

臺灣離岸風電建置與航安技術發展之可行性評估

高瑞鍾 國立高雄科技大學海洋事務與產業管理研究所副教授
蔡立宏 交通部運輸研究所港灣技術研究中心科長
黃茂信 交通部運輸研究所港灣技術研究中心副研究員
鍾少慈 國立高雄科技大學供應鏈管理研究所研究生

摘要

本研究藉由參酌國際組織及先進國家在離岸風電區建置的規劃、設計，做為對臺灣制定離岸風電建置之航安技術的「離岸風電區航行風險管理及急難救助手冊(草案)」參考依據，並針對現階段實務進行「船舶資料量化統計及航行交通流量分析」、「建置離岸風電區 AIS 資料庫顯示介面系統」。

本研究將船舶資料進行篩選，並依風電區統計進入區域內船舶數量，由圖表呈現統計分析結果，依圖表分析結果

可明確了解船舶在風電區內航行數量，並可看出經常有船舶航行在離本島較近的風電區，因此對風電區規劃需相當謹慎。本研究主要是收集風電區國內外的技術和資訊，並加強開發中之系統功能，使此系統更加人性化，讓相關單位能快速上手，方便管理掌控船舶動態。

關鍵字：離岸風電、航安技術、航運安全風險管理、海難搜救

Abstract

In accordance with sustainable plans and designs standards set by international organizations and developed countries, this project has developed the “Risk Safety Management Guide” under the following headings : (1) Quantitative Statistical Vessel data and Vessel traffic flow Analysis, and (2) Automatic Identification System in Offshore Wind

Farm Areas. According to the analysis of the results, the number of ships sailing in the Offshore Wind Farm Areas is clearly understood, and it can be seen that the frequency of ships sailing in the area is relatively high. This research will also continue to collect and develop technological information relating to domestic and foreign Offshore Wind

Farm Areas.

According to the Guide Book and sample of navigation guide of the Ministry of Transport and Communication which is in charge of shipwrecks, it can enforce responsibilities and delegate related detailed planning. The National Rescue Command Center can also make related disaster plans for

conducting search and rescue operations. The Coast Guard Administration can adopt such operation procedures for search and rescue operations in the future.

Keywords : Offshore Wind Power, Navigation Safety Technology, Navigation Safety Risk Management, Marine Rescue

一、緒論

綜觀我國海難搜救之主管、通報、指揮及執行等分工體系，與美國等其它國家不甚相同，且各自訂有其行政規則(如交通部海難災害防救業務計畫、國家搜救指揮中心作業手冊、海岸巡防機關執行海上救難作業程序、空中勤務總隊航空器申請暨派遣作業規定等)，就整體運作上仍有諸多闕漏或扞格之處，尤其是在風電區環境海上急難搜救規範更是付之闕如。因此，因應離岸風電建置與航安技術發展，制定一航運安全之「離岸風電區航行風險管理及急難救

助手冊(草案)」有其必要性存在。

本研究主要方向為離岸風電建置與航安技術發展，其重點在於整體之風險評估及提出一符合我國風電發展需求的配套措施與船舶航行安全監測機制。政府在發展能源政策之離岸風電政策當下，尤應注意風險辨識評估與管理機制，故本研究蒐集國際上組織及先進國家之離岸風電建置有關風險辨識評估與管理機制的政策與法令，並加以歸納分析做為日後政府制定相關政策與法令的參考。

二、相關背景與國際規定及應用

本研究主要蒐集我國及現階段國際先進國家之離岸風電區建置與航安技術發展之相關文獻、政策與法令於離岸風電建置時有關航安發展部分之相關規定與措施一一討論，並做為本研究之主要基礎。其相關文獻資論述如下：

2.1 船舶自動識別系統技術規範

AIS 是一種輔助船舶航行的系統與設備，能有效提升船舶於海上航行的安全性，其主要功能可分為四項，分別為船舶識別、協助追蹤目標、簡化的資訊交流與提供其它輔助資訊，且 AIS 發展

則有助於加強海上生命安全、提高航行和管控效率以及有利於海洋環境保護。有鑑於此，人們積極針對船舶自動識別系統進行探討，除了發展出許多的應用方式與相關研究之外，亦利用電子資通訊技術來優化系統本身的效能。

AIS 資訊的應用上常見的形式為資訊網頁的建置，結合 AIS 資料庫以網頁的形式呈現船舶位置以及相關資訊包括 MMSI、IMO 編號、呼號與船名、船隻大小、船舶類型、座標位置、航速與航向、行駛狀態等。



圖 1 AIS 系統平台提供之船舶資訊

2.2 日本之航安技術發展

日本在發展離岸風電建置政策之下，強調在船舶交通以及其他水域利用方面，離岸風力發電商需掌握設置了離岸風電海域週邊的船舶交通(船舶的航行、停留、拋錨)、漁船和娛樂漁船、遊艇等其他水域利用的實際情況，做為離岸風電建置的風險管理的安全控管。而船舶交通以及其他水域利用實際情況掌握、可根據以下方式來進行：

1. 使用雷達掌握船舶航行實際情況(包括目視船型、船種等確認)。
2. AIS 收信數據的解析。
3. 採訪水域利用者。
4. 船舶出入港數據的解析。
5. 重新評估其他途徑所實施的船舶交通實際情況調查等結果。

2.3 英國之航安技術發展

世界上超過 90%的離岸風場位於歐洲海域，且英國為國際上離岸風力發

展最先進的國家，綜觀分析英國之概況，除了環境上的優勢外，政府的積極態度、技術研發以及海事工程能量充足的條件相互加成促使其在離岸風力的發展領先全球，且低碳的電力供應將是英國電力持續的未來發展方向並以建構完善的離岸風電產業供應鏈。

英國為風電場訂定緊急合作計劃 (Emergency Response Co-operation Plan; ERCoP)，該計劃將在離岸風機施工前進行。而該計劃所需的項目如下：

