

臺灣十一種蛙類之行為能力比較之研究

The Study of Compare Eleven Species of Frogs Capacity in Taiwan

明道大學
景觀系
副教授兼系主任

張源修*

Yuan-Hsiou Chang

明道大學
景觀系
大三生

吳秉諭

Bing-Yu Wu

摘 要

本研究探討臺灣兩棲類之行為能力，涵蓋臺灣平地與高山間不同棲地與生活型態之兩棲類，用臺灣常見的蛙類共十一種，探討其體重、體長、跳高與跳遠的相關性與影響程度，以探討兩棲類的行為能力模式設計兩棲生態工程。本研究採集 11 種共計 220 隻蛙類，樣本進行體重、體長、跳遠、跳高測試。實驗結果顯示，盤古蟾蜍體重 93.2 ± 17.6 g 與體長 8.6 ± 0.6 cm 最大；面天樹蛙體重 1.9 ± 0.7 g 與日本樹蛙體長 2.8 ± 0.2 cm 最小。日本樹蛙跳高 47.3 ± 4.5 cm 最高；斯文豪氏赤蛙跳遠 108.5 ± 12.5 cm 最遠；盤古蟾蜍跳高 12.2 ± 1.3 cm 最低；黑眶蟾蜍跳遠 15.8 ± 4.3 cm 最短。因此，根據以上結果可知其優劣勢之行為能力。本研究期望能對日後從事兩棲生態保育與相關生態保育人員，提供有用之參考建議。

關鍵詞：生態工程，行為能力，兩棲類，蛙。

ABSTRACT

This study investigated the capacity of amphibians in Taiwan, including Taiwan plains and mountains between different habitats and lifestyle of amphibians, using 11 kinds of common frogs in Taiwan, explore their body weight, body length, high jump and long jump relevance and impact, to obtain amphibian behavior patterns to design ecological engineering. In this study, a total of 220 collected 11 kinds of frogs, for sample weight, body length, long jump, high jump test. The results show that *Bufo bankorensis* 93.2 ± 17.6 g weight and body length 8.6 ± 0.6 cm is biggest, *Curixalus idiootocus* weight

*通訊作者：明道大學景觀系副教授兼系主任，52345 彰化縣埤頭鄉文化路 369 號，f89622050@ntu.edu.tw

1.9 ± 0.7 g and *Buergeria japonica* body length 2.8 ± 0.2 cm is smallest, *Buergeria japonica* high jump 47.3 ± 4.5 cm is highest; *Rana swinhoana* long jump 108.5 ± 12.5 cm is furthest; *Bufo bankorensis* high jump 12.2 ± 1.3 cm is lowest; *Duttaphrynus melanostictus* long jump 15.8 ± 4.3cm is shortest. Therefore, according to results we can see the advantages and disadvantages of its capacity. This study hopes to provide amphibious ecological conservation and related conservation officers to useful information in the future.

Keywords: Ecological engineering, Climb ability, Amphibian, Frog.

一、前言

生態工程的產生，主要是因應人為開發與經濟需求的同時，進而發展出保護自然環境的工程實踐 (Bergen, *et al.*, 2001)。由於人為的不當開發，造成現今許多原生環境受到破壞，不但對環境造成了巨大的傷害，也正改變生態系間物種的組成、豐富度和多樣性生態系統等 (Kim and Byrne, 2006; Stenseth *et al.*, 2002; Dirzo and Raven, 2003; Turner *et al.*, 2004 and Biesmeijer *et al.*, 2006)。而生態廊道就是生態工程的一種，主要是為改善人為生產與人為休閒的影響，導致生物遷習、生存及繁殖等空間不斷消失 (陳, 2003)。王(2009)提到為加強都市綠化及生物多樣性，建構生態綠廊道已成為主要規劃策略。陳(2003)與王(2006)提出棲地零碎化 (habitat fragmentation) 是造成區域物種滅絕的主要原因之一，因此要規劃有效的生態廊道與適當之廊道設計，避免區域性

的物種族群數量 (圖 1、2)，因此選擇臺灣高山平地間常見的 11 種蛙類為本研究主體，探討其行為能力。

二、文獻回顧

臺灣的蛙類有無尾目與有尾目兩大種，並分布在臺灣平原和高海拔地區 (呂, 2006)。兩棲動物在臺灣的生態系統中扮演重要角色 (呂, 1996; 陳, 2003; Hou *et al.*, 2008)。呂(1996)提出臺灣現知的兩棲類，在蝌蚪時期，不同的種類都有其各自喜歡的水域，而兩棲類的習性可分為兩種階段，以適應幼年與成年時期不同的環境。謝(1993)提出黑眶蟾蜍 (*Duttaphrynus melanostictus*)，有明顯的雌雄差異且藉由靜坐鳴叫、主動擁抱任何靠近的個體來爭奪稀少的交配機會，雄黑眶蟾蜍體長平均 6 cm；雌黑眶蟾蜍平均 7 cm，雌蟾每次產卵 4,000-5,000 顆，常成雙長條膠質卵串 (陳, 2003)。李(1986)說明盤古蟾蜍 (*Bufo bankorensis*)



