

豐年蝦生態之調查研究

本研究參與工作人員

計劃主持人：林 曜 松

協同主持人：周 蓮 香

研究助理：謝 庭 智

陽明先生年譜

謝 辭

本研究計畫承蒙內政部營建署陽明山國家公園管理處經費之支持，使計畫得以順利完成。計畫執行期間承蒙研究助理謝庭智、台大動物系學生黃祥麟、森林系同學林建村之協助，謹此一併致謝。

陽明山國家公園

陽明先生年譜

緒 言

大屯山群之完整火山地形爲陽明山國家公園之最重要特殊景觀；其最西側之向天山上具有一個本地區內最完整之火口湖——向天池。而向天池內的豐年蝦更是一種獨特的生物，每當夏秋季，向天池積水之際，埋於泥土中的豐年蝦卵，便會孵化、成長、與繁殖，積水消退之後，其成體也死去，而以其卵度過旱季（林與陳，1989）。

然而有關這種特殊生物的分類及生態所知有限，雖然歐美對類似生物的研究不少，如分類(Dexter 1953, Lynch 1972, Belk 1973, Daborn 1976, 1978)、生活史(Weaver 1943, Moore 1959, Prophet 1963, Daborn 1977, Hildrew 1985)、演化(Wiman 1979)、散布(Moore & Faust 1972)、生殖(Munuswamy & Subramoniam 1985)、孵化機制(Mattox & Velardo 1950, Zinn 1962, Prophet 1963, Brown & Carpelan 1971, Bulkowski & Meade 1986)及對物理環境之調適(Horne 1967, Broch 1969, Brown 1971)。但本種不同於歐美種類，乃東亞特產，在東亞地區這類生物之研究文獻頗少。過去，對本種一直未能確定其正式學名，對其生態之瞭解，僅見於林與陳(1989)的初步調查資料，實有必要進一步調查研究。而本研究也可供陽明山國家公園管理處之經營管理及解說教育之用。

實驗地描述

一、地理位置

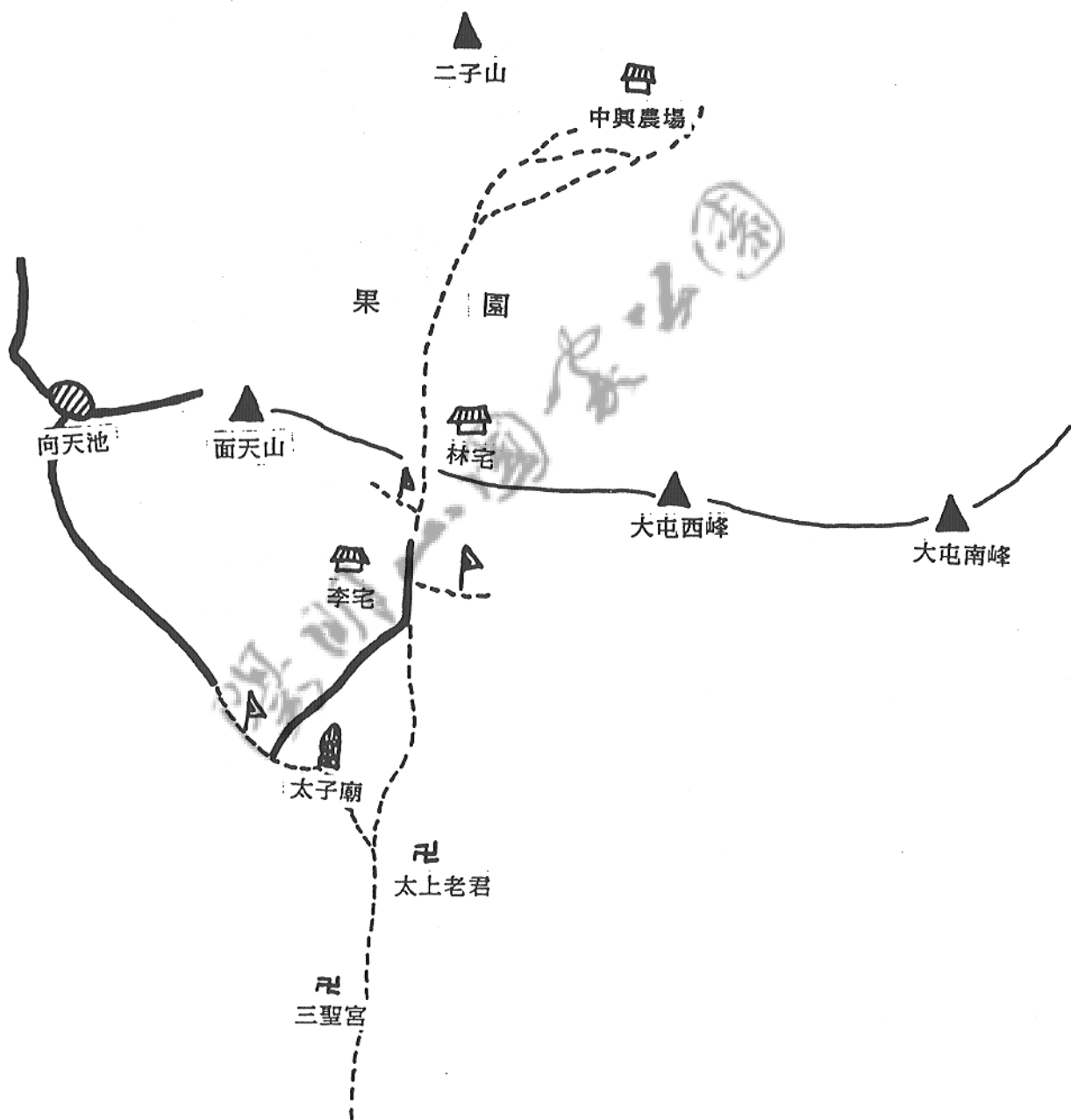
向天池地處大屯山群之最西側(東經 $121^{\circ} 29' 30''$ 北緯 $25^{\circ} 10' 30''$) (圖一) , 海拔818公尺, 爲一完整之火山口湖, 屬暫時性湖泊, 大雨後直徑可達八十公尺以上, 池深可達兩公尺, 池底土壤之滲水性高, 雨後池水消退甚快。水深 180公分之池, 在未降雨時, 常可在一週內乾涸。在池中有六個洞, 洞深在25cm至70cm (圖二) , 池正中央附近有塊大石, 它是很好的水深指標。

二、水文與水質

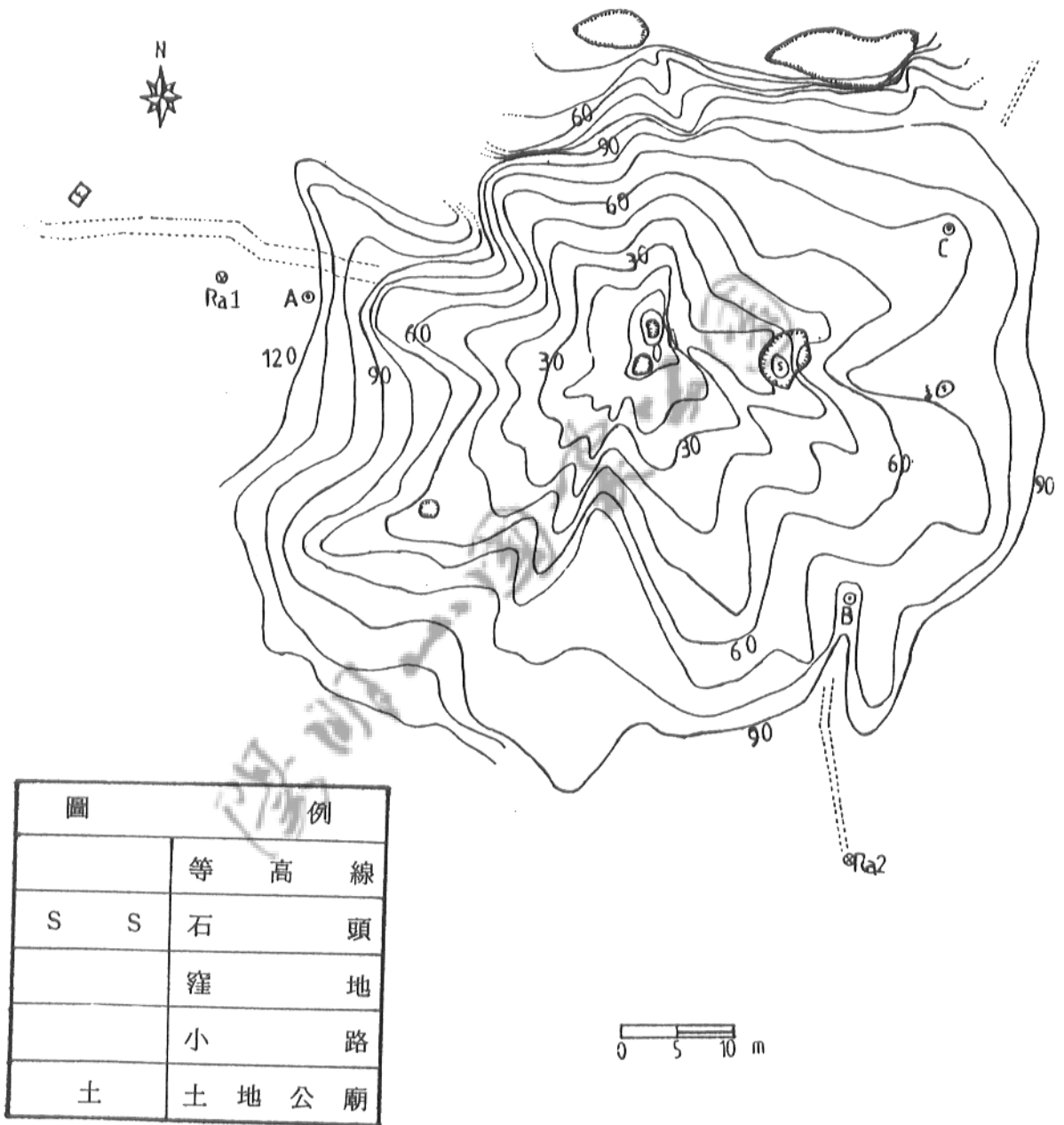
依據林與陳 (1989) 之報告, 向天池池水之PH值在5.4~6.8之間; 溶氧量變化小, 均保持在 7.3~8.1ppm之間, 屬高含氧量者; 導電度甚低, 在 $21-42 \mu s/sec$ 之間, 且變化不大, 而水中無機鹽離子濃度甚低, 其中溶解性無機鹽類以硝酸鹽含量較高爲 1.4~3.6ppm, 硫酸鹽及磷酸鹽則分別在5.8~9.2ppb 及 0.7~1.9ppb之間, 亞硝酸鹽則在6~25ppb 之間; 鹽度在1%以下屬淡水水系; 二氧化碳含量亦甚低, 在12~25ppm之間, 變化也不大。

