

陽明山國家公園
向天池蚌蟲之分類學鑑定及
溫度對其生長速率的影響

內政部營建署陽明山國家公園管理處委託研究報告

中華民國九十五年十二月

(國科會 GRB 編號)

PG9506-0131

(本部研考資訊系統計畫編號)

095-301020300G-1008

陽明山國家公園

向天池蚌蟲之分類學鑑定及 溫度對其生長速率的影響

受委託者：中華民國國家公園學會

研究主持人：周蓮香教授

研 究 生：黃婉萍、黃祥麟

內政部營建署陽明山國家公園管理處委託研究報告

中華民國九十五年十二月

陽明山國家公園向天池蚌蟲之分類學鑑定及溫度對其生長速率的影響

目次

謝辭.....	III
表次.....	V
圖次.....	VII
摘要.....	IX
Abstract.....	XI
第一章 緒論.....	1
第一節 研究緣起.....	1
第二節 研究目的.....	3
第二章 研究方法.....	5
第一節 蚌蟲分類鑑定.....	5
第二節 蚌蟲生長模式.....	5
第三節 溫度對蚌蟲生長速率的影響.....	6
第三章 研究結果.....	7
第一節 分類地位.....	7
第二節 生長模式.....	11
第三節 溫度對蚌蟲生長速率的影響.....	12
第四章 討論與建議.....	15
第一節 蚌蟲的分類地位.....	15
第二節 蚌蟲和豐年蟲的生活史策略.....	15
第三節 建議.....	18
參考文獻.....	19

附錄 1. 貓眼蚌蟲科的代表動物.....	33
附錄 2. 真湖蚌蟲科的代表動物.....	34
附錄 3. 雙甲目動物的檢索表.....	35

謝 辭

本研究得以進行，得自許多人的協助。首先感謝陽明山國家公園管理處經費支持，研究期間承陽明山國家公園管理處保育課叢課長培芝、陳振祥先生、以及中華民國國家公園學會楊東霖先生等熱心協助行政業務，僅此致上最大謝意。研究期間，台灣大學生命科學系王俊傑同學在野外調查工作上，貢獻良多，使本研究得以順利進行；最後，美國生態暨分類學家羅傑斯博士 (Dr. Christopher Rogers, EcoAnalysis Inc., USA) 對於物種之鑑定，提供其經驗及協助，在此僅致最高謝意。

表 次

表 1. 本研究相關之鰓足綱動物的分類表.....	21
表 2. 比較真湖蚌蟲和貓眼蚌蟲的生長與生殖.....	22

圖 次

圖 1. 陽明山國家公園分區示意圖.....	23
圖 2. 湖沼枝額蟲.....	24
圖 3. 兩種向天池的蚌蟲.....	24
圖 4. 貓眼蚌蟲的掃描式電子顯微照片(SEM).....	25
圖 5. 真湖蚌蟲的掃描式電子顯微照片(SEM).....	26
圖 6. 2006年7月份碧利斯颱風時真湖蚌蟲的生長曲線.....	27
圖 7. 2006年9月份超大豪雨時蚌蟲的生長曲線.....	28
圖 8. 人工孵育時真湖蚌蟲的生長曲線.....	29
圖 9. 比較不同溫度對真湖蚌蟲生長速率的影響.....	31
圖 10. 人工孵育時貓眼蚌蟲的生長曲線.....	32

摘要

關鍵詞：蚌蟲、分類鑑定、生長曲線、生長速率

一、研究緣起與目的

陽明山向天池是一種短暫性池塘，其中孕育了特殊的豐年蟲和蚌蟲，這一類的甲殼類動物可以在短暫的池水中，快速完成生活史。繼過去對本池豐年蟲（湖沼枝額蟲）的研究後，本計畫改以共域的蚌蟲為研究對象，我們將先由鑑定著手，其次探討其生長模式，並研究溫度對其生長速率的影響。

二、研究方法

野外實驗於颱風或豪雨過後，密集至向天池採集蚌蟲，進行光學顯微拍攝後，以電腦軟體測量蚌蟲的體長，並繪製生長曲線。另外收集向天池乾涸後的泥土，實驗室內於定溫（15°C、20°C、25°C、30°C）下孵育蚌蟲，並繪製其生長曲線，比較不同溫度下蚌蟲孵化所需時間、成熟體長、及成熟年齡，以研究溫度對陽明山向天池蚌蟲之生長速率的影響。另外蒐集文獻資料與分類檢索表，仔細比對成虫型態來鑑定陽明山向天池蚌蟲的分類地位。

三、研究結果

依據陽明山向天池蚌蟲的形態與構造，參考文獻及國際專家羅傑斯博士（Dr. Christopher Rogers, EcoAnalysis Inc., USA）的協助，初步鑑定陽明山向天池蚌蟲有兩種：一種體型圓鈍，屬於動物界、節肢動物門、鰓足綱、雙甲目、平尾亞目、貓眼蚌蟲科、貓眼蚌蟲屬，學名為 *Lynceus biformis*，稱之為貓眼蚌蟲。另一種體型扁長，屬於鰓足綱、雙甲目、棘尾亞目、真湖蚌蟲科、真湖蚌蟲屬，即 *Eulimnadia* sp.，稱之為真湖蚌蟲，其學名尚無法確定，且可能為新種。

陽明山國家公園向天池蚌蟲之分類學鑑定及溫度對其生長速率的影響

今年七月份的碧利斯颱風及九月份的超大豪雨皆造成向天池積水，我們密集上山採集蚌蟲樣本，並測量體長，發現蚌蟲的生長曲線呈 S 型。另外，我們將向天池乾涸後採集的休眠卵帶回實驗室，進行人工孵育，發現生長曲線也呈 S 型。

最後，我們比較蚌蟲在 15°C、20°C、25°C 和 30°C 四種不同溫度下的生長曲線，包括孵化所需時間、成熟體長、及成熟年齡，發現 20~25°C 為蚌蟲的最適生長溫度，且幼蟲階段在 20°C 時的生長速率最快，體型也最大，唯壽命略短。同時，蚌蟲在 15°C 時，各生活史特徵值最小，表示蚌蟲非常不適合低溫之環境。

四、討論與建議

(一)立即可行的建議—陽明山向天池的保育策略

陽明山向天池是台北市民假日登山旅遊的熱門景點，常見許多善男信女在此燒香膜拜，水質污染的隱憂，建議應有所規範。

(二)中長期建議—教育與學術上的價值以及未來研究方向

陽明山向天池的湖蚌蟲、眼蚌蟲和豐年蟲由於生活史短，容易觀察，是很好的生物學習教材。尤其，這三種共域的生物，生長模式與生殖方式皆不相同，種間生態與演化關係之學術研究潛力很高，值得進一步深入研究與探討。

Abstract

Key words : clam shrimp, classification, growth curve, growth rate

I. Background and purposes

Siangtian pool of Yangmingshan National Park is an ephemeral pond in northern Taiwan. At least 3 species of big Brachiopods co-exist in this pool, which include fairy shrimps and 2 species of clam shrimps. These tiny crustaceans are capable to complete their life cycles before the pond dried up. After the studies of life history and population ecology on fairy shrimps, *Branchinella kugenumaensis*, in the past few years, this project takes clam shrimps as the study subjects. Their classification, growth patterns, and the influence of temperatures on growth rates are the goals for the first year project.

II. Methods

Clam shrimps were sampled from Siangtian pool in Yangmingshan National Park after typhoons or heavy rains during summer time. In addition, clam shrimps were cultivated from egg-cyst containing soil from Siangtian pool in the laboratory under controlled temperatures (15°C 、20°C 、25°C and 30°C). Individuals of different developmental stages were pictured under light and electron microscopy. Body lengths were measured by ImageJ from computers. Several parameters of life history were recorded and compared among species, including hatching time, length and age at sexual maturity, and life span. Morphological characters of specimens were described in detail for species identification.

III. Results

Based on the morphology of adults of clam shrimps and the confirmation by Dr. Christopher Rogers, EcoAnalysis Inc., USA, Two species of clam shrimps were

identified, *Lynceus biformis* and *Eulimnadia* sp. Their taxonomy hierarchy is under the Kingdom Animalia, Phylum Arthropoda, Subphylum Crustacea, Class Branchiopoda and Order Diplostraca, under which the former species belongs to the Suborder Leavicaudata, Family Lynceidae, while the latter species belongs to the Suborder Spinicaudata, Family Limnadiidae. Growth patterns were expressed in sigmoid growth curves. It was shown that clam shrimps grew best under the temperatures between 20°C and 25°C. Their growth rates were the fastest and reached their largest body size under cultivation at 20°C. However, the low temperature, e.g. 15°C seemed too low for the growth of clam shrimps.

IV. Discussion and suggestions

(a) Immediate suggestions: conservation of Siangtian pool in Yangmingshan

Siangtian pool in Yangmingshan is a popular hiking place for visitors. People even leave scent material for religion worship in the middle of pool. We suggest this activity need to be under control to protect the water quality for the conservation of these rare species.

(b) Long-term suggestions: value in education and research in future

Clam shrimps and fairy shrimps are good organisms for education because they are easy for observation and have short life histories. Their special life strategies and interspecies relationships can offer a great opportunity for further academic research in community ecology as well as in evolutionary biology.

第一章 緒 論

第一節 研究緣起

陽明山原名草山，位於台灣的北部，由群山所組成。「陽明山國家公園」於民國七十四年成立，總面積約 11,455 公頃，群山佇立，以七星山為中央，北有竹子山，東有磺嘴山，南有紗帽山，西有大屯山、面天山及向天山（圖 1），陽明山國家公園以火山地形及景觀為其最大特色。

向天山位於整個陽明山區的最西側，海拔約 818 公尺，峰頭圓鈍，為一座鐘形火山，大約四十萬年前形成，目前無火山活動。向天山的火山口現生許多草本植物，包括燈心草科、莎草科、以及禾本科（如蘆葦），大雨過後，特別是颱風來襲，豐沛的雨水形成一個直徑約 80 公尺、深度約 2~3 公尺的堰塞湖，稱為「向天池」。向天池是一種短暫性池塘（ephemeral pool），池水可由底部緩緩滲出，10~14 天後逐漸乾涸。在這短暫性的池水中，孕育了特殊的生物相，初期以甲殼類動物為主，包括豐年蟲^{1, 2}（fairy shrimp，圖 2）和蚌蟲（clam shrimp，圖 3），後期陸續出現許多蝌蚪。

向天池甲殼類動物群聚中的的豐年蟲，依據林&周（1991）¹的研究，鑑定為湖沼枝額蟲，學名為 *Branchinella kugenumaensis*，在分類上屬於動物界（Kingdom Animalia）、節肢動物門（Phylum Arthropoda）、甲殼亞門（Subphylum Crustacea）、鰓足綱（Class Branchiopoda）、無甲目（Order Anostraca）、釵額蟲科（Family Thamnocephalidae）、枝額蟲屬（Genus *Branchinella*）（表 1）。湖沼枝額

¹ 林曜松、周蓮香（1991）。豐年蝦生態之調查研究。內政部營建署陽明山國家公園管理處。

² 周蓮香、黃祥麟（2004）。陽明山國家公園湖沼枝額蟲（*Branchinella kugenumaensis*, Ishikawa）之生活史研究。內政部營建署陽明山國家公園管理處。

陽明山國家公園向天池蚌蟲之分類學鑑定及溫度對其生長速率的影響

蟲以鰓呼吸，鰓位於附肢的基部，故分類上稱為鰓足綱。然而，向天池群聚中還孕育著另外兩種鰓足類動物，通稱蚌蟲；目前國內尚未有任何相關研究，亟需建立其基本的生物學及生態學資料。

