寬 (公尺)	吃水 (公尺)	航速(knots)
自昇式平台船	111.8	50	7.4	6.5/5.5 (AIS)
自昇式平台船	147.5	42	7.33	12
海事人字架起重船	91.35	43.35	7.25	7
海事人字架起重船	107	47	8	
海事人字架起重船	120	55	4.2	
重型起重船	183.3	36	8.9	9
重型起重船	95	45	7.5	
拖船 >大於 50 噸 Bollard 拖拉拖船	48.81	13.8	6	16.5(service)
動態定位 PSV	92.7	22	7.8	12
電纜鋪設駁船	66.36	25	3.5	
動態定位電纜鋪設駁船	122.68	27.45	5.82	
工作人員運輸船	19	7	2	25
工作人員運輸船	26	9	2.1	24
服務營運船	84	18	6.5	14

表 7.7.2-11 施工船舶作業時程及航次規劃（草案）

Activity Description	2018		2019				2020				2021		
	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3
Construction Port set-up													
<b>SITE 19 CONSTRUCTION</b>	建造期 臺中到場址(CTV每15日一來回,約每年48艘次)												
<b>Foundations</b>													
Pile fab and delivery to marshalling port	高雄到臺中(Tug>50Te bollard pull+ 300x90' barge)*41												
Seabed intervention - Jereilling sites	場內												
Collect piles from marshalling port and install	臺中到場址((Tug>50Te bollard pull+ 300x90' barge)*(41+34+2+2=79))												
Jacket fab and delivery	高雄到臺中(Tug>50Te bollard pull+ 300x90' barge)*34												
Jacket install	場內(Checking or HLV)												
Grouting	臺中到場址(DIP2 PSV)*21												
<b>Turbines</b>													
Manufacture & delivery to marshalling port	國外至臺中												
Collect from Marshalling port & install	臺中到場址(Jack-up)*34												
<b>Cabling</b>													
Array - Delivery	國外到場址												
Seabed intervention	場內												
Array - Install	場內(Cable Layer)												
Export - Delivery & Install	國外到場址/場址至纜厝(Cable Layer)												
<b>Commissioning</b>													
	臺中到場址(CTV每年106艘次)												

(二) 施工船舶航路規劃與檢核

如表 7.7.2-11 所示，施工船舶的航行路線主要包括：高雄港至臺中港、臺中港至場址、以及場內各點位之間。施工期間的風場區域 500 公尺範圍內並不開放其他船舶通行。高雄港至臺中港以及臺中港至場址的航路規劃如圖 7.7.2-18。各轉向點坐標分別如表 7.7.2-12 與表 7.7.2-13。

圖 7.7.2-18 從高雄港至臺中港之規劃航路總長度 244.709 公里(約 132 浬)；從臺中港至場址附近之規劃航路總長度為 68.753 公里(約 37 浬)。這兩條規劃的航路已依前節施工船舶特性，以電子海圖執行安全檢核，結果均無水深不足或其他礙航危險的情況。

表 7.7.2-12 從高雄港至臺中港規劃航路之轉向點

ID	經度(Longitude)	緯度(Latitude)
1	120.4895	24.291
2	120.1563284	24.1515606
3	119.8893883	23.7730865
4	119.8883942	23.0043590
5	120.1600414	22.5447946
6	120.2942736	22.5484094

表 7.7.2-13 從臺中港至場址附近規劃航路之轉向點

ID	經度(Longitude)	緯度(Latitude)
1	120.44227	24.3095786
2	120.1330029	24.2453032
3	119.9299299	23.9732972



圖7.7.2-18 高雄至臺中港及臺中港至場址的航路規劃

### (三) 施工船舶的航安評估

#### 1. 漁業活動相關的影響或干擾

施工船舶的航路規劃與漁業活動之間的空間關係大致可從漁船監控系統(Vessel Monitoring System, VMS)的漁船航跡密度(如圖 7.7.2-19)，以及以低速移動之 AIS 軌跡密度(如圖 7.7.2-20)看出。

由圖 7.7.2-19 可知從高雄港至澎湖水道這段會遭遇一些從將軍漁港與興達港出發至西部漁場作業的航行漁船；從澎湖水道到臺中港這段則已避開漁船作業區。圖 7.7.2-20 的低速(<2 節)AIS 船舶軌跡密度來自停泊漂航的船舶或是低速作業的漁船，而規劃之航路已盡量避開其影響。

#### 2. 航運相關的影響或干擾

施工船舶的航路規劃與航運交通流密集區的相對關係如圖 7.7.2-21。圖中的 AIS 歷史航跡密度分布呈現的是 2015 年西部離岸風電開發尚未啟動的狀況。對照圖 7.7.2-18 的離岸風電潛力區塊分布可知，隨著離岸風電區塊開發的推動，未來的航道規劃將使得航運路線往西偏移。施工船舶的航路規劃大致避開現有船舶密集區而位於未來航道規劃的位置，且遵循分道航行的方向。主要的會遇位置在於從臺中港至本計畫場址時與南北向穿行交通的交叉相遇，如圖 7.7.2-21(a)；從高雄港至臺中港時，與進出麥寮港以及澎湖與本島之間的馬公-布袋/龍門-布袋航線的交叉相遇，如圖 7.7.2-21(b)。

### 十、因應對策

整體而言，只要離岸風場與各風機等結構物本身皆依據 IALA 的建議予以設置適當標誌，並標繪於海圖，將可有效抵銷前述可能的干擾或影響，甚至提供更好的航路標誌與定位效益。

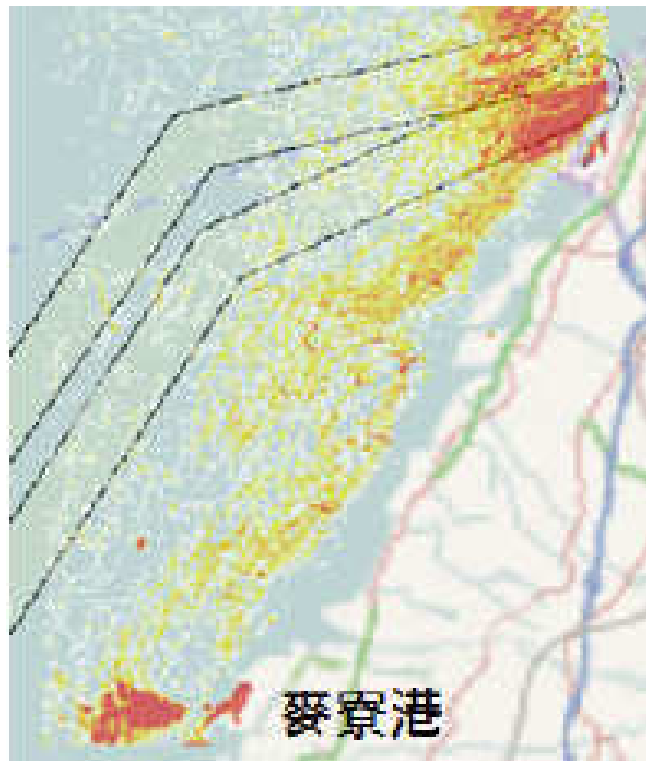
IALA 對於個別獨立的風力機組、海氣象觀測塔等結構的標誌方式，建議說明如下：

1. 以白閃光 Mo(U)W $\leq$ 15s 標誌，公稱光程 10 浬。
2. 航標應裝置於扇葉最低點的下方，高出最高天文潮位(HAT)至少 6 公尺。
3. 航標應符合 IALA 建議，可用率不小於 99%(IALA Category 2)。
4. 各風機/結構物的閃光之間應予同步。

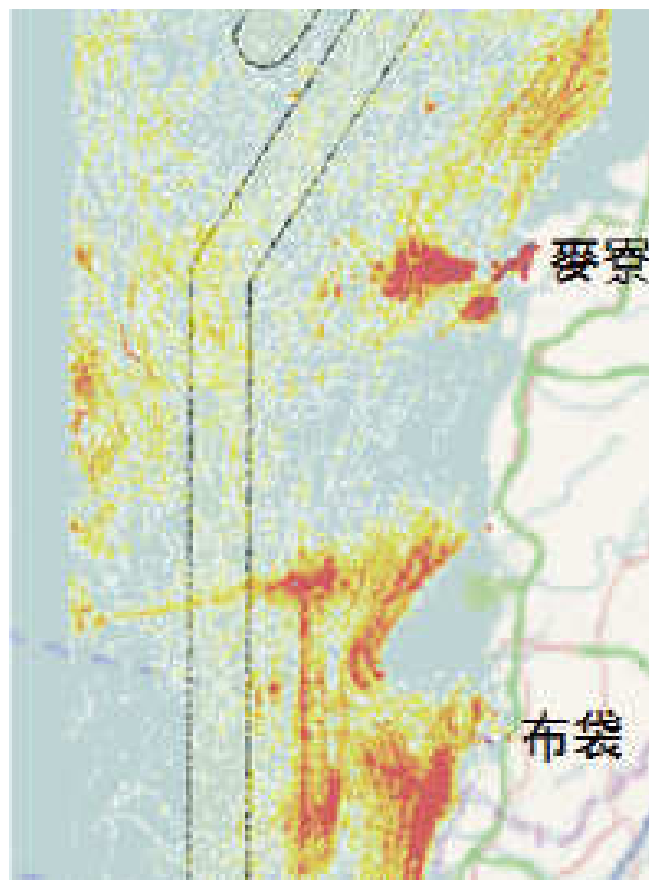
若有更多的風機，離岸風場的結構物群組應依 IALA 的建議，在位於角落的重要邊緣結構物以及中間的邊緣結構物加標誌。SPS 與 IPS 都應加黃閃光，公稱光程分別是 5 浬與 2 浬，兩者的燈質應能區別。

此外可再考慮加裝 Racon 與 AIS 航標。



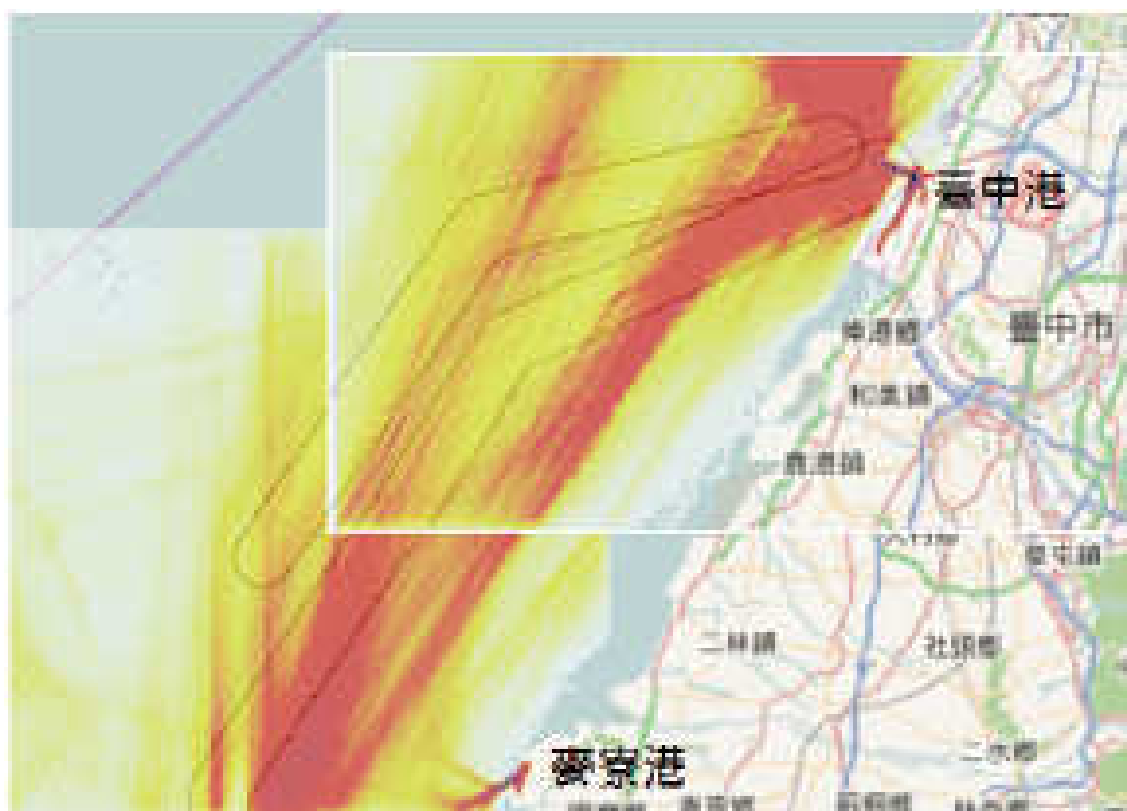


(a)

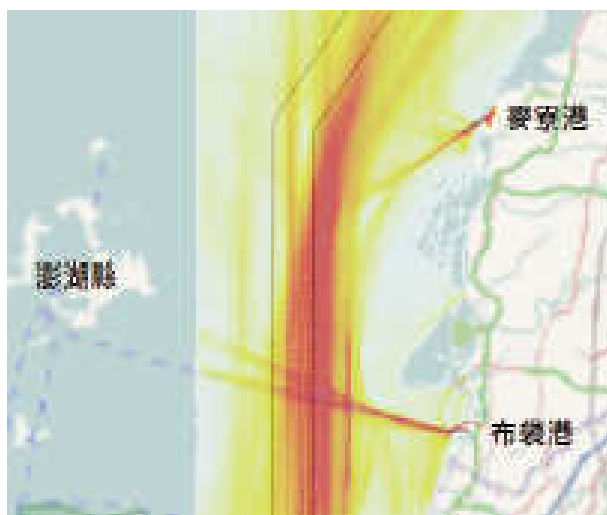


(b)

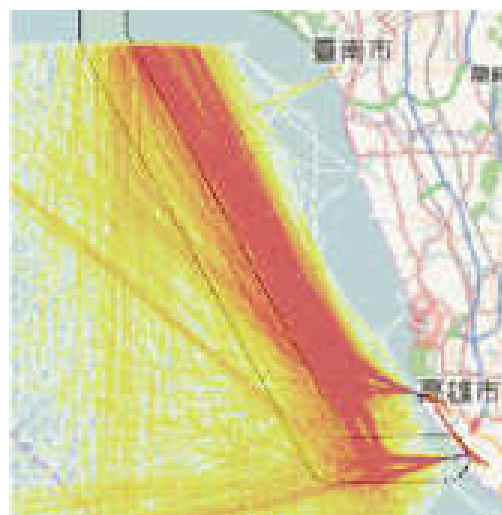
圖7.7.2-20 航路（3浬寬）套疊停泊漂航或作業AIS航跡密度



(a)



(b)



(c)

圖7.7.2-21 航路（3浬寬）套疊AIS歷史航跡密度

### 7.7.3 施工營運風險

開發單位針對風力發電廠開發各個階段，將採用以風險為本的步驟來管理其環安衛政策。此一風險管理辦法規定，所有可危及人員健康、安全和環境保護之各項危害，須於施工、安裝、測試、試車和營運期間加以清除；或其有關風險至少須於設計和作業規劃期間及相關活動開始前降低到容許風險以下。有關風險更應進一步降低到合理可行之最低限度。風險評估將定期評估審視，同時在情勢變遷而有可能影響風險評估假設之虞時亦應審視。情勢變遷包括但不限於過程變遷、技術變遷、發生嚴重事故或虛驚事件、以及某些情況下的人員變更。本計畫已初步評估施工營運維護風險並研擬發生時之影響減輕對策，詳表 7.7.3-2~表 7.7.3-6。

本計畫以風險管理矩陣(表 7.7.3-1)進行施工、營運、維護等不同階段之風險評估，並透過控制措施降低風險影響並比較其中差異性。表 7.7.3-1(A)為衝擊評量表，以評估衝擊影響的程度可依照其對成本、時間及工程品質的成效而評估。首先先由表的左方，決定針對特定風險對決策因素中的哪一項會有影響，接著在同一行中可以由一至五的嚴重程度來判斷評量風險的高低並且評分(亦即表上方的數字)。某些風險會牽涉到不只一項的決策，因素此時應選擇嚴重性及影響最大的一項。表 7.7.3-1(B)為機率評分表，係指以頻率為主的評分系統，界定大部份的風險情況。表 7.7.3-1(C)為風險影響度評分表，界定風險可能發生的機率及建議回應措施。

#### 一、 施工風險評估

施作海上風力機組主要施工項目，大致有海上基礎套筒組裝打設、塔架、主風力機組與葉片銲接組裝等作業。施工規劃階段，針對陸上場地及海上施作工期限制及風險，皆須進一步評估，以供後續作業參考，茲說明如下：

##### (一) 陸上施作組裝場地面積、租用場地限制

施工安裝時，先將風機各元件運抵台中港，規劃以台中港 5A、5B 碼頭作為本計畫泊靠港與陸上工作站之場址，距離附近最近之民宅或學校皆有 1 公里以上的距離，待元件初步檢查完畢後即可組裝風機相關組件，然後利用風機安裝船或平台運輸船運將風機元件送至計畫區點位進行吊裝作業。

