

第六章 開發行為或環境保護對策變更後， 對環境影響之差異分析

本次變更計畫為離岸風力發電計畫，變更內容包含變更營業所地址、相鄰風場銜接連續之鳥類廊道規劃、機組佈置規劃、風機基樁直徑、預定工程進度、環境保護對策、環境監測計畫等。不涉及風場範圍、總裝置容量、陸域輸電系統工程、陸上降壓站工程等。

變更前後主要差異為新增風機機組大型化規劃，將減少風場內風機數量，涉及重新評估項目包括空氣品質(海域工程)、噪音振動(風機運轉噪音)、水下噪音、鳥類撞擊評估等，評估結果與原環說比對後影響差異輕微，以下針對上述影響差異環境因子項目進行評估。變更前後環境影響差異分析如表 6-1。模擬評估情境及評估結果簡述如下：

一、空氣品質(海域工程)：本次變更與原環說相同評估條件，以單日海上工程作業船隻最大操作數量進行評估，惟氣象檔更新至 106 年。

由於本計畫風場離岸最近距離約 45~55 公里，因此施工階段船隻空污排放源距離岸上敏感受體(彰濱秀傳紀念醫院和線西服務中心)相對遙遠，變更前後模擬結果顯示，除 PM_{2.5} 背景值已超過空氣品質標準外，各項空氣污染物擴散至敏感受體濃度與背景濃度加成後均符合空氣品質標準，空氣污染物增量極為輕微。

二、噪音振動(風機運轉噪音)：本次變更採用 11MW 風力發電機組同時運轉情況作為模擬評估情境。

本次變更模擬評估結果與原環說比對，變更前後全頻噪音經衰減至距離風機最近敏感受體噪音增量為 0.0dB(A)，低頻噪音經衰減至距離風機最近敏感受體噪音增量為 0.0dB(A)。

三、水下噪音(基礎打樁)：本次變更採用 15MW 風力發電機組基礎打樁情況作為模擬評估情境，以最大樁槌能量 2,500 kJ 進行模擬。

本次變更模擬評估結果與原環說比對，風機單機容量由 6MW 提升至 15MW，評估顯示打樁點距離 750 公尺處之聲壓值由 162~164dB 增量至 166~167dB，經減噪措施後，由 152~154dB 增量至 156~157dB，仍能符合原環說承諾「於 750 公尺監測處，水下噪音聲曝值(SEL)不得超過 160dB re 1 μ Pa2s」。

四、鳥類撞擊評估(風機同時運轉)：本次變更分別以 11 MW 及 15 MW 風機同時運轉作為模擬評估情境。

由於本計畫機組數量由 56~63 部減至 35~48 部，風機陣列排數由 9~10 排減至 6~7 排，所需架設的風機數量減少，可減少鳥類飛行閃避，提升鳥類

飛行廊道。故本次變更模擬評估結果與原環說比對，無論 11 MW 或 15 MW 風機造成的鳥類撞擊數量均低於原環說最大撞擊量。

五、海域生態：本次變更新增風機大型化方案(11~15MW)，可減少整體風機設置數量，評估將可降低整體海域環境影響之衝擊，如減少水下噪音影響期間、海床懸浮固體擾動及底棲生態等海域環境之影響。

表 6-1 變更前後環境因子差異性分析

環境因子	影響範圍	場址周邊	
		施工期間	營運期間
地形及地質		無差異	無差異
水文及水質		無差異	無差異
空氣品質(陸域工程)		無差異	無差異
空氣品質(海域工程)		影響差異輕微	無差異
噪音振動(陸域工程)		無差異	無差異
噪音振動(風機運轉噪音)		無差異	影響差異輕微
水下噪音		影響差異輕微	無差異
電磁場		無差異	無差異
廢棄物		無差異	無差異
剩餘土方處理計畫		無差異	無差異
通訊干擾		無差異	無差異
溫室氣體減量		無差異	無差異
生態環境(陸域、海域、漁業資源、陸域鳥類、鯨豚)		無差異	無差異
生態環境(鳥類撞擊評估)		無差異	影響差異輕微
景觀美質及遊憩		無差異	無差異
社會經濟		無差異	無差異
交通環境		無差異	無差異
文化資產		無差異	無差異
安全評估		無差異	無差異
健康風險評估		無差異	無差異

註：本次變更整理。

6.1 變更差異影響評估

6.1.1 空氣品質(海域工程)

一、 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，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。

本次變更新增大型化風機(11~15MW)，機組基座大小由 25x25 公尺調整為 30x30 公尺，由於變更前後風機基礎形式均為套筒式基礎，故施工流程、施工船舶及作業機具並無明顯差異，故施工時所配置施工作業船隻維持與原環說相同。

本次變更採用 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：

- (一) 管道高度：20 公尺
- (二) 管道流速：25 公尺/秒
- (三) 管道內徑：0.8 公尺
- (四) 管道溫度：282 °C

本次變更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 6.1.1-1)，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 6.1.1-2 所示。

二、海上工程及作業船隻

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，本次變更假設所有工程項目於同一時間，於風場內離岸最近一側(東側)同時施做，單日海上作業船隻最大操作數量及最大耗油量詳表 6.1.1-3。

表 6.1.1-1 船舶作業之空氣污染物係數

排放係數(kg/kL, 公斤/公秉)				
TSP	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO _x	NO _x
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）。

表 6.1.1-2 海上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 ₁₀	PM _{2.5}	SO _x	NO ₂
>50Te Bollard pull towing tug	8	0.18	0.18	0.15	4.72	0.27
50Te Bollard pull towing tug	8	0.18	0.18	0.15	4.72	0.27
300' x 90' barge	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cable Lay Vessel	15	0.34	0.34	0.28	8.85	0.51
Crew Transfer Vessels	2	0.05	0.05	0.04	1.18	0.07
DP2 supply vessel	20	0.46	0.46	0.38	11.81	0.68
Heavy Lift Vessel	25	0.57	0.57	0.47	14.76	0.86
Jack-up Vessel	15	0.34	0.34	0.28	8.85	0.51
tug	8	0.18	0.18	0.15	4.72	0.27

註 1：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。

註 2：重油比重為 0.9。

表 6.1.1-3 本次變更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

三、工區排放空氣污染評估模式

本次變更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 106 年(2017 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 6.1.1-4。

表 6.1.1-4 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				

四、海域及陸域施工期程規劃

本計畫陸域工程預計 2023 年第 1 季開始動工，海域工程預計 2023 年第 2 季開始動工，陸域工程及海域工程施工期程於 2023 年第 2 季至 2024 年第 2 季有重疊情況，各工項同時施工時間如圖 6.1.1-1 所示。

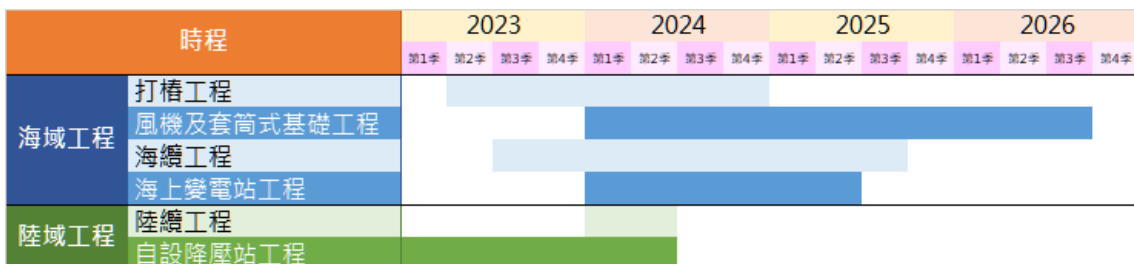


圖 6.1.1-1 海域及陸域施工期程規劃

五、空氣品質模擬結果

(一) 海域工程單獨模擬

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 6.1.1-5、圖 6.1.1-2~3 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(0.0007)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(0.0007)微克/立方公尺，與背景濃度加成後均符合空氣品質標準。

PM₁₀ 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(0.0007)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(0.0007)微克/立方公尺，與背景濃度加成後均符合空氣品質標準。

PM_{2.5} 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(0.0006)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。本計畫線西服務中心 PM_{2.5} 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。

SO₂ 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 1.19ppb，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 1.46ppb，日平均最大值增量為 0.08ppb，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。

NO₂ 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 0.10ppb，年平均最大增量為 0.00(0.0006)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 0.11ppb，年平均最大增量為 0.00(0.0006)ppb，與背景濃度加成後均符合空氣品質標準。

由於本計畫風場離岸最近距離約 45~55 公里，因此施工階段船隻空污排放源距離岸上敏感受體(彰濱秀傳紀念醫院和線西服務中心)相對遙遠，模擬結果除 PM_{2.5} 背景值已超過空氣品質標準外，各項空氣污染物擴散至敏感受體濃度與背景濃度加成後均符合空氣品質標準，空氣污染物增量極為輕微。

表 6.1.1-5 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 1】	總量	空氣品質標準 【註 2】
TSP ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	彰濱秀傳 紀念醫院	24 小時值	0.01	116	116.01	—
		年平均值	0.00(0.0007)	—	—	—
	線西服務中心	24 小時值	0.01	180	180.01	—
		年平均值	0.00(0.0007)	—	—	—
PM ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	彰濱秀傳 紀念醫院	24 小時值	0.01	58	58.01	100
		年平均值	0.00(0.0007)	—	—	50
	線西服務中心	24 小時值	0.01	93	93.01	100
		年平均值	0.00(0.0007)	—	—	50
PM _{2.5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	彰濱秀傳 紀念醫院	24 小時值	0.01	24	24.01	35
		年平均值	0.00(0.0006)	—	—	15
	線西服務中心	24 小時值	0.01	58	58.01	35
		年平均值	0.00(0.0006)	—	—	15
SO ₂ (ppb)	彰濱秀傳 紀念醫院	最大小時值	1.19	8	9.19	75
		24 小時值	0.08	4	4.08	—
		年平均值	0.01	—	—	20
	線西服務中心	最大小時值	1.46	20	21.46	75
		24 小時值	0.08	6	6.08	—
		年平均值	0.01	—	—	20
NO ₂ (ppb)	彰濱秀傳 紀念醫院	最大小時值	0.10	20	20.10	100
		年平均值	0.00(0.0006)	—	—	30
	線西服務中心	最大小時值	0.11	18	18.11	100
		年平均值	0.00(0.0006)	—	—	30

註 1：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(詳原環說表 6.1.3-2)

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。

註 2：管制標準採用民國 109 年 9 月 18 日環署空字第 1010038913 號令「空氣品質標準」。

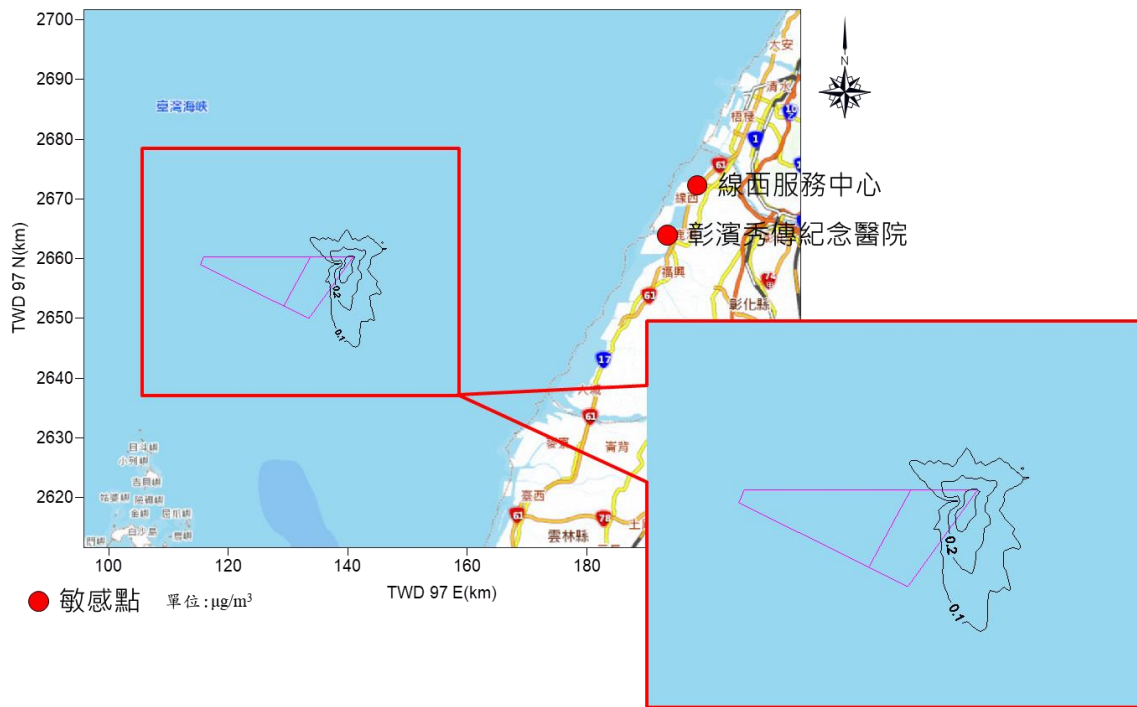


圖 6.1.1-2 船舶海上作業施工期間 TSP 最大日平均值增量模擬圖

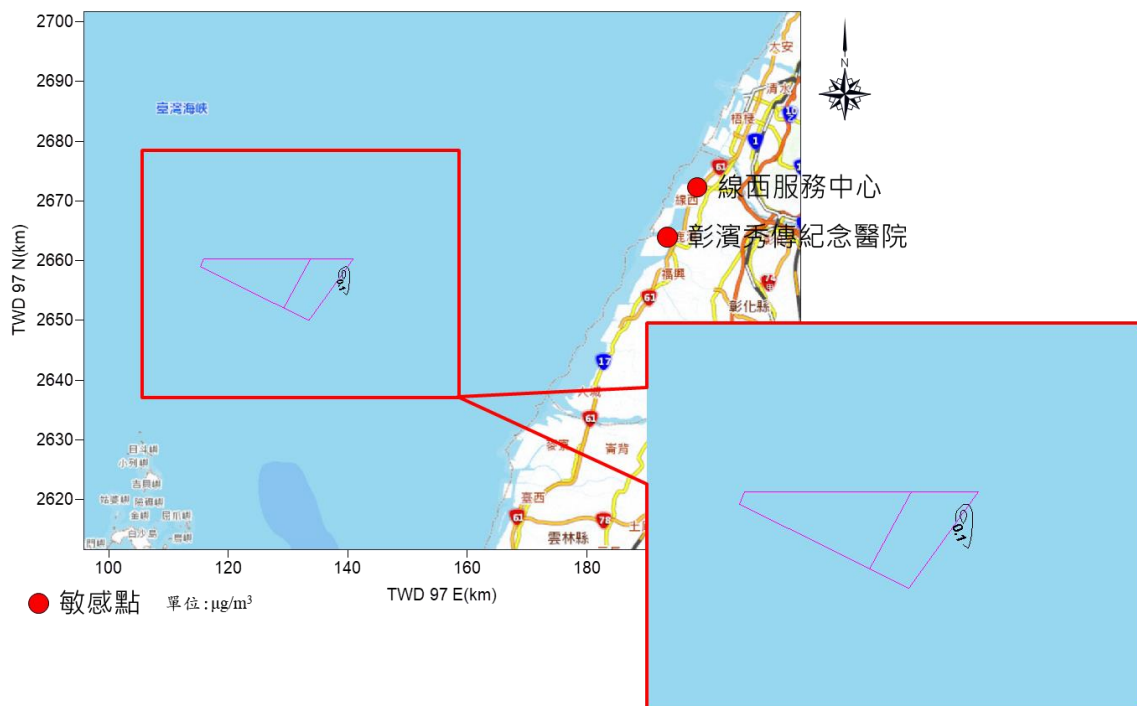


圖 6.1.1-3 船舶海上作業施工期間 TSP 年平均增量模擬圖

(二) 陸域工程及海域工程合併評估

陸域工程空氣污染來源主要為自設降壓站及陸纜工程，海域工程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。設置敏感受體點位為彰濱秀傳紀念醫院及線西服務中心。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 6.1.1-6、圖 6.1.1-4~5 所示。

