
全球兩棲類生物多樣性降低因素之探討

吳世卿* 羅右翔

私立環球技術學院 環境資源管理系

最近幾十年來，兩棲類出現快速的族群衰退與滅絕，1989年第一次世界爬蟲大會中，首次評估全球兩棲類現況，指出兩棲類比鳥類以及其他哺乳類動物，更易受到威脅而快速衰退。研究發現兩棲類衰退原因相當複雜，如棲地破壞、全球氣候變遷、外來種入侵、疾病、化學污染與各因素間的交互作用等，而兩棲類的行為、生活史特徵似乎使牠們面臨更大威脅。本文介紹近年來國際間對兩棲類衰退原因的相關研究，以期對兩棲類現況能有初步瞭解與認識。

壹、前言

兩棲類具有特殊的生物學和生態學特徵，對環境變化極度敏感(Gallant, Klaver, Casper, & Lannoo, 2007)，長久以來一直被作為環境監測的重要指標性生物（呂光洋、杜銘章、向高世，1999；周洲、謝鋒、江建平、鄭中華，2004；周景明、秦占芬、徐曉白，2006；關永才、莊銘豐、劉俊良，2007；Wilbur, Vitt, Caldwell, & Smith, 1990）。美國國家環保局已把水污染對兩棲類影響，用於水污染的檢測（周

景明等人，2006），兩棲類族群的變化，可反應出當前生態環境狀況。此外，兩棲類位於營養階層中層(Gallant et al., 2007)，一方面可有效抑制無脊椎動物的數量，為人類控制一些有害昆蟲的族群（呂光洋等人，1999；戴孜文、林春富，2003），另一方面給予更高級之消費者，如鳥類及蛇類的重要食物來源。若兩棲類族群量降低，勢必會造成以節肢動物為主之無脊椎動物密度失去控制，並增加食物鏈能量傳遞的困難，使更高級消費者的生存亦受到影響，造成能量金字塔的崩解（關永才等人，2007），故兩棲類是食物鏈或食物網中不可或缺的一環（呂光洋等人，1999；Wilbur et al., 1990）。

貳、兩棲類的現況

自然學家在1989年，第一次世界爬蟲大會中，首次關心兩棲族群廣泛的衰退現象。會中提出全球兩棲類評估數據，證明早在1970年美國西部、波多黎各以及澳洲東北部，衰退便開始發生(Stuart et al., 2004)。Cushman (2006)指出，地球正面臨六千五百萬年來最大規模的滅絕，估計當今全球性的滅絕比例，超過以往化石所紀錄的情況一千倍以上。Stuart et al. (2004)

*為本文通訊作者

認為 1500 年後，有 34 種的兩棲類已滅絕，比較下鳥類有 129 種，哺乳類有 74 種，但證據顯示兩棲類衰退情況正在惡化當中，因為滅絕的物種，有 9 種是發生在 1980 年後(鳥類 5 種、哺乳類 0 種)。而且 1980 年後，有超過 113 種以上幾乎已經確定滅絕了(Skerratt et al., 2007; Stuart et al., 2004)。1980 年兩棲類瀕危百分比與今日的哺乳類相近，但今日的兩棲類瀕危數卻幾近 1980 年的兩倍(Stuart et al., 2004)。世界自然保護聯盟(World Conservation Union, IUCN)全球兩棲類評估(2004)指出，全球 5,743 種兩棲類中，有 1,856 種(32.5%)正受到威脅(即列在世界自然保護聯盟紅皮書名錄中，脆弱、瀕危或極度瀕危物種)，高於鳥類的 1,211 種(12%)和哺乳動物的 1,130 種(23%)(Stuart et al., 2004)。而 2008 年，IUCN 受威脅物種網站(<http://www.iucnredlist.org/>)中，對目前世界 6,260 兩棲物種評估，仍有近三分之一的物種(32.4 %)處於瀕危或滅絕，顯然兩棲類面臨的衰退危機仍持續著。

參、兩棲類族群數量下降的原因

目前已知許多影響兩棲族群生存的因素，IUCN 將面臨「快速衰退」(rapidly declining)物種之衰退原因，分成三種：「過度利用」(over-exploited)、「棲地減少」(reduced-habitat)以及「神秘的衰退」(enigmatic decline)(Stuart et al., 2004)。Cushman (2006)認為造成兩棲類面臨滅絕危機，起於一些複雜的因素，包括：相對