##### (二) 海上施作工期限限制

合適之海事工程施作期間，一般都安排在每年 3 月至 9 月風浪較小期間，但每年夏季 5 月至 8 月又屬颱風頻繁季節，施工前須審慎評估海象資料，預估颱風間期與可施工時期之百分比，預先擬妥施工計畫與準備事宜，以確保施工的安全。

##### (三) 打樁船機與大型超高起重船機作業條件與使用限制

施工前對打樁船機與大型超高起重船機之作業能力與特性，以確保施工的安全。

##### (四) 海上支撐塔架、風力機組之運搬與架設作業

本工程上部結構的施作，要嚴選施作船機組合與研擬妥善施工計畫，於施工前相關施作人員須做專業船機吊裝訓練，以提高海上施作安全與工作效率，降低工安危害與成本損失風險。

##### (五) 漁民溝通

施工前將做好海上施工環境污染防治計畫，並與當地漁民及漁會加強協調溝通，將施工內容、影響範圍與施工時程公告附近作業船隻，同時做好敦睦鄰工作；施工中，加強環境污染監督工作，維持並控制海域環境污染擴散，工作船隻進出海域作業，應遵循施工計畫，於劃定之施工區與航道內作業與航行，並隨時保持警戒，避免碰撞漁船或損害漁業設施。

有關本計畫施工風險評估整理如表 7.7.3-2 所示。



表 7.7.3-1 風險管理矩陣評估表

(A) 衝擊評量

		影響評分 (依嚴重程度) 及舉例描述符號				
		1	2	3	4	5
決策因素		細微	輕微	中度	重大	極嚴重
成本		細微損失或是成本小額增加	影響總資本支出小於百分之十 需要額外投資	影響總資本支出介於百分之十一至百分之三之間 需要額外投資	影響總資本支出介於百分之三及百分之八之間 需要額外投資	影響總資本支出大於百分之八 需要大量的額外資金
時間		稍微落後於內部設定的目標	些微落後於主要的里程碑 (數日)	落後於主要的里程碑 (數週)	大幅落後於主要的里程碑 (數月)	嚴重落後可能導致工程的可行性 (一個安裝時程)
品質、環境及商譽	工程及目標	對品質及工作範圍影響十分輕微 不易察覺	對品質及工作範圍有少許的影響	對品質及工作範圍有一些主要的影響	無法達成次級目標	無法達成初級主要目標
	服務及業務中斷	沒有影響	有些微業務中斷,對服務的影響非常有限	有中等程度業務中斷,對服務有負面影響	有重大業務中斷,對服務會有嚴重影響	有嚴重業務中斷,對服務有重大的影響並且涉及營運收入
	法定責任 / 檢查	對法定責任標準則沒有影響 或是影響些微	違約 降低工程品質	對法定責任有中等程度的違約 外部的改善建議將被提出 改善通知	對法定責任造成多次或重大的違約 失誤報告 改善通知 補強計畫	對法定責任造成多次或重大的違約 被起訴 需要完全變更系統並編寫嚴重生疏報告
	負面宣傳及對商譽的影響	謠傳	地方媒體報導	地方媒體報導	全國性媒體報導	超過3天全國性媒體報導
	永續發展以及對環境的影響	可能造成公眾關切	短期內減低大眾的信賴	長期減低公眾信賴	服務及工程品質會低於合理的公眾期待	服務及工程品質會低於合理的公眾期待 或者完全失去大眾信心
永續發展以及對環境的影響	對永續目標或環境只有極輕微的影響	對永續目標或環境有少許的影響	對永續目標或環境有中等程度的影響	對永續目標或環境有重大的影響	對永續目標或環境有極為嚴重的影響	

(B) 機率評分

機率評分	1	2	3	4	5
描述符號	細微	輕微	中度	重大	極嚴重
發生頻率：多久或多常可能會發生	應該永遠不會發生 (發生機率低於百分之五)	並不預期會發生但是還是有可能性 (百分之六至百分之二十的機率)	有可能會發生或重複發生 (百分之二十一至百分之五十的機率)	應該會發生但不會一直持續 (百分之五十一至百分之八十的機率)	幾乎一定會發生而且有可能會常常發生 (百分之八十一至百分之百的機率)

(C) 風險影響度評分

(a) 施工及維護

影響度評分	可能發生的機率				
	1 細微	2 輕微	3 中度	4 重大	5 極嚴重
5 極嚴重	5	10	15	20	25
4 重大	4	8	12	16	20
3 中度	3	6	9	12	15
2 輕微	2	4	6	8	10
1 細微	1	2	3	4	5

分數	風險層級	建議回應措施
15 - 25	高風險	應立即採取行動，或是制定執行計畫並包含詳細的制程
8 - 14	中度風險	應將相關行動列入執行清單並監控
1 - 7	低風險	適度的行動及複查

(b) 營運

發生機率/可能性	影響程度				
	非常輕微 磨損或耗損可正常供電/運維	輕微 設備受損但未危及供電安全/運維	普通 造成設備受損,經備援系統啟動仍可部分供電	嚴重 造成部分風機無法安全供電/維修	非常嚴重 造成整個風場無法安全供電/維修
高度不可能/非常低	1	2	3	4	5
不太可能/低	2	4	6	8	10
可能/中等	3	6	9	12	15
非常可能/高	4	8	15	16	20
確定/非常高	5	10	15	20	25

表7.7.3-2 施工安全風險管理評估表(1/8)

介定風險				降低風險的因應對策	風險矩陣 --- 風險評分		
編號	風險	後果	風險類別	降低風險的因應對策	發生的機率 1代表極低 5 代表極高	衝擊 1代表極低 5 代表極高	風險等級
<b>套管式基礎</b>							
1	由於不可預見的環境限制(例如保護海洋生物及珊瑚礁)對套管基礎在安裝過程具有微觀場址的風險	- 雙重處理套管基礎, 並延誤遠端遙控作業船隻調查時間 - 可能導致安裝套管的失敗	施工	- 確保在設計階段有良好的環境、地球物理以及完整地質的相關資訊 - 以水下無人載具勘查每個基礎位置	1	2	2
2	因為不可預測的地理物理因素(比如巨石)對套管基礎在安裝過程中微觀選址的風險	- 雙重處理套管基礎, 並延誤遠端遙控作業船隻調查時間 - 可能導致安裝套管的失敗	施工	- 確保在設計階段即有良好的環境、地質的相關資訊 - 以水下無人載具勘查每個基礎位置	3	2	6
3	無法打樁至預定的深度	額外的打樁工程 例如使用更大的樁錘、研磨切割設備或岩石鑽探	施工	- 確保在設計階段即有良好的環境、地質的相關資訊 - 仔細檢視打樁過程的風險評估 - 調查每個基礎的位置區 - 採用比實際需求更大的樁錘	2	4	8
4	專案在安裝基礎過程中遭遇到比預期更高的氣候因素。如颱風	增加安裝過程所需的時間 額外增加的天氣寬限期 對後續工項可能造成的影響	施工	- 如果安裝的時程是在所有氣候許可的時程內,則安裝的過程不應該超過計畫所制定的時間 - 堅守計畫的時程 尤其是在計畫的初期. - 在不同階段的工項容許足夠的緩衝期 - 確保基礎在初期即已完成製造, 以致可將工時極大化 並考慮日夜連續的施工 - 佈放浮標以改善對場址的天氣預測 - 依同意的計畫以及可施工的天氣情況下進行工作管理, 以確保工作的時程最佳化	4	3	12
5	基樁或套管未能達到製造容許誤差內的要求	需要額外的灌漿作業並增加船隻費用	施工	- 在合約允許內對額外的灌漿制定額外折讓時間並確保所需物件和原料可以取得 - 在灌漿船啓動前完成所有測量及場址勘查	2	2	4
6	基樁(若採用預打樁法)高度超過可容許範圍	額外的固樁的作業	施工	- 對打樁位置先行測量及調查以減低打樁時產生的風險 - 仔細監控打樁過程及其風險評估 - 在設計階段考慮加入應變計畫 比如在基樁增加焊縫並確保有可用的切割工具(齒輪切割)	2	2	4
7	因為套管基礎延遲交貨, 導致基礎安裝船費時待命	增加駁船的開支費用	施工	- 有足夠可儲存套管的空間 - 確保生產的路徑圖皆經過調查並建立模型 - 在合約中制定清算損失 - 對基礎供應及安裝採用單一的工程總承包合約	2	3	6

7-277

表 7.7.3-2 施工安全風險管理評估表(2/8)

介定風險			降低風險的因應對策		風險矩陣 --- 風險評分		
編號	風險	後果	風險類別	降低風險的因應對策	發生的機率 1代表極低 5 代表極高	衝擊 1代表極低 5 代表極高	風險等級
8	灌漿過程比計畫容許時程更長	- 增加灌漿船隻的費用 - 因為延遲造成的成本及工程時程的增加	施工	- 合約中制定違約賠償金 - 船隻動員前有詳細的規劃 - 在計畫中加入緩衝期 - 詳細的灌漿管路設計 - 詳細的灌漿材料設計、灌漿檢驗以及挖掘疏濬法 - 對基礎供應及安裝採用單一的工程總承包合約	3	2	6
9	因為施工期間的外力損害造成離岸構造需要額外的油漆（例如船隻靠上結構）	因為結構侵蝕 減短生命週期並增加維護成本	施工	- 執行損害調查以向其他承包商求償 - 商議含有同意工程範圍及價格的小型工程合約	4	2	8
10	轉接段不能完全防止天氣/污垢/鳥糞的進入	在安裝塔架前轉接段內部需先清潔	施工	- 安裝工程合約包含清潔風力機組 - 和當地廠商簽訂小型合約以確保結構清潔 - 只有安裝轉接段及風力機組的過程有長時間空擋時才需要	1	1	1
11	無法將套管架設於容忍的水平範圍 無法將基礎定位在預定位置	對離岸機組的安裝造成中斷（風力機組基礎）並超支預算	施工	- 針對海龍場址進行前期地球物理及沙浪進行地質研究 - 高品質的離岸調查，以確保基樁的定位 - 製造設備有完善的尺寸控管	2	3	6
12	無法取得打樁用的樁錘	時程延誤	施工	- 在設計上採取已經量產的樁錘 - 和供應商及早洽談	1	2	2
13	樁腳周圍過量的淘刷	需要補強工程，在強勁海流區域可能必須雇用潛水工事	施工	- 最適化防淘刷設計 - 如果需要的話在設計的階段進行風險評估並且引進防淘刷的保護措施	1	2	2
14	樁錘或鐵站受損	需要額外補強工事 造成時程延遲並超支預算	施工	- 聘用有經驗的安裝承包商 - 檢閱安裝承包商的風險評估及施工綱領 - 完成的地質調查以完全瞭解土壤的特質 - 準備備品	1	2	2
15	套管入塢	中斷或延誤套管安裝	施工	- 設計套管以利安裝的簡易性 - 風力機組基礎的EPCI (工程總承包合約)在設計及安裝的部份是和同一法人簽署	2	3	6
16	套管安裝前已有沙石或海洋生物在基樁生成	中斷或延誤風力機組基礎的安裝架構、超支預算	施工	- 執行設計計算以將風險極小化 - 具預打樁作業及噴射水流完整計畫 - 預打樁時間盡量靠近套管安裝的時間	3	2	6
17	噪音超出容許範圍	環境衝擊、延誤時程	施工	- 及早判斷出噪音的程度 - 需要時採取減噪措施（平穩啟動、持續監視等等）	1	2	2
18	無預期的海洋哺乳動物	停止施工以利海洋哺乳類生物離開工地	施工	- 施工之前先對該區進行勘察 - 平穩啟動以利海洋哺乳動物可以離開工地	1	2	2

表 7.7.3-2 施工安全風險管理評估表(3/8)

介定風險			降低風險的因應對策		風險矩陣 --- 風險評分		
編號	風險	後果	風險類別	降低風險的因應對策	發生的機率 1代表極低 5 代表極高	衝擊 1代表極低 5 代表極高	風險等級
<b>風力機組</b>							
19	風機安裝過程遭遇不可預知的延遲，例如其他船隻在施工區域內	無可挽救的延誤	施工	- 與港務員及後勤中心建立緊密的合作關係 - 施工期間有效率的海事協調 - 適當計畫以確保工時的最佳化 - 以其他交通船停泊問題為中心的計畫 - 船隻代表人按日管理工作進度	2	2	4
20	若預組裝和調度廠沒有包括在風力機組的合約，導致風力機組零件組裝流程未被明確規範	在調度廠需要運用更多的儀器工具或吊車	施工	- 責任區分矩陣應被應用在管理承包商的界面及關係 - 各方間經常性的會議或通訊會議	1	2	2
21	若風機安裝沒有包含在風力機組的合約，導致風力機組安裝的流程未被明確規範	為了要儲存及組裝風力機組零件，調度廠需要額外的空間	施工	- 安裝廠商應在合約（施工綱領）中介定所需的規格 - 所提供的裝置清單應在合約中列舉	2	2	4
22	因為時程短以致於當風力機組在調度廠組裝時可能面臨的專業人力不足	需要更多時間 陸上的裝置預組也需要更多人力	施工	- 可能的話考慮全天二十四小時施工以儘速達到要求 - 組裝廠人員的訓練 - 工地經理必須監督工程以確保採用有效率的工作方法	3	2	6
23	因為電力設施的架構或是供應鏈的延遲造成額外使用柴油發電機（若並聯點在營運階段無法使用時）	在風力機組的下部需要使用超出預期的柴油發電機（由船隻供應的大型柴油發電以及加油所需的支援）	施工	- 詳細制定發電機規格並縮小尺寸 - 安裝過程越快越好 - 有效管理執照合約以減低供電延遲的可能性	3	2	6
24	因為對工程未詳加規範定義導致供給施工團隊的臨時性硬體設施不足	不符合環安衛要求 預算不足	施工	- 及早決定工程範圍及議價	1	1	1
25	支援離岸運轉的人員輸送船不足	延誤時程	施工	- 跟風力機組供應商達成施工法及資源運用的最佳化 - 確保人員運輸船隻的維修計畫如期進行 - 確保計畫及時間表中詳載人員運輸船的所需數量 - 確保人員運輸傳的零組件可以快速取得 - 考慮建構離岸宿舍	2	3	6

表 7.7.3-2 施工安全風險管理評估表(4/8)

介定風險				降低風險的因應對策	風險矩陣 --- 風險評分		
編號	風險	後果	風險類別	降低風險的因應對策	發生的機率 1代表極低 5 代表極高	衝擊 1代表極低 5 代表極高	風險等級
26	對離岸機器設備完工及銜接的操作員不足	預算不足(超出原本的規劃) 增加成本、工程延期或中斷	施工	- 在風力機組合約中簡化團隊人員的數量 - 事先制定綱領及程序並包含在合約中 - 在工程計畫中管理因延遲造成的影響以求資源運用的極佳化 - 制定訓練計畫	2	3	6
27	在運輸及離岸安裝過程中對風力機組零組件造成的損害	零組件修理工作或更換 安裝延遲	施工	- 清楚的界定工地職責及角色 - 應確定所有的儀器及工具都是可以用的狀態 - 維修的工具應在當地可取得 - 經常性的檢查並監視以確保瞭解任何損害的原因並且對相關支出收費 - 風力機組的供應商應有適當的訓練及管理準則 - 足夠的保險 - 在風扇機組合約中加入運輸及安裝的條款	3	3	9
28	由於不可預知的限制造成風扇機組零件運送至調度廠的產生問題	超出預算的調度廠支出 無法從風機承包商獲得補償	施工	- 確保 風機承包商在初期及進行海上運輸及後勤的調查 - 良好的規劃並且詳細考慮港口的限制	1	1	1
29	風機延遲交付	延誤時程、並超支預算	施工	- 在製造過程中嚴格的品管 - 密切的注意風機承包商的製程及產品的測試 - 在專案的時間計畫中容許些許時間的緩衝期 - 風機承包商的業務範圍應包括安裝	2	3	6

表 7.7.3-2 施工安全風險管理評估表(5/8)

