

台灣攀蜥、草蜥與蜓蜥體表水分散失速率之比較

研究者：黃子晏

指導教授：杜銘章 教授

指導老師：潘彥宏 老師

壹、前言：

水是生物體內含量最多的物質，體內的代謝作用及各種器官的運作，例如消化、循環、呼吸和排泄作用等，皆需要以水為媒介。對生物而言，水的高比熱特性，則有助於調節或穩定體溫。不同於一般熟悉的內溫動物，外溫動物的體溫與外界溫度息息相關。

大部分的蜥蜴會經由行為改變來調節體溫，例如經由日曬提高體溫以利體內生理反應的進行(Hertz,1980)，但體溫升高相對來說，也加速了體內水分的散失，報告指出，經常有曬太陽行為的蜥蜴具有較有效的保水能力，且爬蟲類的分佈地區與本身的保水能力有關，缺水時蜥蜴會給變其行為模式，蜥蜴(*Anolis cybotes*)散失水分達 65%致死。(Hertz,1980)。因此推測蜥蜴日曬行為的有無及躲避於遮蔽物下行為的有無，與其對棲地，例如潮濕的樹林底層、草生地與墾地、樹林邊緣或空曠地面，的選擇與本身防止水分散失的能力有關。也就是說生活再較潮濕環境的蜥蜴，保能力比生活在乾燥環境的蜥蜴差，而有日曬行為的蜥蜴具有較佳的保水能力。

我選擇了石龍子科 (Family Scincidae)、正蜥科 (Family Lacertidae) 及舊大陸鬣蜥科 (Family Agamidae) 共三科六種蜥蜴進行實驗，以檢測上述推測是否正確。蓬萊草蜥 (*Takydromus stejnegeri*) 的習性與台灣草蜥 (*Takydromus formosamus*) 相似，均喜歡在低海拔灌叢及芒草上活動，偶爾會到較空曠的地面，除了日間的活動，在較溫暖的季節裡，夜間多半在植物的葉片上休息，天氣變冷時則會待在離地較近的遮蔽物下。印度蜓蜥 (*Sphenomorphus indicus*) 喜於稍潮濕的樹林邊緣或較稀疏的樹林底層活動，日間常到路邊等較空曠處。麗紋石龍子 (*Eumeces elegans*) 喜在墾地或較空曠的草生地活動，常往遮蔽物下的縫隙或泥土中鑽，夜間除石頭下也常躲在路邊擋土牆的洞中休息。斯文豪氏攀蜥 (*Japalura swinhonis*) 會到較空曠處曬太陽，夏夜常可發現在植物上睡覺的個體，沒有躲避於遮蔽物下的行為，冬季有蛰伏不活動的現象。股鱗蜓蜥 (*Sphenomorphus incognitus*) 日間常到樹林邊緣較空曠的地方或路邊曬太陽，待體溫提升後便會到灌叢或樹林內活動。報告指出，曬太陽時水分的散失速率較躲避於遮蔽物下時快速(Hertz,1980)，因此推測有曬太陽行為的台灣草蜥、蓬萊草蜥、斯文豪氏攀蜥、股鱗蜓蜥防止水分散失的能力較沒有曬太陽行為的麗紋石龍子、印度蜓蜥佳，其中沒有躲避於遮蔽物行為的斯文豪氏攀蜥，其保水能力又是最好的。

棲地方面，蓬萊草蜥與台灣草蜥均生活在低矮灌叢及草生地。印度蜓蜥則是生

活於森林底層的蜥蜴。麗紋石龍子是台灣蜥蜴中分佈最廣的一種，大多於墾地或空曠的草地活動。斯文豪氏攀蜥喜於較開闊的樹林邊緣活動，對人為環境的適應力很強，常見於公園、學校等地。股鱗蜓蜥僅分布在高雄、屏東及蘭嶼、綠島等地低海拔的樹林邊緣。

由於一般來說蜓蜥的生活環境較草蜥、攀蜥陰濕，平常也較少觀察到蜓蜥曬太陽的行為，大多時間躲在遮蔽物下；而比較草蜥與攀蜥，攀蜥幾乎不需要遮蔽物，但草蜥仍會躲在遮蔽物下，因此推測攀蜥防止水分散失的能力較草蜥佳，草蜥又優於蜓蜥。

