

風力發電對鳥類與蝙蝠之 潛在生態議題



2018/12/3 集思台大會議中心

主辦單位：臺灣大學生態學與演化生物學研究所、
中華民國溪流環境協會

協辦單位：福爾摩莎自然史資訊有限公司

贊助單位：光宇工程顧問股份有限公司

議 程

9:30-9:50 報到

9:50-10:00 貴賓致詞

10:00-10:10 引言 | 李培芬教授 / 臺灣大學生態學與演化生物學研究所

第一節 風力發電與蝙蝠生態

主持人：鄭錫奇博士 / 特有生物研究保育中心

10:10-10:20 主持人引言

10:20-10:40 Assessing the risk to bats from wind turbines, and developing novel consent and mitigation strategies: a New Zealand case study | Prof. Stuart Parsons / Queensland University of Technology

10:40-11:00 茶敘

11:00-11:20 An assessment of the impact of wind turbines on bats in central Taiwan: how close are we to remedy a necessary evil? | 李亞夫教授 / 成功大學生命科學系

11:20-11:40 臺灣風力發電機對蝙蝠之影響 | 周政翰 / 臺灣蝙蝠學會

11:40-12:00 Wings over the dark wind at sea: is there any potential influence of offshore wind turbines to bats in Taiwan? | 黃俊嘉 / Universiti Kebangsaan Malaysia

12:00-13:00 午餐

第二節 風力發電與鳥類生態

主持人：劉小如研究員 / 中央研究院生物多樣性中心

13:00-13:10 主持人引言

13:10-13:30 臺灣海峽風場鳥類的種類組成、時間與高度 | 丁宗蘇教授 / 臺灣大學森林環境暨資源學系

13:30-13:50 海岸風機對水鳥的影響－彰化王功的研究案例 | 池文傑 / 福爾摩莎自然史資訊有限公司

13:50-14:10 臺灣海峽鳥類的時空分布與離岸風機的可能影響 | 白梅玲 / 福爾摩莎自然史資訊有限公司

14:10-14:30 茶敘

14:30-14:50 雷達應用於離岸風機之鳥類生態調查 | 楊昌諺 / 福爾摩莎自然史資訊有限公司

14:50-15:10 鳥類調查方法的差異比較 | 賴慶昌 / 弘益生態有限公司

第三節 綜合討論

主持人：李培芬教授 / 臺灣大學生態學與演化生物學研究所

15:10-15:30 風力發電的環評與迷思 | 劉小如研究員 / 中央研究院生物多樣性中心

15:30-16:30 討論

Assessing the risk to bats from wind turbines, and developing novel consent and mitigation strategies: a New Zealand case study

Stuart Parsons

School of Earth, Environmental and Biological Sciences,
Queensland University of Technology, Brisbane, Australia.

Wind energy is seen as a sustainable alternative to electricity generation methods that produce green-house gases, or are perceived by the public as being unsafe. New Zealand has embraced the use of wind energy, with 16 farms either operational or under construction. A further 16 sites are being investigated or have consent applications underway. Prior to construction of a wind farm, consent must be sought under the Resource Management Act, which includes assessing the impact of the development on vulnerable species. Once the risk has been assessed, wind farm developers must provide plans to avoid, mitigate or offset these risks. If the plans are accepted, they become part of the conditions under which the facility is developed and operated. In this talk I will present a case study of the Hauauru Ma Raki Wind Farm, including how the risk to native bats was assessed, and how this shaped the final consent conditions under which the wind farm was to operate. The case study highlights the need for an understanding of species biology and behaviour generally, and specifically the status of the species in and around the proposed wind facility. Without this knowledge, agreeing consent conditions that are not too onerous and costly can be challenging.

An assessment of the impact of wind turbines on bats in central Taiwan: how close are we to remedy a necessary evil?

