

自行研究報告

虎皮蛙幼生期之呼吸生理生態學研究

陽明山國家公園

內政部
營建署

陽明山國家公園管理處

中華民國七十五年七月

自行研究報告人：吳 祥 堅
解說教育課技士

謝 辭

本報告調查研究期間，承陽明山國家公園管理處劉處長慶男先生之關懷，台大陳宏成教授之殷切教導，解說教育課蔡課長惠民先生之鼓勵，感激之情，無任復加。此外台大動物系王慶讓老師賜予寶貴意見，特此致謝。

目 錄

摘要.....	1
一、前言.....	3
二、材料與方法.....	5
三、結果.....	9
(一)陽明山國家公園兩生類的動物相.....	9
(二)生理生態學研究結果.....	28
1. 胚胎發育情形.....	28
2. 蝌蚪在不同溫度下之呼吸頻度.....	28
3. 體重與耗氧量之關係.....	28
4. 溫度對變態的影響.....	34
5. 溫度對攝食量與成長之關係.....	39
6. 不同濃度之 H_2S , Ammonia , PH 值對蝌蚪的影響...	44
7. 飢餓天數對蝌蚪的影響.....	52
四、討論.....	52
五、建議事項.....	60
六、參考文獻.....	61

摘 要

陽明山國家公園區內的兩生類共登錄十四種；其中白領樹蛙、艾氏樹蛙、褐樹蛙、小姬蛙、澤蛙在四月至九月間較易發現；盤古蟾蜍、拉都希氏蛙、長脚赤蛙、台北樹蛙在十二月至翌年三月較易發現；貢德氏赤蛙、斯文豪氏蛙在三月至六月可常發現，古氏赤蛙和中國雨蛙在二月至十月較易發現。區內族群最大分佈亦最廣者首推長脚赤蛙，台北樹蛙和褐樹蛙為台灣特有種；依所產卵塊狀況可分成白色卵粒外層包著泡沫狀物質之卵塊和褐色卵粒外層包著透明膠狀物質兩種，前者產於枯葉下或草叢下及石穴中等較陰濕且陽光較不易照射之處，後者產於水面，低窪水池中，農田中、石壁上等陽光較易直射照之處。

本項生理生態學研究以探討虎皮蛙蝌蚪期的耗氧量與呼吸頻度、體重、變態時之間的關係，以及蝌蚪在不同飢餓天數及在 H_2S , $Ammonia$, pH 等污染環境下耗氧量所受之影響，另研究攝食量和成長的關係。耗氧量與水中溶氧濃度是以密閉式呼吸瓶裝置來測定，並以順氧指標值、 Q_{10} 值、最小安全溶氧量（ P_c 值）作為生理狀況的指標；成長的情形是以體長、體重、肥滿度、相對成長速率和活存率來判斷。蝌蚪的呼吸頻度隨著水中溶氧量的降低而逐漸增加直到水中溶氧量 2—2.5 ppm 時才急速下降；耗氧量隨體重的增加而降低，總耗氧量則相反；氧氣調節能力隨著體重的增加而愈佳；變態期在 $34^{\circ}C$ 時的耗氧量比在 $29^{\circ}C$ 或 $24^{\circ}C$ 時的耗氧量高出很多，氧氣調節能力以在 $29^{\circ}C$ 時最佳， $24^{\circ}C$ 次之、 $34^{\circ}C$ 極差，在 $29^{\circ}C - 34^{\circ}C$ 範圍內

的耗氧量比 $24^{\circ}\text{C} - 29^{\circ}\text{C}$ 範圍內者易受溫度的影響； H_2S 和 Ammonia 的濃度增加，耗氧量亦隨之增加， Pc 值也會升高； $\text{PH}4$ 與 $\text{PH}10$ 的耗氧量比 $\text{PH}6$ 和 $\text{PH}8$ 低， Pc 值和窒息溶氧量以 $\text{PH}4$ 時最高， $\text{PH}10$ 次之， $\text{PH}6$ 與 $\text{PH}8$ 則非常近似；蝌蚪耗氧量隨著飢餓日數的增加而急速下降，蝌蚪在 $25^{\circ}\text{C} - 34^{\circ}\text{C}$ 範圍內，溫度愈高成長愈佳，攝食百分率和相對成長率隨著飼養天數的增加而減少。由研究結果顯示，培育虎皮蛙蝌蚪在 $25^{\circ}\text{C} - 34^{\circ}\text{C}$ 範圍內溫度愈高對成長愈有利，但至變態期時以 29°C 較合適，水質以中性較適合且投餌量應避免有不足現象，高溫時亦應避免水中 H_2S ，Ammonia 含量過高。

虎皮蛙幼生期之呼吸生理生態學研究

一、前言

陽明山國家公園位於台灣島北部，台北盆地以北海拔約二百公尺以上之山區，總面積約一萬一千四百五十六公頃，全區溪流自公園核心地區沿山坡向四方分歧而下，形成輻射狀水系，溪流水源主要來自雨水，溪流流域面積廣闊。區內有許多靜水區、小水潭、水窪澤或者流速緩慢的區域，是許多兩生類覓食與生殖適合地點。再者，本區氣溫約每上升一百公尺下降 0.6 至 0.7°C ，一月平均溫度約在 5 至 12°C 之間，七月份平均溫度約在 25 至 32°C 之間，年平均降雨量在四千公厘左右，相對濕度全年在 80% 以上（陳，蔡，1983）（再則許多變溫動物，較不易適合高山氣候），如此氣候與許多兩生類嗜好潮濕環境的特性相配合。此外再加上森林植被面積廣闊，及部份地區開墾為含有水澤的農田，陽明山國家公園區內可能是許多兩生類適合生存的環境。

國內有關兩生類的研究資料較為欠缺，但已知稀有及瀕臨絕種者亦為數不少（農委會，1986），兩生類生理生態學的報告亦幾近闕如，國外兩生類報告雖不少，然因種類及棲息環境與國內相異之處頗多，不能完全適用於國內狀況。目前國內農藥的使用，廢水的污染，人們的嗜食性，造成兩生類族群日益減少，國家公園成立之後，積極進行各項保育和研究的工作，本報告謹就虎皮蛙（幼生期）生理生態學方面，提供基礎研究資料，作為日後進行其他兩生類復育工作的參考

虎皮蛙 (*Rana tigerina*) 屬兩生綱 (Amphibian) ，無尾目 (Anura) ，赤蛙科 (Ranidae) 。主要分佈於中國大陸南部至東南亞一帶，常被用為生物解剖實驗之代表動物，亦為世界少數可食用的大型蛙種之一 (Bernhard, 1974) 。此蛙本省俗稱“田蛙”或“水雞”為名貴的食用蛙類，廣泛分佈於全島平地或低海拔山區，現因濫捕和農藥的使用，族群數量已顯著減少，僅離島，如蘭嶼，由於不食蛙類，尚能保持部份的族群 (呂，陳，1982) ，此蛙在陽明山國家公園區內鹿角坑溪流域及內雙溪聖人瀑布附近農田皆可發現，分佈在國家公園區內屬於海拔較低處。依照國際自然資源保育聯盟 (I U C N , The International Union for Conservation of Nature & Nature Resources) 的定義，呂 (1986) 將虎皮蛙列入面臨危機種 (Vulnerable Species) 內，對於此蛙除了積極保護，爰對其生理生態學之知識亦應進行研究，以建立基礎資料。再則，國內有關兩生類培育與成長之研究並不多，而耗氧量的研究更是缺乏；而耗氧量可作為動物對能量的利用及其生理狀況之指標 (Prosser & Brown, 1961; Sharp et al, 1978) 。良好的水質環境，可促進成長及增強抵抗力，提高活存率 (Shieszko, 1974) 。因此本報告除了調查陽明山國家公園區內兩生類的動物相外還探討虎皮蛙(一)胚胎發育情形(二)蝌蚪在不同溫度下之呼吸頻度(三)體重與耗氧量之關係(四)溫度對變態的影響(五)溫度對攝食量與成長之關係(六)不同濃度之 H_2S , Ammonia, PH值對蝌蚪的影響(七)飢餓天數對蝌蚪的影響。同時進一步尋求各項之間的相互關係並探求最適其生存與生長的環境，作為生理生態學研究及進行復育工作之參考依據。

二、材料與方法

兩生類動物相之調查自民國七十四年九月至七十五年五月，約每隔七日延著登山步道附近，農作區，水池、溪流附近地區，進行調查；部份資料係以筆者於民國七十年至七十二年間不定期標本採集的資料。調查範圍遍及北新莊、楓樹湖、湖田里、三和村、竹子湖、內雙溪、平等里、溪底村等地區，溪流部份有八連溪、大屯溪、公司田溪，內、外雙溪等上游地帶和鹿角坑溪流域；以及陽明山國家公園內各步道、小窪地、小水潭、養鱒池、蓄水池等地點。調查時捕捉青蛙、蝌蚪、卵塊，並携回培育鑑定之。

虎皮蛙（幼生期）生理生態學（Physiological ecology）實驗所採用的蝌蚪是依照吳（1981）方法以人工刺激種蛙產卵而得到的，其受精卵在適溫下孵化，孵出的蝌蚪以絲蚯蚓（Tubifi. Sp.）餵食至實驗所需要的體長，光照期為十二小時明亮，十二小時黑暗，並施以微量打氣，以加溫管或恆溫水槽控制水溫，實驗則都進行不同環境的馴化。

耗氧量的測定裝置為密閉式，呼吸瓶的大小依蝌蚪大小和尾數而定，試驗前先將瓶內水液以氧氣打至過飽和，以Multiple range temperature and oxygen analyzer（Dalta Scientific 2110型）測定溶氧，並以Potentiometric recorder（Serovoscribe）或Beckmen recorder連續記錄。溶氧分析儀使用之前皆以飽和空氣的含氧量加以校正，記錄紙上所得之曲線值，皆以觀測值用直線迴歸來修正。實驗方法與裝置依照Miller et. al. (1976)及陳與趙（1980）使用者相同。

本試驗所採用之淡水是以自來水經過數天的曝氣，其微生物呼吸

量的測定值幾乎等於零，因此在計算蝌蚪耗氧量時，將微生物之呼吸量忽略之，至於呼吸瓶內的代謝物，如 CO_2 和 N 物，依照 Sassaman & Mangum (1973) 及 Tylor 及 Brand (1975) 的說法，是不會影響其耗氧量，況且試驗時蝌蚪已有二十小時沒有攝餌。所有耗氧量的測定時間，皆在上午十時至下午七時內進行，且有光照，以減少 daily rhythm 對其耗氧量的影響。

計算蝌蚪耗氧量時，先在記錄紙上取一定間隔時間 (七) 及其溶氧差 (Δppm)，再依下式計算：

$$\Delta \text{ppm} \times \text{water volum}(\ell) / \text{wet weight}(\text{kg}) / t(\text{hr})$$

所得值即為單位體重耗氧量 (weight - specific oxygen consumption)，簡稱耗氧量，其單位為 $\text{mg} \cdot \text{O}_2 / \text{kg} / \text{hr}$ 。

總耗氧量與體重關係依下述式來表示：

$$M = aW^b \text{ 或 } \log M = \log a + b \log W$$

M 表示總耗氧量，單位為 $\text{mg} \cdot \text{O}_2 / \text{hr}$ ， W 表蝌蚪的濕重， a 是代謝常數 (Metabolic constant)， b 是體重指數 (Weight exponent)。

若以 PO_2 表水中溶氧濃度 (mmHg)， QO_2 表耗氧量 ($\text{mg} \cdot \text{O}_2 / \text{kg} / \text{hr}$)，順氧指標 (Oxygen dependence index) k_1 / k_2 ，其中 k_1 及 k_2 分別以 $\text{PO}_2 / \text{QO}_2$ 對 PO_2 作圖，所得迴歸直線在 Y 軸上的截距及斜率。 k_1 / k_2 值愈小，愈傾向氧氣調節型 (Prosser & Brown, 1961)。

溫度上升與呼吸的關係以 Q_{10} 值來表示，其公式為：

$$Q_{10} = \left(\frac{R_2}{R_1} \right)^{\frac{10}{T_2 - T_1}}$$

R_1 : 在較低溫度下的耗氧量

R_2 : 在較高溫度下的耗氧量

T_1 : 較低的溫度

T_2 : 較高的溫度

變方分析是依 Sokal & Pohl (1969) 方式計算，求出變方分析表，並測定其顯著性。

(一) 胚胎發育情形

用人工刺激種蛙產卵的卵粒，以解剖顯微鏡觀察胚胎發育情形，並記錄水溫。

(二) 蝌蚪在不同溫度下之呼吸頻度

呼吸頻度的測定是在密閉式呼吸瓶內，隨溶氧濃度之下降，計算體重在 1.07 ~ 1.49 g 之蝌蚪的口部每分鐘開合的次數。溫度控制在 24° C、29° C、34° C。

(三) 體重與耗氧量之關係

體重與耗氧量之測定是將 0.41 ~ 1.27 g 內的不同體重蝌蚪置於 29° C，測定其耗氧量，並求出總耗氧量與體重的關係，及順氧指標 k_1/k_2 。

(四) 溫度對變態期之影響

以前腳出現後二十四小時內之蝌蚪為材料，其體重分別為 1.2070 g、1.2790 g、1.9157 g，其尾長與全長比值各為 0.58、0.57、0.58，測定其耗氧量，水溫各為 24° C、29° C、34° C，並計算各氧量時之 Q_{10} ，及順氧指標 k_1/k_2 。

在 26° C 及 36° C 下變態的蝌蚪，於每隔一定時間測量其尾部縮短之速率。

(五)溫度對攝食量與成長之關係

將平均體長 1.73 cm，體重 0.0582 g 之蝌蚪，每組 20 尾分別飼養於 25° C、29° C、34° C，試驗前以乾燥紅蟲 (Tubifi Sp.) 餵飼，使之習慣，每隔五天測量其體長、體重及攝食量，並求出相對成長率 (Relative growth rate) 如下式：

$$R = \frac{\ell_2 - \ell_1}{(t_2 - t_1) \ell_1}$$

ℓ_2 ， ℓ_1 分別代表在 t_2 及 t_1 的體長，單位為 cm。

攝食量是以溫的乾製紅蟲足量餵食，經二十四小時將殘餌過濾，稱重，然後將攝食量除以體重，求出單位體重之攝食百分率。

Specific growth rate 是仿 Ricker (1979) 所述之公式：

$$G = \frac{\ell_n W_2 - \ell_n W_1}{t_2 - t_1}$$

W_1 : t_1 時間時之體重

W_2 : t_2 時間時之體重

(六)不同濃度之 H_2S ，Ammonin，PH 值，對蝌蚪之影響

參照 Bonn & Follis (1967) 以硫化鈉 (Sodium Sulfide) 及檸檬酸 (Citric acid) 配成 1000 ppm 的儲存液 (Stock Solution)，再依預備試驗所得濃度範圍，配成所需之各種濃度，每組 12 尾，水溫 26° C，試液每二十四小時更換一次，並測其 PH 值，求出各種濃度下半數致死的時間 LT_{50} 。耗氧量之測定是以九十六小時未死的蝌蚪，及一組大小相等控制組，來作試驗，水溫控制在 29° C。

Ammonin 濃度之配置是以 28% 的氨水來調配，其實驗方法與

H₂S 者相同，每二十四小時更換一次試液，在水溫 27° C 下求出 LT₅₀ 及九十六小時後未死蝌蚪之耗氧量。

PH 值的調配是以鹽酸調低 PH 值，以氫氧化鈉 (NaOH) 來調高 PH 值，並以 Chemtrix PH meter 測定，每隔三十六小時更新試液，水溫維持在 29° C，仿照前法求出 LT₅₀，及九十六小時後不死的蝌蚪之耗氧量。

試驗期間除了 PH 值組每日餵食外，其餘皆不餵食。以心臟不跳動者視為死亡。試驗期間不打氣。有關毒性試驗法係依照林、吳 (1982) 方法。

(七) 飢餓天數對蝌蚪之影響

飢餓對耗氧量之影響，是以飢餓一、二、三、四、七日後分別來測定，水溫維持在 29° C。

三、結 果

(一) 陽明山國家公園兩生類的動物相

陽明山國家公園兩生類的動物相，經過調查共登錄到十四種 (表一)，即蟾蜍科的盤古蟾蜍 (*Bufo bufo gargarizans*) 一種；雨蛙科的中國雨蛙 (*Hyla chinensis*) 一種；樹蛙科的台北樹蛙 (*Rhacophorus taipeianus*)，褐樹蛙 (*Rhacophorus robustus*)，白領樹蛙 (*Rhacophorus leucomystax*)，艾氏樹蛙 (*Rhacophorus eiffingeri*) 等四種，其中台北樹蛙和褐樹蛙為台灣特有種；狹口蛙科的小姬蛙 (*Microhyla ornata*) 一種；赤蛙科的虎皮蛙 (*Rana tigrina rugulosa*)，古氏赤蛙 (*Rana kuhlii*)，澤蛙 (*Rana limnocharis*)，斯文豪氏蛙 (*Rana narina swinhoana*)，貢德氏

Table 1 Amphibian in Yangmingshan National Park

(陽明山國家公園的兩生類)

科 名	學 名	中 名
Bufonidae	<i>Bufo bufo gargarizans</i>	盤 古 蟾 蜍
Hylidae	<i>Hyla chinensis</i>	中 國 雨 蛙
Rhacophoridae	<i>Rhacophorus robustus</i>	褐 樹 蛙
Rhacophoridae	<i>Rhacophorus leucomystax</i>	百 領 樹 蛙
Rhacophoridae	<i>Rhacophorus taipeianus</i>	台 北 樹 蛙
Rhacophoridae	<i>Rhacophorus eiffingeri</i>	艾 氏 樹 蛙
Rhacophoridae	* <i>Rhacophorus idiootocus</i>	?
Raniidae	<i>Rana kahlii</i>	古 氏 赤 蛙
Raniidae	<i>Rana tigrina rugulosa</i>	虎 皮 蛙
Raniidae	<i>Rana limnocharis</i>	澤 蛙
Raniidae	<i>Rana narina swinhoana</i>	斯 文 豪 氏 蛙
Raniidae	<i>Rana guntheri</i>	貢 德 氏 蛙
Raniidae	<i>Rana latouchi</i>	拉 都 希 氏 蛙
Raniidae	<i>Rana longicrus</i>	長 脚 赤 蛙
Microhylidae	<i>Microhyla ornata</i>	小 蛙 蛙

