

看海洋中的ET—章魚

國中組生物科第二名

台北縣立江翠國中

作者：陳怡真、劉宇陽

顧欣怡、朱麗芬

指導教師：許金鶯、潘寧民

一、研究動機

生物課本下冊中，介紹了軟體動物的分類和幾種具代表性的動物，其中提到章魚的噴射行爲，使我們留下深刻印象。在一個偶然的機會裏，我們到石門洞玩，剛好看到一個捕章魚的剛捕到一些小章魚上岸，我們看到章魚的動作相當可愛，就買回來飼養，爲了飼養章魚我們就到圖書館查資料，發現章魚有異於一般水生動物的智慧，攝食、游泳等動作也有別於其他動物，經過一段時間的觀察，我們對章魚非常有興趣，於是對它作了一系列的探討。

二、研究內容

(一)種類、形態及構造：

1.種類：

我們實驗所用的章魚有兩種，它們在分類上是屬於：

界：動物界。

亞界：後生動物亞界。

門：軟體動物門。

綱：頭足綱。

亞綱：雙鰓亞綱。

目：入足目。

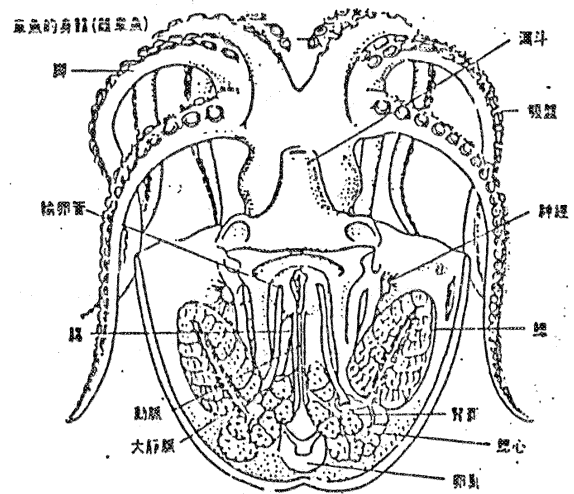
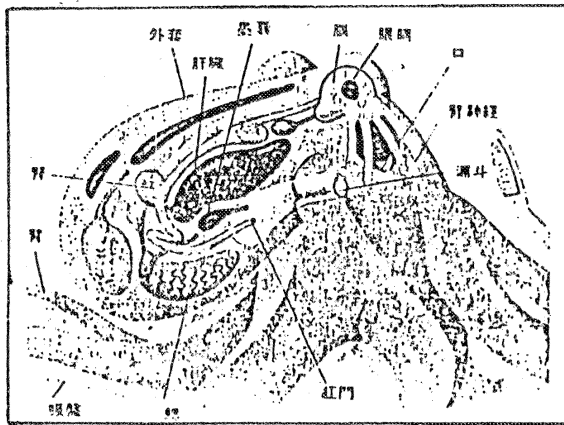
科：章魚科。

一種俗名爲：七星章魚。另一種俗名爲：石支仔（佳住仔）章魚。

2.形態、構造：

我們對章魚外形用肉眼仔細觀察，內部則用解剖器具解剖觀察。外形方面，我們發覺它的眼睛爲圓形能閉合，瞳孔則爲長方形能放大縮小。吸盤則呈火山形且互生，排列整齊。另兩種章魚花紋各不相同。

內部方面，解剖數次均能看見清楚的鰓及墨囊，另有一次解剖雌章魚還看見卵巢內有一連串似葡萄的卵。



(1)聽覺：

我們敲擊各種器皿，例音叉、鐵器、木器、瓷器，發現章魚均無反應。我們推測章魚可能沒有聽覺，正好和我們查到的資料符合。

(2)觸覺：

實驗設計：

(a)目的：探討章魚各部位的觸覺。

(b)器材：章魚、針、彈簧秤。

(c)過程：

①取一彈簧秤，其上掛一支針，針的頂尖部位剛好在將刺部位上。

②壓下針，使彈簧秤指針剛好減低一格（即五公克），分別刺激頭、腕、吸盤、眼睛、虹吸管等部位，記錄其反

應。

(d)結果討論：

- ①以上實驗我們做了很多次，且實驗結果均類似，證明章魚神經分佈很廣，而以腕抽動最激烈且會移動、變色，其他部位僅作些微的抽動反應，且不會變色，我們推測腕的神經分佈可能最密集。
- ②刺激腕部會引起變色的原因尚不清楚，是否變色的行爲係由腕部神經控制，將再作深入研究。