圖 1 被輾死的黑框蟾蜍



圖 2 被輾死的蛙類

多半在水中或水邊活動，且長時間都處於靜坐模式，到了繁殖季節時其活動性增加，交配成功的雌雄蟾蜍間之體長有明顯的差異，雄盤古蟾蜍體長平均 7 cm；雌盤古蟾蜍平均 11 cm。澤蛙 (*Rana limnocharis*) 普遍分佈於全島海拔 1,500 m 以下地區，喜歡棲息於草澤與水田之中，雄澤蛙體長平均 4.3 cm；雌澤蛙平均 5.5 cm (陳, 2003)。楊(2010)與徐(1991)指出赤蛙科的拉都希氏赤蛙 (*Rana latouchii*) 廣泛分佈於全島平地、中低海拔山區，在長有水草的積水池、流動緩慢的溝渠或溪流繁殖，也棲息在都市裡面，整年都在進行生殖活動，雌雄差異也不大；雄拉都希氏赤蛙體長平均 4.5 cm，雌拉都希氏赤蛙平均 5.5 cm。楊(1999)提出，同屬赤蛙科的腹斑蛙 (*Rana adenopleura*)，廣泛分佈於全省 2,000 m 以下的山區草澤及靜水域，尤其是水生植物茂盛的地方，雌雄個體差異不大，雄腹斑蛙體長平均 6.5 cm；雌腹斑蛙平均 6.5 cm。賴(2001)指出斯文豪氏赤蛙 (*Rana swinhoana*) 分佈於台灣海拔 2,000 m 上下的溪流及山澗，而斯文豪氏赤蛙的小蛙 (juvenile) 與亞成蛙 (subadult) 皆在岸上活動，不和性成熟的成蛙一起生活於溪流中。只有當它們成為性成熟的成蛙時，才會再回到溪澗生活，雄斯文豪氏赤蛙體長平均 6.5 cm；雌斯文豪氏赤蛙平均 8.5 cm。陳(2003)說明貢德氏赤蛙 (*Rana guentheri*) 生性隱密廣泛分佈於全省平地及低海拔山區的稻田、水池及沼澤環境，雄貢德氏赤蛙體長平均 7 cm；雌貢德氏赤蛙平均 8 cm，每次可繁殖約 3,000 顆卵。楊(1999)指出，同屬樹蛙科的面天樹蛙 (*Curixalus idiootocus*) 廣泛分佈於台灣西部中低海拔山區，幾乎只要有艾氏樹蛙地方，都能發現面天樹蛙，且張(1989)說明，雄蛙主要以定點鳴叫彼此競爭配對機會，生殖系統屬於典型的群集展示一夫多妻制 (lek polygyny)，雄蛙體長平均 2.5 cm；雌蛙平均 4.5 cm。柳、呂 (2009) 說明日本樹蛙有明顯雌雄二型性，雌蛙體型較大雄蛙體長平均 2.5 cm；雌蛙平均 3.5 cm，楊(2003)指出其常出現在水溝底部、溝壁及石頭上鳴叫，非常活潑，善於跳躍，叫聲高而響亮如同蟲鳴。巫(2002)提出日本樹蛙蝌蚪的溫度耐受度均比其他

種類高，溫度耐受度至少都在 41°C 以上，證實日本樹蛙是一種天生耐高溫的物種。林(2001)說明在其生殖生態的研究結果發現，樹蛙科的褐樹蛙 (*Buergeria robusta*) 有明顯的雌雄二型性，雌褐樹蛙平均體長為雄蛙的 1.48 倍，雄褐樹蛙體長平均 4.5 cm；雌褐樹蛙平均 6.5 cm，平均體重為雄蛙的 3.7 倍，生殖活動易受氣候溫度影響，偏好在晴天的夜晚進行生殖活動。近年來臺灣受到強勢外來物種斑腿樹蛙 (*Polypedates megacephalus*) 的入侵，目前已在臺灣之臺中市一帶擴散開，除斑腿樹蛙和白額樹蛙等蛙類之間的生存競爭，也有雜交問題，導致本土物種逐漸流失與減少 (楊, 2012)。吳等(2010)指出斑腿樹蛙在 3 至 8 月間共產下 10 堆卵泡，每堆卵泡平均約有 639 個卵。在 16.6-29.3°C 的環境溫度下，卵約 3 至 8 天可孵出，蝌蚪的變態率平均為 3.3%。雌雄蛙在體型及體色上均呈現明顯差異，雌性斑腿樹蛙的體型 (吻肛長 7.4 ± 0.9 cm；體重 32.6 ± 9.1 g) 大於雄斑腿樹蛙 (5.0 ± 0.3 cm； 9.8 ± 3.6 g) 的體型。楊(2012)提出斑腿樹蛙棲地多分佈於 570 m 以下的菜園、果園、公園等人為環境。2006 年在臺灣彰化縣田尾鄉發現的外來種，隨著盆栽植物擴散，目前 2012 年在新北市八里、五股、蘆洲、新莊、鶯歌；桃園縣楊梅、龜山、蘆竹；台中市梧棲、石岡、都會公園；彰化縣田尾；雲林縣北港；馬祖南竿等地建立族群，斑腿樹蛙大型修長，雄蛙體長平均 5 cm；雌蛙平均 7.4 cm，雌蛙比雄蛙體型大很多，腿部內側有網狀斑，網紋較粗，呈黑色底白色斑點 (楊, 2012)。