TSP 經擴散至敏感受體彰濱秀傳紀念醫院最大日平均值增量 0.09 微克/立方公尺，最大年平均增量為 0.02 微克/立方公尺；經擴散至敏感受體線西服務中心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(0.0032)微克/立方公尺，與背景濃度加成後均符合空氣品質標準。

PM₁₀ 經擴散至敏感受體彰濱秀傳紀念醫院最大日平均值增量 0.07 微克/立方公尺，最大年平均增量為 0.02 微克/立方公尺；經擴散至敏感受體線西服務中心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，與背景濃度加成後均符合空氣品質標準。

PM_{2.5} 經擴散至敏感受體彰濱秀傳紀念醫院最大日平均值增量 0.05 微克/立方公尺，最大年平均增量為 0.01 微克/立方公尺；經擴散至敏感受體線西服務中心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(0.0021)微克/立方公尺，與背景濃度加成後均符合空氣品質標準。本計畫線西服務中心 PM_{2.5} 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。

SO₂ 經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 1.19ppb，日平均最大值增量為 0.08ppb，年平均增量為 0.01ppb；經擴散至敏感受體線西服務中心最大小時平均值增量為 1.46ppb，日平均最大值增量為 0.08ppb，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。

NO₂ 經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 2.84ppb，年平均最大增量為 0.06ppb；經擴散至敏感受體線西服務中心最大小時平均值增量為 1.40ppb，年平均最大增量為 0.01ppb，與背景濃度加成後均符合空氣品質標準。

本計畫風場離岸最近距離約 45~55 公里，因此陸域工程及海域工程幾乎不會產生累積效應，變更前後各項空氣污染物擴散至敏感受體濃度增量以陸域工程為主，海域工程影響不大。模擬結果顯示，除 PM_{2.5} 背景值已超過空氣品質標準外，各項空氣污染物擴散至敏感受體濃度與背景濃度加成後均符合空氣品質標準，變更前後空氣污染物增量極為輕微。

表 6.1.1-6 施工期間空氣污染物模擬結果(陸域工程及海域工程合併評估)

空氣 污染物	位置	模擬項目	模擬 最大值	背景值 【註 1】	總量	空氣品質標準 【註 2】
TSP ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	彰濱秀傳 紀念醫院	24 小時值	0.09	116	116.09	—
		年平均值	0.02	—	—	—
	線西服務中心	24 小時值	0.03	180	180.03	—
		年平均值	0.0032	—	—	—
PM ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	彰濱秀傳 紀念醫院	24 小時值	0.07	58	58.07	100
		年平均值	0.02	—	—	50
	線西服務中心	24 小時值	0.03	93	93.03	100
		年平均值	0.0028	—	—	50
PM _{2.5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	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	0.0021	—	—	15
SO ₂ (ppb)	彰濱秀傳 紀念醫院	最大小時值	1.19	8	9.19	75
		24 小時值	0.08	4	4.08	—
		年平均值	0.01	—	—	20
	線西服務中心	最大小時值	1.46	20	21.46	75
		24 小時值	0.08	6	6.08	—
		年平均值	0.01	—	—	20
NO ₂ (ppb)	彰濱秀傳 紀念醫院	最大小時值	2.84	20	22.84	100
		年平均值	0.06	—	—	30
	線西服務中心	最大小時值	1.40	18	19.40	100
		年平均值	0.01	—	—	30

註 1：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(詳原環說表 6.1.3-2)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。

註 2：管制標準採用民國 109 年 9 月 18 日環署空字第 1010038913 號令「空氣品質標準」。

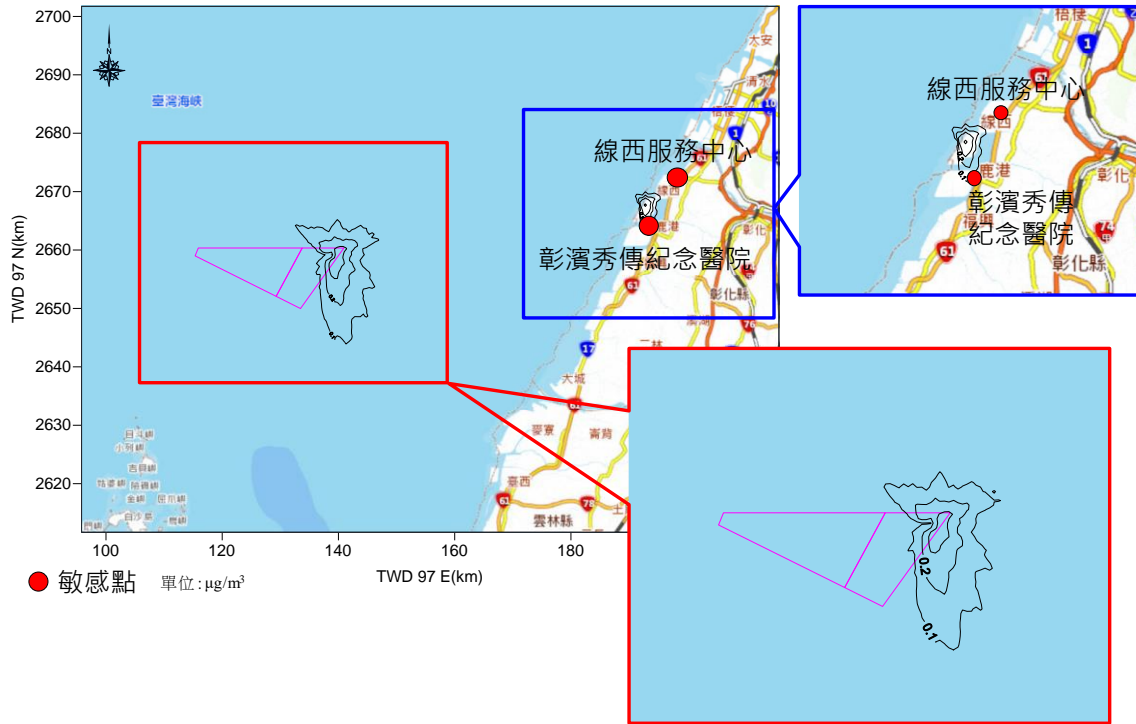


圖 6.1.1-4 施工期間 TSP 最大日平均值增量模擬圖
(陸域工程及海域工程合併評估)

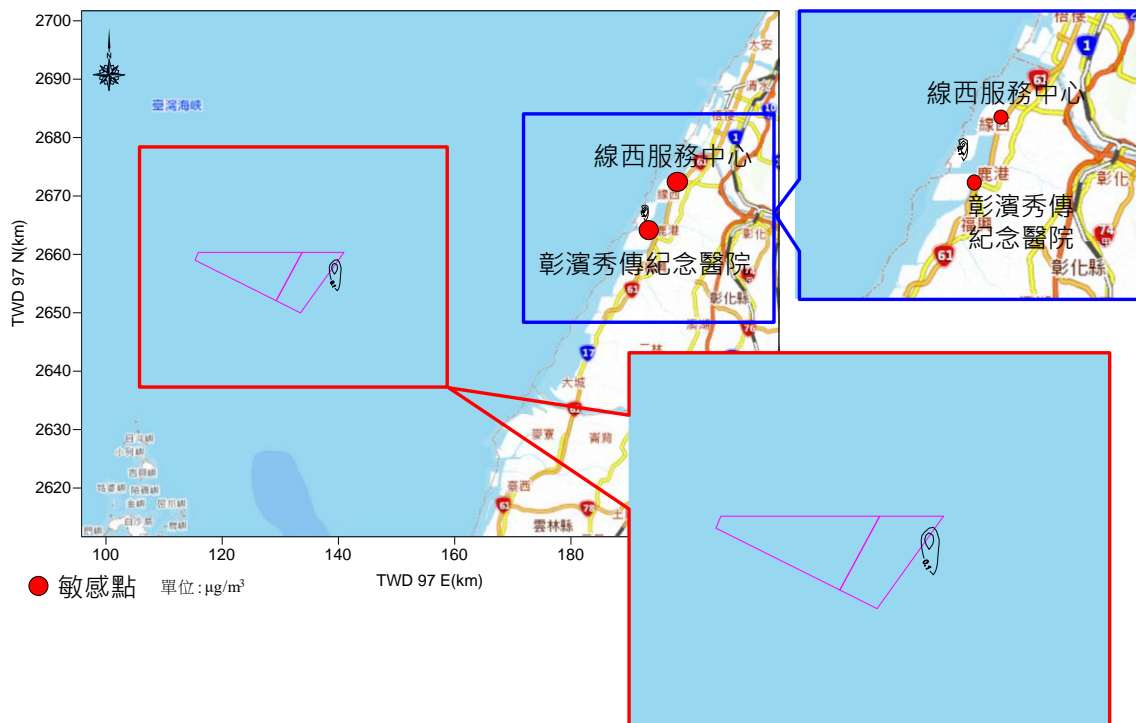


圖 6.1.1-5 施工期間 TSP 年平均增量模擬圖
(陸域工程及海域工程合併評估)

6.1.2 噪音振動(營運期間空傳噪音)

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，本次變更採用新增 11MW、輪轂高度 122 公尺之風力發電機組同時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

依據國際電工委員會(International Electrotechnical Commission, IEC)風機噪音量測規範(IEC 61400-11)，實測超過 8MW 以上風機機組，其聲功率不會隨風速而線性提升，而是在 8m/s 後逐漸趨近聲功率最大值，因此風機廠商係根據此規範，執行風速 8m/s 時之全頻及低頻噪音頻譜值。故本次變更採用以風速 8m/s 作為為量測基準之 11MW 風力發電機組運轉全頻及低頻噪音源頻譜作為模擬資料。

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

本計畫採用以風速 8m/s 作為為量測基準之 11MW 風力發電機組運轉全頻及低頻噪音源頻譜，輸入 SoundPLAN 模式中做為點音源，模擬出風機同時運轉時噪音量衰減到受體處的噪音值，再以模擬噪音值與實測值合成後，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)各時段管制音量進行比較。

五、評估結果

(一) 單獨評估

由於本計畫離岸最近距離約 45~55 公里，全頻噪音及低頻噪音經衰減至距離風機最近敏感受體噪音增量均為 0.0dB(A)，顯示營運階段所產生全頻噪音及低頻噪音，對附近敏感受體屬於無影響或可忽略影響。

1. 全頻噪音(25 Hz 至 20 kHz)

本次變更模擬結果如表 6.1.2-1 及圖 6.1.2-1 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)，顯示本次變更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. 低頻噪音(25 Hz 至 200 Hz)

本次變更模擬結果如表 6.1.2-2 及圖 6.1.2-2 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，顯示本次變更對附近敏感受體屬於無影響或可忽略影響。

**表 6.1.2-1 本次變更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)

受體名稱	項目 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 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
慶安路與慶 安南一路 (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

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⊕營運噪音量小計。”⊕”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。

表 6.1.2-2 本次變更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 運轉合 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變電站 (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		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		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。