Ya-Fu Lee, Ji-Lin Cai, Song-Yu Yang, Yen-Min Kuo
Department of Life Sciences, National Cheng Kung University

Wind power is considered a more eco-friendly energy and has been one of the fastest growing renewable energy worldwide. The environmental impact of wind energy facility, however, particularly that toward aerial wildlife including bats, is also a continued concern. Between July 2017 and October 2018, we conducted monthly line-transect survey by roughly 10-day intervals to estimate the occurrence, abundance, and activity of bats around wind turbines at three onshore wind farms in Changhua (Xianxi, Lungwei, Wanggong), and assessed the bat fatality. We additionally compared bat activity in those more open sites in Changhua (Xianxi and Lungwei) with a farther south site in Sihhu, Yulin, where vegetation surrounding the wind turbines were much more intensive. Bats were detected by sighting and acoustic monitoring at various frequencies of occurrence and abundances, and bat carcasses retrieved, at all sites throughout different periods. In the dusk a great portion of bats often swarmed around wind turbines within a noticeable range, particularly in Sihhu. Smaller but more similar proportions of bats in both Changhua and Yulin tended to fly either along the coastline or directly toward the sea. Over 11% of bats in Changhua sites, and nearly 50% of bats in Sihhu, occurred at heights within the potential threat from wind turbine blades. Bat carcasses comprised mostly common *Pipistrellus abramus*, followed by *Eptesicus serotinus*, but also *Nyctalus plancyi*, *Miniopterus fuliginosus*, and *Myotis* spp. Estimated bat fatalities were higher in Yulin (Sihhu) compared to Changhua, and in Xianxi among sites of Changhua. This estimate translates to an overall annual mortality of about 585 bats in the three Changhua sites and 300 bats in Sihhu alone, assuming a 10-month period of primer bat activity only. The actual fatalities could be higher in Sihhu for on average < 10% of the turbine ground base was searchable. Certain types of habitat features have long been recognized as unsuitable for wind turbine sites if fatalities of aerial wildlife are to be reduced or avoided, which apparently was not considered while planning and constructing wind farms. Proper mitigation/compensation strategies should be explored and adopted for continuously operating wind turbines in Sihhu and other sites alike.

台灣風力發電機對蝙蝠之影響

周政翰

台灣蝙蝠學會、嘉義大學森林暨自然資源學系

石化能源不斷地被人類利用後，近來，再生能源的研究與利用成為炙手可熱的議題。風力發電亦為台灣地區廣泛利用作為綠色能源的重要類別之一。現今台灣地區（包含離島）已經架設超過 300 組風力發電機組，然風力發電產能過程雖屬污染較小的產能方式，但其對於生態環境的直接或間接影響在台灣地區鮮為受到注視。本研究彙整台灣地區風機蝙蝠致死的回報資訊及相關調查可能受威脅的蝙蝠物種名錄，如此期待初步瞭解風機蝙蝠致死影響的可能。離岸風機也陸續在中部海域架設，未來將持續進行架設規劃，以達到千架海陸風力機目標，可望成為國內電能替代最主要來源之一，但不論在架設陸域或海域的風力發電機組或評估風力發電機組位置與運轉過程應對於當地生態環境的衝擊減至最低，如此，風力發電才可稱為真正的「綠色能源」。

Wings over the dark wind at sea: is there any potential influence of offshore wind turbines to bats in Taiwan?

Joe Chun-Chia Huang^{1,2}, Cheng-Yun Wang³,

Bo-Wei Huang³, Mei-Ling Bai³, Yu-Yi Lien³

¹Universiti Kebangsaan Malaysia, Selangor, Malaysia; ²Formosan Golden Bat's Home; ³Formosa Natural History Information Ltd

