

外來入侵生物風險評估之簡介及 台灣執行現況與限制

文/圖 梁世雄 ■ 國立高雄師範大學生物科技系教授(通訊作者)
張弘毅 ■ 林務局秘書室主任
劉泰成 ■ 林務局保育組棲地經營科聘用助理研究員

一、前言

外來入侵生物的問題，如未經管理，並不易自然消除，因為生物適應環境後，會自然產生繁殖與擴散的反應，所以問題只會日趨嚴重。在過去的數十年間，對於入侵物種的衝擊，專家和大眾漸漸瞭解這是無法回復的全球性生態災難。不過，若有適宜研究與管理，已入侵之外來物種仍有成功控管的前例。

大約在一世紀前，韋蘭運河(Wellard Canal)的修建，使得八目鰻(*Petromyzon marina*)可由歐洲搭乘船隻，越過尼加拉瓜瀑布，進入五大湖。

成年的八目鰻具有吸盤狀的口器，內具銼刀形牙齒，使成年個體可以外寄生的方式，吸附在湖鱒(Lake trout, *Salvelinus namaycush*)及白

魚(Whitefish, *Coregonus* spp.)的體壁，藉由吮吸牠們的血液維生，結果造成五大湖商業漁獲產量的大量崩跌。

由於對五大湖之經濟及生態均造成重大危害，經過研究發現，八目鰻幼體的生活棲地侷限在五大湖支流，幼體需要經過7年後，才能轉為體外寄生的成體。1955年，研究人員發現一種對移除八目鰻幼體有明顯效果的化學藥物TFM (3 - trifluoromethyl - 4- nitrophenol)，由於八目鰻幼體容易設定位置，使用適當濃度的TFM，可有效消除幼體，對其他水生生物也造成可接受程度的副作用。因此，自1956年開始，美國與加拿大每年便以1,500萬美金的預算，執行毒殺及監測八目鰻幼體的工作，藉以降低其族群數量

與維持五大湖區的商業漁獲。

這範例雖顯示入侵物種可藉由研究及適當管理而產生成功控管的效益，但是使用的預算龐大，但成功的可能性常常未知及相當有限。所以長期以來，以預防方法處理生物入侵問題，一直是管控該議題的首選策略。

二、執行入侵生物風險評估之優點與考量

環境政策必須考慮成本效益，政策也必須在保護環境及民眾安全間取捨，所以環境政策的設定是一個評估付出及收穫的協商過程。風險管理即是以現有的科學知識為預測

基礎，再佐以計算成本、分析事件發展之機率及可能獲得之績效，綜合判斷後，決定應採取之適當行動。

在外來物種控管過程，通常優先採取的方法是先進行風險評估(圖1)，進行風險評估的優點在於可預防生物引入後，若產生衝擊，則必須進行移除或要求社會及經濟去適應該生物入侵的事實。其次，精準的風險評估能優先選擇引入低入侵風險的生物，避免高入侵風險的生物進入境內，藉此因而降低社會、生態、經濟等資源受到損失。同時，風險評估也提供科學根據與理由，在國際交易進行時，提供支持不引入高入侵風險生物決定之正當性，也能避免