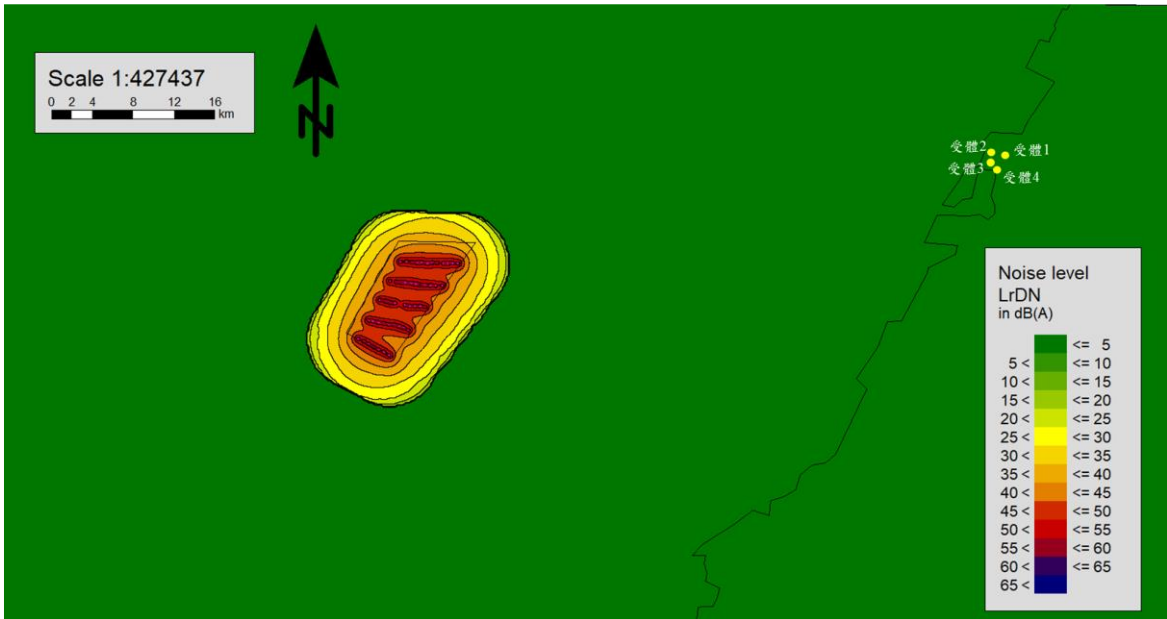


圖 6.1.2-1 本次變更營運期間風力機組全頻噪音影響模擬圖

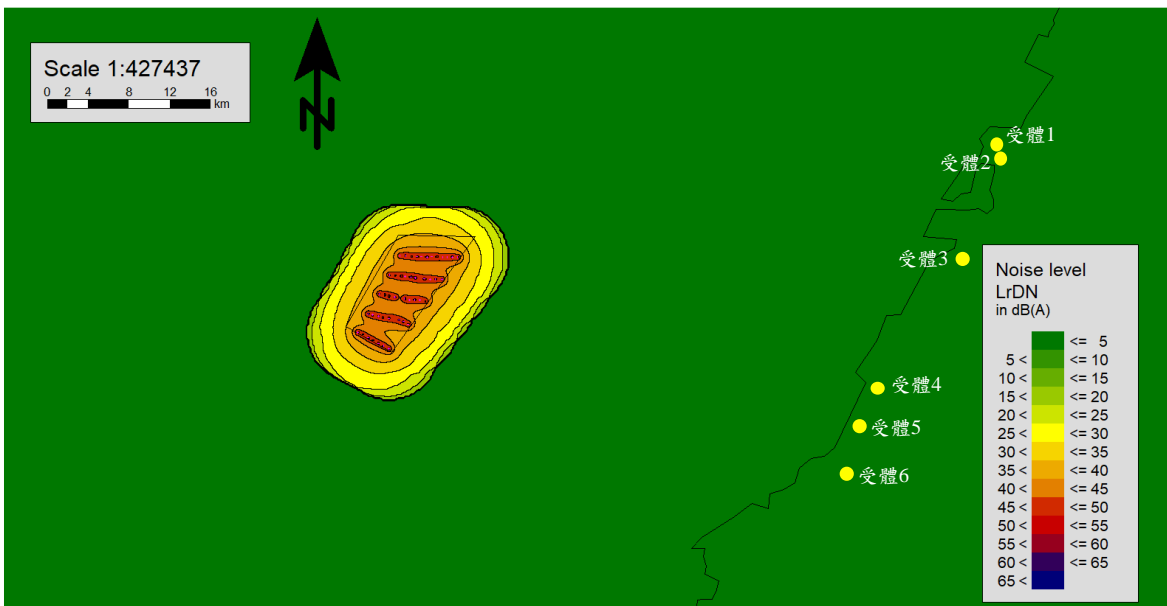


圖 6.1.2-2 本次變更營運期間風力機組低頻噪音影響模擬圖

(二) 海龍二號、三號風場合併評估

由於海龍二號、三號風場離岸最近距離約 45~55 公里，全頻噪音及低頻噪音經衰減至距離風機最近敏感受體噪音增量均為 0.0dB(A)，顯示營運階段所產生全頻噪音及低頻噪音，對附近敏感受體屬於無影響或可忽略影響。

1. 全頻噪音(25 Hz 至 20 kHz)

本次變更海龍二號、三號兩座風場風機同時運轉之噪音模擬結果如表 6.1.2-3 及圖 6.1.2-3 所示，兩座風場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)，顯示本次變更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. 低頻噪音(25 Hz 至 200 Hz)

本次變更海龍二號、三號兩座風場風機同時運轉之噪音模擬結果如表 6.1.2-4 及圖 6.1.2-4 所示，兩座風場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，顯示本次變更對附近敏感受體屬於無影響或可忽略影響。

表 6.1.2-3 本次變更海龍二號、三號風場-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
慶安路與慶安南一路(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

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。

表 6.1.2-4 本次變更海龍二號、三號風場-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)

受體名稱	項目	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	含風機運轉 合成音量	噪音增量	噪音管制 區類別	環境音 量標準	影響 等級
彰濱線西工業區彰濱西二路自設變電站(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		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		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⊕營運噪音量小計。”⊕”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。

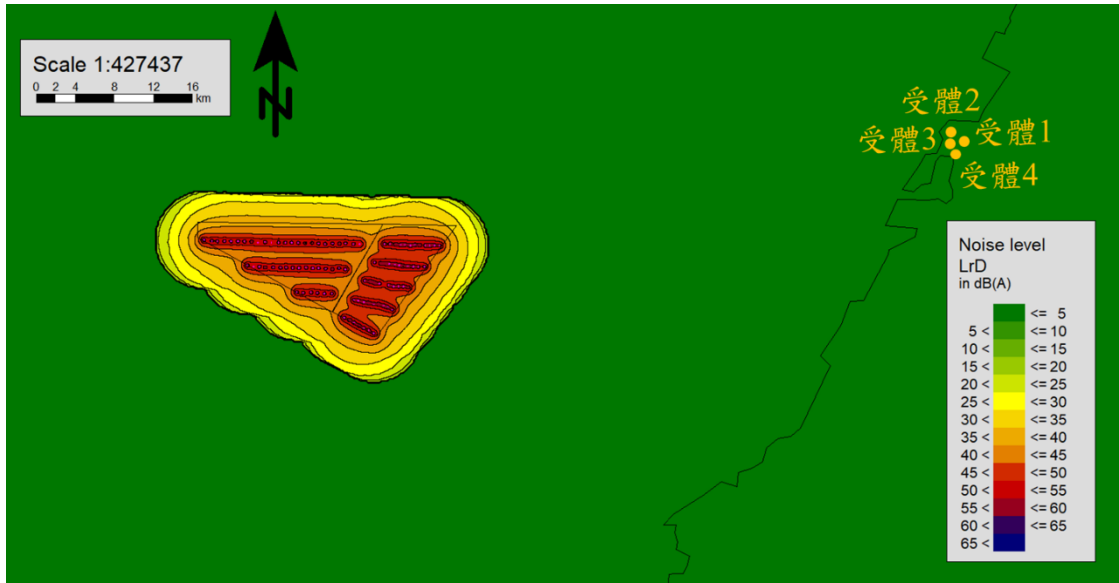


圖 6.1.2-3 本次變更海龍二號、三號風場-營運期間風力機組全頻噪音影響模擬圖

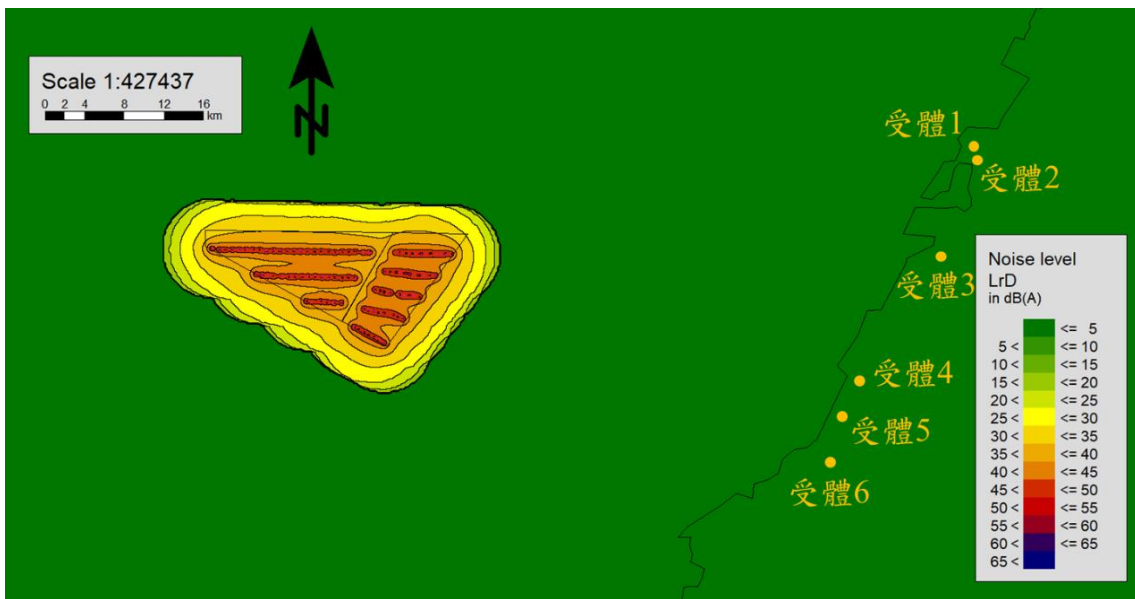


圖 6.1.2-4 本次變更海龍二號、三號風場-營運期間風力機組低頻噪音影響模擬圖

(三) 與鄰近風場累積效應影響模擬及評估

海龍風場北側有海鼎三座風場及大彰化四座風場，本計畫假設 9 座風場之風機同時運轉來進行合併模擬評估。評估結果顯示，各風場所產生之全頻及低頻噪音傳播至距離至少 40 公里處之岸上敏感點模擬值已衰減至 0.0dB(A)(如表 6.1.2-5、表 6.1.2-6、圖 6.1.2-5、圖 6.1.2-6)，顯示未來營運階段時，9 座風場風機同時運轉之空傳噪音對陸域敏感受體影響屬無影響或可忽略影響。

(四) 風機運轉水下噪音對海洋生物之影響模擬及評估

經模擬評估在風機近距離內(100 公尺內)受體之全頻及低頻噪音增量，全頻噪音對受體增量為 0.2 dB(A)，低頻噪音增量為 3.0 dB(A)。噪音由空氣傳至水中時，介質的變化會降低聲波所攜帶的能量，經此衰減後顯示風機運轉所產生之噪音，對海洋生物的影響應不顯著。

表 6.1.2-5 彰化地區外海 9 座風場同時運轉之全頻噪音評估
模式模擬結果輸出摘要表

單位：dB(A)

受體名稱	項目	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
慶安路與慶安南一路 (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

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⊕營運噪音量小計。”⊕”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。

表 6.1.2-6 彰化地區外海 9 座風場同時運轉之低頻噪音評估
模式模擬結果輸出摘要表

單位：dB(A)

受體名稱	項目 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	含風機運轉 合成音量	噪音 增量	噪音管制區 類別	環境音 量標準	影響 等級
彰濱線西工業區彰濱西二路自設變電站 (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⊕營運噪音量小計。”⊕”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。

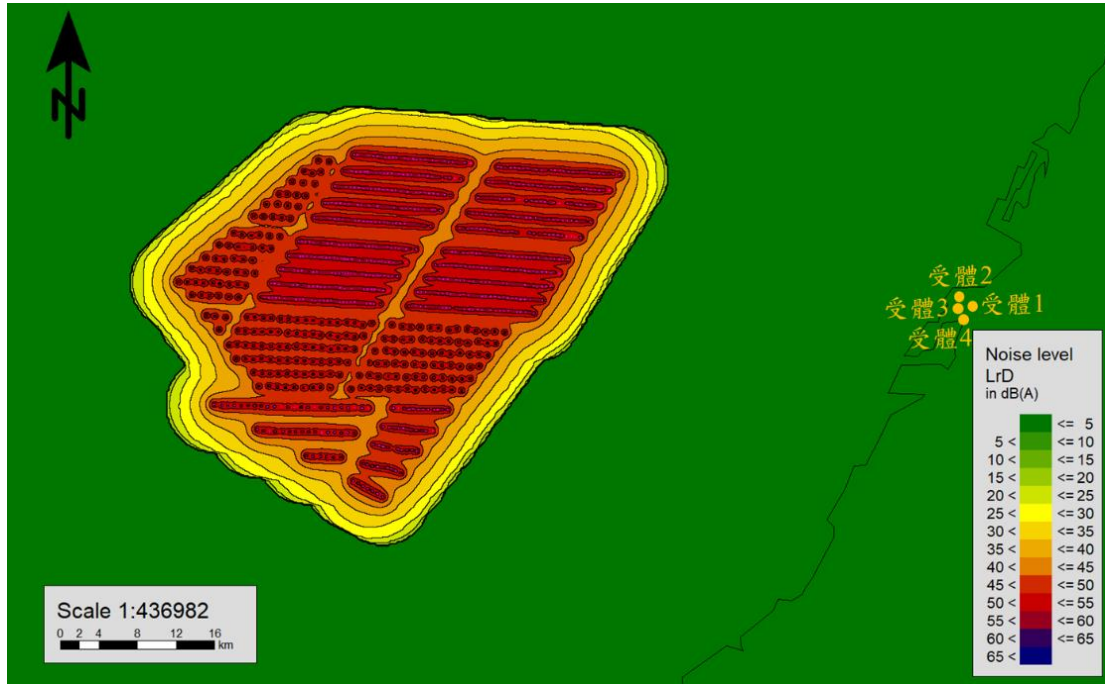


圖 6.1.2-5 彰化地區外海 9 座風場同時運轉之全頻噪音影響模擬圖

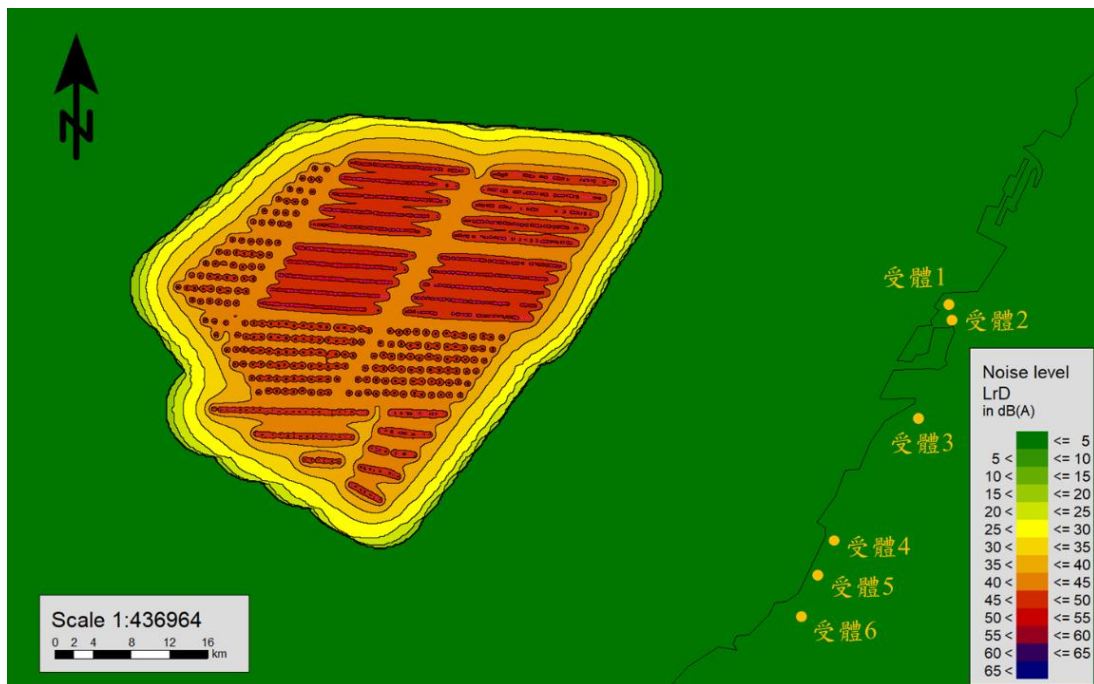


圖 6.1.2-6 彰化地區外海 9 座風場同時運轉之低頻噪音影響模擬圖

6.1.3 水下噪音(基礎打樁)

一、評估方法

本次變更之風力機組施工模擬點位如圖 6.1.3-1 及表 6.1.3-1 所示，採用有限元素模擬計算 15MW 風力機組打樁所產生噪聲，並利用 RAM (Range dependent Acoustic Model) 聲學傳播模式模擬風機之打樁噪音之傳播情形，評估參數詳表 6.1.3-2，影響評估結果主要因素為海床底質，次要為海床地形。