台灣氣候潮濕，地形多變，生物種類豐富，共有三十三種蜥蜴，分屬於五個不同的科，其中，特有種共計十三種，另有三個特有亞種，牠們的保水能力如何？對於棲地的選擇是否與保水能力有關？至今仍未知。國內關於蜥蜴的論文並不多，也未曾有探討蜥蜴體表保水能力與其對棲地的選擇及行為之關聯的文獻，希望能藉此實驗得到解答。

貳、研究方法：

本實驗測量蜥蜴皮膚防止水分散失的能力是利用在固定時間之內其體重減少的比例來推估。在實驗期間，蜥蜴是處於禁食及飲水的狀態，在沒有排泄及排遺的狀況下，我假設蜥蜴減輕的體重都是體內水分經由體表所散失所致，因此就以其體重減輕的百分比來推估皮膚防止水分散失的能力。水分散失速率(evaporative water loss)($\text{mg}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$)簡稱 EWL，計算方式為：

$$\text{EWL}=(W_1-W_2)/(T_1-T_2)*S_{\text{AE}}$$

其中 T_1 、 W_1 、 T_2 、 W_2 分別代表開始的時間、開始的體重、結束的時間、結束的體重(劉建男 1996)。 S_{AE} 表示以開始的個體重求得之個體表面積。(McClanahan and Baldwin 1969)

$$S_{\text{AE}}=9.9*\text{mass}^{0.56}$$

一、動物採集

分別於民國 91 年 11 月採集蓬萊草蜥(台南麻豆, $n=6$)，並於民國 91 年四、五月期間分別採集印度蜓蜥(台北翠湖, $n=8$)、股鱗蜓蜥(蘭嶼, $n=6$)、台灣草蜥(基隆, $n=5$)、麗紋石龍子(台北, $n=6$)、斯文豪氏攀蜥(苗栗, $n=5$)。上述蜥蜴帶回實驗室後，在光週期(白天：黑暗= 12 小時：12 小時)、室溫(約 25°C)中，提供足量麵包蟲及水，以 17*26*16(cm)的飼養箱單隻飼養。

二、實驗流程

由於生物體水分散失的速率會受到兩方面的阻力，一為皮膚對水分的通透能力，一為邊緣層 (boundary layer)的阻力。邊緣層是指體表富含水分的空氣層，此邊緣層會減緩水分的散失速率，有如阻力一般，即邊緣層阻力(boundary layer

resistance)，而體型、風速、溼度等因子都會影響邊緣層阻力，體型越大邊緣層阻力越大，風速增加及溼度降低皆會降低邊緣層阻力而增加水分散失率(劉建男 1996)。爲了比較在靜止空氣及乾燥氣流下的水分散失速率，實驗分兩階段進行。在靜止氣流實驗結束後，給予飲水兩天後，再測量以乾燥氣吹氣時其在 48 小時內的體重變化。

在進行實驗兩天前，停止餵食蜥蜴，但提供飲水。在進行實驗的 48 小時期間，每隔 24 小時以電子天平(JP2-300 Chyo 精確至毫克)測量每隻蜥蜴的體重實驗結束後比較同種每一隻蜥蜴體重減少的比例。

實驗一、靜止氣流

實驗前兩天暫停餵食，以避免因代謝，例如排遺，而有體重上的差異，但仍提供飲水。實驗在室溫下進行，將每一隻蜥蜴分別放置於飼養箱中(26*16*17 cm)隔絕飲食及飲水兩天，每 24 小時紀錄體重變化。

實驗二、吹氣實驗

結束實驗一後，休息一天，提供蜥蜴水，但仍不餵食。實驗前先測量蜥蜴體重之後，將蜥蜴置於玻璃管中(直徑 2.18cm 長 14cm)，在玻璃管外包覆錫箔紙以避免蜥蜴受外界干擾。在玻璃管一端以矽膠塞塞住，並將橡皮塞打通以塑膠管(管徑約 3cm)連通至吹氣馬達，以將馬達空氣打出的空氣引入玻璃管中，在玻璃管另一端則以鐵絲網封口，以限制蜥蜴活動。將兩個馬達(Project 50/60Hz 4w)產生的氣流通入裝滿乾燥劑(Reagent Silica Gel)的玻璃管中加以脫水乾燥後，再吹入蜥蜴所在的玻璃管中，進行吹氣實驗(實驗裝置如附圖一)。實驗時間爲 48 小時，每 24 小時測量紀錄一次體重。

