

統一編號
2007900045

臺大漁推

FISHERIES EXTENSION NTU



ISSN 1022-6184(平裝)

第23期



國立臺灣大學漁業推廣委員會 中華民國 101 年 12 月

目錄

目錄

i

大理石魴之飼養與管理	陳惠冠、陳慧瑜、 施秀惠	1
匙吻鱔養殖生物學之研究	詹凱翔、葉信利、 羅秀婉、廖文亮	15
台灣沿海野生魚種帶原神經 壞死症病毒之田野調查	邵冠榮、齊肖琪	27
海魚感染海獸胃線蟲屬於 自然現象	施秀惠	45
煨燒牡蠣殼粉在水產養殖上 的應用	張景盛、呂仲倫、 吳育昇、陳秀男	50

臺大漁推

第二十三期

發行人：陳秀男

主任委員：陳秀男

推廣教授：陳秀男、施秀惠、齊肖琪、廖文亮

執行秘書：黎錦超

執行編輯：蘇淑貞

發行單位：國立臺灣大學漁業推廣委員會

地址：臺北市羅斯福路四段一號

電話：(02) 33662795

傳真：(02) 23654403

印刷：大進印刷有限公司

地址：臺北市和平西路三段三一八號

電話：(02) 23087600

傳真：(02) 23085673

中華民國 一〇一年 十二月 出版

版權所有 嚴禁翻印轉載

大理石魷之飼養與管理

陳惠冠¹、陳慧瑜¹、施秀惠^{1,2,3}

¹ 國立臺灣大學動物學研究所

² 國立臺灣大學生命科學系

³ 國立臺灣大學漁業推廣委員會

一、前言

大理石魷是大型水族館中常見的軟骨魚類，在分類上屬於軟骨魚綱 (Class Chondrichthyes)、板鰓亞綱 (Subclass Elasmobranchii)、鰻目 (Order Rajiformes)、土魷科 (Family Dasyatidae)、條尾魷屬 (Genus *Taeniurops*)，英文學名為 *Taeniurops meyeri* (Müller & Henle, 1841)，中文學名為邁氏條尾魷。此外，另有英文俗名 Blotched fantail ray、Giant reef ray、Round ribbontail ray、Speckled stingray 以及中文俗名魷仔和破布魷等 (邵, 2009)。大理石魷是一種體型龐大但卻十分溫馴的生物，經過訓練後會緊貼著展示窗游動，利於遊客近距離觀賞，極具展示價值以及生態解說之教育意義。

研究發現，軟骨魚類的生殖策略有：(1)個體達到性成熟需較長時間 (delayed sexual maturity)、(2)胚胎的養分來源有多種模式 (diverse modes of embryonic nutrition)、(3)不同的生殖週期 (different reproductive cycles) 和(4)繁殖力低 (low fecundity) 等特性，故其族群成長速度很慢 (Henningsen *et al.*, 2004a)。在 2012 全球保育名錄 IUCN 紅皮書中，已將大理石魷的瀕危分級歸為一易受害 (vulnerable, VU) 的物種，屬於次級保育類動物。因為大理石魷的分佈極為廣泛，橫跨了美洲、非洲、亞洲及大洋洲，超過三十個國家，然而每個國家對於此魚種的利用不盡相同，因此造成了大理

石魷在野外的實際族群評估不易。另外大理石魷族群回復力非常低，最小族群倍增時間超過 14 年 (Kyne *et al.*, 2006; Froese *et al.*, 2011)。

雖然目前水族館所飼養之大理石魷須仰賴從野外捕捉得到，但近年來已有媒體報導和學術研究指出，經過長期人工飼養之大理石魷已可成功產下仔魷，而臺灣兩間大型水族館—國立海洋生物博物館和花蓮遠雄海洋公園—所飼養之大理石魷亦有相同記錄。惟至今關於大理石魷之生物學資料極少，諸如性成熟之年齡和懷孕期間長度等皆尚未知，如能利用誕生於水族館之幼魚進行育成與生殖生理等後續研究，將有助於更精確的評估其野外族群數量，進而推動大理石魷的資源控管與保育。

二、大理石魷生物學

(1) 型態特徵

體型呈扁平圓盤狀，無棘，胸鰭在身體的兩側從頭部延伸到整個體盤，體表全身光滑無鱗片，充滿黏液。身體可分為背面以及腹面，眼睛位於背面前端。大理石魷通常都會藏在沙地中等待獵物，為了避免在多沙的海床下吸入過多的沙粒，在身體的上方、靠近眼睛的部分有一個具有如單向閥功能的孔口，可由此孔口吸入海水，再從身體下方的鰓孔排出，藉此過濾海水。背面體色由灰色、黑色與白色所組成斑點花紋，體色會隨著環境變化而變深或變淺，腹面為白色。口以及鼻孔位於腹面的前端，口的後方有五對鰓裂。游泳方式是以如翅膀形狀的胸鰭進行波浪狀的擺動，就如同在水中飛翔一樣，非常美麗。文獻目前記錄之最大體型為：體盤寬 180 公分，總體長為 330 公分，最重體重為 150.0 公斤；最小紀錄之體長為：體盤寬 33 公分。一般剛出生的大理石魷體盤寬平均約 35 公分，總體長為 67 公分 (Last *et al.*, 1994)。研究指出，當雄性大理石魷之總體長約 100~110 公分時，會達到性成熟 (Kyne *et al.*, 2006)。

(2) 地理分布與棲息地

分布地區主要在熱帶區域，範圍介於北緯 41 度到南緯 36 度之間。印度西太平洋包括紅海、東非到日本南部、密克羅尼西亞 (Micronesia)、澳洲熱帶區域以及霍勳爵島 (Lord Howe Island) 等地區。而東太平洋只有兩個海島曾出現大理石魷蹤跡，分別是 Cocos 和 Galapagos，數量相當豐富。另外在美國太平洋沿岸中部也有個體出現之紀錄 (Last *et al.*, 1994; Froese *et al.*, 2011)。

大理石魷主要棲息範圍從裙礁區和沙質底部淺水區瀉湖到珊瑚礁外緣斜坡區。棲息深度最深可達 450 公尺，而較常棲息活動之深度為 20~60 公尺 (Sommer *et al.*, 1996)。大理石魷在海中會獨自行動或聚集成群出現，而身邊通常會有一些小型魚類伴游，如海鱷、鰩科魚類等。

(3) 食性

嘴巴位於腹面前端，口內的齒板上具有相當多細小的牙齒排列，適合壓碎所捕食的雙枚貝和蟹類。其食物以底棲魚類、雙枚貝及蝦、蟹類等為主 (Kyne *et al.*, 2006)。

(4) 生殖

受精方式為體內受精。雄性大理石魷在腹面兩片臀鰭與尾巴基部之間，有一對棒狀交接器，而雌性大理石魷在腹面尾巴基部兩側，只看的到左右各一片臀鰭，從外部型態就可以很清楚辨別大理石魷性別。生殖上屬於胎生 (viviparous)、無胎盤，胚胎在發育時透過子宮絨毛 (uterine villi) 或是營養絨毛 (trophonemata) 從母體得到養分 (Henningsen *et al.*, 2004b)。根據觀察花蓮遠雄海洋公園裡，同一隻母魷前後兩次生產，推得懷孕期約需八個月的時間，在產下幼魷的同時，公魷會緊貼著母魷 2~3 天，推測在此期間就會進行交配。每胎產仔約 6~8 尾，產期 2~3 天分批產下幼魷。

(5) 經濟價值

肉質細，雖可食用，但因為魚肉中含有阿摩尼亞，故在台灣列為低經濟價值魚種；但其他國家對大理石魴的利用較為廣泛，因此在國外屬於經濟性魚種。由於大理石魴體型龐大，經由訓練會緊貼著水族館的玻璃櫥窗游動，甚至做出轉圈動作，非常吸引遊客注意，因此絕大多數作為大型水族館之觀賞魚；此外亦可被歸類為游釣魚種，因其拉力極強，對釣客而言相當具有挑戰性（Froese *et al.*, 2011）。

三、大理石魴運輸與飼養管理

(1) 運輸

大理石魴在臺灣海域雖然分佈甚廣，但是能捕到適合水族館飼養之活魚的區域，大多侷限在新北市的野柳以及花蓮東澳的定置漁網。挑選大理石魴的重點在於其腹部要呈現潔淨的白色，沒有紅斑或出血斑，同時儘量選擇腹部沒有擦傷的魴魚。因為漁民捕魚過程中可能不小心摔到魴魚，或是魴魚過度掙扎掉落甲板甚至撞到其他物體，造成大量內出血。內出血之魴魚不易從外觀和魚的行為判斷，只能在魴魚死亡後進行剖檢，才可發現腹腔有出血的狀況。而內出血的魴魚通常會在五天之內死亡。

漁民剛捕獲大理石魴時，通常會先割去位於尾巴中段之尾刺，以確保後續作業安全。而少數未被切除尾刺的大理石魴，在運輸過程與移置操作時，務須注意其是否出現使用尾刺攻擊之企圖，此時魴魚尾巴會不停的左右擺動，繼而轉圈將尾刺對準預備攻擊的目標。另外須準備套管將尾刺套住，可避免魴魚在運輸過程中尾刺刺破魚袋。大理石魴運輸過程中極怕缺氧，魚袋內水體深度約為魚體厚度 1.5~2 倍即可，其餘空間則需灌入足夠純氧，此外需讓魴魚維持正確姿勢。魴魚若腹面朝上會激烈的掙扎，除消耗大量氧氣外，

同時對魚體造成極大緊迫，甚至可能會排便汙染水質，若未及時翻轉紅魚，使其背面朝上的話，會因過度掙扎以致體力耗盡，甚至死亡。

適當地使用冰塊降低水溫，讓紅魚代謝率下降、耗氧量降低與保持鎮定。運輸時適合的水溫約在 18~22°C 之間，水溫越低，運至目的地後對水速度越需放慢，時間相對拉長。此外運輸過程中，除了注意水溫，以及氧氣量是否足夠外，同時必需注意水質變化，尤須監測水中氨氮濃度之上升，因為紅魚可能出現排便、黏液脫落或嘔吐等情況，應適時的換水，以避免紅魚因為氨或亞硝酸過高而中毒。

(2) 檢疫

剛捕獲之紅魚體表多少都有開放性的傷口，因此新進入水族館檢疫池後，必須仔細觀察傷口變化，譬如有無潰爛或紅腫。若紅魚身上有開放性的傷口，無論傷口是否已經感染發炎，建議可立即投以抗生素進行預防性治療，以免因觀察或判斷誤差而延誤最佳治療時機。另外亦須注意燈光問題，避免強光照射造成紅魚極大的緊迫，頭二天盡量讓紅魚待在光線微弱或是黑暗的環境，讓其盡快的恢復體力。紅魚緊迫時會緊貼在缸壁或角落，而放鬆狀態之紅魚大多趴在缸底，其體盤邊緣與缸底間會出現縫隙，甚至其胸鰭邊緣微微翹起（圖1）或上捲。

新進大理石紅魚存活的關鍵因素有兩項：第一是傷口處理，第二則是開口與否。紅魚如果開口進食就能維持在較穩定的狀態，但讓紅魚開口需要一些技巧與時間。增加投餵次數可有效幫助紅魚開口進食，因此馴餌期間常將餌料分做2~3次投餵，同時儘量拉長間隔，分成早、中、晚三次較為理想，若只能分做兩餐則採上、下午各一次。大理石紅進食時會主動往前撲蓋，餵食時宜將鯖魚或蝦子等餌料放在靠近魚體前端位置，或用餌料棒輕輕逗弄紅魚吻端以激起食慾。大理石紅一旦開口進食，之後即會主動找餌覓食。

我們發現，新進大理石魴若進行肌肉注射維他命B群將有助於開口。未注射過的魴魚，開口時間通常需要4~5天，甚至超過一星期；而施打過維他命B群的魴魚，大多1~2天即會開口。最快的一例，上午施打下午即開口。此外，觀察發現，施打維他命B群亦有益於大理石魴傷口之恢復。

(3) 日常管理

大理石魴經由訓練會主動靠近飼養員索餌，因此極易觀察其每日攝食狀況，可作為判斷魚類健康狀況的基礎指標，並適時補充軟骨維他命，餵食餌料採取多樣化原則。另外每日要注意水質變化，須維持水溫、溶氧、pH值以及鹽度等各項指標之穩定，氮氮廢物含量不可過高。隨時檢查魴魚是否產生腹水，察看其背部後方腹腔的位置是否隆起，或輕按此處，若觸感如水球般，則停止餵食2~3天，觀察其症狀是否改善；此症通常因過食引起，嚴重時魴魚的食慾會降低，並伴隨其他營養方面的疾病發生。此外水族館圈養的大理石魴常發生外寄生蟲（單殖吸蟲）大量寄生感染，需留意是否因此而導致開放性傷口，並需注意傷口變化，若出現紅腫潰爛病徵，需請獸醫診斷並給予抗生素治療。

四、大理石魴之外寄生蟲

剛捕獲之大理石魴體表少有單殖吸蟲，而在水族館圈養一段時間後，在其背部逐漸出現大量單殖吸蟲寄生。2004年澳洲學者Chisholm和Whittington首度描述採自大理石魴的一個新種單殖吸蟲，命名為短莖枝單杯吸蟲 (*Dendromonocotyle pipinna*)；而在2009年兩位學者再度發表另一新種，命名為臺灣新內蛭吸蟲 (*Neoentobdella taiwanensis*) (Whittington and Chisholm, 2009)。至今已知感染大理石魴之外寄生蟲僅有上述兩種單殖吸蟲，而這兩種寄生蟲之寄主目前亦僅限於大理石魴，顯示其具有高度寄主專一性 (Chisholm *et al.*, 2004)。

2010年法國學者Justine等人發現，一隻重8公斤的母邁氏條尾魮身上同時寄生2000隻單殖吸蟲，除數量龐大外，另有兩項學術意義：此例為分室科與單杯科單殖吸蟲同時感染大理石魮之首例；分室科單殖吸蟲主要寄生於硬骨魚，此例為本科吸蟲寄生魮魚之首例。

(1) 單殖吸蟲感染診斷

短莖枝單杯吸蟲只寄生於大理石魮背部，感染初期先附著於眼睛、入水孔和肩部附近區域。感染部位之黏液呈現灰濁狀，隨著蟲量的增加，黏液量越來越少，甚至完全缺乏而變得粗糙。魮魚體色變白，食慾降低，開始出現到出水口沖水等現象，並且在游動時會突然顫抖或呈現不安。感染程度嚴重時，寄生部位出現潰爛、紅腫和出血等現象（陳等，2010a）。

臺灣新內蛭吸蟲幼蟲感染部位亦在大理石魮背部，隨著發育成長會逐漸移動，成蟲轉而寄生於魮魚腹面，但在尾部與背部偶爾也可發現。成蟲蟲體呈白色，因此在魮魚背部及尾部易於察覺，且成蟲會以蜈蚣運動的方式移動。魮魚嚴重感染吸蟲時，腹部出現出血紅斑（圖2），身體緊貼缸壁，並且不時大力拍動胸鰭，躁動不安，食慾降低。而在魚隻遭遇緊迫、個體免疫能力下降以及飼養環境不佳等各種因子交互作用下，感染傷口易遭細菌或病毒之續發性感染，繼而引起敗血症，成為魚隻死亡之主因。