(3)視覺：

實驗設計：

(a)目的：探討章魚對光度及顏色的偏好及辨別：

(b)器材：各色玻璃紙及黑色書面紙、章魚。

(c)過程：

- ①將各種顏色兩兩貼在水族箱玻璃壁上，並置入二十隻章魚作顏色識別之實驗。
- ②定時計章魚在各顏色停留數量之多寡。

(d)結果討論：

- ①由實驗結果知，章魚對顏色的喜好情形分別是：
黑 > 白，黑 > 紅，黑 > 藍，紅 > 綠，紅 > 黃，黃 > 藍，
白 > 藍。
- ②從實驗結果分析，章魚最喜歡黑色，這可能和章魚喜歡生活於石縫的習性有關。
- ③我們曾經懷疑章魚選擇喜好的顏色並非是會識別顏色，而是對各種顏色的“明亮”度起反應；但實驗結果發現章魚並沒有對“明亮度”作規律的反應如黑 > 白，黑 > 紅，黑 > 藍，紅 > 黃顯示章魚偏好暗光，但白 > 藍，黃 > 藍，却又顯示章魚偏好亮光。
- ④紅色和藍色的亮度差不多但實驗結果發現章魚對顏色的偏好爲：紅 > 黃且黃 > 藍，從章魚有時偏好黃色有時却放棄黃色看來，它們似乎會辨別顏色。

(4)再生能力：

實驗設計：

(a)目的：測定章魚再生力之強弱。

(b)器材：剪刀、章魚（9隻）。

(c)過程：

我們將9隻章魚分三組分別自腕基部（7 cm處）、中部（4 cm處）、尖端（2 cm處）剪掉，觀察其再生能力。

(d)結果討論：

①由實驗結果知，章魚腕有再生能力，且從基部、中央、尖端剪斷後其再生之速度均差不多60天後分別長出1.8 cm，1.5 cm及1.5 cm。

②再生之組織開始為白色，約二十幾天後慢慢轉為淡紅色，隨後顏色逐漸加深，在五十~六十之間始轉變成章魚之原來之體色。

③再生部位真正形成腕的形狀約在四十天左右，但新生的腕均較原來的腕細，一直到第六十天均未恢復原來樣子。

(5)虹吸管：

虹吸管即為漏斗，我們分別剪掉或黏住虹吸管，結果發現章魚不能游動或控制方向，證明了虹吸管和控制方向及噴射行動有關，這與我們所查之資料相符。

(二)生活環境：

1.溫度：

我們控制各種不同的水溫，找出章魚最適合生存的海水溫度。結果發現章魚最能適應的海水溫度是在 20°C ~ 25°C 之間，而當水溫超過 35°C 時，章魚體色變白，且不能恢復原來體色，我們推測，當水溫高時，破壞了神經細胞或色素細胞，使其不能控制色素顆粒的聚散。

2.海水濃度：

調配各種含鹽濃度不等的海水，發現章魚只能在正常海水

濃度 3.3% 及其前後相差不大的海水中正常生存，而其在空氣中仍能活上 2、3 天，比在異常海水中存活得久，我們也曾經發現章魚的表皮粘膜如被剝蝕或無法潮濕，則很容易在空氣中死亡，因此推測，章魚可能可用皮膚呼吸。

3. 化學藥品：

實驗設計(一)