1. 設計方面

- (1) 所有風力發電機 (Wind Turbine Generators; WTG) 及其他海上可再生能源安裝 (Offshore Renewable Energy Installations; OREI) 獨立構造均將標有清晰可見的獨特識別標誌，這些標識可從海平面上的所有的船隻及上空的飛機(直升機及固定翼(fixed wing))看到。
- (2) 每個標誌都應由船隻可見的低強度光照亮，從而使構造能夠以合適的距離目視以避免與其發生碰撞。識別標誌的大小與照明亮度相結合將使得在正常的能見度條件及所有已知的潮汐條件下，觀察員(observer)可以清楚地看到它們位於海平面上以上 3 公尺處，並且距離風力機至少為 150 公尺。

2. 運作方面

- (1) 海事控制中心 (Marine Control Centre) 或雙方同意的單一聯絡點，於每天 24 小時都有人值班。
- (2) 所有的海上搜救協調中心 (Maritime Rescue Co-ordination Centre ; MRCC) 將被告知中央控制室

(Central Control Room) 的聯繫電話號碼或單個聯絡點(反之亦然)。

- (3) 控制室操作員或單個聯絡點將依據海上搜救協調中心 (MRCC) 的要求立即啟動風力發電機組 (Wind Turbine Generators; WTGs) 的關閉程序，並依照 MRCC 的要求將 WTGs 保持在適當的關閉位置，直到從 MRCC 接收到重新啟動 WTGs 安全的通知。

在風險來源規定方面，開發商對於離岸風場的環境研究及完整可行的規劃，皆需申請獲得英國皇家財產局 (Crown Estate) 同意時所需的法定程序與文件。英國海事及海岸救援局有義務在海上可再生能源裝置 (OREI) 佔用的海域提供 SAR 應變，因此，英國海事及海岸救援局為離岸風電風險及安全的主要負責機關。

在執行方面，英國海事及海岸救援局為該行業提供海上緊急應變管理課程，以使海事協調員、安裝管理者、船員轉移船 (Crew Transfer Vessel ; CTV) 船員以及任何其他可能參與緊急情況管理和應變的公司工作人員都能接受培訓並了解正確的程序和在其他緊急情況下應遵循的程序。

綜上所述，英國海事及海岸救援局於 2016 年 12 月制定「離岸可再生能源安裝：搜索與救助及緊急應變的要求、指南及操作注意事項」 (Offshore Renewable Energy Installations : Requirements, Guidance and Operational Considerations for Search and Rescue and Emergency Response)，內容包含英國海事及海岸救援局的政策，以及指

南、建議及具體要求(如有必要)，以協助和實施搜索與救援以及其他緊急應變。

2.4 瑞典之航安技術發展

根據瑞典的離岸風場船舶航行風險評估方法論 (Methodology for Assessing Risks to Ship Traffic from Offshore Wind Farms) 報告中指出，離岸風場的航行風險評估之不同步驟。包括危險識別、碰撞機率及估計的後果，關於不確定性或敏感性以及風險的討論。茲敘述如下：

1. 初步定性評估 (Initial Qualitative Assessment)

作為擬定或現有離岸風場的航行風險評估的第一步，應進行危害性質識別。因此可以透過舉辦公聽會，訪談或在選定的利益關係人群體組織(涉及的各方及相關海事利益相關方)進行會議，並詢問他們對建立離岸風電場可能造成的危害擔憂及意見。

2. 需要考慮及風險類型的定義 (Definition of Types of Risks to be Considered)

離岸風場的建設及運營可能會對涉及在風電場附近海運運行船舶的各類事件產生風險。建立離岸風場可能造成航行風險包括：

- (1) 船舶與風機或離岸風場構造碰撞或接觸的風險。
- (2) 避免風電場的面積使船舶碰撞導致的風險。
- (3) 地面風險。
- (4) 離岸風場對雷達運轉的影響可能造成二次風險。

因此應該包括評估這些類型的風

險。而這些風險在不同階段會有所不同。儘管與風電場運行階段相比，建設時間及退役相對較短，但在風險評估過程中仍應對其進行一些考慮因素。此外，應對未來船舶交通量增加及船舶變化情況進行比較，如平均速度增加，以及吃水及噸位之變化。

3. 降低風險的措施 (Risk Reduction Measures)

主要提出建議評估風險降低措施的方法，風險降低措施可以分為以下幾類：

- (1) 降低事故及事故機率的措施
- (2) 減輕損害的措施(與船相關的損害、環境損害等)

而風險降低措施的實例包括改進拖船的抵達時間，在風力渦輪機桅杆上安裝燈光和導航設備，以及製定安全管理計劃。此外，有些措施可加以評估，例如以定量方式改善拖船的抵達時間，而其他措施(例如減少人為錯誤的措施)可以進行定性評估。這些措施可以根據主要應用領域分為以下幾類：

- (1) 在風電場應用的措施。
- (2) 船舶措施，包括運輸危險貨物的具體措施。
- (3) 適用於風場周圍整個海域的措施。

此外，北海與歐洲共同體亦出版「Bonn 協議反污染手冊」(Bonn Agreement Counter-Pollution Manual)，對於離岸風電航安風險及可能發生的海域污染做了許多的規範，而「Bonn 協議」係指北海與歐洲共同體共同合作打擊北海石油污染並執行監測以檢測污染的機制。

Bonn 協議在執行方面，手冊第 8

章討論了為降低風電場附近漏油風險而採取的各種措施。可能的應對機制是向風電場漂移的情況如下：

1. 在機械回收可行的情況下，需要允許回收船進入風場。建議即使船舶與轉子葉片之間有足夠的間隙，也應關閉風力機。
2. 如果建議使用分散劑，則應從船上進行分散劑噴塗，噴塗飛機不得在風電場內運行。

Bonn 協議在需考慮的風險項目方面，包括：

1. 碰撞風險
 - (1) 船舶與風機或離岸風場構造碰撞或接觸的風險。
 - (2) 避免風電場的面積使船舶碰撞導致的風險。
 - (3) 地面風險。
 - (4) 離岸風場對雷達運轉的影響可能造成二次風險。
2. 海域減少碰撞概率的措施
 - (1) 建立一個交通分離計劃。
 - (2) 通過船舶交通管理(Vessel Traffic Management; VTM)持續監測及觀察過海區域、過往交通及風電場。基於經驗數據之研究表明，船舶交通管理(VTM)可能促使減少動力碰撞的 2~10 倍。
 - (3) 政府機關觀察及控制船隻與其操作。
 - (4) 緊急管理。
 - (5) 船舶通過即漂移的監測與報告機制。例如在荷蘭，專屬經濟區內的每艘事故船舶都有義務立即向荷蘭海岸警衛隊報告。
 - (6) 拖船在接近碰撞及擱淺頻率高的地