* 據王慶讓 (1986) 口述，於面天山一帶發現之新種，尚未命名。

蛙 (*Rana guntheri*)，拉都希氏蛙 (*Rana latouchi*)，長脚赤蛙 (*Rana longicrus*) 等七種，其中長脚赤蛙的族群最大，全省分佈可說是以陽明山國家公園區內最多，在芒草叢、農田、溪流附近、水池區、沼澤地、馬路邊的枯草堆中都可發現其踪跡，尤其是在生殖季節十二月至翌年四月間。白領樹蛙、艾氏樹蛙、小姬蛙、小姬蛙、澤蛙、虎皮蛙在每年四月至九月間，可較容易發現到；盤古蟾蜍、拉都希氏赤蛙、長脚赤蛙、台北樹蛙在十二月至翌年三月間，較容易發現其踪跡；貢德氏赤蛙、斯文豪氏蛙在三月至六月間可常發現；古氏赤蛙和中國雨蛙在二月至十月間，可較容易找到，但古氏赤蛙不易捕捉到。

有關這十四種蛙類的分佈、生態習性、形質特徵。分別敘述如下：

中名：盤古蟾蜍

俗名：癩蛤蟆

學名： *Bufo bnfogargarizans* (Cantor)

科名：蟾蜍科 *Bufo* *Bufonidae*

盤古蟾蜍屬於大型兩生類，體長達十公分左右，廣泛分佈於全省平地至中海拔之山區，在陽明山國家公園區內族群還算多且穩定，常見於紗帽山、陽明山、大屯山、中興農場、于右任墓園、竹子湖、七星山區、面天坪、面天山、向天池、馬槽、七股、小油坑附近、聖人瀑布附近、鹿角坑溪、烘爐山、楓樹湖、大尖後山、溪底、中正山、三聖宮等地區。

白天時此種蟾蜍躲在石頭縫、草叢中、洞穴中、溪邊乾草堆中、菓樹底，但有時可在步道旁、水池旁的泥中發現到它，行動遲緩

，黃昏時後至黎明時刻出來覓食，生殖季節在十二月至翌年三月間，在入夜以後，鳴聲四起，尤其是在下雨過後的夜晚，甚至吵雜，水溫在 11°C 時的雨天夜裡，仍可聽到鳴叫聲，一隻待產的蟾蜍腹中，約有一萬多粒的卵，分數次產下，產卵最多地點是在水池邊和積水區，水田和流水處亦可發現，卵粒為咖啡色，外層包著膠狀物，成長條狀，此長條狀的一端有時附著在池邊或水草上，其餘皆沈入水中，在積水地區此長串的卵塊有時會纏繞在一起，約五天左右孵化成蝌蚪，常可發現水池中有數量極多體色頗黑的蝌蚪，不太游動，以池中的動、植物腐植質、藻類、水草表皮、石頭上的微生物為食物，小蝌蚪的噴水孔在軀體左側，變態後的幼蟾蜍，體型比大型赤蛙科之同時期幼蛙還要小許多。

盤古蟾蜍身體外表粗糙，佈滿瘤狀突起，僅頭部平滑，各瘤狀頂有一黑色尖狀粒，體色變化多端，在草堆者常為紅褐色，步道旁的為黃褐色，沼澤土中為灰褐色，其間的花斑變化亦多，形成一種良好的保護色；鼓膜顯著呈圓形，在頭部鼓膜上方有一大型腮腺，極為明顯，當野貓捕捉食入口中時，腮腺會分泌白色液狀物質，此時，野貓會將口中的蟾蜍吐出；吻端鈍圓，身體無背側褶，前肢肥短，各指間蹼膜極不明顯，後肢短，但趾間有蹼膜，腹部色淡，依據王慶讓先生口述此蟾蜍與亞洲蟾蜍是同一種類，其分佈廣，個體間難免會有些差異。

中名：中國雨蛙

俗名：雨怪

學名：*Hyla chinensis* (Gunther)

科名：Hylidae

中國雨蛙屬於體型較小的兩生類，體長約三公分左右，在本省的分佈範圍，由平地至低海拔山區皆有；陽明山國家公園區內分佈並不廣，僅在烘爐山附近，北新莊、向天山、楓樹湖一帶發現，喜歡棲息在大型樹葉或水邊灌木樹枝間，如姑婆芋、月桃、香蕉樹的葉片上，以及竹枝上，這些植物的表面皆比較光滑，可能有利其指前端吸盤的活動。其生殖季節約在二月至十月間，雨後往往可聽到鳴叫聲，一般在 20°C 以上時開始鳴叫，雌雄體型差別不大，雄者具有鳴囊，常在靜水區、農田、水池邊產卵，卵顆粒還算不小且呈褐綠色，外層包裹著一層透明膠狀物質黏性極強，且有股香味，與一般樹蛙的白色卵粒，包裹著一層白色泡沫狀物質有所不同，蝌蚪的噴水孔在軀體左側。此蛙身體表面光滑，呈黃褐色，腹面黃白色有顆粒狀，此蛙體型比台北樹蛙稍小，其鼻孔非常靠近吻端，鼓膜呈圓形，直徑約為眼徑的一半，吻端至鼓膜有一暗褐色帶狀，背部有一極不明顯的側褶；前肢第三指最長，各指先端有吸盤，蹼膜不明顯，後肢蹼明顯，各肢端部份為黃褐色，中國雨蛙是本島目前唯一發現的雨蛙科兩生類，在玉山及墾丁國家公園區內尚未發現，其可能適合在低海拔潮濕溫帶區生存。

中名：台北樹蛙

學名：Rhacophorus taipeianus (Liang & Wang)

科名：Rhacophoridae

台北樹蛙屬於中、小型的綠色樹蛙，體長約三、五公分左右，是由梁和王（1978）發現的新種（陳，1985），為台灣的特有種，其分佈記錄僅限於台北近平地或山區，和宜蘭附近低海拔山區，苗栗縣獅頭山一帶；在陽明山國家公園區內分佈還算不少，在內雙溪附近、馬槽、七股一帶、大屯山、百拉卡山、中正山附近、面天山、紗帽山、陽明山、湖田里、七星山翠翠谷皆發現過，喜歡棲息在草叢堆、樹洞、灌木叢中及溪流附近，此蛙被發現時常是單獨一隻，並沒有成群的現象，白晝時常棲息在樹葉間，或潮濕的草地裡，生殖季節在十一月至翌年三月間，於夜裡或傍晚可聽見雄蛙“呱呱呱呱”的緊湊鳴叫聲，雄蛙在鳴叫時會將身體挺高，與平常縮成一團狀頗不相同，此蛙在水池邊潮濕草地裡產卵，卵粒呈白色，外層類似肥皂泡沫的物質包圍著，此泡沫可防止卵乾燥，遇水會有溶解現象，每個泡沫堆中約有二百粒卵，八天左右才孵出蝌蚪，則孵出的蝌蚪帶有卵黃，在泡沫堆中鑽動或掉下水中，有時上層的卵粒受風吹而比較乾燥，無法孵化出蝌蚪，會長滿黴菌；孵化的蝌蚪會攝食泡沫狀物質，小蝌蚪腹部帶有卵黃的時間比一般蛙類蝌蚪者長許多，由蝌蚪至小蛙需一個半月左右，視水溫而定。

此蛙體色會由綠色轉變成褐色，視棲息環境而變化，外形常縮成橢圓形，背部光滑，頭部寬度約與長度相等，鼓膜明顯，直徑約眼徑的五分之二，由眼後至頷底有一斜下的皮褶，腹部黃色並佈滿小粒狀，股部近肛門處亦有許多粒狀突起，四指扁平，末端有吸盤，蹼膜小，指及蹼膜為黃色，趾則蹼膜發達。此蛙與莫氏樹蛙非常

相像，然莫氏樹蛙在腹側及股部前後側有深色斑紋，喉部有紋彩，蹼呈紅色（呂，陳，1982）。

中名：白領樹蛙

又名：斑腿樹蛙

學名：Rhacophorus leucomystax (Gravenhorst)

科名：Rhacophoridae

白領樹蛙屬於中型蛙，體長約六公分左右，全省分佈廣；由低海拔至中海拔地區皆可發現，常棲息在暖溫帶闊葉林和熱帶雨林中；陽明山國家公園區內分佈於面天坪、大屯山、絹絲瀑布、中正山向天池、陽明山等附近地帶，此蛙白天時躲在溪邊、草叢、樹幹上、灌木叢中，夜間則於剛插秧的水田、蓄水池、水池邊的枯葉上或岩石間活動；生殖季節在四月至八月間，雄蛙常在雨後或陰天或晴天發出聲響極大的“噠—噠—噠”鳴叫聲，產卵於草中或枯葉內或岩壁上或在潮濕的草叢下，卵粒呈淡黃色，外圍著乳白色泡沫狀膠體，卵出的蝌蚪呈褐色，會在泡沫堆中鑽動。

此蛙體色變化迅速，常由深褐色轉成淡褐色，頭長約等於頭寬，鼓膜圓形，尚稱明顯，直徑約為眼徑的三分之二，外鼻孔位於眼前緣與吻之間，略接近吻端，皮膚上有極小顆粒狀，但仍屬平滑，腹面淡灰褐色，眼後經鼓膜上方至肩部，有一較深色之條狀皮褶，眼眶間有一深色橫帶，前肢第三指最長，後肢第四趾最長，指與趾先端皆有膨大吸盤，趾吸盤較指吸盤略小，指間蹼膜不顯著，趾間

則有 $\frac{1}{3}$ 蹠，前後肢背面有黑色橫帶，其股部前後側有黑白相間的網狀斑紋，故又名斑腿樹蛙，與此蛙相近的條紋白領樹蛙，一般是指背部有四條暗色條紋的此樹蛙，依堀川（1931）認為是一變種；依據王（1986）口述，白領樹蛙的蝌蚪至小蛙後部份會產生背部有條紋者，故應視為同種。

中名：褐樹蛙

學名：Rhacophorus robustus (Boulenger)

科名：Rhacophoridae

褐樹蛙屬於中型蛙類，雄蛙體長約四公分，雌蛙體長六公分左右，全省分佈廣，棲息於低海拔之溪流邊，陽明山國家公園區內只於鹿角坑溪附近及大油坑附近小溪中發現，數量還算不少，夏季常成群出現於溪岸石頭上或躲在溪流石礫間，在溪流附近的樹叢，樹幹上亦可發現，距離溪流較遠的區域，則很難發現到它們的踪跡，由於具有良好的保護色，當接近褐樹蛙時，它依舊不動，直到手要捕捉時才跳開；生殖季節在四月至七月間，雄蛙鳴叫聲不大，入夜後一般在溪水邊石頭間隙或近水邊的木頭上交配；其卵粒黏性極大，常二、三粒一小堆黏於近水面的石頭底壁上，有時在水邊的木頭上亦可發現數堆的卵粒，卵粒顏色呈褐色，外層包有透明膠狀物質（王，1986）。在水流不急的岸邊可發現許多蝌蚪。

此蛙體背的顏色一般呈黃褐色，且斑紋不明顯，當棲息地改變時體色隨之變化成綠褐色、土褐色、紅褐色、泥灰色，且具有黑褐

色條紋狀，體表佈滿顆粒狀，還算平滑，頭部之長度與寬度相等，外鼻孔位於眼前緣與吻端之中間，吻尖，鼓膜略橢圓形，眼後至鼓膜上方邊緣有皮褶，眼眶間有暗色帶狀條紋，前後肢與體背一樣皆有若干條紋，腹面顏色淡，喉部有淡黑色斑紋；前肢短，指扁平，第一指最短，其指端吸盤不明顯，第三指先端吸盤極發達，此蛙在五節芒上仍能活動自如，指間蹼膜不明顯，後肢長，趾細長，趾端吸盤發達，趾間具有明顯的蹼膜。

中名：艾氏樹蛙

學名：Rhacophorus eiffingeri (Boettger)

科名：Rhacophoridae

艾氏樹蛙屬於小型蛙，體長三公分左右，分佈尚稱普遍，據查，陳（1982）在本省2,000公尺以下山區分佈尚稱普遍。在日月潭及溪頭附近族群數量頗多（王，1986），常棲息於山區森林區內；陽明山國家公園區內僅天面天山、向天山、大屯山附近發現過，常棲息在潮濕的森林樹中，水池邊的灌木叢、大型葉的植物上，尤其是姑婆芋、香蕉樹，此蛙白天時躲在樹穴或葉柄潮濕部位，夜晚在樹上、葉上活動；生殖季節在四月至八月間，常雨後夜晚在竹林中的被砍斷竹子基部筒中或樹穴中含水地點產卵，雄蛙常發出“嗶——”緊湊的音調。雌蛙在竹筒中水面竹壁上產卵（所產的卵粒在一百六十個左右），卵粒上層（動物極）灰褐色其間雜有乳白色斑點，下層（植物極）呈黃白色，外圍有一層膠狀透明物質，此透明

物質在胚胎發育將完成時會變成凹凸不平狀，然後掉入水中，孵化出蝌蚪，蝌蚪以蚊子幼蟲離去后之殘餘碎屑為食，蝌蚪口部微向下方，（王，1986口述）。

此蛙體色善於變化，體背通常為黃綠、黃褐、綠色、淡褐色，並雜有暗色斑紋，尤其在眼眶間至肩部區位，皮膚表面有顆粒狀突起，看起來屬於粗糙，腹面為淡黃或暗褐色亦有斑紋，在脛跗關節附近有一白色顆粒狀突起，頗為特別。鼓膜呈圓形，外鼻孔間隔較眼眶間距為短，外鼻孔接近吻端，眼後徑鼓膜上緣有一斜下的皮褶；前肢第三指最長，各指先端膨大，指間蹼膜極不發達，後肢第四趾最長，趾端具有膨大吸盤，趾間蹼發達，此蛙鋤骨齒板極不發達，這與陽明山國家公園區內其他種樹蛙之鋤骨齒板明顯有些不同。

中名：小姬蛙

又名：飾紋姬蛙

學名：*Microhyla ornata* (Dumeril & Bibron)

科名：Microhylidae

小姬蛙屬於小型蛙，體長約二公分左右，分佈廣，族群間稱普遍，全島由平地至低海拔地區都有發現其踪跡，陽明山國家公園區內在楓樹湖、北新莊、內雙溪、面天山附近有其活動，此蛙白天躲在草地、枯芒草下、水邊洞穴和石頭底下，在農田茶園地常可發現，傍晚時分開始出來尋找食物，生殖季節在四月至九月間，雨後之夜晚於水邊沼澤地、泥地、草叢、茶樹中可聽見其鳴叫聲，音量頗

大，黎明前開始交配產卵，卵塊呈圓形，平浮於水面，產卵地點通常在水池邊，農田稻叢中，蝌蚪身體淺綠色透明狀、噴水孔位於腹面中央。

此蛙外型似錐型，頭小軀大，體背呈黃褐色、深褐色，隨環境而變化，皮膚粗糙表面有許多顆粒狀突起，由眼眶間隔斜向背部兩側有暗色之條狀斑紋，體側顏色較深，使此蛙看起來頗有立體感，其腹部淡黃色，雌蛙之喉部附近有斑紋狀，雄蛙喉部為黑色有一鳴囊，背側褶明顯，鼓膜不明顯，外鼻孔接近吻端；前肢細小，第一指最短，第三指最長，各指間樸極不明顯，指先端無吸盤，後肢趾亦是如此，然各趾間基部有短的蹼膜，內蹼瘤呈橢圓形，此蛙在太魯閣國家公園及玉山國家公園區內均尚未發現，可能適合生存於低海拔以下的環境。

中名：古氏赤蛙

又名：大頭蛙

學名：Rana kuhlii (Dumeril & Bibron)

科名：Ranidae

古氏赤蛙屬於中、大型蛙，體長五～七公分左右，普遍分佈於平地至低海拔山區；陽明山國家公園區內僅在烘爐山，北新莊附近和八連溪上游一帶及鹿角坑溪附近（欄木壩附近）發現過，此蛙喜歡棲息在田間小水溝旁邊，森林區溪流，水潭附近，性害羞，當人由其附近走過尚未發現它時，它已迅速跳入水中躲藏，過了不久會

在附近將頭部露出水面，體色呈土褐色，保護效果好不易被發現。此蛙生殖季節約在三月至十月間，然沒有固定產卵盛期，其鳴聲低沉，在雨後的陰天偶而可聽見其鳴聲；一般在稻田或靜水，流水區產卵，卵粒疏散不成團狀且顆粒大，蝌蚪身體呈褐色不透明，噴水孔在身體左側。

此蛙體背無側褶襞（Dorso-lateral folds），滿佈有較大顆粒突起，此突起有時連接一起，體背一般呈暗褐色，有不規則小斑點，眼眶間隔有深色橫條，背部中央有明顯黑色突起，腹面灰色，喉部有斑紋。其頭部長度相等於寬度，吻短，鼓膜極不明顯，外鼻孔接近眼眶前緣；鋤骨齒板呈橢圓形，前肢約為後肢 $\frac{1}{3}$ 長，有暗褐色斑點，前肢粗短，指細短，第三指較長，第二指最短，指間無蹼，後肢亦不長，趾細長，趾間蹼膜明顯；此蛙眼睛大，且呈暗紅色，軀體肥胖是其最大特徵。

中名：貢德氏蛙

學名：Rana guntheri (Boulenger)