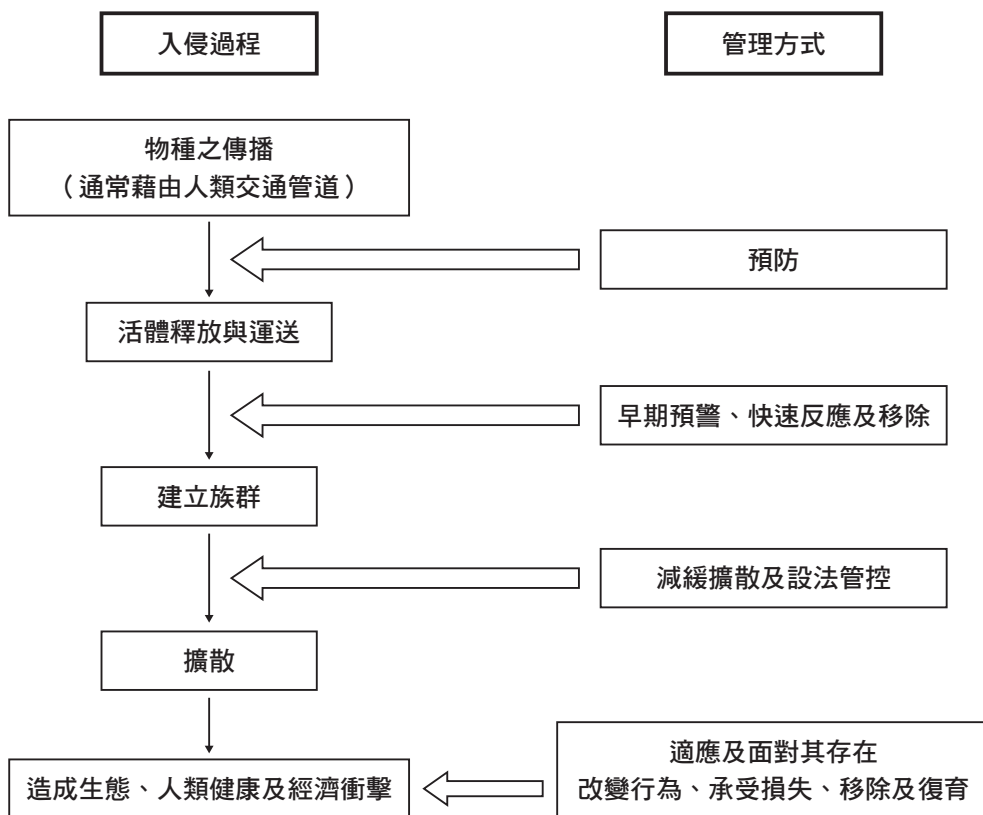


圖1 外來生物入侵過程與管理方法流程圖

受到國際貿易組織之質疑與制裁。

通常需要進行風險評估的目標引入生物大多具有經濟價值，例如：由於觀賞及養殖需求，美國五大湖區至今引入共45種外來魚類，其中24種已成功建立族群。而24種中，有8種成為具有危害的入侵魚種。這些入侵物種，都給主管機關及入侵環境形成生態及經濟的莫大壓力，因此，若事前能有精準的風險評估系統，能成功估算尚未引進的外來生物，可能成為入侵生物之可能機率，將對於行政單位、生態研究人員及社會大眾均有明顯利基。只是雖然這想法能有正向利益，但是要執行這項工作，並不容易，如那一類物種容易入侵？有那些生物特性？那些環境(棲地)容易被入侵？何時、何處、如何入侵？可能造成那些生態及經濟衝擊？這些問題至今都沒有明確答案，也沒有標準研究方法，同時很多入侵範例，都是在衝擊發生後，才得到嶄新的知識與經驗，所以，有關入侵種風險評估之研究，至今仍有許多知識空隙需填補，風險評估的方法，也存在相似的問題。

三、入侵生物風險評估方法之介紹

入侵生物風險評估至今有多種執行方法，首先美國農業部曾利用可能入侵途徑建立風險評估系統(Pathway-Based)，不過這方法受到許多生物可能有多種入侵途徑的限制，所以若只針對少數入侵途徑進行控管，效果並不佳，但又存在無足夠預算，可用以檢驗所有運送通路的窘境。

另一種進行風險評估的依據，是利用單一

生物物種釋放事件之歷史資料(Individual-Based)，此種評估方式認為當物種原始棲地之生存條件和引入環境相似，且大量個體被釋放時，即有容易建立族群之前例。因此單一物種釋放事件之經驗，可利用以判斷引入生物是否可在被引入區域建立永久族群之依循，此方法之限制為生物每次被引入時，引入環境之背景資訊通常不足，還有釋放至野外的單一物種數量不易詳細計量，也不知有多少釋放管道及頻度，這些資料若不齊備，風險評估作業之執行與評估結果之精確，尚有很大的努力空間。