區時的配置位置，而在惡劣天氣下的拖船配置位置尤為重要。

- (7) 修改航線的標記以避免船舶碰撞與接地或擱淺(groundings)。
- (8) 船隊應自始至終可以隨時進入，協助船員與救助拖船建立聯繫。
- (9) 顯示風電場的最新海圖應儘早向大眾提供。
- (10) 應在風電場周圍設置安全區。
- (11) 禁止在風電場中航行。

3. 海域減少後果的措施

- (1) 私人或公務的拖船協助需要能夠及時到達發生事故的船舶，並且應該有足夠的拉力來防止事故船舶的漂移。
- (2) 應制定溢油緊急應變計劃，並提供足夠的應變能力。
- (3) 應在風電場內或附近進行特定區域與溢油緊急應變部門的定期培訓。
- (4) 應由引水人引入從作業船基地港到工作區的導航通道，以及協調作業船的航行管制員。

2.5 美國之航安技術發展

美國針對離岸風電的航安觀點，認為空中交通管制、空中監視、天氣和導航雷達系統可能會受到離岸風電渦輪機的影響，雜波可能影響目標探測，增加錯誤目標的產生，干擾跟蹤，並擾亂天氣預報。

此外，以 2017 年 12 月出版的「紐約州海上風電總體規劃」(New York State Offshore Wind Master Plan)為例，其中由紐約能源研究和發展局(New York State Energy Research and Development Authority)主導的「紐約海上風電總體規劃航運和航行研究」(New

York State Offshore Wind Master Plan Shipping and Navigation Study)報告指出，離岸風場在航運和航海領域所面臨的主要潛在風險已被廣泛記錄。由於80%的海上災害都是人為錯誤造成的，因此船舶和海上構造之間的某些安全緩衝是必要的，並且是確保船舶安全運輸和機動性的必要條件。

為了充分評估特定離岸風場在其整個生命週期中可能帶來的潛在航行風險，通常採用特定地點的航行安全評估(Navigation Safety Risk Assessment；NSRA)。依據NSRA的調查結果，可以理解 and 處理航行風險，並且可以實施潛在的緩解措施(包括海上緊急應變)。

三、離岸風電區航行風險管理及急難救助手冊(草案)之制定

依據前揭之「航安技術發展背景知識與相關研究及於國際規定及各國之應用」有關國際(歐洲)、日本、英國、瑞典、美國等先進國家之「離岸風電建置與航安技術發展相關」的風險管理安全攸關規定，及檢視臺灣缺乏(不足)之部分，擬定出針對臺灣此議題的「離岸風電區航行風險管理及急難救助手冊(草案)」。

「行政機關風險管理與危機處理作業基準」第二十七條明定：「對處理危機結果發現異常事項，應提出矯正或預防改善措施，並確認該等措施之有效性及回饋風險管理機制持續監控」。故「離岸風電區航行風險管理及急難救助手冊(草案)」亦同，在必要時進行更新。在這些更新中，必須考慮吸取的教訓、工作性質的變化、新技術或程序的開發或法律與規範要求進行更改。如果需要修改「離岸風電區航行風險管理及急難救助手冊(草案)」，需要將修改後的手冊提交給該目的事業主管機關，且本手冊將每兩年進行一次審查。

3.1 離岸風電區航行風險管理及急難救助手冊(草案)之制定依據

行政院研究發展考核委員會訂定「風險管理及危機處理作業手冊」係根據相關法令及「行政院所屬各機關風險管理及危機處理作業基準」而建立、實施及維持。具承上啟下之功能，以期提供行政院所屬各級機關風險管理與危機處理正確觀念、統一溝通語言及整合性架構與實務運用，有效建立風險管理與危機處理能量，順利推動並落實風險管理與危機處理，全力達成機關目標並提升施政績效與民眾滿意度。根據此手冊擬定「離岸風電區航行風險管理及急難救助手冊(草案)」提供風險管理、緩解措施及急難救助方面的規劃，可於離岸風場發生海上事故時使用這些資訊。此手冊目的在於確定離岸風電場發展的主要或潛在風險，並揭示這些風險如何控制，離岸風電相關業者如何與風險管理合作並提供建議。

3.2 風險管理及急難救助手冊之必要性

綜合前面各節中國際及各國有關

離岸風電建置之航安技術發展應用之論述，皆與風險評估與安全管理息息相關，且亦制定相關手冊(或計畫)作為離岸風電建置之航安技術發展考量之因素。

目前各國皆制定風險評估與安全管理相關手冊(或計畫)作為離岸風電建置之航安技術發展考量之因素。臺灣針對風力發電，經濟部已擬定「風力發電4年推動計畫」(106-109年)，規劃短期厚植推動基礎。由於臺灣擁有全世界最好風場可以發展離岸風力發電，也有機械、電子等製造基礎，政府將會善用此優勢條件，全力協助業者加速風力發電的開發與興建，為使臺灣發展離岸風電更加順遂，離岸風電建置之航安技術發展扮演著十分重要之角色，因此，風險管理及急難救助手冊之制定，有其必要性。