科名：Ranidae

貢德氏蛙屬於大型蛙類，體長約八公分左右，全省分佈於平地至低海拔山區，族群尚稱普遍，在陽明山國家公園區內分佈於八連溪上游，糞箕湖、水規頭、楓樹湖、內雙溪附近曾發現過，喜歡棲息在水池邊、溪流、農田、田間排水溝中，白天躲在灌木叢、石穴中，或水邊石頭底下，傍晚後出來覓食；生殖季節在三月至七月間

，雄蛙具二鳴囊，入夜後常於水窪池或稻田裡鳴叫，鳴聲大而低沈，雨後的白天亦可聽到其鳴聲；卵粒浮於水面或沈入水中，數量不少，在稻叢中亦常發現，卵粒外亦有一層透明膠狀物，孵化出來的蝌蚪於前四日左右皆不太游動，噴水孔在身體左側，身體不透明。

此蛙身體粗壯，身體背面呈黃褐色、暗褐色、綠褐色、皮膚上有一些粒狀突起，有明顯兩條背側褶，由眼鼻至鼠蹊部有一深色條紋，近腹部處有大型紋斑，喉胸一帶有深色紋斑，腹面顏色淡；頭部之長度大於寬度，外鼻孔較接近吻端、吻尖，鼓膜顯著圓形，呈深褐色，其前後緣有白色斑，鼓膜直徑略小於眼徑，眼眶間隔比外鼻孔間隔小；前肢短粗，第三指最長，指先端略膨大，不具蹼膜，後肢壯粗，第四趾最長，趾先端尖直或略有膨大，蹼膜發達，內蹼瘤大，外蹼瘤小，前後肢呈淡褐色，並具有黑褐色橫帶狀，前肢基部處有深色斑紋，後肢有較大紋斑。貢德氏蛙常作為一般人食用和解剖實驗用生物，可說是經濟上有價值的蛙科。

中名：斯文豪氏蛙

又名：尖鼻赤蛙

學名：*Rana narina swinhoana* (Boulenger)

科名：Ranidae

斯文豪氏蛙屬於大型蛙類，身體長型，長度約八公分左右，全省分佈在低海拔山區，族群尚稱普遍，在陽明山國家公園內分佈於八連溪上游，鹿角坑溪、烘爐山一帶，喜歡棲息在溪流、水澗附近

緩水區處，白天躲在石縫中或近溪枯草底亦曾發現，入夜後在岩石上及枯芒草上覓食，用水電筒照射時此蛙會有聚集於光亮處；生殖季節在二月至五月間，經常可聽到雄蛙鳴叫聲，其叫聲“啾—啾—”繼繼續續，產卵於石頭邊，緩水區或流水中、石頭壁上，卵土黃色，其蝌蚪停留在溪邊覓食，有時可發現群聚攝食之蝌蚪。

此蛙體背顏色變化大，青綠色帶有褐色斑點，或者，褐色帶有綠色斑紋還算光滑，體側顏色較淡雜有黑斑，較不平滑，腹面呈白色；其頭部之長度與寬度相等或微大於寬度，外鼻孔較接近吻端，上眼臉至吻端有一黑條紋，鼓膜圓形或略帶凹陷，直徑約為眼徑的一半，由吻經下眼眶至鼓膜下方有一白色條紋，皮膚密佈粒狀突起，背側褶由許多突起所組成，不甚明顯；前肢帶有深色橫紋，指長，第三指最長，指間無蹼，指先端膨大成吸盤；後肢亦帶有橫紋，趾長、先端亦成吸盤，蹼發達；其指、趾先端具有吸盤且後肢趾蹼發達的現象與其他赤蛙科種類有所不同，可能與其為適應在溪水中生活有關。

中名：拉都希氏蛙

又名：濶褶蛙

學名：Rana latouchi (Boulenger)

科名：Ranidae

拉都希氏蛙屬於中、小型蛙類，體長約四公分左右，全省分佈廣，由平地至低海拔山區皆有；北部山區尤多（陳，1985），在台

灣四座國家公園區內均可發現此蛙（林，1983；呂，1984），在陽明山國家公園區內分佈於竹子湖、紗帽山、陽明山、大尖後山附近，及鹿角坑溪流域；喜歡棲息於農田、田邊水道，小水池邊石頭上和溪流附近，一般於傍晚後出來，然白天亦可發現其停留在水池邊的岩石上，當人靠近時，此蛙會跳入水中躲在水草裡，俟人離開後，洄游至原先跳入的地點，生殖季節在十一月至翌年五月間，於夜晚或陰雨天氣時會在農田、水溝邊、水池邊、水窪等地出現，有時在岩石下的淺水處可發現到正在交配的蛙，雄蛙鳴叫聲不易察覺，常發出低沉細小的“噠噠……”鳴叫聲，雄蛙鳴囊不明顯，雌蛙產卵在農田、田邊水溝、小水池裡，卵粒成條環繞在水草四周或水中浮葉上，有時亦會沈入水中，小窪地亦可發現卵粒，卵粒呈褐色外圍包著一層透明膠狀物，在池中孵化的蝌蚪喜歡躲在石縫中及水草間，不易看見，此蛙夏天時在水池邊較易發現，在秋天時於溪流附近較易發現。

此蛙身體背面呈黃褐色，皮膚表面有許多突起狀，顯得乾燥而粗糙，背側褶突起極為明顯，此為其主要特徵，背側褶以下呈淡褐色其間雜有深色斑紋並有黃色突起，腹面顏色較淡其間雜有土色斑紋，由胸部至腹部有淡黑色斑紋；頭部之長度大於寬度，鼓膜圓型，直徑約與眼徑相等，外鼻孔較接近吻端，眼鼻線呈暗褐色；前肢無蹼，指先端圓滑，第三指最長，前肢基部有黑色斑紋，後肢有深色帶狀斑紋，趾先端圓滑稍膨大，趾間蹼發達且呈淡黑褐色。此蛙若將其放在桌上時，身體腹面及頭部皆會靠近桌面縮成一團，甚是胆怯。

中名：長腳赤蛙

學名：*Rana longicrus* (Stejneger)

科名：Ranidae

長腳赤蛙屬於中型蛙類，體長約五公分左右，分佈於全省平地 and 低海拔山區；陽明山國家公園區內廣泛分佈於八連溪上游流域區、北新莊、烘爐山、菜公坑、楓樹湖、向天山、面天坪、大屯山、大屯坪、中興農場，鹿角坑溪、馬槽、七股、擎天崗、大尖後山、七星山、夢幻湖、竹子湖、紗帽山、陽明山、內雙溪、溪底、菁山露營場等地區，可說是本省長腳赤蛙極豐富的地區，此蛙腳長，行動敏捷，棲息地點亦多，芒草叢、農田、溪流附近、水池邊、沼澤地、岩石上、森林底層、馬路邊的枯草堆中等地都可發現單獨或成群的長腳赤蛙，白天通常躲在草叢、樹叢、石頭底下有水處，但有時亦可發現在草堆上、岩石上，其受干擾時會四處跳躍，入夜後出來覓食。生殖季節在十二月至翌年四月間，雄蛙體型大小與雌蛙相差不多，鳴叫聲低沈，產卵地點極多，水池邊、溪流緩水區、小水窪、沼澤地，甚至水分極少的水池邊，皆可發現其卵塊，在積水較深處，可發現卵塊成團狀沈入水中，剛產下的卵粒黑白兩層分明，外圍的透明膠狀物清晰可見，經過一天外層的透明膠狀物質顯著增大，大約八天後孵化出蝌蚪，剛孵化出的蝌蚪靜靜附在泥土或岩石上，三天後開始攝食。

此蛙體色呈黃褐色，體背間雜有深褐色斑點，在前方三分之二處有“八”字形深褐色斑紋，背部亦有一些不明顯粒狀突起，然皮膚還算光滑，背側褶細長，有時不明顯，鼓膜周圍有一近似三角形的深褐色斑紋，眼眶間隔亦有一橫條狀斑紋，腹面呈淡黃色，無深

褐色斑紋；吻端尖銳，鼓膜圓形，直徑約為眼徑的二分之一，外鼻孔接近吻端，前肢指細長，指端圓滑，指間無蹼，後肢長度約為體長兩位，後肢趾亦細長，第四趾最長，前後肢略帶有橫狀褐色斑紋，趾間有蹼。此蛙在台灣四座國家公園區內只有陽明山國家公園區內有，且族群龐大，其餘三座國家公園均尚未發現；此蛙喜歡生活在溫冷潮濕地區，故推測此蛙在本省之分佈應以北部山區較多，尤其是在陽明山國家公園區內，國家公園之設定，將對此蛙族群產生極大的保護功能。

中名：澤蛙

英名：Rice frog

學名：Rana limnocharis (Wiegmann)

科名：Ranidae

澤蛙屬於中型蛙，體長約五公分左右，全省廣泛分佈於平地 and 低、中海拔山區；在陽明山國家公園區內分佈於溪底、內雙溪、大尖後山、鹿角坑溪、竹子湖、八連溪上游、楓樹湖、大屯山附近等地，此蛙夜晚常成群出來活動，白天亦可發現，但通常躲在草叢堆和石頭下，喜歡棲息在農田、蓄水池、小窪地、溪流附近草地上；生殖季節在三月至十月間，雄蛙在喉部附近有一深色皺紋的鳴囊，入夜後開始鳴叫，聲音頗大，產卵於農田裡或水窪處，常可在稻叢邊發現卵，卵塊並不呈團狀，部份會平浮在水面上，部份在濕土上，卵粒呈咖啡色，外層包著透明膠狀物質。

此蛙體色變化極大，有黃褐色、暗灰色、黃綠色，隨棲息地而異，身體背面有許多綠色或深綠色斑紋，並有尖狀突起，皮膚屬粗糙，眼眶間有“V”型斑紋，通常亦可發現此蛙具有背中線，無體側褶，腹面呈淡黃色；其頭長大於頭寬，鼓膜呈圓形且顯著，其直徑約為眼徑二分之一，外鼻孔較接近吻端；前肢略粗，第三指最長、第二指最短，指間無蹼，後肢趾第四趾最長，第一趾最短，趾間有明顯蹼膜，前後肢各有數條條深色帶。此蛙亦有人捕捉食用。

中名：虎皮蛙

又名：虎斑蛙（俗名：田雞）

學名：*Rana tigerina rugulosa* (Wiegmann)

科名：Ranidae

虎皮蛙屬於大型蛙類，體長約七公分，分佈如“前言”所述，以中南部、東部較多，在陽明山國家公園區內只分佈於鹿角坑溪和內雙溪附近；此蛙白天躲在石縫、土穴中，傍晚時分開始出來覓食，喜歡覓食小蟲及身體較小的蛙類，常棲息於近水邊田埂、溪邊附近石縫中；生殖季節在五月至九月間，雄蛙體型較小，但叫聲鳴亮，尤其在雨後的夜裡，雌蛙於近水邊產卵，剛產下的卵粒平浮於水面呈圓狀，幾小時後即呈團狀沈入水中，大約三天即可孵化成蝌蚪，蝌蚪的體色比一般赤蛙的蝌蚪顏色深些，牙齒甚是尖銳，屬雜食性。

此蛙體色呈烏泥色，背面皮膚粗糙，佈滿線狀或顆粒狀突起，

無背側褶，腹側及前後肢有顯明的虎斑和顆粒狀突起，腹面黃白色，有深色斑點；其頭大於頭寬，外鼻孔位於吻端與眼之間，鼓膜顯著呈橢圓形；前肢短狀，指短，指先端尖頭，第三指最長，無蹼，後肢壯粗，趾細長，趾先端亦尖硬，趾間蹼明顯且是全蹼。此蛙在經濟與學術上甚為重要，筆者曾於民國七十年間在喜義地區從事調查與協助繁殖和養殖（培育）的工作，於七十一年已確立了初步養殖（培育）技術，於七十二年已達50%活成率的完全養殖方法，這些繁殖與培育的資料，將可作為日後各種兩生類復育工作的參考依據。

中名：（新種）

學名：Rhacophorus idiotocus（暫定）

科名：Rhacophoridae（暫列）

此蛙與艾氏樹蛙外型上非常相似，幾乎無法分辨，然而可於其棲息所和鳴叫聲區別，全省僅知在陽明山國家公園面天山和向天山附近於1981年發現，其產卵地點於近水邊的陸地上，卵粒有二百四十顆，與赤蛙卵粒相似，生殖季節於三月底至梅雨季節結束，此乃因卵必須借助雨水將其沖入池中之故，所孵化出來的蝌蚪，其口部向前方，與艾氏樹蛙向下方的口部不同（王，1986口述），有關資料俟筆者查證后再予以補足。

(二)有關虎皮蛙生理生態學之研究(幼生期)結果如下：

1 胚胎發育情形

有關胚胎發育速率及其時期(stage)如表(二)所述。在一般狀況下，水溫高胚胎發育所需時間就短，在發育過程中水溫溫差變化在一定範圍內。如 $30^{\circ}\text{C} \sim 24.5^{\circ}\text{C}$ ，並不會影響孵化率，孵出的蝌蚪亦無畸型現象。

2 蝌蚪在不同溫度下之呼吸頻度

在 24°C 、 29°C 、 34°C 的呼吸頻度都會隨水中的溶氧降低而增加。如圖(一)所示在 $2 \sim 2.5\text{ ppm O}_2$ 時，呼吸頻度開始急速下降，在 34°C 時其呼吸頻度顯然要比 24°C 及 29°C 時高，也就是需要吸取更多的氧氣，以維持正常的代謝功能。

3 體重與耗氧量之關係

不同體重($0.4116 \sim 1.2790\text{ g}$)的蝌蚪在 29°C 時，其單位體重之耗氧量與水中溶氧濃度之關係如圖(二)所示，在相同情況下，體重較輕者之單位體重耗氧量比重者來得大，而最小安全溶氧量(Incipient limiting tension, P_c)則隨體重增加而降低，也就是體重較輕者對低溶氧量的忍耐力比體重較重者來得差。以 $\text{PO}_2 / \text{QO}_2$ 對 PO_2 作圖，所得結果示於圖(三)，由圖可知各直線的斜率隨體重增加而增加的趨勢。將圖中各直線的截距及斜率求出順氧指標列於表(三)，一般言之，其數值皆很小，都屬於典型的調節型，且體重愈大者其調節能力較佳。

總耗氧量與個體大小的關係如圖(四)，其方程式如下：

$$\log M = -1.0700 + 0.2404 \log W$$

$$r = 0.944$$

Table 2 Ctage in the normal development of *Rana tigrina*.

(虎皮蛙胚胎發育過程)

Time	°C	Stages
0	27°C	2 cell
20 minutes	27°C	4 cell
30 minutes	27°C	8 cell
40 minutes	27°C	16 cell
1 hours	27°C	32 cell
1 hours 15 minutes	27°C	early blastula
3 hours 0 minutes	29°C	late blastula
4 hours 0 minutes	29°C	early gastrula
5 hours 10 minutes	30°C	middle gastrula
8 hours 30 minutes	30°C	later gastrula
9 hours 10 minutes	29°C	neutral fold
10 hours 30 minutes	28°C	early neutral groove
11 hours 15 minutes	29°C	later neutral groove
12 hours 15 minutes	28°C	early tail bud
14 hours 50 minutes	27°C	gill bud
17 hours 20 minutes	26°C	gill bud
24 hours 0 minutes	24°C	gill circulate
27 hours 50 minutes	29°C	mouth open
56 hours 0 minutes	27°C	tail fin circulation

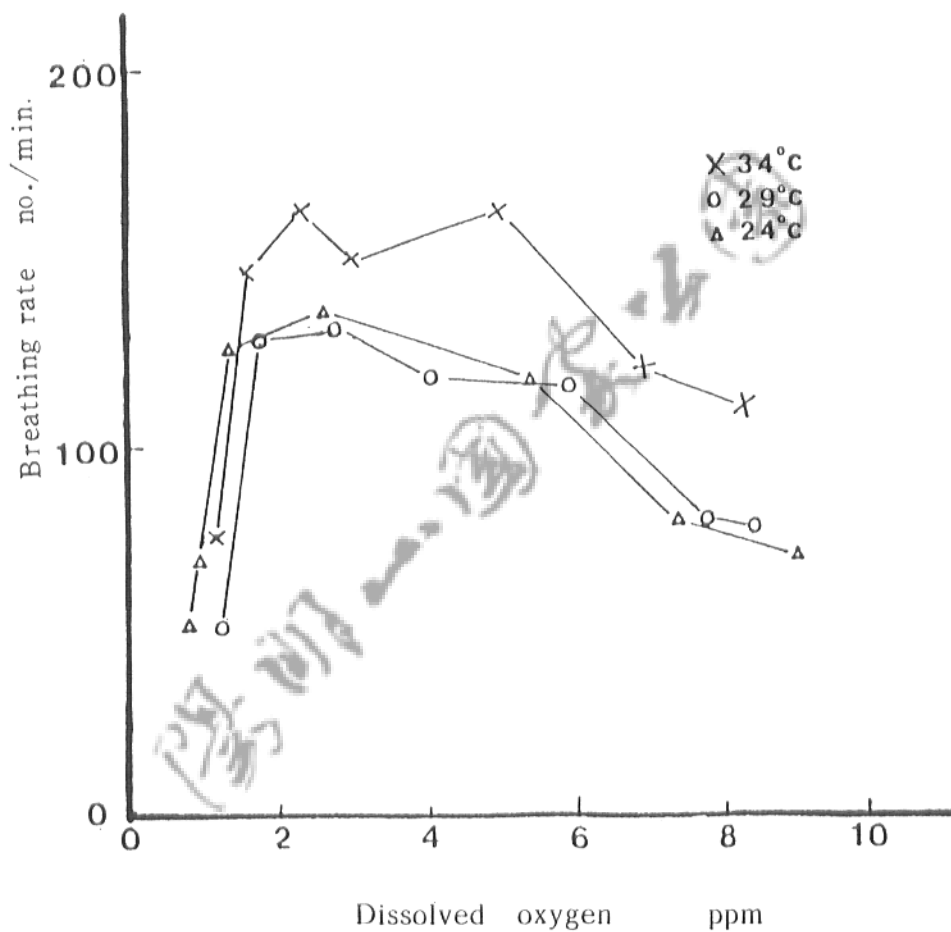


Fig. 1 Effect of dissolved oxygen on the breathing rate of tadpole of *R. tigerina* at three different temperature.

