

人類活動對島嶼生物多樣性之影響

蔡慧敏

國立台灣大學地理學研究所

一、前言

海洋島嶼的生物特有種比例遠較大陸地區為高、物種滅絕速率亦大，島嶼生物及其環境之保育為生物多樣性保育中不可忽視的一環 (Vitousek, 1995)。長久以來，島嶼一直是吸引著地理學、生物學、生態學、人類學、歷史學、經濟學等學域的觀察及研究。對自然學者而言，島嶼常被自然學者視為小尺度的空間實驗室，可在有限面積及有邊界範圍內，對生命體之分布現象與自然法則進行比較研究 (Wallace, 1880)。島嶼研究所發展出的理論及其應用，對演化、生態、生物地理、環境經營管理等各學域均有貢獻，例如：加拉巴哥群島 (Galapagos) 生物之遺傳變異現象啟發了達爾文(Charles Darwin)的演化論；東印度群島(East Indies)的生物分布為華萊士(Alfred R. Wallace)等研究者開啟了生物地理研究；而 MacArthur 與 Wilson 相繼於 1963 年提出「島嶼動物地理學平衡理論」、1967 年出版了「島嶼生物地理學理論」後，則激發了一代生態及生物地理學者，紛往島嶼驗證物種遷移、分布、平衡之原理，進而將此島嶼理論應用於棲地島 (habitat islands)，如：陸域的高山、國家公園、保護區等，或是海域的珊瑚礁等生物棲息地之資源保育相關研究 (Gorman, 1979; Goedon, 1979; Kent, 1987)。

島嶼生態現象之呈現，有如「大自然的實驗室」。例如，位於印尼蘇門答臘及爪哇島間的喀拉喀多島 (Krakatau) 就是典型的「實驗室」例子。1883 年，該島因火山噴發毀滅了島上所有生物，在當地政府刻意管制人類進出 (科學家除外) 的保存與研究計畫下，提供了一百餘年島嶼生態重建過程之完整研究記錄，並為生態學及生物地理學提供理論建構之基礎 (Thornton, 1996)，也讓人們有機會觀察島嶼物種重新組成及生物多樣性的回復過程 (Wilson, 1992)。

然而，全世界已很少類如喀拉喀多島般未經人類活動干擾的島嶼，而島嶼物種一經外界干擾，滅絕速率則十分驚人。經過近代與古生物對比研究，自十七世紀後，地球上 90% 的鳥類、爬蟲類、兩生類及幾乎一半的哺乳類之滅絕皆發生在島嶼上，主要原因是人類之移居與外來種的引入 (Atkinson, 1989)。Morgan 及 Woods (1986) 在其對於西印度群島的研究中，亦估計自 4500 年前人類抵達這些群島後，約 37 種非飛翔的哺乳類滅絕；Olson 及 James (1982) 則估計 50% 的夏威夷原生鳥種在波里尼西亞人 (夏威夷原住民) 抵達後陸續滅絕；而自歐洲人航海盛行後，物種滅絕更加快速，全球約 93% 滅絕的鳥類種類為島嶼鳥類 (Gorman, 1979)。因此，島嶼生物之保育是生物多樣性保育極重要之一環；

而了解人類活動對島嶼生物多樣性之影響，則是保育的前題。

本文僅就島嶼生物多樣性之研究趨勢、島嶼生物特色、影響島嶼生物相之因素、人類活動的影響、以及台灣地區離島分布與生物多樣性保育問題等，作一初步回顧，供未來研究之參考。

二、島嶼生物多樣性研究趨勢

早自航海時代，島嶼生物之獨特與多樣性即吸引了自然學者之好奇。而島嶼生態系之脆弱物種滅絕之快速，亦引起保育界之關注。相關研究取向如下：

(一) 島嶼物種研究取向

Adrsersen (1995)將島嶼生物相之研究分為古典及現代兩個階段，其研究取向包括：

1. 古典研究取向

島嶼物種個體現象研究：又稱為「多多鳥研究法」(DoDo Approach)，以研究島嶼生物物種特徵現象為主，例如：海洋島嶼上的多多鳥及一些昆蟲，經長期與大陸地區隔絕後有喪失原有飛行及傳佈能力之特化現象；此種因地理環境分隔與適應而有之特化現象，是海洋島嶼生物的特徵之一 (Carlquist, 1965)。

島嶼物種間演化機制研究：又稱為「燕雀鳥研究法」(Finch Approach)，源起於達爾文在加拉巴哥群島研究燕雀鳥喙之長短與其天擇作用，而推演出演化理論。百餘年來島嶼生物在探討演化機制上仍是重要生物類群。

島嶼生物相地理分布及計量研究：1960年之前對島嶼物種現象及演化機制之研究多為定性研究，1962年Preston首先提出島嶼面積與物種數之數學模型，接著MacArthur與Wilson(1963, 1967)提出著名的島嶼生物地理理論、MacArthur(1972)進一步將島嶼生物之分布、遷移、定居、消長、競爭、平衡、滅絕等機制以簡易數學模型表達其動態變遷過程。1970-80年間研究生物相與島嶼面積及分布型態間之計量研究已蔚為風氣，並進一步衍生出保育區相關理論 (Shafer, 1990)。