有關「風險管理及急難救助手冊」之內容如下(表1)：

表1 風險管理及急難救助手冊

項目	內容
序言	
風險分析	<ol style="list-style-type: none"> 1. 風險情境分析 2. 風險辨識 3. 需考慮的風險類型的定義 4. 評估風險等級
風險項目考量之因素	<ol style="list-style-type: none"> 1. 風險管理目標設定 2. 風險管理規劃 3. 風險管理執行 4. 擬定風險情境 5. 參與風險辨識的人員
風險項目考量之區域	<ol style="list-style-type: none"> 1. 環境條件 2. 注意事項 3. 風場航行安全 4. 安全通行距離 5. 高風險地區
風險項目考量之措施	<ol style="list-style-type: none"> 1. 影響減緩措施 2. 降低風險的措施 3. 緩解措施 4. 緩解措施(開發商與營運商遵循) 5. 降低漏油風險措施
風險管理之緊急應變計畫	<ol style="list-style-type: none"> 1. 緊急應變計畫 2. 制定撤離及逃生手冊 3. 海上救難作業程序 4. 目的事業主管機關的注意事項與聯繫方式 5. 評估風險應變之程序範例報告程序之應用 6. 報告程序之應用

四、臺灣離岸風電建置與航安技術發展之探討

臺灣的離岸風電之發展並未如歐洲、日本、英國、瑞典、美國等國家在發展離岸風電之前(或建置時)先有一套「離岸風電建置之航安技術發展」相關的「離岸風電區航行風險管理及急難救助手冊(草案)」的評估或應對計畫，實乃不足之處，本節將從「政策、組織、法令、執行、人員能力」等面向，依據前述「航安技術發展背景知識與相關研究及於國際規定及各國之應用」逐一探討目前臺灣相關規定中不足或缺乏之處，期能了解當前臺灣離岸風電建置之航安技術發展問題所在，進而修正補充之。

4.1 適用於我國政策之規定

檢視我國有關離岸風電之相關政策，諸如：風力發電4年推動計畫、災害防救白皮書、災害防救基本計畫和海難災害防救業務計畫，茲將其論述如下。

4.1.1 風力發電4年推動計畫

目前臺灣離岸風電之發展基礎乃以「風力發電4年推動計畫」為主，並於經濟部能源局主導，此計畫以「能源安全、綠色經濟、環境永續」為主軸，但是海難發生時有可能產生海洋污染而導致海洋環境、資源破壞，因此本計畫既然強調環境永續(環境保育)，但卻缺乏航安技術、海難救助等相關議題討論。

4.1.2 災害防救白皮書

離岸風電建置之航安技術發展最

相關之議題為「防災、減災、救災」，國際上皆針對有關在離岸風電區預防發生海難或意外著墨許多，諸如：風險評估與安全管理。基於國內「防災、減災、救災」概況，行政院於106年依據災害防救法第17條規定編定「災害防救白皮書」，針對「減災、整備、應變、復原」等四大主軸進行整體災害防救之工作，並綜整政府在災害防救施政之重點及努力，希望精進各項災害防救業務，提升災害防救工作效率，以改善災害防救機制。

然而，綜觀目前之災害防救白皮書，實仍欠缺離岸風電海域海難相關議題，如：

1. 海難、災害權責歸屬。
2. 海難、災害管轄競合。
3. 離岸風電海域不特定海難、災害情況歸類。
4. 離岸風電海域不特定海難、災害預防作為。

4.1.3 災害防救基本計畫

中央災害防救委員會每五年依災害防救法第17條第2項規定，就相關減災、整備、災害應變、災後復原重建、科學研究成果、災害發生狀況、因應對策等，進行勘查、評估，檢討災害防救基本計畫，目前此基本計畫最新版本為2013年6月出版，面對當前發展離岸風電之行程，當然皆未規範離岸風電海域海難相關議題。而根據此基本計畫之基本方針及策略目標，以災害預防、災前

整備、緊急應變及復原重建為架構，提出 5 年內應推動之優先施政對策。

4.1.4 海難災害防救業務計畫

交通部依災害防救法第 3 條規定為海難之中央災害防救業務主管機關，負責指揮、督導、協調各級海難災害防救相關行政機關及公共事業執行海難災害防救工作。交通部復依據災害防救法第 19 條第 2 項規定，依「災害防救基本計畫」擬訂「海難災害防救業務計畫」，其內容包含：海難預防、海難災害緊急應變、海事調查及復原重建等規範。

此業務計畫是與離岸風電建置之航安技術發展最相關之計畫，內容相關之海難僅區分為甲、乙、丙三級，綜觀國際上離岸風電區預防發生海難或意外皆以風險評估與安全管理之角度，認為離岸風電區可能伴隨著特殊性海難之發生情況，因此更需考慮其發生海難之嚴重性。

4.1.5 離岸風電海難緊急應變計畫之研擬

臺灣發展離岸風電至今，目前上位計畫僅為「風力發電 4 年推動計畫」，其內容針對航安技術發展的內容比較少，而在海難救助計畫方面，雖提及海難發生時之所有海難預防、災前整備、海難災害緊急應變，然離岸風電場區一但發生海難，往往有不可預知之特殊性災害發生，因此，其內容仍然不足。

綜上所述，臺灣應從各個上位政策檢視並修正(增訂)，而目前海難災害防救相關政策非常完備，僅需補充離岸風電發生的海難之相關規定即可。而政策內容亦須加入各種風險之評估，除了降

低事故之發生，並可做為爾後海難救助之依據，此政策(計畫)才能更加完善。

4.2 組織架構之擬定

檢視我國有關離岸風電之災害防救組織架構，諸如：中央災害防救委員會、國家搜救指揮中心、各機關實施海難救助事項和地方政府實施海難救助事項，茲將其論述如下。

4.2.1 中央災害防救委員會

本委員會置委員 26 人，其中 1 人為主任委員，由行政院副院長兼任，承行政院院長之命，綜理本委員會事務。本委員會設行政院國家搜救指揮中心，統籌、調度國內各搜救單位資源，執行災害事故之人員搜救及緊急救護之運送任務。然離岸風電之主管機關為經濟部能源局，海難之主管機關為交通部，海難執行機關為海洋委員會海岸巡防署，若有海洋污染之情事，海洋委員會海岸巡防署為主要負責機關。因此，臺灣離岸風電建置之航安技術發展下，相關海難發生時之所有海難預防、災前整備、海難災害緊急應變事涉多個機關勤業務，然而離岸風電場區一但發生海難，往往有不可預知之特殊性災害發生。再者，離岸風電海域所發生之海、空難，若為船舶、飛機碰撞風機組設備導致輸電線路災害，此時主管機關有可能產生管轄競合的問題。