為了適應向天池短暫的積水期，本池塘中的生物必須發展出特殊的生活史策略來適應這種難以預測的生態棲息環境。在過去數年中，我們已發現湖沼枝額蟲採用時間短而有彈性的生活史策略，換言之，牠們可在池水存在的數週內快速地完成孵化、生長及繁殖，其生長模式及產卵率還會依積水期的長短而調整。依據民國九十四年陽明山向天池的生態調查，湖沼枝額蟲於降雨後 24 小時開始孵化，初孵化的幼蟲身體沒有分節，稱為無節幼蟲 (nauplius)，經過約 8 天而長成成蟲。第 10~11 天左右進行第一次產卵，第 22 天左右進行第二次產卵，產卵時成長停止，很有趣的是，第一次產卵前的成長模式呈指數形態，第二次產卵前的成長模式呈直線形態³。湖沼枝額蟲所產的卵，於池水消退後，以休眠的形式度過乾旱及低溫的環境，可長達數月或數年之久，稱為休眠卵 (cyst)，等待下次大雨來臨時，打破休眠而孵化，開始新的生活史^{3, 4, 5}。在同一個向天池中，我們發現蚌蟲經常伴隨湖沼枝額蟲出現，似乎氣溫愈高時，其相對數量愈多，兩類生物之間的關係令人好奇。

因此，本計畫之目的將以陽明山向天池的蚌蟲為對象，首先進行分類鑑定，其次探討其生長模式，並研究溫度對其生長速率的影響。

³ 周蓮香、黃祥麟 (2004)。陽明山國家公園湖沼枝額蟲 (*Branchinella kugenumaensis*, Ishikawa) 之生活史研究。內政部營建署陽明山國家公園管理處。

⁴ 林曜松、周蓮香 (1991)。豐年蝦生態之調查研究。內政部營建署陽明山國家公園管理處。

⁵ 周蓮香、黃祥麟 (2005)。陽明山國家公園湖沼枝額蟲 (*Branchinella kugenumaensis*, Ishikawa) 之族群生態研究。內政部營建署陽明山國家公園管理處。

第二節 研究目的

- 一、鑑定陽明山向天池蚌蟲的分類地位。
- 二、探討陽明山向天池蚌蟲的生長模式。
- 三、研究溫度對陽明山向天池蚌蟲之生長速率的影響。

第二章 研究方法

第一節 蚌蟲分類鑑定

今年（民國 95 年）七月下旬，我們於陽明山向天池乾涸後，收集池底的泥土，計約 30 公斤，其中含有蚌蟲的休眠卵，帶回實驗室後，加水使其孵化。

蚌蟲的生活史包括卵、幼蟲 (juvenile) 和成蟲等階段，我們將各階段之個體，置於解剖顯微鏡下，進行光學顯微拍攝。另外，我們以 4% 戊二醛 (glutaraldehyde) 及四氧化鉻 (osmium tetroxide) 將蚌蟲固定後，經過多次脫水步驟，包括 50%、75%、90% 和 100% 酒精，以及 100% 丙酮 (acetone)，再進行臨界點乾燥 (CPD, critical point drying)，使乾燥處理過的蚌蟲鍍上一層金 (Au) 膜，送入電子顯微鏡下，進行電子顯微拍攝。然後依據拍攝所得的光學顯微照片及電子顯微照片，仔細觀察蚌蟲的特徵，比對文獻上的分類檢索表 (表 2)，特別比較文獻中蚌蟲的形態、構造及大小，包括頭胸甲的形狀、生長線 (growth line) 的有無、尾節 (telson) 的長短、是否具有棘 (spine)、以及觸角 (antenna, 複數為 antennae) 的形態等，以確認陽明山向天池蚌蟲的分類地位。

第二節 蚌蟲生長模式

我們於颱風或豪雨過後，密集至陽明山向天池進行野外採集，將蚌蟲帶回實驗室，進行光學顯微拍攝，然後將拍攝所得的照片傳至電腦中，以電腦軟體 ImageJ 測量蚌蟲的體長，然後將若干時刻的平均體長繪成圖形，即得蚌蟲的生長曲線。

第三節 溫度對蚌蟲生長速率的影響

我們將陽明山向天池採得的休眠卵帶回實驗室後，加水使其孵化，並於定溫下培養。由加水開始，每隔 24 小時取適量樣本，置於解剖顯微鏡下，進行顯微拍攝。如上述方法，以 ImageJ 測量蚌蟲的體長，即得某溫度下蚌蟲的生長曲線。

我們分別在 15°C、20°C、25°C、30°C 下培養蚌蟲，並比較這些溫度下的蚌蟲生長曲線，即可了解溫度對蚌蟲生長速率的影響。

第三章 研究結果

第一節 分類地位

陽明山向天池蚌蟲有兩種，其中一種體型較圓鈍，體長約 4.0 公釐，具有雙瓣型的頭胸甲，頭胸甲表面缺乏生長線，其複眼及下頷皆位於頭胸甲內部，此外，這種蚌蟲的尾節短，與頭胸甲平齊而不外露，且尾節的末端缺乏棘（附錄 1）。依據文獻資料，我們認為這種圓鈍型蚌蟲應屬於動物界、節肢動物門、甲殼亞門、鰓足綱、雙甲目（Order Diplostraca）、平尾亞目（Suborder Laevicaudata）^{6, 7}。

另一種向天池蚌蟲的體型較扁長，體長較前者大，可達 6.0 公釐。牠們也具有雙瓣型的頭胸甲，其複眼及下頷也位於頭胸甲內部；所不同的是，扁長型蚌蟲的頭胸甲表面具有 12~18 條生長線，尾節較長，常外露於頭胸甲的外部，且尾節的末端具有突起的棘（附錄 2）。依據文獻資料，我們認為這種扁長型蚌蟲應屬於動物界、節肢動物門、甲殼亞門、鰓足綱、雙甲目、棘尾亞目（Suborder Spinicaudata）^{6, 8}。

平尾亞目和棘尾亞目的蚌蟲其體表皆具有甲殼，甲殼覆蓋全身，由身體的背面向腹面延伸，左右對稱，為雙瓣型頭胸甲（a bivalved carapace），故名雙甲目；雙甲目動物由於形態上類似蚌類，因此俗稱「蚌蟲」或「蚌蝦」。蚌蟲與豐年蟲形態上最大的差別，在於眼柄和頭胸甲，豐年蟲的複眼（compound eye）有眼柄（eyestalk）支持，體表沒有頭胸甲；而蚌蟲的複眼沒有眼柄支持，但體表有頭

⁶ Martin, J. W. and Boyce, S. L. (2004). Crustacea: non-cladoceran Branchiopoda. Freshwater Invertebrates of the Malaysian Region, 284-297.

⁷ Martin, J. W., Felgenhauer, B. E., and Abele, L. (1986). Redescription of the clam shrimp *Lynceus gracilicornis* (Packard) (Branchiopoda, Conchostraca, Lynceidae) from Florida, with notes on its biology. *Zoologica Scripta*, 15(3): pp. 221-232.

⁸ Martinez-Pantoja, M. A., Alcocer, J., and Maeda-Martinez A. M. (2002). On the Spinicaudata (Branchiopoda) from Lake Cuitzeo, Michoacán, México: First report of a clam shrimp fishery. *Hydrobiologia*, 486, 207-213.

胸甲^{9, 10, 11, 12} (表 1)。蚌蟲在早期的成長過程中，身體尚未分節，稱為無節幼蟲 (nauplius)，此時，許多種類的蚌蟲會由身體的背面向腹面長出雙瓣型的頭胸甲，並隨著幼蟲成長，形成一圈圈環紋，稱為生長線。然而，平尾亞目之動物的頭胸甲沒有生長線，與其它種類的蚌蟲不同，為其特色之一。此外，平尾亞目之蚌蟲的尾節上，沒有突起的棘，這也是判斷分類位置的重要依據之一^{9, 10, 11, 12}。

雙甲目動物中，平尾亞目和棘尾亞目之蚌蟲最大的差別，在於頭胸甲和尾節 (表 1)。平尾亞目之蚌蟲的頭胸甲沒有生長線，且尾節短，與頭胸甲平齊而不外露，故名。目前，依據世界上所有標本的分類，平尾亞目僅具有一個科，即貓眼蚌蟲科 (Family Lynceiidae)。已研究的貓眼蚌蟲科之動物分布於丹麥、澳洲、美國的德州和佛羅里達州，其中，分布於丹麥和澳洲的貓眼蚌蟲科動物為 *Lynceus brachyurus*，這種蚌蟲的複眼及下頷 (mandible) 顯露於頭胸甲的外部，與向天池圓鈍型蚌蟲的特徵顯然不同 (圖 4(a))；而美國德州和佛州的貓眼蚌蟲科動物為 *Lynceus gracilicornis*，這種蚌蟲的複眼及下頷包被於頭胸甲的內部，與向天池圓鈍型蚌蟲的形態較為相似。美國德州和佛州的 *Lynceus gracilicornis* 成蟲體長可達 4.0 公釐，分為頭、胸、腹三部分，頭部有兩對觸角，胸部有十多對游泳肢，游泳肢是運動構造，且可與第二觸角 (an2, second antenna) 共同協調，完成攝食動作。腹部末端有尾節，尾節很短，沒有突起的棘 (附錄 1)^{13, 14, 15, 16, 17}。依據

⁹ Martin, J. W. and Boyce, S. L. (2004). Crustacea: non-cladoceran Branchiopoda. Freshwater Invertebrates of the Malaysian Region, 284-297.

¹⁰ Olesen, J. (1998). A phylogenetic analysis of the Conchostraca and Cladocera (Crustacea, Branchiopoda, Diplostraca). Zool. J. Linn. Soc., 122: 491-536.

¹¹ Olesen, J. (2005). Larval development of *Lynceus brachyurus* (Crustacea, Branchiopoda, Laevicaudata): redescription of unusual Crustacean nauplii, with special attention to the molt between last nauplius and first juvenile. J. Morphol., 264:131-148.

¹² 梁象秋、方紀祖、楊和荃編著 (1998)。Aquatic biology，水生生物學—形態與分類，第 464-646 頁。台北市：水產出版社。

¹³ Martin, J. W. and Boyce, S. L. (2004). Crustacea: non-cladoceran Branchiopoda. Freshwater Invertebrates of the Malaysian Region, 284-297.

¹⁴ Olesen, J. (1998). A phylogenetic analysis of the Conchostraca and Cladocera (Crustacea,

我們所獲得的光學及掃描式電子顯微攝影的結果(圖3、圖4)，仔細比對文獻上的資料，我們認為陽明山向天池的圓鈍型蚌蟲與美國德州和佛州的 *Lynceus gracilicornis* 具有許多相似的特徵，首先，兩者的第一觸角短且無分支，呈管狀；再者，第二觸角長且分為兩支，每一分支有分節，節上有剛毛，值得一提的是，第二觸角著生於穹形弓片(fornix)上，有些蚌蟲不具此構造；頭胸甲較厚，呈圓鈍型，表面不具生長線，殼軸內陷；尾節短，與頭胸甲平齊，尾節末端不具棘。諸多特徵看來，陽明山向天池的圓鈍型蚌蟲確實屬於貓眼蚌蟲科(表1)。

棘尾亞目在目前分類上共有九個科，包含蚌蟲科(Family Cyzicidae)、真湖蚌蟲科(Family Limnadiidae)和狹蚌蟲科(Family Leptestheriidae)等，最特別的是，僅真湖蚌蟲科之動物的頭部前方具有一個突出的感官，稱為額突器(dorsal organ)，這是其他科別之蚌蟲所沒有的特徵(表1)。已研究的真湖蚌蟲科之動物分布於美國的東北部新英格蘭地區、美國俄亥俄州和墨西哥，其中，分布於美國東北部新英格蘭地區的真湖蚌蟲科動物為 *Eulimnadia agassizi*，體長6~9公釐，頭部及尾節常位於頭胸甲的內部，頭胸甲具有4~5條生長線，與向天池扁長型蚌蟲的特徵顯然不同；而分布於美國俄亥俄州和墨西哥的真湖蚌蟲科動物為 *Eulimnadia texana*，體長約5~8公釐，頭部及尾節常部分外露於頭胸甲的外側，頭胸甲表面約有15條生長線¹⁸(附錄2)，與向天池扁長型蚌蟲的形態較為相似。

Branchiopoda, Diplostraca). Zool. J. Linn. Soc., 122: 491-536.

¹⁵ Olesen, J. (2005). Larval development of *Lynceus brachyurus* (Crustacea, Branchiopoda, Laevicaudata): redescription of unusual Crustacean nauplii, with special attention to the molt between last nauplius and first juvenile. J. Morphol., 264:131-148.