2. 現代研究取向

1990年代對於島嶼的研究取向，包括三個重要趨勢 (Adrsersen, 1995)：

後族群效應研究：所謂「後族群」(metapopulation)是指由主要族群分支而出之小族群，經由若干時間之隔離，該族群已與原有族群有些差異，然而這些族群之保留，將能保障與原有族群間之基因流 (gene flow)，而免於族群滅絕之虞。除了小島嶼中之分支物種之保存外，保育學界並認為在棲地破碎化過程中，後族群及小棲地之保育，已是拯救一些物種免於滅絕之重要途徑 (Simberloff, 1997)。

生物多樣性研究：生物多樣性已被視為生態系受外界干擾時保持穩定之重要條件。島嶼生物多樣性之研究則又著重於對特有種比例、隔離效應、物種地理分布型態、種化現象與頻率方面了解。

生態系功能研究：島嶼生態系可被視為一個模式生態系 (model ecosystem)，對於生態系中隔離、干擾、消長、棲地差異性、生態系穩定性等相互關係進行研究，是了解生物多樣性生態功能的重要途徑 (Mueller-Dombois, 1981 ; Vitouseck, 1995)。

(二)「人類與島嶼」研究

由於人類活動是影響島嶼生物環境的最大因子，而在小型島嶼上，人類生活與島上所有的生態元素，如水、火、土地、植被、野生物等皆直接接觸且相互影響，島嶼也可說是人類尺度(Human scale)的生態系 (Forsberg, 1963)。有鑑於島嶼生態系之脆弱及物種消逝之危機，聯合國教科文組織 (UNESCO) 的「人與生物圈」(MAB) 計畫，自 1970 年起開始推動一系列有關島嶼的研究，期望了解人類在這些狹小而特殊之環境中「人與環境」之動態平衡關係 (Brookfield, 1980; Beller, et al., 1990)；教科文組織亦於 1989 年設「島嶼發展國際科學委員會」(International Scientific Council for Island Development) 於 1992 年出版「島嶼」期刊，以推動國際合作探討島嶼資源保育與永續發展課題 (d' Ayala, 1998)。

三、島嶼生物相特色

生活在島嶼上的生物由於經常在隔離的狀態下生活，因此在演化的過程和生活的適應上，往往和生活在大陸塊上的生物有很大差別。島嶼生物所顯現的生態特色通常有下列共同特點 (Byrne, 1980 ; 呂光洋, 1985)：

(一) 不平衡的生物相

島嶼生物的組成因受限於物種之傳播能力，往往缺乏某些類型之生物也無完整的分類群。例如：大多數海洋島嶼缺乏哺乳動物 (蝙蝠除外)，而其他物種則可能取代哺乳動物的生態地位 (niche)，加拉巴哥群島之海龜即是個例子；加拉巴哥群島的森林裡，演化成樹型的仙人掌及向日葵也取代了一般木本樹林的生態地位。而以同等面積相較，島嶼上所生存的掠食動物往往較大陸少，甚至沒有掠食性動物。

(二) 特有種化 (Speciation) 現象

島嶼生物有較高比例的特有種。島嶼生物往往由大族群分出來，原有族群往往在遷移過程喪失部份基因，使得族群原有生物特性無法顯現出來，而長期演化之族群特徵可能由最初的少數物種決定，此種現象即所謂的「先驅者定律」(Founder' s Principle)；某些生物在長期隔離後，也常失去飛行傳播能力或缺乏禦敵構造，而成特有種。而許多源生於大陸之物種傳播於島嶼後，在大陸地區之大環境下變動下已經滅絕，但其子遺種仍存在於島嶼之中。

(三) 脆弱性 (Vulnerability)

島嶼生物因缺少掠食動物或天敵，侵略性較小、擴散能力較弱，在演化過程中也往往失去逃跑與禦敵構造，因此當外來競爭者或天敵侵入時，往往不知逃避或無法適應，極易滅絕。而島嶼生物又因族群小、且活動面積小，其棲地一經侵佔、改變或破壞，則

常常無棲地移轉空間，亦易造成滅絕。

四、島嶼生物相組成的影響因素

對於島嶼生物物種組成與數量的變化，MacArthur 與 Wilson 在「島嶼生物地理學理論」(1967)中指出島嶼上之生物種數在新種的移入(immigration)與原存在種之滅絕(extinction)間維持一動態平衡(dynamic equilibrium)關係。新種的移入速率與該島嶼至種源之距離相關，原存在種之滅絕速率則與島嶼面積相關；年輕的島嶼有較少的生物物種，其物種將逐漸增加，直到移入與移除(或滅絕)過程達到平衡狀態；隨著新種之移入及原有種之移除，島上物種組成會持續性替換(species turnover)，但島上的物種總數仍大致維持不變。而在平衡時島嶼內物種總數與島嶼之面積及其與種源之距離相關，亦即面積愈大物種愈多、距離愈遠物種愈少。然而，此理論之缺陷在於過度簡化島嶼現象，並未涵蓋不同生態狀況之影響因素(Sauer, 1969)。

經分析影響島嶼物種數量與組成之相關因素，可歸納為島內環境條件(島嶼面積、生態條件)、物種來源(地理區位、散播方式)以及干擾作用等三方面因素探討其影響(蔡慧敏, 1998)，簡述於後。