(2) 單殖吸蟲的預防與治療

- a. 預防：我們已研究過短莖枝單杯吸蟲蟲卵孵化條件與機制，藉由探討養殖環境所具備之各種物理化學因子對蟲卵孵化成功之效應，期能運用於養殖池以有效阻斷吸蟲生活史。實驗結果發現鹽度對蟲卵孵化有極大的影響：孵化率最差者為鹽度50、15與10‰，其中鹽度15與10‰之孵化率皆為0，顯示此二種鹽度可完全抑制蟲卵的孵化。另外當蟲卵乾燥時間達10分鐘時，即可完全抑制蟲卵孵化。而使用次氯酸鈉處理蟲卵結果顯示：濃度與處理時間對孵化率之影響有交互作用。次氯酸鈉處理濃度越高，處理時間越短，如次氯酸鈉濃度20 ppm，處理6小時即可完全抑制蟲卵孵化。反之，次氯酸鈉濃度越低，處理時間則須延長，譬如當次氯酸鈉濃度為10 ppm時，必需處理18小時才可完全抑制蟲卵孵化（陳，2009；陳等，2010b）。
- b. 治療：目前最快速的驅蟲方法即為淡水浴，雖可一次去除感染之吸蟲，但需要耗費大量人力，同時對大理石缸造成極大的緊迫。此外，淡水浴後缸魚體表黏液會整片脫落並持續數天，若缸體有蟲卵和幼蟲存在，將更易於貼附缸魚體表而成功感染，導致淡水浴後，再度感染之吸蟲數量反而更多。若以虹吸方式直接吸除體表吸蟲或用棉布抹去蟲體，亦可達到去除吸蟲之目的。這兩種方法之優點為不傷害缸魚體表粘液，緊迫程度亦較輕微，單獨一人即可完成，操作後可有效降低缸魚體表吸蟲數量，減輕危害缸魚；缺點是無法一次去除所有的吸蟲，需多次操作才能有效降低吸蟲感染。

五、大理石魷的毒性

社會大眾對魷魚的刻板印象是「很毒、很危險、很可怕」，因為少有直接接觸魷魚的機會，大多從新聞報導或傳聞中得知。閩南語有句順口溜：「一魷、二虎、三沙毛、四臭肚、五金鼓」，指的即是海洋中五種有毒的魚類，魷魚列於首位。魷魚缺乏像鯊魚般銳利的牙齒用以防禦和掠食，是唯一具有毒性的軟骨魚類，不過毒性僅侷限於尾巴上的刺，主要功能為防禦之用。魷魚的尾刺可適時替換，當新尾刺長齊後，舊尾刺則自然脫落（圖3）。即使魷魚因受傷而失去尾刺，一段時間後尾刺仍會重新長出。

魷魚的尾刺呈長扁平形、末端尖銳，兩側邊緣具有齒狀倒鉤之銳利構造，是非常鋒利的武器。當魷魚攻擊時，尾刺可輕易刺入敵人，由於兩側邊緣齒狀倒鉤的作用，使得尾刺容易刺入卻難以拔出，拔出後即形成既寬且深的傷口。相較於其他有毒動物，魷魚的尾刺雖然較為巨大但不會釋放大量的毒素，而毒蛇的牙齒極小，攻擊時卻會釋放大量的毒素。魷魚尾刺本身與包覆其外表的表皮層（integument）皆不具有毒性。主要分泌毒素的構造為毒腺細胞，位於尾刺腹面兩側的條狀凹槽中以及契形骨區域（cuneiform areas），而分析其表面黏液之粗萃取物則含有輕微毒性（Halstead *et al.*, 1953）。當尾刺刺入受害者肌肉時，尾刺腹面含有毒腺的整個表皮外鞘（integumentary sheath）極易破裂，以致傷口易於接觸尾刺上之黏液與毒素，受害者因而中毒（Russell *et al.*, 1958）。

魷魚分泌之毒素為蛋白質類神經性毒素，若遭魷魚刺傷，造成既寬又深之傷口（圖4），同時周圍立即腫脹。此時千萬不要驚慌，首先盡量擠出傷口的血液與毒液，傷口中若有魷魚皮膚碎片亦需盡量清除乾淨。接著用濃度0.01%之高錳酸鉀溶液沖洗傷口，亦可將受傷部位直接浸泡在熱的硫酸鎂（瀉鹽）溶液中，可有效解除魷魚毒素之毒性。若缺乏上述溶液，可將受傷部位浸泡在熱水中止痛，

熱水溫度調整在人體可忍受範圍內（約 40~45°C）以免燙傷，高溫浸泡可使蛋白質毒素變性破壞，而後立即送醫治療（Russell *et al.*, 1958）。

遭受魷魚攻擊最為人知的例子就屬澳洲魷魚先生史蒂夫厄文（Steve Irwin），在2006年時被魷魚刺中左胸而死亡。但稍後有學者指出，導致魷魚先生死亡的真正原因是自行拔刺。因為在缺乏醫療資源的情況下，直接拔出刺入胸腔之異物將使情況更加惡化。雖然魷魚先生真正的死因眾說紛紜，不知究竟是被魷魚刺傷、中毒或因失血過多而死？無論真相為何，經過這次事件，社會大眾對於魷魚的誤解與恐懼則愈發加深。

魷魚是非常溫馴的動物，根據文獻記載，魷魚主動攻擊人類的案例極為罕見。遭到魷魚刺傷的主要原因通常是不小心踩到魷魚，因此傷處大多位於足部與小腿；此外捕捉魷魚時亦可能被攻擊。根據我們長期飼養大理石魷的經驗，魷魚確實非常友善，不僅不主動攻擊人類，而且和人類之互動性極高。只要不讓魷魚感受威脅，即使游在魷魚身邊或伸手觸摸，魷魚並不會出現攻擊意圖。我們希望藉由本文傳達關於魷魚之正確知識，讓民眾了解，當在海域活動若遇到魷魚時，不要因害怕驚慌而驚擾魷魚，以免魷魚因察覺危險而攻擊。萬一不幸被魷魚尾刺刺傷時，也能依照建議方式處理，先將傷口浸泡熱水，同時立即送醫治療。只要處理得當，必能將傷害降到最低以減少憾事的發生。

參考文獻

- 邵廣昭 台灣魚類資料庫網路電子版 version 2009/1,
<http://fishdb.sinica.edu.tw>.
- 陳惠冠 (2009) 環境因子及消毒劑對短莖枝單杯吸蟲
(*Dendromonocotyle pipinna*) 孵化成功之效應。國立臺灣大
學漁業科學研究所碩士論文。
- 陳惠冠，施秀惠 (2010a) 單殖吸蟲對漁業經濟之影響。臺大漁推，
第 21 期。1-20 頁。
- 陳惠冠，施秀惠 (2010b) 環境因子及次氯酸鈉對短莖枝單杯吸蟲
孵化之影響。水產動物防疫簡訊，第 3 期。5-8 頁。
- Chisholm, L.A. and Whittington, I.D. (2004). Two new species of
Dendromonocotyle Hargis, 1955 (Monogenea: Monocotylidae)
from the skin of *Taeniura meyeni* (Dasyatidae) and *Aetobatus*
narinari (Myliobatidae) from aquaria in Queensland, Australia.
Systematic Parasitology. 57, 221-228.
- Chen, H.G., Chen, H.Y., Wang, C.S., Chen, S.N. and Shih, H.H. (2010).
Effects of various treatments on egg hatching of
Dendromonocotyle pipinna (Monogenea: Monocotylidae)
infecting the blotched fantail ray, *Taeniurops meyeni*, in Taiwan.
Veterinary Parasitology. 171, 229-237.
- Froese, R. and Pauly, D. (2011). FishBase. World Wide Web electronic
publication. www.fishbase.org, version.
- Halstead, B.W. and Bunker, N.C. (1953). Stingray attacks and their
treatment. *The American Journal of Tropical Medicine and*
Hygiene. 2, 115-128.
- Henningsen, A.D., Smale, M.J., Garner, R. and Kinnunen, N. (2004a).
Reproduction, embryonic development, and reproductive
physiology of elasmobranchs. In Smith, M., Warmolts, D.,

- Thoney, D. and Hueter, R. (eds) The elasmobranch husbandry manual: captive care of sharks, rays and their relatives. Columbus, OH: Special Publication of the Ohio Biological Survey. 227–236.
- Henningsen, A.D., Smale, M.J., Gordon, I., Garner, R., Marin-Osorno, R. and Kinnunen, N. (2004b). Captive breeding and sexual conflict in elasmobranchs. In Smith, M., Warmolts, D., Thoney, D. and Hueter, R. (eds) The elasmobranch husbandry manual: captive care of sharks, rays and their relatives. Columbus, OH: Special Publication of the Ohio Biological Survey. 237–248.
- Justine, J.-L., Grugeaud, A., Keller, F. and Leblanc, P. (2011). Two thousand parasites on a single ray: An infection with two species of skin monogeneans on a blotched fantail ray kept in an aquarium. *Acta Parasitologica*. 55, 286–290.
- Kyne, P.M. and White, W.T. (2006). *Taeniurops meyeri*. In: IUCN 2012. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2012.1. www.iucnredlist.org.
- Last, P. R. and Stevens, J. D. (1994). Sharks and Rays of Australia. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, Australia. 412–413.
- Russell, F.E., Panos, T.C., Kang, L.W., Warner, L.M. and Collket III, T.C. (1958). Studies on the mechanism of death from stingray venom a report of two fatal cases. *The American Journal of the Medical Sciences*. 235, 566–584.
- Sommer, C., Schneider, W. and Poutiers, J.-M. (1996). FAO species identification field guide for fishery purposes. The living marine resources of Somalia. FAO, Rome. 85.
- Whittington, I.D. and Chisholm, L.A. (2009). Two new species of entobdelline skin parasites (Monogenea, Capsalidae) from the blotched fantail ray, *Taeniura meyeri*, in the Pacific Ocean, with comments on spermatophores and the male copulatory apparatus. *Acta Parasitologica*. 54, 12–21.

附錄 (圖)



圖 1. 大理石魟處於放鬆狀態

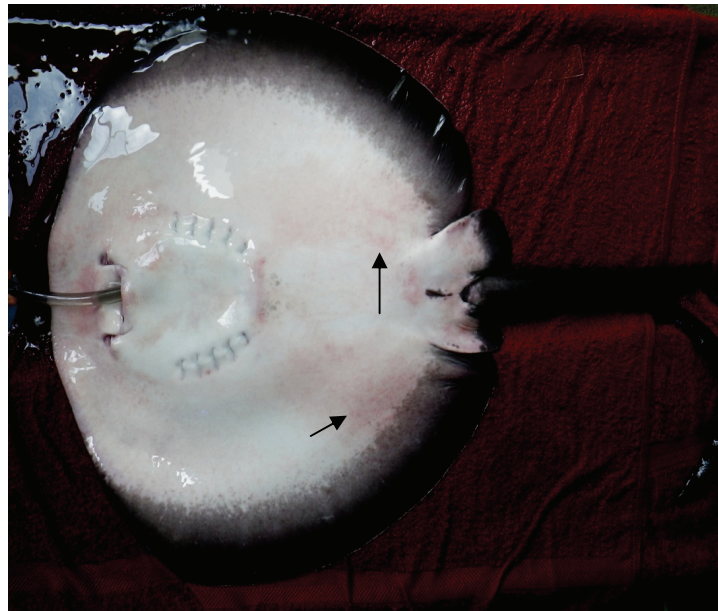


圖 2. 臺灣新內蛭吸蟲感染大理石魟造成腹部出現出血性紅斑(箭頭)



圖 3. 大理石魴尾刺和新生的尾刺(箭頭)



圖 4. 工作人員遭大理石魴刺傷。(A) 右手背傷口經縫合後情況，
(B)受傷之右手較為腫脹，左手正常。(邱盛能、吳品嫻攝)

匙吻鱔養殖生物學之研究

詹凱翔¹、葉信利²、羅秀婉^{1,3}、廖文亮^{1,3,4}

¹ 國立臺灣大學漁業科學研究所

² 行政院農委會水產試驗所海水繁殖研究中心

³ 國立臺灣大學生命科學系

⁴ 國立臺灣大學漁業推廣委員會

一、前言

匙吻鱔 paddlefish (*Polyodon spathula*) 因為前吻長的像鴨嘴所以又叫做鴨嘴鱔。匙吻鱔屬於北美洲特有種的大型淡水魚類，重量可達 90 公斤，長度為 1.8 公尺，主要分布於密西西比河的主流域及支流，還有其他的 22 個洲 (Graham, 1997)。匙吻鱔的成魚常見於水流緩慢河流中且餌料豐富的水域中，很少會出現在小支流。由於攔河築壩、開挖河道以及工、農業污染等因素的影響，匙吻鱔在美國的資源分佈區明顯減少，因此美國積極採取保護和增殖措施。自 1970 年以來，放流大量的匙吻鱔苗種於許多河流、水庫及湖泊以彌補自然繁殖數量的不足 (Stech *et al.*, 1999)。1992 年美國魚類和野生生物協會將其列入國際貿易瀕臨絕種的魚類 (Graham, 1997)。

匙吻鱔喜歡棲息在水體的上層，性情溫馴，對於溫度的適應力強，屬於廣溫性魚類，即使水面結冰或高溫 33°C 的水中仍可生存 (Xong *et al.*, 2008)。一般認為溫度在 15~27°C 對匙吻鱔的成長有較佳的影響，不過竹北水試所曾經以體重為 30 公克的匙吻鱔，在 18°C、23°C、28°C 的水溫中測試不同水溫對匙吻鱔成長的影響，經過 10 週的試驗，結果顯示 28°C 環境下匙吻鱔成長較佳 (林 *et al.*, 2008)。匙吻鱔因為沒有吳郭魚等魚種浮頭的行為，所以對於溶氧

的需求比一般的魚要來的高，不能低於 2 ppm，一般建議溶氧在 3 ppm 以上較好 (Mims, 2001)。

匙吻鱔繁殖在美國大多採取野生的族群做為繁殖的種魚，美國南部約需要 7~9 年的時間匙吻鱔才能性成熟，在美國北部地區則性成熟時間需要更久的時間，約需要 10~14 年。雌魚體型較大而雄魚較小，約只有雌魚的三分之一或二分之一。不過發情的雄魚在頭部和吻部有追星狀突起，在自然的環境匙吻鱔繁殖季節為 3 月底至 6 月初，當水溫接近 16°C 時，便可產卵和排精，受精卵黏附在石礫或其他物體上孵化，經 7 天左右孵出魚苗。成熟的卵巢占體重的 15%~25%，成熟卵呈灰黑色，卵徑為 2~215 mm (Mims, 2001)。

匙吻鱔因為是間歇性產卵，即每隔 20~30 分鐘產卵一次，從開始產卵到產卵結束需 8~10 小時，所以使用擠卵等方式收集卵，往往會耗費相當多的人力和時間。因此為了在短時間將匙吻鱔的卵取出，較佳的方法是直接剖腹取卵，其好處是可以在短時間將卵全部取出，不過手術後的匙吻鱔復原和存活率都較低 (Conte *et al.*, 1988)。另一種方法為小型手術，則是直接切開泄殖孔約 1~3 公分的切口，再直接將卵擠出，存活率較剖腹高 (Stech *et al.*, 1999)。9~36 公斤的雌魚平均每尾魚可取出 7~30 萬顆卵。卵取出後可立即做受精並且攪動一段時間，以提高受精率。受精卵要經過脫粘度後再轉入孵化器中孵化。當水溫在 12~14°C 時，孵化時間為 10~12 天；當水溫 15~16°C 時，需 6~8 天；孵化最適水溫 18~20°C，需 5~7 天 (Mims, 2001)。

匙吻鱔魚苗的培育可以分為兩種，一種是在池塘中培養，另一種為在培育水槽中培育。使用池塘培育魚苗是在過去常用的方法，主要是經由施肥，而產生許多的生物餌料提供給魚苗攝食 (Geiger *et al.*, 1985)。而早期匙吻鱔的發展也是像大多數已經商業化的魚種類似使用池塘育苗 (Michaletz *et al.*, 1982; Burke and Bayne, 1986)。不過池塘培育匙吻鱔魚苗的存活率變化很大，有報告中指出平均存活率為 9.7%，另有報告存活率平均為 16.0% (Michaletz *et al.*, 1982)，