較低的移動能力，會擴大棲地破碎化的影響；橫越馬路移動或穿越不適合地區時容易受傷死亡；低棲地容忍力，使棲地喪失、劣化之影響加遽；病菌侵入時，極易受到傷害，加上氣候變遷、增強的紫外線及環境污染，使得情況更加嚴重。于業輝等人(2006)認為引起兩棲類衰退原因有：棲地被破壞；外來掠食者、入侵者的引進；紫外線輻射增強；氣候惡化；環境污染；疾病傳播以及各種影響因素聯合作用等。Blaustein & Bancroft (2007)提出全球環境變化、棲地破壞、引進的物種、疾病和化學污染，導致兩棲類數量下降。Herrmann et al. (2005)則認為，雖然疾病、病毒、全球性氣候變遷、外來入侵種、化學污染以及商業貿易行為仍舊是個威脅，但人類的農耕活動、林業、都市化與發展引起的棲地破碎化與變形，才是主要原因。綜合以上，針對兩棲類族群衰退的原因，提出以下幾點說明：

一、棲地的喪失與破碎化

許多研究皆認為兩棲類族群的最大威脅，即是棲地喪失與破碎化(Alford & Richards, 1999; Cushman, 2006; Gallant et al., 2007; Graeter, Rothermel, & Gibbons, 2008; Herrmann et al., 2005; Homan, Windmiller, & Reed, 2004)。由於兩棲類是陸棲脊椎動物中最具定棲性的物種，無法作長距離的移動，而且許多兩棲類展現出特殊繁殖地的強烈忠誠度，經常在相對有限範圍覓食及尋找配偶(Wells, 2007)，因

此兩棲類相對較低的移動能力，會擴大棲地破碎化的影響(Cushman, 2006)。由於森林砍伐、都市化、農業開墾、以及道路建設引起的森林、濕地、水域的破碎化和棲地改變(Herrmann et al., 2005)，不僅使兩棲類棲息地面積減少，而且使破碎化間的阻隔增加，阻斷兩棲類族群散佈和遷移(Semlitsch, 2000)，導致兩棲族群數量下降甚至滅絕(武正軍, 2005)。

在美國東南實驗林地的兩棲類研究中，Graeter *et al.* (2008)發現破碎化棲地會造成棲地邊緣化，以及增加景觀中不適合棲地的比例，對一些兩棲類個體與族群產生負面影響，當個體穿越不適合棲地，或待在不適合棲地上時，需付出直接的生理成本，並降低再殖成功率(Schwarzkopf & Alford, 1996)。而森林伐木使得兩棲類處於改變的微氣候、乾而硬的土壤，幼體處於淤積河流，及減少林地遮蔽環境，另外，水生棲地的破壞，更直接對族群造成影響，並使族群破碎化，增加區域的滅絕率(Alford & Richards, 1999)。兩棲類同時需要水棲與陸棲棲地，以完成其生活史，並維持可繁衍的族群，因此，棲地破碎化會加遽對兩棲類的影響(Silva, Hartling, Field, & Teather, 2003)。

兩棲類幼體的散佈行為，對族群連接扮演重要的角色，變態後期的幼體，往往要擔負起延續地方性族群的重要工作(Cushman, 2006; Semlitsch, 2000)。棲地破碎化造成棲地隔離，增加物種遷移、散佈的風險。繁殖地缺乏適當連接，使得幼體

遷移時容易死亡，進而造成族群衰退。研究指出，族群在遷移受阻時，可能引起衰退。例如，道路或其他人為土地利用造成的人為族群隔絕，會降低族群規模以及增加近親繁殖，產生繁殖衰退(Wells, 2007)。一些研究者提出，棲地連接是兩棲族群生育繁殖關鍵，兩棲類每一代的移動速率，一般都比無脊椎動物、哺乳動物或爬行動物低(Bowne & Bowers, 2004)，較低的個體散佈能力，或許是兩棲族群在破碎化景觀衰退、滅絕的主要原因(Bulger, Scott, & Seymour, 2003)。

由於兩棲族群歷經相對頻繁的地方滅絕和更替(Trenham, Koenig, Mossman, Stark, & Jagger, 2003)，因此，對地方性族群的散播繁殖，與維護整個地區的族群而言，散佈傳播是至關重要的(Skelly, Werner, & Cortwright, 1999)，棲地連接可使兩棲族群更加繁榮(Semlitsch, 2000)。

二、過度利用

IUCN (2004)列出 435 種快速衰退的兩棲類中，有 50 種是因過度利用，導致數量快速下降，而過度利用的物種，主要集中於亞洲東部與東南部(Stuart et al., 2004)。1995 年以前，亞洲每年大約有 2 億隻青蛙輸出(Alford & Richards, 1999)。于鳳蘭及陸宇燕(2006)認為過度捕捉、亂捕濫獵是造成兩棲類受威脅的原因之一，更提出人為的捕食和貿易，是中國部分兩棲類受到威脅的主因。而商業貿易在多方面影響兩棲自然族群和群集，商業