除利用入侵途徑及事件作為評估風險的基礎外，還可假設成為入侵種的生物，具有某些不會經時間改變的生物特質(Trait-Based)。因此，若能由過去範例歸納出造成外來物種轉變成為入侵物種的關鍵生物特質，再去檢驗未來可能引入的物種，或許可決定牠們引入後造成入侵衝擊的風險機率。此方法所使用的生物相關測量及特質，包含外表型態、分類、生殖、育幼、污染承受程度等變數，再使用統計分析以進行分群。這些歸納的入侵生物特質可藉由二分法(如有或無)，電腦程式或其他分類方法或機制，對目標物種進行入侵衝擊程度的可能分類，不過，這方法之使用，目前仍有爭執，主要也是來自於生物背景資料庫的完備性及結果預測之精確程度，所以使用生物特徵以分類欲引入生物的建置工作，也尚有許多補強空間。

總結而言，外來入侵種可能性的風險評估工作，雖有多種方式，但是均存有其不足之處，真正使用風險評估程序決定生物引入之國家，近年來，雖有增加，但數量至今仍然相當有限。

四、台灣在入侵動物風險評估之努力

台灣主管外來物種入侵的行政機關為林務局，在外來動物入侵風險評估的執行方向，開始執行之方向與國外採取的方向有所不同。由於國內學界及民眾對入侵台灣之動物(如沙氏變色蜥及亞洲錦蛙)有所警覺與回報。因此，林務局將工作重點先置於評估已進入台灣外來動物的可能衝擊，所以民國97年至99年，委託高雄師範大學梁世雄教授，協同台灣大學陳俊宏教授、成功大學侯平君教授、台灣師範大學杜銘章教授及高雄醫學大學謝寶森教授等五名動物生態背景之專家學者，組成研究團隊，以「外來入侵動物物種資料收集及管理工具之建立」為計畫名稱，計畫執行內容除調查台灣寵物店販售之外來動物物種及建立各物種之生物背景資料庫外，也優先對於已入侵動物可能造成之衝擊，進行風險評估，並排定管理優先順序，以作為進行有效管理之依據。

計畫執行之三年間，研究團隊首先參考國外的風險評估項目及相關期刊論文等資料，以入侵歷史、生態適應、生活史特徵及危害物質四項目為基礎，建立「入侵外來動物處理順序評估表」初稿，評估表以建立測項給分方式執行(1-5分)，依據動物類別不同而分別設計，分為無脊椎動物(淡水之螺貝類及蝦蟹類與環節動物)(12測項)、淡水魚類(22測項)、兩棲類(26測項)、爬行類(20測項)及鳥類(20測項)等，

在完成評估表初稿後，先將初稿提供49名生物領域的專家學者進行當面討論及書面審查，再舉辦一場由國家公園、縣市政府及民間組織共

46人出席的公聽會，以獲得對評估表改進及執行顧慮之相關意見，然後，再分別為無脊椎動物(10測項)、淡水魚(8測項)、兩棲類(19測項)、爬行類(20測項)及鳥類(19測項)，修改、抽換與調整評估表之測項數量與內容，並將總分標準化設為100分或以100%表示，評分方式為測項相加總分愈高，則管理順序愈列為優先。

在評估表定案後，研究團隊便對已入侵台灣的107種動物進行管理優先順序評估，各種生物均分為優先管理、持續監測及觀察評估等三類(表1至表5)，以提供行政單位管理執行之參考。

在完成對於已入侵外來動物管理優先之評估工作後，林務局在100至102年也針對評估為應優先管理之已入侵鳥類和魚類物種之生活背景、分布現況、可能衝擊及治理對策，委託專家學者，編寫生活史背景及管理手冊，以提供各級行政或管理單位參考及作為執行防治工作之參考。