也有報告存活率平均為 9%~58% (Semmens, 1982)。實驗中使用三種不同的有機肥料，其中使用米糠做為有機肥的組別對於匙吻鱔的成長最好，存活率平均也有 77% (Mims *et al.*, 1991)。不過大多數的學者認為池塘中天然餌料生物和溶氧難以控制，所以育苗的風險較為高，且由於匙吻鱔的幼魚大多浮在水面上警覺性又低，常常會被野鳥獵食而導致存活率下降。匙吻鱔魚苗在 FRP 桶中培育，可以提升成活率。因剛開口的魚苗攝食能力弱，魚苗開口第一天必須有足夠的餌料保障，因此必需有專用餌料培育池培育浮游動物，以保障隨時可撈取餌料生物投餵，此外還可補充些微顆粒配合飼料以避免天然餌料的不足。魚苗初始放養密度為 2 尾/公升為宜。魚體長度達到 4~5 公分時，則應將水槽中的魚及時降低飼養密度。培育槽的水溫最適為 20~24°C，水槽中的水深可隨魚苗不斷長大，而逐漸加深。水槽應經常清洗，保持良好的水質。如發現池中魚苗有“咬尾”現象，應為魚密度過高或餌料不足造成，需增加餌料和水量，並將大小魚分開降低飼養密度 (Mims, 2001)。使用水槽培育魚苗存活率一般會比池塘高，不過在同時間的收穫體型都略小於池塘。在餌料的選擇上使用水蚤、豐年蝦、及人工飼料餵食剛孵化的匙吻鱔苗，結果顯示餵食活水蚤的存活和成長最佳 (Webster *et al.*, 1991)。

在美國匙吻鱔的育成主要可以分為兩種，其中一種是在大型的蓄水池或者水庫內放養，另外一種則是和鯰魚混養 (Mims and Shelton, 1995 ; Onders *et al.*, 2001)。水庫一般有儲水、調節防洪、發電等作用，而其水域面積廣大，含有許多天然的餌料生物，非常適合匙吻鱔的放養，由於水庫放養的匙吻鱔密度為每公頃 10~20 尾，所以天然餌料非常充足，在阿拉巴馬及肯塔基洲平均 18 個月可以達 4.5 公斤，而且匙吻鱔透過流刺網的捕捉起捕率高達 90% (Onders *et al.*, 2001)。因此在水庫放養匙吻鱔是生產魚子醬非常經濟而有效率的一種方式。而與鯰魚混養其密度就比水庫放養系統高出許多，混養系統一般每公頃放養 12,500 隻的鯰魚可以放養 75 隻的匙吻鱔，於肯塔基洲經過 12 個月後可以達 3.2 公斤。實驗曾經以 20 公

克左右的匙吻鱔分別餵食浮性鱒魚飼料和浮性鯰魚飼料，經過 97 天的時間，結果顯示雖然投餵不同的飼料其成長和存活無顯著性差異 (Onders *et al.*, 2008)。

台灣從 2000 年就有業者從美國引進發眼卵，在台北縣（現稱新北市）三峽地區蓄養，由於台灣養殖戶對於匙吻鱔的養值觀念和其他鱔魚種類相同養法，認為要冷水 18°C 以下，且要流水式的養殖，常常導致匙吻鱔成長緩慢，跟史氏鱔或者西伯利亞鱔比較下就顯得沒有任何的優勢，而有漸漸地被淘汰的趨勢。近年有業者將匙吻鱔轉移雲林飼養，在育成的階段效果極佳卻面臨一些問題。在育苗部分，由於一般引進美國發眼卵大多是 5~6 月，雲林地區水溫偏高，需要使用冷卻機降溫來孵化匙吻鱔卵，其孵化率比起三峽地區用天然泉水孵化的明顯較低；在雲林地區孵化後的餌料生物提供則是較三峽地區優渥，所以在雲林地區一旦孵化後其存活率就相當的高，而三峽地區則是因為餌料生物難以無限量供應，而常常有互相咬食的現象發生。但不管如何，在此兩地生產的魚苗供貨都還不是很穩定。在育成階段台灣可說是剛開始起步所以面臨許多問題，台灣沒有像美國或者大陸有許多水庫可以用來放養匙吻鱔，所以在育成方面大多考慮池塘為主。在單養的飼料選擇上，就遇到很大問題。一般匙吻鱔的育苗階段大多會用浮性鱒魚飼料或者浮性鰻魚飼料來做為馴餌飼料，然後就持續的餵食經過育成階段直到收穫。近年來飼料價格不斷提升，餵食高蛋白質含量的飼料對於成本負擔是相當大的。雖然實驗顯示可以用蛋白質含量為 33.8% 鯰魚飼料替代蛋白質含量為 43.6% 鱒魚飼料，以節省成本 (Onders *et al.*, 2008)，在台灣目前並沒有界於蛋白質 30%~40% 的浮性飼料，所以飼料的選擇仍有待探討。混養部分，台灣鯰魚的養殖戶並不多，無法將匙吻鱔和鯰魚做為混養，必須另尋其他的魚種。台灣以吳郭魚、鰻魚、虱目魚為養殖的最大宗，養殖戶也為最多，所以如果要以混養對象來考慮也應以上述三種為主。不過在台灣南部的魚塢大多是抽取地下水來飼養這些魚，近年來由於地下水被海水入侵，要抽取出純淡水已經漸漸困難，而這三種魚對於鹽度的耐受性高，就算是在半淡

鹹水的環境下仍然可以存活並成長，但是匙吻鱔對於鹽度的耐受性目前還不明，所以是否適合台灣的水質鹽度環境和上述的三種魚混養還有待探討。此外在匙吻鱔餵食次數和餵食時間點上，也沒有人做過相關的研究，所以為了促進匙吻鱔在台灣養殖的推廣，針對不同地區環境及不同的操作方法有其研究的必要性。

二、探討水深對匙吻鱔攝食之影響

本實驗的魚為從美國進口發眼卵自行孵化培養，孵化後以水蚤及豐年蝦培養直到可以完全攝食吳郭魚浮性飼料，飼養於5.8×4.4×0.9公尺的室內水泥池中。實驗前先絕食1週後隨機選取匙吻鱔的初始平均體重約15g，每組10尾，水深分為40、60及80公分三組，室內水泥池分隔一半成二重複。每日投餵的飼料量固定為10顆，在投餵後的1個小時檢查並計數，以此為依據匙吻鱔是否有進食，實驗時間為7天，實驗溫度平均為 $27.0\pm 2.0^{\circ}\text{C}$ 。結果顯示水深40、60及80公分三組，分別殘餌數量為3/140、2/140及2/140顆飼料，各組無顯著性差異。

三、探討投餵次數對匙吻鱔攝食及成長之影響

本實驗的魚為從美國進口發眼卵自行孵化培養，孵化後以水蚤及豐年蝦培養直到可以完全攝食吳郭魚浮性飼料，飼養於5.8×4.4×0.9公尺的室內水泥池中。實驗前先絕食1週後隨機選取匙吻鱔的初始平均體重 $5.1\pm 0.1\text{g}$ ，每組5尾，水深為60公分，室內水泥池分隔一半成二重複。實驗溫度平均為 $22.0\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 。每天投餵次數分為2、4、6及8次，投餵後1個小時，撈取殘餌計數，並記錄是否有魚隻死亡，實驗時間為10天，在實驗結束後秤重以評估成長。

經 10 天飼養後，每天投餵 2、4、6 及 8 次的各組，最終體重以餵食 6 次和餵食 8 次的組別其兩者為 11.5 ± 0.7 g 與 11.5 ± 0.4 g 無顯著性差異；但與每天餵食 4 次和 2 次組別其體重為 9.6 ± 0.6 g 與 7.1 ± 0.7 g 有顯著差異。故每天餵食 4 次和每日餵食 2 次的組別其最終體重有顯著性差異。在每次殘餌數目和殘餌率上，以每天餵食 2 次的組別其殘餌數目和殘餌率為最多，分別為 35.1 ± 2.7 顆和 $70.3\pm 5.3\%$ ，和其他各組比較有顯著性差異。其次為每天餵食 4 次的組別，殘餌數目和殘餌率分別為 9.2 ± 0.1 顆和 $36.9\pm 0.4\%$ ，和其他各組比較也有顯著性差異。在每天餵食 6 次和 8 次的組別，其每次餵食的殘餌數目兩者是沒有顯著性差異的，為 1.6 ± 0.2 顆和 1.6 ± 0.1 顆，不過在殘餌率部分每天餵食 6 次組別為 $9.5\pm 1.3\%$ 和每日餵食 8 次組別的 $13.2\pm 0.9\%$ 有顯著性差異，和其他兩組也有顯著性差異。飼料換肉率 2.74~3.14%，4 組無顯著性差異，存活率 4 組皆為 100%。

四、探討不同鹽度對匙吻鱔存活之影響

本實驗的魚為從美國進口發眼卵自行孵化培養，孵化後以水蚤及豐年蝦培養直到可以完全攝食吳郭魚浮性飼料，實驗飼養於藍色平底圓型的 FRP 桶，內徑 85 公分，深度為 70 公分，水深保持在 60 公分。實驗前先絕食 1 週後隨機選取匙吻鱔的初始平均體重 5.0 ± 0.1 g，每組 5 尾，二重複。實驗溫度平均為 $26.0\pm 2.0^{\circ}\text{C}$ 。第一階段實驗鹽度設定為 5、10、15、20 ppt 等 4 組。開始後的第 1 h、第 2 h、第 3 h、第 4 h、第 5 h、第 6 h、第 12 h、第 24 h、第 48 h、第 96 h 觀察每個 FRP 桶試驗魚的活動和死亡情況，記錄死亡時間及死亡尾數，並及時取出死魚。試驗魚的行為反應分析，參考 Zhuang *et al.*, (2003) 的研究方法。試驗開始後，觀察試驗魚在不同鹽度下的行為反應及其出現的時間進行詳細記錄。第二階段實驗為以不同的增加鹽度方法直到 10 ppt，分為逐步增加鹽度，每天增加 1 ppt；階段性增加鹽度，在第 1 天加至 4 ppt，適應 3 天後增加 3 ppt，再 3 天增加 3 ppt；突然增

加鹽度，每5天增加5 ppt，鹽度到10 ppt後持續飼養觀察存活直到第15天，整個實驗過程每天少量投餵飼料並且記錄，如果不進食則取除，每天依實驗設計的鹽度換水1/3。

第一階段的實驗結果詳細觀察了匙吻鱔對鹽度適應的行為，在10、15、20 ppt組別，均會依序出現以下的行為：1.緩慢繞養殖FRP桶游動。2.快速游動，甚至衝撞養殖FRP桶。3.活動明顯減弱，慢慢下沉到FRP桶底部，並且慢慢失去平衡。4.停止活動死亡。匙吻鱔在5 ppt的鹽度環境下適應良好，在96小時內沒有異狀發生，也沒有魚隻死亡；在10 ppt的鹽度環境下，匙吻鱔在第4個小時後明顯可以觀察匙吻鱔的不正常游動，游速加快且衝撞FRP桶，持續2個小時後，匙吻鱔的活動明顯下降，並且泳層明顯下降，幾乎貼近池底，不過仍然偶有活動，持續一段時間後，就開始陸續死亡，在48小時觀察就發現匙吻鱔全數死亡；而在15 ppt鹽度環境下，匙吻鱔在第3個小時後明顯可以觀察到，匙吻鱔的不正常游動，游速加快，持續2個小時後，匙吻鱔的活動明顯下降，持續一段時間後，就開始陸續死亡，在第12小時就觀察到匙吻鱔全數死亡；在20 ppt鹽度環境下，過不久匙吻鱔就開始不安躁動，維持約2個小時後，匙吻鱔變得非常的虛弱，幾乎不游動，再經過2個小時後，匙吻鱔全數死亡。第二階段的實驗結果：匙吻鱔透過三種不同的方式增加鹽度，直到10 ppt鹽度；逐步增加鹽度中，匙吻鱔存活率為100%沒有任何魚隻的死亡，且整個實驗過程，匙吻鱔皆有攝食的情形；在階段性增加鹽度中，匙吻鱔在7 ppt的鹽度時狀況良好，且皆有攝食，但是增加到10 ppt後，開始發現魚隻躁動，在第10天剩7隻存活，第11天剩4隻存活，第12天剩下1隻存活，第13天所有魚隻皆已死亡，且在第9天開始匙吻鱔已經不再攝食；而突然增加鹽度中在5 ppt的環境內匙吻鱔狀況良好，但在第10天增加到10 ppt後，匙吻鱔就不再攝食，且開始躁動，第11天存活8隻，第12天剩下4隻，第13天全數死亡。

五、探討商業飼料對於匙吻鱔成長及存活之影響

本實驗的魚為從美國進口發眼卵自行孵化培養，孵化後以水蚤及豐年蝦培養直到可以完全攝食吳郭魚浮性飼料，飼養於5.8×4.4×0.9公尺的室內水泥池中。實驗前先絕食1週後隨機選取匙吻鱔的初始平均體重約20 g，每組10尾，水深為80公分，室內水泥池分隔一半成二重複。分別餵食鰻魚浮性飼料、吳郭魚浮性飼料和虱目魚浮性飼料，每天餵食6次，從早上11點開始到晚上9點，每間隔2小時餵食1次。實驗溫度平均為 $27.0\pm 2.0^{\circ}\text{C}$ ，實驗共進行120天。

實驗所使用的飼料，鰻魚浮性飼料粗蛋白質為45%（高蛋白組），粗脂肪為11%；吳郭魚浮性飼料粗蛋白質為28%（中蛋白組），粗脂肪為6%；虱目魚浮性飼料粗蛋白質為24%（低蛋白組），粗脂肪為6%。經120天的飼養後，成長的結果最終體重以餵食鰻魚飼料的高蛋白組的體重為 587 ± 43 g，顯著高於餵食吳郭魚飼料的中蛋白組體重為 518 ± 35 g，飼養虱目魚的低蛋白組體重為 508 ± 19 g，以中蛋白組和低蛋白組的最終體重是無顯著性差異，不過在0~60天時，高蛋白組和中蛋白組及低蛋白組在體重無顯著差異。飼養90天時，高蛋白組的體重就顯著高於中蛋白組和低蛋白組，而中、低蛋白組兩者則是沒有顯著性差異。高蛋白組增重率為 $2779\pm 25\%$ ，顯著高於中蛋白組的 $2433\pm 24\%$ 和低蛋白組的 $2396\pm 5\%$ ，而中蛋白組和低蛋白組無顯著性差異。在120天的實驗中各組存活率皆為100%。

六、結語

匙吻鱔喜歡棲息在水體的上層，性情溫馴，對於溫度的適應力強，屬於廣溫性魚種，是一種非常適合推廣的一種魚類，即使水面結冰或高溫33°C的水中仍可生存，以約28°C成長較佳。因為匙吻鱔魚苗對於水深要求不高，只需要40公分以上即可正常的攝食，水深可隨魚苗不斷長大而逐漸加深，適合室內循環水養殖。可以耐受水中5~10 ppt的鹽度，非常適合在中南部地區與其他魚種的混養。匙吻鱔的初始平均體重 5.1 ± 0.1 g，每天投餵次數分為2、4、6及8次，結果以每天6次為最佳，如能以自動投餌機配合將節省些人力。匙吻鱔的初始平均體重約20 g，投餵鰻魚浮性飼料粗蛋白質為45%（高蛋白組），吳郭魚浮性飼料粗蛋白質為28%（中蛋白組），虱目魚浮性飼料粗蛋白質為24%（低蛋白組）三種飼料。結果以鰻魚浮性飼料對於匙吻鱔的成長效果最佳，而投餵次數以每天6次為最佳。飼料實驗飼養120天後，匙吻鱔的存活率為100%，在過去的文獻中也顯示匙吻鱔在育成的階段存活率非常的高，且匙吻鱔的成長快速，在本實驗中僅需要120天就可以接近可上市的體型約600 g，在飼養於室外的池塘中，因為水溫等環境因子及浮游動物的營養補充，成長還有機會能更快，實在是值得發展的一種魚類。最後，感謝雲林地區的鄭董提供場地及魚苗以完成本研究。

參考文獻

- 林天生、楊順德、吳尊德、劉富光。2008。水溫對匙吻鱔成長之影響。水試專訊，21:5-8。
- Burke, J.S. and Baylre, D.R. 1986. Impact of paddlefish on plankton and water quality of catfish ponds. Prog. Fish-Cult., 48: 177-183.
- Conte, F.S., Doroshov, S.I., Lutes, P.B. 1988. Hatchery Manual for the White Sturgeon *Acipenser transmontanus*(Richardson) with application to other North American Acipenseridae. Publication 3322. Division of Aquaculture and Natural Resources, University of California, Oakland, California, USA.
- Graham, L.K., 1997. Contemporary status of the North American paddlefish, *Polyodon spathula*. Environ. Biol. Fish., 48: 279–289
- Geiger, J.G., Turner, C.J., Fitzmayer, K. and Nichols, W.C. 1985. Feeding habits of larval and fingerling striped bass and zooplankton dynamics in fertilized rearing ponds. Prog. Fish. Cult., 47: 211-223.
- Mims, S.D., Clark, J.A., Tidwell, J.H. 1991. Evaluation of three organic fertilizers for paddlefish, *Polyodon spathula*, production in nursery ponds. Aquaculture, 99 : 69–82.
- Mims, S.D., Shelton, W.L. 1995. A method for irradiation of shovelnose sturgeon, *Scaphirhynchus platorynchus* milt to induce gynogenesis for paddlefish, *Polyodon spathula*. In: Zhou, Y., Zhou, H., Yao, C., Lu, Y., Hu, F., Cui, H., Din, F. (Eds.), Proceedings of the 4th Asian Fishery Forum. Beijing, People's Republic of China, pp. 395–397.