在兩棲生物實驗方面，Hou *et al.* (2010) 與 Chang *et al.* (2011) 提出本土兩棲類的體重、體長與趾表面積量測方式。Green and Carson (1988) 提出以拉力計測量蛙類在玻璃基質上之攀附能力之實驗。Zhang (1989) 提出以電子式計重秤量計體重，單位為公克；體長量測則將面天樹蛙身體拉直再以游標卡尺進行量測。Hou *et al.* (2008) 提出量測蛙類跳高方式則以 1 mm 厚紙板捲成內徑 5 cm，高度分別為 5-20 cm 的紙筒，各紙筒間高度差 1 cm，將面天樹蛙置於不同筒內，以芒草刺激其跳躍而求得其值。量測跳遠方式以 100 ×

100 cm 以上之平板將生物置於上方固定位置，以五次跳遠平均值求得其跳遠能力(Hou *et al.*, 2009)。

三、材料與方法

3.1 研究材料

3.1.1 取樣物種選擇

本研究選擇盤古蟾蜍、黑眶蟾蜍、貢德氏赤蛙、斯文豪氏赤蛙、腹斑蛙、拉都希氏赤蛙、澤蛙、褐樹蛙、斑腿樹蛙、面天樹蛙、日本樹蛙。盤古蟾蜍、黑眶蟾蜍、斑腿樹蛙、澤蛙捕捉地點於臺灣彰化縣埤頭鄉明道大學周邊 E23°87'04"，N120°49'47" 與田尾鄉之菁芳園的生態園區內 E23°90'66"，N120°53'40"，斯文豪氏赤蛙、腹斑蛙、拉都希氏赤蛙、褐樹蛙、日本樹蛙捕捉地點於台北縣烏來山區之蛙蛙谷 E24°82'82"，N121°52'62" 以及面天樹蛙捕捉地點於宜蘭長埤湖 E24°64'65"，N 121.61'21" 進行捕捉。

3.1.2 測量儀器與研究之材料

以游標卡尺測量蛙類的身長，測量範圍為 0-150 mm/0-6 in。電子重秤測量兩棲類的重量以 g 為單位，精密度為 1/2000。捲尺長度 5 m，測量蛙類跳高與跳遠的能力。

3.2 研究方法

3.2.1 取樣方式、樣本數量

依據呂(1996)對兩棲類動物資源調查手冊所提出之叢塊取樣法至現場取樣，並依 Chang (2011) 與余(1976)之取樣方式，每種蛙類取 20 隻樣本進行測量，總計 220 隻，在 14 天內完成實驗放回原棲地，以免影響其行為能力。

3.2.2 體重與體長測量

依據 Chang (2011) 使用電子重秤測量蛙類體重，使用游標卡尺測量蛙類吻肛長，了解蛙類的個體大小為評估測量依據，以便與其它蛙類作比較。

3.2.3 跳高與跳遠測量

依據 Hou *et al.* (2009) 與 Cadiergues, *et al.* (2000) 量測跳高方式，將受測蛙類侷限至一個長、寬、高 10 cm × 10 cm × 60 cm 之紙質材料空

間，高度設刻度線為 1 cm，以芒草引導蛙類向上跳躍並紀錄其跳躍能力。跳遠實驗是將蛙類放置在 120 cm × 120 cm 的木質測試板上，以吻部為量測點，運用芒草刺激蛙類跳遠，再以捲尺測量跳躍距離，每個樣本跳高與跳遠各測試 5 次。

