

頭足類之蓄養設施介紹

張可揚、王凱毅、陳瑞谷、陳人平、吳繼倫

水產試驗所海洋漁業組

前言

頭足類屬於軟體動物門，特徵為數對腕足由頭部延伸出去，依形態特徵分為三大類：(1)最古老而仍保有外殼的鸚鵡螺；(2)具四對腕足及一對觸手的烏賊、魷魚；(3)只有四對腕足的章魚。其體表皆具有表神經直接控制的不同色素細胞，可於極短時間內依據環境背景色彩及生理反應改變體表顏色與花紋，達到展示 (display)、偽裝與溝通的目的 (圖 1)。頭足類現生約有 700 種，全部生活在海洋。除了少數種類外，胴體無外殼保護，由於已無外殼，更為敏捷，成為成功的掠食者。除無外殼外，頭足類與其他軟體動物不同處還有其神經系統具有巨大的神經索



圖 1 頭足類體色的變化，被認為具有溝通的功能

(giant axon) 與類似脊椎動物大腦功能的神經節，是海洋無脊椎動物中最聰明的種類。頭足類擁有的巨大神經索、學習能力、多變外型及體表快速的色彩變化與個體間的溝通，成為神經生理學、心理學與動物行為學極佳的研究材料。此外，目前全球的漁業資源多已呈現過漁狀態，頭足類是少數仍可增加利用的漁業資源之一。以台灣主要遠洋漁業之一——阿根廷魷漁業為例，其主要漁場分布於阿根廷及福克蘭群島海域，曾為我國單種漁獲產量最多的種類 (童，2000)，為台灣帶來巨大的經濟效益。雖然如此，至今我們對頭足類在生活史、族群結構、捕食關係及漁業資源評估等方面的了解依然有限。由於頭足類有極佳的視覺、運動能力與夜間活動的習性，因此很難在野外自然狀況下對其進行直接與詳細的觀察 (Boletzky & Hanlon 1983)。如何在實驗室蓄養與維持頭足類動物的生存，進而發展出頭足類的養殖系統，就成為頭足類研究的重要課題之一。

養殖系統

一般而言，在實驗室所進行的蓄養，因為持續時間的不同，可分為三類 (Boletzky & Hanlon, 1983)：(1)維持：主要是指在生活史的某一階段開始加以養殖，然未持續到下

一階段。例如對幼年期與成體的養殖，但不會持續到性成熟或是產卵，通常是短期的養殖。(2)培育：指較長期而持續數個生活史時期的飼養，例如將其由卵孵化，並一直飼養至性成熟，但並未產生下一代。(3)養殖：指完整世代的飼養，至少從孵化開始，一直飼養到性成熟，交配，產卵與孵化，並將下一代飼養至眼睛可見的大小為止。

之所以有這樣的差別，主要在於不同實驗需求與飼養技術。例如進行捕食行為或個體間通訊行為的研究，只需在實驗進行期間，維持頭足類成體的活存即可，不會觸及培育或養殖。相對的，如果是要進行生活史的研究，則勢必有培育或養殖的需求了。另一方面，由於我們對多數頭足類食性了解依然有限，餌料準備困難，因此在實驗室中也只能維持牠們生活數月甚至幾天，當然稱不上是培育或養殖。

維持飼養水生生物時，最重要的環節在於水中物理與生物環境的純淨與恆定，並盡力創造一個與自然狀況接近的環境。就物理環境來說，需維持一定的溫度、鹽度、酸鹼度、溶氧量、無機礦物與微量元素的含量等等。而就生物環境而言，則是儘量降低水中氨 (NH_3)、硝酸鹽 (NO_3) 與亞硝酸鹽 (NO_2) 等廢棄物的含量。此外海水環境又較淡水環境來的複雜，需要控制的因素更多，再加上海洋生物對於環境的耐受度與抗壓性又較淡水生物為低，極易因環境變動而死亡，因此維持一恆定的環境更為重要。以頭足類而言，Boletzky 與 Hanlon (1983) 指出，頭足類需要大量潔淨、高含氧的海水，且需維持在極小的鹽度變化範圍。雖然有些種類對於硝

酸鹽等生物環境的變化耐受性較高，但依據 Spotte (1979) 的建議，對於所有海洋生物而言，飼育環境中的氨含量需低於 0.10 mg/L ，亞硝酸需低於 0.10 mg/L ，硝酸鹽需低於 20.00 mg/L 。

頭足類對於飼育空間的要求，目前尚未完全清楚 (Boletzky & Hanlon, 1983)，但就為維持系統穩定而言，盡可能提供較大的飼育空間是必須的。因為大型飼育系統的生物因子較易維持穩定，而每一個頭足類個體也有較佳的機會得到其生活所需的最小水體積 (Boletzky & Hanlon, 1983)。一般而言，底棲性的物種需要的空間較小，可以飼養在小型的水槽中 (圖 2)，但由於頭足類有同類相殘 (cannibalism) 的習性，因此應避免將大小差異太多的個體養在一起，一個解決的辦法是在一個大型水槽中，分隔出許多次級的小空間，每一單位飼養一隻個體 (圖 3)，其間水流保持流通，如此一來既可維持整體水量，也可避免個體間的互食，此外也可以提高餵食時，較小個體的捕食效率。相對的，對於遠洋的浮游性的物種，就需要較大的空間，以供其洄游。此時最好選擇大的圓形飼育槽，以避免產生水流的死角，並減低個體被擠在角落死亡的意外發生。但不論是何種養殖形式都必須加蓋，以避免飼育個體脫逃。