¹⁶ 梁象秋、方紀祖、楊和荃編著(1998)。Aquatic biology, 水生生物學—形態與分類, 第464~646頁。台北市:水產出版社。

¹⁷ Martin, J. W., Felgenhauer, B. E., and Abele, L. (1986). Redescription of the clam shrimp *Lynceus gracilicornis* (Packard) (Branchiopoda, Conchostraca, Lynceidae) from Florida, with notes on its biology. Zoologica Scripta, 15(3): pp. 221-232.

¹⁸ Hollenbeck, V. G., Weeks, S. C., Gould, W. R., and Zucker, N. (2002). Maintenance of androdioecy in the freshwater shrimp *Eulimnadia texana*: sexual encounter rates and outcrossing success. Behavioral Ecology, 13(4): 561-570.

陽明山國家公園向天池蚌蟲之分類學鑑定及溫度對其生長速率的影響

依據我們所獲得的光學及掃描式電子顯微攝影的結果（圖 3、圖 5），仔細比對文獻上的資料，我們認為陽明山向天池的扁長型蚌蟲與美國俄亥俄州及墨西哥的真湖蚌蟲科動物 *Eulimnadia texana* 具有許多相似的特徵，首先，兩者的頭部皆具額突器；再者，第一觸角纖細且無分支，呈葉狀（lobe-like）；第二觸角長且分為兩支，每一分支有分節，節上有剛毛，第二觸角與上唇（labrum）相連，並非著生於穹形弓片上；另外，頭胸甲較薄，呈扁長型，表面約有 12~18 條生長線，殼軸平褶而不內陷；尾節長，常露於頭胸甲之外，尾節末端具有兩條棘。諸多特徵看來，陽明山向天池的扁長型蚌蟲應該屬於真湖蚌蟲科（表 1）。

最後，我們的標本經美國生態暨分類學家羅傑斯博士（Dr. Christopher Rogers, EcoAnalysis Inc., USA）進一步鑑定的結果，確定圓鈍型蚌蟲的學名為 *Lynceus biformis* (Ishikawa, 1895)，扁長型蚌蟲為 *Eulimnadia* sp.。我們稱前者為貓眼蚌蟲，後者為真湖蚌蟲，真湖蚌蟲的學名尚待進一步的 DNA 驗證，很可能為新種。這兩種蚌蟲的分類地位分別如下：

動物界（Kingdom Animalia）

節肢動物門（Phylum Arthropoda）

甲殼亞門（Subphylum Crustacea）

鰓足綱（Class Branchiopoda）

雙甲目（Order Diplostraca）

平尾亞目（Suborder Laevicaudata）

貓眼蚌蟲科（Family Lynceidae）

貓眼蚌蟲屬（Genus *Lynceus*）

雙型貓眼蚌蟲（*Lynceus biformis*）

以及

棘尾亞目（Suborder Spinicaudata）

真湖蚌蟲科（Family Limnadiidae）

真湖蚌蟲屬（Genus *Eulimnadia*）

真湖蚌蟲（*Eulimnadia* sp.）

第二節 生長模式

今年（民國 95 年）七、八月共有四個颱風，依序為碧利斯、凱米、寶發和桑美颱風，依據鞍部氣象站的雨量資料，只有碧利斯颱風造成 296 公釐的降雨量，其它颱風並未造成向天池積水。而且，碧利斯颱風所造成的池水不多，時間也不長，約一週即乾涸。另外，今年（民國 95 年）九月十日，陽明山鞍部氣候站累積當日雨量 454.5 公釐，形成超大豪雨（extremely torrential rain；依據中央氣象局定義，24 小時累積雨量達 350 毫米以上稱之為超大豪雨），向天池水深達 4.5 公尺，持續約兩週才乾涸。我們於這兩段積水期，密集上山採集真湖蚌蟲及貓眼蚌蟲樣本（碧利斯颱風期間沒有收集到貓眼蚌蟲），帶回實驗室後，進行顯微拍攝，然後以 ImageJ 測量體長，並繪製生長曲線，結果真湖蚌蟲和貓眼蚌蟲皆呈 S 型曲線（sigmoidal curve）（圖 6、圖 7）。

依據野外真湖蚌蟲的生長曲線（圖 6、圖 7(a)），我們發現真湖蚌蟲的最早孵化時間（EHT, earliest hatching time, 休眠卵由遇水開始孵育至最早幼蟲出現的時間）為 5 天（ $n = \sim 30$, n 表示個體數），最長壽命（LL, last longevity, 休眠卵由遇水開始孵育至最久成蟲存活的時間）可達 18 天（ $n = \sim 30$ ），最早成熟年齡（EASM, earliest age at sexual maturity, 休眠卵由遇水開始孵育至最早帶卵個體出現的時間）為 8 天，最早成熟體長（ELSM, earliest length at sexual maturity, 最早出現帶卵個體時的平均體長）為 4.4 ± 0.2 mm，而平均成熟體長（帶卵個體的平均體長）為 4.5 ± 0.1 mm（ $n = 2$ ）（表 2）。依據野外貓眼蚌蟲的生長曲線（圖 7(b)），我們發現貓眼蚌蟲的最早孵化時間為 5 天（ $n = \sim 30$ ），最長壽命為 16 天（ $n = \sim 30$ ），最早成熟年齡為 16 天，最早成熟體長為 2.8 ± 0.3 mm，而平均成熟體長為 3.0 ± 0.1 mm（ $n = 3$ ）（表 2）。真湖蚌蟲顯然較早成熟，其最早成熟年齡較貓眼蚌蟲早約

一週，且最早成熟體長明顯較貓眼蚌蟲大。

綜合而言，向天池中的蚌蟲各具不同的生長模式及生殖策略，真湖蚌蟲的孵化速率、生長速率、及發育速率皆較快，藉快速達性成熟，以迅速完成生活史；而貓眼蚌蟲的孵化速率、生長速率、及發育速率皆較慢，較晚達性成熟，完成生活史所需的時間則較長（表 2）。

第三節 溫度對蚌蟲生長速率的影響

我們發現，陽明山向天池的真湖蚌蟲分別培養在 15°C、20°C、25°C 及 30°C 等四種溫度的環境下，生長曲線皆為 S 型（圖 8）。表 2 列出生活史中相關的參數（parameters），包括最早孵化時間、最長壽命、最早成熟年齡、最早成熟體長、及平均成熟體長。我們發現，最早孵化時間有隨溫度上升而減短的趨勢，換言之，溫度愈高，最早孵化時間愈短。15°C、20°C、25°C 及 30°C 的最早孵化時間分別為 8 天（n=48）、6 天（n=25）、5 天（n=132）及 3 天（n=83）。

另外，真湖蚌蟲的最長壽命大致隨溫度上升而增加。真湖蚌蟲在此四種溫度下的最長壽命則分別為 13 天（n=48）、16 天（n=25）、33 天（n=132）及 38 天（n=83），高溫（25°C 和 30°C）的最長壽命較低溫（15°C 和 20°C）的最長壽命明顯增長。

此外，我們發現，真湖蚌蟲的最早成熟年齡、最早成熟體長、及平均成熟體長卻隨溫度上升而減小。20°C 溫度下，最早成熟年齡為 9 天，最早成熟體長為 4.5 ± 1.9 mm，而平均成熟體長為 6.3 ± 0.4 mm（n=3）；25°C 時，最早成熟年齡為 8 天，最早成熟體長為 2.7 ± 1.2 mm，而平均成熟體長為 4.4 ± 0.0 mm（n=7）；30°C 時，最早成熟年齡為 6 天，最早成熟體長為 2.8 ± 1.2 mm，而平均成熟體長為 3.7 ± 0.4

mm ($n=9$)。然而， 15°C 極低溫下培養的真湖蚌蟲，不僅休眠卵不易孵化，且孵化出來的幼蟲個體較小，壽命也短，尤其，孵育過程中，未見帶卵之成熟個體。

綜合而言，四種實驗溫度中，除了 15°C 不易孵化、生長及發育之外，真湖蚌蟲在 20°C 時，孵化速率、生長速率及發育速率皆最慢，壽命則最短，但最早成熟年齡、最早成熟體長、及平均成熟體長皆可達最大值（表 2、圖 8、圖 9）。由此顯示，溫度確實會影響真湖蚌蟲的孵化、生長及發育等生活史特徵。

仔細比較後，我們發現野外採集的真湖蚌蟲之平均成熟體長，與人工 25°C 控溫孵育的平均成熟體長之間，不具顯著差異 ($p > 0.05$)；相反地，野外真湖蚌蟲的平均成熟體長，與 15°C 、 20°C 和 30°C 控溫孵育的結果，分別具有顯著差異 ($p_s < 0.01$)。由此可知，溫度會影響野生蚌蟲之孵化、生長和發育等機制，因此，溫度的調控是未來蚌蟲研究的重要課題。

在 25°C 培養箱中，我們尚孵育出體型圓鈍的貓眼蚌蟲，其生長曲線也呈 S 型，最早成熟體長與真湖蚌蟲相近，為 2.7 ± 0.5 mm ($n=2$)，但最早孵化時間、最早成熟年齡及最長壽命皆較真湖蚌蟲大，分別為 12 天、17 天及 57 天（表 2、圖 10）。此結果顯示，相同溫度下，貓眼蚌蟲的孵化速率、生長速率及發育速率皆較真湖蚌蟲慢，但壽命顯著增長。

第四章 討 論

第一節 蚌蟲的分類地位

依據光學顯微攝影和電子顯微攝影的結果，我們將兩種向天池蚌蟲的形態和構造之特徵，與文獻資料逐一比對，再加上美國學者羅傑斯博士的協助，確認圓鈍型的蚌蟲為 *Lynceus biformis*，我們稱之為貓眼蚌蟲；扁長型的蚌蟲為 *Eulimnadia sp.*，我們稱之為真湖蚌蟲。然而，真湖蚌蟲的學名有待進一步確認，利用 DNA、RNA 或蛋白質的分子鑑定工作亟待進行。

第二節 蚌蟲和豐年蟲的生活史策略

陽明山向天池是一個短暫性水池，積水期間可有效孕育真湖蚌蟲、貓眼蚌蟲和豐年蟲，這些小型鰓足類動物共同生存在這相同且不甚穩定的生態環境中，該如何獲得最佳生存之道？對於資源的取用，又該如何達成最佳分配原則？在這共享的時空中，其種間關係究竟如何？我們可由這些小型鰓足類動物的生活史策略中，一窺究竟。

首先，向天池的豐年蟲和蚌蟲之生存曲線皆呈倒 J 型（data not shown），兩者在生殖上，主要採 r 策略；也就是說，這一類生物通常生活在不穩定的環境中，為了增加族群存活的機率，所產生的窩卵數及子代數較多。

此外，向天池的湖沼枝額蟲在連續大雨所造成的持久性積水中，或在實驗室內長期培養時，其生長曲線呈階梯型，即雙 S 型¹⁹；然而，向天池的真湖蚌蟲和

¹⁹ 周蓮香、黃祥麟（2004）。陽明山國家公園湖沼枝額蟲（*Branchinella kugenumaensis*, Ishikawa）之生活史研究。內政部營建署陽明山國家公園管理處。

貓眼蚌蟲在上述之野外環境或人工孵育下，不論池水或缸水維持多久，僅表現單一 S 型曲線。

再者，我們發現，於相同溫度、相同環境中，向天池湖沼枝額蟲、真湖蚌蟲和貓眼蚌蟲在種間的物候（phenology）時程上，也有顯著不同。通常真湖蚌蟲最先出現，數量上快速增加，並於加水後四、五天，快速成長，很快達到性成熟階段，迅速完成生活史。接下來，豐年蟲逐漸成長，達性成熟後，將能量大量用於交配及產卵，此時體長幾乎維持不變；產卵之後，體長再度增加，直到第二次產卵時，體長又維持一定，呈雙 S 型曲線（biphasic sigmoidal curve），即階梯型曲線，較晚完成生活史。另外，在湖沼枝額蟲進行第一階段的 S 型生長時，可見貓眼蚌蟲伴隨出現，牠們生長快速，很快到達性成熟年齡，且迅速完成生活史。

仔細端看向天池湖沼枝額蟲、真湖蚌蟲和貓眼蚌蟲的生長曲線，我們發現 25°C 和 30°C 時，真湖蚌蟲的單 S 型生長曲線符合甘柏茲模式（Gompertz model）²⁰，牠們很快達性成熟，即最早成熟年齡較小，顯示幼蟲時期的生長速率較快。然而，湖沼枝額蟲的雙 S 型生長曲線和貓眼蚌蟲的單 S 型生長曲線較符合貝特蘭菲模式（Bertalanffy model）²¹，牠們較慢達性成熟，即最早達成熟年齡較大，顯示幼蟲時期的生長速率較慢。

很有趣的是，在溫度對向天池蚌蟲生長速率之影響的實驗中，我們分別繪製 15°C、20°C、25°C 和 30°C 下真湖蚌蟲的生長曲線。除了 15°C 由於溫度太低，不適合真湖蚌蟲生存、生長與生殖之外，我們發現真湖蚌蟲在 20°C 的生長曲線較符合貝特蘭菲模式，其幼蟲生長速率最大的階段，符合其最早成熟年齡，表示真

²⁰ Lopez, S., France, J., Gerrits, W. J., Dhanoa, M. S., Humphries, D. J., and Dijkstra, J. (2000). A generalized Michaelis-Menten equation for the analysis of growth. *J. Anim. Sci.* 78: 1816-1828.