介定風險				降低風險的因應對策	風險矩陣 --- 風險評分		
編號	風險	後果	風險類別	降低風險的因應對策	發生的機率 1代表極低 5 代表極高	衝擊 1代表極低 5 代表極高	風險等級
<b>傳輸及監控與資料獲取系統</b>							
30	直到交接給營運方 必須保養維護傳送的儀器（如陸上電纜 配電站 監測及資料搜尋系統等等）	電力承包的合約必須延展	施工	- 同意業務範圍及需求並且同意資產維修的成本或成本預估總值	2	2	4
31	大型電力零件（輸電器或濾波器）延遲交件	工程延誤並導致後續的工項連鎖效應	施工	- 確保合約中載明延遲賠償的條例 - 在設計過程及界面中有效的管理 - 確保主要的訂購日期及生產時程都跟計畫緊密的連接	3	3	9
32	傳輸電纜的安裝過程遭遇不可預知的問題	對未掩埋的區段造成損害並且造成電纜故障， 例如像因為光纖的故障而延遲完工日期 (尚不包括錯失發電機會的成本).	施工	- 施工流程的研究 - 如果需要需進行個別評估 - 良好的離岸督導或戒護船 - 在拋石之或噴射水洗之前採取採取電纜的保護措施	2	4	8
33	無法將離岸電纜埋至需求的深度	需要更多的石塊或石床以保護電纜線	施工	- 及早制定工程路線以確保明白需求 - 容許額外的金額以包含其他的成本	2	3	6
34	因為惡劣氣候必須派遣電纜安裝船隻以剪斷電纜	需要額外的電纜密封以及銜接處的修復	施工	- 收集計畫過程所需的氣象資訊 - 清楚的陸上規則及監管 - 合約中載名銜接所用器材	2	3	6
35	電纜安裝船隻延遲誤時	衍生額外的電纜倉儲成本並對之後的工事有連鎖影響 (潛在影響到風機的安裝)	施工	- 管理合約上的工程 - 同意施行計畫並且減低延遲，尤其是有連鎖效應的延遲 - 應及早規劃並採用當地船隻電纜鋪設 - 採用當地船隻的規劃 - EPCI contract (工程總承包合約) 應包含水下電纜的供應及安裝	2	3	6
36	由於風機或機械完工的延誤，導致電纜終端工作必須延遲	影響電纜裝設完工團隊的計畫 影響後續風機營運	施工	- 管理合約上的工程 - 在風機組安裝前在轉接段完成安裝海纜終端	1	2	2

表 7.7.3-2 施工安全風險管理評估表(6/8)

介定風險				降低風險的因應對策	風險矩陣 --- 風險評分		
編號	風險	後果	風險類別	降低風險的因應對策	發生的機率 1代表極低 5 代表極高	衝擊 1代表極低 5 代表極高	風險等級
37	因為營運方延遲或風機承包商的要求導致監控與資料截取系統的時程延遲	延遲發電及營運	施工	- 確保後期的要求不會延遲已計畫的工程 - 有效率的管理設計流程及界面 - 由營運方取得設計及規格 - 在設計階段考慮需求	2	2	4
38	海下電纜的供應和安裝船隻的介面	中斷或延遲海下電纜安裝時程並造成成本超支	施工	- 針對電纜的供應及安裝簽訂單一的工程總合約 - 及早在設計階段發展出界面整合制定的機制	2	2	4
39	台電的並聯點連接時程表	延遲增產及營運的計畫 潛藏發電損失的機會	施工	- 及早跟台電展開對話溝通 - 聘用電力網路的專家管理和台電的關係 - 確保各項時程都先經過同意且能和總計畫時程契合	2	4	8
40	內部陣列電纜不足或過長	增加拉纜及電纜在風機基礎連接的困難	施工	- 依地球物理調查決定電纜路線的最適化 - 有專業經驗的電纜設計團隊 - 船上要有船隻代表	1	3	3
41	陸上電纜安置受到利益關係人或一般大眾的反對活動	延誤時程	施工	- 及時申請同意及許可 - 舉行公眾說明會 - 管理參與者的計畫	1	2	2
42	出船前還未完成離岸變電站在陸上的建造或初級移交	延誤時程, 因為大型起重船待命時間而增加成本	施工	- 工程總合約應包含供應及安裝並和一家廠商簽約 - 在時間表上容許一些可能的延遲 - 密切監控製造地點的製程	1	3	3
43	與離岸輸出電纜交錯時，對現有的水下設施（管路或通訊線路）的損害	對其他相關單位或個人的賠償，延誤時程並造成成本增加	施工	- 及早確認並和市場上的硬體製造商協力合作 - 決定適合的交錯技術並依水下聲學工程規範及標準設計	1	3	3
44	不良或缺乏電力安全規範定義	延遲營運 (錯失發電機會)/ 增加營運成本	施工	- 及早建立符合電力安全規則的法規，並包含適當的合約內以確保施工方法在通電時能互相整合 - 額外 來自承包商的修改通知單 所衍生的成本不記在內	1	2	2

表 7.7.3-2 施工安全風險管理評估表(7/8)

介定風險				降低風險的因應對策	風險矩陣 --- 風險評分		
編號	風險	後果	風險類別	降低風險的因應對策	發生的機率 1代表極低 5 代表極高	衝擊 1代表極低 5 代表極高	風險等級
一般							
45	港務首長或港務局可能的限制	操作的限制導致額外的成本增加及工程延遲 (不能全天施工) 船隻必須待命	施工	- 及早並積極的與港務主管單位及安裝承包商合作	4	3	12
46	在移交給經營商之前所需的額外儀器 文件或服務 (比如風機所提供的通話器必須符合安全 衛生的要求)	增加資本支出 / 無法符合工程交接的條件	施工	- 確保所有的業務範圍都含括在合約中 - 確保有暫時的資金或因應對策已應付未包含的業務範圍	2	2	4
47	施工期間對合約界面管理不當	延誤時程 並超支成本	施工	- 有經驗的專案團隊 - 制定公司法規 - 在各部的承包作業和責任界定的界面上採取有效管理控制	1	4	4
48	和離岸工程的其他裝置在施工時程上無法 配合	延誤時程 / 成本超支/ 船隻需要待命必且衍生額外成本	施工	- 在設計階段及早規劃工程的計畫 - 在前端設計作業時即已明確定義海事工程的管理	3	2	6
49	因為工程物件延遲文件或是製造未完成以 及營運，導致增加離岸工程工項，並對時 程受到影響	延誤時程 並超支成本	施工	- 將工程總合約視為優先的簽約策略	3	2	6
50	無法取得所有的海洋擴散資訊以配合安裝 時程	延誤時程	施工	- 及早界定離岸施工時間表以及船隻分派的需求 - 及早和供應商合作 - 及早簽署預定合約	2	3	6



表 7.7.3-2 施工安全風險管理評估表(8/8)

介定風險				降低風險的因應對策	風險矩陣 --- 風險評分		
編號	風險	後果	風險類別	降低風險的因應對策	發生的機率 1代表極低 5 代表極高	衝擊 1代表極低 5 代表極高	風險等級
51	同時作業期間海事或相關界面的干擾	延誤時程 / 超支成本 / 並有可能需要組裝船隻待命	施工	- 在早期的危害可操作性準則中 注重於同步作業以形成海事工程管理的早期設計 - 明確界定的海事協調程序	2	2	4
52	離岸通訊系統故障	嚴重安全顧慮, 中斷或阻撓海事協調	施工	- 確保通訊系統的正确規格安裝並提供證據證明性能 - 需要有定期的系統保養	1	2	2
53	緊急回應程序失效 或是人員訓練不足	嚴重安全顧慮 / 工程被迫停止	施工	- 人員必須受到緊急處置要求回應的訓練 - 風險評量必須制定而且公告 - 緊急回應程序必須制定並公告 - 必須提供足夠的緊急回應程序及設備並需經常性保養	1	4	4
54	未經許可的船隻進入作業區域	中斷或延遲完工時程, 安全顧慮	施工	- 可以考慮派遣戒護船以監測離岸施工區域外圍的船隻 - 劃定離岸施工的区域 - 船舶布告	2	2	4
55	船隻互相碰撞	嚴重安全顧慮	施工	- 施工船上派遣有經驗的船員 - 具備海事協調計畫 - 具備緊急應變措施	1	4	4
56	安裝船隻失去控制/ 漂流至風機下部或是離岸變電站	嚴重安全顧慮, 對船隻及風機下部結構的損害, 成本超支	施工	- 僱用有經驗的船員 - 審查安裝風險評估及施工綱領, 確保安全顧慮在計畫設計階段便已包含在內	1	3	3
57	船隻在惡劣氣候中擱淺	嚴重的安全顧慮 有可能危及船隻並耽擱工程	施工	- 氣象預測 - 具備海事協調和緊急應變計畫 - 暫時避難所 - 保險	1	3	3
58	許可取得延遲或是狀況增加導致船隻費用 上升	延誤時程, 船隻必須待命	施工	- 認清台灣主管單位的要求並及早申請許可	3	3	9
59	施工期間辨識未爆彈的位置	離岸工程停擺	施工	- 施工前進行詳細的未爆彈調查	1	3	3
60	船隻登記國籍的限制, 造成船隻供應的限制	延誤時程, 增加成本	施工	- 在設計階段及早建立需求清單 - 及早簽署預定合約	2	3	6

## 二、營運風險評估

離岸風場營運風險評估之目地是根據離岸風機發生危害運轉事故之統計分析，使我們預先了解這些危害運轉事故可能造成之結果，並應在設計或工程上提出更嚴謹的規劃，來減少運轉危害發生之風險。另外本計畫未來也將進行第三者認證及保險規劃，來降低營運之風險。有關本計畫營運風險評估整理如表 7.7.3-3、表 7.7.3-4 所示。

離岸風場維修風險評估之目地是根據離岸風機發生危害維修事故之統計分析，使我們預先瞭解這些危害維修事故可能造成之結果，維修風險評估之分析如表 7.7.3-5、表 7.7.3-6 所示。離岸風場維護風險主要求在於維修船舶的可取得性及備品是否供應得當，因此我們在營運維護上要特別對相關提供服務之外包商進行審慎的合約談判及尋求更多的外包商做為替代方案。

## 7.8 健康風險評估

依據環保署「開發行為環境影響評估作業準則（104 年 7 月 3 日修正公告）」第三十條之一規定，開發行為可能運作或運作時衍生危害性化學物質者，開發單位應依健康風險評估技術規範進行健康風險評估，並將其納入說明書或評估書初稿。惟本開發計畫係屬潔淨再生能源風力發電之開發計畫，營運階段於機組運轉期間僅以天然風力提供機組運轉發電，並無使用或衍生如環保署「健康風險評估技術規範（100 年 7 月 20 日修正公告）」第三條所稱之危害性化學物質，對於鄰近地區居民健康並無增量風險，故應無須進行健康風險評估。

表 7.7.3-3 營運風險評估

	項目	危害事故	危害發生造成之結果	防止危害事故發生之對策
1	離岸風場因海上電網損壞造成所發之電力無法送回陸上	強制性關掉風場	發電收入損失造成虧損	1. 台電電網除颱風地震造成系統臨時性之故障外一般發生機率不高 2. 對風場輸電系統經常性之檢點與維修以減低輸電系統之故障
2	海底電纜接頭損壞	海底電纜接頭損壞和發電中斷	瞬間發電傳送喪失而且可能持續	嚴謹處理電纜接頭部份之日常檢點與維修
3	海底電纜受到船舶錨的撞擊或牽引之損壞	第三者船舶或業主之維修船之下錨拉扯電纜或升降平台之腳柱壓到電纜	瞬間發電中斷或維修時部份電力中斷	除在風機附近設警告標誌外，遇有船舶接近風機時即需注意其行進路線及錨定位置以避免事故發生
4	船舶碰撞風機基座	船舶碰撞一支或更多風機	基座修復需要一支或多支風機停機	1. 除在風機附近設警告標誌外，遇有船舶接近風機時即需注意其行進路線及錨定位置以避免事故發生 2. 使用閃光及起霧時發出警笛聲
5	遠端監控失效	系統故障	無法監控風機而必需停機	確保風機公司提供之監控系統可正常操作使用，必要時設置另一套輔助系統供緊急使用
6	緊急發電機失效	系統故障	無法提供電力給風機	確保緊急發電機在台灣的海象條件是耐用並且要確實維護
7	部份風機部件之未能正常運轉時數比率超過平均值	經長性的故障代表風機較差的可靠度	較低的發電量將導致售電的減少	合約中明定風機之可用率若未達合約要求值時，應向風機廠商請求補償
8	風機的發電效率低於保證值	風機開始發電效率變差	較低的發電量將導致售電的減少	合約中明定風機之效率若未達合約要求值時，應向風機廠商請求補償
9	海底電纜壽命比預期短	發電效能變差	昂貴的汰換成本及修復時沒有發電之損失	確保海底電纜之設計與耐用年限簽約要求保固
10	光纖電纜之通訊能力不良	通訊中斷	喪失資料及控制，風機需停機造成發電損失	確認廠商使用成熟光纖技術並有合約之保固
11	海底電纜曝露於海床上	在海床上可以看見回送電纜	曝露的電纜有可能被船錨破壞	確定電纜達到設計之埋入深度，如果太淺的區域電纜要有外殼保護

表 7.7.3-4 營運風險管理評估表

項次	風險情境	影響後果	風險值(風險改善前)			風險改善對策	殘餘風險值(風險改善後)		
			發生機率/可能性	影響程度	風險值		發生機率/可能性	影響程度	風險值
1	風場及其海纜鋪設海域之漁業行為可能對海纜設備造成不良影響	捕魚作業造成海纜損壞或埋設深度減少，使輸電設備可靠度降低	3	5	15	1. 於規劃設計階段詳加調查漁業區域及捕獲方式，並將漁業行為可能造成之海纜損壞納入海纜埋設深度之設計考量 2. 保險	1	5	5
2	因風場鄰近海道，較頻繁的船行/錨定可能對海纜設備造成不良影響	於正常或緊急狀況下造成海纜損壞或埋設深度減少，使輸電設備可靠度降低	3	5	15	4. 於規劃設計階段詳加調查船舶路線及船隻規格，佈纜路徑已迴避高密度船舶路線，並將船行/錨定作業可能造成之海纜損壞納入海纜埋設深度之設計考量 5. 於電子海圖系統標示風場位置與範圍，降低船舶誤入風場之風險 6. 依照 IALA 規範設置燈號等警示設施降低船舶誤入風場之風險，並定期巡檢更新，確保警示設施可靠 7. 海纜循台電規劃之共同廊道上岸，避免四散於近岸海域 8. 保險	1	5	5
3	因風場海床多為砂質沉積物組成，可能受潮流而移動，造成沙	沙波 (sand wave or megaripple) 受潮流而移動，造成海纜埋設深度減少	3	4	12	於規劃設計階段詳加調查沙波影響範圍和程度，佈纜路徑應盡量迴避上述範圍，並將沙波可能造成影響納入海纜埋設深度設計考量	2	4	8
4	因海纜埋設鄰近港口，港口疏浚作業可能影響場設備	疏浚作業損壞海纜或造成埋設深度減少	2	4	8	於規劃設計階段詳加調查疏浚區域及方式，佈纜路徑應盡量迴避疏浚區域	2	2	4
5	因本案場址鄰近海域之海上作業，可能影響場設備	如海上拋石、休憩等行為造成海纜損壞或埋設深度減少	2	3	6	應於規劃階段盡量迴避已知各類海上作業範圍來佈纜路徑，或選擇對海纜影響最小之方式進行	2	2	4
6	因鄰近海運航道，存有船舶碰撞風險	船隻碰撞風機或變電站設備或船舶受損	2	4	8	1. 於電子海圖系統標示風場位置與範圍，降低船舶誤入風場之風險 2. 依照 IALA 規範設置燈號等警示設施降低船舶誤入風場之風險，並定期巡檢更新，確保警示設施可靠	1	4	4

表 7.7.3-5 維護風險評估

	項目	危害事故	危害發生造成之結果	防止危害事故發生之對策
1	不良的海上氣候	維修延後：人員輸送船無法固定使維修工作危險	維修延後增加船舶及人力延後之成本	規劃在好的氣候進行修維並在氣候不佳時彈性調整維修項目
2	不良的陸上氣候	維修延後：陸上組裝工作因風大無法進行如吊裝葉片	維修延後增加碼頭租金、人力及船舶之成本	規劃在好的氣候進行修維
3	營運碼頭設施不足或不適當	定期維護延後	如果延後維護可能產生風機保固問題	確保設置運維中心時，風機公司已確認設施是足夠且適當的。
4	風機之備品不足	維修受到限制	只能做部份維修或延後維修，將損失發電收入	對策略性及長交期之備品要和供應商研擬對策
5	陰極保護失效	造成鋼鐵結構提早發生腐蝕	如果腐蝕嚴重修復成本高	採用較高規格之陰極保護
6	保護漆脫落	塗佈或上漆製程保護漆脫落	腐蝕造成底漆重工時更加困難	上漆製程及重工要嚴格依照製造規範施工
7	進行限制性及不當之維修	無法完成正確及完整維修	延遲維修，及可能造成風機當機造成之發電損失	確認進行之維修是被准許的
8	維修人員造成之污染	非生物可分解性之油污溢出	環境污染及政府相關罰責	維修時使用生物可分解性油品並了解相關維修風險
9	風機內之起重設備損壞	風機內起重設備因維修過程中損壞	無法執行維修，造成維修延後，起重設備需維修，及可能無法發電之損失	確保所使用之起重設備適合在海上條件使用並妥善維護
10	維修工具損壞	無法完成正確及完整維修	只能執行部份維修，造成延誤維修，及可能無法發電之損失	落實所有維修工具之維護
11	長交期之備品超過計劃應到之時間未到	無法完成正確及完整維修	只能執行部份維修，造成延誤維修，及可能無法發電之損失	分析所需要之策略性備品並落實適當儲備
12	海象條件比預期差	無法執行正常及完整維修	只能執行部份維修，造成延誤維修，及可能無法發電之損失	儘可能掌握海象條件及維修船舶之適用性
13	備品因變質無法使用	無法執行正常及完整維修	只能執行部份維修，造成延誤維修，及可能無法發電之損失	確保所有的備品都儲存在供應商建議之環境
14	通知時間太短無法取得特殊船舶或機具	無法執行正常及完整維修	只能執行部份維修，造成延誤維修，及可能無法發電之損失	定期維修一定要妥善安排相關船舶，非定期性則要準備數家可被動員且洽商在台灣其他開發商正租用之船舶。