依據以上的需求，根據海水的來源區分，頭足類的飼養方式可以分為下列兩種系統：

一、開放式系統

在過去，由於飼養科技尚不發達，飼養者較難維持一定優質的海水，所以只能靠不斷的換水來補充養殖技術的欠缺。而所謂開



圖 2 如果水質良好，60 cm 的標準缸即可飼育外套膜長 10 cm 左右的章魚



圖 3 被分隔飼養的小個體，可增加餵食的效率，也可以避免同類相殘的事件

放式飼養，就是在於其不斷的以新鮮海水注入飼養槽，作為水質維持的手段。因為不斷的補充更換海水，所以飼育環境的水質得以維持在極佳的狀態，也就是極低量的亞硝酸鹽含量。但這樣的飼養方式多是以靠近海邊的實驗室為主，由於佔地利之便，可以取得源源不絕的海水。開放式飼養對於飼育槽本身的過濾要求不高，只需在引入海水時，簡單的濾除大型的有機碎屑即可 (Boletzky &

Hanlon, 1983)。此一飼養方式對於海水中含氮廢物的控制極為便利，因為不斷地換新海水，飼育環境可說是十分乾淨，含氧量也能達到飽和。但直接取用海水亦有其物理條件的限制，主要的問題在於取得海水的品質不易掌控，例如海水鹽度與溫度的變化極大，病原體的存在，懸浮物再加上污染等因素 (Forsythe & Hanlon, 1980)，容易造成頭足類的緊迫，因而導致死亡。

二、封閉式系統

又稱為循環式養殖系統，主要是指在一封閉系統中，以不斷循環有限量海水的方式來飼養。除了定期換水以外，整個系統與外界環境並無交流。相對於開放式的飼養，封閉式飼養對於飼育環境的掌控就較為精確，但相對於海洋極大代謝廢物的消除能力，封閉式飼育環境的含氮廢物的控制就較為困難。由於頭足類為肉食性動物，殘餌容易污染水質而造成亞硝酸鹽的過高，因此需要效率較佳的物理與生物性過濾系統，移除環境中過多的有機物與亞硝酸鹽。雖然有這樣的缺點，但是相較於直接取用海水，循環式飼養可以人工海鹽泡製海水，再加上溫度與酸鹼值的調控，對於飼育環境的物理狀況可以精確控制，而且可在遠離海岸的內陸進行養殖，不過，為了要維持海水的潔淨，需要較高的過濾設備及費用。

不論是開放式或封閉式的養殖系統，為了維持系統的穩定，一定量以上海水體積是必要的條件，因為足夠量的海水可以提高系統的緩衝能力，減少緊迫的產生。頭足類飼育的水質條件，主要需要提供大量的溶氧，以及高鹼性而變化極少的 pH 值 (Hanlon,

1984)。而在封閉式系統中，機械性過濾、生物性過濾、物理性吸附與紫外線殺菌，被視為四個重要的處理課題 (Hanlon, 1984)。在這裡以可在實驗室中設置的海水養殖系統為例，說明封閉式的養殖系統的架設 (圖 4)。

此系統中包含飼育用水槽及過濾用水槽，並以馬達(A)及連通管(B)相接。飼育用水槽可以不同大小之框架區隔為數個區域，以便將不同大小之個體分開飼養，避免同類相殘。水槽中亦放置數個 PVC 管或陶甕，供成體躲藏 (圖 5)。飼育槽之海水經由連通管進入過濾槽進行過濾，並可包括前述之四種過濾方法。其中 C 為蛋白質過濾器，利用極微細的氣泡將水中所含的有機物帶出，而為物理性吸附之過濾。水槽中的 D 為由珊瑚砂

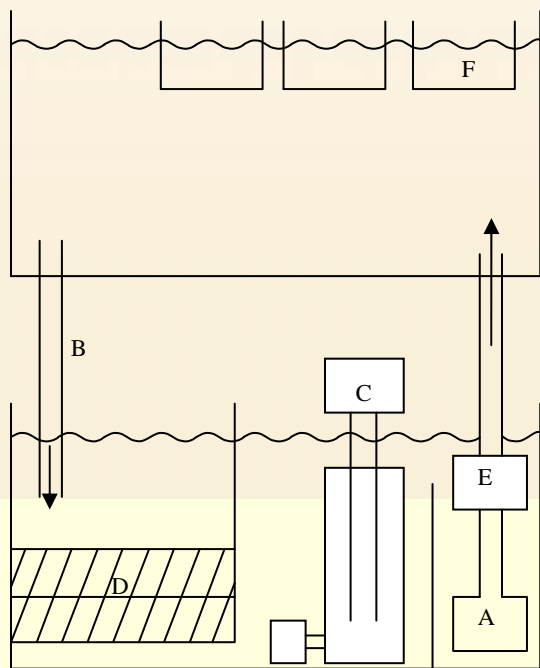


圖 4 區分為飼育槽及過濾槽的養殖系統，可藉此加大水體，穩定水質。(A：循環馬達；B：連通管；C：蛋白質過濾器；D：珊瑚沙濾床；E：紫外線殺菌燈；F：隔離槽)



