



公開

密件、不公開

執行機關(計畫)識別碼：100801e100

行政院農業委員會林務局107年度科技計畫研究報告

計畫名稱： 國際貿易外來動物活體入侵風險控管計畫 (第1年/全程1年)

(英文名稱) Control of the invasion risks of the exotic animals through international trade

計畫編號： 107農科-10.8.1-務-e1

全程計畫期間：自 107年1月1日 至 107年12月31日

本年計畫期間：自 107年1月1日 至 107年12月31日

計畫主持人： 顏聖紘

研究人員： 陳怡潔

執行機關： 國立中山大學



1070491



一、執行成果中文摘要：

生態棲位模擬(Ecological Niche Modeling)與預測物種分布模組(Species Distribution Model)已經成為預測入侵物種分布與擴散潛力的一項重要工具。然而截至目前為止，多數應用生態棲位模擬於入侵物種分布的研究皆著重於已入侵物種以及單一物種未來分布範圍之預測。而生態棲位模擬在尚未輸入或將輸入物種之入侵風險評估體系上的角色並不明確。此外，到目前為止並沒有任何一項研究以跨分類群與地理區域的方式模擬大量物種的生態棲位，並作為政策參考基礎。農委會已於2015年6月起公告修正之「野生動物活體及產製品輸出入審核要點」，並要求所有輸出入業者於「簽審通關共同作業平台」上進行輸出入申請。在林務局的野生動物輸出入項目中包含了在2015年6月前先行建立之「白名單」、經評估認為需進入實質審查與討論的「灰名單」，以及因高度入侵性而被禁止輸入之「黑名單」物種。在資訊公開化、降低行政負擔、促進公眾瞭解與降低業者疑慮的需求下，「白名單」被認為有公開之必要。在公開之前我們認為有必要以ENM與SDM再次檢驗這些物種在台灣是否具備合適氣候條件。我們一共檢驗了506個物種的ENM與SDM模擬結果，並評估其結果與是否准許輸入的關聯性。結果顯示在兩生類中，多數准許輸入物種的機率值皆小於0.1，屬低度入侵風險。在爬蟲類動物中，龜鼈類、蜥蜴、守宮與蛇類的機率差異極大，與原棲地環境與生殖生理特性皆有關聯。在鳥類方面，多數物種的預測機率皆很高，但又因部份鳥類的圈養方式與築巢需求降低其入侵性，因此被同意輸入。至於已受評估之哺乳類動物之機率皆不高，且受圈養利用方式限制而降低入侵性。我們認為ENM與SDM對於生物學資訊不足之外來動物輸入評估有粗篩的功能，但仍需小心解讀數據，配合物種保育、生物學特性與利用其圈養型式才能有效連結評估結果與輸入管理決策。

二、執行成果英文摘要：

Using online toolkits, such as questionnaire, to score the biological features of an alien species when conducting assessment for potential of invasiveness is a common practice in most countries. However, most species circulated in the trade are not well-studied by scientists so the information required for such assessment is often not available. Therefore, evaluating the invasion risk of such species has become a challenging task. There has been advocate of using ecological niche modelling (ENM) to predict the potential invasion area of a species once the species is established in a country. The method, however, has never been integrated with the traditional toolkit. In the present study, we aim to adopt ENM as the first “filter” to predict the potential distribution range of the alien animal species categorized as “black” and “grey” and “white” in order to clarify which method should be used in assessment of invasion risk in Taiwan, where wildlife trade,





related enterprises, and human activities are all complex and diverse. We will not only analyze the predicted distribution range of each species, but also compare the impact of different methods of ENM. Meanwhile, we will make a selection of the species that are in need of strong domestic control based on our previous checklist and a comprehensive discussion with scholars to be involved. We will also analyze how the “alert” for potential invasive species is circulated in internet communities and whether different information spreading strategies may increase penetration of the information in the targeted communities.

