

## 逢甲大學學生報告 ePaper

台灣海峽的綠色寶藏：離岸風電選址探討

Explore location of the wind field of green  
treasure in the Taiwan Strait Offshore wind  
farm

作者：張靖民、鍾秉宏、葉珉辰、楊茜涵、曹玉泠

系級：土木四甲

學號：D0638155、D0638524、D0638214、D0676720、D0610132

開課老師：黃亦敏

課程名稱：畢業專題

開課系所：土木工程學系

開課學年：109 學年度 第一 學期

## 中文摘要

離岸風電屬於再生能源之一，台灣離岸風電的建立已雛形，其中台灣海峽具備著發展離岸風力的潛能，使台灣擁有世界級優良風場。人人皆希望能藉由強勁的風力來幫助台灣的能源發展，達到永續環保的目的，想要建立如此美好的綠色環境，除了風機基礎的設計、風扇的設計這些結構上的探討以外，對於風機需要設置在何處也是一項重點，像是離岸風場建造的地區是否為最大可能的開發區域，或是離岸風場建設的地區是否會影響漁業民生，亦或是破壞環境的生態保育呢？因此本組針對風場選址這部分，擬研探討出離岸風場選址需要考慮的各項因素。

離岸風場選址需先劃定最大可能的開發區域，此開發區域需要評估的因素包含此地區是否為最佳風能區域，並擁有足夠的風力能夠做為替代能源，提供足夠的風力能源；另外電力系統的考量也為一項重點，需要評估此地區變電站的最大發電容量，以及自設變電站的地點和海底電纜線的選擇；而位於海底的水深及地質評估會影響此地區的風機基礎型式，以及風機基礎的局部淘蝕面積；其他的限制條件主要為自然生態是否遭到破壞，以及民生漁業是否受到影響；最後本組針對氣象局統整出的十大颱風移動路徑，以及颱風的風向作為此專題主要的探討對象，因台灣已有多架風機遭受颱風的侵襲破壞，為了避免風機繼續遭受破壞，而納入此要點作為重點討論的研究。

此次專題的主要探討對象共分為五個部分，第一部分為風力的評估，尋找最大可能的開發區域，第二部分為電力系統的考量，選擇開發區最經濟之變電站以及設備；第三部分為水深及地質的評估，探討開發區之地質及水深條件，以減少成本變動，第四部份為颱風造成的影響，研擬颱風對風場選址造成的影響，評估安全區域最後，第五部份為其他限制條件，主要分為海域生態、交通運輸，以及其他台灣設置風場條件，將其做一整理。

**關鍵字：**離岸風場、風力、颱風、水深、電力系統

## Abstract

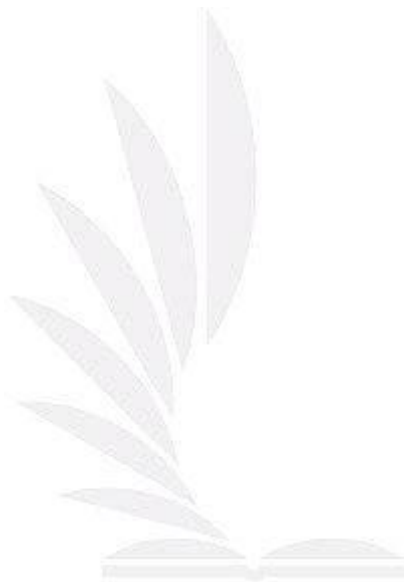
Offshore wind power is one of the renewable energy sources. The establishment of offshore wind power in Taiwan has taken shape. The Taiwan Strait has the potential to develop offshore wind power, enabling Taiwan to have a world-class wind farm. Everyone hopes that the strong wind will help Taiwan's energy development and achieve the goal of sustainable environmental protection. If you want to build such a beautiful green environment, in addition to the discussion on the basic design of the fan and the design of the fan, for Where the wind turbines need to be installed is also an important point, such as whether the area where the offshore wind farm is constructed is the largest possible development area, or whether the area where the offshore wind farm is constructed will affect the livelihood of fisheries and people, or damage the ecology of the environment Conservation? Therefore, this group aims at the site selection of wind farms, and plans to explore various factors that need to be considered in the selection of offshore wind farms.

The location of offshore wind farms needs to first delimit the largest possible development area. The factors to be evaluated for this development area include whether the area is the best wind energy area, and it has enough wind power that can be used as an alternative energy source to provide sufficient wind energy ; In addition, the consideration of the power system is also a key point. It is necessary to evaluate the maximum power generation capacity of the substation in this area, as well as the location of the self-built substation and the choice of submarine cable; and the water depth and geological assessment located on the seabed will affect the wind turbine foundation in this area The type and local erosion area of the wind turbine foundation; other restrictive conditions are whether the natural ecology is destroyed and whether the livelihood fishery is affected; finally this group focuses on the top ten typhoon movement paths compiled by the Meteorological Bureau and the typhoon Wind direction is the main object of discussion in this topic. Because Taiwan has already suffered damage from typhoons, many wind turbines have been damaged by typhoons. In order to prevent wind turbines from continuing to suffer damage, this point is included as a key research study.

The main subjects of this topic are divided into five parts. The first part is the assessment of wind power, looking for the largest possible development area, the second part is the consideration of the power system, and the selection of the most economical substation and equipment in the development zone; the third part In order to evaluate the water depth and geology, explore the geology and water depth conditions of the development zone to reduce cost changes. The fourth part is the impact of typhoons. The impact of typhoons on the site selection of wind farms is studied. The safe area is evaluated. Finally, fifth Some are other

restrictive conditions, which are mainly divided into marine ecology, transportation, and other conditions for setting up wind farms in Taiwan.

**Keywords:** offshore wind farm, wind force, typhoon, water depth, power system



## 誌 謝

本專題能夠順利完成，首先誠摯的感謝本組的專題導老師-黃亦敏教授，在黃教授的細心指導下，我們從不太了解專題題目的內容到全心投入去製作專題，這中間的過程黃教授占了很大部分的功勞，老師給予了我們許多的建議，在最初時，擬定了我們專題的走向，使我們有明確的方向可以順利的進行專題的製作；當我們在過程中遇到尋找圖資的困難時，老師與我們一起討論解決的辦法，並細心地替我們想了許多替代方案，使我們不至於因為一個挫折就需要變更已經完成的部分，最感謝老師的是他建議了我們選擇智慧城市與科技生活這堂課程，使專題製作的節奏可以跟著課程的進度走，且讓我們在期中和期末時多了兩次練習報告的機會，並獲得了許多教授寶貴的建議，使我們了解還有許多進步的空間。

另外，非常感謝每一位組員，因為大家的齊心協力，才能完成本專題，一開始最難解決的是討論的時間，每一位組員的修習的課程都不大相同，很難配合每一個人空閒的時間，但慶幸的是組員的配合度都很高，有些組員願意為了討論專題而犧牲自己的事務，來配合大多數組員的時間，這讓我們很快的解決了這個部分的問題；還需特別感謝的是大家都有各司其職，努力做好自己負責的部分，每當有組員負責的部分出現困難，或是對於他人做的結果有疑問時，大家都能一同解決並且適當的提出建議；團隊合作即是如此，當共同做出的作品被評論負評時，絕不是負責那部分的組員需要去承擔，而是整個團隊都須為共同的作品負起責任，互相督促、提供良好建議去做適時的討論，都是使本組能夠順利的完成，並呈現心目中最理想的專題報告來供大家參閱的因素。

最後要感謝的是班上為本組提供建議的同學，以及幫助本組使用軟體的學長姐們，感謝你們撥出自己的空閒時間，仔細聆聽本組所遇到的困難，並給予了本組許多信心，以及操作軟體技術上的指導，沒有你們，本組很難這麼順利的完成專題的製作。

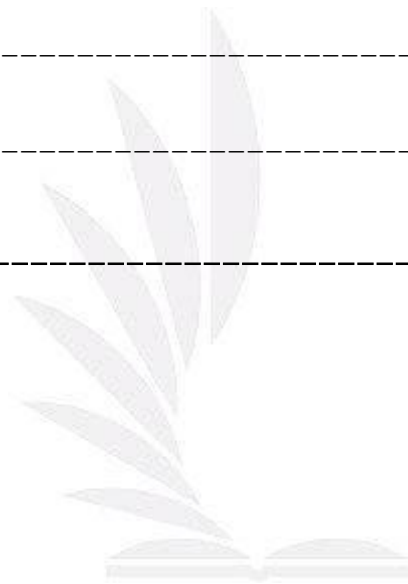
非常感謝每一位幫助過本組完成專題的老師、同學、學長姐們，謝謝你們每一位給予的幫助，這才成就了本組此次的專題。

# 目錄

中文摘要	1
ABSTRACT	2
誌謝	4
目錄	5
圖目錄	8
表目錄	9
第一章 緒論	10
1-1 研究動機及背景	10
1-2 研究目的	11
1-3 問題描述	12
1-3-1 風能區域	12
1-3-2 電力系統	12
1-3-3 水深及地質	12
1-3-4 十大颱風路徑	12
1-3-5 其他限制條件	13
第二章 文獻探討	14

2-1 建設離岸風場基本選址條件	14
2-1-1 風能資源條件	14
2-1-2 電力系統選擇	15
2-1-3 水深及地質條件	16
2-1-4 其他限制條件-環境因素	17
2-2 颱風對離岸風場選址的影響	21
2-2-1 影響台灣的十類颱風路徑	21
2-2-2 目前台灣風機被颱風破壞之因素	23
2-2-3 台灣風機被颱風破壞之案例說明	24
2-3 總結	28
<b>第三章 研究設計與實施</b>	<b>29</b>
3-1 研究架構	29
3-2 研究流程與方法	30
3-2-1 了解離岸風場基本組成	31
3-2-2 考量離岸風場選址因素	32
<b>第四章 實證結果與分析</b>	<b>33</b>
4-1 解析實驗數據	33
4-1-1 有利圖資	33

4-1-2 不利圖資	37
4-2 應用 QGIS 繪圖	39
4-3 利用 ARCGIS 分析條件	43
4-4 實驗結果的意義與結論	45
4-5 實驗結果比較	46
<b>第五章 結論與建議</b>	<b>49</b>
5-1 研究結論	49
5-2 研究建議	49
<b>第六章 參考文獻</b>	<b>50</b>





## 圖目錄

圖 2-1 白海豚棲息範圍.....	18
圖 2-2 颱風十大路徑.....	22
圖 2-3 蘇迪勒颱風-高美濕地.....	24
圖 2-4 蘇迪勒颱風-石門發電站.....	25
圖 2-5 梅姬颱風-高美濕地.....	26
圖 2-6 梅姬颱風-高美濕地.....	27
圖 3-1 研究架構圖.....	29
圖 3-2 研究流程圖.....	30
圖 3-3 離岸風場基本組成.....	31
圖 3-4 離岸風場選址考量.....	32
圖 4-1 風能密度.....	33
圖 4-2 等深線.....	34
圖 4-3 海底纜線.....	35
圖 4-4 十二海浬線.....	36
圖 4-5 軍事火砲射擊區域.....	37
圖 4-6 其他不利因素.....	38
圖 4-7 台灣底圖.....	39
圖 4-8 海底纜線.....	40
圖 4-9 等深線.....	40
圖 4-10 軍事火炮射擊區域.....	41
圖 4-11 風能密度圖層.....	42
圖 4-12 本組分析結果.....	45
圖 4-13 本組分析結果.....	46
圖 4-14 風力地理資訊網預判場址.....	47

## 表目錄

表 4-1 分析結果	-----44
表 4-2 實驗結果分析	-----48



# 第一章 緒論

台灣海峽具備發展離岸風力的潛能，使台灣擁有優良條件開發風場，受到外界相當看好發展潛力；離岸風電除了能促進台灣能源發展，也能達到永續環保的目的，但除了風機本身的設計以外，風場的選址地點也是相當重要，該如何選擇？該考量何種因素？才能使決定的區域開發後達到最有利的目的。

## 1-1 研究動機及背景

離岸風電屬於再生能源之一，風場的建構主要由離岸風機、海底基樁、連結件、海上變電站、海底纜線、路上電纜以及路上變電站所組成，收產出的電力將會透過海上變電站收集且升壓之後，藉由海底電纜傳輸至路上電纜，最後並聯至台電設置於各地的路上變電站提供能源。

台灣離岸風電的建立已雛形，其中台灣海峽具備著發展離岸風力的潛能，使台灣擁有世界級優良風場，而被外界大大看好發展潛能，知名離岸風場統計公司 4C Offshore 表示，全世界最好的前十八個離岸風場當中就有十六個在台灣海峽。台灣因地形優勢，位於中央山脈與中國福建武夷山之間的狹道地形，蘊含著強勁的東北季風，從桃園、新竹、苗栗、台中到彰化等西部沿海地區均蘊藏豐富的風能，其中彰化外海地區為建設風場最佳的地區。

人人皆希望能藉由強勁的風力來幫助台灣的能源發展，達到永續環保的目的，想要建立如此美好的綠色環境，除了風機基礎的設計、風扇的設計這些結構上的探討以外，對於風機需要設置在何處也是一項重點，像是離岸風場建造的地區是否為最大可能的開發區域，或是離岸風場建設的地區是否會影響漁業民生，亦或是破壞環境的生態保育呢？花了大把人民稅金去建造是否會沒有達到期望的目的，反而白忙一場甚至本末倒置呢？所以本組針對這個部分，擬研探討出離岸風場選址需要考慮的各項因素。