或非法收集會降低繁殖成體的數量，導致族群延續能力喪失，貿易引進物種可能會干擾地方或區域族群基因結構，使其無法再適應當地環境條件(Semlitsch, 2000)。

武正軍、李義明(2004)和武正軍(2005)指出 1993 年 11 月到 1994 年 10 月，從香港出口到 20 個國家的野生動物中，兩棲類有 19 種 11,652 隻，同一時期香港從 19 個國家進口的兩棲類有 56 種 6,261,645 隻，這些兩棲類被用作食用，或當成寵物飼養，中國 31 種瀕危兩棲類中，因捕殺造成瀕危的物種就有 15 種。顯然人類的捕食，已對兩棲類構成威脅（周偉、蔡永壽、張成生，2000）。

三、疾病

病原體逐漸成為兩棲類衰退注目的焦點 (Kiesecker, Blaustein, & Belden, 2001)。目前已知引起兩棲類疾病的病原體主要有：細菌、霉菌、病毒、寄生蟲、原生生物 (武正軍, 2005)，這些病原體引起死亡、半致死損傷、嚴重影響發育並引發生理畸形 (Blaustein & Kiesecker, 2002)。

Berger *et al.* (1998)首次提出壺菌門 (Phylum Chytridiomycota)真菌寄生在兩棲類，並於 1993-1998 年在澳大利亞、巴拿馬等地，造成兩棲類大量異常死亡，而此致命真菌也是最常被引用為「神秘衰退」的主要原因。進一步的研究發現，壺菌引起的蛙類壺菌病 (*Batrachochytrium dendrobatidis*)，是導致澳洲熱帶雨林、美洲中部、北部、南部及歐洲兩棲類衰退的

主要原因(Rollins-Smith *et al.*, 2002)。Lips *et al.* (2006)更進一步指出，真菌不只造成全球兩棲類下降，而是引發大量死亡與接踵而至的族群滅絕。

壺菌病主要通過水傳播，患病蛙表皮層的壺菌游動孢子，隨表皮角質層脫落被釋放到水中，健康青蛙接觸了含壺菌游動孢子的水，而感染壺菌病（于業輝等人，2006）。壺菌對不同蛙類有不同影響，研究表明蛙類體溫升高，能清除身體上的壺菌，由於體溫升高與蛙類體溫調節、行為方式的改變有關，因此一些學者提出不同蛙類患病機率的差異，受蛙類行為和體溫調節的影響 (Woodhams, Alford, & Marantelli, 2003)。這或許是壺菌傾向於發生在較涼爽季節與高海拔(Skerratt *et al.*, 2007; Woodhams *et al.*, 2003)，及溪流形蛙類的原因(Skerratt *et al.*, 2007)。而人類運輸與活動，更促進了壺菌的散播(Skerratt *et al.*, 2007)。

此外，產卵於水中的兩棲類，其幼體必須在水中發育、成長，因此容易受到一些水性病原體感染。例如，寄生扁形蟲 (*Ribeiroia ondatrae*)，可能是北美兩棲類畸形頻率增加的主因(Blaustein & Bancroft, 2007)。水黴菌 (*Saprolegnia ferax*)，造成北美大規模的兩棲類胚胎死亡(Blaustein & Kiesecker, 2002)。嗜水性產氣單胞菌 (*Aeromonas hydrophila*)使美國羅德島、加州的兩棲類幼體衰退及滅絕(Alford & Richards, 1999)。Blaustein & Bancroft (2007)更進一步指出，兩棲類聚集產卵行

為，會增高疾病傳染的機會。

四、外來物種入侵

人類活動的增加，使得許多生物擴散速率加快，生物入侵已經對全球生物多樣性產生巨大威脅（周洲等人，2004）。對於野生動物族群的生存而言，外來物種的引入和擴散是主要威脅（武正軍、李義明，2004）。這些外來物種，與原生物種互相競爭資源、傳播疾病或捕食本地物種，導致本地物種族群數量下降以至滅絕（武正軍、李義明，2004；武正軍，2005；Blaustein & Kiesecker, 2002）。同樣的，外來種的引入，對原生種兩棲族群造成威脅，並使原生種族群分佈範圍明顯變小（Fisher & Shaffer, 1996）。例如，有些研究指出，牛蛙經由捕食與競爭直接影響原生種兩棲類，而且牛蛙攜帶的病原體，也可引起原生種兩棲類的大量死亡（Blaustein & Kiesecker, 2002）。在美國西南部，牛蛙已造成 5 種以上的兩棲類衰退（Pearl, Adams, Bury, & McCreary, 2004）。而 1951 年由美國引進臺灣的牛蛙，由於管理因素不善逃逸至野外，或因信仰因素被放生到野外，造成臺灣本土蛙類生存的一大威脅（楊懿如、向高世、李鵬翔、李承恩，2005）。Alford & Richards (1999) 更表明，牛蛙已在許多國家毀滅了數種青蛙。