三、計畫目的：

1. 建立適合本國之各類動物輸入評估與審查科學化標準與論述
2. 標準化生態棲位模擬(ENM)之操作流程與資訊來源
3. 確認質化與量化指標在輸入審查流程上之角色與比重

四、重要工作項目及實施方法：

1. 建立適合本國之各類動物輸入評估與審查科學化標準與論述：由於臺灣同時具備輸入、繁殖、轉口與消費國的身份，每年輸入動物的種類數量極為龐大，再加上審查委員對動物的保育、入侵性、危險性、貿易狀態、利用樣貌與國內管理的考量各有不同，如此一來容易產生審查意見上之衝突造成主管單位裁決上之困擾，因此我們將在本年度完成一本工作手冊與指引，建議各分類群專長的審查委員如何審閱業者所自提之評估報告，以及如何在最後達到共識或裁決的途徑。
2. 標準化生態棲位模擬(ENM)之操作流程與資訊來源：生態棲位模擬最大的功能是提供審查委員與主管單位承辦人員在外來物種在我國是否具備適存氣候條件之機率的科學化論述。如果有了這樣的基礎，在野生動物首次輸入評估審查表中的生物性因子就比較不會流於自由心證。但由於ENM的操作流程繁瑣，需要大量的R語言、地理空間資訊與演算知識，因此在本年度我們期待能夠在參考近年有關ENM與PSD的演進與應用之後，並在諮詢相關學者的意見後提出標準化的操作流程。ENM仰賴的是分布地理空間資訊，因此我們今年仍然持續藉由活體樣本的收集與飼養補足一般資料庫缺乏的生物學資訊，以免ENM的預測失效。
3. 確認質化與量化指標在輸入審查流程上之角色與比重：目前的審查制度同時存在質化與量化之指標，為改善審查之效能，我們將在徵詢專家意見以及國際相關研究社群的經驗後，確認這些指標的地位與角色，以避免部份指標的權重被高估，而部份指標之顯著性被低估。

五、結果與討論：

- 一、各分類群接受檢核之物種數量與相對比例：我們由農委會的線上簽審平台中下載在2015年6月之前就已經先行置入系統之物種清單。該份清單的來源乃是在系統建制之前，有相關學者專家討論並分類後，認為具有低度入侵風險的物種。該名單包





含了無脊椎動物(包含蛛形綱、非植食性的昆蟲綱)59種、兩生綱94種、哺乳綱32種、非鳥類爬蟲綱282種、鳥綱39種。共計506個物種。為了比較被置入白名單、灰名單(中度入侵風險，或需進入實質討論)與黑名單(禁止輸入物種)的差異，我們也同時納入灰名單中的4種兩生類、14種爬蟲類與5種鳥類，以及黑名單中的2種兩生類、2種哺乳類、3種爬蟲類與13種鳥類。總計在本年度的研究計畫中，我們對549種外來動物進行ENM和PSD (SDM)的模擬。圖一至圖四顯示了各主要類群受檢測的白名單、灰名單與黑名單物種比例。

二、各分類群之ENM與SDM預測結果

1. 兩生綱：共計3目25科100種(含黑名單2種、灰名單4種、白名單94種)。以兩生類的評估結果(表一、表二與附錄一)來說，名列黑名單的斑腿樹蛙(*Polypedates megacephalus*)的確具有很高的ENM與SDM預測機率，而花狹口蛙(*Kaloula pulchra*)也有類似的表現。大多數物種的機率都落在 <0.1 左右，並且其合適氣候區域踴躍於台灣很小的角落。在白名單物種中具有較高適合氣候機率之物種為角蛙(*Ceratophrysspp.*)與兩棲鯢(*Amphiuma*)。但前者因圈養方式並非隨處放養、市場價格偏高與蝌蚪發育所需環境在台灣不存在，因此我們認為角蛙仍屬於可輸入之低風險物種。兩棲鯢的模擬結果雖顯示在台北盆地可能有合適之氣候。但因此種大型蟾蜍的產卵環境在台灣並不存在、耐污力低，單價高，再加上輸入頻度極低之原因，因此我們仍判定此物種為低風險物種。非洲樹蛙科的 *Heterixalus alboguttatus*、鋤足蛙科的 *Leptobrachium hendricksoni* 雖然具有相當高的ENM與SDM預測機率，但因台灣缺乏這兩種蛙的森林類型，因此被判定為低風險可輸入之物種。然而在整個建議由白名單移至灰名單之物種：兩生綱的越南藍染樹蛙(*Rhacophorus dennysi*)則因棲位與台灣產同屬樹蛙相近，因此建議由白名單中移除，留置灰名單中。圖一、受檢測之兩生綱類群比例 (共計3目25科100種，含黑名單2種、灰名單4種、白名單94種)