## 1-2 研究目的

離岸風場選址需先劃定最大可能的開發區域，此開發區域需要評估的因素包含此地區是否為最佳風能區域，並擁有足夠的風力能夠做為替代能源，針對這個部分，我們參考了美國國家再生能源實驗室 NREL-風力資源分級表，並依此數據劃分出風力能源優良及不良的地區，依此初步評估出離岸風場最大可能開發的地區位於何處，能夠提供足夠的風力能源；另外電力系統的考量也為一項重點，需要評估此地區變電站的最大發電容量，以及自設變電站的地點和海底電纜線的選擇；而位於海底的水深及地質評估會影響此地區的風機基礎型式，以及風機基礎的局部淘蝕面積；其他的限制條件主要為自然生態是否遭到破壞，以及民生漁業是否受到影響；最後本組針對氣象局統整出的十大颱風移動路徑，以及颱風的風向作為此專題主要的探討對象，因台灣已有多架風機遭受颱風的侵襲破壞，為了避免風機繼續遭受破壞，而納入此要點作為重點討論的研究。

根據上述各項考量因素，本專題研究的目的可分為以下幾點：

- 1.利用風力資源分級表，初步評估出台灣各地區風能密度足以達到建設離岸風場資格者。
- 2.研討各項台灣離岸風場設置須遵守條件並加以規劃，例如：海底纜線、等深線、十二海浬線、軍事火炮射擊區.....等限制。
- 3.針對台灣交通部之船舶航線路徑相關資料以及錨泊區，擬定合適的建設風場區域。
- 4.針對白海豚棲息地環境保育問題，避開其生存空間，擬定合適的建設風場區域。
- 5.針對漁業民生區居民經濟保障問題，避開其經營空間，擬定合適的建設風場區域。
- 6.針對氣象局時大颱風路徑侵台機率、移動路徑、風向.....等有關颱風可能造成離岸風場遭受破壞之原因進行研討對策。

## 1-3 問題描述

### 1-3-1 風能區域

台灣海峽的風力強勁，尤其是在冬季東季風時擁有強大的風力能源，平均的風速愈快則風能愈高，離岸風場的開發區域風速及風能密度必須為最強大的地區，因此本組需參考各項資料，並初步評估出台灣位於哪一地區擁有最適合開發離岸風場的風力條件。

### 1-3-2 電力系統

由於國內電力系統目前使用為交流電系統，所以需要經過併聯的技術，將風場產生的能源併入當地的電網系統中，由此可知電網的併聯點為重要的考量因素；另外，風場所產生的能源為不穩定能源，為求品質穩定，不可直接將此電源併入電網中，必須在併聯至電網前架設變電站，而自設變電站須考量的重點為電壓的選擇、變電站的最大發電容量、地點選擇；最後關於海底纜線的選擇也是電力系統需考慮的一項重要因素。

### 1-3-3 水深及地質

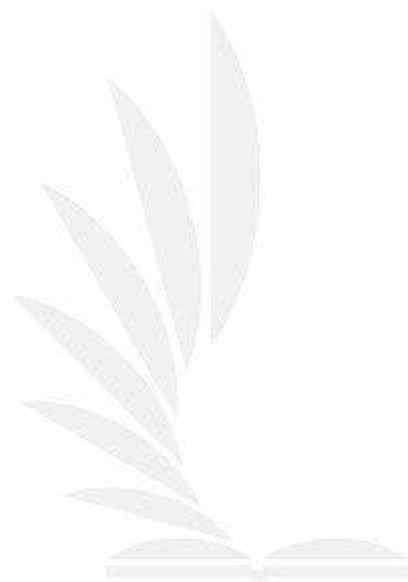
離岸距離以及水深和地質主要影響離岸風場的成本，水深若愈低則愈能減少成本，台灣的西部海域因為雲林、彰化地形隆起，所以水深大部分小於一百公尺，且地質多為砂質；而南端的墾丁則屬於岩質海域，地形水深變化較大，離岸約五公里處，水深已經達到兩百公尺以上，因此風機在不同的區域就要選擇不同的基礎型式。水深及地質除了影響風機基礎的選擇造成成本上的影響以外，亦會影響風機基礎鄰近的局部面積之淘蝕。

### 1-3-4 十大颱風路徑

颱風為台灣沿海最常見的災害天氣，颱風的特色為影響範圍廣、平均風速大、湍流速度高、風向變化快、持續時間長，對離岸風機有驚人的破壞力，台灣已有多架風機遭受颱風的破壞，因此針對颱風的各項行為深加討論離岸風場的開發區域是否會因為颱風而受到限制。

### 1-3-5 其他限制條件

除了風力、電力、水深及地質這些重點因素需考量以外，關於漁業民生的區域、白海豚棲息區、船舶航線、海域設施是否會因為離岸風場的開發而遭受影響，也是必要考慮的因素。



## 第二章 文獻探討

### 2-1 建設離岸風場基本選址條件

設置離岸風場選址的基本考量條件主要可以分為四項，分別為風能資源條件、電力系統的選擇、水深及地質的條件，以及其他的限制條件，其他限制條件主要為環境考量的評估。

#### 2-1-1 風能資源條件

由於台灣海峽特殊的狹長地形為台灣帶來了強勁的風力資源，使得台灣擁有開發離岸風場的絕佳條件，但要在台灣開發離岸風場，應該選擇台灣的哪一地區呢？既然利用的自然能源是風力，想必最重要的考量條件是風力，應該選擇台灣風力最強大、風能密度最高的地區。

『台灣西部沿海及外島之澎湖；南部墾丁及蘭嶼沿海，於八十公尺高之風速年平均風速多可達每秒 5~6 公尺以上，以及風能密度可以達到 750~850W/m<sup>2</sup> 以上』(台灣世曦工程顧問股份有限公司，2014)，由此可知台灣的風力資源的確相當充裕，還足以獲得知名離岸風場統計公司 4C Offshore 對台灣開發離岸風場的肯定。另外，根據台灣經濟部能源局的分析結果得知，於 5~20 公尺水深的淺海區域，風能可開發量約 1200MW，20~50 公尺水深之深海區域，可開發量竟能達到 5000MW 以上，自然的風力資源能帶給台灣再生能源的發展潛力實在不容小覷。

『在水深 10~50 公尺的範圍內可裝置 3407 台風機，額定發電功率約 1202GW，每年可產生約 445.89 億度電』(第 34 屆海洋工程研討會論文集 國立成功大學，2012)這是成功大學利用 WAsP 以及 WindFarm 兩種軟體經過化算得知的結果。即使台灣蘊藏的強大風能能夠帶來許多優勢，但別忘了除了需要考慮風對於台灣帶來的好處以外，也要考慮風的特性對於台灣建設離岸風場是否有其他重大影響，像是風速、風向、風切這些風的特性，皆會對風機的類型、風機布置、發電量.....等等的設計影響重大，但由於本專題是以選址作為探討對象，因此設計部分的影響不多加贅述。

多篇論文當中探討出的結果或是研討對象皆是台灣西部沿海地區，蘊藏著最豐富的風能，尤其是彰化、雲林一帶，這個部分資料非常詳盡，人人皆知道，不過，雖然風是開發風場首要考量的因子，但最終開

發風場的可行性仍在於基礎設施、施工技術、工程團隊、開發成本等考量上(工業技術研究院 綠能所, 2014), 並不是單純依仗著台灣擁有的天然條件優勢就能決定開發選址的一切。

## 2-1-2 電力系統選擇

一座風場建立後, 該如何達到目的, 如何有效的利用風力所產生的電能, 滿足每個家庭用戶的用電需求呢? 勢必是需要依靠電纜來傳輸。從風場製造出電力後傳輸至家庭用戶的整個流程是海上的風力游風機從動能轉換為電力之後, 透過海底纜線傳送至海上變電站升壓, 再利用輸出的海底纜線與陸上的電纜傳輸至陸上變電站降壓或升壓, 最後再併入電網將電力輸配到每個家庭用戶『一但少了任何一項設備, 這趟電力之旅就沒辦法順利完成』(安能亞太有限公司, 2019)每一項環節都非常重要, 不可缺少, 其中風場所產生的能源沒辦法直接傳輸至電網提供給家庭用戶使用, 還需透過變電站來升壓的原因是因為風場所產出的電能為不穩定的能源, 為了保全品質穩定以及安全性, 所以才需要透過變電站的幫助進行升壓的步驟(台灣世曦工程顧問股份有限公司, 2014)。而設置變電站又需要考量三項要素, 第一項為海底電纜的選擇, 其選擇的依據需要依照風場的規模來做決定, 其中包含了設置的經濟成本考量以及施工的難易程度; 第二項為變電站的發電能量, 目前台灣每一座風場最適當的發電容量為 200MW, 因此電力系統所採用的海底纜線規格場內為 33kV 而輸出為 161Kv, 也就是變電站的匯入電壓為 33Kv, 匯出的電壓為 161Kv; 第三項為地點的選擇, 主要的考量因素為風場與陸上併聯點變電站的距離, 倘若風場距離併聯點超過二十公里則以設置海上變電站為較佳的選擇, 反之風場若距離併聯點二十公里以內, 那就以設置陸域變電站為較經濟之選擇(台灣世曦工程顧問股份有限公司, 2016)。

離岸風電相較於其他產統能源產業來說, 還算是在剛起步的時期, 要發展完全還有一大段漫長的路要走, 離岸風場的裝置有 7.5% 的成本結構皆是用於變電站、電纜系統……等等電力系統的設備, 因此若要大幅提高成本經濟的效益, 可在電力系統設備的選擇上多加琢磨研究。

回歸正題, 電力系統的選擇和風場的選址究竟有何關聯呢? 上述提過風場與併聯點距離會影響變電站應該選擇陸域亦或是海域, 我們都知道陸域變電站相較於海域一定較為經濟, 因海上變電站長期位於風浪、高溫、高鹽害……等等劇烈腐蝕嚴重的環境, 因此在建設、運行以及維護的成本都相較於陸域變電站還要高出許多, 所以風場選址在電



力系統這一部分考量的重點即是與併聯點的距離，以降低在電力系統設備上的成本損失，提高經濟效益。

### 2-1-3 水深及地質條件

水深及地質對離岸風場開發主要的影響亦是經濟成本，地質的不穩定性常為離岸風電成本上最大的變動因素，水深若是越低就越能減少成本，台灣西部沿海地區大部分的水深皆小於一百公尺的深度，且地質大多為砂質，主要原因為雲林以及彰化一帶的地形隆起，相較之下，南端墾丁的岩質海域，地形及水深就較為不穩定，離岸約五公里的地方，水深就高達兩百公尺以上(台灣世曦工程顧問股份有限公司，2014)；風機位於不同的地區所要面臨的地質條件以及水深都不同，因此需要配合每一個地區的特質來選擇合適的風機基礎型式，風機基礎的型式可以分為兩大類，分別為固定式以及浮式，浮式主要設置於水深較深的地區，而固定式依據各個地區不同的水深以及地質條件有可細分為多種型式，不同的基礎型式即會對開發風場有經濟成本上的影響(Lien-Kwei Chien,Chen-Yu Ku,2016)。

水深及地質這項考量因子除了會對風機基礎型式的選擇造成成本上的影響以外，亦會影響風機基礎鄰近局部面積淘蝕的深淺以及面積，典型的地質風險因素有以下幾種，軟弱的土層區域、海床變動、極堅硬地層或岩盤、地形陡變區域、海床或其底下之障礙物及危害物、可燃氣體、地震與潛在土壤液化(冀樹勇，2018)，這些都可能造成基礎周遭的不穩定以及破壞，所以在施工之前我們必須施作拋石等防淘刷的保護工程，以防止淘蝕的情形發生，另在施工之前亦會坐現地的調查，像是利用鑽探船、鑽探平台、海床機器人這些設備，依據不同的地質與環境來做適當的選用及調查。

雖然在施工之前會先做好萬全的準備，使用適當的設備儀器來調查各個地區的水深以及地質的情況，但不確定性仍然存在，我們難以保證沒施測鑽探到的點位是否存在軟弱的地質，因此施工前的先前作業仍不能確保離岸風場基礎的安全以及穩定性，不確定因素的機率仍然相當高，也造成上述所說過的，地質的不穩定性為離岸風電成本上最大的變動因素。

#### 2-1-4 其他限制條件-環境因素

離岸風場場址選定的評估因素，除了基於上述風力資源、電網併聯系統銜接、不同水深以及地質條件.....等重要因素以外，仍然需要考量其他台灣潛在不利於風場開發的環境因素以及限制條件，離岸風場的開發對環境及生態可能造成之影響主要需考量的項目包含地形、水質、空氣品質、交通運輸、噪音、廢棄物、海域生態以及鳥類總共八項(怡興工程顧問有限公司，1996)，本組評估後以認為危害最重大的海域生態環境以及交通運輸兩項因素作為探討對象。