三、氣候

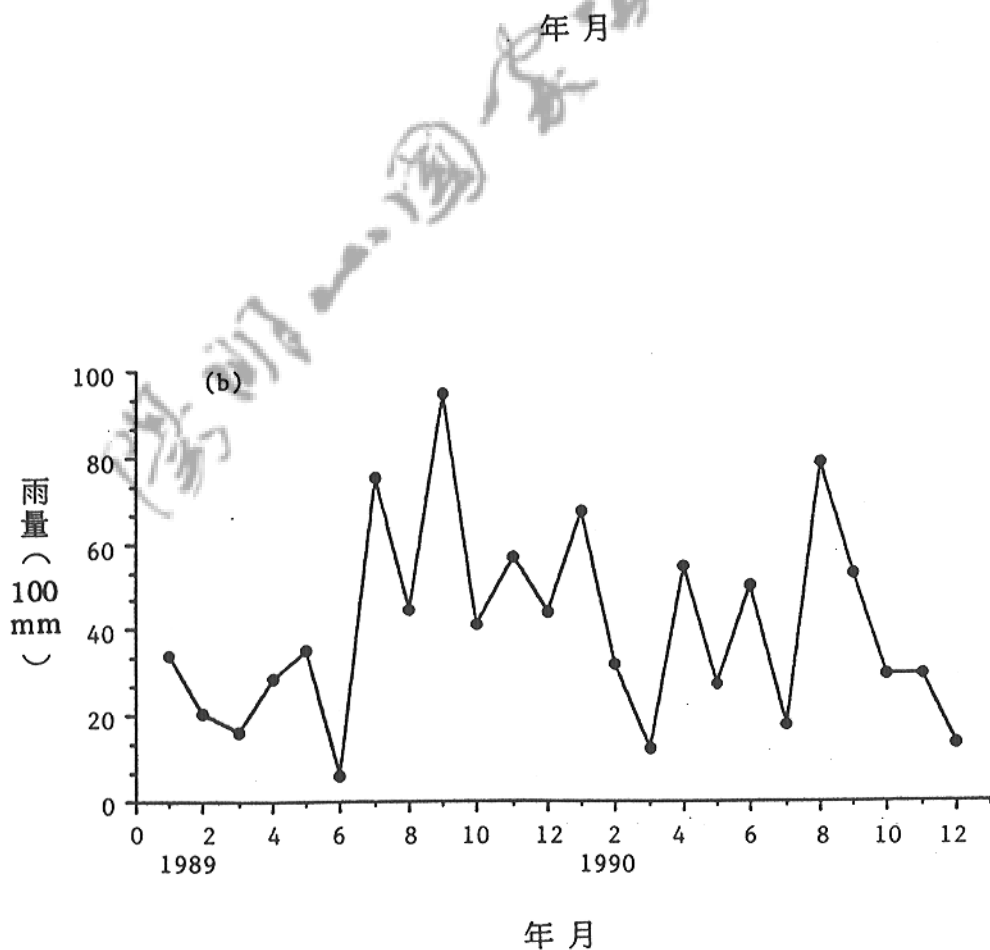
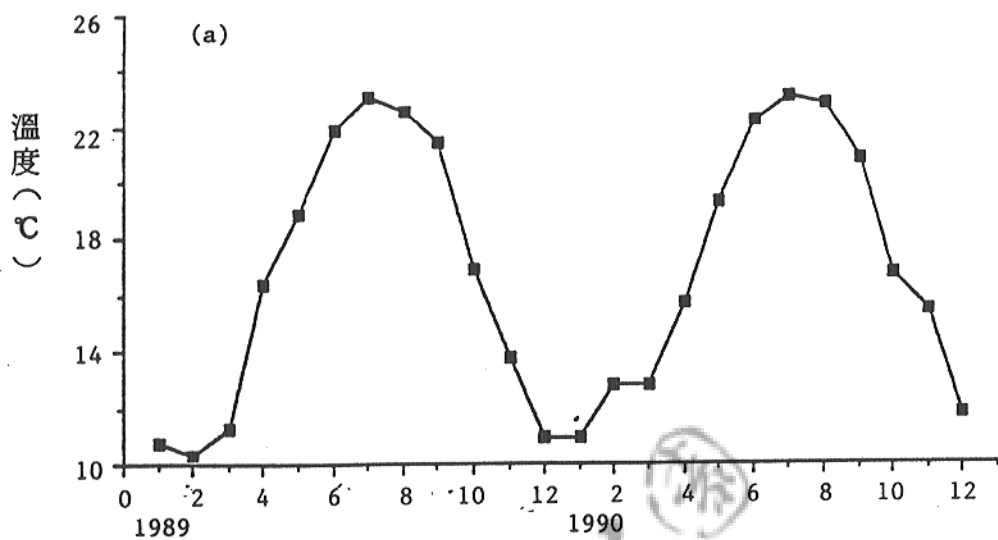
據中央氣象局鞍部測候所 (民國78年及79年) 之氣象資料, 向天山區每月平均氣溫及總降水量如圖三所示, 4 月份起氣溫上升至 $15^{\circ}C$ 至 $24^{\circ}C$, 此溫暖時期可持續至10或11月, 冬季12至 2月最冷, 月均溫在 $10-11^{\circ}C$ 之間。雨量以夏秋季較多 (多因颱風環



圖一 向天池環境圖



圖二 陽明山向天池地形圖



圖三 民國 78 年及 79 年之(a)月平均氣溫及 (b)降雨量分布。(鞍部測候所)

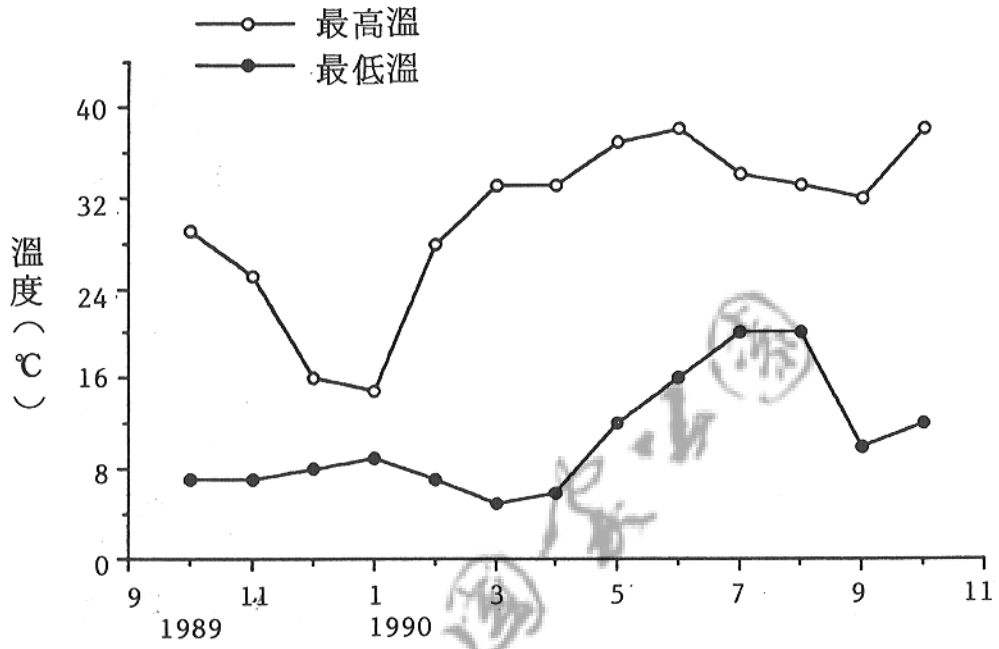
流所致)，其他季節之雨量高峰不規則。又，楊懿如（未發表）於附近步行約20分鐘之小池邊置高低溫度計，測得民國78年10月至79年10月之每月最高及最低溫度如圖四。雖然12月至2月之月均溫低，皆在13°C以下，但就每月最高溫而言，一年中僅12月及1月較低，14-16°C，到了2月，其每月最高溫即可上升至28°C以上，且持續至10月。每月最低溫在10°C以上之月份僅止於5-8及11月等5個月期間。