²¹ Cloern, J. E. and Nichols, F. H. (1978). A von Bertalanffy growth model with a seasonally varying coefficient. *J. Fish. Res. Board Can.* 35: 1479-1482.

湖蚌蟲在 20°C 的環境下，個體於最佳生長與發育的生理狀態下，可同時投資能量於生殖成功上。一旦溫度上升至 25°C 或 30°C 時，真湖蚌蟲的生長曲線則較符合甘柏茲模式，其幼蟲生長速率最大的時期，尚未到達性成熟階段；牠們將生長至最大體長時，才展現性成熟，表示真湖蚌蟲在較高溫度下，個體採取生長發育接近完全時，才投資能量於生殖成功上。如此一來，向天池的真湖蚌蟲在環境溫度改變時，可微調其生長及生殖策略，更有效達到生態共存的目標。

此外，2006 年 7 月碧利斯颱風期間，向天池中有湖沼枝額蟲及真湖蚌蟲，卻未發現貓眼蚌蟲；同時，人工孵育的控溫實驗中，我們僅由 25°C 獲得貓眼蚌蟲的生長曲線，卻不見 15°C、20°C 及 30°C 中有貓眼蚌蟲生長。我們的團隊於 1991 年進行向天池生態調查時，即發現池中有湖沼枝額蟲和真湖蚌蟲，當時未見貓眼蚌蟲；2004~2005 年，周&黃完成向天池中湖沼枝額蟲的族群生態研究，並訝異地發現另一種蚌蟲的存在，即貓眼蚌蟲。我們不禁好奇貓眼蚌蟲的生態地位、發生與演化，包括生長、發育與生殖的機制，尤其是牠們與湖沼枝額蟲和真湖蚌蟲之間的類緣關係。

向天池的湖沼枝額蟲、真湖蚌蟲和貓眼蚌蟲各自具有獨特的生活史特徵，其間關係很微妙，然而許多機制尚不明確，值得深入探討；這三種生物的生長及生殖策略顯著不同，也許正因為如此，使三者之間藉由區位分化（niche differentiation）之原理，得以在共域環境中經長期共存而演化。

第三節 建議

一、陽明山向天池的保育策略—立即可行的建議

陽明山的向天池是台北市民假日登山旅遊的熱門景點，承受極大的旅遊壓力。當池水乾涸後，常見許多善男信女在池心大石頭處燒香膜拜，雖然目前尚未證實向天池蚌蟲為台灣特有的生物，但焚燒金紙的結果，仍會造成向天池蚌蟲承受水質污染的隱憂，建議應有所規範。

二、教育與學術上的價值—中長期建議

向天池的豐年蟲與蚌蟲由於生活史短，且容易觀察，是很好的生物科學習教材，尤其兩者的種間關係與其特殊的生殖模式，極適合中長期研究與觀察，在學術價值上的潛力很高。

三、未來研究方向—中長期建議

陽明山向天池蚌蟲有兩種，一種為貓眼蚌蟲，一種為真湖蚌蟲，兩者的生長模式在不同溫度下有些許差異；再加上向天池水中的豐年蟲，三者的生存策略相異其趣，如何在相同生態環境中共存，值得長期觀察。尤其，牠們的生殖策略也不相同，其孵育機制亟待進一步研究。

參考文獻

1. Cloern, J. E. and Nichols, F. H. (1978). A von Bertalanffy growth model with a seasonally varying coefficient. *J. Fish. Res. Board Can.* 35: 1479-1482.
2. Hollenbeck, V. G., Weeks, S. C., Gould, W. R., and Zucker, N. (2002). Maintenance of androdioecy in the freshwater shrimp *Eulimnadia texana*: sexual encounter rates and outcrossing success. *Behavioral Ecology*, 13(4): 561-570.
3. Lopez, S., France, J., Gerrits, W. J., Dhanoa, M. S., Humphries, D. J., and Dijkstra, J. (2000). A generalized Michaelis-Menten equation for the analysis of growth. *J. Anim. Sci.* 78: 1816-1828.
4. Martin, J. W. and Boyce, S. L. (2004). Crustacea: non-cladoceran Branchiopoda. *Freshwater Invertebrates of the Malaysian Region*, 284-297.
5. Martin, J. W., Felgenhauer, B. E., and Abele, L. (1986). Redescription of the clam shrimp *Lynceus gracilicornis* (Packard) (Branchiopoda, Conchostraca, Lynceidae) from Florida, with notes on its biology. *Zoologica Scripta*, 15(3): pp. 221-232.
6. Martinez-Pantoja, M. A., Alcocer, J., and Maeda-Martinez A. M. (2002). On the Spinicaudata (Branchiopoda) from Lake Cuitzeo, Michoacán, México: First report of a clam shrimp fishery. *Hydrobiologia*, 486, 207-213.
7. Olesen, J. (1998). A phylogenetic analysis of the Conchostraca and Cladocera (Crustacea, Branchiopoda, Diplostraca). *Zool. J. Linn. Soc.*, 122: 491-536.
8. Olesen, J. (2005). Larval development of *Lynceus brachyurus* (Crustacea, Branchiopoda, Laevicaudata): redescription of unusual Crustacean nauplii, with special attention to the molt between last nauplius and first juvenile. *J. Morphol.*, 264:131-148.

9. 周蓮香、黃祥麟 (2004)。陽明山國家公園湖沼枝額蟲 (*Branchinella kugenumaensis*, Ishikawa) 之生活史研究。內政部營建署陽明山國家公園管理處。
10. 周蓮香、黃祥麟 (2005)。陽明山國家公園湖沼枝額蟲 (*Branchinella kugenumaensis*, Ishikawa) 之族群生態研究。內政部營建署陽明山國家公園管理處。
11. 林曜松、周蓮香 (1991)。豐年蝦生態之調查研究。內政部營建署陽明山國家公園管理處。
12. 梁象秋、方紀祖、楊和荃編著 (1998)。Aquatic biology, 水生生物學—形態與分類, 第 464~646 頁。台北市: 水產出版社。

Class 綱	Order 目	Suborder 亞目	Family 科	Genus 屬	Species 種
Branchiopoda Latreille, 1817 總足綱	Anostraca Sars, 1867 無甲目	---	Chirocephalidae Daday, 1910 豐年蟲科	<i>Chirocephalus</i> 豐年蟲屬	● <i>Chirocephalus nankinensis</i> 南京豐年蟲
	● 有眼柄 ● 無頭胸甲	---	Thamnocephalidae Simon, 1886 釵額蟲科	<i>Branchinella</i> 枝額蟲屬	● <i>Branchinella kugenumaensis</i> 湖沼枝額蟲
	Diplostraca Gerstaecker, 1866 雙(倍)甲目	Laevicaudata Linder, 1945 平尾亞目	Lynceidae Baird, 1845 Stebbing, 1902 貓眼蚌蟲科 (銳眼蟲科)	<i>Lynceus</i> Muller, 1776 貓眼蚌蟲屬 (銳眼蟲屬)	● <i>Lynceus brachyurus</i> (Holarctic/Lentil clam shrimp) 貓眼蚌蟲；扁豆蚌蟲；丹澳貓眼蚌蟲 in Denmark, Australia 4mm ● <i>Lynceus gracilicornis</i> Packard, 1871 Texas(1 st record), North Florida 德佛貓眼蚌蟲 6mm, 密度 320/m ² , live 3 weeks in lab copulation 5min, carrying 200 eggs
	Choncostraca 蚌(貝)甲類 (平尾+棘尾) and Cladoceromorpha 枝形類 (環甲+枝角)	● 頭胸甲側面圓厚 殼軸內陷 無生長線 ● 尾節無棘 與頭胸甲平齊	● 雄性有一對執握器		
	● 無眼柄 ● 頭胸甲為雙瓣型 ● 第二對觸角為雙肢型	Spinicaudata Linder, 1945 棘尾亞目	Limnadiidae Baird, 1849 真湖蚌蟲科 淡水蟲科	<i>Eulimnadia</i> 真湖蚌蟲屬 真淡水蟲屬	● <i>Eulimnadia agassizii</i> (Agassiz's clam shrimp) 阿格西真湖蚌蟲 6(~9)mm, 4~5 生長線, 卵形 ● <i>Eulimnadia braueriana</i> (Japanese clam shrimp) 日本真湖蚌蟲 7 nauplii nauplius 4: bifid antennae nauplius 5: a pair of carapace lobes ● <i>Eulimnadia marplest</i> 紐西蘭真湖蚌蟲 ● <i>Eulimnadia texana</i> 美墨真湖蚌蟲 8mm
		● 頭胸甲側面扁薄 殼軸平褶 有生長線且明顯 ● 尾節有棘 露於頭胸甲外	● 頭部具有額突器 ● 雄性有兩對執握器 ● 雌性第一對觸角非管狀 ● 不完全在頭胸甲內發育		

表 1. 本研究相關之總足綱動物的分類表

表 2

名稱	環境因子		生長				生殖				
			模式	樣本數 (次)	最長壽命 (天)	最早孵化時間 (天)	最初的個體數 (隻)	最早成熟年齡 (天)	最早成熟體長 (mm)	平均成熟體長 (mm)	成熟的個體數 (隻)
真湖蚌蟲	野外採集	2006年7月 碧利斯颱風 (23.5°C)	B	1	9	5	~30	8	4.4±0.2	—	2
		2006年9月 超大豪雨 (20.6°C)	B	1	18	5	~30	10	4.5±0.2	4.5±0.1	5
	人工孵育	15°C	—	4	13	8	48	—	—	—	0
		20°C	B	4	16	6	25	9	4.5±1.9	6.3±0.4	3
		25°C	G	4	33	5	132	8	2.7±1.2	4.4±0.0	7
		30°C	G	2	38	3	83	6	2.8±1.2	3.7±0.4	9
	貓眼蚌蟲	野外採集	2006年7月 碧利斯颱風 (23.5°C)	—	—	—	—	—	—	—	—
2006年9月 超大豪雨 (20.6°C)			B	1	16	5	~30	16	2.8±0.3	3.0±0.1	3
人工孵育		15°C	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		20°C	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		25°C	B	4	57	12	8	17	2.7±0.5	2.8±0.3	2
		30°C	—	—	—	—	—	—	—	—	—

表 2. 比較真湖蚌蟲和貓眼蚌蟲的生長與生殖
(B 表示貝特蘭菲模式，G 表示甘柏茲模式)



圖 1. 陽明山國家公園分區示意圖
 (圖片來源：陽明山國家公園網頁)