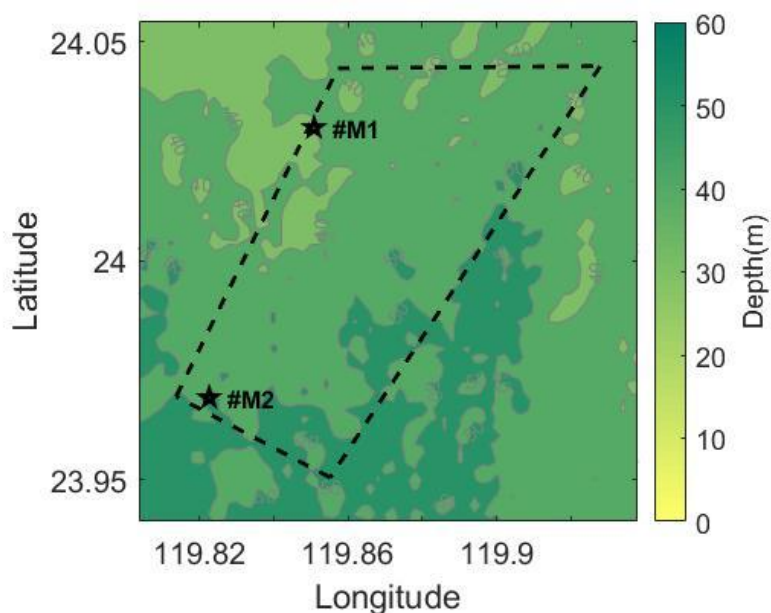


圖 6.1.3-1 施工模擬點位示意圖

表 6.1.3-1 水下噪音模擬點位經緯度以及水深

點位	經度	緯度	水深(公尺)
M1	119° 51.05'	24° 01.821'	34.8
M2	119° 49.36'	23° 58.120'	44.2

表 6.1.3-2 水下噪音模擬評估條件一覽表

	模擬條件(15MW)
最大樁錘能量(kJ)	2500
打樁設備	液壓樁錘為主
離樁1 m聲曝值SEL(dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$)	210
風機樁柱	鋼材及厚板構造
結構	套筒式基礎(最適合現地條件且符合整體安全性)
基樁直徑(m)	4.4公尺(以最大值預估)
樁體長度(m)	80公尺(以最大值預估)
入土深度(m)	78公尺(以樁體長度最大值預估)

二、 施工噪音模擬結果

本計畫海龍二號(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，依據環評承諾，風場內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，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位準，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 6.1.3-2，並將各模擬點位之結果列於表 6.1.3-3。由模擬結果可知，由打樁點距離 750 公尺處之聲壓值介於 166~167dB。

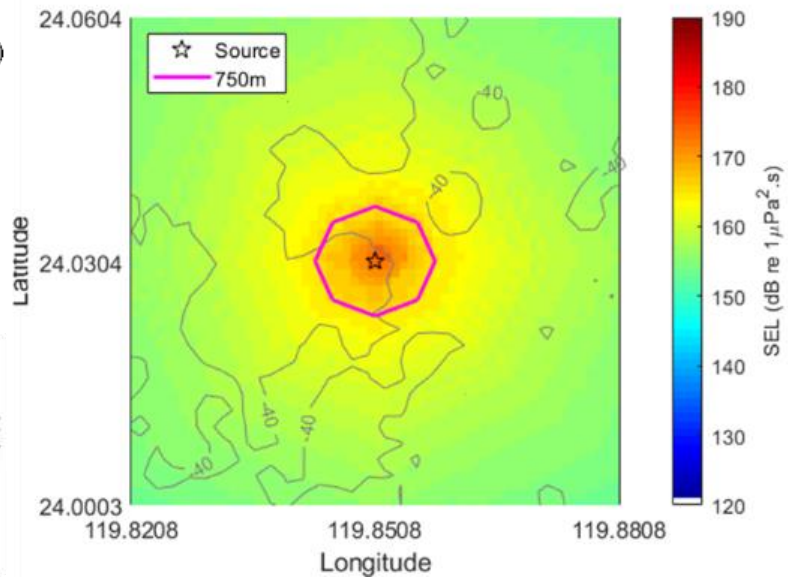
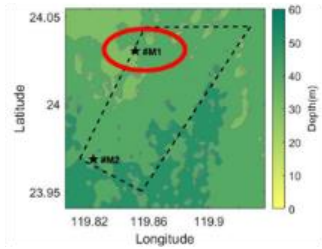
另以聲源強度經減噪措施(減 10 dB)距離 750 公尺處之聲壓分布繪製於圖 6.1.3-3，並將各模擬點位之結果列於表 6.1.3-3。由模擬結果顯示，由打樁點距離 750 公尺處之聲壓值介於 156~157dB。

**表 6.1.3-3 M1~M2 點位打樁施工距離聲源 750 公尺處聲壓值
SEL(dB re 1 $\mu\text{Pa}^2\text{s}$)(減噪前)**

點位 方位角	減噪前		減噪後	
	M1	M2	M1	M2
0°	166	167	156	157
45°	166	166	156	156
90°	166	167	156	157
135°	166	166	156	156
180°	166	166	156	156
225°	166	166	156	156
270°	166	166	156	156
315°	166	166	156	156

M1

(119°51.05', 24°1.821')
水深34.8公尺



M2

(119°49.36', 23°58.120')
水深44.2公尺

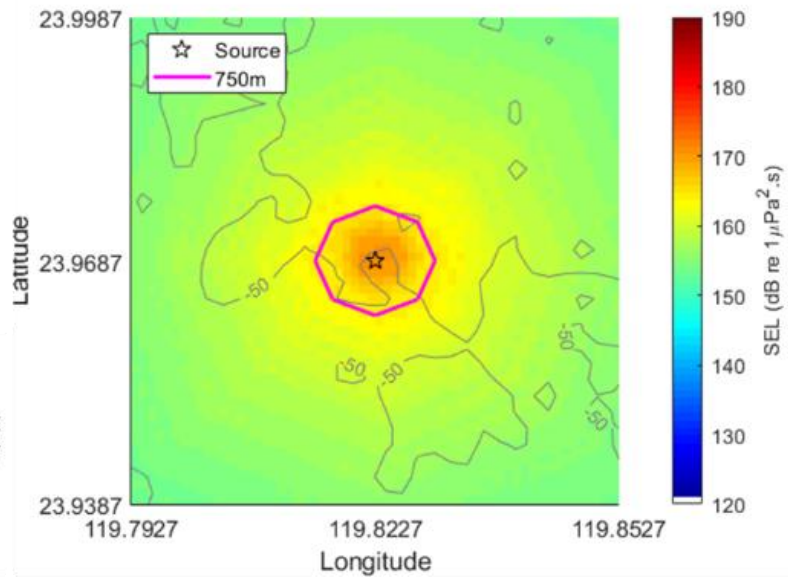
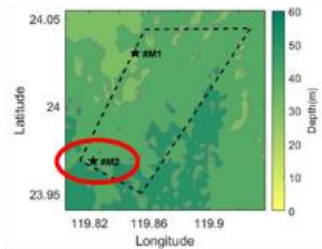
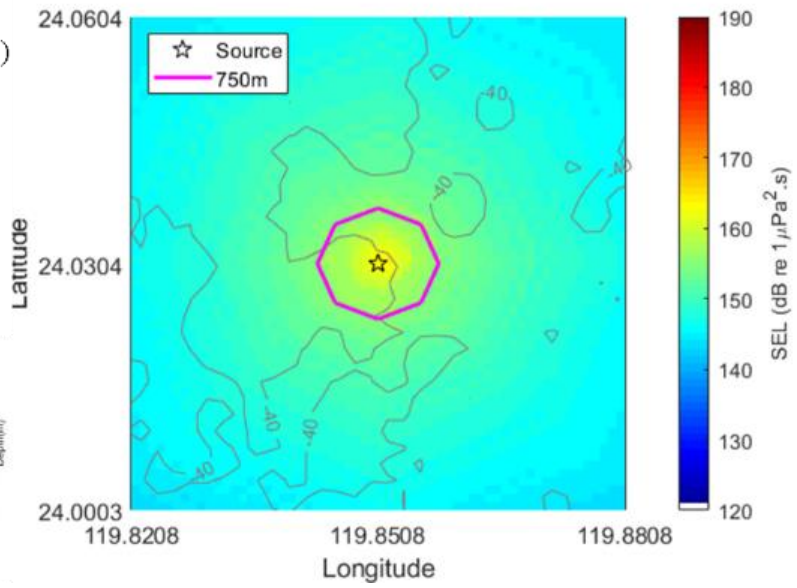
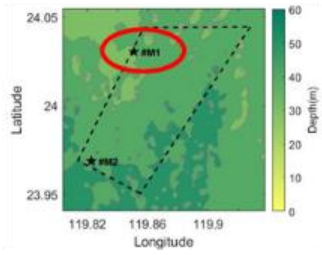


圖 6.1.3-2 M1~M2 點位打樁施工，距離 750 公尺之聲壓分布
(減噪前)

M1

(119°51.05', 24°1.821')
水深34.8公尺



M2

(119°49.36', 23°58.120')
水深44.2公尺

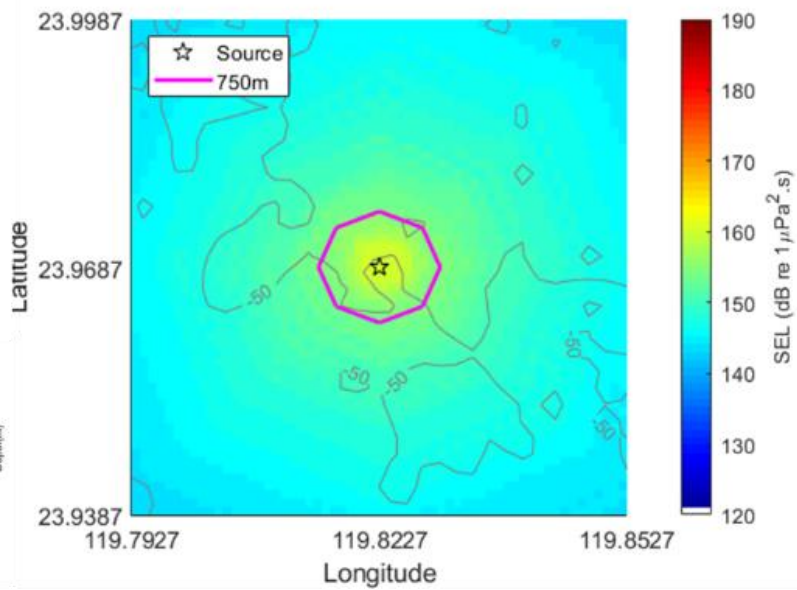
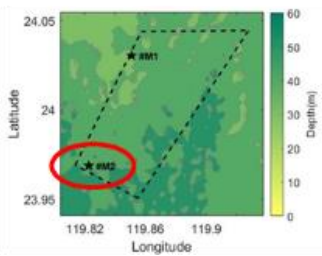


圖 6.1.3-3 M1~M2 點位打樁施工，距離 750 公尺之聲壓分布 (減噪後)

6.1.4 鳥類撞擊評估

一、鳥類遇到風場之國內外鳥類監測調查補充說明

綜整國內外監測調查研究案例，針對鳥類飛行於風場外圍及邊界、進入風場後之特性，說明如下：

(一) 鳥類於遠處會提前避開風場，僅少部分進入風場後仍會主動迴避風機

1. 根據英國鳥類信託組織(British Trust for Ornithology, BTO)之長期調查監測研究發現，99%海鳥在遇上風機群時，將改變飛行路徑避免撞擊。

2. 相關研究顯示，大部分鳥類在 5 公里距離處會注意到風場，在 3 公里距離處會發生偏轉 (Ib Krag Petersen et al,2006)。

超過 50% 鳥類會在 1~2 公里的距離內避免穿越風場 (Ib Krag Petersen et al,2006)，約 17% 會在風場邊緣飛行，僅約 3% 會至風場內飛行 (K.L. Krijgsveld et al,2011)。

3. 依據丹麥 Nysted、Horns Rev 風場鳥類雷達調查情形 (Final results of bird studies at the offshore wind farms at Nysted and Horns Rev, Denmark, 2006)，鳥類於距離風場遠處開始改變飛行方向，顯示鳥類會提前改變飛行方向以避開風場。詳如圖 6.1.4-1、圖 6.1.4-2 所示。Nysted、Horns Rev 風場規劃詳表 6.1.4-1，Nysted 風場採用於風場附近觀測塔裝設固定雷達進行觀測，Horns Rev 風場採用船載雷達進行觀測，調查時程詳表 6.1.4-2 所示。

其中丹麥 Nysted 風場之風機上攝影機經 2,400 小時運轉期間，未紀錄到鳥類碰撞情形，顯示少數鳥類飛行於風機周圍，仍會主動迴避。

4. 依據英格蘭 Thanet 風場鳥類雷達調查情形(ORJIP Bird Collision Avoidance Study, Final Report, 2018)，絕大部分鳥類會在看見風機陣列後，即改變飛行路徑，顯示靠近風場的鳥類，仍會改變飛行方向以避開風場。詳如圖 6.1.4-3 所示。

該調查亦顯示，少部分的鳥類若進入風場飛行，絕大多數鳥類(99.4%)會在風機之間即產生迴避，而不會在進入風機掃風範圍後才迴避。

5. 參考國外觀察鳥類迴避風機的行為研究(Effects of wind turbines and other physical elements on field utilization by pink-footed geese: A landscape perspective, Larsen and Madsen,2000)，鳥類通過單一風機及風機陣列迴避距離為 100 公尺，通過風機群落迴避距離為 200 公尺，詳如圖 6.1.4-4。

表 6.1.4-1 丹麥 Horns Rev 離岸風場、Nysted 離岸風場、王功風力發電站之風機佈置規劃

	Horns Rev風場	Nysted風場	王功風力發電站
單機容量(MW)	2	2.3	2.3
葉片直徑(m)	80	82.4	71
輪轂高程(m)	70	69	75
風機葉片運轉高度(m)	30~110	27.8~110.2	39.5~110.5
風機數量	80	72	10
總裝置容量(MW)	160	166	23
盛行風向風機間距(m)	560	850	500(南北向)
非盛行風向風機間距(m)		480	200(東西向)