2. 哺乳綱：我們先分析了34種哺乳類動物的ENM與SDM(見表三、表四、附錄三)。這34種哺乳類動物多數只出現在動物園與休閒農場，除了蝟科與鼬科以外幾乎沒有家養寵物。由於家養寵物中的哺乳類動物在所有輸入案件中所佔份量極低，再加上相較於上述類群中較重度的個體管理，因此我們認為除了部份高風險物種(如浣熊)之外，多數已輸入哺乳動物的入侵風險並不高。所有物種都可以被保留在白名單中。

3. 爬蟲類：其ENM與SDM的預測結果請見表五、表六與附錄四。爬蟲類的模擬預測解讀無疑是最為困難的。以黑名單與灰名單物種來說，我們都能見到ENM與SDM預測機率極高的物種，例如綠水龍、沙氏變色蜥、還有綠鬣蜥。而新進入侵的大守宮(*Gecko gecko*)，偶爾逸出的網紋蟒(*Broghammerus reticulatus*)也有相當高的機率。然而網紋蟒之所以被保留成為可輸入物種之原因並不在於ENM與PSD預測值低，而是因為該物種受到CITES貿易配額管制、體型大、逃脫後易被發現、單價高、可





進行晶片管理，且具有龐大的寵物與皮革產業。有類似狀況的則有半水生的數種巨蜥。在蛇類與小型蜥蜴與守宮方面，多數物種的輸入個體量、頻度、市面需求都很低，而單價卻都很高。許多具有合適氣候但沒有合適食物環境的蛇類(例如青鞭蛇)因此被我們認為具有低入侵性。大多數在ENM與SDM預測中機率很低的類群皆來自乾燥、沙漠、與台灣緯度差距甚遠的雨林或高海拔霧林環境。圖二、受檢測之哺乳綱類群比例(共計6目15科34種，含黑名單2種、白名單32種)圖三、受檢測之非鳥類爬蟲分類群比例(共計2目45科299種，含黑名單3種、灰名單14種、白名單282種)圖四、受檢測之鳥綱分類群比例(共計12目24科57種，含黑名單13種、灰名龜鼈類的ENM與SDM預測較難直接提供是否可輸入的依據，原因在於龜鼈類的性別決定因素複雜，一整批輸入的幼龜可能具有相當大的性比偏差(sex bias)，且龜鼈類的性成熟年齡很久，壽命也遠高於許多小型蛇類與蜥蜴，再加上部份類群需要冬化才可能繁殖，因此當龜鼈類的逸出未必同等於入侵時，會使得單靠ENM與SDM的預測會有所不足。在檢視過299種爬蟲類動物的ENM與SDM的預測結果後，我們認為目前的白名單物種皆屬安全。適存氣候與預測分布機率高於0.2以上的物種通常因未缺乏棲地或食物資源被認為難以在台灣生存。

4. 鳥類：在鳥類的部份我們檢測了57種，其預測結果請見表七、表八與附錄五。根據目前的預測顯示大多數鳥種都在台灣具有合適氣候環境與良好的分布預測，但許多大型鳥類僅被動物園或休閒農場所圈養，因此不構成容易脫逃而成為入侵種的風險。但是由於絕大多數的籠中逸鳥、已入侵鳥類都是在2015年6月實施新制度前所輸入的，再加上鳥類的擴散能力好，部份類群容易適應都會與郊區環境，且缺乏長期的回報與監測，因此單看鳥類的ENM與SDM結果對於輸入與否的決策幫助較微弱。另外由於2015年6月實施新制之後，循合法管道輸入之鳥類幾乎皆為鸚鵡，因此就現行的管制現況來說，合法的白名單物種與黑名單或灰名單物種的ENM與SDM預測結果之間並沒有清楚的界限。