圖 2、圖 3

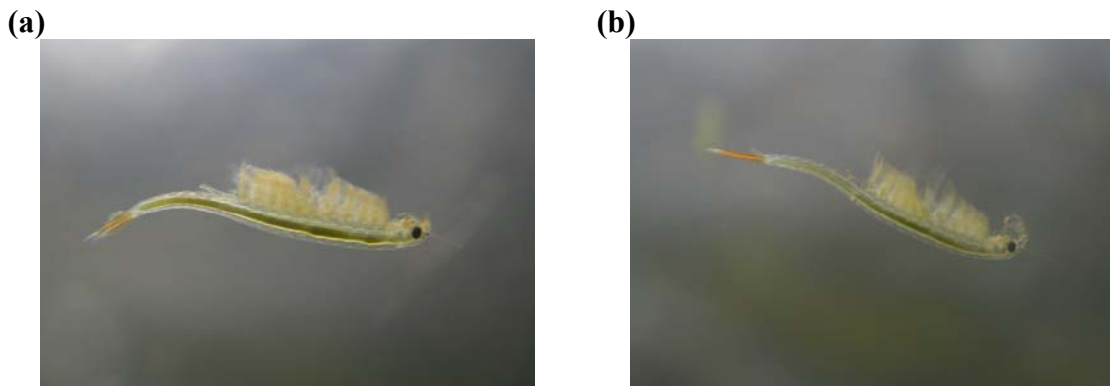


圖 2. 湖沼枝額蟲 (a)雌性成蟲 (b)雄性成蟲
(圖片來源：周&黃, 2004)