(一) 島內環境條件

島嶼之環境條件決定了物種是否適合定居以及可承載數量之多寡；其環境條件包括面積與生態條件兩要素：

面積效應：

島嶼上生物物種數量隨著島嶼面積增加而增多；亦即，較大之島嶼有較多之生物。Darlington (1957) 研究西印度群島一些島嶼上的生物時發現，島嶼的面積與生物物種間存在某種比例關係，當島嶼面積減少為十分之一時，生物種數大約減少一半；若面積減少為百分之一時，則生物種數大約只剩原來的 25%。以世界各地之陸島為例，面積一千平方公里的島嶼平均有五十種鳥，而在一萬平方公里的島上則約增加一倍，即一百種鳥(Wilson, 1992)。

生態條件：

各地區島嶼並非同質性的，比較島嶼面積與物種數量之關係時，必須加入島嶼的生態條件。鳥類學者 Lack (1969, 1976) 以西印度群島鳥類研究為例，強調面積大的島嶼有較多物種數，主要是含有較多樣的棲地，島嶼上的棲地多樣性或「生態機會(ecological opportunities)」，才是決定物種多寡的主要因素。MacArthur 及 Wilson (1967) 也曾引南加勒比海群島蝙蝠種數調查結果為例，說明島上的地形、土壤、島嶼高度、森林覆蓋程度等環境多樣性之因子決定了物種之豐富度，因而提出了「面積—多樣性」模式(Area-Diversity Pattern)；也就是說，決定島嶼物種多樣性之因素不只是面積大小，更在於島上的棲地多樣性(habitat diversity)或環境異質性(environmental heterogeneity)(Williamson, 1989)。

(二) 物種來源因素

島嶼物種的組成與物種來源相關。海洋島嶼之物種來源大多來自大陸地區或其他大島；在地史曾與大陸相連的「陸橋島」，其物種則有來自海洋散播者，亦有冰河時期孑遺之特有物種。MacArthur (1972) 以南美洲巴拿馬外之 Pearl 群島及新幾內亞附近島嶼之物種統計為例，兩群島地區中較大的陸橋島上之物種幾乎都有 1/3 為冰河時期陸橋時代留下之物種，另 2/3 物種則與附近海洋島嶼相近。因此，島嶼內之物種組成與其地理位置相關，也與個別物種之散播能力相關：

島嶼的地理位置：

依據「島嶼生物地理學理論」，島嶼所在位置距離大陸或種源地區越遠，則其生物種數愈少。然而島嶼之位置、海洋洋流、氣候類型等因素對於物種之傳播與抵達影響亦大。MacArthur (1972) 曾比較陸橋島與海洋島，指出大的陸橋島保有較多大陸種源地區之原有物種，其物種數量下降亦較緩；但小的陸橋島之物種卻會快速消失。而海洋島嶼形成時島上並無生物，但因物種移入而數量漸增。經一段時間後，小的陸橋島與較遙遠的海洋島嶼約同時達到平衡點，其平衡點之物種數量雖大致相同，但物種組成與來源卻不同。

物種散播方式：

海洋對於島嶼生物有著「過濾作用」(screen effect)，物種的散播能力與對棲地條件的要求決定了該物種是否可抵達及生存於斯 (Muller-Dombois, 1981)。因此，海洋島嶼上通常缺乏一些類型的物種，如：缺少陸生哺乳動物(蝙蝠與鼠類除外)及大型爬蟲類。而島嶼與主要種源地區之間如有「踏石島」(stepping stone)，則能作為物種散播過程中的中間站，亦能增加島嶼接受物種之機會。再者，不同物種因其散播方式與定居 (colonization) 條件不同，在不同時期抵達島嶼 (Whittaker and Jones, 1994)。

(三) 干擾因素

所謂干擾 (disturbance) 是指引起一個系統的正常型態 (pattern) 發生重大變化的事件 (Forman, 1995)。對於生態系的干擾，包括自然事件 (如：颶風、火山噴發、自然野火、雷擊、蟲害、外來物種入侵等) 及人類活動 (如：耕作、伐木、噴灌、物種引入等)。

依 Krakatau 島過去 100 年的物種調查數據，Bush 及 Whittaker (1993) 指出干擾因素是影響島嶼物種組成之關鍵因素。在環境干擾的因素下，島嶼物種可能永遠無法達到平衡點。環境的中度干擾 (如颶風) 可能導致滅絕率突然升高，再漸次復原；而毀滅性干擾 (如：火山爆發或人為清除) 則會造成整體性的滅絕；移入物種與原物種間的競爭也會影響到平衡過程。無論是自然或人為的干擾，對於島嶼生態系之影響皆比對大陸地區衝擊更大，主要在於島嶼之面積過小，對於外來干擾有較快而劇烈之反應，物種之滅絕及替換率亦較高。

五、人類活動的影響

人類活動在島嶼生態系中扮演「干擾者」之角色。在島嶼生態系中，人類對物種的移入與移除是改變生物組成及多樣性的最大原因。雖然，在自然狀況下生態系原本就是動態的，物種之移入及移出是生態消長與平衡的基本現象；然而，人類的加入，導致島嶼生態系中物種移入或消除的速度大幅加快。人類活動的干擾強度與作用，與人類的文化、引進之物種、及發展形態相關。