再者，由於兩棲類幼體必需生活於水中的特性，使其卵與幼體特別容易受到外來水生物種的捕食，雖然物種在原生捕食者的捕食下，會演化出禦敵行為

(antipredator behaviors)，但當非原生種捕食者被引入時，原生種被捕食者便處於新淘汰壓力下（Alford & Richards, 1999）。研究顯示，兩棲類幼體對於新引入的捕食者，並沒有表現出禦敵行為，在被捕食率增高的情況下，使兩棲族群數量下降（Gallant et al., 2007; Gamradt & Kats, 1996）。然而，即使出現禦敵行為，蝌蚪因牛蛙的存在，改變微棲地利用方式，使其增長速度更慢，並增加遭魚類捕食的風險（Blaustein & Kiesecker, 2002）。證據顯示，引進掠食魚類，已使美國內華達山脈湖泊，許多高海拔青蛙族群的滅絕（Alford & Richards, 1999），而其他水生掠食生物，例如小龍蝦（*Procambarus clarki*），也會捕食兩棲類的卵及幼體，對族群造成嚴重影響（Gamradt & Kats, 1996）。

五、氣候變遷

全球氣溫的持續上升，引起生態環境遽烈改變，導致多生物數量減少和滅絕（周洲等人，2004）。全球氣候變化引起的地區性天氣改變，以許多機制影響兩棲生態（Alford & Richards, 1999）。屬於外溫動物的兩棲類（Donnelly & Crump, 1998），周圍溫度變化會影響兩棲類的行為，包括繁殖行為，全球溫度變化會破壞其繁殖時間、冬眠期與覓食能力（Blaustein et al., 2001），或改變產卵時間，使幼體因氣溫、水溫的變化或積雪而成死亡（Alford & Richards, 1999）。兩棲類特殊的生物學特徵，使牠們對外界環境變化特別敏感

(Gallant et al., 2007)，環境中穩定和規律的水文、溫度條件，對牠們的生存和族群穩定至關重要(Pounds & Crump, 1994)。

Carey & Alexander (2003)將氣候變遷影響兩棲類族群的因素，分為直接影響和間接影響，直接影響如乾旱，或是極端的氣候變化，因為大部分兩棲類把卵產在水中，卵及幼體特別容易為乾旱所害，乾旱也使得環境缺乏濕度，限制兩棲類成體活動周期、遷徙、躲避掠食者與食物的供給，使生存降低，而降雨量格外影響兩棲族群每年繁殖量，例如，產卵期或幼體期，過多的降雨量，會提高卵和幼體的死亡率。其他研究亦指出，降雨量增多，造成大水，使成功變態的青蛙數量變少（吳聲海，2007）。強烈暴風雨，也會改變兩棲族群的動態(Gallant et al., 2007)。嚴重霜害或是異常乾燥冬季，都會使兩棲類衰退或是滅絕(Carey & Alexander, 2003)。

而間接影響是指氣候變遷經由改變其他因素，造成兩棲族群數量的衰退。例如，爆發在美國西部的病菌，與氣候變遷引起的紫外線輻射增加有關。由於氣候變遷使得降雨量變少，造成產卵地的水位下降，使得暴露在紫外線輻射的機會增加，進而引起胚胎的高死亡率，因此兩棲類更易受到傳染病的傷害(Carey & Alexander, 2003)。而全球暖化，使兩棲類在春季提早繁殖，接著族群新個體便會受到損害(Carey & Alexander, 2003)，例如 Beebee (1995)的研究指出，氣候變遷使溫帶國家兩棲類繁殖週期提早出現。

政府間氣候變化專門委員會(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC, 2001)的報告證實，20世紀全球平均氣候上升 0.6°C，並預計 1990 年至 2100 年，全球平均溫度將增加 1.4-4.8°C 間，隨著溫度增高，降雨模式改變和日益嚴重的氣候波動，無疑地，兩棲類未來將受氣候變遷的打擊(Carey & Alexander, 2003)。