表 7.7.3-6 維護風險管理評估表(1/2)

介定風險				降低風險的因應對策	風險矩陣 --- 風險評分		
編號	風險	後果	風險類別	降低風險的因應對策	發生的機率 1代表極低 5 代表極高	衝擊 1代表極低 5 代表極高	風險等級
<b>維護</b>							
76	維修船隻故障	可能延遲已計畫或未計畫的維修，若是維修是超出預期計畫則錯失發電機會，安全顧慮	維護	- 聘用有經驗的船員 - 在營運及維修港口待命時進行經常性的維修 - 在岸上儲備足夠的零件 - 人員運輸船隨時待命	2	2	4
77	維運船隻失控	安全顧慮	維護	- 雇用有經驗的船員 - 制定緊急應變計畫	2	2	4
78	維修船隻碰撞風機或離岸發電場	嚴重安全顧慮，對船隻及下部基礎造成損害	維護	- 雇用有經驗的船員 - 善加規劃船隻繫船點/ 設計時應考慮海氣象的特性以及維修的需求並且及早規劃 - 制定緊急應變計畫	2	2	4
79	不易取得自升式平台船進行主要維護	增加裝備呆滯時間以及維修成本	維護	- 確保用來進行主要維修的自升式船隻在營運及維修的合約中在每一階段都有先預定	2	3	6
80	不確定的營運及維護的需求	因為不可預見的維修需求，在營運及維修的階段需要更高的成本和更多時間的投入	維護	- 維修的需求及預期應包含在每一份合約中。應包含的有： 1) 油漆的規格， 2) 監控及資料獲取系統， 3) 侵蝕防護的做法 4) 監控海生物生成 5) 在簽約前即已討論並同意的事先維修計畫 - 高額の資本支出可能會降低營運及維修成本的可負擔度	1	2	2

表 7.7.3-6 維護風險管理評估表(2/2)

界定風險				降低風險的因應對策	風險矩陣 --- 風險評分		
編號	風險	後果	風險類別	降低風險的因應對策	發生的機率 1代表極低 5 代表極高	衝擊 1代表極低 5 代表極高	風險等級
81	不當的營運及維護的計畫策略	在營運及維修階段需要更多資金及時間把注, 錯失發電機會	維護	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 高額の資本支出可能會降低營運及維修成本的可負擔度</li> <li>- 確認維修可在風機不關機的情形下進行</li> <li>- 在電力安全規則下控制和孤力點的設計是可以被接受的。這可以使得營運維修工程能在機器隔絕的情形下順利進行</li> <li>- 營運維修的計畫應確保關機時間的極小化</li> <li>- 盡量在颱風季節外的時段進行計畫中的維修</li> <li>- 採用不同組合的維修原理以確保效率</li> <li>- 完整的故障模式、影響及危害性分析以確保制定的維修計畫可行</li> <li>- 在低風氣後中維修風葉以增加工作效率</li> </ul>	1	3	3
82	維護的等級超出預期	錯失發電機會並增加營運及維修成本增加後勤成本	維護	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 測量並報告主要的績效以確保績效是符合合約要求的</li> <li>- 若績效低於設定的標準時應該尋求補強改善</li> </ul>	1	3	3
83	不良的風機、離岸變電站及陸上升壓站的備品及零組件策略	由於颱風季節的破壞高風險導致離岸維護等級高於預期	維護	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 應在估價的營運及維修計畫中，及早列一分零組件清單</li> <li>- 確認零件有效的管理，</li> <li>- 所有的組件和耗材都應該在使用期限之內</li> <li>- 零件應儲存於安全控管的環境</li> <li>- 針對大型的離岸風場應該考慮備份引擎艙機</li> </ul>	1	2	2
84	缺乏效率的離岸營運及維護運輸策略	營運及維修的成本因為運輸的困難度而增加	維護	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 應及早在設計階段及制定營運維修轉移的詳細完整的研究</li> <li>- 在風機營運階段若有需要，要有評估轉移及最佳化的策略</li> </ul>	1	3	3
85	工作人員交通船隻的供給有限 (如果營運及維護的策略是十分倚賴人員運輸船)	無法運輸維修人員/ 裝置長期呆置 / 損失發電	維護	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 有效率的人員運輸規劃</li> <li>- 確保所有離岸操作的儀器裝置都可取得並且儲存在員工轉置區</li> <li>- 對人員運輸有其他方案</li> <li>- 考慮擁有船隻的公司並且考慮當地有適合的直升機或船隻租賃公司</li> <li>- 考慮在離岸變電站架設定期維修用的宿舍</li> </ul>	1	3	3

# 第八章

## 環境保護對策及替代方案



## 第八章 環境保護對策及替代方案

### 8.1 環境保護對策

本章將針對本計畫可能造成環境影響之開發行為，研擬環境影響減低(或避免)對策。分別依施工階段及營運期間在海上及陸上開發行為對環境之影響程度、範圍及特性而擬定。本開發單位將於本開發計畫施工前 30 日內以書面告知目的事業主管機關及環保主管機關本計畫預定之施工日期。

#### 8.1.1 施工前

##### 一、地形地質

施工前進行更詳盡地質調查與鑽探，供做為風機基礎及其施工設計之依據，並將因應場址地質特性進行施工規劃。

##### 二、海域生態(含魚類)

###### (一) 監測計畫

1. 施工前執行一次風場範圍漁業資源背景調查資料(含漁船數目、漁業活動形式、魚種、漁獲量等)，並提出指標物種，作為營運後影響比較依據及漁業活動管制參考。
2. 施工前將於預計風機位置一處執行 1 次水下攝影，以最先施作的風機進行調查。

(二) 海底電纜鋪設工程將依「在中華民國大陸礁層鋪設維護變更海底電纜或管道之路線劃定許可辦法」相關規定辦理。

(三) 將配合中油天然氣事業部召開技術相關會議，討論有關電纜跨越海底天然氣輸送管線之問題及間隔保護工及施工方法。

(四) 海纜路徑將避開「線西保護礁禁漁區」、「崙尾保護礁禁漁區」、「鹿港保護礁禁漁區」。海纜若有通過涉及「鹿港保護礁禁漁區」，將於開發前依規定提供公告機關風機配置及海纜路線座標點位資料，並洽詢意見。

##### 三、鳥類

(一) 本計畫將於 106 年秋季至 107 年春季鳥類調查作業完成後提出環境影響調查報告送審，同時將配合其他風場案例之調查成果進行整體評估，以研擬最適鳥類保護對策。並依環境影響評估法第 18 條規定完成審查後，提出鳥類通行廊道之規劃。

(二) 規劃階段將進行一次鳥類繫放衛星定位追蹤監測以了解主要的鳥類遷徙路徑，預計在春季臺灣沿海水鳥北返之季，進行彰化海岸的鳥類繫放衛星追蹤，以衛星追蹤器進行候鳥的遷移路線確認。

(三) 規劃階段將進行一次澎湖群島燕鷗之繫放衛星定位追蹤監測，以分析

其棲地利用。預計選擇夏季以衛星追蹤器進行鳳頭燕鷗的繫放和追蹤。

#### 四、鯨豚

本計畫將於施工前一年於風場範圍選擇 2 站進行水下噪音調查(含鯨豚聲學監測)，調查時間將執行一年四季，每季一次且每季連續 14 天，以充分掌握水下噪音長期背景值。

#### 五、文化資產

- (一) 每一個風機位置進行鑽孔取樣，並將取得之岩心或岩心照片委由合格考古人員進行判讀，以瞭解其下是否有文化資產存在。
- (二) 調查結果發現疑似水下文化資產對象，將由水下專業考古人員確認。
- (三) 風場範圍內若發現有疑似水下文化資產目標物且無法確認時，將配合調整風機設置位置至無水下文化資產目標物處。

### 8.1.2 施工期間

#### 8.1.2.1 海上環境

##### 一、海域生態

- (一) 本計畫場址選擇已採用「預防原則」，以避開所有生態敏感之棲地的方式，而非以少數保育物種的方式規劃。已避開已劃設、即將劃設或未來可能會劃設的海洋保護區，如中華白海豚重要野生棲息地，以避免可能帶來的生態衝擊。
- (二) 本計畫海底防淘刷保護將不會採用對海域生態影響較大之拋石措施，且未來本計畫若經設計考量需設置防淘刷保護時，將選用能增強藻類及生物附著能力之人造墊塊為原則，以彌補因海底硬鋪面增加所消失棲息地環境。
- (三) 在考量技術可行性及合理性的情況下，海纜規劃擬以最短距離連接至上岸點，減少施工對環境影響。
- (四) 海纜採分段施工，每段施工完即恢復既有狀態，以減輕施工影響。
- (五) 本計畫風場以漸進式方式進行打樁作業，將於一座風機打樁完成後再移至下一座風機進行打樁，不會有同時 2 部以上風機進行打樁作業，且海龍二號風場與海龍三號風場將不會同時進行打樁作業，以減少海域大規模施工。
- (六) 打樁期間選擇與施工前調查同一風機位置於打樁後執行 1 次水下攝影。

##### 二、鳥類

###### (一) 潮間帶

海纜上岸的施工將降低對於潮間帶泥灘地的干擾。

1. 經本計畫環境調查期間分析結果，本計畫上岸點已避開保育類物種棲息地，以保護保育類物種。
2. 施工期間潮間帶施作將禁止排放污水、傾倒廢土，以避免干擾潮間帶泥質灘地的原有生態功能，且將針對廢棄物進行集中管理。
3. 針對鳥類主要覓食棲息之潮間帶區域，其越堤段電纜鋪設將採用地下工法(水平鑽掘或推管)，以減少對於生態棲地之影響，其餘非地下工法部分之電纜鋪設，則將避開候鳥過境期 11 月至隔年 3 月。
4. 配合經濟部公告之「彰化離岸風電海纜上岸共同廊道範圍」規劃海纜上岸路徑，減少彰化地區整體潮間帶之影響範圍。

## (二) 海上

### 1. 降低風機撞擊效應

- (1) 風機架設完成後，將於風場最外圍之風力機組設置航空警示燈，實際設置數量需依屆時所規劃之風力機組配置而定。警示燈光以符合民航局「航空障礙物標誌與障礙燈設置標準」設置，並取得民航局同意函，燈具選擇可切換紅白光且閃爍頻率為 20~40fpm 的 LED 燈，以減少吸引鳥類靠近的可能性。
- (2) 本計畫將持續蒐集並參考國外有關不同風機色彩是否可降低鳥類撞擊風險之研究，及利用自動聲光系統促使鳥類與風機保持距離之產品，並與時俱進，參考國際上已知對生態最有效及最友善之設計及施工方法。
- (3) 將優先選用較大風機，以降低鳥類影響。
  - A. 風機大型化規劃，單機裝置容量採 6~9.5MW。
  - B. 風機間距部分，平行盛行風間距至少為葉片直徑 7 倍(1,057~1,148 公尺)，非平行盛行風間距至少為葉片直徑 5 倍(755~820 公尺)。
  - C. 與相鄰風場間距至少為葉片直徑 6 倍(906~984 公尺)。
  - D. 風機葉片距離海面高度至少 25 米。

## 三、鯨豚

經由本環境評估調查及比對白海豚公告保育範圍，本計畫區域為鯨豚類活動頻率甚低之區域，然本計畫仍基於環境保護原則擬定保護對策，相關內容如下：

- (一) 依海底地質及工法許可的條件，本計畫選用打樁噪音較小的套筒式基樁型式(Jacket Type)。
- (二) 本計畫風場以漸進式方式進行打樁作業，將於一座風機打樁完成後再移

至下一座風機進行打樁，不會有同時 2 部以上風機進行打樁作業，且海龍二號風場與海龍三號風場將不會同時進行打樁作業，以減少海域大規模施工。

### (三) 打樁前預防措施

1. 參照本計畫打樁期間監測作業所採行之「聲音監測法」及「人員監看法」確認警戒區內連續 30 分鐘無鯨豚活動後，方可開始打樁。
2. 採漸進式打樁，由低打樁力道開始，慢慢增加到全力道，此過程至少需要 30 分鐘。
3. 本計畫承諾不使用聲音驅趕裝置。
4. 「日落前 1 小時後至日出前不得啟動新設風機打樁作業」且所有打樁作業（包含施工現場的吊樁及翻樁作業）必須在施工船上全程錄影，錄影畫面應顯示拍攝的日期與時間，錄影資料應保存備查至少 5 年。

### (四) 打樁期間對策

整個打樁期間將以聲音監測法、人員監看法(或熱影像儀)進行監測。

以打樁地點為中心，採半徑 750 公尺範圍內作為警戒區，半徑 750 至 1,500 公尺範圍作為預警區。

打樁期間，一旦於警戒區範圍內發現有鯨豚活動，施工單位即應在無工程安全疑慮情況下停止打樁，等待鯨豚離開警戒區 30 分鐘後，再採取漸進式打樁慢慢回復到正常打樁力道繼續工程。若發現鯨豚進入預警區則觀察記錄其移動方向，確認海豚是否有往警戒區移動。

所謂“無工程安全疑慮情況下停止打樁”係指當有鯨豚進入 750m 警戒區內，且同時滿足下列兩種條件之情況將停止打樁：

- ◆ 基樁已有足夠深度，無須施工船隻輔助，足以支撐自體至下次啟動打樁作業，而不會造成工程安全危害。
- ◆ 施工區域海氣象環境良好，不致因停止打樁而導致施工人員及船隊可能暴露於惡劣天候條件下。

#### 1. 聲音監測法

打樁期間將於距打樁位置 750 公尺處四個方位(圖 8.1.2.1-1)，全程執行設置水下聲學監測設施，持續偵測是否有鯨豚在附近活動。

#### 2. 人員監看法

於施工船上配置至少 3 位以上之鯨豚觀測員(至少 1 位為民間生態團體成員)於基礎打樁過程全程執行目視觀察，觀察範圍必須涵

蓋 4 個方位之警戒區(750 公尺內)和預警區(750 公尺~1,500 公尺內)。

### 3. 熱影像儀調查法

如有夜間打樁活動，將於施工船上裝載熱影像儀持續監測，以確認沒有鯨豚進入警戒區。

本計畫以白天進行打樁作業為原則，日落前 1 小時後至日出前不得啟動新設風機打樁作業，惟考量工程必要性和安全性，若打樁作業係於日落前 1 小時以前即已開始，則應可在工程必要性和安全性考量下，允許單部機組夜間持續打樁完成。

### (五) 打樁噪音監測

離岸風力發電機組施工期水下噪音評估方法及閾值，除配合經濟部能源局所提任務小組檢討研提本土規範辦理外，至少應採用德國 StUK4(2013)的環評標準[1]，測量方式參照附件技術指引[2]，模擬方法參考附件技術指引[3]，量測方法及閾值如下：

1. 在距離打樁位置外 750 公尺處選擇合理方位全程執行設置 4 座水下聲學監測設施並分布於 4 個方位，持續監測打樁水下噪音值。
2. 於 750 公尺監測處，水下噪音聲曝值(SEL)不得超過 160dB re  $1\mu\text{Pa}^2\text{s}$ ，作為影響評估閾值。

若未來主管機關及目的事業主管機關擬定水下噪音最大容忍值，本計畫將承諾依照最新法規執行。

3. 在計算水下噪音聲曝值(SEL)時，採用單次打樁事件為基準，每次以 30 秒為資料分析長度，計算出打樁次數 N 及平均聲曝值(equivalent SEL 或 average level，簡稱  $L_{eq30s}$ )，再換算成「單次(30 秒內平均每次)打樁事件的 SEL」，作為判斷是否超過閾值的數據。