人類文化之層面包羅萬象，而移居島嶼之人類，因其技術程度、資源利用方式、及環境態度之不同，對於島嶼生物多樣性亦有不同程度之影響。試舉例如後：

（一）早期人類之影響

海洋民族遷徙：

以太平洋島嶼為例，人類移居島嶼約自 3500 年前由靠近亞洲的太平洋西部諸島開始定居，至 1500 年前則北至夏威夷群島、東至復活島（Easter Island）南至紐西蘭群島等，大多數大洋島嶼於 1000 年前已有善於航海的波里尼西亞人（Polynesian）之足跡（Bellwood, 1980; Roberts, 1989）。早期人類在島嶼生態中的角色，一方面受制於自然環境，一方面改變了自然環境（Bates, 1963）。受制於島嶼面積之狹小與隔離，島嶼居民一方面是勇於遷徙往外擴張之族群，例如：波里尼西亞人在過去數千年間縱橫於太平洋群島間，可說是最能以簡易的舟船傳播的人類族群；另一方面已定居於小島上的族群，則在拓殖生存領域中，驅逐其他物種、改變自然環境。

環境態度：

當島民長期與外界隔離並適應島嶼環境時，通常能發展出特有的資源利用方式及特有文化，以維持人與環境之平衡（例如：蘭嶼雅美文化之資源利用方式）。在一項對地中海島嶼生態研究中亦指出，該地區約自 8000 年前即有人類與物種陸續移居入島嶼，人類與自然已「共同演化」，在漫長歷史中以農牧體系為主之產業，對環境改變較小，在人與環境間維持一定之動態平衡，也保持自然物種之生態空間；若環境態度轉變或加速開發，則過大的干擾可能造成生態系無法恢復之後果（di Castri, 1981）。

林地清除（deforestation）：

早期人類對島嶼環境之利用並非都是和諧的。波里尼西亞人對太平洋島嶼生物多樣性的破壞已很嚴重，例如佈滿早期人類石雕像的復活島，在距今 850-300 年前，約有七千人居住，然而在森林砍伐殆盡、土壤流失後，接著數百年間島上僅空留荒地及一些石像，再已不適人居（Roberts, 1989）。

引入物種：

由許多島嶼之環境歷史，皆能看出導致島嶼物種滅絕之主要原因，除了在於人類之砍伐森林、引火耕地外，人類之移入亦帶入馴養禽畜、攜入外來種野草等。雖然這些活動也常見於大陸地區，然而對島嶼生物之衝擊最大，主要是島嶼生物族群小、族群間基因變異性亦小，一旦棲地破壞，往往導致全族群滅絕。以動物族群而言，島嶼上較無掠

食性動物，島嶼動物較無天敵，因此在演化過程中缺乏抵禦外敵之生理機制，外來種一旦侵入，則易快速侵略原有物種並取而代之（Vitousek, 1988）。就島嶼植物而言，在隔離演化下島嶼植物生態系，通常能組成較穩定的結構，外來種侵入後面臨與原生地不同的生態地位（nich differentiation），有些能大幅擴張佔領地，而有些僅能據於一角；而人類之墾殖是則有效擴展外來種之佔據（Byrne, 1980; Muller-Dombois, 1995）。Wallace (1880) 對島嶼生物之研究中，亦以紐西蘭植被為例，強調如果人類不曾在紐西蘭干擾過其天然植被，歐洲野草(weeds)不可能成功的侵入繁衍。

（二）近代人類之影響

自十五世紀航海盛行以來，擁有較高技術文明的大陸地區人類開始因領土擴張、商業利益、軍事基地等因素入侵海島，也開始了海島原有物種之浩劫。擁有較高科技文明之人類移居島嶼，在更大規模開發下對島嶼生物相毀壞更快；此外，原有海島民族在環境限制下已衍生出的特有資源使用方式，亦隨著外來技術引進而改變。近代人類對島嶼生物多樣性之影響，舉例如下：

棲地破壞：隨著土地利用方式改變及開發，加速原有棲地之破壞。

引進物種：隨著交通便利，外來物種更大規模進駐島嶼，而加速原生物種滅絕；在過去兩百年間，90%滅絕的鳥類皆為海島鳥種。

過度獵取：島嶼中特有物種，往往被視為珍奇異寶，而遭獵奇者大量捕獲販售，致使原已過小之族群遭滅絕。

環境污染：隨著島嶼或其鄰近區域之都市化及工商發展，所帶來之環境污染，更是島嶼生物之危機。

觀光遊憩：島嶼的海洋、陽光、沙灘等景觀資源，已使島嶼觀光成為現代島嶼發展形態之一，其發展若未適當規劃，亦會加速島嶼資源之破壞（Hess, 1990）。

六、台灣離島的生物多樣性

台灣地區目前主權範圍內之陸塊，可說是一群島嶼的組合。由於本地區位於亞洲大陸棚東緣、歐亞板塊與菲律賓板塊的交界處，特殊的地理位置及因板塊擠壓引起之頻繁的地質活動，除了造就台灣本島複雜多樣的地形與生態條件外，也展現在周圍離島的多樣性。