六、紫外線輻射

當今地球表面因臭氧層變薄，使得 UV-B 輻射量逐漸增多，促使許多生物學家對兩棲類族群衰退，是否與 UV-B 輻射量增多有關產生疑問（周洲等人，2004），儘管人們普遍認為，陸生動物受到外骨骼、覆蓋物或羽毛的保護，可免於 UV-B 輻射所造成的損失，或是具備有效修復 UV-B 損害的機制，但是兩棲類則明顯例外(Paul & Gwynn-Jones, 2003)。相較於其他脊椎動物，兩棲類具有滲透性(Alford & Richards, 1999; Blaustein & Kiesecker, 2002; Wilbur et al., 1990)以及暴露的皮膚(沒有鱗片、頭髮或羽毛的覆蓋)、沒有外殼的卵(Blaustein & Kiesecker, 2002; Wilbur et al., 1990)，可以隨時吸收環境中的物質，加上許多兩棲類複雜生命週期，同時具有水棲和陸棲環境的變化，並考慮到兩棲類是外溫動物，對溫度和降雨量變化，以及其他環境變化特別敏感，例如，增量的 UV-B 輻射(Blaustein & Bancroft, 2007)。

Blaustein et al. (2007)從演化角度，說

明兩棲類面臨長久以來的淘汰壓力，使其發展成爲了達到成長與發展最佳化，而尋求陽光以調節體溫，兩棲類成體把卵產在淺而開放的水域，接收最大陽光照射，以加熱卵塊，企圖快速孵化與生長，而兩棲類幼體爲了加快成長速率，常會尋找淺而溫暖的水域。因此，今日兩棲類，往往面臨矛盾的淘汰壓力，牠們尋求有陽光照射的地區，獲得溫暖，增快發展速度，因爲在進化過程中，尋求陽光有利於體溫調節、生長和發展。然而，兩棲類暴露在今日陽光下 UV-B 輻射的劑量，是足以致死或造成嚴重損害(Blaustein & Bancroft, 2007)。過去研究已表明，許多兩棲類的胚胎和幼體，很容易受到 UV-B 輻射影響(Blaustein & Bancroft, 2007)；暴露在增量的 UV-B 輻射下，可能會造成兩棲類眼睛的傷害，進而造成成體存活率的降低、增加癌症與腫瘤的頻率，以及抑制免疫力(Alford & Richards, 1999)。

然而，UV-B 輻射對不同兩棲類影響程度並不一樣(武正軍, 2005)，這可能與兩類動物體內的光解酶有關(武正軍, 2005；周洲等人, 2004)。一些研究發現兩棲類卵中的光解酶，有明顯的不同差異，光解酶活性較大的兩棲類，較能降低 UV-B 輻射造成的傷害(Alford & Richards, 1999; Blaustein et al., 1994)。

此外，實驗研究表明，早期暴露於 UV-B 輻射的效應，會延遲影響在往後的階段。例如，有些兩棲類胚胎期暴露在 UV-B 輻射下，雖不影響孵化，但幼體的

生長、成長則會減緩，或是暴露在 UV-B 輻射下的幼體，其往後胚胎會較小，且成長較慢(Blaustein & Bancroft, 2007)。

七、環境污染

兩棲類具滲透性皮膚、卵，使牠們對空氣、水與土壤中污染物特別敏感(Donnelly & Martha L. Crump, 1998)，極易受到環境毒物影響(Alford & Richards, 1999)，尤其是酸雨(武正軍, 2005；周洲等人, 2004)。各種環境污染對兩類類基因、性別、代謝速率、能量儲存與分配、生長發育等都造成很大影響(周洲等人, 2004)，化學污染物的毒害作用，是兩棲族群數量減少，甚至滅絕的直接原因(于鳳蘭、陸宇燕, 2006)。

野外觀察和實驗研究，都顯示許多兩棲類物種對酸性環境特別敏感(武正軍、李義明, 2004)。水域環境酸化，將對兩棲類分佈、繁殖、卵及幼體成長和存活產生重大影響，環境酸化通常與其他因素共同作用，引起兩棲族群數量下降，或間接影響兩棲類(Alford & Richards, 1999)。例如，水域酸化衝擊藻類，改變蝌蚪食物來源，以及在酸化棲地中，掠食魚類與無脊椎動物的不同死亡率，使掠食者與被掠食者關係改變(Alford & Richards, 1999)。一些研究顯示，酸化會結合其他非生物因素，造成兩棲類衰退。例如，溪流酸化加上增高的金屬濃度，已造成某些兩棲類幼體滅絕與族群長期衰退，甚至酸化土壤也會影響陸棲兩棲類分佈、數量和密度