(虎皮蛙蝌蚪在三種不同溫度下溶氧對呼吸類頻度之影響)

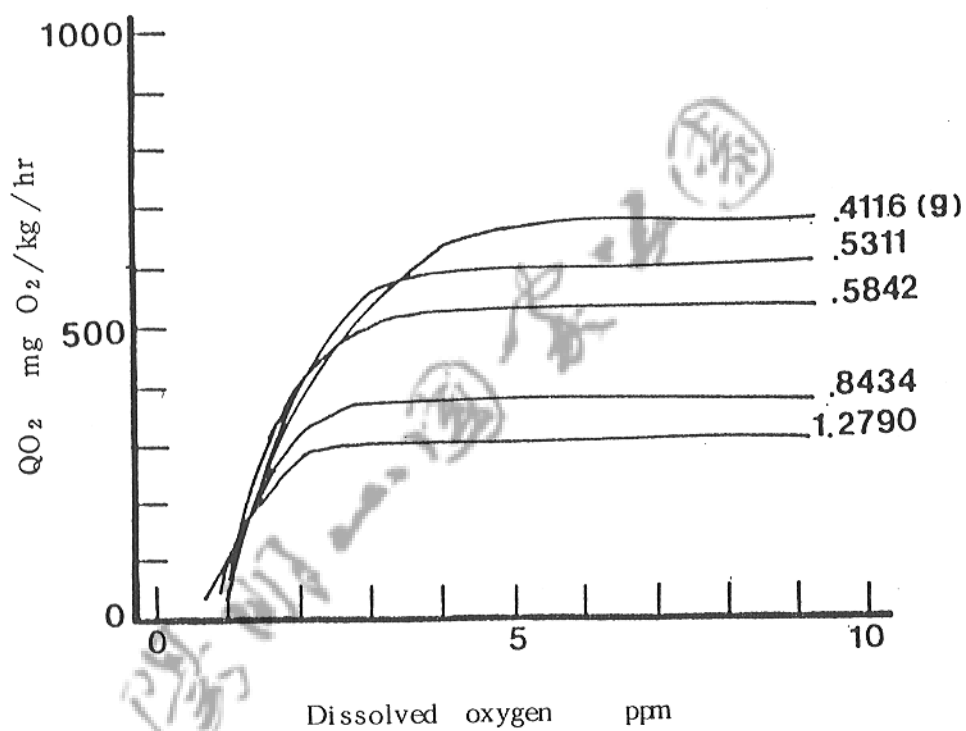


Fig. 2 Oxygen consumption of tadpole of different weight in various dissolved oxygen at 29°C.

(29°時，不同體重之蝌蚪在不同溶氧下之耗氧量)

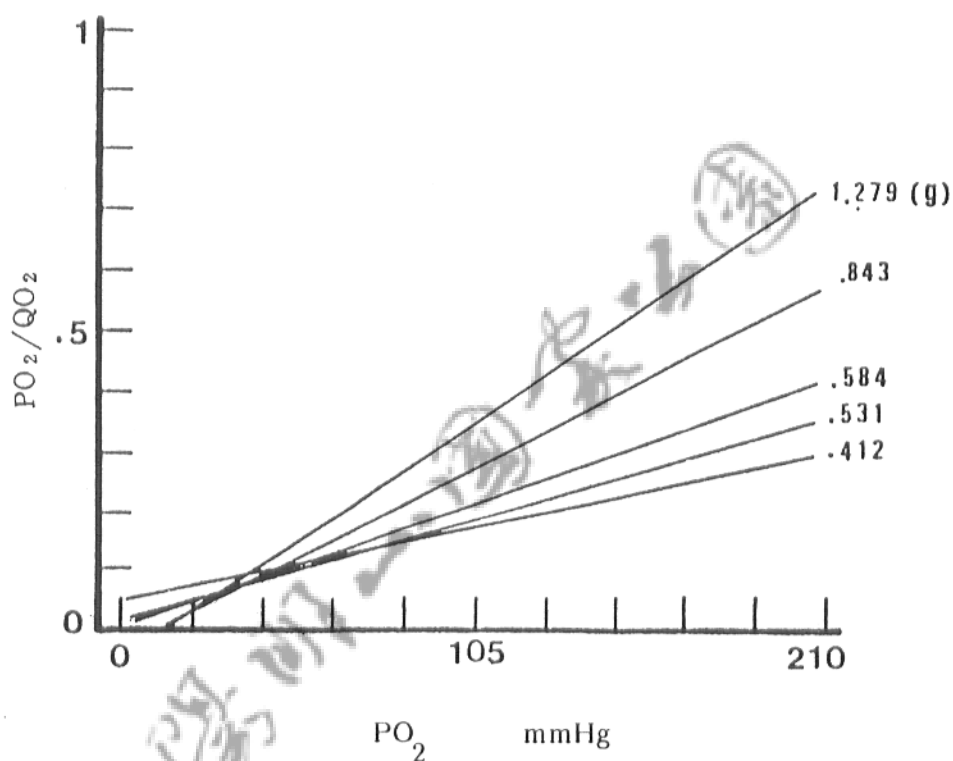


Fig. 3 The fitted regression lines for PO_2/QO_2 as a function of PO_2 at $29^\circ C$ in different wet weight of tadpole of *R. tigerina*.

($29^\circ C$ 時，不同濕重之蝌蚪 PO_2/QO_2 對 PO_2 之迴歸函數圖)

Table 3 Calculation of an "Oxygen-dependent index" for the tadpole of *R. tigerina* at 29°C in different wet weight.

(29°C時不同濕重之蝌蚪的順氣指標)

Body weight (g)	$K_1 \times 0.001$	$K_2 \times 0.001$	K_1 / K_2	r
0.4116	51.0	1.17	43.50	0.96
0.5311	14.9	1.62	9.15	0.99
0.5842	2.5	1.97	1.27	0.99
0.8434	-32.2	2.90	-11.16	0.97
1.2790	-51.9	3.78	13.70	0.99

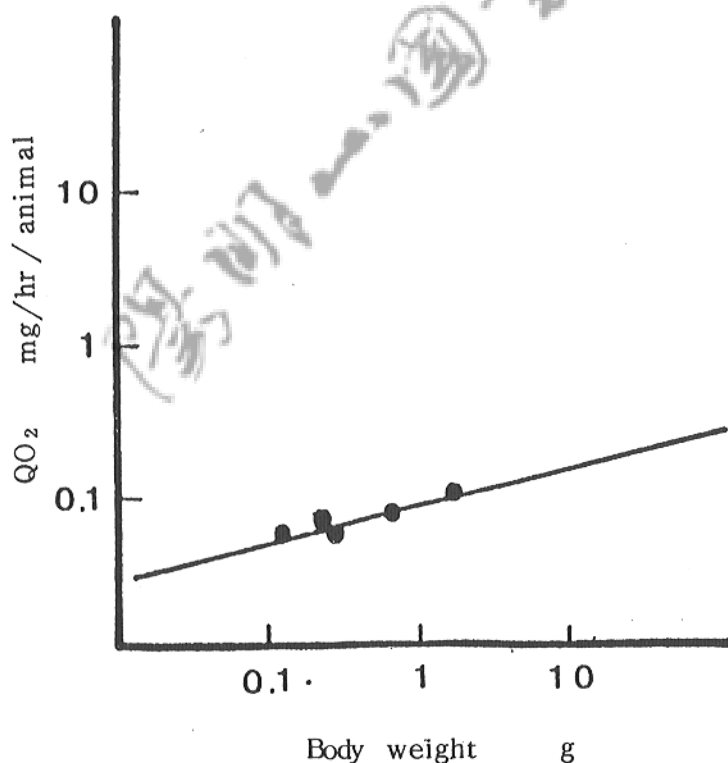


Fig. 4 The relation between log wet weight and log oxygen consumption for the tadpole of *R. tigerina* at 6ppm dissolved oxygen and 29° c.

(在 6 PPM 溶氧及 29°C時，蝌蚪濕重和耗氣量的對數關係圖)

$M = \text{總耗氧量 (mgO}_2 / \text{hr / animal)}$

$W = \text{體重 (g)}$

由圖中斜率等於 0.2404 來看，其總耗氧量隨體重增加之趨勢是很緩和的，此係蝌蚪間本身體重的差異不大所致。

4. 溫度對變態的影響

在 24° C、29° C 及 34° C 時，變態期之耗氧量都要比蝌蚪時期來得小，各溫度下之單位體重耗氧量與水中溶氧量之關係如圖(五)，其耗氧量隨水溫升高而增加，而 34° C 要比 29° C 及 24° C 高出很多， P_c 值在 34° C 時亦特別高，約在 4.5 ppm O_2 ，顯示在此溫度下已不太適合蝌蚪之變化。

以 PO_2 / QO_2 對 PO_2 作圖，示於圖(六)，由圖中各直線的斜率來看，34° C 者其斜率要比 24° C、29° C 小很多。若以直線之截距及斜率求出順氧指標，如表(四)，顯示在 34° C 時其 k_1 / k_2 值偏高，其氧氣調節能力已相當差，有傾向於氧氣順應型 (Oxygen conformers) 之趨勢。而在 24° C 時其順氧指標亦比 29° C 時高，但仍是氧氣調節型 (Oxyregulator)。

不同溶氧量時之溫度係數 (Q_{10}) 列於表(五)；由表可知高溫 (34° C ~ 29° C) 範圍內其溫度係數要比低溫 (29° C ~ 24° C) 者高出很多，而在低溫範圍之低溶氧時，其 Q_{10} 值亦偏高，表示在這些情況下，溫度的改變對其耗氧量的影響非常大。

若將各溫度下耗氧量調節域 (Zone of independence) 的平均耗氧量與溫度作圖，如圖(七)，可很明顯的看出溫度上升其耗氧量亦顯著的上升。

在 26° C 和 36° C 下，其尾部縮短的速率如圖(八)，由圖中可

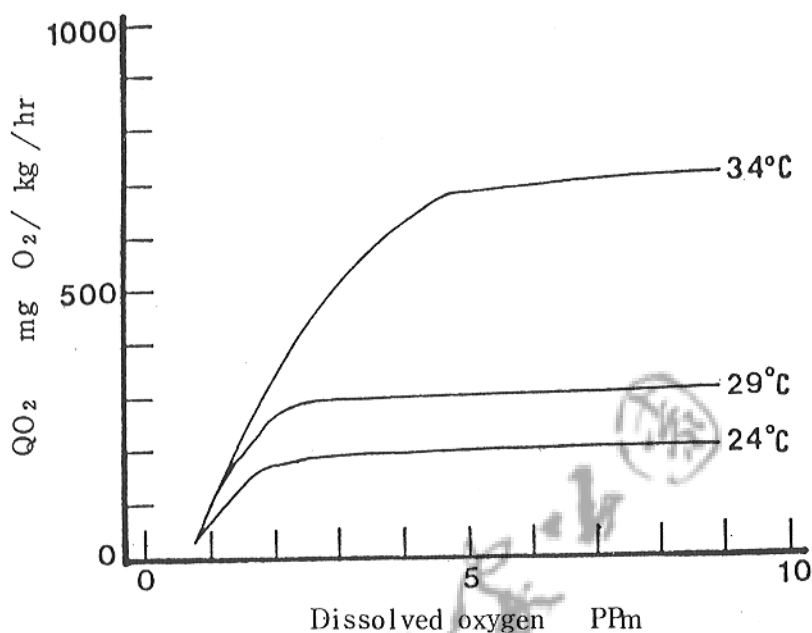


Fig. 5 Oxygen consumption of *R. tigerina* during metamorphosis at three different temperature in different dissolved oxygen.

(在3種溫度不同溶氧下之虎皮蛙變態期之耗氧量)

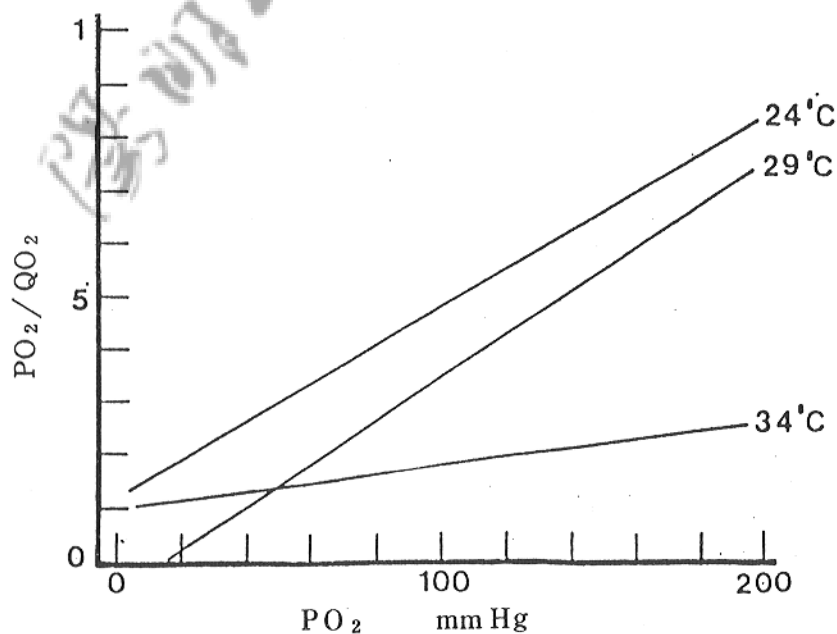


Fig. 6 The fitted regression lines for PO_2/QO_2 as a function of PO_2 at three different temperature for *R. tigerina* during metamorphosis.
(虎皮蛙變態期在3種不同溫度下之 PO_2/QO_2 對 PO_2 之迴歸直線函數圖)

Table 4 Calculation of an "Oxygen-dependent index" for the R. tigerina during metamorphosis at three different temperature.

(虎皮蛙變態期在 3 種不同溫度下之順氧指標)

Temperature	$K_1 \times 0.001$	$K_2 \times 0.001$	K_1 / K_2	r
24°C	121.2	3.57	33.9	0.98
29°C	-51.9	3.78	13.8	0.99
34°C	95.5	0.81	118.0	0.85

Table 5 The temperature coefficient of oxygen consumption (Q_{10}) for R. tigerina during metamorphosis at various oxygen concentrations.

(虎皮蛙變態期在不同氧濃度下之耗氧溫度係數 Q_{10})

Temperature	Dissolved oxygen ppm						
	8	7	6	5	4	3	2
24~29°C	1.58	1.6	2.0	2.3	2.38	3.2	3.16
29~34°C	6.08	5.63	5.7	5.45	4.14	2.5	1.38

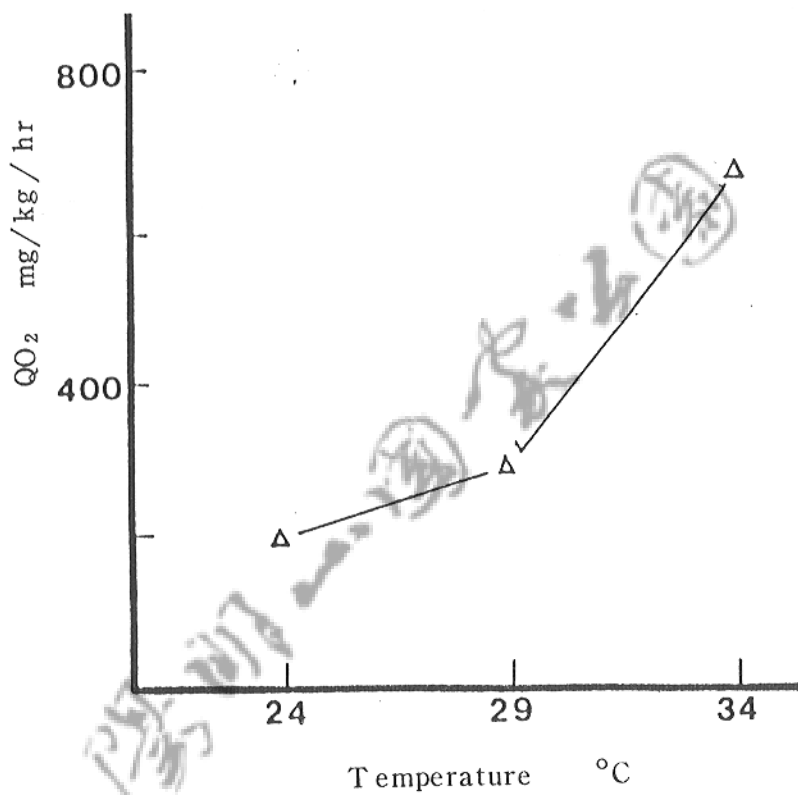


Fig. 7 Effect of temperature on the oxygen consumption of R. tigerina during metamorphosis.