- (1) 目的：測定化學藥品對章魚的影響。
- (2) 器材：鋁粉、銅粉、碳粉、沙拉脫、洗衣粉、鐵屑、硫酸銅、海水、錐形瓶、章魚。
- (3) 過程：
 - ① 取化學藥品調配成濃度為 0.01% 的海水溶液，每種溶液放入 3 隻章魚，另設一對照組用正常海水飼養。
 - ② 觀察章魚的反應及死亡時間。
- (4) 結果討論：
 - ① 洗衣粉、銅粉、硫酸銅對章魚的危害最大，在半小時之內全部死亡。
 - ② 鐵屑對於章魚的危害較小，章魚能在其中正常的活。
 - ③ 章魚在銅粉液中，跑出次數多，且存活時間很短，由此可知，銅粉對於章魚的危害很大，我們聯想到，前不久在北海岸發生的賴比利亞撞船事件，其船上的銅礦砂，沈浸到海中，另外鍊銅廠排出的廢水中，含銅分子濃度比例相當高，這些都可能污染海洋，危害生物。

實驗設計(二)

- (1) 目的：探討硫酸銅和洗衣粉對章魚影響的臨界濃度。
- (2) 器材：硫酸銅、洗衣粉、錐形瓶、章魚。
- (3) 過程：
 - ① 調配各種濃度的洗衣粉和硫酸銅。
 - ② 將章魚分別放置其中，每瓶放入三隻。
 - ③ 連續 72 小時觀察其死亡時間。
- (4) 結果討論：

①硫酸銅的濃度為 0.0001 % 或大於此濃度均會使章魚在 72 小時內死亡（其中 0.0001 % 濃度死亡平均時間約 56 小時，0.001 % 為 31 小時，0.01 % 為 10 小時）。

②洗衣粉的濃度為 0.001 % 或大於此濃度均會使章魚在 72 小時內死亡（其中 0.001 % 濃度死亡平均時間約為 32 小時，0.01 % 為 15 小時）。

③硫酸銅曾造成綠色牡蠣事件，洗衣粉則為常見之家庭廢水，兩者對章魚的影響均相當大，可能還會影響其他海底生物。

(三)章魚的一般行爲（攝食、築巢、翹家、地盤）探討：

1.章魚的攝食：

我們曾用各種生物餵食章魚，發現章魚對體形較小的蝦、大肚魚、海魚、螃蟹都會吃、體形較大的蝦、魚等都無法捕食，另外，章魚還會把寄居蟹從殼中拉出來吃，但對於死的生物章魚都不肯攝食。

2.章魚築巢的行爲：

章魚平時喜歡躲在陰暗的角落或岩石縫裏，如果找不到岩石可棲息時，常在角落挖掘泥土或砂石成穴狀，並躲藏於其中，我們養在水族箱中的章魚常躲在珊瑚下，或濾水器下方的玻璃壁，因為這些地方比較陰暗，而棲息在角落的章魚一定會往下挖出洞穴築巢，做為他棲息的地方。

3.章魚翹家的行爲：

章魚有時會自己跑出水族箱，我們稱之為「翹家」，翹家的情形常發生在水質不好，水族箱內過於擁擠時，以及剛放入水族箱中對環境較不適應的章魚。

4.章魚的地盤：

我們如果在水族箱中放入四隻章魚，這四隻章魚一定會各據一方，互不侵犯，在水族箱中放入食物時，一定是最靠近食物的章魚去吃，也就是在空間充裕時，章魚會保持自己的地盤，但是空間不足，章魚數目太多，情形又不一樣。我們曾在水

族箱中投入二十餘隻章魚，大部份章魚還是會躲在角落，同一角落中有四、五隻章魚，投入食物時亦有搶食的現象，有時蝦子吃到嘴邊還會被其它章魚拉出來。所以，我們認為，在空間充足時，章魚會保持自己的勢力範圍，而空間不足時，也是均勻分佈在各角落。