(Alford & Richards, 1999)。

此外，兩棲類族群會受到一系列污染物影響，包括：殺蟲劑、除草劑、殺菌劑、化學肥料以及其他污染物（武正軍、李義明，2004；武正軍，2005；Blaustein & Kiesecker, 2002）。殺蟲劑和除草劑等化學品的毒性，能影響兩棲類幼體，引起畸形、減緩發育和生長、改變餵養和游泳行為，並直接導致死亡(Semlitsch, 2000)。環境毒物能直接殺死動物，或間接損害生殖，降低成長率，擾亂正常的生長和繁殖，或破壞免疫系統，增加疾病的易感性(Alford & Richards, 1999)。

兩棲類依賴水域繁殖，對水域污染物的敏感性比其他動物更高（周景明等人，2006）。水域中高濃度化學物質，會影響地區族群。化學肥料、農藥、除草劑對蝌蚪生長發育傷害極大（周偉等人，2000）。Hamer *et al.* (2004)指出，暴露在不同濃度硝酸鹽化學肥料中的兩棲類，會降低存活率、改變餵食和遷徙行為、減緩生長；長期接觸高濃度磷酸鈣、硝酸銨，會降低某些兩棲類蝌蚪存活率；肥料也可能增加水域優養化、降低溶氧量，影響蝌蚪生存；中歐自 1970 年代以來，由於化學肥料流入水域，導致兩棲類幼體存活率降低。

Blaustein & Kiesecker (2002)認為，污染物可以全球蔓延，或地區規模方式進行。大氣中的污染物，隨著生化循環擴散（武正軍、李義明，2004），可能損害偏遠、未受干擾的自然環境，傷害棲息於其中的兩棲類(Blaustein & Kiesecker, 2002)。

八、多種因素交互作用

兩棲類衰退與喪失，是全球化且起因複雜的問題(Blaustein & Bancroft, 2007; Blaustein & Kiesecker, 2002; Cushman, 2006)。大多數研究，引用多種原因或因素間的相互作用，這些問題可能包含 UV-B 輻射、棲地改變、環境酸化與毒化、疾病、氣候變遷或這些因素交互作用(Alford & Richards, 1999; Blaustein & Kiesecker, 2002)。例如，傳染性疾病與環境變化伴隨出現時，過遽烈、過新的威脅將使兩棲類無法應付；湖泊和池塘日益嚴重的優養化問題，是驅動寄生蟲感染的催化劑，進而引起兩棲類畸形(Blaustein & Bancroft, 2007);造成兩棲類衰退的疾病和氣候變化有關(Carey & Alexander, 2003; Kiesecker *et al.*, 2001; Pounds & Crump, 1994); UV-B 輻射與其他環境壓力結合交互作用，如病菌或環境酸化，明顯增加胚胎死亡率(Alford & Richards, 1999)；紫外線直接改變化學物品時，如某些殺蟲劑，能使其更具有毒性(Blaustein & Kiesecker, 2002)。

影響兩棲族群原因是複雜的，許多因素的背後都隱含著與其他因素間的交互作用（周洲等人，2004），而大多數研究引用多種原因或因素間的相互作用(Alford & Richards, 1999)，來說明兩棲類的衰退。因此，在研究兩棲類衰退原因時，綜合考慮多種因素交互作用，可能比單純研究一種因素更能符合實際情況。

肆、結論

兩棲類衰退是全球趨勢，雖然目前科學家對於造成兩棲類衰退原因，尚未有定論，但在此可明顯看出，環境劣化已經嚴重影響兩棲類生存。未來若要確切瞭解全球兩棲族群變化趨勢，必定需要進行長時間的監測與研究。而且引用單一因素來解釋衰退現象，可能過於單純，結合多因子方法或許更能瞭解。

台灣目前種兩棲類有 7 科 37 種，其中有 15 種為台灣特有種，兩棲類物種數量豐富，然而由於台灣保育觀念低落，使兩棲類面臨嚴峻的考驗。其中棲地的破壞與都市化、森林濫墾濫伐、溪流水泥化、溼地消失、道路的開挖、農藥的噴灑、水質汙染、人類捕食、外來種的入侵等，使台灣的兩棲類日益稀少。

對於當前全球性兩棲類衰退現象若不加重視，數以百計的兩棲類將在未來數十年內滅絕，屆時勢必對全球生物多樣性產生巨大衝擊。今日兩棲類，明日人類，生活在同樣劣化環境下的人類，該以兩棲類衰退現象作為警惕。

