

外來入侵種 最佳預防與管理實務



GISP

Global Invasive Species Programme



SCOPE



入侵外來種 最佳預防與管理實務

Rüdiger Wittenberg and Matthew J.W. Cock 編著

免責聲明：本報告中的地理實體名稱不代表 CABI、SCOPE、IUCN 或 GISP 等機構，對於任何國家的法律地位、領土、地域或政權以及國界劃分等議題所表達的意見。



GISP

Global Invasive Species Programme



英文書名：Invasive Alien Species: A Toolkit of Best Prevention and Management Practices

英文版出版者：CAB International, Wallingford, Oxon, UK,
本出版品的觀點不代表 CAB International 的立場

版權所有：© 2001 CAB International on behalf of the Global Invasive Species Programme.
為教育或其他非商業性目的而複製本書，只要清楚註明來源，不需事先向版權所有者取得書面同意。未經版權所有者事先書面許可，禁止為銷售或其他商業目的而複製本書。

引註：Wittenberg, R., Cock, M.J.W. (eds.) 2001. Invasive Alien Species: A Toolkit of Best Prevention and Management Practices. CAB International, Wallingford, Oxon, UK, xvii - 228.

英文版 ISBN：0 85199 569 1

Catalogue records of this book are available from the British Library,
London, UK, and from the Library of Congress, Washington DC, USA

聯絡方式：CABI Publishing, CAB International, Wallingford, Oxon OX10 8DE, UK
Tel: +44 (0)1491 832111, Fax +44 (0)1491 833508, Email: cabi@cabi.org
Website <http://www.cabi.org>
CABI Publishing, 10 East 40th Street, Suite 3203, New York, NY, 10016, USA
Tel: +1 212 481 7018, Fax +1 212 686 7993, Email: cabi-nao@cabi.org

中文書名：入侵外來種最佳預防與管理實務

譯者：謝和霖、陶曉航、羅允佳

美編：羅允佳

翻譯單位：看守台灣協會 

補助單位：行政院農委會林務局 

參與設計本手冊的吉隆坡工作坊成員

Dr. Ahmed Anwar Ismail

Centre for Strategic Research, Environment
and Natural Resource Management
Malaysian Agricultural Research and
Development Institute (MARDI)
P.O. Box 12301,
50774 Kuala Lumpur
Malaysia

Ms. Yvonne C. Baskin

Science Writer
200 So. 23rd Ave.
Bldg. D7, #145
Bozeman, Montana 59718
USA

Dr. Mick N. Clout

Chair, IUCN Invasive Species Specialist
Group
School of Biological Sciences/SEMS
University of Auckland
PB 92019, Auckland
New Zealand

Dr. Matthew J. W. Cock

Centre Director
CABI Bioscience Centre, Switzerland
1 Rue des Grillons
CH-2800 Delémont
Switzerland

Dr. Lucius G. Eldredge

Executive Secretary, Pacific Science
Association
Bernice P. Bishop Museum
Honolulu, Hawaii 96817
USA

Dr. Simon V. Fowler

Insect Ecologist
Landcare Research - Manaaki Whenua
Private Bag 92170
Mt Albert, Auckland
New Zealand

Dr. John W. Kiringe

Team Leader
Biology of Conservation Group
Department of Zoology
University of Nairobi
P.O. Box 30197 Nairobi
Kenya

Dr. Lim Guan Soon

CABI SE Asia Regional Centre
P.O. Box 210
43 409 UPM Serdang, Selangor
Malaysia

Dr. Loke Wai Hong

CABI SE Asia Regional Centre
P.O. Box 210
43 409 UPM Serdang, Selangor
Malaysia

Ms. Sarah Lowe

School of Environmental and Marine
Sciences
University of Auckland
Private Bag 92019, Auckland
New Zealand

Dr. R. K. Mahajan

Senior Scientist
National Bureau of Plant Genetic Resources
Pusa Campus, New Delhi – 110 012
India

Dr. John R. Mauremootoo

Plant Conservation Manager
Mauritian Wildlife Foundation
Black River Office
Avenue Bois de Billes
La Preneuse
Mauritius

Dr. Jean-Yves Meyer

Delegation a la Recherche
B.P. 20981 Papeete
Tahiti, French Polynesia

Mr. Yousoof Mungroo

Director, National Parks and Conservation
Service
Ministry of Agriculture, Food Technology &
Natural Resources
Redit
Mauritius

Mr. Anisur Rahman

UNEP- Biodiversity Programme
Box 30552
Nairobi, Kenya

Dr. John M. Randall

The Nature Conservancy (TNC)
Invasive Species Program, Dept. of
Vegetable Crops & Weed Science
124 Robbins Hall
University of California
Davis, CA 95616
USA

Mr. Selby Remie

Senior Conservation Officer
Division of Environment
Ministry of Environment and Transport
Botanical Gardens, Mont Fleuri
P.O. Box 445, Victoria, Mahé
Republic of Seychelles

Dr. Soetikno S. Sastroutomo

CABI SE Asia Regional Centre
P.O. Box 210
43 409 UPM Serdang, Selangor
Malaysia

Dr. Greg H. Sherley

Programme Officer, Avifauna Conservation
and Invasive Species
South Pacific Regional Environment
Programme
PO Box 240, Apia
Samoa

Prof. Daniel S. Simberloff

Dept. Ecology & Evolutionary Biology
University of Tennessee
480 Dabney / Buehler
Knoxville, Tennessee 37996
USA

Mr. Jim Space

Pacific Island Ecosystem at Risk (PIER)
USDA Forest Service
Institute of Pacific Islands Forestry
Honolulu, Hawaii
Mailing address:
11007 E. Regal Dr.
Sun Lakes, AZ 85248-7919USA

Mr Philip A. Thomas

Research Associate / Computer Specialist
Hawaiian Ecosystems at Risk Project
(HEAR)
P.O. Box 1272
Puunene, Hawaii 96784
USA

Dr. Brian W. van Wilgen

CSIR Division of Water, Environment and
Forestry Technology
P.O. Box 320
Stellenbosch 7599
South Africa

Mr. Dick Veitch

48 Manse Road
Papakura
New Zealand

Prof. Jeff K. Waage

Chief Executive
CABI Bioscience
Silwood Park, Buckhurst Road
Ascot, Berks SL5 7TA
UK

Mr. Rüdiger Wittenberg

CABI Bioscience
c/o CSIRO European Laboratory
Campus International de Baillarguet
F - 34980 Montferrier sur Lez
France

Content 目錄

序	I
手冊摘要	IV
第一章 緒論	1
第二章 制定策略與政策	4
摘要	4
2.1 國家應致力處理外來入侵種問題的理由	5
2.2 評估	5
2.3 建立制度性的支持	6
2.4 讓社區參與入侵種管理的社會行銷策略	7
社會行銷的七步驟	8
2.5 將國家承諾制度化	10
2.5.1 國家策略	11
2.5.2 法律與制度架構	12
第三章 預防	42
摘要	42
3.1 引入	43
3.2 途徑	45
3.2.1 刻意引入	46
3.2.2 為圈養而引入	50
3.2.3 非刻意引入	51
3.2.4 物種引入後的擴散媒介	56
3.3 排除方法	56
3.4 風險評估	60
第四章 早期偵測	88
摘要	88
簡介	89
4.1 調查	89
4.1.1 一般調查	89
4.1.2 特定場址調查	90
4.1.3 特定物種調查	90
4.1.4 資料收集與儲存	92
4.2 培養專家 / 講師群	93
4.2.1 訓練什麼人？	93
4.2.2 訓練需求	94
4.2.3 在哪裡訓練	94

目錄 Content

4.2.4 誰要來進行訓練	95
4.2.5 留住人才	95
4.3 應變計畫與資金	95
4.3.1 應變行動的成本	96
第五章 評估與管理	43
摘要	108
5.1 初步評估	110
5.2 管理的優先順序	110
5.3 管理策略	113
5.3.1 滅除	113
5.3.2 圍堵	118
5.3.3 控制	119
5.3.4 減緩	120
5.4 方法	120
5.4.1 物理防治	123
5.4.2 化學防治	125
5.4.3 生物防治	127
5.4.4 棲地管理	130
5.4.5 整合性有害生物管理	132
5.5 監測與後續追蹤	133
5.6 專案管理	134
5.7 獲取資源	135
5.7.1 運用志工	135
5.7.2 利用其他資源	136
5.8 結合利害相關者	136
5.9 入侵種防治方法的訓練	138
5.10 規劃者和管理者的訓練	139
第六章 本手冊的使用方法	187
地名索引	189
類群索引	197
GISP 重要出版品	213

Content 目錄

方塊

方塊2.1 關於外來入侵種的一些線上資料庫與文件	17
方塊3.1 有害生物風險評估的一些資訊來源	63
方塊5.1 關於化學農藥的一些參考資料來源	140
方塊5.2 關於生物防治的一些參考資料來源	141
方塊5.3 關於整合性有害生物管理的一些參考資料來源	142
方塊5.4 關於整合性有害生物管理的一些網路參考資料來源	143
方塊5.5 和入侵種管理有關的一些短期訓練課程	144

案例研究

案例1.1 夏威夷：加快的生物移居速率	3
案例1.2 南太平洋地區有關入侵種的特有問題	3
案例2.1 南太平洋區域環境署的外來入侵種優先順序	21
案例2.2 美國外來入侵種所造成的經濟損失	22
案例2.3 南非水資源保育方案的經濟正當性	23
案例2.4 美國北達科他州防治乳漿大戟的經濟理由	24
案例2.5 科學家請求美國政府採取行動預防綠海藻入侵性	25
案例2.6 防治米氏野牡丹：向他國的經驗學習	26
案例2.7 骯髒一打：美國最要不得的外來種	27
案例2.8 發展策略以改善夏威夷的外來入侵種防治	28
案例2.9 法屬玻里尼西亞設立跨部會委員會以防治米式野牡丹及其他入侵種	29
案例2.10 美國巫婆草滅除行動的協調合作	30
案例2.11 澳洲《國家有害植物策略》摘要	31
案例2.12 澳洲決定國家重大有害植物的過程	33
案例2.13 南太平洋區域環境署訂定區域入侵種計畫的過程	34
案例2.14 模里西斯的外來入侵種國家優先順序	35
案例2.15 模里西斯與留尼旺島合作預防甘蔗害蟲的擴散	36
案例2.16 行動的優先順序，以夏威夷為例	37
案例2.17 外來入侵種的人類面向	38
案例2.18 全國性的入侵種評估：美國技術評估局報告	40
案例2.19 制定策略預防外來入侵種引入到俄國沿岸與內陸水域	41
案例3.1 消滅島嶼特有種蝸牛的玫瑰狼蝸	64
案例3.2 非洲殺人蜂如何進入美洲	65
案例3.3 預警原則	66
案例3.4 斑馬紋貽貝對生態系的衝擊	67
案例3.5 光肩星天牛，北美森林的威脅	68
案例3.6 南美葉枯病對馬來西亞橡膠樹的威脅	69

目錄 Content

案例3.7 關於引入途徑的軼聞	70
案例3.8 生物防治媒介仙人掌螟蛾在加勒比海地區的擴散	71
案例3.9 美國經驗：水族愛好者釋放外來魚類	72
案例3.10 引入銀膠菊至衣索比亞	73
案例3.11 長距離傳播至法屬玻里尼西亞之偏遠島嶼的米氏野牡丹	74
案例3.12 澳洲國防軍參與外來種防治工作	75
案例3.13 隨海釣蟲餌及其包裝材移動的搭便車生物	76
案例3.14 褐樹蛇在太平洋地區的擴散	77
案例3.15 監測澳洲北領地的黑條紋貽貝	78
案例3.16 透過牡蠣養殖而傳輸的病原體等生物	79
案例3.17 隨牡蠣而引入的日本褐藻	80
案例3.18 抱歉，托雷斯海峽航班不提供免費搭乘	81
案例3.19 協助搜索禁止輸入品的獵犬隊	82
案例3.20 澳洲有害植物風險評估系統	83
案例3.21 紐西蘭對於彩虹吸蜜鸚鵡的兩種觀點	84
案例3.22 西伯利亞的木材進口：潛在高風險途徑的分析	85
案例3.23 無法可靠預測入侵性	86
案例3.24 GISP 全球資料庫 / 預警系統	87
案例4.1 歐洲綠蟹在華盛頓州的首次現蹤	97
案例4.2 紐西蘭對白斑毒蛾的早期偵測與滅除	98
案例4.3 紐西蘭的植物預警系統	99
案例4.4 成功滅除已立足海洋外來入侵種的第一個案例	99
案例4.5 澳洲對於香澤蘭的偵測	100
案例4.6 法屬玻里尼西亞對於米氏野牡丹的大眾宣導與早期偵測	101
案例4.7 提里提里馬唐宜島對於大鼠的早期偵測	102
案例4.8 巴哈馬對於桑粉介殼蟲的早期偵測計畫	102
案例4.9 柑橘萎縮病的病媒蚜蟲之擴散	103
案例4.10 澳洲之外來有害海洋生物的社區監測	104
案例4.11 關於柏蚜的宣導海報	105
案例4.12 應變計畫該有什麼內容？	106
案例4.13 為快速反應行動建立知識基礎	107
案例5.1 外來入侵種布袋蓮造成的問題	145
案例5.2 白千層改變佛羅里達的棲地	146
案例5.3 栗疫病改變了一個森林生態系	146
案例5.4 混種雜交	147

Content 目錄

案例5.5 滅除刻意引入的入侵植物	148
案例5.6 澳洲的香澤蘭滅除計畫	149
案例5.7 滅除菲利普島上的兔子	150
案例5.8 滅除佛羅里達州的非洲大蝸牛	151
案例5.9 將螺旋蠅從北美與北非滅除	152
案例5.10 入侵紅火蟻：失敗的滅除計畫	153
案例5.11 桑粉介殼蟲在加勒比海地區的定居速率	154
案例5.12 調查香澤蘭在澳洲的入侵情形	155
案例5.13 關於哺乳類防治計畫的爭議	156
案例5.14 圍堵香澤蘭在澳洲的擴散	157
案例5.15 圍堵與滅除：以夏威夷的米氏野牡丹為例	158
案例5.16 藉由交通工具移動的種子：澳洲卡卡度國家公園的一項研究	158
案例5.17 圓島的爬蟲類復育	159
案例5.18 模里西斯的保育管理區	160
案例5.19 澳洲以物理及化學防治法對付海星並不太可能成功	161
案例5.20 布袋蓮的物理防治法	162
案例5.21 夏威夷對米氏野牡丹的化學防治	163
案例5.22 島嶼的成功滅鼠計畫概述	164
案例5.23 滅除澳洲北領地的黑條紋貽貝	165
案例5.24 聖海倫娜以生物防治昆蟲，拯救地方特有樹種	166
案例5.25 蘇力菌：最廣泛使用的生物農藥	167
案例5.26 水生有害植物的生物防治	168
案例5.27 以生物防治歐洲綠蟹的可能方式	169
案例5.28 包括計劃性焚燒的木麻黃防治方式	170
案例5.29 針對歐洲七葉樹潛葉蛾的一項整合性有害生物管理研究計畫	171
案例5.30 布袋蓮的整合性管理	172
案例5.31 成功防治一外來入侵種時可能會發生的事	173
案例5.32 關於七葉樹潛葉蛾的一項歐盟研究計畫的發展過程	174
案例5.33 凡波斯水資源保育方案的社會與環境效益	175
案例5.34 生態觀光做為入侵種防治計畫的資金來源	176
案例5.35 志工的運用	177
案例5.36 塞席爾經驗：利用媒體取得大眾對入侵種管理的了解與支持	178

目錄 Content

案例5.37 巴布亞新幾內亞的社區參與防治人厭槐葉蘋	179
案例5.38 運用當地兼職志工幫助復育羅德里格斯島的自然保留區	180
案例5.39 卡卡度國家公園的蔗蟾初步風險評估	181
案例5.40 在澳洲國境之北：以社區為基礎的原住民有害植物管理	182
案例5.41 拯救塞席爾黑鸚鵡的入侵種減緩行動	183
案例5.42 義大利的灰松鼠滅除行動：計畫的失敗與未來的情境	184
案例5.43 學生清除有害植物以幫助雨林復育	185
案例5.44 歐洲的美國水貂滅除計畫	186

全球入侵種計劃 (The Global Invasive Species Programme ; GISP ; 為「全球入侵種規劃署」的前身) 是由環境問題科學委員會 (Scientific Committee on Problems of the Environment ; SCOPE) 所主持, 並和國際自然保育聯盟 (IUCN)、國際農業生物科學中心 (CABI) 共同合作。GISP 的初期財務支持是來自聯合國環境規劃署 (UNEP) 的全球環境基金 (GEF)、聯合國教科文組織 (UNESCO)、挪威政府、美國太空總署 (NASA)、國際科學聯盟理事會 (International Council for Scientific Unions ; ICSU)、TOTAL 基金會 (La Fondation TOTAL)、派克基金會 (David and Lucile Packard Foundation)、麥克阿瑟基金會 (John D. and Catharine T. MacArthur Foundation)。參與的團體和個人則付出相當的心力, 貢獻卓著。GISP 是國際生物多樣性計劃 (DIVERSITAS) 的一部份。

GISP 的整體目標, 是彙整關於入侵種問題之各種層面的最佳可得資料。本手冊是 GISP 第一階段工作所出版的工具書之一。

1999 年 3 月 22-27 日在吉隆坡舉辦的國際研討會中, 規劃並部份草擬了本手冊內容以及 GISP 的預警部份。該研討會的參與者, 列於本手冊內文開始前的頁面裡。接續著這卓越的起頭, CABI 的溫登寶 (Rudiger Wittenberg) 和寇克 (Matthew Cock) 編撰了本手冊的文字, 然後交由吉隆坡研討會的與會者審查, 並參採他們的意見。在這審查過程中, 紐西蘭的維屈 (Dick Veitch) 擔任起第三編輯者的角色。完成的草稿再提到於 2000 年 9 月在南非開普敦舉辦的 GISP 第一階段綜合研討會 (GISP Phase I Synthesis Conference) 上, 交由與會者做進一步的審閱與建議, 其中許多寶貴意見也都融入此手冊中, 然後完成「最終」版本發表。本手冊的內文與案例, 將調整做成網站, 當作本手冊的動態版本, 隨著新出現的資訊、網路連結與案例而更新。

在吉隆坡的研討會上, 大家討論了本手冊的對象應為何, 並認為主要重點應是協助那些從事環境與生物多樣性保育及管理的人士。本手冊並不直接以大眾、政策制定者、檢疫機關等為目標, 但除了協助保育管理人員之外, 也應該提供這些群體一些洞見。無論如何, 本手冊內容還是可能提供更廣泛的讀者群有用的資訊, 且將廣為傳播之。

該研討會也討論了本手冊是否該嘗試探討所有種類的入侵種 (如對農、林、人類健康有害者), 或者只是討論那些影響環境和生物多樣性者。會議結論為:

- 人類疾病, 雖然就技術面而言是入侵種, 但不在本手冊範圍內, 且目前已透過其他方式予以充份因應;
- 最佳實務的例子、案例歷史與教訓, 無可避免地將來自農業、林業等傳統部門;
- 這些入侵種有許多與環境及生物多樣性有關, 且會對環境及生物多樣性造成重大衝擊;
- 可以打動資金來源的情況, 通常主要是和入侵種的經濟衝擊有關, 比如說生產成本增加, 生產損失、生態系服務的損失、人類健康等。

本手冊是以能夠提供全球各地參考應用為目標, 雖然內容著重在小島, 這是因為我們

體認到，外來入侵種對於小島生態系的生物多樣性衝擊更大。無論如何，我們有預想到，這本手冊將必須依不同國家或區域的在地情況而調整，才能發揮最大的效用（第六章）。就此而言，我們想要提醒讀者，本手冊的案例反映的是吉隆坡研討會參與者以及我們隨後在編撰手冊期間能夠共事者的特殊專業，因此不能代表完整的全球經驗。我們建議，各地在調整本手冊時，可加入以國家及區域為焦點的案例。

在規劃本手冊時，吉隆坡研討會也考慮到，是否要將手冊內容侷限於外來入侵種，或者應嘗試涵蓋原生入侵種。結論為：

- 有數個重大的原生入侵種案例，通常與土地使用變更有關（或懷疑可能有關）；
- 本手冊的大部份內容，將和這類問題無關（比如，大部分的預警和預防措施和此無關），雖然將之列為重要內容可能很有用（比如許多的管理措施）；
- 為平衡起見，本手冊將維持以外來入侵種為焦點，但提到相關之處時，應探討何者和原生入侵種有關或無關。

本手冊的編排是以清楚明確為目標。首先是由緒論一章做背景介紹，接著第二章談如何建立策略與政策（意即如何發展國家計畫及如何為計畫取得支持）。預防入侵種的風險和風險評估程序於第三章中述及，而新入侵種的預警方法則於第四章中探討。在第五章，則廣泛審視各種不同的管理措施，第六章則提供關於如何使用本手冊的一些想法。從內容中，我們理解到，取決於被入侵生態系（陸域、淡水與海洋）的方法和取決於入侵物種類群（脊椎動物、無脊椎動物、疾病和植物等）的方法，兩者通常有根本的差別。我們試著利用章節標題，讓這區別可以清楚呈現。

在編撰這本手冊的過程中，我們很快就體認到，很難歸納出有用的一般法則並進行預測，因為這個全球性問題太過複雜。這複雜性包括完全不同類群的各種不同特徵、不同的地點與不同的生態系，以及不同人類活動對這些不同地點或生態系的影響。因此，我們選擇用成功計畫的案例研究及可凸顯關鍵問題的例子來說明內容。外來入侵種的預防與管理，牽涉層面龐雜，而很難在一本簡易手冊中深入探討所有層面。因此，本手冊的實際範疇主要並非在於「要如何做」，而是「應做什麼」，並以案例讓讀者洞察可以如何處理外來入侵種的議題。這份文件提供建議，讓讀者了解應做什麼及到哪裡搜集更多資訊。

我們在此必須提出兩點編者但書，提醒本手冊讀者注意。當你看到「種」這個字眼，不見得是指符合嚴謹科學定義的種，而可能包括其他分類等級。外來亞種可以等同於外來種，但在某方面又不同於外來種。再者，超種、種與亞種的分類位階，通常是具有爭議性的。同樣地，「國家」一詞，必須（依照當地情況）適當地廣泛解讀成區域、國家或次國家。有些情況下，「國家」一詞也可用來指一生態區。

我們誠摯感謝提供本手冊意見的所有個人，包括全球各地的 GISP 團隊；尤其是，吉隆坡研討會的與會者，提供案例、資訊及審閱文字的國際專家，還有在 GISP 第一階段綜合研討會期間與之後提供意見的所有人士。在從綜合研討會收集意見後，我們也加入了根

據 GISP 其他計畫的扼要章節，以涵蓋 GISP 資料庫、外來入侵種的人類面向、行銷策略與法律制度等議題。我們特別感謝大自然保護協會（The Nature Conservancy）的阿蘭·侯特（Alan Holt）和國際自然保育聯盟環境法中心（IUCN Environmental Law Centre）的娜特麗·威廉斯（Nattley Williams），他們分別為最後這兩個主題提供意見。

如果這是有用和寶貴的手冊，那麼這要歸功於那些提供規劃、資訊和內容的人。然而，要為定稿負責的是溫登寶和寇克兩人；如果我們加入錯誤的內容、未能理解他人所提供的資訊、或未能接納某些優秀的建議，那麼錯在我們。不過，我們相信，這本手冊可讓您一覽這個新世紀開展之時的專業水準。我們認為本手冊將有助於許多個人與國家，並在此向您推薦。

寇克（Matthew Cock）與溫登寶（Rudiger Wittenberg）

外來入侵種對生物多樣性造成重大威脅，同時對農、林、漁等產業和人類健康損害甚巨。上個世紀以來，貿易、觀光、運輸和旅遊業快速擴張，大大地促進了入侵種的擴散，讓它們得以跨越自然地理疆界。然而，並非所有的外來種都有害，事實上用於農、林、漁業的大多數物種，都是外來種。有鑑於此，國家制定管理計畫時，首先要區分出有害與無害的外來種，並確認有害者對原生生物多樣性的衝擊為何。

要制定管理外來種的計畫，首要之務是發展一份羅列大小目標的國家策略，這份策略的最終目標，應該是保護或恢復健康的生態系。初步評估，包括對原生種和外來種（及其衝擊）的調查，將有助於設定計畫的起始點，也可在計畫推行期間作為比較的基礎。整個計畫推行期間，都必須獲得所有利害相關者的支持，建議可以採用社會行銷活動來爭取支持。法律與制度架構，決定外來入侵種預防和管理的基本機會。目前共有四種對付外來種的選項（或者說「步驟」）：（1）預防，（2）早期偵測，（3）滅除，（4）控制（參見圖1）。

對付外來種最優先也最具成本效益的作法是「預防引入」，這個教訓得自數個破壞力強、防治成本又高昂的入侵種案例，譬如五大湖區的斑馬紋貽貝。假使這些物種一開始就被攔截下來，就可避免大量的原生物種和（或）金錢損失。針對引入路徑（而非特定物種）加強管制是相當有效的排除方法，能夠集中心力於有害生物最可能進入國境的地點，也能攔截透過單一途徑進來的一些潛在入侵種。有三種最有可能預防生物入侵的主要措施：（1）依據具有檢查與收費規定的法規而執行的攔截行動；（2）處理可能受到外來種污染的物質；（3）根據國際規範，禁止特定商品進口。外來種的刻意引入，都應先經過進口風險評估。

對潛在入侵種的早期偵測，是決定能否滅除該物種的關鍵。投資於早期偵測措施是非常值得的，因為如此才有可能達成早期滅除，或至少能有效控制住新的入侵種。為了早期偵測而進行的調查活動，可針對特定物種或特定場址展開。針對特定物種的調查乃根據特定情況而設計、調整或發展，必須考量目標物種的生態習性；而針對特定場址的調查，則是在高風險入境點周遭或在具有寶貴生物多樣性的地區附近偵測有無入侵種。

如果預防失效，接下來應優先採取滅除措施。若能早期偵測出外來種的存在，滅除可以是既成功又具成本效益的解決方案；不過在實施之前，必須謹慎評估所需的成本和成功的可能性，並調動足夠的資源。過去成功的滅除計畫乃立基於：（1）物理防治，譬如人工拔除有害植物或撿拾蝸牛；（2）化學防治，譬如對脊椎動物施放毒餌；（3）棲地管理，譬如放牧或計劃性焚燒；（4）獵捕入侵的脊椎動物。然而，大部分的滅除計畫都需要混用數種不同方法，每一項計畫都需要評估所面對的狀況，藉此找出適合當地特有條件的最佳方法。

如果滅除不可行，那麼依照管理入侵種的選項次序，最後一步就是「控制」。控制的目標是減少某種入侵生物的族群密度和豐度，使其低於一可接受的閾值。現在有好幾種控制入侵種的特別方法，其中很多也可用在滅除計畫。物理防治對目標物種具高度專一性，

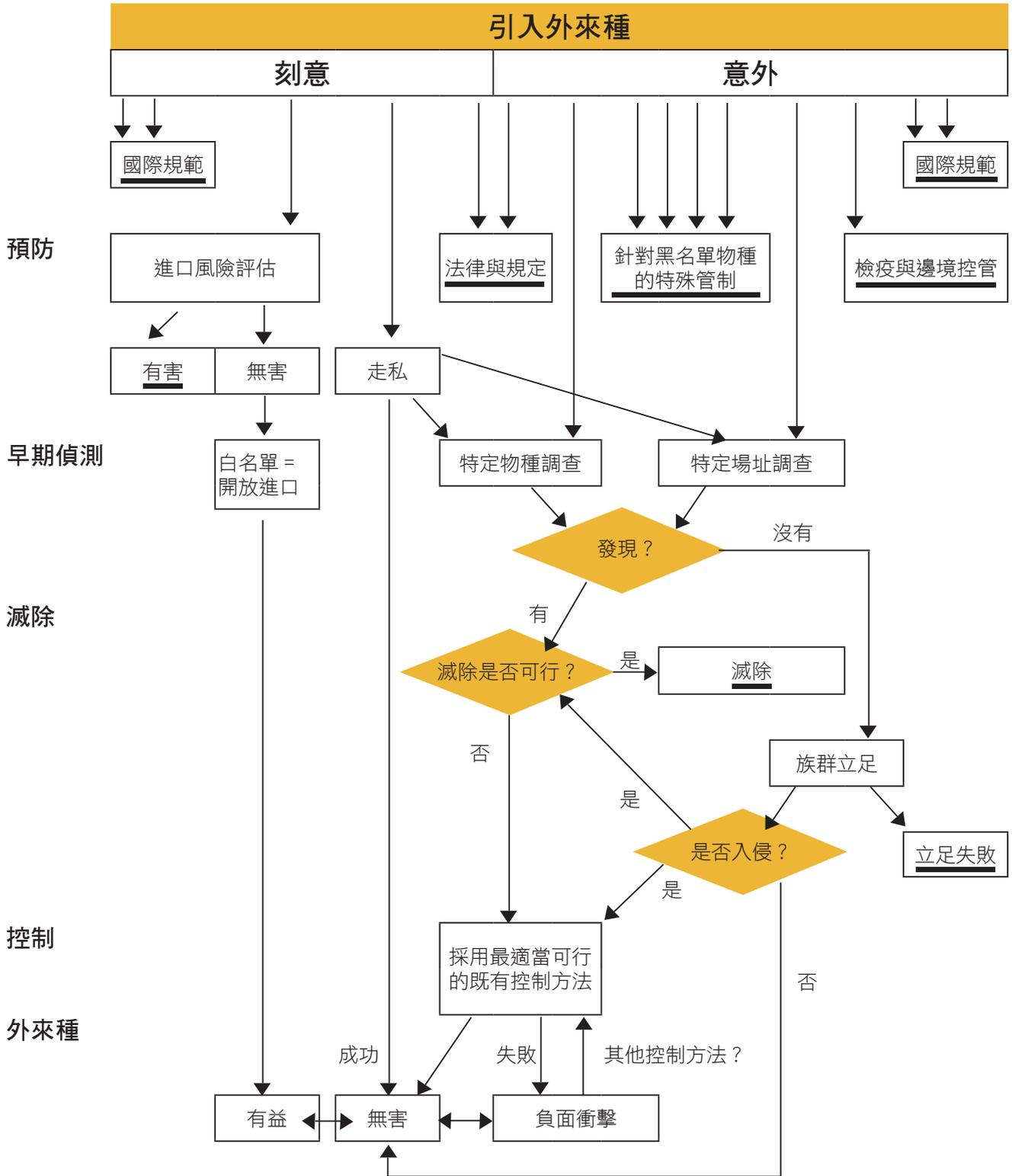


圖 1. 對付外來種時可考慮的選項摘要。黑色長條所標示的是被引入的外來種最後可能的結果，菱形方塊乃表示重要的分歧點與決策點。

但需要密集勞力，因此在人力成本很高的國家，這個方法主要僅限於志工團體使用。化學防治如果作為短期方案，通常會很有效，主要缺點是成本高、會造成非目標傷害，而且有害物種可能演化出抗藥性。跟其他方法比起來，傳統生物防治法如果成功，就會非常具有成本效益、持久、又可自我維繫下去，且由於使用的防治媒介具高度專一性，對整體生態也較安全。生物防治尤其適用於自然保留區或其他保護區，因為這個方法的本質對環境很友善，而且有越來越多的這類地方禁止使用農藥。至於結合數種方法的整合性有害生物管理措施，通常能達成最有效和最可接受的控制成果。

最後，現有外來入侵種管理技術仍有無法因應的情況，包括技術不適合、不切實際或不具經濟效益。如果遇到這種情況，保育管理人員可能必須接受「無法控制這外來入侵種」的事實，而其唯一能做的是找出方法減緩該生物對重要棲地和物種的衝擊。本手冊會簡要討論這個主題，不會深入探究，但這主題值得更充份的考量。

外來種的生物入侵是自然生態系與生物多樣性的重大威脅之一，同時也會對農林漁牧及其他人類事業與健康帶來巨大損失。外來種影響原生種及生態系的方式有很多種，且通常其危害是不可復原的。其衝擊有時顯得相當巨大，但通常是細微的。海洋、山脈、河川與沙漠等天然屏障，讓不同物種得以進行微妙的共同演化，發展出獨特的生態系；然而過去五百年來，尤其是二十世紀，由於人類貿易與旅遊蓬勃發展，這些天然屏障早已被突破（見案例 1.1：「夏威夷：加快的生物移居速率」）。飛機、船舶以及其他型態的現代運輸，讓物種得以被刻意或非刻意地移動到全球其他地方，且通常導致意料之外、甚至是災難性的後果。

被引入的外來種通常會消耗或補食原生物種、族群成長得比原生種快、會傳染或媒介疾病、與原生種競爭、會攻擊或與原生種雜交。入侵種可能會改變水文、野火發生規律、營養循環以及其他生態系過程，而改變整個生態系。威脅生物多樣性的物種通常也會對仰賴天然資源的各種產業帶來嚴重危害。比如斑馬紋貽貝（*Dreissena polymorpha*）、馬櫻丹（*Lantana camara*）、葛藤（*Pueraria lobata*）、巴西胡椒木（*Schinus terebinthifolius*）以及大鼠（*Rattus spp.*）等不僅是生態危害，也是經濟災難。就生物分類而言，外來入侵種有各式各樣，雖然某些物種類別（如哺乳動物、植物與昆蟲）的有害入侵種數目特別多。由於外來種入侵，已經有數千種物種已經滅絕或受到威脅，尤其是在島嶼上，但各大陸也難以置身事外。生物入侵已導致許多原生生態系遭受不可復原的損失。有害植物已造成至少 25% 的農業生產損失，並導致集水區、近岸海域與淡水生態系的退化。用來防治有害植物的化學農藥，則會進一步導致生態系的退化。壓艙水攜帶而來的入侵種可能會阻塞水管、污損螺旋槳推進器或造成漁業損失。牲畜或森林的有害生物一旦被引入，則會使產量大幅降低。此外，環境的破壞，如棲地零碎化與全球氣候變遷，也會助長生物入侵，許多入侵種的分佈範圍正因此擴張。

不是所有的外來種皆有危害。在許多地方，大部分的作物都是引入種，許多食用動物也是一樣。部份具生產力的林場與漁場乃是以引入種為基礎。而為了對入侵性有害生物進行生物防治而引入的物種，通常可以大為減少農藥使用與作物損失。然而，許多危害甚劇的外來有害生物卻是刻意被引入的。某些為了園藝目的而引入的品種以及動物園引進的稀奇物種，已變成具破壞力的入侵生物；某些為了人類食用而引入的魚類，已造成許多原生物種的消失；甚至某些為了生物防治而引入的物種，也變成有害生物。入侵生物學的快速發展以及愈來愈多用來偵測非刻意引入入侵種的技術以及用來管控已立足入侵種的技術，可在這場對抗外來入侵生物的戰爭中提供極大的助力，但前提是大眾與政策制定者要能夠意識到這個問題。

對於外來入侵種的威脅，國家必須要有策略，以完整評估受威脅的範疇，並有效處理之。另外也必須要有國際合作機制，以在源頭就阻止生物入侵，並促進彼此分享有關預防及處理生物入侵的經驗。這本手冊的目的是藉由說明各國的經驗，以協助各國制定與採行

有效的策略。本手冊是從永續使用與保育生物多樣性的角度出發，也就是根據《生物多樣性公約》第 8 條 (h) 款的精神，但所面對的問題唯有透過環境、健康、工業、農業及其他仰賴天然資源的社會部門的合作才能解決，畢竟外來入侵種是一種和發展有關的議題。本手冊將針對下列幾個面向提出建議：鼓動大眾支持國家投入生物入侵的防治、評估外來入侵種的現況與衝擊、建立制度以支持對此問題的有效因應，並在堅實的法律與制度基礎上建構策略。

本手冊亦提供建議、參考文獻與聯絡諮詢管道，以協助讀者預防有害物種入侵、滅除或控管已建立族群的入侵種。在預防、滅除與長期控管生物入侵方面的文獻與經驗相當多，多到可能令人困惑並感到難以駕馭。本手冊則讓讀者可輕易切入這個多樣的領域。可預期的是，本手冊並不總是能夠直接應用於各種狀況；所有國家與地區都有他們的限制，而且有些限制可能比其他地方還要嚴重。比如，1999 年 3 月在吉隆坡舉辦的「全球入侵種計劃：管理與預警系統研討會」(Global Invasive Species Programme: Workshop on Management and Early Warning Systems) 上，即明確地彙整了太平洋小島國家所面臨的限制(見案例 1.2：「南太平洋地區有關入侵種的特有問題」)。要應用本手冊，需要有一實證過程，以確保其內容對使用者而言恰當中肯且切合所需。至少在某些情況下，必須要依在地情勢、議題與問題來做些調整。

案例 1.1 夏威夷：加快的生物移居速率

每年，平均有 20 種新的外來無脊椎動物在夏威夷的島嶼上立足，也就是每 18 天有一物種成功移居，而自然速率則是每 25-100,000 年才有一物種成功移居。甚者，在新立足的無脊椎動物中，每年平均有半數為已知具潛在入侵性的生物類群。

編自：<http://www.hear.org/AlienSpeciesInHawaii/articles/norway.htm>，〈為改善夏威夷外來種管理而結合生物多樣性、農業、健康與商業利益的一個聯盟〉（An alliance of biodiversity, agriculture, health, and business interests for improved alien species management in Hawaii），於 1996 年 7 月 1-5 日在挪威舉辦的聯合國外來種研討會（UN Conference on Alien Species）上發表。作者 Alan Holt，大自然保護協會夏威夷分會（The Nature Conservancy of Hawaii），地址：1116 Smith Street, Suite 201, Honolulu, Hawaii 96817。

案例 1.2 南太平洋地區有關入侵種的特有問題

- 島嶼的數量相當多，其中許多島嶼既小又偏遠，這表示要管理這些島嶼上的野生動物相當困難，且成本高昂（尤其是採用複雜的管理方法，例如需要多次造訪的方法）。
- 由於許多島嶼的面積小，原生物種也相當少，因此入侵種對本土生物多樣性的潛在衝擊可能特別巨大。
- 可支持複雜的控制與滅除作業或邊境管制的公共服務基礎設施付之闕如。
- 西方的通訊標準並不存在：許多島嶼根本沒有電信服務系統，更不用說使用電腦或上網。往返這些島嶼的船運與空運通常並不頻繁，且可能不可靠。
- 許多相關的技術資訊是以英語撰寫，但英語對於大部分的太平洋島民而言只是第二語言；而且技術性的英語特別難，即使是對於許多原本使用雙語的人們而言。

編自：論文〈南太平洋的入侵種〉（Invasive Species in the South Pacific），作者 Greg Sherley，為「南太平洋區域環境計劃」（South Pacific Regional Environment Programme）的專員，發表於 1999 年 3 月 22-27 日在吉隆坡舉辦的「全球入侵種計劃：管理與預警系統研討會」（Global Invasive Species Programme: Workshop on Management and Early Warning Systems）。

摘要

本章闡述制定防治外來入侵種之國家策略的步驟。要建立國家策略，必須先針對外來入侵種問題的人類面向與現況進行評估，並以此做為國家策略的基礎。在展開評估程序時，必須確認所有的利害相關者，並讓他們參與策略籌劃的整個過程。在初步評估後，必須利用所有可得資訊來形塑國家策略，必要時尋求國際合作以協調區域行動及尋求外部專家幫助。必須找出與國家策略有關的法律與制度要素，且可能必須進一步發展這些要素，以做為行動計畫的架構。

管理策略與政策必須納入外來入侵種議題的人類面向。世界各地的生態系均受到人類活動的某種干擾，而人類是外來種引入的幕後推手。由於人類行為導致了大部分的生物入侵，因此解決方案必須能夠影響人類行為，比如說從物種引入的經濟動機來著手。

在開始規劃國家策略時，應該去找出一個跨部門的團體，來提倡入侵種計劃的發展制定。這個團體將必須彙整、評估與發表有關入侵種是國家生物多樣性重大威脅的證據，以說明採取行動的必要性。初步評估的準備是個關鍵的步驟，須準備的內容包括既有入侵種的清冊、其對生態與經濟的衝擊與被它們入侵的生態系。

下一個步驟是確認與邀請所有利害相關者參與，讓他們知道國家致力於外來入侵種問題的必要性。贊成制定國家策略的重要人物，應該策略性地邀請他們來參與；國內明顯的入侵種問題，則可用來提升大眾意識。

提升意識的活動應成為國家計畫的核心之一，以教育民眾有關入侵種所造成的問題，並告知他們可用來解決或預防入侵種問題的管理方案。要做這些事情，可利用「社會行銷」的方法，採取經過充份證實有效的技巧來影響人類行為。要成功推動社會行銷的活動，有7個步驟。

在完成初步評估且各利害相關者也來參與後，下一步是發展國家策略。理想上，應確認或設立單一的生物安全機關來主導；如果要採取跨機關的方式，必須明定並分配各機關的責任與任務。

國家策略的願景與大小目標應予以制定。最終目標是保育或復育生態系，以保存或回復自然的生物多樣性。這個策略必須與其他和自然保育有關的計畫及行動計畫整合，並應支持跨部門的作法。應根據初步評估所蒐集的資訊，為預防與管理計畫設定行動的優先順序。

最後，必須考慮預防和管理外來入侵種的法律與制度架構。適當的國家法律，加上協調的國際行動（以大家同意的標準為基礎），是有效管理的必要條件。雖然已有許多國際協議在處理入侵種問題的部份層面，但各國仍需制定國內法以落實國際協議。在國家層級上，首先應該找出既有的相關法律與制度，然後看看是否有任何漏洞、缺點和不一致之處。

要規劃制定適當的國家法律，有三種方式：審視既有的法律並將它們整合成單一的法律架構；訂定一個核心的架構法；或者調和所有的相關法律。

要制定策略與政策，必須對外來入侵種的人類面向、衝擊以及防治方案有清楚的了解。這幾個方面將在本手冊中反覆提及，但同時也是「GISP 人類面向小組」（GISP Human Dimensions group）的關注焦點（參見案例 2.17：「外來入侵種的人類面向」）。

雖然外來入侵種是個重大的生態問題，但其人類面向才是解決問題的關鍵。首先，外來入侵種議題涉及重要的哲學面向，要求人們檢視基本的觀念，如「原生」與「自然」。其次，由於經濟的日益全球化，幾乎所有地球上的生態系都受到越來越多且強烈的人類影響；即使偏遠生態系也受到人類直接或間接的干擾，而使它們對抗生物入侵的能力減弱。第三，人們會去設計生態系，以他們認為的調和舒適為目的，從世界各地找來各種物種。

越來越多的生物在世界各地之間移動，尤其是透過貿易、旅行、觀光與運輸，這現象的主要元兇就是人類。為了經濟、美學甚至心理的目的而進口外來種的情形大幅增加，通常導致更多的物種入侵原生生態系，帶來災難性的結果。

外來入侵種問題的重要人類面向，包括歷史、哲學與道德、經濟、文化與語言、健康、心理與社會、管理與法律、軍事以及很重要的政治面向。這一長串的列舉，讓我們很清楚地看到：人類面向是解決入侵種問題的重要關鍵，而要成功解決外來入侵種問題，需要各個不同經濟部門與多種學科之間的協調合作。

《生物多樣性公約》透過改善國際合作，讓會員國有重大機會處理外來入侵種這個複雜的全球問題。入侵種的人類面向因素清楚說明了並非物種本身造成了問題，而是人類行為導致生物入侵。因此，要根本地解決問題，必須審視生物入侵的人類面向，處理根本的人類因素，例如導致物種引入的經濟動機。

2.1 國家應致力處理外來入侵種問題的理由

國家為處理外來入侵種問題所制定的策略與行動計畫，是所有政府與非政府機構活動的重要框架。這些策略與行動計畫凸顯了國家對處理這個問題的承諾。雖然國家策略一般是由政府正式背書，但入侵種計畫通常是由個人、團體或機構發起，他們承擔起責任，提倡入侵種計畫的發展制定。因此，在任一國家，制定國家策略與行動計畫的初始步驟為：找出會去提倡入侵種計畫之發展制定的個人、團體或機構。

國家策略的發展制定可由政府或非政府機構來發動，或兩者一起來發動。這個過程也可以在區域層級上展開，如果該區域的各國環境政策與行動已有區域性的機制在進行協調的話（參見案例 2.13：「南太平洋區域環境署訂定區域入侵種計畫的過程」）。

2.2 評估

提倡發展國家計畫的團體，關鍵的第一步應該是去蒐集足夠的資訊，說明為何對抗入

侵種問題是國家生物多樣性計畫重要的一部份。根據既有資訊（可從文獻、資料庫等各種來源取得）準備的初步評估，可做為入侵種計畫的基礎，也可做為之後評估的比較來源（初步評估的詳細說明請參見案例 2.18：「全國性的入侵種評估：美國技術評估局報告」）。為進行此初步評估，重要的資訊蒐集活動包括：

- ▶ 準備既有入侵種問題的清冊，內容包括對當地環境與經濟的已知衝擊以及其他地方曾經報告過的衝擊；
- ▶ 清查資料庫，檢視國境內或區域內是否有任何被其他地方視為重大入侵種的外來種，並思考這些外來種可能會在國境內帶來什麼衝擊（參見方塊 2.1：「關於外來入侵種的一些線上資料庫與文件」）；
- ▶ 考量外來入侵種的各種人類面向因素（參見案例 2.17：「外來入侵種的人類面向」）；
- ▶ 注意特別脆弱的生態系以及瀕危物種與它們的棲地；
- ▶ 鑑定外來種未來潛在的重要引入途徑，特別是已知在其他地方於某種條件下會成為有害生物的物種；
- ▶ 經濟分析是防治入侵種策略的重要工具，建議應成為策略的基本組成（參見案例 2.2：「美國外來入侵種所造成的經濟損失」；案例 2.3：「南非水資源保育方案的經濟正當性」；案例 2.4：「美國北達科他州防治乳漿大戟的經濟理由」；案例 2.18：「全國性的入侵種評估：美國技術評估局報告」）。外來入侵種的經濟學是 GISP 另一部份計畫的課題，要了解主導該課題之小組的最新成果，請常上 GISP 網站（<http://jasper.stanford.edu/gisp>）。

2.3 建立制度性的支持

即使初步評估看起來已納入了各種足以令人信服的論點，來支持國家應致力於處理入侵種問題，但通常這些理由還是會遭遇到抵抗。原因可能是官僚的慣性，或只是因為缺乏因應能力。然而，這些論述可能無法打動那些認為生物入侵不是他們責任或優先事項的決策者。有時是因為這些決策者剛好也是以前負責引入某些外來入侵種的個人、官員或部會首長。這些情況應依當地文化小心處理。要讓關鍵的決策者或有影響力的重要人士注意到外來入侵種的問題，應加以考量下列幾點：

- ▶ 找出有影響力、對於入侵種議題持支持態度且與國家領導人物有密切關係的關鍵人士或組織，比如科學家、媒體、政治人物、國際組織等（參見案例 2.5：「科學家請求美國政府採取行動預防綠海藻入侵」）；
- ▶ 即使持相同的理由，外來專家通常比本土專家更能說服國家的領導者（參見案例 2.10：「美國巫婆草滅除行動的協調合作」）。邀請、拜訪優秀的科學家或媒體人士，或者請他們發表聲明，可影響決策過程（參見案例 2.6：「防治米氏野牡丹：向他國的經驗學習」）。
- ▶ 在國家發生生物入侵危機時，可利用大眾的支持力量，順勢建立計畫。比如，入侵北美

的斑馬紋貽貝（參見案例 3.4：「斑馬紋貽貝對生態系的衝擊」）或光肩星天牛（參見案例 3.5：「光肩星天牛，北美森林的威脅」）；入侵太平洋區域的褐樹蛇（參見案例 3.14：「褐樹蛇在太平洋區域的擴散」）與米氏野牡丹（參見案例 4.6：「法屬玻里尼西亞對米氏野牡丹的大眾宣導與早期偵測」），都曾引起民眾的歇斯底里。亦參見案例 2.7：「骯髒一打：美國最要不得的外來種」。

應舉辦會議，邀請入侵種問題之既得利益團體或個人來開會；至於要從哪些部門找出既得利益者，可利用初步評估中的鑑認結果。應請這些「利害相關者」指出國家計畫的限制，並規劃可處理這些限制的計畫（參見案例 5.40：「在澳洲國境之北：以社區為基礎的原住民有害植物管理」）。綜合這些討論，可找出國家策略應有哪些元素（參見案例 2.8：「發展策略以改善夏威夷的外來入侵種防治」）。

2.4 讓社區參與入侵種管理的社會行銷策略

本節是依據 GISP 關於宣導教育的計畫成果，概述如何應用社會行銷策略來倡導和外來入侵種有關的議題，以取得大眾對處理此議題的支持。

在許多地方，政府機關或非營利組織推出許多活動來提升民眾意識，但這些活動大部份並未能改變其宣導對象的行為，以讓他們採取行動，減少入侵種衝擊。有越來越多的宣導活動企劃者，利用社會科學的學術研究與商業行銷經驗，提出了新的技巧，若能運用於宣導活動中，不僅能提升民眾意識，也可以說服大眾與政策制定者採取行動解決問題。社會行銷提供了系統性切入問題的方法，並經過充份的驗證，可有效影響人類行為。其目標是提倡可改善人類健康、環境或其他社會福祉的行為。

由於預算有限，通常不太可能採取全面性並完全整合社會行銷的作法。在任何計畫的第一階段，建議諮詢社會行銷專家，決定可達到目標的最低程度套案。由於某些步驟是建立在其他步驟的基礎上，因此隨便選擇活動並非明智之舉。如果無法取得足夠的資源，以達到最低程度的結果，策略性的跨部門合作將變得很重要。宣導活動的第一步驟或許是說服可能的合作者加入活動或提供活動所需資源。

社會行銷是一種逐步的作法，目的是讓特定人士（通常稱為「利害相關者」或「關鍵對象」）為社區利益採取某種特定的、可量測的行為。作法類似的商業行銷，目的則是讓其目標消費者購買特定的產品。

大眾宣導或教育，是讓人們知曉某些事實、觀念或議題。社會行銷通常利用大眾宣導或教育活動，讓關鍵對象知情，使他們容易接受適當的行動，並進一步讓人們因醒覺而採取行動。這是社會行動的主要特性，而想要造成社區某種改變的活動常常止於單純地告知民眾，如此絕不足以促成特定行動，以減少入侵種問題。

詳細資訊請參考《讓社區參與入侵種管理的社會行銷手冊》（A Social Marketing Handbook for Engaging Communities in Invasive Species Management），由教育發展學院（The

Academy for Educational Development) 和大自然保護協會的阿蘭·侯特 (Alan Holt) 聯合撰寫。此外，還有許多網站專門針對入侵種的課題，並連結到其他入侵種網站；如 www.nbii.gov/invasives。

社會行銷的七步驟：

步驟一：進行初步評估

任何社會行銷活動的成功，大多決定於其初步評估的品質。這個重要步驟將會決定未來的活動。活動經理人必須確保所採取的策略不受他們自己的偏見所扭曲。在確認關鍵議題時，這個初步評估步驟可確保所有利害相關者的觀點獲得考量。

在試著回答入侵種的特性、途徑以及有誰牽涉到入侵種的供需還有其成本與效益等問題時，每個利害相關者的問題和關鍵議題將受到檢視。應單獨或集體訪問每一個利害相關者，以決定行為或政策改變有哪些誘因、利益和可能阻礙，必須在社會行銷計畫中加以考量。

除了要確認所有的利害相關者外，也要開始研究各個群體有哪些來源可以影響他們，有哪些傳播管道可以最有效地把訊息傳遞給他們。

初步評估的定稿應包括：

1. **情勢分析**：簡單明瞭地概述入侵種問題的現況，包括說明問題、目標與可達成的策略方案。
2. **概述和每個利害相關者群體的代表會談的結果**，以了解他們對於入侵種問題的特殊觀點或利益。
3. **評估各利害相關者合作以解決入侵種議題的可能性**（如特定利益方面、資助可能性、互補的資源）。
4. **關鍵議題**：在處理生物入侵威脅時會遭遇的問題與機會（對每個群體都是獨特的）。這些議題於初步評估中鑑認，並以行銷策略來處理。應明確說明：在供需端和政策層面可以做些什麼以防治入侵種；哪些利害相關者有可能在採取某些行動後造成影響。這些利害相關者就是你的對象群體；可能會影響這些利害相關者之行為的所有其他群體，就是你接觸對象群體的管道。
5. **與利害相關者溝通及影響他們的可能管道**（人際關係、電子管道、大眾傳媒、公共關係）。
6. 必要時，**全面列出外來技術協助者提供的建議與可能的策略**。

步驟二：建立合作工作小組

關於生物入侵的防治，成功的社會行銷方案決定於所有關鍵的利害相關者願意為共同且互利的目標協力合作的程度。每個參與工作小組的成員會有他／她自己的動機，應教育他們使之了解並體會其他人的目標、動機、理解與資源。各利害相關者都會有其他的優先

事項要處理，而分散掉他們對合作計畫與宣導活動的注意力。工作小組的催生者在推動事務與提供技術輔導時，必須要有連慣性，並提供客觀的專業。工作小組應由權威且受到尊重的團體或個人召集，比如說政府機關或高層官員，以確保能夠獲得回應。

在工作小組第一次會議期間，應讓與會者表達他們參與宣導活動的理由，並儘量說明心中的任何疑慮。為促進建設性的對話，應向他們說明步驟一的評估結果，包括建議與可能的策略選項。為能夠持續對話，讓工作小組能夠正式化，並決定每個成員的角色與責任，應向每個參與者尋求承諾。

步驟三：研擬初步策略

一旦這個團體同意組織起來，合作追求一般性的策略願景，那麼接著就要準備行銷策略草本，並由每個參與者簽署一份備忘錄，承諾日後他們會支持這個活動，並參與某個領域。行銷策略草本應根據初步評估所進行的初步市場調查，決定活動的目標；這些目標必須明確（Specific）、可量測（Measurable）、積極進取（Ambitious）、務實（Realistic）並有期程（Time-bound），以上五個特性簡稱 SMART。策略草本必須清楚描述這個提議中的活動之預期成果，也必須決定宣導對象，並處理構成社會行銷活動的每個元素，或稱「四個 P」：

- **產品（Product）**：要行銷的產品為何？你想要讓人們做些什麼？為何如此做符合他們的利益？他們如何從自身行為的改變中得到利益？
- **代價（Price）**：對象「消費者」要花多少金錢、時間或精神來「買這個產品」或採納我們期望中的行為？最終必須說服對象群體，是為了他們的福祉才要求他們這樣做，而我們要求他們付出的代價是值得的。
- **推銷（Promotion）**：要傳達給每個宣導對象的關鍵訊息是什麼？有什麼最具成本效益的方式可把這些訊息傳給他們——人際關係、公共關係、大眾傳媒或倡議？訊息必須切題、聚焦，且終將能夠促使行為改變。隨著宣導對象的認知和行為的演進，訊息也要跟著改變：開始時或許可以著重在提升意識，但後來必須呼籲他們行動。
- **地點（Place）**：預期消費者會買產品或呼應行動訴求的地點在哪裡？宣導活動可能會聚焦於預防與防治，而這兩個重點涉及到不同的地點，如旅行路線與社區。

步驟四：進行市場調查

一旦簽署了備忘錄，草擬了行銷策略，接下來必須進行更進一步的消費者定量研究，探討初步評估中鑑認出的關鍵議題。市場調查將做為所有行銷決策的指引，也是追蹤活動影響的基礎。必須透過市場調查，讓宣導對象積極參與宣導活動的發展研擬。

有一種基本作法，可定量、重複地衡量社區關於標的入侵種問題的意識與行動，叫作「知識（Knowledge）、態度（Attitudes）與實務（Practices）」調查，簡稱 KAP 調查。KAP 調查透過電話訪問、書面問卷與攔截訪談，調查統計上可代表對象「消費者」群體的樣本。

步驟五：制定整合式的行銷計畫並落實執行

行銷計畫是入侵種宣導活動的藍圖，其必須包括下列幾個元素（其中幾個之前已提到）：

情勢分析：於評估期間彙整的資訊，包括建議與可能的策略。

關鍵議題：評估與市場調查將指出在設計與執行宣導活動時會遇到、必須於行銷計畫中處理的問題與機會。

目標：合作工作小組於行銷策略草本中設定的 "SMART" 目標，必須根據額外的研究以及夥伴間之前的討論進行調整修正。

策略：描述可用來達成工作小組目標的明確策略。策略應只聚焦在那些改變行為可造成影響的人們身上。

廣告與公關策略是提升意識的良好工具。教育、訓練與政策有持久的影響力，這也是為何社會行銷強調它們的理由。

步驟六：進行監測與評估

行銷策略是否能夠持續成功，決定於經常的監測與定期的評估。工作小組必須指定一專案經理人，負責追蹤行銷計畫的進度，並定期回報工作小組。該專案經理人也必須根據備忘錄追蹤夥伴執行其職責的進度，並視需要督促或協助他們。

定量的 KAP 調查必須定期重複執行，以衡量行銷計畫的影響，這不僅可做為新的教育與行銷素材的發展指引，也可以做為策略年度調整的依據。對 KAP 調查的追蹤與評估，應運用基線調查所採用的相同方法與問卷。

步驟七：調整行銷策略

工作小組應每年針對行銷策略進行一次檢討與規劃。應以專案達到設定目標的程度，來檢視行銷計畫。應鼓勵所有的成員就其滿意與挫折之處進行討論。他們的意見加上持續進行的市場調查，可做為參與式規劃行銷計畫的基礎；透過這樣的程序，對行銷計畫進行必要的調整修正。

2.5 將國家承諾制度化

在讓國家承諾落實的這個過程中，接下來的階段是籌劃與制定國家策略。初步評估的目的是確認主要的問題，例如：能力問題、只著重在農業有害生物而忽視自然生態系之有害生物的隔離檢疫系統、管轄的漏洞、權責互相衝突的機關。

如同「IUCN 指引：預防外來入侵種造成的生物多樣性損失」（IUCN Guidelines for the Prevention of Biodiversity Loss Caused by Alien Invasive Species）所建議，國家策略最好能夠找出、指定或設立一個單一的生物安全主管機關，來負責國家策略的籌劃與實施。如果不是由單一的主管機關來聚焦及強化措施，結果可能會類似於有不同的公共衛生機關分

別負責病毒性疾病、細菌性疾病、疫苗的開發等這般的情況（參見 IUCN 指引中的參考資料）。如果無法指定單一機關來負責國家策略的發展制定，而必須採取跨機關的作法，那麼就必須採取作為改善合作，確保有更有效的方式能夠降低機關之間對於資金或責任的競爭，並解決彼此的利益衝突（參見案例 2.9：「法屬玻里尼西亞設立跨部會委員會以防治米式野牡丹及其他入侵種」、案例 2.10：「美國巫婆草滅除行動的協調合作」）。這必須成立一個常設的跨機關委員會，該委員會最好有自己的專屬人力、資金且沒有其他職責。也必須針對既有機關的角色與責任予以明確定義；同時也要有正式的機制，協調各機關防治外來入侵種的行動。

2.5.1 國家策略

必須在國家策略中加以著墨的關鍵要素摘要如下：

- ▶ 首先是建立入侵種策略的願景與大小目標。這個策略必須整合到國家永續利用生物多樣性的這個更大承諾以及保育生物多樣性的行動計畫中。每個倡議計畫的最終目標是保存或復育重要的生態系與棲地，使之擁有健康且可自我維繫下去的原生種族群；這些自然生態系將能提供重要的生態系服務。滅除入侵生物是達成棲地復育這個目標的重要手段，但並非國家策略的大目標。
- ▶ 該策略也必須整合到規範其他關於公共衛生、農業、保育等重要部門之國家計畫的全面架構中，因為由入侵種所造成的問題是跨機關權限的，且激發入侵種防治的動機通常也是基於經濟考量更甚於生態理由（參見案例 2.19：「制定策略預防外來入侵種引入到俄國沿岸與內陸水域」）。例如國家的有害植物計畫，如澳洲最近制定者（參見案例 2.11：「澳洲《國家有害植物策略》摘要」），即可能會和入侵種的國家策略有大幅重疊。
- ▶ 必須讓所有利害相關者一開始就參與策略的發展制定，以避免利害相關者因為沒有被告知，而在程序後期採取反對行動。
- ▶ 必須界定國家在入侵種的預防、早期偵測與防治等方面的廣泛責任。
- ▶ 必須針對入侵種進行全面性的全國調查，以建立知識基礎；調查項目包括它們的分佈、過去擴散情形及未來可能的散佈狀況、其所帶來的威脅等。對於許多國家而言，生物分類知識與物種鑑定的能力建置是很關鍵的。探討外來種所造成威脅的研究，必須與入侵種調查相連結，以使特定物種的衝擊資訊得以彙整。探討入侵種之交互作用及其綜合效應的研究，也必須與入侵種調查相連結。另應考量外來種和原生種之間的協同效應，並調查外來種的主要引入途徑。在許多國家，必須針對生物分類學與物種鑑定進行更多的研究。關於物種的自然分佈，所知通常不足；某些生物類群，尤其是海洋生物，即使是要指出一有害物種是本土種或引入種，也通常相當困難，也就是說其產地不明（又稱為「隱蔽種」）。調查研究的結果應該發送出去，以激發大眾意識；同時應饋入可供人們查詢利用的國際資料庫，以增進入侵種的全球知識基礎（參見案例 2.12：「澳洲決定國家重大有害植物的過程」）。
- ▶ 在調查彙整入侵種及其衝擊的資料時，應根據問題的迫切性以及受威脅的價值，去確認

應在國家策略完成前就該採取行動的優先順序（參見案例 2.1：「南太平洋區域環境署的外來入侵種優先順序」；案例 2.14：「模里西斯的外來入侵種國家優先順序」）。在決定優先順序時，可利用經濟分析來協助決策。另外，在這過程中也應針對迫切需要的研究以及未來的研究，決定其等之優先順序（參見 5.1 節）。

- ▶ 在初步調查結果確定後，應建立程序持續評估這些入侵種以及新的引入，因為入侵種問題的變化會愈來愈大，而引入潛在入侵種的媒介也會隨著時間而有變化。因此，必須持續監測以掌握由變化的環境、變化的人類行為（如農業與林業的實務操作）、日益活絡的貿易活動、新的途徑、全球氣候變遷（如由溫室效應所導致的暖化現象）等所帶來的風險。
- ▶ 根據調查結果，檢討早期偵測機制、預防方案、管理 / 控制 / 滅除程序等面向，以決定這些面向中行動的優先順序。
- ▶ 入侵種與生物安全應成為政府各部門的關切事項，並整合到商業、國防、衛生、農業等部門的任務中。
- ▶ 應擬定策略，以將對抗生物入侵的國家承諾整合到國際關係中。國家必須說明其如何履行國際責任（如依據《生物多樣性公約》或《國際植物保護公約》等所必須負起的責任），如何負起對鄰國與對具有共同（物種移動）途徑之國家的責任（比方說如何防範非刻意出口入侵種）、如何參與區域的計劃、如何分享資訊、如何盡到身為入侵種出口國的責任（參見案例 2.15：「模里西斯與留尼旺島合作預防甘蔗害蟲的擴散」）。
- ▶ 必須發展大眾宣導活動，以讓大眾參與防治生物入侵的所有階段（參見案例 2.16：「行動的優先順序，以夏威夷為例」）。應清楚確認要傳達給大眾的適當訊息，以做為宣導活動的基礎。大眾宣導是 GISP 另一部份計畫的主題，其中談到的社會行銷策略，摘述於 2.4 節。

2.5.2 法律與制度架構

目前社會已有共識，要依賴個別國家單邊、獨立的行動，來管理會造成生物入侵的所有活動與過程，是絕對不夠的。要達成有效的管理，需要的不僅是國家的法律架構，也需要雙邊、區域或全球各國，依據共同的目標與彼此同意的國際標準，採取一致的行動。要落實政策，設定原則、規則與程序，或提供基礎做為全球、區域與國家措施的依據，法律皆是不可或缺的。

目前，全球或區域的柔性法律文書（協議、行為準則、技術指引），有超過 50 件是以某種方式處理外來種問題。這些文書涵蓋了陸域、海洋、淡水、濕地與沿岸的生態系，也涵蓋了會引入外來種的程序與途徑。在國際自然保育聯盟（IUCN）出版的「外來入侵種法律與制度架構設計指引」（Shine, Williams, Gundling, 2000）中，有一表格列出了這些國際文書。要更詳加了解入侵種的法制議題，也建議參考該指引。

國際文書的本質通常是相當一般性的，因此必須透過國家的法律與規定，使其能夠在國家法制下操作。如同國際法，國家的法律也是由各部門長期發展出來的；這種依部門權

責各行其是的作法，造成法律的零碎化、涵蓋範圍不足、用詞不佳，遵行、執行與救濟等機制都有問題。

國家政策制定者應試著去發展結構化的法制架構，以處理和外來種有關的所有議題。首先，國家政策制定者應思考如何把外來種議題整合到更廣泛的環境（及其他部門的）策略規劃過程；其次，找出所有有關的既有政策、法律與制度，並加以檢討以找出漏洞、缺點與不一致之處。應建立、整合或強化國家架構以：

- ▶ 使目標與範疇能夠協調吻合；
- ▶ 使術語能夠標準化；
- ▶ 落實可以防止不當引入的措施；
- ▶ 支持預警系統的機制；
- ▶ 提供管理措施，包括復育原生生物多樣性的措施；以及
- ▶ 促進守法與責信。

在發展國家法律以處理外來入侵種時，應考量下列三種作法：

1. 第一種作法是最積極進取的，也就是檢討既有的法規，並將其整合到**單一的法律架構**下；而這單一的法律架構應涵蓋所有物種類別、部門、生態系以及應該採行的所有行動。
2. 第二種作法是**制定一個核心的架構法**，來決定各個部門法律的共同基本元素，並調和這些法律的目標、定義、準則與程序。
3. 第三種作法最簡單，但也最可能實現，就是**調和所有相關法規**，確保更一致的實務操作。

在許多國家，外來種防治的責任是由不同的政府機關分擔，但統合各機關的協調架構不是沒有就是殘弱不全。領導責任或由一既有機關承擔，如環境、自然保育、農業或公共衛生等部門，或像紐西蘭一樣將領導責任賦予一特設的機構（參見 2.5 節）。防治責任也可能由相關部會來分擔，而這種作法要有效，必須要有協調機制；比如，美國最近（1999 年）設立的國家入侵種委員會（National Invasive Species Council）。

同樣重要的是建立機制確保聯邦與次國家層級的機關之間能夠協調合作。這對於那些為促進貨物在會員國之間自由移動而成立的區域經濟整合組織——如歐盟與南部非洲發展共同體（Southern African Development Community；SADC）——而言，更是重要。

必須要有明確的目標，以提供概念性架構，來發展法律制度、指引法制落實、設定優先順序及促進意識提升。重要目標如：

- ▶ 保護動物、植物與人類健康，使其免受外來有害生物（包括病原體與疾病）的危害；
- ▶ 保護原生物種，包括較低層級的類群，使其免於汙染、雜交、局部滅除或滅絕；

國家法制架構的範疇分兩個部份：一是涵蓋的地理範圍，二是涵蓋的物種。由於一旦發生生物入侵，所有的國土都有可能受到影響，因此所有生態系與生物群落（包括陸域與

水生)的物種引入都必須予以管制。對於島嶼國家或擁有島嶼或特別脆弱生態系(如地理上或演化上孤立的生態系,包括海島)的國家,還必須採取特別的措施。

包括真菌、藻類、高等植物、無脊椎動物、魚類、兩棲類、爬蟲類、鳥類與哺乳類動物等所有生物類群,都曾發現過入侵性的物種,因此所採取的防治措施應適用於所有生物類群。在國家層級上,定義與術語的紛雜如同國際層級般,不僅國與國之間大不相同,連部門之間也有很大的歧異。科學界的一般用詞應在法律上加以定義,以提供指引並避免混淆。為法律之目的,應加以定義的重要術語基本上應包括:

- ▶ 原生種:原生種或本土種的構成要件為何?
- ▶ 外來種:這辭彙帶出了一個問題:「對何者為外來?」
- ▶ 外來入侵種。
- ▶ 威脅或傷害:什麼型態或程度的威脅構成入侵?