#### 1. 海域生態

##### (1) 白海豚棲息地

「綠色風機或血色能源」自離岸風場開發以來，於不少的爭論當中時常看到如此驚悚的標題，此為探討白海豚於離岸風場開發以來隻數每況愈下、急速減少的惡劣情形；中華白海豚為一級保育類野生動物，位於台灣只有唯一的一處棲息地，而棲息地的地點剛好與台灣風力最強勁、蘊藏著充足風力資源的西部沿海地理位置非常相近，彰化地區一帶又是中華白海豚南來北往的必經之路，更是重要的覓食地點，在離岸風場施工打樁期間以及運作時期都容易產生相當大的噪音污染，而使白海豚的聽力受到嚴重的衝擊，共有以下五種，分別為永久性聽力損害(PTS)、暫時性聽力損害(TTS)、遮蔽其他音源(Masking)、行為影響(Behavioural Response)、聽見聲強(Audibility)，這些影響都可能造成白海豚回音定位的功能被遮蔽住而迷航擱淺、找不到配偶，甚至因為尋覓不到食物而餓死(施月英、吳慧君，2019)，這時該如何同時兼顧生態保育又能使再生能源的開發不被受影響呢？我們能在選址時對白海豚棲息的地區進行分度梯度的評估，減少風場選址地點與白海豚棲息地重疊的機率，於施工期間除了應該選擇適當的工法之外，還須隨時留意白海豚的活動模式以及監測白海豚移動的路徑和出沒時間(周蓮香，2013)，建設離岸風場前之選址時，選址地點應距離白海豚的棲息地二公里以上的距離，如此風機運作期間以及施工時的噪音強度則可降低對中華白海豚的威脅(王詠祺，2012)。

既使有以上各個學者研究出來的方法來避免白海豚因為開發離岸風場而將遭受到危害的情形，但避免並不是百分之百的可行，專家學者提出了保護中華白海豚的建議並不代表施工業者就會照辦，有很多投機取巧的方法能夠不遵照環評承諾來進行施工，如同上述提出的須

隨時留意白海豚的出沒以及行徑，一旦發現白海豚就必須立刻停工，那業者是否在夜間施工就可以無需監測白海豚的動向?就可以無需理會此項環評承諾呢?即使是選址地點距離白海豚棲息地二公里以上的距離，也只是降低傷害並不是真的治本的辦法，所以本組認為對於離岸風場開發以及白海豚的絕種危機，在這兩者之間目前仍沒有真正兩全其美的辦法。

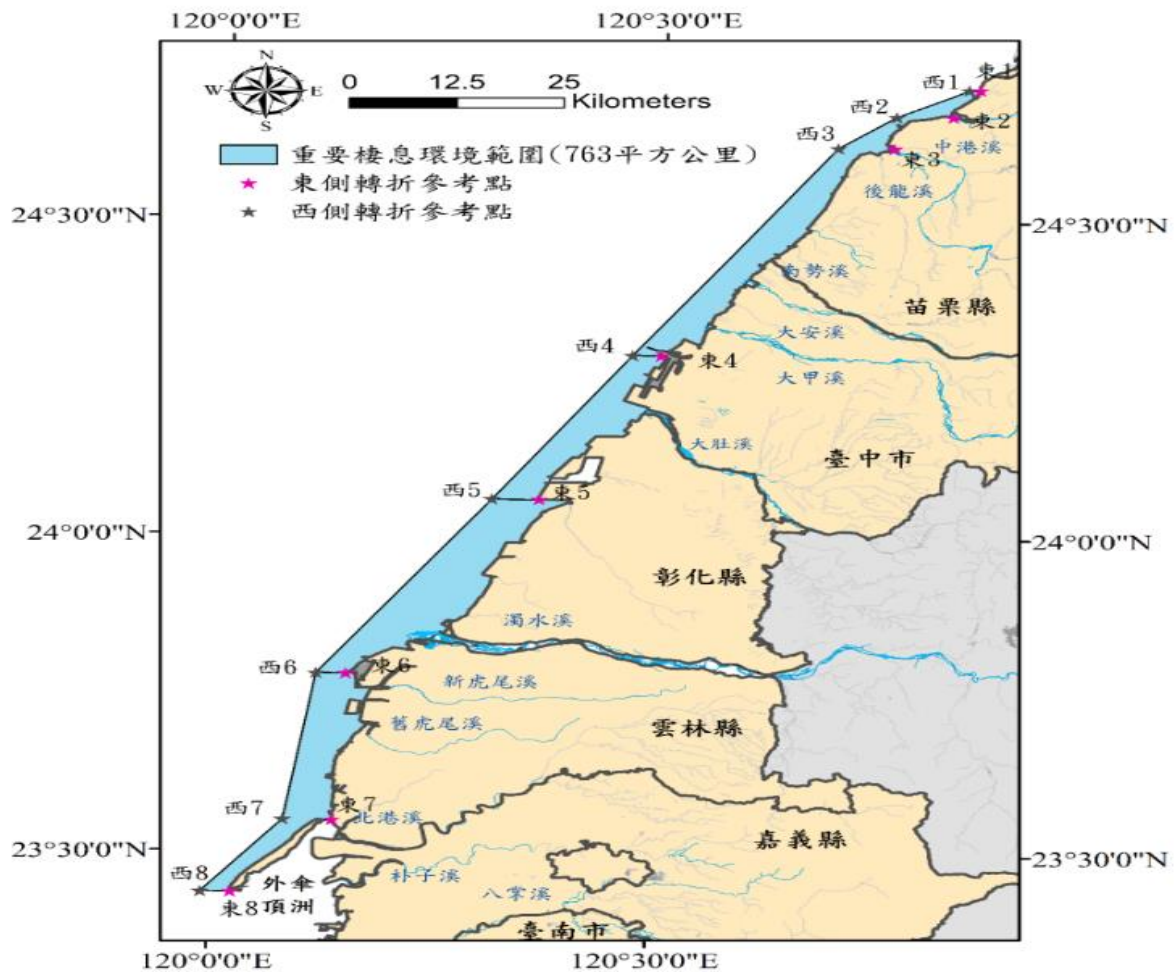


圖 2-1 白海豚棲息範圍

## (2) 漁業區域

台灣的漁業發展相當豐碩，沿岸的漁港以及漁業的活動相當頻繁，離岸風場的設置，漁民最關心的一定是會不會影響到漁業的資源以及降低經濟的發展呢?其實離岸風場的建設對於漁業的發展影響並不大，如同白海豚受到的傷害一樣，魚類也會因為施工期間施打基樁所產生的噪音而遭受影響，只是相對於海豚的不同是，對於魚類來說，施工後風機運轉所產生的噪音對其影響並不大，因為魚類大部分無須如同白

海豚一般需要依靠回因定位來維生；相反地，海底下的魚類因為風機本身的基座及固樁物具有人工魚礁以及海洋保護區復育和培育的功能，引此反而有豐富漁業資源的效果，此外風機固定於海床上，為保護風機基座不被海流沖刷所置放的沖刷保護物，多少限制或禁止了網具漁業在風場內作業，進而兼具海洋保護區與禁漁區的功能，擁有正面的效益(邵廣昭，2019)，也因此，進而促使了風機與漁業共存共榮的發展，為漁業轉型展開了新的契機。

漁業有許多種運作的方式，而本組認為風機對於漁業的發展正面效益大於負面的這種想法其實也並不全然，以台灣西部沿岸來說，最被受影響的漁法是刺網，特別是流刺網，而底拖網的話，漁民因考量風機之間存在電纜，為避免造成嚴重損害通常不會貿然禁入風場作業(黃鈺婷，2019)，這也使得漁民的作業範圍有所損失，但還好政府都有合理的補償金，以補償漁民的損失，所以雖說有負面的影響，也有帶來正面的效益，但正面大於負面這種說法其實很難判定，每項政策都有優缺點，其實都會有很兩極的評價，只是政府與漁民之間，現今都須經歷這個並存台灣再生能源發展以及漁業民生經營的改變過程。

## 2. 交通運輸-船舶航行路徑

離岸風場設置最有利之區域為西部沿海地區，而在船舶航行路徑這個部分，其所牽制的就是部分喜歡貼著台灣本島採近岸航行的船舶船長們，必須要改變他們的航海、航法習慣，以適應離岸風機建設這個事實，位於澎湖水道北方的雲林以及彰化水域，這一區域擁有固定的航道，而離岸風場若要在西部沿海開發，就等同於每一個風場水域都是航海人員曾經選用過的航線，航線皆必須更改，更改航線其實沒有太大的阻礙，政府決議要設置離岸風場，航海人員理所當然必須配合修正其航路規畫以利己通過水域。

而最新的航道更改交通部航港局已公告兩岸直航航道，其將彰化外海離岸風電潛力場址海域之南北向航行水銊框定其中，簡稱彰化風場航道，全寬九浬，規劃採南北向分流之分道航行，以降低船舶航向對立及航向交錯之碰撞風險。整個航道規劃的組成包括，南向及北向航行巷道各二浬，並於兩者中間設計分隔一浬，以及東西側與風場潛力場址各有二浬之安全區(陳彥宏，2019)。本組亦會將交通部公告之此航道納為評估風場選址的一項重要考量。

## 3. 其他不利因素

潛在影響離岸風場場址開發的項目總共分為，既有管線以及設施所帶來的影響、環境敏感及自然保護區位、交通及軍事敏感區位、既有離岸風場開發計畫；其中既有管線及設施影響的項目因子有海底通信、電力及油氣等海底管線、人工漁礁區及保護礁區、漁業權範圍；環境敏感及自然保護區位的項目因子則有野生動物保護區、自然保護區、海岸保護區、國家公園、重要野鳥棲息地；交通及軍事敏感區位的項目因子包含飛航、通航港口及漁港、通航航道、雷達、軍事管制禁建限區域；最後，既有離岸風場開發計畫之項目因子為離岸風場開發商(台灣世曦工程顧問股份有限公司，2016)。這些皆是影響風場開發的不利因子，或使開發備受限制的條件，本組將部分因子納入考量開發離岸風場的選址條件中。



## 2-2 颱風對離岸風場選址的影響

颱風是一種劇烈的熱帶氣旋，熱帶氣旋也就是在海洋上發生的低氣壓，特別是在北緯十度至十五度一帶最容易形成，而侵襲台灣的颱風大多來自北太平洋西部，發生的地點以加羅林群島、馬利安納群島、帛琉群島附近最多，因為形成的環境需要較高的氣溫以及大量的水氣，所以颱風無法在陸地形成，本組以氣象局歸納出的颱風十大路徑作為探討對象，探討其對風場選址造成之影響。

### 2-2-1 影響台灣的十類颱風路徑

由中央氣象局統整出的颱風路徑分類圖可知，第一類颱風為通過台灣北部海面向西或西北進行者，占 12.63%，是從臺灣東方海面向西北方行進的颱風。第二類颱風為通過台灣北部向西或西北進行者，占 13.42%，是從台灣北部進入台灣本島，因此推測也以台灣北部降雨為主。第三類颱風為通過台灣中部向西或西北進行者，占 12.89%，是由東向西而來，這些颱風常使得全臺籠罩於暴風圈之內。第四類颱風為通過台灣南部向西或西北進行者，占 9.47%，累積雨量由西北向東南遞增，最高雨量落在台東及屏東一帶。第五類颱風為通過台灣南部海面向西或西北進行者，占 18.16%，第五類颱風推估結果與第四類颱風結果相近，皆為自西北向南東南遞增。

第六類颱風為沿台灣東岸或東部海面北上者，占 12.37%，基本上泛指所有台灣東南外海向北移動的颱風。第七類颱風為沿台灣西岸或台灣海峽北上者，占 6.84%。第八類颱風為通過台灣南部海面向東或東北進行者，占 3.42%。第九類颱風為通過台灣南部向東或東北進行者，占 6.84%。第十類為其他，無法歸類於上述的特殊途徑，占 3.95%，第十類不是一種路徑，而是無數種路徑的結合，囊括了多個非典型的路徑(黃釗俊，2006)、(萬伯佃、陳謙益，2008)。

由颱風十大路徑圖本組推估路徑 2、路徑 4、路徑 7 的風向，對台灣風場選址可能造成影響，這些路徑雖不是直接侵襲目前台灣設置風場的地區，沒有直接、嚴重的破壞，但可由圖中得知，颱風風向的行徑路線對台灣目前的風場還是有影響，是在風場選址上必須考慮的一項因素，因此將這項因素納入我們選址的考量中