伍、參考文獻

于業輝、張守純、趙玉軍、石嬌、于立輝、呂秋風(2006)。壺菌病與兩棲動物的種群衰退。*動物學雜誌*，**41(3)**，118-122。

于鳳蘭、陸宇燕(2006)。中國特有兩棲類受脅現狀分析。*四川動物*，**25(002)**，323-325。

呂光洋、杜銘章、向高世(1999)。**臺灣兩棲爬行動物圖鑑**。臺北市。大自然雜誌社。

吳聲海(2007)。兩生爬蟲哺乳類研究。陳

茂春(主持人)，**97 年度武陵地區長期生態監測暨生態模式建立**。苗栗縣。

周偉、蔡永壽、張成生(2000)。昆明兩棲動物分布與棲息環境關係初探。*四川動物*，**19(1)**，9-12。

武正軍、李義明(2004)。兩棲類種群數量下降原因及保護對策。*生態學雜誌*，**23(1)**，140-146。

周洲、謝鋒、江建平、鄭中華(2004)。兩棲動物種群衰退研究進展。*應用與環境生物學報*，**10(1)**，128-132。

武正軍(2005)。**舟山群島蛙類生態學研究——食物季節性、身體大小變異、種—面積關係及牛蛙的潛在危害**。中國科學院動物研究所博士學位論文。

周景明、秦占芬、徐曉白(2006)。兩棲類動物在環境毒理學研究中的應用。*環境與健康雜誌*，**23(4)**，369-371

楊懿如、向高世、李鵬翔、李承恩(2005)。**臺灣兩棲動物野外調查手冊**。臺北市：行政院農業委員會林務局。

關永才、莊銘豐、劉俊良(2007)。人工林經營對兩棲類動物族群及群聚組成之影響。*林業研究專訊*，**14(1)**，17-19。

戴孜文、林春富(2003)。**兩棲類的覓食**。自然保育季刊，41，48。

Alford, R. A., & Richards, S. J. (1999). Global Amphibian Declines: A Problem in Applied Ecology. *Annual Review of Ecology & Systematics*, **30(1)**, 133-165.

Beebee, T. J. C. (1995). Amphibian breeding and climate. *Nature*, **374(6519)**, 219-220. Retrieved February 23, 2009, .

Berger, L., Speare, R. S., Daszak, P., Green, D. E., Cunningham, A. A., Goggin, C. L., et al. (1998). *Chytridiomycosis causes amphibian mortality associated with population declines in the rain forests of Australia and Central America* (Vol. 95, pp. 9031-9036). National Acad Sciences.

- Blaustein, A. R., & Bancroft, B. A. (2007). Amphibian Population Declines: Evolutionary Considerations. *BioScience*, 57(5), 437-444.
- Blaustein, A. R., Belden, L. K., Olson, D. H., Green, D. M., Root, T. L., & Kiesecker, J. M. (2001). Amphibian Breeding and Climate Change. *Conservation Biology*, 15(6), 1804-1809.
- Blaustein, A. R., Hoffman, P. D., Hokit, D. G., Kiesecker, J. M., Walls, S. C., & Hays, J. B. (1994). UV Repair and Resistance to Solar UV-B in Amphibian Eggs: A Link to Population Declines? *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 91(5), 1791-1795.
- Blaustein, A. R., & Kiesecker, J. M. (2002). Complexity in conservation: lessons from the global decline of amphibian populations. *Ecology Letters*, 5(4), 597-608.
- Bowne, D. R., & Bowers, M. A. (2004). Interpatch movements in spatially structured populations: a literature review. *Landscape Ecology*, 19(1), 1-20.
- Bulger, J. B., Scott, N. J., & Seymour, R. B. (2003). Terrestrial activity and conservation of adult California red-legged frogs *Rana aurora draytonii* in coastal forests and grasslands. *Biological Conservation*, 110(1), 85-95.
- Carey, C., & Alexander, M. A. (2003). Climate change and amphibian declines: is there a link? *Diversity & Distributions*, 9(2), 111-121.
- Cushman, S. A. (2006). Effects of habitat loss and fragmentation on amphibians: A review and prospectus. *Biological Conservation*, 128(2), 231-240.
- Donnelly, M. A., & Crump, M. L. (1998). Potential Effects of Climate Change on Two Neotropical Amphibian Assemblages. *Climatic Change*, 39(2), 541-561.
- Fisher, R. N., & Shaffer, H. B. (1996). The Decline of Amphibians in California's Great Central Valley. *Conservation Biology*, 10(5), 1387-1397.
- Gallant, A. L., Klaver, R. W., Casper, G. S., & Lannoo, M. J. (2007). Global Rates of Habitat Loss and Implications for Amphibian Conservation. *Copeia*, (4), 967. Retrieved February 23, 2009, .
- Gamradt, S. C., & Kats, L. B. (1996). Effect of Introduced Crayfish and Mosquitofish on California Newts. *Conservation Biology*, 10(4), 1155-1162.
- Graeter, G. J., Rothermel, B. B., & Gibbons, J. W. (2008). Habitat Selection and Movement of Pond-Breeding Amphibians in Experimentally Fragmented Pine Forests. *Journal of Wildlife Management*, 72(2), 473-482.
- Hamer, A. J., Makings, J. A., Lane, S. J., & Mahony, M. J. (2004). Amphibian decline and fertilizers used on agricultural land in south-eastern Australia. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 102(3), 299-305.
- Herrmann, H. L., Babbitt, K. J., Baber, M. J., & Congalton, R. G. (2005). Effects of landscape characteristics on amphibian distribution in a forest-dominated landscape. *Biological Conservation*, 123(2), 139-149.
- Homan, R. N., Windmiller, B. S., & Reed, J. M. (2004). Critical Thresholds Associated with Habitat Loss for Two Vernal Pool-Breeding Amphibians. *Ecological Applications*, 14(5), 1547-1553.
- Kiesecker, J. M., Blaustein, A. R., & Belden, L. K. (2001). Complex causes of amphibian population declines. *Nature*, 410(6829), 681-684.
- Lips, K. R., Brem, F., Brenes, R., Reeve, J. D., Alford, R. A., Voyles, J., et al. (2006). Emerging infectious disease and the loss of biodiversity in a Neotropical amphibian community. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103(9), 3165-3170.
- Paul, N. D., & Gwynn-Jones, D. (2003).