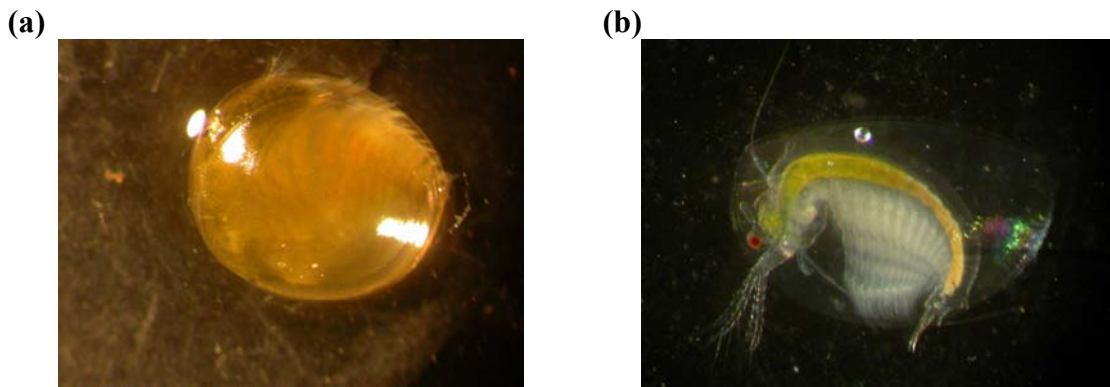


圖 3. 兩種向天池的蚌蟲 (a)貓眼蚌蟲 (b)真湖蚌蟲

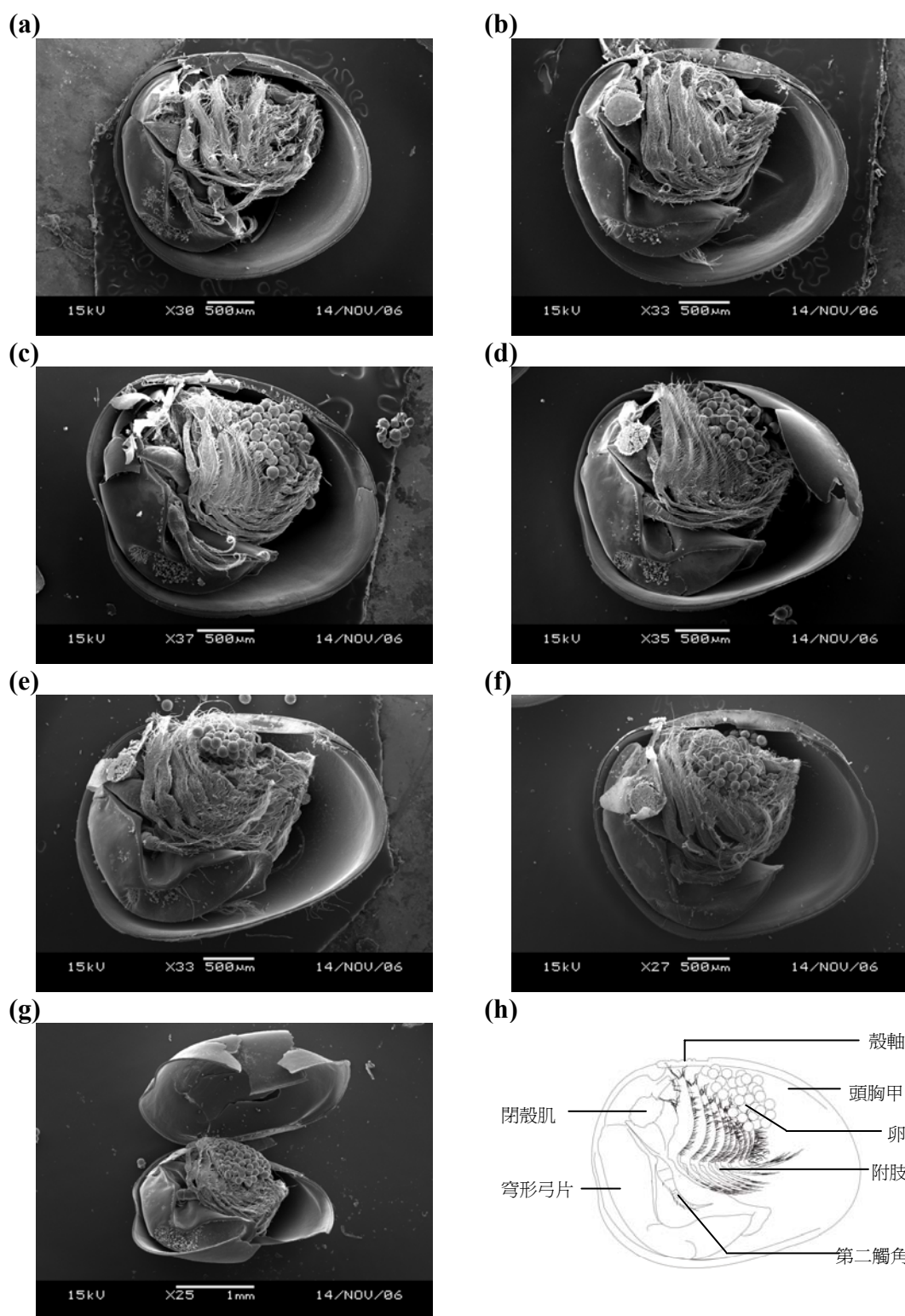


圖 4. 貓眼蚌蟲的掃描式電子顯微照片 (SEM) (a)~(g)成蟲 (h)模式圖

圖 5

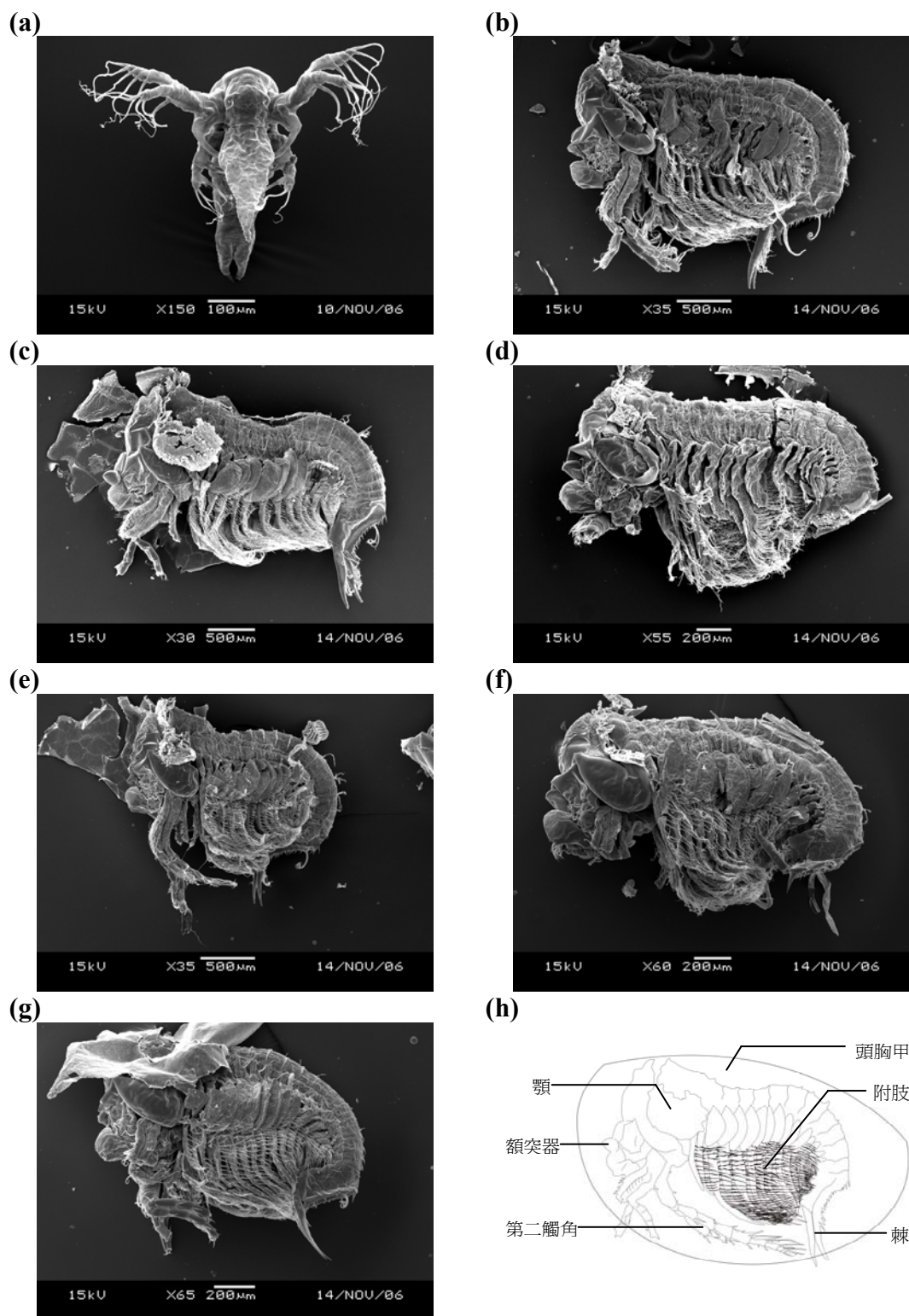


圖 5. 真湖蚌蟲的掃描式電子顯微照片 (SEM)
(a)無節幼蟲 (b)~(g)成蟲 (h)模式圖

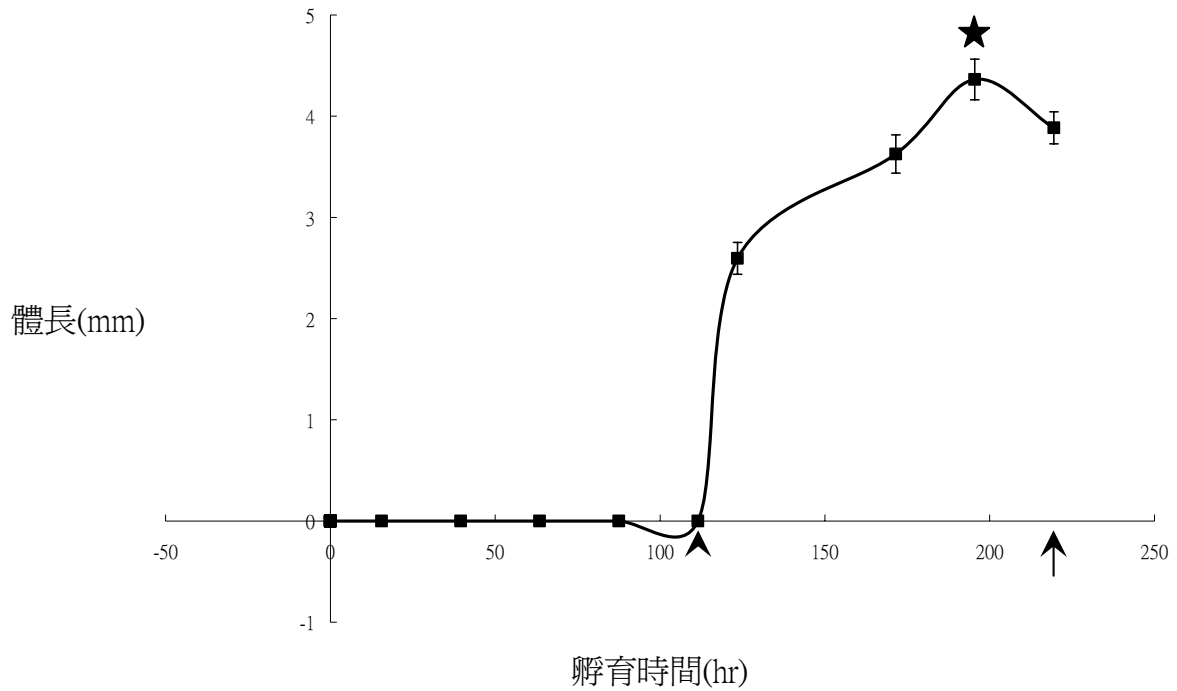
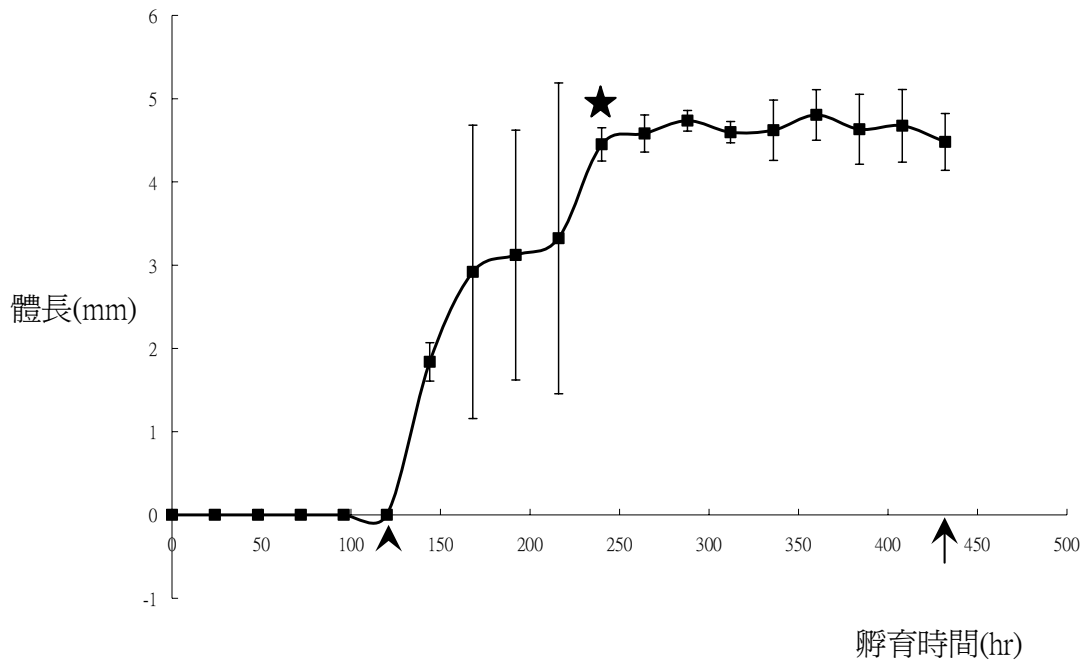


圖 6. 2006 年 7 月份碧利斯颱風時真湖蜉蟲的生長曲線 (n 表示個體數，體長以(平均體長±標準偏差)表示，箭頭表示最早孵化時間(EHT = 5 天, n = ~30)，箭號表示最長壽命(LL = 9 天, n = ~30)，星號表示最早成熟年齡(EASM = 8 天, n = 2)，此時體長為最早成熟體長(ELSM = 4.4 ± 0.2 mm, n = 2))

圖 7

(a)



(b)

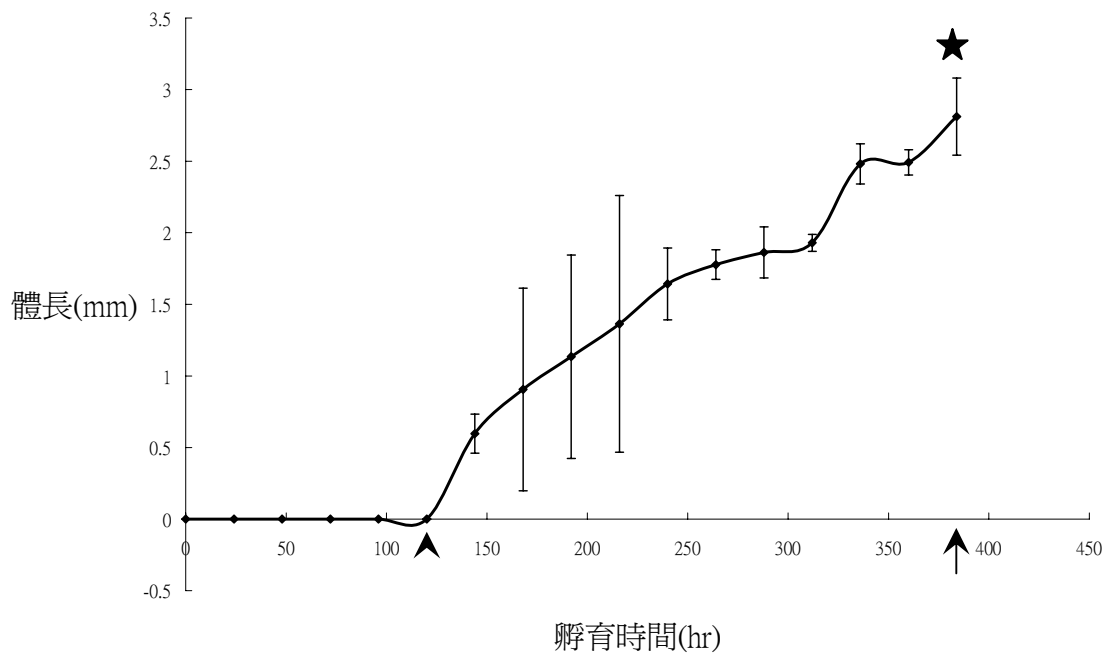
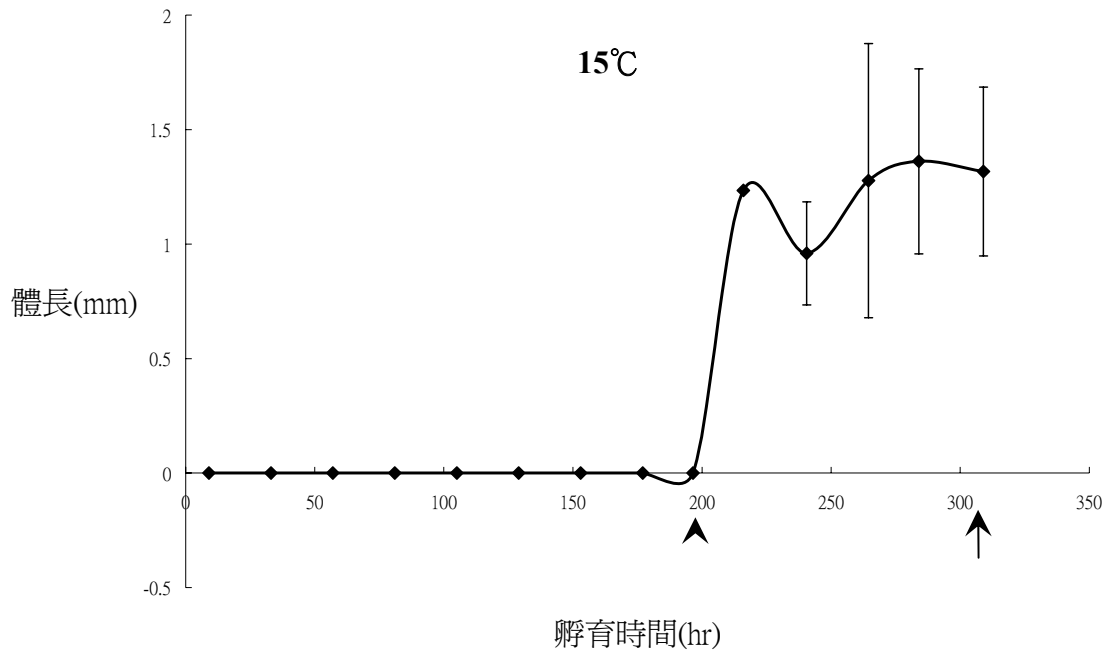


圖 7. 2006 年 9 月份超大豪雨時蚌蟲的生長曲線

(a)真湖蚌蟲 (n 表示個體數，體長以(平均體長±標準偏差)表示，箭頭表示最早孵化時間(EHT = 5 天, n = ~30)，箭號表示最長壽命(LL = 18 天, n = ~30)，星號表示最早成熟年齡(EASM = 10 天, n = 5)，此時體長為最早成熟體長(ELSM = 4.5 ± 0.2 mm, n = 5))

(b)貓眼蚌蟲 (n 表示個體數，體長以(平均體長±標準偏差)表示，箭頭表示最早孵化時間(EHT = 5 天, n = ~30)，箭號表示最長壽命(LL = 16 天, n = ~30)，星號表示最早成熟年齡(EASM = 16 天, n = 3)，此時體長為最早成熟體長(ELSM = 2.8 ± 0.3 mm, n = 3))

(a)



(b)