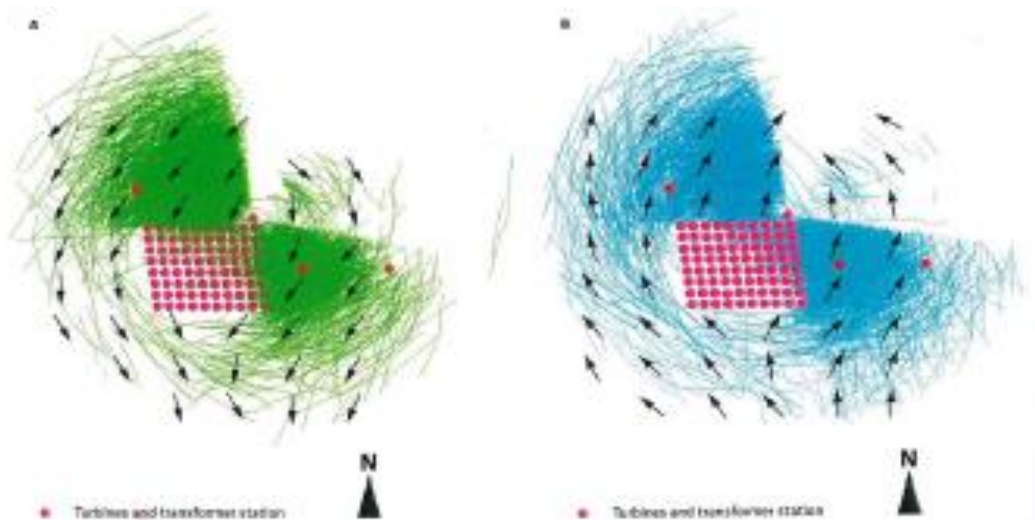
資料來源：

- 1.Petersen, I.K.; Christensen, T.K.; Kahlert, J.; Desholm, M.; Fox, A.D. (2006) Final Results of Bird Studies at the Offshore Wind Farms at Nysted and Horns Rev, Denmark.
- 2.<https://zh.wikipedia.org/wiki/王功風力發電站>。
- 3.臺灣電力股份有限公司，王功與永興風力發電計畫環境影響說明書，民國97年4月。

表 6.1.4-2 丹麥 Horns Rev 風場 2003~2005 年雷達調查時程一覽表

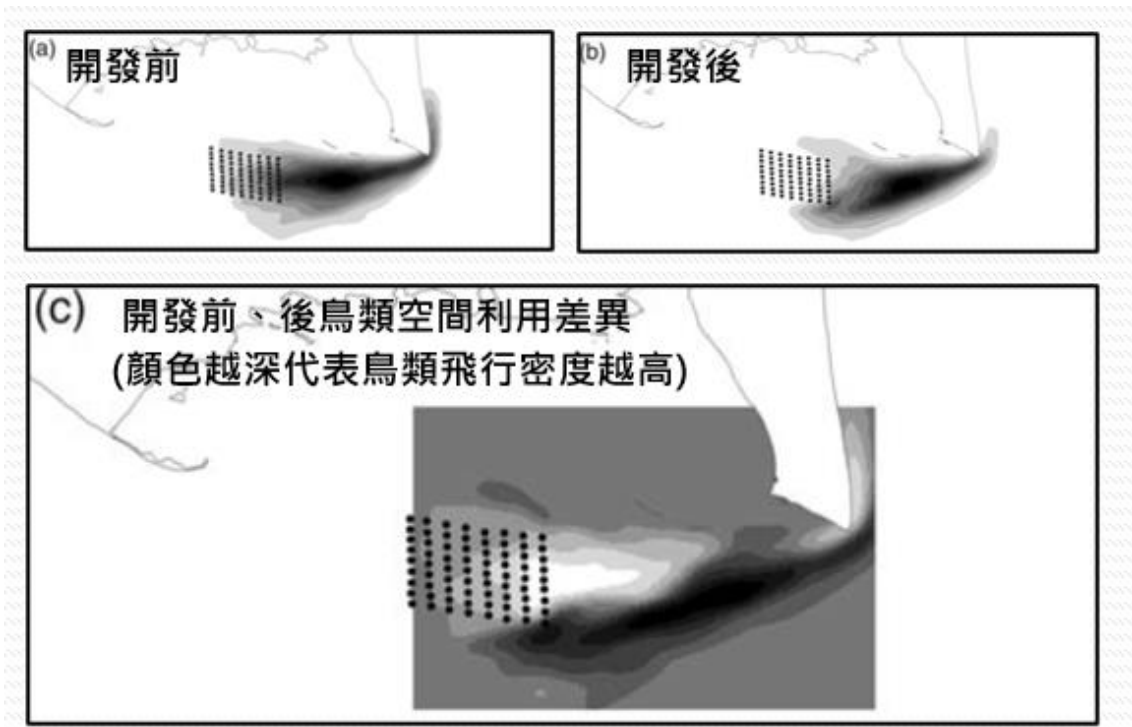
調查日期	調查時數	調查日期	調查時數
2003/8/6-8	7h53min	2005/3/8-11	22h45min
2003/8/25-29	32h20min	2005/4/20-24	34h15min
2003/10/13-16	39h20min	2005/5/10-13	24h15min
2003/11/11-13	32h45min	2005/5/25-27	17h45min
2004/3/24-27	24h45min	2005/8/16-19	37h0min
2004/4/19-22	24h55min	2005/9/20-22	5h30min
2004/5/11-14	34h30min	2005/10/18-19	20h45min
2004/8/31-9/1	23h0min	2005/11/22-24	28h0min
		2005/11/22-23&28	5h35min
合計			427h18min

參考資料：Petersen, I.K.; Christensen, T.K.; Kahlert, J.; Desholm, M.; Fox, A.D. (2006) Final Results of Bird Studies at the Offshore Wind Farms at Nysted and Horns Rev, Denmark. p26~28.



註 1：鳥類遇上風機群，將改變飛行路徑避免撞擊。

圖 6.1.4-1 丹麥 Horns Rev 風場(間距約 560 公尺)鳥類飛行路徑紀錄(營運期間)



註 1：鳥類進入風場將沿較寬之通道飛行。

註 2：(a)：開發前鳥類飛行密度；(b)：開發完成後鳥類飛行密度；(c)：代表(a)和(b)間的空間利用差異，深色代表較高的飛行密度，淺色代表較低的飛行密度。

資料來源：Desholm&Kahlert, 2005.

圖 6.1.4-2 丹麥 Nysted 風場(間距約 500 ~ 850 公尺)開發前後鳥類飛行密度紀錄(施工前、營運期間)

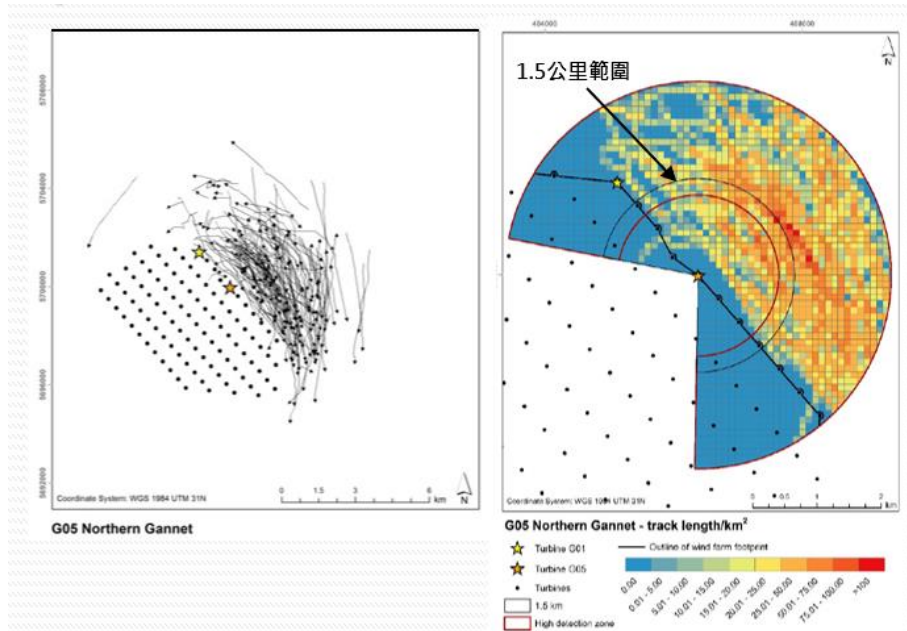
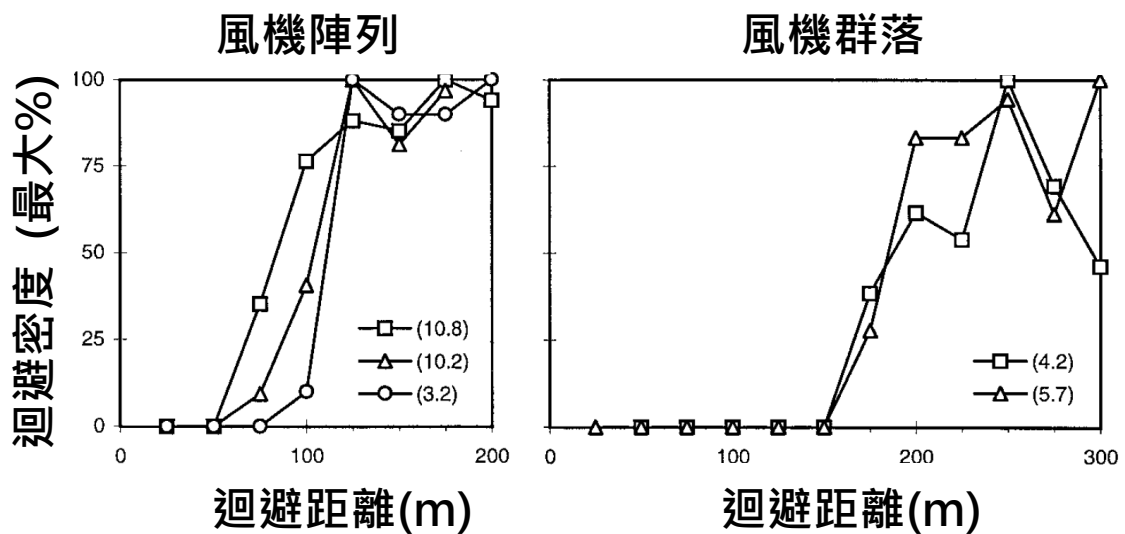


圖 6.1.4-3 英格蘭 Thanet 風場(間距約 500 ~ 800 公尺) 鳥類飛行路徑及飛行密度紀錄(營運期間)



資料來源：Effects of wind turbines and other physical elements on field utilization by pink-footed geese: A landscape perspective, Larsen and Madsen, 2000.

圖 6.1.4-4 風機陣列及風機群落的鳥類迴避距離

(二) 經國外監測案例顯示，鳥類飛行方向與大範圍廊道空間顯著相關

1. 依據丹麥 Tunø Knob 風場鳥類目視調查情形(Effects of wind turbines on flight behaviour of wintering common eiders: implications for habitat use and collision risk, 2007)，風場範圍及風機外 200 公尺、風機外 200~600 公尺鳥類數量比例分別為 23.6%、76.4%，顯示鳥類迴避風機約為 200 公尺，鳥類於飛行走廊(距風機約 200~600 公尺處)出現的頻率高，顯示鳥類飛行方向與大範圍廊道空間顯著相關。詳如圖 6.1.4-5 所示。
2. 依據瑞典 Yttre Stengrund 風場(間距約 400~500 公尺)鳥類雷達與目視調查情形(Influence of offshore windmills on migration birds-in southeast coast of Sweden, 2003)，由鳥類與最近風機距離(0~200 公尺)的累積頻率分佈可知，無論日間或夜間，距離風機越近，鳥類飛行頻率越少，觀察後亦未有碰撞情形。詳如圖 6.1.4-6 所示。

(三) 經國內監測案例顯示，留設鳥類廊道確實有利於鳥類飛行

1. 依據臺灣「王功風力發電計畫」鳥類雷達調查顯示，風機設置後，北堤(風機間距 200 公尺，淨間距 129 公尺)鳥類數量由 49%降至 17%，約 38%鳥類轉移至環評階段規劃預留之東側鳥類飛行廊道，顯示鳥類飛行路徑因風機開發而有轉移現象；另一部份則改由西堤進出(風機間距 500 公尺，淨間距 429 公尺)，約佔 34%，顯示已有充分空間提供鳥類飛行，與前述鳥類迴避風機情形相符，鳥類飛行已避開風機所在路線。詳如圖 6.1.4-7 所示，風場規劃詳表 6.1.4-1。
2. 另依據歷年監測結果，鳥類數量並未因風機運轉後有減少情形。

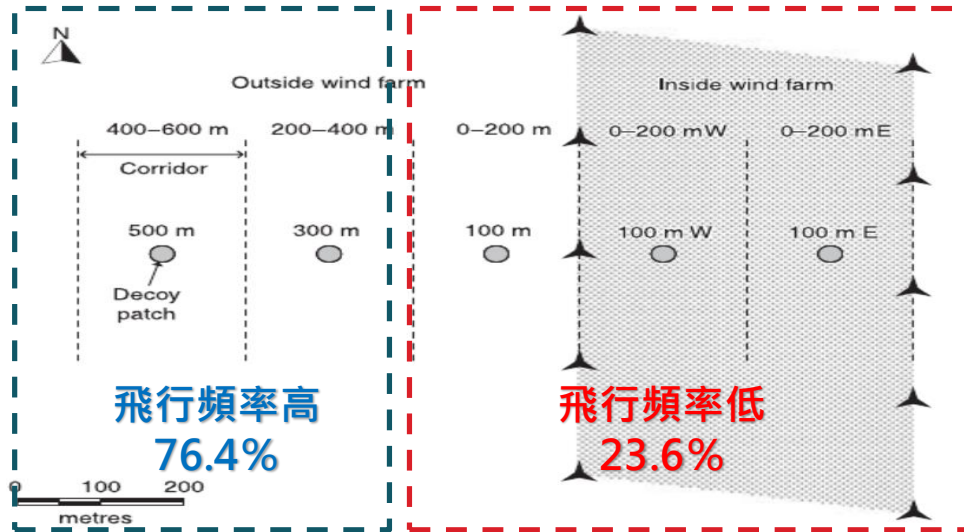


圖 6.1.4-5 丹麥 Tunø Knob 風場(間距約 200~400 公尺)鳥類與西側風機排觀測飛行頻率分布(營運期間)