為了實務與法律的目的(細節請見3.2節),必須區別:

- ▶ 刻意引入(例如為農林漁牧或園藝之目的);
- ▶ 為用於封閉設施(例如水族缸、寵物貿易、動物園與馬戲團)而刻意引入;
- ▶ 非刻意引入(例如透過貿易、觀光、旅行與運輸)。

應儘可能在產地或出口關卡制定程序以降低傳輸外來種的風險。這種措施非常仰賴相關國家之間的資訊分享與合作。在大部份情況下,必須於入境處或釋出地點進行商品的檢查。為管制事先經過許可的刻意引入、減少非刻意引入、及偵測未獲授權(非法)引入,必須採取邊境管制與隔離檢疫措施。另必須發展境內管制措施,尤其是:

- ▶ 島嶼國家與擁有島嶼的國家;
- ▶ 採取聯邦制或區域化政府體系的國家;
- ▶ 區域經濟整合組織。

保護區,地理上或演化上孤立的生態系與其他脆弱的生態系,應禁止或嚴加管制物種的引入。

刻意引入皆必須取得適當授權(通常是以許可或執照的型式)方得進行。許可制必須輔以某種型式的物種列表方法,以利執法與保存引入記錄(參見3.3節)。風險分析和環境影響評估應成為許可制不可或缺的一部份。

為促進決策的透明與責信,法律應要求決策者依據科學證據決定是否授予許可。當授予許可時,法律應提供依據使許可決策者可附加條件,比如要備有減緩入侵計畫、監測程序、緊急應變時的圍堵要求與程序。也可以附帶索取財務費用,如課徵稅(費)或要求提供押金擔保。

要快速因應新發生或潛在的生物入侵，早期偵測與預警系統是基本的先決條件（參見第4節）；要建置此系統，法律上可納入如下規定：

- ▶ 要求監測刻意引入外來種的行為，以察覺入侵跡象；
- ▶ 要求偵測非刻意引入或非法引入；
- ▶ 要求採取緊急行動；以及
- ▶ 要求授權主管機關採取必要與立即的行動。

不同引入途徑所帶來的風險依國家或區域之不同而有差異，這差異有部份是源自於既有法律措施的範疇與有效性。國家應採取措施處理**既有的引入途徑**，例如漁業、農業與園藝業，並監測潛在的途徑。應設計邊境與檢疫管制措施，以偵測託運貨物或貨櫃中的**偷渡**生物，並制定檢疫後管制的相關規定。空運、海運、內陸水運或陸運的操作，應依照用以減少生物「**搭便車**」的國際標準或國家標準。對於為圈養、做為寵物或用於動物園、馬戲團或其他封閉設施而引入的物種，應施加特別的條件，以減少「**逃逸**」的風險。

必要時，環境影響評估的程序應加以修正，以減少大型基礎設施開發時的物種引入風險。比如，蘇伊士運河現在成為外來海洋物種在地中海與紅海之間移動的永久途徑（亦參見3.2.4節：「促進外來種擴散的人造結構物」）。

理想上，有法律依據的減緩措施應有下列兩項目標：

- ▶ 入侵種的滅除、圍堵與控制的長短期措施；
- ▶ 復育自然生物多樣性的積極策略。

外來種的法律地位應能與減緩計畫相容。在某些國家，所有的野生物種（包括外來種）可能在法律上自動受到保護。這種情況之所以會發生，是因為法律一味要求保護生物多樣性，而未能區分外來種與原生種，或者其保護較高位階的生物類群（屬），結果該類群涵蓋外來種。

要避免發生這個問題，有關生物多樣性或自然保育的法律必須排除外來種的適用，使其不受法律保護，而只保護原生種，包括再引入的物種和偶爾出現在相關領土的物種。減緩措施應授權主管機關：

- ▶ 管制外來種的持有、境內移動或貿易；
- ▶ 限制隨後的釋出；
- ▶ 尋求物種的所有人、地主 / 土地使用人以及鄰國的合作；
- ▶ 利用具有成本效益的機制（如：賞金制），以資助外來入侵種的滅除。

滅除或控制技術，包括外來生物防治媒介（如：瓢蟲）的使用，也應進行風險分析或環境影響評估，並取得主管機關的許可。

法律架構應儘可能支持以誘因促進本土社群、在地社區及地主的積極參與。關於這種作法，南非的水資源保育方案（Working for Water Programme）提供了大規模實施的絕佳案例。

應視外來入侵種管理為更廣泛的生物多樣性保護政策與措施的一部份。防治「負面」生物多樣性的措施，例如清除乳漿大戟時，應搭配復育退化生態系的正面誘因與策略，並且在適當的情況下重新建立或再引入原生種。法律架構必須能夠促進民間社會與管理機關養成責任與責信的文化。促進責信的措施如下：

- ▶ 對於非法引入或違反許可的行為施以刑事與民事責任；
- ▶ 強制保險；
- ▶ 押金擔保或履約擔保；以及
- ▶ 風險分析與許可的費用。

長期而言，對於民眾、商業利益團體與管理機關的教育宣導策略，或許能夠為降低物種引入與有效防治入侵帶來最大貢獻。在此，將必須納入國家法律中的一些法律上與政策上的重要原則、架構與工具摘要如下：

- ▶ 策略性與長期性的生態系管理；
- ▶ 國際、區域與跨界的合作；
- ▶ 在控制與減緩方案中採取預防及預警措施；
- ▶ 以成本回收機制儘可能讓那些必須為物種引入負責者負擔起任何必要之防治措施的財務成本；
- ▶ 讓所有利害相關者與相關團體參與，包括讓他們取得相關資訊；
- ▶ 風險分析與環境影響評估應納入許可程序與減緩方案中。

方塊 2.1 關於外來入侵種的一些線上資料庫與文件

一般性資料：

- GISP 資料庫與預警系統 <http://www.issg.org/database>
- 美國總統柯林頓於 1999 年 2 月 3 日公佈、關於入侵種的行政命令 13112 號 <http://www.pub.whitehouse.gov/uri-res/I2R?urn:pdi://oma.eop.gov.us/1999/2/3/14.text.2>
- 美國的一個全面性的線上資訊系統，其乃依據行政命令 13112 號（內容和入侵種有關）、並在入侵種委員會（Invasive Species Council）指導下發展而出。<http://www.invasivespecies.gov>
- 紐西蘭的生物安全與有害生物管理 <http://www.landcare.cri.nz/science/biosecurity/>
- 關於北歐國家中從事入侵種或引入種人士的資訊 <http://www.sns.dk/natur/mnis/indexuk.htm>
- 〈美國有害外來種〉（Harmful non-indigenous species in the United States），為美國技術評估局（Office of Technology and Assessment）所撰的報告 <http://www.wws.princeton.edu/~ota/index.html>
- 「農業有害生物合作調查計畫」（Co-operative Agriculture Pest Survey）和「國家農業有害生物資訊系統」（NAPIS）關於有害生物資訊的網頁；提供相當多美國有害生物的資料表。<http://ceris.purdue.edu/napis/pests/index.html>
- 入侵種的管理 <http://www.nal.usda.gov/ttic/misc/picontrl.htm>
- 生物多樣性的資訊網 <http://www.iabin-us.org/biodiversity/index.htm>
- 內有關於設計有效監測方案的指引 www.ramsar.org
- 關於澳洲的入侵種資訊 <http://www.environment.gov.au/bg/invasive/>
- 紐西蘭保育部（Department of Conservation）的有害生物與有害植物情況說明書 <http://www.doc.govt.nz/cons/pests/pest.htm>
- 美國動植物檢疫局（Animal and Plant Health Inspection Service）公佈的規定 <http://www.aphis.usda.gov/ppd/rad/webrepor.html>
- 入侵種管理的社會行銷 www.nbii.gov/invasives
- 美國魚類暨野生動物局（U.S. Fish and Wildlife Service）的入侵種預防與防治方案 <http://invasives.fws.gov/>
- 世界生物分類學家資料庫（World Taxonomist Database）[Http://www.eti.uva.nl/tools/wtd.php](http://www.eti.uva.nl/tools/wtd.php)

脊椎動物的資料：

- 〈陸域脊椎動物滅除指引：歐洲對外來入侵種議題的一份心力〉（Guidelines for Eradication of Terrestrial Vertebrates: a European Contribution to the Invasive Alien Species Issue）<http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1023&context=icwdmothor>
- 關於紐西蘭外來脊椎動物衝擊與管理的研究報告 <http://www.landcare.cri.nz/conferences/manaakiwhenua/papers/index.shtml?cowan>

- 關於德國外來種的資訊，特別著重於入侵種的生物學與遺傳學 <http://www.uni-rostock.de/fakult/manafak/biologie/abt/zoologie/Neozoen.html>

無脊椎動物的資訊：

- 特定外來無脊椎動物的資訊，這些無脊椎動物包括已經存在於夏威夷的外來種以及如果進入夏威夷可能成為入侵種的外來種。 <http://www.hear.org/AlienSpeciesInHawaii/index.html>
- 「北美外來節肢動物資料庫」(The North American Non-Indigenous Arthropod Database)，迄今包含彙整自各個不同來源的 2,273 種外來昆蟲與蛛形綱動物的資料。 <http://invasivespecies.org/NANIAD.html>
- 關於德國外來種的資訊，特別著重於入侵種的生物學與遺傳學。 <http://www.uni-rostock.de/fakult/manafak/biologie/abt/zoologie/Neozoen.html>
- 表列在佛羅里達州發現的外來節肢動物，並有一些圖片說明入侵的情況。 <http://doacs.state.fl.us/~pi/fsca/exoticsinflorida.htm>
- 這個網站的資料庫是用來鑑定及提供下列入侵種的資訊：(1) 已被引入北美的外來節肢動物；(2) 受美國動植物檢疫局 (APHIS) 管制的入侵種。 <http://www.aphis.usda.gov/invasivespecies/>
- 「北美外來森林有害生物資訊系統」(The Exotic Forest Pest Information System for North America) 是用來鑑定有可能對北美森林資源造成重大危害的外來昆蟲、蟎類與病原體。該資料庫存有每種被鑑定過之有害生物的背景資料，以供北美洲各相關主管機關與森林保護機關參考。 <http://www.exoticforestpests.org/>

有害植物的資訊：

- 在「太平洋受威脅島嶼生態系」(Pacific Island Ecosystems at Risk) 這個網站裡，你可找到威脅太平洋島嶼生態系（尤其是在密克羅尼西亞和美屬薩摩亞）的植物清單與描述。該網站的資料也以 CD 型式提供，可寫信向下列人士索取：James Space, PIER, 11007 E. Regal Dr., Sun Lakes, AZ 85248-7919, jSPACE@netvalue.net。 <http://www.hear.org/pier/>
- 《有害植物協調暨植物保護法》(Noxious Weed Coordination and Plant Protection Act)，於 1999 年 4 月 29 日制定，為美國參議院編號第 910 號的法案，管制有害植物（包括水生植物）於美國各州之間的移動。 <http://thomas.loc.gov/cgi-bin/query/D?c106:1:./temp/c10698Ags1>
- 《澳洲國家有害植物策略：對國家重大有害植物問題的策略性作法》(The National Weed Strategy: a strategic approach to weed problems of national significance in Australia.) <http://www.dpie.gov.au/dpie/armcanz/pubsinfo/nws/nws.html>
- 提供有害植物的資訊與連結 <http://www.agric.wa.gov.au/progserv/Plants/weeds/>
- 美國「入侵種資料庫系統」(INVADERS Database System) 可用於外來入侵植物與有害原生植物的早期偵測、預警與追蹤。 <http://invader.dbs.umt.edu/>
- 關於有害植物的資料庫，包括防治方法的資料，由大自然保護協會 (Nature Conservancy) 架設管理。 <http://tncweeds.ucdavis.edu/>

- 外來種的生物防治 <http://www.dnr.cornell.edu/bcontrol/>
- 為「加州環境資源評估系統」(The California Environment Resources Evaluation System) 中關於有害植物的資訊。 <http://ceres.ca.gov/theme/invasives.html>
- 南非「水資源保育方案」(Working for Water programme)，提供關於外來入侵植物管理的資訊。 <http://www-dwaf.pwv.gov.za/Projects/wfw/>
- 「植物現場」(Flora Locale) 是「自然保育顧問機構」(Nature Conservation Bureau Limited) 下的一個團體，代表著英國許多的行政部門與組織。該團體討論使用外來野生的植物種子、樹木與灌木做為生態復育與規劃的問題，而和這主題有關的計畫也已經展開。 <http://www.naturebureau.co.uk/pages/floraloc/floraloc.htm>
- 有害植物的網頁 <http://members.iinet.net.au/~weeds/linkspage.htm>
- 「水生、濕地與入侵植物資訊檢索系統」(Aquatic, Wetland and Invasive Plant Information Retrieval System; APIRS)。 <http://plants.ifas.ufl.edu/database.html>
- 「植物資料庫」(PLANTS Database) 提供單一來源的植物標準化資訊。該資料庫聚焦於美國的維管束植物、蕨類植物、苔類植物、角苔類植物及地衣；也有一個部份提供入侵種的資訊。 <http://plants.usda.gov/>
- 關於澳洲有害植物的龐大資料庫與連結，由西澳農業部 (Department of Agriculture and Food, Western Australia) 提供。 <http://www.agric.wa.gov.au/progserv/plants/weeds/>
- 提供美國有害植物的資訊。 <http://www.nps.gov/plants/alien/>

海洋生物的資訊：

- 提供海洋有害生物 (某些為淡水生物) 之滅除與控制措施的工具箱 <http://www.marine.csiro.au/CRIMP/Toolbox.html>
- 「地中海海洋科學研究網絡」(CIESM) 的指南與研究通告：地中海海洋研究機構指南 (Guide of Mediterranean marine research institutes)、地中海外來種圖解 (Atlas of exotic species in the Mediterranean) <http://www.ciesm.org/atlas/index.html>
- 波羅的海的外來種 <http://www.ku.lt/nemo/mainnemo.htm>
- 「跨越海洋的外來種：歐盟的一致行動——針對透過船舶引入有害物種至歐洲水域的監測系統進行測試以利風險評估」(Exotics Across the Ocean: EU Concerted Action: Testing Monitoring Systems for Risk Assessment of Harmful Introductions by Ships to European Waters) <http://members.aol.com/sgollasch/sgollasch/index.htm>
- 關於海洋生物入侵的資訊，包括途徑、預防與防治 <http://massbay.mit.edu/exoticspecies/index.html>
- 關於杉葉蕨藻 (一種海藻) 的法文資訊 <http://www.com.univ-mrs.fr/basecaul>
- 「自然保育合作委員會的英國外來種目錄」(JNCC Directory of Introduced Species in Great Britain) 是關於外來海洋生物的資料庫，由英國自然保育合作委員會 (Joint Nature Conservation Committee) 維護。 <http://www.jncc.gov.uk/marine/dns/default.htm>
- 美國海岸防衛隊 (US Coast Guard) 的「壓艙水管理方案」(Ballast Water Management Programme)，包括：壓艙水規定、執行政策、外來種資訊。 <http://www.uscg.mil/hq/g-m/mso/>

- 關於在墨西哥灣與壓艙水的外來種資訊。 <http://www.gmpo.gov/nonindig.html>
- 美國「海援計畫」(Sea Grant) 關於外來種的網站。 <http://www.sgnis.org/>
- 來自「華盛頓海援計畫」(Washington Sea Grant) 關於海洋生物入侵的資訊。 <http://www.wsg.washington.edu/>
- 波羅的海外來種清冊，出自「波羅的海海洋生物學家」(Baltic Marine Biologists Working Group) 的「河口與海洋外來生物工作小組」(Non-indigenous Estuarine and Marine Organisms)。 <http://www.ku.lt/nemo/species.htm>
- 夏威夷群島海洋無脊椎動物清單。 http://www2.bishopmuseum.org/HBS/invert/list_home.htm

水生生物的資訊：

- 美國地質調查局 (United States Geological Survey) 關於外來水生物種的資訊資源。 <http://nas.er.usgs.gov/>
- 冠斯隆學院 (Cawthron Institute) 為紐西蘭第一家私人研究機構，專長於水產養殖、生物安全、海岸與河口生態、淡水生態與分析實驗服務。 <http://www.cawthron.org.nz/index.htm>
- 「海援計畫」的國家水生有害物種資訊交換中心 (National Aquatic Nuisance Species Clearinghouse)，提供關於外來入侵水生生物的資訊。 <http://www.entryway.com/seagrant/>
- 「海援計畫」的國家水生有害物種資訊交換中心 (National Aquatic Nuisance Species Clearinghouse)，提供水生入侵生物的資訊。 <http://cce.cornell.edu/seagrant/nansc/>
- 《有害植物協調暨植物保護法》(Noxious Weed Coordination and Plant Protection Act)，於 1999 年 4 月 29 日制定，為美國參議院編號第 910 號的法案，管制有害植物 (包括水生植物) 於美國各州之間的移動。 <http://thomas.loc.gov/cgi-bin/query/D?c106:1:/temp/c10698Ags1>
- 《預防與防治外來有害水生物種法案》(Non-indigenous Aquatic Nuisance Prevention and Control Act)，於 1990 年 11 月 29 日制定，並隨後於 1996 年修訂為《國家入侵種法案》(National Invasive Species Act)。 <http://www.anstaskforce.gov/nanpca.htm>
- 「五大湖區資訊網」(Great Lakes Information Network) 關於外來種資訊的網頁。 <http://www.great-lakes.net/envt/flora-fauna/invasive/invasive.html>
- 「水生、溼地與入侵植物資訊檢索系統」(Aquatic, Wetland and Invasive Plant Information Retrieval System；APIRS)。 <http://plants.ifas.ufl.edu/database.html>

案例 2.1 南太平洋區域環境署的外來入侵種優先順序

入侵種的預防是南太平洋的首要任務，因為控制與滅除措施實務上是非常困難且昂貴。落實「區域入侵種策略」（Regional Invasive Species Strategy）的具體工作包括：

- ▶ 訓練在地專家，使其能夠攔截、偵測與控管會威脅本土生物多樣性的入侵種。邊境管制官員與保育官員必須能夠攔截更多種類的入侵種，而不只是針對會威脅農業與公共衛生的物種。
- ▶ 將有害生物從知名島嶼上移除，並以此行動做為宣導樣本，以推動進一步的島嶼復育計畫。這些模範的控制與滅除計畫，應和物種復育計畫或島嶼復育計畫整合，可能的話也應與生態旅遊等會賺錢的活動結合。
- ▶ 決定應予以監測、管制往來船舶的優先保育島嶼。由於不可能保護到所有島嶼，因此評估時必須不帶感情，且必須考量到文化與科學方面的因素。
- ▶ 為優先保育的島嶼制定應變計畫，並確保基礎設施到位，足以因應生物入侵。或許有必要在次區域的基礎上建立專家與物料資源，由既有的區域組織（如 SPREP、SPC 與 WWF）管理。
- ▶ 委託進行技術審查，了解有哪些入侵種出現在南太平洋的島嶼上，哪些島嶼受到哪些入侵種的威脅，目前威脅到什麼樣的保育價值，目前的研究與管理情形，什麼樣的實務行為會引入有害物種而具有重大威脅，什麼樣的法律規定可保護島嶼免於有害物種的引入。

首次的滅除示範計畫目前正在薩摩亞的兩個離島上進行，對象是嚙齒類。該計畫內容包括教育當地機關人員關於有害生物的管理、滅除與監測技能，透過媒體報導、村落長者與政治人物的參訪以及告示版等進行宣導。

鑑於入侵種對原生生物多樣性的重大威脅，一項以邊境管制人員為對象，為讓他們對入侵種提高警覺而訂定的訓練計畫已獲得資金支持。該訓練計畫部份內容將讓講師蒐集資訊，了解他們國家邊境管制的情況、有何特別需求、最大威脅來自何處。該計畫並以褐樹蛇為「頭號」物種，以探討生物入侵的途徑與衝擊。

技術審查工作連同太平洋「區域入侵種策略」已完成，其結果應成為資助相關計畫（包括各國國內計畫以及為落實區域策略的提案）的基礎。

作者：Greg Sherley，南太平洋區域環境署的「鳥類保育與入侵種」計畫專員。聯絡方式：Greg Sherley, Programme Officer, Avifauna Conservation and Invasive Species; South Pacific Regional Environment Programme; PO Box 240; Apia, Samoa; E-mail: greg@sprep.org.ws。

案例 2.2 美國外來入侵種所造成的經濟損失

在美國國會技術評估局的一份 1993 年報告中，外來入侵種為美國納稅人帶來的經濟損失估計約為每年數億到數十億美元的範圍之間。這份評估並未包括對原生生態系的影響，比如沒有立即性經濟疑慮的原生種滅絕。

該報告中記載最完整的為農業損失：美國農業的國民生產毛額每年約有四分之一損失於外來的植物有害生物及其防治成本。以棉花為例，於 1890 年代從墨西哥來到美國的棉仔象鼻蟲（boll weevil）所造成的總累計損失現已超過 500 億美元。乳漿大戟（leafy spurge），一種令人嫌惡且已入侵西部牧地的歐洲植物，光是在 1990 年就造成 1.1 億美元的損失。在東部的森林裡，歐洲來的吉普賽舞蛾（gypsy moth）在 1981 年造成 7.64 億美元損失，而入侵太平洋西北地區的亞洲品種也迫使政府投入 2,000 萬美元的滅除行動。為了清除美國水路航道中的某些外來植物，如斯里蘭卡來的水王孫屬（hydrilla）植物和中美洲來的布袋蓮（water hyacinth），每年要花費 1 億美元。來自歐亞的斑馬紋貽貝會阻塞水系統（比如發電廠的冷卻系統）的管路，據估計每年會造成數億美元的損失。

引入的病原體和寄生蟲對人體健康和具經濟重要性之物種的健康所帶來的損失，從未被全面性的評估，不過應該也是很龐大。最近的一個例子是白線斑蚊（Asian tiger mosquito），於 1980 年代中期由日本引入美國，且目前已擴散到許多區域。白線斑蚊大部份是在廢棄輪胎的積水中繁衍，這種蚊子所攻擊的宿主比世界上任何其他蚊子還多，包括許多哺乳類、鳥類與爬蟲類；因此牠可媒介疾病生物，把疾病從一物種傳染到另一物種，包括人類。其所媒介的疾病中，有各種類型的腦炎，包括拉科羅斯腦炎（La Crosse encephalitis），會感染花栗鼠和松鼠。牠也會傳播黃熱病和登革熱。外來的布氏桿菌病（brucellosis），或許是透過牛隻引進美國，現在已是重大的經濟與生態問題，因為它會導致北美野牛和美洲赤鹿以及家畜流產。

編自：Simberloff, D. (1996)，〈美國外來種的衝擊〉（Impacts of Introduced Species in the United States），Consequences 2(2), 13-23。美國國會技術評估局的《美國有害外來種》（Harmful Non-Indigenous Species in the United States）；可自下列網址取得：http://govinfo.library.unt.edu/ota/Ota_1/DATA/1993/9325.PDF。

亦參見：Pimentel, D.; Lach, L.; Zuniga, R.; Morrison, D. (1999)，〈外來種為美國帶來的環境與經濟成本〉（Environmental and economic costs associated with non-indigenous species in the United States）；可自下列網址取得：http://www.news.cornell.edu/releases/Jan99/species_costs.html。

案例 2.3 南非水資源保育方案的經濟正當性

當要從彼此競爭的土地利用方式中進行合理選擇時，對生態系服務的定價是不可或缺的。在許多情況下，短期的經濟成長和社會服務會得到比生態保育更大的重視，因此賦予生態系服務一貨幣價值，是確保生態系獲得保護的唯一政治權宜之計。主要是以供水為目的、但亦包括切花貿易的南非「水資源保育方案」（Working for Water Programme），藉由移除外來入侵植物，復育與保存了生物多樣性，讓生態系服務的永續性得以增進並最大化；同時藉由提供社會中最貧苦的窮人工作、訓練與支持，促進社會平等。

在南非，數百種外來樹種的引入，已導致許多富侵略性的入侵生物族群立足。這些入侵樹種讓物種豐富的植被轉變成單一物種的樹林，增加了生物量並大幅減少溪水流量。

在 1930 年代至 1950 年代期間，南非建立了一系列的全流域實驗，以評估種植外來種的經濟林對高雨量地區的水資源所造成的衝擊。鑑於外來樹種入侵的衝擊和造林差不多，因此該評估結果已被用於說明外來樹種入侵（相對於正式的人工林）可能對水資源的衝擊。

科學與產業研究委員會（CSIR）的「水資源、環境與林業技術組」（Division of Water, Environment and Forestry Technology）利用在地專家的知識，繪製可顯示所有重要物種入侵程度的地圖，並利用這些資料來模擬外來植物的擴散與耗水。這項調查包括重要入侵種的辨識、目前與未來的可能入侵程度、目前與未來對水資源所造成的衝擊以及處理這些問題所需的成本。

目前外來樹種入侵面積達 170 萬公頃，且根據模擬樹木耗水的現有模式估計，總共消耗了 44 億立方米的水資源（將近南非 9% 的逕流量）。這個問題有 90% 要歸咎於 15 種樹種，包括澳洲的金合歡（*Australian Acacia*）、尤加利（*Eucalyptus*）與哈克木（*Hakea*）等屬樹種，以及來自歐、美的松屬與牧豆樹屬。清除所有這些入侵樹種的成本可能達到 12 億美元左右，或者以約 20 年的清除期間計算，約為每年 6,000 萬美元。然而鑑於某些入侵樹種並不影響集水區，而且持續的生物防治計畫對於至少某些重大入侵樹種頗有成效，所以該成本可以再減少。將不影響集水區的入侵植物排除，加上生物防治的預期效益，則清除成本可減少到 4 億美元（或者每年 2,000 萬美元），這是個更可行的成本目標。

以成本效益分析的方式，對一生態系服務進行貨幣化的價值評估，或許是推動「水資源保育方案」的主要動機。把高耗水的外來樹種砍掉，對於改善集水區的供水服務，比起建築新的水壩更有效。對於面對國庫窘迫的南非政治人物而言，更容易體會這個事實的優點。

摘自：Van Wilgen, B.W.; Cowling, R.M.; Le Maitre, D.C. (1998)，〈生態系服務、效率、永續性與公平：南非水資源保育方案〉（Ecosystem services, efficiency, sustainability and equity: South Africa's Working for Water programme），出自《生態與演化趨勢》（Trends in Ecology and Evolution）第 13 期，378 頁。

案例 2.4 美國北達科他州防治乳漿大戟的經濟理由

乳漿大戟 (*Euphorbia esula*) 是一種來自歐亞地區、廣泛立足的有害雜草，在北達科他州的每一個郡，都可見其蹤影。它是於 1909 年初次現蹤於北達科他州，目前已侵擾百萬英畝以上的土地。過去三十多年來，乳漿大戟所入侵的土地面積每十年就增加一倍，直至後來實施了一項成功的生物防治方案。

為了估計乳漿大戟入侵對牧場經營者與區域經濟體的經濟衝擊，因而發展出一套牧場經濟模型。乳漿大戟所引起的環境承載力降低，約為 580,000 月畜單位 (animal unit months)，或者足以支持 77,000 頭乳牛；因此減少了牧場經營者的每年淨收入，將近 900 萬美元。在減少所有部門的事業活動方面，乳漿大戟的區域衝擊約達 7,500 萬美元。

關於乳漿大戟對北達科他州的野地所造成的區域經濟衝擊，也做了評估。野地是未被劃歸為都市用地、建地、工業用地或農地的土地，比如森林、山脈或休閒遊憩區。北達科他州野地面積有 4,899,000 英畝左右，約佔該州土地總面積的 10%。

乳漿大戟對野地的生物物理影響，包括：水土保持、與野生動物有關的休閒娛樂以及野地的無形利益等方面，導致 360 萬美元的直接經濟衝擊。運用北達科他州的一套涵蓋 18 部門的輸入—輸出模式，估計出乳漿大戟對野地的區域（指北達科他州）經濟衝擊（包括直接衝擊與次生衝擊）為 1,100 萬美元以上。

估計乳漿大戟入侵對北達科他州的野地和牧地所帶來的區域經濟衝擊（包括直接衝擊與次生衝擊）總計約為 8,730 萬美元。

摘自：Wallace, N.M.; Leitch, J.A.; Leistritz, F.L. (1992)，〈乳漿大戟對北達科他州野地的經濟衝擊〉 (Economic impact of leafy spurge on North Dakota wildland)，出自《北達科他州農業研究》 (North Dakota Farm Research) 第 49 期，9-13 頁；Leistritz, F.L.; Thompson, F.; Leitch, J.A. (1992)，〈乳漿大戟對北達科他州的經濟衝擊〉 (Economic impact of leafy spurge (*Euphorbia esula*) in North Dakota)，出自《有害植物科學》 (Weed Science) 第 40 期，第 275-280 頁。

案例 2.5 科學家請求美國政府採取行動預防綠海藻入侵

以下文件日期為 1998 年 10 月 19 日的請願書，由超過 100 位生態學家及研究外來種的科學家所連署，並呈送至美國內政部部长布魯斯·巴比特（Bruce Babbitt）。

杉葉蕨藻（*Caulerpa taxifolia*），一種由水族館繁衍複製的綠海藻，已入侵法國與義大利的地中海沿岸，且目前已覆蓋數千英畝沿岸海域。身為生態學家與研究外來種的科學家，我們建議政府立即採取行動，防止這種入侵性海藻進入美國海域。

法國、西班牙與澳洲已經禁止持有、運輸或銷售這種危險生物。然而，在美國仍然可以進口與銷售這種海藻，用於公有或私有的水族館。如果繼續如此下去，那麼地中海的這種杉葉蕨藻於美國釋出並立足，將只是早晚問題。從北卡羅來納到佛羅里達以及墨西哥灣，還有南加州、夏威夷、波多黎各、美屬維京群島、關島與美屬薩摩亞，這些地方的沿岸海域與珊瑚礁都將受到威脅。為了防止這種情況發生，我們要求貴部和農業部合作，將地中海型的杉葉蕨藻依據《聯邦有害植物法》（Federal Noxious Weed Act），列為禁止於美國進口、持有或銷售的物種。雖然在美國的熱帶海域有發現本土品系的杉葉蕨藻，但是地中海的這種無性繁殖系是一種明顯不同的海藻，更大、更具侵略性，並能入侵熱帶與較冷的海域。

這種入侵性的杉葉蕨藻顯然是於 1984 年由摩納哥水族館被引入地中海。它在 1984 年時的覆蓋面積約為 1 平方碼，至 1989 年時已擴散至 2 英畝以上，而至今則已覆蓋超過 1 萬英畝從海岸到 250 英尺深的海域。它生長在岩質與沙質的海底，從內縮的海灣到凸出的岬角都有其蹤跡，且植株密度極高，形成單一植物相，其影響相當於在海底鋪上一層人工草皮。在這些海域，它蹂躪生態，戕害經濟：它過度生長，造成原生海藻、海草與無脊椎動物（如珊瑚、海扇與海綿）的滅絕；它危害觀光、破壞休閒潛水活動，並妨礙商業捕魚活動而帶來高昂損失。

讓這種生物跑到地中海，是環境管理的不當，結果可能造成這個世界上最珍貴的海洋生態系之一，蒙受災難性的改變以及生物多樣性的損失。我們認為允許它進口美國與銷售，是同樣不當的建議。

在此我們進一步要求政府，針對水族館／缸貿易中涉及的外來海洋與淡水生物的進口與銷售，檢討聯邦政策與措施。這些措施一般採取「黑名單」的作法，名單上所列者為不可接受、受到禁止的物種，而其他未被列入名單的物種則可以自由進口與銷售。而這種黑名單的管制作法，正是讓地中海型的杉葉蕨藻與其他可能有害的生物，在已有些案例有明確證據顯示它們在世界其他地方帶來重大損害的情況下，仍可持續進口的部份原因之一。

關於外來水生生物所造成的重大經濟與環境危害，近來的一些指證歷歷的案例說明了是該改採「白名單」作法的時候了；也就是只有那些列在白名單上，有證據指出其無害的生物才能進口美國。畢竟，正是我們的商業與休閒漁場的健康、茁壯中的水產養殖與海產養殖產業，以及我國的河流、湖泊與沿岸海域，處於危及存亡之秋。

參見：<http://www.mcbi.org/caulerpa/babbitt.html>。

儘管美國政府隨後有努力預防這種入侵海藻的引入，但是保育界還是在 2000 年接到這不可避免的壞消息。雖然立即採取了滅除行動，但無法保證成功。以下摘自新聞稿：

加州聖地牙哥訊：造成地中海海洋生物死亡的一種變異藻類，杉葉蕨藻，目前已入侵聖地牙哥的沿岸海域。被發現入侵的地點是在聖地牙哥北方約 20 英哩的加州城市卡爾斯巴德 (Carlsbad) 的沿岸海域，在這裡監測鰻草 (eelgrass；為了復育這個海域棲地而移植來的一種海草) 生長情形的潛水夫們，於 2000 年 6 月 12 日在接近卡布利洛發電一廠 (Cabrillo Power Plant I) 的潟湖上發現了杉葉蕨藻。這是第一次在北美洲與南美洲的沿岸海域發現這種藻類。迄今，只在阿瓜·黑地翁達潟湖 (Agua Hedionda lagoon) 發現該藻類，被其覆蓋的最大一塊區域面積為 60 英呎 × 30 英呎；另外還發現其他 9 塊較小的區域。科學家們正展開快速行動以滅除這種藻類。

案例 2.6 防治米氏野牡丹：向他國的經驗學習

在 1993 年 4 月，一位在大溪地 (Tahiti) 研究米氏野牡丹 (*Miconia calvescens*) 的法國學者尚伊佛斯·梅爾 (Jean-Yves Meyer) 訪問夏威夷，結果在茂宜島和夏威夷島看到米氏野牡丹的族群，於是連繫了許多的機關與個人。在 1994 年 6 月，美國國家生物調查局 (U.S. National Biological Service；現在屬於美國地調局) 駐在夏威夷的阿瑟·梅德羅斯 (Arthur Medeiros) 博士被派到大溪地，在梅爾的協助下，對大溪地和法屬玻里尼西亞的情形做了良好的影像記錄。這些記錄了米氏野牡丹可能危害的照片，在說服那些質疑夏威夷是否需要採取立即行動以防治這種有害植物的懷疑論者時，確實相當有用。

編自：〈夏威夷的米氏野牡丹概要〉 (*Miconia calvescens* in Hawaii: a summary)，作者 L. Loope，撰於 1996 年 3 月。該文有大量文字引自 Medeiros, Loope 和 Conant 的手稿以及 Conant, Medeiros 和 Loope 的一本書。該文已放在網路上，請見：<http://www.hear.org/MiconiaInHawaii/index.html>。

案例 2.7 骯髒一打：美國最要不得的外來種

大自然保護協會（Nature Conservancy）的「骯髒一打」：十二種最要不得的外來種，是北美所採用的大眾宣導教育工具之一。農藥行動網（Pesticide Action Network）「骯髒一打農藥」（參見：<http://pnews.org/art/2art/bantrade.html>）也曾使用類似作法來指認最要不得的化學農藥，以提升民眾的關切度，並對這些農藥的生產者、配銷者和使用者施壓。大自然保護協會（<http://www.tnc.org/>）以如下方式介紹他們的「骯髒一打」：

「骯髒一打」所陳列的惡棍，是美國某些最要不得的外來種。雖然這十二種入侵種在許多方面都各不相同，但都有一個共同特徵：它們為我們的原生種和生態系帶來麻煩。下列所選的有害生物組合，是為了說明生物入侵對我們的生物多樣性和自然界所帶來的廣泛危機。許多其他入侵種也在掠奪我們的生態系，危害我們的原生動植物，但之所以沒有選它們，而選了以下這十二種為「骯髒一打」，正因為這十二種可代表惡中之惡。這十二種物種組合，涵蓋了多種不同生物（包括動物與植物）、多種生態系（陸域、淡水與海洋）以及廣泛的地理範圍（從夏威夷到佛羅里達，從緬因州到加州）。

- ⊙ 扁頭鯰魚（flathead catfish）
- ⊙ 千屈菜（purple loosestrife）
- ⊙ 玫瑰狼蝸（rosy wolfsnail）
- ⊙ 檉柳屬（tamarisk）
- ⊙ 烏柏（Chinese tallow）
- ⊙ 水王孫屬（hydrilla）
- ⊙ 綠蟹（green crab）
- ⊙ 褐樹蛇（brown tree snake）
- ⊙ 米氏野牡丹（miconia）
- ⊙ 鐵杉球蚜（balsam woolly adelgid）
- ⊙ 斑馬紋貽貝（zebra mussel）
- ⊙ 乳漿大戟（leafy spurge）

案例 2.8 發展策略以改善夏威夷的外來入侵種防治

目前夏威夷的檢疫系統強化措施，是分三階段發展出來的。在 1991 年到 1992 年期間，「大自然保護協會夏威夷分會」（The Nature Conservancy of Hawaii）和「自然資源保護委員會」（Natural Resources Defence Council）這兩個非政府組織準備了一份報告，標題為《外來有害生物入侵夏威夷：為推動跨機構規劃而進行的背景研究與建議》（The Alien Pest Species Invasion in Hawaii: Background Study and Recommendations for Interagency Planning）。該報告針對那些和預防有害生物立足夏威夷或防治已立足有害生物等事務有關的每個機構或組織，描述其角色、法律職權、資源；從一般層面上找出目前系統中的重大問題，並建議一個研擬計畫的程序，以解決這些問題。該報告強調兩個首要需求：一是全面性的有害生物管理策略，能夠連結各種角色成為協調一致的系統；二是強大的公眾支持和高層的政治領導，畢竟此為成功的基本要素。

1992 年的背景研究報告，為下一階段（1993-94 年）的活動（即有多個機構參與的外來種行動計畫的規劃研擬）打造好了舞台。有 40 多個政府機關、非營利組織、私人機構、組織與企業，派出了 80 多個代表參與這項行動計畫的規劃。這 80 多個人依課題分組，每組皆有專業輔助；這些小組擬出 34 個或多或少有點具體的改善提案，並提交由重要機關與組織的領導者所組成的監督委員會。該委員會接著準備了最後的計畫，並稱其為該委員會對於「改善夏威夷有害生物預防與防治 ... 的第一套行動」的承諾。該監督委員會的第一個行動是將自身改組成常設的「外來有害物種協調小組」（Co-ordinating Group on Alien Pest Species；CGAPS）。該小組最重要的特色是它代表了廣泛的利益，而不只是該州與聯邦政府的相關檢疫機關；它包括該洲的運輸與衛生部門、夏威夷觀光局（Hawaii Visitors Bureau）、夏威夷農業會聯合會（Hawaii Farm Bureau Federation）（同時也代表了園藝利益）、美國郵政管理局（U.S. Postal Service）、軍方，還有州、聯邦與非營利的生物多樣性保育機關。該小組是「因為成員的自願付出與開明自利而集結，而非因為任何正式權威的要求」，儘管對於某些合作計畫，可能需要正式的協議。該小組宗旨是「促進溝通、問題的解決與決策，以更有效地執行有害生物的預防與防治工作。」其由夏威夷農業部（Hawaii Department of Agriculture）負責行政管理，並有來自大自然保護協會的人員幫忙擔起職務，並自 1995 年 1 月起每季開一次半天會議。

編自：<http://www.hear.org/AlienSpeciesInHawaii/articles/norway.htm>，〈為改善夏威夷外來種管理而成立的一個由生物多樣性、農業、健康與商業等相關利益團體組成的聯盟〉（An alliance of biodiversity, agriculture, health, and business interests for improved alien species management in Hawaii），發表於 1996 年 7 月 1-5 日在挪威舉行的聯合國外來種研討會，發表人為阿蘭·侯特（Alan Holt），任職於「大自然保護協會夏威夷分會」（The Nature Conservancy of Hawaii），地址：1116 Smith Street, Suite 201, Honolulu, Hawaii 96817。

案例 2.9 法屬玻里尼西亞設立跨部會委員會以防治米氏野牡丹及其他入侵種

在 1997 年 8 月，法屬玻里尼西亞「衛生與研究部」轄下的研究司（la Delegation a la Recherche）在大溪地的帕比提（Papeete）舉辦了「第一屆米氏野牡丹防治工作區域研討會」（First Regional Conference on Miconia Control），這個會議的發起人是自 1992 年起負責米氏野牡丹（*M. calvenscens*）防治與研究方案的科學家尚伊佛斯·梅爾（Jean-Yves Meyer）博士。來自澳洲、斐濟、法國、法屬玻里尼西亞與夏威夷的生物學家與管理者參與了這個免費的公開研討會，會議主要目標是評估過去與現在的米氏野牡丹防治工作；米氏野牡丹被認為是夏威夷和法屬玻里尼西亞原生潮溼林中最具侵略性的外來入侵樹種。在該會議的最後討論階段，強調了法屬玻里尼西亞各政府部門之間應該加強合作，並建議設立跨部會委員會來負責協調米氏野牡丹的防治工作。

一年之後，根據 1998 年 8 月由部長會議表決通過的 1151 CM 號命令，「防治米氏野牡丹與其他威脅法屬玻里尼西亞生物多樣性之入侵植物的跨部會技術委員會」（Inter-Ministerial Technical Committee to Control Miconia and Other Invasive Plant Species Threatening the Biodiversity of French Polynesia）正式成立；而這個管理該領地生物入侵的重要機構得以設立，係依據關於自然保育的既有法律（95-257 At 號法案，於 1995 年 12 月由領地大會表決通過）。該委員會由環境部長（或其代表）擔任主席，並由負責法屬玻里尼西亞入侵植物之研究計畫的科學家輔佐；成員包括積極參與或可能參與預防與防治入侵植物的各政府機關，如：環境司（la Delegation a l'Environnement）、研究司、農業司（le Service du Developpement Rural）、設備司（la Direction de l'Equipement）、群島發展與行政司（le Service de l'Administration et du Developpement des Archipels）與觀光司（le Service du Tourisme）。委員會的成員（各司首長或其代表）每月開會一次，且可邀請其他和行動計畫有關的非政府機關人員參與，如科學家、學校校長、法軍代表、自然保護團體。

該委員會的主要目標是：（1）研擬長短期的防治／管理策略；（2）找出適當的人力與物力，包括適當的資金；（3）設定和公共資訊、教育、研究與法規有關的優先順序。該委員會也開始處理外來動物。由該委員會研擬的行動計畫，係送交部長會議核可。該委員會的部份相關成果包括：

- ▶ 依法公告 13 種優勢入侵植物為威脅該國生物多樣性的物種（1998 年 2 月的 244CM 號命令），並嚴格禁止引入、繁育、種植以及在群島間運輸這些植物，同時允許滅除之。1999 年時，並製備了一份傳單，描述這些植物及其他潛在入侵植物。
- ▶ 在 1999 年 6 月及 2000 年 6 月，出錢出力於瑞亞堤亞島（Raiatea）舉辦一星期的米氏野牡丹防治活動，法國軍方並派出 90 位士兵參與，由農業司的林務處人員帶領到野地進行防治作業。

該跨部會技術委員會設法結合各個不同的部門，以採取共同行動，預防、圍堵控制與滅除動植物的入侵，而因此大幅強化了法屬玻里尼西亞的保育事務。

作者：Jean-Yves Meyer，任職於法屬玻里尼西亞的研究司。聯絡方式：Jean-Yves Meyer, Delegation a la Recherche, B.P. 20981 Papeete, Tahiti, French Polynesia。E-mail：Jean-Yves.Meyer@sante.gov.pf。

案例 2.10 美國巫婆草滅除行動的協調合作

來自亞洲與非洲的巫婆草，又名獨腳金（*Striga asiatica*），會寄生在禾本科植物的根部，尤其是玉米和高粱，而造成嚴重的作物損失；同時也會侵害稻米、小米、甘蔗與牧草。巫婆草是於 1956 年首次在美國被發現，後來發現它在面積共 2 萬平方公里的北卡羅來納州東部和南卡羅來納州擴散蔓延了 20 萬公頃。

在發現巫婆草入侵後，那時正在訪問美國的巫婆草專家：南非的桑德斯（A.R. Saunders）博士，向美國農業部官員還有國會闡明了巫婆草對農業的重大影響，因此巫婆草隨後就被美國公告為國家農業威脅物種。聯邦政府與州政府於是針對受入侵地區實施隔離措施，一項由聯邦出資的滅除行動也於焉展開。

要成功滅除巫婆草，首先認定該做的事情之一是研究發展滅除的方法。於是設立了一個研究站與數個實驗農場，並籌組了一支科學家團隊。研究發現，用高地隙噴藥機（high clearance spray equipment）於整個植物生長季期間噴灑 2,4-D 除草劑，對玉米相當有效，但並不適合用於滅除行動。其他除草劑與防治方法也被發展出來，以防治有礙於棉花、大豆、園藝作物且可做為巫婆草寄主的禾本科雜草，還有所有其他發生入侵的情況。在防治設備的改善方面，也取得了重大進展，可更有效地對所有受入侵地區噴灑除草劑。另外，也發現乙烯氣體會造成在土壤裡的巫婆草種子行自殺式萌發，利用這個重大突破，相關的滅除方法與技術也跟著發展出來。

巫婆草滅除計畫是由美國農業部（USDA）所主導協調，其他聯邦與州政府機關、農企業及一般大眾一起參與的行動。美國農業部的動植物檢疫局（Animal and Plant Health Inspection Service）與北卡羅來納州立大學合作，負責發展與執行防治巫婆草的行動；推廣服務單位則負責教育農民與地主；北卡羅來納州農業部參與管制活動；農會（Farm Bureau）和其他農業組織則協助取得資金；四健會（4-H club）等社團協助教育民眾，鼓勵民眾通報可能受到巫婆草入侵的地點；農業服務局（Farm Service）的前身「農業穩定與保護局」（ASCS）則協助繪製地圖及找出地主；報紙與其他媒體則負責詳細追蹤報導巫婆草入侵問題與滅除行動。透過這樣的分工合作，讓人人都把巫婆草當成自己的問題。

在長達 45 年的滅除計畫執行期間，已投入超過 2.5 億美元的資金；不過這相較於每年受到這有害寄生植物威脅的作物價值（250 億美元）而言，只是小巫見大巫。至 1999 年底，此滅除計畫已將受到巫婆草侵擾的面積減少到 2,800 公頃左右，且這些受到侵擾的地方，受侵程度都相當輕微。預期該滅除計畫將持續進行，直到達成完全的滅除。巫婆草的入侵規模、滅除的複雜度以及所需的時間，通常會使一般國家退卻，而不去啟動這樣的重大計畫，但是此滅除計畫對美國農業生產力所帶來的長期效益，證明這確實是明智的投資。

作者：Robert E. Eplee，美國農業部退休人員。亦參見：Sand, P.F.; Eplee, R.E.; Westbrooks, R.G. (1990)，〈美國對巫婆草的研究與防治〉（Witchweed Research and Control in the United States），出自《美國有害植物學會專輯系列》（Monograph Series of the Weed Science Society of America）第 5 集，154 頁；Eplee, R. E. (1992)，〈巫婆草：美國管理策略回顧〉（Witchweed (*Striga asiatica*): an overview of management strategies in the USA），出自《作物保護》（Crop Protection）第 11 期，3-7 頁。

案例 2.11 澳洲《國家有害植物策略》摘要

目標一：避免形成新的有害植物問題。

子目標：預防引入具有有害植物潛勢的新植物

- ▶ 加強入境管制作業中針對所有申請進口新植物而進行的有害植物潛勢評估作業協定。
- ▶ 展開社區教育計畫，讓民眾清楚應優先使用本土植物，而非一味進口某些新植物。

子目標：確保能夠早期偵測到新的有害植物問題並快速採取行動因應之。

- ▶ 展開社區教育計畫，讓民眾清楚預警的重要性，進而協助進行新有害植物的早期偵測。
- ▶ 協調各州植物標本室和其他專業機構，共同參與植物鑑定與通報機制的運作。
- ▶ 針對用來繁育或選種的植物資材，發展有害植物風險評估指引。
- ▶ 制定應變計畫，包括關鍵種群的鑑定、通報程序與資助機制。

子目標：減少有害植物在澳洲境內的擴散

- ▶ 提供各州與領地相關指引，以確保各轄區有害植物的相關立法能夠維持恰當的一致性。
- ▶ 協助採行這些指引。
- ▶ 鼓勵各州、領地與地方政府，發展應變計畫以對抗新有害植物的入侵。
- ▶ 建立有效程序以限制新有害植物在澳洲境內的擴散；這些程序如衛生實務、機械清除作業準則、苗圃植物與種子的銷售管制。
- ▶ 教育地主、土地使用者、業者與一般大眾，使之了解限制有害植物擴散的程序。

目標二：減少既有的國家重大有害植物的衝擊

子目標：協助鑑認與檢視對國家有重大危害的有害植物問題

- ▶ 制定指引與程序以判斷有害植物問題是否對國家有重大危害。
- ▶ 強化現有的有害植物專家網絡，以確保能夠輕易取得評估有害植物問題所需的資訊。
- ▶ 建立程序以評估對國家有重大危害的各個有害植物問題的相對優先性。

子目標：透過整合式且具有成本效益的有害植物管理，處理已確定為國家重大有害植物的問題。

- ▶ 建立機制以彙整相關資訊，以利發展有害植物問題的管理策略。
- ▶ 建立程序以發展具有成本效益且有效的管理計畫。
- ▶ 建立程序以執行、監測與評估這些管理計畫。
- ▶ 提供指引以確保：依據本策略執行的基本行動，能夠儘量採取「土地守護機制」(Landcare approach) 來處理有害植物問題；該機制是以協調一致的社區行動為基礎。

目標三：提供架構，建置能力，以持續管理國家重大有害植物的問題

子目標：強化國家在研究、教育與訓練方面的能力，以確保能夠持續以具成本效益、有效果且符合永續的方式管理有害植物

- ▶ 整合與協調澳洲各地的有害植物研究、教育與訓練計畫。
- ▶ 協助與協調相關訓練與宣導計畫之執行，以讓地主、管理者與其他基層的資源使用者了解整合式有害植物管理。
- ▶ 鼓勵高等學校在有害植物科學的課程中強調：必須採取整合式有害植物管理實務來管理所有生態系。

子目標：鼓勵各層級發展有害植物管理的策略計畫

- ▶ 提倡在州、區域、流域、地方與資產等各層級發展互補性的有害植物管理策略計畫，宣揚這種作法的好處。

子目標：建立管理體制，以確保國家重大有害植物問題能夠得到持續性的管理

- ▶ 部長會議將指定一適當機構，以協調與有害植物有關的跨部會議題和行動。
- ▶ 設立一職務：《國家有害植物策略》的主持人（Co-ordinator: National Weeds Strategy）。
- ▶ 制定三年行動計畫，處理國家重大有害植物議題。
- ▶ 建立一機制，以解決和有害植物議題有關的跨部會爭議。

摘自：<http://www.weeds.org.au/nws-doc.htm>。

案例 2.12 澳洲決定國家重大有害植物的過程

過去十年來，澳洲社會對於有害植物的威脅日益警覺，而於 1997 年中通過《國家有害植物策略》（National Weeds Strategy）（見案例 2.11：「澳洲《國家有害植物策略》摘要」），正式面對這個問題。該策略的重點之一，是去鑑認 20 種國家重大有害植物，然後於各州與各領地採取協調一致的行動。在這個過程中，無論是制定評估程序、提名候選物種、物種評估及排名，到最後由部長會議背書，均無先例可尋，且歷時兩年才完成。

各州與各領地總共提名了 72 種有害植物，以供進一步的評估，看是否為國家重大有害植物；在提名者的眼中，這些植物是澳洲危害最烈的有害植物。評估依據 4 個重要準則，分別是：

- ▶ 入侵性；
- ▶ 衝擊；
- ▶ 擴散的潛勢；以及
- ▶ 社經價值與環境價值。

在進行國家重大有害植物分析時，使用了 5 個重要的資料來源：

- ▶ 一份關於各有害植物入侵性與衝擊的問卷調查結果。該問卷是交由三個專家小組填寫，範圍涵蓋了溫帶、亞熱帶與熱帶的有害植物；
- ▶ 由各州與各領地政府機關提供及由文獻查詢而得的各有害植物觀測分佈情形與密集度。利用這份資料與公開發表的文獻，加上氣候的模型，可預測有害植物的可能分佈情形；
- ▶ 由各州與各領地政府機關提供，關於農業與林業有害植物的防治成本等經濟資訊；
- ▶ 由各州與各領地政府機關提供，關於受威脅的物種、群落與臨時生物地理分區（IBRA regions）的數量；以及由專家小組提供，關於各有害植物單一植群潛勢等環境資訊；
- ▶ 由專家小組針對（未經過其他資料來源檢視的）有害植物所造成的社會衝擊進行的定性評估。

「國家有害植物策略執行委員會」（NWSEC）針對上述資料進行了廣泛的分析，以研究各種評量方式的影響，畢竟這些評量方式會影響各有害植物的排名。這項分析並不容易，因為缺乏適當的國家資料集，加上已經評估的物種數量有限，而且不同的記錄方式會導致某些資料的變化；因此這些資料必須經過大量的確證與標準化。儘管有這些困難，這些資料集的可信度仍得到肯定，仍被視為是用來決定國家重大有害植物的最佳可得資料。

在決定國家重大有害植物時所採取的方法並不是一個科學的程序，而是試圖蒐集各種有意義的指標（當國家資料集不夠多時），把這些指標納入一個表格，以提供客觀、透明、合理的有害植物評比系統。在一群物種中，個別物種所得分數的相對高低，比用於排名的絕對分數還要重要。「國家有害植物策略執行委員會」認為，用來決定 20 種國家重大有害植物的資料來源和分析方法，是目前可得方法中最全面的方法，也足夠客觀，是可明確辯護的方法。

編自：<http://www.weeds.org.au/nws-doc.htm>。

案例 2.13 南太平洋區域環境署訂定區域入侵種計畫的過程

自 1985 年起，太平洋國家每 4 年就開一次研討會，主要目的是討論該區域的保育需求。1989 年的「南太平洋國家公園與保留區研討會」（South Pacific Parks and Reserves Conference；也就是後來的南太平洋保護區研討會）決議，該區域需要訂定一個入侵種計畫，且最好由「南太平洋區域環境署」（South Pacific Regional Environment Programme；SPREP）來管理。該研討會認知到，該區域的國家已遭受到某些世界上最嚴重的生物多樣性損失，物種數量遠不及人類開始開墾這些太平洋島嶼之前，而且當今大多數殘存原生物種所受到的最大威脅是來自於外來種入侵。

1991 年，紐西蘭政府與南太平洋區域環境署的同仁們為落實前述決議而寫了一份計畫草案，並終於在 1994 年提交到紐西蘭外交暨貿易部（New Zealand Ministry of Foreign Affairs and Trade）審核。1997 年，該計畫通過審核，得到一個全職的經費，不過其中一半時間要處理陸域的入侵種，另一半時間則要處理鳥類保育這個相關問題。

自 1998 年 9 月起該職缺找到人填補之後，入侵種和鳥類保育議題就相互為用，因此該區域各國境內大部分的鳥類復育計畫都包含了入侵種（如大鼠）防治的工作。如此，利用廣受注目的嚴重瀕危鳥類，提升了大眾對於入侵種威脅的意識。該區域入侵種計畫的優先順序乃述於案例 2.1：「南太平洋區域環境署的外來入侵種優先順序」。

作者為 Greg Sherley，南太平洋區域環境署的「鳥類保育與入侵種」計畫專員。聯絡方式：Greg Sherley, Programme Officer, Avifauna Conservation and Invasive Species; South Pacific Regional Environment Programme; PO Box 240; Apia, Samoa; E-mail: greg@sprep.org.ws。

案例 2.14 模里西斯的外來入侵種國家優先順序

下列關於入侵種管理的建議優先順序，是摘自 1997 年舉辦的「模里西斯高度退化與受威脅原生森林復育研討會」（Workshop on the Restoration of Highly Degraded and Threatened Native Forests in Mauritius），並稍加編輯。

1. 鹿與豬。運用相關法規的條文，在國家公園內以陷阱、來福槍、獵犬和其他適當技術，將鹿與豬的數量減至幾近於零或者予以完全滅除。
2. 猴子（獼猴屬）。必須採取更一致的行動，以滅除在國家公園內之保育管理區（Conservation Management Areas）的猴子。除了設陷阱捕捉外，也應嘗試採取射獵和毒殺的方式，並提供適當的誘因給適當的負責團體。
3. 圍籬。應利用澳洲與紐西蘭最近在圍籬技術上所取得的進展；尤其是應該進行試驗，以發展能夠適用於將猴子、鹿與豬排除在保育管理區或其他特定區域之外，且由太陽能驅動的電子圍籬。
4. 貓。調查澳洲管理野貓的保育工作，以便將同樣的方法應用在模里西斯。
5. 貓鼬。持續研究以便更加了解牠們的衝擊與行為，以發展防治方法。
6. 滅除艾格雷特島（Ile aux Aigrettes）的鮑鱷、白環蛇與非洲大蝸牛。
7. 進行研究以評估無尾蝟與鮑鱷對原生動植物的影響。
8. 其他有害的外來種，包括外來鳥類、白環蛇、外來蜥蜴、外來蝸牛與蟾蜍。需要進行研究以了解這些動物對於原生動物相的影響以及牠們在模里西斯生態系內更一般性的互動。
9. 廣泛測試各種除草劑與施用在主要有害植物的方法，比如測試新的除草劑施用方法，如幹基樹皮處理、砍除樹木並於殘幹施用除草劑。
10. 設立「有害植物與掠食動物管理緊急基金」（Weed and Predator Management Emergency Fund），以備意外情況（龍捲風、火災）的發生或者新外來種的入侵。
11. 模里西斯必須開始參與針對下列入侵植物的生物防治計畫：羽萼懸鉤子（*Rubus alceifolius*）與蟲蠟樹（*Ligustrum robustum*），其生物防治計畫預定於留尼旺島展開；草莓番石榴（*Psidium cattleianum*），目前在巴西、夏威夷、英國正針對此植物進行小型研究。必須從一開始就參與這些計畫，確保在測試任何生物防治媒介時，模里西斯的植物有被納入考量。生物防治計畫必須是區域性的，也就是必須普及馬斯克林群島（Mascarene islands）。需要考慮財務方面的問題。
12. 考量針對番石榴屬植物（*Psidium*）成立國際防治計畫，以增加資源。例如，在模里西斯、留尼旺島、塞席爾群島、科摩洛、加拉巴哥群島、夏威夷、諾福克、馬得拉與法屬玻里尼西亞等地，番石榴屬植物為入侵種。
13. 儘早管理利益衝突，尤其是關於草莓番石榴，它是地方食用水果，要砍除它會有利益衝突問題，必須加以考量。教育大眾與主管機關了解生物防治是很重要的，必須從現在就開始進行。
14. 試試看只移除部份有害入侵植物，然後改種原生種的情形；試試看只移除一種入侵植物和移除數種入侵植物的情形；在有 / 無有害植物移除處理的有害植物侵擾區，測量復育的情形。
15. 填補保育管理區內因為除去先驅物種後所形成的空隙。

案例 2.15 模里西斯與留尼旺島合作預防甘蔗害蟲的擴散

馬達加斯加鰓金龜 (*Hoplochelus marginalis*) 是一種雜食性的甲蟲，它的幼蟲稱為白蟻蟯 (white grub; ver blanc)，會鑽蛀植物根部，造成甘蔗的龐大損失。這種昆蟲是馬達加斯加的原生種，並不會自然出現在印度洋的海島。

在 1981 年，在馬達加斯加以東 760 公里，模里西斯以西 150 公里，也就是留尼旺島的港口與機場區「吉洛」(Gillot) 附近，第一次記錄到這種鰓金龜的危害；此後，該入侵種就擴散到留尼旺島的所有適合它生長的地區。由於模里西斯相當倚賴甘蔗作物，因此立刻採取行動，預防馬達加斯加鰓金龜的輸入。模里西斯立即成立了「植物引入與檢疫常設委員會」(Plant Introduction and Quarantine Standing Committee)，由來自「模里西斯甘蔗產業研究所」(Mauritius Sugar Industry Research Institute)、模里西斯農業部 (Mauritian Ministry of Agriculture) 和模里西斯大學 (University of Mauritius) 的成員組成。在諮詢「農藝研究國際合作發展中心」(Centre de Cooperation Internationale en Recherche Agronomique pour le Developpement) 和留尼旺島的「農林部理事會」(Direction Departementale de l'Agriculture et des Forets) 後，執行了所有規劃的措施。規劃的檢疫措施包括：

- ▶ 改變飛機與船舶的起航時間。在夏季，這種鰓金龜在傍晚時會活躍地飛行，且受到燈光的吸引。因此在 18:30 到黎明期間，不准班機從留尼旺島起飛到模里西斯。類似的限制措施也適用於船運，且如果船舶必須在留尼旺島過夜，必須將船上燈光熄掉。所有的船舶與飛機必要時會噴藥。
- ▶ 定期用捕蟲燈在模里西斯高風險區 (機場與港口地區) 附近進行檢查。
- ▶ 定期在模里西斯機場區附近噴藥。

模里西斯和留尼旺島的專家們定期開會以評估情勢，且兩地簽署了一份備忘錄 (Protocole d'accord)，確保上述措施能夠付諸執行。

防治策略的重點之一是減少鰓金龜的族群密度，尤其是在留尼旺港口附近。利用布氏白僵菌 (*Beauveria brongniartii*) 這種真菌病原體，已達成這個目的。將鰓金龜成蟲浸在含有布氏白僵菌的懸浮液中，然後釋放出去以散播這種真菌，結果導致鰓金龜的族群數大幅降低，從而使這種鰓金龜被意外引入模里西斯的機會大幅減少。大眾宣導活動也密集且持續地舉辦，在模里西斯和留尼旺島的機場都可看到海報。現今在模里西斯很少有人不知道白蟻蟯所造成的威脅。

作者：John Mauremootoo，模里西斯野生生物基金會的植物保育經理。聯絡方式：John Mauremootoo, Plant Conservation Manager, Mauritian Wildlife Foundation, Fourth Floor, Ken Lee Building, Port Louis, Mauritius；E-mail：mwfexec@intnet.mu。

案例 2.16 行動的優先順序，以夏威夷為例

在案例 2.8「發展策略以改善夏威夷的外來入侵種防治」一文中，描述了「外來有害物種協調小組」（Coordinating Group on Alien Pest Species）成立的過程。大眾宣導活動的展開讓該小組成員正式面對一個明顯的問題：「一旦大眾和民選官員開始了解外來種問題的嚴重性，那我們希望他們特別做些什麼？」就像任何高度複雜的問題，這個解決方案的某些部份顯而易見且相對單純，但有些部份則尚不明確。該小組認為以下是最需要改善的地方：

可自我維繫下去的大眾教育計畫：夏威夷改善有害生物預防的最大機會在於教育大眾。「外來有害物種協調小組」的目標是建立專款來源，用於持續、高品質的大眾教育，並透過各種媒介傳遞訊息，如旅遊資訊、機上資料、行李提領區的公佈欄、學校課程等。

發展能夠檢查所有有害生物途徑的能力：進入夏威夷的旅客、貨物、郵件和其他交通貿易，有一大部份並未經過檢查，包括已知為外來種重大來源的資材。

監測有害生物總流通量的系統：檢疫機關無法透過特定的途徑監測有害生物總流通量，做為檢疫計畫有效性的衡量指標，而他們目前也沒有資源，調查新近偵測到的有害生物，以判斷它們進入國境的方式，藉以找出預防系統的漏洞。

技術支援與及時決定輸入許可審查結果：雖然夏威夷農業部在審查動植物與微生物輸入方面的法規算是美國各州中最全面的，向農委會（Board of Agriculture）建議許可審查決定的專家委員會，卻缺乏方便管道取得相關資訊以評估目標類群的干擾破壞潛力。因此，決策過程漫長且不一致，而且許多許可審查的時間超過 12 個月。

早期偵測和滅除新的有害生物入侵：這是入侵過程中最受漠視的階段，因為幾乎所有的有害生物管理工作均導向入境處的檢查和廣泛擴散之有害生物的防治。目前正規劃一資料庫，以蒐集來自各種不同來源的已知入侵種資訊。這種資訊可用來鑑定入侵情況是否容易在全州、全島或區域的規模下予以圍堵或滅除。

再進一步言，要滅除新發生的生物入侵，需要對管理者進行更好的訓練，使他們嫻熟有害生物防治策略，以增加滅除成功的機會。很常看到的一個情況是，當發現生物入侵時，剛開始的處理是很密集，但卻只持續短暫的一段時間，且沒有後續的追蹤以確保完全的滅除；而且通常也沒有展開徹底的監測或進行必要活動以防止重新入侵或擴散到其他場址。致力於更好的訓練與規劃，應能改善這些計畫成功的比率。

編自：<http://www.hear.org/AlienSpeciesInHawaii/articles/norway.htm>，〈為改善夏威夷外來種管理而成立的一個由生物多樣性、農業、健康與商業等相關利益團體組成的聯盟〉（An alliance of biodiversity, agriculture, health, and business interests for improved alien species management in Hawaii），發表於 1996 年 7 月 1-5 日在挪威舉行的聯合國外來種研討會，發表人為阿蘭·侯特（Alan Holt），任職於「大自然保護協會夏威夷分會」（The Nature Conservancy of Hawaii），地址：1116 Smith Street, Suite 201, Honolulu, Hawaii 96817。

案例 2.17 外來入侵種的人類面向

外來種入侵的非技術層面通常決定是否能夠成功限制其衝擊並保護生物多樣性。在 2000 年 9 月，國際自然保育聯盟（IUCN）的首席科學家傑夫·麥可尼利（Jeff McNeely）主持一場由 GISP 所贊助支持的研討會，討論外來入侵種的人類面向。下列是參與者討論的部份摘要，由麥可尼利記錄。生物入侵的人類面向跨越人類經驗的所有領域，涵蓋廣泛的問題，且大多甚少被研究。

歷史面向，如：

我們過去如何思考和表現？

政治面向，如：

誰有利害關係？誰擁有權力？誰決定？考量因素為何？

誰發表何種論調？誰附和？

我們設定了什麼優先順序？維持什麼樣的界限？

我們如何鼓動支持？

法律面向，如：

誰有權利？誰轉讓權利？

我們的法律說了什麼？沒說什麼？

我們執行哪些法？觸犯了哪些法？

經濟面向，如：

我們如何花錢？花錢速度多快？我們計算什麼？課什麼稅？

我們僱用誰？誰的發展重要？

社會面向：

我們從何而來？要往何方？

我們如何競爭與爭執？我們何時會妥協？

我們如何整合我們的努力？我們如何讓他人一起來參與？

我們如何介入？我們如何取得平衡？

我們掌握了哪些機會？失去了什麼機會？

我們預期有哪些問題？我們忽略了什麼問題？

文化面向，如：

我們的組織提倡什麼價值？擁有什麼聲譽？

我們寫什麼詩詞歌賦與書籍？創造什麼藝術和技藝？

我們認為什麼是美麗的？

（下頁續）

語言面向，如：

我們使用什麼文字？我們說什麼故事？誰來說這些故事？

心理與道德面向，如：

我們察覺感受到什麼？我們的動機為何？我們如何表現行為？

我們選擇什麼身份？主張什麼權利？

我們產生了什麼情感？蒙受什麼損失？

教育面向，如：

我們知道什麼？誰知道？

我們訓練誰？訓練的程度？

我們如何溝通？我們如何評估我們的作為？

哲學面向，如：

我們重視什麼？其價值如何隨時間與空間而改變？

我們有什麼目的、願景？我們對於未來有何虧欠？

心靈與宗教面向，如：

我們認為什麼是神聖的？我們進行什麼儀式？

我們期待什麼奇蹟？我們如何保持我們的心靈完好？

作者：Phyllis Windle，為位於美國華盛頓特區的「關心科學家聯盟」（Union of Concerned Scientists）的資深科學家。Email：pwindle@ucsusa.org。詳情請見GISP人類面向小組的文件（請至下列網址查詢：<http://jasper.stanford.edu/gisp/>）。

案例 2.18 全國性的入侵種評估：美國技術評估局報告

1990 年時，美國國會擔心五大湖區的外來斑馬紋貽貝的危害，而要求技術評估局（Office of Technology Assessment；為美國國會的研究單位之一）調查斑馬紋貽貝是否只是生物入侵的冰山一角。國會還特別要求技術評估局研究美國所有入侵種的經濟與環境影響、聯邦政策的有效性、各州法律的功能以及入侵種與基改生物之間的關係。1993 年，技術評估局發表一份 400 頁的研究成果報告：《美國的有害外來種》（Harmful Non-Indigenous Species in the United States）。

這份報告是技術評估局四位職員自行撰寫，其中三位是生物學家，一位是環境律師，且其中三位是為了本研究而臨時聘雇。過程中另有數百位專家提供協助。比如，有一個具有 22 名成員的諮詢小組召開了數次會議，監督這項工作；有 8 位聯邦官員協助技術評估局與負責執行的分支機關連繫；召開了一次研討會，討論決策方法。此外，技術評估局委託學者與其他專家製作了約 20 份報告：

- ▶ 有 6 份報告是關於各種不同類群生物的引入途徑與後果；這些生物如外來的脊椎動物、魚類、昆蟲與蜘蛛、植物、淡水 / 陸域 / 河口的軟體動物、植物病原體。
- ▶ 有 3 份報告是關於決策模式，包括經濟決策的模式。
- ▶ 有 3 份是關於主要聯邦政府機關的政策。
- ▶ 有 3 份是關於夏威夷、佛羅里達 ... 等州的情況，並調查各州關於魚類與野生動物的法令。
- ▶ 其他報告是關於特別的主題，如生物工程、生態復育與大眾教育。

這些報告是為了回答特定問題而寫，每份報告都經過同儕審查以求精確。最終報告的草本也受到廣泛審查。

《美國的有害外來種》發表後，美國首度擁有了全國性的外來入侵種評估報告，提供的資訊不分生物類群、經濟部門與政府機關。它有一些特色經證實特別重要，包括估計美國外來種的總數量；可能帶來的經濟成本；於 1980-1993 年期間首次偵測到的外來種清單；彙整二十個左右的相關聯邦政府機關的職責；不只摘述各州有關魚類與野生動物的法令，也描述管理者對這些法令適切性的評估。

這項研究工作並不便宜，估計花費 70 萬美元；進度也不快，而有助於確保其完整。它為後續更詳細的工作奠定基礎，許多人稱之為了解美國生物入侵的「聖經」。

作者：Phyllis Windle，為位於美國華盛頓特區的「關心科學家聯盟」（Union of Concerned Scientists）的資深科學家。這份報告可至下列網址 <http://www.wws.princeton.edu/~ota/index.html>，選擇「技術評估局出版品」（OTA Publications）後，以日期與標題搜尋，即可找到。

案例 2.19 制定策略預防外來入侵種引入到俄國沿岸與內陸水域

在前蘇聯國家，因船舶壓艙水排放以及魯莽的刻意引入行為所導致的外來生物入侵，已造成生物多樣性與經濟的嚴重損失。

1998 年，俄國科學界對於外來水生物種引入的後果日益關心，於是在政府的「生物多樣性」計畫支持下，於俄國科學院（Russian Academy of Sciences）的動物研究所（Zoological Institute）成立了「外來水生物種小組」（Group of Aquatic Alien Species；GAAS）。該小組的主要目標之一，是向俄國的立法者、決策者與一般大眾宣傳關於水生入侵種的資訊。

在 1998-1999 年間，GAAS 小組的科學家開始發表關於此問題的訊息，包括向俄國當局說明外來入侵種引入到芬蘭灣（Gulf of Finland）的正式報告。因此，在 1999 年，在俄國科學院的聖彼得堡科學中心（St. Petersburg Scientific Centre）成立了「芬蘭灣生物污染工作小組」（Working Group on "Biological Pollution" of the Gulf of Finland Basin），該工作小組的主要目標是制定區域管理計畫以控制與預防芬蘭灣水生生態系的外來與致病生物。目前，該工作小組著重於轉遞有關水生入侵種的科學資訊給決策與立法階層。

在 2000 年，GAAS 小組的科學家準備了一份報告，發表在第 1 屆的俄屬歐洲海域外來種全國研討會論文集中，標題為《外來種引入的後果以及預防行動的必要性》（Consequences of Alien Species Introductions and Need of Preventive Actions）。這份報告強調為了防治與預防外來種引入俄國沿岸與內陸水域，必須要建立外來種的國家管理計畫。

編自 <http://www.zin.ru/projects/invasions/>，編者為瓦迪·潘諾夫（Vadim Panov），俄國科學院動物研究所（Zoological Institute of the Russian Academy of Sciences），地址：199034 St. Petersburg, Russia；Email：gaas@zin.ru。

摘要

本章提供外來種引入途徑的清單，並建議可採取的措施；清單所列雖然沒有涵蓋所有引入途徑，但已很廣泛。大多數排除（exclusion）方法是以對農、林業的經濟有危害的物種為對象而發展出來的，在應用到環境重大外來種時必須要有所調整（見圖 3.1）。最後，本章討論成功執行風險評估程序的潛力以及風險評估程序的缺點。

討論途徑一節依下列四大類分成 4 小節來探討：

- ▶ 為做為作物、觀賞植物與獵物而刻意引入的物種。有相當高比例的植物與脊椎動物是刻意引入的。
- ▶ 為了圈養而引入的物種雖然可以歸到第 1 類，但我們仍將其分成單獨一類。許多脊椎動物在逃逸到環境中後而歸化。
- ▶ 非刻意引入，是陸域、淡水與海水的無脊椎動物的主要引入途徑。海洋生物的最重要引入媒介是船舶，牠們可透過海水進入壓艙水箱或吸附在船殼上而引入。
- ▶ 最後一小節討論的是物種初始引入後的傳播媒介，主要聚焦在人造結構物與人類對棲地的改變，此二者可增進或促使物種在一國境內傳播，或散播到鄰近國家。

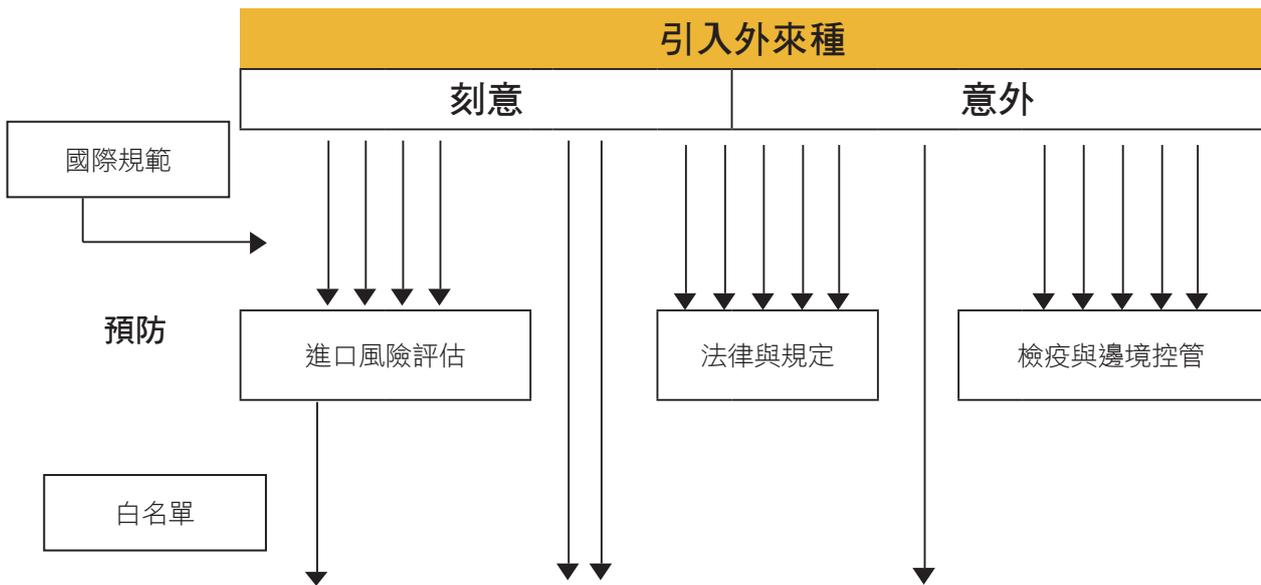


圖 3.1 有效處理外來種引入的選項。可以通過此預防機制而進入一國國境的物種有三類（以達到上圖底端的箭頭示意）：被列入白名單的物種是獲准引入，其他的物種則是混過邊境管制而進入，其中有些是直接透過走私進入，另有些是走私品的污染物，是隨著走私品而進入（整個流程圖請見本手冊的摘要）。

外來入侵種最佳預防與管理實務

農業與林業部門在排除經濟有害物種的經驗與專業，應成為入侵種防治措施的知識基礎。三種可制止入侵種引入的重要排除措施為：攔截、處理與禁止。第一個措施需要在邊境成功執行法規。對於每一個刻意引入的申請案，應執行風險評估。經過風險評估的物種，應依照評估結果列入雜色名單（*pid list*；分成允許引入與禁止引入兩個部份），以讓風險評估的結果得以傳播出去。再者，被懷疑受到外來生物污染的商品，應加以處理；本章中將簡述一些處理方法。最後，是有可能根據國際法規禁止物種的進口。另外，教育是所有預防措施的要素。

最後一節討論風險評估程序。風險評估程序可評估物種入侵的風險，其結果可用來決定是否要排除該物種，也可用來評估已立足物種的潛在衝擊。這類評估的目的是為了預測一物種是否可能立足並成為入侵種，並提供相對的風險評等。也可分析整個引入途徑的風險，由於這牽涉到許多可能的物種與媒介，可能是一個更有效的作法。風險評估程序主要的缺點是在預測物種於新環境的不同情況下會有什麼行為時，所涉及的不確定性。因此，缺乏預測後果所需的知識與能力，可能會導致必須大幅依賴假設。另一方面，風險評估提供一個符合邏輯的過程，以蒐集、分析、綜合、比較與溝通資訊，而可以改善決策品質。

3.1 引入

「一分預防勝於十分治療」，這個醫療上的箴言，講的是檢疫與接種，也同樣適用於生物入侵。預防是對付外來入侵種的第一個也是最具成本效益的方法。

和預防措施有關的成本相當多。最明顯的成本之一是維持排除機構之運作所需要的花費（負責攔截的人員之薪資與訓練，以及如煙薰室、檢驗設備與隔離場所等設施）。第二種成本是衍生自想要從外來種的引入而獲利的個人（雖然其目的不見得是要把物種釋出到環境中）。第三種潛在成本可能衍生自必須接受進一步管制措施的民眾，或原本可能從計劃引入而獲利但該計畫卻不被預防機構允許的民眾。

相對於這些成本的是來自成功防範生物入侵而造福社會的各種效益。這些效益是來自沒有發生的事件，要評估可能不太容易，要描述更是困難。但是這類的描述以及強調這種沒有特定入侵種的效益，是宣傳入侵種預防的極重要工作。

關於計劃性的引入，必須強調的是許多對經濟與環境造成嚴重危害的生物入侵是來自刻意或計劃性引入的物種。比如掠食性的中美洲蝸牛「玫瑰狼蝸」（*Euglandina rosea*），這種蝸牛被釋放到許多太平洋的島嶼上以防治農業害蟲「非洲大蝸牛」（*Achatina fulica*），結果造成至少三十種特有種與特有亞種的島嶼陸蝸滅絕（參見案例 3.1：「消滅島嶼特有種蝸牛的玫瑰狼蝸」）

許多植物，如為了木材生產而引入的尤加利樹，或者其他新物種，會入侵自然棲地。其他刻意進口但沒有計劃要釋放到環境中的物種，也會設法逃脫並造成重大危害。比如說歐洲的吉普賽舞蛾（*Lymantria dispar*），即從一個為了培育更好的蠶而進行的試驗計畫中逃脫，並蹂躪美國東北部森林達一個世紀之久；非洲殺人蜂（*Africanised honeybees*）則從

巴西的科學培育設施中逃脫，並入侵中美洲、墨西哥與美國，而導致死亡，並造成養蜂過程變得相當繁複（參見案例 3.2：「非洲殺人蜂如何進入美洲」）。這些事實指出，即使是由科學家規劃的計劃性引入，也不代表就一定帶來利益。如果一開始就攔截阻止玫瑰狼蝸、非洲大蝸牛、吉普賽舞蛾或非洲殺人蜂等的物種引入，就可以避免掉物種或金錢的龐大損失。

在考量任何刻意引入時，應假設引入的物種會逃到野外，除非有非常明顯的證據指出事情不會變成這樣。因此，如果該物種有可能成為歸化種或入侵種，那麼引入後這種可能性就會成為事實。

當然，關於一開始就被制止的計畫性引入，如果允許其引入，也有可能該物種並不會成為入侵種。也就是說，我們在預測物種是否會成為入侵種以及其將造成何等衝擊上，能力並不足。（參見案例 3.23：「無法可靠預測入侵性」）。然而，如果一物種（如新作物、觀賞植物或寵物）經許可引入，且所展現的行為一如預期，那麼它所帶來的利益大多歸於進口者；但如果它變成入侵種，成本卻由整個社會來負擔。因此，考慮到國家利益，應根據預警原則制定入侵種預防政策（參見案例 3.3：「預警原則」）。

對於非計畫性引入而言，排除措施的效益對成本的比率相當高。如果只有少量不慎引入的物種立足，而這些立足的物種中又只有少數成為入侵種，這對社會帶來的成本仍然極高，遠超過非計畫性引入可能帶來的任何未預期效益以及維持排除設施所需的成本。如果當初能要求船舶在公海上排放壓艙水，或者以化學藥劑或紫外線等處理壓艙水，以預防斑馬紋貽貝（參見案例 3.4：「斑馬紋貽貝對生態系的衝擊」）進入北美，那麼就能避免掉數十億美元的產業損失（這些損失來自水管的堵塞，還有積垢所造成的其他後果）；而許多水生物種（主要是無脊椎動物）所面臨的滅絕威脅也會比現在小很多。誠然，在公海排放壓艙水或者以化學藥劑或紫外線處理壓艙水的持續成本也不低，但遠比不上斑馬紋貽貝對財政、商業與大眾所持續帶來的危害，以及因斑馬紋貽貝入侵而必須投入自然生態系的保育成本。

從中國隨著木製包裝材而來的光肩星天牛，目前已立足於紐約和伊利諾州（參見案例 3.5：「光肩星天牛，北美森林的威脅」）；這不但對美國許多地方的廣大闊葉林造成威脅，也危及庭院與路邊的果樹與路樹。如果一開始就能加以攔阻（方法包括在中國或北美進行檢驗、煙薰、甚至禁止所有木製包裝材的進口），儘管這些措施會有持續的費用，但這成本和現在光肩星天牛所造成的持續成本相比，也是微不足道。

生物入侵的一個重要特性是，一旦某一引入物種立了足，尤其是當它成為入侵種時，就很難予以滅除；這個特性凸顯了預防的重要性。滅除入侵種的嘗試作為大多失敗了，且這些失敗行動的成本通常也相當高昂，比如說：滅除美國東南部入侵紅火蟻的行動失敗了，這個長達 22 年的行動花費了 2 億美元（參見案例 5.10：「入侵紅火蟻：失敗的滅除行動」）。一旦滅除行動失敗（通常的結果），社會必須永久面對損失與管理的成本。這類成本可能相當驚人（參見案例 3.6：「南美葉枯病對馬來西亞橡膠樹的威脅」），這也是為何要有嚴格預防措施的理由。

3.2 途徑

預防入侵種的最常見作法是針對個別物種下手；然而，更全面的作法是找出會導致有害入侵的主要途徑，並控管這些途徑的相關風險。雖然國際貿易與旅行被認為是有害的非刻意引入的主要肇因，但除了少數國家之外，對於實際途徑的詳細知識基礎仍相當不足。根據途徑的排除方法，比針對個別物種的方法還要有效率，可集中力量於有害生物最有可能進入國境的地方，避免浪費資源於其他地方。再者，這種方法可找出更多的物種（包括一般作法常常沒有判斷出來的物種），找出更多的媒介、途徑系統與潛在的引入機制。與個別物種一樣，途徑也可進行風險評估（參見 3.4 節）。

有人認為，某些途徑過去就使用得很普遍，而且數十年或數百年來也沒有任何預防措施（比如壓艙水和船殼污損），因此所有入侵種早已散播到各個可能的地方了；這種說法是不對的。有案例指出，某些外來種已引入數十年之久，但直到最近才得以立足，這證明立足的速率可能隨著時間而改變。這現象的原因包括：外來種本身的改變、途徑的改變（比如船舶穿越大西洋的時間縮減，會增加壓艙水中生物的存活率）、氣候的改變以及人類對引入地區的衝擊有所改變（比如海灣鹽度與養份含量的變化）。外來種立足速率的加快，證明我們仍必須關注外來種的意外引入。

本節概述外來種的潛在引入途徑，並不是要全面羅列所有引入途徑與入侵生物；何況，每當在交通與貿易方面有新的發明，就會創造新的途徑。此外，GISP 有另外一個計畫項目（即入侵種的途徑與媒介，詳見本節末），將會產出引入途徑的詳盡清單。

關於早期的物種引入（即早於 1950 年），目前所知大多是軼聞，而非官方記錄（參見案例 3.7：「關於引入途徑的軼聞」）；而較近期的引入，大多數的記錄也相當有限。應鼓勵地方的官方文獻或科學文獻中詳細報告新發生的意外引入或刻意引入，報告內容應包括引入來源、引入的方法以及引入後的結果；同時應清楚說明何者是事實，何者是推論，何者是臆測。

以下的小節將會舉例說明入侵生物的主要引入途徑以及可能的預防方法，並依刻意引入與非刻意引入兩大類來概述引入媒介。刻意引入再分成兩種不同的歸化模式：其一是物種直接釋出到環境中，其二是物種從圈養設施逃逸到環境中。植物與脊椎動物的引入，大多是刻意引入，理由有各式各樣，比如觀賞用的植物、獵物用的哺乳動物、為了愉悅精神與感官的鳥類、休閒漁業的魚類。另一方面，非脊椎動物（包括海洋生物）和微生物的引入，大多是意外引入，通常是隨附其他刻意引入的物種而來。通常農業有害植物是混在作物種子中而引入；而環境有害植物則是為了做為觀賞植物、土壤穩定、薪柴而刻意引入，有時商業公司或受到誤導的援助計畫會支持這種刻意引入。法屬玻里尼西亞宣佈的 13 種有害植物，都是為了做為觀賞植物或其他目的而刻意引入。

在此必須強調，教育是成功預防與管理方法的要素。必須讓大眾知道，為何要採取預防措施，若預防計畫失敗的話會有什麼影響。必須讓大眾與相關公司了解，預防措施並不

專制武斷、不是要找麻煩，而是為了要照顧好我們未來的商業與自然環境，而在旅行與貿易上採取的必要措施。

關於引入途徑的更詳盡資訊，請參考由另一個 GISP 小組所撰、以外來入侵種引入途徑為主題的文件：Gregory M. Ruiz and James T. Carlton, Editors (2001)，《入侵的途徑：跨越時空的管理策略》(Pathways of Invasions: Strategies for Management across Space and Time)，由華盛頓特區島嶼出版社 (Island Press) 出版。這份文件是 GISP 於 1999 年 11 月所舉辦的關於物種引入途徑的研討會論文集。

3.2.1 刻意引入

首先我們考量的是直接引入入侵種至環境中的途徑。

為農業目的而引入的植物

外來植物的引入目的有各式各樣。或為了經濟理由，或為了讓國家的農業多樣化，或者為了分散疾病爆發風險以保障全球人類的糧食來源，有一大部份的重要作物被種植在其自然分佈範圍之外的區域。如果新外來作物在引入時沒有把它的有害生物也帶進來，那麼這個「沒有有害生物」的物種會有極佳的生產力與獲利率。另一方面，種植這些外來物種的農田可能侵佔了部份的保育區，而使得這些外來物種在保育區內歸化並擴散，而對生物多樣性帶來風險。比如說，原生於歐洲的高狐草 (*Festuca arundinacea*) 在被種植於北美洲當作牧草後，歸化並入侵殘存的草原，取代了多樣的天然草本群落。

為了避免新作物的引入在未來造成生物入侵，必須進行風險評估 (詳細內容請見 3.4 節)。這種重要的分析，是透過對利害相關者與技術專家的諮詢，評估目標植物立足、擴散及造成衝擊的風險。至於是否准予進口，可透過一個國家專門小組，在衡量風險與潛在的利益後，做最後的決定。

為林業目的而引入的外來植物

林業的情況和農業類似，不論物種引入是由政府、企業或援助計畫所推動。引入的林業樹種，包括農林業樹種與多用途樹種，有許多現已成為外來入侵種。為了增加木材產量，人們不斷地尋求可快速生長、降低勞力密集度的新樹種。這些外來樹種被種植在造林地，通常所佔幅員相當廣大。這些外來樹種有許多已經立足，並擴散到自然棲地，取代原生植被。例如，在南非，松、金合歡與尤加利等屬的樹種，是林業這個有利可圖的重要產業之基礎，但它們也成為外來入侵種，而對主要保育區與該國貧乏的水資源帶來重大威脅。