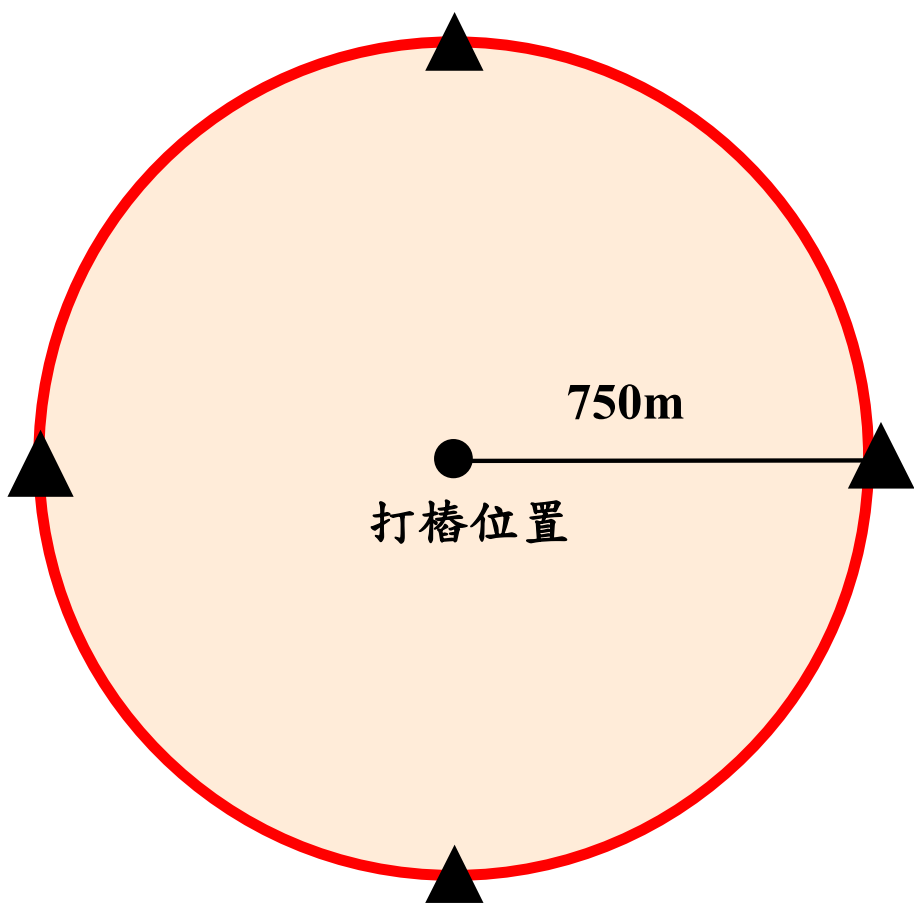
### (六) 減噪措施

打樁期間將全程採行申請開發時已商業化之最佳噪音防制工法(如氣泡幕(Bubble Curtain)，如圖 8.1.2.1-2)，惟實際仍將以打樁當時已商業化之最佳噪音防制工法為優先。

### (七) 船速管制

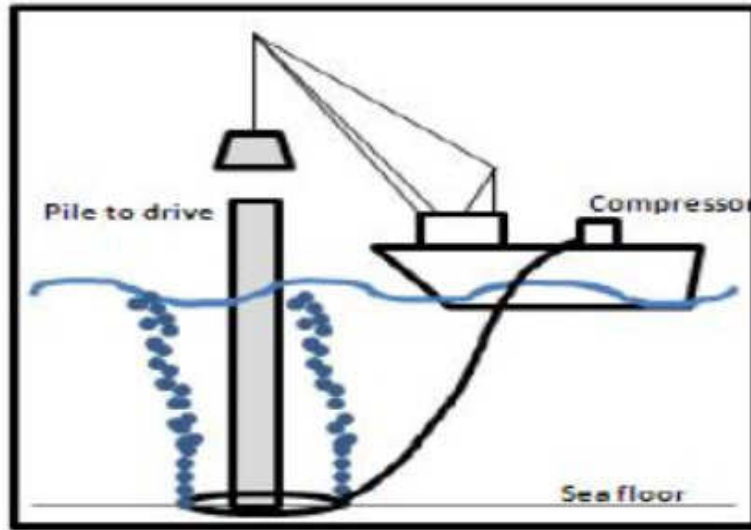
中華白海豚野生動物重要棲息環境(含預告)及邊界以外 1,500 公尺半徑內施工船隻船速將管制在 6 節以下，且盡可能避免在中華白海豚活動高峰時間進入已知之中華白海豚活動密集位置，航道劃設也將避開敏感區位。

- (八) 施工階段鯨豚生態調查頻率採每年 20 趟次(非僅限於 4-9 月執行，調整前應依法申請變更)。



▲ 水下聲學監測點位

圖8.1.2.1-1 本計畫水下聲學監測配置示意圖



註：本圖僅為示意圖，實際將以打樁當時已商業化之最佳噪音防制工法為優先。

圖8.1.2.1-2 水下氣泡幕示意圖

#### 四、 海域水質

- (一) 為掌握工期以減輕因風機基礎施工、海底電纜鋪設等作業引起海底底質揚起對海域水體干擾，將研擬適當的施工計畫、確實控管施工進度。
- (二) 確實執行施工期間海域水質環境監測工作，隨時掌握海事工程對周遭海域環境水質之影響。
- (三) 本計畫上岸點將避開蚵架區。且越堤段電纜鋪設將採用地下工法(水平鑽掘或推管)，海底電纜鋪設施工期間，於潮間帶施工時為降低減少懸浮影響，並降低海域生物或魚群進入工區範圍之可能性，潮間帶施工範圍邊界將設置污染防止膜或防濁布，將揚起之懸浮物質圍束於施工範圍以避免擴散(圖 8.1.2.1-3)。

#### 五、 空氣品質

- (一) 工作船舶使用當時工作港口可取得之最低含硫量油品。
- (二) 工作船隻廢氣排放管加裝濾煙器或活性碳過濾或其他施工時已商業化之最佳可行控制技術。

#### 六、 船舶

##### (一) 港區

1. 船隻將定期進行機械設備維護。
2. 廢(污)水及廢機油，將依據相關水污染防治法規定辦理。
3. 機具及船隻維修廢水為含油脂性較高之廢水，將收集後集中處置或採用最佳管理方式(BMP)予以處理。

##### (二) 航道

1. 由於施工期間之大型作業船機數量較多，且頻繁航行往來於工址至工作碼頭間海域，考量船機航行安全與作業順利，將規劃施工船舶航路供作業航行船機運航，避免妨礙鄰近漁船或進出台中港船舶安全。
2. 規劃於工址至工作碼頭間規劃一條施工船舶航路。施工單位於施工前須提送港務公司核備，並公開發佈於各港口與相關漁、商船公會等單位。
3. 通知航行該海域之各種船隻注意，避免海事事務發生。
4. 大型工作船進行運送時，兩側規劃備有船隻進行警戒。而相關施工船機未來需配合承包廠商之相關船機特性進行施工管理與規劃。





資料來源<http://img.diytrade.com/cdimg/131639/33215175/0/1375944779.jpg>

### 防濁幕於海域實際應用情形



資料來源<http://www.xinluo.com.cn/sdp/131639/3/pd-1003204/4066310.html>

### 防濁幕產品實景圖

圖8.1.2.1-3 海域施工防濁幕(或稱防濁布、防污屏等)示意圖

### (三) 作業場址

1. 本計畫開發期間所使用之工作船舶皆由專業團隊調度執行，並且進行妥善之船舶安全檢查，其作業範圍即為各風場場址，皆將依據核備之施工航道來行駛。
2. 本計畫未來施工時若發生漏油事件，開發單位與施工船隊將會協同合作以防止污染擴大情事。且於施工期間為避免非工作船隻進入施工區發生擦撞等意外事件，造成漏油等污染，將設置施工範圍警示設施，以避免碰撞意外發生。
3. 船舶之廢（污）水、油、廢棄物或其他污染物質，除依規定得排洩於海洋者外，將留存船上或排洩於岸上收受設施。
4. 使用之工作船壓艙水設置壓艙水處理設備，妥善處理後排放。
5. 若船隻有意外事件致污染海域或有污染之虞時，將採取措施以防止、排除或減輕污染，例如設置攔油索縮小污染範圍，以及油設備收集海上浮油，並即通知當地航政主管機關、港口管理機關及地方主管機關。
6. 選用狀況良好之施工機具及船隻，作好定期、不定期保養維護工作，並留存保養記錄，以減少排放廢氣之污染物濃度。
7. 嚴格要求承攬商施工機具及船隻採用符合管制標準之油品。
8. 依「海洋污染防治法」相關規定，設置防止污染設備，並不得污染海洋；如發生海難或因其他意外事件，致污染海域或有污染之虞時，船長及船舶所有人應即採取措施以防止、排除或減輕污染，並即通知當地航政主管機關、港口管理機關及地方主管機關。
9. 如發生意外事故，將依「重大海洋油污染緊急應變計畫」及「水污染事件緊急應變聯防體系作業要點」通報相關主管機關(航管局、彰化縣政府、彰化縣環保局)，並且配合應變措施作業提供相關圖資及派遣熟悉發生污染設施之相關人員協助處理。

### 七、廢棄物

施工期間所產生之相關廢棄物，將依照「廢棄物清理法」相關規定，由船舶運回陸域進行妥善處理。

### 八、文化資產

將依文化資產保存法第 33 條、57 條、77 條、88 條、水下文化資產保存法第 13 條相關辦法辦理。發現疑似水下文化資產時，應即停止該影響疑似水下文化資產之活動，維持現場完整性，並立即通報主管機關處理。但為避免緊急危難或重大公共利益之必要，得不停止該活動，並應於發現後立即通報主管機關處理。

## 8.1.2.2 陸上環境

### 一、空氣品質

- (一) 未來施工期間依據環保署 106.6.9 發布之「空氣品質嚴重惡化緊急防制辦法」之惡化警告，並依地方主管機關正式發布空氣品質惡化警告時，據以執行空污防制措施，於三級嚴重惡化警告發布後，加強工區灑水；於二級嚴重惡化警告發布後，則立即要求施工單位停止作業，以避免本計畫施工加重附近環境品質惡化影響。
- (二) 施工期間使用符合最新一期車輛排放標準的施工車輛。
- (三) 陸域開挖機具(挖土機)比照柴油車三期以上排放標準，或加裝濾煙器，落實定期保養，可提升排放 PM<sub>2.5</sub> 的改善率。
- (四) 施工車輛使用硫含量為 10ppm 以下之柴油(含生質柴油)。
- (五) 施工期間將遵照環保署發布「營建工程空氣污染防制設施管理辦法」據以執行粉塵逸散之空氣污染防制作業。
- (六) 施工期間將清掃各施工路段前後共計 100 公尺之道路(下雨天除外)，以減輕施工及運輸車輛之車行揚塵。
- (七) 以防塵布或其他不透氣覆蓋物之車輛運送土方，載運物品材料之車輛必須予以覆蓋。
- (八) 契約中明文規定施工及運輸車輛引擎應使用汽柴油符合車用汽柴油成分管制標準，以維護附近空氣品質。
- (九) 選用狀況良好之施工機具及運輸車輛，作好定期、不定期保養維護工作，並留存保養記錄，以減少排放廢氣之污染物濃度。
- (十) 陸域之輸配電工程各施工場所應加以適度灑水，並清除堆積塵土，以減少揚塵。陸域自設降壓站土建施工階段裸露地表部分應於乾燥天候適度灑水，並針對工區周圍道路進行維護及清掃之工作，藉以抑制揚塵。
- (十一) 運輸車行路線避免穿越人口稠密區域，如無法避免，則加強行駛規範之訂定及執行，於穿越人口稠密地區時，降低車速以避免掀揚塵土。
- (十二) 車輛進出工地必須予以清洗再駛出工地。
- (十三) 應要求施工廠商使用符合排放標準之車輛，以降低環境衝擊。
- (十四) 依據營建工程空氣污染防制設施管理辦法第 5 條規定，於營建工程

進行期間，設置工地標示牌，載明營建工程空氣污染防制費徵收管制編號、工地負責人姓名、電話及當地環保機關公害檢舉電話號碼。

## 二、地面水水質

- (一) 陸上降壓站基礎施工所產生之廢水將設置臨時沉澱及沉砂設備回收污水，或符合營建放流水標準後放流，實際尺寸及位置將依據現場實際之需求來進行設置。
- (二) 施工材料定點儲存並加覆蓋，機械維修區加蓋隔離，以減少與雨水接觸的機會，避免地表逕流污染。
- (三) 施工人員生活廢水採取租用流動廁所或設置套裝式處理設備方式處理，定期委託合格代清除處理業處理。
- (四) 施工前檢具「逕流廢水污染削減計畫」經主管機關審查通過後始得動工。

## 三、噪音與振動

施工階段之主要噪音源來自施工機械噪音及運輸工具所產生之噪音，故將在施工合約中嚴格要求施工單位做好管理措施，其項目至少包括下列數項：

- (一) 本計畫施工期間將確實遵守營建工程噪音管制標準。
- (二) 妥善規劃陸域施工時間，以避免夜間或清晨施工作業產生高噪音，並加強施工管理，並減少對環境之衝擊。
- (三) 於工程發包時需將噪音管制標準納入施工規範內，並於施工時期勤於保養維護。
- (四) 施工階段施工機具使用時，依監測計畫於工程周界量測營建工程噪音，並責成工程承商定期檢查及保養施工機具消音設備。
- (五) 陸纜輸電線管排開挖時，從挖土機載土石至卡車時，將使卡車停放位置靠近挖土機，以避免高噪音之挖土機來回移動，增加不必要的噪音。
- (六) 施工車輛定期保養、潤滑及正確操作，減低車速以降低音量。
- (七) 陸域工區施工機具將採用低噪音施工機具，經常維修以維持良好使用狀態與正常操作。

## 四、交通運輸

- (一) 妥善安排各項施工車輛運輸時間，將避開尖峰時段，避免干擾工區附近之交通狀況。
- (二) 加強施工期間交通維持計畫之宣導。
- (三) 協調當地交通及道路主管機關設置交通號誌、標誌、標線，或進行號

誌時制調整，並加強交通疏導與違規取締。

(四) 於工區前設置適當標誌，預警車道縮減、禁止變換車道或減速。

(五) 於重要路口及民眾出入頻繁路段，設置明顯之交通號誌、警示及安全標誌等，並派專人負責交通指揮及疏導，保持交通動線流暢。

## 五、廢棄物

(一) 本計畫剩餘的土石方將依照彰濱工業區相關規定處理，以不外運為原則。

(二) 土方挖填及工程廢料運送過程中將避免超載並加以遮蓋，以免影響沿途環境。

(三) 施工人員產生之廢棄物將於工區收集並予以分類，以利資源回收。

(四) 工業區內廢棄物轉運站係屬彰化縣線西鄉公所與伸港鄉公所轄下，僅作為執行機關基於環境衛生需要執行清除一般廢棄物臨時轉運之用，施工或營運期間相關工程車輛或施工人員自用車輛，切勿靠近或臨停於線工北四路及線工路轉角處影響彰化縣線西鄉公所清潔隊收運，並且禁止將施工人員產生之一般廢棄物或營建廢棄物棄置於該轉運站內或轉運站周邊，並於委託契約訂定罰則，據以嚴格控管所屬承包商及工作人員。

## 六、植物生態

(一) 連接站施工前要事先規劃使用面積範圍，避免進行全面性植被移除工程，且針對部分木本植物和草生地環境進行保留以提供生物棲息環境。

(二) 規劃連接站之陸上施工機具作業區範圍避免工程影響到範圍外的植物生態。

(三) 施工期間將加強空氣污染之防治工作，隨時加強裸土灑水以防止塵土飄散，對儲料、堆土區、砂石車將加以覆蓋，減少揚塵對植物生長影響。

(四) 施工期間將定時針對施工道路旁植被進行灑水工作，以降低沙塵飛揚並遮蔽植株。

(五) 連接站及自設降壓站等工程將以圍籬區隔，減少施工產生的煙塵與污染。

(六) 施工車輛進出工區出入口將增設洗車設施，沖洗車輛車輪與底盤。

## 七、動物生態

(一) 施工期間將加強施工器具管理並採用低噪音器具，避免因施工噪音增加該區之干擾。

(二) 將責成承攬商加強施工人員的教育，禁止施工人員捕捉、騷擾或虐待野生動物。

(三) 施工過程中將採用漸進施工方式，以降低對於當地野生動物所帶來的衝擊，並提供足夠的時間與空間供棲息於該區的生物進行遷移。

#### 八、文化資產

(一) 施工期間將依文化資產保存法第 33 條、57 條、77 條、88 條等相關規定辦理，營建工程或其他開發行為進行中，發見具古蹟、歷史建築、紀念建築及聚落建築群價值之建造物時，應即停止工程或開發行為之進行，並報主管機關處理。發見疑似考古遺址時，應即停止工程或開發行為之進行，並通知所在地直轄市、縣（市）主管機關。發見具古物價值者，應即停止工程或開發行為之進行，並報所在地直轄市、縣（市）主管機關依第六十七條審查程序辦理。發見具自然地景、自然紀念物價值者，應即停止工程或開發行為之進行，並報主管機關處理。