參、研究結果：

一 蜥蜴的體重對水分散失的影響

由於水分散失速率是以單位時間內每平方公分表面積的水份散失量來表示，而表面積是依體重換算而來($S_{AE} = 9.9 * mass^{0.56}$)。因爲不同種蜥蜴的體重有明顯差異(表一)，因此也比較每小時平均體重減少比例。

二 在靜止空氣中蜥蜴的水分散失速率

在室溫(約 25°C)，靜止空氣中，六種蜥蜴的水分散失速率如表二。其中股鱗蜓蜥的水分散失率最低，爲 $0.3870 \pm 0.075 \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ ，其他依序爲斯文豪氏攀蜥($0.4258 \pm 0.082 \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$)、蓬萊草蜥($0.4629 \pm 0.075 \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$)、台灣草蜥($0.5558 \pm 0.082 \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$)、麗紋石龍子($0.6238 \pm 0.075 \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$)、印度蜓蜥(0.6927 ± 0.064

$\text{mg}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$)。因為不同蜥蜴的體重明顯不同，因此也比較每小時其體重減少比例，結果則顯示六種蜥蜴的體重減少比率並無顯著差異(表二)。

三 在流動空氣中蜥蜴的水分散失速率

在室溫(約 25°C)下，將蜥蜴暴露於流動空氣時的水分散失速率如表三。其中台灣草蜥的水分散失速率最低，為 $0.5376\pm 0.108 \text{ mg}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ ，其次依序為斯文豪氏攀蜥($0.5519\pm 0.096 \text{ mg}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$)、股鱗蜓蜥($0.6427\pm 0.088 \text{ mg}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$)、麗紋石龍子($0.7687\pm 0.088 \text{ mg}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$)、蓬萊草蜥($0.8776\pm 0.088 \text{ mg}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$)、印度蜓蜥($1.1390\pm 0.152 \text{ mg}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$)。其中，以股鱗蜓蜥的體重減輕比率最低，為 $0.25\%\pm 0.00062$ 每小時，其他依次為斯文豪氏攀蜥($0.26\%\pm 0.00068$)、麗紋石龍子($0.27\%\pm 0.00062$)、台灣草蜥($0.48\%\pm 0.00076$)、印度蜓蜥($0.51\%\pm 0.00107$)、蓬萊草蜥($0.61\%\pm 0.00062$)。

四 蜥蜴大小與單位時間體重減少比例的關係

將本實驗所有蜥蜴之原始體重與其單位時間體重減少比例作圖時，在靜止空氣狀態下，顯示兩者呈現負相關：單位時間體重減少比例 = $0.1327 - 0.00698 \cdot \text{原始體重}$ ($R_{sq}=0.52$, $p<0.001$, 圖二)；相似的，在流動氣流下，兩者亦呈現負相關：單位時間體重減少比例 = $0.0668 - 0.0025 \cdot \text{原始體重}$ ($R_{sq}=0.27$, $p=0.039$, 圖三)。

肆、討論：

根據實驗一結果，在室溫靜止空氣中，印度蜓蜥的水分散失速率為所有蜥蜴中最高的($0.6927\pm 0.064 \text{ mg}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$)，其次為麗紋石龍子、台灣草蜥、蓬萊草蜥，斯文豪氏攀蜥和股鱗蜓蜥的速率較低。但由於體表面積的公式由體重算出，而實驗個體的體重差異很大(表一)，因此也以每小時平均體重減少比例做比較(表二)，結果顯示六種蜥蜴的水分散失速率並無顯著差異。

我認為在靜止空氣中，蜥蜴的水分散失與個體大小較有關係。因為在靜止空氣中，蜥蜴體表水分散失速率和種類的關係並不大，而以體重對 24 小時內體重減少比例做 X-Y 分布圖，顯示體重大小與體重減少比例的多寡有負相關(圖二)，即當蜥蜴體型愈大，其水分散失的速率越慢。

根據實驗二結果，在室溫流動空氣下，印度蜓蜥的水分散失速率仍是所有蜥蜴中最高的(圖三)，其次為蓬萊草蜥、麗紋石龍子、股鱗蜓蜥，斯文豪氏攀蜥和台灣草蜥的水分散失速率較低。

我認為當體型不同時，不同蜥蜴的邊緣層阻力也會不同，而造成其單位時間內水分散失速率有明顯差異。例如，本實驗印度蜓蜥的水分散失速率明顯高於其他種蜥蜴($1.1390\pm 0.152 \text{ mg}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$)，甚至是斯文豪氏攀蜥的 2 倍，我認為這是由於空氣流動時，每種蜥蜴的邊緣層阻力不同的關係。