被認定為入侵種的樹種，可禁止引入國內，或在造林地周遭採取控制措施，在這些物種開始向外擴散時加以抑制。應制定法規，讓造林地的擁有者，也就是林業的受益者，執行防治措施。

為土壤改良而引入的外來植物

外來植物常常是為了改良土壤特性而引入 (比如具固氮能力的植物)，或為了防治土

壤侵蝕或穩定沙丘而引入。1930 年代，美國水土保持局（Soil Conservation Service）種植了數百萬棵葛藤（*Pueraria lobata*）的幼苗，並把它們賣給農夫們種植，以避免土壤侵蝕。原生於歐洲的金雀花（*Cytisus scoparius*），是為了預防土壤侵蝕和穩定沙丘而引入北美推廣使用的另一個例子，目前在美國西部各洲涵蓋了 200 萬英畝以上的草地、灌木林地、日照森林，對被它入侵之地區的人類、牲畜和原生植物帶來威脅。金雀花易燃，會把火災引向樹冠層，而樹冠層一旦起火，其燃燒溫度更高，破壞力更強。金雀花會取代原生植被，尤其在缺氮的土壤上，因為金雀花會與根瘤上的固氮細菌共生。

「援助貿易」

援助計畫在制定時，應諮詢保育專家以避免引入外來生物。外來種的引入可能會有短期利益，但實際上會對生物多樣性帶來威脅，造成初期利益所不及的長期成本（參見案例 3.10：「引入銀膠菊至衣索比亞」這個生物入侵案例）。

為造林以生產木材而引入萬那杜的中美洲樹種「蒜味破布木」（*Cordia alliodora*），是援助計畫引入外來種而導致問題的典型案例。引入蒜味破布木的立意相當良善，但因為各種原因而未能達到預期目的，這或許和中美洲及萬那杜兩地的氣候差異有關。結果蒜味破布木成為萬那杜的有害生物，緩慢入侵原生灌木林。其他知名案例包括在世界各地推廣松樹和尤加利樹做為木材樹種。

觀賞植物

有很高比例的入侵植物，原本是做為觀賞植物而引入。南美的馬櫻丹，是極具入侵性且在舊世界（即歐、亞、澳、非，尤指歐洲）極為普遍的熱帶有害植物，即以各種混種型式引入各地做為園林觀賞植物，現已遍佈各熱帶地區。在北美，300 種最具入侵性的植物中，有大約一半是做為花園與公園的觀賞植物而引入。葡萄葉鐵線蓮（*Clematis vitalba*），是原生於歐洲的一種藤蔓，於 1930 年代引入紐西蘭做為花園與公園的觀賞植物；三十年後，這種植物被認定會對原生殘存林帶來威脅，因為即使是成熟的樹木都會因它的攀援而窒息（其他例子請參見案例 3.11：「長距離傳播至法屬玻里尼西亞之偏遠島嶼的米氏野牡丹」）。

因此可主張，這類的物種引入，以及入侵植物的貿易或和有害植物有關的物種貿易，都不應給予許可；進口者必須提供證據，證明其欲引入物種是對環境無害的，方可准予進口。植物種植產業在各界越來越重視生物多樣性的壓力下，已發展出對策，以非增殖性物種的名義販售入侵植物。

種質

為繁殖而進口種質（germplasm），也已被認定為是一種生物入侵途徑，因為某些植物病原體就是因此引入到新的地區。未來應增加組織培養技術的應用，可避免這種問題的發生。

為狩獵目的而釋放鳥類與哺乳類

在歷史上，即有新移民為維持其狩獵熟悉獵物的傳統，而廣泛引入哺乳類與鳥類的案例。有某幾種鹿，就因此被引入到世界各地的新棲地。由於鹿喜食某些植物，會因此改變棲地；在沒有大型原生哺乳動物的島嶼上，許多植物並不能適應這種有蹄類動物帶來的破壞。為狩獵目的而引入新物種的行為，至少應先進行風險評估（見 3.4 節）。已經存在的入侵種，有時可藉由有效的獵補而予以控制；在小島上，可透過射獵來予以滅除。

為做為食物資源而在島嶼上釋放哺乳類

在航海遨遊世界的年代，於無人居住的島嶼上釋放農場動物（如山羊、豬等）是一種慣常的作法，目的是做為下次造訪時的食物資源，或是為了俾益於發生船難的船員（參見案例 3.7：「關於引入途徑的軼聞」與案例 5.7：「滅除菲利普島上的兔子」）。這些動物在許多島嶼上沒有天敵，至今仍活躍著。牠們的草食壓力，尤其當牠們的族群數眾多時，會對相當多的植物帶來威脅。

生物防治

為生物防治而引入物種，尤其是幾個早期的計畫，偶而會對非防治目標物種帶來危害。這些案例中，大部份都是引入普食性掠食者（通常是脊椎動物）而導致問題（參見 5.4.3 節）。比如說，從十九世紀末到二十世紀，印度小貓鼬（small Indian mongoose）被釋放到許多島嶼上，包括夏威夷群島。結果非但沒有達到防治外來鼠類的目的，印度小貓鼬反而去吃更易補食的獵物，而危及島上原生鳥類，尤其是在地上築巢的鳥類。同樣的，澳洲為防治甘蔗的甲蟲類害蟲而引入蔗蟾（cane toad），結果蔗蟾反而較喜食澳洲原生的兩棲類與種類廣泛的無脊椎動物。如果寵物接觸到這種蟾蜍的有毒皮膚，也會受到毒害。在這種蟾蜍被釋放到澳洲自然環境中後，其族群數急遽增加，很快地蔗蟾本身就被視為禍害（參見案例 5.39：「卡卡度國家公園的蔗蟾初步風險評估」）。

為生物防治而引入物種並導致非防治目標受到危害的另一個例子，是玫瑰狼蝸這種掠食性蝸牛。這種蝸牛是為了防治非洲大蝸牛而引入太平洋的許多島嶼；而非洲大蝸牛當初是做為食物資源而引入，結果成為農業害蟲，也是個錯誤（參見案例 3.1：「消滅島嶼特有種蝸牛的玫瑰狼蝸」）。今日，生物防治的安全標準遠較當初嚴格，且有法規在管制，比如國際植物保護委員會（International Plant Protection Council）的《外來生物防治媒介輸入與釋放行為準則》（Code of Conduct for the Import and Release of Exotic Biological Control Agents）。現在，所有生物防治計畫都必須要有科學基礎並先進行風險評估（見 3.4 節），才能申請進口。大部分情況都要求必須使用高度宿主專一性的生物防治媒介，於是排除了使用脊椎動物的可能性。另外，所有利害相關者都必須參與決策過程。生物防治媒介在進口時，一般也要進行檢疫，以篩選寄生生物和疾病等污染物質，並檢驗其純度。儘管有這些管制措施，仍必須謹記任何物種引入的決定，都會帶來永久的影響；而成功的生物防治媒介將會擴散，且有可能散佈到預期之外的地區（參見案例 3.8：「生物防治媒介仙人掌螟蛾在加勒比海地區的擴散」）。

漁業的物種釋放

除了為了水產養殖而釋放魚類到圈養設施以外，人們也常常為了擴充休閒漁業而釋放魚類至野外（參見案例 3.9：「美國經驗：水族愛好者釋放外來魚類」）。歐洲的棕鱒常常被引入北美與熱帶地區的高地河流做為捕釣用魚，被懷疑會跟原生魚類進行直接競爭，而造成原生魚類族群數的減少。必須要有法規以管制這種物種釋放行為，以預防額外的入侵魚類。

水族貿易與釋放到野外的寵物

如果寵物與水族的主人因為任何理由不再飼養這些生物，通常會出於好意而將牠們釋放「回」野外（參見案例 3.9：「美國經驗：水族愛好者釋放外來魚類」）。水龜、鱷魚、水族缸的魚類與植物，在被釋放到池塘或沖下馬桶後，很容易跑到當地的水域。要減少這種物種釋放行為，大眾教育不可或缺。必須讓這些生物的主人知道，這些生物是外來種，不是無法存活於新環境中，就是會存活下來而對原生物種造成危害。此外，必須要求進口這些生物的業者，收回這些生物。對於國境內還不曾存在的寵物，必須如同其他物種引入一般，根據風險評估（見 3.4 節），實施嚴格的進口規則。

再引入

關係密切之物種的引入案例可納入這個主題，因為品種與亞種的界定常常有點模糊。關於再引入的案例之一是發生在歐洲，這個再引入計畫要把歐洲海狸（European beaver）這種稀有哺乳動物釋放回牠的自然棲地。然而，釋出的海狸是原生於北美，在北美洲相當常見，且現在被認定為是不同於歐洲海狸的品種。另一個例子是美國螯蝦（American crayfish）的引入歐洲：由於奧斯塔歐洲螯蝦（European crayfish）的族群在一次高度專一性的疾病爆發後而崩解，於是引入了和奧斯塔歐洲螯蝦密切相關的美國螯蝦。因此，只有產地已知且來自相同或相近族群的品種，才可以考量是否准於再引入到野外；在此之前，若有任何生物分類上的困難，必須先予解決。來自不同分佈範圍的亞種，在原生亞種滅絕的情況下，才可考慮是否釋出。然而，如果原生亞種很稀有，而且其族群仍然存活著，那麼已適應當地環境的特定基因物質可能會因為原生亞種與新引入亞種的交配而消失。

為「增添」本土動植物相而釋放

許多刻意的物種引入行為，只是單純地多情善感。當人們在新的地方住下來，他們會想要讓新環境更像自己熟悉的地方，讓自己住得更自在，於是把他們家鄉常見與迷人的物種（如花與鳥類）釋放到野外。歐椋鳥與家雀等物種，從歐洲被引到許多國家，與原生鳴鳥直接競爭食物與築巢空間，而導致原生鳴鳥族群的損失。在許多國家，需要制定外來物種的法律並引入國際規定；在有這些法規的地方，則需要加以落實，以對抗非法引入。這種無用的刻意引入行為如此頻繁，強烈說明政策需要改變，應從黑名單這種較保守的作法，轉向更嚴格的政策：「除非證明無害，否則視為有害」（guilty until proven innocent）。人們會以美學的眼光欣賞引入的漂亮花卉與鳥類，且通常反對滅除這些物種的計畫（案例 3.21：「紐西蘭對於彩虹吸蜜鸚鵡的兩種觀點」）。

3.2.2 為圈養而引入

以下的途徑，是有關物種被刻意引入到圈養設施但隨後逃逸到環境中的幾個例子。

從動物園與植物園等設施逃逸

引入至新國境之圈養設施的外來種，可能會逃逸出來並成為入侵種。圍堵哺乳類的圍籬要完全有效，價格將非常昂貴，因此通常選擇的是較便宜、效果也較差的圍籬。即使是百分之百安全的圍籬，也不能免於人類（如動保團體）故意或意外的破壞，或者受到天然事件的破壞（比如樹木倒在圍籬上或者龍捲風摧毀圍籬）。在世界的許多地方，包括珍貴的島嶼棲地，原產於歐洲的野豬正在改變整個生態系的特性。這些野豬有的是人們為了狩獵而引入環境中，有的是從有圍堵設施的狩獵場所逃出，牠們選擇性地啃食含澱粉球莖、塊莖與地下莖的植物，而改變了當地植物群落的組成。此外，這些野豬的挖掘行為，也對養份在不同土壤層之間流動的情形帶來巨大衝擊。這些擾動植被的行為，通常有利於外來植物，同時促進了入侵植物的種子補充。有數種重大外來有害植物，並無法侵入未受擾動的原生植被，需要新棲地受到擾動才能順利移入定居。因此，引入野豬是有利於外來植物入侵的重要機制。在有絕育技術存在的地方，採取這種生物性抑制外來種的方法或許是最有保障的作法。要以完全有效的方式將植物圍堵在種植場所，也可能會失效，因為靠風傳播的種子可能會飄出去，或者種子會附著在衣物上而被帶到新的地方。而且植物可能會因為很吸引人，而被管理員工「帶一點」出去，或者種子可能會被沖到排水溝，而流到其他地方長出來。

農場哺乳動物

人們通常會認為新的動物是農場可能的搖錢樹，而政府也喜歡人民賺錢繳稅的這個想法，因此常常允許新農場動物的進口，且不太管制這些農場動物的圈養方式。他們的假設是農民不會讓動物逃脫，因為這樣最符合農民的利益。疏於保養圍籬、天災還有財務失靈，常常會導致農場動物逃脫到野外。比如，紐西蘭原本並沒有野鹿，但是紐西蘭北島允許農民在特別設計的高圍籬內飼養鹿隻；結果，一些鹿逃脫了，現在必須採取滅除野鹿措施，以保護寶貴的天然林。

在皮毛產業，也有幾個類似的動物逃脫案例。比如說，因為濃密冬毛而珍貴的水貂（鼬屬）。在 1920 年代，由於棲地損失以及人們為了毛皮而捕獵，歐洲水貂（*M. lutreola*）的族群數因此減少，於是歐洲的毛皮動物飼養場引進了美國水貂（*M. vison*）。某些美國水貂隨後逃脫出來，另有些美國水貂則是被刻意釋放到野外，使其自由生活，並建立族群，以供人們狩獵。此外，近年來，有動保人士襲擊毛皮動物飼養場，把毛皮動物放出去，這樣的事件也發生過數次。於是美國水貂在歐洲的某些地方迅速立足，族群數也快速增長。美國水貂會捕食魚類、鳥類、哺乳動物與小型食物。在英國，原生的水鼠即因為美國水貂的活動加上棲地受到破壞而瀕臨絕種。美國水貂體型較歐洲水貂大，透過競爭與雜交，逐漸取代了歐洲水貂。在春天，美國水貂的發情期較早來，於是雄性的美國水貂會與雌性歐洲水貂交配；牠們並不會生下有繁殖力的後代，但是因此交配的雌性歐洲水貂，當季就不會再懷孕了（參見案例 5.44：「歐洲的美國水貂滅除計畫」）。

水產養殖與海水養殖

水產養殖和海水養殖常常使用外來種。養殖魚類從海洋箱網逃脫的案例屢見不鮮，而逃脫的魚類通常會入侵新的棲地（亦參見案例 3.9：「美國經驗：水族愛好者釋放外來魚類」）。加拿大太平洋沿岸的鮭魚養殖，約有 80% 是使用大西洋鮭（*Salmo salar*）這種外來種，結果造成大西洋鮭的成魚持續地進入沿岸環境，影響原生的太平洋鮭（*Onchorhynchus spp.*）的族群數。最近的觀察顯示，外來的大西洋鮭已成功定居。由於水產養殖的圍堵設施不能保證有效，因此除非經過風險評估（見 3.4 節），確定一物種引入後的安全性，否則不應引入該物種。

研究機構的研究與引入

這不是一個主要途徑，但是有一些非常顯著的案例。比如說，非洲殺人蜂在從巴西的研究設施逃脫後，就散佈到整個美洲（參見案例 3.2：「非洲殺人蜂如何進入美洲」）。另一個帶來破壞性結果的研究動物逃逸案例是吉普賽舞蛾，其原本是飼養在圍堵設施中，目的是為了繁殖可用於產絲的新品種。因此，當必須針對外來種進行研究時，必須先取得許可，並採取嚴格的圍堵措施，避免外來種的逃脫。另一個作法是，研究人員到該物種的自然棲地去做研究；當研究的物種是高風險物種時，應以這種作法為優先。

3.2.3 非刻意引入

農產品的污染物

水果蔬菜可能會潛藏許多未成熟的昆蟲，最明顯的是常見於各種水果的果蠅。對於已知的有害物種，通常會採取處理措施；然而，並非所有進口農產品都會受到處理，因此一些有害生物，尤其是無脊椎物種的有害生物，常常透過這個途徑到達港口。比如說，有報紙報導，裝著香蕉的箱子出現了食鳥蛛（bird-eating spiders），就是很好的說明。

緊急援助行動會使得糧食與物資被快速地從世界各地運送而來，通常直接進入農村地區。賑災活動提供的穀物有時會受到外來生物的汙染，而成為外來種引入的途徑（參見案例 3.10：「引入銀膠菊至衣索比亞」）。

受到種子與無脊椎動物污染的苗圃植物

刻意引入的植物除了本身會對生物多樣性帶來威脅之外，也有可能因為受到其他生物的汙染而帶來危害。住在進口植物內部或表面的物種，是無脊椎動物另一個主要的引入來源。胸喙亞目（*Sternorrhyncha*）的蟲類大多容易定棲在植物上，如粉介殼蟲與介殼蟲，特別容易透過這個途徑而散播開來（參見案例 5.11：「桑粉介殼蟲在加勒比海地區的定居速率」）。植物體也可能被其他植物的種子附著。

受到種子與無脊椎動物污染的切花貿易

無脊椎動物透過活體植物而移轉的方式，也發生於切花貿易。潛葉蟲（如潛蠅科）、薊馬、蟎類、數種蛾類的幼蟲，經常在切花上發現，這顯示國際花卉貿易的風險以及處理

花卉以降低風險的重要性。除了透過正常管道的切花貿易之外，也常常可看到飛機上的旅客攜帶幾束花，或許是他們在上機前數小時在當地公園摘的花，沒有經過什麼害蟲防治，然後就這麼被帶到另一個國家。這是桑粉介殼蟲擴散傳播的機制之一（參見案例 5.11：「桑粉介殼蟲在加勒比海地區的定居速率」），而且有許多物種都可透過這個途徑擴散傳播。

木材表面或內部的生物

木材也是許多無脊椎動物（包括許多甲殼類）繁衍後代的基地。未處理的木材與木製品是森林害蟲與病原體的來源；因此必須制定嚴格的法規，管制木材的進口，並採取措施，清理木材（參見案例 3.5：「光肩星天牛，北美森林的威脅」與案例 3.22：「西伯利亞的木材進口：潛在高風險途徑的分析」）。

種子污染物

許多外來農業有害植物，是做為作物種子的污染物而被意外地引入。儘管有《聯邦種子法》（Federal Seed Act），有害植物仍不斷以種子污染物的方式進入美國。咸認為針茅草（*Nassella trichotoma*）就是以這種方式從南美被引入澳大拉西亞、歐洲與北美洲。一旦原生牧草地受到某種擾動，針茅草即可以取而代之。改善打穀機與收割機，可以減少種子污染物的數目。然而，某些物種的種子，成功地演化成類似作物種子的樣子，而非常難以分離。有害植物的種子於是廣泛散播開來，然後隨著人們想要的作物種子被種在有利其生長的环境下。

土棲生物

當運送土壤，或者當土壤隨著植物體而運送時，就有可能引入土棲生物。壓艙土以前是外來植物與昆蟲的重大來源，但在本世紀初，船舶改用壓艙水取而代之，就不再是物種的引入途徑了。然而，許多當今的有害生物，之前都是透過這個途徑被帶到它們的新環境中。在還沒有空運的年代，作物通常是和種植作物的土壤一起靠船運送，無疑地，土壤中的有害生物就透過這個途徑而散佈傳播出去，雖然這通常沒有文件記載。甘蔗白蟻（*Clemora smithi*）是一種甲蟲的幼蟲，就是透過這個途徑而從巴貝多傳播到模里西斯。許多活體植物仍以盆裝標本在運送，顯然許多土棲微生物仍利用這種傳播媒介而散播到世界各地。

機械、設備、運具、軍方等

機械與運具通常在沒有清潔的情況下被運送至各地，其用途可能會讓它們帶有土壤和植物體（參見案例 3.10：「引入銀膠菊至衣索比亞」與案例 3.11：「長距離傳播至法屬玻里尼西亞之偏遠島嶼的米氏野牡丹」）。

軍方設備導致有害生物引入的案例，在歷史上已發生過數次，比如黃金線蟲（*Globodera rostochinensis*）就是這樣進入美國的。如果軍方行動不允許運具在運送前清潔，那麼就必須在抵達目的地時在特別指定場所進行清潔，把所有發現到的生物體摧毀（案例 3.12：「澳洲國防軍參與外來種防治工作」）。

包裝材表面或內部的「搭便車」生物

多種包裝材都有發現各種「偷渡者」。比如之前在檢查從亞洲運送到北美的蟲餌包裝材時就曾發現，蟲餌包裝材是許多不同生物和病原體的重要入侵途徑：入境檢查時，在包裝材的內部或表面發現數種生物類群的物種，包括霍亂弧菌（*Vibrio cholerae*）（參見案例 3.13：「隨海釣蟲餌及其包裝材移動的搭便車生物」）。另外，也曾發現運送牡蠣所使用的包裝材是可存活的藻類和米草屬植物（*spartina grass*）。

另一個例子是木製的材料與貨墊，這些東西被認為是某些外來樹皮甲蟲（*bark beetle*）的媒介。美國政府於美國某一港口附近樹木上第二次發現到光肩星天牛後，即要求中國要對所有未經處理的木製包裝材採取植物檢疫措施（參見案例 3.5：「光肩星天牛，北美森林的威脅」）。這僅是隨著木製包裝材而來的潛在入侵種之一，美國農業部在這種材質上已發現過 54 科的昆蟲。

郵件與貨物表面或內部的搭便車生物

昆蟲等小型物種可以很容易地藏藏在各種貨物之中。長腳捷山蟻（*Anoplolepis gracilipes*）就是藏在貨物中偷渡出去，如今已散佈到整個熱帶地區。這種蟻類會形成有數個蟻后的超級群落，地域性低。這些不尋常的特性讓它們的族群密度高，族群數目暴增。長腳捷山蟻會直接掠食無脊椎動物，甚至是體型大它們好幾倍的脊椎動物，而造成危害。唯有嚴格的檢疫程序與檢查，才能避免小型物種透過偷渡方式而引入。

對於懷疑藏有外來種的貨物，有各種處理方式可以選擇。貨物及其包裝材與貨櫃，可以用殺蟲劑蒸燻或浸置。其他的方法包括熱處理或冷處理，還有輻射。清潔這些貨物與包裝材是非常耗費勞力與成本的工作，但卻是預防物種引入所不可或缺的。設置貨物的特別接收區，對於外來種預防工作是很有幫助的（參見案例 5.34：「生態觀光做為入侵種防治計畫的資金來源」）。

貨櫃的使用也提供生物很大的偷渡機會，而且很難給予充份的檢查。一個極端的例子是有一隻浣熊藏在貨櫃中 5 個星期，期間牠從美國被運到歐洲，且仍能走出貨櫃。用來運送原木的貨櫃，常常會帶有許多相關的物種；即使是明顯「乾淨」的貨物，也可能會帶有入侵種，比如最近有蠍子藏在新的空酒瓶中，被從葡萄牙運送到紐西蘭，儘管紀錄顯示，運送這些空酒瓶的貨櫃在出發前有經過蒸燻處理。

白線斑蚊（*Aedes albopictus*）是在 1980 年代中期被從美國意外引入日本。它們藏身在有利於其繁衍的廢輪胎積水中，而隨著廢輪胎被運送過來。這種蚊子會攻擊多種宿主，且會在野生動物與人類之間媒介疾病。疾病與病媒的引入會有互動效應，且在某些情況下，只有在引入適當的病媒後，才會觀察到某種病原體的爆發（參見案例 4.9：「柑橘萎縮病的病媒蚜蟲之擴散」）。

飛機內部與表面的搭便車生物

某些外來種有辦法攀附在飛機的外表面而搭便車，但比較常見的是藏身在飛機內部（參見案例 3.14：「褐樹蛇在太平洋地區的擴散」）。抵境時的檢疫措施很難執行。一般

而言，更可行的作法是在飛機起飛前確保飛機上沒有搭便車生物（參見案例 3.18：「抱歉，托雷斯海峽航班不提供免費搭乘」）。然而，大部份的預防措施投資都投入在進口檢查，而非出口檢查（案例 2.15：「模里西斯與留尼旺島合作預防甘蔗害蟲的擴散」是例外）。

壓艙土

植物以種子的型式藏身船舶壓艙土中，而被引入到歐洲的案例之一是北美的米草（cord grass）（參見案例 5.4：「混種雜交」）。現代船舶使用壓艙水取代乾燥物質（見下一個途徑），因此這個途徑主要是具有歷史意義。

船舶壓艙水

海洋生物入侵的最重要途徑是在船舶的壓載艙中以及船殼外的污損。儘管很難證明某一入侵種是透過某個特別途徑而被引入，但檢查壓艙水即足以說明它是極具重要性的可能途徑。精確來說，從單一船舶的壓艙水樣本中可發現數百種活的物種。據估計，油輪走一趟航程下來，平均可釋放 2.4 億個生物體到周遭水域中。當船隻將含有多種生物的壓艙水排放到類似這些生物原生環境的水體中，無疑地這些物種將會在這個新環境中立足。透過壓艙水而引入的最有名例子是被引入到北美五大湖區的斑馬紋貽貝（參見案例 3.4：「斑馬紋貽貝對生態系的衝擊」）。

再者，壓艙水可能會對人類健康帶來嚴重威脅。船舶帶來的病原體（比如霍亂弧菌）一旦擴散開來，可能會造成某些水媒疾病的發生與流行。壓艙水的處理方法，目前正在研究中。為預防五大湖區發生進一步的生物入侵，目前採取的一個策略是將壓艙水更換措施從原本的自願措施改為強制措施。在海上，壓艙水更換仍是自願採行的措施。另一些正在研究的方法包括：在水箱裝設過濾系統、用紫外光照射、採取飲用水處理的方法、利用引擎的廢熱進行熱處理、把壓艙水排到陸上的汗水處理場。

壓艙水箱的沈積物

壓艙水箱底部的沈積物在日積月累下，可讓生物逐漸適應其環境而存活下來，並隨著船舶往來各地。壓艙水有利於遠洋物種，而沈積物則可供地棲生物居住並繁衍，只要這些生物能夠在隨著壓艙水進入到排放的這段期間內存活下來。在航行途中，壓艙水可能會更換，但沈積物並不會被沖出；因此，必須採取更嚴謹的方法處理壓艙水箱沈積物。除了採取化學處理法與熱處理法以外，壓艙水箱應更頻繁地定期清洗。

船殼污損

自從第一艘船在大海航行以來，船殼污損生物就開始帶來經濟損失。船舶以及置放在港口一段時間然後轉移到新地點的機械，牽涉的生物入侵風險最大。某些船塢遷移案例顯示，當被遷移的船塢在抵達另一個港口時，竟發現有數百種生物住在船塢外殼上。最後面三個提到的海洋生物引入途徑，其重要性的排名正受到激烈爭論，而大部份海洋生物入侵的特定媒介，或多或少都涉及到猜測。然而，船隻移動是海洋生物在不同國家與海域之間移動的最重要途徑，這是毋庸置疑的（參見案例 3.15：「監測澳洲北領地的黑條紋貽貝」）。

海洋廢棄物

長久以來，人們就已經知道海洋廢棄物會對環境造成威脅，因為野生動物會被纏繞住，甚至誤食之。同時，海洋廢棄物也會破壞景觀，影響觀光。此外，在遠洋漂流的塑膠碎片和船殼有同樣的作用，可以運送生物。研究發現，這些在海上一直漂流的合成物質，會成為各種具有結殼和污損能力的表面寄生物群聚的基地，並吸引各種能移動的動植物。因此，在遠洋漂流的塑膠扮演的角色就如同漂浮的海藻、木頭與自由游泳的海洋動物般，提供表面寄生物攀附的基礎。在紐西蘭北部海域進行的一項海洋廢棄物調查，在 60 種之前沒有紀錄的苔蘚蟲類中發現了其中的 28 種。要減少合成物質在海洋環境中的氾濫，需要大眾與相關產業的態度有所改變。

觀光客與他們的行李 / 設備

觀光客數量與移動能力的急遽增加，使他們成為引入外來種到偏遠地方的重要媒介。新型態的戶外活動與運動的發展趨勢，導致旅客與他們的設備更快速地移動到全球最偏遠的角落。大眾對這些涉及生物入侵問題的意識，以及關於觀光行為應遵循規範的大眾教育，應是預防計畫的重點。旅客的行前教育，或許是預防物種引入的最佳方式，因為這可讓他們在出發前清潔他們的設備，並把禁止攜帶物品留下來。在飛機上播放教育影片，也是不錯的作法，可提升民眾對生物入侵問題的認識（參見案例 3.18：「抱歉，托雷斯海峽航班不提供免費搭乘」）。必須制定法律禁止人們（為做為紀念品等）輸出入生物，並加以落實。人們不只是透過沾附土壤的設備而意外輸送生物，有許多觀光客更刻意地把植物或部份植株以及活體動物帶回家，以當作紀念品。

旅行社也應納入參與。保護他們帶遊客觀光的棲地，不使其受到入侵種的破壞，符合他們本身的利益。再者，必須要求旅行社為他們遊客的行為負起責任。

為農業與其他目的而貿易的動物之疾病

布氏桿菌病（brucellosis）或許是透過進口牛隻而引入美國，結果現在造成家畜的重大經濟損失，北美野牛與美洲赤鹿也受到感染。瀕危的非洲獵犬（African hunting dog）族群曾經爆發疾病，且被認為與家犬的犬瘟熱（distemper）有關。要降低動物疾病隨動物進口而輸入的風險，必須制定並落實防疫檢疫措施與檢查。

水產養殖及海產養殖的寄生蟲、病原體與搭便車生物

水產養殖及海產養殖之物種的任何移動，都會有傳輸寄生蟲與疾病的風險（參見案例 3.16：「透過牡蠣養殖而傳輸的病原體等生物」與案例 3.17：「隨牡蠣而引入的日本褐藻」）。

即使是原生動物的貿易，也可能會導致病原體的意外引入，如果這些動物在貿易過程中曾經移動到海外而感染疾病。北美的虹鱒（rainbow trout）在被引入歐洲後，隨即感染了迴旋病（whirling disease），這種流行病是由歐洲原生的寄生蟲所引起；於是這種寄生蟲的宿主範圍從歐洲的棕鱒擴大到了新引入的北美虹鱒。之後，養殖場之間未受管制的虹鱒貿易輸送行為，把這種疾病傳播到世界上的其他地方，包括北美。要減少這種風險，可在

運送的物種抵達前後對其採取防疫與檢疫的檢查措施。

3.2.4 物種引入後的擴散媒介

本節的重點在探討當一物種被引入到一新環境後，促進其擴散的機制與環境條件。除了初始的刻意引入或意外引入之外，許多物種之後會在一國境內或者跨越國境擴散開來。某些物種在「障礙」被移除或者新的途徑被人類活動打開之後，分佈的範圍隨即呈現爆炸性的擴張趨勢，即使該物種的初始引入是發生在很久之前。了解這些自然的障礙，可將這基礎知識應用在引入種的圍堵計畫（見 5.3.2 節）。

物種在引入後擴散到鄰國

當一物種被引入到一個新的環境後，將會擴散到鄰近的國家，如果鄰近國家有適當棲地的話。這個現象引起了責任歸屬的問題。如果相鄰各國能夠批准國際法規，那麼藉由議定的措施，可降低生物入侵的風險。通常也需要制定區域的計畫以排除外來入侵種，或者控管已經立足的入侵種。

促進外來種擴散的人造結構物

連結原本未相連的海洋與淡水水體或陸地的結構物，是外來入侵種甚至是原生種到達新流域的重要途徑。安大略湖與伊利湖之間的韋蘭運河在完成後，讓入侵生物——比如海生八目鰻 (*Petromyzon marinus*)——得以繞過尼加拉瀑布，並隨之擴散到其他湖泊與河系。蘇伊士運河的開通，讓數百種紅海物種開始大量進入營養不足的地中海，而擊敗並取代原生物種。目前研究中的作法包括，沿著運河設立電子障礙，以阻止入侵種的擴散。可阻止入侵種沿著運河擴散的成功措施並不容易執行，但一旦成功，可以在建造新運河時即整合納入。

農業實務的改變以及棲地受到人為改變

大部分的有害物種在變成入侵種前，會經過一段相當長的遲滯時間；在這段時間內，它們維持少量的族群數，直到族群開始爆發或開始入侵。文獻中有探討幾個入侵遲滯的原因，其中之一是人類土地利用的變更或者農業實務的改變等所造成的生態系條件變化，而改變後的生態系條件可能有利於某些物種甚於其他物種，或者會產生連結棲地的新途徑等。於是，這些物種的族群數突然增加，且可能成為入侵種。

3.3 排除方法

目前的生物入侵預防措施，大部份是針對某些在國內或其他地方已知有害的物種。然而，這些物種絕大多數是會對農、林或人類健康等帶來重大經濟危害的物種。預防這些「黑名單」物種，對檢疫及目前採取的其他措施而言，是相當保守的目標。為了納入所有潛在的危險生物，以拯救世界的生物多樣性，而不只是避免經濟損失，最新的作法是採取「白名單」。這種作法常被稱為「除非證明無害，否則視為有害」。有人提議採取「雜色名單」這種介於兩者之間的作法，其因為下述理由而受到偏好。

由於要處理這麼大量的輸入品，以避免有生物意外引入，目前的設施與人員是不足的；而不同的物種或不同類群的潛在入侵種，必須以不同方式處理，因為處理方式通常是依物種而定；因此，處理從特定途徑而來的所有生物的新技術，目前是不存在的，仍需要研發設計。

預測物種入侵性的最可靠方法，是從它在類似條件的其他地方成為入侵種的紀錄中去推論（參見 3.4 節與案例 3.23：「無法可靠預測入侵性」）。在其他地方已知具有入侵性的物種，必須考慮列為高度優先的黑名單物種，比如夏威夷的褐樹蛇。「雜色名單」可分成兩部份，其中一部份是施予嚴格法規與措施的已知有害生物（相當於黑名單），以確保無有害生物進口；另一部份則是描述已獲准引入的物種，也就是被宣告為安全的生物（白名單）。所有未列在雜色名單上的物種，則被視為對生物多樣性、生態系或經濟的潛在威脅。申請刻意引入的利害相關者，必須在引入前進行風險評估程序，以證明物種的安全性（參見 3.4 節）。經過入侵風險評估的物種，則視評估結果列入白名單或黑名單。然而，由於外來種的入侵性可能隨著時間、引入族群的基因組成以及人類行為（比如土地利用）的改變而改變，列在白名單上的物種必須在適當的期間後進行再評估，以免原本對環境友善的物種成為入侵種。

要阻止進一步的生物入侵，有三種重要的措施：

1. **攔截**：第一個步驟有賴於法規以及依法檢查與收費的落實情形。要防止**意外引入**，最好是在貨物出口前或抵境時予以處理。這個作法包括去除污染、檢查或限制被列為高風險商品的特殊貿易。另一種作法是為了對付禁運品的非法進口，也就是**走私**。雖然有制定相關法規，但似乎總是會有某些人想要避開管制。當然，走私品不會受到檢查，走私者不太可能會將他們的貨物消毒殺菌，因此這肯定是個高風險的引入途徑。人力與財務的限制，使得預防走私的工作受限。為了符合預警原則，每個**刻意引入**申請案都應進行風險評估，除非該物種被列在雜色名單上的白名單部份（參見 3.4 節）。

2. **處理**：如果貨物和其包裝材被懷疑受到外來生物的污染，或因其他理由而需要高度保障，那麼就需要採取處理措施，包括施用抗生素（如蒸燻、施用殺蟲劑）、以水浸置、冷或熱處理、壓力或輻射處理。

3. **禁止**：最後，當嚴格的措施也不能預防物種透過高風險途徑而引入，那麼可根據國際法規，採取禁止貿易措施。禁止貿易措施可適用於特別的產品、產地或途徑。根據世界貿易組織的《食品衛生檢驗與動植物防疫檢疫措施協定》（WTO SPS Agreement），會員國有權採取食品衛生檢驗與動植物防疫檢疫的必要措施，以保障人類與動植物的生命或健康，只要這些措施是依據科學原則，且具有充份科學證據。

以下我們將概述預防外來種引入與立足的技術與方法。

檢疫的法規

國際貿易需要建立檢疫制度加以管制。必須制定法律並予以落實。由於人力與財務的

限制，檢疫的法律通常並未充份執行，而不足以成為有效的預防工具。在許多國家，這些檢疫法規針對的主要是農業有害生物，有必要把環境有害生物也納入法律管制對象。關於入侵生物與國際貿易，目前有數個國際法規，包括 WTO 的《食品衛生檢驗與動植物防疫檢疫措施協定》、《國際植物保護公約》（International Plant Protection Convention；IPPC）以及世界動物衛生組織（Office International des Epizooties；OIE）的法規。WTO 的《食品衛生檢驗與動植物防疫檢疫措施協定》規範 WTO 會員國在採取食品衛生檢驗與動植物防疫檢疫措施上的基本權利與義務，這些措施是保護人類與動植物的生命與健康所不可或缺的，包括疾病與有害生物的檢驗、診斷、隔離、控制或滅除。IPPC 為植物防疫檢疫措施制定國際標準，比如《外來生物防治媒介輸入與釋放行為準則》。OIE 則為動物與動物產品的國際貿易制定動物衛生的標準及指引。

入侵生物相關資訊的可及性

海關的管制可以建立有用的資料庫，提供他們在邊境遇到的外來種資訊，比如他們發現什麼物種、這些物種經由什麼路徑過來、包含了哪些途徑。如果這些資料庫可供其他國家參考，那麼全球各地的預防措施將會更有效。然而，列入資料庫的資訊會涉及到責任問題，這可能會限制了這些資料的實用性；比如，某些國家可能不太願意承認其境內發現特定的有害生物，因為害怕隨之而來的貿易限制。另外，許多組織有提供已知具入侵性的物種資料庫，所提供資訊包括這些物種的分佈、途徑、管理方式等等。GISP 已發展出一個和本手冊有關的資料庫，詳見 <http://www.issg.org/database>（參見案例 3.24：「GISP 全球資料庫 / 預警系統」；亦參見方塊 2.1：「關於外來入侵種的一些網路資料庫與文件」）。

大眾教育

大眾教育是預防與管理計畫所不可或缺的一部份。事實上，某些在科學上設計良好的計畫，由於缺乏大眾的支持，而被中斷或阻止。除了這類極端的情況之外，大眾的意識與支持可大為增進保護生物多樣性計畫的成功可能性。旅客通常不清楚預防外來種引入的相關法規以及理由。因此，教育的重點應放在讓大眾了解法規限制的理由、採取管制行動的原因以及所涉及的環境與經濟風險。除了書面資料，如海報與小冊子，在飛機上播放影片與宣告注意事項，也是很可行的作法（參見案例 3.18：「抱歉，托雷斯海峽航班不提供免費搭乘」）；這種作法可讓旅客在抵達目的地時有反應的機會，比如使用榮譽箱請旅客交出禁止攜帶品。

檢查

預防被認為是最具經濟性、可欲性與有效性的入侵種管理策略；而能夠彰顯這個政策的是邊境的檢查與排除計畫。要引入的動植物在抵達入境關卡之前或之時，必須接受檢查確認有無疾病。在進行適當的檢查過後，才可核發動植物衛生檢疫的證明。

要應付日益增加的貿易與旅遊數量，必須要有高度的檢查能力。狗已被證實對偵測某些外來種非常有效（參見案例 3.19：「協助搜索禁止輸入品的獵犬隊」）。X 光與相關設備常被用來檢查旅客的行李，而且近年來在偵測外來入侵種（如水果、種子與小動物）的

性能方面已有大幅改善；然而許多邊境檢查關口並未安裝這種設備。某些用來偵測行李中活體生物的創新方法，比如二氧化碳偵測儀，目前正在研發中。

除了邊境檢查外，也可以透過現場檢查尋找有害物種。動植物的入境後檢查，可用來確認是否有相關的外來種存在。非疫區農產品產地證明，在某些情況下可用來簡化邊境管制過程。

為預防生物入侵的途徑處理技術

蒸燻這個方法常用來滅除感染蔬果與木材等等的昆蟲。在特定的氣壓與溫度下，以氣體（如溴化甲烷，雖然這種物質逐漸被淘汰，且有替代品可取代）持續處理一段時間，處理的壓力、溫度與時間長短依照商品與潛在有害生物的特性而定。常見的穀物處理方式是用二氧化碳。其他的化學處理作業協定則規範流體的使用與浸漬程序。

溫度的處理方式包括冷處理與熱處理。比如將商品冷藏在特定的溫度下一段時日，或將蔬果冷凍至攝氏零度以下，在這樣的溫度下儲藏與輸送。熱處理也一樣，將商品浸在特定溫度的熱水中一段時間。有人提議，應利用船舶引擎產生的高溫廢熱，對壓艙水進行熱處理。

壓艙水用紫外線滅菌，是一個可行且對環境友善的作法。高密集度的紫外線照射，對小型生物尤其有效。紫外線照射也被用來處理商品。

另一個處理壓艙水中生物的方法，是利用船上的過濾系統，這個方法目前還在研究中。在壓艙水箱入口的**過濾**系統似乎只對大型生物有效，除非發展出某種型式的壓濾式系統。這種方法若與紫外線滅菌法結合，將會特別成功，因為這兩種方法的對象分別是大型生物與小型生物。

目前，要求船舶在海上**更換壓艙水**，仍是對國際船運建議的主要處理方案。在大部份國家，壓艙水更換仍是自願措施，但某些國家開始考量將之改為強制措施的可能性。在海上更換壓艙水牽涉到的主要問題在於，船舶在更換過程中會較不穩定，尤其是在公海的環境條件下；另外這種作法缺乏效力：研究證明，對於壓艙水中不同的生物會有不同的效果；雖然某些類群的許多個體會因壓艙水的更換而大幅減少，但是其他類群的生物體則沒有多大影響。

在許多情況下，會採取**結合不同處理技術**的措施。如果某單一方法不能達到令人滿意的效果，而且引入外來生物的風險超過可接受的程度，那麼結合運用不同的方法通常可以取得成功。在某些情況下，要使用單一方法並達到可接受的成效，唯有施加極高的處理劑量，但這會讓商品本身受到損害；然而採取兩種方法，同時或接續施加低於致命的處理劑量，則可達到所需的安全程度。

3.4 風險評估

風險評估是可用來輔助入侵種排除的工具，同時可用來評估已經立足入侵種的潛在影響。風險評估應該與風險溝通及風險管理密切結合。風險評估的結果可用於決策，協助決定是否應該採取行動；而如果應該採取行動，那應該採取什麼行動。風險評估也可協助設定優先順序，以讓時間與金錢得到最佳的利用，尤其當面對的是多重的威脅時。風險評估的過程和結果，可用來增進大眾的支持以及取得排除或滅除所需資金。

風險評估程序常用來評比已知或潛在的入侵種。其目標是預測一物種是否可能入侵，以及相對的風險程度。也可分析整個引入途徑的風險，而這會考量到該途徑所涉及到的許多可能物種與媒介，因此可能是個更有效的程序。由於財務與其他資源通常有限，故必須根據國家最嚴重與迫切的入侵威脅，設定潛在途徑的優先順序，並據此採取管理措施（參見 2.5.1 節）。

也可以分析已經立足的個別物種。在這種情況下，生態模擬與經濟分析可能是此評估分析的特別重要部份。最後，風險評估可用來確認可以引入的物種。但如此做的危險在於會有誤判的問題：某些被認定為可引入的物種，後來卻變成入侵種。

風險評估程序通常以鑑定候選物種與途徑開始。透過科學文獻與其他文獻的回顧、專家意見與定量及（或）定性的分析，評估物種成功引入的機會。在風險評估中常常被考量的因子包括已知入侵性、進入的可能性、立足的可能性、擴散的速率以及經濟與環境可能受到的影響。結果通常以相對風險的某種排比來呈現，排比方式可能是「高」、「中」、「低」等簡單的定性排比，也可能是定量的評分。生態與經濟模型也可用來評估擴散的速率與程度以及一有害生物或一群有害生物立足的潛在生物與經濟後果。

評估潛在入侵種進入、立足與擴散的風險，仍是一門發展中的學問。只有少數國家已經實施評估制度，他們的制度成功與否，現在要下定論還太早（參見案例 3.20：「澳洲有害植物風險評估系統」）。然而，在發展風險評估制度時，應考量的某些特質可包括下面幾點：

- ▶ 找出和成功引入、立足與擴散等高度相關的特質，並加以利用（相反地，忽略或減少使用不重要的特質）；
- ▶ 盡可能使用少量的特質，同時保持評估的準確度；
- ▶ 盡可能使用可以快速、容易、便宜決定的特質；
- ▶ 盡可能使用可以明確衡量的特質；
- ▶ 如果適當的話，使用開放式與非線性的機率；
- ▶ 容許不同因子間的交互作用（即某件事情發生的機率若有所變化，可能會增加或減少其他事情發生的機率）；
- ▶ 假設任何給定物種最終將會分佈到它可及的範圍，除非受到某種重大物理障礙的阻止；

- ▶ 可在合理的成本下完成評估；
- ▶ 具備有效的科學與邏輯基礎；
- ▶ 有效區別風險的程度；
- ▶ 提供經濟衝擊的實際估計值（或估計值範圍）；
- ▶ 對於已經引入的物種，估計滅除或控制的可行性與成本；
- ▶ 可以測試其有效性（以不同於用來設計該評估系統的生物族群來進行測試）；
- ▶ 有記錄，並產出書面的評估結果；
- ▶ 透明，並開放大眾檢視與批評。

只有一種因子與入侵性有高度相關：也就是物種在其他地方是否具有入侵性。氣候與棲地的匹配，也有助於預測入侵性，但許多物種一旦離開它們的原生範圍，就會擴張到其他的棲地形態。物種本身在其原生範圍的特徵，是較不準確的預測因子（參見案例 3.23：「無法可靠預測入侵性」）；這包括繁殖與散佈機制，對環境因子的容忍度（如陰影或鹽度，生活型態或習慣（如爬藤植物或水生物種）），還有調適機制（如植物的固氮能力）。不過，一旦該物種立足下來，這些特徵就變得更重要，因為此時必須預測該物種擴散的速率與程度。在評估物種引入的可能性時，其他要考量的因子包括：該物種可能採取的途徑、可能有助於該物種移轉的媒介、一般的預防措施以及可用來防治該物種的特殊措施。

「風險溝通」是傳達風險評估的結果，讓這些結果被清楚地了解，使決策者能夠制定合理的決策。風險評估的結果不僅要傳達給決策者，也要傳達給大眾，以讓大眾支持決策與衍生的行動。風險溝通的過程必須公開、誠實，且應於適當時機徵求大眾的意見與參與。大眾的了解、接受與支持，通常是有效防治有害物種的行動所不可或缺的。潛在風險物種的刻意引入，只有在取得大眾的知情同意下，才可以進行。

「風險管理」處理的是如何面對被認定的風險。要管理被認定的風險，應先透過決策過程，根據風險評估程序和其他分析的結果，考量可得的因應方案；其目標是發展出策略和行動計畫。通常面對的風險不只一個，可用來處理這些風險的資源卻有限。對於已經立足的有害生物，有數個管理方案可以選擇，這些方案包括：什麼也不做、排除、滅除與控制等措施（亦參見第五章）。控制方案包括物理、生物與化學的防治，每個方案都有優缺點。可利用各種技巧（比如或然率理論）來支持決策過程。

在評估與管理過程中，可利用經濟與生態的模型來估計一特定有害生物或一群有害生物立足的可能後果。經濟衝擊的評估，雖然經常需要做一些假設，卻是很值得去做的。大眾、決策者與立法者對於只以生態辭彙呈現的衝擊，可能不了解其意涵為何，卻了解以貨幣呈現的衝擊、成本與效益。自然資源價值的經濟分析，通常被迴避不做，因為它比分析具有市場價值的事物（比如農作物）還難。然而，目前已有一些技巧存在，可讓人們做一些假設，然後對資源的價值達成一致的看法。這並不表示在決策過程中經濟因子一定居主導地位。其他的因子，大多是無形的，無法進行經濟分析的，也必須予以考量。這包括某些有害生物的累積衝擊、引入物種決策的不可回復性、美學與精神上的價值、對於受威脅

或瀕危物種的衝擊等諸如此類的事項。另外，也需要非常長期的觀點：由於某些入侵種的擴散很緩慢，因此如果在經濟分析時使用了高貼現率，可能會導致錯誤的結果。儘管如此，採用最佳可得資訊與假設的經濟分析，是輔助決策的強大工具：不論是在決定是否排除某物種時，在決定是否採取行動對抗某種生物入侵時，在設定行動優先順序以面對多重風險時，或是在取得必要資金時，經濟分析都大有助益。

風險管理可以基於特定的物種，也可以基於更大的尺度。當一新入侵種立足後，必須針對該物種的擴散及生態與經濟影響進行快速風險評估，以確定是否必須採取控制或滅除措施。同樣地，針對特定物種的評估也可以運用於申請引入的物種。另一方面，評估一系列已知與潛在的入侵威脅以及這些物種的引入途徑，並發展出整體的管理策略，通常是相當值得做的。這有助於有效分配資源，以處理各種已知與未知的威脅。

由於風險評估是一個有原則規範方法的過程，因此可減少主觀的判斷（雖然仍必須做一些假設，且有時是影響很大的假設）。它可減少偏見，尤其是對於某些具有魅力的物種（參見案例 3.21：「紐西蘭對於彩虹吸蜜鸚鵡的兩種觀點」）；它可平衡樂觀與悲觀的作法，減少直覺判斷（其通常過於高估或低估風險）。由於正規的風險評估採用了各種可得的知識，尤其是科學資訊，因此其結果更經得起決策者、大眾或者法院（如果必要時）的考驗。然而，風險評估仍須採取開放的過程，接受同儕與大眾的檢驗。

另一方面，運用風險評估過程，可能需要投入相當多的勞力、時間與金錢。例如，一件針對從俄國進口未加工處理木料到美國的風險評估案，據估計要花費 50 萬美元（參見案例 3.22：「西伯利亞的木材進口：潛在高風險途徑的分析」）。然而，除了考慮成本以外，必須衡量因此排除入侵種的潛在利益。在從俄國進口木材到美國的這個案例中，其風險評估作業有進行經濟分析；該分析估計指出，即使只是引入食葉昆蟲，可能就會造成高達 580 億美元的衝擊（US Department of Agriculture, 1991）。

潛在入侵種的數量相當龐大（參見案例 3.23：「無法可靠預測入侵性」），即使只是評估其中的一小部份，就必須投入極大的努力。即使風險評估應該是個有原則規範方法的過程，參與的專家也是有他們的偏見。若缺乏許多物種的相關知識，可能需要做許多假設，而導致結果缺乏可靠性。人們對於名氣不高的物種可能所知有限；而預測一物種在其原生範圍以外的行為，所涉及的不確定性更大。科學家持續發現完全陌生的新物種；而人們對於許多特質（除了物種先前在其他地方的入侵性證據）和入侵性的關聯為何仍然不甚清楚。以上種種因素可能導致錯誤的評估結論，把非入侵種視為潛在入侵種（誤以為是），或者更糟糕的是，把入侵種視為非入侵種（誤以為非）。因此，評估過程以及其所產出的評估數字，可能會導致人們過於相信風險評估。

事實上，風險評估只是工具之一，不能完全依賴，不能用來完全確認物種的入侵性。另一方面，風險評估提供一個符合邏輯的過程，來蒐集、分析、彙整、比較與傳達資訊，因此可以改善決策的品質。關於風險評估的更進一步資訊，可參考方塊 3.1 所列的資料來源。

方塊 3.1 有害生物風險評估的一些資訊來源

文獻

International Plant Protection Convention (1996) Guidelines for Pest Risk Analysis. International Standards For Phytosanitary Measures, 2. Secretariat of the International Plant Protection Convention, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 21 pp. Also available at <http://www.fao.org/ag/agp/agpp/pq/default.htm> under International Standards for Phytosanitary Measures.

Simberloff, D.; Alexander, M. (1998) Assessing risks from biological introductions (excluding GMOs) for ecological systems. Pp. 147-176 in Calow, P. (ed.) Handbook of environmental risk assessment and management. Blackwell, Oxford, UK.

Smith, C.S.; Lonsdale, M.W.; Fortune, J. (1998). Predicting weediness in a quarantine context. Proceedings of the 6th EWRS Mediterranean Symposium, (eds. J. Maillet & M.-L. Navas), pp. 33- 40. European Weed Research Society, Montpellier.

Tucker, K. C.; and Richardson, D. M. (1995) An expert system for screening potentially invasive alien plants in South African fynbos. Journal of Environmental Management **44**, 309-338.

U.S. Department of Agriculture, Forest Service (1991) Pest risk assessment of the importation of larch from Siberia and the Soviet Far East. USDA Miscellaneous Publication No. **1495**.

CAB International / European and Mediterranean Plant Protection Organization (1997) Quarantine pests for Europe. Second Edition. CAB International, Wallingford, Oxon, UK, 1425 pp.

European and Mediterranean Plant Protection Organisation (1993) Guidelines on pest risk analysis. No. 1. Checklist of information required for pest risk analysis (PRA). Bulletin OEPP/EPPO Bulletin 23, 191-198.

網站

<http://aphisweb.aphis.usda.gov/ppq/weeds/weedsrisk99.html>. USDA APHIS Plant Protection and Quarantine: Weed-Initiated Pest Risk Assessment: Guidelines & Template for Qualitative Assessments.

<http://www.aphis.usda.gov/ppq/ss/cobra/>. USDA-APHIS Plant Protection and Quarantine's Commodity and Biological Risk Assessment (CoBRA) homepage.

<http://www.aqis.gov.au/docs/anpolicy/risk.pdf>. Handbook of "The AQIS Import Risk Analysis Process" prepared by the Australian Quarantine and Inspection Service; and <http://www.aqis.gov.au/docs/plpolicy/wrmanu.htm> the AQIS Weed Risk Assessment (WRA) system.

<http://www.fao.org/ag/agp/agpp/pq/default.htm>. The International Plant Protection Convention – includes the International Standards For Phytosanitary Measures.

http://www.oie.int/eng/en_index.htm Office International des Epizooties – the world organisation for animal health.

<http://www.maf.govt.nz/MAFnet/index.htm>. Risk analysis prepared by Ministry of Agriculture and Forestry (MAF), New Zealand.

案例 3.1 消滅島嶼特有種蝸牛的玫瑰狼蝸

玫瑰狼蝸 (*Euglandina rosea*) 是一種會吃其他蝸牛的掠食者，而廣泛被用來做為生物防治媒介，以試圖控制各種有害蝸牛。玫瑰狼蝸原生於拉丁美洲與美國東南部，於 1955 年首次引入夏威夷，以控制外來的農業有害生物：非洲大蝸牛 (*Achatina fulica*)；且自此即被引入到超過 20 個海洋群島，以試圖控制這種與其他種類的有害蝸牛。在引入玫瑰狼蝸以防治某些標的有害蝸牛各個案例中，是有一些成功的案例報導，比如 1958-1960 年於百慕達釋放的玫瑰狼蝸，據稱對於美洲陸蝸牛 (*Otala lactea*) 這種外來有害蝸牛的控制即有良好的成效。有人建議指出，玫瑰狼蝸對於防治小個體的非洲大蝸牛相當有效，但並沒有定量的評估，也沒有證據指出玫瑰狼蝸在其他地方有成功控制非洲大蝸牛的紀錄。但日漸清楚的事實是，原生蝸牛的族群因為玫瑰狼蝸是個有效的蝸牛掠食者，而岌岌可危。

在模里西斯，106 種地方特有蝸牛中，有 24 種已經絕種；而在法屬玻里尼西亞的茉莉亞島 (Moorea)，玫瑰狼蝸是造成七種地方特有的帕圖尼那 (*Partulina*) 屬蝸牛滅絕的重要因素。在已經引入玫瑰狼蝸的所有群島中，也有類似的危害報導。

由於夏威夷的地理隔絕，且地貌的高度切割，而演化出將近 800 種非海洋蝸牛，是演化歧異度的教科書範例。由於夏威夷本土的陸蝸與淡水蝸牛是在少數掠食者的環境下演化出來的，因此生理上與行為上缺乏對抗外來玫瑰狼蝸的能力。在夏威夷的歐胡島，過去四十年來有 15 到 20 種地方特有的小瑪瑙螺屬 (*Achatinella*) 蝸牛消失，其中大部份要歸咎於玫瑰狼蝸。這使得整個小瑪瑙螺屬的蝸牛被列入美國的瀕危物種名單。同樣地，在莫洛凱島、茂宜島、歐胡島、拉奈島、夏威夷大島上發現的帕圖尼那屬蝸牛，也約有 50% 也受到摧殘；帕圖尼那屬蝸牛是和小瑪瑙螺屬有密切關連的一種蝸牛。

在玫瑰狼蝸、大鼠與蝸牛殼採集人的蹂躪下，加上森林棲地因為伐木、農耕、都市化、野生動物干擾而大幅損失，已造成 50% 到 75% 的夏威夷島陸蝸的消失。在這個決定原生蝸牛命運的過程中，玫瑰狼蝸是個重要因子。為了保護剩下的原生蝸牛族群，保育人士正努力預防玫瑰狼蝸進一步擴散到未受侵擾的地區。他們也發展出一種毒餌，利用另一種有害蝸牛：瓶螺屬 (*Pomacea*) 蝸牛的屍體來做毒餌誘引玫瑰狼蝸。和這些活動相輔相成的努力還包括：保護未受干擾的原始林，以庇護原生蝸牛；人工飼養瀕危蝸牛，以建立其族群。

這個案例清楚說明，當沒有進行關鍵的風險評估就採取的生物防治措施，可能會導致什麼後果。玫瑰狼蝸會吃的蝸牛種類相當廣泛，這在之前即已眾所周知，因此任何有關該物種引入的風險評估，應去找出會因此受害的原生與地方特有的蝸牛種類。這個案例是否會讓一個面對非洲大蝸牛大幅入侵的國家不再想要引入玫瑰狼蝸，倒是另一回事：在 1990 年代，儘管玫瑰狼蝸惡名昭彰，這種掠食者的新引入案仍受到考量。

本文參考許多資料來源，包括：Stein, Bruce A. 與 Stephanie R. Flack 等人編 (1996)，《美國惡夢：美國的外來種入侵》(America's Least Wanted: Alien Species Invasions of U.S. Ecosystems)，大自然保護協會 (The Nature Conservancy) 出版，該協會位於維吉尼亞州阿靈頓，網站：<http://www.tnc.org/>。

案例 3.2 非洲殺人蜂如何進入美洲

非洲殺人蜂已經散佈到美洲的大部份地區，部份原因是牠們比其他蜜蜂更頻繁地遷徙。然而，牠們最大的遷徙——從非洲跨越大西洋到巴西——是在人類的協助下完成的。

在二十世紀時，歐洲蜜蜂已經輸入到南美洲，但這些來自寒冷乾燥氣候地區的蜜蜂，從未良好適應巴西的溼熱環境。養蜂人開始研究他們如何可以飼養更能適應當地環境的蜜蜂。某些人認為答案在非洲的熱帶地區。有報告指出，南非的養蜂人從當地原生的蜜蜂取得了相當不錯的產量。非洲人已經從這種野蜂獲取蜂蜜有幾世紀之久，而且他們不是不知道這種蜜蜂很兇猛，但已發展出避免被攻擊的方法。

1956年，巴西農業部詢問一位知名的巴西遺傳學者華威克·柯爾（Warwick Kerr），看他能否取得一些非洲蜜蜂的蜂后，把牠們帶回來做養殖實驗。華威克·柯爾是巴西本土無螫蜂的專家，嫻熟蜜蜂繁殖與飼養，他認為他可以利用非洲品種來產生新品種的蜜蜂，這種蜜蜂的防禦性可能會較非洲野蜂低，但可能會較在巴西熱帶環境下的歐洲蜜蜂更有生產力。於是他從南非帶回 63 隻活蜂后，把牠們帶到巴西某個農業改良場的隔離區。他透過人工授精的方式，讓這些蜂后和歐洲雄蜂雜交，而產出第一代的混種蜂。在這個階段，29 群非洲殺人蜂被養在裝有隔王板的蜂箱（隔王板裝在蜂箱入口處，有洞，小到可以讓蜂后逃離，但足以讓工蜂通過，以保持蜂箱的正常活動，並避免蜜蜂成群移動的危險）。

然而，在 1957 年 10 月，根據華威克·柯爾已經講過無數次的故事，一個當地養蜂人在附近閒逛，注意到隔王板並把它們移開。這種隔王板一般只有在蜂后開始產卵前才使用，而且有可能這個養蜂人只是試著想幫點忙。無論如何，隔王板的移開意外地釋出了 26 隻非洲殺人蜂的蜂后，牠們帶著一小群蜜蜂進入了附近的茂密森林。等到柯爾知道了這個意外，也沒有辦法想出這些蜜蜂到哪裡去了。他持續研究剩下的非洲殺人蜂和混種蜂后，心中猜想或許這些逃掉的蜜蜂不是在野外陣亡，就是和歐洲蜜蜂交配而最終失去了牠們的非洲蜜蜂特質。

然而，幾年內，在里奧克拉魯的學者開始從附近的農村地區得到報告，有一些野蜂非常兇猛地攻擊農場動物甚至人類。不僅許多可憐的巴西農民損失了家畜，還有人們因此死亡。到了 1960 年代初，很明顯地這些野蜂群已經快速地擴散開來，非洲殺人蜂很快速地擴散到巴西的其他地方。之後就是歷史了。

編自：亞利桑納大學非洲殺人蜂教育計畫，資料表 15：「非洲殺人蜂：歷史觀點」（Africanised Honey Bees: Historical Perspective），參見網站：<http://ag.arizona.edu/pubs/insects/ahb/inf15.html>。

案例 3.3 預警原則

預警原則或作法，出現在許多國際條約與宣言中，其內涵基本上是相當簡單與直接。如果一活動對環境或人類健康帶來威脅，即使某些因果關係在科學上仍未確定，仍須採取預警措施。如俗語所說：「一分預防勝過十分治療」（an ounce of prevention is worth a pound of cure）。

預警原則正快速成為國際環境法的基本原則，雖然此原則有各種不同的解釋，在國際條約與宣言中有超過 12 種不同的定義。在 1980 年代與 1990 年代晚期，此原則很快地得到許多多邊條約與國際宣言的採納，包括 1992 年的《生物多樣性公約》。

此原則牽涉到相當大的爭論，這反映在各界對它的用詞不一。某些人偏好使用「預警作法」（recautionary approach）而非「預警原則」（precautionary principle），以迴避「預警原則」這個要求絕對環境保護的較極端版本。某些作者把以生態為中心的立場視為「較強的版本」，而把較功利的解釋視為「較弱的版本」。

雖然採取預警原則的各種環境控制措施的嚴謹度與閾值標準可能會有不一，但仍可刻劃出其核心概念。倫敦國王學院（King's College）的「國際環境法律與發展基金會」（Foundation for International Environmental Law and Development）的董事詹姆斯·卡麥隆（James Cameron），描述該核心概念如下：

預警原則要求，當管制上的不作為所造成的環境風險在某種程度上具有（a）不確定性，但卻（b）不可忽視，那麼管制上的不作為就不具有正當性。

預警原則的一些核心要素或關鍵方向也已被認定出來，包括：

- ▶ 積極主動，願意在正式科學證據確定前採取行動；
- ▶ 行動具成本效益，也就是有考量到成本的比例；
- ▶ 提供生態的邊際誤差；
- ▶ 非人類實體的固有價值；
- ▶ 把舉證責任轉移到提議改變的人；
- ▶ 關心未來世代；以及
- ▶ 透過嚴格 / 確實的賠償義務制度，為生態負債付費。

編自：大衛·萬德瓦（David VanderZwaag）博士為加拿大環境部（Environment Canada）所撰寫的一篇論文，該論文為《加拿大環境保護法》（Canadian Environmental Protection Act）檢討報告的一部份，參見網站：http://www.ec.gc.ca/cepa/ip18/e18_01.html#J13。萬德瓦博士為達豪斯法學院（Dalhousie Law School）「海洋與環境法學程」（Marine and Environmental Law Program）主任。

案例 3.4 斑馬紋貽貝對生態系的衝擊

斑馬紋貽貝 (*Dreissena polymorpha*) 是北美洲近來的一種入侵生物，正入侵至整個五大湖區和密西西比河流域的水生系統，可能導致原生淡水貽貝的大滅絕。這個軟體動物正造成大規模的生態系改變，加速原生淡水貽貝（美國最受威脅的動物類群）的族群衰減。牠所帶來的經濟衝擊也很龐大：美國魚類暨野生動物局（U.S. Fish and Wildlife Service）預測，斑馬紋貽貝至 2002 年時將造成 50 億美元的損失。

斑馬紋貽貝原生於裡海與黑海，這種有條紋外殼的動物是於 1988 年在北美被發現。海洋生物學家認為，牠是透過跨越大西洋的船舶之壓艙水而來：含有斑馬紋貽貝幼體的壓艙水，被排放到位在休倫湖和伊利湖之間的聖克萊爾湖。自此，繁殖力強的斑馬紋貽貝快速地擴散出去，從五大湖區到密西西比河流域，遍及美國東部與加拿大的湖泊與水路。目前仍然沒有掠食者或寄生蟲可抑制斑馬紋貽貝的族群；而人造運河與休閒船運則促進了這種入侵種的擴散。

由於斑馬紋貽貝會黏在任何水下的硬表面，因此會對經濟與生態帶來危害。牠們會奪去浮游動物賴以維生的浮游植物當食物，因而干擾了自然的食物網絡。牠們也會依附在淡水貽貝的殼上，有時數量超過一萬隻的斑馬紋貽貝會依附在一隻原生貽貝上，因此干擾了原生貽貝的進食、生長、移動、呼吸與繁殖。原生的貽貝族群通常會在斑馬紋貽貝定居 4 年內崩解。

學者預測，斑馬紋貽貝的入侵密西西比河流域，將會在十年內減少該流域 50% 的原生貽貝種類。由於原生貽貝在營養循環和沈積物混合上扮演著重要角色，這可能會嚴重影響密西西比河流域的生態。密西西比河流域所含有的地方特有淡水貽貝，種類比世上其他任何流域都多。因此，該流域原生貽貝數量的損失，規模若達到已經在五大湖區所見的情況，可能會導致將近 140 種貽貝的滅絕。

自從斑馬紋貽貝入侵以來，有許多機構，包括五大湖區海援網絡（Great Lakes Sea Grant Network）和美國地質調查局（US Geological Survey），已發展出大眾教育和貽貝監測計畫。這些夥伴機構建議民眾應注意一些事項，以預防斑馬紋貽貝引入到新的地方：在把船或拖船移動新的湖泊或河流之前，應先將附著的植物移除，並清洗船身；以自來水沖洗引擎冷卻系統、船底、活水艙；把未使用的魚餌與裝餌的桶子裡的水留下來；檢查船殼看看有沒有斑馬紋貽貝。

編自：Stein, Bruce A. 與 Stephanie R. Flack 等人編（1996），《美國惡夢：美國的外來種入侵》（America's Least Wanted: Alien Species Invasions of U.S. Ecosystems）；位於維吉尼亞州阿靈頓的大自然保護協會（The Nature Conservancy），網站：<http://www.tnc.org/>。

案例 3.5 光肩星天牛，北美森林的威脅

光肩星天牛 (*Anoplophora glabripennis*) 已在美國出現，牠大概是隨著實木包裝材從中國來到美國，且曾在港口被攔截到，並在美國各地的倉庫裡現蹤。已有發現光肩星天牛攻擊樹木的案例，而這些被入侵的地方也展開了防治行動。

光肩星天牛約 1.25 英吋長，烏黑色，背部有不規則的白斑；觸角 2 英吋長，黑色帶有白環。雌天牛會在樹皮上啃出卵形、暗黑的凹口，然後把牠們的卵下在裏面。在卵孵化後，幼蟲於是鑽進樹裡，以木為食。幼蟲可能整個冬天都吃樹心的木材。隨著幼蟲的鑽啃，樹幹和樹枝被鑽出一環一環的隧道。幼蟲成熟後，在晚春或夏天時從樹裡鑽出，在出來的地方留下 3/8 英吋大的孔洞。成蟲則吃樹皮與樹葉。反覆的攻擊會導致樹冠枯萎，最後會導致整棵樹死亡。

這種昆蟲在中國是個重大害蟲，少有天敵。在北美，目前尚未有發現天敵的記錄。如果這種昆蟲在北美的環境中立足，可能會摧毀數百萬英畝的珍貴硬木。在美國，這種甲蟲偏好楓屬樹種 (*Acer spp.*)，包括葉楓、挪威楓、紅楓、銀楓、糖楓與西卡蒙楓。楓樹不僅是美國東北部的的主要樹種，也是生產楓糖的原料，產值高達 4000 萬美元。光肩星天牛也攻擊許多不同的硬木樹種，包括七葉樹 (馬栗)、桑樹、洋槐、榆樹、樺樹、柳樹、楊樹與綠梣。

目前，要除去光肩星天牛的唯一有效方式是移除受侵擾的樹木，把它們連同裏面的卵和幼蟲一起切碎或燒掉。早期偵測侵擾現象與快速處理反應，是成功滅除光肩星天牛的重要措施。為了預防這種甲蟲進一步的擴散，已建立隔離措施，以避免運送來自這個地區的受侵擾樹木和樹枝。

1996 年，聯邦政府和相關的州政府投入超過 400 萬美元，防治紐約市和紐約州阿米提維爾 (Amityville) 鄰近地區的光肩星天牛。據信這個計畫並沒有滅除這種甲蟲。

彙整自美國農業部林務局的有害生物警示網 (Pest Alert)：<http://willow.ncfes.umn.edu/albpestalert/>；美國農業部動植物檢疫局 (APHIS) 網站：<http://www.aphis.usda.gov/oa/pubs/fsalb.html>；伊利諾州農業部網站：<http://www.agr.state.il.us/beetle.html>。

案例 3.6 南美葉枯病對馬來西亞橡膠樹的威脅

橡膠樹 (*Hevea brasiliensis*) 是一種原產自南美的植物，廣泛生長於東南亞，尤其是馬來西亞，以生產天然橡膠。由於是引入的作物，橡膠樹的病蟲害相當少，特別是沒有重大病蟲害隨著橡膠樹從它在亞馬遜河流域的原產地過來。

在南美，橡膠樹最嚴重的疾病是南美葉枯病 (*Dothidella ulei*)，且這種疾病很厲害，因此橡膠樹的種植在南美要商業化，實務上是不可行的。馬來西亞是東南亞主要的橡膠樹生產者，該國有一個重大計畫，目的是為了預防這種疾病的進入，因為哈佛植物博物館 (Harvard Botanical Museum) 的榮譽館長舒爾茲 (R.E. Schultes) 曾指出，這種疾病一旦進來，在5年內就會遍及亞洲的橡膠林，減少產量、殺死樹木，並危及整個產業。1997年，馬來西亞的橡膠樹種植面積為 156.4 萬公頃，大多由小農種植。1999年，馬來西亞的橡膠產量總共為 90 萬噸，出口值達 31.15 億馬幣，佔馬來西亞出口總值的 2%。

第一道也是最主要的區域防線是預防。馬來西亞、泰國與其他天然橡膠生產國，已經加強了他們的檢疫法規，以預防葉枯病意外引入這些國家。除了研究目的外，禁止從美洲熱帶地區直接進口橡膠樹的種植材料。馬國利用機場的海報來警告旅客，同時讓相關的國家與產業研究機構與大學提高警覺。來自南美洲熱帶國家的旅客，被要求在途中的其他國家短暫停留至少兩天，而搭直航班機到馬來西亞的旅客，則被要求填寫植物檢疫聲明卡，且在抵達時，他們以及他們的行李必須經過檢疫處理，比如淋浴與更換衣物，行李須經紫外線照射。

相對而言，預警系統的投資相當有限。馬來西亞橡膠研究所 (Rubber Research Institute of Malaysia) 和農業部的人員，每兩到三年進行橡膠疾病的定期調查，以找出受到本土疾病感染的中心，而能夠為不同的地區建議適當的品系。然而，在進行調查時，也注意其他疾病的症狀，尤其是南美葉枯病。

馬來西亞已制定緊急應變計畫，以防葉枯病的出現；但是一旦到了這個階段，對於東南亞橡膠產業可能已經太晚了。

作者：Soetikno Sastroutomo，國際農業生物科學中心的東南亞區域中心 (CAB International South-East Asia Regional Centre)，馬來西亞農業研究與發展研究所 (Malaysian Agricultural Research & Development Institute)。地址：P.O. Box 210, 43409 UPM Serdang, Malaysia；電子信箱：searc@cabi.org。

案例 3.7 關於引入途徑的軼聞

關於入侵種、它們進入的方式和衝擊，許多觀察與推測都是以軼聞的形式記錄下來。

比方說，在火地島出生並成長於教會家庭的盧卡斯·布利斯基（Lucas Bridges），寫下了十九世紀末、二十世紀初在火地島（分屬阿根廷與智利）的教會工作。他描述英國的慈善人士會定期託運送來大批的衣物，以分給當地的雅甘（Yahgan）族人，而這些衣物「一般都有點陳舊」。他繼續加了個註腳：「有意思的是，有一種纖細的草皮植物出現並快速擴散到雅甘聚落周遭，而這種草並非這個國家的本土種。父親強烈認為，這種草的種子是黏附在用過網球鞋的鞋底，而被帶進來的。」

在同一部作品中，盧卡斯描述他的父親如何從福克蘭群島帶回一些兔子，並讓這些兔子在這個地區的小島上繁衍，以提供「當地人和任何遭遇船難而漂流到那裡的船員可口的食物。」他們不讓這些兔子逃到主島（火地島）或任何較大的島嶼，以免牠們成為農民的有害生物。在這些小島上，有著良好的沙土和灌木，於是兔子存活下來了。

現在歐洲兔（以及北美海狸與北極馴鹿）已經在火地島上良好立足，且被認為已對當地植物相造成破壞。<http://www.gorp.com/gorp/location/latamer/argentin/tierra.htm>

資料來源：Lucas Bridges（1948），《地球的盡頭》（Uttermost Part of the Earth），於1987年由倫敦 Century Hutchinson 出版社重印。亦參見：<http://www.gorp.com/gorp/location/latamer/argentin/tierra.htm>。

案例 3.8 生物防治媒介仙人掌螟蛾在加勒比海地區的擴散

1920 年代，為了防治團扇仙人掌 (*Opuntia cactus*) 而從阿根廷引入仙人掌螟蛾 (*Cactoblastis cactorum*) 到澳洲，是一個非常成功的有害植物生物防治旗艦計畫，且自此又引入到南非與其他國家。1957 年，仙人掌螟蛾被引入到加勒比海的尼維斯島防治團扇仙人掌屬這種外來有害植物，結果成效被認為相當良好。隨後，這種蛾類擴散到兩英里外的聖基茨島，並被引入到開曼群島、安提瓜島和蒙瑟拉特島。

最近幾年，仙人掌螟蛾在加勒比海地區的散佈更為廣泛，且在 1989 年到達佛羅里達州，在 2000 年被通報出現於墨西哥的尤卡坦半島。仙人掌螟蛾被引入到這塊大陸的機制並不清楚，但被認為是從加勒比海地區而來。以佛羅里達為例，仙人掌螟蛾可能是藉由人類活動，從多明尼加共和國隨著受到感染的團扇仙人掌類而被攜帶進來。

在佛羅里達，這種蛾類會攻擊本土的團扇仙人掌類，而帶來隱憂。尤其是，地方特有的多刺團扇仙人掌 (*O. spinosissima*)，之前即因為棲地受到破壞而瀕臨絕種，現在可能會因為這種蛾類而於野外滅絕。在墨西哥，這種蛾類對原生的團扇仙人掌類的威脅，仍未受到評估；然而團扇仙人掌是當地的重要作物，可用來做為他們的水果與襯墊。

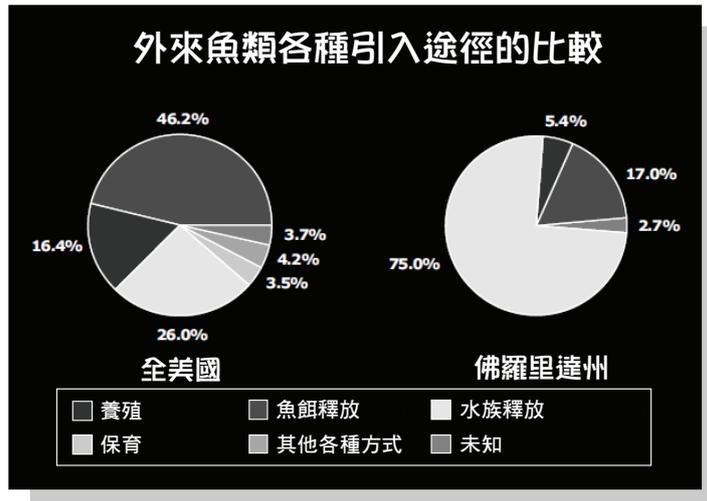
在這種情形下，並無法直接了當去區分這是誰的責任。有些人可能會歸咎於當初為生物防治而引入尼維斯島；有些人則會歸咎於檢疫制度的失效，而讓仙人掌螟蛾得以擴散到牠現在被視為有害生物的地區。

值得注意的是，並不是當初沒有預測到仙人掌螟蛾對非目標生物的衝擊，而導致現在的狀況；因為人們早已知道牠會攻擊一系列的團扇仙人掌屬植物。事實上，是決策過程以及檢疫制度的有效性，必須受到質疑。尼維斯島可能已經快忘掉 40 年前團扇仙人掌屬植物的生物防治案例，如果提醒他們，他們可能會覺得當初下了正確的決定。問題是，美國、墨西哥與加勒比海地區的島國，對於即將被釋放的生物防治媒介，並沒有諮詢彼此的意見。從這案例可看出，生物防治是不可回復的，而且社會的價值與關心事項會隨著時間而改變，因此昨天的正確決定，今天看來可能充滿問題。對於政府做的任何不可回復的決定，這當然是如此。

作者：Matthew Cock，CABI 瑞士生物科學中心 (CABI Bioscience Switzerland Centre)。地址：1 Rue des Grillons, CH-2800 Delemont, Switzerland。網址：www.cabi.org/bioscience/switz.htm。

案例 3.9 美國經驗：水族愛好者釋放外來魚類

在寵物店裡販賣的大部份魚類是外來種，主要是由中美洲、南美洲、非洲與東南亞等地進口到美國。每年，有超過 2,000 種魚類，數量將近 1.5 億隻外來淡水魚和海水魚，因水族貿易而進口到美國。不幸的是，每年都有一些外來魚被釋放到野外。水族愛好者在搬家時，可能無法帶走他們養的魚；或者他們對於照顧水族缸失去了興趣。也有可能是魚兒長得太大，水族缸容不下，或者牠們看來健康有問題，而被釋放到野外。



目前，在美國的開放水域捕獲的外來魚種至少有 185 種，且已知其中 75 種已建立具備繁衍能力的族群。這些外來魚種有超過一半是來自釋放或逃脫的水族魚類。由於這些魚類有許多是原生於熱帶地區，其溫度需求通常使得牠們無法存活於溫帶地區。也因此在美國，大部分的引入魚種都是在佛羅里達州、德州與美國西南部等地立足。這些魚種包括一些麗魚科的魚，如眼斑星麗魚、珍珠豹、珠寶魚、九間波羅、橘色雙冠麗魚與斑點慈鯛；花鱗科（livebearers）的魚，比如劍尾魚、滿魚、茉莉魚、盔甲鯰魚等。原生於中國的金魚，是少數已在美國各地立足的溫帶水族魚種。