4.2.2 國家搜救指揮中心

依據災害防救法規定：「為有效整合運用救災資源，中央災害防救委員會設行政院國家搜救指揮中心，統籌、調度國內各搜救單位資源，執行災害事故之人員搜救及緊急救護之運送任務。」據此，未來參與離岸風電海難救災相關

之公部門皆將面臨更嚴峻的危機應變的挑戰。而救災首重人命救援，搜救效率又攸關政府跨部門運作整合效能，為因應快速遽變的複合性大規模災害類型，政府應針對離岸風電海難救災檢討國搜中心現行編組、建構高效能的搜救機制、補強合理的搜救能量。

4.2.3 各機關實施海難救助事項

目前海難主管機關(交通部)與執行機關(海洋委員會海岸巡防署)制定：「海洋委員會海岸巡防署與交通部協調聯繫辦法」，但是離岸風電之主管機關為經濟部能源局，目前三造之間尚未制定相關因離岸風電場區所發生海難之協調聯繫辦法。因此，為因應離岸風電場區所發生海難救助事務、權責，可朝向制定：「海洋委員會海岸巡防署與經濟部協調聯繫辦法」，或：「海洋委員會海岸巡防署、交通部、經濟部之協調聯繫辦法」因應之。

4.2.4 地方政府實施海難救助事項

海岸管理法規定：「海岸災害：指在海岸地區因地震、海嘯、暴潮、波浪、海平面上升、地盤變動或其他自然及人為因素所造成之災害」、「船舶航行有影響海岸保護或肇致海洋污染之虞者，得由中央主管機關會商航政主管機關調整航道，並公告之」，因此，倘若離岸風電場區所發生海難事件為離岸三海里之內，地方政府、內政部、海洋委員會海岸巡防署地方海巡隊亦負有救助之責，倘若又有溢油污染之虞，海洋委員會海洋保育署主要負責機關。再者，依據海岸管理法規定：「主管機關及海岸巡防機關就前項及本法所定事項，得要求軍事、海關、港務、水利、

環境保護、生態保育、漁業養護或其他目的事業主管機關協助辦理。」

4.2.5 離岸風電海難救助組織架構之擬定

可朝向以國家搜救指揮中心為離岸風電最高統籌、調度機構，並搭配災害防救法相關法令、災害防救白皮書、經濟部制定相關的離岸風電海難救助政策，做為執行依據。

4.3 法制化之建構方式

檢視我國有關離岸風電之組織架構，諸如：中央災害防救委員會、國家搜救指揮中心、各機關實施海難救助事項和地方政府實施海難救助事項，茲將其論述如下。

4.3.1 災害防救法

災害防救法規定：「水災、旱災、礦災、工業管線災害、公用氣體與油料管線、輸電線路災害：經濟部」、「空難、海難、陸上交通事故：交通部」、「為緊急應變所需警報訊號之種類、內容、樣式、方法及其發布時機，除其他法律有特別規定者外，由各中央災害防救業務主管機關擬訂，報請中央災害防救會報核定後公告之」。

然而離岸風電海域所發生之海、空難，所衍生出來的事故亦有可能為複合式災害，此時主管機關有可能產生管轄競合的問題。而此時將會有「權責、指揮、督導及協調」等問題有待解決。

4.3.2 海污染防治法

海洋污染防治法規定：「依本法執行取締、蒐證、移送等事項，由海岸巡防機關辦理。主管機關及海岸巡防機關就前項所定事項，得要求軍事、海關或其他機關協助辦理」、「船舶發生海難

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，主管機關得命採取必要之應變措施，必要時，得逕行採取處理措施」。

依據海洋污染防治法規定而制定「重大海洋油污染緊急應變計畫」，其中：「因海難事件導致海洋污染發生，由交通部開設之海難災害應變中心統籌應變處理及執行油污染應變、事故船舶貨、殘油與外洩油料、船體移除及相關應變作為，直至環境復原完成。」

又離岸風電之主管機關為經濟部能源局，可朝向因海難事件導致海洋污染發生時，經濟部能源局應該納入相關之處置機關。

4.3.3 各機關之海難救助規定

交通部依「災害防救法」第3條規定為海難之中央災害防救業務主管機關，負責指揮、督導、協調各級海難災害防救相關行政機關及公共事業執行海難災害防救工作。交通部復依據災害防救法第19條第2項規定，依「災害防救基本計畫」擬訂「海難災害防救業務計畫」。雖然交通部為海難業務主管機關，而海洋委員會海岸巡防署本身亦有訂定與海難搜救相關法令之內容規範。

檢視各機關海難救助事項後，目前我國缺乏離岸風電區海難急難救助之規定。為整合災害防救事權，發揮最大救難能量，有關涉及離岸風力發電建置之海難災害預防、整備、通報、應變及後續復原重建，應由經濟部能源局主辦，並擔任啟動緊急應變之召集機關。

4.3.4 離岸風電海難救助法制化建構之建議

可朝向各機關之海難救助規定應納入因應離岸風電海域所發生之海、空難之相關救助規定。且可從各個上位法令檢視並修正(增訂)。

4.4 執行機制之規劃

檢視我國有關離岸風電之執行機制，諸如：中央災害防救會報、國家搜救指揮中心、海難災害防救應變標準作業流程、漁船海難災害緊急通報及應變作業程序和海岸巡防機關執行海上救難作業程序，茲將其論述如下。

4.4.1 中央災害防救會報

災害防救法規定：「中央災害防救業務主管機關執行災害資源統籌、資訊彙整與防救業務，並應協同相關機關執行全民防災預防教育。」基此，離岸風電海域之海難統籌，可朝向由國家搜救指揮中心主導，俾利離岸風電海域海難管轄競合之執行。

4.4.2 海難災害防救應變標準作業流程

為健全海難災害緊急應變機制，增加各業務單位「垂直及橫向聯繫」，各部會機關及單位應就其所負責災害防救業務及執掌，研修訂定防救災計畫及作業程序。惟目前缺乏離岸風電特殊性海難應變標準作業流程、缺乏與經濟部能源局之協調機制、作業機制，可朝向視不同情況制定不同的標準作業流程，俾利離岸風電海域海難之緊急應變。