(四)章魚的特殊行爲（變形運動、變色、智力）探討：

1.變形運動：

章魚全身軟軟的，且常生存在珊瑚礁下或洞內，我們也不知它是否用變形運動進去，所以我們便要實驗它是否有變形運動；如果有，是如何變形呢？

實驗設計：

(a)目的：測量章魚能把頭部直徑縮小為原來幾倍。

(b)器材：燒杯、塑膠紙。

(c)過程：

①取一隻章魚量出其頭部直徑。

②取八張塑膠紙，分別在其上裁一圓形，直徑為章魚頭部直徑的 2 倍、1 倍、0.8 倍、0.6 倍、0.5 倍、0.4 倍、0.3 倍、0.2 倍。

③將章魚（同一隻）先後放入燒杯中，上方用塑膠紙蓋住，看它是否能鑽出。

(d)結果討論：

章魚有變形運動，大約能把頭部直徑縮小為原來的 0.4 倍左右。

2.章魚的變色：

我們知道章魚遇到敵人會吐出墨汁來掩飾自己，我們想進一步了解，章魚是否可以變色來保護自己不受傷害。

實驗設計：

(a)目的：試驗章魚的體色是否能隨環境而改變。

(b)器材：瓦片、油漆。

(c)過程：

- ①把幾塊瓦片分別噴上不同顏色的油漆。
- ②用海水將瓦片浸泡一天。
- ③將瓦片放入水族箱中，觀察章魚游到各種顏色瓦片上時，體色的改變。

(d)實驗結果及討論：

我們一共試了黑、白、紅等顏色，發現章魚的體色可隨環境而有深淺之變化，但是大部份的顏色章魚無法使體色和環境完全一樣，只能使體色的深淺接近環境顏色。

3.章魚的智力：

我們曾經看過某些資料指出，章魚有很高的智慧和學習能力，甚至能辨識字母，這點引起我們很大的興趣，於是我們做了一系列對章魚智力的探討。

實驗設計(一)：

- (a)目的：試驗章魚對那種瓶蓋能打開。
- (b)器材：各種瓶子、蝦子、碼錶。
- (c)過程：

- ①分別在無蓋、有塞子、有旋轉蓋的瓶中裝入蝦子，再把瓶子投入水族箱中使其正立，觀察它開瓶攝食的情形，並記錄時間。
- ②再取三個瓶子，同步驟之一做法，但投入水族箱時，使其倒立，觀察章魚開瓶攝食的情形，並記錄時間。

以上時間是從瓶子放入水族箱時開始計時，多次實驗後取最短一次的時間。

(d)實驗結果討論：

- ①倒立的瓶由於瓶口在下，所以章魚均會經過摸索後推倒才能發現，平均最短時間約 15 秒。
- ②實驗證明這種章魚有能力打開瓶蓋，並攝食裏面的蝦子，平均啓蓋時間約為 18 秒。
- ③旋轉蓋章魚無法打開，通常只試一次即放棄，如果有塞的瓶蓋塞得太緊章魚無法打開，也是試一次就放棄了。

實驗設計(二)：

(a)目的：探討章魚的記憶。

(b)器材：電源供應器、蝦子、大肚魚。

(c)過程：

①將蝦子和大肚魚各一隻放入保麗龍盒子裏，當章魚捉住蝦子時，就以 1 V 電壓電擊章魚，使其放棄蝦子。

②若章魚再捉蝦子，則再電擊它。

③章魚漠視蝦子時，再放入大肚魚，記錄章魚是否捕食。

④重覆①～③但改變電流強度。

(d)結果討論：

①本實驗可證明章魚有記憶力，它能記得因捉蝦子能被電擊的經驗，下次就不敢捉蝦子，甚至會逃避蝦子。

②本實驗也可以證明章魚有條件反射的行爲，看到蝦子即會想到電擊。

③章魚對電擊強度的忍受，大約只能在 30 V 左右，因為實驗結果發現用 30 V 的電壓電擊一次後，就不敢再接觸蝦子；而章魚不去捕食蝦子並不是因電擊而受傷，因為它放棄蝦子後仍會捕食大肚魚。