將魚兒釋放到野外，如果不是讓牠們承受可能對其有害的環境條件，就是要冒著可能會導致生態危害的風險。要處理掉不想要養的魚，還有其他方法：

- ▶ 把牠們送還給當地的寵物店，讓他們再拿去銷售；
- ▶ 把牠們送給另一個水族愛好者，或者專業機構或博物館的水族缸，或者公立的水族館或動物園；
- ▶ 捐贈給公立機構，比如學校、療養院、醫院或監獄。

如果上述選項都沒得選，那麼與其將魚兒釋放到野外，也可以把牠們置於裝有水的容器中，放到冷凍櫃裡，讓牠們「睡覺」。由於低溫對於熱帶魚種是種天然的麻醉劑，因此這種方法被認為是種很人道的安樂死方法。

編自：美國內政部的的外來水生物種地理調查網站：「釋放外來魚類的問題」（Problems with the Release of Exotic Fish），網址：http://nas.er.usgs.gov/fishes/dont_rel.htm。

案例 3.10 引入銀膠菊至衣索比亞

銀膠菊 (*Parthenium hysterophorus*) 為菊科、銀膠菊屬的有害植物，是一年生草本，具深的主根，直立莖，會隨著年歲增長而木質化。在成熟時，銀膠菊會長出許多分枝，且最終可長到兩公尺高。花小，色乳白，長在眾多莖枝頂端，每朵花含有 4-5 個種子。

銀膠菊屬植物是原生於南美與北美的亞熱帶地區。這種外來植物會很強勢的侵入植被稀疏的柔弱草原，輕易地佔領可耕地、路邊受到干擾的裸露地與過度放牧的草原。銀膠菊也會帶來健康的問題，因為接觸這種植物或其花粉，會產生嚴重的過敏反應，比如皮膚炎與花粉熱。

如同大多數的有害植物，預防總是比治療更便宜簡單。銀膠菊的種子可透過水、運具、機械、家畜、野生與本土的動物、飼料與種子等而散播。運具與器具，尤其是土方機械，在通過銀膠菊侵擾區後，必須用水沖洗。沖洗程序應於固定的一個地區進行，讓任何由沖洗掉的種子而成長立足的植株，能夠在落種前就被除掉。在把牛隻從受侵擾區移動到非侵擾區時，更要特別注意。

銀膠菊的生物防治方法已在澳洲昆士蘭採行。至今，已引入 9 種昆蟲和一種銹病病原體，以防治銀膠菊。各生物防治媒介的總體效應，已減少銀膠菊的密度與健壯程度，並增加牧草的產量。

銀膠菊第一次被通報出現在衣索比亞，是在 1988 年，地點是衣索比亞東部的哈勒爾蓋省德雷達瓦市。隨後又在衣索比亞東北部的威洛省德瑟市，發現了第二個重大的侵擾中心區。這兩個地方都是主要的糧食援助分配中心，這強烈暗示著銀膠菊種子是在於 1980 年代衣索比亞飢荒時期，夾雜在北美亞熱帶地區的外援穀類食物中，隨之進口到衣國來，然後隨著穀類被分配出去。

至 1999 年時，銀膠菊已經廣泛分布於衣索比亞東部，接近阿迪斯阿貝巴，且據報告即將要擴散進入該國西部。阿瓦什國家公園和陽谷地拉薩國家公園都受到迫切的威脅，因為這種有害植物會隨著非刻意的人類協助，進行大大小小的跳躍式移動而擴散出去。

可預期銀膠菊這種外來入侵植物，會持續擴張它的分佈範圍，直到所有適合的棲地都被它佔領為止。採取行動圍堵抑制它，頂多也只能延遲這個過程。銀膠菊對環境、農業與人類健康的衝擊將會增加，而且當銀膠菊開始影響到人類，醫療的成本很可能會逐步擴大。銀膠菊在衣索比亞已經有個本土名字，意譯是「沒有作物」。由於衣索比亞在最近幾十年來遭受到的飢荒之苦，不下於世上任何一個國家，這名字看來不是個好兆頭。

作者：Matthew Cock, CABI 瑞士生物科學中心 (CABI Bioscience Switzerland Centre)。地址：1 Rue des Grillons, CH-2800 Delemont, Switzerland。網址：www.cabi.org/bioscience/switz.htm。關於銀膠菊的資訊，是編輯自昆士蘭自然資源部 (Queensland Department of Natural Resources) 的有害生物真相說明：http://www.dnr.qld.gov.au/resourcenet/fact_sheets/pdf_files/pp2.pdf。關於銀膠菊的更詳細資訊，參見熱帶有害生物管理中心 (Centre for Tropical Pest Management) 的銀膠菊網頁：<http://www.ctpm.uq.edu.au/parthenium/parthenium.html>。

案例 3.11 長距離傳播至法屬玻里尼西亞之偏遠島嶼的米氏野牡丹

外來樹種米氏野牡丹 (*Miconia calvescens*) 是大溪地、茉莉亞島和瑞亞堤亞島 (以上三島皆屬於社會群島) 等熱帶島嶼的主要入侵植物，它當初是做為觀賞植物而刻意引入。這種植物之所以能夠成功入侵，要歸於它的兩項生物特徵：龐大的土壤種子庫 (每平方公尺高達 5 萬顆種子) 以及種子可在土壤中存活至少 6 年的能力。

儘管有一個研究與資訊計畫在積極地防治米氏野牡丹 (參見案例 4.6：「法屬玻里尼西亞對米氏野牡丹的大眾教育與早期偵測」)，最近仍在法屬玻里尼西亞的幾個偏遠島嶼中 (離社會群島有 700-1,400 公里遠) 發現米氏野牡丹的幼苗。在南方群島的魯魯土島和拉帕島上，發現米氏野牡丹的孤立植株，地點是在一個用大溪地運來的砂礫與土壤建造的儲水池附近；1997 年，在馬克薩斯群島的努庫希瓦島和法圖希瓦島上發現一小群的米氏野牡丹幼苗，它們長在路邊或者在道路工程下的沖溝，而這些道路是用來自大溪地的推土機所鋪設的；在 1990 年，在社會群島的呼爾希尼島，米氏野牡丹幼苗被發現長在旅客港上的一堆進口的砂礫與土壤上。

運送受到米氏野牡丹種子污染的砂礫與土壤以及骯髒的機械 (推土機、拖拉機)，以進行營建工程，而意外引入米氏野牡丹，現已被認為是米氏野牡丹在法屬玻里尼西亞長距離傳播的主要原因。1999 年，在防治米氏野牡丹與其他入侵植物的跨部會委員會 (成立於 1998 年) 的建議下，法屬玻里尼西亞的政府與法國的高級專員發出公函給公共工程的包商，要求他們配合政府的檢疫策略：在登陸偏遠島嶼之前，要清潔他們的運具。

法屬玻里尼西亞嚴格禁止在各島嶼間運送盆栽植物。但是，盆栽植物的非法引入仍在發生，而這些盆栽的土壤可能受到米氏野牡丹種子的污染。當地的野豬狩獵者或外國遊客 (尤其是登山客與生物學家) 穿的鞋子若沾著大溪地與茉莉亞島上的泥土，也是米氏野牡丹擴散傳播的途徑之一，這也會對法屬玻里尼西亞偏遠、原始的高火山島帶來威脅。

作者：Jean-Yves Meyer，地址：Delegation a la Recherche, B.P. 20981 Papeete, Tahiti, French Polynesia。電子信箱：Jean-Yves.Meyer@sante.gov.pf。

案例 3.12 澳洲國防軍參與外來種防治工作

要從一台 M113 裝甲運兵車上把每一顆微細的草種找出來並清除掉，聽起來像是棘手的工作。那麼要從 1,000 台軍事車輛（從卡車、前端裝料機到水罐車等各種車輛）上把同樣的草種清掉，是更棘手的工作。然後要從 10,000 個棧板的軍事設備（包括發電機、帳篷與冰箱）上清除掉每一絲土壤痕跡、每一片葉子、每一隻昆蟲與蟲卵，則是逼近可能的極限。但是 5 千名澳洲維和部隊以及他們的車輛和設備在從東帝汶的帝力回到澳洲前，他們必須先完成這些事情。

透過與軍事設備的直接接觸而散播種子與植物物質的可能性是很高的。有害植物與種子，可透過受其污染之土壤，黏附在車輛、機械、散熱器、輪胎切割痕、設備、偽裝網與個人設備上而散播出去。它們有些很輕，可透過風傳播，並很容易陷在散熱器格柵、設備托架和其他小地方。土壤一般會聚集在車輛的輪胎與履帶上，也會黏附在靴子、個人設備與衣物、帳篷、包裝的箱子與帳篷的支柱上。

檢查所有的運具與設備（以及軍隊本身），確保其不會攜帶有害生物與疾病進入澳洲，是澳洲檢疫檢查局（Australian Quarantine and Inspection Service）的工作。清潔所有設備，使符合澳洲檢疫檢查局訂定的標準，則是澳洲國防軍（Australian Defence Force）的工作。

凱文·霍爾（Kevin Hall）上尉有個任務，就是去設計沖洗與檢查程序，以符合澳洲檢疫檢查局的檢疫要求。他研擬出一份 160 頁有圖說的手冊，成為在帝力進行主要清潔操作的聖經；在帝力，有高達 300 個人員，操作 20 個沖洗站，這些沖洗站每天操作 18 個小時，操作期間達 3 個月。

這份清潔操作手冊，內容詳盡，從如何把平路機輪胎上的泥土清除掉，到昆蟲會藏在烏尼莫克（Unimog）卡車的哪個地方，應有盡有。該手冊有所有軍事運具與設備的照片，並有如何清潔及從哪裡清潔的圖解；它也列出設備需求：從高壓水與高壓空氣軟管，到真空清除機、刷子甚至是簸箕。該任務所有需要的技巧都被發展出來，並記錄在手冊中，所制定的指引不僅可供澳洲檢疫檢查局及軍方於東帝汶行動中使用，也可供未來軍事行動參考。

霍爾上尉的努力最近獲得了澳洲檢疫檢查局「2000 年國家檢疫獎」（2000 National Quarantine Award）的肯定。

編自：澳洲農漁林部（Department of Agriculture, Fisheries and Forestry）檢疫檢查局的新聞稿，2000 年 5 月 23 日，見 <http://www.aqis.gov.au/>。

案例 3.13 隨海釣蟲餌及其包裝材移動的搭便車生物

在世界不同地方，人類捕集各種的海洋蟲類，然後包裝起來，再透過空運將仍然存活的海蟲送往其他地方供休閒漁業使用。這些蟲類以及有些時候被用來當作包裝材的藻類，還有住在這些蟲類與藻類體表或體內的其他生物，常常會被釋出到這些新地方的沿岸水體，其中某些生物會因此立足下來。關於這些途徑，記錄最詳細的案例當屬從大西洋被運送到美國太平洋海岸地區的蟲類了。

蛤蟲 (*Nereis virens*；亦稱為沙蟲或多毛蟲) 與血蟲 (*Glycera dibranchiata*) 是從緬因州沿岸的潮間帶泥灘挖掘出來，然後以 125 隻或 250 隻裝成一箱送到美國大西洋沿海各州、美國太平洋沿海的加州、歐洲的法國與義大利，也有可能送到其他洲。這些蟲以生長在潮間帶的泡葉藻 (*Ascophyllum nodosum*) 來包裝，而泡葉藻裡可能含有貽貝、蛤類、蝸牛與蝸牛卵、蟹類、片腳類、等腳類、橈腳類、蠕類、環節動物、其他海藻與生物。據估計，每年有數十萬隻來自大西洋的某些物種被運送到太平洋海岸地區。根據加州的一些調查，從事休閒漁業的人士中約有三分之一表示，他們將海藻與其他未使用的蟲餌丟在沿岸水體或潮間帶 (Lau, 1995)。在太平洋海岸地區立足的物種中，至少有三種可能是由這個途徑引入的，它們分別是：玉黍螺 (*Littorina saxatilis*) (Carlton & Cohen 1998)、大葉藻 (*Codium fragile tomentosoides*) (原生於亞洲，但於 1900 年引入到大西洋)、綠蟹 (*Carcinus maenas*)。自從綠蟹來到太平洋海岸地區，十年內牠就從加州擴散到南加拿大，對生態系及貝類養殖業帶來有害的影響，而引起人們關注 (Cohen et al., 1995)。

參考文獻

- Carlton, J.T.; Cohen, A.N. (1998) Periwinkle's progress: the Atlantic snail *Littorina saxatilis* (Mollusca: Gastropoda) establishes a colony on a Pacific shore. *Veliger* 41, 333-338. Cohen, A. N.; Carlton, J.T.; Fountain, M.C. (1995) Introduction, dispersal and potential impacts of the green crab *Carcinus maenas* in San Francisco Bay. *Marine Biology* 122, 225-237.
- Lau, W. (1995) Importation of baitworms and shipping seaweed: vectors for introduced species? Pages 21-38. In: Sloan, D. & D. Kelso (eds.), *Environmental issues: from a local to a global perspective*. Environmental Sciences Senior Seminar, University of California, Berkeley.

案例 3.14 褐樹蛇在太平洋地區的擴散

褐樹蛇 (*Boiga irregularis*) 是關島上的外來種，現已成為嚴重的有害生物。褐樹蛇可能是二次世界大戰後隨軍隊設備來到沒有蛇的關島，並於 1950 年代初在海港內陸初次現蹤。至 1960 年代，褐樹蛇在關島中部已隨處可見，且可能至 1968 年就已經擴散到整個島上。

在缺乏自然的族群控制下，加上關島上的獵物很容易捕食，而使得褐樹蛇現在成為很常見的有害生物，而造成島上重大的生態與經濟問題。在關島的某些森林地區，每平方英哩的褐樹蛇數量可高達 13,000 隻。這種蛇捕食相當多種類的動物，包括蜥蜴、鳥類與小型哺乳動物，以及鳥蛋與爬蟲類的蛋。關島本土的林鳥幾乎都已被褐樹蛇吃光。有 12 種鳥類已從這個島嶼上消失，其中有些在其他地方找不到；還有其他幾種鳥類所剩數量極低，已接近滅絕的程度。在 12 種原生蜥蜴中，預期有 9 種將會滅絕。

爬在電線上的褐樹蛇常常會造成停電與電線受損。這種蛇每年造成約 86 次的停電（每四、五天一次），保守估計每年損失達 100 萬美元。電線中斷造成許多問題，譬如造成食物或電腦壞掉。

褐樹蛇在受威脅時會有攻擊性的反應。牠通常會抬起前身，就定戰鬥位置，頭和頸部變扁平，使牠看起來更大，並試著往前撲咬。成蛇可達到 8 呎長、5 磅重。褐樹蛇嘴巴後方有可以注射毒液的牙齒，其毒性中等，在嚼咬時注射毒液，可達到殺死獵物的目的。目前還沒有褐樹蛇咬死人的案例，但某些被咬的嬰兒需要住院接受密集的照料。

褐樹蛇常常會隨著出口貨物而非刻意偷渡離開關島，除非被攔截到，否則可能會在其他島嶼上立足。如果讓褐樹蛇進入太平洋其他島嶼，那麼目前在關島上演的經濟與生態問題，可能也會發生在那些島嶼上。

除了關島，褐樹蛇已在塞班島、天寧島、羅塔島、瓜加林島、威克島、歐胡島、波納佩島、沖繩島與迪戈加西亞島上被發現。迄今，除了關島外，還不知道褐樹蛇是否已在其他的這些島嶼上立足，但是在塞班島上常有看到褐樹蛇的報告，證明這種蛇確實存在塞班島上。

旅客、貨物搬運者與太平洋島嶼上的居民，都有責任保護島嶼環境免受這種有害物種的威脅。仔細檢查從關島或經由關島運送的材料、貨物與行李，是預防蛇跑到其他島嶼上的必要措施。對從關島來的貨物提高警覺，小心檢查，才有可能預防褐樹蛇擴散到其他島嶼上。

編自：Thomas H.Fritts 撰的〈褐樹蛇的真相：太平洋島嶼居民和旅客須知〉(The brown tree snake: a fact sheet for Pacific island residents and travellers)，亦參見：<http://www.pwrc.nbs.gov/btree.htm>。

案例 3.15 監測澳洲北領地的黑條紋貽貝

在 1999 年 3 月底，於澳洲北領地的首府達爾文的遊艇碼頭裡，發現了外來的黑條紋貽貝；這種貝類為仿貽貝屬（*Mytilopsis* sp），又稱為沙篩貝（*Congeria sallei*）。如果讓這種雙殼綱貝類在水體中立足，會對澳洲經濟與生物多樣性帶來一些潛在的危害；北領地政府在了解到這些可能危害後，就實施了一個立即性的圍堵與滅除計畫，且非常成功（參見案例 4.13 與 5.23）。

由於在沿著國際遊艇航行路線上的許多港口中，仿貽貝類都已成功立足，於是北領地政府要求所有打算進入達爾文各碼頭的國際遊艇合作：任何國際船隻，若不能證明其船殼已在澳洲經過抗生物污損處理，必須進行船殼檢查，並處理他們船隻內部的海水系統；在澳洲經過抗生物污損處理、並一直待在澳洲海域範圍內的國際遊艇，則只要把他們船隻內部的海水系統處理後，就允許其進入達爾文的遊艇碼頭。

初級產業與漁業部（Department of Primary Industry and Fisheries）的有害水生生物管理團隊（Aquatic Pest Management Team），每月總共檢查、處理與清除 30 艘來訪的國際船隻。這些船隻的船長非常配合，並讚賞北領地政府在保護我們的原始海洋環境上的積極作為。

檢查與處理作業規範的價值已經展現出來。有一艘船要求進入達爾文的一個遊艇碼頭，但由於前 6 個月待在印尼海域，且在返回澳洲海域後尚未經過抗生物污損處理，而被拒絕入港。在經過檢查後，發現這艘船的船殼是乾淨的，但是在船隻內部海水系統的過濾器上發現了四種的雙殼綱貝類。在這四種雙殼綱貝類中，有兩種被認為其特性和仿貽貝類相似，這兩種分別是綠殼菜蛤（*Perna viridis*）和 *Musculista* 屬的雲雀蛤。如果讓這兩種貽貝進入達爾文的遊艇碼頭，並和黑條紋貽貝一樣立足下來，那麼很可能在 1999 年 4 月發生的事件又要在 2000 年重演了。

編自：<http://coburg.nt.gov.au/dpif/fisheries/environ/unittext.shtml>。

案例 3.16 透過牡蠣養殖而傳輸的病原體等生物

在動植物入侵的生態學中，查理士·艾爾頓（Charles Elton）稱牡蠣為「一種固著的羊，從海裡的一個草原移到另一個草原。」過去 150 年來，有數種牡蠣被運送到世界各地，並大量養在遠離其原生範圍的沿岸海域，然後在那裏成長到可銷售的體型。許多生物隨著牠們旅行，包括藏在牠們體內的寄生蟲與共生生物，附著或住在牡蠣粗糙外殼上或一叢牡蠣上的體表寄生物，以及與牡蠣產品包在一起的泥巴、水與其他材料所夾帶的生物，如掠食牡蠣的生物與有害生物。透過這樣的途徑，數種有危害性的貝類疾病與其他有害生物已擴散到世界各地。

比如牡蠣疾病「尼氏單孢子蟲症」（*Haplosporidium nelsoni*）與波納米亞蟲病（*Bonamia ostreae*），很明顯是隨著牡蠣貨運而被送到新的區域，結果造成貝類養殖漁業的損失（Farley 1992）。其他隨著牡蠣一起旅行的有害生物包括會吃牡蠣的扁蟲和數種蚶螺（鑽食牡蠣與其他雙殼綱動物的螺類）、長到牡蠣殼裡及弱化牡蠣殼的海綿、和牡蠣競爭空間的舟螺和海藻、造成牡蠣多孔並降低其可銷售性的橈腳類動物（如 Chew 1975；Neushul et al. 1992）。其他住在牡蠣床上，但不是特別對牡蠣有害的大量生物，也跟著牡蠣被運送到各地。例如，幾種在舊金山灣立足下來的外來生物，可能就是隨著牡蠣貨運而來，包括一種海藻、三種原蟲、五種海綿、五種水媳、兩種海葵、四種貧毛綱蠕蟲與八種多毛綱蠕蟲、三種後鰓目軟體動物、六種蝸牛、兩種貽貝、四種蛤類、一種介形亞綱動物、一種橈腳類動物、六種片腳類動物、一種蟹類、一種內肛動物、五種苔蘚蟲與五種海鞘（Cohen and Carlton 1995）。某些研究人員指出，牡蠣貨運會為新區域帶來某些會導致人類疾病的生物，比如形成赤潮、有毒的腰鞭毛蟲與新品種的霍亂。且儘管牡蠣具有潛在的經濟價值，其本身也可能成為有害生物：在澳洲，長牡蠣（*Crassostrea gigas*）被認為是種有害生物，因為這種牡蠣會與原生的牡蠣品種競爭（Furlani 1996）。

作者：Andrew Cohen，舊金山港灣研究所（San Francisco Estuary Institute），地址：1325 South 46th Street, Richmond, CA 94804, USA。

參考文獻

- Chew, K.K. (1975) The Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) in the west coast of the United States. Pp. 54-80 in Mann, R. (ed.), *Exotic Species in Mariculture*. MIT Press, Cambridge MA.
- Cohen, A.N.; Carlton, J.T. (1995) *Nonindigenous Aquatic Species in a United States Estuary: A Case Study of the Biological Invasions of the San Francisco Bay and Delta*. U.S. Fish and Wildlife Service, Washington DC.
- Farley, C.A. (1992) Mass mortalities and infectious lethal diseases in bivalve molluscs and associations with geographic transfers of populations. Pp. 139-154 in Rosenfeld, A.; Mann, R. (eds.), *Dispersal of Living Organisms into Aquatic Ecosystems*. Maryland Sea Grant Publication, College Park MD.
- Furlani, D.M. (1996) *A Guide to the Introduced Marine Species in Australian Waters*. Tech. Rep. No. 5, Centre for Research on Introduced Marine Pests, CSIRO Division of Fisheries, Hobart, Tasmania.
- Neushul, M.; Amsler, C.D.; Reed, D.C.; Lewis, R.J. (1992) Introduction of marine plants for aquaculture purposes. Pp. 103-135 in Rosenfeld, A.; Mann, R. (eds.), *Dispersal of Living Organisms into Aquatic Ecosystems*

案例 3.17 隨牡蠣而引入的日本褐藻

馬尾藻科的日本褐藻，學名為海黍子馬尾藻（*Sargassum muticum*），是日本原生的一種海藻，植株有中型至大型（2-10m），黃褐色、叢生。這種海藻出現於平靜海灣與潟湖的低淺潮間帶與潮下帶，生長於泥灘、沙灘與海草（鰻草）床，固著在牡蠣與岩石等固體基質上。

這種褐藻是透過附著在日本的長牡蠣（*Crassostrea gigas*）殼上或隨著幼牡蠣而引入北美的太平洋海岸，並於 1941 年前在卑詩省的海岸立足。掉下來的枝葉因氣泡而漂浮，而隨著水流與風，沿著太平洋海岸往南漂，並造成船殼污損。因此，沿岸的船舶交通可能會把這種海藻帶到舊金山灣。目前這種褐藻已繁茂於北美的整個太平洋海岸，而且也被引入到英國、法國、荷蘭的海岸以及地中海。

海黍子馬尾藻入侵的棲地通常長滿鰻草（*Zostera marina*）。鰻草的植床是許多海洋物種的重要繁育場所，海黍子馬尾藻的入侵會使這些物種受到排擠，而對北太平洋海岸的生態造成傷害。由於海黍子馬尾藻生長快速，且在它生命中的第 1 年時有相當強的繁殖力，因此預期歐洲當地的海藻將無法與之競爭。

編自：美國內政部的外來水生物種地理調查網站：「海黍子馬尾藻的真相」（Fact Sheet on *Sargassum muticum*），編者：Colette Jacono；網址：http://nas.er.usgs.gov/algae/sa_mutic.html。

案例 3.18 抱歉，托雷斯海峽航班不提供免費搭乘

陽光州航空公司（Sunstate Airlines）每天為旅客與商人提供往返凱恩斯（位於澳洲大陸上）及霍恩島（在拖雷斯海峽上）的服務，但有些旅客該公司不搭載。該公司推動一項實務計畫，確保拖雷斯海峽上的有害生物和疾病不會上飛機，跑到凱恩斯去。有兩種旅客是該公司的拒絕往來戶，一是會傳播日本腦炎、登革熱與瘧疾的蚊子，另一是會危害澳洲大陸果園作物的果蠅。

在陽光州航空公司的黑名單上，還有幾種存在於巴布亞新幾內亞和拖雷斯海峽的生物，如亞洲蜜蜂、螺旋蠅、芒果的毛蟲、甘蔗莖的鑽蛀蟲、柑橘潰瘍病與香澤蘭。這些都會危害澳洲的農業，而且有些會造成重大環境問題。

該航空公司為了防範這些不受歡迎的旅客，而採取例行的措施，包括提供旅客相關的防檢疫資訊以及定期為飛機消毒。他們會在飛機上發表聲明，並在旅客離開霍恩島前告知澳洲的防檢疫限制規定。每位旅客的機票夾裡都有一張防檢疫訊息傳單。

飛機上的每個座位都放著防檢疫資訊卡，且機員會確定每個座位是否都有擺放。該航空公司的機上服務人員要接受關於防檢疫規定的訓練，並定期測試以確認他們都了解防檢疫的規定並且知道最新的訊息。

根據陽光州航空公司的營運經理，這些作業都很簡單但有效。他說：「我們的旅客大部份都是定期往返拖雷斯海峽，他們已經習慣這些要求，並且對於陽光州以及澳洲檢疫檢查局（AQIS）的盡力而為表達由衷感謝，因為這一切都是為了保護澳洲大陸免於有害生物與疾病的入侵。」

陽光州航空公司最近獲得澳洲檢疫檢查局頒發 2000 年國家檢疫獎，以表揚他們的努力。

編自：澳洲農漁林業部（Department of Agriculture, Fisheries and Forestry）檢疫檢查局 2000 年 5 月 23 日的新聞稿。參見：<http://www.aqis.gov.au/>。

案例 3.19 協助搜索禁止輸入品的獵犬隊

美國農業部的獵犬隊是動植物檢疫局（APHIS）的農業檢疫與檢查計畫的一部份。獵犬隊是由一群沒有侵略性的偵察犬還有牠們的人類夥伴。牠們搜尋旅客的行李，看有無禁止攜帶的水果、植物與可能藏有動植物病蟲害的肉類。這些偵察犬配合動植物檢疫局的檢察官及 X 光技術，防止違禁的農產品進口。

在 1996 年，到美國的旅客有 6,600 萬人次。除此之外，有數百萬件的國際郵件和無數的進出口商品貨運。依據動植物檢疫局的計畫，植物防檢疫官員在美國所有出入境關口的聯邦檢查服務區（Federal Inspection Service area）檢查旅客的行李、郵件與貨物。在機場就利用米格魯小獵犬做為偵察犬。獵犬隊的偵察犬和負責帶狗的植物防檢疫官員，一般就在取行李的旅客之中進行工作。

平均而言，植物防檢疫官員每年攔截非法農產品的次數達到 200 萬次。獵犬隊的計畫每年查獲違禁農產品的次數達到 75,000 次。

動植物檢疫局之所以會選用米格魯在機場偵察，是因為牠們的嗅覺靈敏，以及溫馴待人的本性。米格魯愛好食物的本性，讓牠們成為有效的偵探，並樂於工作。動植物檢疫局發現。大部分的米格魯身處擁擠、吵雜的地方（比如機場中忙亂的行李提領區）仍會保持平靜。這些偵察犬很機靈、好奇、主動，牠們的嗅覺使牠們成為天生的好奇巡察員。米格魯的嗅覺能力相當精確靈敏，牠們可以察覺並判斷很微弱的味道，即使是高科技儀器可能也沒辦法測到的味道。

人類鼻子背後有一個相當小的區域，聚集了大約 500 萬個嗅覺受體；相對而言，米格魯約有 2.2 億個嗅覺受體。米格魯不僅有相當敏銳的味道偵測能力，而且在經過大量的訓練後，也善於分辨與記憶味道。

編自：美國農業部，〈保護美國農業的偵察犬〉（Detector Dogs: Protecting American Agriculture），見 <http://www.aphis.usda.gov/oa/pubs/usdabbb.pdf>。

案例 3.20 澳洲有害植物風險評估系統

澳洲最近通過了一個有害植物風險評估系統（Weed Risk Assessment system），做為其新檢疫程序的一部份。在植物引入澳洲前，必須用這個系統評估植物的危害潛力。這個系統得到了「環境澳洲」（Environment Australia）公司以及廣泛的用戶群的背書。

有害植物風險評估系統是一個問卷式的評分方法。要用這個風險評估系統，必須針對要進口的新物種回答 49 項問題，包括植物對氣候的偏好、生物特徵、繁殖與傳播方式等相關資訊；然後該系統再根據這些問題的回答打分數。這個分數是用來決定結果：接受、拒絕或進一步評估目標物種。有害植物風險評估系統也會預測目標物種是否會成為農業或環境的有害植物。

有一分析指出，這個有害植物風險評估系統比其他類似方法更有決定性，判斷有害植物的結果有超過 80% 是準確的。然而，準確性或多或少取決於用來評估有害植物狀態的資料來源，而該系統在預測禾本科與豆科的有害植物時，也是相當不準確。

負責管制植物進口的澳洲檢疫檢查局（AQIS），現在已經正式通過該系統，以用來評估所有的新進口植物。為了協助評估的過程，正向預期的植物進口者索求資訊，並發展一份問卷。目前正在發展的一個評估套件，可讓具有必要專業或聘請合法登記顧問公司的進口者，在提出進口申請前，先用這套系統進行進口前評估。

編自：Smith, C.S.; Lonsdale, W.M.; Fortune, J.; Maillet, J. (1998)，〈預測植物有害性以利防檢疫〉（Predicting weediness in a quarantine context），第 6 屆 EWRS 地中海研討會（1998 年 5 月 13-15 於法國蒙彼利埃）論文集（Comptes rendus 6eme symposium Mediterranee EWRS），33-40 頁；另詳見澳洲檢疫檢查局網站：<http://www.aqis.gov.au/docs/plpolicy/weeds1.htm>。亦參考：Walton, C.; Ellis, N.; Pheloung, P. (1998)，《以有害植物風險評估系統預測新植物之使用手冊》（A manual for using the Weed Risk Assessment system (WRA) to assess new plants），澳洲檢疫檢查局。

案例 3.21 紐西蘭對於彩虹吸蜜鸚鵡的兩種觀點

彩虹吸蜜鸚鵡 (*Trichoglossus haematodus*) 是一種艷麗的群居性鸚鵡，原生於澳洲部份地區、印尼、新幾內亞與新加勒多尼亞東部。在刻意的釋放與補充餵食下，這種鸚鵡已經立足於紐西蘭的奧克蘭。在奧克蘭推動的滅除彩虹吸蜜鸚鵡運動，引起了大眾正反兩極的意見。許多人認為讓這種迷人的鸚鵡加入當地鳥類陣容並不會有什麼危害，但也有許多人認為這對本土鳥類所帶來的潛在風險是不可接受的。

以下內容編輯自 <http://www.doc.govt.nz/cons/pests/lorikeet.htm>，內容為紐西蘭保育部 (Department of Conservation) 對彩虹吸蜜鸚鵡的概況說明：「彩虹吸蜜鸚鵡主要以花粉、花蜜與水果為食，但有時候也會吃穀類。牠們繁殖力強，一對配偶一季就能繁衍三窩小鳥。澳洲的園藝家視其為重大有害生物，且在某些州採取積極的防治行動。在澳洲北領地的達爾文，彩虹吸蜜鸚鵡讓某些熱帶水果作物損失高達 80-90%。因此，牠們可能為紐西蘭的園藝業帶來嚴重衝擊。」

「澳洲的證據指出，這種鸚鵡對於所有想要吃同樣食物來源的其他鳥類頗具敵意，且具優勢地位，這和奧克蘭民眾的報告一樣。紐西蘭有幾種本土鳥種吃的食物和築巢的棲地與這種鸚鵡一樣，比如原生的食蜜鳥如蜜雀、鈴鳥與縫葉吸蜜鳥，牠們的食物來源就和彩虹吸蜜鸚鵡一樣，且隨時可被一群這種鸚鵡取代。原生的縫葉吸蜜鳥、卡卡鸚鵡和小鸚鵡 (包括紅額鸚鵡和黃額鸚鵡) 也是在洞穴築巢，因此很明顯地會與彩虹吸蜜鸚鵡競爭築巢地點。這些受威脅鳥種有許多在豪拉基灣那些沒有掠食者的島嶼上過得很好，但這些島嶼和彩虹吸蜜鸚鵡釋放地點的距離，是在這種鸚鵡的飛翔距離內。已有記錄指出，彩虹吸蜜鸚鵡飛了 20 多公里，到達澳洲離岸島嶼上。因此，這對於那些只能在豪拉基灣的島嶼上尋求庇護存活、免於掠食者捕食的鳥種帶來重大威脅，而讓保育部以及數千名志工長年來的努力岌岌可危。」

而以下內容則編輯自「彩虹信託」(Rainbow Trust) 的網站：<http://www.rainbow.org.nz/>。這個團體是由一群居民所成立，他們相信彩虹吸蜜鸚鵡住在紐西蘭的權利至少要與批評牠的任何人一樣：「彙整自數個來源的新證據指出，保育部在各種言論刊物中指控彩虹吸蜜鸚鵡的說法不是過於誇大，不然就是不正確。新的證據顯示，彩虹吸蜜鸚鵡在解剖學上並不適合在紐西蘭叢林裡棲息或繁衍，牠們對於本土鳥種並不會造成威脅，不會和本土鳥種競爭食物與巢位，不會對園藝業帶來威脅。關於彩虹吸蜜鸚鵡，保育部發表的錯誤資訊誤導了總理、保育部長與紐西蘭的民眾。我們要求保育部長指示他的單位撤除所有誤導資訊，更正已經傳播出去、不利於彩虹吸蜜鸚鵡的錯誤資訊，並撤銷依《生物安全法》(Biosecurity Act) 把彩虹吸蜜鸚鵡不當歸類為有害生物的決定。捕捉彩虹吸蜜鸚鵡的計畫是不必要地浪費納稅人的金錢與保育部的資源。」

目前「野外」的彩虹吸蜜鸚鵡數量非常少，這可能要歸因於保育部的捕捉行動，以及某些當初把這些鸚鵡釋放到野外的人們重新把牠們捉回去的緣故。如果人們再有釋放彩虹吸蜜鸚鵡的舉動，可能會被處以高達 1 萬紐幣的罰款，且可能會坐牢。

編註：我們發現，已發表的科學資訊是支持保育部的觀點，而沒有支持彩虹信託組織的看法。

案例 3.22 西伯利亞的木材進口：潛在高風險途徑的分析

西伯利亞的軟木材供應量佔世界的將近一半。在 1980 年代晚期，一些美國木材仲介商和木材公司，在國內木材供應量短缺的情況下，想要把蘇聯遠東地區的原木進口到美國西海岸的鋸木廠；這可能會為一些外來的森林有害生物打開一條引入途徑，而這些外來有害生物可能原本就適應北美許多氣候區與樹木群落。在過去 100 年來，進口的原木或苗木為一些有害的病原體提供一條進入美國的途徑，這些病原體包括栗疫病 (*Cryphonectria parasitica*)、荷蘭榆樹病 (*Ceratocystis ulmi*) 與白松疱銹病 (*Cronartium ribicola*)。

對此科學界相當憂心，認為可能會從西伯利亞的原木引入外來有害生物。為了回應科學界的疑慮，動植物檢疫局 (APHIS) 於 1990 年對蘇聯原木進口案下達命令，要求在還沒有完成詳細的風險評估前，暫時停止進口。接著由林務局和動植物檢疫局組成了聯合任務小組，花了將近一年的時間，對於來自西伯利亞和蘇聯遠東地區的落葉松屬植物 (*larix* spp.) 進行詳細的風險評估。這個計畫有來自聯邦機構、州立機構與大學的病理學家、昆蟲學家、經濟學家與生態學家共 80 人參與，花費約達 50 萬美元。這個評估鑑認出許多一旦引入北美即可能造成危害的昆蟲、線蟲與真菌。他們考量在這些有害生物成功入侵美國西北部森林的情況下，所可能造成的經濟與生態衝擊，以此來評估引入的可能後果。比如，他們估計吉普賽舞蛾 (*Lymantria dispar*) 和修女蛾 (*L. monacha*) 在 1990 年至 2004 年期間可能造成的累計經濟損失，範圍在 350 億至 580 億美元之間 (以 1991 年幣值計算的淨現值)。最後報告結論為：「必須執行對策以減輕有害生物引入和立足的風險。」

由動植物檢疫局製備的另一份報告評估可以減輕外來有害生物進口風險的可能處理方式。這份檢討報告指出關於此課題的科學資料尚有許多不足之處，並建議熱處理方式似乎是最佳的防治方案。這份評估報告的結論為：「如果能解決技術效力問題，動植物檢疫局將和木材業合作，發展在運作上可行的進口程序。」

最後，動植物檢疫局把這個責任推回給進口者負擔，要他們提出新的有害生物處理方法與作業協定，且要能證明這些處理方法與作業協定在減輕風險上「完全有效」。迄今，木材業找不到可讓動植物檢疫局視為完全有效、而且可行並具成本效益的程序；因此，來自西伯利亞未經加工的原木，已被美國禁止進口。這個風險評估雖然昂貴，但成功避免了數種重大有害生物的引入可能性。

改編自：美國國會技術評估局 (Office of Technology Assessment)，《美國的有害外來種》 (Harmful Non-Indigenous Species in the United States；OTA-F-565)，華盛頓特區，美國政府印刷處 (U.S. Government Printing Office)，1993 年 9 月，見網址：<http://www.wws.princeton.edu/~ota/disk1/1993/9325>。亦參見：《從西伯利亞與蘇聯遠東地區進口落葉松的有害風險評估》 (Pest Risk Assessment on the Importation of Larch From Siberia and the Soviet Far East)，林務局，美國農業部各類出版品編號 1495 (USDA Misc. Pub. No. 1495)，1991；《進口蘇聯木材的潛在有害生物之防治策略效力評估報告》 (An Efficacy Review of Control Measures for Potential Pests of Imported Soviet Timber)，動植物檢疫局，美國農業部各類出版品編號 1496 (USDA Misc. Pub. No. 1496)，1991。

案例 3.23 無法可靠預測入侵性

過去，入侵生物學者就曾尋求列出可能會讓引入種變成入侵種的物種特徵清單，以預測哪些引入種將造成問題，哪些將是無害的；這是入侵生物學的聖杯。從 1950 年代到 1970 年代，這方面的努力是根據會導致有害性或入侵性的物種特徵，其中「帶有大量種子」這項被視為重要特徵。然而，在 1980 年代與 1990 年代期間，這種方法因為效果不好而大多被放棄了。有太多誤以為是與誤以為非的判斷，預測是有害的植物實際上卻不是，不應該是有害的植物卻成為高度入侵性的植物。比方說，在有非常類似特徵的同類群物種中，通常其中之一是高度有害植物，而其他則不是，比如，布袋蓮 (*Eichhornia crassipes*) (參見有關布袋蓮的案例 5.1、5.20 與 5.30)。目前各界對生物入侵學的興趣高漲，這個想法又重新浮現，最近的研究則檢視松屬與木本植物。以松屬植物而言，種子大小幾乎完全決定了某種松樹是否會成為入侵種。

沿著這些路線進行的大量努力，可能會造成入侵生物學的退步，並可能導致管理者與政策制定者誤以為掌握了生物安全。事實上，我們通常無法很好地預測哪些物種會成為入侵種。這並不是說我們在物種層級上不能做任何事情。預測物種是否會成為入侵種的最佳方式，是看一物種是否在其他地方已被證實是入侵種，尤其是在類似（氣候與地理）條件下與相關生態系的地方。

從物種特徵預測入侵性的困難度，可從應用於個別物種的風險評估方法看出來。這種方法還相當原始，根據的是化學的模型，並沒有考量活體生物演化與自發擴散的這類特性，對於風險的估計大多是根據專家的猜測。因此，外來種的風險評估程序仍極需研究。

這個由入侵生物學文獻得到的看法所傳達的關鍵訊息是，預測生物的入侵性並沒有太多的捷徑。除了針對物種在自然與入侵地點及目標群落進行大量的生物學研究外，別無他法。

預測生物入侵性的困難性所傳達的進一步訊息是，光靠黑名單來管制物種的引入，可能不是一個適當的方法。有太多沒有列入黑名單的物種，仍然會成為入侵種。因此，白名單應是個重要手段；儘管如此，列入白名單的條件必須非常嚴謹，因為即使條件嚴謹，仍會有誤判（參見 3.3 節）。

編自：Simberloff, D.，〈外來入侵種的生態與演化〉（The ecology and evolution of invasive nonindigenous species），於 1999 年 3 月 22-27 日發表於馬來西亞吉隆坡的「全球入侵種計劃研討會：關於管理與預警系統」（Global Invasive Species Programme Workshop on Management And Early Warning Systems）

案例 3.24 GISP 全球資料庫 / 預警系統

GISP 全球資料庫包含物種的資訊、類群與生態、原生範圍與入侵範圍（包括棲地與地點）、衝擊、可以提供進一步資訊的聯絡人與參考資料，加上有關管理方法的報告。匹配棲地形態與入侵範圍以預測可能的新入侵，已被整合到 GISP 全球資料庫的發展方向中，以利預防與預警。未來，可能會增加的因子包括氣候適合性、物種利用的引入途徑，以進一步改善預測能力與預警潛力。

這個資料庫有幾個特點：

- ▶ 可搜尋（可依地理區域，物種與「藤蔓」、「大鼠」、聯絡人等一般變數來搜尋）且具有預測的功能（依據和入侵範圍匹配的棲地）。
- ▶ 讓低技術使用者可取得利用（比如「對使用者友善」、「可瀏覽」的易讀資訊），而且快速穩定。
- ▶ 讓高技術使用者滿意（可以選擇並擷取詳細資料，成為一份特別的報告等。）
- ▶ 容許未來增加額外內容的設計（比如它可以產生一份「警示單」，指出有最近引入的入侵種正快速散佈到整個區域）。

進一步的發展包括：外來入侵種資料庫的網絡、促進主題式的資訊交換機制、全球入侵種資料庫的散播與在地調整應用。

作者：Mick Clout, 國際自然保育聯盟物種存續委員會 (IUCN SSC)，紐西蘭奧克蘭大學 (University of Auckland)；電子信箱：m.clout@auckland.ac.nz；網址：<http://www.issg.org/database>。

摘要

外來種的早期偵測系統應該要能夠定期調查，以發現新立足的物種。然而，並非所有物種都會立足，且已立足的物種中只有一小部份會變成入侵種，而對生物多樣性與經濟帶來威脅。因此，某些調查應針對已知在某些條件下會成為入侵種的特定目標物種，或者針對以前曾經被成功滅除的物種。對於不同類群的物種，偵測的方法會有所不同，且這些偵測方法是否會成功，大多決定於分類的困難性，以及物種的明顯程度。本章討論主要生物類群的採樣方法。此外，通常可以執行特定場址的調查以找出外來種。應該針對關鍵場址進行外來種調查，例如具有高度保育價值的地區，在高度瀕危物種的分佈範圍內，以及如機場與港口等具有高度風險的入境點。關於這些一般性的調查，其缺點在於只有受過良好訓練的人員，才有能力鑑定許多生物類群的外來種。

負責調查的工作人員，應該要接受訓練。大眾教育應該針對使用或熟悉自然環境的族群，如農民、旅遊業者與關心的民眾。這類教育活動可透過媒體宣傳、展覽與個人互動來推行。調查人員的訓練必須包括發展他們的生物分類知識、使用資料庫與鑑定服務、不同類群的調查方法。訓練可以在國內舉行，視需求聘請海外專家，或者在海外上課。

早期偵測的一個重要部份是應變計畫；在發現某一外來種時，應變計畫決定了所要採取的行動。基於潛在的新生物入侵有各式各樣，初始的應變計畫將是相當一般性的；該計畫應概述必須聯絡的利害相關者與專家，以擬定更詳細的行動計畫。針對特定高風險物種的應變計畫，若有應辦事項的完整時程安排，可以是很有效率的。應變計畫要有效，所需的設備必須處在完美的條件以及指定的地方。負責生物入侵的相關政府部會，應該讓緊急滅除或控制行動可以得到所需的應變資金。

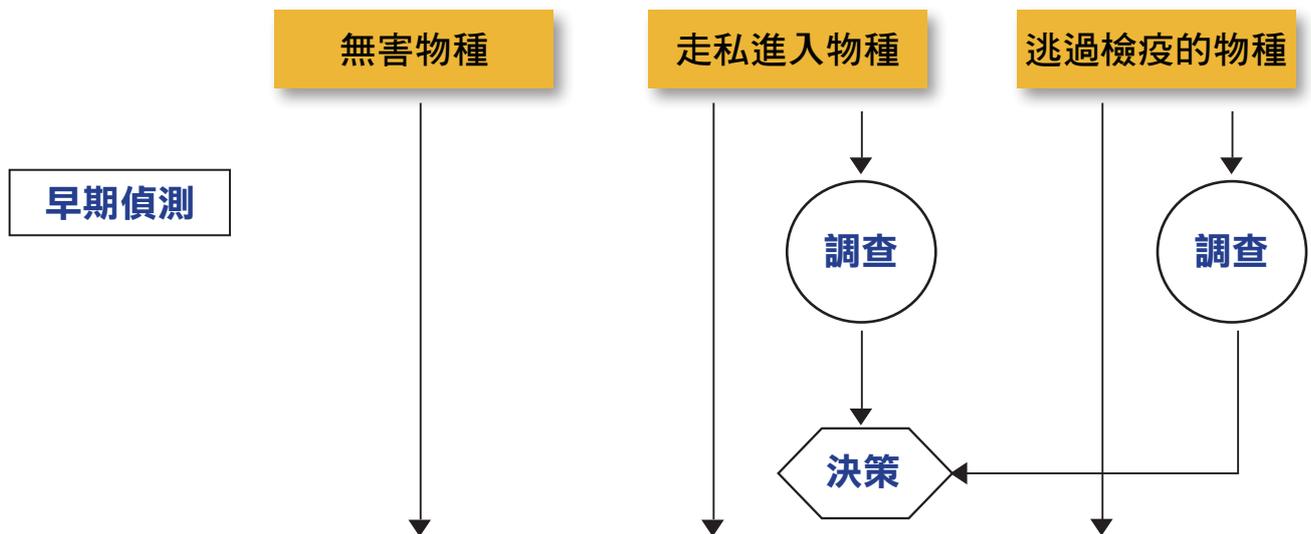


圖 4.1 儘管有預防措施卻仍存在一國境內的物種（參考圖 3.1），必須在它們立足階段，利用適當的調查方法儘早予以偵測出來，以在它們成為入侵種前決定要採取什麼行動。已立足的外來種因此可分成下列幾類：刻意引入的白名單物種、未被偵測到的物種、以及在調查行動中被偵測到的物種（完整的流程圖，見本手冊摘要）。

簡介

一旦一外來種新來到一個國家，在短暫期間內它能否立足的機會將會是一半一半。然而在這一階段，它未被發覺到的時間越長，干預的機會就會越少，控制與滅除的選項也會跟著遞減，任何干預手段也將會變得更昂貴。例如，一外來種被放任繁衍散播的時間越長，就越不可能予以滅除（見 5.3.1 節的討論）。並非所有的外來種都會變成入侵種，因此對於已知在其他地方成為入侵種的物種，尤其是那些在一區域散播的物種，應列為早期偵測的優先對象。早期偵測的可能性，或者對新移入的生物予以有效的早期防治，將會讓早期偵測的投資值回票價。

4.1 調查

如果要儘早發現新的入侵種，就必須進行調查。為早期發現而進行的調查行動，必須審慎規劃設計；其規劃目標，應是回應特定問題，且回應方式應儘可能經濟可行。調查行動不一定要用來收集科學資料，但規劃內容一般要能提供「是」或「否」的明確答案。小心不要變成為了調查而調查的計畫。

有些入侵種很容易被看到，有些則是隱而不顯，需要採取特別的行動去找出它們的位置或鑑認它們，尤其當它們的數量不多時。知道某入侵種亦存在其他地方的觀光客，可能是首先注意到該新入侵種的人士（見案例 4.1：「歐洲綠蟹在華盛頓州的首次現蹤」），但等待某人遇到新入侵種的通報訊息，通常表示該入侵種在相關主管機關注意到它前就已經良好立足。對於某些類群的有害生物，必須請專家來進行調查，才能在這些物種良好立足前就採取快速反應的行動。

關於調查方式的詳細論述，參見《國際植物保護公約》（IPPC）的〈監測調查指引〉（Guidelines for Surveillance, 1997. International Standards For Phytosanitary Measures, 6. Secretariat of the International Plant Protection Convention, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 15 pp）。這份指引也可從下列網址取得：<http://www.fao.org/ag/agp/agpp/pq/default.htm>（放在《國際植物防疫檢疫措施標準》（ISPM）下）。

調查可分成三種類型：一般調查、特定場址調查、特定物種調查。這幾種類型的調查可視目的而合併或重疊，比如特定物種調查可在特定場址進行。

4.1.1 一般調查

對於大型或明顯的動植物，這是一種「目視調查」。在進行其他工作時，工作人員應該保持警覺，持續注意有無新入侵生物的可能跡象。鼓勵大眾通報所目擊的新生物（案例 4.2：「紐西蘭對白斑毒蛾的早期偵測與滅除」），然後保育組織可接著對該物種進行鑑定，並將結果回報給民眾，以保持良好的公共關係。鼓勵植物學會等有興趣的團體對新物種進行特定的調查。

4.1.2 特定場址調查

這可描述為以重要場址為對象的一般調查。這些重要場址如生物多樣性非常寶貴的地區或接近高風險入境點的地區。入境點在第三章（預防）中有更詳細的探討。對於陸域系統，高風險入境點包括機場、海港與卸載貨櫃或貨物的地方；而港口則是海洋物種的主要入境點。具有重要價值的地區可能是整個保留區或是小型的寶貴棲地，這些地方你會想要試著排除新的外來種或者記錄無法防治之新外來種的環境衝擊。這些紀錄對於加強預防方法可能很重要。調查範圍應該要超出入境點之外，其確切範圍則視入境點周遭的棲地、地理、小徑與道路等來決定。這些調查方法是有點通用性的，因為我們不一定知道我們在找什麼物種，而我們希望如果有新物種存在的話，可以把它找出來。

陸域動物的重要場址：尋找脊椎動物的跡象，比如足跡、糞便和取食痕跡。了解當地的動物相並尋找新的物種。要知道誰是當地的專家和聯絡人。如果你發現或懷疑有新的物種，審慎地把它記錄下來，然後通報，並確保該物種被迅速地鑑定出來。

對於**處於高風險的植物群落**，最好的方法是利用有經驗且知道當地植物生態的植物學家。此人必須能夠輕易地鑑定出新的外來種（參見案例 4.3：「紐西蘭的植物預警系統」）。對於植物學知識不足的人員，必須提供鑑定輔助工具。這些輔助工具可以是書、田野指南、海報等型式，且必須針對已知的重大入侵種、存在於鄰近國家的入侵種、容易被運送而來的物種、類似生物氣候區的入侵種。可能有需要針對這些物種進行排比或分類，以協助工作人員了解他們的區別。

海洋環境：水生入侵種一旦立足，就很難成功防治，因此早期偵測可能就不是那麼重要。如同本手冊其他地方所述，對於這種情況而言，預防是最有效的策略。儘管如此，如果能夠儘早發現並認出一新入侵種，仍可考慮採取滅除措施（參見案例 4.4：「成功滅除已立足海洋外來入侵種的第一個案例」）。

對於外來海洋物種，我們知道的一般調查案例只有一些不定期的、特定任務的、資金不足或沒有資金挹注的計畫，一般是由一群海洋生物分類學者（通常其中許多人是自願參與的）一起檢查在某一指定區域的一系列基地，特別是尋找外來生物，且期間通常相當短暫（約一個星期）。這些計畫一般都著重在碼頭或船塢的生物污損，因為這種生物污損可以很快且有效地由一群人來採樣，而不用管潮位，如此幾個基地就可以很快地採樣完畢。在美國，加州的舊金山灣曾經進行過 4 次這類的調查計畫，華盛頓州則進行過 2 次。亦參見案例 5.23：「滅除澳洲北領地的黑條紋貽貝」，該案例描述某港灣於最近執行了滅除措施，並採取外來種定期監測計畫。

4.1.3 特定物種調查

當確認有特定的威脅並決定其優先處理順序後，可以採取審慎規劃的定期調查計畫，利用特別的方法調查潛在入侵種的可能棲地。這些方法很特別，必須針對每個情況來設計、調整或研發。調查的頻率和時機很重要。新外來入侵種的可能範圍和當地氣候有關，必須

加以考量。在穩定的氣候下，新入侵種可能一整年都很難發現，因此必須進行更頻繁或更勤勉的調查。在高度季節性的地區，新入侵種較不可能在冬天立足，而植物在沒有葉子的情況下也很難鑑定出來，因此進行年度調查可能就夠了。

植物：對於特定的入侵植物，調查方法將決定於辨認該植物的容易度。有時候很容易認出，但如果有類似的非入侵種或原生種存在的話，那麼可能就需要田野指南、圖說與訓練了（參見案例 4.5：「澳洲對於香澤蘭的偵測」與案例 4.6：「法屬玻里尼西亞對於米氏野牡丹的大眾宣導與早期偵測」）。

哺乳動物：不同的動物類群會有不同的最佳調查方法。大型的入侵性脊椎動物，比如山羊與牛，很容易看見，會遺留明顯且特別的跡象，且繁殖率低，可能需要一段時間才會對生態系造成顯著的衝擊。對於這些動物，每年或每兩年一度，由具有足夠學識的觀察者，藉由行走觀察的方式進行調查，就可以發現牠們的存在。

對於小型的脊椎動物，比如齧齒類與野貓，則較不容易看見，也很難發現牠們留下的跡象。牠們繁殖率中等，可以快速擴散到整個生態系，而對生態系帶來嚴重的衝擊。某些小型脊椎動物在數量不多時很難發現。對於這些動物，調查方法必須視物種與棲地而定，依季節安排時間，且要相當頻繁（參見案例 4.7：「提里提里馬唐宜島對於大鼠的早期偵測」）。

有時候會有和既有原生物種很像的入侵種或潛在入侵種。例如小家鼠（*Mus musculus*）入侵已經存在本土小鼠（比如美洲的白足鼠屬）的島嶼。在這種情況下，必須很謹慎地針對這種入侵種進行調查與鑑定。

昆蟲：有一些方法可調查範圍廣泛的昆蟲和其他無脊椎動物。然而，除非要調查的昆蟲很明顯，或者有專家可以監測捕蟲器，否則這些調查方法不太可能有效。更適宜的作法是，針對要被調查的入侵昆蟲的特別行為或特徵，量身設計調查方法。（參見案例 4.8：「巴哈馬對於桑粉介殼蟲的早期偵測計畫」）。有時候，非常特別且有效的捕捉方法是存在的，比如費洛蒙誘蟲器或針對性的誘蟲器，而可以有效地找出新外來種。

然而，在此不提供全面性的、依物種而定的建議（超出此手冊的任務範圍），建議有此問題的管理者與在地的昆蟲學家合作，一起制定適當的策略。

爬蟲類如蜥蜴與蛇類：要早期偵測這些物種，可能必須發展出特別的調查方法。以齧齒類為餌，置於雙室捕捉器中的捕捉方法，曾在關島被用來調查褐樹蛇，而其鄰近島嶼（塞班島和羅塔島）目前正受到生物入侵的威脅，也用這種方法來進行早期偵測。

淡水的魚類和無脊椎動物：新的外來淡水生物，有時是由生物學家執行定期採樣時首度發現，但大多數是因為一般民眾抓到或發現他們無法辨識的生物，並進行通報才發現的。垂釣者對於偵測魚類的引入很有幫助。

魚類和無脊椎動物的採樣方法視棲地、水深、要搜尋的物種而有不同。對於魚類，可

能的採樣方法包括刺網、拖網、圍網、毒魚酮、垂釣與電擊。無脊椎動物大部份體型較小，而較容易躲過監測；採樣方法很多，如針對底棲生物的採泥器，或針對浮游生物的浮游生物網。

海洋的魚類與無脊椎動物：同樣地，對於外來海洋魚類的偵測，我們不清楚有任何適當的特別調查程序。對於已知的外來入侵性無脊椎動物，當牠們在擴散時是可以被監測到的（參見案例 4.1：「歐洲綠蟹在華盛頓州的首次現蹤」和案例 5.23：「滅除澳洲北領地的黑條紋貽貝」）。

病原體：隨著農業重大疾病（如橡膠樹的枯萎病、可可的簇葉病、咖啡的葉銹病）擴散到全世界，以防治這些疾病為目的的特定物種調查也跟著規劃進行。這些調查方式也可應用於環境重大疾病的早期偵測。

要記住，某些疾病是透過昆蟲或其他動物的媒介而傳播。因此一個國家可能有某種疾病而無病媒，或者有病媒而無疾病。在前一種狀況，只有當病媒來到時，疾病才會傳播開來，因此必須監測的是病媒。比如，柑桔萎縮病毒早已存在拉丁美洲和加勒比海地區一段很長的時間，但直到最近才因為它的病媒蚜蟲也移居這個地區才開始造成顯著的問題（參見案例 4.9：「柑橘萎縮病的病媒蚜蟲之擴散」）。

生態系調查：在進行生態系調查時，若觀察到被掠食物種數量減少或年齡層有偏差，就可能是有入侵種的存在。例如，如果大鼠存在的話，某些鳥類就無法生育幼鳥，或者如果蛇類存在的話，小型的原生哺乳動物或鳥類的數量可能就會減少。然而這種改變要到入侵生物的立足情況遠超過「早期偵測」階段時才會發生。因此，對於入侵種的早期偵測，不建議採取生態系調查的方式。

4.1.4 資料收集與儲存

對於所有的調查，必須把所找到的物種（不論是原生種或外來種）及所採取的行動好好地記錄下來。對於大部份類群的入侵種，應收集並保存證據標本。當在地知識不足以進行權威鑑定時，應把東西送給專家鑑定。在鑑定入侵種時，在地和區域的博物館是尋求諮詢的好起點，但也有專業的國際服務存在。「國際生物分類學資訊網」（BioNET-International）是個以建立生物分類能力為宗旨的全球網絡，聯絡該資訊網的在地網絡或 LOOP（Locally Owned and Operated Partnerships；在地擁有與經營的夥伴關係），他們可幫忙找到該區域的專家（<http://www.bionet-intl.org/>）。「生物分類鑑定專家中心」（Expert Centre for Taxonomic Identification）有一個線上資料庫，有生物分類學家的資料（<http://www.eti.uva.nl/database/WTD.html>）。最近依據《生物多樣性公約》而推動的全球分類學計畫（The Global Taxonomy Initiative），未來在這方面也會成為有用的資源。請為您的國家或區域建立並更新通訊錄，內容必須包括機構名稱與專家姓名，他們能夠鑑定的入侵種種類以及應採用的標本收集方法。

以標準格式收集資料，並把資料存在國家的資料庫中。島嶼入侵種資料庫（Island

Invasive Species Database) 的資料欄位，可做為資料收集的格式，如此不論是好物種或壞物種的出現地點都可被記錄下來（亦參見案例 4.13：「為快速反應行動建立知識基礎」）。

4.2 培養專家 / 講師群

4.2.1 訓練什麼人？

要培養國家的預警能力，有兩大群體應該要接受訓練：

第 1 群體：被國家賦予任務，進行必要的調查與搜索工作的人員。這些人的來源各國或有不同，但可能是來自國家公園的官員與保育管理人員等等。因此，在紐西蘭，生物安全官與保育官可能是訓練對象；在馬來西亞，監測調查是農業部的主管事務（至少要調查農業外來種）。像美國這麼大且複雜的國家，事情就不是那麼單純：有數個機關或組織對於這個問題負有責任或有利益牽涉其中，包括漁業與野生動物局（Fish & Wildlife Service）以及美國農業部的農業研究局（USDA-ARS）、動植物檢疫局（USDA-APHIS）與林務局（USDA Forestry Service）。需要廣泛的專業，包括昆蟲學家、病理學家、森林學家、植物學家、淡水與海洋科學家等，這些人可能散佈於數個或許多個團體與組織。

在許多國家，法律可能沒有規定誰要負責；而這是需要環境與農業部門會商，於國家政策中處理的部份，因為這些部會應該已經在處理農業有害生物的問題。

第 2 群體：在他們的活動過程中可能會注意到新外來種的其他人士。這種人有很多，可能包括：

- ▶ 關心的民眾，尤其是對於自然史有興趣的人；
- ▶ 農民；
- ▶ 園丁與地景管理者；
- ▶ 林業的野外人員；
- ▶ 漁民（包括從事生計漁業、休閒漁業、商業漁業的漁民）；
- ▶ 生態學者、自然史社團與環保團體；
- ▶ 土地調查者；
- ▶ 教師；
- ▶ 潛水指導員與遊艇業者；
- ▶ 觀光業者；
- ▶ 登山社與登山者；
- ▶ 攝影師。

事實上，幾乎任何花時間在自然環境中的人都有時間與機會觀察周遭的動植物相。這些人需要參與宣導與訓練活動，且通常由受到訓練的第 1 群體來培養他們的能力（參見案例 4.10：「澳洲之外來有害海洋生物的社區監測」）。

有許多方式可培養第 2 群體的能力與意識，這可能包括以下活動：

- ▶ 媒體宣傳；
- ▶ 提供田野指南；
- ▶ 個人互動；
- ▶ 在自然保留區、博物館等的展示；
- ▶ 到有入侵種的地方進行實地訪查；
- ▶ 以書面型式及在網路上提供概況說明書；
- ▶ 準備學校教材、海報等（例如，有一張關於光肩星天牛在北美的海報，參見：<http://www.aphis.usda.gov/oa/alb/albposter.pdf>；另參見案例 4.11：「關於柏蚜的宣導海報」）。

4.2.2 訓練需求

在此討論第 1 群體的訓練需求。這群專業人士可從國內訓練活動獲益，而講師可能找區域或海外的專家。這種訓練活動的主要目標，是培養他們鑑定原生與外來生物的能力。需要涵蓋的範圍包括：

- ▶ 增加對於原生物種之知識、並因此提升對新物種之鑑定能力的一般訓練；
- ▶ 訓練他們鑑定黑名單上的外來種；
- ▶ 訓練他們使用資料庫、檢索表、手冊與其他鑑定資源，以鑑定已知在其他地方為入侵種的外來種；
- ▶ 辨認新物種的存在；
- ▶ 如何收集、標示與保存物種，以便鑑定是否為入侵種；
- ▶ 如何讓物種受到鑑定；以及
- ▶ 隱蔽種（cryptic species）的觀念以及該如何處理隱蔽種。

為支持這類訓練活動，需要有專家來針對已被鑑定出來的高風險入侵種製備資料表。對此，GISP 的入侵種資料庫（見案例 3.24：「GISP 全球資料庫 / 預警系統」）與入侵種專家小組（ISSG）可能是重要的教材來源。此外，有各種不同的團體已將資料表放在網路上（見方塊 2.1：「關於外來入侵種的一些線上資料庫與文件」），其中某些就是本手冊提供案例的資訊來源。對於農業與林業亦事關重大的入侵種，亦可從為這些部門服務的資訊來源中找到相關資料，比如國際農業生物科學中心（CABI）的「作物保護概略」（Crop Protection Compendium；見方塊 5.3）。

4.2.3 在哪裡訓練

對於第 1 群體的訓練，最好是在國內舉辦，如果資源不足的國家，可在相關區域舉辦。因此，對於太平洋發展中小島國家（SIDS），可以選擇夏威夷，這個地方有許多類似的入侵種，並有能力協辦訓練課程。訓練活動必須儘可能在特定場址或區域舉辦。

對於第 2 群體，可由第 1 群體利用特別準備的教材，在媒體輔助下，於國內訓練。

4.2.4 誰要來進行訓練

國家或區域的特別課程一般都需要外來學者專家的幫忙。這些達人最可能來自鄰近的已發展國家、國際組織、大學等，且需要政府或捐助機構的資助。

若第 1 群體擁有或能夠發展出適當的教學技能，那麼第 1 群體將訓練及引導第 2 群體。

4.2.5 留住人才

對於太平洋發展中小島國家，人力資源尤其有限，因此留住已經接受訓練的人員，是相當重要的。當然有許多在地的變數與政策會影響到人力資源，在此無法提供多少建議，除了以下兩點：

- ▶ 如果可能的話，訓練的人數要比立即需要的人力更多；以及
- ▶ 一旦這些人員有經驗，並評估過他們的知識與技能，那麼這些受訓者就可以來訓練別人。

4.3 應變計畫與資金

應變計畫一般是經過審慎規劃考量，概述在發現有新入侵種或懷疑有生物入侵時必須採取的行動。鑑於潛在外來入侵種相當多樣，對於不同物種所應採取的策略與防治方法也有許多不同的選項，因此就實務而言，剛開始的計畫不是必須非常粗略（或許指出一般的原則、責任以及必須召集的利害相關者以針對特別的事件制定詳細的行動計畫），就是必須針對被確認是高風險的潛在入侵物種或類群。隨著時間的演進，可加入更多針對不同類群或物種的規劃內容，以讓應變計畫更詳細，以應用於更普遍的情況。與應變計畫同樣重要的是，讓所有和管理受威脅地區有關的人士參與及承諾。他們都必須要了解計畫，並依照應變計畫納入預防和早期偵測的程度，讓該計畫的一部份落實於每日工作中。

特定的計畫可以非常簡單，比如，美國動植物檢疫局（APHIS）在桑粉介殼蟲進入美國大陸時採取的應變計畫就非常簡單明確：根據加勒比海地區所得到的經驗以及為該地區所準備的文件（參見案例 4.8：「巴哈馬對於桑粉介殼蟲的早期偵測計畫」及案例 5.11：「桑粉介殼蟲在加勒比海地區的定居速率」），實施生物防治。因此，當 1999 年從加州接獲首次通報指出有桑粉介殼蟲出現時，3 個星期後第 1 批的生物防治媒介就被引入。

應變計畫可能只是簡單的書面文件，提供機會讓工作人員、被選擇的志工與被任命的其他組織參與該計畫的撰寫，讓他們了解需要應變的意外狀況，並在發生意外狀況時採取行動（參見案例 4.12：「應變計畫該有什麼內容？」）。或者應變計畫也可以擴展到涵蓋各種工具，這些工具儲存在適當的地點並處於「隨時可以使用」的狀態，比如美國動植物檢疫局（APHIS）為防治桑粉介殼蟲而培養的擬寄生物，或者為快速滅除計畫準備的鼠餌或毒鼠藥。應變行動所需的設備，必須好好保養並儲存於應變計畫所指定的地點。

在準備應變計畫時，必須考量可能的意外情況與可採取的行動，讓所有參與者討論可

能的行動並達成共識。可採取的行動舉例如下：

以植物為例：當發現一可能的新入侵植物，然個數只有一株，且發現者是個植物學家並了解它是個新入侵種時。針對這樣的情況，應變計畫要求：把該植物拔起來，並於現場將之置入安全的容器內，以避免種子或植株片斷掉落。然後將該容器拿到檢疫站燒掉。該植物出現的地方必須仔細地標記起來，並於接下來兩年中每 6 個月檢查一次。

又如，當發現一可能的新入侵植物佔了一小塊土地；而發現者是個保育官員，不是植物學家，不清楚它是新入侵植物或非常少見的原生植物。針對這樣的情況，應變計畫要求：應採集一小部份的植株，送給植物學家鑑定。並儘一切的努力在發現該植物起三天內，把該植物鑑定出來。如果鑑定結果顯示是入侵植物，應變計畫要求：應移除該植物的所有花朵與種子，並於現場將之置入安全的容器內，以避免種子或植株片斷掉落；然後將容器拿到檢疫站燒掉。該植物出現的地方必須仔細地標記起來，並依照標準的評估程序，考量應採取的防治行動。

以哺乳動物為例：當有船隻在原始島嶼岸邊失事。應變計畫要求派出一組人，拿著之前預備好的齧齒類應變工具箱到該島嶼上，根據審慎規劃的指示，在船隻失事地點周遭放置齧齒類的誘餌與捕捉器。接著這組人要檢查失事船隻，尋找鼠類的蹤跡，並考慮在這個地區的捕捉與置餌行動應持續多久。

以爬蟲類為例：當接獲通報指出某島嶼出現了一種原本並不存在當地的蛇類。應變計畫要求派出一組人，拿著蛇類應變工具箱到該島嶼上捕捉這種蛇類，同時他們應以正面友善的態度，邀請發現並通報的人來參與，並問他詳細的情形。應變計畫可能接著要求，應派出檢疫人員，帶著受過訓練的獵蛇犬，以進一步搜尋蛇蹤。

以無脊椎動物為例：當某潛在入侵性的無脊椎動物被視為優先防範對象，可準備應變計畫，以備該物種的到來（參見案例 4.13：「為快速反應行動建立知識基礎」）。在這一方面，農業部門有許多案例可茲依循，比如前述的桑粉介殼蟲的生物防治案例。對於不同類群的潛在外來入侵種，有更多的情境須於制定應變計畫時詳加考慮。

4.3.1 應變行動的成本

以保護原始島嶼及保留區為職責的每個保育組織，如果他們關心的地方有可能遭到新入侵種的危害，就有可能以財務支持應變計畫的制定以及應變工具的準備。有可能沒有任何組織有錢可投入可能的應變行動，因此應變計畫應詳述如何支付應變行動的成本。比如：

- ▶ 如果採取的行動所花費的工作人員時間與成本少於某一名目金額（比如說 50 美元），那麼工作人員就直接展開應變行動。
- ▶ 如果採取的行動所花費的工作人員時間與成本，達到更高一級的水準（比如說 500 美元），那麼行動還是繼續，但是管理者必須決定有哪些其他工作可以不用做，以支付應變行動的成本。

- ▶ 如果採取的行動成本更加高昂，那麼可能需要取得授權。而且要動用這種水準的資源，通常需要花上幾天的時間，那麼必須要撥出時間以取得執行應變計畫的許可。

負責因應新生物入侵的相關政府部門，應考慮建立機制（法律、規章、權責）以提供必要資金，以快速調度資源，展開緊急防治行動。有遠見的政府部門會在緊急事件發生前建立好這個機制。比如，美國農業部依據法律與規章，有權動用任何可得的資金，以展開緊急控制或滅除。

案例 4.1 歐洲綠蟹在華盛頓州的首次現蹤

1998 年，美國華盛頓州的學者，邀請位於加州里奇蒙（Richmond）的舊金山港灣研究所（San Francisco Estuary Institute）的海洋生態學家安德烈·可漢（Andrew Cohen）來訪，請他來調查一種正在入侵威拉帕灣（Willapa Bay）淺層水域的外來米草；威拉帕灣位於華盛頓州西南部。

就在安德烈·可漢穿上靴子涉入水中後 30 分鐘，他就碰上了第一個證據，指出有比外來米草更糟糕的入侵種已來到華盛頓州。他發現雄性歐洲綠蟹（*Carcinus maenas*）蛻掉的外殼，他根據在加州的經驗馬上就認了出來。

關於歐洲綠蟹應該已經來到華盛頓州的消息，受到相當廣泛——幾乎是空前——的宣傳，報導並指出這種綠蟹可能會對貝類產業及海岸生態系造成的衝擊。有相當多的當地民眾因此有了警覺心及動機去密切監測綠蟹。然而，這是一位專長生物入侵學及熟悉這種特殊蟹類的外來專家，在相當短暫的海岸訪察過程中，率先發現了存在該州的綠蟹。

資料提供：安德烈·可漢（Andrew Cohen），舊金山港灣研究所（San Francisco Estuary Institute）。地址：1325 South 46th Street, Richmond, CA 94804 USA；網址：<http://www.sfei.org/invasions.html>。

案例 4.2 紐西蘭對白斑毒蛾的早期偵測與滅除

白斑毒蛾 (*Orgyia thyellina*) 的幼蟲非常具有特色。在紐西蘭，這種毛毛蟲是於 1996 年 4 月在奧克蘭東部市郊第一次被發現，被一位民眾在當地一棵桃樹上採集到。

白斑毒蛾原生於日本、台灣與韓國，這種昆蟲在一兩年前被意外引入紐西蘭後，已適應紐西蘭北部的亞熱帶氣候，且有潛力對許多種樹及其他植物造成嚴重傷害。

根據紐西蘭「森林健康顧問服務公司」(Forest Health Advisory Services) 所做的調查，這種新有害生物的分佈範圍侷限於一塊約 100 公頃大小的區域。紐西蘭森林部 (Ministry of Forestry) 於是根據一項滅除計畫，使用以蘇力菌 (*Bacillus thuringiensis var. kurstaki*) 為活性成份的農藥 Foray 48B，主導一項跨機關的應變行動，希望能夠一舉殲滅。他們採取地面與空中噴灑的方式，起初將 Foray 48B 施用在 4,000 多公頃的土地，但這面積逐漸地減少，到最後噴灑的面積只剩下 300 公頃。

果然，過冬的蟲卵都不能展現出牠們在北半球的自然模式：同步孵化，於是這項噴灑計畫從 1996 年 10 月開始，延續到 1997 年 3 月初結束。在這段期間內，對受侵擾地區與緩衝地區的空中與相關的地面噴灑處理，總共執行了 23 次。這項滅除行動一直得到一群相關的研究與技術專家以及實務操作與媒體專業人士的充份支援。噴灑效力的監測，則採取多種方式進行。例如，在這整個地區中選擇一些安全地點，放置封起來的捕蛾器，內有雌蛾，以吸引雄蛾。結果在 1997 年 4 月時捉到 6 隻雄蛾，但自此以後，就沒有再捉到活的白斑毒蛾 (包括幼蟲等各種生命階段) 了。

由森林部於 1997 年中推動的另一個並行的國際計畫，是將雌蛾的費洛蒙分離出來並合成，以吸引雄蛾。這讓森林部得以在 1997-1998 年的夏天佈置了 7,500 個費洛蒙捕蛾器。結果沒有捉到任何白斑毒蛾，於是該計畫在 1998 年的 7 月結束。在 1998-1999 年的夏天，又繼續劃佈點放置費洛蒙捕蛾器，還是沒有捉到白斑毒蛾，因此認為該計畫已將紐西蘭境內的白斑毒蛾滅除。

該計畫的經費共計 1,200 萬紐幣，還算合理，畢竟若不採取行動，這種毒蛾無疑會對都市的森林環境、園藝以及紐西蘭的原生森林與外來森林 (影響程度較小) 造成衝擊。

作者: Ross Morgan, 森林健康顧問服務公司 (Forest Health Advisory Services) 全國經理。地址: PO Box 6262 Rotorua, New Zealand; 電子信箱: MorganR@forestry.govt.nz。

案例 4.3 紐西蘭的植物預警系統

奧克蘭區域委員會生物安全組（Auckland Region Council Biosecurity Unit）人員每年在奧克蘭地區針對 274 家植物種植者與零售業者的場所進行調查。他們尋找並沒收任何違法植物，檢查新的潛在入侵種，察看有沒有可能導致不必要的植物散播的工作實務。

奧克蘭區域委員會生物安全組人員每年檢查奧克蘭地區 5% 的土地面積，且每年檢查範圍都不同，以找尋有害植物的入侵跡象。他們是在確認都市周遭區域以及重要保育區旁的土地為高風險的關鍵區後，開始展開這項工作。5% 的面積看起來不大，但當密集的住宅、時常清理的農田以及茂密的森林都被視為低風險區時，剩下的高風險區每 3 年到 4 年就會受到密切的檢查。

作者：Dick Veitch，紐西蘭帕波庫拉（Papakura）。

案例 4.4 成功滅除已立足海洋外來入侵種的第一個案例

環節動物門多毛綱纓鰓蟲科的一種不知名物種，隨著來自南非的鮑魚貨運而意外進入加州。這種有害生物開始時是被圍堵在海水養殖設施中，牠會造成養殖鮑魚的外殼變形及生長遲緩。1996 年，在加州卡幽寇斯（Cayucos）附近發現了這種生物在潮間帶立足。

於是，根據「流行病學的傳播門檻理論」（epidemiological theory of threshold of transmission），執行滅除計畫。該理論認為，當傳播階段的密集度與高度易感宿主的密度減少到置換傳播率以下，有害生物的後繼世代將逐漸消失。

滅除計畫包括：（1）預防成蟲從海水養殖設施進一步釋出；（2）減少成蟲的族群；（3）減少最易感的原生宿主族群。這三步措施不僅針對有害生物，也針對已立足族群要維繫下去所需的宿主。在 1998 年 4 月，調查發現已經滅除了這種新入侵生物。這種可能成功的滅除計畫，需要（1）早期偵測；（2）商業利益團體、管理機關與有害生物防治科學家之間的合作；（3）快速反應；（4）發展具有理論基礎的防治策略；（5）透過佈哨式的棲地測試，監測滅除的效力。

摘自：Culver, C. S. & A.M. Kuris (1999)，〈鮑魚的纓鰓科害蟲：成功滅除已立足外來海洋入侵種的第一個案例〉（The First Eradication of an Established Introduced Marine Bioinvader），《海洋生物入侵：第 1 屆全國研討會論文集》（Marine Bioinvasions, Proceedings of the First National Conference）（J. Pederson 彙編）100-101 頁，該研討會於 1999 年 1 月 24-27 日在麻州劍橋的麻省理工學院（MIT）舉行。

案例 4.5 澳洲對於香澤蘭的偵測

香澤蘭 (*Chromolaena odorata*) 被認為是世界上危害最烈的有害植物之一，有能力擴散到整個澳洲北部，並蔓延到東海岸。如果在澳洲立足，香澤蘭將造成大範圍的熱帶乾 / 溼稀樹大草原與保育區的嚴重退化。農業與園藝的生產、甘蔗與人工林地，也將受到威脅。

1994 年在昆士蘭州北方偏遠的塔利河 (Tully River) 區，發現到幾處受到香澤蘭的小面積入侵。在 1994 年 7 月 15 日，在賓吉爾灣 (Bingil Bay) 沿海村落附近，發現幾株開花的香澤蘭沿著一條道路旁生長著。於是採集樣本並與保存在初級產業部 (Department of Primary Industries) 的植物標準比對驗證。