(二) 本計畫於降壓站及纜線施工開挖期間，委請合格考古人員進行每日施工監看。

#### 九、景觀美質

施工機具與材料以及廢棄材料的臨時堆置必須考量施工期間整體景觀，配合施工放置整齊。

#### 十、遊憩

(一) 重機設備進出工地，避開遊憩活動尖峰期或假日，非不得已執行施工交通管制時，事先規劃引導標示替代道路。

(二) 施工場所與交通幹道出入口，增設臨時轉彎迴車空間及指示牌號誌，每逢遊憩活動產生之交通尖峰時刻，由施工單位派員協助疏導交通車流。

(三) 影響道路之路面將注意揚塵予以灑水，降低對鄰近遊憩據點品質的影響，減輕過往遊客的不愉快體驗。

(四) 鄰近主要遊憩動線道路或其他道路之路面，若因施工車輛與機具搬運所造成之毀損，將隨時補強修復，以免影響遊客自用車輛或遊覽車之行駛。

## 8.1.3 營運期間

### 8.1.3.1 海上環境

#### 一、漁業資源

- (一) 離岸風機本身的結構物及基座表面會有附著生物生長，可提供食物、棲息、庇護、孵育及路標的功能，使原本沙泥軟底質的棲地改變為岩礁硬底質之棲地，物種數可能增加。結構物提供庇護功能及定向功能，可提高魚類的存活率。
- (二) 離岸風場多少會發揮「海洋保護區」的效果，使魚類可以有一個可以棲息及繁衍的場所或庇護所，提高存活率及成長率，當魚源多時會有溢出效應(spillover) 而補充到附近的漁場，供漁民永續利用。
- (三) 營運後前二年將選擇與施工前調查同一風機位置，每季執行 1 次水下攝影以觀測風機底部魚類活動情形。

#### 二、鳥類生態

##### (一) 降低風機撞擊效應

依歐洲經驗，風機上若設置太多警示燈光有吸引鳥類靠近之虞，風機架設完成後，將於風場最外圍之風力機組設置航空警示燈，實際設置數量需依屆時所規劃之風力機組配置而定。

警示燈光以符合民航局「航空障礙物標誌與障礙燈設置標準」設置，並取得民航局同意函，燈具選擇可切換紅白光且閃爍頻率為 20~40fpm 的 LED 燈，以減少吸引鳥類靠近的可能性。

依據民航局頒布之『航空障礙物標誌與障礙燈設置標準』第十七條規定，風力發電機支撐結構物應使用 A 型中亮度障礙燈，其設置應符合水平方向設置間距應不超過九百公尺且位於最角落或最外圍之發電機支撐結構物應予設置，故未來本計畫將於風場最外圍之風力機組設置航空警示燈，設置數量需依屆時所規劃之風力機組配置而定。

##### (二) 觀測風場中鳥類活動

1. 將擇一海上變電站，設計適當空間做為研調平台，開放給相關單位，方便日後各項研調計畫或監測作業使用，例如架設雷達、紅外線攝影機等進行鳥類觀測調查或海上鯨豚調查研究。此項作為確實可方便相關單位進行研究調查工作，對於臺灣海域生態或海上鳥類生態環境的了解確有幫助性，可視為本計畫之環境友善作為，也可提升臺灣海域

或海上鳥類生態環境了解。

2. 本計畫將於風場適當地點安裝至少 1 個高效能雷達，並將回傳資料處理。監測資料會公開於本開發單位網站。
3. 風場將擇三處適當位置設置高效能錄影機，記錄風場內鳥類的活動。
4. 海龍案(本案)、大彰化案及海鼎案將聯合設置鳥類監測系統，將於每個風場中設置一處監測系統，包含熱影像、音波麥克風及高效能雷達等儀器或屆時更高效能監視系統，以觀測鳥類活動情形。三開發集團亦將共享監測結果，以分析不同方向之鳥類活動情形，初步規劃可能設置位置示意圖詳圖 8.1.3.1-1，實際設置位置將依據風場設置的順序以及風機配置選擇適切位置。
5. 若風場位於主要的鳥類遷徙路徑，則於取得電業執照之次年度執行一次鳥類繫放衛星定位追蹤作業或雷達調查分析。之後每 5 年進行一次相同作業。

### 三、鯨豚

- (一) 將擇一海上變電站，設計適當空間做為研調平台，開放給相關單位，方便日後各項研調計畫或監測作業使用，例如架設雷達、紅外線攝影機等進行鳥類監視或海上鯨豚之調查研究。
- (二) 營運階段鯨豚生態調查頻率採每年 20 趟次(非僅限於 4-9 月執行，調整前應依法申請變更)。

### 四、船隻碰撞風險減輕對策

本計畫擬定相關減輕對策以期使風險降低，將採取之方案如下說明：

- (一) 對於避免無動力漂流船隻之碰撞事故，營運管理單位將與海巡、港務及防災單位等建立相互快速通報機制，俾利在事故發生時，能夠及時通報，獲得充裕之應變與減災時間，減少碰撞事故的發生，並降低災害損失。
- (二) 對於避免動力航行之船隻碰撞方面，相關措施包括設置相關警示設施。由於風力發電廠維護船隻碰撞風險亦相當高，故亦將加強維護船隻之操船訓練，減少維修船隻泊靠之碰撞，或採用輕量化之補給與維修船舶。
- (三) 在減災方面，災害應變措施將達到即時通報、迅速防災、有效減災之目的。採用護舷材料，可減少碰撞能量以降低災害。
- (四) 離岸風力電廠設置時，將成立專責單位，負責施工、營運及維護等各階段之海上安全，並協同該區域之海巡、港務、漁業、防災及相關機構，研擬海上安全與災害應變措施。



## 五、廢棄物

- (一) 營運期間所產生之相關廢棄物，將依照「廢棄物清理法」相關規定，由船舶運回陸域進行妥善處理。

## 六、噪音振動

本計畫運轉期間確實遵守風力發電機組噪音管制標準。

### 8.1.3.2 陸上環境

#### 一、空氣品質

- (一) 鼓勵員工搭乘大眾運輸或汰換掉二行程機車，未來員工禁止騎乘二行程機車進入運維中心。
- (二) 運維中心名下擁有之公務車輛於營運年採購時優先購買使用市售已商業化電動車或油電混合車。並於運維中心停車場預留電動機、汽車充電座。

#### 二、景觀美質

本計畫風機離岸最近距離達 40 公里，已採「預防原則」消彌對沿岸居民及遊客視覺品質的影響。

#### 三、廢棄物

營運期間本計畫比照辦理企業團體認養海岸線清潔維護工作，並於風場營運前與彰化縣線西鄉公所確認實際認養方式及內容。

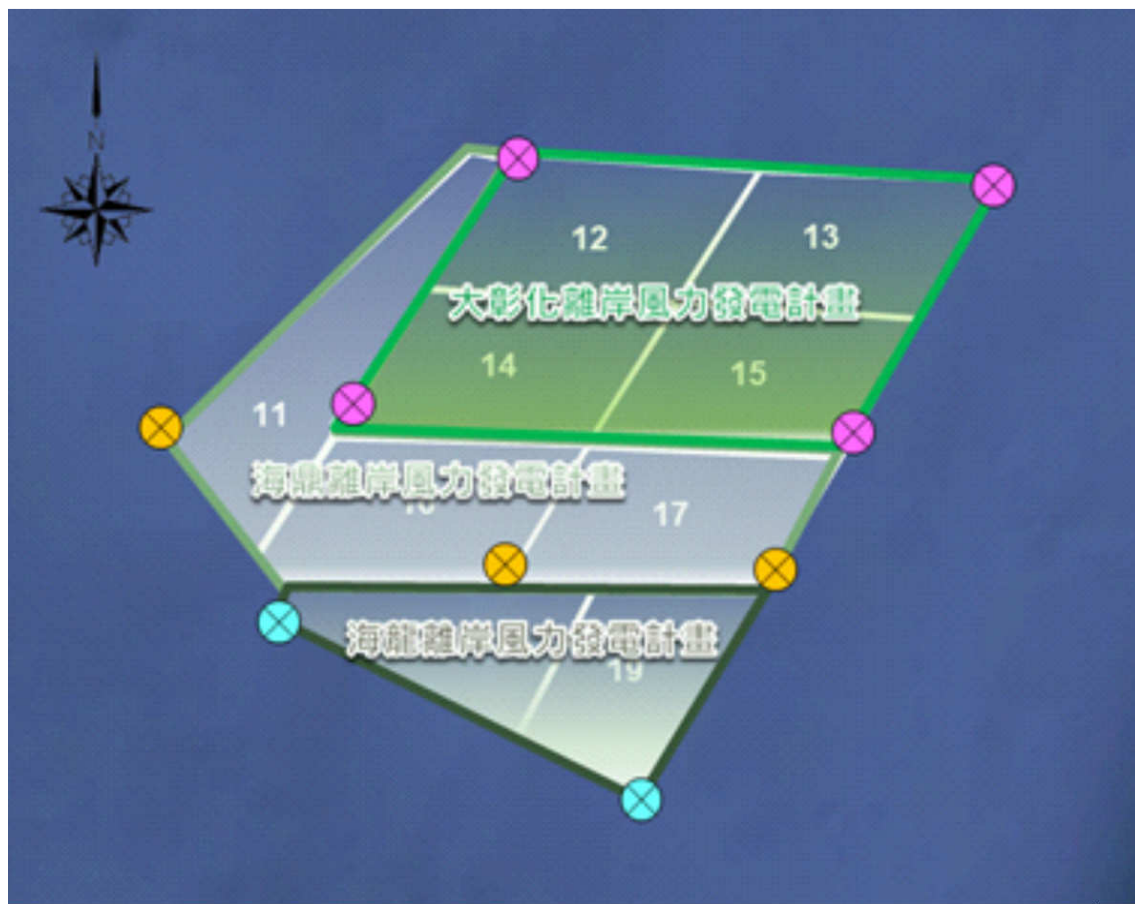


圖8.1.3.1-1 鄰近風場連續監視設備配置示意圖

## 8.2 環境管理計畫

為了落實環境影響評估工作，確保風力發電機組之施工與營運不致對環境造成不利影響，在施工及營運期間將確實執行下述各項環境管理計畫：

### 一、施工及營運期間環境影響減輕對策

針對造成環境影響之開發行為，本計畫業已依施工期間及營運期間開發行為對環境的影響程度、範圍及特性，研擬環境影響減低(或避免)對策。

本計畫將要求承包廠商進行自主管理，依據環境保護對策落實執行，本開發單位亦將針對承包廠商不定期查核，並對承包廠商明訂罰則，以確保本計畫確實依據環境影響說明書內容執行。

### 二、環境監測計畫

環境監測主要目的是針對場址周邊環境品質進行定期監測，來瞭解施工及營運期間是否對環境造成不利影響，以便及時採取適當措施，防止污染的發生，確實發揮環境影響評估的功能。本計畫已針對空氣、營建噪音、噪音振動、水下噪音、海域水質及生態(含鳥類生態、陸域生態、海域生態)等項目，擬定嚴密之環境監測計畫。

本計畫環境監測計畫物化環境各監測項目將委託合格之檢測機關來執行，其他各項生態、水下噪音等專業項目將委託生態顧問開發單位或專家學者進行調查。

### 三、施工及營運安全管理計畫

為防止災害的發生，安全管理計畫為一種因應各種突發事故之先期計畫，其目的在於使事故不致變成災害，使小災害不致變成大災害。離岸風場施工前將依據基地組裝條件、海上運輸條件及設備能力等，規劃合理之適宜工作方案。海上施工前，將對氣象及海況進行調查，即時掌握短期預報資料，選擇合適的運輸時間，規避大風大浪、暴雨情況下的運輸；船舶航行作業的氣象、海況控制條件，將根據船舶配置情況及性能、設備技術要求等綜合考慮後確定。施工安全管理計畫詳8.2.3節；營運安全管理計畫詳8.2.4節。

## 8.2.1 環境管理組織

### 一、施工階段環境管理

#### (一) 環保組織

本計畫工程施工所涉及之單位包括本計畫開發單位及工程承包

商，工地所有業務之進行需透過兩者間之協調運作，因此有關工地環境保護工作將由本計畫開發單位及承包商共同執行。

## (二) 管理要點

1. 審核承包商之施工計畫及環境管理計畫後，經核准方可動工。
2. 工區環境品質維護
  - (1) 空氣品質維護
  - (2) 噪音振動防治
  - (3) 工地放流水污染控制
3. 道路交通維持
4. 工地景觀維護
5. 睦鄰措施
6. 施工階段環境監測
7. 環境保護及管理成效評估
8. 突發事故及救災小組設立

## (三) 執行作業要點

1. 本計畫開發單位
  - (1) 表列環境影響說明書中之施工階段環境保護對策，定期就承包商之執行情形進行稽核，並做成記錄。
  - (2) 辦理施工中環境監測，彙整環境監測報告呈報環保署追蹤考核。
  - (3) 執行環境監測工作，依監測成果適時調整施工方式。
2. 承包商
  - (1) 執行工地環保措施，包括水污染防治、空氣污染防治、營建噪音管制、廢棄物處理、景觀維護等。
  - (2) 依開發單位之指示，機動調整作業方式並加強各項環保措施，俾能符合法規標準。
3. 管理制度
  - (1) 不定期由工區工作小組與承包商討論環保業務事宜。
  - (2) 不定期召開工地安全衛生環保檢討會。
  - (3) 不定期舉辦人員之安衛環保訓練。
  - (4) 派員參加各單位辦理之各項環保講習課程，以明瞭相關法令及措施。

## 二、營運階段環境管理

### (一) 環保組織

營運後環境管理工作將由本計畫開發單位負責執行各項環境保護事項，並於後續委託契約訂定罰則，據以嚴格控管所屬承包商及工作人員。

### (二) 管理要點

1. 辦理環境影響說明書承諾應辦環保事項
2. 處理民眾申訴案件及有關環保事項之民意溝通
3. 環保法規及技術資料蒐集及宣導
4. 工業衛生安全工作守則之編擬及執行
5. 防災及緊急應變措施之研擬與演練
6. 環保工作之執行

## 三、除役階段環境管理

### (一) 環保組織

本計畫除役所涉及之單位包括本計畫開發單位及工程承包商，工地所有業務之進行需透過兩者間之協調運作，因此有關除役環境保護工作將由本計畫開發單位及承包商共同執行。

### (二) 管理要點

1. 審核承包商之除役計畫及環境管理計畫後，經核准方可進行除役工作。
2. 民意溝通
3. 環境保護及管理成效評估
4. 突發事故及救災小組設立

## 四、監督委員會

本計畫於施工前成立環境保護監督小組，監督環境影響說明書及審查結論中有關生態保育及環境監測議題之執行情形，其成員總數將不少於 15 位，其中專家學者不少於 3 分之 1，民間團體、當地居民及漁民代表亦不少於 3 分之 1；且上述會議召開前 1 週，擇適當地點及網站，公布開會訊息，以利民眾申請列席旁聽或表示意見，相關調查及監督資料並將公布於開發單位網站上供大眾參閱，以達資訊公開。

## 8.2.2 環境監測計畫

本計畫之環境監測計畫係根據開發內容、環境現況、環境影響評估結果、環境影響減低對策及環境法規等方面予以研擬訂定。環境監測之目的為：

- 一、 追蹤本計畫工程施工及運轉對環境之實質影響。
- 二、 對各項污染防治措施及時進行必要之改善。
- 三、 掌握未預期之環境影響，迅速謀求因應對策。

由於本計畫執行在各階段期間對環境影響不盡相同，所採取減低對策亦不盡相同，因此監測計畫將分為施工前、施工階段及營運階段。監測調查方法主要係依據或參考環保署公告之動物、植物、海洋生態技術規範辦理。施工前監測項目為水下噪音；施工階段監測項目包括空氣品質、營建噪音、噪音振動、海域水質、陸域生態、鳥類生態、海域生態及水下噪音調查等；營運階段則包括鳥類生態、海域生態及水下噪音調查等環境項目，詳細監測計畫如表 8.2.2-1～表 8.2.2-3 所示。營運期間監測項目於停止執行前，將依環評法施行細則第 37 條規定申請變更。

本計畫相關監測資料依法均須定期呈報環保主管機關並受電業主管機關定期追蹤考核，未來僅會在開發單位網站上提供摘要性的資訊。

表 8.2.2-1 施工前環境監測計畫表

類別	監測項目	地點	頻率
海域水質	水溫、氫離子濃度、生化需氧量、鹽度、溶氧量、氨氮、營養鹽、懸浮固體物及葉綠素甲、大腸桿菌群	風場範圍和鄰近區域 5 站(含淺層及深層)	施工前執行一次
水下噪音 (含鯨豚聲學監測)	20 Hz~20kHz 之水下噪音，時頻譜及 1-Hz band、1/3 Octave band 分析	風場範圍 2 站	施工前一年將執行一年四季，每季 1 次且每季連續 14 天
海域生態	1.水下攝影	預計風機位置一處	施工前執行一次
	2.漁業資源調查	風場範圍漁業資源背景調查資料(含漁船數目、漁業活動形式、魚種、漁獲量等)	施工前執行一次
鳥類生態	1.海上和海岸鳥類船隻目視調查：種類、數量、棲身及活動情形、飛行路徑、季節性之族群變化等(含岸邊陸鳥及水鳥)	風場範圍和上岸點鄰近之海岸附近	施工前執行 1 年 其中春、夏、秋季每月 1 次，冬季每季 1 次，共進行 10 次調查
	2.鳥類雷達調查 (24HR/垂直及水平雷達)	風場範圍	施工前執行 2 年 每年進行 16 日次調查 其中春、夏、秋季每季 5 日次，冬季每季 1 日次
	3.鳥類繫放衛星定位追蹤	1.彰化海岸鳥類 2.澎湖鳳頭燕鷗	施工前執行一次
文化資產	陸域文化資產判釋	陸域自設降壓站位置鑽孔取樣	考古專業人員協助判釋 (施工前鑽孔取樣至少三處)
	水下文化資產判釋	每座風機位置鑽孔取樣	考古專業人員協助判釋