④章魚可以用制約刺激的方法引導它學習。

實驗設計(三)：

(a)目的：探討章魚是否能辨識一些簡單的符號。

(b)器材：電源供應器、塑膠片、蝦子。

(c)過程：

①取兩個塑膠片，各在上面畫一個符號，再把這組符號貼在保麗龍盒壁，兩個符號前各放一隻蝦子。

②章魚靠近捕食時，若靠近編號為(-)的符號，則給予電擊(10 V)，若到另一個符號前，就讓他吃蝦子。

③調換兩個符號的位置，再各放一隻蝦子，重覆步驟②九次。

④再另畫一組符號，然後重覆①～④。

(d)結果討論：

①我們以為此種章魚的智力很高應該會辨認長、短符號，結果發現並未如此，尤其在第 5 次實驗以後仍有三次章魚跑到電擊的方向（長符號）甚至連第十次，還是跑到長符號處。

②此種章魚在本實驗中對符號的辨識並不清楚，它們無法辨認符號的原因可能是：

a 章魚種類繁多，本實驗所用的章魚可能智力並沒有那麼高。

b 在章魚受到電擊時，可能沒有看到蝦子後面的符號。

(五)章魚的墨汁及吸盤的探討：

1.章魚吐墨汁的時機：

我們實驗時偶而看見章魚被刺激後吐墨汁，其中以水溫的改變章魚最易吐墨汁，其次是臨死前，再其次是化學藥品的刺激，但電擊，用針刺章魚從未吐過墨汁。

2.章魚墨汁對金魚視覺嗅覺的影響：

實驗設計：

(a)目的：了解章魚墨汁對水生生物短時間的影響。

(b)器材：金魚、章魚的墨汁、燒杯、飼料。

(c)過程：

①取一隻金魚置空氣中三分鐘，再放回魚缸，投以餌料，計算其前來攝食的時間，此為對照組。

②一段時間後，同樣取這隻金魚置入 10% 濃度的章魚墨汁中三分鐘，再放回魚缸，投以餌料並計算前來攝食時間，此為實驗組。

③重複①、②步驟作四隻。

(d)結果討論：

①實驗組的金魚再來攝食的時間比對照組的時間長。（實驗組平均約 120 秒、對照組約 30 秒）。

②章魚的墨汁可能使水中生物暫時減弱其嗅覺或視覺，恢復後並無其他異常。

3.章魚墨汁對大肚魚的影響：

實驗設計：

(a)目的：了解章魚墨汁對水生生物長時間的影響。

(b)器材：燒杯、章魚的墨汁、大肚魚。

(c)過程：

①調配濃度 10%、2%的章魚墨汁，將大肚魚各 5 隻放入這兩瓶章魚墨汁內，觀察其反應。

②另置 5 隻大肚魚於清水中當對照組。

(d)結果討論：

①大肚魚在濃度 10% 的章魚墨汁中第二天全部死亡，在濃度 2%的章魚墨汁中，大肚魚三天死了一半，到第七天全死亡，而對照組大肚魚全部存活。

②大肚魚的死亡率和墨汁濃度成正比。由此可推測章魚墨汁內可能含有某種成分，不利於其他水生生物長時間生活中。

③實驗當中我們還發現章魚墨汁的顏色不盡全是黑色，也有褐色和藍灰色。

4.吸盤在不同物體之吸力及吸力大小：

(1)吸盤在不同物體的吸力：

章魚在平坦而堅硬的平面上，吸盤吸力越大，如鏡子。而在布上卻沒有吸力。其可能的原因是在平坦、堅硬的平面上易將空氣和水擠出去，所造成的吸力就會越大。

(2)吸盤吸力的定量測定：

實驗設計：

(a)目的：測章魚吸力大小並求出單位重量之吸力。

(b)器材：彈簧秤、鏡子、章魚。

(c)過程：

將章魚放在鏡子上，在彈簧秤上做一個平面鉤子，把鉤子擠入章魚和鏡子間用力拉，計算拉起章魚時所用的力。

(d)結果討論：

- ①由實驗知，章魚越大其吸盤總吸力越強，（14克重章魚最大，為1000克吸力，10克的章魚最小，吸力只611克）。
- ②從每單位體重的吸力分析，發現越大的章魚每單位體重平均吸力越大，可能是章魚越成熟，器官功能越強。（14克重章魚，平均每克體重吸力為71克，10克重章魚只有61克。
- ③表列的數據可能比實際章魚之吸力小，因為章魚在鉤子上很不安定。
- ④在實際過程中我們還發現章魚離水愈久，愈願意附着在物體上，因此我們均選擇此一時期從事本實驗。