林務局自97至102年，對已入侵動物之普查、分布、衝擊分類及管理優先順序，均有所努力及實效。基於外來生物在世界各地入侵之現象日趨頻繁且資源有限之現實，林務局也傾向以預防方式，對於外來動物進行預防控管之工作，未來執行方向將會依循國際潮流，以瞭解外來生物如何因應台灣環境之區域特徵及歸納、鑑別外來動物可能產生負面入侵衝擊之關鍵生活史特徵為重要方向，進而發展有效預防生物入侵之策略及方法。近年來國外在外來生物防治工作，傾向於利用決策樹分析(Decision Tree Analysis)及其他多變數統計法，搭配電腦軟體，辨識可能成功建立族群，散播及造成危害的生活史特徵，這些關鍵生活史特徵也可利用

表1 已入侵外來種無脊椎動物處理分級名單

類別	科名	學名	中文俗名	建議處理等級
腹足類	Ampullariidae	<i>Pomacea canaliculata</i>	福壽螺	A
腹足類	Achatinidae	<i>Achatina fulica</i>	非洲大蝸牛	A
雙殼類	Mytilidae	<i>Limnoperna fortunei</i>	河殼菜蛤	A
甲殼類	Cambaridae	<i>Procambarus clarkii</i>	克氏原喇蛄	A
甲殼類	Parastacidae	<i>Cherax quadricarinatus</i>	澳洲淡水龍蝦	A
腹足類	Philomycidae	<i>Meghimatium rugosum</i>	皺紋蛞蝓	A
腹足類	Philomycidae	<i>Meghimatium pictum</i>	綉花蛞蝓	A
腹足類	Philomycidae	<i>Meghimatium sp.</i>	黏液蛞蝓	A
雙殼類	Dreissenidae	<i>Mytilopsis sallei</i>	似殼菜蛤	A
腹足類	Ariophantidae	<i>Macrochlamys hippocastaneum</i>	高音符絲鯊甲蝸牛	A
腹足類	Agriolimacidae	<i>Deroceras laeve</i>	野蛞蝓	A
腹足類	Agriolimacidae	<i>Deroceras reticulatum</i>	網紋野蛞蝓	A
腹足類	Ampullariidae	<i>Pomacea scalaris</i>	梯狀福壽螺	B
腹足類	Rathousiidae	<i>Rathousia sp.</i>	拉索蛞蝓	B
腹足類	Veronicellidae	<i>Vaginulus plebeius</i>	褐皺足蛞蝓	B
腹足類	Ampullariidae	<i>Pomacea insularum</i>	島嶼福壽螺	B
腹足類	Veronicellidae	<i>Vaginulus alte</i>	皺足蛞蝓	C
腹足類	Philomycidae	<i>Meghimatium bilineatum</i>	雙線蛞蝓	C
腹足類	Philomycidae	<i>Meghimatium fruhstorferi</i>	山蛞蝓	C
腹足類	Subulinidae	<i>Subulina octona</i>	圓錐蝸牛	C
腹足類	Subulinidae	<i>Allopeas javanicum</i>	爪哇錐蝸牛	C
腹足類	Subulinidae	<i>Allopeas gracilis</i>	大錐蝸牛	C
腹足類	Streptaxidae	<i>Indoennea bicolor</i>	雙色草包蝸牛	C
腹足類	Zonitidae	<i>Hawaiiia minuscula</i>	小琥珀蝸牛	C
腹足類	Helicarionidae	<i>Parmanion martensi</i>	馬氏鯊甲蝸牛	C
腹足類	Bradybaenidae	<i>Bradybaena similis</i>	扁蝸牛	C
腹足類	Bradybaenidae	<i>Acusta despecta</i>	琉球蝸牛	C
環節類	Glossoscolecidae	<i>Pontoscolex corethrurus</i>	黃頸蠅蚓	C
雙殼類	Mytilidae	<i>Mytilus edulis</i>	紫殼菜蛤	C
甲殼類	Palaemonidae	<i>Macrobrachium rosenbergii</i>	羅氏沼蝦	C
腹足類	Physidae	<i>Physa acuta</i>	囊螺	C
雙殼類	Mytilidae	<i>Perna viridis</i>	綠殼菜蛤	C
甲殼類	Palaemonidae	<i>Macrobrachium dacqueti</i>	泰國蝦	C