圖 5 在飼育槽中放置 PVC 管，可供個體躲藏並減少對環境的緊迫

構成之濾床，利用馬達產生的水流帶動水體，流過濾床以濾除大型有機碎屑，並利用吸附在其間的硝化細菌，將有毒的氨氧化為亞硝酸，然後到無毒的硝酸鹽 (Boletzky & Hanlon, 1983)。E 為紫外線殺菌燈，由馬達將水引入，以紫外線燈殺除有害的細菌及病原體。亦可在過濾槽中加入活性碳，以吸附重金屬或色素。系統每 2—4 週更換 10% 海水 1 次，而需注意的是，由於殘餌留在水中會腐敗與影響水質，所以在餵食後，需儘快將未吃完的餌料撈出，因此，在飼育槽中可不放置底沙，以便於清除殘餌。簡言之，無論是何種飼育系統，維持水體的潔淨與穩定，是最主要的目標。

結語

綜觀過去對於頭足類飼養的研究，大多只在於在實驗室中維持與培育，少數種類

可以在實驗室中繁殖出下一代。這其間最主要的關鍵在於對於頭足類幼生所需的餌料與生活環境的不了解，特別是大多數種類的幼生均為浮游性幼生，其食性複雜又難準備，增加了飼育的難度。另一方面，頭足類在成長過程中會有食性的轉換，取食不同種類或大小的食物，如果提供的食物不能配合，也無法成功養殖。而最常提供為頭足類食物的鹽蝦 (brine shrimp)，卻不能滿足頭足類成長所需 (Boletzky & Hanlon, 1983)。為了解其幼生的生長過程與食性，我們必須盡力了解其生活史，但卻又因為頭足類屬海洋生物，活動又快，故在野外難以觀察，再加上一些大洋性的種類的幼生，更是難以在野外加以觀察記錄，因此只能在實驗室中養殖，此一矛盾的現象，應為目前頭足類在飼養與繁殖上的最大難題，亦顯示在此一領域尚有很大的發展空間。

另一方面，頭足類在行為與神經生理上被視為極佳的研究動物，但對於非專門飼養頭足類的實驗室，要在實驗過程中持續養殖頭足類，應是極大的困擾，也可能因此而限制住頭足類作為實驗動物的發展。因應在實驗室中利用頭足類作為實驗動物的需求，更簡便的飼養方法也是發展的方向之一，尤其是在養殖系統與餌料提供的簡化方面。Derusha 等人 (1989) 曾嘗試以冷凍食物，如蝦、蟹等作為某些實驗室使用的頭足類的餌料，獲得極佳的成果，顯示在飼育頭足類時，食物的供給可以有更多的選擇 (Derusha et al., 1989)。對於飼育系統的簡化，仍有改進的空間，也就是說也許可以嘗試以更簡單的設備來在實驗室中維持頭足類。

一般而言，在飼養海水生物時，對於水質的要求是最重要的，而維持水質的手段，除了提供高效率的過濾系統外，最直接的方法就是換水。大多數的水族館養殖者，會建議人工環境的水族箱至少每月要更換 20—30% 的水，藉以去除殘留在系統中的有機物與硝酸鹽。這樣的換水率，對於位在海邊的實驗室來說，並沒有太大的影響，甚至直接使用開放式的養殖系統即可。但是對於其他內陸或是以人工海鹽作為海水來源的實驗室來說，可說是一大負擔。姑且不論購置人工海鹽的成本，光是每個月要在換水時要做的鹽度調整與抽換海水，就是一大工程。另一方面，每次換水所造成的水質波動，也可能會對頭足類造成緊迫。因此，構建一個可以免換水或是儘量延長換水時間的養殖系統，是在發展實驗室中頭足類養殖時，可以考慮的一個方向。

頭足類是一種高智慧又變化多端的物種，不論是在學術研究或食用上均佔有重要的地位，但我們對牠的瞭解實在太少，因此更需要投入更多的心力在牠們身上，而要研究這樣一種海洋生物，在實驗室中的飼養是不可或缺的重要的工作之一，不論是為了研究其行為或生理的短期飼養，或者是其生活史的長期養殖，都需要提供牠們一個良好的生長環境。相較於過去，海水養殖系統的維持已有長足的進步，因此在養殖技術上已沒有太大的問題，目前頭足類飼養的瓶頸是對其習性，尤其是食性的瞭解不夠，因此對牠們進行更廣泛的野外研究，以期瞭解其生活習性，相信是未來頭足類養殖突破瓶頸的重要工作。