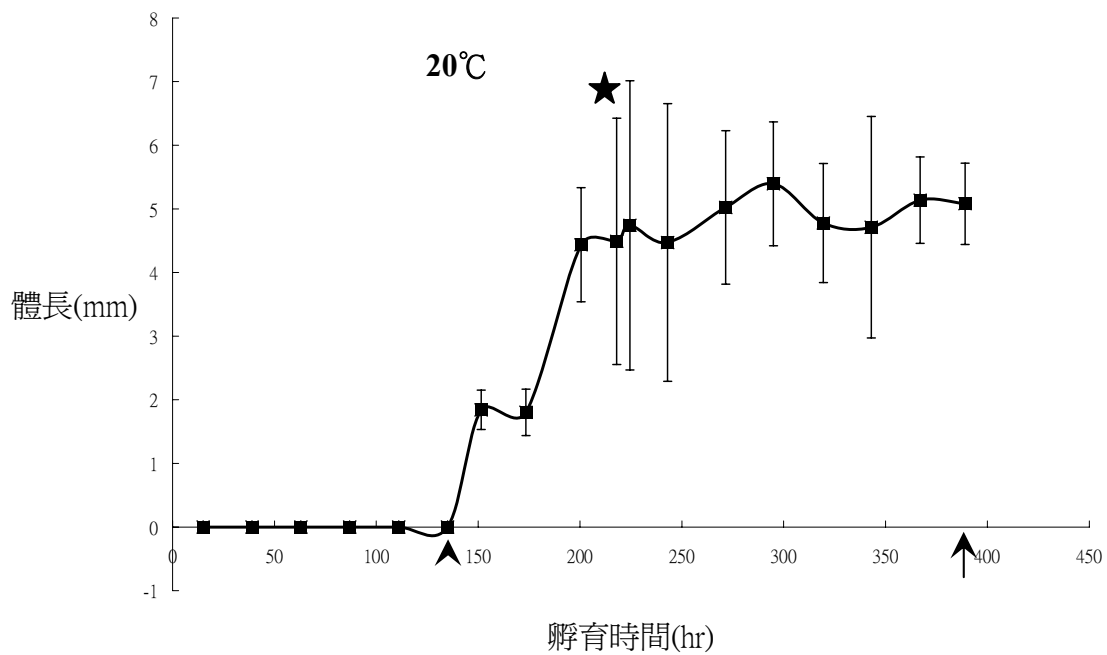


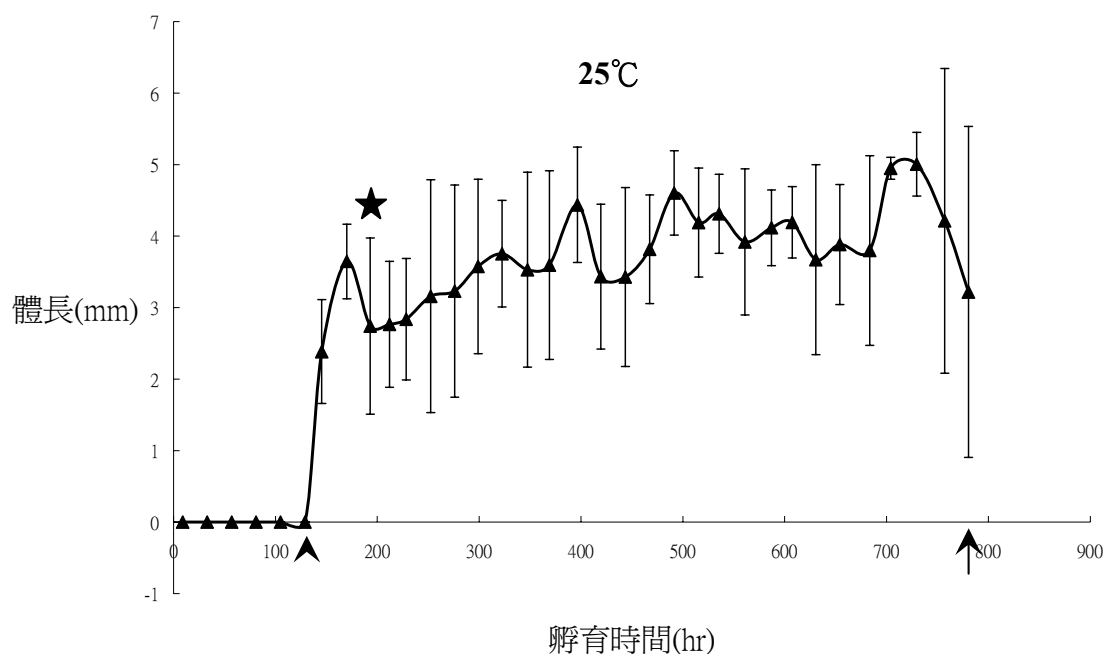
圖 8. 人工孵育時真湖蜉蟻的生長曲線

(a) 15°C (n 表示個體數, 體長以(平均體長±標準偏差)表示, 箭頭表示最早孵化時間(EHT = 8 天, n = 48), 箭號表示最長壽命(LL = 13 天, n = 48), 未發現性成熟個體)

(b) 20°C (n 表示個體數, 體長以(平均體長±標準偏差)表示, 箭頭表示最早孵化時間(EHT = 6 天, n = 25), 箭號表示最長壽命(LL = 16 天, n = 25), 星號表示最早成熟年齡(EASM = 9 天, n = 3), 此時體長為最早成熟體長(ELSM = 4.5±1.9 mm, n = 3))

圖 8(續)

(c)



(d)

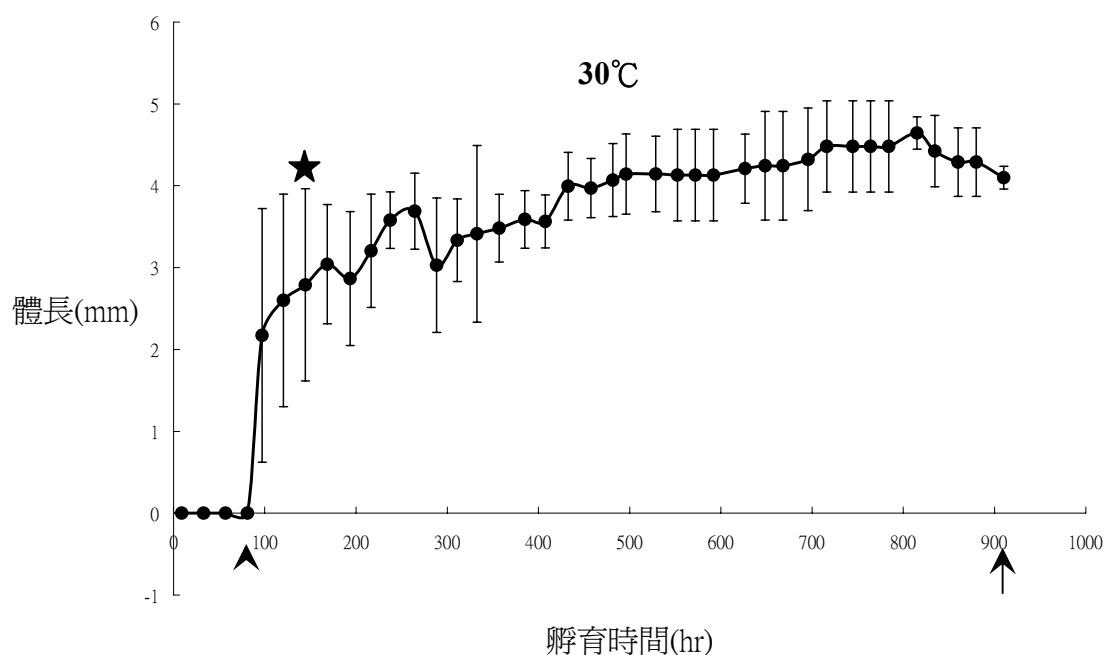
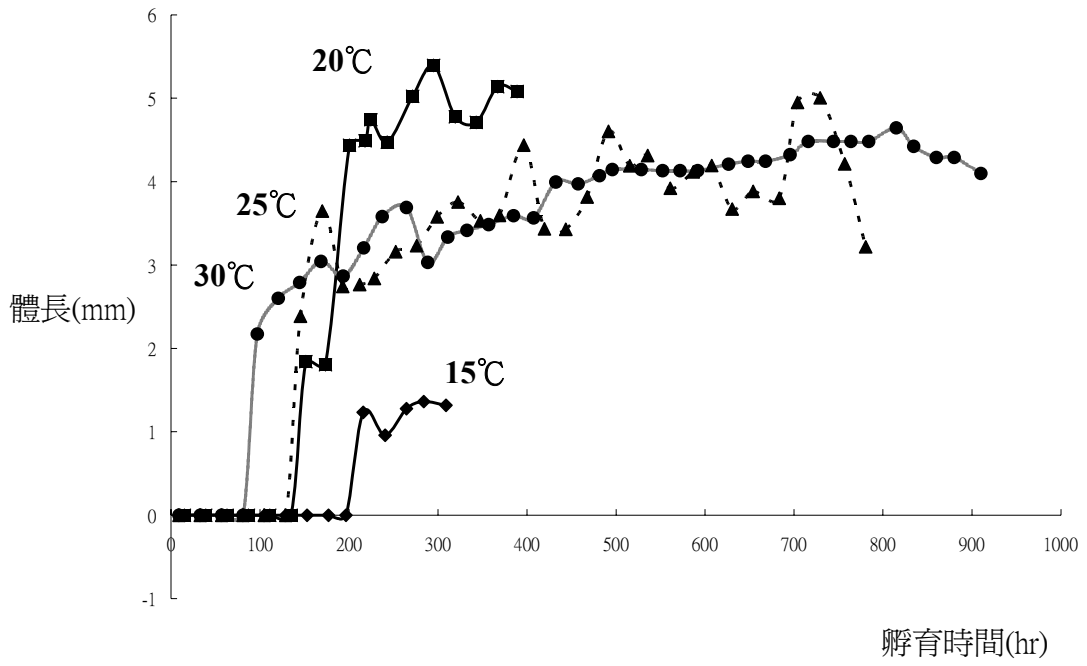


圖 8. 人工孵育時真湖蜉蟻的生長曲線 (續)

(a) 25°C (n 表示個體數, 體長以(平均體長±標準偏差)表示, 箭頭表示最早孵化時間(EHT = 5 天, n = 132), 箭號表示最長壽命(LL = 33 天, n = 132), 星號表示最早成熟年齡(EASM = 8 天, n = 7), 此時體長為最早成熟體長(ELSM = 2.7 ± 1.2 mm, n = 7))

(b) 30°C (n 表示個體數, 體長以(平均體長±標準偏差)表示, 箭頭表示最早孵化時間(EHT = 3 天, n = 83), 箭號表示最長壽命(LL = 38 天, n = 83), 星號表示最早成熟年齡(EASM = 6 天, n = 9), 此時體長為最早成熟體長(ELSM = 2.8 ± 1.2 mm, n = 9))

(a)



(b)