四、研究結果

4.1 體重與體長之差異

實驗結果體重依序為盤古蟾蜍 > 貢德氏赤蛙 > 黑眶蟾蜍 > 斯文豪氏赤蛙 > 褐樹蛙 > 腹斑蛙 > 拉都希氏赤蛙 > 斑腿樹蛙 > 澤蛙 > 日本樹蛙 > 面天樹蛙；體長依序為盤古蟾蜍 > 貢德氏赤蛙 > 黑眶蟾蜍 > 斯文豪氏赤蛙 > 褐樹蛙 > 斑腿樹蛙 > 腹斑蛙 > 拉都希氏赤蛙 > 澤蛙 > 面天樹蛙 > 日本樹蛙，結果顯示盤古蟾蜍體重 93.2 ± 17.6 g 與體長 8.6 ± 0.6 cm 最大；面天樹蛙體重 1.9 ± 0.7 g 與日本樹蛙體長 2.8 ± 0.2 cm 最小，盤古蟾蜍體重比面天樹蛙高 43 倍，體長比日本樹蛙高 6.2 cm，如圖 3 所示。

4.2 跳高與跳遠之差異

實驗結果顯示，跳遠能力依序為斯文豪氏赤蛙 > 日本樹蛙 > 貢德氏赤蛙 > 腹斑蛙 > 褐樹蛙 > 拉都希氏赤蛙 > 斑腿樹蛙 > 面天樹蛙 > 澤蛙 > 盤古蟾蜍 > 黑眶蟾蜍；而跳高能力依序為日本樹蛙 > 斯文豪氏赤蛙 > 貢德氏赤蛙 > 褐樹蛙 > 斑腿蛙 > 腹斑蛙 > 澤蛙 > 拉都希氏赤蛙 > 面天樹蛙 > 黑眶蟾蜍 > 盤古蟾蜍，日本樹蛙跳高 47.3 ± 4.5 cm 最高；斯文豪氏赤蛙跳遠 108.5 ± 12.5 cm 最遠；盤古蟾蜍跳高 12.2 ± 1.3 cm 最低；黑眶蟾蜍跳遠 15.8 ± 4.3 cm 最低，日本樹蛙比盤古蟾蜍跳高高出 38.3 cm 與最低盤古蟾蜍 13 cm 差 4 倍；斯文豪氏赤蛙跳遠比黑眶蟾蜍高出 100.4 cm，差 6 倍。比對相關數據後可發現與體重體長有一定關聯性(圖 4)。