(虎皮蛙變態期之溫度對耗氧量的影響)

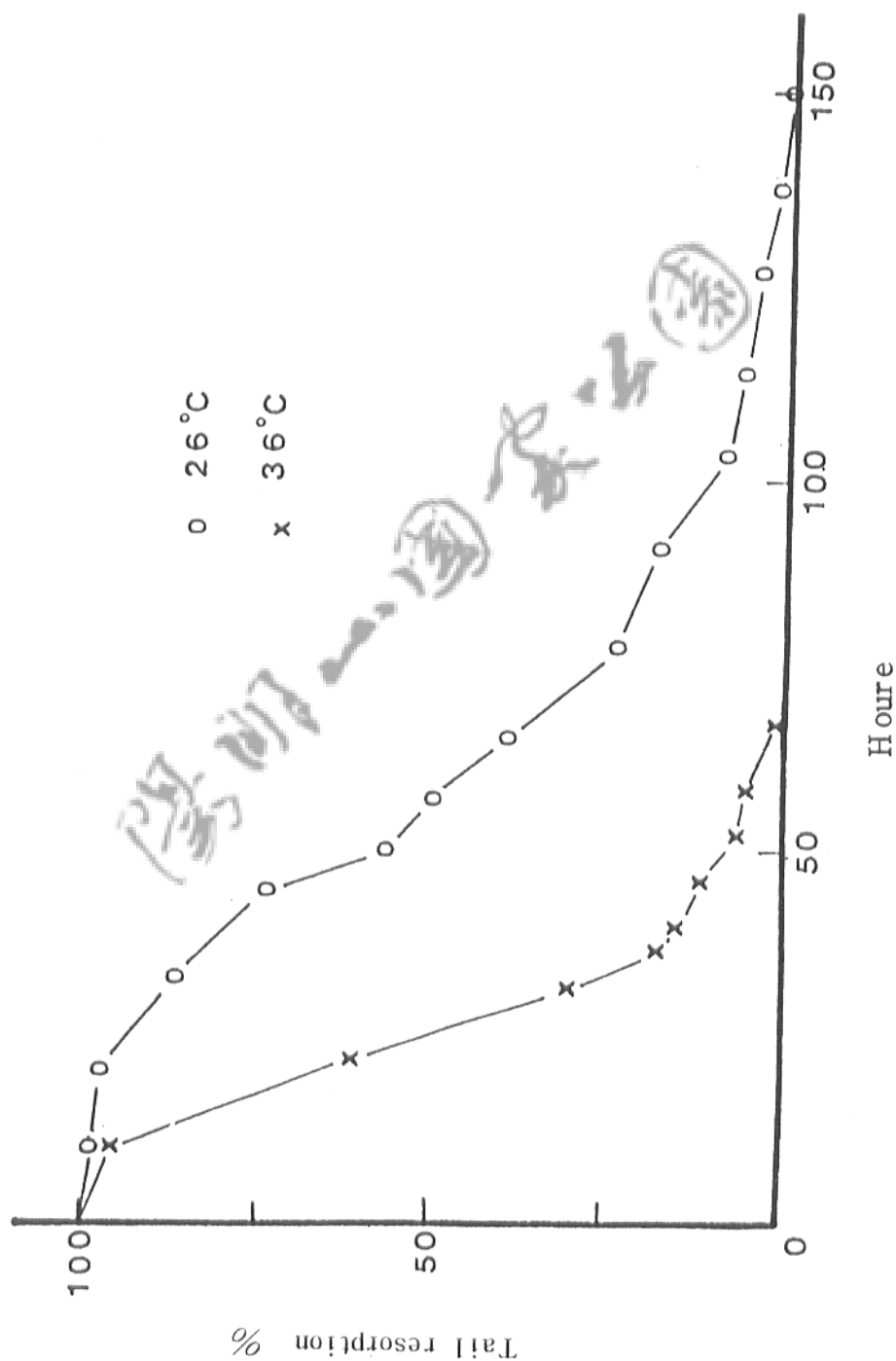


Fig. 8 Tail resorption of R. tigerina during metamorphosis at two different temperature.

(虎皮蛙變態期在2種不同溫度下之尾巴吸收速率)

知，在 36° C 時其尾部在七十小時內就可退化完畢，而 26° C 時需要一百五十小時以上。可知變態期的長短，受水溫的影響很大。

5. 溫度對攝食量與成長之關係

蝌蚪在 34° C、29° C、25° C 三種溫度下之攝食量與體重的關係如圖(九)，由圖可知蝌蚪的攝食量隨體重增加而增加，而在 34° C 時，其攝食量最高，29° C 次之，在 25° C 時攝食量最低。在三種溫度下之攝食量(F)與體重(W)之迴歸方程式分別為：

$$34^{\circ}\text{C} \quad F = 0.2437 + 0.2441 W \quad r = 0.989$$

$$29^{\circ}\text{C} \quad F = 0.1806 + 0.1483 W \quad r = 0.953$$

$$25^{\circ}\text{C} \quad F = 0.0662 + 0.1126 W \quad r = 0.898$$

由迴歸直線的斜率來看，34° C 時斜率最大，亦即表示攝食量增加的速率最大，約為 29° C 時之 1.65 倍，而 29° C 是 25° C 時之 1.32 倍，也就是在較高溫（34° C ~ 29° C）範圍內，攝食量增加速率比低溫（29° C ~ 25° C）範圍內，要來得快些。

攝食量除以體重之後的攝食百分率與體重之關係如圖(十)，可以看出體重小的蝌蚪其攝食百分率較體重大時為高，其降低的趨勢隨體重增加而漸趨緩和，而攝食百分率隨溫度上升而增加。

在 34° C、29° C、25° C 三種溫度下，蝌蚪的體長增加，如圖(十一)，由圖可知 34° C 時體長增加最快，29° C 次之，25° C 最慢，而 29° C 與 34° C 間的體長差距隨著體長增加而增加，但較不明顯。

以相對成長率 (Relative growth rate) 作圖，示如圖(十二)，可知蝌蚪在體型小時，其相對成長率要比體型大者高。但 29° C

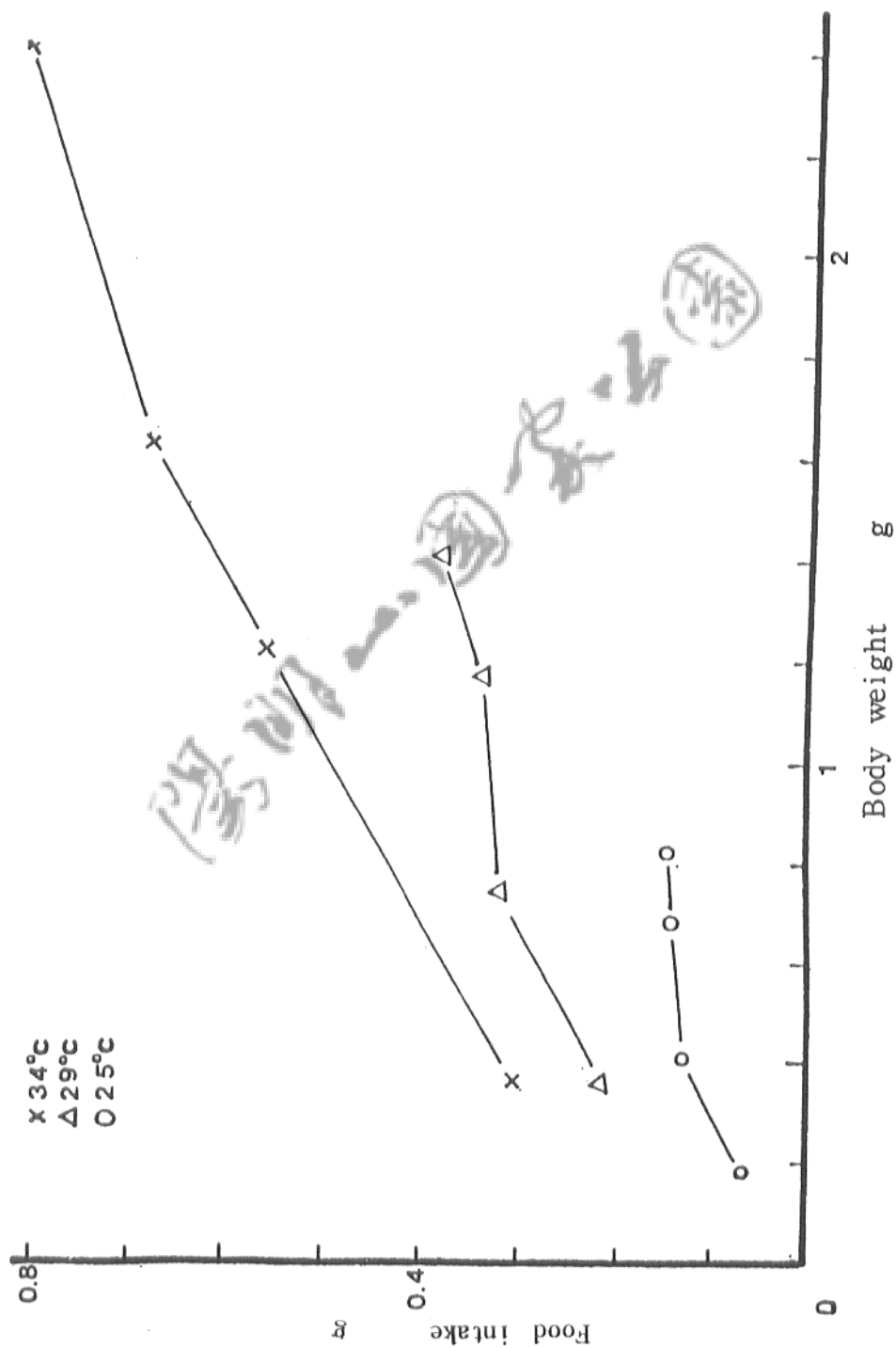


Fig. 9 Effect of body weight on the daily food intake in tadpole of R. tigerina at three different temperature.

(虎皮蛙蝌蚪在三種不同溫度下之每日攝餌量對體重之影響)

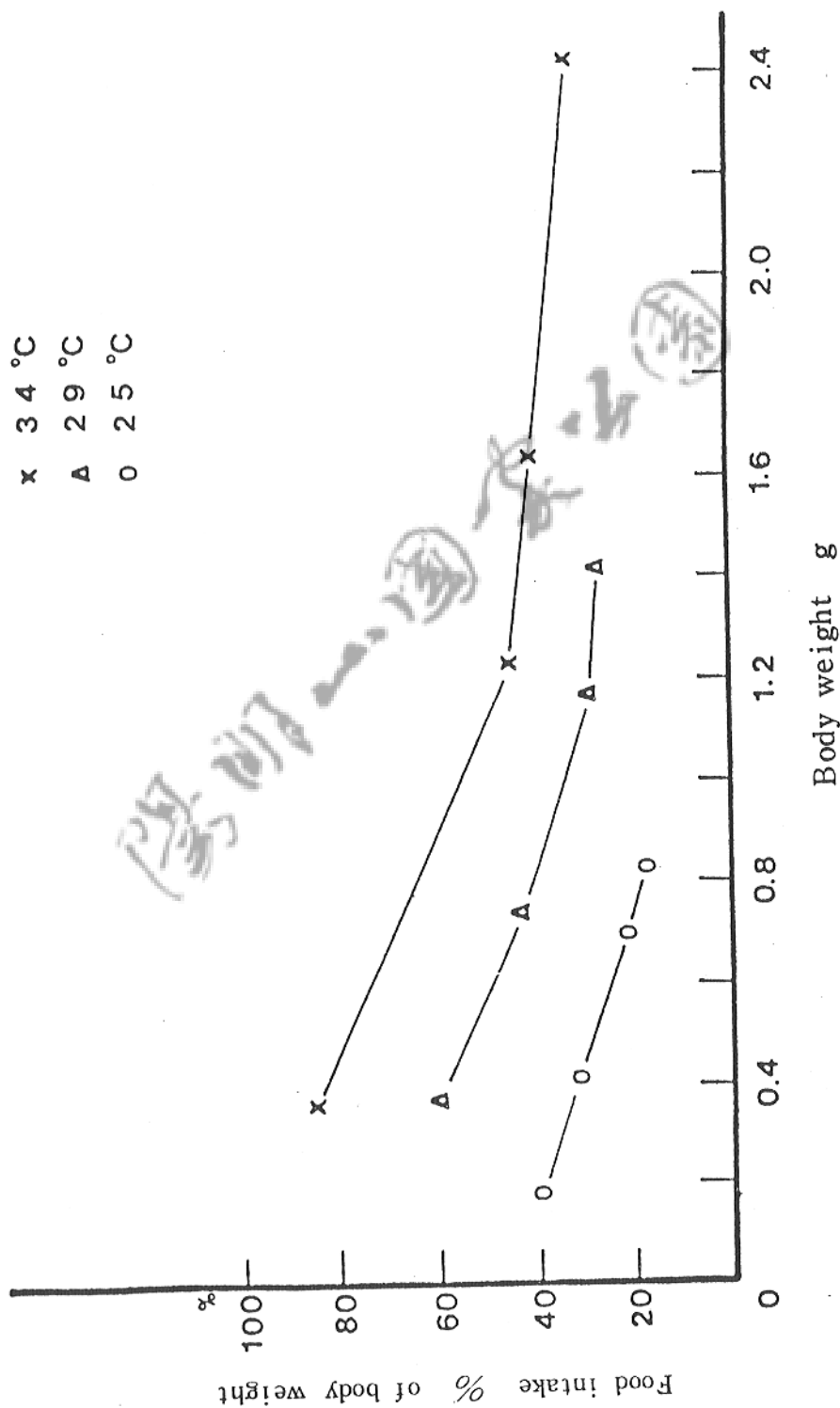


Fig. 10 Effect of body weight on the daily food intake in tadpole of R. tigrina at three temperature.

Food intake was expressed as percentage of its body weight.

(虎皮蛙蝌蚪在三種不同溫度下，每日攝食量對體重之影響)

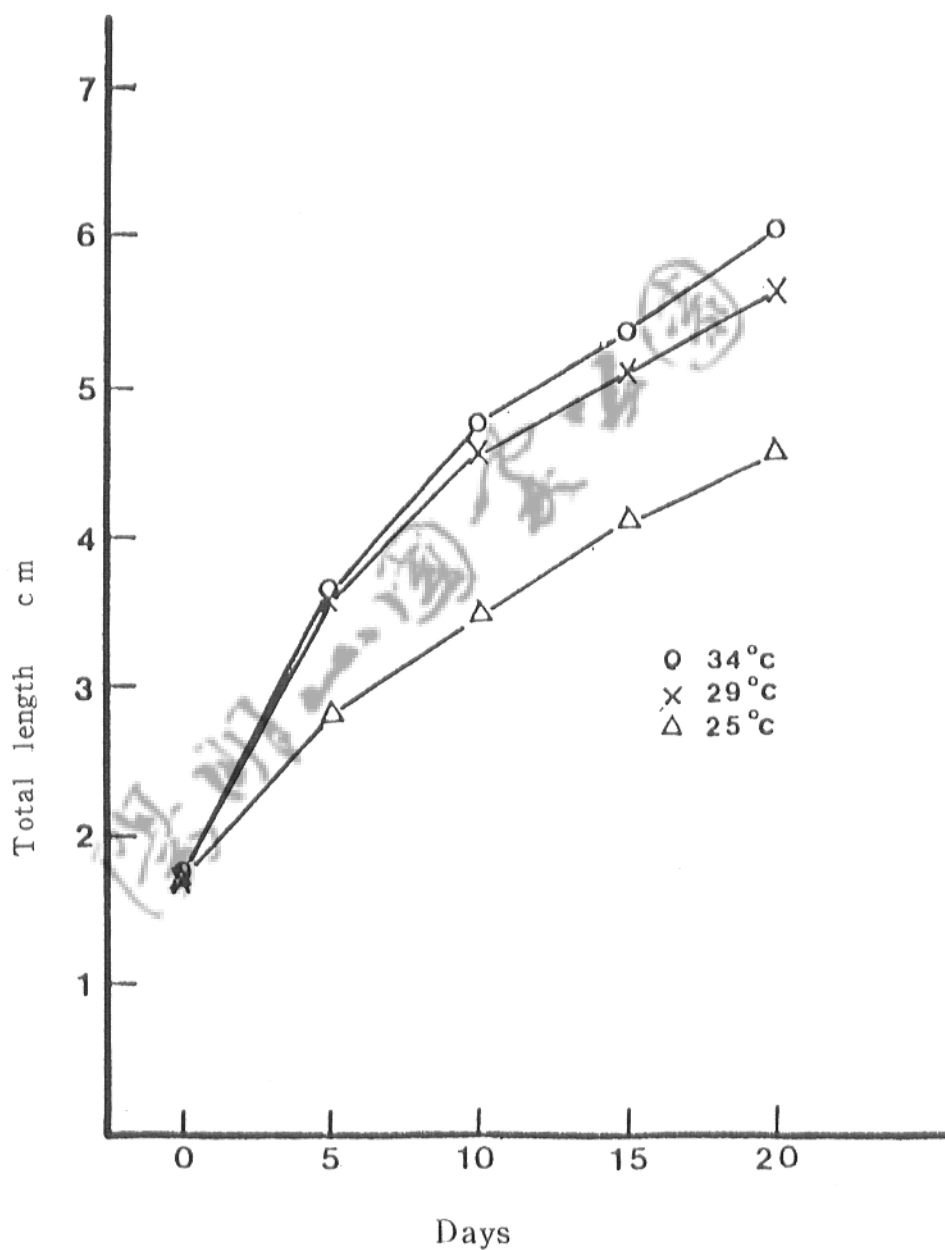


Fig. 11 Growth in length in tadpole of R. tigerina at three different temperature.