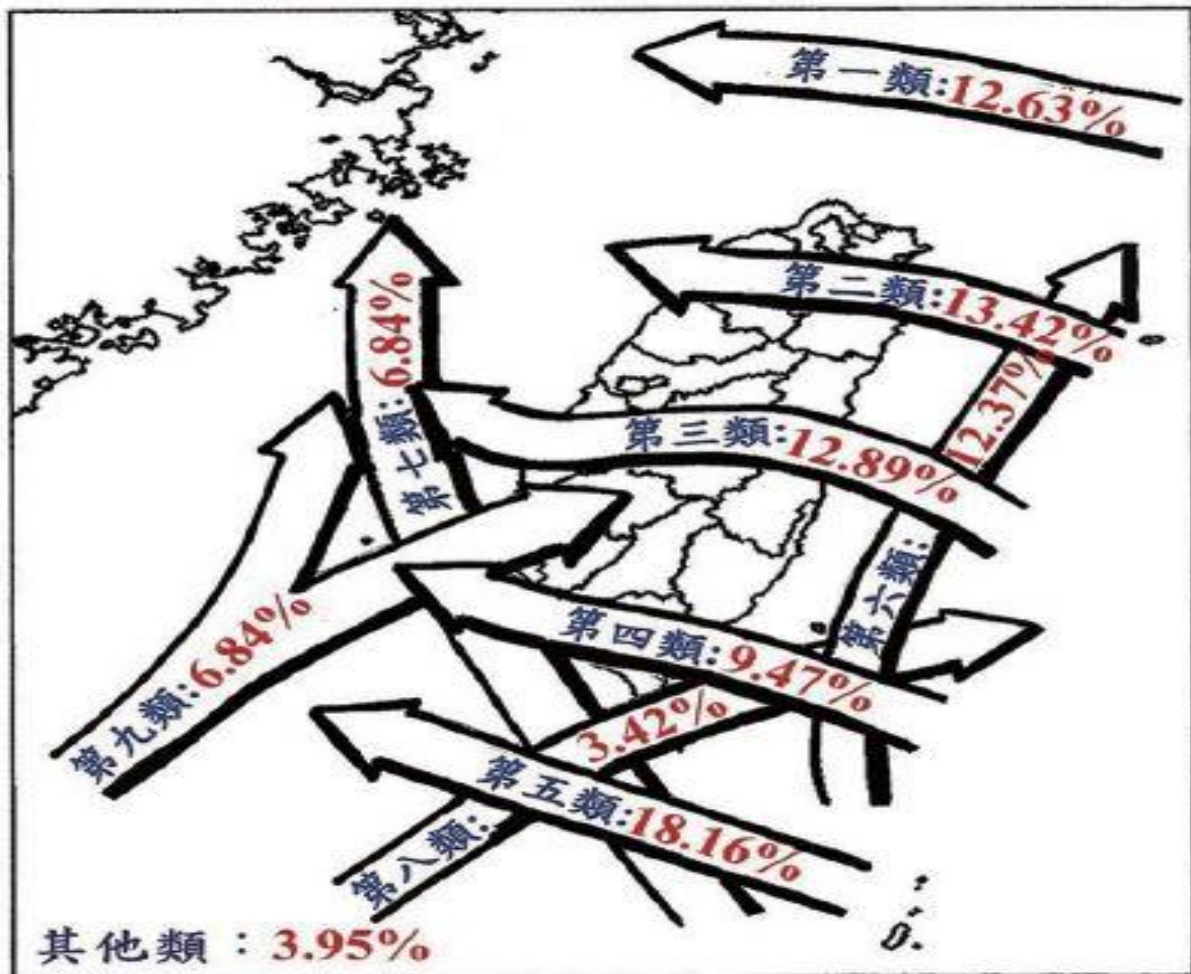


圖 2-2 颱風十大路徑

## 2-2-2 目前台灣風機被颱風破壞之因素

颱風是台灣沿海最常見的災害天氣，影響範圍廣、平均風速大、湍流速度高、風向變化快、持續時間長，對風機有驚人的破壞力。

- 1.與風力發電機組本身設計的抗颱風性能有關，因為台灣目前風力發電設備，均來自歐洲，歐洲風力大國本身無颱風因此抗颱風效能令人懷疑。
- 2.與機組維護保養不當有關。
- 3.與事故風場所處的地理位置.地形特點有關。
- 4.耐風設計之級數與安全係數是否足夠?目前國際電機工程委員會(IEC)將風機風速驗證的國際標準為 ClassI ClassII ClassIII 三種等級，並且在依紊流強度分成 A.B，目前台灣主要使用風機有兩種，早期使用耐風設計 IEC Class IIB，後期則採用符合 Class IA，可耐風速達 50 公尺，瞬間最大陣風每秒 70 公尺。
- 5.材料之品質有無不符設計之標準(偷工減料)。
- 6.施工之品質是否未達設計要求。
- 7.長期承受風吹之柱體有無疲勞現象。對於承受動態作用之結構物，如果反覆振動，太頻繁的話將使材料疲勞，而降低其強度。長期的反復振動，會從材料外部之細小缺口、或內部之氣孔率先裂損，當振動持續發生時，裂損會逐漸蔓延，最後全面斷裂。構造物之疲勞破壞會瞬間發生，令人措手不及，只有靠平時之定期檢查及防護。(陳純森，2017)



### 2-2-3 台灣風機被颱風破壞之案例說明

台灣風機遭到颱風吹壞的案例:

#### 1. 案例一

2015 年蘇迪勒颱風將高美濕地 6 座風力發電機吹倒(1.4.6.11.14.16 等 6 座風機)，此次估計損失 7.8 億新台幣，受損這幾支是台電第一期引進的風機，從民國 92 年使用至今，屬於比較老舊的機型，但後期引進的風力發電機，均可承受每秒 70 公尺，相當於 17 級以上陣風。



圖 2-3 蘇迪勒颱風-高美濕地

## 2. 案例二

同時蘇迪勒颱風在北海石門發電站,造成一座塔架折斷,一台機艙與葉片燒毀,此風機已運轉 11 年,通常風力發電機壽命是 25 年到 30 年,以上提到風機都是民國 92 年台灣第一次招標購入的機組,所以都是屬於早期機型,不過現在台灣的風機已經可以抵擋中颱甚至是強颱所以可以不用擔心。



圖 2-4 蘇迪勒颱風-石門發電站

### 3. 案例三

梅姬颱風造成高美濕地 12 號風力發電機,三根長達 30 公尺的葉片被吹斷,光修理費就高達 1380 萬,台電表示說,一座風機重達 6 噸半,只要風速超過 25 公尺/每秒,機器就會停止運轉,這次並不是風太大造成,而是這次迎風轉向系統異常,才會造成葉片斷裂。



圖 2-5 梅姬颱風-高美濕地

#### 4. 案例四

2019 年 12 月 6 號上午九點，瞬間強風把台電安裝在高美濕地 11 號風機 3 支葉片給吹落，3 支都嚴重受損。高美濕地總共安裝 14 座風機，每部風機都有安裝風速偵測設備，案例四當時記錄到瞬間風速為每秒 30 公尺，約 12 級，台電表示並非耐風力不足，因為其他 13 座皆正常運轉，這次也是迎風轉向異常所造成，造成 3 之葉片斷裂，屬於設備異常之個案，不過另外一點原因可能是此風機已運轉 13 年，屬於早期機型，所以還是要全面檢修，以策安全。



圖 2-6 梅姬颱風-高美濕地

## 2-3 總結

由上述各個專家學者所提出的專業理論以及本組的探討過後的意見，可以知道原來離岸風場的選址需要考慮的因素非常多，上述只是本組認為較重要的因素，真正需考慮的項目絕不止這些，像是候鳥在飛行路徑時是否會被風機打到也是許多專家在探討的議題。

離岸風場所依賴的自然資源是風力，當然風力會是離岸風場選址最主要的考量因素，必須分析出最有潛力的場址，才能使風機發揮最大作用，達成風力成為替代能源供給家庭用戶使用這個目的。電力系統和風場選址的關聯在於風場合併聯點之簡的距離會影像到成本的考量，上述提過陸域變電站相較於海域一定較為經濟，在此部分必須嚴加探討風場場址與併聯點的距離，以降低在電力系統設備上的成本損失，提高經濟效益。地質的不穩定性為離岸風電成本上最大的變動因素，在施工之前會做防護及現地的調查，不過，雖然做了鑽探的先前作業，但難以保證沒施測鑽探到的點位是否存在軟弱的地質，因此不確定因素的機率仍然相當高。離岸風場場址選定的評估因素，除了基於上述風力資源、電網併聯系統銜接、不同水深以及地質條件.....等重要因素以外，仍然需要考量其他台灣潛在不利於風場開發的環境因素以及限制條件，離岸風場的開發對環境及生態可能造成之影響。

此外本組另探討了颱風對風場選址的影響，因台灣已有多起颱風吹斷風機的事件，經過研討後，發現台灣被颱風吹斷的風機案例皆是第一期由歐洲引進的風機，而歐洲並沒有颱風，因此此款風機顯然不是用於台灣地區，需要經過改良，且被吹斷的風機案例中皆是被的十類颱風路徑所破壞，此類颱風路徑怪異，其他九類路經部分風向也可能造成風機運作的影響，但估計影響皆不大；現今風機皆已改良，耐風級數也已設計為 17 級，因此在改良之後並未發生風機遭受颱風破壞的事件。

## 第三章 研究設計與實施

本章說明研究方法與步驟，以下分別為研究流程、研究架構及研究方法等加以說明。

### 3-1 研究架構

此次專題的架構總共有四個部分，第一個部分主要是找出風場選址需要的因素，第二部分應用取得資料呈現在 QGIS 上，以及應用 QGIS 製作所需之圖層，呈現出基本圖層後，使用 ArcGIS 作圖層分析，篩選條件、賦予條件相對應的分數、以及給予條件範圍。

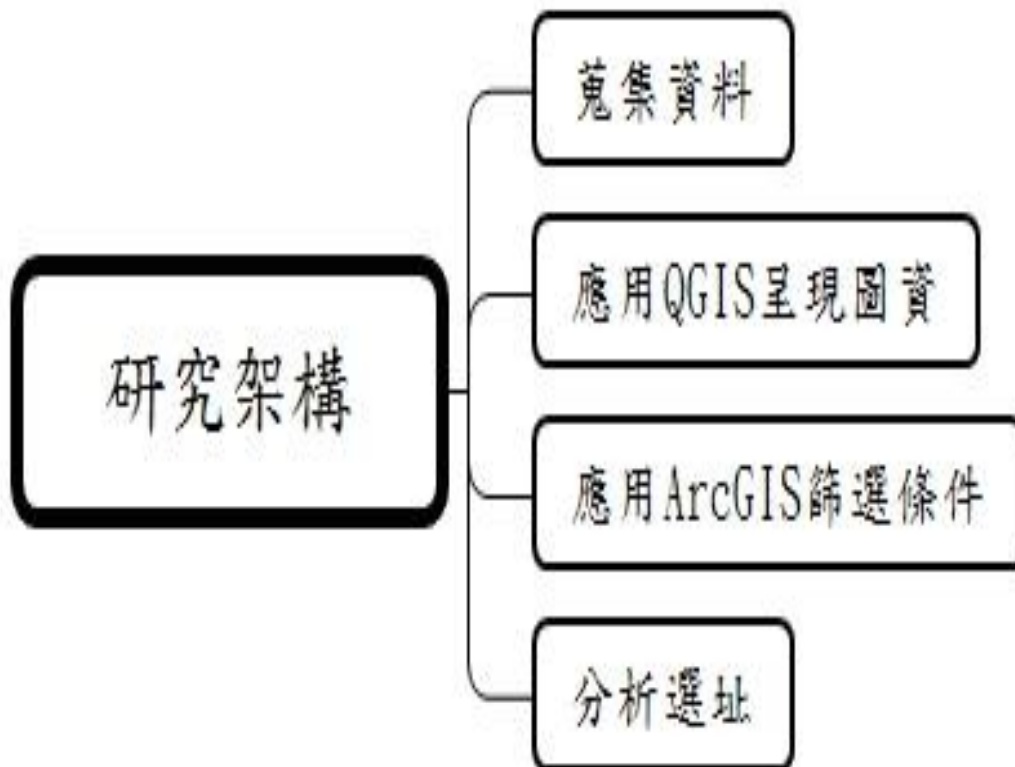


圖 3-1 研究架構圖

## 3-2 研究流程與方法

本次研究方向是以臺灣離岸風力發電機的選址以及地點探討，以下共採用五點作為此次的探討：

1. 了解離岸風場基本組成
2. 考量離岸風場選址因素
3. 颱風對風場影響
4. 應用 QGIS 繪圖
5. 應用 ArcGIS 分析條件

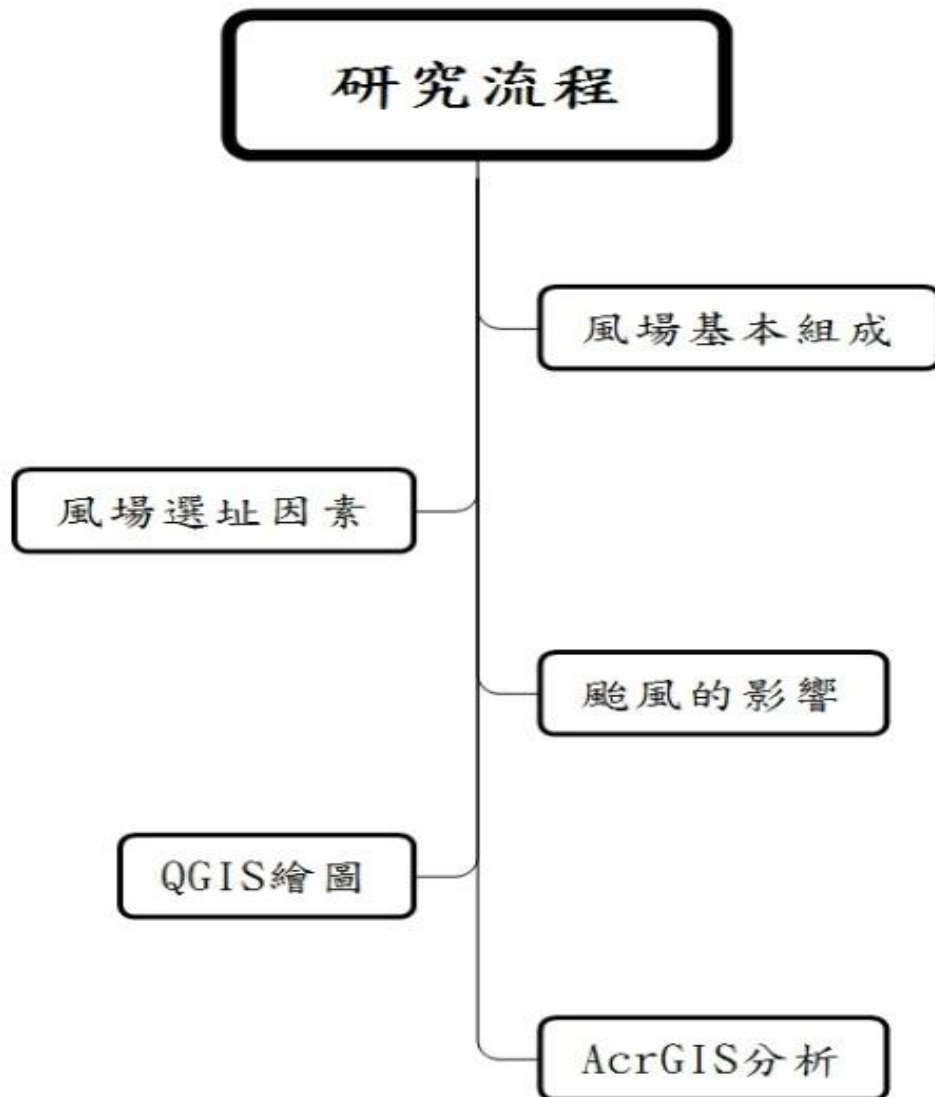


圖 3-2 研究流程圖

### 3-2-1 了解離岸風場基本組成

離岸風場主要由離岸風機、海底基樁、連結件、海上變電站、海底電纜、陸上電纜以及陸上變電站等硬體構成。離岸風場所產生的電力將會透過海上變電站收集且升壓之後，經由海底電纜傳輸至陸上電纜，最後併聯至台電於各地的陸上變電站。