4.3 體重與體長之跳高與跳遠能力差異

比對蛙類單位體重與體長之跳高與跳遠能力，單位化跳遠體重與體長後，可以發現跳遠能力由高至低依序為日本樹蛙 > 腹斑蛙 > 斯文豪

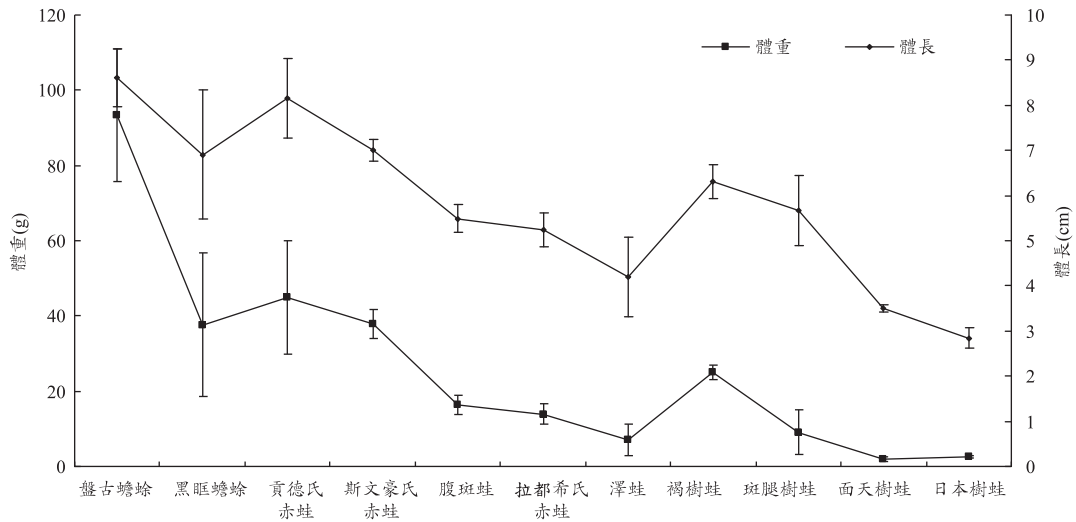


圖 3 11 種蛙類之體重、體長差異比較

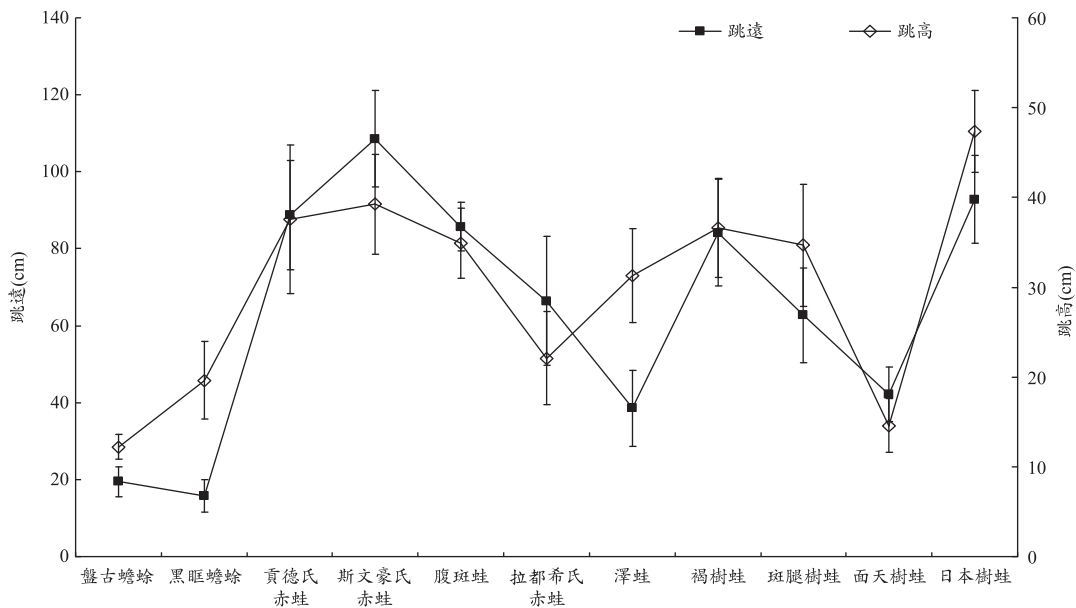


圖 4 11 種蛙類之跳高與跳遠行為能力

氏赤蛙 > 褐樹蛙 > 拉都希氏赤蛙 > 面天樹蛙 > 斑腿樹蛙 > 貢德氏赤蛙 > 澤蛙 > 黑眶蟾蜍 > 盤古蟾蜍；單位化體重與體長後跳高能力由高至低依序日本樹蛙 > 面天樹蛙 > 澤蛙 > 斑腿樹蛙 > 腹斑蛙 > 拉都希氏赤蛙 > 褐樹蛙 > 斯文豪氏赤蛙 > 貢德氏赤蛙 > 黑眶蟾蜍 > 盤古蟾蜍。日本樹蛙跳高與跳遠能力最高，比表現最低盤古蟾蜍的