(虎皮蛙蝌蚪在三種不同溫度下之體長成長情形)

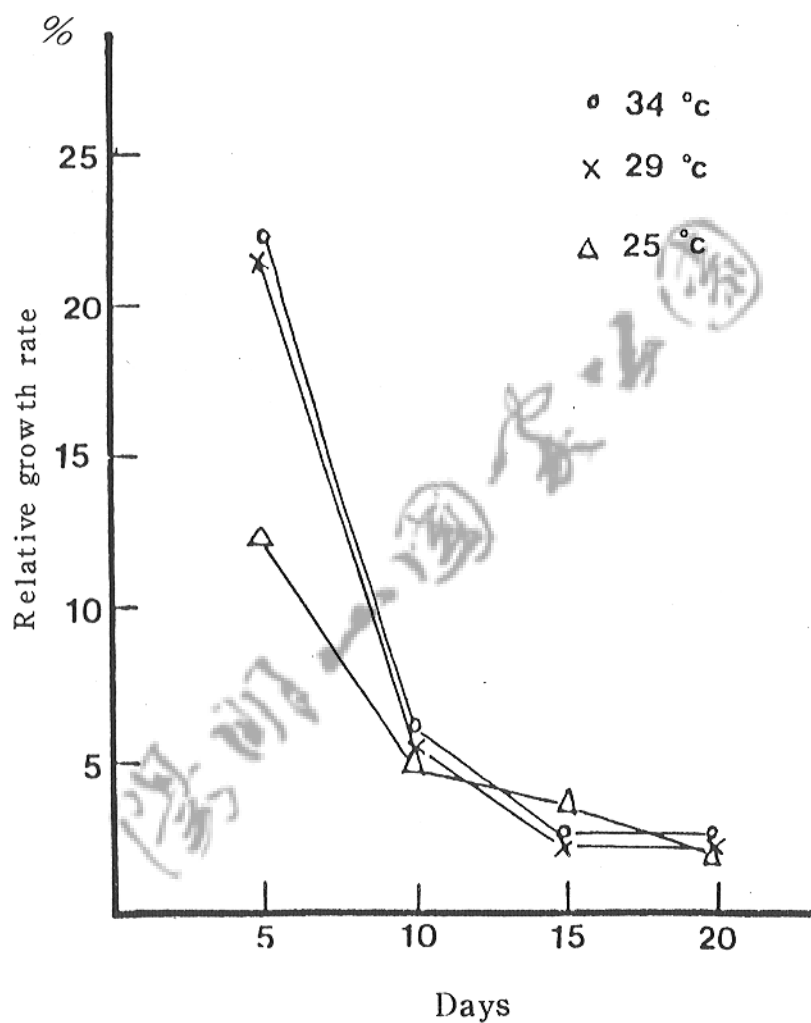


Fig. 12 Relative growth rate in tadpole of *R. tigerina* at three different temperature.

(虎皮蛙蝌蚪在三種不同溫度下之相對成長速率)

與 34° C 的相對成長率，不論在何種體長時，都非常相近。（而 25° C 時却不能像 29° C 及 34° C 一樣的穩定成長亦即 25° C 時對其成長來說是較差的。

不要蝌蚪在三種溫度下體重之增加如圖(五)，由圖中可看出 34° C 最多，29° C 次之，25° C 最少，而三種溫度間之體重之差距，隨體重增加而增加。此三種溫度下 specific growth rate 分別為 34° C 者 0.1864 g/day，29° C 者 0.1595 g/day，25° C 者 0.1326 g/day。

以肥滿度（體重／體長）× 100 % 作圖，示如圖(六)，此圖與圖(五)很近似，亦即高溫之下其肥滿度愈佳。

各溫度下之體重與體長的迴歸方程式如下：

$$34^{\circ} \text{ C} \quad W = -2.7229 + 0.8344 L \quad r = 0.995$$

$$29^{\circ} \text{ C} \quad W = -1.5678 + 0.5266 L \quad r = 0.990$$

$$25^{\circ} \text{ C} \quad W = -0.8707 + 0.3746 L \quad r = 0.998$$

由以上的攝食量、體重之增加量、體長之增加量以及肥滿度之增加情形來看，在 25° C ~ 34° C 範圍內，只要投予適量的餌料，則溫度愈高，對其各方面的成長也愈佳。

6. 不同濃度之 H₂S，Ammorin，PH 值對蝌蚪的影響

在 PH4，PH6 及 PH10 對蝌蚪之急速毒性，其 LT₅₀ 值皆超過九十六小時以上，因此可知蝌蚪對 PH 值變動之抵抗力很強，但在 PH4 和 PH10 時蝌蚪活動情形要比 PH6 及 PH8 時遲緩，因此可知 PH6 及 PH8 之水質可能較適合蝌蚪之生存與生長。

蝌蚪在不同 PH 值下之耗氧量情形如圖(七)，由圖可以看出耗氧量以 PH 6 和 PH8 時較高，PH10 次之，PH4 時最低。但是

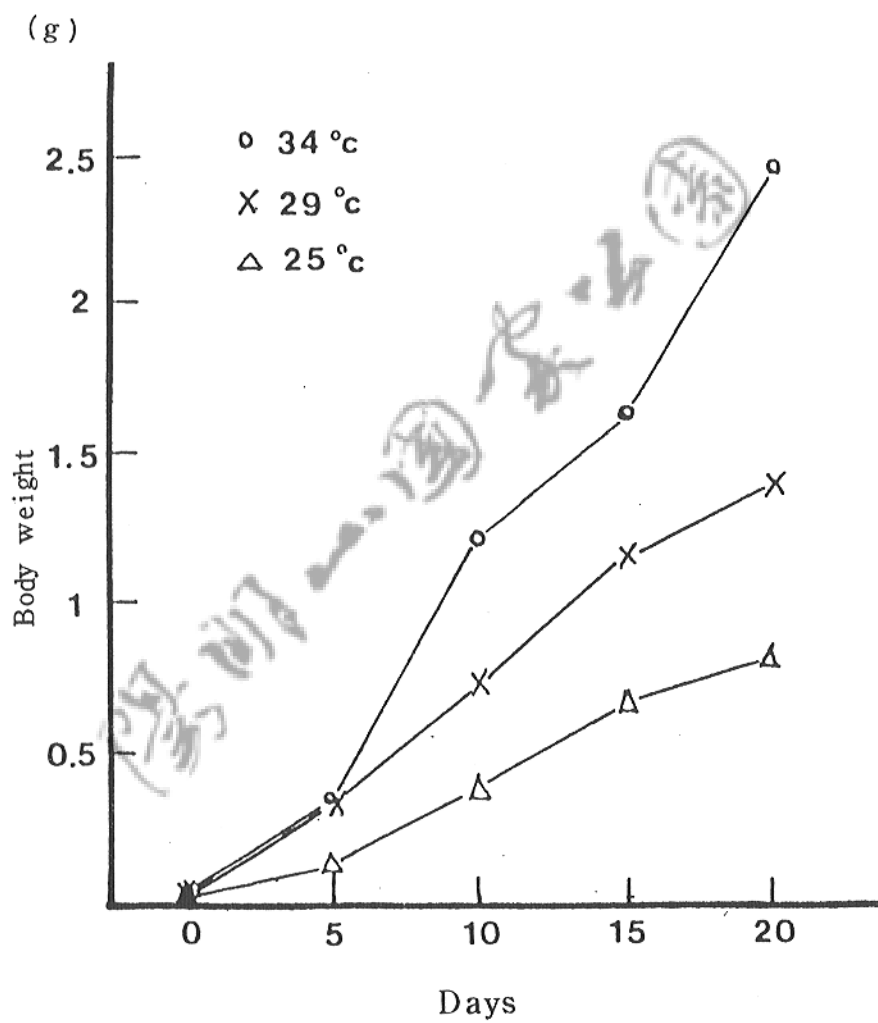


Fig. 13 Growth in weight of tadpole of *R. tigerina* at three different temperature.

(虎皮蛙蝌蚪在三種不同溫度下之體重成長情形)

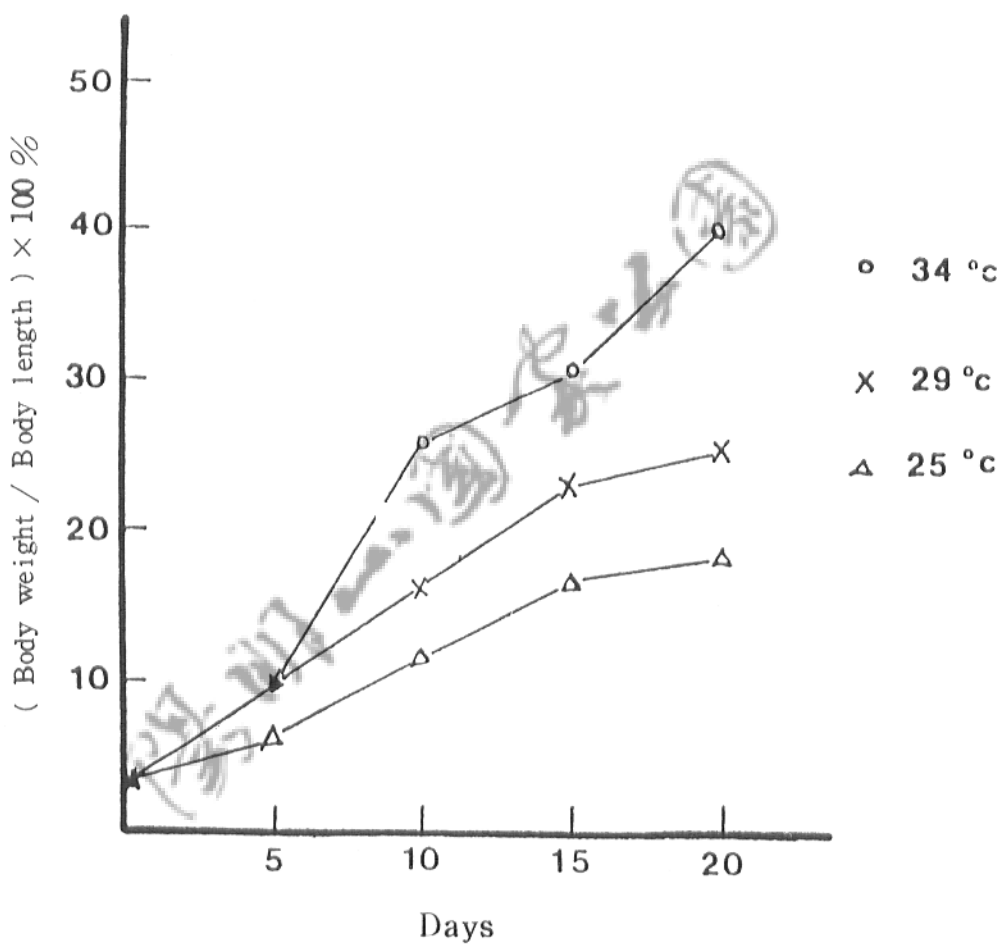


Fig. 14 Growth in fattiness (weight/ length) of tadpole of *R. tigerina* at three different temperature.

(虎皮蛙蝌蚪在三種不同溫度下之成長肥滿度情形)

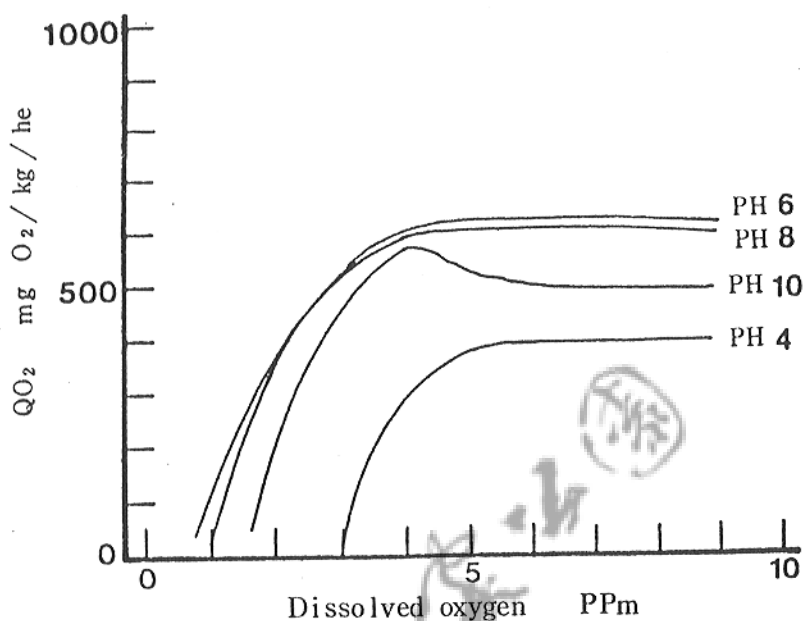


Fig. 15 Effect of PH on the oxygen consumption in tadpoles of R. tigerina.

(PH對虎皮蛙蝌蚪耗氧量之影響)

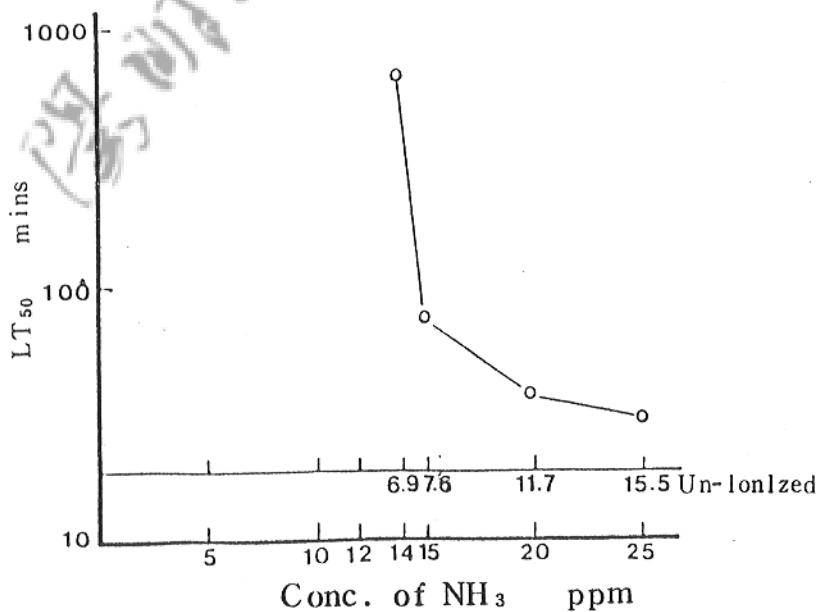


Fig. 16 Acute toxicity of ammonia to tadpoles of R. tigerina.

(氨對虎皮蛙蝌蚪之急性毒)

由不同溶氧下之耗氧量變化情形來看，蝌蚪在 PH4 ~ 10 之間對氧氣之利用雖然仍屬氧氣調節型 (Oxyregulator) 但在 PH4 或 PH10 對其 Hypoxic oxygen level 則比正常之 1 ppm O_2 提高到 2 ~ 3 ppm O_2 ，顯示此二種 PH 值仍不適合其生理進行。因此，(PH6 ~ PH8) 較適合其生長，此亦與蝌蚪棲息之環境有很大之關係。過高或過低的 PH 值似乎有礙於其成長。

Ammonia 對蝌蚪之急速致死情形如圖(六)。在未解離 Ammonia 的濃度為 15.52 ppm 時其 LT_{50} 值為三十分鐘，濃度為 11.65 ppm 時其 LT_{50} 值為三十七分鐘，7.62 ppm 之 LT_{50} 為七十五分鐘，6.88 ppm 之 LT_{50} 為六百五十分鐘，5.42 ppm 時其 LT_{50} 則超過九十六小時。故知濃度愈高毒性愈強。

將九十六小時之後，在未解離氨濃度 7.62 ppm、5.42 ppm 的蝌蚪作耗氧量測定，其結果示如圖(七)，由圖可知耗氧量隨著濃度增加而增加，而濃度 7.62 ppm 的 PC 值在 4.1 ppm 的溶氧濃度，濃度 5.42 ppm 的 PC 值在 4 ppm，而對照組的 PC 值在 3 ppm，由此看來，這兩種濃度的 Ammonia 已對蝌蚪的呼吸機制造成了影響，而最小安全溶氧濃度 (PC 值) 之提高，亦會對其生長不利。

H_2S 對蝌蚪之急速毒性示如圖(八)，其 LT_{50} 值分別為 5 分鐘 (2.783 ppm)，10 分鐘 (2.069 ppm)，8.2 小時 (1.421 ppm)，36 小時 (1.082 ppm)，85 小時 (0.764 ppm)，而未解離濃度為 0.249 ppm 時則超過九十六小時。

將在未解離濃度 1.421 ppm，0.764 ppm，九十六小時未死的蝌蚪，作耗氧量之測定，示如圖(九)，由圖可知，耗氧量隨著

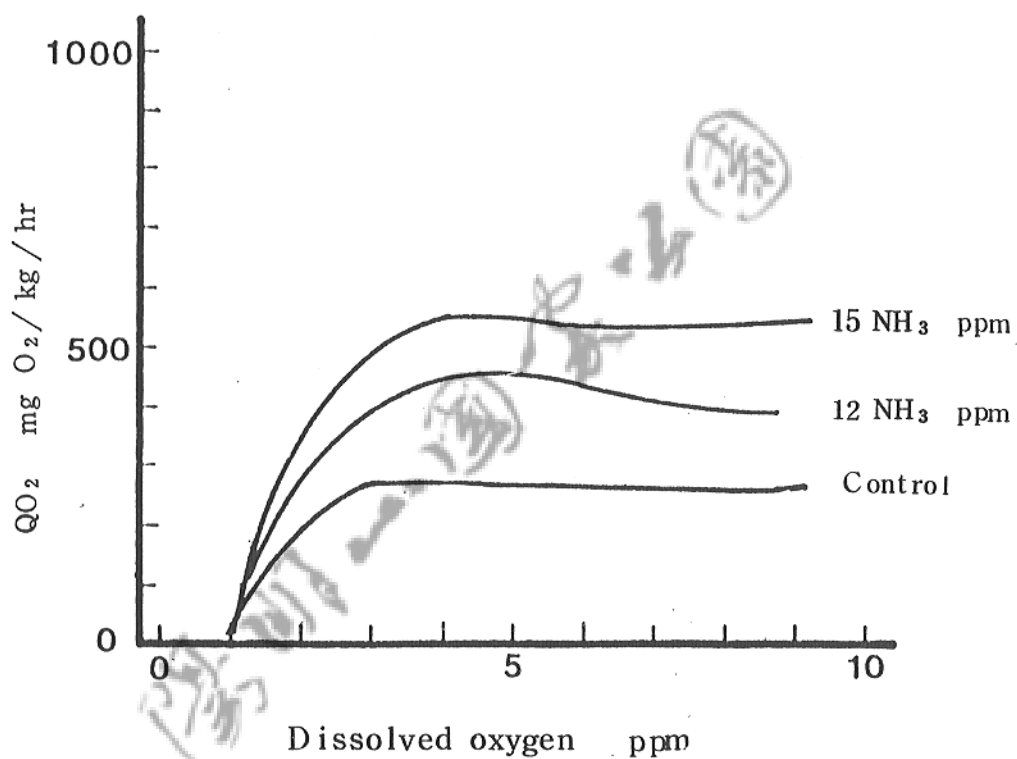


Fig. 17 Effect of ammonia on the oxygen consumption of tadpole of *R. tigerina*.