（一）離島範圍

台灣地區目前主權範圍內之島嶼，依行政區劃分，屬於台灣省者共 85 個島嶼（包括澎湖群島 64 個大小島嶼，以及蘭嶼等環繞台灣本島四周的 21 個島嶼）；屬於福建省金門縣及連江縣所轄者共 32 個島嶼（包括金門縣 12 個島、代管之烏坵嶼，及連江縣馬祖列嶼之 19 個大小島嶼）；另位於南海的有東沙群島（係一個環礁，露出水面部份含 1 個島 2 個礁灘）以及南沙群島中的太平島。也就是說，台灣本島之外，大小島嶼合計

為 121 個以上的島嶼與礁岩。這些離島，都屬於「小型島嶼」《通常是指面積小於 10,000 平方公里，人口少於 500,000 人之島嶼 (Hess ,1990)》，其中面積最大者為金門島 (134 平方公里) 其次為澎湖本島 (64 平方公里)，多數為不到 1 平方公里之礁嶼或面積甚小且不定的礁岩或沙洲。諸島嶼中，人口最多的是澎湖本島 (約 7 萬人) 其次為金門島 (約 4 萬人)，大多數是無人島。

(二) 島嶼的類型與分佈

1. 依地理位置區分：

在島嶼的類別上，常依島嶼是否位於大陸邊緣之大陸棚淺海區或深海中而分為「大陸島」(Continental islands) 及「海洋島」(Oceanic islands) 兩大類 (Wallace, 1880)。大陸島 (或陸橋島) 因位於大陸棚上的島嶼，於最近一次冰河期 (距今約一萬八千年前) 時，因全球海水面下降，彼時應與大陸陸塊相連，物種得以交流，島嶼物種常保留冰河時期子遺種，如台灣本島。

台灣本島因位於亞洲大陸棚東緣，本島西側的台灣海峽深度在 200 公尺以內，且大部分區域之水深不及 60 公尺；而東側面臨太平洋，海床離岸不到 10 公里即驟降至 1000 公尺，再數十公里就續降至 3000-5000 公尺 (俞何興、陳汝勤，1994)。因此，台灣周邊的離島既包括西部及北部淺海大陸棚內之大陸島，亦包括孤立於深海中的海洋島。分述如下：

大陸島：台灣的離島中，大陸沿岸之金門島群及馬祖列嶼都是典型的屬於大陸陸塊一部份之「大陸島」；而海峽中間的澎湖群島、台灣本島北面的基隆嶼、花瓶嶼、棉花嶼、彭佳嶼，東北面的釣魚台列嶼、龜山島，及西南側的小琉球嶼等也都位於大陸棚上，但其島嶼形成過程則是經由火山活動或珊瑚礁堆積而成，與海洋島嶼的形成原因相同，只是因曾於全球海水面下降時與大陸陸塊相連，亦視為大陸島。

海洋島：多為深海海底火山噴發形成或珊瑚礁構成之島嶼。台灣本島東南面之蘭嶼、綠島，以及南海上之東沙島與南沙群島皆為典型的海洋島嶼。

2. 依地質特徵區分

以島嶼是否位於大陸棚上分類，有助於推測島上生物物種來源及受人類歷史活動之影響；但是島嶼不同形成過程的地質特性，更能反映島嶼地貌及生態特徵。依島嶼之地質特徵區分，台灣地區的離島包括本島四周的火山島、珊瑚礁島，及大陸邊緣的花崗岩島三大類。

(1) 火山島

台灣本島雖然位於太平洋西岸、亞洲外緣的花彩列島的中段，但同為花彩列島的日本、琉球和菲律賓等火山島弧島嶼仍有活動的火山，而台灣島及其離島並無仍在活動的火山。然而，數百萬年前的火山活動，也為台灣留下特殊火山地景。主要的火山地景除了北部大屯火山群及基隆火山群外，本島附近較大的離島多為火山島，包括基隆嶼、花瓶嶼、棉花嶼、彭佳嶼、龜山島、蘭嶼、綠島、澎湖群島等皆為火山島 (王鑫，1987)。

這些火山島依其噴發年代（島嶼年齡）及方式不同，地景亦互異。例如，澎湖群島的火山活動發生中新世，約 1800 萬到 800 萬年前；而蘭嶼的火山活動在中新至上新世，約 1600 萬年到 400 萬年；綠島則發生在 200-400 萬年前。其中澎湖群島為熔融的玄武岩岩漿在海底湧出溢流造成的，全區平坦；而蘭嶼與綠島則都是海底火山碎屑的噴發造成火山島，雖然不具有典型的火山錐狀體外貌，但島中央有較高的山體，蘭嶼最高峰為紅頭山，海拔 548 公尺；綠島最高之火燒山海拔亦有 281 公尺，與中央之阿眉山（275 公尺）皆為火山口之遺址。島嶼之高度是影響島上之生態多樣性之原因之一，因此蘭嶼有較多樣性之生物相。

(2) 珊瑚礁島

台灣離島中的琉球嶼（小琉球）及南海中的東沙、南沙諸島都是珊瑚礁島。珊瑚礁主要散布於熱帶和亞熱帶的淺海，有的分布於陸地邊緣，有的因所附著之陸塊下沉而孤立於大海中。珊瑚礁的形態一般分為三類：緣礁（或稱裙礁）(Fringing reef)、堡礁 (Barrier reef)、及環礁 (Atoll reef)（戴昌鳳，1997），台灣的離島擁有緣礁及環礁兩類型珊瑚礁島。分述如後：