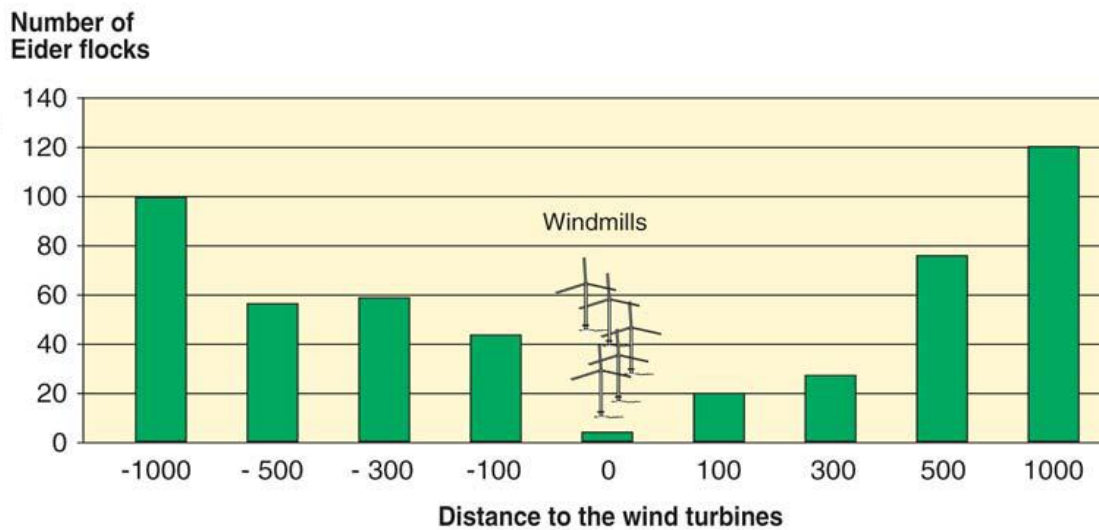


圖 6.1.4-6 瑞典 Yttre Stengrund 風場(間距約 400 ~ 500 公尺)鳥類與風機最近距離累積飛行頻率分布(營運期間)

風機間距500公尺
(淨間距429公尺)
不影響鳥類飛行

環說階段規劃預留之
鳥類飛行廊道，營運
後鳥類飛行比例
有增加趨勢



圖 6.1.4-7 王功風力發電站(北側間距約 200 公尺)開發前後鳥類飛行路徑(施工前、施工期間、營運期間)

二、鳥類撞擊評估方法

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：

(一) 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)。

(二) 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 (表 6.1.4-3、圖 6.1.4-8)，依風機規格而有所不同。

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

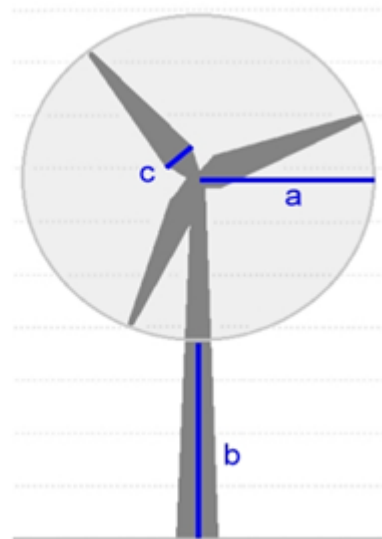


圖 6.1.4-8 進行 Band model 模擬所需之各項風機參數

表 6.1.4-3 海龍二號風場鳥類撞擊評估參數符號說明

風機規格參數						
b	風機扇葉數目	3				
Ω	風機旋轉角速度 (rpm)	11MW	8.6			
		15MW	6.6			
c	葉片最大寬度 (m)	5				
γ	葉片傾斜角度 (degree)	註 1				
R	旋轉區半徑 (m)	11MW	96.5			
		15MW	115			
r	旋轉區上任何一點至旋轉中心的距離(m)					
風場與環境參數						
N	風場內的風機總數量	11MW	48			
		15MW	35			
Q _{op}	一年中風機預計運轉的時間比例 ^{註 1}	0.95				
t _{day}	白天時間長度 (hr)	註 2				
t _{night}	夜晚時間長度 (hr)	註 2				
通用鳥類參數						
A	迴避率	0.98				
隨物種或類群而定鳥類參數		白眉燕鷗	鳳頭燕鷗	玄燕鷗	小燕鷗	魚鷹
L	體長 (m)	0.31	0.48	0.42	0.25	0.59
W	翼展 (m)	0.79	1.27	0.81	0.51	1.58
v	飛行速度 (m/s)	10.8	12.0	13.01	10.93	16.93
F	飛行行為參數	flapping				
D _A	日間鳥類密度(/km ²)	依兩風場實際調查而異，詳原環說表 6.1.4-4				
f _{night}	夜間鳥類活動密度(/km ²) ^{註 3}	1	1	1	1	0.5
Q _{2R}	飛行高度落在旋轉區的機率(%)	3.8	12.8	16	0.9	70.2

註 1：若缺乏資料，使用模式預設值或建議值。

註 2：根據風場緯度計算。

註 3：燕鷗夜間活動係數採用 1.0，係數 1.0 表其夜間活動和日間活動的占比是相當的。

2. 鳥類生物參數

進行撞擊評估需要鳥類的形質、飛行速度、飛行高度、夜間活動係數與迎風飛行比例、密度等資訊(表 6.1.4-3、表 6.1.4-4)。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。鳥類形質等資訊參考劉小如等 (2012) 與蕭木吉、李政霖 (2015)，鳥種或種群的飛行高度參考實際海上調查資料及 Johnston et al. (2014) 推導分布函數，以鳥類體重進行推估，夜間鳥類活動密度與迎風飛行比例 (proportion of flights upwind) 採用 Band Model 建議之預設值 (Band, W. 2012)，鳥類密度參考環說期間執行海上鳥類目視調查結果，經由距離抽樣(distance sampling) 估算日間鳥類密度(Buckland et al. 1993, McDonald et al. 2015)，夜間鳥類活動密度需參考不同鳥種的日夜活動比例進行評估，本計畫燕鷗類參考孫元勳教授針對澎湖鳳頭燕鷗進行衛星追蹤結果， f_{night} 參數採用模式最大值 1，代表夜間密度活動密度為日間的 100%，其餘鳥種在文獻中並沒有相同物種的 f_{night} 值可參考，因此 f_{night} 參數採用模式預設值 0.5，代表夜間密度活動密度為日間的 50%，鳥類飛行速度參考 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：

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

表 6.1.4-4 日間鳥類密度

單位：隻次/平方公里

鳥種	風場	Mar	Apr	May	Jul	Sep	Oct	Nov	Dec
白眉燕鷗	#18	0	0.04	0.16	0.24	3.56	0	0	0
	#19	0	0.20	0.08	1.66	1.53	0	0	0
鳳頭燕鷗	#18	0	0.19	0	0	0	0	0	0
	#19	0	0.07	0	0	0	0	0	0
玄燕鷗	#18	0	0	0	0	0.48	0	0	0
	#19	0	0	0	0	0.38	0	0	0
小燕鷗	#18	0	0	0	0.08	0	0	0	0
	#19	0	0	0	0	0	0	0	0
魚鷹	#18	0	0	0	0	0	0.01	0	0
	#19	0	0	0	0	0	0	0	0

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。計算式如下：

$$\text{Collisions} = N_p \times P_c \times Q_{op} \times (1-A)$$

A. 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：

$$\begin{aligned} \text{通過風機葉片旋轉區的鳥類總隻數 } (N_p) &= FL \times N \times t \\ &= \left(v \times \frac{D_A \times Q_{2R}}{2R} \right) \times N \pi R^2 \times (t_{\text{day}} + f_{\text{night}} \times t_{\text{night}}) \end{aligned}$$

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_{day} 和 t_{night} 則分別代表鳥類在白天與夜晚的活動時間，f_{night} = 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。

B. 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：

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

b 是單一風機的葉片數目， $\beta =$ 鳥類的展弦比 (i.e. l/w)， $\alpha = v/r\Omega$ 。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 $F = (2/\pi)$ 。

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 (P_c)，即：

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

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

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整理數種不同類群鳥種的迴避率，其中除了紅隼與白尾海鷗迴避率為 95%，其餘鳥種(包括多種猛禽)迴避率皆在 98% 以上，故此份指引建議，對於該指引中未列及的物種，可採用 98% 作為迴避率之預設值用於 Band Model 的模擬 (SNH, 2010 and 2018)。此外，Cook et al. (2014) 針對北方塘鵝與數種鷗科鳥種於海上飛行模式進行分析，亦顯示海鳥的迴避率都超過 98%。故本計畫進行 Band Model 的模擬時，針對缺乏相關資訊的鳥種採用 98% 的迴避率進行撞擊風險評估。

C. 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。

(三) 模擬結果

1. 單獨評估

本次變更所有鳥種均採用 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。原環說海上鳥類目視調查依據區域特性，規劃於春(3~5 月)、秋(9~11 月)候鳥過境期間進行每月一次調查，在夏季(7 月)與冬季(12 月)進行每季一次調查，全年共進行 8 次調查，並依此實際目視調查結果，進行全年度鳥類撞擊模擬評估。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。評估結果顯示，變更後 11 MW 及 15 MW 風力發電機組配置造成的鳥類撞擊數量低於原環說最大撞擊數量。其中，15MW 配置所造成的鳥類撞擊量又較 11MW 配置少。15MW 的風機，單支風機的旋轉半徑較大，葉片較寬，但其所需架設的風機支數較少，因此整體衝擊相對較小。

(1) 原環說

海龍二號風場於 0.98 的迴避率下，整體全年的最大撞擊數量估值為 111.6 隻。海龍二號風場保育類最大全年的撞擊數量估值分別約為玄燕鷗 12 隻、白眉燕鷗 40 隻和鳳頭燕鷗 1 隻。

(2) 本次變更

海龍二號風場於 0.98 的迴避率下，整體全年的撞擊數量估值介於 91.29~110.06 隻，詳表 6.1.4-5、表 6.1.4-6、圖 6.1.4-9、圖

6.1.4-10 所示。保育類最大撞擊數量估值說明如下：

A. 11MW 風機配置：0.98 的迴避率下，海龍二號風場保育類全年的撞擊數量估值分別約為玄燕鷗 11 隻、白眉燕鷗 40 隻和鳳頭燕鷗 1 隻。

B. 15MW 風機配置：0.98 的迴避率下，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 33 隻和鳳頭燕鷗 1 隻。

風機大型化時，由於風機旋轉面積增加，單部風機會使鳥類撞擊風險提高，但同時較慢的轉速又會降低撞擊風險。在總裝置容量不變的前提下，海龍二號機組數量由 56~63 部減至 35~48 部，風機陣列排數由 9~10 排減至 6~7 排，海龍三號風場機組數量由 53~78 部減至 34~46 部，風機陣列排數由 7~8 排減至 2~3 排，所需架設的風機數量減少，使得整體飛行空間增加，因此整體衝擊相對較小。此外，依據海龍二號、三號風場實際調查結果，飛行高度在葉片旋轉範圍以下(25 公尺)佔 83~93%，風機大型化時，風機高度增加，但與海平面最低距離不變，因此單部風機撞擊風險增加有限。

就鳥種而言，風場範圍內以繁殖海鳥（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（鱈形目為主）與遷徙性陸鳥（家燕為主）遭受風機撞擊的數量相當少。一方面是調查區域內部分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，不易遭受風機撞擊。

就月份分布而言，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。

就保育類鳥種而言，風場範圍共紀錄到玄燕鷗、白眉燕鷗與鳳頭燕鷗等 3 種二級保育類。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 4 月到 9 月均會發生，以 7 月及 9 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 9 月，

鳳頭燕鷗則集中在4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。

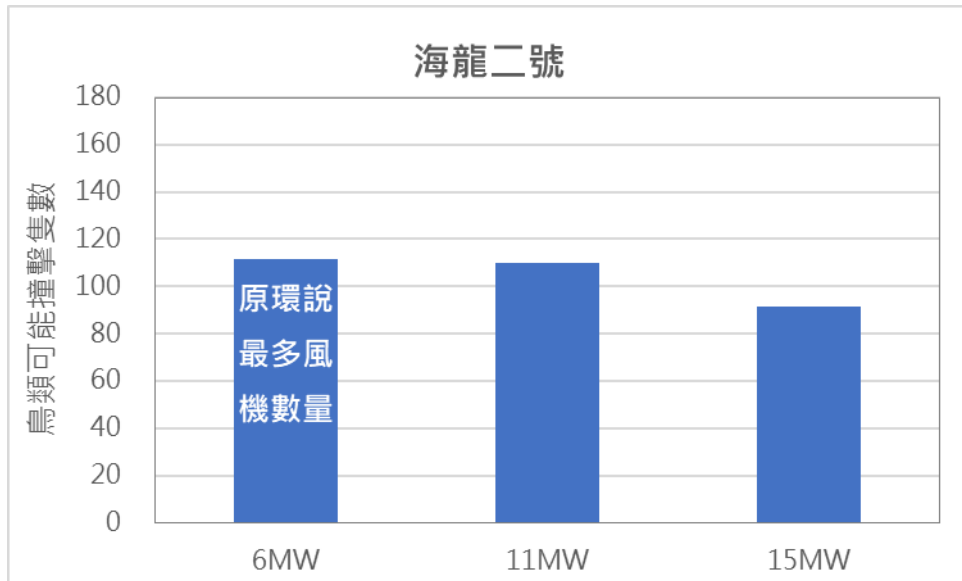


圖 6.1.4-9 海龍二號不同風機配置下整體鳥類年撞擊隻次

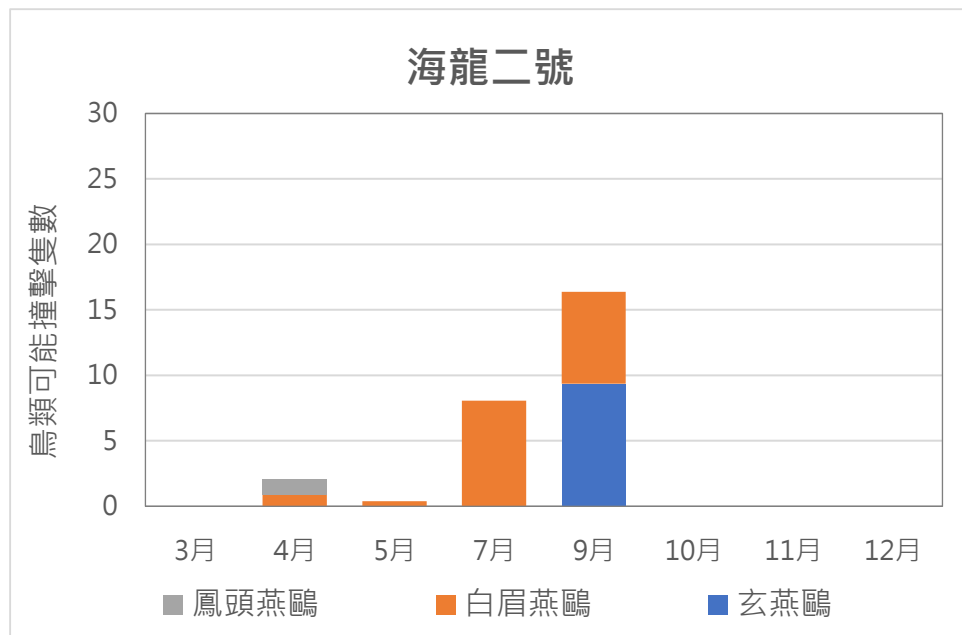


圖 6.1.4-10 海龍二號各月份各保育類鳥種之撞擊隻次 (迴避率 0.98)