在這之前的幾年來，香澤蘭進入澳洲熱帶地區的可能性就已經被確認並預測。受雇於「北澳檢疫策略」(Northern Australia Quarantine Strategy) 的人員就已經開始在北澳偏遠地區 (比如托雷斯海峽群島) 與鄰近的巴布亞新幾內亞找尋香澤蘭的蹤跡。由於「北澳檢疫策略」人員在巴布亞新幾內亞調查時就熟悉了香澤蘭，因此後來在塔利河區看到它時很快就認出它來，並即刻知會主管機關。

在發現的時候，可明顯看出被發現的香澤蘭並不是初級入侵族群，應該是從該區其他地方傳播過來的。由來自昆士蘭國土部 (Department of Lands) 和初級產業部的人員所共同進行的密集調查計畫，隨即掌握了香澤蘭入侵的程度。香澤蘭的初級入侵族群在塔利河的支流「回聲溪」(Echo Creek) 附近的牧草地上被發現，而各個次級入侵族群也被找到。

根據來自塔利河沿岸地主的傳聞，香澤蘭已經存在回聲溪口下游數公里的河岸至少有 7 年之久。這表示在回聲溪上游的初級入侵族群可能已有 10 年以上。在這地方存在著基幹直徑達 7-10 公分的老植株。賓吉爾灣附近的香澤蘭入侵族群，估計約有 5 年之久。

由於已有一段時間，因此關於當初香澤蘭是透過何種途徑引入，線索已模糊不清。然而，受污染的進口牧草種子，是最可能的來源，而從海外回來的受污染農業機械或旅人，可能是另一個來源。

編自：http://www.dnr.qld.gov.au/resourcenet/fact_sheets/pdf_files/pp49.pdf，澳洲自然資源部 (DNR) 有害生物真相網 (DNR Pest Facts) 中關於香澤蘭的網頁及未公布的 DNR 報告。

案例 4.6 法屬波里尼西亞對於米氏野牡丹的大眾宣導與早期偵測

自從當地主管機關（法屬波里尼西亞政府與法國高級專員）確認了米氏野牡丹嚴重入侵大溪地與茉莉亞島（法屬波里尼西亞）（參見案例 2.6），一項研究與防治米氏野牡丹的計畫於 1988 年就此展開。

環境部（Department of Environment）出版了三張兼具資訊與教育功能的海報，分別是 1989 年的「綠癌」（Le Cancer Vert）、1991 年的「危險的米氏」（Danger Miconia）與 1996 年的「終結米氏」（Halte au Miconia），並廣發到法屬波里尼西亞的所有 35 個易受入侵的高火山島。每年，研究人員在大溪地的帕比提鎮流行活動期間（6 月的「環境日」、7 月的「農業博覽會」、10 月的「科學嘉年華」），展示關於米氏野牡丹計畫的資訊展版。

積極的人工防治與化學防治行動於 1991 年在剛被米氏野牡丹入侵不久的瑞亞堤亞島展開，這個島是在 1989 年被農業發展局（Rural Development Service）發現有小面積的土地受到入侵。迄今，在數百名學童、自然保育團體與法國軍隊的協助下，已經籌辦了 6 次的年度活動，同時透過當地報紙、廣播以及更重要的當地電視頻道（RFO1 是法屬波里尼西亞所有島民收看的頻道）的新聞時段，以法語和大溪地語宣傳這些為期 5 天的活動。

受到這些宣導活動的直接影響，1995 年一名住在塔哈島偏遠山谷的獵豬人，發現一小面積的米氏野牡丹族群，並向政府單位通報；而呼爾希尼島的當地居民，也注意到米氏野牡丹的幼苗。在 1997 年 6 月，法屬波里尼西亞的研究部（Research Department）和夏威夷的國家熱帶植物園（National Tropical Botanical Garden）在馬克薩斯群島進行植物探勘，結果在努庫希瓦島上發現了小小面積的米氏野牡丹族群，並隨即予以滅除。這次事件同樣也在當地報紙上受到報導，而當地廣播電台（包括馬克森電台）也就這次事件進行訪談。

1997 年 8 月在大溪地帕比提鎮舉辦為期 4 天的首屆「防治米氏野牡丹之區域研討會」（Regional Conference on Miconia Control），當地電視、報紙與廣播又再一次地高度參與。結果，有更多孤立的米氏野牡丹植群在偏遠島嶼（如南方群島的魯魯土島和拉帕島，馬克薩斯群島的法圖希瓦島）上被發現並通報，並被農業部（Department of Agriculture）立即滅除。

作者：Jean-Yves Meyer，地址：Delegation a la Recherche, B.P. 20981 Papeete, Tahiti, French Polynesia。電子信箱：Jean-Yves.Meyer@sante.gov.pf。

案例 4.7 提里提里馬唐宜島對於大鼠的早期偵測

1996 年在紐西蘭旁、面積 200 公頃大的提里提里馬唐宜島上，滅除了太平洋鼠（*Rattus exulans*）。現在，該島重新被覆上以原生植物幼苗為主的植被。為防範這種大鼠可能的再次入侵而採取的早期偵測方式，是沿著海岸線設置 100 個齧齒類誘餌站，並每月檢查一次，誘餌則每 3 個月更換一次。

作者：Dick Veitch, 紐西蘭帕波庫拉（Papakura）。關於大鼠類的更多資訊，參見：<http://www.doc.govt.nz/cons/pests/fact51.htm#top>；<http://www.doc.govt.nz/cons/offshr/offl1.htm>

另一個例子請參見案例 5.34：「生態觀光做為入侵種防治計畫的資金來源」。

案例 4.8 巴哈馬對於桑粉介殼蟲的早期偵測計畫

桑粉介殼蟲（*Maconellicoccus hirsutus*）是來自亞洲的昆蟲，於 1990 年代初期在加勒比海的島國格瑞納達被發現。這種昆蟲的宿主很多，且已對觀賞植物（最明顯的是木槿）、農作物（如：可可、秋葵、芒果、梅子、酸模、刺番荔枝）、景觀樹（如：雨豆樹）、林業用樹（如：柚木）以及集水區的樹種（如：高紅槿）帶來嚴重危害。牠也已開始擴散，在到達維京群島時，巴哈馬政府在與國際農業生物科學中心（CAB International）討論後，推出下列的早期偵測計畫：

- ▶ 在關鍵的高風險入境點監測新發生的入侵。根據目前已知的桑粉介殼蟲分佈情形，這些關鍵的高風險入境點為拿索與自由港的機場與海港、伊納瓜與埃克蘇馬的海港。
- ▶ 監測遊艇垃圾棄置場鄰近地區。
- ▶ 在上述地方周遭種植木槿等誘引植物（如果誘引植物尚未存在的話），以做為定期監測計畫的基礎。
- ▶ 應推行大眾宣導計畫，警示大眾若桑粉介殼蟲來到巴哈馬，會帶來的風險與影響。
- ▶ 鼓勵民眾向農漁業部通報桑粉介殼蟲入侵的跡象，或許可建立通報專用熱線。

在最壞的情境下，巴哈馬將因為他們的貿易夥伴國家從巴哈馬農產品中攔截到桑粉介殼蟲，而得知自己國境內有這種昆蟲的存在。

桑粉介殼蟲入侵的初始通報紀錄，將由農漁業部的人員確認，如若判斷覺得這種昆蟲可能真得存在的話，須交由適任的權威單位或人士鑑定，在完成這個重要的步驟後，才開始準備計畫以解決這個問題。

摘自：巴哈馬農漁業部（Ministry of Agriculture and Fisheries）和國際農業生物科學中心（CAB International）於 1997 年 7 月舉辦的研討會中的一份未發表的報告。

案例 4.9 柑橘萎縮病的病媒蚜蟲之擴散

柑橘萎縮病 (Citrus Tristeza Virus; CTV) 是柑橘的一種疾病，由一種黃化絲狀病毒 (closterovirus) 所引起，這種病毒會存在於韌皮部的組織中。一個常見症狀是嫁接在酸橙砧木的接穗品種會衰敗。這種症狀可能發展得非常快速，比如幾個星期內，因此這種病又被稱為速衰病。這種病可能會造成非常嚴重的衝擊，以至於某些國家不再用酸橙做為砧木。即便使用的砧木可耐病，這種病所造成的莖幹凹陷，也會導致植株生長緩慢、發育不良、果實小而口感不佳。

傳播柑橘萎縮病最有效的媒介是一種叫作大桔蚜 (*Toxoptera citricidus*) 的蚜蟲。這種來自舊世界的物種已來到南美有幾年的時間，並於 1989 年到達中美洲，並自此開始擴散到整個中美洲與加勒比海地區。當牠剛到達這個地區時，即快速生長繁衍，因此很快地就建立龐大的族群；且此後由於牠的黑色而變得非常顯著。因此進行定期檢查就可以很容易地看到這種蚜蟲。

柑橘萎縮病的傳播是透過口針，並不持久，也就是說蚜蟲在取食受感染植株而獲得病毒後，只能在 24-48 小時內傳播該病毒。剛抵達某地的蚜蟲，可能不會有病毒。但如果病毒已經少量存在於當地，且通常情況會是如此，那麼即使要透過相當多次的取食，蚜蟲仍將很快地獲得病毒，並把它散播到所有的植株。

委內瑞拉過去受到柑橘萎縮病襲擊的情況相當淒慘。1960 年，首次有通報指出，在委內瑞拉的墨西哥酸橙種質收集品中發現柑橘萎縮病毒，但當時這並不是個商業問題。1976 年，大桔蚜首次在委內瑞拉被發現，這種蚜蟲分別從該國的南邊 (巴西) 與西邊 (哥倫比亞) 入境。在 1970 年代期間，雖然有努力警告種植者，指出柑橘萎縮病毒重現的可能，要小心這顆定期炸彈，但農民反應太慢，而導致問題一發不可收拾。

1980 年，這顆定時炸彈引爆了，導致柑橘萎縮病第一次的嚴重爆發。那一年，為進行「酵素連結免疫吸附分析法」(ELISA) 檢驗而採集的柑橘植株中，有 24% 呈陽性反應。1981 年，有 49% 呈陽性反應，接下來兩年，呈陽性反應的比例依序上升到 64% 與 72%。至 1991 年，有超過 500 株柑橘樹死亡。這個柑橘產業的危機，使得農民紛紛改用可耐病的砧木，儘管為時已晚。1970 年，有 99% 的柑橘樹是以酸橙為砧木，到 1992 年，只剩下 10% 以酸橙為砧木。

雖然改用耐病的砧木，柑橘萎縮病仍是個重大問題。此外，柑橘立枯或速衰的情況，也常常發生在耐柑橘萎縮病的砧木上。其他耐柑橘萎縮病的砧木與接穗的生產力，會受到類病毒 (Viroids) 和柑桔鱗皮病 (psorosis) 的限制。

編自：Lee, R.F.; Baker, P.S.; Rocha-Pena, M.A. (1994)，《柑橘萎縮病》(The citrus tristeza virus (CTV))，國際生物防治研究所 (International Institute of Biological Control)，英國愛斯科 (Ascot)。

案例 4.10 澳洲之外來有害海洋生物的社區監測

目前在澳洲水域已發現 150 種以上的外來海洋生物，其中有 8 種被認為是重大的有害海洋生物，分別是：北太平洋海星（*Asterias amurensis*）、裙帶菜（*Undaria pinnatifida*）、歐洲扇蟲（*Sabella spallanzanii*）、歐洲綠蟹（*Carcinus maenas*），以及四種有毒的腰鞭毛蟲。然而，至少有 14 種外來種被懷疑可能會造成環境威脅。

這些海洋入侵種的潛在衝擊包括：透過競爭或掠食而取代原生種、減少沿岸與河口棲地的生物多樣性、威脅漁業及農業的運作。這些衝擊對人類而言可能是毀滅性的，因為澳洲有極大比例的人口利用海岸環境從事休閒以及更重要的，生計活動。

在預防有害海洋生物進入澳洲海洋環境上，目前還沒有完全有效的屏障管控技術。雖然港口很明顯地是外來種的主要入境點，這些物種也可能藉由自然的潮流散佈它們的卵或幼蟲，或者透過國內的船舶活動，而進入離港口很遠的地方。監測外來種的抵達與擴散，是了解它們如何抵達以及會產生什麼衝擊的重要措施；不過迄今，還不可能在澳洲冗長的海岸線上進行全面的監測。

在地社區的成員在這一方面可以扮演重要的角色，因為他們廣泛分佈各地，熟悉在地原生物種，因此他們通常會率先發現在地海洋棲地的變化。體認到監測的必要性以及社區參與監測的價值，澳洲聯邦政府環境部（Environment Australia）、聯邦科學與工業研究組織（CSIRO）的外來有害海洋生物研究中心（Centre for Research on Introduced Marine Pests；CRIMP）以及澳洲壓艙水管理諮詢委員會（Australian Ballast Water Management Advisory Council；ABWMAC）共同資助一項先導計畫，嘗試由社區來監測外來有害海洋生物。

這個社區監測計畫由外來有害海洋生物研究中心（CRIMP）主持；而且除了社區團體以外，環境管理機關、產業團體、港口主管機關、研究機構、已建立的海洋與監測網絡，也都扮演重要的角色。該計畫的目標是協助社區與其他團體成為積極的海洋與海岸環境看守者，以促進新入侵種的早期發現，並藉此更加了解已經存在於澳洲的外來種。宣導與教育活動是這個計畫的重要項目，因為可能的參與者顯然會想要了解外來有害海洋生物的問題，然後評估他們可以如何參與監測計畫。除了提供資訊、鑑定以及訓練教材以外，這項計畫也規劃要發展一個開放的外來有害海洋生物資料庫以及關於此計畫的資訊網站。除了海洋產業與政府團體外，也提供機會讓各種團體參與，包括潛水者、漁民、行船者、海洋博物學家、衝浪者、海灘拾荒者、海濱流浪者與學校團體。社區監測計畫希望在外來有害海洋生物研究中心與廣泛的社區之間建立直接的連結，讓有關外來有害海洋生物的資訊能夠雙向流動。

編自：〈澳洲之外來有害海洋生物的社區監測〉（Community monitoring of introduced marine pests in Australia），出自 IUCN/ISSG 出版的《外來種》（Aliens）期刊第 6 期第 14 頁，作者 Karen Parsons，澳洲聯邦科學與工業研究組織（CSIRO）。

案例 4.11 關於柏蚜的宣導海報

肯亞林業試驗所

小心這種可怕的柏樹害蟲

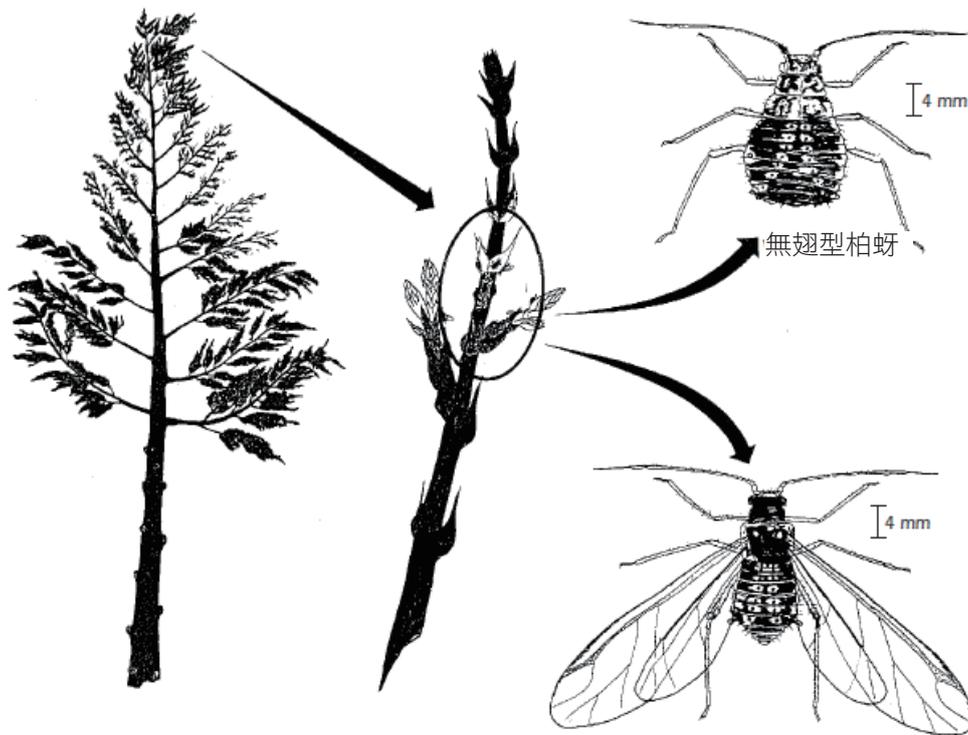
蟲名：柏蚜 (Cinara cupressi)

顏色：全身褐色或黃色

有翅及無翅兩種型態都有。幼蟲階段類似無翅型的小蚜蟲。

長度：2-4 mm

危害：柏蚜會定居在樹冠，且由於定居下來的雌蚜繁殖力高，族群發展得十分快速。受侵襲的樹木之樹冠在陽光下會轉為黃色到褐色，以減少被攻擊的機會。從蚜蟲族群掉下的蜜露，會落在低矮的樹枝上，而開始發霉。受侵襲的林地很快地會呈現黃色到褐色的樹冠。受嚴重攻擊的樹木，會嚴重枯萎，且最後即死亡。



受侵襲的柏樹

樹枝上柏蚜族群特寫 (×250)

有翅型柏蚜

注意：損害的特殊症狀

發現時該怎麼辦

聯絡：肯亞林業試驗所所長 (Director Kenya Forestry Reserach Institute ; P.O. Box 20412, Nairobi)。

將採集下來的蟲樣密封在瓶子裡，加上一些酒精，送到當地的林務處 (Forestry Office)，或直接送給肯亞林業試驗所所長或「國際農業生物科學中心」(CAB International ; P.O. Box 30148 Nairobi)。



案例 4.12 應變計畫該有什麼內容？

全面性的應變計畫可以是一份龐大的文件，可能超過 50 頁，這樣的計畫目前還很少見。然而，奧克蘭保護區（Auckland Conservancy）的保育部（Department of Conservation）於 1999 年 3 月對轄下島嶼上的有害動植物入侵，擬定了應變計畫草本，其目錄或許可讓我們了解應變計畫該有什麼內容。

緊急目錄

- ▶ 看見或懷疑有齧齒類？
- ▶ 看見或懷疑有其他新的有害動物？
- ▶ 看見或懷疑有新的有害植物？

目錄

- ▶ 減少齧齒類入侵的風險
- ▶ 齧齒類入侵的應變計畫
- ▶ 減少非齧齒類有害動物入侵的風險
- ▶ 非齧齒類有害動物入侵的應變計畫
- ▶ 減少有害植物入侵的風險
- ▶ 有害植物入侵的應變計畫

附錄

- ▶ 個人通訊錄
- ▶ 通報表
- ▶ 資料表
- ▶ 設備位置
- ▶ 島嶼列表
- ▶ 各島的地圖
- ▶ 島上動物與雜草列表

注意，置於文件一開頭的「緊急目錄」部份，應能讓任何人在緊急狀態下採取正確的行動。「目錄」所對應的部份，也相當簡短，但還是必須寫下來，讓讀者不用去尋找任何其他文件來填補基本知識的不足。這份文件的內容也提到如何從一開始防範有害生物進入島嶼，這個課題和應變行動同樣重要，但你可能會想要在另外的文件中處理這個課題。「附錄」部份非常重要，且必須仔細維護；同樣地，對於列於附錄中的重要事項，應讓讀者不用再去參考任何其他文件。

與應變計畫同樣重要的，是所有和保護島嶼有關的人士的參與及承諾。他們都必須要了解計畫，每天都要執行保護的職責。應變行動所需的設備，必須好好保養，使處於可以完美運作的狀態，並存放於應變計畫指定地點。

作者：Dick Veitch，紐西蘭帕波庫拉（Papakura）。

案例 4.13 為快速反應行動建立知識基礎

1999 年 3 月，斑馬紋貽貝的一個海洋親戚，仿貽貝屬的沙篩貝，俗稱黑條紋貽貝，入侵澳洲北部的達爾文的 3 個遊艇碼頭。這種貽貝對北澳的環境、基礎設施與漁場，皆造成了衝擊。

在採取雷厲行動後，已將這種貽貝從這些遊艇碼頭滅除，且自此之後，就沒有在澳洲看到它們的蹤跡（除了在某些來訪船舶的船殼上）（案例 3.15 與 5.23）。

幸好，被發現的這種入侵性的仿貽貝類，和斑馬紋貽貝密切相關，因此它的生物學、滅除與控制方法等資訊，可以很容易地在網路上找到（如：海援計畫的國家水生有害生物資訊交換中心（Sea Grant's National Aquatic Nuisance Species Clearinghouse））（<http://cce.cornell.edu/seagrant/nansc/SGNIS>；亦參見方塊 2.1，列有更多以網路為基礎的資料庫），且可以很快地做為快速反應滅除計畫的知識基礎。

當初澳洲政府為評估對於沙篩貝應採取的反應行動，而成立了全國特別小組，評估結果認為，其他類似的海洋入侵種，可能和沙篩貝同樣有害，因此最好採取同樣的快速反應策略防治這些生物。聯邦科學與工業研究組織（CSIRO）的外來有害海洋生物研究中心，於是針對有害海洋生物（與某些淡水物種）的滅除與控制方法，進行了廣泛的文獻回顧。這次文獻回顧，主要以可能會對澳洲造成重大威脅的生物類群為主；然而，在收集文獻過程中，發覺許多有關滅除與控制的文獻（尤其是失敗的滅除經驗）從未被發表。這次文獻回顧的成果，整理成幾個部份，存成可供下載的 pdf 檔，見：<http://www.marine.csiro.au/CRIMP/Toolbox.html>。

這次文獻回顧，將成為互動式的「快速反應工具箱」（Rapid Response Toolbox）的一部份，這個工具箱可從網路上瀏覽，內容包括物種資訊、滅除方法、物理和法律的限制，以及有哪些專家和供應者（後者只列出位於澳洲境內者）。未來將納入互動式的危害分析，協助使用者判斷可能的危害和可採取的反應，以引導使用者面對海洋生物的入侵。

編自：一封由 Nic Bax 寫給 Aliens 討論群組的電子郵件，2000 年 9 月 21 日。Nic Bax，聯邦科學與工業研究組織（CSIRO）的外來有害海洋生物研究中心（Centre for Research on Introduced Marine Pests）。電子信箱：bax@marine.csiro.au。

摘要

本章描述外來入侵種的管理，內容包括

- ▶ 情勢的初步評估；
- ▶ 為管理計畫判定高度優先物種的過程；
- ▶ 關於不同生物類群的滅除、圍堵、控制、減緩方法的詳細資訊；
- ▶ 介紹監測的方法；
- ▶ 確定計畫的主要原則；
- ▶ 獲取資源的活動；
- ▶ 利害相關者的承諾與參與的重要性；以及
- ▶ 防治方法的訓練。

管理計畫的第一步，是評估目前的情勢，包括決定管理目標、要管理的區域範圍與特性、影響該區域的目標入侵種以及受威脅的原生種。管理目標應是保護或恢復生態系的完整，以讓生態系可繼續提供其服務。滅除與控制的方式，必須要根據其成功的可能性、成本效益以及可能造成的任何傷害，進行評估。

應表列各種不同入侵種的優先性，物種優先性的考量因素包括：該物種入侵的區域範圍、造成的衝擊、受侵棲地的生態價值、防治的困難性。高優先性的物種，可能是那些已知或可能具有入侵性但族群數量還不多的物種；可能改變生態系過程的物種；出現在具有高度保育價值地區的物種；可能可以成功防治的物種。

處理已立足外來入侵種的四個主要策略是滅除、圍堵、控制與減緩。當預防措施失效時，接下來最有效的行動應是滅除計畫，因為此時還有完全恢復棲地的機會。由於滅除計畫一般成本都非常高昂，且在完成行動前需要百分百的承諾，因此在決定滅除行動前應該審慎且切實地評估滅除行動的可行性。滅除的方式包括物理（或機械）防治、化學防治與生物防治，以及棲地管理。雖然大多生物類群都有成功滅除的案例，但大多數的成功案例為針對小島的陸域脊椎動物。

圍堵是特殊的防治方式，目標是將入侵種限制在特定的地理範圍內。可採取各種方式，沿著這個特定區域的邊界，抑制入侵種的族群數；對於擴散到區外的入侵種，則予以滅除，並預防來自區外的任何引入。

外來入侵種的控制計畫，應以減少目標物種的族群密度與豐度（abundance）至低於某一同意的閾值，把衝擊降低到可接受的程度。抑制入侵種的族群數，可降低其競爭力，且在樂觀的情勢下，原生種將重新獲得地盤，取代入侵種。

由於生態系、物種豐富度（species richness）、涉及的氣候區域等因素相當複雜多變，外來入侵種管理的選項也相當不一。對於各種不同生物類群的成功管理計畫的案例研究，

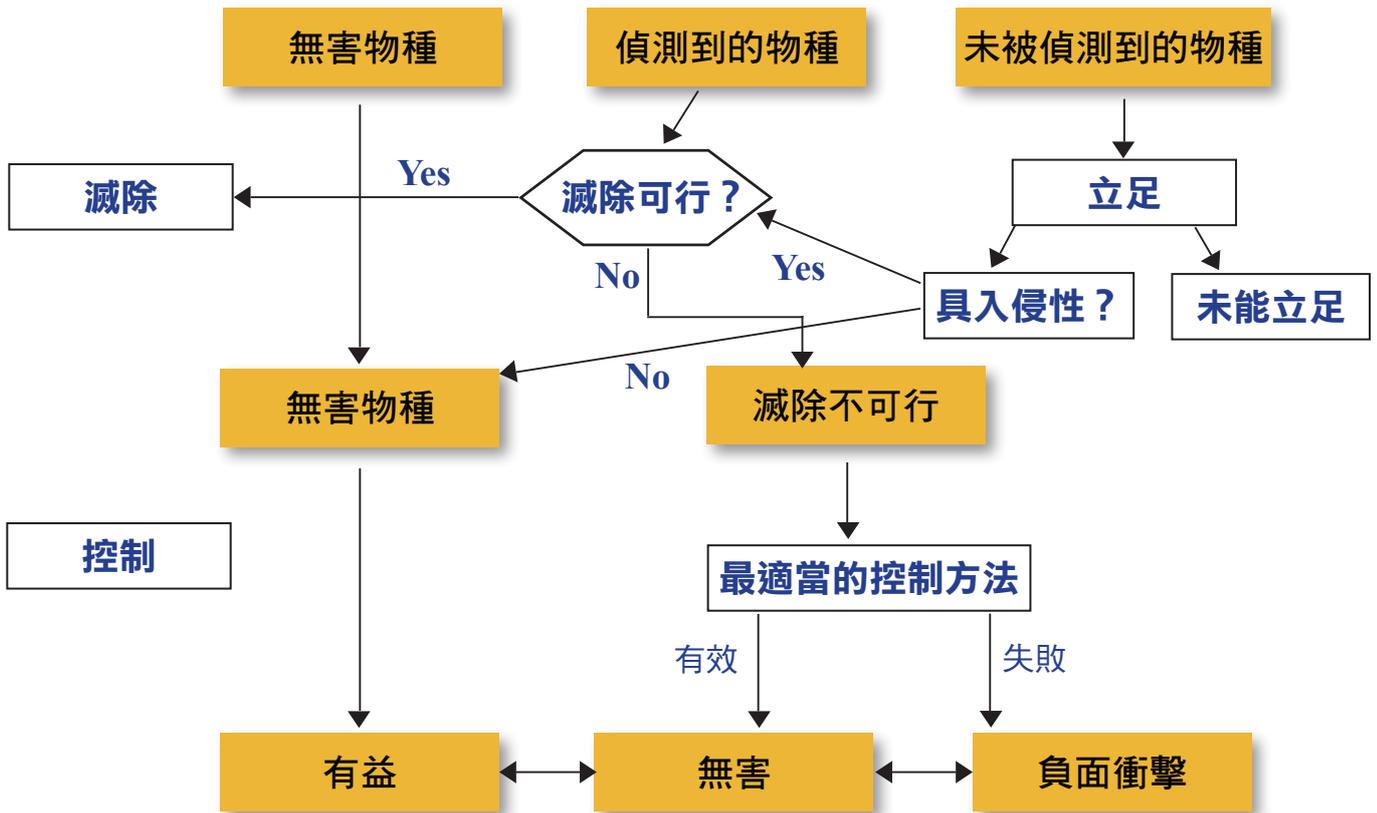


圖 5.1 在預防措施失效後的滅除與控制選項。若執行了圖中所有步驟，外來種最後會歸到該流程圖中最下面的三個類別之一（完整的流程圖，見本手冊摘要）。

只能當作指引；而在擬定一般性的聲明時，也要非常審慎。防治方法應依照對主要生物類群的成功案例研究來分門別類。

為了評估一計畫的成效，必須監測改變的情況，並評估於計畫開始時設定的目標達成情形。而同時監測滅除或控制行動的影響，有助於追蹤計畫進展，並發掘未預料到的負面結果，如此才有機會依照新的觀點與情勢來改變或調整計畫。

另外，本章指出獲取資源的一些關鍵要素。外來入侵種的管理可能相當耗人力，因此有時候執行成本相當高昂。解決這個問題的方式之一，是運用志工團體。

在初步評估時，應找出所有的利害相關者，並讓他們參與整個管理計畫的過程。由於大眾對不同物種會有不同的認知，某些物種會比其他物種更容易成為防治目標。對於後一類生物的管理，需要進行廣泛的大眾宣導，提出有說服力的論點。媒體是影響大眾的有用工具，應善加利用。

有一大部分的成功管理計畫，是以農業與林業的有害生物為防治對象，這凸顯了不同部門之間合作的重要性。成功與失敗的資訊，必須透過所有可得的媒體廣為傳播。要達到更好的知識基礎，必須訓練人員熟悉外來入侵種的防治方法。本章也提供部份目前可得的訓練課程列表。

5.1 初步評估

第一步是為入侵種管理計畫決定管理目標。其次，界定要管理的目標區域；這個區域可能是整個國家、整個或部份的島嶼、整個或部份的保留區或保育區。

在某些情況下，管理計畫的範圍可能包括一個以上的國家，需要國與國之間的良好合作。因此，通常會建議外來種的滅除或控制計畫應以涉及的生態系為基礎，而該生態系可能會跨越政治邊界。然而，有時候政治局勢會使這種作法變得不可行。

目標區域的特性、對於該區域的管理目標、因為入侵種而受到威脅的物種、哪些入侵種影響目標區域並負面影響管理目標，也需要加以決定。生物多樣性和保育價值極高的區域、擁有極佳天然美景且物種豐富的區域，還有稀有棲地等，通常都被劃為國家公園列入保護；在這些國家公園內，除了觀光活動外，人類活動相當稀少。這類區域的管理目標將是自然生態系的保護，且通常會結合生態觀光的發展與維持。較小的區域可以劃為自然保留區，而管理目標可能是針對生態的特別一部份（如重要物種）或生態系予以保護；這對於入侵種管理的意涵，可能在於干預措施的幅度相對要小，且須審慎選擇對象。

在經過審慎的思考後，才有可能為某一特定計畫設定要達成的入侵種管理目標，以及說明這將如何促進目標區域的整體管理目標。

必須調查於管理目標中界定的管理區域，以了解存在其中的外來種與原生種，以評估自然棲地的可能損失。調查過程包括文獻蒐集、紀錄收集及對該區域的實際調查。文件資料必須包括關於下列事項的最佳可得知識：外來種的豐度與分佈範圍、外來種對棲地的衝擊，以及未能控制住該物種時，可用來預測其未來擴散與衝擊的知識（根據鄰近地區的經驗）。必須確認知識不足之處。如果可取得較早期的資料，那麼比對過往與現在的物種組成以及單一外來種的分佈範圍，可了解物種在該區域的狀態與分佈。過去的防治行動、這些行動的成敗以及帶來的生態風險，也應一併摘述。

利用在地知識、資料庫的資訊、已發表或未發表的資料來源，考量每個目標物種的管理方式。在地的條件，比如當地的文化與社經特性，可能會影響不同管理方式的適當性。滅除、圍堵或控制的方式，以及進一步調查、實驗調查與其他研究的需求，也要進行評估。在決定採取何種滅除、圍堵與控制的方式之前，必須評估其成本效益，包括對於非目標物種的可能影響、可能帶來的其他危害效應，以及成功的可能性。

上述議題中有幾個是在 3.4 節提到的風險評估程序之構成要素，該節提到的風險評估程序，是研究已立足外來種的可能衝擊。在澳洲有個案例，是針對外來蔗蟾的擴散進行評估，參見案例 5.39：「卡卡度國家公園的蔗蟾初步風險評估」。

5.2 管理的優先順序

在本手冊中，優先順序設定的考量，主要是從生態系和物種價值的觀點出發。然而，管理者應了解到，若從這個較嚴格的觀點出發，那些獲得政治、大眾和外部支持推動的特

定有害生物防治計畫，並不一定是較優先的。

優先順序的設定，是希望減少整體的、長期的工作負荷，並因此減少操作的成本（包括金錢、資源與機會等方面的成本）。因此，我們應該採取行動，預防新的生物入侵，並將生長速度快、最具破壞力、影響最寶貴區域的既有入侵種列為最優先。我們也要考量圓滿達成防治任務的困難性，把那些我們認為最有可能以可得的技術與資源成功防治的物種，列為較高的優先順序。

接下來要談的內容，是一種逐步的方法，用來設定物種與特定生物入侵之防治的優先順序。另一種設定優先順序的方法是針對有害植物，詳見《為管理與防治而制定的外來植物評比手冊》（Handbook for Ranking Exotic Plants for Management and Control）（Hiebert, R.D.; Stubbendieck, J. (1993) Denver, CO: U.S. Department of Interior, National Park Service）。在國家層級，亦參見案例 2.8：「發展策略以改善夏威夷的外來入侵種防治」；案例 2.11：「澳洲《國家有害植物策略》摘要」；案例 2.12：「澳洲決定國家重大有害植物的過程」。

優先順序設定的過程可能很難，部份原因是你必須考量許多因子。有人發現，將這些因子分成四大類，對優先順序的設定很有幫助。你可將這四個類別想像成用來篩出高度有害生物的過濾器：

1. 物種在場址或場址附近的目前範圍與潛在範圍；
2. 物種的目前衝擊與潛在衝擊；
3. 物種入侵或可能入侵之棲地 / 地區的價值；以及
4. 防治的困難性。

以上類別可以任何順序排列；然而，我們強調「物種目前範圍」這個類別，並建議它應擺在第一位。長期而言，將資源投注到預防新生物入侵和立即處理剛開始的生物入侵，通常是最有效率的作法。忽略對你的場址不重要的類別。

以下我們建議物種應如何在這四個類別內評比排列。如果一物種需要一給定類別中一個以上的準則來描述，那麼就給予它應得的最高優先順序。你可以用排比方法（1, 2, 3..., n）或分級方式（如 A= 高度有害生物，B= 中度有害生物，C= 輕度有害生物），來給定優先順序。

1. 物種的目前範圍與潛在範圍：在此類別下，物種優先順序設定的目的是（1）預防新有害生物的立足；（2）滅除小型、快速生長的入侵族群；（3）避免大型入侵族群的擴張；（4）減少或滅除大型的入侵族群。為達到這些目的，依下列順序給定優先順序：
 1. 尚未存在於場址、但已經存在於鄰近地區的物種。特別注意在該區域的其他地方為已知有害生物的物種。
 2. 以大型入侵族群的外圍者或新族群存在於場址的物種，特別是當它們快速擴張時。

3. 以持續擴張中的大型入侵族群存在於場址的物種。
4. 以大型入侵族群（但並未擴張中）存在於場址的物種。

對於某些你無法以可得技術與資源來防治的物種或入侵族群，你可能必須學習與它們「共存」。然而，持續尋求創新，才有可能在未來找到防治它們的方法。

II. 物種的目前衝擊與潛在衝擊：在這一類別下的優先順序，是根據你的場址的管理目標。我們建議下列順序：

1. 會改變生態系過程（如野火頻率、沈積作用、養份循環或其他生態系過程）的物種。這些「改變遊戲規則」的物種，通常會劇烈改變環境條件，以至於少有原生動植物可以繼續存活（參見案例 5.1：「外來入侵種布袋蓮造成的問題」；案例 5.2：「白千層改變佛羅里達的棲地」；案例 5.3：「栗疫病改變了一個森林生態系」）。
2. 會造成原生種死亡、或寄生於原生種、或與原生種混種、或與原生種競爭的物種，且它會主導原本未受干擾的原生群落（參見案例 5.4：「混種雜交」）。
3. 競爭力不會超過主要原生種的物種，但它能：
 - ▶ 防止或壓抑原生種的補充或再生，比如森林底層的有害植物蔥芥（*Alliaria petiolata*）可能會壓抑樹冠層主要植物的補充；或者
 - ▶ 減少或去除原生種所利用的資源（如：食物、覆蓋物、築巢地點）；或者
 - ▶ 提供入侵性外來動物原本不存在於當地的資源，從而促使其族群成長；或者
 - ▶ 大幅增加外來植物的種子分佈或者以某種方式促進外來植物的族群成長。
4. 在自然擾動事件（如野火、洪水或颶風）發生後，勝過並排除原生種，因而改變自然演替或阻礙自然群落復原的物種。注意，在反覆受到擾動的地區，應給予這類物種較高的優先順序。

III. 物種實際或可能入侵之棲地 / 地區的價值：依下列順序給定優先順序：

1. 發生在最重要棲地或地區的入侵族群；尤其是包含少數或極重要物種或群落的地區以及提供重要資源的地區。
2. 發生在較不重要地區的入侵族群。已受到其他有害生物嚴重入侵的地區，可以給予較低的優先順序，除非考慮中的物種將會讓情勢大幅惡化。

IV. 防治與建立替代物種的困難性：依下列順序給定優先順序：

1. 以現有技術與資源可能可以控制或滅除的物種，且在少許的進一步投入下，想要保護的原生種能夠加以取代。
2. 可能可以防治的物種，但若沒有積極的、需要龐大資源的復育計畫，想要保護的原生種無法加以取代。
3. 以現有技術或資源難以防治的物種；或者該物種的防治，可能導致對其他想要保護生物

的重大傷害，或促進其他外來種的成長。

4. 以現有技術或資源不可能防治的物種。最後，族群數在減少中的有害物種，或者只在受擾動地區定居、而未移入（相對）不受擾動棲地或不影響受擾動地區復原的物種，可以給予較低的優先順序。

5.3 管理策略

我們認識到，對於已在目標地區建立族群的有害外來種，有四種主要的處理策略：滅除、圍堵、控制與減緩。滅除是大家最希望的，但通常也是最難達成的。一旦外來種的立足被認為是不可回復的，那麼接下來的防治策略可被分成圍堵與控制兩個部份，前者是將物種限制在一定的範圍內，後者是將外來種的族群數抑制在一個可接受的閾值以下。決定該閾值，並不完全是直接了當的事情，但這個閾值必須在展開控制計畫前決定，且必須依照管理目標來決定（5.1 節）。歸根就底，這個可接受閾值和受侵生態系的衝擊程度有關，但它可用入侵種的分佈範圍或密度（或兩者兼具）來表達。如果這三種管理策略不可行，最後一個選項是試著減緩入侵種對原生種與生態系的衝擊。這個找出和外來種「共存」之最佳方式的策略，就稱為減緩。

不管選擇那一個管理策略，最重要的是要選擇最適當的方法來達成任務，並在一年中適當的季節進行工作。大部分的有害生物管理方法，在一年中的某個時間點實行會較其他時間點來得有效，而且可能在某些時間點完全無效。某些方法在一年中的某個時間點對某個物種很有效，但對於另外的物種，同樣的方法必須用在一年中的不同時間點。和這有關的一個課題是，入侵種於那個階段最容易受到管理方法的打擊。

5.3.1 滅除

滅除是去除外來種在管理地區中的整個族群，包括處於任何靜止期者。當預防措施未能阻止外來種的引入，接下來的優先行動方案就是滅除計畫。在早期偵測到外來種時，以滅除做為快速反應措施，通常是成功且具成本效益之解決方案的關鍵。然而，滅除措施只有在可行時才能嘗試。滅除是明確果斷的干預措施，對政治人物與大眾具有吸引力，但當滅除措施不可能成功時，須當心不被誘惑去嘗試它。須儘速而審慎地分析滅除計畫的成本（包括間接成本）和成功的可能性，且在進行滅除前，必須調度到足夠的資源。然而，若能成功滅除一入侵種，那麼滅除措施比任何其他長期防治措施還要具有成本效益（參見案例 4.2：「紐西蘭對白斑毒蛾的早期偵測與滅除」；案例 5.5：「滅除刻意引入的入侵植物」）。

滅除計畫可能涉及到數種各自運作或結合運作的防治方法。單一方法要能有效滅除一入侵種的情況非常少見，因此規劃使用所有可能的方法，才是明智之舉。要採取什麼方法，須視入侵種而定。根據過去的經驗，成功的滅除計畫乃立基於：

- ▶ 物理（或機械）防治，如用手撿拾蝸牛或拔除有害植物；
- ▶ 化學防治，如使用毒餌防治脊椎動物或噴灑殺蟲劑防治有害昆蟲；

- ▶ 生物農藥，如以蘇力菌（BT 菌）噴灑有害昆蟲；
- ▶ 釋放不孕的雄性生物，通常結合化學防治法；
- ▶ 棲地管理，如放牧與有計畫的焚燒；

某些類群的生物比其他生物更適合採取滅除措施。然而，必須謹記在心：每個單一情況都需要評估，找出適用於當地條件的最佳方法。以下摘述過去曾經使用的某些方法：

- ▶ 植物：最能滅除植物的方法，是結合物理與化學防治法，比如，砍除木本有害植物，然後於殘幹上施用除草劑（參見案例 5.6：「澳洲的香澤蘭滅除計畫」）
- ▶ 陸域脊椎動物：許多成功的滅除計畫，是針對島嶼上的陸域哺乳動物（參見案例 5.7：「滅除菲利普島上的兔子」）。最常使用的方法是設置毒餌站，以誘使入侵種（比如大鼠類）食用毒餌。較大型的動物可以用狩獵方式，如果生態系是開放式的，沒有什麼地方可以隱藏的話。和滅除陸域脊椎動物的計畫有關的一個特別議題是，民眾可能會有反對的意見，尤其是動保團體。
- ▶ 在陸域無脊椎動物中，只有蝸牛和昆蟲曾經被成功滅除過。蝸牛可以用手撿拾，而對於昆蟲，最常採用的方法是使用殺蟲劑或生物農藥，通常是廣泛施用；或者使用毒餌，或者結合這兩種方法（參見案例 5.8：「滅除佛羅里達州的非洲大蝸牛」）。
- ▶ 釋放不孕雄性生物的方法，通常結合殺蟲劑防治法，在某些情況下是防治昆蟲（如：果蠅與螺旋蠅）的有效方法（參見案例 5.9：「將螺旋蠅從北美與北非滅除」）。
- ▶ 迄今，關於成功滅除海洋入侵種的經驗，有兩個已發表的案例。其一是在美國的一個海灣，以人工撿拾宿主的方式，滅除多毛綱纓鰓蟲類的入侵（參見案例 4.4：「成功滅除已立足海洋外來入侵種的第一個案例」）；其二是在澳洲，利用農藥滅除黑條紋貽貝（參見案例 5.23：「滅除澳洲北領地的黑條紋貽貝」）。在此必須強調，在海域採取滅除方法，只有在極特殊的狀況下，讓入侵族群有效地被隔離在一個相對封閉的區域，才有可能成功。即使在這樣的情況下，有害物種再次入侵的風險仍可能存在，而需要警覺性高的長期管理方式。在絕大部份的情況下，滅除仍將是不可能的。
- ▶ 對於外來淡水魚類，過去曾經使用對魚類有效的毒性物質，來予以滅除的經驗。
- ▶ 對於感染人類與馴養動物的病原體，曾經以在其宿主身上接種疫苗的方式，而予以滅除的經驗。一般而言，將滅除方法用在宿主身上（例如人類疾病的專性中間宿主），似乎比直接用在病原體上更可行。

如果滅除計畫可行，那它就是防治外來入侵種的優先選項。相對於長期的控制計畫，滅除的優點是可提供機會，讓生態系完全恢復到外來種入侵前的主要狀態；不會有長期的控制成本（雖然預警監測與預防措施可能是需要的）；而且在完成滅除後，生態所受的衝擊與造成的經濟損失會立即降到零。這個方法是唯一能完全達成管理目標的選項，因為入侵種完全被去除。

滅除計畫的主要缺點，是它可能不會成功，在這種情況下，所有的投入大多都將化為

烏有，頂多可讓目標外來種的擴散減緩。由於滅除計畫通常非常昂貴，需要在成功完成計畫前給予充份的承諾與專注，因此除非在評估可得的選項與方法後判斷滅除是可行的，否則就不應該展開滅除計畫。因此，只有在獲得了資金以及所有利害相關者的承諾下，才可進行滅除計畫。滅除資金的投入承諾期，應該要比預期的滅除期程還要長，因為過程中可能會有意料之外的問題發生而需要時間來解決；另外，也要獲得足夠的資源，投入後續的研究。在展開滅除計畫前，應進行大眾宣導，讓民眾了解入侵種造成的問題，並尋求大眾對滅除行動的支持。這些步驟都要花時間，但相對而言，也必須理解，越快因應處理新的入侵，越有可能成功滅除。上述需求必須要加以權衡，莫讓任何人告訴你，因應新外來入侵種的決策是件簡單的事情。

為達成所要的目標，必須發展切實可行、設計完善的滅除措施。在大部分的情況下，對於已充份立足的族群以及大面積的入侵，是不適合採取滅除行動的。過去有許多失敗的嘗試，不僅成本高昂，對於非目標物種也造成重大的副作用；美國南部各州曾經嘗試滅除來自南美的入侵紅火蟻，就是最好案例：該計畫剛開始使用的殺蟲劑，結果證明會對野生動物與牛隻帶來災害；隨後發展出來的蟻餌也具有非標靶效應，且結果證明對原生蟻種的效果，更勝於入侵紅火蟻。如此導致原生蟻種的異種競爭力降低，反而助長了火蟻的族群。最後，不得不放棄滅除計畫（參見案例 5.10：「入侵紅火蟻：失敗的滅除計畫」）。

成功滅除有害物種的最佳機會，是在入侵的早期階段，此時目標物種的族群不大，或只存在於小範圍的區域裡。若能找出目標物種特別脆弱的期間，將能促進成功滅除的機會；比如，在冬天、旱季等自然發生的季節性飢餓期，將能增加哺乳動物取食毒餌的機會。滅除技術的改善、其他地方的滅除經驗以及對於入侵種基本生態學的知識增加，將能促進未來滅除成功的可能性。在島嶼的環境條件下進行的滅除行動，有過特別成功的經驗；這包括以物理或生態屏障隔離的生態孤島（ecological islands），如被農田環繞的殘存林。然而，目標物種可能少量存活於生態孤島外，並視隔離的程度，在滅除行動完成後，快速地再度入侵生態孤島。這種情形也會發生於真實的島嶼：在沿海島嶼和群島上，被成功滅除的物種，通常可以或甚至可能再度入侵（參見案例 5.11：「桑粉介殼蟲在加勒比海地區的定居速率」）。

要成功滅除，必須在偵測到入侵種時，對規模尚小的創始族群，儘速展開快速反應行動。在展開快速反應行動前的決策過程，有一部份通常是對於新發現的物種進行評估，判斷該物種在新環境下是否可能有害。有時候是有可能預測到某一外來種的到來，比方說當它正在某一區域內擴散時；在這種情況下，是有可能可以在該物種來到前，決定該物種的定位。比如昆士蘭在 1994 年第一次發現香澤蘭入侵之前，就已宣佈香澤蘭為有害植物（參見案例 5.12：「調查香澤蘭在澳洲的入侵情形」）。

可以採取預警原則，把所有的外來種視為滅除目標；如果有足夠的資源，這是最安全的策略。然而，在大部分的情況下，必須設定優先順序；而是否採行滅除行動以及資源的優先順序，主要決定於新進外來種是否為潛在入侵種，另一個常被考量的因素是它是否可

能會帶來重大損失，尤其是經濟損失。未來，在這種決策過程中，對於自然生態系可能造成的傷害，應成為一個重要考量因素。這樣的評估必須快速完成，通常是根據該物種在其他國家的相關知識（參考 3.4 節的風險評估）。在評估該物種（或相關物種，如果該物種本身被認識的程度不足）時，必須檢視資料庫與發表過的文獻。預測外來種入侵本土棲地並造成問題的能力，並不是一門精確的科學。目前最佳的指引或許是，如果一物種在某一國家（尤其是具備類似生態與氣候條件的國家）被確認為外來入侵種，那麼它在其他國家也有可能造成類似問題（參見案例 3.23：「無法可靠預測入侵性」）。

雖然滅除方法應儘可能具有專一性，然而滅除是相當激烈與密集的手段，通常會對非目標物種帶來意外傷害。在大部分的情況下，這樣的損失可視為要達到管理目標所不可避免且可接受的代價，且可被長期的經濟與生物多樣性的利益所彌平。當嘗試利用毒性物質來滅除外來種時，必須確保這些毒性物質儘可能地具有專一性，且它們存在於生態系的時間不會太長。然而，某些不容使用於長期控制計畫的毒性物質，可能可被合理化地運用於短期的滅除行動。

滅除計畫特別需要整合納入所有的利害相關者，尤其是大眾。應以開放的方式，討論管理目標以及達成目標的最佳方式。哺乳動物的滅除，尤其是人類認同的物種，特別容易受到反對；滅除這些目標物種的方法，於是理所當然地成為討論的主題，且通常是無法取得同意的原因。過去曾經發生動保團體阻止或妨礙滅除行動的案例（參見案例 5.13：「關於哺乳類防治計畫的爭議」；案例 5.42：「義大利的灰松鼠滅除行動：計畫的失敗與未來的情境」）。因此，必須正面描述計畫的管理目標與目的，比如把滅除行動描述為「拯救可憐無助的原生物種，免於受到狂野兇惡的入侵性獸類的危害而滅絕」，而非只是殺害入侵種。

滅除或控制已充份立足的外來種，將會影響到整個生態系，因為此時該外來種已成為生態系的主要組成。要成功滅除已處於這個階段的物種，必須去預測可能會造成的後果，雖然這很難評估，但仍必須評估。評估時，必須考量入侵種與原生種及其他外來種的關係（如協同效應）。兩種入侵種間若存在著強烈的捕食與被捕食的關係，則必須研究調查是否可能結合不同的方法以同時滅除兩種物種。若只單獨防治其中一種物種，可能會對另一物種的族群數帶來直接或間接的劇烈影響。比如滅除扮演被掠食者的入侵種，可能會造成扮演掠食者的另一入侵種跟著消失，但也可能造成該掠食者的行為改變，轉而捕食其他原生種。而滅除外來的掠食者，可能會造成外來的被掠食者族群數大幅增加，而造成更大的傷害（如：棲地退化、食物種類的枯竭、跟原生種競爭同樣的食物），情況比兩種入侵種同時存在時更糟糕（比如入侵澳洲的兔子與紅狐，兩者皆從歐洲引入）。成功滅除一有害植物，如果造成另一外來植物取而代之，也有可能對植物群落帶來負面影響（參見案例 5.31：「當成功防治一外來入侵種時可能會發生的事」）。對於生態系的這些影響，某些可能是無法預料到的；因此，必須監測防治行動的結果，以適時採取措施減緩這些負面影響（參考 5.5 節）。

綜合過往經驗，成功滅除計畫的基本準則摘要如下：

- ▶ 計畫必須以科學為基礎。不幸的是，讓物種具入侵性的許多特徵，比如高的繁殖率與擴散能力，使滅除行動變得更加困難。這表示，由於入侵種的本質，可能讓入侵種很難予以滅除。
- ▶ 必須滅除所有的個體。須謹記在心，在計畫後期，物種族群數逐漸減少，此時要找出並移除剩下的個體，會愈來愈困難且昂貴。
- ▶ 必須在計畫展開前獲得大眾與所有利害相關者的支持。
- ▶ 必須獲取足夠資金以進行密集的計畫（容許採取緊急應變），確保滅除計畫可以持續進行到最後的個體被移除為止。對於成功的滅除計畫所需的過程，期望必須符合現實，比如在計畫末期，投資高而可見報酬低。
- ▶ 族群小且地理分佈受限的外來種，最容易予以滅除。因此，在早期偵測階段發現的大部份物種，立即滅除是優先選項。故預警計畫應為這些行動編列經費預算。
- ▶ 外來種的移入必須為零，亦即，管理區域必須完全與其他受侵擾區域隔絕，如同島嶼一般，尤其是海島。物種從受侵擾區域進入管理區域的潛在途徑，必須加以管控，以避免發生新的入侵（參考第三章）。
- ▶ 所有入侵族群的個體，必須容易受到滅除技術的影響。如果有入侵族群的個體學會躲開滅除技術，牠們就不會受到該技術的影響，並將存活下來。在這種情況下，或許把分別在高族群密度與低族群密度有效的各種方法結合起來，會更有效。
- ▶ 需要有明確界定且不會危及滅除目標的田野方法。這些方法必須和用於圍堵的方法有所不同（參見下述），兩者之間的不同必須能夠被清楚理解，且必須為田野實務建立品質管控的程序。
- ▶ 田野方法的發展和使用，幾乎可確定是一種互動的過程。田野方法的執行，必須加以監測，然後隨著滅除計畫的進行，再研究、測試，調整方法以因應條件的變化。若是脊椎動物，為了不讓目標族群對新方法變得敏感，必須針對目標物種的另一族群進行研究。這種持續投入科學知識和意見的過程，必須從一開始就建立起來，使用從一開始就參與的同一批人員，但是必須以諮詢及合作的態度，衡平參採資深田野實務者的意見。
- ▶ 需要有效的團隊管理與動機。光靠一個人，無法成功達成滅除的目的，必須靠團隊合作才行。為使效率最大化，必須以田野專家與研究專家為核心，從頭到尾領導滅除行動；如此才可維繫政治與行政的支持，使計畫得以完成。
- ▶ 在計畫末期，必須設計可以用來監測族群密度極低之物種的技術，以確保可以偵測到最後存活的個體；比如，在高風險區密集設置費洛蒙誘蟲器。比起人類或人造的偵測技術，狗（有時候豬隻也行）對於目標物種的敏感度更高，因此用牠們來監測低族群密度的物種，效果非凡。具有較不容易察覺之生命階段、且可在此階段長期存活的物種，比如有害植物的種子庫，需要長期的監測（參見案例 5.12：「調查香澤蘭在澳洲的入侵情形」）。
- ▶ 偵測階段必須成為滅除計畫的一部份，以確定滅除已確實達成。

- ▶ 必須規劃相關措施，以減少已滅除物種再入侵的機會，並早期發現已滅除物種的再次立足。

詳細論述亦參見《國際植物保護公約》（IPPC）的〈有害生物滅除計畫指引〉（Guidelines for Pest Eradication Programmes, 1998. International Standards For Phytosanitary Measures, 9. Secretariat of the International Plant Protection Convention, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 17 pp.）。這份指引也可從下列網址取得：<http://www.fao.org/ag/agp/agpp/pq/default.htm>（放在《國際植物防疫檢疫措施標準》（ISPM）下）。

未來，會有可運用於滅除計畫的新技術發展出來。目前認為不適合採取滅除措施的物種，未來或許就可成功滅除。以基因工程的新技術運用於有害生物或生物防治媒介，其可行性與相關風險如何，目前才剛開始探討。未來，基改物種或許會有極大的潛力，但使用它們的安全性如何，也正持續探討。在澳洲，對於使用基改微生物來滅除或控制外來狐狸與兔子的可行性，已在評估中。

5.3.2 圍堵

外來入侵種的圍堵，是一種特別的控制方式。目的是要限制外來種的擴散，並將其族群限制在設定的地理範圍內。圍堵所使用的方法，和在為預防、滅除及控制等措施所描述的方法一樣，因此在此不加詳述。監測與大眾參與，同樣又是個重點。

在設計圍堵計畫時，也需要有明確界定的目標，比如：讓入侵種無法跨越擴散的屏障、不讓入侵種定居及入侵的棲地等（參見案例 5.14：「圍堵香澤蘭在澳洲的擴散」）。為了建立這些參數，首先必須要清楚了解為何要進行圍堵，比如，為保護特別地區或棲地使免於生物入侵，或者為爭取更多時間以展開其他控制或滅除措施等。

圍堵計畫的一個重點是：快速偵測入侵種從其分佈範圍邊緣往外擴散或者入侵全新領域的能力，如此才能儘可能地及時採取控制措施。這些新發生的生物入侵，剛開始時的族群密度都非常低，這對早期偵測是個挑戰（參見第四章）。

沿著界定的圍堵區邊緣，採取各種方法抑制入侵種的族群，凡是擴散到圍堵區外的個體和群落，則予以滅除，並預防入侵種被引入圍堵區外的區域。圍堵和滅除之間並不見得有明確的區別，兩者差異度視所考慮的操作規模而定（參見案例 5.15：「圍堵與滅除：以夏威夷的米氏野牡丹為例」）。

可能可以成功圍堵在既定範圍內的物種，是擴散緩慢且擴散距離短的物種。適合入侵種的最近棲地，應該以自然屏障或有效的人工屏障好好隔絕起來，避免入侵種進入。最適合圍堵的情形是沒有適當對外連結可讓入侵種輕易擴散的棲地島（habitat islands）。外來淡水生物在流域的不同部位之間的擴散，是說明圍堵可能性的良好範例。

如果入侵種被成功圍堵在良好界定的範圍內，那麼在圍堵區外的棲地與原生種就能受到保護，而得免於有害外來種所造成的衝擊。如果滅除不可行，而且入侵種的範圍被限制

在相當孤立的區域，那麼把該物種圍堵在該區域內，將是有效保護國內其他區域的方法，即使該物種在圍堵區內是有危害的。然而，必須審慎分析各圍堵方案，包括其成本與可能帶來的效益。

將一物種圍堵在一既定範圍內，將需要在圍堵區邊緣持續予以關注及控制，並採取預防措施以防止其擴散（參見案例 5.16：「藉由交通工具移動的種子：澳洲卡卡度國家公園的一項研究」）。因此，圍堵要成功並不容易，且需要搭配數種不同的昂貴方法。

對於住在淡水棲地的物種（比如擴散範圍限於特定流域的魚類），有很好的機會可以成功圍堵入侵種。由於人類將許多流域以人工運河連結起來，而讓外來種可在不同的河川流域之間擴散。然而，運河是相當小的通道，因此可以輕易地予以控制。某些物種可以用興建於運河中的障礙物而有效圍堵之，如果其他擴散途徑（比如跨域船舶交通）能夠同時關閉起來的話（途徑的預防）。

另一個和圍堵不同但有關的作法是排除，其目的是保護敏感區，使免於入侵種的侵擾，方法是把入侵種圍在敏感區外。這個方法也常常結合滅除和預防措施及圍籬興建的技巧：用可以防止動物通過的圍籬，將具有高保育價值的地區圍起來，如果有入侵種出現在裡面，則予以滅除。在保護重要的瀕危物種族群時，如果有辦法將限定區域內的入侵種滅除，卻沒有辦法大規模滅除之，在這種情況下，這種「陸中島」的概念就非常有用。

5.3.3 控制

外來入侵種的控制措施，目的在於長期減少入侵種的族群密度與豐度，使之低於預定的可接受閾值。在這閾值以下，目標物種對生物多樣性和經濟所造成的傷害，是被視為可接受的。這個閾值應該要設定在何等水準才能達到管理目標，並不見得清楚明確。因此必須進行研究，確立有那些本土生物多樣性受到威脅，以及可以容忍多大的入侵種衝擊。

將入侵種族群抑制在該閾值以下，可使情勢有利於與之競爭的原生種。削弱入侵種的競爭力，可使原生種重獲棲地，甚至進一步減少入侵種的豐度。在少數情況下，這甚至可能導致外來種的滅絕（尤其是在結合棲地復育措施，以支持原生種並恢復完整的自然生態系的情況下），但這顯然不是控制措施的主要目標。

如果預防措施失效，滅除又不可行，那麼管理者將必須與外來入侵種共存，此時只能試著減緩入侵種對生物多樣性與生態系所造成的負面衝擊。所有的控制手段，除了可自我維繫下去的傳統生物防治方式外，都需要長期的資金與承諾。一旦資助停止，入侵種的族群數與所帶來的負面衝擊一般將會增加，而且可能會導致不可恢復的損失。

因此，短期而言，控制似乎是比滅除還便宜的選項，而常常成為優選方案。其所需資金與承諾，不必像滅除計畫一樣那麼高，而在控制計畫執行期間，資金可以依照所察覺到的問題嚴重性、政治壓力與大眾意識，而調整變動。然而，較低的經常性成本是假象，因為長期而言，有效控制的總成本比起成功滅除行動還要昂貴。

物理（或機械）、化學與生物的防治法，棲地管理方法，或者各種方法的結合，都可成功運用於控制入侵種的族群數。在許多情況下，能以永續、具成本效益的方式，結合各種適當措施，來減少副作用；這就是農業與林業部門在長期依賴化學殺蟲劑的痛苦經驗下，所發展出來的整合性有害生物管理（方法詳見隨後的章節）。在許多國家，整合性有害生物管理是國家為達成永續作物生產所優先採取的病蟲害管理策略，其中許多原則可應用於環境部門的外來種管理。

在入侵種族群密度不高的地方，可以輕易地達成控制目的。成功的控制計畫可以立即減緩入侵種的衝擊，讓相對完整的生態系從外來種的衝擊中復原過來。在實施成功控制計畫的地方，會快速在生物多樣性上展現正面效益；若在入侵種分佈範圍的邊緣實施成功的控制計畫，則可限制該外來種的擴散。

利用現有的適當防治方法，可將任何生物類群的入侵種族群數，控制在某種程度以下。控制計畫的成功程度，會隨著不同的生物、生態系、計畫執行期間、復育計畫等而有所不同。從農業害蟲管理經驗所習得的教訓之一是，最佳的害蟲管理策略通常是依地點而定，必須依照實施地區的不同來進行測試與微調。後面在談到各種方法與案例時，這點必須謹記在心。

5.3.4 減緩

當滅除、圍堵與控制等外來入侵種管理措施都不可行或失效時，那麼最後的手段是採取最可達成的方法與該物種「共存」，並減輕它對生物多樣性與瀕危物種的衝擊。

在此背景下採取的減緩措施，迥異於圍堵與控制，因為減緩措施所採取的方法不會直接影響到目標入侵種，而是關照受影響的原生種。減緩措施是保護瀕危物種最常使用的手段，且可從不同的層面來切入。最簡單且或許是最極端的減緩方式，是將可存活的瀕危物種族群，遷移到目標入侵種不存在的生態系中，或者遷移到目標入侵種不再存在的已復育生態系中。

但以脊椎動物而言，所使用的減緩方法更常涉及到輕微改變要保護物種的行為模式。這通常需要讓動物適應使用特定的、一般是人工的築巢或棲息場所，而這些場所具有外來入侵種無法接近的特性或設計；或者，在有食物競爭或棲地退化的情況下，讓動物適應使用人工餵食場所或餵食器。

必須注意，減緩措施可能相當勞力密集且昂貴，且通常被視為是配合滅除、圍堵或控制等策略而採行的中間措施，目的是以立即減緩衝擊的行動，拯救嚴重瀕危的原生種，避免其滅絕。然而，在許多和鳥類保育有關的案例中（如模里西斯隼和塞席爾黑鸚鵡），可防止掠食者侵襲的巢箱，已然是相當成功的減緩措施（參見案例 5.41：「拯救塞席爾黑鸚鵡的入侵種減緩行動」）。

5.4 方法

要防治入侵種，有許多特別的方法。鑑於入侵生態學高度複雜的特質以及在地條件的

重要性，在為特定棲地或區域進行一般性的陳述，說明有哪些適當的外來種防治方法時，應該要非常審慎為之。對於被引入到新環境的外來種，並沒有辦法準確預測其行為、擴散與衝擊，因為用來描述情況的參數，有許多只是有根據的猜測。在許多案例中，甚至連入侵種的分類定位都是不確定的。然而，是可以找到文件，說明在特定環境條件下用來防治某些物種的方法及其效果；這些根據經驗的報告，對於入侵種管理是很重要的，必須讓它們更容易取得，比如把這些報告收集在可透過網路查詢的資料庫中。任何參與入侵種管理的人士，應該以使用最佳可得實務以及散播資訊為己任，以服務更崇高的目標：保護地球生物多樣性及減緩入侵生物在全球各地所造成的問題。

農、林業的病蟲害防治經驗，有相當豐富的資訊。這些部門對於有害生物的預防與防治，有長久的經驗，可提供相當寶貴的資訊，做為自然棲地之入侵種管理的基礎。農、林業的重大有害生物以及這些部門所利用的植物，有許多是外來種，因此數十年來這些部門就已使用特別的方法，預防、滅除與控制這些外來種。再者，設置在邊境或國境內、用來處理外來種的設施與服務，有大多數是針對農、林業的有害生物而展開，並由負責這些部門的部會在管理。防檢疫設施與其他相關服務，也應該用來處理環境有害生物。入侵自然生態系和影響農、林業的外來種之間，除了有許多相似點外，也必須記住，有許多物種對這兩個領域都有影響。例如，布袋蓮所造成的問題就涉及許多層面，影響數個部會的職責（參見案例 5.1：「外來入侵種布袋蓮造成的問題」），因而為這些機關帶來了額外的問題，而必須採取行動去預防、圍堵或控制它們。

因此，要發展成功的入侵種防治策略，第一步就是要檢視文獻與資料庫，儘可能收集關於該物種管理方案的資訊。用在類似條件如類似棲地與氣候的成功方法，應該要予以測試。不建議使用較不理想的方法。最成功的入侵種防治方法是採取對物種具有專一性的方法，這種方法對於非目標物種的影響最小。在某些情況下，比如高度退化、沒有任何原生種殘餘的棲地，可以使用較一般性的方法。在這種情況下，廣效性的除草劑，或者以推土機整地，對於原生生物多樣性的負面效果是有限的。然而，在較沒有受到干擾的地區，尤其是自然保留區等，強烈建議應使用對物種具有專一性的方法。

在執行這類防治措施時，通常會意外傷害非目標物種。如果受到連帶傷害的非目標物種是脊椎動物，可能會形成重大的公關議題。要達成目標，可能必須接受輕微程度的非目標傷害，但不應容許非目標傷害達到不可接受的程度。當成功達成控制或滅除時，外來種對原生生物多樣性的衝擊減少的幅度，一般會勝過非目標傷害。在大部分的情況下，原生種在防治期間所承受的族群數損失，會在入侵種被移除後再復原回來（參見案例 5.17：「圓島的爬蟲類復育」）。

在每個國家，已有不同的入侵種防治工具，而使用這些工具的規則也有所不同，比如農藥的登記、檢疫的議題以及法律的架構。因此，每個國家的保育部門必須建立資料庫，認定防治不同物種的法律、技術與最佳實務。GISP 的資料庫（以及既有的網站和已發表的文件，見方塊 2.1 所列的網站與連結）被視為是在研擬這些文件時的一個重要的資訊分享

來源。在考慮要防治某一物種時，即可順便建立其資料檔。

要考慮的重點包括：

- ▶ 關於入侵種管理的所有法律規定。其中某些規定可能藏在關於衛生與安全的法律中。
- ▶ 會感激計畫效益的群體之支持，這些群體如科學界、動物福利團體等。
- ▶ 在其他國家已經針對目標物種使用過的最佳方法。
- ▶ 在國內可輕易取得的除草劑、誘餌與設備的型態，以及取得進一步供應量的方法。

在大部份情況下，管理入侵種的最佳實務，可能涉及為物種和地點量身訂製的整合式管理系統。因此，必須累積可得的資訊，評估所有可能的方法，並使用最佳方法或結合多種方法，以達到預定的防治目標。必須時時謹記在心，入侵種管理本身並不是管理目標，而只是達成更上位目標的過程中的一個工具。這些更上位的目標如棲地復育、保護未受干擾的生態系、重設自然演替的速率與時間等。這些完好的生態環境可提供人類可永續利用的生態系服務。如前所述，這些更上位的目標，必須明確界定與量化，並且在規劃防治計畫時，設定達成這些目標的時間表，並設定衡量的基準或者指標（如果可能的話）。

成功防治入侵種族群本身，可能會對原生的物種、生態系與當地整體的生物多樣性帶來間接的影響。因此在一棲地中展開入侵種防治計畫前，應評估減少或滅除該入侵種可能造成的影響，並採取措施以確保這些影響都是正面的。例如，從一場址中移除一強悍的入侵植物後，必須隨之種下原生植物以填補清出的空隙，以避免這些空隙被其他有害植物所佔據（參見案例 5.31：「當成功防治一外來入侵種時可能會發生的事」）。

植物的防治法包括：人工方法（如：用手拔除、切除、割除、用推土機推除、環割）、施用除草劑、釋放生物防治媒介、有節制的使用食草或食葉動物、計畫性的焚燒、用水淹、種植競爭性的原生種以及其他土地管理實務。

陸域無脊椎動物的防治法包括：捕捉器（如：誘蟲燈、掉落式陷阱、費洛蒙誘蟲器）、機械或物理方法（如：用手撿拾、移除或破壞宿主物種）、殺蟲劑、生物防治（如：真菌、其他昆蟲）以及其他專業方法（如：大量釋放不孕的雄性生物。參見案例 5.9：「將螺旋蠅從北美與北非滅除」）。

陸域脊椎動物的防治法包括設陷阱、射擊、置餌、生物防治、避孕或絕育（參見案例 5.44：「歐洲的美國水貂滅除計畫」）。蜥蜴與蛇類的防治是所知較少的領域，需要更多的研究；雖然在太平洋地區，正針對褐樹蛇的防治，推展相當多的工作。

病原體的防治通常著重於宿主，而不是直接針對病原體採取防治措施。在某些情況下，應滅除宿主（當宿主也是外來種時，這是優選方案）；在其他情況下，包括人類與馴養動物的疾病，則是為宿主接種疫苗。也可以誘發或強化宿主的抵抗力。如果病媒是病原體生命周期的一部份，那麼就必須考慮病媒的管理。

對於**海洋生物**入侵的防治，並沒有太多的經驗；不過還是有些案例，比如入侵性的海星，就曾以用手撿拾的方式，而予以物理移除（參見案例 5.19：「澳洲以物理及化學防治法對付海星並不太可能成功」）；另一個案例則是用農藥滅除入侵種（參見案例 5.23：「滅除澳洲北領地的黑條紋貽貝」）。利用擬寄生物、掠食生物或病原體的生物防治法，在對付許多類別的外來種時非常成功，但尚未嘗試應用於海洋環境。然而，目前已有研究正針對某些海洋入侵種，探索生物防治的方案。在海洋環境中的入侵種管理，顯然困難度高於陸域，原因有很多。

關於海洋物種的分類學知識，目前仍相當不足。與此相關的另一個問題是，對於大部份海洋生物的自然分佈範圍，可得的資訊相當缺乏。因此，當人們並不清楚一展現入侵行為的物種到底是外來種或其實是本土種時，此時要找出該物種的原產地，以解答這個問題，在許多情況下其實是非常困難的。如果對於該入侵生物並沒有任何疑問，可能仍然很難予以滅除，因為在更為開放的海洋環境中，是很難採取針對性的防治措施的。許多海洋物種可適應快速變化的環境條件，並發展出機制，擴散到整個適合其生態的範圍。許多固著生物與半固著生物有浮游性的幼蟲，在海流的幫助下，很能夠進行長程的散播。因此，比起陸域生態系而言，海洋生態系鮮少有自然存在的邊界，而使得控制與滅除措施更加困難。因此，一般認為預防是對抗海洋入侵種的最主要策略，而海洋入侵種的一個主要擴散途徑，是船舶。

淡水生物的防治包括物理（或機械）、化學與生物的防治法，還有棲地管理。對於水生有害植物，能浮在水面者可以採收之，根植於水底者則可以拔除之，或者可以噴灑除草劑。生物防治法曾經被世界不同地方用來對付數種水生有害植物，結果成效非凡（案例 5.26：「水生有害植物的生物防治」）。對魚類具專一性的毒藥，曾經數次用來滅除魚類入侵。對於魚類的另一個防治選項，是利用休閒漁業或商業漁業。對於孑孓、病媒以及淡水昆蟲的防治，可以在受侵水域噴灑化學藥劑或生物農藥。改變水質與水量，使之有利於原生種，也可以影響一淡水生態系的群落。

受過訓練的人員，是所有管理方法的重點。在某些國家，某些方法所需的人員訓練程度，是由法律來決定（比如法律可能會要求除草劑使用者要接受訓練與取得使用執照）。

5.4.1 物理防治

物理防治是用手或使用工具，直接將目標物種的個體移除。在許多情況下，小規模的外來種入侵可以用物理防治方式予以控制甚至滅除，比如用手拔除有害植物，或用手撿拾動物。較進步的物理防治法，是用特別設計的工具甚至機械，來移除有害植物，比如可以在河中或湖中採收布袋蓮的運具。在某些情況下，持久性的植物可能需要用推土機來清除之，而這也要看地點而定，比如大型開放的地區如草原；在小葉胡頹子（*Elaeagnus umbellata*）的防治案例中，所描述的環境條件即適合使用這種方法（Randall, J.M.; Marinelli, J. (1996) *Invasive Plants, Weeds of the Global Garden*. Brooklyn Botanic Garden, Handbook #149, Brooklyn, New York. 99 p. <http://www.gardenweb.com/bbg/plant.htm>）。

物理防治法可以用在滅除計畫中，也可以用來控制入侵種的族群密度與豐度。基本上，所有的生物都可以用某種物理方式移除。然而，現有的資訊必須加以篩選，且在進行物理防治時，需由受過訓練的人員來執行或監督，以選擇與採取最有效的方式。要用物理防治來達成滅除目的，通常只有在小面積的地區才行。

物理防治法對於目標物種具有高度專一性，而非目標傷害最多只限於在場人員的擾動。物理防治法的缺點在於高度勞力密集。在人力昂貴的國家，要使用物理防治法時，主要是請志工團體幫忙，因為大部分的人工都很昂貴，且必須重複數年以移除入侵種的所有個體。對於種子可以在土壤中休眠很長一段時間的有害植物，必須在滅除後執行監測，以早期發現任何從休眠期甦醒冒出的幼苗。在入侵種尚小且族群僅出現於小面積區域時，這種方法是有效的。從切除的植物殘株冒出且生長旺盛的有害植物，或者可以無性繁殖者，較難用物理防治法滅除。

對於**入侵植物**，可以用特殊工具予以切除、拔除或移除（一些簡單的工具請見：<http://tncweeds.ucdavis.edu/tools.html>）。大型植物可以連根拔除，必要時可輔以工具（如絞盤）。這個方法的有效性，將隨有害植物的反應而有極大變化（參見案例 5.18：「模里西斯的保育管理區」）。某些植物只要留下一部份與土壤接觸，就能存活並生長，如日本虎杖（*Fallopia japonica*），這是一種出現在歐洲與北美的外來入侵種，可以從不到 1 克的根莖片段再生長出來。如果找不到相關資料指出植物對連根拔除的反應，就應進行簡單的測試，以了解這個方法的效果，並看看應如何處理殘株（如堆肥或燒掉被連根拔除的植株）。

反覆切除木本有害植物，最終可以耗掉儲存於根部的養份，而導致其死亡。在許多情況下，切除植物並在植株莖部塗上除草劑，已證實是較有效果的。一些專業的切除工具，可在切除植物時順便施用農藥，並已經過測試。草本植物如果不能適應重度的放牧，那麼將之割除可能會導致和切除木本植物相同的結果。對於一年生草本，如果在它即將開花前予以割除，會特別有效，因為它們那時將已經用完儲藏於根部的大部份養份以產生花苞。

環割可以殺死樹木。用刀子環割樹幹的形成層，然後剝下 5 公分的樹皮，將可阻斷養份輸送，進而造成樹木的死亡。單靠環割，不足以快速殺死那些水份與養份輸送不受限於樹幹最外層的樹種，如果能搭配除草劑的使用，可加速這個過程。

大型、明顯可見的**無脊椎物種**，比如蝸牛，可用手撿拾。對於大部份昆蟲的防治，可用捕蟲器，若搭配費洛蒙的使用，對昆蟲類群或多或少具有專一性，甚至具有物種專一性。定棲生物如介殼蟲或粉介殼蟲，可藉由破壞牠們食用的植物來殺死牠們；比如，在千里達，有個對付新到來的桑粉介殼蟲的圍堵計畫，就把受侵植物伐除、燒掉，然後使用農藥。

設陷阱與射擊，可視為對付**入侵脊椎動物**的「機械」或「人工」方式。休閒狩獵可有效將入侵族群維持在可接受程度以下，且可成為當地其他管理活動的財源。很少有不需成本的防治方式，更別說賺錢了。然而，這種方式會引發一個疑慮，就是為了持續產生這個收入，入侵種會因此成為必須保護的有價商品。再者，有許多案例顯示，休閒狩獵並不

能充份減少目標族群。同樣地，由於業餘獵者可能讓目標族群受到驚嚇而提高警覺，又技術不足以讓目標族群的密度降至預定目標以下，而使得休閒狩獵成效不彰。此外，休閒獵者可能只選擇可當戰利品的成年雄性動物為目標，而無法對該物種的繁衍能力造成什麼影響。為了達成預定的目標族群數，可能必須僱用專業獵者。利用犬隻等可以接受特訓來追逐個別入侵生物的動物，並結合射擊或其他防治方式，可達到非凡成效。

設圍籬是另一種圍堵物種的方式，包括將物種圍在某個範圍內，或者將物種圍在重要生態區以外。顯然必須確保入侵種不會在圍籬兩邊都出現。

用手撿拾**海洋**入侵種的一個滅除計畫，摘述於案例 4.4：「成功滅除已立足海洋外來入侵種的第一個案例」，但一般而言，這個方法對海洋生態系的應用有限。物理防治曾被用來對付海星，但不是非常有效（參見案例 5.19：「澳洲以物理及化學防治法對付海星並不太可能成功」）。

對於病原體，或許唯一的物理防治方法是滅除或控制**病原體**的病媒或宿主，比如，將受感染的樹木砍倒。

和陸域有害植物一樣，可以用採收的方式移除**水生有害植物**（參見案例 5.20：「布袋蓮的物理防治法」）。某些魚類具有高度商業價值，或者廣受休閒漁業歡迎。和狩獵活動的受歡迎物種一樣，漁業的受歡迎物種也會產生類似的財務誘因和衍生問題。經濟可行的入侵魚種捕釣，可能會提供某些人誘因，將入侵種散播到還未受侵的新水域。