A：優先管理防制物種(入侵地點侷限且可立即執行移除者)

B：持續監測物種(入侵範圍廣或防制困難需要長期研究觀察者)

C：待觀察評估物種(入侵危害及防制待更確切的研究及評估)

表2 已入侵外來種魚類處理分級名單

科名	學名	中文俗名	建議處理等級
雙邊魚科 Ambassidae	<i>Parambassis ranga</i>	玻璃魚	A
太陽魚科 Centrarchidae	<i>Micropterus salmoides</i>	美洲大嘴鱸	A
鱧科 Channidae	<i>Channa micropeltes</i>	魚虎(小盾鱧)	A
鱧科 Channidae	<i>Channa striata</i>	泰國鱧	A
慈鯛科 Cichlidae	<i>Amphilophus citrinellus</i>	紅魔鬼	A
慈鯛科 Cichlidae	<i>Cichla ocellaris</i>	皇冠三間	A
慈鯛科 Cichlidae	<i>Cichlasoma managuense</i>	珍珠石斑	A
塘蝨魚科 Clariidae	<i>Clarias batrachus</i>	泰國塘虱魚	A
鯉科 Cyprinidae	<i>Barbodes pierrei</i>	高體四鬚"魚巴"	A
塘鱧科 Eleotridae	<i>Oxyeleotris marmorata</i>	筍殼魚(斑駁尖塘鱧)	A
棘甲鯰科 Loricariidae	<i>Hypostomus plecostomus</i>	琵琶鼠魚	A
鰻鱺科 Anguillidae	<i>Anguilla australis</i>	黑鰻(澳洲鰻鱺)	B
鰻鱺科 Anguillidae	<i>Anguilla reinhardtii</i>	花鰻(寬鰭鰻鱺)	B
慈鯛科 Cichlidae	<i>Oreochromis mossambicus</i>	吳郭魚	B
慈鯛科 Cichlidae	<i>Tilapia zillii</i>	吉利慈鯛	B
鯉科 Cyprinidae	<i>Cyprinus carpio</i>	錦鯉(百大)	B
絲足鱸科 Osphronemidae	<i>Trichogaster trichopterus</i>	三星鬥魚	B
油鯰科 Pimelodidae	<i>Phractocephalus hemiliopterus</i>	紅尾鴨嘴	B
油鯰科 Pimelodidae	<i>Pseudoplatystoma fasciatum</i>	虎皮鴨嘴	B
香魚科 Plecoglossidae	<i>Plecoglossus altivelis</i>	年魚(香魚)	B
胎鱗魚科 Poeciliidae	<i>Gambusia affinis</i>	大肚魚(百大)	B
胎鱗魚科 Poeciliidae	<i>Poecilia reticulata</i>	孔雀魚	B
鮭科 Salmonidae	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	虹鱒	B
鯉科 Cyprinidae	<i>Carassius auratus auratus</i>	鯽魚(朱文錦)	C
鯉科 Cyprinidae	<i>Megalobrama amblycephala</i>	武昌魚	C
弓背魚科 Notopteridae	<i>Chitala ornata</i>	七星飛刀	C
骨舌魚科 Osteoglossidae	<i>Arapaima gigas</i>	象魚	C

A：優先管理防制物種(入侵地點侷限且可立即執行移除者)

B：持續監測物種(入侵範圍廣或防制困難需要長期研究觀察者)

C：待觀察評估物種(入侵危害及防制待更確切的研究及評估)

表3 已入侵外來種兩棲類處理分級名單

科名	學名	中文俗名	建議處理等級
狹口蛙科 Microhylidae	<i>Kaloula pulchra</i>	亞洲錦蛙	A
樹蛙科 Rhacophoridae	<i>Polypedates megacephalus</i>	斑腿樹蛙	A
赤蛙科 Ranidae	<i>Rana catesbeiana</i>	牛蛙	B
赤蛙科 Ranidae	<i>Fejervarya cancrivora</i>	海蛙	C