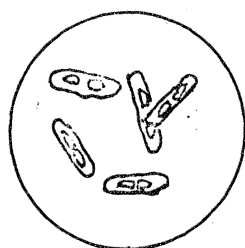
三、結 論

- (一)章魚沒有聽覺，神經分佈很廣，以腕最密集。
- (二)腕的再生力強，無論從基部、中央、尖端皆能再生。
- (三)章魚最適合生存溫度為 $20^{\circ}\text{C}\sim 25^{\circ}\text{C}$ 。高溫時（即燙傷）體色會變色短時間不能恢復。
- (四)水中硫酸銅污染程度大於千萬分之一，洗衣粉大於百萬分之一，會對章魚造成傷害，水中銅原子濃度高對生物亦有傷害。
- (五)章魚有變形運動，可縮小身體大約能把頭部縮小為原來0.4倍的圓形洞口鑽出。
- (六)我們實驗所用的章魚，體色只能變成深淺。即是環境顏色暗時，體色較深；環境顏色淺時，體色較淺，並不能變得跟環境顏色一樣。
- (七)章魚墨汁對其他生物有暫時性使其聽、嗅覺減弱，但如果生物長期生存在墨汁中則會造成死亡。
- (八)章魚為了獵取食物受到小的電擊會不斷克服，但大的電擊如30V則畏縮退回且色變淡，最後不理獵物漠視獵物。
- (九)由實驗知章魚可能有記憶力，能記得前一次因捉蝦子而被電擊的經驗，短暫時間內不敢捉蝦子，甚至會逃避蝦子，可能可以利用制

約刺激的方法來引導它學習。

(+)我們資料中有章魚能識別符號，甚至區別字母，但我們的實驗並未證明上述，可能是章魚種類很多，我們所找到的章魚並非最聰明的。

(±)由於實驗，我們長時間飼養章魚，在其中獲得許多經驗，例如章魚不能餵食過度，否則它會產生太多代謝物，使水中的 NO_2 量太高 O_2 相對的減少於是生活在其中的章魚生命就有危險了，如放一種光合菌在水族箱中繁殖生長成功，此種菌能分解代謝物，物質得以循環就能淨化水質，通常菌的族群呈黃色附著在沙石或珊瑚石上，我們曾在顯微鏡下觀察此菌的外形是：



如果此種菌長穩定後，我們就不必擔心水族箱的水會變壞。

(±)此次實驗所用的兩種章魚就體力而言好像石支仔這種較佳因為它搶食猛，食量較大且對電擊的忍受度高以 30V 還不會死，對溫度的忍受也達 50°C ，七星章魚只 40°C ，但七星章魚好像較具智慧，因其有開瓶行爲。

四、參考資料

- (一)章魚與烏賊 圖文出版社。
- (二)水產養殖學 前程出版社。
- (三)幼獅百科全書八、九冊 幼獅出版社。
- (四)大海汪洋。
- (五)中山自然科學大辭典 p. 480 ~ p. 488 台灣商務印書館。
- (六)自然百科全書 p. 110 ~ p. 111 自然科學文化事業有限公司。
- (七)牛頓科學研習百科 p. 100 ~ p. 101 牛頓出版社。
- (八)水族 p. 29 ~ p. 30 自然科學文化事業公司。
- (九)自然史集錦 p. 66 ~ p. 68 幼獅文化事業公司。

(+)普通動物學第二版 p. 418 ~ p. 419 環球書局。

(±)普通動物學 p. 184 ~ p. 190 及 p. 746 ~ p. 749 正中書局。

評 語

對於章魚的一般形態行爲、生活環境等做有系統的觀察，收集資料頗爲豐富，實驗設計生動有趣，尤其「開瓶」等特殊行爲的實驗，頗具創意。