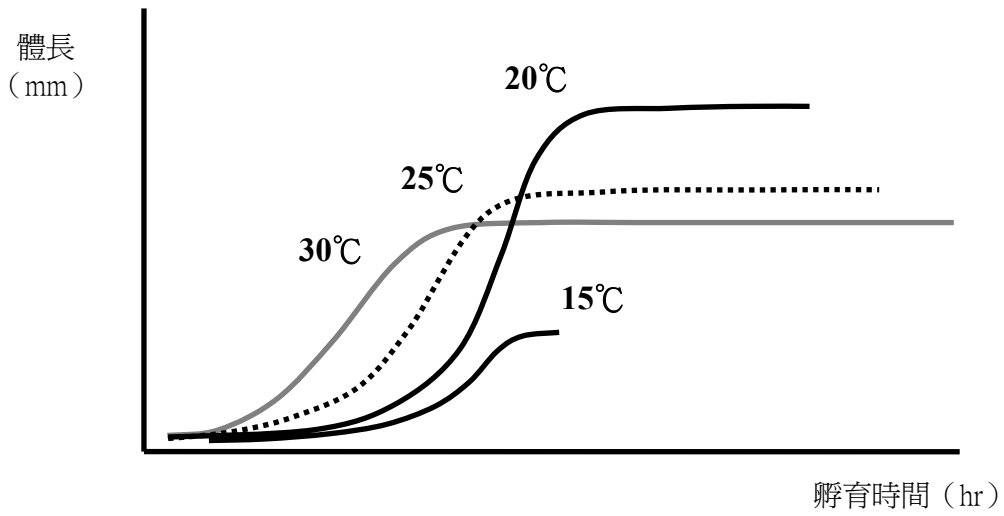


圖 9. 比較不同溫度對真湖蚌蟲生長速率的影響 (a)實驗值 (b)模式圖

圖 10

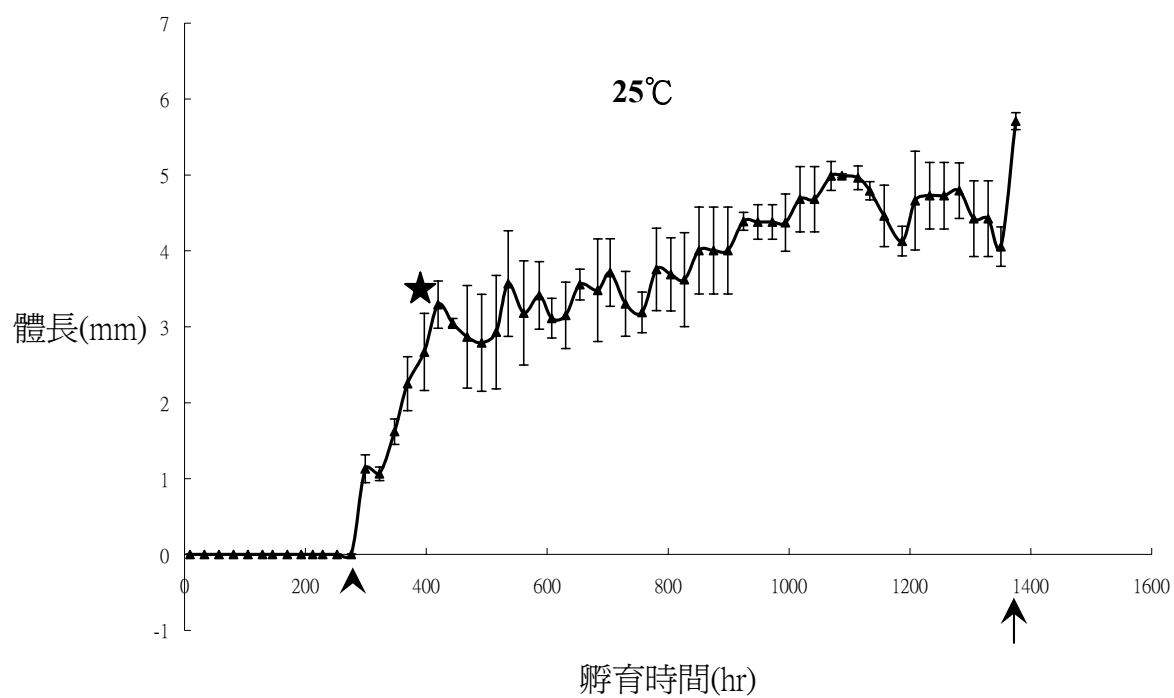
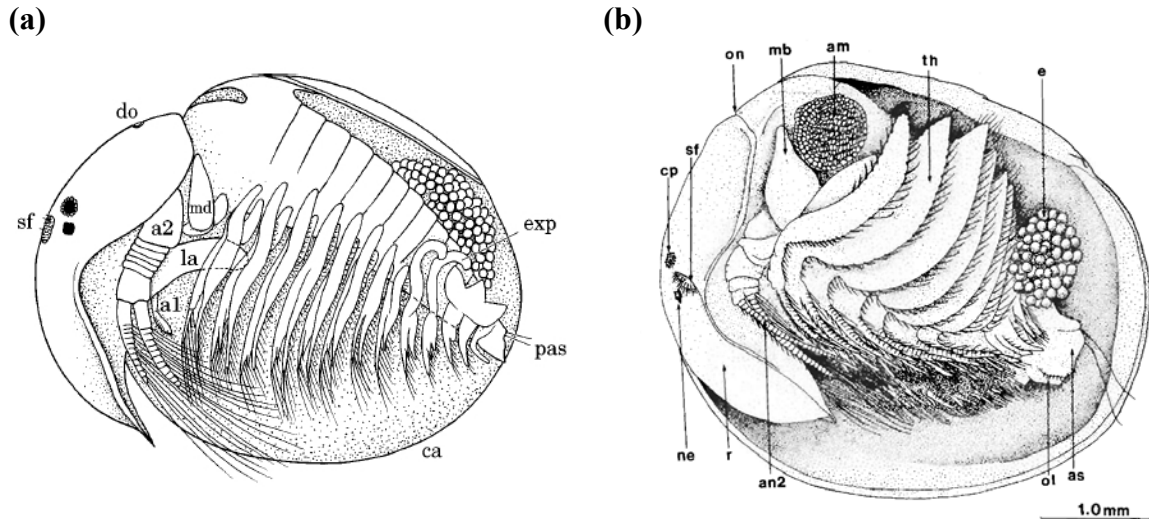
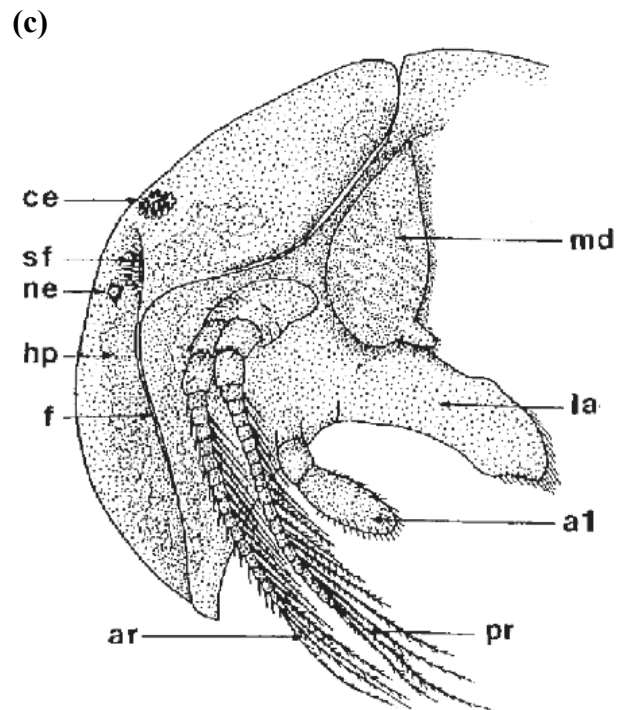


圖 10. 人工孵育時貓眼蚌蟲的生長曲線 (25°C) (n 表示個體數，體長以(平均體長±標準偏差)表示，箭頭表示最早孵化時間(EHT = 12 天, n = 8)，箭號表示最長壽命(LL = 57 天, n = 8)，星號表示最早成熟年齡(EASM = 17 天, n = 2)，此時體長為最早成熟體長(ELSM = 2.7±0.5 mm, n = 2))



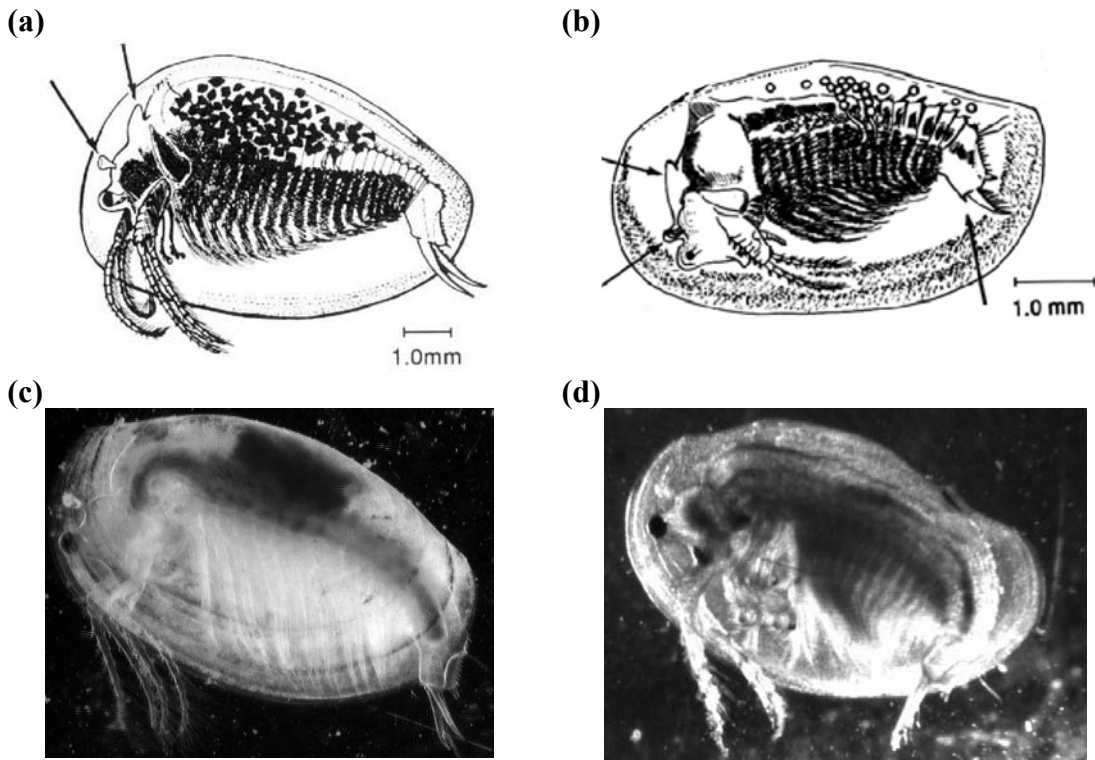
Abbreviations

- a1: first antenna
- ar: anterior ramus of second antenna
- ce: compound eye
- do: dorsal organ
- f: fornix (supportive ridge of rostrum)
- hp: hepatopancreas
- la: labrum
- md: mandible
- ne: naupliar eye
- pr: posterior ramus of second antenna
- rs: rostral seta
- sf: setal field



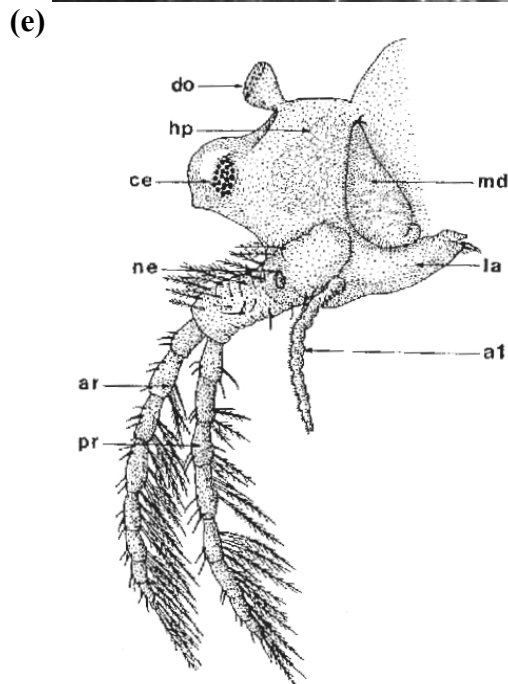
附錄 1. 貓眼蚌蟲科的代表動物

- (a) *Lynceus brachyurus* (丹澳貓眼蚌蟲)
- (b) *Lynceus gracilicornis* (德佛貓眼蚌蟲)
- (c) 貓眼蚌蟲科的重要分類特徵 (圖為 *Lynceus gracilicornis*，德佛貓眼蚌蟲)
(圖片來源：Martin et. al., 1986；Olesen, 1998)



Abbreviations

- a1:** first antenna
- ar:** anterior ramus of second antenna
- ce:** compound eye
- do:** dorsal organ
- f:** fornix (supportive ridge of rostrum)
- hp:** hepatopancreas
- la:** labrum
- md:** mandible
- ne:** naupliar eye
- pr:** posterior ramus of second antenna
- rs:** rostral seta
- sf:** setal field



附錄 2. 真湖蚌蟲科的代表動物

(a)*Limnadia lenticularis* (歐美真湖蚌蟲) (b)*Eulimnadia agassizii* (美東真湖蚌蟲)
 (c)*Eulimnadia texana* (德州真湖蚌蟲)之雌雄同體 (d)*Eulimnadia texana* (德州真湖蚌蟲)之雄性個體 (e)真湖蚌蟲科的重要分類特徵 (圖為 *Limnadia lenticularis* , 歐美真湖蚌蟲) (圖片來源：www.status.ma.us/dfwele/dfw/nhesp ; Hollenbech et al., 2002 ; Martin and Boyce, 2004)

KEY TO THE FAMILIES OF CONCHOSTRACA (CLAM SHRIMPS)	
1. Carapace valves without growth lines; inflated and nearly spherical. Pair of sensory fields on either side of rostral carina. First pair of thoracopods in male modified as claspers; second pair of thoracopods not modified, or if modified not as functional claspers. Dorsal joining of carapace valves recessed, appearing hinge-like. Caudal end lacking spines or spine-like caudal furca	LYNCEIDAE
- Carapace valves with obvious growth lines; valves laterally compressed, never inflated or nearly spherical. No paired sensory fields on either side of rostral carina. First, or first and second, thoracopods in male modified as claspers. Dorsal joining of carapace valves not recessed, appearing instead as a flat, simple fold. Caudal end with well developed spines and caudal furca	2
2. Rostrum compressed, bladelike, lacking a fornix (supportive fold or ridge on either side of rostrum)	3
- Rostrum not compressed or bladelike, and with well developed fornix on either side of rostrum	4
3. First antenna of female tubular, with setation restricted to distal tip. First male thoracopod modified as clasper; second male thoracopod unmodified. Head without stalked dorsal organ protruding anterodorsally. Embryos carried within valves of carapace	CYCLESTHERIIDAE: <i>Cyclestheria</i>
- First antenna of female not tubular, instead composed of lobes, with setation occurring on lobes and not restricted to tip. First and second male thoracopods modified as claspers. Head with obvious stalked dorsal organ protruding anterodorsally (though reduced in genera <i>Imnadia</i> and <i>Metalimnadia</i>). Eggs, often elaborately sculptured, carried on female thoracopods but shed upon dying; development never taking place within confines of carapace valves	LIMNADIIDAE
4. Distal extremity of rostrum bearing acute rostral spine in both sexes in adult	LEPTESTHERIIDAE
- Distal extremity of rostrum without acute rostral spine in adults	CYZICIDAE

附錄 3. 雙甲目動物的檢索表 (資料來源: Martin and Boyce, 2004)

書名：陽明山國家公園向天池蚌蟲之分類學鑑定
及溫度對其生長速率的影響
著者：周蓮香、黃婉萍、黃祥麟
出版機關：內政部營建署陽明山國家公園管理處
地址：台北市士林區竹子湖路1-20 號
電話：(02)2861-3601
網址：<http://www.ymsnp.gov.tw>
出版年月：中華民國九十五年十二月
版次：初版
工本費：新台幣100元整