實驗前，我推測草蜥的保水能力較蜓蜥佳，為避免體重影響，取體重相近的印度蜓蜥(平均 1.75g)和台灣草蜥(平均 1.68g)比較，台灣草蜥的保水能力的確較

佳。但將同屬之蓬萊草蜥與台灣草蜥相比時，儘管前者體重(2.36g)較後者重，水分散失速率卻較快(蓬萊草蜥為 $0.8776 \pm 0.088 \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ ，台灣草蜥為 $0.5376 \pm 0.108 \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$)，因此我認為這兩種草蜥皮膚的保水能力可能已有差異，造成此的原因仍尚待進一步生理學上的研究。

若初步以不同類群的蜥蜴做比較時，斯文豪氏攀蜥(9.54g，水分散失速率為 $0.5519 \pm 0.096 \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$)、股鱗蜓蜥(12.46g，水分散失速率為 $0.6427 \pm 0.088 \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$)和麗紋石龍子(11.78g，水分散失速率為 $0.7687 \pm 0.088 \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$)也顯示攀蜥保水能力比蜓蜥好。我認為麗紋石龍子的保水能力比股鱗蜓蜥差的原因，可能是股鱗蜓蜥平時棲息環境的溫度較高，較佳的保水能力使其在高代謝率時能夠使減少過多少份經由體表散失，而具有生態上的相對優勢。

表一、六種蜥蜴的體重差異

種類	數量	體重(g)
股鱗蜓蜥	6	12.46 ± 1.72^a
印度蜓蜥	2	1.75 ± 1.49^c
台灣草蜥	4	1.68 ± 1.88^{bc}
蓬萊草蜥	6	2.36 ± 1.72^{bc}
麗紋石龍子	6	11.78 ± 1.72^a
斯文豪氏攀蜥	5	9.54 ± 1.88^{ab}

註：若兩種蜥蜴以不同英文字母標示，表示其體重有明顯差異(Tukey-Kramer test, $p < 0.05$)。

表二、六種蜥蜴在靜止空氣中水分散失速率及體重減少比率的比較

種類	數量 (mg*cm ⁻² *h ⁻¹)	水分散失速率 (W ₁ -W ₂ *W ₁ ⁻¹ *h ⁻¹)	體重減少比率
股鱗蜓蜥	6	0.3870±0.075 ^b	0.16%±0.024 ^a
印度蜓蜥	8	0.6927±0.064 ^a	5.16%±0.021 ^a
台灣草蜥	5	0.5558±0.082 ^{a,b}	0.45%±0.026 ^a
蓬萊草蜥	6	0.4629±0.075 ^{a,b}	0.31%±0.024 ^a
麗紋石龍子	6	0.6238±0.075 ^{a,b}	0.22%±0.024 ^a
斯文豪氏攀蜥	5	0.4258±0.082 ^{a,b}	0.17%±0.026 ^a

註：若兩種蜥蜴以不同英文字母標示，表示其平均值有明顯差異 (Tukey-Kramer test, p< 0.05)。

表三、六種蜥蜴在流動空氣下水分散失速率及體重減少比率的比較

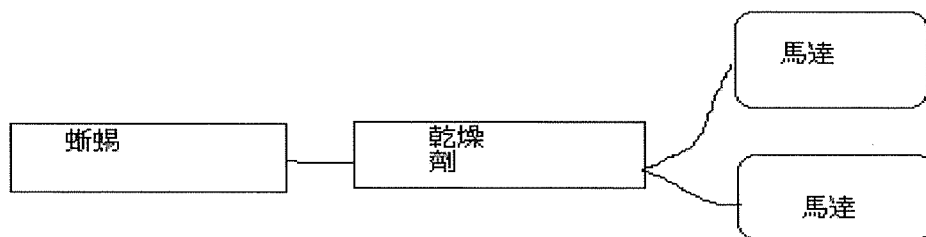
種類	數量 (mg*cm ⁻² *h ⁻¹)	水分散失速率 (W ₁ -W ₂ *W ₁ ⁻¹ *h ⁻¹)	體重減少比率(%)
股鱗蜓蜥	6	0.6427±0.088 ^{a,b}	0.25±0.00062 ^b
印度蜓蜥	2	1.1390±0.152 ^a	0.51±0.00107 ^{a,b}
台灣草蜥	4	0.5376±0.108 ^b	0.48±0.00076 ^{a,b}
蓬萊草蜥	6	0.8776±0.088 ^{a,b}	0.61±0.00062 ^a
麗紋石龍子	6	0.7687±0.088 ^{a,b}	0.27±0.00062 ^b
斯文豪氏攀蜥	5	0.5519±0.096 ^b	0.26±0.00068 ^b