4.4.3 漁船海難災害緊急通報及應變作業程序

目前漁船海難達甲級或乙級災害規模者，通報至交通部、內政部消防

署、行政院國家搜救指揮中心及海洋委員會海岸巡防署等單位。漁船海難災害由漁業署負責應變，漁船與離岸風電特殊性海難之應變標準作業流程，亦應由漁業署與能源局進行相關協調及作業機制之擬定。惟目前此作業程序缺乏離岸風電特殊性海難應變標準作業流程、缺乏與經濟部能源局之協調機制、作業機制，可朝向視不同情況制定不同的標準作業流程，俾利漁船於離岸風電海域發生海難之緊急應變。

4.4.4 海岸巡防機關執行海上救難作業程序

海岸巡防機關為執行海上遇難船舶、平臺、航空器與人員之搜索、救助及緊急醫療救護事項，特訂定本作業程序。惟目前缺乏航空器碰障離岸風電區機組設備之海難應變標準作業流程、缺乏與經濟部能源局之協調機制、作業機制，可朝向視不同情況制定不同的標準作業流程，尤其行政院海岸巡防署已經組織改制為海洋委員會，因此可以一併納入組織改制討論之議題。

4.4.5 離岸風電海難救助執行機制之規劃

可朝向從經濟部能源局之法令檢視並修正(增訂)，目前所有海難相關法令已經非常完備，因此僅需補充離岸風電發生的「特殊海難」之相關規定即可，並與經濟部能源局共同參與規劃相關的協調機制、作業機制之建置。

4.5 人員能力之培養

檢視我國有關離岸風電之人員能力，諸如：離岸風電海難救助教育和離岸風電海難救助訓練，茲將其論述如下。

4.5.1 離岸風電海難救助教育

由於目前缺乏離岸風電海難相關專業人員，而目前各個海難統籌、執行機關、作業程序皆有明定教育訓練、演習計畫，目前尚缺離岸風電海難相關教育訓練，可朝向由離岸風電主管機關經濟部能源局負責統籌、規劃、協調、辦理，並結合海難相關主管(交通部航港局)、執行機關、地方相關單位、海事專業高等院校共同規畫相關細節。

4.5.2 離岸風電海難救助訓練

檢視各個海難統籌、執行機關、作業程序皆有明定救助訓練、演習計畫，目前缺乏離岸風電救助訓練，可朝向由離岸風電主管機關經濟部能源局負責推動，並結合海難相關主管、執行機關、地方相關單位、海事專業高等院校共同規畫救助訓練課程。

全球風能組織(GWO)係由風場業主和風機製造商所組成之非營利組織，其將協助制定風場開發時相關之標準與規範，亦提供離岸風電建設所需的海上求生及其他技能的標準國際課程。離岸風電在國外業界已逐漸形成共識將以全球風能組織(GWO)安全訓練為基本要求，情況就如同全世界跨國航行的商船船員必須要接受航海人員訓練、發證及航行當值標準(STCW)訓練課程取得受訓證書一樣。因此，可朝向借鑒全球風能組織(GWO)之訓練為離岸風電海難救助訓練奠定根基。

4.5.3 離岸風電海難救助人員能力培養之規劃

目前交通部及海洋委員會海岸巡防署之所有海難相關教育與訓練(包括演習)非常落實，因此僅需補充離岸風電

發生的「特殊海難」之相關教育與訓練(包括演習)即可。此外，亦可參考各國之作法，例如：歐洲的緊急應變演習、日本的「緊急時對應計畫」之緊急培訓、英國的海上緊急應變管理課程等。

4.6 我國撈救業能量分析與發展策略

離岸風電建置後，倘若船舶於離岸風電區航行，發生海難事故需要撈救時之相關撈救能量因應，因此有必要探討我國撈救業能量分析與發展策略。本節主要針對政府、民間、鄰近國家(中國大陸、香港、日本)、國際海上救援協會等之救援能量及相關發展策略進行論述。

4.6.1 我國撈救業能量分析

船舶於離岸風電區航行，發生海難事故需要撈救時，依「災害防救法」第三條第四款規定海難交通事故之主管機關為交通部。我國目前執行搜救任務機關(構)為：海巡署、空勤總隊、海軍水下作業大隊、港務公司港勤拖船，除上述政府搜救機關(構)外，我國亦有民間搜救單位，諸如：民間海難救護公司、民間團體。若發生大型海難事故需請求鄰近國家支援，如中國大陸、香港、日本，亦可向國際海上救援協會(International Maritime Rescue Federation, IMRF)尋求撈救資源。

4.6.2 我國撈救業發展策略

我國撈救業發展策略，細分為政府撈救業發展策略、民間撈救業發展策略及支援撈救能量發展策略，茲將其論述如下。

4.6.2.1 政府撈救業發展策略

由於離岸風場海難事故自身的特殊性，從現行搜救體制來看，單靠海巡

署、空勤總隊、海軍水下作業大隊、港務公司港勤拖船等的力量是不夠的，需搭配民間搜救能量，而我國目前撈救作業的經費是由中央撥款，這些資金用於實際海上撈救是不夠的，若透過政府事先統籌撈救基金或撈救費用，可用於提升政府機關(構)於離岸風場撈救船型，亦可彌補民間搜救的經濟補償。

4.6.2.2 民間撈救業發展策略

民間撈救業之「商業性撈救」是以船舶動力協助被拖船方行進或移動為目的；而「救助性撈救」是將人命撈救於安全狀態為目的。故可將「商業性撈救」視為不以危險存在要件；而「救助性撈救」是以危險存在及救助成功為要件。以危險存在為要件，可解決撈救費用及拖帶範疇之問題釐清。

4.6.2.3 支援撈救能量發展策略

茲將民間撈救業發展策略分為：建立人道救援合作機制和多邊海上撈救協定之面向，茲將其論述如下：

1. 建立人道救援合作機制

中華搜救協會經交通部核准指定為我國之兩岸搜救聯繫協調窗口，直接對中國大陸海上搜救中心協調海難搜救事宜，多年來海峽兩岸海難搜救機構基於互信互惠原則及海難搜救合作，共同維護臺灣海峽航運安全，建立人道救援合作機制，提升整體海域安全以及建立兩岸海峽航安機制及開發搜救資訊管理系統。