緣礁（或稱裙礁）(Fringing reef)：指堆積於陸地邊緣之珊瑚礁，如墾丁海岸、蘭嶼之海岸；而屏東東港外海的小琉球嶼則全島為一塊隆起的珊瑚礁島，海岸則有新堆積隆起的緣礁。

環礁 (Atoll reef)：指分布成環狀的珊瑚礁，其中央陸塊下沉，中央水域是潟湖 (lagoon)，分布南海的東沙群島之主體即為一個環礁，東沙環礁是個近乎完美的圓形環礁，直徑大約 11-13 海哩，中央的潟湖水深在 7.3 至 18 公尺間；主要露出水面成陸的礁體為西側的東沙島，面積約為 1.8 平方公里（王鑫，1998）。南沙群島雖由 102 個島嶼及礁灘組成，但我國主權目前僅擁有其中一個島嶼—太平島，太平島及其順鐘方向的敦謙沙洲、舶蘭礁、安達礁、鴻庥島、西南礁和南薰礁等礁岩構成一個環礁，稱為鄭和群礁 (Tizard Banks and Reefs)；太平島面積約 0.49 平方公里，是此環礁中最大的主島，也是南沙群島中之最大島，由我國軍方駐守（翁員生、宋克義，1994）

(3) 花崗岩島

位於大陸沿岸的金門及馬祖列嶼，是典型的大陸型島嶼。因緊臨大陸，基本上是大陸沿海花崗岩丘陵的延伸，因此在地質上主要是由花崗片麻岩為岩石基盤的島嶼。

(三) 島嶼生物多樣性

島嶼生物多樣性組成與特色，與前述島嶼形成時的地質特徵及其所在區位有很大關係。島嶼地質特徵，呈現了它的地形與土壤特質（火山島、珊瑚礁島、或大陸岩塊有很大差異）；島嶼的區位，則反映了氣候狀態、生物物種來源與組成、以及人類文化與歷史活動之影響，不同地理區位往往呈現了明顯的生物相與文化地景之差異。台灣地區之離島，在地質特徵及所在區位上皆顯現其多樣性，但因面積皆小，除了鳥類外島嶼生物物種總數並不多，卻擁有許多與台灣本島相異的生物相，亟須全面關注多樣性環境之維護與物種保育。

(四) 人類活動之影響：以金門島為例

在台灣的離島中，以金門島之開發歷史最長，在長時期環境變遷歷史研究中，可探討不同類型的人類活動對島嶼生物多樣性之影響。

金門島古有「海上仙洲」美名，據史籍記載，古金門有三大原始林區：島中部的雙乳山區、西半島的豐蓮山區、以及東北部的鵲山區。在歷經移民墾殖（晉代）牧馬農耕（唐代）伐木燒鹽（元代）燒林驅寇（明代）等資源利用與耗竭階段，至明代中葉已是「遍地飛沙積壓」。加上明末鄭成功據守金廈練兵、製船艦，清初「堅壁清野」，島上所剩材木，又砍伐殆盡，全島幾近「沙漠化」。及至 1949 年國共古寧頭戰役後，國軍力守金門，開始大規模全民造林。經過 40 年造林復育階段，至 1990 年，林地覆蓋面積已達 40%；且由於此一階段屬戰地政務時期，全島的人為開發活動較低，許多區域因軍事管制而與外界隔離，對自然環境卻相對提供了一段較低干擾之恢復時期，全島生物相也漸漸豐富。此種「生態復育」現象，尤以海岸及溼地最為明顯。自 1992 年結束戰地政務、1993 年初開放觀光後，因觀光活動帶來之開發壓力日增，加上過多人為活動造成之污染，使已漸復甦的生物相再度面臨棲地受干擾之危機。

影響金門島生物多樣性的因素，與其外在之政治經濟環境及之土地利用形態有很大關係。其影響生物相變遷的因素，可略分為四階段討論：

1. 第一階段：史前時期

根據金門島考古遺址調查及出土文物之研究判斷，金門島早於七千多年前即有居民。距今約 7000 至 4000 年前（復國墩及金龜山遺址），金門島沿海居民，似乎仍延續著舊石器時代末期的生活方式，以漁撈維生，居地以選擇小海灣邊緣之山坡地為主，並可能隨魚貝類之收穫量遊走。距今 4000 至 3000 年前（浦邊遺址），則可能已有定居的村落，漁撈海產仍為重要生業，是否有農耕尚未得知（陳仲玉，1997）。此種以漁撈為主之資源利用方式對生物多樣性衝擊較小。

2. 第二階段：去植被 沙漠化（700 A.D. - 1950A.D.）

大陸中原漢民族之移居金門起至晉代，並在唐代設牧馬場，晉唐年代之農牧活動對地表生態之影響尚小，彼時島上仍有三大林區之記載。而自元代於島上設置鹽埕，大量伐木燒鹽後，地表植被開始大規模破壞，加上明代海濱倭寇侵擾，島民燒林驅寇，至明代中葉已是「遍地飛沙積壓，下戶之民，無尺寸田地者，十有八九。」（洪受，1568）。再加上明末鄭成功據守金廈練兵，大量製船艦，島上所剩林木砍伐殆盡，全島已呈遍地飛沙之狀況。