5.4.2 化學防治

化學農藥，包括除草劑與殺蟲劑，是為滿足農業生產過程的病蟲害防治需求而發展出來的。新農藥的研發、測試與登記，是非常昂貴的過程，因此很少有農藥是為了專門對付環境有害生物而發展出來。不過，在嘗試防治入侵種時，可應用為農業與衛生部門發展出來的產品，來減少入侵生物的族群數，使之降低至生態可忍受的程度以下。

過去，由於廣泛使用廣效性除草劑如 DDT 等，而對環境與人類健康造成極大的危害；然而今日，這些廣效性除草劑在大多數國家已被禁止，目前市面上的產品較具專一性，非目標傷害的效應較小。某些殺蟲劑，比如那些以類似昆蟲賀爾蒙的化學結構為基礎發展出來的產品，也會具有對目標昆蟲類群的專一性。

化學農藥的重大缺點是成本高，必須反覆施用，而且會對非目標物種產生衝擊。另一個額外問題可從農業與人類病媒防治中明顯看出，就是反覆使用農藥，會提供演化上的選擇壓力，讓許多目標物種得以演化出愈來愈強的抗藥性。結果不是施用劑量要提高，就是必須使用不同類別的農藥，這通常會進一步提高防治成本。

另一個可能性是原住民可能會反對在他們的土地上使用這些毒性物質；原因如，這些毒性物質可能會以非致命的劑量，累積在非目標物種的體內，而這些非目標物種可能是原住民的重要食物來源。後面這個疑慮對於持久性農藥（比如現代的抗凝血劑與目前大多已

過時的有機氯農藥)是真的,因此應以現有的農藥登記資料,釐清此風險的嚴重程度。有一個反對案例是發生在紐西蘭的遠北區(Far North),當地的毛利部落(紐西蘭奧特亞羅瓦的原住民;奧特亞羅瓦的原意是長白雲之鄉)反對使用持久性的抗凝血劑「可滅鼠」(brodifacoum),來滅除會吃原生巨陸蝸的大鼠類。他們的理由是這種毒藥會持久存在環境中,玷汙土地的純淨,並會存在於他們食用的物種如野豬(Sus scrofa);諷刺的是,野豬本身是由歐洲移民引入紐西蘭,也是巨陸蝸的威脅之一。

要選擇一農藥以防治入侵種,開始時要透過直接的方式或間接的來源,判定該農藥對目標物種以及所有可能接觸該農藥的非目標物種的有效性。此外,必須評估該農藥在環境中的半衰期、施用的方法、降低非目標物種接觸機會的方法、效力的證明以及資料的收集等,以確保符合環境上的安全使用(也就是要符合該農藥施用所在國家主管機關的規定)。大部分的國家都要求農藥要登記其特定用途。一旦農藥經過判定、測試與登記,就可以用來快速控制散佈在廣大地區的目標物種,且不像較傳統的方法如設陷阱與障礙物等,不需要那麼多的人力與成本。

把**除草劑**施用在小樹的樹皮上,或施用於被環割或切除的傷口上,是常見的除草劑使用方法。這種施用於切除殘株的方法,已在物理防治一節中提及,其對於許多木本植物非常有效。除草劑也可以用海綿或棉蕊,直接施用於入侵植物的葉子上;但另一個較不具專一性的方法,是噴灑受侵區域的植株葉面(參見案例 5.21:「夏威夷對米氏野牡丹的化學防治」)。

同樣地,**殺蟲劑**可以選擇性地噴灑在受侵的植株或植株部位上,或不分青紅皂白地噴灑於廣大地區。應總是儘可能地將殺蟲劑施用於害蟲上,比如噴灑在植株受害蟲攻擊的部份,並在目標物種最受影響的時間點使用,同時只使用有效的劑量,以減少對其他物種的副作用。

農藥在防治**脊椎動物**方面,主要用於毒餌,例如鼠餌站。在使用毒餌前,可進行小規模的實驗和觀察,以決定有哪些非目標物種會取食毒餌。利用一點巧思,是有可能發展出可讓目標物種輕易接近,但能儘量預防其他物種進入的餌站。顯然,對於沒有類似目標物種之生物的生態系而言,要設計對目標物種具專一性的餌站會更容易(參見案例 5.22:「島嶼的成功滅鼠計畫概述」)。

化學物質可用來減緩人類和動物的**疾病**。對於能夠和有可能傳播疾病的水體與表面,以消毒劑加以處理,可在病原體進入宿主前就予以消滅。化學處理是少數能夠防治**海洋**入侵種的方法,雖然其潛力有限(參見案例 5.19:「澳洲以物理及化學防治法對付海星並不太可能成功」)。在澳洲的北領地,有一滅除計畫使用農藥,成功滅除了一海洋入侵生物:仿貽貝屬的黑條紋貽貝(參見案例 5.23:「滅除澳洲北領地的黑條紋貽貝」)。

除草劑(如嘉磷塞(glyphosate)和2,4-D)曾廣泛使用於世界各地,以快速有效地防治**淡水**環境中的有害植物。然而,由於它們沒有選擇性,很難直接施用於水中的目標植物,

而更容易對非目標生物造成傷害。毒魚用藥魚藤酮（rotenone）（也可歸類於生物農藥，見 5.4.3 節），常用來防治池塘和其他小型水體中的魚類；這個方法用來滅除物種很有效，但不具選擇性的特性，限制了它在大規模入侵區域的使用。關於農藥的成份、應用與使用，尤其是用於防治昆蟲與有害植物的農藥，有相當多的文獻可供參考（見方塊 5.1：「關於化學農藥的一些參考資料來源」）。

5.4.3 生物防治

生物防治是刻意使用食物鏈上層生物的族群，也就是所謂的天敵，或者是用自然合成的物質，來防治有害生物，以抑制其族群。生物防治可分成數種作法，並可歸為兩大類：一是可自我維繫下去的，另一則為不可自我維繫下去的。不可自我維繫下去的方法包括：

- ▶ 大量釋出不孕的雄性生物，讓牠們和雌性物種交配而不產出子代，而得以減少族群數。參見案例 5.9：「將螺旋蠅從北美與北非滅除」。
- ▶ 誘導宿主對有害生物產生抗性。這種方法和農業的關係特別密切，因為植物育種者會選擇（或創造）對疾病和昆蟲有抵抗力的品種。
- ▶ 生物化學品，即透過活體生物合成的化學品。這一類和化學防治有重疊之處，但要將某個特定方法歸在哪一類，是定義問題。比如，若是施用活的蘇力菌，無疑地應視之生物防治法，但是若是使用蘇力菌體內的毒素，那麼到底要歸為化學防治或生物防治，則可能會引起爭議（參見案例 5.25：「蘇力菌：最廣泛使用的生物農藥」）。其他歸屬這一類的化學品是魚藤酮、苦楝油（neem）與除蟲菊（pyrethrum），均提煉自植物。
- ▶ 淹沒式生物防治法，使用不會在生態系中繁衍與有效存活的病原體、擬寄生物或掠食者。這種方法藉由大規模釋放天敵，以快速防治有害生物族群。

可自我維繫下去的生物防治法包括：

- ▶ 傳統生物防治。簡單來說，這是從目標物種的原產地引入天敵至受到目標物種侵擾的新地方。外來入侵種在它們的原生範圍內，通常受到其天敵的控制，但卻常常被引入到沒有這些天敵的新環境。在沒有擬寄生物、寄生物與掠食者的威脅下，這些外來種通常會在新國度旺盛地生長及（或）繁殖。在選擇要引入的天敵時，應根據它們對宿主的專一性，以減少或避免任何對非目標物種造成傷害的風險。這種防治方式的目標，不是要滅除外來入侵種，而是要降低它跟原生種競爭的能力，從而降低它的族群密度以及對環境的衝擊。
- ▶ 在有害生物爆發的情形下，為了立即控制，而大量增加天敵的數量，如果天敵也可以在新環境下繁殖的話。做為防治媒介的天敵，被大量飼養或培養，然後釋放。
- ▶ 棲地管理（見 5.4.4 節）能增進原生掠食者與擬寄生物的族群數，比如藉由釋放 / 再種植原生中間宿主與食物資源。

在這種管理外來入侵種的方法中，最重要的是傳統生物防治法。保育管理人員逐漸了解到，如果在使用這個方法時有遵守現代的作業協定，比如《國際植物保護公約》的

「外來生物防治媒介輸入及釋放行為準則」(Code of Conduct for the Import and Release of Exotic Biological Control Agents) (見方塊 5.2)，那麼這個方法是解決許多外來入侵種問題的最安全、最具成本效益的作法。

與其他方法相比，傳統生物防治法若能成功實施，是非常具有成本效益、效果持久且可以自我維繫下去的方法。由於使用的防治媒介具有高度專一性，因此這種方法對生態是安全的。主要的缺點是不太能夠確定可以達到的防治程度，以及立足的防治媒介要花上一段時間才能達到牠們的完全效力。然而，由於可能會具有非常正面的效益成本比，因此這種方法的效益通常是超過其缺點，且是迄今最便宜、安全的防治方案。

近年來對於傳統生物防治的安全性，已有相當的爭論，尤其是關於引入的生物防治媒介可能會對非目標生物帶來負面影響。尤其是，某些超過 50 年以前引入的生物防治媒介，是一般性的掠食者，包括像是貓鼬與蔗蟾等脊椎動物，而牠們對於非目標族群確實帶來負面影響，包括具重要保育價值的物種。今天，這類物種不會用於生物防治，而且其中某些已成為說明外來入侵種造成嚴重問題的最佳案例。而且，今天生物防治的安全標準非常嚴謹，「必須對於想要引入的所有防治媒介的專一性進行評估」已成為常規（比如《國際植物保護公約》的行為準則），而要符合這項要求，需要在實驗室與田野進行大量的篩選試驗。如此，就可由適當的國家主管機關，在考量生物防治媒介可能對非目標生物造成的任何影響下，根據充份資訊做出明智決定。

雖然生物防治很適合用來對付已立足的外來入侵種族群，但是這個方法所依據的自然族群調控理論，並未期望這個方法可以用來滅除外來入侵種。一個成功的生物防治計畫，會讓入種的族群數降到可接受程度以下，但是獵物 / 宿主與掠食者 / 擬寄生物的族群，仍然會存在且兩者之間達成動態平衡。生物防治特別適用於自然保留區和其他保護區，因為這個方法具有對環境友善的特性，且許多這類地方禁止農藥的使用（案例 5.24：「聖海倫娜以生物防治昆蟲，拯救地方特有樹種」）。

方塊 5.2：「關於生物防治的一些參考資料來源」，是讀者搜尋生物防治相關文獻的一個切入點。

費洛蒙誘蟲器，是以目標物種所產生的化學物質為基礎，來吸引同一物種的其他成員，在大部份情況下具備物種或屬的專一性，可以選擇性的捕集目標物種。有時，可密集設置誘蟲器以有效控制入侵種，尤其是在小面積或限定的區域內。因此，如果能輕易且便宜地取得大量的費洛蒙，那麼高劑量費洛蒙的釋出，可干擾物種交配的地點與行為。如果空氣中充滿著費洛蒙，昆蟲將無法察覺並找到配偶。這個方法只適用於小範圍的入侵，且主要用在果園、溫室和類似的環境條件。

一般來說，費洛蒙誘蟲器在用來監測一物種的存在或豐度時，會更有效；比如說，它可用於高風險物種的早期偵測，而得以適時採取快速反應行動，進行滅除或圍堵。費洛蒙誘蟲器也可用來監測害蟲的族群密度，因此當誘蟲器捕捉的數量達到某個閾值，就可啟動

其他的防治措施。滅除計畫也可藉由監測目標物種的族群密度（及於後期時監測目標物種是否不再出現），來追蹤計畫進展情形。

生物農藥

生物農藥是以對人類有益但不利於昆蟲和有害植物的病原體以及昆蟲病原線蟲為基礎而製得的。做為生物農藥的病原體種類包括真菌、細菌、病毒與原蟲。生物農藥若能以適當的方式生產、配製與應用，可做為有效的生態解決方案，處理有害生物問題。

迄今，所有的生物農藥研發，都是為了防治有直接經濟衝擊的有害生物，尤其是農、林業與園藝的有害生物（毛蟲、蝗蟲、各種甲蟲、有害植物）、醫療與令人嫌惡的有害生物（蚊、蚋與蒼蠅）。

大部份類型的生物農藥，對其目標物種具有相當的專一性，且有許多是非常專一的。生物農藥的專一性，讓它們和廣效性化學農藥比起來，在使用上更具吸引力。最普遍、常用的生物農藥，是各種不同配方的蘇力菌（又稱為 BT 菌），可用來防治鱗翅目的幼蟲（毛蟲）、某些鞘翅目（甲蟲）與雙翅目（如蚊子與蒼蠅）的昆蟲（參見案例 5.25：「蘇力菌：最廣泛使用的生物農藥」）。

昆蟲病原線蟲在專業化的利基市場上愈來愈多，比如園藝業，且被用來防治某些無脊椎的有害生物。

防治特定有害植物的真菌，又稱為真菌除草劑（mycoherbicides）或生物除草劑（bioherbicides），已存在一段時間，且新產品的發展已漸漸成為常態（比如參見「國際生物除草劑團體」（International Bioherbicide Group）的網站 <http://ibg.ba.cnr.it/>）。這些產品通常具有宿主專一性，原因不是和真菌的生理學有關，就是和使用的�方式有關。這使得它們的使用在許多情況下極具吸引力，但也表示這些產品的市場小，而使得它們在商業上的吸引力不如傳統除草劑。儘管如此，它們仍存在一利基市場，且可發展用來防治外來入侵植物，成為管理計畫的一部份，滿足特殊的保育需求。例如，目前歐洲正考慮發展與應用真菌除草劑，將其塗在有害植物的殘幹上，以防治諸如彭士杜鵑（*Rhododendron ponticum*）等外來入侵種。

用來防治昆蟲的真菌，也是相當新穎的研究領域，但已有產品面市，最著名的是「綠肌」（Green Muscle），是以黑殭菌配製而成的，用來防治蝗蟲與短角蚱蜢（<http://www.cabi.org/bioscience/biopesticides.htm>）。案例 2.15：「模里西斯與留尼旺島合作預防甘蔗害蟲的擴散」，就是個實際使用真菌來防治會危害甘蔗的外來甲蟲的例子。

因此，目前這種方法對於已有合適生物農藥產品可用的外來入侵種管理而言，是極有價值的；而在未來，應會有技術與專業發展出來，可針對特殊的入侵種，研發具專一性的產品。

防治脊椎動物的病原體

病原體不僅可做為生物農藥，也有機會用來防治脊椎動物，比如用來防治在關島造成生態浩劫的褐樹蛇，或者釋放會造成黏液瘤病（myxomatosis）的黏液瘤病毒以及會造成兔出血症（rabbit haemorrhagic disease）的杯狀病毒，以防治在澳洲的兔子。蛇對於各種疾病的敏感性，和鳥類與哺乳類大有不同。能夠只殺死或削弱褐樹蛇（並因此減少其族群）的病毒或細菌，是相當具有吸引力的對象。不同於較傳統的干預方式，疾病可能不用人類多大幫忙就可以傳播出去，並且可持續數年都可發揮成效。對於具有潛力的病原體，必須謹慎篩選，以避免為其他動物或人類帶來危險。因此，就像化學殺蟲劑一樣，病原體在使用前需要進行大量的初步測試與驗證；雖然一旦釋出，它們就會快速與廣泛散播在褐樹蛇族群上，這些成本就可很輕易地抵償。病原體的測試需要有病毒學家、生態學家與病理學家的參與，並需要進行受控制且大量的實驗室實驗。目前關島國家動物園（Guam National Zoological Park）正針對一種來自動物疾病爆發與其他來源的病毒進行測試，以了解褐樹蛇對這種病毒的敏感性。

淡水與海洋入侵種的生物防治

使用生物防治方式對付入侵的植物、無脊椎動物與脊椎動物的機會，已如上述。用傳統生物防治方式對付水生有害植物，特別有可能成功，並已有一些成功的經驗（參見案例 5.26：「水生有害植物的生物防治」）。

迄今為止，對於海洋入侵種，還沒有嘗試過生物防治方式，雖然目前有研究正在探討用幾種寄生蟲防治不同生物的適宜性，比如可造成蟹類不孕的特定寄生蟲（參見案例 5.27：「以生物防治歐洲綠蟹的可能方式」）。

植物疾病的生物防治

植物疾病的生物防治科學才發展不久。許多植物的病原體會定居在原本沒有微生物的植株部位；在這種情況下，要進行成功的生物防治，應快速在這些部位定殖非植物病原的拮抗微生物，以和病原體競爭這些空間。這方法所使用的拮抗微生物，主要是腐生真菌（saprotrophic fungi）和可產生抗生素的細菌。這些生物防治媒介，理論上會和病原體競爭。這種作法和防治有害植物、無脊椎動物和脊椎動物的生物防治方式，概念上完全不同。在某些情況下，會用同一種病原體但致病力較弱的品系，以實際取代致病力較強的品系，或者將致病力較弱品系的特徵，傳遞給致病力較強的品系。

5.4.4 棲地管理

計劃性焚燒

在某些環境中，計劃性焚燒的作法可改變植被，使有利於原生植物的生長，從而減少有害植物的族群數。計劃性焚燒特別適合用來復育或維護那些已經適應或依賴野火的物種與自然群落。許多入侵植物未能適應野火，因此要防治這些物種，生態焚燒可能是很有效的方式。然而，土地管理者首先必須決定，是否火災是當地植物群落自然律動的一部份，是否計劃性焚燒能有助於該場址管理目標的達成。

美國在管理外來入侵種時，常常使用火燒。例如，入侵美國松林與其他耐火群落的木麻黃（*Casuarina equisetifolia*），就是採取火燒方式來滅除（參見案例 5.28：「包括計劃性焚燒的木麻黃防治方式」），但其他地方就少用火燒。也可以用火進行局部處理。比如，在滿天星（*Gypsophila paniculata*）生長季節初期，可以用手持的丙烷噴燈把它燒掉。另一方面，必須記住，某些外來入侵植物的生長，會受到火的刺激：比如入侵美國東北部林地的蔥芥（*Alliaria petiolata*）。

只有受過訓練和有經驗的人員，才可執行計劃性焚燒，因為這方法會有許多健康和安全上的風險。小規模的入侵，可以用噴火器予以防治。大規模焚燒的風險，使得這個方法的使用受限，尤其是在乾燥氣候下，風險更大。由於會造成生態與運作管理上的問題，因此如果只是為了防治入侵種，計劃性焚燒可能不是適當的方法。顯然，這種方法最適合的場址，是以復育及維護那些依賴或耐受野火的群落為主要保育目標者。

放牧

以放牧草食性哺乳動物為手段的棲地管理方式，可以是達成理想植被的適當方法。如果要保護的植物已適應放牧，那麼這個方法最有成效；也就是說，這些植物不是已經適應大量的大型草食性哺乳動物，就是盛行於人造棲地如牧草地與石楠地。另一方面，未受控管的放牧，通常會對外來植物有利，因為放牧動物可能會優先啃食原生植被，而讓外來植物（尤其是有毒物種）在競爭減少的情況下生長擴張；這種對外來植物的雙重利多，遲早會造成單一外來植物相，比如入侵美國的乳漿大戟，就是如此。

改變非生命因素

大部分的外來種入侵，是因為人類干擾生態系所造成（或至少造成對生物入侵有利的條件）。在這些情況下，可藉由改變導致入侵的人類行為，減緩入侵種造成的負面衝擊。例如，改變植物可得的養份或水份，可能會改變植物群落。在某些情況下，可藉由改善水質、處理優養化與污染問題、或甚至改變水量（如排水或不利於入侵種的水位管理），來防治入侵水生生物。

外來種的狩獵與其他利用方式

可利用持續性的狩獵來防治外來種，如鹿，原本即是為了狩獵目的而引入。這有兩種作法：一是以取得肉品為主要目的的商業狩獵，二是休閒狩獵。這兩種作法都可為地主或國家帶來收入。某些外來種相對容易獵捕，且是獵人喜好的物種，在這種情況下，即應以狩獵方式來管理外來種；但相反地，警覺性較高的物種或較不被獵人喜好的物種，就不太可能用這種方式來有效管理之。

要用狩獵方式來防治外來種，會遭遇的問題常和土地所有權以及入侵種的分佈範圍有關。某些物種會擴散到不允許狩獵的郊區。有許多人認為狩獵是不道德的，尤其是在已發展國家，這可能使得狩獵活動退流行，而讓先前以狩獵方式控制住的外來物種，族群數暴增。

許多其他入侵種可供食用或者具有可食用的果實，而可做為人類食物或者馴養動物的飼料。在世界許多人口密度高的地方，一些入侵植物也因為可以生產對當地相當重要的薪柴或其他用途，而受到重視。有很高比例的外來魚類和甲殼綱動物，可做為佳餚，因此休閒漁業及商業漁業，當然有助於外來魚類的防治。

然而，提倡以外來種做為食物資源的作法其實潛藏危機，就是會讓某些人有動機將外來種散播到尚未被入侵的地方，或者在圈養設施內飼養牠們，而這些外來種最後可能會逃逸出來。因此這個議題應該依個案進行評估，衡量潛在的危險與利益。

5.4.5 整合性有害生物管理

過去三、四十年來，農業與林業部門的病蟲害管理已演變成越來越全面的作法，不再只是針對影響作物的某種或一群有害生物採取單一的防治法。整合性有害生物管理（integrated pest management；IPM）概念的發展，或許是第一步，也是最大的一步，因為人們了解到，不同的有害生物防治方法可以結合使用，以達到防治目標；而這防治目標是讓有害生物族群數低於可接受的閾值，而不只是降至可達到的最低水準。隨後，這個領域的工作人員進一步認知到，病蟲害管理應該以整合的方式，處理所有影響作物的有害生物，因為解決了一種有害生物，可能只是製造新的有害生物問題，且問題通常更嚴重。最近，推廣人員會越來越常提到整合式作物生產，因為他們認知到目標終究是產量與利潤，而病蟲害管理是讓這些產出最大化的一個方法。最後，大家應認知到，病蟲害管理方法（尤其是化學殺蟲劑的使用）對人類與環境可能會有不良影響，而其所帶來的成本應納入考量；因此，農業的產出與利潤，應依據這些成本予以最佳化，而不只是最大化。

這和外來入侵種管理有明顯的相似之處。開始時，大家可能會就所要防治的個別外來種思考要採取哪一種防治方法；然後大家會發現，以整合方式使用多種防治方法，可達到更大的成功（比如參見案例 2.15：「模里西斯與留尼旺島合作預防甘蔗害蟲的擴散」）。接下來，成功管理某一物種的影響，必須加以闡釋，且可能導致必須管理一系列外來入侵種，並結合棲地管理實務，以達到想要的目標。最後，如同之前已強調的，最終目標是保護（或增加）所管理之保護區的本土生物多樣性，是以在規劃與監測入侵種管理時，必須把這個最終目標擺在第一位。結合數種方法進行棲地管理，以達成保護或復育生態系及其功能的目標，是整合性有害生物管理的一種進步模式，已於前面章節中提到。

結合多種方法，比如本章所述的方法，通常會帶來更有效、更可接受的防治成果。依據生態調查、定期監測與協調的結果，整合各種方法，以管理入侵種族群，通常會取得最好的成果，並達成總體目標。這種整合的過程，需要評估所面對的情勢，且或許需要進行實驗，測試最佳實務，以建立入侵種管理的作業協定（參見案例 5.29：「針對歐洲七葉樹潛葉蛾的一項整合性有害生物管理研究計畫」）。

防治的過程可能很複雜，牽涉到數種不同策略的結合或先後次序（參見案例 5.30：「布袋蓮的整合性管理」），或者也可能只採取依簡單決策規則而決定的一種方法，就能夠達成所需的目標。有一簡單的方法，結合了物理防治與化學防治這兩種常用於對付木本有害

植物的作法：將成熟的植物伐除，然後立即在殘幹上還活著的內樹皮層頂部施用系統性除草劑。嘉磷塞（Glyphosate）和三氯比（Triclopyr），是這種用藥方式最常使用到的除草劑。

整合性有害生物管理計畫的執行，必須依據許多變數，因此無法針對任何生物類群提供任何一般性的建議。的確，在農業領域上對於整合性有害生物管理即有這樣的傳統智慧：儘管可以規定整合性有害生物管理系統的大綱，但是相關因子在各地皆會有所不同，因此詳細計畫最終是依地點而定，且隨著時間而演變。因此任何關於外來入侵種的整合性有害生物管理計畫，必須根據可得的相關知識（包括關於入侵生物、被入侵生態系、氣候條件以及其他在同一棲地上旺盛生長的原生種與外來種的相關知識）來發展制定（參見方塊 5.3：「關於整合性有害生物管理的一些參考資料來源」；方塊 5.4：「關於整合性有害生物管理的一些網路參考資料來源」）。

我們在此要指出，在農業條件下把整合性有害生物管理方式（或者更全面的衍生作法）應用於本土有害生物的防治，和把這種整合性管理方式應用於外來入侵種的防治（尤其在保育條件下），兩者之間有極大的不同。整合性有害生物管理常常（且理想上也應）以此為基礎：從那些不需要特別介入的作物生產層面取得最大效益。例如，有一種標準作法是，減少或避免殺蟲劑的使用，讓農業生態系中一般可看到的天敵能夠存活，而得以給予重大有害生物最大的打擊。這種方法在許多農業系統中被有效使用；然而，當用這種方法對付外來入侵種時，不論是在保護區或農業地帶，就必須考慮到，入侵種之所以成為入侵種，是因為它們是在沒有來自其原產地的專一性天敵之下立足於當地，而當地存在的一般性天敵，對它並沒有效。這是整合性有害生物管理策略通常是依地點而定的部份原因。

因為缺乏有效的本土天敵，可能必須先執行成功的生物防治計畫，然後才以引入的天敵為基礎，制定有效的整合性有害生物管理策略。

5.5 監測與後續追蹤

如同稍早之前所述，為了評估管理計畫的成功或失敗，必須監測幾個層面，如入侵種的族群數、目標區域的狀態、物種組成和重要性的變化等。一個完整的管理計畫，必須要有徹底的準備，執行期間要持續不懈，並且要有後續追蹤研究。在計畫期間，不論防治行動包不包括滅除、控制或者根本沒有採取任何行動，都必須予以監測。一開始設定的目標，將有助於評估計畫的成功或失敗。

首要目標是保護或復育自然棲地至預定水準。為評估進展情形，必須設定一系列可通往最後目標的子目標。如果所選擇的方案是滅除的話，這些子目標所定義的成功可能是移除入侵種；但如果選擇的方案是控制，那麼成功的準則可能是對於其他某種特別層面的衡量，比如某種植物的成功復育或某種鳥類的豐度增加。這些準則將有助於決定計畫是否成功防治有害生物，是否成功保護或復育想要保護的物種與群落。

關於如何設計有效監測計畫的更多資訊，請參見《國際溼地公約》（Ramsar Convention on Wetlands）網站上的例子（網址：www.ramsar.org）。

值得一提的是，監測被殺死或移除的有害生物數量，是在衡量所完成的工作，而不是在衡量計畫成功與否。要衡量計畫成功與否，只能藉由監測剩餘的有害生物數量，還有它們所在的生態系狀況。不應該假設只要從一生態系中移除了外來入侵種，原生動植物相就會自動恢復回來。這通常會發生（參見案例 5.17：「圓島的爬蟲類復育」），但有時移除一外來種，可能只是為其他外來種打開進來定居的大門（參見案例 5.31：「當成功防治一外來入侵種時可能會發生的事」）。應該要監測防治行動所造成的衝擊，最好從小規模活動開始，以確證防治行動的衝擊程度。如果結果不如預期，那麼可能要重新考量管理計畫，依據新的知識見解進行調整。

在大多情況下，成功的滅除計畫必須輔以預防措施，避免被移除的物種再次進來定居，且須設置預警系統，以早期偵測定居的入侵種。若能早期偵測到成功滅除物種的再次入侵，就可迅速展開行動，採取適當方法予以滅除，畢竟關於入侵種負面衝擊的知識以及防治該物種的經驗已經建立，且利害相關者應會支持這樣的行動。

5.6 專案管理

此節內容無可避免地是一般性的，且所談的內容限於令人嚮往的專案管理者所依循的原則。對專案管理中的「人類」面向提供詳細具體的建議，並不太有用，因為這本手冊必須關照全球一般性的層面，而人類面向通常是依專案及當地情況而定。這些面向的處理，可能必須依區域或國家情況調整參採本手冊的建議。

良好管理的外來種防治計畫，須有明確的專案規劃，包括：

- ▶ 利用資料庫及其他可得資訊，做好完全的準備。
- ▶ 利害相關者的參與。
- ▶ 時間軸和里程碑。
- ▶ 充份編列所需經費和時間（要非常清楚每個里程碑需要花多少人日與操作成本來達成）：利用矩陣圖或者，如果能力許可的話，利用專案管理軟體（由下而上的預算編列）。因為經費限制而暫停的滅除計畫將會失敗，浪費時間與金錢。
- ▶ 要知道並「凸顯」長期承諾在長期管理許多入侵種上的必要性。
- ▶ 定期監測是否有達到里程碑（確定這項工作有適當編列預算）（參考 5.5 節）。
- ▶ 確保監測資料能夠得到快速分析，以便在防治措施失效時適時調整管理方式或重新規劃（參見案例 5.31：「當成功防治一外來入侵種時可能會發生的事」）。
- ▶ 把資料開放給其他有類似問題的國家或區域。

可加以區分計畫是要以場址為主或物種為主。判斷哪種計畫適合所面對的情況，有助於將焦點集中在真正的目標。以場址為主的計畫，目標是保護特定的場址或地區，免於所有或大部份入侵種的危害；請參見案例 5.18：「模里西斯的保育管理區」和案例 5.33：「凡波斯水資源保育方案的社會與環境效益」。以物種為主的計畫，目標是減少某種或一些重

大入侵種的危害，通常其分佈範圍遍及整個島嶼或區域。生物防治經常是以物種為主的方法，參見案例 5.24：「聖海倫娜以生物防治昆蟲，拯救地方特有樹種」。

有時候，入侵種散佈的土地是私人土地，在此情況下，可能必須承租或簽訂其他合約，以確保可以在私人土地上進行入侵種管理。

5.7 獲取資源

對於許多類型的活動來說，這是個一般性的問題，當然不限於外來種的預防和管理。一般來說，取得資源也是和所在地非常有關的活動，而很難將作法一般化，使之適用大多數的國家。因此，我們試著在此節提供一些指引，並強調對於保育工作非常重要的一些層面，尤其是外來入侵種的問題。

在大多數情況下，一計畫的產生，是因為管理者提案，透過內部或外部管道向政府部門、捐助機關、基金會、非政府組織或某些其他資源來源爭取經費。一個好的提案必須：

- ▶ 以清楚的辭彙說明計畫效益。
- ▶ 將能力建構的機會最大化。
- ▶ 尋求或邀請適當的國際夥伴一起募款。
- ▶ 清楚說明計畫期程與所需預算。
- ▶ 誠實說明不確定性因素。
- ▶ 在提交計畫前，先經過審查以確保內容明確。

要增加計畫受到認可的機會，方法之一是尋求適當的國際夥伴一起募款，如國際農業生物科學中心（CABI）、國際自然保育聯盟（IUCN）、世界自然基金會（WWF）與已發展國家的國家計劃單位。要處理外來入侵種的問題，國際合作通常是需要的（參見案例 5.32：「關於七葉樹潛葉蛾的一項歐盟研究計畫的發展過程」）。

對於發展中國家的生物多樣性保護管理計畫而言，特別適合的可能資金來源包括：全球環境基金（GEF）、已發展國家的援助預算、世界自然基金會等。如果能將這類資訊彙整編輯，並讓它們更普及，將是很有助益的。

如果外來種管理計畫能夠直接連結到經濟或社會議題，那麼可能會更吸引政府的支持與資助。南非的水資源保育方案（The Working for Water Programme）（參見案例 5.33：「凡波斯水資源保育方案的社會與環境效益」），塞席爾將貓和大鼠的滅除與生態觀光連結（參見案例 5.34：「生態觀光做為入侵種防治計畫的資金來源」），都是不錯的例子，說明了這種策略可達成的成就。

5.7.1 運用志工

有害生物的防治，尤其是有害雜草，通常是勞力非常密集的工作，因此通常花費高昂（視在地薪資成本而定）。有時候，許多人會因為明顯的成果，覺得為美好世界盡了一點

心力感到激勵，而願意義務參與生態系的管理工作。在許多情況下，當地民眾可能會有興趣參與，但招募海外志工的可能性也不容忽視，尤其當費用可自行負擔的時候。小型熱帶島嶼，對於具有環境意識且來自氣候條件不佳的已發展國家志工而言，可能具有吸引力。模里西斯野生生物基金會（Mauritian Wildlife Foundation）在這一方面做得非常成功（參見案例 5.35：「志工的運用」、案例 5.38：「運用當地兼職志工幫助復育羅德里格斯島的自然保留區」），而新加坡也採行了一個類似的計畫（參見案例 5.43：「學生清除有害植物以幫助雨林復育」）。另一方面，協助防治入侵種的社區團體，應予訓練。志工團體若沒有得到良好的指引，那麼花費在他們身上的訓練、人員和交通成本，可能會超過他們所帶來的效益。因此，應透過一個成功的計畫，來領導他們。

然而，在此也必須指出，運用志工並維持可接受的品質管制，通常是很困難的，需要有經驗的人擔任監督指導。在野生生物和棲地管理領域的專業管理者，不見得有人力資源管理技巧。

5.7.2 利用其他資源

可提升外來入侵種計畫在大眾眼中的形象，比如選擇一個將因該計畫而得益的受歡迎物種，並指出該物種和該計畫之間的關係。毛茸茸、可愛、討喜的物種，若因為生物入侵而受難，這種事實當然將特別有效（相反地，這類物種若是入侵種，那麼想要防治牠們將特別困難，參見 5.8 節）。應正面影響報紙、廣播與電視節目，以讓更多人支持與關注防治計畫。對於某些知名計畫，商業公司可能很有意願贊助。化學公司可能願意提供免費農藥供特定計畫使用，而其他公司可能願意提供免費的工具與設備。另外，航空公司可能願意提供免費搭乘或機票折扣。

在模里西斯，甘蔗公司在淡季時提供免費勞力，到自然林裡的圍柵地上除草，以移除外來種（參見案例 5.18：「模里西斯的保育管理區」）。

民眾與其他募款組織可能提供捐款。慈善團體可能提供支持。在尋求資源時，想像力可能非常有幫助，且可能會以意想不到的方式找到贊助。另一方面，花太多時間尋求資源，可能會偏離主要的工作，而未能好好管理入侵種。

在某些國家，可設立就業計畫，以增進公益為目標，來創造可負擔的勞力。在某些已發展國家，正在討論是否僱用失業人口，投入入侵種管理計畫（及其他任務）；因為不如如此的話，勞力可能很昂貴，另外可藉此達成充份就業，對政治而言是相當有吸引力的。可賦予失業民眾和入侵種管理有關的任務，以交換政府提供的津貼。這些計畫和配置的任務，也提供了接觸與教育民眾認識入侵種的機會。

5.8 結合利害相關者

利害相關者是指任何會受到影響或者認為自己會受到影響的個人或組織，不論他們是受到計畫中要管理的物種或場址的正面影響或負面影響。這可能包括捐助機關、地主、土地

承租人、保育機構、可能的受雇者、國家與地方政府、相關的非政府組織、壓力團體、大眾成員等等。

在發展計畫目標與里程碑時，就必須確認有哪些利害相關者，並從一開始就請他們參與計畫制定過程（參見案例 5.40：「在澳洲國境之北：以社區為基礎的原住民有害植物管理」）。應諮詢利害相關者，討論有關計畫應設定的目標和為達到目標而必須從事的活動。這個過程應該要公開，利害相關者提出的所有問題和疑慮，都應予以處理。若有不同意見，且無法與某些利害相關者或利害相關者之間無法達成共識，就應考慮修正計畫，如果這有助於達成共識，促進良好合作關係的話。

如果利害相關者沒有從一開始就參與這個過程，那麼之後他們可能會主張他們不知道該計畫，且可能會阻止計畫的進展。參與的個人或組織，並不一定要具有高度重要地位，才重視他們的意見。一些滅除計畫就是因為受到某些鮮為人知的團體干預而中斷，尤其當防治對象是哺乳類（具有可愛、毛茸茸、討喜、動人的特色）或吸引人的樹種時（參見案例 5.13：「關於哺乳類防治計畫的爭議」）。

如果能將有害物種描繪成壞蛋，會造成自然環境的嚴重傷害，那麼對於防治計畫的推行，將是很有幫助的。通常這很簡單；但是有漂亮花朵的植物，像是紐西蘭的葡萄葉鐵線蓮（*Clematis vitalba*），或者有動人葉子的植物，像是太平洋島嶼的米氏野牡丹，或者毛茸茸的哺乳動物，像是紐西蘭的刷尾負鼠，可能為人類喜愛。必須採取果決且持續的媒體行動，強調故事的另外一面，且可能要持續許多年，才能讓民眾了解問題的嚴重性：葡萄葉鐵線蓮殺死了森林裡的樹木，米氏野牡丹覆蓋了整個山坡，而刷尾負鼠危害了原生樹種。

大眾教育和媒體支持，對於成功的入侵種防治計畫是很重要的（詳細資訊請參考 2.4 節）；參見案例 4.6：「法屬玻里尼西亞對於米氏野牡丹的大眾宣導與早期偵測」，案例 5.14：「圍堵香澤蘭在澳洲的擴散」，案例 5.36：「塞席爾經驗：利用媒體取得大眾對入侵種管理的了解與支持」。

如果媒體宣導活動能夠成功，防治計畫將取得大眾的注意與尊重。如果大眾能夠實際參與，人們可能會開始認同計畫，試著幫忙解決問題，且會以做為成功運動的一份子而自豪（參見案例 5.37：「巴布亞新幾內亞的社區參與防治人厭槐葉蘋」）。這是運用志工的基礎，對於需要龐大人力的計畫而言，這是很重要的。紐西蘭已發展出一個分配 / 再分配生物防治媒介的系統，納入地主和其他有心人士的參與，透過清楚說明的小冊子，讓民眾知道如何辨認和移置物種。也可以教育民眾認識入侵種對於原生生物多樣性和生態系運作的負面衝擊。民眾在知道入侵種的危害後，會透過拔除外來有害植物，甚至輾斃路上的外來負鼠與蔗蟻，來參與防治工作。有害植物的法案與類似的規定，應支持這種獨立自主的行為，因為傷害其他野生生物是被禁止的行為。同樣地，也可鼓勵狩獵，甚至依照所捕捉或殺害的入侵種，提供獎金。在東非的桑吉巴，曾經推動一個滅除運動，即依照所捕殺的家烏鴉數目給付獎金；這種獎金制度做為防治方案很有效，可讓在地民眾參與，並提供某些人金錢收入。然而，一些人開始飼養烏鴉，利用獎金制度獲取不當利益。當然，這使得

獎金制度成效不彰，而必須終止下來。

媒體對入侵種防治計畫的參與和支持，對於計畫的成功與否是很重要的。有人指出，在小島發展中國家，要取得媒體管道通常比較容易，因為廣播電台和電視台的節目需要報導內容（參見案例 4.6：「法屬玻里尼西亞對於米氏野牡丹的大眾宣導與早期偵測」）。帶有些許幽默和緊張情節的入侵種故事，是效果很好的新聞。專案計畫可透過媒體宣傳，告訴民眾計畫內容以及必須處理入侵種的原因。新聞稿和公開活動的配合，可以很有效地提升計畫在大眾眼中的形象。

5.9 入侵種防治方法的訓練

在世界各地的島嶼和大陸環境中，對於陸域及淡水的有害植物、陸域節肢動物與哺乳類的有害生物，已經有許多成功的防治計畫。這些計畫中有許多是以農業或林業的環境為場址背景，尤其是針對有害植物與節肢動物的計畫。防治其他類群入侵種的成功計畫，則少很多，但本手冊中已有舉例強調。這些成功計畫許多都有書面說明資料（在期刊、會議記錄、書籍與政府報告），可以做為訓練計畫的案例。對於失敗的計畫，好的書面說明資料對學習也很有幫助；但很遺憾地，通常都沒有寫下來，不過這也是情有可原。

向其他地方曾經執導成功計畫的人請教，是很有幫助的。諮詢外部專家特別有用，建議在處理困難或少見的情況時（如處理海洋入侵）應向他們請教；在某些情況中會出現相當陌生的入侵種，就連科學家對它也所知有限，此時就可能沒有已知的防治方法。無論如何，如果遇到了之前沒有防治過的物種或情況，就必須在計畫進行過程中發展防治技術並予以測試。入侵種管理所使用的實際工具，就是農業有害生物管理中所使用的那些工具，而這方面的訓練是很普遍的。然而，關於如何將這些工具特別應用於入侵種管理上，也就是，防治策略與計畫的發展，就較少見有系統性的訓練。

由於各國的能力不一，而入侵種的種類也變化多端，因此關於什麼類群的人員適合什麼樣的訓練，很難提出什麼建議。在此列出以下幾點可能性：

- ▶ 將訓練與「工作上」的活動好好整合，不要要求太多的額外資源。
- ▶ 國內課程；這些課程可以特別針對生態系或物種，並聘請海外專家。
- ▶ 海外國際課程。這些課程內容比較可能是一般性的，而非針對性的。其內容導向以既有有害生物（尤其是經濟有害生物）的管理為主，而非以入侵種（尤其是新出現的入侵種）的管理為主。關於海洋入侵種或脊椎動物的管理，我們不太清楚這方面的許多課程；但我們在方塊 5.5：「和入侵種管理有關的一些短期訓練課程」中，列出其他可能有用的課程。
- ▶ 學習之旅或者實際跟隨成功的計畫，可能是非常有用的訓練方式。
- ▶ 高等教育；有各種學士班與碩士班的課程和外來種管理有關，雖然又和海外國際課程一樣，大部份的課程內容以經濟有害生物的管理為主，而非以環境有害生物管理為主。

5.10 規劃者和管理者的訓練

許多土地管理者對於自己的規劃能力沒有信心，因此若能和他人一起練習寫一份有害生物防治計畫，對他們是很有助益的。如果國內有人有經驗，他們可以分享他們的經驗，並訓練或協助其他土地管理者寫計畫。如果沒有人有經驗，那麼從其他國家邀請有經驗的人士，為管理者上課，指導入門，或許會有所幫助。

方塊 5.1 關於化學農藥的一些參考資料來源

書籍與論文

- Brent, K.J.; Atkin, R.K. (eds.) (1987) *Rational Pesticide Use*. Cambridge University Press, 348 pp.
- Bull, D. (1982) *A growing problem: pesticides and the third world poor*. Oxfam, Oxford, 192 pp.
- Carroll, N.B. (1999) Pesticide development in transition: crop protection and more. In: *Emerging technologies for Integrated Pest Management*. Eds.: G.C. Kenedy & T.B. Sutton., American Phytopathological Society Press, St. Paul, Minnesota, USA, pp 339-354.
- Green, M.B.; Hartley, G.S.; West, T.F. (1977) *Chemicals for crop protection and pest control*. Pergamon Press Ltd., Oxford, 296 pp.
- Hofstein, R.; Chapple, A. (1998) Commercial development of biofungicides. Pp. 77-102 in Hall, F.R.; Menn, J.J. (eds.) *Biopesticides: use and delivery*. Humana Press, Totowa, NJ, USA.
- Loevinsohn, M.E. (1987) Insecticide use and increased mortality in rural Central Luzon, Philippines. *The Lancet* (June 1987), 1359-1362.
- Matteson, P.C. (2000) Insect pest management in tropical Asian irrigated rice. *Annual Review of Entomology*, **45**, 549-574.
- Matthews G. A. (1992) *Pesticide application methods*. 2nd Edition. Longman Scientific and Technical, Harlow, Essex, UK, 405 pages.
- Mumford, J.D.; Knight, J.D. (1997) Injury, damage and threshold concepts. Pp. 203-220 in Dent, D.R.; Walton, M.P. (eds.) *Methods in Ecological and Agricultural Entomology*: CAB International, Wallingford.
- Tomlin, C.D.S. (ed.) (1997) *The Pesticide Manual*. 11th Edition, British Crop Protection Council, Bracknell, UK, 1606 pp.
- van Emden, H.F.; Peakall, D.B. (1996) *Beyond silent spring: integrated pest management and chemical safety*. Chapman and Hall, London, 322 pp.
- Way, M.J.; van Emden, H.F. (2000) Integrated pest management in practice - pathways towards successful application. *Crop Protection*, **19**, 81-103.

網站

- <http://piked2.agn.uiuc.edu/wssa/> Herbicide information from the Weed Science Society of America.
- <http://www.cdpr.ca.gov/> California Department of Pesticide Regulation; useful links page.
- <http://ace.ace.orst.edu/info/extoxnet/> The EXTTOXNET InfoBase provides a variety of information about pesticides.
- <http://www.ianr.unl.edu/ianr/pat/ephome.htm> University of Nebraska's Pesticide education resources.
- <http://refuges.fws.gov/NWRSFiles/InternetResources/Pesticide.html> The US Federal Interagency Committee for the Management of Noxious and Exotic Weeds links to sources of information about pesticides on the internet.

方塊 5.2 關於生物防治的一些參考資料來源

書籍

- Bellows, Jr., T.S., T. W. Fisher, L. E. Caltagirone, D. L. Dahlsten, C. Huffaker and G. Gordh (1999) Handbook of Biological Control. Academic Press.
- Cameron, P.J., R.L. Hill, J. Bain and W.P. Thomas (eds.) (1989) A Review of biological control of invertebrate pests and weeds in New Zealand 1874 to 1987. CABI, Wallingford, UK, 424 pp.
- Clausen, C.P. (ed.) (1972) Introduced parasites and predators of arthropod pests and weeds: a World review. USDA-ARS Agriculture Handbook 480, 545 pp.
- Cock, M.J.W. (ed.) (1985) A review of biological control of pests in the Commonwealth Caribbean and Bermuda up to 1982. Commonwealth Institute of Biological Control, Farnham Royal, UK, 218 pp.
- DeBach, P. (1964) Biological control of insect pests and weeds. Chapman & Hall, London, 844 pp.
- Harley, K.L.S. and I.W. Forno (1992) Biological control of weeds a handbook for practitioners and students. Inkata Press, Melbourne, Australia, 74 pp.
- Hokkanen, H.M.T. and J.M. Lynch (1995) Biological control benefits and risks. Cambridge University Press, UK, 304 pp.
- Julien, M.H. and M.W. Griffiths (eds.) (1998) Biological control of weeds. A World catalogue of agents and their target weeds. Fourth edition. CABI, Wallingford, UK, 223 pp.
- Kelleher, J.S. and M.A. Hulme (eds.) (1981) Biological control programmes against insects and weeds in Canada 1969-1980. Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal, UK, 410 pp. (Update in preparation).
- Van Driesche, R.G. and T.S. Bellows, Jr. (eds.) (1993) Steps in classical arthropod biological control. Entomological Society of America, Lanham, Maryland, 88 pp.
- Waterhouse, D.F. and K.R. Norris (1987) Biological control Pacific prospects. Inkata Press, Melbourne, Australia, 454 pp. (and two supplementary volumes).
- Waterhouse, D.F. (1994) Biological control of weeds: southeast Asian prospects. Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra, 302 pp.
- Waterhouse, D.F. (1998) Biological control of insect pests: southeast Asian prospects. Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra, 548 pp.

國際指引

International Plant Protection Convention (1996) Code of Conduct for the Import and Release of Biological Control Agents. International Plant Protection Convention, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. 19 pp. Also available at <http://www.fao.org/ag/agp/agpp/pq/default.htm> under International Standards for Phytosanitary Measures and at <http://pest.cabweb.org/PDF/BNI/RA36.PDF>

資訊期刊

Biocontrol News & Information: <http://pest.cabweb.org/Journals/BNI/Bnimain.htm>

部份網站

<http://gnv.ifas.ufl.edu/~iobcweed/> The Nearctic Regional Section of the International Organization for Biological Control's Biological Control of Weeds Working Group.

<http://ipmwww.ncsu.edu/biocontrol/biocontrol.html> Biological Control Virtual Information Center.

方塊 5.3 關於整合性有害生物管理的一些參考資料來源

書籍

一般性

Conway, G.R. (ed) (1984) Pest and pathogen control: strategic tactical and policy models. John Wiley and Sons Inc., 487 pp.

Dent, D. (2000) Insect pest management. 2nd edition. CABI, Wallingford, UK, 410 pp.

Matthews, G.A. (1984) Pest management. Longman, UK, 231 pp.

Mengech, A.; K.N. Saxena and H.N.B. Gopalan (eds.) (1995) Integrated pest management in the tropics: Current status and future prospects. John Wiley & Sons, Chichester, 171 pp.

Metcalf, R. and W. Lucmann (1994) Introduction to insect pest management (3rd Edition). Wiley and Sons Inc., 650 pp.

Morse, S. and W. Buhler (1997) Integrated pest management: ideals and realities in developing countries. Lynne Reinner, London, UK, 170 pp.

Norton, G.A. and J.D. Mumford (1993) Decision tools for pest management. CAB International, Wallingford, UK. 264 pp.

Sindel, B.M. (ed.) Australian Weed Management Systems. RG and FJ Richardson, Meredith, Victoria, Australia, 506 pp.

農民參與的整合性有害生物管理

Chambers, R.; A. Pacey and L.A. Thrupp (1989) Farmer first: farmer innovation and agricultural research. Intermediate Technology Publications, London, 240 pp. (This book is followed by a series. Titles include: Farmers' Research in Practice; Lessons from the field, Joining Farmers' Experiments, Let Farmers Judge.)

Scoones, I.; J. Thompson; I. Guiit and J. Pretty (1995) Participatory learning and action. Intermediate Technology Publications, London.

Scarborough, V.; S. Killough; D. Johnson and J. Farrington (1997) Farmer led extension: concepts and practices. Intermediate Technology Publications, London, 214 pp.

以光碟片提供檔案的資料庫

Crop Protection Compendium, available from CAB International, Wallingford, UK (<http://www.cabi.org/Publishing/Products/CDROM/Compendia/CPC/index.asp>).

方塊 5.4 關於整合性有害生物管理的一些網路參考資料來源

組織網站

<http://www.cabi.org/> CAB International, and <http://www.cabi.org/BIOSCIENCE/> CABI Bioscience

<http://www.cgiar.org/> Consultative Group on International Agricultural Research (CGIAR)

<http://www.fao.org/> FAO; <http://www.fao.org/waicent/faoinfo/agricult/agp> FAO Plant Protection Division; <http://www.communityipm.org/> FAO Programme for community IPM in Asia

<http://nbo.icipe.org> International Centre for Insect Physiology and Ecology (ICIPE)

<http://www.nri.org> Natural Resources Institute (NRI); <http://www.nri.org/Themes/ipm> NRI Integrated Pest Management Programme

<http://www.pan-international.org/> Pesticides Action Network (PAN) International

<http://www.ucdavis.edu/> University of California, Davis; <http://www.ipm.ucdavis.edu/> Statewide Integrated Pest Management Programme

<http://www.ifgb.uni-hannover.de/extern/ppigb/ppigb.htm> Institute for Plant Diseases, University of Bonn, Germany.

<http://www.worldbank.org/> World Bank;

<http://wbln0018.worldbank.org/essd/essd.nsf/rural+development/portal/> World Bank Rural development and agriculture; <http://www-esd.worldbank.org/extension/> WB Extension

整合性有害生物管理 (IPM) 網絡

<http://www.nri.org/ipmeurope> IPM Europe

<http://www.nri.org/ipmforum/> IPM Forum

<http://www.ipmnet.org/brochure.html/> IPM Net

<http://www.ipmnet.org/about.html/> The Consortium for International Crop Protection

<http://www.nysaes.cornell.edu/ipmnet/ne.ipm.primr.html/> Integrated Pest Management in the Northeast USA

資料庫與資源中心

<http://bluegoose.arw.r9.fws.gov/NWRSFiles/InternetResources/IPMPage.html/> Blue goose

<http://www.ent.iastate.edu/List/> Entomology Index of Internet Resources

<http://refuges.fws.gov/NWRSFiles/InternetResources/IPMPage.html> Federal Interagency Committee for the Management of Noxious and Exotic Weeds

<http://www.nysaes.cornell.edu/ent/hortcrops/> Global Crop Pest Identification and Information Services in Integrated Pest Management (IPM)

<http://www.cf.ac.uk/insect/index.html> Insect Investigations Ltd. School of Biosciences, Cardiff University, UK

<http://www.ipmnet.org:8140/DIR/> IPM Net Database of IPM Resources

<http://www.igc.org/panna/resources/resources.html/> Pesticide Action Network Resources

<http://pest.cabweb.org/> Pest CABWEB

<http://ipmworld.umn.edu/> Radcliffe's IPM Textbook

<http://ipmwww.ncsu.edu/cipm.html/> Virtual centre for IPM

方塊 5.5 和入侵種管理有關的一些短期訓練課程

管理

Integrated Approach to Invasive Species Management (4 days). US Fish & Wildlife Service, National Conservation Training Center, Rt 1, Box 166, Shepherds Grade Road, Shepherdstown, WV 25443, USA. Contact Chris Horsch, Aquatic Resources Training; TEL: ++ 1 304 876 7445; FAX: ++ 1 304 876 7225; E-mail chris_hrosc@fws.gov; Web-site <http://training.fws.gov/catalog/ecosystem.html#invasives>

植物

Biological control of tropical weeds (two weeks every other year). The Centre for Pest Information Technology & Transfer. Contact the Short Course Co-ordinator, CPITT, The University of Queensland, Brisbane QLD 4072, AUSTRALIA; Fax: ++ 61 7 3365 1855; E-mail: Courses@CPITT.uq.edu.au

Control Methods for Invasive Plants (one-day course). New England Wild Flower Society, 180 Hemenway Road, Framingham, MA, USA; Contact NEWFS Education Dept., E-mail: registrar@newfs.org. More Information: <http://www.newfs.org/courses.html#special>

Introductory (one day) course for reductions of assisted weed spread and associated management systems. Environmentally Aware Contractors, Geelong, Victoria, Australia. Contact Bruce Dupe, EAC Project Officer; TEL: ++ 3 5267 2104; E-mail: bjd@primus.com.au

Many of the courses related to weeds in Australia are listed in the "Weed Navigator". It is available for sale through the Weeds CRC at crweeds@waite.adelaide.edu.au

Management of invasive alien plants in the UK (one day courses targeted for individual plant species). Contact Dr Lois Child, Centre for Environmental Studies, Loughborough University, Loughborough, LE11 3TU, UK; E-mail: L.E.Child@lboro.ac.uk

Aquatic Weed Control Short Course (one week, annual course). University of Florida/IFAS, Office of Conferences and Institutes (OCI), PO Box 110750, Building 639, Mowry Road, Gainesville, FL 32611-0750, USA. TEL: ++ 1 352 392 5930; FAX: ++ 1 352 392 9734; E-mail: bamt@gnv.ifas.ufl.edu; Web-site <http://www.ifas.ufl.edu/~conferweb/#upcoming>.

Noxious Weed Management Short Course (one week, annually in April). Contact: Celestine Duncan (Co-ordinator), Weed Management Services, P.O. Box 9055, Helena, MT 59604, USA; TEL: ++ 1 406 443 1469; E-mail: weeds1@ixi.net.

無脊椎動物與植物

Biological pest management (4-5 week annual course). CABI Bioscience, Silwood Park, Ascot, Berks, UK. Contact the training officer, Mark Cook; TEL: ++ 44 1784 470111; FAX: ++ 00 1491 829100; E-mail: m.cook@cabi.org; Web-site: <http://www.cabi.org/BIOSCIENCE/training.htm>

海洋

Short training course on invasive marine species of San Francisco Bay and the central California coast (a one-off course but could be held again in response to demand). University of California, Davis and other institutions. Contact Edwin Grosholz; Department of Environmental Science and Policy; One Shields Avenue; University of California, Davis; Davis, CA 95616, USA; TEL: ++ 1 530 752-9151; FAX: ++ 1 530 752-3350; E-mail: tedgrosholz@ucdavis.edu; Web-site: <http://www.des.ucdavis.edu/faculty/grosholz.html>.

案例 5.1 外來入侵種布袋蓮造成的問題

原生於南美洲的布袋蓮（*Eichhornia crassipes*），現已成為遍及舊世界熱帶地區的環境與社會威脅，並以各種方式影響環境與人類。雖然有些影響是有益處、或是具有潛在的實用性，但是布袋蓮所帶來的大部分影響都是不利的。布袋蓮的生長快速，可產出極大的生物量，因而覆蓋了大面積的自然開放水域，許多不利的環境衝擊都緣於此。

布袋蓮對於水生植物群落結構和演化的影響，是最令人震驚且最鮮為人知的。布袋蓮會取代既有的水生植物，且彼此間交錯糾結的布袋蓮會在水面上形成一層浮墊，成為數種半水生植物的落腳處。隨著演化的進行，主要被大型禾草所盤據的布袋蓮浮墊，可能會飄走或定住。這個過程會導致濕地生態快速與深遠的改變，比如淺水的區域會被轉變成沼澤。在流速緩慢的水體，布袋蓮浮墊會減緩水流，造成懸浮粒子沈澱，而導致淤積。減緩的水流也會造成氾濫，並對灌溉計畫造成不利影響。布袋蓮會危害稻作，影響稻子的發芽和立足。據稱，透過布袋蓮蒸散作用所喪失的水份，比起開放水域還要多很多，雖然這個說法最近受到挑戰。布袋蓮所蒸散的水量，會減少水庫的有效蓄水量，每公頃減少的水量可達 400 立方公尺，使得水庫水位在旱季時降得更快。水份的蒸散、水庫的淤積和入水口的阻塞，會對水力發電帶來重大衝擊。布袋蓮浮墊會造成船舶難以通行甚至不可能通行，即使是小型浮墊，通常也會阻塞船舶的推進器；這可能會對交通帶來嚴重影響，尤其是以水運為主的地方。布袋蓮的入侵會使得人們必須花費許多時間才能接近漁場，有時甚至不可能接近漁場；而布袋蓮會干擾漁網，讓捕魚活動變得困難或不可行。在西非，某些漁村就因為布袋蓮入侵而被拋棄。

布袋蓮也會直接影響水的化學性質。它可吸收大量的氮、磷以及其他的養份和元素。由於它具有吸收重金屬的能力，因此被建議用來淨化工業廢水。藉由養份的吸收利用，布袋蓮剝奪了浮游植物的養份，導致浮游植物、浮游動物及魚群的減少。相反的，由於布袋蓮的衰老分解會產生的大量有機物質，使得布袋蓮浮墊下的水體缺乏氧氣。這種缺氧環境會直接導致魚群死亡，並且傷害大部分耗氧生物，改變魚群生態。而靜止的布袋蓮浮墊亦使底棲植物缺少陽光而死亡，從而讓某些魚類喪失了食物和產卵場所。此現象對於魚類多樣性的潛在衝擊是很龐大的。此外，布袋蓮所造成的環境條件，有利於某些人類病媒的生長，比如蝸牛，是血吸蟲病（schistosomiasis）的中間宿主，又如大部分的蚊子，可媒介瘧疾、腦炎或絲蟲病等。在非洲的一些地方，布袋蓮浮墊據稱可提供鱷魚及蛇類潛藏。

布袋蓮所帶來的多方衝擊，涉及多個部會的權責。因此在發生新的布袋蓮入侵時，很有可能就在各相關政府部門協商決定布袋蓮防治的分工事項時，而延誤了防治的時機。

作者：Matthew Cock，CABI 生物科學中心瑞士分部（CABI Bioscience Switzerland Centre），地址：1 Rue des Grillons, CH-2800 Delemont, Switzerland；網址：<http://www.cabi.org/bioscience/switz.htm>。

案例 5.2 白千層改變佛羅里達的棲地

白千層 (*Melaleuca quinquenervia*) 是常綠喬木，樹冠修長，可長到 29 公尺高。具有紙狀的多層樹皮，以及瓶刷狀的白色花穗。原生地為澳洲與巴布亞新幾內亞，在二十世紀初時引進美國佛羅里達州，目的是希望它成為有用的樹種，因為當地飽受旱災、洪水及週期性的野火肆虐，少有植物具有生產力。雖然想要用白千層做為木材的想法並未實現，但因可做為景觀植物，而使其確實具有經濟價值。

然而白千層的引入造成了不幸的後果。其在佛州的生長非常快速（18 個月可達 6-7 公尺高），且一年最多開花五次。白千層生長兩年就可結果，種子可透過風及水傳播，平時果實留在樹上，並且在受到生存壓力時（如火災、霜害、除草劑）打開果莢釋出種子。成熟的白千層一株可持留 2 千萬顆種子；留在樹上的種子在 10 年內都具有活性，但是一旦種子落至土壤，其活性就會快速消失。白千層可密集生長在一起，形成無法穿透的樹叢，且可由不定根繁衍，不定根可在水面上形成厚厚一層，導致泥沙淤積，造成當地地勢上升。高程上升幾公分對於大沼澤地 (Everglades) 植物群落的組成會造成極大的改變，而白千層正以此方式將濕地轉變為高地。此外，它也能夠適應亞熱帶氣候，尤其是具有季節性濕季的地方，且能夠在靜止水體中繁茂生長。過去 30-40 年，白千層在南佛州快速擴張，現已入侵 50 萬英畝 (20 萬公頃) 的土地，造成廣泛的環境與經濟危害，尤其是對於大沼澤地的原生棲地有很大的衝擊。

編自：《生物防治新聞與資訊》(Biocontrol News and Information) 的一篇新聞報導，作者為 Gary R. Buckingham 博士，地址：USDA/ARS, Biocontrol of Weeds, c/o Florida Biocontrol Laboratory, P.O. Box 147100, Gainesville, FL 32614 7100, USA。電子信箱：grbuck@nervm.nerdc.ufl.edu。

案例 5.3 栗疫病改變了一個森林生態系

美國栗樹 (*Castanea dentata*) 的消亡說明了一個生態系可如何被根本改變。直到二十世紀初，美國栗樹是美國東部落葉林中最豐富的硬木樹種，在某些地區的數量高達所有樹木的 25% 之多。它也是美國東部最具經濟價值的樹種之一，其木材是家具與建造的珍貴材料；栗子則為經濟作物，也是野生動物的主食。1900 年代初，一種來自中國的真菌疾病「栗疫病」(*Endothia parasitica*) 被意外引入，疫情遍及 9,100 萬英畝的土地，造成高達 10 億棵樹死亡。雖然美國栗樹這個樹種還存活於世，但就生態而言實已滅絕，在生態系中不再具有功能。美國栗樹的消失永遠改變了東部落葉林的生態。

編自：Stein, Bruce A. 與 Stephanie R. Flack 等人編 (1996)，《美國惡夢：美國的外來種入侵》(America's Least Wanted: Alien Species Invasions of U.S. Ecosystems)，大自然保護協會 (The Nature Conservancy) 出版，該協會位於維吉尼亞州阿靈頓，網站：<http://www.tnc.org/>。

案例 5.4 混種雜交

某些外來種和原生種之間的交配，會造成原生種的某些基因被取代，而導致原生種的滅絕。比如說，為狩獵目的而引入夏威夷的綠頭鴨（*Anas platyrhynchos*），與原生種廣泛雜交，已使得夏威夷鴨瀕臨滅絕，並大為提高夏威夷鴨復育計畫的複雜性。在美國的大陸，綠頭鴨於冬天遷徙到佛羅里達州，雖然牠們以前只在北方時才會繁殖，然而為狩獵目的而被野放到佛羅里達的馴養綠頭鴨，則會和佛羅里達原生的北美斑鴨（*Anas f. fulvigula*）交配，而使得後者的生存現在因為雜交混種而受威脅。在紐西蘭，綠頭鴨的引入也引起類似的危機，因為牠們和太平洋黑鴨（*Anas s. superciliosa*）的地方特有亞種雜交。

為休閒漁業而引入美國西部集水區、俗名虹鱒的麥奇鉤吻鮭（*Oncorhynchus mykiss*），和吉拉鱒及阿帕契鱒廣泛雜交，而後面這兩個物種均列於《瀕危物種法》（Endangered Species Act）的名單中。

植物也會陷入同樣的陰險情境。例如矮生馬櫻丹（*Lantana depressa*），這種植物出現於佛羅里達半島的一些沙丘和石灰石山脊棲地，它雜交的對象是馬櫻丹（*Lantana camara*）。馬櫻丹是數種拉丁美洲或西印度品種的後代，在 17 世紀時被帶到歐洲做為觀賞植物，由園藝家混種，然後於 18 世紀末被引入新世界。

在雜交的物種之間，即使沒有基因交換，這個過程仍會威脅到其中一種物種的生存。比如在美國西部某些地方，外來的溪鱒（*Salvelinus fontinalis*）現正取代原生的公牛鱒（*Salvelinus confluentus*）。雖然兩個物種之間進行廣泛的雜交，但混種的子代是不孕的，因此無法將虹鱒的基因傳回到公牛鱒的族群。然而公牛鱒這較稀有的物種，也損失了可生育子代的交配機會，因而導致它被溪鱒取代。

列於美國《瀕危物種法》名單中的 24 種已知「滅絕」物種中，至少有 3 種是完全或部份因為雜交所造成的，而且雜交似乎還會發生其他可能後果。詹森草（*Sorghum halepense*）最初是於 1800 年左右為了做為牛隻的糧草作物而引入美國，現在被視為是最惡劣的有害植物之一。除了其他惡名昭彰的特性之外，這種植物會和人工培育的高粱雜交，產生沒有農業用途的野高粱（shattercane）。

可能還有更糟糕的結果。比如，北美的互米花草（*Spartina alternifolia*），當初透過船艙的壓艙土進入英國，並和英國的一種原生無害植物「歐洲米草」（*Spartina maritima*）雜交，產生新的植物「不孕種唐氏米草」（*Spartina x townsendii*），而這種新植物是沒有繁殖力的。故事可能到此就結束了，然而這些不孕米草中之一經歷了染色體加倍的過程，產生新的物種，結果竟是種繁殖力強大的入侵植物「大米草」（*Spartina anglica*）。

編自：Simberloff, D. (1996), 〈外來種對美國的衝擊〉（Impacts of Introduced Species in the United States），出自《後果》（Consequences）2(2)，13-23 頁。

案例 5.5 滅除刻意引入的入侵植物

地膚 (*Bassia scoparia*)，於 1990 年引入西澳，以「活的乾草堆」(living haystack) 之名推廣使用。這種植物廣泛種植於該州西南部的 52 塊土地上。它生長快速，適合做為草料，對鹽分耐受度高，讓農民的貧瘠鹽地有新的用途，而它的種子也被加入一般為鹽地挑選的混合種子中。

1991 年初，一名農夫注意到這種灌木在他為復育鹽地而栽植的園圃裡長得異常茂密，並從他的園圃往外擴散。他很是擔心，打電話給西澳農業部 (Agriculture Western Australia)，訴說他對這種「地膚」植物的憂慮。他後來把整塊地翻犁，在種子落下前破壞掉所有植物。某機關的一名研究人員之後去看另一個場址，確認這種植物的身份，並向西澳農業部的有害植物科學小組 (Weed Science Group) 示警。

文獻調查發現，有數百篇論文在探討地膚的衝擊與入侵性，於是有害植物科學小組在接下來幾個月把時間花在決定防治和管理的方案，記錄並調查所有已經種植地膚的場址。製作了兩份小冊子，或「農場警示」(Farmnotes)，並廣泛使用廣播、電視和平面媒體，提醒農民注意這個問題。1992 年初，地膚被發佈為「公告列管植物」(Declared Plant)，並隨即展開滅除行動。

地膚的擴散速度很是驚人，很快地就從 1991 年的 52 塊土地，擴散到兩年後的超過 270 塊土地。曾有一些大的地膚被發現從它們原來生長的地方翻滾 5 公里，並被看到它翻過圍籬。然後下一年，有數百棵幼苗沿著之前一年的翻滾軌跡冒出來。地膚入侵的範圍相當龐大，從最北端的入侵族群到最南端的入侵族群，兩者之間的距離超過 900 公里。人員和資源因此都被稀釋了。

在接下來 8 年，西澳農業部田野人員調查了超過 21,345 公頃的土地，處理或規劃處理的面積有 4,989 公頃。地膚入侵的高峰期是在 1993 年，當時總入侵面積經確認為 3,277 公頃。到了 1995 年，入侵面積減少到 139 公頃，至 2000 年時，只有兩塊土地規劃要處理，總面積為 5 公頃。

若一場址經過三年檢查都被確認是乾淨時，則該場址可被視為滅除成功。大部分的土地在過去三年，都沒有被檢查出有問題。270 塊土地中只有 4 塊還未被認為已清除乾淨，這表示迄今該計畫的成功率幾乎高達 99%。從 1992 至 2000 年的 8 年期間，投入的總成本經估計約在 50 萬澳幣左右。

成功的主要關鍵被認為如下：

- ▶ 在確認一威脅後，能夠快速反應：有害植物科學小組的人員在發現該植物後數個月，就開始進行滅除。
- ▶ 出色的監督調查：大量運用田野人員和他們的在地知識，同時利用媒體決定要從哪裡開始尋找植物。
- ▶ 模範地主的合作：最後一塊被發現受到入侵的土地，是由一名地主通報；而整個計畫推動過程，地主們也都非常樂於提供時間、資源和知識，協助政府機關人員。

作者：Rod Randall，西澳農業部有害植物科學小組「有害植物風險評估計畫」(Weed Risk Assessment)。參見：<http://www.agric.wa.gov.au/progserv/plants/weeds/>。

案例 5.6 澳洲的香澤蘭滅除計畫

1994 年，澳洲發現了香澤蘭 (*Chromolaena odorata*) 的入侵 (參見案例 4.5：「澳洲對於香澤蘭的偵測」)。該植物在發現前數年，就被公告為有害植物，而得以在發現後，及時展開快速調查和滅除行動 (參見案例 5.12：「調查香澤蘭在澳洲的入侵情形」)。昆士蘭的自然資源部 (Department of Natural Resources) 隨後以每年 17 萬澳幣左右的預算，投入一項為期 5 年的滅除計畫，藉此和其他政府部門及社區合作，滅除這有害植物。

在發現香澤蘭的入侵後，立即加快了兩種用於防治香澤蘭的化學品登記程序 (其中一種用於全面噴灑，另一種用於基部的樹皮處理)，而以正確比例進行化學防治，可以很有效的殺死香澤蘭。針對塔利河沿岸的甘蔗園和香蕉園進行密集的有害植物管理作業，可能也抑制了這些地區的入侵情形。

在這 5 年期間，已隨著經驗累積和田野試驗的結果，發展出混合多種方法的防治方式。而為因應如下因素，原本即需要有所改變：

- ▶ 雖然最常見的香澤蘭是於 5 月到 7 月開花 (認為應是受到白天時間縮短的刺激)，但有另一種表型的香澤蘭是於 3 月開花；
- ▶ 在 1998/99 年，發現不尋常的雙季開花；
- ▶ 當季節變化較不明顯，開花可能較不穩定；
- ▶ 種子似乎可以存活得比之前認為的 4 年還長；
- ▶ 種子在花的發育階段就有活力，這比原先認為的還要快。

所使用的防治方法也隨著時間而演變，因為在舊入侵地點的植株數量會減少，而較新近的發現會讓每個防治作業必須涵蓋的距離拉長，這使得這項行動的本質也會有所改變。在舊入侵地點，較難找到植株，因此精確的測繪、後續追蹤計畫以及充份的在地知識變得更重要。更多的時間將花在找尋較少的植株，即使在最有利的條件下，有時仍會遺漏植株的存在。因此，一致性的後續追蹤工作，是本滅除行動是否能夠成功所不可或缺的。

在把較高大的香澤蘭移除後，競爭性的植物很快就會在該地點立足，而外來禾草類可能會遮蔽既有的植物，同時阻礙香澤蘭種子的發芽。於是進行田野試驗，使用嘉磷塞藥劑，除掉這些草類，讓香澤蘭的種子免於競爭，結果證實非常有效，使這方法成為促進種子發芽以便後續除掉幼苗的重要手段。

現在，回聲溪沿岸 (最嚴重的原始入侵地點) 的植株數目大幅減少，而得以靠步行巡視這條溪流的一大段距離，用手拔除碰到的香澤蘭。偶爾會看到入侵熱點，則可稍候採取行動。在塔利河沿岸，只有一些原始入侵地點還有幼苗存在，且數量非常少。

在這 5 年計畫的末期，香澤蘭族群數已大幅減少，但還未被滅除。除了有一棵香澤蘭長在往內陸 75 公里處，其餘所有的入侵族群都位在當初於賓吉爾灣首次發現處的半徑 50 公里範圍內。

編自：http://www.dnr.qld.gov.au/resourcenet/fact_sheets/pdf_files/pp49.pdf，昆士蘭自然資源部 (DNR) 關於香澤蘭的有害生物說明網頁以及該部尚未發表的報告。

案例 5.7 滅除菲利普島上的兔子

300 年前，菲利普島的大部分地區應該是被亞熱帶雨林覆蓋，就如同其鄰島「諾福克島」一般；諾福克島是位在澳洲與斐濟中間的南太平洋島嶼。菲利普島未有人居住，面積有 260 公頃，地形崎嶇，有高達 250 公尺的懸崖，某些地方根本沒辦法用正常方式抵達。豬是約於 1790 年被引入該島，不久之後是山羊和兔子。於是植被很快地遭到嚴重破壞。到了 1850 年左右，豬可能逐漸滅絕或被殺光，而山羊則存活到 1900 年左右。兔子依然存在。後來有一項計畫，原本是為了證明兔子對菲利普島的影響而展開的試驗性作為，結果持續進行到完全滅除兔子。

1978 年，該島大部份地方都缺乏植被，雖然有某些區塊例外。大部分的土地都裸露，並受到嚴重侵蝕。持續的土壤侵蝕，讓周遭海域在大雨之後變成棕色。為了證明兔子食草的影響，於是用圍籬圈起一塊塊的土地進行試驗。雖然這試驗計畫原本打算進行三年，但因為成效極佳，因此在第 1 年後就決定要滅除兔子。缺乏植被的地方，當用圍籬圍起來把兔子阻擋在外時，就長出茂密的植被（主要是雜草）。在某些圈地內，6 個月內就發現有 22 種植物生長。

滅除兔子的第一個方法，是用一種非常致命的黏液瘤病毒株，以歐洲兔蚤為媒介。首先引入未帶病的跳蚤，兩個月後再引入帶黏液瘤病毒的跳蚤。該島的地形相當崎嶇，某些地方必須要用繩索和攀岩技巧才能抵達，某些地方則要在離岸 150 公尺處靠游泳到達，而對於無法靠其他方法到達的地方，則用弓箭將裝有跳蚤的小玻璃瓶子射過去。

兔子減少的情形相當顯著，裸露土地也開始回春。在這個階段，發現了諾福克風鈴花（*Abutilon julianae*）的幼苗，這個物種之前在菲利普島上並未被記錄過，且上次看到是約在 1910 年於諾福克島上。原本認為它已經滅絕，但應該是存活在菲利普島某些連兔子也無法到達的地方。此時仍持續引入帶有黏液瘤病毒的跳蚤，因為這個病毒太強，無法靠剩下的兔子自然傳播。不幸的是，澳洲停止提供跳蚤，於是兔子又開始增加。因此，使用其他方式來撲殺剩下的兔子。在 1983 年，設置了 350 個餌站，以代號「1080」的藥劑毒死兔子。陷阱、毒氣和射殺，讓最後一批存活的兔子與世長辭。1988 年，在一個無法迄及的礁石上，射殺了最後一隻兔子。

整個計畫相當耗人力，但是菲利普島具有重要的自然保育價值，而且重要的一點是，該島沒有大鼠、小鼠或貓。該島是海鳥的繁育場所，且有一種當地特有的木槿（*Hibiscus insularis*；暫譯：菲利普木槿），這種植物已減少到只剩下幾棵，長在兩個地點；另外還有幾種當地特有的無脊椎動物（包括一種蜈蚣：*Cormocephalus coynei*（暫譯：菲利普蜈蚣）；一種蟋蟀：*Nesitathra philipensis*（暫譯：菲利普蟋蟀））。

作者：Peter Coyne，澳洲環境部（Environment Australia），位於澳洲坎培拉。見：<http://www.biodiversity.environment.gov.au/protecte/alps/>

案例 5.8 滅除佛羅里達州的非洲大蝸牛

非洲大蝸牛 (*Achatina fulica*)，約三英吋長，已被廣泛引入亞洲，範圍擴及太平洋和印度洋的島嶼，最近更到達西印度群島。牠被視為是重大的農業害蟲，而為防治牠而引入的掠食性蝸牛如玫瑰狼蝸 (*Euglandina rosea*)，只是增加了問題的嚴重性，造成許多原生蝸牛滅絕 (參見案例 3.1：「消滅島嶼特有種蝸牛的玫瑰狼蝸」)。然而，佛羅里達州曾有滅除這種蝸牛的成功經驗，雖然不容易也不便宜。1966 年，一位從夏威夷回來的男童，偷偷帶了三隻非洲大蝸牛到邁阿密，之後他的奶奶將這些蝸牛放到她的花園，於是非洲大蝸牛開始繁衍。到了 1969 年，佛州的植物產業局 (Division of Plant Industry) 警覺到問題，並即刻展開調查。該州農業部長 (Commissioner of Agriculture) 告知新聞媒體有關非洲大蝸牛的問題，同時寄出超過 15 萬份內容引人的小冊子，呼籲大眾幫忙通報與滅除非洲大蝸牛。他們將一個涵蓋 42 個市內街區的範圍隔離起來，但幾天內，又發現另一個入侵地點，在好萊塢，位於邁阿密北方 25 英哩之處，遠在初次隔離區之外。

接著展開的滅除行動主要是靠人工撿拾，搭配一種做成粒狀的化學毒餌。另外進行頻繁的調查，到了 1971 年，在 6 個月期間內只發現了 46 隻蝸牛，而之前 16 個月則發現了 17,000 隻。在好萊塢，於該地初次發現入侵的 17 個月後，只找到一隻成年蝸牛。但不到一個月，在一切努力看來已經成功之際，又發現了第 3 個入侵地點，在邁阿密原始入侵地點南方 3 英哩處，這個地方或許已被入侵達 3 年之久，有超過 1,000 隻活的蝸牛存在於一個街區。該街區於是被隔離，並劃設一個大範圍的緩衝帶進行調查與處理。9 個月過後，發現了第 4 個入侵地點，也是約存在 3 年之久，地點在原始入侵地點北方 2 英哩。接著第 5 個入侵地點，則是在原始入侵地點北方半英哩處。