2. 多邊海上撈救協定

在亞洲太平洋地區，各國正快速的發展搜救能量，並積極與周邊國家尋求搜救方面的各種合作，故臺灣可朝向締結鄰近國家之「多邊海上撈救協定」，

避免所需他國資源的當下，鄰近國家之船舶、飛行器、協助撈救人員進入我國海域產生主權之問題。

4.6.2.4 政府、民間和支援搭配撈救能量發展策略

茲將政府、民間和支援搭配撈救能量發展策略分為：搭配撈救之協調性、設立民間自願撈救者組織和建立撈救能量資料庫之面向，茲將其論述如下：

1. 搭配撈救之協調性

我國搜救指揮體系縱向為各級政府機關(構)，橫向為各級政府機關(構)下的指揮系統，難以實現統一民間撈救及協調支援撈救的指揮體系，將影響撈救效率。故可朝向透過定期召開會議，於各方相互交流之情況下達成各種共識，並於召開會議時，交流離岸風電之撈救專業特性。

2. 設立民間自願撈救者組織

事先設立民間自願撈救者組織，此方法是國外普遍採用的協助撈救人員的構成模式，此舉可節省大量人力成本，更提供撈救能量有效的人力資源。透過民間自願撈救者推廣離岸風電海難撈救之安全常識，逐步構成對民間自願撈救者的訓練，進而成為民間自願撈救者之隊伍。

3. 建立撈救能量資料庫

經檢視「海難災害防救業務計畫」其附表五為海難災害救援能量表，可進而建立撈救能量資料庫，明確各地撈救單位與各地撈救資源之直接協調關係，可提高緊急應變之撈救協調效率，以因應離岸風電區海難之複雜性及專業性。

4.7 政府緊急情況介入權與時機

為使離岸風場發生海難事故時之緊急應變機制能夠迅速、有序、高效和協調，以減少海難事故造成的人員傷亡及損失，政府應廣泛調動各方資源，充分發揮各方力量的自身優勢及整體效能，本節將針對政府緊急情況介入權與介入時機進行論述。

4.7.1 政府緊急情況介入權

有關政府緊急情況介入權之部分，建議政府改善現有搜救體制，建立適於離岸風電區之調配機制、統一災害防救事權及海上搜救能量的協調與指揮權，茲將其面向分述如下：

1. 改善現有搜救體制，建立適於離岸風電區之調配機制

考量離岸風場發生海難涉及經濟部能源局、交通部航港局、海巡署，在組織協調上存在一定的困難，因離岸風電區海難救助具有複雜性和很強的專業性，檢視目前我國之情況，尚無哪個機關(構)能獨立承擔此項職能，因此我國海上搜救體制是在中央指導下的多元化搜救。這樣的體制雖有利於發揮各部門作用，整合共享強大的海難搜救能量，提高海難救助的成功率，但在多元機關(構)也會存在職責不清、分工不明，易影響救助工作時效。

2. 統一災害防救事權

離岸風電區海難涉及多個機關，為統一災害防救事權，建議政府參照相關緊急應變機制，指定一主管機關統籌指揮，調度資源並運用各相關部會專業，以期發揮最大搜救能量。

3. 海上搜救能量的協調與指揮權

經檢視我國「海岸巡防機關執行海上救難作業程序」之規定，海難估計有

十五人以上傷亡、失蹤或災害有擴大之虞時，海巡署即成立緊急應變中心。其指揮權係指重大災難發生而轄區人力不足時，應即報請上級單位調派人員或艦艇參與救援，各支援人員及艦艇由災難發生轄區之單位主官統一指揮。緊急應變中心應與軍事指揮機關建立資訊溝通管道，協調軍事力量參與海上搜救之緊急應變。

4.7.2 政府緊急情況介入時機

有關政府緊急情況介入時機之部分，分為搜救效果評估與決策調整、介入協調民間資源和參與及搜救後期處置之時機，茲將其面向分述如下：

1. 搜救效果評估與決策調整

追蹤緊急應變中心之搜救措施，判斷海難事故之發展趨勢，對危險進行控

制、處置及分析，並及時調整搜救決策，採取有效措施，減少損失、提高緊急應變率和提高搜救成功率。

2. 介入協調民間資源和參與

當政府機關(構)資源能量不足時，由當地港口主管機關協調民間能量參與或支援海上救援行動，需由政府方指導民間進行救援工作之安排與配置。

3. 搜救後期之處置

政府於事故後成立專責單位，負責搜救成效之調查工作，將每次海上緊急救援經驗與專家進行評估，提出改進建議，作為爾後強化預防，並統計於離岸風場發生海難事故之發生原因、規律並吸取經驗，以降低於離岸風場海難事故之發生率。

五、船舶監測系統建置與交通流量分析

船舶交通流資料主要是對離岸風電區禁航範圍內的船舶數量做一追蹤統計，並以此判斷離岸風電區內外的船舶航行交通流量，藉以探討在離岸風電區設置後，航道縮減與離岸風電禁航區設立問題對於海上船舶航行密度與航道設置之影響性。

在船舶位置判斷方面，判斷 AIS 船舶是否處於離岸風電區的方式，主要是透過演算法判斷船舶是否在離岸風電區範圍，由於離岸風電區所規劃之區域範圍為不規則形狀，因此在判斷船舶是否處於離岸風電區內有一定困難度。為解決此問題，本研究使用 point in

polygon 演算法做為計算船舶座標點是否在範圍內方法，首先需將風電區與船舶的座標由「二度分帶座標系統」轉換成「經緯度座標系統」，轉換後再透過 PIP 演算法判斷船舶是否在離岸風電區內。

考量風險管理及急難救助手冊與離岸風電風險管理之相關制定辦法對於航道規劃後船舶密度與熱點分佈等狀況亦須有一定程度的瞭解，在確認離岸風電區範圍與預設南北向航道規劃後，本研究更一步針對航道縮減與南北向航道設立對於海上船舶航行密度影響性做一熱點分佈模擬。