3. 第三階段：生態局部復育（1950 -1990）

1949 年國共古寧頭戰役後，國軍力守金門，開始大規模全民造林。經過 40 年造林，至 1990 年代，林地覆蓋面積已達 40% 以上。此一階段因屬軍事管制及戰地政務時期，全島的人為開發活動較低，許多區域因軍事管制而與外界隔離。造林及增加水體，增加島上物種之生態機會；而海岸之隔絕則增加此種隔離效應，對自然環境提供了一段較低干擾之恢復階段。以海岸植被多樣性之增加最為明顯，目前之海岸因較少人為干擾已呈

現自然狀況下不同演替階段之植被帶，也保存了一些對棲地敏感的特殊物種，如長葉茅膏菜、常距挖耳草等成蟲植物（張惠珠，1997）。又如浯江口、慈湖、田墩等地區歷史上皆為港口，因築堤圍湖或港廢而泥沙淤積，漸成溼地，演變為鳥類及水獺等野生動物棲息地；在海岸潮間帶，保存了鱟魚等稀有生物。

4. 第四階段：觀光開發與保育

金門島自 1992 年結束戰地政務、1993 年初開放觀光後，因觀光活動帶來之開發壓力日增，已漸豐富的林相及生物物種又面臨人為開發帶來之威脅。因開發建設帶來的局部砍樹、人工建築體增加、棲地片斷化，以及過多人為活動造成之污染問題，使復甦的生物相再度面臨棲地縮減及生存危機。

相對於開發，1995 年設立之金門國家公園雖以歷史資產保存為主體，仍為該島難得之自然保育地區。為囿於土地利用現況，國家公園僅採局部區域劃設，亦呈現片斷化棲地島現象。國家公園範圍雖僅佔該島約四分之一，但若對於各區塊相連的景觀道路賦予生態廊道作用，或許能發揮若干生態連結效果，發揮較大保育之功能；金門島海岸線之溼地生物相豐富，若妥善保育並再創生態條件，亦是增加此島嶼生物多樣性及回復「海上仙洲」之機會。

七、結論與建議

島嶼係脆弱且特殊之生態系，而生物多樣性已被視為生態系受外界干擾時保持穩定之重要條件。島嶼生物多樣性之保育不僅對於人類的科學研究、經營管理研究、物種基因庫的保存、穩定而永續的生態體系等方面有重大貢獻，對於生活島上住民的環境品質亦是重要保障。

台灣地區擁有上百個島嶼，但是對於個島嶼之生物相調查仍屬有限。在各主要島嶼的觀光或開發活動已將蓬勃發展之際，基於島嶼生物多樣性之重要，除了已劃設之保護區，應積極重視島嶼生物多樣性之研究、保育、與復育措施。在島嶼生物多樣性之研究方面，除了各個島嶼之物種普查外，還可在台灣多樣性的島嶼之間進行比較研究，增進對於特有種比例、隔離效應、物種地理分布型態、種化現象與頻率等生態科學領域之探索，並提供經營管理層面之參考。

由本文中金門島環境變遷之實例中，可以看出不同的人類活動對該島嶼地表變化影響之鉅。該島曾經歷類如「沙漠化」歷程，也在近四十年中歷經生物相陸續復育、生物多樣性遞增之過程。基於此案例所提供的具體經驗，可歸納出下列幾點建議，供未來推動島嶼生物多樣性保育與復育工作之參考：

- (一) 增加生態機會：加強各島嶼之地景保育，維護或增加島嶼中的棲地多樣性，並積極劃設環境敏感區，以增加島嶼中物種生存之生態機會。
- (二) 減少人為干擾：
 - (1) 島內—對於各項開發活動應予事前評估，對於島嶼上之旅遊形態亦應予規範，以免破壞生物棲息地。

- (2) 島外—對於島嶼鄰近區域之人為干擾因素（如：毒魚、炸魚、空及水質污染等）應積極處理，以免干擾島嶼生物之棲息環境。
- (三) 改善環境態度：經由環境教育與宣導活動，加強住民與遊客對島嶼獨特環境之關懷與保護。
- (四) 進行科學研究：加強島嶼間物種及其生態功能之研究，以增進島嶼生物多樣性作用之了解，並積極推動島嶼生物多樣性之研究、保育、復育。
- (五) 島嶼居民參與：由於島嶼居民為島嶼生態系中重要之一環，應積極結合島嶼居民，由省思環境態度及自然資源利用方式著手，共同創造符合「人與環境動態平衡」生態原則之島嶼生活環境，才能同時確保島嶼生物多樣性及維護島民生活環境品質。

- Place in the Island Ecosystem*, Hawaii: Bishop Museum Press, 101-116
- Beller, W., D'Ayala, P. and Hein, P. (eds) (1990) *Sustainable Development and Environmental Management of Small Islands*, Man and Biosphere Series, Paris: UNESCO.
- Bellwood, P. (1980) The peopling of the Pacific, *Scientific American*, 243(5):74-85.
- Brookfield, H. C. (ed.) (1980) *Population-Environment Relations in Tropical Islands: The case of Eastern Fiji*, Paris: Unesco/MAB technical notes, No. 13.
- Bush, M. B. and Whittaker, R. J. (1993) Non-equilibration in island theory of Krakatau, *Journal of Biogeography*, 20: 453-457.
- Byrne, R. (1980) Man and the variable vulnerability of island life - A study of recent vegetation change in the Bahamas, *Atoll Research Bulletin*, No. 240, Washington D.C.: The Smithsonian Institution.
- Carlquist, C. (1965) *Island Life: A Natural History of the Islands of the World*. New York: The American Museum of Natural History Press.
- Darlington, Jr. J. (1957) *Zoogeography: the geographical distribution of animals*. New York: John Wiley & Sons, Inc., 476-544
- di Castri, F. (1981) Mediterranean-type shrublands of the world. In: di Castri, F. et al (eds.) *Ecosystem of the World*, Vol. 11, Mediterranean-type shrublands, Amsterdam: Elsevier,