(氨對虎皮蛙蝌蚪耗氧量之影響)

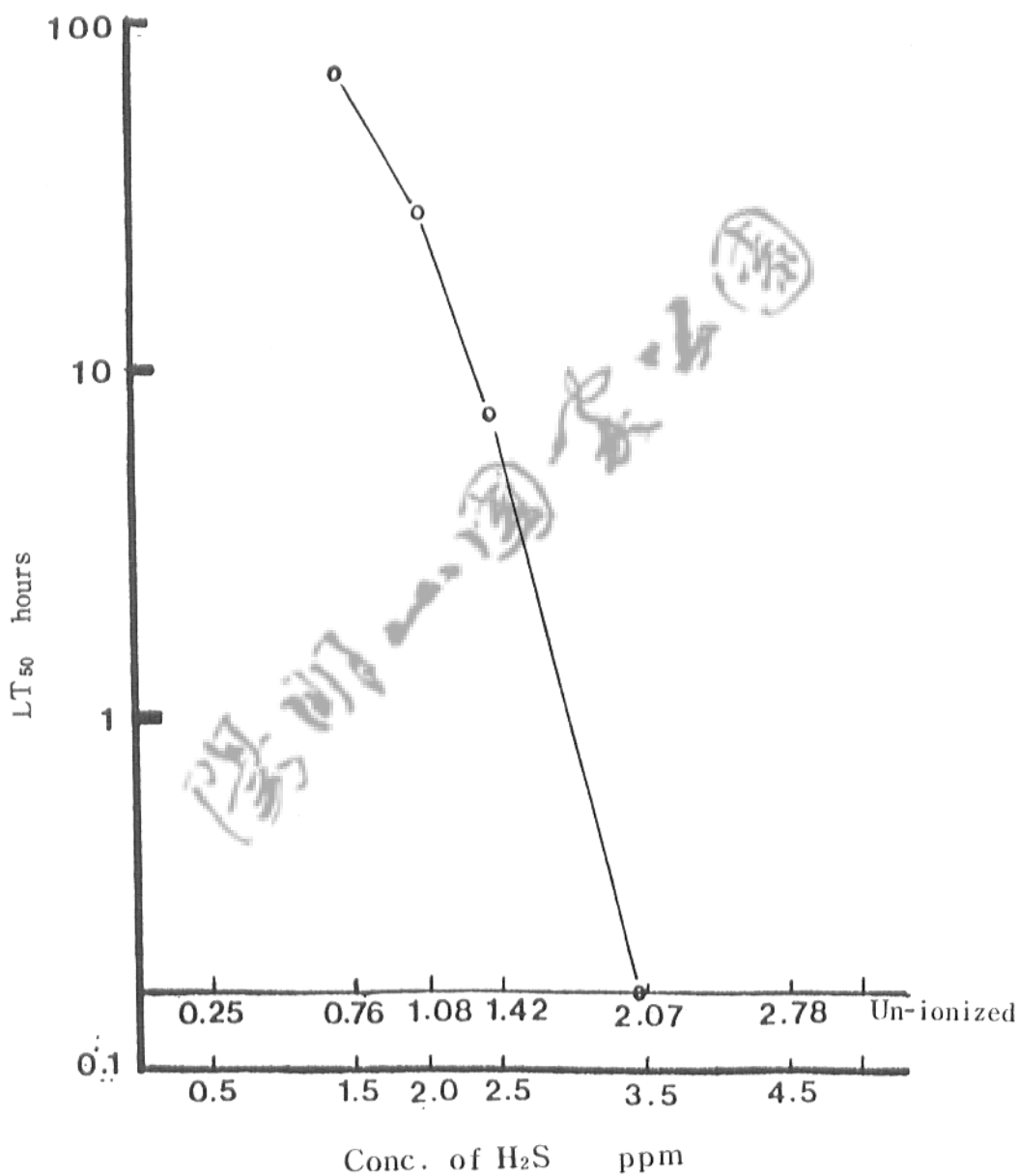


Fig. 18 Acute toxicity of H_2S to tadpoles of R. tigerina.

(H_2S 對虎皮蛙蝌蚪之急性毒)

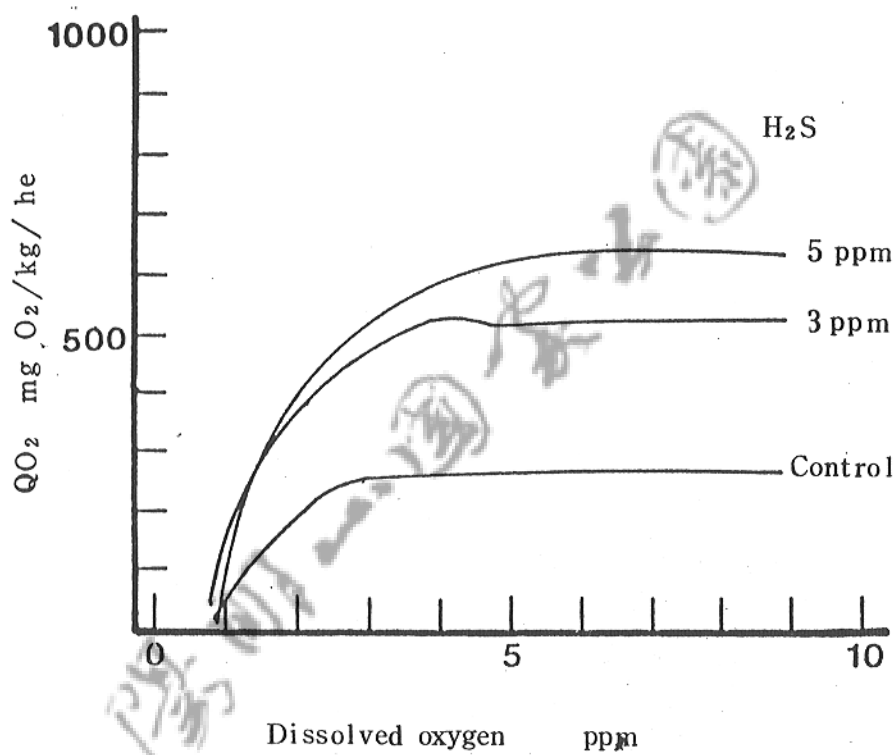


Fig. 19 Effect of H₂S on the oxygen consumption of tadpole of *R. tigerina*.

(H₂S 對虎皮蛙蝌蚪耗氧量之影響)

H_2S 的濃度增加而增加，而其 P_c 值分別在 H_2S 未解離濃度 1.421 ppm 者 5 ppm，0.764 ppm 者 4 ppm，而對照組則在 3 ppm，由此可知 H_2S 對蝌蚪的呼吸機制產生刺激之不良影響。最小安全溶氧濃度 P_c 的升高，亦表示 H_2S 已對蝌蚪造成壓迫 (stress)，間接地可能會對生長造成妨礙。

7. 飢餓天數對蝌蚪之影響

蝌蚪經過一、二、三、四、七天的飢餓，對其耗氧量的影響，如圖(三)所示，由圖可知飢餓日數愈多，其耗氧量也愈低，若以飢餓一天者的耗氧量為 100%，則飢餓二天者其耗氧量減少了 18.80%，飢餓三天者減少了 43.59%，飢餓四天者減少了 55.56%，飢餓七天者減少了 60.68%，由這些減少的百分率來看，蝌蚪對飢餓的忍耐力並不強，亦即蝌蚪需要充分的食物，才能維持其正常的代謝速率。飢餓與耗氧量的對數圖如圖(三)。

四、討 論

陽明山國家公園區內的兩生類，目前記錄有十四種，其中褐樹蛙、台北樹蛙是台灣特有種。虎皮蛙、貢德氏蛙、台北樹蛙被列為面臨危機種，(呂，1986)。依據王(1986，口述)在面天山、三聖宮有一新種，暫時命名為 *Rhacophorus idiootocus*，此可能被列入瀕臨絕種生物，因為其族群數量極少。再者，最近於北新莊附近發現台北赤蛙，於中正山步道上發現黑眶蟾蜍，這兩種皆有學生採集標本曾經捕獲的記錄，故陽明山國家公園的兩生類，目前應有十六至十七種之多。

兩生類 (Amphibians) 是從化石魚類中的總鰭魚類 (Crosso-

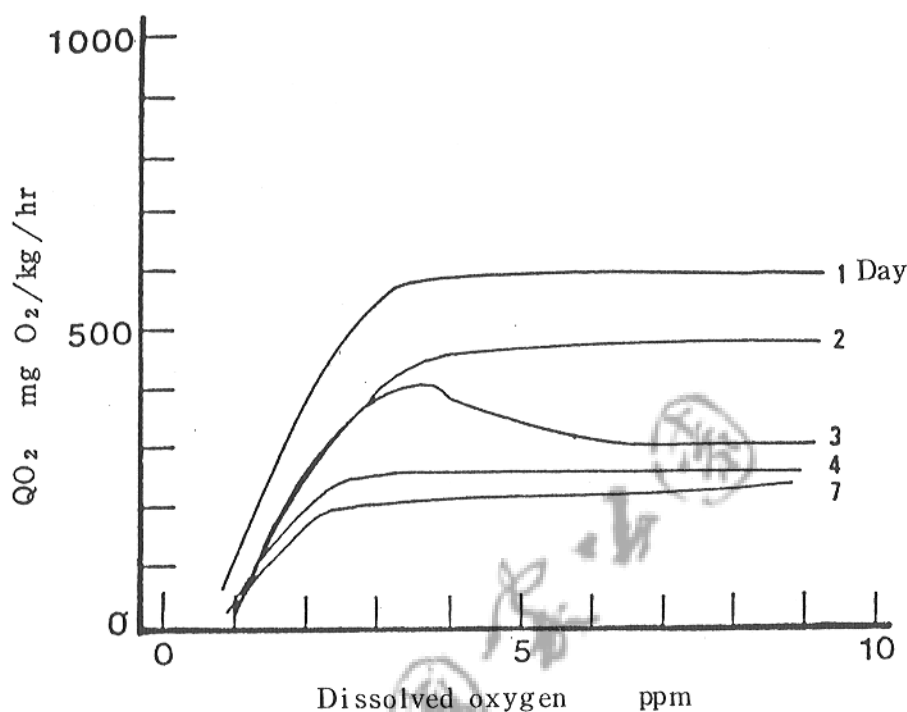


Fig. 20 Effect of starvation period on the oxygen consumption in tadpole of *R. tigerina*.

(虎皮蛙蝌蚪在不同之飢餓期對耗氧量之影響)

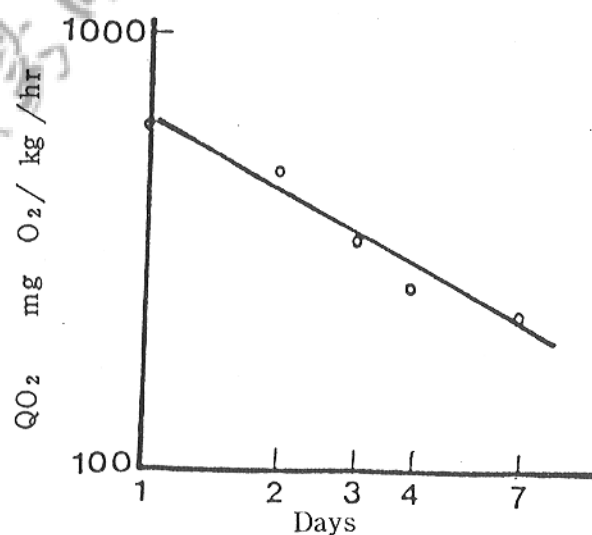


Fig. 21 Relationship between starvation period and oxygen consumption in tadpole of *R. tigerina*.

(虎皮蛙蝌蚪耗氧量與飢餓期之關係)

plerygii) 所演化來的，許多特徵都與魚類 (teleost fish) 非常相似，而在其幼生時期甚至成體時都必須在水中生活，其滲透壓的調節與淡水魚類非常相似 (Grolier, 1976, Nielsen, 1980)。然而兩生類在陽明山國家公園的棲息環境，產卵地點都日漸縮小，人為建築物、果園、菜園及農藥的使用，道路的開闢，人類的捕捉 (採集標本)，使得各種兩生類數量日漸減少，有關兩生類各種研究 (包括生理、生態) 可能需加強，免得讓某一種類由我們這一代的手中消失。

陽明山國家公園區內兩生類的卵大致上可區分成兩類型，一種是白色卵粒，外層包著泡沫狀物質，另一種是黑褐色卵粒，外層包著透明膠狀物質。由這兩類卵的產卵地點來看，前者一般在草叢、樹穴、石縫、枯葉下，潮濕地點，太陽光較不易直射的地方。而後者在水田、水池、沼澤、溪流邊，陽光容易照射到的地方，且黑褐色的卵會吸熱，外層透明狀物質會聚熱，而白色卵較不吸熱，外層白色泡沫甚至遮熱。故黑褐色卵粒的兩生類可能需要較高的溫度來促使其正常孵化，而白色卵粒者，較不需要。再者，白色卵粒不能產於風大的地方，若太乾燥有些卵粒則會壞死，並長滿黴菌，影響其正常卵粒。

對於水生生物而言，常以耗氧速率作為其代謝速率的指標 (Gandy, 1981)，一般變溫動物之代謝速率又與溫度特別有關 (Florey, 1966)，而且又認為增加鰓動 (Ventilation) 會得到更多的氧氣，此乃是氧氣會更快的滲透到呼吸膜內。本試驗中，蝌蚪在高溫時其呼吸頻度比低溫快，而且隨著溶氧濃度降低，有逐漸增加之現象。而耗氧量也隨溫度上升而增加。這些都與許多魚類是相同的 (Shelton, 1970, Steffenson, 1982)。雖然呼吸頻度隨著溶氧濃度之降低而逐漸增加，但在水中溶氧量 3.5 ppm 以上其耗氧量都呈穩定狀態，並

沒有增加，由此可見，當外界溶氧降低時，蝌蚪為了要維持其一定的耗氧量，就必須增加呼吸頻度。而呼吸頻度開始降低時的溶氧濃度，與最小安全溶氧濃度相差不多。

體重與氧氣消耗量的關係式通常以 $M = aW^b$ 來表示，經轉換成對數圖時，則成直線關係。Winberg (1956) 認為淡水魚 b 值在 0.81。而 Fry (1971) 認為一般魚類 b 值介於 0.5 ~ 0.9 之間，而大部份在 0.8 左右。Florey (1966) 發現許多不同動物的 b 值在 0.7 ~ 0.8 之間。本試驗在 29° C 所求出來蝌蚪的 b 值只有 0.2404，與魚類比較顯然要低很多，可能與蝌蚪本身不太活動，而蝌蚪行皮膚呼吸佔很大比例所致。

本試驗中體重小的蝌蚪，其單位體重耗氧量比體重大者高些，Prossor, (1973)，認為小個體之單位體重耗氧量較大個體者大，可能是因為個體愈大，所含低代謝物質（如骨骼、脂肪、結締組織等）愈多，使得酵素增加量較體重增加量來的少所致。尾崎 (1970) 認為最小安全溶氧濃度會隨著運動量之增加而增加。再者，由蝌蚪之攝食百分率和相對成長率隨體重之增加而漸減少可以看出蝌蚪的活動量隨體重增加而減少，所以其最小溶氧濃度隨體重增加而愈來愈大。

由各體重的耗氧量曲線來看，蝌蚪是屬於氧氣調節型。若依照 Bayne (1971) 方法求出順氧指標 (Oxygen dependence index)，可看出蝌蚪是氧氣調節型。Bayne (1971) 認為順氧指標值愈小，其調節能力愈高，而蝌蚪的順氧指標值隨體重增加而減少，也就是體重愈大者，其調節能力愈好。

蝌蚪於變態時期死亡率會很高 (稻葉，1966)，在變態過程中常伴同許多內在與外在之變化，而此變化勢必消耗很多的能量。當溫度

低於 5°C ，甲狀腺荷爾蒙作用於蝌蚪之變態的效果完全被抑制 (Ashley et al., 1968)。本實驗結果顯示在 26°C 變態時的死亡率要比 26°C 高出很多，而且此時台灣南部的夏季水溫可能過高（墾丁國家公園區內亦有此種蝌蚪（呂等1985）），雖然在蝌蚪時期不會受影響，但至變態期，蝌蚪都棲息於水、陸交界區，此區水的交換較差，水質非常容易變質，水溫變化大，似乎對變態期的蝌蚪較為不利。

Prosser, (1973) 指出， P_c 值也會受溫度的影響，在較高的溫度下，需要較多的氧氣來支付能量的消耗，這時耗氧量即較易受溶氧濃度所影響，所以較高溫度下， P_c 值也會較高，此與本研究結果亦互相吻合。

Prosser (1961) 認為在生存範圍內， Q_{10} 值隨溫度的上升，其增加幅度漸減。然而變態的蝌蚪其 Q_{10} 却反常的升高很多，從 $24\sim 29^{\circ}\text{C}$ 之兩倍到 $29\sim 34^{\circ}\text{C}$ 之 5.5 倍左右，此可能與高溫下蝌蚪變態需要極多的能量有關，這可從在 34°C 變態時的順氧振標值高達 118.04 似乎已接近氧氣順應型，其調節能力已很差而得印證。因此，若外界能量的供應無法達到內部所消耗的能量，必會影響到變態的進行。

溫度對於蝌蚪的成長與攝食量具有很大的影響 (Brian, 1976, William, 1968)。許多魚類在其適溫範圍內，愈高溫其成長速率愈快 (Gunnes, 1979, Laurence, 1978, Shelbourn, 1973)，但是並不能長久持續下去，而其不能超過最高適溫，本研究中其攝食百分率，隨水溫上升而升高，而體長、體重亦都隨飼育時間而增。各溫度下的相對成長率，其最大值是發生在試驗開始的前五天內，至第十天時，相對成長率下降最大，而後則趨穩定，此與許多魚類是相同的 (Martin, 1949, McCormick et al., 1971)。Ricker (1979)，認為