六、結論與建議

6.1 結論

離岸風電建置後之船舶於離岸風電區航行，發生海難事故之相關撈救能量因應能量明顯不足，由於離岸風電建置時將會有各種大型之工作船舶航行於港口與建置區之間，政府與民間之搜救船舶目前皆缺乏針對此類海難之搜救能量，在技術方面，皆缺乏此類的搜救經驗與專家，國外之搜救能量亦屬民間支援居多，台灣若發生此類海難事故時尋求國外搜救能量支援，將付出大筆救難費用。

而臺灣現行海難搜救實務所面臨的問題，在於沒有一套完整離岸風電建置之航安技術發展的「離岸風電區航行風險管理及急難救助手冊(草案)」可供參考，也因此導致也許在未來實務上，在「防災、減災、救災」之議題將會常常面臨海難、災害權責歸屬及管轄競合、責任區劃分、搜救作業流程不明確等的問題。爰此，本研究以「離岸風電區航行風險管理及急難救助手冊(草案)」為主要研究目的，除針對不同類型之海事案件建立明確完整之風險管理外，更希冀未來本研究內容能擴大應用於臺灣離岸風電海域海難搜救實務上，臺灣離岸風電建置之航安技術發展作出貢獻。

此手冊需要定期、在發生重大事故之後、在發生任何變化(例如：人員、設備等)後進行審查並在必要時進行更

新。在這些更新中，必須考慮吸取的教訓、工作性質的變化、新技術或程序的開發或法律與規範要求進行更改。

可能參與風險管理和急難救助的離岸風電相關業者及工作人員都能了解離岸風電區航行風險管理及急難救助手冊(草案)之正確程序並於其他緊急情況下應遵循程序，以提高對緊急應變的理解與認識，並加強與國家搜救和應變人員的合作。

急難救助之緊急應變計畫，應包括危機應變小組、應變策略、善後處理等標準作業程序，並應力求機動與彈性，以適應特殊緊急事故，並透過測試與演練，驗證計畫之有效性。

6.2 建議

目前我國離岸風場發生海難之撈救能量明顯不足，建議可事先提出各機關(構)適可用於離岸風力機間、離岸風場航道之各種拖船船型。政府可規劃與民間海難救難公司建立合作關係，以便緊急事故時可以縮短決策時間，並透過政府事先統籌撈救基金或撈救費用，可用於提升政府機關(構)於離岸風場撈救船型，亦可彌補民間搜救的經濟補償。

在成果效益方面，經分析我國離岸風電區域及鄰近港區之船舶交通流資料統計，系統開發時，透過建構一個由AIS 資料庫，達到船舶位置判斷技術、系統後端資料庫建置。AIS 船舶資訊系統可使離岸工作船航行於離岸風電區

之限制水域時，可自動獲得來往船隻的各類資訊，在很大程度上可以減少船舶和各類海難事故的發生。

故於實際應用時，由於離岸風電區之障礙物，會使雷達無線電波被阻擋，無法探測到障礙於離岸風電區海域環境情況，盲目相信雷達會使離岸工作船之駕駛員措手不及，因此在識別 AIS 船舶是否處於風電禁航區內有一定難度。為解決此問題，使用 point in polygon

演算法做為計算船舶座標點是否在範圍內方法，首先需將風電區與船舶的座標由「二度分帶座標系統」轉換成「經緯度座標系統」，轉換後再透過 PIP 演算法識別船舶是否在風電區內。

基此，擬定「離岸風電區航行風險管理及急難救助手冊(草案)」提供風險管理方面的規劃，並結合離岸風電區船舶 AIS 資料庫與顯示介面系統，做為離岸風場航行安全之依據。

參考文獻

1. IMO & ICAO, International Aeronautical & Maritime Search and Rescue Manual (IAMSAR), 1998.
2. “Report on Horns-Rev VHF Radio and Marine Radar”, Elsam Engineering, DK report to Cap Wind Associates, Doc. No. 186829, Mar. 2004.
3. Swedish Rescue Service Agency, Rescue Services in Sweden, 2008.
4. Guardex 2012: Responding to Offshore Wind Farm Emergencies United States National Search and Rescue Supplement to the International Aeronautical and Maritime Search and Rescue Manual, COMDTINST M16130.2E, September 2009.
5. U. Glasser, P. Jackson, A. K. Araghi, and H. Y. Shahir, “Intelligent decision support for marine safety and security operations,” 2010 IEEE International Conference on Intelligence and Security Informatics (ISI 2010), pp. 101-107, May 2010.
6. “Guidelines on How to Assess the Potential Impact of Wind Turbines on Surveillance Sensors”, EUROCONTROL (European organisation for the safety of air navigation) 9/2010.
7. International Aeronautical and Maritime Search and Rescue Manual; IAMSAR Manual, London/ Montreal, 2010.
8. X. Gao, S. Shiotani, and H. Makino, “The study of effective communication of water depth information for prevention of accidents in marine traffic,” 2012 Fifth International Conference on Emerging Trends in Engineering and Technology (ICETET 2012), pp.

265-269, Nov. 2012.

9. International Maritime Organization, Ships' Routeing, 2013 Edition, IMO.
10. Technical characteristics for an automatic identification system using time division multiple access in the VHF maritime mobile frequency band, Recommendation ITU-R M.1371-5, 2014.
11. Maritime & Coastguard Agency, Offshore Renewable Energy Installations : Requirements, Guidance and Operational Considerations for Search and Rescue and Emergency Response, 2016.12.
12. UK Royal National Lifeboat Institution, Maritime Search and Rescue Service Implementation Guide, March 2017.
13. The Renewables Consulting Group LLC, New York State Offshore Wind Master Plan, 2017.12.
14. US National Search and Rescue Committee, United States NATIONAL Search and Rescue Supplement to the International Aeronautical and Maritime Search and Rescue Manual Version 2.0, 23 April 2018.
15. Swedish Search and Rescue Services, Management Mission Co-ordination Mobile Facilities.