- Mims, S. D. 2001. Aquaculture of paddlefish in the United States. *Aquat. Living Resour.*, 14 : 391–398.
- Michaletz, P.H., Rabeni, C.F., Tzyior, W.W. and Kusseii, I .M. 1982. Feeding ecology and growth of young-of-the-year Paddlefish in hatchery ponds. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 111: 700-709.
- Onders, R.J., Mims, S.D., Wang, C., Pearson, W.D. 2001. Reservoir ranching of paddlefish. *N. Am. J. Aquac.*, 63:179–190.
- Onders, R.J., Mims, S.D., Dasgupta, S. 2008. Growth, condition, and size distribution of paddlefish , *polyodon spathula*, juveniles reared in ponds at three densities. *Aquac. Soc.*, 39: 565-571.
- Stech, L., Linhart, O., Shelton, W.L., Mims, S.D. 1999. Minimally invasive surgical removal of ovulated eggs from paddlefish. *Aquac. Int.*, 7:129–133.
- Semmens, K.J., 1982. Production of fingerling paddlefish (*Polyodon spathula*) in earthen ponds. MS. thesis. Auburn University, Auburn, AL, 54 pp.
- Webster, C.D., Mims, S.D., Tidwell, J.H. and Yancey D.H., 1991. comparison of live food organisms and prepared diets as first food for paddlefish, *Polyodon spathua*(walbaum), fry. *Aquac. Fish. Manag.*, 22: 155-163.
- Xong, B.X., Mei, X.H., Dai, Z.G. 2008. Review on introduction of Paddlefish (*Polyodon spathula*)into China for 20 Years. *Freshwater Fish.*, 38:70-73.
- Zhuang, P., Kynard, B., Zhang, L.Z. 2003. Comparative onto genetic behavior and migration of Kaluga, *Huso dauricus*, and Amur Sturgeon, *Acipenser schrenck ii*, from the Amur River. *Environ. Biol. Fish.*, 66 :37- 48.

附錄（圖）

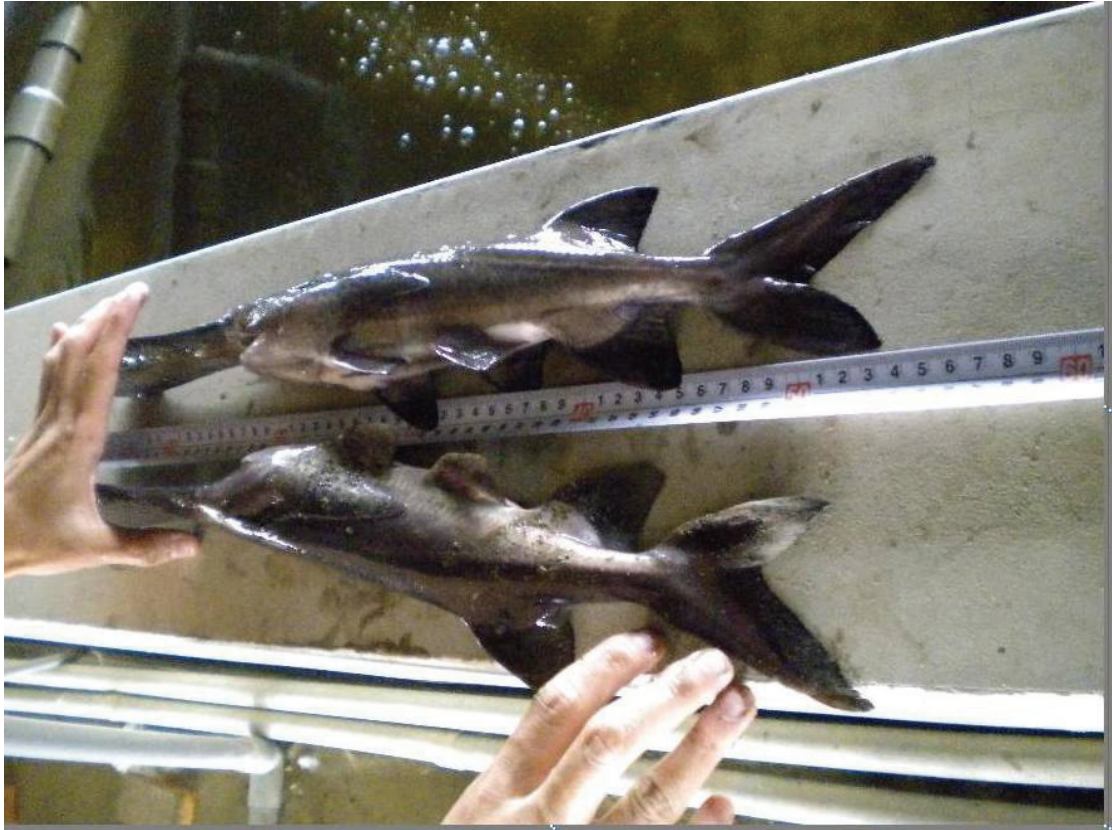


圖 1. 商業飼料飼養 120 天後的匙吻鱔平均體重 550~580 克。

台灣沿海野生魚種帶原神經壞死症病毒之田野調查

邵冠榮¹、齊肖琪^{1,2,3}

¹ 國立臺灣大學動物學研究所

² 國立臺灣大學生命科學系

³ 國立臺灣大學漁業推廣委員會

一、文獻回顧

1. 魚類神經壞死症病毒

病毒性神經壞死症 (Viral nervous necrosis disease, VNN)，是一種全球性的魚類病毒性疾病，此症又被稱為 viral encephalopathy and retinopathy (VER)，病原體被命名為神經壞死症病毒 (nervous necrosis virus, NNV) (Bloch *et al.*, 1991; Munday *et al.*, 1992)。發病魚體色變黑、失去平衡、迴旋打轉或螺旋游泳、厭食、身體側彎，最後沉入池底死亡，病癥出現的一週內會發生大量死亡 (Munday *et al.*, 2002)。神經壞死症病毒主要引起吋苗以下的魚苗發病及死亡，但有些石斑魚至吋苗階段仍有高達 70~80% 的死亡率 (鄭, 2001)。

NNV 在分類上屬於 Nodaviridae 的 β -nodavirus (或稱 Piscine nodavirus)，核酸組成包括兩條單股正意核糖核苷酸，RNA1 轉譯 RNA-dependent RNA polymerase，RNA2 則轉譯病毒外鞘蛋白質。Nishizawa 等 (1994) 依據 NNV 的 RNA2 核酸序列，建立不同引子對的組合進行 RT-PCR 反應，擴增出五種目標片段 (T1~5)，將不同魚種病毒分離株的 T4 片段進行核酸序列比對，可將 NNV 分成四種基因型：Striped Jack NNV (SJNNV)、Tiger Puffer NNV (TPNNV)、Barfin Flounder NNV (BFNNV) 及 Redspotted Grouper (RGNNV) (Nishizawa *et al.*, 1997)。根據血清中和交叉

反應結果，四種基因型可分成三種血清型，包括：(a) SJNNV、(b) TPNNV、(c) RGNNV 和 BFNNV 則被歸在同一種血清型(Mori *et al.*, 2003)。雖然 BFNNV 及 RGNNV 在血清學上十分相近，但 BFNNV 的病例都發生在冷水魚，RGNNV 的病例都發生在溫水魚。

世界各地已有許多養殖魚種受到此病毒感染並發生大量死亡 (Munday & Nakai, 1997)。在亞洲，日本、台灣、中國大陸、韓國、泰國、馬來西亞、菲律賓、澳洲、大溪地、伊朗等區域的養殖魚都有因 VNN 而大量死亡的病例；在歐洲，法國箱網養殖的海鱸、英國蘇格蘭及挪威養殖的大西洋大比目魚也有相同疫情；在美洲，加拿大及美東的鱈魚繁殖場也有 VNN 疫情的報告 (Barke *et al.*, 2002)。

NNV 可經帶原種魚垂直傳染下一代，或共養帶原魚而水平傳染。此外，受到病毒污染之飼料及餌料生物，也能成為神經壞死症病毒水平傳播的媒介。海洋中部份無病癥的野生魚，曾驗出 NNV 的存在，這些帶原魚亦有可能經由海水為媒介，或是被捕撈後被當作下雜魚而感染養殖魚，但有關海洋中的野生魚在 NNV 傳染途徑中所扮演角色，相關報告至今仍十分有限。

2. 魚類虹彩病毒

1990 年，日本養殖的嘉鱾魚 (red sea bream, *Pagrus major*) 首先出現魚類虹彩病毒症報導，死亡率大約 20~60%，病魚活動力下降，鰓部有貧血及點狀出血的現象，另外在脾臟、腎臟、心臟、肝臟及鰓可觀察到嗜鹼性肥大細胞，在電顯下可觀察到規則排列的病毒顆粒，直徑大小約 200~240 nm，用過濾後的病魚脾臟組織研磨液去感染健康的嘉鱾魚，也會產生相同病癥，因此病原體則被命名為嘉鱾魚虹彩病毒 (Red Sea bream Iridovirus, RSIV) (Inouye *et al.*, 1992; Nakajima & Sorimachi, 1994)。自 1995 年起，台灣本島南部的養殖石斑魚也爆發虹彩病毒症，死亡率高達 60%，通常感染吋苗以上的石斑幼魚，病魚出現類似 RSIV 引起的病癥，病原體被命名

為台灣石斑魚虹彩病毒 (TGIV) (Chou *et al.*, 1994; Chao *et al.*, 2002)。1994 年到 1997 年間中國廣東省的養殖鰻魚 (mandarinfish, *Siniperca chuatsi*) 爆發虹彩病毒症的疫情，死亡率約為 50%，病魚有類似 RSIV 引起的病癥，病原體則被命名為傳染性脾腎壞死病毒 (Infectious Spleen and Kidney Necrosis Virus, ISKNV) (He *et al.*, 2000)。Wang 等 (2007) 利用 PCR 及 nested-PCR 檢測了自南中國海域所收集的 13 種養殖魚及 73 種野生魚，結果顯示 13 種養殖魚及 39 種野生魚都有 ISKNV-like 的感染，另外經過核酸序列分析顯示，可將病毒分成兩大群，一群和 ISKNV 有較大的相似性，一群則和點帶石斑虹彩病毒 (orange-spotted grouper iridovirus, OSGIV) 有較大的相似性。

魚類虹彩病毒屬於虹彩病毒科 (Iridoviridae)，具有封套膜，核酸組成為線性雙股去氧核糖核酸，基因體大小為 150~200 kb，病毒顆粒直徑約為 125~300 nm，外觀型態為二十面體。鞘蛋白分子量約 50 kDa，佔病毒蛋白質 40~45% 含量，保守性高，所以常被用來判斷虹彩病毒分離株的親源性 (Schnitzler & Darai, 1993)。國際病毒分類委員會將此科病毒分成五個屬：(1) 虹彩病毒屬 (Iridovirus)，寄主以昆蟲為主；(2) 氯虹彩病毒屬 (Chloriridovirus)，寄主以蚊子為主；(3) 赤蛙病毒屬 (Ranavirus)，寄主以蛙類為主；(4) 淋巴囊腫病毒屬 (Lymphocystivirus)，寄主以多種硬骨魚類為主；(5) 細胞肥大病毒屬 (Megalocytivirus)，代表病毒為 Infectious spleen and kidney necrosis virus (ISKNV)，寄主為多種低等脊椎動物。

另一種分類方式，乃將虹彩病毒科分成兩個亞科，Invertiridovirinae 及 Chloriridovirinae；其中 Invertiridovirinae 再分 Iridovirus 及 Chloriridovirus 兩屬；而 Chloriridovirinae 再分 Ranavirus、Lymphocystivirus、Megalocytivirus 三屬 (Sudthongkong *et al.*, 2002a, b; Chao *et al.*, 2004)。在台灣，造成石斑苗大量死亡的虹彩病毒至少有 2 種，分屬於 Megalocytivirus (如 TGIV 及 RSIV) 及 Ranavirus (如 GIV) (Chao *et al.*, 2002; Chao *et al.*, 2004)。

虹彩病毒可經共養而引起水平感染，死亡率高達 100% (Ahne *et al.*, 1990; Ogawa *et al.*, 1990)。陳 (2000) 利用含有台灣石斑魚虹彩病毒 (TGIV) 的飼料餵食健康的石斑魚苗，結果死亡率高達 100%，顯示虹彩病毒可經餵食感染，因此推測，餌料生物來源如果污染了病毒，或石斑魚苗彼此間的殘食，都可能造成病毒的傳染，在環境不佳的情況爆發疫情。

3. 烏魚

烏魚中文學名為鰻，英文學名為 *Mugil cephalus* (Linnaeus 1758)，英文俗名為 grey mullet。烏魚在台灣水域的分布非常廣泛，不但遍佈沿海，河川中游也可發現烏魚的存在 (劉，1991)。冬至前後十天左右，大批成熟的烏魚會由北方迴游至台灣西部及西南部沿海產卵 (李，1995)。現今養殖烏魚之種苗來源大多是天然捕撈。烏魚苗在低鹽度的沿岸及河口海域作滲透壓調節並進入河口一帶生長，此階段的魚苗游泳能力弱且高度群聚，所以容易被捕捉。烏魚種苗的蓄養主要是集中於台南、高雄及屏東沿海一帶。因為烏魚是廣鹽性，所以烏魚可在淡水、半鹹水及全海水的水域放養，台灣過去曾將烏魚馴化後，在淡水中與草魚、鱧魚混養 (李，1995)，或與海水養殖的虱目魚及草蝦混養 (葛，1993)，烏魚在台灣南部也有和石斑魚吋苗共養的情形。Zorriehzahra 等 (2005) 指出，伊朗裏海 (Caspian sea) 的野生鰻科魚類 (*Liza auratus*, Golden grey mullet) 連續幾年發生大量死亡，經鑑定死亡魚隻有感染 NNV，顯示鰻科魚類對 NNV 具有感受性。