四、植物群落

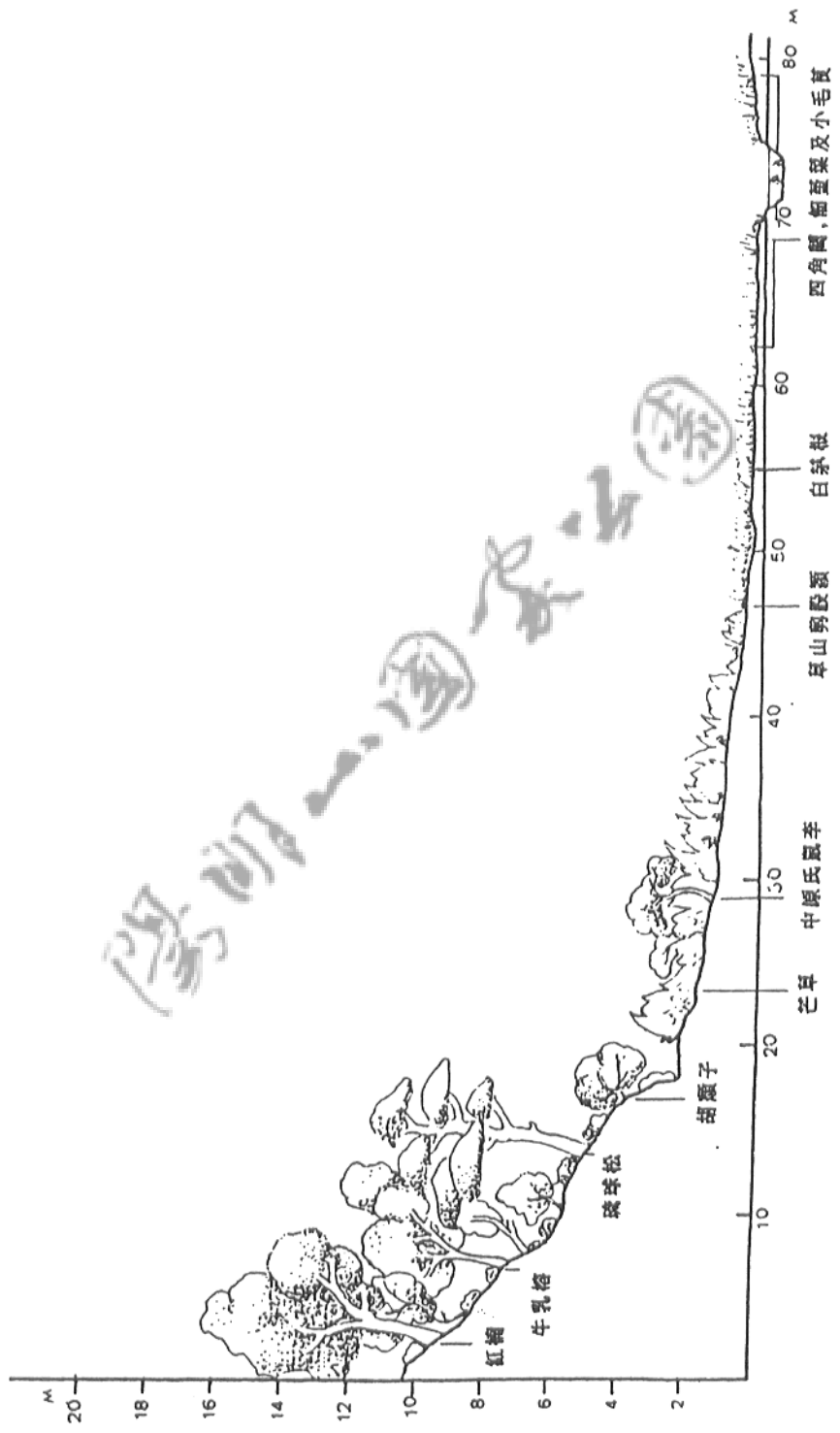
向天池為一暫時性湖泊，雨季（冬天）積水，而春夏乾涸，是其植物群落為一濕生植物演替社會（圖五、六）。在乾涸期，水池內主要濕生植種為石竹科之天蓬草及一些水苔。池邊則為四角蘭、小毛茛、台灣天胡荽和草山剪股穎所環繞。而消長之草原區則以燈心草、匍匐堇菜、小毛茛、草山剪股穎、蛇莓、白茅根為主，間夾少數粗齒革葉紫萁和半夏。池緣則以五節芒為主和逐漸入侵之少數木本植物如高粱泡、中原氏鼠李、胡頹子等，形成水生、濕生、草原、灌叢的植物社會。

五、動物種類

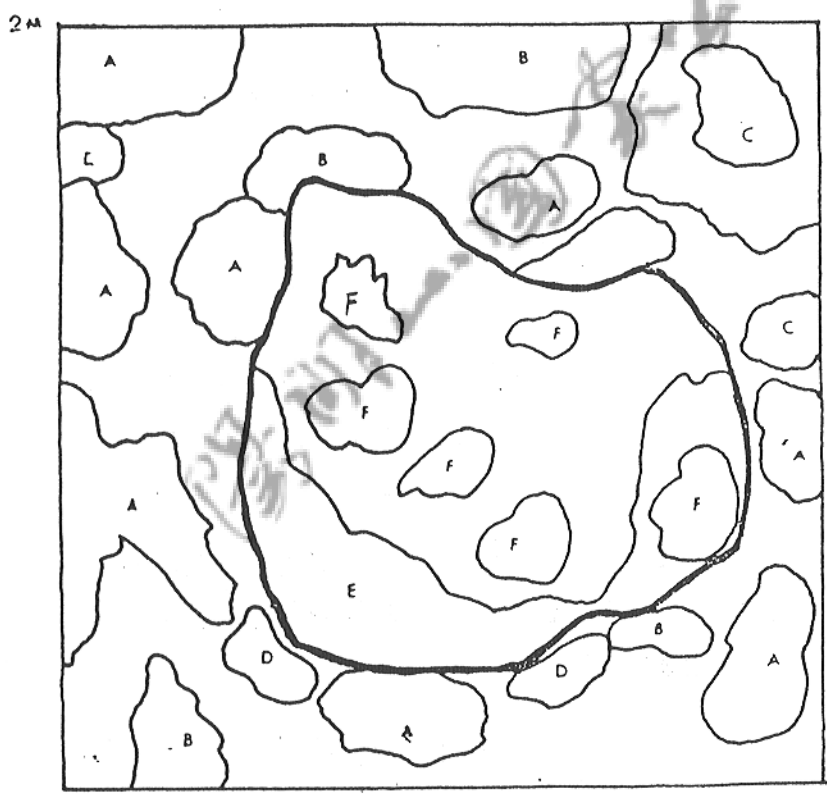
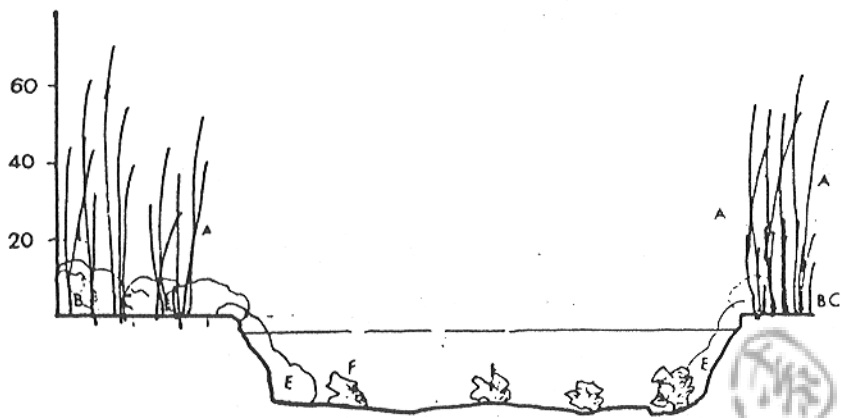
有關向天池附近地區之陸上動物種類，已有初步之調查結果（林與陳，1989）；而池畔之兩生類計有台北樹蛙、面天樹蛙、中華大蟾蜍、小雨蛙及中國樹蟾，亦可能有長腳樹蛙、頁德氏赤蛙及拉都希氏赤蟾，此暫時性水池中經初步調查發現除豐年蝦外，尚有許多蝌蚪、糠蝦、水蚤（Order Copepoda）、介形蟲目（Order Conchostraca）類生物共存。