- Ecological roles of solar UV radiation: towards an integrated approach. *Trends in Ecology & Evolution*, 18(1), 48-55.
- Pearl, C. A., Adams, M. J., Bury, R. B., & McCreary, B. (2004). Asymmetrical Effects of Introduced Bullfrogs (*Rana catesbeiana*) on Native Ranid Frogs in Oregon. *Copeia*, 2004(1), 11-20.
- Pounds, J. A., & Crump, M. L. (1994). Amphibian Declines and Climate Disturbance: The Case of the Golden Toad and the Harlequin Frog. *Conservation Biology*, 8(1), 72-85.
- Rollins-Smith, L. A., Carey, C., Longcore, J., Doersam, J. K., Boutte, A., Bruzgal, J. E., et al. (2002). Activity of antimicrobial skin peptides from ranid frogs against *Batrachochytrium dendrobatidis*, the chytrid fungus associated with global amphibian declines. *Developmental and Comparative Immunology*, 26(5), 471-479.
- Schwarzkopf, L., & Alford, R. A. (1996). Desiccation and shelter-site use in a tropical amphibian: comparing toads with physical models. *Functional Ecology*, 193-200.
- Semlitsch, R. D. (2000). Principles for Management of Aquatic-Breeding Amphibians. *The Journal of Wildlife Management*, 64(3), 615-631.
- Silva, M., Hartling, L. A., Field, S. A., & Teather, K. (2003). The effects of habitat fragmentation on amphibian species richness of Prince Edward Island. *Canadian Journal of Zoology*, 81(4), 563-573.
- Skelly, D. K., Werner, E. E., & Cortwright, S. A. (1999). Long-term distributional dynamics of a Michigan amphibian assemblage. *Ecology*, 80(7), 2326-2337.
- Skerratt, L. F., Berger, L., Speare, R., Cashins, S., McDonald, K. R., Phillott, A. D., et al. (2007). Spread of Chytridiomycosis Has Caused the Rapid Global Decline and Extinction of Frogs. *EcoHealth*, 4(2), 125-134.
- Stuart, S. N., Chanson, J. S., Cox, N. A., Young, B. E., Rodrigues, A. S., Fischman, D. L., et al. (2004). *Status and Trends of Amphibian Declines and Extinctions Worldwide* (Vol. 306, pp. 1783-1786). American Association for the Advancement of Science.
- Trenham, P., Koenig, W., Mossman, M., Stark, S., & Jagger, L. (2003). Regional dynamics of wetland-breeding frogs and toads: Turnover and synchrony. *Ecological applications*, 13(6), 1522-1532.
- Wells, K. D. (2007). *The ecology and behavior of amphibians* (pp. 230-267). The University of Chicago Press.
- Wilbur, H. M., Vitt, L. J., Caldwell, J. P., & Smith, D. C. (1990). Viewpoint: Amphibians as Harbingers of Decay. *Bioscience*, 40, 418.
- Woodhams, D. C., Alford, R. A., & Marantelli, G. (2003). Emerging disease of amphibians cured by elevated body temperature. *Diseases of Aquatic Organisms*, 55(1), 65-67.