表 6.1.4-5 海龍二號風機配置 11MW 時各物種各月之撞擊隻次

迴避率: 0.95											
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.	33.8								33.8
玄燕鷗	Brown Noddy	<i>Anous stolidus</i>					28.5				28.5
白眉燕鷗	Bridled Tern	<i>Onychoprion anaethetus</i>		2.9	1.2	24.6	21.3				99.1
黑腹燕鷗	Whiskered Tern	<i>Chlidonias hybrida</i>		17.0							17.0
燕鷗	Common Tern	<i>Sterna hirundo</i>					4.3	3.6			7.9
鳳頭燕鷗	Great Crested Tern	<i>Thalasseus bergii</i>		3.5							3.5
未知燕鷗	Unknown terns	Sterninae spp.					85.5				85.5
家燕	Barn Swallow	<i>Hirundo rustica</i>		<0.1							0.1
合計			33.8	23.4	1.2	24.6	139.6	3.6	0.0	0.0	275.4
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.	13.5								13.5
玄燕鷗	Brown Noddy	<i>Anous stolidus</i>					11.4				11.4
白眉燕鷗	Bridled Tern	<i>Onychoprion anaethetus</i>		1.2	0.5	9.8	8.6				39.5
黑腹燕鷗	Whiskered Tern	<i>Chlidonias hybrida</i>		6.8							6.8
燕鷗	Common Tern	<i>Sterna hirundo</i>					1.7	1.4			3.1
鳳頭燕鷗	Great Crested Tern	<i>Thalasseus bergii</i>		1.4							1.4
未知燕鷗	Unknown terns	Sterninae spp.					34.2				34.2
家燕	Barn Swallow	<i>Hirundo rustica</i>		<0.1							0.1
合計			13.5	9.4	0.5	9.8	55.9	1.4	0.0	0.0	110.1
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.	6.8								6.8
玄燕鷗	Brown Noddy	<i>Anous stolidus</i>					5.7				5.7
白眉燕鷗	Bridled Tern	<i>Onychoprion anaethetus</i>		0.5	0.3	4.9	4.3				19.9
黑腹燕鷗	Whiskered Tern	<i>Chlidonias hybrida</i>		3.4							3.4
燕鷗	Common Tern	<i>Sterna hirundo</i>					0.9	0.8			1.7
鳳頭燕鷗	Great Crested Tern	<i>Thalasseus bergii</i>		0.7							0.7
未知燕鷗	Unknown terns	Sterninae spp.					17.2				17.2
家燕	Barn Swallow	<i>Hirundo rustica</i>		<0.1							0.1
合計			6.8	4.6	0.3	4.9	28.1	0.8	0.0	0.0	55.4

表 6.1.4-6 海龍二號風機配置 15MW 時各物種各月之撞擊隻次

迴避率: 0.95											
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
未知鷗鴒類	Unknown shorebirds	Charadriiformes spp.	28.8								28.8
玄燕鷗	Brown Noddy	<i>Anous stolidus</i>					23.5				23.5
白眉燕鷗	Bridled Tern	<i>Onychoprion anaethetus</i>		2.3	1.0	20.3	17.6				81.8
黑腹燕鷗	Whiskered Tern	<i>Chlidonias hybrida</i>		14.2							14.2
燕鷗	Common Tern	<i>Sterna hirundo</i>					3.6	3.0			6.6
鳳頭燕鷗	Great Crested Tern	<i>Thalasseus bergii</i>		2.9							2.9
未知燕鷗	Unknown terns	Sterninae spp.					70.9				70.9
家燕	Barn Swallow	<i>Hirundo rustica</i>		<0.1							0.1
合計			28.8	19.4	1.0	20.3	115.6	3.0	0.0	0.0	228.7
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
未知鷗鴒類	Unknown shorebirds	Charadriiformes spp.	11.5								11.5
玄燕鷗	Brown Noddy	<i>Anous stolidus</i>					9.4				9.4
白眉燕鷗	Bridled Tern	<i>Onychoprion anaethetus</i>		0.9	0.4	8.1	7.0				32.5
黑腹燕鷗	Whiskered Tern	<i>Chlidonias hybrida</i>		5.7							5.7
燕鷗	Common Tern	<i>Sterna hirundo</i>					1.4	1.2			2.6
鳳頭燕鷗	Great Crested Tern	<i>Thalasseus bergii</i>		1.2							1.2
未知燕鷗	Unknown terns	Sterninae spp.					28.3				28.3
家燕	Barn Swallow	<i>Hirundo rustica</i>		<0.1							0.1
合計			11.5	7.8	0.4	8.1	46.2	1.2	0.0	0.0	91.3
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
未知鷗鴒類	Unknown shorebirds	Charadriiformes spp.	5.8								5.8
玄燕鷗	Brown Noddy	<i>Anous stolidus</i>					4.7				4.7
白眉燕鷗	Bridled Tern	<i>Onychoprion anaethetus</i>		0.5	0.3	4.0	3.5				16.4
黑腹燕鷗	Whiskered Tern	<i>Chlidonias hybrida</i>		2.9							2.9
燕鷗	Common Tern	<i>Sterna hirundo</i>					0.8	0.7			1.4
鳳頭燕鷗	Great Crested Tern	<i>Thalasseus bergii</i>		0.5							0.5
未知燕鷗	Unknown terns	Sterninae spp.					14.2				14.2
家燕	Barn Swallow	<i>Hirundo rustica</i>		<0.1							0.1
合計			5.8	3.9	0.3	4.0	23.1	0.7	0.0	0.0	45.9

2. 與鄰近風場累積效應影響模擬及評估

海龍二號、三號風場與鄰近大彰化離岸風力發電計畫(共 4 案)、海鼎離岸式風力發電計畫(共 3 案)等 9 個開發案，依據各案環說階段核定最多風機數量及海龍二號、三號風場新增較大單機容量 11MW、15MW 風機佈置規劃進行保育鳥類合併撞擊評估，變更後模擬評估結果與原環說比對，鳥類撞擊數量低於原環說最大鳥類可能撞擊數量。

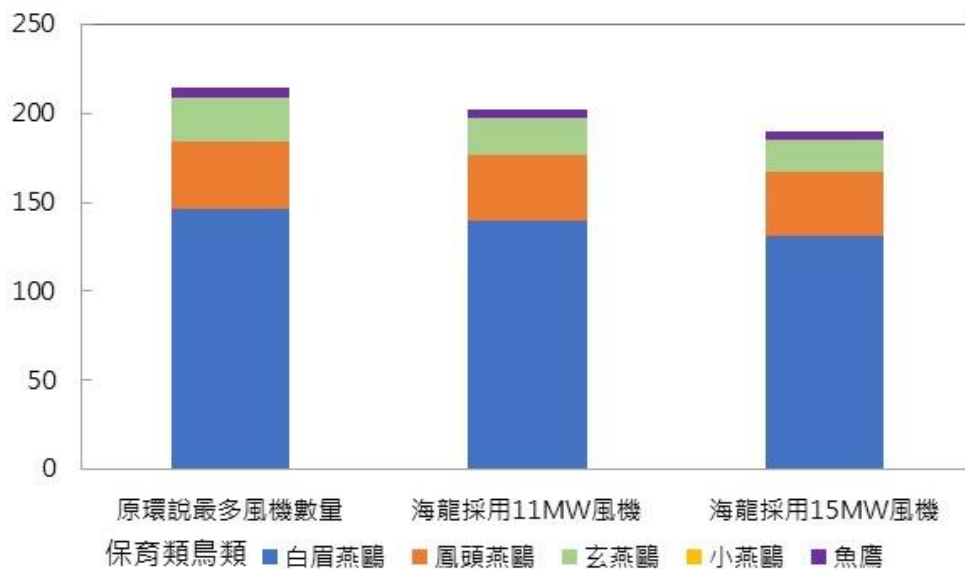


圖 6.1.4-11 彰化地區外海 9 塊風場最多風機數量配置下保育類鳥類之年撞擊隻次

(1) 原環說(均採用環說階段核定最多風機數量)

於 0.98 的迴避率下，保育類最大全年的撞擊數量估值分別約為白眉燕鷗 147 隻、鳳頭燕鷗 37 隻、玄燕鷗 24 隻、小燕鷗<0.1 隻、和魚鷹 6 隻。

(2) 本次變更(鄰近風場採用環說階段核定最多風機數量，海龍採大型化風機)

A. 海龍二號、三號風場採用 11MW 風機規劃、鄰近風場採用各案環說階段核定最多風機數量

於 0.98 的迴避率下，保育鳥類全年的撞擊數量估值分別約為白眉燕鷗 140 隻、鳳頭燕鷗 36 隻、玄燕鷗 21 隻、小燕鷗

<0.1 隻、和魚鷹 5 隻。

B. 海龍二號、三號風場採用 15MW 風機規劃、鄰近風場採用各案環說階段核定最多風機數量

於 0.98 的迴避率下，保育鳥類全年的撞擊量估值分別約為白眉燕鷗 132 隻、鳳頭燕鷗 36 隻、玄燕鷗 18 隻、小燕鷗 <0.1 隻、和魚鷹 5 隻。

3. 變更後整體鳥類飛行風險評估

鑒於國內外調查研究均顯示，大部分鳥類會主動迴避風場(50%~80%)，少部分在風場邊緣飛行(17%)，進入風場僅有 3%，進入風場後的鳥類絕大多數(99.4%)於風機間會自行迴避。換句話說，100 隻鳥中僅有約 3 隻會飛進風場，其中 99.4% 會自行迴避風機。

本計畫雖微調縮減風機間距，但改採大型化風機後，可大幅減少風機支數及排數，並留設一致性鳥類廊道，增加邊界退縮空間等(詳表 6.1.4-7 所示)，總體評估後，環境保護因應對策可符合鳥類飛行主要方向，減少鳥類飛行偏轉次數、故整體環境有利於鳥類飛行(詳圖 6.1.4-12 所示)，本計畫以海三留設鳥類廊道，並採盛行風向至少 1,158 公尺及非盛行風向至少 666 公尺之間距條件佈置，確可降低鳥類飛行所面臨之實際風險。

表 6.1.4-7 6MW 與 14MW 風場退縮空間及風機最小間距布置差異比較表(海龍二號、海龍三號)

比較項目	6MW		14MW		6MW 與 14MW 規劃差異	
	退縮距離	退縮面積	退縮距離	退縮面積	退縮距離	退縮面積
場址邊界	雙側 1,812m	41.44km ²	雙側 2,664m	66.42km ²	雙側 426m	+24.98 km ²
鳥類廊道	東西向 1,000m 南北向 2,000m		東西向 1,000m 南北向 2,000m		-	
直航航道	3,500m	41.13km ²	3500m	41.13km ²	-	-
總計	6,406m	82.57km²	6,832m	107.55km²	426m	+24.98km²
風機最小間距	6MW		14MW		6MW 與 14MW 差異	
非盛行風向	5D(≥755m)		≥666m		-89m	
盛行風向	7D(≥1,057m)		≥1,158m		+101m	
總計	1,812m		1,824m		+12m	

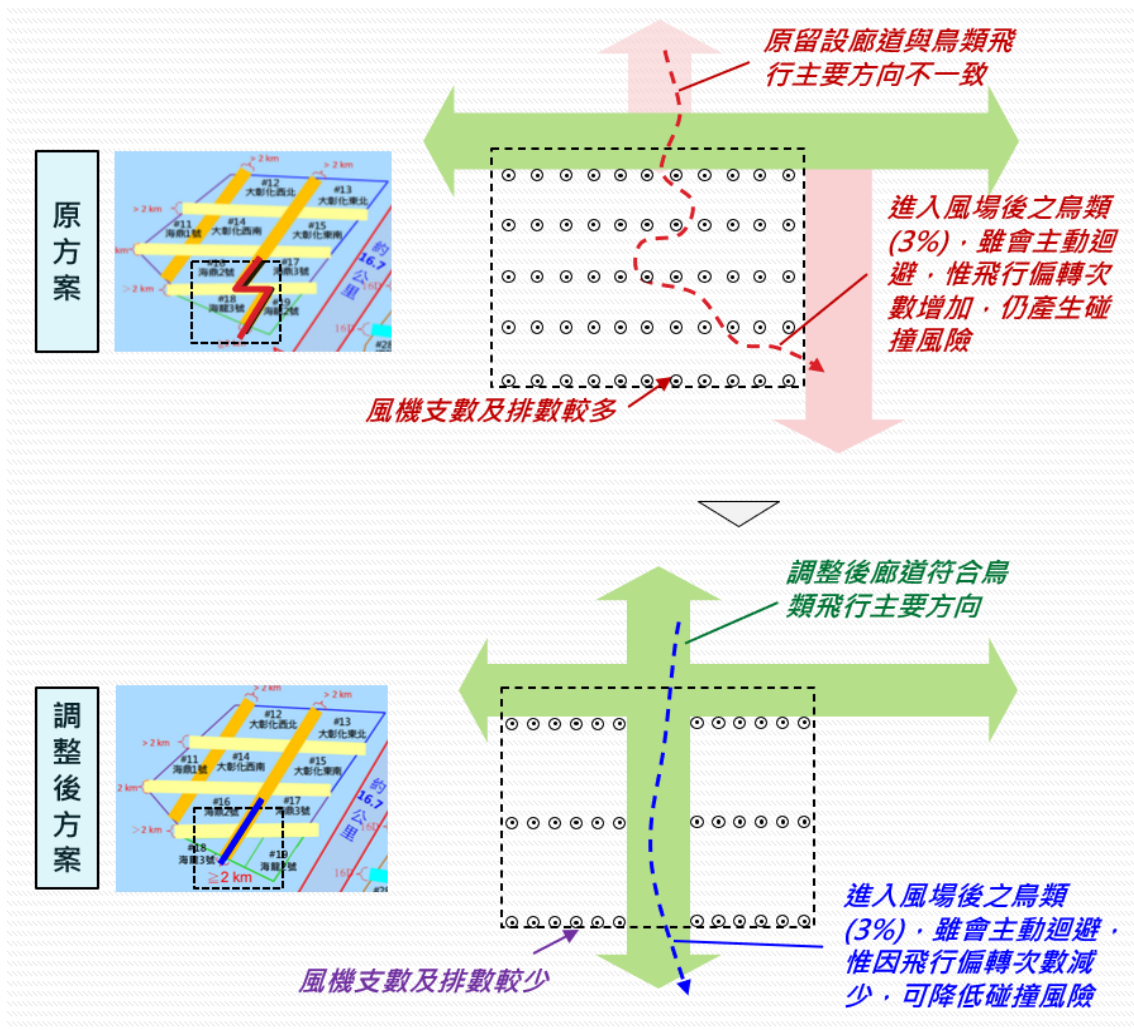
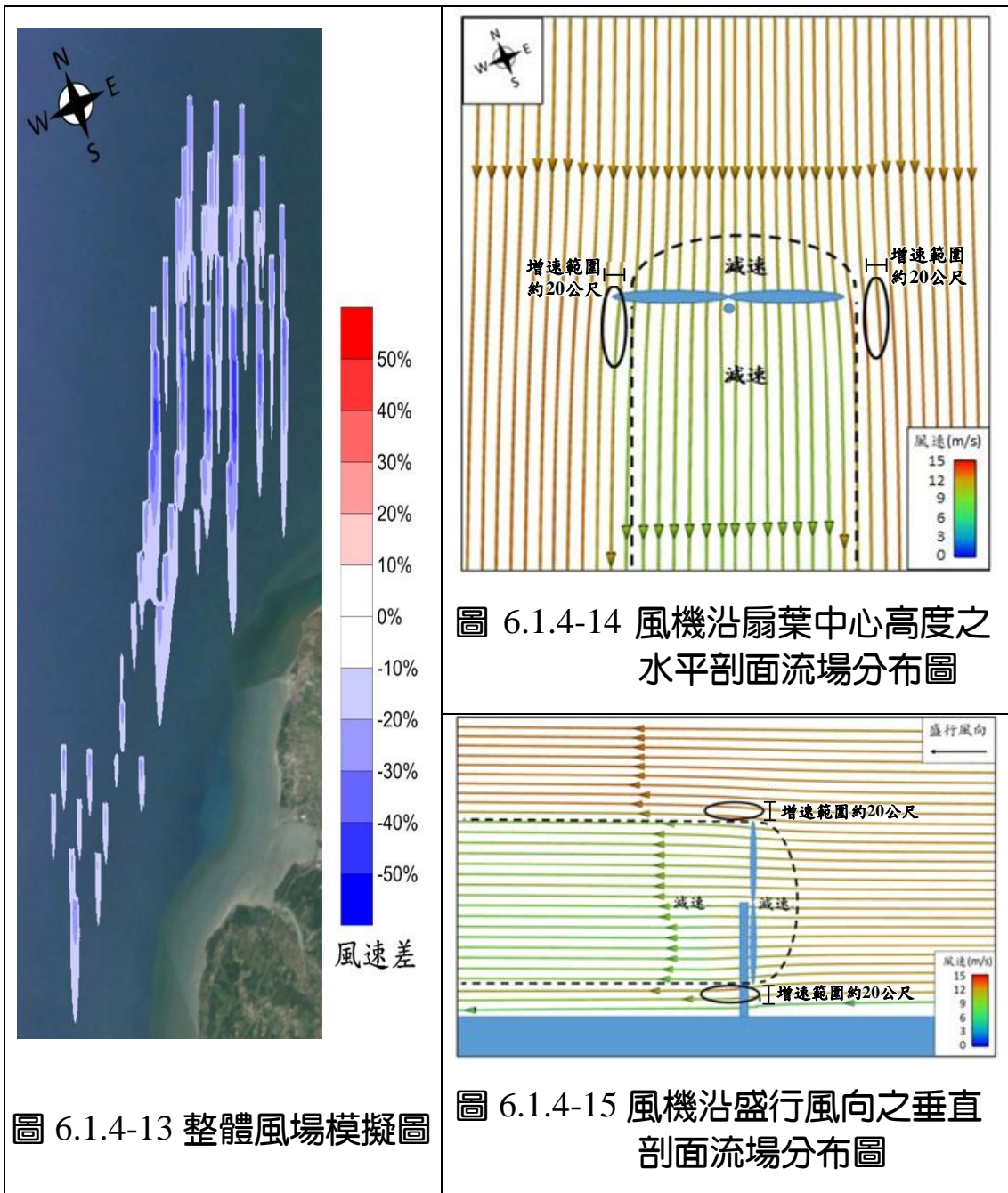