- A：優先管理防制物種(入侵地點侷限且可立即執行移除者)
 B：持續監測物種(入侵範圍廣或防制困難需要長期研究觀察者)
 C：待觀察評估物種(入侵危害及防制待更確切的研究及評估)

表4 已入侵外來種爬蟲類處理分級名單

科名	學名	中文俗名	建議處理等級
美洲鬣蜥科 Iguanidae	<i>Anolis sagrei</i>	沙氏變色蜥	A
石龍子科 Scincidae	<i>Mabuya multifasciata</i>	多線南蜥	A
澤龜科 Emydidae	<i>Trachemys scripta elegans</i>	巴西龜	B
巨蜥科 Varanidae	<i>Varanus nitoticus</i>	尼羅巨蜥	C
巨蜥科 Varanidae	<i>Varanus salvator</i>	澤巨蜥	C
短吻鱷科 Alligatoridae	<i>Caiman crocodilus</i>	凱門眼鏡鱷	C
蟒科 Pythonidae	<i>Python molurus bivittatus</i>	緬甸蟒	C

- A：優先管理防制物種(入侵地點侷限且可立即執行移除者)
 B：持續監測物種(入侵範圍廣或防制困難需要長期研究觀察者)
 C：待觀察評估物種(入侵危害及防制待更確切的研究及評估)

以評估未引入動物或已進入該地區但尚未顯現負面影響之動物的風險評估，以先期因應在資源日漸減少的現況下，仍能達成先期預防及有效管理外來生物入侵的目的。現在林務局在未來三年(103-105)，也已委託學者專家歸納與分

析可能使外來動物在台灣造成入侵危害之關鍵生活史特徵，並希望藉由研究結果，發展外來動物入侵風險評估系統。在此議題的工作方向，已依循世界潮流，以發展生物特徵導向(Trait-Based)的風險評估系統進行。

表5 已入侵外來種爬蟲類處理分級名單

科名	學名	中文俗名	建議處理等級
朱鷺科 Threskiornithidae	<i>Threskiornis aethiopicus</i>	埃及聖鷺	A
雉科 Phasianidae	<i>Pavo cristatus</i>	印度藍孔雀	A
雉科 Phasianidae	<i>Phasianus colchicus karpowi</i>	高麗雉(金門族群)	A
鴉科 Corvidae	<i>Urocissa erythrorhyncha</i>	紅嘴藍鵲/中國藍鵲	A
舊大陸鶇科 Muscicapidae	<i>Copsychus malabaricus</i>	白腰鶇、長尾四喜	A
鳩鴿科 Columbidae	<i>Geopelia striata</i>	斑馬鳩	A
織布文鳥科 Ploceidae	<i>Ploceus cucullatus</i>	黑頭織布鳥	A
維達鳥科 Viduidae	<i>Vidua macroura</i>	針尾維達鳥/天仁雀	A
椋鳥科 Sturnidae	<i>Acridotheres burmannicus</i>	葡萄胸椋鳥	A
椋鳥科 Sturnidae	<i>Gracupica nigricollis</i>	烏領椋鳥	B
椋鳥科 Sturnidae	<i>Acridotheres tristis</i>	家八哥	B
椋鳥科 Sturnidae	<i>Aplonis panayensis</i>	輝椋鳥	B
椋鳥科 Sturnidae	<i>Acridotheres fuscus</i>	林八哥	B
椋鳥科 Sturnidae	<i>Acridotheres javanicus</i>	白尾八哥	B
椋鳥科 Sturnidae	<i>Sturnus malabarius</i>	栗尾椋鳥	B
畫眉科 Timaliidae	<i>Garrulax chinensis</i>	黑喉噪眉	B
畫眉科 Timaliidae	<i>Garrulax canorus</i>	大陸畫眉	B
梅花雀科 Estrildidae	<i>Lonchura malabarica</i>	印度銀嘴文鳥/白喉文鳥	B
梅花雀科 Estrildidae	<i>Lonchura atricapilla</i>	栗腹文鳥/黑頭文鳥	B
鴉科 Corvidae	<i>Cyanopica cyana</i>	灰喜鵲	B
梅花雀科 Estrildidae	<i>Lonchura maja</i>	白頭文鳥	B
舊大陸鶇科 Muscicapidae	<i>Copsychus saularis</i>	鶇	C
鶇科 Pycnonotidae	<i>Pycnonotus jocosus</i>	紅耳鶇	C
椋鳥科 Sturnidae	<i>Gracula religiosa</i>	九官鳥	C
鶇科 Emberizidae	<i>Paroaria coronata</i>	紅冠雀	C
梅花雀科 Estrildidae	<i>Padra oryzivora</i>	爪哇雀	C
畫眉科 Timaliidae	<i>Garrulax sannio</i>	白頰噪眉	C
梅花雀科 Estrildidae	<i>Estrilda astrild</i>	橫斑梅花雀	C
梅花雀科 Estrildidae	<i>Estrilda melpoda</i>	橙頰梅花雀	C
雀科 Fringillidae	<i>Serinus mozambicus</i>	黃額絲雀/石燕	C
鳳頭鸚鵡科 Cacatuidae	<i>Cacatua galerita</i>	葵花鳳頭鸚鵡/大葵	C
鳳頭鸚鵡科 Cacatuidae	<i>Cacatua alba</i>	大白鳳頭鸚鵡/大巴	C
鳳頭鸚鵡科 Cacatuidae	<i>Cacatua goffini</i>	戈芬氏鳳頭鸚鵡/小巴	C
鳳頭鸚鵡科 Cacatuidae	<i>Cacatua moluccensis</i>	鮭色鳳頭鸚鵡	C
鸚鵡科 Psittacidae	<i>Trichoglossus haematodus</i>	史望森氏吸蜜鸚鵡/澳彩	C
鸚鵡科 Psittacidae	<i>Eos bornea</i>	紅色吸蜜鸚鵡/紅伶	C