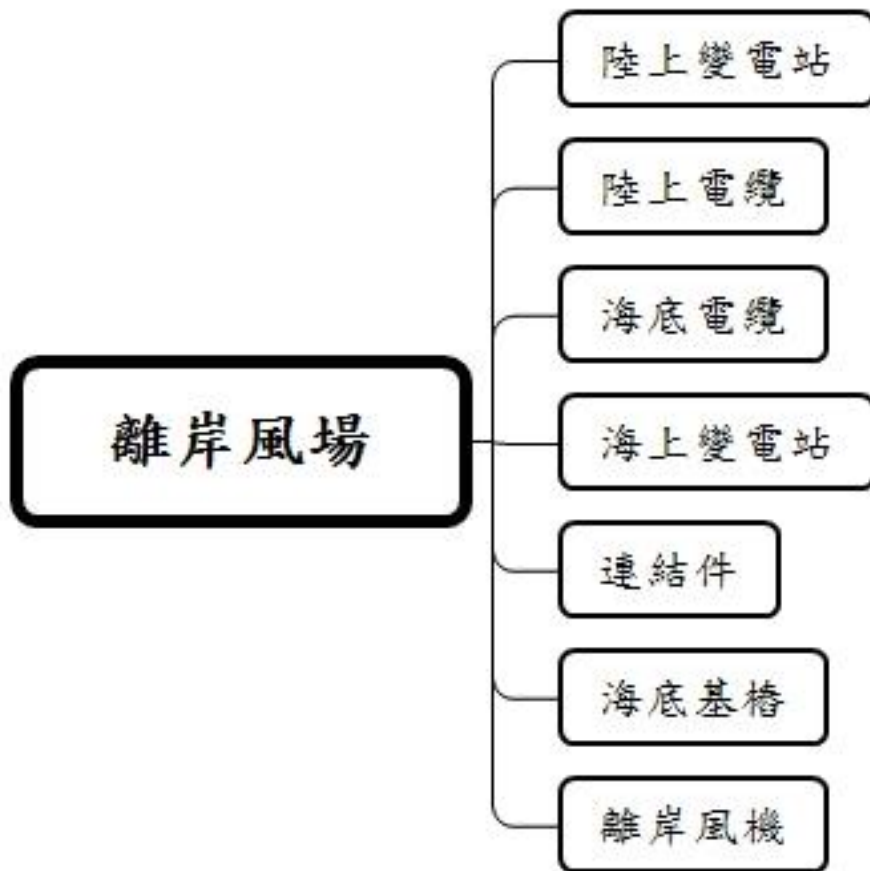


圖 3-3 離岸風場基本組成



### 3-2-2 考量離岸風場選址因素

離岸風場選址需先劃定最大可能的開發區域，此開發區域需要評估的因素包含此地區是否為最佳風能區域並擁有足夠的風力能夠做為替代能源；電力系統的考量，需評估此地區變電站的<sub>最大發電容量</sub>，以及自設變電站的地點和海底電纜線的選擇；水深及地質的評估，影響此地區的風機基礎型式以及風機基礎的局部淘蝕面積；其他限制條件，主要為自然生態是否遭到破壞，以及民生漁業是否受到影響。

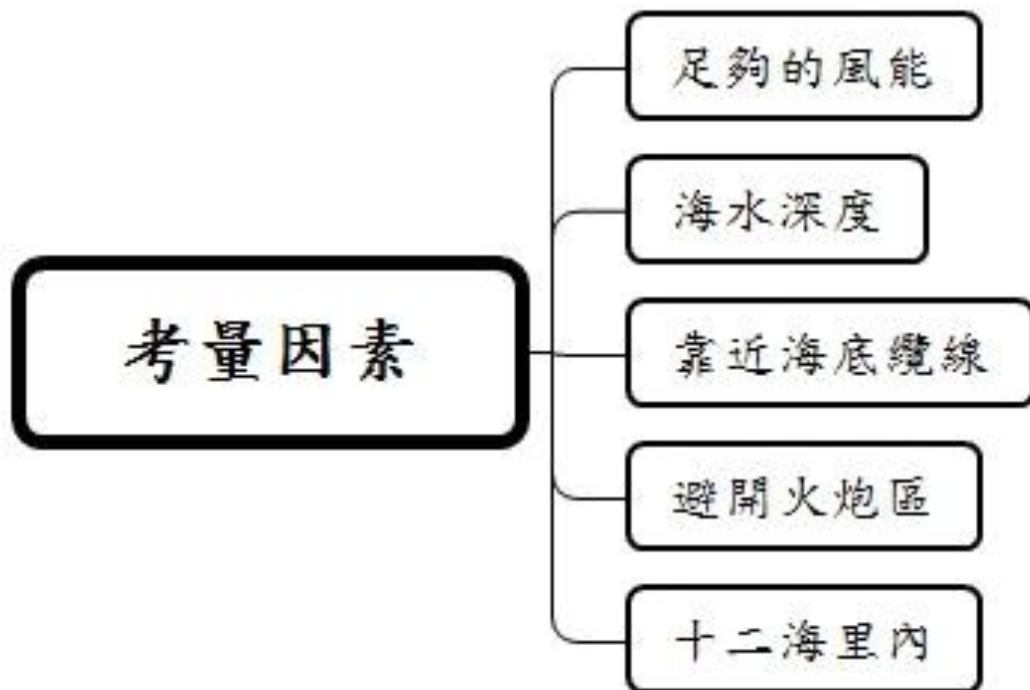


圖 3-4 離岸風場選址考量

## 第四章 實證結果與分析

根據第三章所述之研究方法進行實證分析，並就實證結果加以彙總說明呈現在 ArcGIS 上的各個圖資，以及最後分析最適合的區域。

### 4-1 解析實驗數據

在台灣附近海域 233750 平方公里的面積內，切割出 52650 個網點，點與點的距離為 2 公里，在這些網點上套疊已考量之圖資加以分析，利用 ArcGIS 套用以下圖資設立條件，並給予分數，疊層出最佳風力場域，此節討論相關有利或不利之條件圖資。

#### 4-1-1 有利圖資

##### 1. 足夠的風能

離岸風場以風能密度擁有  $700 \text{ W/m}^2$  及平均風速  $9\text{m/s}$  以上作為台灣離岸潛勢風場場址選定原則，才有足夠的能量做轉換。

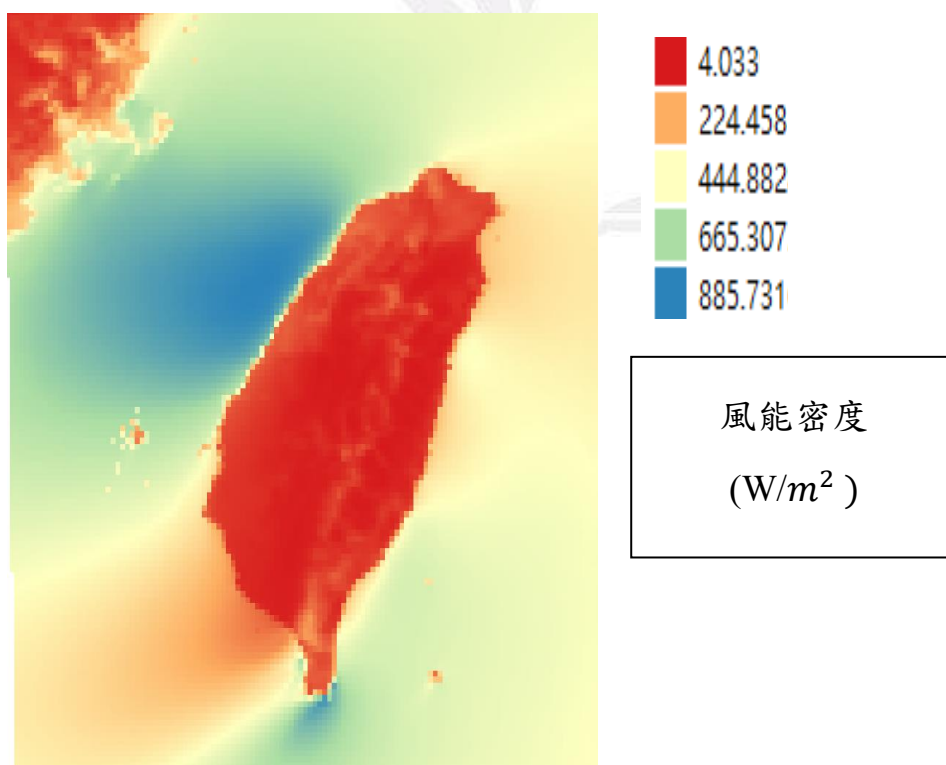


圖 4-1 風能密度圖

## 2.符合經濟效益的水深

台灣西部海域因雲彰隆起，外海深度大部分小於 100 公尺且地形多為砂質，而南端墾丁一帶屬於岩質海域，水深變化較大，離岸約 5km 處，水深已達 200m 以上，致使風機在不同區域必須選擇不同形式之支撐基礎，才能降低工程經費及施工風險，本組以水深 50m 以內作為台灣離岸潛勢風場場址選定原則。

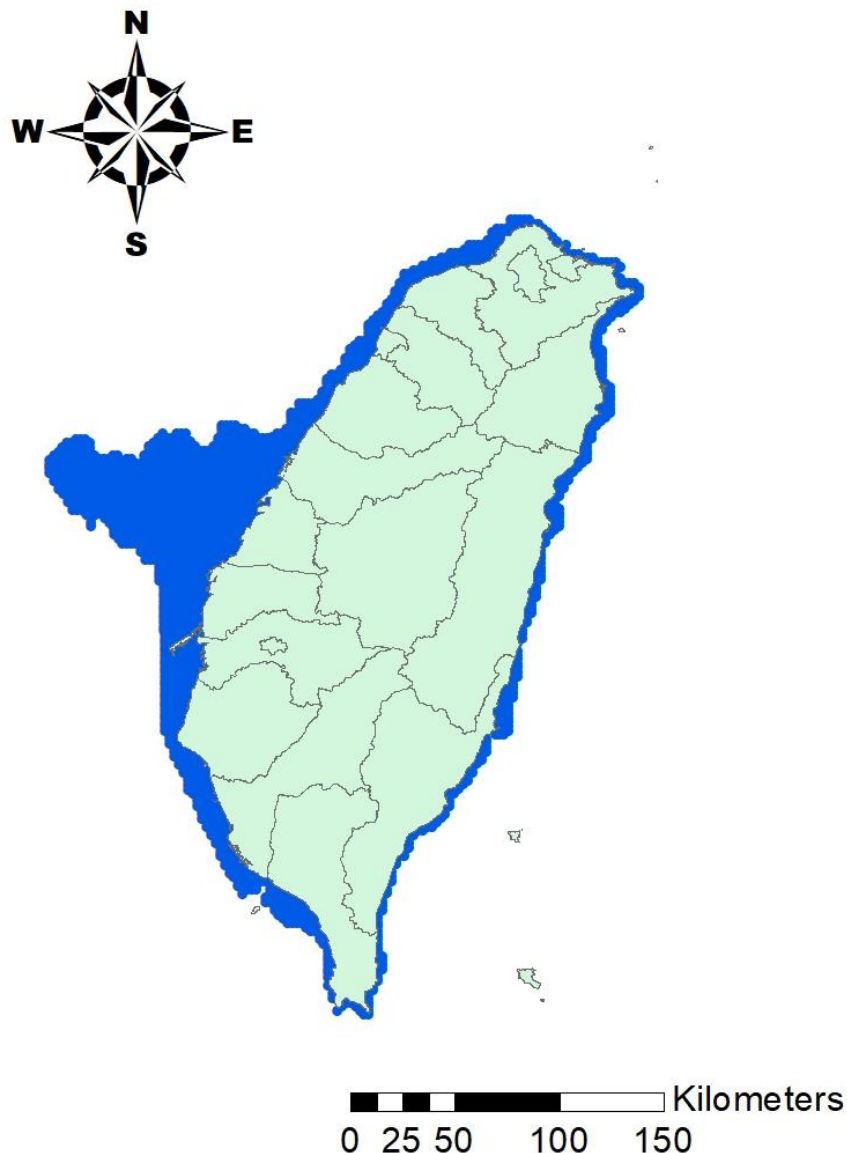


圖 4-2 等深線

### 3.海底纜線有效範圍

離岸風電在台灣西部海岸以區塊開發大規模地進行開發，由離岸電網負責電能匯集與輸出，此時電網穩定度將大幅影響整體發電效能，因此離岸電網在整個開發案將扮演關在角色，其中海底電纜更是離岸電網重要且主要組件，沒有海底電纜便無法將電力傳輸至陸上電網。假如今後海底纜線有擴建計畫，本組預判的場址將會有更多的地點可以參考。海底纜線向外方圓 30km 內皆為有效建設範圍。