二、前言

神經壞死症病毒 (NNV) 在世界各地造成多種海水養殖魚大量死亡 (Munday *et al.*, 2002), 台灣多種具有高經濟價值的海水養殖魚苗也深受其害, 然而 NNV 如何保存於自然界中? 在臺灣附近海域中有那些野生魚種會是 NNV 的寄主? 野生魚種帶原 NNV 的現象是否普遍? 是否包括迴游性魚類? 又迴游性魚類在不同地域之間對病毒的傳播可能扮演的角色? 帶原野生魚是否有途徑把 NNV 傳染給養殖區的魚苗? 不同基因型的 NNV 有無可能經由共感染在野生魚體中進行重組? 以上這些問題需要不同地區的研究團體, 針對各地區海域的野生魚種進行 NNV 篩檢, 統整與分析後才能釐清。本文針對台灣北、中、南及東部沿海收集各種野生魚, 包括具有迴游性的鰯科魚類 (*Liza auratus*, Golden grey mullet), 及經常被養殖業者收購當作餵食養殖魚之野生魚種在內, 然後進行 NNV 的檢測及初步分析, 以建立 NNV 在台灣沿海野生魚種帶原的基本資料, 作為與世界其它國家類似研究資料之統整與分析之參考。此外, 會引起脾臟細胞腫大之虹彩病毒的宿主魚種, 與 NNV 的宿主魚種有很多重疊, 因此本研究所採集的野生魚與養殖魚也同時做虹彩病毒檢測, 以確認這兩種病毒有無天然共感染之案例。

本研究採集魚標本分四大區進行, 北部主要是基隆及東北角海岸, 中部主要是苗栗地區, 南部地區主要是嘉義、台南、高雄、屏東地區, 東部則是宜蘭、花蓮地區, 採集地點與數量列於表一。魚的採樣時間是 2006 年 4 月至 2007 年 4 月, 野生魚標本源自台灣各地區漁港收集捕撈的野生魚, 魚種不限; 養殖魚標本則源自屏東、高雄、台南、嘉義地區養殖戶收集樣本, 以石斑魚苗為主, 少部份為石斑成魚; 烏魚樣本由台灣大學漁業科學研究所曾萬年教授提供, 自 2006 年 1 至 12 月期間基隆地區漁民捕撈的烏魚樣本, 皆為成魚。無論野生魚、養殖魚或烏魚, 每批每種魚的樣本數約 5 到 10 尾。每尾魚解剖後取腦組織與視網膜組織, 以 NNV 專一性引子進行 RT-PCR 及 nested-PCR 篩檢; 又取脾及腎, 以 RSIV 及 GIV 專一性的引子對進行虹彩病毒的篩檢。本研究所用的核酸引子序列如表二。

三、結果與討論

1. 台灣各地區野生魚種帶原 NNV 之情形

在本研究中，檢測野生魚數量為 288 隻，分別屬於 75 種，其中 25 種有 NNV 帶原。至 2007 年，這些野生魚種（表三）皆是首次發現的 NNV 新宿主，且常被用來當作下雜魚。由台灣各地區所採集到的野生魚種，普遍有 NNV 低量帶原，需經由 nested-PCR 才檢測得到。南部地區有 0.6% 的採樣標本 NNV 帶原量較高，以 RT-PCR 就能測到。NNV 的檢出率在南部為 23.9%、北部為 22.2%、中部為 23.5%、東部為 31.6%，沒有地域分佈上的差異（圖一）。台灣南部野生魚整年幾乎都有 NNV 低量帶原的情形，NNV 的檢測率，2005 年 12 月為 40.0%，2006 年 4~6 月為 0%，2006 年 7~9 月為 18.3%，2006 年 10~12 月為 61.5%，2007 年 1~3 月為 36.0%。採樣野生魚較高病毒量只出現在 2005 年 12 月的採樣魚中（圖二）。

臺灣所有養殖魚分離到的 NNV 皆屬於 RGNNV 基因型 (Chi *et al.*, 2003)，此基因型的寄主範圍非常廣，至少 16 科的魚有 NNV 感染的記錄 (Munday *et al.*, 2002)。Gomez 等 (2004) 檢測日本野生魚及養殖魚共 18 科魚樣本，其中 17 科魚有 NNV 帶原。本研究共檢測 75 種魚樣本，其中 30 種魚有 NNV 低量帶原，顯示台灣附近海域至少有 30 種野生魚可以成為 NNV 在自然環境中的儲存槽。因為以魚腦為檢測組織，所以能確定這些魚不是表面帶原，或是消化道中的食物帶原，而是能在腦中複製與存留的寄主。NNV 主要致病魚齡是幼苗，而本實驗的採樣魚都是亞成魚或成魚，死於 NNV 感染的魚都已自然被淘汰，被捕撈到的帶原魚應該是受 NNV 感染後的殘活魚，所以病毒含量低。台灣南部養殖區自 1994 年起就有 VNN 爆發的紀錄 (Chi *et al.*, 1997)，迄今 NNV 仍然是石斑魚苗的重要病原，當疾病爆發，將死或已死的養殖魚苗都未經消毒就被排放，周圍海域的野生魚因此有很大的機會被 NNV 感染，也因此南部養殖地區沿海所收集到的野生魚種帶原率及帶原量都較高。

2. 南部陸地養殖魚苗在各季節感染 NNV 之情形

台灣南部採集到的養殖魚苗，整年期間都有 NNV 帶原，不同季節 NNV 及虹彩病毒的檢測率如圖三所示。由該圖可知，NNV 在養殖石斑魚苗的帶原率極普遍，且在春夏兩季有嚴重 VNN 疫情爆發，冬季雖無 VNN 疫情，但仍有 NNV 帶原。本研究中，只在 2007 年 4 月採集到的養殖藍身大石斑 (*Epinephelus tukula*) 有測到 RSIV-like 的虹彩病毒存在，無 NNV 共感染。養殖魚整年間都有 NNV 感染的紀錄，春夏兩季更是疾病爆發的高峰。然而，NNV 在南部海域所收集到的野生魚中，帶原率或帶原量並沒有因此集中在春末至夏季這段期間。

Gomez 等 (2004) 研究日本兩個地區養殖魚及外海野生魚的 NNV 感染情形，結果顯示，大部分野生魚體內都帶有少量 NNV，無臨床病癥，推測這些帶原野生魚種可能成為養殖魚受 NNV 感染的來源。本研究針對不同季節南部養殖魚及野生魚進行 NNV 的檢測，發現野生魚在整年間幾乎都有 NNV 的帶原，且這些帶原的野生魚中，有十幾種常被養殖業者低價收購作為餵食養殖石斑苗的下雜魚，因此不能排除 NNV 有機會經由此路徑傳染給養殖魚苗，仍待日後求證。Skloris 等 (1998) 指出，NNV 可污染餌料生物，如橈腳類 (*Brachionus plicatilis*, rotifer) 以及豐年蝦 (*Artemia salina*)，雖然 NNV 無法在其體內複製，但至少可停留 24~48 小時。在台灣，NNV 亦曾在橈腳類及作為生餌的蝦類 (*Acetesinte medius*) 身上測到 (Chi *et al.*, 2003)，這些下雜魚或小蝦都來自沿海的捕撈，也是養殖魚苗的重要餌料，因此可能成為傳染 NNV 的媒介。

3. 鯔科魚類感染 NNV 之情形

由圖四得知，烏魚帶原 NNV 的檢出率集中在 10 月至 1 月，且只有 nested-PCR 才能檢測到，顯示 NNV 在魚體內的含量低。本研究採集的鯔科魚類，只在野生烏魚及養殖烏魚有檢測到 NNV，在野生大鱗鯨 (*Liza macrolepis*) 則沒測到 (圖五)。

Zorriehzahra 等 (2005) 在大量死亡的鯔科魚類 (*Liza auratus*, Golden grey mullet) 測到 NNV，經過核酸序列比對，發現此病毒株和 RGNNV 有極高的相似度。此外，Gibson-Kueh 等 (2004) 也曾提出養殖烏魚受到 RSIV 的感染。在台灣，烏魚 (*Mugil cephalus*) 的分布非常廣泛，是一種常見的迴游魚種。本研究中，烏魚只有在冬季 (10 月~1 月) 才測得到 NNV，原因可能和其繁殖季節有關，烏魚的繁殖季節是在冬至前後，繁殖會消耗魚大量精力，使免疫能力下降，因此病毒較易入侵魚體。本研究中所採集的烏魚都是成魚，對 NNV 的感受性低，因此在烏魚體內的病毒量低。迴游性魚類會在不同海域之間遷移，加上 RGNNV 的寄主範圍很廣，因此帶原之烏魚也可能會將 NNV 大範圍地散播，造成海域中其他對 NNV 有感受性魚種被感染。

本研究中所檢測的野生烏魚，雖然以性成熟的成魚居多，但在天然環境中，並沒有人工繁殖所造成的緊迫，所以病毒帶原量不會在生殖季升高，而魚苗生活在廣大的海域中，也沒有類似高密度養殖對魚苗所造成的緊迫，因此在天然環境下，野生烏魚的垂直感染的機率應該不高，沿海烏魚的帶原有可能被陸上石斑養殖區在 VNN 疫情後排放的死魚及養殖水所感染。本研究中，養殖烏魚有 NNV 帶原，但台灣烏魚苗大多是野生捕撈，之後和其他海水養殖魚苗共養，本研究採集的烏魚就曾和石斑魚成魚共養，因此推測，養殖池中採集到的帶原烏魚，也可能是受到共養的其他 NNV 帶原魚苗或水體中 NNV 的水平感染所致。

4. NNV 與 RSIV 在野生魚中的共感染

本研究所採集的野生魚中，只在一尾粗紋鯧 (*Leiognathus lineolatus*) 同時測到有 NNV 及虹彩病毒共感染的情形。日本外海野生魚體中曾發現帶原 NNV 的 RNA 1 與 RNA 2 來自兩種基因型，顯示不同基因型之 NNV，可能在天然海域魚種的交互感染下，發生基因重組。Iwamoto 等 (2004) 建立不同基因型 (RGNNV 及 SJNNV) RNA 1 及 RNA 2 之重組 NNV，發現 NNV 對寄主的感受性主要取決於 RNA 2。廖 (2004) 以活體攻毒試驗證明，源自冷水魚的 AHNNV 可經浸泡攻毒感染石斑魚，並在石斑魚腦中測到低量 AHNNV，但魚不會死亡；AHNNV 感染之 GF-1 細胞，在 28°C 培養複製率很低，改至 15°C 培養複製率就明顯升高，顯示 NNV 的核酸複製酶活性受溫度影響很大。若兩種基因型的 NNV (如 RGNNV, SJNNV) 同時感染上一野生魚，就有可能在宿主細胞內發生兩種基因型的 RNA1 與 RNA2 重組，重組後的 NNV 將有潛力擴大 NNV 的宿主範圍。

四、結語

本研究為首篇台灣沿海野生魚感染神經壞死症病毒 (NNV) 的調查報告，發現至少有 30 種野生魚有 NNV 帶原，並發現其中許多種野生魚經常被漁民當作養殖魚的下雜魚餌料。已知 NNV 可經由餵食途徑感染石斑魚，故對帶原下雜魚的使用須謹慎。本研究又發現具迴游性烏魚有 NNV 帶原，烏魚也經常和養殖石斑成魚混養，是否會造成水平傳染，日後將繼續追蹤。

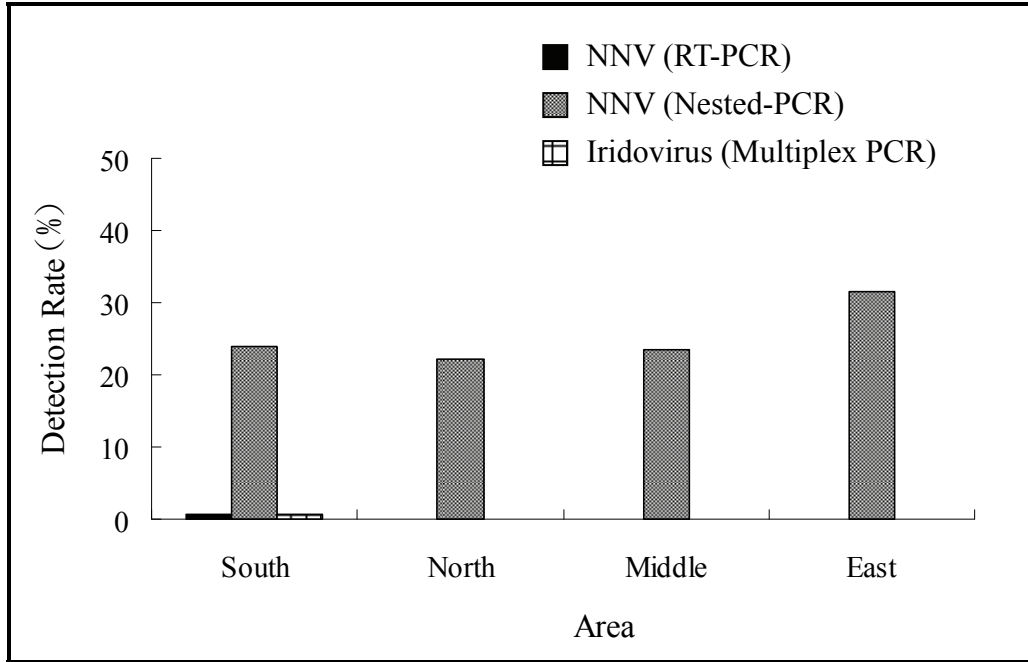
參考資料

- 劉振鄉(1991) 鯔科魚類的生物學研究。國立台灣大學動物學研究所博士論文。
- 葛國昌(1993) 海水魚類增養殖學。水產出版社。260-273 頁。
- 李榮涼(1995) 台灣農家要覽-漁業篇，養殖漁業-烏魚。財團法人豐年社。205-209 頁。
- 陳莉菁(2000) 石斑虹彩病毒之病原性與疫苗開發之研究。國立台灣海洋大學水產養殖研究所碩士論文。
- 鄭存明(2001) 魚類結病毒持續性感染之研究。國立台灣大學動物學研究所碩士論文。
- 廖睿雯(2004) 自不同魚種分離之神經壞死症病毒株病原性的比較。國立台灣大學動物學研究所碩士論文。
- 紹冠榮(2007) 台灣沿海野生魚種帶原結病毒的田野調查與分析。國立台灣大學動物學研究所碩士論文。
- Ahne, W., Ogawa, M. & Schlotfeldt, H. J. (1990). Fish viruses: transmission and pathogenicity of an icosahedral cytoplasmic deoxyribovirus isolated from sheatfish (*Silurus glanis*). *Journal of Veterinary Medicine B* 37, 187-190.
- Barke, D. E., MacKinnon, A. M., Boston, L., Burt, M. D., Cone, D. K., Speare, D. J., Griffiths, S., Cook, M., Ritchie, R. & Olivier, G. (2002). First report of piscine nodavirus infecting wild winter flounder *Pleuronectes americanus* in Passamaquoddy Bay, New Brunswick, Canada. *Diseases of Aquatic Organisms* 49, 99-105.
- Bloch, B., Gravningen, K. & Larsen, J. L. (1991). Encephalomyelitis among turbot associated with a picornavirus-like agent. *Diseases of Aquatic Organisms* 10, 65-70.
- Chao, C. B., Chen, C. Y., Lai, Y. Y., Lin, C. S. & Huang, H. T. (2004). Histological, ultrastructural, and in situ hybridization study on enlarged cells in grouper *Epinephelus* hybrids infected by grouper iridovirus in Taiwan (TGIV). *Diseases of aquatic organisms* 58, 127-142.