表 8.2.2-2 施工期間環境監測計畫表

	類別	監測項目	地點	頻率
陸域施工	空氣品質	1.風向、風速 2.粒狀污染物(TSP、PM <sub>10</sub> 、PM <sub>2.5</sub> )	降壓站附近1站	每季1次,每次連續24小時監測
	噪音振動	環境噪音振動: 各時段(日間、晚間、夜間)均能音量及日夜振動位準	1.降壓站附近1站 2.陸纜沿線1站	每季1次,每次連續24小時監測
		營建噪音: 1.低頻(20 Hz~200 Hz量測Leq) 2.一般頻率(20Hz~20kHz量測Leq及Lmax)	降壓站工地外周界1公尺處1站	每月1次,每次量測連續2分鐘以上
	陸域生態	陸域動、植物生態(環保署動、植物技術規範執行)	陸域輸電系統(含降壓站、陸纜及其附近範圍)	每季1次
文化資產	陸域施工考古監看	開挖範圍	考古專業人員每日監看	
海域施工	海域水質	水溫、氫離子濃度、生化需氧量、鹽度、溶氧量、氨氮、營養鹽、懸浮固體物及葉綠素甲、大腸桿菌群	風場鄰近區域5站(含淺層及深層)	每季1次
	鳥類生態	海上和海岸鳥類船隻目視調查:種類、數量、棲身及活動情形、飛行路徑、季節性之族群變化等(含岸邊陸鳥及水鳥)	風場範圍和上岸點鄰近之海岸附近	每年進行10次調查 春、夏、秋季每月1次,冬季每季1次
	海域生態	1.潮間帶:底棲生物	海纜上岸段潮間帶2站	每季1次
		2.亞潮帶:浮游生物、底棲生物、魚卵及仔稚魚	風場及其周邊12站	
		3.魚類	調查3條測線	每季1次
		4.鯨豚生態調查 (海上船隻目視調查;調查期間將全程錄影)	風場範圍	每年視覺監測20趟次(涵蓋春、夏、秋、冬4個季節)
		5.水下攝影	與施工前調查同一風機位置	打樁完成後執行一次
水下噪音	20 Hz~20kHz之水下噪音,時頻譜及1-Hz band、1/3 Octave band分析	距離風機打樁位置750公尺4處	每部風機打樁期間	
		風場範圍2站	每季1次且每季連續14天	

註1.營建噪音監測工作將分別於計畫降壓站工程及陸纜工程施工期間進行。

註2.陸域監測項目(空氣品質、噪音振動、陸域生態、文化資產)將於本計畫陸域工程施工期間進行。

註3.海域監測項目(海域水質、鳥類生態、海域生態、水下噪音)將於海域工程施工期間進行。



表 8.2.2-3 營運期間環境監測計畫表

類別	監測項目	地點	頻率
鳥類生態	海上和海岸鳥類船隻目視調查：種類、數量、棲身及活動情形、飛行路徑、季節性之族群變化等(含岸邊陸鳥及水鳥)	風場範圍和上岸點鄰近之海岸附近	每年進行 10 次調查 春、夏、秋季每月 1 次，冬季每季 1 次。 (海上鳥類冬季以船隻出海調查或輔助設備間接調查，例如錄影設備)
海域生態	1.亞潮帶：浮游生物、底棲生物、魚卵及仔稚魚	風場及其周邊 12 站	每季 1 次
	2.魚類(含風機位置附近之物種分布和豐度變化監測)	調查 3 條測線	每季 1 次
	3.鯨豚生態調查(調查期間將全程錄影)	風場範圍	每年視覺監測 20 趟次(涵蓋春、夏、秋、冬 4 個季節)
	4.水下攝影觀測風機底部聚魚效果	與施工前調查同一風機位置	營運後前二年每季 1 次
水下噪音	20 Hz~20kHz 之水下噪音，時頻譜及 1-Hz band、1/3 Octave band 分析	風場範圍 2 站	每季 1 次且每季連續 14 天
海域水質	水溫、氫離子濃度、生化需氧量、鹽度、溶氧量、氨氮、營養鹽、懸浮固體物及葉綠素甲、大腸桿菌群	風場鄰近區域 5 站(含淺層及深層)	營運期間第一年將執行一年四季，每季一次
漁業經濟	整理分析漁業署漁業年報中有關漁業經濟資料(如漁業環境、漁業設施、漁業產量、漁業人口等)	漁業署公告之漁業年報(彰化縣資料)	每年 1 次

註:於停止執行各監測項目前，將依環評法施行細則第 37 條規定申請停止營運階段之監測工作。

## 8.2.3 施工安全管理計畫

本計畫離岸風力機組設置屬於海域工程，與陸域施工之安全管理規劃機制有所不同，因此本計畫將針對海域工程性質、施工船舶機具、環境等因素及事先周詳規劃安全衛生組織、緊急救護、安全衛生訓練等業務，制定一般性及特殊性等檢查表格，且本計畫參與工程之員工與專業工程各分包商皆須依所定執行各項工程自動檢查並逐項記載，以確保施工安全，降低勞工災害及公害事故，確實達到工程零災害目標。有關工程安全管理規劃工作，將包括下列事項：

### 一、 緊急應變組織

在危急的情況下(包括海上高空施作發生危害、颱風、地震及發生船舶碰撞)，現場應變指揮人員須依緊急應變計畫流程(圖 8.2.3-1) 來指導整個災變的執行。同時建立緊急應變組織，依任務分別處理各項工作，包括醫療組、消防組、工程組、警衛組、協調組等，並建立緊急應變處理架構圖及聯絡系統。

### 二、 重點項目之安全作業檢驗程序及標準

#### (一) 定期檢查、重點檢查、作業檢查及現場巡視

本籌備處將於施工階段，依據現行法規擬定安全衛生自動檢查計畫，積極尋找不安全衛生狀態及行為，及時著手進行預防意外事故發生，確保工作人員安全，使工程順利進行。

#### (二) 個人防護具之管理

本籌備處將於施工階段，實施個人防護具之自動檢查。自動檢查表內檢包含查日期、檢查方法、檢查結果等，相關檢查紀錄依法令規定予以保存三年。

### 三、 施工機具設備之安全規劃

依據行政院勞動部之職業災害彙整資料，近年來營造業重大災害類型，以墜落、崩塌倒塌、感電及車輛系營建機械為較高，依據職業安全衛生法第十六條之規定：「雇主對於經中央主管機關指定具有危險性之機械或設備，非經檢查機構或中央主管機關指定之代行檢查機構檢查合格，不得使用；其使用超過規定期間者，非經再檢查合格，不得繼續使用。」進行檢查以確保勞工作業之安全，而危險性機械、設備之操作人員亦將由具主管機關指定訓練或經技能檢定合格人員充任。尤其本工程之吊裝作業佔工程施作一大比例，故需對施工機具之安全管理特別注重，其積極有效作為說明如下：

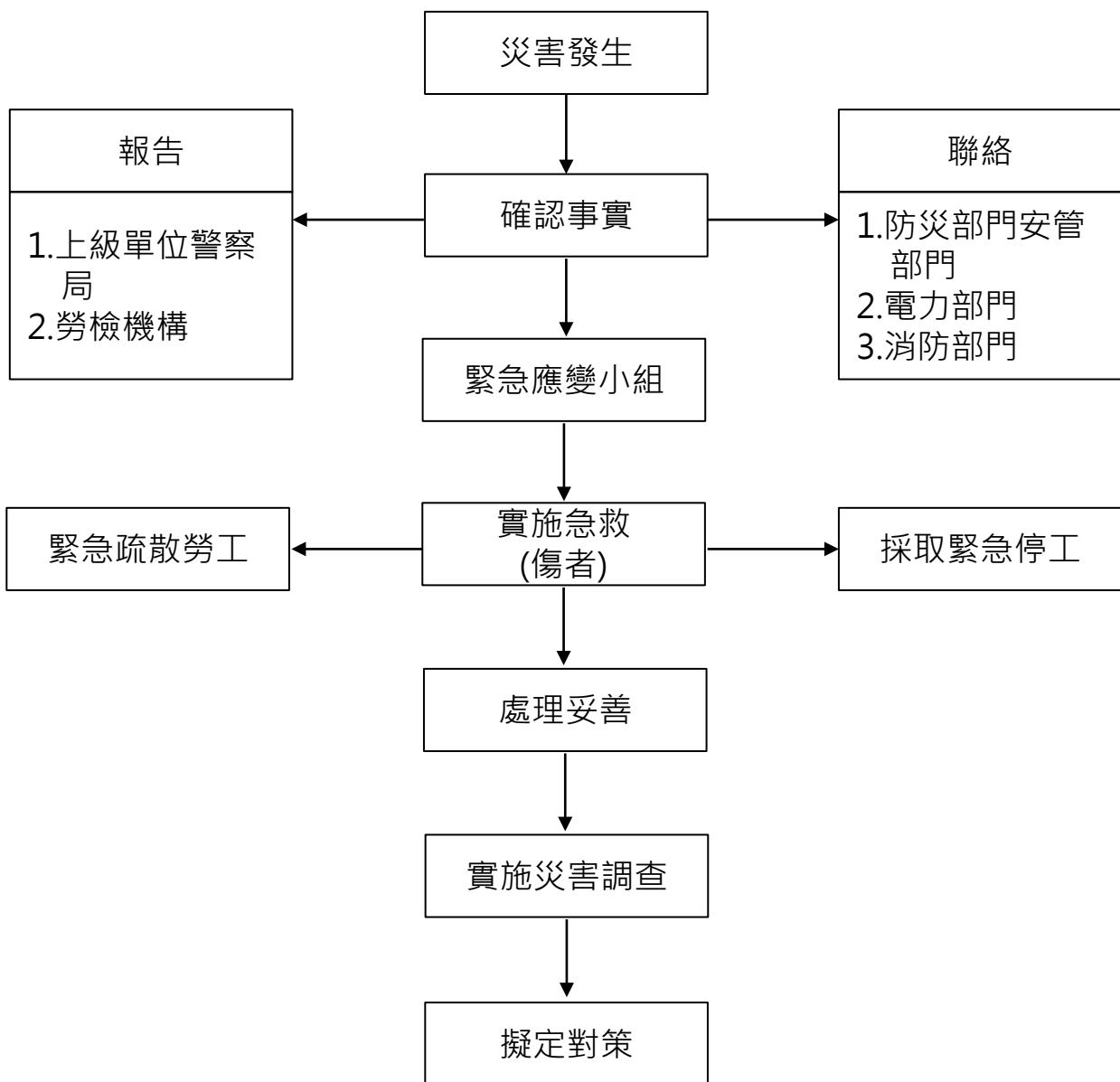


圖 8.2.3-1 緊急應變計畫流程圖

- (一) 要求工作人員先確知所吊載物件之重量未超過其所能承受負荷後，才可吊載操作運轉。
- (二) 要求工作人員不得擅自搭上負荷物體。
- (三) 不得在吊物下面行走。
- (四) 起重機各項操作均須信號手勢指揮，且只能由一人指揮。
- (五) 起重機或吊車，停用時切斷電氣開關，吊架放下至地面，不懸於空中。
- (六) 使用機具前詳細檢查。
- (七) 起重機或吊車遇檢修時，先拉開電氣開關並懸掛工作牌。
- (八) 檢修工作完畢後，確認沒人在起重機或軌道上，或工具材料都收拾妥當後才送電操作。
- (九) 吊起物品時將注意下列各點：
  - 1. 確認物品已提高至不會與其他物品機件相碰撞。
  - 2. 吊索由有經驗人員縛吊索不放置地上拖行。
  - 3. 如負荷物體甚易振動，另用麻繩拉索以便控制。
  - 4. 注意避免傷及他人及其他建築物或機件。
- (十) 起重工作，務求均勻，不過快及震動。
- (十一) 操作時，要求工作人員戴安全帽，以防螺絲門工具等小物品落下而受傷。
- (十二) 當吊物脫離地面時，先停止觀察，查視一切安全後，再繼續搬運。

#### 四、颱風及地震之應變措施

隨時注意是否有颱風形成及發佈海上颱風預報前 2 天做緊急撤離準備，發佈海上颱風預報後做緊急撤離。工作船隊按以下程序撤離：

- (一) 停止吊裝等施工有關作業。
- (二) 收回水下設備放置於甲板上。
- (三) 所有機具設備加以固定。
- (四) 錨船及拖船協同收回錨以及錨索。
- (五) 所有工作人員須上船以策安全。
- (六) 拖船小心將工作船拖入港，並在指定碼頭繫靠。

地震發生後密切注意海嘯警報之發佈，如工作船之波浪承受等級無法承受海嘯波之衝擊，將儘速就近運送船上人員至較大工作船或至已完成之風機塔架避難。

#### 五、 施工碼頭與陸上施作組裝場地面積、租用場地限制

本計畫工作陸上施作場地，考慮場址距工址的距離、後線場地面積、場址使用權取得難易度與建置離岸風力機專屬港埠及特許工業區之可能性等因素，初步規劃以台中港之碼頭作為本計畫泊靠港，並以興達港之碼頭作為備案。但建置離岸風力機組專屬港埠及特許工業區目前仍為各方產官學者討論階段，尚未定案，因此未來仍需配合相關政策進行調整。

對策：

碼頭使用權利可依經濟部能源局公告實施「離岸風力發電規劃場址申請作業要點」，與相關政府部會商討相關使用辦法，而未來改造碼頭與場址整理等相關工作，亦將建議政府相關轄屬單位進行分工討論。

#### 六、 海上施作工期限制

合適之海事工程施作期間，一般都安排在每年 3 月至 9 月風浪較小期間，但每年夏季 5 月至 8 月又屬颱風頻繁季節，故施工期間受颱風頻率與路徑影響頗深。

對策：

施工前將參考中央氣象局海氣象預報系統審慎評估海象資料，預估颱風間期與可施工時期之百分比，預先擬妥施工計畫與準備事宜，以確保施工的安全。

#### 七、 打樁船機與大型超高起重船機作業條件與使用限制

本工程下部結構基樁與套筒桁架組裝、打設，與上部結構支承塔架、風力機組葉片銲接組裝作業，皆屬海上大型荷重施工。

對策：

施工前對打樁船機與大型超高起重船機之作業能力與特性，將予以審慎評估，選擇能勝任各主要施作項目之船機組合，以確保施工的安全。

#### 八、 海上支承塔架、風力機組之運搬與架設作業

本工程上部結構的施作，屬專業高技術性工作且具高風險性。

對策：

施工前不僅要嚴選施作船機組合與研擬妥善施工計畫及施工船機之碰撞模擬，相關施作人員亦將要求選用已完成專業船機吊裝訓練之人員，以提高海上施作安全與工作效率，降低工安危害與成本損失風險。

#### 九、 漁民溝通

本工程施工地點由於涵蓋水域面積相當廣，施工期間海上工作船機數量、運搬航線、海上基樁打設與起重船機施作等所造成的影響，須事先與漁民溝通。

對策：

施工時將確實依照環境管理計畫辦理，並與當地漁民及漁會加強協調溝通，將施工內容、影響範圍與施工時程公告附近作業船隻，同時做好敦親

睦鄰工作；施工中，加強環境污染監督工作，維持並控制海域環境污染擴散，工作船隻進出海域作業，將遵循施工計畫，於劃定之施工區與航道內作業與航行，並隨時保持警戒，避免碰撞漁船或損害漁業設施。

#### 十、船舶碰撞風險對策

- (一)為考量大型船隻航運安全，故提供作業船隻2~3倍長度之空間為佳，目前常見大型起重機船長度約162公尺，故風機間距規劃至少324公尺以上，本計畫風機最小非平行盛行風向間距採755~820公尺，最小平行盛行風向間距採1,057~1,148公尺，在安全範圍內。
- (二)交通部航港局於102年5月29日召開「研商『離岸風力發電風場有關船舶航行安全審查表』」通過，離岸風力發電場址將依據IALA 0-139規範設立警示燈標。
- (三)將與海巡、港務及防災單位等建立相互快速通報機制，俾利在事故發生時，能夠及時通報，獲得充裕之應變與減災時間，減少碰撞事故的發生，並降低災害損失。
- (四)對於避免無動力漂流船隻之碰撞事故，營運管理單位將與海巡、港務及防災單位等建立相互快速通報機制，俾利在事故發生時，能夠及時通報，獲得充裕之應變與減災時間，減少碰撞事故的發生，並降低災害損失。
- (五)在減災方面，應有對應之災害應變措施，達到即時通報、迅速防災、有效減災之目的。採用護舷材料，可減少碰撞能量以降低災害。
- (六)離岸風力電廠設置時，將成立專責單位，負責施工、營運及維護等各階段之海上安全，並協同該區域之海巡、港務、漁業、防災及相關機構，研擬海上安全與災害應變措施。