圖四 實驗地區每月最高，最低溫度變化圖



圖五 向天池植物族群之演替示意圖



- a. 四角蘭
- b. 小毛茛
- c. 草山剪股穎
- d. 臺灣天胡菜
- e. 水苔
- f. 天蓋草

圖六 向天池四角蘭及水生植物群落之垂直及平面分佈圖
 (資料來源：林、陳 1989)

研究方法

一、野外採集調查

自民國78年10月至79年12月間，每1至2週至向天池例行巡查一次。但於春季4月至秋季9月，則於大雨後每隔1~2天至實驗地採集一次。採集方式是以浮游生物網於池之東、西、南、北四個方位各撈取3~4次。當水深太淺浮游生物網難以操作時，且蝦體亦已長大時，乃改以小魚網撈取。

在野外調查時，同時測量水深、水溫，並以pH試紙測定池水之酸鹼度。

二、實驗室工作

野外採集所得樣品，一部份以70%之酒精固定，以為形態觀察、鑑定用標本。另一部份則以活體攜回，培養於大燒杯中，以小培養皿隨機取樣品至60隻（除非豐年蝦數過少），測量其體長、發育狀況及性別。

為得知每胎抱卵數 (clutch size)，將已測定體長之成熟抱卵母蝦，單獨飼養於燒杯中，每天觀察其卵囊中卵之發育狀況，並每日收集其排出之卵，記數其數目。

將所收集之卵粒及乾涸後之向天池池底之表土（採土深至約5cm，其中含有蝦卵），分別置於盛有向天池水（未打氣）的100c.c.燒杯中，每個燒杯置卵粒100顆或表土30cm³，放入人工溫度控制室中，在15~20℃、20~25℃，及25~30℃等三種溫度下進行孵化率比較試驗。

爲了瞭解豐年蝦對溫度之容忍範圍，在實驗室內，3個1000 c.c. 燒杯分別放置10隻豐年蝦，以碎冰、熱水交互調節方式，以進行升溫與降溫試驗，以觀察豐年蝦對溫度之反應。

陽明大學

結 果

一、學名鑑定

向天池之豐年蝦，依據大陸的中國動物圖譜—甲殼動物—（董等，1982）鑑定其學名及分類位置如次：

甲殼綱 Class Crustacea

鰓足亞綱 Subclass Branchiopoda

多鰓足區 Division Eubranchiopoda

無甲目 Order Anostraca

釵額蟲科 Family Thamnocephalidae

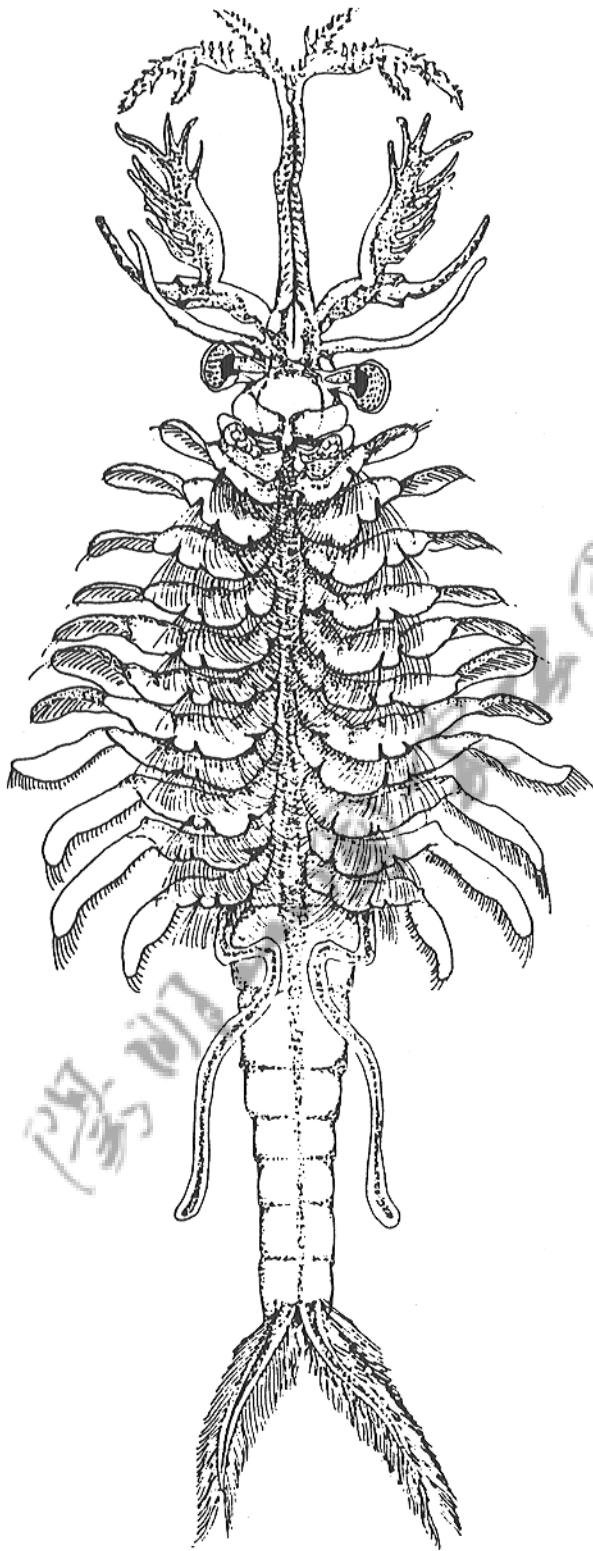
枝額蟲屬 Genus Branchinella

鵠沼枝額蟲 Branchinella kugenumaensis
(Ishikawa)

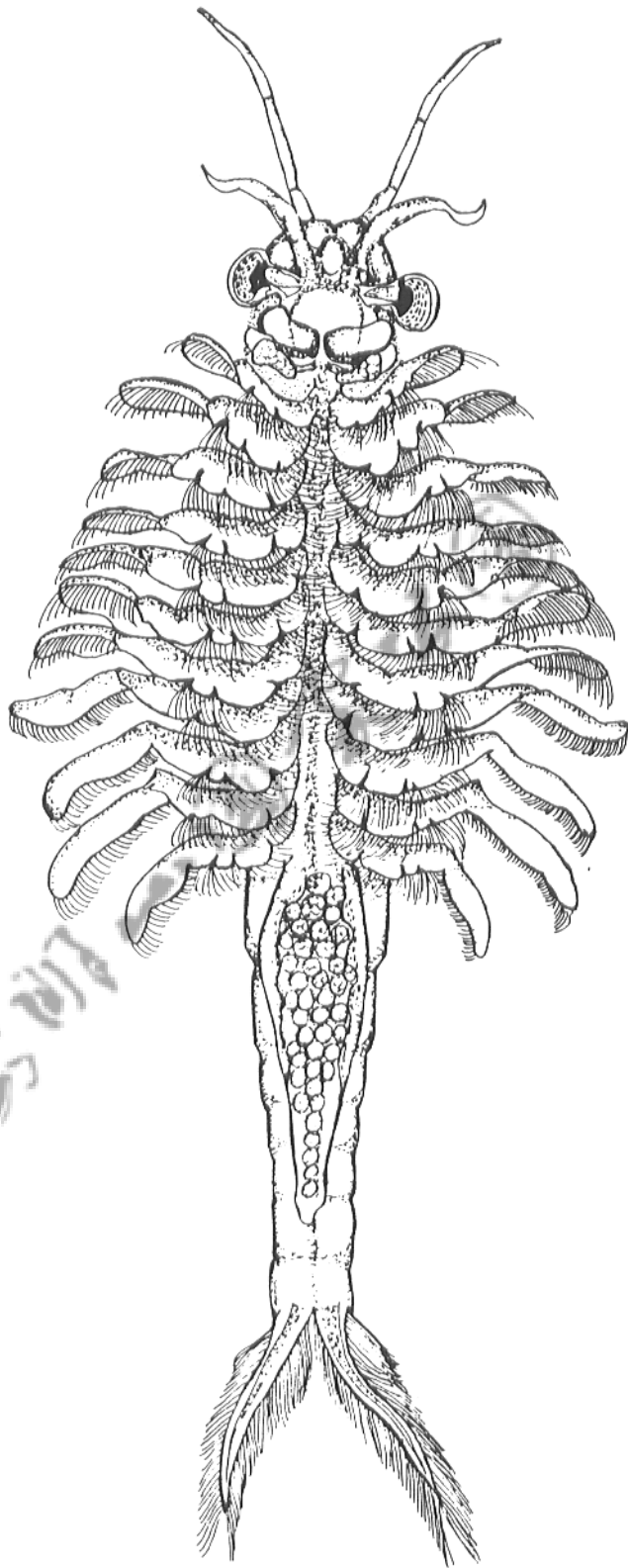
在台灣俗稱豐年蝦，乃自日名（ホウネンエビ）直譯而來，亦有譯為豐年魚（日名ホウネンギヨ、ホウネンウオ）或豐年蟲（日名ホウネンムシ）。在大陸泛稱豐年蟲。