跳高與跳遠兩者高出約 180 倍(圖 5 與圖 6)，由此可知體重與體長是影響蛙類行為能力的重要因子。

4.4 結論

體重最重蛙類為盤古蟾蜍 110 g，與體重最輕的面天樹蛙 2.5 g 差 55 倍；盤古蟾蜍之體長則

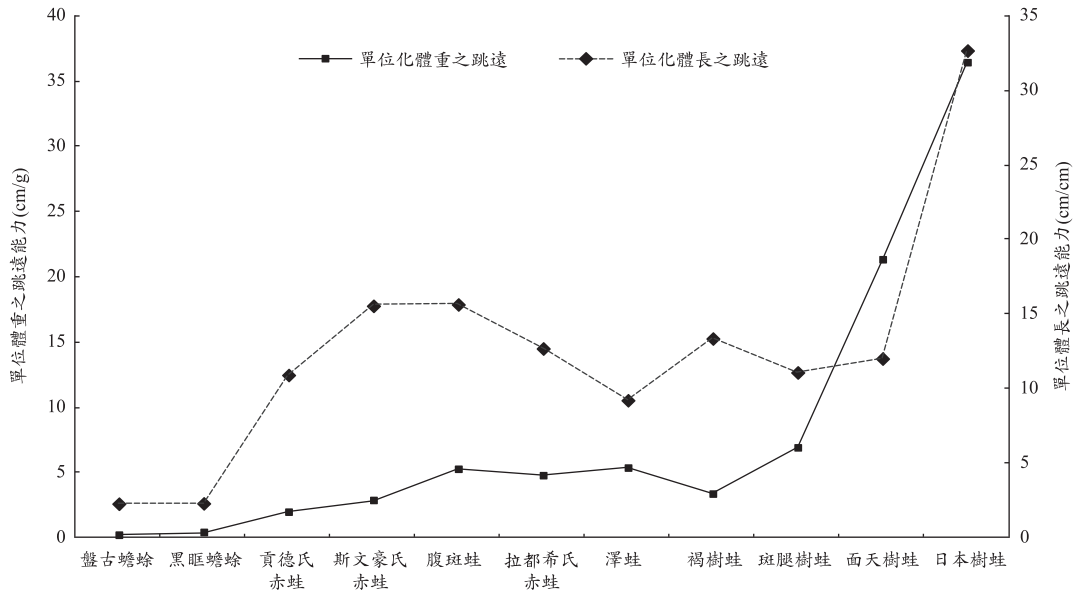


圖 5 11 種蛙類單位化體重與體長之跳遠能力

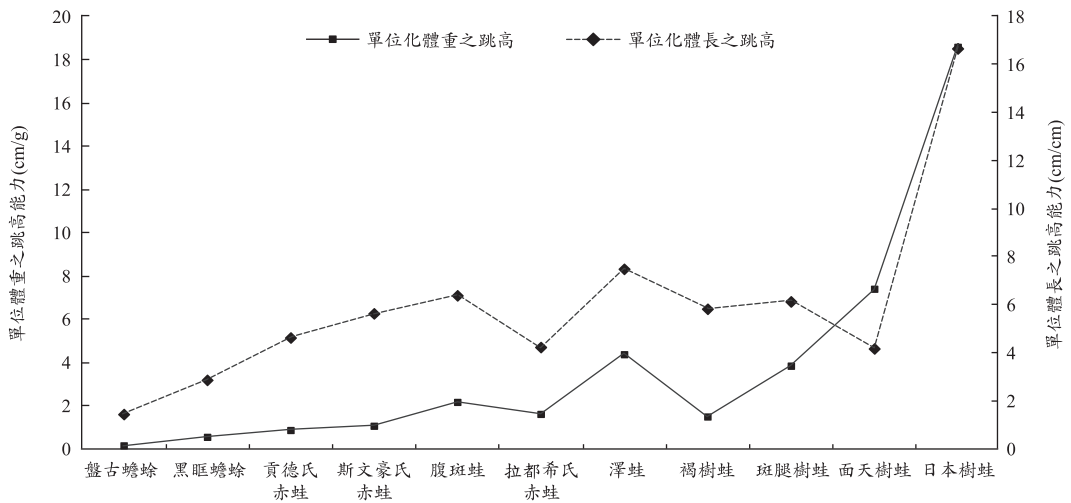


圖 6 11 種蛙類單位化體重與體長之跳高能力

比最低日本樹蛙高 6.2 cm。但是跳高與跳遠的數值高低則剛好相反，跳高最高的日本樹蛙 52 cm 比最低盤古蟾蜍高出 34 cm；跳遠最高則是斯文豪氏赤蛙 120 cm 比黑眶蟾蜍高出 101 cm。根據圖 5 與圖 6 顯示出體重輕與體長相對較短的日本樹蛙其單位化體重與體長之跳高和跳遠能力數值較高，單位體長之跳遠能力為 32.6 ± 4.0 cm；單位體重之跳遠能力為 36.4 ± 4.4 cm 以及單位體

長之跳高能力為 16.6 ± 1.6 cm；單位體重之跳高能力為 18.5 ± 1.7 cm，在單位化體重與體長條件下，都比其它蛙類的行為能力還高出許多，如日本樹蛙的單位體長之跳遠能力比盤古蟾蜍高 18 cm 高出 36 倍；甚至單位體重之跳遠能力高出 36 cm 約 90 倍之多。因此建議以後相關生態工程與生態廊道設置調整方式可參考表 1 相關數據來進行設計。

表 1 十一種蛙類體型與行為能力

種類	盤古蟾蜍	黑眶蟾蜍	貢德氏赤蛙	斯文豪氏赤蛙	腹斑蛙	拉都希氏赤蛙
學名	<i>Bufo bankorensis</i>	<i>Duttaphrynus melanostictus</i>	<i>Rana guentheri</i>	<i>Rana swinhoana</i>	<i>Rana adenopleura</i>	<i>Rana latouchii</i>
科別	蟾蜍科	蟾蜍科	赤蛙科	赤蛙科	赤蛙科	赤蛙科
體長(cm)	8.6±0.6	6.9±1.4	8.1±0.8	6.9±0.2	5.4±0.3	5.2±0.3
體重(g)	93.2±17.6	37.6±19	44.8±14.9	37.8±3.7	16.3±2.5	13.9±2.6
跳高(cm)	12.2±1.3	19.6±4.3	37.6±8.2	39.2±5.5	34.9±3.8	22±5.1
跳遠(cm)	19.4±3.8	15.8±4.3	88.8±14.1	108.5±12.5	85.7±6.2	66.4±16.7
單位體重跳高(cm/g)	0.13±0.01	0.52±0.01	0.83±0.01	1.03±0.14	2.14±0.23	1.58±0.37
單位體重跳遠(cm/g)	0.20±0.04	0.41±0.04	1.97±0.04	2.87±0.33	5.25±0.38	4.76±1.2
單位體長跳高(cm/cm)	1.41±0.15	2.84±0.62	4.60±1.01	5.60±0.79	6.36±0.7	4.20±0.98
單位體長跳遠(cm/cm)	2.25±0.44	2.28±0.62	10.88±1.73	15.52±1.79	15.61±1.14	12.66±3.19
建議基質粒徑(cm)	H:12 L:19	H:19 L:15	H:37 L:88	H:39 L:108	H:34 L:85	H:22 L:66