雖然深感失望，但植物產業局仍堅持下去。到了 1973 年，也就是在這 3 隻蝸牛被帶到邁阿密這個城市後 7 年，總共發現了 18,000 隻蝸牛和許多卵。相對地，在那一年的上半年，只在兩個地點收集到 3 隻蝸牛。到 1975 年 4 月，則幾乎有兩年時間沒有發現活的蝸牛，因此這個花費超過 100 萬美元的行動，總算被判定達到成功。之後好幾個月，仍持續進行頻繁的調查，以及施放誘餌和化學浸洗。因此，非洲大蝸牛從此再也沒有出現於該州的任何地方。

編自：Simberloff, D. (1996)，〈外來種對美國的衝擊〉 (Impacts of Introduced Species in the United States)，出自《後果》 (Consequences) 2(2)，13-23 頁。

案例 5.9 將螺旋蠅從北美與北非滅除

螺旋蠅的幼蟲是一種寄生蟲，會進入牲畜和其他溫血動物（包括人類）的外傷口，啃食其肉而造成極大傷害。新世界螺旋蠅（*Cochliomyia hominivorax*）原生於北美、南美與中美洲的熱帶及亞熱帶地區，而類似但危害性較小的物種則存在於舊世界。

在交配後，雌螺旋蠅會把牠的卵產在動物的外傷口。一隻雌蠅一次可產 400 顆卵，在牠約 31 天的一生裡，總共約可產下 2,800 顆卵。螺旋蠅幼蟲於進入傷口後一周內，會在傷口內長到超過 1 公分。發育完全的幼蟲，會從傷口掉出來，鑽進土壤裡化成蛹，再出現時就是一隻成熟的螺旋蠅了。如果受到螺旋蠅感染的傷口不予以處理，會導致死亡。多重的感染會在 5-7 天內讓一頭長大的小公牛死亡。美國畜產業者因此所受到的損失，每年超過 4 億美元。

不孕性昆蟲技術（Sterile Insect Technique；SIT）：有一種生物防治法可以滅除螺旋蠅。在墨西哥南部的恰帕斯州，有一家生產工廠正在繁育數百萬隻不孕的螺旋蠅。在螺旋蠅生命周期中的蛹期，用伽瑪輻射照射蛹。輻射劑量控制在讓螺旋蠅除了不孕之外，其他一切正常。因此，當人工飼養的螺旋蠅被釋放到野外，然後和原生的螺旋蠅族群交配，就不會有子代產生。這種不能成功懷孕的交配，導致原生螺旋蠅族群逐漸降低。隨著一代一代的交替，有繁殖力的螺旋蠅越來越少，螺旋蠅自己就會逐漸走向滅亡。

在 1950 年代初，美國農業部的農業研究局（Agricultural Research Service）發展出用來防治螺旋蠅的不孕性昆蟲技術。這項技術於 1957 年在佛羅里達實際操作使用，至 1959 年，螺旋蠅已從美國東南部消失。這項技術接著於 1962 年應用於螺旋蠅危害更烈的美國西南部，至 1966 年，具繁衍能力的螺旋蠅族群已從美國滅跡。此後，推動了一項國際合作計畫，目前正將螺旋蠅逼退到巴拿馬地峽，目標是將牠從中美洲滅除，未來則要更進一步將牠從加勒比海地區滅除。

因此，當 1988 年新世界螺旋蠅出現在利比亞，滅除這種入侵種的手段就已經存在了。鑑於這種有害生物對人類、牲畜與野生動物的龐大威脅，一項緊急的國家與國際行動於是展開，以預防這種害蟲擴散到非洲其他國家與地中海盆地。這項運用不孕性昆蟲技術的行動，成功達到滅除目標，未讓新世界螺旋蠅擴散出去，從而防止了龐大的損失。

編自：美國農業部動植物檢疫局（USDA-APHIS）網站：<http://www.aphis.usda.gov/oa/screwworm.html>。

案例 5.10 入侵紅火蟻：失敗的滅除計畫

試著滅除有害外來種的每一個單一個體，是非常吸引人的目標，但也是有爭議的。我們可能會試著排除持續的（有時候甚至增加的）傷害，但是滅除技術的發展，結果可能是令人氣餒的。而失敗的嘗試，成本可能非常高昂，且可能會對非目標物種帶來巨大的傷害。

例如，嘗試從美國南部各洲，滅除外來入侵紅火蟻（*Solenopsis invicta*）的行動，結果就是個災難。1957 年，立意良善的國會，通過了 240 萬美元給這項計畫，但是剛開始使用的飛佈達（heptachlor）農藥，卻造成野生生物和牛隻的死亡。研究人員接著開發含滅蟻樂（mirex）的毒餌，但是外來入侵紅火蟻很快地再次入侵原先牠被消滅的地區，且速度比原生蟻種還要快，且由於少有競爭，入侵紅火蟻的族群因而增加。此外，在許多非目標生物身上發現滅蟻樂的殘留。這些發現導致內政部（Department of Interior）禁止在國內使用這種殺蟲劑。1977 年，美國環保署終於撤銷了滅蟻樂的登記。但到那時候，施用該農藥的累計成本已經攀升到約 2 億美元，而在滅除計畫進行期間，入侵紅火蟻的範圍只有大幅擴張，並沒有縮減。

編自：Simberloff, D. (1996)，〈外來種對美國的衝擊〉（Impacts of Introduced Species in the United States），出自《後果》（Consequences）2(2)，13-23 頁。

案例 5.11 桑粉介殼蟲在加勒比海地區的定居速率

粉紅色的桑粉介殼蟲 (*Maconellicoccus hirsutus*) 出現在世界大部分的熱帶地區，包括亞洲、中東、非洲、澳洲和大洋洲。牠是在 1990 年代初期來到加勒比海的格瑞納達島，但直到 1994 年 11 月，才被正式通報。牠可寄生的宿主範圍非常廣泛，而很快地成為非常嚴重的植物有害生物，攻擊超過 200 屬的植物。牠特別親近錦葵科的物種，比如做為觀賞用途的木槿屬植物，以及原生於當地集水區的樹種：高紅槿 (*Hibiscus elatus*)，但也對許多種本土與外來植物造成嚴重危害，包括果樹、雨豆樹、番茄枝屬、可可、柚木... 等等。這是國家災難。除了造成直接的危害，桑粉介殼蟲很快地就干擾到貿易，因為鄰近的島嶼開始禁止輸入從格瑞納達來的水果與蔬菜等農產品。

鄰近的千里達島是格瑞納達最重要的貿易夥伴之一，是格瑞納達許多水果、蔬菜和花卉等農產品出口的目的地。1995 年，在千里達的西班牙港，攔截到了桑粉介殼蟲，這個事件很快地被通報出去，而該批農產品則必須被棄置於海上。有一段時間，千里達嘗試著預防桑粉介殼蟲從格瑞納達引入，但是船舶與航空交通的數量與多樣，讓這個任務成為農業部 (Ministry of Agriculture) 無法打贏的一場戰爭。到了 1995 年 8 月，已明顯看到，在全國的不同地方發生了六次以上個別的引入，農業部於是先展開一項圍堵計畫，日後再透過一項成功的生物防治計畫，及時大幅解決問題。

桑粉介殼蟲的初次引入格瑞納達，是一件稀有事件，實際的引入途徑仍不清楚。然而，一旦桑粉介殼蟲在格瑞納達立足，並有龐大的族群在許多種植物上生存，且遍及都市與鄉村，那麼牠要擴散到鄰近島嶼的機會就變得很平常。在這種條件下，牠在這個區域的擴散將變得無可避免。在之後的幾年，從加勒比海地區的數個島嶼傳來桑粉介殼蟲入侵的報告，到了 1998 年，已有超過 15 個疆域，通報受到桑粉介殼蟲的入侵，南從蓋亞那，北到波多黎各。無疑地，隨後成功執行的一項生物防治計畫，大幅減緩了擴散的速度。藉由減少已立足族群數至相當低的水準，往來各島嶼間的水果和其他物品受到污染的頻率，也跟著下降，而且現在加勒比海仍有地區還沒被桑粉介殼蟲移入定居。

作者：Matthew Cock，CABI 生物科學中心瑞士分部 (CABI Bioscience Switzerland Centre)，地址：1 Rue des Grillons, CH-2800 Delemont, Switzerland；網址：<http://www.cabi.org/bioscience/switz.htm>。

案例 5.12 調查香澤蘭在澳洲的入侵情形

1994 年，澳洲昆士蘭發現了香澤蘭（*Chromolaena odorata*）的入侵（參見案例 4.5：「澳洲對於香澤蘭的偵測」）。

澳洲昆士蘭自然資源部（Department of Natural Resources）負責該州有害植物的立法與防治工作。在香澤蘭出現於澳洲之前數年，自然資源部就已經搶先公告香澤蘭為有害植物，而能夠在發現後，及時展開快速反應和滅除行動。在昆士蘭諸郡，香澤蘭皆被歸類為：

- ▶P1 類：禁止引入昆士蘭；
- ▶P2 類：當發現時，必須予以銷毀。

一旦發現香澤蘭，皆必須通報，以讓自然資源部人員展開立即的防治行動。在也受到香澤蘭威脅的澳洲其他諸州，也將香澤蘭公告為有害植物。

在防治計畫展開前進行的調查工作，能夠提供關於入侵族群的精確地點和可能密度等重要資訊。調查工作只由自然資源部人員負責執行，但也能參考得自地方民眾或州 / 地方政府機關的資訊。

在難以到達的地方，用直昇機進行調查確實是具有成本效益的解決方案。有時候，這是唯一可採取的方法，且在時間不多時非常有用（通常是在接近防治計畫的末期）。由於主要防治計畫要在香澤蘭開花期間結束，結果發現這個時間點是空中觀測的良好時機，因為這是香澤蘭最明顯可見的時候。於是，以小於 10 節的地面速度，飛行於樹頂之上，結果以這個方式發現了相當小的香澤蘭；而且，這個方法有時也可用來進行後續追蹤行動。發現植物的地點以如下方式定位：

- ▶ 放下有編號的飄帶到地下；
- ▶ 將位置標示在事前攜至機上的空照圖上；
- ▶ 記錄 GPS 的位置。

這個方法證實是十分可靠，且經驗顯示，上述 3 個步驟缺一不可，以避免後續地面行動因為找不到位置而延宕挫折。

地面調查持續由自然資源部防治人員執行中，重點主要放在所有最近發現地點的周遭地區。由這些人員負責的推廣計畫，目標在於提升當地民眾的意識，讓地主更有意願合作，從而和地主們建立密切關係。定期在路邊和便利設施工作的地方政府員工，他們對香澤蘭的認識也提高了，且其中許多人從此貢獻良多。

編自：http://www.dnr.qld.gov.au/resourcenet/fact_sheets/pdf_files/pp49.pdf，昆士蘭自然資源部（DNR）關於香澤蘭的有害生物說明網頁以及該部尚未發表的報告。

案例 5.13 關於哺乳類防治計畫的爭議

美國和紐西蘭有關管理野馬的爭議案例，說明了對於某些普受珍視的野生馴養動物，其管理方式很容易在環保人士和其他社會部門之間引起衝突。在這兩個國家，野馬對於原生物種和生態系都帶來威脅，且有書面證據指證歷歷。然而某些團體主張，500 年前從到北美探險的西班牙人手中逃出的野馬，已「歸屬」於美國西部，其角色只是取代約一萬年前在美洲大陸滅絕的馬科動物而已。在紐西蘭，在人類於 900 年前左右到達這個地方前，沒有原生的陸域哺乳動物，除了蝙蝠外。歐洲的殖民者是在不到 200 年前引入馬匹到紐西蘭的。

在紐西蘭，野馬自 1870 年代起就已佔據了北島中部。土地開發和狩獵逐漸減少了牠們的數量，至 1979 年時減少到剩下 174 匹。然而，到了 1981 年，大眾的遊說使得政府為剩下的野馬設立了一個保護區。在保護區的保護下，野馬數量增加到 1994 年的 1,576 匹，基本上每 4 年馬匹數量就增加一倍。紐西蘭保育部（Department of Conservation）為了因應野馬族群快速擴張對原生生態系所造成的傷害，建議採取管理措施，將這些野馬維持在 500 匹左右。該管理計畫包括射殺野馬，結果引起民眾強烈的反對聲浪，最後導致這項以科學為基礎的管理計畫翻轉，並於 1997 年決定儘量圍捕野馬以供銷售。有數百匹野馬適當地被賣出去了，但是野馬族群擴張的長期趨勢仍然懸而未決。紐西蘭關於野馬防治的僵局，也在美國內華達發生，該洲的土地管理單位和愛馬人士對於野馬的生態影響、野馬族群的數量以及族群控制的適當方法，有相當激烈的爭辯。就實務面而言，撲殺野馬或許是降低野馬族群的最簡單方式，但是大眾的反對，排除了這個選項。

投注在美國野馬、驢子等政策的強烈大眾情感，比起大眾對野貓防治這項嚴肅工作的反應，可是溫和許多了。有豐富的證據說明，野貓是許多小型脊椎動物生存的最重大威脅。在英國有一項研究估計，單是家貓每年就殺死了 2,000 萬隻鳥，至於野貓所造成的死亡數雖未可知，但顯然會使這筆帳更加龐大。在澳洲，對於野貓滅除和家貓絕育的程度，引起了正反雙方漫罵式的爭辯。在美國與歐洲，類似的討論也正在上演，而讓環保人士與一般大眾對立。展望未來數十年，很少有生物入侵會如野貓般造成如此的兩難困境，野貓防治值得生態人士給予更公平的評論。

編自：Mack, R.N.; Simberloff, D.; Lonsdale, W.M.; Evans, G.; Clout, M.; Bazzaz, F. (2000)，〈生物入侵：原因、流行病學、全球後果與防治〉（Biotic Invasions: Causes, Epidemiology, Global Consequences and Control），出自《生態學》（Ecology）第 5 集，22 頁（<http://esa.sdsc.edu/issues5.pdf>）。

案例 5.14 圍堵香澤蘭在澳洲的擴散

1994 年，澳洲昆士蘭發現了香澤蘭 (*Chromolaena odorata*) 的入侵 (參見案例 4.5：「澳洲對於香澤蘭的偵測」)，並確定初級入侵 (或原始入侵) 地點是在塔利河，同時也找到許多次級入侵的地點。很明顯的，香澤蘭是從初級入侵地點隨著河流而往外擴散。某些次級入侵，可能是透過其他方式從塔利河攜帶出來的種子所造成的。重點是，在進行滅除計畫 (參見案例 5.6：「澳洲的香澤蘭滅除計畫」) 的同時，不應該再讓香澤蘭從目前的入侵地區進一步往外擴散。可能的擴散途徑包括：

- ▶ 將塔利河的沙，在未經絕育處理下，用於植物和棕櫚盆栽的土壤。
- ▶ 設備的移動，如運土作業。
- ▶ 農業資產的移動。
- ▶ 來自米慎海灘 (Mission Beach) 地區的牧草草種銷售。
- ▶ 穿越叢林和越野活動。
- ▶ 背包客在受侵地區露營。
- ▶ 牲畜 (牛、馬) 和野豬。
- ▶ 沿著電線路徑進行機械清除。

自然資源部 (Department of Natural Resources) 推廣人員建議下列目標：

- ▶ 讓各級政府和一般大眾了解這種有害植物的重大危害和滅除的必要性。這包括，宣傳並散播訊息，讓大家知道要防止這種入侵植物進入約克角半島 (Cape York Peninsula) 的人煙稀少地區，因為這些地方的地理隔絕，將讓偵測和防治問題更加複雜。
- ▶ 要有足夠多的人能夠鑑定這種植物，以確保在有任何可疑發現時，可以採取快速的反應行動。
- ▶ 鼓勵人們持續通報任何可疑的發現。

最近的活動包括：

- ▶ 和所有新發現受侵地點的所有附近居民進行個別的接觸。
- ▶ 把香澤蘭的盆栽樣本帶到農業田野節和農業展覽會上。
- ▶ 在這些展覽會和田野節活動上，舉辦鑑定比賽，讓人們從當地類似植物中挑出香澤蘭，透過活動鼓勵人們學習該植物的鑑定特徵。
- ▶ 向社區團體 (比如土地關環團體、甘蔗種植者、原住民社區等) 簡報「香澤蘭的問題和鑑定」。

這些努力提升了在地居民的意識，讓地主更有意願合作，從而和地主們建立了密切的關係。定期在路邊和便利設施工作的地方政府員工，他們對香澤蘭的認識也提高了，且其中許多人從此貢獻良多。

編自：http://www.dnr.qld.gov.au/resourcenet/fact_sheets/pdf_files/pp49.pdf，昆士蘭自然資源部 (DNR) 關於香澤蘭的有害生物說明網頁以及該部尚未發表的報告。

案例 5.15 圍堵與滅除：以夏威夷的米氏野牡丹為例

夏威夷在制定對抗米氏野牡丹的策略時，對於要達成的目標到底是要設定為滅除或圍堵，實在很難下決定。因為米氏野牡丹可活 45 年之久，高可達 3 公尺，因此幼苗和結果中的成樹是分開的，從這樣的生活史特徵來看，滅除在某些局部的小族群裡是明確可行的，且可能整個島都可行。從另一方面來看，土壤種子庫的效期長（3 年以上，但未完整評估），表示滅除計畫必須持續數年，以確保成功。滅除顯然需要多年持續的承諾和經費，不過圍堵也是一樣。於是夏威夷的米氏野牡丹防治計畫以局部或整島的滅除為目標，並了解可能無法完全滅除這種有害植物。不幸的是，只要米氏野牡丹的種子來源存在於夏威夷，它就非常有可能入侵新的地區或者再次入侵已經滅除該植物的地區。

編自：〈夏威夷的米氏野牡丹摘要〉（*Miconia calvescens* in Hawaii: a summary），L. Loope 著（1996 年 3 月），該文廣泛借用 Medeiros、Loope 和 Conant 等人著以及 Conant、Medeiros 和 Loope 等人著的手稿。全文載於 <http://www.hear.org/miconiainhawaii/miconiasummarybylll.htm>。

案例 5.16 藉由交通工具移動的種子：澳洲卡卡度國家公園的一項研究

為了研究汽車做為有害植物散播媒介的重要性，在 1989 年 5 月到 1990 年 5 月期間，從遊客停在卡卡度國家公園（Kakadu National Park；位於北澳）露營區兩天一夜的車子上收集種子，大約每個月收集一次。總共從 304 輛車子上收集到了 1,960 顆種子，方法是用真空吸塵器吸汽車的外表面和散熱器，並從輪胎和車輪拱罩上採集泥土。結果發現，個別車子可能攜帶高達 789 顆種子，最多有 15 個物種，但大多數（96%）的車子只帶有一顆甚至沒有發現種子。帶有種子的汽車比例、每月進入該國家公園的種子總數，並未隨季節而有強烈變化，儘管在濕季時，進來的汽車數量較少。

汽車帶進的種子數目和其中不同有害植物物種的出現率，和之前公園發現的各有害植物豐度無關。然而，在遊客車子上發現其種子的有害植物，在公園中之出現地點的數量，比起那些未在遊客車子上發現種子的有害植物高，前者為後者的 3 倍。這表示遊客汽車攜帶進來的種子，可能是造成有害植物入侵的部份原因。

在採集到的種子樣本中，共有 88 個物種，其中大部份（66%）是禾本科植物。從這些種子中，發現了 10 種已知的熱帶有害植物，包括牧地狼尾草（*Pennisetum polystachion*）、細葉金午時花（*Sida acuta*）、香苦草（*Hyptis suaveolens*）、水牛草（*Cenchrus ciliaris*）和長柄菊（*Tridax procumbens*），另外還有 14 種在國家公園中未見過的物種。重大的入侵性熱帶植物如刺軸含羞草（*Mimosa pigra*）和人厭槐葉蘋（*Salvinia molesta*）的繁殖體，則未在這些種子樣本中發現。

結論認為，由於隨遊客車輛進入國家公園的種子中有害植物的密度並不高，因此應該將資源花在偵測和滅除既有的有害植物入侵，而不是試著預防這種方式的種子引入。

摘自：Lonsdale, W.M.; Lane, A.M. (1994)，〈以遊客車輛為媒介進入北澳卡卡度國家公園的有害植物種子〉（*Tourist vehicles as vectors of weed seeds in Kakadu National Park, Northern Australia*）。出自《生物保育》（*Biological Conservation*）69，277-283 頁。

案例 5.17 圓島的爬蟲類復育

接近模里西斯的圓島，一直是稀有且瀕危的爬蟲類、植物、海鳥和無脊椎動物的庇護所，這些生物有許多在世界其他地方看不到。這些物種曾經分佈得更廣，包括模里西斯本島；大約 8,000 年前，海平面上升把這些物種趕到圓島，隨後，這些物種在模里西斯本島的族群，因為移居於此的人類引入了大鼠、貓與其他外來動物，而逐漸消失。圓島提供了庇護所在，讓這些物種得以在這個小島上存活到二十世紀。然而圓島本身正快速消失：外來的兔子和山羊正吃掉所有的植被，而土壤也正流失到海中。

於是，代表三種稀有爬蟲類（圓島日光壁虎、泰菲爾氏小蜥蜴和圓島蚺）的一些個體，被帶到澤西島動物園（Jersey Zoo），展開圈養計畫，同時也加強移除島上的兔子和山羊，並遏止土壤侵蝕。

在模里西斯和羅德里格斯島周遭的數個小島，已滅除了大鼠、貓和小鼠。目前正慢慢地復育這些小島，讓它們能夠再度支持原生爬蟲類的群落。除了三種圓島爬蟲類外，還有其他數種瀕危的小蜥蜴和壁虎，牠們都將受惠於這些復育工作。

圓島日光壁虎，是世上最大型和最稀有的壁虎，自從圓島上的山羊和兔子被移除後，其在島上的數量尚未顯著增加。牠們的族群數仍然只有數百隻。這種壁虎以昆蟲和花蜜為食，但最近有人發現，牠們也可以吃小壁虎，這可能使牠們無法被移居到有其他稀有壁虎族群的島嶼。將選擇適合牠們移入的島嶼，讓牠們建立額外的族群，以減少異常事件所帶來的滅絕風險。

相對地，泰菲爾氏小蜥蜴的數量已經大幅增加，族群數來到數萬隻。然而，仍必須將牠視為脆弱物種，因為牠只出現在一個島嶼上。未來在下任何決定要將牠遷移到他處之時，必須非常謹慎為之，因為這種小蜥蜴具有很強的掠食性，最終有可能反而以其他高度瀕危爬蟲類為食。

編自：Carl Jones，模里西斯計畫主持人，於《在尖端上》（On the Edge）第 83 期，1998 年 11 月。

案例 5.18 模里西斯的保育管理區

模里西斯為保護植物基因資源，已在具代表性的植物群落中，建立密集管理的植被區，也就是所謂的保育管理區（Conservation Management Areas）。第一個保育管理區是於1930年代由當時的森林保育官（Conservator of Forests）佛漢博士（Dr. Vaughan）所成立，地點在馬克比（Macchabee）的高地森林。目前在國家公園內已有8個保育管理區，面積從1.5公頃到19公頃；這些保育管理區被圍起來，並築低矮石牆以防水鹿（*Cervus timorensis*）和野豬（*Sus scrofa*）跑進去，保育管理區內的有害植物則以人工連根拔除。

由於國家公園與保育局（National Parks and Conservation Service）缺乏人力，因此將保育管理區的許多工作外包，包括大部份保育管理區的圍籬架設及剛開始的拔除有害植物工作，這8個保育管理區每年4次拔除有害植物以維護這總共涵蓋38公頃土地的管理工作。從各保育管理區中移除的外來植物包括：硃砂根（*Ardisia crenata*）、茶（*Camellia sinensis*）、毛野牡丹（*Clidemia hirta*）、多枝草合歡（*Desmanthus virgatus*）、尤加利屬（*Eucalyptus* spp.）、假澤蘭（*Eupatorium pallescens*）、雨傘樹（*Homalanthus populifolius*）、馬櫻丹屬（*Lantana* spp.）、蟲蠟樹（*Ligustrum robustum*）、木薑子屬（*Litsea* spp.）、美洲含羞草（*Mimosa pudica*）、松屬（*Pinus* spp.）、草莓番石榴（*Psidium cattleianum*）、旅人蕉（*Ravenala madagascariensis*）、羽萼懸鉤子（*Rubus alceifolius*）、刺莓（*Rubus rosifolius*）、牙買加長穗木（*Stachytarpheta jamaicensis*）、蒲桃（*Syzygium jambos*）與南嶺蕘花（*Wikstroemia indica*）。

1993年，來自國際雷利計劃（Raleigh International）的志工們來幫忙6個禮拜，他們在現在這個廣大的布里塞弗保育管理區（Brise Fer CMA）內嘗試使用某些化學防治法。他們用大砍刀將草莓番石榴和蟲蠟樹從大約齊腰的高度砍斷，然後用小刷子將10%濃度的除草劑（一份的Garlon加上9份的水）塗抹在殘幹上，然後再加幾滴羅丹明染料（rhodamine dye）以供辨識。在這期間，氣候通常很潮溼，並不適合施用Garlon。另外也曾嘗試利用更高濃度（20%）的Garlon，來防治這兩種入侵植物，但也沒有得到好的結果，因為這除草劑只是延後了抽枝發芽。

在這些保育管理區內防治外來入侵植物，已證實是大有可為的。在這些保育管理區內已發現許多瀕危植物，這些地方特有種正在自然再生，並提供地方特有鳥類更合適的棲地。在馬爾隆（Mare Longue）保育管理區成立之前，只知道馬克比有兩棵地方特有種的假鐵莧（*Claoxylon linostachys*），目前則已在馬爾隆發現了大約20棵。這些保育管理區目前是地方特有的粉鴿（*Nesoenas mayeri*）和回聲鸚鵡（*Psittacula echo*）的築巢和覓食棲地。

編自：〈防治外來入侵種和外來動物〉（Control of alien invasive species and exotic fauna），發表於1999年3月22-27日在馬來西亞吉隆坡舉行的「GISP管理和預警系統研討會」（Global Invasive Species Programme workshop on Management and Early Warning Systems）。作者：Yusoof Mungroo博士，模里西斯「農漁業和合作社部」（Ministry of Agriculture, Fisheries and Co-operatives）的「國家公園和保育局」（National Parks and Conservation Service）主任，位於模里西斯的瑞德特（Reduit）。

案例 5.19 澳洲以物理及化學防治法對付海星並不太可能成功

北太平洋海星 (*Asterias amurensis*)，一般生存於俄羅斯和日本附近的海域，往南可延伸到韓國，東到阿拉斯加。牠約在 1980 年代初期被引入澳洲，且直到去年，只在德文特河口（塔斯馬尼亞島主要港口的所在）被記錄到。一般認為牠受到河口循環的限制，而難以從德文特擴散出去，然而最近卻已在維多利亞州的主要港口「菲利浦港灣」發現牠的蹤跡。基因試驗顯示，牠最有可能來自塔斯馬尼亞島的族群，而可能的媒介，就是船運。這種海星以貝類為食，食量大且不挑食；且在海星族群密度高的地方，幾乎所有相當大的雙殼綱貝類與其他依附或固著的無脊椎動物，都被一掃而空。這不僅可能影響生物多樣性，也會影響那些以濾食性雙殼貝類為重要組成的生態系。這種海星會威脅南澳洲的漁場，即使在牠的原生範圍，牠對於魚類和貝類的生產力也造成重大衝擊。牠可以容忍的溫度和鹽度範圍相當廣，而牠在德文特河口的族群，已成長到使牠成為某些水底群落中掠食無脊椎動物的主要物種。牠的族群密度很輕易地就超越了牠在原生範圍的族群密度，有人估計，在德文特河口的族群數約為 3,000 萬隻。牠的衝擊被認為實在太大，以至於從塔斯馬尼亞島的港口以及近來的菲利浦港灣出航的船隻，不管在什麼條件下，都被禁止在紐西蘭沿海排放壓艙水，而世界上只有這幾個港口被如此管制。

已嘗試利用潛水夫或陷阱，以物理方式移除海星。在 1993 年舉辦的兩個活動上，來自社區的潛水者一共從霍巴特碼頭周遭移除了 3 萬隻海星，約佔該區海星族群的 60%，然而該區和被這種海星蟠踞的範圍相比，猶如小巫見大巫。陷阱是更具成本效益的替代方式，可防治長期的入侵，但當族群密度低時，會從區外吸引海星進來。日本曾在貝類養殖區下苗前，用挖泥機和拖網來防治海星，但這種方法對於非漁業海域，將造成的過大的環境傷害。非專一性的化學品，主要是生石灰，已被用來局部防治貝床上的海星，但會造成很大的附帶傷害。

在水產養殖場周遭局部防治海星時，或許還能用非專一性的物理和化學防治法；然而要以永續的方式防治海星，將需要高度專一、能夠廣泛散佈以遍及海星族群的生物防治媒介。這個可能性，是一項進行中的研究計畫主題。

編自：登在《生物防治新聞與資訊》(Biocontrol News & Information) (1999 20 (1)) 的一篇新聞報導，並納入 Nic Bax 的意見。Nic Bax 任職於澳洲聯邦科學與工業研究組織海洋研究組 (CSIRO Marine Research)。地址：GPO Box 1538, Hobart, Tasmania 7001, Australia。電子信箱：nic.bax@marine.csiro.au。

案例 5.20 布袋蓮的物理防治法

布袋蓮 (*Eichhornia crassipes*)，原產於南美，但現在已是遍及舊世界熱帶地區的環境與社會問題。它會阻礙水流，妨礙灌溉計畫，干擾水力發電，危害水運和漁業活動。從生物多樣性的觀點來看，布袋蓮會危害水質，減少溶氧量，增加泥沙淤積。它和魚類及水生無脊椎動物的族群減少有關，且會取代某些水生大型植物。有越來越多證據顯示，布袋蓮會改變並大幅加速濕地演替過程。

用人工方式來物理移除植物，是最古老的防治方法。有各式各樣的耙子、刀子、鐮刀和其他工具已發展出來，可用於這個用途。然而，經驗顯示，在許多情況下，雖然採取人工移除，布袋蓮的入侵情形仍持續惡化至這個方法不再有效。不過，如果布袋蓮數量不太多，那麼運用當地社區人力，提供適當配備，仍然可以非常有效地以人工方式防治之。然而，在非洲許多地方，以人工移除布袋蓮，會使勞工暴露於被蛇甚至鱷魚攻擊的風險，同時也極有可能受到水媒病（如血吸蟲病）的感染。

使用浮木擋柵或障礙物將沿河川往下游流動的布袋蓮圍堵或轉向，或防止它進入船舶停泊處、港口或水壩，是很普遍的作法。例如，在烏干達的歐文瀑布大壩前，或者在卡蓋拉河進入維多利亞湖的入口處，就曾用浮木擋柵來圍堵布袋蓮。

過去 30 年來，有數個國家曾經使用機械採收布袋蓮的方式。在 1970 年代和 1980 年代使用的採收機械，包括以岸邊為基礎的設計和漂浮的設計，採收率可達到每天 100 公噸（相當於每個工作天可採收 1.2–1.6 公頃）。較新的機械或許可以達到每小時 40 公噸的採收率，但即使以這麼高的採收率，機械採收仍只適於布袋蓮數量相當有限、分佈範圍受到限制且容易接近的情況。有數份報告表示，雖然他們在剛發現布袋蓮時就採取機械採收的防治方式，但最後仍不足以應付布袋蓮的生長速率。

研究顯示，機械採收的成本平均為每公頃 600–1,200 美元之間，比使用嘉磷塞的化學防治還要貴，前者約為後者的 6 倍。使用機械採收的主要優點是可以藉此移除水體中過多的養份和元素，且或許可因此減緩或甚至反轉優養化的現象（至少小湖可以這樣）。因此，機械採收還必須連結安全的處置系統，不論是焚燒、掩埋或利用。

在埃及，物理防治是布袋蓮的唯一防治方法。在選定的地點，設置跨河的障礙物以收集布袋蓮，並在河岸或大型平底船上設置採收機，以持續地移除之。無疑地，當這種方法是在大型河川與灌溉渠道上操作，操作效率將大為提高，因為布袋蓮將會自己匯集在壩、堰等阻攔物前。但即使是在這種有利的環境下，仍有人質疑單靠物理防治方式的可持續性。

作者：Matthew Cock，CABI 生物科學中心瑞士分部（CABI Bioscience Switzerland Centre），地址：1 Rue des Grillons, CH-2800 Delemont, Switzerland；網址：<http://www.cabi.org/bioscience/switz.htm>。

案例 5.21 夏威夷對米氏野牡丹的化學防治

對於不到 3 公尺高的米式野牡丹 (*Miconia calvescens*)，用手拔除 (連根拔) 是一種有效的移除方式。被連根拔起的植株有時會異位發根，但很少發生。對於較高的米式野牡丹，如果無法連根拔起而將之砍除，必須對殘幹施以除草劑，如「年年春」(Roundup) 和 Garlon 4，以避免再度發芽。

物理和化學防治的一個重要因子是和米式野牡丹植群有關的土壤種子庫，必須監測 5-10 年，以適時移除冒出的幼苗。對於大型的米式野牡丹植群，樹冠的移除通常會導致其土壤種子庫的大量發芽。在被清除的土地上，可能大部分的面積都被米式野牡丹的幼苗覆蓋。在土壤中的種子大量發芽後 18 個月，每平方公尺的幼苗可高達 500-1,000 株，最高者可達 0.7 米高。此時噴灑 Garlon 3A 即可有效處理。在過個 1-2 年後，將需要再噴灑第二次 (及第三次?)，以摧毀剩餘的種子庫 (雖然隨後冒出的幼苗數量已減少)。

在茂宜島，最大的米氏野牡丹族群是於 1993 年從空中發現。剛開始時，幾乎無法由地面到達受侵區域，因為有一條 500 年之久的熔岩流，地形非常崎嶇。為了防止惡化，限制米氏野牡丹產生種子，於是在 1994 年初，用配備噴灑藥劑設備的直昇機，針對較高大、結果中的米氏野牡丹定點噴灑除草劑。用的除草劑是 Garlon 4，是三氯比 (triclopyr) 的酯類配方；在使用前，於該除草劑中添加表面活性劑與藍色染料 (Turfmark)。染料是為了協助駕駛者判斷噴灑速率並辨認植株是否已被噴灑處理。隨後由研究人員進行監測，以評估噴灑效果。在初期的試驗階段，約有 70% 被噴灑的植株死亡，其他則有落葉，花和綠果也發育不全；然而這些活下來的植株能夠復元，並於下一個結果季節結果。目前正對長有米氏野牡丹的植群區塊和被標示的植株進行監測，以判定米氏野牡丹被噴灑除草劑後的存活率，對非目標植物的影響，以及局部的樹冠擾動後的長期演替情形。

編自：〈夏威夷的米氏野牡丹摘要〉 (*Miconia calvescens* in Hawaii: a summary)，L. Loope 著 (1996 年 3 月)，該文廣泛借用 Medeiros、Loope 和 Conant 等人著以及 Conant、Medeiros 和 Loope 等人著的手稿。全文載於 <http://www.hear.org/miconiainhawaii/miconiasummarybylll.htm>。

案例 5.22 島嶼的成功滅鼠計畫概述

造成島嶼的物種滅絕和生態系擾動的最大原因是外來種，尤其是大鼠。過去至少有 30 個 10 公頃以上島嶼，曾經成功地完全滅除外來大鼠，包括太平洋鼠、褐鼠和黑鼠，都已被成功滅除。在成功的滅除計畫中，會在島嶼上到處施放含有滅鼠劑的毒餌（通常含有的滅鼠劑是「可滅鼠」（brodifacoum）），施放方式包括用手或用直昇機。對於原生種的負面影響不多，且是短期影響。然而，這些滅除計畫沒有一個是在現存有原生嚙齒類的島嶼上進行，且大部份島嶼的原生動植物已因為大鼠類的侵害而嚴重退化或絕種。

滅除的方法是將含有滅鼠劑的毒餌平均散佈在整個島嶼上。許多島嶼是依網格（通常是 50x50 公尺）設置餌站來放置毒餌，且每一兩年維護一次。最近，有許多島嶼利用直昇機由空中放送毒餌而成功滅鼠。在紐西蘭，額外的空中放送毒餌計畫正在進行或規劃中。

有數個很小的島嶼曾經嘗試只靠陷阱來滅除大鼠類，但並不成功；隨後他們採用滅鼠劑，才成功滅除。滅鼠劑，如「可滅鼠」、「撲滅鼠」（bromadiolone）和「殺鼠靈」（warfarin），都曾經在一些大於 10 公頃的島嶼上被單獨使用而成功滅除鼠患。「可滅鼠」最常被使用，因為不像「殺鼠靈」，「可滅鼠」只要餵食一次就能殺死大鼠類，且極少有大鼠類可發展出抗藥性。「可滅鼠」對哺乳類的毒性比對鳥類的毒性大，且看來對於爬蟲類和無脊椎動物幾乎不具效力。因此，「可滅鼠」已被廣泛使用在沒有現存原生哺乳類的島嶼上。

編自：http://macarthur.ucsc.edu:4000/isla_site/ISLA_SITE.home，〈從峽島國家公園的安那卡帕島移除外來黑鼠的選項〉（Options for removing introduced black rats (*Rattus rattus*) from Anacapa Island, Channel Islands National Park），作者：Bernie R. Tershy、Donald A. Croll 和 Gregg R. Howald。

案例 5.23 滅除澳洲北領地的黑條紋貽貝

1999 年 3 月底，澳洲達爾文市的碼頭發現黑條紋貽貝（仿貽貝屬，又名沙篩貝）的入侵。這嬌小易碎的外來雙殼綱貝類，性喜群聚附生，譬如附著於船殼或其他地方並生長成一大團，藉此阻擾水流，卻因此造成污損阻塞。黑條紋貽貝原生於大西洋西邊熱帶和亞熱帶的海域，範圍從墨西哥灣延伸到哥倫比亞。由於黑條紋貽貝可能造成嚴重的經濟與環境衝擊，已被歸類為重大有害生物。據信黑條紋貽貝已入侵斐濟（1900 年之前）、印度（大約 1967 年，結果使印度海軍損失了數百萬美元），之後也在日本、台灣（1970 年代）和香港（1980 年代初期）出現。

黑條紋貽貝最大可長至 2.5 公分長，不過個體只要四週就成熟（約 1 公分），能夠繁衍 5 萬隻後代。黑條紋貽貝可以在幾乎任何表面上定居，並排擠掉所有其他生物。長到四週大的時候，這些子代形成的污損阻塞物可能重達 100 公斤，牠們可能定居在船殼、鏈條、繩索、漁網、繫船浮筒、樁柱、浮船塢、管線入口和出口內側，或是其他任何和水接觸的表面。暴雨排水道、工廠的海水進水口和海水養殖設施，都很容易被這種貝類污損阻塞。黑條紋貽貝喜歡近岸環境、低窪的河口棲地，如果讓這種外來貝類在這些地方落腳，可以形成 10-15 公分厚的一層墊狀物。

澳洲北領地政府意識到如果黑條紋貽貝在澳洲海域立足，可能對澳洲經濟和生物多樣性造成負面衝擊，於是立即展開圍堵與滅除計畫。1999 年時在達爾文的三個被入侵的碼頭，便達成滅除目標，目前沒有捲土重來的跡象。滅除作業包括以化學方式處理這三個碼頭、調查並處理 420 艘被附著的船隻（有時在海上處理）、廣泛調查周圍的海域（警方派出神槍手保護潛水夫，以防鱷魚攻擊），動用 270 人，220 萬澳幣（不包括人力成本），費時四星期。

同時一項監測計畫也開始進行，包括記錄水質，記錄達爾文港區碼頭和幾個選定地點中是否有海洋有害生物的存在。這個計畫並在達爾文港區的四個碼頭和幾個船舶交通流量高的地點，擺放可讓貽貝附著定居的收集器皿，並同時監測之。對於可拆下的金屬板和繩索，則定期收集來檢查有無水生有害物種，從金屬板的狀況也可看出碼頭復原的情形。

除了監測貽貝收集器皿之外，也請潛水俠進行水下調查，包括每月一次在港區和碼頭的指定地點拍攝水下照片，提供碼頭復原狀況的檔案紀錄。此外，每三個月會在拍照地點附近收集生物樣本，配合照片檢閱時，可以更詳細評估碼頭復原的情況，並確認有害物種是否消失。

編自：<http://coburg.nt.gov.au/dpif/fisheries/environ/unitttext.shtml>，另根據 Nic Bax 博士寄到「外來種」（Aliens）討論群組的電子郵件（2000 年 5 月 24 日），補充額外資料。

案例 5.24 聖海倫娜以生物防治昆蟲，拯救地方特有樹種

1990 年代，聖海倫娜島的地方特有種、也是國寶的膠樹（*Commidendrum robustum*；菊科）受到一種外來昆蟲攻擊，而瀕臨滅絕。旌介殼蟲屬的旌介殼蟲（*Orthezia insignis*），原生於南美洲和中美洲，現在卻遍及整個熱帶地區。旌介殼蟲約於 1970 年代或 1980 年代被意外引入聖海倫娜島，1991 年開始以膠樹為食，就此成為重大問題。聖海倫娜島上地勢較高的地區過去曾被廣大的森林覆蓋，其中大部分都是膠樹，但是現在只剩下兩塊地上有約 2,000 棵樹，這是聖海倫娜島上令人讚嘆的原生植物相的典型下場。

1991 年膠樹開始受到侵擾，每年因此死亡的樹木不斷增加，至 1993 年時至少因此損失 400 棵樹。旌介殼蟲主要是透過啃食韌皮部而對宿主造成傷害，不過牠排泄的蜜露（honeydew）會引來煙霉菌在其上繁殖生長，進而阻礙光和作用，而對膠樹造成二次傷害。由於旌介殼蟲不挑食，可以依賴馬櫻丹等其他宿主維持龐大族群，使其很輕易便散佈到較稀有的膠樹上。膠樹對這種蟲害沒有抵抗力，假如置之不理，膠樹很可能會在其原生棲地上絕種。

生物防治國際研究中心（現在的 CABI 生物科學中心，CABI Bioscience）協助聖海倫娜政府執行一套生物防治計畫以對抗入侵害蟲。當時已有訊息指出，或許可找到某種合適的天敵。在 1908 年到 1959 年間，一種捕食性瓢蟲，叫作豹紋顯盾瓢蟲（*Hyperaspis pantherina*），曾在夏威夷、四個非洲國家和秘魯釋放，以防治旌介殼蟲。據稱，這些地方在釋放這種瓢蟲後，得到的防治效果都相當不錯。

該計畫後來從肯亞捕集了一批豹紋顯盾瓢蟲，肯亞當初因為藍花楸（jacaranda）受旌介殼蟲危害，而引入豹紋顯盾瓢蟲進行防治。捕集之後，這些瓢蟲被送到英國的隔離檢疫場所進行培育和研究，研究發現這種瓢蟲的繁衍與旌介殼蟲有關，因為豹紋顯盾瓢蟲通常會直接把蛋下在成年的母旌介殼蟲身上，其幼蟲的前兩次蛻變就在雌宿主的卵囊內度過，蛻變期過後，宿主通常都已經被消耗殆盡了。另一項針對聖海倫娜島昆蟲相的調查評估發現，當地似乎沒有任何與旌介殼蟲類似的原生昆蟲（倒是有不少外來的有害介殼蟲），於是結論認為，引入這種天敵不但不會對非目標生物造成威脅，還能防治旌介殼蟲、拯救膠樹。

1993 年，聖海倫娜島引入、培育並野放了豹紋顯盾瓢蟲，牠們很快在島上立足，並且確實控制住膠樹上的旌介殼蟲。評估認為，原本可能在其原生棲地上滅絕的膠樹，現在總算是救了回來。這可能是史上第一個為了拯救一種植物免於滅絕，而對某種害蟲進行生物防治的案例。

編自：Booth, R.G.; Cross, A.E.; Fowler, S.V.; Shaw, R.H. (1995)，〈豹紋顯盾瓢蟲的生物學與分類學，及其傳統生物防治對象：旌介殼蟲〉（The biology and taxonomy of *Hyperaspis pantherina* (Coleoptera: Coccinellidae) and the classical biological control of its prey, *Orthezia insignis* (Homoptera: Ortheziidae)），出自《昆蟲研究期刊》（Bulletin of Entomological Research）第 85 期，307-314 頁；以及 Simon V. Fowler 的〈拯救聖海倫娜島的膠樹〉（Saving the Gumwoods in St Helena），出自 1996 年《外來種》（Aliens）第 4 期，第 9 頁。

案例 5.25 蘇力菌：最廣泛使用的生物農藥

最普遍也最廣泛使用的生物農藥，是各種不同配方的蘇力菌（*Bacillus thuringiensis*），又稱為 BT 菌。蘇力菌是一種可以殺蟲的細菌，被行銷到世界各地以防治許多危害植物的重大有害生物，主要是鱗翅目的幼蟲（毛毛蟲），也可防治蚊、蚋（Simuliidae）的幼蟲。蘇力菌產品約佔全球「農業化學」市場（殺真菌劑、除草劑和殺蟲劑）的 1%。

隨著蘇力菌的繁衍，它會產生結晶的、可殺蟲的蛋白質毒素。商業化的蘇力菌產品是粉狀，含有乾燥孢子和晶體毒素的混合物，雖然通常孢子是死的，而晶體毒素是有效成份。蘇力菌產品可施用於葉子或昆蟲幼蟲取食的其他環境。只有在孢子被昆蟲幼蟲吃下去，蘇力菌產品才會發揮效力。在正常條件下，蘇力菌的晶體蛋白質是高度不溶的，因此它對於人類、較高階的動物和大部分的昆蟲是完全安全的。然而，它可溶解於高 PH 值（約在 PH9.5 以上）的還原條件下，這種條件通常存在於鱗翅目幼蟲的中腸。也因此，蘇力菌是高度專一的殺蟲媒介。

一旦蘇力菌的孢子和晶體毒素被昆蟲幼蟲吃下去，該毒素就會攻擊中腸上皮，造成細胞穿孔，導致離子和水等流入細胞，造成組織破裂。若配方中包括活的孢子，這些孢子會發芽，隨後細菌會入侵宿主，造成致命的敗血症，進而死亡。死亡的速度決定於下列因素：被吃下的蘇力菌及毒素的量、昆蟲幼蟲的體型和種類、所使用的蘇力菌品種。蘇力菌的孢子通常不會擴散到其他昆蟲，本身也不會像許多病原體般造成疾病爆發。

起初，蘇力菌只用來防治鱗翅目幼蟲，但篩選許多蘇力菌的品系後發現，某些品系的蘇力菌對鞘翅目（甲蟲）或雙翅目（蚊、蠅）的幼蟲有效。對蚊子幼蟲（孑孓）有效的品系已被某些公司開發成產品，並試圖用來防治瘧蚊。

然而，這些品系的普遍使用，以導致某些目標害蟲發展出抗性。隨著蘇力菌的更普遍使用，這可能會是個重大問題。害蟲發展出抗性的原因看來很複雜，但有一個令人振奮的發現指出，至少在某些昆蟲體內，蘇力菌毒素的受體是腸中一種必要酵素，胺肽酶（aminopeptidase-N），因此造成受體減少和蘇力菌毒素結合的任何改變，也會不利於昆蟲本身，而可能減少具有抗性昆蟲的健康。

要成功使用蘇力菌配方，需要注意：必須用在正確的目標物種，用在目標物種發育過程中對蘇力菌易感的階段，要使用正確的濃度，用在正確的溫度（要夠暖以讓昆蟲主動吃下），且必須在害蟲鑽進作物或水果而得到保護之前使用。年幼的幼蟲一般最容易受到蘇力菌的影響。蘇力菌配方可能因為陽光而失效，且可能只有一到三天之內有效。雨水會把葉子上的蘇力菌刷洗下來，而降低蘇力菌的效力。

資料來源與進一步資訊詳見：

<http://www.nal.usda.gov/bic/BTTOX/bttox.htm>；

<http://helios.bto.ed.ac.uk/bto/microbes/bt.htm#crest>；

<http://www.ag.usask.ca/cofa/departments/hort/hortinfo/pests/bt.html>；

<http://www.nysaes.cornell.edu/ent/biocontrol/pathogens/bacteria.html>。

案例 5.26 水生有害植物的生物防治

過去五十年來，三種來自南美的水生有害植物，因為在舊世界熱帶地區造成問題而引人注目。這三種有害植物分別是布袋蓮（*Eichhornia crassipes*）、人厭槐葉蘋（*Salvinia molesta*）和水芙蓉（*Pistia stratiotes*），它們均已成為生物防治計畫的對象，每個都曾造成重大或實質的衝擊。

這三種有害植物常常一起出現，而當它們一起出現時，布袋蓮通常是最具優勢的，而水芙蓉則是三者中最弱勢的。這三者中的任何一種，都能主導原生植物相，並佔據平靜、緩慢流動的開放水域。因此，通常建議這三者的生物防治應該一起考慮。人厭槐葉蘋首次見述於非洲，那時它被認為是南美大塊葉蘋（*S. auriculata*）和非洲原生種的混種。在 1969-79 年間，初步嘗試生物防治，從和它密切相關的南美大塊葉蘋引入天敵，結果並不是很成功。直到發現人厭槐葉蘋是巴西東南部的原生種，並於 1980 年把它的天敵（槐象鼻蟲）引入到澳洲之後，才取得成功的防治結果。這種象鼻蟲現已被引入到澳洲、印度、肯亞、馬來西亞、納米比亞、巴布亞新幾內亞、南非、斯里蘭卡與尚比亞。不論這種象鼻蟲被釋放在什麼地方，牠都能夠在幾個月內有效防治人厭槐葉蘋，且成果常常令人注目。

布袋蓮原生於南美，但現在成為遍及舊世界熱帶地區的環境與社會危害。它的生物防治，現在仍是積極研究的課題。自 1971 年起，兩種南美象鼻蟲：布袋蓮象鼻蟲（*Neochetina eichhorniae*）和普吉象鼻蟲（*Neochetina bruichi*），被廣泛引入澳洲、亞洲和非洲。在某些地方，牠們達成了可觀的防治成效，但不同地方的成效並不一致。水中養份含量、平均溫度、冬天溫度與其他因素，皆可能影響成效。研究新的昆蟲和病原體，以做為生物防治媒介的工作會持續下去，而最近在亞馬遜河上游發現布袋蓮，顯示還沒達到更好的防治成效。

相對而言，水芙蓉的生物防治相當直接了當。雖然該植物的真正起源地仍受到質疑，但它那些來自南美的天敵乃最多樣、最相關，且其中一種，萹葉象鼻蟲（*Neohydronomus affinis*），被選出來並於 1982 年被引入到澳洲，兩年內就達成不錯的防治成效。這項成功經驗重複發生在波黎那、巴布亞新幾內亞、南非、美國與辛巴威。在 1990 年代晚期，有令人振奮的新報告指出，可以很成功地以生物防治方式對付另一種水蕨類植物，南非的細葉滿江紅（*Azolla filiculoides*），所利用的生物防治媒介是另一種自美洲引入的象鼻蟲：樹幹甲蟲（*Stenopelmus rufinasus*）。顯然，利用生物防治方式對付來自南美的水生有害植物，潛力相當大，且未來應被視為處理這些入侵有害植物的選項。

作者：Matthew Cock，CABI 生物科學中心瑞士分部（CABI Bioscience Switzerland Centre），地址：1 Rue des Grillons, CH-2800 Delemont, Switzerland；網址：<http://www.cabi.org/bioscience/switz.htm>。

案例 5.27 以生物防治歐洲綠蟹的可能方式

歐洲綠蟹 (*Carcinus maenas*)，原生於歐洲與北非的大西洋沿岸，已入侵到許多沿岸群落，包括南非、澳洲與北美東西兩岸。牠約在 200 年前被引入美國東海岸，且在 1950 年代，常常被指為是危害緬因州和加拿大濱海諸省之沙海螂產業的罪魁禍首。牠是於 1989/90 年第一次在西海岸的舊金山灣被記錄到，且自此開始以驚人速度往上擴散，一年可移動 100 英哩 (160 公里)。咸認為牠是西北太平洋的漁業和海水養殖業 (估計每年約有 4,500 萬美元的產值) 及野生生物的嚴重威脅。尤其是原生鳥類和黃金蟹 (*Dungeness crabs*)，因為受到歐洲綠蟹的掠食和競爭，而嚴重瀕危。

歐洲綠蟹在牠的原生範圍，是棲身在受到保護且有岩石、沙礫和潮汐的棲地中。牠的胃口很大，通常會取食雙殼綱軟體動物還有貽貝 (尤其是後者)，而對這些生物的族群數有很大的影響。初步的研究結果顯示，牠在新的分佈範圍中，有類似且或許更嚴重的衝擊：在加州和澳洲的塔斯馬尼亞島，其他蟹類和雙殼綱生物的族群數已被測到有大幅降低的現象。在某些地區，原生濱蟹族群數下降的幅度，更達到 90% 以上。

有一項研究比較了歐洲綠蟹在歐洲的族群數以及牠在世界上所有非原生棲地的族群數，結果發現非原生族群似乎得免於天敵的威脅，不會有任何寄生蟲病會直接影響到牠們的繁衍，而且比起歐洲的原生族群，非原生族群可以長得更大，且脫落的蟹腳也較少。

加州大學 (University of California) 的一個團隊正在評估是否可能引入一種根頭目藤壺，稱為蟹奴 (*Sacculina carcini*)，是綠蟹在歐洲 (其原生地) 的寄生蟲。這種生物會阻礙其宿主的脫殼，並扮演寄生閹割者 (parasitic castrator) 的角色，讓雌蟹不孕，並讓雄蟹雌性化。然而，遺傳研究顯示，這種蟹奴和來自歐洲數種梭子蟹屬 (portunid crab) 體內、一般認定也是蟹奴的品種，在基因上無法區別 (但牠們和其他蟹奴屬物種，在基因上是有差別的)。當提議釋放蟹奴的地點有其他種梭子蟹存在時，很顯然地宿主專一性將成為重要議題。目前正在發展技術，以試驗性地評估蟹奴的宿主專一性，及牠對於原生蟹類的安全性。幸好，從這種根頭目生物的生活史，可知將這種寄生蟲引入新地方，是可以回復的過程。只有雌蟹奴會寄生於蟹類體內並成長，形成內體 (interna)。除非在第一次釋放的雌蟹奴破壞蟹類腹部、並形成含有該寄生蟲生殖器官與孵育囊的圓囊狀外體 (externa) 之後，又進行第二次的蟹奴幼蟲釋放，否則是不可能受精的機會，因此蟹奴族群也終將衰亡。

編自：登在《生物防治新聞與資訊》(Biocontrol News & Information) (1999 20 (1)) 的一篇新聞報導，並納入 Armand Kuris 的意見。Armand Kuris 任教於加州大學聖塔芭芭拉分校 (University of California, Santa Barbara) 「生態、演化與海洋生物學系」(Dept of Ecology, Evolution and Marine Biology)。地址：Santa Barbara, CA 93106, USA。電子信箱：kuris@lifesci.ucsb.edu。

案例 5.28 包括計劃性焚燒的木麻黃防治方式

木麻黃 (*Casuarina equisetifolia*)，原生於馬來西亞、南亞、大洋洲與澳洲。這是一種落葉喬木，外觀如松、柔弱、纖細，可長到 100 英尺或更高。

木麻黃是於 1800 年代末引入佛羅里達，且為了用於穩定壕溝與運河、做為木材與提供樹蔭，而被廣泛種植。這種樹種目前已立足於夏威夷與其他東北太平洋的島嶼、佛羅里達海岸、波多黎各、巴哈馬與加勒比海的許多島嶼。這種樹長得很快，可產生濃密的樹蔭、厚厚一層落葉以及堅硬的尖圓毬果，而完全覆蓋底下的土地。叢生的木麻黃取代了原生的沙丘與海灘植被，包括紅樹林和許多其他適應海灘的常駐物種。一旦立足，木麻黃會劇烈改變海灘棲地的光線、溫度和土壤化學組成，因為它會勝過並取代原生植物，並破壞原生昆蟲與其他野生生物的棲地。木麻黃底下的土壤將變得無法孕育生命，且對於原生物種而言，也缺乏營養價值。

對於新發生或小型的入侵，建議以人工移除木麻黃的幼苗或幼樹。對於嚴重的入侵，建議以系統型的除草劑，施用在樹皮、被砍除的殘幹或葉子上，這可能是最有效的管理方法。計劃性焚燒，也曾用來防治大規模入侵且可耐受野火的木麻黃群落。

編自：<http://www.nps.gov/plants/alien/fact/caeq1.htm>，〈木麻黃〉 (*Casuarina equisetifolia* L.)，作者：Jil M. Swearingen，美國國家公園管理局 (U.S. National Park Service)，華盛頓特區。更多資訊，請參見：<http://tncweeds.ucdavis.edu/esadocs/casuequi.html>。

案例 5.29 針對歐洲七葉樹潛葉蛾的一項整合性有害生物管理研究計畫

七葉樹 (*Aesculus hippocastanum*)，在歐洲被廣泛種植做為觀賞植物與景觀樹。在 1980 年代，巴爾幹半島出現了一種起源地不明的潛葉蛾，且自那時候起，這種新的有害生物就從當地擴散到中歐。這種潛葉蛾是一種小蛾，被命名為七葉樹潛葉蛾 (*Cameraria ohridella*)，是科學家也陌生的新生物，但被認為應是從某個不知名的地方引入的外來種。潛葉蛾的入侵情況變得很嚴重，除了造成有害的生態衝擊外，也有經濟危害的報導，因為在中歐，餐廳與酒吧花園普遍以七葉樹做為林蔭樹。有一群歐洲科學家一起提出了一份成功的歐盟計畫：「永續防治七葉樹潛葉蛾（鱗翅目、潛葉蛾科），歐洲七葉樹的新入侵生物」，以研究這種危害歐洲的新外來入侵種的防治選項。這項計畫的重點包括：

- ▶ 評估這種潛葉蛾的生理與經濟衝擊。
- ▶ 監測這種潛葉蛾出現在巴爾幹半島上野生七葉樹的情形，並監測牠對這些野生植群造成的衝擊。
- ▶ 評估這種潛葉蛾可能的宿主範圍。
- ▶ 研究這種潛葉蛾和牠的宿主植物之間的化學交互作用。
- ▶ 發展以費洛蒙為基礎的監測與防治方法。
- ▶ 判斷這種潛葉蛾的起源地，判定在這種潛葉蛾的原生環境中控制其族群數量的因子，評估是否可能引入外來天敵至歐洲做為生物防治媒介。
- ▶ 以整個歐洲大陸為範圍，評估潛葉蛾各種天敵的綜效；評估是否可能以歐洲原生的天敵，來自自然防治這種有害生物，並發展出可保育這些天敵的防治方法。
- ▶ 評估目前使用的栽培防治法的效率；研究是否可能改善這些方法的效率，是否可能修改這些方法，以保護或放大天敵的作用。
- ▶ 發展匹配方法以評估危害與枯萎的風險。
- ▶ 研究這種潛葉蛾的流行病學、散佈機制以及防止其往西邊散佈的方法。
- ▶ 把有害生物風險評估、監測與防治方法，納入可因各種地理、經濟與氣候條件而調整的整合性有害生物管理策略。
- ▶ 以七葉樹潛葉蛾的入侵為案例進行研究，以對其他危害樹木之入侵性昆蟲的防治工作提出建議。

作者：Marc Kenis，CABI 生物科學中心瑞士分部 (CABI Bioscience Centre Switzerland)，地址：1 Rue des Grillons, CH-2800 Delemont, Switzerland；網址：<http://www.cabi.org/bioscience/switz.htm>。

案例 5.30 布袋蓮的整合性管理

布袋蓮 (*Eichhornia crassipes*) 造成的問題有多種層面 (參見案例 5.1: 「外來入侵種布袋蓮造成的問題」)。因此,許多布袋蓮防治計畫的目標可能沒有明確界定。有效的管理計畫是需要的,這樣的計畫在發展時就會納入所有當地的利害相關者,並聽取和有害植物防治和利用相關的各領域專家的意見。防治布袋蓮的主要選項有物理防治、化學防治和生物防治。布袋蓮的利用本身不應視為有效的防治策略,但在整合性防治計畫中,這種方法是一個重要的考量。

生物防治是唯一可以持久且永續的防治方案,因此它必須是任何布袋蓮防治計畫的基礎。在發展中國家(如蘇丹、巴布亞新幾內亞、貝南),已有數個案例證實,單靠生物防治法本身就足以防治布袋蓮。利用目前可得的生物防治媒介,通常可減少 70-90% 的生物量。以生物防治布袋蓮的主要缺點在於達到防治目標所需的時間。在熱帶地區,這通常需要 2-4 年,且會受多種因素影響,比如布袋蓮的入侵程度、氣候、水質與其他防治方案。考量到生物防治要達到足夠影響力所需的時間,因此應該在出現布袋蓮入侵之時,儘速採取生物防治措施,將其當作最優先的選項。其他的防治選項,則必須與生物防治法整合起來。

隨著布袋蓮入侵情形的惡化,生物防治媒介有效防治的能力快速降低,因此可能需要其他臨時防治方法。除草劑已在世界各地被廣泛使用,是一種快速而有效的布袋蓮防治方法。其成本相對較低,從空中噴灑每公頃愈需 25-200 美元。有數個針對除草劑殘留量、布袋蓮對水生群落和魚類的環境衝擊等問題進行探討的研究指出,如果正確使用,那麼嘉磷塞和 2,4-D 都可以安全地使用於熱帶濕地群落。或許可以使用障礙物和拖繩,將布袋蓮浮墊限制在最佳的噴灑位置。使用除草劑的主要缺點,是它們不具選擇性,且如果不正確的使用,會造成重大環境問題。再者,化學防治方法必須要重複採行,因為在熱帶環境下,布袋蓮會很快地再長出來。

化學防治法可以很有效地與生物防治法整合起來,方法是只噴灑一部份的布袋蓮。必須要判斷除草劑噴灑的時機,以在處於成熟散佈期的生物防治媒介數量最多的時候噴灑。這些生物防治媒介可能接著就定居在未被噴灑的植物上,而得以維持生物防治的效果。

有數個國家使用物理方式防治布袋蓮(參見案例 5.20: 「布袋蓮的物理防治法」)。用採收機來移除布袋蓮,成本是化學防治的 6 倍多,而且速度緩慢,因此不適合用來清除大面積的布袋蓮浮墊。然而,在這種有害植物會堵塞其圍堵區的重要地方,如發電水壩與港口等,此時物理防治是最有效的防治方法。在把布袋蓮清除到岸邊後,必須有效予以處置,並審慎地預防其植株和種子回到水體中。

作者: Matthew Cock, CABI 生物科學中心瑞士分部 (CABI Bioscience Switzerland Centre), 地址: 1 Rue des Grillons, CH-2800 Delemont, Switzerland; 網址: <http://www.cabi.org/bioscience/switz.htm>。

案例 5.31 成功防治一外來入侵種時可能會發生的事

紐西蘭的普普冷泉是極負盛名的淡水泉生態系，面積約一公頃，極具生物與文化的重要性。例如，在這冷泉中，有一種蘚類（*Hypnobartlettia fontana*；暫譯冷泉蘚），是其他地方沒有的。這冷泉受到豆瓣菜（*Rorippa nastustrium-aquaticum*）的嚴重入侵，豆瓣菜這種外來種，會在水中長成一大叢，可達六米深（該冷泉最大深度），而完全覆滿冷泉及其大部分的獨特群落。

在 1990 年左右，大家體認到防治豆瓣菜的必要性。之前，牛隻可以進入這個地區，而可能因此控制了豆瓣菜，但現在這個地方被圍起來。豆瓣菜很少長到這麼大，且在紐西蘭其他地方很少被認為是這麼嚴重的問題。

於是規劃評估在冷泉中防治豆瓣菜的方法，並提出以手拔除的計畫，因為這是最可行、且環境可接受的方案。在清除掉豆瓣菜後，某些裸露的水面確實長回原生的水生物種；在其他地方，原生的苔蘚植物和水藻先立足，然後一種外來的燈草，南美燈草（*Juncus microcephalus*），入侵裸露區和復原中的群落，且現在似乎也要入侵僅存的原生植被區。南美燈草比豆瓣菜還要糟糕，因為它有很強的根系，要把它移除，會造成更大的擾動。更糟的是，最近（2000 年）在這冷泉中發現兩種外來水生禾草植物，蔗田茅（*Glyceria fluitans*）與垂田茅（*Glyceria declinata*），而它們也是有更強的根系。

雖然保育部想要控制冷泉中的外來燈草至某種程度，但計畫還未受到認可。而且無論他們做了什麼，都會小心謹慎，並詳細監測，以調整嘗試並避免更糟的入侵。

改編自一封寄到「外來種討論群」（Aliens list-server）的電子郵件，2000 年 7 月 31 日，作者 Melanie Newfield，為有害植物生態學家，任職於紐西蘭保育部（Department of Conservation）的尼爾森 / 馬爾堡保育辦公室（Nelson/ Marlborough Conservancy），郵件地址：Private Bag 5, Nelson, New Zealand。

案例 5.32 關於七葉樹潛葉蛾的一項歐盟研究計畫的發展過程

七葉樹 (*Aesculus hippocastanum*)，在歐洲被廣泛種植做為觀賞植物與景觀樹。在 1980 年代，巴爾幹半島出現了一種起源地不明的潛葉蛾。這種新的有害生物從當地擴散到中歐，被命名為七葉樹潛葉蛾 (*Cameraria ohridella*)，是科學家也陌生的新生物，但被認為應是外來種。

這種小蛾的幼蟲會潛食宿主的葉子，造成難看的痕跡，並導致落葉以及七葉樹整體健康不良。自從 1984 年在馬其頓首次發現到這種小蛾後，1989 年牠就出現在奧地利、1992 年出現在德國巴伐利亞；在森林昆蟲史上，這種有害生物在這些區域所得到的大眾關注，比起任何其他危害樹木的有害生物還要多。因此，數個科學家團隊開始研究七葉樹潛葉蛾。然而，直到最近，他們的研究並沒有在歐洲層級上得到任何協調，於是某些研究重複，而某些層面則完全被忽略。

德國慕尼黑大學 (University of Munich) 是研究七葉樹潛葉蛾的研究團隊之一，該團隊的領導者建立了一支團隊，去向歐盟科研第五期架構計畫 (EU 5th framework) 申請經費。他聯絡了：

- ▶ 奧地利七葉樹潛葉蛾研究計畫的主持人，迄今大部分的研究工作都是在該國完成；
- ▶ 捷克的有機化學與生物化學研究院 (Institute of Organic Chemistry and Biochemistry)，該研究院的科學家才剛發現七葉樹潛葉蛾的費洛蒙；
- ▶ CABI 生物科學中心瑞士分部 (CABI Bioscience Centre Switzerland)，該中心的一位科學家才發表論點認為是有可能以傳統生物防治法來對付歐洲的七葉樹潛葉蛾這種危害樹木的昆蟲，並已和慕尼黑大學在田野採集和出版方面合作；
- ▶ 伯恩大學 (University of Bern) 的一位科學家，他在擬寄生物和掠食者生態學方面具有經驗，且才剛開始在瑞士研究七葉樹潛葉蛾；
- ▶ 里雅斯特大學 (University of Trieste) 的一位科學家，他已和慕尼黑大學連繫，且有興趣研究一個相當不同的層面：七葉樹潛葉蛾對樹木水平衡的危害效應。

這群科學家於 1999 年在德國第一次聚會，建立工作計畫提案，並決定納入其他團隊，以讓計畫更均衡，包括地理與科學方面：

- ▶ 法國奧爾良的國家農業科學研究院 (INRA)，目的是要有一支法國團隊研究七葉樹潛葉蛾在進入新領域 (如法國) 時的散播和流行病學；
- ▶ 希臘的德拉莫大學 (University of Drama)、保加利亞的索菲亞大學 (University of Sofia)，以納入巴爾幹半島國家的夥伴，因為巴爾幹半島是歐洲唯一有原生七葉林的地區，而此計畫的參與者正打算研究當地的七葉林。

計畫提案的撰寫是由參與者分工合作，每個人貢獻一部份，報告他們自己的工作計畫，而主持人則負責彙編大家提供的資訊。所遇到的問題之一是，這些團隊成員中沒有一個是以英文為母語，但團隊成員中英文較流暢的則有能力克服這個問題。值得一提的是，還好有利用電子郵件通訊以及在慕尼黑大學建立 FTP (檔案傳輸協定) 伺服器，協助此計畫參與者交換檔案，才能在計畫提交截止日前完成提案。此計畫已於 2000 年獲得歐盟科研第五期架構計畫的補助。

作者：Marc Kenis，CABI 生物科學中心瑞士分部 (CABI Bioscience Centre Switzerland)，地址：1 Rue des Grillons, CH-2800 Delemont, Switzerland；網址：<http://www.cabi.org/bioscience/switz.htm>。

案例 5.33 凡波斯水資源保育方案的社會與環境效益

「凡波斯水資源保育方案」（Fynbos Working for Water Program）是南非「水利與林務部」（Department of Water Affairs and Forestry）「水資源保育方案」（Working for Water Program）的子計畫。計畫名稱的意義是指創造工作機會，以清除流域和河道的木本外來入侵植物。這個計畫對於環境有極大的利益，同時也具有明確的社會經濟利益。在南非，失業和相關的社會問題如犯罪，是這個年輕民主國家的主要問題。該計畫的社會目標，是培力與提昇農村社區。

南非，尤其是擁有特殊的凡波斯植被（其為岬角植物區（Cape Floral Kingdom）的一部份）的西開普省，有著嚴重的外來入侵樹木與灌木的問題。凡波斯是一種很容易著火的植被型態，很容易受到外來植物的入侵。來自地中海盆地、北美以及尤其是澳洲的數種物種，帶來重大的問題。比如海岸松（來自地中海盆地）、輻射松（來自加州）與哈克木（來自澳洲），對於西開普省山區的凡波斯造成重大威脅，而來自澳洲的金合歡屬植物（如黑荊與柳葉相思）以及尤加利屬植物，正威脅低地與河岸地區。由於南非在政權轉移期間，削減了大筆預算，因此外來入侵植物清除計畫幾乎已經中止。

凡波斯論壇（Fynbos Forum）是一個非正式的討論團體，由科學家和環境管理者所組成；他們在 1993 年 11 月舉辦了一場研討會，討論外來入侵植物對凡波斯流域的逕流所造成的影響。他們通過了一項決議，要編導一場「馬路秀」，向政策制定者說明外來入侵種對逕流以及生物多樣性的影響，以及可能帶來的社經後果。這場「馬路秀」於 1995 年 7 月向水利與林務部長阿斯莫（Kader Asmal）演出，而阿斯莫部長也看到了這個專案有潛力做為南非「重建與發展計畫」（Reconstruction and Development Program）的手段。

1995 年 9 月，2,500 萬南非幣（550 萬美元）撥入了這項全國計畫，其中有 1,350 萬南非幣要用在西開普省 114 萬公頃的凡波斯流域；這個地區幾乎有一半已受到外來入侵植物的侵擾；在受侵的區域中，總共有超過 6 萬公頃被冠層覆蓋度達 25-100% 的外來植群覆蓋。水資源保育方案於 1995 年 10 月展開，至 1996 年 8 月結束，在這期間，共有 39,000 公頃已清除完畢，包括將近 7,000 公頃的濃密植群（冠層覆蓋度大於 25%）。凡波斯水資源保育方案在 1996 年 3 月的（第一次）高峰期僱用超過 3,000 人。在進一步投入超過 4,000 萬南非幣到該專案中之後，有更多人正陸續被僱用。外來植物防治不是一次性的工作。而凡波斯水資源保育方案要成功，就必須定期追蹤初期清除成果達 8-10 年，確保種子庫已被耗掉。在本計畫中，短期的社會利益促進了長期發展與環境目標的實現。

編自：〈凡波斯的水資源保育方案〉（The Fynbos "Working for Water" Programme），出自 1997 年《外來種》（Aliens (1997) 5），9-10 頁。作者：Christo Marais，該計畫經理；Dave Richardson，開普敦大學（University of Cape Town）。

案例 5.34 生態觀光做為入侵種防治計畫的資金來源

外來入侵種對生物多樣性豐富的小島國家所帶來的特殊威脅，已廣為周知。考量到這個問題，這類小島國家就更應該要去認清他們的能力以及他們國家的主要經濟力量，把這些力量導向有助於保育和生物多樣性永續利用的事項，比如入侵種管理。

在塞席爾，大鼠（包括黑鼠和褐鼠）對地方特有生物多樣性的衝擊或許比任何其他因素都還要高。例如，光是在塞席爾中部（41 個島嶼），就有 6 種物種和 1 種亞種的陸鳥瀕危。其中，只有一種被認為能夠和黑鼠共存。因此，減緩大鼠衝擊是國家優先事項。貓的危害也很大，因此當貓和大鼠都存在時，兩者都要予以防治。滅除大鼠和貓的成本相當高昂，需要使用直昇機來施放誘餌，還有聘請海外專業人士來執行計畫；因此，每個島嶼要花的成本都很高。所以在一個要將這些物種從重要離岸島嶼上滅除的新計畫中，將多個島嶼整合到該計畫中是很重要的。

塞席爾和許多小島發展中國家一樣，主要經濟力量來自觀光。因此，面臨的挑戰是，要如何獲取並運用塞席爾的這些觀光資源，以達到減緩大鼠衝擊的目標。

生態觀光是這種情形下的整合因子。目前，塞席爾已有兩個島嶼是保留區，其經濟來源完全來自生態觀光。生態觀光的概念和可行性，在塞席爾國內是受到肯定的。

於是，調查各島嶼的大鼠和貓於滅除後再被引入的可能性（亦即，要考量島嶼的面積、供物種引入的潛在棲地、進入島嶼的受控管道、離鄰近島嶼的距離等），把具有這種可能性的島嶼整理成一份清單。然後政府和各島嶼的地主或管理單位協商，提出賦予島嶼法律保障的地位，以讓島嶼建立無掠食者的狀態並維持之。為符合每個島嶼的特殊條件，已制定了各島的大鼠預防作業協定。儘管各島預防作業協定內容不一，但一般包括：可防鼠的貨櫃，以運送供給物資；可防鼠的房間，以打開所有進口的包裹；除了露天甲板、沒有隔間的簡單小船外，沒有飛機或船舶可以登陸；還有關於航海船隻停泊距離的規定；以及藉由放置誘餌與設置捕捉線，進行持續的監測，以早期偵測任何新的引入。

在未來可能會有生態觀光收入的誘惑下，有 3 個島嶼同意納入該計畫，其中兩個島嶼是私人島嶼，島上只有旅館業，第三個島嶼是海洋公園局（Marine Park Authority）管理的國家公園。

這個後勤管理非常複雜的滅除計畫，於 2000 年 5 月到 8 月進行，其中私人島嶼的操作經費由他們自己負擔，總成本達到 25 萬美元。

作者：John Nevill，塞席爾共和國，環境與運輸部（Ministry of Environment and Transport）保育組長。電子信箱：chm@seychelles.net。

案例 5.35 志工的運用

以下的例子是編輯自一封最近流傳的電子郵件廣告：

徵求野生生物志工，參與有害植物管理專案，地點在模里西斯，主辦者是模里西斯野生生物基金會：

模里西斯野生生物基金會（Mauritian Wildlife Foundation）是一個非常成功的非政府組織，宗旨是拯救模里西斯和羅德里格斯的全球瀕危動植物。著名的成功事蹟包括保育模里西斯隼、粉鴿與回聲鸚鵡，以及在模里西斯及其離岸島嶼和羅德里格斯推動的生態系復育計畫。

植物保育專案

我們在尋找一個積極熱心的植物生態學家，對入侵種管理有興趣，願意幫忙管理田野試驗與建立新的調查計畫，以協助我們在艾格雷特島的有害植物管理計畫。

艾格雷特島復育專案的背景

模里西斯本土動植物目前最大的威脅，是外來入侵動植物。在模里西斯，原生種的現場保育策略有許多都著重在外來種防治等。

有害植物防治的田野試驗正在進行中。我們已在密集管理的地區建立田野試驗計畫，比較人工防治、化學防治與整合性防治策略的優劣。我們需要有志工持續監測這些試驗。我們也需要有人針對個別物種建立進一步的試驗計畫。這個專案不需要長時間的人工除草！！我們有長期人員負責這項工作。

資格條件

申請者應能夠鑑定植物的屬與種，並對於植物繁殖方法與生態方法學有一些經驗。申請者必須願意學習，願意和團隊合作，願意保持良好態度，並有能力穿越崎嶇不平的地形，能夠長時間在田野裡行走，同時也需要有駕照。年齡 21 歲以上。

可得到的經驗

你將在有害植物管理、苗圃管理、生態系復育、團隊合作、團體動態等方面得到實務經驗。

費用與生活條件

我們無法給付來回模里西斯的交通費。我們會提供住宿和相關的田野設備。你需要準備雙筒望遠鏡和野外服裝。我們在艾格雷特島有一個田野工作站，在模里西斯本島有一間房子，供鳥舍管理人員及其他田野人員休息與復元。我們一般會建議人們攜帶約相當於 200 英鎊的每月生活費。

志工在參與專案計畫之後，通常會在他們參與專案的領域或相關領域去拿一個學士後學位。但是我們不保證你一定會拿到學位。

可期待之事

漫長的田野生活，熱帶的陽光、海洋與雨水，認識新的人，認識新的地方以及世上最稀有的一些鳥類、植物、爬蟲類與蝙蝠。

請來函並附上您的履歷和推薦函（或者推薦人姓名供我們連繫），並註記您可以開始來幫忙的日期。

案例 5.36 塞席爾經驗：利用媒體取得大眾對入侵種管理的了解與支持

小島國家很容易把焦點放在他們面對的困難和限制，尤其是基礎設施和後勤管理方面，以及這些困難和限制對協調及持續運作的束縛。然而，每個國家總是要盡力利用國家的特質，爭取優勢。

塞席爾共和國有大約 115 個小島，散佈在面積達 130 萬平方公里的專屬經濟海域，人口約 8 萬人。因此，塞席爾面對了所有和小島發展中國家典型情境有關的困難。塞席爾的人民相當富裕，根據該國資訊與文化部（Ministry of Information and Culture）2000 年的一份未發表的報告，該國有 92% 的家庭有電視。不過塞席爾只有一家電視台，這個事實常為該國人民所哀嘆，因為他們缺乏選擇的機會。