- d' Ayala, P. G. (1998) Join and support Insula, *Insula- International Journal of Island Affairs*, 7(1):73.
- Forman, R.T.T. (1995) *Land Mosaics - The Ecology of Landscapes and Regions*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Forsberg F.R. (1963) The island ecosystem. In: Forsberg, F.R. (ed.) *Man's Place in the Island Ecosystem*, Hawaii: Bishop Museum Press, 1-6.
- Goeden, G. B. (1979) Biogeographic theory as a management tool, *Environmental Conservation*, Vol. 6/1:27-32.
- Gorman, M.L. (1979) *Island Ecology*. London: Chapman and Hall Ltd.
- Hess, A. L. (1990) Overview: Sustainable Development and Environmental Management of Small Islands. In: Beller, W., D'Ayala, P., and Hein, P. (eds) *Sustainable Development and Environmental Management of Small Islands*. Paris, France:UNESCO, 3-14
- Kent, M. (1987) Island biogeography and habitat conservation, *Progress of Physical Geography*, 11:91-102.
- Lack , D. (1976) *Island Biology: Illustrated by the Land Birds of Jamaica*, Berkeley: University of California Press.
- Lack, D. (1969) The number of bird species on islands, *Bird Study*, 16:193-209.
- MacArthur, R. H. and E. O. Wilson (1967) *The Theory of Island Biogeography*. Princeton: Princeton University Press.
- MacArthur, R. H. and Wilson, E. O. (1963) An Equilibrium theory of insular zoogeography, *Evolution*, 17:373-387.
- MacArthur, R.H. (1972) *Geographical Ecology - Patterns in the Distribution of Species*. Princeton: Princeton University Press.
- Morgan G. and C. Woods (1986) Extinction and the zoogeography of West Indian land mammals, *Biological Journal of Linnae Society*, 28:167-203.
- Mueller-Dombois D. (1995) Biological diversity and disturbance regimes in island ecosystems. In: Vitousek, P. M., Loop, L. L. and Adersen H. (eds.) *Islands - Biological Diversity and Ecosystem Function*, Berlin: Springer- Verlag, 163-175.
- Muller-Dombois, D. (1981) Island ecosystems: what is unique about their ecology? In: Muller-Dombois, D., Bridges, K.W., and Carson, H.L. (eds.) *Island Ecosystem*, Stroudsburg: Hutchinson , 485-501.
- Olson, S. L. and James, H. F. (1982) Fossil birds from the Hawaiian Islands: evidence for wholesale extinction by man before western contact, *Science*, 217:633-635.
- Preston, F.W. (1962) The canonical distribution of commonness and rarity: part I. *Ecology*, 43:185-215; part II. 43: 410-432.
- Roberts, N. (1989) *The Holocene - An Environmental History*, Cambridge: Blackwell Publishers.

- Sauer, J. D. (1969) Oceanic islands and biogeographical theory: a review, *Geographical Review*, 59:582-593.
- Shafer, C.L. (1990) *Nature Reserves - Island Theory and Conservation Practice*. Washington D.C.: Smithsonian Institution Press.
- Simberloff, D. (1997) Biogeographic approaches and the new conservation biology. In: Pickett et al. (eds.) *The Ecological Basis of Conservation*. London: Chapman & Hall, 274-84.
- Thornton, I. (1996) *Krakatau - The Destruction and Reassembly of an Island Ecosystem*. Cambridge: Harvard University Press.
- Troumbis, A. Y. (1987) Disturbance in Mediterranean islands: A demographic approach to changes in insular ecosystems, *Ekistics*, 323/324: 127-131.
- Vitousek, P. M. (1988) Diversity and biological invasions of oceanic islands. In: Wilson, E. O. (ed.) *Biodiversity*. Washington, D.C.: National Academy Press. 181-189.
- Vitousek, P.M., Loop, L. L. and Adersen H. (1995) Introduction – why focus on island? In: Vitousek, P. M., Loop, L. L. and Adersen H. (eds.) *Islands - Biological Diversity and Ecosystem Function*, Berlin: Springer- Verlag, 1-4.
- Wallace, A. R. (1880) *Island Life*. London: Macmillan.
- Whittaker R. J. and Jones, S. H. (1994) Structure in re-building insular ecosystems: an empirically derived model, *Oikos*, 69(3): 524-530.
- Williamson, M. (1989) The MacArthur and Wilson theory today: true but trivial, *Journal of Biogeography*, 16: 3-4.
- Wilson, E. O. (1992) *The Diversity of Life*. Cambridge: Harvard University Press. (中譯本:《繽紛的生命》金恆鑣譯, 天下文化出版社, 1997)