當魚體成長由一發育期轉入另一發育期，其相對成長率因生理變化而有所改變。又以肥滿度與生長來看， 34°C 時最高， 29°C 次之，而 24°C 最低，因此飼育蝌蚪時，高溫似乎對其成長有利，但是以變態時之死亡率及水質的惡變來看， 34°C 則不見得有利於養殖，特別在變態期更不適合。因此，比較理想亦比較適合高密度養殖蝌蚪之溫度約在 29°C ，其每日投餌量可以 $F = 0.1806 + 0.1484 W$ 作為參考，而體重（ W ）亦可以 $W = -1.5678 + 0.5266 L$ ，由體長（ L ）來換算。

一般魚類為了適應飢餓常會降低其代謝率（Brown, 1971），本試驗亦發現蝌蚪會降低其代謝率，且體重會微減。尾崎（1970），指出有些魚類經過40～50天的飢餓，其耗氧量減少了 $\frac{1}{2} \sim \frac{1}{3}$ 。而有些魚類如 *Scorpaena Porcus* 經過40～50天的飢餓，其耗氧量仍一定；錦鯉經一個月的飢餓，其間耗氧量仍一定；Tench 在1.5～2個月的飢餓，其耗氧量降低了30%。Well（1935），認為 *Girella nigricans* 由飢餓開始7天內耗氧量一定，Novikova（1939），指出魚類飢餓後第2天至第7天，其耗氧量大致一定，蝌蚪3天飢餓後減少了43.59%，7天則減少了60.68%，如此看來，蝌蚪似乎比魚類更不能忍受飢餓，因此培育蝌蚪時，要隨時注意投飼量與攝食量。

目前污染嚴重，使得水域之PH值改變（Jones, 1964）。一些燃煤在石油的工廠排出含有硫化物的廢氣會使PH值降低（Galloway et. al., 1976），且本省已有酸雨的問題（孫與吳, 1979）。再者，水質及營養的好壞與其對病菌傳染機會和環境的抵抗有關（Snieszko, 1974）。陽明山國家公園區內仍有許多後火山活動，例如，溫泉、噴氣孔，溫泉大部份呈強酸性，且溫度頗高，有時噴氣孔所含硫

化氫與二氧化硫氧化水解後，也可能造成強酸（ H_2SO_4 ），噴氣孔一般溫度也在 98°C 左右（王，1983），故本地區水質多少都受到以上因素影響，使得 PH 值， H_2S 濃度有所不同。又一些兩生類，常於極小的積水，甚至樹穴中產卵，這些孵化的蝌蚪在空間極小的範圍內生存，其水中 Ammonia 濃度會隨著代謝物的增加而升高。由本試驗中得知：

水中有氮存在時一部份會解離為 NH_4^+ ，此對魚類之毒性不大，而未解離的氮（ NH_3 ）對魚有毒（Downing and Merckens, 1955）。然而 NH_3 與 NH_4^+ 的含量會隨環境而變，當水溫高則 NH_3 在水中之濃度增加， NH_4^+ 含量減少，PH 愈高則 NH_3 含量較多， NH_4^+ 則少。 NH_3 會造成鰓及皮膚的組織傷害，和內部器官的傷害，減少紅血球的數目，抑制生長，減低血液帶 O_2 的能力（Burkhalter & Kaya 1977）。Colt et. al. (1975) 指出河鯰（Channel catfish）的九十六小時 NH_3 之 LC_{50} 為 3.8 ppm。本試驗結果顯示，蝌蚪在 27°C 時 6.88 ppm 之 NH_3 其 LT_{50} 為 10.8 小時，在 5.42 ppm 時，九十六小時後未見死亡，故蝌蚪對 NH_3 的忍耐力比河鯰強。若以耗氧量來看， NH_3 會刺激蝌蚪的耗氧量，蝌蚪排氮的方式是以 NH_3 由鰓排出（Knut, 1980）。而外界 NH_3 的增加會進入器官裡面（Spotte, 1970），如此蝌蚪可能提高代謝速率來排除過多的 NH_3 ，因而導致耗氧量增加。

Colby & Smith (1967) 指出，有機物質在缺氧的環境經嫌氣性細菌分解，會產生 H_2S 。Smith & Oseid (1972) 指出，不同魚類其卵之九十六小時 LC_{50} H_2S 濃度由 0.028 至 0.087 ppm，而幼魚是在 0.007 至 0.026 ppm。Bonn & Follis (1967) 指出，未解離 H_2S 對河鯰幼魚於 PH 6.8 其三小時之 TLM 值是 0.8 ppm，PH 7.8 是 0.53

ppm。在 PH7.0 時對此種魚之幼魚 TLm 是 1.0 ppm，中魚是 1.3 ppm，成魚是 1.4 ppm。Adelman & Smith (1972) 指出，金魚在 6°C 時其九十六小時 TLm 為 0.53 ppm H_2S ，且當溫度升高時， H_2S 毒性作用會增加，而溶氧量降低時 H_2S 毒性也會增加。本試驗中，未解離 H_2S 在 0.764 ppm 時其 LT_{50} 為八十四小時，在 2.069 ppm 時 LT_{50} 為十分鐘，故知蝌蚪對 H_2S 之毒害作用具有比其他魚類較強之耐力。

蝌蚪之耗氧量及 Pc 值隨 H_2S 濃度增加而上升。Rosenthal 和 Aiderdice (1976) 曾指出，當環境壓迫 (Stress) 造成幼魚之生化系統中斷，其補償作用會致使代謝之變異或增加。因此蝌蚪耗氧量的增加，可能是 H_2S 對呼吸酵素造成毒害之補償結果。

PH 值對魚類造成的傷害，隨濃度的高低、種類、魚體大小及水中各種離子之不同而有所差別 (Swarts et. al., 1978, Knutzen, 1981)。鱒魚 (Brook trout) 在 PH 值 3.85 時，6.3 天全部死亡 (Daye, 1975)。牛蛙 *Rana catesbeiana* 的蝌蚪在 PH 8.3 死亡率會增加，PH7.2 飼養七週者死亡率是 3.6%。亦即牛蛙蝌蚪適合在中性的水質，而微鹼性似乎不太適合 (Marshall, 1980)。由本研究得知蝌蚪的適合生活之 PH 值在 PH 6 ~ PH8 之間，與牛蛙大致相同，本試驗中嘗以 PH3 和 PH2.8 試驗，蝌蚪在短短數分鐘內掙扎後死亡，死亡的蝌蚪身體四周都產生黏稠狀的膠體，產生了凝結作用 (Ellis, 1937, Plonka & Neff, 1969)，且在酸性溶液中會使生物體內鈉離子外流和氫離子滲透，血液中 CO_2 量會增加 (Packer et. al., 1970, packer, 1979)，使得 O_2 傳送下降，且血液中 O_2 的親和能力降低。

五、建議事項

陽明山國家公園之氣候與地形，皆適合許多兩生類生存，目前區內的兩生類種類已達全省種類的二分之一，且各種類數量還算不少，只要棲地稍加保護，嚴格禁止採捕，即可維持相當的族群數量。

目前各學校學生常至陽明山國家公園內採集兩生類標本，而兩生類亦是生理生態學實驗研究的生物，又教育研究是國家公園設立目的之一，長遠來看，陽明山國家公園可作為學校課外教學的天然場所，建議於區內設立兩生類研究中心，並劃定一範圍作為兩生類生態實驗區（與生態保護區不同），從事兩生類生理學、生態學，及生理生態學各方面之研究，以建立世界性的重要研究據點，並提供國內、外有關兩生類之各項資料。

由本研究結果顯示；水中溶氧量，PH值、溫度、氨濃度、硫化氫濃度、食物多寡皆對蝌蚪之存活有著不同之影響，進而左右族群之數量，陽明山國家公園區內水質一般皆偏酸性，有機物質高，部份又是溫泉滲入，再則小面積之窪地、食物少，水質變化迅速，為了保育兩生類遂建議加強環境維護，嚴禁使用農藥和私接溫泉，並從嚴審查標本採集。

六、參考文獻

- Ashley, H., Katti, P., Frieden, E. (1968) Urea excretion in the bullfrog tadpole ; effect of temperature, metamorphosis and thyroid hormones. In: Physiology of the Amphibia 1976, Ed. by Brian, L., Academic press, New York, London. pp6440.
- Adelman, I.R. & L.L. Smith, (1972) Toxicity of hydrogen sulfide to goldfish (Carassius auratus) as influenced by temperature, oxygen, and bioassay techniques. J. Fish. Res. Bd. Can, Vol. 29, No. 9, P. 1309-1317.
- Bernhard, G.H.C. (1974) Grzimek's Animal Life Encyclopedia, New York, P. 384-408.
- Bonn, E. W. & B. J. Follis, (1967) Effects of hydrogen sulfide on channel catfish (Ictalurus punctatus). Trans. Am. Fish. Soc. 96, P. 31-37.
- Brian, L. (1976) physiology of the Amphibia Vol. III, Academic press, New York, PP. 644.
- Brown, M.E. (1971) Experimental studies on growth. In: Fish physiology. Ed. by Hoar, W. S. & D. J. Randall, Vol. II, Academic press, 1971. New York, PP. 447.
- Burkhalter, D. E. & C. M. Kaya, (1977) Effects of prolonged exposure to ammonia on fertilized eggs and sac fry of rainbow trout. Trans. Am. Fish. Soc. Vol. 106, No. 5, P. 470-475.
- Bayne, B. L. (1971) Oxygen consumption by three species of lamellibranch mollusc in declining ambient oxygen tension. Comp. Biochem. physiol. 40A, P. 955-970.
- Colt, J. & B. Wona, (1975) The requirements and maintenance of environmental quality in the intensive culture of channel catfish. Cited by Boyd. C.E. In: Water Quality in Farmwater Fish Ponds. (1977) P. 73.

Colby, P.J. and L.L. Smith, Jr. (1967) Survival of walleye eggs and fry on paper fiber sludge deposits in Rainy River, Minnesota. Trans. Amer. Fish. Soc. 96: 278-296.

Daye, P.G. & E.T. Garside, (1975) Lethal levels of PH for brook trout (*Salvelinus fontinalis*). Can. J. Zool. 53, P. 639-641.

Downing, K.M. & J.C. Merckens, (1955) The influence of dissolved oxygen concentrations on the toxicity of unionized ammonia to rainbow trout. Ann. Appl. Biol. 43: P. 243-246. In: Water Quality in Warm water Fish Ponds. Boyd, C. E. 1979, PP. 359.

Ellis, M.M. (1937) Detection and Measurement of Stream Pollution. In: Fish and River Pollution. Ed. by Jones, J.R.E., Butterworth, 1973, London, PP. 203.

Florey, E. (1966) An Introduction to General and Comparative Animal physiology. Saunders, W. B., London, PP. 713.

Fry, F. E. J. (1971) The effect of environmental factor on the physiology of fish. In: Fish Physiology VI. Ed. by Hoar, W. S. & D. J. Randall. Academic press, New York. PP. 532.

Gandy, R. & L. Sloune, (1981) Effect of Salinity on oxygen consumption in postlarvae of the Penaeid shrimps Penaens monodon and P. stylirostris without and with acclimation., Mar. Biol. 65, P. 297-301.

Galloway, J.N., G.E. Likes, and E. S. Edgerton, (1976) Acid precipitation in the Northern United States : PH and Acidity. Science 194, P. 722-724.

Grolier's Amazing world of Animals (1976) Reptiles and Amphibians P. 62-116.

Gunnes, K. (1979) Survival and development of Atlantic Salmon eggs and fry at three different temperature. Aquaculture, 16: 211-218

Horikawa, Y. (堀川安市) (1931) A List of Frogs From Formosa. Ibid, 21: 139-145

Jones, J. R. E. (1964) Fish and River Pollution. Butter worth & Co(publisher) Ltd. PP. 203.

Kuntzen, J. (1981) Effects of decreased PH on warine organisms. Marine Pollution Bull. 12, P. 25-29.

Kunt Schmiot - Nielsen (1980) Animal Physiology : adaptation and environment. Cambridge University London PP. 560

Laurence, G. C. (1978) Comparative growth, respiration and delayed feeding abilities of larval cod (Gadus morhua) and haddock(Melanogrammus aeglefinns) as influenced by temperature during laboratory Studies. Mar. Biol. 50: 1-7

Martin, W. R. (1949) The mechanics of environmental control of body form in fishes. Univ. Toronto Stud., Biol. Sev. No. 58

Mccormick, J. H., B.R. Jones. and R. F. Syrete, (1971) Temperature requirements for growth and survival of larval ciscos Coregonus artedil. J. Fish. Res. Bd. Cad. 28, P. 924-927

Marshell. G. A., R.L. Amborski & J. D. Y. Culley, (1980) Calcium and PH requirements in the culture of bullfrog (Rana catesbeiana) larvae. Proc. World Marical. Soc. 11, P. 445-453.

Prosser, C.L. & F.A. Brown, (1961) Comparative Animal physiology, W. B. Sannder, London, PP. 688.

Prosser, C. L. (1973) Comparative animal physiology, Ed. by Sannder Co. London, PP. 966.

Packer , R. K, & W. A. Dunson, (1970) Effect of Low environmental PH on blood PH and sodium balance of brook trout. J. Exp. Zool. 174, P. 65-72.

Packer, R.K. (1979) Acid - base balance and gas exchange in brook trout (Salvelinus fontinalis) exposed to acidic environments. J. exp. biol. 79, P. 127-134.

Ricker, W. E. (1979) Growth rates and models. In: Fish Physiology Vol. VIII, Ed. by Hoar, W. S. and D. J. Randall, J. R. Brett. New York, San Francisco. London, PP. 786.

Rosenthal, H. and D. F. Alderdice (1976) Sublethal effects of environmental stressors, natural and pollutional on marine fish eggs and larvae, J. Fish. Res. Bd. Can. 33: 2047-2065.

Shelton, G. (1970) The regulation of breathing. In: Fish physiology. Vol. VI Hoar, W.S. & D.J. Randall, New York, London, Academic press, PP. 559.

Steffensen, J.F., J.P. Lomholt, & K. Johansen, (1982) Gill ventilation and O₂ extraction during graded hypoxia in two ecologically distinct species of flat fish, the flounder (Platichthys flesus) and the plaice (Pleuronectes Platessa), env. Biol. Fish, Vol. 7, No. 2, P. 157-163.

Swarts, F. A., W. A. Dunson & J. E. Wright (1978) Genetic and environmental factors involved in increased resistance of brook trout to sulfuric acid solutions and mine acid pollution waters, Trans. Am. Fish. Soc. 107(5), P. 651-677.

Spotte, S. (1970) Fish and Invertebrate Culture, Wiley-Interscience Inc. New York. London. PP. 145.

Smith, L.L. Jr., & D. Osid, (1972) Effects of hydrogen sulfide on fish eggs and fry. cited by Adelman and Smith, In: Toxicity of Hydrogen Sulfide to Goldfish as Influenced by Temperature, Oxygen, and Bioassay Techniques. J. Fish. Res. Board. of can. Vol. 29, No, 9 , 1972 P. 1309-1317.

Snieszko, S. F. (1974) The effects of environmental stress on outbreaks of infectious diseases of fishes. Journal of Fish Biology 6 : 197 -208.

Shelbourn, J. E., J. R. Brett and S. Shrahata (1973) Effect of temperature and feeding régime on the specific growth rate of sockeye salmon fry with a consideration of size effect. J. Fish. Res. Bd. Can. 33: 1191-1194.

William, E. & L.I. Gilbert, (1968) Metamorphosis, a problem in developmental biology, Meredith corporation, New York. PP. 458.

Winberg, G. G. (1956) Rate of metabolism and food requirements of fishes, Belorussia State University, Minsk. PP. 202, Cited by Wang, H. S. 1982, In studies on the oxygen consumption food intake and growth in the fry of black porgy (Sparus schlegeli)

陳弘成，趙國孝（1980）石蚌之氧氣消化量研究 貝類學報7：p. 87 - 100。

呂光洋、陳世煌（1982）台灣的兩棲類，野外雜誌社，台北，pp. 190。

尾崎久雄（1970）魚類生理學講座 II 綜書房，東京。pp. 354。

稻葉傳三郎（1966）淡水增殖學 綠書房，東京。pp. 160。

林曜松、顏瓊芬、關永才（1984）陽明山國家公園動物資源調查報告 內政部營建署，台北，pp. 63。

林曜松（1984）墾丁國家公園生態資源調查報告（三） 內政部營建署，台北，pp. 58。

呂光洋、呂紹瑜、莊國碩（1984）太魯閣國家公園動物生態資源調查報告 內政部營建署，台北，pp. 45。

呂光洋、呂紹瑜、杜錦章、陳世煌（1985）南仁山區水域之湖沼學和兩棲爬蟲動物之調查 墾丁國家公園管理處，屏東，pp. 55。

林曜松（1984）玉山國家公園動物生態資源調查報告 內政部營建署，台北，pp. 46。

陳兼善、于名振（1984）台灣脊椎動物誌（下冊） 台灣商務印書館，台北，pp. 633。

？（1986）自然文化景觀保育論文集 農委會林業特刊，第六號，p. 9。

王 鑫（1983）陽明山國家公園地質及地形景觀 內政部營建署，台北，p. 37。

黃增泉（1984）陽明山國家公園植物生態景觀資源 內政部營建署

，台北，pp.96。

陳文恭、蔡清彥（1983）陽明山國家公園之氣候 內政部營建署，
台北，pp.60。

林世榮、吳祥堅（1982）毒性的生物試驗法 海洋彙刊，第27輯
，p.63—74。

吳祥堅（1981）虎皮蛙培育之生物學研究（未發表）。

王慶讓（1986）Personal

呂光洋（1986）Personal

陽明先生全集