- Chao, C. B., Yang, S. C., Tsai, H. Y., Chen, C. Y., Lin, C. S. & Huang, H. T. (2002). A nested PCR for the detection of grouper iridovirus in Taiwan (TGIV) in cultured hybrid grouper, giant seaperch, and largemouth bass. *Journal of Aquatic Animal Health* 14, 104-113.
- Chi, S. C., Lo, C. F., Kou, G. H., Chang, P. S., Peng, S. E. & Chen, S. N. (1997). Mass mortalities associated with viral nervous necrosis (VNN) disease in two species of hatchery-reared grouper, *Epinephelus fuscogutatus* and *Epinephelus akaara* (Temminck & Schlegel). *Journal of Fish Diseases* 20, 185-193.
- Chi, S. C., Shieh, J. R. & Lin, S. J. (2003). Genetic and antigenic analysis of betanodaviruses isolated from aquatic organisms in Taiwan. *Diseases of Aquatic Organisms* 55, 221-228.
- Gomez, D. K., Sato, J., Mushiake, K., Isshiki, T., Okinaka, Y. & Nakai, T. (2004). PCR-based detection of betanodaviruses from cultured and wild marine fish with no clinical signs. *Journal of Fish Diseases* 27, 603-608.
- He, J. G., Wang, S. P., Zeng, K., Huang, Z. J. & Chan, S.-M. (2000). Systemic disease caused by an iridovirus-like agent in cultured mandarin fish, *Siniperca chuatsi* (Basilewsky), in China. *Journal of Fish Diseases* 23, 219-222.
- Inouye, K., Yamano, K., Maeno, Y., Nakajima, K., Matsuoka, M., Wadas, Y. & Sorimachi, M. (1992). Iridovirus infection of cultured red sea bream, *Pagrus major*. *Fish Pathology* 27, 19-21
- Mori, K., Mangyoku, T., Iwamoto, T., Arimoto, M., Tanaka, A. & Nakai, T. (2003). Serological relationships among genotypic variants of betanodavirus. *Diseases of Aquatic Organisms* 57, 19-26.
- Munday, B. L., Langdon, J. S., Hyatt, A. & Humphrey, J. D. (1992). Mass mortality associated with a viral-induced vacuolating encephalopathy and retinopathy of larval and juvenile barramundi, *Lates calcarifer* Bloch. *Aquaculture* 103, 197-211.

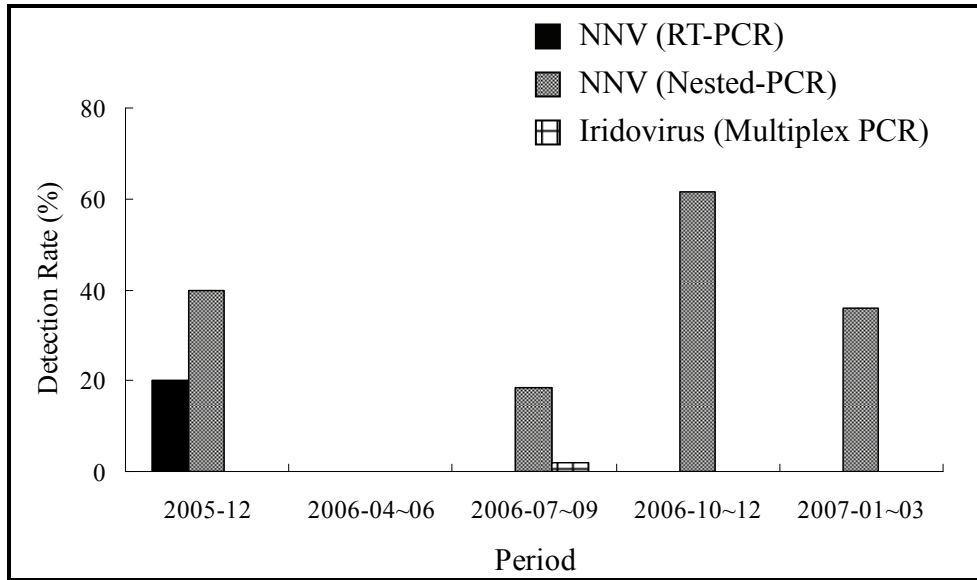
- Munday, B. L. & Nakai, T. (1997). Special topic review : nodaviruses as pathogens in larval and juvenile marine finfish. *World journal of microbiology & biotechnology* 13, 375-381.
- Munday, B. L., Kwang, J. & Moody, N. (2002). Betanodavirus infection of teleost fish : a review. *Journal of Fish Diseases* 25, 127-142.
- Nakajima, K. & Sorimachi, M. (1994). Biological and physico-chemical properties of the iridovirus isolated from cultured red sea bream, *Pagrus major*. *Fish Pathology* 29, 29-33.
- Nishizawa, T., Mori, K. & Nakai, T. (1994). Polymerase chain reaction (PCR) amplification of RNA of striped jack nervous necrosis virus (SJNNV) . *Diseases of Aquatic Organisms* 18, 103-107.
- Nishizawa, T., Furuhashi, M., Nagai, T. & Muroga, K. (1997). Genomic classification of fish nodaviruses by molecular phylogenetic analysis of the coat protein gene. . *Applied and environmental microbiology* 63, 1633-1636.
- Ogawa, M., Ahne, W., Fischer-Scherl, T., Hoffmann, R. W. & Schlotfeldt, H. J. (1990). Pathomorphological alterations in sheatfish fry *Silurus glanis* experimentally infected with an iridovirus-like agent *Diseases of aquatic organisms* 9, 187-191
- Skirris, G. P. & Richards, R. H. (1998). Assessment of the susceptibility of the brine shrimp *Artemia salina* and rotifer *Brachionus plicatilis* to experimental nodavirus infection. *Aquaculture* 169, 133-141.
- Wang, Y. Q., Lü, L., Weng, S. P., Huang, J. N., Chan, S. M. & He, J. G. (2007). Molecular epidemiology and phylogenetic analysis of a marine fish infectious spleen and kidney necrosis virus-like (ISKNV-like) virus. *Archives of Virology* 152, 763-773.
- Zorriehzahra, M. J. (2005). Mortality of wild Golden Grey Mullet (*Liza auratus*) in Iranian waters of the Caspian Sea, associated with viral nervous necrosis-like agent. *Iranian Journal of Fisheries Sciences* 4, 43-58.

附錄 (圖、表)

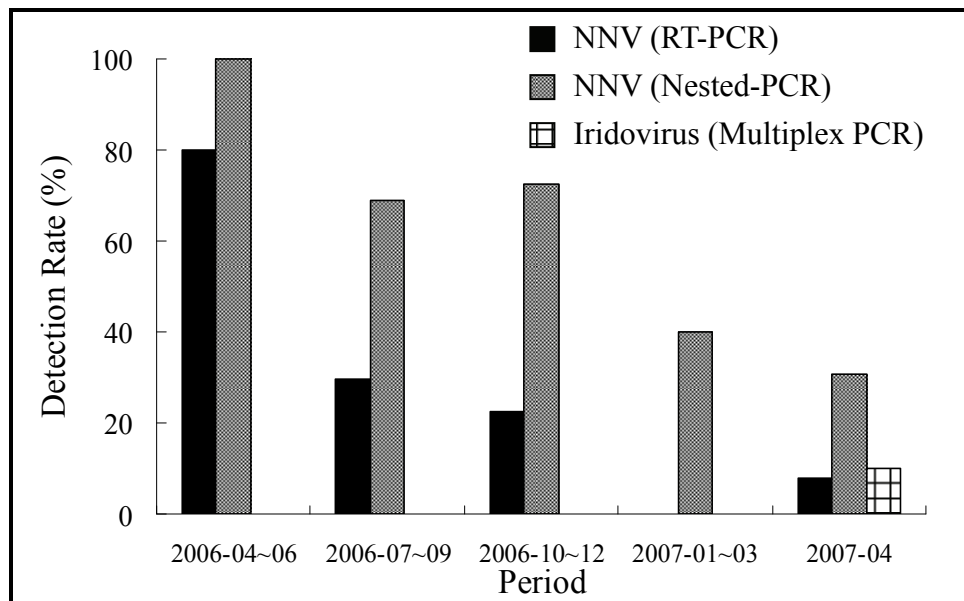


圖一、台灣各地區野生魚 NNV 及 GIV/RSIV 的檢出率。南部地區包括屏東、高雄、台南、嘉義縣市；北部地區包括台北市、新北市、基隆市；中部地區包括苗栗縣市；東部地區包括宜蘭、花蓮縣市。

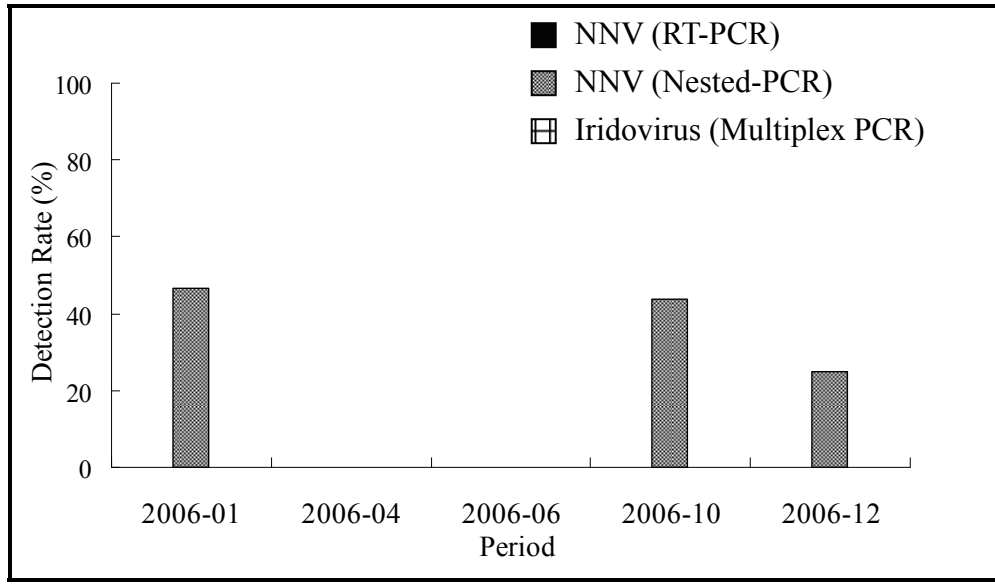
台灣沿海野生魚種帶原神經壞死症病毒之田野調查



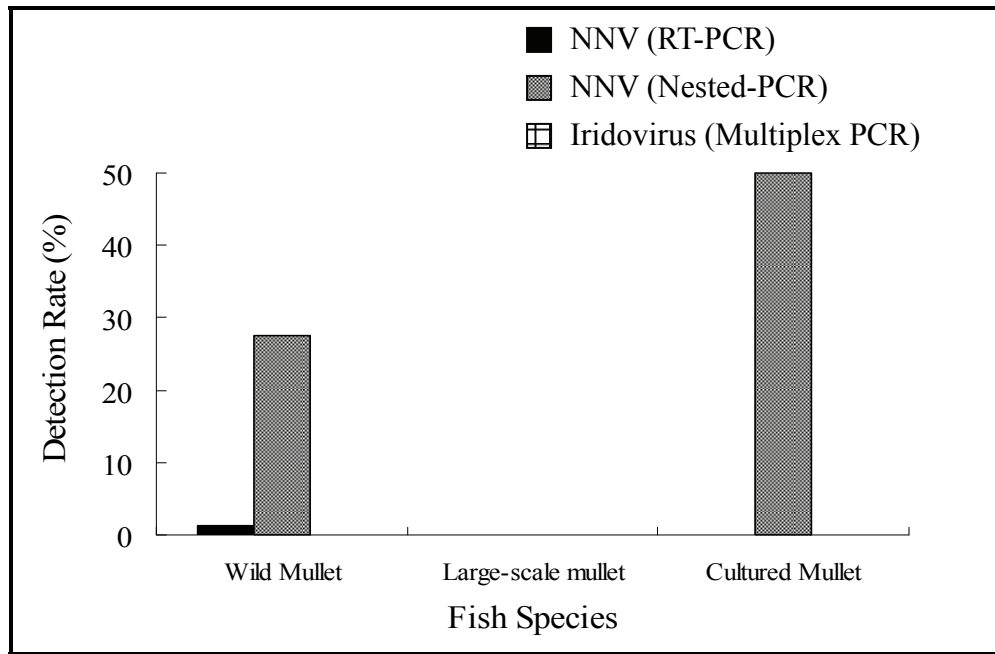
圖二、台灣南部沿海野生魚於不同季節中 NNV 及 GIV/RSIV 的檢出率。
共有 50 種採樣魚，採集地點包括屏東、高雄、台南、嘉義縣市的漁港。



圖三、台灣南部陸上養殖魚在不同季節中 NNV 及 GIV/RSIV 的檢出率。採集魚種主要有點帶石斑、龍膽石斑、藍身大石斑、金目鱸、黃蠟鰲等。魚齡大小主要為八分苗，少數為成魚。採集地點主要包括屏東、高雄、台南、嘉義。



圖四、鰻科魚類在不同季節中 NNV 及 GIV/RSIV 的檢出率。鰻科魚類主要來自基隆外海，少數是來自高雄縣。



圖五、兩種鰻科魚類 NNV 及 GIV/RSIV 的檢出率。野生烏魚 (Mullet) 及大鱗鰻 (Large-scale mullet) 主要來自基隆外海，養殖烏魚則是來自台南縣北門鄉。

台灣沿海野生魚種帶原神經壞死症病毒之田野調查

表一、樣本魚採集地點與數目

地區	包括縣市	鄉鎮市	野生魚樣本數	養殖魚樣本數
南部地區	屏東	枋寮	7	42
		東港	17	6
		佳冬	4	0
	高雄	林園	18	16
		小港	0	11
		旗津	4	0
		梓官	78	10
		彌陀	14	10
		茄萣	7	17
	台南	安平	5	0
		北門	3	37
		七股	0	11
嘉義	布袋	30	0	
中部地區	苗栗	通霄	17	0
北部地區	台北	三芝	0	1
	基隆	基隆	51	0
東部地區	宜蘭	蘇澳	15	0
	花蓮	花蓮	18	0
總 計			288	161

表二、RT-PCR、nested-PCR 及 multiplex PCR 所使用之核酸引子序列

	Target gene	Name	Sequence 5'-3'	Size of product (bp)
RT-PCR	NNV RNA2 T2	NNV-F1	5'-GGATTTGGACGTGCGACCAA-3'	870
		NNV-R3	5'-CGAGTCAACACGGGTGAAGA-3'	
Nested-PCR	NNV RNA2 T4	NNV-F2	5'-CGTGTCAGTGCTGTGTCGCT-3'	427
		NNV-R3	5'-CGAGTCAACACGGGTGAAGA-3'	
Multiplex PCR	PNP gene	PNP-F1	5'-CGCGGATCCACCATGACGGATTACG ATTTG-3'	858
		PNP-R1	5'-TTTACAAGCTTTCGCGGAAGCTCG-3'	
	RSIV <i>Pst</i> I fragment	IRD-F2	5'-TACAACATGCTCCGCCAAGA-3'	286
		IRD-R1	5'-GATAGGAGATGTGTTGGTGC-3'	

表三 野生魚檢測出有 NNV 帶原的魚種資料

魚種科別	魚種
天竺鯛科 <i>Apogonidae</i>	棘眼天竺鯛 <i>Apogon fraenatus</i>
	黃天竺鯛 <i>Apogon aureus</i>
	擬雙帶天竺鯛 <i>Apogon pseudotaeniatus</i>
石首魚科 <i>Sciaenidae</i>	丁氏叫姑魚 <i>Johnius distinctus</i>
	大頭白姑魚 <i>Pennahia macrocephalus</i>
	皮氏叫姑魚 <i>Johnius belangerii</i>
海鯰科 <i>Ariidae</i>	斑海鯰 <i>Arius maculatus</i>
鱚科 <i>Carangidae</i>	浪人鱚 <i>Caranx ignobilis</i>
	紅尾圓鱚 <i>Decapterus kurroides</i>
	黃蠟鱚 <i>Trachinotus blochii</i>
	竹莢魚 <i>Trachurus japonicus</i>