#### 十一、緊急應變及防災計畫

在執行本計畫中，為確保工作安全，預防意外事故發生，及意外事故發生時能使工作人員有效的逃離和救援，以減少人員傷亡和財物損失，並在平常實施訓練，以增加處置技巧，依相關規定提報本籌備處之緊急事故及救援處置辦法，擬定本計畫施工期間防災之緊急應變措施說明如下。

##### (一) 颱風暴雨之防範措施

若風場海域發佈颱風或豪雨警報，風機設備將以海路運輸至台中港待命，帶風場海氣象條件符合安全作業規範時，作業船隻航行至安裝地點進行安裝。

本計畫區降雨量以6~9月較高，颱風侵台亦以7~9月居多，此期間常發生暴雨，因此於施工期間將隨時注意中央氣象局所發佈之預警，並提早採取相關因應措施，以確保施工安全及避免災害發生。

## (二) 防火滅火措施

施工中發生火災之原因主要為電線走火及機具故障、煙蒂或未清理易燃物所引起，防火措施如下：

1. 定期巡視檢查供電設施、進址魚工區及作業船隻上堆置易燃物。
2. 工區內及作業船隻依規定設置滅火器，滅火器將設置於明顯位置，並需設置夜間照明，並需定期檢查，確保堪用之程度。
3. 加強施工安全管理，定時清理工區環境，移除易燃之廢棄物，以降低發生火災之危險。

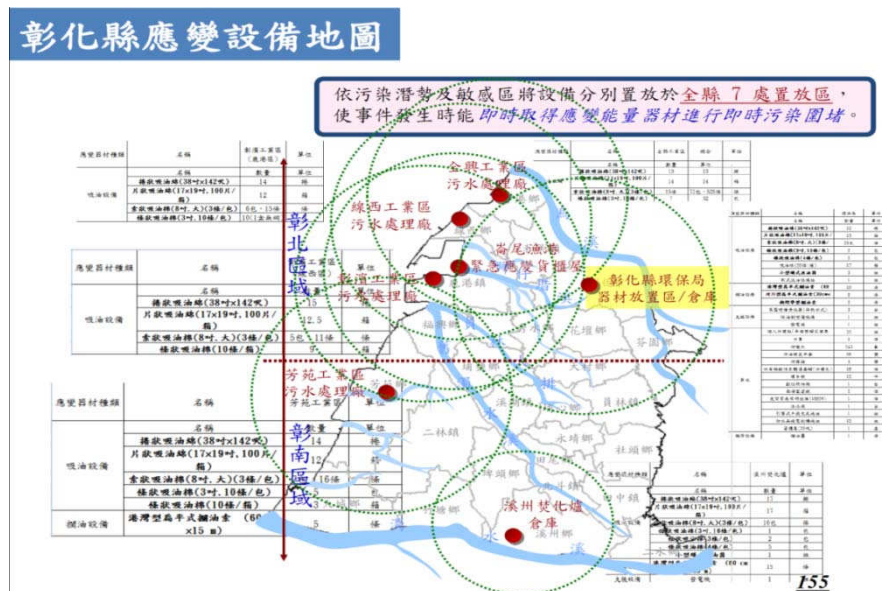
## (三) 緊急應變計畫

施工期間有突發事件發生，除將依預先規劃之逃生路線儘速疏散人員，亦需事先編制訓練，方可將災害迅速排除，搶救工作分為下列階段：

1. 救災準備：任務編組→器材購置→搶救訓練→工區檢修。
2. 搶救行動：搶救→搶修→災情調查→損失統計→環境清理與消毒。
3. 災後復建：災後搶修→災後復建。

## (四) 鄰近應變資材

彰化縣已依據海洋污染潛勢及敏感區位，將相關之應變資材及設備分別放置於 7 處，請詳圖 8.2.3-2。



資料來源:環保署水保處，103 年度海洋污染防治管理與緊急應變執行成效評估專案工作計畫。

圖 8.2.3-2 彰化縣應變設備地圖

## 8.2.4 營運安全管理計畫

風場營運皆有 SCADA 系統 24 小時監控風機運轉狀況，且風機內配置有自動監控系統，如有任何異常狀況將會立即停機，經查明原因後並排除狀況後才會再次運轉，葉片或大型零組件掉落之可能性極低，因其相關緊急應變計畫需視選定風機型式及風機製造商而定，本計畫將制定相關緊急應變計畫供營運人員依循。

離岸風力電廠的運維工作可分為兩個主要任務：1. 監視、控制和協調風力發電場營運；2. 維護，分為固定工作(預防)及不定期工作(檢視)，以維護風力機及電廠運作。

由於先進的控制和監測系統的發展，編制巡修組負責電廠安全監控，使營運商的可由陸上遠端位置監控離岸風力電廠狀況，可避免遭不法人士利用進行走私行為。而定期和不定期的維修工程，則需要運送技術人員至離岸風力電廠。

### 一、運轉管理

運轉管理由本計畫開發單位負責，包括工程安全與衛生、資產管理、採購、保險與會計財務等工作。

離岸風場之監測及營運控制需要岸上的設施來協助進行，其配置需視港口、維護船隻、風機數量等而定。需設置備品倉庫及修理工廠，以供風場元件替換之用。港口可提供暫時的儲存功能及支援船隻之卸載。

### 二、維護管理

離岸風場之維護可分為定期及不定期維護，茲分述如下：

#### (一) 定期維護

包含於設計階段的預先規劃，通常須暫時停止風力機運轉以進行風力機之維護。離岸風場在每年定期維護次數通常採每季一次或每年兩次。風力機製造商將根據合約規定提供定期維護任務的完整列表，這些任務可以由受訓後的技術人員配備基本工具和耗材，透過海上船隻或直升機運送至風力機進行維修。

定期維護工作通常係按季進行，且大部分工作會在風較小之時段進行，以考量最大之可到達性及最小之發電損失。

#### (二) 不定期維護

因系統或子系統故障而產生計畫外之維護活動即屬於不定期維護，且其對於風場之影響取決於故障的嚴重程度，大多數風力機系統內的故障只影響單個風機之輸出，而變電站內或電纜發生故障事件較少，但



對於風機之影響程度較大。

### (三) 維護及交通船隻

有關維護工作船隻可分為兩大類(如表 8.2.4-1 所示)

1. 日常維護所需之小型高速船，進行大多數的維護工作，因此國外大多向船開發單位租賃或由風機維護提供。目前亦有直昇機、海上旅館、自升式平台等維護設施(如圖 8.2.4-1 所示)。
2. 當有大型元件故障時則需要向海事工程廠商租賃大型吊船進行拆裝維護工程。而風機維護工程則可與風機開發單位或專業廠商簽訂維護合約；或由本開發單位自有運維團隊負責維護。

在船隻泊靠技術方面，基本的考量是附於基礎的鋼件結構或連接段上船隻碼頭之設計與配置。目前所有離岸風機基礎皆有至少一處泊靠位置(Boat landing)，一般泊靠位置要提供兩個垂直的管狀圓杆，使船隻護舷材可以在任何潮位狀況下靠岸，在管狀圓杆之間有爬梯，使維修人員可自船隻登上風機進行維護工作，如圖 8.2.4-2 所示。

營運階段將建立風力發電廠安全營運監控系統以利緊急應變，及完善的緊急應變措施(包含因應颱風、地震及往來船舶碰撞等狀況)與風力機運維人員之專業訓練。

### 三、風機安全監控系統(SCADA 系統)

本計畫離岸風場營運(operation)即利用透過遠端監控系統(SCADA)及風機監測系統(Turbine Condition Monitoring)來管理與監控風機的日常資訊。遠端監控系統(SCADA)提供發電量、風速、風向、功率曲線等即時資料，也可以根據資料庫數據執行故障處理做停機與重新開機等功能。風機監測系統(Turbine Condition Monitoring)則藉由監測針對零組件裝設之感測器的變化(如溫度、振動、漏油、磨損、機械件鬆動等)，研判某些零組件(如齒輪箱、轉子系統、偏航系統等)是否將可能發生故障，然後根據這些資料對風機進行維護(maintenance)。

工作團隊將與海巡署、救生艇和陸上的救難服務等緊急服務單位保持良好的聯絡，在風場發生緊急狀況時，可以即時有效的控制狀況並將人員安全撤離及適時停機。

### 四、風機傾斜之應變程序

隨時注意是否有颱風形成及發佈海上颱風預報前 2 天做緊急撤離準備，發佈海上颱風預報後做緊急撤離。工作船隊按以下程序撤離：

1. 停止吊裝等施工有關作業。
2. 收回水下設備放置於甲板上。

3. 所有機具設備加以固定。
4. 錨船及拖船協同收回錨以及錨索。
5. 所有工作人員須上船以策安全。
6. 拖船小心將工作船拖入港，並在指定碼頭繫靠。

地震發生後密切注意海嘯警報之發佈，如工作船之波浪承受等級無法承受海嘯波之衝擊，將儘速就近運送船上人員至較大工作船或至已完成之風機塔架避難。

**表 8.2.4-1 離岸風場常見維護船隻一覽表**

船舶	類型	優點	缺點	波高限制
快速反應船 (Quick Response Vessel)	硬式充氣艇 (RIB)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 能快速接近位址</li> <li>• 市場上廣泛使用</li> <li>• 較大部分工作船省燃料</li> <li>• 亦可作為子艇 (daughter craft)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 不適用於遠距輸送</li> <li>• 不適用於緊苛條件輸送</li> <li>• 不適合輸送 50 公斤 g 以上之零件與耗材</li> </ul>	~ < 1.0 m
工作船 (Workboat)	鋁合金或複合雙體船	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 操作經驗</li> <li>• 可長期租賃</li> <li>• 市場上廣泛使用</li> <li>• 大型工作船可容納起重設備</li> <li>• 能容納部分駁靠設施 (Access Systems)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 人員設施與舒適度使其不適用於 2 小時以上之輸送</li> </ul>	0.8 - 1.5 m
小水面雙體船 (SWATH Vessel)	小水面雙體船 (Small Water-plane Area Twin Hull Vessel)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 已用於商業與軍事用途</li> <li>• 較穩體之船體可能有助於在較緊苛條件下之人員輸送</li> <li>• 相較於單體船與雙體船，工作人員在航行期間較為舒適</li> <li>• 可容納中等尺寸零組件</li> <li>• 能容納部分駁靠設施</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 較昂貴</li> <li>• 吃水深大</li> <li>• 高燃料用量</li> </ul>	1.0 - 2.0 m
離岸支援船 (Offshore Support Vessel)	大型工作船	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 廣泛用於石油與天然氣業</li> <li>• 大型船體可能有助於在較緊苛條件下之人員輸送</li> <li>• 可長期離岸</li> <li>• 能容納大部分駁靠設施</li> <li>• 動態佈署</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 資本與航行費用高昂</li> <li>• 吃水深大</li> </ul>	1.0 - 1.5 m (具基本舷梯配置) 能藉先進舷梯方案改善
氣墊船 (Hovercraft)	氣墊船	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 可於局部與完全冰覆期間進場</li> <li>• 可進入潮間帶</li> <li>• 提供快速出海維修</li> <li>• 可在陸上存放維護</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 重度維護負擔</li> <li>• 受到風速與有義波高之限制較工作船更大</li> </ul>	~ < 1.0 m



直昇機



自升式平台



海上浮錨旅館

圖 8.2.4-1 離岸風場維護設施示意圖



圖 8.2.4-2 風機泊靠位置示意圖

## 8.3 替代方案

本計畫之替代方案包括：(1)零方案；(2)地點替代方案；(3)技術替代方案；(4)環保措施替代方案。以下說明本開發計畫之替代方案，其摘要如表 8.3-1 所示。

### 8.3.1 零方案

零方案即是停止本開發案之進行。經濟部能源局已於 104 年 7 月 2 日公告「離岸風力發電規劃場址申請作業要點」以促進離岸風電之發展。因此，配合經濟部能源局相關政策推動，本計畫開發單位本著專業知識與開發經驗的積累，積極投入離岸風力發電計畫之籌設先期研究作業，配合國家節能減碳政策，透過離岸風力發電計畫，有助達成我國溫室氣體排放量減低之目標。藉由本計畫付諸實現後，培植國內從事海事工程及運轉維護的能力，帶動國內離岸風電相關零組件及設備的製造與安裝，以及運轉維護相關產業之成長，並能儘速達成綠色電力政策目標，及因應未來全球氣候變化綱要發展需求。因此，零方案為不可行之方案。

### 8.3.2 地點替代方案

本計畫無地點替代方案。

### 8.3.3 技術替代方案

#### 一、風力發電機型式

風力發電機型式依其形狀及旋轉軸的方式，可歸納為水平軸式及垂直軸式，由於後者具有較高的軸流阻止因數(Axial Retardation Factor)、較低旋轉速率、較低功率係數及需要相當大的葉片材料，所以較不適合於發電使用，在風力發電機市場的佔有率亦極低。而水平軸式以面對風向而分，可區分為上風型(Upwind)和下風型(Downwind)。上風型的風力機需藉由轉向機構來追風轉向，使葉片隨著風向調整位置，以產生最大功率。而下風型者則藉由葉片轉子呈錐角所造成的風阻，可協助轉向及降低轉向機構的負荷。水平軸風力機之葉片一般有單葉、雙葉及三葉等方式，部份水平軸式風力發電機有採單葉及雙葉片者，因迴旋負荷變動太大，運動時不易保持平衡，易衍生疲勞負荷，市場佔有率亦偏低，目前以三葉片式使用最廣。經綜合衡量目前國外風力機之應用趨勢，本計畫預計採用水平軸(上風型或下風型)及三葉片設計之風力發電機。

## 二、風力發電機容量選擇

目前風機市場明顯朝向較大單機容量發展，故本計畫目前規劃採用 6~8MW 之單機容量，目前已有相當多之設置案例，未來風機單機容量亦將逐漸往上增加來發展，後續實際設計階段亦將針對最新機種及技術一併納入考量。

## 三、風力發電機葉片設計

風力發電機係靠葉片攫取風能，因此葉片材質、設計及控制方式等為風力發電機組評選之重要項目。就葉片使用材料而言，因金屬材料之葉片，於轉動時易對通信電波造成干擾，故目前皆採用非金屬材料之葉片，質料輕、承受高疲勞負荷且具有經濟價值之玻璃纖維補強塑膠(FRP)為現行風力機葉片之最佳應用材料。

### 8.3.4 環保措施替代方案

本計畫使用親環境潔淨無污染風力發電，無環保措施替代方案。

表 8.3-1 替代方案

替代方案	有	無	未知	內 容	預計目標年可能之負面環境影響	與主計畫之比對分析
1. 零方案		✓		停止本開發案的進行。	停止本開發案的進行，將影響減碳政策及提供綠色電力的目標。	本計畫開發單位為配合政府能源政策及整合風機製造上、下游產業鏈之發展，根基於未來我國風電市場技術需求，發展更優良且具競爭力的技術，有必要加速台灣地區離岸風場之開發，在考量我國能源多元化、開發自產能源、環保，以及將來能源政策對再生能源發電佔有電業發電能源配比之要求，本開發單位對再生能源開發具有責無旁貸之社會責任，故本計畫有其積極正面之意義。藉由本計畫付諸實現後，能迎頭趕上今日之潮流趨勢，並能儘速達成綠色電力政策目標，及因應未來全球氣候變化綱要發展需求。因此，零方案為不可行之方案。因此零方案不宜採用。
2. 地點替代方案		✓		無地點替代方案。	無地點替代方案，不會產生可能之負面環境影響。	無地點替代方案。
3. 技術替代方案	✓			風力發電機型式： 1. 水平軸式 (1) 上風型 (2) 下風型 2. 垂直軸式	水平軸式風力發電機採單葉及雙葉片者，因迴旋負荷變動太大，運動時不易保持平衡，易衍生疲勞負荷，市場佔有率亦偏低，本計畫將不採用。垂直軸式具有較高的軸流阻止因數(Axial Retardation Factor)、較低旋轉速率、較低功率係數及需要相當大的葉片材料，所以較不適合於發電使用，本計畫將不採用。	1. 經綜合衡量目前國外風力機的應用趨勢，本計畫採用水平軸(上風型或下風型)及三葉片設計之風力發電機為宜。 2. 因金屬材料之葉片於轉動時易對通信電波造成干擾，故目前皆採用非金屬材料之葉片，以質料輕、承受高疲勞負荷且具有經濟價值之玻璃纖維強化塑膠(FRP)為現行風力機葉片的最佳應用材料。
4. 環保措施替代方案		✓		本計畫使用親環境潔淨無污染風力發電。	無環保措施替代方案，不會產生可能之負面環境影響。	親環境能源，無環保替代方案。