種類	澤蛙	褐樹蛙	斑腿樹蛙	面天樹蛙	日本樹蛙
學名	<i>Fejervarya limnocharis</i>	<i>Buergeria robusta</i>	<i>Polypedates megacephalus</i>	<i>Curixalus idiotocus</i>	<i>Buergeria japonica</i>
科別	赤蛙科	樹蛙科	樹蛙科	樹蛙科	樹蛙科
體長(cm)	4.1±0.8	6.3±0.3	5.6±0.7	3.5±0.07	2.8±0.2
體重(g)	7.2±4.1	25±2	9±5.8	1.9±0.7	2.5±0.2
跳高(cm)	31.3±5.2	36.6±5.4	34.7±6.8	14.5±2.9	47.3±4.5
跳遠(cm)	38.6±9.8	84.1±13.8	62.8±12.3	42±7	92.8±11.3
單位體重跳高(cm/g)	4.34±0.01	1.46±0.21	3.81±0.01	7.37±1.51	18.56±1.79
單位體重跳遠(cm/g)	5.35±0.04	3.35±0.55	6.90±0.04	21.31±3.57	36.4±4.46
單位體長跳高(cm/cm)	7.46±1.24	5.80±0.86	6.10±1.19	4.14±0.85	16.64±1.61
單位體長跳遠(cm/cm)	9.19±2.35	13.33±2.19	11.05±2.17	11.99±2.01	32.63±4
建議基質粒徑(cm)	H:31 L:38	H:36 L:84	H:34 L:62	H:14 L:42	H:47 L:92

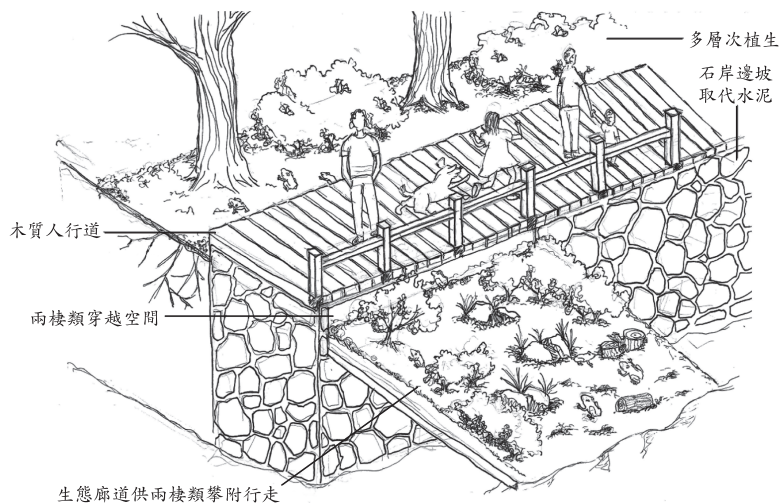


圖 7 水岸邊坡兩棲廊道設計模式

本研究結果針對蛙類的跳高高度與跳遠距離的極限值，來調整生態工程中之石塊、木頭等硬體設施等大小與設計方式都可根據本研究成果作設計，如盤古蟾蜍的跳高極限為 12 cm，生態工程內的設施基質單位高度不能超過 12 cm 導致無法攀附，因此讓臺灣的蛙類能夠透過生態工程，來順利穿越人造動線達到保育蛙類的成效，如圖 7 所示。