5. 無脊椎動物：無脊椎動物的活體輸入管理在台灣的法令架構下相當模糊，尤其是昆蟲綱的部份。雖然農委會在2015年6月宣稱植物有害生物的輸入管理由防檢局負責，然而依據《植物防疫檢疫法》的母法規定，所謂的有害生物多指危害植物(植食性)生物，一旦該昆蟲不是植食性，就很可能不由防檢局負責輸入評估。許多昆蟲的輸入目的為寵物用，但農委會的公告指出寵物的輸入由「畜牧處」為窗口，因此寵物與非植食性昆蟲活體的輸入就成為相關單位間的燙手山芋。在權責尚未被釐清之前，我們僅分析蛛形綱、還有部份寵物昆蟲的ENM與SDM。線上簽審平台的白名單中共計有6目9科59種無脊椎動物，根據我們的預測(見表九、表十與附錄六)顯示，多數的捕鳥蛛在台灣都缺乏合適的生存氣候條件，而且由於捕鳥蛛的飼養多半為單獨飼養，體型遠比一般無脊椎動物大，因此難以逃逸至森林環境生存並繁衍，因此我們不認為捕鳥蛛有任何入侵的風險。然而在重新檢視昆蟲部份時發現，花螳科的泰國麗眼斑螳螂(*Creobroter gemmatus*)與麗眼螳螂(*Creobroter pictipennis*)具有相當良好的ENM與SDM預測結果，再加上幼體能以人類聚落中的果蠅為食，因此我





們建議將這兩個物種移出白名單。

三、與專家之諮商結果我們在今年度先後與六位曾參與物種輸入審查的學者與四位曾進行ENM研究的學者進行線上會談。我們的會談主議題為：1. 您是否知道如何解讀ENM與SDM分析結果？2. 適合氣候機率對您的審查是否有幫助？3. 適合氣候機率的模擬對您的審查是否有決定性的影響？4. 您認為ENM與SDM對粗篩物種的入侵風險有用，應由誰來進行？如何與您的審查結果結合？5. 若可供ENM與SDM預測的數據不存在，該審查案是否應該繼續或進入實質開會審查？在六位曾參與輸入審查的學者中，有三位沒有執行過ENM與SDM分析，而且不清楚如何解讀數據。因此他們建議若ENM資訊成為輸入評估中重要的科學資訊背景，應有一個工作手冊來協助學者解讀與判斷，以免把任何高機率的模擬結果(例如圖中的紅色區域)皆視為必然被入侵區域。所有受訪學者都認為氣候機率對於面對完全不熟悉物種的審查是有幫助的，而且具有決定性的影響。然而審查爬蟲類與鳥類的學者則指出，該種動物是否能夠在台灣都會、郊區與淺山中產生大量個體並利用資源完成生活史，與氣候因素同等重要。最後有關ENM與SDM的執行，有學者認為應由林務局委託單位統一執行後交付審查學者參考。但也有學者認為可以在兩位審查委員意見出現相左時，再由承辦人提出執行ENM與SDM分析的需求即可，以免遇到大量審查案時脫垮行政效能。最後，我們建議ENM與SDM的操作除了如材料與方法所述之外，可以根據圖五之流程圖進行標準化的操作。