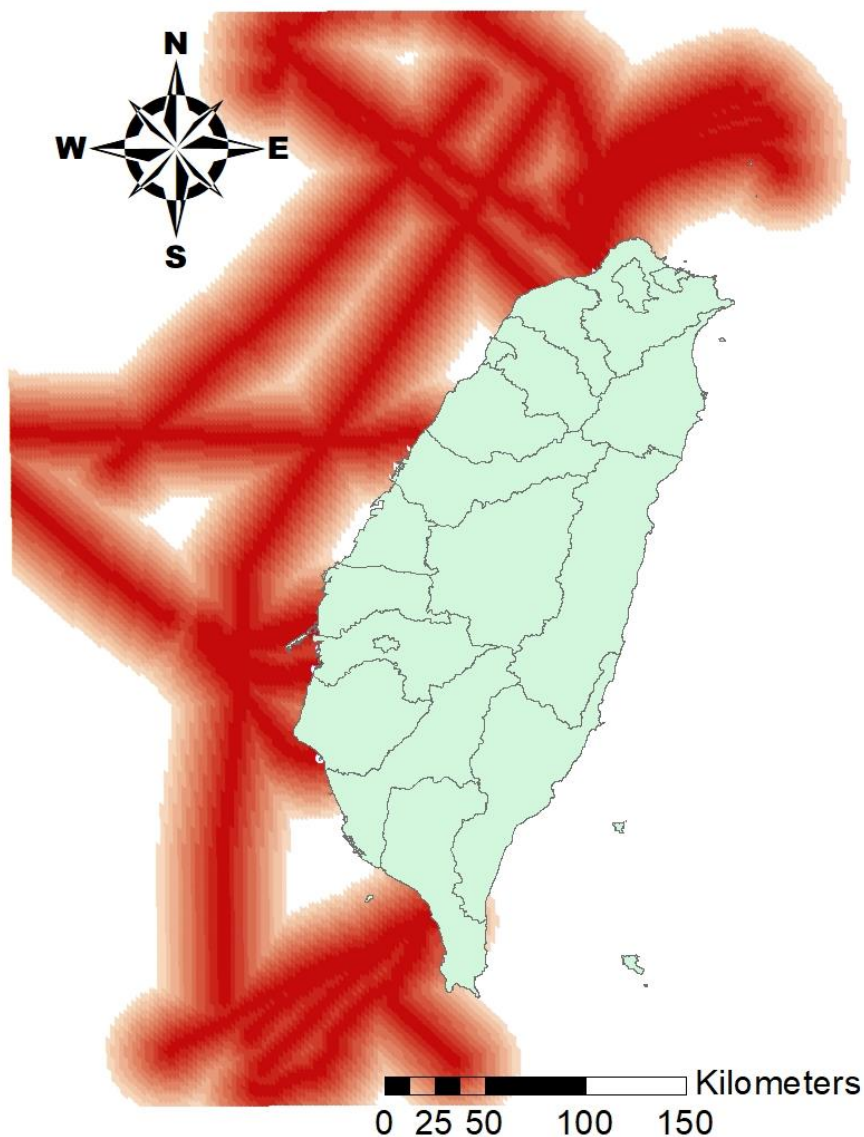


圖 4-3 海底纜線

#### 4.領海(十二海浬)

領海又稱領水，是一個自領海基線起至其外側 12 浬間之海域。台灣離岸潛勢風場場址初步選定區域為套疊我國領海範圍(12 海浬線)後，估出台灣地區離岸風場較佳之潛勢風能區域，在這範圍之內才能建設離岸風機。

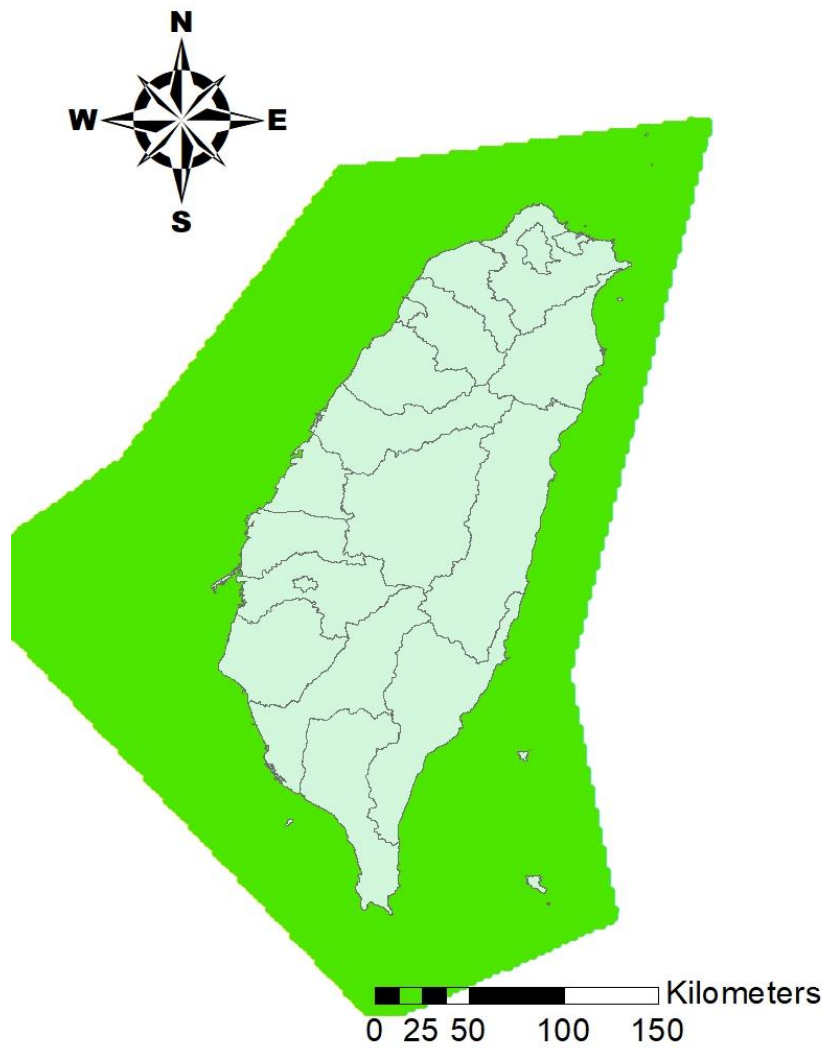


圖 4-4 十二海浬線

#### 4-1-2 不利圖資

##### 1.白海豚重要棲息區域

台灣西部雲林以北苗栗以南，沿岸向外 1-3 海浬皆為中華白海豚野生動物重要棲息環境。在自然保護區內，人類的各種活動將受到不同程度的限制，以確保一區域內的保護對象保持無人為干預的自然發展狀況。

##### 2.火砲射擊區

將軍事火砲射擊區設為限制條件之目的為確保國防與軍事設施安全，律定海岸山地及重要軍事設施管制區與禁建限建範圍劃定作業程序、管制事項、管制權責及人民申請於該管制範圍內變更地形、地貌工程或建築案件之作業規定。

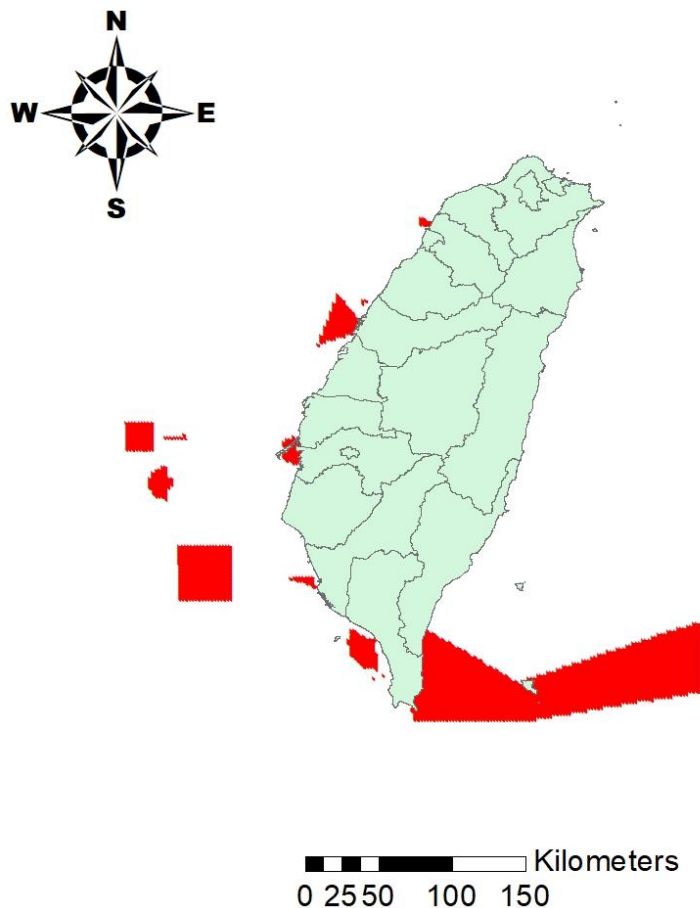


圖 4-5 軍事火砲射擊區域

### 3.其他不利圖資:

因台灣沿岸有相關漁業、保護礁區以及錨泊區等無法架設風場之區域，所以在選址的考量上需要增加以下條件。

- (1)保護礁區
- (2)定置漁業權區
- (3)人工魚礁區
- (4)工業區
- (5)錨泊區

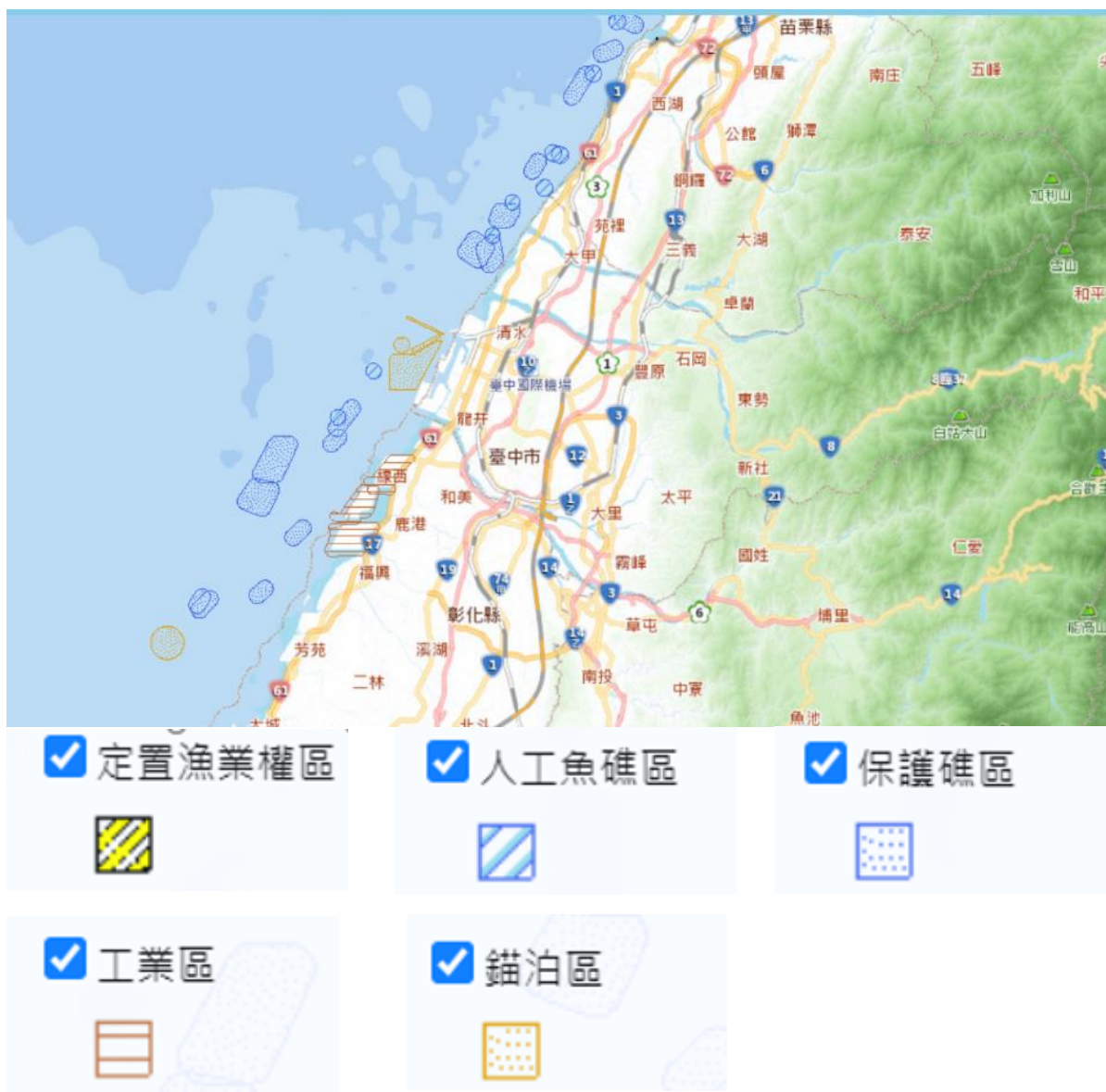


圖 4-6 其他不利因素

## 4-2 應用 QGIS 繪圖

應用 QGIS 呈現取得之圖資並繪製其他圖層，其中無法取得之圖層採用參考網站上之比例，用繪製的方式製作圖層，像是火炮區、等深線、海底纜線等，皆由使用 QGIS 繪製而成，而風能圖取自網站之點數據資料，用 QGIS 向量影像化之功能，將點圖資料轉化成影像檔，並挑出其中風能較佳的區域(區域  $700 \text{ W/m}^2$ )以便分析，而台灣底圖因東部沿岸及台灣本島是不考慮之區域，所以不繪入於台灣底圖，以下為本組彙整後之 QGIS 圖資。