二、形態特徵（圖七、八）

體窄長、呈圓筒狀，體表無整片甲殼、頭部具有柄，複眼一對，複眼間具單眼一隻。除頭部外，一般具20體節，最前之11節，各有一對泳足，胸部前後兩端泳足較中部為小，泳足呈葉狀，扁平而透明，此為葉足類（Phyllopoda）之共同特徵，其次兩節為生殖節，最後7節無附肢，其中最末節稱尾節，具一對刀片狀



圖七 豐年蝦雄性成體之外形



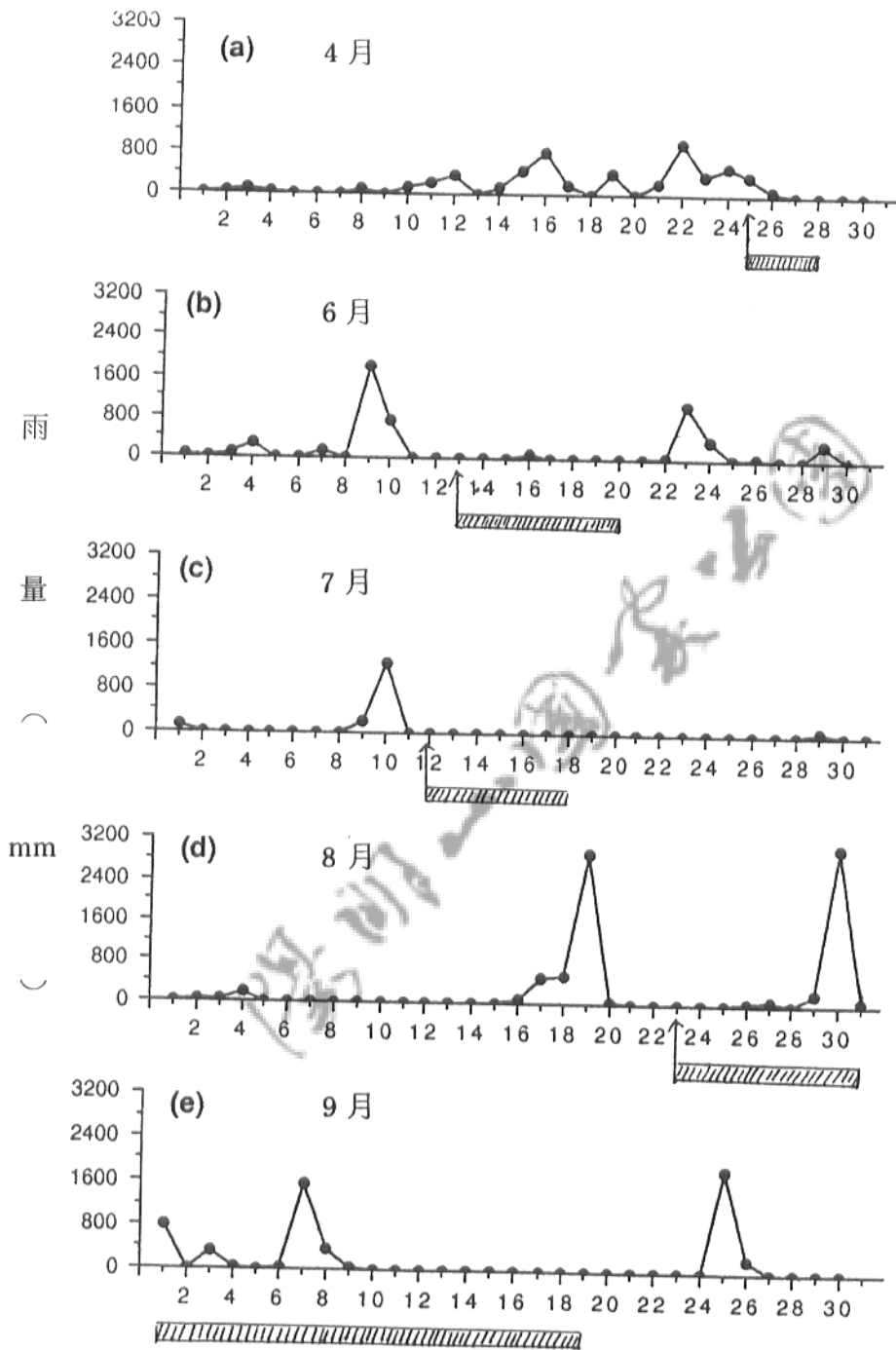
圖八 豐年蝦雌性成體之外形

尾叉，兩側緣具長剛毛。兩性異體，體內受精。雄性頭部第一觸角細長，第二觸角分兩節，基節粗短，末節長而彎曲。基節末端內角具一對附肢，腹面具爪狀突起6（罕5）枚，前末緣具不等長指狀突起3枚。額附肢長且大，其長度隨日齡增加而增長之，末端二叉，每叉內緣上具不等長小刺多枚，每叉末端又再分內外兩枝，內枝短小，內緣具細刺一列，外枝粗短，其末端又再分內外兩小枝，內枝較外枝略長，內枝具小刺，外枝亦具刺狀突起。交接器伸展時呈長條狀，可達尾叉基部，除其末端光滑外，背腹面具數列刺狀毛。雌性第二觸角不似雄性繁複，僅呈簡單葉片狀，卵囊呈三角形，後端可達腹部第6節。分布於韓國及日本本州中部以南，亦產於大陸遼寧省以南地區。台灣目前僅見之於陽明山向天池。

三、出現時期

向天池豐年蝦之出現期可能與颱風雨及溫度有關，由民國78年1月至79年12月間，豐年蝦共出現6次，分別於民國78年8月、9月及民國79年4、6、7、8月。於民國79年起每次下大雨後即密集追蹤下，配合每日降雨量（圖九a.b.c.d.e）發現，在民國79年。豐年蝦每次被發現的時間分別是在雨量高峰起之第3—5天，其平均體長為0.57~3.38mm。

但就全年之月雨量分布而言，其與豐年蝦之出現並不絕對相關。自78年7月至79年1月間，在向天池共發現豐年蝦成體6次，5次出現於月降雨量高峰之後，1次（民國79年7月）則非於高峰之後；而在此期間雨量高峰共有9次，其中民國78年1月、5月、11月及79年1月之雨量高峰，皆未伴隨有豐年蝦之出現。



圖九 民國79年4月至9月豐年蝦出現時期與日降雨量之關係
豐年蝦出現時期

四、族群特徵

1. 成長曲線

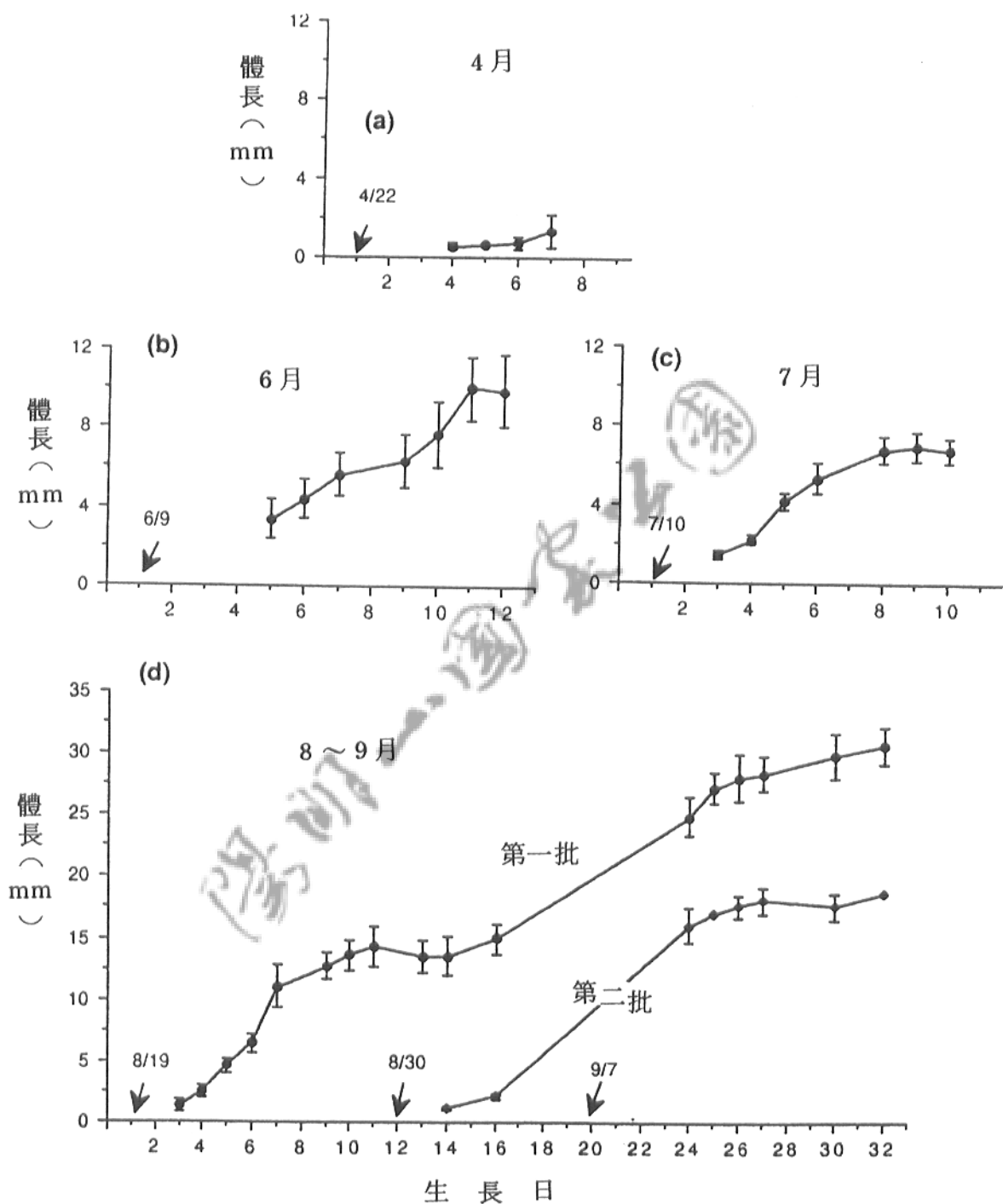
由民國79年4次連續系統採集觀測所得，豐年蝦族群平均體長分布及成長如圖十 a、b、c、d 所示。因每回豐年蝦被發現的時間皆在降雨高峰後 3-5天內。為方便計，以最接近的降雨高峰日為豐年蝦成長之第一天計算之。4月時豐年蝦之成長緩慢，且未長至成體即已夭折。6月之成長曲線變成近似S曲線至第12天達性成熟排卵。7月則為偏凸形曲線。由此可知其成長速率乃隨氣溫之逐漸暖和而加速。8~9月因連續3個颱風，帶來充沛雨量，豐年蝦的存活期因此長達30天，產生了2個世代族群。第一世代於8月19日的颱風雨高峰後第三天（8月21日）出現，以凸形曲線快速成長至平均體長12~15mm(第9天)時漸行平緩，此時亦開始產卵，再經再約5~6天後再呈直線形成長至體長27~28mm時稍緩，3天後再繼續成長至30mm以上之體長。