Wind power is considered as a renewable energy that produce minimum impact to environment and also potentially could replace fossil fuel energy. Nevertheless, the global data reveal that wind energy facilities have caused great impacts to biodiversity and high fatalities of volant vertebrates, such as birds and bats, in terrestrial systems. The threats of wind energy facilities to wildlife have been extending to the sea with the recent development of offshore wind farms. However, our understanding of the influences of wind energy facilities to volant animals is mostly from birds. How wind energy facilities affect offshore bats is nearly unseen. In this study, we present the first data of bat diversity in offshore area in Taiwan and discuss the potential threats of offshore wind farms to bats. Bat activity data were acquired using a full-spectrum acoustic recorder at 9 selected wind farm candidate sites offshore to the west coast of Taiwan Island from November 2017 to November 2018. Bats are recorded in 4,719 3-s recordings (total effort c. 137.75 hrs) and from which 9 types of bat echolocation calls are found. By comparisons with the known bat species in Taiwan and nearby areas, we report the presence of *Tadarida insignis* and possible records of *Nyctalus plancyi*. Calls that characterized with FM-QCF and QCF structures and end frequency of 42-48 kHz, likely from *Miniopterus fuliginosus* and small Vespertilioninae, were most frequently found in our samples. Feeding buzzes and social calls from bats were detected in April but not other 7 surveyed months. Based on our empirical data and literature review, we predict that at least one-third of Taiwan's bat species could be potentially influenced by the wind energy facilities. Further monitoring on the responses of bats prior to and after the establishment of offshore wind farms is suggested.

台灣海峽風場鳥類的種類組成、時間與高度

丁宗蘇、林穆明

國立台灣大學森林環境資源學系

台灣海峽在東亞-澳洲候鳥遷移線中段，是東亞大陸沿岸線及東亞島弧線最接近的地方，是候鳥遷移的重要管道。估計至少有 350 種鳥類會利用台灣海峽進行季節遷移，數量至少有數百萬隻。但包含環評報告及鳥類紀錄資料庫，目前僅約 100 種鳥類在台灣海峽被記錄。春季 (3-5 月) 及秋季 (9-11 月) 是台灣海峽風場鳥類物種及數量記錄最多的季節，包含各類遷移性水鳥、陸鳥及海鳥；其次是夏季 (6-8 月)，冬季 (12-2 月) 的鳥類物種及數量記錄最少，主要種類皆是鷗科及海鳥。環評報告的雷達觀測多是在夜間進行，少數 24 小時連續進行的雷達觀測顯示，過境季時夜間飛行的鳥類數量為日間飛行數量一倍以上。目擊調查的鳥類飛行高度，約 80% 在扇葉範圍以下。雷達觀測的鳥類飛行高度，則有很大比例在扇葉範圍以內，與目擊調查的觀測結果有很大差異。未來應進一步收集鳥類分布時空及高度之資料，並同步驗證目擊調查及雷達觀測的有效察覺範圍。

海岸風機對水鳥的影響 — 彰化王功的研究案例

池文傑¹、李培芬²、林芳儀¹、賴怡蓓¹、白梅玲¹、連裕益¹

¹福爾摩莎自然史資訊有限公司；²臺灣大學生態學與演化生物學研究所

本研究希冀能瞭解海岸環境中風機的設立是否對當地水鳥群聚數量產生影響、風機運轉後對當地鳥類飛行行為會產生何種改變。2009 年起至 2015 年 10 月，我們針對彰化王功的 10 部風機以及永興地區（迄今尚未設置風機）進行鳥類監測以及漲退潮期間鳥類飛行路徑觀察，調查時間涵蓋王功風機機組施工前（2009 年 1 月至 9 月）、施工期間（2009 年 10 月至 2010 年 10 月）和風機運轉期（2010 年 11 月至 2015 年 10 月）。

分析比較不同時期 3 月至 8 月、10 月至翌年 2 月鷓鴣類與鷺科數量變化發現，不論是王功或永興地區不同時節的鷓鴣類數量的變化相當大，顯示風機設立與當地鷓鴣類或鷺科數量可能無明顯影響性。

運轉期間，王功風機機組附近海岸可區分為窄間距風機區（間距 200 公尺）、寬間距風機區（間距 500 公尺）和無風機區，分析比較施工前、施工期間和風機運轉期不同類群鳥類（鷓鴣類、海鷗類、鷺科和陸鳥）在潮汐漲退期間通過上述海岸的飛行比例發現，各時期不同類群鳥類通過各海岸線之比例具有明顯差異，其中最顯著的是風機運轉期間，鳥類飛行通過窄間距風機區的比例顯著低於施工前或施工期間。