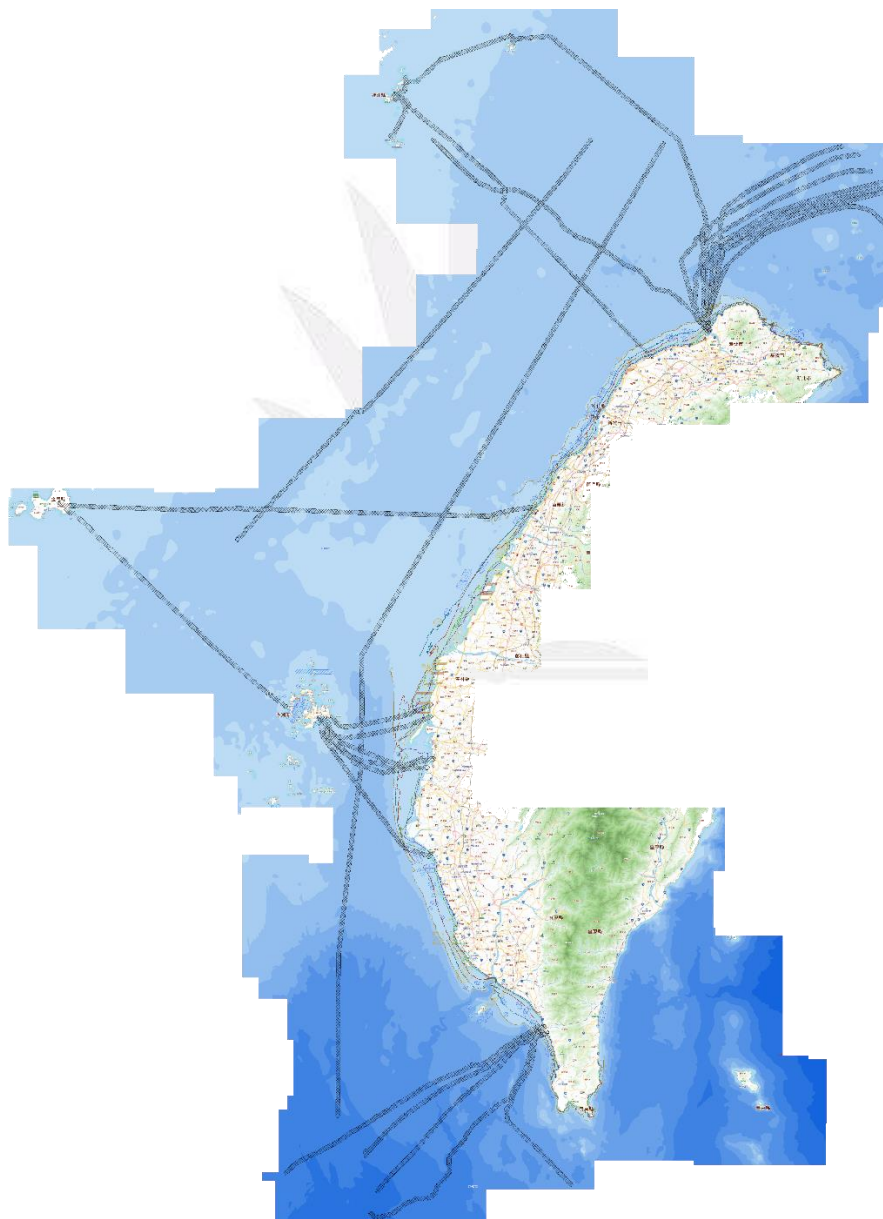


圖 4-7 台灣底圖

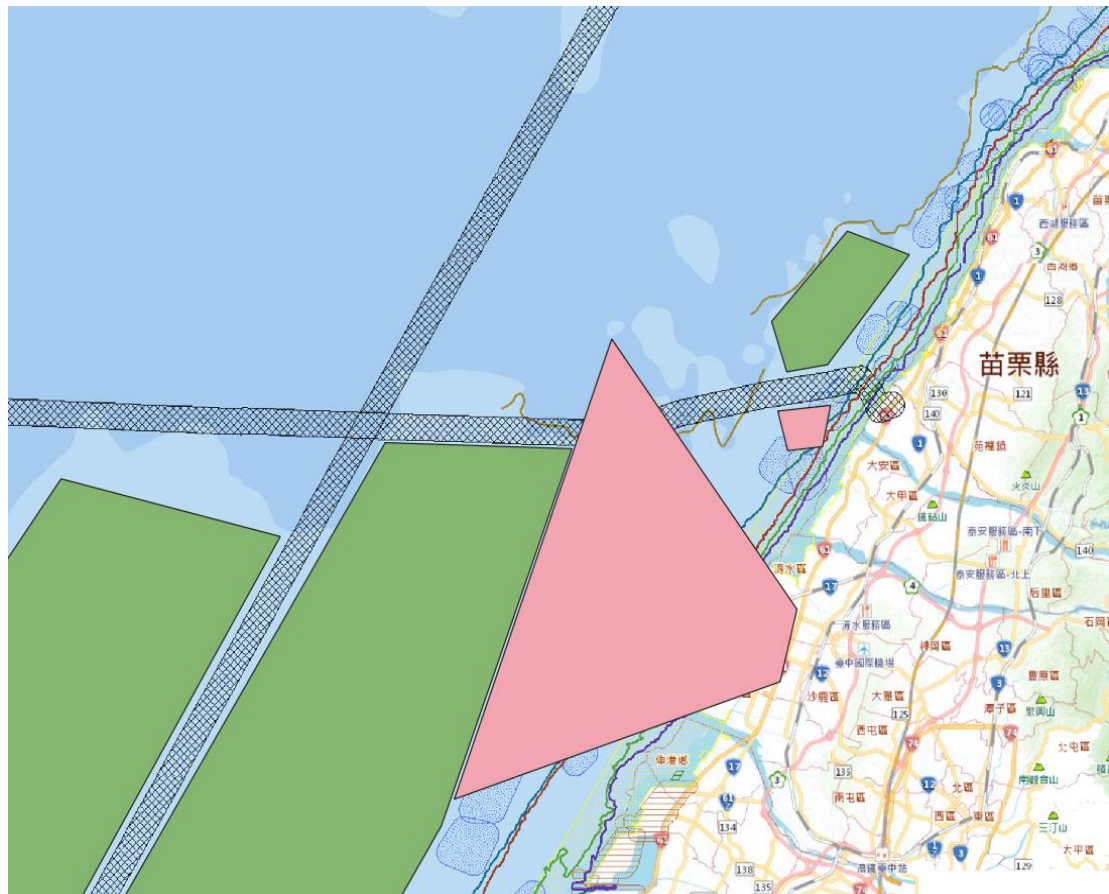




圖 4-8 海底纜線



圖 4-9 等深線

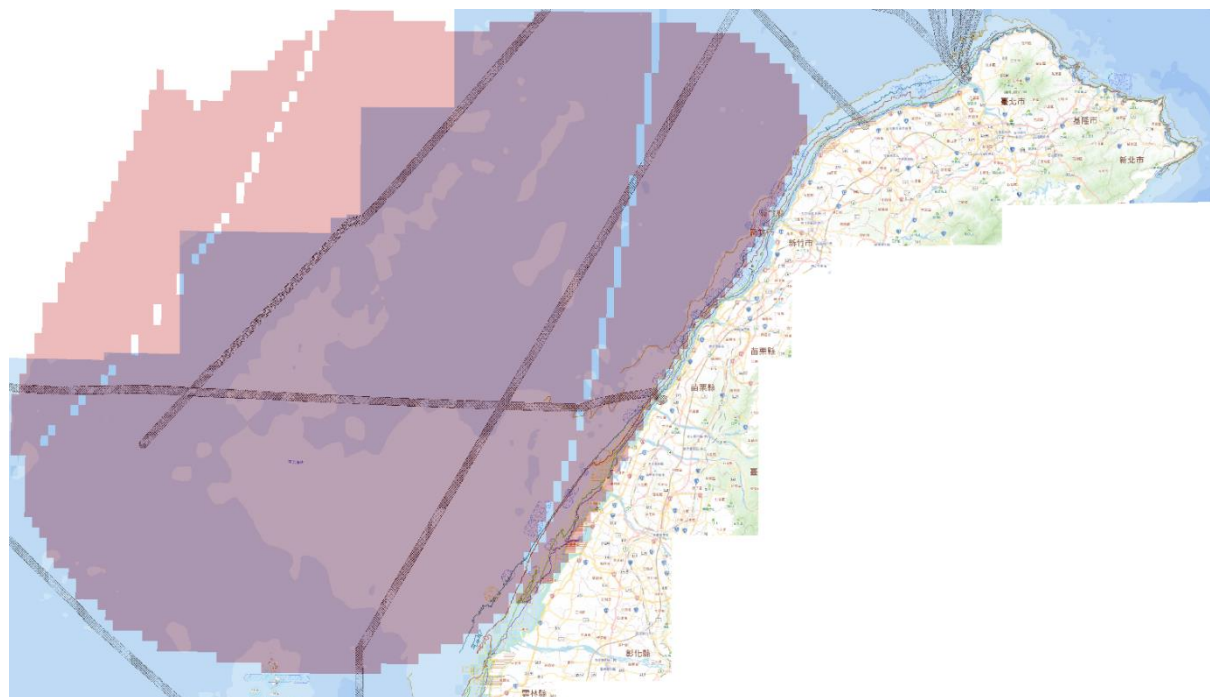


評估後區域開發場址



軍事火炮射擊區域

圖 4-10 軍事火炮射擊區域



區域  $700 \text{ W/m}^2$  以上

圖 4-11 風能密度圖層

## 4-3 利用 ArcGIS 分析條件

使用在 QGIS 繪製成的圖層，在 ArcGIS 上做分析，以分割好之 52650 個網點作為基礎，套疊所考量之圖資，並依照條件給予適當的分數，以下個別說明各個條件如何做出分析。

風能:取得的風能網點數值，與圖資重疊(風能密度擁有  $700 \text{ W/m}^2$  及平均風速  $9\text{m/s}$  以上之圖資)，再將重疊到的網點給予數值，不能建造風機的區域賦予數值-9999，可以建造的區域或更佳的區域給予數值 0，以求出最佳的風場位置。

12 海里領海、等深線：使用 12 海里領海及等深線圖資時，由於重疊到台灣領土的部份，所以先運用 ArcGIS 的 Erase 功能，將重疊部份刪除，將刪除重疊後的區域再運用 select by location 以網點做為基礎，把此區域與基礎網點重疊的部份在網點上框選出來，此框選出來的區域就是在條件下可以建造風機的區域，我們再把此區域做反選後，也就是選取不能建造風機的區域內網點，賦予數值-9999，可以建造風機的區域賦予數值 0。

沿海保護區、台江國家公園、火炮區：同樣先運用 ArcGIS 的 Erase 功能，將重疊部份刪除，將刪除重疊後的區域再運用 select by location 以網點做為基礎，把此區域與基礎網點重疊的部份在網點上框選出來，此框選出來的區域就是在條件下無法建造風機的區域，我們再把此區域做反選後，也就是選取可以建造風機的區域內網點賦予數值 0，無法建造風機的區域賦予數值-9999。

海底纜線：運用 ArcGIS 的 buffer 功能，將距離海底電纜 30 公里以內的區域，每 3 公里為一等分，分割成 10 個區域，再運用 select by location 以網點做基礎，把此 10 等分區域與基礎網點重疊部份框選出來，依照與海底電纜之距離賦予網點分數，靠近海底電纜的區域，就是 3km 內賦予分數 1 分、3~6km 的區域賦予 0.9 分、依此類推，最後 30km 外的區域賦予 0 分。

表 4-1 分析結果

網點編號	火炮區分析	台江保護區	沿海保護區	風力分析	海底電纜線	12海里線分析	等深線分析	總分
1	0	0	0	-9999	0	0	-9999	-9999
2	0	0	0	-9999	0.9	0	-9999	-9998.1
52	-9999	0	-9999	0	0	-9999	-9999	-39996
24034	0	0	0	0	1	0	0	1
21028	0	-9999	0	0	0.6	0	-9999	-19997.4

依照加總之總分結果分類，總分大於 0 分者是本組評估後可建造離岸風機之場址，總分小於 0 分者是本組評估後不可建造離岸風機之場址，而總分大於 0 分之網點分數會分別落在 0~1 之間，我們再將網點依照分數做分級 0、0.1 分為尚可，0.2、0.3 分為可，0.4、0.5 分為優，0.6、0.7 分為優良，0.8、0.9 分為非常優良，1 分為極度優良。