在第一世代第一次成長趨於平緩之同時，豐年蝦即進行排卵，於第一世代出現12天齡時（8月30日），又遇颱風降雨高峰。至14天齡即見剛孵化之第二代亦出現於同一池中共同成長。第二代出現後亦以凸形曲線成長，達第一次平緩期亦開始排卵(第12天)，維持約8天，最後，有再行成長之趨勢。第二代於第一平緩期之體長較第一世代之第一平緩期者略大，但小於前者之第二平緩期之體長。

比較8-9月之雌雄蝦成長曲線（圖十一），發現其間沒有顯著之差異。

2. 體長與卵數 (Clutch size) 之關係

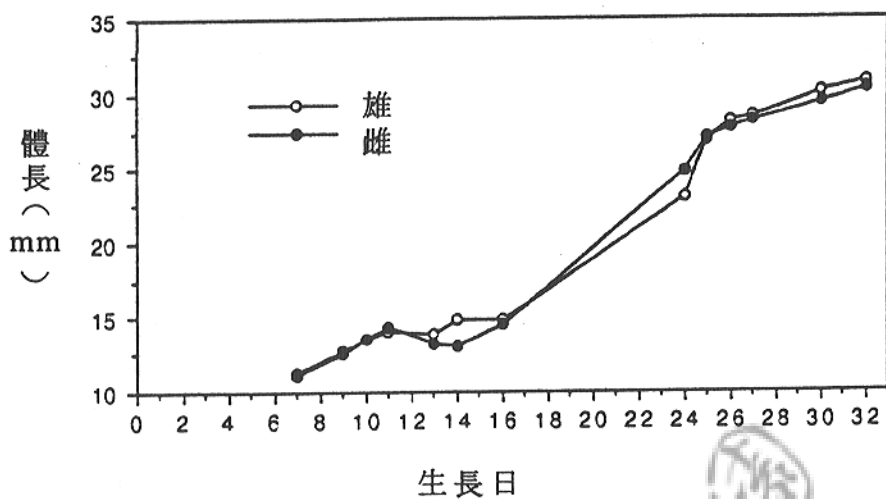
以23隻雌性豐年蝦為樣品，進行體長對每胎卵數之迴歸分析



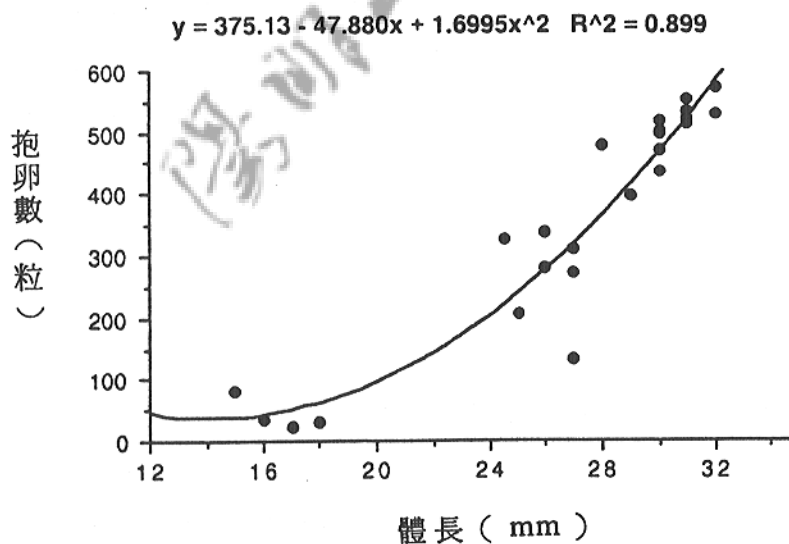
圖十 豐年蝦於民國79年4月至9月出現於向天池之4個成長曲線
平均值

表一個標準偏差

以颱風前後降雨高峰(以箭號表示之)為成長之第1天



圖十一 於民國79年8~9月的雌雄蝦成長曲線比較



圖十二 豐年蝦每胎抱卵數 (Clutch size) 對體長之迴歸關係

，發現其間有明顯之曲線迴歸關係(圖十二， $R^2 = 0.90$ ， $P < 0.01$)。由此23隻母蝦之體長大致可分為三群；第一群體長在18mm以下，其卵數常於100粒以下，第二群體型中等，於25—27mm間，卵數130~330粒；體長28—32mm者，每胎卵數則在380—570粒之間。此於8—9月之第一世代之成長曲線分三個階段亦相符合。

3. 性比

在4次豐年蝦出現的時期中，僅於6月及8至9月這兩期雌雄成體發育成熟。在18次雌雄性別比例的取樣中其大致可分四期(表一)：(1)6月15日至20日，其性別比例為1：3.0 ($\chi^2 = 2.75$ ， $n = 5$ ， $p = 0.6$)，(2)8月25日至9月3日，此乃豐年蝦在持續出現最久的一次(由8月21日至9月19日)的最初成熟期，其性比為1：2.2 ($\chi^2 = 10.13$ ， $n = 7$ ， $p = 0.119$)，(3)9月3日至11日，中間為颱風及勁雨，野外採集難以進行，到了9月11日至12日這期間成熟蟲體繼續發育長大，但是這兩天的性比突降至1：7.7 ($\chi^2 = 2.0$ ， $n = 2$ ， $p = 0.16$)，(4)9月13日至19日，性比又回升至1：1.9 ($\chi^2 = 4.1$ ， $n = 4$ ， $p = 0.25$)。一般而言，其族群中之雄蝦個體常較雌蝦少。

五、生殖與發育

1. 交配行爲

豐年蝦是雌雄異體，體內受精。雌與雄蝦之交配行爲不易觀察到，筆者曾於民國78年9月發現一次疑似交配行爲。當時，只見雌雄蝦以腹面相向，腹部生殖器處交接，而上身呈約60度叉開，如此併游良久，長達約3小時後才分開，分開後雄蝦即被發現已死亡，且一條雄性交接器折斷，原因不明。

表一 豐年蝦於民國79年6月至9月在向天池採樣18次所得之性別比例。

組群	日期(月/日)	採樣 次數	雄性 隻數	雌性 隻數	性別 比例	X^2	P
A	6/15-6/20	5	64	192	1:3.0	2.8	0.60
B	8/25-9/3	7	140	313	1:2.2	10.1	0.12
C	9/11-9/12	2	15	116	1:7.7	2.0	0.16
D	9/13-9/19	4	84	156	1:1.9	4.1	0.25

2. 卵之發育

雌蝦之卵在卵囊中發育大致可分為4個階期：

- (1) 卵塊為淡蘋果綠，卵塊尚未分化成卵粒。
- (2) 卵塊分化成卵粒，卵粒與卵粒間尚可明顯看出，卵粒為綠色，橢圓形，但卵表面光滑。如果在室內飼養數日，此時卵粒呈白色。
- (3) 卵為金黃色，圓形，卵粒表面開始有凹洞出現。
- (4) 卵為褐色，卵表面有明顯的凹洞，呈高爾夫球狀。此時已完全成熟，可排出體外。成熟排出之卵直徑平均為0.26mm (S.D. = 0.02mm, n=55)。

3. 幼蝦之發育

卵經孵化形成具 3對附肢之幼蝦，其中第一對觸角最大，最初期其與體長幾乎等長且包在一外膜內。然後脫出此外膜，需經數次（尚不明）蛻皮及變態轉變成成蝦。本研究用以分期之特徵為複眼之生成、體節泳足之發育、及幼體第二觸角之退化程度等。