參考文獻

1. Bergen, S. D., Bolton, S. M., Fridley, James. L., 2001. Design principles for ecological engineering, *Ecological Engineering*. 18 (2), 201-210.
2. Biesmeijer, J. C., Roberts, S. P. M., Reemer, M., Ohlemiller, R., Edwards, M., Peeters, T., Schaffer, A. D., Potts, S. G., Keenkers, R., Thomas, C. D., Settele, J., Kumin, W. E., 2006. Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Netherlands. *Science*. 313, 351-354.
3. Cadiegues, M. C., Joubert, C., Frane, M., 2000. A comparison of jump performances. of the dog flea, *Ctenocephalides canis* (Curtis, 1826) and the cat flea, *Ctenocephalides felis* (Bouche, 1835). *Veterinary Parasitology*. 92, 293-214.
4. Chang, Y. H., Wang, H. W., Hou, W. S., 2011. Effects of construction materials and design of lake and stream banks on climbing ability of frogs and salamanders. *Ecological Engineering*. 37, 1726-1733.
5. Dirzo, R., Raven, P. H., 2003. Global state of biodiversity and loss. *Annual Review of Environment and Resources*. 28, 137-167.
6. Green, D. M., Carson, J., 1988. The adhesion of tree frog toe-pads to glass: cryogenic examination of a capillary adhesion system. *J. Natural Hist*. 22, 131-135.
7. Hou, W. S., Chang, Y. H., Chuang, T. F., Chen, C. H., 2010. Effect of Ecological Engineering Design on Biological Motility and Habitat Environment of *Hynobius arisanensis* at High Altitude Areas in Taiwan. *Ecological Engineering*. 36, 791-798.
8. Hou, W. S., Chang, Y. H., Wang, H. W., 2008. Climatic effects and impacts of lakeshore bank designs on the activity of *Chirixalus idiotocus* in Yilan, Taiwan. *Ecological Engineering*. 32, 52-59.
9. Hou, W. S., Chang, Y. H., Wang, H. W., Tan, Y. C., 2009. Using the Behavior of Seven Amphibian Species for the Design of Banks of Irrigation and Drainage Systems in Taiwan. *Irrigation and Drainage*. 10, 1002.
10. Kim, K. C., Byrne, L. B., 2006. Biodiversity loss and the taxonomic bottleneck: emerging biodiversity science. *Ecological Research*. 21, 794-810.
11. Stenseth, N. C., Mysterud, A., Ottersen, G., Hurrell, J. W., Chan, K. S., Lima, M., 2002. Ecological effects of climate fluctuations. *Science*. 297, 1292-1296.
12. Turner, W. R., Nakamura, T., Dinetti, M., 2004. Global urbanization and the separation of humans from nature. *Bioscience* 54, 585-590.
13. Zhang, Y. W., 1989. The Reproductive Behavior of *Chirixalus idiotocus*. Master's Thesis for the Science Graduate Institute, Zoology, National Taiwan University, Taipei, Taiwan, pp. 12-54
14. 王欣怡(2006)陽明山國家公園在人為干擾下的生態廊道效益評估研究，臺北市立教育大學環境教育研究所碩士論文。
15. 王偉帆(2009)生態廊道觀之都市綠園道評估架構之研究—以台南市為例，國立成功大學都市計劃學系碩士論文。
16. 吳和瑾、林春富、葉大詮、呂光洋(2010)圈養狀況下之斑腿樹蛙生活史，台灣生物多樣性研究12:2。
17. 呂光祥(1996)兩棲類動物資源調查手冊，行政院農委會。
18. 呂光洋(2006)阿里山地區阿里山山椒魚的分布和棲地利用之研究(4/4)—就地復育試驗

- (二)，行政院農業委員會林務局保育研究系列 94-16 號。
19. 巫奇勳(2002)溫泉與冷水域日本樹蛙蝌蚪的溫度耐受度與行為選溫之研究，彰化師範大學生物學系碩士論文。
 20. 李芬蘭(1986)盤古蟾蜍的行為研究，國立師範大學生物研究所碩士論文 104 頁。
 21. 林中一(2001)台北縣雙溪河流域褐樹蛙之生殖生態與族群分布，國立台灣大學動物研究所碩士論文 48 頁。
 22. 俞渭江(1976)生物統計附試驗設計，農業出版社 234-262 頁。
 23. 柳淑惠、呂光洋(2009)台灣地區溫泉水域及冷水溪流日本樹蛙(*Buergeria japonica*)生殖族群體型差異及生長之探討，國立臺灣師範大學生命科學研究所碩士論文。
 24. 徐勝輝(1991)台灣中部拉都希氏蛙的年生殖形式，私立東海大學生物研究所碩士論文 45 頁。
 25. 張耀文(1989)面天樹蛙生殖行為之研究，國立台灣大學動物研究所碩士論文 66 頁。
 26. 陳王時(2003)台灣 31 種蛙類圖鑑，社團法人台北市野鳥學會出版。
 27. 陳宣辰(2011)蘭陽平原生態廊道之水廊評估系統擬議，國立宜蘭大學建築與永續規劃研究所碩士論文。
 28. 陳顧淋(2003)最小成本路徑分析在生態廊道分析的利用—以太魯閣與雪霸國家公園間為例，國立東華大學自然資源管理研究所碩士論文。
 29. 楊懿如(2003)賞挖呱呱叫，聯經出版社。
 30. 楊懿如(2010)台灣蛙類的分佈及棲地利用，台灣博物季刊 108 期。
 31. 楊懿如(2012)外來種斑腿樹蛙控制與監測計畫，林務局。
 32. 賴勇志(2001)地震對斯文豪氏赤蛙族群在時間與空間分佈的影響，國立彰化師範大學生物系碩士論文。
 33. 謝佳男(1993)黑眶蟾蜍生殖生態學之研究，私立東海大學生物研究所碩士論文 45 頁。
 34. 楊懿如的青蛙學堂(1999) <http://www.froghome.idv.tw/>。

收稿日期：民國 102 年 7 月 9 日

修正日期：民國 102 年 9 月 16 日

接受日期：民國 102 年 9 月 24 日