六、結論：

一、我們是否需要對ENM與PSD的模擬結果設定與決策相關的閾值？若我們只觀看兩生類的模擬結果(表一)時大概就會容易得出「以 <0.1 與 0.2 之間為一個進入實質討論與否臨界點」的結論。但是當我們比較爬蟲類與鳥類時就會發現有相當數量物種的ENM與SDM預測結果遠大於這個值。而哺乳類動物則因為多數被高度人為控管，幾乎沒有被放養或逃逸後大量繁殖的可能，因此ENM與SDM預測機率與管理政策之間的關聯性便較為薄弱。然而在綜合目前所有類群的分析結果後，我們建議只要是具有 <0.1 的預測(除非是預測效能不佳，資訊不全)的類群，都可直接劃入低風險物種，並可在共同作業簽審平台中直接內建為可允許輸入，直接放行，降低審查時間的損耗。然而只要ENM與SDM分析結果遠高於 $0.2-0.4$ 的類群，就應該要進入實質審查，由保育、圈養、生物學特性等面相來評估入侵風險。

二、ENM與SDM的預測結果與輸入審查表之搭配ENM與SDM的功能在於提供審查者瞭解台灣是否可能有機率具備該物種的合適生存氣候，以及可能分布範圍。也就是說這兩個預測可以協助審查者判斷，高機率地區是否具備該物種完成生活史、立足與增殖的資源。此外在重新審視系統中既存白名單物種時，我們發現ENM與SDM模擬結果的確可以提醒審查者重新檢識輸入准駁與否的事由。在這次的全面檢查中的確發現一種樹蛙與兩種螳螂應該被移出白名單，這表示ENM與SDM的確發揮了審查前後篩選





的效果。在與輸入審查表(附錄一)的搭配上，我們建議在未來林務局保育組承辦人在收到輸入案的申請時，即刻執行ENM與SDM分析，然後把分析結果遞交給審查委員作為參考，以降低審查委員對氣候條件判斷的不確定性，增進審查的品質。

七、參考文獻：

朱耿平、喬慧捷。2016。Maxent模型複雜度對物種潛在分佈區預測的影響。生物多樣性 12(10)：1189-1196。江鴻猷、曾喜育、邱清安、曾彥學。2014。樣本數量對最大熵物種分佈模式 (MaxEnt) 準確度之影響：以臺灣水青岡為例。林業研究季刊 36(2)：101-114。邱清安、徐憲生、林信輝。2014。結合GBIF 與MaxEnt 預測臺灣赤楊之適宜生育地。中華水土保持學報 45(3)：198-206。崔紹朋、羅曉、李春旺、胡慧建、蔣志剛。2018。基於MaxEnt模型預測白唇鹿的潛在分佈區。生物多樣性 26(2)：171-176。郭傑、劉小平、張琴、張東方、謝彩香、劉霞。2017。基於Maxent模型的黨參全球潛在分佈區預測。應用生態學報 28(3)：992-1000。Bioclimatic variables. WorldClim - Global Climate Data. <http://www.worldclim.org/bioclim>. Elith J, Phillips J, Hastie T, Dudík M, Yung EC, Yates CJ. 2011. A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. Diversity and Distributions 17: 43-57. GBIF. <https://www.gbif.org/> Martínez-Meyer E, Peterson AT, Servín JI, Kiff LF. 2006. Ecological niche modeling and prioritizing areas for species relationships. Oryx 40(40): 411-418. MAXENT Version 3.4.1. http://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/maxent/ Phillips SJ, Anderson RP, Dudík M, Schapire RE, Blair M. 2017. Opening the black box: an open-source release of Maxent. In Ecography. Phillips SJ, Dudík M. 2008. Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. Ecography 31(2): 161-175. Phillips SJ, Anderson RP, Schapire RE. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. Ecological modeling 190(3): 231-259. Phillips SJ, Dudík M, Schapire RE. 2004. A maximum entropy approach to species distribution modeling. In Proceedings of the Twenty-First International Conference on Machine Learning, pp. 655-662. Radosavljevic A, Anderson RP. 2014. Making better Maxent models of species distributions: complexity, overfitting, and evaluation. Journal of Biogeography 41: 629-643. Silva-Neto CM, Bergamini LL, Elias MAS, Moreira GL, Morais JM, Bergamini BAR, Franceschinelli EV. 2017. High species richness of native pollinators in Brazilian tomato crops. Brazilian Journal of Biology 77(3): 506-513.