故豐年蝦之發育大致可分為：

- (1) 卵期。
- (2) 剛孵化之幼蟲稱"無節幼體"，體不分節，具三對肢體即第一、第二觸角和大顎，外被包膜，第二觸角與體長近等長或稍短，頭中央上方僅具一眼點。
- (3) "後期無節幼體"，體伸長，第二觸角約等於體長一半，腹部體節開始出現，微見附肢肉芽，頭兩側長出一對複眼，其較中央眼點為小。每經一次蛻皮，體形略增大，體節及附肢也逐漸增多，構造也愈加複雜。

- (4)體更延長，複眼與單眼點同大，附肢仍固定不動。
- (5)體更延長，複眼大於單眼點，且附肢成熟，可自由游泳，第二觸角小於體長的1/2。
- (6)第二觸角退化，此時已是亞成體。
- (7)性徵發育成熟，雄蝦之第二觸角突出發達，雌蝦形成明顯易見之卵串。

六、孵化實驗

以100粒豐年蝦卵放入向天池水中，在人工控制溫度範圍下孵化10天結果發現（表二），孵化率在20—25℃時最高，此時於孵化第1天即可見豐年蝦幼體，持續至第9天，每天皆見1至7隻幼體。在高溫（25—30℃）下，孵化效果較差，幼體遲至第4天才出現，共持續4天，分別2至5隻不等。低溫（15—20℃）下孵化最差，雖第1天有3隻出現很快即死去，不再有任何動靜。

另外，以向天池底表土在上述三種溫度下孵化發現（表三），也是在20—25℃時，孵化出最多個體（1至10隻），且持續最久（7至9天）。不同於卵粒孵化實驗結果的是，此實驗中豐年蝦卵在低溫時似較高溫處理之孵化稍佳，其可能之原因有（1）原先土壤中的卵數因取樣偏差所致，需要更多重複實驗以確認之，（2）在高溫孵化競爭下，豐年蝦屈居劣勢。以表土孵化最特殊是其中尚包含有其他生物之卵，和豐年蝦一起孵化的生物中以介甲目（Orde Conchostraca）中之 *Leptestheria* sp.，俗稱 Clam Shrimp（蚌蟲）最多、最常見，和豐年蝦相比，這兩者皆不適用於低溫孵化，豐年蝦在中溫（20—25℃）下之孵化較佳，是群聚中的優勢者，但在高溫（25—30℃）下情況則明顯地反轉過來（表四）。

表二· 豐年蝦卵（每次100粒）在三種溫度範圍下之孵化結果。

孵化日	15-20 ⁰ C		20-25 ⁰ C		25-30 ⁰ C	
	n	x	n	x	n	x
1	3	1	1	1.0	0	
2		(死亡)	6	1.0	0	
3	0		7	1.3	0	
4	0		7	1.7	2	1.0
5	0		6	2.5	5	1.0
6	0		-	-		
7	0		5	3.0	4	1.0
8	0		4	2.8	2	2.0
9	0		2	2.5	(死亡)	
10	0		(死亡)		0	

n : 隻數, x = 平均體長

表三·在三種不同溫度下向天池底表土於兩次孵化實驗中出現之豐年蝦之個體數

孵化日	15-20°C		20-25°C		25-30°C	
	第一次	第二次	第一次	第二次	第一次	第二次
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	1	-	3	0
3	0	0	1	10	(死亡)	0
4	0	0	-	6	0	0
5	0	5	6	7	0	0
6	0	5	-	-	0	0
7	7	5	3	3	0	0
8	(死亡)	(死亡)	-	(死亡)	0	0
9	0	0	1	0	0	0
10	0	0	(死亡)	0	0	0

表四· 在三種不同溫度下向天池底表土孵化出於兩次孵化實驗中出現之蚌蟲(Clam Shrimp)之個體數

孵化日	15-20°C		20-25°C		25-30°C	
	第一次	第二次	第一次	第二次	第一次	第二次
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	-	8	10
3	0	0	5	4	11	-
4	0	0	0	7	-	14
5	0	0	0	0	2	11
6	0	0	0	-	-	-
7	7	0	0	5	6	9
8	(死亡)	0	0	(死亡)	-	4
9	5	0	0	0	5	-
10	(死亡)	0	0	0	0	(死亡)

七、運動行為

豐年蝦之運動行為模式，大致可分成三種：

- (1) 慢速仰泳，此乃最常見之模式，豐年蝦以腹面朝上，背面向下並藉腹部泳足滑動前進，速度慢（約40—80cm/min），這是一種避光的反應（董，1982），偶而在池底（或水族箱底部）光線較暗時，可改為背上腹下之匍匐前進。
- (2) 彈躍式，有時豐年蝦會以折縮尾部，再向後猛烈彈出，使身體如流失般向前射出，速度可達100cm/sec，是仰泳的60—70倍，通常用於逃避敵人。
- (3) 扭彈，偶而豐年蝦會以極快速的扭彈方式在水中上下左右無固定方向扭動彈跳，運動方式似（2），唯不具固定方向，功能不明。

除溫度與雨量外，這類生物之出現所需求之環境因子尚與其他生物有關。豐年蝦是一種很好的餌料生物，當水池中若有其他長年生存的掠食者時（如魚類），豐年蝦便難以繁衍下去。唯有‘暫時性’的湖泊環境，杜絕了大型掠食者之生存，豐年蝦才有生存之機會（Hildrew 1985）。

在陽明山地區之湖泊除向天池外尚有夢幻湖、鴨池、翡翠谷及磺嘴池等。前兩者因終年有水，不具‘暫時性’。後兩者之水質混濁，至目前皆未發現有豐年蝦之存在。向天池兼有清澈之水質及暫時性，便成爲豐年蝦一個絕佳之生存的場所。

豐年蝦係利用暫時性湖泊做爲棲息地，因此需有一些特殊的適應方式以渡過湖泊乾躁期。隨著向天池的乾枯，豐年蝦成體乾死，沈積湖底表土上，但其排出之蝦卵可渡過乾枯期以備下一次有水期的來臨。豐年蝦的卵呈褐黃色球狀，表面爲一層厚殼所包圍。Munuswamy & Subramonian (1985) 觀察 Streptocephalus dichotomus 豐年蝦的排卵及卵殼腺分泌機制，發現交配行爲之進行可同時刺激卵及卵殼腺之排放，經卵殼腺覆蓋後之卵呈黃色，外具硬殼，可抗乾旱，甚至冰凍（胡1953）。

當環境達適合之溫度時，隨著雨水注入向天池，豐年蝦卵開始孵化。但是湖泊每回之有水期長短難以預測，而本種豐年蝦每世代之成長至少要 9—12 天才能達成熟排卵，爲永續生存，豐年蝦如何能避免在濕期可能太短之時期孵化？或如何避免因全體孵化卻未能發育至成蟲而至絕種？Broch (1969) 曾發現在一個鹽水性鹵蟲與豐年蟲共存之湖泊中，水中鹽度之降昇是決定豐年蟲孵化及生存之要件。故本種豐年蝦在向天池之孵化可能亦與水中鹽度有關。Dexter (1946) 及 Zinn (1962) 提出豐年蝦所產之卵有兩種類型，可於不同時間孵化，於是可避開全軍覆沒之危機。本種豐年蝦究竟一生可生幾胎？每胎之卵對孵化所需求之要件是

就演化的角度來看，豐年蝦達性成熟的日齡長短會影響其適應性 (fitness)。豐年蝦隨日齡增加，體長漸增長，而體長之增長又促使抱卵數急速增加。故純就增加子代數目而言，豐年蝦最好是延緩成熟日齡，而在發育前段全力增長，以獲取最大之抱卵數。但又因湖泊之濕期難以預測，故愈晚熟之豐年蝦所冒之風險愈大，在這兩種選擇壓力 (Selection force) 下，向天池豐年蝦的最早成熟齡 (約 9~12天) 可能是一個在演化平衡下的結果。豐年蝦在 9~12天內產生第一胎之後，為達最高子代數目，豐年蝦可再行生快速成長，以增抱卵數。民國79年8月至9月三十天的向天池有水期，所採到之豐年蝦成長曲線便可見豐年蝦似有分成三階段之成長及抱卵現象。

本種豐年蝦之性比隨不同時期而有改變，就民國79年資料其雄與雌性之比例可由 1:1.9至1:7.7。Hildrew (1985) 研究非洲 Streptocephalus vitreus，之生態發現其性比隨發育期而變，在發育初期 11~21天雄雌性比 1:1.04，晚期23~32天為1:1.7。胡與黃 (1957) 在大陸8個地區採集 Chirocephalus nankinensis，發現其性比差異頗大。有關豐年蝦性比變化之原因，及其可能相關之生殖策略頗值深入探討研究。