註：若兩種蜥蜴以不同英文字母標示，表示其平均值有明顯差異
(Tukey-Kramer test, p< 0.05)。

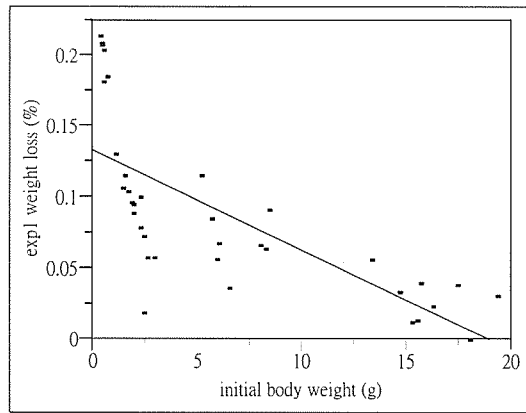
伍、結論：

在靜止空氣中，蜥蜴體表水分散失速率與體型大小有關，當體型愈大時，體表水分散失速率就越慢。在流動氣流中，體型大小對水分散失速率的影響仍然存在，大致可比較出台灣草蜥的保水能力較印度蜓蜥佳，斯文豪氏攀蜥的保水能力較股鱗蜓蜥及麗紋石龍子佳。初步比較雖然不同種類蜥蜴的皮膚保水能力與體型大小有關，但因受限於樣本數過少，並不排除除體型大小外其他因素的影響。

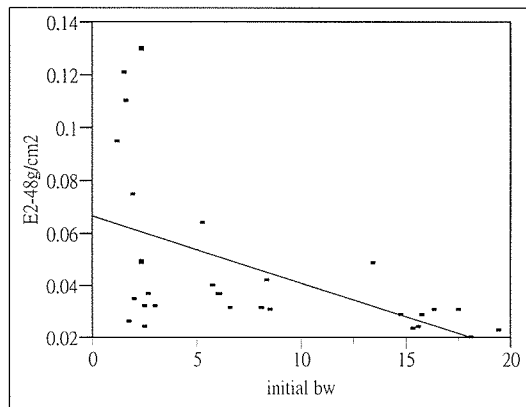
陸、附錄



圖一、實驗裝置。以兩個馬達並聯，打氣通過乾燥劑後吹入裝有蜥蜴的管中。



圖二、靜止空氣中體重與 24 小時內體重減少比例的關係。
 單位時間體重減少比例 = $0.1327 - 0.00698 * \text{原始體重}$ 。(p<0.001)



圖三、流動空氣中體重與水份散失速率之關係。
 單位時間體重減少比例 = $0.0668 - 0.0025 * \text{原始體重}$ 。(p=0.039)

柒、參考文獻：

1. Hertz, P. E. 1980. Responses to Dehydration in *Anolis* Lizards Sampled Along Altitudinal Transects. *Copeia* 1980(3) : 440-446.
2. L. McClanahan, JR. and R. Baldwin. 1969. Rate of water uptake through the integument of the desert toad, *Bufo*. *Biochem. Physiol*, 1969, Vol, 28, 381-389
3. 劉建男。1996。台灣樹蛙兩棲類皮膚減少水分散失能力之研究。國立台灣成功大學碩士論文
4. 向高世。2001。台灣蜥蜴自然誌。大樹出版社
5. 呂光洋、杜銘章、向高世。1999。台灣兩棲爬行動物圖鑑。中華民國自然生態保育協會大自然雜誌社

捌、謝誌：

感謝所有指導我、幫助我、支持我的人，沒有他們，這篇報告是不可能完成的。其中要特別感謝學校的生物科潘彥宏老師，每當我遇到問題時，都給予細心指導。師大生物系的杜銘章教授，給我機會在他的實驗室裡學習，指導我的實驗方向。師大生物研究所博士班黃淑萍學姊，全程指導我的實驗，從訂題目、查文獻、實驗方法到最後的報告撰寫，她無不細心耐心的引導，使我不但學到了做研究的方法，更重要的是研究的精神以及她對待實驗動物的態度。所有實驗室的學長姊，在我有困難時都不吝伸出援手，他們的溫暖是我的動力。陪我到處採集動物的朋友們。支持我的爸媽。謝謝你們大家！