A：優先管理防制物種(入侵地點侷限且可立即執行移除者)

B：持續監測物種(入侵範圍廣或防制困難需要長期研究觀察者)

C：待觀察評估物種(入侵危害及防制待更確切的研究及評估)

五、風險評估的限制

雖然已有國家開始對外來生物進行入侵風險評估且其願景似乎很有應用價值，但此方法目前卻也有許多限制，首先是生物物種生活史背景資料非常缺乏，相對而言，鳥類及哺乳類的生物背景資料較無脊椎動物及植物完備，不過也並非所有哺乳類及鳥類物種都很齊備。其次，對於已入侵生物的資源投入及研究，相較於尚未產生衝擊的外來生物有較多的投資且齊全的背景資料，因此，以此為基礎而產生的風險評估系統，會有偏重於由入侵生物的背景資料決定評估項目內容的事實，在這樣的發展前提下，對於未入侵生物可能產生偏頗判斷的結果。另外，風險評估的應用偏重於主動申報或引入的外來生物，對於意外引入的外來生物，發揮的功能有限，對於防治意外引入外來生物可能有效的方法，目前仍建議可由檢驗運輸通路之方式，較為有效。最後，現有風險評估系統之運作，均假設物種習性和生態系運作都是

靜態不變，但是生物為適應新棲地，會有調整生活習性以存活之反應，全世界之棲地環境，也正受到氣候變遷、暖化作用、環境工程與破壞等各種自然與人為力量之改變，要如何使入侵生物的風險評估系統能反應對象生物及入侵棲地之時空變化，仍是研究人員必須面對的嚴峻挑戰。

六、結語

未來在21世紀，外來生物入侵對於專家學者、行政官員及社會大眾都將產生經濟、健康、生態的嚴重影響，對此課題，必須以跨領域及結合產、官、學、民的合作方式，方能執行較有效的控管，風險管理是一項預防的工作，相較於物種進入野外環境後，所必須採行的限縮分布及移除等處置，有相對較高的投資報酬率。因此，仍應先考慮將資源投入於發展簡易且實用的外來生物入侵風險評估系統，才是面對本世紀外來生物入侵的有效管理方向與策略。🌱