台灣沿海野生魚種帶原神經壞死症病毒之田野調查

魚種科別	魚種
長鯧科 <i>Centrolophidae</i>	刺鯧 <i>Psenopsis anomala</i>
虱目魚科 <i>Chanidae</i>	虱目魚 <i>Chanos chanos</i>
慈鯛科 <i>Cichlidae</i>	吳郭魚 <i>Oreochromis mossambicus</i>
鯆科 <i>Clupeidae</i>	日本海鯆 <i>Nematalosa japonica</i>
	花蓮小砂丁 <i>Sardinella hualiensis</i>
舌鯧科 <i>Cynoglossidae</i>	布氏鬚鯧 <i>Paraplagusia blochii</i>
鑽嘴魚科 <i>Gerreidae</i>	短鑽嘴魚 <i>Gerres erythrourus</i>
尖嘴鱸科 <i>Latidae</i>	金目鱸 <i>Lates calcarifer</i>
鯧科 <i>Leiognathidae</i>	粗紋鯧 <i>Leiognathus lineolatus</i>
單棘魷科 <i>Monacanthidae</i>	冠鱗單棘魷 <i>Stephanolepis cirrhifer</i>
鯔科 <i>Mugilidae</i>	烏魚 <i>Mugil cephalus</i>
鬚鯧科 <i>Mullidae</i>	日本緋鯧 <i>Upeneus japonicus</i>
金線魚科 <i>Nemipteridae</i>	裴氏金線魚 <i>Nemipterus peronii</i>
	白頸赤尾冬 <i>Scolopsis vosmeri</i>
馬鮫科 <i>Polynemidae</i>	六指馬鮫 <i>Polydactylus sextarius</i>
金梭魚科 <i>Sphyraenidae</i>	尖鰭金梭魚 <i>Sphyraena acutipinnis</i>
四齒魷科 <i>Tetraodontidae</i>	懷氏兔頭魷 <i>Lagocephalus wheeleri</i>
白鯧科 <i>Ephippidae</i>	圓白鯧 <i>Ephippus orbis</i>
石鱸科 <i>Haemulidae</i>	花石鱸 <i>Plectorhinchus pictus</i>
鯧科 <i>Serranidae</i>	雙帶鱸 <i>Diploprion bifasciatum</i>
	點帶石斑 <i>Epinephelus coioides</i>
	龍膽石斑 <i>Epinephelus lanceolatus</i>
	藍身大石斑 <i>Epinephelus tukula</i>
	花斑刺鯧 <i>Plectropomus leopardus</i>

海魚感染海獸胃線蟲屬於自然現象

施秀惠

國立臺灣大學生命科學系

國立臺灣大學漁業推廣委員會

「噁！賣場鱈魚藏線蟲」，這個聳動標題出現在今年十月中旬的電視新聞和各家電子報。報導指出，民眾在量販店購買阿拉斯加野生鱈魚，料理時卻發現「白色魚肉上，包著一條將近1公分又細又長的紅色小蟲」，氣得向業者要求退貨和檢驗商品，同時向媒體爆料投訴，因而出現這則新聞報導。

海魚遭受線蟲感染！其實還真不是新聞，更不是「獨家」新聞。無論是否具備寄生蟲學專業知識，台灣從事撈捕、海水魚養殖、漁產品加工、餐飲等業者以及海釣愛好者們，基本上都了解「海魚有線蟲」之事實並已成為常識。然而偏偏社會大眾和傳播媒體卻仍在狀況外，因此只要消費者在海魚或漁產品中發現線蟲並向媒體投訴爆料的話，就會出現標題為「蟲蟲危機」或「噁！」之類的新聞報導，聳動程度則視傳媒預備做成多大的新聞而定。

最受關注的海魚線蟲，首推導致人畜共通傳染病的海獸胃線蟲 (*Anisakis simplex*)。其成蟲寄生於鯨豚等海洋哺乳動物(海獸)的胃內，蟲卵隨鯨豚糞便排入海洋，在卵殼內發育蛻皮兩次成為第三期幼蟲。孵化後維持短暫的自由生活階段，直到被擔任第一中間寄主的磷蝦和其他甲殼類幼體浮游動物攝入。海魚攝食前者而成為第二中間寄主，幼蟲鑽過海魚胃壁或腸壁，進入腹腔，附在內臟外表或鑽進魚肉，形成囊體，進入休眠階段。直到被鯨豚攝食，才能破囊而出，繼續發育為成蟲。由此可見，經過長期演化適應，海獸胃

線蟲的生活史已經結合並融入海洋食物網，因此海魚遭受線蟲感染其實絕非偶然，而是必然的結果（施秀惠，2004）。社會大眾和傳媒務須充分認知此事實，消費者當然可以選擇是否食用海魚？但不應忽視海魚感染線蟲的起因以及食用時可能遭遇之風險。

海獸胃線蟲症的病因是吃了含有第三期幼蟲活蟲的漁產品，四到六小時後，脫囊而出的幼蟲侵入胃腸黏膜而出現劇痛、噁心、嘔吐、黏膜水腫、胃潰瘍等急性症狀，此外亦可能轉為持續一年以上的慢性期。第一個病例 1955 年發生於荷蘭，內視鏡可同時進行診斷和治療（施秀惠，2001）。近十幾年來研究發現，除上述屬於寄生蟲感染症之病徵外，幼蟲尚可能引起胃過敏性海獸胃線蟲症（Gastroallergic anisakiasis, GAA），至今醫學界已普遍接受此症為一臨床實體性疾病，屬於成人食物過敏症範疇（Daschner *et al.*, 2000）。尤有甚之，即使死掉的幼蟲依然保有過敏原能力，可能導致輕重不等的過敏反應，即使經過烹調之高溫處理和人體消化作用之胃蛋白酶分解，都不能破壞其致敏能力（Audicana *et al.*, 2002）。

海魚是人類重要的食物，也是動物蛋白質、若干必須胺基酸和 omega-3 等多元不飽和脂肪酸的來源，更是老饕們的美食。如何檢驗、處理漁產品以去除海獸胃線蟲幼蟲而維護食品安全？目前歐美通用的作業方式為光照法（candling）和人工檢視（manual inspection）：將魚排鋪放在下方投射白光的光桌（light table）上，再由作業員目視檢驗，通常埋在深度 6 公厘（millimeter, mm）以內的幼蟲囊體皆可成功檢出並剔除。然而整體檢出率仍偏低，僅達六至七成而已（Bublitz and Choudhury, 1992）。漏網之蟲則有賴消費鏈最末端、負責料理烹調的餐飲從業人員以及消費者自行把關。

引起此次新聞報導的消費者投訴時曾描述：「我們一刀切下去就看到 2 條蟲，而且是只有那個剖面有，其他我們沒有剖的地方是不是有？我們怎麼曉得？」這段生動的描述，清晰而精準地呈現出目前漁產品線蟲檢出率偏低的困境。光照法的檢驗上限是埋在魚肉內、深度在 6 公厘以下的幼蟲，當魚肉厚度超過 6 公厘或發生人

工檢驗難以避免的疏漏時，讓消費者驚嚇到「現在看到魚就反胃」的情況就出現了，同時勢必一再出現。

至於消費鏈中端的供應商和賣場究竟應負何種責任？筆者的看法是加強品管、售前告知風險、售後負責更換或退貨。至於能否供應完全無線蟲的漁產品？在維持魚肉賣相和商品價值的前提下，目前尚無可能。有待學界開發改善出更精準的檢驗方法 (Heia *et al.*, 2007)。

基於海魚寄生蟲之專業背景和研究心得，筆者綜述關鍵概念如下：感染海魚的海獸胃線蟲幼蟲來自魚的食物，而非加工和包裝作業之污染（除非混入作業場所殘留之線蟲），更和魚的新鮮程度無關。目前檢驗成功率尚無法達到百分之百，食用安全仍有賴料理者自行把關。海獸胃線蟲幼蟲囊體最常出現在魚的腹腔和內臟外表，因此應徹底剖洗魚體，去除內臟並避免食用全魚。殺死線蟲的方法以歐盟的規範最為嚴格：深度冷凍（零下 20°C 冷凍三天以上）或加熱至 70°C 以上；但死蟲仍可能導致過敏。至於價格昂貴的野生鱈魚，外國學者調查發現其線蟲感染率高達七成，料理時尤須仔細檢視以確保安全。本文部份內容曾發表於紙媒（施秀惠，2012）。

最後附帶介紹極具經濟價值但商品名稱琳瑯滿目的鱈魚。鱈魚的分類地位是輻鰭魚綱 (Class Actinopterygii)、鱈形目 (Order Gadiformes)、鱈科 (Family Gadidae) 和鱈屬 (Genus *Gadus*)。鱈屬目前已知者僅有三種：太平洋鱈 (*G. Macrocephalus*)、大西洋鱈 (*G. morhua*) 和格陵蘭鱈 (*G. ogac*) (Froese *et al.*, 2012)，主要產地為加拿大、冰島、挪威和俄羅斯，日本北海道亦有出產。由於近百年來過漁之衝擊，鱈魚已被列入瀕危魚種，撈捕量受到嚴格限制。因此台灣餐飲業與生鮮流通業通稱之鱈魚，幾乎都不是上述三種真正的鱈魚，各種名稱的商品和鱈魚的親源關係遠近不等。目前市面上通稱鱈魚的漁產品有：龍鱈、圓鱈、扁鱈、銀鱈、藍鱈、金鱈、黑鱈、狹鱈、青鱈、岩鱈和水鱈等。為利於消費者辨別，特描述並區分常見者如後。

- (1) 圓鱈。最常見且昂貴，其橫切面呈圓型。涵蓋之魚種有三種，前二者和真正的鱈魚同為鱈形目但不同科，第三種則並非鱈形目而較遠：1)裸蓋魚 (*Anoplopoma fimbria*)：俗稱銀鱈，分類地位屬於鱈形目、黑鮪科 (Family Anoplopomatidae)、裸蓋魚屬 (Genus *Anoplopoma*)。2)無鬚鱈 (*Merluccius productus*)：分類地位為鱈形目、梭鱈科 (Family Merlucciidae)、梭鱈屬 (Genus *Merluccius*)。3)巴塔哥尼亞齒魚 (*Dissostichus eleginoides*)：俗稱美露鱈 (Mero)，分類地位為鱈形目 (Order Perciformes)、南極魚科 (Family Nototheniidae)、犬牙南極魚屬 (Genus *Dissostichus*)。
- (2) 阿拉斯加鱈魚或狹鱈，亦稱明太魚。賣場販售以及速食業供應之鱈魚排，幾乎都使用此魚種。分類地位和真正的鱈魚最相近，同為鱈科但不同屬，屬名是狹鱈屬 (Genus *Theragra*)，學名為狹鱈 (*Theragra chalcogramma*)。美國是主要產地，加工後之漁產品有魚排、魚片和魚漿等。
- (3) 扁鱈或冰島鱈魚。餐廳和便當店常供應之鱈魚，實際上是一種大比目魚 (halibut) — 太平洋大比目魚 (*Hippoglossus stenolepis*)。分類地位和真正的鱈魚甚遠，不僅不同科亦不同目，屬於鰈形目 (Order Pleuronectiformes)、鰈科 (Family Pleuronectidae)、庸鰈屬 (Genus *Hippoglossus*)。
- (4) 油魚。不適食用，但有不肖業者將其充作圓鱈販售。包括異鱗蛇鯖 (又名鱗網帶鯖，*Lepidocybium flavobrunneum*) 和棘鱗蛇鯖 (又名薔薇帶鯖，*Ruvettus pretiosus*)。

參考文獻

- 施秀惠 (2004) 海魚線蟲之迷思與剖析。臺大漁推，第 15 期，15-34 頁。
國立臺灣大學漁業推廣委員會出版。
- 施秀惠 (2001) 概說海獸胃線蟲。臺大漁推，第 13 期，1-13 頁。
國立臺灣大學漁業推廣委員會出版。
- 施秀惠 (2012) 海魚有線蟲，其實並不偶然。2012 年 10 月 22 日
中國時報，時論廣場。
- Audicana, M.T., Ansotegui, I.J., de Corres, L.F. and Kennedy, M.W. (2002).
Anisakis simplex: dangerous- dead and alive?
Trends in Parasitology. 18, 20-25.
- Bublitz, C.G. and Choudhury, G. S. (1992). Effect of light intensity and color on
worker productivity and parasite detection efficiency during candling of cod
fillets. Journal of Aquatic Food Production Technology. 1, 75-88.
- Daschner, A., Alonso-Gomez, A., Cabanas, R., Suarez-de-Parga, M.,
Lopez-Serrano, M.C. (2000). Gastroallergic anisakiasis: Borderline between
food allergy and parasitic disease- Clinical and allergologic evaluation of 20
patients with confirmed acute parasitism by *Anisakis simplex*.
Journal of allergy and Clinical Immunology. 105, 176-181.
- Froese, R. and Pauly. D. Editors. (2012). FishBase. World Wide Web electronic
publication. www.fishbase.org, version (10/2012).
- Heia, K., Sivertsen, A. H., Stormo, S. K., Elvevoli, E., Wold, J. P. and Nilsen, H.
(2007). Detection nematodes in cod (*Gadus morhua*) fillets by imaging
spectroscopy. Food Engineering and Physical Properties. 72, 11-15.

電話：(02) 3366-2504

電郵：shihhh@ntu.edu.tw

煨燒牡蠣殼粉在水產養殖上的應用

張景盛¹、呂仲倫¹、吳育昇¹、陳秀男^{1,2,3}

¹ 國立臺灣大學漁業科學研究所

² 國立臺灣大學生命科學系

³ 國立臺灣大學漁業推廣委員會

一、前言

台灣在水產養殖產業上雖然有優異的成果，但是在養殖與加工過程中不可避免的會對於環境資源產生嚴重的耗損，同時生產過程中的廢棄物也會造成環境污染的困擾。長期以來，我國的水產養殖產業一直忽視這樣的環境成本，但是在如何永續經營以及節能減碳的潮流中，如何降低產業生產過程中不必要的資源浪費，以及針對生產過程中每個環節產生的廢棄物進行回收利用便成為未來產業發展重要的思考方向，這樣的概念不但可以有效降低生產成本，更可以為整體產業的發展帶來新的契機。過去對於水產養殖產業的廢棄物，主要的考量在於如何清除以減低對於環境的危害，但是隨著當前觀念的改變，這些過去棄之如敝屣的廢棄物，如果能夠透過適當的處理，不但可以降低水產養殖產業生產的成本，更可以轉變成為高價值的副產物以提供其他產業應用，不但達到永續經營的目的，也創造更多的商品價值。

根據農委會民國 101 年漁業副產物再利用之現況調查及推廣研究計畫的結果發現，在我國許多漁業廢棄物處理的產業當中，以牡蠣殼處理的相關產業最為興盛。主要的原因在於國人對於牡蠣的需求量極大，加上市場上銷售產品又以剝殼的牡蠣為大宗，所以加工過程當中產生的牡蠣殼數量非常可觀。根據保守估計，全台灣每年約生產 3 萬 5 千噸的牡蠣，換而言之每一年最起碼就有超過 16 萬

公噸的牡蠣殼成為漁業廢棄物。傳統上這些廢棄的牡蠣殼雖然可以當成飼料中的添加物，或是作為農業上改良土壤，或是做為肥料等用途。但是整體而言再利用的數量並不高，加上相關處理與運送費用高昂，所以這些堆積如山的牡蠣殼不但成為加工業者的困擾，這些堆積在養殖區域內的牡蠣殼更衍生了許多許嚴重的環境衛生問題。

根據目前的研究顯示：牡蠣殼的成分主要由鈣及其他金屬如鈉、鎂、鉀…等所組成，其中鈣含量更高達牡蠣殼乾重之 37.4%。這些鈣主要以碳酸鈣的形式存在，功能在於提供牡蠣高強度的外殼以保護柔弱的身體。在顯微鏡下可以發現，牡蠣殼為多孔隙的材質結構，許多文獻中也證明這樣的結構其具有耐熱、耐壓、不易變形且比重大於水的性質。由於這些特性使得牡蠣殼具有廣泛應用空間，甚至在醫藥應用上也具有重要的角色。在中醫的領域中認為牡蠣殼粉具有良好的鎮靜安神、止咳化淤等功能。在西醫上，由牡蠣殼粉中萃取出鈣亦可作為制酸劑。近年來更有許多研究發現牡蠣殼粉可以用於農業堆肥、濾材、水質改良劑等領域，而且經過煅燒之後，其物理性的結構更接近於活性碳的標準，且對於防菌與防黴的效果非常優異。