建 議

- (1) 建議管理處應慎維護向天池水質，杜絕遺棄垃圾、及烤肉等人為干擾。
- (2) 豐年蝦之生存與其掠食者息息相關，而研究人員曾見遊客放生大量烏龜等舉動。因此建議管理處確實嚴格監視向天池之人為引入他種動物的狀況。
- (3) 豐年蝦為一有趣之生物，與豐年蝦共同利用向天池水域環境者尚有其他生物，如蝌蚪及其他各式各樣的浮游生物，構成頗具特色之生態體系，是一個絕佳的教育解說題材。

參考文獻

1. Belk, D. 1973. Streptocephalus moorei N. sp., a new fairy shrimp (anostraca) from Mexico. Trans. Amer. Micros. Soc. 92(3): 507-512.
2. Broch, E. S. 1969. The osmotic adaptation of the fairy shrimp Branchineta campestris Lynch to saline astatic waters. Limnol. Oceanogr. 14(4): 485-492.
3. Brown, L. R. and L. H. Capelan. 1971. Egg hatching and life history of a fairy shrimp Branchinecta mackini dexter (Crustacea: Anostraca) in a Mohave desert playa (Rabbit dry Lake). Ecology 52(1): 41-54.
4. Bulkowski, L. and J. W. Meade. 1986. Chemical decapsulation of fairy shrimp, Streptocephalus sealiryder (Anostraca) Crustaceana 51(2): 212-215.
5. Daborn, G. R. 1976. Occurrence of an arctic fairy shrimp Polyartemiella hazeni (Murdoch) 1884 (Crustacea: Anostraca) in Alberta and Yukon Territory. Can. J. Zool. 54: 2026-2028.
6. Daborn, G. R. 1977. The life history of Branchinecta mackini Dexter (Crustacea: Anostraca) in an argillotrophic lake of alberta. Can. J. Zool. 55:160-168.
7. Daborn, G. R. 1978. Limb structure and sexual dimorphism in the Anostraca (Crustacea) Can. J. Zool. 57

: 894-900.

8. Daday de Dee's, E. 1910. Monographic systematique des Phyllopoetes Anostraces. Ann. d. Su. nat., zool., 9e s'er., T. XI.
9. Dexter, R. W. 1953. Studies on North American fairy shrimps with the description of two New species. The Amer. Midland Naturalist. 49(3): 751-771.
10. Hildrew, A. G. 1985. A quantitative study of the life history of a fairy shrimp (Branchiopoda: Anostraca) in relation to the temporary nature of its habitat, a Kenyan rainpool. J. of Anim. Ecol. 54: 99-110.
11. Horne, F. 1967. Effects of physical-chemical factors on the distribution and occurrence of some South-eastern Wyoming phyllopoetes. Ecology 48(3): 472-477.
12. Lynch, J. E. 1972. Branchinecta dissimilis New species, a new species of fairy shrimp, with a discussion of specific characters in the genus.
13. Mattox, N. T. and J. T. Velardo 1950. Effect of temperature on the development of the eggs of a conchostracan phyllopoete, Caenestheriella gynecia. Ecology 31(4): 597-505.
14. Moore, W. G. 1959. Observations on the biology of the fairy shrimp, Eubranchipus holmani. Ecology 40 (3) : 398-403.

15. Moore, W. G. and B. F. Faust 1972. Crayfish as possible agents of dissemination of fairy shrimp into temporary ponds. *Ecology* 53(2): 314-316.
16. Munuswamy, N and T. Subramoniam 1985. Influence of mating on ovarian and shell gland activity in a freshwater fairy shrimp Streptocephalus dichotomus (Anostraca). *Crustaceana*. 49(3): 225-232.
17. Prophet, C. W. 1963. Physical-chemical characteristics of habitats and seasonal occurrence of some anostraca in Oklahoma and Kansas. *Ecology* 44(4): 798-801.
18. Weaver, C. R. 1943. Observation on the life cycle of the fairy shrimp Eubranchipus Vernalis. *Ecology* 24 (4): 500-502.
19. Wiman, F. H. 1979. Mating patterns and speciation in the fairy shrimp genus Streptocephalus. *Evolution* 33(1): 172-181.
20. Zinn, D. J. 1962. Reappearance of Eulimnadia agassizii with notes on its biology and life history. *Science* 137: 676-677.
21. 上野益三 1937 甲殼綱，鰓腳目，日本動物分類。第九卷，第1編，第1號。
22. 中澤毅一 1931 (昭和5年) 甲殼類。岩波書店，東京。
23. 林曜松、陳擎霞 1931 向天池及火山湖口生態系之調查研究。內政部營建置陽明山國家公園管理處。

24. 武田正倫 1982. 原色殼類檢索圖鑑，北隆館 (Keys to the Japanese and Foreign Crustaceans: Fully illustration in colors) 。
25. 胡步青 1953. 豐年蟲(Chirocephalus nankinensis) 的生活及其孵化條件。動物學報第5卷，第1期：1-10。
26. 胡步青、黃美華 1957. 杭州地區豐年蟲之自然群體。性比率及其實驗室內交配培養的初步結果，動物學報，第9卷第3期：195-203。
27. 董聿茂、戴愛雲、蔣燮治、陳受忠、陳永壽、蔡如星編1982 中國動物圖譜，甲殼動物第一冊，第二版，科學出版社。

明山國家公園「豐年蝦生態之調查研究」 期末簡報會議紀錄

一、時間：中華民國八十年元月二十九日上午九時三十分

二、地點：本處二樓會議室

三、主持人：劉處長慶男

紀錄：羅淑英

四、出席單位：

國立台灣大學：林 曜 松 周 蓮 香

 范 慶 鐘 曾 麗 燕

本處林副處長

楊祕書

企劃課

工務課

解說課：李 慈 津 蕭 淑 碧

觀光課：詹 德 樞 叢 培 芝

保育課：黃 佩 陞 韓 志 武 劉 阜 果

五、簡報內容：（略）

六、結論：

1. 請環維隊將向天池內大石上雕刻文字清除，並注意四周環境之維護。
2. 請受托擔位於研究報告內提供經營管理建議，並對目前使用之名稱做訂正之建議。
3. 有關淡水豐年蝦分布及其在台灣出現之原因，請受托單位根據研究果做適當之推測。

陽明先生年譜

陽明先生遺集

統一編號：

02214804569

陽明山國家公園



圖一 向天池為陽明山國家公園內之火口湖



圖二 向天池乾旱季節池水消失成遊客憩息之地



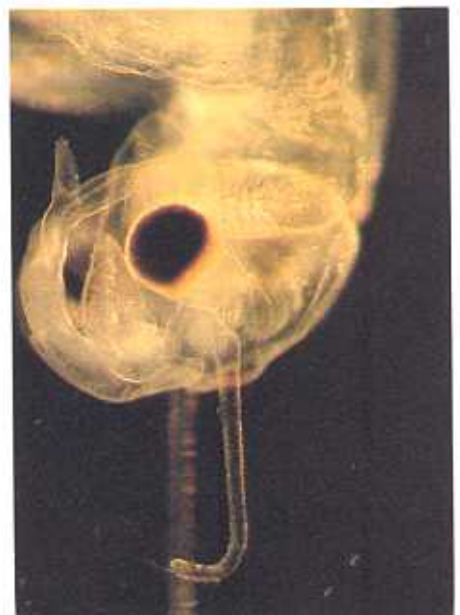
圖三 游泳中的豐年蝦群



圖四 雄豐年蝦之成體 (10 - 30 mm)



圖五 雌豐年蝦之成體 (10 - 30 mm)



圖六 雄性亞成體側面，頭部先端
可見剛成長之第二觸角



圖七 雄體之頭部特寫



圖八 雄體之第二觸角及其上部特化的執握肢 (Antennae grasper)



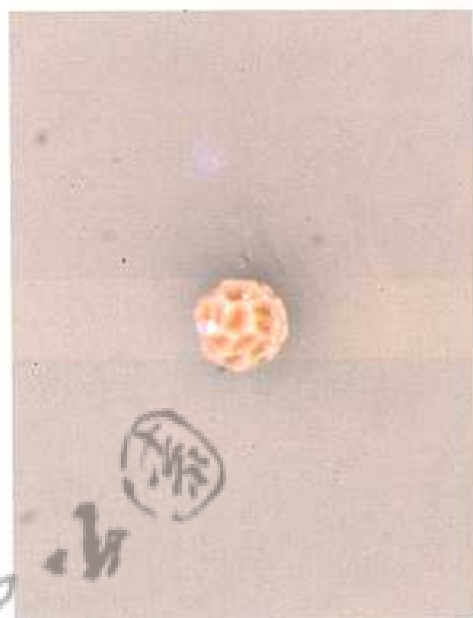
圖九 雄體之交接器 (Penes)



圖十 卵巢與已排空之卵室 (第一期)



圖十一 卵巢中尚未成熟之卵
(第二期)



圖十二 排出已成熟之卵(第四期)



圖十三 成熟之胚胎正要破殼而出
(直徑約0.5 mm)



圖十四 初孵化之幼蟲約 1 mm



圖十五 孵化後大約1~2天之幼體約1.5 mm



圖十六 發育中之幼體(孵化後約2-3天)約2.5 mm



圖十七 發育中之幼體(孵化後約3-4天)約3 mm



圖十八 經數次蛻皮之幼體(孵化後約4-5天,約4 mm)



圖十九 亞成蟲(孵化後約6-7天,約6 mm)