## 4-4 實驗結果的意義與結論

使用 ArcGIS 分析取得的風能網點數值與圖資重疊，再將重疊到的網點給予數值，以求出最佳的風場位置。

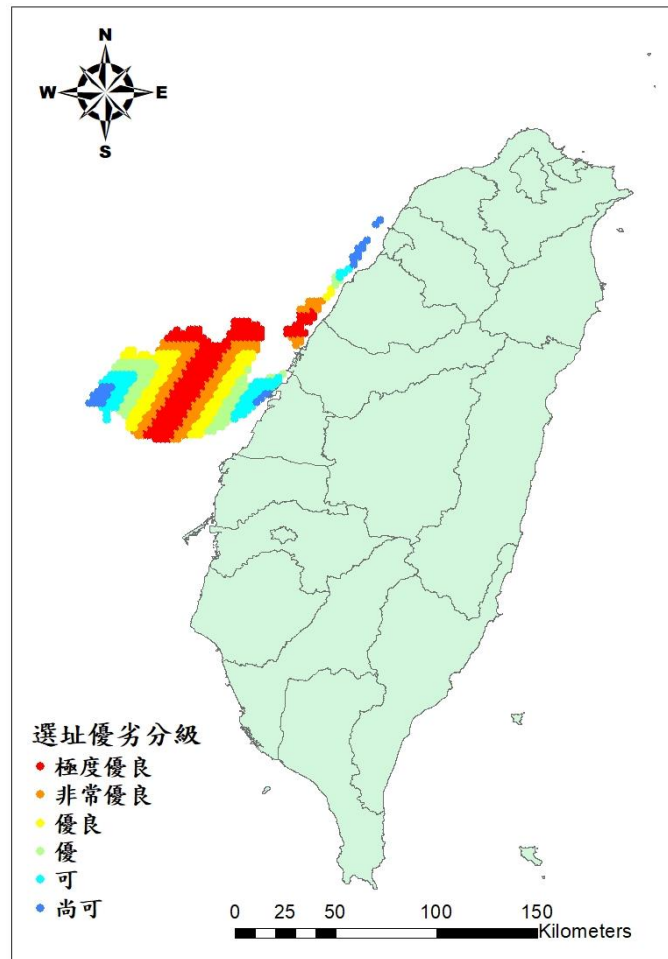


圖 4-12 本組分析結果

根據 ArcGIS 分析求得下圖，可以得知本組預判台灣地區離岸風場最佳之潛勢風能區域大多分布在彰化沿海至 100km 內，其餘分布在新竹到台中沿海向外 10~20km 以內零星區域，而彰化外海 30km~40km 處之間為極度優良之選址地點。

## 4-5 實驗結果比較

本章節將與風力發電單一服務窗口網站所預判出的區域開發場址當作對照組，相互比較，最後由表格呈現。

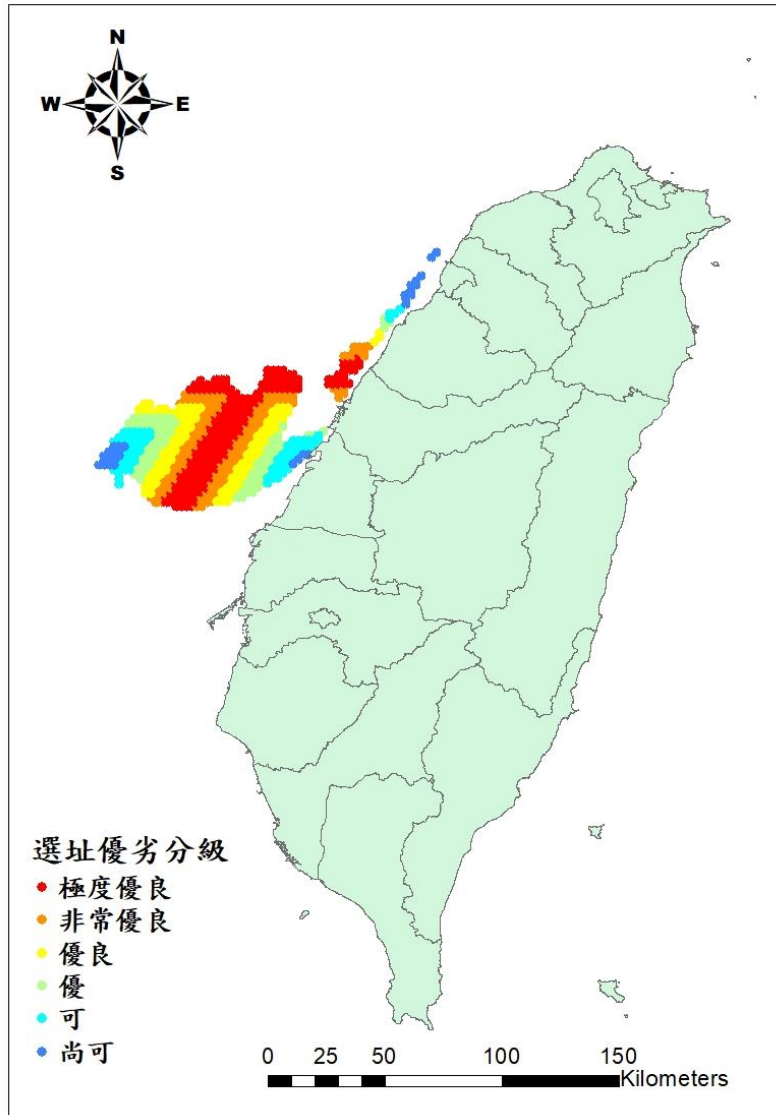


圖 4-13 本組分析結果

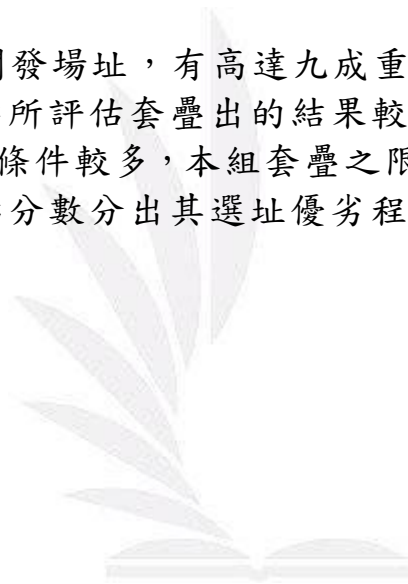




表 4-2 實驗結果分析

	本組評估	風力地理資訊網站評估
可開發區域	較多(3360 平方公里)	較少(2907.55 平方公里)
限制條件	少(7 項)	多(13 項)
呈現選址分級	分 6 級	無
選址分布	多集中彰化外海，向北延伸至新竹沿海。	多集中彰化外海，向北延伸至淡水沿海，南至屏東都有零星分布。

兩組的預判區域開發場址，有高達九成重疊，但以面積來算可以發現風力地理資訊網站所評估套疊出的結果較為保守，造成此差異的原因，可能是因其限制條件較多，本組套疊之限制條件較少，選址分級的部分本組有利用網點分數分出其選址優劣程度，與風力地理資訊網站評估有所不同。



## 第五章 結論與建議

### 5-1 研究結論

離岸風電為環保替代能源，若想有效利用此能源優勢，則選址極為重要，選址的考慮因素除了風力、電力系統、水深及地質以外，還需考量自然生態保育是否遭受影響等問題。

我們將收集來的圖資應用 QGIS 製作出所需之圖層，呈現出基本圖層後，再使用 ArcGIS 作圖層分析，利用篩選條件、給予條件範圍，先分辨出可以設立風機的場址以及不可；後面賦予條件相對應的分數，疊層出最佳風力場域。

### 5-2 研究建議

製作台灣風場選址分析，首先遇到的困難是需要有齊全的圖資，像是等深線圖資要向軍方或政府申請、風能圖要在風力發電網站上蒐集，這些圖資都是比較難取得的資料，所以如果要申請一些重要圖資，需要提早向相關單位申請，等資料齊全後再來動手分析會比較順利。

在使用 QGIS 這個應用程式時，對於沒學過的人是比較困難的，我們的解決辦法是觀看 Youtube 一系列的教學影片來學習，看完後再操作 QGIS 會比較得心應手。

## 第六章 參考文獻

1. 呂學德、何無忌、呂威賢、胡哲魁、陳美蘭、連永順(2016)。台灣離岸風力潛能與優選離岸區塊場址研究。中華民國第 36 界電力研討會，第 1-6 頁。
2. 施月英、吳慧君(2016)。「綠色風機」或「血色能源」選址決定白海豚生死。上網日期:2016 年 9 月 14 日，檢自 <https://reurl.cc/L0Qak9>
3. 邵廣昭(2018)。離岸風力發電對海洋生態影響。海洋講堂，檢自 <https://reurl.cc/Q72ydb>。
4. 陳彥宏(2019)。離岸風場的海上航行風險與因應機制。台灣海事安全與保安研究，10(3)，第 1-17 頁。
5. 陳美蘭、胡哲魁(2014)。台灣地區風能評估與離岸風電開發潛能分析。中華技術，103，第 3-12 頁。
6. 黃釗俊(2015)。難以捉摸的颱風行徑和強風豪雨。國立自然科學博物館，312，第 2-10 頁。
7. 黃鈺婷(2019)。離岸風電時代的漁業轉型合理金錢補償外還能怎麼做？上網日期:2019 年 11 月 18 日，檢自 <https://reurl.cc/AgbMNZ>
8. 黃郁文、黃渡根、陳彥均、林俊傑、丁肇勤(2014)。離岸風力發電系統建置及併網系統衝擊分析研討。中華技術，103，第 3-13 頁。
9. 廖學瑞、丁金彪、林倣寬、劉育明(2014)。離岸風機基礎設計技術初探。中華技術，103，第 3-8 頁。
10. 萬博佃、陳謙益、商顛珩 (2008)。國立新店高級中學颱風的烙印-入侵颱風路徑對災害的影響。
11. 冀樹勇 (2018)。台灣離岸風電海域大地工程調查。上網日期:2018 年 7 月 4 號，檢自 <https://reurl.cc/7yEg4b>。

- 12.賴啟銘、張珮綺、Paulus Winoto、余政達、楊瑞源(2012)。台灣西部離岸風能潛力分析。國立成功大學第34屆海洋工程研討會論文集。
- 13.蕭子訓(2018)。風力發電的環境衝擊大嗎?能源資訊平台-核能研究所上網日期2018年5月,檢自 <https://reurl.cc/ynKR3l>
- 14.大彰化西北離岸風力發電股份有限公司籌備處(2017)。大彰化西北離岸風力發電計畫海岸利用管理說書。中華民國內政部營建署(2014)。海岸、山地及重要軍事設施管制區、限界範圍規劃定、公告及管制作業規定。檢自 <https://reurl.cc/V325Q6>
- 15.中華民國內政部營建署(2014)。海岸、山地及重要軍事設施管制區、限界範圍規劃定、公告及管制作業規定。檢自 <https://reurl.cc/V325Q6>
- 16.林俶寬、張上君、黃振愷、劉晉堯(2014)。台灣地區離岸風場選址技術之探討。中華技術專題報導。檢自 <https://reurl.cc/WEbXy7>
- 17.安能亞太 離岸風電大解析(二):從離岸風場到陸上電網的「電力之旅」(2019)。檢自 <https://reurl.cc/9ZW5qX>(Mar. 23, 2021)
- 18.陳純森(2017)。蘇迪勒風災探討風機受損。台灣省土木技師公會。檢自 <https://reurl.cc/Gdabqp> (Mar. 23, 2021)
- 19.林務局自然保育網(2018)。中華白海豚野生重要棲息環境。檢自 <https://reurl.cc/v5Egbl>
- 20.能源教育資源中心(2018)。離岸風電的海底電纜技術。檢自 <https://reurl.cc/nnp53e>
- 21.國立臺灣海洋大學大地工程與科學計算研究室(2014)。離岸風力機組之基礎支撐型式介紹。檢自 <https://reurl.cc/9ZW5mj>
- 22.海洋委員會海巡署(2016)。海巡署職掌。檢自 <https://reurl.cc/ZQ2jm3>
- 23.新興科技媒體中心(2020)。離岸風電名詞解釋。檢自 <https://reurl.cc/bzdnar>
- 24.漁業署(2017)。離岸式風力發電廠漁業補償基準。檢自 <https://reurl.cc/e9pmRW>
- 25.環境資訊中心(2019)。高美濕地風機葉片遭吹斷。檢自 <https://reurl.cc/Q726y0>
- 26.Wind TAIWAN 離岸風電(2019)。海上變電站-離岸風力發電廠的心跳穩定器。檢自 <https://reurl.cc/OX6kQr>

27. Cheng-Yu Ku\*, Lien-Kwei Chien (2016), “Modeling of Load Bearing Characteristics of Jacket Foundation Pile for Offshore Wind Turbines in Taiwan”, *Energies* 2016, 9 (8), 625; doi:10.3390/en9080625. (IF 2.077, SCI, 43/88, Q2 in ENERGY & FUELS, JCR 2015). Retrieved from <https://reurl.cc/ra0Qd4>
28. Der-Guey Lin, Sheng-Hsien Wang, Jui-Ching Chou, Cheng-Yu Ku, Lien-Kwei Chien (2020), ” Numerical Analyses of Pile Foundation for Support Structure of Offshore Wind Turbine at Changhua Coast in Taiwan”, *Journal of Marine Science and Technology*, Vol. 28, No. 3, pp. 179-199. (SCIE, IF 0.602, Q4, 80/88 in ENGINEERING, MULTIDISCIPLINARY, JCR 2018) . Retrieved from <https://reurl.cc/9ZWO9x>