當然，只有一個頻道的限制，具有壟斷觀眾群的優勢，可以很容易地把訊息傳達給大眾，尤其是在尖峰觀看時段。因此，電視在提升大眾意識方面是個非常強大的工具。儘管缺乏選擇，節目仍然必須要維持令人滿意的水準，要好好的呈現，並且要凸顯和一般觀眾群的關係，才能維持大眾的興趣。

在塞席爾，每週有一個以兒童為特別對象的特別節目，稱為 "Telezenn"，大約可翻譯成「幼幼台」。這個節目由兒童演出，以兒童為對象，從他們的觀點，用他們的本土語言，討論環境議題。尤其關於入侵種的問題，該節目已執行幾次成功的宣傳活動，讓大眾更了解入侵性的爬蟲類、池塘植物、外來倉鴉，以及釋放潛在入侵種的籠中鳥（尤其是鸚鵡）所造成的問題。這些活動大幅提升了民眾的參與合作，更願意一起來面對這些有害生物的引入與防治。

作者：John Nevill，塞席爾共和國，環境與運輸部（Ministry of Environment and Transport）保育組長。電子信箱：chm@seychelles.net。

案例 5.37 巴布亞新幾內亞的社區參與防治人厭槐葉蘋

人厭槐葉蘋 (*Salvinia molesta*)，是來自南美的浮水蕨類，可藉由無性繁殖在水面上形成茂密墊狀物，是被引入到舊世界和美國的外來種。在 1980 年代，有一系列非常成功的生物防治計畫，就是以此物種為防治對象（參見案例 5.26：「水生有害植物的生物防治」）。

在巴布亞新幾內亞的塞皮克河 (Sepik River)，人厭槐葉蘋的衝擊特別嚴重。塞皮克河是巴布亞新幾內亞東北部的的主要河川，該區的人民生活非常仰賴這條河川，它是人們食物的主要來源，也是這個缺乏道路的地方的交通旅行要道。人厭槐葉蘋佔滿了大部分的開放水體，尤其是牛軋湖 (oxbow lakes；譯註：因截流而被遺留下來的原有河曲所形成的彎圈) 的漁場以及所有水體的邊緣，這必然取代了許多的原生動植物，雖然並未被系統性地記錄下來。人厭槐葉蘋的入侵，對原住民生活的衝擊非常明顯，比如人們可能因此無法取得醫療協助。某些村莊因為無法再靠獨木舟進出，而被遺棄。

1982-85 年，聯合國發展規劃署 (UNDP) 在澳洲聯邦科學與工業研究組織 (CSIRO) 的協助下，於此地執行了一項生物防治計畫，計畫基地設在塞皮克河下游的安哥蘭村 (Angoram)。他們用槐象鼻蟲 (*Cyrtobagous salviniae*) 做為生物防治媒介，這個生物很快地在計畫基地附近的一些小淡水湖中立足。那時候遇到的一個挑戰是：如何將這些象鼻蟲再分配到其餘的河川流域。理論上，這應該很容易，因為只要從這些小淡水湖裡收集幾袋有象鼻蟲的人厭槐葉蘋，然後再放到其他受侵擾流域即可。實際上，基礎設施的缺乏卻讓這工作變得很困難。

透過廣播，把訊息傳給村民，建議他們在往河上游而行時，能夠到這些被入侵的小淡水湖，採集幾袋有象鼻蟲的人厭槐葉蘋，把它們帶回他們的水體裡放。於是事情就是這樣，他們用獨木舟來載有象鼻蟲的人厭槐葉蘋往河上游放；另外也用一架單引擎飛機，載有象鼻蟲的人厭槐葉蘋到更遠的地方，從安哥蘭村飛到接近河川或小淡水湖的任務用臨時飛機跑道。任務人員與當地民眾隨後安排這些東西的去處，把它們帶到受影響的水體裡放。

透過這個方式，讓塞皮克河流域的主要利害相關者參與防治，確保生物防治媒介的分配能夠比依賴集中分配系統的方式，更快地分配出去。結果很快地就控制住這種外來有害植物，這個故事是以生物防治有害植物的最成功故事之一。

整理自聯邦科學與工業研究組織 (CSIRO) 的 Peter Room 和 Mic Julien 的意見。該組織位於澳洲的布里斯本 (Brisbane)。

案例 5.38 運用當地兼職志工幫助復育羅德里格斯島的自然保留區

羅德里格斯 (Rodrigues) 是印度洋的一個小島，位在模里西斯東方 550 公里處。在政治上，該島是模里西斯的領土。羅德里格斯目前有個難堪的盛名，它是世界上退化最嚴重的熱帶島嶼之一。所有的成熟林都以外來入侵種為主，沒有連續的、完整樹冠層的原生森林留下來。1996 年起，以拯救模里西斯和羅德里格斯島的瀕危生物多樣性為目標的保育團體「模里西斯野生生物基金會」(Mauritian Wildlife Foundation)，和羅德里格斯林務局 (Rodrigues Forestry Service) 合作，開始復育格蘭德山 (Grande Montagne) 的 10 公頃自然保留區，目標是使其恢復成有完整樹冠層的原生森林。這個工作包括逐漸清除茂密的外來樹叢，在清除區域重新種植各式各樣由苗圃培植出來的原生種，以及照顧這些種下的樹。

剛開始，所有在保留區的工作都由羅德里格斯林務局和模里西斯野生生物基金會的人員執行 (包括全職的羅德里格斯志工與外國志工)。自從 1999 年中起，也開放兼職志工一起來參與復育工作。每個星期六與學校放假日，會有高達 30 個人到保育區來幫忙。他們通常來自業已存在的團體，如童子軍、中學與專業組織，且由他們各自的團體領導人負責籌組安排。剛開始，讓各團體幫忙保留區中的全部工作；如果他們持續顯示出熱切的意願，則鼓勵他們在保留區中認養一塊地，然後那塊地就成為「他們的地」。認養團體要清除他們負責土地的外來種，只要有必要就著手管理之。有一個團體選擇監測他們工作的成果：他們以永久樣方在他們認養的範圍內進行植物調查。

模里西斯野生生物基金會的一名全職人員，負責監督所有的工作，以提供充份的技術支持，並讓保育工作符合保留區的整體管理目標。模里西斯野生生物基金會從其苗圃提供所有的植物，讓所有使用的植物都有已知來源。該基金會的團隊把大部分的時間花了一個講習會，講解保育工作的某些層面，比如鑑定特定的原生植物與外來植物、所使用保育方法的採用理由、在模里西斯和羅德里格斯島推動的其他保育計畫內容。

和當地兼職志工的合作，持續吸引新的支持力量。該計畫之所以成功，一些關鍵的理由如下：

- ▶ 在「羅德里格斯社區教育者」(Rodrigues Community Educator) 的宣導工作下，使得民眾普遍知道「羅德里格斯生物多樣性計畫」的存在。
- ▶ 和既有社區團體合作，由他們自己組織他們的成員。
- ▶ 可以很容易地從鄰近的公有道路到達保留區。
- ▶ 各團體對於他們負責的保留區土地有擁有感。
- ▶ 學習羅德里格斯自然襲產的機會。
- ▶ 由專一致志的保育人士在田野提供可靠的領導。
- ▶ 當地政府對於該計畫的支持。

作者：John Mauremootoo，模里西斯野生生物基金會 (Mauritian Wildlife Foundation)。地址：4th Floor Ken Lee Building, Edith Cavell Street, Port Louis；Email：cjmaure@intnet.mu。

案例 5.39 卡卡度國家公園的蔗蟾初步風險評估

蔗蟾 (*Bufo marinus*) 是於 1935 年被引入澳洲，且即將入侵卡卡度國家公園 (Kakadu National Park)；卡卡度國家公園是世界襲產，且是被列入《拉姆薩公約》清單的國際重要濕地。蔗蟾吃的獵物相當廣泛，且比起原生青蛙與蟾蜍 (無尾目動物)，有更高的繁殖力、更快的成長發展，同時牠們具有很強的化學毒液，可用來防範掠食者。牠們可忍受範圍廣泛的環境與氣候條件，能佔據許多不同棲地。至今，還沒有發展出有效的防治方式可對付蔗蟾。如果蔗蟾負面影響卡卡度國家公園的任何自然與文化價值，那麼該公園的地位可能會降低，這頗令人憂心。因此，為評估受威脅的關鍵棲地與物種，進行了一項生態風險評估，並藉此對新監測計畫提出建議，評估既有計畫的重要性，並確認某些管理選項。

評估的方法，是根據《拉姆薩濕地公約》發展出來的濕地風險評估架構，包括要鑑定：問題、(潛在)影響、問題的(可能)程度、實質的風險以及資訊的缺口。鑑定的結果，則用來針對監測與風險管理方面提出建議。

結果列出了總共 154 種屬於掠食者的物種。其中 10 種被列入高風險類別 (亦即受到最大風險的類別)，其中以袋鼯 (*Dasyurus hallucatus*；肉食性的有袋目哺乳動物) 被指定為最高優先，其餘 9 種物種則被指定為高度優先。有 12 種物種或種群被列為次風險類別，而第三風險類別則包含 132 種物種或種群。獵物所受到的風險則較難評估，不過最可能受影響的包括白蟻、甲蟲與蟻類。同樣地，可能與蔗蟾競爭的物種所承受的風險也不清楚，但某些原生蛙類與食蟲蜥蜴可能受到的影響是令人憂慮的。環境風險的評估有許多不確定性，原因是 (1) 不了解蔗蟾對於動物族群造成的衝擊或缺乏相關的定量資料；(2) 不了解卡卡度國家公園原生動物相的族群、分佈與一般生態資訊，或缺乏相關的定量資料；(3) 不了解卡卡度國家公園內的蔗蟾族群密度，或缺乏相關的定量資料。

另外，鑑定出七種應予監測的優先棲地型態：洪泛平原群落、沼澤地群落、季風林、河口群落、林地與疏林群落、泉 / 積水低地 / 水坑、陡坡下的水池。應予監測的優先物種包括袋鼯、巨蜥屬蜥蜴、數種眼鏡蛇和澳洲野犬。其他應密切注意的物種包括一些小型哺乳類、澳洲假吸血蝠、黑頸鸛、淡水鱷以及一系列的本土蛙類。該評估指出，除了少數例外之外，卡卡度國家公園以前或現在的監測計畫，並不適合提供基線資料，以評估蔗蟾衝擊。最後，也提出了偵測與研究方面的建議，以解決資訊嚴重不足的問題。

蔗蟾防治選項非常有限。據建議，在局部地區 (如鄉鎮、露營車公園)，特殊、持續的措施可能會有效；但是大規模的防治則不可能，因為蔗蟾的化學與生物防治法在現階段還未充份發展。據建議，國家公園澳北分部 (Parks North) 在管理蔗蟾入侵時，剛開始應 (1) 確保監測工作有在進行，以評估蔗蟾對卡卡度國家公園的影響；(2) 研究調查可以在局部地區管理蔗蟾的措施。

編自：van Dam, R.A.; Walden D.; Begg G. (2000)；《卡卡度國家公園的蔗蟾初步風險評估》(A preliminary risk assessment of cane toads in Kakadu National Park)，為提交國家公園澳北分部的最後報告。澳洲北領地達爾文市 (Darwin, N.T.) 監督科學家辦公室 (Supervising Scientist) 出版，89 頁。

案例 5.40 在澳洲國境之北：以社區為基礎的原住民有害植物管理

在澳洲北領地的北部，稱為「北端」（Top End）的地方，原住民擁有一大片的土地（超過 17 萬平方公里），包括大約 87% 的北領地海岸線。他們的食物、文化，以及他們漸漸注重的經濟獨立自主，都很依賴這片土地。除了文化的重要性，澳洲生物多樣性有一大部份也依賴這片土地。目前有幾個威脅，危及這塊土地的完整性，例如野火規律的改變以及兇猛動物與有害植物的入侵，尤其是來自中美洲洪泛平原、生長猖獗的有害植物刺軸含羞草（含羞草屬）。

不幸地，原住民在處理這類對他們土地的新興威脅時，能力並不足。傳統的生態知識和土地管理技巧，並不足以處理這些問題；尤其是有害植物防治，通常被視為低度優先事項，因為他們並未充份認知到特定有害植物對環境的潛在衝擊。原住民的個人資源有限，而代表他們的組織，則將其資源放在其他優先議題，比如取回土地以及住宅、水電的供應等事項。

北方土地議會（Northern Land Council）是「北端」原住民主要的代表組織，該組織的關懷家鄉單位（Caring for Country Unit），正以有害植物刺軸含羞草為對象，在「北端」的一些重要原住民土地上，展開正式的有害植物與土地管理行動。該專案得到來自許多機關的幫忙，並以發展跨機關合作的精神為目標，策略性地處理有害植物管理、其他土地管理以及社區議題。

該專案的重點在於協助社區，建立起他們的能力，以自行進行土地管理工作。凡是參與的人，即以「社區發展就業計畫」（Community Development Employment Program）來僱用之，該計畫是聯邦政府推動的原住民就業計畫，而基本的訓練與資源則被帶進來以展開刺軸含羞草的防治工作。重點放在預防與早期干預措施。逐漸地，隨著經驗與自信的增加，以及透過更廣泛性的訓練，該工作即被擴大到涵蓋其他土地管理議題。

研討會與田野參訪的安排，讓參與者更能了解整合保育與發展的概念。各社區目前正在研究調查基於永續使用自然資源的事業發展機會，以期能夠及時地為土地管理活動帶來財務資源。

關懷家鄉單位並不尋求發展土地管理的一般模式，因為他們認知到各地的社區需求、能力、抱負與社區結構並不一樣。他們的上位目標，是協助原住民的地主與社區，在面對非正式傳統土地管理不足以解決新興問題的情勢時，發展適合當地的正式土地管理計畫。他們並沒有規範單一模式的正式土地管理計畫，也沒有打算去發展它。培力，才是關鍵。

作者：Michael Storrs，北方土地議會（Northern Land Council）濕地官員。地址：PO Box 42921, Casuarina, NT, 0811, Australia；電子信箱：michael.storrs@nlc.org.au。

案例 5.41 拯救塞席爾黑鸚鵡的入侵種減緩行動

塞席爾黑鸚鵡 (*Coracopsis nigra*) 是嚴重瀕危物種，且棲地僅限於塞席爾群島的普拉斯林島 (Praslin) 和拉迪格島 (La Digue)。該物種的族群數是在人類移居這些地方後開始下降的，因此有人認為，其肇因乃是狩獵（牠被認為會危害果樹）以及林業管理造成的繁殖場所（死的棕櫚樹幹）喪失。1982 年展開的一項密集研究，確定該物種剩餘族群的繁殖成功率極低，原因是大鼠掠食巢中嗷嗷待哺的幼鳥。廣泛的大鼠防治措施（即捕鼠與護樹）並沒有大幅減緩衝擊，因為黑鼠實在太多了，而且性喜棲息於樹上。

再加上缺乏適當的築巢場所，而造成族群嚴重老化。族群完全崩潰、滅絕，是很可能的。因此，保育官員拉保達隆先生 (Victorin Laboudallon) 發展出最初的巢箱設計，以防止大鼠對黑鸚鵡的危害。

這種巢箱設計複雜而昂貴，它以混凝土為基礎，一根兩米長的鍍鋅金屬管支撐著一片與之正交的金屬版，金屬版上再放置巢箱。這個結構必須要紮實，因為巢箱入口處有一節腐爛的中空棕櫚樹幹，約兩米長，置於上方，這樣才有築巢場所的自然外觀，才會受到黑鸚鵡的喜愛。再者，巢箱必須要小心選址，避免大鼠從上方的樹枝跳到巢箱；而人造防火道，已證實是最適合巢箱設置的場所。

剛開始設了十個巢箱，並測試數年，以了解這種巢箱設計的功效。結果，平均有三分之一的巢箱被佔用築巢，且繁殖情況非常良好。在測試成功之後，就展開一項計畫，建造設置額外的一百個巢箱。

作者：John Nevill，塞席爾共和國，環境與運輸部 (Ministry of Environment and Transport) 保育組長。電子信箱：chm@seychelles.net。

案例 5.42 義大利的灰松鼠滅除行動：計畫的失敗與未來的情境

美國的灰松鼠 (*Sciurus carolinensis*) 在被引入到英國的島嶼和義大利後，成為有害生物；牠的立足歸化，對森林與商業造林地帶來了嚴重傷害：牠會剝樹皮，會和原生的紅松鼠 (*S. vulgaris*) 競爭並取而代之，同時也被懷疑是副痘病毒 (parapoxvirus) 的來源，而這種病毒會造成紅松鼠死亡。義大利只有一個灰松鼠族群，住在和歐洲大陸相連的國土上，而這種松鼠的擴張，預期會造成歐洲大陸的生態浩劫，如同英國經歷過的慘痛經驗。灰松鼠是於 1948 年被引入義大利西北部的皮埃蒙特，並很快就立足。數十年來，只有在接近當初的釋放地點，記錄到灰松鼠的出現；然而從 1970 年起，牠開始擴散到周遭的地區。

從 1989 年起，數個國際組織和科學家，包括國際自然保育聯盟 (IUCN) 和英國森林委員會 (British Forestry Commission)，建議義大利政府要正視灰松鼠對紅松鼠帶來的威脅，並敦促採取滅除行動。國家野生生物研究院 (National Wildlife Institute) 也批准一項建議案，提議將灰松鼠從義大利境內滅除；該研究院並向環境部、農業部和所有地方政府 (負責有害生物管理計畫) 提出警告，指出灰松鼠的範圍正迅速擴張以及牠的出現會帶來的威脅。

至 1996 年時，灰松鼠已大幅擴張其分佈範圍，且根據預測會在兩年左右擴散到阿爾卑斯山。藉由調查松鼠窩內的松鼠個數 (drey counts) 以及重複捕捉 (capture-recapture) 的調查方法，估計其族群總數約在 2,500-6,400 隻左右。鑑於滅除灰松鼠的急迫性，1997 年國家野生生物研究院和杜林大學 (University of Turin) 合作，籌劃了一個滅除行動計畫。該計畫起初的幾個步驟之一，是嘗試性地將存在於拉肯尼吉公園 (Racconigi Park) 的小族群移除，以測試滅除方法的有效性與是否符合人道。地方政府則將負責執行更進一步的滅除工作。該專案計畫被送達所有主要的義大利非政府組織 (NGOs)，且根據所得到的意見，採取了以下的作業協議：(1) 活捉灰松鼠，以免傷及非目標物種；(2) 經常檢查捕捉器，減少縛虜期間；(3) 以三氟溴氯乙烷 (halothane) 麻醉，三氟溴氯乙烷是減輕嚙齒類壓力的一種鎮定劑；(4) 然後再施以過量的三氟溴氯乙烷，讓牠安樂死；(5) 由獸醫進行持續的監督。根據這修改過的作業協議，大多數的非政府組織贊同該滅除計畫，並於 1997 年 5 月在拉肯尼吉公園展開嘗試性的滅除行動。初步結果非常令人振奮，才捕捉 8 天，就捉到了 188 隻 (大於 50% 的預估族群數)。捉到的動物隨即被安樂死，而所採取的安樂死程序，大幅減低灰松鼠的壓力，牠們在不到一分鐘內就進入無意識狀態，並可在野外讓牠們安樂死，不用牽涉到太多的操作動作。

然而，某些激進的動保團體，強烈反對該滅除計畫，並在地方上組織小型的示威活動。然後，在 1997 年 6 月，他們控告國家野生生物研究院，設法阻止計畫進行。該控告案於 2000 年 7 月結案，國家野生生物研究院全身而退；然而，這三年的法律訴訟導致整個運動的失敗。嘗試性的滅除行動被迫提早結束，未能完成先導計畫，而地方政府也沒有依照計畫進行滅除。由於所有行動的暫停，灰松鼠現在已經到達阿爾卑斯山的森林，而滅除行動也被認為不再可行。未來，灰松鼠很有可能擴張到大部分的歐亞大陸，並造成紅松鼠族群數的下滑。

作者：Piero Genovesi，義大利國家野生生物研究院 (National Wildlife Institute)。地址：Via Ca' Fornacetta 9 - 40064 Ozzano Emilia (BO), Italy；電子信箱：infspapk@iperbole.bologna.it。

案例 5.43 學生清除有害植物以幫助雨林復育

新加坡有一個進行中的外來種清除計畫，尤其是雨林中的外來植物。過去幾年來，外來爬藤植物已蔓生雨林邊緣，並為新加坡僅存的雨林帶來潛在威脅。這些爬藤植物會纏繞勒死老熟的樹木，也會爬滿覆蓋原生樹種幼苗，阻礙其生長並導致其死亡，從而阻礙森林再生。

國家公園局（National Parks Board）於是實施一項重大計畫，移除外來爬藤植物並重新種植原生種，以維持本土植物相。這項行動的地點是在自然保留區內。

1997 年，國家公園局實施了一項重大計畫，持續約一年，目標是把在自然保留區邊緣的雨林中廣泛蔓延的外來植物移除。這些侵略性的爬藤植物，已深入這片雨林達 3 公里長，把成熟樹木纏勒至死，並阻礙幼苗生長。有時候，樹木完全被這些爬藤植物覆蓋；當雷擊時，因為這些爬藤植物而糾纏在一起的樹木們會因為「骨牌效應」一起倒下；這些外來爬藤包括薯蕷屬植物（*Dioscorea*）和小花蔓澤蘭（*Mikania micrantha*）等等。一旦雨林出現空隙，外來植物如橡膠樹和毛野牡丹（*Clidemia hirta*）很快就會在這些隙地上立足。因此，在這些入侵性的爬藤植物彌漫於雨林之前，必須儘快將其清除。於是，將被爬藤植物嚴重纏勒的樹木移除，之後，教導學生與志工團體如何重新種植植物，開始復育工作。重新種植的植物只有原生種。

在自然保留區的其他區域，目前則進行持續的監測，以免有任何外來植物入侵，危害本土植物。為協助國家公園局實施長期維護工作，由各學校分別認養森林的某一區塊，而這也是學生們學習生態的好機會，可讓他們得到管理生態系的第一手經驗。學生們也利用這個機會進行簡單的再造林方法研究。研究成果被製成小冊子，並當做教材，以提升大眾對於保護我們僅存自然雨林的意識。

編自：新加坡提交《生物多樣性公約》的報告。

案例 5.44 歐洲的美國水貂滅除計畫

美國水貂 (*Mustela vison*) 自 1920 年代起就開始被輸入到歐洲，目的是供應毛皮動物養殖以及刻意引入野外。此物種目前的範圍涵蓋大部份的東歐與北歐，對於瀕危的歐洲水貂 (*Mustela lutreola*) 造成重大威脅，同時也影響了許多鳥類族群，尤其是島嶼上的鳥類。

波羅的海

在過去幾十年來，美國水貂已經定居在幾乎整個芬蘭和瑞典群島，嚴重影響原生的鳥類群落。為了減緩這種外來種的衝擊，已經規劃了數個防治計畫。

在瑞典，已在數個地區達成實驗性的滅除，以測試滅除效率，並監測對鳥類繁殖成功的影響。

在芬蘭西南部的群島國家公園 (Archipelago National Park) 的一群總面積達 12 x 6 平方公里的島嶼上，正在進行一項水貂滅除計畫，以復育當地鳥類族群為目標。該計畫用可攜式的吹葉機 (一般用來清掃落葉) 及受過訓練的狗來獵捕水貂。在狗找到水貂躲藏的地方後，就用吹葉機迫使水貂離開洞穴。第一年，獵捕了 65 隻水貂，接下來幾年則平均每年 5-7 隻。自 1998 年起，就再也沒有捕捉到水貂，因此認為已成功滅除。在該防治計畫成功後，許多鳥類族群開始增加，包括黑海鴿、黑海番鴨、鳳頭潛鴨、綠頭鴨與紅嘴鷗。絨鴨、灰雁、川秋沙與大海鷗的族群，則沒有記錄到任何變化。由於這群島嶼和大陸之間的距離短，加上波羅的海冬天會結冰，因此水貂是有可能再次入侵的。是以，必須進行恆久的監測與防治。

在愛沙尼亞的希尤馬島 (面積 1,000 平方公里)，已成功完成一項水貂滅除計畫，該計畫目標是將歐洲水貂再引入該島嶼。當地的美國水貂是從一家現在已經關閉的水貂繁殖場逃出來的。在該滅除活動進行期間，用 10 個捕獸鈎，總共捕捉了 52 隻美國水貂，並在水貂繁殖季節收集水貂存在的跡象，以監測計畫的成功是否維繫下去。由於該島嶼和歐洲大陸之間距離 22 公里遠，因此不太可能會有水貂再次入侵。每季由 1-3 名受到高度訓練的人員在和當地操作人員的合作下，執行該活動。該措施的總成本估計約為 7-10 萬歐元，由英國政府、生物多樣性基金會的達爾文計畫 (Darwinian Initiative for Biodiversity Foundation) 和塔林動物園 (Tallinn Zoo) 提供資金。目前正為愛沙尼亞第二大島 (薩列馬島，2,500 平方公里) 規劃具有同樣目的的類似行動。

冰島

美國水貂自 1937 年起就已在冰島立足，並於近年來遍佈整個國土，目前已有數個研究在評估將美國水貂從該國完全滅除的可行性，但目前還沒有下最後定論。如果執行了這樣的計畫，那將是歐洲有史以來最大的脊椎動物滅除計畫。

編自：Piero Genovesi (2000)，《陸域脊椎動物滅除指引：歐洲對外來入侵種議題的貢獻》 (Guidelines for eradication of terrestrial vertebrates: a European contribution to the invasive alien species issue)，該報告是代表《保護歐洲野生動物及自然棲地公約》 (Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats) 編撰。

本手冊的使用方法

本手冊內容的實踐與應用，端看每位讀者的需求、讀者所在國家的需求、該國家的能力所及，以及本手冊內容是否與該國有關。我們不便預設這本手冊的使用方法，但仍可提供少許建議。

這本手冊是為了全球的讀者而寫，因此對任何一位讀者來說，勢必難以完全受用。依國情不同可能會有極端的反應，那些相對富裕的大國早就有政策、基礎設施和資源對抗外來種，像澳洲、紐西蘭、南非和美國，在這方面都比其他大多數國家更先進，而資源有限的小島發展中國家只能望塵莫及，案例 1.2「南太平洋地區有關入侵種的特有問題」有談到這些地理差異。先進大國的保育管理人員輕易就可取得相關資訊，這本手冊或可幫助他們涉獵特定的主題，獲取新的想法，並提供指引，進一步探索其他的資料來源。至於較弱勢國家的保育管理人員，可能會覺得這本手冊只不過輕描淡寫對抗外來種的需求，如果要讓這本手冊發揮效用，還需要更多的在地支持和調整，以及恰當的國內和（或）國外伙伴的合作。

在 GISP 未來的行動上，我們預期會需要進行一些先導計畫，和個別國家或和一小群鄰近國家合作（如果這群鄰國有共同的入侵種問題與管理問題的話），以調整、擴充、區域化這本手冊的內容，提高這本手冊的效用。依目前內容來看，這本手冊嘗試彙整全球經驗，概述與入侵種預防和管理有關的最佳實務，有時候能提供解決特定問題的關鍵資訊，有時候則引導使用者參考文獻或網站。每個國家都有各自的重點和問題，本手冊不一定皆能提供充分資訊。那些深受外來入侵種所害的國家和區域，必須驗證本手冊內容，檢視是否符合切身需求，並從這過程中發展出他們自己的版本。

這將是個互動的過程，各地手冊的發展結果應再回饋回來，透過額外的案例、擴增的資訊來源、從在地實際經驗所萃煉出來的知識等，增加這本全球手冊的價值。實際該如何進行？我們以一個假想的小島國家為例，島上生物多樣性豐富，由於觀光業興盛而堪稱富裕，雖然認知到許多與外來入侵種有關的議題，但需要發展和實施專門處理入侵種問題的全國和區域行動方案。這些條件聽起來有點像馬斯克林群島（Mascarene Islands）之中的某個國家，但是請大家不要對號入座。各地手冊的發展，可包括以下幾點步驟：

1. 先選出一兩位人士，針對要發展的手冊，主持並帶動全國性的討論，並引領以下過程。
2. 將這本全球手冊提供給相關的保育管理人員、非政府組織和科學家等。依據這群人的人數多寡，可能有必要從中選出一些代表人；這些人的任務是評估要如何使用這本手冊、他們想如何使用、手冊缺乏哪些內容，以及對他們來說，如果這本手冊要更好用、更切合需求，什麼樣的內容才是最重要的。
3. 召開小型的全國研討會，參與者要包括率先試用本手冊的人士和外部顧問，他們要熟悉手冊內容又瞭解預防和管理外來入侵種問題。這些人可能來自 GISP 的伙伴，也可能來自鄰近國家，或是由入侵種專家小組（ISSG）推薦，或來自其他地方。研討會要檢視手冊的內容、找出必須修改以符合在地需求的內容，並據此推及其他遭遇相似問題的國

家。應確認有哪些任務要做，才能改善手冊內容，使其更符合該國所需；比如：起草新的章節、擴充相關資訊（方法包括增加在地資訊來源、獲取關鍵資訊來源、增加在地新案例、取得並詮釋地方法律或其他相關在地文件等）。然後，把該做的任務分配出去。

4. 達成這些任務的過程，應儘量運用在地的專業知識，如能取得外部支援更是最好不過。
5. 來自其他平行驗證活動的結果與回饋，應予流通並適切整合。這些結果也應提供全球手冊參考，以把能使本手冊更完整的資訊整合進來，譬如新的案例或附錄等等。
6. 在全國研討會上，也應確認該進行哪些先導計畫，設定其優先順序；這些先導計畫的發展，將於隨後的後續行動中進行；發展過程中同樣將利用最適當的在地和外部專業知識。先導計畫可能會著重於檢視本手冊時所發現的特定層面，可能是該國最緊急、最重要或最忽略的層面，而亟需建立相關國家能力者。另外，可能需要來自國內或國際的協助，以建立國家研提計畫的能力，才能為這些先導計畫取得經費。
7. 修改過的手冊和先導計畫，可在後續的全國研討會上發表，如果適當，也可在區域研討會上發表。隨後應落實先導計畫，如此國家管理外來入侵種的能力就會大大提升了。

最糟糕的情境，好比說某個小島國家的人力本來就少，受過訓練的專業人士早已工作過度，通常還加上沒有網路或其他資源，而處理入侵種問題的人員只有一個，入侵種只不過是他眾多業務之一。有鑑於此，這本手冊希望能提供面臨這些挑戰的管理人員一個概觀，協助他認清自己可能不熟悉的議題、自己的限制、需要什麼協助，並為他們可能可以採取的解決方法提供洞見。這本手冊也可協助找出能提供建議或支援的區域及國際來源，同時說明如何提高全國意識，以及提升入侵種議題在政治議程上的能見度，才可能取得更切實際的資源。

籌備這本手冊時，我們希望它至少有一部份能和每位保育管理人員直接相關，幫助他們規劃工作內容、鼓勵他們利用資訊連結；我們希望它能協助關心此議題或受到影響的民眾，以改善個別國家因應入侵種問題的方式。最後，我們希望這本手冊能協助預防生物均一化，避免全球生物多樣性的消失。

英文名稱	中文名稱	頁次
Africa	非洲	30, 65, 72, 145, 152, 154, 162, 166, 168
Alps	阿爾卑斯山	184
Amazon	亞馬遜河	69, 168
American Samoa	美屬薩摩亞	18, 25
Antigua	安提瓜島	71
Aotearoa	奧特亞羅瓦（長白雲之鄉）	126
Argentina	阿根廷	70, 71
Asia	亞洲	30, 53, 69, 76, 102, 151, 168
Atlantic	大西洋	45, 65, 67, 76, 165, 169
Australasia	澳大拉西亞	52
Australia	澳洲	7, 11, 17, 18, 19, 23, 25, 29, 31, 32, 33, 35, 48, 54, 60, 71, 75, 78, 79, 81, 83, 84, 90, 91, 92, 93, 100, 104, 107, 110, 111, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 123, 125, 126, 130, 137, 146, 149, 150, 154, 155, 156, 158, 161, 165, 168, 169, 170, 175, 179, 181, 182, 187
Bingil Bay	賓吉爾灣	100, 149
Cairns	凱恩斯	81
Cape York Peninsula	約克角半島	157
Darwin	達爾文市	78, 84, 107, 165, 181
Derwent Estuary	德溫特河口	161
Echo Creek	回聲溪	100, 149
Hobart	霍巴特	161
Horn Island	霍恩島	81
Kakadu National Park	卡卡度國家公園	48, 110, 119, 158, 181
Mission Beach	米慎海灘	157
Northern Australia	北澳	7, 100, 107, 137, 158, 182
Northern Territory	北領地	54, 78, 90, 92, 114, 123, 126, 165, 181, 182
Port Phillip Bay	菲利浦港灣	161
Queensland	昆士蘭	73, 100, 115, 149, 155, 157
Tasmania	塔斯馬尼亞島	161, 169
Torres Strait Islands	托雷斯海峽群島	81, 100
Tully River	塔利河	100, 149, 157
Victoria	維多利亞州	161
Western Australia	西澳	148
Austria	奧地利	174

Bahamas	巴哈馬	91, 95, 102, 170
Exuma	埃克蘇馬	102
Freeport	自由港	102
Inagua	伊納瓜	102
Nassau	拿索港	102
Balkan	巴爾幹半島	171, 174
Baltic Sea	波羅的海	19, 20, 186
Barbados	巴貝多	52
Benin	貝南	172
Bermuda	百慕達	64, 141
Black Sea	黑海	67
Botswana	波黎那	168
Brazil	巴西	35, 44, 51, 65, 103, 168
Rio Claro	里奧克拉魯	65
Bulgaria	保加利亞	174
Sofia	索菲亞	174
Canada	加拿大	51, 67, 76, 141
British Columbia	卑詩省	80
Canadian Maritimes	加拿大濱海諸省	169
Welland Canal	韋蘭運河	56
Caribbean	加勒比海	48, 51, 52, 71, 92, 95, 103, 115, 152, 154, 170
Caspian Sea	裡海	67
Cayman Islands	開曼群島	71
Central America	中美洲	22, 44, 47, 72, 103, 152, 166, 182
Central Europe	中歐	171, 174
Chile	智利	70
China	中國	44, 53, 68, 72, 146
Colombia	哥倫比亞	103, 165
Comoros	科摩洛	35
Czech Republic	捷克共和國	174
Diego Garcia (British Indian Ocean Territory)	迪戈加西亞島	77
Dominican Republic	多明尼加共和國	71
East Timor	東帝汶	75
Dili	帝力	75
Egypt	埃及	162
Suez Canal	蘇伊士運河	15, 56
Estonia	愛沙尼亞	186
Hiiumaa Island	希尤馬島	186

Saaremaa	薩列馬島	186
Tallinn	塔林	186
Ethiopia	衣索比亞	47, 51, 52, 73
Addis Abeba	阿迪斯阿貝巴	73
Awash National Park	阿瓦什國家公園	73
Dese	德瑟	73
Dire-Dawa	德雷達瓦	73
Harerge	哈勒爾蓋省	73
Welo	威洛省	73
Yangudi Rasa National Park	陽谷地拉薩國家公園	73
Eurasia	歐亞大陸	184
		17, 19, 22, 23, 41, 43, 46, 47, 49, 50, 52, 53, 54, 55, 65, 70, 76, 80, 89, 92, 97, 114, 122, 124, 129, 130, 132, 135, 147, 150, 156, 169, 171, 174, 184, 186
Europe	歐洲	
Falkland Islands	福克蘭群島	70
Fiji	斐濟	29, 150, 165
Finland	芬蘭	186
Archipelago National Park	群島國家公園	186
France	法國	25, 26, 29, 74, 76, 80, 83, 101, 174
Orleans	奧爾良	174
French Polynesia	法屬玻里尼西亞	7, 11, 26, 29, 35, 45, 47, 64, 74, 91, 101, 137, 138
Austral Islands	南方群島	74, 101
Fare Harbour	旅客港	74
Fatu Hiva	法圖希瓦島	74, 101
Huahine	呼爾希尼島	74, 101
Marquesas Islands	馬克薩斯群島	74, 101
Moorea	茉莉亞島	64, 74, 101
Nuku Hiva	努庫希瓦島	74, 101
Papeete	帕比提	29, 74, 101
Raiatea	瑞亞堤亞島	29, 74, 101
Rapa	拉帕島	74, 101
Rurutu	魯魯土島	74, 101
Society Islands	社會群島	74
Tahaa	塔哈島	101
Tahiti	大溪地	26, 29, 74, 101
Galapagos (Ecuador)	加拉巴哥群島	35
Germany	德國	18, 143, 174

Bavaria	巴伐利亞	174
Bonn	波昂	143
Munich	慕尼黑	174
Great Lakes	五大湖區	iv, 20, 40, 54, 67
Greece	希臘	174
Drama	德拉莫	174
Grenada	格瑞納達	102, 154
Guam	關島	25, 77, 91, 130
Gulf of Finland	芬蘭灣	41
Gulf of Mexico	墨西哥灣	20, 165
Guyana	蓋亞那	154
Hawaii (USA)	夏威夷	1, 3, 7, 12, 18, 20, 25, 26, 27, 28, 29, 35, 37, 40, 48, 57, 64, 94, 111, 118, 126, 147, 151, 158, 163, 166, 170
Big Island	大島	64
Lanai	拉奈島	64
Maui	茂宜島	26, 64, 163
Molokai	莫洛凱島	64
Oahu	歐胡島	64, 77
Hong Kong	香港	165
Iceland	冰島	186
India	印度	165, 168
Indian Ocean	印度洋	36, 180
Indonesia	印尼	78, 84
Italy	義大利	25, 76, 116, 184
North-West Italy	義大利西北部	184
Piedmont	皮埃蒙特	184
Racconigi Park	拉肯尼吉公園	184
Trieste	里雅斯特	174
Turin	杜林	184
Japan	日本	22, 53, 80, 98, 161, 165
Okinawa	沖繩島	77
Kagera River	卡蓋拉河	162
Kenya	肯亞	105, 166, 168
Korea	韓國	98, 161
Kwajalein (Marshall Islands)	瓜加林島	77
La Reunion	留尼旺島	12, 35, 36, 54, 129, 132
Gillot	吉洛	36
Lake Erie	伊利湖	56, 67

Lake Huron	休倫湖	67
Lake Ontario	安大略湖	56
Lake St. Clair	聖克萊爾湖	67
Lake Victoria	維多利亞湖	162
Latin America	拉丁美洲	64, 92, 147
Libya	利比亞	152
Macedonia	馬其頓	174
Madagascar	馬達加斯加	36
Madeira (See Portugal)	馬得拉	35
Malaysia	馬來西亞	44, 69, 93, 160, 168, 170
Mascarene Islands	馬斯克林群島	35, 187
Mauritius	模里西斯	12, 35, 36, 52, 54, 64, 120, 124, 129, 132, 134, 136, 159, 160, 177, 180
Brise Fer	布里塞弗	160
Grande Montagne	格蘭德山	180
Ile aux Aigrettes	艾格雷特島	35, 177
Macchabee	馬克比	160
Mare Longue	馬爾隆	160
Rodrigues Island	羅德里格斯島	136, 159, 180
Round Island	圓島	121, 134, 159
Mediterranean Basin	地中海盆地	152, 175
Mediterranean Sea	地中海	15, 19, 25, 26, 56, 80
Mexico	墨西哥	20, 22, 25, 44, 71, 103, 152
Chiapas	恰帕斯	152
Yucatan Peninsula	尤卡坦半島	71
Micronesia	密克羅尼西亞	18
Pohnpei	波納佩島	77
Middle East	中東	154
Monaco	摩納哥	25
Montserrat	蒙瑟拉特島	71
Namibia	納米比亞	168
Nearctic	新北區	141
Netherlands	荷蘭	80
New Caledonia	新加勒多尼亞	84
New Guinea	新幾內亞	84
New World	新世界	147

New Zealand	紐西蘭	13, 17, 20, 34, 35, 47, 49, 50, 53, 55, 62, 84, 87, 89, 90, 93, 98, 99, 102, 106, 113, 126, 137, 147, 156, 161, 164, 173, 187
Auckland	奧克蘭	84, 87, 98, 99, 106
Hauraki Gulf	豪拉基灣	84
North Island	北島	50, 156
Tiritiri Matangi	提里提里馬唐宜島	91, 102
Waikoropupu Springs	普普冷泉	173
Niagara Falls	尼加拉瀑布	56
Norfolk Island (Australia)	諾福克島 (澳洲)	35, 150
North Africa	北非	114, 122, 127, 152, 169
North America	北美洲	6, 7, 18, 22, 26, 27, 44, 46, 47, 49, 52, 53, 54, 55, 67, 68, 70, 73, 80, 85, 94, 114, 122, 124, 127, 147, 152, 156, 169, 175
Oceania	大洋洲	154, 170
Old World	舊世界	47, 103, 145, 152, 162, 168, 179
Owen Falls Dam (Uganda)	歐文瀑布大壩	162
Pacific	太平洋	2, 3, 5, 7, 12, 18, 21, 22, 34, 43, 48, 51, 53, 76, 77, 80, 94, 95, 122, 137, 150, 151, 169, 170, 187
Pacific Northwest	西北太平洋	22, 169
Panama	巴拿馬	152
Papua New Guinea	巴布亞新幾內亞	81, 100, 137, 146, 168, 172, 179
Angoram	安哥蘭村	179
Sepik River	塞皮克河	179
Peru	祕魯	166
Philippines	菲律賓	140
Luzon	呂宋島	140
Philip Island (Australia)	菲利普島	48, 114, 150
Portugal	葡萄牙	53
Madeira	馬得拉	35
Puerto Rico	波多黎各	25, 154, 170
Red Sea	紅海	15, 56
Rota (North Mariana Islands)	羅塔島	77, 91
Russia	俄國	41, 62
Siberia	西伯利亞	52, 62, 85
St. Petersburg	聖彼得堡	41
Saipan (Palau)	塞班島	77, 91
Samoa	薩摩亞	21

Seychelles	塞席爾	35, 135, 137, 176, 178, 183
Singapore	新加坡	136, 185
South Africa	南非	6, 16, 19, 23, 46, 65, 71, 99, 135, 168, 169, 175, 187
Western Cape Province	西開普省	175
South America	南美	26, 44, 47, 52, 65, 69, 72, 73, 103, 115, 145, 152, 162, 166, 168, 179
South Pacific	南太平洋	2, 3, 5, 12, 21, 34, 150, 187
South-East Asia	東南亞	69, 72, 141
Southern Asia	南亞	170
Spain	西班牙	25
Sri Lanka	斯里蘭卡	22, 168
St. Helena	聖海倫娜島	128, 135, 166
St. Kitts Nevis	聖基茨島與尼維斯島	71
Sudan	蘇丹	172
Sweden	瑞典	186
Switzerland	瑞士	174
Bern	伯恩	174
Taiwan	台灣	98, 165
Thailand	泰國	69
Tierra del Fuego	火地島	70
Tinian (Northern Mariana Islands)	天寧島	77
Trinidad (Trinidad and Tobago)	千里達 (千里達與多巴哥)	124, 154
Port of Spain	西班牙港	154
UK (England)	英國	19, 35, 50, 70, 80, 103, 147, 156, 166, 184, 186
US Virgin Islands	美屬維京群島	25
USA	美國	1, 6, 7, 11, 13, 17, 18, 19, 20, 22, 24, 25, 26, 27, 28, 30, 37, 39, 40, 43, 44, 47, 49, 50, 51, 52, 53, 55, 62, 64, 67, 68, 71, 72, 76, 82, 85, 90, 93, 95, 97, 114, 115, 122, 131, 146, 147, 151, 152, 153, 156, 168, 169, 170, 179, 184, 186, 187
Agua Hedionda Lagoon	在阿瓜 · 黑地翁達瀉湖	26
Alaska	阿拉斯加	161
Cabrillo Power Plant I	卡布利洛發電一廠	26
California	加州	19, 25, 26, 27, 76, 90, 95, 97, 99, 140, 143, 144, 169, 175
Carlsbad	卡爾斯巴德	26
Cayucos	卡幽寇斯	99
Eastern USA	美國東部	67, 146

Everglades	大沼澤地	146
Florida	佛羅里達州	18, 25, 27, 40, 71, 72, 114, 146, 147, 151, 152, 170
Hawaii (see Hawaii)	夏威夷	見夏威夷
Hollywood	好萊塢	151
Illinois	伊利諾州	44
Maine	緬因州	27, 76, 169
Miami	邁阿密	151
Mississippi	密西西比河	67
Nebraska	內布拉斯加州	140
Nevada	內華達	156
New York	紐約	44, 68
North Carolina	北卡羅來納州	25, 30
North Dakota	北達科他州	6, 24
North-East USA	美國東北部	43, 68, 131, 143
San Diego	聖地牙哥	26
San Francisco Bay	舊金山灣	79, 80, 90, 97, 144, 169
South Carolina	南卡羅來納州	30
South-East USA	美國東南部	44, 64, 152
South-West USA	美國西南部	72, 152
Texas	德州	72
Washington	華盛頓州	89, 90, 92, 97
Western USA	美國西部	47, 147, 156
Vanuatu	萬那杜	47
Venezuela	委內瑞拉	103
Virgin Islands	維京群島	102
Wake Island (USA)	威克島	77
West Africa	西非	145
West Indies	西印度群島	147, 151
Zambia	尚比亞	168
Zanzibar (Tanzania)	桑吉巴 (坦尚尼亞)	137
Zimbabwe	辛巴威	168

英文名稱	中文名稱	頁次
Abalone	鮑魚	99
<i>Abutilon julianae</i>	諾福克風鈴花	150
<i>Acacia</i>	金合歡屬	23, 46, 175
<i>Acacia mearnsii</i>	黑荊	175
<i>Acacia saligna</i>	柳葉相思	175
<i>Acer</i>	楓屬	68
<i>Achatina fulica</i> (see also Giant African snail)	非洲大蝸牛	35, 43, 44, 48, 64, 114, 151
<i>Achatinella</i>	小瑪瑙螺屬	64
Acridid grasshoppers	短角蚱蜢	129
<i>Aedes albopictus</i> (see also Asian tiger mosquito)	白線斑蚊	22, 53
<i>Aesculus hippocastanum</i> (see also Horse chestnut)	七葉樹	68, 171, 174
African hunting dog	非洲獵犬	55
Africanised honeybee	非洲殺人蜂	43, 44, 51, 65
Agromyzidae	潛蠅科	51
Algae	藻類	14, 26, 53, 76, 173
<i>Alliaria petiolata</i>	蔥芥	112, 131
American chestnut	美國栗樹	146
American crayfish	美國螯蝦	49
American mink	美國水貂	50, 122, 186
Amphibians	兩棲類	14, 48
Amphipods	片腳類動物	76, 79
<i>Anas f. fulvigula</i>	北美斑鴨	147
<i>Anas platyrhynchos</i> (see also Mallard)	綠頭鴨	147, 186
<i>Anas s. superciliosa</i>	太平洋黑鴨	147
Anemones	海葵	79
Annelid worms	環節動物	76
Annonas	番荔枝屬	154
<i>Anoplolepis gracilipes</i>	長腳捷山蟻	53
<i>Anoplophora glabripennis</i> (see also Asian longhorned beetle)	光肩星天牛	7, 44, 52, 53, 68, 94
Ants	蟻類	115, 153, 181
Anurans (see also Toads)	無尾目動物	181
Apache trout	阿帕契鱒	147
Aphids	蚜蟲	53, 92, 103, 105

Arctic reindeer	北極馴鹿	70
<i>Ardisia crenata</i>	硃砂根	160
<i>Ascophyllum nodosum</i>	泡葉藻	76
Asian green mussel	綠殼菜蛤	78
Asian honeybees	亞洲蜜蜂	81
Asian longhorned beetle	光肩星天牛	7, 44, 52, 53, 68, 94
Asian tiger mosquito	白線斑蚊	22, 53
Asteraceae	菊科	73, 166
<i>Asterias amurensis</i>	北太平洋海星	104, 161
Atlantic salmon	大西洋鮭	51
Atlantic snail	大西洋螺類	76
Australian pine	木麻黃	131, 170
Autumn olive	小葉胡頹子	123
<i>Azolla filiculoides</i>	細葉滿江紅	168
Baby' s-breath	滿天星	131
<i>Bacillus thuringiensis</i>	蘇力菌	98, 114, 127, 129, 167
Bacteria	細菌	47, 129, 130, 167
Bag mussel	雲雀蛤	78
Balsam woolly adelgid	鐵杉球蚜	27
Banana	香蕉	51, 149
Bark beetle	樹皮甲蟲	53
Barn owl	倉鴉	178
<i>Bassia scoparia</i>	地膚	148
Bats	蝙蝠	156, 177
Beagle	米格魯	82
<i>Beauveria brongnartii</i> (see also Fungi)	布氏白僵菌	36
Beavers	海狸	49, 70
Beetles	甲蟲	36, 48, 52, 68, 129, 167, 181
Bellbird	鈴鳥	84
Bilharzia	血吸蟲病	145, 162
Birches	樺樹	68
Bird-eating spiders	食鳥蛛	51
Birds	鳥類	14, 21, 22, 34, 35, 45, 48, 49, 50, 77, 84, 92, 120, 130, 133, 150, 156, 159, 160, 164, 169, 176, 177, 178, 183, 186
Bison	北美野牛	22, 55
Bivalves	雙殼綱	78, 79, 161, 165, 169
Black guillemot	黑海鴿	186

Black locust	洋槐	68
Black rat (see also <i>Rattus rattus</i>)	黑鼠	164, 176, 183
Black striped mussel (see also <i>Mytilopsis</i>)	黑條紋貽貝	54, 78, 90, 92, 107, 114, 123, 126, 165
Blackflies	蚋	129, 167
Black-headed gull	紅嘴鷗	186
Black-necked stork	黑頸鶴	181
Bloodworm	血蟲	76
Blue mahoe	高紅槿	102, 154
<i>Boiga irregularis</i> (see also Brown tree snake)	褐樹蛇	7, 27, 53, 57, 77, 91, 122, 130
<i>Bonamia ostreae</i>	波納米亞蟲病	79
Box elder maple	葉楓	68
Brazilian pepper	巴西胡椒木	1
Brook trout	溪鱒	147
Brown tree snake	褐樹蛇	7, 27, 53, 57, 77, 91, 122, 130
Brown trout	棕鱒	49, 55
Brush-tailed possum	刷尾負鼠	137
Bryophytes	苔蘚植物	173
Bryozoans	苔蘚蟲類	55, 79
<i>Bufo marinus</i> (see also Cane toad)	蔗蟾	48, 110, 128, 137, 181
Bull trout	公牛鱒	147
Burros	驢子	156
Cacao	可可	92, 102, 154
<i>Cactoblastis cactorum</i>	仙人掌螟蛾	48, 71
Calicivirus	杯狀病毒	130
<i>Camellia sinensis</i>	茶	160
<i>Cameraria ohridella</i> (see also Horse chestnut leafminer)	七葉樹潛葉蛾	132, 135, 171, 174
Cane toad	蔗蟾	48, 110, 128, 137, 181
<i>Carcinus maenas</i> (see also Green crab)	歐洲綠蟹	89, 92, 97, 104, 130, 169
<i>Castanea dentata</i>	美國栗樹	146
<i>Casuarina equisetifolia</i>	木麻黃	131, 170
Catfishes	鯰魚	72
Cats	貓	35, 91, 135, 150, 156, 159, 176
Cattle (see also Cow)	牛	22, 24, 55, 73, 91, 115, 147, 152, 153, 157, 173
<i>Caulerpa taxifolia</i> (see also Green seaweed)	杉葉蕨藻	19, 25, 26,
<i>Cenchrus ciliaris</i>	水牛草	158

Centipede	蜈蚣	150
<i>Ceratocystis ulmi</i>	荷蘭榆樹病	85
<i>Cervus timorensis</i>	水鹿	160
Chestnut blight	栗疫病	85, 112, 146
Chinese guava (see also <i>Psidium cattleianum</i>)	草莓番石榴	35, 160
Chinese tallow	烏	27
<i>Chromolaena odorata</i> (see also Chromolaena weed and Siam weed)	香澤蘭	81, 91, 100, 114, 115, 117, 118, 137, 149, 155, 157
Chromolaena weed(see also <i>Chromolaena odorata</i>)	香澤蘭	81, 91, 100, 114, 115, 117, 118, 137, 149, 155, 157
Cichlids	麗魚科	72
<i>Cinara cupressi</i>	柏蚜	94, 105
Citrus	柑橘	103
Citrus blight	柑橘立枯病	103
Citrus canker	柑橘潰瘍病	81
Citrus tristeza virus	柑橘萎縮病	53, 92, 103
Clam worm (see <i>Nereis virens</i>)	蛤蟲	76
Clams	蛤類	76, 79
<i>Claoxylon linostachys</i>	假鐵莧	160
<i>Clematis vitalba</i>	葡萄葉鐵線蓮	47, 137
<i>Clemora smithi</i>	甘蔗白蟻蝽	36, 52
<i>Clidemia hirta</i>	毛野牡丹	160, 185
Closterovirus	黃化絲狀病毒屬	103
Coccinellid beetle	瓢蟲科	15, 166
<i>Cochliomyia hominivorax</i> (see also Screwworms)	新世界螺旋蠅	152
<i>Codium fragile tomentosoides</i>	大葉藻	76
Coffee leaf rust	咖啡葉銹病	92
Coleoptera (see also beetles)	鞘翅目	129, 167
<i>Commidendrum robustum</i>	膠樹	166
Common eider	絨鴨	186
Common merganser	川秋沙	186
<i>Congerina sallei</i> (see <i>Mytilopsis</i>)	沙篩貝	78, 107, 165
Convict cichlid	九間波羅	72
Copepods	橈腳類動物	76, 79
<i>Coracopsis nigra</i> (see also Seychelles black parrot)	塞席爾黑鸚鵡	120, 183
Corals	珊瑚	25

Cord grass (see also <i>Spartina grass</i> and <i>Spartina alternifolia</i>)	米草屬	53, 54, 97
<i>Cordia alliodora</i>	蒜味破布木	47
<i>Cormocephalus coynei</i>	菲利浦蜈蚣	150
Cotton	棉花	22, 30
Cow (see also Cattle)	乳牛	24
Crabs	蟹類	76, 79, 97, 130, 167
<i>Crassostrea gigas</i>	長牡蠣	79, 80
Cricket	蟋蟀	150
Crocodiles	鱷魚	49, 145, 162, 165
<i>Cronartium ribicola</i>	白松疱銹病	85
Crows	烏鴉	137
Crustacean	甲殼綱動物	132
<i>Cryphonectria parasitica</i> (see also Chestnut blight)	栗疫病	85, 112, 14
Cypress	柏	105
Cypress aphid	柏蚜	94, 105
<i>Cyrtobagous salviniae</i>	槐象鼻蟲	168, 179
<i>Cytisus scoparius</i>	金雀花	47
<i>Dasyurus hallucatus</i>	袋鼬	181
Deer	鹿	22, 35, 48, 50, 55, 131, 160
<i>Desmanthus virgatus</i>	多枝草合歡	160
Dingo	澳洲野犬	181
Dinoflagellates	腰鞭毛蟲	79, 104
<i>Dioscorea</i>	薯蕷屬	185
Diptera (see also Mosquitoes)	雙翅目	129, 167
Dogs	狗、犬	35, 55, 58, 82, 96, 117, 125, 181, 186
<i>Dothidella ulei</i> (see also South American leaf blight)	南美葉枯病	44, 69
<i>Dreissena polymorpha</i> (see also Zebra mussel)	斑馬紋貽貝	1, 7, 22, 27, 40, 44, 54, 67, 107
Dungeness crabs	黃金蟹	169
Dutch elm disease	荷蘭榆樹病	85
Echo parakeet	回聲鸚鵡	166, 177
Eelgrass	鰻草	26, 80
<i>Eichhornia crassipes</i> (see also Water hyacinth)	布袋蓮	22, 86, 112, 121, 123, 145, 162, 168, 172
<i>Elaeagnus umbellata</i>	小葉胡頹子	123
Elapid snakes	眼鏡蛇	181
Elk	美洲赤鹿	22, 55

Elms	榆樹	68
<i>Endothia parasitica</i> (see also Chestnut blight)	栗疫病	85, 112, 146
Equids	馬科	156
Eucalypts (see also <i>Eucalyptus</i>)	尤加利屬	23, 43, 46, 47, 175
<i>Eucalyptus</i> (see also Eucalypts)	尤加利屬	23, 43, 46, 47, 175
<i>Euglandina rosea</i> (see also Rosy wolfsnail)	玫瑰狼蝸	27, 43, 48, 64, 151
<i>Eupatorium pallescens</i>	假澤蘭	160
<i>Euphorbia esula</i> (see also Leafy spurge)	乳漿大戟	6, 16, 22, 24, 27, 131
European beaver	歐洲海狸	49
European crayfish	奧斯塔歐洲螯蝦	49
European mink	歐洲水貂	50, 186
Fabaceae	豆科	83
<i>Fallopia japonica</i>	日本虎杖	124
<i>Festuca arundinacea</i>	高狐草	46
Fire ant	火蟻	44, 115, 153
Fish	魚類	1, 14, 17, 40, 45, 49, 50, 51, 72, 91, 92, 114, 119, 123, 125, 127, 132, 145, 161, 162, 172
Flathead catfish	扁頭鯰魚	27
Flatworm	扁蟲	79
Flies	蒼蠅	129, 167
Florida mottled duck	北美斑鴨	147
Freshwater crocodile	淡水鱷	181
Frogs	青蛙	181
Fruit flies	果蠅	51, 81, 114
Fungi	真菌	14, 36, 85, 122, 129, 130
Garlic mustard	蔥芥	112, 131
Gastropoda (see also Snails)	腹足綱	76
Geckos	壁虎	159
Ghost bat	澳洲假吸血蝠	181
Giant African snail (see also <i>Achatina fulica</i>)	非洲大蝸牛	35, 43, 44, 48, 64, 114, 151
Giant fan worm	歐洲扇蟲	104
Giant land snails	巨陸蝸	126
Gila trout	吉拉鱒	147
<i>Globodera rostochinensis</i>	黃金線蟲	52
<i>Glycera dibranchiata</i>	血蟲	76
<i>Glyceria declinata</i>	垂田茅	173

<i>Glyceria fluitans</i>	蔗田茅	173
Goats	山羊	48, 91, 150, 159
Golden nematode	黃金線蟲	52
Goldfish	金魚	72
Gracillariidae	潛葉蛾科	171
Grasses	禾本科、禾草	30, 75, 83, 145, 149, 158, 173
Green ash	綠欉	68
Green crab	綠蟹	27, 76, 89, 92, 97, 104, 130, 169
Green seaweed (see also <i>Caulerpa taxifolia</i>)	綠海藻	6, 25
Grey duck	太平洋黑鴨	147
Grey squirrel	灰松鼠	116, 184
Greylag goose	灰雁	186
Guenther's gecko	圓島日光壁虎	159
Gulls	海鷗	186
Gumwood	膠樹	166
<i>Gypsophila paniculata</i>	滿天星	131
Gypsy moth	吉普賽舞蛾	22, 43, 44, 51, 85
<i>Hakea</i>	哈克木屬	23
<i>Hakea sericea</i>	哈克木	175
<i>Haplosporidium nelsoni</i>	尼氏單孢子蟲症	79
Hawaiian duck	夏威夷鴨	147
<i>Hevea brasiliensis</i> (see also Rubber)	橡膠樹	44, 69, 92, 185
Hibiscus	木槿屬	102, 150, 154
<i>Hibiscus elatus</i> (see also Blue mahoe)	高紅槿	154
<i>Hibiscus insularis</i>	菲利普木槿	150
Hibiscus mealybug	桑粉介殼蟲	51, 52, 91, 95, 96, 102, 115, 124, 154
Hihi	縫葉吸蜜鳥	84
<i>Homalanthus populifolius</i>	雨傘樹	160
Honeybees (see also Africanised h.)	蜜蜂	65
Honeyeaters	食蜜鳥	84
<i>Hoplochelus marginalis</i>	馬達加斯加鰓金龜	36
Horse chestnut	七葉樹(馬栗)	68, 171, 174
Horse chestnut leafminer (see also <i>Cameraria ohridella</i>)	七葉樹潛葉蛾	132, 135, 171, 174
Horses	馬	156, 157
House crow	家烏鴉	137

House mouse	小家鼠	91
House sparrow	家雀	49
Hydrilla	水王孫屬	22, 27
Hydroids	水螅	79
<i>Hyperaspis pantherina</i>	豹紋顯盾瓢蟲	166
<i>Hypnobartlettia fontana</i>	冷泉蘚	173
<i>Hyptis suaveolens</i>	香苦草	158
Insects	昆蟲	1, 18, 36, 40, 51, 52, 53, 59, 62, 68, 73, 75, 85, 91, 92, 98, 102, 113, 114, 122, 123, 124, 125, 127, 128, 129, 135, 152, 159, 166, 167, 168, 170, 171, 174
Isopods	等腳類	76
Jacaranda	藍花楸	166
Jack Dempsey	珍珠豹	72
Japanese brown alga	日本褐藻	55, 80
Japanese Knotweed	日本虎杖	124
Japanese oyster	長牡蠣	79, 80
Japanese seaweed	裙帶菜	104
Jewelfish	珠寶魚	72
Johnson grass	詹森草	147
<i>Juncus microcephalus</i>	南美燈草	173
Kaka	卡卡鸚鵡	84
Kakariki	小鸚鵡	84
Kamptozoon	內肛動物門	79
Kochia	地膚	148
kudzu	葛藤	1, 47
<i>Lantana</i>	馬櫻丹屬	160, 166
<i>Lantana camara</i>	馬櫻丹	1, 47, 147
<i>Lantana depressa</i>	矮生馬櫻丹	147
Larch	落葉松	85
<i>Larix</i>	落葉松屬植物	85
Leafy spurge	乳漿大戟	6, 16, 22, 24, 27, 131
Lepidoptera	鱗翅目	129, 167, 171
<i>Ligustrum robustum</i>	蟲蠟樹	35, 160
<i>Litsea</i>	木薑子屬	160
<i>Littorina saxatilis</i>	玉黍螺	76
Lizards	蜥蜴	35, 77, 91, 122, 181
Locusts	蝗蟲	129
Long-legged ant	長腳捷山蟻	53

- Lymantria dispar* (see also Gypsy moth) 吉普賽舞蛾 22, 43, 44, 51, 85
- Lymantria monacha* 修女蛾 85
- Macaca* 獼猴 35
- Maconellicoccus hirsutus* (see also Hibiscus mealybug) 桑粉介殼蟲 51, 52, 91, 95, 96, 102, 115, 124, 154
- Maize 玉米 30
- Mallard 綠頭鴨 147, 186
- Malvaceae 錦葵科 154
- Mammals 哺乳類動物 1, 14, 22, 45, 48, 49, 50, 77, 91, 92, 96, 114, 115, 116, 130, 131, 137, 138, 156, 164, 181
- Mango 芒果 81, 102
- Mangroves 紅樹林 170
- Maple 楓樹 68
- Marsupials 有袋目哺乳動物 181
- Mauritian Kestrel 模里西斯隼 120, 177
- Mealybugs 粉介殼蟲 51, 124
- Melaleuca quinquenervia* (see also Paper-bark tree) 白千層 112, 146
- Metarhizium anisopliae* 黑殭菌 129
- Mice 小鼠 91, 150, 159
- Miconia* (see also *Miconia calvenscens*) 米氏野牡丹 6, 7, 26, 27, 29, 47, 52, 74, 101, 118, 126, 137, 138, 158, 163
- Miconia calvenscens* (see also *Miconia*) 米氏野牡丹 6, 7, 26, 27, 29, 47, 52, 74, 101, 118, 126, 137, 138, 158, 163
- Midas cichlid 橘色雙冠麗魚 72
- Mikania micrantha* 小花蔓澤蘭 185
- Millet 小米 30
- Mimosa 含羞草屬 182
- Mimosa pigra* 刺軸含羞草 158, 182
- Mimosa pudica* 美洲含羞草 160
- Mink 水貂 50, 122, 186
- Mites 蟎類 18, 51, 76
- Mollies 茉莉魚 72
- Mollusca (see also Molluscs) 軟體動物門 79
- Molluscs (see also Mollusca) 軟體動物 40, 67, 167
- Mongoose 貓鼬 35, 128
- Monkeys 猴子 35
- Mosquitoes 蚊子 22, 53, 81, 129, 145, 167
- Moss 蘚類 19, 173

Mulberry	桑樹	68
<i>Mus musculus</i>	小家鼠	91
<i>Musculista</i>	Musculista 屬	78
Mussels (see also Bivalves)	貽貝	67, 76, 78, 79, 107, 165, 169
<i>Mustela</i>	鼬屬	50
<i>Mustela lutreola</i>	歐洲水貂	50, 186
<i>Mustela vison</i> (see also American mink)	美國水貂	50, 122, 186
<i>Mytilopsis</i> (see also Black striped mussel)	仿貽貝屬	78, 107, 126, 165
Myxoma virus	黏液瘤病毒	130, 150
<i>Nassella trichotoma</i>	針茅草	52
Nematodes	線蟲	85, 129
<i>Neochetina bruchi</i>	普吉象鼻蟲	168
<i>Neochetina eichhorniae</i>	布袋蓮象鼻蟲	168
<i>Neohydronomus affinis</i>	萵葉象鼻蟲	168
<i>Nereis virens</i>	蛤蟲	76
<i>Nesitathra philipensis</i>	菲利普蟋蟀	150
<i>Nesoenas mayeri</i> (see also Pink pigeon)	粉鴿	160, 177
North American beaver (see also Beavers)	北美海狸	70
Northern Pacific seastar	北太平洋海星	104, 161
Northern quoll	袋鼬	181
Norway maple	挪威楓	68
Nun moth	修女蛾	85
Okra	秋葵	102
Old man's beard	葡萄葉鐵線蓮	47, 137
Oligochaete worms	貧毛綱蠕蟲	79
<i>Onchorhynchus</i>	太平洋鮭屬	51
<i>Oncorhynchus mykiss</i> (see also Rainbow trout)	麥奇鈎吻鮭	147
Opisthobranchs	後鰓目軟體動物	79
<i>Opuntia</i>	團扇仙人掌屬	71
<i>Opuntia spinosissima</i>	多刺團扇仙人掌	71
<i>Orgyia thyellina</i> (see also White-spotted tussock moth)	白斑毒蛾	89, 98, 113
<i>Orthezia insignis</i>	旌介殼蟲	166
Orthezia scale	旌介殼蟲屬	166
Oscar	眼斑星麗魚	72
Ostracode	介形亞綱動物	79

<i>Otala lactea</i>	美洲陸蝸牛	64
Oysters	牡蠣	53, 55, 79, 80
Pacific oyster (see also <i>Crassostrea gigas</i>)	長牡蠣	79, 80
Pacific rat (see also <i>Rattus exulans</i>)	太平洋鼠	102, 164
Pacific salmon	太平洋鮭	51
Paper-bark tree	白千層	112, 146
Parapoxvirus	副痘病毒屬	184
Parrots	鸚鵡	84, 178
<i>Parthenium hysterophorus</i> (see also Parthenium weed)	銀膠菊	47, 51, 52, 73
Parthenium weed	銀膠菊屬植物	47, 51, 52, 73
<i>Partulina</i>	帕圖尼那屬	64
Peach tree	桃樹	98
<i>Pennisetum polystachion</i>	牧地狼尾草	158
<i>Perna veridis</i>	綠殼菜蛤	78
<i>Peromyscus</i>	白足鼠屬	91
<i>Petromyzon marinus</i>	海生八目鰻	56
Pigs	豬	35, 48, 50, 117, 126, 150, 157, 160
Pile worm (see <i>Nereis virens</i>)	多毛蟲	76
Pines (see also <i>Pinus</i>)	松	22, 23, 46, 47, 86, 131, 160, 170
Pink pigeon	粉鴿	160, 177
<i>Pinus</i> (see also Pines)	松屬	22, 23, 46, 47, 86, 131, 160, 170
<i>Pinus pinaster</i>	海岸松	175
<i>Pinus radiata</i>	輻射松	175
<i>Pistia stratiotes</i>	水芙蓉	168
Platies	滿魚	72
Plums	梅子	102
Poaceae (see also Grasses)	禾本科	30, 75, 83, 145, 149, 158, 173
Polychaete worms	多毛綱蠕蟲	79
<i>Pomacea</i>	瓶螺屬	64
Poplars	楊樹	68
Portunid crab	梭子蟹屬	169
Possums	負鼠	137
Privet (see also <i>Ligustrum robustum</i>)	蟲蠟樹	35, 160
Prosopis	牧豆樹屬	23
Protozoan	原蟲	79, 129
<i>Psidium cattleianum</i>	草莓番石榴	35, 160

<i>Psittacula echo</i> (see also Echo parakeet)	回聲鸚鵡	166, 177
<i>Pueraria lobata</i>	葛藤	1, 47
Purple loosestrife	千屈菜	27
Rabbit	兔子	48, 70, 114, 116, 118, 130, 150, 159
Rabbit flea	兔蚤	150
Racoon	浣熊	53
Rainbow lorikeet	彩虹吸蜜鸚鵡	49, 62, 84
Rainbow trout	虹鱒	55, 147
Rats	大鼠	1, 34, 64, 87, 91, 92, 102, 114, 126, 135, 150, 159, 164, 176, 183
<i>Rattus</i>	大鼠屬	1, 34, 64, 87, 91, 92, 102, 114, 126, 135, 150, 159, 164, 176, 183
<i>Rattus exulans</i>	太平洋鼠	102, 164
<i>Rattus norvegicus</i>	褐鼠	164, 176
<i>Rattus rattus</i>	黑鼠	164, 176, 183
<i>Ravenala madagascariensis</i>	旅人蕉	160
Red fox	紅狐	116, 118
Red maple	紅楓	68
Red squirrel	紅松鼠	184
Red-crowned parakeet	紅額鸚鵡	84
Reptiles	爬蟲類	14, 22, 77, 91, 96, 121, 134, 159, 164, 177, 178
Rhizocephalan barnacle	根頭目藤壺	169
<i>Rhododendron ponticum</i>	彭士杜鵑	129
Rice	稻米	30, 145
Rodents	齧齒目動物	21, 91, 96, 102, 106, 164, 184
<i>Rorippa nastustrium-aquaticum</i>	豆瓣菜	173
Rosy wolfsnail (see also <i>Euglandina rosea</i>)	玫瑰狼蝸	27, 43, 48, 64, 151
Round Island boa	圓島蚺	159
Rubber	橡膠樹	44, 69, 92, 185
Rubber blight	橡膠樹枯萎病	92
<i>Rubus alceifolius</i>	羽萼懸鉤子	35, 160
<i>Rubus roseifolius</i>	刺莓	160
Rush	燈草	173
<i>Sabella spallanzanii</i>	歐洲扇蟲	104
Sabellid polychaet	多毛綱纓鰓蟲科	99, 114

<i>Sacculina carcini</i>	蟹奴	169
<i>Salmo salar</i>	大西洋鮭	51
Salmon	鮭魚	51
<i>Salvelinus confluentus</i>	公牛鱒	147
<i>Salvelinus fontinalis</i>	溪鱒	147
<i>Salvinia auriculata</i>	南美大塊葉蘋	168
Salvinia fern (see also <i>Salvinia molesta</i>)	人厭槐葉蘋	137, 158, 168, 179
<i>Salvinia molesta</i> (see also <i>Salvinia fern</i>)	人厭槐葉蘋	137, 158, 168, 179
Samaan trees	雨豆樹	102, 154
Sand worm (see <i>Nereis virens</i>)	沙蟲	76
Sargassaceae	馬尾藻科	80
<i>Sargassum muticum</i> (see also Japanese brown alga)	海黍子馬尾藻	80
Scale insects	介殼蟲	51, 124
<i>Schinus terebinthifolius</i>	巴西胡椒木	1
<i>Sciurus carolinensis</i>	灰松鼠	116, 184
<i>Sciurus vulgaris</i>	紅松鼠	184
Scorpions	蠍子	53
Scotch broom	金雀花	47
Screwworms	螺旋蠅	81, 114, 122, 127, 152
Sea lamprey	海生八目鰻	56
Sea squirts	海鞘	79
Sea-fans	海扇	25
Seagrass	海草	25, 26, 80
Seastars	海星	104, 123, 125, 126, 161
Seaweeds	海藻	19, 55, 76, 79, 80
Serrated tussock grass	針茅草	52
Seychelles black parrot	塞席爾黑鸚鵡	120, 183
Shattercane	野高粱	147
Sheep	羊	79
Shellfish	貝類	78, 79, 161, 165
Shore crab	濱蟹	169
Shrews	鼯鼠	35
Siam weed (see also <i>Chromolaena odorata</i>)	香澤蘭	81, 91, 100, 114, 115, 117, 118, 137, 149, 155, 157
<i>Sida acuta</i>	細葉金午時花	158
Silver maple	銀楓	68
Simuliidae (see also Blackflies)	蚋科	129, 167
Skinks	小蜥蜴	159

Small Indian mongoose	印度小貓鼬	48
Smooth cord-grass	互米花草	147
Snails	蝸牛	35, 43, 44, 48, 64, 76, 79, 113, 114, 124, 145, 151
Snakes	蛇	7, 21, 27, 35, 53, 57, 77, 91, 92, 96, 122, 130, 145, 162, 181
Soft-shell clam	沙海螂	169
<i>Solenopsis invicta</i>	入侵紅火蟻	44, 115, 153
Songbird	鳴鳥	49
Sorghum	高粱	30, 147
<i>Sorghum halepense</i>	詹森草	147
Sorrel	酸模	102
Sour orange	酸橙	103
Soursop	刺番荔枝	102
South American leaf blight	南美葉枯病	44, 69
South-American fire ants	入侵紅火蟻	44, 115, 153
Soybeans	大豆	30
<i>Spartina alternifolia</i> (see also Cord grass and <i>Spartina</i> grass)	互花米草	147
<i>Spartina anglica</i>	大米草	147
<i>Spartina</i> grass (see also Cord grass)	米草屬	53, 54, 97
<i>Spartina maritima</i>	歐洲米草	147
<i>Spartina x townsendii</i>	不孕種唐氏米草	147
Sponges	海綿	25, 79
Spotted tilapia	斑點慈鯛	72
Squirrels	松鼠	22, 116, 184
<i>Stachytarpheta jamaicensis</i>	牙買加長穗木	160
Starling	歐椋鳥	49
<i>Stenopelmus rufinusus</i>	樹幹甲蟲	168
Sternorrhyncha	胸喙亞目	51
Stitchbird	縫葉吸蜜鳥	84
<i>Striga asiatica</i>	獨腳金	30
Sugar cane	甘蔗	12, 30, 36, 48, 52, 54, 81, 100, 129, 132, 149
Sugar cane white grub	甘蔗白蟻蟻	52
Sugar maple	糖楓	68
<i>Sus scrofa</i> (see also Pigs and Wild boar)	野豬	50, 126, 157, 160
Swordtails	劍尾魚	72
Sycamore maple	西卡蒙楓	68

<i>Syzygium jambos</i>	蒲桃	160
Tall fescue	高狐草	46
Tamarisk	檉柳屬	27
Teak	柚木	102, 154
Telfair's skink	泰菲爾氏小蜥蜴	159
Tenrecs	無尾蝟	35
Termites	白蟻	181
Terrapins	水龜	49
Thrips	薊馬	51
Toads	蟾蜍	35, 48, 181
<i>Toxoptera citricidus</i>	大桔蚜	103
<i>Trichoglossus haematodus</i> (see also Rainbow lorikeet)	彩虹吸蜜鸚鵡	49, 62, 84
<i>Tridax procumbens</i>	長柄菊	158
Tufted duck	鳳頭潛鴨	186
Tui	蜜雀	84
<i>Undaria pinnatifida</i>	裙帶菜	104
Ungulates	有蹄類動物	48
Varanid lizards	巨蜥屬	181
Velvet scoter	黑海番鴨	186
Ver blanc	白蟻蟻	36
<i>Vibrio cholerae</i>	霍亂弧菌	53, 54
Viruses	病毒	11, 92, 103, 129, 130, 150, 184
Wakame	裙帶菜	104
Water fern	水蕨類	168
Water hyacinth	布袋蓮	22, 86, 112, 121, 123, 145, 162, 168, 172
Water lettuce	水芙蓉	168
Water vole	水鼠	50
Watercress	豆瓣菜	173
Weevils	象鼻蟲	168, 179
White grub	白蟻蟻	36
White pine blister rust	白松疱銹病	85
White-spotted tussock moth	白斑毒蛾	89, 98, 113
<i>Wikstroemia indica</i>	南嶺蕘花	160
Wild boar (see also Pigs and Sus scrofa)	野豬	50, 126, 157, 160
Willows	柳樹	68
Witches broom	簇葉病	92
Witchweed (see also <i>Striga asiatica</i>)	巫婆草	6, 11, 30

Wolf snake	白環蛇	35
Yellow-crowned parakeet	黃額鸚鵡	84
Zebra mussel	斑馬紋貽貝	1, 7, 22, 27, 40, 44, 54, 67, 107
<i>Zostera marina</i> (see also Seagrass)	鰻草	80

Mooney, H.A. and R. J. Hobbs (eds). 2000. *Invasive Species in a Changing World*. Island Press, Washington, D.C.

Perrings, C., M. Williamson, and S. Dalmazzone (eds.). 2000. *The Economics of Biological Invasions*. Cheltenham, UK, Edward Elgar Publishing.

Shine, C., N. Williams, and L. Gundling. 2000. *A Guide to Designing Legal and Institutional Frameworks on Alien Invasive Species*. IUCN Gland, Switzerland, Cambridge and Bonn.

Lowe, S. M., Browne, S. Boudjelas, and M. DePoorter. 2001. *100 of the World's worst Invasive Alien Species, a selection from the Global Invasive Species Database*. IUCN-ISSG, Auckland, New Zealand.

McNeely, J.A., H.A. Mooney, L.E. Neville, P. Schei, and J.K. Waage (eds.) 2001. *A Global Strategy on Invasive Alien Species*. IUCN Gland, Switzerland, and Cambridge, UK.

McNeely, J.A. (ed.). 2001. *The Great Reshuffling: Human Dimensions of Invasive Alien Species*. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.

Wittenberg, R. and M.J.W. Cock (eds.) 2001. *Invasive Alien Species: A Toolkit of Best Prevention and Management Practices*. CAB International, Wallingford, Oxon, UK.

Mooney, H.A., J.A. McNeely, L.E. Neville, P.J. Schei and J.K. Waage (eds). *Invasive Alien Species: Searching for Solutions*. Island Press, Washington, D.C. (volume in preparation).

Ruiz, G., and J. T. Carlton (eds). *Pathways of Invasions: Strategies for Management across Space and Time*. Island Press, Washington, D.C. (volume in preparation).