圖 6.1.4-12 鳥類廊道調整後對鳥類飛行風險評估比較

三、葉片間漩渦及末端氣流擾動影響及可利用空間檢核

參考「彰化雲林地區離岸式風力發電計畫環境影響調查報告書」中「葉片間漩渦及末端氣流擾動影響及可利用空間檢核」主要目標為了解風機旋轉時，於葉片間產生漩渦及氣流對鳥類的可能影響。

由於風力發電之原理係擷取環境風能，以轉化為電能輸出，為被動性的接受氣流的撞擊，進而造成扇葉轉動，因此會隨周遭環境風場之風速高低變化，驅動風機扇葉進行不同轉速之轉動。經模擬結果顯示，風機設置後對於整體風場的影響以減速為主(圖 6.1.4-13)，減速區域位於風機旋轉範圍、前方與後方，風能在風機扇葉前方約 40 公尺處已開始呈現減速現象(圖 6.1.4-14)；風機旋轉範圍外約 20 公尺區域有局部氣流擠壓，呈現增速現象(圖 6.1.4-15)；由此結果可證，鳥類倘飛行經過風機扇葉前方時，風機不會將鳥類吸入並撞擊扇葉。



四、分析實際風機尺寸、風機間距及鳥類大小關係

本計畫為分析實際風機尺寸、風機間距及鳥類大小關係，按等比例尺繪製如圖 6.1.4-16 所示，本次變更新增 11MW~15MW 大型化風機方案，風機最小間距為 666 公尺，以最有可能採用之 14MW 風機估算最小淨間距為 444 公尺，不小於國內外風場淨間距實例。經比對本計畫風機淨間距(444 公尺)及翼展 170 公分大型鳥群後，評估留設風機間距可提供鳥類於風機間飛行迴避空間。

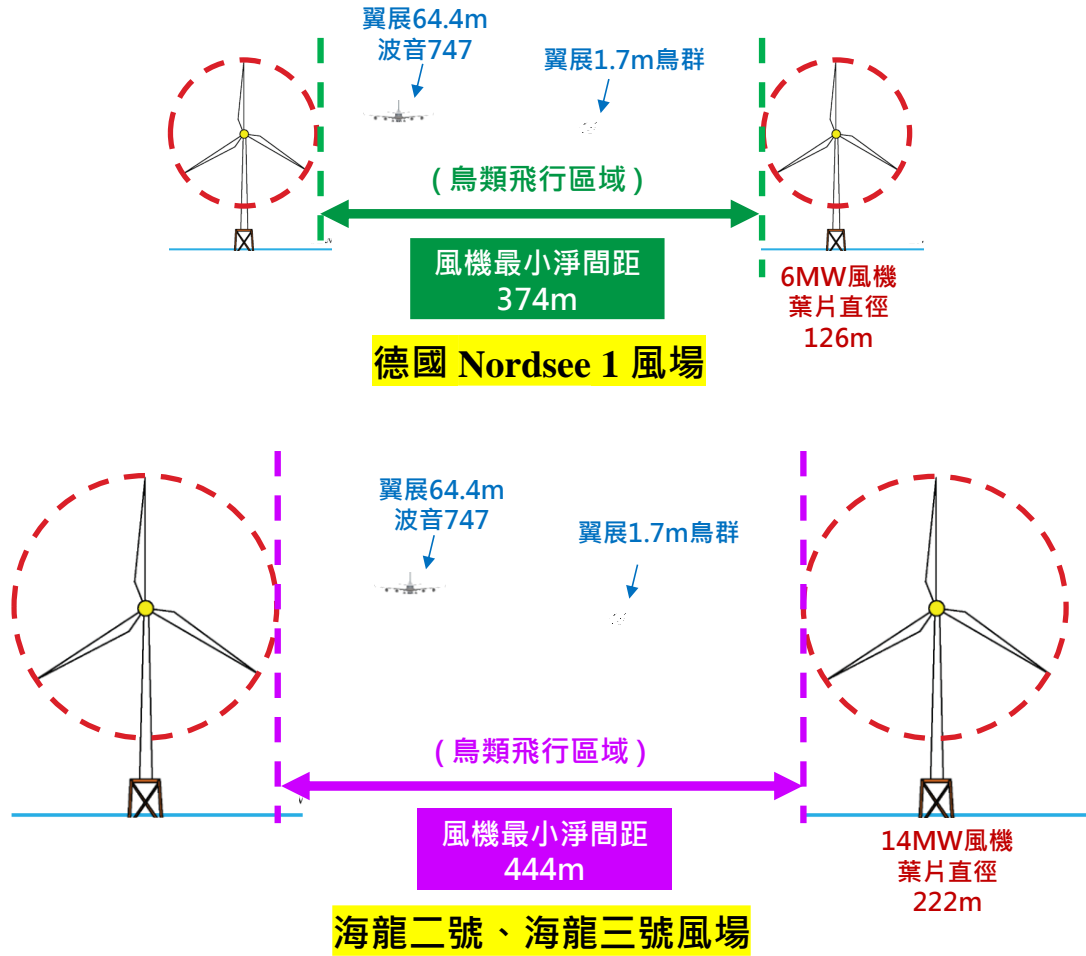


圖 6.1.4-16 海龍風場(14MW)及德國 Nordsee 1 風場(6MW)依實際風機尺寸按比例尺繪製之風機間距及鳥群大小對照圖

6.1.5 海域生態

本次變更新增大型化風機(11~15MW)，將減少風機實設數量，可減少開發面積、打樁噪音影響期間、海床懸浮固體擾動及底棲生態影響面積，降低對於海洋生態影響。機組基座大小由 25x25 公尺調整為 30x30 公尺，可提升聚魚效果。此外，由於變更前後均採用套筒式基礎，施工流程及施工時間並無明顯差異，僅施工時間將因海象、氣象及海域環境有所調整。說明如下：

一、降低海域開發規模

- (一) 減少風機打樁數量，可減少打樁噪音影響期間，降低對於海洋生態影響。
- (二) 實設風機數量降低，可減少海域點狀開發數量、海床懸浮固體擾動及底棲生態影響面積、底棲生態影響(表 6.1.5-1)。
- (三) 文獻顯示，水下基礎具有「聚魚效果」，本次變更機組基座大小由 25x25 公尺調整為 30x30 公尺，可微略提升聚魚效果。

表 6.1.5-1 本次變更新增大型化風機與原環說最多風機數量差異說明整理表

評估減輕項目	原風機方案 (6~9.5MW)	大型化風機方案 (11~15MW)	6MW 與 15MW 規劃差異分析
風機	56~63 部	35~48 部	最多減少 28 部
水下基礎	56~63 座	35~48 座	最多減少 28 座
基樁	224~252 支	140~192 支	最多減少 112 支
基座面積(m ²)	39,375	31,500	最多減少 7,875m ²
風機陣列排數	9~10 排	6~7 排	最多減少 4 排
打樁作業時間 (hr)	3.5hr × 252 = 882	4hr × 140 = 560	最多減少 322 小時
基樁直徑(m)	2.6~3.5 公尺	3.2~4.4 公尺	最多增加 1.8 公尺
樁體長度(m)	67~102 公尺	77公尺 (以平均值預估)	仍在原環說之規劃範圍內
入土深度(m)	65~100 公尺	75公尺 (以樁體長度平均值預估)	仍在原環說之規劃範圍內

備註：本表數值係為工程規劃平均值，實際量化數值將依工程細部設計及地質情況調整。

二、減少打樁作業水下噪音影響時間

打樁時將產生噪音或震波，將對近距離範圍內的海洋環境造成局部影響。本次變更新增 11MW~15MW 風機機組單支基樁從開始打樁到完成的時間平均約為 4.0 小時，原環說 6~9.5MW 風機打樁時間平均約為 3.5 小時(但仍取決於打樁點地質、地形條件及環境狀況)。經評估後，變更前後總打樁作業時間最多減少 322 小時，說明如下：

(一) 原環說(採最多風機數量 6MW 風機)

採用單支基樁打樁時間為 3.5 小時估算，原環說於採用 6MW 進行佈設情境下，總基樁數量共 252 支，整體打樁時間為 882 小時。

(二) 本次變更(採 15MW 風機)

採用單支基樁打樁時間為 4.0 小時估算，本次變更於採用 15MW 進行佈設情境下，總基樁數量共 140 支，整體打樁時間為 560 小時。

三、減少海床懸浮固體擾動及底棲生態影響面積

風機設置將會影響海床地貌，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，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，打樁結束後隨著海流的擴散在短時間內即可恢復正常。原環說 6.0~9.5MW 風機基座約為 25x25 公尺，本次變更新增 11MW 及 15MW 風機基座約為 30x30 公尺，變更後海龍二號、三號風場整體影響面積約可減少 26,025 平方公尺。

(一) 原環說(採最多風機數量 6MW 風機)

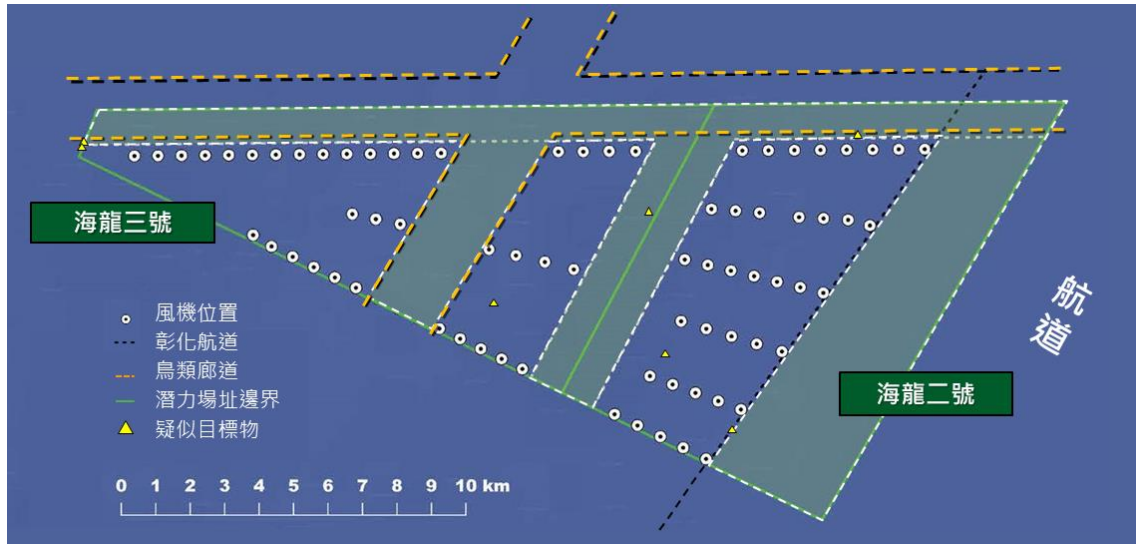
海龍二號、三號風場整體影響面積約為 88,125 平方公尺。

(二) 本次變更(採 15MW 風機)

海龍二號、三號風場整體影響面積約為 62,100 平方公尺。

6.1.6 水下文化資產

本次變更新增 11~15MW 風機配置規劃及海纜鋪設線路區位已參考「海龍二號、海龍三號離岸風力發電開發計畫-水下文化資產調查-水域細部調查(目標物區複查)成果報告書」避開疑似目標物，詳圖 6.1.6-1 所示。



資料來源：海龍二號、三號離岸風力發電開發計畫-水下文化資產調查-水域細部調查(目標物區複查)成果報告書，107 年 10 月。

圖 6.1.6-1 新增 11~15MW 風機配置規劃與疑似目標物套繪示意圖