近年來許多水產養殖業者也開始使用煅燒過的牡蠣殼粉來進行穩定水質的工作，由於經過 800°C 高溫煅燒過的牡蠣殼其內的碳酸鈣會因為高溫變為氧化鈣。這與水產養殖業者常用的石灰主要成分相似，可以作為水質穩定的輔助工作，同時由於煅燒過的牡蠣殼粉表面具有大量的孔徑，更可以作為有益微生物的菌床，協助穩定養殖水體中的菌相。因為這樣的因素，煅燒牡蠣殼粉已經成為水產養殖業者重要的水質穩定工具。

二、牡蠣殼粉對水質的影響

(1) 牡蠣殼粉可以提高水體緩衝能力

牡蠣殼粉穩定水質的原理跟石灰相似，但是實際使用上卻有著截然不同的想法。一般來說石灰是一種可以快速改變水體酸鹼值的產物，但是牡蠣殼粉卻不同，由於牡蠣殼粉結構緻密，所以其中的氧化鈣溶解的速度非常緩慢，即使投入大量的牡蠣殼粉，也沒有辦法快速改變水質。但是因為牡蠣殼粉有這種緩慢釋放的特性，所以是一種可以長期使用提高水體緩衝能力的產品。一般來說使用牡蠣殼粉之後水體內的 pH 值雖然沒有明顯的改變，但是長期觀察下來發現，整體養殖期間養殖水體的酸鹼度會比沒有使用牡蠣殼粉的來的穩定。在透過台西沿海文蛤養殖場內的研究數據可以發現：在每分地使用牡蠣殼粉 250 公斤的條件下，3 週以後使用牡蠣殼粉的實驗組與對照組產生顯著差異（圖一）。使用牡蠣殼粉的實驗組在前 3 週與沒有使用牡蠣殼粉的對照組在 pH 的差異上並沒有顯著不同，但是在為期 7 週的實驗裡可以發現，使用牡蠣殼粉的實驗組水體內的 pH 值明顯比對照組穩定。

(2) 牡蠣殼粉可以穩定底土的氧化還原電位

除了水質是影響水產養殖成果的重要關鍵，養殖池底土的氧化還原電位也是非常重要的環境指標。由於台灣的水產養殖環境多半屬於半硬池或土池養殖，底泥或是底土的穩定與否直接影響到養殖生物與水質。由於長期飼養的結果，許多養殖池底土的狀況都非常惡劣。雖然這樣的困擾可以透過整池、曬池、使用石灰…等方法改善，但是事實上效果並無法持久。為了瞭解牡蠣殼粉對於底土穩定的功效，選定鰻魚養殖場作為評估的對象，在兩塊三分地的土池進行研究，結果發現：在每分地使用 250 公斤煅燒牡蠣殼粉的實驗組經過兩個月之後，底土下方 20 公分深處的氧化還原電位由實驗前的 -82 mV 提升到 29 mV（圖二）。這樣的結果顯示使用煅燒牡蠣殼粉長期而言的確有穩定底土的功效。

(3) 牡蠣殼粉與有益微生物的配合

由於煅燒牡蠣殼粉具有多孔徑的特性，加上其溶解速度緩慢，非常適合水產養殖過程中作為有益微生物著床。目前養殖現場使用有益微生物的模式主要是以每隔固定時間添加為主，這樣的模式雖然有簡單方便的好處，但是有益微生物並無法長期存活在養殖環境中。如果可以延長使用有益微生物的頻率，又能夠保持有益微生物對水質穩定的功效，將可有效降低使用成本。目前在文蛤養殖現場的研究結果發現，在每分地使用 3 公升 10^9 CFU/ml 光合菌的條件下，水體中的光合菌在第 10 天便無法檢測，但是如果配合牡蠣殼粉，則要到第 16 天之後才無法測出（圖三）。這樣的結果顯示使用牡蠣殼粉的確可以作為有益微生物的菌床，而且有效降低業者使用有益微生物的頻度與成本。

三、煅燒牡蠣殼粉使用模式

即使煅燒牡蠣殼粉具有非常好穩定水質的效果，但是並不代表就沒有任何使用上的限制和缺點。根據目前的研究成果而言，使用牡蠣殼粉所需要正確的觀念與模式主要有下面幾項：

(1) 牡蠣殼粉無法取代石灰

使用牡蠣殼粉與石灰特性的不同，雖然有相似的組成成份，但是使用時機卻截然不同。一般而言使用石灰效果快速，但是無法持久，而牡蠣殼粉則正好相反，需要長時間才可以看到效果，但是使用 1 次在半年內均有顯著穩定水質的功效。所以並不是說使用牡蠣殼粉之後就不需要石灰進行水質處理，使用牡蠣殼粉是一種安全、穩定、緩慢漸進的水質管理模式。目前研究結果發現一分地的養殖面積每半年使用 1 次煅燒牡蠣殼粉是效果最佳的使用條件。

煅燒牡蠣殼粉具有大量的孔徑，雖然可以加速牡蠣殼中碳酸鈣溶解的速度，在學理上評估的確可以有效穩定水質，但是在現場的分析卻發現，不論酸鹼度的穩定與底泥氧化還原的穩定，使用牡蠣

殼粉均需要超過3週的使用後才可以看得出成效（圖一，圖二），比起目前業者習慣使用石灰進行水質處理明顯緩慢太多，所以牡蠣殼粉並不能作為石灰的替代品。

(2) 不是所有的水產養殖產業都適合使用煨燒牡蠣殼粉

由於目前國內煨燒牡蠣殼業者普遍沒有進行牡蠣殼的“去鹽”處理，使得牡蠣殼粉並不適合對鹽度非常敏感的淡水養殖生物。一般來說海水養殖生物與對鹽度耐受性較高的養殖環境比較適合牡蠣殼粉使用。此外由於牡蠣殼粉並不能快速溶於水，會在池底堆積緩慢分解，所以容易在養殖池中水流緩慢處堆積。但是顆粒較粗的牡蠣殼粉可能會影響到人工操作，所以在使用上需要特別注意顆粒的適當性。

(3) 牡蠣殼粉應該在整池之後使用

根據現場調查分析發現，使用牡蠣殼粉的最佳時機是在完成池塘整理之後，放水之前的時間。這個時間不但方便操作，也可以使水質更穩定，減少入魚階段養殖生物的緊迫。此外針對許多漏水嚴重的砂質環境養殖場而言，提早使用大量的牡蠣殼粉更可以減少養殖池漏水的現象，降低養殖成本。

(4) 牡蠣殼粉使用的成本評估

使用牡蠣殼粉目前在水產養殖上的評估，相較於石灰，雖然價錢高而且用量多，但是以6個月的狀況來看，沒有使用牡蠣殼粉的文蛤養殖業者如果每2週使用1次石灰，每分地估計花費僅2,000餘元；有使用牡蠣殼粉的狀況下，光是牡蠣殼粉的費用就將近3,000元；如果就整體養殖階段來看，使用牡蠣殼粉的養殖環境不論在水質與藻相的穩定都遠比使用石灰來的優異，加上養成率有顯著的提高，所以即使成本上稍微提高，就整體利潤而言卻是相對划算。

四、牡蠣殼粉未來在不同產業的應用

除了穩定養殖池內水質之外，事實上牡蠣殼粉在不同產業上均有良好的應用性。以目前而言煅燒牡蠣殼粉的主要應用範圍是在農業上，特別是針對蔬果栽培當中將牡蠣殼粉作為微量元素補充與土壤改良產品，其成效非常優異，加上牡蠣殼粉可以平衡土壤酸鹼值，所以廣受農民喜愛。目前國內業者所生產的相關產品除了國內農民廣泛使用以外，甚至外銷馬來西亞等國家。

經過研磨的牡蠣殼粉更是家禽飼料內的重要添加物，可以有效補充蛋雞足夠的鈣質，提高雞蛋的品質。此外由於牡蠣殼中含有珍珠層蛋白質與大量的碳酸鈣，雖然萃取成本較高，但是目前已廣受美容化妝品業者重視。此外牡蠣殼更可以作為高效能的過濾材料，提高飲用水品質。

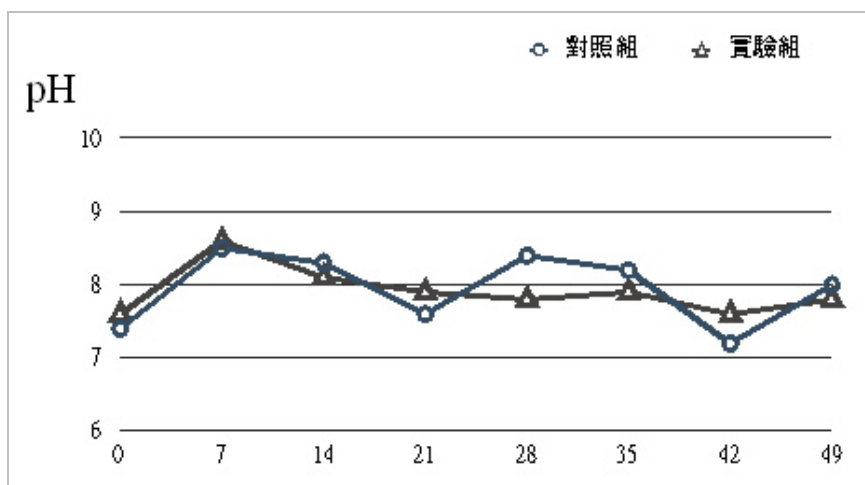
將過去視之為垃圾的牡蠣殼轉變成可以應用於多種產業的重要原料，這樣的過程不但有效降低廢棄牡蠣殼對環境的污染，更可以使參與研發生產的相關產業賺取利潤，同時減低牡蠣殼加工業者的困擾。這樣的產業模式是一種循環共生的綠色產業鏈，也是我國未來水產養殖產業或者其他相關產業重要的指標之一。

本研究為行政院農業委員會漁業署【101 農科-11.3.2-漁-F1(1)】計畫補助執行。

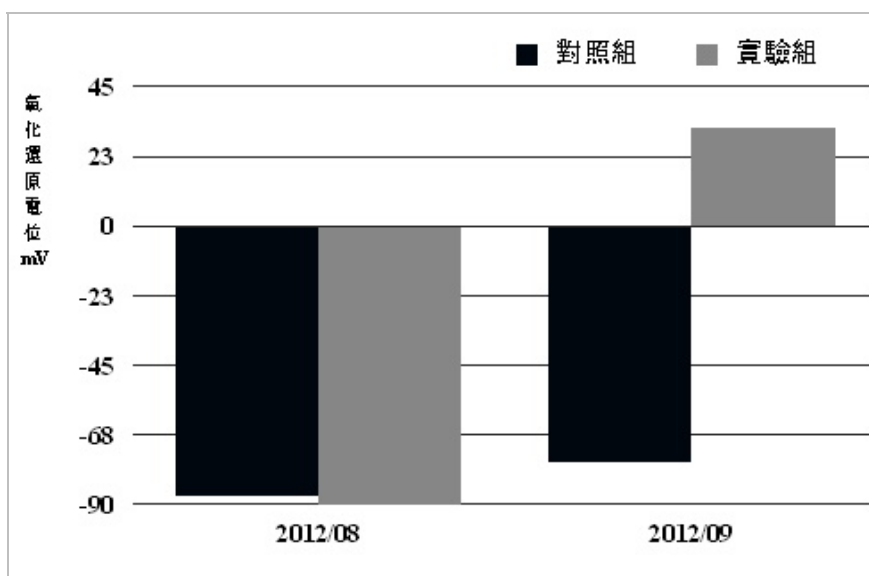
參考文獻

- 行政院農委會漁業署，漁業年報。
- 行政院農委會，農委會年報。
- 行政院環境保護署，農漁業廢棄物源頭減量及回收再利用宣傳手冊。
- 殼本萬利－開啟牡蠣殼中的寶藏，黃培安、吳純衡；水產試驗所。
- 郭正翔，2009，牡蠣殼礫間處理初期操作對都市污水之淨化，國立台灣大學生物環境系統工程學研究所碩士論文。
- Benetti, D.D., O' Hanlon, B., Rivera, J.A., Welch, A.W., Maxey, C., Orhun, M.R. (2010). Growth rates of cobia (*Rachycentron canadum*) cultured in open ocean submerged cages in the Caribbean. *Aquaculture* 302:195-201.
- Choi, U.K., Lee, O.H., Kim, Y.C., 2011. Effect of calcinated oyster shell powder on growth, yield, spawn run, and primordial formation of king oyster mushroom (*Pleurotus eryngii*). *Molecules*. Mar 10;16(3):2313-22.
- Hayashi, S. and Ooshiro, Z. (1986). Primary culture of the cell hepathocytes in the serum-free medium. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 52(9):1641-1651.
- Kwon, H. B., Lee, C. W., Jun, B. S., Yun, J. D., Weon, S. Y. and Ben K., 2004. Recycling waste oyster shells for eutrophication control. *Resources, Conservation and Recycling*, 41(1): 75-82.
- Marie, B., Zanella-Cléon, I., Guichard, N., Becchi, M., Marin, F. 2011. Novel proteins from the calcifying shell matrix of the Pacific oyster *Crassostrea gigas*. *Mar Biotechnol* (NY). 2011 Dec;13(6):1159-68. Epub 2011 May 3.
- Tong, Z.H., Gu, W.Z., Zhu, G., Zhao, Y.W. 1988 The anti-aging effect of pearl oyster shell powder (POSP) *Journal of Traditional Chinal Medicine*. Dec;8(4):247-50.
- Wheaton, F., 2007. Review of oyster shell properties - part II. Thermal properties. *Aquacultural Engineering*, 37: 14-23.

附錄(圖)

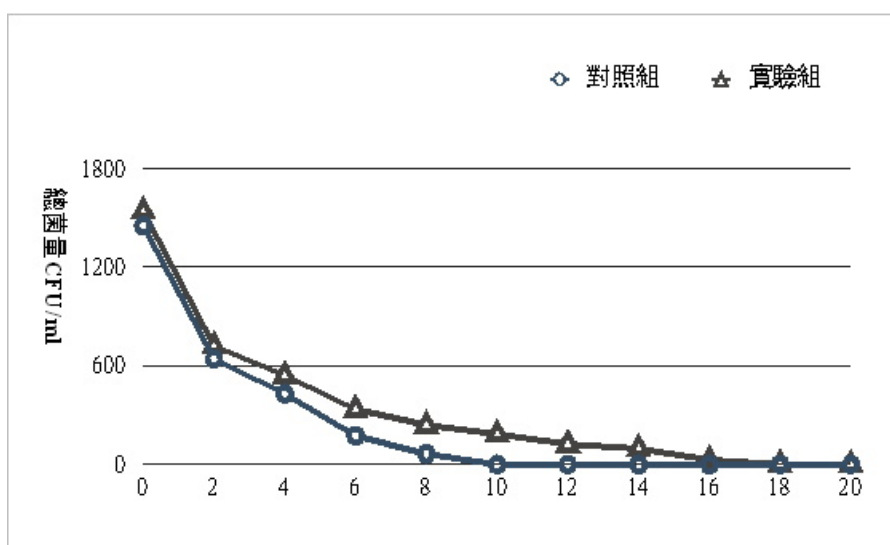


圖一. 文蛤養殖場在使用牡蠣殼粉後 7 週池水酸鹼度的觀察，結果顯示使用牡蠣殼粉 3 週之後實驗組的水質相較於對照組而言較為穩定。



圖二：鰻魚養殖池在使用牡蠣殼粉兩個月後底土氧化還原電為的比較，結果顯示，使用牡蠣殼粉的實驗組在兩個月後氧化還原電為明顯提高。

煨燒牡蠣殼粉在水產養殖上的應用



圖三：文蛤養殖場中使用牡蠣殼粉對於光合菌的影響，在使用牡蠣殼粉的養殖池添加有益微生物後可以發現在使用光合菌後第 16 天，水體中才無法篩檢出光合菌。而在沒有使用牡蠣殼粉的對照組中發現第 10 天之後就無法篩檢出光合菌。這個結果證明使用牡蠣殼粉可以延長光合菌在文蛤養殖池中的存活時間。