統計分析運轉期間，不同類群鳥類飛行通過海岸線之飛行高度（風機下緣以下、風機旋轉半徑內和風機上緣以上）之比例，鷓鴣類有高達 34.3% 通過風機旋轉半徑內，而海鷗類則有 27.7% 通過風機旋轉半徑內，此兩類群鳥類為本區域發生風機撞擊可能性最高的潛在族群。進一步分析比較運轉期間不同類群通過各海岸區的飛行高度比例，鷓鴣類與鷺科鳥類在飛越窄間距或寬間距風機區時，通過風機旋轉半徑區域的比例都會有顯著較無風機區來得低之情形，而海鷗類則相反，這顯示鳥類在通過風機所處海岸時，部分類群會降低飛行高度以避免發生撞擊，部分類群則較無忌避現象。

臺灣海峽鳥類的時空分布與離岸風機的可能影響

白梅玲¹、李培芬²、黃嘉祥¹、黃鈺棠¹、蔡之庸¹、
陳煥之¹、池文傑¹、李仲軒¹、洪巧芸¹、連裕益¹

¹福爾摩莎自然史資訊有限公司；²臺灣大學生態學與演化生物學研究所

過去二十年來，如雨後春筍般增長的風機對鳥類的生存帶來許多新的挑戰，包括因為撞擊而傷亡、可用的棲地減少、以及因為繞道通行而必須耗費更多的能量於遷徙或覓食等等。瞭解潛在開發區的鳥類種類與分布，是探討這些問題的第一環，也是開發規劃的重要基礎。

在 2015 年至 2017 年間，我們在台灣西部海域進行了 135 趟次、合計超過 18,000 公里的船隻穿越線調查，共記錄到 90 種鳥類 3,878 群次。針對其中資料量較充足的鳥種，使用距離採樣法 (distance sampling) 估算密度，並結合環境資料庫以隨機森林演算法 (random forests) 建立分布模式。我們發現保育類的夏候鳥白眉燕鷗 (*Onychoprion anaethetus*) 與鳳頭燕鷗 (*Thalasseus bergii*)，雖然在相同的地區繁殖，卻主要在不同的海域活動：白眉燕鷗主要在澎湖群島周遭覓食，鳳頭燕鷗則偏好到台灣沿岸。候鳥在海域的遷徙模式也各有不同：春秋各處海域都有家燕 (*Hirundo rustica*) 通過，但鷺科的鳥類秋季在台灣西北外海則似乎有一特定的廊道。

將各鳥種的空間利用結合對其飛行特性的瞭解，可應用於撞擊風險評估，瞭解不同鳥種對風場開發的敏感程度；也可應用於空間性的規劃，探討在不同區域進行開發對鳥類的可能影響，做為風場選址的參考。

雷達應用於離岸風機之鳥類生態調查

楊昌諺、白梅玲、蔡之庸、馬瑋璟、李仲軒、邱于祐、連裕益
福爾摩莎自然史資訊有限公司

雷達為 Radio detection and ranging (Radar) 的簡稱，其利用電磁波的反射原理偵測物體的空間分布，可以用來進行鳥類的調查。雷達能夠獲取夜間、大範圍及長時間的資料，並能夠呈現資料的立體空間分布，但仍有高花費、無法辨識鳥種甚至有時仍會受天氣影響的缺點。

近年來雷達開始被應用於離岸風機的鳥類生態調查。歐洲是全世界離岸風機發展最完善的區域，利用雷達進行鳥類調查的成果也相當豐富。我們匯整了歐洲 Alpha Ventus、Horns Rev、LID、Nysted、OEWZ 與 Thornton Bank 等風場的成果，呈現雷達在離岸風場鳥類調查上的應用，包括日、季及長時間趨勢的鳥類移動變化、飛行高度的日、季變化與空間分布狀況等；雷達也能提供水平空間分布及飛行方向的基礎資訊，以進一步瞭解風場內外的差異及其不同的飛行模式。透過這些資料，我們可以瞭解風場範圍及周遭的鳥類移動狀況、移動時的飛行模式、撞擊風險以及對於風場建設前後的反應。

國內預計 2025 年離岸風機的發電量可以達到 3GW，因此陸續開始進行離岸風機的建設，同時也日益重視雷達的資料收集。在此也呈現我們以海事雷達進行鳥類調查的初步成果，可簡單呈現風場範圍內鳥類出現的時間變化、飛行方向、水平空間分布及高度分布等資料。目前台灣應用雷達於鳥類調查仍處於剛起步的階段，建議未來可於遷徙季的高峰期進行高頻度的調查，並因應不同的風場狀況、調查目的來決定掃描的地點與方式。

鳥類調查方法的差異比較

賴慶昌

弘益生態有限公司

台灣位處東亞候鳥遷徙路徑上，每年春、秋季有數量龐大的候鳥飛經台灣，過往雖有利用衛星定位追蹤特定鳥種大尺度飛行路線，但對於台灣海域整體鳥類活動及組成資料仍然缺乏。海域鳥類調查最普遍的調查方式為使用船隻搭載觀察員，以人員進行目視穿越線調查。海域鳥類調查因到達方式受限且成本高昂，因此台灣海域海鳥背景資料相對缺乏。目視穿越線調查可取得鳥種、數量、密度、行為及小尺度的飛行方向與高度等資訊。而為了解調查區域更大尺度的鳥類飛行模式，近年來在許多調查中，除目視調查外，亦運用雷達以取得較長時間及較大空間尺度的鳥類飛行路徑、高度及時間分佈等資訊。目視調查主要的限制在於天氣因素、人員海上作業能力及人員辨識能力等，而一般船用雷達調查則受限於建置及運維成本、無法分辨鳥種等。由於目視及雷達調查雖均可協助鳥類研究，惟其運用條件及所取得之資訊並不相同，若欲整合二種調查資訊前，應先了解其基本之差異及限制，方能合理分析目標區域鳥類組成與活動狀況。

風力發電的環評與迷思

劉小如

中央研究院生物多樣性中心

綠能，就像有機食物，讓很多人以為是解決很多既有問題的救星；只要轉換成綠能，大家不但可以繼續享受能源供應無缺的福利，又不會污染環境，不產生溫室氣體，加上太陽能與風能取之不竭，看來應該是有百利而無一害。

季風是遷移性候鳥及蝙蝠在長途移動上極為重要的助力。風力強而穩定、風向合適、跨海距離較近的地點，多是世界各地候鳥遷移路線上的熱點。台灣西部新竹到彰化一帶，正因此而是春秋兩季眾多候鳥遷移的必經之地。不幸對遷移性鳥類有利的條件，正也是對風力發電有利的條件，也因此產生了風力發電正面衝擊了遷移性候鳥與蝙蝠生存的問題。而對留鳥與留棲性的蝙蝠來說，風機的存在限縮了牠們原來的覓食與活動場所，另外國外也有不少鳥類與蝙蝠撞風機意外死亡的記錄與報導。台灣海峽各島上有多種燕鷗群居繁殖且在淺海覓食，風機對這些鳥的繁殖是否有負面衝擊，是否會提高其成鳥與亞成鳥之死亡率等等，目前都無資料。

近年政府以優厚的條件吸引國際大廠前來投資發展風能，責成各政府單位限期達成非核家園的目標，以致於環境影響評估所審查的，並不包括風場場址的選擇，或是否有其他能源供需替代方案；環評過程能審查的，其實僅只有開發單位是否依據環評法的規定，調查收集了各種環境與生物資料，資料之完整性、及解讀的正確性。但實質上環評制度中有關生態環境的部分，所要求的評估多僅是最基本與最低量的調查與資料整理，即使受聘進行調查及分析的顧問公司認真依照規定完成任務，也無法保證開發案不會造成嚴重的環境衝擊。另外即使環評的通過條件，要求業者必須在施工前完成兩年的生態資料收集，但若這會讓施工延後，這項要求往往並無法落實。因此在風能開發上，社會各界絕不能以為通過了環評的開發案，就不會有負面的環境衝擊，還是要隨時協助監督，積極參與，協助改善。政府更必須要求風場建置並落實共同資訊平台，分享及整合各種調查資料，並建立因應機制，以便在必要時採取降轉或停機等手段，以減少對重要動物的傷害。